

化学教育研究会誌

第 12 号

目 次

巻頭言	会長 大城正英		
環境教育を考える			
公害教育研究委員会			
島袋英治(北谷)他3名		1	
選択化学の内容構成と実験教材の研究			
北山高等学校	松田恵和	22	
近頃はとかく	そこで		
真和志高等学校	田場稔	34	
ガス爆発と酸欠を理解させる実験装置			
那覇商業高等学校	久高興祐	36	
30点テスト	普天間高等学校	与儀喜邦	39
化学教育の興味づけ実践例			
学習指導研究委員会	中部支部	42	
沖縄県高等学校化学教育研究会会則		49	

1981

冲高理化学教育研究会編

巻 頭 言

会 長 大 城 正 英

学習意欲のない生徒が多いのは事実である。その原因はどこにあるのだろうか。それは学習者である生徒と環境との相互作用で育ってきたものであり、それを探ることは容易でない。しかし、学習意欲が学習者と環境との相互作用で変化していくものであり、しかも学習意欲により大きな影響をおよぼすのは人的環境であるといわれている。そこで、人的環境である「私たち」が学校の授業で生徒の学習意欲を高めるのには、どんな働きかけが必要なのだろうか。この観点で学習心理学では、学習に対する意欲をひき起こし、それを高める方法として「動機づけ」の問題が研究されている。

私達は生理的・心理的または社会的に何かを求めようとするものである。それが欲求である。これらの欲求に基づいてある行動にかりたてられる状態になることが動機である。要するに私達がある行動をするには必ずその原因となるものがある。このように内からやり動かして、ある行動に向ける状態が動機であり、このような状態にしむけることを「動機づけ」と呼んでいる。なお、動機の対象となるものを誘因という。誘因は学習者が到達しようとする目標物である。たとえば、親にはめられたという動機から勉強する子どもにとっては、親の与える称賛やほうびが誘因である。

人間を含めた生活体は、ある動機のもとで、それに適合する誘因に向って行動するものである。生活体の多くの行動は動機づけられている。この動機づけは、行動をたえず誘因ないし目標に向って導き、その目標に到達すれば行動は終結する。生活体の行動を理解するためにはその行動へかりたてているもの、つまり動機を知ることが必要であり、そして動機づけの方法も知ることが大切である。それによって生徒を学習へ動機づけることができ、学習意欲を高める方策も考えられよう。

学習意欲を高める方法の一つとして動機づけを高める方法がとられる。動機づけの方法には内的動機づけと外的動機づけの方法がある。

内的動機づけの方法は、学習活動そのものの誘意性を高めるのである。つまり、学習へ強い興味・関心を抱かせて、おもしろいから、あるいは目標に達成したいから学習に取り組むのである。J・S・ブルナによる発見学習では、内的動機づけを重視し、それを可能にする場面の設定を説いている。この場面の設定の方法は、人の知的好奇心などが刺激されるように適当なむずかしさのある学習内容を導入し、感情的には、驚き、疑問、当惑などの感じをもたせ、学習への興味・関心を抱かせるのである。

それに対して、外的動機づけの方法は、ほめたり叱ったりなどして学習活動を喚起させようとするもので学習活動以外の誘因を強めることによって学習を活発にするものである。

毎日の授業で動機づけの方法を工夫し、より多くの生徒を授業に参加させ、学習意欲を高めたいものである。

環境教育を考える¹⁾

山城次郎²⁾ 久高興祐³⁾
島袋英治⁴⁾ 幸地貞子⁵⁾

はじめに

人類は太古の昔から生活の知恵を自然に学び、文化をつくり、発展してきた。自然の巧妙な仕組みを生活に利用し、さらに仕組みを解き明かすことから自然科学もうまれたのである。人間がいかに高度に発達した頭脳と知恵の持ち主であっても、生物的及び生物的環境、すなわち自然から離れてその生命を持続することは不可能である。

しかしながら、人間は、地球上の人口の増加や科学技術の進歩などいろいろな要因から自然を破壊し、環境を汚染するようになった。人間自身の活動が、人間の生活に害となり、環境についての大きな社会問題となっている。人間と環境の問題が社会的に重視されるにつれ、人間と環境との相互作用を研究する学問分野として環境科学が生まれ、研究も活発に行なわれている。また、同時にこの問題は、教育の場でも問題になり、これに対応する新しい教育領域として「環境教育」が生まれてきている。

環境問題を引きおこし、生活環境を悪化させたのは、人類の発展を特に重視したわれわれ人間自身である。したがって、この問題はわれわれ人間自身の手で解決しなければならない。この問題を解決するには、地球上の人間が、自然環境についての見方、考え方、扱い方を根本的に改め、自然環境に対してよりベターな見方、考え方、扱い方のできる新しい人間の育成が必要となる。ここに教育現場での「環境教育」の必要性が生じ、また「環境教育」が重視される理由がある。

1 環境について

1. かけがえのない地球

一般に、環境問題に対する人々の意識は、ひところの公害闘争のような緊縛した状態から比べると、薄れてきたようにも思える。事実、現在公害問題に直面しているところと、他とでははっきりとその行動に違いがあらわれている。

それは、人間が空気の薄いアンデスの山中や、極寒の北極、更には排気ガスの充満する都市にと……、意外にいろんな場所に住んでいて、大抵の所に耐えて生きるだけの適応能力があるように思えるから、環境問題については、現実には直面しないかぎり、真剣に考えない人のほうが多いのではないかと思う。

しかし、公害という問題が起こった時から、人は人間の適応能力には限界があることや、開

1) 理科教育資料54 理科教育の研究 沖縄県立教育センター 昭和55年3月

2) 沖縄県立教育センター

3) 沖縄県立那覇商業高等学校定時制

4) 沖縄県立北谷高等学校

5) 沖縄県立浦添商業高等学校

発その他で環境破壊が間近に迫ったこと等で、このままでは、人類の生存そのものも脅かされていくことに気づき始めている。

では、私達が地球上で活動し、生命を維持していく為には、どれだけのものが必要であるかを、宇宙船での生活を考えながら、あるべき環境について模索していきたいと思う。

今、アポロでの月旅行から始まって、火星、金星へ人間を送り込む為の可能性について考えてみる。

宇宙船アポロのときには、4日分の食糧と、水及び酸素をすべて地球から持ち込み、排泄物はすべて密封して持ち帰ってきた。だが、もっと長い宇宙旅行、例えば金星への往復6ヶ月とか

土星への15ケ年分を全部密封し

て、持ち帰るとなると、倉庫につき宇宙船にしなければいけなくなる。

それで、持ち帰り分をなるべく少なくする為に、図1、2のような再生装置が考えられた。

図1は水の再生装置で、排泄された水分を消毒、ろ過し、アンモニア等の揮発性の高いものは活性炭入りガスろ過器で処理する

方法である。又、酸素は図2のように、呼気の中の炭酸ガスを水素に作用させて再生し、水分は図1の水の再生装置へ廻してしまえばよい。この方法だと、水と酸素は1ケ年間確保出来ると言われている。

しかし、食糧は再生できないから持っていくことになるが、それでも4人分の90日が限度だと言われている。更に3ヶ月も経つと、人間のあかや、抜け毛髪やひげの処理等の問題が起こり、人工の再生装置のみでは解決が難しく、微生物等の助けが必要となる。

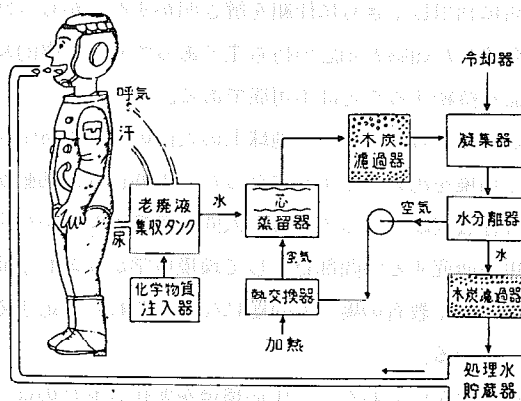


図1 水再生装置 (NHK, 1971)

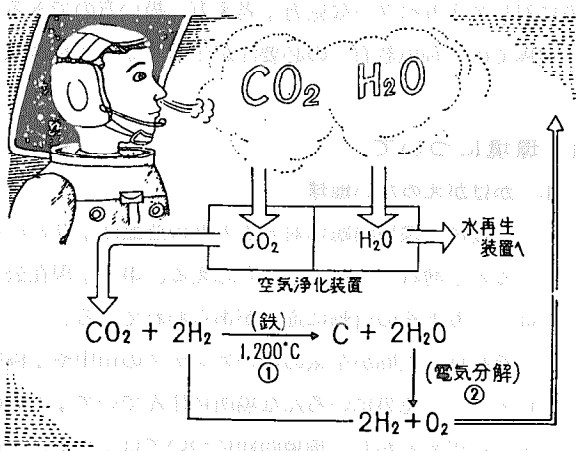


図2 酸素再生装置 (NHK, 1971)

つまり、微生物で排泄物などを分解させ、それを植物の栄養とすると同時に光合成を行なわせて、有機物と酸素を得るシステムの導入である。

ところで、光合成に必要なエネルギーの確保であるが、一応太陽エネルギーに依存するとしても、図3で示される様に、その供給量は太陽から遠ざかるにつれて、かなり少なくなっていることである。火星なら地球での0.43倍だし、更に遠く太陽系以外の量になると全くあてに出来ない。

それに、エネルギーは再利用できるわけもないので、常に一定に供給し得るエネルギー源の確保が必要となる。だが、太陽以外の供給源となるとその解決にはほど遠いのが現状である。

だから、地球以外の星で太陽エネルギーを充分利用出来るのは月ぐらいで、それより、遠いところとなると、困難な状態である。

次に微生物の利用であるが、都合のよい微生物はまだ見つかっていない。が、ある程度利用が期待できる微生物の一つにクロレラがある。

これは栄養源として人間の排泄物が利用でき、30～60%の蛋白質を含む、栄養的に秀れたものである。図4のような装置が考えられているが、欠点はクロレラの光利用の効率が18%～22%と非常に悪く、電気ではその4%前後の利用率であること、更に培養液は深さ1cm位しか光を通さない為に、一人分をつくるのに10㎡の面積が必要なことである。

そして、それが常によい平衡状態である為には、例えば枯れたクロレラの分解微生物であるとか、先に上げた人間の抜

け毛や爪の処理をして栄養源にする為の微生物の導入や、その微生物が使う酸素の供給等の生態系のシステムを宇宙船へ組み入れることはかなり困難なことである。

結局、生態系の安定性を計ろうとすると、系はしだいに複雑になり、それと反比例してその効率は落ちていくことになる。

ここで、自然と人口のシステムの比較を図5ですと、単純で、効率が高い人工系の場合は、バランスが崩れやすくて、その結果が直ちに人間に及び、その影響を少なくしようとすればする程、

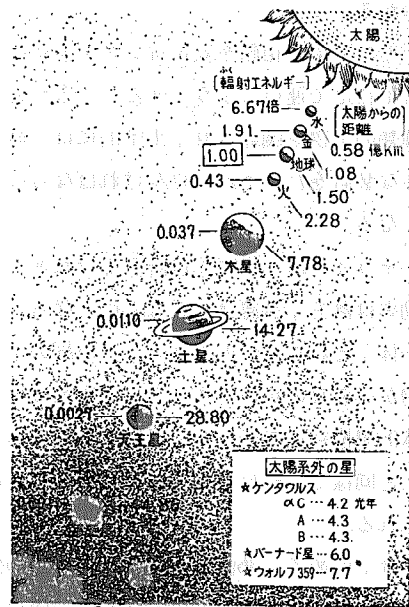


図3 太陽からの距離と単位面積あたりのエネルギー (NHK, 1971)

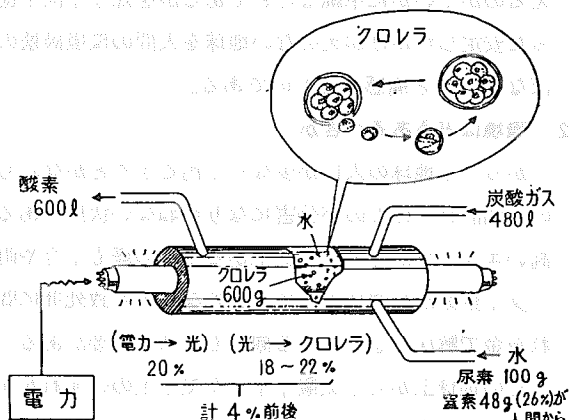


図4 クロレラを使ってみると (NHK, 1971)

系は複雑になって効率が悪くなることがわかる。

それで、宇宙船を安定なシステムにし、自給自足で運行しようとする、多くの種類の生物を関連させ、工学的には、微妙な装置をたくさん付けなければならない。

そうすれば、安定化は計れるけれども、効率は落ち、装置は大きなものとなる。一体、どれだけの大きさと、どれ程の生物が必要なのかを考えると、宇宙船は地

球的規模にまで広がってしまいそうである。それは、多くの人が月に住む場合であっても、地球上と同様な自給自足の生活をしようとするればかなりの難題を克服しなければいけないことが想像される。

今、改めて、36億の人間と無数の他の生物を乗せて廻り続けている地球を思うとき、その中で、一見私達人間とは、何の関係もない様なものや、むしろ有毒と見られるものであっても、その一つ一つは地球の安定化を計るカギであることに気づかなければならない。莫大な生物があるからこそ、地球は非常に安定な平衡状態を保っているといえる。

以上のことから、地球が公害で住みにくくなったからと言って、直ちに他の星へ逃げようとするのが、いかに単純なことであるかを知り、何十億年もかかって、生命に都合のよい状態になった安定したかけがえのない地球を人間の環境破壊の犠牲にしない様、最大の努力を払わなければならないと痛感するものである。

2. 環境はどうあるべきか

かつて、地球の人口が少なく、汚すことがなんら罪悪でなかった時代に比べ、今は一人一人の人間活動そのものが公害になりかねない状態である。使い捨てによるゴミの山や、自動車公害、高いエントツからモクモク上がる工場の煙も、今や町の誇りとは言えなくなっている。

又、企業が公害によって人を死なせても致死罪に問われなかった時代は過去のものであり、それを金で解決しようとする観念も改める必要がある。

この地球上から、太陽、水、空気、土のいずれかが失なわれても、我々人間はこの地上に生存することは出来ないであろう。同様に、かけがえのない地球とか、環境保全とかを唱える根底には、人間の生命の尊厳があることを明記しなければならない。

人間の生命の無視、あるいは軽視した自然保護というのは何の意味も持たないし、人間がいなければ、環境教育も成立しないのである。

そして、これまでの利益中心の開発のあり方が公害という形ではね返ってきた事を考えるとき、今後は、企業の社会的責任を確立し、人間の生命の価値は無限であることに重点をおいて開発のあり方を考えなければならない。例えば、大気汚染の人体に及ぼす影響についての研究は何らなされていないのに、自動車の車体を大気汚染の腐食作用から保護する為の塗装仕上げの新技術

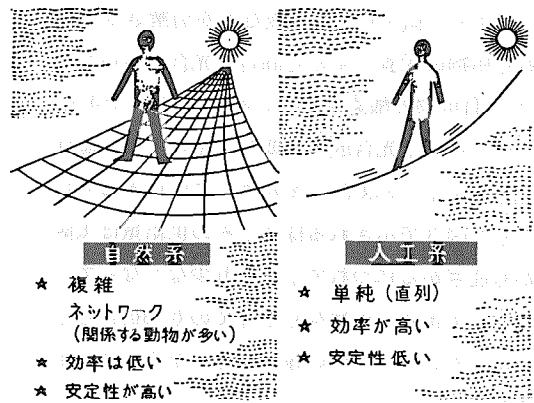


図5 自然系と人工系をくらべてみると…… (NHK, 1971)

開発に絶大な努力が払われているのは悲劇的と言わなければならない。

又、単にこれまでの知識の集大成として、地球上で直接役立つものだけを残して、他は亡ぼしてしまうとしたら、そこには予想外の現象が生じ、遂には人の住めない地球になってしまうだろう。

だから、今までの開発即実用という技術本位のあり方から、人類の生存を主体とした技術開発へと方向を転換していかなければならない。つまり、公害の発生は自然の生態系（生産・消費・還元という閉鎖的システム）の中へ、人間の活動による多量の廃棄物の放出という開放システムが入り、そこに分解、還元という過程がなかったことから生態系が崩壊した為に起こったことである。故に、これからの技術はたれ流しの開放的なシステムから、いち早く閉鎖的なシステムを確立することが大切なのである。

地球は太陽系の中でも太陽エネルギーの恵みを一番有効に受けているといえるが、今日の状態になるまでには45億年もかかったことを私達はもっとはっきり認識すべきである。

それには、長い進化の歴史があり、酸素も水もない時代から、単細胞の生物の発生があり、やがていような動植物の出現となり、それは環境の変化と共に亡びたり、又新しい生物の出現をみたりして、今日に至ったことを理解しなければいけない。

そして今、地球は私達人間が住むのに他のどの星よりも適した条件になったといえる。実に長い歴史を経てゆっくり変化してきたが、その変化は今も続いているのである。それは、アンモニアの生成反応のような化学平衡の条件よりも、もっと複雑に条件が重なり合って平衡状態が成立しているといえる。

その中で人間は環境に働きかけて、環境を変えながら生活を営んできたのである。だが、今後あるべき環境の姿を考えると、私達人間は環境によってもかえられるということを考える必要がある。例えば、南アメリカには現代文明とほとんど接触のないまま、石器時代と変わらない生活を営んでいる小部族がいる。そこには、みるべき技術も教育もなく、きわめて原始的な条件下で生れ、育てられたにもかかわらず、その子を現代生活の中におくと急速にその複雑な技術や技能を習得し、適応していくことが観察される。又、文化的に遅れた両親の幼児でも、早くから文化的により進んだ人々や社会習慣の違った人々に育てられると、保育された社会の行動的性格を持つようになり、後で産みの親のもつ文化に接してもそれを受けつけなくなることもある。又逆に、オオカミに育てられた乳幼児のように、ある一定期間を経たしまうと、もはや人間に戻るのが困難な場合もある。

