

## 大学の化学系学生が教養と専門基礎で学ぶ数学についての調査研究

### Investigation on Mathematical Subjects for the Students of Chemical Courses in the General and Specialized Basic Education of University

胸 組 虎 胤

Toratane Munegumi

日本技術者教育認定機構 (JABEE) の審査を受けるに当たり高専の授業科目と大学の授業科目の内容、時間数の対応を明確にすることが問題になっている。本論文では、特に大学の教養と専門基礎科目の単位数、授業内容を調査し、高専の化学系の学生が数学の科目でどの程度の量と水準を学習することが必要であるかについて考察した。その結果、数学単位は専門基礎科目で 8 単位程度、内容的には線形代数学 4 単位、微分積分学 4 単位程度が一般的であり、高専でもその程度の学習で十分であると考えられる。それよりハイレベルの科目については選択とし、むしろこれら 8 単位が十分身につくようなカリキュラムの配置が適切であると考えられる。

#### 1. はじめに

技術者教育に欠かすことができない数学教育の量と質が、日本技術者教育認定機構 (JABEE) の受審に関連して問題になっている。JABEE に関連し、特に、技術系でもあまり高度な数学的知識や素養を必要としない化学系学科や建築系学科では、数学の科目や単位数を増やして量を確保し、大学レベルの数学内容を教えることで基準をクリアする努力が必要な場合がある。学習・教育目標の水準<sup>1)</sup>と、学習・教育の量にある共通教育での数学科目の量が問題になるからである。<sup>2)</sup>

しかし、JABEE の審査に通るために闇雲に量と質を整えることは誤りである。まず、現在の小山高専で行われている、そして、おこなわれるべき数学教育と、JABEE の目指す大学レベルの量と質の間にもどのようなギャップがあるかを正しく認識すべきであ

る。その上で、どのようにそのギャップを埋めるべきかについて正しい戦略を立てる必要がある。

本論文では、国立大学の工学部の化学系学科の学生がどの程度の数学教育を受けているかについて、大学のホームページから得られる情報を調査し、考察した。その結果、国立大学工学部化学系学科の学生が学ぶ標準的な数学科目は、線形代数学 4 単位と微分積分 4 単位であることが明らかとなった。

#### 2. 方法

本研究は全国の国立大学のうち工学系学部で化学を専門とする学科のカリキュラム表とシラバスをそれらの大学、学部、学科のホームページで調査し、そこから得られる授業内容について比較することによって行った。国立大学のホームページのアドレスは文部科学省ホームページ (<http://www.mext.go.jp>)

の関連サイトへのリンクから入手した。<sup>3)</sup>

調査した国立大学の学部と学科を表1に示す。大学によっては対象とする学部、学科を持たないものもあった。たとえば、高知大学には工学部がなく、理学部があったが、当然、工学に関連する化学系学科はなかった。また、香川大学工学部と琉球大学工学部には化学系学科がなかった。今回の調査では同じ大学に工学系学部が複数ある場合、それらが工学部と理工学部ならば工学部を、理工学部のみならその学部を、大阪大学だけについては工学部と基礎工学部の両方を調べた。全国の大学のうち工学部と理工学部は160余りあり、国立大学はそのうちの約3分の1を占めている点、そして、ほぼ各県に1学部ある点、そして、規模などから考えて一定のデータが得られると考えられる。以上のことから、今回は国立大学に限って議論を進めることとした。

表1 調査対象とした大学学部の化学系学科

大学学部	学科名
北海道大学工学部	応用化学科
室蘭工業大学	応用化学科
北見工業大学	化学システム工学科
弘前大学理工学部	物質理工学科
岩手大学工学部	応用化学科
秋田大学工学資源学部	環境物質工学科
東北大学工学部	化学・バイオ系
山形大学工学部	物質化学工学科
茨城大学工学部	物質工学科
筑波大学基礎工学	物質工学科
宇都宮大学工学部	応用化学科
群馬大学工学部	応用化学科
埼玉大学工学部	応用化学科
千葉大学工学部	物質工学科
東京大学工学部	応用化学科
東京農工大学工学部	応用分子化学科
東京工業大学工学部	応用化学コース
横浜国立大学工学部	物質工学科
新潟大学工学部	化学システム工学科
長岡技術科学大学工学部	物質工学課程
山梨大学工学部	物質・生命工学科
信州大学工学部	物質工学科

