

化学部会 2006 年問題ワキンググループ
報 告 書

「全学共通教育化学関係科目における
2006年問題への対応」

2006 年 4 月

基礎教育専門委員会化学部会
2006 年問題ワキンググループ

目 次

1 . 2006 年問題の背景	1
2 . 新学習指導要領に見る具体的問題点	4
3 . 京都大学の基礎教育における対応	8
a) 数学・物理部会の認識と対応	8
b) 化学部会の認識と対応	8
c) 物理化学授業における新入生への対応	11
d) 化学実験における対応	12
4 . 今後の検討課題	15
(参考資料)	16

2006 年問題ワーキンググループ

委員長 梶本興亜 (理学研究科)
委員 田中一義 (工学研究科)
馬場正昭 (理学研究科)
山本行男 (人間・環境学研究科)
杉山雅人 (人間・環境学研究科)
オブザーバー (化学部会長)
半田哲郎 (薬学研究科)

物理化学授業における新入生への対応（抄録）

化学の授業の中では、基礎物理化学が新学習指導要領の実施によって最も大きな影響を受けるであろう。これは、化学自体の履修内容の削減や、定量性の低下に加えて、数学・物理の授業内容が削減されるためである。これを踏まえて、以下のような対処法を提案する。

- a) 文系の学生の修得範囲は、化学 I までであり、これまでよりも履修範囲が減って、化学結合（共有結合と電子）、反応速度、気体・液体などを学ばないで入ってくる。
- b) 理系の学生は、総てを履修してくるはずであるが、新指導要領が定量よりも定性的な教え方を指示しているために、定量的思考に欠けている可能性が高い。
- c) 数学・物理の学力低下が予想され、物理化学の授業に困難を伴う。
 - ・指数・対数の微分・積分、微分方程式、極座標、行列、確率の式と期待値
 - ・物理では、「熱と物質」と「原子と原子核」が選択となるため、高校レベルで、熱力学と原子構造のどちらかを学んでいない可能性がある。



- a) 基礎物理化学の授業と平行して、数学・物理の未修得部分を教え、また、復習する必要がある。
 - i. 授業中に 10-15 分を割いて、その日に使う数学・物理を教える。
例えば、波動方程式に入る前に、微分方程式を教える。水素原子に入る前に、極座標を教える、熱力学に入る前に偏微分の演習をやるなど。
 - ii 数学・物理の必要な基礎知識や演習をホームページなどに掲載して、独習出来るようにする。
 - iii 工学部の例に見るように、放課後、数学の補習クラスを設ける。
- b) 新学習指導要領の化学では、高校においては定量的でなく定性的に教える事を推奨しているので、学生達は入学後の数学式の理解や展開に困難を感じるであろう。したがって、授業中に例題を解いたり、簡単な演習をさせたりして、定量的な学習をするように方向付ける必要がある。
- c) TA の協力によって、演習や宿題を増やす。また、TA への質問時間を設定する。
- d) 教える前に教師側が高校の「物理 II」の内容を把握していると、授業がし易い。
- e) 文系に対しては、数学・物理をあまり使わないなど、教える範囲を調整する。

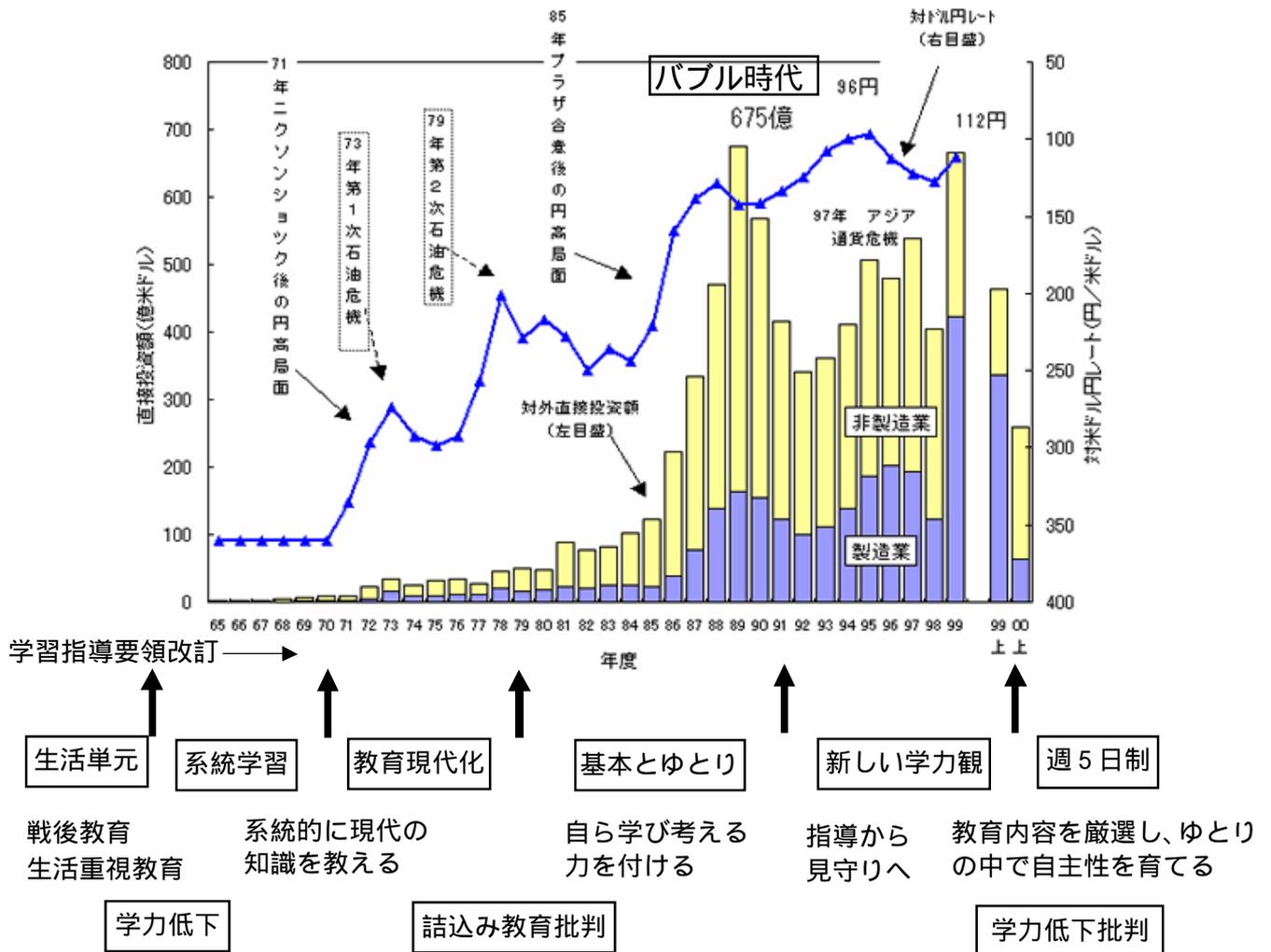
1 . 2006 年問題の背景

a) 戦後における学習指導要領の変遷

下図に見るように、昭和 24 年（1949 年）に始まった学習指導要領・教科書検定制度は、日本の小・中・高等学校教育を強く縛ってきた。中教審などの答申によって決められる学習指導要領は時代と共に変遷し、これまでの所、学力低下批判と詰め込み教育批判によって振り子のように揺れてきた。

