

7. 化学教育現代化の動向

I. 後期中等教育における化学教育の世界的動向

最近の物理的科学的発達速度は、全く驚異的なものであり、ここ数世紀においては、その内容は50年ごとに倍増していると言っても過言ではない程である。然し、この爆発的発達にも拘らず、却て我々は未知の世界の広大さをますます思い知らされる結果となっている事実を、直視しなくてはならないと思う。

一方また注目すべき社会現象として、教育の普及と共に大学教育を受けた者の人口は各国とも年々増加しているのに、自然科学の面でのそれは伸び悩みの傾向にあり、特に化学の面でそれが著しいことがあげられる。例えば英国での1965年度の統計では学者の総数が10年前に比し35%増であるに対し、経済学者は145%増、物理学者、生物学者は反対にそれぞれ20%増、化学者に至っては僅か7%増という数字が報告されている。米国では高校での自然科学の選択制の影響で、この傾向は最も早くから現われ、大きな社会問題となり、その打開策として合衆国科学財団の膨大な財政援助の下に各種のプロジェクトが大規模な実験的研究として発足し、今日の世界的傾向としての科学教育現代化の先鞭をつけることになった。次に手許の資料(1)~(8)を基に、範囲を後期中等教育における化学にしぼって、その主なものの要点をまとめてみよう。

(1) 米 国

i) CBA project

1957年、L. E. Strong を director として創始された世界では勿論米国としても最初の project。

考える化学を標榜し、そのために思い切った素材の切り棄てを敢行し、化学結合とエネルギーを柱に再編成し、実験的裏付けを重視している。また model の価値を高く評価し、理論さえも mental model と称する程の徹底振りであるが、それと共に、その限界についても 厳しい態度で臨んでいる (Black box の実験は有名) ことは注目すべき特長といえよう。

1959年第一次案が、同64年には決定版が刊行された。この project はかなりそのねらいが高く、最終的には全米高校生の25%を目標にしているとは関係者の言葉である。

ii) CHEMS project

米国化学会の主張を実現したもので、1958年に J. A. Campbell を director として発足、同59年に

は G. T. Seaborg を chairman として執筆を開始。

考える化学という立場では CBA と全く同じであるが、関係者の好む表現をとれば、CHEMS と CBA は同一のピークをみざす向い合った登り口のようなものと言えるように、外見はかなり異っている。

CHEMS の基本方針は次の3つ。

1. 実験を尊重したアプローチ。
2. 微視的観点は、実験的裏付けの困難性から、初期段階では採用しない。
3. 同一概念をくり返し、定性から定量へと順次深化し、更に別な概念への発展の過程を重視する。

1960年第一次案が、同62年には第二次案、翌63年には決定版が刊行され、同時に20余巻のフィルムも完成。現在普及率は約50%と言われ、この点からも CBA より一段低いレベルを対象としてねらっていることが判る。

以上二つの project が共に国家的財政援助の下に大学、高校の教官の協力により、多数の生徒に対して大規模な実験をくりかえし改訂に改訂を重ねて固めてゆく実証的なカリキュラムの構成法をとっていることは、わが国の現状と併せ、羨望にたえない。しかも現在尚 project は進行中であり、CHEMS については1967年に改訂版を刊行する予定になっているというのであるから尙更である。

(2) 英 国 : Nuffield project

1961年、O. E. C. D. の Dublin セミナーにおいて、後期中等教育の現代化の問題がとり上げられ、基本的諸問題が討論され、その結果は New Thinking in School Chemistry としてまとめられた。この線に沿って、英国における Ordinary level 向きの教科書として H. F. Holliwell を director にまとめ上げられたのが、Nuffield Chemistry project である。

構成は必修の Stage I (10単位) と Stage II (14単位)、選択の Stage III (5単位) とから成り、Stage I は導入で、燃焼を素材にしたA型と、燃焼および電解を素材にしたB型があり、その選択は指導者にまかせられるしくみになっている。Stage II は原子論から塩・三態・電解質・反応速度・平衡・酸・合成と分解・エネルギー、そして放射化学に至る典型的な物理化学であり、Stage IIIは、水・結晶・化学変化とエネルギー・化学工業・巨大分子・化学史・酸性とアルカリ性・周期性と原子構造など各1単位の特論が13種用意され、うち5単位を選択履習するしくみになっている。