富山大学工学部	物質生命システム工学科
金沢大学工学部	物質化学工学科
福井大学工学部	生物応用化学科
岐阜大学工学部	応用化学科
静岡大学工学部	物質工学科
名古屋大学工学部	分子化学工学コース
名古屋工業大学工学部	応用化学科
豊橋技術科学大学工学部	物質工学科
三重大学工学部	分子素材工学科
京都大学工学部	工業化学科
京都工芸繊維大学工学部	物質工学科
大阪大学工学部	応用自然科学科
大阪大学基礎工学部	化学応用科学科
神戸大学工学部	応用化学科
和歌山大学システム工学部	精密物質学科
鳥取大学工学部	物質工学科
島根大学総合理工学部	物質化学科 (化学系)
岡山大学工学部	物質応用化学科
広島大学工学部	第3類応用化学課程
山口大学工学部	応用化学工学科
徳島大学工学部	化学応用工学科
香川大学工学部	対象学科なし
愛媛大学工学部	応用科学科
九州大学工学部	物質科学工学科
九州工業大学工学部	物質工学科
佐賀大学理工学部	機能物質化学科
長崎大学工学部	応用化学科
熊本大学工学部	物質生命化学科
大分大学工学部	応用化学科
宮崎大学工学部	物質環境化学科
鹿児島大学工学部	応用化学工学科
琉球大学工学部	対象学科なし

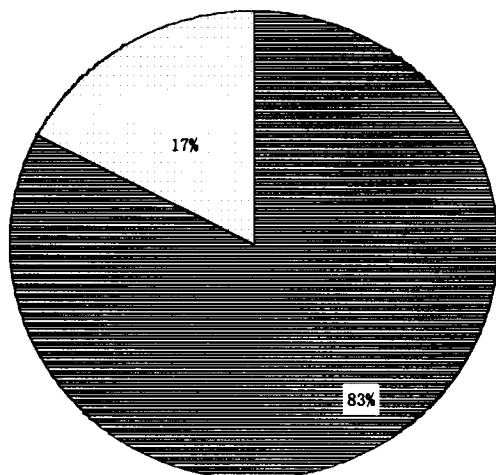
この表で、化学系学科の名称は非常に多くの種類があるが、カリキュラムの内容からすると、やはり化学を基本とする生産に関係する学科であった。多く使われている名称は応用化学や物質工学であり、工業化学という名称は京都大学工学部にあるのみである。

### 3. 調査結果と考察

3-1. 国立大学工学部化学系学科のシラバスの公開状況

## 大学の化学系学生が教養と専門基礎で学ぶ数学についての調査研究

図1にシラバスの公開状況を示す。



■ HPでシラバス公開  
□ 工事または非公開

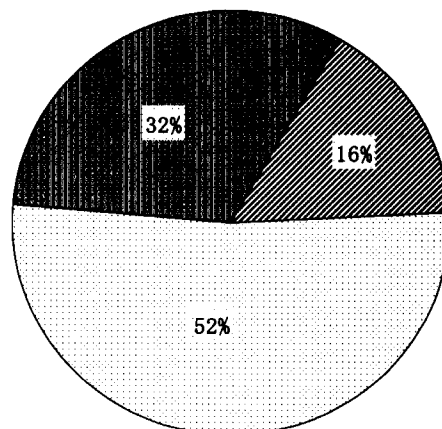
図1. 大学工学部化学系学科のシラバス公開  
対象学部54、対象学科52  
(2学科には対象学科がない)

ホームページを調査すると、カリキュラム表とそれを構成する各科目のシラバスを両方公開しているところ(52学科中43学科(83%))がほとんどであり(図1)、工事または非公開のところは9学科(17%)であることが分かった。

次に、公開しているカリキュラムやシラバスについて、その公開状態がどのようになっているかを調べた。これらカリキュラムの一部を公開してはいるが、カリキュラム表を公開していないもの、カリキュラム表を公開して入るが、シラバスに対応する科目が必修であるか選択であるかについての十分な情報が明かなものとして分類できる。これを図2に示す。

以上の結果から、シラバスが公開してあっても、外部からはそのカリキュラムの内容を十分に把握できないものが半数近くであることがわかった。外部からの十分な把握ができないと考えるのは、調査する立場からの意見であるかもしれないが、少なくともカリキュラム表から、必修、選択の区別、履修方法(何科目取ればよいかなど)について公開しておくべきではないだろうか。それは、学生が大学外から自分のコンピューターを通してアクセスしたり、その大学に興味をもつ

