

高専の工学教育における PBL 教育プログラムの有効性

放送大学大学院 文化科学研究科 文化科学専攻
博士後期課程 人間開発プログラム
2019 年度入学

伊 藤 通 子

2022 年 3 月 授与

目次

序章 高専教育における PBL 研究の意義

1	Problem-Based Learning と Project-Based Learning	7
2	PBL に関する先行研究と本研究の概要	8
3	日本の工学教育に対する PBL への期待	9
4	日本の工学教育への PBL の導入経緯と、批判的考察	
4-1	Problem-BL の始まり	12
4-2	日本の工学教育における PBL の始まり	12
4-3	アジアの PBL 研究からの指摘	14
4-4	日本工学教育協会会誌への投稿論文からの示唆	15
5	日本の工学教育の PBL の課題と本研究の問題関心	15
6	環境的、社会的、技術的課題を総合的に扱う PBL 教育プログラム開発の意義と目的	
6-1	工学教育の世界的動向	19
6-2	PBL による創造的人材の育成と ESD	21
6-3	高専教育における PBL 研究	23
6-4	リサーチ・クエスチョン	25
7	方法	26
8	本論文の構成	27
9	概念の整理	
9-1	PBL に関する用語	27
9-2	イノベーションに関する用語	29
	参考文献	31

第1章 高専教育と PBL

1-1	高専教育の目的と、Problem-BL 導入の経緯	
1-1-1	高専の制度	35
1-1-2	高専の教育	36
1-1-3	高専教育と Problem-BL	37

1-2	現在の高専教育を取り巻く社会的状況と PBL	
1-2-1	日本の科学技術と産業の状況	42
1-2-2	工学教育の動向	44
1-2-3	イノベーション力育成のための PBL	45
1-3	育成する人材像と教育	
1-3-1	イノベーションを担う創造的人材	47
1-3-2	教育プログラムの学習観・能力観	50
1-3-3	本研究における PBL	52
1-3-4	二つの PBL の組み合わせモデル	56
1-3-5	イノベーション教育「社会実装教育」と PBL	59
1-3-6	評価の方法	63
1-4	まとめ	66
	参考文献	68

第2章 オルボーPBL モデル

2-1	デンマークの教育	
2-1-1	Problem-BL のはじまり	71
2-1-2	国策としての Problem-BL 教育	72
2-1-3	学校種と教育	74
2-2	オルボーPBL モデル	
2-2-1	目的	78
2-2-2	教育の特徴	79
2-2-3	持続可能な開発のための教育 (ESD)	83
2-2-4	カリキュラム構造	84
2-2-5	プロジェクトチーム専用のワークスペース	87
2-2-6	評価	88
2-3	高専教育との比較	
2-3-1	カリキュラム構造	90
2-3-2	授業種別の時間数	90
2-3-3	もたらされる学び	91
2-3-4	評価	93

2-4 高専教育に導入する際の要点	93
2-5 まとめ	95
資料	96
参考文献	98

第3章 PBLによる社会実装科目の設計・実践

3-1 目的と習得目標	
3-1-1 目的	100
3-1-2 習得目標と評価の観点	101
3-2 科目概要	101
3-3 テーマ	105
3-4 方法	
3-4-1 Problem-BLの本質的な要素	106
3-4-2 様々なワークシート（WS）の利用	107
3-4-3 授業の流れ	107
3-5 実践	109
3-5-1 PBLに取り組むための心の準備	110
3-5-2 問題を内包する状況との出会い	114
3-5-3 問題の明確化と、課題抽出	115
3-5-4 情報の収集と共有	119
3-5-5 実現可能な解決策の提案，決定	121
3-5-6 解決策の評価	122
3-5-7 制作と改良，完成，発表	123
3-5-8 活動プロセスに埋め込んだ様々な教育	125
3-5-9 評価活動	129
3-5-10 振り返り	137
3-6 実践結果	140
3-7 課題	144
3-8 まとめ	147
資料	148
参考文献	150

第4章 一貫性のある継続的 PBL 教育プログラムの設計・実践

	・・・・・・・・・・	152
4－1	社会実装科目の実践で明らかとなった課題	
4-1-1	PBL 基礎力の段階的訓練	153
4-1-2	新しい学力観・能力観による教育の増強	154
4-1-3	他の教育との融合	155
4－2	設計	
4-2-1	各段階の授業の目的・習得目標・特徴	156
4-2-2	テーマと内容	157
4-2-3	設計	158
4－3	方法ともたらされた学び	159
4-3-1	レポートの自己添削・相互添削	160
4-3-2	ジグソー学習	163
4-3-3	グルーピング	164
4-3-4	議論や合意形成のための基本スキル（ブレイン・ストーミング）	167
4-3-5	概念図の作成（マッピング）	170
4-3-6	PCM 手法	173
4-3-7	ランキング手法	174
4-3-8	学習成果の発表	177
4-3-9	質疑応答を充実させる方法	179
4-3-10	相互評価	187
4-3-11	学びの振り返り，省察	189
4-3-12	実際のワークシートの記述の変化	194
4－4	実践結果	
4-4-1	視点の変化	198
4-4-2	ESD など他の教育の融合	199
4-4-3	協働的な知の創出活動	201
4-4-4	新しい学習観・能力観の付加	202
4-4-5	一貫性のある継続的 PBL 教育プログラムの効果	203

4-5	考察	
4-5-1	学習の質を高める高次の学習法	204
4-5-2	意欲向上への促し	208
4-5-3	思考の深め方	211
4-5-4	教育評価	213
4-5-5	教育プログラム開発・実施の態勢	213
4-6	課題	214
4-7	まとめ	214
	資料	216
	参考文献	220

第5章 PBL 教育プログラムの卒業後の影響

5-1	卒業生調査の目的	222
5-2	方法	
5-2-1	対象者	222
5-2-2	調査方法	223
5-2-3	調査の限界	226
5-3	質問紙調査の結果と考察	
5-3-1	質問項目ごとの比較	227
5-3-2	項目ごとの比較のまとめ	237
5-3-3	相関行列のヒートマップと重回帰分析	239
5-3-4	不満の分析	242
5-3-5	質問紙調査のまとめ	245
5-4	インタビュー調査の結果と考察	
5-4-1	生成された主題	248
5-4-2	主題が生成された語りと考察	250
5-4-3	インタビュー調査のまとめ	261
5-5	卒業生調査のまとめ	262
	参考文献	266

終章

1 得られた知見	・ ・ ・ ・ ・ 267
2 リサーチ・クエスションに対する結論	・ ・ ・ ・ ・ 274
3 課題と展望	・ ・ ・ ・ ・ 275
あとがき	・ ・ ・ ・ ・ 279

参考文献一覧	・ ・ ・ ・ ・ 281
--------	---------------

付録	・ ・ ・ ・ ・ 288
----	---------------

目次

序章 高専教育における PBL 研究の意義

1	Problem-Based Learning と Project-Based Learning	7
2	PBL に関する先行研究と本研究の概要	8
3	日本の工学教育に対する PBL への期待	9
4	日本の工学教育への PBL の導入経緯と、批判的考察	
4-1	Problem-BL の始まり	12
4-2	日本の工学教育における PBL の始まり	12
4-3	アジアの PBL 研究からの指摘	14
4-4	日本工学教育協会会誌への投稿論文からの示唆	15
5	日本の工学教育の PBL の課題と本研究の問題関心	15
6	環境的、社会的、技術的課題を総合的に扱う PBL 教育プログラム開発の意義と目的	
6-1	工学教育の世界的動向	19
6-2	PBL による創造的人材の育成と ESD	21
6-3	高専教育における PBL 研究	23
6-4	リサーチ・クエスチョン	25
7	方法	26
8	本論文の構成	27
9	概念の整理	
9-1	PBL に関する用語	27
9-2	イノベーションに関する用語	29
	参考文献	31

第1章 高専教育と PBL

1-1	高専教育の目的と、Problem-BL 導入の経緯	
1-1-1	高専の制度	35
1-1-2	高専の教育	36
1-1-3	高専教育と Problem-BL	37

1-2	現在の高専教育を取り巻く社会的状況と PBL	
1-2-1	日本の科学技術と産業の状況	42
1-2-2	工学教育の動向	44
1-2-3	イノベーション力育成のための PBL	45
1-3	育成する人材像と教育	
1-3-1	イノベーションを担う創造的人材	47
1-3-2	教育プログラムの学習観・能力観	50
1-3-3	本研究における PBL	52
1-3-4	二つの PBL の組み合わせモデル	56
1-3-5	イノベーション教育「社会実装教育」と PBL	59
1-3-6	評価の方法	63
1-4	まとめ	66
	参考文献	68

第2章 オルボーPBL モデル

2-1	デンマークの教育	
2-1-1	Problem-BL のはじまり	71
2-1-2	国策としての Problem-BL 教育	72
2-1-3	学校種と教育	74
2-2	オルボーPBL モデル	
2-2-1	目的	78
2-2-2	教育の特徴	79
2-2-3	持続可能な開発のための教育 (ESD)	83
2-2-4	カリキュラム構造	84
2-2-5	プロジェクトチーム専用のワークスペース	87
2-2-6	評価	88
2-3	高専教育との比較	
2-3-1	カリキュラム構造	90
2-3-2	授業種別の時間数	90
2-3-3	もたらされる学び	91
2-3-4	評価	93

2-4	高専教育に導入する際の要点	93
2-5	まとめ	95
	資料	96
	参考文献	98

第3章 PBLによる社会実装科目の設計・実践

3-1	目的と習得目標	
3-1-1	目的	100
3-1-2	習得目標と評価の観点	101
3-2	科目概要	101
3-3	テーマ	105
3-4	方法	
3-4-1	Problem-BLの本質的な要素	106
3-4-2	様々なワークシート（WS）の利用	107
3-4-3	授業の流れ	107
3-5	実践	109
3-5-1	PBLに取り組むための心の準備	110
3-5-2	問題を内包する状況との出会い	114
3-5-3	問題の明確化と、課題抽出	115
3-5-4	情報の収集と共有	119
3-5-5	実現可能な解決策の提案，決定	121
3-5-6	解決策の評価	122
3-5-7	制作と改良，完成，発表	123
3-5-8	活動プロセスに埋め込んだ様々な教育	125
3-5-9	評価活動	129
3-5-10	振り返り	137
3-6	実践結果	140
3-7	課題	144
3-8	まとめ	147
	資料	148
	参考文献	150

第4章 一貫性のある継続的 PBL 教育プログラムの設計・実践

	・・・・・・・・・・	152
4－1	社会実装科目の実践で明らかとなった課題	
4-1-1	PBL 基礎力の段階的訓練	153
4-1-2	新しい学力観・能力観による教育の増強	154
4-1-3	他の教育との融合	155
4－2	設計	
4-2-1	各段階の授業の目的・習得目標・特徴	156
4-2-2	テーマと内容	157
4-2-3	設計	158
4－3	方法ともたらされた学び	159
4-3-1	レポートの自己添削・相互添削	160
4-3-2	ジグソー学習	163
4-3-3	グルーピング	164
4-3-4	議論や合意形成のための基本スキル（ブレイン・ストーミング）	167
4-3-5	概念図の作成（マッピング）	170
4-3-6	PCM 手法	173
4-3-7	ランキング手法	174
4-3-8	学習成果の発表	177
4-3-9	質疑応答を充実させる方法	179
4-3-10	相互評価	187
4-3-11	学びの振り返り，省察	189
4-3-12	実際のワークシートの記述の変化	194
4－4	実践結果	
4-4-1	視点の変化	198
4-4-2	ESD など他の教育の融合	199
4-4-3	協働的な知の創出活動	201
4-4-4	新しい学習観・能力観の付加	202
4-4-5	一貫性のある継続的 PBL 教育プログラムの効果	203

4-5	考察	
4-5-1	学習の質を高める高次の学習法	204
4-5-2	意欲向上への促し	208
4-5-3	思考の深め方	211
4-5-4	教育評価	213
4-5-5	教育プログラム開発・実施の態勢	213
4-6	課題	214
4-7	まとめ	214
	資料	216
	参考文献	220

第5章 PBL 教育プログラムの卒業後の影響

5-1	卒業生調査の目的	222
5-2	方法	
5-2-1	対象者	222
5-2-2	調査方法	223
5-2-3	調査の限界	226
5-3	質問紙調査の結果と考察	
5-3-1	質問項目ごとの比較	227
5-3-2	項目ごとの比較のまとめ	237
5-3-3	相関行列のヒートマップと重回帰分析	239
5-3-4	不満の分析	242
5-3-5	質問紙調査のまとめ	245
5-4	インタビュー調査の結果と考察	
5-4-1	生成された主題	248
5-4-2	主題が生成された語りと考察	250
5-4-3	インタビュー調査のまとめ	261
5-5	卒業生調査のまとめ	262
	参考文献	266

終章

1 得られた知見	267
2 リサーチ・クエスションに対する結論	274
3 課題と展望	275
あとがき	279

参考文献一覧	281
--------	-----

付録	288
----	-----

序章 高専教育における PBL 研究の意義

1 Problem-Based Learning と Project-Based Learning

Problem-Based Learning（以下、Problem-BL）と Project-Based Learning（以下、Project-BL）は、異なる教授・学習方略として明確に定義されている。Problem-BL および Project-BL の学習科学的な基本理論はほぼ確立しており以下のように説明（R. Keith Sawyer, 2014 ; Graaff, E. de, & Kolmos, A., 2007 ; Torp, L., & Sage, S., 2002）される。本研究はこれらの知見に依拠して展開したものである。

Problem-BL は、答えが一つでなく解き方が決まっておらず構造化されていない複雑な問題に対して、学習者が協調しながら理解したり解決したりするという能動的な学習方法である。共同的¹な問題解決の過程で学習者は、自分たちが現在もっている知識や不足している知識を確認して共有したり、必要な情報を探したり、理解の仕方が異なる者同士ですり合わせたり、または説得力ある解決策のための論理を構成したりを経験する。学習者は自己にとって有意義な問題を学習の中心に据えることにより、広範囲の認知的側面や情動的側面が刺激され、学習や問題解決に深く入り込んで積極的な探究活動を展開することになることが、多くの研究結果から示唆されている。学生は、問題解決のプロセスで熱心で主体的な学習者となった時、好奇心や熟達感覚などの人間らしい特徴が開発され、推論や自己主導型学習や知識構成のためのスキルを発達させる。Problem-BL は、従来の教授方法と比べて、異なる状況に知識や経験を転移させたり、わかるという感覚、つまり自らに適した首尾一貫した理解を作り上げたりするための能力を向上させる。

一方、Project-BL は、成し遂げなければならぬタスクや課題にチームで取り組む学習と解釈される。科学的リテラシーの獲得という学習目標に対して有効であり、学習者はプロフェッショナルの取り組む問題に類似した現実の有意義な課題解決に取り組む。当該学問分野の知識や思考方法に基づき、新しく重要な考えを学んだり生み出したりしながら、問題解決や意思決定をする。Project-BL では、能動的な構成、状況的学習、社会的相互作用、認知ツールの活用による学習の機会を提供することで、現代の激変する社会状況に対応する新しい能力の習得のために有効であるとされている。

¹ 本稿の実践の文脈では協働的と同義とする。

2 PBLに関する先行研究と本研究の概要

Problem-BL は、1960 年代にカナダの医学教育で実践が始まって以来、世界中の各分野に広がり多様な変遷をたどりながら、様々な形となって展開している(伊藤, 2010a)

(伊藤, 2014). Problem-BL に関する学術書や学会誌での様々な報告は多いが、学習科学に関する主要な国際学会誌や論文集には、2010 年以降 Problem-BL を主要テーマとする論文はほとんど掲載されなくなっており(山口, 2016), その学習科学的な基本理論はほぼ確立している.

その上で、近年、期待される Problem-BL の研究分野は、

1. 医学以外の学問領域や大学生以外の年齢層の学習者を対象とした研究
2. Problem-BL の評価研究
3. Problem-BL の大規模な普及・実施を支援する研究

とされる(Jingyan Lu, Susan Bridges, and Cindy E. Hmelo-Silver, 2014).

一方, Project-BL は、1990 年代初めに顕在化した科学の学習への動機づけの弱さや、本質に及ばない表面的な理解という教育的課題に対応する教育として研究されてきた. これまでの研究では、いかに良い課題解決型環境を設計するかに重点が置かれており、駆動質問の重要性、学習目標の明示とカリキュラム設計、科学的実践への参加、協調学習、学習ツール、成果物の創造、などの重要性が教育的な効果を向上させるとしている(Joseph S. Krajcik, and Namssoo Shin, 2014).

日本における Problem-BL 研究は、医学教育またはある特定のねらいをもった学習活動における報告がほとんどである. また、Project-BL 研究は、学習科学の文脈とは異なる実践が多く、高等教育機関ではその多くが「課題解決能力」、「チームワーク力」、「プレゼンテーション力」、「コミュニケーション力」等の養成をねらいとして実践された報告が多い(河崎, 2016).

本研究は、Problem-BL と Project-BL の以上のような研究成果と課題をふまえつつ、工業高等専門学校(以下、高専)という、工学教育における日本独自の複線型高等教育機関で実践した PBL 教育をテーマとしたものである. 新しい時代を迎えて高専教育は、科学技術高度化・産業構造の変化への対応や専門性の激変に適応できるよう、新たな知識・スキルを自ら獲得し身につける力を持つ人材を輩出していこうとしている(小畑, 2015). 本研究では、将来イノベーションを支える技術者となり創造性を発揮するための力を育む授業や科目を、特に Problem-BL にハイライトを当て直して Project-BL と組み合わせて設計した. そして高専教育の 7 年間の中で継続的で一貫した教育プログラムとして実施、それが卒業生にどう影響しているかを調査した結果を報告する.

3 日本の工学教育に対する PBL への期待

我が国の工学系人材は、大学の工学部と短期大学および高専の卒業生から成る。高専は、中学校卒業後の学生を受け入れて 5 年一貫（専攻科に進学すると 7 年）の実践的技術教育を行う日本独自の高等教育機関である。平成 26 年度の学校基本調査より計算された値（小畑，2015）を基に作成した表 1 および図 1 の通り，高専の本科卒業生と専攻科卒業生，そして大学や大学院へ進学した人を加えた全高専卒業生は，当該年度の工学系新卒者全体の約 17.1%を占めている。各種データは高等教育全体に係る社会情勢等の影響を受けて年度毎に変化するが高専は，工学系高等教育卒人材（技術者）の養成において依然として一定の役割を果たしている（濱中，2017）とされ，高専で工学教育を受けた卒業生は，我が国の産業を支える一翼を担っているといえる。

表1 工学系新卒者の内訳

工学系新卒者の学校種	人数(人)
高専本科	5,543
高専専攻科	967
高専から大学・大学院への進学者	4,604
大学・大学院 (高専からの進学者を引いた人数)	53,637
短大	324

※ 工学系新卒者に占める割合（小畑，2015）
より図表を作成

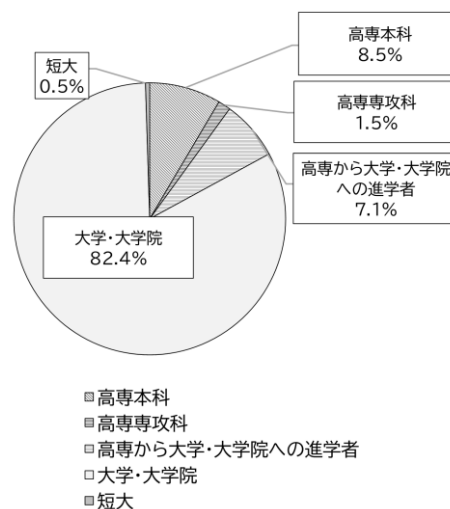


図1 工学系新卒者の割合

当初 Problem-BL は，医学研究の深化に起因する要素還元主義的医療の限界に対応すべく医学教育を起点として開発されてきたが，工学教育では，問題に基づく探究プロセスの側面から，急激な産業構造の変化に適応するエンジニアのための，特に創造性を育成する教育手法として，Project-BL と組み合わせて世界中で展開されている。

文部科学省「大学における工学系教育の在り方について（中間まとめ），2017」によると，

近年の情報通信技術関連の急速な進展が産業や社会の急速な構造変革をもたらし，第4次産業革命や超スマート社会（Society5.0）がうたわれる中で，戦略的に強化すべき基盤技術として，AI（人工知能），IoT（Internet of Things），ビッグデータ解析技術，システム構築技術，サイバーセキュリティ技術などが挙げられる。

このように社会・産業を取り巻く環境が激変する中で、日本の基盤技術を俯瞰すると、個々の要素では技術世界トップレベルの分野がある一方で、システム化や統合化の点では国際的な立ち後れが指摘され、早急な対策の立案・実施が要請されている。

とし、イノベーション力を含む国際競争力が、近年、著しく下落している背景もふまえて対策の重要性を指摘している。そして、社会科学・自然科学・技術の世界的なパラダイムシフトを我が国が早急かつ円滑に達成するための重要な鍵の一つとして、優れた工学系人材の育成を挙げ、高等教育への期待や要請が高まっているとしている。

そこで、文部科学省は、平成 29 年 9 月 8 日から平成 30 年 3 月 31 日にかけて工学系教育改革制度設計等に関する懇談会（以下「懇談会」）を設置した。そして「大学における工学系教育の在り方に関する検討委員会」が取りまとめた「大学における工学系教育の在り方について（中間まとめ）」（平成 29 年 6 月）を経て、工学系教育改革の実現に向けて重点的に講ずべき施策の具体的な制度設計等の在り方について「工学系教育改革制度設計等に関する懇談会取りまとめ（2018）」で、以下の通り示している。

懇談会としては、我が国の工学教育が、「明治初頭より“1 つの分野を深く学ぶモデル”として、我が国の目を見張る速度で遂げた近代化に貢献したという実績を認めつつ、「短期・中期・長期にわたる社会及び産業界の変革への対応」や、社会の多様なニーズに応え、Society5.0 を実現する、さらにはその先の時代に要請される新たな社会的価値を創造する工学系人材を育成するために、各大学が個々の特性を生かした「多様性」を創出し、工学系人材の高度化が加速することを切に期待する。

そして教育改革の必要性を、以下の 4 項目にまとめて指摘している。

1. 学科・専攻定員設定の柔軟化と学位プログラムの積極的な導入
2. 学部段階における工学基礎教育の強化
3. 学部・大学院連結教育プログラムの構築
4. 産業界との教員人事交流促進等を含めた連携強化

ここで、1.～3. において具体的な教育方法として提案されているのが PBL である。

1. の学位プログラムの内容に関する部分には、

＜前略＞危機感を持つ今こそ、PBL（Project-Based Learning）や産学連携教育とその促進策を実行すべきである。ここで言う「PBL」とは、単に問題解決学習（Problem-Based Learning）とするのではなく、産業界や行政等との連携プロジェクトや教育プログラムを通じて、実社会と関係した生きた課題や挑戦課題を対象とする実践的教育（Project-Based Learning）と定義し、学生が達成感（充

実感)を得られる教育を重点的に導入すべきである。(p.2)
とある。また、2. 学部段階における工学基礎教育の強化においては、
モデル・コア・カリキュラムを設計する際には、学生の問題発見し、解決する
能力や課題設定する能力などの展開力・適応力の醸成に必要な教育手法(例えば、
インターンシップ や PBL など)を取り入れる (p.4)
との記述があり、3. 学部・大学院連結教育プログラムの構築にも、

「単に学部と大学院の教育を現状のまま連結させるのではなく、体系的の確保
に留意しながらも必修科目や後述の卒業論文の在り方等を見直し、PBL 教育を
活用すること (p.5)」、「企業等と連携した PBL など実践的な内容を盛り込んだ
教育課程の実施を促進 (p.6)」、「カリキュラム構成を見直すことで、様々な分野
を巻き込んだ PBL の導入が可能となり、問題発見し解決する能力や課題設定す
る能力など、展開力・適応力を醸成するものとして大いに期待される。その際
には、低学年から PBL やインターンシップの導入により、体系的にこれらの能力
を身に付けることを可能とする工夫も必要 (p.7)」
と、PBL の必要性を説き、具体的に説明している。

また、経済産業省は、我が国の産業技術の振興対策について「産業技術ビジョン 2020」
を発出し、その冒頭で「日本の科学技術・イノベーションを巡る状況は芳しくない。」
ことを認め、「第 5 期科学技術基本計画において、第 4 次産業革命による Society5.0
実現を打ち出したが、Society5.0 への準備がまだできていないのではないか。」として
いる。その一つとして、イノベーションの担い手の教育を挙げ、具体的な教育内容にも
次のように踏み込んで言及している。

日本の対応が遅れる原因が今の日本の慣行にあるとすれば、論点は科学技術の
みならず、組織、雇用・労働、教育・人材、都市と地方の関係など、広範にわた
る。また、これまでも問題意識は共有されてきたものの、抜本的な改革に至ってい
ない最大の要因は、かつての成功体験にあるのかもしれない。(p12)

<中略>

イノベーションの担い手であり、知的資本の最大の要素である人材は、国力の
根幹そのものであり、その供給システム(教育・人材育成)の更新が不可欠。イ
ノベーションに自ら挑戦する者とそれを支える者、そして、そういった人材を育
てる者が多数必要である。<中略>与えられた同じ問題を解く教育だけではなく、
自ら問題を見つけ、様々なリテラシーを投入して解決していくような教育が、よ
り一層必要なのではないか。(p15)

このように、各省庁は日本の工学教育の在り方を論じる際、期待される具体的な教育

方法として PBL またはその特徴を挙げている。

そして、いずれにおいても与えられた課題を解くだけの“単なる” Problem-BL や Project-BL ではないとし、PBL の学生中心の教育手法としての拡張性に触れ、さらには科目を超えて課程全体に多様な PBL を配置する PBL カリキュラムの必要性にも言及している。

「産業技術ビジョン 2020」では、そのような教育により「工学系人材が、新たな社会的価値を創造するいわゆるイノベーションを拡大させ、あらゆる分野を牽引していく人材に進化することを期待する」と、締めくくっている。

4 日本の工学教育への PBL の導入経緯と、批判的考察

4-1 Problem-BL の始まり

1960 年代にカナダで生まれた医学系教育の Problem-BL は世界に広がり、日本の医学教育では 1970 年代より実践研究が報告され始めた（山下他, 1976 ; 山上他, 1977）。世界では Problem-BL を中心とするカリキュラムが開発されていき、日本の医学系大学に最初に体系的に取り入れられたのは 1990 年だった。2000 年代初頭より急速に普及し、2012 年には医学教育を行う大学の 90% 近くが何らかの形で実施していたが、その後、医学教育ではチーム医療に対応する能力育成に焦点があてられ、ビジネス教育から発生して改良された Team-Based Learning との融合へと移行していった（Virginie SERVANT, 2012 ; 岡田, 2012, 等）。

医学系教育で生まれた Problem-BL は北米から各国の他分野や他の学校種にも広がったが、その流れとは別に 1970 年代初頭の北ヨーロッパを中心とする工学教育でも Problem-BL が生まれた。北米由来の、個々の資質向上をめざす Problem-BL とは異なり、アメリカの進歩主義教育の影響を受けつつも北ヨーロッパの伝統的な学びの哲学や社会変革に資するプロジェクト研究の成果なども取り入れた、社会を変革する意思と能力を有する工学の担い手を育成するための「プロジェクトで行う Problem-BL」として独自の発生と進化を遂げていた（Graaff, E. de & Kolmos, A., 2007, p3）。

4-2 日本の工学教育における PBL の始まり

日本の工学教育に Problem-BL あるいは Project-BL が導入され始めたのは 1995 年前後であると推測される。1994 年には「課題実験」と称した実験科目が函館工業高等専門学校で実施され始めた（太刀川, 2000）。1995 年には、金沢工業大学において新しいカリキュラム体制の軸の一つとして「工学設計教育」と名付けた科目が始まってい

る。それはアメリカで広がっていたエンジニアリング・デザイン教育を基盤（久保他，1998）としており PBL とは称していないが，基本的な考え方や具体的な進め方として「自らの問題意識」や「オープンエンドな問題」「学びの統合性」など Problem-BL の特徴が色濃い報告（久保他，1998；吉田他，1995；平林他，1995）が多い。1998 年には，日本ロボット学会誌にて，Problem-BL の工学教育への導入を推奨する論文（赤堀，1998）が掲載され，構成主義に立脚する学習理論や，取り組む「問題」すなわち学習者にとって有意味な問題であることの重要性など Problem-BL の本質的な部分が紹介されている。このように 2000 年までに報告された事例においては，いずれも「学習者中心の学びと探究の過程」を重視することによる「創造性の涵養」を第一義としている。2001 年には，同様の意図をもつ教育改革の必要性と一連の実践事例が日本機械学会でも報告されている。横浜国立大学，名古屋大学，東京大学の工学部における「創造性教育」の取り組みである。ここで紹介されている PBL の P は，Problem, Project, Product, Process, そして People という 5 つの意味であると，教育学的にはやや曖昧に説明されている（黒川・金子・生田，2001）が，いずれの実践も Project-BL の色合いが濃い。

日本では 2000 年を過ぎた頃より，工学教育での PBL 研究・実践報告が急増する。特に大阪大学の学部や大学院で実践された Project-BL が「創成科目」と称されて数多く報告された（小坂田他，2000；萩原他，2000；都倉，2000；藤田，2000；島田，2000 等）。大阪大学を中心に Project-BL の実践報告がこの頃より急増した背景には，1999 年に発足した「日本技術者教育認定制度²」と，それに関するテーマを取り上げた学協会等の影響がある。当時，アメリカやイギリス，オーストラリア，EC を中心に工学教育の国際的相互承認制度の整備が進んだことで，その流れに遅れないように世界に通用する工学教育を推進しようという文脈のもと，「日本技術者教育認定制度」，通称 JABEE ができた。そして世界水準の工学教育を議論する中で，アメリカの技術者教育認定制度 ABET（Accreditation Board for Engineering and Technology）に倣い（日本学術会議，2000），国際的な認証に値する教育の一方策としてアメリカで盛んになりつつあった Project-BL が紹介され導入されたのである（大中，2000）。JABEE の必要性に対する理解と共に，その後大阪大学に続き，Project-BL は他大学や高専にも導入され始め（池田，2000；太刀川，2000）多くの実践が生まれることとなった。

このように工学教育では，2000 年頃を境として，以前の「創造性の涵養」を課題として始まった Problem-BL はあまり顧みられることなく，Project-BL の広がりとは対照的に影が薄くなっていった。すなわち，「国際社会の変化に追従できていない日本の工学教育（日本学術会議，2000）」という問題に対して JABEE 認定が始まり，特に高専教育においては設立の経緯もあり「産業界に認められる資質・能力の育成」を第一義

² 高等教育機関の技術者教育プログラムの審査・認定を行う機関，一般社団法人日本技術者教育認定機構，Japan Accreditation Board for Engineering Education を略して，一般的には JABEE 認定と呼ばれる。

とする Project-BL が指向されていったといえる。そのような流れの中で、工学教育界では、Problem-BL と Project-BL は、どちらもプラグマティズムの立場に立つことや基本理論を同じくする学び方である（市村，1962）ことから、実践上、両者の違いの解釈が曖昧なまま混在していったとみられる。

このような経緯に鑑みれば、わが国の工学教育における、Problem-BL あるいは Project-BL の基本原理である構成主義や状況主義の学習観、および社会構築主義的な能力観を実現する教育方法としての意図的な導入・実践という側面は、欧米諸国に比べて弱く、その側面からの戦略的な展開に結果として遅れをとってしまったという可能性は否定できない。加えて、国内外の社会情勢や高等教育を受ける学習者の特性変化に対して教育の抜本的な改革の必要性が主張され、イノベーション人材育成に対して PBL への期待が表明される一方、「暗記的学習を助長し <中略> 創造性の発展を阻害している（日本学術会議，2000）」とされる入試システムからの脱却が現実的には遅々として進んでいないなど、種々の日本の教育事情の中で PBL の教育的特長が活かし切れておらず、工学教育における PBL 教育は国際的な水準に達していないともいえ、それは以下の通り種々に指摘されている。

4-3 アジアの PBL 研究からの指摘

2012 年から 13 年にかけて報告された「The PBL in Asia Series」によると、香港やシンガポール、マレーシアなどの工学 PBL 教育とともに日本の PBL も日本の研究者らの協力も得て調査、分析されており、医学教育やコンピューターサイエンス分野の PBL は一定の評価をうけつつも、工学分野に関しては厳しい内容である（Virginie SERVANT, 2012）。

報告では、日本の典型的な工学系高等教育機関として、高専との制度的つながりをもつ科学技術大学を調査対象としている。それによると当時の科学技術大学の PBL は、担当教員の Problem-BL または Project-BL の理論的基盤となる概念の理解が弱いことや、学生中心とはいえないグループワークの質的な問題、PBL 科目と組織やカリキュラムとの不整合、また大学の教育システムに対して教育改革の必要性を感じている PBL 担当の若手教員の不満などが述べられている。その上で、調査当時、すでに世界的に成果が認められユネスコチェアとして世界の工学 PBL の模範とされていたデンマークのオルボー大学 PBL モデルを紹介し、そのようなカリキュラム構築に向けては進んではいないと結論付けている。今もその状況にあまり変化はない。

4-4 日本工学教育協会会誌への投稿論文からの示唆

日本の工学分野の PBL 教育研究報告に関して以下の通り考察されている（渡邊, 2017）。

『文部科学省は、「PBL を中心としたイノベーション創出人材の育成」に大型予算をつけて活動を加速させている。受け手の成果報告書を熟読していると、PBL 教育と冠しているが内容に疑問をもつものが出てきた。』

この報文投稿のきっかけとして、2012 年に開催された日本工学教育協会の第 60 回年次大会において、PBL をテーマとする 30 件の発表に、手法を含めて違和感がある論文が多数だったことが述べられている。そのような問題意識から渡邊は、2000 年から 2016 年までに発表された Project-BL と Problem-BL の論文を調査した。その間に報告された PBL の実施者は、54 組織中 41 組織が高専と大学であり、著者の延べ数は 193 名中、高専と大学で 179 名を占めている。多くは教育成果があったと報告するものだったというが、渡邊は結論として、二つの PBL つまり、Project-BL と Problem-BL の区別がなく都合の良い解釈で利用されており、テーマ設定のプロセスが明確に選択されていないものが目に付くため更なる検討が必要、としている。

5 日本の工学教育の PBL の課題と本研究の問題関心

このような指摘は、多くの工学教育論文における PBL の理論や実践事例に対する筆者の実感と一致する。筆者はこれまで、シンガポール、フィンランド、デンマーク、オランダ、ドイツなどの PBL 教育を視察・調査し、アメリカの Problem-BL による教育実践の文献調査を行ってきた（伊藤 b, 2010）。

それらによると Problem-BL の核は J.Dewey（デューイ）の時代にさかのぼり、Problem-BL による構造化されていない複雑な問題に取り組む過程で起こる認知体験による学びは、デューイらの業績による構成主義的な学びの場として最も優れたモデルの一つとなる（Torp.L., & Sage.S., 2002, p34）と理解されている。Problem-BL の基本的思考原理であるデューイの "Problem Method" は、論理的に明確な段階をとる思考過程（Dewey,J., 1910, p72）に支えられる。「その第一段階として、まず解決すべき問題の認識から始まり、その後のいくつかの段階は常に反省的思考、創造的思考、思考の再検討・再構成がなされながら進み、それらが問題の最終解決に至るまで作用する」学習の方法である（市村, 1962）とされる。

一方、Project-BL が理論的に依拠する "Project Method" は、Kilpatrick,W.H.（キ

ルパトリック) が彼の哲学である「生活としての学習」の進展上のメカニズムを解明して、教育・学習理論を打ち立て方法論を展開したものである。キルパトリックは、"Project Method" の思考過程にデューイの "Problem Method" も取り入れ包括しているが、中核をなすのは "Purposing (第一段階としてまず目的を立てて始める行為＝合目的的活動)" と "Concomitant (附随性)" であるという。これらが "Project Method" の本質をつくる理念であり、グループや個人が一定の目的を志向してなす活動に全神経をかけて打ち込んだ時に継続的に生起してくる(何度も反復される)経験を通して、態度や性格が漸進的に発達して累積され一般性をもって永久に人の中に残り、人格形成の領域まで関与するに至る、そのような学習が起こる(市村, 1962, p. 21-26) のだとしている。

同様の解釈は工学教育の論文にもあり、プロジェクト教育の有効性は、例えばキルパトリックを援用し「学生自身の選択の自由の度合いが学びへの熱中を深めること」や「体験・経験に基づく学びであること」が「学生中心の学び」をもたらし、好奇心や自己決定や熟達のような人間的特性を開発することである (Graaff, E. de, & Kolmos, A., 2007, p1) と説明されている。また以下のような特徴も工学教育と親和性が高い。Project-BL は能動的構成、状況の中の学習、社会的相互作用、認知的ツールに関する学習科学の成果に依拠して展開されてきた。そして認知科学の進展に伴い、より深い概念的理解の認知構造が明らかになり学習の原則が発見されていく中で、多くの学習事例が統合された知識ではなく表面的な知識を教えるにとどまっていることが指摘され、それに対応する新しいカリキュラムの試みとして Project-BL の効果が明らかになりつつある。Project-BL では、行為を通して学び、アイディアを適用し、問題を解くことに取り組む過程で、学習者はプロフェッショナルの活動と類似した現実世界の活動に携わる (Krajcik, J.S., Shin, N., 2014) とされる特徴である。

以上のような成り立ちや、学習科学および実践研究で明らかとなっている知見に基づいた学習効果をねらって Problem-BL や Project-BL を導入することが、筆者が視察調査した国々の工学分野では共通認識となっている。前述したように日本の工学教育で広がっている Project-BL が、世界に通用する技術者育成のための学習法として JABEE に伴って導入されたことに対して異論を挟む余地はない。しかしながら、イノベーション人材を育成するための効果的な学習方法とは何かを考えるならば、合目的的活動と附随性による人格形成をもたらす "Project Method" の思考過程に内包されている "Problem Method" に立ち返らなければならないと考える。すなわち実践上は、具体的な教育戦略としての Project-BL の学習過程で、意図的に Problem-BL にハイライトを当てることで、学生一人ひとりの創造性を刺激し引き出し育てる働きかけをす

ることが至要である。Project-BL と Problem-BL という名称上の表現については重大視するようなものではないが、諸外国、特にイノベーション立国と呼ばれる国々では二つの PBL の、これまで述べたような教育学的特徴をふまえた導入によって教育設計がなされている。

翻って日本の工学教育では、二つの PBL の区別には、ほとんど意識を払わない解釈が多い。文部科学省による工学系教育改革制度設計等に関する懇談会取りまとめ（文部科学省，2018）でさえも、以下のような「定義」を紹介している。

（導入に否定的な文脈で）Problem-BL ⇒ 単なる問題解決学習

（導入を推奨する文脈で）Project-BL ⇒ 産業界や行政等との連携プロジェクトや教育プログラムを通じて、実社会と関係した生きた課題や挑戦課題を対象とする実践的教育

このような文部科学省の表現は、諸外国の工学教育における二つの PBL とは異なる捉え方であり、工学教育の実践現場においてはさらに曖昧となり、それが、前項で述べた渡邊の違和感や Virginie SERVANT の厳しい指摘、さらには以下の学習科学の視点からの考察とも通底しているものと思われる。

学習科学分野からの指摘によると、日本では Problem-BL は学習科学に依拠しておらず、① 様々な楽しいアプローチにより学習者の関与や動機付けを促して学力保証を実現しようとするもの、② 専門知識や理解よりもコンピテンシーの養成に力点があるもの、③ 理論的基盤が明確でないもの、が多くみられる（河崎，2016）としている。

論文誌「工学教育」で報告される事例にはその傾向が顕著で、PBL による問題発見や課題解決の過程で「チームワーク力」、「プレゼンテーション力」等の技術者に必要なスキル習得（換言すれば産業界の労働に照準を当てた汎用力）をねらいとしているものが多い。また、一授業や一科目での取り組みが多く、海外の実践事例において効果が高いとされる PBL カリキュラム開発に関する報告はほとんど見当たらない（河崎，2016）。

イノベーション立国とされるアメリカやデンマークの実践研究や教育現場では、Problem-BL は「単なる問題解決学習」とは明確に区別されている³。デューイの構成主義的な学習が引き起こされる、すなわち「学習者が自分自身の意図を明確にしながら積極的に問題解決に携わることを核とする学び方（Torp, L., & Sage, S., 2002）であるとして、小学校から大学までのそれぞれの発達段階に応じてカリキュラムの中に適切に配置し、形成的評価を学習に埋め込みながら学習者の成長につなげている。

³ 本稿では、第1章に掲載の表1-3「教授法の比較と高専における教育実例」にて、Problem-BL と類似の課題中心学習などを区別し、以後の論を展開している。

工学教育に置き換えると、「構造化されていない複雑な状況の中から自らの価値観に照らして問題を見出し、既有知識と新しい情報を再構成しつつ問題に取り組む学習」という Problem-BL でこそ、問いを生み出すことから始める協働的で創造的な知の創出体験プロセスの基礎を学べるのではないだろうか。すなわち、Problem-BL のプロセスでの探究により「問題」を見い出し深めることを通して創造性を引き出し、それを基に Project-BL では取り組むべき現実的な「課題」を明確にして科学的アプローチで成果を生み出す過程で技術者としての人格形成に挑む、という二つの PBL の教育的特徴を活かしてこそ、イノベーションを担う創造的人材の教育法となり得ると考える。

筆者は、2000 年前後より、医学教育や工学教育で当時報告されていた事例に倣った試行錯誤から始めた。実践初期の頃、PBL で行う授業は従来の講義や実験の授業形式とは異なることもあり、確かに学生は元気に楽しそうに取り組む、間接的評価では良い結果を得られた。しかし、専門分野の学習の転移を促し深い理解に至らせることや、工学分野特有の汎用的スキル習得には困難を感じるようになっていった。特に学生間格差が広がるという問題は深刻だった。元々創造的思考に長けた学生はチームの中でその力を発揮するが、苦手な学生はそのままだった。他の能力についても同様だった。チームは一定の成果を上げるが、一人ひとりの学生に注目すると、常に誰かの補助的な役割を担うこととなってしまう意欲や自己肯定感を低減させている学生が存在することも少なくなかった。そのような多様な学生を対象とする必修の正課科目において、個々の学生の創造性を引き出すための、理論に基づいた具体的な教育的働きかけ方策や教育システム構築については、工学教育の実践報告の中にはほとんど見つけることができない。また、日本学術会議が取り組む大学教育の分野別質保証のための教育課程編成上の参照基準や、大学のディプロマポリシー、さらに工学分野では例えばロボット SIER（システムインテグレータ）業界が定めるスキル標準など、様々な機関や分野が明確化する能力目標から現行カリキュラムを見直し、不十分な能力育成を行う科目を設置する取り組みは、近年、各分野においてようやく議論され始めているところである。

そこで、工学教育の正課必修科目において、イノベーションを担う創造的人材の高専教育の特色を生かした育成を目的に、目標とする能力を起点に二つの PBL、特に Problem-BL の教育的特徴を活かした指導法と教育プログラムを確立することに問題関心を置き本研究の着手に至った。本研究における指導法やプログラムの検討は、高専教育が置かれてきた社会的文脈やこれからの目指すべき方向性も視野に入れて取り組んだ。

6 環境的, 社会的, 技術的課題を総合的に扱う PBL 教育プログラム開発の意義と目的

6-1 工学教育の世界的動向

工学系・技術系高等教育の卒業生の多くが就職する製造業の産業構造は, 90 年代以降大きく変わり, 大量生産型の産業システムから, 付加価値の高い無形資産の創造にも適応したシステムへの変容を求められる時代が到来している. また, ここで論じるまでもなく国際社会では, 2015 年 9 月の国連サミットで加盟国の全会一致で採択された「持続可能な開発のための 2030 アジェンダ」等によって, 地球と人類の持続可能性に向けて社会のあり方を転換する必要性が合意されている. このような時代背景の中, 革新的技術開発や戦略的知的創造サイクル推進の重要性は増しており, それらの多くはこれからの若い技術者に負うところが大きい.

2016 年にマサチューセッツ工科大学 (MIT) は, The New Engineering Education Transformation (NEET) を立ち上げ, 新しい工学教育プログラムを開発しグローバルに提供, 展開することになり出した. 2018 年 3 月には, 今後の工学教育の傾向を世界的にレビューした報告書を刊行し, 世界トップレベルの工学教育における有識者 178 人へのヒアリング結果, および有識者 50 名が選んだ世界の優良工学事例と欧米以外で立ち上がってきた新しいイノベーション教育事例を報告している. また, 調査の結果明らかとなった工学教育の世界共通の課題を以下の通り示し, 今後の技術者教育の在り方を提言 (Graham, R., 2018) している.

- ① 国策と高等教育との調整の問題
- ② 高等教育の大衆化に対応する学生中心の教育のあり方の問題
- ③ 教員の役割の変化や待遇の充実の問題

その上で, 現在の工学教育の傾向を以下のようにまとめ, 今後の望ましい方向性を示唆している.

- ① 世界の主要な工学教育の重心が, 北から南へ, 高所得国から新興の経済強国へ移行していること
- ② 学問の体系的修得を目的とした伝統的なカリキュラムが, イノベーション人材輩出の抑制要因となっており, 21 世紀のテーマである, 環境的, 社会的, 技術的課題を総合的に扱う新しいカリキュラム構成と, 学生中心の教育方略とが統合された, 一貫的教育プログラムが成果を上げていること
- ③ テクノロジーの進展により, キャンパス外での知識習得や個別訓練と, キャンパス内や仕事での協働的体験学習を融合させる教育システムが広がりを見せていること

始めていること

報告書では、これまで世界の工学教育のけん引役だった大学の教育プログラムを第一世代の工学教育としている。オリン大学、MIT、スタンフォード大学（アメリカ）、オルボー大学（デンマーク）、デルフト工科大学（オランダ）、シンガポール国立大学などである。第二世代としては、現在新しい教育を実践して注目され始めている、アイアンレンジ・エンジニアリング（アメリカ）、ユニバシティ・カレッジ・ロンドン（イギリス）、シンガポール工科・デザイン大学、教皇カトリック大学（チリ）、チャールズ・ストラート大学（オーストラリア）などが挙げられている。

第一世代の一つであるオルボー大学（デンマーク）については、「統合的に設計されたPBLカリキュラムモデル」が、様々な協働的コミュニティを超えて個々の学びを開発し得ることにより、持続可能な社会への発展に寄与するための新しい能力を得られているという半世紀に届く実績が示されている。近年の新しい優良事例としては、ユニバシティ・カレッジ・ロンドン（イギリス）から、「Integrated Engineering Program（IEP）の教育フレームワークへのPBL新モデルの実装」による学位教育体系の改変

が成果を上げ、産業界の評価及び国際的評価が高いことが報告されている。また、チャールズ・ストラート大学（オーストラリア）の、オンデマンドのオンライン・テクニカル・カリキュラムと実社会で行うPBLカリキュラムを組み合わせる企業ワークプレイスで学生のイノベティブな能力を育成する斬新な工学の学位プログラムは、今後ポストコロナのオンライン教育が普及する時代に対して多くの示唆を提供している。いずれも、大学内で学問を体系的に皆一斉に学ぶカリキュラムを廃止し、基礎や理論は個人のペースで主体的に学べる環境を整え、同時にPBLによる社会実装教育によって個々の学びを統合して新たな知を生み出すプロセス

順位	国名	順位	国名
1	シンガポール (0)	22	ニュージーランド (↓1)
2	デンマーク (↑6)	23	韓国 (↑5)
3	スイス (↑1)	24	サウジアラビア (↑2)
4	オランダ (↑2)	25	ベルギー (↑2)
5	香港 (↓3)	26	イスラエル (↓2)
6	スウェーデン (↑3)	27	マレーシア (↓5)
7	ノルウェー (↑4)	28	エストニア (↑7)
8	カナダ (↑5)	29	タイ (↓4)
9	UAE (↓4)	30	キプロス (↑11)
10	米国 (↓7)	31	リトアニア (↓2)
11	台湾 (↑5)	32	フランス (↓1)
12	アイルランド (↓5)	33	チェコ (0)
13	フィンランド (↑2)	34	日本 (↓4)
14	カタール (↓4)	35	スロベニア (↑2)
15	ルクセンブルク (↓3)	36	スペイン (0)
16	オーストリア (↑3)	37	ポルトガル (↑2)
17	ドイツ (0)	38	チリ (↑4)
18	オーストラリア (0)	39	ポーランド (↓1)
19	英国 (↑4)	40	インドネシア (↓8)
20	中国 (↓6)	41	ラトビア (↓1)
21	アイスランド (↓1)	42	カザフスタン (↓8)

注：()内は昨年順位からの上昇(↑)、下落(↓)幅を示す。

図2 IMD「世界競争力年鑑」2020年 総合順位

スを体験するという設計の教育システムであり、学士号を授与する正課プログラム（オルボー大学は修士課程までの一貫プログラム）である。

これらの工学教育が成果を上げたと言われる第一世代の大学を有する国々は、図 2 の通り国際経営開発研究所（IMD⁴）による世界競争力年鑑（図 2）⁵の上位国に名を連ねる。

シンガポールは第 1 位、オルボー大学を擁するデンマークは 2 位、オランダは 4 位、アメリカは 10 位となっている。オーストラリアやイギリスも 18 位、19 位と日本の 34 位より上位であり、チリも 38 位につけている。MIT の報告書でも、この 4-50 年間、世界の工学教育をけん引してきた大学を有する北欧、ヨーロッパ、米国に混ざり、シンガポールや中国（香港、台湾）、チリ等の、いわゆる新興国の存在感が増してきていることを指摘している。

これらの国々で、先述した「21 世紀のテーマである、環境的、社会的、技術的課題を総合的に扱う新しいカリキュラム構成と、学生中心の教育方略とが統合された、一貫的教育プログラムが成果を上げている」のである。工学教育は一分野に過ぎず国際競争力との因果関係を軽々に論じることはできない。しかし、スイスや北欧の国々など 1970 年代以降 PBL 教育の教育原理となっている理論と実践に関する研究が多くなされてきた国々が、現在、上位にランクインしていることは事実である。

6-2 PBL による創造的人材の育成と ESD

世界や日本の産業界が望む新しい時代のエンジニアには、イノベーションを担う創造的人材としてのベースに「新しい力」が不可欠であると考えられる。高専や大学が独法化し、それとともに工学教育の改革が加速され PBL が注目され始めた 2000 年頃は、内外の教育界で「新しい能力」（松下，2010）が議論された時期でもあった。「新しい能力」

⁴ IMD（国際経営開発研究所：International Institute for Management Development）は、1946 年にスイス・ジュネーブに設立され、現在はローザンヌ（スイス）とシンガポールを拠点としてグローバルに展開している独立した学術機関。2020 年版世界競争力年鑑（World Competitiveness Yearbook）は 2020 年 6 月公表。同センターは 1989 年に同ランキングの発表を開始し今年で 32 回目。

同ランキングでは、255 の指標を用いて集計。指標の 64%は雇用統計や貿易統計といった公式定量データを基にしており、残り 36%は、公式統計では把握しづらい「マネジメント慣行」「ビジネス規制」「労働市場」「姿勢・価値観」等の内容を IMD が実施する経営幹部意見調査「Executive Opinion Survey」の結果も踏まえて算出している。同調査では今年度版は 6,000 人以上の回答を得た。

国ごとの競争力を測るランキングでは、他に世界経済フォーラムが発表している「Global Competitiveness Report（世界競争力レポート）」がある。これら 2 つが世界的に非常に有名。

(<https://sustainablejapan.jp/2020/06/17/imd-world-competitiveness-ranking-2020/50985> (2020.12 確認))

⁵ 三菱総合研究所（2021.4.30 確認）「IMD「世界競争力年鑑」2020 年総合順位」『三菱総研ホームページ』
<https://www.mri.co.jp/knowledge/insight/20201008.html>

は、高度情報化やグローバル化の急激な進展により社会構造や産業構造が流動化する現代を生きるために、知識偏重ではない汎用的な能力が必要だという考え方がそのベースにある。「新しい能力」は、国や機関などによって様々な名称で表された。代表例としては、OECD が行う 15 歳を対象にした学力調査 PISA テストによって測られる「PISA リテラシー」などがある。これらは世界各国の教育政策に影響を与えており、日本でも 2006 年、経済産業省の「社会人基礎力」、2008 年、文部科学省の「学士力」などの形で提唱され、様々な専門教育に適用されてきた。

このような力の育成の必要性は、高専を取り巻く産業界や保護者からも上がっていた。独立行政法人 国立高等専門学校機構⁶（以下、高専機構）が 2006 年に実施した「高等専門学校のある方に関する調査（企業 3,232 件、高専卒業生 556 件、中学 3 年生父母 513 件）」報告書でも、汎用能力育成の強化を望む結果が出ていた。

筆者は、これらを整理し高専卒業生に必要とされる工学分野の能力として、

- ① 専門知識を行動に結びつける“スキル”としての「語学力」、「コミュニケーション力」、「リーダーシップ」、「プレゼン力」、「対人交渉力」、
- ② “社会性”の基礎となる「協調性」、「一般常識」、
- ③ “創造力”につながる「主体性」や「論理的思考力」

に着目した。社会人汎用力と呼ばれるこれらの力は、確かな“知識”や高い“技術”などの「専門性」に加えて創造的人材に不可欠な能力であると考えた（伊藤，2011）。

加えて、「持続可能な開発のための教育，Education for Sustainable Development（以下，ESD）」を工学教育に取り入れる必要性も感じていた（伊藤，2017）。2004 年に始まった「国連 持続可能な開発のための 10 年」を機に ESD の重要性は世界的に認識され始めた。ESD は、もともと“持続可能な未来をつくる教育”とも呼ばれていたが、近年、SDGs⁷が「社会の変革」を中心的理念として掲げ ESD がその達成のための教育と位置付けられたことから、イノベーションにつながる能力と捉えることができるようになった。工学教育ではイノベーションを技術革新と狭義に捉える風潮もあったが、第 3 期科学技術基本計画で「科学的発見や科学的発明を洞察力と融合させて経済的・社会的価値に転換すること」と明確に定義されてからは、イノベーションを技術改革と訳すのは間違いであり、最終的な目的は社会全体の構造改革である（生駒，2006）と広義に捉えることが定着してきている。

⁶ 独立行政法人 国立高等専門学校機構は、国立高等専門学校（国立高専）を設置・運営するため、独立行政法人通則法及び独立行政法人国立高等専門学校機構法に基づき、平成 16 年に設立。全国に 51 校 55 キャンパスの国立高専を設置し、地域と世界が抱える諸課題に果敢に立ち向かう、深い科学的思考に根差した実践的人材を養成している。（<https://www.kosen-k.go.jp/>、2021.5 確認）

⁷ 2015 年の「国連持続可能な開発ミサット」にて採択された「我々の世界を変革する持続可能な開発のための 2030 アジェンダ」で掲げられている、人間、地球及び繁栄のための宣言および目標から成る行動計画

このように、ESD、すなわち、環境、貧困、人権、平和、開発などの現代社会の課題を広く理解し自らの問題として捉え、身近なところから取り組むことにより、それらの課題の解決につながる新たな価値観や行動を生み出す力を育成すること、それによって持続可能な社会を創造していくことを目指す社会的活動を担うことは、本研究で目指す創造的人材育成には欠かせない考え方である。

MIT の報告書で「統合的に設計された PBL カリキュラムモデル」として紹介されているオルボーPBL モデルは、イノベーション人材の育成を目的に掲げる「Project organized Problem Based Learning」として、二つの PBL を ESD などの様々な教育と併せて戦略的に組み合わせることにより相乗効果を得て教育効果を高めている。

本研究では、オルボーPBL モデルに倣って二つの PBL を組み合わせ、それに ESD 教育等を融合させて設計することにより、地球と人類の持続可能性に挑戦する技術者のための創造性育成を目的とする教育プログラムを目指すこととした。

6-3 高専教育における PBL 研究

高専では、独立行政法人化の際、図 3 の通り高専機構法の目的が「創造的人材の育成」と具体化されたことを機に、高専に適した早期創造性教育として Problem-BL 教育システムの導入が議論された。

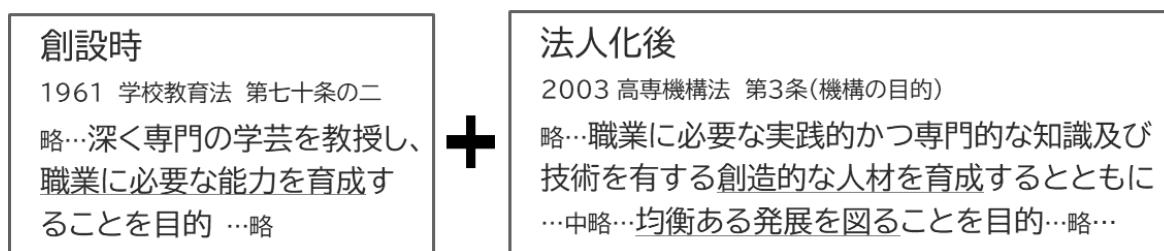


図3 創設時からの高専の目的（岩本, 2010）と、法人化後の高専機構の目的

2004 年の中教審大学分科会制度部会にて、当時、国立高専機構理事・中教審専門委員・宮城高専校長であった四ツ柳が、資料として挙げた「高等専門学校在り方」で「Problem-BL 教育システムの導入」を提案している（図 4）。

四ツ柳は、独立行政法人化に先駆けて 1 年以上前の 2003 年 1 月の工学教育誌に「国立高専の現状と展望」と題した論説（四ツ柳, 2003）を寄せている。さらに 3 年後の 2007 年には、1991 年以来 19 年ぶりに開催して高等専門学校教育の検討が行われた文部科学省 中央教育審議会 大学分科会 高等専門学校特別委員会での委員長としての立場から、同様の提案（四ツ柳, 2007）を行っている。「Problem-Based Learning (PBL)」

のシステム」の提案について四ツ柳は、「現実的な問題（JABEE，学位授与権問題，高等教育複線化を担う環境・システム改善）」への対処と「創造性教育の問題」への対処を明確に分けて論じる中で，後者の問題に対応する教育の提案であること⁸を明記（四

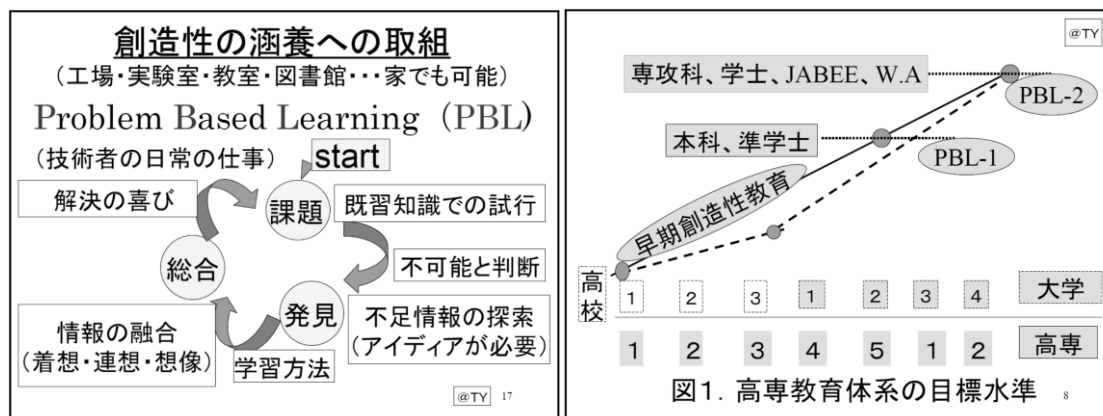


図4 「高等専門学校の在り方」中教審大学分科会 四ツ柳専門委員 提示資料(2004)

ツ柳，2003）しており，2003 年からの 5 年間，その主張内容に全くぶれはなく，高専教育に適した創造性教育システムとして提案し続けた。

しかしながら，以降，四ツ柳が提案したようなイノベーションを担う人材育成のための「高専 Problem-BL システム」の理論的研究は広がりを見せるに至らず，実践研究においてもイノベーション力育成のための図 5 に示されるような“意図的な”Problem-Based Learning 教育システムの設計や検証に関する研究は深まらなかった。

この頃より日本では多くの高専が大学に先駆けて「PBL」を導入したが，前述（序章 4.2）の通り JABEE への対策として Project-BL の有効性が示されたことにより，四ツ柳が提案した Problem-Based Learning との違いが曖昧なまま総称した PBL として広がった。むしろどちらかというと，一般的な呼称としての PBL は，Project-BL を特徴づける科学技術リテラシーの育成に注力するか，または産業界の疑似体験型学習的な学び方として，JABEE に乗じて定着していっ

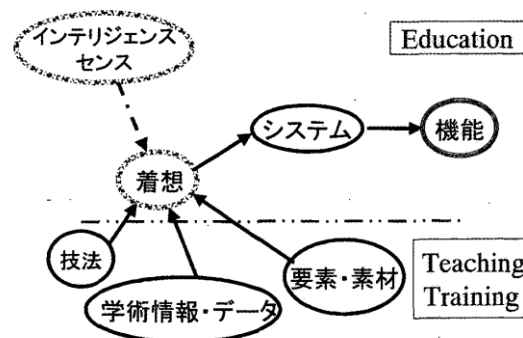


図5 着想の時代の教育（四ツ柳, 2003）

⁸ 同時期に報告されている他の PBL 関連の論文と比較してもめずらしく，四ツ柳の論説の中には「Project-BL」の文言が一切出て来ないことから，文脈から察するに JABEE 認定への対応方策の一つである Coop 教育の中に当然 Project-BL が包含されているという認識だと思われる。すなわち，四ツ柳は JABEE 対応としての教育とは明確に異なる教育手法として，「Problem-BL」に着目し，Albert Einstein の言葉を引用するなどして「着想」や「アイデア」という Problem-BL の Outcomes を強調している。

たのである。伝統的教育からの脱却方策として「PBL 型」の授業は斬新であり、高専の学生気質との親和性も高く、PBL によって技術者を目指す者としての「動機付け」や「エンジニアとなるためのジェネリックスキルの育成」等を目的とする実践が増していった。

イノベーション立国の工学教育事例と比較すると、学習の転移が起こるという Problem-BL の教育学的特徴である構成主義理論や、自己にとって有意義な問いの発見、知の創出のための協働的チーム学習、などの部分が相対的に軽視された日本型 PBL となっていた。さらに、Problem-BL は教育システムとして実施することによる「指導方法」と「カリキュラム構成」の相乗効果で成り立つ (Torp, L. & Sage, S., 2002, p15) とされるが、高専では実験科目の教育手法の一つとしての実践事例が多く、海外で発展している多様な Problem-BL カリキュラム (伊藤 b, 2010) の定着には至っておらず、今や諸外国に大きな後れをとってしまったと言わざるを得ない。

近年、高専教育は教育の高度化と質保証を目的にモデルコアカリキュラムを構築 (独立行政法人 国立高等専門学校機構, 2018) し、その特性をさらに伸長させようとしている。モデルコアカリキュラムの中の「技術者が備えるべき分野横断的能力」を育成する「モデル」の科目例として PBL が挙げられている。高専教育は、他国に例を見ない日本独自のユニークな高等教育機関「KOSEN」として知られ、2009 年に経済協力開発機構 (OECD) の調査チームが日本の高等教育政策をレビューするために訪れた際や 2018 年の事務局長による視察でも高い評価を受けたり、近年は世界各国の要人による視察も相次いだりと、国際的にも注目される存在となっている。2020 年には、モンゴル、タイ、ベトナムなどアジア諸国を中心に「日本型高等専門学校の教育制度“KOSEN”」の導入も進められている (梶山, 2012)。

社会が激変していく時代、高専教育の特長をさらに伸ばすことを目指す教育システムの構築に向けて、世界に認められる高専教育がノウハウを積み上げてきた Project-BL に、四ツ柳が提案していた Problem-BL の創造性育成の考え方を、改めて戦略的に複合させた、環境的、社会的、技術的課題を総合的に扱う新しいカリキュラム設計を志向する PBL 教育研究が果たす役割は小さくないと考える。

6-4 リサーチ・クエスチョン

以上のような背景から、本研究では、「イノベーションを担う創造的人材育成」を最大かつ最終的な目的とした高専教育に適合する PBL 教育プログラムを開発し、授業単位の教育手法という枠内にとどまらずコースまたは学位プログラムレベルでの設

計・実践を目指した「カリキュラム設計を志向する PBL 教育の在り方」を実践的な研究から明らかにすることを目的とする。

すなわち、「高専の工学教育における PBL 教育プログラムの有効性」というテーマのもと、主たるリサーチ・クエスチョンとして

「PBL による“環境的, 社会的, 技術的課題を総合的に扱う一貫的教育プログラム”導入は、高専における工学教育として有効か。」

を立てた。そして、それを明らかにするために、以下の 3 つのサブ・リサーチ・クエスチョンを設定した。

- (1) 高専教育において「学習者中心の教育方略」として、PBL は適しているか。
- (2) PBL 教育プログラムは、「環境的, 社会的, 技術的課題を総合的に扱う新しいカリキュラム構成」に向けた具現化を果たし得るか。
- (3) 本研究で開発した PBL 教育プログラムにどのような教育効果が認められるか。

7 方法

最初に文献調査を中心に、高専教育の目的、特徴、社会的使命に鑑みて PBL 教育を導入する意義について論じ、高専教育の目的である創造的人材を定義し、育成する能力要素を具体化して高専における PBL 教育の目的を明らかにした。

続いて、オルボーPBL モデルを現地視察と文献によって調査、分析し、高専教育への導入に対する要点を抽出しまとめ、PBL によるイノベーション教育科目をどのように設計するかについて考察した。

オルボーPBL モデルの分析より得られた知見を適用して、PBL による社会実装教育で実施する科目の設計・実施を行い、実践結果より課題を明らかにした。社会実装教育はイノベーション教育の一つであり、現実の科学技術イノベーションプロセスを体験するような「技術の社会実装」を行う科目である。

さらに社会実装教育の実践から明らかとなった課題に基づき、イノベーション教育の準備段階として複数の PBL 科目に連続性を持たせて課程に配置する PBL 教育プログラムを設計し実践した。

最後に、開発・実施した PBL 教育プログラムによる学習経験が、卒業後の専門職業人としての社会生活にどのような効果や影響を及ぼしているかを検証するため、卒業生調査を実施した。

8 本論文の構成

本論文は、序章、および1章から5章、そして終章から成る。それぞれの章は、テーマ、中心となる問い、研究の方法、得られた成果と課題で構成し、その概要を表2にまとめ示した。

表2 本論文の構成

	テーマ	問 い	方 法	成 果 ・ 課 題
序章	高専におけるPBL研究の意義	研究の背景 / リサーチエスチョン / 論文の概要、章の構成、用語の定義		
1章	高専教育とPBL	① 高専教育にPBL教育を導入する意義とは何か	・ 文献調査	・ 高専におけるPBL教育の目的 ・ 高専の技術者教育が果たす役割、使命 ・ 創造的人材が有する能力の定義 〈課題〉 PBL教育導入の具体的方策
2章	オルボーPBLモデル	② 工学PBLの先行事例はどのようなものか	・ 海外視察 ・ 文献調査	・ オルボーPBLモデルの調査、分析 〈課題〉 高専教育へのカスタマイズ
3章	PBLによる社会実装科目の設計・実践	③ 高専教育に適したPBL科目を、どう設計し実践するか	・ 教材開発 ・ 科目設計 ・ 実践研究	・ PBLによる社会実装体験科目の設計・実践 〈課題〉 能力育成に対する単発科目の限界
4章	一貫性のある継続的PBL教育プログラムの設計・実践	④ 一貫性をもたせた継続的なPBL教育プログラムを、どのように設計し実践するか	・ 文献調査 ・ 教育プログラム設計 ・ 実践研究	・ 6年間の継続的なPBL教育プログラムの設計・実践 〈課題〉 PBL教育プログラムの効果
5章	PBL教育プログラムの卒業後の影響	⑤ PBL教育プログラムは、専門職業人としての資質に、どのような影響を及ぼしているか	・ 卒業生調査 ・ 混合研究法	・ PBL科目の熱心さが社会人汎用力等と相関 ・ 6年間受講群と1年間受講群の比較により様々な特性の違いが明らかに ・ PBL教育プログラムにより、従来の高専卒業生とは異なる資質の付加の可能性
終章	まとめ、課題と展望	⑥ 得られた知見 ⑦ 課題と今後の展望		・ リサーチエスチョンへの一定の回答が得られ、創造的人材育成への有効性が示唆

9 概念の整理

9-1 PBLに関する用語

本論文では、一般的にPBLと総称される学習方略による様々な学習活動の単位やレベルなどを区別して議論する。そのため、本論文で多用する用語をここに定義し二つのPBLの関係性をまとめて示す。

「PBL」は、Problem-Based Learning と Project-Based Learning の総称として用いる。

「PBL教育」は、PBLを核とする教育のことを指す。

「PBL 授業」「PBL 科目」は、PBL を核として設計・実施する授業や科目を指す。

「PBL 教育プログラム」は、ある学習成果を目指して、PBL 授業や科目を一定の学習期間（学期や学年を超える場合もある）連携させるよう設計・実施する学習活動のまとまりのことをいう。

「PBL カリキュラム」は、PBL 教育を中心とする教育課程のことを指す。

様々な PBL 実践研究の成果（Torp, L. & Sage, S., 2002 ; Graaff, E. de & Kolmos, A. , 2007 ; Maggi Savin-Baden, 2007）によると、Problem-BL はカリキュラム編成と指導法が補い合って、活発な認知活動をもたらすようデザインされた学びのモデルと定義されており、以下の通りまとめることができる。

Problem-BL の独自性はその学習プロセスにあり、①自己にとって有意義な問題との出会い→②既有知識の活性化と仮説の設定→③知識のギャップの同定と学ぶべき事項の確認→④自己主導型学習→⑤新しい知識の応用→⑥解決策の創出と選択→⑦評価→⑧振り返り、という一連の活動で構成される。グループ活動によって②～⑤を共有し何度か繰り返すことによって、問題を捉え直し問題の本質に迫りながら探究を進めていく。学びのプロセスに、パフォーマンス評価と、学習者がより良く学べるようになるための形成的評価を埋め込む。Problem-BL は、学校の学びを社会生活へ応用する成功モデルとされている。一方、Project-BL は、専門家が取り組むような有意義な問題解決のプロセスを体験して何らかの成果物を生み出すことを重視した学習法であり、科学的リテラシーの獲得に有効な学び方とされる（伊藤，2019）。

このように目的や進め方が異なる二つの PBL は、カリキュラム設計において、他の様々な手法も併せ戦略的かつ適切に組み合わせ配置することにより相乗効果が得られ、教育効果が高まる。Problem-BL は、学習者にとって必要な学びを得るために学問分野の境界を越える前提で、コースの初めからでも使われるが、Project-BL は、コースの最後の総合的な活動として複数の科目範囲を統合するしくみとして用いられる（Graaff & Kolmos, 2007）。

表 3 学習科学によるそれぞれの PBL の特徴

	Problem-Based Learning	Project-Based Learning
問題	当事者性のある複雑で構造化されていない問題	プロフェッショナルの取り組みに類似した現実の有意義な、学習を駆動する課題
特徴	①協調的な問題解決、②自己主導型学習、③知識転移、④理解深化の促進、⑤批判的思考促進、⑥興味の喚起、⑦特徴的な学習サイクル	①科学リテラシーの獲得、②スタンダードや評価に沿った学習目標が立てやすい、③科学的実践、④協調、⑤学習テクノロジーの活用、⑥成果物としてのアウトプットを求める

以上をふまえ、本研究において教育プログラムに導入する際の二つの PBL の具体的

な進め方の要素を以下の通り整理した。

● Problem-Based Learning の要素

- ・自己にとって有意味な実社会の問題に取り組む
- ・問題をはらんだ状況の提示から学習を始める
- ・指導者は思考に刺激を与え、学びをファシリテートする
- ・Problem-Based Learning 独自の学習プロセスを採る
- ・学習のプロセスを重視する
- ・目標に向けて非線形的・螺旋的に進む

● Project-Based Learning の要素

- ・プロに類似した現実の有意味な課題に取り組む
- ・タスクとしての課題の提示から学習を始める
- ・学習者はプロジェクトを自ら管理し、指導者は監督する
- ・プロジェクト型の学習プロセスを採る
- ・学習の成果物（形あるもの）を重視する
- ・目標に向けて直線的・儉約的に進む

● 共通の要素

- ・学習者は自らの学びの責任者となる
- ・問題や課題は真正性と全体性・総合性を有する
- ・能力観は、本質主義ではなく社会文化的能力に立つ
- ・学習観は、構成主義、状況主義（社会構築主義）に立つ
- ・既有知識の活性化、転移、統合、探究を促す
- ・内側から問題に取り組む、学生の当事者性を重視する
- ・必要な情報は学生自身が収集・選択・活用することを基本とする

本研究では、これらの特徴を組み合わせる教育プログラムを設計した。

9-2 イノベーションに関する用語

本論文におけるイノベーションに関連する用語を次の通り定義する。

「イノベーション」とは、単なる技術革新ではなく、基幹産業の創出や発展を促進し、その結果として社会の変革をもたらすことを指す。これは、生産要素の新たな結合により、ときに既存産業等の破壊を伴いながら社会的インパクトのある変革を実現すること（J.A. シュムペーター，1977）である。

「イノベーション人材」とは、企業の一員として産業界や地域社会との連携を強化し、

ものづくり技術力の継承・発展を担いイノベーション創出に貢献する技術者（文部科学省，2007）を指す。すなわち，人々や組織が抱える重要な問題を解決するアイデアを考え付き，そのアイデアを破壊的イノベーションとなるような新しいプロダクトやサービスへと発展させ，必要となれば技術も新しく開発し会社の商用化プロセスを経てそのプロダクトやサービスを市場まで送り出す個人である。ミクロレベルでは，顧客の理解と，潜在的な技術的解決の方法の模索を行き来しつつ，マクロレベルでは，市場への有用性を検証するシリコンバレー型ではなく，企業の一員として産業界や地域社会との連携を強化しものづくり技術力の継承・発展を担いイノベーション創出に貢献する技術者のことをいう。そのような人材はシリアル・イノベーターと呼ばれ，その要素は表4の通りである（経済産業省 産業技術環境局，2014；Abbie Griffin, Raymond L. Price, Bruce A. Vojak, 2014）。

表4 シリアル・イノベーターの要素（MP5 モデル）

モチベーション (Motivation)	外的(人々が抱える課題を解決したい), 内的(課題自体を解決したい)の二方向のものが存在.
性格 (Personality)	内的好奇心, 曖昧さに対する耐性, システム思考, 等
視点 (Perspective)	人々の持つ課題を解決するために技術を使用し, 世の中をより良くしたいと思うと同時に, 会社に対して利益をもたらそうとしている
準備 (Preparation)	入社前に持っている知識・スキルに加え, 技術領域, ビジネス, マーケットと多岐の領域にわたり, キャリアを積む中で学び続ける
社内政治能力 (Politics)	商品を市場に出すために必要な社内資源を得る
プロセス (Process)	顧客・技術・市場, を行き来し, 各々へのフィードバックが多い. 商品成立後の状態よりも先, つまり消費者が製品についてどう考えるか, どう使うか, そして次に何をすべきかを考えている.

「イノベーション教育」とは，イノベーション人材の育成を目的として行われる様々な教育のことを指す。

「創造的な人材⁹」とは，高専教育の文脈で使用する言葉で，イノベーション人材と同義である。創造的人材と表すこともある。

⁹ 独立行政法人国立高等専門学校機構法第一章第3条（機構の目的）「職業に必要な実践的かつ専門的な知識及び技術を有する創造的な人材を育成するとともに，我が国の高等教育の水準の向上と均衡ある発展を図ることを目的とする」から「創造的な人材」という用語を使用する。

参考文献

- ・ Graaff, E. de & Kolmos, A. (2007). History of Problem-based Learning and Project-based Learning, Graaff, E. de & Kolmos, A., *Management of Change: implementation of problem-based and project-based learning*, Sense Publishers (Rotterdam), p.1-8.
- ・ Torp, L. & Sage, S. (2002a). *Problems as possibilities: Problem-based learning for K-16 education*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development, p14-16., p32-34.
- ・ R. Keith Sawyer (2014). *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences Second Edition*, Cambridge University Press, p.275-318.
- ・ 伊藤通子 (2010a) 「高専教育と Problem-Based Learning ～富山高専における実践～」『放送大学大学院修士論文』, 4 章.
- ・ 伊藤通子 (2014) 『認知主義・状況主義学習理論からアプローチするKOSEN型実技教育の再評価と標準化』, 平成 23 年度～平成 25 年度 科学研究費助成事業 基盤研究 (C) 課題番号 23501083 報告書, p.6-8.
- ・ 山口悦司 (2016) 「Problem-Based Learning」, R. K.ソーヤー編, 大島純・森敏昭・秋田喜代美・白水始 監訳, 望月俊男・益川弘如 翻訳 (2016).『学習科学ハンドブック 第二版』, 第 2 巻, 北大路書房, p.39.
- ・ Jingyan Lu, Susan Bridges, and Cindy E. Hmelo-Silver (2014). Problem-Based Learning, R. Keith Sawyer, *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences Second Edition*, Cambridge University Press, p.314.
- ・ Joseph S. Krajcik and Namsoo Shin (2014). Project-Based Learning, *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences Second Edition*, Cambridge University Press, p.276, p.279.
- ・ 河崎美保 (2016) 「Project-based learning」, R. K.ソーヤー編, 大島純・森敏昭・秋田喜代美・白水始 監訳, 望月俊男・益川弘如 翻訳 (2016)『学習科学ハンドブック 第二版』, 第 2 巻, 北大路書房, p.18.
- ・ 小畑秀文 (2015) 「これからの課題」『創造的・実践的技術者の育成を担う高専教育』, 経済産業省 理工系人材育成に関する産学官円卓会議, 第 3 回 資料 4.
https://www.meti.go.jp/policy/innovation_corp/entaku/pdf/150925_entaku3_siry004.pdf
(2020.11.14 確認)
- ・ 濱中義隆 (2017) 「「実践性」から見た高専教育—キャリアとの関連に着目して」『日本労働研究雑誌』, No.687, p.46-57.
- ・ 文部科学省 (2017) 『大学における工学系教育の在り方について (中間まとめ)』, 大学にお

ける工学系教育の在り方に関する検討委員会, p.1.

- ・ 文部科学省 (2018)『工学系教育改革制度設計等に関する懇談会取りまとめ』, p1-7.
- ・ 経済産業省 (2020)『産業技術ビジョン 2020』, p.12, p.15.
- ・ 山下文雄・加藤裕久 (1976)「小児科学のカリキュラム例」『医学教育』, 7(3), p.173-176.
- ・ 山上健・下村宏・西尾紘明 (1977)「医学入門 一産婦人科の場合一」『医学教育』, 8(6), 379-382.
- ・ Virginie SERVANT (2012). PBL in Japan, *The PBL in Asia Series*, Promethea Education Consulting Pte. Ltd., p.27-28.
- ・ 岡田宏基 (2012)「問題解決能力を習得するための教育手法—PBL チュートリアルと TBL (Team-Based Learning)」『日本心身医学会』, 52, p.1008-1013.
- ・ 太刀川寛 (2000)「プロジェクトチームによるソフトウェア開発実験 —Project-Based Learning(PBL)の試み—」『日本工学教育協会 平成 12 年度工学・工業教育研究講演会 講演論文集』, p.23-24.
- ・ 久保猛志・松本重男 (1998)「金沢工業大学における工学設計教育」『工学教育』, 46(2), p.14-19.
- ・ 吉田淳一・草川英昭 (1995)「金沢工業大学における工学基礎実技教育(10) —工学基礎製図の教育における授業の進め方—」『日本工学教育協会 平成 7 年度工学・工業教育研究講演会 講演論文集』, p.61-62.
- ・ 平林義彰・酒井慶一・松村秀逸・草川英昭 (1995)「金沢工業大学における工学基礎実技教育 (9) —工学設計教育における実験教育の一つの試み—」『日本工学教育協会 平成 7 年度工学・工業教育研究講演会 講演論文集』, p.85-88.
- ・ 赤堀侃司 (1998)「課題学習の実践の意義と課題」『日本ロボット学会誌』 16(4), p.426-430.
- ・ 黒川淳一・金子成彦・生田幸士 (2001)「国立大学における教育改革の試み」『日本機械学会誌』, 104(990), p.298-306.
- ・ 小坂田宏造 (2000)「大阪大学基礎工学部における創成科目—PBL 科目—」『日本工学教育協会 平成 12 年度工学・工業教育研究講演会 講演論文集』, p.303-306.
- ・ 萩原兼一・都倉信樹 (2000)「通常講義の中での PBL 演習の試み」『日本工学教育協会 平成 12 年度工学・工業教育研究講演会 講演論文集』, p.283-286.
- ・ 都倉信樹 (2000)「創成科目の考え方と実施案」『日本工学教育協会 平成 12 年度工学・工業教育研究講演会 講演論文集』, p.275-278.
- ・ 藤田喜久雄 (2000)「トータルデザインと設計教育」『日本機械学会 2000 年度年次大会資料集(V)』, p.601-602.
- ・ 島田彌 (2000)「今後の技術者に必要な基礎能力の育成方策」『工学教育』, 48(1), 26-33.
- ・ 日本学術会議 (2000)「グローバル時代における工学教育」『工学教育研究連絡委員会報告』, 工学教育研究連絡委員会

- ・ 大中逸雄 (2000)「日本技術者教育認定基準の要点と教育の改善」『工学教育』, 48(1), p.21-25.
- ・ 池田博一 (2000)「自律的に活動する方法を学ばせる試み」『日本工学教育協会 平成 12 年度工学・工業教育研究講演会 講演論文集』, p.79-82.
- ・ 市村尚久 (1962)「キルパトリック教育理論におけるプロジェクト法の位置」『教育哲学研究』, 1962 巻 7 号, p.14-30.
- ・ 渡邊辰郎 (2017)「日本工学教育協会会誌「工学教育」より見た PBL 教育の現状」『日本工学教育協会平成 29 年度工学教育研究講演会講演論文集』, p.460-461.
- ・ Torp, L. & Sage, S. (2002b). *Problems as possibilities: Problem-based learning for K-16 education*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development, p.14, p.34.
- ・ Dewey, J. (1910). *How We Think*, D. C. HEATH & CO., PUBLISHERS (BOSTON NEW YORK CHICAGO), p.72
- ・ Graham, R. (2018). *The global state of the art in engineering education*, New Engineering Education Transformation Massachusetts Institute of Technology.
- ・ 三菱総合研究所 (2021) IMD「世界競争力年鑑」2020 年総合順位」『三菱総研ホームページ』, <https://www.mri.co.jp/knowledge/insight/20201008.html> (2021.4.30 確認)
- ・ 松下佳代編著 (2010)『<新しい能力>は教育を変えるか：学力・リテラシー・コンピテンシー』, ミネルヴァ書房
- ・ 独立行政法人国立高等専門学校機構 (2006).『高等専門学校のあり方に関する調査報告書』
- ・ 伊藤通子 (2011)「行動主義, 認知主義, 状況主義の学習理論に基づく新しい実技教育の可能性」『工学教育』, 59(1), p.62-68.
- ・ 伊藤通子 (2017)「世界的な教育の潮流」『エクセレントデンマーク・ラビング』, p.27-31.
- ・ 生駒俊明 (2006)「イノベーションと国際競争力」『学術の動向』, p.50-59.
- ・ 四ツ柳隆夫 (2004)「高等専門学校の在り方—高専教育の現状と課題—」『中央教育審議会大学分科会 制度部会』, 第 9 回, 資料 4.
- ・ 四ツ柳隆夫 (2003)「国立高専の現状と展望」『工学教育』, 51-1, p.5-10.
- ・ 四ツ柳隆夫 (2007)「高専の新領域への拡大について 歴史と展望」『文部科学省中高教育審議会大学分科会 高等専門学校特別委員会』, 第 9 回, 資料
- ・ 岩本晃代 (2010)「高等専門学校創設法案の経緯と「複線型」教育の問題点」『カリキュラム研究』, 第 19 号, p.29-41. (p6).
- ・ 伊藤通子 (2010b)「高専教育と Problem-Based Learning」『放送大学大学院修士論文』
- ・ 独立行政法人 国立高等専門学校機構 (2018)『モデルコアカリキュラム—ガイドライン—』
- ・ 梶山千里 (2012)「高専の役割と課題」『IDE 現代の高等教育 高専の半世紀』, No.544, p.5.
- ・ Maggi Savin-Baden (2007). *Challenging Models and Perspectives of Problem-based*

- Learning, Graaff, E. de & Kolmos, A. , *Management of Change: implementation of problem-based and project-based learning*, Sense Publishers (Rotterdam) , p.9-29.
- ・ 伊藤通子 (2019) 「PBL Problem-based Learning」『事典 持続可能な社会と教育』, 教育出版, p. 230-231.
 - ・ J.A. シュムペーター (1977) Joseph A. Schumpeter 原著, 塩野谷祐一・東畑精一・中山伊知郎 翻訳, 『経済発展の理論 ―企業者利潤・資本・信用・利子および景気の回転に関する一研究』, 岩波文庫.
 - ・ 文部科学省 (2007) 『中央教育審議会 大学分科会 高等専門学校特別委員会』, 第8回, 資料5.
 - ・ 経済産業省 産業技術環境局 (2014) 「(参考) シリアル・イノベーター」『イノベーションを担う人材』, p.4.
 - ・ Abbie Griffin, Raymond L. Price, Bruce A. Vojak (著), 市川文子, 田村大[監訳] 東方雅美[訳] (翻訳) (2014) 『シリアル・イノベーター “非シリコンバレー型” イノベーションの流儀』, プレジデント社.
 - ・ 独立行政法人 国立高等専門学校機構法

第1章 高専教育と PBL

本章では、本研究のフィールドである独立行政法人 国立高等専門学校機構 工業高等専門学校（以下、高専）の制度や教育を概観し、高専教育とイノベーション教育や PBL 教育のあり方について論じる。

まず、第1節では、独立行政法人 国立高等専門学校機構（以下、高専機構）が設立時に掲げた目的と PBL 教育の導入経緯を紐解き、これからの高専にとっての PBL 教育について考察する。続く第2節では、現在の高専や卒業生を取り巻く社会的状況から、求められる高専教育と育成すべき人材像を明確にしてイノベーション教育の必要性を考察する。第3節では、高専が輩出する人材に期待される能力について検討を加え、PBL 教育が果たし得る役割とイノベーション教育への適用に向けた、PBL 教育プログラムの構造と機能について論を展開する。

1-1 高専教育の目的と、Problem-BL 導入の経緯

1-1-1 高専の制度

高専は、実践的・創造的技術者を養成することを目的とした高等教育機関で、全国に国公立立合わせて 57 校あり、全体で約 6 万人の学生が学んでいる¹。

高専制度は 1962 年、経済高度成長期にあった産業界からの強い要請に応じて実践的な中堅技術者を養成するため、「職業に必要な能力を育成する」という目的²で、中学校卒業者が入学できる高等教育機関として創設された。2003 年には、独立行政法人国立高等専門学校機構法³が制定され、その目的として、「創造的人材の育成」および「(大学との) 4均衡ある発展」が掲げられた。この新しい目的が明示することは、国立高専が創造的人材を輩出するために大学と均衡ある発展を遂げるということであり、我が国の工学系高等教育機関の複線化を担うことが明記されたといえる。2004 年に国立高専は独立行政法人化（以下、独法化）して、現在は全国 51 高専 55 キャンパスで一法人となり、2014 年のデータでは工学系新卒者の約 17%⁵が高専教育を受けて社会に輩出されている。

¹ 文部科学省 WEB ページ 高等専門学校（高専）について（2021.4.30 確認）

https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/kousen/index.htm

² 学校教育法第 70 条の 2

³ 独立行政法人国立高等専門学校機構法（平成十五年法律第百十三号）

⁴ カッコ内は筆者による

⁵ 序章 9 ページ、表 1 および図 1（工学系新卒者に占める割合（小畑，2015）より図表を作成）を参照

高専卒業生には、5年間の本科履修で準学士、その後進学して2年間の専攻科を終えると学士が与えられる。図1-1の通り、6・3・3・4制の各学校種との間に多様な進路パスやキャリアパス⁶が選択できる。

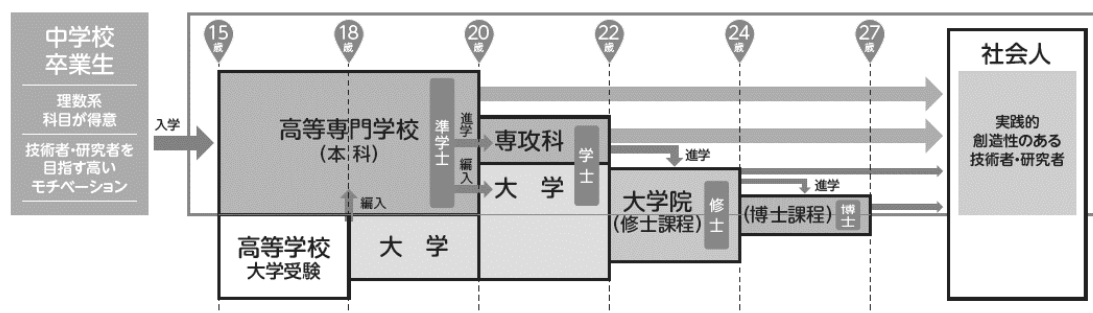


図1-1 高専のシステムとキャリアパス⁶

1-1-2 高専の教育

高専は、海外には例を見ない日本独自の学校種であり、商船やビジネス関連学科などもあるものの、学科のほとんどは工学分野に限られていることや学生の絶対数が少ないこともあって一般に知名度は高いとは言えない。しかし、我が国の技術者教育の充実という側面からは、独自の役割を果たしてきた（梶山，2012；濱中，2017）とされる。

高専の教育は、5年一貫の専門教育、実技重視の実践的技術教育、少人数で密着型のきめ細かな教育指導、求人倍率約10～20倍、就職希望者の就職率はほぼ100%、約4割が高専専攻科進学や大学3年次へ編入学、などの特色をもち、「アイディア対決・全国高等専門学校ロボットコンテスト」、通称「高専ロボコン」など⁷を通して知られる。

創立時から中学の成績上位者が入学しており、実験や実習を重視した実践的な専門教育が、5年一貫のくさび型の体系的カリキュラムによって行われている。インターンシップの実施率が高く、日本技術者教育認定機構（JABEE⁸）による国際技術者認証への取り組みや、大学に先駆けて始めたロボットコンテスト、プログラミングコンテストなどに力を入れている。

学校基本調査によると卒業後の進路に占める就職・進学以外は、大学工学部が10%以上であるにもかかわらず高専は3～4%に過ぎず、卒業生の4割がプラス2年間の高専専攻科への進学や科学技術大学をはじめとする国立大学への編入学でさらに専門性を高める道を選ぶ時代となり、創立当初の5年間完成教育という方向性は薄れたが、

⁶ 独立行政法人 国立高等専門学校機構 概要（2020年度）

⁷ 国立高等専門学校WEB ページ（2021.4.30 確認）<https://www.kosen-k.go.jp>

⁸ JABEE は、Japan Accreditation Board for Engineering Education の略称。

技術者養成機関としての実質的な特徴は強固に持ち続けていることが強み(新谷, 2012)とされる。卒業生はどのキャリアパスを選ぼうが 90%以上が技術者となっており、日本の工学系卒業者全体の 1 割を占める卒業生は、技術者として、また教育・研究者として、様々な社会的役割を担い日本社会に根付いており、産業界からは高い評価を受け続けている(梶山, 2012)。

海外では、他国に例を見ない日本独自のユニークな高等教育機関「KOSEN」として知られ、2009 年に経済協力開発機構(OECD)の調査チームが日本の高等教育政策をレビューするために訪れた際や 2018 年の事務局長による視察でも高い評価を受けたり、近年は世界各国の要人による視察も相次いだりと、国際的にも注目される存在となっている。2020 年には、モンゴル、タイ、ベトナムなどアジア諸国を中心に「日本型高等専門学校の教育制度(KOSEN)」の導入も進められている(大村他, 2020)。

1-1-3 高専教育と Problem-BL

2004 年 6 月に開催された文部科学省 第 9 回中央教育審議会 大学分科会 制度部会の資料「高等専門学校の在り方ー高専教育の現状と課題ー」の中で、当時、国立宮城工業高等専門学校校長であった専門委員の四ツ柳隆夫により初めて高専教育への Problem-BL の導入が公に提言された。筆者を含む高専教育関係者が Problem-BL に意識を向け始めたのは、これがきっかけだった。この提言には注目すべき点が二つある。一つは、当時の日本の工学教育界で広がり始めていた Project-BL ではなく「Problem-BL に注目している」こと、二つ目は、当時すでに数多くの導入事例が報告されていた実験や授業の手法としてよりも「Problem-BL による教育システムの構築」を説いていることである。

日本では、序章 4.2 日本の工学教育における PBL の始まりで概説した通り、2000 年頃から「PBL」の実践報告が急増した。これは、国際的相互承認制度の流れに乗り遅れまいと 1999 年に発足した「日本技術者教育認定制度(通称 JABEE)」で Project-BL が推奨された(日本学術会議, 2000)ことによるものである。Project-BL は、その原理ー合目的的活動と附随性による人格形成をもたらす "Project Method"ーや、現代社会での展開ープロフェッショナルの取り組む問題に類似した現実の有意義な課題解決に取り組むことを通して現代の激変する社会状況に対応する新しい能力の習得のために有効ーに特徴⁹づけられる。そのため、産業界が希求する「世界に通用する技術者育成」のための学習法として適しており、工学教育を取り巻くステークホルダーから

⁹ 本研究が依拠する Problem-BL と Project-BL の特徴については、本稿序章にて述べた。

広く支持を得ていったのである。

しかしながら四ツ柳は、JABEE 対策としては COOP 教育（二つの PBL の混同の危険性を察知してこれを避けるためか、あえて **Project-BL** という言葉は使っていない）による能力育成の必要性にも触れつつ、主眼はもう一つの重要な能力としての「創造性」に置いており、**Problem-BL** によって育成すべきであると説いた（四ツ柳, 2003）。この主張は、世界ではすでにイノベーション教育としての **Problem-BL** 研究や、指導法とカリキュラム構成の相互補完性に関する知見が広まっていたこととの齟齬はないのだが、日本では残念ながら今なお弱い視点である。文部科学省 第9回中央教育審議会 大学分科会 制度部会に先駆けて、国立専門学校協会理事会や文部科学省高等教育局に設置された「高専のあり方に関する検討会」で、高専教育の方向性については議論が重ねられていたが、その過程に発想の発端があるのかもしれない。

この四ツ柳による提言を、高専教育における **Problem-BL** 教育の導入原点として、ここで振り返っておきたい。

四ツ柳の提言は、2004 年 4 月に独立行政法人国立高等専門学校機構が設置され全国に 55 校あった国立高等専門学校が 1 法人となり、創設時の 1961 年に学校教育法第 72 条の 2 で謳われた目的が、高専機構法第 3 条として図 1-2（序章 図 3 再掲）の通り具体化、明確化された時機になされた。この時より高専（国立）は日本独自の工学系の複線型高等教育機関であることを自覚し、大学との「均衡ある発展を図りつつ」、「創造的人材を育成すること」へと教育を進化させることを目的の中で明示した。全般的な教育の潮流にも伴い全国の高専の教育現場では教育改革への機運が高まっていた時だった。

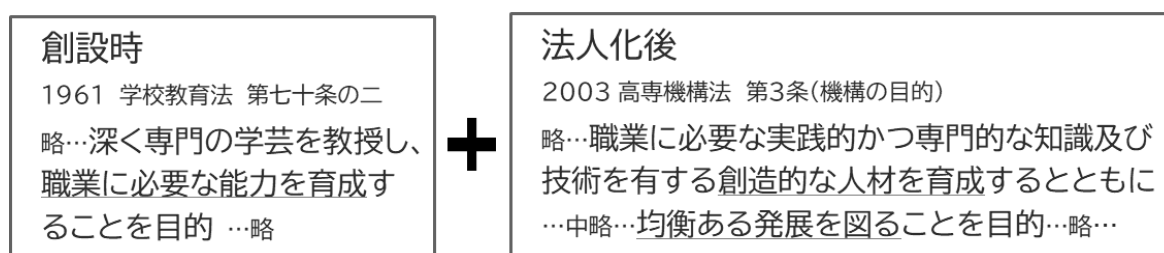


図 1-2 創設時からの高専の目的（岩本, 2010）と、法人化後の高専機構の目的

四ツ柳は、独法化の前年、**Problem-BL** 導入の構想を工学教育誌に発表している。高専の変革すべき姿として、我が国の高等教育体系の中で“大学とは異質の 2 本目の柱”となり、15 歳からの理工系早期一貫教育によって“新しいタイプの技術者”養成を行うことを論じた。高専が育てるべき新しいタイプの技術者を、「複雑化・複合化した技術領域へ、企画・設計等を含む広義のデザイン能力を持ちながら自信ある専門工学分野に関する基礎的仕様で対応する、創造力のある実践的エンジニア」と表現している（四

ツ柳, 2003, p.5). 「複合領域へのデザイン能力」は, この提言から 20 年近くが過ぎようとしている今, デザイン思考の重要性が指摘される現代に通じるものである. そして次のように述べる.

