

高等専門学校化学系学科のカリキュラムについて Curriculum of Chemical Courses of Colleges of Technology

胸組 虎胤

Toratane MUNEGUMI

高等専門学校化学系学科のカリキュラムについて、特に実験科目の授業のやり方、授業時間数、教育体制、効率化などの観点から論じ、それを基礎にカリキュラムのうち特に実験指導の体制を、今後どのような方向へ変えていくかべきか探った。

1. はじめに

高等専門学校(高専)は中学校の卒業生が5年一貫で学ぶ理工系(あるいは技術系、デザイン系も含む)の学校であり、全国に国立が54校、私立公立が8校、合わせて62校ある。5年間で大学卒業程度の専門知識と学力を身につけることが高専の教育目標の1つとなっているため、学生は低学年のうちから、かなりの量の専門的内容を学ばねばならない。小山高専の物質工学科(化学系の学科の一つ)では3年生までに一般科目64単位、専門科目35単位(そのうち25単位が化学系の科目)を取る必要がある。また、高等専門学校のカリキュラムでは実験実習の時間が多くとられており、たとえば、小山高専物質工学科の学生は3年生までに240時間、卒業研究も含めて5年間に720時間の実験をこなさなければならない。

このように高密度で、実験実習で鍛え上げる教育課程は技術者の卵を産業界にあるいは学生として大学に特異な人材群を供給してきた[1]。しかし、様々な教育改革が叫ばれる中[2]-[5]、優秀な化学系の人材を供給するコースはどうあるべきかを考え直す必要が出てきたように考える。

本研究では、まず、大学への学生供給源として見た場合の工業高等専門学校物質工学科(大学3年生への編入学が可能)と高等学校の比較を試みた。特に授業内容あるいはカリキュラム全体の比較を行った。次に、実験科目の指導の仕方と教育効率がどのように関連しているかを小山高専物質工学科の学生に対するアンケートから明らかに

しようとした。これは高専におけるように、長時間の実験をこなすことがほんとうによいのか、そして、教官ができる限り少人数の学生を指導した方がほんとうによいのかという疑問に解答する基礎となると考えられる。

この疑問は教官の負担が余りにも多くなると、結局、教育内容の質を低下させるという観点にもとづいている。教官がある程度自らの研究を深めていないと、授業も、また実験も内容のあるものとはならないであろう[6]。教官が研究者であるということが高等学校と高専との大きな違いである。

2. 高等学校と高等専門学校化学系学科との

カリキュラムの比較

現在、高等学校の卒業に要する取得単位数は3年間で80単位以上であり[7]、小山高専の学生が4年生に進級した時の取得単位数は99である。高等学校の1単位は形としては50分の授業35週分($50 \times 35 = 1750$ 分)に相当する。高等専門学校の場合の1単位は最低50分授業30週分($50 \times 30 = 1500$ 分)である。

これを額面どうり計算すると高専の99単位の時間数は高等学校の約85単位分に相当する。しかし、現実には高等学校では様々な行事のため授業のできる週がさらに減り、年間30週程度であるという話もある。その場合には高専の99単位はやはり高等学校でも99単位分に相当すると見て良いことになる。いずれにしても、高専では

高等学校よりも多くの単位を取得しなければならないことは事実のようである。本研究では、後者で示したように高等学校と高専の授業の1単位分が同程度の時間数であるという仮定で議論を進める。以下では50分を1時間として計算して、50分の授業を30週（あるいは30回）行った場合、つまり、1500分を30時間として計算して、これを1単位として議論を進める。

(1) 化学系科目の比較

高等学校と高専のカリキュラムのうち、1年から3年までの化学系科目について比較する。表1は化学系の科目を開講している高専（小山高専物質工学科）、工業高校、普通高校（理系）の授業単位数を比較したものである。小山高専では高等学校の化学の教科書である化学ⅠB、化学Ⅱを使って1年生の授業を行っており、それは4単位、120時間を要している。工業高校は4単位ずつの合計8単位であるが、普通高校（理系）[8]、[9]では、同じ教科書を使いながらも、化学ⅠBで4から5単位、化学Ⅱで3から4単位として教