者(大学や大学院への入学希望など)がカリキュラムを見たいと考えた時に、その希望を叶えてあげられるサービスであるからである。公開が十分でない場合には、その大学が閉鎖的であるという印象を与える。



■ カリキュラム表非公開  
□ 公開必修選択識別可  
■ 公開必修選択識別不可

図2. カリキュラムとシラバスの公開  
カリキュラム表非公開:カリキュラム表が公開されていない  
公開必修選択識別可:カリキュラム表かシラバスが公開されていて選択必修の識別可能なもの  
公開必修選択識別不可:カリキュラム表かシラバスが公開されていて選択必修の識別ができないもの

### 3-2. 国立大学工学部化学系学科の数学必修科目について

図2にある必修選択の科目が識別できる学科を選んで、その専門基礎科目の数学について調査した。まず、最近ではほとんどの大学が教養科目20単位を自由選択としており、数学の科目を必修として科している所はあまりなかったが、鹿児島大学工学部応用化学工学部、広島大学工学部第3類応用化学課程、名古屋大学工学部分子化学工学コース、豊橋技術科学大学工学部物質工学科は教養科目に数学を必修として科していた。

これらの教養科目も含めて各学科の数学で必修とされる科目の単位数が何単位であるか図3に示す。

縦軸は必修となっている数学科目の単位数を示し、横軸はその単位数を必修としている学科の数を示している。多い所では10単位や12単位を科している所もあるが、ほとんどの学科の必修数学単位数は6単位か

8単位であった。この表で対象とした学科は20であり、平均すると7.9単位を必修としていることがわかった。

次に、これらの学科がどのような科目を必修科目としているかを図4に示す。

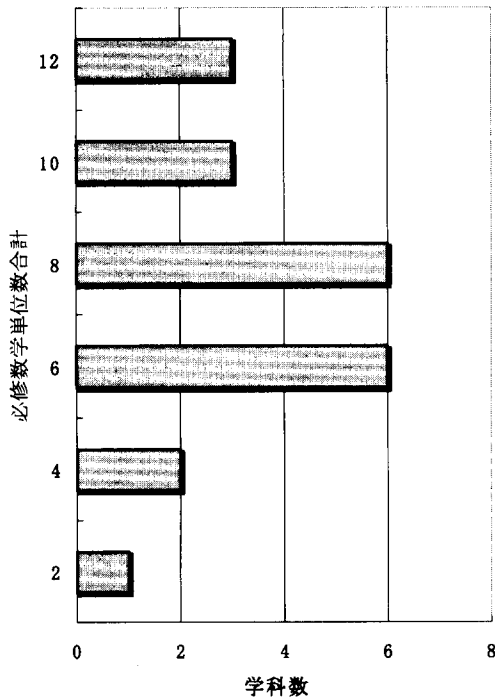


図3. 必修数学科目の単位数と学科数

図4のように微分積分学を必修としている学科が17(20学科中の85%)、線形代数学を必修としている学科が19(20学科中の95%)であり、これらは他の科目よりも圧倒的に多く必修科目として採用されていた。また、これ以外の科目を必修としている学科もあったが、それらの科目は、フーリエ変換、ベクトル解析、ラプラス変換、応用解析、微分方程式がそれぞれ1(5%)、2(10%)学科で採用されていたが、科目の種類も5科目と少なかった。尚、微分積分学という科目の中で、微分方程式を扱っている学科もあったが、それは微分積分学として数え、微分方程式という科目を掲げているものは別に微分方程式として数えた。

