

高等学校における理数科目の履修状況および基礎概念の学習度調査 (2005 年 4 月)

原田 茂治

The Investigation on the Degree of Learning of Our Freshmen in High School Subjects in Science and Mathematics and on the Understanding Level of Their Basic Concepts (April, 2005)

HARADA, Shigeharu¹

1. はじめに

高等学校普通科に在学した戦後の団塊の世代は、理科のすべて(物理・化学・生物・地学、但し物理と化学ではAかBを選択履修できた)と²、数学では、数学とAまたはBが必修科目であった。数学だけが必修ではなかったが、多くの生徒は数学も学んでいた。ついでに記しておく、国語や社会の履修にも選択の余地はなく、すべての科目を学んだ。そしてその基盤の上に高等教育が成り立っていたのみならず、高等学校で学ぶ内容は、それだけでもまとまりのある有用なものであった。

1973年施行の高等学校学習指導要領¹⁾によって、理科は「基礎理科6単位、物理、物理、化学、化学、生物、生物、地学、地学(、とも3単位)から基礎理科1科目またはを2科目必修(最低単位は6)」となり、数学は「数学一般」または「数学I」が必修となった。この教育課程で学んだ生徒が某大学理類に進学したとき、どういう問題が生じたか? 筆者はその頃、学生の生の声をしばしば聞かされた。「高校で物理を取らなかったで、全く理解できない講義が数多くある」という悩み(恨み)が一番多かったように記憶している。大学では当時まだそのような学生のケアを行っていなかったのであろう。このカリキュラムの失敗は、理科に共通の素養を与えることなく、物化生地を選択科目化してしまったところにあると思われる。選択制が取り入れられると同時に、例えば化学では化学において内容が高度化された。従来大学の初年度で学んでいた「混成軌道の考え方や平衡定数の定量的取扱」などが導入された。高校化学がもっとも高度な内容をもった時代であった。なお、この時代に共通一次試験が開始された。

1982年に施行された高等学校学習指導要領¹⁾では、理科は「理科4単位、理科

¹ 連絡先 〒422-8021 静岡市駿河区小鹿 2-2-1 静岡県立大学短期大学部一般教育等
E-mail: haradas@bambi.t.u-shizuoka-ken.ac.jp

² 1951年公示の高等学校学習指導要領では、物理、化学、生物、地学各5単位から1科目必修、1956年公示の同要領では、物理、化学、生物、地学各3または5単位から2科目必修(最低単位は6)であり、1960年公示の同要領によって、(物理A3単位、物理B5単位)、(化学A3単位、化学B5単位)、生物4単位、地学2単位から12単位必修(普通課程)、つまり「物化生地」必修となった。¹⁾

2 単位，物理，化学，生物，地学各 4 単位のうち理科 必修（最低単位は 4）」となり，数学は「数学 4 単位，数学 ，代数・幾何，基礎解析，微分・積分，確率・統計各 3 単位のうち数学 必修」となった。理数科目の選択制が徹底されたのである。必修の理科 は物化生地から各 1 単位ずつ，基礎的で大切な部分を寄せ集めてきたような内容だったが，これはこれで重要な意味があった。少なくとも「モル」を学ばなかったという高卒者を生み出すことはなかった。大学は入学生に必要な基礎学力を確保するために，2 次試験において理科・数学の受験科目を指定したので，生徒はそれを履修したが，1987 年には共通一次試験の理科が 1 科目となり，理科 以外の履修者の減少が始まった。

1992 年に施行された高等学校学習指導要領¹⁾（現行）によれば，理科は「総合理科 4 単位，物理 A，物理 B，物理 ，化学 A，化学 B，化学 ，生物 A，生物 B，生物 ，地学 A，地学 B，地学 （ A は 2 単位， B は 4 単位， は 2 単位）のうち，総合理科，各 A， B から 2 区分³にわたって 2 科目必修（最低単位は 4）」，数学は「数学 4 単位，数学 ，数学 ，数学 A，数学 B，数学 C 各 3 単位のうち，数学 必修」となった。すべての理科を学びたくとも，高等学校ではカリキュラムの時間的制約上 2 学科目（例えば，物理 B + ，化学 B + ）しか受講できないのが実情である。物理や化学の教科書を見ると， B だけを学ぶだけではその学科目のひとまとまりを学んだことにならないことがわかる。までを学びたいが，そうすると生物を学べない。このような状況で医学部等に進学する生徒は悩む。ところで生物の教科書を見て驚いた。しっかりとした化学的素養がないと理解は困難だ。理科を学ぶためのエッセンシャルミニマムを学ばせないと，その後学ぶ理科系科目は基礎を欠き，相互に関連せず，発展性のないものになってしまう。大学で理科系科目を学ぶためのエッセンシャルミニマムとは，数学 程度の初等微積分と高校物理の基礎概念に高校化学の基本的内容を足し合わせた内容ではないかと著者は考える。決して生物や地学を無視するのではない。それをも学ぶために必要な素養なのである。