1949 年から始まった生活重視型の単元学習は、生徒の系統的な学習を阻害し、学力低下を引き起こしているとして批判され、1961 年から 1979 年にかけては現代までに積み上げられてきた知識を系統的に教え込むことが中心となった。しかし、数学嫌いや教科についていけない児童が大量に出る結果を生み、詰め込み主義批判、見切り発車批判の声が大きくなった。また、この時期の後半は、第 2 次ベビーブームの子供達が小学校に入り始めた時期でもあり、将来に受験地獄を連想させた。

その結果、中教審は「ゆとり教育」を提案し、1980 年から 2001 年にかけて、「指導



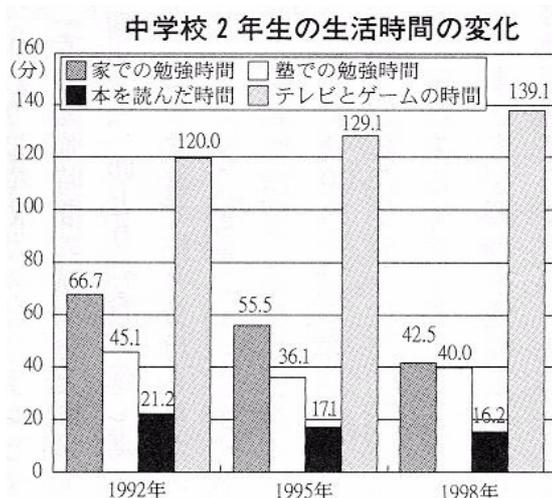
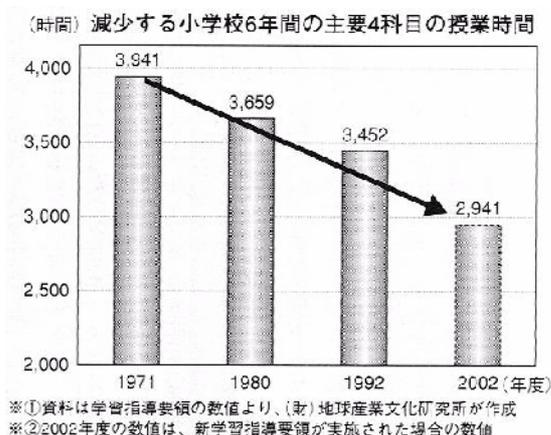
するのでなく、「問題解決を助ける教育」を推奨した。すなわち、授業時間数を減らし、通知簿の5段階相対評価を止め、小学校低学年から理科と社会を廃止して生活科を作った。1992年には小中学校で、完全週5日制、総合学習の時間を実施し、主要教科の教育内容を大幅に削減する措置をとった。2002年からはその仕上げとして、高等学校でも週5日制の完全実施と総合学習の時間がスタートした。

b) 2006年の入学生

2006年度には、小・中・高等学校において、新学習指導要領に則った教育を受けてきた学生達の入学を迎える。2006年に入学する学生達は、小・中・高等学校を通じて、完全週5日制と教科内容の削減の下に教育を受けてきた最初の人達である。従って2006年の大学入学者の学力の低下が全国的に危ぶまれ、「2006年問題」として、大きな関心を呼んでいる。

左下図にあるように、系統学習が中心となっていた1970年頃の主要教科の授業時間数に比べて、2002年度の授業時間数は25%の削減となっている。特に小学校の理科の授業時間数の減少は著しく、45%もの削減である。経済開発協力機構(OECD)の学力到達度国際比較によれば、この間に、中学生の数学的応用力は1位から6位に、読解力は8位から14位に転落した。

また、近年は2006年問題に限らず、大学入学者の学力や勉学意欲が低下していると多くの大学教員が認識している。これには、日常の利便性の増加による工夫の減少、少子化に伴うコミュニケーション能力の低下、バーチャル化による実感の不足、さらに、学校教育をする側のゆとりのなさなどが影響していると考えられる。例えば、ゆとりの教育が進行中の中学2年生について、1992年から1998年の短期をとってみても、ゲームとテレビ視聴時間の増加と、勉強や読書時間の減少が著しい(右下図)。このような状況は、2006年問題を更に深刻なものにしている。

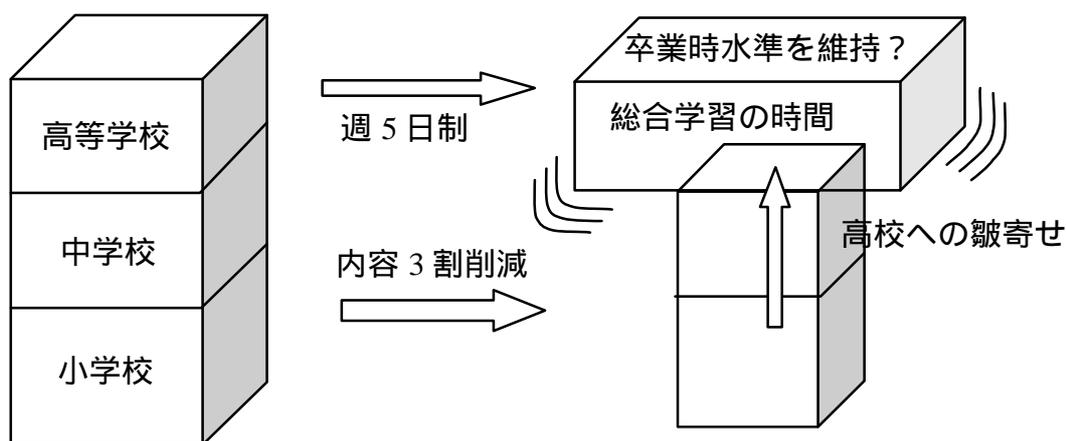


c) 化学部会の対応

化学部会では、2006年問題ワーキンググループを組織して、新入生が受けてきた新学習指導要領による教育について調査し、2006年度からの新入生教育に対する留意点をまとめることとした。このレポートはその討議を簡単にまとめたものである。

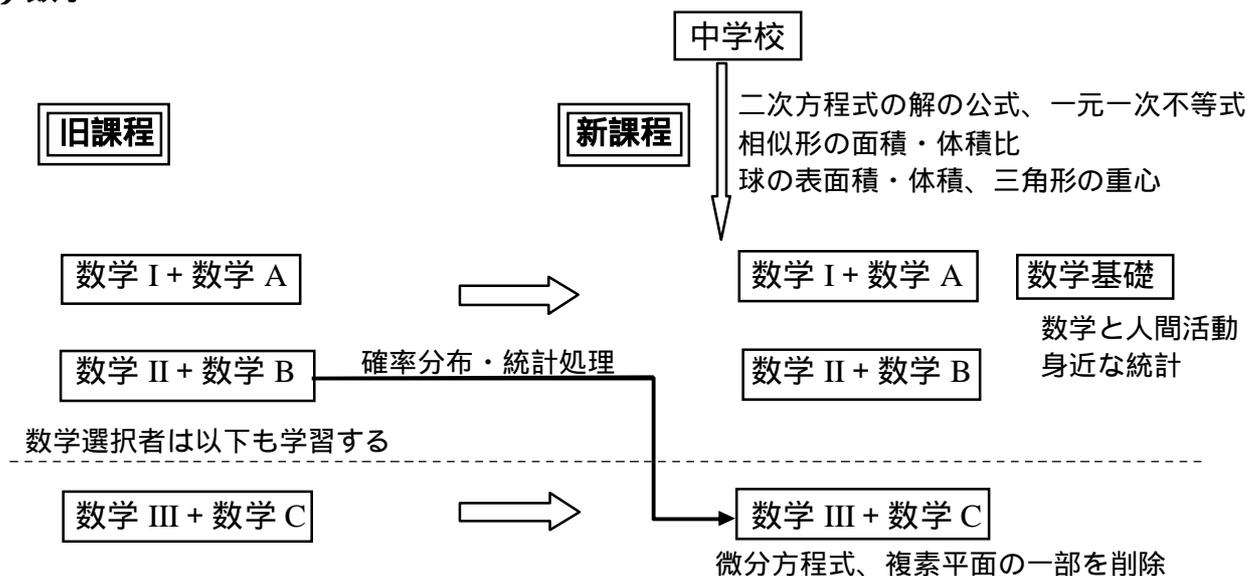
2. 新学習指導要領に見る具体的問題点

小・中学校での完全週5日制と授業内容の削減によって、十分な学力を積み上げてこなかった事のしわ寄せが高等学校の学習内容を増加させているが、その一方で、高等学校の学習時間自体も2002年からの週5日制の実施で減少しており、その教育に大きな負担を押しつけている。このような事情によって、耐震強度のない高校卒業生が生まれつつある。



