

### Ⅲ 講演「現代の生物学について」

講演者 溝 淵 潔（東京大学理学部助教授）

日 時 昭和59年12月20日

場 所 放送教育開発センター制作棟3階会議室

（於：高専用教材の研究開発に関する企画委員会）

これからの生物学の教材を高専においてどのように取り上げ対処していけばよいのか，これに対する考えということで，現在生物学はどのようなふうに進んでいるのかということをお話ししてみたらということで，私なりにそれを考えてみたわけです。

今日お話しいたします私の内容は，大きく分けて三つぐらいの観点があります。一つは，生物学という学問がどのようなふうに進んでいるのか，その流れという問題で，その中において，過去50年といってもいいと思いますけれども，1930年代から今日に至るまで，生物学というものと非生物学というものの谷間が，それまでは非常に大きなギャップがあったわけですが，それが徐々に埋められつつあって，一つの大きな自然科学としての体系をなそうとしている。それがどのような形で埋められて，現在生物学がどのような動き方をしているのかということをお話ししてみたいと思います。

第二の問題として取り上げますことは，そういうようなことを土台にしまして高専が生物学というものを取り上げる場合に，どのようにこれから対処していったらいいのかというようなことにつきまして，私なりに感じることをお話ししてみたい。

第三番目に，それでは具体的にどのような教材を作成していったらいいのかということについて，一つの考え方，これは私自身の色めがねを通してのことですから，予めお断わりしなければならないんですけれども，感じることを取り上げて私の話の内容としてみた

いと思います。

## I 過去50年間の生物学の流れ

最初の問題として、生物学と物理科学的な学問というものが、いかにしてその谷間が埋まってきたかということで、少しくどいようになりますけれども、だいたい学問の発展というのは、ここで申し上げるまでもありませんがいわゆる境界領域、生物学と化学、有機化学、そうゆうような形で進展する。あるいは生物学と物理学的な科学というものの間で進展していくというのが学問の発展の常でありまして、もともと生物学というものは、ここにおられる先生の大半は恐らく、生物というのは、自分自身が生物ですから、そういうことに関してはいろいろと体験があるわけですが、何か動物とか植物とか微生物とか、かなり異なったある種の考えを持って今まで見てこられたと思うわけです。

ところが、実際に生物学の学問というのは、近代生物学が発展したのは、ダーウィンによる『種の起源』というのが大きなきっかけになるわけですが、それ自体の問題というのはダーウィンの『種の起源』、あるいは『ビーゲル号航海記』を読んで頂いたらお分かりになると思いますが、それ以前、19世紀の半ばまでの生物学がいかにして進んできているかの総合体系化されたものが、一つの『種の起源』という形の本としてまとめられているとお考えになってもいいと思います。

日本における生物学の教育というのは、それぐらいの時代までの教育を行ってきているということを十分頭の中に置いて頂きたい。実際は生物学というものはそういうものではないということがあります。

その後今世紀に入りまして生物学の中でもいろんな学問が細分化していきましますが、一つ非常に大きな問題は、最初に細胞と

は何かという問題が生物学の主流であったわけですが、その細胞を構成する物質、生体内における生体反応というものが有機化学との関連において進められてくる。それが生物化学、バイオ・ケミストリーという学問を構成するようになった。

従いまして、まず最初に非生物学の分野から生物学へのアプローチというのは、化学の分野からそれがなされる。時代的にいいますと、1930年～1950年です。従って、第一の時代は生物化学の時代です。

第二の時代は1950年の半ばから1970年の半ばぐらいまでです。これは物理学者の考え——物理学はある意味で行き詰まっております、波動函数を完成しましたシュレーディンガーが、1944年に『生命とは何か』という本を出しております。（岩波新書）その本をご覧になりますと、物理学の行き詰まりを生物学の現象の中で求めようという考えが非常に強く働いています。