この様に、すべて人間は成長初期に於いて、つまりこれから心身が形成されるという発育期に、固体に作用する自然的、社会的因子によって性格が形成されるのであるが、反面、人間は単に自然的、社会的刺激に受動的に反応するだけでなく、それを修正して受け入れたくないことは避けて、周囲の自然環境がどうであろうと自分自身の選択で生活をつくり出す能力をもっている。そして、最も大事な点は「人間らしさ」は人間によって育てられるということである。

人間の潜在的可能性は、今日すべて開発され、発揮されているわけではない。それが肉体的なものであっても、精神的なものであっても、表面化する為の都合のよい環境がなければ実現されないのである。その潜在的な能力は、若い時期程、又、環境からの刺激が多ければ多い程、開発されやすい。だから、1人1人が隠された生物学的資質をより大きく伸ばす為には、多種多様な条件の下で、能力を発揮する機会を多く持つことである。そうすることで社会は豊かになり、文明は発展してい

く。反対に、環境と生活が干べん一律であるときには、人間の本性のうち開花されるのはごく狭い範囲に限られてしまい、その条件に適したもののだけの社会になってしまう。又、何ら刺激もなく、万事が安全と慰めに満ちた楽園であるとき、その社会は集団と共に亡びてしまう。

「清流無間断」と諺にもある通り、川は淀みがあると結局沼になり、やがては腐敗が起る。同じく生物も環境への適応の過程でその本質的なもののある面を常に修正し変化させていかなければ生存を続けることは出来ない。そして社会機構も変化していくことでのみ繁栄するのであって、画一的で管理された社会は進歩がないことを意味する。

だから、人間と環境との最適条件とは何かというと、人間の要求と夢が常に変化しながらはてしなく発展していく関係でなければならない。そして「これが最適な環境である」と固定してしまうことは無意味なことといえる。

世界の人口が増大するにつれ、宇宙船地球の地形的な限界と、いずれ天然資源の枯渇を考えると、地球上の経済は厳格な生態学的原則に則って営まねばならなくなる。このことは一般には認識が浅いけれども避けることの出来ない事実である。

生態学という言葉が科学用語の仲間入をしたのは75年前からであるが、自然のあらゆる構成要素はひとつのサイクルの中にはめ込まれているのであり、我々人間もそのサイクルの一部であるという認識に立つことは重要なことである。が往々にして生態学は静的な定常状態と考えられがちであるがそれは間違っている。

環境の自然諸力はゆっくりと、しかも確実に、永久に変わり続け、その上人間生活も含めて、あらゆる生命形態は常に進化しながら、それぞれの環境に固有の役割を演じつつ現状維持から脱皮していると考えなければならない。

もし、我々が、いつか十分な知恵と経験でもって、人類と他の生物および宇宙船地球を構成しているものとの間に、調和した生態学的な平衡状態を達成し得たとしても、それは人間の連続的な発展とのバランスの上に立った動的な平衡状態なのである。それは、人間と人間をとりまく自然的、社会的環境との相互作用が目に見えない力で支配されているか、又は思慮深く完全に人口的にコントロールされた環境であるかの違いはあるかもしれないけれども。

しかし、思慮ある多くの行動といっても、これまでの科学は自然の実態を探るとはいうものの、結局、広い意味での人間の利益に役立つようにみた自然の姿が、すなわち科学の見た自然の実態であった。だから、観察不足、観測不足、測定不能の面からくる解釈の相違が多く生じたことは否めない。今日、文明を毒している環境問題の大半は、かって人間生活を豊かに色どってきた。が、これらは有益であると同時にその副作用によって災難ももたらされた。例えば、能率的な印刷方法によって良書が廉価で入手出来るようになった反面、卑俗な出版物と役に立たない広告類で郵便箱はあふれ、屑籠は紙屑の山となり、焼却をよぎなくされてしまった。結局は大気汚染とパルプの無駄な消費につながっているのである。

そこで今後は、もっと謙虚に自然に接し、人類だけの幸福、繁栄だけでなく、人類が生物圏の一環であることを認め、他の生物との共存を考えた形で科学も確立される必要がある。そして、我々は社会的、技術的革新の好ましくない結果を予想し、あるいは早期に認めて、その悪影響を最小限におさえる技術の開発をしなければならない、単に小手先だけの技術革新だけでは新しい副作用を

生み出すだけのくり返しにすぎないからである。

ところが、環境に対する人間の対応の仕方の研究は建築家が動物園をつくるとき程の研究にも及ばない。動物園をつくる為には世界中から専門家が集められ、それぞれの動物の食事、睡眠、交尾などの習慣が調査され、園内の自然状態の保全や、動物の自然の生息状態の再現等の為に苦心が払われたのである。

しかし人間の場合は、教育を施す適切な時期や、幼児期の環境の影響が成人後の肉体的、生理的、精神的特質にどのような効果をもたらすかとか、発育初期の栄養不足の影響やその是正法等まだ、充分研究されてない。

都市建築の場合には、あらゆる専門家の技術が総動員されたにもかかわらず、出来上がった環境が人間の幸福にどのような影響を与え、子供達の肉体的、精神的成長にどのように関わるかの研究は未だである。又、環境汚染の急性の効果は分かっているが、複合汚染や慢性的影響についての長期的研究成果は乏しいのが現状だし、まして環境の生物学的、心理学的影響についてはほとんど関心が払われていない。

だが大切なことは、将来においても、最適な環境とは、人間がその生物学的本性に基づいて、創造的能力が豊かに開花し、常に進化し続けてゆこうとする生態学的能度に取り入れられることである。つまり、人間と環境との間に常にフィードバックがあり、両方とも変化し続けてゆくのだが、その変化の範囲は生物学的、社会的性質の高度な統合的系の中にとどまるということである。それは、技術的にどんなにすばらしい発展であっても、その人間の育った過去の環境を無視した場合にはそこでは育たないし、失敗してしまうことを意味する。地球が変化してきた歴史とその中で人間が進化してきた過程や、個々で言えば、それぞれの育った過去の上に立って将来を建設することである。

歴史的環境は育った人間の生きていく基盤であることを忘れてはならない。

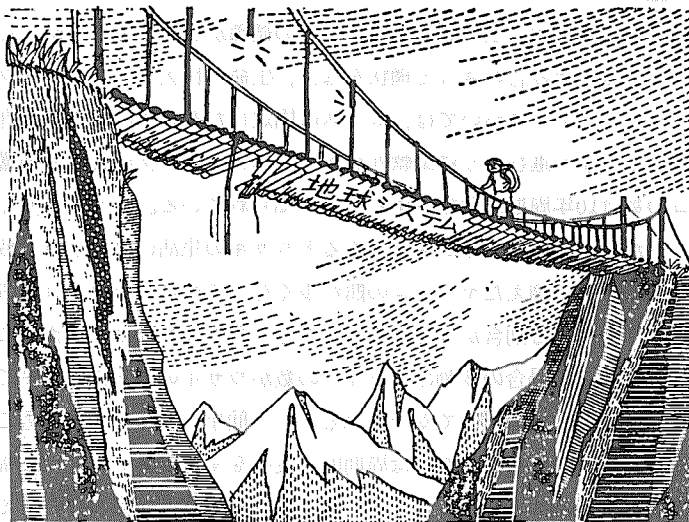


図6 地球システムの安定装置がまた一つ故障した（NHK・昭和46年）

Ⅱ 生態系について

1. 生態学とは

ECology (生態学) という語はヘッケルにより、はじめて使われ次のように定義された。「生物と環境及び共に生活する生物間の関係を論ずる科学」。ECOは家、住居の意味であり、logは学問である。すなわち家の研究、身のまわりの研究、環境の研究ということになる。環境問題として対象になるのは地上10,000 m, 水中数千 mの範囲内であるといわれている。

2. 生態系とは

生物は食物連鎖で生物間だけでなく無生物的環境(土壌, 水, 空気など)とも密接で, しかも複雑に関連して生命の巨大なネットワークをつくりあげている。それで生物的環境と無生物的環境を合わせて1つの生態系と考えている。

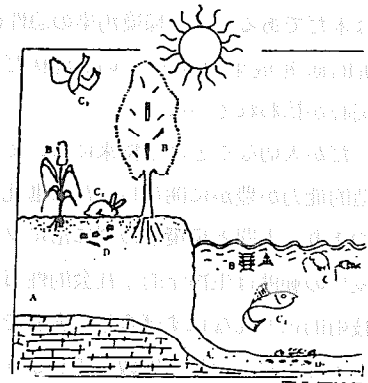
3. 生態系のモデル

図のとおり左半分は森林や草原の, 右半分は湖沼や海洋の生態系をモデルとして示したものである。

これらの生態系を概観するとわかるとおり生態系は, いずれも次のような共通の要素からなっている。

- 1) 非生物的物质……………土壌, 水, 空気
- 2) 生産者……………緑色植物
- 3) 消費者……………非緑色植物, 動物
- 4) 分解者……………細菌類, 菌類

上述の4構成要素は物質(食物)という面から次のようなつながりに編成できる。



(東京都教育委員会・1973)

(太陽エネルギー) ————
(大気, 水, 土) ———— 緑色植物 → 植食動物 → 小型肉食動物 → 大型肉食動物 → 細菌,

そして細菌は再び大気, 水, 土に戻り物質としての循環が成立する。しかしこの連鎖は単純な1本鎖ではなく複雑に組み合わさって網状をなし, 生命の巨大なネットワークをつくり上げている。このようなシステムにおいては, コースは固定したものではなく船が進む時左右にゆれながらも結局はまっすぐ進むように柔軟性がある。例えばカナダにおける捕獲の記録からウサギとヤマネコの数には10年周期の変動をすることが知られている。ウサギが多くなるとヤマネコも繁殖する。しかしヤマネコの数が増えてくるとウサギの生活は破壊されて数が減少する。ウサギが少なくなると数の増えたヤマネコの餌が少なくなって次にはヤマネコが飢えて死に始めウサギがヤマネコにつかまる割合が少なくなる。すると今度はウサギが増えはじめるということがくり返される。この場合の変動はヤマネコの数にウサギの数と正の関係でつながり, ウサギの数はヤマネコの数に負の関係で支配されるという簡単なサイクルにはめこまれている。ここで最も注意しなければならないことは周期的な変動をするシステムでは振幅が大きくなり過ぎるとシステムが, 元にもどらなくなってしまうような危険性が常に存在することである。例えば, もし水中の栄養塩の濃度が高くなって藻類が急速に増殖するようになった場合, この高密度の藻類は光合成の効率に固有の限界があるため長続きはしない。水中で藻類の層の厚さが

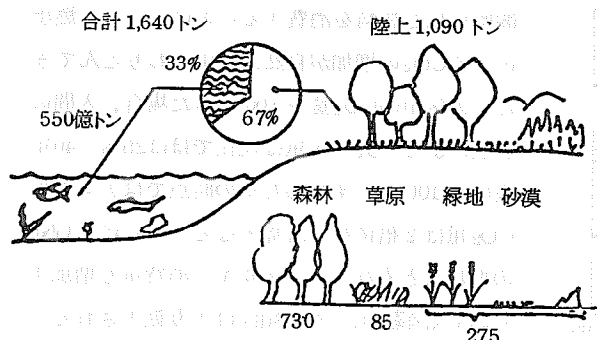
増えると下層にまで達する光の量は急に減少して増え過ぎた藻類は急に死んでしまい有機性の廃棄物を放出する。そこで有機物濃度は著しく高くなりそれが分解するため水の酸素含量は全体として減少する。この為酸素を必要とする分解バクテリアは死んでしまい水圏の全体的なサイクルがこわされてしまう。山や海を乱開発したり、川河や湖沼へ流入する種々の物質を含んだ排水が急増したりするとこの振幅が大きくなりすぎて二度とよみがえらない死の海や川になってしまうので気をつけなければならない。

4. 閉じた系としての地球

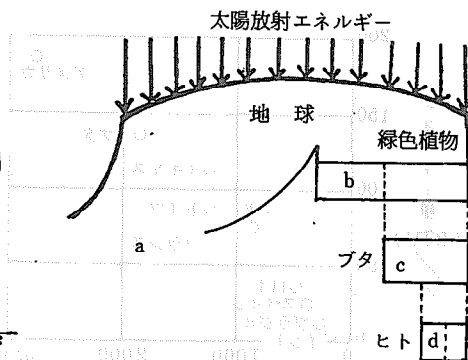
(1) 太陽放射エネルギーの収支

地球上には平均して1cm²当たり1分間に2カロリーの割で太陽からの放射エネルギーが降り注いでいる。このエネルギーの大部分は反射して再び宇宙空間に失われ、ごく一部分だけが地球上で植物により固定され有機物形成に利用されている。この固定した量を一次生産量という。

コーネル大学のホワイティカーとライケン（1970年）によると地球上の一次生産量は年間1640億トン見積られている。その内農耕地で固定される量は5%であり、これが人間に直接利用されている。又、人間は過去の蓄積である化石燃料（石炭や石油）も採掘して利用しているがその量は、ほぼ農耕地での固定量に匹敵するといわれている。この1640億トンの有機物が、いわば地球の年間所得でありこの所得のワク内で人間を含めた全生物（緑色植物も含む）が生きていかなければならないのである。将来、人口の増加に対応して人間が利用する割合を増やしていくことは可能であるが総収入を増やすことは緑色植物の機能をかえるか、地球の構成そのものを変えない限り望み薄である。



地球の一次生産量⁽²⁾ (NHK, 1971)



エネルギーの効率

(東京都教育委員会, 1973)

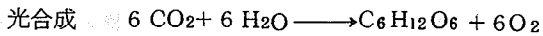
2) エネルギーの効率

人間は耕作によってえられた植物質の食物だけでなく、植物を食べて育った動物をも食物としている。その間には各種のエネルギーの損失が生じてくる。上図においてaは地表の水や大気をあたためるための損失、bは植物の生活（呼吸）のために消費される分、cは植食動物の生活（呼吸）のために消費される分、dは肉食動物（ヒト）の生活に消費される分である。このように人間が動物を食物とすればそれだけ途中の段階でのエネルギーのロスが大きくなり、収支のバランスは悪化してくる。

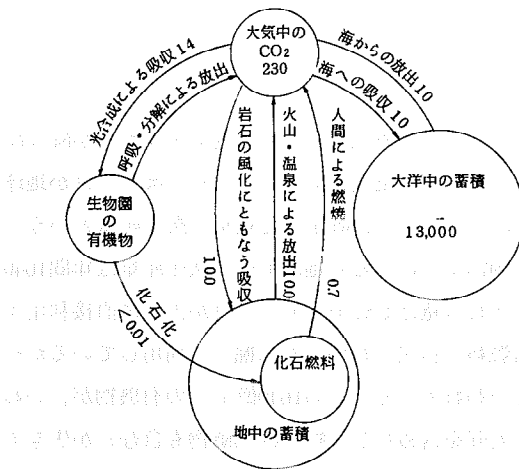
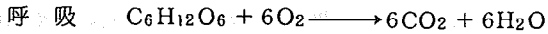
3) 地球上における物質の循環

地球上では太陽エネルギーによって緑色植物は光合成を行い、二酸化炭素と水とから炭水化

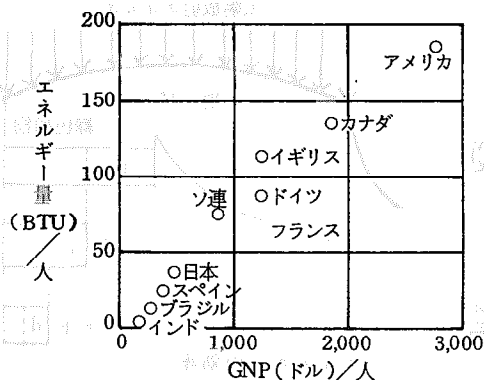
物を合成する。そして動物などは、この炭水化物を呼吸によって二酸化炭素と水とに分解し、そのさい放出されるエネルギーによって生活活動を行なっている。



(二酸化炭素) (水) (炭水化物) (酸素)



大気中の二酸化炭素の循環
(国際生物学事業計画委員会、1970)



(S・フレッド・ジッガー、1970)

1 エネルギー消費量とGNP(1961) BTUは英国の熱量の単位であって1BTUは約0.252Calである。

5. 人間の生活と自然界のバランス

1) オオバコと人間

路傍の雑草とひと口にいうが、その中にもいろいろと種類は多い。路傍や校庭の周辺など、人がよく踏みつける場所には必ずといってよいくらいオオバコの群落がみられる。オオバコは大葉子、葉が広い形から付けられた名前のとおり5本の葉脈をもった幅広い葉を地表に広げている。草丈が低いので、踏みつけに大へん強い。その反面、踏みつけの少ない場所では草丈の高い雑草が上方に茂ってしまうため、光をさえぎられ育たなくなる。人に最もよく踏まれ、上

O_2 、 CO_2 は生物界を循環しているのである。このほかにも自然界における酸化、燃焼によって O_2 は減少し CO_2 は増加する。また、大気中に CO_2 が増加するとその一部は海水にとけ、さらに海洋で水に不溶性の炭酸塩となり蓄積される。

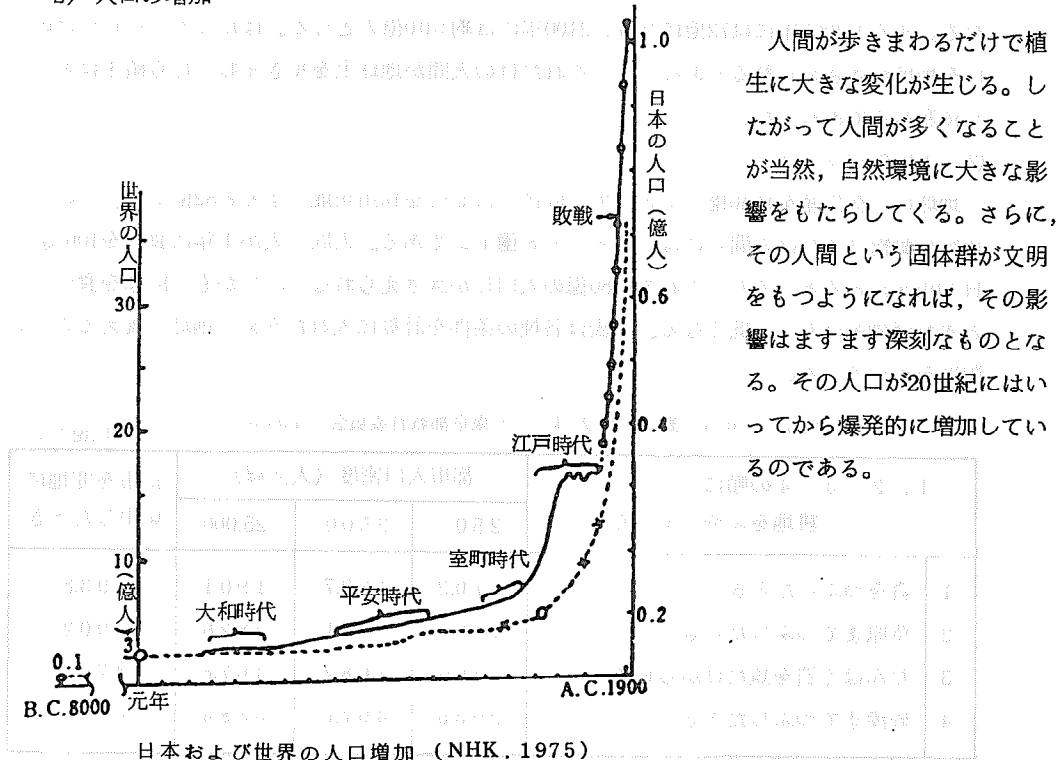
光合成によって植物体内に固定されたCは化石となって地中に貯えられることもある(石炭、石油)。