表1. 科学系科目の比較（1～3年まで）

科目名	高 専	工業高校	普通高校（理系）
化学ⅠB	4単位	4単位	4～5単位
化学ⅠI	(0単位) ^{a)}	4単位	3～4単位
基礎化学	2単位		—
分析化学	1単位		—
無機化学	1単位		—
有機化学	3単位	工業化学関連 科目10単位 程度が相当	—
生物化学	2単位		—
化学熱力学	2単位		—
物理化学	1単位		—
化学工業	2単位		—
化学基礎実験	3単位		
分析化学実験	2単位	課題研究を含 めて12単位が 相当	実験科目はなく、 化学授業の中で 行う
無機、有機 物化、生物 化学実験	4単位		
化学系講義 の合計	21単位	18単位	7～9単位
実験科目 の合計	9単位	12単位 ^{b)}	(0.3～1.1単位) ^{c)}
実験時間 数合計	270時間	420時間	10～40単位

a) 同様の内容を主に他の専門科目で教えている

b) 「高業教科内容に関する調査報告」、工業教科内容調査会（1997）

c) 化学の授業で実験に相当する時間の単位数

えている。これは普通高校（理系）では同じ内容を長い時間をかけて教えていることを意味する。

ここで、高専と普通高校との化学ⅠB、化学Ⅱの授業の違いは、高専ではこの授業時間に実験の時間が含まれていないのに対して、高等学校では実験を含めてこの時間数であるという点である。

次に、講義科目全体で比較してみよう。高専では化学ⅠB、化学Ⅱ以外の化学系講義科目が17単位あり、化学の講義科目全体では21単位となる。これが工業高校ではそれぞれ10単位と18単位、普通高校では7から9単位であり、化学の専門科目はない。

さらに、実験科目について比較してみよう。高専では9単位、工業高校では課題研究を含めて12単位 [10]、普通高校では先ほど述べたように0単位である。普通高校では実験を全くやっていないわけではなく、化学の授業の中で時間を作って実験を実施している。しかし、その時間数は限られていて、10時間から40時間程度である。一方、高専では270時間、工業高校では420時間の実験を実施している。ここで、工業高校の実験時間は課題研究（高専では卒業研究に相当する）も含めてのことである。

高等学校の化学の教師数名からの聞き取り調査 [8] を行い、第6回化学教育フォーラムの講演要旨 [9] を参考にした。その結果、たとえば普通高等学校の理科系のクラスでは化学ⅠBとⅡの合計6単位が必修であるが、有機化学の内容を講義する時間がほとんどなく、実験に当てられる時間は年間40時間程度であり、探究や課題研究はあまり実施されていなかった。

(2) 化学以外の理数系科目

表2に高専、工業高校、普通高校（理系）における化学系科目以外の理数系科目の単位数の比較を示す。化学以外の理数系科目は、化学を深く理解するための基礎となる科目として位置付けられる。工業高校、普通高校とも物理は7から9単位、高専は応用物理も含めて6単位であった。しかし、高専では理科3科目が一般的であるのに対して、工業高校では生物を選択している者は少なく、普通高校では化学を選択している者が、物理と生物をともに選択することはほとんどない。普通高校では理科は2科目選択が一般的である。以

高等専門学校科学系学科のカリキュラムについて

上の点から、今まで言われてきたような、高専は片寄った科目を教えているということは、少なくとも理科については言えないことになる。むしろ、普通高校では選択性の導入で取ろうとする理科の科目は2科目が一般的になっており、普通高校の方が片寄っていると言えないこともない。

表2. 科学以外の理科の科目(1~3年まで)

科目名	高専	工業高校	普通高校(理系)
物理ⅠB	4単位	5単位	4~5単位
物理ⅠⅠ		4単位	3~4単位
生物ⅠB			(4~5単位)
生物ⅠⅠ			(3~4単位)
生物	2単位		
応用物理	2単位		
化学以外合計	8単位	9単位	7~9単位
数学	16単位	14~18単位	17~21単位

(3) 高専、工業高校、普通高校(理系)の特徴のまとめ

以上の点からは、高専の方が普通高校より化学系科目の単位数も、実験時間数も圧倒的に多いことが明らかである。しかし、高専から大学3年に編入学した学生が普通高校から大学1年に入学した学生より大学で伸びるという確証はない。また、高専のように早期に実験を多く取り入れることがかえってマイナスであるのかもしれない。これらのことを議論するにはさらに調査が必要である。今後は大学と高専のカリキュラムの比較、高専から大学へ編入学した学生の調査をしていく必要があると考える。