ところで，本学の入学生について言えば，そのエッセンシャルミニマムはほとんど形成されていないことが 2004 年に行われた「理数科目の履修状況および基礎概念の学習度調査」²⁾で明らかになった。そればかりか，化学必修クラスでは「モル」という言葉が通じない学生がかなり存在することに気付いた。本学でも（恐らく他学と同様に）総合理科を履修してくる入学生は稀であって，かつ物理を履修してくる入学生も少ない。ほとんどの学生は化学と生物を履修して入学してくる。それならば，「化学」の最重要でありもっとも基本的な概念である「モル」を理解していない学生は稀であるはずである。なぜそのような状況になっているのか？ この疑問が 2004 年度入学生（社会福祉学科を除く）に対して調査を行うことを思い立たせたきっかけであった。その結果は，「ほとんどすべての学生は高校化学 A または B を履修してきた。そして理系コースにいた者は化学を学んだが，文系コースにいた者はそれを学ばなかった（あるいはその内容を忘れた）」であった。2005 年度においても同内容の調査を行い，学生の理数科目に関する履修状況と素養を把握し，今後の講義の実施や新たな講義科目の設定に役立てようとした。

³区分とは，「総合理科」，「物理 A」または「物理 B」，「化学 A」または「化学 B」，「生物 A」または「生物 B」，および「地学 A」または「地学 B」の 5 区分からなる。

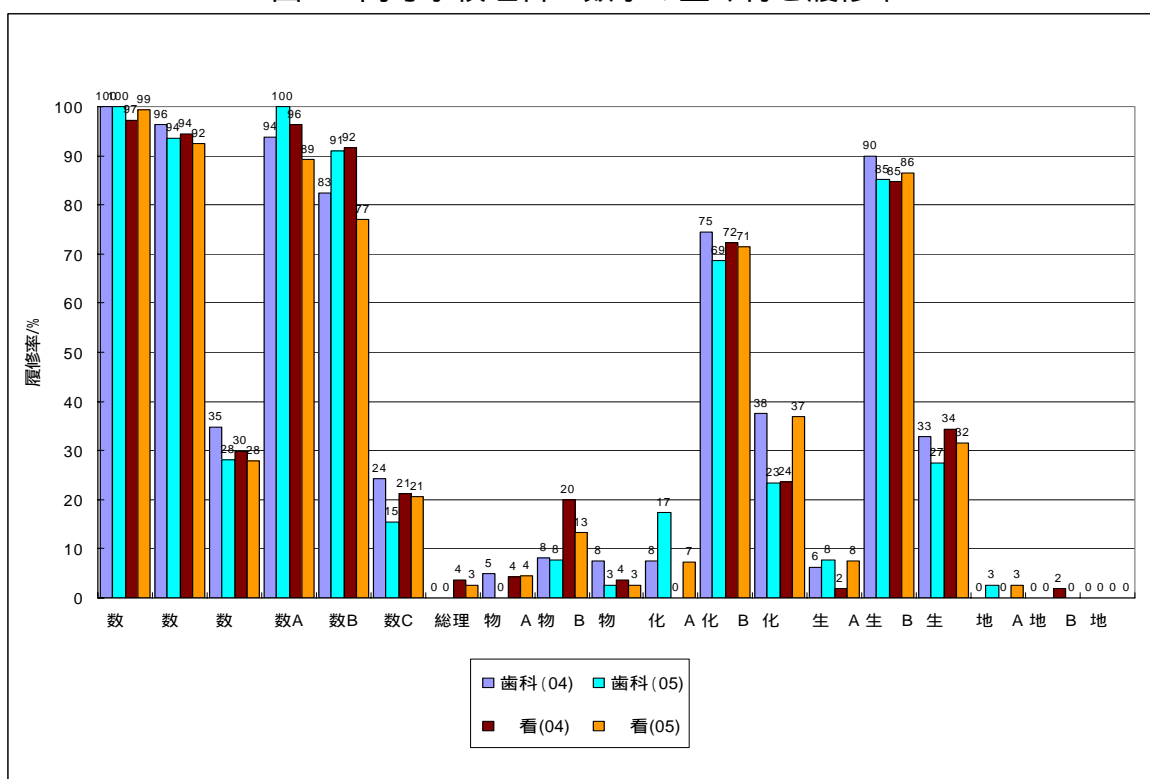
2. 調査内容

本学 2005 年度入学生（社会福祉学科を除く）の高等学校における理科・数学履修科目を調査し、そして「履修したのであるならば必ず知っているはずである基礎的な内容」に関する設問の解答を求めた。前者の履修率から形式上の、後者の正答率から実質上の「素養」を知ろうとした。