この project の教科書は1966年に完成、同時に

A. 高校普通科の教育課程改革の問題

Databook と Film Loop も完成。この案は、量的にも、質的にも現在の我が国の高校と酷似した対象を予想して作成されたものであり、非常に参考になるのではないかと思われる。

(3) 西 独：ザールブリュッケン協定

1960年ザールブリュッケンで開催された西独連邦文部大臣第78回定例総会において、「ギムナジウム上級の教育制度に関する文部大臣会議の協定（略称ザールブリュッケン協定）」が成立し、この線に沿って、全西独の後期中等教育の現代化が行なわれ、1964年には完了した。この改革のねらいは、必修教科の数の削減と教材の集中にあり、自然科学教育も大改革が行なわれたとのことであるが、残念乍らその詳細をうかがい知るに足る資料が未だ入手出来ないでいる。

(4) 東 独：Lehrplan der Chemie

Ostwald の遺産を高く評価し、ドイツの化学教育に大きな自負心を持ち、この限りに於てはソ連の影響は受けていない。その特徴を要約すると、

1. 量的にはかなり多く、4学年にわたり352時間。
2. 質的には完全な体系をなし、程度も高い。
3. 傾向としては、むしろ古典的。しかし現代化の配慮も本質的になされている。（たとえば有機化学における IUPAC 命名法の採用、周期律。原子構造の各論の前への位置づけなど）
4. ミニマムエッセンシャルズの定着には、教授法上綿密な考慮が払われている。
5. 総合技術教育のねらいは指導の段階で方法的に達成するように努力されている。

(5) ソ 連

従来の古典的教科書を長く使用してきたのが、1958年のフルシチョフ改革に伴い、部分的修正をうけた形で現行教科書ができたのであるが、これは本質的な体質改善にはなっていない。その点を1964年にツベトコフが鋭く指摘、その線に沿って現在、教育科学アカデミーでプログラム改正のための審議進行中とのことである。やや立ちおくれた感はあるが、それだけに諸外国の豊富な資料を活用できる立場に在り、今後の展開が注目される。

(6) 日 本：ABC project

日本化学会の特別委員会による団体研究「高校化学教育基準に関する研究」が文部省からの研究費で行なわれることになり、1965年1月創始。67年3月には第1回のテキスト草案が印刷される予定。一般の批判を

反映させて更に大修正を加えてゆく計画がもたれている。ねらいの主なものは、

1. 化学を通し、自然科学の方法論を体得させる。
2. 実験を基礎とする。
3. 考えさせる化学。
4. 記憶を必要とする基本的事項は繰り返す。
5. 新事項を一括して取り扱うことは原則としない。
6. 周期表をなるべく早く出す。
7. 有機化学を虐待しない。
8. 最新の理論の上に立っての展開。
9. 導入段階は、平易に古典的に。

この project は、我が国としては空前の漸新な試みであるが、主として経済的理由から教育実験的研究にまで高めてゆくことができるかどうか危まれている。とにかく気構えとしては、研究費の不足分は会員有志の自己負担でもという現状ではあるが、国家の百年の計を切望しないではおられない。

(7) その他の動向

i) IUPAC Chemical Education Committee

1963年開催。討議の内容はまとめて出版されている。扱われた事項は、

1. 試験とカリキュラムの関係
2. 教師の再教育
3. 物理・化学教育の合同
4. 無機・有機を一体化した化学教育
5. 化学者の素質の予見性
6. 技術者養成の問題

ii) ICSU Conference

1968年開催、自然科学教育の一体化についての討議が計画されている。計画の中心は American Ass. for the Advancement of Science と Sc. Teaching Center, Univ. of Mary Land.

iii) O. E. C. D. 化学教育国際セミナー

近代化学の要請に、知的にも実際的にも適応した、よりよいカリキュラムを作成する基礎となる努力に対し、それを合して何らかの結論を生み出そうとすることを目的とする国際セミナーで、第1回は1960年 Greystones において、第2回は Dublin で、1962年には Norway で改めて論議が行なわれ、その成果は、いろいろな形で、以上のすべてに大なり小なり反映されている。

さらにこの機構の1961年の Frascati における会合で編纂された Chemistry to-day, A Guide for teachers (O.E.C.D. Publications, 2 rue

André-Pascal, Paris XVI^e, N° 15, 333) は, 19人の化学教育者によって選定された最近化学に起った重要な変化の概要を伝え, 化学教育担当者に新しい刺激を与えようとするもので, 注目すべきものである。

