

# 理科教育の体系化に関する研究

## 第1報 化学教材の再検討

### A Study on Systematizing Science Education

#### Re-examination of Chemistry Teaching Materials No.1

船 元 重 春

Shigeharu FUNAMOTO

## I は じ め に

近代科学の著しい進歩におくれを取らないよう、それを理解し、さらに発展させるため、次の世代への教育は果たして現在のまゝでよいだろうか。ここから出発した新しい教育の探究は、いま世界的な教育界の課題の一つでもある。理科教育に関するこの種の動向へののろしがいつ上げられたかは明白でないが、それが表面化し始めたのは東西軌を一にして大略1950年～1955年あたりからであるように思われる。わが国でもそれらの風潮の中から研究された成果として一先ず1958年現行小・中学校学習指導要領が、続いて1961年高等学校学習指導要領が公表され現在に至っていることは衆知のとおりである。

しかし、過去20年における世界各国間の接触交流は誠に目まぐるしく、当然のことながら我が国もその例外ではなかった。特に理科教育については、アメリカ合衆国、イギリス、ヨーロッパ諸国、ソビエト連邦など、それぞれ独自の教育計画が次々と紹介され、現在はそれらの渦の中で諸論鳴噪の感がある。

筆者も、1953年頃からこの方面に深い関心を寄せ不完全ながら、所見を問う機会を得たが<sup>⑤</sup>、特に本学部に移って以来、本格的な研究に着手し若干の資料を得ることができた。幸いにして、最近では理科教育を opinion から theory に高め学としてゆるぎのないものに盛り立てようとする気運が熟しつゝあり、このことは教員養成大学にとって極めて重大な関心事の一つでもあらうと信ずる次第である。ただし本稿においては、遠大な理科教育学の構想の中で、かなりの比重を占め、かつ教材の精選という切実な教育現場からの強い要請に則応すると考えられる教材論について、化学教育の立場から論ずることとする。

## II 化学教育に対する基本的な考え

教員養成大学において化学を研究し、化学を講義するとき、筆者の脳裡から去らない化学教育観は次の五項目で満たされてきた。

1. 化学の基本概念は“近代科学的物質観に立つ物質とその変化”である。そして、化学教育は“そのような物質観の積み上げ”を通して理科教育の一翼をになう。
2. 理科教育は人間性に科学的要素という価値を位置づけさせる点で教育に大きな役割を果たすも

のであり、人間性の科学的要素は体得された科学的方法の質によって評価される。従って、理科教育の性格上の目標は“科学的方法を身につけさせる”ことでなければならない。

3. 科学的方法の体得は“もの”を通して行なわれ、その過程は心身の発達段階に応じてなされなければならない。しかも、ここでいう“もの”は自然科学の大系の中に系統づけられているが、科学的方法によってさらに発展させられる可能性をもつ。従って、科学的方法は可塑的でなければならない。
4. 理科教育の内容は自然科学そのものでもなく、科学的方法そのものでもない。しかし、取り扱われる素材とその配列とは、自然科学の大系に則ることが効果的であり、素材の取り扱い（学習のさせ方）は科学研究の過程にそのモデルを求めることが最良である。
5. 理科教育には、小・中・高・教員養成大学と一貫した論理が要請されなければならない。それは、教員養成大学が将来プロとなり得る教師の育成を目的としており、プロとしての教師は学の光で教育された学生によってのみ期待できるからである。従って、理科教育の基本は将来、理科教育を推進する者を育成しようとする大学で、どのような姿勢がとられるかにかかっている。