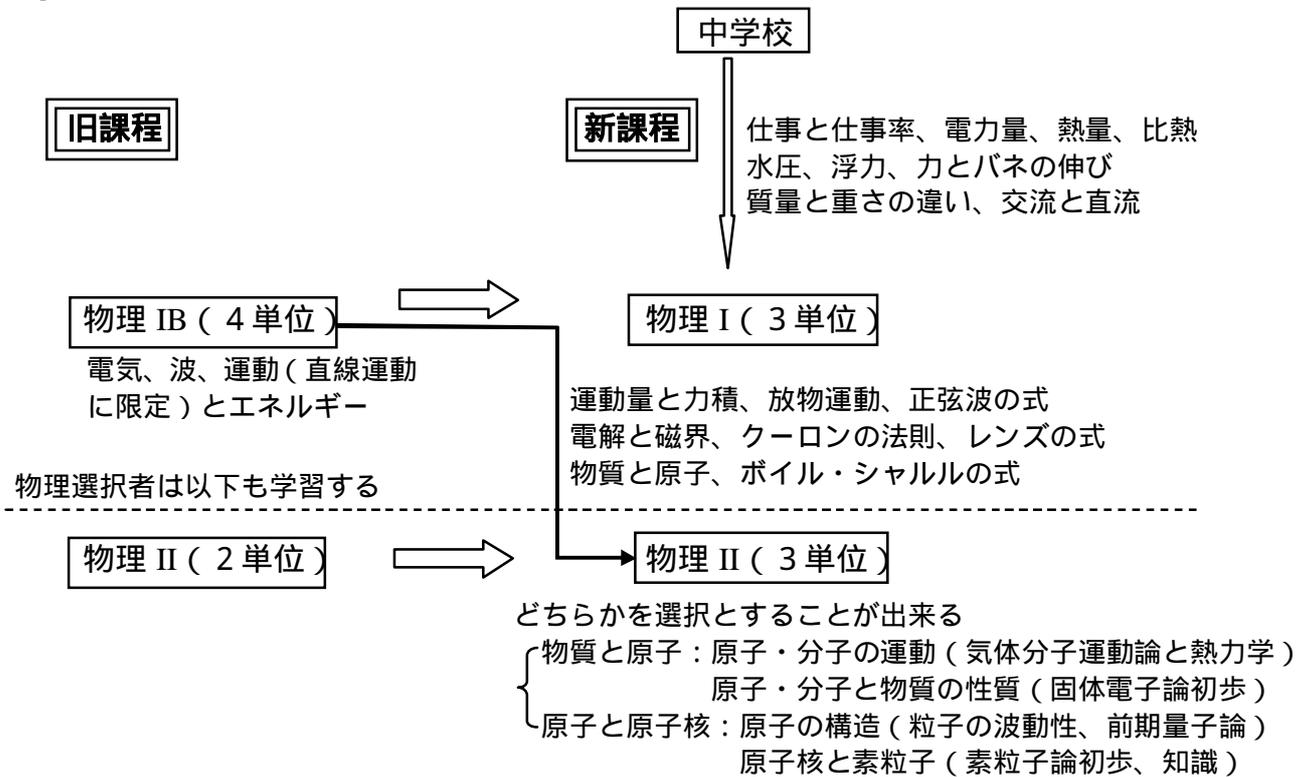
まず、個々の理系の科目について概観してみたい。

a) 数学



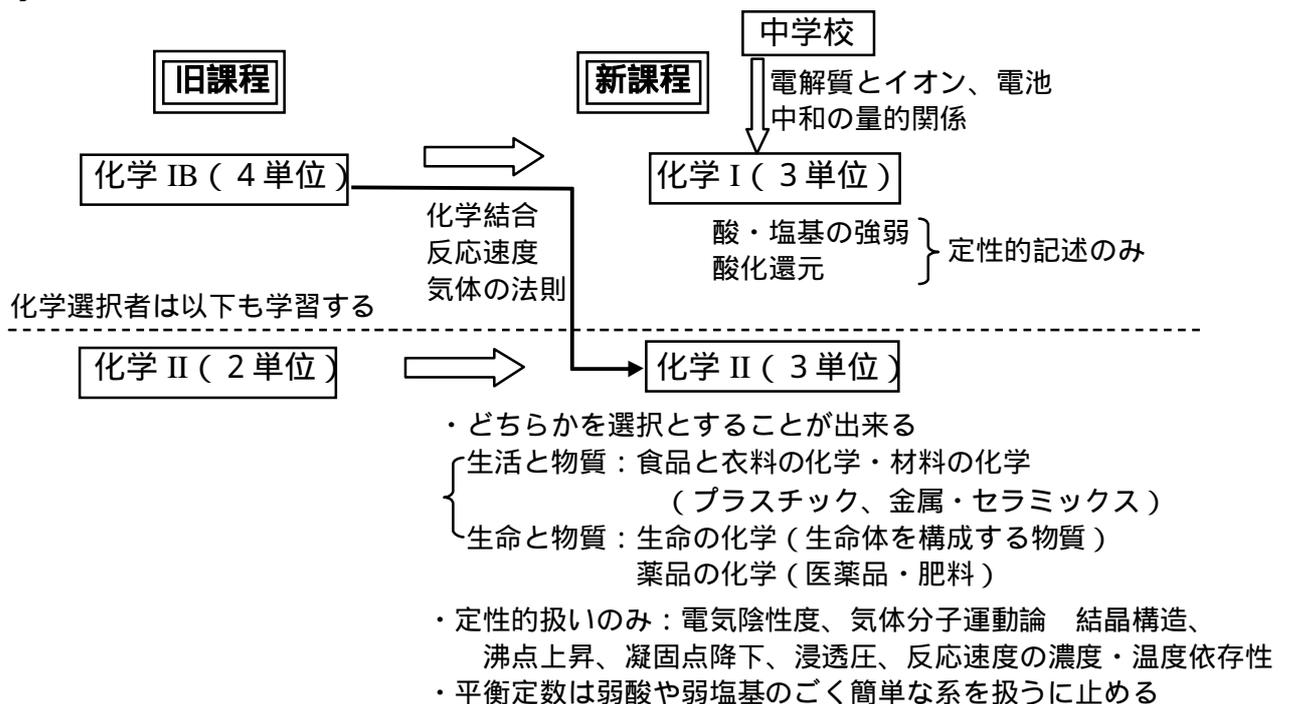
- ・ 数学 I、II、III、と数学 A、B、C を完全にマスターすればこれまでとほぼ変わらないが、中学の数学を含む多くの内容が圧縮されているので、未消化に終わっている可能性が高い。