そういうような考えのもとに実際に取り上げられたのは、生物の現象の中で非常に根本的な問題でありました遺伝現象ということですね。生物の特色というのは、同一性の保持といえますか、親から子、子から孫ということで同じものを伝える。ところが、非生物的な現象であるエントロピーの法則を与えたら、そういうものも含めた何かの法則があるんじゃないかということを、生物学の中に非常に期待をした。

それが具体的に遺伝現象の仕組みということの解明になってきて、遺伝学が提起をしました問題を物理科学的な方面から解析していくということで、それが、一応の完成の域に達したのは1970年で、生体というものに関して、遺伝情報系であるという——〈情報〉という言葉は物理学の言葉ですけども——ことが実際に行われるという時代が1950～1970年代です。

そこで、生物の遺伝情報ということで、遺伝子の実体、あるいは

生物を構成する重要な生体物質で核酸という物質があるわけですが、それが化学の段階のレベルにおいて、実際の〈物〉として、我々がハンドリングできる。それは核酸化学の進歩ということと遺伝現象が含まれているのが分かってきたということがあるわけです。非常にじみな基礎的な学問であるがゆえにそうだったのかもしれませんが、それが一気に応用分野に結びつくという現象が、時代の流れでもあったのですけれど、起こってきた。

これは、化学工業がどういう変遷をたどって今日に至っているかということをご覧になれば良く分かると思いますが、それに相対応するような形でバイオ・テクノロジーと呼ばれる分野の学問が起こってきた。そういう時代の要請がなされてきたということなんです。

それにはやはり遺伝子というものが実体として、遺伝子を構成していますニュープロタイド、あるいは塩基というものの配列を直接分析し、その配列を決定できるというテクニックを我々が得たゆえに、それができるようになった。従って、そういうようなことで生物学が技術分野に非常に大きく踏み出したというのが、過去10年間、今日における一つの状況ではないかと思います。

従いまして、私がお話しします最初としましては、大きく便宜的にわけまして生化学の確立と、その次、分子生物学の確立、それからバイオ・テクノロジーという新しい時代に入ったということで、その各時代時代においてどういうことがなされているのかということとをざっとお話をしてみたいと思います。

#### (1) 生化学の確立

最初の生化学の時代におきましては、先ほど申しましたように有機化学的なアプローチ、もちろんその生物化学を推進したのはもともとが有機化学者だったわけですが、そこにおいては、我々の体の基本単位であります細胞を構成する生体物質の構造を明らかにしていくということが、一つあったわけです。それから、そういう

ものの中でタンパク質という問題が非常に重要であるということ、これはもうそれ以前から認識されていたわけですが、実際にタンパク質を取り出して、それがどういう性質のものであるかを明かにしていくということが、1930年代におきましては非常に重要なテーマであった。

しかも、それに関連しまして、タンパク質がどういう機能を持っているのかということを明かにしていくことが重要なテーマでありましたけれども、その中においては、すべての生体反応が酵素というものによって触媒されている。ところが、酵素というものが一体タンパク質からできているのか、あるいはウィルシュテッターがいいましたように酵素二段階説—タンパク質のほかに何か重要なものが含まれている、あるいは酵素そのものがタンパク質であるという考え—と、酵素というのは、タンパク質と何か他の、重要な化学反応に関与する物質が関連したようなものであるという二つの考えが何の実験根拠もないところで大きな論争を呼んでいた。それに一つのピリオドを打つようなことが1930年代の始めに起こる。

アメリカのコネル大学のサムナーによって、尿素を分解するユレアーゼこれはナタマメから分離・抽出・結晶化されまして、そのタンパク質だけでユレアーゼは成っている、従って、酵素というものはタンパク質そのものであるという考えが提出された。

最初はその考えはなかなか受け入れられなかったわけですが、その後ノースロップがペクチンを結晶化し、更に1935年にスタンリーがタバコモザイク・ウイルスを結晶化して、それがタンパク質から成っているというようなことで、タンパク質の重要性が指摘されてきたわけです。

そういうことで生物化学という学問がだんだんと確立していくわけですが、タンパク質の構造解析ということの問題に取り上げましても長い学問の歴史がありまして、タンパク質というのはア

