

化学教育研究会誌

第 14 号

目 次

巻頭言.....	会長、山城次郎.....	1
職場集団を考える.....	大城正英.....	2
水と私達の関係.....	渡久山 章.....	5
理科 I における化学領域の指導事例..... (物質の分離、精製)	新田重信.....	11
引火性液体の指導.....	久高興祐.....	25
第 21 回 九高理大会報告.....	松田憲和.....	43
活力ある定時制高校をめざして..... (その 1. 化学の実験法の開発と実践)	久高興祐.....	50
沖縄県高等学校化学教育研究会会則.....		59

1983

冲高理化学教育研究会編

巻 頭 語

会 長 山 城 次 郎

昭和53年に指導要領が改訂されて以来、学校現場において指導要領に対しいろいろな問題点が指摘されて来た。特に理科では、「理科Ⅰ」をめぐるさまざまな問題が提起され、論議された。

しかし、これらの諸問題が十分に解決されないまま今年度（昭和57学年度）から、この「理科Ⅰ」の授業が全国の高校で実施されたわけである。

いろいろな問題はあるにしても、子ども達はすでに「理科Ⅰ」の学習を始めているのである。したがって、私達教師は、子ども達が十分に学習できるよう対処しなければならない。

その一つは、教師自身の高校の理科教育に対する認識の問題である。高校の教師は、これまで教科の専門性ということを重視するあまり、自分の「から」にとじこもり他の教科を理解しようとする姿勢に欠けてはいなかっただろうか。自分の専攻科目以外の科目の授業はもてないという教師の考えを変える必要があるのではないか。すなわち、「化学の教師」ではなく「理科の教師」であるという考え方を教師自身をもつことが大事である。このように教師自身の考えを変えない限り、「理科Ⅰ」に対するコンプレックスは消えないし、また、楽しい。わかる「理科Ⅰ」の授業は期待できぬのである。

さらに、意識の問題と同時に教師にとって大切なことは、教師の研修である。教師の資質の向上なくして子ども達の学力を高めることはできない。科学の進歩の著しい今日、私達教師は常に研修し、自分の資質を高め、その時代に即応した理科教育をしなければならないと考える。

このような意味において、校内研修はもちろんのこと、本研究会の各支部及び各委員会の活動がますます活発になることを期待するものである。

職 場 集 団 を 考 え る

浦添高校 大 城 正 英

学校という職場集団にはいろいろの問題がある。今回は文献を参考にしながら考えていきたい。学校という組織は生徒を教育するという目的をもって構成されている。

その目的は生徒が効果的に人格の完成を目ざせるよう、教師と生徒の相互作用が教育的にはたらくことである。そこには、教師の人格、専門性が要請され、それぞれの教師が異った機能をはたすと同時に、組織体としての協働効果も発揮しなければならない。また、組織内の職場で働く人々の行動にある種の統一性が要請される。

学校という職場では毎年異動があり、新しい人がやってくると、組織集団に多少の変化を生ずることがある。それは、学校の組織では集団思考が強調されるからである。

そこには個人的な欲求や期待と合致しないことがあり、葛藤を生ずることがある。それを解決するには、職場集団が個人に形響するか、あるいは個人が集団に影響する場合がある。また、フォーマルな組織とは別にインフォーマルな集団の中で解決をはかることも考えられる。場合によっては組織自体の構造を改善することにより、生起する問題を克服することも考えられる。管理者のリーダーシップも要請される。

組織の目標を達成するには職場の人間関係も重要である。この問題に関して、有名なホーソン研究がある。ホーソン研究は、1923年からアメリカのウェスタン・エレクトリック社のホーソン工場で行なわれたものである。研究は最初職場環境すなわち照明が作業員と作業に与える効果を把握するために3年間にわたって実験が行なわれた。実験グループに対しては、作業室の照度を一定の条件で増加し、コントロールグループ（統制群）の照度は一定にして、両グループの生産性を比較したのであるが、生産量は両者とも増加し、差はみられなかった。また、実験グループの照度を減少させる条件で行なっても、なお生産量は増加したのである。この実験の結果、職場環境の物理的特性としての照明の作業員の生産性におよぼす効果はみられないということになった。

