

前期中等教育理科における 化学カリキュラムの現代化

第4報 中学化学カリキュラム現代化の具体案(2)

戸 荊 進

要旨 第2報に詳述した角度からの、高校化学現代化との関連を深く考慮した中学化学カリキュラム現代化の具体案を、実施した体験に基づき、第3報では、第2報の酸に引きつづき、塩基、塩沈殿の生成、酸化・還元各单元についてその展開例を示したが、本報告では残余の单元、気体の発生とその性質、電気分解と電池、水と水溶液、水の成分と原子・分子、燃焼について展開例を示した。

1. はじめに

一昨年の第2報⁽¹⁾に詳述したように、現行の中学理科における化学カリキュラムには現代的観点から見て、多くの問題点を感じられる。それらの主なものは

- (1) 仮説を意識した、発展性の期待できる実験
- (2) 仮説を生み出す触媒となる科学的モデル
- (3) 実験を自然そのものの一断面として観ること
- (4) 中学の実験の半定量化
- (5) 反応速度の概念の重視
- (6) カリキュラム自体に、その展開の潜在エネルギーを持たせること

などである。

これらの諸要請に応えると共に、十余年にわたる、筆者の、高校化学カリキュラム現代化のための研究⁽²⁾の結論として、現在の中学及び高校の教科課程の中に与えられている時間の枠の中では、高校化学カリキュラム現代化のためには、是非とも中学の段階での、現代化が必要であり、またこれは、方法によっては十分

「気体の発生とその性質」の単元の展開例(⇒は各時限のまとめの方向であり、同時に次の時限への導入)となる中心点

主題	時限	展 開
塩 化 水 素	1	デモ1：濃塩酸の観察〔発煙・ NH_3 との白煙〕 討議：揮発性酸としての塩酸 ⇒ Cl^- の沢山ある所に、 H^+ が加えられたらどうなるだろうか？ 実験1： NaCl と conc. H_2SO_4 による HCl の発生、およびその性質 〔臭い。水溶性。リトマスとの反応。 AgNO_3 水溶液との反応〕

可能であることの裏付けも、第1, 2報で既報のとおりである。

暮も押し迫った12月始め、文部省により改訂中学校学習指導要領(案)が発表されたが、その骨子をなすものの中に、上記6項目に要約される筆者年来の主張が盛り込まれているのみでなく、分野別の内容および、その取扱いについての細部にわたっても多くの点で合致していることは喜びに堪えない。

2. 本年度の研究結果

近く最終的に決定される改訂中学校学習指導要領に基づいて、各種の教科書が作成されることになるが、その段階で、少くとも他山の石としてくらの、役割りは果し得ると自負して、中学化学カリキュラム現代化の具体案を、一昨年度の酸、昨年度⁽³⁾の塩基および塩、沈殿の生成、酸化・還元を引きつづき残余の全領域にわたって、成案を得るべく鋭意努力を集注し、7月までにまとめ上げ総合的な発表として、8月の日本理科教育学会第18回全国大会(於鹿児島)において発表した。

本報では、それらのうち、昨年度までには未完成であった残余の单元である気体の発生・性質、電気分解と電池、水と水溶液、水の成分と原子・分子、燃焼の5つについてカリキュラム展開の具体的例を報告する。

なお、本研究に関しては、その前段階である高校化学カリキュラムの現代化の研究の頃から、本学教育学部の広岡亮蔵教授の御指導・御助言を頂いていることを書き添えて、感謝の微意を表したいと思う。

