

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 (2004 年 4 月)

原田 茂治

The Investigation on the Completion Degree of High School Courses in Science
and Mathematics and on the Understanding Level of Their Basic Concepts
(April, 2004)

HARADA, Shigeharu¹

1. はじめに

伝えたい, 理解して貰いたいという熱意と学ぼうとする意欲で熱気あふれる教室。講義者冥利に尽きるそのような教室がここ数年ほどの間に少なくなってきた。化学の講義では, 話を始める前に「学びたくない」という視線を感じることもさああるようになってきた。これは辛い。化学必修クラスでしばしば感じるその視線は, 本当に「学びたくない」ということのサインなのであろうか?

簡単な質問を試してみた。

「メタン 1 モルって何グラムのこと?」

幾人もの「わかりません」の声が続いた。

「 C_2H_5OH って何?」, 「圧力ってどういう量?」

暗澹とした気分させられた。

「学びたくない」と感じ取れる視線は, 「学ぶ素地がない」ことのサインではないのだろうか? この疑問がこの調査を思い立ったきっかけであった。もしそうであるならば, 後期中等教育における理科離れを嘆いているだけではすまされない。

高等学校で学ぶ理科や数学は, その後に学ぶ理系科目をはじめとする多くの学科目の基礎になることは言うまでもない。しばらく前までは, 高校理数科目の修得を前提にして大学の講義が開始されることが常であった。理科・数学の選択制によってこの前提が崩れた近年¹⁾, 大学が補習や導入科目を設けて, 高等学校における理数科目の不十分な勉学を補うようになってきている。高校数学 程度の微積分と高校物理の理解は大学理系教育の起点であり, 学生の目指す方向に応じて, さらに高校化学や生物, 地学のいずれか(あるいは全部)を必要とするであろう。どの程度の理科・数学の素養が本学看護学科や歯科衛生学科の専門教育に必要であるかという問題はさておいて, 「暗澹とさせられる状況」をまずは把握しなければならない。

そこで, 本学 2004 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

¹ 連絡先 〒422-8021 静岡市小鹿 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

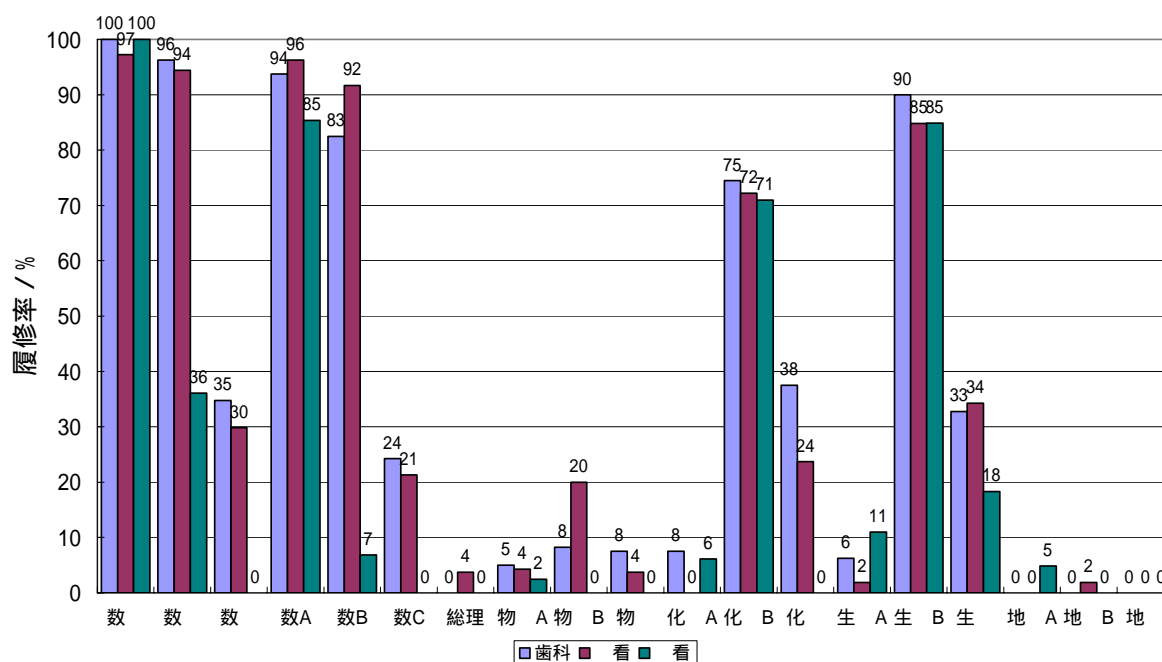
答率から実質上の「素養」を知ろうとした。

2. 調査内容

2.1. 既履修科目の調査

履修科目調査票と設問票を p. 9 および 10 に示す。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、数学C、化学 B、生物 において多く見られ、特に化学 B において顕著であった。1 年生の時に化学 B の前半だけをやったと答える例が多く、その割合は（「少しだけ勉強した」を含めて）各学科とも 30 % であった。既履修を 10 点、半分履修を 5 点、「少しだけやった」や「さわりの部分だけをやった」を 3 点として、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、看、および看はそれぞれ、歯科衛生学科、第一看護学科、および第二看護学科の略称である。以下においてもこのように略称する。