しかし、なにかが生産量の増加に関係しているはずであるので、さらに第二次の実験が、1927年から5年間にわたって継続的に行なわれた。この実験では、休憩時間や労働日数などの作業条件の生産におよぼす効果をみることにし、さきの照明実験のときよりも周到に実験室内の温度や湿度などをコントロールし、作業員の睡眠時間などまでチェックして行われた。その結果、またも予測された結果が得られず、しかも実験期間中全体に生産性が向上したのである。

かくして、明らかに生産性の向上は、作業条件や物理的環境に原因するのではなく、作業員の心理的な態度すなわち、人間関係に左右されることが、二次にわたる実験を通じてわかったのである。すなわち、作業状況を友好的な雰囲気にするような監督者の型、すなわち、リーダーシップの型や、厳格すぎるコントロールがはたらいっていないこと、さらに作業が集団単位で行なわれ、協力の効果があらわれ、互いに励まし合うという集団のもつ効果が発揮されたことと、作業に対して高度の満足感を

味わい、作業を楽しむという高いモラル（士気）がみられたことが、生産性の向上に結びついたと考えられている。以上のことは、職場で働く人々にとって、職場の人間関係がいかに重要であることを示している。リーダーシップは、とりわけこの人間関係で欠かせない重要性をもっているといえよう。

人間関係を左右するリーダーシップの問題を考えてみよう。命令者は命令により行為が遂行されることを求める。それは人に対する権力の行使である。リーダーは、共通の目的達成に向って、人々が一体となり、効果的に円滑に仕事をするように仕向ける共同の力の開発者であり、実行者である。リーダーシップは、結果に導くプロセスをも、ひとしく重視する。

組織は目標に向って協働するわけであるが、そこでは各人が求められ、かつ役立っていることが、何よりも必要なのである。組織は人に、義務を果たさせるだけでなく、人間が常に求めてやまない価値観と自己高揚意識を助長するように努めなければならない。リーダーは人間性を知り、組織の繁栄と福祉を、表裏一体として考えなければならない。

フランクリン・ルーズベルトが大統領に就任したときのアメリカは失意と混乱のなかにあった。彼が就任演説で施政方針を述べて、最も恐るべきものは恐怖そのものであると自信に満ちた声でいうのを聞いたとき、国民はこれこそ自分たちが頼れる人物だと、即座に彼を支持する気になったといわれている。これに比べて我が国のリーダーは、不沈空母のごとき国民に恐怖を与える発言をしている。

一体リーダーシップとは何だろうか。O. ティードは次のように定義している。

「リーダーシップとは、人々が望ましいと思うに至った何らかの目標達成に向かって、互いに協力するように、彼等の気持を動かす行為である。」

この定義は、リーダーのもとで、リードされる人々の得る満足感と自己達成感が強調されていて、リーダーのやり方が結果を左右するのと同じく、リードされる人々にも結果にかかわりがあるということを重視している。

次に職場における集団維持と目標達成について考えてみよう。大阪大学の三隅教授は、リーダーシップについて、目標達成機能と集団維持機能をくみ合わせたタイプを発展させている。

集団維持機能（M機能）は集団を維持し、強化する機能で、職場集団や組織内で生じた緊張を解消し、また対立を和解し、激励と支持を与えたりして成員相互の友好的な相互依存性を増大するものである。集団や組織内でみられる成員の欲求不満による分列が表面化するのをコントロールし、他方、成員の所属感によりもたらされる集団の凝集性を促進する機能である。

目標達成機能（P機能）は集団や組織のもつ目標への達成機能で、集団の目標に対する意識高揚とリーダーのP機能によって集団のP機能が影響される。リーダーのP機能とは、集団に対し新しいアイディアを示したり、役割を明確にしたり、目標到達のための意志決定を指示、助言することである。

P機能とM機能が効果的にはたらくことにより、学校の教育目標は達成されるのである。P機能、M機能いずれも同等に強化されなければならないのである。

集団維持機能については、今日の集団力学の研究成果が重要と思われる。集団に対しては、従来から二つの見方があった。その一つは、集団というような概念は、人が頭の中で考え出したものであ