前期中等教育理科における化学カリキュラムの現代化

塩素	2	<p>討議：実験1.のまとめ $(\text{揮発性酸の塩}) + (\text{不揮発性の酸}) \rightarrow (\text{揮発性の酸}) + (\text{不揮発性酸の塩})$ $\Rightarrow \text{HCl}$から、Hを取り除くことはできないだろうか？ 討議：酸化剤</p> <p>デモ2：Cl_2の発生 $\left[\begin{array}{l} \text{conc. HClにH}_2\text{O}_2\text{を静かに加え，発生する気体につ} \\ \text{いて，その色，臭い，空気より重いことなど。} \end{array} \right]$</p> <p>討議：$2\text{HCl} + \text{H}_2\text{O}_2 = \text{Cl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$</p> <p>実験2：$\text{Cl}_2$の発生と2, 3の性質 [濃塩酸をMnO_2で酸化。リトマスやインクの漂白，水溶性など] 討議：実験2のまとめ。</p>
アンモニア	3	<p>\Rightarrow (揮発性酸の塩) + (不揮発性の酸) によって揮発性酸が得られたのだから，同様なことが，塩基についても成立しないだろうか？ 討議：塩基の復習。特に不揮発性，揮発性を中心に。 実験3：アンモニアの生成と性質 [$\text{NH}_4\text{Cl} + \text{Ca}(\text{OH})_2$により，臭い，空気より軽いこと，リトマス，ネスラー試薬との反応] 討議：実験3のまとめ デモ3：アンモニアによる噴水</p>
二酸化炭素	4	<p>\Rightarrow 一年生の時，石灰岩の判別に，塩酸による発泡を使ったが，この反応は，どのように説明することができるだろうか？ 討議：炭酸も塩酸も揮発性の酸。しかし濃塩酸はあっても濃炭酸というのは聞いたことがない。 デモ：ドライアイスによるCO_2ガスの発生 $\left[\begin{array}{l} \text{水槽の真中に置いたビーカーの水の中にドライアイスの一片を入れる。} \\ \text{やがて水槽中うもCO}_2\text{が一杯にたまることを，ろうそくの炎で確める。} \end{array} \right]$ 揮発性酸の溶解度の差。それと， $(\text{弱酸塩}) + (\text{強酸}) \rightarrow (\text{弱酸}) + (\text{強酸塩})$ 実験4：CO_2の発生とその性質 $\left[\begin{array}{l} \text{① CaCO}_3\text{とHClにより，CO}_2\text{を発生。下方置換でビーカーに集められることを確認。更に万能pH試験紙化，石灰水との反応（CaCO}_3\text{が過剰のCO}_2\text{に溶けることも含めて）。} \\ \text{② Na}_2\text{CO}_3\text{とHClで，やはりCO}_2\text{の発生すること。および泡がちょうど出なくなるまで少しづつHClを加えてゆくと，液の味がどうなるか。} \end{array} \right]$</p>
アセチレン (エチン)	5	<p>討議：実験4のまとめ \Rightarrow 以上の外にも，気体の発生するような反応を思い出してみよう。 討議：H_2, O_2, NO, NO_2など。 デモ5：C_2H_2の発生 $\left[\begin{array}{l} \text{カーバイドはCaC}_2\text{で示される。これが水と反応して発生するガスは点火すると，煤をあげて燃える。なお，発生器の中の水は白濁しており，強アルカリ性であることを確認する。} \end{array} \right]$ 討議：すゝをあげて燃える気体\rightarrow炭素化合物 白濁した強アルカリ性の液でCaC_2と関係がありそうなもの$\text{Ca}(\text{OH})_2$。以上より反応式をまとめる。 C_2H_2について。有機化合物と無機化合物。</p>