では, 「創造性を引き出す」ために, どのような教育手法を持ち込むか, それは, 図 2 <図 1-3 左> に示す Problem based learning (PBL) のシステムの導入が最適である (四ツ柳, 2003, p.6).

と, Problem-BL の学習プロセスに重点を置いた教育システムを提言している.

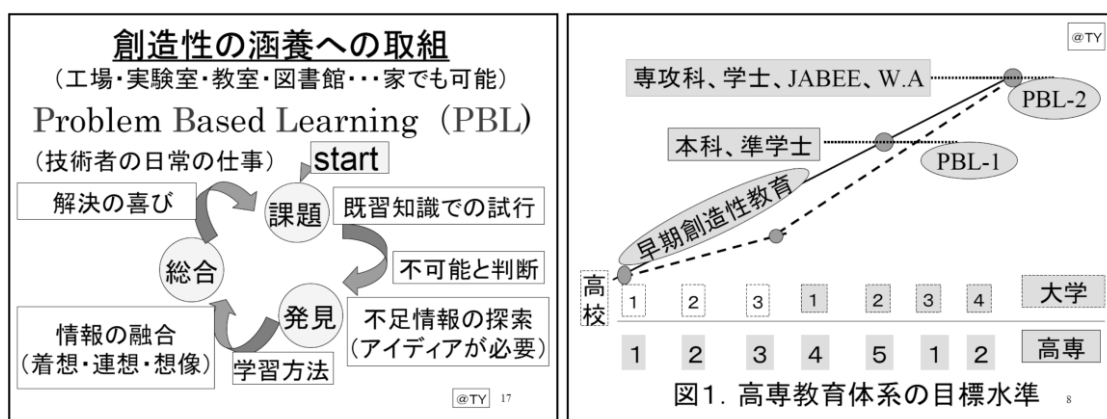


図 1-3 「高等専門学校 の在り方」中教審大学分科会 四ツ柳専門委員 提示資料(2004)
(序章 図4再掲)

続いて,

優秀な成績 (同期の上位 1/3 程度以上) で中学校を卒業した人材に対して, 理工系の早期一貫教育を行ってきた. <中略> 中学で「生きる力・考える力」の新しい教育を受けてきた学生を, 直ちに「創造性を引き出す」教育プログラムに誘い込むことの利点は, 我が国では高専だけが持つ特権である. 高専教育体系の概略を図 1 <図 1-3 右> に示す. 本科の低学年部分は, 高等学校の指導要綱や大学受験勉強に拘束されない. これを生かさない手はない (四ツ柳, 2003, p.6) .

と指摘する.

さらに, 「創造性を引き出す」ための教育として, 「Problem Based Learning (PBL) のシステム」を以下のように説明している.

ここで, 図 2 <図 1-3 左> に掲げた PBL について, 若干の説明を追加したい. 先ず課題を出す. そのとき, 多くの演習講義で行っているものとは異なり, すでに学習してきた範囲を若干超える課題を出す. 通常であれば学生は「範囲外」といって拒絶反応を示す. しかし, 技術者が直面する現実の課題は「範囲

外」のものばかりである。これらに対処するには、どのような情報が足りないかをまず点検し、それを探さなければならない。この探し物は、「発見」を必要とする代物であるから、目の前にそれがあっても「これだ！」と気付く「発見の障壁」を越えない限り「見れども見えず」ということになる。これをグループ学習でやれば、いわゆる頭のいい学生が発見者になるとは限らない。さらに、発見しただけでは使えないから、自発的な学習とトレーニングが必要である。その上で、既知情報と複合させて問題を解くことになるが、ここに「複合化・総合化の壁」が立ちほだかる。これを超えるには「着想」が必要である（四ツ柳, 2003, p.8）。

四ツ柳のこのアイディアがどのような知見を根拠に展開されたのか、挙げられている引用文献からは伺い知れなかった。

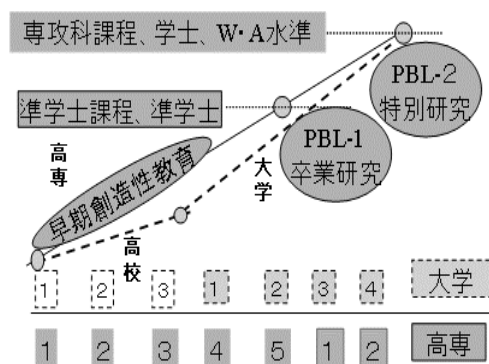
四ツ柳の提言にあるキーワードを抽出してさらに考察を加えよう。四ツ柳がカッコで強調しているキーワードは、「範囲外」「発見」「これだ！」「発見の障壁」「見れども見えず」「複合化・総合化の壁」「着想」である。これらのキーワードからは、現在多くの授業実践で実施されているような、企業などが提供するテーマに取り組む課題解決型学習のイメージよりも、まさしく **Problem-BL** で重要とされる「自己にとって有意義な問題への探究」に近い印象を受ける。四ツ柳の **Problem-BL** の捉え方「既有知識と新しい情報が問題解決の過程で融合しようとして「複合化・総合化の壁」が立ちほだかるが、これを超えるために「着想」の力を鍛えて創造性を引き出す教育」は、以下のように定義する文部科学省の捉え方（文部科学省, 2018, p2）とは大きく異なっている。

＜前略＞ 今こそ、**PBL (Project-Based Learning)** や産学連携教育とその促進策を実行すべきである。ここで言う「**PBL**」とは、単に問題解決学習 (**Problem-Based Learning**) とするのではなく、産業界や行政等との連携プロジェクトや教育プログラムを通じて、実社会と関係した生きた課題や挑戦課題を対象とする実践的教育 (**Project-Based Learning**) と定義し ＜中略＞ を重点的に導入すべきである（文科省, ）。

推測を交え多少の飛躍を恐れず言うと、四ツ柳は 2003 年当時、すでに欧米の工学教育でイノベーション力の育成に効果を上げていた **Problem-BL** を紹介し、日本が苦手とする「問いを立てる力」や「新しいことを生み出す力」「失敗を恐れずに果敢に挑む力」につながっていく教育を志向して、高専教育に **Problem-BL** を紹介したと思えてならない。

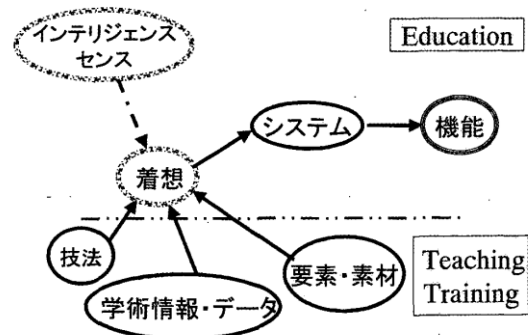
さらには、当時の一般的な大学生には「創造性を育む **Problem-BL**」に必要な基礎教育が提供されておらず、彼らが伝統的な行動主義的教育による受験勉強を強いられて

四ツ柳は、3年後の2007年にも文部科学省の会議で再度 Problem-BL 教育システムを提案（四ツ柳，2007）している。2007年のそれは、1991年以来19年ぶりに開催して高等専門学校教育の検討が行われた、文部科学省中央教育審議会 大学分科会 高等専門学校特別委員会での委員長としての立場からである。5年を跨いだ再三再四の提言だが、2003年の論文以来その提言内容（図1-4）にブレはない。



当時、高専制度の設置から 40 年が経過し 21 世紀を迎える時代となって社会情勢が激変する中、大学と相互補完的に我が国の工学教育を担いながら、大学とは異なる新たなタイプの技術者教育を行う必要性を説き、その中心的教育手法として「Problem-BL」と「Project-BL（四ツ柳の論説にある Cooperative Education [COOP]=企業課題に実践的に取り組む教

論説で四ツ柳は, Problem-BL で学生が取り組む問題の, 伝統的な学習で与える課題とは異なる性質とその重要性, 既有知識に新しい情報を取り込むことによる知識構築の統合化プロセス, その過程で起こる認知的葛藤から生まれる真の理解, そして, グループ学習で起こるグループダイナミクスの結果としての「着想」にも言及 (図 1-5) し



- 41 -

ており、構成主義や状況主義の視座に立って、その探究プロセスの結果として創造性が引き出されるとしている。さらに、理工系の早期一貫教育として世界で唯一の成功実績を持つ教育システムとして、小規模で質の高い学生を集めている高専教育の優位性を生かして、初等・中等教育で「生きる力」という新しい教育を受けた15歳に、直ちに「創造性を引き出す」教育プログラムに誘い込む利点を説いている。

その後の高専教育で行われた様々なPBL実践報告は「創造性の育成」をテーマとするものが少なくなかったが、四ツ柳は2003年の論説ですでに「創造性は教えられない」と明言しており、Educationという言葉が持つ「内在するものを外へ引き出す」（四ツ柳，2003）という意味を用いて、Problem-BLを担う教員の役割の変化の重要性、すなわち“教えるから引き出す”ということにまでも触れている。

四ツ柳が示した高専教育におけるProblem-BL教育システム構想、定義、目的には、現代にも通用するProblem-BLの高専への導入の普遍的原理が認められる。この提言によって本研究のフィールドとなる高専にもProblem-BLが導入されることになった。このような提言の原点に立ち戻りつつ、現代に適したProblem-BLとProject-BLを高専教育に導入する実践研究の意義を再確認した。

1-2 現在の高専教育を取り巻く社会的状況とPBL

1-2-1 日本の科学技術と産業の状況

高専教育が与えられた独自の役割を担い一定の社会的評価を受ける（梶山，2012）一方で、卒業生を待ち受ける日本の産業界に目を移すと、かつては科学技術創造立国を標榜してきた我が国に近年その勢いに陰りがみられるようになってきている。

2020年6月に、IMD¹⁰（国際経営開発研究所：International Institute for Management Development）による「世界競争力年鑑（World Competitiveness Yearbook）」が公表された。

¹⁰ IMD（国際経営開発研究所：International Institute for Management Development）は、1946年にスイス・ジュネーブに設立され、現在はローザンヌ（スイス）とシンガポールを拠点としてグローバルに展開している独立した学術機関。2020年版世界競争力年鑑（World Competitiveness Yearbook）は2020年6月公表。同センターは1989年に同ランキングの発表を開始し今年で32回目。

同ランキングでは、255の指標を用いて集計。指標の64%は雇用統計や貿易統計といった公式定量データを基にしており、残り36%は、公式統計では把握しづらい「マネジメント慣行」「ビジネス規制」「労働市場」「姿勢・価値観」等の内容をIMDが実施する経営幹部意見調査「Executive Opinion Survey」の結果も踏まえて算出している。同調査では今年度版は6,000人以上の回答を得た。

国ごとの競争力を測るランキングでは、他に世界経済フォーラムが発表している「Global Competitiveness Report（世界競争力レポート）」がある。これら2つが世界的に非常に有名。

(<https://sustainablejapan.jp/2020/06/17/imd-world-competitiveness-ranking-2020/50985>（2020.12 確認）

それによると、世界競争力の総合順位において、日本は総合順位が 63 カ国・地域中 34 位（図 1-6¹¹⁾）へと転落している。アジア・太平洋地域でも 14 カ国・地域中 10 位である。総合 1 位はシンガポールであり、2 位はデンマーク、以降、スイス、オランダ、香港、スウェーデン、ノルウェー、カナダ、UAE、米国と続きトップテンを占める。

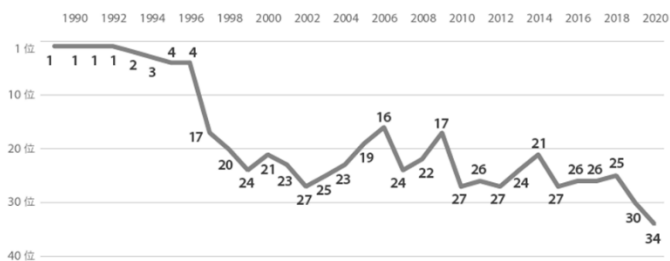


図 1-6 世界競争力年鑑による日本の総合順位の推移¹¹⁾

ランキングのための指標は競争力を規定する要素が時代とともに変化し、随時入れ替えが行われるため、単純に過去と現在を比較することは適切ではないが、近年においては、「グローバル化」「ICT 化」「人材」の 3 点が重視される傾向にあり、図 1-7¹²⁾からも教育の影響は小さくないことが確認できる。

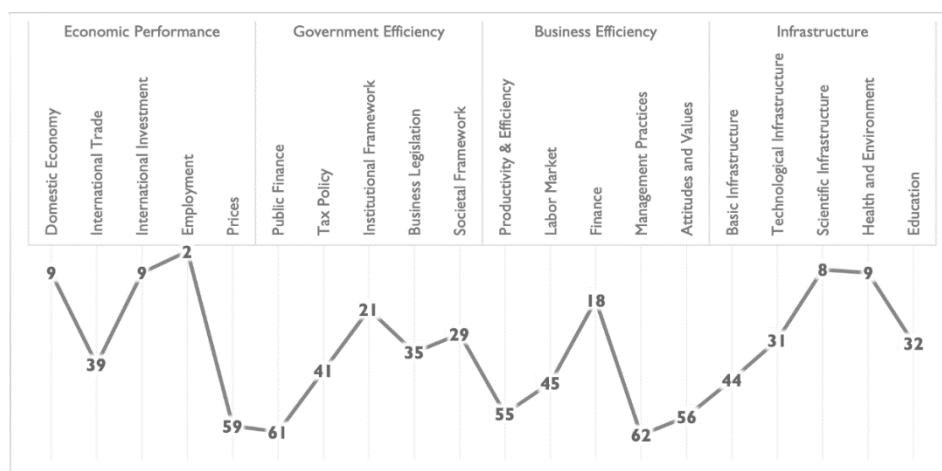


図 1-7 国際競争力を規定する各項目の日本の世界順位¹²⁾

このような状況より、文部科学省「工学系教育改革制度設計等に関する懇談会取りまとめ（2018）」や経済産業省「産業技術ビジョン 2020」等で、新たな社会的価値を創造する工学系人材を育成と大学教育改革の必要性について述べられ PBL や産学連携教育への期待が高まっている（文科省，2018，p. 2）（経済産業省，2020，p. 15）。

¹¹⁾ 三菱総合研究所（2021.4.30 確認）「IMD「世界競争力年鑑」2020 年総合順位」『三菱総研ホームページ』，<https://www.mri.co.jp/knowledge/insight/20201008.html>

¹²⁾ Sustainable Japan WEB（2020.12 確認）<https://sustainablejapan.jp/2020/06/17/imd-world-competitiveness-ranking-2020/50985>

1-2-2 工学教育の動向

日本の国際競争力が急落した数年後の1999年には国立大学の独立行政法人化が閣議決定され、「競争的環境の中で世界最高水準の大学を育成するため、「国立大学法人」化などの施策を通して大学の構造改革を進める。」ことを目指して、全国の国立大学が2004年には国立大学法人に移行した。そして、その数年後（図1-6を参照）、高等専門学校が独法化され教育目的が変わった。当時の社会情勢から日本の産業界がイノベーションの担い手の育成を渴望し、それに呼応するべく高専教育がその一翼を担う高等教育機関として、新しく設定した教育目的に「創造的人材の育成」「(大学との) 均衡ある発展」を掲げることとなったことには論を俟たない。

日本工学教育協会の論文誌「工学教育」の投稿数の推移¹³（図1-8）によると、高専や大学の独法化前後の2003年から2007年にかけて工学教育研究は急増しており、その後、多少の増減はあるものの今に至っている。主に高専と大学工学部とで構成される工学教育界が、日本の科学技術の衰退に対して危機感を抱き、教育の変革の必要性という共通認識から活発な議論が行われるようになってきたことが見て取れる。

このような状況の中で、創立より半世紀以上が過ぎた「高専制度」についても盛んに

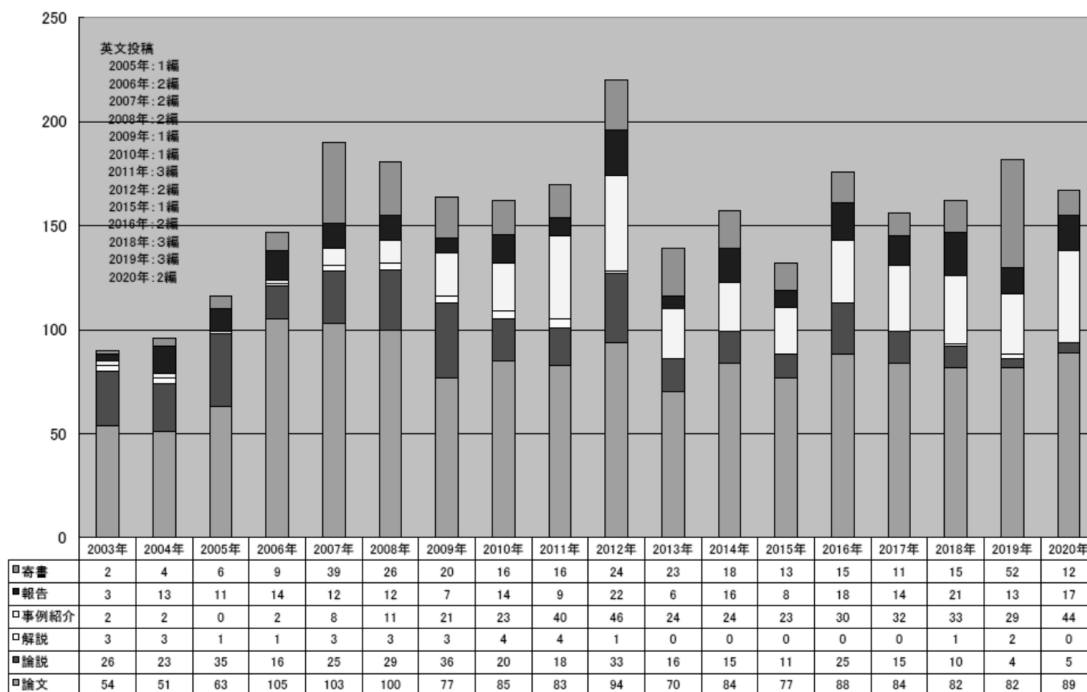


図1-8 「工学教育」投稿数推移（2021年2月5日現在）¹³

¹³ 公益社団法人 日本工学教育協会（2021.4.30 確認）<https://www.jsee.or.jp/aboutjoj/joj>

検討が重ねられた。高専は、独法化以前は高度経済成長を支えるための勤勉で均質な中堅技術者を短期で養成するという要素が強かった。しかし独法化後は、高学歴志向や少子化、理工科離れ等の教育ニーズや、グローバル化、持続可能社会への志向、産業構造の変化などの社会的情勢から大学とは異なるキャリアパスを有する高等教育の複線化を担い、新時代に対応できる創造的人材の育成という使命を負うこととなった。この頃より高専では、イノベーション教育として、エンジニアリング・デザイン教育、CO-OP教育、社会実装教育などの様々なスタイルの教育が研究され実施されるようになった。

それらイノベーション教育の多くは問題解決型であり、その基本原理は、Problem-BL と Project-BL に依るところが大きい。このようにして高専教育では、明示的でないものも含めて PBL が盛んに取り組まれるようになっていった。

しかし、このような教育改革や工学教育・技術者教育研究の活発さとは裏腹に、未だ日本のイノベーション力向上への効果は実感できていない。国も高専や大学も危機感を共有し、組織レベルから個々の教員の教育研究レベルまで、様々な対応策で人材育成に取り組んでいるにもかかわらず、前述の通り、日本の産業競争力を支えるインフラ充実度の国際ランキングは下落の一途をたどり、呼応するようにイノベーション力を含む国際競争力も回復の兆しがまったく見えない。

今日では多くの PBL 実践報告がなされているが、一方で、序章 3 節で述べたように日本の工学の PBL に対しては批判的な考察がある。

まず、PBL 設計において、学習科学で明らかとなっている知見に意識が向いていないものが多いなど PBL の理論的基盤の脆弱さやグループワークの質、組織やカリキュラムとの不整合などの問題点が指摘されている。さらに、二つの PBL、Project-BL と Problem-BL の区別がされておらず都合の良い解釈で利用されており、テーマ設定のプロセスが明確に選択されていないものが目に付くため、更なる検討が必要であるとの報告もある。

筆者の実感でも工学教育の PBL に関する報告は試行錯誤的な事例報告が多く、イノベーションを目的とする海外の PBL モデルで起こる学習メカニズムを、分析・検証してその知見を教育開発に取り入れている事例はほとんど見当たらない。

1-2-3 イノベーション力育成のための PBL

それでは日本の工学教育で検討すべき「イノベーション力育成のための PBL」とは、いったいどのようなものだろうか。

ここで世界に目を転じると、イノベーション力を含む国際競争力ランキング上位国に

は、PBL 研究と実践が盛んな国々が名を連ねている。工学教育の優良事例（Ruth Graham, 2018））として認められている教育プログラムは、国際競争力ランキングの上位国の大学のものが多い。

一般的に PBL は 1960 年代に医学教育（ドナルド R・ウッズ, 2001）から始まり、他分野や他の学校種に広がり今日では世界中で研究や実践が行われるようになっていることが知られている。一方で、1970 年代初めにデンマークで、同じ教育理論に基づきながらも医学教育とは異なる文脈から生まれた、「イノベーション」と「地球と人類の持続可能性」を志向する工学分野の PBL 教育が起こった（Graaff, E. de & Kolmos, A., 2007）ことは、日本ではほとんど知られていない。それは、オルボー大学を発祥とすることより、後に「オルボー PBL モデル “Project organized Problem Based Learning”」と称されてユネスコチェアを与えられるまでに発展した。今や、デンマークではあらゆる学校種において PBL が取り組まれており（伊藤, 2017）、オルボー PBL モデルは様々な国の工学分野に展開されて世界の工学教育の範をなし続けている。

このように半世紀にわたって行われてきた PBL 教育が、現代のデンマークの国づくりの基盤となり、グリーンイノベーションによる経済成長を支えている（中島, 2012）とされる。デンマークは小国ながらこの半世紀余りでエネルギーや食糧の自給率を高め経済の高成長も成し遂げた。福祉と環境先進国として様々な政策と技術開発で世界をリードしイノベーションによる国づくりで成果を上げ、一方で、国民幸福度でも世界ランキングのトップレベルにあり続ける。世界シェア上位の企業も多く、グリーン成長戦略の施策は高い民意により支持されている。このような国づくりの根幹に、学校教育があり、社会に埋め込まれた種々の教育があると考ええる。半世紀以上前に、伝統的な教育やカリキュラムから現在の教育へと舵を切った教育改革の答えが、今のデンマーク社会であるといえる。

筆者は、2008 年、2010 年、2012 年、2016 年の 4 回、デンマークを訪れ PBL 教育を視察した。訪問時にはオルボー PBL モデルの中心的研究者であるアネット・コルモス氏をはじめとする多くの教員と議論を重ね、デンマーク各地の様々な学校種や、社会と協働する学習の場も数多く視察し、デンマークの PBL 教育への理解を深めた。デンマークの PBL は、1800 年代のデンマークの思想家グルントヴィ（N.F.S. Grundtvig）の哲学を根底に置き、デューイの構成主義の学習観と、それを継承したキルパトリックのプロジェクト・メソッドを主たる理論的背景としている。さらには状況的学習論や活動理論などを拡張した社会文化的理論の影響も大きく受けており、パウロ・フレイレの被抑圧者の教育学などとも通底していることなど、工学教育からのアプローチでは現れにくい、教育を形作っている思想の幅広さに触れることができた。またデンマークは

持続可能な開発の概念をけん引する国の一つとしての国策をとり、国をあげてイノベーションを起こすための PBL 教育が、持続可能性に挑戦する国づくりの推進力になっている（中島，2012）といわれる。

何よりも実地視察では、多くの児童、生徒や保護者、大学の他の教員や学生たちの姿を目の当たりにすることができた。どの視察においても、我々の問いかけに対して、口々に生き生きと語る言葉や姿から、高度に設計されシステムティックに実践されている教育の効果が伝わり感銘を覚えるほどだった。

以上により筆者は、オルボーPBL モデルを工学教育 PBL のひとつの模範例とし、その実践報告から得られた知見を取り入れて高専教育にカスタマイズした PBL 教育の設計が必要であると考えに至った。

1－3 育成する人材像と教育

1-3-1 イノベーションを担う創造的人材

2003 年、国立高等専門学校機構法の目的に「職業に必要な実践的かつ専門的な知識及び技術を有する創造的な人材」を育成することが明記された。

本稿では、「創造的な人材」をイノベーション人材と同義で使用し、「企業の一員として産業界や地域社会との連携を強化し、ものづくり技術力の継承・発展を担いイノベーション創出に貢献する技術者」と定義する。すなわち、人々や組織が抱える重要な問題を解決するアイデアを考え付き、そのアイデアを破壊的イノベーションとなるような新しいプロダクトやサービスへと発展させ、必要となれば技術も新しく開発し会社の商用化プロセスを経てそのプロダクトやサービスを市場まで送り出す個人である。ミクロレベルでは、顧客の理解と、潜在的な技術的解決の方法の模索を行き来しつつ、マクロレベルでは、市場への有用性を検証するシリコンバレー型ではなく、企業の一員として産業界や地域社会との連携を強化しものづくり技術力の継承・発展を担いイノベーション創出に貢献する技術者「シリアル・イノベーター」(Abbie Griffin 他, 2014) (経済産業省, 2014) のことを指す。

そこで本研究において、以下に述べる人材の育成を目指すこととした。

- (1) 科学技術を担う専門家として自覚と責任と高い技術力をもつ人材
- (2) 社会や身の回りの諸問題に対して他の専門分野の人々と協力して、より良い解決策を見出し実行し得る意欲と能力を備えている人材
- (3) 社会科学や人文科学の視座も採り入れながら望ましい社会開発の方向性について

て提言ができる人材

すなわち、(1) 高い専門性に立脚しながら、(2) 専門性を発揮するための社会人汎用力を有し、(3) 未来志向で社会づくりに参画できる人である。

この能力の詳細については、以下の 3 項目を根拠として発達度や科目特性などに応じて設定し、能力の習得を測る評価の項目や方法を検討した。

一点目は、高専機構が 2006 年に出した「高等専門学校のある方に関する調査（企業 3,232 件、高専卒業生 556 件）」報告書（国立高等専門学校機構，2006）で、次のように示されたことによる。

調査の結果、「基礎学力」や「専門性」などで表現される“知識”に関する評価は高かった。また、「誠実さ」「責任感」「実行力・行動力」などで表現される“姿勢・態度”の評価も高かった。これらは、独法化前までの高専教育の成果によるものであるとされる。しかしながら、次の能力に関する評価は低い結果となっており、卒業生からは高専教育で強化してほしい項目とされた。まず、知識を行動に結びつけるための“スキル”としての「語学力」「コミュニケーション力」「リーダーシップ」「プレゼン力」「対人交渉力」である。次に“社会性”の基礎となる「協調性」「一般常識」である。最後に“創造性”につながる「主体性」や「論理的思考力」である。これらの能力の重要性は、2006 年に経済産業省が示した社会人基礎力や文部科学省による学士力とも重なった。このような専門性を生かす汎用力が創造的人材に不可欠だと考え、これまでの高専教育の伝統の上に育成する必要性を認識した。

二点目は、環境教育と開発教育を中心に他の様々な現代的教育を融合する「持続可能な開発のための教育（Education for Sustainable Development : ESD）」の重要性が増してきたことである。ESD は、「人格の発達や、自律心、判断力、責任感などの人間性を育むこと」および「他人との関係性、社会との関係性、自然環境との関係性を認識し、“関わり”、“つながり”を尊重できる個人を育むこと」を目指している。環境や平和および人権等、国連「持続可能な開発目標」（Sustainable Development Goals: SDGs）の解決に向けた環境、経済、社会、文化の各側面から学際的かつ総合的に取り組む学習と捉えられている。これからは、社会開発のあるべき方向性について「技術からのアプローチで提言ができる」ことが、高専教育が目指す創造的人材であろう。このような教育には、「動機付け」「感性・マインドの醸成」「実践力」が不可欠であり、高専教育の特長である伝統的な実技教育に、新しい要素として組み込むことは十分に可能だと考えた。

三点目は、高専のモデルコアカリキュラム（国立高等専門学校機構，2018）の存在がある。モデルコアカリキュラムは、国立高等専門学校機構（以下、高専機構）に所属す

る国立高専で育成する技術者が備えるべき能力について明確化したものである。モデルコアカリキュラムにおいては「技術者が分野共通で備えるべき基礎的能力」、「技術者が備えるべき分野別の専門的能力」、「技術者が備えるべき分野横断的能力」の3つに大別し、さらに各能力を9能力分野に細分化して示している。

この中でPBLは、図1-9の通り、モデルで示される分野横断的能力として、Ⅶ 汎用的能力、Ⅷ 態度・志向性（人間力）、Ⅸ 総合的な学習経験と創造的思考力を重点的に育成する科目例として挙げられている。モデルに配当される具体的な能力は表1-1の通りである。

これらの能力は、本研究が育成を目指す創造的人材に不可欠だと考え考慮した。

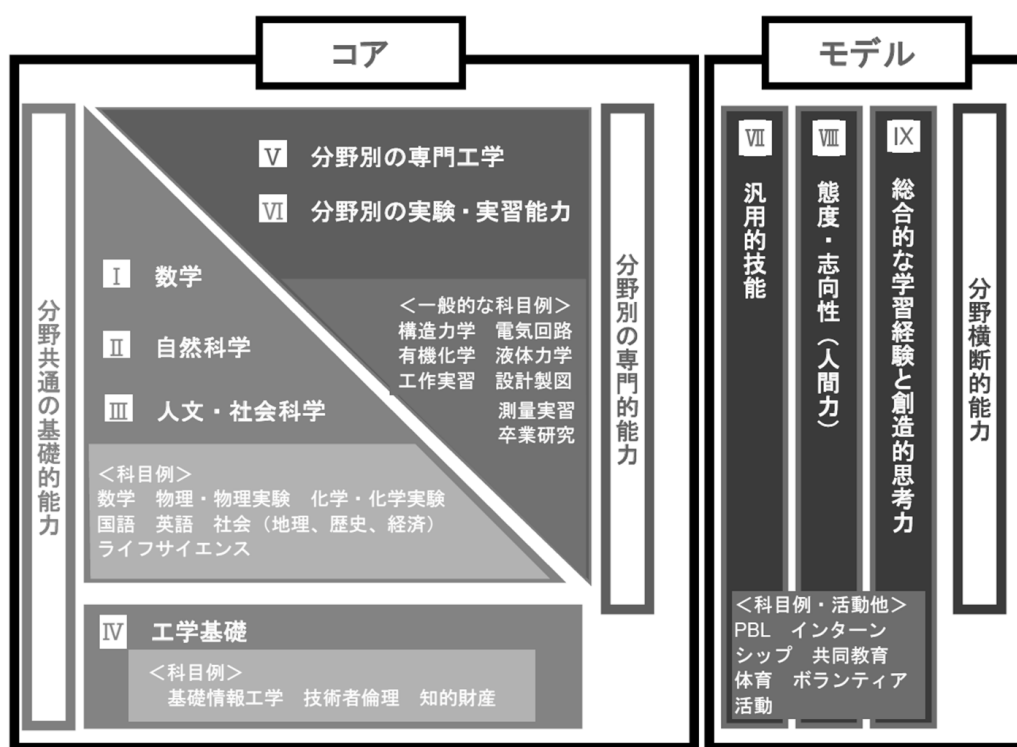


図1-9 モデルコアカリキュラムのイメージ図

（独立行政法人 国立高等専門学校機構（2018）『モデルコアカリキュラム－ガイドライン－』より）

以上のように、本研究で研究・開発・実践するPBL教育の目的を高専教育の目的と直結させ、本研究におけるイノベーションを担う創造的人材を、前述の通り（1）高い専門性に立脚しながら、（2）専門性を発揮するための社会人汎用力を有し、（3）未来志向で社会づくりに参画できる人とした。

表 1-1 モデルに配当される具体的な能力

モデル(分野横断的能力)：分野横断的能力を育成する「モデル」部分については、PBL に代表される各高専独自の多様な教育方法や活動により達成が目指される。		
VII 汎用的技能	VIII 態度・志向性	IX 総合的な学習経験と創造的思考力
<ul style="list-style-type: none"> ● コミュニケーションスキル ● 合意形成 ● 情報収集・活用・発信力 ● 課題発見 ● 論理的思考力 	<ul style="list-style-type: none"> ● 主体性 ● 自己管理能力 ● 責任感 ● チームワーク力 ● リーダーシップ ● 倫理観 ● 未来志向, キャリアデザイン ● 企業活動理解 ● 学習と企業活動の関連 	<ul style="list-style-type: none"> ● 創成能力 ● エンジニアリングデザイン力

1-3-2 教育プログラムの学習観・能力観

本研究における PBL 教育プログラムは、長く工学教育を支配してきた行動主義中心の伝統的な学習観・能力観を中心とした教育からの脱却を目指した。

前項 1-3-1 で、“知識や技術”に対しては社会から高い評価が得られているが、それらを行動に結びつけるための“スキルや社会性”そして“創造性”につながる能力育成が不十分であるとの調査結果を報告した。そこで、これまでの高専教育の強みを維持しつつ、新たな教育を付加する必要があると考えた。その際に要訣となるのは、行動主義や認知主義による個の認知活動を対象とする伝統的な本質主義の学習観・能力観を基盤に置く教育からの、学びのコミュニティを構築して知を創出する状況主義の学習観および社会関係的能力観を中心とした教育への拡張である。

表 1-2 に、従来より行われてきた高専での教育および本研究で開発する Problem-BL, Project-BL を、3 つの学習理論、行動主義、認知主義、状況主義の特徴（永野，2001）に対応させて整理した。理論と教育を対応させると、行動主義の特徴が当てはまる「マニュアルに従う実験・実習」や「講義」などだけでは、創造的人材に求める能力の育成に限界があることが明らかとなった。それでは、個々の知識やスキルを社会的行動に結びつけ、イノベーションを起こすような“創造性”を学校教育の中で拓くには、どうすればよいのか。これらの能力は、従来の知識伝達型や技能体得型、すなわち行動主義の学力観に基づく学習活動のみで育成することはできない。学習者個々の内発的動機を促す認知主義の立場に立った教育を提供することが必要である。さらに、組織やコミュニティの一員として、周囲に対して創造的な働きかけをしたり受け入れたりし

ながら知の生産に寄与する力の育成には、どのような学習活動が適しているのだろうか。認知主義理論は個人心理学の色合いが濃く個の認知活動に焦点を当てているため対応が不十分であろう。コミュニティへの参加の度合いにより学びが深まるとする状況主義の立場に立った学習活動を取り入れなければならないと考える。

表 1-2 行動主義, 認知主義, 状況主義の特徴の比較と工学教育への応用 (伊藤, 2010)

	行動主義	認知主義	状況主義
知識	知識は刺激に対する反応の集まり	構造をもった情報をもつこと, 記号を理解したり, 自ら構成したりすること	人, 物, 技術, 組織などの中に散らばった形で存在
学習	刺激と反応の結びつきをつくること	概念の構造や認識構造を変えたり, 利用したりすること	何かの実践をしている人々で形成されるコミュニティへの参加を強めること
学習の転移	過去の学習との間の共通要素の量が学習の転移の大きさを左右する	ある領域にある概念や規則が一般性をもつようになり起こる	同じコミュニティで異なる課題への参加, または他のコミュニティへの参加
動機づけ	外発的動機づけを重視	内発的な動機づけが不可欠	コミュニティ内部の人間関係が良好, そこでの実践が有意義だという認識
学習環境	教師と学習者の間に効果的な知識の伝達が行われるように教授・学習プログラムを組織. 個人に合わせて, 学習を個別化することが有効	学習者が自ら, 理解をつくりあげられるように相互作用的な環境を用意することが望ましい	探究や社会的な実践に学習者が参加する環境. 自由に意見が言え, 多様な人々や価値観が存在し, 寛容である学習環境が望ましい.
教育評価	知識の構成要素を測定. 独立した多数のテスト項目に対する学習者の反応を統計的に処理	多様な知能を評価できるような, 多様な評価基準を設ける	コミュニティへの参加そのものの評価や, コミュニティの実践を大きく捉えた評価を工夫する
教員の役割	知識と伝達する技術をもつ知識習得の助成者 思考を導く 学生を評価する	個々の学習者の頭の中で何が起きているか, 学習者が何を考えているかを読み取る「認知心理学者」 学生を評価する	思考のコーチ, ファシリテーター, 時にはスーパーバイザーとして ・課題または問題をはらむ状況を提示 ・雛形を示しコーチし姿を消す ・共同者としてプロセスに携わる ・学びの過程に評価活動を埋め込む
学生の役割	受け手, 受動的	現れる状況や変化に対して反応 自分の経験を応用する	・情報源を評価する ・自身が決めた条件に適合する問題を, 解決の方向にもっていくために知識を統合し構成する
高専での教育例	・一般的な講義 ・スキル習得型の学生実験 ・反復練習による熟達をねらった演習 ・試行錯誤学習, 弁別学習, オペラント条件づけの考えを応用した「プログラム学習」の要素を有する授業など	個の能力向上を対象とする ・基礎的な実技教育 ・課題解決型の応用的実験 ・ケーススタディ ・Problem-Centered Learning	社会関係的能力向上を対象とする ・実践的な実技教育 ・Problem-BL ・Project-BL ・インタラクティブ・ラーニング・メソッドを使ったワークショップ, アクションリサーチなど

このように、教育学的特徴の違いを明確にした上で、行動主義、認知主義、状況主義

に基づいた学習活動を適切に組み合わせた教育プログラムを開発することが重要であると考えた（伊藤，2010）。

そしてその能力観は，個人の知識の質や量で有能さが決まり学習を個人の内的過程とする本質主義よりも，知識は状況に埋め込まれており主体と状況との関係で規定され社会文化的に可視化される能力で評価されるとする社会関係的な知識観や社会文化的能力観に基づくものとした。

以上のことより，授業における学習活動を次の点に留意して組み立てることとした。

- ① 対象学生の学びの状況に対しどのような学習が効果的であるかを考慮して，授業の中で行う一つひとつの学習活動を，理論に基づいて設計することとする。
- ② 特に，動機づけ，学習環境，教育評価，教員の働きかけ方が，大きく影響すると思われるので，留意・工夫して授業を運営，進行する。
- ③ 同じテーマの授業の中にも，それぞれの学習理論による複数の学習活動を用意し，戦略的に組み合わせて実施することで教育効果を上げる。

1-3-3 本研究における PBL

2004 年に四ツ柳が，創造性人材の育成に **Problem-BL** が有効であることを提言したが，その後の高専教育では **Problem-BL** はほとんど意識されず忘れ去られていたといえる。表 1-3 の様々な教授法に高専での教育実例を対応させた。「指導者の役割」「学生の役割」「認識の焦点」「問題」「情報の提供方法」などで教授法を整理し，高専での学習活動を対応させてみると，明確に意図して **Problem-BL** を実施している学習活動は見当たらず，一般的に PBL と呼ばれるものは，「ケーススタディ」「探求に基づいた発見学習」「課題中心学習」に対応するものが多い。その実践はプロジェクト型で行われ，タスクとしての課題の提示がなされて，プロフェッショナルが扱う課題に類似した現実の有意義な問題に取り組み，プロジェクト型の学習プロセスを経て，何らかの成果物を得る，学びとしては直線的かつ儉約的，効率的なものが多く，**Project-BL** と称しても差し支えないといえる。それらは，与えられた枠組みの中での何らかの成果物の創作であり，**Problem-BL** が重要視する「混沌の中から本質的な問いを立てる」というようなイノベーションにつながる思考体験は不十分だったと考える。そこで，本研究では以下のような特徴を有する **Problem-BL** に基づいた学習活動を意図的に設計・実施することとした。

表 1-3 教授法の比較と高専における教育実例（伊藤, 2010）

PROBLEMS AS POSSIBILITIES: Problem-Based Learning for K-16 Education, 26-27 頁, Figure2.6 より, 訳・加工は著者

教授法	指導者の役割	学生の役割	認識の焦点	問題	情報	高専における教育実例
講義	専門家として ・思考を導く ・知識を持つ ・学生を評価する	受け手として ・受動的 ・不活発 ・空っぽ	学生たちは受け取った知識を再現し、試験という場で応用する	・十分に組み立てられている ・記憶力をつける対象として与えられる	指導者によって構成され与えられる	普通の授業
直接指導	指導者として ・学びを統制 ・暗記や模倣を誘導 ・学生を評価する	弟子として ・反応を示す ・やや活発 ・指導者の指示を待つ	学生たちは受け取った知識を再現し、練習し、試験という場で応用する	・十分に組み立てられている ・記憶力や技能を身につける対象として与えられる	・ほとんど指導者によって構成され与えられる	研究活動などでの徒弟制
ケーススタディ	相談役として ・講義や助言をする ・学習環境を整備 ・学生を評価する	ゲストとして ・反応を示す ・やや活発 ・自分の経験を応用する	学生は、受け取った知識と、自身が解決した経験を応用する	・十分に組み立てられている ・応用力や分析力を育成する対象として与えられる	・ほとんど指導者によって構成され与えられる	基礎知識をベースに行う、テーマが決められた応用的な学生実験
探求に基づいた発見学習	ミステリーの書き手として ・部分をつなぎ合わせて発見へと導く ・手がかりを与え、できごとを予告する ・学生を評価する	探偵として ・手がかりを拾い上げる ・やや活動的 ・証拠を探し出す	学生は他の構成物や原理の組み立てに向けて発見された真実を応用する	・十分に組み立てられている ・知識の構成のための戦略として与えられる	・ほとんど指導者によって構成され与えられる	基礎知識をベースに行う、未知試料の成分を特定するような応用的な学生実験
課題中心学習	情報源として ・内容や課題解決を明確に教える ・学生に適した課題を設定する ・学生の世界へと転換させる ・学生を評価する	課題解決者として ・情報源を評価する ・発散的な解決策を作る ・活発	学生は、受け取った知識を統合し、カリキュラム上の範囲内の解決に自主的に取り組む	・適度に構造化されている ・効果的に学習する態度を向上させるために与えられる	・ほとんど指導者によって構成され与えられる	卒業研究や専攻科特別研究
シミュレーション型学習	舞台監督として ・状況管理 ・シミュレーションやゲームの進行を管理 ・袖から見守る ・報告を聞く	役者として ・シミュレーションやゲームを体験する ・現れる状況や変化に対して反応する ・活発	学生たちは自分自身やその状況での役割について、またモデル化した現実について学ぶ	・適度に構造化されている ・自分自身の力や学ぶべきことを理解するために与えられる	・ほとんど指導者によって構成され与えられる	テキストに沿った学生実験
ロールプレイ（専門家の外套）	旅行代理店として ・グループ内からの学びを可能にする ・任務を遂行するために知るべきことを発見させるための道筋を示す ・旅の道案内 ・状況についての結果報告を聞く	旅行者として ・積極的に旅を体験する ・歴史的な視点を通して行動する	学生はクラス内のコミュニケーションを再構築し、概念的・個人的・社会的レベルの学びの論理体系を創る	焦点はしっかり絞られているがあまり構造化されていない ・社会システムとの相互作用を必要とする状況として提示される	・ほとんど指導者によって構成され与えられる	インターシップなど
Problem-based Learning	コーチとして ・問題状況を提示 ・雛形を作りコーチし姿を消す ・共同者としてプロセスに携わる ・学びを評価する	当事者として ・積極的に状況の複雑さに取り組む ・調査し、問題を内側から解決する	学生たちは彼ら自身が決めた条件に適合する問題を、解決の方向にもっていくために多少知識を統合し構成する	・構造化されていない ・取り組むべき問題がまだ明確にされていない状況として提示される	・指導者は学生が知るべきことを特定せず提示しない ・ほぼ全てが学生によって収集、分析される	

Problem-BL による学びの場面では、学習者自らが学ぶ価値を実感し意欲を持続させ、学んで欲しいことを広く網羅しているような「問題」を中心に据える。また、学習者が自分と問題とのつながりを感じながら「協調的な問題解決」や「自己主導型学習」に取り組むよう、学びの環境を整え適切な指導方略を用いて足場かけを行う。指導者は、思考のコーチングやモデリング、探究活動のガイドとして、学習者の既有知識を活性化し、新しい知識との統合や構造化を支援する。それにより学習者の「知識転移」や「理解深化」を目指す。一般的に我々は、知識が増えれば、例えば複雑な相互関係などは、学習者自身が見つけ出すはずだと考える傾向にある。しかし、地域の河川をテーマに環境問題を学ぶ場合、まず地理や化学の知識から始めて環境問題へとつなげていくやり方では、地元の文化や経済、あるいは社会が河川の生態系に与える影響などを見落としてしまう可能性が高い (Torp, L. & Sage, S., 2002)。

Problem-BL では問題が内在する全体的な状況に立つことから始め、本物の問題の解決に求められる知識やスキル、態度などの能力の獲得の機会を見い出していく。学習で獲得したいそれらの能力を活用して目的を達成できたことが、それらを身に付けたことの根拠になる。このように Problem-BL では豊かな学びの機会が提供されると同時に、学習者はその状況にある人々や成果に関与する当事者の立場に置かれる。学習者は、自分の文脈と、問題が内在する状況との間を行き来しながら探究することにより、「知る」を超えて「理解する」に至り、自分自身の学び方を学ぶのである (伊藤, 2019)。

学習科学で蓄積された知見では、Problem-BL で学んだ者と伝統的な方法で学んだ者と比べると、言葉で説明できるような知識の獲得に差異はないが以下の能力習得で Problem-BL が勝るとされる。Problem-BL では、問題をはらむ状況への知的な取り組み方を身につける。理解は高度に統合されており、現実の世界の多様な状況や視点、分野などと結びつく。また、メタ認知的スキルや企画立案のスキル、観察と記録によるモニタリングスキルを獲得する。学習の進め方においては、ある仮説を事前に設定し、その仮説に対する探究的な検証を進め、学習の進展に応じて必要となる新しい情報や、自分にとって有意味で多様な学習技法をみつけて利用する傾向にある。Problem-BL は、問題解決能力に加え、推論や意思決定の発達を支援することも確認されている。多くの学習者にとって、Problem-BL のプロセスは困難を伴うが、他の学び方より魅力的で有効だと感じ、学んだことに自信をもつ (Jingyan Lu, Susan Bridges, and Cindy E. Hmelo-Silver, 2014)。

Problem-BL はデューイやピアジェらによる構成主義理論を基礎とする。デューイは、学びは単に仕事への準備ではなく人生の準備であり、学習者が、自身に関連する現実的問題を解決しようと積極的に努力する過程で学びの意義を見出し学びが深まるとした。

また、ピアジェは、混乱や困惑によって認知に変化が起こり適応と新しい平衡感覚が生じるとした。Problem-BL では社会的活動と認知的活動の相互作用が知識構築を支えるとされる。すなわち、矛盾した情報を扱う経験や、協調的な探究過程での理解の仕方が異なる他者との相互作用により知識の統合や内化が起こることで、「わかる」道筋が個々に提供される (Torp, L. & Sage, S.,2002) 。また、成人の自己主導型学習の原理が働き、対等性、公正性、開放性、敬意、信頼の環境の下に学習者中心の学びが展開される (Jingyan Lu, Susan Bridges, and Cindy E. Hmelo-Silver, 2014) 。

一方、Project-BL は、専門家が取り組むような有意義な問題解決のプロセスを体験して何らかの成果物を生み出すことを重視した学習法であり、科学的リテラシーの獲得に有効な学び方とされる。

表 1-4 本研究における二つの PBL の定義

	Problem-Based Learning	Project-Based Learning
問題	現実に存在するような、当事者性のある複雑で構造化されていない問題	プロフェッショナルの取り組む状況に類似した現実の有意義な課題
目的	① 学習の自己主導支援 ② Critical な思考の促進 (批判的と訳されるが、英語の意味である、「疑問を持つことにより、客観的・論理的に思考して本質を導き出そうとする考え方」という意味) ③ 自分事としての興味の喚起 ④ 協調的な知識創出 ⑤ 知識転移 ⑥ 理解深化の促進	① 科学リテラシーの獲得 (問いの探求、仮説の提案、説明、アイデアを生み出すための議論・批判・試行) ② 論理的思考力の獲得
特徴	① 複雑な問題をはらむ現実の状況を与える ② 協調的な問題解決を体験する ③ 自己主導型学習が起こる ④ 知識転移が起こる ⑤ 理解深化の促進がなされる ⑥ 学習サイクル 状況(問題のシナリオ)提示 → 事実の同定 → 仮説の生成 → 知識のギャップの同定 → 自己主導型学習 → 問題に対する新しい知識の応用 → 評価 → 振り返り	① 学習を駆動するような質問や課題を与える ② スタンダード(国や州などで定めている習得目標)や評価に沿った学習目標を立てる ③ 科学的実践の機会とする ④ 協調的な活動をもたらす ⑤ 学習テクノロジーを活用する ⑥ 何らかの形あるアウトプットを求める
成果	理解や思考が深まる過程を可視化するもの	アーティファクトとしての学習成果物(形あるもの)

学習科学の知見による Problem-BL と Project-BL の特徴をふまえ、さらに筆者が諸外国での実践視察により得た知見を加えてまとめた二つの PBL の特徴を表 1-4 に示す。本研究では、これをそれぞれの PBL の定義とする。

1-3-4 二つの PBL の組み合わせモデル

世界の工学教育では、2000 年頃には Problem-BL と Project-BL は明確に区別され、その違いは、Problem-BL は扱う問題は答えが決まっておらず構造化されていない問題であるという理解の上にたって学びを展開し、それに対して Project-BL で扱う問題は、学生が成し遂げなければならないタスクとなる課題であるという観点から解釈されるのが一般的である (Graaff & Kolmos, 2007)。目的や進め方が異なる二つの PBL は、カリキュラム設計において、他の様々な手法も併せ戦略的かつ適切に組み合わせ配置することにより相乗効果が得られ、教育効果が高まるとされる。実際に、筆者は、北米やドイツ、北欧の国々で、小学校から大学まで、それぞれの学習者に合わせて、また学校の特性に適合させ様々に組み合わせ教育効果を高めているユニークな PBL カリキュラムを数多く視察した。Problem-BL と Project-BL の組み合わせに関する考え方は色々あるが、本研究で援用する工学教育の組み合わせモデルについて以下に述べる。

Problem-BL は、学習者にとって必要な学びを得るために学問分野の境界を越える前提で、コースの初めからでも使われるが、Project-BL は、コースの最後の総合的な活動として複数の科目範囲を統合するしくみとして用いられる (Graaff & Kolmos, 2007)。

初期のオルボーPBL モデルでは、両者の特徴を合わせて「学生による自己管理の程度の変化」によって両アプローチで取り組むプロジェクトを整理している (Graaff & Kolmos, 2003 ; Kolmos, 1996)。

The Task project—指導者が前もって選び、かなりの方向付けがなされている課題に取り組む。学生の関心は提供されたガイドラインに沿って課題を完成させることである。

The Discipline project—指導者によってかなりの程度、学問分野や科目範囲や方法が前もって選ばれている。しかしながらガイドラインの中で問題を明確化し組み立てることは学生グループにまかせる。

The Problem project—指導者によって詳細が用意されていないフルスケールのプロジェクト。異なる学問分野 (学際的) にまたがり科目、

方法は広がりをもち現実的な問題として取り組む。

また、Savin-Baden が提唱する 5 段階モデル (Maggi Savin-Baden, 2007) は、「問題解決の目標の変化」に焦点をあてており限られた狭い科目目標から問題を分析したり解決したりするために学際的知識を必要とする開かれた目標へと並べる。その段階は、ひとつの正しい解決策を求める学習から、制限がなく構造化されていない問題領域をカバーする学習へと段階的に高度になっていく。

- 1ー認識論的な能力育成のための PBL
- 2ー専門的活動のための PBL
- 3ー学際的な理解のための PBL
- 4ー学問分野を超えた学習のための PBL
- 5ー批判的に議論できるための PBL

このモデルは、狭い限られた科目の目標から、分析や問題解決に必要な学際的知識を必要とする開かれた目標へと順にならべている。手法については Problem-BL と Project-BL を合わせたような Project-organized Problem Based learning (プロジェクトで構成された学習) という独自の用語を使って説明されている。

いずれにしても、最も重要なことは、「問題」が、学生自身の経験や興味を考慮した魅力あるものでなければならず、そして取り組む期間の長さに関わらず、その Project と問題は、専門的な実践を反映しているべきものである。

これらの分類によると、学生の自己管理の程度によって Project を段階的に考える Graaff & Kolmos のモデルでは、専門性において指導者側から教え込むべきことが多い低学年には、The Task project が適しており、高い専門性を有し実社会における実践的能力をつけるべき高専専攻科の学生には The Problem project が適していると考えられる。また、高専 3 年生には、中間的なレベルである The Discipline project を適用することとした。5 段階モデルでは、1-2 段階が、高専の 3 年生のレベルに適していると考えられる。

Maggi Savin-Baden は、二つの PBL をカリキュラムに組み込む考え方として、表 1-4 のように対比させている (Maggi Savin-Baden, 2007)。また Conway and Little, (2000) は、Problem-BL は 教授戦略またはカリキュラム設計のどちらかとして利用される傾向があることを示唆した。

日本の工学教育における Problem-BL の一般的な位置づけは、いずれともいえず、ほとんどの場合、Project-BL のみを教授戦略として用いている。しかし、イノベーション教育につながる基礎教育としてのプログラムを構築する場合、Problem-BL を組み込むことで学びに果たす役割は大きいと考える。

表 1-4 Maggi Savin-Baden による二つの PBL の対比

Problem-BL	Project-BL
学生の活動は成果が中心となるのではなく、プロセスに重点を置く	学生は、報告か設計などの形の成果物を作り出すことを要求される
指導者は、学生をファシリテートする	指導者は、成果の獲得に向かうプロセスを監督する
問題解決は学びのプロセスの一部であり、Problem-Management が要求され、最終的な解決策に縛られない	学生は、Project を Management し問題解決策や戦略を作り出す事を要求される
コースの最初においてでさえ、学びに必要なものは学問上の境界を越えて生ずるであろうという前提から機能する	コースの終わりにある総合的な活動のもとで様々な科目範囲を寄せ集めるための方法として、しばしば見られる
総合的な教育戦略として見られる	カリキュラムの与えられたエリアの中で、教え方のテクニックとして見られる

そこで、本研究で設計する教育プログラムは、学生の発達度合い、科目目的、担当教員の特性、単位数やその他の制約条件などを考慮し、二つの PBL の、特に以下の要素の違いに着目して設計することとし目的に合わせて融合させることとした。概念を図 1-10 に表す。

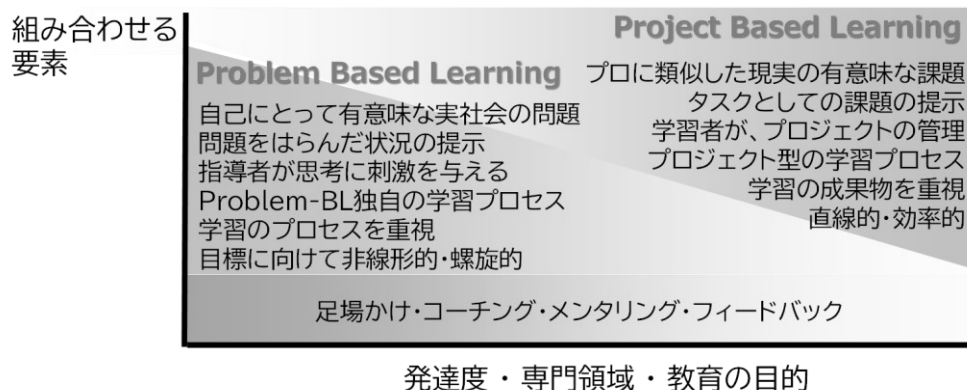


図 1-10 本研究における 2 つの PBL の組み合わせ方

図 1-10 の左側に配置した Problem-BL による「本質的な問の探究」プロセスで重視することは以下の通りである。

- ・ 自己にとって有意義な実社会の問題に取り組む
- ・ 問題をはらんだ状況の提示から学習を始める
- ・ 指導者は思考に刺激を与え、学びをファシリテートする
- ・ Problem-Based Learning 独自の学習プロセスを採る
- ・ 学習のプロセスを重視する
- ・ 目標に向けて非線形的・螺旋的に進む

右側に配置した Project-BL による「科学的探索」プロセスで重視することは、以下の通りである。

- ・プロフェッショナルが扱う課題に類似した現実の有意義な問題に取り組む
- ・タスクとしての課題の提示から学習を始める
- ・学習者はプロジェクトを自ら管理し、指導者は監督する
- ・プロジェクト型の学習プロセスを採る
- ・学習の成果物（形あるもの）を重視する
- ・目標に向けて直線的・儉約的に進む

また、二つの PBL のプロセスで共通の要素は以下の通りである。

- ・学習者は自らの学びの責任者となる
- ・問題や課題は真正性と全体性・総合性を有する
- ・能力観は、本質主義ではなく社会文化的能力に立つ
- ・学習観は、構成主義、状況主義（社会構築主義）に立つ
- ・既有知識の活性化、転移、統合、探究を促す
- ・内側から問題に取り組む、学生の当事者性を重視する
- ・必要な情報は学生自身が収集・選択・活用することを基本とする

両方の PBL プロセスにおいて足場かけ、コーチング、メンタリング、フィードバックは、いずれにとっても働きかけの重要な要素である。

1-3-5 イノベーション教育「社会実装教育」と PBL

工学教育でイノベーション教育といわれるものは、エンジニアリング・デザイン教育、STEAM 教育、CO-OP 教育、企業課題解決学習、社会実装教育など多くの枠組みがある。

本研究では本章 3 節で述べたように、イノベーション人材として (1) 高い専門性に立脚しながら、(2) 専門性を発揮するための社会人汎用力を有し、(3) 未来志向で社会づくりに参画できる人を目指すこととした。特に (3) は本教育プログラムの特徴的な目標であることより、「現実の社会」の中で学ぶことが主となる「社会実装教育」を PBL により設計することとした。そして、社会実装教育と基礎教育とを連続的につなぐ一貫性ある教育プログラムを設計することとした。

「社会実装教育」は現在では、社会実装コンテスト¹⁴の広がりによって全国の高専に

¹⁴ 独立行政法人 国立高等専門学校機構 東京工業高等専門学校 (2018) 「社会実装教育平成 29 年度～平成 30 年度アニュアルレポート」『広域多摩地域における社会実装教育拠点プロジェクト』

定着してきている。これは、平成 24 年（2012 年）文部科学省「大学間連携共同教育推進事業」により東京高専が中心となって始め、全国の高専に参加を呼び掛けて「社会実装コンテスト」として行われてきた流れの中で研究され確立されていった教育である。一方、本研究における授業実践は、社会実装コンテストより遡ること 8 年前の 2004 年より始めている。筆者はその経験から東京高専の社会実装コンテストにも共同研究者や審査員として関わるようになっていった。社会実装コンテストは基本コンセプトや実施方法が確立され、参加校も年々拡大している。現在、東京高専では、長年のコンテスト運営で得た知見を活かして、イノベーション教育の一形態として正課で実施するためのカリキュラム化も始まっている。文科省事業の採択当初より今日に至るまで筆者も、その研究開発に携わっている取り組みである。

東京高専によると、

「社会実装教育」とは、イノベーションを実現する技術者の育成を目標として、東京高専を中心に実践している教育プログラムで、学生たちは社会の様々な課題に対するプロトタイプを試作し、それを実際のユーザーに使用して評価していただき、その結果を改良に反映させるという一連の過程を実践します。そして、その体験を通じて自ら考えて行動する力を身につけるとともに、ユーザーと繋がることの大切さを学びます。

と説明されている。

東京高専の社会実装コンテストの基本理念の確立に貢献した浅野 (2017) によると、次の通り説明される。

そもそも社会実装教育は、研究、開発、生産、販売の過程が直線的に進むリニアモデルへの批判から生まれた、イノベーション・プロセスの代表として知られるクライン (Stephen J. Kline) らの連鎖モデル (chain-linked model) をベースにしている。しかし、連鎖モデルの複雑性は、教育に落とし込むには難があるとされ、クラインをはじめとする諸研究からイノベーション・プロセスの共通する要素を抽出して教育実践に適用されている。

特に、「フィードバックの獲得」と「社会との連携」が、「本質的に予測不能で経験的なもの」とされる複雑なイノベーション・プロセスの要諦とされる。イノベーションの実現には、市場の発見から販売に至るまで常に知的ストックや研究活動と連携した試行錯誤、つまりテストとフィードバックを繰り返す必要があるとし、不確実なステップと「意味ある失敗」の連続プロセスを教育面でも重視することである。

また、イノベーション・プロセスの不確実性の除去のためには、目標の絞り

込みや詳細な計画だけでは十分でなく、むしろ必要な資源をすべて自ら保有するのではなく、積極的に外部の機関や個人と連携することによって、資源の相互補完とリスク分散を図る合理性を学ぶことが重要である。すなわち、非専門家である市民を含む幅広い人々との連携が必要になってくる。

としている。さらに、

このような、「フィードバックの獲得」と「社会との連携」をもたらす活動において、エンジニアが積極的な役割を果たすには次の能力が必要であるとされる。

- ① 他分野の専門家や非専門家である市民、ユーザーの発する複雑な情報を工学上の言葉や具体的な技術に変換する高度なコミュニケーション力
- ② ユーザー等の複雑な要求に基づきプロトタイプの改良に取り組む主体性と創造性

これらの能力の強化を目的に、イノベーション・プロセスの社会実装に相当する部分を工学教育で実践することを提案している。具体的には図 1-11 の 4 ステッ

プから成るプロジェクト型教育とし、これを社会実装教育と呼ぶことにした。

浅野（2017）は、また、以下のようにも述べて、社会実装教育の教育の枠内にはとどまらない発展可能性にも言及している。

社会実装教育は、特定のテーマや解決方法を設定しない一方で社会の問題解決を強く意識する。そのため、社会実装教育は、教育と同時に研究テーマの自由な探索プロジェクトになっている。問題解決志向の社会実装教育は、教育と研究を融合し、新たなエンジニア教育とイノベーションを同時に実現する可能性を有するといえる。

本研究では、このような社会実装教育を正課科目により実施し、学位プログラムに位置づける教育とすることを目指す。そこで、社会実装教育と基礎教育とを連続的につなぐ一貫性ある教育プログラムとするために、PBL 教育プログラムの構造を、図 1-12 のように設計した。

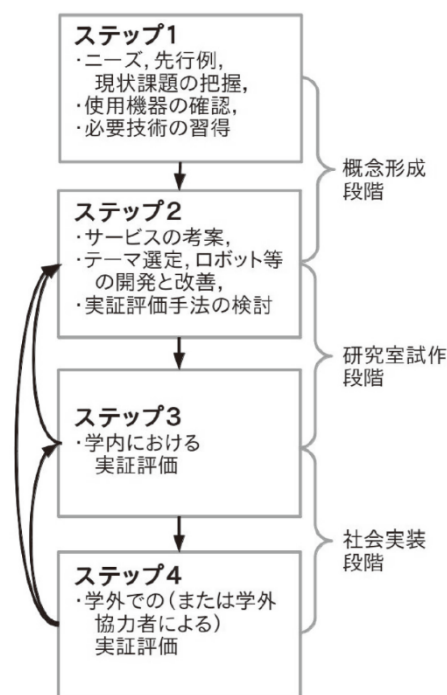


図1-11 社会実装教育の基本フロー

低学年ではイノベーション教育に必要な基礎的な力を身につけるため、様々な科目で修得した知識、スキル、態度や価値観などの学びを統合して発揮する機能をもつ科目として各学年に配置する構造とした。

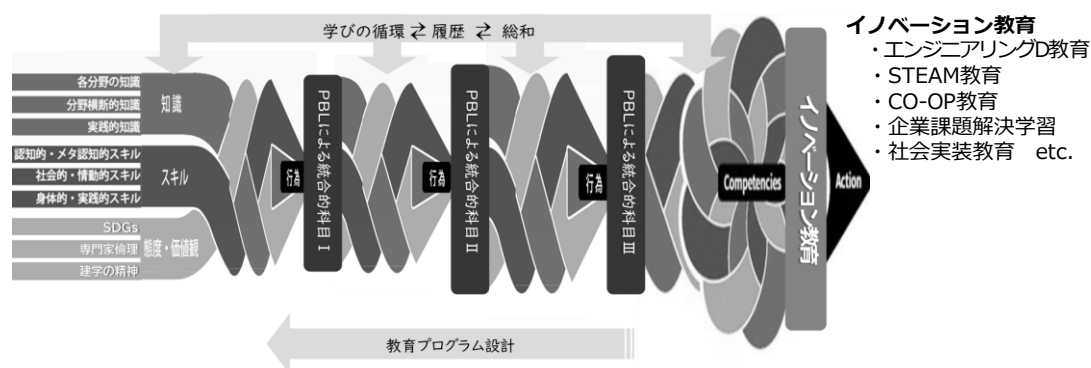


図1-12 一貫性のある継続的 PBL 教育プログラムの構造（伊藤 2020）
 （OECD Education 2030 Framework(cf. OECD, 2016, p.2)を加工して作図）

日本の一般的なカリキュラムにおいては、統合的科目は卒業研究およびそれに準ずる科目、またはコンテストなどのイベントによってのみ行われ、正課における科目としてカリキュラム上に意図的に配置することはほとんどされてこなかった。これまで、高専教育でPBLは、実験や実習科目内での学習方法の一つとして利用されていた。すなわちPBLは1科目の範囲内での教授戦略として用いられることが多かった。それらの実験・実習などの実技科目は、知識とスキルを“個人”に定着させるということが一義的な目的であり、副次的効果として、これもまた“個人”に「コミュニケーション力」、「チームワーク力」などのスキルが育成されるという、あくまでも個人に属する知識や機能という本質主義的な能力観であった。

高専教育の特徴として、理論を実践に結び付け使える知識とする体験をもたらす実験、実習科目が、質・量ともに充実していることが挙げられる。そこで、この実技科目の一部を Problem-BL と Project-BL を融合した統合的科目に置き換えることにより、要素的な知識やスキルのみならず、知識とスキルを分野横断的に総動員して高度な思考を発揮する機会とした。さらには、“個人”の機能向上よりも、チームの機能の最大化に注力させることにより、様々な文脈において自己と他者の可能性を拓くような社会関係性の中で能力を発揮しながら身につけることをねらった。イノベーション教育の基礎と位置付けるPBL科目で、学生が、統合力と社会関係的能力を体得し高度な思考の枠組みをもつようになることで、高学年に配置される社会実装科目のようなイノベーション教育において、専門性が高まった要素的知識やスキルを統合し、自ら社会関係を構築しながら新しい知を創出する学びへとつなげていくことになると考えた。

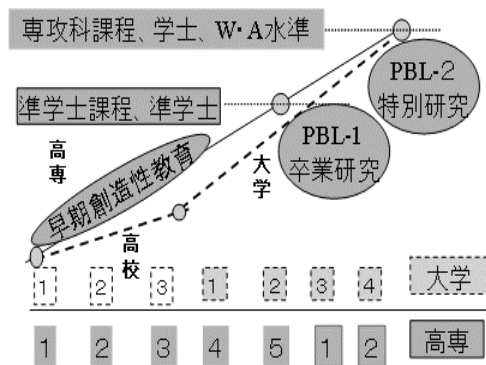


図 1-4 再掲
高専教育体系の目標水準(四ツ柳, 2007)

このような構造と機能とにより, 2004 年に四ツ柳が提唱した, PBL 教育システム (図 1-4 再掲) または PBL カリキュラムを志向し, 行動主義的な学びを強いられる大学受験を経験しない中学卒業後の早期教育という優位性が十分に発揮される教育プログラムとすることを目指した。

1-3-6 評価の方法

学習者の側にとっての評価の意義は, ①学習のペースメーカーとなる ②自己認識の機会となる ③価値の方向に気づく が挙げられ, 指導者にとっては, ④指導の対象を理解する手がかりを得る ⑤教育目標の実現状況を確認しその十分な実現に向け新たな手立てを考えるとことがある。また, 教育を管理運営する側においては, ⑥ 学力保障と成長保障の両全をめざすという社会的責任の説明根拠である (梶田叡一, 2002)。

その内容や方法は, 主体別には, 自己評価, 指導者評価, 学生間相互評価, 第 3 者評価, 組織や機関レベルの評価があり, 実施のタイミングでは, 診断的評価, 形成的評価, 総括的評価があるがそれぞれに目的が異なる。評価の種類には, 相対的評価, 到達度評価, 認定評価, 個人内評価があり, 評価基準の立て方によって学習者に様々な影響が及ぼされる。また, 直接評価と間接評価, 量的評価と質的評価という 2 軸による分類 (松下, 2016) の仕方もある。さらに評価の形式, 方法は, 獲得をめざす能力によって教授・学習形態が異なることや適切に評価できるかという観点から, 筆記試験のような記憶や知識の程度を測定するものから, 論文や口頭試問のように評価能力や総合力までを確認するものや表現やアイディアを見るようなものまで多様である。

本研究において実施する科目では, 以下の考え方に基づいて評価することとする。

1-3-6-1 獲得目標の抽象度の整理

本研究で開発する教育プログラムによって育成したい人材像は, 高専の目的である「創造的人材」が, 目標として一番上位にあり抽象度は高い。「創造的人材」をより具体的に表現して, 3 節に述べた通り, 企業の一員として産業界や地域社会との連携を強

化しものづくり技術力の継承・発展を担いイノベーション創出に貢献する技術者とした。このような技術者をめざすために本研究では、①高い専門性に立脚しながら、②専門性を発揮するための社会人汎用力を有し、③未来志向で社会づくりに参画できる人を育成するという目標を立てた。

各科目レベルでは①②③を基本として、科目ごとにその専門分野や発達度に応じてより具体的な達成目標と測定可能な評価項目および基準を設定することとする。①は当該科目の専門分野や学年レベルに適した評価項目と基準を設定する。②の社会人汎用力の評価項目は学年を通して経済産業省の社会人基礎力の項目を利用する。産業界に人材を輩出する使命をもつ高専教育では、社会人基礎力は産業界が期待する力として学習者自身にも評価者にもわかりやすく納得感が得られやすいからである。③については、学生の姿勢や成果物に様々な表現として表れてくるかどうかをみることとする。

1-3-6-2 直接評価を中心に

本研究においては、設計・実施した科目や教育プログラムによる学生の学習成果を評価する。学習成果の定義は、「プログラムやコースなど、一定の学習期間終了時に、学習者が知り、理解し、行い、実演できることを期待される内容を言明したもの。『学習成果』は、多くの場合、学習者が獲得すべき知識、スキル、態度などとして示される。またそれぞれの学習成果は、具体的で、一定の期間内で達成可能であり、学習者にとって意味のある内容で、測定や評価が可能なものでなければならない。」(学士課程答申、2008)とされる。

そこで、本研究では直接評価を中心とする。図 1-13 に図示した通り、PBL による獲得能力は学生のパフォーマンスに適した評価ツールで解釈することにより評価することとする。

ただし、価値観、興味・関心などの学生自身の認知や学習成果に至る学習行動の変化を把握する必要がある場合には、学生の振り返りなどの記述による自己報告も利用する。

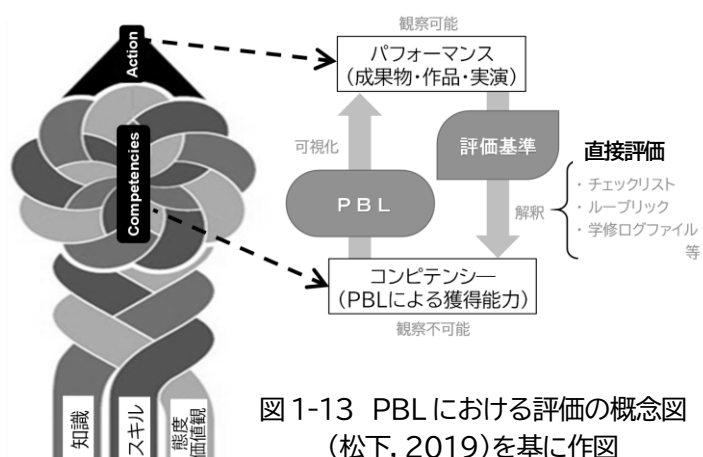


図 1-13 PBL における評価の概念図
(松下, 2019)を基に作図

1-3-6-3 形成的評価を PBL プロセスに埋め込む

PBL はその学習プロセスを重視する学び方である。学習プロセスに評価活動を埋め込むことにより学習者自身の自己認識の機会となり、学習のペースメイクの役割も果たすことから、自らが努力すべきことやその方向を見出しやすくなり、自己主導型学習を促すことにつながる。このように形成的評価の効用が大きいと考える。

1-3-6-4 評価方法

設定した到達目標に対応する方法を表 1-5 に挙げた例に準じて選ぶ。PBL では到達目標の領域が、認知的領域のみではなく複数あることが多いので、複数の評価方法で評価することとなる。

表 1-5 達成目標と評価方法（中島, 2018）

	知識・理解	思考・判断	技能	関心・意欲	態度
筆記試験	◎	○			
論述課題	○	◎			
論文課題(レポート)	○	◎	○	○	◎
観察法	○	○	◎	◎	○
口述(面接)試験	◎	◎		◎	○
実技・実演		○	◎	○	○
ポートフォリオ			○	○	○
自己評価				◎	○

(◎:適している, ○:適しているが工夫が必要)

1-3-6-5 創造的な学習経験をもたらす科目での評価

タイラー (Tyler, R.W.) によって、教育評価は内容的局面（何を教えるか）に対して行動的局面（何ができるようになるか）を観察すべきだとし、パフォーマンス評価が広く支持されている、これに対し行動目標に対しては、観察可能な行動に表出される内容は限定的でありより創造的な学習経験への道を閉ざすとの批判的視点から、到達目標（達成目標）、方向目標（向上目標）、体験目標を評価する（石井 2018, 梶田 1994）ことが主張されている（表 1-6）。到達目標（達成目標）は、獲得すべき内容と能力を実体的に明示した目標通りにできるようになったかを観察し、方向目標（向上目標）は、方向を示す形で設定される目標の方向への向上がみられたかを観察、そして、体験目標

は、特定の体験の生起自体をねらいとする目標を定めその体験が生じたかをみる。

そこで、創造的な学習経験をもたらす科目では、到達目標（達成目標）に加えて方向目標（向上目標）、体験目標も多様な方法によって評価することとした。

表 1-6 達成目標, 向上目標, 体験目標について（梶田, 2010）

目標類型		達成目標	向上目標	体験目標
領域	認知領域	・知識 ・理解 等	・論理的思考力 ・創造性 等	・発見 等
	情意領域	・興味 ・関心 等	・態度 ・価値観 等	・触れ合い ・感動 等
	精神運動的領域	・技能 ・技術 等	・練達 等	・技術的達成 等
到達性	到達性確認の基本視点	・目標として規定されている通りにできるようになったかどうか	・目標として規定されている方向への向上が見られるかどうか	・目標として規定されている体験が生じたかどうか
	目標到達性の性格	・特定の教育活動の直接的な成果	・多様な教育活動の複合的総合的な成果	・教育活動に内在する特定の経験
	到達性確認に達した時期	・授業中 ・単元末 ・学期末, 学年末	・学期末, 学年末	・授業中 ・単元末

1-4 まとめ

高専は、日本の高度成長を支える人材輩出を目的として創設されたが、日本の国際競争力下落への危機感から、2004 年の独法化を機に「創造的人材を育成すること」へ、その教育目的が具体化された。その際に文部科学省で Problem-BL 教育システムの導入が議論されたが、JABEE の発足に伴ってその後 Project-BL が多くの高専に導入された。

本章では、高専教育の PBL が、問題解決のプロセスを学ぶ Problem-BL よりも、科学リテラシーや現代社会を生きる新しい能力を育成することに効果があるとされる Project-BL が中心となっていたことを指摘した。そして、その基本原理である構成主義や状況主義の学習効果を得るための教育設計という面が弱く、「イノベーション力の育成」に対応しきれていない可能性について考察した。すなわち、「イノベーション人材の輩出」を目的として PBL 教育が期待されながらも、高専をはじめとする日本の

工学 PBL 実践は Project-BL に重きが置かれており、混沌の中から本質を見出し問いを立てるといような Problem-BL によってもたらされる、イノベーションにつながる思考体験が不十分だったのではないかと考えた。

そこで、改めて「創造的人材の育成」を目的として四ツ柳が 2004 年に提案していた高専教育に Problem-BL を導入する意義を確認し、その具体的な方策を本研究で明らかにすることとした。

また、日本の科学技術や産業の課題に対して、高専教育が果たす役割、使命を明らかにして、高専で育成すべきイノベーション人材を、(1) 高い専門性に立脚しながら、(2) 専門性を発揮するための社会人汎用力を有し、(3) 未来志向で社会づくりに参画できる人と定義した。そして、そのための教育に適したイノベーション教育「社会実装教育」とそれにつながる基礎力育成のための PBL 教育プログラムの必要性を説いた。その PBL 教育プログラムによるイノベーション人材育成のためには、行動主義や認知主義、状況主義の学習理論に裏付けられた学習活動を含み、社会関係的な知識観や社会文化的能力観に基づく教育を行うことが重要であるとし、知識・スキル習得の既存科目と二つの PBL を組み合わせた構造と機能について論を展開した。

また、評価については、獲得する能力目標の抽象度を具体化して系列化すること、形成的評価を PBL の学習プロセスに埋め込むこと、多様で多元的な直接評価を中心に行うこと、到達目標の能力に適した複数の評価方法で評価することと整理した。

次章では、具体的な教育プログラム設計を目指して、イノベーション立国であるデンマークのオルボー PBL モデルについて調査した結果を基に考察を加え、高専教育への適用を検討する。

参考文献

- ・ 小畑秀文 (2015)「これからの課題」『創造的・実践的技術者の育成を担う高専教育』, 経済産業省 理工系人材育成に関する産学官円卓会議, 第3回 資料4.
https://www.meti.go.jp/policy/innovation_corp/entaku/pdf/150925_entaku3_siryo04.pdf
(2020.11.14 確認)
- ・ 梶山千里 (2012)「高専の役割と課題」『IDE 現代の高等教育 高専の半世紀』, No.544, p.5.
- ・ 濱中義隆 (2017)「「実践性」から見た高専教育—キャリアとの関連に着目して」『日本労働研究雑誌』, No.687, p.46-57.
- ・ 新谷康浩 (2012)「データで見る高専」『IDE 現代の高等教育 高専の半世紀』, No.544, p.68.
- ・ 大村浩志・日野宏江 (2020).「日本型高専教育制度 (KOSEN) の国際展開—実践的創造的エンジニアの育成—」『留学交流』, 独立行政法人日本学生支援機構ウェブマガジン, 2020年7月号 vol.112, p.1-15.
- ・ 四ツ柳隆夫 (2004)「高等専門学校の在り方—高専教育の現状と課題—」『中央教育審議会大学分科会 制度部会』, 第9回 資料4
- ・ 四ツ柳隆夫 (2003)「国立高専の現状と展望」『工学教育』, 51巻1号, p.5-10.
- ・ 岩本晃代 (2010)「高等専門学校創設法案の経緯と「複線型」教育の問題点」『カリキュラム研究』, 第19号, p.29-41. (p6).
- ・ 文部科学省 (2018)『工学系教育改革制度設計等に関する懇談会取りまとめ』, p.2.
- ・ 四ツ柳隆夫 (2007)「高専の新領域への拡大について 歴史と展望」『文部科学省中高教育審議会大学分科会 第9回高等専門学校特別委員会』, 資料.
- ・ 伊藤通子 (2010)「高専教育と Problem-Based Learning」『放送大学大学院修士論文』.
- ・ 三菱総合研究所 (2021.4.30 確認).「IMD「世界競争力年鑑」2020年総合順位」『三菱総研ホームページ』, <https://www.mri.co.jp/knowledge/insight/20201008.html>
- ・ Sustainable Japan WEB (2020.12 確認) <https://sustainablejapan.jp/2020/06/17/imd-world-competitiveness-ranking-2020/50985>
- ・ 経済産業省 (2020) 産業技術ビジョン 2020, p.15.
- ・ 文科省 HP「国立大学の法人化の経緯」(2021.4.30 確認).
https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/houjin/03052701.htm
- ・ 公益社団法人 日本工学教育協会 (2021.4.30 確認) <https://www.jsee.or.jp/aboutjoj/joj>
- ・ Ruth Graham (2018). *The global state of the art in engineering education*, New Engineering Education Transformation Massachusetts Institute of Technology.
- ・ ドナルドR・ウッズ著, 新道幸恵訳 (2001)『PBL Problem-Based Learning 判断能力を高

める主体的学習』, 医学書院.

- Graaff, E. de & Kolmos, A. (2007). History of Problem-based Learning and Project-based Learning, Graaff, E. de & Kolmos, A. , *Management of Change: implementation of problem-based and project-based learning*, Sense Publishers (Rotterdam), p.1-8.
- 伊藤通子 (2017) 「世界的な教育の潮流」『Excellent DENMALK LOVING』 vol.9, p.27-31.
- 中島健祐 (2012) 「環境先進国デンマークのグリーン成長戦略～デンマークの知恵から学ぶ日本と世界の未来～」『技術と経済』 2012 年 10 月号, p.14-24.
- 経済産業省産業技術環境局(2014) 「(参考) シリアル・イノベーター」『イノベーションを担う人材』.
- Abbie Griffin, Raymond L. Price, Bruce A. Vojak (著), 市川文子, 田村大[監訳] 東方雅美[訳] (翻訳) (2014) 『シリアル・イノベーター “非シリコンバレー型” イノベーションの流儀』, プレジデント社.
- 国立高等専門学校機構 (2006) 『高等専門学校のあり方に関する調査』.
- 独立行政法人 国立高等専門学校機構 (2018) 『モデルコアカリキュラムガイドライン』.
- 永野重史 (2001) 『教育心理学通論』 放送大学教育振興会.
- 伊藤通子 (2010) 「行動主義, 認知主義, 状況主義の学習理論に基づく新しい実技教育の可能性」『工学教育』 59(1), p.62-68.
- Torp, L. & Sage, S. (2002). *Problems as possibilities: Problem-based learning for K-16 education*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- 伊藤通子 (2019) 「Problem-Based Learning」『事典 持続可能な社会と教育』 日本環境教育学会他 (編), 教育出版, p.231-232.
- Jingyan Lu, Susan Bridges, and Cindy E. Hmelo-Silver (2014). Problem-Based Learning, R. Keith Sawyer, *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences Second Edition*, Cambridge University Press, p.298-318.
- 伊藤通子 (2010) 「高専教育と Problem-Based Learning」『放送大学大学院修士論文』
- Maggi Savin-Baden (2007). Challenging Models and Perspectives of Problem-based Learning, Graaff, E. de & Kolmos, A. , *Management of Change: implementation of problem-based and project-based learning*. Sense Publishers (Rotterdam), p.9-29.
- Savin-Baden, M (2000). Problem-based learning in higher education, *Untold stories*. Buckingham: SRHE and Open University Press.
- Graaff, E. de & Kolmos, A. (2003). Characteristics of problem-based learning, *International Journal of Engineering Education*, 5(19), p.657-662.

- ・ Kolmos,A. (1996). Reflections on project work and problem-based learning, *European Journal of Engineering Education*, 2(21)
- ・ Conway,J. and Little,P. (2000). Adopting PBL as the preferred institutional approach to teaching and learning : Considerations and challenges, *Journal on Excellence in College Teaching*, II(2/3), p.11-26.
- ・ 浅野敬一 (2017) 「社会実装教育」の背景を考える～イノベーションを目指す工学教育～」『工学教育』65-4, p.10-15.
- ・ OECD (2016). Global competency for an inclusive world. Paris: OECD.
(<http://www.oecd.org/pisa/aboutpisa/Global-competency-for-an-inclusive-world.pdf>, 2017.9.26 アクセス) *現在は別の文書にリダイレクトされアクセス不可)
- ・ 梶田叡一 (2010)『教育評価』有斐閣双書, p.82..
- ・ 中央教育審議会 (2008)『学士課程の構築に向けて (答申)』.
- ・ 松下佳代 (2017)「学習成果とその可視化」高等教育研究, 20, p.93-112.
- ・ 松下佳代 (2016)「アクティブラーニングをどう評価するか」松下佳代・石井英真編『アクティブラーニングの評価』東信堂, p.3-25.
- ・ 中島英博 (2018)『学習評価』玉川大学出版部, p.30.

第2章 オルボーPBL モデル

第1章では技術者教育における Problem-BL の捉え直しと導入意義および導入の枠組みについて考察した。

第2章では、PBL 教育導入の枠組みの参考とした工学 PBL モデルに焦点をあてる。それは、MIT の報告書 (Ruth Graham, 2018) にも先行事例として取り上げられているデンマークオルボー大学のオルボーPBL モデル (Aalborg PBL Model) である。デンマークのグリーンイノベーションを推し進めイノベーション立国として強い国際競争力をもつに至った根幹を支えているのがデンマークの公教育で、小学校から大学まで取り組まれている PBL 教育である (中島, 2012) とされる。

筆者は 2008 年, 2010 年, 2012 年, 2016 年の 4 回, デンマークを訪れ, PBL 教育の現場を視察して様々なステークホルダー (各学校種の校長や教職員, 生徒や学生, 地域の方々, 行政関係者, 卒業生, 日本人留学生など) から聞き取りを行った。聞き取りは全てデンマーク語を通して行い, 英語による情報収集では感じ取りにくい生の声を集めた。また, オルボーPBL モデルを開発し推進してきた研究者にも会い, その中の数名を日本に招いた。2013 年には, その中心的存在であるアネット・コルモス氏を招き, 日本の教育関係者にデンマークの PBL を紹介するとともに種々の情報交換を行った。

本章では一連の調査により, デンマーク各地の様々な学びの場を視察して得た情報を中心に, デンマークの PBL について報告する。1 節ではデンマークの PBL の成立過程と初等・中等教育の様子を, 2 節でオルボーPBL モデルについて概説し, 3 節で高専とオルボー大学の教育比較を行い, 4 節で日本の工学教育に取り入れるべき要点を検討する。

2-1 デンマークの教育

2-1-1 Problem-BL のはじまり

Problem-BL は 1960 年代にカナダの医学教育で始まった。現代医学が高度化・細分化する中, 医学生が大量の知識を素早く取り込んで臨床に応用する必要性から, 問題解決に取り組む過程で必要な知識を再構成しながら効率よく獲得することに有効な学習法として北米から世界に広がっていった。授業の中で事例に基づいて実践的な体験をもたらす Problem-BL は, 大人数が一斉に受講する講義に代わって支持されるようになり, 2000 年代には医学以外の専門分野や, 幼稚園から大学までの教育でも広く使われ

るようになっていった。

Problem-BL の核になる教育観「学習者が自分自身の意図を明確にしながら積極的に問題解決に携わる」は、19 世紀末に起こったアメリカの進歩主義教育のデューイ (John Dewey) にさかのぼる。「自ら体験して得る学び」という、それまでの座学による系統的教科学習とは対照的な、五感のすべてを使って対象に働きかける学習である。続いて 20 世紀の初めにキルパトリック (Kilpatrick, W. H.) が教育にプロジェクト手法を取り入れた。彼は、学生は熱心に取り組んだ時ほど深く学び、プロジェクトワークの過程で起こる「学生自身が選択する学び」「体験からの学び」「学生中心の学び」は、好奇心や自己決定、熟達という人間的特性をうまく利用した学び方であるとした (Graaff, E.de & Kolmos, A., 2007)。世界では、このようなデューイやキルパトリックらの新しい教育理論の影響を受けて教育が大きく変わっていった。

カナダの医学教育で Problem-BL が生まれた同じ頃、工学教育の PBL がデンマークで長い時間をかけて独自に出現した。デンマークでは 60 年代の激しい学生運動に続き、産業界も新しい教育を望んだことから、イノベーションを起こすことにつながるような教育としての Problem-BL が始まった。まず 1972 年にロスキレ (Roskilde) 大学ができ、1974 年にはロスキレ大学やコペンハーゲン大学などの教員、事務、学生からなる委員会が民主的な手続きによってオルボー (Aalborg) 大学を創設した。この頃、デンマークでは各大学に分野統合・学融合が起こり、現実の問題を解決する過程で協働的に知を創出するというイノベーションの場を提供していった。その背景には、60 年代後半の学生運動の後の 70 年代の社会科学の急激な変化に対応したプロジェクト研究があり、それが現代の北ヨーロッパの国々 (特にデンマーク、ドイツ、オランダ) での社会変革を可能にした要因の一つとみなされている。(Graaff, E.de & Kolmos, A., 2007)

ロスキレとオルボーの両大学は、創立時から Problem-BL をカリキュラムに体系的に組み込み半世紀に渡り発展させてきた。特にオルボー大学の PBL カリキュラムはオルボー PBL モデル (Aalborg PBL Model) と呼ばれ、工学系 PBL のユネスコチェアとして世界各国のカリキュラム改革に影響を与えている (伊藤, 2010)。

2-1-2 国策としての Problem-BL 教育

デンマークは、人口 560 万人、国土 4 万 3 千 km² の小国ながら、一人当たり GDP は 1970 年の 3,464 USD/人から 2019 年の 60,170 USD/人になり、(日本は 1970 年の 2,037 USD/人から 2019 年の 40,247 USD/人となっている) (Data Commons, 2021) と、1970 年より近年に至るまで日本を上回っている。デンマークの環境政策と技術はヨー

ロッパの国々からも一目置かれており、例えばエネルギー自給率は1980年の5%から2009年には120%へと躍進、食糧自給率も300%となり、福祉国家として高い税負担にもかかわらず、国民幸福度に関する種々の調査で世界1位の記録を何度も打ち立てている。ノボザイム（バイオテクノロジー）、ベスタス（風力発電機）、レゴ（知育玩具）など、多様な分野で世界シェア上位の企業が多い。このようなグリーン成長戦略国への施策を支持するのが、国政選挙などで80%の投票率で示される自律的な高い民意である。初等教育から高等教育までを貫くPBL教育が、デンマークのこのような国づくりの根幹にある（中島，2012）とされる。

オルボーPBLモデルは、現実の問題解決に取り組む中で、チームでプロジェクトに取り組むことにより新しい知を生み出す、すなわち、やがてはイノベーション創発につながることを目的としたProject Organized Problem Based Learningとして開発され発展した。イノベーションはもはや個の知識の上にはありえず、情報社会やチームメンバーに散らばって存在している知識の相互作用によって創出される（Kolmos, 2013）という理念が背景にある。これは第1章の表1-2で示した状況主義の知識観に他ならない。

特筆すべきは、1800年代に活躍したデンマークの思想家グルントヴィ（Nikolaj Frederik Severin Grundtvig）の哲学がその根底に流れていることである。グルントヴィの考えの一つに、「教育とは教え導くことではなく本来“生の自覚”を促すものであり、“学校”は、“生きた言葉”による“対話”で異なった者同士が互いに啓発しあい、自己の生の使命を自覚していく場所であるべき（N.F.S.グルントヴィ, 2011）」がある。デンマークのProblem-BLは、グルントヴィの哲学の上に、多様性・参加・公正・選択の自由・主体性を重視する学びの形として発展したのである。このようなグルントヴィの哲学はデンマークの民主主義の基にもなっているといわれるが、前述した経緯によるオルボー大学の設立もまさに民主的で現実的な思想の賜物だとされている。

デンマークでは小学校から大学までの教育に貫かれている国民的合意があるようだった。ヒアリングしたほとんどの教員や生徒から、異口同音に「学校で学ぶべきことは競争のスキルより協力と合意形成のためのスキルと能力」「知識は使えることが重要」

「イノベーションを起こすことが今後の人類にとって必要」「哲学が不可欠」「持続可能な社会（や国）づくりのために知恵を出し合うために学ぶ」という言葉を繰り返し聞き、そのための様々な学習活動の現場を視察した。PISAテスト¹などによる学力の国際ラン

¹ OECDが進めているPISA（Programme for International Student Assessment）と呼ばれる国際的な学習到達度に関する調査。我が国も参加しており15歳児を対象に読解力、数学的リテラシー、科学的リテラシーの三分野について、3年ごとに本調査を実施。

キングで結果を出すよりも、むしろ、生涯学び続ける力、社会で自分を活かす力を持ち、世界のどこでも誰とでも活躍できる国際的リーダーの育成を目指しているという。教育関係者間で一貫しているこのような理念の下での基礎教育の上に、大学での専門教育がある。そしてこの教育理念を実現する方法の一つとして **Problem-BL** が様々な形で実施されていた。

「学校は何かを教えるところではない、自らの可能性に気づき開発するところだ」との信念をもって熱く語る教育関係者の言葉が印象的だった。

北米と北欧で生まれた二つの **Problem-BL** は、前者が学習者個々の認知活動や「個の能力」の育成を中心に扱う認知主義・構成主義の学習観の下に発展したのに対し、後者は社会構築主義や状況主義的学習観が強く、「チーム」で「プロジェクト」を通して「社会的な問題解決」に取り組むことを重視し、「新しい知や価値観を創出する」過程で、個々が尊重されながら学びを深め、社会の中で個々の可能性を拓く教育として確立されていった。

2-1-3 学校種と教育

本節では、小中学校の教育がどのように高校へとつながり、大学の進路決定時期にどのような教育が行われているのか、大学入学のための準備はどのような教育か、それらと高等教育の **Problem-BL** との関連を把握することを目的とする。

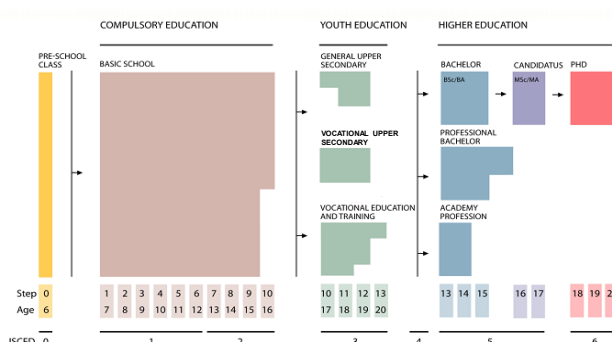


図 2-1 デンマークの公教育システム

(2012 年視察時の Aalborg Tekniske Gymnasium 資料より)

2-1-3-1 初等教育

デンマークの義務教育は 0 から 10 年生まで（図 2-1 の左側の部分）で、日本の小・中学校が一緒になった様な学校である。0 年生は幼児教育で、小学校入学の準備となる。小学校は 1 年生から 6 年生まで、中学校は 7 年から 9 年生までである。ユニークな制度としてエスタコーレと呼ばれる 10 年生があり、もう少し時間をかけて学びたい生徒や、自分に適した高校を選ぶ期間が欲しい生徒が通う。

図 2-2 は、Skørping School の 5 年生、ビッテ先生の算数の授業の様子である。以降の写真は全て 2012 年の視察時のものである。教室の一面には黒板、一面には掲示物、一面にはスライド資料が投影してあり、教員が各面を移動しながら説明したり問いかけ

したりし、生徒もそれに合わせて体の向きを変えながら授業が進んでいた。

図 2-3 は 9 年生，トロールズ先生の社会科の授業の様子である。タブレットを使いつつ，地図を広げ，移民についての統計データを読み解きながら，それぞれの生徒が住む町の多文化共生について議論を展開していた。社会科のテーマを扱いながらも数学など他の科目で学ぶ知識やスキルを使いこなす授業が実施されていた。数学，国語，理科など視察した全ての教科で，タブレットを文房具のように使いながら，その科目のテーマを他分野横断的に学び，議論や対話を中心とする授業が展開されていた。



図 2-2 教室に前後はなく
教師が前に立つことが前提になっていない



図2-3 9 年生社会科の授業で移民について議論

2-1-3-2 中等教育

中等教育は，成績上位 3 分の 1 くらいの生徒が通う普通科高校（図 2-1 の YOUHT EDUCATION 上段部分，General Upper Secondary）および，卒業生の進路が就職と大学が半々である理系高校（図 2-1 の YOUHT EDUCATION 中段部分，Vocational Upper Secondary）を調査した。

図 2-4 は理系高校 Aalborg Tekniske Gymnasium のカリキュラム概要図である。基礎知識やスキル習得のための授業とプロジェクトが連動しており，他の授業で学んだことを総動員してプロジェクトの課題解決に挑むように 3 年間で組み立てられていた。この高校は近年，教員数が 1.5 倍になり校舎も新設するくら

Learning activities: Problem based learning

Students work in problem based projects ½ - 1½ days a week



Formulating a problem > Researching a problem
> Developing solutions to problems > Testing solutions to problems

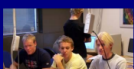
Compulsary		Depending on study line and choice	
Introduction (½ year)		Study lines (2½ year)	
Danish			
Math			
English			
Study area part 1 -Themes in the areas of technology, social and natural sciences		Study area part 2 -Themes planned between subjects	
		Biology, Chemistry, Physics, Communication /IT, Social science, Technology history	Upgrading depending on study line
		Technology –student projects	Technics –students projects
		Design, innovation, programming, economy, german a.o.	