て、抽象的なものである。また集団は個人に盲目的にしたがうことを求め、個人を退行させてしまうことがある。本来人は喜であるにもかかわらず、集団は悪をつくり出すのではないかという見方がある。一方、個人は不完全なもので、信用できないことがある。集団は個人のできないことができるし、個人のもつ利己的な傾向をコントロールする。人は集団と協働しあっていかなければ生きることにはできないという考え方である。

この二つの見方を検討すると、いずれも否定することのできない真理をもっているように思われる。集団は実在するものであることを認めた上で、集団が個人におよぼす影響や個人が集団におよぼす影響；集団の所産について、正しい理解をもつことが必要なのである。集団力学はこのような意味をもつ科学である。

先に述べたホーリン実験からはインフォーマル・グループ（非公式集団）の重要性が発見された。組織内には、インフォーマルな集団がいたるところに形成される。これらのインフォーマル・グループは、組織成員の職務満足や活動を支持するはたらくに関係するばかりでなく、職務活動や同調活動に対する圧力として作用する。したがって、たとえ、インフォーマル・グループであっても、組織の職務遂行を支持するか、反対するかによって、その組織が成功するか、失敗するかをきめる鍵となるといってよい。インフォーマル・グループにおけるリーダーの役割も重要である。

下記の文献を参考に職場集団について書いてみた。今後いろいろと調べてみたいと思っている。参考になればと思っています。

< 参考文献 >

- 1) リーダーシップの心理
西岡忠義・西側明和 大日本図書
- 2) リーダーシップ O・ティード
土田 哲 創元社

水と私達の関係

琉球大学理学部化学科 渡久山 章

I はじめに

45億5千万年という長い間にわたる地球の歴史を勉強していると、生命を支えている地球のからくりのみごとに感心を覚えることが多い。そして同時に、生命はむしろ地球上で起っているからくりにも適合するように変化してきたのではないかと強く思われる。それらのからくりは地球の歴史の中で数々のドラマと共につくられてきた。例えば、34億年より前の生命の誕生、6億年前後に海洋で生物活動が盛んになったこと、4億年を前後して陸上に植物と動物が現われたこと、地球の歴史の中では最近のできごとである人類の出現などである。

ところが今日、私たちを取りまく自然環境は生命系存続という面からみると、いくつかの問題点をかかえている。例をあげると、都市における空気、河川の汚染や汚濁、熱汚染の問題、地球全体としての森林の減少、砂漠の拡大化、空気中における炭酸ガス量の増加……などである。そして、もっと問題なのは私達自身が自然と生命の関係をどのようにとらえているか、ということである。今、生命系存続に係わる根本的な点において自然とは何かという問題に私達は答えなければならない。具体的にいうと、空気とは何か、川とは何か、海とは何かということなどについてである。

このような問題に答えるためにここでは1番目に水に係わる三つのできごとを取りあげて、生命を支えている地球のからくりについて述べたい。地球で生命を支えているからくりを考えているとどうしても水の係わるからくりが目立ってしまうからである。2番目に社会や生命の動きを支えている水の役割りについて述べたい。そして、これらのことを通して水と私達の関係を考えたい。

II 生命系としての地球

(1) 川に水が存在するからくり

まず陸地の生命を支えている川の水や地下水が存在するのはどういうからくりによっているのか、という素朴な疑問を考えてみたい。

だれが考えても川に水があるのは雨が降るからである。それでは雨のもととはどこからくるのであろうか。周りの人に聞いてみた。すると、「宇宙からくるんじゃないか」という答えが返ってきた。もしも、雨のもとが地球の外にあるならば、地球の水は年々3億屯の10万倍以上(1年間に海へ流れ出る川の水と地下水を加えた量)も増えていくことになるが、

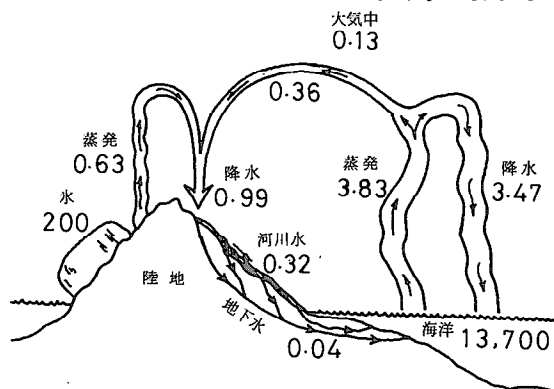


図1. 地球表面における水の存在量と循環量
(単位は 10^{20} g)