高専の化学系カリキュラムの授業時間や単位数の点では、工業高校や普通高校(理系)よりもはるかに多いことが明らかになったが、その質についてはどうであろうか。質について考える視点は様々あると思うが、ここでは、特に、多くの時間数を占めている学生実験について、その指導体制について論じる。

3. 小山高専物質工学科の実験科目の

指導体制と教育効率

次に、実験科目の指導の仕方と教育効率がどのように関連しているかを小山高専物質工学科の学生に対するアンケートから明らかにしたい。教育効率は様々に論じられると考えられるが、ここでは、学生実験で指導している教官の人数と学生実験を行う学生の人数の比が変わると、学生の一定時間あたりの学びの量と学びの質が変わることに注目して、教育効率を論じたい。また、1人の教官が1つの実験テーマを指導するのと、複数のテーマを学生の別々のグループに同時に指導するのとはどちらが効率がよいのかについても検討した。

(1) 小山高専物質工学科の学生実験の

従来の指導体制

現在、小山高専物質工学科では、専門に関わる以下のような実験科目を開講している。1年では化学基礎実験(通年3単位)、2年:分析化学実験(2通年単位)、3年:物質工学実験(通年4単位)、4年:各コース毎に、材料化学実験(通年4単位)、生物工学実験(通年4単位)、5年:各コース毎に材料化学実験(半期2単位)である。これらの科目に関し、実験を担当している教官の人数と実験を行っている学生の人数との関係を表3に示す。

表3. 学生実験を担当する教官と受講する学生の人数

学生実験名	実施学年	単位数 (前期か 通年)	一週あたりの時間 (時間)	学生数 (人)	担当教官 と技官数 (人)	教官と技 官あたりの 学生の人数
化学基礎 実験 a)	1	3 (通年)	3	40	3	13
分析化学 実験 a)	2	2 (通年)	2	40	3	13
物質工学 実験	3	4 (通年)	4	40	4	10
材料化学 実験	4	4 (通年)	4	20	2	10
生物工学 実験	4	4 (通年)	4	20	2	10
材料化学 実験	5	2 (通年)	4	20	2	10
生物工学 実験	5	2 (通年)	4	20	2	10

a) 教官2名と技官1名が担当

1年生の化学基礎実験と2年生の分析化学実験では技官1名と教官2名が常に実験室にいて指

導するのが一般的である。技官は実験の前準備や跡片づけをこなすと共に細かい実験の注意なども実験時間中に行ってくれる。また、これらの実験では40名が同じテーマで実験する。そのため、教官と技官あたりの学生数は40人を3人で割って13とした。3年生の物質工学実験は教官4名が各々10人の学生を別々のテーマで指導している。1人の教官は同時に4つないしは5つの実験テーマを学生の別々のグループに指導するのが一般的である。4年生および5年生の材料化学実験と生物化学実験はそれぞれコース別の実験であり、20名ずつの学生を2人の教官が指導するのが一般的であった。この場合も、それぞれの教官は同時に4つないしは5つの実験テーマを学生の別々のグループに指導していた。

(2) 担当者数の臨時減少に伴う指導体制の変更

しかし、1998年度と1999年度は少し事情が異なっていた。1998年度に1名、1999年度に2名の教官が在外研究員となり10ヶ月に渡り外国に出るため、暫定的に担当者の組み替えが行われた。つまり、(A) 1998年度後期は筆者と他の教官1名が化学基礎実験の担当となったが、ほぼ15週の実験に2名の教官が同時に出ていくことは止め、どちらか一方の教官と技官1名の計2名が40名の学生を指導する体制となった。(B) 次に、1999年前期に、4年生の生物工学実験を指導している教官のうち1名も在外研究員となったので、専門の比較的近い筆者が担当者の1人となった。(C) さらに、同時期の1999年度前期に、5年生の生物工学実験を指導していた教官が在外研究員となるため、筆者が1人で20名の学生を指導することとなった。