数学で学習する内容を簡潔に記しておく。

数学：二次関数，三角比，場合の数，確率

数学：指数関数，対数関数，三角関数，直線と円の方程式，微積分の入門

数学：関数と極限，微積分

数学A：数と式，平面幾何，数列，計算とコンピュータ

数学B：ベクトル，複素数と複素数平面，確率分布，算法とコンピュータ

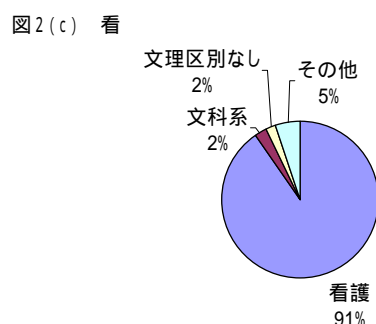
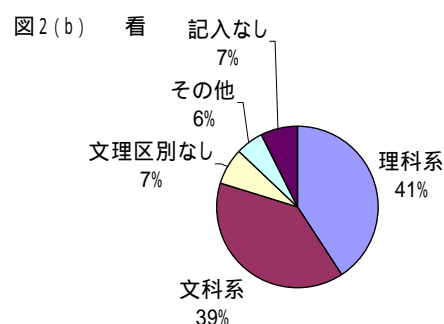
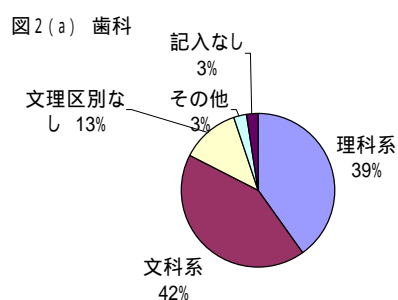
数学C：行列と線形計算，楕円と双曲線，極座標と極方程式，方程式の近似解，数値積分法，統計処理

数学については， C ， B ， A ， B を看護と歯科の全員に近い学生が履修しており，看護では A のみがほぼ既履修であった。看護生の多くは数学（対数関数）を学んでおらず，「体内の酸塩基平衡」などに出てくるpHの理解に困難を感じているものと思われる。放射性元素の半減期の式を記憶するのは簡単だが，なぜそういう式になるのかを考えようとするのならば，あるいは話を大きくして現象を数理的に理解しようとするならば，その基礎として数学 C が，統計学を学ぶ基礎としては数学 B に加えて数学 C の統計処理が必要であるが，20–30%程度の学生がこの条件を満たしているに過ぎない。

総合理科（総理と略記）の高邁な目標「自然の事物・現象に関する観察、実験や自然環境についての調査などを通して自然に対する総合的な見方や考え方を養うとともに自然の事物・現象についての理解を図り、人間と自然とのかかわりについて認識させる」²⁾とは裏腹にその実施は稀であると聞いていた通り，履修者は1名だけであった。地学の履修者もごく僅かであったが，この科目の看護や歯科の専門科目との関わりは少ないと思われる。物理の履修率は A と B を併せて，歯科で13%，看護で24%，看護で2%と少なかった。大部分の学生には中学校理科第1分野で学ぶ程度の物理的素養しかなく，そして本学においても物理学は開講されていない。筆者のような医療系の素人でもすぐに超音波，X線CT，MRIなどを思いつくが，入学生にはその物理学的基礎を学ぶ素地はない。生物の履修率は A と B を併せて90%に達し100%に迫る。化学は70–80%程度の履修率であるが，前半，つまり化学の基礎と無機化学部分しか学んでいない学生が30%にも達することが問題である。後半の有機化学の基礎を知らぬ者に大学の生化学や薬理学の履修は困難を極めるし，歯科材料学などで提示される物質は未知の外国語のように見えるであろう。かつて三好教授の「ベンゼン環を見て，なにそれ？ という学生を無くしてほしい」という発言が契機となり，看護学科では「看護のための化学基礎」(選択科目)が開講されるに至った。そのような，本学の専門教育において必要とされる理科・数学上の素養を与える教育が一層望まれるものと思われる。