(R. M. Garrels and F. T. Mackenzie, 1971年)

本当にそうであろうか。地球における水の循環を示した図1をみると、そうではなくて雨のもととは海と陸から蒸発した水蒸気であることがわかる。そして、その雨のもとである水蒸気の割合いを海と陸について比べてみると、海の方が6倍も多いから、雨の大部分は海から供給されたものであることがわかる。

ところで世界には砂漠のようにいくらかの雨は降っているものの、川は存在しない所がある。砂漠では降雨量よりも蒸発量が多いからである。そのことは、川の水や地下水が存在するためには雨が降るだけではなく、蒸発量よりも降雨量の方が多くなければならない、ということの意味する。図1をみると、陸地における蒸発量は降雨量の約63パーセントしかないの、残りの37パーセントが河川水や地下水となっていることがわかる。

さて、陸地では蒸発量よりも降雨量の方が多いのでその差分はどうしても海から供給されなければならない。図1をみると、やはりその通りになっている。海では降水量よりも蒸発量の方が多いのである。このように陸地での降水量は陸地の蒸発量に海から供給された量を加えたものであり、図1をみると、その降水量のうち、川の水や地下水になるのは海から供給されたのと丁度同じ量であることがわかる。すなわち、毎年毎年、川の水や地下水として海に流れ込んでいる水は、又、海から供給されるのである。このような水循環の様子をみてみると、川に水があるのは海があるからということになる。陸地の生物は川の水を利用して生きているのだから、水の循環からみても海は生命の母といえる。

(2) 気温をコントロールしているからくり

次に地球表面の平均気温を15度を保っているからくりについて述べたい。

周知のように、地球には赤道附近のように暑い地域や両極のように寒い地域などが存在するが、平均しての話である。はじめに、太陽から地球に注ぎ込まれる熱量はいくらか、ということから始めよう。それは、夏、太陽から注ぎ込まれる熱量が多いときは暑く、冬、太陽からの熱量が少ないときには寒くなることでわかるように、気温にとって第1に大切なのは太陽から注ぎ込まれる熱量だからである。その太陽から注ぎ込まれる熱量は平均すると、1分間に1平方センチメートル当り、0.49カロリーである。図2にはこの量を便宜的に100として表わした。

それでは、地球における熱収支を示した図2に従って、平均気温が15度になるからくりを考えてみよう。

太陽から地球へは100の熱量が入ってくるが、そのうちの30は大気の反射によって地球圏外に出てしまう。そうすると、残りの70が大気と地表に入ってくる。ところでそのうち47だけが地表に吸収され、残りの23は大気に吸収されてしまう。もしも、この47に相当する熱量だけが地表を暖め

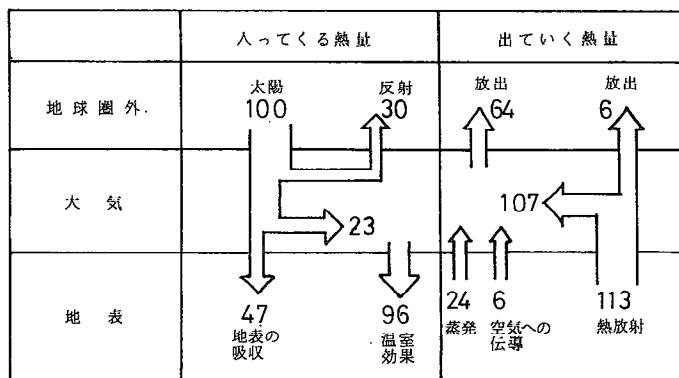


図2. 地球の平均熱収支
(槌田敦 1981年)

る熱源だとすると、計算によって地表の気温は零下41度となる。これでは、地球表面に生命が存続できる範囲は非常に限られてしまう。

ところで、寒い冬の夜、夜外で気温を測定していると、夜が深まるにつれて気温が上昇していくことがある。不思議に思い、空をみると、雲がかかっている。雲があると、熱は逃げられずたまってしまふから気温は上昇したのだと納得する。いわゆる大気の温室効果である。図2によると、この温室効果によって、96に相当する熱量が地表にたまってしまふ。すると、地表に入ってくる熱量は47プラス96で143になる。143に相当する熱量があるところでの気温を計算すると、31度になる。地球全体が季節と場所の全てを平均して31度になるというのだから、今度は熱すぎてしまふ。