いままでのところ、地球上における二酸化炭素の循環は急な波乱もなく多少の起伏はあっても安定した推移をたどってきた。ところが人間が文明生活を

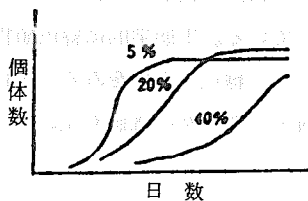
開始し化石燃料を消費することによって、燃焼による CO_2 の増加が自然系の中へわりこんできた。大気中の CO_2 量を100とした場合、人間の燃焼による CO_2 生産量は現在ではほぼ25%、40年後には100%、すなわちその時点では大気中の CO_2 量は2倍になる計算となる。さらに、GNPの増加にともなってエネルギー消費量も増加するので(図参照)、この傾向はより拡大される一方である。閉じられた地球の中で、物質循環のバランスが、やぶれた時、何が起るかは正確に予測できないがその危険性は十分感知される。

がかたくなっている所にはオオバコの群落が目立って多い。それに次いでシロツメクサ群落もよくみられる。反対に人に踏まれない土のかたくなってない所には、草丈の高いヤブガラシ群落がみられる。この両者の中間にはイヌビエ群落が目立つ。オオバコの群落は尾瀬湿原の木道沿いにも出現している。ここにオオバコが出現していることは人が木道からはずれて湿原を踏みつけていることを示している。このように人間の存在そのもののうち、もっとも単純な歩きまわるという行動だけでも植生に大きな影響を与えていることがわかる。

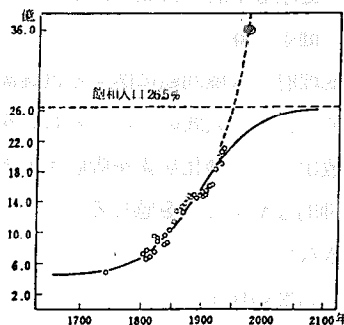
2) 人口の増加



(1) 人口増加の特異性



イースト個体数増加曲線
(東京都教育委員会, 1973)



(パール・ゴールド, 1936)

1%のペプトン水溶液に5%, 20%, 40%になるように、ブドウ糖を加え、それぞれの培養液でイーストを培養すると図のような個体数増加のグラフがえられる。糖濃度の適、不適

によって傾斜のちがいはあるが、いずれの場合もS字をひきのばしたような形を示す。生物の成長や増殖はこのS字型グラフとなるものが多い。そこで人口についても同じ考えを適用しようとした。図は17世紀半ばから1932年までの世界人口の実測値をもとにして2100年頃までの人口予測をしたものである。パール、ゴールド。(Pearl & Gould) 1936年。これによると2100年頃に人口は飽和して、ほぼ26.5億人になるはずであった。ところが、1970年現在では世界人口は36億人をこえ図中の◎になっている。これは、いまだに指数曲線的に増加していることを示している。もし、最近の人口増加率2%が続くものとするすると35年ごとに2倍になる計算となる。すると2005年には72億になり、2100年には約500億人となる。はたして、これだけの人口を地球がささえられるであろうか。これだけの人間が地球上を歩きまわったら植生はどのように変わるであろうか。

(2) 人口のバランス

地球の一次生産を1640億トンとして、仮にその5%を利用可能とすると82億トン、このうち10%が動物(または人間)にはいるとして8億トンである。人間一人が1年に食物を100kg(1日300g)とるとしても、これでは80億の人口しかささえられない。しかも、肉類を食べようとすれば効率をもっと低くなる。下表は各種の条件を計算に入れたうえ、地球が養える人口の限度を示している。

地球が1年に養える人口 (東京都教育委員会, 1973)

(単位億人)

1, 2, 3, 4の順に 耕地をふやしていく		都市人口密度 (人/ km ²)			都市を寒地に 集中したとき
		250	2,500	25,000	
1	森をつぶしたとき	70.2	162.7	190.1	193.8
2	草原までつぶしたとき	136.0	326.1	382.6	390.2
3	たんぱく質を魚だけから取るとき	146.0	368.2	467.8	479.2
4	砂漠までつぶしたとき	203.5	497.1	588.4	600.8

3) 健康な生活と自然の保全

(1) 健康と緑

総理府「環境問題に関する世論調査」(46年)によると、自然が大切だと思う第一の理由として「自然は人間の心にうるおいを与える」が56%となっている。生態学的に緑色植物は酸素を放出し、二酸化炭素を吸収するという事実を知らなくても、緑色の森林をみることによって精神的なやすらぎを感じる。こういった精神的な健康の糧として自然の価値も見のがすことはできない。

(2) 自然の保全

珍しい生物がいるから滅びないように保護していこうというだけでなく、その生物の存在が人類の生存に必要なだから保護していこう、という考え方に転換してきている。過去の“自然保護”をのりこえ、全体として自然のバランスをくずさない範囲で自然をより有効に人生に活用しようという“自然の保全”といった考え方が出てきている。さいわい、自然には多少の

変化をうけても、それを回復する機能（例えば、川の自浄作用など）が備わっている。そこで人間の活動によってその回復機能を助長するように努めれば、今では地球の環境を破壊の危機より救い出すことは可能である。そのために、先進工業国では経済成長の盲目的増進を停止し地球資源を有効に活用し、汚染を少なくしていく必要が、力説されている。人口の増加と資源の浪費とが修正され、バランスのとれた自然が保全されてはじめて人間は健康な、未来のある生活を送ることができるのである。

Ⅲ 学校に於ける環境教育の指導例

1. 環境教育の扱い方

日本の環境教育は自然保護、環境汚染など公害を主題として扱ったものが多くみられる。理科の単元の中で取り扱った例は非常に少ない。自然保護、公害を直接授業の中に取り入れ、その善悪、現状などについて話し合い、その対策を考えることが環境教育であるとするなら、この考え方、扱いは対症養法的なものになりやすく、環境教育の本筋ではないと思う。

日本では、環境教育の本質的なものについては論議はあるがその目標、内容などについてはまだ一般化されていない。そのため環境教育は学校教育の段階でカリキュラムの中で取り扱われていなく、取り扱っているとしてもその内容、方法などがそれぞれの立場で異っている。

現在の日本では、1日も早く環境教育を学校教育のカリキュラムの中に組み込むべきであり児童、生徒はもちろん、大学生及び社会人となった成人などすべての者に行う必要がある。

児童、生徒の環境教育は、公害、自然保護を授業の中へ取り入れて行うのもよいが、環境について新しい見方、考え方、扱い方について教育する必要がある。

このためには理科で行う自然現象を探究し、自然現象の機構を知り、科学的態度を身につけ科学的な能力を培うだけでなく、この自然現象と人間とのかかわりあいを生態学的な立場でとらえ、又環境問題は、人間と環境との間にバランスのとれた関係を確立することが重要でありそのバランスを崩す身近な問題として環境汚染があることを知り、環境保全の行動がとれる人間を形成することである。

今回はこの環境汚染の要因の1つであるゴミ処理、廃液処理をとりあげ、指導例をつくった。

2. 環境教育の内容

環境教育の内容は児童生徒が環境について人間を含む環境として認識できるようなものとして、その中に次のものを組み入れることが必要である。

- 1) 環境のしくみを生態学的にみる目をもたせる。
- 2) 環境問題は自然環境の汚染、破壊、保護、公害などの外に、資源、人口など広い範囲にあることを知らせる。
- 3) 資源、人口について、地球生態系が有限であり、閉鎖システムであることを知らせる。
- 4) 現在問題になっている環境問題について関心を高め、その原因、対策について考えさせ、環境問題は身近な問題であることに気づかせる。
- 5) 児童生徒の身のまわりの環境を観察し、人間と環境とが常に依存性と関連性をもって成り立っていることに気づかせる。

3. 環境教育の具体的指導の展開

今回はゴミ処理の問題、廃液処理の問題、生態系内の物質濃縮の3点にしばって教材化をこころみることにした。

その1. 資源の再利用を物質循環の立場から考える指導例。

1. テーマ設定の理由

公害は過剰の廃棄物によって起こる。ゴミなどの固体廃棄物、工場排水などの污水、燃烧による媒煙などが急激に増加すれば自然のもつ呼吸作用や浄化作用だけでは間に合わず、いわゆる自然の物質循環系にのらず、生活環境の中へ流入してゐる。

今や産業廃棄物による公害といい、環境の破壊といい、文明の発達と共に、地球の汚染は進行しつつある。近年のエネルギーの問題、資源の不足(有限)の問題などと関連して、廃棄物を処理再利用することにより、公害の防止、特に資源の再利用について考えてみたい。

現在の産業は地球から資源を取って加工するだけの生産だけを考え、その生産した物の使用後の処理(廃棄物の処理も含め)については考えなかった。ここに環境問題が起こる原因がある。

身近にある物を回収、再生することにより、廃棄物を資源として生かす、又不要なものは自然の物質循環(自然のリサイクル)をくずさないように捨てることを日常生活と関連づけ、例を上げて指導する。

2. 指導目標

- 1) 日常生活の結果できる不用品、ゴミ等の分類ができる。
- 2) 分類された廃棄物を資源として利用することを考える。
- 3) 利用できない廃棄物は自然の物質循環にのせて処理し、環境汚染の防止につとめる。

3. 指導の展開

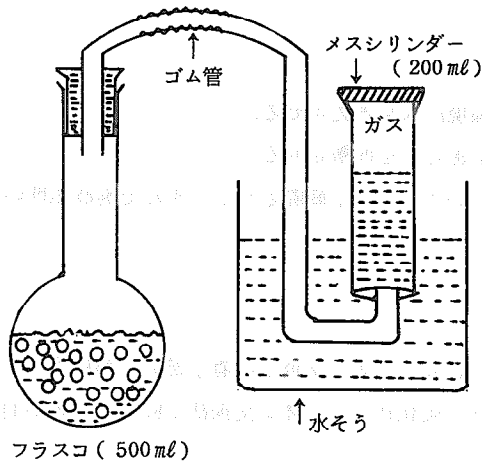
1) 導入 「物は皆なゴミとなる」日常生活で身近にあるものを考えると時が経てばすべて廃棄物となる。日常生活の場に出てくるゴミにはどんなものがあるか、省エネルギー、資源の問題と関連させ、これが再利用できないかを考えてみよう。

2) 展開

- (1) 家庭生活に於いてでてくるゴミを知っているだけ沢山あげさせ、商品名はできるだけその物の性状を考えてあげる。(例、コーラービン→ガラスのビン)
- (2) 上であげたゴミを分類してみよう。例えば次のような分け方が考えられる。
 - ①紙類、②金属類、③ガラス類、④木材、草葉類、⑤プラスチック類、⑥厨芥類、⑦ゴム類、⑧その他(粗大ゴミ等)
- (3) 上で分類されたゴミを再利用する方法を考えてみよう。例えば次の方法等が考えられる。
 - ① その廃棄物を回収して、それをそのまま再利用できるもの(例：ビン類)
 - ② くず鉄として再生成して利用できるもの。
 - ③ チリ紙として再生成して利用できるもの。
 - ④ 燃やして燃料として利用できるもの。
 - ⑤ 動物のえさ(飼料)として利用できるもの。

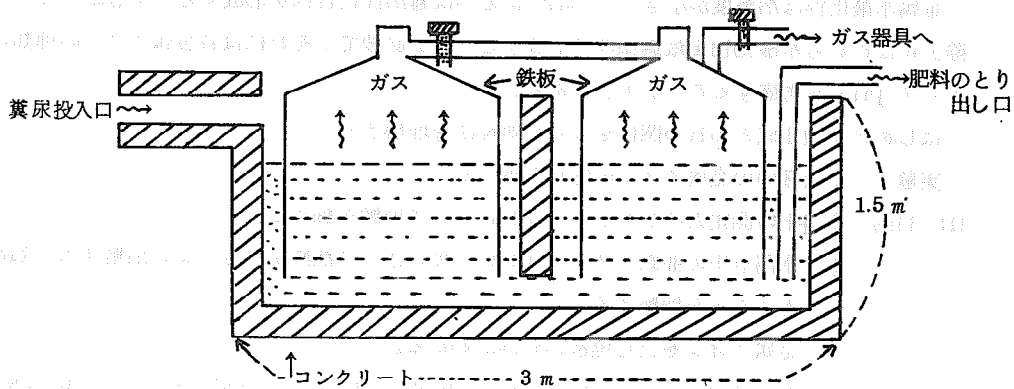
- ⑥ 地中に埋めて植物の肥料として利用できるもの。
 - ⑦ 腐敗させ、ガスを発生させて、ガス燃料として利用できるもの。
 - ⑧ 製品、製造会社にひきとらして再利用するもの。
- (4) ゴミ(廃棄物)の再利用をするために、個人、地域、市町村又は県(国)はどんなことをすればよいか考えてみよう。
- (5) 実験室でゴミからガスを発生させ、それが利用できることを確かめ、農村では家畜のふん尿からメタンガスを発生させ、実際に利用していることを示す。

※ 実験室でメタンガスを発生させ、それを燃やしてみよう。



- ① フラスコ内には枯れ葉や鶏糞をフラスコの約半分ほど入れる。
- ② 4～5日放置しておけばガスが十分な量発生する。
- ③ ガスのたまったメスフラスコの口を上に向け、マッチで点火してみる。
- ④ 冬期には温めるとガスの発生が良い。

※ 農村で家畜の糞尿よりメタンガスを発生させ、それを実際に利用している例を上げる。



- ① 東風平村の農家で上図の装置をつくり、メタンガスを発生させ風呂の燃料として利用している。
- ② 豚2頭の糞尿を水で流すと自然流下してガス発生槽に集まる。
- ③ 1日(24時間)でガスが充満し、風呂の燃料として利用できる。
- ④ ガスの発生が終わった液は肥料として有効である(悪臭はほとんどない)。

その2 環境汚染につながる廃液処理について考える指導例，

1. テーマの設定の理由

学校で生ずる廃水，廃棄物の量は工場等からでる量に比較して少ないが，少量といえどもその形態や種類は多く，又学校が全国各地にあることから，廃水，廃棄物は広範囲にわたっている。教育課程や学科の学習対象によって廃水，廃棄物は質・量とも異なっている。）

普通科の理科，特に化学においても多種，多様な薬品の使用によって学習が行われる。今日，大学や職業高校の一部は「水質汚濁防止法」でそれが規制されているが，普通高校などはその対象外にある。実験室から排出される環境汚染物質は少量であっても蓄積，濃縮され，公害につながっていく。環境保全，及び環境保全教育の立場からこれを可能な限り少なくし，又それ进行处理していく努力が必要である。

2. 指導目標

- 1) 化学薬品，廃水，廃棄物による環境汚染を考えさせる。
- 2) 廃液の処理にはどのような方法があるかを理解させる。
- 3) 特に毒性の強い重金属の処理について，実験，観察させ，すすんで廃液処理の行動ができる能力を育てる。

3. 指導の展開

1) 導入

廃液の処理には中和，沈殿，酸化，還元，イオン交換，吸着，蒸発，濃縮等があることを説明する。特に重金属類の処理は沈殿法，硫化物法，イオン交換法，吸着法などが有効であることを示す。

今回は金属水酸化物による凝集沈殿除去（中和法）の処理の仕方について考える。

2) 内容の展開

金属水酸化物は溶解度が小さく，不溶性あるいは難溶性化合物を形成する。重金属イオンの除去にはこれら水酸化物を最適条件で形成することが必要で，それには各金属イオンの種類によって pH 値を考慮することが大切である。

はじめに沈殿生成と pH の関係をしらべ処理法を理解する。

実験Ⅰ 水溶液中の金属イオンの性質を調べる。

- (1) 目的
 - ① pH の測定方法がわかり，pH について理解を深める。
 - ② 水溶液中の亜鉛イオンは pH の程度によって沈殿ができ，また溶解する性質があることを理解する。
 - ③ 金属イオンを含む廃液の処理がわかる。
- (2) 準備 0.01M- ZnCl_2 ，0.5M- NaOH ，0.5M- HCl ，0.01M- FeCl_3 ，0.01M- CuSO_4 ，万能 pH 試験紙，pH 計，ビーカー（100 ml）スポイト，ろうと，ろ紙（東洋ろ紙 NO. 5A）