(A) の場合には、40名を指導するときのテーマは同一としたが、教官と技官の合計数が3名から2名になるという、いわば‘教育の質の低下’とも思われる状況となった。しかし、現実には指導していた筆者も、もう1人の教官もさらには技官も‘教育の質’の一面の尺度とも言える‘面倒見’が悪くなったとは感じていなかった。むしろ、様々な点でメリットが大きいのではないかと感じた。まず、学生にとっては教官1名の一貫性のある指導を受けられるという点である。教官にとっては実験を担当しない時間に別のことに

時間を使えるということ、常に拘束されることがなくなるため、スケジュールの組み方によっては、今まで出席が無理であった学会への出席を可能とする柔軟性が生まれるなどの点がある。

今まで実験指導の為に実験室にいてもそれほど多くの仕事はなかったと考える。

(B) の場合には、筆者にとっては、4年生の生物工学実験のテーマはほとんど初めて指導する内容であったので、前任者がやっていたように複数のテーマを同時進行させて、それらを同時に指導することなど到底できそうになかった。そこで、1テーマあたりのセット数を増やし、1人で10名を指導するときも全グループ（各グループとも2、3名である）とも同じテーマをやらせることにした。

(C) の場合には、5年生の生物工学実験を指導していた教官の1人がいないため、筆者が20名を1人で見ることとなった。この場合、同時に指導するテーマを2テーマに限定した。

以上の指導体制は筆者が実際にやってみて非常にメリットが大きいように思う。1人の教官が指導するテーマ数を少なくすることは、指導する側からは非常に都合がよい。1つのテーマに関することだけを言えばよいのであるから、指導する側も、質問してくる学生側も混乱が少ないはずである。また、1つのテーマについて指導できる時間が以前よりも4倍から5倍（今までに同時に指導していたテーマの数分だけ）使える。しかし、そのように従来程忙しく話す必要はないはずである。同じテーマの10名程度に対して、落ち着いた一言えばよいのである。この実感から得られた結論を検証するため、学生に対するアンケートをとって、さらに、深く考察することにした。

(3) 学生に対するアンケートの結果と考察

物質工学科の3年生、4年生（生物工学コースのみ）、5年生に対してアンケートを実施した。アンケートとして、1、2年生の実験に関するもの（パート1）、3、4年生の実験に関するもの（パート2）、5年生の生物工学実験に関するもの（パート3）の3種類を用意した。パート1と2のアンケートには、今回の調査対象者全員（3年生、4年生（生物工学コースのみ）、5年生）に回答してもらった。パート3については5年生のうち、

高等専門学校科学系学科のカリキュラムについて

生物工学コースの学生だけに回答してもらった。

(3) A. アンケートパート1

表4に1、2年生の実験についてのアンケート結果が示してある。40人に対して3人が(教官2人と技官1人)指導している体制に対して、3、4、5年とも“ちょうどよい”か、“すこし少ない”という回答が大部分を占めた。次に、実験中にわからないことがあったときには、全般的に友人よりも教官の言うことを重視する傾向があることが分かった。また、教官複数の指導体制で予想される問題点として、教官間の指導内容に矛盾があるのではないかと考えた。その点に対して、ほとんどの学生が“少ない”とか“ふつう”と答えていたが、10から20%程度の学生が矛盾が“多い”と答えていた。これは現在の実験のやり方が、その実験を担当する教官の1人が講義を行い、講義を実際にやらなかった教官も実験指導することが1つの原因であると考えられる。さらに、“実

験中に教官が近くにいないで困ったことはあったか”、との質問に対して、“少ない”と答えている学生よりも“多い”と答えている学生の割合が高かった。最後に、技官と教官が1人ずつで指導したことが少なくとも現在の3、4年生に対してはあった。それは、2人の教官の一方が出張等で実験指導できない場合であった。筆者は現在の5年生が1年生のときの実験を担当していなかったため、技官と教官1人ずつの体制で実験したことがあったか明らかでないので、5年生への質問から除いた。技官と教官の2人の体制に対して、3年生では“少ない”あるいは“非常に少ない”と答えた学生が“多い”と答えた学生を上回ったが、4年生では逆であった。このように学年によって異なった傾向が出る理由は分からないが、現在の1、2年生についても同様のアンケートを取ることで、今後明らかにしていきたいと考える。