図 2-4 理系進学校 Tekniske Gymnasium の PBL と 3 年間の科目構成

いに人気が高まっており，このような Problem-BL カリキュラムに力を入れることによって，卒業生が進路先で高い能力を発揮していることが人気の理由であるということだった。

図 2-5 は，普通科高校 Stoving Gymnasium でのラスムッセン先生の 2 年生の英語の授業であり，8 ページにわたる彼らにとっては少し難しい文章（ラスムッセン先生の言葉）を，グループ学習で内容を理解した後，先生が出す課題の答えをグループでまとめ発表するというものだった。

図 2-6 は，普通科高校 Aalborg Katedral Skole のラース先生の 2 年生の化学の授業である．サリドマイド薬害の歴史から導入して生徒の学ぶ意欲を高め，光学異性体の不斉炭素について学ぶ．教科書は使わず，分子模型を使って生徒同士や先生との活発なやり取りを中心に授業が進む．PC も広げ学校供与の Web 教材にメモを入力しながら学んでいた。

図 2-7 は，同校の社会科ステファン先生の授業である．前半は個々の事前調査をグループで共有し，後半は全員に対して教師が新しい情報を提供して問いかけ議論しながら授業が進む．その授業設計は，認知領域のタキソノミー²の「知識」から「評価」までをカバーする様々な学習活動と教材で組み立てられていた．化学同様，個々が PC を駆使し学校供与の Web 教材を使用していた。



図 2-5 普通科進学校の英語の授業



図 2-6 普通科高校の化学の授業

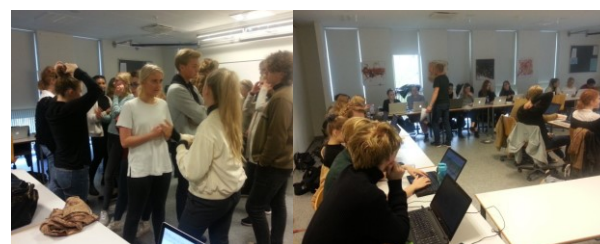


図 2-7 普通科高校の社会科の授業

² B.S.Bloom らによって開発された「教育目標の分類学 (taxonomy of educational objectives)」は教育目標の行動的局を分類し明確に叙述するための枠組みで，認知領域，情意領域，精神運動領域の 3 領域から成り，各領域はさらに下位カテゴリで構成される．2001 年には，L.W.Anderson と D.R.Krathwohl らによって改訂版タキソノミーが明らかにされた．心理学の行動主義から認知主義への転換や高次の学習効果を重視する動き等が背景にある．(石井，2002)

初等・中等教育を通して、一クラスは20人前後の生徒からなり、講義形式（生徒が活動的でない）の授業は一度も見ることではなく、全てがチームによる協働学習であった。どの学校にも至る所にラーニング・コモンズが整備されており、いくつかの授業では、生徒は教室を飛び出て好きな場所で自由に学ぶ形式で行われていた。PCやタブレットがノートやテキスト替わりとなっており、授業に必須の文房具の一つとして情報検索などにも使いこなしていた。どの授業も生徒たちが活動的に学ぶことを重視した工夫がなされており、静かに聞くだけの授業は皆無であった。視察した学校はいずれも知り合いの大学教員の子どもたちが通っている学校であり、特別な教育をしているわけではなく、デンマークではごく一般的な授業スタイルだということだった。デンマークには日本のようなスタイルの大学受験はなく、国が定める目標到達度を測る記述式試験とプロジェクトの成果を評価するための口頭試問等で卒業認定を行う。デンマークでは他の西欧諸国同様、デューイら以降の学習理論に基づく学び方が主流になったこの40年間で、講義主体の伝統的なスタイルから現在の教育スタイルへと大きく変わったのだという。

2-1-3-3 公教育以外の学びの機会

デンマークには、図2-1には表れない、公教育と平行なもうひとつの国民的教育の制度がある。その学校はフォルケホイスコーレといい、学歴や資格の取得などを目的にする学びとは一線を画しているが、デンマーク社会の中で信頼され独特の存在感を示していた。前述した思想家グルントヴィの哲学を基本理念とする私立学校である。海外にも広く展開され地域や国ごとに様々な経営形態があるが、いずれも同じ理念に立っており「生徒も先生も同じ目線で緊密な関係で学び合う」「対話を重視し五感を使って学ぶ」「学びたいと願う全ての人に機会を等しく提供する」「自分に一番適した方法で学ぶ」を提供している。入学試験もなく資格も付与されないがフォルケホイスコーレで「学んだ経験」はデンマーク社会で尊重され重視されるという。

デンマークには他にも成人の「学び重ね³」が可能になるような様々な学びの機会が存在し、社会自体が教室であるように感じることもあった。例えば、リーガルエイドというオルボーの無料法律相談所では、法律家団体や個人の有志と行政が、学生の学ぶ場や機会を提供している。オルボー大学の法律分野はPBLを導入していない。しかし、無料法律相談所を設置し運営を学生に任せていることで、学生は大学で学んだ理論と方法を、法律家のサポートを受けながら社会で試して実力をつけていく。行政は、このシステムを安心安全な街づくりに活かす。このような学びの仕組みにより、学生が成長し

街が変わる。学校とは直接の連携がなく単位や資格取得などとも無関係なのだが、ここで働きたいという法律を学ぶ学生はもちろん、情報や経営など法律分野以外の学生の希望者も多いという。

学び合うことによって人も社会も変わるという、「教育」に対する熱意と信頼が、幸福度ランキング世界 NO.1、環境技術と福祉によるグリーンイノベーションの経済成長を実現したこの国の今を支えている。

このような基礎教育の延長線上と社会教育との平行線上に、大学の Problem-BL 教育がある。デンマークの基礎教育や社会から共感を得ている能力観や学習観が、高い専門性を学ぶ高等教育において、新しい知を生み出すという Problem-BL 本来の状況論的学習の教育効果を上げるための礎になっていた。

2-2 オルボーPBLモデル

2012 年には、オルボー大学にて主に建築学科を中心に調査をおこなった。そのカリキュラムは日本の大学や高専の工学教育カリキュラムと根本的に異なっている。オルボー大学の PBL 教育は、「Project で行う Problem Based Learning」とされ、講義中心の従来型教育は、「伝統的な教育方法」として区別されていた。

Aalborg 大学の学士課程は、半年を 1 セメスター（学期）とした 1～6 セメスターまでの 3 年間、修士課程は 1～4 セメスターの 2 年間である。各セメスターに一つの大きな Project（地域の環境改善を目的とする等、与えられる複雑で学際的なテーマから学生自らが問題を見出し、課題を設定して解決策を導き出す）が設定され、テーマに関連し解決策の質を向上させるような講義や実験、ワークショップを受講し、エクスカージョン等を体験しながら、チームに与えられたスペースを拠点にしてその解決にじっくりと取り組む。学生には、企業や行政等と連携する積極的な行動が期待される。

デンマークの大学の一番の特徴は、学術の内容のみならず扱うテーマからリサーチメソッドまで「統合的」「学際的」「複合的」に挑戦する姿勢ではないだろうか。細分化して丁寧に深めようとする日本との根本的な違いでもある。

2-2-1 目的

オルボー大学の PBL 教育の目的はイノベーションを担う専門人材の育成である。前節で述べた小学校から高校までの一貫した理念の下での基礎教育の上に、大学での専門教育が位置付けられている。

「イノベーションの基礎となるものは、もはや個人の知識ではない。イノベーションは、①共同により生まれる知、②分野横断型の知、③異文化間の知の上に起こる」という Keith Sawyer (2007) 理論に基づき、これらをどのように達成するのかという問いの結果、イノベーションに必要な工学教育としてオルボーPBL モデルが生まれた (Kolmos, 2013)。

2-2-2 教育の特徴

オルボーPBL モデルのベースは Problem based learning であり、「学生が問題の特定と分析を行い、解決の体験を通して学ぶ、学習者中心の学習法」「学習者は、認知戦略、そのプロセスにおけるスキル、共同による知識構築、取り組む領域の知識を習得する」「PBL 学習のプロセスは、プロジェクトやケースとして構成され進められる」と定義されている (Kolmos, 2013)。

すなわち、学びは学習者に知識を伝達することではないのだから、学びをもたらす教師や教育機関には「学習者は知識の受け手ではない」という認識が重要であるとする。しかしながら長い間、教育機関における授業の多くは、学習者が学ぶ(覚えて蓄積する)べき内容をまとめた規定の知識セットや知識の伝達にとって効果的なカリキュラムに沿って実施されてきた。そして評価は、本来はいかに新しい知恵を生み出すか、あるいは基礎的知識を実社会で生かすかが問われるべきであるのに、学習者がその知識をどれだけ丸暗記できたかを測っているに過ぎなかった。オルボーPBL モデルは、そのような伝統的な学習観を明確に否定し、新しい学習観の実践方略として開発された。

オルボーPBL モデルにおける「知恵と学び」は、① 学習者が自らつくりだすものであり、教師が学習者に与えるものではない、② 新しいものを創出することであり既存の知識を再現することではない、③ 対話、批評、協調などによる共同作業によって創出されるものである (Kolmos, 2013) とされる。すなわち、学びとは、新しい知識や解決策、理論や方法を創出することであるという学習観がその理論的背景となっている。

その特徴は、マクマスター大学やマーストリッヒ大学などの医学系 PBL と表 2-1 のように比較され説明される。

学びの原理は図 2-8 で示される。学びの活動は問題に基づいたプロジェクトまたは事例研究であり、問題の背景や文脈に沿った取り組みに

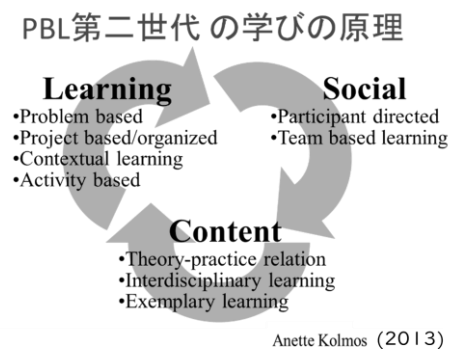


図 2-8 PBL 学びの原理

よって学ぶことが重視されている。また、社会的側面からは、当事者性をもつ学習者主導でチームワークを基本とする。内容的な側面からは、理論と実践が連関する学際性を有し社会の代表的、特徴的な事例を扱うことを学びの原理においている（Kolmos, 2013）。

表 2-1 オルボー大学と他大学で実施されている PBL の比較（Kolmos, 2013, 筆者訳）

	マーストリヒト大学 (オランダ・医学系)	ポリテクニック (シンガポール・技術教育系)	オルボー大学 (デンマーク・工学系)
形態	与えられたテーマを扱う / グループで取り組む / 教科横断型 / 問題解決を行う		
学習の機関	6 週間	一日一問題 One day one problem	学期制（セメスター）
取り組む問題	事例を扱う場合が多い	教員が与える問題	実社会の問題を扱う
ながれ	7 段階手法に代表されるような定型に沿う	一日に三回話し合う問題解決型学習の流れ	プロジェクトをマネージメントする
チームの特徴	5-10 人	5 人	4-7 人, 自主的に編成
チームの取り組み	分析のための話し合いを行う	話し合う	協力して分析し, 報告を書いたり, 成果物を創出したりする
指導	ファシリテーションによる指導（直接教授は少ない）	問題を提供し, 教授もする	ファシリテーションによるコンサル（直接教授は少ない）
評価/試験	個人を評価するテストや, 進捗テスト	小テスト, 個人の振り返りや報告書の作成	チームをベースとした試験での個人評価と, グループ評価

特徴は以下のように説明される。

- ・社会の問題解決に取り組み、チームで価値や新しい知見を創出する体験をもたらす教育。
- ・産業パートナーとの協働教育。
- ・現実の問題に基づき、問題を特定し分析し解決する体験を通して、学習者が主体的に学ぶ学習者中心型の教育。
- ・学びのプロセスは、プロジェクトまたはケーススタディによって与えられる。
- ・認知戦略、プロセススキル、協働的な知識構築、および当該学問分野の知識を学ぶ。
- ・テーマに持続可能な開発の概念が埋め込まれている教育（ESD）。

具体的には次の項目を重視して授業が設計される。

- ・問題の方向性：達成していない不満足な状況／達成されていない可能性／未知なる影響

- ・プロジェクトの方向性：独創的で複雑なタスク／創造的で繰り返しのプロセス／期限が決められている／目的志向／結果は論文にまとめる
- ・グループワーク：実践から学ぶ／コースの授業群や状況に合わせたセミナー群が支える／ポートフォリオを記述する／グループごとに学びのスペースが与えられる
- ・理解のために覚える必要はない
- ・学習プロセスが重要
- ・学際的，メタ的に学ぶ
- ・理論と実践の統合
- ・学び方を学ぶための方法論的なスキルに焦点を当てる
- ・グループへの高い参加度を重視（4～6名）：教員がチームによる知の創出を指導
- ・グループが評価される

Problem・BL が成功するためのヒントは，以下の通りとされる．

- ・学生に，与えられたテーマの中で問題を定義させ可能な解決策を見出させる
- ・学生に，広範な生態系の文脈や社会文化的文脈に関連づけて，問題解決に取り組ませる
- ・教員は，教授者ではなくファシリテーターとして学びを促す役割を担う
- ・学生間で議論するためのスペースを与える
- ・学生に，自らの問題解決に結びつく文献調査をさせる
- ・学生に，自らの学習経験を振り返らせる
- ・外部パートナーと協働して，現実社会の問題に取り組ませる

オルボーPBL モデルの教育効果は，以下の通りとされる．（図は Kolmos, 2013）

- ・モチベーションの向上
- ・より深い学びの経験
- ・スキルや適応能力の向上，全般的に成績アップ
- ・プロセススキル，協同スキル，リサーチメソッド，プロジェクトマネジメント力の習得等による就職率の向上
- ・他学に比べて退学率が低く在学期間が短い（デンマークの学費は国費なので在学期間が短いほど良い教育とされる）（図 2-10，図 2-11）

- ・卒業後 10 年後の収入が高いこと
- ・デンマーク工科大学の通常教育とオルボー大学の PBL 教育に対する卒業生の評価比較は図 2-12 の通りであり、これらの比較項目におけるオルボー大学の優位性が、PBL が選ばれる理由であるとのことだった。
- ・他にも図 2-13 から図 2-15 に示す通り、様々な統計によりオルボー大学の教育改革の成果や、PBL 教育が社会から支持されていることが証明されている。

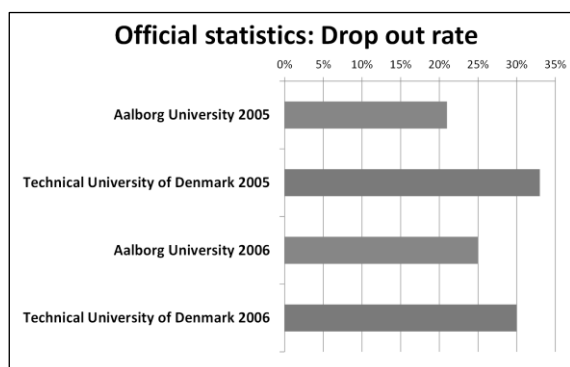


図 2-10 大学の退学率（国家統計局）

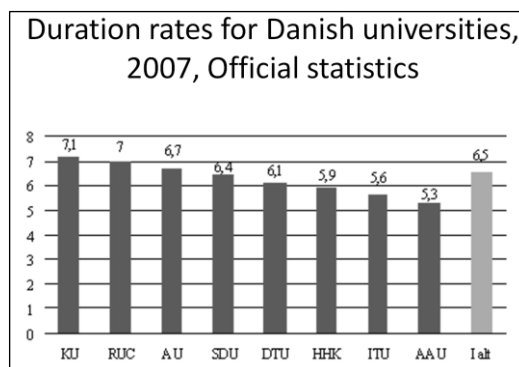


図 2-11 デンマークの大学の在学年数比較
国家統計局 2007 年のデータより

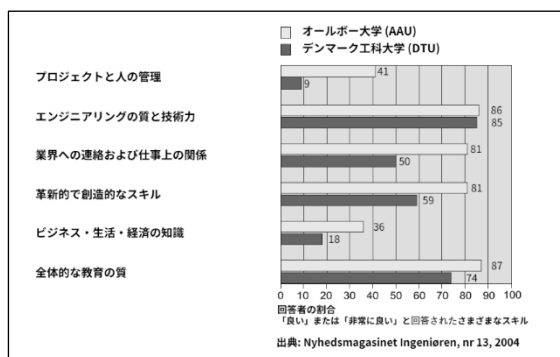


図 2-12 PBL が選ばれる理由

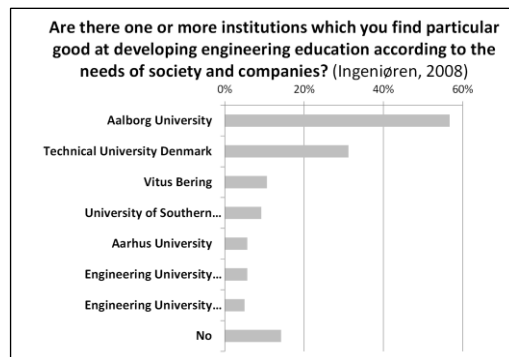


図 2-13 社会や企業のニーズに合った工学教育において、特に優れている大学は？

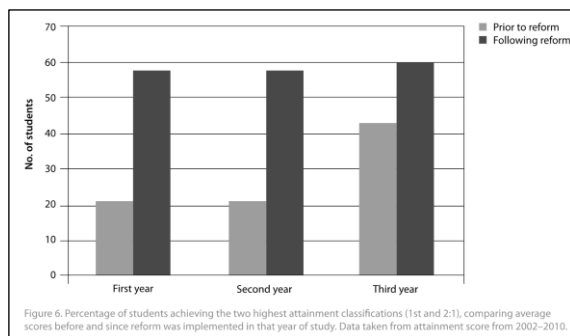


図 2-14 二つの最高難易クラスを達成した学生の割合の、改革前と改革後の比較

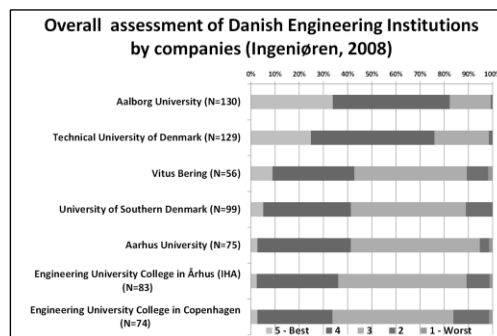


図 2-15 デンマークの工学系大学の企業による総合評価

2-2-3 持続可能な開発のための教育（ESD）

オルボーPBLモデルでは、「国連 ESD の 10 年⁴」の国際推進母体であったユネスコが出したガイドライン（DESD monitoring and evaluation guidelines.（UNESCO, 2009））の「ESD は、持続可能性の根底にある理想と原則に基づいた、学びのプロセスまたは教えのアプローチであるとし、全てのレベルとすべてのタイプの教育に関係する」に基づき、持続可能性と科学や技術との関係を捉えている。特に ESD の以下の視点を重視している。（Jette Egelund Holgaard, 2012）

- ・ 行動志向
- ・ 本質的な自己省察
- ・ 創造的な探求と未来志向
- ・ システム思考
- ・ 反復的な学習のプロセス
- ・ 現実の生活体験と開かれたカリキュラム
- ・ 協調的でコミュニケーションが豊かな学習
- ・ 民主的で参加型による学習者のエンパワーメント
- ・ 自己のジレンマに対する倫理的な省察
- ・ 教員がロールモデルとなる

持続可能な教育パラダイムに向けての準備としてのいくつかのレベルを意識して戦略的に導入することを説いている。すなわち、「持続可能性 “についての” 学びのレベル」では気づきに働きかけるアド・オンの教育戦略であり、「持続可能性 “のための” 学びのレベル」は行動を振り返ることを促す組み込みの教育戦略、「持続可能性 “としての” 学びのレベル」では社会の持続可能性への貢献者となるための学びの再構築の戦略をとるとする。

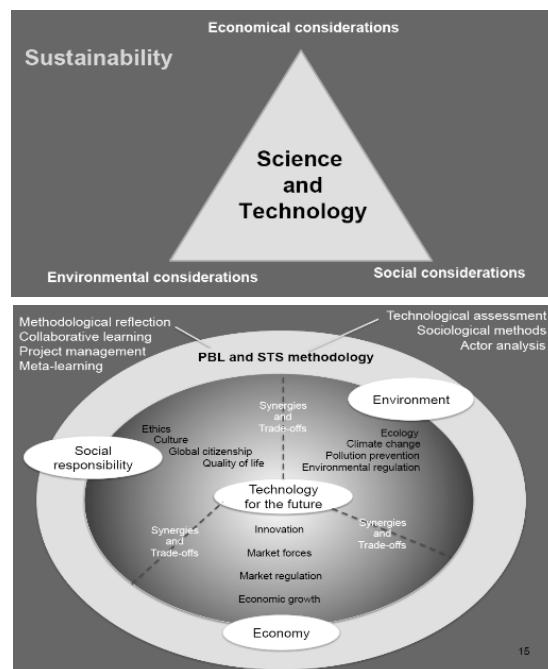


図 2-16 SD の概念と PBL
(Jette Egelund Holgaard, 2012)

⁴ ESD は Education for Sustainable Development の略で、「持続可能な開発のための教育」と訳される。ESD は、持続可能な社会づくりの担い手を育む教育である。「国連 ESD の 10 年」は、2002 年 8 月のヨハネスブルグ・サミット実施計画の交渉過程で、国内 NGO の提言を受け我が国が提案し、第 57 回国連総会に「持続可能な開発のための教育の 10 年」に関する決議案を提出、満場一致で採択された。ユネスコを主導機関に国連が推進する国際的な ESD 推進運動が 2005 年から 2014 年の 10 年間、世界連携の下推進された。（外務省）

オルボーPBLモデルでは、コースを構成する科目群によって「持続可能性“についての”学びのレベル」を入門的に行い、「持続可能性“のための”学びのレベル」として社会文化的観点からの持続可能性のための学習をプロジェクトによって、さらには、「持続可能性“としての”学びのレベル」で、社会の発展に直接影響を与えるためのアウトリーチ活動などにより持続可能な開発に貢献することを目指していた。

2-2-4 カリキュラム構造

図 2-17 に示す通り、一般的にはプロジェクト（課題に取り組むプロジェクトワーク、理論と実習、演習、文献調査、論文作成など）が全単位の 50%，コース（講義、演習、ワークショップなど）が 50%から構成されるハイブリッド型カリキュラムの PBL 教育である。低学年の時ほどコースの割合が高い。

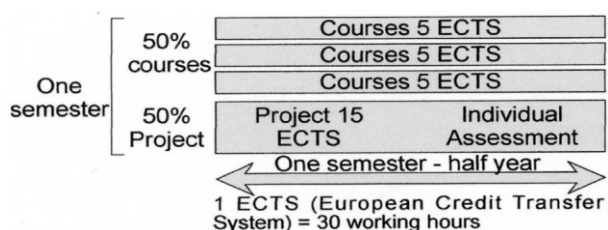


図 2-17 オルボーPBLモデルの構造(伊藤, 2013)

コースは、従来の専門科目の領域を超えた学際的・複合的な科目構成となっている。

プロジェクトでは、地域の環境改善を目的とするような複雑な課題に対する新しい解決策が求められ、企業や行政等と連携する学生の積極的な行動が期待されている。工学を専門とする教員は、プロジェクトにスーパーバイザーとして関わる。一つの学生チームを数名のスーパーバイザーが担当する。カリキュラムや授業の設計や運営については、工学の専門教員とは別の工学教育を専門とする研究者が、コーディネータという立場でかかわっており、両輪として教育を進めている。

表 2-1 学年の構成と建築学科の4つのコース (Msc01-Ark 2012 Study Guide より)

課程	Semester	期間	Department	Program
Bachelor (学部)	1 st ~6 th	3 年間	Department of Architecture, Design & Media Technology	Architectural Design (ARK)
				Urban Design (URD)
Master (修士)	1 st ~4 th	2 年間		Industrial Design (ID)
				Media Technology (MT)

カリキュラムの例として、Department of Architecture, Design & Media Technology（建築学科）の教育を紹介する。表 2-1 に示す通り、建築学科には 4 コースがある。本稿では、Architectural Design（建築コース、ARK と表記される）の修士課程の第 1 セメスターを例に、具体的なカリキュラム内容と授業の様子を報告する。半年を 1 セメス

ターとする学期制で、学士課程は、第1～第6セメスターまでの3年間、修士課程は第1～第4セメスターの2年間である。各セメスターは、プロジェクトモジュールとコースモジュールで構成され、学年や学科により割合は異なるが、合計30ECTS(900時間)の単位を修得する(図2-3)。ECTSは、欧州単位互換制度の単位である。

各セメスターに一つの大きなテーマが設定されており、学生たちはチームでそのテーマに基づく課題解決に取り組む。(表2-2)。

表2-2 ARK 修士各セメスターのテーマ (Msc01-Ark 2012 Study Guide より)

セメスター	テーマ		単位
1 st	Tectonic Design & Nordic Architecture(建築構法と北欧建築)		
	•Project	Tectonic Design & Nordic Architecture	20 ECTS
	•Course	Studies and Experimentation in Tectonic Culture (建築構法文化の学習と演習)	5 ECTS
	•Course	Engineering Architecture and Tectonic Design (建築構造と建築構法デザイン)	5 ECTS
2 nd	Sustainable Architecture(持続可能な建築)		
	•Project	Sustainable Architecture	20 ECTS
	•Course	Architectural Concepts in Integrarated Desin (建築的概念と統合されたデザイン)	5 ECTS
	•Course	Architectural Zero-energy Concepts (建築的ゼロエネルギー概念)	5 ECTS
3 rd	Architectural Research & Development(建築的調査と開発)		
	•Project	Architectural Research & Development	20 ECTS
	•Course	Architectural related Research(建築に関わる調査)	5 ECTS
	•Course	Transfer of Knowledge from Architectural Research to Practice(建築的調査から実践へ)	5 ECTS
	or		
	•Procect	Professional Development(インターンシップ)	30 ECTS
	or		
	•Study	at another University(他大学での研究)	30 ECTS
4 th	Master's Thesis(修士論文)		30 ECTS

ARK 修士の第1セメスターのカリキュラム構成は、プロジェクトモジュールが1つ、コースモジュールが2つの合計3つのモジュールから成る。各モジュールの内容と実施時間を表2-3に示す。

プロジェクトモジュールでは、このセメスターで取得する全単位30ECTSのうち20ECTSを占める。この年のプロジェクトの課題は「ノルウェーに建つ教会建築の設計」であり、このようにプロジェクトの課題が設計であることがARKの特徴の一つである。他学科では、例えば「調査や実験に基づく提案」などが一般的である。

コースモジュール1「建築構法文化の学習と演習」は、講義7.5時間、ワークショップが1日10時間×7日間=70時間、コースモジュール2「建築構造と建築工法デザイン」も、やはりワークショップが50時間と多い。どちらも講義やワークショップの他

にレポート課題や予習に取り組む時間を入れて 150 時間となり，プロジェクトモジュールの 600 時間と合わせて 1 セメスターの合計 900 時間となる（磯田，2013）。

表 2-3 モジュール構成との各モジュールの実施時間（Msc01-Ark 2012 Study Guide より）

Modular work load for the student. Total for a semester are 900 hours:

Course module 1: Studies and Experimentation in Tectonic Culture	5 ECTS 150 hours	Lectures	5 lec. of 2*45 min	7,5 h
		Teoretical assignments	15 hours	15,0 h
		Preparation	57,5 hours	57,5 h
		Workshop	7 days of 10 hours	70,0 h
		Total		150,0 h
Course module 2: Engineering Architecture and Tectonic Design	5 ECTS 150 hours	Lectures	2 lec. of 2*45 min 6 lec. of 4*45 min	21,0 h
		Teoretical assignments	24 hours	24,0 h
		Preparation	5 hours	55,0 h
		Workshop	5 days of 10 hours	50,0 h
		Total	150	150,0 h
Project module 1: Tectonic Design & Nordic Architecture	20 ECTS 600 hours	Introduction /group	3 hours + 4 hours	7,0 h
		Lectures	7 lec. of 2*45 min	10,0 h
		Midterm review	2*10 hours	20,0 h
		Workshop	4 days of 10 hours	40,0 h
		Excursion	6 days of 10 hours	60,0 h
		Project work		463,0 h
		Total		600,0 h

図 2-18 は，カレンダー形式の時間割である．モジュール単位で組まれるので集中講義式になる．日本の週単位の時間割とは大きく異なる．コースモジュールに含まれる講義等は 9 月から始まって 11 月初旬に全て終わり，以降は，学生はプロジェクトの課題である設計に集中して取り組み，冬季休暇前に作品を提出する．1 月からプロジェクトの評価が 2 週間かけて行われ，ARK 修士第 1 セメスターが終了する．

学部の第 1～第 6 セメスターのカリキュラムも基本的には同様の構成であり，修士課程を修めるまでに，10 のテーマに基づいたプロジェクトに取り組むことが，オルボー PBL モデルのカリキュラムの特徴である．

The modular execution of the Semester

The activities of the semester will be prosecuted by the following procedure:

September				October				November				December				January					
36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	
										Project module 1: Tectonic Design & Nordic Architecture											
L				L	E	E	W					W							A	A	
Course module 1: Studies and Experimentation in Tectonic Culture																					
				S	A																
								Course module 2: Engineering Architecture and Tectonic Design													
									S												
36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	1	2	3	4	

A: Assessment
 E: Excursion: : Architecture Excursion to Norway
 L : Lectures giving an introduction to main project and excursion
 M: Midterm review
 S: Submission
 W: Workshop – one and two days works in project module

図 2-18 ARK 修士のカレンダー形式時間割表 (Msc01-Ark 2012 Study Guide より)

2-2-5 プロジェクトチーム専用のワークスペース

オルボーPBL は、学生が理論と実践を連関させる学びを重視しており、そのために学びに集中できる自由度の高いワークスペースを準備している。プロジェクトモジュールの活動や、コースで行われるワークショップは、チーム単位での実施が基本であり、全てのチームに専用の部屋やブースなどを充てる。ワークスペースは、学問分野によって異なるタイプがあり、学内や学外に様々な形式のスペース（図 2-19）が 1200 以上準備されており、学生たちの学びの拠点になっている。プロジェクトの期間中は、学生たちの主体性に管理を任せて自由に利用できるようになっていた。

ものづくり用の工房としては、何を製作するかなどの用途により材料および工作機械や工具などが整備されている共同利用施設があった。



パーティション区分け型



個室型(24 時間使用可)



街の中の空きスペース利用型(商店街, 企業, 博物館, 市庁舎等)

図 2-19 様々なワークスペース (2012 年の視察時の, 筆者及び同行者による撮影)

2-2-6 評価

オルボー大学では、教員は知識を与える役割ではない。認知活動のコーチでありスーパーバイザーとして関わる。学生は、教員は自分たちの解決策をインスパイヤーしてくれる不可欠な存在だと言っていた。それとともに、教員は高いエキスパートジャッジメントを要求される。

評価については、個人評価かチーム評価かという意見の間で様々な議論が重ねられている。2010 年 3 月の視察時には、国の



図 2-20 7段階評価表

方針により、それ以前のチーム評価から個人評価への変更がなされていた。2012 年は、そのまま個人評価となっていたが、PBL 研究者や授業スタッフ、学生など現場からは不評で、再度の変更の可能性に向けて、学科レベル、大学レベル、国レベルで、種々の議論が行われているとされていた。

PBL 教育の評価は、全学共通の 7 段階評価尺度（表 2-4）に基づいて行われていた。これは、欧州単位互換制度（ECTS）に対応しており、上から 5 段階までが合格である。

図 2-21 に、実際にオルボー大学で行われていた評価の具体例を示す。

コースモジュールは、個人面接やレポート提出等により評価され、コースモジュール 1 は 7 段階評価、コースモジュール 2 は合否の 2 段階で行われていた。

プロジェクトモジュールの評価会はチームを対象として行われるが、成績は個人単位でつけられる。学生が提出するレポートでは、試験官が期待することを知り、口頭発表ではプロジェクトの全体概要がわかる。個々の学生は、レポートの質、口頭によるプレゼンテーションでの貢献度、プロジェクトに関するディスカッション時の貢献度、特定の質疑に対する回答の内容によって評価される。いずれにおいても、日本で一般的な筆記試験の類は、目的とする力が測れないとして行われていなかった。

また、評価活動は次期セメスターでより高度な問題に取り組むための、貴重なフィードバックの機会ともなっていた。

表 2-4 7 段階評価の基準（磯田, 2013）

段階 Mark	評価 Disignation	説明 Description	ECTS
12	大変優れている Excellent	全ての面で目標を高いレベルで達成している。ほとんど補正すべき点がない。	A
10	大変良い Verygood	殆どの面で目標を高いレベルで達成している。少し補正すべき点がある。	B
7	良い Good	目標をほぼ達成している。多少補正すべき点がある。	C
4	普通 Fair	目標をある程度達成している。かなり補正すべき点がある。	D
2	最低限度 Adequate	要求を最低限度満たしている。	E
0	良くない Inadequate	最低限の要求を満たしていない。	Fx
-3	非常に良くない Poor	全ての面で受け入れられない。	F

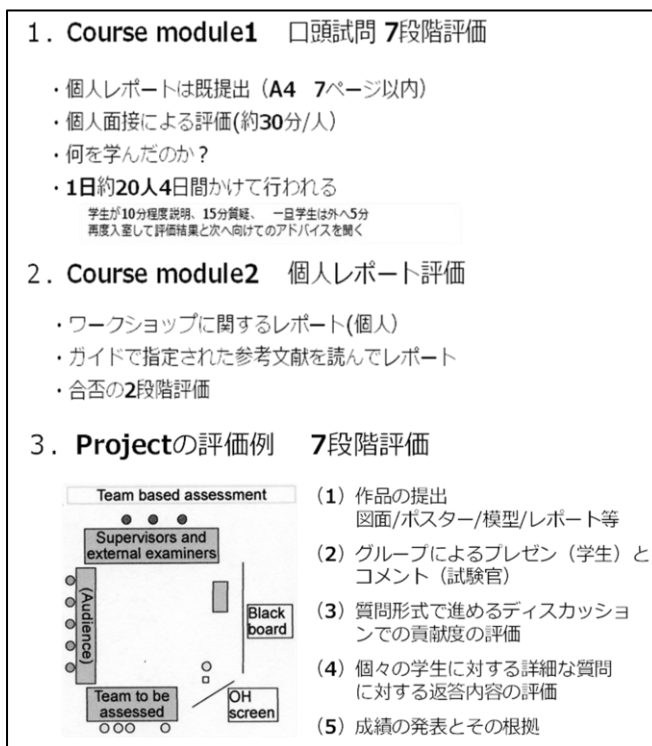


図 2-21 評価の具体例（2012 年視察時資料を筆者記）

2-3 高専教育との比較

2-3-1 カリキュラム構造

オルボー大学では、各学期に設定される大きなテーマに基づいてプロジェクトが提示され、それをコースの科目群が支えるというように全ての学びが連動している。すなわち、コースで学ぶ知識やスキルを身につけることによって、プロジェクトが充実するのである。

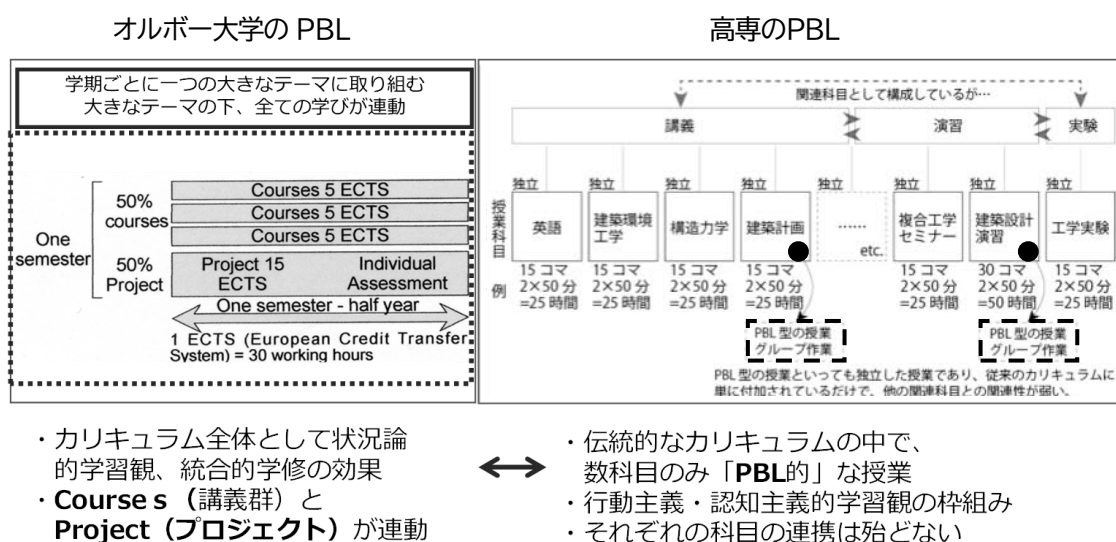


図 2-22 オルボー大学と高専のPBLの比較（下田他, 2013）

2-3-2 授業種別の時間数

オルボー大学建築系学科の 1 セメスターから 6 セメスターの授業種別ごとの時間積算数と日本の K 高専建築系学科の 1 学年から 5 学年の授業種別ごとの時間積算数を図 2-23 に、それぞれの割合を図 2-24 に示す（下田他, 2013, p368 のデータより筆者が作図）。就学期間が異なるため単純比較はできないが授業種別の多様性や時間割合の違いは明白である。大きく異なるのは講義とプロジェクトの割合である。講義はオルボー大学の 8.7% に対して高専は 38.1% と 4 倍以上である。逆に主体的にアクティブに学んでいることが推測されるプロジェクト（学際的テーマに取り組む）はオルボー大学の 51.4% に対して高専は実験に読み替えたとしても 9.3% しかない。高専は自学自習時間が 37.5% となるが、オルボー大学はワークショップやエクスカージョン、準備、その他

など多様な学習の機会を提供していることがわかる。特筆すべきはオルボー大学の試験の4.2%である。オルボー大学は評価週間を設けて口頭試問や成果物の評価およびフィードバックを丁寧に行っていることが時間数に表れたといえ、評価活動を重視し大切にしていることが反映されている。

高専は他大学に比べて実技教育が充実していることを特徴の一つとしているが、オルボー大学と比較すると、時間数の割合は小さいことが明らかとなった。

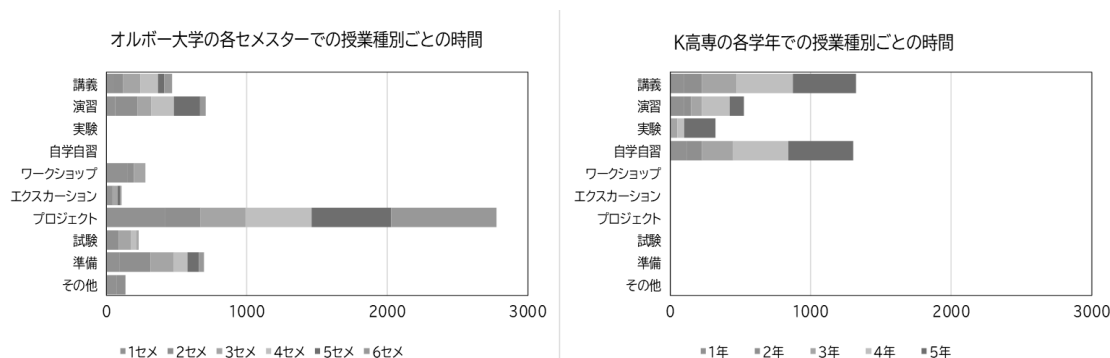


図 2-23 各セメスター(オルボー大学), 全学年(K高専)のまたは学年での授業種別時間
((下田他, 2013, p368) のデータより筆者が作図)

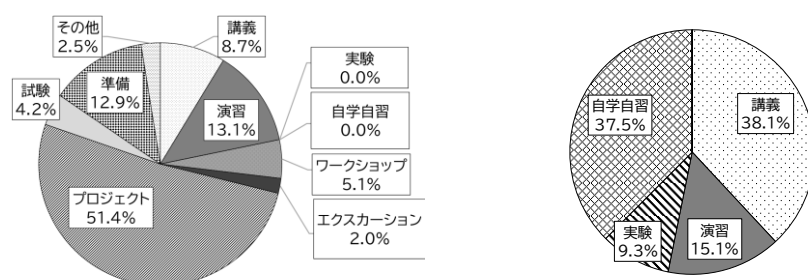


図 2-24 全セメスター(オルボー大学), 全学年(K高専)の各授業種の割合
((下田他, 2013, p368) のデータより筆者が作図)

2-3-3 もたらされる学び

表 2-5 にオルボー大学と日本の一般的な高専の, それぞれのカリキュラムによってもたらされる学びの比較を示す。オルボー大学の教育の目的は実践的なイノベーション人材の育成で, 高専教育の目的は実践的な創造的人材の育成であり同じとみなしてもよい。

しかしながら, 学ぶ内容は, オルボー大学の場合は, 専門の知識やスキルを学ぶことを通して生涯における継続的な学び方を学ぶことであり, 高専教育は専門知識やスキルの習得である。それ以降の各項目においても大きく異なるものとなっている。デンマークでは, 高等教育に限らず, 学校の目的は, 何かを教えてもらう場ではなく, 自らの可

能性を見出し拓く場として、様々なものを設計・実施することが全ての教育の基盤にある。

日本の高等教育機関における PBL 教育は、チーム学習や課題解決に取り組むという「型」は採用している。しかし、伝統的な行動主義の学びとは根本的に異なる状況主義としての学びをもたらす Problem-BL の教育学的特徴を重視すべきではないだろうか。Problem-BL によってコミュニケーション力やチームワーク力を育成するとすることは、Problem-BL 本来の目的ではなく、目的に向かうための重要ではあるが一段階に過ぎない。

表 2-5 もたらされる学びの比較

	Aalborg 大学の教育	高専の教育
目的	実践的なイノベーション人材の育成	実践的な創造的技術者の育成
能力観	社会文化的・関係性的 (社会構築主義)	本質主義的
学ぶ内容	専門を通した 生涯における継続的な学び方	専門知識・スキル
学びの責任者	学生が学びに責任をもつ 主体的学習	教員が教育に責任を持つ 主導的教育
学生の立ち位置	当事者として積極的	教授される身として受動的
教師の役割	ファシリテーター、鼓舞者	専門知識・技術の伝達・教授者
時間割	半期単位	週単位
カリキュラム	内容や方法が連動する プロジェクトと集中講義の ハイブリッド式	様々な科目が 関連性なく並列する 時間割表
評価の考え方	何をどのように学び 何ができるようになったのか？	どんな知識やスキルが 定着したのか？
評価の方法	学びのプロセスを可視化する 成果物や口頭試問	結果や知識理解を評定する ペーパー試験、レポート等

イノベーション立国であるデンマークの Problem-BL では、小・中学校で、生涯学び続けるための自己主導型学習に必要な、対話、交渉、対立への対応、合意形成、調査、情報発信などの能力などが、結果として訓練されている。その上で、高校や大学では社会の問題に取り組み課題解決策を探究する過程で、専門的な知識や創造的思考法を獲得しながら、新しい知の創出を体験するというカリキュラムとなっており、そのような教育によって、一人ひとりがイノベーションを担う人材として育成されるということが明らかとなった。

2-3-4 評価

高専とオルボー大学の評価とを比較すると、方法は、高専はペーパーテストが中心で、オルボー大学はパフォーマンス評価が中心、PBL 科目では高専は間接評価が多く、オルボー大学は直接評価、評価者は、高専は授業担当の教員、オルボー大学は他大学の教員も入る多元的評価、評価のタイミングは、高専は総括評価でオルボー大学は形成的・フィードバックおよび総括評価、評価対象は、高専は個人であり、オルボー大学は個人とチーム、というように異なっている。

それは能力観の違いによるところが大きい。日本では知識は人の頭の中にある何かであり、知識の量や質で有能さが決まり、それはテストで推定可能という前提に立つ。学習とは個人の内的過程とみなしている。すなわち、本質主義の知識観・能力観が主となっている。一方、オルボー大学では、社会でいう本来の有能さに近い社会文化的知識観に立っていると見える。知識は状況に埋め込まれており、知識は主体と状況との関係であるとする。何が知的かは社会的文脈によって異なり、社会文化的に可視化される能力で評価されるものとしている。卒業後の仕事や社会生活で発揮され認められる能力に照準が合っている。

このような能力観に基づく評価は、学生の学び方やモチベーションに大きな影響を及ぼす。評価とフィードバックによって、努力の方向性を見出し、学び方を工夫するようになることで、より深い学びへと促されるからである。オルボー大学では、評価は学びの駆動力となるよう設計されていた。

2-4 高専教育に導入する際の要点

前節では、デンマークの基礎教育の様子と高等教育のオルボーPBL モデルの特徴、および高専教育との比較について述べた。文化的、歴史的な背景が異なるデンマークで開発され発展した Problem-BL を、どのように日本の教育の枠組みに採り入れるかがポイントとなる。特に以下の点は日本の教育にはない思想やシステムである。

- ・グルントヴィの哲学の上に、成り立っていること
- ・小中高校で Problem-BL の基礎力といえる能力を身につけて大学の Project-organized Problem-BL に臨んでいること
- ・カリキュラムの構造が異なること

そこで、高専教育では15歳からの早期教育や7年間の一貫教育という強みを活かして教育プログラムを設計し目標を適切に設定することによって、デンマークとは異なる

ベースの上に、ねらいとする教育効果が得られるプログラムを構築しないといけない。

高専の入学生は、通常の 6・3・3・4 制に進む学生よりも、将来は社会でエンジニアとして働きたいという意志が強いため、社会文化的・関係性的能力観に共感が得られやすく、すなわち社会構築主義の学びを展開しやすい。15 歳からそのような能力観に立って学ぶ機会が多く、本質主義的能力観に立つ大学受験を経験しなくて良いことが有利に働く。

また、日本の ESD は持続可能な社会構築の観点から展開されてきたことが特徴（角屋他，2012）で、それぞれの地域課題を中心とした総合的な探究学習として基礎教育の中で広がりを見せており、地域に根差す高専にとっては取り組むべき地域課題を身近に感じられ、自分事として問題の内側から取り組めるという利点がある。そもそも高専は、設立が産業界からの要請だったこともあり、共同研究をはじめインターンシップの受け入れ先や就職先として地域産業との関係が構築されており、PBL 教育のパートナーとなる技術者や企業経営者、各分野の事業所は多いことが特徴である。

それらの日本の高専の特性をアドバンテージとして十分に活かす教育プログラム構築に向けて、PBL 科目の設計は、以下の点を重視して行うこととした。

（1）テーマ：

- ① ものづくりと地域課題をかけ合わせられるテーマ設定を行い、学びに対する内発的動機を高めること
- ② 環境、人権、経済などに配慮した社会的責任を果たす経験も含めて、全ての学びを統合する機会となるようテーマを設定すること
- ③ グローバルな視点と未来志向を刺激すること

（2）問いを立てる力：地域課題が内包される状況の中で、学生の内側から引き出した問いの周りに活動を組み立てること

（3）理論と実践の連関：他の科目で学んだ理論とリサーチメソッドを実践に応用できる機会とすること

（4）評価活動：学びのプロセスに自己省察と形成的評価を埋め込み、メタ認知力育成を目指して自己調整能力による自己主導型学習を促すこと

（5）学際性：問題解決のプロセスに学際性をもたせ、分野横断的解決に取り組ませること、グローバルな視点と未来志向性をもって取り組ませること

（6）学生の役割と教職員の役割：

- ① 学生が自らの学びに対して責任をもつことを支援すること
- ② 教員はチームティーチングで、相互に補完しながら指導すること

Problem-BL と Project-BL の原理をふまえて組み合わせ、以上の（1）から（6）を

重視して設計を行うこととした。

2-5 まとめ

デンマークとは国情も基礎教育も異なることから、オルボーPBL モデルをそのまま適用することは不可能である。しかしながら、教育の根底に流れる理念や能力観は倣うべきであるとする。すなわち、

- ・学校で学ぶべきことは競争のスキルより協力と合意形成のためのスキルと能力
- ・知識は使えることが重要
- ・イノベーションの種は個人の知識ではなく、共同から生まれた知識、分野横断で生まれた知識、異文化間で生まれた知識
- ・哲学が不可欠（個々の価値観を自覚し大切にし、お互いに敬意を払う）
- ・持続可能な社会づくりのために知恵を出し合う

その上で、高専の現状と学生の特性をふまえて、デンマークでの現地調査と文献調査から得られた教育の特徴から、導入に際する要点を抽出した。

オルボーPBL モデルの目的は、イノベーションを担う人材の育成であり、主な特徴は以下の通りである。

- ・実社会の問題に取り組み、チームで価値や新しい知見を創出する体験
- ・現実の状況から問題を特定し分析し解決する体験を通して、学習者が主体的に学ぶ学習者中心型の教育
- ・学びのプロセスはプロジェクトまたはケーススタディによって与えられる
- ・認知戦略、プロセススキル、協働的な知識構築、および当該学問分野の知識を学ぶ
- ・知識（講義群）と実践（プロジェクト）を結びつけるハイブリッドカリキュラム
- ・評価活動は学びに組み込まれ、フィードバックを大切にする

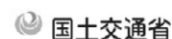
高専教育に導入する際の要点として、

- ① テーマ設定の重要性
- ② 学生の「問い」を中心として学びが駆動される設計
- ③ 理論と実践の連関、学びの内容や経験の統合性
- ④ 社会文化的・関係性的能力観に立つ自己省察と形成的評価の埋め込み
- ⑤ 問題解決のプロセスに学際性、グローバルな視点と未来志向性
- ⑥ 学生に学びの責任をもたせ、教員の役割はインスパイアする支援者

という6項目を定めた。

【資料1】

デンマークの経済・社会の特徴



高い所得水準と国際競争力

- ・米ドル換算の一人当たりGDPは5万6千ドル（世界6位、2012年）
- ・世界トップクラスの産業・ICT競争力（各種のランキングで高い評価）
- ・食料、エネルギーの輸出国

幸福度世界1位の高福祉国家

- ・医療費、教育費は無料
- ・24時間在宅ケアに基づく福祉サービス
- ・幸福度ランキング世界1位
- ・国民負担率は約7割

国民の能力を活用・向上する仕組み

- ・国際的にみて高い教育への公的支出
- ・職業を意識した学校教育
- ・技能習得によるステップアップの仕組み
- ・手厚い育児支援と高い女性の労働参加

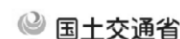
（出典）各種資料により作成。

各種指標によるデンマークと日本の比較

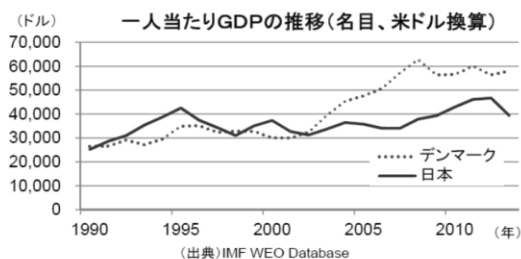
	デンマーク	日本
人口（2012年）	558万人	12,752万人
面積（2012年）	4.3万km ²	37.8万km ²
GDP（IMF、2012年）	3,150億ドル	59,600億ドル
一人当たりGDP（IMF、2012年）	56,400ドル	46,700ドル
国際競争力指標（IMD、2013年）	12位	24位
ICT競争力指標（WEF、2013年）	8位	21位
ビジネス環境指標（世銀、2014年）	5位	27位
幸福度指標（国連、2013年）	1位	43位
国民負担率（財務省、2011年度）	67.7%	39.8%
合計特殊出生率（2012年）	1.73	1.41
高齢者（65歳以上）比率（2012年）	17.3%	24.1%
女性（15-64歳）の労働参加率（OECD、2012年）	75.8%	63.4%
学校教育費（公財政支出）のGDP比（2009年）	7.5%	3.6%

1

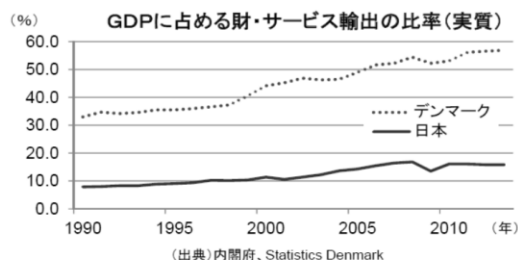
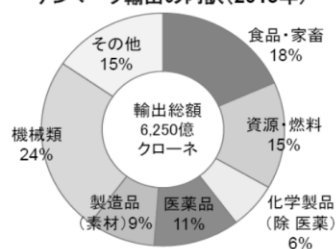
高い所得水準・国際競争力・特色ある産業発展



- デンマークの一人当たりGDP（名目、米ドル換算）は、近年日本を上回っている。
- 様々な国際競争力ランキングで高位に位置づけられている。
- 輸出が経済を支えており、農業・食品、医療、エネルギーなど特色ある産業を発展させている。



デンマーク輸出の内訳（2013年）



○ 主な農産物の自給率（重量ベース、2009年）

	穀物	肉類
デンマーク	125%	356%
日本	23%	55%

○ 一次エネルギー産出に占める再生可能エネルギー・未利用エネルギーのシェア

※事業用水力発電を含む

デンマーク19% 日本7%（2012年）

（出典）FAO、Denmark Energy Statistics、経済産業省

2

【資料 2】

デンマークのエネルギーおよびグリーン・テクノロジー

デンマーク王国大使館

デンマーク政府は、化石燃料の使用を段階的に減らし、2050 年までにゼロにするという意欲的な目標を定めています。

1980 年から 2010 年までの間、再生可能エネルギーの比率は 3%から 19%へと増加しました。

戦略通りにいけば、この比率を 2020 年までに 33%へと引き上げ、エネルギー生産の 3 分の 1 を風力とバイオマスを中心とした「グリーンエネルギー」でまかなうことが可能になります。

ちなみにデンマークのエネルギー方程式に原子力は含まれていません。現に原発は一基も建っていないのです。

こうした野心的な目標をかかげる背景には、持続可能なエネルギーやグリーン・テクノロジーの革新および開発において、世界の重要拠点となっていることもあります。

30 年以上も前、デンマークは世界で初めて風力タービンを設置しました。

今日では、陸上ならびに洋上の風力タービンが消費電力の 33%以上を供給しており、風力発電の比率は世界最高水準となっています。

政府の最新の計画では、2020 年までに電力供給の 50%を風力でまかなうことを目標としています。

デンマークの風力産業では、350 以上の企業が約 2 万 5,000 人を雇用しています。技術力が高く、現在世界で稼働している風力タービンの 3 台に 1 台、洋上タービンの 10 台に 9 台が、デンマークの技術やノウハウによって生産されています。

しかし世界をリードしているのは風力発電の分野にとどまりません。

デンマークは何十年も前からバイオマスをエネルギー生産に活用してきました。

農業廃棄物や木くずなどの有機廃棄物を主なバイオマスとし、バイオガスと合わせて利用しています。

今日では、デンマークにおける再生可能エネルギー消費量の約 70%がバイオマス由来です。

消費量は今後も増加し、住宅と商業施設の両方に、熱と電力を供給するエネルギー源として活用されていくことでしょう。

デンマークの送電網はスウェーデン、ノルウェー、ドイツの送電網と統合されています。

国内の発電量に余剰が出た時は電力を輸出し、不足した時は輸入する欧州でも数少ない国の一つです。

デンマーク王国大使館 WebPage

<https://japan.um.dk/ja/info-about-denmark/denmark/energy-and-green-technologies>

(2021.10.30 確認)

参考文献

- ・ Ruth Graham (2018) *The global state of the art in engineering education*, New Engineering Education Transformation Massachusetts Institute of Technology
- ・ 中島健祐 (2012)「環境先進国デンマークのグリーン成長戦略～デンマークの知恵から学ぶ日本と世界の未来～」『技術と経済』2012年10月号, p14-24
- ・ Graaff, E. de & Kolmos, A. (2007). History of Problem-based Learning and Project-based Learning, Graaff, E. de & Kolmos, A. , *Management of Change: implementation of problem-based and project-based learning*, Sense Publishers (Rotterdam) , p.1-8.
- ・ 伊藤通子 (2010)「高専教育と Problem-Based Learning 」『放送大学大学院修士論文』, 4章 p.32.
- ・ Data Commons (2021.8.13 確認) THE WORLD BANK Data Catalog より作成
(https://datacommons.org/place/country/DNK?utm_medium=explore&mprop=amount&popt=EconomicActivity&cpv=activitySource%2CGrossDomesticProduction&hl=ja)
- ・ Anette Kolmos (2013) Project Organised Problem Based Learning —UNESCO Chair in Problem Based Learning—, 『第 31 回開発教育全国研究集会 基調講演「デンマークの教育と PBL」 講演資料』
- ・ N.F.S. グルントヴィ (著), Nikolaj Frederik Severin Grundtvig (原著), 小池 直人 (翻訳) (2011)『生の啓蒙』風媒社
- ・ 2008 年, 2010 年, 2012 年の視察調査時の筆者による写真, 収集資料
- ・ Sawyer, R. K. (2007). *Group genius: The creative power of collaboration*. New York: BasicBooks
- ・ 石井英真 (2002)「「改訂版タキシノミー」によるブルーム・タキシノミーの再構築— 知識と認知過程の二次元構成の検討を中心に—」『日本教育方法学会紀要 「教育方法学研究」』28, 47-58
- ・ Jette Egelund Holgaard (2012) Strategies for ESD at AAU, Aalborg University Center for PBL & Sustainability, (視察時プレゼン資料) Department of Development and Planning
- ・ 外務省 (2021.5.10 確認)「国連持続可能な開発のための教育」
https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/kankyo/edu_10/10years_gai.html
- ・ 伊藤通子・磯田節子・下田貞幸 (2013)「デンマーク Aalborg PBL Model の特徴と高専教育

- との比較」『日本高専学会誌』18(4), 9-14.
- ・ 磯田節子, 下田貞幸, 伊藤通子 (2013)「Aalborg PBL model とカリキュラムについてーAalborg 大学の工学教育における Project Based Learning その2ー」『平成 25 年度全国高専教育フォーラム発表要旨』
 - ・ 伊藤通子, 磯田節子, 下田貞幸 (2013)「デンマークにおける PBL 教育の成立過程と, 高専教育への導入ーAalborg 大学の工学教育における Project-based Learning その1」『平成 25 年度全国高専教育フォーラム要旨』
 - ・ オルボー大学 建築学科 建築コース 修士課程 1 セメスター スタディガイド (Msc01-Ark 2012)
 - ・ 下田貞幸・磯田節子・内山忠 (2013)「Aalborg 大学の学部カリキュラムとグループワーク環境 —Aalborg 大学の建築教育(その2)—」『日本建築学会九州支部研究報告』第 52 号, p.365-368
 - ・ Aalborg Technical Gymnasium (HTX : 技術高校) 視察時プレゼン資料 (2012)
 - ・ Skørping School (小中一貫校) 視察時プレゼン資料 (2012)
 - ・ Støvring Gymnasium (高校) 視察時プレゼン資料 (2012)
 - ・ Aalborg University Department of Development and Planning 視察時プレゼン資料 (2012)
 - ・ Aalborg University, 建築学科 視察時プレゼン資料 (2012)
 - ・ 2012 年及び 2016 年視察時の写真, インタビューデータ, 資料等
 - ・ 角屋重樹他 (2012)『学校における持続可能な発展のための教育 (ESD) に関する研究 [最終報告書] 改訂第二版』 国立教育政策研究所 教育課程研究センター
 - ・ 国土交通省資料
 - ・ デンマーク王国大使館 WebPage (2021.10.30 確認) <https://japan.um.dk/ja/info-about-denmark/denmark/energy-and-green-technologies>

第3章 PBLによる社会実装科目の設計・実施

イノベーション人材を育成するための教育には、エンジニアリング・デザイン教育、CO-OP 教育、企業課題解決学習、社会実装教育などがある。本研究では、高い専門性に立脚しながら、専門性を発揮するための社会人汎用力を有し、未来志向で社会づくりに参画できる人の育成を目指すにあたり、実際のエンジニアが迫る思考やものづくりを現実の社会の中で体験する「社会に役立つものづくり」という科目を PBL により設計することとした。このような教育は、後に「社会実装教育」と呼ばれるようになった¹ため本稿ではこの科目を「社会実装科目」と称する。

専攻科 1 年生の特別演習を PBL による社会実装科目として設計し、2005 年度より 2013 年度まで実施した。この授業は、機械工学系、電気工学系、物質工学系、材料工学系の 4 つの専門分野を本科で学んだ学生と一緒に受講する授業であり必修科目であった。

本章では、1 節に本科目の目的と習得目標、2 節に科目概要、3 節にテーマ、4 節に方法、5 節で実践について述べ、6 節で実践結果を考察し、7 節で課題を報告する。

3-1 目的と習得目標

3-1-1 目的

本科目の目的は、単に“ものづくりでの発想”という狭義の創造性育成ではなく、① 高い専門性に立脚しながら、② 専門性を発揮するための社会人汎用力を有し、③ 未来志向で社会づくりに参画できる人、すなわち「社会や身の回りの諸問題を科学技術の側面から解決し得る総合的能力を備えた人材」の育成である。

このような「創造的技術者」に不可欠な能力、高い専門性、すなわち知識・スキル・態度（科学技術を担う専門家として自覚と責任と高い技術力）、そして専門性を発揮するための社会人汎用力（社会や身の回りの諸問題に対して他の専門分野の人々と協力して、より良い解決策を見出し実行し得る意欲と能力）、さらに、未来志向で社会づく

¹ 2011 年度に東京高専において 3 チームでの社会実装教育の試行が始まった。東京高専の試行初期には実態がわかりにくいという便宜的な理由から「社会実装ロボット教育」と称されていた。2012 年に「KOSEN 発“イノベーション・ジャパン”プロジェクト」が始まった時点で、科学技術を社会実装する重要性は指摘されていたが、社会実装のプロセスを教育に導入する取り組みは少なかったと考えられる。（浅野，2017）

本研究の「社会に役立つものづくり」科目は、2005 年度に第 1 回の授業を実施、地域課題に取り組む事業所（保育所、環境教育 NPO、有機農場、ディサービスセンター）の協力により、ESD（Education for Sustainable Development）の一環として技術を社会に実装するものづくりを行った。（新海，2006）

りに参画するための多様な視点から本質を捉え行動する力（社会科学や人文科学の視点も採り入れながら望ましい社会開発の方向性について提言ができる）、それらを習得することを本科目の目標とした。

イリノイ数理アカデミーによる 1990 年初頭からの小学校から大学院までの実践的研究（Torp, L. & Sage, S., 2002）によると，Problem-BL で得られる効果として，①学びの動機を高める，②学びと現実の世界を関連付ける，③高いレベルの思考を促す，④学び方についての学びを促す，⑤本物の学びをもたらす，が挙げられている。これを技術者教育に置き換え，Problem-BL を本科目に導入することにより目指す教育効果とした。

- ① 技術者になるための学ぶ意欲を高める。
- ② 高専での学びと技術者の専門職としての社会的使命が結びつく。
- ③ 専門の知識・スキルを統合し活用する問題解決を通して，探求力と批判的で高度な思考力を育成する。
- ④ 自己主導学習力（自立的に学び続ける），評価能力（自己の客観的評価を行い，統合化，一般化して次に生かす）を育成し学び続ける姿勢を育む。
- ⑤ 技術を取り巻く社会環境を考える姿勢や，技術者としての誇り，基礎的な社会性と技術者マインドなどの総合力を育成し，将来への勤労意欲を喚起する。

以上のような，目的，目標の下，Problem-BL による学習効果を得ることを目指した。

3-1-2 習得目標と評価の観点

前節で述べたように本科目では，① 高い専門性に立脚しながら，② 専門性を発揮するための社会人汎用力を有し，③ 未来志向で社会づくりに参画できる人を育成することを目標に置いた。この抽象的な目標を，本科目で習得を目指す能力として具体化し，さらに学習成果として測定するための観点を表 3-1 に整理した。

3-2 科目概要

本 PBL 科目の概要は以下の通りである。

- (1) 対象学生の専攻 機械・電気系専攻，材料・化学系専攻
- (2) 人数 約 20～40 名（年度によって学生数は異なる）
- (3) スタッフ 前期：教員 1～2 名，技術職員 3～4 名（年度により体制は異なる）

後期：教員 1～2 名，技術職員 3～4 名（年度により体制は異なる）

※ 教員は，授業担当責任者・アカデミックスタッフとして，

※ 技術職員は，機械工作系指導担当，電気・電子工作系指導担当，化学実験系指導担当，知的財産指導担当として，

表 3-1 本科目で習得を目指す能力と評価の観点

創造的人材の定義		本科目で習得を目指す能力	能力測定の観点
① 高い専門性	(専門的知識・スキル・態度) 科学技術を担う専門家として自覚と責任と高い技術力をもつ	理論に基づいた設計ができる	学習の全過程で，指示された方法で論理的に示せること
		創造力(創意・工夫)を発揮する	問題から課題へ，課題からものづくりへの各フェーズにおいて可視化して示せること
		先行・既存のアイデアを尊重できる	技術者倫理に則った思考や行動を可視化して示せること
② 専門性の 発揮	(社会人汎用力) 社会や身の回りの諸問題に対して他の専門分野の人々と協力して，より良い解決策を見出し実行し得る意欲と能力を備えている	主体性がある	学習の全過程で，内発的主体性と，他者との関係性構築における主体性を効果的に発揮できること
		計画力がある	学習の全過程における進捗を明示して調整・コントロールし，チームで共有して，成功に結びつけられること
		傾聴力がある	属しているチームやコミュニティで協働する時に，他のメンバーの価値観や状況を開かれた態度で受け止めることができること
		柔軟性がある	協働のための方法を知り，適切に活用しながら自分の役割を，責任をもって担い，十分な調整をして成果を生み出すことに貢献できること
		コミュニケーション力がある	チームやコミュニティの目的に向けて，より良い方向へ自他の変容を促す効果的なやり取りができること
③ 未来志向で 社会づくりへ 参画	(多様な視点からの本質を捉えた行動) 社会科学や人文科学の視座も採り入れながら望ましい社会開発の方向性について提言ができる	人や環境に優しい視点がある	人や環境に優しい視点を成果物によって具現化し説明できること
		実用性がある	High-Tech, Low-Tech に関わらず，状況に適した技術を選択し，ものづくりに適用して，目的を達成できること
		問題(課題)発見力がある	状況を洞察し，即興性や偶発性を見逃すことなく直観を発揮して本質的な問題を見出し，具体的な課題解決への道筋を探索する行動ができること
		発信力がある	個人やチームの考えや成果を適切な方法で可視化でき，対象に応じて届け，発信の目的を達成することができること

※ 筆者はシラバスに即した PBL プロセス設計と学習活動のファシリテーター、学外協力者（企業、事業所など）のコーディネーター、広報や渉外、ワークシートのデザインや作成を担った（化学実験や知財教育を兼任する年度もあり）。

このようなメンバーで指導者チームを結成し、チームティーチングで指導と活動支援、評価、学びの環境整備を行った。

(4) 科目名 前期：特別演習 後期：特別実験

※ 2005, 2006 年度は特別演習を充てたが、2007 年度から二つの授業枠を使って通年の授業とした。

(5) 時間数 (2005, 2006 年度) 前期のみ：100 分×2 コマ×15 回
(2007 年度～) 通年：100 分×2～3 コマ×15 回×2 学期

(6)イノベーション・プロセス体験活動

現実の産業界で科学技術イノベーションを実現するには、図 3-1 に示す①～⑧のプロセスが全て研究と結びついて実施される必要がある（佐藤他，2017）とされる。そのプロセスは、①コンセプトづくり、②社会実装モデル構築、③技術開発、④統合、⑤現場実験、⑥改良、⑦啓発・教育、⑧規則生成変革の8つで構成される。そしてそれぞれのプロセスにおいて、実験室段階 → 実証実験段階 → 社会実装段階 → 社会普及段階の活動段階を経るとされる。

実社会のイノベーション・プロセスには、第Ⅰ段階と第Ⅱ段階の間には、科学技術が

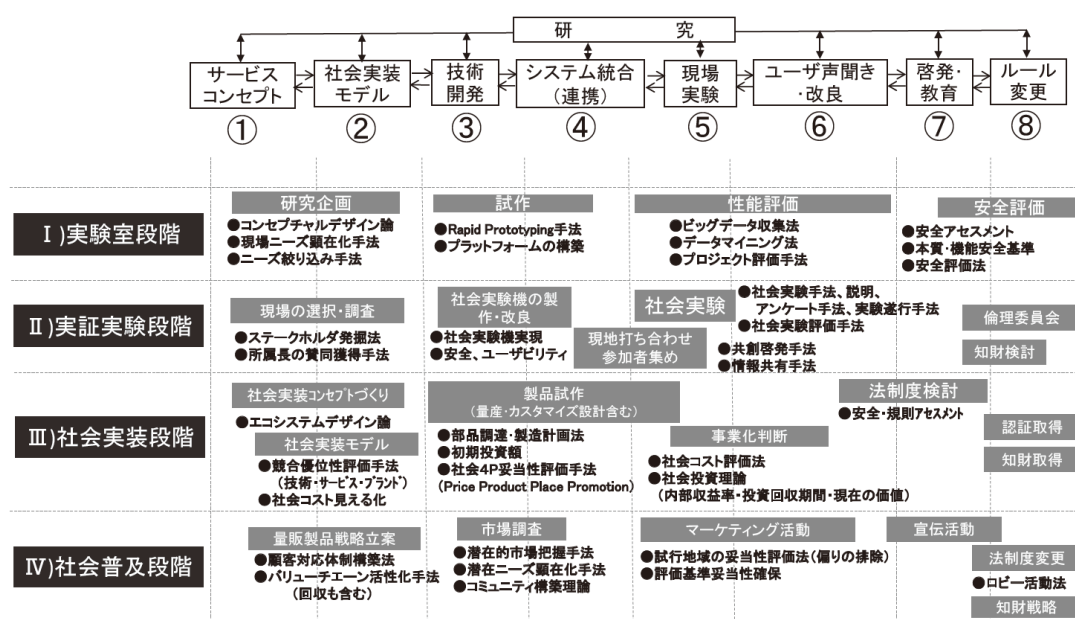


図 3-1 科学技術イノベーション実現のための知識体系（佐藤他，2017）

実験室に埋もれる“死の谷”が存在し、第Ⅲ段階と次の第Ⅳ段階の間には、科学技術の産業化を阻む“ダーウィンの海”が立ちはだかっている。これを乗り越えた試作製品が最後の第Ⅳ段階（社会普及段階）の量産・普及活動により社会に普及されていくといわれる。

このような産業界のイノベーション・プロセスを丸ごと体験して、現実社会のプロフェッショナルの道筋をたどることが社会実装科目では重要である。しかしながら研究活動と異なり、時間的、資金的、環境的な制約が多い一科目の中では、何を体験させるかを取捨選択して授業設計をしないといけない。

そこで本科目では、1章で述べた、「本質的に予測不能で経験的な」イノベーション・プロセスの要諦とされる「フィードバックの獲得」と「社会との連携」を経験することを中心に据え、図 3-2 の図中に示した破線の部分の活動を学習活動として組み立てることとした。また産業においてそのプロセスは研究活動が伴走して進むとされるが、授業ではこれを探究活動と置き換えることとした。

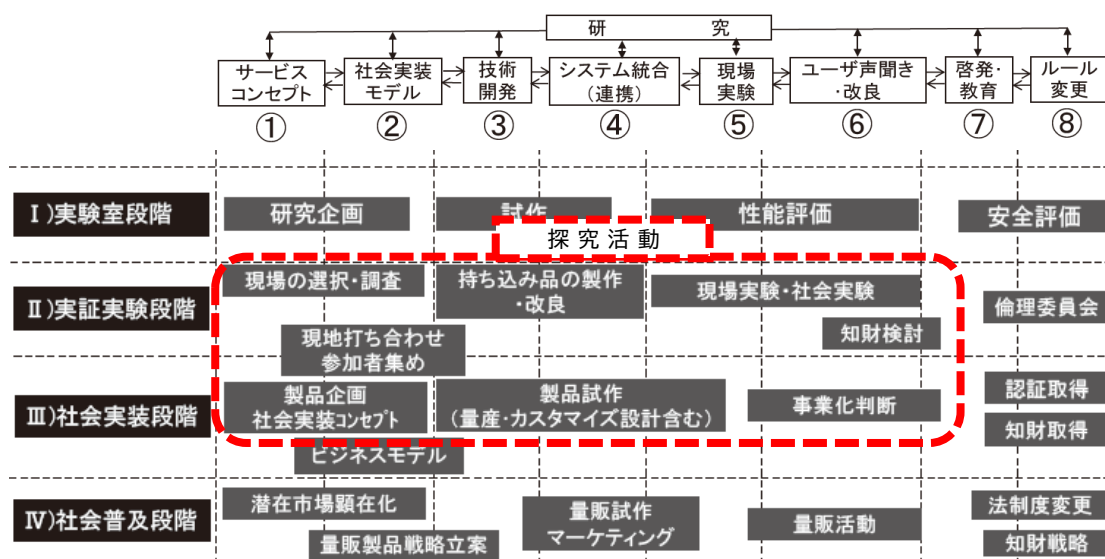


図 3-2 科学技術イノベーション・プロセスと主な活動（佐藤他, 2017）

この探究活動やイノベーション・プロセス体験活動を支えるのは、本科で 5 年間学んだ数々の理論や実験・実習である。産業界における「Ⅰ）実験室段階」に当たるといえる。実社会でイノベーションが生み出されるこれらのプロセスは、実際には分担・分業で行われるが、学生一人ひとりがそれを丸ごと疑似体験できることが、社会実装科目の最大の強みであり、高等教育で行うことの意義である。さらには専攻科までを含む 7 年一貫の高専教育でこそ、高い効果を期待できるともいえる。

すなわち、社会実装科目の活動は、実際には直線的な進み方はしないが、科学技術

イノベーション・プロセスから抽出した流れとして図 3-3 のように表すことができる。

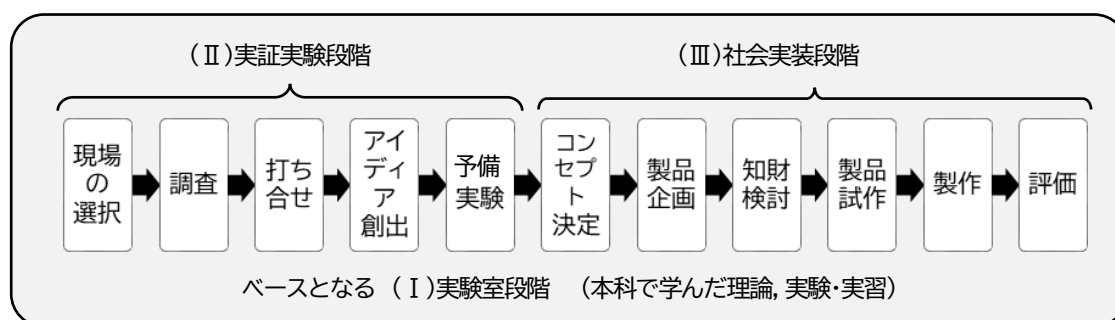
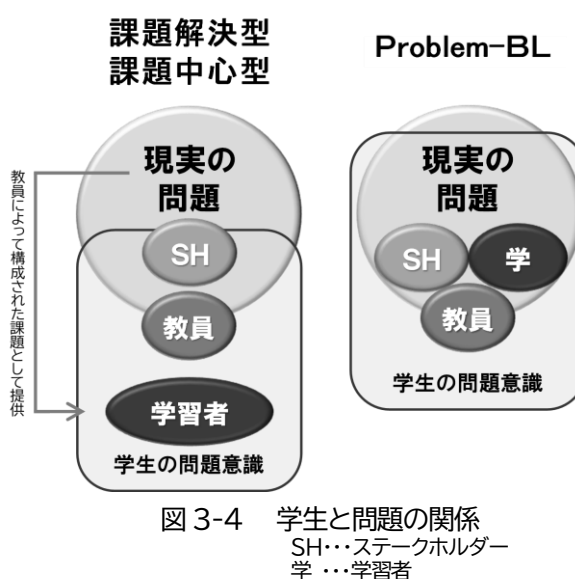


図 3-3 社会実装科目のイノベーション・プロセス体験活動

3-3 テーマ

日本の工学系の PBL 教育は、一般的に Project-BL の要素が強く、プロフェッショナルの取り組む問題に類似した現実の有意義な「問題」に取り組み、科学的実践を重視した技術者リテラシーの獲得を目的に置くことが多い。また、Project-BL は課題解決型学習や課題中心型学習の要素（表 1-3）が強く、その特徴として目的とする学習を駆動するような課題が与えられ、図 3-4 の左図に表すように学生は問題解決者の立場に立って外側から（客観的視点で）課題に取り組むことになる。



しかしながら社会実装教育では、「特定のテーマや解決方法を設定しない一方で社会の問題解決を強く意識する。そのため、社会実装教育は、教育と同時に研究テーマの自由な探索プロジェクトになっている。問題解決志向の社会実装教育は、教育と研究を融合し、新たなエンジニア教育とイノベーションを同時に実現する可能性を有するといえる（浅野、2017）。」とされており、Problem-BL における問題の捉え方に近い。すなわち、現実の状況に内包される複雑で構造化されていない問題に取り組む過程で、当事者性のある「問」を抽出し、自己にとって有意義な学習へと昇華させることを促す教育である。学生は、主観的・共感的に状況と向き合い、図 3-4 の右図に表すように内側か

ら問題に取り組む²ことを重視した。

加えて、本研究の目的である「環境的，社会的，技術的課題を総合的に扱う」教育プログラムを実現するためには、扱うテーマがとりわけ重要となってくる。

そこで、本科目では、福祉，環境，教育，農業などの分野で様々な課題に取り組む地域の NPO や公的機関などの事業所において、イノベーション・プロセス体験活動を行うこととした。すなわち、それらの事業所を取り巻く状況を把握したうえで事業所の社会的使命を理解し、その事業所の社会的な価値を高めることに貢献する提案型ものづくりを行うとし、大きなテーマを「社会に役立つものづくり」とした。

3-4 方法

3-4-1 Problem-BL の本質的な要素

Project-BL も Problem-BL も、いずれも構成主義や状況主義の学習要素が取り入れられた学び方であり協調的な問題解決を重視することから混同されがちであるが、イノベティブな発想の創出を支援するためには、現実的な専門職業を意識せざるを得ず思考も自ずとその枠内にとどまりがちな Project-BL ではなく、社会的文脈の中で自らの価値観を源泉として問を生み出す Problem-BL の原理が重要であると考えた。2004 年の中教審で四ツ柳が Problem-BL を提案³（四ツ柳，2004）した真意もそこにあるのではないだろうか。

本研究では、医学系のみならず多様な学校種での実践から導き出された、以下の Problem-BL の本質的な要素（Torp, L. & Sage, S.,2002）を本科目の実践に取り入れた。

- ① はじめに問題をはらんだ状況が学習者に提示され、それが学びを持続させるための核となり背景となる。
- ② 問題をはらんだ状況は、以下のような共通する特徴を持っている。
 - ・構造化されておらず複雑である
 - ・新しい情報が追加されることによって変化する
 - ・簡単には、また特定のやり方では解くことができない
 - ・一つの正解で終わるものではない

² 第1章，表1-3で示した，Problem-BLの特徴の一つである学生の役割「当事者として・積極的に状況の複雑さに取り組む・調査し，問題を内側から解決する」を実践した。

³ 本稿第1章1節 高専教育の目的の変化と，Problem-BL 導入の経緯に詳細を述べた。

- ③ 学習者は積極的な問題解決者であり学びの主体者である。一方、教師は認知的・メタ認知的コーチである。
- ④ 収集した情報は学習者間で共有されるが、知識は学習者一人ひとりの中に構築される。議論や指摘を通して、彼らの思考が表現され検討が加えられる。
- ⑤ 評価は、問題解決と学びのプロセスに組み込まれ、切り離すことができないものである。
- ⑥ PBL の授業は必ずしも教科横断的ではないが、常に統合的である。

3-4-2 様々なワークシート (WS) の利用

近年、医学教育では、Team based learning (TBL) への移行が行われている（藤倉，2012）（Virginie SERVANT, 2012）。Problem-BL の中断の理由の一つに、チューターを担う教員の負担の問題（杉山他，2019）がある。本研究では、開発した種々の WS を適時に使用することで、やみくもに考えさせるのではなく思考の枠組みを与え学生の認知プロセスに働きかけ、WS によって頻繁に外化することを行った。すなわち、最初は WS に沿って思考ツールを使い、やがて自らの思考プロセスを確立していくための、チューターに替わる足場かけの一つとしての役割であり、以下の効果をねらった。

- ・指導者の力量依存ではない均質な指導（特にチームティーチングにおいて）
- ・教員の負担の軽減（学生へのフィードバックや形成的評価がしやすい）
- ・学年や科目をまたいだ使用で他の科目との連続性や関連が分かりやすくなる
- ・学習のねらいが明確化され、自立的な学習を促しやすい
- ・パフォーマンス評価のエビデンスとすることで学生のやる気を引き出しやすい
- ・授業改善の手がかり

WS には以上のメリットがあるが、同時に教師主導で誘導的になりやすいデメリットがある。そこで専攻科では、研究ノートと USB メモリスティックも供与し、WS は主に日報的に指導者チームとの情報共有に、研究ノートは正しい利用法を伝えてアイデア創出課程における発想の記録やメモ、イラスト、実験結果など自由な使い方を、USB メモリは調査資料や成果物の電子的保存というように、それぞれを併用した。

3-4-3 授業の流れ

次に授業の流れを設計するために使った Problem-BL のテンプレート図 3-5 に示す。この一般的な流れを本科目に置き換えると、まず、PBL に取り組む準備段階として

専門の異なる学生同士でプロジェクトチームを組み、チームビルディングの活動や卒業生の講義などを通して、心の準備をする。そして、地域の福祉施設や保育園、農場、環境教育自然学校等に出向き、専門家である職員や利用者、地域の人々と接することにより、施設の活動状況や社会的ミッション等について調査する。施設の職員や利用者らとの対話、観察、ヒアリング、事業所の専門分野に関する調査等を何度も繰り返して、状況をより良くするための問題を見出し、それに向けて自分たちが取り組むべき課題を絞り込んでいく。そのような課題は、人々が自覚している課題ばかりとは限らない。課題の上位にある本質的な問題を捉えてその解決を目指すために、自分たちがアプローチすべき課題を見つけて取り組むのである。このように、発想、開発、製作、失敗、改良を繰り返す過程で創造性が引き出され、ものづくりによって理論と実践を結びつけて製品を開発し、それぞれの事業所の社会的ミッションに寄り添って具体的に行動して、地域の一員として技術的な面からの社会貢献を体験する。ものづくりによる課題解決としての作品を制作し、複数回の中間発表で改善を繰り返す過程で、社会の中で技術者が果たす役割を考え、技術発展の方向性を探るための広い視野を育むことにつながる。

このように問題解決志向の社会実装教育としてエンジニア教育とイノベーション・プロセス体験とを Problem-BL の流れに沿って同時に実現することをめざした。

図 3-5 に、本研究で使用した Problem-BL の流れ（テンプレート）を示す。

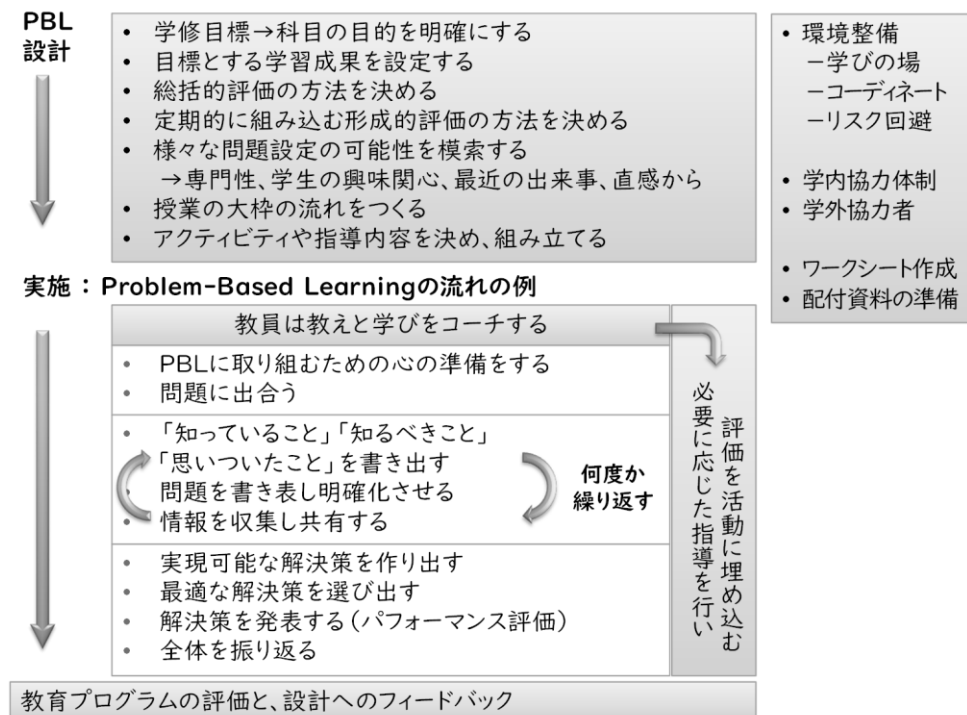


図 3-5 Problem-BL の一般的な流れ (Torp, L. & Sage, S., 2002)

3-5 実践

表 3-2 に本科目での具体的な活動と思考を促すために使った方法を時系列で示す。

表 3-2 授業の内容

	Problem-BL の流れ	活動	活動や思考を促す方法・ツール
4月	PBLに取り組むための心の準備をする	<ul style="list-style-type: none"> ・授業ガイダンス(目的, 達成目標, 評価方法) ・各自が何らかのリーダーとなること ・プロジェクト進捗の共有のための方法 ・自己分析 「チームに貢献できること, 助けてほしいこと, 挑戦したいこと, 興味関心のある事業所」 ・自己紹介 ・成功のためのチーム結成 ・対話の技法や合意形成の演習 ・チームビルディングのワークショップ 「プロジェクトの成功のために大切なこと」 「成功するためのチームのルール策定」 ・チームビルディングのための協働作業 「事業所に提出するチーム紹介シート作成」 ・事業所訪問の準備(調査項目など) 	<ul style="list-style-type: none"> ・ポートフォリオ作成 ・自己分析のためのシート ・異なるタイプ同士チームを結成 ・発散技法:ブレインストーミング ・収束技法:KJ法, マッピング ・発散技法と収束技法で概念図作成, 発表, 相互評価 ・事業所利用者向けの名刺シートを作成
	問題を内包する状況に出会う	<ul style="list-style-type: none"> ・事業所の訪問, 観察, インタビュー, ミッション理解のための活動 ・状況の把握, 整理 	<ul style="list-style-type: none"> ・インタビュー ・KJ法
5月	問題記述の明確化 問題, 課題の抽出	<ul style="list-style-type: none"> ・「知っていること」「知るべきこと」「思いついたこと」を整理, 共有 ・ステークホルダー分析, 問題分析, 目的分析 	<ul style="list-style-type: none"> ・まとめと発表 ・話し合い ・記述 ・Project Cycle Management 手法 ・デザイン思考メソッド
	情報を収集	・調査	
		<ul style="list-style-type: none"> ・エンジニアリング基本知識のインプット ・企業の技術開発について学ぶ ・エンジニアリング・デザインの基礎知識 	<ul style="list-style-type: none"> ・ゲストスピーカーを囲んで議論
6月	実現可能な解決策を作り出す  5~8月の活動 何度か繰り返す	<ul style="list-style-type: none"> ・コンセプト, 企画書作成 ・指導チームとのディスカッション ・事業所とのディスカッション 	<ul style="list-style-type: none"> ・PCM手法のプロジェクト・デザイン・マトリクス作成
		・第1回 中間発表会 (事業所の方, 学内教職員, 下級生・上級生, 企業経営者, 技術者, 弁理士などとの議論)	<ul style="list-style-type: none"> ・企画までの議論の過程を可視化した資料でポスター形式の発表会 ・ゲストとの議論 ・相互評価 ・自己評価
		<ul style="list-style-type: none"> ・エンジニアリング基本知識のインプット ・知的財産について ・コンセプト, 企画書のブラッシュアップ ・デザイン画作成 	<ul style="list-style-type: none"> ・講義と演習
		<ul style="list-style-type: none"> ・ものづくりに向けた準備 ・プロトタイプ作成 	
7月		<ul style="list-style-type: none"> ・コンセプト, 企画書のブラッシュアップ ・事業所とのディスカッション 	
夏休			

9月	最適な解決策を選び出す 解決策の評価方法を決める	・第2回 中間発表会 (事業所の方, 学内教職員, 下級生・上級生, 企業経営者, 技術者, 弁理士などとの議論)	・ポスターと, 主な機構のプロトタイプで発表 ・ゲストとの議論 ・相互評価 ・自己評価
10月		・指導チームとのディスカッション ・事業所とのディスカッション ・制作, 社会実装, 改良	
11月		・第3回 中間発表会 (事業所の方, 学内教職員, 下級生・上級生, 企業経営者, 技術者, 弁理士などとの議論) ・制作, 社会実装, 改良	・ポスターと試作品で発表 ・ゲストとの議論 ・相互評価 ・自己評価
12月・1月	製作と改良	・指導チームとのディスカッション ・事業所とのディスカッション ・制作, 社会実装, 改良	・アジャイル型思考
2月	解決策の発表 ・振り返り	・最終発表会 (事業所の方, 学内教職員, 下級生・上級生, 企業経営者, 技術者, 弁理士などとの議論) ・納品 ・指導チームの口頭試問	・口頭発表と, 作品展示・演示 ・ゲストとの議論 ・相互評価 ・自己評価
3月		・事業所へ贈呈	