そこで登場してくるのが水と大気である。水は蒸発するとき熱をうばう。例えば、夏、熱いアスファルト道を裸足で歩いていると、急に冷たくなっていい気持ちになる所がある。みると、アスファルト道を横切って溝がはってあり、水が流れている。冷たいのは水が蒸発熱をうばうからである。図2には、そういう水の蒸発に24に相当する熱量が使われ、大気への伝導には6に相当する熱量が使われていることが示されている。このように143のうち、30に相当する熱量は水と空気によって運ばれるから、地球表面には113に相当する熱量が残ることになる。この時の気温を計算すると、15度になる。結局、水が蒸発するときに熱をうばってしまう、ということが地球表面の平均気温を15度にするのに大きく寄与していることがわかる。そして、この水の循環こそが最初に述べたように雨をもたらしてくれるしくみなのである。その雨が川の水となるから私達は生命を保ち、物を生産することができる。この物の生産については後でふれたい。

(3) 炭酸ガスを減少させ、酸素を増加させるしくみ

続いて大気の組成について述べたい。

まず表1を見ていただきたい。

表1. 金星、地球、火星の表面温度や大気組成

表1には地球と、太陽系惑星の中では地球と隣りどうしにある金星と火星についての太陽からの平均距離、大気の圧力、表面温度、大気組成などを示してある。大気の圧力と表面温度だけをみても、地球型高等生物にとって、金星や火星は生存できる場ではないと思われる。

項 目 \ 惑 星	金星	地球	火星
太陽からの平均距離 (10 km)	107	149	277
大気圧 (atm)	90	1	1/50
表面温度 (℃)	500	15	-60
大気組成 (%)			
炭酸ガス	97	0.03	95
窒素	3	78	2~3
酸素	—	21	0.1~0.3

(北野康 1980年)

次に大気組成に注目してみよう。金星や火星の大気組成と比

べて、地球の大気組成にはいくつかの特徴がある。1つは炭酸ガスの割合いが非常に小さいということ、もう1つは窒素と酸素が多いということである。窒素が78パーセントと多くなったのは、金星や火星と同じように、もともと第1に多い成分であったと思われる炭酸ガスが少なくなってしまうからであろう。すると、問題は地球大気からどのようにして炭酸ガスが少なくなり、酸素が増えてきたか、ということになる。

炭酸ガスが少なくなり、酸素が増えているという事実は、まず植物による光合成に起因することが考えられる。ここで、酸素がたまってきたからくりをもっと考えてみよう。有機物と酸素は光合成によって水と炭酸ガスからできるのであるが、もしこの光合成の逆反応が起これば酸素の方が減って、炭酸ガスが増えてくる。そうなると酸素は増加しない。酸素を増加させるには逆反応を阻止しなければならないが、この阻止は、光合成によって生じた有機物が酸素にふれないところにかくれてしまうことによってなされる。酸素は大気中にあるから、酸素にふれないところにかくれるとなると、埋没するということになる。埋没している光合成産物の代表が、堆積物中の有機炭素や石炭などであり、有機炭素や石炭などができた分だけ空気中に酸素がたまるのである。表2には堆積物中の有機炭素や石炭がどれくらいあるかを、炭酸ガス量に換算して示してある。石油、石炭は合計しても、ほんの少しであり、大気中の酸素増加にとって第1に大切なのは、堆積物中の有機炭素である。これだけの有機炭素があれば、大気中の酸素量を説明できる。

表2. 地球における炭素の分布
(単位はCO₂として10²⁰g)

空気中	0.0233
海水と陸水	1.30
生 物	0.145
炭酸塩 (石灰岩など)	2240
堆積物中の有機炭素	250
石油、石炭	0.27

(北野康 1980年)