(3) 操作

- ① 0.01M- ZnCl_2 10ml をビーカーにとり，万能 pH 試験紙で pH をしらべる（pH 計でもしらべる。）

- ② ①の溶液に0.5M-NaOHをスポイトで1滴ずつ白い沈殿ができ始まるまで加え、そのときのPHをしらべる。
- ③ ②の溶液に0.5M-NaOHをスポイトで1滴ずつ加えて振り、静置して上澄液に0.5M-NaOHをスポイトで1滴加え、沈殿がふえなくなるPHをみつける。
- ④ ③の溶液にさらに0.5M-NaOHをスポイトで1滴ずつ加えて振り、沈殿が溶けるPHをしらべる。
- ⑤ ④の溶液に0.5M-HClをスポイトで1滴ずつ加えて振り、沈殿ができ始まるPHをしらべ、さらに1滴ずつ加えて、沈殿がふえなくなるPHをしらべる。
- ⑥ 0.0IM-FeCl₃、0.0IM-CuSO₄について①～④までの実験を行ってみよ。
- ⑦ Zn²⁺の処理法 (Zn²⁺+Fe³⁺の共沈) 0.0IM-ZnCl₂ 8mIと0.0IM-FeCl₃ 2mIをビーカーにとり、0.5M-NaOHを1滴ずつ沈殿がふえなくなるまで加え、PHをしらべる。少量の高分子凝集剤を加え、放置してから沈殿物をろ過する。
- (4) 結果の考察
 - ① 0.0IM-ZnCl₂のPHはいくらか。
 - ② 0.0IM-ZnCl₂に0.5M-NaOHを加えていくとき、白い沈殿ができ始めるPHはいくらか。沈殿生成の変化を化学反応式で書きなさい。
 - ③ Zn²⁺がOH⁻で完全に沈殿する最適PHはいくらか。
 - ④ Zn(OH)₂の白い沈殿がアルカリによって溶けるPHはいくらか。
 - ⑤ 操作⑤で0.5M-HClを加えると再びZn(OH)₂の沈殿ができる。この変化を考えてみよう。
 - ⑥ Fe³⁺、Cu²⁺がアルカリで沈殿し始めるPHはいくらか。またこれらのイオンの適正沈殿PHはいくらだろうか。
 - ⑦ Zn²⁺の処理で、FeCl₃溶液を加えると、Zn²⁺の沈殿処理に有効な結果が得られる。その理由を考えてみよう。

実験2 六価クロムの廃液処理

- (1) 目的 Cr₂O₇²⁻の還元の方法とアルカリによる沈殿処理について理解する。
- (2) 準備 0.0IM-K₂Cr₂O₇、0.05M-H₂SO₄、0.1M-NaHSO₃、0.01M-FeCl₃、0.5M-NaOH、万能PH試験紙、PH計、定量用ろ紙(東洋ろ紙No.5A)、ビーカー(100mI)
- (3) 操作
 - ① 0.0IM-K₂Cr₂O₇をビーカーに10mIをとり、万能PH試験紙でPHをしらべる。
 - ② ①の溶液に0.05M-H₂SO₄をスポイトで少量ずつ加えてPH 2～3とする。
 - ③ ②の溶液に0.1M-NaHSO₃を攪拌しながら少量ずつ加え、溶液の色が橙色から緑色になるまで加える。
 - ④ ③の溶液に0.5M-NaOHをスポイトで少量ずつ加え、PHを7～8としてみる。沈殿ができないときは次の操作を行う。
 - ⑤ ④の溶液に0.01M-FeCl₃ 2mIを加え、これに0.5M-NaOHをスポイトで少量ずつ加えてPH 7～8とする。
 - ⑥ 一昼夜静置してから定量用ろ紙でろ過してみる。

(4) 結果の考察

① $K_2Cr_2O_7$ の溶液を酸性にし、 $NaHSO_3$ を加える理由を考える。

② 六価クロムを Cr^{3+} にするのはどうしてか。

③ $FeCl_3$ を加えると、 Cr^{3+} の沈殿処理に良い結果が得られる。その理由を考える。

(5) 留意点

① Cr^{3+} は $PH\ 4 \sim 7$ から沈殿を開始する。 Cr^{3+} の最適沈殿 PH は $PH\ 7 \sim 9$ であり、 PH が 9 より再溶解する。

② 実際の廃液処理の際は、操作③の溶液に塩化鉄(Ⅲ)水溶液を少量加える。

＜共存金属イオンを一括除去する場合＞ 一般に廃液中に異種の金属の共存する場合においては、低い PH 領域で沈殿する金属水酸化物が高い PH 領域で沈殿する金属水酸化物を吸着して沈降させる。いわゆる共沈という現象を利用できる。

実験 3 共存重金属イオン廃液の一括処理

(1) 目的 共存重金属イオン廃液を水酸化ナトリウムで一括処理する方法がわかる。

(2) 準備 $0.01M-CuSO_4$, $0.01M-ZnCl_2$, $0.01M-CdCl_2$, $0.01M-NaOH$, $0.01M-HCl$ 定量用紙, ろうと, ろうと台, ビーカー (100ml), ガラス棒, 万能 PH 試験紙

(3) 操作

① $0.01M-CuSO_4$, $0.01M-ZnCl_2$, $0.01M-CdCl_2$, $0.01M-FeCl_3$ の各 2ml をビーカーにとる。万能 PH をしらべる。

② ①の溶液が白濁しておれば $0.01M-HCl$ 少量をスポイトで加え、透明な溶液とする。

③ ②の溶液と $0.5M-NaOH$ を少量づつスポイトで、沈殿ができ始まるまで加え、 PH をしらべる。

④ ③の溶液に $0.5M-NaOH$ を少量づつスポイトで加え、 $PH\ 10$ とする。

⑤ しばらく静置してから、定量用紙でろ過する。

(4) 結果と考察

① 水にとかすだけで水酸化物の沈殿を生ずるものはどれか。

② 沈殿ができ始まる PH はいくらか。

③ 操作④で PH を 10 にしたわけを考えてみよ。

金属水酸化物の溶解度積 (20°C)

金属イオン	PH 値の領域	解 離 反 応	溶 解 度 積
Fe^{3+}	5.0~11.0	$Fe(OH)_3 \rightleftharpoons Fe^{3+} + 3OH^-$	2.5×10^{-39}
Pb^{2+}	7.0~ 9.0	$Pb(OH)_2 \rightleftharpoons Pb^{2+} + 2OH^-$	1.6×10^{-7}
Cr^{3+}	7.0~ 9.0	$Cr(OH)_3 \rightleftharpoons Cr^{3+} + 3OH^-$	6.0×10^{-31}
Cu^{2+}	8.0 以上	$Cu(OH)_2 \rightleftharpoons Cu^{2+} + 2OH^-$	2.2×10^{-20}
Mn^{2+}	8.0 以上	$Mn(OH)_2 \rightleftharpoons Mn^{2+} + 2OH^-$	2.9×10^{-13}
Zn^{2+}	9.0~10.0	$Zn(OH)_2 \rightleftharpoons Zn^{2+} + 2OH^-$	2.0×10^{-15}
Fe^{2+}	9.0~11.0	$Fe(OH)_2 \rightleftharpoons Fe^{2+} + 2OH^-$	1.5×10^{-15}
Cd^{2+}	10.5 以上	$Cd(OH)_2 \rightleftharpoons Cd^{2+} + 2OH^-$	3.9×10^{-15}

その3 生態系内で物質が濃縮される点に焦点をあてた指導例

1. テーマ設定の理由

公害防止の具体的対策として、有害物質はできるだけさないように注意し、止むを得ず出る場合は薄めて捨てるようにするという考え方は一般社会人の共通な考え方であるが生態学の立場からは問題である。

殺虫剤による汚染の研究やわが国の水俣病、イタイイタイ病のように、工場廃液中に含まれるメチル水銀やカドニウムが河川に流され、薄められながらも、魚貝類の体内に蓄積される。そして、これらの汚染された魚や貝を多量に食べた人間が発病していることから、生物的濃縮による危険性が考えられる。そこで自然界では、拡散された物質が生態系内の物質循環の過程で濃縮されていくことを理論的に理解させ、環境に対する認識を新たにしていく。

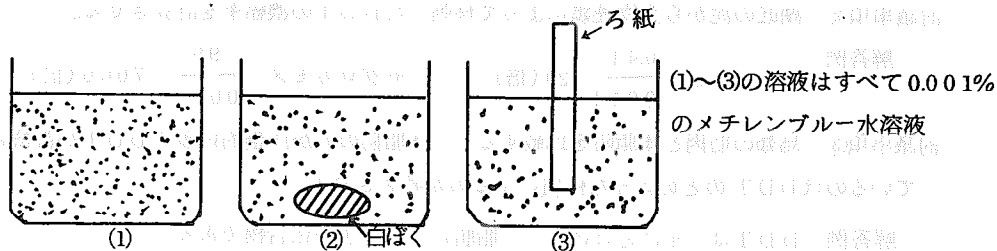
2. 指導の目標

- (1) 自然界に拡散された物質は物理的に、また生物界の物質循環の過程で濃縮されることを、実験、観察を通して理解させる。
- (2) 物質の濃縮から有害物質はたとえ濃度がうすくても環境悪化の原因になることを理解させる。
- (3) 環境汚染物質の拡散を防ぐ必要性を認識させ、生態系を守っていこうとする態度を身につけさせる。

3. 指導の展開

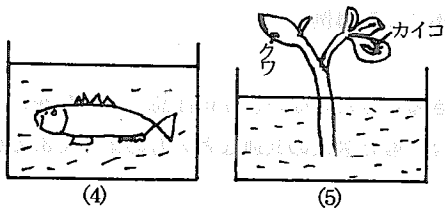
- 1) 有害物質（農薬、薬品）による公害の具体例を上げて問題意識をもたせる。
- 2) 内容の展開

(1) 実験1 図1～3のように装置し、そのまま数日間放置したときメチレンブルー水溶液の色は、どのように変化するか予想させる。（実験は教師が数日前に用意しておき、生徒に結果を予想させた後、提示する。）



自然界で、図(1)の形は、太陽の放射によって水分の蒸発から起こる濃縮であるが、雨などの降水現象で水が循環すると、この形では濃縮は起こらない。図(2)の形は、土砂などに有害物質が吸着して起こる濃縮のモデルである。図(3)の形は、植物の葉に有害物質が濃縮されるモデルとして考えさせることができる。

(2) 実験2 ある種の物質（例えば、鉛イオン、色素など）のうすい水溶液中で、生物を飼育栽培したとき、その生物がどのような影響を受けるかを考えさせる。



図(4)は、水中に溶け込んでいる物質が直接生物体内で、濃縮される実験例であり、図(5)は水中に溶け込んだ物質が植物体に吸収され、葉で濃縮される、その葉を虫が食べることによって、さらに濃縮されていく実験例である。

〔例〕 濃度のことなる酢酸鉛水溶液に淡水産ミジンコ（20～30匹）を入れる。

①時間（日数）と死亡率を求める。（グラフ化）

②鉛イオンの量を調べる。（10%硫化ナトリウム水溶液を使う）

③下記の研究データを利用して、生物濃縮について、生徒に討議させる。

「アメリカ合衆国ミシガン湖周辺の10万ヘクタールにおよぶリンゴ園では、害虫防除のためDDT（年間30トン）などの殺虫剤が使用されていた。1946年の調査によると、このDDTが流出して、水深10～30mの湖底の泥から平均0.014PPm、またその泥の中で生活している底生端脚類（ヨコエビ類）からは平均0.41PPm（いずれも生体重量当たり）のDDTが検出され、さらに、この湖で越冬し、ヨコエビを主食としているコオリガモの胸の筋肉から6.33PPm、体脂肪からは138.0PPmのDDTが検出された。一方、マス（5.6PPm）やサケの幼魚（3.35PPm）にもDDTが検出された、これを食べて生活するセグロカモメの胸の筋肉には99.0PPm、体脂肪には2441PPmが検出された。（HicKeys,1966）」

討議事項① 生物の食う食われるの関係（食物連鎖）を考えて、リンゴ園から流れたDDTの道すじを生徒に図示させる。

解答例 リンゴ園

↓
湖水 → 湖底の泥 → ヨコエビ → コオリガモ（6.33～138PPm）
→ マス、サケ → セグロカモメ
(0.14PPm) (0.41PPm) (5.6～3.35PPm) (99～2441PPm)

討議事項② 湖底の泥から食物連鎖によって移動したDDTの濃縮率を計算させる。

解答例

ヨコエビ $\frac{0.41}{0.014} \div 29$ (倍) セグロカモメ $\frac{99}{0.014} \div 7000$ (倍)

討議事項③ 鳥類の筋肉と体脂肪を比較すると、体脂肪の方が圧倒的に多くDDTが蓄積されているのはDDTのどのような性質によるのか考えさせる。

解答例 DDTは、水にとけにくく、脂肪にとけやすい化合物である。

おわりに

過去2ケ年にわたり、表記のテーマで研究を行って来たが、「環境教育」という新しい分野であるため、資料や実践例が少なく満足のいくような報告書を作成することができなかった。

今回は、理科の立場から環境教育を考えて来たが、実際に、学校現場でどのような形で実践するか、また、どのような教材を取り扱うか、今後さらに検討する必要がある。

なお、この報告書が、学校現場における今後の環境教育にいくらかでも役にたてば幸いである。

《 参考文献 》

- | | | |
|--------------|--------------------|----------|
| コモナー著 | 何が環境の危機を招いたか。 | |
| 東京都教育委員会 | 公害教育指導資料 | |
| | 世界大百科事典 | 平凡社 |
| | ピクトリア現代新百科 | 学 研 |
| | 大日本百科事典 | 小学館 |
| NHK現代の科学グループ | ヒトの住み星—やさしいエコロジー入門 | |
| 吉良竜夫・宝月欣二 | 環境の科学 | 日本放送出版協会 |
| 古谷庫造 | 理科における環境教育 | 明治図書 |
| 文部省 | 廃水・廃棄物の処理に関する手引 | 実教出版 |
| 拾てる技術研究会 | 拾てる……「ゴミをいかす発想と技術」 | 日本経済新聞社 |
| Rーデュボス | 人間であるために | 紀伊国屋書店 |

容 内 要 略

佐田の著「真善美と環境」(平井) 1

如前巻内の「序」(平井) 1

佐田の著「環境」 1

環境の「真善美」と環境の「善」

佐田の著 1

佐田の著「環境」(平井) 1

佐田の著「環境」(平井) 1

佐田の著 1

佐田の著「環境」(平井) 1

佐田の著「環境」(平井) 1

佐田の著「環境」(平井) 1

佐田の著「環境」(平井) 1

佐田の著「環境」(平井) 1

佐田の著「環境」(平井) 1

佐田の著「環境」(平井) 1

佐田の著「環境」(平井) 1

佐田の著「環境」(平井) 1

選択化学の内容構成と実験教材の研究

沖縄県立北山高等学校 松田 憲 和

はじめに

最近、高等学校の入学率は全国平均が93%に達している。沖縄県も徐々に増加の一途をたどり、昭和55年度では87%を越え、さらに、今後も入学率は高くなることが予想される。入学率が高くなるにつれて、生徒の多様化がクローズアップされて来た。

今回改訂された高等学校学習指導要領によると「選択化学」は従前の化学Ⅰ・Ⅱの内容の40%が削減されて時間的なゆとりが出て来ると言われているが、授業時間の削減、入学率の増加等を考えると、よほど内容の項目を精選しないかぎり、生徒自から考えさせる時間的なゆとりが出て来ないのではないかと思う。

また、高等学校の現場教師にとって、多様化した生徒たちに化学の基礎概念をどのような教材を使って、どのように教えていくかということが当面の大きな課題である。

そこで、化学に関する生徒の実態調査を踏まえて、昭和58年度から実施される「選択化学」の内容構成を検討するとともに、どのような実験教材が適切であるかについて研究し、まとめた。

研究内容

- Ⅰ 化学に関する実態調査とその検討
- Ⅱ 「選択化学」の内容構成
- Ⅲ 実験教材の研究

Ⅰ 化学に関する実態調査とその検討

1. 調査目的

生徒の化学学習に関する理解度の調査を行い、昭和58年度から実施される「選択化学」の内容構成の作成に役立てる。

2. 調査対象

北部地域の沖縄県立高等学校7校（辺土名、北山、北部農林、北部工業、名護、本部、宜野座）の「化学Ⅰ」を修得した生徒の中の272名について調査した。

3. 問題作成についての考え方と生徒の学習状況

問題作成にあたって、学習指導要領、教科書及び市販の問題集を参考にし、化学の問題を解くのに必要な基礎計算問題（加減乗除、指数計算）と「化学Ⅰ」に関する基本的な内容を中心にして作成した。①～④の問題はすでに中学校で学習した内容で100%の正解率を期待し、⑤～⑭の問題は選択肢を添えた化学の基本的な内容で60%の正解率を期待した。調査校2校（職業高校）の生徒は現在化学の授業を受けてないが他の5校（普通高校）の生徒は「化学Ⅱ」の授業を受けている。また調査5日前に実態調査の目的を生徒に説明し、了解を得て実施した。

4. 実態調査の結果と考察

1) ①②の基礎計算問題を解けない生徒が12～16%いる。

この生徒たちは計算を伴う内容についていけない生徒と考えられ、関連教科との関係のもとに指導していく必要がある。

2) ⑤～⑦の計算を伴う問題は正解率がよくない。これは化学の基礎概念である原子量、分子量、モル概念が定着していないと考えられる。この概念は化学の学習において常に必要なもので「選択化学」でも指導していく必要がある。

③) ⑧⑨の基本的法則・係数の求め方の問題は正解率が高い。基本的法則及び化学反応式は化学全般を通して、出て来るのでそのたびごとに説明・練習がなされていると考えられる。

4) ⑩～⑭の熱化学、化学平衡等の問題は正解率が低い。特にpHと計算問題は正解率が7%

でどの項目よりも低くなっている。今後定着率の低くなっている要因を究明し、新しい授業の工夫が必要である。(図1参照)