2.1. 既履修科目の調査

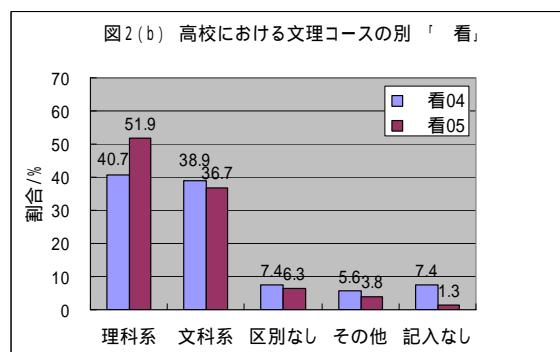
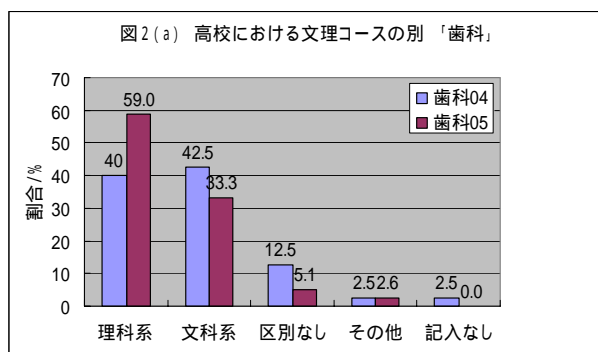
履修科目調査票と設問票をp. 11 および 12 に示す。昨年度の調査に用いたものと同じである。⁴ 履修科目調査票 1 では高等学校普通科で開講されている理科・数学の全科目を挙げ、既履修科目に を付けさせた。履修して単位を取得していても、実は教科書の半分しか授業が行われなかったということがあるので、そのような場合にはコメントを記すことを求めた。そのような事例は、数学 で 40 %を、化学 Bで 30 %を越えていた。化学 Bについては昨年度同様、1年生の時に前半だけをやったと答える例が多く、このことは本学における理科系専門科目履修上の大きな問題となっている（後述）。既履修を 10 点、半分履修を 5 点、「少しだけやった（3 点）」や「さわりの部分だけをやった（3 点）」、「一部やらないところがあった（8 点）」などと適当に点数化し、重み付きの履修率求めて図 1 に示した。

図 1. 高等学校理科・数学の重み付き履修率



図中の歯科および 看はそれぞれ、歯科衛生学科および第一看護学科の略称であり、

⁴ 設問票 1) で、重力加速度の値を与えた点だけが昨年度と異なる。



昨年度に比べて理系学生の増加がみられた。このことによって「高校理科・数学の履修率(図1)」が増加したとは言い難いであろうが、設問の平均得点は10%程度増加している(歯科: 3.05(04年度) 3.33(05年度), 看: 2.99(04年度) 3.38(05年度))。

2.3. 設問の平均得点とその考察

先に触れたように、設問票の問題は「履修したのであるならば必ず知っているはずである基礎的な内容」である。正解を10点、不正解を0点として平均得点を計算した。不正解であっても論理的な思考ができているときに5点を与えた場合がある。