「電気分解と電池」の単元の展開例

主題	時限	展開
		\Rightarrow 導体は固体だけだろうか？

水 溶 液 の 電	1	<p>Hg, 電解質水溶液</p> <p>⇒ 電解質水溶液に電流を流したとき、ただ電気が流れるだけだったろうか?</p> <p>実験1: 塩酸の電解</p> <p>〔プラステイックスの小カップに入れた希塩酸に、電池の両極につないだ導線の端(よく磨いた)を入れてみる。〕</p> <p>討議: 陽極およびそのまわりの変化。陰極に発生する気泡。</p> <p>⇒ $ZnCl_2$の水溶液だったらどうなるだろうか?</p> <p>実験2: $ZnCl_2$水溶液の電解〔1.と同じ要領で、磨いた導線の端を入れる。〕</p>
電 気 分 解	2	<p>討議: 実験2のまとめ。陽極はHClの場合と同じ。陰極は、鍍金されて銀色になる。</p> $\begin{array}{l} HCl + H_2O = H_3O^+ + Cl^- \xrightarrow{\ominus} \text{へ} \\ ZnCl_2 = Zn^{++} + 2Cl^- \xrightarrow{\oplus} \text{へ} \end{array} = (\text{放電}) \rightarrow \begin{array}{l} \text{原子反す} \\ \text{子に} \\ \text{応い} \\ \text{しな} \\ \text{るや} \end{array} \xrightarrow{\text{化学}} \begin{array}{l} \text{変} \\ \text{化} \end{array} \left\{ \begin{array}{l} 1. \text{極と} \\ 2. \text{周囲と} \\ 3. \text{互に} \end{array} \right.$ <p>⇒ Clと反応しないC電極で、HClを電解したらどうなるだろうか?</p> <p>デモ1: C電極によるHClの電解。〔発生する両極の気体は試験管に集める。〕</p> <p>討議: デモ1のまとめ。Cl₂のとけやすいこと。</p> <p>⇒ $ZnCl_2$の場合のようにして陰極に金属を移動させることができるだろうか?</p>
電 気	3	<p>デモ2: 銅クーロメーター〔半定量的〕</p> <p>討議: デモ2のまとめ</p> $\begin{array}{l} \ominus: Cu^{++} + 2e = Cu \xrightarrow{+Cu} (\text{銅メッキ}) \\ \oplus: SO_4^{=} + 2e = SO_4^{=} \xrightarrow{+Cu} Cu^{++} + SO_4^{=} \end{array}$ <p>⇒ このような原理で、他のいろいろな金属についてもメッキができるだろうか?</p>
メ ッ キ	4	<p>実験3: ニッケルの電気メッキ</p> <p>〔15%NiSO₄のみ、およびそれにNH₄Cl, H₃BO₃を添加した二種の電解槽について、同一条件でメッキ、比較。〕</p> <p>討議: 実用になるメッキ層を得るのは、決して簡単ではない。</p> <p>被メッキ体の表面状態。電解質の濃度。錯イオンのはたらき(軽く)など。</p> <p>⇒ 電気分解は直流でなければできないだろうか?</p> <p>デモ3: KI水溶液の交流による電解。</p> <p>〔一方の極板(トタン板)にKI水溶液でぬらして密着させた濾紙の上をもう一方の極につないだ導線の端で速くなでる。電源は数Vの交流。〕</p> <p>討議: デモ3のまとめ</p>
電	5	<p>⇒ 電気分解の逆の現象は起らないだろうか?</p> <p>デモ4: $Cu dil, H_2SO_4 Cu, Zn dil, H_2SO_4 Cu$の比較。</p> <p>〔極の間に電流計を入れてみる〕</p> <p>$Zn + H_2SO_4 = Zn^{++} + SO_4^{=} + H_2$で、未だどけぬZnは$\ominus$になる。</p> <p>$Cu + H_2SO_4$は反応しないのでそのまま。</p> <p>両方をつなぐと、電子が\ominusから、中性のCuの方に流れる。ボルタの電池。</p> <p>⇒ もう少し、電流がすぐ弱くならないような電池はできないだろうか?</p>
池	6	<p>デモ: 分極と減極剤〔ボルタの電池で。減極剤としてはH₂O₂を。〕</p> <p>討議: デモ6のまとめ。</p> <p>実用電池(乾電池と蓄電池)</p>

「水と水溶液」の単元の展開例

主題	時限	展開
純粋な水	1	<p>討議：自然の水。その存在と状態。 ⇨ 自然の水から純粋の水をとり出すにはどうしたらよいただろうか。 デモ1：海水（濁った食塩水の濾過） （静置・傾瀉の大切なことも。前後の状態を肉眼と鏡検で比較） ⇨ 濾液を煮つめたらどうなるだろう？ 実験1：海水（にごった食塩水）の濾過と蒸発乾涸 {ビーカーで湯せんして。濃縮した段階で一滴をスライドグラスに採り乾かして解剖顕微鏡で鏡検。（固型物量）/（海水量）。}</p>
	2	<p>討議：実験1のまとめ ⇨ 海水中の水は怎么样了？ 塩分の一部も出ていったらどうか？ 実験2：濾過した海水の蒸溜 {前後の母液の一部、および留分の三者につき、味、AgNO_3との反応をみる。} 討議：実験2のまとめ。 ⇨ どんな溶液も蒸溜すれば純粋な水が得られるか？ デモ2：dil. HClおよびdil. NH_3aqの蒸溜。 （前後の母液の一部、および留分についてAgNO_3とCuSO_4で） 討議：デモ2のまとめ。 蒸溜による精製の限界とその対策。</p>
水溶液	3	<p>⇨ 水にとける量に限界はあるだろうか？ デモ3：酢酸・アルコール・エーテル・CCl_4・砂糖・食塩と水。 （多くのものには限界のあること。） ⇨ 限界は絶対的なものだろうか？ 実験3：KNO_3とH_3BO_3の溶解限度。 {各グループの水温を変えておき、溶解の限度をg単位で。塗板の表→グラフに整理。}</p>
	4	<p>討議：実験3のまとめ 溶解（限）度、その表わし方、溶解度曲線、飽和溶液。 ⇨ 気体の溶解度は温度などで変わるだろうか？ 討議：デモ2について。 気体の溶解度は、温度の上昇につれて低下する。 デモ4：気体の溶解度と圧力 （サイダーの栓を抜いて、秤の上に置き減量をみる。） 討議：デモ4のまとめ。圧力が高いほどよく溶ける（ヘンリーの法則）</p>
液	5	<p>⇨ 固体溶質の飽和溶液の温度を下げたらどうなるだろう。 デモ：KNO_3飽和溶液の冷却。（$60^\circ\text{C} \rightarrow 20^\circ\text{C}$） 討議：デモ6のまとめ。再結晶とその量。 再結晶と溶解曲線の関係。 実験4：H_3BO_3の再結晶 {50gの水に10gをとかした100°Cの液をグループ別に40°、30°、20°に冷す。}</p>
	6	<p>討議：実験4のまとめ ⇨ 上の濾液の温度を再び上げたとき、濃度、溶解度はどうなる？ 討議：濃度と溶解度の違い。濃度の表わし方。 演習：濃度、溶解度について。</p>