学生の活動で制作物の具体的な設計が始まると、授業進行の要素として Project-BL が強くなり実社会での科学的思考を学ぶ必要が出てきたため、企業の技術者や経営者、弁理士、発明協会などのプロフェッショナルとの連携を強くした。最終発表会までに 2～3 回設けた中間発表会にプロの方々を招き、学生に対してアドバイスや評価をいただく機会を設けてイノベーション・プロセス体験活動に実社会からの視点をいれることにより、一定の緊張感をもたせながら進めた。

以下に、習得目標を達成するために実施した本科目における特徴的な活動と具体的な方法を報告する。

3-5-1 PBL に取り組むための心の準備

この段階の目標は学生が PBL 学習プロセスで思考や探究を深めるために、学生自身の興味関心を引き出し、モチベーションを支援し、チームへの参加度を高めることであり、そのための訓練を行った。対象学生の特性や発達段階、これまでの学修履歴による経験などから適した学習活動を決定して実施した。

3-5-1-1 自己分析

すべての学生が何らかのリーダーとなりチーム内で自らの貢献ポジションを築くた

めの準備として自己分析を行い、図 3-6、図 3-7 のワークシートを使って相互に理解を深める活動をした。

●自己分析ワークシート

学科 学籍番号 氏名

得意分野 (好きな)	苦手分野
自分の好きなところ	自分の嫌いなところ
憧れているところ	身に付けたいところ
成功する時のコツ	モットー

～私はこんな人！～

チームで協働するための自己紹介

(1) チームの協働に貢献できそうなアピールポイント

- ・
- ・
- ・

(2) 苦手なところ、助けて欲しいところ

- ・
- ・
- ・

(時間は一人 30 秒です)

コミュニケーション・スタイル・インベントリー

このチェックシートは(株)コーチ・トゥエンティワンが開発した診断テスト CSI (コミュニケーション・スタイル・インベントリー) の簡易版です。

ステップ1
あなたの日頃の人の関わり方やものの考え方をふりかえって、下の項目について、該当する数字を○で囲んでください。

1＝よくあてはまる 2＝あてはまる 3＝あまりあてはまらない 4＝あてはまらない

1) 自己主張することが下手だと思う 1 2 3 4
2) 常に未来に対して情熱をもっているほうだ 1 2 3 4
3) 他人の気持ちに気づくことが得意で、よく聞くことが出来る 1 2 3 4

コミュニケーション・スタイル・インベントリー
コミュニケーション・スタイルの特徴と注意事項

●コントローラー (controller)
【特徴】行動的でエネルギーが豊富。思い通りにしたがる。他人の不正や偽善を暴露することを使命と考える。正直であけっぱなし。過剰に快感を求め、依存しやすい。自分の内面に目を向けるのは苦手。
【注意】彼らはきれいなことをなめる性質があるが、粘り強く会話をして本当のことを聞き出すようにしよう。まっすぐに話そうにしない。短時間でも話を続けたい。

●プロモーター (promoter)
【特徴】アイディアが豊富。あきっぽく、良きアイディアは成り行き任せもある。
【注意】彼らは自信家で、大抵です。彼らの

コミュニケーション・スタイル・インベントリー
あなたのコミュニケーション・スタイルは？

チェックシートの結果、得られた結果から、それぞれのタイプの点数を縦横の軸上にプロットし、それを線で結びます。太めのペンなどで書くとうかりやすくなります。

図 3-6 自己分析用シート(1)

図 3-7 自己分析用シート(2)の一部

3-5-1-2 チーム結成

チーム結成時、自分自身の特性を自覚した上で、全チーム(クラス全員)のプロジェクトが成功するためにチーム編成で自分がどのようにふるまえばいいのかを考えるように指導した。具体的には、①自己分析により自分の特性や価値観を確認し、②自分とは異なる専門、異なるタイプの人とチームを結成する促しをして、③クラス全体として納得感の得られるチームを結成できるように支援した。

この段階では、学生は往々にして、これまでのような学び方での効率性を適用して儉約的に学べる道を選択しようとし、日常的に仲の良い友人とチームを組もうとする。しかしながら、イノベーションの基礎となるものはもはや個人の知識ではなく、「チームで共有できる知識」「分野横断型の知識」「異文化間の知識」(Sawyer, R. K., 2007)と

いわれる。そこで、イノベーションの基礎を体験するという目的を伝え、図 3-7 のワークシートによって、専門分野や自己分析の結果のタイプが異なるメンバーとチームを組むように促した。

実際に、同質性が高いチームよりも、得意分野は異なるが関心ある事業所が同じで当事者意識を共有でき、目的に向けて闊達な議論が起こるチームの方が相互に発見の多い充実したプロセスを体験できていた。自分の興味関心がある事柄に対しては、自然に没頭することとなり夢中になって挑戦のプロセスなどを苦に感じないため、探究的な学びの効果は高まった。逆に、仲良しクラブ的な雰囲気大切にチームは学びが深まらず、その違いは様々な成果物の質として表れることとなった。

チーム結成のルール ○ 全部で…チーム結成すること ○ クラスの…名全員が同じ部署に属していると仮定し、プロジェクト全てがうまく進み成功するようにするために、どうチームを組めばいいかを全員で考えること ○ 共感を重要視するグループではなく、プロジェクトの成功をねらい、能力を分散するような戦略的なチーム編成を考えること ○ 全体の中での自分の役割を常に意識して、どのような言動や他者への働きかけをすれば、全体のためになるのかを考えながら行動すること	名前:	
	活動したい事業所名:	
	自分のタイプ分析結果:	
	プロジェクト推進にあたって チームの中で(+)に働くと 思われる自分の能力 (貢献できる、さらに伸ばしたい能力)	プロジェクト推進にあたって チームの中で(-)に働くと 思われる自分の能力 (自信がない、助けてほしい能力)
	1)……………	1)……………
	2)……………	2)……………
	3)……………	3)……………

図 3-8 チーム結成のための自己紹介ワークシート

また、このようなチーム結成方法が、活動の際にすべての学生が何らかのリーダーとなりチーム内で自らの貢献ポジションを築くことにつながった。

社会実装科目のイノベーション・プロセス(図 3-3)では、「現場の選択」「調査」「打ち合わせ」の段階にあたる。このプロセスこそが学生時代に経験すべき思考体験であり、そのコツをつかむことが、将来仕事上で出合う課題を自分事化して取り組める能力になっていくと考える。

3-5-1-3 卒業生による講話

少し慣れてきたところに図 3-9 のような、ロールモデルとなる比較的若い卒業生の講話を

専攻科「特別演習・実験」 卒業生から学ぶ講演会	
日 時	平成 24 年 8 月 6 日 (月)
会 場	富山高等専門学校 本郷キャンパス 専攻科棟 2 階 特別演習室
講 演 1	13 時 00 分～13 時 30 分
演 題	「ものづくり授業で身につけるべき社会人基礎力について」
講 師	北陸電力株式会社 和田 篤史 氏
講 演 2	13 時 30 分～14 時 00 分
演 題	「企業活動における技術開発とものづくり授業の意義」について
講 師	日東メディック株式会社 保証・開発統括本部 品質管理部 試験課 堀井 沙恵 (旧姓 福村) 氏

図 3-9 卒業生による講演と意見交換の会

実施した。伝統的な科目に慣れている学生たちのこのような科目に対するモチベーションを刺激し、実社会で発揮する有能さに近い社会構築主義的な PBL の知識観や能力観への理解（明示的ではないが）を促してから活動に入るようにした。社会実装科目の意義は学生時代よりもむしろ社会人となった時に理解できることが多く、卒業生の体験から出る言葉は教員の言葉より説得力があり学生の心に響きやすく学びの動機づけに効果が高かった。

3-5-1-4 チームビルディングと主体性を引き出すワークショップ

PBL に取り組むための心の準備段階にあたるこの活動は、特に丁寧にある程度の時間をかけて行うことが、その後のチームによる協働的学びや新しい知の創出の基となる対話が充実することにつながった。思考の枠組みを使ってみる種々のワークショップによって、①参加度が高まり、②当事者意識が生まれ、③全体像を把握・共有でき、④同じスタート地点に立って意識のレベル合わせができた。このような活動によって、チームの各メンバーが得意なことや挑戦したいことを共有することができ、一人ひとりが何らかのリーダーとなり、同時に何らかのフォロワーとなるようなチームビルディングができた。このような関係性が、状況主義的な学習が起こり知の創出を体験するために大変重要な要素だった。

主なワークショップの内容は以下の通りであった。

- ・話し合いの基本となり訓練となるブレインストーミングとマッピング手法の習得
ブレインストーミングやマッピング手法などのデザイン思考の基本的なメソッドをこの段階で練習的に使うことにより、実際の問題分析や制作物の開発に有用であった。3-5-3 問題の明確化と、課題抽出で詳細を述べる。

- ・プロジェクトが成功するための「チームのルール策定」のワークショップ

(図 3-10)

ルール策定のワークショップは、自立的で一人ひとりが責任をもつチーム運営への意識付けの目的も有した。最終的に記述して文書の形にした。

- ・チームの名刺作成 (図 3-11)

事業所や企業の方々への挨拶時に渡すためのものであるため、学生は適度な緊張感をもって楽しみ没頭しながら手法を学びチームの結束を深めた。

この段階では、教員はファシリテーターに徹した。すなわち、学生自身も見逃しがちな潜在的な興味関心を引き出し、ポジティブ思考を鼓舞する役目である。以降の一年間、学生同士、学生と指導者同士が信頼し合い安心してオープンマインドで取り組めるかどうかは、このフェーズで学生の能動的な姿勢を引き出せるか否かに大きく影響を受

けた。



図 3-10 チーム結成後のチームビルディング（ルール作り）

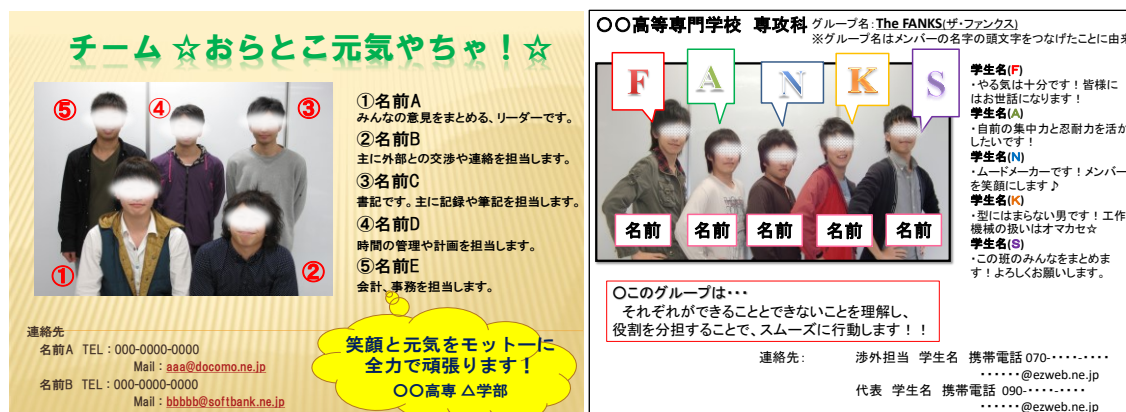


図 3-11 チーム結成後のチームビルディング（チーム名刺作り）

3-5-2 問題を内包する状況との出会い

本科目で製品開発をする事業所は、年度によって協力依頼する先の変更はあったが、次のような事業所であった。「含畜循環型有機農場」「デイサービス事業所」「保育所」「環境教育 NPO」「県立青少年自然の家」「市立天文台」「市立動物園」「青年海外協力隊派遣国での支援活動」など社会的な課題に地域で取り組む事業所を選び、高専教育への協力をお願いした。直接的な技術課題を与えることのないよう授業の趣旨を丁寧に説明し各事業所と綿密な打ち合わせを行った。

高専教育では、例えば「風車の制作」などのように具体的なモノの制作や、企業から課題を提示してもらって取り組ませる事例が多い。しかしながら、そのような課題は本科目においては、以下の点でふさわしくないと考えた。

一点目は、「21 世紀のテーマである、環境的、社会的、技術的課題を総合的に扱う新しいカリキュラム構成」への志向である。学生の専門性が、企業が抱えるような問題解決に応用できるほど高いとはいえず、社会的な経験も浅い時点（高専専攻科 1 年生は大学 3 年生と同年齢）で、環境的、社会的、技術的課題を総合的に扱うためには、取り組むテーマ自体が学際的であり社会問題に直結していることが必要であると考えたためである。

二点目は、個々の自己主導型学習や協働的な知の創出を成立させるためには、学生一人ひとりが問題の内側から取り組んで活動に没頭でき、これまでの人生で学んできたことを統合できることが重要と考えたためである。そのために、工学の特定の専門分野に偏ることなくエンドユーザーの状況にリアリティを感じる実社会の「状況」を与える必要があった。このような理由により、社会的な課題に地域で取り組む事業所を、問題を内包する状況として提示することとした。

そして、チーム結成時に、興味のある事業所を選択した学生同士でチームが結成するようにして、学生が自らの価値観や興味関心に応じて当事者意識がもてるような状況に出合えることを重視した。学生の内発的な動機は、それまでの体験や家族の状況によって引き出されることが多く、うまくマッチすると自分事化して問題の内側に立って本気で取り組み始め、それまでの様々な学びの統合化が自然に起こり、それが良い作品づくりに結実した。逆に自分事化できない状況の中での活動は、問題の本質に届かず課題を絞り込めないことが多々あり表面的な取り組みになることが多かった。

社会実装科目のイノベーション・プロセス（図 3-3）では、「現場の選択」「調査」「打ち合わせ」の段階にあたる。このプロセスこそが学生時代に経験すべき思考体験であり、そのコツをつかむことが、将来仕事上で出合う課題を自分事化して取り組める能力になっていくと考えた。チームビルディングで体得した対話技法や思考法、ホワイトボードミーティング（図 3-12）などでチーム内の議論を進めた。

3-5-3 問題の明確化と、課題抽出

この段階は、社会実装科目のイノベーション・プロセス（図 3-3）では、アイデア創出の段階にあたる。このフェーズで最も重要なことは、状況に内包された問題について「知っていること」「知るべきこと」「思いついたこと」を整理して、関連性のある既存知識（スキルや思考方法なども含む）を活性化させることである。それが、問題解決の過程で必要となってくる知識や情報を集める活動の糸口となり、自己主導型学習の出発点となった。

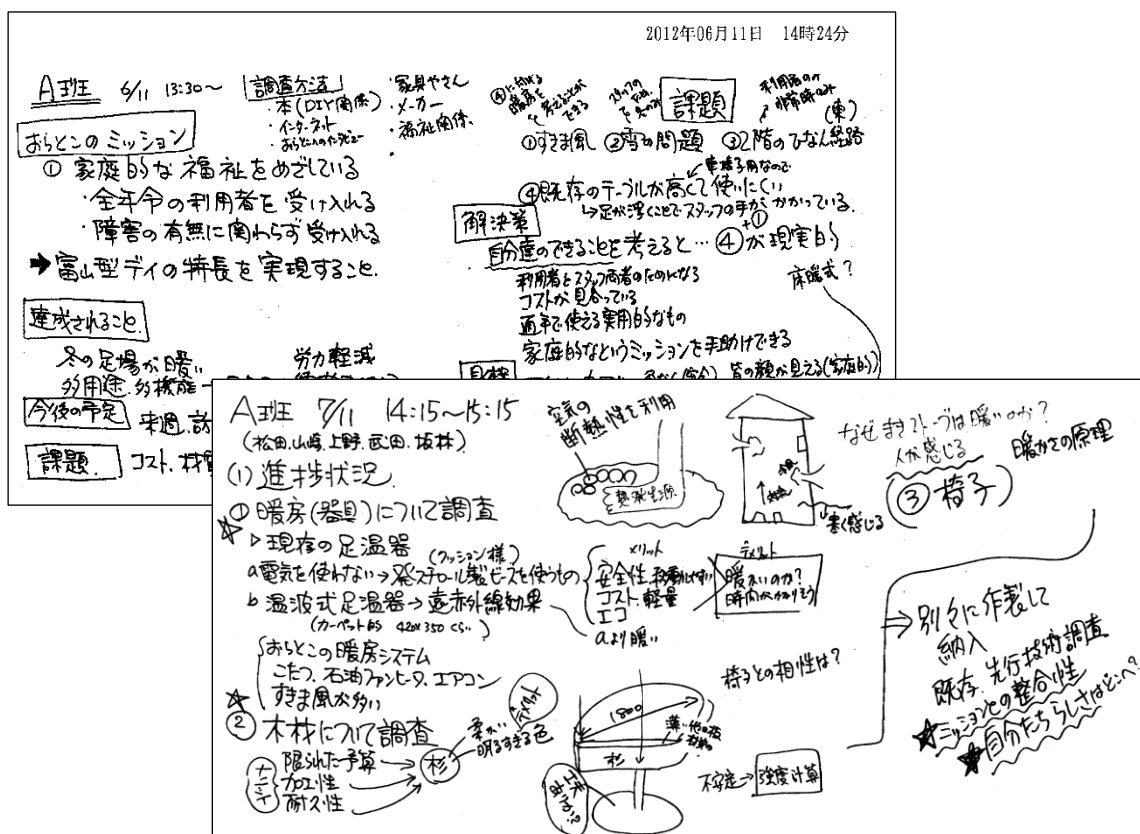


図 3-12 ホワイトボードミーティングの様子（2012 年度）

次に重要なことは、「問題を記述」して書き表すことである。記述内容は、この段階の過程でどんどん変化し明確化されていく。学生にとっては、最初「問題」だと思っていたことが、対話と調査を繰り返すことによって、実はぼんやりしており焦点が定まっていないことに気づき本質的な問題の探索へと向かう。記述することによって、その変化のプロセスがチーム内で共有され議論され明確化していくことをねらって、この活動のために図 3-13 に示したワークシートを開発し、一人ひとりに毎回の授業で記録させた。

ワークシートを媒介して教員からのフィードバックも与えることができた。教員にとっては、個々の学びの内容や進捗を把握する手段ともなり、形成的評価の機能も有し、さらに総括的評価のエビデンスとしても有用であった。ワークシートは、活動の進捗に従って記述項目を変えていった。図 3-13 は活動初期のものであり、中期、後期のものは後述する。

[illegible]

図 3-13 毎回の授業で一人ひとりが作成するワークシート
(このワークシートは、活動初期のもの、中期、後期のワークシートは、後述)

この段階では、学生間や事業所の方々との議論が重要である。議論によって個々の思考が深化しチームワークも充実する。しかし、大人の感覚でやみくもに学生たちに高度な議論を促しても、普通は議論が深まらない。

そこで有効だったのが、ビジネス界で使われている思考方法によって道筋や方法などの枠組みを与えることだった。最初は方法に導かれる形で進むが、体得した学生たちはそれらを適時に利用して自由な発想や議論ができるようになっていった。指示しなくとも、自分たちが必要なフェーズで応用的にそれらのツールを使い始めた。特に有効だった二つの方法は以下の通りである。

一つは、論理思考を促す「Project Cycle Management (PCM) 手法」(大迫, 2004)であり、もう一つはそれとは反対のアプローチである共感的な心の動きからデザインしていくスタンフォード大学ハッソ・プラットナー・デザイン研究所で開発されたd.schoolによるスクールの「デザイン思考メソッド」(監訳 柏野, 2012)である。

PCM 手法（図 3-14）（図 3-15）は、ドイツ技術協力公社（GTZ）の目的指向型プロジェクト立案（ZOPP）手法を基に開発された手法であり、現状における問題を特定し、

原因を分析し、解決策を探り、その実行計画をプロジェクトとして形成するという、問題解決型の戦略的なアプローチをとるプロジェクト・マネジメント手法である。PCM手法は視覚的な手法であるため、コミュニケーション・ツールとしても優れており、複雑なプロジェクトの構成を一目で理解する手段として、関係者が一堂に会してプロジェクトを計画できることから、社会実装教育の問題や課題抽出のフェーズに適している。PCM手法の問題分析および目的分析の段階では、「原因－結果」および「手段－目的」といった因果関係にもとづいて現状が分析される。その結果作成される「プロジェクト・デザイン・マトリクス (PDM)」は、目標達成までのプロセスの「if-and-then」の論理のつみあげ過程で、明確になっていくプロジェクト・デザインをマトリックスで表現する。このような論理性が、PCM手法の基本原理となっているため、工学系の学生の思考との親和性が高く有用であった。

図3-14左図ではPCM手法により、デイサービスのミッションを向上させるために、「レクリエーションが少なくコミュニケーションが取りにくい」という問題を見出し、その問題に焦点を当てた目的分析から解決のアプローチを絞り込もうとしている思考の過程が把握できる。図3-14右図のフローにおいて最も学生のフラストレーションが強くなる「問題分析」と「タスクの組み立て」のフェーズにPCM手法は有効だった。暗中模索では時間がかかり目的の絞り込みに困難を伴うが、このような思考ツールによってそのプロセスを支援することができた。図3-15は、目的分析の前に行った問題分析、企画書作成のためのプロジェクト・デザイン・マトリクス、具体的な解決策である多機能機のデザイン検討の設計図、設計図の下の写真は最終的な制作物である。

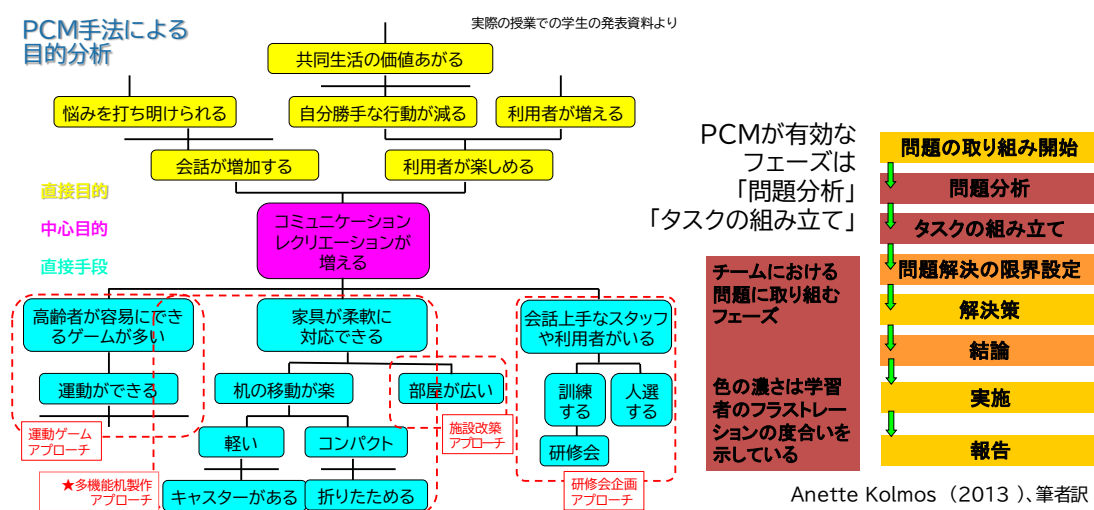


図3-14 PCMが有効なフェーズと、学生による目的分析の結果（2007年の実践より）
一方の「デザイン思考メソッド」は、ユーザーへの共感とフィードバックをデザイン

の土台とする PCM の論理性とは逆からのアプローチである。本科目開始当初は、このようなワークショップが「デザイン思考メソッド」と呼ばなかったが、2010 年前後より社会的な注目を浴びるようになった手法である。事業所を訪れて共感したり発見したりした説得力のあるニーズとインサイトを一つひとつカードに書き込み、マッピングすることによって、取り組む状況を分解・統合し、具体的で意味のある挑戦を選び出す「問題定義」から始め、大量かつ多様なアイディアを探る「創造」のプロセスを経て、物質世界に落とし込んだ「プロトタイプによる解決策」を提示して、ユーザー側の適切な文脈の中で未完成の解決策を「評価」というワークショップである。

どちらか一方のみでうまくいくものではなく、論理的アプローチと共感的創造アプローチの両方の方法と機会を提供することで、この段階の活動が機能した。図 3-16 は、中間発表会の様子で、デザイン思考のメソッドの一つ「アイディアの拡散と分類」および、PCM 手法による問題分析の結果を掲示して来場者と議論する姿である。

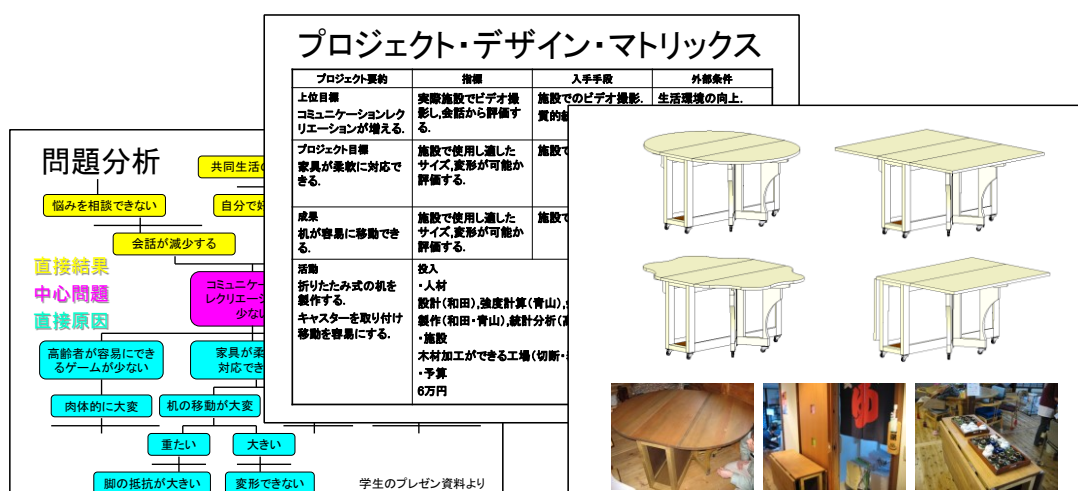


図 3-15 社会実装科目で PCM 手法を使った作品作りの例（2007 年の実践より）

3-5-4 情報の収集と共有

調査は社会実装科目のイノベーション・プロセスには明示されないが、ほとんどすべての段階にかかってくる重要な活動であり議論や成果の質を左右する。しかしながら、このフェーズを苦手



図 3-16 中間発表会で PCM の成果などについて議論をする様子（2010 年の実践より）

とする学生が多かった。それは、従来の知識観や学習観「勉強とは外にある知識を自分のものとするために一人で行うものである」という先入観が学生たちを支配していたからである。またこれまでの学生生活では、教科書や教員からの情報提供など質が保証された情報を与えられ続けて勉強を進めてきたため、自らにとって必要な知識や情報がどのようなものであるかを特定し、それに基づいて情報収集・選択・共有・活用をチームで行うことに戸惑った。それ以前の問題として、このプロセスに価値を見出せない思考に対する「unlearning」の必要もあり、実際にこのフェーズを本科目のみで有効に体験させ、身につけさせることには困難を伴った。

結果的にこのフェーズの目標に対しては、チームの役割分担に工夫を施したことが、協働的学びが起ころうような情報収集と共有にも有効に働いた。通常の役割分担では学生は分業をしてしまう。一旦分業を受け入れてしまうと、他のチームメイトの仕事に口を挟まなくなり関心も持たなくなり、自分の仕事さえしっかりこなせばいいという心理が働きがちになる。そこで本科目では全員リーダー制を採った。まず自分たちのチームの成功のために必要な仕事を列挙させ、各仕事のリーダーを合議する。得意なことを引き受ける場合もあれば、自信はないが挑戦してみたいことを引き受ける場合もある。例えば、「合意形成のリーダー」「発信のリーダー」「渉外のリーダー」「情報収集のリーダー」などのプロジェクト推進にかかわるものから、「記録のリーダー」「会計のリーダー」「タームキーパーのリーダー」「文書作成のリーダー」など事務的作業の役割まで様々であるが、重要なことはリーダーがいればフォロワーがいるということであり、図 3-17 のワークシートに毎回作業内容を記入することによって、単純分業ではない助け合い、学び合い文化の醸成がなされた。このような文化が育ったチームは、情報の収集、共有も上手くでき、ものづくりに活かされていった。

記述習慣も図 3-13 のワークシートで身につけた。特に裏面の「知っていること、考えたこと、チームで確認したこと」「知らないこと、知るべきこと」「調べたこと、行動したこと」を毎回、個々が記述することは、調査を充実させ思考や議論を深めるために有効だった。ワークシートは個々が記述することを課したために、チームで集まって情報や進捗を共有したり相互に教え合ったりする姿が見られ、コミュニケーションが円滑になるという効果も生まれた。

しかしながら、思考を深めるよりも手を動かして作品作りを急ごうとしがちな学生たちに、この段階の学習に価値を見出し熱心に取り組ませるには、本科の頃より訓練する必要性を感じた。

3-5-5 実現可能な解決策の提案，決定

このフェーズの目標は，学生たち自らが見出した問題の解決のための，様々なアプローチから実現可能な解決策を明確にすることである．社会実装科目のイノベーション・プロセスでは，「予備実験」から「製品企画」「知財検討」までの段階にあたる．

ここでは，3-5-3 問題記述の明確化，問題や課題抽出のフェーズで利用した PCM 手法の目的分析から解決へのアプローチを考え出す活動を発展させる．学生たちは問題記述を何度も書き変える中で問題を焦点化するが，その過程で調査をし，教員チームや事業所とのコミュニケーションを重ねながら，行きつ戻りつを繰り返しながら探索した．

このフェーズで重要だったのは，毎回記述するワークシートと 2 回の中間発表会である．

平成 24 年度 専攻科 特別演習・特別実験プロジェクトポートフォリオ			
学籍番号		氏名	
班	月	日 ()	作業時間 : ~ :
メンバー名	MECK	今日のリーダー (作業分担)	備考
視座簡の目標			
(期間:)			
今週の目標			
プロジェクトの進捗状況 (図表を交えて、具体的に・定量的に説明すること)			
◆全体構想 (コンセプト)			
コンセプト、現状、課題、考えたこと・議論したこと 等のマスの間隔は自由に変更して下さい。			
◆現状			
◆課題 (優先順位をつける)			
課題を解決するために			
◆考えたこと、議論したこと			
◆知るべきこと、調べたこと			
◆行動したこと			
◆スタッフの質問への回答			
教員使用欄			

図 3-17 活動の中盤で毎回の授業で一人ひとりが作成するワークシート (2012 年の実践より)

この段階になると，活動初期のワークシートにより記述することに慣れて内容が充実してきた．ワークシートの内容が充実したことから，チームで思考して高め合うこと

にも慣れてきたことが把握できた。うまくいっていないチームにはスタッフが介入して原因を探りどのように対処するかについて支援した。

毎回の発表会には、事業所の方（運営に携わる各分野の専門家と利用者）、学内教職員（様々な分野の専門知識をもつ）、下級生・上級生（上級生はこの科目を経験している立場から幅広いアドバイスを行う）、企業経営者、技術者（学校の教育研究支援組織の会員企業の方々）、弁理士や発明協会の方などを招いて実施した。中間発表会は、企業の技術者や経営者からの、すなわち実際のものづくりの研究開発や製造に携わる人からの厳しいアドバイスや評価に対して、学生たちは毎回緊張して臨み、時には励まされ、時には打ちのめされ、また新たな課題を見出して前進していくゴールに向けたマイルストーンになっていた。

学生の本気スイッチが入るのは、事業所の方々に対する責任感、技術者の卵であるプライド（各事業所で様々な専門家と交流することが自分は技術を学んでいる専門家だという自覚を促す効果につながった）、そして企業技術者からの愛情あふれる叱咤激励であった。このような中間発表会によって、実現可能な解決策が絞られ具体的な製品作りへとつながっていった。

3-5-6 解決策の評価

図 3-18 は発表会の要旨である。事業所の活動目標と現状から、自分たちが立てた問いと取り組む問題・課題の抽出、解決策、その評価方法を書くよう指導した。すなわち、この段階では、最終的な成果物を目的に鑑みてどのように評価するかをあらかじめ検討しておくことである。

プロトタイプや試作品を事業所に実装する段階で、ゴールに向かうストーリーを完成させ、それら进行评估するためのエビデンスを準備する。評価の方法、タイミングなどは各チームが掲げた目的や制作物によって異なる。

発表会で、自らの製品やア



3-5-7 制作と改良, 完成, 発表

平成 24 年度 専攻科 特別演習・特別実験プロジェクトポートフォリオ ver. 3

学籍番号

氏名

班

月

日

()

作業時間

:

~

:

メンバー名	MECK	今日のリーダー（作業分担）	備考

現段階の目標

(期間:)

今週の目標

プロジェクトの進捗状況（図表を交えて、具体的に、定量的に説明すること）

◆全体構想（コンセプト）

事業所のミッション

事業所の課題

対象者

課題解決策

◆現状

事業所訪問

学内での活動

◆課題（優先順位をつける）

課題を解決するために

◆考えたこと、議論したこと

◆知るべきこと、調べたこと

【〇〇】

【先行技術の調査】

◆行動したこと

【〇〇 詳細】

◆スタッフからの質問への回答

教員使用欄

- 123 -

企画書（月日 ver.）

チーム名	
チームメンバー	
事業所名	
事業所のミッション	
テーマ名	
目的	
目的の根拠	
対象者	
製作するものと その活用方法 （別紙にて概略図 を添付すること）	
成果、効果	
成果、効果の 評価方法	

裏面にタイムスケジュールを記入すること。

タイムスケジュール

6月	7月	8月	9月	10月
11月	12月	1月	2月	3月

〇班・ガントチャート

作成(更新)日
/ /

2012年度	4月	5月	6月	7月	8月									
週	1	2	3	4	5	1	2	3	4	1	2	3	4	5
カレンダー (年間予定)														
設計														
試作 検討														
加工 組立														
訪問														
物品発注														
発表資料等														
その他														

〇班－〇〇〇〇〇（全体図）

班名製作品名

図面作成(更新)日
【作成者】

材質

加工方法

加工終了予定日

加工担当者(分組内容)

確認者

その他

〇班－〇〇〇〇〇－ユニット①－部品①

班名製作品名ユニット番号部品番号

図面作成(更新)日
【作成者】

完成予定日

確認者

その他

3-5-8 活動プロセスに埋め込んだ様々な教育

社会実装科目に埋め込むことが重要な教育は、知的財産教育、環境安全教育、持続可能な開発のための教育（以降、ESD）であった。いずれも本科目で学ぶというよりは、これまで本科の 5 年間に学んだことを発揮してプロジェクトを進めることにより、これらを現実の問題解決に適切に転移させる活用力を身につけるという機会とした。

特に、知財や安全や社会の持続性に対する意義を理解して意欲をもって取り組み、その場に適した新しい情報にどんどんアクセスして活動に取り込むことができるかということが最も重要であった。

3-5-8-1 知的財産教育

PBL プロセスに埋め込み、知的財産教育をものづくりと同時進行で行うことで、知的創造サイクルや先行技術調査の重要性を知るのみならず、学生がより具体的に知的財産を理解し、制度の社会的意義やその活用方法を効果的に学ぶことをねらった（伊藤，2008）。前半に企業経営者兼技術者の方の体験談から知的財産の製品開発における意義を学び、ものづくりのアイデアが固まる後半には弁理士の方を招いたワークショップを行った。時間は 90 分を 2 回費やし、知的財産制度の意義等の基礎的な説明 30 分、グループワーク 60 分、先行技術調査（特許電子図書館 IDPL 実習）90 分で構成した（小澤，2012a）。

最終発表会での先行研究調査の成果報告を義務付けたことにより、学生たちは、ワークショップで得た知識やスキルを使って、開発や改良の過程で自主的に先行技術を調査した。

終了時に行った理解度調査では、ものづくりと知財制度の関連性について 90%以上の学生の理解を確認し、自分で検索できると回答した学生は 80%を超えた。また、専門家の講義などを肯定的に捉えた学生も 95%を超えた（小澤，2012b）。

知的財産教育は、「MOT 入門」など他の科目とも連携させ、高い教育効果をねらった。

3-5-8-2 環境安全教育

イノベーションを担う技術者教育の教育・研究実践では、学外での主体的活動は大きな教育効果が得られる一方、指導者は学生中心の自由な活動と安全性との両立に苦慮し、創造性や挑戦性を犠牲にってしまうという潜在的な問題がある。しかしながら、本科目では、安心・安全を当然のものとして埋め込んだアウトカム型ものづくり・製品開

発・プロジェクト提案の基となる「安全配慮姿勢」「安全創出意欲」の醸成および「リスク管理能力」を育成する好機会となり得る。そこで、「安全性を重視したイノベーション力」と「リスク管理・安全行動能力」を効果的に育成する実効性の高い安全教育をめざした。（伊藤，2010）（津森，2011）（伊藤，2018）

現実的には、1～5年生までの実験や工場実習などの機会に身につけた安全に関する知識やスキル、態度をものづくりの過程で発揮して、自らを守ることと自分たちが開発する作品のユーザーである事業所の方々にとっての安全性を考慮して安全思想や技術を反映させた作品作りを行うという二点である。前者は技術スタッフらの支援を受けた訓練のおかげで安全に作業ができ事故などは起こさずに実施できた。後者については開発した作品に応じてそれぞれがユーザーの安全を考慮した工夫を施した。その一例として図 3-21 に学生が事業所に納める作品に付けるために作成した取扱説明書の一部を抜粋して示す。このようにそれぞれの作品や納入先に適した様々な方法でエンドユーザーの安全に配慮したものづくりを行った。

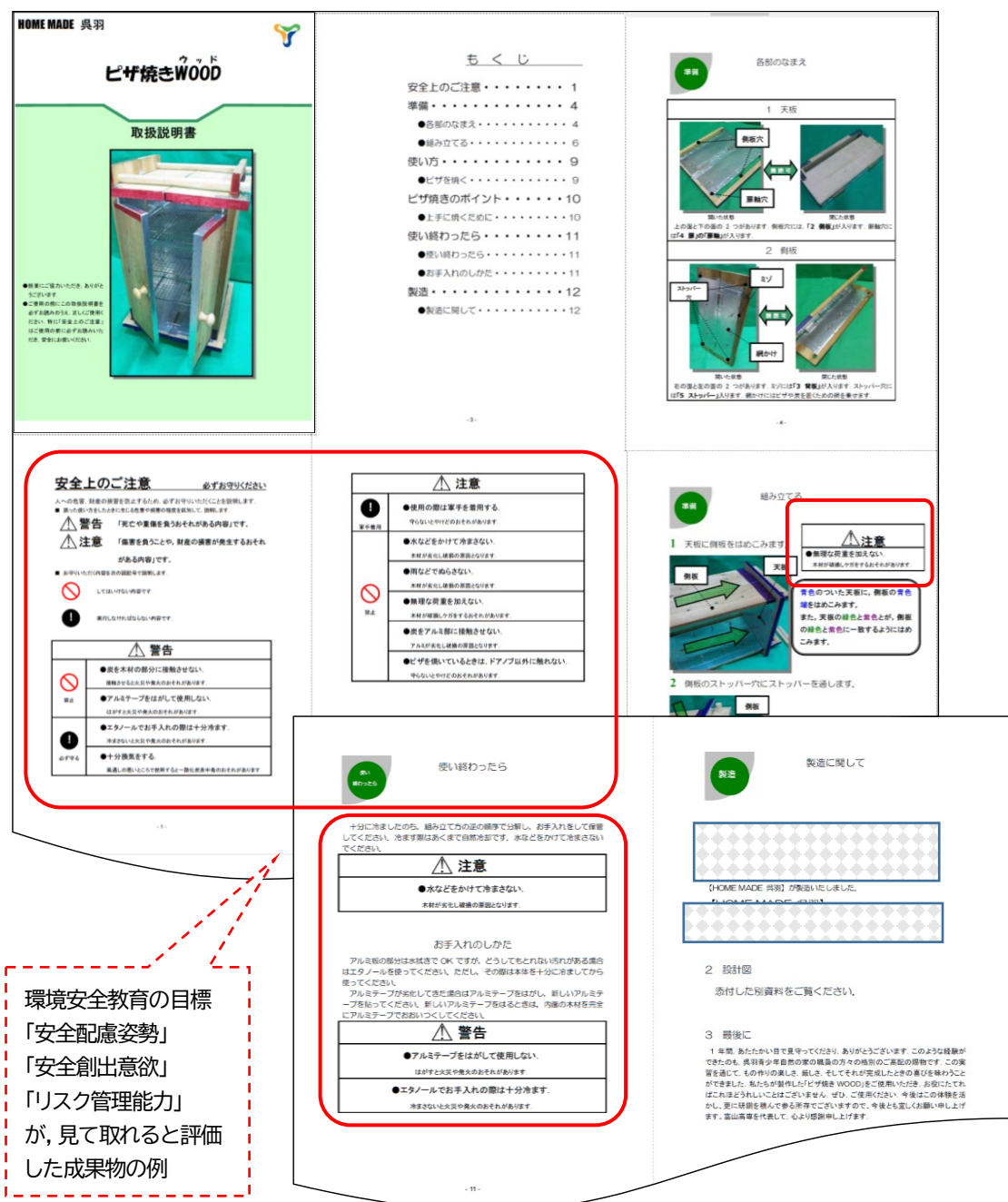


図 3-21 製品に付けた取り扱い説明書の安全に関する注意事項（2009 の実践より）

3-5-8-3 ESD（持続可能な開発のための教育）

「国連持続可能な開発のための教育の 10 年(DESDE)」が 2005 年から始まった。DESDE の国際的推進機関であるユネスコが発表した「ESD の 10 年国際実施計画案」を受け、日本政府は「わが国における ESD の 10 年実施計画」を 2006 年に策定した。その中で ESD を「一人ひとりが、世界の人々や将来世代、また環境との関係性の中で生きていることを認識し行動を変革するための教育」と定義した（阿部，2003）。

本科目では、高等教育における ESD として 2008 年に環境省が策定した「持続可能なアジアに向けた大学における環境人材育成ビジョン」（環境省 アジア環境人材育成イニシアティブ）の提言、「強い意欲，専門性，リーダーシップを身につける学びや教育手法，参加型，問題解決型，現場活用型」を参考にした。加えて、「ESD とは，人々が持続可能な社会の構築に主体的に参画することを促すエンパワーメント．つなぐ力，参加する力，ともに生きる力の育成．持続可能な社会のビジョンを描く力の育成」であり，技術教育と ESD のキーワードとして挙げられた「サステナビリティに貢献する人材の育成，ESD のエッセンスー特にコミュニケーション力の育成ー，ローカルコンテキスト（地域の固有性）の重視（地域知や伝統知，伝承，技などを含む），グローバルコンテキストの重視，自然に学ぶ，生態系サービス等」（阿部，2010）を重視した。そこで，本科目で育成を目指す能力は，社会的文脈の中で参画への主体的な意欲を育み，専門家としての知識やスキルを身につけ，コミュニケーション力やリーダーシップを発揮して未来志向の価値観で行動できる能力であると定義した。これは，本科目の目標としている能力③にあたる。

本科目における様々な活動を通して、「持続可能な開発」「原因と影響」「協力」「未来志向」「変化・変容」「多様性と相互依存」「価値観」などの社会の持続性に必要な概念を，各事業所の社会的ミッションを理解していく過程で学べるようにした。

このような教育プログラムに対する評価の一つに，環バルト海諸国の Baltic21 Education の高等教育機関のネットワーク BUP (180 以上の大学が参画) が提唱する，高等教育における ESD における重要 11 要素 6 (図 3-22) (佐藤他，2009) があった。そこで，教育プログラムの専門家評価を行い，以下の評価を得た。

「24 大学の現代 GP について報告書やホームページの文章を分析したところ，対象大学の ESD 関連プログラムの半数以上が，「背景」の視点から分類した要素である「統合的手法」，「時間的見解」，「空間性」を含んでいることが分かった。一方で，「内面的側面」の視点から分類した要素（「価値の明確化」，「体系的思考」，「批判的反省」など）が圧倒的に少ないことも判明した。これに対して当該高専の取り組みは，大学のプログラムに多く含まれている「統合的手法」などの要素はもちろん，環境技術，東アジアとの連

- | |
|---|
| 分類Ⅰ：背景
[1] 統合的手法
[2] 時間的見解
[3] 空間性

分類Ⅱ：内面的側面
[4] 価値の明確化
[5] 体系的思考
[6] 批判的反省
[7] モチベーションの構築

分類Ⅲ：活動
[8] パートナリシップ
[9] 協同とコミュニケーション
[10] 参加
[11] 能力の構築 |
|---|

図3-22 BUP が発表した高等教育における持続可能な開発のための学び 重要 11 要素

携、国際ビジネス、文系と理系の融合とのつながりの中で、「内面的側面」に属する「倫理」、「価値」などや、「活動」の視点から分類した要素の「参加」についても深く理解し、的確に表現されているのが特徴である。」

3-5-9 評価活動

本科目では、① 高い専門性に立脚しながら、② 専門性を発揮するための社会人汎用力を有し、③ 未来志向で社会づくりに参画できる人を育成するという目標を表 3-1（再掲）の通り整理し、表中の「本科目で習得を目指す能力」を「評価項目」として評価に用いた。実施した評価の全体像図 3-23 に示した学生へのフィードバック用レーダーチャートの各軸が「評価項目」に対応する。評価項目は、その年度の授業担当者（教員 1～2 名、技術職員 4～5 名からなる指導者チーム）による打ち合わせで、前年度の様子やその年の学生の特性などを考慮して決定した。

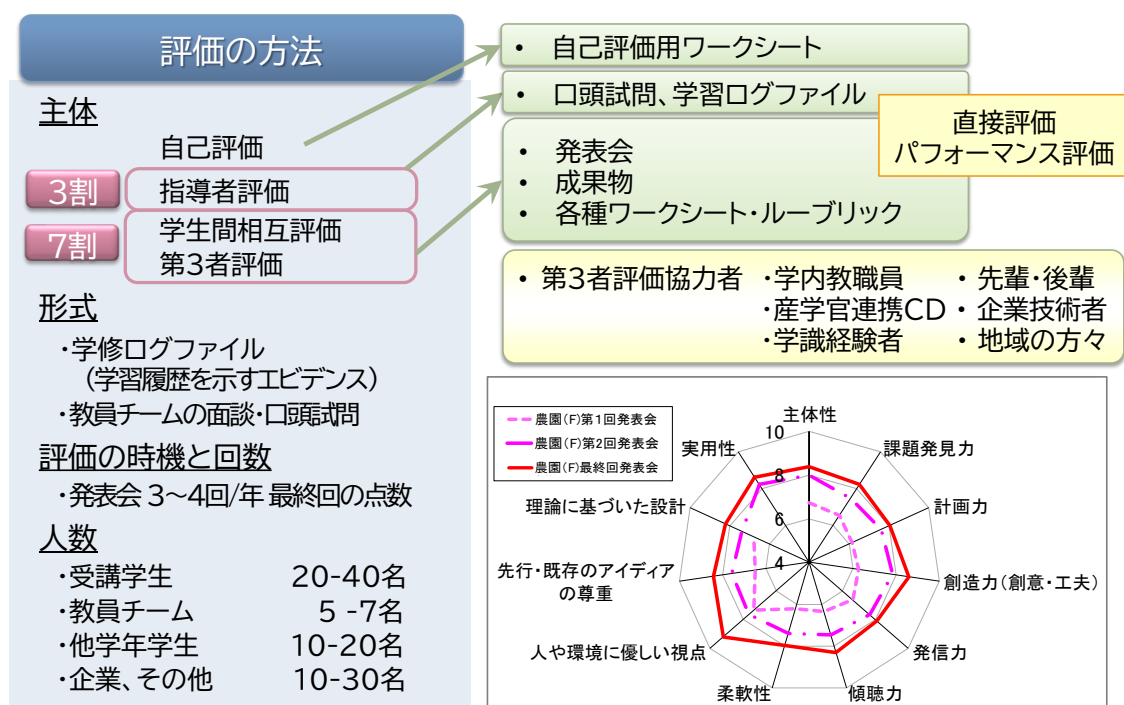


図 3-23 評価の概要と、学生へのフィードバックイメージ

(再掲) 表 3-1 本科目で習得を目指す能力と評価の観点

創造的人材の定義		本科目で習得を目指す能力	能力測定の観点
① 高い専門性	(専門的知識・スキル・態度) 科学技術を担う専門家として自覚と責任と高い技術力をもつ	理論に基づいた設計ができる	学習の全過程で、指示された方法で論理的に示せること
		創造力(創意・工夫)を発揮する	問題から課題へ、課題からものづくりへの各フェーズにおいて可視化して示せること
		先行・既存のアイデアを尊重できる	技術者倫理に則った思考や行動を可視化して示せること
② 専門性の 発揮	(社会人汎用力) 社会や身の回りの諸問題に対して他の専門分野の人々と協力して、より良い解決策を見出し実行し得る意欲と能力を備えている	主体性がある	学習の全過程で、内発的主体性と、他者との関係性構築における主体性を効果的に発揮できること
		計画力がある	学習の全過程における進捗を明示して調整・コントロールし、チームで共有して、成功に結びつけられること
		傾聴力がある	属しているチームやコミュニティで協働する時に、他のメンバーの価値観や状況を開かれた態度で受け止めることができること
		柔軟性がある	協働のための方法を知り、適切に活用しながら自分の役割を、責任をもって担い、十分な調整をして成果を生み出すことに貢献できること
		コミュニケーション力がある	チームやコミュニティの目的に向けて、より良い方向へ自他の変容を促す効果的なやり取りができること
③ 未来志向で 社会づくりへ 参画	(多様な視点からの本質を捉えた行動) 社会科学や人文科学の視座も採り入れながら望ましい社会開発の方向性について提言ができる	人や環境に優しい視点がある	人や環境に優しい視点を成果物によって具現化し説明できること
		実用性がある	High-Tech, Low-Tech に関わらず、状況に適した技術を選択し、ものづくりに適用して、目的を達成できること
		問題(課題)発見力がある	状況を洞察し、即興性や偶発性を見逃すことなく直観を発揮して本質的な問題を見出し、具体的な課題解決への道筋を探索する行動ができること
		発信力がある	個人やチームの考えや成果を適切な方法で可視化でき、対象に応じて届け、発信の目的を達成することができること

1 章 3 節-6 で述べた評価の方針に沿って、表 3-3 にまとめた通り、総括的評価は種々のパフォーマンス評価（直接評価）を実施した。これらのパフォーマンス評価を積算して、チーム評価 70%、個人評価 30%として最終成績とした。

表 3-3 本科目における教育評価の活動

評価することやもの 評価用ツールなど	評価 対象	評価者	総括評価として 評価する内容	形成的評価の 対象とした能力	本章の 図番号
作業記録のワークシート (学習ログ ＝ポートフォリオ)	個人	・教員チーム ・受講学生 (一部相互評価)	知識,理解,思考, 関心,態度,意欲	知識,理解,思考, 関心,態度,意欲	6,7,8, 13,17, 19
取り組む姿勢 事業所の方々との関係 制作や実験への取り組み	個人	・教員チーム ・受講学生 (一部相互評価)	態度,意欲, スキル コミュニケーション力	—	—
知財教育の演習 ゲスト講演のレポート等 (種々の提出物)	個人	・教員チーム	—	理解,スキル,関 心	—
チームで作成する ワークシート類 ワークショップの成果物	チーム	・教員チーム	—	理解,分析,思考, 判断,スキル,態度	10,11, 12,
チーム活動を記録した 研究ノート,USB メモリ	チーム	・教員チーム	—	態度,姿勢	—
設計・コンセプト プロジェクト推進力	チーム	・教員チーム	統合力	—	12,14, 15,20
発表要旨 発表ポスター 口頭発表 作品の演示 (プレゼンテーション) 簡易ルーブリック チェックシート コメント用紙	チーム	・受講学生 ・教員チーム ・企業の方 ・事業所の方 ・発表会の視聴者 招待者 一般教員 一般学生 一般来場者	《最終発表会》 発信力 コミュニケーション力 統合力 認知領域 精神運動領域 情意領域 評価力	《中間発表会》 発信力 コミュニケーション力 統合力 認知領域 精神運動領域 情意領域 評価力	18,21, 24,25, 26
学期末にチームで受ける 教員チームとの振り返り の会	チーム 個人	・教員チーム ・受講学生	—	半年間の活動の 振り返り, 成長へとつなげ る意味づけ	27,28
発表会ごとの振り返り 最終的な振り返り	個人	・受講学生 (自己評価)			29,30

評価活動には、表 3-3 の通り学びのプロセスで作成される様々な成果物を利用した。毎回、個人に提出をさせた進捗および作業記録のワークシートは、適切なタイミングで教員からのフィードバックを行うなどして主に形成的評価の機能を主としたが、活動中の取り組む姿勢、事業所の方々との関係の取り方、制作や実験への取り組みに対する評価も合わせて総括評価の 30%を占める個人の点数に反映させた。総括評価の 70%はチーム点であり、発表会での来場者のルーブリック評価を点数化し算出した。毎回の発表会でフィードバックをすることにより形成的評価の機能も果たした。発表会には毎回多くの来場者を招いた。受講学生も評価に参加し、産学官連携コーディネーター、企

業技術者，企業経営者，学識経験者，事業所の職員（他分野の専門家），各事業所の利用者（地域の方々），弁理士や発明協会の方など，活動中に指導を受けた人に加えて，学内一般教職員，先輩（前年度履修者），後輩（翌年度履修予定者）などであった．人数は，年度や評価回によって変わるが，おおよそ，受講学生 20～40 名，指導者チーム 5～7 名，他学年学生 10～30 名，事業所の方，学内教職員，企業，その他 10～30 名であった．受講学生を含めて，約 50 人から多い年で 100 名くらいの参加を得て発表会と評価活動を行った．この評価結果は，授業担当の教職員チームの評価と合致していたため，受講学生にとってより説得力のある発表会の来場者評価を総括的評価として採用した．評価会で使用した評価票を図 3-24，図 3-25，図 3-26 に示す．

コメント欄	
チーム名	コメ
A おらとこ	
B 呉羽 青少年自然の家	
C 天文台	
D なごなるの家	
E ファミリーパーク	
その他 ご意見を...	

来場者の皆さまへお願い
 大変、お手数ではありますが、授業の趣旨をご理解いただき、別紙の相互評価シートへのご記入に、ぜひ、ご協力ください。
 評価する力の詳細については、資料「社会人基礎力」を参考にしてください。

専攻科特別実験 相互評価用シート

	A おらとこ	B 呉羽青少年 自然の家	C 天文台	D なごなる の家	E ファミリー パーク
前に踏み出す力・・・一歩前に踏み出し失敗しても粘り強く取り組む力					
① 主体的に情報収集をしているか。					
② 当事者意識をもって取り組んでいるか。					
考え抜く力・・・疑問をもち、考え抜く力					
③ 情報を十分に分析し、目的に沿って深く考察されているか。					
④ 課題解決に向けたプロセスを明らかにし計画的に取り組んでいるか。					
⑤ 創意・工夫はされているか。					
チームで働く力・・・多様な人々とともに、目標に向けて協力する力					
⑥ 相手の意見を丁寧に聴いているか。					
⑦ 自分の意見を伝えるための努力や工夫をしているか。					
⑧ チーム内で合意形成がなされているか。					
ものづくりの力					
⑨ 人や環境に優しい視点が入っているか。					
⑩ 先行・既存のアイデアを尊重しているか。					
⑪ 理論に基づいた設計がされているか。					
⑫ 実用性はあるか。					

5点: 大変優れている, **4点**: 優れている, **3点**: 普通, **2点**: 少し努力が必要, **1点**: 不十分

※ 全ての欄を埋める必要はありません。評価しやすいところだけ、記入をお願いします。

※ 裏面に、コメント欄がありますので、アドバイス等いただければ幸いです。

図 3-24
 毎回の発表会で使用した
 評価用紙（2012 年度）

専攻科 特別演習・特別実験 相互評価ルーブリック案				
	A班 おらとこ	B班 青少年 自然の家	C班 ファミリー パーク	D班 天文台
(10) 既存のアイデアを尊重しているか				
4点: 既存のアイデアを調査し、自分たちのアイデアとの違いを説明できる。 3点: 既存のアイデアを調査し、自分たちのアイデアとの関連性がある程度わかる。 2点: 既存のアイデアを調査したが、自分たちのアイデアとの関連性がわからない。 1点: 既存のアイデアの調査				
専攻科 特別演習・特別実験 相互評価ルーブリック案				
(11) 理論に基づいた設計がされているか				
4点: 理論に基づいた設計がされている 3点: ある程度理論に基づいた設計がされている 2点: 理論に基づいていない 1点: 直感のみで設計されている				
(12) 実用性はあるか				
4点: 目的を達成しており、事例がある 3点: 目的をある程度達成しており、事例がある 2点: とりあえず使ってもらえる 1点: 使ってもらえるとは思えない				
裏面にコメント欄があります				

専攻科 特別演習・特別実験 相互評価ルーブリック案				
	A班 おらとこ	B班 青少年 自然の家	C班 ファミリー パーク	D班 天文台
1点: 計画があいまいなまま、行き当たりばったりで取り組んでいる。				
(5) 創意・工夫はされているか				
4点: 自らの新しいアイデアを積極的に取り入れ、既存の方法も尊重しながら取り組んでいる。 3点: 既存の方法を基に、自らの新しいアイデアを付け加えている。 2点: 自らの新しいアイデアを取り入れているが、うまく活かせていない 1点: 既存のよく知られた方法				
チームで働く力: 多様なメンバーの力を活かす				
(6) 相手の意見を丁寧に聞くことができるか				
4点: 相手の意見を尊重し、相手の意見をきく 3点: 相手の意見をきく 2点: 相手の意見を聞いていない 1点: 相手の意見を聞かない				
(7) 自分の意見を伝えることができるか				
4点: 発表内容を理解し、質問がある 3点: 専門用語をなるべく少なくする 2点: 原稿を見ずに自分の言葉で話す 1点: 原稿やポスターを讀む				
(8) チーム内で合意形成ができるか				
4点: 全員で十分に話し合いがある 3点: 話し合いがやや不十分である 2点: 話し合いが不十分である 1点: 一部の人のみで話し合い				
ものづくりの力				
(9) 人や環境に優しい視点があるか				
4点: 人や環境に十分配慮している 3点: 人や環境にある程度配慮している 2点: 人や環境にある程度配慮していない 1点: 人や環境に配慮していない				

専攻科 特別演習・特別実験 相互評価ルーブリック案				
	A班 おらとこ	B班 青少年 自然の家	C班 ファミリー パーク	D班 天文台
ご来場者の皆さまへ				
本日は中間発表会にご来場いただき誠にありがとうございます。大変お手数ではありますが、授業の趣旨をご理解いただき、相互評価シートへのご記入に、ぜひご協力ください。評価する力の詳細については、資料「社会人基礎力」を参考にしてください。				
専攻科特別実験 相互評価シート				
各評価の点数はそれぞれ、「4点:大変優れている、3点:優れている、2点:少し努力が必要、1点:不十分」であることを表しています。全ての欄を埋める必要はありません。評価しやすいところだけ記入をお願いします。				
前に踏み出す力: 一歩前に踏み出し失敗しても粘り強く取り組む力				
(1) 当事者意識をもって取り組んでいるか				
4点: 事業所とよく交流し、自分たちのこととして、事業所の人とともに取り組んでいる。 3点: 事業所との交流がある程度あり、自分たちのこととして取り組んでいるが、事業所とともに取り組むという状態ではない。 2点: 事業所との交流はある程度あるが、事業所から頼まれた任務として取り組んでいる。 1点: 事業所との交流が不十分で、取り組みも他人事である。				
(2) 情報収集・共有は十分か				
4点: 必要な情報を素早く的確に収集しており、情報を共有して十分に説得力のある説明ができる。 3点: 必要な情報をおおむね収集・共有できており、説得力がある説明ができる。 2点: 情報収集・共有が不十分で、根拠があいまいで説明できない場面が時々見られる。 1点: 情報収集・共有が不十分で、説明できる人や部分が限られており、全体的に説明があいまいである。				
考え抜く力: 疑問をもち、考え抜く力				
(3) 情報分析や目的に沿った考察は十分か				
4点: 目的が明確で、調査内容を十分理解し、論理的に考えを説明できる。 3点: 目的がある程度明確で、調査内容を理解した考察がある程度できている。 2点: 目的がややあいまいで、調査内容をある程度理解しているが、考察は不十分である。 1点: 目的があいまいで、調査内容をほとんど理解しておらず、考察もあいまいである。				
(4) 計画的に取り組んでいるか				
4点: 明確で合理的な計画を立て、それに沿って取り組んでいる。計画に遅れが出た場合の対応策も考えられている。 3点: 計画が具体的であり、それに沿って取り組んでいる。 2点: 計画がややあいまいで、しばしば変更される。				

図 3-25 ルーブリックによる評価用紙

プレゼンテーションの評価表

(富山高専主催の研修にて、企業のエンジニアが作成したものを参考に作成しました。)

※ この授業では、皆さんからの評価や、学生同士の相互評価、自己評価など、複合的な評価を行っています。大変、お手数ではありますが、趣旨をご理解の上、ご協力よろしくお願いいたします。

班 評価の項目	A	B	C	D	E	F
話し方						
評価の基準 : 良く聞こえる声か、わかりやすいか、楽しく魅力的か、聞き手の反応を確認しているかなど						
全体の構成・内容						
評価の基準 : 構成がしっかりしているか、メリハリがあるか、具体的でわかりやすいかなど						
スライドのデザイン						
評価の基準 : 見やすい工夫してあるか、簡潔な言葉、わかりやすい言葉を使っているか、画像や動画が効果的か						
聞き手の反応						
評価の基準 : 拍手があるか、うなずいているか、適切な質問が出たか						

完璧 ⇒ 5 点	だいたい良い ⇒ 4 点	まあまあ ⇒ 3 点	もう少し ⇒ 2 点	まだまだ ⇒ 1 点
--------------------	------------------------	----------------------	----------------------	----------------------

アドバイスやコメントなどがありましたら、ぜひお願いします。

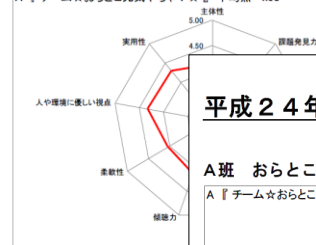
図 3-26 毎回の発表会で使用したプレゼンテーションに対する評価用紙
(2012 年度)

図 3-27 は、中間発表会の集計結果を学生にフィードバックする形成的評価の形式であり、図 3-28 は、最終発表会の集計結果を学生にフィードバックする形式である。

平成24年度 専攻科 特別演習 第1回中間発表会 相互評価

A班 おらとこ 『チーム☆おらとこ元気やちゃ!☆』

A 『チーム☆おらとこ元気やちゃ!☆』 平均点 4.08



A	主体性	4.13
	課題発見力	4.15

第1回中間発表 平均

B班 富山県呉羽青少年

B 『くれぽん's』 平均点 3.77

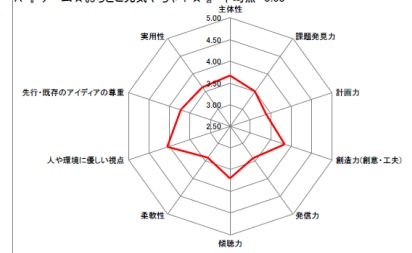


第1回中間発表 平均

平成24年度 専攻科 特別演習 第2回中間発表会 相互評価

A班 おらとこ 『チーム☆おらとこ元気やちゃ!☆』

A 『チーム☆おらとこ元気やちゃ!☆』 平均点 3.63



A	主体性	3.67
	課題発見力	3.48
	計画力	3.38
	創造力(創意・工夫)	3.85
	発信力	3.42
	傾聴力	3.71
	柔軟性	3.40
	人や環境に優しい視点	4.04
	先行・既存のアイデアの尊重	3.71
	実用性	3.60

【参考】 第1回中間発表 平均点 4.07
第2回中間発表 平均点 3.63 (0.44 ↓)

B班 富山県呉羽青少年自然の家 『くれぽん's』

B 『くれぽん's』 平均点 3.49

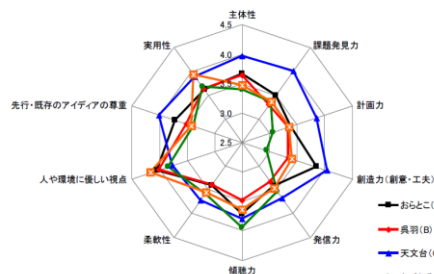


【参考】 第1回中間発表 平均点 3.77
第2回中間発表 平均点 3.49

B 主体性 3.64

班別相互評価

平成24年度 第2回 中間発表会



発表会各班平均点推移評価

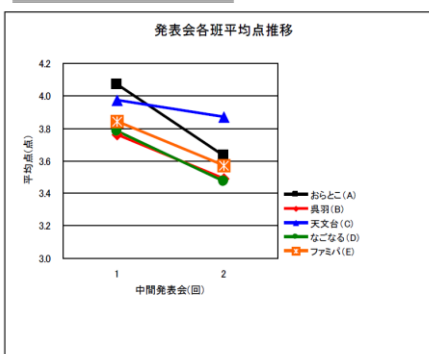


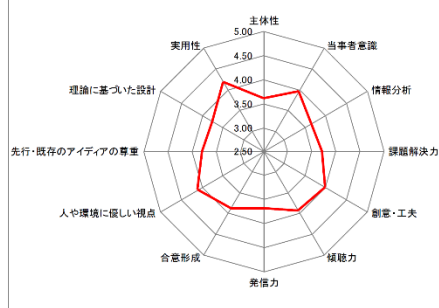
図3-27 中間発表会の集計結果を、学生にフィードバックする
形成的評価の形式（2012年度）

平成 24 年度 専攻科 特別実験 最終発表会 相互評価

A 班

相互評価

A 『チーム☆おらとこ元気やちゃ! ☆』 平均点 3.85



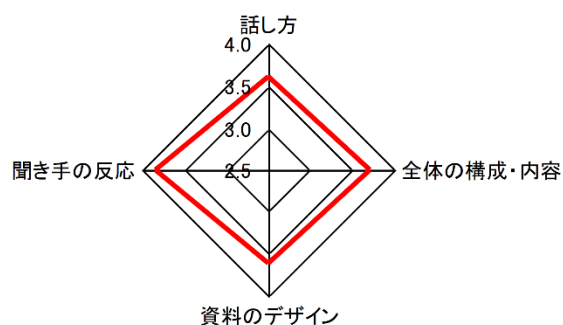
A	主体性	3.61
	当事者意識	3.94
	情報分析	3.66
	課題解決力	3.72
	創意・工夫	3.97
	傾聴力	3.94
	発信力	3.68
	合意形成	3.87
	人や環境に優しい視点	4.10
	先行・既存のアイデアの尊重	3.78
	理論に基づいた設計	3.73
	実用性	4.18

【参考】 第3回中間発表 平均点 3.79

第4回最終発表 平均点 3.85 (0.06 ↑)

プレゼン評価

A チーム☆おらとこ元気やちゃ! ☆
平均点: 3.69



A	
話し方	3.62
全体の構成・内容	3.71
資料のデザイン	3.61
聞き手の反応	3.84

図 3-28 最終発表会の集計結果を、学生にフィードバックする
形式的評価の形式 (2012 年度)

3-5-10 振り返り

振り返りは、毎回のワークシート（図 3-13, 17, 19）を作成することと、発表会ごとに自己の目標と評価を記述するワークシート（図 3-29）によって行った。また、本科目の特徴的な点は、学期の最後、発表会を終えた後に、学生チームごとに指導者チーム（教員 1～2 名、技術職員 4～5 名からなる）と、約 30 分間の振り返りの時間をもったことだった。

図 3-29 の通り、振り返りのワークシートは 3 種類作成した。最初の中間発表会終了後に、「前に踏み出す力について」「考え抜く力について」「チームで働く力について」「技術者の心構えについて」「自己主導型学習能力について」「その他、自分の目標」の 6 項目について、経済産業省の資料をもとにして自分自身の目標を立て宣言させた。2 回目または 3 回目の中間発表が終わった時点で、前回自分が立てた目標に対しての達成度 (%) を記入し文章で自己評価を行って次の目標を立てた。最終発表会の終了後に、前回の目標に対する自己評価を同様に行い、授業が終わった後の目標を立てて終了した。

振り返りのワークシートの自己評価の項目は、2006 年に経済産業省により「多様な人々と仕事をしていくうえで必要な基礎的な力」として定義された概念「社会人基礎力」をベースにして、毎年指導者チームで話し合って決めた。「社会人基礎力」をベースにしたのは本教育プログラムで目指す能力と整合しており、学生自身にとっても、協力をいただいた事業所の方々にも企業の方々にも、理解と納得が得られやすい項目だったからである。

このようなワークシートによる振り返りによって、科目に設定された習得目標を認識しつつ、自分自身の現実的な目標に落とし込んで、常にそれを意識しながら活動を行うよう習慣づけた。この活動によって、科目として決められている習得目標を指針として振り返りの活動をすることで、一人ひとりが自らの目標を立ててそれに向けて自らの可能性を見出し、自らの努力でその可能性を拓いてほしいと考えた。

各チーム 30 分の振り返りの会では、発表会の評価、チームの活動記録ノート、個々の振り返りシート（最後に図 3-30 を作成）などを見ながら教職員から問いかけをすることによって、この科目では何をしたり何が起こったりして、何を学び、それはどういう意味があり、これからどのように活かすことができるのかを、学生一人ひとりに語らせて教職員からのメッセージを伝えた。

一年間の活動中、ほとんどの学生が何らかの失敗を経験し悩み迷い、それを超えて成功体験を得たり超えることができないままだったりした。最後にチームのメンバーと

教職員たちとで振り返ることにより、それらの出来事に学びとしての意味づけをして終了した。

平成 24 年度 専攻科 特別演習・実験 自己評価用の目標 宣言用紙	
<p>シラバスや社会人基礎力等を参考にして、この授業における自己目標を立てて下さい。</p> <p>自分の成長のための自己目標として下さい。</p> <p>1 年間の途中や最終段階で、適切に評価できるような具体的で明確な内容として下さい。(ワープロ作成 OK)</p>	
<div>目標の記述に</div> <div><div>◎ 使える言葉 (具体的・定量的など)</div><div>～をする、～ができる 言葉で説明する、構築する</div><div>やってみせる、○〇で評価する、書き記す</div><div>リストアップする、示すことができる</div></div> <div><div>× 使うべきでない言葉(あいまい・感情論など)</div><div>知る、感じる、理解する、～だと思う</div><div>気づく、計画する、解釈する、一生懸命やる</div><div>がんばる、努力する、述べる</div></div>	
1)前に踏み出す力について	<div>○今後、自分が取り組もうとする具体的な内容と自己目標</div>
2)考え抜く力について	<div>○今後、自分が取り組もうとする具体的な内容と自己目標</div>
3)チームで働く力について	<div>○今後、自分が取り組もうとする具体的な内容と自己目標</div>
4)技術者への心構え	<div>○技術者の心構えとし</div>
5)自己主導型学習能力	<div>○今後、自分が取り組もうとする具体的な内容と自己目標</div>
6)その他	

専攻科特別演習・実験 自己評価-Ver.1、自己目標-Ver.2 宣言用紙

まず、前回立てた自己目標に即して、第 2 回中間発表を終えた段階の自己評価(数値と文章で)をせよ。

それに基づいて、後期(特別実験)における自分の成長のために適切な自己目標を立てよ。適切に評価できるような具体的な内容と、それに対する自己目標を明確にせよ。(ワープロ作成 OK)

1)前に踏み出す力について

○前半の目標の対する自己評価(達成度とコメント)

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%

自己評価:

○後半、自分が取り組もうとする具体的な内容と自己目標

専攻科特別演習・実験 自己評価・自己目標-Ver.4

まず、これまでの自己目標を分析し、最終成果発表を終えた時点での自己評価をして下さい。また、自分が、この授業での取り組みから得たことを明確にして、それを基に、今後の自分の成長のために適切な自己目標を立てて下さい。各々について、大切だと思う項目を挙げ、それに対する自己目標を明確にして下さい。(ワープロ作成 OK)

1)前に踏み出す力について

○本授業での目標の対する自己評価(達成度とコメント)

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%

自己評価:

○今後、自分が取り組もうとする具体的な内容と自己目標

3)チームで働く力について

○前半の目標の対する

0 10 20

自己評価:

○後半、自分が取り組もうとする具体的な内容と自己目標

2)考え抜く力について

○本授業での目標の対する自己評価(達成度とコメント)

0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100%

自己評価:

図 3-29 振り返り用ワークシート
4 回の発表会ごとに振り返り, 次への目標を立てる
(2012 年の実践より)

縦軸を感情や気分とし、横軸を時間として、自分の 1 年間のこの授業に対する感情を分析して、連続した曲線として書いてみて下さい。納品後に高松まで提出して下さい。

班 氏名 _____

+
↑
スタート
↓
-

四月 五月第1回発表会 七月第2回発表会 夏季休暇 冬季休暇 十二月第3回発表会 一月最終発表会 最終ヒアリング 納品

班 氏名 _____

専攻科特別演習・特別実験 相互評価・自己評価

(1) チームのメンバーの貢献度を、「総合的」に、感情的ではなく「客観的」に、「過不足なく」(過小評価・過大評価することなく)、「謙遜や卑下することなく」相互評価して下さい。

(記入例)

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100%
A 君 10%		C 君 15%		B 君 20%		自分 25%		D 君 30%		

(チーム内での個々の貢献度の相互評価)

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100%

前に踏み出す力 (アクション) ～一歩前に踏み出し失敗しても粘り強く取り組む力～

主体性: 物事に進んで取り組む力
 働きかけ力: 他人に働きかけ巻き込む力
 実行力: 目的を設定し確実に行動する力

考え抜く力 (シンキング) ～疑問を持ち、考え抜く力～

課題発見力: 現状を分析し目的や課題を明らかにする力
 計画力: 課題の解決に向けたプロセスを明らかにし準備する力
 創造力: 新しい価値を生み出す力

チームで働く力 (チームワーク) ～多様な人々とともに目標に向けて協力する力～

発信力: 自分の意見をわかりやすく伝える力
 状況把握力: 自分と周囲の人々や物事との関係性を理解する力
 傾聴力: 相手の意見を丁寧に聴く力
 柔軟性: 意見の違いや立場の違いを理解する力
 規律性: 社会のルールや人との約束を守る力
 ストレスコントロール力: ストレスの発生源に対応する力

(2) 社会人基礎力を自己評価してみましょう。

図 3-30 振り返り用ワークシート 最終発表会終了後の作成, 振り返りの会の参考
(2012 年の実践より)

3-6 実践結果

2005 年度から本科目が開講され、初年度の課題を翌 2006 年度には改善し、コースデザイン、授業デザインおよびワークシート類をほぼ完成させた。3 年目となる 2007 年度からは二つの科目枠を使う通年実施となったが骨子は変わらず、一つひとつの工程により適切な時間配分をして丁寧に行った。コース・授業デザインおよび評価項目は、その後も担当教員を中心として指導者チームで検討し変更や改良を加えていった。評価項目は、2006 年に経済産業省から提唱された社会人基礎力の要素も考慮して変更を加えた。2008 年度には通年開講の授業実践がほぼ軌道に乗り 2012 年度までコース・授業デザインおよび評価項目はほとんど変更なく実施した。

この間、本科目の目標とする人材像は変わっていないが評価項目が異なるため単純に比較することはできない。その前提をふまつつ全評価項目の平均点を比較すると、2005 年度は 7.3 点、2006 年度は 8.3 点、2008 年度は 9.0 点と伸びていった。

2005 年度から 2006 年度にかけては、各種のワークシート開発、学習活動の工夫を重ねた。例えば PCM 手法を導入したことが「背景や状況の把握」「問題の抽出と明確化」で 8 点を超える効果として表れた可能性がある。また 2006 年度は、本科目の習得目標の一つである専門性の発揮の評価項目としていた「効果の科学的な検証」「理論に基づいた設計」「創意工夫や独創性」や、社会人汎用力や発信力の評価項目としていた「質疑に対する応答」「表現方法」が低い結果となった。これは学生の思考が深いところまで到達しなかったことや、ものづくりのレベルが不十分だったこと、プレゼンテーションスキルが身につかなかったことの現れであると推察し、通年開講となった 2007 年度からは時間をかけて形成的評価の機会（表 3-3）を多くしながら丁寧に進めるようにした。また中間発表会の回数も 1 回から 2-3 回へと増やすと共にプレゼンテーション専用の評価票（図 3-26）やチェックシートなどを開発した。それを形成的評価に用いることにより学生たちへ努力すべき内容や方向が伝わるようになり、2008 年度には「課題発見力」「創造力」「理論に基づいた設計」「発信力」でほとんどのチームが 8.5 点から 9 点を超える結果になったと考えられる。

また指導者チームの PBL 指導スキルの向上が影響している可能性も否定できない。PBL における指導者の役割がそれまでの伝統的な教育の中で身につけてきたものと大きく違うため、指導者チームの学びの機会を多くとった。高専では伝統的に、教員と技術職員が車の両輪のごとく技術者教育を担ってきた。このようなチームによる指導経験を PBL の指導スキルへと発展させ、両者の役割を活かした PBL 指導法を徐々に確立していった。PBL では指導者は思考のコーチやメンターとしての役割が大きく重要

(Suzie Boss with John Larmer,2018) (Torp, L. & Sage, S.,2002) だが、この役割が大変難しく、PBL 導入当初は、時には従来どおりの役割の延長線として先回りして知識を与えてしまったり、また逆に放任になってしまったりしがちであった。そこで、指導者チームは、外部資金獲得による海外視察や有識者から学ぶシンポジウムなどの開催、教員、技術職員それぞれの立場からの教育研究と学会発表、その成果を小規模FD で学び合うことなどを行った。このようにして指導者チームが、PBL の基本となる学習科学の知見や学生の認知の仕組みを十分に理解して、PBL 教授法のスキルアップを図っていった。

半年実施と通年実施であった 2006 年度と 2008 年度の最終発表会の結果を以下に示す。2006 年度は半期（100 分 2 コマ×15 回）で実施、最終報告会の評価は合計 42 名で行った。内訳は、履修学生 19 名、指導者チームの教職員とその他の学内教職員 10 名、先輩や後輩など履修外学生 7 名、企業や事業所などの一般の方 7 名であった（図 3-31）。一方、2008 年度は通年（100 分 2 コマ×15 回×2 期）で実施、最終発表会は合計 47 名で評価した結果である（図 3-32）。

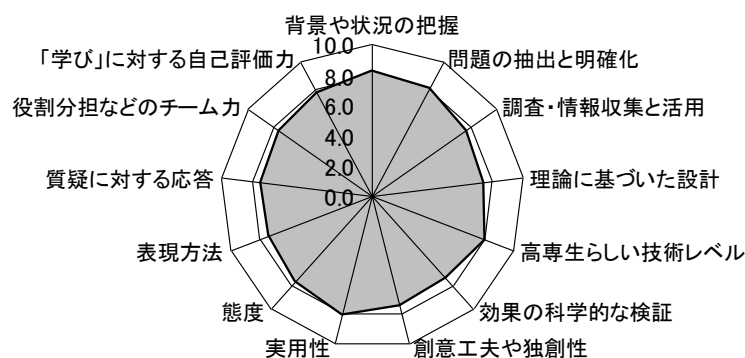


図 3-31 2006 年度 最終発表会の評価結果 （42 名が評価活動に参画）

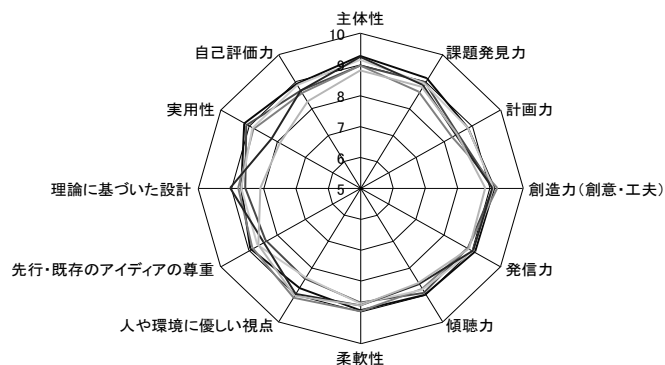


図 3-32 2008年度 最終発表会の評価結果 （47名が評価活動に参画）

以下に一年間の学生の成長を比較する。

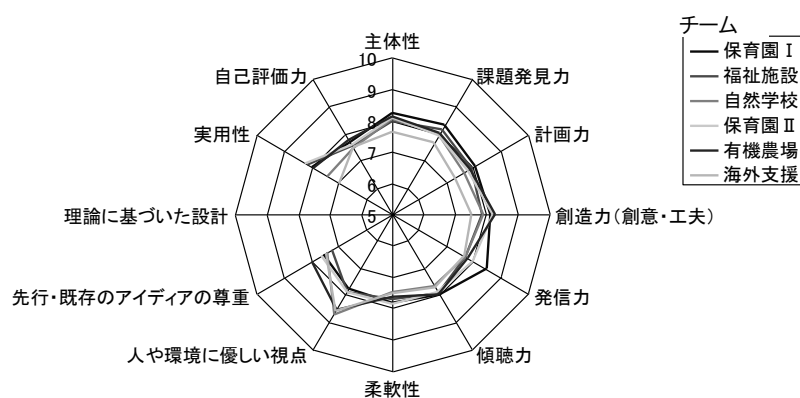


図 3-33 2008年度 第 2 回中間発表会の評価結果(66 名が評価活動に参画)

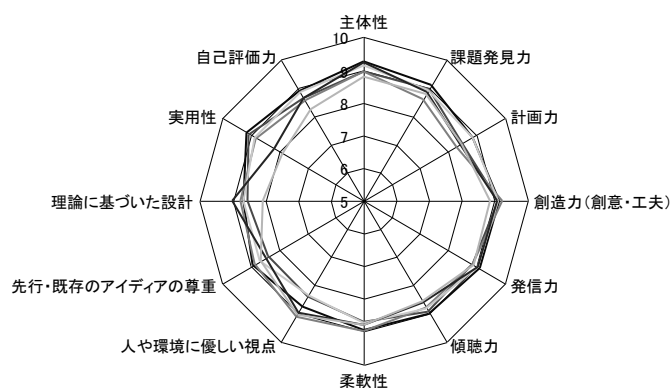


図 3-34 2008年度 最終発表会の評価結果 (47 名が評価活動に参画)

図 3-33 と図 3-34 の比較より，期間を 1 年間としたことの教育効果がみられる．全チームがすべての評価項目で点数を伸ばす結果（伊藤，2008）となった．

2006 年の終了後に受講学生にインタビューを実施した．各チームの代表 1 名から回答を得た結果の要約を本章の末尾に資料として付す．学生の回答に引いた下線部より，3-1-1 の目的で挙げた，Problem-BL を本科目に導入することによる以下の教育効果に手ごたえを得ることができた．

① 技術者になるための学ぶ意欲を高める．

→これから取り組みたいことの回答には，意欲の高まりがみられる．)

② 高専での学びと技術者の専門職としての社会的使命が結びつく．

→人の役に立つ，技術で期待に応えるという喜びを表現している)

③ 専門の知識・スキルを統合し活用する問題解決を通して，探求力と批判的で高度な思考力を育成する．

→PBL の学びのプロセスにおける混沌や混乱を楽しみ、そこから得られた深まりの感じられる結果に充実感を得ている

- ④ 自己主導学習力（自立的に学び続ける）、評価能力（自己の客観的評価を行い、統合化、一般化して次に生かす）を育成し学び続ける姿勢を育む。

→自己主導型学習が起こったことに数名が言及し、他分野を学ぶことや統合的な学習の重要性、さらには学び続ける意欲を語っている

- ⑤ 技術を取り巻く社会環境を考える姿勢や、技術者としての誇り、基礎的な社会性と技術者マインドなどの総合力を育成し、将来への勤労意欲を喚起する。

→社会的な視点の広がりに関する直接の言及はなかったが、将来への意欲を示した。

毎回の振り返りの機会などに促した学生による省察や自己評価の結果も、自己主導型学習への意欲、技術者の社会的使命、他の分野を学ぶ意義と意欲や楽しさ、コミュニケーションの重要性に関する記述が多く見られた。チーム内でのコミュニケーション（協働学習）や協力体制に困難を抱えるチームは、各評価項目においても低い評価を受ける結果となった。発表会でのパフォーマンス評価、自己評価、指導者評価の結果を総合的に考察すると、伝統的な講義や実験とは異なる PBL 特有の能力が育成されたと考えられ、PBL を高専教育に導入する意義は大きいといえる結論を得た。

これらの実践より得られた、教育効果を向上させるための知見は以下の通りであった。

- ① 1 年間のプログラムとしたこと。
- ② 1 チームの人数を 3 名から 5 名（2007 年以降）にしたこと。
- ③ 各種のワークシートを利用した主体的学習の促しと形成的評価の機会を多く設け、学習プロセスに埋め込んだこと
- ④ 評価項目と評価基準を最初から明示して自己チェックを複数回行ったこと
- ⑤ 学習環境を整備したこと
 - ・実習工場内に工房を整備し、木工や軽作業がいつでも行える環境を整えた。
 - ・学生のミーティング用にインテリジェンスホワイトボードを各班に一台ずつ揃えた。
 - ・専用教室の整備など、年を追うごとに様々な点において充実させていった。
- ⑥ 企業や先輩からのアドバイスや叱咤激励を受ける機会を設けたこと。
 - ・社会実装科目の意義について企業経営者や先輩から講義を受けることで、モチベーションが向上する効果を得られた。
 - ・発表会に、企業技術者や発明協会の方々にアドバイスを受けることは、授業に対

する緊張感、モチベーション、実産業界の視点がものづくりに活かせるなどの効果を得た。

- ⑦ 指導者の PBL 指導に対する理解が進み、認知的コーチングスキルが向上したと。
- ・指導者チームのミーティングを頻繁（原則として毎週 1 回）に行い授業の進め方を詳細に打ち合わせることで、各々が学生の学習状況に応じて柔軟な教育的対応ができるようになっていった。
 - ・深い思考を促す問いかけの訓練が効果的だった。
 - ・指導者チームのそれぞれの得意分野を活かして、指導やコーチングを行った。
 - ・オリジナルワークシートの開発における、開発の過程と使用の段階とで指導者間の認識の統一を図ることができた。
- ⑧ 学びの振り返りを、個人、チーム、指導者チームとレベルを変えながら行ったと。
- ・自らの認知活動や経験をメタ的視点から省察する機会とし、新しく得た知識やスキル、変化した価値観や姿勢、心のあり様、自分の成長などを、チームのメンバーと教員チームとで一緒に振り返る。それによって、本科目の経験の一つひとつを意味づけしてこれまでの自らの学びの枠組みに落とし込み、定着をはかることを目指した。
- ③から⑧については、毎年少しずつ工夫や改善を重ねていった。

3-7 課題

社会実装科目の PBL による実践の結果、明らかとなった課題は以下の通りであった。

- ① 学習者側の問題（必要な基礎力＝段階的訓練の機会）
- ・情報を扱う力（収集、選択、活用、発信、倫理）
 - ・対話の力、合意形成の力
 - ・評価する力＋評価を活かす力
- ② 学力観・能力観
- ・伝統的／本質主義 ⇒ 新しい学力観／社会文化的知識観
- ③ 学びのプロセスの設計
- ・他の科目群との連携
- （カリキュラムデザイン／授業デザイン／学習活動デザイン／評価）
- ④ ESD 教育（Education for Sustainable Development）や他の教育との融合

⑤ 指導者側の問題（必要な理論と手法）

- ・学習科学の知見（動機づけ、足場かけ、メタ認知 等）
- ・思考法，協働学習指導法，教材開発法
- ・インストラクショナルデザイン（ID）スキルと学びのツール

⑥ 学習環境

- ・連携（学外・内）
- ・プロジェクトの期間中，学生の学びの本拠地とできるプロジェクトスペース
- ・安全対策

特に，①②の，学生の PBL に関する基礎力と新しい学習観の付加・増強である。

デンマークでは，小学校から創造性を発揮するための基礎力を身につける教育を受けた上で高等教育に進むので，大学では PBL カリキュラムによって高い専門性からの探究活動の充実に集中することができていた。

まず一点目は PBL の基礎力が低いこと，言い換えれば協働的な知の創出に関する基礎力の欠如である。この欠如は直接の測定が困難で自覚もしにくいのだが，学びの過程で思考を可視化するために作成する成果物や，最終的な製品に対する各事業所の満足度に現れた。成果物のまとめ方などのスキルや，ものづくりのテクニック不足が原因であるかのように評価される場合もあるが，根本的なところを見落としがちである。それは，①情報収集，選択，活用能力と，②評価する力，そして③対話と合意形成（コンフリクトの対応力を含む）のコミュニケーション力である。①や②は，これまでの学校生活の中では受け身で与えられるものであった。疑問をもつことなく素直に教員からの情報を受け取り，評価を受け入れるように訓練されてきたと言える。また，学校教育で重要だとされるコミュニケーション力は，仲良くすることやわかりあうことのためであり，チームが同じ方向を向いてがんばる場面に必要な「良い人間関係」構築のためのものだった。しかし PBL で必要なコミュニケーション力とは，利害の不一致，衝突，対立，葛藤，混乱の中から新しい知恵や工夫を生み出すスキルである。その相手は指導者やチームメイトにとどまらず，自分とは異なる専門分野の事業所の方々であり，エンドユーザーであり，ステークホルダーであり，企業の方々であった。その方々から自分たちが必要なものを引き出し，合意し，納得を取り付け，そして新しいものを生み出すために必要なコミュニケーション力である。

次に，二点目は知識観，学習観，能力観の問題である。本田（本田，2002）によると，「日本では，「要素的な知識観・学力観」＝「〈知識〉というものを『個々のことがらを知っていること』だ」ととらえ，それをよりたくさん知っていることが『学力の高さ』とイメージされるという傾向が根強いということ」としている。現在の学校では授業もカ

リキュラムもそのような知識観や学習観に立って設計、実施されている。つまり、知識は個に蓄積され個が利用するものとして、個に属する知識を増やしたり、個の性能を伸ばしたりして、その増え具合や再現性を測定する教育や評価を受け続けて育つ。しかし、例えばデンマークの PBL 教育はそのような能力観とは明らかに異なる立場から学習と教育を捉えていた。学校視察でインタビューした教師たちの言葉は、どの学校種であれ異口同音に次のようなものだった。「知識は使えることが大事で、競争のスキルよりも協力と合意形成のスキルや能力をつけ、持続可能性のための知恵を生み出すことを学ぶべきだ」と。また、「教育の成果としての様々なレベルの学力テスト（PISA など含む）の結果はあまり意味をもたず、それよりも社会、すなわち国の内外で成功し幸せに生きることによって照準を置いて学校教育を行っている、学校は何かを教える場ではなく、色々な挑戦と失敗を経験しながらひとり一人が自分の可能性を見つけるところだ」と語った。すなわち、PBL 教育の根底にある能力観が異なるのである。

伝統的な教育システムでこれまで成績が良かった学生や、大学院進学を希望する学生、留学生の中には、PBL による教育に反発し意味を見出せないと訴えてきた。学力低下を問題視して PBL を否定する教員も少なくなかった。

三点目は、カリキュラムの問題である。知識観、学習観、能力観が PBL 教育とは異なるカリキュラム構成の中での PBL 科目の位置づけの問題である。これまでの学校教育において重要視されてきたのは要素還元的に発達した科学に伴走して開発された教育であり、物事を客観的・冷静に捉え考えるための抽象的な概念である。これらの要素的知識や概念を知ることが目的のカリキュラムである。しかしながら、社会生活で必要な知識や概念は、場に応じて要素同士を連携させ統合しなければ使えず、それは社会に出てからの個々人にゆだねられており、学校はほとんど手をつけてこなかった。しかし、PBL は、個々人により独自の統合化の方法を見出させコツをつかむことを練習する科目である。専攻科の社会実装科目は、学生にとってはいきなり高度な知識の統合化やら、知の創出のためのコミュニケーションやら、自分を評価することやら、玉石混淆の情報の海の中に放り込まれる。もともと資質のあった学生は成長を楽しめるが、ほとんどの真面目にルールを歩いてきただけの学生にとっては、戸惑いの方が大きく、ともすれば成長の格差を生んでしまうことにもなりかねない。

一点目の PBL の基礎力の課題、および二点目の知識観、学習観、能力観に関する課題は、三点目のカリキュラムの課題と通底しているともいえると思う。

3-8 まとめ

3章では、社会実装科目が、産業界の科学技術イノベーション・プロセスの体験活動として設計され、「本質的に予測不能で経験的な」イノベーション・プロセスの要諦とされる「フィードバックの獲得」と「社会との連携」を経験することを中心に据えていることを述べた。

そして、PBL導入の目的は、単に“ものづくりで発揮する狭義の創造性育成”ではなく、(1) 高い専門性に立脚しながら、(2) 専門性を発揮するための社会人汎用力を有し、(3) 未来志向で社会づくりに参画できる人、それは、「社会や身の回りの諸問題を科学技術の側面から解決し得る総合的能力を備えた人材」とした。その目的を達成するため、本科目で修得することを目指す能力と評価項目を整理した。

次に、設計・実施した科目の概要と学習活動を述べた。特にテーマは重要であり、本研究の目的である「環境的、社会的、技術的課題を総合的に扱う」教育プログラムを実現するために、地域課題に対峙する事業所における“社会に役立つ”ものづくりをテーマとすることとした。

評価活動としては、学習プロセスに埋め込んだ形成的評価と統括的評価を、多元的な主体、形式などにより実施した。また学びの省察の機会を多くもった。直接評価による結果を考察し、PBL導入初年度の2005年度から改善を重ねて学習効果の高い教育プログラムを構築した。

実践の結果、学生のPBL基礎力の不足と低学年からの習得の必要性、教員や学生の知識観、学習観、能力観の転換の必要性等が重要な課題として挙がり、低学年からの一貫したカリキュラム設計の必要性を確認するに至った。

次章では、「環境的、社会的、技術的課題を総合的に扱うPBLカリキュラム」を志向した、社会実装科目のようなイノベーション教育につなぐ低学年からの一貫した教育プログラムの構築について検討・実施した結果を報告する。

《資料》 2006 年の授業終了後のインタビュー結果要約

◆ 難しかったことは？

S₁さん: 人が相手。コミュニケーションをとって、使う人の意見を取り入れないといけない。意見交換をすることが難しかった。

しくみはジェンガに似ているが、頭も手も使って楽しく遊べるものをめざした。大きさや素材を工夫し、試作してはダメで、作り直した。

Nさん: 市販のものがあるので、同じものをつくっても意味がない。オリジナリティを出すのが大変だった。そこで、普通は光か音かのいずれか一つを利用するが、うちのチームは光を3段階で変える工夫をした。

期日を決めて進めたが、あいまいな設定だったので、スムーズに進行できなかった。

Oさん: 訪問先で困っていることを探し出すことに苦労した。チーム員の一人が野外活動をしてことがある。その経験から、こんなことはできないかと発案。

問題解決というよりは、企画提案というかたちに。でも、その発案を受け入れてくれ、そのうえ、喜んでもらえてよかった。

Kさん: すでにある形を参考にしたが、設計が大変だった。やってみると、既成のものがいかに細かく考え、計算されているかがよくわかった。

滑り台は立体であり、安全性も必要だし、本当に大変だった。

Mさん: 農場が山奥にあり、夜、道路が暗いので困っていた。自然が豊富なので、自然の力を利用して明るくできないかを考えた。周辺を見て回り、風力・貯蔵水のノズルからの水力・小川など利用できそうなものがいくつか見つかったか、どれを使えばよいのかを選択するのが大変だった。測定実験を行い、貯蔵水を利用することにした。

S₂さん: どうやってアイガモらしくするかが大変だった。「アイガモらしい外見は」「泥をかき混ぜる動きはどうするか」「動力は」と考えることはたくさんあったが、期間は半年間しかないし、どれを優先して、いいものに仕上げるかに苦労した。

◆ 楽しかったこと、嬉しかったことは？

S₁さん: 知らない人とコミュニケーションすることが楽しかった。また、コミュニケーションしていかないと、計画を進めていくことができないし、何かをするときにはコミュニケーションが大事だとわかった。

「進んで遊んでもらえるもの」を目標にしたが、使う人の顔が直接見られたのはよかった。施設で利用者から「きとりっこ、ないがけ」と言ってもらえたのは嬉しかった。

Nさん: 辛かったことが多く、思い出すのは大変だったことばかり。

Oさん: 設計から始まって、形になり、目的の機能を果たしてくれた時はものすごく嬉しかった。「火が出た!」と飛び上がって喜んだ。

Kさん: みんなで協力して、ものごとに取り組めたのがよかった。大変なこともあったけど、最後にみんな吹っ飛んだ。

Mさん: 水車をつくって、夫妻の前で動かしてみせた。電力が確保でき、喜んでもらえた時は嬉しかった。そのうえ、最初は道路か小屋前に照明を設置する予定だったが、「家の前につけたい」と言ってもらえて、さらに嬉しかった。

S₂さん: 何もないところから、つくっていくことの喜びを感じた。試作してみて、動かなかった時は「なぜ?」と考えたし、動けば嬉しかった。全部仕上げて、動作を確認して、できあがった時には充実感があった。

◆ この演習で得たものは？

S₁さん: 「ここまでこれをつくろう」というしっかりした計画を立てることが、それがないと、ずるずると中途半端になり、うまく進んでいかない。

Nさん: 自分が今までほとんどやったことのない電気について学ぶことができた。わからないことが出てくると、いろいろな先生に聞きに出かけて、勉強した。部品の名前や専門用語にも詳しくなった。

材料は既製品を使って組み立てたが、うまくいかなかった。単純につなげるだけではダメ。電圧や電流はどれ

くらいが適切なのか等も考慮しないといけないことがわかった。

Oさん: チームはそれぞれ専門分野が違う人が集まっており, 自分とは違う発想が出てくるので, 意見交換が面白かった。

Kさん: 僕は化学が専門。しかし, 製作の過程では機械の技術や知識が必要。他のチーム員から習って覚えていったが, よい経験になった。

Mさん: 将来はものづくり, アイディアを出すような仕事をしたいが, ブレインストーミングの手法を学べたことがよかった。どうつながっていくかわからないけれど, 囚われずに自由に発想していくのは面白い。

S₂さん: すべての過程を全部自分たちの手でやるという授業はこれまでなかったので, 考え方の基礎が身についたのではないかと思う。

◆チームの中での役割は？

S₁さん: 電気系チーム員は問題点を探り, 解決提案のリーダー。機械系はものづくりのリーダー。金属系は伝票作成, 計画, 発表のリーダーとそれぞれが中心となって進める仕事を分担し, 個人で進行し, 日程を設定して, すり合わせするというやり方をした。

Nさん: 3人に特に役割はなく, 常に一緒に行動した。だから, 動きが遅かったのだと思う。

Oさん: 初めは役割分担していたが, 進むにつれ有名無実化。最初は設計担当だったが, 下降にも携わったし, 状況によって全員がフレキシブルに対応した。

Kさん: いつのまにかリーダーということになっていた。というより, 面倒くさいことは押しつけられた? 買い物した時の伝票作成などもみんな僕だった。作業自体はまったくの協働作業だった。

Mさん: 誰がどの担当という感じでなく, みんなで話し合いをしながら進めていった。僕は元々物質工学なので, 実際の製作面では得意とするチーム員にある程度任せたが, ネジの製作など僕ができる小さな作業は行った。

S₂さん: まとめ役だったと思う。みんな元々も学科が違うので考え方が噛み合わないことも多かったが, 調整にがんばった。意見がバラバラな時には「ちょっと, ちょっとちょっと」という感じでまとめていった。

◆これからしたいことは？

S₁さん: もう1回, こういうかたちのものづくりをしたいし, 今度は「ものを実際につくる立場」で参加して, 根幹に関わるものをつくりたい。

Nさん: 今年1年は研究に集中したい。透明導電膜の開発に携わっており, 紫外光を通せるものをつくりたい。

Oさん: この演習で視野を広げることができたと思う。これからも幅広い視野で着眼し, 考え, ものづくりをしていきたい。

Kさん: もっと化学が役立つようなものづくりをしてみたい。

Mさん: 将来は研究所で研究をしたい。発想力を身につけていきたい。

S₂さん: 将来は企業の研究者になりたい。しかし, 今はまだ自分の考え方は狭い。大学院に行くので, 違う分野のことも勉強したい。

参考文献

- ・ 浅野敬一 (2017) 「社会実装教育」の背景を考える～イノベーションを目指す工学教育～
『工学教育』 65(4), p.10-15.
- ・ 新海洋子 (2006) 「地域に学び地域に還す 富山高専学生・学校・地域の学びの連鎖」『わかる！ESD テキストブックシリーズ1 基本編 未来をつくる『人』を育てよう』NPO 法人持続可能な開発のための教育の10年推進会議, p.46-49.
- ・ Torp, L. & Sage, S. (2002). *Problems as possibilities: Problem-based learning for K-16 education*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- ・ 佐藤知正, 林丈晴, 大塚友彦 (2017) 「科学技術イノベーション実現のための社会実装教育～社会実装コンテスト～」『工学教育』 65(4), p.3-9.
- ・ 四ツ柳隆夫 (2004) 「高等専門学校の在り方－高専教育の現状と課題－」『中央教育審議会大学分科会 制度部会 (第9回) 資料4』
- ・ Virginie SERVANT (2012). PBL in Japan, *The PBL in Asia Series*, Promethea Education Consulting Pte. Ltd.
- ・ 藤倉輝道 (2012) 「PBL からこれからの医学教育を考える」『日医大医会誌』 8(3), 188-194
- ・ 杉山芳生・松下佳代 (2019) 「PBLの持続可能性の条件 --医療分野における中断・縮小事例の分析に基づいて--」『京都大学高等教育研究』 25, p.59-62.
- ・ Sawyer, R. K. (2007). *Group genius: The creative power of collaboration*. New York: BasicBooks.
- ・ 大迫正弘 (2004) 「Project Cycle Management PCM ハンドブック」『PCM Tokyo グループ』
- ・ 柏野尊徳 (監訳)・木村徳沙・梶希生・中村珠希 (訳) (2012) 「デザイン思考家が知っておくべき 39 のメソッド-the d.school bootcamp bootleg-」The Hasso Plattner Institute of Design at Stanford, デザイン思考研究所 (編集) .
- ・ 小澤妙子・高松さおり・伊藤通子・今井英之・梅村公人・石田文彦・高田英治・本江哲行(2012a) 「富山高専における PBL に基づく“ものづくり”知財教育」『日本知財学会年次学術研究発表会予稿集(CD-ROM)』 10th, ROMBUNNO.2F7.
- ・ 伊藤通子 (2008) 「技術職員と知財教育」『日本知財学会第8回知財教育研究会予稿集』発表資料.
- ・ 小澤妙子・伊藤通子・上堀博之・今井英之・梅村公人・高松さおり・本江哲行 (2012b) 「富山高専における知財教育について」『平成23年度実験・実習技術研究会報告集』 p.115-116.
- ・ 伊藤通子・津森展子・川越みゆき・戸出久栄 (2010) 「見たことは覚える」「やったこと

はわかる」「見つけたことはできる」環境安全教育プログラムの開発『日本化学会講演予稿集』90th-2, p.452.