ミノ酸から構成されているんだけど、じゃあ実際にどのような構成をしているのか、ペプチドチェーンというのは一体どういう形でタンパク質が成っているのか、構造解析ということが非常に重要になってくる。

それが具体的に完成を見ますのは、1940年の終わりと1950年の始めにかけてで、サンガーによってインシュリンの構造解析が、アミノ酸の配列が決定される。そのことがきっかけになりまして、もちろんサンガー自身はそれによってノーベル賞を受賞することになるわけですが、タンパク質を構成しますアミノ酸配列一次構造解析という研究が進められる。

1950年の終わりと1960年代におきましては、ロックフェラーのスタイン、ムーア、それから、アメリカのNIH(National Institute of Health国立衛生研究所)にありましたアンキンスという人たちが中心になって、第二のタンパク質としてRNS, RNAを分解するタンパク質の一次構造が決まり、それと同時にアミノ酸の配列をオートマチックに分析できるようなことが行われ、タンパク質化学という学問が成立すると同時に、新しいタンパク質の構造解析がどんどん行われるようになった。

今日ではタンパク質の一次構造の解析は(タンパク質というのは3万から5万の分子量を持ったものですけども)分析精度が上がりまして、7gあれば十分にタンパク質の一次構造の解析ができるというところまで技術的に進歩しております。

タンパク質そのものはそういうふうに大きな分子ですけども、高次構造という問題が含まれている。それには、ポーリングなどによって示されました。いわゆる $\alpha$ ヘリックスの問題を中心としての二次構造。それから、1950年の終りと1960年始めにかけて、物理学からのアプローチがイギリスのブラッグ一派、あるいはバナル、アストベリーというような物理科学者からのアプロ

ーチということで、X線解析学がタンパク質の構造解析に取り入れられる。

その成果として、酸素を運搬するミオグロビンというタンパク質をケンドリューが、ペルーツがヘモグロビンのX線結晶解析の結果から実体構造をはっきりさせるということで行われ、それが今日タンパク質の高次構造の解析の上においても非常に重要な役割を果たしているというような段階で進んでいる。それがタンパク質の問題だと思います。

いま挙げました人たちは、それぞれの成果におきましてそれぞれの賞を受賞されたということもありまして、名前については化学の方は聞かれたことがあるかも知れません。

構造という問題ではなくて、もう一つ、タンパク質の機能というような問題としまして、1930年代はドイツ学派が非常に力を持っていたしまして、その中心的な存在がワールブルクですが、彼がブドウ糖を分解して、それがどういう形でエネルギーに変換されていくか、解糖系と我々は呼んでいますけれども、そういうことに関与する研究から、ニコチン酸アミド、フラビンといった補酵素と呼ばれるものを抽出し、その構造を解析するというようなことがありまして、それから、生体反応が酵素というものを中心にして行われている、それによって触媒されてくるということが、学問の一つの流れとして次第に出てくる。

それによって、食物を取り込んで、それがどういう形でエネルギーに変換されて我々のエネルギー源になるか、あるいは、我々の体を構成する物質、例えばアミノ酸というものがどういう形で生体内で合成されていくのか、あるいはピリビン、ピリミジンというような核酸を構成する塩基がどういう形でできているのか、あるいは脂質といった物質がどういう形で成立され、できてくるのか、そういうこと細かないわゆる物質代謝の概念とその物質代謝の実体という

ものがどんどん研究されてくる。

そのような研究の過程におきまして分光光度計が開発され、それが導入され、測定の精度を非常に高めたというようなこと。

それから、これはマンハッタン計画にも関連しましてR I，標識化合物がバイプロダクトとしてできてくるわけですが、それを生体内の物質代謝に応用する、標識化合物を用いて物質代謝を研究していくというようなことも行われだしました。