(3) B. アンケートパート2

表5と表6は3、4年生の学生実験についての質問に対するアンケートである。まず、3、4年生では約40人を4グループに分けて、それぞれのグループを1人の教官が指導している体制について、“教官の人数は十分であるか”との問いに対して“ちょうどよい”、あるいは“少ない”という回答が大部分を占めた。これは調査したすべての学年に共通の結果であった。次に、3年生の実験で、“実験中にわからないことを聞く時に友人と先生のとどちらの情報を重視するか”との問いに対して3年生で友人と教官の情報を重視する者の割合が同程度であった。しかし、4年生では教官からの情報を重視する者がほとんど(80%以上)を占めた。5年生では友人を重視する者と友人と教官を共に重視する者が多くなった。4年生はすべて生物コース、5年生は生物コースと材料コースの混合であるのでこのような違いが出たものと推測される。詳しくは示さないが、内訳は材料コースでは15名中5名が“友人80先生20”と回答したのに対し、生物コースでは16人中1人だけが“友人80先生20”と回答した。これは特に生物工学実験では学生が全くやったことのない、しかも細かい操作を含むような内容があるため、教官が直接指導する機会が増え、学生も教官に頼らざるを得ないためであると推測

表4. アンケートパート1 (1,2年の学生実験について)

質問事項	選択肢	3年生の回答率 (%)	4年生の回答率 (%)	5年生の回答率 (%)
1. 3人の先生が指導していたとき、先生の数についてどう思ったか。	非常に多い	0	0	3
	多い	0	0	3
	ちょうどよい	77.5	50	75
	少ない	22.5	34	19
	非常に少ない	0	16	0
2. 実験中にわからないことを聞く時には友人と先生とはどちらの情報を重視しますか。	友人80 先生20	5	0	6
	友人60 先生40	17.5	0	16
	友人50 先生50	27.5	6	31
	友人40 先生60	22.5	44	25
	友人20 先生80	22.5	50	22
3. 実験指導だけの先生と講義もした先生とでは、実験中の指導に矛盾があったか。	非常に多い	0	0	0
	多い	15	22	12.5
	ふつう	45	33	50
	少ない	37.5	33	22
	非常に少ない	2.5	11	9
4. 実験中、質問したいときに先生が近くにいないで困ったことはあったか。	非常に多い	2.5	33	6
	多い	27.5	39	25
	ふつう	37.5	17	44
	少ない	25	11	19
	非常に少ない	7.5	0	6
5. 技官1人と教官1人で実験指導していたときに困ったことはあったか。	非常に多い	0	6	
	多い	15	44	
	ふつう	42.5	28	
	少ない	22.5	17	
	非常に少ない	15	6	

表7. アンケートパート2の1 (3, 4年の学生実験について)

質問事項	選択肢	3年生の回答率 (%)	4年生の回答率 (%)	5年生の回答率 (%)
1. 3, 4年生の実験では4人の先生がそれぞれ約10人ずつの学生を指導しているが、先生の人数は十分かどうか、選択肢から選ぶ。	非常に多い	0	0	0
	多い	0	0	6
	ちょうどよい	60	50	60
	少ない	32.5	34	20
	非常に少ない	0	16	11
2. 3年生の実験中に分からないことを聞く時には友人と先生とはどちらの情報を重視するか。	友人80 先生20	10	0	17
	友人60 先生40	25	6	9
	友人50 先生50	25	11	29
	友人40 先生60	30	44	31
	友人20 先生80	10	39	9
3. 4年生の実験中に分からないことを聞く時には友人と先生とはどちらの情報を重視するか。	友人80 先生20		0	31
	友人60 先生40		5	11
	友人50 先生50		26	17
	友人40 先生60		16	26
	友人20 先生80		53	11
4. 3, 4年生の実験では、各グループの実験テーマは異なっているので、各グループにとって最初の実験テーマについて友人に聞くことは少ない。しかし、他のグループの友人に聞く回数は増えるか。	非常に増えた	35	42	40
	少し増えた	47.5	42	23
	変わらなかった	12.5	5	29
	少し減った	0	5	3
	非常に減った	0	5	3
5. 実験中、実験について他のグループの友人に聞くとき、その友人はどれか。	仲良しの友人	13	6	14
	そのテーマをやったことのある人	76	78	77
	互いに相手のテーマの経験がある時	9	11	6
	その他	2	6	11