- ・ 津森展子・伊藤通子・川越みゆき・戸出久栄 (2011)「高専で必要とされる環境安全教育推進のための取り組みⅠ－教育心理学に基づいた低学年学生実験における試み－」『論文集高専教育』34, p.661- 666.
- ・ 伊藤通子 (2018)「アクティブ・ラーニングに導入するための創造性や主体性を伸ばす安全教育」『平成 27 年度～平成 29 年度文部科学省 科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金基盤研究（C）課題番号 15K00963）』報告書.
- ・ 阿部治 (2003)「環境教育から持続可能な開発のための教育へ」『ESD-J 2003 活動報告』
- ・ 阿部治 (2010)「高専教育と ESD」『第 17 回エコテクノロジーに関するアジア国際シンポジウム第 4 セッション』講演資料.
- ・ 佐藤真久・菊池慶子 (2009)「日本の高等教育機関における持続可能な開発のための教育 (ESD)の実施動向」『日本環境教育学会関東支部年報』p.33-38.
- ・ 富山高専 (2009) 文部科学省現代 GP「世界に学び地域に還す, ものづくり環境教育」報告書.
- ・ Suzie Boss with John Larmer (2018).*PROJECT BASED TEACHING*, ASCD
- ・ 伊藤通子・本江哲行・丁子哲治 (2008)「高専教育への PBL 導入における可能性と課題ーデนมマーク・オルボー大学の成功事例を踏まえてー」『論文集「高専教育」』vol.31, p. 283 – 288.
- ・ 本田由紀 (2002)「90 年代におけるカリキュラムと学力」『教育社会学研究』70, p.105-123.
- ・

第4章 一貫性のある継続的 PBL 教育プログラムの設計・実践

前章では、高専教育の目的である「創造性人材の育成」に直結する科目として、既有知識やスキルを統合して発揮し、産業界でのイノベーションプロセスを丸ごと体験して技術の社会実装から学ぶ「社会実装科目」の設計と実践を行った。対象は、専攻科1年生（大学3年生相当）であり、地域の社会課題に取り組む事業所において、事業所のミッションに基づいた社会的価値を高めるためのものづくりを行った。その結果いくつかの課題が明らかとなった。

そこで本章では、3章で明らかとなった課題の中の3項目、PBL基礎力の段階的訓練の必要性、新しい能力観の付加・増強、そしてESD（Education for Sustainable Development）など他の教育との融合の必要性に対する対応として、本科で行うべき教育について検討した。オルボーPBLモデルの調査（第2章）でも、高校までの基礎教育の上に高等教育で専門性を深めるPBL教育が可能となっていることが見出されたことから、高専教育では、本科5年間の低学年、中学年、高学年にPBL科目を配置して、専攻科を含めて7年間を通して教育を行うことが教育効果を高めるために有効であるのではないかと考えるに至った。

PBL基礎力の段階的訓練を本科の様々な科目の中で実践することは、筆者が技術職員として様々な教員とチームティーチングをすることで実現した。筆者は、以前より複数の学科、科目、学年にまたがる実験・実習・ワークショップ等に携わっていた。そのため、高専7年間で、学生がいつ、どうやって、どのような能力を獲得していくのか、客観的・俯瞰的視座をもって観察できた。そのような経験及び教育学的な視点に基づき、筆者は、学年進行に合わせたPBL教育プログラムとして、各科目において担当教員が作成するシラバスの目標や専門分野特性に則ったPBLプロセス設計やその中で行う汎用的能力育成のための学習活動（アクティブ・ラーニング手法）を企画すること、学習活動をファシリテートすること、形成的評価の方法を考え実施すること、それらに使用するワークシートの作成を担った。担当教員の役割は、科目のシラバスの骨子の作成、専門分野の知識や思考・リサーチメソッドの教授、および総括評価（成績）であり、授業中の問いかけやコメント、フィードバックは協働で行った。

PBL基礎力の段階的訓練の実践は、筆者が技術職員として主に携わっていたK科の、教育に対して同じ問題意識をもつ教員が担当する授業や実験科目において行った。

本章では、以上のように、7年間の高専教育に位置づける、「環境的、社会的、技術的課題を総合的に扱う新しいカリキュラム構成」を志向した「学生中心の教育方略PBL」による一貫性のある継続的教育プログラムの要素となる授業を設計、実践した結果と

課題を報告する。

4-1 社会実装科目の実践で明らかとなった課題

4-1-1 PBL 基礎力の段階的訓練

PBL 基礎力の段階的訓練を行うための一貫性のある継続的教育プログラムのデザインには、1960 年代にアメリカで起こったカリキュラム改革運動から学ぶところが多い。日本では、1947 年、6・3・3 制の新しい教育が始まる際に、当時アメリカで定着していた「レディネス」という考え方が導入された。レディネスとは学習にとっての準備状態のことであり、学習は発達による準備が整わなければ失敗するという考え方である。しかし、その後の欧米の教育界ではレディネス論は問題となった。ピアジェの認識発達論に影響を受けたブルーナーはレディネスを批判した。カリキュラム構成のために、「らせん型カリキュラム」を次のように提案している。

発達段階によって、認識の“構造”が違っており、ものの見方が質的に違うのだから、ある教材をある学年で完全に教えるなどというようには考えず、学習者の“認識の構造（ものの見方）”に応じて、それなりの理解をさせ、次の発達段階が来たら、前に学んだのと同じ教材を再び新しい目で見直して、新しい発見をし、新しい理解をする。らせん階段のように、同じ教材を知的発達の段階（認識の仕方の段階）に合わせて、何度も学び直す機会をもたせるカリキュラムにしたい（永野，2001）。

この考え方は、PBL 教育プログラムにおいて学生が能力を獲得していく過程に対する筆者の実感と一致している。そこで、螺旋的に学んで獲得させたい能力と学年毎の重点度合いを図 4-1 のように整理した（伊藤，2010）。

技術者倫理、環境安全教育、知財教育、ESD などの教育は、どの段階においても発達度合いに適した教育を断続的に行うことが必要であるとの考えから、全ての学年で重要であるとした。批判的思考力（本質をつかむ力）や技術への関心と当事者意識、種々のコミュニティへの参画意欲も同様である。1 年生で重点的に身につける基礎力、特にスキルや心構えについては、その後の高専での学びに不可欠でありすべての学びに影響する初年次教育の色合いが強いものであり、特に時間をかける必要性があると考えたため、前期に配当されている科目と後期配当の科目を通して学べるようにした。

図 4-1 の右列には、3 章の「社会実装教育」科目の実践結果の課題である「PBL 基礎力の段階的訓練の必要性」「新しい能力観の付加・増強」「ESD など他の教育との融合」

を挙げ、獲得してほしい能力要素と対応させた。

獲得してほしい能力要素		学年 年齢	1～2年 16～17	3～4年 18～19	5年 20	専攻科 21～22	PBL教育プログラムへの 期待される効果
知識	専門的な知識						ベースとなる専門性
	技術のなりたちや歴史						イノベーション志向性 他の教育との融合
	他分野とのつながりや 社会的影響						イノベーション志向性 他の教育との融合
技能・ 技術	合意形成の コミュニケーション力						PBL基礎スキル訓練
	チームで働く力						新しい学習観・能力観
	情報収集・選択 ・活用・発信力						PBL基礎スキル訓練
	批判的思考力						イノベーション志向性
	論理的思考力						イノベーション志向性
	主体的学習力						PBL基礎スキル訓練
	評価力 (自己評価・相互評価)						PBL基礎スキル訓練
意欲・ 態度	技術を学ぶ意味						イノベーション志向性
	技術への関心と 当事者意識						PBL基礎スキル訓練
	種々コミュニティへの 参加意欲						新しい学習観・能力観
	技術者倫理・環境安全 (知財教育/ESDを含む)						他の教育との融合
	イノベーション力						新しい学習観・能力観 イノベーション志向性

重点度合を表す色	低	中	高
----------	---	---	---

図 4-1 PBL 基礎力として必要な能力要素と重点的に学ぶ学年
((伊藤, 2010)の表 4 を加工)

4-1-2 新しい学習観・能力観に基づく教育の増強

1 章 1-3-2 で述べた学習観・能力観の転換の問題は、学生、教職員の双方に必要なことである。特に教職員は自分が受けた（そして自身にとっても高度成長期を経験した我が国としても成功体験となっている）学習観や能力観に基づいた指導方法で教育に当たることが多い。特に工学を専門とする教職員には世界の潮流となってきた新しい教育理論に接する機会が限られている。

それが、本稿序章 3-1 で述べた調査結果「担当教員の Problem-BL または Project-

BL の理論的基盤となる概念の理解が弱いことや、学生中心とはいえないグループワークの質、PBL と組織やカリキュラムとの不整合、また大学の教育システムに対して教育改革の必要性を感じている若手教員の不満など」につながっていると思われる。伝統的な学習観・能力観のみの教育が、序章 4-2 で述べた四ツ柳の Problem-BL 教育システムが定着も広がりもみることなく発展しなかった遠因となっている可能性も否定できない。高専が有する資源と親和性が高かった Project-BL は、高専独自の発展を遂げて現在の教育を彩ることになったが、更なる飛躍のためには、従来の高専教育の中に新しい学習観・能力観による教育機会を増強することとその指導法が必須である。

すなわち、まずは教職員が新しい学習観・能力観を理解し、それを実現するノウハウやスキルを持つことが重要である。そのような教育を受けた学生が自分の成長を自覚したら、おのずと新しい学習観・能力観を身につけることになるはずである。そこで、本教育プログラムの実施に携わる教職員有志で学び合う機会¹を設け、科目間の教職員同士のコミュニケーションを充実させて実践上の工夫や悩みを共有し、教育プログラム開発と実践に反映させ、それを通して学生たちの学習観・能力観に刺激を与えた。

4-1-3 他の教育との融合

社会実装教育で、「21 世紀のテーマである環境的、社会的、技術的課題を総合的に扱う」教育を実現するためには、工学教育には収まらない分野の知識やスキル、思考の枠組みなども重要となる。

そこで、3 章 3-5-8 で報告した通り、社会実装教育科目には、知的財産教育、環境安全教育、ESD（Education for Sustainable Development＝持続可能な開発のための教育）を PBL プロセスに埋め込んだ。このように明示的に融合される教育でなくとも、技術者倫理教育や情報リテラシー教育、キャリア教育などの科目で学んだことも、社会実装の実践の中で学生自らが統合させて身につけていくことが肝要である。このような学びは「意義や重要性がわかる」ことや「教科書を理解する」だけではなく、様々な状況や文脈の中で学生自身が適用できなければ意味がない。

¹ 2010 年度頃から 2013 年度まで断続的に行い、後に「学生が主体的に学ぶ授業づくり研究会（学び研）」と名付けたこの勉強会は、当時の京都大学高等教育研究開発推進センター長 大塚より助言を受けた自己組織化相互研修型 FD である。大塚の前任センター長であった田中（2006）は、FD を「制度化-自己組織化」「伝達講習-相互研修」の 2 軸で 4 類型に分けており、本勉強会は、自発的でボトムアップな FD である相互研修・自己組織化（Ⅲ）型の「相互研修型」と呼ばれるものであった。学び研での議論が、大いに私の気力と知力を支えてくれた。最初は少数の教職員だけだったが、他校の教員や企業の技術者も参加して下さり、多様性と刺激に満ちた「学びの共同体」が出来上がっていった。


そこで、本研究では本科に配当されていたこれらの科目の一部を PBL 科目として設計し直し、社会実装教育のようなイノベーション教育へとつなげるための基礎力を統合的に学べるように工夫した。

4-2 設計

4-2-1 各段階の授業の目的・習得目標・特徴

図 4-1 で整理した PBL 基礎力として必要な能力要素を考慮して一貫した PBL 教育プログラムとなるように、学年や専門性や学生の発達度合いに応じて組み立て、その概要を表 4-1 にまとめた。授業のテーマは、既存のカリキュラムに沿って配置された専門科目の内容に沿うように担当教員と一緒に定め、各学年で修得すべき専門性は従来通りのレベルを担保するように留意した。

表 4-1 各段階の目的・習得目標・特徴

低 学 年	「工学」「高専教育」に対する器づくり <ul style="list-style-type: none"> ・学ぶ意味づけ=>目的は技術者／科学技術を志す者としての視点 ・基礎力=>聴取, 読解, 対話, 表現のリテラシー／科学的思考／論理的思考／批判的思考 ・既有知識と新しい情報の獲得、転移 ・技術者倫理基礎 ・環境安全リテラシー・危険予知訓練 	
中 学 年	チームで共同的学びを深め、知(アイデア)の創出体験をする <ul style="list-style-type: none"> ・情報の収集, 選択, 共有, 活用, 発信等 ・対話と合意形成のための様々な思考方法 ・専門分野のリサーチメソッド ・科学的, 工学的なデータ処理や考察による探究 ・環境安全教育・危険予知訓練 	
高 学 年	現実の問題に専門知識とスキルを適用し、創造性を発揮して最後まで考え抜く <ul style="list-style-type: none"> ・論理的思考力, 創造的思考力 ・知的財産の創造, 活用, 保護, ナレッジマネジメントの基礎 ・多様なステークホルダーと対話によって考えを深め, 知識を共有し, 新しい価値を創出 ・科学的根拠に基づいたコミュニケーションと, 変容を促すプレゼンテーション 	

1 年生前期は、初年次教育の色合いを強くし、中学校までに獲得した知識を新しい情報と統合して学ぶワークショップを中心に組み立て、学びへの意味づけや高専教育に対する意欲、態度の育成に力を入れた。1 年生後期は、専門的なテーマで実際に手を動かす実験や演習を加え、科学的, 工学的なデータを扱う機会を通して専門分野のリサーチメソッドを習得できるようにした。2, 3 年生では多様なチームでの協働的学びによ

るアイディアの創出体験を重視し、5年生では現実の実社会の問題に対して創造性を発揮して科学的思考や考え抜く力を強化した。

具体的な学習活動としては、自作教材を使った演習、シミュレーション実験、探究的学習などのアクティブ・ラーニングを、Problem-BL や Project-BL の原理をベースにして行った。

低学年で習得する能力は、高学年の授業や卒業研究の基礎となるよう螺旋的に学習を重ねられるように工夫した。どの授業にも多様な自己評価や相互評価活動を組み込み、「自分は何を学んだのか」「何がわからないのか」「何を学ぶべきなのか」などを繰り返し問い、自覚的に認知させるようなワークシートを開発、さらには省察を促す機会を多く設け、自己主導型学習につながるメタ認知能力の育成をめざした。

また、それぞれの科目が関連性をもちPBL教育プログラムとして教育効果を発揮するためには一貫性をもって継続的、戦略的に能力の育成を計画しなければならないと考え、どの学年にどのような内容でどのような教育方法を使用した科目を配置するかについて、E.C.Wraggのキュービク・カリキュラム（安彦，2004）の考え方を応用した。

4-2-2 テーマと内容

表 4-2 に、K科 1, 2, 3, 5 年（各学年 約 40 名）で実施した科目名と具体的な授業内容を示す。実際には年度によってテーマに変更があったりしたため学習活動には多少の違いが出た。表 4-2 に挙げた以外にも、PBL 基礎力などの要素を盛り込んだ授業や実験があったが本稿では典型的な授業のみ取り上げて報告する。

表 4-2 実施した授業の例（（伊藤，2010）の表 5 を加工）

学年	クラスと科目名	学習活動（％は時間の概算）	テーマ例（年度によって変更あり）
低学年	1 年前期 ・技術者倫理入門 (50 分×1×15 回) 1 年後期 ・環境材料工学概論 (50 分×2×15 回)	講義（10％） 実験（20％） ワークショップ（70％） ・グループワーク演習 ・オリジナル教材のワーク ・調べ学習 ・実験計画づくり ・実験、発表、報告書作成	・技術者として「30 年後の日本のエネルギー政策」を、社会に向けて提言 ・バイオガソリン等の新聞記事を題材に、低炭素化社会を目指すための持続可能なエネルギー供給と技術開発の問題を探究 ・途上国と先進国の写真教材を使い地球的課題や自分たちが望む未来社会について議論

			・携帯電話を使った LCA ² のワークや、レンズつきフィルム「写るんです」のような環境配慮型工業製品の分解実験、物質から工業製品を作り出す科学史上の発明発見の追体験をする実験
中学年	2年 ・材料無機化学 (50分×2×4回) 3年 ・分析化学実験 (50分×3×10回)	講義 (10～50%) 探究型実験 (50～90%) ワークショップ (30%) ・グループワーク演習 ・調べ学習 ・実験計画づくり ・実験、ものづくり ・コンペ式発表、報告書作成	・高校や大学向けの教材「分光器」の製品開発を通じた設計や制作の過程で、物理的および化学的アプローチにより光の性質を学び、発表やコンペでブラッシュアップする授業 ・前半は、分析化学の基礎を学ぶ目的でテキスト準拠型の実験をし、後半は、前半の応用となるような現実社会に存在するような問題が与えられ、実験と調査によって解決し発表
高学年	5年 ・化学工学実験 (100分×2×5回)	講義 (10%) 実地調査・実験 (70～90%) ワークショップ () ・調査、議論、実験 ・検証、改良、発表 ・現地でプレゼン ・相互評価 ・報告書作成	・熱エネルギー輸送の理論を応用した創造的なものづくり(個々のアイディアに基づいたオリジナル装置の制作) ・温泉街の活性化策をテーマに、ペルチェモジュールを用いて、温泉街の廃熱や自然エネルギー等からの電気エネルギー回収の高効率化を競い、実際の宇奈月温泉街のプロジェクトに参加

4-2-3 設計

社会実装科目で使った方法、3章4節で述べた Problem-BL の原理とテンプレートを基本において、以下の通りそれぞれの授業を組み立てた。

まず、PBL の準備、設計段階では以下の項目について検討した。

- ① 学修目標 → 科目の目的を明確にする
- ② 目標とする学習成果を設定する
- ③ 総括的評価の方法を決める
- ④ 定期的に組み込む形成的評価の方法を決める
- ⑤ 様々な問題設定の可能性を模索する → 専門性、学生の興味関心、最近の出来事、直感から
- ⑥ 授業の大枠の流れをつくる
- ⑦ アクティビティや指導内容を決め、組み立てる

授業の環境準備の段階では、以下の要素を検討した。

- ① 環境整備 → 学びの場の設定と諸条件のコーディネート、リスク回避
- ② 学内協力体制

² Life cycle assessment

- ③ 学外協力者
- ④ オリジナルのワークシートや評価シートなどを作成
- ⑤ 配付資料の準備

授業の流れは、授業ごとにフレキシブルに変更しながら進めた。

- ① PBLに取り組むための心の準備をする
- ② 問題に出会う
- ③ 「知っていること」「知るべきこと」「思いついたこと」を整理して書き出す
- ④ 問題を書き表し明確化させる
- ⑤ 情報を収集し共有する（③から⑤を何度か繰り返す）
- ⑥ 実現可能な解決策を作り出す
- ⑦ 最適な解決策を選び出す
- ⑧ 解決策を発表する（パフォーマンス評価）
- ⑨ 全体を振り返る

授業の各段階で実施した学習活動をまとめると、図 4-2 の通りとなった。

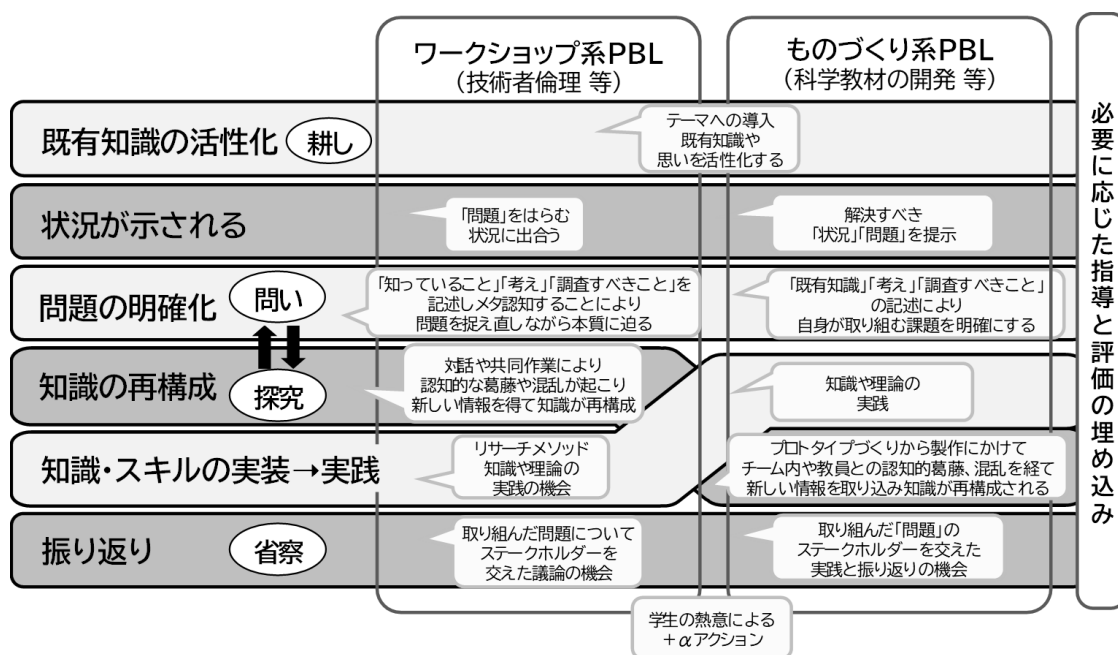


図 4-2 授業の基本的な流れ

4-3 方法ともたらされた学び

学習活動には、シンク・ペア・シェア (Think-Pair-Share) などのような簡単なものから概念図作成や反転授業のような数回の授業時間をかけるものまで様々な手法を活用した。本稿では、本教育プログラムに適用するため特に独自に工夫を加えて実施し

た学習方法（伊藤,2014）を，導入の意図，留意点，ねらった効果，実践で明らかとなった点，および，もたらされた学びとともに報告する．

また，学びを促すために開発した種々のワークシートについても報告する．3章3-4-2 様々なワークシートの利用 でも述べたが，ワークシートは足場かけとして適時に外していくことが望ましい．本取り組みでも，充実したワークシートを作成できるようになる3年生からは研究ノートを購入させ，ワークシートは指導者側とのコミュニケーションツールとして，研究ノートは自由に使わせて個々の発想の源泉となる「知恵袋」または「この世に一つだけの自分の教科書」を作成するつもりで利用するよう伝えた．

4-3-1 レポートの自己添削・相互添削

(1) 導入の意図と留意点

調査しレポートにまとめる内容は，必ずPBLプロセスで活かすようにすることにより，調査やレポート作成自体が目的化しないようにした．そうすることで学生のモチベーションにも良い影響を与え，何度も調査を重ねることになった．

1度きりの指導者側で行うレポート添削と点数付けは，学生が自分一人で行える「現下の発達水準」以前の能力を見ていることになる．他人の助けを借りて今なし得ることは明日には一人で行えるようになるという「明日の発達水準」を見て伸ばすため，学生の現時点での能力を見積もり，発達を促すどのような足場かけが必要なのかを考えて学習活動をデザインした．具体的には，学生グループの中での，訂正箇所の指摘と根拠の説明，意見交換などである．すなわち，学生が自分一人で行える「現下の発達水準」と，他人（この場合は教師やグループメンバー）との協働の中で到達する水準「明日の発達水準」との差が，「発達の最近接領域」を決定することとなる．

レポート作成のスキル向上のみならず，情報リテラシーに対してもまた，最初は周りとの相互関係や協働の中で気づき考えたことが，やがて学生自身の内面的活動となって，個々人の論理的思考や倫理的判断，意思などの様式へと転化していくようにした．その過程では，指導者からの指導や言葉かけ，形成的評価などを，適時に挿入して進めることが必要だった

以上のようにレポート作成は，調査力と情報リテラシーを身につける基本の活動になった．特に高専卒業生は，技術者，あるいは研究者として，将来は科学文を書くことによって報告するような仕事に就く可能性が高い．レポート作成と評価を工夫することによって，PBL基礎力のための種々のスキルを身につける機会とした．

(2) ねらった効果．

- ① 当該分野の知識の習得
- ② 情報収集、選択、活用、発信のスキル
- ③ メタ認知力
- ④ 基本的ルール（論文作成に準ずる）の順守
- ⑤ 知的財産教育（著作権）

(3) 学習活動の手順

- ① レポート提出後に全体に目を通し、学生の現在の能力のレベルを確認し把握する。
- ② 確認済みの印をつけて、レポート提出日の翌週、各自に返却する。
- ③ 返却後、授業の始めに 10 分程度の時間を確保する。
- ④ 学生に赤ペン（有色ペン）を持たせる。
- ⑤ 訂正すべき箇所とその根拠を順々に説明し、それを聞きながら学生自身が自分のレポートに赤ペンで添削するよう指示する。

※ 最初に根拠を説明して学生の納得感を引き出す。

- ⑥ 訂正すべき箇所を指摘する際、学生が納得して聞いているかを確認しながら説明する。

※ 常に学生たちの心理や認知活動を探りながら、教える活動。

- ⑦ 学生が自分で良くできていると判断した場合には、丸印を付けるように指示する。
- ⑧ 学生が自分で訂正すべきだと判断した場合には、レポート上の訂正すべき箇所に、訂正内容が、後で自分が訂正するときにはわかるようにメモするよう指示する。
- ⑨ レポート評価の基準表を配付する。

※ 学生が、本当にその情報が必要なタイミングで配付。

- ⑩ 基準表は適切だと感じるかどうかを学生に問いかける。またはグループ内の学生同士で話をさせ全体で共有する。

※ 時には意見交換をして、学生たちの納得する基準にするため見直す。

- ⑪ 自己採点で点数を表紙に記入するよう指示する。
- ⑫ 翌週までに、添削箇所を修正し新しく作成したレポート作成を課し、有色ペンのメモ書きがある古いレポートと共に提出させる。
- ⑬ 内容や理解の間違いについては、一斉指導と個別指導を適宜行う。
- ⑭ 指導者の採点と自己採点を比べ、感想や気づきを述べさせる。

宿題 No2

- 次の要領でレポートを提出してください。
- (1) **今回のテーマは「電気エネルギー」とします。**電気エネルギー関連であればどのようなことを調べてもかまいません。電気エネルギーに関するテーマを2つ以上決めて調査レポートとしてまとめてください。単に調査するだけではなく、その調査結果に対して自分の考えや感想を加えるようにしてください。その際には、なぜそう思ったのかの理由も示してください。
 - (2) **裏面の調査レポートの書き方をしっかりと守ってレポートを仕上げてください。**書き方については前回と同様です。
 - (3) **内容（別紙、「調査レポートの書き方」を参照）**
 - ①表紙
 - ②はじめに
 - ③小見出し
 - ④本文
 - ⑤引用・参考文献
 - ※ ページ数は自由です。
 - ※ 手書き、パソコンによる作成、どちらでも可
 - ⑥まとめ
 - ⑦気を付けたこと（調査レポート作成に関して）
 - ※ ①～⑦は裏面の図1の中に番号表記してあるので参照のこと
 - (4) **提出前日（すべて授業の開始時に集めます。）**
 - M 科、E 科、C 科 11 月 14 日の授業開始時に集めます。
 - I 科：11 月 11 日授業開始時に集めます。
- ※ 提出前に読み返すゆとり、再考するゆとりを持つようにし、締め切りの数日前に独自の期限を設定するとよいでしょう。

図1 表紙と内容の書き方

学籍番号 _____ 氏名 _____

- 卒業論文、また企業等での報告書作成の基礎となるスキルです。専門分野ごとにさらにルールがありますが、ここでは、ぜひ基礎を身につけて下さい。

✓	チェックする項目	気付いたこと
	①書式が守られていますか。 表紙→小見出し→本文→引用・参考文献→(繰り返し)→まとめ→ 気をつけた事	
	②テーマが指定の項目以上とりあげられていますか。	
一	③本文について	
	内容が小見出しと一致していますか。	
	調べた文献のコピー＆ペーストになっていないか。→丸写しではなく 文献から知ったことを自分でまとめ直しましたか	
	適度に段落が設けられていますか。→話題が変わるときは段落替 えを！	
	句読点が適切に使われていますか。→相手の読みやすさを考慮し、 句読点を使いましょう。	
	調べたことについて、自分の考えが述べられていますか。その際、 そう考えた根拠(理由)が述べられていますか。→これがないと単 なる感想文になります。	
	読み返しを2〜3回行い、誤字脱字は修正しましたか。	
	引用・参考文献の記し方が指定のものになっていますか。	
	まとめは複数のテーマを総括する内容になっていますか。また、こ れをも全体を通した自分の考えが理由とともに記されていますか。	

上記リストに基づいて、に自分のレポートをチェックし、各項目を満たしているかどうかを判断してください。満たしている項目には○を満たしていない項目については×を各項目の前に赤ペンにて記しなさい。

図 4-3 レポート作成と自己添削のための指導書・チェック票

どの分野に進んでも応用できるような基本的な科学レポート作成のルールがある。特に1年生の教育では、基本的なルールを決めてオリジナルテキストで一斉指導し、後

に学年が上がった時に高度な専門指導へ移行しやすいようにした。レポート作成には丁寧なフィードバックが不可欠であるが、本研究では学生のピア評価と自己添削を基本として、図 4-3 のような補助資料やワークシートを使って教員の直接指導や介入は最小限とした。指導者の役割は、学生のレポートに目を通してどれくらいの力があるのか見極め、どこまで何をどのように習得させるのかを見積もり、学生が自ら作成できるようにするまで適切にコーチすることだった。

4-3-2 ジグソー学習

(1) 導入の意図

学ぶことを学ぶ「学び手の共同体（本研究の実践の文脈では協働とも表す）」を育み、共同体を構成する知的初心者が育成される学習形態として PBL プロセスに取り入れた。知的初心者とは未知の領域を学ぶ時に、その背景的知識をもっていなくても獲得の仕方を知っている学習者のことをいう。自らの学習共同体の中で適応的に活動できる熟達した知的学習者（自律的学習者）への道筋である。

高専で学んだ学生が、いずれ技術者として社会で能力を発揮するには、組織の中で自ら学び続けることが不可欠である。そのような視点に立つとき、学校の役割は「学ぶことを学ぶ場」であり、すなわち、自律的学習者見習いとしての訓練の場であるといえる。

ブラウン（Brown, A.L.）は、「学び手の共同体」を育む原理を次のように挙げている（森他, 2006a）。

① 学習者が学びの主体となっていること、② 個々が専門性に責任をもち多様な発達の方向性と機会を重視していること、③ 基礎としての対話と協働があること、④ 意義のある本物の活動に当事者として関わることを選択すること、⑤ 文脈化・状況化された学習、活動の目的が明確で応答的に評価し合えること、である。

「学び手の共同体」では、学ぶべき特定のテーマの範囲内で学習者が得意分野や関心領域を選択し調査することが望ましい。すると、必要な専門的知識が共同体の中に分散して存在（分散認知）することとなる。学習者自身が、能動的な研究者や指導者、モニターの役割を担い、指導者は自律的学習者のモデルやガイドとしての役割を果たすという「意図的学習」の環境が整備されることを意識した。

(2) ねらった効果

- ① 協働による問題解決過程における思考の外化と共有、その重要性の実感を得る
- ② 学力格差や競争原理の個人主義の克服

- ③ 個の責任と協働（本稿の文脈での表し方）の責任をふまえた協調的な雰囲気・文化の醸成
- ④ 自尊感情とともに他者への好意的感情，メンバー間の尊敬が高める
- ⑤ 協同的な相互依存関係，互惠的教授の促し（ピア・足場かけ）

Jigsaw（ジグソー）学習は，カリフォルニア大学サンタ・クルズ校の社会心理学者の Aronson, E（アロンソン）が 1970 年代に考案し始めた小集団学習の方法を改良したものである．教材やテキストなどのあるテーマを個々のメンバーが分担して理解した後，相互に持ち寄り最終的には集団としての全体的な理解に至ることを目指す．このような学習は，社会的・心理的・認知的側面のいずれにも効果的だといわれる（森他, 2006a）．

ジグソー学習に適した学習内容は，断片的な知識や幅広い知識を万遍なく覚えたりするような学習ではなく，一貫性をもって深く理解するものが推奨されている．

(3) 学習活動の手順

- ① 5～6 名のメンバーによる学習グループを編成する．
- ② 学すべきテーマをいくつかの課題に分割して，メンバー間で分担する．
- ③ 各学習グループから同じ課題の分担者が集まりジグソー集団を編成する．
- ④ ジグソー集団で，割り当てられた課題のための調査や実験などを行い課題解決や課題理解のための活動を行う．

※ 具体的には，ジグソー集団内で調査内容を説明し合い問いかけ合って，理解を深めたりそれを共有する活動．

- ⑤ ジグソー集団での活動後，元の学習グループに戻る．
- ⑥ ジグソー集団から元の学習グループに戻った学習者は担当した分野の専門家として，ジグソー集団での活動の結果を報告し，各メンバーがそれぞれに理解した内容を共有して学習グループ全体の理解に至る．

4-3-3 グルーピング

グルーピングは，チームで協働的な知の創出活動が起こるための基盤として大変重要だった．学生の発達度合いや学習の意図に応じたグルーピング方法を使った．

4-3-3-1 ランダムにチームを結成する方法

(1) ねらった教育効果は、①多様な個性，多様な発達の理解と尊重、②どのような個性とも協力するスキルや態度の育成、③仲良しグループ壊しと新しい人間関係づくりであった。

主に低学年の協働的学習で用いて効果があった。個人的な感情や作為が入り込まないため、誰もが納得して協働学習に臨もうとする。しかし、長期間の活動には向いていない。何度も組み替えて、どのようなチームメイトと組んでも自分の能力を発揮できるようにする訓練として適している。また、クラス内で自然にできている仲良しグループを壊すためにも利用できる。仲良しグループは、話をしなくても分かり合えるというような心地よい関係性が出来上がっていることが多く、活発な議論や切磋琢磨するムードをつくることは容易でないため、低学年では意図する学習が成り立たないことが多い。具体的には「くじ」が一番多いが、アイスブレイキングを兼ねてゲーム的に「学籍番号計算法（学籍番号を作りたいチームの数で割るとある答えが出て余りが生じる。その余りの数をチーム番号とするやり方）」や「生まれ月」などの方法が楽しく公平感があって効果的だった。

4-3-3-2 意図的に協調的チームを結成する方法

(1) ねらった効果は、①自己評価力、②多様な個性、多様な発達の理解と尊重、③自分の能力を高めたり発揮したりすることに能動的に関わる（自己教育力）訓練、④主体性、⑤働きかけ力であった。

デンマークの小学校や中学校では、生徒の成績や性格を考慮して、教育的配慮のもとに教師が意図的にグルーピングすることがあるということだった。卒業認定試験前の数学は特に成績の良い生徒が個人学習を望むそうだが、その後の人生において、組織内で、個人で学ぶことは有り得ないとして学校ではチームベースの協働的学習を行っていた。しかし、個人にとっても効果的な学びがもたらされるようなチーム編成を教員が行うということだった。

(2) 学習活動の手順

高専教育でプロジェクト推進型の協働的学習に効果的だと考え、良く利用した方法は、「+の力とーの力」と、「コミュニケーション・スタイル・インベントリー」を利用する2つの方法である。

①「+の能力とーの能力」を使う方法

表4-2の中学年、3年生の分析化学実験を、テキストに沿って進める従来型からプロジェクト推進型に変えた際に考案した方法である。その後、様々な学年のプロジェクト推進型学習のチーム編成に用いた。社会実装科目でもこれを使った（第3章図3-8）。

まず、学生はそれまでに体験した協働的学習の経験から自分の得意・不得意を客観的に分析、自覚するワークを行う。静かに振り返る時間を与えて、A4以上の大きさの次のワークシートに、サインペンを使い大きな字で書き込ませた。

次に全員が見渡せるように内側を向いて輪を作り、(+)の能力を順に読み上げ、プロジェクトチームを結成するための自己アピールをした。全員がアピールし終わったら、自由に動き回り話し合ってチームを結成した。この際に注意事項を与えた。



図 4-4 「+の能力と-の能力」を見せ合っ
どのようにチームを組むのが良いのかを話し合う

チーム結成時、なるべく自分には無い能力をもち、相互に助け合い、共に学び合えるような相手を探してチーム編

成をするようにと、指示をして待つ。すると、たいていは自薦、他薦の進行役が現れ、(一)の能力も自己紹介することを提案し、順に紹介後 20 分程度動き回り話し合いながら、指示された数のチームを結成した。

チーム編成時には、自分自身を自己評価してそれを自覚した上で、全チーム（クラス全員）のプロジェクトが成功するために、チーム編成で自分がどのようにふるまえばいいのかを考えるようにと声掛けを行う。同時に、将来、企業で利用する場面をイメージできるように、卒業生の体験談やエピソードなども紹介して、プロジェクトに参加する動機づけを促した。

②「コミュニケーション・スタイル・インベントリー」を使う方法

就職を間近に控えた 5 年生では、「+の能力と-の能力」にもう一つの自己分析を加えて行った。(株) コーチ・トゥエンティワンが開発した診断テスト CSI（コミュニケーション・スタイル・インベントリー）の簡易版チェックシート（鈴木，2002）を利用した自己分析である。チェックシートに従って分析すると、個々のビジネス上のコミュニケーション・スタイルの特徴が明らかになる。チーム編成時に、自分とは異なるタイプの人を探してチームを結成する。①と組み合わせて使うと、学生たちは納得しながらもゲームのように楽しんでチームを作り、チーム結成時には、このチームでやってみようというポジティブな気持ちになっていた。社会実装科目でもこれを使った（第 3 章 図 3-7）。

4-3-3-3 自由にチームを結成する方法

(1) ねらった効果は、①自分の選択や意思決定過程への責任、②自分の価値を自ら高める努力、③自己評価力の強化。④自己教育力の強化であった。

グルーピングをすべて学習者に任せる方法である。学習者が精神的に成熟している

場合に有効な方法だった。何らかの学習効果を意図することが多い高専教育では一般的にはあまり適していないかもしれないが、PBLの基礎力がついてきた高学年で主に利用した。デンマーク、オルボーPBLモデルではこの方法でチームを結成するという。オルボーでは、個人ではなくチームのパフォーマンスが評価され成績が決定するので、学生誰もが、どのようにふるまえばチームの中で能力が最大限に発揮でき、チーム全体のパフォーマンスが上がるかを考え努力する。そのために自分が皆から選ばれるように行動するという。しかし、デンマークでも小学校から高校までのPBL基礎教育では、教員が教育的意図に基づき生徒同士の組み合わせを考えることが多いということだった。

4-3-3-4 チームビルディング

チームが結成されると、プロジェクトに必要な様々なリーダーを決めたりテーマについて話し合いを始めたりする前に、後述する4-3-4や4-3-5のスキル習得の練習を兼ねて図4-5のような概念図を作成させた。「チームのルール決め」や、「プロジェクトが成功するために大切なこと」などをチームでまとめる作業が、個々の心構えを整えつつチームのメンバーを知り、同じスタートラインに立つことができるという点で、それ以降の本格的なチームワークの第一歩として有効に働いた。

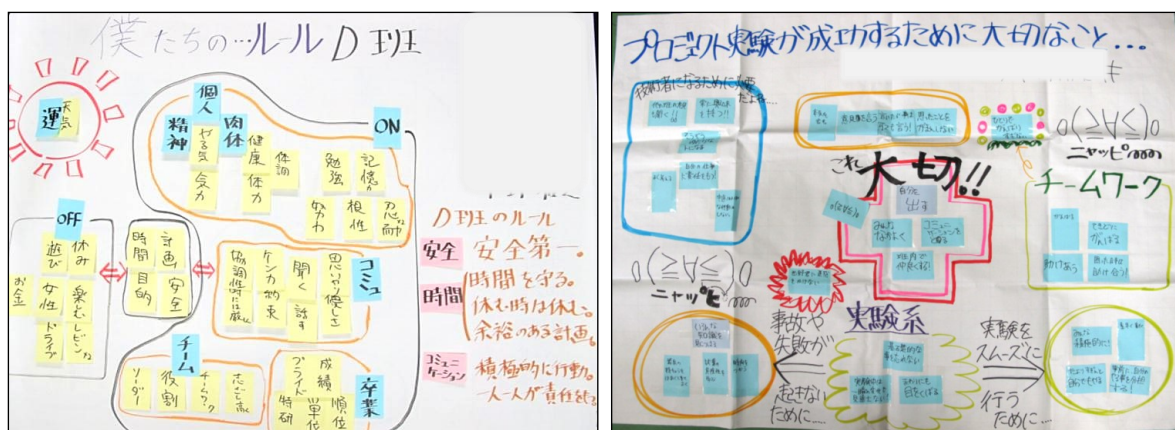


図4-5 チームビルディングで作成した概念図の例

4-3-4 議論や合意形成のための基本スキル（ブレイン・ストーミング）

(1) 導入の意図と留意した点

ブレイン・ストーミングは、1938年頃、アメリカの実業家アレックス・F・オズボーンが考案したアイディア発散的思考法である（森他，2006）。アイディアの生成段階と

評価段階を意識的に区別し、生成段階を支援することを目的とする。数人でチームを組み、あるテーマに対して、既成概念にとらわれず自由奔放にアイディアを出し合う会議形式の手法である。オズボーンによれば、“ブレイン（頭脳）で問題にストーム（突撃）すること”だという。

自由に話し合うこと自体をブレイン・ストーミングと呼ぶ人もいるが、ルールに従って進めると、驚くくらい話し合いへの抵抗が少なくなり個々の参加度が高まり、達成感が得られやすいという効果があった。協働的学習では、学生同士でただ話し合わせるだけでは、常に得意な学生が仕切ってしまい、不得意な学生はいつまでたってもコツがつかめず自信もつかないということがあった。そこで授業では、苦手意識をもつ学生が少しでも挑戦できるような自由で寛容な「場」や「雰囲気」を、指導者が用意することが必要であった。簡潔で的確な言葉選びを支援することも重要だった。学生時代には、失敗もするが、その学生なりの小さな成功体験も得られるようにすることが大切である。ブレイン・ストーミングは、創造的活動への導入段階で多様な視点を漏れなく検討するために有用で、意見やアイディアを生み出す訓練のためのツールとして優れていた。

図 4-6 のように最初はワークシートを使い、慣れると自由なやり方で進めることができた。

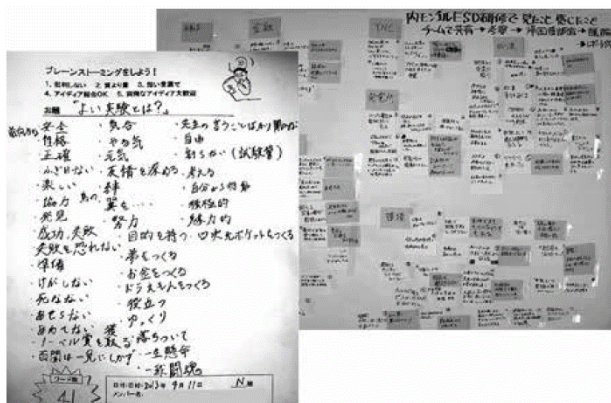


図 4-6 ワークシートを使った場合と模造紙を使ったブレイン・ストーミングの例

ブレイン・ストーミングには、様々な応用型や発展型があるが、本取り組みでは学生の発達度合いや科目特性により、口頭型と 2 種類のカード型を使い分けた。

(2) ねらった効果は、以下の通りである。

- ① 自分の意見を出すことに慣れていない学生にとって、意見を出すことへの抵抗感をなくすることができる。
- ② 参加の度合いが高まり、学びを深めるきっかけをつかみやすい。
- ③ チームでアイディアを出すことの楽しさや効果が簡単に確認でき、チーム活動への意欲と期待が向上する。
- ④ 創造的で能動的な態度や思考方法を獲得できる。
- ⑤ メンバーの考えや発想に触れることによって、チームとしての結束が固まり、一体感や仲間意識が強くなる。

- ⑥ 解決策への見通しが立てられる。
- ⑦ 自分の意見と他者の意見を尊重する態度を育成できる。

4-3-4-1 対話型のブレイン・ストーミング

(1) 学習活動の手順

- ① 1 チームを 4～5 名で結成する。4～5 名が最も学習効果が高い。高専教育においては、3 名ではアイディアに多様性が出ず、6 名だと 1 人当たりの関与が少なくなり、積極的に意見を出すための訓練にならない。
- ② まず、次の 5 つのルールを板書して説明し、従わなければならないことを告げる。
 - (ア) 否定しない ⇒ どんなアイディアも批判も否定も議論もしないこと。話し合わない。反対のアイディアを出すのは OK。
 - (イ) 質より量 ⇒ 良いアイディアを出そうと考えず、質より量を大切に、できる限り多くのアイディアを出すこと。
 - (ウ) 突飛なアイディア大歓迎 ⇒ 人が思いつかないような自由奔放なアイディアをどんどん出すこと。新しい視点となる。
 - (エ) 結合や便乗 OK ⇒ 前に出たアイディア同士を結び付けてもいい、他者のアイディアと自分のものを結び付けてもいい。
 - (オ) キーワードで表す ⇒ ひとつのアイディアを短い言葉で端的に表す。複数混在している場合は切り分けて出す。
- ③ チームに白紙とサインペンを配付して、記録係を決める。記録係は記録しながらも自分のアイディアを出す。
- ④ テーマを告げる。
- ⑤ ある程度、アイディアが出尽くしたら活動を止めて、出たアイディアの数を記録し、数が多い順に拍手で祝福する。
- ⑥ アイディアが一番多かったチームに読み上げてもらう。
- ⑦ アイディアが一番少なかったチームにも読み上げてもらうと良い。キラリとひかるアイディアの存在に気付かせる。
- ⑧ 何人かの学生から感想を聞いた後、ブレイン・ストーミングという方法の説明をして、学習活動を意味づけする。
- ⑨ 出たアイディアを基に、次の収束的思考の活動へとつなげる。

4-3-4-2 記録係がいるカード記入式ブレイン・ストーミング

ブレイン・ストーミングの後で、収束技法を使ってアイディアをまとめる作業をする

場合は、白紙ではなくカード（名刺大程度の付箋紙が都合が良い）に記録していく方法をとった。一枚のカードに一つのアイディアを書くことを徹底した。

4-3-4-3 個人によるカード記入式ブレイン・ストーミング

頭に浮かんだアイディアを 1 人ひとりがカードに書き出す方法である。それを読み上げながら机の中央に出していく。カード一枚に一つのアイディアを書き込む。

低学年の協働的学習の最初の頃は、思いついたアイディアを口に出すことがなかなかできない学生がいた。ルールは他のブレイン・ストーミングと同じであり、皆が書き終わった頃を見計らってストップをかけ、1 人ひとりがカードを読み上げてチーム内で共有する。

この方法によって、誰もが公平に自分のアイディアを出し共有することができる。訓練によってアイディアを出し合うことの楽しさや効果を感じられると、チームでの話し合いにスムーズに移行できるようになった。

4-3-5 概念図の作成（マッピング）

(1) 導入の意図と留意した点

ブレイン・ストーミングで出した膨大な数のアイディアをまとめる手法であり、チームで概念図を作成する方法である。まとめた結果から、アイディアを分類し構造化する場合、課題に対する対策を導き出す場合、さらに整理して収束させていく場合、アクションプランの作成をする場合などに効果を発揮する方法だった。

ブレイン・ストーミングと同様に様々な応用型や発展型があるが、本取り組みでは KJ 法（川喜多，1967）をベースとして、カード同士の関係性を視覚化するマッピング、一次元的な流れに沿ったマッピング、4 象限マトリックスを利用したマッピングなどを使い分け、学生の発達度合いや科目特性に応じて使用した。

(2) ねらった効果

- ① データ協働的学習の場合は、チームのメンバーが出した雑多で多数のアイディアや意見）の全体を構造化し視覚化できる。
- ② データの全体像が把握でき、俯瞰的に捉えられる。
- ③ 合意形成や話し合いの進捗状況が確認しやすく、チーム全員で共通理解ができる。
- ④ 協働的学習の楽しさや効果が簡単に確認でき、チーム活動への意欲と期待が向上する。

- ⑤ 創造的で能動的な態度や思考方法を獲得できる.
- ⑥ チームとしての結束が固まり、一体感や仲間意識が強くなる.
- ⑦ 解決策への見通しが立てられる.
- ⑧ 合意形成の結果に全員の納得が得られやすい. また考え直しや修正もし易い.
- ⑨ 決定した事項に対してチームの全員で責任を共有しやすく、その後、主体的に実行に移しやすい.

授業で学習活動として学生だけでマッピングをする場合、カードの分類の際に、視点が偏ったり、重要な視点が抜け落ちたりすることが多かった。学生がもつ限られた情報や知識では、抜け落ちている視点を活動中に見出すことは困難である。このような場合は、マッピングの最中に介入して新しい視点を提示することが必要だった。新しい視 points の提示により、学生がカードを増やしたいということを歓迎した。しかし学生が納得しない時は無理強いをしない。機が熟していないタイミングだと、せっかく主体的に関わっている活動への意欲が低下してしまい、指導者が提示する答えを待つようになってしまう恐れがある。抜け落ちている視点への気づきのチャンスは、その後の活動にもあるはずであると考え、一連のプログラムの流れの適切なタイミングに「教えの活動」を挿入した。

アイディアを出すこと、共有することができるようになると、合意形成の訓練としての効果を発揮した。逆に手順を踏まずにグループワークを進めると、話し合いが稚拙で学習共同体としての機能を発揮しないまま、偏った成果主義に陥ることが多かった。この場合、ある程度活動的であるため学生の満足度は高いが、学びが深まらない結果となった。

4-3-5-1 KJ 法

開発者の川喜田二郎氏のイニシャルから命名された方法であり、膨大な質的データに基づいて発想することを目的とした方法。次の 8 段階の手順により、問題提起、現状把握などに使い、観点を変えながら何回か繰り返す場合もあった。

(1) 学習活動の手順

- ① テーマを決める.
- ② 情報を単位データ化する。(アイディアや意見を出し合う場合は、ブレイン・ストーミングを使う)
- ③ データを 1 行の見出しとして圧縮し、名前を付けラベル化する.
- ④ 類似したラベルをグループにまとめる.
- ⑤ それらのラベルグループに新しい名前を付ける.

- ⑥ これをさらに上位のグループにまとめる.
- ⑦ ラベルグループを平面上に配置する.
- ⑧ これを叙述化する.

4-3-5-2 カード同士の関係性を視覚化するマッピング (図 4-7)

KJ 法をベースにした自由度の高いマッピングである. すべてのカードを模造紙の上に広げて, カード同士の関係性を考えながら適切な場所に配置していく方法である.

(1) 学習活動の手順

- ① 関係が近いカードを近くに置き, 関係が遠いカードは遠くに置く. 上下や左右の配置にも関係性を反映させる.
- ② まとまるカード群に名前をつける.
- ③ カード群同士の関係性も考えて, さらに配置し直す.
- ④ カード群を集めてグループにする, 逆にカード群の中で小グループに分けるなどして, 適切だと思える位置に配置していく.
- ⑤ 配置が決まったら, 群の名前や関係性などを有色ペンなどで書き込む.
- ⑥ よく吟味して, 皆が納得するように仕上げる.

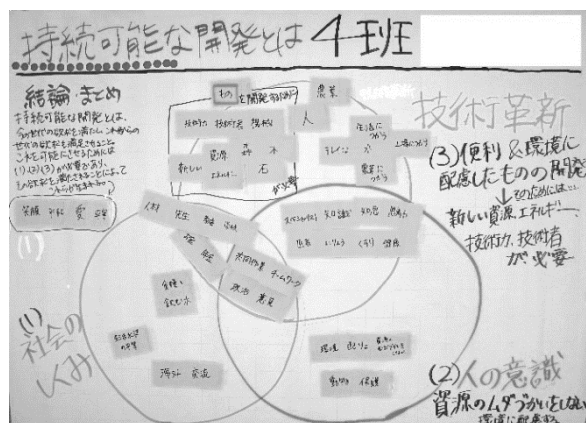


図 4-7 自由度の高いマッピングの例

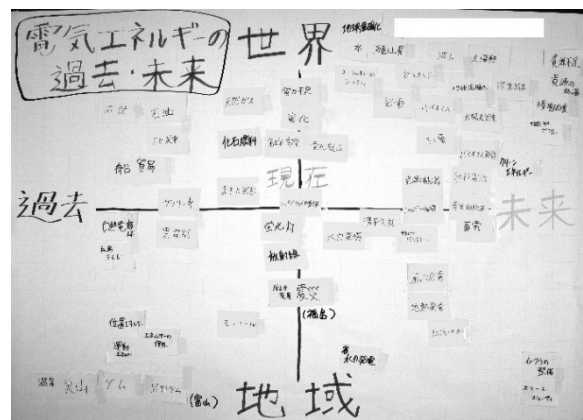


図 4-8 4 象限マトリックスのマッピング

4-3-5-3 4 象限マトリックスを利用したマッピング (図 4-8)

模造紙に X 軸と Y 軸の 2 軸による 4 象限をつくり, 4 つの領域の適切な位置にカードを配置する方法である. 最終的な落としどころに合うような軸をあらかじめ決めておいてカードを配置する場合と, 出て

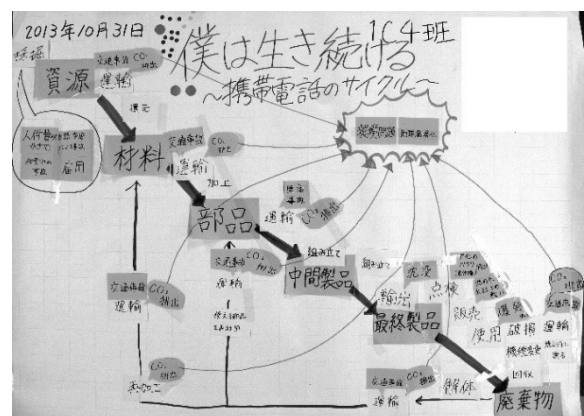


図 4-9 一次元的な流れに沿ったマッピング

きたカードの特徴を良く表す分類ができるように軸を設定する場合があった。4 象限マトリックスは、渾然としたグレーゾーンにあるアイディアを、軸に沿った度合いの強さという視点で整理することにより、合意形成のための決断を助ける汎用性の高いマッピング法だった。

4-3-5-4 一次元的な流れに沿ったマッピング (図 4-9)

因果関係を明らかにする場合や、時系列で整理する場合に、その流れが見えるようにカードを配置する方法。カード間を矢印でつないで、流れや関係がわかるようにする。うまくつながらない場合は、必要と思われるカードを適宜追加して、スムーズなつながりを作る。カードのつながりをもとに、ストーリーを作ることでもできる方法である。

4-3-6 PCM (プロジェクト・サイクル・マネージメント) 手法

※ 第 3 章 図 3-14, 図 3-15 に学生の成果物を掲載

(1) 導入の意図と効果、留意点

PCM 手法 (大迫, 2004) は、プロジェクトをサイクルで捉え、管理するための手法である。サイクルはプロジェクトの計画、実施、評価のそれぞれの段階が一連の過程の中で位置づけられ、相互に関連していることを示す。すなわち、問題の認識、対応方法の立案、現実的な行動計画、計画に基づく実施、実施に対する評価、そして、計画・実施・評価を通じた明確な経験や反省が得られ、さらに次の段階の計画に活かされる「輪」を体験できる。ドイツ技術協力公社 (GTZ) の目的指向型プロジェクト立案 (ZOPP) 手法を基に開発された手法であり、問題解決型で、参加型、一貫性、論理性という特色を有し、他の手法と相互補完的であることなどから、本 PBL 教育プログラムに導入した。

第 3 章 社会実装で詳細を述べたが、本科で PCM の思考の枠組みに習熟していると、専攻科の社会実装科目で使いこなすことができた。低学年の学生によっては負担感が大きく感じられる方法であるため、基礎力の育成をふまえ、手法の意義を十分に理解できる高学年に導入した。

現状の問題点を、「原因－結果」の因果関係から明確に分析し、問題を解決するための手段を「手段－目的」の関係から導き出すという PCM 手法の特色の一つである論理性は、特に高専における技術者教育に効果的であると考えた。特に、論理的思考や批判的思考の訓練に適していた。

しかしながら、このような実社会で使われている手法を授業に取り入れて思考の訓

練法として使う場合は、以下のような指導上の留意点があった。

PCM 手法は、技術やシステム移転などの際に、支援する側と受ける側との協力関係をつくりだして、より効果的で持続的な社会開発に寄与することを目的として開発された手法である。そのため、高専教育における技術者の総合的能力を育成することが目的の、より社会的文脈を重視する技術開発の授業で有効な手法だった。

本来は、解決すべき問題に関わる全てのステークホルダー間で議論することが求められるが、授業では難しい。そこで、指導者は、抜け落ちがちなステークホルダーの視点の存在に常に注意を払い、学生に気づかせることが必要となる。指導者自身がその役割を演じること、調査の範囲を広げその方向性を提示すること、また可能であれば、学生自身が教室を出て社会に出かけて観察やインタビューをできるように学習環境を整えることが望ましかった。

学生が最初にぶつかる困難は、問題分析の問題抽出時に、問題を「困っている現象」として捉え言葉で表現することである。問題として事実のみを挙げるにとどまると、次の目的分析に到達せず浅い掘り起こしで終わってしまう。次に、ぶつかる困難は、「原因・結果」「目的・手段」などの論理的思考である。論理的に矛盾がある箇所を指摘して再考を促すことが必要になってくる。時には一緒に考えながら指導者がモデリングすることが効果的である。検証のタイミングとその程度の判断も、学生には難しい場合が多い。この活動にかけられる時間など、様々な制約のもとで行わなければならない。活動中にステークホルダーの役割の外部の方を招いた中間的評価会を複数回開催するなど、教育プログラムのデザインや評価方法に工夫が必要だった。

PCM 手法は非常に効果的な手法である一方、このように、指導者側のスキルが求められ負荷も大きいので、コーチング、モデリング、ファシリテートの役割、教育プログラムデザインと柔軟な変更、学習環境の整備などに、指導チームを結成して取り組むことが効果的であった。

4-3-7 ランキング手法

(1) 導入の意図

ランキング（順位づけ）は、テーマに基づく複数の事柄の優先順位を考えることで、個人やチームの考えを整理したり、深めたりするための手法である。多様な判断を検討する過程で、そのテーマに対する理解をより深めるものとなる。

難易度が低いカードゲーム方式からダイヤモンド・ランキングにもっていくことで、無理なく学生たちの思考を訓練できた。

(2) ねらった効果

- ① テーマに対する多様な考え方を比較検討しながら、自分の考えをまとめることができる。
- ② チーム内で意見交換することで、判断の多様性に気づき、理解が深まる。
- ③ 選択肢の書かれたカードを指導者側があらかじめ用意して、基礎知識を体験的に習得する手段としても利用できる。
- ④ 自分の意見と他者の意見を尊重する態度を育成できる。
- ⑤ 新たな観点を見出しながら判断基準を検討、変化していくことにより、より高度な合意形成のプロセスを体験できる。

授業では、次の通りカード式ブレイン・ストーミングの後、ダイヤモンド・ランキングをさせた。

4-3-7-1 カード回しによる絞り込み

意見をうまく言えない学生がいる時や、チームでの話し合いをする前に個人の考えを明確にしたい時に適した方法だった。結果には必ず自分の意見が反映されるため、この後のダイヤモンド・ランキングの際の話し合いには、当事者意識が芽生え、話し合いに参加しやすくなった。

(1) 学習活動の手順

- ① カードゲームをするときのように輪になって座る。
- ② カードゲームでババ抜きをするように、ブレイン・ストーミングで作成した全てのカードをランダムに同数ずつ配付する。
- ③ 手元のカードの中から一番共感できるカードを2枚手元に残して、他のカードは右横の人に送る。
- ④ 何度も繰り返し、以前検討したカードばかりが回ってくるようになったらやめる。
- ⑤ 手元に2枚ずつ残ったカードを出し合って、ダイヤモンド・ランキングで優先順位をつける。

4-3-7-2 ダイヤモンド・ランキング手法

分析、統合、評価という高度な思考の訓練となるため、ブレイン・ストーミングやマッピングなどの基本的な議論の方法に

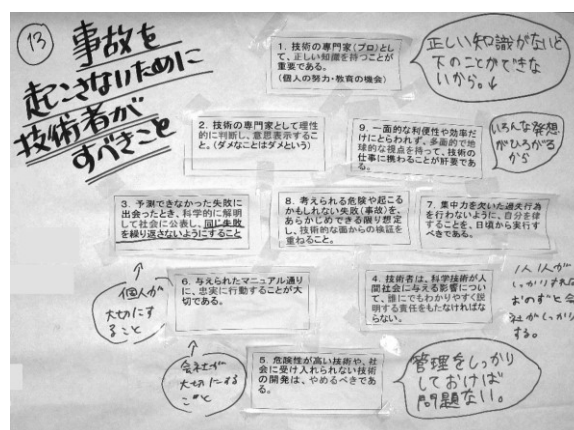


図 4-10 ダイヤモンド・ランキング

習熟してからの方が効果は高かった。習熟している高学年であれば 20 分～40 分程度でも可能で、自由で寛容な雰囲気をつくりチーム全体が納得できるように促すことによって、合意形成のための話し合いの訓練となった。

個人 → チーム → クラス全体 → 個人という具合に、何度か繰り返すことで、多様な新しい視点の存在に気づき判断基準がより納得できるものに変化していく高度な合意形成のプロセスを体験させることができた。

(1) 学習活動の手順

① 選択肢カードを用意する。

（この学習活動をする目的に応じて、図 4-10 のように、あらかじめ項目とその説明が書いてあるような選択肢カードを用意しておく場合と、学習者によってブレイン・ストーミングしたアイディアをカード回しなどである程度絞り込んでおき使用する場合がある。）

② ランキングの方法と選択肢カードの内容など、活動を円滑に進めるために必要な事を説明する。

③ まず、各自で、ダイヤモンド・ランキングをする。（選択肢カードは人数分のセットがあるとよい、その場で学生に作らせる。）

④ 各自の順位づけの結果とその根拠を、チーム全体で共有する。

⑤ チームとしてどのようにランキングするかを話し合いながら観点を整理し直す。

⑥ 順位づけする。

⑦ 各チームの順位づけの結果と根拠について発表し、全体で共有する。

（国際理解教育センター編訳，1997）

4-3-8 学習成果の発表

学習成果の発表は、大きく分けるとスライド資料や実演などを提示しながら聴衆に向けて発表する口頭発表と、成果物を目前にして直接意見交換ができるポスター形式がある。

資料作成の過程では、まとめる際に必要な統合的能力や協働の能力を育成し、発表会では情報発信のための各種スキルや評価スキル習得を目的として導入した。

4-3-8-1 口頭発表

図 4-11 から図 4-14 に、1 年生から 5 年生までの PBL 授業で導入した様々な口頭発表の様子を示す。



図 4-11 口頭発表の様子（1 年生）
上：クラス予選
下：識者を招いた 4 クラス合同の最終発表会



図 4-12 演示型の発表（3年生）



図 4-13 シナリオ型 PBL の口頭発表（3年生）



図 4-14 温泉街での技術提案の実演発表
（5 年生）

4-3-8-2 ポスター形式（ギャラリー・ウォーク）

成果物を展示して、教室内にギャラリーのような空間を作り、自由に歩いてまわりながら、各チームの成果物を見たり、議論したり、評価したりする発表の形式である。

(1) ねらった効果

- ① 時間があまり取れない場合や、中間的な発表会に適している。
- ② クラスの全チームの学習活動の様子が概観できる。
- ③ 様々な視点からのフィードバックが得られる。
- ④ 動機づけに効果的で、全体を俯瞰できるためメタ認知力、評価力を育成できる。



図 4-15 ギャラリー・ウォーク（5 年生）

(2) 学習活動の手順

- ① 作業した机の上に成果物を展示する。（時間的、空間的余裕がある場合は、壁に貼り出すなど展示の工夫をすると良い。）
- ② チーム内で説明係を 2 名選出し、先に説明する担当と、後で説明する担当を決める。
- ③ 説明係以外は、付箋紙とサインペンを持って、号令とともに他の班の成果物を見に出かけていく。付箋紙の代わりに点数がついたシールなどを使って投票を行うこともできる。
- ④ ギャラリーを歩いてまわるように、クラス全体のチームの成果物を見て説明係の説明を聞く。
- ⑤ 成果物に対する感想やコメント、評価などを付箋紙に書いて成果物の上または所定の場所に貼っていく。（図 4-7、4-9 の左上の丸シールが投票の痕跡である）
- ⑥ 半分くらいを経過したところで、説明係の交代を告げる。
- ⑦ ギャラリー・ウォークを続ける。
- ⑧ 号令とともに終了し自分のチームに戻る。
- ⑨ 集まっている付箋紙のコメントや、説明係が受けた質問などについて、チーム内で話し合う。

この方法では様々な変形型を利用した。例えば、チーム内の役割分担（偵察係、記録係など）を増やし明確にして、見に行く班や順序などもあらかじめ決めておき、各々が責任を果たさなければならないようにした。また、自由にバラバラに歩き回るのではなく、グループごとに固まって決められた時間で移動し、その場で議論をしてその結果を

コメントとして付箋等で残していく方法もとった。

いずれにしても、混乱しないようにルールや手順を明確に学生に伝え、この活動の成果が得られるようにすることが重要だった。

中間発表会や最終発表会では、図 4-16 のような様々な形式のワークシートを使って、相互評価を行い、結果は各チームにフィードバックした。

順位		プレゼンテーションの内容と評価
9	F 発表者	テーマ：製作光路の改良 発表の内容：鉛筆が書いてあった箇所や読み取りにくいところをマークで書く 評価とコメント：数値的説明がなく、どれだけ精度なものなのかはわからなかった。
6	H 発表者	テーマ：製作光路の改良 発表の内容：ピコトンに内蔵が光がたぐくみ入っていることで測定可能 評価とコメント：相対誤差をおおむね3%ほどにまで減らした。
6	B 発表者	テーマ：製作光路の改良 発表の内容：スプリットが長と短の2つの光の強度を減らした 評価とコメント：図と表の相対誤差を見比べるとスプリットが短く減らした方がよいことがわかった。
1	I 発表者	テーマ：製作光路の改良 発表の内容：スプリットを小さく、相対誤差を減らす 評価とコメント：プレゼンテーションが非常に上手で、見やすい資料だった。
3	C 発表者	テーマ：製作光路の改良 発表の内容：スプリットが小さく、相対誤差を減らす 評価とコメント：プレゼンテーションが非常に上手で、見やすい資料だった。

順位		プレゼンテーションの内容と評価
3	F 発表者	テーマ：製作光路の改良 発表の内容：鉛筆が書いてあった箇所や読み取りにくいところをマークで書く 評価とコメント：数値的説明がなく、どれだけ精度なものなのかはわからなかった。
3	G 発表者	テーマ：製作光路の改良 発表の内容：ピコトンに内蔵が光がたぐくみ入っていることで測定可能 評価とコメント：相対誤差をおおむね3%ほどにまで減らした。
2	J 発表者	テーマ：製作光路の改良 発表の内容：スプリットが長と短の2つの光の強度を減らした 評価とコメント：図と表の相対誤差を見比べるとスプリットが短く減らした方がよいことがわかった。
9	E 発表者	テーマ：製作光路の改良 発表の内容：スプリットを小さく、相対誤差を減らす 評価とコメント：プレゼンテーションが非常に上手で、見やすい資料だった。
6	A 発表者	テーマ：製作光路の改良 発表の内容：スプリットが小さく、相対誤差を減らす 評価とコメント：プレゼンテーションが非常に上手で、見やすい資料だった。

プレゼンテーションを評価するための Point !

- ① 正しい専門性と技術と内容があるか (十分な調査、理論的な考察、チーム内の議論)
- ② 人に伝えようとする工夫や努力が、効果を得ているか (図表、字の大きさ、声の大きさ、態度)
- ③ 質疑応答のレベル (質問に対する的確な答え、誠意ある態度、質問者との議論の内容...)

図 4-16 相互評価のワークシート例 (3年生)

4-3-9 質疑応答を充実させる方法

質疑応答の時間には様々な工夫をして、学生が良い問いかけができるようにした。ワークシートを使って問いを生み出す訓練をしたり実際に質問をしたりすることで点数が加算されるようにして学生を動機づけ姿勢を促した。

良い質問のやり方を教えることも重要だった。問いかける側も受ける側も、良い質問のやり取りによって理解が促進し、オリジナリティ、妥当性、先入観のチェック、意見の根拠、対立意見への考察などを含んだ論理的な思考の訓練となるようにした。

方法を教示することも大切で、以下のような質問テクニックを提供し、適時に使うよう促した。

4-3-9-1 Open Question (開いた質問)

Open Question とは、「Yes」や「No」だけでは答えられないような問いかけの仕方である。質問者は発表者が「Yes」という一言では答えることができない問いかけを行う。それによって、質問者も発表者も能動的になり考えが深まり、最終的には、誰も思いつかなかったような創造的な回答が創発された。大切なのは、「もっと良い方法はないでしょうか」などという問いかけの後、時間をかけて「待つ」ことである。学習者の創造的な回答に対して、「素晴らしい考えですね」と共感を示し、回答者の思考を承認して、自信を与えることができるという効果があった。

以下に、Open Question による発表者と質問者とのやり取りの一事例を報告する。中学生用の教材を作成することを目的とする PBL での一場面だった。

=====

P (発表者)：原子核の大きさは、原子の直径に比べてとても小さいと説明します。

Q (質問者)：他の言い方にすると、どうなりますか。＜Open Question＞

P：では、原子は $64 \times 10^{-11} \text{m}$ で原子核は $2.4 \times 10^{-15} \text{m}$ と、説明することにします。

Q：もう少し、中学生にわかりやすい表現はないでしょうか。＜Open Question＞

P：原子核がソフトボールくらいだとすると原子の直径は 3 Km 位というのはどうでしょうか。

Q：他に良い表現はないですかねえ＜Open Question＞ (つぶやきながら信じて待つ)

P：あーそうだ、では、原子核がソフトボールだとすると原子の直径は・・・T 駅から市民病院までの距離になるんですよ、というのはどうでしょうか。

Q：素晴らしいですね＜感動＞、いいですねえ＜共感＞、よく思いつきましたね、とても良くなったと思います＜承認＞。

=====

質問者は、発表者が「原子核がソフトボールくらいだとすると原子の直径は 3 Km 位というのはどうでしょうか。」という説明の仕方を提案した時に、自分の想定していた説明の仕方になったので満足したのだが、さらに Open Question を投げかけて待ってみた、すなわち考える時間を与えたのである。すると、発表者独自の説明の仕方が考え出されたのである。

もしも、これを **Closed Question**（閉じた質問）で指導したとすると、一般的にありがちな以下のようなやり取りになるのではないだろうか。

=====

P：原子核の大きさは、原子の直径に比べてとても小さいと説明します。

Q：約3万倍と言った方が中学年生にわかり易くはないですか.<**Closed Question**>

P：あーそうですね、では、そのように修正します。

Q：（こちらの指摘がうまく伝わったようだ、良かった.）

=====

最後は、学生の学びではなく、指導者の自己満足で終わる結果となる。

以上の事例のように、**Open Question** を重ねることで、発表者はよく考えるようになり、質問者の想定以上に自らの独創的な方法を見出していくことが多かった。学生と教員間のみならず、学生間の質疑応答でもこの方法を推奨するようにした。

4-3-9-2 認知領域のタキソノミーや、認知プロセスの3段階モデルによる問いかけ

高いレベルの思考力へと導くために、ブルームの認知領域のタキソノミーを利用して表4-3のように問いかけた（Torp, L. & Sage, S., 2002）。これは主に指導者が質問するときに使った方法である。

表4-3 ブルームの認知領域のタキソノミーを利用した問いかけの例

思考のレベル		問いかけ方の例
知識	事実, 言葉, やり方などを知っている	知っていることは何ですか？
理解	内容解釈する, 説明する, 推し量る能力	言い換えると？
応用	知識をある状況から別の状況に移すことができる能力	他にも何かありますか？
分析	全体の中の部分を見つけたり, 区分けしたりできる能力	その原因は何でしょうか？
統合	部分を組み合わせ統一された全体を創り出せる能力	総合的に一番良い方法は？
評価	基準を使って情報の価値や使い道を判断できる能力	これはどの程度有効ですか？

構造化されていない問題に取り組む **Problem-BL** で質問のしかたを考えるために、表4-4に示すカレン・キッチナーの認知プロセス「認知」「メタ認知」「認知観」という3つのレベルで整理する（Torp, L. & Sage, S., 2002）ことが役に立った。この方法は教員がモデルを示してみせることが効果的だった。

表 4-4 思考を深めるための問いかけ法

レベル1 認知 (思考する)	レベル2 メタ認知 (思考することに対する学び)	レベル3《認知を認識》 認知のあり方に関する認知 (構造化されていない問題における わかるということの本質)
<ul style="list-style-type: none"> ✓何を学びましたか ✓確かですか？ ✓ここでは何が重要ですか？ ✓我々の問題にとってこれはどういう意味がありますか？ ✓その根拠に十分な事実をつかんでますか 	<ul style="list-style-type: none"> ✓どちらかといえば、あなたの目標ややり方を変えたいかがですか？ ✓あなたにとってどんな資料が一番役立ちましたか？ ✓〇〇について深く考えましたか？ (過程または戦略について) 	<ul style="list-style-type: none"> ✓何を根拠にそう思うのですか？ ✓何がわかりましたか？ ✓どの程度まで確かですか？ ✓何が問題となっていますか？ ✓何が問われていますか？ ✓どんな解決策が、どんな基準で、私たちの問題に一番合いますか？

PROBLEMS AS POSSIBILITIES, 76 頁, Figure 6.3 より 著者訳

このような、学生の認知プロセスを考慮して問いかけた効果について、結果が顕著であった典型的な一事例を以下に報告する。

=====

作業中、洗い場のシンクの中にビーカーを落として割ってしまった学生に対する問いかけである。この問いかけの目的は、同じ失敗を繰り返さない「自分のやり方」を自ら見出すということに焦点を当てていた。

T (指導者)：何があったのですか。＜事実を明らかにする＞

S (学生)：ビーカーを割りました。

T：それはどういうことですか。＜理解を確認する＞

S：落としたんです。

T：どんな状況ですか。何故そうになりましたか。＜分析を促す＞

S：シンクの底にぶつかって割れたんです。

T：どう思いますか。＜さらに分析を促す＞

S：二度とあってはいけないことです。

T：どうすればいいのでしょうか。＜統合された思考を引き出す＞
(少し待つ)

S：僕は背が高いので、次回からは少し身をかがめてシンクの底に近いところで洗うようにします。

T：なるほど！＜共感と承認＞

では、万が一、落としても割れないようにするためには他にどのような方法があ

りますか。＜応用＞

S: 割れやすいものを洗う場合は、シンクの底にクッション性のあるスノコを置くようにします。

T: その方法はどれくらい有効ですか。＜評価＞

S: それよりも、ゴム手袋をした方が簡単だし、有効性が高いと思います。

T: 素晴らしいですね、あなたならではの方法を思いつきましたね。

認知のプロセスを意識しないやり取りだと以下のようなになるだろう。

T: おっと、ビーカーを割りましたね、ガラス器具の洗い物の時にはゴム手袋をしましょう。

S: はい、以後、気を付けます。

=====

このような場合、失敗をしてしまった直後の学生は必ず「気を付けます」と言うが、このやりとりで、学生はいったい何を学ぶだろうか。おそらく、教員の言う通りにすべきであるということしか学ばなかったであろう。学生の思考が深まらないまま、せっかくの経験から何も学べないという可能性が大きいと考える。

思考を深める問いかけをした結果、学生のワークシートへの記述も変化することがわかった。図 4-17 は、このような指導前の記述から指導後の記述が変わった例である。指導前は、今後の改善策には「注意をして行動する」という、ほとんど意味のない改善策が書かれることが多かったが、指導後には、「もしもビーカーをすべらして落としてしまっても割れないようにするために、洗い物をする際には洗面所の底の近くで洗うようにする」という記述に変わった。

この学生は、背の高い学生であったことから、指導者側が示しがちな一般論の改善策ではなく、自分の特性に応じた自分なりの改善策という学びを得たことになった。このような問いかけが、学生同士で自然に行われることを目指して、実践を重ねた。

このように、思考を深める問いかけは様々な指導の場面で有効に働いた。

今後の改善案	要望
注意もして行動する。	

図 4-17 上 深い思考を促す問いかけをしなかった時の、「改善策」の記述

No.	クラス	名 前	
日 時	23 年	5 月	9 日 16 時 ころ
場 所	実験室		
気がかり記録	何をしています?	ビーカーを洗剤で洗っている時	
	何が起こって?	ビーカーをすておいてしまい、洗面台におとしてしまった。	
	どうなった?	ビーカーが割れてしまった。	
学生と担当教員で話し合ってみよう			
設備・施設の問題	実施体制の問題	知識の問題	自分自身の問題
<input type="checkbox"/> 表示が不明瞭であった <input type="checkbox"/> 不自然な姿勢で操作していた <input type="checkbox"/> 機器・器具が故障していた <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 操作方法が難しかった <input type="checkbox"/> 操作手順が悪かった <input type="checkbox"/> 作業に集中できない環境だった <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> 使い方をよく知らなかった <input type="checkbox"/> 注意事項を知らなかった <input type="checkbox"/> 予期できなかった <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/> 注意していなかった <input type="checkbox"/> やりたくなかった <input type="checkbox"/> 疲れていた <input type="checkbox"/> 急いでいた <input type="checkbox"/>
今後の改善案		要望	
もしビーカーをすておいて落としてしまっても割れないようにするために、洗いものを洗う際は洗面台の底の近くで洗うようにする。			

図 4-17 下 深い思考を促す問いかけをした場合の、「改善策」の記述

4-3-9-4 クリッカーを利用した問いかけ

クリッカーとは、正式名称 Audience Response System のリモコン型聴衆応答システムのことである。学習者が、一人ひとりの手元にある端末機器で応答することにより、回答の内容や割合が即時に指導者側の PC 本体に送信される。それにより、リアルタイムで学生の反応や理解度が確認でき、スライド上映をすることにより応答状況が学習者全体で共有できる。クリックして使用するため通称「クリッカー」と呼ばれている。クリッカーは、テレビの聴衆参加型バラエティー番組や討論番組、また会議や一般向け講演などに導入されていたが、2007 年より北海道大学で日本の高等教育機関としては初めて教育用にクリッカーを導入しその成果が報告されている。本研究でも

2010 年より導入した。現在ではオンラインアプリ等で、当時より利便性の良いものが多くある。

(1) ねらった効果

- ① 匿名性により、学習者は、理解できていないことを表明するなど、より正直に能動的に参加できる。
- ② 楽しい雰囲気ですべるため、関心を喚起しやすい。
- ③ 学生の理解度に合わせて、即時に授業の難易度や進み具合を調整できる。
- ④ 学生の反応が分析しやすい形で記録に残すことができるため、授業改善の手掛かりがつかめる。
- ⑤ 授業にメリハリが出て、集中力をリセットすることができ、気分転換になる。
- ⑥ クイズ形式の振り返りにより記憶定着効果が得られる。

4-3-9-5 発表者の主体性を引き出す「Critical Friend（大切な友だち）」

この方法（吉田，2006）は、学習活動の手順の④が大変むずかしかった。学生は、まずい点を指摘する時に、「～すればいいのではないですか。」とか「～はおかしいので直した方が良いでしょう。」というような言い方をしてしまうことが多い。これは Yes または No で答えることができる Closed Question（閉じた質問）であり、4-3-9-1 Open Question（開いた質問）の項で、学生の反応事例を述べた。閉じた質問では、質問を受けた人の創造力ややる気を促すことはできない。学生がなかなかできない時には指導者が制止して介入し、どのように問いかけると、やる気が出たり新しいアイディアが浮かんだりするのか、また自分の考えが尊重されているように感じるかなど、クラス全員で「Open Question（開いた質問）」について考える機会をもった。場合によっては、指導者がモデルを務めた。

(1) ねらった効果

- ③ 発表者の主体性を大切にする雰囲気をつくることができる。
- ④ 問いかけによる、ピア・足場かけが機能する。
- ⑤ クラス全体が、創造的な「学びの共同体」となる。

(2) 学習活動の手順

P さん：自分の企画や成果を説明する人

O さん：A さんの説明を聞く人（複数可）

- ① まず初めに、P さんが、O さんに対して自分の企画（考え・思い・成果）を説明する。
- ② 不明確な点を明確にする。

- ③ Oさんは、Pさんの企画について、わからなかったところを質問し、理解を明確にする。内容について変更・修正を求めたり、自分の考えを表明したりはしない。
- ④ Pさんは、Oさんに内容が正しく伝わるように説明する。
- ⑤ よかった点を指摘する。
- ⑥ Oさんは、Pさんの企画の中で良いと思った点を指摘する（ほめる、認める、共感する）。そして、まずい（と思った）点を、質問の形で投げかける。
- ⑦ まずい（と思った）点については、Pさんがすでに検討済みのこともあるので、それを **Open Question**（開いた質問）の形で投げかける。Pさんに新しい視点を提供するという気持ちで問いかける。あくまでも主役はPさんである。
 - （例）・・・の場合はどうしようと考えていますか。（新たな場面が想定される場合）
 - （例）他にどのような方法を検討しましたか。
 - （例）・・・についてもう少し具体的に聞かせてください。
 - （例）それを実施するに当たって最も困難だと思うことは何ですか。
 - （例）どのような状態になることが成功だと考えていますか。
- ⑧ 質疑応答の中で、Oさんの代案がPさんに示されることもあり得るが、その場合もあくまでも主役はPさんという気持ちが大切。
- ⑨ Pさんは、必要に応じて自分の計画を修正する。
- ⑩ OさんがPさんに、愛情（友情）を込めてラブ・レターを書く。
- ⑪ 実践する（実現しようとする）のはPさん。Oさんは、Pさんの実践やその結果がよりよくなるように、励ましたり自分のできる支援を書き記したり、ときにはPさんへの忠告を含めたりして、「愛情・友情」のある手紙を書き、Pさんに渡す。
- ⑫ Pさんは、Oさんからのラブ・レターを励みに計画を実行する。

(3) もたらされた学び

⑥ から⑦のやり取りは特に重要な部分であるが、学生側、指導者側を問わず実際にはなかなかできない人が多かった。実際の発表会では、発表後の質疑応答のやり取りで以下のような事例があった。特に、学生たちが困難であった部分のみを報告する。

=====

P：それでは、何か質問やコメントはありませんか。

O：私の場所からは、あなたの発表が少し聞き取りにくかったのですが、何か良い方

法はありませんか。＜Open Question＞

P：(少し考える)

O：(新しい視点を提供するという気持ちで静かに待つ)

P：次回からは、会場全体を見渡すように視線を動かしながら、もう少し大きな声で発表するようにします。また、会場が広い場合はマイクを使うようにします。

O：なるほど！＜感動＞、そういえば、あまりこちらを見てくれませんでしたね、その疎外感から聞き取りにくさが増していたのかもしれませんが＜共感＞、マイクを使うのも良い方法ですね＜承認＞。

=====

この事例と同様な場面で、Closed Question (閉じた質問) で投げかけていた時には、以下のようなやり取りが多かった。

=====

P：それでは、何か質問やコメントはありませんか。

O：もっと大きな声で発表してください。＜Closed Question＞

P：はい、わかりました、次回からはそうします。

O：(こちらの指導で大きな声が出せるようになるだろう、良かった)

=====

この場合、明らかに主役は質問者の O さんとなってしまうっており、「はい」と言っただけの P さんに深い学びや何らかの発見があったとは思われないのである。

4-3-10 相互評価

一般的に教育評価の意義と機能は、学習者にとっては、① 学習のペースメーカー、② 自己認識の機会、③ 価値の方向性への気づきとされる。また、指導者にとっては、④ 指導の対象を理解する手がかり、⑤ 教育目標や方法の指標であり、組織を管理運営する立場にとっては、⑥ 社会的責任の説明根拠である(梶田, 2010)。

社会で能力を発揮することを目指す本教育プログラムでの評価は、成績をつける指標としての評定的機能よりもむしろ、学習のプロセスに評価活動を埋め込み、学習者にとっての①、②、③の機能を発揮することが望ましい。また、そのような評価の結果は④、⑤にも利用でき、統括的評価として個人の成績に反映させることができた。

そこで、①、②、③を主目的として学習活動を充実させるために、図 4-18 に一例を示したような様々なワークシートを開発した。

(1) ねらった効果

- ・ 発表の聴衆側にとっては、種々のワークシートを使用することで、他のチームの発表をただ聞くのではなく、考えながら聞く訓練になった。
- ・ 発表者側にとっては、発表後にフィードバックが得られた。
- ・ 相互に順位付けをする場合、その根拠が明確になり投票の透明化をはかることができた。
- ・ 評価基準の明確化、評価のしやすさを考慮し、①は評価シートを、②のループブリック式評価用紙として作成した。
- ・ ループブリックは、学生と一緒に作成するのが望ましい。学生にとって、目標が具体化され、努力の方向性がはっきりする。

プレゼンテーションの評価表												
<small>(富山高専主催の研修にて、企業のエンジニアが作成したものを参考に作成)</small> <small>※ この授業では、皆さんからの評価や、学生同士の相互評価、自己評価など、複合的な評価を行っています。大変、お手数ではありますが、趣旨をご理解の上、ご協力をお願いいたします。</small>												
評価の項目	班	A	B	C	D	E	F					
話し方 評価の基準：良く聞こえる声か、わかりやすいか、楽しく魅力的か、聞き手の反応を確認しているかなど												
全体の構成・内容 評価の基準：構成がしっかりしているか、メリハリがあるか、具体的にわかりやすいかなど												
スライドのデザイン 評価の基準：見やすい工夫してあるか、簡潔な言葉、わかりやすい言葉を使っているか、画像や動画が効果的か												
聞き手の反応 評価の基準：拍手があるか、うなずいているか、適切な質問が出たか												
<table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td style="width: 15%;">完璧 ⇒ 5点</td> <td style="width: 15%;">だいたい良い ⇒ 4点</td> <td style="width: 15%;">まあまあ ⇒ 3点</td> <td style="width: 15%;">もう少し ⇒ 2点</td> <td style="width: 15%;">まだまだ ⇒ 1点</td> </tr> </table>								完璧 ⇒ 5点	だいたい良い ⇒ 4点	まあまあ ⇒ 3点	もう少し ⇒ 2点	まだまだ ⇒ 1点
完璧 ⇒ 5点	だいたい良い ⇒ 4点	まあまあ ⇒ 3点	もう少し ⇒ 2点	まだまだ ⇒ 1点								
アドバイスやコメントなどがありましたら、ぜひお願いします。												

<div style="display: flex; justify-content: space-between; font-size: small;"> 学科 班番号 学籍番号 氏名 </div>							
プレゼンテーションの内容と評価 <small>(自分のプレゼンも客観的に評価し順位をつける)</small>							
順位	<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"> プレゼンテーションの内容と評価 </td> <td style="width: 50%;"> </td> </tr> <tr> <td> 班： 発表者： テーマ： 発表の内容： </td> <td> </td> </tr> <tr> <td>評価とコメント：</td> <td> </td> </tr> </table>	プレゼンテーションの内容と評価		班： 発表者： テーマ： 発表の内容：		評価とコメント：	
プレゼンテーションの内容と評価							
班： 発表者： テーマ： 発表の内容：							
評価とコメント：							
	<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"> 班： 発表者： テーマ： 発表の内容： </td> <td style="width: 50%;"> </td> </tr> <tr> <td>評価とコメント：</td> <td> </td> </tr> </table>	班： 発表者： テーマ： 発表の内容：		評価とコメント：			
班： 発表者： テーマ： 発表の内容：							
評価とコメント：							
	<table style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"> 班： 発表者： テーマ： 発表の内容： </td> <td style="width: 50%;"> </td> </tr> <tr> <td>評価とコメント：</td> <td> </td> </tr> </table>	班： 発表者： テーマ： 発表の内容：		評価とコメント：			
班： 発表者： テーマ： 発表の内容：							
評価とコメント：							

プレゼンテーションを評価するための Point !