b) 物理



- ・新課程で物理 I 迄を履修してくる学生は、旧課程の物理 IIB までを学習してきた生徒と比べて学力が貧弱。
- ・物理 II までを学習してくる学生も、消化不良の可能性が高い。

c) 化学



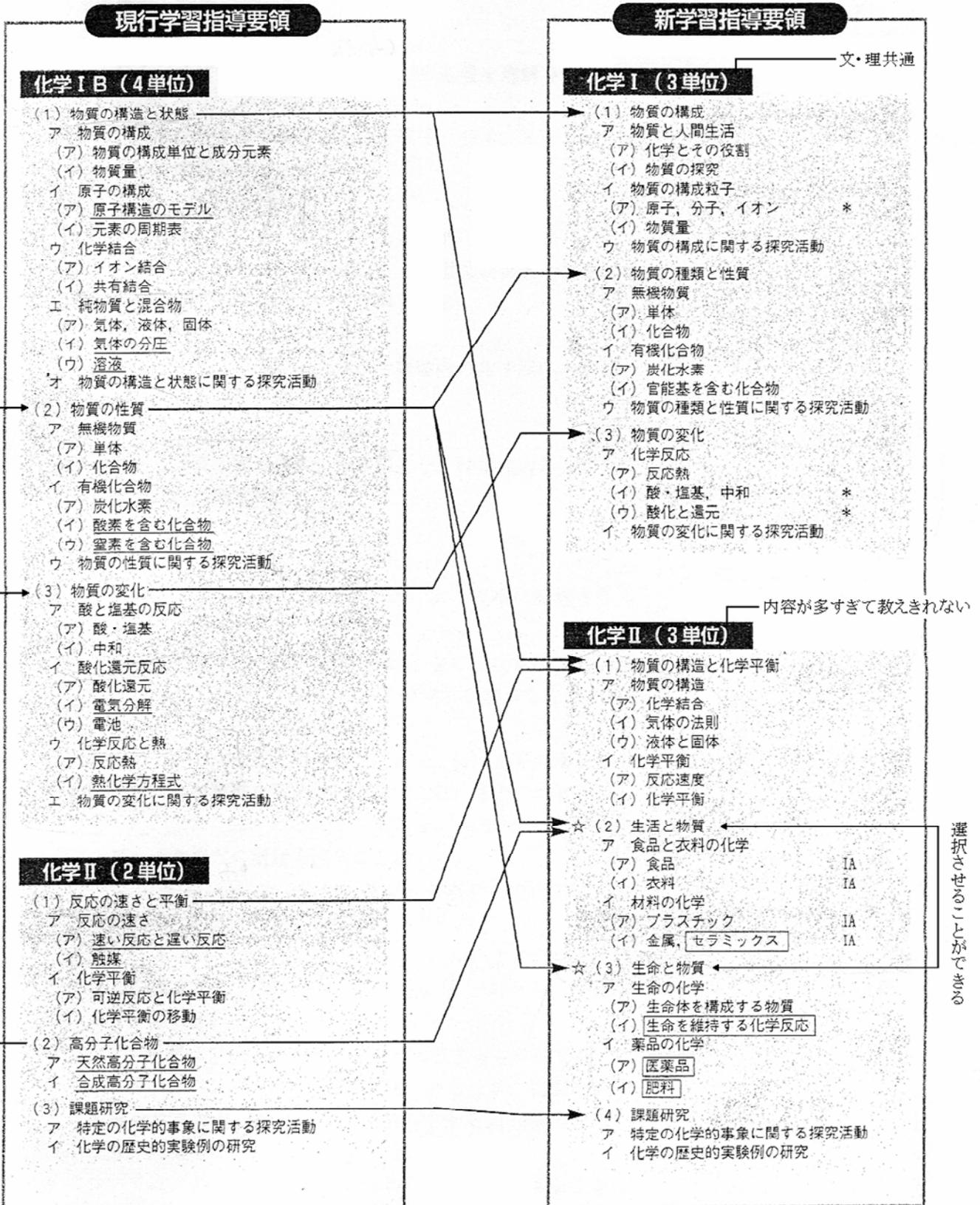
d) 化学の改訂点と問題点

1. 科学と人間生活との関わりを学ぶことに時間を使っている。内容の key word はエネルギーと物質の変化である。京大の理系・文系に来る学生の多くは総合理科 A/総合理科 B のいずれかを取ってくる可能性が強い。化学受験者に関しては「総合理科 A」を学んだものとして良い。
これに加えて、化学 I/化学 II を学んで受験することになる。
 - ・化学 I においても、最初の導入部に「物質と人間生活」という章を設けて、科学と人間の関わり、日常生活における化学の有用性と問題点を教えている。
2. 定量性の減少
 - ・化学 I において、
 - 酸・塩基の強弱、酸化還元については定性的な扱いに止める。
(電気分解や電池は項目が無くなり、酸化と還元で扱う。)
 - ・化学 II において、
 - 電気陰性度は定性的に教える。
 - 気体分子運動論については定量的扱いをしない。
 - 熱化学方程式の項目が消えた。(内容としては教えるように指示)
 - 結晶構造、沸点上昇、凝固点降下、浸透圧は定量的扱いをしない。
 - 化学反応の速度が濃度・温度・触媒の影響を受けることを定性的に扱う。平衡定数は弱酸や弱塩基のごく簡単な系を扱うに止める。
3. 化学 I(1)と化学 II(1)が分離されたことで教えにくくなった。
 - ・化学結合は、物質の構造の直後でなく、化学 II に入ってから出てくる。
 - ・化学 I の中から、物理化学的な視点が薄くなり、物質の記述(無機・有機化合物と産業や生活との関わり)が増えたため、読み物ないしは暗記物のイメージが強くなっている。
4. 天然・合成高分子が大幅に取り入れられ、知識を教える部分が多くなった。
 - ・化学 II で「生活と物質」・「生命と物質」は選択させることが出来る。
 - 生活と物質 - 食品と衣料の化学(総合理科 A と重複する部分がある)
 - 材料の化学(プラスチック、金属・セラミックス)
 - 生命と物質 - 生命の化学(生命体を構成する物質と化学反応、酵素は簡単に)
 - 薬品の化学(医薬品・肥料)
5. 中学からのしわ寄せがある - 電解質とイオン、電池、中和の定量

人間生活と化学の関わりを重視したことはよいが、「化学」が定量性に欠ける記述的学問であるという印象を高校生に与える。大学に入学してくる学生達の多くは化学を選択してくるが、化学が系統的で定量性の大切な学問であることを教える必要がある。特に、物理を選択しなかった学生には数学と化学の架橋がない。

高等学校〔化学〕新旧学習指導要領内容対照表

— : 軽減 ■ : 削除項目 * : 中学校から統合
 □ : 新設・充実項目 ☆ : 選択項目 IA : IAから移行 (IA的内容)



3. 京都大学の基礎教育における対応

a) 数学・物理部会の認識と対応

数学部会：トップレベルと平均レベルの学生の学力差が著しく拡大するであろう。
数学的知識のみならず、論理力の低下も避けられない。



補習的クラスの設置。

専門科目を 1,2 回生に降ろすことを慎み、基礎学力の向上を計る。

minimum requirement の周知徹底と、成績評価の厳格化。

学生受け入れ方針 (admission policy) の周知、共通理解。

カリキュラムの抜本的改革が必要。

物理部会：物理の学力の大幅ダウンが予想される。

物理 I までを履修した学生は、旧来の物理 IIB を履修した学生より
修得内容が貧弱。物理 II までを履修した学生は消化不良。数学の
レベルダウンと相乗効果。