表7. アンケートパート2の2 (3, 4年の学生実験について)

質問事項	選択肢	3年生の回答率 (%)	4年生の回答率 (%)	5年生の回答率 (%)
6. 3, 4年生の実験では1, 2年生の実験と比べて先生に質問していることが増えましたか。	非常に増えた	34	44	25
	少し増えた	50	33	40
	変化しなかった	3	11	6
	少し減った	11	0	25
	非常に減った	0	0	3
7. 実験中に先生に質問したとき、先生はすぐに対応してくれたか。1, 2年生のときと比べてどうだったか。	速かった	11	5.5	12.5
	少し速かった	16	5.5	16
	変わらない	42	50	44
	少し遅かった	24	28	9
	遅かった	8	0	16
8. 有機化学、無機化学、物理科学、生物科学、などそれぞれの分野の実験で、実験テーマはグループ毎に(各分野で2人のグループが5つ) 別々の方がよいか同じがよいか。	別々がよい	24	39	20
	別々が少し良い	13	17	29
	どちらでも同じ	39	11	33
	同じ方が少し良い	13	28	6
	同じがよい	11	0	23

される。さらに、4年生の実験についても同様な質問をしたが、3年生は4年生の実験を経験していないため対象から除いた。結果は3年生の実験についての結果とほぼ同様であった。以上のことから、学生は教官から実験について知る以外に、友人からも様々な情報あるいは知識を得ていることは間違いないと考えられる。

それでは、学生が実験中に友人に質問する回数(いわば友人へのアクセス回数)は実験の進捗とともにどのように変化していくであろうか。表5に示す様に、“テーマが移るにしたがって、他のグループの友人に聞く回数は増えるか”との質問をした。これに対して、3, 4年生の80%以上が“少し増えた”“または非常に増えた”と回答した。また、5年生でも60%以上がそう答えた。さらに、“どのような友人に聞くのか”という質問をしたところ、“そのテーマをやったことのある人”という回答が80%近くで、“仲良しの友人”という回答が6~14%であった。以上のことから、学生はテーマが進むにしたがって、だんだんと友人に対するアクセス回数を増やし、友人同士で意見交換しながら実験を進めていることが実証された。おそらく、実験をいくつものテーマをこなしているうちに、学生間で情報が行き渡り、たとえば、“これをこうすればいい”というような実際的なノウハウが学生全体の中で構築されているものと思われる。その一方、おそらく、教官に対するアクセス回数は減るのではないかと推測できる。

次に、1, 2年生と3, 4年生の実験で教官がより忙しくなったかどうかを比較するため、学生が教官に質問する要求が増えたか、そして、それに対して教官が適切に対応できたかというという観点から質問した。まず、“1, 2年に比べて3, 4年では教官に質問したいことが増加したか”という問いを行った。その結果、65%から80%近くが“少し増えた”または“非常に増えた”と答えた。また、実験中質問したことに教官が“すぐに対応してくれたか”という問いに対して、3, 4年生では“遅かった”または“少し遅かった”と答えた者の割合が、“速かった”または“少し速かった”と答えた割合をやや上回った。これらの結果では、実験内容が難しくなって、教官に質問することが増え、それに対して教官が対

応しきれていない傾向が少し見られた。それと、教官が4テーマを同時進行させているため、忙しくなり対応が遅れがでているのかもしれない。

次に、現在3、4年生の実験で維持されている(ただ、筆者のみは別)1人の教官が4テーマを同時に指導するというやり方とそれとは別のやり方を思い浮かべて比較することを学生に行ってもらった。つまり、選択肢の中から最も良いと思われる指導体制を選んでもらった。“実験テーマはグループ毎に別々がよいか同じがよいか”という質問をした。50%近くの学生が別々の方がよいと答えた。しかし、4年生では28%が“同じ方が少しよい”と答え、5年生では“同じ方が少しよい”と“同じ方がよい”を合わせて29%となった。“同じがよい”と感じている3年生は、おそらく1、2年生の実験をイメージしてのことと考えられる。一方、4、5年生が“同じがよい”と考えるのは、4、5年生の生物コース全員が同じテーマでの実験を経験しているため、そのイメージからでたものではないかと推定できる。3年生は4、5年生と同じ実験のやり方はまだ経験していない。しかし、いずれにしても3、4、5年生とも約30%近くの学生が同じテーマでの学生実験の実施を好ましいと考えていることが明らかとなった。