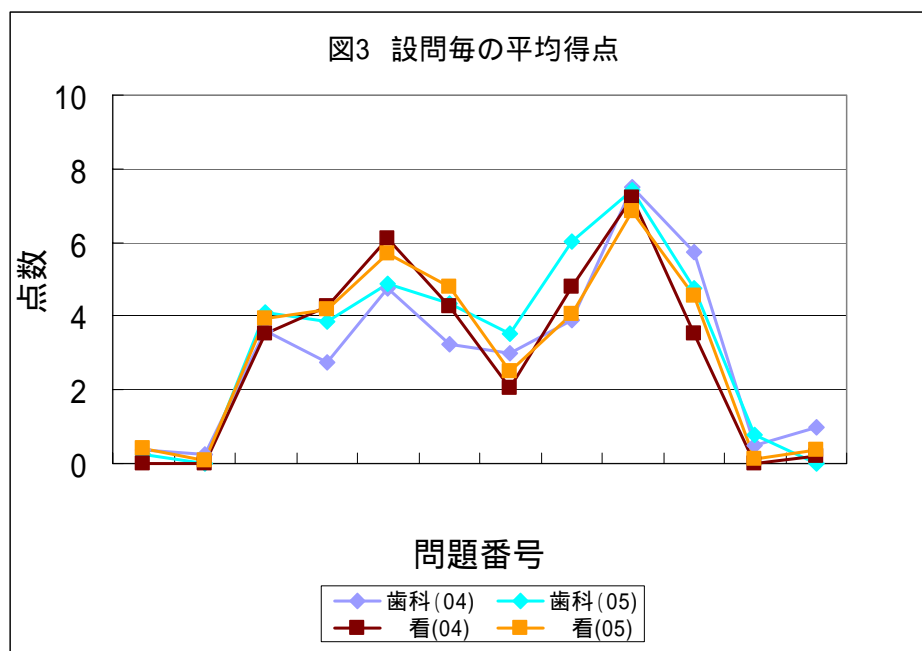
では力を知っているかを問うた。力 = 質量 × 加速度 を理解しているかを知る問題である。不正解の場合、物理的素養は皆無に近いと思われる。9.8 Nと答えた者は3名のみであった(昨年度は1 kgwと答えた者が1名だけであった)。では圧力を理解しているかを問うた。圧力を知らないのなら気圧や水圧、血圧の意味もわからないであろう。昨年度と同じく正解者はいなかった。既に報告したように、²⁾設問 および の内容は、実は中学校理科の教科書に次のように記載されている。「100 g の物体にはたらく重力の大きさは約1 Nである」⁴⁾、「面を押す力: 1 m²あたりの面を垂直に押す力の大きさを言い、これを圧力という。単位はN/m²。(そして欄外に1 Pa = 1 N/m²と記述されている)」⁵⁾。そして、1~2割の入学生が高校物理既履修であるにもかかわらず、正答者はほとんどいない。昨年度の報告書に次のように記した。「このような物理学上の基礎的な概念を理解していないと、専門科目で出てくる物理に関わる内容がすべて暗記すべき事柄になってしまい、思考もできず応用も利かないのではないかと危惧される。看護師や歯科衛生士が、微分方程式をたてて物理学上の問題を解くことはないと思うが、基本的な概念も知らないのでは困る(と思う)。そして、日常生活に現れる様々な物理概念を表す言葉を理解できず、事の判断ができないとなると、これはLiberal Artsの問題でもある。この状況は本年度においても何ら変わりがない。

から までの設問は、高校化学を履修していれば必ず答えられる内容である。ではエタノールの化学式を知っているかを確かめた。有機化学を学んだかどうかの確認問題となろう。平均得点は、歯科 4.1, 看 3.9(昨年度は歯科 3.6, 看 3.5)であった。せめてエタノールは知っていて欲しかった。では芳香族の代表化合物であるベンゼンの構造式を知っているかを確かめた。平均得点は、歯科 3.8, 看 4.2(昨年度: 歯科 2.8, 看 4.3)。では分子量を知っているかどうかを確かめた。平均得点

は、歯科 4.9， 看 5.7（昨年度：歯科 4.8， 看 6.1）であり、他の設問よりも高得点であった。では物質量（モル）を知っているか確かめた。平均得点は、歯科 4.4， 看 4.8（昨年度：歯科 3.3， 看 4.3）であった。とは化学のもっとも基礎を問う設問である。圧力もモル濃度も知らないならば、滲透圧も理解できないであろう。そうすると生理食塩水の濃度も理解できないことになる。では標準状態にある気体の体積を知っているか確かめた。これも化学の基礎を学んだかの確認問題である。平均得点は、歯科 3.5， 看 2.5（昨年度：歯科 3.0， 看 2.0）。からの正答率については、後に詳しく見てゆく。