2.2. 入学生は文科系学生か，理科系学生か？

履修科目調査票2では出身高校の履修課程(コース)を問うた。入学生の履修課程(コース)のうち，普通科理科系，普通科自然科学コース，および理数科を「理科系」，普通科文科系と普通科国際文化コースを「文科系」，普通科文理の区別なしと普通科文理コースを「文理区別なし」，商業科を「その他」として集計した「入学生の高等学校における文理の別」を図2に示す。なお看護については，看護科出身者を「看護」として分類に加えた。



従来から、第一看護学科や歯科衛生学科には相当数の文系学生が入学していると思われていたが、概ね 40 %の文科系学生が入学していることが明らかになった。理科系学生も概ね 40 %，文理区別なしが概ね 10 %とみておいて良い。

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。稀に 5 点を与えた場合がある。

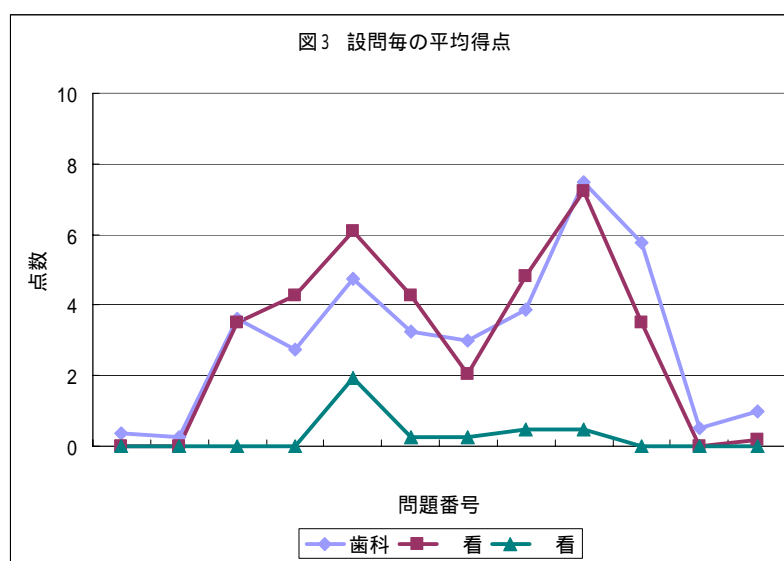
では力を知っているかを問うた。力 = 質量 × 加速度を理解しているかを知る問題である。不正解の場合，物理的素養は皆無に近いと思われる。正解者は 1 名のみであった。では圧力を表現できるかを問うた。圧力 = 力 / 面積である。圧力を知らないのなら気圧や水圧，血圧の意味もわからないであろう。正解に近い者が 1 名のみであった。設問 および の内容は，実は中学校理科の教科書に次のように記載されている。「100 g の物体にはたらく重力の大きさは約 1 N である」³⁾，「面を押す力：1 m²あたりの面を垂直に押す力の大きさを言い，これを圧力という。単位は N/m²。(そして欄外に 1 Pa = 1 N/m²と記述されている)」⁴⁾。これは平成 14 年度の教科書であって，それ以前の教科書では，圧力の単位は N/cm²，さらに以前では kgw/cm²と記されている。そして，1, 2 割の入学生が物理を履修したにもかかわらず，正答者は皆無に近い。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する。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、これはまさに Liberal Arts の問題でもある。

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認めた。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 3.6, 看 3.5, 看 0 であった。メタノール, エタノール, プロパノールの識別ができないと医療現場で恐ろしいことになる。では芳香族の代表化合物であるベンゼンの化学式を知っているかを確認めた。平均得点は、歯科 2.8, 看 4.3, 看 0。では分子量を知っているかどうかを確認めた。平均得点は、歯科 4.8, 看 6.1, 看 2.0 であり、他の設問よりも高得点であった。では物質量(モル)を知っているかを確認めた。平均得点は、歯科 3.3, 看 4.3, 看 0.2 であった。 と は化学のもっとも基礎を問う問題である。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認めた。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 3.0, 看 2.0, 看 0.2。 から の正答率については、後に詳しく見てゆく。