以上のことから、微分積分学4単位、線形代数学4単位を必修とするのが、国立大学工学部化学系学科の

平均的なカリキュラムであると見ることができる。

したがって、国立大学工学部化学系学科卒業程度の必修数学科目が、このようなものであるとすると、同程度の内容が高等専門学校専攻科の化学系専攻で教えられるべきである。

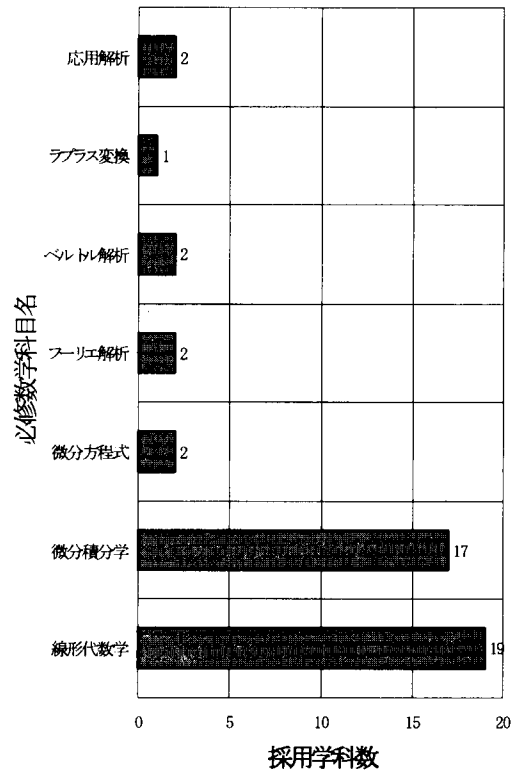


図4. 必修数学科目と採用学科数

一方、それ以上の内容を教えるべきかという問題がある。国立大学工学部化学系学科では、必修以上の数学は選択であって、取らなくてもよいようになっているところが多い。多くの学生は微分積分学4単位、線形代数学4単位を取って卒業していく。そこで、高等専門学校化学系学科でも、それ以上の高度の内容は選択とすべきではないだろうか。

### 3-3. 小山高専の数学科目について

小山高専の物質工学科に入学した学生が履修すべき数学科目は、表2のようである(専攻科では選択)。

まず、本科の科目から見ていこう。1、2年生では高等学校の数学を含む基礎数学を教え、2年生ではそ

## 大学の化学系学生が教養と専門基礎で学ぶ数学についての調査研究

れを發展させつつ、大学レベルに近い専門の基礎を教え、そして、3年生では大学の科目と同じ科目名の解析学や線形代数学を教えている。3年間で基礎から専門への教育をするための苦勞の策と見ることができる。

表2、小山高専物質工学科および物質工学専攻の学生が履習する数学科目

学年	科目名	単位	50分1時間 間で計算	実時間
本科				
1年生	基礎数学 A	4	120	100
	基礎数学 B	2	60	50
2年生	微分積分学	4	120	100
	代数・幾何学	2	60	50
3年生	解析学	2	60	50
	線形代数学	2	60	50
4年生	応用数学 II	2	60	50
	数学演習	1	30	25
5年生	なし	0	0	0
専攻科	数値計算法	2	30	25
1年生				
専攻科	応用解析学	2	30	25
1年生				

さらに、大学と同年代の4年生では応用数学 II と数学演習を各2単位、1単位を配置している。ここで注意しなければならないのは、時間数が実時間 50 時間と 25 時間の合計 75 時間であり、大学の6単位分に相当するという点である。これは国立大学工学部化学系学科の平均である7.9単位より少ないものの、その76%が確保されているのである。

一方、JABEE の人体基準には、『プログラムは学習保証時間（教員の教授・指導のもとに行った学習時間）の総計が1,800 時間以上を有しているか。さらに、その中には、人文科学、社会科学等（語学教育を含む。）の学習 250 時間以上、数学、自然科学、情報技術の学習 250 時間以上、および専門分野の学習 900 時間以

上を含んでいるか。』<sup>4)</sup>とある。ここで特に重要なのは下線部分であり、小山高専の現行のカリキュラム75時間では175時間(高専単位で7単位分、大学・専攻科単位で14単位分)足りない。

これらの足りない単位数はどのように補うべきか。大学と同等の数学科目の量を確保するならば、大学より少なくなっている24%分の25時間(高専単位で1単位、大学単位で2単位)を補い、それでも足りない150時間を情報や自然科学で補うべきであろう。

それでは、数学科目をどこに入れるかである。高専単位として補うならば、5年生に1単位の数学科目を入れるのが適当であろう。また、専攻科単位として補うならば、現行の専攻科科目のうち、より基礎的な科目を当てるか、物質工学専攻に合った新しい科目を作るかしかない。ただし、これらの内容は、図3と図4にあるように線形代数学と微分積分学の内容とレベルで十分である。