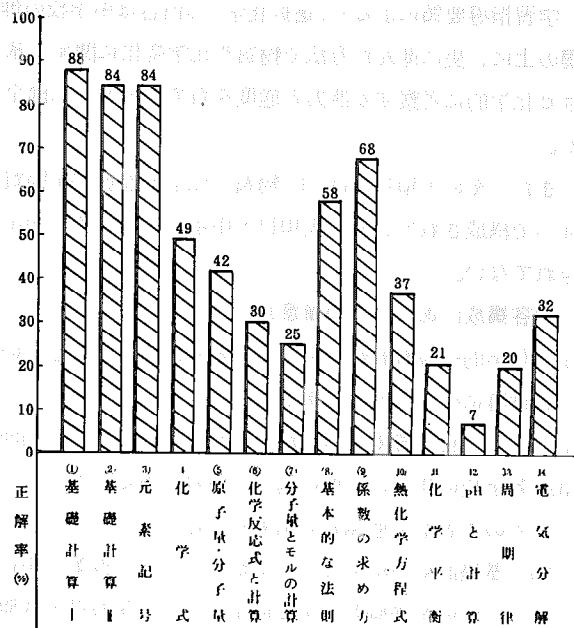


図1. 実態調査問題の正解率

I 「選択化学」の内容構成について

1. 化学の領域

自然化学の一分野である化学は物質に関する学問である。すなわち、図2のように物質及び化学変化の中から、規則性をみ出し、その規則性を利用して

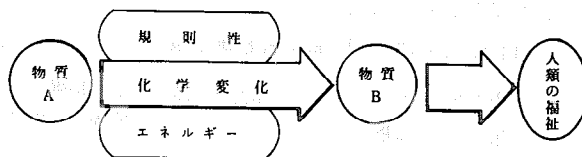


図2. 化学の領域

エネルギーや重要な物質を社会に供給し、人間生活を豊かにする学問である。ところが一方においては、化学工場からの廃液及び副産物等が環境汚染の原因になっていることもあって、その責任を化学に転嫁し、好ましくない学問であるという誤解を与えている感がある。しかし、私達の日常生活において、いかに多くの化学製品が利用されているかは私達の周囲を一見すれば分かる。また環境調査を行い環境汚染をなくしていくためにもかかせない学問の一つである。

化学は扱い方によっては人間生活を破壊もするし、豊かにもする。化学の必要性を生徒に理解させることは化学教育の重要な目標の一つである。

2. 「選択化学」の領域

学習指導要領によると「選択化学」の内容は中学校の理科や高等学校における「理科Ⅰ」の基礎の上に、更に進んだ方法で物質や化学変化に関する基本的な事項を扱い、原理・法則を理解させ化学的に考察する能力と態度を育てるとともに健全な物質観を養うための科目とされている。

また、その大項目では、1) 物質の化学的性質、2) 物質の状態、3) 化学反応、4) 物質の構造の4つで構成されている。大項目・中項目については明示されているが、小項目については明示されていない。

3. 内容構成にあたっての留意点

- 1) 化学的一般教養が身につくとともに、科学の方法の習得や原理・法則及び基本的化学概念の理解に役立つ内容であること。
- 2) 人間と自然環境とのかかわり方について、化学的理解が深められるような内容であること。
- 3) 各学校の生徒の実態に適した内容であること。

このことを実態調査の結果から述べると

- (1) 基礎計算の出来ない生徒がいるため、授業の中に適宜基礎計算を入れる。
- (2) 化学の基礎概念である原子量、分子量及びモル概念等は「理科Ⅰ」との連係のもとに授業に取り入れ、その概念が定着するようにする。
- (3) 化学平衡、pH、周期律に関する項目については指導法をもっと工夫する必要がある。
- (4) 生徒の学習負担を考慮して、内容を精選すること。
- (5) 探究の過程をたどりやすく、科学の方法の習得に適切であるとともに、生徒の興味や関心を引くような観察や実験を重視して、体験的学習を多く取り入れること。
- (6) 各項目が相互に有機的に関係づけられ、化学の系統性をもたせるようにすること。

4. 学習指導要領の大項目と内容構成案の大項目との関係

最初の「物質の

成り立ち」の大項目は化学の基礎概念である原子量、分子量及びモル概念等の定着率を高めるとともに「理科Ⅰ」とのつながりの項目としてもうけた。「人間と化学」の大項目は化学を学習した後で

人間と化学のかか

わり方について学習する項目としてもうけた。(図3参照)

新学習指導要領 による化学の領域		内容構成案 の大項目 学習指導 要領の大項目	① 物質の 成り立ち	② 物質の 状態	③ 化学 反応	④ 化学 結合	⑤ 無機 化合物 と周期 律	⑥ 有機 化合物	⑦ 人間 と化学
化学	「理科Ⅰ」の 化学の領域	物質の構成と変化	○						○
	選択 化学	① 物質の化学的性質	○				○	○	○
		② 物質の状態		○					○
		③ 化学反応			○				○
		④ 物質の構造				○			○

図3. 学習指導要領の大項目と内容構成案の大項目との関係

5. 選択化学の内容構成案

この案は上記の大項目を中心に実態調査の各項目を考慮しながら、週4時間、年間120時間として構成したものである。

表1 選択化学の内容構成案

大・中項目の()内は時間数

大項目	中項目	小項目	指導内容	実験・実習	関 連	
					中学理科	理科I
①物質の成り立ち(6)	1)物質(6)	(1)純物質と混合物 (2)単体と化合物 (3)原子量, 分子量, モル (4)化学式と化学反応式	○「理科I」とのつながりとしての学習 ○原子量, 分子量 モルの概念等 ○化学式の書き方	○混合物の分離	[2年]③のア, ウ 純物質と混合物 原子と分子 ④原子, 分子 ①元素記号 ②化学式 ③化学反応	(2)の1物質の構成と変化 ○物質の分類 ○化学式 ○化学反応式 ○物質質量
	2)純物質(9) 2)混合物(9) (18)	(1)物質の三態 (2)気体の性質 (3)気体の状態方程式 (1)気体の分圧 (2)溶液 (3)コロイド溶液	○固体, 液体, 気体 ○圧力と温度との関係 ○アボガドロの法則 ○衝突のモデル化 ○溶液の濃度 ○例をあげて説明	○気体の分子量測定(例 CCl_4) ○凝固点降下の測定 ○コロイド溶液	[1年]①のア, イ, エ ア物質の様子 イ加熱と燃焼 エ気体を発生する化学変化 [3年]⑤のア 水溶液	○物質の三態変化 ○物理変化と化学変化 ○溶解 ○溶液の濃度
③化学反応(41)	1)化学反応とエネルギー(5) 2)化学反応の速さ(5) 3)化学平衡(6) 4)酸と塩基(10) 5)酸化・還元(5) 6)イオン化傾向(5) 7)電気分解(5)	(1)熱化学方程式 (2)反応熱 (1)反応の遅速 (2)触媒 (1)化学平衡の移動 (1)酸と塩基 (2)中和反応 (3)塩 (4)PH (1)酸化と還元 (2)酸化剤と還元剤 (1)イオン化傾向 (2)電池 (1)電気分解	○実験を通して式をつくらせる。 ○ヘスの法則 ○温度と濃度 ○中間生成物 ○ルシャトリエの平衡移動の法則 ○酸と塩基の概念 ○塩の加水分解 ○水素イオン指数 ○広義の酸化・還元 ○金属イオン ○ボルタの電池等 ○ファラデーの法則	○反応熱の測定 ○ヘスの法則の検証 ○化学反応の速さ ○化学平衡 ○酸・塩基の性質 ○中和滴定 ○塩の性質 ○酸化と還元 ○イオン化傾向 ○電池 ○電気分解	[2年]の③ イ化学反応 ④質量保存の法則 ①定比例の法則 ウの④化学反応 [1年]の① イの④燃焼による発熱 [3年]の⑤のウ ④酸, アルカリ ④中和 ⑤のイの④イオン ⑤のイの④電気分解 ⑤のイの④電気分解のモデル化	(2)の1物質の構成と変化 ○化学反応式の書き方 (2)の4化学変化とその量的関係 ○気体どうしの反応 ○分解反応 ○気体の発生 ○中和反応と反応熱 ○金属と酸の反応 ○酸化・還元反応

〔4〕 化学結合 (7)	1)原子の構造(3) 2)化学結合(4)	(1)原子構造のモデル (1)共有結合 (2)イオン結合 (3)金属結合	○ボーアの原子モデルの程度 ○ H_2, CH_4, Cl_2 等 ○ $NaCl, KCl$ ○自由電子	○モデルの組み立て	〔2年〕(3)のウ ○原子と分子	(2)の(1)物質の構成元素 ○原子・分子 イオン
〔5〕 周期律と無機化合物 (23)	1)周期律(5) 2)第2,第3周期の元素(3) 3)遷移元素(5)	(1)元素の分類と周期性 (2)アルカリ金属とその化合物 (1)アルカリ土類金属 (2)Al化合物 (3)窒素化合物 (4)イオウとその化合物 (5)ハロゲン元素とその化合物 (1)Feとその化合物 (2)Cu, Ag	○第3周期までの理解 ○電子配置 ○ $NaCl, Na_2CO_3$ ○Mg, Ca, Baとその化合物 ○Al, $Al_2O_3, Al(H)_3$ ○ NH_3, HNO_3, NO_2 ○S, SO_2, H_2SO_4 ○Cl, Br, I ○Fe, $FeCl_3, FeSO_4$ ○ $CuSO_4, AgNO_3$	○NaとNa化合物 ○ $Mg^{2+}, Ba^{2+}, Ca^{2+}$ の反応 ○Alの化合物 ○窒素化合物 ○Sを含む化合物とその性質 ○塩素の性質 ○ハロゲン元素の性質 ○Feの化合物 ○炎色反応	〔1年〕(1)のウのウ NaHCO ₃ の分解 〔1年〕イのイ Mgの燃焼 〔1年〕ウのウ イオウと銅、鉄とイオウの反応	(2)の2 物質の成分元素 NaCl, CaCO ₃ ○Naの炎色反応 ○無機化合物 NaCl, Fe, Mg
〔6〕 有機化合物 (22)	1)有機化合物の特徴(1) 2)炭化水素(4) 3)炭素骨格(3) 4)酸素を含む有機物(4)	(1)無機化合物との違い (1)鎖式炭化水素 (2)芳香族炭化水素 (1)異性体 (1)アルコールとエーテル (2)アルデヒド (3)カルボン酸	○成分元素C, H, S ○種類が多い ○生物体との関係 ○飽和炭化水素 ○不飽和炭化水素 エチレン系等 ○多重結合と付加 ○ベンゼン, トルエン ○芳香族環状構造中における二重結合の特異性 ○炭化水素の異性体 ○その他の異性体 ○ CH_3OH, C_2H_5OH ○ $C_2H_5 \cdot O \cdot C_2H_5$ ○ $HCHO, CH_3CHO$ ○ CH_3COOH	○炭化水素の性質 ○付加反応とハロゲン ○アセチレンの製法とその性質 ○置換反応(ベンゼン) ○アルコールの性質 ○アルデヒドの性質 ○カルボン酸と	〔1年〕のアのウ 物質の性質 ○気体(ブタン) ○液体(アルコール) ○固体(ロウ)上の三つの物質 が有機物の例としてではなく物質の例としてあげられている。	(2)の(2) 物質の成分元素のところで有機物の例として ○砂糖 ○プラスチック ○卵 ○有機物の簡単な検出方法

	とエステル (4)フェノール類 (1)ニトロ化合物 (2)アミン (1)糖類 (2)タンパク質 (3)天然繊維 (4)合成繊維 (5)合成樹脂 (6)ゴム	○酢酸エチル ○油脂 ○C_6H_5OH, $C_6H_4(OH)CH_3$ ○$C_6H_5NO_2$ ○$C_6H_5NH_2$ ○$C_6H_{12}O_6$ ○タンパク質とアミノ酸 ○木綿と毛糸 ○ナイロンとビロン ○ポリ塩化ビニール ○天然ゴムと合成ゴム	エステル ○セッケンの性質 ○フェノール類の性質 ○ニトロベンゼンの性質 ○糖類の性質 ○タンパク質の性質 ○合成繊維の熱分解 ○フェノール樹脂の合成		
⑦人間と化学③	1)人間と化学	(1)化学の役割	○身のまわりの化学製品 ○人間と化学のかかわり	○水質検査	(7)人間と自然 (4)自然界の平衡

Ⅲ 実験教材の研究

1. 実験の適材性

適当な実験教材の条件として次のようなことがあげられる。下記の条件を満たすような教材を見つけるになかなか困難な点もあるが、材料の選択や実験の方法に工夫をこらして条件を満たすようにする。

1) 教材の本質的な面から見ると

(1) 一般的知識の基礎になる重要な物質や現象に関する実験であること。

(2) 応用範囲の広い基本的な原理・法則に関する実験であること。

2) 実験の性質、材料及び方法から見ると

(1) 装置や操作方法が簡単で生徒の能力に適したものであること。

化学実験器具には日常使われてない器具が多く、操作法に訓練の必要なものが多い。しかし、化学に必要な基本的操作法（ろ過、滴定等）は実験に取り入れる必要がある。

(2) 危険発生のおそれのない実験であること。

化学実験教材には金属ナトリウム、濃硫酸、塩素及び二酸化イオウのように危険な薬品等が多い。そのため、①取り扱いに十分注意する、②使用する薬品の量を少なくする、③室内の換気をよくするなどして、安全を確認した上で実験を行うようにする。

(3) 現象が明瞭に認められると同時に、どの生徒が行っても同じ結果が得られる実験であること。

(4) 合理的に実験データが処理され、説明できる実験であること。

2. 化学反応とエネルギーの実験教材研究

1) 指導内容

化学変化のエネルギーを指導するにあたって、第一に「物質の質的变化がおきること、しか

し、原子の総数、物質の質量は変化しないこと」、第二に「物質の変化にはエネルギー変化を伴うが総エネルギーは変化しないこと」をおさえ、次の内容を指導していきたい。

- (1) 化学変化に際して、発生するエネルギーの種類は熱、光、機械、電気エネルギー等があげられる。

例1 熱エネルギーと光エネルギー（木炭が空气中で燃焼する）

例2 電気エネルギー（亜鉛板と銅板を希硫酸に入れ、導線でつなぐ）

例3 機械エネルギー（水素と酸素をまぜて点火すると爆発し、容器を破壊する）

- (2) 化学変化には発熱反応と吸熱反応がある。

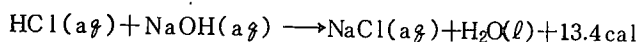
発熱・吸熱の約束は化学系において、化学反応によって熱の出入りがあるとき反応前の温度に戻すのに化学系の外へ熱を出す場合を発熱、化学系の外から熱を入れる場合を吸熱とする。

- (3) 物質にはある状態で、それぞれ独自の決まった量のエネルギーをもっていて、化学変化を起すと反応前の総熱量と反応後の総熱量の差だけエネルギーが出入りする。（図4参照）

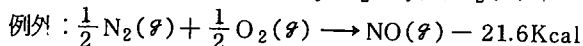
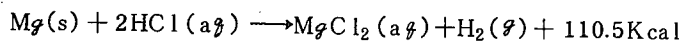
- (4) 発熱反応は一般に分子の集合、原子・イオンの結合する場合に起こりやすい。

例1 沈殿ができる場合 $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl} + 10.4 \text{ Kcal}$

例2 不電離物質ができる場合



例3 単体と単体、単体と化合物による化学変化の場合に多い。



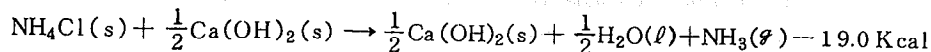
- (5) 吸熱反応は発熱反応の場合と逆で原子、分子、イオンの「乱雑さ」が大きくなる場合に起こりやすい。

例1 物質が溶解する場合に多い。 $\text{NaHCO}_3(\text{s}) + \text{aq} \rightarrow \text{NaHCO}_3(\text{aq}) - 4.0 \text{ Kcal}$

ただし、溶質分子または成分イオンが溶媒分子と結合する場合には発熱反応となる。

無水硫酸銅（17.5 kcal/mol）、無水炭酸ナトリウム（56 kcal/mol）の溶解は発熱反応

例2 気体が発生する化学変化の場合に多い。



- (6) 熱化学方程式の書き方を次のように指導する。

- ① 通常の熱化学方程式は左辺に反応物、右辺に生成物を書き、さらに、右辺に反応物または生成物のモル単位あたり出入りした熱量をKcal単位で書きあらわす。
- ② 一般に反応熱は吸熱の場合「-」、発熱の場合「+」で書き表わす。
- ③ 反応物および生成物の状態によって、出入りする熱量が違うので一般に化学式の後に物質の状態を書きしるす。気体の場合は（気）または（g）、液体の場合は（液）または（l）、固体の場合は（固）、または（s）、水溶液の場合は（aq）と書きしるす。
- ④ 係数は必ずしも整数である必要はない。分数であってもよい。
- ⑤ 数学の方程式と同様に移項 加減乗除と数学的处理をしてもよい。

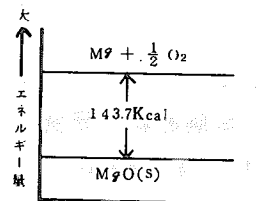


図4 MgとO₂の反応熱

(7) ヘスの法則について次のことを指導する。

① 「エネルギー保存の法則」が発見される以前にスイス人ヘス(1802~1850)によって実験的に発見された法則である。

② 化学変化における反応熱は、反応前の物質と反応後における物質の状態とが定まっているならば、その途中でどのような変化が行なわれても一定である。すなわち、図5で説明するとAからBを直接つくるに必要なエネルギー x_3 とAからCをつくり、さらにBをつくるに必要なエネルギー x_1+x_2 とは等しい。それを式で表わすと次のようになる。

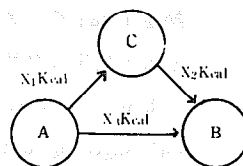


図5 化学系AからBへの変化経路

$$x_1 \text{ Kcal} + x_2 \text{ Kcal} = x_3 \text{ Kcal}$$

2) 実験例1: 反応熱の測定(小項目, 反応熱のところで扱う。所要時間1時間)

(1) 実験のねらい

チオ硫酸ナトリウム($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$)の溶解, マグネシウム金属と塩酸の反応, 炭酸水素ナトリウムと硫酸の反応を利用して, 物質が水に溶けたり, 化学変化が起るときには熱の出入りがあることを理解させるとともに熱化学方程式の書き方を習得させる。

(2) 準備(薬品と器具)

塩酸(1M), 硫酸(1M), 炭酸水素ナトリウム, マグネシウム(テープ状), チオ硫酸ナトリウム($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$), スチロフォームカップ(200 ml, 以下コップという), 温度計($\frac{1}{10}^\circ\text{C}$ 目盛) メシリンダー(100 ml), マグネティックスタラー(攪拌棒でもよい) てんびん(感量10 mgのもの), ルーペ(温度計の目盛を読むもの)

(3) 実験方法

① 図6のように簡易熱量計の装置を組み立てる。水100 mlをメスシリンダーで測り, コップに入れ, 2~3分してから液温を測る。これにてんびんで測ったチオ硫酸ナトリウム12.4 gを入れ, 攪拌しながら最低温度を測定する。この場合ルーペを温度計の読みにつかうとよい。以上のことを3回くりかえしデーターとする。