それから、生体物質のシュシナー分析ということで、クロマトグラフィと呼ばれる分野が開発される。

明るい電気映像であるとか超遠心というような、物理科学的なものからの生体物質の追求が進められてきた。

その結果として、生物というものをどういうふうに解釈したらいいかという、これは一つの概念の形成になるわけですが、生命現象というのは少なくともそういう物質系である、それから、開放的なエネルギー系であるというような概念が、まず生物化学という学問の確立と同時に形成されてくるということが第一の発展期ではなかったかと思います。

## (2) 分子生物学の確立

第2の発展期の1950年～1970年におきまして、これは「分子生物学の時代」と呼んでもいいかと思いますが、先ほど申しましたように物理学の一つの行き詰まりというものを生物学の中で打開していこうという考えがありまして、その中には、遺伝現象というものが実際にどういう仕組みで行われているのかというような問題が大きく生物学の中で関心が高まったわけです。

その一つのきっかけをなすのは、それまで遺伝子と呼ばれる生物学的な概念ですが、その遺伝子の作用というものは、生体内の反応を司る酵素反応を支配するという考えが1942～43年ごろ、ビードルとテータムによって一遺伝子一酵素説によってでてきた。



生物学的な概念による遺伝子というものの考えと、酵素というのはタンパク質という実体ですから、木に竹を継いだような概念に実体を結びつけるというような、非常に大きな矛盾を提起していた。

そうしますと、その遺伝子というものの本体がどういうものであるかということが、実際に生物学の中において重要な研究課題になってくるといえるのは当然で、それまで培ってきました遺伝学からではもうどうしようもない。

それまで遺伝学というのは細胞の遺伝学と、あるいは最近ではクラシカル・ジェネティックスと呼ばれるわけですが、細胞を土台とした遺伝学というのは成熟段階を迎える。そこから提起される遺伝子の問題というのは今度は物理科学的方法によって研究されていくという時代になったわけです。

その過程におきまして遺伝子というものを考える上にいろいろな研究成果があったわけですが、具体的にそこで大きな発展を遂げたのが、1953年にワトソンとクリックによってなされたDNA構造模型という問題だったのです。

ご存じのように二人が研究を行ったのはイギリスのケンブリッジ大学でして、ここは、先ほど申しましたケンドリュー、ペルーツ、ブラッグに率いられたタンパク質の構造解析ということがなされているところでもあり、生体高分子の構造解析においては世界をリードするところであった。

一方ワトソンはアメリカの博士課程をおえてヨーロッパにやってきたんですけれども、ワトソン自身がユリアの学生でもあり、あるいはドイツ生まれの原子物理学者ボーアの影響を受けて生物学の方に入ってくる。遺伝子の実体がどういうものであるかということに非常に関心を持って研究を進めていったグループ、これを我々は情報学派と呼んでいるんですけれども、ワトソンはその影響を受けた人間だった。

従って、イギリスの構造学派とアメリカの情報学派という二つの学派が、ワトソンとクリックを介して合体し、その成果として遺伝子というものが実際DNAであるという考えに到達し、その構造模型を出した。

そこから予測されることは、遺伝子というものはどのように分裂していくのか、あるいは、DNAが遺伝子であるとした場合に、DNAの中にどのようにタンパク質の構造あるいは機能を規定するようなものが存在するかという問題が出てくるわけですが、そういった問題が分子生物学の大きな中心テーマとして展開されてきたわけです。

その結果として、我々中心仮説、セントラル・ドグマと呼びますように、タンパク質の遺伝物質はDNAという核酸であり、そこに組み込まれている情報はいったんRNAという、もう一つの別の核酸に転写される、そのRNAに転写された情報がそれを汲み取って、タンパク質のアミノ酸に翻訳されていく、そこでタンパク質が形成されるという考えが成り立つ。

これはDNA、RNA、タンパク質というような問題を一つのセントラル・ドグマというふうに非常に誤解を与えるような言葉ですが、我々が呼んでいる概念がそこに出てくる。その前の時代に生物というものが物質系・エネルギー系であるといいましたが、それらをコントロール、支配しているものとして遺伝子というものがある、即ち遺伝情報系というものがそういう物質系・エネルギー系を支配しているものであるという考えが、そこで出てくる。