### III 化学教材改編への底流

IIで述べた各項を通して化学教育の立場から理科教育の現況を分析してみると、つぎに掲げるようないくつかの反省すべき諸問題に遭遇する。

#### 1. 小学校段階

- (1) 児童の興味関心に対する配慮が生活経験主義の立場で強調されすぎ、それがため皮相的、散発的、その場限りの学習に終り勝ちとなっている。例えば、花びらから得られた汁が灰汁や酢によって変色する、という3年生の教材において、自然発生的な児童の興味関心は花の汁の変色に向けて行く。しかし、この変色は小学校3年生の子供たちにとって単なる魔法としか映らない。花びらから汁をとり出す操作そのもの、つまり、叩き出す、絞り出す、水に溶かし出す、アルコールに溶かし出す、酢でとかし出すとといった方向こそ物質をより純粋にとり出すという化学への子供らしいさそいではあるまいか。
- (2) 物質とその変化が小学校理科でいう化学領域のタイトルである点は誠に結構であるが、余りにも現象的に止まりすぎる嫌いがある。例えば、ほう酸の溶け方、という題材において、水よりも湯によく溶ける、かきまぜるとよく溶ける、溶ける量には限度がある、を内容とした扱いがなされるが、それらは現象そのものが型通りの実験から検証されることで終始している。あるいは検証でなく、発見的に指導するという主張もあるが、現代っ子にとって上記の程度の実験が果たして発見だと言えるだろうか。現代っ子は、このようなwhatのデパートには飽き飽きしている。現象そのものというよりも現象をどう解するか、現象を支えている背景は何か、を要求している。子供は子供なりの論理を持っていることを忘れてはならない。子供なりの論理が健全に育てられるよう取り扱われるべきであり、そのような取り扱いの可能な教材が選ば

れなければならない。

## 2, 中学校段階

- (1) 理科用語, 定義, 原理, 法則などが天降りのな常識論で流され, その必要性や論理性を欠いていることが多い。酸・アルカリの定義づけに例をとろう。リトマス試験紙に対する変色, 味, 金属に対する反応などで与えられる操作的定義と,  $H^+$ ,  $OH^-$ でとらえられる概念的定義とが交錯状態のまま整理されていない。従って, 中和の指導ともなれば, 酸の味とアルカリの味とから中和の味が生ずる, などと言った帰結すら生れまかねないのである。
- (2) 個々の現象が平板的にとり上げられ, 現象を支配する統一的な物の見方に欠けている。炭素が酸素の中で燃焼する教材の取り扱いでは酸化と酸化生成物とが扱われ“炭素は燃えて二酸化炭素となり, 生じた二酸化炭素はこれこれの性質がある”という。炭素という固体が二酸化炭素という気体になった——この驚くべき物質の変化は化学教育の上でなぜ不問に付されるのであろうか。
- (3) 物質観を不連続に寄木細工的にしか認識できないような配列が平然になされている。酸, アルカリ, 塩の一群, イオン反応の一群, 電流の化学作用に関する一群などがそれである。様々の制約から止むを得ずこのような配列がさされた経緯は理解されるが, 事柄はそれではすまされまい。酸, アルカリ, 塩で一括される物質, イオンという物質, 電流で影響をうける物質などと全く異なった数群の物質があつて, ある場合には相反した現象を, ある場合には共通した現象を示す, というような芳しからぬ物質観でもって生徒が受けとめる危険性はないか。化学結合に由来する統一的な物質観が教材配列のルールとして必要なゆえんである。

## 3, 高等学校段階

- (1) 内容の理解ということよりも, 暗記的な傾向が強い。特に有機化学の領域で著るしく, さらに公式と称せられるものに及んでおり, 理科教育が目指す方向とは余りにも大きな距離すら感ぜられる。 $NV = nv$ がどんな原理を抽象しているかは構わないで酸, アルカリの中和の代弁者として暗記されているのはその適例の一つと言える。
- (2) 量的な取り扱いが実験に即せず単に計算化し, 計算の結果得られた解答が化学の上で何を意味するか, あるいは計算していること自体が化学的にどのような意味をもっているのか, 意識の外に置き忘れたまま、運算にあけくれる場合すら見受けられる。化学における計算の動機は, すべて実験と不離一体のものであることに注目しなおす必要があるだろう。
- (3) 化学という伝統的な殻の中でしか化学をとりあげようとしない傾向がある。現代化学は既に古典化学から脱却しつつ、あることの再認識が緊要である。

これらの諸問題は一体どこから来たものであろうか。さきに化学教育に対する基本的な考えの中で述べたように, 化学という領域が物質観の自然科学であることは間違いないにしても, 従来の化学教育で扱われてきた物質観は古典的, 歴史的物質観からの延長であったように思われる。従って, 教材に含まれる内容は近代化学向けに意図されつつも, 根本には古典的物質観が横たわっているた