② 塩酸(1M)100 mlをメスシリンダーではかり①と同様に液温を測る。これにてんびん(Ohaus等がよい)で正確に計った0.5 gのマグネシウムを徐々に加え, 最高に達した温度を読みとる。以上のことを3回くりかえし, データーとする。

③ ①と同様にコップの内容物を捨て, 再び新しく測った100 mlの硫酸(1M)をコップに入れ, 液温を測る。次に4.2 gの炭酸水素ナトリウムを徐々に加えて反応させ, 溶液の最低温度を測る。

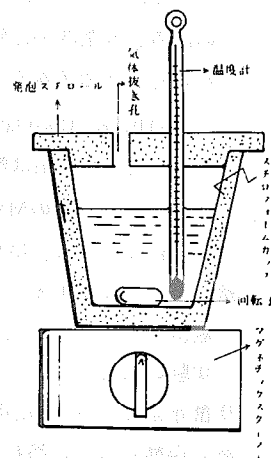


図6 簡易熱量計

注 ②③の実験は盛かんに泡が出るので気体抜き孔をつくってあふれさせないように注意する。

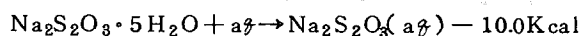
(4) 実験結果と考察

① 表2のように12.4 gの $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ を100 mlの水にとかすと温度が 5.0°C 下がる。溶液

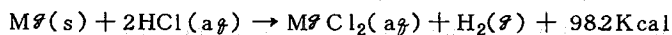
を $1\text{ cal}/^{\circ}\text{C}\cdot g$ (溶液 1 ml の質量を $1 g$ とし、その比熱を $1\text{ cal}/^{\circ}\text{C}\cdot g$ とみなす。以下これに準ずる) と

すると発生した熱量は

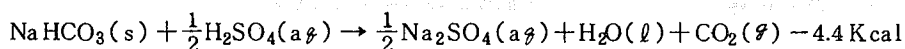
$-5.0^{\circ}\text{C} \times 1\text{ cal}/^{\circ}\text{C}\cdot g \times 100 = -500\text{ cal} = -0.5\text{ Kcal}$
 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ の分子量は 248 であるから、1 モルの溶解熱は $-0.5\text{ Kcal} \times 248 / 12.4 g = -10.0\text{ Kcal/mol}$ となる。従ってチオ硫酸ナトリウムの溶解の熱化学方程式は次のように書き表わすことができる。



② ①と同様に塩酸 (1M) 100 ml に $M g$ $0.5 g$ を反応させたときの温度は 20.2°C 上がるから、この溶液の比熱を $1\text{ cal}/^{\circ}\text{C}\cdot g$ とすると発生した熱量は $20.2^{\circ}\text{C} \times 1\text{ cal}/^{\circ}\text{C}\cdot g \times 100 g = 2020\text{ cal} = 2.02\text{ Kcal}$ となる。マグネシウムの原子量は 24.3 であるから、マグネシウム 1 モルから発生する熱量は $2.02\text{ Kcal} \times 24.3 / 0.5 g = 98.2\text{ Kcal/mol}$ 、したがって熱化学方程式は、



③ ①と同様に $4.2 g$ の炭酸水素ナトリウムと硫酸 (1M) 100 ml とを反応させると 2.2°C 温度が下がる。溶液の比熱を $1\text{ cal}/^{\circ}\text{C}\cdot g$ とすると、そのとき発生した熱量は $-2.2^{\circ}\text{C} \times 1\text{ cal}/^{\circ}\text{C}\cdot g \times 100 g = -220\text{ cal} = -0.22\text{ Kcal}$ となる。 NaHCO_3 の分子量は 84 であるから NaHCO_3 1 モルから発生する熱量は $-0.22\text{ Kcal} \times 84 / 4.2 = -4.4\text{ Kcal/mol}$ となる。従って熱化学方程式は



④ $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ の溶解熱の文献値は -10.0 Kcal/mol 、塩酸とマグネシウムの反応熱の文献値は 110.5 Kcal/mol で実験値とかなり一致している。実験誤差の原因は、a 温度の読み、b 溶液の比熱、c 溶質を入れたときの溶液の増加、d コップの比熱等があげられるがお互いに誤差をうち消し合うものもあると考えられる。

NaHCO_3 と H_2SO_4 の反応熱の文献値は 6.4 Kcal/mol であまり一致しているとは言えない。ここで用いた理由は熱化学方程式の係数に分数があらわれてくることである。

(5) 留意点: $0.5 g$ の $M g$ 及び $4.2 g$ の炭酸水素ナトリウムは塩酸 (1M)、硫酸 (1M) 100 ml と完全に反応する。 $M g$ はテープ状のものを用い、紙ヤスリもしくは 0.5 M-HCl で酸化物を落してから秤量する。その後はなるべくハサミで細かく切って使用するとよい。

3) 実験例 2: ヘスの法則の検証 (小項目、反応熱のところで扱う。所要時間 1 時間)

(1) 実験のねらい

炭酸水素カリウムの溶解熱、炭酸水素カリウム溶液と塩酸との反応熱および炭酸水素カリウムの固体と塩酸との反応熱を測り帰納的にヘスの法則を導くことができるようにする。

<原理>

この三つの熱化学方程式は次のようになる。



表 2 $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ の溶解と温度

	初めの温度	最低温度	温度差($^{\circ}\text{C}$)
1 回	26.0	21.1	-4.9
2 回	26.5	21.4	-5.1
3 回	26.3	21.3	-5.0
平均			-5.0

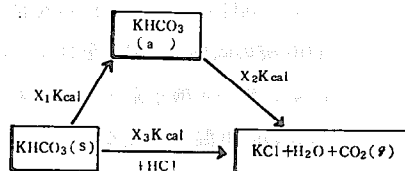
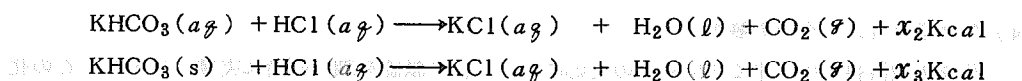


図 7 KHCO_3 と HCl の変化経路



ヘスの法則から $x_1 \text{Kcal} + x_2 \text{Kcal} = x_3 \text{Kcal}$ になればよい。

(2) 準備

器具：「実験例Ⅰ」に同じ

薬品：炭酸水素カリウムの粉末，炭酸水素カリウム（1M），塩酸（1M）

(3) 実験方法

- ① 100 mlの水をコップに入れ，水温をはかる。このコップに炭酸水素カリウム粉末5.0gを徐々に加え，温度降下を記録する。
- ② 塩酸（1M）50mlをコップに入れ，液温を測る。それに同温度にした炭酸水素カリウム水溶液（1M）50 mlを徐々に加え，温度降下を記録する。
- ③ 塩酸（1M）100 mlをコップに入れ，液温を測る。これに炭酸水素カリウムの粉末5.0gを正確にはかって徐々に加え，温度降下を記録する。

(4) 結果と考察

①の結果 水100mlに5gの炭酸水素カリウムを溶かすと温度降下は2.3℃である。発生した熱量は比熱を1cal/℃・g（溶液1mlを1gとし，その比熱を1cal/℃・gとみなす。以下これに準ずる）

とすると $-2.3^\circ\text{C} \times 1\text{cal}/^\circ\text{C} \cdot \text{g} \times 100\text{g} = -230\text{cal} = -0.23\text{Kcal}$ KHCO_3 の分子量は100である

から1モルから発生する熱量は $-0.23\text{Kcal} \times 100/5\text{g} = -4.6\text{Kcal/mol}$

従って熱化学方程式は $\text{KHCO}_3(\text{s}) + \text{aq} \longrightarrow \text{KHCO}_3(\text{aq}) - 4.6\text{Kcal} \cdots \cdots \textcircled{1}$

②の結果 塩酸（1M）50 mlと炭酸水素カリウム水溶液（1M）50 mlとの反応による温度降下は1.1℃であるから発生した熱量は溶液の比熱を1cal/℃・gとする $-1.1^\circ\text{C} \times 1\text{cal}/^\circ\text{C} \cdot \text{g} \times 100\text{g} = -110\text{cal} = -0.11\text{Kcal}$ KHCO_3 の分子量は100であるから1モルから発生する熱量は $-0.11\text{cal} \times$

$100/5\text{g} = -2.2\text{Kcal/mol}$ 従って熱化学方程式は

$\text{KHCO}_3(\text{aq}) + \text{HCl}(\text{aq}) \longrightarrow \text{KCl}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g}) - 2.2\text{Kcal} \cdots \cdots \textcircled{2}$

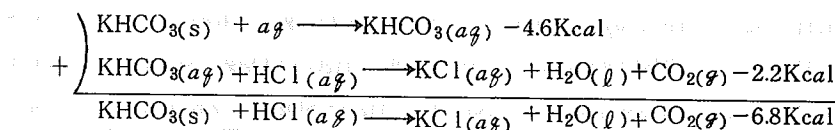
③の結果 塩酸（1M）100 mlと炭酸水素カリウムの粉末5.0gとの反応による温度降下は3.4℃であるから，発生した熱量は溶液の比熱を1cal/℃・gとすると $-3.4^\circ\text{C} \times 1\text{cal}/^\circ\text{C} \cdot \text{g} \times 100\text{g} =$

$-340\text{cal} = -0.34\text{Kcal}$ KHCO_3 の分子量は100であるから，1モルから発生する熱量は $-0.34\text{Kcal} \times 100/5\text{g} = -6.8\text{Kcal/mol}$ 従って熱化学方程式は

$\text{KHCO}_3(\text{s}) + \text{HCl}(\text{aq}) \longrightarrow \text{KCl}(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g}) - 6.8\text{Kcal} \cdots \cdots \textcircled{3}$

④ <原理>のところで説明した $x_1 x_2 x_3$ は①②③式から， $x_1 = -4.6\text{Kcal}$ $x_2 = -2.2\text{Kcal}$

$x_3 = -6.8\text{Kcal}$ また $x_1 + x_2 = x_3$ であるから $-4.6 + (-2.2) = -6.8$ または $\textcircled{1} + \textcircled{2} = \textcircled{3}$



- (5) 留意点：実験②の炭酸水素カリウム溶液の温度と塩酸の温度は同時に測定し，温度差がないようにしてから加えること。温度計には0.5～1℃の温度差のあるものが多いので，できるだけ温度差の小さいものを使用する。

4) 熱化学方程式とその実験値

化学の教科書に出て来る化学変化の反応について、文献値を調べ同時に実験してみた。この化学変化の熱化学方程式と実験値を下の表にまとめた。

① 実験値は「2)実験例1」の方法で求めた値である。

② 熱化学方程式の値は技報社刊「無機化学ハンドブック」に記載された各物質の25℃、1気圧における生成熱を次のように利用して求めた値である。

熱化学方程式 $A + B \longrightarrow C + D + QKcal$ における反応熱 $QKcal$ を求めるには物質A, B, C, D,の生成熱をa, b, c, d とすると物質A, B, C, D,の代りに生成熱a b c dを代入して $a + b = c + d + QKcal$ $QKcal = (a + b) - (c + d)$

として求めた値である。「無化学ハンドブック」における生成熱の発熱は「-」で表わしているがここでは発熱を「+」、吸熱を「-」で表わした。

表3 熱化学方程式とその実験値

種類	吸・発	熱 化 学 方 程 式	実験値(Kcal/mol)
溶 解 反 応	吸 熱	$Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O + aq \longrightarrow Na_2S_2O_3(aq) - 10.0Kcal$	- 10.0
		$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O + aq \longrightarrow Na_2CO_3(aq) - 15.9Kcal$	- 14.6
		$Na_2SO_4 \cdot 10H_2O + aq \longrightarrow Na_2SO_4(aq) - 16.9Kcal$	- 16.6
		$NH_4NO_3 + aq \longrightarrow NH_4NO_3(aq) - 5.4Kcal$	- 5.4
		$KNO_3 + aq \longrightarrow KNO_3(aq) - 8.3Kcal$	- 7.5
		$KHCO_3 + aq \longrightarrow KHCO_3(aq) - 4.8Kcal$	- 4.8
		$AgNO_3 + aq \longrightarrow AgNO_3(aq) - 5.4Kcal$	- 4.4
		$Ba(OH)_2 \cdot 8H_2O + aq \longrightarrow Ba(OH)_2(aq) - 14.5Kcal$	- 13.0
		$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O + aq \longrightarrow Ca(NO_3)_2(aq) - 8.1Kcal$	- 6.6
	発 熱 反 応	$ZnSO_4 \cdot 7H_2O + aq \longrightarrow ZnSO_4(aq) - 4.3Kcal$	- 4.2
		$Sr(NO_3)_2 + aq \longrightarrow Sr(NO_3)_2(aq) - 4.7Kcal$	- 3.8
		$Na_2CO_3 + aq \longrightarrow Na_2CO_3(aq) + 5.6Kcal$	+ 5.6
		$CuSO_4 + aq \longrightarrow CuSO_4(aq) + 17.5Kcal$	+ 15.0
		$NaOH + aq \longrightarrow NaOH(aq) + 10.2Kcal$	+ 9.7
		$KOH + aq \longrightarrow KOH(aq) + 13.2Kcal$	+ 12.8
		$AlCl_3 \cdot 6H_2O + aq \longrightarrow AlCl_3(aq) + 13.2Kcal$	+ 11.4
化 学 反 応	吸 熱 反 応	$NaHCO_3(s) + HCl(aq) \longrightarrow NaCl + H_2O + CO_2(g) - 6.8Kcal$	- 6.4
		$NaHCO_3(s) + HNO_3(aq) \longrightarrow NaNO_3 + H_2O + CO_2(g) - 6.8Kcal$	- 6.4
		$KHCO_3(s) + HCl(aq) \longrightarrow KCl + H_2O + CO_2(g) - 6.8Kcal$	- 6.8
		$KHCO_3(s) + CH_3COOH(aq) \longrightarrow CH_3COOK + H_2O + CO_2(g) - XKcal$ (注)	- 6.0
		$NaHSO_3(s) + \frac{1}{2}H_2SO_4(aq) \longrightarrow \frac{1}{2}Na_2SO_4 + H_2O + SO_2(g) - XKcal$ (注)	- 4.4
	発 熱 反 応	$NaOH(s) + HCl(aq) \longrightarrow NaCl + H_2O + 23.6Kcal$	+ 21.5
		$NaOH(aq) + HCl(aq) \longrightarrow NaCl + H_2O + 13.4Kcal$	+ 11.6
		$Mg(s) + 2HCl(aq) \longrightarrow MgCl_2 + H_2(g) + 110.5Kcal$	+ 98.2

化学反応	発熱反応	$Mg(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow MgSO_4(aq) + H_2(g) + 110.4 Kcal$	+ 100.1
		$AgNO_3 + HCl(aq) \rightarrow AgCl(s) + HNO_3 + 10.4 Kcal$	+ 9.6
		$BaCl_2 \cdot 2H_2O(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow BaSO_4(s) + 2HCl + XKcal$ ㊥	+ 4.8
ヘスの法則の反応熱の検証例につか		① $BaCl_2 \cdot 2H_2O(s) + aq \rightarrow BaCl_2(aq) - 4.9 Kcal$	- 4.4
		② $BaCl_2(aq) + H_2SO_4(aq) \rightarrow BaSO_4(s) + 2HCl + XKcal$ ㊥	+ 9.0
		③ $BaCl_2 \cdot 2H_2O(s) + H_2SO_4(aq) \rightarrow BaSO_4(s) + 2HCl + XKcal$ ㊥	+ 4.8
		① $Mg(s) + 2HCl(aq) \rightarrow MgCl_2(aq) + H_2(g) + 110.5 Kcal$	+ 98.2
		② $Mg(s) + 2HCl(aq) \rightarrow MgCl_2(aq) + H_2O + 35.0 Kcal$	+ 33.4
		③ $H_2(g) + \frac{1}{2} O_2(g) \rightarrow H_2O(l) + 68.3 Kcal$	—
	注 1. ③式の反応熱は最初から示しておく		
	注 2. 以上①②③式を利用してMgの燃焼熱を求める(技報社刊「化学実験事典」による)		

㊥ 文献値を探すことができなかったものはすべて XKcalとした。

おわりに

この6ヶ月間、新しく実施される選択科目としての化学の内容構成を化学的な考え方を中心に、実態調査、学習指導要領をもとにして取り組んで来た。しかし、時間的な面もあって十分検討することができなかった。今後さらに多くの方々のあらゆる角度からの検討を期待する。

この研修で、小中学校及び高等学校における化学の指導内容、さらに「理科I」と「選択化学」との関連性をつかむことができたことは大きな収穫だった。

58年度の実施までには、さらに検討を重ねて、地域の生徒の実態に適した指導案作成と実験教材の研究に取り組んでいきたい。

最後に、研修期間中御指導下さった本教育センターの山城次郎先生、伊波久弥先生をはじめ理科研修課の諸先生方に深く感謝申し上げます。

参考文献

- | | | |
|------------------|---------------------------------|------------------|
| 赤堀・木村 | (1979) 化学実験事典 | 講談社 |
| 石黒・大塚 | (1978) 改訂高等学校学習指導要領の展開(理科編) | 明治図書 |
| 小野英喜 | (1980) 化学変化とエネルギー | 理科教室Vol 23, No 7 |
| 竹林保次 | (1979) 化学精義I・II | 培風館 |
| 谷口宗 | (1967) 理科における学習内容の理解度に関する調査研究 | 京都市教育研究所 |
| 永山寛雄 | (1980) 理科Iの内容構成と化学領域における実験教材の研究 | 沖縄県立教育センター |
| 日本化学会編 | (1966) 化学便覧I・II | 丸善 |
| 日本理科教育学会編 | (1978) 理科教育大系I・VI | 東洋館 |
| 無機化学ハンドブック編集委員会編 | (1965) 無機化学ハンドブック | 技報社 |
| 森川・大塚 | (1978) 改訂中学校学習指導要領の展開(理科編) | 明治図書 |