「水の成分と原子・分子」の単元の展開例

主題	時限	展 開
水の成分	1	<p>⇒ 水は、もうそれ以上には分けられない物質だろうか。</p> <p>デモ1：水とNaからH₂の発生。(H₂が生じ、NaOHのできること)</p> <p>討議：水の中にHが一成分となっていること。</p> <p>⇒ 水の中にはHの外に何が成分として存在しているだろうか？</p> <p>デモ2：水の電解 $\left[\begin{array}{l} \text{H}_2 \text{と} \text{O}_2 \text{が一定の割合いで生成。NaOHの量は変化しないと考えられる} \\ \text{(フェノールフタレインの呈色。)} \end{array} \right]$</p> <p>討議：デモ3のまとめ</p> <p>⇒ 水の成分であるH₂とO₂をもっと調べてみよう。</p>
	2	<p>実験1：水素の性質 $\left[\begin{array}{l} \text{Zn} + \text{dil. H}_2\text{SO}_4 \text{で。軽いこと。水にとけない。よくもえる。(水滴を生)} \\ \text{じる。CoCl}_2 \text{紙)} \end{array} \right]$</p> <p>討議：実験1のまとめ</p> <p>デモ3：水素のシャボン玉。水素の泡の爆発。(合成洗剤による)</p>
	3	<p>実験2：O₂の性質 $\left[\begin{array}{l} \text{H}_2\text{O}_2 + \text{MnO}_2 \text{で。水に余りとけない。ものをよくもやす。H}_2 \text{のように} \\ \text{は軽くないこととなど。} \end{array} \right]$</p> <p>討議：実験2のまとめ。</p> <p>デモ4：O₂の中での燃焼。(C, S₈, P₄, Fe, Cuなど)</p>
	4	<p>⇒ 外にもO₂をつくる方法はないだろうか？</p> <p>実験3：NaClO₃の熱分解</p> <p>$\left[\begin{array}{l} \text{半定量的にO}_2 \text{の発生。発生し了った時の目方と最初の目方の比が大体一定であるこ} \\ \text{と。残ったものはNaClである(AgNO}_3 \text{による)こと。} \end{array} \right]$</p> <p>討議：実験3のまとめ。</p>
	5	<p>定比例の法則。</p> <p>デモ5：NaとH₂Oから発生するH₂の量。(H₂のvol.はNaの量に比例)</p> <p>討議：デモ5のまとめ。</p> <p>デモ6：水の合成(ユージオメーターで。)</p> <p>化合物と混合物。単体。</p>
原子と分子	6	<p>⇒ 何故定比例の法則が成り立つか。</p> <p>討議：物質は連続なのか不連続なのか？</p> <p>ドルトンの考え。</p> <p>実験4：ボルトとナットによる定比例則のモデル</p> <p>討議：実験4のまとめ。</p> <p>⇒ もう一つの重要な事柄。化学変化の際に原子は不生不滅か？</p>
	7	<p>デモ7：質量保存則(NaCl+AgNO₃, CuSO₄+NH₃aqなどにより)</p> <p>討議：原子は保存されるか否か。</p> <p>ドルトンの原子論とアボガドロの分子論</p> <p>化学式(単体や化合物の定量的表現法)</p>
	8	<p>⇒ 化合式により、化学反応は如何に簡潔に、而も正確に記載されるか。</p> <p>化学反応式。</p> <p>討議と演習：今までに取り扱った反応の化学反応式。</p>