め、木に竹をついだような教材の選定と展開とになやまされざるを得なかった。このような意味において、21世紀向けの化学教育の出発点は古典的物質観から近代科学的物質観への抜本的転換を大前提としなければならない。

以上で述べた化学教育の現況とそれに対する根本的な思想とから、筆者は化学教材改編の底流をつぎの三項にしぼってみた。

[A] 化学教材を四部から構成し、それらを物質観の積み上げという大筋で結合する。

すなわち

第一部：分離，抽出，精製，生成，分解，合成などの物理的または化学的操作を通して純物質を認識させる。

第二部：純物質を粒子的要素と電気的要素との両面から把握させることとし、それがため原子構造から化学結合並びに結合化合物の宿命的性質を扱う。

第三部：結合化合物（純物質）の集合状態を熱力学の立場からとらえ、純物質と水との共存がひきおこす諸現象として溶液論を展開する。

第四部：物質の変化とエネルギーとの相関，および物質変化のメカニズムを取り扱う。

[B] 現象的，操作的内容から概念的内容への帰納や進化をはかるため，実験と理論との一体化をはかる。すなわち，理論が証拠から帰納され，理論の上に実験が演繹されることで押し進める。従って，従来困難視されていた実験でも教育の場で必要が認められるものは，それが可能となるよう開発されなければならない。

[C] 近代化学は化学のみでは存立し得ない。物理学，数学の援用，生物学，地学への接近が必要不可欠である。さらに，従来の有機化学，無機化学は化学教育において統合された取り扱いでありたい。

### III. 改編された化学教材

つぎの表は筆者が本学部で過去3年にわたり逐次改訂を重ねながら実施してきたものをさらに修正した，化学教育のSyllabusの大要である。

#### 第I部 物質の分離，抽出，精製，生成，合成，分解 —— 純物質を得るために ——

着眼点：

1. 化学に関する物質経験を拡充する。（化学に関する経験の場は，主として実験室である。）
2. 化学の学習に必要な基本的操作を早期に打ち出す。 —— 正しい操作
3. 操作を通して物質の相互弁別の手段を体得する。この時，物理性と化学性の両面から着手させる。
4. つとめて定量化をはかる。（例 収量）
5. 操作に対しては可能な限り理論的な背景を理解させる。

6. 操作には常に何らかのエネルギーを必要とすることを強調する。

7. 原料と最終物質との比較をとりながさない。

8. 生物, 物理, 地学との接近をはかる。

## 内容

章	節	項	目	摘 要	実 験 (学生)
第一章 混合物 から 純 物質	イオウ 食 塩 デンブンの 分離	溶解	1. 溶解現象 2. 溶解の型 3. 溶液 4. 飽和溶液 5. 溶解度 6. 溶解速度	重量百分率  気, 液, 固の溶解度	溶解度の測定
		再結晶	食塩の再結晶	結晶の生成	食塩の収量
		蒸留	水の蒸留		蒸留法
		昇華	イオウの昇華	イオウの同素体	
	いも→ デンブ	磨砕抽出	1. デンブンのとり出し方 2. デンブ粒子とデンブ液	ヨウ素デンブ反応	デンブの抽出  デンブの収量 (検鏡)
	なたね→ なたね油	1. 圧搾抽出 2. 溶媒抽出 3. 吸着精製	1. 圧搾抽出法 2. 溶媒抽出法 (ソックスレー) 3. 吸着精製 (白陶土)	油脂試験法	ヨウ素価 } の測定 ケン化価 }
	脂肉→牛脂	いり取抽出法	いり取抽出		
	牛乳 } タンパク質 卵白 }	沈澱抽出	1. アルブミンの抽出 2. グロブリンの抽出	タンパク質の性質	タンパク質の凝固 呈色
	バラの花→ アントシアン 緑葉→クロロ フィル	溶媒抽出	1. アントシアンの抽出と精製 2. クロロフィルの抽出	アントシアンの変色  クロロフィルの分離	カラムクロマトグラフィ
	石炭→ 気, 液, 固成分 木材 気, 液, 固成分	熱分解  熱分解	1. 石炭の乾留 2. 乾留生成物の分離 1. 木材の乾留 2. 乾留生成物の分離	分別蒸留	木材の乾留
空気→O, N	液化法	1. 空気の液化と気化 2. 空気中の酸素		ピロガロール法による 空気中の酸素の定量	
不純な水→純水	脱イオン法	脱イオン法による水の 純化	水質検査	イオン交換分離 水の分析	
第二章 純物質から 純物質	デンブ→糖	加水分解	1. 酸による加水分解 2. 酵素による加水分解 (加水分解酵素)	糖の還元作用 糖の定量 糖類	酸による加水分解 酵素による加水分解 糖の還元性
	糖→アルコール	醱酵	アルコール発酵, 蒸留	アルコールの化学性	
	油脂→石けん	けん化	油脂のけん化	石けん 脂肪酸の単離 グリセリン	