① 高専の1年生らしい専門性と技術と内容があるか
(十分な調査、理論的な考察、チーム内の議論…)

② 人に伝えようとする工夫や努力が、効果を発揮しているか
(服装、字の大きさ、声の大きさ、態度…)

③ 質疑応答のレベル
(質問に対する的確な答え、誠意ある態度、質問者との議論の内容…)

図 4-18 プレゼンテーション相互評価用ワークシート (左は中～高学年, 右は1年生)

平成 22 年度 プログラム概論・機能材料工学
 <プレゼンテーション 自己目標と相互評価>

各チームの目標に基づいて評価して下さい。
 A:素晴らしい！ B:いいね！ C:まあまあ… D:もうちょっと E:まだまだ

A 班		コメント・感想
① 体を使ってプレゼン	<input type="checkbox"/>	
② 分光器の特長を明確にする	<input type="checkbox"/>	
③ チームの意見、知識を全て共有する	<input type="checkbox"/>	
④ 各自の役割を明確にする	<input type="checkbox"/>	
⑤ 発表を楽しむ	<input type="checkbox"/>	
B 班		コメント・感想
① はきはきと話す	<input type="checkbox"/>	
② 原稿を見ないようにする	<input type="checkbox"/>	
③ わかりやすく伝える	<input type="checkbox"/>	
④ 興味を引くようにする	<input type="checkbox"/>	
⑤ スムーズに行う	<input type="checkbox"/>	
C 班		コメント・感想
① 分かりやすい	<input type="checkbox"/>	
② はきはきと話す	<input type="checkbox"/>	
③ スムーズに進行する	<input type="checkbox"/>	
④ 前向きに話す	<input type="checkbox"/>	
⑤ 飽きさせない発表にする	<input type="checkbox"/>	
D 班		コメント・感想
① 分かりやすい	<input type="checkbox"/>	
② 伝える	<input type="checkbox"/>	
③ 創作意欲のわくようなプレゼン	<input type="checkbox"/>	
④ まとめる力の向上	<input type="checkbox"/>	
⑤ 視覚に訴える	<input type="checkbox"/>	
E 班		コメント・感想
① 《製品の》特徴、仕組み、原理を理解する	<input type="checkbox"/>	
② はっきりと要点を絞って話す	<input type="checkbox"/>	
③ 相手の反応を確認する	<input type="checkbox"/>	
④ 段階的な説明を心掛ける	<input type="checkbox"/>	
⑤ マニュアルと照らし合わせながら説明する	<input type="checkbox"/>	

図 4-19 プレゼンの自己評価シート
(3 年生)

プレゼンテーションの相互評価において、図 4-18 左は企業エンジニアの観点を入れた評価票であり、図 4-19 は各チーム内で自分たちの評価基準を決め、それを宣言、公表して自己評価、相互評価するためのワークシートである。

企業の観点や、自分たちで目指す方向性を設定するので、努力のためのモチベーションが高くなる。各チームの基準もわかるので、低い目標に甘んじるようなことはできないという相互作用も生じる。目標や基準の作成からの参画により、他チームの基準を尊重して真摯に評価する姿勢も生じていた。

4-3-11 学びの振り返り、省察

4-3-11-1 低学年のための振り返りワークシート

(1) 導入の意図と作成の工夫

低学年時より振り返りシートを何度も書くことで、自分が何を学び何を理解したか、または理解できなかったかを確認することを習慣づけることになり、主体的な学習に不可欠なメタ認知力を育成する効果があると考えた。白紙を配付して振り返ってほしい項目を伝え記述させ、その内容を共有したりコメントを与えたりすることもあったが、学習者の発達段階、興味関心、専門性、学習進度と振り返りのタイミング、学習活動の特徴などを考慮して様々な種類や設問、デザインのワークシートを作成した。


1 年生前期に使用した一例では、図 4-20 のようになるべく楽しく書きやすいデザインや設問を工夫した。1 年生レベルでは、振り返りや記述に慣れておらず、特に工学系は苦手意識を持っている学生が多い。まずは表現できること、次に書く習慣、綴じておく習慣、そして振り返りの意義を感じ取ることを目的としたワークシートを開発し、自らの認知プロセスの意識的な外化を促した。

ふりかえりシート（1年 ものづくり基礎工学実験 II）

1. 実験に臨むための「私」の3つのルールは、


2. 私がなりたい技術者（夢）は、

3. 夢の実現のために、私がやろうと思うことは、


 今すぐ⇒

高専5年間で⇒

4. 今日の授業で、私が新しく学んだ・気づいた・発見したのは、




5. 今日の授業で、私が疑問に思うことは、




日付 2010 /	クラス	出席番号	氏名	印
-----------	-----	------	----	---

学びの振り返り（1年 ものづくり基礎工学実験）


1. 機械システム工学科の実験で、私が新しく学んだ・気づいた・発見したのは…




2. 機械システム工学科の実験で、私がうれしかったり楽しかったのは…



3. 機械システム工学科の実験で、私がつまらなかったことは…



4. 機械システム工学科の実験で、私が疑問に思うことは…



日付 2013 /	クラス	番号	氏名	印
-----------	-----	----	----	---

図 4-20 最初に書く振り返りシート（1 年生前期）

最初はなかなか書くことができない学生が前期の終わりには、自己分析ができるようになり記述の分量も増えてきた。すべてを一冊のファイルに綴じておき、ポートフォリオとして学習者、指導者の双方が、学びの軌跡を把握することに利用した。

4-3-11-2 中学年のための振り返りワークシート

学年が進むと、授業の意図を理解して努力の方向性に自ら気づき、自分の学習活動に役立てることを促すためのワークシートを開発した。

1 年生で図 4-20 のような振り返りシートを書いた経験をさせると、2 年生 3 年生になるとより深い省察が外化できるようになっていった。

3 年生レベルになると図 4-21 のように、講義一筆記試験という学び方とは異なる授業であることや、授業の目的や自己分析の意義を理解させた上で記述させることが大切だった。省察の時間を確保し、記述が以降の授業や自身の学びにどのように活かされるかなどの説明をするなど、記述へのモチベーションを刺激してから記述させることが効果的だった。また、チーム内の相互評価も図 4-22～24 のようなワークシートによって段階的に力がつくように工夫した。

4-3-11-3 学びの進捗を記録するワークシート（ポートフォリオ）

図 4-25 に、自分たちの課題を明確にしながら思考や学びを深めていくためのワークシートを示す。1 年生から専攻科まで発達段階に応じたシートを作成し、一貫性を持たせながら、段階的に記述のレベルを上げていった。ワークシートの記述内容に対して時々、教員側からフィードバックを行った。足場かけとしてのアドバイスを指導者チームで役割分担をしながら返すことで、学生の学びの質の向上をはかることができた。フィードバックによって、指導者チームとの信頼関係も生まれコミュニケーションが円滑に取れるようになってくると、認知プロセスの表出（外化）が促進され、記述が変わっていった。成長に合わせたワークシートを採用し、このプロセスを踏んでおくと、高学年の社会実装科目ではワークシートを必要とせず個々やチームの研究ノートの記載が充実した。しかし低学年からのこの学習経験がない学生には 3 章の社会実装科目において図 3-13, 3-17, 3-19 のような丁寧な段階的プロセスが必要であり、この経験がある学生は主体的に研究ノートに記録し探究を深めた。

図 4-25 学びの進捗記録シート(3～5 年生) :本章末尾に資料として掲載

図 4-29 に、実際の学びの進捗に沿ったワークシートの形式の変化と、一人の学生の記述の変化がわかる記録を示す。課題が変化しながら明確になっていく様子、学生のメタ認知力や意欲や主体的な学習者への変化などが観察でき、評価に活かした。

4-3-11-4 自己評価のためのワークシート

3 章の社会実装科目の PBL プロセスでは、「調査スキル」、「議論と合意形成のスキル」、「自己評価スキル」の 3 つの基礎力が不十分な場合、専門性が高くなると高度な思

考に到達しなかった。

特に自己評価は、その意義や方法、効果などに学生が納得していないと、まじめに取り組まず形骸化してしまう。しかし、低学年からの記述体験により効果を実感している学生は主体的に取り組んだ。また、提出先の教職員チームとの信頼関係も、記述に影響した。教職員が真摯な態度で臨むことが、学生たちの真摯な態度を引き出すことになった。企業などの実社会で行われている仕事の自己評価の事例を紹介することも効果的だった。

前述の図 4-20～24 は振り返りシートであり、かつチームメンバー間の役割分担に関する相互評価、社会人基礎力の自己評価、そして自分に点数をつけるとしたら何点でどのようなコメントを添えるかを考えさせる自己評価用のワークシートである。

低学年（1 年生）は、クラスメイトとの人間関係が成熟していないためか、チーム内の相互評価が公正にできないことが多い。学生同士でかばい合い、他者をほめ自分に厳しく評価する傾向がある。その場合は図 4-22 を使用したが、しかし、何度か相互評価と記述訓練をして中～高学年になると公正に評価ができるようになってくる。また、学習活動に真面目に一生懸命参加した学生は、自分にもチームのメンバーに対してもきちんと評価しようと努力する。図 4-23 の形式にも自信をもって記述できるようになっていった。さらに図 4-24 のようなシートによる訓練によって自らの学びの心理的状況を客観的視点でみつめる力が育つと、PBL の学びの自己調整力に効果が表れていった。

4-3-11-5 自身の学びの目標と評価、目標設定を行うワークシート

5 年生になると、自己目標と評価、次への目標設定を行うワークシートを使用した。

専攻科 1 年生の社会実装科目とほぼ同じワークシートである。本科を卒業して就職する学生もいることから、このように社会人基礎力に沿ったシートへの記入は取り組みやすいようだった。

<p>まず、これまでの自己目標を分析し、最終成果発表を終えた時点での自己評価をして下さい。また、自分が、この授業での取り組みから得たことを明確にして、それに基づいて、今後の自分の成長のために適切な自己目標を立てて下さい。各々について、大切だと思う項目を挙げ、それに対する自己目標を明確にして下さい。（ワープロ作成 OK）</p> <p>1) 前に踏み出す力について ○本授業での目標の対する自己評価（達成度とコメント） 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100% 自己評価： ○今後、自分が取り組もうとする具体的な内容と自己目標</p> <p>2) 考え抜く力について ○本授業での目標の対する自己評価（達成度とコメント） 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100% 自己評価： ○今後、自分が取り組もうとする具体的な内容と自己目標</p> <p>3) チームで働く力について ○本授業での目標の対する自己評価（達成度とコメント） 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100% 自己評価： ○今後、自分が取り組もうとする具体的な内容と自己目標</p>	<p>○今後、自分が取り組もうとする具体的な内容と自己目標</p> <p>4) 技術者（いずれ社会人となることを視野に入れた）への心構え ○本授業での目標の対する自己評価（達成度とコメント） 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100% 自己評価： ○技術者の心構えとして大切だと思う項目と自己目標</p> <p>5) 自己主導型学習能力 ○本授業での目標の対する自己評価（達成度とコメント） 0 10 20 30 40 50 60 70 80 90 100% 自己評価： ○今後、自分が取り組もうとする具体的な内容と自己目標</p> <p>6) その他</p> <table border="1"><tr><td>日付 2012/ /</td><td>サイン</td></tr></table>	日付 2012/ /	サイン
日付 2012/ /	サイン		

図 4-26 授業の初めに自分が立てた目標に沿って学びを振り返る自己評価シート

4-3-12 実際のワークシートの記述の変化

3年生の後期に実施した中学年の典型的なPBL科目の進行と、それに伴うワークシートへの学生の記述を報告する。

① 状況（教材が必要な）と役割（教材開発者）ゴール（教材の目的）を与えた。

例えば、図4-27のように左の平成22年度と右の23年度で与える状況が変わっている。学生たちのモチベーションが上がるよう工夫した結果、自分たちより年長の学生の教材を作成するというシチュエーションにして、受講学生の専門性も考慮し学ばせるべき理論を明確化したゴールを示した。

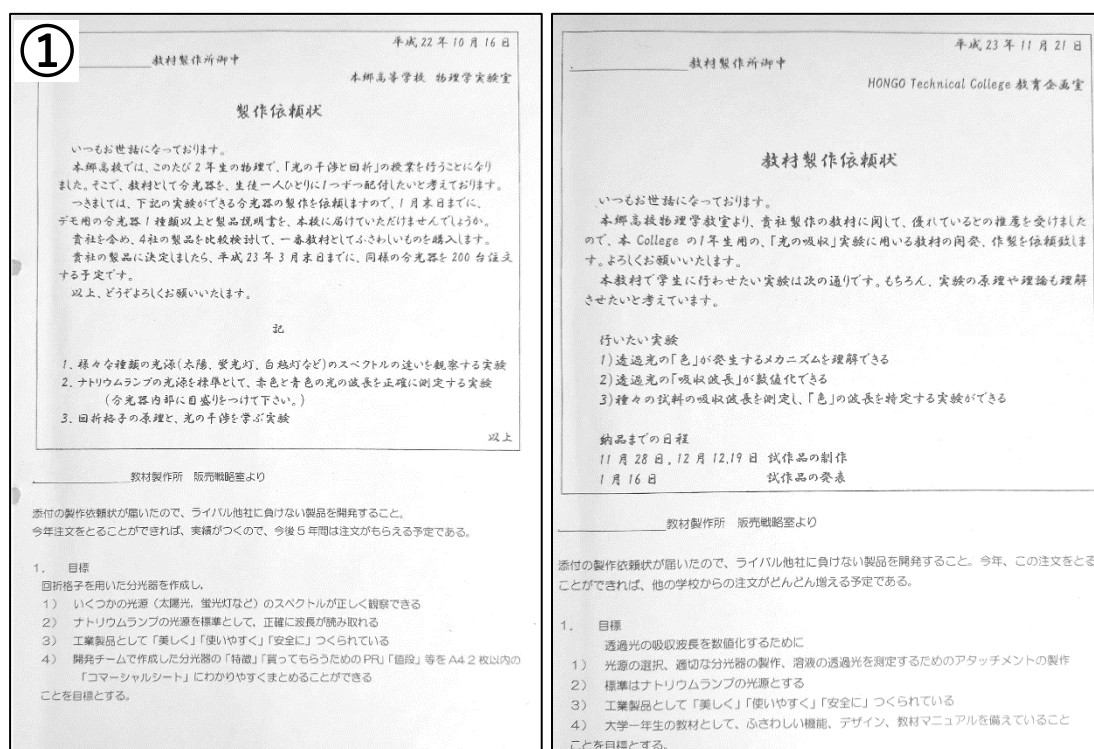
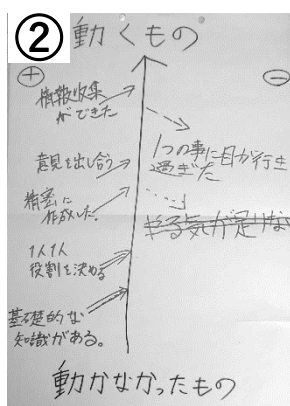


図4-27 平成22年から23年にかけて、モチベーションUPを図ったシナリオ



② チームビルディングの活動

4-3-3-2のグルーピング手法を使いチームを結成し、4-3-4で述べた議論や合意形成のための基本スキルのための活動をした後、図4-28の概念図を作成することにより、本プロジェクトに関する理解を深めることもねらった活動を行った。

図4-28 チームビルディングの一例

前年度の作品を評価し、既有知識を活性化する活動から始める。毎回、目標や課題を記述して外化することが重要で、その過程で問題が明確化し、自分たちが取り組むべき課題が絞られてくると、目標そのものが変化し記述内容も変わっていく。

図 4-29 10 月から 2 月の発表会まで毎回のプロジェクト進捗シート

- ④ 中間発表会で相互評価を行う
- ⑤ アイディアを練り直し、調査や議論を繰り返してプロジェクトを進める
- チーム活動だが、各自が毎回の進捗状況や「知っていること」「知らないこと」「知るべきこと」「アイディア」を記述しなければならず、協働的学びや自己主導型学習が進み、裏面や追加の用紙が充実していった。
- ⑥ 最終発表会で、チームごとに、教材のPRと使い方、学び方についてパワーポイントで口頭発表し、図4-18の評価票を使ってクラス全員で相互評価を行った。

⑥

4班

コンセプト

機能性

- ・波長 ④
- ・ポケット着脱 ④
- ・3つのセルを観察できる (PTB)

デザイン性

- ・スマート
- ・使いやすい
- ・安全

理論 (1)



分光器本体
アタッチメント

・回折格子の格子定数 → 1.9 μm (実験値)

波長 = 格子定数 × スリットからの距離 × 目盛の値

→ 1.9 μm × 1.0 0 mm × 目盛の値 [mm]

目盛 1 mm あたり波長 1.9 nm

性能

- ・色の波長の特徴
- ・吸収波長の数値化
- ・目盛 1 mm あたり波長 1.9 nm
- ・誤差 → 上 2.0 nm 以内

工夫

- ・スリット幅を 0.5 nm
- ・誤差 Down → 明暗が明確!
- ・ポケットを 4 個設置 → 3 つまでは測定しやすい!
- ・ポケットが着脱 ④

理論 (2)

- ・吸収波長の光を用いた分光器の校正
- 波長 nm / 目盛 1 mm
- = 使用した光の波長 nm ÷ 目盛の値 mm
- ナトリウムランプの波長 → 589 nm
- 目盛 1 mm あたりの波長 nm = 589 [nm] ÷ 目盛の値 [mm]

まとめ

- ・工業製品として「美しく」「使いやすい」「安全」
- ・ふさわしい「機能性」「デザイン性」

ライバル会社に負けない

分光器の使い方マニュアル

8 班

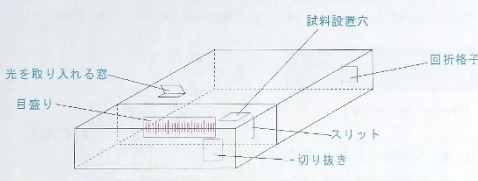
<目的>

本分光器は、透過光を観測することによって、以下の実験に使用できる。

- 1) 「色」が発生するメカニズムを理解する実験
- 2) 透過光から「吸収波長」を数値化する実験
- 3) 試料の吸収波長を測定し、「色」の波長を特定する実験

また、工業製品としての「美しく」「使いやすい」「安全」の中でも「美しく」に重点を置き、デザインを特に工夫している。

<構造>




試料設置穴
回折格子
光を取り入れる窓
目盛り
スリット
切り抜き


<使用方法>

- ① 試料を設置する。
- ② 回折格子を介して光を強く。

③



窓を閉じた状態

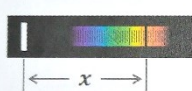


窓を開けた状態

光を取り入れる窓を調節することによって、スペクトルの変化の観察や吸収波長の測定を行うことができる。

◆吸収波長の測定法◆

試料を設置し、窓を開けた状態で観察すると図のように暗線が見える。吸収波長の測定法としては、この暗線のスリットからの距離 x [cm] を測り、以下の式に代入すると求められる。



$$\lambda = \frac{d}{x}$$

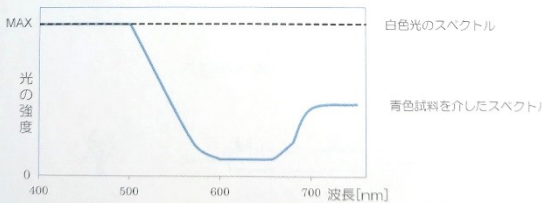
$$= \frac{2.0 \times 10^{-6} [m]}{0.10 [m]} x [cm]$$

$$= 200x [nm]$$

d : 格子間隔 = $2.0 \times 10^{-6} [m]$
 x : 分光器の全長 = $0.10 [m]$

※ 白色光のスペクトルと比べ、吸収波長を求めると以下のグラフを書くことができる。

例) 白色光を基準とし、青色試料の光の強度の変化を測定した場合

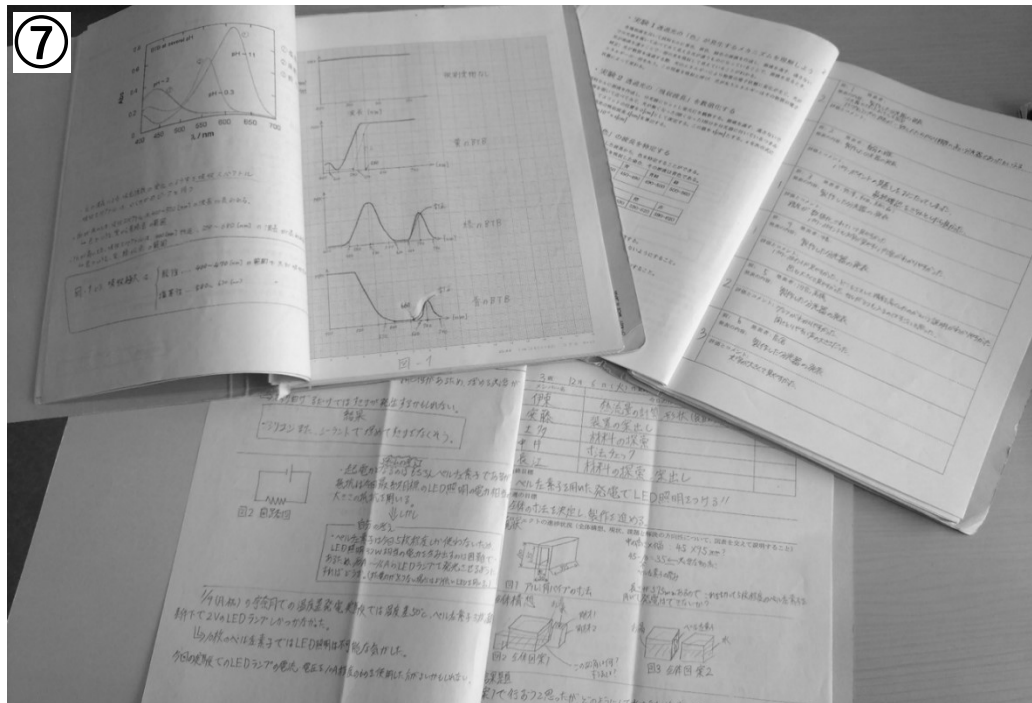


MAX
光の強度
0
400 500 600 700 波長 [nm]

白色光のスペクトル
青色試料を介したスペクトル

図4-30 上: プレゼン資料 下: 作成した教材のマニュアル

- ⑦ 半年間のプロジェクトで作成したワークシートや調査資料、発表資料などを全てまとめてファイリングし、振り返りの活動を行う



3年 プロ概（機能材料基礎）に関するアンケート

本授業（担当：袋布、高松、伊藤）と、これまでに所属学科で受けた授業や実験を比較して、次の項目に答えてください。

◎ この授業で採用した種々の活動は、それぞれにねらいがありました。あなたは、どうい教育効果、または学習効果を
実感しましたか？または、どういねらいがあったと思われるかを、書いてください。

行ったこと	所属学科の実験で自分が学んだと思うこと (実感した学習効果やねらい)	本授業で自分が学んだと思うこと (実感した学習効果やねらい)	習得 したか
レポート	レポートの書き方について	報告書の仕方、内容、書き方	それぞれに
学習進捗状況確認シート	国や表の書き方		
チームワーク	いかに正確に早く実験で何か	それぞれが考えやアイデアを提案し、よりよいものを作る	いこう 習得した
調査	わからないことに対して、正確な情報を調査		まあまあ...

記入者名 _____

3年 MEC プログラム概論 3種類の自己評価

(1) 前期の授業でのチーム内における貢献度を、自分も含めて、「総合的・全般的に」「感情的ではなく客観的に」正しく評価してください。

(記入例)

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100%
A 君 10%	C 君 15%	B 君 20%	自分 25%	D 君 30%						

(チーム内での個々の貢献度の相互評価)

0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100%
チームのメンバー名	自身の名前	メンバー名	メンバー名							

(2) 縦軸を感情や気分とし、横軸を時間として、自分の半年間の感情の曲線を書いてみて下さい。

(3) 教員になったつもりで、この授業の点をつけるとしたら、自分の総合点は
何点？

85 点

自分へのアドバイス
やコメント:
チームを引っ張って、
口やアイデア、
もう少しチームで分組
して、みんなプロジェクト
を進めていけば、より
よいものが作れた
と思う。

前発表会 進捗の把握 基礎理論の実験 昨年の製品直し (分組別) 前年の発表 (光軸の調整) 二階目の床の雨漏り 分光光度計作製 作製前半 作製中頃 作製後半 最終発表会

図 4-31 ポートフォリオと、振り返り

4-4 実践結果

本節では本実践によってどのような結果が得られたかを報告する。

まず、表 4-1 で示したように低学年では、「工学を高専で学ぶ者としての器づくり」すなわち技術者になっていくための視点の変化を目的とした。また、中学年では「チームで協働的学びを深めて知を創出する体験」を重視、高学年では「社会で起こっている現実の問題に対して総合力を発揮して最後まで考え抜く」を重点目的として取り組んだ。全体を通して ESD や他の教育を融合させることによる現代的な社会課題への視野の広がりや概念形成も目指した。

次に、第 3 章で残された課題「新しい能力観の付加・増強」がある。社会実装教育では卒業生の体験談を聞くなどの活動を行ったが、授業を進行し学びに伴走する指導者側の意識の転換も重要と感じ、小規模な学び合い型の自発的 FD を重ねた。このようにして行った学習活動がどのように学生に現れたかを報告する。

4-4-1 視点の変化

「工学や高専教育に対する学びの器づくり」を目的に、初年次教育の一環として 1 年生の後期に実施した科目「環境材料工学概論」で、身近な工業製品であるレンズ付きフィルム「写るんです」の分解実験や携帯電話をテーマにしたライフ・サイクル・アセスメント (LCA) のワークの診断的評価について報告する。

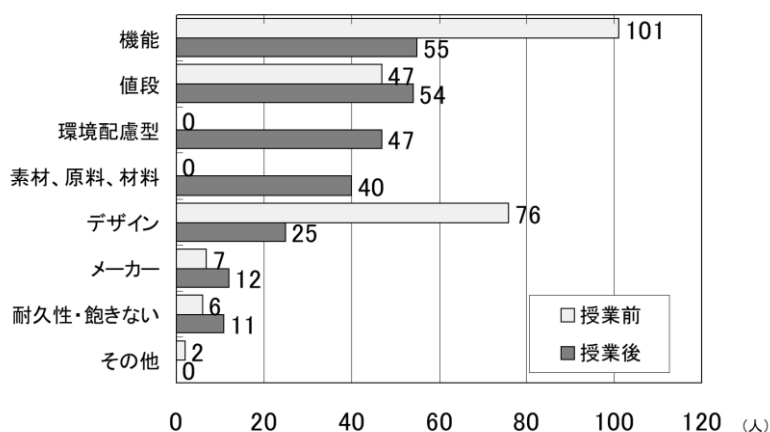


図 4-32 授業前後の学生の視点の変化 (1年生)

2009 年度の学習活動の前後に、「あなたが携帯電話を買う時に気にすることは何ですか」という質問を行った。学生数は 40 名、気にすることを 3 つ自由記述形式で挙げさせ、キーワード抽出して出現頻度 (言及した延べ人数) を集計した。本科目のねらいのひとつであった「技術を学ぶ者への視点の変化」を図 4-32 に示す。

授業前は「機能」と「デザイン」が突出していたが、授業後は「環境配慮型」「素材、原料、材料」に関する記述が表れ、学習の前後で学生の視点が消費者から技術者 (自分

の専門分野への関心が向上している) へと向かい始めたことが確認できた。

4-4-2 ESD など他の教育の融合

低学年から中学年にかけて ESD (Education for Sustainable Development) を融合するにあたり、教材や学習活動の開発の視点を、〈視点1〉環境問題と科学技術の関連性を考えさせる、〈視点2〉学習方法は、参加体験型ワークショップとし、態度や技能の育成および概念形成に重点を置く、〈視点3〉地球規模の諸問題に対し未来につながる価値判断を行えるようにする、〈視点4〉地球環境問題の原因は人口増加、貧困、食糧問題、南北問題などとも複雑に影響し合っている結果であることを理解させる(伊藤他, 2001)、とした。

1 年生の本授業の評価は、態度、成果物、発表、報告書(レポート)、振り返りシートで行い、本稿では振り返りシートの自由記述から授業前後の学生の理解度や概念形成を確認した。表 4-5 に、1 年目(1996 年)から開発した教材・ワークの試行と改良を繰り返しながら 5 年目(2001 年)までの授業後の振り返りシートの記述への、教材開発・学習活動の開発の視点の表れ方(言及した学生の割合)を示す。

表 4-5 振り返りシートの記述への、教材開発・学習活動の開発の視点の表れ方と言及した学生の割合
(伊藤他, 2001)

視点	振り返りシートで学生が言及した内容	言及した学生の割合(%)		
		1年目	3年目	5年目
1	工業材料が題材の実験・調査・討論・発表への肯定的な記述	84	95	70
1	環境問題解決と科学技術の関連性について肯定的な記述	78	65	55
2	参加体験型学習方法に対して肯定的な記述	84	81	95
2	新しいことを、学ぶこと・気づくことに能動的な記述	71	100	100
2	環境問題の解決への態度(興味・関心・意欲)および技能(協力・議論・思考)に関する記述	47	70	90
3	大量消費社会への問題意識と未来志向に関する記述	66	49	45
3	工業製品を検証することへの興味・関心・意欲に関する記述	34	95	42
4	様々な環境問題の存在と社会問題との因果関係に関する記述	80	74	88
4	地球環境問題の要因(南北問題)に対する理解	35	49	80
4	地球環境問題の要因(資源・エネルギー問題)に言及	66	26	30
4	地球環境問題の要因(先進国の大量消費の見直し)	—	54	70

① %は小数点以下を四捨五入

本研究による PBL 教育プログラムでは、表 4-5 で言及した学生の割合が低かった学習について、テーマ、教材、活動内容、タイミングなどを改良しながら、5 年生までの

PBL プロセスに繰り返し埋め込みスパイラルアップで学んでいくよう設計することを利用した。2000 年以降の本授業を受講した K 科の学生が専攻科で本研究による社会実装科目を受講した。

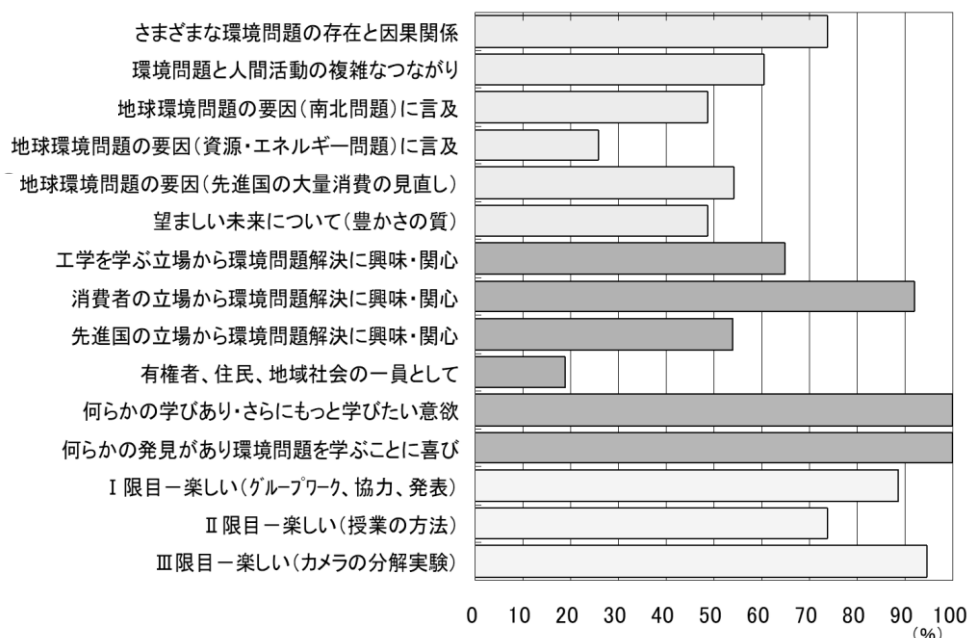


図 4-33 記述の内容と言及した学生の割合 (2001 年度)

前述した表 4-2 の 3 年生の分析化学実験の PBL 学習プロセスにも ESD を埋め込んだ効果を調べるため、終了後の振り返りシートの記述を従来型実験科目と比較した。

従来型の実験はテキストに準拠して進める授業形態で、濃度未知の調製試薬を与え指定された定量分析手法により濃度を求めるシミュレーション型の内容にグループで取り組むものだった。一方、本研究で取り組んだ実験は、扱う分析手法や分析化学の知識は同じだがグループ毎に与えられる課題 (図 4-34) に取り組みながら習得していく形態である。

学生自身が課題解決に必要なと思う知識や情報、技能を自主的に得ながら、チームで議論し課題を解決する過程で「協働知」を生み出し発表するという実験である。Problem-BL プロセス (3 章, 図 3-5) をベースに流れの設計を行い、本章 4-3 方法で述べたような種々の学習活動を組み合わせて取り組んだ。

どちらの実験も振り返りシートの設問は同じで、「実験で行った種々の活動は、それ

図 4-34 2006 年度の課題の例

A グループの課題

いくつかの天然水の COD をはかり、汚染の度合いを調べよう。

<チェックポイント・ヒント>

- 1) 過マンガン酸カリウムを用いた COD 測定法
- 2) 池の水とか、川の水とか、水道水とか…
- 3) きれいな水の基準とは何なのか？

ぞれにねらいがありました。あなたは、どういう教育効果、または学習効果を実感しましたか。自分が得たことや学んだことをキーワードで書いてください。」だった。授業受講者は3年生40名、振り返りシートに記述されたすべてのキーワードの概念を分類して比較すると、実験技能の習得や薬品など実験に必要な知識を挙げた学生が従来型実験では87.0%に対しプロジェクト実験は40.0%と少なく、逆に安全や環境問題等に対する課題解決の必要性やそのため

の実践力など態度や姿勢に関する記述は、前者が13.0%に対して後者が60.0%と多くなるという具合に、明らかな違いがありESDなどに関する概念形成と学習活動の特徴が表れる結果を得た(図4-35)(伊藤, 2010)。

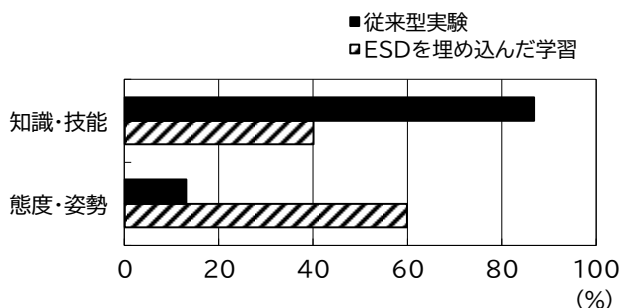


図4-35 キーワードに表れた概念の比較

4-4-3 協働的な知の創出活動

記述内容(図4-36)の分析では、チームワークに関する項目では、従来型実験が協調性、協力、相互理解などに分類される融和的な力(いわゆる輪を重んじるチーム活動)に関する記述が多かったが、PBL授業では協調性やチーム内での役割分担に分類される記述が極めて多くなった。

実験に関する項目で大きく異なったのは習得した技能やその他に分類された記述であり、知識に関しては記述がなかった。修得した技能として、従来型実験は、レポートの書き方、ノート使い方などに関する記述が多いことに比べ、プロジェクト実験は、議論や合意形成、調査能力などに関する記述が大変多く、協働的な知の創出に関連する学びを得たことが明らかとなった。

さらに、「PBLプロセスで行った種々の学習活動から学んだこ

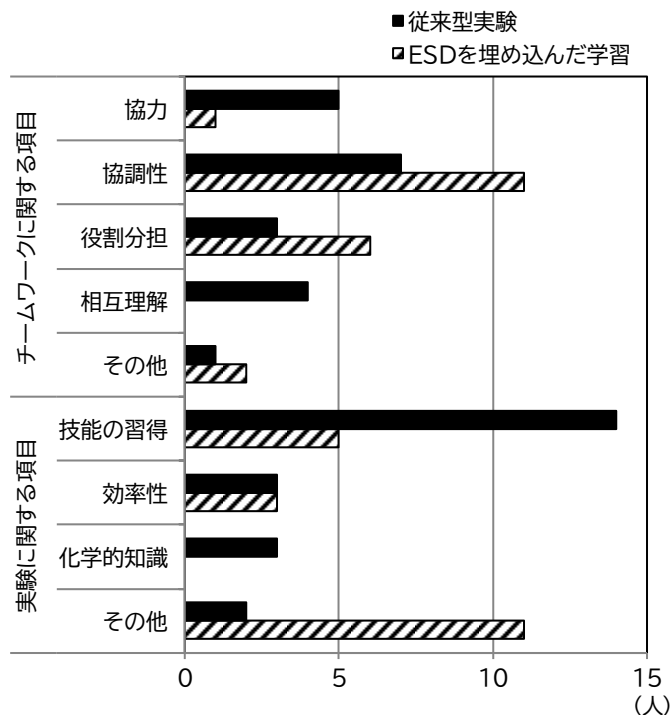


図4-36 学生の記述に表れた項目の比較

とは何ですか」への回答は、ほとんどの学生が自己把握や目的の明確化などを挙げていることより、従来型の実験では表れてこない自己管理能力の習得にも効果が見られた。ESD の学習活動を組み入れたプロジェクト実験ではその他に分類された記述が多かったが、その内容は、多かった順に、議論や話し合いの重要性、相互意見の尊重、積極性、合意形成、コミュニケーション力、リーダーシップなど（いわゆる切磋琢磨などの刺激を受ける協働的な知の創出を目指すチーム活動）であり、創造的人材を目指す PBL 教育の基礎能力の学習効果が認められた。

なお、授業担当教員のエキスパート・ジャッジメントによる発表会後の総括評価における学生の到達度評価では、全チームが目標のレベルに達したと評価された。図 4-37 に到達度評価の結果を示す。

評価は、表 4-6 に示した項目と観点で、到達目標のレベルを 1～5 点で採点した。

プレゼンテーション力は、平均点が 3.7 点、調査と考察力は 3.8 点、プロジェクト推進力は 3.5 点、挑戦的意欲は 4.2 点であった。

特に、高学年になって増えていく専門への勉学に影響すると思われる興味関心や主体性などの挑戦的意欲が高い結果となった（伊藤他，2008）。

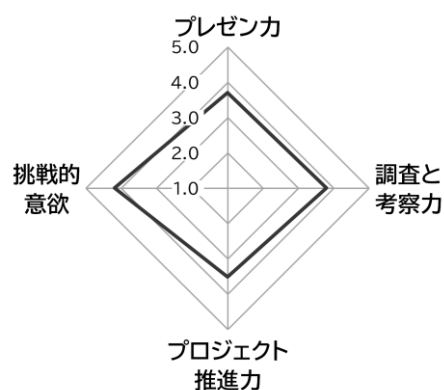


図 4-37 担当教員による到達度評価

表 4-6 担当教員による到達度評価の項目・観点・配点

評価項目	プレゼンテーション力	調査と考察力	プロジェクト推進力	挑戦的意欲
評価の観点	<ul style="list-style-type: none"> 資料の内容・正確さ 資料の体裁 発表と質疑応答 	<ul style="list-style-type: none"> 文献調査 議論と考察 理論に基づく分析 	<ul style="list-style-type: none"> 協働的課題解決・企画力 実験や作業の実践力 ポジティブな解釈や思考 	<ul style="list-style-type: none"> 意欲的行動・主体性 粘り強さ・興味関心 様々なチャレンジ
目標としたレベルに 5:レベルを超えている／4:十分に達している／3:おおむね達している／2:不十分である／1:達していない				

4-4-4 新しい学習観・能力観の付加

本取り組みでは、多様性を重んじるグルーピングや、状況や文脈に応じた役割分担、プロセスにおける相互評価とフィードバック、各種ワークシートを使った学習活動、そして指導者チームのファシリテートにより、学生たちに染み付いている本質主義とは異なる構築主義的能力観や、行動主義的学習観から状況主義的学習観の付加を目指し

た. そのようなやり方に対して, 特に伝統的な学び方や評価で優秀さを発揮していた学生たちから反発を受けることも少なくなかった. しかしながら, 徐々に学生同士で足場をかけあって協働的な学びの場をつくり出し, そのプロセスがうまくいった結果としての成果物が, 発表会で皆から評価されるという事例が増えて行った.

例えば, アスペルガー的な, いわゆる発達障害の傾向がある学生が, 本教育プログラムのチーム活動では排除されるような場面は少なかった. それどころか適材適所を工夫したチームワークの賜物であることがわかる成果を生み出し, 賞賛される場面も多かった.

どのような認知特性やキャラクターをもつ者も, それを変える必要はない. 同じ目的を達成するチームメンバーとしてのアイデンティティを獲得し, メンバー間の社会的関係の中で適切な役割分担や分業が行われ, 道具を有効活用できるようになると, それぞれが有能さを発揮するようになる. すなわち彼らを取り巻く活動システム (山住他, 2013) (山住, 2010) を変化させることができた時, または学生たちがそのコツをつかみ自らコントロールできるようになった時, 伝統的な学習観や能力観を脱することができることがわかった. 指導者チームは, 学生個々の学びのプロセスに寄り添い, 時にはモデルを示したり声掛けを工夫したりして, 学生一人ひとりが自分に合った学び方や環境を自ら構築できるように支援することが, PBL にとって重要であることがわかった.

4-4-5 一貫性のある連続的 PBL 教育プログラムの効果

本章では, 3 章で報告した社会実装科目 PBL 教育プログラムの課題に対応するため, PBL 基礎力の段階的訓練のための一貫性のある PBL 教育プログラムの設計と実践を行った. 社会実装科目は, 全専攻科 (本科の 4 学科を卒業した学生の混合クラス) で実施し, 本章で述べた PBL 基礎力の段階的訓練のための教育実践は, 4 学

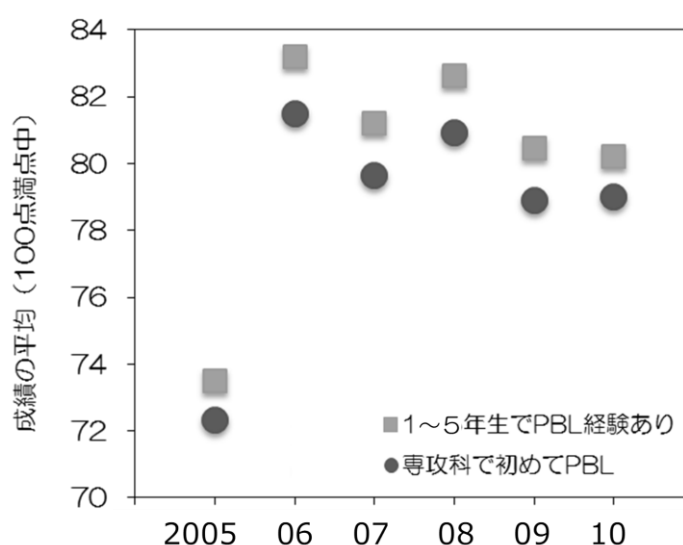


図 4-38 PBL 基礎力の段階的訓練を受けたクラスと専攻科で 1 年のみ受講したクラスの成績の比較

科中の1学科(K科)のみ実施した。

そこで、社会実装科目の成績において、PBL 基礎力の段階的訓練のための教育実践を行ったK科と他学科を比較し、図 4-38 に示す。

2005～2010 に PBL 科目を受講した専攻科の学生で成績が入手できた延べ 309 名に対し、1～5 年生まで継続的な PBL 基礎力育成のための教育プログラムを受けた群と受けなかった群に分け、6 年目となる専攻科 1 年の PBL による社会実装科目で平均点以上を取った学生数をカイ 2 乗検定した結果、有意差 ($p < 0.05$) が認められた。

PBL 基礎力の段階的訓練のための一貫性のある PBL 教育プログラムの有効性が示唆される結果を得た。

4-5 考察

3 章の実践で明らかとなった課題として、社会実装科目などの PBL によるイノベーション教育には、PBL 基礎力の段階的訓練の必要性、新しい能力観の付加・増強、そして ESD (Education for Sustainable Development) など他の教育との融合の必要性を挙げた。PBL はカリキュラム編成と指導法という補い合う二つのプロセスからなる (Torp, L. & Sage, S., 2002) が、特に、PBL 基礎力の育成において重要であった「学習の質を高める高次の学習法」「意欲向上への促し」「思考の深め方」、および「教育プログラム開発・実施の態勢」に関して、それぞれに考察を加える。

4-5-1 学習の質を高める高次の学習法

技術の社会実装体験には工学に関する専門知識と実験・実習やものづくりのスキルを向上させる実技教育が不可欠である。専門教育と実技教育は高専教育を特徴づけるものであり、質・量ともに日本の高等教育機関の中では充実している。本取り組みも全て専門科目の中で行っており、授業のテーマや教授すべき内容、実験・実習スキルの教育は従来通りである。本稿では、従来からの知識科目や実技科目との相乗効果を高める、認知活動を促すための思考ツールについて検討を行う。

PBL、特に創造性の育成に軸足を置く Problem-BL は、闇雲に進めても放任でも効果が上がらない。また、指導者が手探りだったり暗黙知に頼るのみだったりでは、授業という様々な制約下での学びは非効率だった。さらに、元々得意な学生が活躍し他の学生は補佐的な作業に終わってしまうことも少なくなかった。Problem-BL における学習プロセスの重要性を軽視し適切な学習法(指導法)を用いない授業が、しばしば「遊ん

でいるようだ」とか「学力がつかないのでは」と評される所以である。

アクティブ・ラーニングでは「学習の質を高める工夫」として、①高次の学習法、②他者の視点強化、③授業外サポート、④カリキュラムサポートの4項目に取り組むことが有効（溝上，2007）とされる。社会実装科目では表4-7にまとめたような「学習の質を高める工夫」を検討して教育効果をあげることに取り組んだ。

表4-7 社会実装科目の教育効果を高めるために検討したこと(伊藤他, 2015)

学習プロセス (社会実装教育)	学習の質を高める工夫			
	①高次の学習法	②他者の視点強化	③授業外サポート	④授業・カリキュラムサポート
現地調査・ヒアリング ↓ 製品開発コンセプト ↓ 社会実験モデル ↓ 研究・探求・開発 ↓ システム統合 ↓ モノの製作 ↓ ユーザーの声・テスト ↓ 評価と改良 ↓ 他者への説明・発表 ↓ 評価	<基礎的> ・調査力、情報リテラシー(収集・選択・活用・発信力)の習得手法とツール ・議論する力と合意形成力の習得ツール ・多様な評価スキル習得ツール ・学習プロセスへ技術者のための倫理学習の埋込み <応用的> ・プロジェクトマネジメント育成ツール ・思考整理・発想手法 ・統合、応用、展開法	・教員から適切な時機に、適切な内容のフィードバック ・学生同士でオープンなコメントがやり取りできる仕組みと環境 ・卒業生や企業技術者の活用(随伴性認知による動機付けと専門性の高度化) ・指導者評価+学生間相互評価+第3者評価の機能的組合せ	・電子メディア利用 ・WEBシステム利用 ・図書館や情報センターの終日利用 ・演習室の終日開放 ・実験室の機能の変化と設計 ・教員間連携(教員チームによる広義のチームティーチング) ・学内他部署との連携 ・学校外機関との連携 ・安全教育、キャリア教育との連携	・教育・学習理論をふまえた授業設計 ・教員の役割(知識伝達者→学びのコーチ、思考のモデリング、スーパーバイザーへ) ・学年間の接続(初年次から高学年まで) ・他の専門科目と連携したカリキュラム編成 ・講義型授業と演習型授業の連携 ・評価のあり方(診断的評価+形成的評価+統括的評価の組合せ) ・社会に向けた質保証のあり方

特に①高次の学習法は、Problem-BLの学習のプロセスにおいて活発な認知活動を促すために重要であることを、実践を進める中で確認した。具体的には、4章3節で報告したような種々の思考方法を学習活動に取り入れた。これらの実践により得られた知見より表4-8を作成した。すなわち、「PBLに不可欠な基礎力」「使用したツール(学習方法)」、実践で効果的だった「使用のタイミング」「得られた効果」、それにより見出された「PBLプロセスにおける学習手法としての利点」を整理してまとめた。

一般的にアクティブ・ラーニングは指導者側の負担が大きいとされる。本実践では、ビジネス界で使われている既存の思考法やインタラクティブ・ラーニング手法等を利用することによって、負担軽減にも取り組んだ。例えば、低学年の基礎スキルの習得の段階で、ツールを使った活動をクラス全体に一斉に働きかけることで起こるグループダイナミズム効果によって、チーム間、学生間の協働的認知体験を通して学びを深めた。徐々に学生自身がこれらの思考ツールを使いこなせるようになると、3章で報告した社会実装の段階では、専門性を高める本来の方向に学習が進むことが観察できた。

表 4-8 PBL プロセスで行う高次の学習法と、その特徴 (伊藤他, 2015)

不可欠な基礎力	ツール(学習方法)		特徴(使用のタイミング・目的や得られる効果・学習手法としての利点)
調査力 情報収集力	レポート自己添削・相互添削 教員からのフィードバック		知識の習得／情報収集、情報選択、情報活用、情報発信のスキル／メタ認知力／論文作成の基本ルールの遵守／知的財産(著作権)教育
	互惠的教授法とジグソー学習 を組み合わせた手法		協働による問題解決過程における思考の外化と共有、その重要性の実感を得る／学力格差や競争原理による個人主義の克服／個の責任と協働の責任をふまえた協力的な雰囲気・文化の醸成／自尊心とともに他者への好意的感情、メンバー間の尊敬を高める／協力的な相互依存関係、互惠的教授の促し
情報選択力 情報活用力	グルーピング (ランダムなチーム分け)		チームワーク力育成の初期段階、くじや出席番号、誕生日などで分ける
対話力 議論する力 合意形成力	グルーピング (自己分析をふまえた協力的チーム分け)		協働的なチームワーク力の育成段階、これから取り組むことに対する自分の特性(得意や不得意など)を掲げて、補充しあえる相手を探す
チームワーク	グルーピング (自由意志によるチーム分け)		課題解決のための高度な実働的なチームワーク育成段階、個と全体を考慮して成果が出るチーム編成をする
	ブレインストーミング (個人で、または記録係をたててグループで)		4つのルール(質より量、批判厳禁、自由奔放、便乗発展)の順守に徹してアイデアを出す発散技法、ゲーム的に楽しく議論の基礎を訓練、チームワークを育成する段階に有効
	ブレインストーミング (記録係がいるカード記入式)		カードに意見を書いて出し合う、話し合いに慣れた初期段階に有効
	マッピング (KJ法による)		膨大な質的データに基づき、分類・整理して発想に結びつける手法
	マッピング (自由に関係性を視覚化)		自由度が高く、新しい発想や合意形成、相互理解や確認などに有効
	マッピング (4象限マトリックスを利用)		グルーピングのアイデアを度合で整理する場合に有効
	マッピング (一元的方向性に沿った)		因果関係や時系列で整理しストーリー化する場合に有効
	ランキング (カード回しによる絞り込み)		意見を出すことに慣れた初期段階に効果があるカードゲーム形式
	ランキング (ダイヤモンドランキング)		10項目程度の選択肢から有効なものを絞り込む方法で、ある程度の議論ができる場合の高度合意形成
プロジェクト マネジメント力	PCM(プロジェクトサイクルマネジメント)手法		問題の状況をカード化し、ロジカルな問題分析、目的分析を経て、問題解決のためのプロジェクトを作る
情報発信力 発表スキル 評価スキル	発表	ギャラリーウォーク ポスター・展示発表	コンパ形式、フィードバック集めなど、ポスター発表の応用的な形式
		口頭発表	短時間または中間的な発表会／多くのフィードバック／俯瞰力／聴衆との双方向性
知識や経験の 統合・応用・展開	質疑 応答	Open Question	制約下での双方向コミュニケーション／度胸／総合的プレゼン能力
		深い思考を促す問いかけ	YES, NO で答えられないような問いかけをすることにより思考を深めさせる
		クリティカル・フレンズ	ブルームの認知領域のタキノミーに沿った問いかけにより深い思考へと促す
		クリッカーを利用する	発表者の主体性／ピア足場かけが機能／全体が創造的な学びの共同体となる
	文章 化	振り返りのワークシート	質問し易い／双方向性で能動的／理解促進／授業にメリハリ／記憶定着効果
		プロジェクト推進用の ワークシート	自分にとっての授業の意義／自分の学びに対する省察／指導者との双方向性
		相互評価のワークシート	思考の文章化／問題・課題発見力／プロジェクトの管理／PDCAのブレイクダウン／記述力／意欲／メタ認知力／学びのポートフォリオ／チームビルディング ^{※8}
		自己評価のワークシート	努力の方向性／動機付けへの刺激／自分の学びに対する省察／他者理解
		レポート作成	メタ認知力／学びのペースメーカー／努力の方向性／自分の学びに対する省察 記述による表現や、記述によるコミュニケーションの総合力

しかしながら、これらのツール（学習方法）は汎用的で優れた手法であるほど、実施すること自体が目的化してしまう危険性がみられた。「体験だけ学習」や「這い回る経験主義³」に陥ることを避けて、高等教育の専門分野や発達度合いを考慮することが肝要だった。また、このような思考ツールはビジネス界でも使われるが、企業の方々からは、社員からアイデアを効率的に搾り出すことを一義的な目的として使う場合とは異なることを明確に意識することが重要だとの指摘を受けた。同一のツールでも、教育で使う場合は“思考の遊び”的な要素を許容し、学生が思考実験したり時には失敗したりすることにも寛容であるなど、ビジネス場面とは全く別物であると捉えた方が良い場合があることが示唆された。

高次の学習法として学生の成長や能力の育成に主眼を置く場合の思考ツールの使い方としては、表 4-8 で挙げたどの手法においても次のいずれか 2～3 項目以上が満たされるようにして使うこと（伊藤他，2015）を心掛けた。

- ① 学生自身の「心と頭と体が活発」に動いていること。
- ② 学生が自ら選んだという「自己決定感」が得られること。
- ③ やればできるという「有能感」が得られること。
- ④ 自分の為になるという「随伴性⁴」が得られること。
- ⑤ ②や③の感覚を高めるような適切な「教育的報酬」を意図的に準備すること。
（形成的評価の工夫）
- ⑥ 「知識と理解の再構成が起こる」ような、社会的相互作用を通した「互恵的な協働的学習」として機能させること。
- ⑦ 「メタ認知⁵」の機会となること。
- ⑧ 「自己評価や相互評価」による形成的評価の機会となること。

これまで、座学やテキスト準拠型の実験で学ぶことを中心としてきた学生が、社会実装科目のような学びに出会うと、これらの基礎スキルが不足している場合、学習が深まらず学ぶべき専門性が高まらない傾向が見られた。従来の学習方法で優秀な成績を修めてきた学生の中には、Problem-BL の思考プロセスで躓く者がいた。その結果この学び方に対して不満を持ちモチベーションが上がらず悪循環に陥ってしまった。伝統

³ 這い回る経験主義：経験を重視するあまり、伝統的な学問体系の教授が軽視され断片的な学習に終わり知識の積み重ねが不十分となることを批判的に揶揄した言葉。

⁴ 随伴性、随伴性認知、随伴性の刺激：随伴とは「ある物事に伴って起こること」をいう。教育心理学の言葉で、「ある行動をすれば自分のためになるような結果が生じる」と信ずることを随伴性認知（行動に結果が随伴しているという認知）とよぶ。

⁵ メタ認知：認知についての認知のことを指し、自分の認知行動（思考、記憶、言語活動など）を対象化して捉えることをいう。メタ認知は「認知プロセスについての知識」と、「認知プロセスのモニタリングとコントロール」といった認知的活動の二つに大きく分かれる。学習におけるメタ認知は、自分の学習活動の改善に役立つとされる。

的な授業では指導者によって質や量を適切にコントロールされた情報を与えられ、チームによる協働学習よりも個人学習で成果を上げる機会が多い。成績評価も筆記試験とレポートによる個人評価が多く、教員以外の多様な視点、多様な評価軸で評価を受けた経験がないので、拒否反応は仕方がないと思われた。ほとんどの学生は、実社会に近い PBL の学習観や能力観を受け入れ評価方法についても納得し努力するが、最後まで受け入れられない学生は遅かれ早かれ同様の場面で、また躓くことになるだろう。

本実践より、Problem-BL で学習の質を高め創造性を引き出すためには、15 歳で入学した学生に対してなるべく早期から高次の学習法を取り入れることにより、学生一人ひとりが抱える文脈と社会的文脈をすり合わせながら専門を深めていく機会を与え、その過程で創造性を発揮できるように導くことが重要であると考えに至った。

4-5-2 意欲向上への促し

本教育プログラムの軸である学生中心の学びに関する問題の一つとして、「チーム内の学生の取り組み方の熱心さに差がある」が挙げられる。換言すると、やる気が出せない学生にどう働きかけるかという問題である。様々なワークシートの記述や概念図などの学習成果物、また評価票や自己評価、省察、そして学習態度の観察により、やる気が出ない学生たちに共通の原因として以下が考えられた。

- ・ 「チーム活動の経験不足」で、議論や合意形成のコツが掴めていないためにやる気を失っている場合
- ・ 人間関係に関する「過去の経験からコミュニケーションに苦手意識」をもち消極的になっている場合
- ・ 授業そのものやチーム活動の「意義が理解できないために参加度が低く」なっている場合
- ・ 他の授業で良い成績が取れないため、「あらゆる学習活動に自信がなく積極的になれない」場合

ただし、学び方の特性や心の病気などによりチーム学習が困難な学生の場合、その程度によっては全く別の専門的学習支援が必要なので、専門家の協力も仰ぎながら的確に見極め（伊藤他，2015）なければならなかった。

以下に、やる気が出せない原因別のツール利用法と、指導者の役割について検討を加えた。

4-5-2-1 やる気を出せない原因別のツール利用法

「チーム活動の経験不足」は、程度の差はあるが初期段階ではほとんどの学生が該当した。学術的専門性がまだ高くない低学年で、楽しさを感じさせつつ意見を出すことや合意形成することに慣れさせ、その効果を体感させることが重要であった。議論や合意形成のコツが早く掴めるように、前節の、4-5-1 学習の質を高める高次の学習法 で挙げた、①心と頭と体の活性化、③有能感、⑤教育的報酬、⑦メタ認知、⑧形成的評価の機会の5点を特に働きかけた。例えば、ルールを徹底したブレイン・ストーミングやマッピングにより、「一人よりも豊かなアイデアが出ること」「自分の意見が全体に反映すること」「他者と協働するための基本的なルールに基づくとやりやすいこと」などを体感させ、①③を刺激した。コンペ式のギャラリー・ウォークにより成果物の優れている点を認め合う活動などが、⑤や⑧を得る機会となった。そして、振り返りのワークシートを記述してチームの中で経験や感情を共有することで⑦や⑧の機会とした。チーム分けの方法も重要で、このような初期段階では、くじ等によるランダムなグルーピングを何度か繰り返して、誰とチームを組んでも自分の立ち位置を見つけられるという小さな成功体験を積むことが大切であった。

「苦手意識に原因がある」場合も上記と同様の働きかけが有効であった。加えてこの場合には特に、何を言っても、あるいは言わなくても受け入れられる安心感や、自分が意見を出すことがチームの為になり楽しいという実感を得ることが重要である。そのためには、個人がアイデアをカードに記入して出し合う形態のブレイン・ストーミングから始めることが、特に有効だった。また失敗に寛容な教室の雰囲気をつくるための、教員の声掛けによるムードメイクが重要だった。

「授業の意義が掴みきれない」学生への対処には、企業で働いている卒業生からこのような授業の意味づけをしてもらうことが有効だった。④随伴性を刺激し、⑦メタ認知や、⑧形成的評価の機会俯瞰的な視点で捉えることや、納得感を促すという方法を使った。また、例えば「何をもって自分が取り組むプロジェクトの成功とするか」「安全のために重要なこと」などをテーマに、各種ツールを用いた合意形成やチームビルディングに時間をかけて取り組ませた。問題解決や安全に関する数々の知見は、すでに種々の研究で明らかになっており、伝統的な教育ではそれを効率的に教える。しかし本取り組みでは、まずは自分たちの既有知識に基づいて考え、次に調査によって考えを補強しながら知見を得ていくというプロセスを体験させた。それによって、自分なりの知見の獲得方法を学生個々が学ぶことになる。新しい知見が10年で陳腐化するといわれる現代においては「与えられる知見」の量を稼ぐのではなく、「知見を得るための過程と方法」を知った方が、長期的には遥かに効率的であることに気づくことを期待し、授業の

意義をつかめるように促した。

「自信がなく積極的になれない」学生には、②自己決定感、③有能感、⑥互惠的協働学習がより重要だった。例えば、チーム分けでは、それぞれの自己分析の結果を基に誰と組むと成果が上がるかを考えながらグルーピングする「自己分析をふまえた協調的チーム分け」を使った。また、メンバー全てが何らかのリーダーとなることを課した。例えば6名のチームの場合、事務・会計・伝票処理のリーダー、記録のリーダー、表現のリーダー、交渉のリーダー、ムードメイク・時間管理のリーダー、合意形成のリーダーという具合である。このような決定も②自己決定感を重視して自分たちのチームに必要な役割を考えさせ、各々が何らかの得意分野で力を発揮し③有能感へとつなげていくように促した。

これらの体験により、議論や合意形成ができないとチーム活動で個々の力を活かせず、あらゆる面、すなわち感情面でも認知面でも成果の面でも「損」をすることが実感として理解できる。この実感が、PBLのような学びへの大きなモチベーションとなることが示唆された。（伊藤他，2015）

4-5-2-2 指導者の役割

指導者の役割は、働きかけの方法と同等かそれ以上に重要であると考えられた。

やる気のない学生がいた場合、他の学生の不満が指導者側に届き、通常はやる気を起こそうとしない当該学生への対処ばかりを考える。しかし、他の学生の当該学生への「働きかけ力」や「問題解決力」の育成の機会と捉える視点が必要であった。指導者自身が学生のケアは私の仕事だとして奔走するのではない。やる気を出せない仲間がいることを、他の学生たちが自分のチームの問題として捉え、自ら解決の糸口を掴むまで、指導者は伴走してプロセス支援をするという姿勢が重要だった。

必要に応じ面談して双方の学生の気持ちをヒアリングすることにより、表 4-7 に示した様々なツールの適切な組合せと、使用するタイミングを考えた。どのツールを使う場合も、前述した①から⑧までの項目のいずれかを満たすことを強く意識した。学生らの問題解決への意欲や知恵が引き出されることを信じ、学生間の相互作用がポジティブに働き始めるまで、おおらかに構えて待つことも大切だった。待ちながらも、環境やムード作り、リフレーミング（視点をずらして考えなおすこと）などを支援した。行き詰ったり迷走した時には問いかけや簡単なアドバイスをして、時にはスーパーバイザーとして知恵を与えたりモデルを示したりした。（伊藤他，2015）

例えば「先生、これが分からないのですが…」と聞いてくる学生に対して、指導者の対応によってどのように思考を促すことができたかについて、図 4-39 にまとめた。

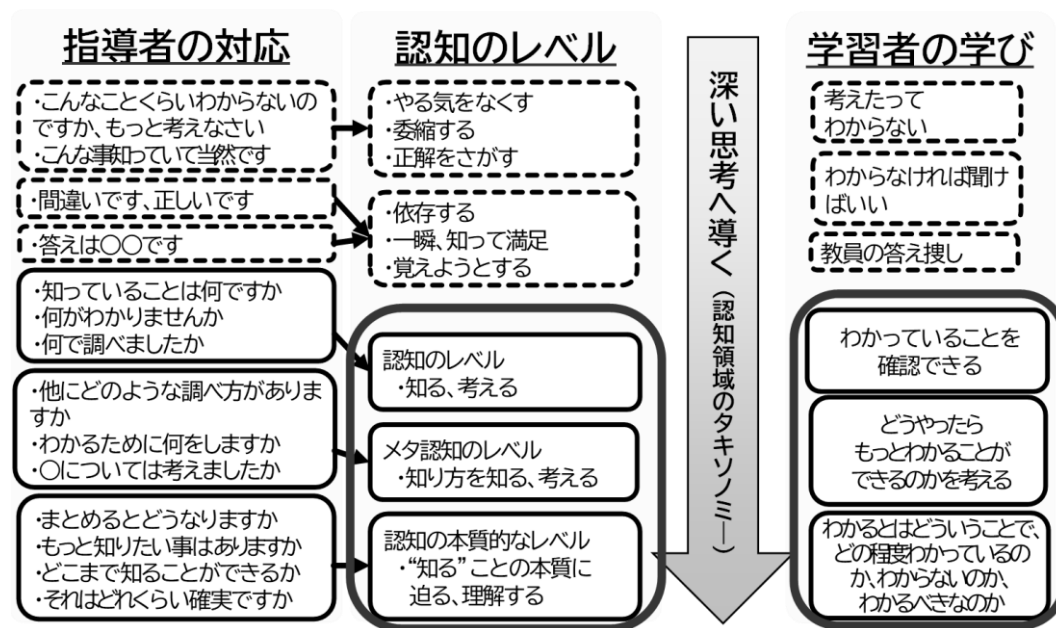


図 4-39 指導者の受け答えと学生の学び

4-5-3 思考の深め方

4-5-3-1 情報収集・選択・活用力の習得

チームビルディングがうまくいき、いよいよ学習を深め専門性を高めていくには、情報の収集・選択・活用の能力が不可欠である。情報をまとめて読み手に正しく伝えるための技術や、情報を取り扱う基本的なルールや倫理観を身につけることは、技術者としての基本として避けては通れない。学生が主体的に学ぶ方法として、前述の 4-3-1 レポートの自己添削・相互添削および図 4-3 で記述した、レポートに自分で赤ペンを入れる自己添削や学生同士で行う相互添削が、学生が熱心に取り組み教員の介入がほとんどなくともレポートの質が高まっていく活動だった。しかしながら一定の指導は必要であり、教員からのフィードバック（コメント返し）を初期段階で丁寧しておくことが、少々手がかかることではあるが、その後の高度な調査活動のためには重要であった。

情報収集・選択・活用力の習得には、特に、学生たちが相互に教え合う互惠的教授法とジグソー学習を組み合わせる方法（森他，2006a）は、Brown, A. L.（ブラウン）らによって提唱（森他，2006b）されているが、本実践でも学生たちは熱心に取り組み、②自己決定感、③有能感、⑥知識と理解の再構成（内容を深く理解すること）をもたらす、高専学生に適合した手法であるという手ごたえを得た。表 4-8 に示したような高い学習効果が期待できることを確認した。

4-5-3-2 質問力の習得

批判的思考を働かせた良い質問ができることが、発表会などで議論を深め思考を次のステージへと高めていくために必要不可欠な力である。しかし「良い質問をしましょう。」と言葉をかけてもなかなかできるものではない。

本章の4-3-9-1 Open Question（開いた質問）および、4-3-9-2 認知領域のタキソノミーや、認知プロセスの3段階モデルによる問いかけ において、教員側からの問いかけ法により、実際に学生の思考や学習行動の変化が顕著に表れた事例を報告した。また、4-3-9-5 発表者の主体性を引き出す「Critical Friend（大切な友だち）」でも、質問力を鍛えた結果の学生の応答事例を報告した。

このように、認知のプロセスを考慮した問いかけや様々な質問手法の効果は、表4-8に示したようにまとめることができ、投票機能があるICTツールなどを適切に組み合わせて利用することによる、さらなる効果が示唆された。

4-5-3-3 課題の明確化と優先付けから解決までのスキル習得

1回の授業ごとに1枚のプロジェクト進捗シートを一人ひとりに作成させることが効果的であった。図4-25のような数種類のプロジェクト進捗シートを作成し、学生の発達度合い、ものづくりのレベルや進行度合いによって使い分けた。毎回、課題を整理させ、解決すべき優先順位をつけ、そこから導かれる解決の方策については、調べ学習により科学的・技術的根拠を記述させた。このような思考の認知のプロセスを記述により外化する活動は、最初はほとんどの学生がうまくできない。しかし、ワークシートへの記述を半年、1年と続け、ルーチンのように繰り返すことと、様々な思考ツールとの相乗効果を図ることにより、授業の終盤になると、それぞれの学生なりに課題の優先付けから、情報を活用して解決していくことまでができるようになっていくことが観察された。4-3-12 ワークシートの記述の変化の実例を示した。

4-5-3-4 評価力の育成

社会連携型イノベーション教育では、学生の主体性を引き出し自律した学習者へと成長することも目指している。具体的方法として、授業の終了時、発表会の終了時などの区切り毎に、一人ひとりの学びの振り返りを記述させ、⑦ メタ認知力、⑧ 自己評価能力を習得するようにした。学期の最後には、記述したワークシート類を携えて、チーム毎に指導者チームとの評価会（1チーム20～30分）を行った。学びの全プロセスに様々な評価活動を埋め込むことによって、自分や仲間を過不足なく評価できるようになり、努力の方向付けや学びのペース作りができるようになっていく学生が多くなった。

ていった。

4-5-4 教育評価

評価は、第1章 1-3-6 評価 で述べた考え方と方法で行った。

すなわち、まず、(1)獲得目標の抽象度については、科目ごとに技術職員を含む担当指導者間で議論して整理し共通認識をもって臨み、常に学生や他の評価者と共有した。次に、学生の成績付けは(2)直接評価を中心に行った。間接評価は、指導の対象を理解する手がかりを得ることや、教育目標の実現状況を確認しその十分な実現に向け新たな手立てを考えることに利用した。評価の集計結果は学生に共有しモチベーションの向上などにつなげることもあった。さらに、これまで述べてきたように様々な(3)形成的評価を PBL プロセスに埋め込んだ。顕著な例は、発表の相互評価（図 4-16）や活動進捗シートのフィードバック（図 4-25）などでありそれぞれの前述部分に実際のワークシートを掲載した。

そして、本取り組みにおける特徴的な評価活動は、特に本稿第1章の 1-3-6(4)の適切な評価方法と、(5)創造的な学習活動をもたらすとされる評価の導入である。これまでに述べてきたように、提出物や学びのプロセスにおける認知プロセスの観察、実技や実演、口頭試問、自己評価、学生間相互評価などを、表 1-5 の通り目的とする能力に対応させて行った。また、図 4-26 の評価票などを使って、活動前から終了までの到達目標（達成目標）、方向目標（向上目標）、体験目標に向けて学生が努力しているかという観点をもって、成果物などを評価した。

このような PBL の評価は、実社会での仕事上における評価とも通底しており、伝統的な行動主義的能力の評価方法に加えて、新しい能力観と共に学生たちが慣熟すべき評価活動であると考ええる。

4-5-5 教育プログラム開発・実施の態勢

オルボーPBLモデルが成功している要因として「工学」の専門家である教授陣の Academic Staff と「工学教育」の専門家である教授陣の Education Staff が同等の高度専門職として組織的に連携することによって図 4-40 に示した仕組みを大学として有していたということがある。

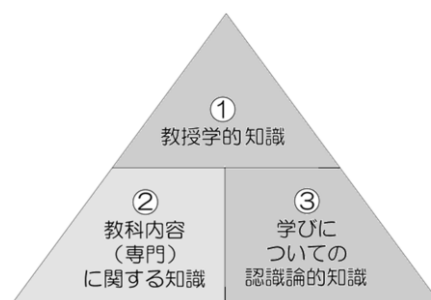


図 4-40 授業づくりに必要な専門知識
(大島, 2004)

しかしながら高専では「工学」の専門家である教授陣 Academic Staff が、図 4-39 の①②③すべてを担うことが一般的であるため、③が弱いまま授業を実施している現状がほとんどであると思われる。

本教育プログラムの設計と実施は、全ての授業が、授業担当教員と技術職員の筆者で行う 2～5 名程度のチームティーチングだった。その態勢では、教員が主に②を、筆者が③を担い、①は教員、技術職員双方の経験や知識を持ち寄ることができたといえる。

すなわち、高専における実験科目やモノづくり科目で成果物を得るような PBL の場合、オルボー大学の BBL 態勢と本実践の実態を鑑みるに、モデルの①～③を満たすような専門職によるチームティーチングが効果的であるといえよう。

4－6 課題

本章では、3 章で明らかとなった新しい学習観・能力観の付加、増強と PBL 基礎力の段階的訓練の必要性、そして ESD (Education for Sustainable Development) など他の教育との融合の課題を検討した。その上で、7 年間の高専教育課程の全体に位置づけることが必要であるとの考えに至って、一つの学科の 1 年生から 5 年生までの PBL 基礎力育成教育プログラムの設計と実施を行った。2005 年～2010 年までの 6 年間の調査により、図 4-38 の通り一定の教育効果が認められる結果を得た。

しかしながら、本研究における PBL 教育プログラム開発の目的は、日本の産業界のイノベーションを支える人材育成の一翼を担う高専教育として創造的人材を輩出することであり、学生時代のみならず社会人となった時に、その能力を発揮しなければ意味がない。

授業直後の教育効果は認められる結果を得たが、卒業後の社会生活における専門職業人としての、本教育プログラムの影響について調査する必要性が課題として残された。

4－7 まとめ

本章では、3 章で明らかとなった課題の中でも特に 3 つの課題、PBL 基礎力の段階的訓練の必要性、新しい学習観・能力観の付加・増強、そして ESD (Education for Sustainable Development) など他の教育との融合の必要性という課題に対応する教育プログラムを実施した。これらの課題は互いに関連しており、本科の低学年、中学年、高学年に PBL 基礎力の段階的訓練 PBL 科目を配置する中で、他の教育を融合させる

科目設計の有効性を確認し、伝統的な学習観・能力観とは異なる新しい能力観の重要性に学生自身が納得し身につける努力をしたと思われる結果を得た。

PBL 基礎力の段階的訓練については、連続して一貫性のある PBL 教育を行うための、PBL プロセスで学習の質を高める学習活動や、効果的な足場かけとなる思考のツールを選び出しまとめた。学年を超えた一貫性のある教育プログラムで教育効果を確かなものとするためには、一貫した達成目標の下に、評価項目や評価基準を発達度合いに応じて系列化し、様々な思考ツールや学習活動を、少しずつ変えながら用いることで実現可能であることを見出した。また、その実現には専門知識と教授方法と認知理論を担当するスタッフによるチームティーチングが効果的であることもわかった。そのようなことが、一般的に手がかかるといわれる PBL プロセスを効果的に運営するために必要であることが確認できた。

そして、1～5 年生まで継続的な PBL 基礎力育成のための教育プログラムを受けた学生群は、そうでない学生群に比べて、イノベーション教育である専攻科の社会実装科目において成績の平均点が優位に高いことが認められた。

しかしながら、このような教育が卒業後の専門職業人としての社会生活に、効果があるのかという課題が残った。

次章では、卒業生調査により本教育プログラムの影響を確認することで、7 年間の高専教育に位置づける、「環境的、社会的、技術的課題を総合的に扱う新しいカリキュラム構成」を志向した「学生中心の教育方略 PBL」による一貫性のある継続的教育プログラムの可能性を検討したい。

【資料】

図 4-25 学びの進捗記録シート(3～5 年生) 1 枚目

A 班 10 月 3 日 (月) 作業時間		今日の作業内容	備考
メンバー名	科		
		分光器(製品)と製作済の分光器の	
		観察、改善点探し	
		い	
		い	
		い	

最終目標 製作済みの分光器の改良

今日の目標 分光器の仕組みを理解する。

プロジェクトの進捗状況
 分光器・太陽光を見るとき虹色のグラデーションができて(図①) 蛍光灯よりも長い。(製品)
 図① 赤 紫 図② 赤 紫
 蛍光灯を見ると色がはっきり分かった。そして太陽光よりも長さが短かった。(図③)

分光器 ナトリウムランプ... 波長は色が分かった。
 蛍光灯... 太陽光よりも波長が短くてスペクトルは光が強い。
 太陽光... 蛍光灯よりも波長が長く、スペクトルは蛍光灯よりも弱い。

課題 ?

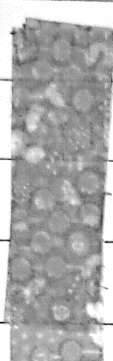

必要調査項目 (NO. _____ のファイル)
 (1) トコトンやよい光の本、谷腰欣司氏 16, 17 } → どう?
 (2)
 (3)
 (4) 参考資料ファイリング

※ 調査したものは NO. を付けて、班のメンバーがファイリングしておくこと

教員使用欄

【資料】

図 4-25 学びの進捗記録シート(3～5 年生) 2 枚目

2 班 11 月 21 日 (月) 作業時間 10:45 ~ 12:15		備考
メンバー名	科	今日の作業内容
		それぞれ各色で分かれて、
		自分の担当のフィルタを通して分光器で
		覗いて、わかったことと、今後使えそうなこと
		と、わからなかったことをまとめる。

最終目標
透過光の吸収波長が数値化できる分光光度計

今日の目標
様々な色のフィルタを通して分光器から覗き、観察

プロジェクトの進捗状況
それぞれ各色(赤青黄緑)に分かれて各自の色のフィルタを分光器から覗くと
どのような変化があるのか、わからなかったことを書く。
私は緑のフィルタを通して覗いた。
・蛍光灯を覗いた時
全体的に暗くなり、赤色と緑色だけが残った。青と紫は黒くなった。
・ナトリウムランプを覗いた時
どの色も見えなくなった。もちろん緑色も見えなかった。


プロジェクトを進めるために、知るべきこと、必要な新しい情報、考えるべきこと (= 課題)

A. 各色のセロハンで見え方が異なったその理由	B. A を参考にして今後作成する分光器で工夫すべきこと。
-------------------------	-------------------------------

調べたこと、考えたこと (続きは裏に書き、足りない場合は別紙を使うこと)

A. 色のフィルムにおいて色を吸収したり、透過する現象が起こったのではない
かと思われる。
緑のフィルムで蛍光灯を覗いた時は緑色の光だけが透過し、赤色の光はぐや
透過し、青、紫はフィルムに吸収されてしまい、
可視不可能だのではないかと考えられる。

教員使用欄



【資料】

図 4-25 学びの進捗記録シート(3～5 年生) 3枚目

学籍番号

3 班 11 月 27 日 (火) 作業時間 13:20 ~ 16:30

メンバー名	今日の作業分担	備考
	装置をつくる	
	ストップウォッチ	
	記録	
	記録	
	組み立て	

最終目標

ペルチェ素子を用いた発電でLED照明をつける

今週の目標

電力の評価法の1つであるI-V特性の実験を行い、それをを用いて前述の装置が電力の評価法を適用できるように模索する。

プロジェクトの進捗状況(全体構想、現状、課題と解決の方向性について、図表を交えて説明すること)

全体構想

案1

○ 角材1と角材2の間にペルチェ素子をつける。

○ 糸で流す。

案2

○ 角材1と2の間にペルチェ素子をつける。

○ 横にして水を流す。

角材: アルミニウム

角材1: 糸径62×横62mm

課題 ← アイデアの位置を考慮して記述しな

前回の実実験により並列の方が電力より供給できることがわかった。

ペルチェ素子に温度差を伝えるには案1がいいか、案2がいいかを確かめる必要がある。

また、違設計した方がいいのか考える必要がある。

① 湯と水の温度差を保つために湯を流し、放いにして交換していきながら、流量を考える必要がある。

↓

解決法

① 角材の代わりにホースで流してみ、長さなどの程度必要か実験してみる。

② 輸送現象の知識をたよりに計算を行い、糸径が可能な値が確かめる。

【資料】

図4-25 学びの進捗記録シート(3～5年生) 4枚目

プロジェクトを進めるために、最優先に知るべきこと、必要な新しい情報、考えるべきこと(優先課題)

角材の加工法、製作物の形状、水とお湯の流量

流量による温度差

調べたこと、考えたこと、議論したこと(足りない場合は別紙を使うこと)

今日の突撃でホース(?)を使って水を流すところ
穴を開ける。また、水の排出口には小さめの穴を開ける。
排出口に小さめの穴を開けることで水の排出量が少
なり、角材の中に水が溜めやすくなる。

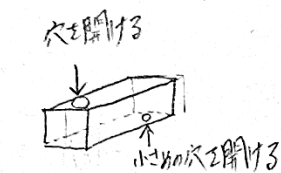


図4 角材1の案

↓
角材を直方体にする!!

問題点!

- ・水とお湯の温度差をしっかりと保つことができるのか。
- ・水の排出量はどれくらいか。
- ・水をどれくらいの流量で送ればいいのか。

計算をする必要がある!!

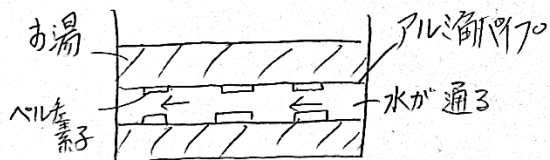


図5 全体図

お湯の温度: $80^{\circ}\text{C} \Rightarrow 353[\text{K}]$

水の温度: $10^{\circ}\text{C} \Rightarrow 273[\text{K}]$

熱伝導素子に伝わる温度差は、
アルミパイプの高温側で熱伝導素子に
伝わる温度を T_h 、低温側を T_c とおく。

$$T_h = \frac{M_h \cdot C_{p,h} T_h^{\text{in}} + M_c C_{p,c} (T_h^{\text{in}} - T_c^{\text{in}}) \times \exp(-DKwx) + T_c^{\text{in}}}{M_h C_{p,h} + M_c C_{p,c}}$$

$$T_c = \frac{M_h C_{p,h} (T_h^{\text{in}} - T_c^{\text{in}}) \exp(-DKwx) + M_c C_{p,c} T_c^{\text{in}}}{M_h C_{p,h} + M_c C_{p,c}}$$

で求められる。

なお、 $D = \frac{1}{M_h C_{p,h}} + \frac{1}{M_c C_{p,c}}$ で与えられている。

w : 幅, x : 長さ, M は質量流量である。

教員使用欄



参考文献

- ・ 永野重史 (2001) 『教育心理学通論』, 放送大学教育振興会.
- ・ 京都大学高等教育研究開発推進センター, 相互研修型 FD の組織化による教育改善, <http://www.highedu.kyoto-u.ac.jp/gp/index.html>, (2021.2.23 に確認.)
- ・ 田中每実 (2006) 「FD の現在と課題」『大学教育学会誌』第 28 巻, 第 1 号, p.36-39.
- ・ 伊藤通子 (2010) 「行動主義, 認知主義, 状況主義の学習理論に基づく新しい実技教育の可能性」『工学教育』59(1), p.62-68.
- ・ 安彦忠彦・石堂常世編 (2004) 現代教育の原理と方法, 勁草書房, p.129-131.
- ・ 伊藤通子 (2014) 『KOSEN 型実技教育の再評価と標準化』科研費報告書 H23~25 基盤研究 (C) NO.23501083.
- ・ 森敏昭・中條和光 (2006a) 『認知心理学キーワード』有斐閣双書.
- ・ 森敏昭・秋田喜代美 (2006b) 『教育心理学キーワード』有斐閣双書.
- ・ 鈴木義幸 (2002) 『コーチングから生まれた熱いビジネスチームをつくる 4 つのタイプ』ディスカヴァー・トゥエンティワン.
- ・ 川喜田二郎 (1967) 『発想法—創造性開発のために』, 中公新書.
- ・ 大迫正弘 (2004) 「Project Cycle Management PCM ハンドブック」『PCM Tokyo グループ』.
- ・ 国際理解教育センター編訳 (1997) 『参加型で伝える 12 のものの見方・考え方』国際理解教育センター.
- ・ Torp, L. & Sage, S. (2002). Problems as possibilities: Problem-based learning for K-16 education. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- ・ 梶田叡一 (2010) 『教育評価』有斐閣双書.
- ・ 吉田新一郎 (2006) 『効果 10 倍の“教える”技術—授業から企業研修まで』 PHP 新書.
- ・ 伊藤通子 (2010) 「高専における認知主義的教育理論に基づく ESD の取り組み」『環境科学会プログラム 2010』 p.174-175.
- ・ 伊藤通子・丁子哲治 (2001) 「材料工学系学生のための環境教育プログラム」『論文集「高専教育」』.
- ・ 伊藤通子・袋布昌幹 (2008) . 「学生実験における“プロジェクト推進型チーム学習”について」『論文集高専教育』31, p.439-444.
- ・ 溝上慎一 (2007) 「アクティブ・ラーニング導入の実践的課題」名古屋高等教育研究 (7), p.269-287.
- ・ 山住勝広・松下佳代・百合草禎二・保坂裕子・庄井良信・手取義宏・高橋登 (2018) 『ユー

- リア・エンゲストローム 拡張による学習 活動理論からのアプローチ』新曜社.
- ・ 山住勝広 (2010)『活動理論と教育実践の創造 拡張的学習へ』関西大学出版部.
 - ・ 伊藤通子・定村誠・畔田博文・高松さおり・戸出久栄・小澤妙子・上坂撰 (2015)「イノベーション人材育成のための社会連携型教育における高次の学習法」『工学教育』63(1), p.74-80.
 - ・ 大島純 (2004)「新たな学びに則した教師教育」波多野誼余夫 (編集), 大浦容子 (編集), 大島純 (編集)『学習科学』, p.167.