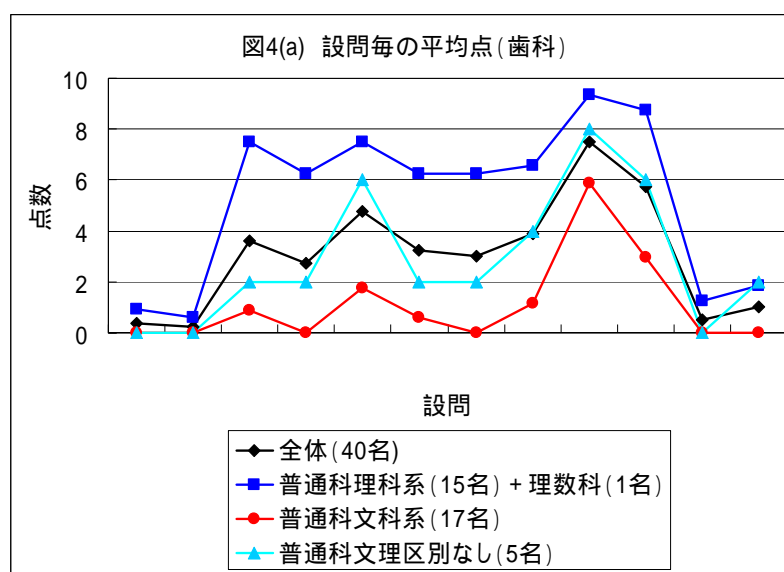
では対数を知っているかを確認めた。pH の定義に必要な関数である。平均得点は、歯科 3.9, 看 4.8, 看 0.5 であった。数学 の履修率は、歯科・ 看で 95% 程度, 看で 36% である。あまりにも身に付いていないことに驚く。 ~ は、講義においてどの程度の数理的取り扱いができるかを知るために出題した。 , は数の微分と積分, , は数 の微分と積分の極めて基本的な易しい問題である。平均得点は, , 歯科 7.5, 看 7.2, 看 0.5; , 歯科 5.8, 看 3.5, 看 0; , 歯科 0.5, 看 0, 看 0; , 歯科 1.0, 看 0.2, 看 0, であった。数 の微分はできるが積分は怪しく、数 の内容は無理、という結果であった。講義において数理的取扱いをするのは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。

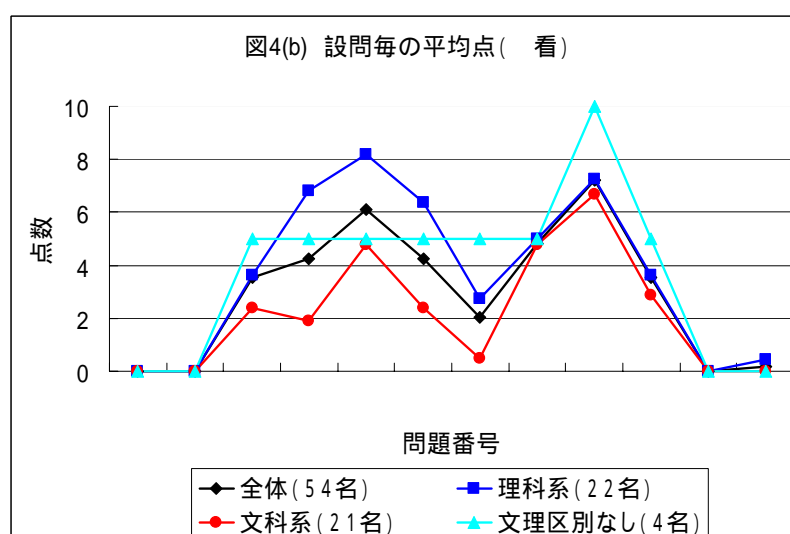


看生が専門科目の勉強に励むときには，その基礎になる勉強も同時に頑張るよう，メールを送る。この報告が改善を提言する頃には，看生の基礎教育が概ね終わってしまっているだろうし，現一年生は最後の看生である。

設問 以外は，愕然とする平均得点であった。分子量（ ）ですら半数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。この理解度の低さをもう少し探りたいと思い，理系文系にわけて平均点を集計することにした。その結果を歯科および看について，図 4(a)および(b)に示す。