章	節	項	目	摘要	実験(学生)
第二章 純物質から純物質	タンパク質→ アミノ酸	加水分解	1. 酸による分解 2. 酵素による分解	アミノ酸の特性 アミノ酸の単離 アミノ酸の定量	ペーパークロマトグラフィ 窒素の定量
	$2H_2O_2 \rightarrow 2H_2O + O_2$	触媒による分解	$O_2$ の特性	触媒の作用	$O_2$ の発生
	$2HgO \rightarrow 2Hg + O_2$	熱分解	$Hg$ の確認 $O_2$ の確認		$HgO$ の分解
	$C_{12}H_{22}O_{11} \rightarrow 12C + 11H_2O$	熱分解	炭素の確認 水の確認		しょ糖の分解
	$PbI_2 \rightarrow Pb + I_2$	電気分解	$Pb$ の確認 $I_2$ の確認		$PbI_2$ の電解
	$2H_2O \rightarrow 2H_2 + O_2$	触媒による電解	$H_2$ の確認 $O_2$ の確認	水の安定性と極性	水の電解
	$Zn + H_2SO_4 \rightarrow ZnSO_4 + H_2$	酸化還元 (原子の組みかえ)	$H_2$ の確認 $Zn^{2+}$ , $SO_4^{2-}$ の確認	$Zn$ の反電子性とHの親電子性	$H_2$ の発生
	$4HCl + MnO_2 \rightarrow MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O$	酸化還元 (原子の組みかえ)	$Cl_2$ の確認 $Mn^{2+}$ の確認	Clの親電子性	$Cl_2$ の発生
	$CaC_2 + 2H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + C_2H_2$	酸化還元 (原子の組みかえ)	$C_2H_2$ の確認 $Ca(OH)_2$ の確認	結合の活性	$C_2H_2$ の発生
	$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 \rightarrow 2NH_3 + CaCl_2 + 2H_2O$	化学平衡の移動 (原子の組みかえ)	$NH_3$ の確認 $Ca^{2+}$ の確認	炎色反応	$NH_3$ の発生
	$CaCO_3 + 2HCl \rightarrow CaCl_2 + CO_2 + H_2O$	化学平衡の移動 (原子の組みかえ)	$CO_2$ の確認 $Ca^{2+}$ の確認		$CO_2$ の発生
	$NaCl + H_2SO_4 \rightarrow NaHSO_4 + HCl$	置換 (原子の組みかえ)	HClの確認 $Na^+$ の確認		HClの発生
	$CH_3COONa + NaOH \rightarrow CH_4 + Na_2CO_3$	熱による原子の組みかえ(脱炭酸)	$CH_4$ の確認		$CH_4$ の発生
	$2Al_2O_3 \rightarrow 4Al + 3O_2$ $Fe_2O_3 + 2Al \rightarrow Al_2O_3 + 2Fe$	熔融電解 加熱還元	$Fe$ の確認		テルミット
	$CuO + H_2 \rightarrow Cu + H_2O$	加熱酸化還元	$Cu$ の確認 $H_2O$ の確認		$CuO$ の還元
	$C + O_2 \rightarrow CO_2$ $S + O_2 \rightarrow SO_2$	燃焼	C, S, $CO_2$ , $SO_2$ の確認	物質の保存性	燃焼と燃焼生成物
	$Fe + S \rightarrow FeS$	加熱生成	$Fe$ , S, $FeS$ の差異		$FeS$ の生成
	$K_2SO_4$ $Al_2(SO_4)_3$ } みょうばん	結晶の生成	結晶の確認	結晶水	みょうばんづくり
	$Cu$ } → 人絹 綿	せんの再生	$Cu \rightarrow Cu(OH)_2$	シュバイツァー液 錯塩	銅アンモニア人絹づくり
	酢酸 } 酢酸 エチルアルコール } エチル	エステル化	エステルの特性	有機電子論	エステルの合成
フェノール } 無水フタル酸 } フェノールフタレイン	脱水縮合	フェノールフタレインの確認	指示薬	フェノールフタレインの合成	
フェノール } フェノール ホルマリン } 樹脂	付加重合	重合過程の観察	合成樹脂	ベークライトづくり	
鉛 } → ハンダ スズ }	熔融混合	ハンダの特性	合金	ハンダづくり	