高校で学ぶべき内容の補習教育コースが必要か。

物理を学ばなかった学生のための初修物理学をどの様に変えるか。

基礎科目・専門科目の振り分け方など抜本的カリキュラム見直し。

b) 化学部会の認識と対応

前述のように、高校卒業生の基礎学力は、完全週 5 日制と多量の知識を詰め込む必要からくる未消化と、数式を用いないことによる定量性の欠如で、従前に比べてかなり低下していると考えられる。

しかし、その影響は、有機化学と物理化学、化学実験等の授業科目毎に各々違いがある。まず、新化学・物理教科書の内容を、物理化学、無機化学、有機化学に分けて眺めてみる。その上で、内容が与える影響を考える。

1. 新化学・物理教科書の内容

受験で化学を選んだ学生は、高等学校において、化学 I および II を学んでくる。

化学 I

(物理化学)

- 原子の構造：電子配置 (K,L,M 殻と電子収容数)
- イオン (イオン半径、イオン化エネルギー、電子親和力、イオン結晶)
- 分子 (水素分子、共有結合、金属結合 - 名称のみ)
- 物質と濃度 (原子量、分子量、式量、アボガドロ数、モル濃度)
- 熱化学 (化学反応式、反応熱と熱化学方程式、ヘスの法則)

- 酸と塩基（定義、水素イオン濃度、電離度、pH、中和滴定）
- 酸化還元（酸化還元と電子、酸化数、イオン化傾向、電池、電気分解）
- （無機化学）
 - 非金属元素化合物（H、O、希ガス、ハロゲン、S、N・P、C・Si）
 - 典型金属元素化合物（Na、Ca、Zn、Al、Zn、Al、Sn、Pb）
 - 遷移元素化合物（Cu、Ag、Fe、Cr、Mn、金属イオン）
- （有機化学）
 - 有機化合物（分類、生成・同定、組成式、分子式、構造式、異性体）
 - 脂肪族炭化水素（アルカン、アルケン、アルキン）
 - 含酸素化合物（アルコール、エーテル、アルデヒド、ケトン、カルボン酸、エステル、油脂、セッケン）
 - 芳香族化合物（炭化水素芳香族、含酸素芳香族、含窒素）

化学 II

- （物理化学）
 - 化学結合（イオン結合と共有結合、分子間力、金属結合）
 - 物質の三態（蒸気圧曲線、ボイル・シャルル、状態方程式、分圧）
 - 溶液（溶解度曲線、ヘンリーの法則、沸点上昇・凝固点降下、浸透圧コロイド、ゲル）
 - 化学反応速度（反応速度と濃度、活性化エネルギー、触媒）
 - 化学平衡（可逆反応、平衡定数、ルシャトリエの原理、電離平衡酸・塩基の電離定数、緩衝溶液、溶解度積）
- （有機生物化学）
 - 糖類（単糖、二糖、多糖）
 - アミノ酸と蛋白質
- （材料・食料化学）
 - 食品と衣料（食品と栄養素、合成繊維、天然繊維、染料、洗剤）
 - 材料の化学（合成樹脂とゴム、金属とセラミックス）
 - （生命物質）
 - 生命の化学（細胞、核酸、生命を維持する反応）
 - 医薬品と肥料

選択

2 . 各授業科目への新課程教科書の影響

[基礎有機化学 A,B]

新1年生への講義内容として、官能基別の有機化合物の性質と反応が中心であり、新学習指導要領による化学 I（有機化合物）の内容がこれに対応するので、特に対策を講じる必要はない。化学 II においては、生活と物質（食品・医療・合成樹脂・セラミックス）と生命と物質（生命関連物質と反応、医薬品、肥料）が選択となっている。薬学部、農学部、医学部、工学部の一部では授業との関連もありそうだが、

基礎有機化学ではこれらは扱わないので、影響はない。

[基礎物理化学 A,B]

新入生に対する講義の在り方は、新学習指導要領における化学の学習内容のみでなく、数学、物理の学習内容に大きく左右される。化学教科書に関しては、学習項目は殆ど変わらないが、定量的な学習が少なくなり、式が出なくなった。(酸・塩基、酸化還元、気体分子運動論、沸点上昇、浸透圧、反応速度、平衡等の項目)。このことは、大学において化学を定量的な学問として捉え直すための準備が不十分であることを示しており、現在の大学の物理化学講義の内容では、高校の化学から大学の化学への飛躍が学生にとって大きな負担になる可能性がある。

従来、これを補ってきたのが、高校物理 II であるが、物理化学と関連する部分が選択となったことに伴い、授業方法を検討する必要がある。これについては後述する。

[化学実験]

新学習指導要領が高校での「課題実験」を重視しているとはいえ、授業内容の増加と授業時間の減少のために、十分に機能する可能性は小さく、大学初年における「化学実験」の重要性は高い。これについては項を改めて記述する。

3. 新教科書(数学・物理)が物理化学の授業に与える影響について

[数学]

新学習指導要領において、微分方程式が無くなったこと(京大入試では微分方程式を課すとしている)、統計処理が抜けたこと等の影響が大きくなるだろう。

全学共通として基礎数学(基礎科学数学)のような科目を立てるか。

部局単位で、補習授業や通常授業を行って対応するか。

工学部では1回生前期の4時間程度をボランティアの基礎数学授業に当てて、微分方程式や統計(?)を教えている。単位が与えられないにも関わらず、250人中150人が受講しており、学生の方の熱意はある(数学に困っている学生が多い?)。

[物理]

新学習指導要領の物理 II において、物質と原子(熱力学基礎、物性基礎)と原子核と素粒子(量子力学基礎、核と素粒子)が選択となった。京大の入試では、物質と原子の前半(熱力学)までを試験範囲とし、他の部分は題材として使うことはあっても知識を問う問題は出さない、としている。従って、新入生の中には、前期量子論や波動と粒子の二重性について学んでこない生徒もあり得る。

物理 II

(物質と原子)

- 原子・分子の運動(物質の三態、ボイル・シャルルの法則、気体分子運動論、内部エネルギー、仕事、第1法則定積・定圧変化、等温・断熱変化)

- 原子・電子と物質の性質（陰極線、電子の電荷と質量、色と電子遷移
導体・不導体・半導体、抵抗と温度、バンド、デバイス）
（原子と原子核）

- 原子の構造（光と粒子の二重性、X線とコンプトン効果、電子の波動性
ボーアの原子模型、水素原子の電子軌道とスペクトル）

2006年問題とは別に、物理を受講しないで入学してくる学生が増えている。

工学部では物理必修、理学部では10%が物理未修得、薬学30%、農学50%などである。これらの学生に対しどの様に対処するかを考える必要がある。

初修物理学の受講指導、授業中の講義、補習
部局毎に対応する

c) 物理化学授業における新入生への対応

a) 文系の学生の修得範囲は、化学Iまでであり、これまでよりも履修範囲が減って、化学結合（共有結合と電子）、反応速度、気体・液体などを学ばないで入ってくる。

b) 理系の学生は、総てを履修してくるはずであるが、新指導要領が定量よりも定性的な教え方を指示しているために、定量的思考に欠けている可能性が高い。

c) 数学・物理の学力低下があれば、物理化学の授業に困難を伴う。

・指数・対数の微分・積分、微分方程式、極座標、行列、確率の式と期待値
・物理では、「熱と物質」と「原子と原子核」が選択となるため、高校レベルで、熱力学と原子構造のどちらかを学んでいない可能性がある。

d) カリキュラムが過密で、「課題研究」の項目があるにも関わらず、実験を経験しない学生が多くなる可能性がある。



a) 基礎物理化学の授業と平行して、数学・物理の未修得部分を教え、また、復習する必要がある。

i. 授業中に10-15分を割いて、その日に使う数学・物理を教える。

例えば、波動方程式に入る前に、微分方程式を教える。水素原子に入る前に、極座標を教える、熱力学に入る前に偏微分の演習をやるなど。

ii 数学・物理の必要な基礎知識や演習をホームページなどに掲載して、独習出来るようにする。

iii 工学部の例に見るように、放課後、数学の補習クラスを設ける。

b) 新学習指導要領の化学では、高校においては定量的でなく定性的に教える事を推奨しているので、学生達は入学後の数学式の理解や展開に問題が多い。したがって、授業中に例題を解いたり、簡単な演習をさせたりして、定量的な学習をするように方向付ける必要がある。