(3) C. アンケートパート3

最後に5年生の生物工学実験についてのアンケートであるが、教官1人(筆者)が2つのテーマで16名を指導するという体制についてどうか質問した。まず、“不都合な点はないか”と質問した。それに対して、“少しある”と“かなりある”という回答が合計47%であった。しかし、その理由を書かせたところ、ほとんどが“他のグループと同じテーマのため、借りたい本を他のグループが借りてしまい図書館で見つからない”ことを挙げていた。“同じテーマであると、何も考えずに人のレポートを写していく者がいる”ことを挙げた者もいた。しかし、不都合が“ほとんどない”や“まったくない”を挙げた者も30%近くいた。その理由は“他のグループの人にも聞きながら実験できる”、“他のグループもやったことのない実験でほどよい緊張感がある”とかを挙げていた。次に、現在のやり方のメリットについ

表7. アンケートパート3 (5年の生物工学実験について)

質問事項	選択肢	5年生の回答率 (%)
1. 現在5年生の生物工学実験では1人の先生が16人を指導しているが、困ったところや不都合なところはるか。	ほとんどない	20
	あまりない	7
	ふつう	20
	少しある	40
	かなりある	7
2. 現在、同じテーマで3グループ、別のもう1つのテーマで3グループが実験をしている。3グループが同じテーマで実験をしていることはメリットであるか。3、4年生のとき別々のテーマで実験していたときと比較して答えよ。	まったくない	7
	ほとんどない	16
	ふつう	47
	少しある	27
	非常にある	0
3. 5年の生物工学実験はどのようなやり方がよいか。	先生2人、各先生が同時に4テーマ	33
	先生2人、各先生が同時に1テーマ	13
	先生1人が同時に4テーマ、全グループ同じテーマ	0
	先生1人が同時に1テーマ、全グループ同じテーマ	13
	先生1人が同時に2テーマ、3~4グループが同じテーマ	27

て質問したところ、“ふつう”が47%で最も多く、“まったくない”と“ほとんどない”が合計33%、であったが、“少しある”が27%であった。これも意見が分かれた。

そして、“実験はどのようなやり方がよいか”との質問に対して、“先生2人、各先生が同時に4テーマ”が33%と最も多かった。これは、基本的には3、4年生の実験と同じ体制である。次に、“先生2人、各先生が同時に1テーマ”が13%、“先生1人が同時に1テーマ、全グループ同じテーマ”が13%、“先生1人が同時に2テーマ、3~4グループが同じテーマ”が27%であった。これは基本的には現在の体制である。以上をまとめると“先生1人”がよいという学生は合計40%であり、逆に“先生2人”がよいという学生は46%であった。しかし、“先生”が2人いたとしても、それぞれ“先生1人が1テーマ”を見るやり方には、26%が賛成している。また、複数のグループが同じテーマで実験することに賛成しているのは53%である。

以上のことから、教官がたとえ1人であっても複数のグループが同じテーマで実験しているのならば、学生の方にもあまり強い反対はないのではないかと考えられる。また、学生の“先生2人、各先生が同時に4テーマ”がよいという理由は先

に述べた様に“他のグループと同じテーマのため、借りたい本を他のグループが借りてしまい図書館で見つからない”ことを挙げていたが、これは図書館の本を増やせば解決する事柄である。そして、“同じテーマであると、何も考えずに人のレポートを写していく者がいる”ことを挙げた者もいたが、これは同じグループの中でもあり得ることであり、学生にその点を徹底し、教官がしっかり監視するしかないと考えられる。