また1963年に持たれた London での教授法・実験・実験室での労作・視聴覚的手段・行政・試験などに関する学校化学教育近代化の討議報告,

School Chemistry, Trends in Reform
Selected Topics, London (1963)

も重要な文献である。

iv) UNESCO Pilot Project in Asia

UNESCO が低開発国向けの新しい化学教育プランとして, タイ国において1965年から開設している委員会で作成。化学量論と物質構造については, 米国の L. E. Strong を director として, 既に完成。

現在, エネルギーについて, オーストラリアの E. C. Watton を director に, 第二年目の計画が進行中。

v) その他

オーストラリアでは, 自然科学を一体化した教科書案が進行中とのことであり, またセイロン, イタリアでもそれぞれ Nuffield project とよく似たねらいの教科書の作成が計画されている様子である。

II. 世界的動向としての化学教育の現代化とその観点

上述した世界各国の動向を大観し, その傾向を一言にして言うとするれば, 化学教育の現代化以外には適当な言葉が見当たらない。しかしここで一寸断っておきたいことは, 現代化の意味であるが, 筆者は少なくとも次のような, かなり厳しい条件を付与して使っているつもりである。即ち, 化学教育の現代化という以上, 素材としての化学も, 方法としての教育学も, 共にその現代の成果を踏まえ, 単に現代を理解するに留まらず, むしろ過去から現代に至る自然科学の発達過程・方法を重視し, それが唯理解されるにすぎない静的なものではなく, 未来に対して積極的に切り込んでゆく潜在的エネルギーとなり得るような, 動的な活性化された形で定着しうるように計画されたものでなくてはならないということである。

ところで更に世界的動向としての現代化のそれぞれの様相の中から, 現代化自体の角度を抽象してみると次のようなことが言いうると思う。

(1) タイプの学としての化学

化学で取り扱う物質の種類を増大速度は, 最近の物理的科学的発達速度をはるかに上まわっている。1930

年代までは側鎖のない飽和炭化水素をノルマルパラフィン, 側鎖のあるものはすべてイソパラフィンで片付けていたのであるが, 分離合成の技術の進歩から側鎖のある各異性体が必要に応じてとり出されらることになった現在では, $C_{30}H_{62}$ の異性体だけでも4,111,846,763種と数学的に推定されているのであるから記載どころか数えるだけでも大事業である。

無機化合物に関してはこれ程極端ではないが, それにしても同じ編者(学会)による化学便覧の20年前のものを現在のものと比較してみれば, これも人間の能力を基準に考えると本質的には大同小異であることを思い知らされる。

このような情勢は, 否応なしに物質個々の単位を, 同じタイプの群単位で考えざるを得ないようにさせてきている。化学教育も, この酷しい現実を直視するならば, タイプの学としての根本的なメタモルフォーゼを敢行せざるを得ないのである。

(2) 記載の化学から考える化学へ

個々の物質の記載から, タイプによってまとめられた物質群単位に化学そのものが再編成されざるを得ない限り, その出発点であるタイプの判断一つを取り上げてみても, 新しい化学が, 考える化学でなくてはならなくなる事は容易に理解できよう。

まして文字通り無限の可能性のある物質を対象にし, 必要に応じて, 必要な物質についての適確な情報を得, あるいは妥当な予測を展開しうするためには, 着目している特定の物質のタイプについての一般性から出発し, それがどのようなズレを示しているかを考察する方法を身につけない限り処置なしということになる。

(3) 素材の切りすてと再編成の中心となる柱の確立

上述のような考察の出発点となりうるものは, 普遍的な基本原理であると言えよう。そうなると, 従来の化学の内容のすべてが(理論も含めて)必ずしもこの条件に合致するものでないことは明らかであろう。ここに, 明日の世界に人類が取り扱うことが予測されるより多くの物質群に本質的に連続する既知の基本原則は何であるかという厳しい眼力で現在の化学教育の素材を思い切って切りすて, その選択に堪え得た少数の基本原則を如何にして再編成したら, 未来に対して接触するや否や活動を開始するような, 活性化された体系となしうるか。この点こそが, カリキュラム現代化の大事業の山なのである。