## 第II部 物質の粒子的要素と電氣的要素

## 着眼点：

1. 近代的物質観は原子の粒子的要素と電氣的要素との両者から出発している。
2. すべての物質は原子間の結合から出発している。従って、物質の状態や性質は化学結合に起因する。
3. 物理の援用を大巾に認めなければならない。
4. 近代的物質観に立てば従来の化学量論は省いてよい。
5. 可能な限り理論の実験化をはかる。

## 内容

章	節	摘 要	実 験 (学 生)
第一章 分子の存在	1. 粒子と分子 2. 分子の大きさ 3. コロイド 4. 分子運動	単分子層 拡散、ブラウン運動	単分子層の測定
第二章 原子構造と周期律	1. 原子スペクトル 2. ボーアの原子論 3. 電子の存在と質量 4. 原子核と質量分析 5. 電子のエネルギー準位 6. 原子構造 7. 長周期型周期表 8. 原子量	原子模型 同位体 電子軌道 Avogadro 数	輝線スペクトルの観察 電子の質量測定
第三章 化学結合	1. イオン結合 2. 共有結合 3. 配位結合 4. 金属結合 5. 混成軌道	電気陰性度 双極子 $\sigma$ 結合, $\pi$ 結合 I 効果, E 効果	結合模型
第四章 結合化合物	1. 水素結合 2. van der WAALS 結合 3. 結晶 4. 化学式 5. 化学式量 6. 化合物命名法	イオン結合結晶 金属結合結晶 水素結合結晶 van der WAALS 結合結晶 分子式 構造式 異性体 水和物 IUPAC	分子量の測定

## 第III部 物質の固有性と状態の変化

## 着眼点：

1. 純物質は、それぞれの固有性をもつ。(物理性, 化学性)
2. 純物質は、自然状態で独自のエネルギーを有する。そして、このエネルギーは化学変化の前提条件である。
3. 純物質の固有性はその化学結合に由来するから、すべての固有性に一貫した原理が成り立つ。
4. 物質の状態とは、分子や原子の集合状態を意味し、それは外界の条件によって変化し、活性化されたり不活性化される。
5. 二種以上の純物質が共存する時は、それぞれの固有性は付加的に現われたり、全く異った姿で現われる。しかし、そこには釈然とした法則性がある。

## 内容

章	節	摘 要	実 験 (学 生)
第一章 水の特異性	1. 分子構造 2. 結晶構造 3. 物理性と化学性	比重, 沸点と氷点 化合物に対する水の行動	沸点, 氷点の測定
第二章 分子運動論	1. 気体の現象論的考察 2. 気体の分子論的考察 3. 気体の状態方程式 4. 分子, 原子の集合状態	気体定数	
第三章 相 平 衡	1. 三態の変化 気体 $\rightleftharpoons$ 液体 $\rightleftharpoons$ 固体 2. 熱力学の法則 3. 自由エネルギー 4. 相律 5. 質量作用の法則 6. 酸化還元電位	沸点, 融点, 蒸気圧 第一法則 第二法則 第三法則 Gibbs free energy	
第四章 物質の安定性	1. 乾いた空気中での安定性 2. 水中での安定性 3. ラジオアイソトープ	物質と酸素 物質と水 核反応	
第五章 非電解質水溶液	1. 溶解のメカニズム 2. 希薄水溶液の行動	浸透圧 蒸気圧 分子上昇と分子降下	浸透圧の測定 分子上昇, 分子降下の測定
第六章 電解質水溶液	1. 水溶液の電気伝導性 2. イオン化の理論 3. 電離度 4. 希釈度 5. 電解質水溶液の異常 6. 活動度	浸透圧, 蒸気圧, 分子上昇, 分子降下	電離度測定