(4) 望ましい実験指導体制

学生の教育効率が最も高く、しかも、教官の省力化が最もなされている体制が最もよいと考えられる。しかし、現実にはその両方を同時に実現することは非常に難しいであろう。また、教育効果を一元的に論じることもできない。しかし、あまり手をかけ過ぎて、つまり“教育”し過ぎることも問題ではある。より好ましい実験体制を考えると、教官が付ききりで指導することには利点もあるが、マイナスも大きい。学生がまったくやったことのない実験を指導するには、教官が常にそばに居て手取り足取り教える必要があり、これのできる体制が好ましい。しかし、学生が自分で工夫するような実験あるいは単純な実験では、教官は付ききりでいることは却ってマイナスである。前者の実験は3、4年生の実験、後者は1、2年生の実験に相当すると思われる。

1、2年生の実験では教官は付ききりある必要はなく、ある程度遠くから見ていて、指導した方がよいと考えられる。アンケートパート1にあったような3人の先生でも少ないという意見は、学生の依存心の現れであり、あまり傾聴するにはあたらない。むしろ、教官1人、技官1人の“ほどよい緊張感”の中での実験の方がよいと思われる。3、4年生の実験では、ともかく同時に3、4テーマを同時進行させるのは教官にとって負担が多すぎる。また、学生のためにもならないであろう。教官が忙しすぎて、手取り足取りやるべき実験指導ができない。1人の教官は、10名程度を見るにしても、同じテーマにすべきである。同じテーマであれば、教官の負担はかなり少なくなり、指導もゆとりが出てくる。そして、学生も他のグループとの意見交換が共通のテーマについてできる。3、4テーマを同時進行させるやり方だと、学生

は教官よりも友人から得た情報を重視せざるを得なくなる。なぜならば、教官は忙しくてまともに自分の話を聞いてくれないこともある。しかしながら、筆者は、次の指導体制を推奨する。つまり、1人の教官は、同時に20人に対して2テーマを指導する。学生10人ずつ（2人が5グループ）がそれぞれのテーマをこなすのである。これを1人の教官が2週間にわたって行った後、もう1人の教官が同じことをするのである。この間最初の教官は、教材研究など別のことができる。またこのメリットは、教官の予定に合わせて実験テーマの実施予定をずらしたり、交換したりできる点である。このことを1、2年生の実験にも応用すべきと考える。すでに、5年生の生物工学実験には応用可能であることがほぼ実証されている。1999年度前期は筆者が生物工学コース5年生の生物工学実験を1人で担当し、毎週2テーマをこなすことに成功した。この科目の担当者がもう1人いて、テーマ数が確保されていれば上記の方式は可能である。ただ、他の学年の実験に応用するときの問題は実験器具である。少なくとも担当するグループの数だけ器具あるいは装置が揃っている必要がある。使用する装置に固執せず、教官が工夫すれば、複数のセットを揃えて実験を行うことは可能ではないかと考える。実験器具を節約するよりも、教官の時間と学生の学習効果を重視すべきと考える。

4. おわりに

本研究において、高等専門学校の化学系学科のカリキュラムが、高等学校や工業高校と比べて、質、量ともに優れていることが改めて明らかとなった。特に、実験科目の質と量は目立っている。しかし、その内容はややもするとその量に比べておろそかになりやすい。今後、高専でも授業時間数が減らされ、より効率的な授業運営が求められていくはずであるので、実験の中身を充実させることは必要である。それと共にその効果的な指導体制の確立も求められていくはずである。本研究の後半は学生の教育効率と教官の省力化という観点から実験の指導体制を論じたものである。本論文がカリキュラム改革等何かの参考になればと考える。

参考文献

- [1] 春山志郎、化学と工業、50巻、3号、
p289 (1997)
- [2] 春山志郎、工業教育、39巻、3号、p35
(1991)
- [3] 田中俊六、工学教育、44巻、2号、p8
(1996)
- [4] 石田博樹、工業教育、43巻、3号、24
(1995)
- [5] 奥山優、化学と教育、47巻、9号、
(1999)
- [6] 天野郁夫、大学—変革の時代、p216
(1994)
- [7] 文部省、高等学校学習指導要領の解説
(1994)
- [8] 茨城県の普通高校2校、兵庫県の普通高校
1校の理科教員の話
- [9] 理科教育 生の声、第6回化学教育フォー
ラム講演要旨集 (1998)
- [10] 工業教科(工業基礎・実習・課題研究)
内容に関する調査報告、
工業教科内容調査会
(1997)

「受理年月日 1999年9月30日」