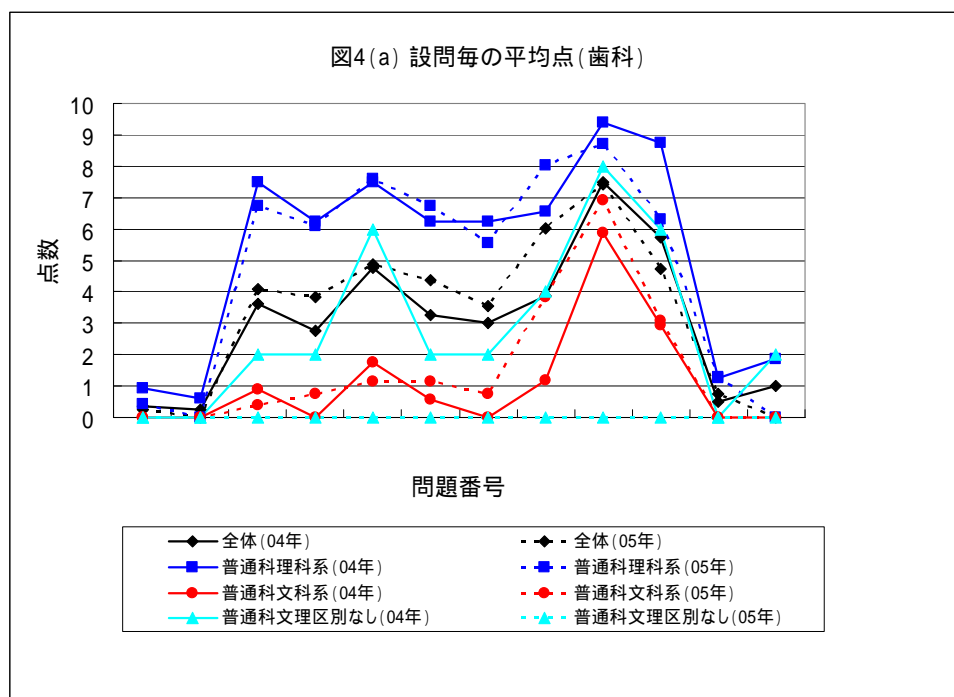
では対数を知っているか確かめた。pH の定義に必要な関数である。平均得点は、歯科 6.0， 看 4.1（昨年度：歯科 3.9， 看 4.8）であった。対数関数を学ぶ数学の履修率は 90 %を越えているのに、あまりにも身に付いていないことに驚く。
 ～ は、講義においてどの程度の数理的取り扱いができるかを知るために出題した。
 ， は数 の微分と積分， ， は数 の微分と積分の基本的な極めて易しい問題である。平均得点は， ， 歯科 7.4， 看 6.8（昨年度：歯科 7.5， 看 7.2）； ， 歯科 4.7， 看 4.6（昨年度：歯科 5.8， 看 3.5）； ， 歯科 0.8， 看 0.1（昨年度：歯科 0.5， 看 0.1）； ， 歯科 0， 看 0.4（昨年度：歯科 1.0， 看 0.2），であった。「数 の微分はできるが積分は怪しく、数 の内容は無理」という結果は昨年度と同じであった。講義において数理的取扱いをするのは、昨年度同様困難であることがわかったが、それでは統計学は学べないことになる。

設問毎の平均得点を図 3 に示す。

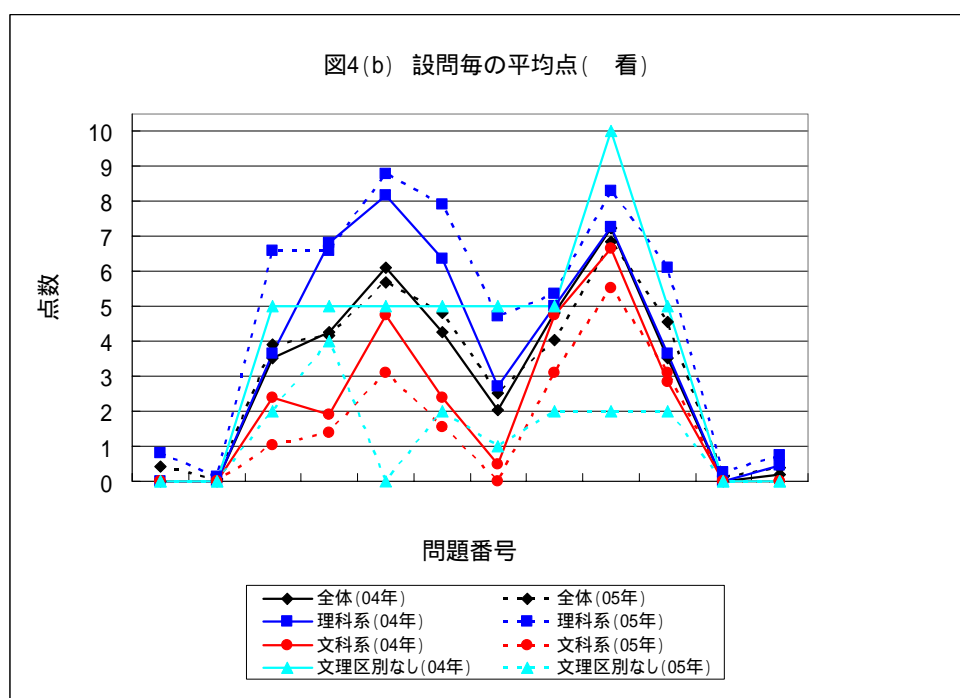


歯科において昨年度よりも ～ の得点数が向上してはいるが、設問内容の易しさからいうと、設問 の点数以外は、昨年度同様大変不満な平均得点であった。分子量（ ）ですら学生の半数程度しか理解しておらず、モル（ ）はそれ以下の理解度なのだから。昨年度の調査によると、この平均点の低さは文系学生の理解度の低さの現