章	節	摘 要	実 験 (学 生)
第六章 電解質水溶液	7. 水の電離 8. 酸と塩基 9. 塩類 10. 酸, アルカリの中和 11. 加水分解 12. 緩衝液	濃度と強度, pH 塩の生成, 溶解積, 根 指示薬	pHの測定 中和滴定

#### 第IV部 物質の変化とエネルギー

##### 着眼点:

1. 化学変化は反応系と生成系との間にエネルギーの不均衡が生じた時起こる現象である。従って化学変化は次の各々の場合に大別できる。

(1) 反応系と生成系との間に物質の固有エネルギーが大小を伴う場合

自由エネルギー減少の方向へ

(2) 反応系を何等かの形で活性化し, 反応系と生成系との間にエネルギーの不均衡を生ぜしめた場合

活性化エネルギーとして, 熱・光・電気などのエネルギー, および力学的エネルギー, またはそれらの複合エネルギーが用いられる。

2. 物質の変化は, エネルギーの授受と同時的に論ぜられなければならない。従って, 次の各項を同時に考慮に入れる。

(1) エネルギーによって物質が変化する。

(2) 物質の変化に伴ってエネルギーの出入りがある。

3. 化学変化は単に因果関係から見た物質の変化のみでなく, 反応の機構を十分考慮に入れる必要がある。それがため, 反応系と生成系との化学結合が重視されなければならない。

4. 定性からできるだけ定量へ。

##### 内容

章	節	摘 要	実 験 (学 生)
第一章 量の エネルギー 関係	1. 物質の固有エネルギー 2. 熱エネルギー 3. 電気エネルギー 4. 光エネルギー 5. 力学的エネルギー	結合エネルギー カロリメーター 電気的工作 光量子 運動エネルギー	
第二章 固有エネルギー と化学変化	1. 酸化還元反応 2. イオン反応 3. 極性による反応	酸化剤, 還元剤 酸化数 陽イオン, 陰イオン 付加反応	酸化還元滴定 定性分析 (イオンの系統分析)

章	節	摘 要	実 験 (学 生)
第二章 と化学変化 固有エネルギー	4. 核の自然崩壊	重合反応 縮合反応 求核的反応 求電子の反応 置換反応	
第三章 と物質の変化 電気エネルギー	1. 電池反応 2. 実用電池 3. 電気分解 4. 電解のメカニズム	ダニエル電池 ボルタ電池 ファラデーの法則 クーロムメーター 過電圧 輸率	NaClの電気分解
第四章 物質の変化 エネルギーと光	1. 白黒写真 2. 光合成 3. 青写真		写真の現像, 定着 青写真づくり
第五章 と物質の変化 熱エネルギー	1. 熱の発生と化学反応 2. ヘスの法則 3. 核分裂と核融合	燃焼 中和 生成	中和熱の測定
第六章 反応速度	1. 一次反応と二次反応 2. 反応速度 3. 反応の可逆性 4. 触媒	反応速度定数 ルシャトリエの法則 平衡定数	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , CH <sub>3</sub> COOC <sub>2</sub> H <sub>5</sub> の分解速度の測定
第七章 の定量的考察 化学反応	1. 元素分析 2. 重量分析 3. 容量分析 4. 物理的測定	定性分析 定量分析 キレート滴定 電気的測定 光学的測定	サッカリンの分析 水の硬度決定 電位差滴定 光電比色
第八章 有機合成	1. レッペ合成 2. アセチレン→アセトアルデヒド→酢酸 3. グリニャール試薬 4. デンプン, 脂肪, タンパク質の生合成 5. ベンゼン→ニトロベンゼン→アニリン 6. アニリン→ジアゾ化→カップリング 7. フルオレッセンの合成 8. 中性洗剤の合成	付加, 転位 グリニャール反応	ベンゼンのニトロ化 ニトロベンゼンの還元 アニリンのジアゾ化