「燃焼」の単元の展開例

主題	時限	展 開
		<p>⇒ 空気中で、物は何故燃えるのだろうか。</p>

前期中等教育理科における化学カリキュラムの現代化

単 体 の 燃 焼	1	<p>実験1：Mgとスチールウールの燃焼 〔それぞれの燃焼前後の質量比が、一定になること〕 討議：実験1のまとめ。定比例の法則の成立。O₂との化合。 デモ1：空気中の酸素量。 〔加熱されたO₂管中のスチールウールに一定量の空気（大型注射器に採った）を往復〕 〔反応させ体積減を見る。Nuffield Chem.より〕。 ⇨ 加熱しなければ、空気中のO₂は金属と化合しないだろうか？</p>
	2	<p>実験2：スチールウールの緩慢酸化 〔乾いたものと湿ったものの二種のスチールウールを底に入れた試験管をビーカーの水〕 〔中に倒立させ、1昼夜後に比較。〕 ⇨ 固体を燃焼した場合、生じるものはやはり固体と言ってよいだろうか？ 実験3：Cの燃焼〔CO₂の生成。空気より重い。ろうそくなどは燃えない。Ca(OH)₂、水を〕 〔白濁させる。〕 討議：実験3のまとめ。 $C + O_2 = CO_2$, $CO_2 + H_2O + Ca(OH)_2 = CaCO_3 + 2H_2O$ ⇨ CO₂の中では燃えないだろうか。</p>
	3	<p>デモ2：CO₂中でのMgの燃焼 〔異常な（空気中とは違った）もえ方をして、白い粉と黒い粉が生じる。黒い粉を、〕 〔Niへらの上にとって加熱すると、もえてなくなる。〕 討議：〔デモ2のまとめ。 $CO_2 + 2Mg = 2MgO + C$ 〕 〔実験2のまとめ。〕</p>
化 合 物 の 燃 焼	4	<p>⇨ アルコール、ろう、灯油などが燃えると何になるのだろうか。 実験4：アルコール、ろう、灯油の空気中の燃焼。 〔集気びん中で、それぞれ石綿にひたして。H₂O（CoCl₂紙で）、CO₂（Ca(OH)₂水〕 〔で〕の生じることを確認。 討議：実験4のまとめ。後のものほどススの多いことにも注意。 ⇨ なぜ煤が少かったり多かったりするのだろうか。 デモ3：アルコール、ろう、石油の炎と、蒸発皿。 〔何れも水滴と、煤ができること。アルコールなどでは炎心でないと煤が殆どつかない〕 〔こと。〕 ⇨ 煤の多少と、炎の明るさとは関係ないだろうか。</p>
	5	<p>デモ4：アルコールランプの炎の中にC粉を落とす。 討議：デモ4のまとめ。灯油などの場合も煤まで燃したらどうなるだろう。 デモ5：酸素中から灯油の燃焼。 討議：デモ5のまとめと、空気中でろうそくを明るく燃す法。 デモ6：ほやはたらき。（ろうそくとガラス管（太い）で） ⇨ ろうそくは燃えて重くなるか？ デモ7：ろうそくの燃焼生成物をソーダ石灰でおさえて目方のふえること。</p>
	6	<p>討議：燃焼の条件。消火の方法とその根拠。 デモ8：消火のいろいろ。（砂、濡れた布、水、消火液、泡沫など） ⇨ 引火と発火とどう違うか。 デモ9：引火と発火。（アルコール、エーテルなど） 討議：デモ9のまとめ。 ⇨ ところで爆発とは何か。 デモ10：爆発（ガソリンと空気。ポリエチレン袋でガスライターにより） 討議：デモ10のまとめ。爆薬。</p>

(注) (1) 戸 莉 進 中学化学教材現代化のための提案——酸・塩基・塩の単元を例として——

本紀要12. P.170~175

(2) " 第1報 ろうそくの観察 本紀要12. P.169の(注)参照

(3) " 第3報 中学化学カリキュラム現代化の具体案(1) 本紀要13. P.109~112