分子生物学と呼ばれる学問分野においてどういう概念が出されたのかということが一つのポイントになりますけれども、そこに出されてきた一つのパラダイムというものは、遺伝情報系が生体物質系あるいはエネルギー系というものを支配している、そういうことによって細胞が成り立っているんだという考えが出てきたということ

が、一つの大きなことではなかったかと思います。

そうしますと、遺伝情報系というのは一つの制御系でありますから、具体的にはタンパク質が細胞の中で作られていくという場合にはいろいろな情報を受け取って、ある場合には細胞として必要なだけのタンパク質を作らなければいけない、それがどのようなメカニズムによりなされているのかということが問題だった。こういう問題は遺伝子の情報発見の制御というふうに我々は呼んでいますけれども、タンパク質の生合成に関連させて、そういう問題の研究が進められてくる。

そういうことの一つの指導原理になりましたのが、フランスのパスツール研究所の学派で、ジャコブ、モノーらによってそれがなされたということがあったわけです。そこにおきましては、遺伝子がDNAであるということで我々はそういう考えのもとに研究を進めてきたわけですが、具体的にいざDNAというものを試験管内に取り出して、我々が目で見られる形で研究を進めていかなければなりませんので、それが技術的な難しさということもあってなかなかできなかったわけですが、その遺伝子の研究が進みまして核酸化学というものの研究が進む。それは、核酸をいかにして分離していくか、あるいは管理・抽出というような問題が技術的にも進歩した。それからDNAがどういうふうに細胞分裂において複製をしていくかという問題も、いわゆる酵素反応の一つとして解析されていく。それに関連して、核酸に相互作用するタンパク質、酵素というものが見つかった。

そういう中で、制限酵素、核酸の塩基配列を特異的に識別して、あるところでぶった切る。いわゆるタンパク質におけるタンパク質分解酵素、同じようなもので非常に特異性の高い酵素が、これは1972～73年にかけて見つかったわけです。

それから、バイオ・テクノロジーの分野におきまして、細胞質に

存在するDNAの自己増殖性の因子でプラスミッドと呼ばれるものがありますけれども、そういうものの複製機構が非常に良く分かってくる。それから、遺伝学的な解析も進んでくるというようなこと。

もう一つ、有機化学的なアプローチなされていた核酸の構造解析というものが、実際に遺伝子、DNAというものの解析に結び付いてなされていくということで、塩基配列の決定方法が開発されていくというようなことが、ここ10数年の間に一気に出てきた。

それらの総合として、当然のこととして、これまでの分子生物学の学問を進めてきた中心は、材料的には大腸菌に感染するようなウイルスというものだったんですけれども、我々の体を含めて、核を持った高等な生物、そういう真核生物の遺伝子は非常に解析が難しかったわけですが、我々は直接にDNAを取り出して解析するという手段をもったのですから、高等生物の遺伝子解析が非常に容易にできるようになった。それが技術として発展するのがいわゆる「組換えDNA」という技術でして、それが確立するのが大体1970年の半ばです。それを用いて真核細胞の遺伝子研究、あるいはDNAの研究が行われるようになったのが、いまから10年くらい前のことだったと思います。

そういうようなことで生物学は進んできたわけですが、現在遺伝子は、一部のウイルスを除いてDNAであるということはいえるわけですが、そのDNAすべてが遺伝子ではない。いろんな機能を持ったDNAが存在するというのが分かりつつある。

それから、概念的に、先ほど申しましたようなことで、生命現象が非常に大きく整理できるということが分かってきました。現時点において基礎生物学としての生物学が何を要求されていくかと申しますと、一つは、DNAを中心に考えた場合に、これまでの生命現象、例えば細胞の発生であるとか分化であるとか、あるいは個体が形成されていくときにどういう機構が働くのか、例えばホルモンの