- c) TA の協力によって、演習や宿題を増やす。また、TA への質問時間を設定する。
- d) 教える前に教師側が高校の「物理 II」の内容を把握していると、授業がし易い。
- e) 文系に対しては、数学・物理をあまり使わないなど、教える範囲を調整する。

d) 化学実験における対応

1. 基礎化学実験のあり方

新学習指導要領を含むこれまでの教育や社会環境の変化，が大学入学者の学力と性行・意欲に大きな影響を与えている．例えば，計算力の減退，定量的思考の減退，読解力・表現力の減退，実体験の不足等はかなり以前から指摘されている．この新学習指導要領のもとで教育された学生がはじめて入学する平成 18 年度が，従来の【分析化学および環境化学実験】(1 回生実験)と【合成および測定実験】(2 回生実験)から【基礎化学実験】(1 回生実験)に改編される時期と一致したため，その運用には特に注意を払わなければならない．

【基礎化学実験】の実験テーマはあくまでも現在までの経験に基づいて企画したものであり，予備実験を繰り返してその実効性を検証しているものの，現実の新入生，しかも新学習指導要領のもとで学んできた 신입生を相手にその目論見をどの程度まで実現できるか，まったくと言ってもいいほど不確定な部分が多く存在する．そのため，実験授業の運用は 신입生の実験についての経験，実験操作，実験器具への戸惑い，実験テーマとその背景の理解度等，あらゆる局面において実験授業提供サイトが「調べる」作業を欠かしてはならない．次に，その結果をすばやくフィードバックして実験内容や運用法を調整できる柔軟な体制を確立する必要がある．そのため，この初年度の実験授業においては，余裕をもった企画が基調となるべきと考える．

これ以降，現在作成中の【基礎化学実験】のシラバスをもとに，本実験授業のあり方と注意点を具体的に記載する．

(授業のテーマと目的)

物質を実際に手に取り，その性質や反応を自分の目で観察することは，物質をあつかう学問である化学を学習する上で欠くことのできない作業である．目に見えない原子・分子の世界に対する洞察力を養うことが本実験の主要な目的である．また，化学実験についての器具操作法と実験手法を習得すると同時に，実験の安全と環境保全の基本を学ぶことをあわせて目的とする．

本実験授業の授業名は【基礎化学実験】であり，全学共通科目基礎科目として学部専門授業の「基礎」としての性格を強調したものである．従前どおりグループ実験を排し，一人ひとりが自分専用の実験スペースと実験器具を使用して，自ら実験を体験して，その技法習得を確実にすることを基本としている．

(成績評価の方法)

本実験は化学実験の基礎であり、実際の操作を繰り返し行うことが不可欠であるので出席を重視する。出席率と実験態度とレポートによって評価する。

(コメント)

理系学部の専門授業の基礎となる実験授業であり、化学関係の全学共通科目講義授業とあわせて履修することが望ましい。

(履修要件)

なし。高等学校において化学実験の経験がなくても履修可能である。

シラバスの記載では後になるが、この「成績評価法」と「履修要件」に本実験授業の基本的スタンスを明記している。すなわち、高等学校において化学実験の経験がまったくない新入生を基準に置いて、実際の操作を繰り返して化学実験の基本操作法を習得させ、学部専門授業の基礎となることを目指している。

また、「コメント」として化学関係講義授業(基礎物理化学, 基礎有機化学)とあわせて履修して、講義で学習する内容と実験での観測事実をつき合わせて、化学の本質を見極める力を養うことを推奨している。

2. 授業計画と内容

下記の分野ごとに4回程度の実験を行う。

1. 無機化合物の定性分析実験

- (1) III族カチオン(Fe^{3+} , Al^{3+})の基本反応
- (2) I族カチオン(Ag^+ , Pb^{2+})・II族カチオン(Cu^{2+} , Bi^{3+})の基本反応
- (3) IV族カチオン(Ni^{2+} , Co^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+})の基本反応
- (4) I - III族カチオンを含む未知試料の分析

2. 分析化学・物理化学に関する定量実験

- (1) 酸塩基滴定
- (2) キレート滴定
- (3) ヨードメトリー
- (4) 酸化反応速度の測定

3. 有機化合物の合成実験

- (1) 有機定性分析
- (2) アニリン誘導体のアセチル化
- (3) アセトアニリド誘導体のニトロ化および加水分解
- (4) 色素と蛍光

1. 無機化合物の定性分析実験

本テーマは現在の1回生実験の内容を圧縮したものであり、新入生が行う実験テーマ

としてのレベルには問題ないと思うが、以下の点には注意すべきと考える。

- (1) 実験回数が減少しているため、作業内容が過密にならないか。
- (2) 「溶解度積」の内容は定量的に理解できるか。

2. 分析化学・物理化学に関する定量実験

本テーマは現在の2回生実験の内容から移入したものであるが、容量分析については比較的理解しやすい内容と考えるが、以下の点には注意すべきと考える。

- (1) 有効数字等数値の取り扱いをどこまで指導するか。
- (2) 「キレート」をはじめとする錯体、配位をどこまで解説するか。
- (3) 微分方程式の立て方とその解法に始まって、反応速度定数測定にどのように関わっているかどこから解説するか。

3. 有機化合物の合成実験

本テーマは現在の2回生実験の内容から移入したものであり、また高等学校化学授業において取り入れられている実験内容とは考えられないので、新生にはまず試験管とスポイト操作だけで実現できる「有機定性分析」から始めることにしている。特に、以下の点には注意すべきと考える。

- (1) 基礎有機化学で学習する反応機構を、新生にはどこまで求めるか。
- (2) クロマトグラフィーの内容をどこまで解説するか。

「色素と蛍光」は見た目には分かりやすいが、その理論をどこまで解説するか。分子軌道の概念を新生にどこまで噛み砕いて解説するか。

4 . 今後の検討課題

2006 年度以降の新 1 回生について学生・教員などへのアンケートなどを通じて、継続的に学力・勉学状況を追跡して、対策を講じていく必要がある。高校の先生からは、2006 年度の学生よりも次年度・次次年度と次第に影響が現れてきているとの話も聞いている。

また、学生の理解度が二瘤ラクダのようになった場合には、初修物理学のように、化学でも、学生のレベルに合わせた授業を行う必要があるかもしれない。例えば、

- 基礎物理化学 IA・IB: 2 年生からの専門科目を受けるための基礎知識を教える。
演習を多くし、数学・物理も教えながら、易しい物理化学の授業
- 基礎物理化学 IIA・IIB: 高校の数学・物理を完全にマスターしてきた学生を対象として、やや難しめに教える。