第5章 PBL 教育プログラムの卒業後の影響

PBL 教育プログラム開発の目的は、イノベーションを担う創造的人材を輩出することであり、社会で力を発揮することが期待される。本研究では、その人材像を、「社会や身の回りの諸問題を科学技術の側面から解決し得る総合的能力を備えた人」としてきた。具体的には3章2節3-2-2で示した(1) 科学技術を担う専門家として自覚と責任と高い技術力、(2) 社会や身の回りの諸問題に対して他の専門分野の人々と協力して、より良い解決策を見出し実行し得る意欲と能力、さらに、(3) 社会科学や人文科学の視点も採り入れながら望ましい社会開発の方向性について提言ができる、という達成目標を挙げてきた。

3章、4章で、その目標を実現するために開発した、本科1年生から専攻科までの6年間の連続的で一貫したPBL教育プログラムの内容と、その教育効果が示唆される結果を得たことを報告した。

そこで本章では、2007～2015年の卒業生で、本科5年間の本PBL教育プログラムと専攻科1年間のイノベーション教育である社会実装科目を両方受講した卒業生と、専攻科の1年間のみを受講した卒業生を対象に、現在の専門職業人としての特性への本PBL教育プログラム影響を調査することとした。その調査の目的、内容、および得られた結果に考察を加えて報告する。

5-1 卒業生調査の目的

2005年から2013年にかけて専攻科1年次に社会実装科目を受講した卒業生（2007年～2015年卒業）の、学生時代の学びに対する振り返りと、現在の学習特性や仕事の状況、仕事や人生に対する姿勢・価値観を調査し、本PBL教育プログラムの有効性を検証することを目的とした。

5-2 方法

5-2-1 対象者

同窓会より名簿の提供を受け、専攻科卒業年2007～2015（H19～27）に記載されている全卒業生に対して郵送にて質問紙と調査の協力依頼を行った。彼らは2005年から2013年に専攻科1年次の社会実装科目を受講した卒業生である。この卒業生は、2群

に分けることができる。本 PBL 教育プログラムを本科で 5 年間受講してから専攻科の社会実装科目を受講した、すなわち一貫性をもたせた 6 年間の継続的な PBL 教育プログラムを体験した卒業生群と、1 年間のみ専攻科の社会実装科目を受講した卒業生群である。

図 5-1 で示した通り、6 年間受講した群を当時の学科イニシャルにより K 科と称する。1 年間のみ社会実装科目を受講した群は、他学科と称する。

●：本PBLを必修科目として受講

		1年生	2年生	3年生	4年生	5年生	専攻科 1年生	専攻科 2年生	
他 3学科	本科 卒								他学科
	専攻科 卒						●		
K 科	本科 卒	●	●	●	●	●			K 科
	専攻科 卒	●	●	●	●	●	●		

図 5-1 卒業生調査の対象者

この卒業生全員に対して郵送にて質問紙調査とインタビュー調査の協力依頼をし、以下の通り実施した。

5-2-2 調査方法

5-2-2-1 質問紙調査

質問紙調査の方法（鈴木，2016）は、郵送した質問紙か、またはそこに記したアクセス先から Web フォームのいずれかを選択してもらう、自計式アンケート調査とした。調査期間は、2020 年 12 月から 2021 年 3 月までで、名簿掲載 214 名中、実質送付件数は 178 件であり、回答件数は 43 件（回答率：24.2%）であった。

回答者の卒業年と人数を図 5-2 に示す。各年 1 人以上が回答した。表 5-1 に回答者の進路比率を、図 5-3 に K 科と他学科の回答者数比率を、また図 5-4 には回答者の年齢分布を示す。回答者比率が全卒業生の K 科と他学科の比率とほぼ同じであることや、回答者の進路の比率も全卒業生の比率と大きく変わらないこと、年齢分布にも大きな偏りがみられないことより、この質問紙調査で得られたデータは、代表性のあるデータであるとみなした。

本調査では、学生時代の学びに対する振り返りと現在の学習特性や仕事の状況や姿勢などを調べるため、質問紙には、入学前（中学時代）、高専本科時代（1～5 年生）、高専専攻科時代（1～2 年生）、および現在について以下の通り設問した。質問紙の作成は、許可を得て先行研究（矢野他，2018）の形式と同じとした。

- ・ 中学時代 ： 中学校の成績、高専への進学動機や入学時の得意分野等

- ・高専本科時代：熱心度，成績，自学自習や読書時間，身についた能力，満足度等
- ・専攻科時代：自学自習の時間，満足度など
- ・卒業後：初職と現職の仕事の内容，満足度，現在身につけている能力，年収，学習や読書の時間など
- ・高専教育の回顧：高専時代にもっと学べばよかったこと，高専教育の役立ち度など

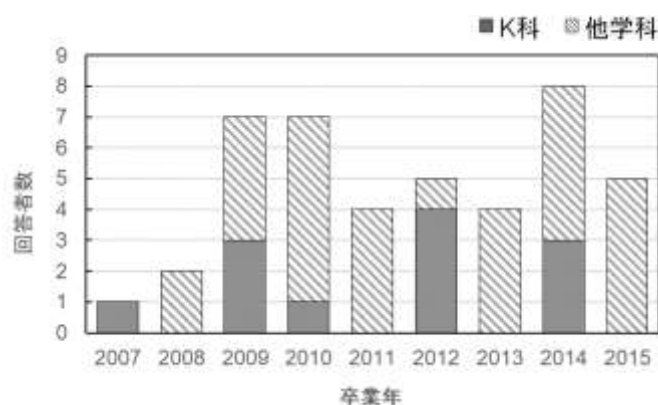


図 5-2 質問紙調査回答者数と卒業年

表 5-1 回答者の進路

進路	学科	他学科 (名)	K科 (名)	割合
進学(修士以上)		16	6	51.2%
就職		15	6	48.8%
合計		43		100.0%

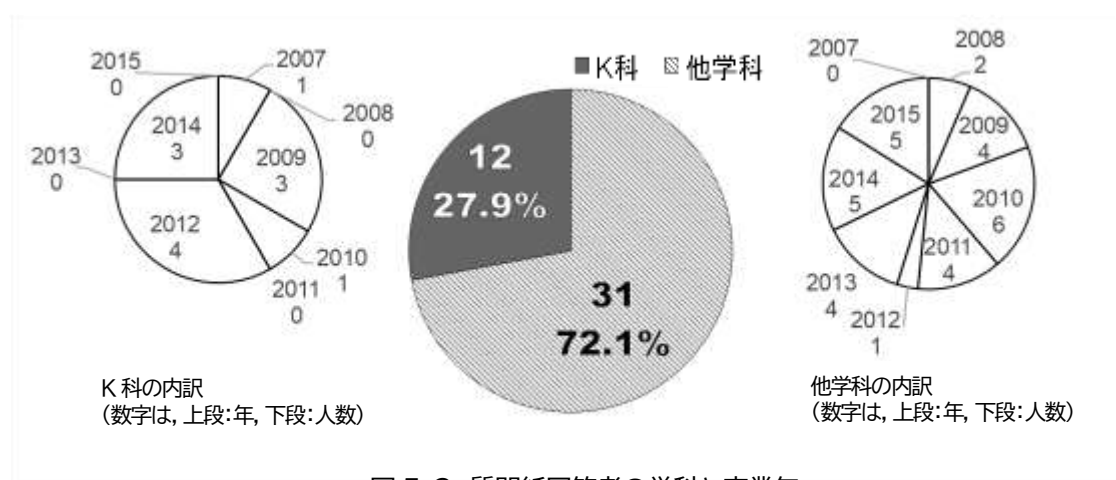


図 5-3 質問紙回答者の学科と卒業年



図 5-4 回答者の年齢分布 (上段は年齢, 下段は人数)

5-2-2-2 インタビュー調査

インタビュー調査は、質問紙を郵送した中から協力を申し出た卒業生を対象に実施し有効回答 12 名分を得た。調査は 2020 年 10 月から 2021 年 4 月に実施した。データ収集は、オンライン会議用ツールの Zoom（11 名）、電話（1 名）による半構造化インタビューを行い、1 人に付き 30 分から 1 時間程度で実施し、録音データから逐語訳を作成し主題分析（土屋，2016）（Maguire, M., & Delahunt, B., 2017）を行った。

インタビュー協力者の卒業年と人数、K 科と他学科の人数比率を図 5-5 に示す。また、インタビュー協力者の基本情報を表 5-2 に示す。インタビュー協力者 12 名は、全て男性だった。

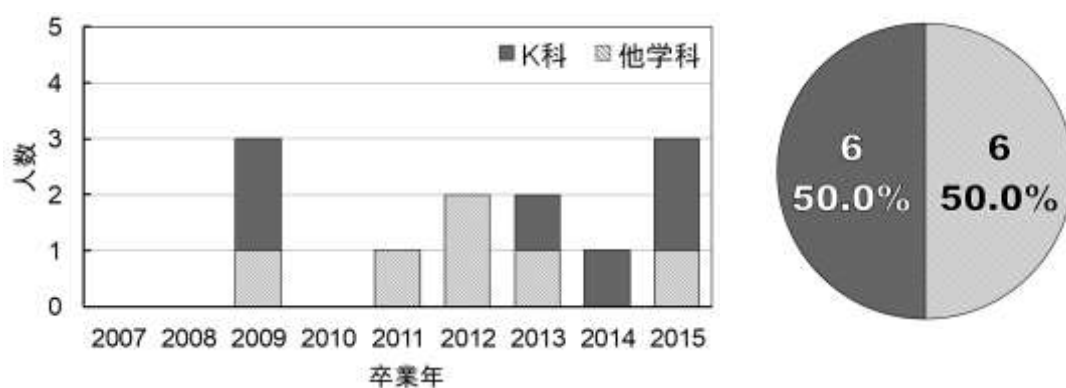


図 5-5 インタビュー協力者の学科と卒業年

表 5-2 インタビュー協力者の基本情報

学科	ID	卒業年	年齢 ¹		卒業後の経歴	インタビュー時の状況	
			個人	平均			
K 科	201	2015	29	31.5	修士課程中退，転職2回 → 就職	県外 外資	技術コンサル企業勤務
	203	2009	35		博士，就職	県外	メーカー企業
	205	2014	30		学士，就職	県内	メーカー企業
	206	2015	29		学士，就職 → 倒産 → 無職	県外 外資	（石油掘削）失業中
	210	2013	31		修士，就職	県外 外資	メーカー企業
	211	2009	35		修士，就職	県外	メーカー企業
他学科	106	2015	29	32.0	修士，就職	県内	メーカー企業
	107	2012	32		修士，就職	県外	メーカー企業

¹ インタビュー実施時 2021 年度の年齢を卒業年から計算

	108	2011	33		修士, 就職, 退職 → 起業	県外	メーカー退職, 起業
	109	2009	35		修士, 就職	県内	電力企業
	112	2012	32		学士, 就職	県内	メーカー企業
	113	2013	31		修士, 就職	県内	電力企業

質問内容は以下の通りであり、会話の進行具合や時間的制約によって適宜、調整した。

1. 高専卒業から現在までの経歴
2. 高専での7年間で、自分が最も影響を受けた授業と、高専時代の学習
3. その授業の学びが、現在の仕事にどのように影響しているか
4. 一般的な高校、大学という6・3・3・4制の教育を受けた人との比較
5. 関心がある社会問題
6. 自己投資や自己研鑽について
7. 仕事で取り組む問題と、その解決方法について
8. 今後、取り組みたいこと、未来への展望など

5-2-3 調査の限界

調査の限界の一点目として、データ数の問題がある。調査対象の2007～2015年に卒業した名簿掲載の総数が214名であり、実質送付178件中、有効回答数が24.2%の43名（K科12名、他学科31名）であった。これは前述の通り代表性のあるデータとみなしたが、統計分析の総数としては少ない。そこで、回答の妥当性を確認し結果の信頼性を高めるために、質問紙法に加えインタビュー調査を実施した。

二点目として、インタビュー調査実施者と授業実施者がいずれも筆者であることによるインタビューア、インタビューイ双方に発生する心理的バイアスの問題がある。この影響を低減するために、① 質問紙のタイトルや趣旨説明に、PBL授業を想起させる語句を使用しない、② 設問が恣意的になることを避けるため、先行研究の全国調査の質問紙と、同じ設問、回答欄、デザインを採用する、③ インタビューアから先にPBLを連想させる言葉は使用しない、という3点である。

しかしながら、②については、調査目的の必要性から、授業科目の分類に「PBL科目」と「社会課題を扱う科目」を加えた。先行研究の質問では、これらは「実験科目」に含まれているものと考えられる。また③については、インタビューイが回答の中でPBLという語句を発した後は自然に会話した。

5-3 質問紙調査の結果と考察

5-3-1 質問項目ごとの比較

回答は3～10件法で得たが間隔尺度とみなし、各質問項目の回答を平均してK科と他学科の比較を行った。比較は、各変数を Shapiro-Wilk の正規性検定の後、正規性が認められたものは t 検定にて、正規性が認められなかったものは Mann-Whitney の U 検定によって差の検定を行った。

結果は図 5-6 の通り、各値をフルスケール 10 に換算して K 科の他学科に対する比を算出し、比が 1.25 以上を太線と赤色、1.24～1.15 を細線とオレンジ色、1.14～1.05 を破線と肌色、1.04～0.95 を薄い細線と白色、0.94～0.85 を囲み線なしの薄緑色、0.84 以下を囲み線なしの緑色で表し、各グラフの下に記した。また、先行研究（矢野他，2018）の全国データより同様の値を計算し参考値とした。差の検定で有意差が認められたものを図中に示した。

K/他学科

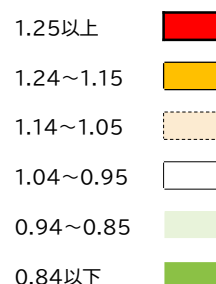


図 5-6 図中の色分け

●入学前（中学時代）の学習と受験（図 5-7，図 5-8）－質問紙 Section 1 の設問

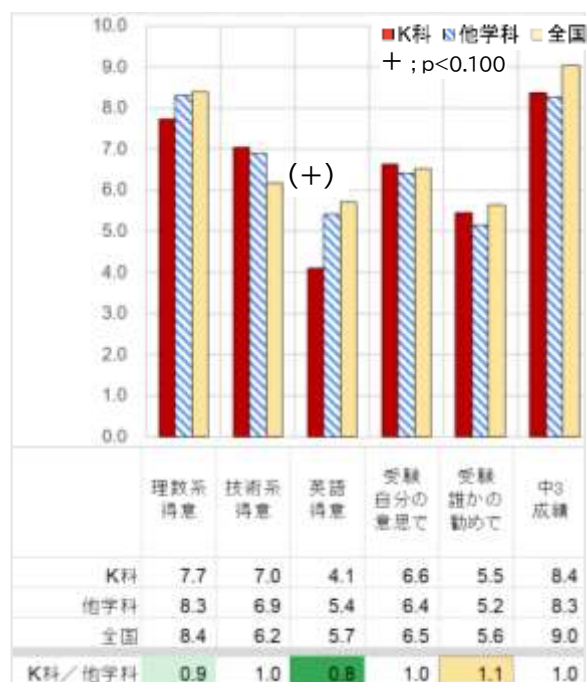


図 5-7 中学からの入学時の特性

図 5-7 は入学前，すなわち中学時代の得意分野と受験に関する回答である。

「技術系が得意だった」は、K 科は、他学科とほとんど変わらない。「理数系が得意だった」は、若干下回る。「英語が得意だった」は、K 科は他学科および全国と比べて 2 割程度低い。Shapiro-Wilk の正規性検定により、この変数は正規分布をしていないという対立仮説を採用したため、Mann-Whitney の U 検定による差の検定を行ったところ、10%水準で有意差が認められた ($p=0.086$)。

このように入学時に優位に低い英語の得意さに関しては、後述する図 5-11 では「学生時代についての外国語の力」が、そし

て図 5-14 では社会人となってからの「英語に対する学習頻度」が他学科より高くなっており、さらに図 5-15 の「現在の英語力」では、入学時の差が逆転して K 科が高くなっている。入学時の英語の不得意さは、学生時代に何らかのきっかけで英語の学習が促進され得意となり、それは社会人となってからも継続していることが推測された。「中 3 成績（中学校 3 年生の時の成績）」は、K 科は他学科と同等となっているが、入学試験の偏差値は、どの年度も K 科が 4 学科の中で一番低かったことをインタビュー調査で確認した。

受験理由に関する設問（図 5-8）の、「専門的知識」「技術に興味」「就職に有利」「大学に編入したい」「学費が安い」「寮がある」「身近に卒業生（高専出身者）がいる」「高専の評判を聞いて」は、図 5-7 では合成して「自分の意思で」と表した。また、「中学の先生に勧められて」と「親に勧められて」は、図 5-7 では合成して「誰かの勧めで」と表した。K 科は他学科および全国と比べて、「誰かの勧めで」入学したが若干多い。

高専の受験理由（図 5-8）は、K 科は、一般的に高専の特長とされる「就職に有利」は他学科や全国より低く、「大学に編入（大学に編入学できるから）」が他学科より 2 割程度、また「身近に卒業生（身近に高専出身者がいたから）」は 3 割程度高い。

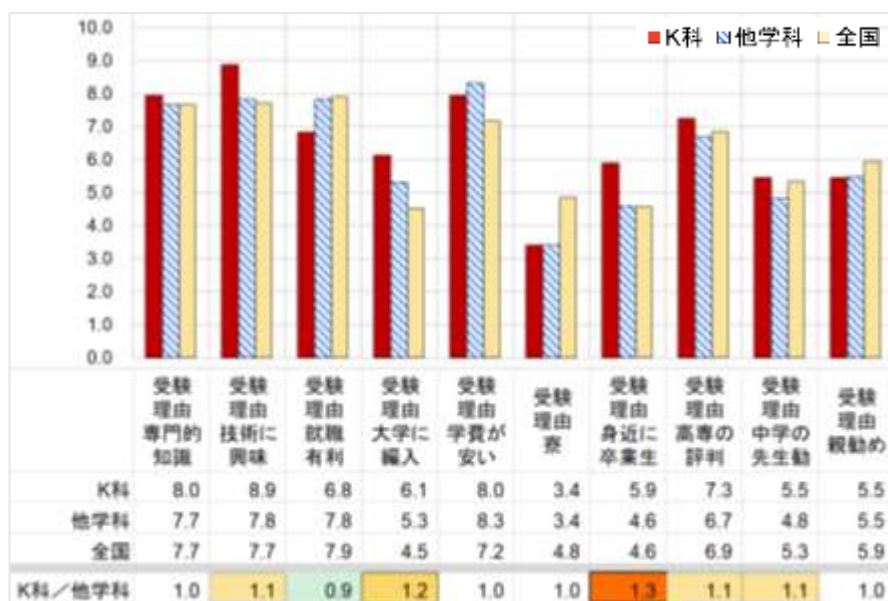


図 5-8 高専の受験理由と志望順位

●高専時代（本科：1～5 年生）に熱心に取り組んだ活動（図 5-9）

質問紙 問 5 の回答である。

本科で熱心に取り組んだ活動についての回答は、図 5-9 に示した通り、「専門講義（専門科目の講義）以外の全てにおいて同等または低い結果となった。本調査の設問に対し

て全体的に、K 科は他学科よりポジティブな回答が多いが、この設問ではネガティブ回答の多さが際立つ結果となった。

特に「英語の力」に注目すると、入学時は苦手だった（図 5-7）が、学生時代（図 5-11）も現在（図 5-15）も力がついているとし、現在の自己学習頻度（図 5-14）も高い。勉学や活動の熱心さは自己評価によるものであることから、K 科は学生時代の自己の学びへの姿勢を厳しく回顧しているといえる。

K 科は、図 5-8 の通り高専の受験理由として「大学に編入」が多いことや、第 1 志望ではなかった K 科に不本意入学した割合が高い（第一志望で入学した人の割合は、他学科が 96.8%に対し、K 科は 83.3%）ことなどからか、自分に高い目標を課して厳しく自己評価する傾向にあるとも考えられる。

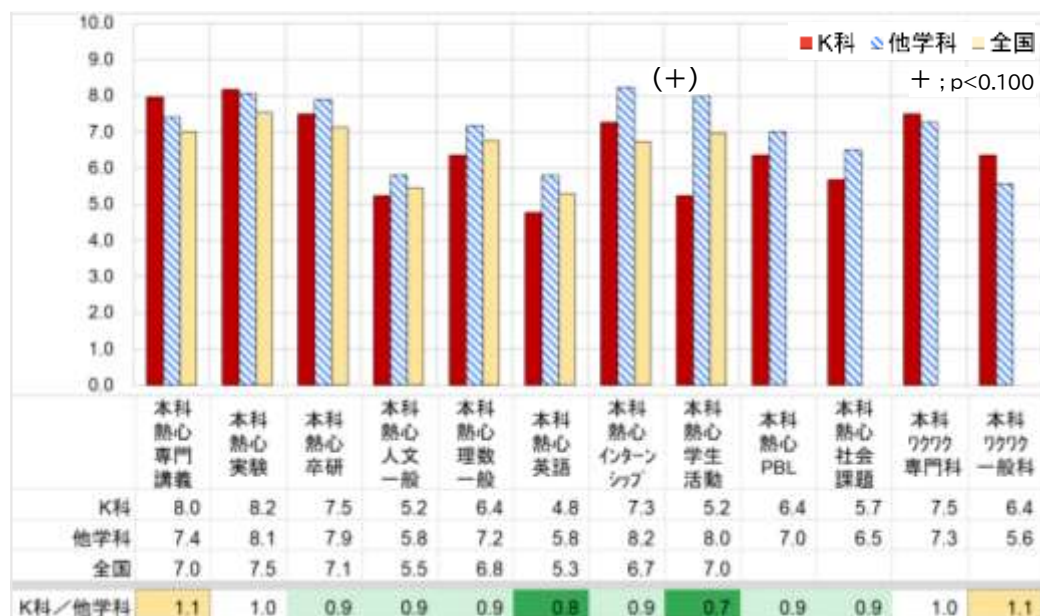


図 5-9 本科時代に、熱心に取り組んだ活動

●本科での自学自習時間と成績と、専攻科での自学自習時間（図 5-10）

質問紙の問 8，問 9，問 18 の設問の回答である。

K 科は，本科後半の 4-5 年生と専攻科での自学自習時間が，他学科より若干多い傾向にある。しかしながら本科での成績は低かったと答えている。

いずれも成績，自学自習時間については，学年が上がるにつれて上昇する傾向が見られた。

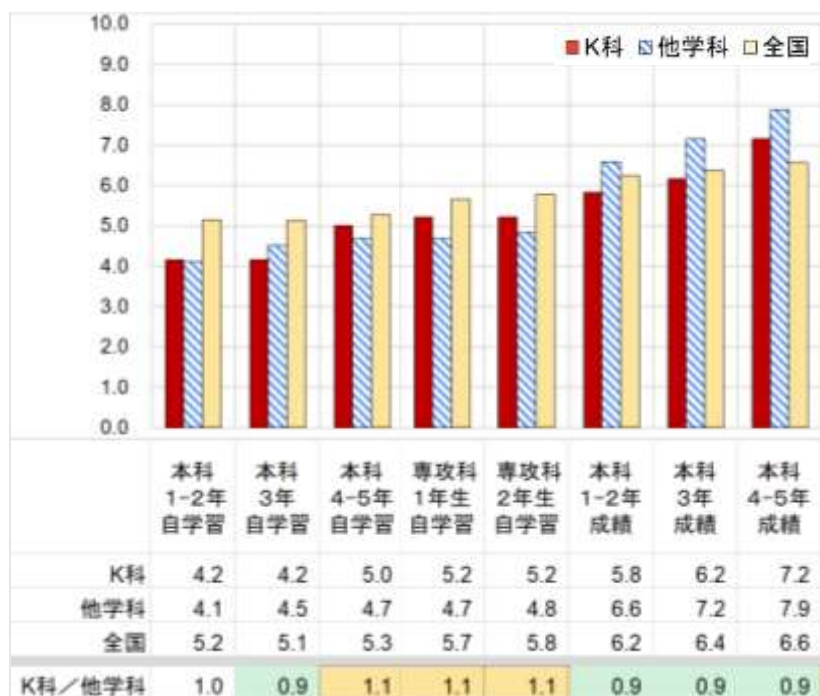


図 5-10 本科での自学自習時間と成績, 専攻科での自学自習時間

●高専卒業時に身につけていたと思う知識や能力（図 5-11）

質問紙，問 13 の設問の回答である。

図 5-11 は，設問で示した知識や能力を高専卒業時にどの程度身につけていたかを質問した結果である。K 科は，他学科より図 5-9 で学生時代の勉学への熱心さを厳しく自己評価し，図 5-10 で成績が悪かったと回答したにもかかわらず，身につけた知識や能力は他学科の回答より高い結果となった。

中でも「本科力社会経済（社会や経済に関する知識）」および「本科力外国語（外国語で書いたり話したりする力）」において K 科は他学科より高い値となっており，「本科力専門知識（専攻した分野に関する専門知識）」および「本科力実験で本質（自分の手を動かす実験などから問題の本質をつかむ力）」のみ若干低かった。

特に，「本科力社会経済（社会や経済に関する知識）」は，10%水準で有意差($p=0.067$)が認められた。「社会や経済に関する知識」を扱う一般教養科目は，K 科も他学科もカ

リキュラムや担当教員に差がないにもかかわらず、K科は優位に高くなり、「外国語で書いたり話したりする力」に関しても入学時の英語力（図 5-7）を挽回している。このことより K 科は、学生時代に何らかの機会を得て力がついたと回顧しているといえる。

「社会や経済に関する知識」を一般科目の授業で得る機会是他学科と同じであり、通常の専門科目で「社会や経済に関する知識」は扱わない。K 科では、これまでの章で述べてきたように、当時の国連ミレニアム開発目標に基づく ESD（Education for Sustainable Development）の要素を取り入れ、「6 年間の連続的で一貫性のある PBL」を実施した。その授業の習得目標としていた「世界の開発問題への理解」、「不公正の存在と構造的理解」、「望ましい世界や未来を志向する思考」等（第 4 章、4-4-2）により、社会や経済や外国語を学ぶ意欲や動機づけに影響を与えたことが示唆される結果となった。



図 5-11 高専卒業時に身につけていた知識や能力

●本科（1～5 年生）と専攻科の様々な項目における満足度（図 5-12）

質問紙、問 14、問 19 の設問の回答である。

K 科は他学科との比較では「専攻科での学会発表の満足度」のみ若干低いですが、それ以外の項目ではほぼ同等、または若干高い傾向にあった。全国との比較では全ての項目

で満足度は高くなった。K科は、他学科や全国に比べて高専での学生時代をポジティブに捉えていることがわかった。

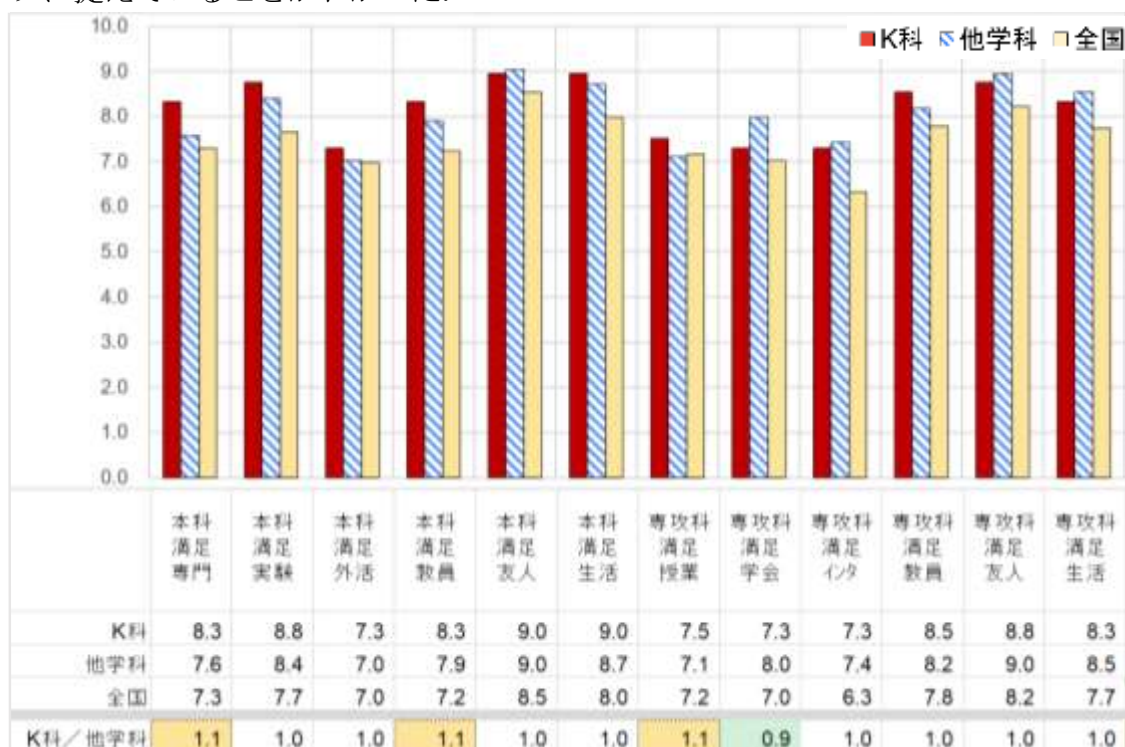


図 5-12 本科と専攻科の満足度

●現在の仕事と処遇と人間関係の満足度（図 5-13）

質問紙、問 34、問 35 の設問の回答である。

図 5-13 に示した通り、主観である現在の様々な満足度は、ほとんど全ての項目で、K 科は他学科よりポジティブ回答が多く、具体的な金額幅で回答した年収も高いという結果を得た。

また、「満足処遇（給与や昇進などの処遇）」「満足上司（上司との人間関係）」「満足同僚（同僚・後輩との人間関係）」や「給与の処遇の適切さ」をはじめ、ほとんど全ての項目で、K 科は、他学科や全国に比べて高い傾向を示した。

これらの満足度の高さは、仕事において能力を発揮できている、そしてそれらが社会で評価されているという実感による結果だと考えられる。

特に、「満足上司（上司との人間関係）」「満足同僚（同僚・後輩との人間関係）」などの社会資本の満足度が、他の項目に比べて、K 科が他学科や全国より顕著に高いが、本 PBL 教育プログラムで重視した協働的学びで得た力が、社会に出てからの社会資本の豊かさをもたらすことに関係しているのかもしれない。PBL 授業で数多く体験したチ

ームビルディングのワークの影響が示唆される。

年収が全国より低い理由は、本調査の協力者は卒業後おおよそ 10 年前後に対して、全国調査には年長者が含まれるため高い結果になったと考えられる。K 科と他学科の比較では、K 科の回答者は平均年齢が 31.5 歳（年収が極端に低い失業者を含む）で、他学科は 32.0 歳と、K 科の方が若干年齢は低い、年収は高いという結果となった。

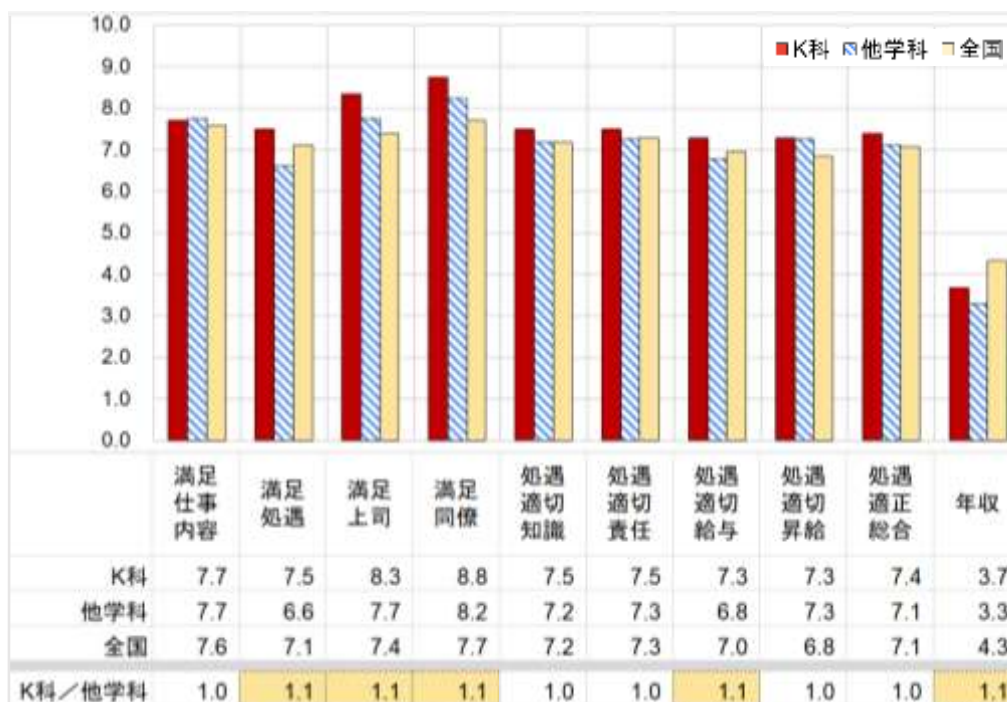


図 5-13 現在の仕事や処遇、人間関係の満足度

●現在の読書頻度と自己学習頻度（図 5-14）

質問紙、問 37、問 38 の設問の回答である。

現在の仕事や将来のキャリアのために行っている活動の程度（時間数）に関する回答で、K 科は、すべての項目で他学科や全国平均を上回った。特に、「英語資格（英会話、資格などの学校）」で 3 割程度、「その他の自己学習」で 2 割程度高い数値となった。

問 38「あなたは現在、つぎのジャンルの本をどの程度読んでいますか。」の回答では、「思想書（思想書・教養）」「歴史ノンフィク（歴史関連図書・ノンフィクション）」「専門関連（専門の関連図書）」「マンガ・コミック」で、全てのジャンルを平均した「読書頻度」は K 科が他学科より 1 割程度高い値となった。

「自己学習頻度」は、問 37「あなたは、現在の仕事や将来のキャリアのために、つ

ぎのどのような活動をどの程度行っていますか. 」という問の回答にある「職場研修（職場以外での勉強会・研修会）」「英語資格（英会話、資格などの学校）」「その他の自己学習」「思想書（思想書・教養書）」「歴史ノンフィク（歴史関連図書・ノンフィクション）」「専門の関連図書」「ビジネス書」「マンガ・コミック」の平均値である。K 科は、「自己学習頻度」でも、他学科より 2 割程度高い数値となった。

特に、英語の学習は、前述の通り入学時は苦手（図 5-7）で学生時代の熱心さへの自己評価も低い（図 5-9）が、実際には頑張ったようで卒業時には身についたという自覚があり（図 5-11）、卒業の現在も学び続けている（図 5-14）ということが見て取れる。

これらの結果より、PBL の効果とされる「自己主導型学習の力」が、本教育プログラムによって身につき、卒業後にも継続的に発揮されていることが示唆される。



図 5-14 現在の自己学習頻度と読書頻度

●現在ついていると思う力（図 5-15）

質問紙、問 39「あなたは、つぎに示すような知識・能力を現在、どの程度身につけていると思いますか. 」に対する回答は、図 5-15 のとおりである。K 科は他学科より、「現在社会経済（社会や経済に関する知識）」、「現在外国語（外国語で書いたり話したりする力）」は卒業時の自己評価（図 5-11）と変わらず若干高くなっており、「現在問

題本質（自分の手を動かす実験などから問題の本質をつかむ力）」、「現在プレゼン（プレゼンテーション能力）」は、卒業時より現在の自己評価の方が高くなっている。その他、「現在協働（他の人と協働する力）」や「現在アイデア（新たなアイデアや解決策を見つけ出す力）」の力は、本 PBL 教育プログラムの習得目標としていた能力だが、自己評価は他学科に比べ若干低いか同等であった。

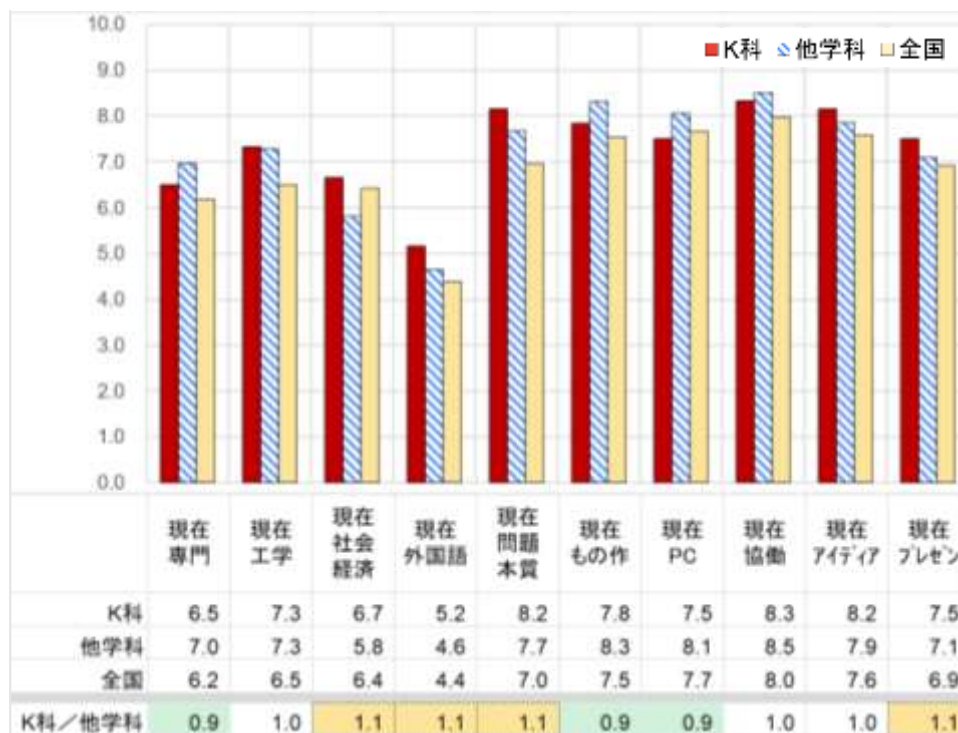


図 5-15 現在, 身についていると思う知識や能力

●学生時代にもっと熱心に取り組んでおけば良かったと思うこと（図 5-16）

質問紙，問 41 の設問の回答である。

K 科は，他学科や全国と比較して，「学生活動（部・サークル活動，学生会活動，学校行事，学校祭など）」以外の全てにおいて，もっと熱心に取り組んでおけば良かったと考えている。特に勉学に対して，もっと…と感じるということは，図 5-12 において学生時代への満足度がポジティブであることを考慮すると，否定や後悔のような感情ではなく，社会人となった現在の向上心の現れとみなすことができるのではないだろうか。すなわち，学生時代の勉学の重要性に気づいたということであろう。

そのように考えると，K 科は，「専門（専門科目の講義）」，「卒業研究」，「理数一般（理数系の一般教育科目）」，「英語」，「インターン（工場実習・インターンシップ）」，「PBL（PBL 等の科目統合的な創造性育成授業）」および，特に「社会課題（社会的な

課題に取り組む授業)」について、社会に出てから、よりそれらがもたらす学びの重要性を感じているということが示唆される。日本社会の一般的な考えである「学生活動（部・サークル活動，学生会活動，学校行事，学校祭など）」の経験を重視する傾向をもつ他学科や全国に比べて，K 科はその傾向が弱いことが示唆される。

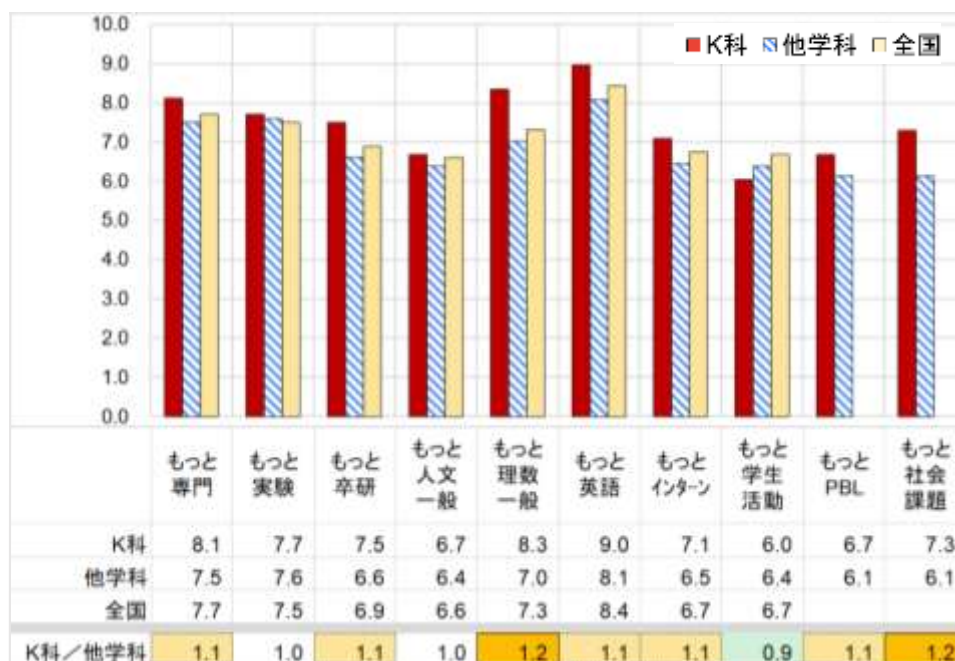


図 5-16 もっと熱心に取り組んでおけば良かったと思うこと

●高専時代をふりかえって，現在の仕事や生活にどの程度役に立っているか(図 5-17)

質問紙，問 42「高専時代をふりかえって，つぎのあげる項目は，現在のあなたの仕事や生活にどの程度役に立っていると思いますか。それぞれについて 10 点満点（0 点～10 点）でお答えください。」の結果から，K 科，他学科いずれも全国と比較すると，全項目で高専教育が役立っているとする回答が顕著に多い。しかし，K 科は他学科に比べると，「英語」，「人文一般（人文社会系の一般教育科目）」，「PBL（PBL 等の科目統合的な創造性育成授業）」，「社会的な課題に取り組む授業系科目」以外は，全体的な高専教育の役立ち度に関して厳しい見方をしているといえる。

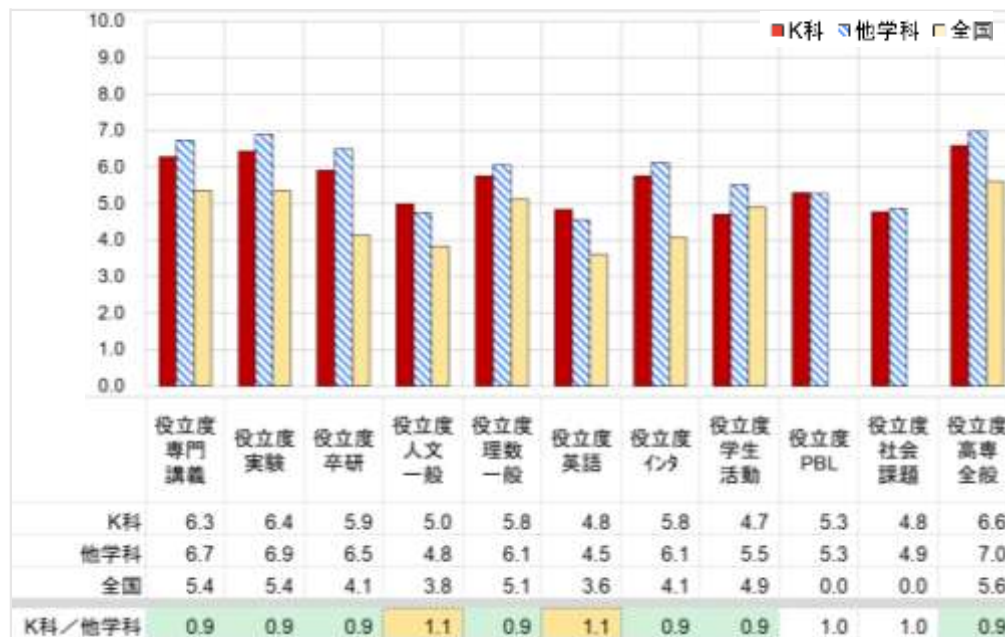


図 5-17 高専の教育が、現在の仕事や生活にどの程度役立っているか

5-3-2 項目ごとの比較のまとめ

最後にまとめとして、関連する設問を合成して図 5-18 に示した項目で比較を行った。これまでの結果および図 5-18 によると、次のようにまとめることができる。

K 科は、第一志望の学科ではない不本意入学が他の 3 学科に比べて多く、本科の勉学はあまり熱心ではなかったという自己評価をしており、1 年次から 5 年次の成績は低かった。しかし 4 年次から専攻科にかけての高専時代後半 4 年間の自学自習時間は長かった。社会人となった現在 K 科は他学科に比べて、最終学歴は若干低い、社会人汎用力は高く、現在の仕事に関する処遇、仕事内容、人間関係には満足しており、友人も多く年収も高い。現在の読書頻度や自己学習頻度は高く、社会や経済に関する知識、外国語力は卒業時から高く、問題の本質をつかむ力やプレゼンテーション力が身についていると感じている。高専教育を振り返ると、勉学や人間関係、学生生活全般に満足していた。社会人となってから PBL 科目や社会課題を扱う授業の重要性を感じ、もっとやるべきだったと考えており、現在の社会生活に対する高専教育全般の役立ち度に関しては少々批判的に捉えている。

「社会人汎用力」は、調査項目の関連する能力を合成したものである。質問紙のモデルとした先行研究（矢野他，2018）による定義では、表 5-3 に示した 5 項目を合成して「社会人汎用能力」としている。しかしながら矢野らによって社会人汎用力の要素能力とされている「自分自身で考えながらものづくりする力」は機械工学科などの“もの

づくり系学科”に偏ることから本研究で定義する社会人汎用力から外し、他方「社会や経済に関する知識」が本研究で目指した創造的人材（第1章、3節）に必須であるとの考えから、本研究では加えて「社会人汎用力」を定義（表5-3）した。

「満足仕事総合」は、現在の仕事に対する総合的な満足度、「満足社会資総合」は、現在の仕事における社会資本の総合的な満足度を示し、その要素項目は、現在の仕事と処遇と人間関係の満足度（図5-13）で説明し、「読書頻度」と「自己学習頻度」の要素項目は、現在の読書頻度と自己学習頻度（図5-14）で説明したとおりである。

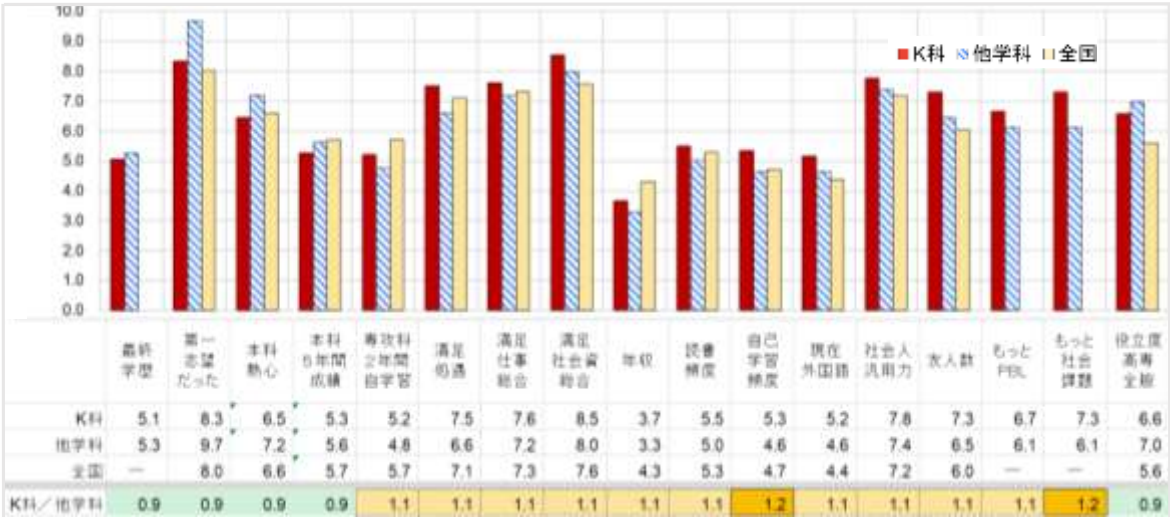


図 5-18 現在の社会人汎用力など PBL 教育プログラムの目標関連項目と、各種の特性比較

表 5-3 社会人汎用力に分類した能力

	先行研究（矢野他、2018）による定義	本研究での定義
社会人総合力	社会人汎用力	
	実験などから問題の本質をつかむ力	実験などから問題の本質をつかむ力
	他の人と協働する力	他の人と協働する力
	新たなアイデアや解決策を見つけ出す力	新たなアイデアや解決策を見つけ出す力
	プレゼンテーション能力	プレゼンテーション能力
	自分自身で考えながらものづくりする力	社会や経済に関する知識
	社会や経済に関する知識	自分自身で考えながらものづくりする力
	外国語で書いたり話したりする力	外国語で書いたり話したりする力
	コンピューターやインターネットを活用する力	コンピューターやインターネットを活用する力
	工学全般に関する広い知識	工学全般に関する広い知識
	学校で専攻した分野に関する専門知識	学校で専攻した分野に関する専門知識

5-3-3 相関行列のヒートマップと重回帰分析

図 5-19 に、本研究の目的に関係がある設問 112 項目の相関行列ヒートマップを示す。図中、学生時代の学習に関する項目群と社会人汎用力に関する項目を線で囲んだところ、K 科には両者に相互に強い相関があることが確認できるが、他の 3 学科では K 科に比べ相互の相関は強いとはいえない。

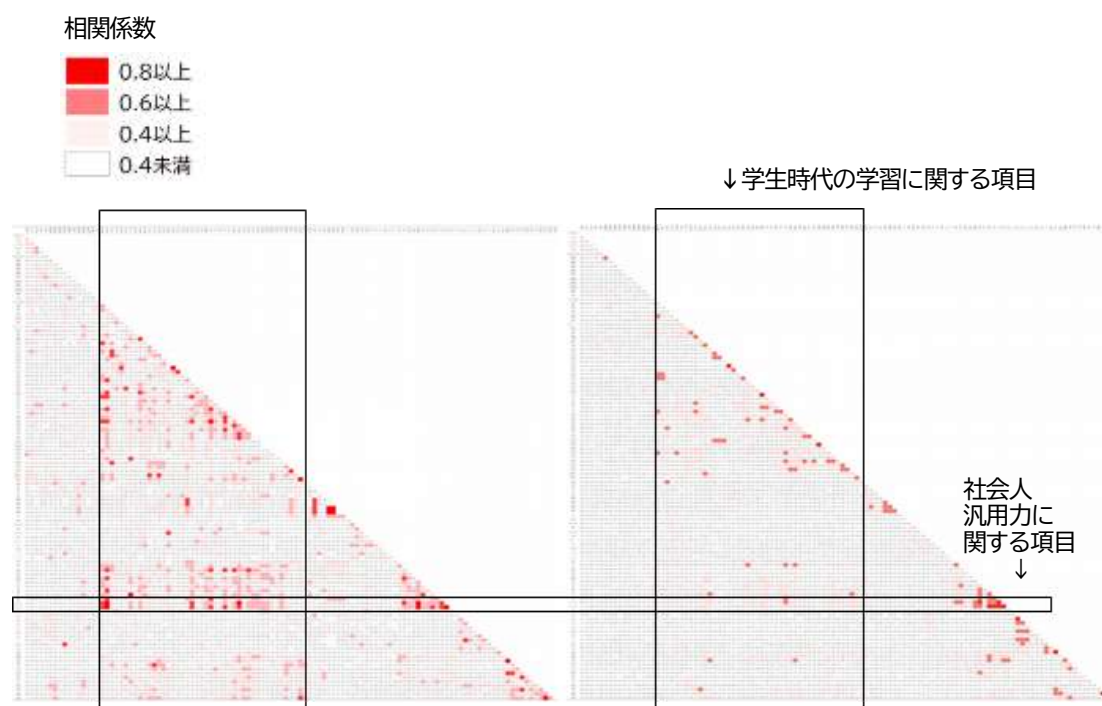


図 5-19 K 科(左)と、他学科(右)の相関行列の比較

そこで、本教育プログラムの習得目標の一つである社会人汎用力と強い相関が示される項目を抽出するため、従属変数を「社会人汎用力」とした重回帰分析を行い当てはまりが高いモデルを探った。

その結果、K 科においては説明変数を「成績（中 3 から本科）」、「本科での PBL 的学びの熱心度」、「自学自習時間（本科から専攻科までの 7 年間）」、現在の「仕事、処遇、人間関係の総合的な満足度」、「社会課題を扱う科目が役に立っている」とするモデルが、自由度調整済み R2 乗が 0.756 であり、分散分析が 5%水準で有意 ($p=0.013$) となった。「社会課題を扱う科目の役立ち度」以外の 3 つの説明変数は、共線性回避のため相関の強い変数同士を合成したものであり、いずれも VIF²は 4 以下となった。表 5-4 に結果を示す。

² Variance Inflation Factor. 独立変数間の多重共線性を検出するための指標の 1 つ

K 科の社会人汎用力は、「本科での PBL 的な学びの熱心度」($p=0.029$)と、現在の「仕事、処遇、人間関係の総合的な満足度」($p=0.035$)によって説明できるという結果を得た。標準偏回帰係数の絶対値に注目すると、高専時代の学びを振り返っての「社会的な課題を扱う科目が役に立っている」、「自学自習時間（本科から専攻科までの 7 年間）」と続くが、統計的に有意でない。

他学科についても従属変数を「社会人汎用力」とした重回帰分析で、当てはまりの高い説明変数の組み合わせを探り、自由度調整済み R^2 乗が 0.326、分散分析が 5%水準 ($p=0.014$) で有意となるモデルを得た。各項目の VIF は 2 以下となり最終的なモデルとして採用した。表 5-5 に結果を示す。他学科も K 科と同様に「社会人汎用力」は「本科での PBL 的な学びの熱心度」($p=0.019$)で最もよく説明できた。しかし他の変数は K 科とは異なる結果となった。現在の「読書頻度」($p=0.056$)と、「卒業研究が役に立っている」($p=0.052$)が 10%水準で有意となり、続いて、統計的に有意ではないが標準偏回帰係数の絶対値が大きい説明変数は「正課以外が役に立っている」となった。

これらの結果より、K 科、他学科とも社会人汎用力は、学生時代の「本科での PBL 的な学びの熱心度」に、説明変数の中で一番強い相関があり、加えて K 科は、現在の「仕事、処遇、人間関係の総合的な満足度」でも説明される結果を得た。仕事の満足度の高さは自己効力感や自己有用感に支えられている（矢野他，2018）と考えられ、ほぼすべての協力者が学生時代の専門と関係がある仕事に就いていることから、仕事で専門力が発揮できていることを示すと考える。これらの 2 項目は、本教育プログラムの習得目標として挙げている項目³と合致する。また、当てはまりの良いモデルの説明変数として、K 科は「自学自習時間」や「社会的な課題を扱う科目が役に立っている」が挙がっており、PBL の特徴を有する学習活動によって説明されることが示唆される結果を得た。他学科は、現在の「読書頻度」や学生時代の「卒業研究」など、従来から社会人汎用力を育成すると言われている学習活動で説明される結果となり、先行研究（矢野他，2018，p203）の全国的な分析結果と同様の傾向を示した。

³ 本稿，第 3 章 1 節 目的と習得目標 に述べた。

表 5-4 K 科の, 社会人汎用力を従属変数とした重回帰分析の結果

		標準偏回帰係数	p 値	VIF
(定数)		-0.875	0.471	
学生時代	成績 (中3から本科)	-0.059	0.790	2.005
	本科での PBL 的学び ⁴ の熱心度	0.696**	0.029	2.688
	自学自習時間 (本科から専攻科までの7年間)	0.123	0.676	3.520
現在	仕事, 処遇, 人間関係の総合的な満足度	0.452**	0.035	1.260
回顧	社会課題を扱う科目が役に立っている	0.182	0.343	1.407
自由度調整済み R2 乗		0.756		
分散分析 F 値 有意確率		0.013		
N		12		
		p<0.1: *	p<0.05: **	p<0.01:***

表 5-5 他学科の, 社会人汎用力を従属変数とした重回帰分析の結果

		標準偏回帰係数	p 値	VIF
(定数)		-0.154	0.881	
学生時代	成績 (中3から本科)	0.024	0.905	1.684
	本科での PBL 的学びの熱心度	0.409**	0.019	1.186
現在	仕事, 処遇, 人間関係の総合的な満足度	0.038	0.854	1.850
	読書頻度	0.356*	0.056	1.407
回顧	卒業研究が役に立っている	0.338*	0.052	1.219
	正課以外 ⁵ が役に立っている	0.114	0.566	1.716
自由度調整済み R2 乗		0.326		
分散分析 F 値 有意確率		0.014		
N		31		
		p<0.1: *	p<0.05: **	p<0.01:***

⁴ PBL 的学びには, 実験・実習, 人文社会系, PBL 等の統合的・創造性育成授業, 社会課題に取り組む授業が含まれる。

⁵ 正課以外には, 部・サークル活動, 学生会活動, 学校行事 (学校祭など), 工場見学・インターンシップが含まれる。

5-3-4 不満の分析

全国高専卒業生を対象とした先行研究（矢野他，2018）で行われた「不満の分析」における不満の類型と分布の結果と比較すると，本研究における他学科は全国の結果と同様の傾向を示したが，K 科は異なった結果となった。

まず，先行研究と同様に「授業科目の内容・水準」「実験実習の内容・水準」「課外活動」「教員との人間関係」「友人関係」の 5 項目について 4 段階の満足度調査を行い，不満タイプを類型化した．一つの分類軸は「友人」「教員」「課外活動」といった社会関係に満足／不満足という区分である．3 つの人間関係のうち，一つでも不満と回答した場合には社会関係不満があるとした．もう一つの分類軸は「授業科目」と「実験・実習」のいずれか，あるいは両方が不満の場合をカリキュラム不満ありとする．社会関係とカリキュラムの満足／不満足を組み合わせて，表 5-6 のように 4 つのタイプに分けて，K 科，他学科，全国を比べた．

表 5-6 不満類型の割合

		社会関係満足(%)	社会関係不満(%)
		(オール満足)	(社会関係不満)
カリキュラム満足 (%)	全国	45.0	30.0
	K 科	41.7	16.7
	他学科	41.9	16.1
		(アカデミック不満)	(学校オール不満)
カリキュラム不満 (%)	全国	7.0	18.0
	K 科	25.0	16.7
	他学科	9.7	32.3

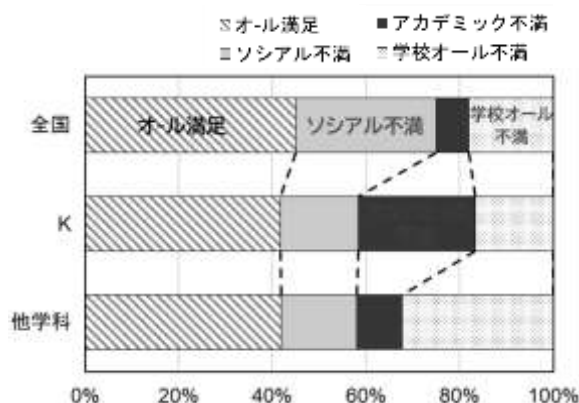


図5-20 不満類型の割合

社会関係とカリキュラムの両方に満足している「オール満足」の割合は，全国，K 科，他学科いずれも全体の約 42-45%を占め，他方，何らかの不満を持っている者の割合はいずれも約 55-58%となるが，その不満群の内訳が図 5-20 の通り 3 者で様相が異なる結果となった．社会関係には不満だがカリキュラムには満足していた「社会関係不満」と，社会関係もカリキュラムも不満な「学校オール不満」の割合は，3 者に多少ばらつきはあるがいずれも 2 倍は違わない．しかしながら，社会関係は満足しているがカリキュラムに不満をもつ「アカデミック不満」は，K が全国の 3.6 倍，他学科の 2.5 倍である．K 科は，「授業科目の内容・水準」や「実験実習の内容・水準」等の正課の内容やカリキュラム等に対して不満を持つ割合が多いということになる．

そこで，このアカデミック不満群の特徴を探った．図 5-22 は，全国の 4-5 年生の成績と自学自習時間をタイプ別に描いたもので，「学業成績」や「自覚自習時間」が，「オ

ール満足」「社会関係不満」「アカデミック不満」「学校オール不満」の順に下がることを示している。成績がそんなに悪くない社会関係不満でも学習態度に波及しており、別の設問の分析からも学校活動への熱心さや参加意欲が希薄になっていることを矢野らは見出している。特に「アカデミック不満」と「学校オール不満」は、自学自習時間が少なく成績も悪い。何らかの不満をもつ群は、図 5-23 の右下のプロットに表れているように、たとえ成績上位者であっても社会人汎用力の平均値 3.73 を下回ることも報告している。すなわち、カリキュラムに対する不満が勉学離れを大きくして活動意欲を喪失し、卒業後の社会人汎用力やキャリアにかなり強い影響を与えてしまうことを指摘、生涯にひびく負の遺産だとしている。矢野らは、このような不満の類型と分布に関する様々な検討の結果、① 学校への不満は生涯にひびく負の遺産、② 不満はすべての活動意欲を喪失させる、③ 不満から抜け出すためには教師との巡りあいと学業成績が大事、と結論している。

本研究でも、図 5-22 と同様に、本研究における K 科の不満の類型と成績、自学自習時間の関係を図 5-21 に示した。

この図より、K 科の「アカデミック不満」群は、全国の「アカデミック不満」群とは異なる傾向を示していることがわかる。学生時代の「成績」や「自学自習時間」は「オール満足」群や「社会関係不満」群より高くなっているばかりか、現在の「社会関係資本の満足度」「処遇の適正度」「仕事全ての満足度」「自己学習頻度」「年収」なども他のタイプより高い。「学校オール不満」群も低くなく、全国の傾向（図 5-22）とは明らかに異なっている。

また、社会人汎用力の平均値は、全国の 3.73、他学科の 3.70 に対して、K 科は 3.88 である。全国調査対象者は本調査対象者より平均年齢が高いため、収入や社会人汎用力が高いことが推察され、他学科との比較ではそのようになっているが、K 科の場合、収入は低い（図 5-18）が社会人汎用力が一番高く、年齢や経験の影響では説明がつかない。

K 科は、学生生活全般に満足はしている（図 5-12「本科満足生活」）し、現在の仕事や人間関係にも満足している（図 5-13）。すなわち K 科では、学生時代から現在に至るまで比較的勤勉、優秀で、仕事も充実しており年収も高い人たちが、特にカリキュラムや教育内容に不満を抱いているということがわかった。

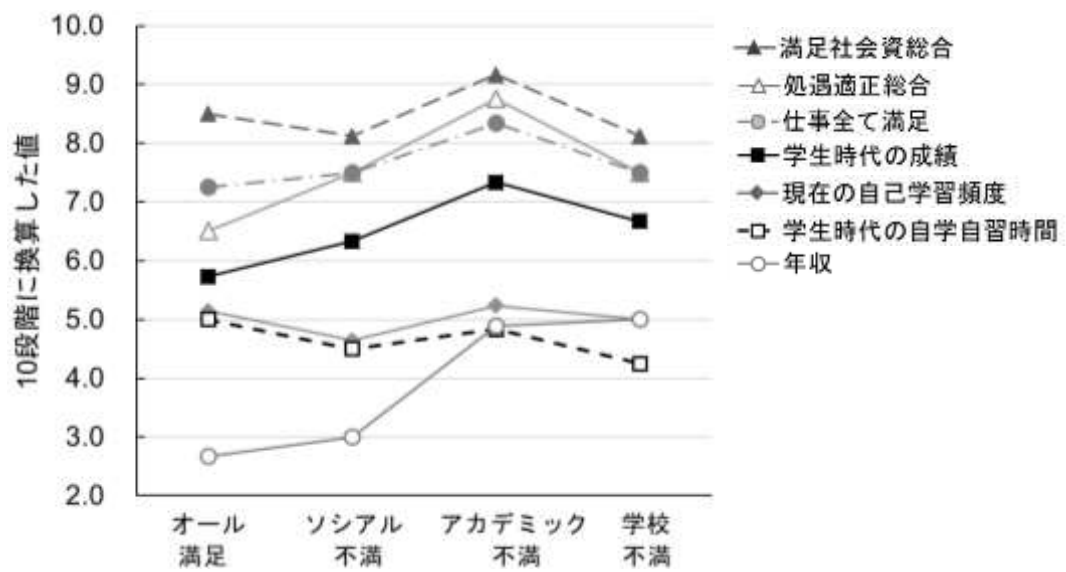


図5-21 K科における不満の種類と、自学時間、成績 他との関係

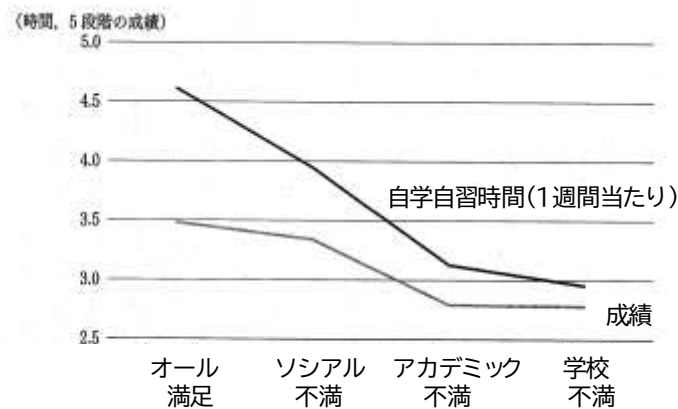


図5-22 全国調査による不満の種類と、自学時間、成績
(矢野他, 2018, p209)

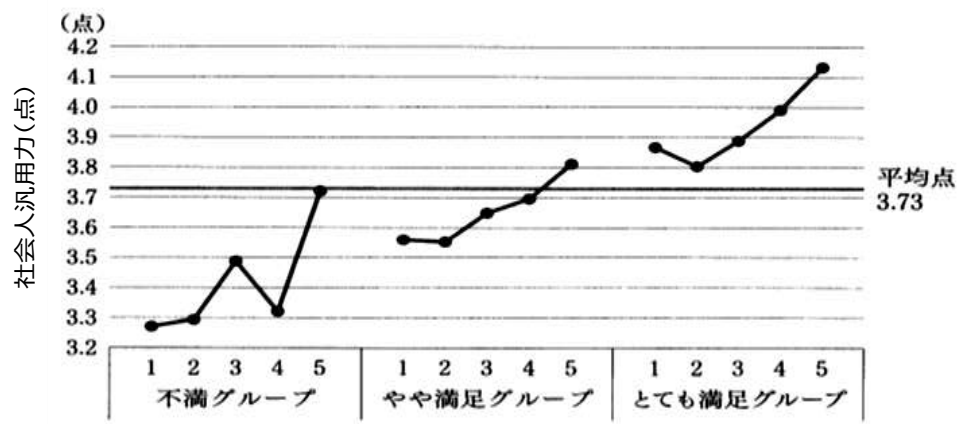


図 5-23 全国調査による満足度・学業成績と、社会人汎用力 (矢野他, 2018, p206)

5-3-5 質問紙調査のまとめ

図 5-18 に示した通り、現在の仕事において、給与や役職などの処遇、上司や同僚との人間関係を表す社会資本、与えられる仕事などに対する本人の満足感が、K 科は他学科や全国平均より高いという結果が得られたことより、専門的職業人としての自覚と責任と高い技術力が、より発揮できていることが推察できる。K 科の回答者の全員が高専での専門を生かせる仕事に就いていることより、仕事がうまくいっているという自覚や満足感は、技術者としての能力が発揮できていると捉えても良いと考える。矢野ら（矢野他, 2018）の研究でも、仕事の能力は、自己効力感の表れである社会人力に対する本人の主観的評価で測ることができるとしている。

「社会人汎用力」や「自己学習頻度」についても K 科が他学科や全国平均より高い結果となったことより、専門性を支える社会人汎用力が発揮されていることが推察できる。特に「自己学習頻度」は、「職場研修（職場以外での勉強会・研修会）」「英語資格（英会話、資格などの学校）」「その他の自己学習」、「思想書（思想書・教養書）」「歴史ノンフィクション（歴史関連図書・ノンフィクション）」「専門の関連図書」「ビジネス書」「マンガ・コミック」に費やしている時間を表す数値の合成値であり、K 科は、自己主導型学習（自己決定学習）⁶の力を発揮していることの現れとみることができる。

表 5-4 に示した重回帰分析で最も当てはまりが良かったモデルでは、K 科の社会人汎用力と「本科での PBL 的学びの熱心度」および「現在の仕事の総合的満足度」との相関が有意に高いことより、本研究で開発した一貫性のある連続的 PBL 教育プログラムの効果が、社会人となって 10 年前後の卒業生の現在の姿に影響を与えていると示唆される。一方、他学科の社会人汎用力も「本科での PBL 的学びの熱心度」で説明できるが、ほぼ同じ強さで「卒業研究」や「現在の読書頻度」による説明が有意であることより、同じ社会人汎用力でもその由来が異なることを示唆する結果となった。

両群の社会人汎用力と相関が強い PBL 科目を、卒業生はどのように振り返っているのかは、次の結果より明らかとなった。質問紙の設問 6 で、「あなたは高専の授業科目の中で、ワクワクするほど楽しい科目がどの程度ありましたか。」と訊き、続く問 7 で、「あなたが楽しい、面白いと感じた科目は何でしたか。具体的な授業科目名を 3 つまで挙げてください。授業科目の内容を示すものであれば、正確な科目名でなくてもかまいません。」と訊いた。専攻科についても問 19-2 と 19-3 で同様の設問を行った。

その結果、本研究で開発した PBL 科目を挙げた人が、

K 科 66.7%（12 名中 8 名（本科 5 名 + 専攻科 3 名））

⁶ 学習科学分野では「自己主導型学習」、成人期の学習では「自己決定学習」（立田他, 2005）と表されるため併記した。

他学科 22.6% (31 名中 7 名 (本科 1 名 + 専攻科 6 名))

であった。これは、実験実習（卒業研究も含む）に次ぐ割合であり、カリキュラム全体に対して PBL 科目は少ない（2～5 年次に、各学年 2 単位程度、1 年次と専攻科の社会実装科目のみ 2-3 単位）ことから、卒業生にとってはインパクトのある刺激的な授業として肯定的に思い出されていることがわかる。近年 1980 年代以降の心理学における「感情と認知」の研究で、「感情の関わらない認知はない」とされ、感情が認知過程を方向付け、認知過程の特定の要素を選択的に活性化する（波多野・高橋，2003）という知見からも、各学年に配置した統合的科目としての PBL 授業が、肯定的な感情を伴う受講経験によって、様々な認知活動に有効に働いたことが伺えた。

「社会や経済に関する知識」が、K 科は高専時代から社会人となった現在まで有意に高い結果となった。このような知識は、4 学科共通のカリキュラムの一般教育科目で教授していたことを考えるとこの差は、K 科は専門科目の枠内で 6 年間継続して実施した PBL 科目の影響が示唆される。すなわち K 科は、入学直後より ESD の要素が強い PBL 科目（具体的には開発教育教材を使った持続可能な開発の概念やグローバル社会の現状、あり方などのテーマによって「環境」「社会」「経済」を扱う教育を行った）を受講したことで興味・関心が喚起され、影響を与え続けたのではないかと考える。これについては、入学前からそのような興味関心が高かったということも否定できず、確認する必要があるため後述するインタビュー調査で質問した。

また、複数学年にまたがって実施した ESD を埋め込んだ専門科目の PBL 授業は、自分の専門分野との関連の中でグローバル社会への興味関心も刺激したことが示唆された。入学時には K 科は、他学科および全国と比べて英語の得意さは、有意に低かった（図 5-7）。しかしながら、学生時代には挽回しており（図 5-11）、社会人となつてからの英語の自己学習頻度は高く（図 5-14）、現在の能力の自己評価で入学時の回答が逆転している（図 5-15）。これより学生時代に外国の言語を学ぶモチベーションが刺激され学習を促したと考えることができ、多様な地球的規模の課題を扱いグローバルな視点の重要性の理解や、視点の醸成を意図していた PBL 科目が影響を及ぼしている可能性は十分に考えられる。

ここまで、K 科のポジティブ回答について考察したが、ネガティブ回答の検討を行う。

K 科の学生時代の様々な活動への「熱心さ」の自己評価（図 5-9）は、「専門の講義科目」と「卒業研究」以外の全ての項目で他学科を下回っている。また、高専時代の活動の現在の役立ち度（図 5-17）においても、全国平均よりは高いものの他学科と比べてネガティブ回答が多い。調査項目の全体として K 科の方にポジティブ回答が多い中

で、これらの設問へのネガティブさは不自然である。

そこで、これらのネガティブさの特徴を探るため不満の分析（5-3-4 不満の分析）を試みたところ、以下の結果が得られた。

K 科は、「カリキュラム・アカデミック不満」の割合が、全国や他学科に比べて2～4倍多いが、その特徴は、努力を怠っている成績不振者ほど不満をもつという他学科や全国とは大きく異なる。K 科の「カリキュラム・アカデミック不満」は、成績が良く、自学自習時間は多く、現在の社会人汎用力もオール満足群に次いで高い。仕事の満足度と学生時代の PBL 的学习で得られた能力、現在の自己学習頻度はどの群より高く、全国の不満層とは全く異なる特性を有していた。

このように能力が高く、勉学意欲も低いとはいえない人たちが、カリキュラムなどのアカデミック不満群であり、自身の学生時代の勉学に対する熱心さに対して自己評価が低いということは、どのように解釈するとよいのであろうか。

K 科は、PBL 学習プロセスの、特に Problem-BL における学習活動の中で、3 章および 4 章に報告した通り多様な評価活動を頻繁に行った。このような、学習プロセスに埋め込まれた評価活動は、メタ認知能力（三宮，2018）やクリティカルな思考（本質を捉えるという本来の意味における）の育成に効果があるとされる。また、4 章 4-2-3 設計で報告した PBL プロセスに不可欠な活動「知っていること」「知るべきこと」の確認を毎回のワークシート（図 4-20）で行うことや、4-3-9 で報告した通り、表 4-3、表 4-4 などの問いかけを意識的に継続して行うこと、4-3-11 に報告した種々の振り返りや省察という活動により、K 科は他学科よりメタ認知能力を醸成する機会が多くなったと考えられる。それが自己の学習を管理・調整することを支え高専時代の後期の自己主導型学習（図 5-10）を促し、社会人となっても発揮されている（図 5-14）と推測できる。そのように自らの学びや勉学環境に対する評価眼が養われたことによって、学生時代の勉学を振り返った時に、自己評価や自学科のカリキュラムへの批判的視点が働いたのではないかと考えられる。また、「能力の高い人たちのミスキャリブレーション（能力の過小評価）であるダニング・クルーガー効果（Kruger & Dunning, 1999）が現れた可能性も否定できない。

すなわち K 科のアカデミック不満の多さは、構成主義や状況主義による本 PBL 教育プログラムを受講する機会を 6 年間という長期にわたり繰り返し与えられ、今その効果を実感していることにより、伝統的な行動主義のカリキュラムや授業形態が圧倒的に多かったカリキュラムを振り返って不満を感じる層の割合が高くなったと考えられる。

5-4 インタビュー調査の結果と考察

5-4-1 生成された主題

インタビューの録音データより逐語訳を作成し、主題分析（土屋，2016）により主題を抽出し、K 科と他学科のそれぞれから抽出した主題の関連性を探索・整理（Maguire, M., & Delahunt, B.,2017）した。

その結果、協力者の語りより共通する 7 つの主題が生成された。それは、① 7 年間の中で影響を受けた授業、②大学卒との比較・自分の強み、③関心ある社会問題、④自己研鑽の方法、⑤問題解決の方法、⑥将来展望、⑦高専教育の評価の 7 項目であった。その主題の下層にさらに、K 科のみに生成された主題、他学科のみに生成された主題、そして両者共通に生成された主題が現れ、表 5-7 の通り整理した。K 科および他学科の主題で 2 名以上の語りに生成された主題と、共通の主題で 3 名以上の語りに生成された主題に下線を引いた。

K 科および他学科共通の主題には、質問紙調査で全国に比べて顕著に高い満足度が示された図 5-12 や図 5-17 の結果を裏付け、本高専の教育の特長が表れているといえる。

本稿では、K 科と他学科の PBL 関連の主題の違いに注目し、それより本研究で実施した PBL 教育プログラムの影響を探った。

表 5-7 生成された主題

	K 科のみ	他学科のみ	共通
① 影響を受けた授業	8 つの PBL 科目 ・ <u>チーム内での貢献ポジショニング体験</u> ・ <u>創意工夫の体験</u> ・ <u>問題解決へのアプローチやプロセス体験</u> ・企業技術者や経営者の意見や考え方を聞いたこと ・他大学にはないアウトプットの質	3 つの PBL 科目 ・ <u>自分の専門分野の社会的位置づけの確認</u> ・ <u>チームによるものづくりの楽しさ</u> ・学生時代は批判的だったが、今、PBL 授業の意図が理解できる	・ <u>答えのない問題に取り組む体験</u> ・ <u>社会におけるエンジニアとしての実体験</u> ・ <u>現実社会の現場で状況把握、問題設定、ストーリーづくり、ものづくり</u> ・ <u>PBL(と称する他の授業)への、到達目標と合わない評価方法への不満</u>
	7 つの実験・実習科目	5 つの実験実習科目 ・失敗からの学び	・知識とスキルのつながり ・身体で理解し覚えて、実社会で使える基礎知識を習得 ・課題解決型実験で、実社会の課題解決プロセス理解

	3つの専門科目講義 ・知的好奇心への刺激	6つの専門科目講義 ・ <u>企業出身の教員の厳しさ</u>	・調査、まとめ、発表というアクティブ・ラーニング型授業 ・体系的な知の蓄積、今も役立つ基礎の習得
	1つの理系一般科目 ・先生との相性が良く分かりやすい授業内容		
	2つの文社系一般科目 ・他者の思考に触れ、自分の思考が深化 ・担当教員の情熱が伝わってモチベーション向上	2つの文社系一般科目 ・自分の頭で答えのない問いを考える面白さ ・創作の喜び	
② 大学卒との比較・自分の強み	・ <u>ゼロを0.1にして、問題解決の突破口を見つけることが得意</u> ・ <u>問題解決への積極性</u> ・ <u>仕事を一緒にする人の多様性が楽しく肯定的</u> ・ <u>覚えている知識量ではなく、知識を使いこなすことが得意</u> ・ <u>分野横断の内容と学び方、複合的な学問分野に優位</u> ・ <u>プレゼンテーションが得意</u> ・調査、まとめが得意 ・他の人にはない“とがった点”で勝てる ・プロセス構築が得意	・ <u>ものづくりに対する知識とスキル、実践経験の豊かさ</u>	・ <u>理論と実践のつながりで、現場から理論までカバーできる幅広さ</u> ・ <u>行動力、アクションのセンス</u> ・ <u>アイディアを出して新しい何かを生み出す能力</u> ・ <u>大学歴との違いや差は感じない</u> ・ <u>勉強不足の点は、社会に出て勉強して挽回可能</u> ・チームワークやコミュニケーション能力 ・教養、語学は弱い挽回可能 ・昇格試験や計算の速さ、過去に勉強した知識の量や幅に差を感じる
③ 関心ある社会問題	・ <u>海外の政治問題</u> ・ <u>国際化、グローバル化</u> ・海外の自然災害 ・国家間競争から協調への転換 ・日本の技術の国際展開 ・会社、ビジネスの国際化 ・SDGsに取り組む過程での新ビジネスモデルの構築 ・イノベーション ・高齢化と世代交代の問題	・人種差別 ・SDGsへの懐疑的な関心	・ <u>自分の仕事関連の経済動向、技術動向、企業の在り方</u> ・ <u>カーボンニュートラル、エネルギー問題</u> ・ <u>個人の出来事に関する身近な問題（少子高齢化、社会的弱者、貧困、食糧）</u>
④ 自己研鑽	・ <u>英語の自己研鑽</u>	・ <u>本や新聞を通した自己研鑽</u>	・ <u>自主的なスキルアップや資格取得、勉強会参加</u> ・ <u>趣味的な学び</u> ・ <u>学習の習慣化、しくみづくり</u>
⑤ 問題解決の方	・ <u>人を巻き込む</u> ・楽しむ、仕組みをつくる、発見を楽しむ ・ハブニング、化学反応、即興を利用する	・ <u>情報収集</u> ・ <u>直観を大事にする</u> ・省察する	・ <u>先輩、上司、第一人者、精通している人に教えてもらう</u> ・まずは手を動かす、行動する ・自分の強みや得意なことにつなげて解決の糸口をさぐる

法			・問題を整理する
⑥ 将来展望	・明るい未来社会の到来に期待	・趣味の充実 ・転職希望 ・将来への不安(親の介護, 年金, 社会の変化への心配) ・喜んでくれる人のためなら頑張る	・起業, 社内起業, 社内新規プロジェクトの立ち上げ
⑦ 高専教育の評価	・高専教育への批判的な評価, 改善提案	・生まれ変わっても高専 ・一緒に働くなら高専卒業生 ・社会とつながる授業や研究活動を充実させてほしい	・大学受験がないことによる様々なメリット ・高専は, 教員も仲間も仲が良く, 多様性に寛容で個性を尊重し合う文化 ・成長し自分らしさを発揮できた学生生活 ・成績評価への不満

5-4-2 主題が生成された語りと考察

主題①から⑦について, K 科または他学科の, それぞれどのような語りより主題が生成されたのかを以下に示し考察を加えた.

① 影響を受けた授業

K 科, 他学科いずれからも影響を受けた授業として一番多く挙げたのが「実験・実習科目」の 12 件で, 次いで「PBL 科目」11 件, 「専門科目」9 件, 「一般科目」5 件となった. 質問紙調査でも, ワクワクするほど楽しい科目で一番多く挙げられていたのが, 実験・実習で, 次が PBL 科目だった. K 科は回答者の 66.7%が, 他学科は 22.6%が PBL 科目を挙げ, インタビュー調査では K 科からは 8 つの PBL 科目が, 他学科からは 3 つの PBL 科目が挙げた.

質問紙調査, インタビュー調査のいずれでも「実験・実習科目」が一番多かったのは, 実験・実習を重視する高専教育のカリキュラムが卒業生に大きく影響を及ぼしていることの表れであり, 社会的に高く評価されている高専の特長を確認できた. 「実験・実習科目」「専門科目」「一般科目」には, K 科, 他学科に共通の主題が生成されたが, 「PBL 科目」では異なる主題が多く生成された.

K 科からは「チーム内での貢献ポジショニング体験」「創意工夫の体験」「問題解決へのアプローチやプロセス体験」「企業技術者や経営者の意見や考え方を聞いたこと」「他大学にはないアウトプットの質」等, PBL 教育で意図していた習得目標に関する主題が抽出された.

特に「チーム内での貢献ポジショニング体験」は, 本 PBL 教育プログラムの特徴をよく表している. 本 PBL 教育プログラムではいわゆる通常の役割分担ではなく, 全て

のメンバーが何らかのリーダーを担うよう促し、その時々チームメンバーの組み合わせによって自分がどのような点で貢献するかを常に考えさせた（学びのコミュニティデザインを学生に委ねる）。K 科の 3 名から、そのような PBL 授業での意図が現在の仕事上でも生きているとする語りがあった。次の語りでは、そのような「チーム内での貢献ポジショニング体験」に関する回顧のみならず、他の、いわゆる一般的な課題解決型科目との違いをはっきりと指摘している。なお（ ）内の文言は筆者が補足したものである。

【K 科】 高専のときではあれが一番印象的でしたね。当時のグループ分け的にも、僕がリーダー的な感じになっちゃったんで、＜中略＞ 挑戦できたということ思い出深いということ、そうですね。＜中略＞ どっちかという、引っ張っていったほうでしたね。僕はあまりそういうのが得意じゃない。＜中略＞（今後）そういう仕事があると、過去の経験が生きるかもしれないですけどもね。＜中略＞（他のものづくり）実験はやり方とかが全部決まっているじゃないですか。あれとは全然違いますよね。

別の 2 名は、現在の仕事に結びつけて、以下のように語った。

【K 科】 PBL はよかったですよ。会社に入ったら、1 人でやる仕事ってあるけれども、基本的にはチームの仕事じゃないですか。そういうので話し合いとかの場面が結構あるから、そのときと同じような状況なのかなという感じ。

仕事で僕は機械が得意なんですけれども、一緒にやる人の中では電気が得意な人とか、あとは設計メインでやる人とか、そういう人たちが集まって一つの機械を組み立てたり、＜中略＞ 現場に据え付けて稼働させるところまでやりに行くんですけども、そういうのはやっぱり役に立ちましたね。

【K 科】 やっぱり役割分担もあるわけじゃないですか。全員、課が違って、やってきたことも違うし、できることも違うけれども、その中でどうやってうまくやっていくかと。＜中略＞ それをいかにうまく使っていくかというのが仕事になるからという意味では、PBL はこれからもいい意味で影響するのかなとは思っていますね。

PBL 科目では、「創意工夫」を重視したが、それを回顧した以下の語りがあった。

【K 科】 うちの仕事って基本的にワンパターンの仕事はないんですよ。何かの依頼があって、それをこなす。本当にでかい PBL をやっているような感じで。機械も同じやつを作ったことはほとんどないので。ほとんど一点物なんです。毎回毎回、創意工夫しないとできないような。そうそう、そうそう。

【K 科】 アサインメントがぼんと出てきて、じゃ自分たちでどのようにその答えを探し出しますか、プレゼンしますかみたいな、そういうクリエイティブな授業が楽しかったですね。

【K 科】 一番思い出に残っているのは、答えがなくて、それを自分たちで、チームで導き出すという授業。＜中略＞ ポストイットで環境問題をばっと書き出すのとか、授業でやったのを覚えていますね。

【K 科】 体を動かして、実際にどういうことができるのかみたいなのを考えるというのが、やっぱり机の上でやっているより何かひらめきやすかった。

また、PBL 科目では当然ながら問題解決が必須であるが、「問題解決のアプローチやプロセス体験」については、K 科の語りのみに表れた。

【K 科】 問題解決へのアプローチやプロセスは自分で見つけないと指示待ちになる ＜中略＞ 次、どうすればいいですか、次、どうすればいいですかとステップで聞いていくことになるんですけども、その一連の流れでこうしていけば、こうなるよねと。こういう位置を取れば、みんなでこういうふうに分担して…みたいなことを（高専時代の PBL で）経験したので…。段取りですね。

以下の卒業生は、大学院に進学してから他大学の卒業生と情報交換をしたらしく、「他大学とは異なる PBL でのアウトプットの質」に関して以下の通り発言した。

【K 科】 どこの大学でもできるわけではないような気がするんですね。（PBL による）アウトプットの質って、どうやら何か違うみたいですね。同じような教え方をしても、出てくるアウトプットが違う。それは今の自分の仕事をしていても思うんですけども、同じシステムで、同じような会社でやっても、出てくる答えが全然違うのと、とにかく結果が違う。だから、同じようなもの（PBL 科目）だなと思っていたのに違いがあるんですね。

「企業技術者や経営者の意見や考え方が聞けた」は、以下の語りに表れた。この卒業生は、5 年生時の PBL 授業で技術的コメントをいただいた社長の考え方に惹かれ、2 年後の就職活動で、その企業の門をたたいて入社し、現在、とても元気にやりがいをもって仕事をしている、という体験を語った。

【K 科】 5年生のときの簡易PBLみたいなやつで、結果的に就職するようなことになったから、あれは一番よかったですね。企業の人の声が聞けたというのがよかった。

宇奈月（温泉街）に行っていたじゃないですか。実際にそれで一体どういうことができるのかとか、俺らはLEDとペルチェ素子を組み合わせて、足湯の中にLEDを入れて光らせるみたいな。あれはすごく企業の人たちが気に入ってっていましたね。発表のときもピカイチだった。

このように K 科からは、“PBL 教育の意図や習得目標に関する主題”が抽出された一方、他学科からは専攻科の PBL による社会実装科目における「自分の専門分野の社会的位置づけの確認」「チームによるものづくりの楽しさ」などの“内容”に関する主題が多かった。

【他学科】 事業所に行くというのもやっぱり魅力ですね。自分たちの仕事がこういうところにつながっているというか、つながっていくのかなというところの意識づけというか、そういうのを実体験できる機会は、学生時代ではまずほとんどないので、いいですね

【他学科】 事業所を訪問して、自分たちで問題点を見つけてくる。＜中略＞そういう問題把握というか、現状把握、特別研究とか以外では唯一やるということだったので、すごい印象に残っているし・・・、

他学科で特に印象的だったのは、大学院への進学のための受験勉強に社会実装科目が役に立たず多くの時間を取られることを、学生当時強烈に批判していた卒業生が社会人となった現在、本調査への協力を申し出てくれて PBL 科目を振り返り、特に Problem・BL の意義を的確に見出している以下の語りである。

【他学科】 伊藤先生にやっていただいた PBL 問題解決の授業。あれはちょっと批判的だったと思うんですけども、結局、社会に出てやらなきゃいけないことってああいうことなので、その取っ掛かりというか、その方法論みたいなところを。最初に概要を、実際の現場に行ってやらせていただくというのは記憶に残ってますね。

たしかね、問題を設定されてなかったと思うんですね。現場に行ってみつけるところからの学習だったと思って。で、今って、問題を見つけるのってすごく難しくて。問題解決なんてはっきり言って もうレッドオーシャンなんですよ。方法論なんていくらでもありますし、フレームワークなんていくらでも出回ってるのでみんなたどり着く先の答えって一緒なんですよね。で、いかに問題を発見してそれを設定してストーリーを作るかが求められている時代なので。やっぱり結局、自分の頭でどれだけ考えられるかなんでしょね。そういう観点でやっぱり PBL って、よかったんじゃないかな、問題を見つけるところからやれたのが良かったんじゃないかな。

② 大学卒との比較・自分の強み

この主題については、K 科と他学科の間に大きな違いが表れ、K 科からは本研究で開発した PBL 科目の一番のねらいである「創造的人材の育成」への確かな手ごたえを感じられる語りがなされ、それに関する主題が数多く生成された。

K 科のみに表れた主題は、「ゼロを 0.1 にして、問題解決の突破口をみつけることが得意」「問題解決への積極性」「仕事を一緒にする人の多様性が楽しく肯定的」「覚えている知識量ではなく、知識を使いこなすことが得意」「分野横断の内容と学び方、複合的な学問分野に優位」「プレゼンテーションが得意」「調査、まとめが得意」「他の人にはない“とがった点”で勝てる」「プロセス構築が得意」である。これらは全て、創造的人材に望まれる資質であったり、シリアル・イノベーター⁷に必要な資質であったりする特徴を有している。

特に、「ゼロを 0.1 にして問題解決の突破口をみつけることが得意」という表現を、卒業年度の離れている 2 名の卒業生が以下の通り語ったことは特筆に値する。

【K 科】 現状では全くすべがない状態だったんですね、全く糸口がなかったんですね<中略> その時、僕はもうダメ元でも、パーツとやっただ、とりあえず、やってみる、作ってみて、<中略> そしたら企業さんが、まあモノは形になっていないけど、突破口にはなった、こうすればこういうものができるんだ、これがしっかりゴールとしてできたら、たぶん、これは価値があることだから次に進めます、みたいなことを言ってくれて、そうですね。僕は、結構そういう感じが多かったんです。<中略> それが一応始まりが元々ゼロに近い状態だったんで、ゼロから 0.1 くらいから、まず 1 にして、ちょっとずつまた 1 から 10 にして、まあ 30、40 くらいになった時に終わっちゃった感じだったんですが、その企業の人から言われて、ああなるほどなど。

別の卒業生の語りは以下の通りであった。

【K 科】 最近も僕、今ちょうど一個山を乗り越えたという仕事で、ゼロから 1 を作るのはできないと、ほとんどの人ができない。ゼロから 0.1 でもまず作れる。それは強みだよと先輩から言われたのが大きい。

1 を求めちゃいけない。0.1 ができればいいと。そうしたら、あとはみんな協力してくれる。0.1 を 100 にできる人たちはいっぱいいるんですけども、ゼロからはできない。0.1 を 100 にするには、自分だけじゃ無理だということも自分で分かっているんで、だから、あとは人の力を借りる。

問題解決への積極性が強みであると語った卒業生は、他学科にはいなかったが K 科

⁷ 本稿第 1 章 1-3 育成する人材像と教育 で述べたシリアル・イノベーターを指す。

では3名が語った。2名の語りを以下に示す。

【K 科】 まあ、それは僕が開発にいた時も、前の上司に言われたんですけど、今の指摘は前の上司からですが、ただ O さんは、そういうところあるけど、何かその問題解決のために常に何かしようとしているのは、すごく評価するって言われたんです。

【K 科】 あるテーマが与えられてどうやって導き出そうかというところで、その経験は生きていると思います。ポンと課題を出されて、じゃ、やってくださいと言われても、やったろうか!という感じにはなりません。

マインドセットとしては、何か1つチャレンジが出てきたら何も考えずやってみようという心意気でやっています。例えば、会社ででも、上司とか先輩から、こんなのあるけどやってみる?って聞かれたら、時間がかかりそうだなとか、今ちょっと忙しいからなとかは取りあえず置いておいて、もう条件反射ではいいと言って、やってみて、結果的にそれが自分を高めることであることが多いので、挑戦してみる。

「創造的人材」に期待されることは、まさしくゼロから何らかの糸口を見出したり、方向性が決まるような発見をしたりすることに意欲をもって取り組む人のことであり、この卒業生らが仕事でそのような力を発揮して周囲に認められ自分の強みだと自覚し語ったことは、本研究にとっては大変意味深い。

「仕事を一緒にする人に多様性があることが楽しい」という資質も、多様性や異分野間の知識がイノベーションのベースとなる (Sawyer, R. K., 2007) とされることに関連づけることができると考える。

【K 科】 うん。おもしろいですよ。だから、会社は外国人ばかりです。＜中略＞ それで大学も出ておったら頭もいいし。全然日本人はかなわないですよ。そうなんです。(部下の外国人を) 教えていてもおもしろいし。

【K 科】 色の濃淡のバリエーションがそもそもうちの会社に似ているんですね。一人一人のそういう。この濃淡のイメージを自分の頭の中に持っておくと、いろいろな人とつなげて仕事ができる。そうですね。これはみ出した部分とか色の濃い部分が解決するために必要だったりするので、自分のないところが。

K 科には、「覚えている知識量ではなく、知識を使いこなすことが得意」、または重要だと語った卒業生も3名いた。PBLに取り組む時には何を見ても良く、むしろ自分たちにとって必要な情報を収集し選択し活用する訓練をしたことが、以下の彼らの語りに表れた。

【K 科】 受験しなくてよかったというのはすごくよかったと思います。＜中略＞ 今言ったように、覚えるだけの勉強をやっていて何か意味あるのっていう話ですね。覚えるのはすごく重要ではあるんですけども、＜中略＞ そんなものは覚える必要なしと。

今思うと、レポートとかを書く授業とか、あるいはその調べる授業とかというのはもっとあってよかったかなというふうに思います。

【K 科】 まあ、僕はもともと高専の時からですけど、知識は、本があれば、資料があればそれでわかってしまう考えだったから。だから それを無理に覚える必要はないとか、それは使いこなせるようになればいいってことしか思っていなかったんで、

【K 科】 知識の量とか幅とかというのはもう完全に（大学受験を経験した人に）負けているけれども、実用性という、それをうまく使いこなすのは自分のほうが結構できると、はい、あれがあれと似ているというので、つなげていって。そうですね。やっぱりプラクティカルを使う実用的にすぐ使うトレーニングをしてきたのは、デカイと思います。

知識の量、特に一般教養に関する知識や昇格試験や計算などで役立つ勉強量の不足は、K 科も他学科も大学卒業生と比べて実感した経験があるというのが、社会に出てからの努力で挽回は可能であり数年も経てば卒業した学校種の違いや差は感じなくなるという。それらはむしろ、個人の特性に関連しているという答えが多かった。数年経ても高専卒業生としての優位性を感じるのは、「理論と実践のつながりで、現場から理論までカバーできる幅広さ」「行動力、アクションのセンス」であるとする答えが多かった。

「プレゼンテーションが得意」「調査、まとめが得意」については、質問紙調査の結果を裏付ける語りがあった、1 年生から PBL 科目の中で繰り返し行ってきたことの成果であるとする。

【K 科】 1つはプレゼンですかね。プレゼンの機会が高専は学部2年、下手したら1年ぐらいからあったと思うんですよ。それで経験を積んでいたんで、プレゼンうまいねと言われる機会は多々ありましたね、卒業してからも。そこは高専で培ったものだなと思いますね。

「分野横断の内容と学び方、複合的な学問分野に優位」は、K 科が材料系という複合的学問分野を学ぶ学科であったことがその背景にあるとする語りが多かった。

③ 関心ある社会問題

K 科、他学科、両群とも「自分の仕事関連の経済動向、技術動向、企業の在り方」「カ

ーボンニュートラル・エネルギー問題」「個人の出来事に関連する身近な問題（少子高齢化，社会的弱者，貧困，食糧）」について，ほぼ全員が強い関心を示した。

両群の違いは，K 科に国際的な問題への関心が多く挙げたことである。「海外の政治問題」「国際化，グローバル化」に関して 2 名以上が言及し，それ以外にも「海外の自然災害」「国家間競争から協調への転換」「日本の技術の国際展開」「会社，ビジネスの国際化」について言及するという具合に 6 名全員がなんらかの具体的な国際問題について語った。具体的には，特定の国名やその政治体制や人権問題に触れるような語りが多かったので，本稿では掲載しないこととする。

K 科の社会問題に関する語りには，質問紙調査では捉え切れなかった本 PBL 教育プログラムの達成目標，(3) 社会科学や人文科学の視点も採り入れながら望ましい社会開発の方向性について提言ができる，に関する内容が以下の通り表れた。

【K 科】 競争から協調，その流れは自分で必要だとは思いますが，やっぱりその，ニュースとかで報道されているほど，なんていうかな，国の隔たりとか，人類の隔たりとか（仕事上では）感じないというのが正直なところです。

【K 科】 だから，政治だとか，報道だとかは，民族とか国の争いをより強調している気はしますが，ビジネスの上ではあまりそういうのは聞かない＜中略＞ 競争は競争ですけど，そこに別に人種とか国は入らないかなと思っています。

これらの結果は，質問紙調査で，「社会や経済に関する知識」に有意差が認められた結果と合致しているといえる。

産業界の今日的関心事である SDGs については両群から 1 人ずつが挙げたが，その捉え方は以下の通り，K 科は肯定的であり他学科は懐疑的な内容であった。

【K 科】 今SDGsをやっているんで，（関心ある社会問題が）めっちゃくちゃある。＜中略＞ SDGsって，平たくいろいろと考えていけば，これって，基本的に全員やらなきゃいけないんですね。＜中略＞自分の勉強にもなるし，SDGsをやるということはほとんど会社を勉強することになるので。＜中略＞ なので，言ってしまうと，SDGsって，問題イコールニーズなわけです。＜中略＞ それがおもしろくてやっているということですね。SDGsという過程の中でビジネスモデルが上がってくるので，それがおもしろい。

【他学科】 結構これはあれなんですけれども、SDGsが今あるじゃないですか。あれは個人的には好きじゃないと言ったらあれなんですけれども、すごい上っ面というか、表面上というか、ありきたりなことばかり言って、結構みんな、あれに乗っかっている人が多いので、あまり個人的にはあれを何か、本当にあれでいいのかというのはちょっと。＜中略＞ 大分、批判的に見えています。

イノベーションという言葉を出して関心を口にしたのは、K科の一人のみだった。

【K科】 何か盛り上がるんですね。これ、できるの、できる、できる、今までのことをやればできるよ、みたいな。そうなんです。だから、ハプニングに近い化学反応ですね。＜中略＞ 即興のおもしろさです。こんなの、できるのっていう。イノベーションの考え方も結構いろいろ考えることもあって。

K科の協力者には、そもそも高専入学時からこのような社会問題に興味関心があったのかを訊ねた。自分は技術や高専そのものに関心は高かったが、当時、地球環境問題などへの関心が高まっていた社会情勢を受けて中学校でも授業のテーマとして取り上げられており、自分が友人より興味が高かったとはいえないとする答えだった。

④ 自己研鑽

質問紙調査の結果と同様に、英語の自己研鑽を挙げる人が、他学科にはいなかったがK科は6人中4人に上った。K科は外資系企業や外国人が多い企業を自ら選んだ人が多く、1名のみ2回の転職とも外資系のみ合格したという人がいた。大企業から地元の中小企業までに勤務する協力者のほとんどが仕事上で英語が不可欠となっていると語った。関心のある社会問題では、K科と他学科に同様のものが多かったが、K科の方が国際的な問題への関心が強く、その関心が仕事と結びついている人が多く、また、多様性を楽しんだり重視したりしている人が多かったことなども、英語の自己研鑽の機会が多いことにつながっていると思われた。

⑤ 問題解決の方法

特にK科に特徴的だったのは、「人を巻き込む」と答えた人が3名いたことである。これは、両群に一番多かった語りの「先輩、上司、第一人者など、精通している人に教えてもらう」とは明らかに異なる内容だった。

「巻き込む」という言葉には、協働や協力し合うというニュアンスがあった。主題①の影響を受けた授業PBLの中で、「チーム内での貢献ポジショニング体験」を学んだ

という語りと通底するものがあった。

すなわち問題解決の方法として、PBL で実感した「自分とは得意分野が異なる人とチームを組んだ時の成功体験」を、仕事の中でも実践していると考えられる。実際に、個性豊かなメンバーから成るチームが素晴らしい成果を出して、クラス全員が驚きをもって称賛するというようなエピソードは珍しいことではなかった。

【K 科】 人を巻き込むというのは僕はよくやりますね。やっぱり自分一人の頭と腕じゃできることって限りがあるので、＜中略＞ そんな力のある人ではなくて、隣のデスクの同僚でも、これでいいと思うかなみたいな感じで聞いてみるのもいいですね。そこに詳しくないからこそ出てくるアウト・オブ・ザ・ボックスの答えがたまにあるので、そういうのもすごく重要だなと思います。

【K科】 まず、知っている人に相談するのが一番早いかと。あと、どんとん上を巻き込む。＜中略＞ 周りを巻き込む、そこはマンパワーを使ったほうが絶対いい。

⑥将来展望

K 科、他学科のいずれもインタビュー協力者のほとんどが、起業や社内起業、または、社内での新規プロジェクトの立ち上げへの意欲やワクワク感を語った。社会人となって数年が過ぎ、様々な課題が見えては来ているが、まだ社内で自分の意思や考えを発揮できる立場にないことから、近い将来に向けた仕事上の目標や夢を熱く語る卒業生が多かった。

しかしながら、他学科の地元の有名企業に勤務している 2 名のみ、インタビューには全体的に協力的に答えてくれたにもかかわらず、将来展望に関しては不安しかないと、ネガティブな未来を語った。

⑦高専教育の評価

インタビュー協力者のほとんどが、高専教育に対して肯定的に評価した。それぞれに「大学受験がないことによる様々なメリット」を挙げ、「高専は、教員も学生も仲が良く、多様性に寛容で個性を尊重し合う文化」であり、その中で「成長し自分らしさを発揮できた」と語る人が多かった。進学先の大学院や今の職場で、他の高専出身者も含めて先輩方が活躍する姿を誇らしく思い、周囲からの良い評判や自分への期待を感じている人も多く、他学科からは、「生まれ変わっても高専」「一緒に働くなら高専卒業生」という熱烈な想いを 2 人が語った。一方で、両群の 3 名から、筆者ではない他の教員による PBL 科目への「成績評価への不満」が挙がった。PBL の目的をふまえず、表面