近頃はとかく…………、そこで…………

真和志高等学校 田 場 稔

一部の学校を除いて、近頃はとかく実験をさほど喜ばない生徒が多いと聞いている。私の勤める高校でも、実験器具・薬品を恐がったり、手をよごすのをいやがる生徒がかなりいる。中学時代“見る方”にばかりまわって実さいに薬品を手にもったことのなかった生徒もおるようだ。又、レポートも自分で見たり考察したのを書かずに他人のをそっくり写すのがいる。先日 平衡移動の実験で、冷やすと「 N_2O_4 がぞうかする」と書くべきところを「 N_2O_4 がどうかする」と書いてしまった。これを隣の席の生徒が「 N_2O_4 が銅化する」と書いて全く意味がわからなくなった例があった。その生徒を呼び出し聞き正すと自分も意味がわからなかったが書いて提出したと言う。化学式の書き方も H^2O と書いたり約束事を守らないのがいる。こういう状況の中で、皆それぞれ、授業や実験に工夫をしておられると思う。ここで、私の取り扱った実験例 1 つと提案 2 つを出してみたい。

〔溶解度の実験〕

大学では、学生実験の溶解度の実験を行うには Liebig の乾燥管を使うが、高校ではほとんどそろっていないので、どの学校にもある蒸発皿を用いて、硝酸カリウムの溶解度を 1 時間内で求める方法を考えた。

前日に硝酸カリウムの飽和溶液を作っておく。実験に入る前にその水溶液の温度を測定する。

- (1) 乾いた蒸発皿と時計皿の合計の重さを計る…………… a g
- (2) 硝酸カリウムの上ずみ液を約 7～8 ml 位ピペットで吸って、蒸発皿に入れ、蒸発皿＋時計皿＋飽和溶液の重さを計る…………… b g
- (3) アルコールランプで蒸発乾固する。時計皿や蒸発皿のふちにも多少結晶が付着するが、かまわず蒸発乾固する。時計皿は、 $\sim$ こうおいたり、 $\neg$ こうおく方が乾固するのに 5 分位短縮できる。冷やしてから重さを計る…………… c g (蒸発皿＋時計皿＋ KNO_3 の結晶)

問 1. 水の重さは何 g か。 (b - c) g

問 2. KNO_3 の結晶の重さは何 g か (c - a) g

問 3. 水 100 g に KNO_3 は何 g 溶けるか。

生徒の実験結果は液温 22°C で 35～38 g であった。 KNO_3 の溶解度曲線からみると 37 g である。

〔提 案 1〕

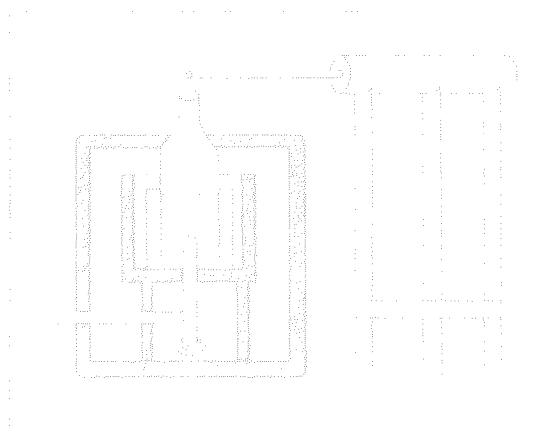
生徒の中には、化学薬品と身のまわりにある物質は全く別の物質だと思っているのがある。そこで生徒実験には、なるべく日頃日常生活で使っているのを多く使うようにしたらどうだろう。アルミホイル、サランラップ、食塩、食酢、ブリーチ等、すでにとり入れられているものもあるが、どの

製品がどういう物質からできているか情報を交換し合う必要がある。日常生活物質を実験に使えば、生徒の方も興味をもつし、卒業後も化学は役立つとわかるのではないだろうか。

〔提 案 2〕 化学教育の発展と化学教育者の役割

上級学校への進学率アップに伴ない、現在の高校のかかえる問題は多種多様である。小学の問題は中学の問題となり、やがて高校・大学の問題となる。又、理科教育についても小学校から大学までにいたる連携は必要である。私が学生時代を過した金沢大学理学部化学科には、こういう研究グループが2つある。その1つは柴田村治先生を中心とする研究グループで、雑誌「科学の実験」（1974年、Uo1 25～15）に研究成果をのせている。又、先生方からの疑問点を柴田先生が答える問答形式の本 「化学への招待」（大日本図書）には、高校や中学の先生が日頃疑問に思っていることが明解にされている。もう1つは阪上正信先生を中心とする化学史実験グループでやはり「科学の実験」（1974年、Uo1 25 No18～）と高校通信東書「化学」No 142に「化学のあゆみを実験でたどる化学教育」としてのっている。ここで、沖縄にも、琉大を核とした 中高を含めた研究グループをつくることを提案したい。

新築研究館模型図（1974）



新築研究館模型図（1974）

この研究館は、化学教育の発展と化学教育者の役割を研究するための施設である。この研究館は、化学教育の発展と化学教育者の役割を研究するための施設である。

この研究館は、化学教育の発展と化学教育者の役割を研究するための施設である。この研究館は、化学教育の発展と化学教育者の役割を研究するための施設である。

新築研究館模型図（1974）

新築研究館模型図（1974）

この研究館は、化学教育の発展と化学教育者の役割を研究するための施設である。この研究館は、化学教育の発展と化学教育者の役割を研究するための施設である。

新築研究館模型図（1974）

新築研究館模型図（1974）

この研究館は、化学教育の発展と化学教育者の役割を研究するための施設である。この研究館は、化学教育の発展と化学教育者の役割を研究するための施設である。

この研究館は、化学教育の発展と化学教育者の役割を研究するための施設である。この研究館は、化学教育の発展と化学教育者の役割を研究するための施設である。

この研究館は、化学教育の発展と化学教育者の役割を研究するための施設である。この研究館は、化学教育の発展と化学教育者の役割を研究するための施設である。

新築研究館模型図（1974）

ガス爆発と酸欠を理解させる実験装置

その1 ガス爆発を理解させる実験装置

その2 漏洩ガスの移動を理解させる実験装置

その3 酸欠と一酸化炭素の発生を理解させる実験装置

沖縄県立那覇商業高等学校

久 高 興 祐

目 的

ガス爆発実験装置の場合：ガス爆発は冷蔵庫やクーラー等が温度調節するために断続する時に出る火花やアルミサッシの窓を急激に開閉する時の衝撃等のような極めて小さな点火源でも起こること、気体の燃焼は可燃性ガスが空気と混合した状態で起こるのであるがこの混合気体は可燃性ガスの空気に対する混合割合が多過ぎても、また少な過ぎても燃焼しない。一定の混合割合にある場合にのみ燃焼すること等を安全に実験させながら生徒に指導できるような実験装置を考案すること。

酸欠実験装置の場合：炭素化合物が燃焼するときには必ず一酸化炭素が発生する。一酸化炭素の発生する割合は酸欠の度合いが強くなるほど増加する。従って燃焼させる時には換気をよくしないと極めて危険であること等を気づかせるような実験装置の製作。

漏洩ガスの移動を調べる実験装置の場合：ガスが室内で漏れると、それが空気より軽い場合には上方へ移動し、室内の上方に滞留し易いが空気より重い場合には下方へ移動し、室内の低所に滞留し易いことを知らせる実験装置を製作すること。

概 要

(1) ガス爆発実験装置 (図1)

直径2センチメートル、長さ30センチメートルの無色透明なビニールパイプにゴム栓を1個入れ、ビニールパイプの両端をゴム栓で封じ、ビニールパイプのほぼ中間ぐらいのところに2本の銅電極を挿入し、この電極と圧電素子点火装置とを連結した構造とする。

〔注〕 写真1～3は97頁に掲載

(2) 酸欠実験装置 (図2)

ガスバーナーの上に1升びんの底を切断したも

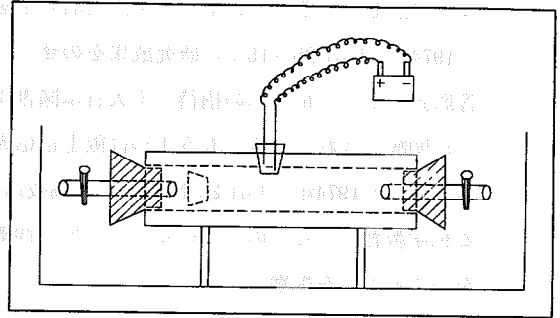


図1 ガス爆発実験装置

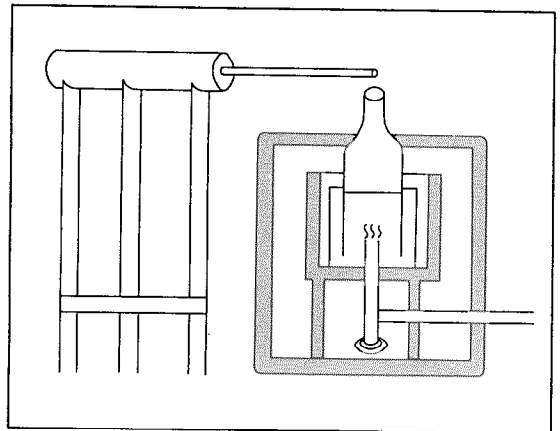


図2 酸欠実験装置

のをかぶせる。1升びんの上口から出てくる燃焼ガス中に含まれているガスの濃度をガス検知管で測定できるような構造になっている。

(3) 漏洩ガスの移動を調べる実験装置 (図3)

長さ1m、内径1.5cmぐらいの無色透明なアクリルパイプの中間ぐらいに直径約5mmの穴をあける。アクリルパイプの両端をゴム栓で封じ、このゴム栓にガラス曲管を通し、ガラス曲管の先端にアルコールランプの炎を近づけておく。

教具の製作方法

(1) ガス爆発実験装置 (図1)

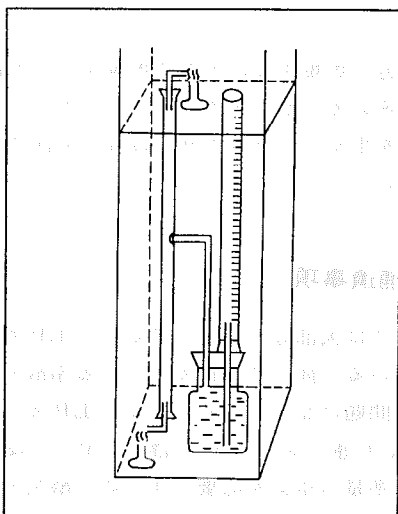


図3 漏洩ガスの移動を調べる実験装置

直径2cm、長さ30cm ぐらいの無色透明なビニールのパイプ内を自由に移動させることのできる大きさのゴム栓を1個入れる。このビニールパイプに密栓できる大きさのゴム栓2個にコルクボーラーで穴をあけ、それぞれに外径4mm、長さ5cm ぐらいのコック付ガラス管を通し、これでビニールパイプの両端を密閉する。次にビニールパイプのほぼ中間ぐらいの所にコルクボーラーでゴム栓No.1で密栓できる大きさの穴をあけ、ゴム栓No.1に長さ2cm ぐらいの銅電極2本挿入したものでこの穴を閉栓する。2本の銅電極の先端に2本のコードを連結して圧電素子点火装置の+極と一極に連結できるようにする。ガス爆発させた際にビニールパイプの両端のゴム栓が激しく飛ぶのでこれを防ぐためビニールパイプを木製の箱の中に入れる。

(2) 酸欠実験方法 (図2)

図のようにガスバーナーの上に一辺の長さが25cm ぐらいの木製の台のほぼ中央に直径4cm ぐらいの円形の穴をあけたものを置く。この台の上に台と1 升びんの接触面から外気が入ることができないようにするため、一辺の長さが14cm、厚さ3cm ぐらいのベニヤ板に直径11cm、深さ2cm ぐらいの円形の穴をあけ、さらにその円形の穴のほぼ中央に直径4、5cm ぐらいの穴を貫通するまであけたものをおく。このベニヤ板の大きい方の円形の穴に底を切断した1 升びんをセットする。次に1 升びんの上口から出てくる燃焼生成ガス中に含まれて

いるガスの濃度が測定できるよう図のようにガス検知管をセットする。

(3) 漏洩ガスの移動を調べる実験装置 (図3)

図のように1,000ml ぐらい入る広口びんに水を満たしゴム栓で密閉する。このゴム栓にコルクボーラーで穴をあけ直径4mm、長さ5cm ぐらいのガラス管を通す。このガラス管に小さなゴム栓を通す。このゴム栓で密閉できるように直径3cm 長さ1m ぐらいのアクリルパイプを通して、ガス溜の原理を応用したガスメーターをつくり、図のように角材で固定する。次に直径1.5cm、長さ1m ぐらいのアクリルパイプのほぼ中央に直径2.5mm ぐらいの穴をあけ、このアクリルパイプの両端にゴム栓をし、このゴム栓に図のようにガラス曲管を通し、図のように角材で固定する。そしてこのガラス曲管の近くにアルコールランプをおき、ガラス曲管から可燃性ガスが出てくると燃焼するようにする。

学習指導方法

(1) ガス爆発実験装置

この装置によりガス爆発させるには次のようにする。可燃性液体の蒸気を爆発させるにはビニールパイプの一端のゴム栓をとりはずし、一定量の可燃性液体をスポイトで入れ、ビニールパイプの両端をゴム栓で密閉後ビニールパイプの一端を上げたり下げたりして、ビニールパイプ内にあるゴム栓をビニールパイプの一端から他端へ移動させる操作を数回くり返すことにより、加えた可燃性液体の蒸気とビニールパイプ内にある空気とが十分混合される。その後圧電素子点火装置で点火する。すると混合ガスが爆発範囲内にある時には爆発するが、そうでない場合には反応が全くないので、この操作をくり返すことにより爆発範囲やデトネーション限界を測定することができる。また可燃性ガスを爆発させるには次のようにする。ビニールパイプの端にあるコックを開いて一定量のガスを取った後コックを閉める。次にビニールパイプの一端を上げたり下げたりして以下可燃性液体を爆発させた時と同じ操作をして爆発範囲やデトネーション限界を測定する。

(2) 酸欠実験装置

完全燃焼させるよりも不完全燃焼の方が一酸化炭素の発生率が高いことを知らせるには次のよう

にする。まずガスバーナーのガス量を一定にして点火し、はじめは空気孔を可能な限り開放して完全燃焼させた後びんをかぶせて一酸化炭素検知管により濃度（ppm）を測定する。次にガス量はそのままにして空気孔を可能な限り閉じて不完全燃焼をさせた状態で一酸化炭素の濃度を測定する。そして両者の濃度を比較させると酸欠の度合いがひどくなるほど一酸化炭素の発生率が高くなることを知らせることができる。また換気の悪い所でガスを燃焼させると酸欠になると同時に燃焼により生じた二酸化炭素や一酸化炭素の濃度も急増するので極めて危険であることを知らせるには次のようにする。バーナーのガス量を一定にして完全燃焼させた状態でびんをかぶせ、はじめはびんの上口を開放した状態でびんの上口から出てくる気流中の一酸化炭素や二酸化炭素等の濃度をガス検知管で測定する。次にガスバーナーを点火したままの状態ではびんの上口をしばらく閉めた後にびんの上口を開け、開けると同時に上口から出てくる気流中の一酸化炭素や二酸化炭素の濃度をガス検知管で測定し、両者を比較する。

(3) 漏洩ガスの移動を調べる実験装置

この実験装置によりあるガスが空気より重いか軽い、またあるガスが室内で漏洩した場合どのように移動するかを調べるには次のようにする。調べようとするガスをガス投入口から送り、その

ガスが上方で燃焼するか下方で燃焼するかを調べる。もしそのガスが不燃性のガスでしたらそのガスの特性を生かして燃焼させる以外の方法で確認すればよい。

その他補遺事項

沖縄県では大部分の家庭で煮炊きに LP ガスを使用している。従って LP ガスによる事故も続発し大きな問題になっている。しかし LP ガスには (1) 空気より重いので低所に滞留し易い。(2) 燃焼させる際多量の空気を必要とするので酸欠を起こし易い。(3) 爆発範囲の下限値が小さいので少量漏らしても爆発範囲内になる可能性がある等の欠点があるにはあるが都市ガスのような毒性はないし、爆発範囲も狭いので比較的事故の起こりにくいガスである。なのに事故が続発するのはガスの性質や燃焼のしくみ等がよく理解されてないため取り扱い上に問題があるためだと考え、3 年ほど前から定時制高校で化学の時間にガス爆発と酸欠について指導してきたが講義ばかりでは実際にその場に直面した際に臨機応変に対応するという点で問題があるような気がした。それで前述のような実験装置を製作し実験させながら指導した結果、理解を深める点でも興味を持たせる点でも、かなり良いような気がしている。

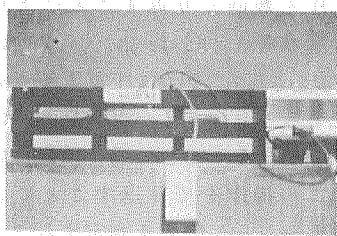


写真1 ガス爆発実験装置



写真2 酸欠実験装置

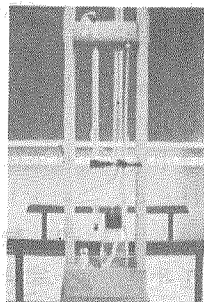


写真3 漏洩ガスの移動を調べる実験装置

“30点テスト”

普天間高等学校 与 儀 喜 邦

勉強しない、学力が低いということがよく言われており、その原因もいろいろあって、簡単な問題ではないのですが、直接的なものとして学習そのものに関心がない、勉強の仕方がわからない、授業は受けても理解ができないなどがあると思われます。それらに対して、私達は、視聴覚教材を使ったり、「興味ある実験例」を示したり、科学に関するエピソードを話してみたり、いろいろ試みているわけですが、私達が張切る割には生徒の側は燃えず、見学者的で、学習活動そのものは不満足な状態です。「赤信号、みんなで渡れば怖くない」式で、自分の得点が悪くても、皆の平均点が低ければ安心し、教師の側は、「基本事項さえも理解していない」と嘆きつつも、多くの生徒を単位保留にするわけにもいかず、ゲタをはかせて評価するというのが現状ではないでしょうか。私の“30点テスト”は、いうなれば、そのゲタを生徒各自に、各自の責任で作らせようというものです。これによって、いくらか基本事項を憶えさせることができたし、単位保留を少なくすることもできたように思います。これに類した方法はいろいろ試みられていて、目新しいことではないですが、いくらか効果もあがったと思われるので参考にもなればと思い紹介することにしました。これに対する御意見や、他の実践例など聞かせていただければ幸いです。