調節であるとか、いろいろなことがあるわけですが、それがどういふ問題としてDNAからとられるかということをも整理しなければならぬ。

そういう問題の中で非常に重要になるのが生物進化という問題です。生物進化という場合、一つは進化そのものの現象については何も疑問を持ち込む余地はないわけですが、生物進化というものを実際に、例えばDNAに対応させてその実体をつかんでいくときにどういふ問題の整理が、今進められているのか、それを進めなければいけないのかが、生物学における我々に課せられた大きな問題ではないかと思ひます。

### (3) バイオ・テクノロジー

ここ10年の問題ですが、もう一つは、基礎生物学と応用分野の接点ということでバイオ・テクノロジーという問題があるわけですが。もちろん、これまで生物学が応用分野において全く無関係であるかという、そうではなくて、例えば育種学であるとか醸酵というような現象、アルコール醸酵から、日本では味噌、醤油、お酒ということで非常に進んでいる。あるいはアミノ酸醸酵、これは味の素ではないんですが、グルタミン酸ソーダの醸酵ということも日本にはあります。あるいはホルモンの利用というように生物から産生する物質、我々がその生活において利用していくという問題で、これは医学、薬学に関連する。あるいはビタミンを化学合成していくというような問題。

いろいろな問題がこれまであったわけですが、抗生物質というものを一つ取り上げてみても、日本では一つの素材になっておりますが、今後は、そういうふうに生物体が生産する物質というものを積極的に利用していかなければならない。例えば抗ガン性物質の検索と開発というような問題、あるいは免疫学とか酵素学というものを使ってのいわゆる臨床検査薬の開発、あるいはウイルス病に対

してのワクチンの作成というようなことが、身近な例としてあがってくるわけです。

それと同時に、一般の化学会社を見てみましても、これまでの素材をつくるという分野からその事業が多様化していきまして、どちらかというとファイン・ケミカルと称される分野に非常に積極的に乗り出してきている。それは付加価値の高い医薬の生産ということに結びついてくるわけですが、そういう状況が一方において出てきている。そういうことで、今までの分子生物学の流れと企業・一般社会が要請しているものが、今のところドッキングしてきたというような状況であります。

そういうことで、例えば遺伝子工学という分野がでてきたわけですが、その現況はどういうものであるかを非常に簡単にお話ししますと、現在遺伝子工学で何か製品がでてきたかといいますと、何もでてこない、それが一つの状況であります。

じゃあどうということかというわけですが、理論的、あるいは実際問題として、例えばインシュリンを大腸菌あるいは酵母菌の中で大量に作り出すというような問題は、もう完全に解決しているわけです。問題はその大腸菌の中でインシュリンを作る場合に、インシュリンそれ自身の問題ではなくて、大腸菌が産生する他の大腸菌のタンパク質が少しでも混在してきますとそれが我々の体にインシュリンを注射したときに、副作用を起こすというような問題が生じてきます。従って、例えば大腸菌の中で作らせたインシュリンをいかに他のタンパク質ときれいに分けて、それで副作用のないインシュリンを作るかが一つの重要な問題になる。

それから、生産コストというようなことで、実際に現在インシュリンというのはブタとか動物の細胞を作るものを利用しているわけですが、それは現在の需要に対して、そういう大腸菌なんかで作らせたものが生産コストの面でたちうちできるかどうかという

のが実際は問題です。

それから、バイオマスというような問題がありまして、生物を利用していろいろ醗酵なんか特に一つの分野ですけれども、それを利用してクリーン・エネルギーを作っていくという考えもありますがこれは理論的にはできるわけです。だけれども、生産コストの面で現在の状況ではたちうちできないということが出ている。そういう問題がありまして、いろんな面において理論的にも技術的にも可能なんですけれども、生産コストが現実では問題だ。

そこで、何らかの形でそれがオーバーカムできて、乗り越えて一つの突破口ができますと、恐らく、これまでの化学がそうであるように、生物学というものが一気に新しい技術革新の一つの分野として進んでいくだろうということが予想されている段階であります。

実際に、今後それがどういうこととして問題になっていくかについては、これからいろいろ考えなければならない、また、実際にやっていくうちに問題が新しく提起されるというような状況だと思えますけれども、現在の状況というのはそういう段階にあるといえると思います。