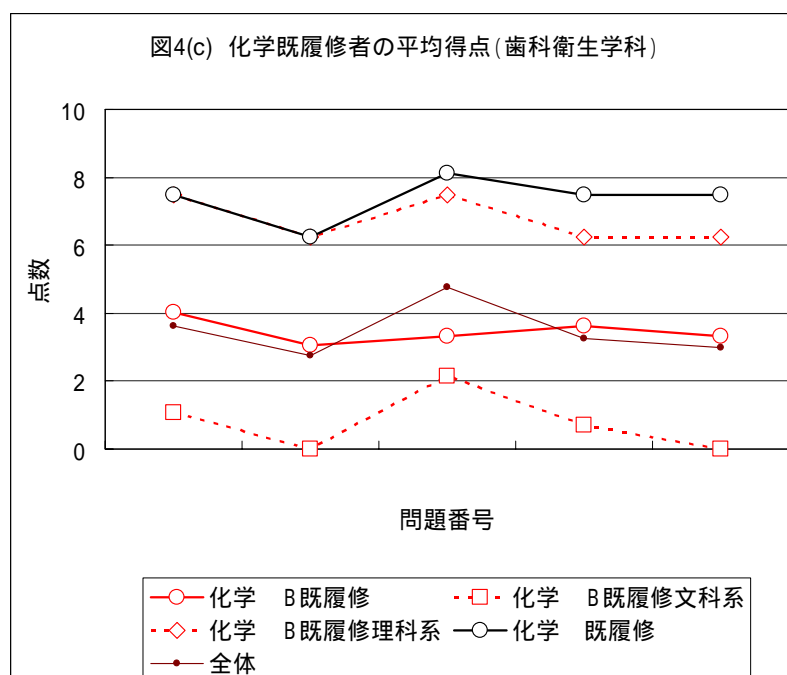


この図において重大な事柄に気が付く。それは ~ の文科系学生の成績が惨憺たる結果であることであり，これが学科全体としての低得点（図 3）の原因になっていることである。理科系学生の平均点だけをみれば 6~8 点であり，ひどく不満があるというほどではない。看（図 4(b)）では文科系学生の成績が少し上がるが，化学分野の設問の正答率は理科系学生の方がかなり高く，歯科と類似の傾向がみられた。



なお両学科とも，特に 看における「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良い。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。

歯科の化学 B および 既履修者について，化学分野の設問（ ～ ）の平均点を図 4(c)に示した。



化学 既履修者の平均得点はいくらか満足できる程度であり，化学 B 既履修理科系の得点がそれに続く。理科は と を併せてひとまとまりの科目といわれるが，既履修者の高得点はまさに「ひとまとまりを学んだ」ことの一つの現れであろう。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 B 既履修文科系の得点は 0～2 点と極端に悪く，化学 B 既履修者全員の平均点を 4 点以下に引き下げている。この集計から，文科系学生は化学を履修したが「学ばなかった」という結論が引き出せる。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。それを避けるには，文科系学生が必ず履修しなくてはならない「基礎化学」を開講することが必要だと思われる。

2.4. 提言

2004.7.30 付けで梅田一般教育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，「この調査結果を専門学科の先生がたに提示し，専門学科の先生がた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。今，私どもはその判断を待たなくてはならないが，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

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う。もしこの科目を一般教育等で担当するのならば、何を題材に取り入れてゆくかについて、専門教育の教員と話し合う必要があるだろう。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。現在歯科では教養科目の「生活の化学」が必修となっているが、文科系学生および化学未習者には難しく、理科系学生の向学心は満足させられない内容になっているかも知れない。看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」を必修化して対応できるであろう。「一部の学生にだけ必修」ということが制度上好ましくなければ、他の科目との選択必修という考え方も成立するかも知れない。かつて看護婦養成課程で物理、化学、生物が必修科目であったことの意義は、今でも生きていられると思われる。高校理数科目の選択の自由度が大きくなっている今、入学生の素養の程度に応じた複数の同一学科目を開講する必要もあろう。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。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、こ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。なお、高校生物と本学教養科目の生物学および専門科目との関連については何も申し上げることができなかった。お詫び申し上げます。

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。

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。

引用文献および脚注

- 1) 高校理科の選択制の経緯については、例えば、鶴岡森昭、“高等学校教育課程の方向性を探る”，
http://socyo.high.hokudai.ac.jp/More_HTML/buturi/NEWS/bsn9706/a02.htm
に述べられている。A、Bの違いはあっても全員が物理、化学、生物、地学、数学（+ A、または + B + ）を履修していた1963年～1972年がもっとも選択の余地なく全科目を履修した時代であり、その後選択の幅が増加した。1994年以降には、総合理科は等閑視され、理科共通の基盤なく、物理、化学、生物、地学が選択履修されることとなり、高等教育を受ける基盤がさらに崩れた。2006年度からはさらに基礎学力の低下した学生を迎えることになる。
- 2) 高等学校学習指導要領（平成元年3月）
http://www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/890304.htm
- 3) 吉川弘之他，“啓林館平成14年度用理科1分野/上”，p.28.
- 4) 吉川弘之他，“啓林館平成14年度用理科1分野/上”，p.33.

（2005年2月16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（2004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。

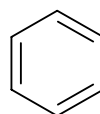
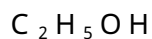
設問票

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。

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。以下の問に答えて下さい。

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。