れであった。そこで今年度も，理系文系にわけて平均点を集計することにした。その結果を図4(a)および(b)に示す。

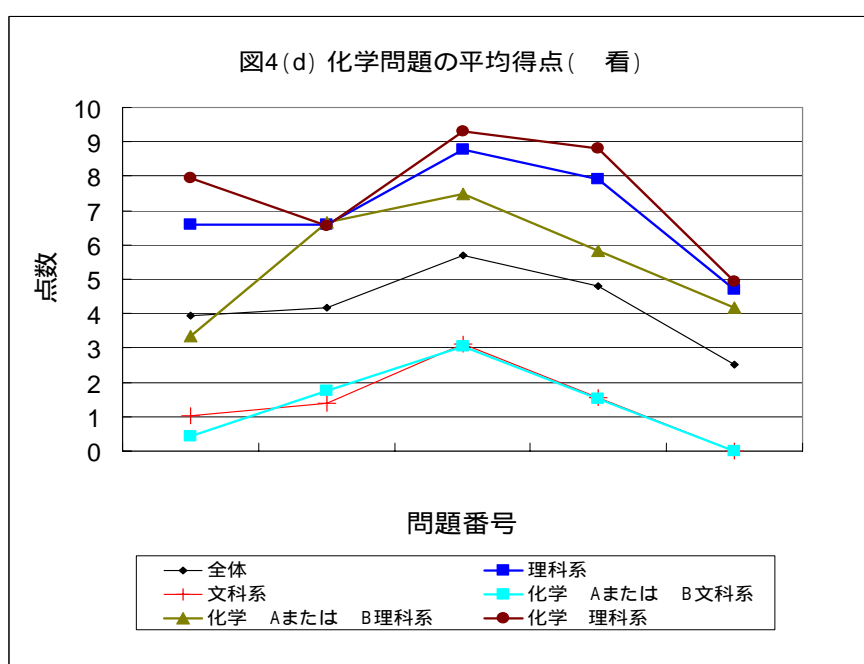
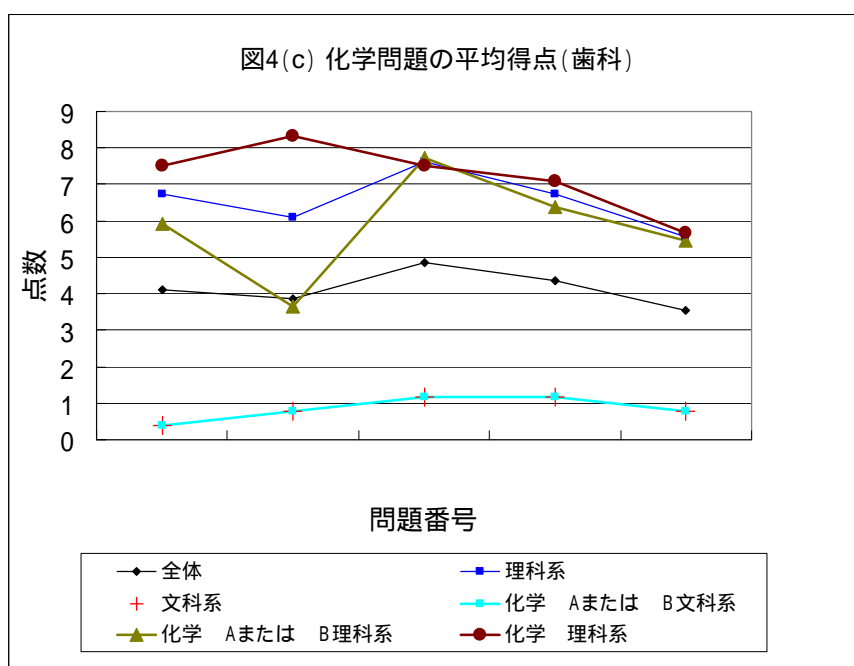


今年度も昨年度も，文科系学生の ~ の成績が惨憺たる結果であり，これが学科全体としての低得点の原因になっている。理科系学生の平均点だけをみれば6~8点であり，ひどく不満があるというほどではない。看(図4(b))では文科系学生の成績が少し上がるが，化学分野の設問の正答率は理科系学生の方がかなり高く，歯科に類似の傾向がみられた。



なお両学科とも、特に 看(04年)における「文理区別なし」の平均得点についてはあまり論じない方がよい。サンプル数が少ないために、数少ない高得点者の存在が平均点を引き上げてしまっているからである。

化学分野の設問()の平均得点が、化学の履修状態によってどのように異なるかを図4(c)および(d)に示した。設問は化学 Aでも Bでも必ず学ぶ極めて基本的な理解を問うものであるので、「化学 Aまたは Bだけを履修し、化学 を履修しなかった文科系学生」、「同様の理科系学生」、「化学 を履修した理科系学生」について平均得点を示した。なお文科系入学生で化学 既履修者は1名であったので、評価の対象とはしなかった。