“30点テスト”は名前のとおり30点満点のテストで、残りは、定期テストに60点、実験や宿題などの提出物に±10点を配分し、それぞれの合計点を用いて評価しています。このテストは各学期2～3種行ないました。あらかじめ同じ問題または類似の問題を宿題として課し、提出・点検の後返しておき、テストのときは数字を入れかえたり、配列順序を変えたりしたものを3～4種作っておき、何回でも、各自が満足のいくまで受けられるようにしてあります。最初の回は授業の時間をあてますが、その後は適宜、放課後に来て受験するようにし、一応はその学期内で切れるのですが、4・5回受けて満点をとるものもある反面、悪い点数のままズボラをし、学期末の評価を見て慌てるものもあるので、次の学期にあと1回だけ、25点満点で追加テストをするようにしています。

昨年度実施したテストは次の通りです。（実物の一部を次頁に示してあります。また、これは3年生を対称にしたものです。）

1学期 A：45種の元素の記号または名称を記入させる。1～20番の元素は周期表上の位置まで含めた。

B：イオン記号を与えて、その組み合わせによる組成式とそれらの名称を記入させる。

C：モル、質量、体積、原子・分子の個数の関係の計算問題。アボガドロ数の使用に困難を感じたようである。

2学期 D：炭素化合物の分子式または示性式を与えて、それらの構造式と名称を記入させる。

E：いろいろな化学反応式とその化学反応式で、空欄に物質名や化学式、係数を記入させる。

3学期 F：全体のまとめとして、法則や定義など文章題の空欄に語句や式を記入させる。

(B) イオンの名称を書け。また、これら両イオンの結合でできる物質の組成式と名称を書け。

陽イオン	陽イオンの名称	陰イオン	陰イオンの名称	組 成 式	名 称
H^+		Cl^-			
Na^+		Br^-			
K^+		OH^-			

(D) 名称と構造式を記せ。

$C_{10}H_8$	C_2H_4	CH_3COOH	$C_6H_5CH_3$	CH_4
C_3H_6 (鎖状)	C_6H_5OH	C_2H_2	CH_3OCH_3	$HCOOH$

(E)

[] 水を分解すると、水素と()ができる。

() $\rightarrow$ () + O_2

[] ナトリウムは水と反応して()を発生する。

() + () $\rightarrow$ () + H_2

[] 塩素は水と反応すると、分解しやすい()を生じる。

() + () $\rightarrow$ () + $HClO$

[] 1モルの一酸化炭素が燃えると()を生じ、67.6Kcalの熱を発生する。

(F)

1) 酸の水溶液が酸性を示すのは、電離して生じた()のためであり、塩基の水溶液がアルカリ性を示すのは、電離して生じた()のためである。

2) Mモル濃度の酸 (n 価) の水溶液 V ml と M' モル濃度の塩基 (n' 価) の水溶液 V' ml とがちょうど中和したとすれば、次の式が成り立つ。

()

3) 2種以上の元素が一定の割合で化合しているものを()といい、2種以上の元素に分解できないものを()という

4) 一種類の原子からできているが、性質の異なっている物質を互いに()という。

5) 物質がイオンにわかれることを()といい、物質が水に溶けて電流をよく導くとき、

化学教育の興味づけ実践例

学習指導研究委員会 中部支部

はじめに

現在の高度な教育課程と高校進学率のアップで生徒の質の多様化は急速に進み、落ちこぼれ(落ちこぼし)は小学校入学時から始まるといわれ、高校入学時までのその個人差は大きく、0点入学から満点入学と高校生の基礎学力は実に多様化しています。教師間でも授業についての苦労話をよく口にします。画一的な授業は基礎学力の高い生徒、低い生徒双方に不満を生じさせています。普通高校と職業高校の較差、等質的な職業高校と個人較差の大きい授業のやりづらい普通高校、双方の悩みは深まっていく現状です。

このような現状をふまえ、私達、学習指導研究会は、昨年度から「化学教育の興味づけ実践例」の収集にとりくんできました。しかし、委員会のメンバーが忙がしい校務の中での収集であつたので不十分な形でしか発表できませんが諸先生方の御指導、御助言などをうけ、常日頃の授業にわずかでも活用できれば幸いです。

1. 元素

- (1) 人体の化学組成……国際放射線防護委員会(ICRP)の報告では成人男子(70Kg体重)の元素組成は、O:43Kg, C:16Kg, H:7Kg, N:1.8Kg, Ca:1Kg, さらにP, S, K, Na, Cl, この10元素で99%, これについてMg, Si, 他は微量元素でSr:0.32g, Pb:0.12g, Cu:0.72g, U:0.007g, 地学でクラーク数について学習しているので人体のクラーク数の考え方として紹介する。

(2) 104番以降の元素

104番元素は1969年にアメリカのカリフォルニア大学ローレンス放射線研究所でつくられラザフォージウムと命名された。又、105番元素は同じギオルソ教授によって1970年につくられ、ハーニウムと呼ばれているがソ連でも104番元素、105番元素を作ること成功している。それらの元素はその化学的性質から周期表の第IVb族に属することがわかっている。ソ連ではクルチャコビウムと命名している。しかし、104番元素、105番元素もIUPACでまだ認められていない。

尚、106番元素が作られるのも時間の問題で168番元素までつくられるだろうといわれ、それらの性質まで予言されている。

2. 原子量、分子量、モル

- (1) C:原子量12, 1モルの質量12g, 6.02×10^{23} コの炭素
1秒間に10コピンセットではさんで捨てると何年かかるか。

IS → 10コ 1 m → 600 1 h → 36,000 1 d (30 hとして) → 1,080,000

Iy (400 dとして) → 482,000,000 (500,000,000として)

$6 \times 10^{23} \div 5 \times 10^8 = 1.2 \times 10^{15}$ 年もかかることになる。

(2) アボガドロ数

アボガドロ数の名称はいままでもなく、分子説の創始者アボガドロの功績をたたえてつけられたものである。ひとくちに 6.02×10^{23} といっても見当がつかないが地球上の全人口が 4×10^9 人とすれば、地球上には約 7×10^{15} モルの人間しか住んでいないことになる。又、わが国で1年間にとれる米が1,200万トン、又、米1Kg中の米粒の数が 4×10^4 であるとすれば1モルの米粒をつくるには、 1.25×10^9 年を要することになる。

(3) 1モル……1モルの質量をいろんな物質について測定しておいて提示する。

(4) 分子量……犬の洞窟の話題を提供する。

3. 同 位 体

^{60}Co , ^{90}Sr , ^{131}I , ^{14}C 等の利用の話題を提供する。

(1) 植物に放射線を照射して突然変異をおこさせ品種改良

(2) トレーサーとして脳内出血等において血液に放射性同位体を注入して病巣の発見

(3) ガンのCo, Iの放射線療法

(4) 考古学で ^{14}C によっての年代測定法

(5) 原潜と放射能汚染, 原発の問題等

4. 同 素 体

(1) 炭素とダイヤモンド→人工ダイヤモンド

(2) イオウの同素体……イオウを加熱, 溶解 (110°C) 自然放置……結晶
……黒色になるまで加熱, 溶解し, 水にいれて急冷……ゴム状イオウ

(3) スズの同素体……スズペストの話

5. 気体、密度、温度

(1) プロパンガス, 都市ガスのもれにおける拡散の仕方

(2) マヨネーズ (EGGO) のふたに「 50° で冷凍室にいれよ」とかかれている。カ氏とセ氏

(3) 極低温の研究の超流体, 超電導の話

(4) 気球の高度上昇に伴う体積膨張

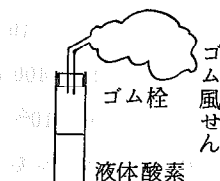
(5) 深海からつりあげられた魚

6. 物質の三態

(1) 液体酸素

(イ) 液体酸素の気化……液体酸素約8mlを試験管にいれ図のようにゴム

風船のついたゴム栓をする。ゴム風船はみるみる大きくなり、最後に破裂する。



(ロ) 氷の上での液体酸素の沸騰

コーヒーポットに液体酸素をいれふたをして氷の上におく。液体酸素は氷の上でさかんに沸騰してふたがもち上げられる。

(ハ) 液体酸素と燃焼

針金の先に小さな木炭片をつけ、しばらく液体酸素に浸した後、マッチで点火すると、ロケット花火のように一瞬のうちに燃焼する。また、紙巻タバコを針金の先につけ、液体酸素にしばらく浸してからマッチで点火するとタバコは赤紫色の炎をだして激しくもえる。

△ 液体酸素温度における物質の状態変化

(イ) 草花、ゴム管の固化

500ml ビーカーに液体酸素をいれ、草花、ゴム管などを浸して冷却する。しばらくしてこれをとりだしハンマーでたたくと粉々にくだける。

(ロ) 二酸化炭素、プロパンガスの冷却

試験管に二酸化炭素、プロパンガスを入れて、液体酸素の中へいれて冷却すると二酸化炭素は白色の固体に、プロパンガスは無色の液体に変化する。

(ハ) メチルアルコール、石油の冷却

試験管にメチルアルコール、石油をそれぞれ8mlずつとり、液体酸素の中に入れて冷却するとともに白色半透明の固体に変化する。

(2) ブラウン運動

ポスターカラーをうすく水にとかし、プレパラートにのせて顕微鏡でポスターカラーの粒子を観察すると水の分子の運動が間接的に理解できる。分子を生命体と対比させ、熱エネルギーを与えると分子運動が活発になることを生命体では餌を活力に例えると面白く展開することができる。

(3) 融点

チョコレートが口でとろけるのはココアバターの融点が体温より低いためである。

(4) 蒸気圧と沸騰

(イ) 減圧沸騰……低温でも沸とうがおこるのに興味を示す。

(化学ⅠⅡ実験ノートP5)

(ロ) 高圧ガマ……沸点を上げることで料理を早くつくれて風味も増す場合もある。1680年にフランスの物理学者パパンが最初につくった。

(ハ) 濃縮ジュース……高温だと栄養のそなわれる恐れのある食品の場合、それに含まれている成分を圧力を下げることによってとりだせる。

例……オレンジジュースは真空装置によって、大部分の水分をとりさってビタミンを保護し濃縮する。

(5) 気化熱

汗とせん風機

7. 気体の溶解度

(1) 血液の酸素運搬の構造は、酸素分圧の変化に対するヘモグロビンと酸素の可逆反応にもとづく。肺における生理的 P_{O_2} は 110mmHg で飽和に達する。血液は P_{O_2} の高い肺 (110mmHg) で酸素を受けとり P_{O_2} の低い末梢組織 (40mmHg) で酸素を供給する。

(2) 潜水病

水底で作業する潜水夫はその水圧に見合うだけの高圧の空気が陸上から送られ、窒素は高圧のもとでは体の中の脂肪分の多い組織にとけこんでいて気圧の変化に対して血液によって体外濃度のバランスがとれるようになっている。急に圧力が下がると、血液の中にとけこめずさまざまな場所で気泡をつくり、血液の循環を防げる。作業がおわって浮きあがる時の減圧がはやすぎるとこの現象がおこる。

(3) 溶解度の大きいアンモニア、塩化水素による噴水の実験

(4) 静涼飲料水による気泡発生

注射器



← 圧縮すると気泡でない。

← 減圧すると気泡でる。

← サイダー

← ギュム栓

8. 凝固点降下

- (1) アイスケーキ、シャーベックを冷凍室に入れると純水よりもこおりにくい。
- (2) 寒冷地では何故空冷エンジンが多いか？ ここで不凍液（エチレングリコール）の話をする。

9. 浸透圧

- (1) なめくじに塩をかける。
- (2) 青野菜を塩づけにする。
- (3) 人体血液の浸透圧でリンゲル液、ブドウ糖溶液、等張液の濃度を求めさせる。
- (4) 根圧……ブドウ糖 9 g を溶かした 500ml 足らずの溶液の浸透圧が 3 気圧にもなる。3 気圧というと、水 30ml 以上も押しあげる力をもっている。大木、高木が存在し、小枝の先端まで水を吸い上げる原因の 1 つにもなっている。
- (5) 逆浸透法による海水から真水の製法
- (6) ケミカルガーデン

12. 平 衡

- 夜によって再び紫色になる。

- ④ ツバにねばりをだすためにかんすいする。(K_2CO_3 , $KHCO_3$)

Fe, Cu, Alのうち、地殻中に存在する量は多い順に $Al>Fe>Cu$ である。ところが青銅器時

代、鉄器時代からわかるように、人類はまず、銅から使い始め鉄にうつり、アルミにいたっては20世紀になってはじめて実用化している。この順はイオン化傾向の小さい順で、イオン化傾向の大きい金属ほど化合物から単体をとりだしにくい事を示している。

(2) 電池

(イ) リンゴ(ミカン、レモン、パイナップル等)に亜鉛板と銅板を離して差しこみ、検流計に連結して針のふれを観察させる。

(ロ) エバンスの実験を利用してさびがおこるのは極部的に異種の反応がおこり、一種の電池ができる事を理解させる。

(3) 酸化還元

(イ) SO_2 によるヨウ化カリウムデンプン紙を利用して脱色の状態により SO_2 の簡易濃度が測定できる。

(ロ) ビールの泡の効用及びアスコルビン酸の混入

(ハ) マグネシウムの CO_2 中での燃焼

(ニ) テルミット法

(ホ) アルミニウムのアルマイト処理、リンゴの酸化

15. 元 素

(1) 周期律

・ 1～3周期の覚え方の紹介

(2) 塩素

・ ブリーチ剤で塩素を発生させる。

・ 化学戦争(毒ガス)

(3) ヨウ素……ヨウ素蒸気と銅の反応で紫色がきえる。

(4) 臭 素……赤インクの色素は臭素を使って作られる。

(5) 炎色反応……(イ) 覚え方の紹介 (ロ) 花火 (ハ) ナトリウム燈

(6) 硫化炭素……黄色の絶縁テープで H_2S の検出ができる。

(7) 一酸化炭素……一酸化炭素はヘモグロビンに対して200～300倍も結合しやすい性質をもっている。一酸化炭素ヘモグロビン濃度20%で頭痛、40～50%で虚脱、60～70%意識昏睡、80%で即死。

(8) 二酸化イオウ…… SO_2 ガスに対してアサガオ、ペチョニアは弱く松は強い。 SO_2 の四日市ゼンソクの公害等でアサガオやペチョニアをうえておいて公害を看視した。

(9) 遷移元素

水俣病(Hg)、イタイタイ病(Cd)等の公害病関係を導入する。

- (1) エントロピー………ゴムを伸び縮みさせるとエントロピー変化のために熱の出入りがおこる。この現象は次のようにすると感覚的にとらえることができる。ゴムを引きのばしてすぐほおにあって暖かく感じ(エントロピー減少)ゴムをちぢめて(エントロピー増大)あてると冷たく感じる。
- (2) 分子結合と共有結合
黒いビニールのゴミ袋を一定方向にひきのばすと分子が一定の方向に配列する。そのひきのばした方向と平行にビニールは簡単に引きさかれるが、直角方向には切れにくい。これは平行方向は分子結合が又、直角方向には共有結合が主たるものと考えられる。
- (3) 光エネルギー
色が変化するサングラスは光が弱い場合は Ag^+Cl^- の状態であるが光が強い場合は、 Ag 、 Cl に励起されて原子の状態にもどる。そのため写真のフィルムと同様黒くなる。
- (4) 分子運動の観察
顕微鏡観察からビデオマイクロスコープを使用して生徒と教師が同時にテレビの画面をみながら学習する。
- (5) 化学マジック………黄リンを CS_2 にとかした溶液をろうソクの芯にぬっていると自然発火する。黄リンの水中発火。
- (6) 工場見学………種々の化学工場の見学や鐘乳洞等の見学は生徒の興味をそそる。
- (7) 写真………カメラの構造、写真、焼きつけ、現像、定着、ひきのばしまで時間をかけておこなう。

沖縄県高等学校化学教育研究会会則

第1章 名称及び事務局

第1条 本会は沖縄県高等学校化学教育研究会と称する。

第2条 本会の事務局は会長の委託する学校におく。

第2章 目 的

第3条 本会は化学教育の充実発展に貢献し、あわせて会員相互の親睦を図ることを目的とする。

第3章 事 業

第4条 本会は前条の目的を達成するために次の事業を行う。

1. 研修会の開催
2. その他本会の目的達成に必要な事項

第4章 組織及び会員

第5条 本会に北部、中部、那覇、南部、久米島、宮古、八重山の各支部を置くことができる。

第6条 本会の会員は、次のとおりとする。

沖縄県高等学校理科研究協議会の会員で化学担当教師及び本会の趣旨に賛同するもの。

第5章 役員及び会員の任務

第7条 本会に次の役員を置く。

会長1名、副会長1名、代議員13名、（北部2、中部3、那覇3、南部2、久米島1、宮古1、八重山1） 庶務1名、会計1名、監事2名。

第8条 会長、副会長及び監事は代議員会が選出し総会の承認をえる。庶務会計は会長が託する。

- 第9条
1. 会長は、本会の会務を統轄する。
 2. 副会長は、会長を補佐し、会長事故あるときはその任務を代行する。
 3. 代議員は、事業の企画運営、予算審議及び役員の選出にあたる。
 4. 庶務および会計は本会の事務並びに会計をつかさどる。
 5. 監事は会計の監査を行う。

第10条 各役員の任期は2年とする。

第6章 会 議

第11条 定期総会は原則として毎年5月に開催し次のことを行う。

予算決算の承認、役員の承認、会則の改正及びその他必要な事項。

第12条 総会は過半数の会員により成立する。但し事故あるときは委任状をもって出席にかえることができる。

第13条 会長は、必要に応じ臨時総会を開催することができる。

第14条 代議員会は必要に応じ会長が招集する。

第7章 会 計

第15条 本会の経費は、沖縄県高等学校理科研究協議会からの補助及びその他の収入をもってあてる。

第16条 本会は会計年度は4月1日に始まり翌年3月31日に終る。

付 則

第17条 この会則は、1964年11月7日より施行する。

第18条 第5条の支部の組織運営等に関する細則は各支部で定める。