的なパフォーマンスや知識量のみで評価がなされたということで、今でも強い憤りを感じているということだった。

K 科に特徴的な特筆すべき点としては、質問紙調査で得られた本章 5-3-4 不満の分析における結果と合致する内容が、以下の語りとして表れたことである。語った卒業生は 3 人で、1 人は大学院中退後 2 回の転職（キャリアアップ）を経て外資系コンサル勤務、他 2 名は大学院修士課程に進学し外資系の有名多国籍企業に勤務している人と国内の有名メーカーに勤務する人で、現在の仕事に満足しており明るく意欲的な将来展望を語った一方で、自分が受けた教育やカリキュラム、教員配置の問題を、批判的な視点から振り返って、以下のような問題点を指摘した。

【K 科】（1 年生で PBL を受けて）やっぱり選んだ学部で合っていたなと、正しい選択だなと思ったんですけど、でもその後あんまり環境に特化した授業はなかったので <中略> 不満というか、極論、自分で勉強すればよかっただけの話なんですけど、もうちょっと何か突っ込んで勉強できたらよかったかなと思います。

【K 科】 全般的に一般科目の先生のほうが授業の癖が強いというか、情熱を持って教える先生が多かったイメージがあるんですね。専門科目の先生も魅力的で楽しかったんですけど、どちらかというとちょっと淡泊な授業が多かったかなと。人文系のほうが教えるプロという感じがしましたよね。<中略>（自分の専門分野以外の授業を担当させられて）モチベーションも上がらないだろうな、先生自身、そう思うんですね。

【K 科】 今思うと、レポートとかを書く授業とか、あるいはその調べる授業とかというのはもっとあってよかったかなというふうに思います。知識じゃなくて、その得方みたいな感じ。そうです、そうです。それはすごく重要だと思います。

他学科からの、自分が受けた教育に対する提言的な意見は、以下の 1 件だった。

【他学科】 インターンシップって結局お客様のところがあるし、期間も短いので、それなりに企業側が出す情報も限定的だし、学生も全てそこで理解できるかといったら多分難しいので、そういった意味では、伊藤さんがされたような授業として取り入れるとか、あとは、企業と共同研究するという研究室がもっと増えると、多分肌身を感じて、世の中の厳しさが分かるのかなという気がします。

5-4-3 インタビュー調査のまとめ

インタビュー調査では、質問紙調査の結果を裏付け、または確認できるいくつかの知見が得られた。

質問紙調査で、現在の仕事に関する様々な項目や「社会人汎用力」について K 科の方が高い結果となったことに関連する内容は、主題②の大学卒との比較・自分の強みに具体的に表れた。K 科と他学科に共通に生成された主題「理論までカバーできる幅広さ」「行動力、アクションのセンス」「アイディアを出して新しい何かを生み出す」「大学歴との違いや差は感じない」「勉強不足の点は、社会に出て勉強して挽回できる」は、全般的な高専教育の特長をよく表すものであった。一方、K 科のみに表れた主題「ゼロを 0.1 にして、問題解決の突破口をみつける」「問題解決への積極性」「仕事を一緒にする人に多様性があることが楽しい」「プレゼンテーションが得意」「調査、まとめが得意」「プロセス構築が得意」は、社会人基礎力（経済産業省）などで表される「課題発見力・創造力」「主体性」「柔軟性」「発信力」「計画力」などに対応し、「覚えている知識量ではなく、知識を使いこなすこと」「分野横断の内容と学び方、複合的な学問分野に優位」「他の人にはない“とがった点”で勝てる」は、本 PBL 教育プログラムで目指した能力であった。すなわち、これらの社会人汎用力を発揮して専門性を支えていることが、仕事への自己効力感となっており、質問紙調査の結果でも K 科の方が高く表れたといえる。

質問紙調査で K 科が高くなった「自己学習頻度」は、インタビュー調査で生成された主題④自己研鑽と関連するが、両群に大きな違いは見られなかった。いずれの群も色々な機会を作り出して自ら能力をアップデートし続けていることが伺えた。K 科では「英語の自己研鑽」が複数の卒業生の語りに表れ、質問紙調査の結果の妥当性を確認できた。

質問紙調査の重回帰分析により、K 科の社会人汎用力が、「本科での PBL 的学びの熱心度」で強く説明できたことは、インタビュー調査による主題①影響を受けた授業の中で、K 科は 8 つ、他学科は 3 つの PBL 科目が挙げられ、K 科、他学科、共通のそれぞれの主題を生成した卒業生の語りによって裏付けられた。

質問紙調査で、「社会や経済に関する知識」が、K 科は高専時代から現在まで有意に高い結果となったことは、インタビュー調査の主題③関心ある社会問題の語りに表れた。K 科は明らかに関心ある社会問題の幅が広く、特に国際的な関心が高かった。このような関心の高さが、英語を学ぶ動機を高めていると推察され、開発教育や環境教育、ESD の要素を多く取り入れ、複数学年にまたがって実施した本 PBL 教育プログラム

の影響が示唆される結果となった。

質問紙調査による不満の分析で得られた結果は、インタビュー調査で得た主題⑦高専教育の評価の中に具体的な語りとして表れた。K 科も他学科も高専の学生時代の良い思い出と教育に対する肯定的評価が多かったが、K 科では批判的に振り返る人が 3 名に上った。先行研究の全国調査（矢野他，2018）では、「カリキュラム・アカデミック不満」は、努力を怠り成績も悪い層で生涯にわたる負の遺産という結論だったが、K 科の 3 名は、学歴からも現在の就職先からもかなり優秀であることが推察された。また、仕事に関する意欲が高く、社会問題への関心も俯瞰的な視野から語り、将来展望も明るかったことから、先行研究では表に出てこなかったタイプが出現したと言える。これは、PBL 教育の学習プロセスに多様な評価活動を埋め込んで頻繁に行ったことの影響として、彼らのメタ認知能力やクリティカルな思考の育成に影響を与えた可能性が高まったともいえる結果である。さらに、質問調査で考察した、直接評価によって能力が高いとされる群は間接評価である自己評価を実際の能力より低く見積もる傾向があるとされるダニング・クルーガー効果が現れた可能性がより強まった結果となった。

他に本 PBL 教育プログラムの影響が伺える結果として、主題⑥問題解決の方法に表れた「人を巻き込む」という語りが得られたことも挙げられる。

しかしながら、本調査で見出された資質や興味関心などが、中学や高専時代を通していつ頃形成されたのか、いつ頃から自覚していたか、ということについては誰からも明確な回答はなかった。K 科の 1 名のみ、幼少期からの父親の影響および高専の卒業研究でお世話になり今も交流を続けているという教員の強い影響力を挙げた。

5-5 卒業生調査のまとめ

本調査は、本研究で開発した **Problem-BL** が重視する学びのプロセスと **ESD** を埋め込んだ PBL 教育プログラムが、卒業後 6 年から 10 年前後の卒業生の現在の学習特性や仕事の状況、仕事や人生に対する姿勢・価値観に対して、どのような影響を与えているかを探り、その有効性を検証するために実施した。

本研究で目的とした技術者（3 章 2 節 3-2-2）は、高い専門性に立脚しながら、専門性を発揮するための社会人汎用力を有し、未来志向で社会づくりに参画できる人であり、その資質は、

- (1) 科学技術を担う専門家として自覚と責任と高い技術力が発揮できること
- (2) 社会や身の回りの諸問題に対して他の専門分野の人々と協力して、より良い解決策を見出し実行し得る意欲と能力を有すること

(3) 社会科学や人文科学の視点も採り入れながら望ましい社会開発の方向性について提言ができること

とし、そのような専門職業人の育成を目指して、各科目や授業を設計・実施した。

高専教育は一般科目と専門科目がくさび型に配置されていることを特徴とするが、一般科目のカリキュラム内容と教員は4学科同じで、専門科目のカリキュラムと教員は学科ごとに異なっている。本PBL教育プログラムは、K科では本科1年生から専攻科1年生までの6年間にわたり専門科目の中で実施し、他の3学科は専攻科1年生でのみ実施した。卒業生調査は、K科と他の3学科の2群に対して、質問紙とインタビューにより実施、その結果を分析した。質問紙調査は43名（回答率は24.2%）から、インタビュー調査は各群6名ずつの12名から回答が得られた。インタビュー調査の協力者は、K科も他学科いずれも、プレ調査を除いて自ら協力を名乗り出てくれた卒業生だった。いずれの回答者も卒業生全体の中では、積極性があり、仕事も順調で心に余裕がある（K科の1名は倒産により失業中で収入もほとんどなかったが心は前向きだった）人たちであると考えた。

本調査で明らかとなった回答者の特性として、K科は、入学時は、偏差値が4学科中一番低く、特に英語が苦手で、他の学科を志望していた不本意入学の学生が多かった。学歴は、質問紙調査ではK科の方が低く、インタビュー調査でも、K科は学士3名、修士以上3名、他学科は学士1名、修士以上5名であったことより、調査協力者の学歴はK科の方が低かった。K科は、英語が苦手な第一志望ではない不本意入学が多く、本科の勉学はあまり熱心ではなかったという自己評価をし、実際に1年次から5年次の成績は低かったが、在学中に、特に英語と社会学的な分野の学ぶ意欲が高まり、4年次から専攻科にかけての高専時代後半4年間の自学自習時間は長かった。

調査の結果、K科は、社会人として約10年を経た現在、他学科に比べて、(1)から(3)の全てにおいて優位性が認められる結果が得られた。このことより、本研究で開発したProblem-BLの学びのプロセスとESDを埋め込んだ一貫性のある連続的PBL教育プログラムの教育効果が、社会人となって10年前後の卒業生の現在の姿に影響を与える一つの要因であることが示唆された。

資質(1)に関しては、社会人となった現在、K科は他学科に比べて最終学歴は若干低い、現在の仕事に関する処遇、仕事内容、人間関係には満足しており、友人も多く年収も高い。これらは、専門職業人として求められる能力を発揮していることの表れであるといえる。

資質(2)に関しては、K科は他学科に比べて社会人汎用力が高いという結果が得られた。K科も他学科も、社会人汎用力と学生時代のPBL科目の熱心さとの間にやや強い

相関が認められ、K 科は社会課題を扱った科目の役立ち度や自学自習時間などの PBL の特徴との間に相関があり、他学科は一般的に言われる通り卒業研究や正課外活動で説明できることが示唆される結果を得た。

職業人としての専門性を支えていると考えられる現在の読書頻度や自己学習頻度は K 科の方が高く、社会や経済に関する知識、英語力の自己評価は、高専入学時のそれを挽回している。社会や経済に関する知識や英語力は、4 学科共通のカリキュラムで教授していたことより、この差異は専門科目の枠内で何らかの要素が影響したと考えられる。その一つとして 6 年間継続して専門科目の中で実施した本 PBL 教育プログラムによるものが考えられる。特に Problem-BL により育成されるとされる自己主導型学習の習慣が、今日に至るまでの勉学を促したことが示唆される。また、問題解決への意欲と行動力などの能力は、主にインタビュー調査の回答として表れた。「問題解決の方法」「大学卒との比較・自分の強み」として、本教育プログラムの特徴的な部分が卒業生の語りの中に表現された。

資質(3)に関しては、K 科には、入学直後より ESD (Education for Sustainable Development) の要素を含む、具体的には持続可能な開発の概念やグローバル社会の現状と課題に関するテーマの授業を行った。その「環境」「社会」「経済」をバランス良く扱う PBL 教育を受講したことで興味・関心が喚起され、現在に至るまで仕事と関連付けていることが推察される。具体的には、質問紙調査の結果に、学生時代後半の社会や経済に関する知識、英語力の自己評価の高さに表れており、インタビュー調査では、就職先の選択時に外資系や外国人の多い職場を自ら選んでいることや、地元企業を選んだ卒業生でも国際的な社会問題と仕事とを結びつけている語りとして表れた、さらには、自分には未来を変えることに参画する意欲があるというような未来に対するグローバルな明るい展望も語られた。それらは、「関心ある社会問題」に関する中で複数名が表現した。

K 科は、高専教育を振り返って、勉学や人間関係、学生活動全般に満足しているが、PBL 科目や社会課題を扱う授業の重要性を感じもっとやるべきだったと考えており、現在の社会生活に対する高専教育の役立ち度に関しては少々批判的に捉えていた。これらのリフレクシオン力や批判的思考も、本 PBL 教育プログラムのプロセスで養われた可能性がある。

K 科は、機械、電気、化学などの伝統的で確立された学問を体系的に学ぶ他学科とは異なり、材料系という分野横断的特性を有する。このようなことから、K 科は、材料からのアプローチにより機械も電気も化学にも関連付けながら工学を広く学ぶことが特徴で、それが社会に出た時にも、仕事を分野横断的思考で捉えることができる強みとな

っているということが考えられ、本 PBL 教育プログラムの影響が出やすい学問的特性を有していたといえるかもしれない。

その他、今回のインタビュー調査では、K 科、他学科のいずれからも、大学受験のない 7 年間のゆったりした自由な時間、15 歳から学生として扱われること、学びの責任は自分にあると自覚させられる高専の教育システム、そして教員や友人との良好な人間関係が、主体性や協働的に学ぶ姿勢を育んだという意見が多かった。高専教育の弱みの一つとして、しばし「中だるみ」が指摘される（水谷、2013 他）が、これは一分一秒を惜しんで机にしがみつこうように勉強をするような姿勢に安心を感じる教員側からの見方ではないだろうか。学生個々が自分に合ったペースで学び、失敗し、悩み、やがて自力で立ち上がって力をつけていくには、受験のない 5-7 年間という寛容な時間の流れ、自らをゆっくりと見つめることができる環境（渦中の学生は苦しみ悩むが）、そして教職員や学生同士の多様性を受容する関係性が大きな役割を果たしているといえ、長期的視野に立った成長において重要な点であると感じた。

さらに、K 科も他学科も、大学受験経験者と比較し、一般教養的な知識幅で劣るも入社後の数年で挽回可能で、最初感じた劣等感は克服できると語り、むしろ、知識と実践の有機的なつながりや、行動力や工学的アクションのセンス、創造性、チームワーク、コミュニケーションに自信があり、それは「仕事で活かしているため全般的には優位性を実感している」とし、先輩たちの活躍する姿をロールモデルとして捉え、高専卒であることの誇りを感じるという意見が多かった。卒業生の語りでは、それは本高専に限らず、他高専の卒業生も同様に感じるということだった。

以上のように、卒業後 10 年前後の現在の姿には、全体的には高専教育の特徴からの強い影響があり、K 科卒業生には、特に Problem-BL を重視した本 PBL 教育プログラムの影響が示唆される結果を得た。

参考文献

- ・ 矢野眞和・濱中義隆・浅野敬一 (2018)『高専教育の発見』岩波書店
- ・ 土屋雅子 (2016)『テーマティック・アナリシス法』ナカニシヤ出版.
- ・ 「UX 調査の定性データの分析方法：主題分析」(<https://u-site.jp/alertbox/thematic-analysis/>)
- ・ Maguire, M., & Delahunt, B. (2017). Doing a thematic analysis: A practical, step-by-step guide for learning and teaching scholars. *All Ireland Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, 8(3), 1-14.
- ・ 鈴木淳子 (2016)『質問紙デザインの技法 第2版』ナカニシヤ出版
- ・ 波多野誼余夫・高橋恵子 (2003)『感情と認知』放送大学教育振興会
- ・ 松下佳代 (2019)「学生を育てる評価—プログラムレベルと科目レベルをつなぐ—」『2019 年度 東京都市大学 全学 FD・SD フォーラム, 講演資料』
- ・ 立田慶裕・三輪建二 監訳 (2005)『成人期の学習—理論と実践—』, Sharan B.Merriam, Rosemary S.Caffarella 著, KNOWLEDGE IN ADULTHOOD, 鳳書房
- ・ 三宮真知子 (2018)『メタ認知で〈学ぶ力〉を高める 認知心理学が解き明かす効果的学習法』北大路書房
- ・ Kruger, J., & Dunning, D. (1999). Unskilled and unaware of it: How difficulties in recognizing one's own incompetence lead to inflated self-assessments. *Journal of Personality and Social Psychology*, 77(6), 1121-1134.
- ・ Sawyer, R. K. (2007). *Group genius: The creative power of collaboration*. New York: Basic Books
- ・ 水谷惟恭 (2013)「高専の強みを生かした高専の高度化」『工学教育』61-1, 55-60

終章

本章では、本稿全体を通じた概要と得られた知見をまとめ、今後の課題を検討する。

1 得られた知見

工学分野において PBL 教育は、新たな社会的価値を創造するイノベーション教育の方法として、現在、政府機関や産業界からの期待が高いことが種々の文書等に示されている。

高専教育では、2004 年当時の文部科学省において高専への PBL の導入が議論された際に、Problem-BL による教育システムが、高専の早期教育という優位性を生かして創造性を引き出せると提案された。しかし、その後の高専教育では、JABEE 導入によって、科学リテラシーの習得やエンジニアが辿るような課題解決の実体験を重視する Project-BL が中心となって行った。Problem-BL も Project-BL と同様の構成主義や状況主義を原理とするが、職業としてのエンジニア教育に照準を合わせやすい Project-BL が、高専のみならず我が国の工学教育全般に広がった。そして 2000 年初めに創造性を引き出すことを第一義として提案された Problem-BL 教育システムは、ほとんど語られることがなくなっていった。

現在、PBL による教育実践の有無にかかわらず、高専教育の独自のシステムやカリキュラムで輩出した人材は、産業界や OECD などの国際機関から高く評価され、高専は「日本の KOSEN」として認められ一定の評価を受けている。

ここで、これまでの高専の PBL 教育に焦点を当てると、多くの教育事例において二つの PBL, Problem-BL と Project-BL の区別があいまいでそれぞれの教育学的特徴が認識されておらず、それゆえ PBL の有効性が十分に引き出しきれていない可能性があると考えた。世界の工学研究では、イノベーション人材輩出の抑制要因が学問の体系的修得を目的とした伝統的なカリキュラムにあるとされているにもかかわらず、高専では伝統的なカリキュラムの上に PBL を実施しているというプログラム設計上の矛盾、非効率性が見られる。

一方、イノベーション立国に目を移すと、例えばデンマークのオルボー大学では、「Problem-BL で行う Project」と「専門科目群」とのハイブリッドで行う独自のカリキュラムによりイノベーション人材を輩出している。デンマークでは基礎教育から大学まで Problem-BL を取り入れた教育が行われており、そのような教育が国のグリーン成長戦略や国民の高い幸福度を支えていることが分かった。

そこで本研究では、他国の工学教育で成功が報告されているが日本の工学教育ではほとんど顧みられなかった **Problem-BL** の教育原理と学習プロセスが、創造的人材育成に不可欠であるとの認識の上に実践研究を進めた。まず、種々の知見より本研究における高専教育で育成を目指す人材像を、(1) 高い専門性に立脚しながら、(2) 専門性を発揮するための社会人汎用力を有し、(3) 未来志向で社会づくりに参画できる人と定義した。その特徴は、近年、シリアル・イノベーターと称される人材ともいえる。さらに、この人材がもつべき能力を、抽象から具体へと明確にして、能力の習得を測る評価項目や基準、評価方法を検討した。それをベースにして、学年を超えた教育プログラムとして既存のカリキュラム上に配置できるよう、各学年の発達度や専門分野特性などに応じて科目設計を行い本科から専攻科にかけて実施した。

本研究で提案する「PBLによる“環境的、社会的、技術的課題”を総合的に扱う一貫的教育プログラム」は、専攻科で行うイノベーション教育「社会実装科目」につながる、本科1年生から段階的かつ螺旋的にイノベーション人材の要素能力の育成を行うPBL科目群を指すこととした。これらの科目のPBL学習プロセスは二つのPBL、Project-BLと特にProblem-BLの特徴を強化した組み合わせで設計した。

学年をまたぐ教育プログラムとしての一貫性は、以下によって実現した。

- ① 目指す人材像と育成する能力を統一し、各科目の特性に応じて分担して、かつ段階的に育成するように設計したこと
 - ② どの専門科目においても、環境的、社会的、技術的課題を含むような学際的テーマに取り組ませたこと
 - ③ PBLプロセスに埋め込むESDや安全教育、知財教育、技術者倫理教育などにも一貫性をもたせたこと
 - ④ 必ずしも科目横断でなく、他の専門科目で得る知識・スキル・態度を統合的に学べる設計としたこと
 - ⑤ Problem-BLのプロセスで行う学習活動は、学年進行に伴う専門性の高まりに応じて高次の学習をもたらすようなアクティブラーニングを取り入れたこと
- また、特徴的な実践上の工夫は、以下のとおりである。
- ① 全てのPBL科目の実践と評価を、2-6名の教員と技術職員からなるチームティーチングで行ったこと（時には保健室や他の科目担当教員の協力も仰いだ）
 - ② 学生個々の成長や学びの状況を学生自身と指導者チームとで共有できるようにすること、教職員チームや他の科目間の指導のブレを防ぐこと、やみくもに取り組ませるのではなく目的に応じた思考の枠組みを与えることなどをねらって、多種多様なワークシートを開発したこと

- ③ 認知的葛藤や混乱、時にはコンフリクトなどを忌避せず、失敗も受容し合うよう促し、それらに対する省察の機会を丁寧に設けたこと

高専教育では実験・実習科目が充実しており多くの技術職員が携わっている。本教育実践を行った高専で、筆者は技術職員として全ての学年の一つ以上の実験や演習に携わっていたため、担当教員の了解のもと本科1年生から5年生までと専攻科2年生までの7年間にわたる多種多様な科目でPBL教育を設計、実施できた。このことが上記の一貫性の担保や、実践上の工夫や特徴を年々進化させることに利点として働いた。オルボー大学では、Department of Planning and Development に属する工学教育の研究者が果たしていた役割を期せずして筆者が担っていたといえる。

本研究における実践は、2000年に本科1年生で実施したPBL科目から始まり、順次学年進行に伴ってPBLで進めた専門科目と、それらを受講した学生の中で専攻科に進学した者が体験した専攻科1年生の社会実装科目の2005年から2012年の実践についてまとめ、その効果を検証した。さらに、現在は専門職業人として社会で活躍している専攻科の卒業生に対して、2020年10月から2021年5月にかけて調査を行い、現在の資質や社会人生活に、本PBL教育プログラムがどのように影響しているかを調べた。

以下に本論文の章立てに沿って得られた結果をまとめる。

(1) オルボーPBLモデルの目的、教育の特徴、導入の要点

オルボーPBLモデルの目的と教育の特徴を調査し、高専教育への導入の要点について検討した。本稿、第2章にて報告をおこなった。

オルボーPBLモデルの目的はイノベーションを担う人材の育成であり、Project organized Problem based learning と称する2つのPBLの組み合わせモデルである。専門科目の講義や実験・実習、ワークショップなどがプロジェクトの高度化を支えるハイブリッドカリキュラムを採っている。半年に1つのテーマが与えられて、そのテーマを中心にプロジェクトと講義群が連動して行われ、5年間の修士課程を終えるまでに10のプロジェクトに取り組むことになる。学生チームには自由に使えるプロジェクトルームが与えられ、学生たちはそこを拠点に活動する。

調査から得られた教育の特徴を以下に示す。①②③はProblem-BLの原理の特徴が強く出ており、④⑤⑥はProject-BLの原理がベースとなっている。

- ① 実社会の問題に取り組み、チームで「新しい知見や価値を協働的に創出」する
- ② 状況から問題を特定し分析し解決する「学習のプロセス」を重視し、その過程で学習者が主体的に学ぶ力を身につける
- ③ 認知戦略、学びのプロセススキル、協働的な知識構築、および当該学問分野の知

識を学ぶ

- ④ 理論的な知識は、プロジェクトに活かすことによって実践知となって身につく。
- ⑤ 学びはプロジェクトまたはケーススタディによって進められる。
- ⑥ 何らかの成果物を得ることを求められる。
- ⑦ 評価活動は学びのプロセスに組み込まれ、省察を大切にする。

高専教育への導入の要点は以下の 6 項目とした。

- ① 実社会の問題を扱うテーマ設定の重要性
- ② 学生の「問い」に周りに学びを構築する設計
- ③ 理論と実践を関連させる、統合的な学びの機会提供
- ④ PBL プロセスへの形成的評価と自己省察の埋め込み
- ⑤ 問題解決のプロセスに、学際性、グローバルな視点、未来志向
- ⑥ 伝統的な学び方とは異なる学生と教員の役割

これらに基づいて、高専で行う「社会実装科目」を設計することとした。

(2) 「創造性人材の育成」と直結する科目の設計・実践と課題

第 3 章では、産業界でのイノベーションプロセスを丸ごと体験して技術の社会実装から学ぶ社会実装科目の設計と実践を行った結果を報告した。

本科目は、専攻科 1 年生を対象に、地域内の社会課題に取り組む事業所において、事業所のミッションを理解し社会的価値を高めるためのものづくりを行うものとした。その設計ではオルボーPBL モデルの検討をふまえて、工学教育で行われている「科学的リテラシーの習得と成果物を重視する Project-BL」ではあまり意識されてこなかった「Problem-BL の学習プロセス」の特徴を丁寧に取り入れた。重視した点は、「複雑かつ構造化されていない問題、解が一つでなく解き方も決まっていない問題」と出合うために現実社会の状況の中に学生を入り込ませ、その文脈やステークホルダーの価値観に触れながら、既有知識や自らの問題意識とすり合わせて、状況に潜む問題や、自分たちが取り組むべき課題を見出していくプロセスである。また、「自分たちがもっている経験や知識、スキルを総動員して駆使し、不足分の情報、スキルを獲得していく」プロセスも重視した。その過程で「ステークホルダーの人たち、企業技術者などを巻き込んだ協働知の創出」を体験する。そこでは必要な知識の共有や異なる見解同士の折り合い、筋道の通った議論を構成することが求められ、時には混沌や失敗も乗り越えなければいけない。

これらを産業界の科学技術イノベーションプロセスを丸ごと体験する「社会実装教育」として組み立てた。

教育効果を得るために有効だったと思われる実践上の工夫は以下の通りであった。

- ① 教員と技術職員が中心となって、ロールモデルの卒業生、企業技術者や弁理士などの専門家をも巻き込むチームティーチング
 - ② お世話になる事業所へ教育の趣旨を理解していただくための綿密な打ち合わせ
 - ③ 様々なワークシートの開発と適切な場面での利用
 - ④ 思考の枠組みやアクティブラーニング手法の利用
 - ⑤ 学生の学びを促すような機能をもつ多様な評価活動の埋め込み
 - ⑥ 他の科目や、他の教育と融合させるコースデザイン、授業デザイン
- 実践の結果、以下の課題が明らかとなった。

- ① 新しい学力観・能力観の付加・増強
- ② PBL 基礎力の不足 = 段階的訓練の機会の必要性
- ③ ESD (Education for Sustainable Development) や他の教育との融合
- ④ 高専での 7 年間にわたる学びの軌跡に位置づけた一貫性のある設計
- ⑤ 指導者側の問題 (教育活動に必要な理論と手法の欠如)
- ⑥ プロジェクトに専念できる学習環境の不足

特に、学生自身が伝統的な本質主義的能力観に縛られているとこのような授業に対する有意味感が持てず内発的な動機付けが弱くなること、コミュニケーション力や情報収集力、評価力などの方法を知らず経験も少ないと探究が深まらないことなどは、専門性を高めたい専攻科の授業としては、大きな問題であった。

そこで、本科から PBL 基礎力を育む必要性に応じて、イノベーション教育につなげるための一貫性のある継続的 PBL 教育プログラムの設計と実施を行った。

(3) 一貫性のある継続的 PBL 教育プログラムの設計・実践と課題

第 4 章では、一貫性のある継続的 PBL 教育プログラムの設計と実践結果を報告した。

設計にあたっては、他の様々な科目で得た知識やスキル等を集結して高度な能力を発揮する統合的科目として、全学年に 1 科目以上の配置を試みた。それぞれの授業に応じて、Problem-BL と Project-BL の組み合わせモデルを種々に検討し実施した。また、PBL プロセスで学習の質を高めるためのアクティブラーニング手法についても検討し、「PBL プロセスで行う高次の学習法」としてまとめた。学生の意欲向上への取り組みとしてやる気を出せない原因別に、「心と頭と体の活性化」「自己決定感」「有能感」

「随伴性」「教育的報酬」「知識と理解の再構成が起こる互惠的な協働的学習」「メタ認知」「自己評価や相互評価」などに働きかける具体的な学びのツールを使うことや学び

のコミュニティをデザインする重要性について考察した。

開発した継続的 PBL 教育プログラムの効果を評価するため、2005～2013 年度に専攻科 1 年生の社会実装科目を受講した学生の成績を分析した。その結果、1～5 年生まで一貫性のある継続的な PBL 教育プログラムを受けた学生群と受けなかった学生群では社会実装科目の授業直後の成績に有意な差が認められ、本 PBL 教育プログラムにより一定の教育効果が得られた結果となった。

しかしながら、PBL 教育プログラム開発の目的は、産業界のイノベーションを支える人材育成であり、高専教育として創造的人材を輩出していなければならない。すなわち、授業直後のみならず社会人となった時に、その能力を発揮していることが望まれる。そこで卒業生調査による検証を行い、本教育プログラムの影響を探ることとした。

(4) 卒業後 10 年前後の卒業生に本 PBL 教育プログラムが与えた影響の調査

第 4 章の課題を受けて、第 5 章では、2005～2013 年度に専攻科 1 年生の社会実装科目を受講した卒業生に対して、質問紙調査とインタビュー調査を行った。卒業生の年齢は、28 歳から 37 歳までであった。

1～5 年生まで一貫性のある継続的な PBL 教育プログラムを受けた群（K 科）と受けなかった群（他 3 学科）の結果を比較したところ、次のような特性が浮かび上がった。

K 科は、入学時の偏差値が学科間で一番低く、第一志望ではない不本意入学が多かった。英語が苦手で、本科の勉学はあまり熱心ではなかったという自己評価をし、実際に 1 年次から 5 年次の成績は低かったが、4 年次から専攻科にかけての高専時代後半 4 年間の自学自習時間は長かった。在学中に、英語と、社会や経済に関する分野の学ぶ意欲が高まり、社会人となった現在では、社会や経済に関する知識、英語力の自己評価は、高専入学時のそれを挽回している。

社会人となった現在の K 科卒業生は他学科に比べて、最終学歴は若干低い、読書頻度や自己学習頻度、社会人汎用力は高く、現在の仕事に関する処遇、仕事内容、人間関係に満足しており、友人も多く年収も高い。また、仕事での問題解決への意欲が高く、突破口を見つけるのが得意だとする人や、問題解決の方法として人を巻き込むことを挙げた人が複数名いた。K 科の方が国際的な社会問題への関心が高く仕事内容とも関連している人が多かった。高専時代の満足度は高いが、受けてきた教育に対して少々批判的に捉える傾向や、学生時代を厳しめに回顧する人が、K 科の優秀な人に多かった。

K 科も他学科いずれも、現在の「社会人汎用力」は、「学生時代の PBL 的学びの熱心さ」と「現在の仕事の総合的満足度」と相関が強かった。その他、現在の「社会人汎

用力」は、K 科は「社会課題を扱う科目」や「学生時代の自学自習時間」と、他学科は「現在の読書頻度」や学生時代の「卒業研究」「部活動など」との相関が示唆される結果を得た。質問紙調査とインタビュー調査で得られたこれらの傾向は、本教育プログラムのねらいと重なるところが多かった。以上のように、前章で報告した授業直後の成績の有意差に続き、卒業生調査でも本教育プログラムの教育効果の影響が示唆される結果を得た。

K 科、他学科のいずれも、大学受験のない7年間や実験を重視した教育システム、高専の文化が自身の成長にとってのメリットが多かったとし、就職直後、大学受験経験者に感じた劣等感は克服でき、何年か仕事の経験を積んだ今では全般的に優位性を実感しており、それは本高専に限らず他高専の卒業生も同様であるということだった。

学生当時、PBL 科目を痛烈に批判し反抗していた他学科の卒業生がインタビューに名乗り出てくれて、社会人となってわかったこととして語ってくれた内容は、Problem-BL を重視した本取り組みの目的の本質を突いており特筆に値するので再掲する。この卒業生は、現在、日本を代表するような企業で当該業界のこれからについて提言するような部署に配属され、非常に有意義な社会人生活を送っているということだった。

【他学科】 伊藤先生にやっていただいた PBL 問題解決の授業。あれはちょっと批判的だったと思うんですけども、結局、社会に出てやらなきゃいけないことってああいふことなので、その取っ掛かりというか、その方法論みたいなところを。最初に概要を、実際の現場に行ってやらせていただくというのは記憶に残ってますね。

たしかね、問題を設定されてなかったと思うんですね。現場に行ってみるとところからの学習だったと思って。で、今って、問題を見つけるのってすごく難しくて。問題解決なんてはっきり言って もうレッドオーシャンなんです。方法論なんていくらでもありますし、フレームワークなんていくらでも出回ってるのでみんなとり着く先の答えって一緒なんですよね。で、いかに問題を発見してそれを設定してストーリーを作るかが求められている時代なので。やっぱり結局、自分の頭でどれだけ考えられるかなんでしょね。そういう観点でやっぱり PBL って、よかったんじゃないかな、問題を見つけるところからやれたのが良かったんじゃないかな。

また、K 科の複数名が語った問題解決への意欲や、今の自分の強みであるとした点は、まさに本研究で目指した創造性人材に期待する特性の代表的なものだったので、これも再掲する。

【K 科】 最近も僕、今ちょうど一個山を乗り越えたという仕事で、ゼロから1を作るのはできないと。ほとんどの人ができない。ゼロから 0.1 でもまず作れる。それは強みだよねと先輩から言われたのが大きい。

【K 科】 まあ、それは僕が開発にいた時も、前の上司に言われたんですけど、今の指摘は前の上司からですが、ただOさんは、そういうところあるけど、何かその問題解決のために常に何かしようとしているのは、すごく評価するって言われたんです。

このように語った二人も、それぞれに企業の中で重要な仕事を任され、明るい将来展望を抱きながら、自ら学び続けて有意義な社会人生活を送っている様子が伝わってきた。

以上のことより、本 PBL 教育プログラムの影響として、従来の高専卒業生の特長をさらに高め、特に「創造性人材の資質」が付加されていることが示唆される結果を得た。

2 リサーチ・クエスチョンに対する結論

本研究で立てたメインのリサーチ・クエスチョンは、

「PBL による“環境的、社会的、技術的課題を総合的に扱う一貫的教育プログラム”導入は、高専における工学教育として有効であるのか」

であり、それを導くために明らかにしようとしたサブ・サーチ・クエスチョンは、

(1) 高専教育において「学習者中心の教育方略」として、PBL は適しているか

(2) PBL 教育プログラムは、「環境的、社会的、技術的課題を総合的に扱う新しいカリキュラム構成」に向けた具現化を果たし得るか

(3) 本研究で開発した PBL 教育プログラムにどのような教育効果が認められるかであった。

明らかになった知見より、リサーチ・クエスチョンに対する以下の結論を得た。

(1)について、特に、自らにとって有意味な問いを生み出し探究するための学習プロセスを重視する Problem-BL において、高専の様々な専門科目の授業設計で高次の学習をもたらすためのアクティブラーニングの学習活動を行うことは効果が高かった。それぞれに意図した学習効果も得られた。

卒業生調査では、質問紙調査でもインタビュー調査でも多くの卒業生が PBL 科目をワクワクするほど楽しかった科目に挙げており、肯定的でよく学べたとする意見が寄せられ、PBL と高専学生との親和性がみられた。これらの結果より高専教育において「学習者中心の教育方略」として、PBL は適していると考えられる。

(2)については、低学年の PBL 科目から ESD を連続的に融合させることで果たし得ると考える。それぞれの専門科目の学問分野をベースにアプローチできるような実社会の複雑な問題を扱い、学際的なテーマ設定をして、PBL に基づいた科目デザインや

授業デザインを行うことで可能となる。徐々に低学年から社会の持続性に必要な概念を知り、持続可能性のための取り組みに参画し、最終的な社会実装科目では社会の持続性を考慮した技術の社会実装体験によって、他分野との協働による持続可能な社会への変革の担い手として学ぶこととなる。

創造的人材育成のための PBL による「一貫的教育プログラム」とは、種々のイノベーション教育につなぐ、あるいは含まれる、学期や学年を跨いで実施する科目群といえる。それは、教育の目的を定め、到達目標を明確化して、達成度を測るための具体的な評価項目と評価方法を設定することに関する一貫性を有する教育プログラムである。

そのような教育プログラム設計によって具現化を果たし得ると考える。

(3)の教育効果については、目的とした能力に対して授業直後のパフォーマンスを絶対的評価で多元的に測定した成績において教育効果が認められた。また、卒業後数年～10 年程度で、社会人汎用力や自己主導学習特性の高さ、問題解決への積極的取り組みの姿勢、社会問題と仕事の連関、そして問題解決への意欲の高さなどが認められる結果を得たことより、本 PBL 教育プログラムによって従来の高専卒業生の資質を強め、これまで表面化していなかった新しい資質が付加されたことが示唆された。

以上、本研究で得られたこれらの知見より「PBL による“環境的、社会的、技術的課題を総合的に扱う一貫的教育プログラム”導入は、高専における工学教育として有効」であり、特に「自らの問い」を大切にする Problem-BL の原理を重視することが、創造的人材の育成に寄与する可能性が高いという結論を得た。

3 課題と展望

新しいカリキュラム開発を志向して行った本研究であるが、イノベーション人材の輩出に向けて教育効果を高めるという視点に立つと、本研究の課題と教育現場が抱える課題の両方が浮かび上がってくる。

課題の一つ目は、本教育プログラムの受講生数が少ないことによる検証の限界である。本教育プログラムを受講した総学生の名簿記載数が 214 名であり、その中の実質送付 178 件のうち 24.2%の 43 名から回答を得た。この質問紙調査に回答してくれた協力者は匿名が多く、肯定的な回答も否定的な回答にも丁寧な態度が見受けられることや各種属性などから、代表性のある標本であると判断して分析したが、回答者総数は少ない。そのため統計的な分析で妥当性・信頼性を確保することに困難を感じた。

今回、インタビュー調査に協力を名乗り出てくれた卒業生は、失業中や 2 度目の転職直後の人など安泰な状況の人ばかりでなかったが、母校に肯定的な感情を抱いてい

る前向きな姿勢の卒業生が多かったと推測できる。また、筆者が調査実施者であり授業実施者の一人だったことによって、双方に心理的バイアスが生じていた可能性も否めない。しかしながら、すでに当時の学科は改組されて本教育プログラムは終了しており筆者も転職していることから、これ以上履修者が増えることはなく継続的な調査は不可能である。

他方、縦断的調査の可能性は失われてはいない。本調査の協力者の今後の社会人生活の中で、本教育プログラムによると考えられた種々の特性はどうなっていくのだろうか。また、2004年頃から全国の高専で行われている Project-BL 教育の影響が、実社会で一般的な大学卒業生との間に感じる差異の実感となっているとしたら、高専の Project-BL 教育の特徴があるはずである。卒業生は社会に出てから高専での PBL 体験を生かし、学びを重ねながら、イノベーション人材としての能力を高めているのだろうか。そのような高専卒業生の中でも、特に本教育プログラムを受講した卒業生たちに特徴的な成長の道筋があるのだろうか。

今後は、現在、別の高専にて「社会実装科目のカリキュラム化」が進み実践を始めていることや、工学のみならず総合大学での全学的な PBL カリキュラムの取り組みも開始していることから、それぞれの教育機関に適した PBL 教育プログラムについて検証を続けたい。

課題の二つ目は、3章の実践で浮かび上がったことである。それらは、本研究の主旨に鑑み焦点を当てなかった以下の、指導者側の課題、および環境・設備に関する課題である。海外の成功事例からも、これらが教育効果に与える影響は小さくはないと考える。

- 指導者側の問題（必要な理論と手法）
 - ・ 学習科学の知見（動機づけ、足場かけ、メタ認知 等）
 - ・ 思考法、協働的学習指導法、教材開発法
 - ・ ID スキルと学びのツール
- 学習環境
 - ・ 連携（学外・内）
 - ・ プロジェクト用スペース／教室設計
 - ・ 安全対策

例えば、第2章におけるデンマークとの比較でも指導者の資質の問題は大きいと感じた。しかし、デンマークは日本とは異なる歴史および地政学的背景から培われた文化、文脈の中で教育が変遷を遂げている。デンマークの国民性ともいえる、“超”が付くほどの「合理的思考」「現実的思考」、「自分にも他人に対しても、人の能力や可能性

に対するゆるぎない信頼」,「高い理想を掲げるバックキャスティング思考」などは、一朝一夕で得られるものではない。日本には日本の教育文化における指導者育成のアプローチ方法があるはずである。カリキュラム開発と同様に、指導者育成は大きな課題であると言える。

また、学校設備も大きな課題である。学校設備を整える際にも、前述したデンマーク人の気質が発揮されている。視察の際、充実した設備に感心する筆者に対して、多くの教員からかけられた言葉「なぜ、こんな設備ができるかって？それは、学生の学びを中心にするからです、とにかく学生が良く学べることを最優先に、工夫し、お金をかけ、改善し続けています。」が印象的だった。安全 VS 挑戦、学びのための設備 VS 他の都合が優先されている設備 という対立やトレードオフの関係では何も生まれない。検討を続けていきたい。

課題の 3 つ目は、高等教育機関の組織体制の問題がある。オルボー大学には、Department of Development and Planning という部局に工学教育学の研究者が配置され、工学の各専門分野の教員とチームを組み、カリキュラム設計から授業実施までを行っている。工学を専門とする教員と、Department of Development and Planning に属して教育を専門とする教員が協働して教育開発することが組織的に行われていた。

このような実践と研究を可能にする組織体制が、地域社会や産業界を巻き込んだ協働による PBL 教育を実施しており、教育活動が属人的なものにはならず安定的な教育効果を上げていると考える。工学教育を専門とする研究者の報告は、理論に裏付けられた実践研究として後進の道標になっている。

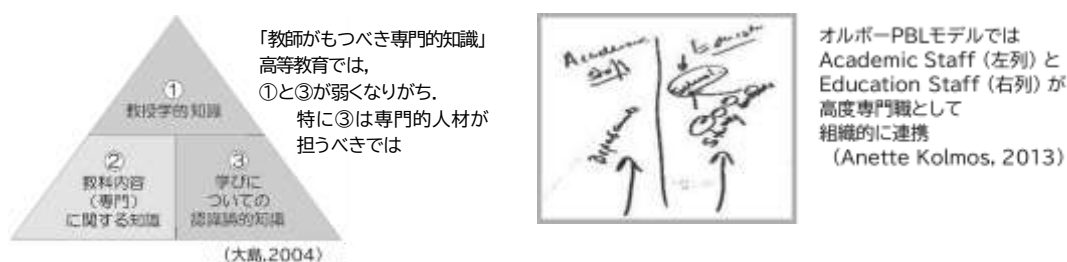


図 6-1 工学の各専門分野の教員と教育学専門の教員の協働の必要性

最後に、ポストコロナ時代の PBL 教育のあり方が課題としてあげられる。

MIT グラハムレポートでは、新しい優良事例の紹介として、ユニバシティ・カレッジ・ロンドン（イギリス）から、「Integrated Engineering Program (IEP) の教育フレームワークへの PBL 新モデルの実装」による学位教育体系の改変が成果を上げ、産業界の評価及び国際的評価が高いことが報告されている。また、チャールズ・ストラー

ト大学（オーストラリア）からは、オンデマンドのオンライン・テクニカル・カリキュラムと実社会で行う PBL カリキュラムを組み合わせ、企業のワークプレイスで学生のイノベーティブな能力を育成する、斬新な工学の学位プログラムが紹介された。

いずれも、学問を体系的に皆一斉に学ぶカリキュラムを廃止し、基礎と理論と社会実践をオンライン学習も使って統合的かつ個人のペースで主体的に学べるように設計された教育システムで、学位を与える正課プログラムである。世界経済フォーラム（WEF）の国際競争力等のイノベーションランキングの上位国には、この 4-50 年間、世界の工学教育をけん引してきた大学を有する北欧、ヨーロッパ、米国に混ざり、近年はシンガポールや中国などの新興国の上昇が著しい。数十年後には、今、斬新な工学教育システムへと改革を行い注目され始めている国々が台頭してくると予測される。工学教育のガラパゴス化回避のためにも、このような世界の新しい工学教育に目を向け調査研究を進めなくてはならない。

加えて、序章 5 日本の工学教育の PBL の課題と本研究の問題関心 で触れた通り、それぞれの大学や学問分野が国際通用性のある能力目標と到達基準を明確にし、そこからカリキュラムや学位プログラム、そしてそれらを構成する科目レベルまで、通貫して設計することが望まれる。近年、各分野において議論され始めている動きに、工学教育の各分野も先鞭をつけていくことを期待したい。

日本の技術者教育において、イノベーション人材を育成するための PBL 教育プログラムの充実については、教育プログラム開発と同時に、教員のスキルアップや設備改善、そして大学の教育体制に関する研究が重要となってくる。

これらを今後の課題として追究していきたい。

あとがき

本論文が完成するにあたり，これまでお世話になった多くの方々を思い出している．

約 27・8 年前，『オゾン消失（1989，読売科学選書）』の著者である，故 川平浩二先生と，元鹿児島高専校長の丁子哲治先生から「学生の心と頭と体を刺激するような，そして持続可能な社会開発に貢献する創造性豊かな学生を育てるような，そんな教育ができないだろうか」と投げかけられた．私も同じ問題意識だったことから，当時すでに欧州諸国で活発に行われ良書の訳本も出ていた「Development Education（開発教育）」の参加体験型教育（今でいうアクティブラーニング）を専門科目に取り入れ始めた．現在のように SDGs が驚くほどの社会的支持を得るほんの 7・8 年前までは，開発教育の理解者は限定的で，そのような教育を工学教育に取り入れようとする試みには，むしろ逆風が吹いていた．

試行錯誤していた 2004 年，文部科学省の会議で「高専教育に Problem-BL を」と提唱されたことを機に，丁子先生から「高専の創造性教育には PBL という学習方法が合っているらしい，導入したいので勉強してみませんか」と，改めて投げかけられた．それが PBL 研究の出発点だった．さっそく国内の医学系 PBL を参考に実践してみたものの創造性の育成効果は得られず，目的が異なることに気付いた．そして国外に目を移した時に，工学教育の PBL 研究の引用元としてよく挙がっていたのが Aalborg という見慣れない，読み方もわからない大学だった．教育書を数多く翻訳されていた吉田新一郎氏に相談したところ，まさしくデンマークのオルボー大学が工学 PBL 教育の発信源になっているようだを教えていただいた．そこから本稿の実践研究が始まった．

このような始まりからこれまで，実に多くの方に教えを乞い，共に様々な授業づくりや教材開発に取り組んだ．丁子哲治先生や吉田新一郎氏をはじめ，袋布昌幹先生，本江哲行先生，山腰等先生，川越みゆき先生，定村誠先生，畔田博文先生，戸出久栄先生，高松さおり先生，小澤妙子先生，津森展子先生，その他の多くの教員や技術職員の皆様，そしてデンマーク研究では磯田節子先生，下田貞幸先生に大変にお世話になった．長年にわたり一緒に歩んでくださった方々と，同窓会をはじめとする多くの卒業生の皆様のご協力のおかげで，論文としてまとめることができたことに対して，感慨深さと共に感謝の念が湧き上がってくる．

そして，何よりも，実践から研究活動へと展開させることができたのは，放送大学で学ぶ中で，多くの素晴らしい先生方と高度な教材との出会いがあったからである．

特に岩永雅也先生には，学士課程，修士課程と長年にわたってご指導を賜り，博士課程においては本論文の主査を務めていただいた．また，副査の進藤聡彦先生，森本容介

先生，濱中義隆先生には有益なご指摘をいただいた．ゼミでは，毎回，岩永先生と岩崎久美子先生からご指導をいただき，先輩の森村繁晴さんや共に学んだ小林文さん，伊藤紀子さんには多くの助言や励ましをいただいた．

さらには，この還暦を過ぎてからの挑戦を，暖かく見守り支えてくださった職場の皆様，研究仲間の皆様に心から感謝し，いつも理解を示し励ましてくれた家族にもお礼の言葉を伝えたい．

このような多くの皆様の長年にわたるご指導，ご支援，ご協力により完成を迎えることができたことに，重ねて深謝の意を表したい．

参考文献一覧

- Graaff, E. de & Kolmos, A. (2007). History of Problem-based Learning and Project-based Learning, Graaff, E. de & Kolmos, A., *Management of Change: implementation of problem-based and project-based learning*, Sense Publishers (Rotterdam), p.1-8.
- Torp, L. & Sage, S. (2002). Problems as possibilities: *Problem-based learning for K-16 education*. Alexandria, VA: Association for Supervision and Curriculum Development.
- R. Keith Sawyer (2014). *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences Second Edition*, Cambridge University Press, p.275-318.
- Graham, R. (2018). *The global state of the art in engineering education*, New Engineering Education Transformation Massachusetts Institute of Technology.
- Aalborg Technical Gymnasium (HTX : 技術高校) 視察時プレゼン資料 (2012) .
- Aalborg University Department of Development and Planning 視察時プレゼン資料 (2012) .
- Aalborg University, 建築学科 視察時プレゼン資料 (2012) .
- Aalborg の学校, 2008 年, 2010 年, 2012 年の視察調査時の筆者による写真, 収集資料.
- Aalborg の学校, 2012 年, 2016 年視察時の写真, インタビューデータ, 資料等.
- Abbie Griffin, Raymond L. Price, Bruce A. Vojak (著), 市川文子, 田村大[監訳] 東方雅美[訳] (翻訳) (2014) 『シリアル・イノベーター “非シリコンバレー型” イノベーションの流儀』, プレジデント社.
- Anette Kolmos (2013) Project Organised Problem Based Learning – UNESCO Chair in Problem Based Learning – 『第 31 回開発教育全国研究集会 基調講演「デンマークの教育と PBL」講演資料』 .
- Conway, J. and Little, P. (2000). Adopting PBL as the preferred institutional approach to teaching and learning : *Considerations and challenges*, *Journal on Excellence in College Teaching*, II (2/3), p.11-26.
- Data Commons, THE WORLD BANK Data Catalog より作成,
(https://datacommons.org/place/country/DNK?utm_medium=explore&mprop=amount&popt=EconomicActivity&cpv=activitySource%2CGrossDomesticProduction&hl=ja) (2021.8.13 確認) .
- Dewey, J. (1910). *How We Think*, D. C. HEATH & CO., PUBLISHERS (BOSTON NEW YORK CHICAGO), p.72.
- Graaff, E. de & Kolmos, A. (2003). Characteristics of problem-based learning, *International Journal of Engineering Education*, 5(19), p.657-662.
- Jingyan Lu, Susan Bridges, and Cindy E. Hmelo-Silver (2014). Problem-Based Learning, R. Keith Sawyer, *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences Second Edition*, Cambridge University Press, p.298-318.
- J.A. シュムペーター (1977) Joseph A. Schumpeter 原著, 塩野谷祐一・東畑精一・中山伊知郎 翻訳, 『経済発展の理論 – 企業者利潤・資本・信用・利子および景気の回転に関する一研究』, 岩波文庫.
- Jette Egelund Holgaard (2012) Strategies for ESD at AAU, Aalborg University Center for PBL & Sustainability, (視察時プレゼン資料) Department of Development and Planning.

- Joseph S. Krajcik and Namsoo Shin (2014). Project-Based Learning, *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences Second Edition*, Cambridge University Press, p.276, p.279.
- Kolmos,A. (1996). Reflections on project work and problem-based learning, *European Journal of Engineering Education*, 2(21).
- Kruger, J., & Dunning, D. (1999). Unskilled and unaware of it: How difficulties in recognizing one's own incompetence lead to inflated self-assessments. *Journal of Personality and Social Psychology*, 77(6), p.1121-1134.
- Maggi Savin-Baden (2007). Challenging Models and Perspectives of Problem-based Learning, Graaff, E. de & Kolmos, A. , *Management of Change: implementation of problem-based and project-based learning*, Sense Publishers (Rotterdam) , p.9-29.
- Maguire, M., & Delahunt, B. (2017). Doing a thematic analysis: A practical, step-by-step guide for learning and teaching scholars.,*All Ireland Journal of Teaching and Learning in Higher Education*, 8(3), p.1-14.
- Nikolaj Frederik Severin Grundtvig (原著), 小池 直人 (翻訳) (2011)『生の啓蒙』風媒社.
- OECD (2016). Global competency for an inclusive world. Paris: OECD.
(<http://www.oecd.org/pisa/aboutpisa/Global-competency-for-an-inclusive-world.pdf>, (2017.9.26 アクセス)*現在は別の文書にリダイレクトされアクセス不可)
- Savin-Baden,M (2000). Problem-based learning in higher education, *Untold stories*. Buckingham: SRHE and Open University Press.
- Sawyer, R. K. (2007). *Group genius: The creative power of collaboration*. New York: BasicBooks.
- Skørping School (小中一貫校) (2012) 視察時プレゼン資料.
- Støvring Gymnasium (高校) (2012) 視察時プレゼン資料.
- Sustainable Japan WEB, <https://sustainablejapan.jp/2020/06/17/imd-world-competitiveness-ranking-2020/50985> (2020.12 確認) .
- Suzie Boss with John Larmer (2018).*PROJECT BASED TEACHING*, ASCD.
- UX 調査の定性データの分析方法：主題分析, (<https://u-site.jp/alertbox/thematic-analysis/>)
- Virginie SERVANT (2012). PBL in Japan, *The PBL in Asia Series*, Promethea Education Consulting Pte. Ltd.
- オルボー大学 建築学科 建築コース 修士課程 1 セメスター スタディガイド (Msc01-Ark 2012) .
- デンマーク王国大使館 WebPage, <https://japan.um.dk/ja/info-about-denmark/denmark/energy-and-green-technologies> (2021.10.30 確認) .
- ドナルドR・ウッズ著, 新道幸恵訳 (2001)『PBL Problem-Based Learning 判断能力を高める主体的学習』, 医学書院.
- 阿部治 (2003)「環境教育から持続可能な開発のための教育へ」『ESD-J 2003 活動報告』.
- 阿部治 (2010)「高専教育と ESD」『第 17 回エコテクノロジーに関するアジア国際シンポジウム第 4 セッション』講演資料.
- 安彦忠彦・石堂常世編 (2004) 現代教育の原理と方法, 勁草書房, p.129-131.

- ・伊藤通子 (2011)「行動主義, 認知主義, 状況主義の学習理論に基づく新しい実技教育の可能性」『工学教育』, 59(1), p.62-68.
- ・伊藤通子 (2008)「技術職員と知財教育」『日本知財学会第8回知財教育研究会予稿集』発表資料.
- ・伊藤通子 (2010)「行動主義, 認知主義, 状況主義の学習理論に基づく新しい実技教育の可能性」『工学教育』59(1), p.62-68.
- ・伊藤通子 (2010a)「高専教育と Problem-Based Learning ～富山高専における実践～」『放送大学大学院修士論文』, 4 章.
- ・伊藤通子 (2014)『認知主義・状況主義学習理論からアプローチするKOSEN型実技教育の再評価と標準化』, 平成23年度～平成25年度 科学研究費助成事業 基盤研究 (C) 課題番号 23501083 報告書, p.6-8.
- ・伊藤通子 (2017)「世界的な教育の潮流」『Excellent DENMALK LOVING』vol.9, p.27-31.
- ・伊藤通子 (2018)「アクティブ・ラーニングに導入するための創造性や主体性を伸ばす安全教育」『平成27年度～平成29年度文部科学省 科学研究費助成事業 (学術研究助成基金助成金基盤研究 (C) 課題番号 15K00963)』報告書.
- ・伊藤通子 (2019)「PBL Problem-based Learning」『事典 持続可能な社会と教育』, 教育出版, p.230-231.
- ・伊藤通子 (2019)「Problem-Based Learning」『事典 持続可能な社会と教育』日本環境教育学会他(編), 教育出版, p.231-232.
- ・伊藤通子 (2010)「高専における認知主義的教育理論に基づく ESD の取り組み」『環境科学会プログラム 2010』 p.174-175.
- ・伊藤通子 (2010)「高専教育と Problem-Based Learning 」『放送大学大学院修士論文』, 4 章, p.32.
- ・伊藤通子 (2014)『KOSEN 型実技教育の再評価と標準化』科研費報告書 H23～25 基盤研究 (C) NO.23501083.
- ・伊藤通子・磯田節子・下田貞幸 (2013)「デンマーク Aalborg PBL Model の特徴と高専教育との比較」『日本高専学会誌』18(4), p.9-14.
- ・伊藤通子・磯田節子・下田貞幸 (2013)「デンマークにおける PBL 教育の成立過程と, 高専教育への導入ーAalborg 大学の工学教育における Project-based Learning その1」『平成25年度全国高専教育フォーラム要旨』.
- ・伊藤通子・袋布昌幹 (2008) . 「学生実験における“プロジェクト推進型チーム学習”について」『論文集高専教育』31, p.439-444.
- ・伊藤通子・丁子哲治 (2001)「材料工学系学生のための環境教育プログラム」『論文集「高専教育」』.
- ・伊藤通子・津森展子・川越みゆき・戸出久栄 (2010)「「見たことは覚える」「やったことはわかる」「見つけたことはできる」環境安全教育プログラムの開発」『日本化学会講演予稿集』90th-2, p.452.
- ・伊藤通子・定村誠・畔田博文・高松さおり・戸出久栄・小澤妙子・上坂撰 (2015)「イノベーション人材育成のための社会連携型教育における高次の学習法」『工学教育』63(1), p.74-80.
- ・伊藤通子・本江哲行・丁子哲治 (2008)「高専教育への PBL 導入における可能性と課題ーデンマーク・オルボー大学の成功事例を踏まえてー」『論文集「高専教育」』vol.31, p.283-288.

- ・ 磯田節子・下田貞幸・伊藤通子（2013）「Aalborg PBL model とカリキュラムについて—Aalborg 大学の工学教育における Project Based Learning その 2—」『平成 25 年度全国高専教育フォーラム発表要旨』.
- ・ 永野重史（2001）『教育心理学通論』放送大学教育振興会.
- ・ 岡田宏基（2012）「問題解決能力を習得するための教育手法—PBL チュートリアルと TBL (Team-Based Learning)」『日本心身医学会』, 52, p.1008-1013.
- ・ 下田貞幸・磯田節子・内山忠（2013）「Aalborg 大学の学部カリキュラムとグループワーク環境 — Aalborg 大学の建築教育（その 2） —」『日本建築学会九州支部研究報告』第 52 号, p.365-368.
- ・ 河崎美保（2016）「Project-based learning」, R. K. ソーヤー編, 大島純・森敏昭・秋田喜代美・白水始監訳, 望月俊男・益川弘如 翻訳（2016）『学習科学ハンドブック 第二版』, 第 2 巻, 北大路書房, p.18.
- ・ 外務省, 「国連持続可能な開発のための教育」
https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/kankyo/edu_10/10years_gai.html (2021.5.10 確認) .
- ・ 角屋重樹他（2012）『学校における持続可能な発展のための教育（ESD）に関する研究【最終報告書】改訂第二版』 国立教育政策研究所 教育課程研究センター.
- ・ 梶山千里（2012）「高専の役割と課題」『IDE 現代の高等教育 高専の半世紀』, No.544, p.5.
- ・ 梶田叡一（2010）『教育評価』有斐閣双書, p.82.
- ・ 岩本晃代（2010）「高等専門学校創設法案の経緯と「複線型」教育の問題点」『カリキュラム研究』, 第 19 号, p.29-41. (p6).
- ・ 吉田淳一・草川英昭（1995）「金沢工業大学における工学基礎実技教育(10)—工学基礎製図の教育における授業の進め方—」『日本工学教育協会 平成 7 年度工学・工業教育研究講演会 講演論文集』, p.61-62.
- ・ 吉田新一郎（2006）『効果 10 倍の“教える”技術—授業から企業研修まで』 PHP 新書.
- ・ 久保猛志・松本重男（1998）「金沢工業大学における工学設計教育」『工学教育』, 46(2), p.14-19.
- ・ 京都大学高等教育研究開発推進センター, 相互研修型 FD の組織化による教育改善,
<http://www.highedu.kyoto-u.ac.jp/gp/index.html>, (2021.2.23 に確認)
- ・ 経済産業省（2020）『産業技術ビジョン 2020』, p.12, p.15.
- ・ 経済産業省 産業技術環境局（2014）「(参考) シリアル・イノベーター」『イノベーションを担う人材』, p.4.
- ・ 公益社団法人 日本工学教育協会, <https://www.jsee.or.jp/aboutjoj/joj> (2021.4.30 確認) .
- ・ 溝上慎一（2007）「アクティブ・ラーニング導入の実践的課題」名古屋高等教育研究 (7), p.269-287.
- ・ 国際理解教育センター編訳（1997）『参加型で伝える 12 のものの見方・考え方』国際理解教育センター.
- ・ 国立高等専門学校機構（2006）『高等専門学校のあり方に関する調査』.
- ・ 黒川淳一・金子成彦・生田幸士（2001）「国立大学における教育改革の試み」『日本機械学会誌』, 104(990), p.298-306.
- ・ 佐藤真久・菊池慶子（2009）「日本の高等教育機関における持続可能な開発のための教育(ESD)の実施動向」『日本環境教育学会関東支部年報』 p.33-38.

- ・ 佐藤知正, 林丈晴, 大塚友彦 (2017)「科学技術イノベーション実現のための社会実装教育～社会実装コンテスト～」『工学教育』65(4), p.3-9.
- ・ 三宮真知子 (2018)『メタ認知で〈学ぶ力〉を高める 認知心理学が解き明かす効果的学習法』北大路書房.
- ・ 三菱総合研究所 (2021) IMD「世界競争力年鑑」2020 年総合順位『三菱総研ホームページ』, <https://www.mri.co.jp/knowledge/insight/20201008.html> (2021.4.30 確認) .
- ・ 山下文雄・加藤裕久 (1976)「小児科学のカリキュラム例」『医学教育』, 7(3), p.173-176.
- ・ 山口悦司 (2016)「Problem-Based Learning」, R. K.ソーヤー編, 大島純・森敏昭・秋田喜代美・白水始 監訳, 望月俊男・益川弘如 翻訳 (2016).『学習科学ハンドブック 第二版』, 第2巻, 北大路書房, p.39.
- ・ 山住勝広 (2010)『活動理論と教育実践の創造 拡張的学習へ』関西大学出版部.
- ・ 山住勝広・松下佳代・百合草禎二・保坂裕子・庄井良信・手取義宏・高橋登 (2018)『ユーリア・エンゲストローム 拡張による学習 活動理論からのアプローチ』新曜社.
- ・ 山上健・下村宏・西尾紘明 (1977)「医学入門 —産婦人科の場合—」『医学教育』, 8(6), p.379-382.
- ・ 四ツ柳隆夫 (2003)「国立高専の現状と展望」『工学教育』, 51-1, p.5-10.
- ・ 四ツ柳隆夫 (2004)「高等専門学校の在り方—高専教育の現状と課題—」『中央教育審議会大学分科会制度部会』, 第9回, 資料4.
- ・ 四ツ柳隆夫 (2007)「高専の新領域への拡大について 歴史と展望」『文部科学省中高教育審議会大学分科会 高等専門学校特別委員会』, 第9回, 資料.
- ・ 市村尚久 (1962)「キルパトリック教育理論におけるプロジェクト法の位置」『教育哲学研究』, 1962 巻7号, p.14-30.
- ・ 小坂田宏造 (2000)「大阪大学基礎工学部における創成科目—PBL 科目—」『日本工学教育協会 平成12年度工学・工業教育研究講演会 講演論文集』, p.303-306.
- ・ 小畑秀文 (2015)「これからの課題」『創造的・実践的技術者の育成を担う高専教育』, 経済産業省 理工系人材育成に関する産学官円卓会議, 第3回 資料4.
https://www.meti.go.jp/policy/innovation_corp/entaku/pdf/150925_entaku3_siry04.pdf
(2020.11.14 確認)
- ・ 小澤妙子・伊藤通子・上堀博之・今井英之・梅村公人・高松さおり・本江哲行 (2012b)「富山高専における知財教育について」『平成23年度実験・実習技術研究会報告集』 p.115-116.
- ・ 小澤妙子・高松さおり・伊藤通子・今井英之・梅村公人・石田文彦・高田英治・本江哲行(2012a)「富山高専における PBL に基づく“ものづくり”知財教育」『日本知財学会年次学術研究発表会予稿集(CD-ROM)』 10th, ROMBUNNO.2F7.
- ・ 松下佳代 (2016)「アクティブラーニングをどう評価するか」松下佳代・石井英真編『アクティブラーニングの評価』東信堂, p.3-25.
- ・ 松下佳代 (2017)「学習成果とその可視化」高等教育研究, 20, p.93-112.
- ・ 松下佳代 (2019)「学生を育てる評価—プログラムレベルと科目レベルをつなぐ—」『2019年度 東京都市大学 全学FD・SD フォーラム, 講演資料』.
- ・ 松下佳代編著 (2010)『〈新しい能力〉は教育を変えるか: 学力・リテラシー・コンピテンシー』, ミネルヴァ書房.

- ・新海洋子 (2006)「地域に学び地域に還す 富山高専学生・学校・地域の学びの連鎖」『わかる！ESD テキストブックシリーズ1 基本編 未来をつくる『人』を育てよう』NPO 法人持続可能な開発のための教育の10年推進会議, p.46-49.
- ・新谷康浩 (2012)「データで見る高専」『IDE 現代の高等教育 高専の半世紀』,No.544, p.68.
- ・森敏昭・秋田喜代美 (2006b)『教育心理学キーワード』有斐閣双書.
- ・森敏昭・中條和光 (2006a)『認知心理学キーワード』有斐閣双書.
- ・水谷惟恭 (2013)「高専の強みを生かした高専の高度化」『工学教育』61-1, p.55-60.
- ・杉山芳生・松下佳代 (2019)「PBL の持続可能性の条件 --医療分野における中断・縮小事例の分析に基づいて--」『京都大学高等教育研究』25, p.59-62.
- ・生駒俊明 (2006)「イノベーションと国際競争力」『学術の動向』, p.50-59.
- ・石井英真 (2002)「改訂版タキシノミー」によるブルーム・タキシノミーの再構築— 知識と認知過程の二次元構成の検討を中心に—」『日本教育方法学会紀要 「教育方法学研究」』28, p.47-58.
- ・赤堀侃司 (1998)「課題学習の実践の意義と課題」『日本ロボット学会誌』16(4), p.426-430.
- ・川喜田二郎 (1967)『発想法—創造性開発のために』, 中公新書.
- ・浅野敬一 (2017)「社会実装教育」の背景を考える～イノベーションを目指す工学教育～」『工学教育』65-4, p.10-15.
- ・太刀川寛 (2000)「プロジェクトチームによるソフトウェア開発実験 —Project-Based Learning(PBL)の試み—」『日本工学教育協会 平成12年度工学・工業教育研究講演会 講演論文集』, p.23-24.
- ・大村浩志・日野宏江 (2020)「日本型高専教育制度 (KOSEN) の国際展開—実践的創造的エンジニアの育成—」『留学交流』, 独立行政法人日本学生支援機構ウェブマガジン, 2020年7月号 vol.112, p.1-15.
- ・大中逸雄 (2000)「日本技術者教育認定基準の要点と教育の改善」『工学教育』, 48(1), p.21-25.
- ・大島純 (2004)「新たな学びに則した教師教育」波多野誼余夫 (編集), 大浦容子 (編集), 大島純 (編集)『学習科学』, p.167.
- ・大迫正弘 (2004)「Project Cycle Management PCM ハンドブック」『PCM Tokyo グループ』.
- ・池田博一 (2000)「自律的に活動する方法を学ばせる試み」『日本工学教育協会 平成12年度工学・工業教育研究講演会 講演論文集』, p.79-82.
- ・中央教育審議会 (2008)『学士課程の構築に向けて (答申)』.
- ・中島英博 (2018)『学習評価』玉川大学出版部, p.30.
- ・中島健祐 (2012)「環境先進国デンマークのグリーン成長戦略～デンマークの知恵から学ぶ日本と世界の未来～」『技術と経済』2012年10月号, p.14-24.
- ・津森展子・伊藤通子・川越みゆき・戸出久栄 (2011)「高専で必要とされる環境安全教育推進のための取り組みⅠ—教育心理学に基づいた低学年学生実験における試み—」『論文集高専教育』34, p.661-666.
- ・田中毎実 (2006)「FD の現在と課題」『大学教育学会誌』第28巻, 第1号, p.36-39.
- ・渡邊辰郎 (2017)「日本工学教育協会会誌「工学教育」より見た PBL 教育の現状」『日本工学教育協会 平成29年度工学教育研究講演会講演論文集』, p.460-461.
- ・都倉信樹 (2000)「創成科目の考え方と実施案」『日本工学教育協会 平成12年度工学・工業教育研究講演会 講演論文集』, p.275-278.

- ・ 土屋雅子 (2016)『テーマティック・アナリシス法』ナカニシヤ出版.
- ・ 島田彌 (2000)「今後の技術者に必要な基礎能力の育成方策」『工学教育』, 48(1), p.26-33.
- ・ 藤倉輝道 (2012)「PBL からこれからの医学教育を考える」『日医大医会誌』 8(3), p.188-194.
- ・ 藤田喜久雄 (2000)「トータルデザインと設計教育」『日本機械学会 2000 年度年次大会資料集(V)』, p.601-602.
- ・ 独立行政法人 国立高等専門学校機構 (2018)『モデルコアカリキュラムーガイドラインー』.
- ・ 独立行政法人 国立高等専門学校機構法 (2003).
- ・ 独立行政法人 国立高等専門学校機構 (2006).『高等専門学校のあり方に関する調査報告書』.
- ・ 日本学術会議 (2000)「グローバル時代における工学教育」『工学教育研究連絡委員会報告』, 工学教育研究連絡委員会.
- ・ 波多野誼余夫・高橋恵子 (2003)『感情と認知』放送大学教育振興会.
- ・ 萩原兼一・都倉信樹 (2000)「通常講義の中での PBL 演習の試み」『日本工学教育協会 平成 12 年度工学・工業教育研究講演会 講演論文集』, p.283-286.
- ・ 柏野尊徳 (監訳)・木村徳沙・梶希生・中村珠希 (訳) (2012)「デザイン思考家が知っておくべき 39 のメソッド-the d.school bootcamp bootleg-」The Hasso Plattner Institute of Design at Stanford, デザイン思考研究所 (編集) .
- ・ 富山高専 (2009) 文部科学省現代 GP「世界に学び地域に還す, ものづくり環境教育」報告書.
- ・ 文科省 HP「国立大学の法人化の経緯」, https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/houjin/03052701.htm (2021.4.30 確認) .
- ・ 文部科学省 (2007)『中央教育審議会 大学分科会 高等専門学校特別委員会』, 第 8 回, 資料 5.
- ・ 文部科学省 (2017)『大学における工学系教育の在り方について (中間まとめ)』, 大学における工学系教育の在り方に関する検討委員会, p.1.
- ・ 文部科学省 (2018)『工学系教育改革制度設計等に関する懇談会取りまとめ』, p.2.
- ・ 平林義彰・酒井慶一・松村秀逸・草川英昭 (1995)「金沢工業大学における工学基礎実技教育(9)ー工学設計教育における実験教育の一つの試みー」『日本工学教育協会 平成 7 年度工学・工業教育研究講演会 講演論文集』, p.85-88.
- ・ 本田由紀 (2002)「90 年代におけるカリキュラムと学力」『教育社会学研究』 70, p105-123.
- ・ 矢野眞和・濱中義隆・浅野敬一 (2018)『高専教育の発見』岩波書店 .
- ・ 立田慶裕・三輪建二 監訳 (2005)『成人期の学習ー理論と実践ー』, Sharan B.Merriam, Rosemary S.Caffarella 著, KNOWLEDGE IN ADULTHOOD, 鳳書房.
- ・ 鈴木義幸 (2002)『コーチングから生まれた熱いビジネスチームをつくる 4 つのタイプ』ディスカヴァー・トゥエンティワン.
- ・ 鈴木淳子 (2016)『質問紙デザインの技法 第 2 版』ナカニシヤ出版.
- ・ 濱中義隆 (2017)「「実践性」から見た高専教育ーキャリアとの関連に着目して」『日本労働研究雑誌』, No.687, p.46-57.

付録

卒業生調査 質問紙調査票

・・・・・・・・・・付 1

- この調査は、**〇〇〇**高専の専攻科に平成17～27年度までに在籍していた卒業生を対象にしています。
- 目的は、① **〇〇〇**高専での本科1年生から専攻科で実施された教育プログラムでの学修経験と卒業後のキャリア形成との関係、② **〇〇〇**高専での7年間で身に付けた能力および社会において必要と感じる能力、の2点を明らかにすることを主眼として、実施させていただきます。
- ご回答は、すべて統計的に処理し、ご回答者のお名前が外部に出ることは一切ございません。また、本調査以外の目的で使用することはありません。
- **〇〇〇**高専における7年一貫の教育プログラムの検証と、今後の発展に寄与することを目的とした研究ですので、調査の趣旨をご理解いただき、是非、ご協力を賜りますようお願い申し上げます。

(お手数ですが、本アンケート用紙は破棄してください。)

学校名	<div style="background-color: black; width: 80px; height: 30px;"></div> 高等専門学校	専攻	1. 機械・電気システム工学系 2. 機能材料工学系
本科系統	1. 機械工学関係 2. 電気・電子工学関係 3. 工業化学・物質工学関係 4. 材料工学関係		
入学年	(西暦) [] 年 [] 月	卒業年	(西暦) [] 年 [] 月
入学の形態	1. 1 年次に入学 2. 3 ・ 4 年次に編入学 3. その他 ()		
性別	1. 男性 2. 女性	生まれ年	(西暦) [] 年
最終学歴	1. 高専専攻科修了 2. 大学学部卒 3. 大学院修士課程修了 4. 大学院博士課程修了 5. その他 ()		

Section1 あなたの中学時代のことについてお聞きます。

問1 あなたの中学時代において、つぎのことがらはどれくらいあてはまりましたか。

(A～E それぞれについて1つずつ○)	まったく あてはまらない	あまり あてはまらない	やや あてはまる	とても あてはまる
A. 機械、ロボット、電化製品などが好きだった	1	2	3	4
B. コンピュータ、プログラミングなどが好きだった	1	2	3	4
C. 工作やデザインなどが得意だった	1	2	3	4
D. 理数系の科目が得意だった	1	2	3	4
E. 英語の科目が得意だった	1	2	3	4

問2 高専への受験を決めた理由として、つぎのことがらはどの程度あてはまりましたか。

(A～K それぞれについて1つずつ○)	まったく あてはまらない	あまり あてはまらない	やや あてはまる	とても あてはまる
A. 専門的知識を身につけられるから	1	2	3	4
B. 技術に興味があったから	1	2	3	4
C. 就職に有利だと思ったから	1	2	3	4
D. 大学に編入できるから	1	2	3	4
E. 学費が安いから	1	2	3	4
F. 高専の寮があったから	1	2	3	4
G. 身近に高専出身者がいたから	1	2	3	4
H. 高専の評判が良かったから	1	2	3	4
I. 中学の先生に勧められたから	1	2	3	4
J. 親に勧められたから	1	2	3	4
K. その他（具体的に記入してください：_____）				

問3 あなたが入学した高専への進学は第一志望でしたか、それとも他の進路を志望していましたか。

1	第一志望の高専・学科に進学した	3	高校に進学したかった
2	高専の別の学科に進学したかった	4	その他（具体的に：_____）

問4 中学3年の時の成績は、あなたが通っていた中学校のなかでどのあたりでしたか。

下のほう	やや下	真ん中くらい	やや上	上のほう
1	2	3	4	5

Section2 あなたの高専(1～5年生)時代についてお聞きします。

問5 あなたは高専時代に、つぎのような活動にどの程度熱心に取り組んでいましたか。

(A～J それぞれについて1つずつ○)	まったく 熱心でなかった	あまり 熱心でなかった	やや 熱心だった	とても 熱心だった
A. 専門科目の講義	1	2	3	4
B. 専門科目の実験・実習	1	2	3	4
C. 卒業研究	1	2	3	4
D. 人文社会系の一般教育科目	1	2	3	4
E. 理数系の一般教育科目	1	2	3	4
F. 英語の学習	1	2	3	4
G. 工場実習・インターンシップ	1	2	3	4
H. 部・サークル活動、学生会活動、学校行事(学校祭など)	1	2	3	4
I. PBL等の科目統合的な創造性育成授業	1	2	3	4
J. 社会的な課題に取り組む授業	1	2	3	4

問6 あなたは高専の授業科目の中で、ワクワクするほど楽しい科目がどの程度ありましたか。

(A,Bに1つずつ○)	あまりなかった	1～2割ほどあった	3～4割ほどあった	5割以上あった
A. 専門科目	1	2	3	4
B. 一般教育科目	1	2	3	4

問7 あなたが楽しい、面白いと感じた科目は何でしたか。具体的な授業科目名を3つまで挙げてください。

授業科目の内容を示すものであれば、正確な科目名でなくてもかまいません。

	1	2	3
科目名			
理由			
思い出			

問 8 あなたは授業への出席以外に、一週間あたり平均して何時間ほど「自学自習」をしていましたか。

※ここでの「自学自習」には、授業の予習や復習、授業で出された課題、実験レポート、学校の授業とは関係のない勉強、読書などをすべて含みます。ただし、定期試験前の勉強時間を除いた日常的な学習時間についてお答えください。

(A～C それぞれ1つずつ○)	ほとんどしない	1～5 時間	6～10 時間	11 時間以上
A. 1～2 年生のとき	1	2	3	4
B. 3 年生のとき	1	2	3	4
C. 4～5 年生のとき	1	2	3	4

問 9 あなたの高専在学時の成績は、学科のなかでどのあたりでしたか。

(A～C それぞれ1つずつ○)	下のほう	やや下	真ん中くらい	やや上	上のほう
A. 1～2 年生のとき	1	2	3	4	5
B. 3 年生のとき	1	2	3	4	5
C. 4～5 年生のとき	1	2	3	4	5

問 10 あなたは高専在学時に、留年したことはありますか（留学などの場合は除きます）。留年したことがある方は、留年した時期についてもお答えください。

1	留年したことはない	2	留年した → [] 年生のとき
---	-----------	---	------------------------

問 11 あなたは高専時代に、つぎのジャンルの本をどの程度読んでいましたか。

(A～F それぞれについて1つずつ○)	まったく 読まなかった	少し読んだ	かなり読んだ
A. 思想書・教養書	1	2	3
B. 歴史関連図書・ノンフィクション	1	2	3
C. 純文学	1	2	3
D. 専門の関連図書	1	2	3
E. ビジネス書	1	2	3
F. マンガ・コミック	1	2	3

問 12 あなたの高専在学中の生活に、つぎのことがらはどの程度あてはまりますか。

(A～G それぞれについて1つずつ○)	まったく あてはまらない	あまり あてはまらない	やや あてはまる	とても あてはまる
A. きめ細かい個人指導が受けられた	1	2	3	4
B. 受験勉強がないためのびのびと学生生活を送れた	1	2	3	4
C. 授業や課題が多くて大変だった	1	2	3	4
D. 授業年限が長いので学業が中だるみになった	1	2	3	4
E. 高専を中退して他の学校等に進路変更しようと本気で考えた	1	2	3	4
F. よい教師に巡りあえた	1	2	3	4
G. よい友人に巡りあえた	1	2	3	4

問 13 あなたは**高専卒業時に**、つぎに示すような知識・能力をどの程度身につけていたと思いますか。

(A～J それぞれについて1つずつ○)	高専卒業時の獲得水準				
	まったく 身について いなかった	←	どちらとも いえない	→	十分身に ついていた
A. 専攻した分野に関する専門的知識	1	2	3	4	5
B. 工学全般に関する幅広い知識	1	2	3	4	5
C. 社会や経済に関する知識	1	2	3	4	5
D. 外国語で書いたり話したりする力	1	2	3	4	5
E. 自分の手を動かす実験などから問題の本質をつかむ力	1	2	3	4	5
F. 自分自身で考えながらものづくりをする力	1	2	3	4	5
G. コンピュータやインターネットを活用する力	1	2	3	4	5
H. 他の人と協働する力	1	2	3	4	5
I. 新たなアイデアや解決策を見つけ出す力	1	2	3	4	5
J. プレゼンテーション能力	1	2	3	4	5

問 14 あなたは高専時代の教育、学生生活にどの程度満足していますか。

(A～F それぞれについて1つずつ○)	まったく 満足していない	あまり 満足していない	やや 満足している	とても 満足している
A. 授業科目の内容・水準	1	2	3	4
B. 実験実習の内容・水準	1	2	3	4
C. 課外活動	1	2	3	4
D. 教員との人間関係	1	2	3	4
E. 友人関係	1	2	3	4
F. 高専での生活全般	1	2	3	4

問 15 高専卒業時の進路について、①5年生になった頃に希望していた進路、②卒業後の実際の進路のそれぞれについてあてはまる番号に○をつけてください。

	就職	高専専攻科に 進学	大学に編入学	その他
①希望していた進路（○はいくつでも）	1	2	3	4（ ）
②実際の進路（○は1つ）	1	2	3	4（ ）

Section3 高専卒業後に進学した、高専専攻科についてお聞きします。

問 16 あなたが高専専攻科に進学した理由として、つぎのことがらはどの程度あてはまりますか。

(A～I それぞれについて1つずつ○)	まったく あてはまらない	あまり あてはまらない	やや あてはまる	とても あてはまる
A. 高専時代と同じ分野の高度な専門知識を身につけたかったから	1	2	3	4
B. 高専時代の分野とは異なる専門知識を身につけたかったから	1	2	3	4
C. 幅広い教養を身につけたかったから	1	2	3	4
D. 大学院に進学するため	1	2	3	4
E. 就職後のキャリアを有利にするため	1	2	3	4
F. 高専の先生に勧められたから	1	2	3	4
G. 親に勧められたから	1	2	3	4
H. 高専時代の成績が良かったから	1	2	3	4
I. その他（具体的に記入してください：_____）				

問 17 あなたが在学した高専専攻科への進学は第一志望でしたか、それとも他の進路を志望していましたか。

1	第一志望の高専専攻科・専攻に進学した	4	就職したかった
2	高専専攻科の他の専攻に進学したかった	5	その他（具体的に：_____）
3	大学に編入学したかった		

問 18 あなたは授業への出席以外に、一週間あたり平均して何時間ほど「自学自習」をしていましたか。

※ここでの「自学自習」には、授業の予習や復習、授業で出された課題、学校の授業とは関係のない勉強、読書などをすべて含むこととします。ただし、定期試験前の勉強時間を除いた日常的な学習時間についてお答えください。

(A,B に1つずつ○)	一週間あたりの平均的な自学自習の時間			
	ほとんどしない	1～5 時間	6～10 時間	11 時間以上
A. 1 年生のとき	1	2	3	4
B. 2 年生のとき	1	2	3	4

問 19 あなたは高専専攻科時代の教育、学生生活に、どの程度満足していますか。

(A～F それぞれについて1つずつ○)	まったく 満足していない	あまり 満足していない	やや 満足している	とても 満足している
A. 授業科目の内容・水準	1	2	3	4
B. 学会などでの研究発表	1	2	3	4
C. インターンシップ	1	2	3	4
D. 教員との人間関係	1	2	3	4
E. 友人関係	1	2	3	4
F. 高専専攻科での生活全般	1	2	3	4

問 19-2 あなたは専攻科の授業科目の中で、ワクワクするほど楽しい科目がどの程度ありましたか。

(A,B に 1 つずつ○)	あまりなかった	1～2 割ほどあった	3～4 割ほどあった	5 割以上あった
A. 専門科目	1	2	3	4
B. 一般教育科目	1	2	3	4

問 19-3 あなたが楽しい、面白いと感じた科目（特別研究含む）は何でしたか。具体的な授業科目名を 3 つまで挙げてください。授業科目の内容を示すものであれば、正確な科目名でなくてもかまいません。

	1	2	3
科目名			
理由			
思い出			

問 20 高専専攻科修了時の進路について、あてはまる番号 1 つに○をつけてください。

1	大学の学部へ編入学・入学した	→ Section3-2（問 21）に進んでください
2	就職した	→ Section4（問 28）に進んでください
3	大学院に進学した	→ Section3-3（問 26）に進んでください
4	その他（具体的に： ）	Section4（問 28）に進んでください

Section3-2 高専専攻科卒業後に、大学の学部へ編入学・入学したことがある方にお聞きします。

問 21 あなたが編入学・入学した大学の学部・学科は、高専のときの学科と同じ分野でしたか。

1	高専のときと同じ	2	高専のときと異なる
---	----------	---	-----------

問 22 さしつかえなければ、編入学・入学した大学、学部、学科名をお答えください。

大学名	大学	学部名	学部	学科名	学科
-----	----	-----	----	-----	----

問 23 あなたが編入学・入学した大学での学習・学生生活に、つぎのことがらはどの程度あてはまりますか。

(A～D それぞれについて1つずつ○)	まったく あてはまらない	あまり あてはまらない	やや あてはまる	とても あてはまる
A. 高専出身の学生の方が目的意識をもって勉強していた	1	2	3	4
B. 専門教育の授業は高専に方が丁寧だった	1	2	3	4
C. 専門教育のレベルは大学の方が高かった	1	2	3	4
D. 高専卒業生は交際範囲が狭いと感じた	1	2	3	4

問 24 あなたは編入学した大学時代の教育、学生生活に、どの程度満足していますか。

(A～F それぞれについて1つずつ○)	まったく 満足していない	あまり 満足していない	やや 満足している	とても 満足している
A. 授業科目の内容・水準	1	2	3	4
B. 実験実習の内容・水準	1	2	3	4
C. 課外活動	1	2	3	4
D. 教員との人間関係	1	2	3	4
E. 友人関係	1	2	3	4
F. 大学での生活全般	1	2	3	4

問 25 大学（学部）卒業時の進路について、あてはまる番号1つに○をつけてください。

1	就職した	→ Section4（問 28）に進んでください
2	大学院に進学した	→ Section3-3（問 26）に進んでください
3	その他（具体的に： ）	→ Section4（問 28）に進んでください

Section3-3 高専 専攻科 卒業後に、大学院へ在学したことがある方にお聞きます。

問 26 あなたが在学した大学院の課程はつぎのどれですか（在学したものすべてに○）。

1	修士課程（博士前期課程）	2	博士課程（博士後期課程）	3	海外の大学院
---	--------------	---	--------------	---	--------

問 27 さしつかえなければ、在学した大学院修士課程の大学の、研究科、専攻名をお答えください。

大学名	大学	研究科名	研究科	専攻名	専攻
-----	----	------	-----	-----	----

Section4 あなたの職業キャリアについてお聞きます。

問 28 あなたは現在、働いていますか。あてはまる番号1つに○をつけてください。

1	働いている	
2	以前は働いていたが、いまは働いていない	
3	高専卒業後、働いたことはない	→ Section5（問 41）に進んでください

問 29 あなたが学校卒業後（高専専攻科、大学、大学院など）、最初に就いたお仕事についてつぎの各項目にお答えください。

[illegible]

問 30 あなたはこれまでに転職（離職）したことがありますか。

1	転職したことはない (最初に就職した企業等で働き続けている)	(転職・離職したことがある方のみ) 最初の企業等での勤務年数 [] 年 [] ヶ月
2	1回転職(離職)した	
3	2回転職(離職)した	
4	3回以上転職した→(具体的に [] 回	

問 31 あなたはこれまでに、海外での勤務経験はありますか。海外勤務の経験がある方は、期間、主な職務の内容についてもお答えください。

		(海外勤務の経験がある方のみ)	
1	海外勤務の経験はない		
2	海外勤務の経験がある	期間	通算 [] 年 [] ヶ月
		主な職務 の内容	(具体的に記述してください)

問 32 あなたの**現在のお仕事**について、つぎの各項目にお答えください。問 28 で「2. 以前は働いていたが、いまは働いていない」と回答した方は、直近のお仕事についてお答えください。（以下同じ）。

[illegible]

問 33 これまでにあなたが取得した資格のうち、現在の職場において、役に立つあるいは有効だと思われる資格を3つまでお答えください。

資格名1	資格名2	資格名3

問 34 あなたは、現在の仕事について、どの程度満足していますか。

(A～D それぞれについて1つずつ○)	まったく満足していない	あまり満足していない	やや満足している	とても満足している
A. 仕事の内容	1	2	3	4
B. 処遇（給与や昇進など）	1	2	3	4
C. 上司との人間関係	1	2	3	4
D. 同僚・後輩との人間関係	1	2	3	4

問 35 あなたの現在の職場における処遇は、あなたの最終学歴に対して適切なものだと思いますか。

(A～D それぞれについて1つずつ○)	まったく 適切でない	どちらかといえば 適切でない	どちらかといえ ば適切	とても適切
A. 仕事で使う知識・技術のレベル	1	2	3	4
B. 仕事上の責任の大きさ	1	2	3	4
C. 給与	1	2	3	4
D. 昇進のチャンス	1	2	3	4

問 36 現在のあなたの年収（税込み）はおおよそどれくらいですか（1つに○）。

1	199 万円以下	6	600～699 万円	11	1100～1199 万円
2	200～299 万円	7	700～799 万円	12	1200～1299 万円
3	300～399 万円	8	800～899 万円	13	1300～1399 万円
4	400～499 万円	9	900～999 万円	14	1400～1499 万円
5	500～599 万円	10	1000～1099 万円	15	1500 万円以上

問 37 あなたは、現在の仕事や将来のキャリアのために、つぎのような活動をどの程度行っていますか。

(A～D それぞれについて1つずつ○)	一週間あたりの平均的な活動時間			
	していない	週に 1～2 時間	週に 3～5 時間	週に 6 時間以上
A. 職場での勉強会・研修会	1	2	3	4
B. 職場以外での勉強会・研修会	1	2	3	4
C. 英会話、資格などの学校	1	2	3	4
D. その他の自己学習	1	2	3	4

問 38 あなたは現在、つぎのジャンルの本をどの程度読んでいますか。

(A～F それぞれについて1つずつ○)	まったく 読んでいない	少し読んでいる	かなり 読んでいる
A. 思想書・教養書	1	2	3
B. 歴史関連図書・ノンフィクション	1	2	3
C. 純文学	1	2	3
D. 専門の関連図書	1	2	3
E. ビジネス書	1	2	3
F. マンガ・コミック	1	2	3

問 39 あなたは、つぎに示すような知識・能力を、**現在**、どの程度身につけていると思いますか。

(A～J それぞれについて1つずつ○)	現在の獲得水準				
	まったく身につけていない	←	どちらともいえない	→	十分身につけている
A. 学校で専攻した分野に関する専門的知識	1	2	3	4	5
B. 工学全般に関する幅広い知識	1	2	3	4	5
C. 社会や経済に関する知識	1	2	3	4	5
D. 外国語で書いたり話したりする力	1	2	3	4	5
E. 自分の手を動かす実験などから問題の本質をつかむ力	1	2	3	4	5
F. 自分自身で考えながらものづくりをする力	1	2	3	4	5
G. コンピュータやインターネットを活用する力	1	2	3	4	5
H. 他の人と協働する力	1	2	3	4	5
I. 新たなアイデアや解決策を見つけ出す力	1	2	3	4	5
J. プレゼンテーション能力	1	2	3	4	5

問 40 あなたは、仕事上の難しい問題に直面したとき、個人的に相談できる友人がどの程度いますか。また、その友人は、どのような関係にある方ですか。

友人の人数 (1つに○)		どのような関係の友人ですか (あてはまるものすべてに○)
1	とくにいない	1 現在の職場の友人
2	1～2人	2 高専時代からの友人
3	3～5人	3 大学・大学院時代からの友人
4	6人以上	4 中学以前からの友人
		5 その他 ()

Section5 高専教育に対する評価についてお聞きします。

問 41 高専時代をふりかえって、もっと熱心に取り組んでおけば良かったと思うことはありますか。

(A～J それぞれについて1つずつ○)	もっと熱心に取り組んでおけば良かった			
	まったく そう思わない	あまり そう思わない	やや そう思う	とても そう思う
A. 専門科目の講義	1	2	3	4
B. 専門科目の実験・実習	1	2	3	4
C. 卒業研究	1	2	3	4
D. 人文社会系の一般教育科目	1	2	3	4
E. 理数系の一般教育科目	1	2	3	4
F. 英語の学習	1	2	3	4
G. 工場実習・インターンシップ	1	2	3	4
H. 部・サークル活動、学生会活動、学校行事 (学校祭など)	1	2	3	4
I. PBL 等の科目統合的な創造性育成授業	1	2	3	4
J. 社会的な課題に取り組む授業	1	2	3	4

問 42 高専時代をふりかえって、つぎにあげる項目は、現在のあなたの仕事や生活にどの程度役に立っている
と思いますか。それぞれについて10点満点（0点～10点）でお答えください。

(A～K それぞれについて10点満点で何点かを記入)	仕事や生活に役に 立っている度合い
A. 専門科目の講義	点
B. 専門科目の実験・実習	点
C. 卒業研究	点
D. 人文社会系の一般教育科目	点
E. 理数系の一般教育科目	点
F. 英語の学習	点
G. 工場実習・インターンシップ	点
H. 部・サークル活動、学生会活動、学校行事(学 校祭など)	点
I. PBL 等の科目統合的な創造性育成授業	点
J. 社会的な課題に取り組む授業	点
K. 高専での教育全般	点

問 43 あなたは高専卒業後、高専とのつながりを継続していますか。①これまでに活用したことがあるもの、②今後、活用してみたいものそれぞれについて、あてはまる番号すべてに○をつけてください。

①これまでに活用したことがあるもの (○はいくつでも)		②今後、活用してみたいもの (○はいくつでも)	
1	共同研究や技術相談など	1	共同研究や技術相談など
2	社会人向けの公開講座	2	社会人向けの公開講座
3	同窓会の活動	3	同窓会の活動
4	教員との個人的つながり	4	教員との個人的つながり
5	OB・OG との個人的つながり	5	OB・OG との個人的つながり

問 44 高専教育の強みと弱み、改善したほうがよいと思う点などについて、自由にお聞かせください。

これで質問は終わりです。ご協力ありがとうございました。

【お願い】

なお、回答の細部について、30～1 時間程度の簡単なインタビューをさせていただきたいと考えています。もし、ご協力をいただくことが可能でしたら、以下に連絡方法をご記入願います。後ほどご連絡します。

メールアドレス: _____ 電話番号: _____

※ 本調査票は、矢野真和他（2018）「高専教育の発見」岩波書店 の様式を引用する許可を得て作成しました。