昨年度同様、本年度も理科系化学 既履修者（通常は化学 Bも既履修）の平均得点はいくらか満足できる程度であり、理科系の化学 Aまたは Bだけを履修グループがこれに続く。しかしこの程度の問題は満点であってほしかった。一方、化学 Aまたは Bだけを履修した文科系学生の得点は極端に悪い。このことは、化学 B既履修の文科系学生のうち、歯科では54%が、看護では65%が前半しか学ばなかったという事実にも大いに関係しているであろう。この集計から昨年度と全く同じ結論が引き出せる。『文科系学生は化学を履修したが「学ばなかった」。設問、 、 に正答できない者は、恐らく化学（そしてその応用諸科学）を語る言葉を知らないのではないかと危惧される。講義を聴いても（聞いても？）すべてがわかりませんという学生がいる。そういうことになってしまうかも知れない。』

3. 提言

2004.7.30 付けで梅田一般教育等代表から本学改善実施委員会に提出された報告において、「この調査結果（前年度分）²⁾」を専門学科の先生方に提示し、専門学科の先生方が自然科学的な土台が専門教育の展開に必須のものだと判断されるならば、そのとき一般教育等では導入教育の問題を考え、提案しよう、ということになっております。」と述べた。私どもはその判断を待ったが、成果は得られていない。高校理数科目とそれに接合する理科系教養科目が専門科目の基礎になっているという前提で、物理・化学について再度提言を試みておく。

改善すべき点は、まず「物理学の概念を学べる科目」の必修科目としての開講である。既に述べたように、基礎概念の理解なく学ぶことは単なる暗記にとどまってしまふ。そして「歯科文科系学生および化学未習者のための基礎化学」の必修科目としての開講である。次年度から歯科では教養科目の「生活の化学」が選択科目になる。今年度までとは違って、学びたい学生が教室に集うのであるから、講義はずっとやりやすく楽しくなるであろう。しかし、設問の平均点が1点程度の学生をそのまま放置するわけにはゆかないと思う。看護文科系学生および化学未習者については、既存科目である「看護のための化学基礎」で対応できるであろう（2単位化することが望ましい）。高校理数科目の選択の自由度が大きくなっている（＝理科のエッセンシャルミニマムを学ばなくなっている）今、入学生の素養の程度に応じた科目を開講する必要がある。そして文科系学生と未履修者には専門課程で必要となる基礎概念の習得に努めさせ、理科系学生には一段高い立場からの理解を求める。次年度にはいわゆる「2006年問題」を抱えた学生が入学してくる。理科の素養は一段と低下し、学力差は拡大しているであろう。今や我々には対応が求められている。他に、「先の報告において、統計学担当者から数理科学を学ぶための基礎的な科目の開講が要請された」が、今年度の調査でもその必要性を裏付ける結果が得られたことを付記しておく。

『以上では、高校理数科目とそれに接合する理科系教養科目が専門科目の基礎になっているという考えの基に提言申し上げたが、「必要な基礎概念は専門教育の中で教授しているので、自然科学系科目の導入教育は不要」というご指摘や、「専門科目を学ぶ際に、その理学的根拠までは考える必要はない」とするお考えもあるかもしれない。これらをも含めてご判断をお聞かせ願いたい。』という結語も前報²⁾と全く同じである。

4 . 2006 年度問題

大学はこの春、平成 11 年に告示された高等学校学習指導要領⁶⁾（以下新指導要領と略）で学んだ新入生を迎える。新指導要領の理科は、基礎理科、理科総合 A、理科総合 B（以上 2 単位）、物理、物理、化学、化学、生物、生物、地学、地学（以上 3 単位）で構成され、「理科基礎」、「理科総合 A」、「理科総合 B」、「物理」、「化学」、「生物」および「地学」のうちから 2 科目（「理科基礎」、「理科総合 A」および「理科総合 B」のうちから 1 科目以上を含む）が必修である。本学受験生が存在すると思われる静岡県内高等学校のカリキュラムをみると、その文科系コースでは「1 年生で理科総合 A を、2, 3 年生で生物を学ぶ」学校がかなり存在する。理科総合 A は物理・化学を主とする科目であり、それと生物を学ぶことは合理的なように思えるが、実は大きな問題を抱えている。中学校で学んでいた内容の一部が、ゆとり教育のために高等学校「理科総合」に移行され、そして「直流と交流」、「電池」、「中和反応の量的関係」のような項目は、「理科総合 A」を飛び越えて「選択理科」移行されてしまった結果、「理科総合 A」は残念ながら大学教育を受けるためのエッセンシャルミニマムとはなり得ない状態なのである。つまり「理科総合 A」を学んだあと「生物」だけを履修した文科系コース卒業生が、理科系の素養を必要とする大学学部等に進学した場合、原子量や分子量を知っている保証はなく⁷⁾、アボガドロ数やモルも学んでいないことになる。この結果、文科系学生においては、生物以外の素養は中学程度である学生がかなりの数にのぼる可能性がある。電気などは高校物理に移されたのであるから、かつての中学以下の、ということになるかも知れない。