小さい体系ならばそれは一つの点でもあるいは十分

A. 高校普通科の教育課程改革の問題

であるかもしれない。しかし如何に素材の切りすてができたとはいえ体系が大きくなっている現在の化学では、その中心は点ではなく柱のようにがっしりしたものでなくてはならないのである。これがある場合には化学結合であり、また別の場合には科学的方法となり、その柱如何によって千差万別の、ただし、あるいは極めて有力な、またあるいは極めて非力なカリキュラムが形成されることになるのである。

(4) 過程・方法の重視

上述の有力・非力の評価基準は、そのカリキュラムが、重視している中心の原理から出発し、やがては新しい原理の発見につながってゆくことが予想される前向きに加速度を、それ自体の中にどの程度内蔵しているかという点に在るのである。この加速度内蔵の度合いは、原理自体ではなく、原理から原理への中間の過程に直結しているのであるから、そのカリキュラムに於て、自然科学発達の過程・方法が如何に重視され、またそれが如何に巧に学習者の中にそれと同質の加速度を誘発するように、組み立てられているかにかかっていることになる。

(5) 実験の重視

このような自然科学発達の過程・方法を、学習者の中に誘発させるには、心構えと、頭脳だけでは不十分であって、直接体で自然に触れ、自然を覗きせることが極めて有力な手段となる。ここに、実験重視という必然的なもう一つの化学教育現代化の要素が浮び上がってくることになる。

しかし、ここで断っておきたいことは、言葉で実験重視と言うのは極めて簡単であるが、実際にそのカリキュラムに沿って指導した場合に、客観的に評価して、たしかに実験が重視されたと断定されるように計画することは並大抵のことではないということである。実験はやっても実験はしていないという変な表現がそのままびったりするような生徒、実験が遊びに終わってしまっているような生徒、考えないで実験している生徒、実験を合目的にしか見ることができず、自然の一断面として見ることのできない生徒、このような生徒は、我々のまわりにいくらでもいるのである。このような生徒に、本当に実験をしたというようにさせるのはどのようにしたらよいかを考えて頂けば、筆者の言わんとしている点の深さに気づいて頂くことができると思う。

(6) 集団研究によるカリキュラムの構成

以上の5つの要素は何れも現代化の動きを対象の性

格・内容の面から観た結果抽象されたものであるが、現在行なわれているこの現代化の動向について、もう一つ見落してならない重要な角度は、それが構成されてゆく過程そのものである。

従来の化学の教科書、指導書の類は殆どが個人、または少数のグループによって構成されたものであり、従って人間の能力からも経済的条件から考えても、それが真の教育研究の成果として生産されたというようなものは皆無であったと言ってよいと思う。然しながら、自然科学の研究自体の団体化から得られた成果の大きさと確かさの経験をもつ現代の化学者達は、当然のこのようにこの化学教育現代化の仕事も団体研究の方法で取り扱ったのである。これが僅々10年足らずの歳月で、最初にあげたような数々の質的にもまた裏づけのデータの量からも、空前のみごときをもったカリキュラムを産み出すことになったのである。

しかも団体研究の規模は学者グループから、学者と教育者グループに、全国的グループから更に国際的グループへと進展しているのである。

III. 今後の問題

以上まず世界各国での後期中等教育における化学教育現代化の動向を概観し、更にそれらの中から共通の現代化の観点を抽象し、それにいきさか私見を加えた次第であるが、ここに抽象された6つの観点は、現時点における現代化の必要な角度ではあっても、決してそれで充分という性格のものではない。第一、素材の切りすてと言っても、この角度からの淘汰が必要というだけであって、それが何をどの程度という点については全く未解決であるし、また中心となる柱の確立といっても、何を柱にし、それをどのようにすれば確立したことになるかという決定的なことはこれまた未解決なのである。他のどの観点についてもこれは殆ど同様である。

要するに定性的には、ここに現代化の必要条件が洗い出されたわけであるが、一つ一つの条件についての定量——それは独立条件ではなく、複雑に相互にからみ合っているあるいは制御し、あるいは加速しあう関係にある条件なのであるから、並大抵のことでは確実な結果を得ることはできないのであるが——これこそが、現在のいやくも化学教育を現代化しようと意図する国々に課せられた重大問題なのである。そこにはまだここに挙げたものに比べれば影響力は小さいので、共通因子の抽出の方法では上ってこなかった、そしてそういうものこそ実は、それぞれの国独自のものである重要な因子があることもまた忘れてはならない。