ところで、これらの提案は、実は下記の一文を前提とした内容である。すなわち、『JABEE は認定基準を満たす高専の教育課程（本科の4、5年生+専攻科）を技術者教育プログラムとして認定する。』とあり、4、5年生と専攻科だけを考えに入れているのである。しかし、JABEE の認定基準にはそれと矛盾したように見える文章がある。（高専専攻科の教育プログラムの取り扱い—JABEE 認定プログラム修了生となる条件—）

### 3-4. JABEE基準の矛盾と3年生の数学科目の扱い

JABEE の認定基準では、『JABEE は認定基準を満たす高専の教育課程（本科の4、5年生+専攻科）を技術者教育プログラムとして認定する。』<sup>5)</sup>としながら、同時に『なお、大学学部単位と高等専門学校の高学年（4、5学年）および専攻科の単位は同等のものとして扱う。また、高等専門学校における3学年の授業科目であっても、内容の程度が大学学部の授業科目と同程度であることを教育機関が証明できる授業科目の単位は、大学学部の単位と同等のものに含めることができる。』<sup>6)</sup>としているのである。これでは、3年生の科目を含めていいのか、含めてはいけぬのか明確でない。

それでは、3年生を含めてよい場合の対処法を示そう。最も容易な方法は大学の科目と同じ科目名の解析学（2単位 50時間）や線形代数学（2単位 50時間）

3を大学程度と認めてもらえばよいと考えられるかもしれない。これらの科目の合計時間は100時間であり、これが含まれれば、『数学，自然科学，情報技術の学習 250 時間以上』<sup>4)</sup>という基準を満たすことができる。専攻科の数学科目はJABEEの認定には不要な科目となる。

しかし、『この場合，シラバス，教科書，試験問題と解答などを実地審査時に提示して同等性を主張しなければならない。』<sup>7)</sup>という条件があり，3年生の数学が大学レベルであることを証明しなければならない。

3年生の数学科目がJABEEの審査対象となるかならないかは，小山高専の数学科目全体の組み立てにも関わり，重要な問題である。一刻も早く，審査基準の矛盾点についての見解が出て欲しいものである。

#### 4. おわりに

本論文の調査研究から，次のようなことが分かった。

- (1) 多くの国立大学工学部化学系学科で，カリキュラムとシラバスの公開が行われていたにもかかわらず，その数学科目の内容を十分把握できるものは50%程度であった。
- (2) 必修が判別できるカリキュラムとシラバスから，数学の必修科目は，平均7.9単位であり，平均的な科目と単位数は線形代数学4単位，微分積分学4単位であった。
- (3) 小山高専物質工学科では大学の平均的数学単位の76%（時間的に）がすでに開講されていた。
- (4) JABEEの審査基準にカリキュラムを適合させるには，さらに，50時間の数学の授業が必要であり，これは5年生に1単位（50時間）の授業を新設するか，専攻科で2単位の授業を行えば良い。
- (5) 3年生の数学科目が大学程度と認められるならば，解析学（2単位50時間）や線形代数学（2単位50時間）を不足分に当てれば十分である。

以上，国立大学工学部化学系学科のカリキュラムをモデルに話を進めてきた結果，上記の（2）のような必修科目で十分であるという結論になった。しかし，工学の融合・複合で審査が行われる場合に，専攻の目標をどこに置くかで，その教育を裏付ける数学のレベル，授業時間数が変わる。さらに，そのときの時代状

況，工学教育の捉え方等によって必修科目は変化していく可能性がある。したがって，この点については将来も常に議論していかなければならない。

#### 参考文献

- (1) 「自己点検書作成の手引き」（2003.3.10改訂）、p3、18行目、日本技術者教育認定機構
- (2) 「自己点検書作成の手引き」（2003.3.10改訂）、p6、21行目、日本技術者教育認定機構
- (3) 文部科学省ホームページ（関連サイトへのリンク）：[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/link/index.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/link/index.htm)
- (4) 「自己点検書作成の手引き」（2003.3.10改訂）、p7、12行目、日本技術者教育認定機構
- (5) 「高専専攻科の教育プログラムの取扱い」（2003.7.11）、日本技術者教育認定機構
- (6) 「自己点検書作成の手引き」（2003.3.10改訂）、p7、1行目、日本技術者教育認定機構
- (7) 「自己点検書作成の手引き」（2003.3.10改訂）、p7、5行目、日本技術者教育認定機構

〔受理年月日 2003年9月29日〕