もちろん、このSyllabusは将来理科教育を推進する者に豊富な教材観を与えるという目的だけで

はなく、彼等が化学的内容の教材を理科教育の一環としてどう受けとめ、どう発展させるかについて自分の力で見出す能力を得るよう期待しているのである。しかし、筆者が繰り返し述べたように、理科教育の“小・中・高・教員養成大学の一貫性”という立場に立つとき、このSyllabusの構想はそのまま、小・中・高校の各段階の中に編入されてよい。ただ、その際児童生徒の心身の発展を無視してはならないし、取り扱われる素材にも一段のくふうが払われなければならないことは言うまでもないが、物質観の学的大系に沿う積み上げは理科教育によせる化学の領域からの大動脈と考えるのである。このような意味において、将来の小・中・高校における化学教材の内容はつぎの視点から選定されるものが適当であろうと確信する。

- 小学校：物質の分離，抽出，合成などを通した物質経験の積み上げを主軸とする。
- 中学校：物質の粒子的要素と電気的要素とを核として，物質の構成に関する積み上げを主軸とする。
- 高等学校：物質の変化とエネルギーについての積み上げを主軸とする。

## V む す び

理科教育における積み上げは、スパイラル構造、スイッチバック型、ピラミッド方式など、いろいろのやり方が推奨されてきた。しかし、それらは易から難へ、低から高へと言った安易な積み上げであってはならない。何が易で何が難か、どういう意味で低くどんな立場からして高いのか、従来の理科教育、特に化学教育ではかつての啓蒙時代の化学の残渣から来たと思われる難易、高低の教材価値観が矛盾した形で、随所に見られて来たのである。価値観の矛盾を指摘し、それを矯正していくよりどころは、その教材をどのような立場から見るか、できるものであるが、化学教材をみる立場は自然科学の大系にふまえるのが最も妥当であろう。本稿において筆者が化学教材に近代科学的物質観という芯を入れ、小・中・高・教員養成大学にわたって思想と構成とを一貫してとらえた化学教材改編の必要性和可能性を論じたのは、実に化学教材の価値観の再検討を主張したからである。

しかし、筆者はこれでもって十分であるとは毛頭考えていない。自然科学の大系から見た教材の価値がそのまま、教育の場で真価を発揮するためには、児童生徒の教材に対する適応性や抵抗の度合いが科学的な方法で解明されなければならないからである。そこには、当然のことながら、理科教育から見た児童生徒の発達心理学の追求が要請されるだろう。

## VI 摘 要

教員養成大学における理科教育の中で、化学教育をどのように近代化するかについて、近代科学的物質観という観点から教材を考察し、過去三か年にわたる実施の結果を総合して、そのsyllabusを掲げた。

その骨子は次のとおりである。

1. 純物質が得られる過程を通して物質観の拡充をはかる。
  2. 得られた純物質を電氣的要素と粒子的要素とから論じて、物質の構成を把握させる。
  3. 化学結合の必然的結果から物質の固有性を導く。
  4. 物質が物質相互ならびにエネルギーの授受で変化し合う現象を機構の立場で考察させる。
- なお、この syllabus の根本的な考えは、小・中・高等学校の化学教材にそのまま、おり込まれることの妥当性についても論及した。

## VI 文 献

- (1) Chemical Systems (Chemical Bond Approach Project)
- (2) Chemical Education Material study.
- (3) Syllabuses, science Subjects (For the School Certificate and General certificate of Education) 1966.
- (4) Syllabuses, science Subjects (For the Higher School Certificate and General Certificate of Education) 1967.
- (5) 船元重春：化学教育 11巻 3号 (1962)

## SUMMARY

How should chemistry education be modernized as a link of science education in a Teachers' College? With this question in mind, I have surveyed the teaching materials from the modern materialistic stand point, and examined the results acquired over the past three years. The syllabus can be itemized as follows:

The student is to be instructed so that he can

1. expand their materialistic view through the process through which pure substances can be gained.
2. investigate the pure substances thus gained from the standpoint of particles charged with electricity.
3. arrive at the peculiarities of the substances that are gained as a necessary result of chemical bond.
4. grasp the interrelationship between chemical change of substances and energy not only as a phenomenon but also as a process through which the phenomenon has occurred.

In addition, reference was made to the propriety of introducing this fundamental idea into the chemistry teaching materials in primary, junior and senior high schools.