このような状況にあるからこそ、2006 年度には前述の「提言」の実現を願ってやまない。しかし専門学科では、このような危機的現状が認識されていないのではないかと危惧している。

末筆ながら、本調査に協力下さった高林ふみ代助教授、野嶋秀子講師に御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 高等学校学習指導要領 <http://www.nicer.go.jp/guideline/old/>
- 2) 原田茂治, 静岡県立大学短期大学部研究紀要, 18-W, 1 (2005).
<http://sizcol.u-shizuoka-ken.ac.jp/~kiyou/18w/18w1.pdf>
- 3) 高等学校学習指導要領 (平成元年 3 月)
<http://www.nicer.go.jp/guideline/old/h01h/chap2-5.htm>
- 4) 吉川弘之他, “啓林館平成 14 年度用理科 1 分野 / 上”, p.28.
- 5) 吉川弘之他, “啓林館平成 14 年度用理科 1 分野 / 上”, p.33.
- 6) 新学習指導要領 http://www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/990301.htm
- 7) 太田次朗, 山崎和夫編, “理科総合 A”, p. 34-35, 啓林館 は, 原子量, 分子量, 式量の記述がある稀な教科書である。

(2006 年 2 月 9 日受理)

履修科目調査票

高等学校における理数科目の履修状況および基礎概念の学習度調査（2005年4月）

高等学校の理数科目に選択制が取り入れられた結果，大学教育が前提としている数学や自然科学の基礎概念を習得しないまま入学する学生諸君が増えてきました。近年この傾向がますます著しくなっているように感じられます。そこで，一般教育で化学を担当する私（原田）は，新入生諸君が高等学校で履修した理数科目の種類，およびそのいくつかの基礎概念の修得度を調査することによって，どの程度の基礎学力を前提にして講義を始めることができるのかを知りたいと思いました。私にとってだけでなく，この調査は本学の自然科学系科目を講義する教員にとっても役に立つデータを提供するものと思われまます。

なおこの調査は無記名で実施しますし，回答用紙が誰のものであるかということは決して調べません。履修科目の成績には全く関係はありません。個々の回答用紙は公表しませんが，全体としての調査結果は公表して皆様にもお知らせします。

以上の趣旨を了解した方は，この調査へのご協力をお願いします。私以外の幾人かの先生方にも調査へのご協力をお願いして実施します。

1．高等学校で履修した科目に をつけて下さい。コメント（例えば，教科書の前半分だけ授業があった，など）があれば括弧内に書いて下さい。得意であるとか，不得手であるとかは書く必要はありません，

数学 ()
 数学 ()
 数学 ()
 数学 A ()
 数学 B ()
 数学 C ()

総合理科 ()
 物理 A ()
 物理 B ()
 物理 ()

化学 A ()
 化学 B ()
 化学 ()

生物 A ()
 生物 B ()
 生物 ()

地学 A ()
 地学 B ()
 地学 ()

2．あなたが卒業した高等学校の課程やコースに をつけて下さい。

普通科理科系 , 普通科文科系 , 普通科文理の区別なし , 理数 , 工業 , 商業 , 看護 , その他()

裏面の問題に解答して下さい。どの段階まで高等学校で勉強してきたかを調査するための設問です。例えば，「力の概念」を知っているだろうか，「モル」を知っているだろうか，「微分」を勉強したのかしら，ということ「私どもが知るための設問」です。わからない問題があっても不安に感じたりする必要はありません。

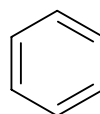
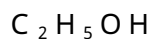
設問票

1) 1 kgの物体が、面積 0.01 m^2 の水平な台の上に載っています。

この物体が地球から受ける力の大きさを求めて下さい。重力加速度は 9.8 m/s^2 です。

この物体によって台が受ける圧力はいくらですか。

2) 化合物名を書いて下さい。



3) メタン CH_4 が 8 gあります。以下の間に答えて下さい。

メタンの分子量はいくらですか。

メタン 8 gは何モルですか。

メタン 8 gは 1 atm , 0°C で何 Lの体積を占めますか。

4) 以下の計算をして下さい。

$$\log_{10} \frac{1}{100}$$

$$y = x^3 \text{ の微分}$$

$$\text{不定積分 } \int x^2 dx$$

$$\text{微分 } \frac{d}{dx} e^{ax} \quad (a \text{ は定数})$$

$$\text{不定積分 } \int \frac{1}{x} dx$$

以上です。お疲れ様でした。