(戸飢)

(資 料)

- (1) 大木道則 高校化学教育—世界の動向と日本の立場—日本化学会東海地区化学教育研究協議会, 岐阜大会特別講演 1966年10月
- (2) 田中 実 東ドイツで見た化学教育 化学教育 Vol 11, No. 4 P. 82—87 (1963)
- (3) 木村仁泰 西ドイツギムナジウム上級における理科教育 日本理科教育学会第16回全国大会 研究発表 (1966)
- (4) ツベトコフ 新要請に応ずる化学教育の内容 ソビエト教育科学
- (5) 平沢 進 ソビエトにおける教育内容の現代化 I 理科の教育 Vol 15, No. 7 P. 54, 55 (1966)
- (6) 久保輝一郎 O. E. C. D. における化学教育の新しい動き 化学教育 Vol 12, No. 3 P. 119—125 (1964)
- (7) (CBA セミナー特集) 化学教育 Vol 11, No. 4 (1963)
- (8) (ケムセミナー特集) 化学教育 Vol 14, No. 1 (1966)

8. 日本における物理教育の現代化

1. はじめに

PSSC物理の出現によって、後期中学教育における物理教育はアメリカに限らず世界各国の物理教育の動向に大きな変化が起こった。(1)

アメリカにおけるハーバード計画, イギリスにおけるナフィールド計画, ソビエトにおけるレズニコフ提案などはその主たるものである。

日本においても、昭和45年に高等学校の教科課程の改訂が予想されており、これに対して、高校の物理教育はどうあるべきか。また、物理の教科課程をどう改善するか。などについての意見が日本物理教育学会, 日本理科教育学会, その他で最近とくに多く聞かれるようになった。

2. 現代化の方向と問題点

高校物理教育の内容の現代化の問題点としては次の点を考えていかなければならない。

- (1) どの部分をどれだけ切り捨てるか。
- (2) 内容をどの程度の高さまで選ぶか。
- (3) 技術面・応用面の取り扱いをどのようにするか。

(4) 現象的な取り扱いと、理論的など扱いの関連などをどのようにするか。

(5) 内容の配列をどのように構造化するか。

これらのことは昨年度提案した⁽²⁾ことであるが、その後いろいろな場所での改革意見を総合しても、大きなところは上記の中に含まれているものと考えられる。

例えば、三輪光雄氏のグループにおける「高等学校物理教育カリキュラム研究会について」⁽³⁾の報告の方向もいろいろの意見は出されているようであるが、上記に近いことが推察される。

ただ、上述の問題を議論する場合に必ず問題となることは、次のことであり、このことに限定を加えて考えなければ、意味がない。

- ① 科学技術が発達し、それに対応する教育が世界的な趨勢となっており、日本においても何らかの改訂を加えていくべきである。
- ② 高校への進学率が80%にも達する今日において、高校生徒の質、進路は極めて多様化しているが、普通科課程の進学コースにおける物理教育は何らかの改訂が必要である。勿論、一般の普通科課程(就職するもの)実業科課程などは、それぞれ別途に考えられなければならない。
- ③ 現在の日本における学制の中で、時間数・入学試験制度はそのまま認めて考えていく。ただし将来計画としては、学制の改革、物理時間数の増加、入学試験制度の改変などは十分念頭におくべきである。
- ④ 高校普通科においては、学問の基礎を教授する場であり、物理教育も物理学の基礎を学習させるべきである。

上のように限定された基礎の上に立って、現代化の方向をとらえるならば、上記の問題点を考えるに当たり、考え方がかなりしぼられてくるはずである。このような限定自体に多くの問題を含んでいることはある。あるいは、このような限定の方向が誤っているとの反論もあろう。これらの問題、反論の最も根底にあるものは、進歩主義教育における生活単元学習的な考えによるものではないだろうか。進歩主義教育の哲学的解釈はおくとしても、われわれが戦後行ってきた理科教育・物理教育において、果して効果が上ったかどうか考えさせられる。むしろ、現場においてはかなりの抵抗、むしろ反対の声が多いのは衆知の事実である。教育方法論・教育技術・教育設備など万全であったとしても、成功しなかったのは事実である。われわれは、進歩主義教育のよいところは採用するのにやぶさかではないが、進歩主義教育だけが万能の教育学ではないことを認識して、その基礎の上に立って、高校