## Ⅱ 高専における生物学

第2の問題として、高専の生物学あるいは生命科学というものに対してはどういうことが考えられるのかということにつきまして、先ほどからいろいろな意見が出てきたわけですが、一つは、バイオ・テクノロジーとの何らかの係わりがあるものだとしたならば、それに対して高専として積極的な方策を出さなければならないということは当然考えられるわけですが、そのためには高専としてどういうことをやらなければいけないかが問題になると思うのです。私は専門家でもないし、とんちんかんなことをいうかもしれませんが、そういうようなことがありましたらご容赦願いたいわけで聞き

流して頂いたらいいと思います。

まず、高専というのは今まで電気、機械、土木建築、化学、工学というようなものがあつたわけですが、学生の就職という観点から見たときに学生の就職状況はどのように変化しているか。例えば化学会社に就職していく場合、化学会社というのはどのような学生を将来受け入れたいかという意識調査は、教材を作る上において非常に重要な問題になる。先ほど申しましたように、遺伝子工学あるいはバイオマスを利用したものはまだ顕在化はしてないわけですが、各企業の研究所におきましてはそれを非常に盛んにやっているという状況ですから、そのうち何らかの形でそれが顕在化してくるので、そのときに高専としてどのように対処していくかということは今から考えなければならないという問題があるかと思っています。従って、会社のニーズを考えた場合に、それに対して生物学というものが高専としてどのような立場に置かれてくるのかということ、考えなければいけないんだと思います。

もう一つ、高専の立場として、高専を卒業されて社会に出ていった方が、将来あるいは現在において、その会社なり職場においてどのような責任を持った地位になっていくのか。いろいろだろうと思いますけれども、中堅の熟練工と云うたらいいですか、あるいは中堅の方を養成していくということだと思いますが、そういう方たちが実際に会社の中で後輩を指導していく場合に、バイオ・テクノロジーという分野が出てきたときに生物学のことを何も知らないというのでは話しにならない。それに対して、生命科学というようなものをどういう形で高専として取り上げなければいけないかという問題を十分検討されるということが必要かと思っています。

もう一つは、高専の問題として、学生自身の対応の仕方はどういう形でなされているか。大学ですと例えばバイオ・テクノロジーという言葉がはやりますと、いままで非常にすたれていた農芸化学の



分野が脚光を浴びてくるとか、あるいは薬学分野に非常に学生が殺到するとか、私たちが属しています医学部の生物化学という分野も学生が殺到する。研究室にいる修士課程の学生なんか、みんなゴボウ抜きにされていく。青田刈りですね。そして大学の研究そのものに支障を来たすということがあるわけですがけれども、工業専門学校のカリキュラムを組んでいく上においては非常に重要な問題で、そういう意識調査もやらなければいけない。

もう一つ、今までは積極的に考えてきたわけですがけれども、観点を変えて東京大学においても化学は今まで人気がなかったわけです。ある面では学生は表面的にとらえるわけですし、いろいろ問題があるのでありますがけれども化学＝公害問題というような意識が非常に強かった。最近はそうでもなくなってきましたけれども……。そういうものに対して、自然－人間生活も自然の生態系の一つですから、実際に我々自身がどういうふうにそれに対する考え方を持っていかなければいけないのかというような問題も、高専の授業内容においては非常に重要な問題である。

そういういろんなファクターがあると思いますけれども、そういうものをまず調査して、そこから高専の生物学の教育をどういうふうに考えていくのかという理念を一つ持った上で、教材を作って頂きたいと考えています。従って、試行錯誤ということがあるかもしれませんが、そういう点が非常に重要なことではないか。せっかく始めるわけですから、そういう点をよく詰めて教材を作って頂きたいというふうに希望しているわけです。

### Ⅲ 生物学としての観点

実際に生物学というものを高専の中で取り入れてこれから一つのものにしていくときに、どのような観点を持って教材を作ったらいのか。先ほど、高専としての一つの観点について、私の考えをお