この際には、乗換を可能にするシステムを考案する必要がある。

同じ時間帯に 2 つの授業を行う。

乗り換えやすいように、2 つの授業の間で進度を調整するなど。

さらに、化学を受講する学生の分野が多様であり、要求される化学教育が異なることも考慮する必要がある。理学部、工学部、薬学部、農学部、他の文系学部など、必要とされる事柄に応じて、フォローの仕方を考案する必要がある。

(参考資料1)

1. 受験生の選択科目(京大)

	数学	物理 ・ 化学
文科系	数学 I・A 数学 II・B+III 数学 C (経済学部)	センター試験のみで 物 1、化 1、生 1、地 1 から 1 科目
理科系	数学 I・A 数学 II・B 数学 III・C	センター試験は物 1、化 1、生 1、地 1 から 2 科目 2 次試験は 物 1・2、化 1・2、生 1・2、地 1・2 から 2 科目 簡単な微分方程式・曲線の長さ を含む。C では確率の計算のみ。

2. 現行の化学の全学共通科目

1 回生以上科目

基礎物理化学 A・B

基礎有機化学 A・B

分析化学・環境化学実験 → 基礎化学実験

化学概論 A・B

環境化学概論 A・B

無機化学入門 A・B

物理化学(量子化学) A・B (理・総合)

現代化学入門 A・B (理)

薬学概論(薬)

薬学物理化学(薬)

蛋白質と核酸の化学(化研)

2 回生以上科目

合成および測定実験 → (探求型実験)

構造有機化学入門

反応有機化学入門

(参考資料2)

工学部における数学2006年問題についての取組みの現状報告

工学研究科 田中一義

全般的なこと

工学部では、近年、平均的学生の学習達成度がかなり低くなってきており、特に数理的思考や文章構成力においてそれが顕著になっている階層が目立ちつつあると考えている。したがって2006年度の新入生から急に学力低下が始まるかむしろ疑問である。すなわち数学に関する限り2006年問題は既に潜在的に起こっているもので、本来的にはそれに対応すべしというスタンスをとっている。

1回生数学について

工学部には6学科があるが、どの学科でも程度の差こそあれ、数学リテラシーやその勉学意欲が低下しているという危惧を持っている。工学部学生としての数学リテラシーを最重要視することから、工学部では独自にそれぞれの学科のデマンドを反映した「数学リテラシー」ならびに「数学学習の動機付け」的なものになる1回生前期の数学科目(仮称として、『自然現象と微分・積分』)を2006年度から各学科所属の教員によってクラス別(T1-T20)に開講する予定で全学共通側と調整をしている。ただし、当然のことながら、従来からの全学共通教育における数学科目を軽んじるわけではない。

工業化学科における予備的な試み事例

工業化学科では、同学科の1回生に対する基礎物理化学A,B及び基礎有機化学A,Bの講義をクラス別に同学科の教員(教授)が行っている。ところが近年の数学リテラシーの低下から、基礎物理化学A,Bに対する数学的な補習が必要ではないかとの声が高まり、17年度には教員(助教授)が放課後に自由参加の形で1回生を募り、ボランティア的な数学に重点をおいた補習を実施した。

回数：前期3回(6/9, 6/16, 6/23)、後期3回予定

時間：1週に1回木曜日18:15-19:40頃まで実施。終了後も30分間程度質問に対応

平均参加人数：1回生235名中の70-100名

前期補習内容：微分、テーラー展開、偏微分、微分方程式

後期補習内容予定：多変数関数の微積分など

前期終了時のアンケートで本補習が意義あると答えた学生：参加者の74%

参考として、(i)前期補習開始時に実施したテスト結果とその考察、及び(ii)前期補習終了時のアンケートを添付した。

テスト問題とその結果

分子工学専攻・佐藤徹 佐藤啓文

高校数学の知識を確認するため、基礎物理化学補講の初回(平成17年6月9日)にテストを実施した。

受験者数は94名で太字が正答率である。

代数的な操作や型通りの微積分については処理能力が高いが、関数の概形を書くことがほとんど出来ていなかった。

1. 平面上の3点 $A(1,0)$, $B(3,2)$, $C(5,3)$ の作る角 $\angle\theta$ の余弦 (cos) を求めよ。また三角形 ABC の作る面積 S を計算せよ。

87%

2. 空間の3点 $A(3,0,1)$, $B(2,1,5)$, $C(-1,1,1)$ の作る角 $\angle\theta$ の余弦 (cos) を求めよ。また三角形 ABC の作る面積 S を計算せよ。

65% 計算間違いによる誤答が多い

3. $\cot(\alpha + \beta)$ を $\tan \alpha, \tan \beta$ を使って表せ。

89%

4. $\frac{d}{dx}(x \ln x)$

99%

5. $\frac{d}{dx} \log_{10} x$

82%

6. $\int x e^{ax} dx$

82%

7. $\int a^{bx} dx$

44% 指数や対数に関わる問題の出来がよくない

8. $\int x \sin x dx$

90%

9. $\int \cos^2 x dx$

87%

10. $\int \exp(iax) dx$

72%

11. 関数 $V(R) = 4\epsilon\left\{\left(\frac{\sigma}{R}\right)^{12} - \left(\frac{\sigma}{R}\right)^6\right\}$ のグラフの概形をかけ。ここで σ, ϵ は定数である。

15% 増減表を書くことは知っているが、原点付近での挙動が正しくとらえられていない。

12. $\int_0^1 \frac{3x}{2x^2 + 5x + 2} dx$

39% 部分分数分解が出来ていない。

13. $\int_0^\pi x^2 \sin x dx$

73%

14. $\frac{d}{dx} x^x$

53% 対数をとってから合成関数の微分をすることが出来ていない

15. $\int_0^\pi \cos^2 \frac{x}{2} dx$

90%

16. $\int_{-1}^1 x e^{x^2} dx$

63%

基礎物理化学・数学補習（前期分）アンケート結果

分子工学専攻：佐藤徹・佐藤啓文

2005年6月23日

該当する番号に○を付し、個々の事項に意見があれば自由に書き込んでください。

[65名が回答。太字が結果]

1. 前期で取り上げた内容（微分・テーラー展開・偏微分・微分方程式など）は
(1) 難しかった **25%** (2) ちょうどよい **66%** (3) 易しかった **9%**
2. 補習と課題（宿題）を通して理解が深まりましたか？
(1) 非常に深まった **8%** (2) 深まった **78%** (3) 変化なし **14%**
3. 化学、特に物理化学の勉強の上で役に立ちましたか？
(1) 役に立った **31%** (2) 普通 **55%** (3) 役に立たない **11%**
4. 課題（宿題）に取り組みましたか？
(1) 総てやった **25%** (2) 半分くらいやった **34%** (3) 全然やらなかった **42%**
5. 課題以外に教科書や演習書を自分で探して勉強してみましたか？
(1) やってみた **6%** (2) やってみるつもりである **78%**
(3) 特にやらないつもりである **17%**
6. 今回の時間帯（18:15～）は適切でしたか？また時間（約一時間半）は長かったですか、短かったですか？（何時がよい、もっと長い方が／短い方がよい等の希望を書いてください）
 - 時間帯 ・適切 **41名** ・早い **2名** ・遅い **3名**
 - 長さ ・適切 **37名** ・長い **7名** ・短い **4名**
 - その他の回答：
 - － 曜日を変えて欲しい **2名**
 - － 物理化学をする前にしてほしかった **1名**（以下同数）
 - － ご飯を食べる時間がもう少しほしい
 - － 1限～5限ならどこでも良い

7. 今後もこうした補習講義を続けて欲しいですか？その理由は？また、どんな内容を取り上げてほしいですか？（後期は多変数関数の微積分なる予定）

(1) 続けてほしい 74% (2) どちらでもよい 20% (3) 必要ない 5%

理由：

- 授業では十分には説明されないことがあるから 10名
- 独学では理解できないことがあるから 9名
- わかりやすいから 6名
- 高校との格差が開いているから 3名
- 化学への応用という観点があるから 1名（以下同数）
- 微積分が得意でないから
- 化学に必要な数学をうまく取り上げて勉強できるため

取り上げてほしい内容：

- シュレーディンガー方程式 3名
- 数学・物理化学 4名
- 微分方程式 2名
- どんな内容でも 2名
- 偏微分 1名（以下同数）
- ベクトルの外積
- 量子力学
- 線形代数
- 軌道
- 予定通りでよい

(参考資料3)

新学期授業の際の留意点とその背景

馬場正昭

高等学校の新課程への移行に伴い、新入生の特に物理、化学の学力低下が予想される。そこで、新入生のための化学の全学共通科目の対応を考える必要があるが、ここでは「物理」が高等学校の新課程でどう変わったかを調べ、大学での化学の初修教育をどのように改善するかを考える。

1. 新学習指導要領によって「物理」の教育はどのように変わったか。したがって、新入生の学力はどのように変わると予測されるか。

物理の新課程では、旧課程からの項目が再編成され、削除項目なしに教科書の中ではうまく整理されている。しかし、中学校で先送りされた(1)仕事、電力、熱量、比熱。(2)水圧、浮力、バネ。(3)質量、力の合成と分解。(4)直流と交流。の項目が加わって、「物理Ⅰ、物理Ⅱ」という科目になっているため、懸念されているのが、内容の量が大幅に増えているということである。高校での時間数は減ったにもかかわらず内容と項目の数は増加しているわけで、これをある水準で理解している生徒の割合は、当然ながら減少しているのではないかと考えられる。よくいわれる「消化不良」状態である。

それは教科書を作る側にも認識されていて、図やイラストを多用して記述がわかりやすくなっている。その反面、概念的なことや、そもそもなぜそのようになるのか、あるいは数式を使った定量的な記述などは省かれている。つまり、いろいろな現象をきちんと理解するというよりも、視覚的にあるいは知識として取り入れる傾向が強くなったと考えられる。また、「3部 物質と原子」と「4部 原子と原子核」が選択できるということになっているが、京都大学の入学試験要綱にこれらの範囲から出題する可能性が示しており、多くの学生はこれを両方履修していることが予測される、しかし、内容量は多く、これをきちんと理解している学生は、やはり多くないと思われる。

このような「物理」の新課程での変化を考えると、学ぶべき内容は旧課程と変わらないので問題はないが、全体として理解している学生の割合がかなり減少すると予測されるのは当然である。それは、表面的な知識はあり、結論はわかっているが、内容や概念は知らないという学生が増えるということであり、当然定量的な計算はできないであろう。そういう意味で、物理からみた新課程の学生の学力低下は深刻ではないだろうか。

2. 力学、電磁気学は十分教育できているか。

物理Ⅰでは、3部の「運動とエネルギー」で直線上の運動、物理Ⅱでは、1部の「力

と運動」で平面上の運動をかなり詳しく取り扱っている。その記述を理解していれば、大学での物理化学、熱力学、量子化学を学ぶ上で大きな力となる。

電磁気学に関しても、物理Ⅰでは、1部の「電気」で最も基礎的な電気の説明があり、物理Ⅱでは、2部の「電気と磁気」で電界、磁界、電位、電磁誘導まで詳しく取り扱っている。これらを理解していれば、同様に大学での化学教育には問題がないように思われる。しかしながら、実際に習熟している学生の割合は小さいと考えられ、習熟していない学生は「物理」をとらなかつた学生と本質的には同じであるから、彼らには微分積分等を用いる数学的な取り扱いを含めて、全学共通科目の補習的な授業が必要ではないかと考えられる。

3. 全学共通科目「基礎物理化学」の授業において留意すべき点は何か

現在、京都大学の理系の学生に対しては、化学のカリキュラムとして1回生向けに「基礎物理化学」と「基礎有機化学」を提供している。内容は、学部によってかなり異なっており、2006年からの対応としては、その内容を吟味して全学的にある程度の統一を計るべきである。ただし、特に「基礎物理化学」に対しては新課程移行の影響は大きく、「物理」の学力の差が大きい学生に対してどのように対応すべきかは、ある程度学部ごとに検討する必要がある。おおまかに、「基礎物理化学」では量子化学と熱力学の基礎をわかりやすく授業しているが、新課程の学生への対応としては次のような点が挙げられる

1. 原子の構造やエネルギーは、「物理Ⅱ」の3部の後半で学ぶが、これは選択になっている。さらに、波動関数やシュレディンガー方程式などはまったく触れていないので、やはり「基礎物理化学」では、特に化学で重要なs軌道、p軌道、電子配置という概念をきちんと理解させた上で、もう一度原子の構造やエネルギーを教えることが望ましい。最終的に分子軌道を理解するためにも、最も大切な点である。
2. 量子化学で大切なのは、波をきちんと理解することであり、三角関数や指数関数の取り扱いも含めて、数学的に定量的に扱うことを教えなければならない。高等学校の新課程でも取り扱っているが、復習もかねて演習という形で実際に計算をさせるのが良い方策ではなかろうか。
3. 気体の状態方程式、物質の三態、状態の変化などは、新課程で取り扱っている。しかし、その基本的な概念の理解は不十分で、特に物質は原子、分子の集団であって、状態量はその統計的な結果であることを理解させ、これらの基本的な法則をもう一度教えることが必要であろう。
4. 熱力学の基本法則や、特にエントロピー、分配関数、自由エネルギー、化学ポテンシャルという概念は高等学校では全く出てこないのが、基礎ができた段階で、これらを理解させれば、専門的な化学の学習へとつながっていくのではないだろうか。

4. 「物理」を受験科目にとらなかった学生への対応はどうか。

高等学校で「物理」を選択せずに京都大学へ進む理系の学生は、工学部以外では3～4割であるが、新課程への移行に伴いその割合は若干増加することが予測される。それは、履修が比較的楽な生物、地学を選択する学生が増えることが考えられるからである。しかし、現状の「基礎物理化学」は、ある程度原子、分子に対する知識と理解を前提としているので、高等学校で物理をとらなかった新入生にとっては、その履修は容易ではないであろう。

そこで、その学生のために補習的なプログラムをある程度準備しなければならないのではないだろうか。たとえば、学期の最初に基礎物理化学のための補習を行う。授業という形ではなく、学生の自主参加で自由討論のようなものが有効であろう。

また、現在の「基礎物理化学」の授業項目を絞り込み、演習などを取り入れて、1回生で物理や数学を含めた重要な基礎をきちんと理解するというカリキュラムにすべきであろう。さらに専門的なことは2回生向けのアドバンスコースを用意し、段階的に化学へ専門化する道筋を示してやらないと、高等学校で「物理離れ」した学生に化学への志を抱かせることは難しい。



化学部会 2006 年問題ワキンググループ 報告書

「全学共通教育化学関係科目における

2006 年問題への対応」

平成 18 年 4 月発行

発行 京都大学高等教育研究開発推進機構

〒606-8501 京都市左京区吉田二本松町

TEL 075-753-6513