話しさせて頂きました。次は生物学としての観点ということでお話ししていきたいと思います。

まず、生物学の問題は生物をよく知ること、それから、生物を利用する、利用して、更にそれを乗り越えて新たにデザインしていくという、理念的には三つの課程から成るわけです。

まず生物学をよく知ることの重要性ということで、生物学あるいは生命科学においては、いわゆる核「コア」になる学問分野が存在します。それを無視してやったのではいけない。少なくとも現在の生物学のコアになっている一つは、先ほど生物学の歴史のお話しもちょっとしましたけれども、生物化学という分野がある。それから、生体物質化学、タンパク質、核酸、あるいはその分析法というものの。それから、物質代謝論というようなもので、細胞構造の機能を主に研究する学問分野ですけれども、そういう生物化学という分野がある。

それから、分子生物学という分野がある。これは遺伝現象の仕組みということから、遺伝情報系であるということをお教えるということから、更に、細胞生物学と呼ばれるいわゆる免疫とか発生、あるいは神経といった問題を明らかにしていく分野が一つある。

それから、生理学という問題がある。これはそれぞれの生物に特殊な問題がありまして、例えば脳あるいは記憶というような生理学的な問題がある。こういったものが実際に中心になります。それはある意味においては生物学の非常にハイレベルの問題なので、一気にそれを教えるというわけにはいかない。それにはどうしても、プレクィズिटといいますか、基礎になる学問が存在する。

その基礎になる学問は、一つには一般化学ですね。特に有機化学、分子とか原子の構造はどうなっている、反応がどうなっているということをよく教えなければいけない。欲をいいますと物理科学的な考え方も必要です。それから、細胞レベル、個体レベルというもの

で存在しますし、それから、生体論というような集団としての問題、その中には動植物、微生物というような問題が含まれてくるということでもあります。

それから、生物を利用するという分野の学問として、これは応用分野ということがかなり前提にありまして、一つは大学におきます薬学、農芸化学あるいは工学部における発酵工学分野が非常に参考になるのではないかと。私は具体的にどういうものかということ、なかなかいえません。

もう一つは、生体工学というような分野がありまして、生物が持っているいろんな機能が非常にうまくできています。東京大学におきましても工学部に南雲先生がおられますけれども、そういった生体工学の分野においてそういうものをどう取り上げていくかという問題が、応用分野、生物学を利用することにおいて非常に重要であると思います。

それから、酵素というものを取り上げて、それが例えば固定化酵素というようなある支持体に酵素をくっつけていく、それによって複雑な機能を行わせるというような問題があるわけですが、そういった分野の問題も取り上げていく必要があるのではないかと。それは現在におきましては、例えば京都大学工学部を退官されました福井先生なんかは、そういう方面で非常に活躍されているので、そういう方にご意見をいろいろお聞きになると参考になると思います。そういうことで、現在の生物学と応用分野との接点ということで見えていったらいいのではないかと思います。遺伝子工学という問題も、そのうちの一つとして入ってきます。

そういう問題は、分子生物学であるとか生化学であるとかいうことを明かにしなければなかなか分からない問題があるので、中途半端なことを教えますとフラグメンタリーなことで、結局概念が入らない。そのところを、ひとつ注意して頂きたい。

将来としては、そういう考えに立った上で生物を利用していかにデザインしていくか、タンパク質をどういうふうに改変したら新しい、良い機能を持ったタンパク質ができてくるというようなーこれはできるかどうかは分かりませんが、そういう可能性は含まれているというような問題。あるいは新しい物質、医薬品におきましてはいろいろな、どんな物質が医薬として新しいものであるかということ、コンピューターの助けを借り、あるいはグラフィックの助けを借りて開発していくというような問題も生物学の中にあります。

いずれにしろ、新しい学問分野はもちろんとして、技術革新、あるいは境界領域から発達してきました現在の生物学というものは、今度は生物学と工学というような接点においてどういうふうにとらえていくかということが、現時点において一つは求められているというふうに私は感じます。