次に、炭酸ガスの減少について考えてみよう。現在、大気の圧力は1気圧で、酸素はそのうちの21パーセントだから、光合成によって大気中から減少した炭酸ガス量もこれと同じ量にしかない。金星や火星の大気における炭酸ガスの割合の多さを考えると、地球にはもともと大量の炭酸ガスがあったと思われるから、光合成の他に炭酸ガスを大量に減少される過程がなければならない。

ところで、サンゴは焼くと、軽くなる。化学式に基づいて計算すると、サンゴ100gを焼けば、44gの炭酸ガスが逃げ、56gの酸化カリウムが残る。そして、石灰岩もサンゴと同じように焼けば半分くらいが炭酸ガスになって逃げてしまう。サンゴや石灰岩の半分近くは、ガスが固体化したものである。沖縄には、このようなサンゴ礁物質が陸でも海でも大量に存在している。島々だけを考えても、石灰岩の占める割合が30パーセントといわれているから、石灰岩の厚さを仮に40mとすると少なく見積って520億屯くらいの石灰岩があることになる。そうすると、それだけの石灰岩をつくっている炭酸ガス量は230億屯くらいになる。このように岩石化されている炭酸ガスが地球上にはどれくらいあるのだろうか。ある人の研究によると、その量は22億屯の1億倍にもなる。これだけの炭酸ガスを、今、大気中に放出すると、大気中の炭酸ガスの圧力は30気圧になってしまう。このように、地球大気中の炭酸ガスを減少させる過程としては、植物による光合成反応と、サンゴのような動物、石灰藻のような植物などによる固体化があげられる。そして、これらの反応や過程が起こった結果、私達を含めた生命系が存続できるような環境がつくられたといえる。

話がここまで進んでくると、次に問題になるのは、金星や火星と違って、地球に光合成反応や炭酸ガスの固体化反応が起ったのは、何があったからであるか、ということである。そのことを知るには、これらの惑星における水の量をみればよい。地球だけが大量の水（海水を水蒸気にすると400気圧にもなる）を持っている。そして、これらの反応が起るためには、水の存在が不可欠であると

とを考えると、地球大気において炭酸ガスが減少し、酸素が増えてきたのは地球に水があったからということになる。

何故、地球だけに水が多いかというと、それは地球の大きさや重力、太陽からの距離、および24億5千万年前から40億年前までの歴史などが関係していると思われるが、ここではこれらのことを指摘するだけにとどめる。

以上、川の水や地下水が供給されているからくりと、生命が存続できる環境をつくるのに、水がどんな役割りを果しているのかについて述べてきた。

次に、物をつくるときの水の役割りについて述べたい。

Ⅲ 物をつくるとはどんなことか

まず、図3を見ていただきたい。この図は鉄鉱石から鉄筋をつくるときの工程図である。鉄鉱石は、鉄以外のいろいろな不純物を含んでいて価値の小さなものである。それを工場に入れ、人知や人力を使って、いくつかの工程を通すことによって製品としての鉄筋ができてくる。鉄筋は、鉄鉱石に比べてより純粋であり、価値の大きいものである。私達は、このような図をつくって、物をつくる、つまり価値の小さいものを価値の大きいものに変えたのは、人知や人力だけである、と考えがちである。

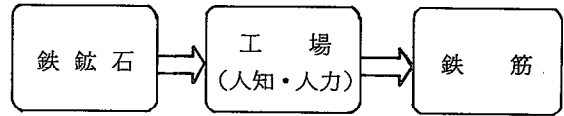


図3. 鉄筋をつくる工程図 (Ⅰ)

しかし、よく考えてみると、物をつくる工程図としては図3は不十分であり、少なくとも図4のような工程を考えなければならない。それは、水や石油が大きな価値を持っていて、それらの価値を鉄鉱石に与え、さらに人知や人力を加えて製品をつくりあげるという工程である。これらの工程を通して最初汚れてないために大きな価値をもっていた水や石油は、工場から出ていくときに、価値をうばわれてしまい、価値の小さな廃水や廃熱として出してしまう。

このことから物をつくるということ（図4における横の流れ）は、物を大量に消費する（図4における縦の流れ）ということを伴っているといえる。そして、図4は、原料資源である価値の小さな物から汚れを取り去ってしまう物（水と石油）さえあれば、原料資源の方は汚れていても資源になり得ることも示している。

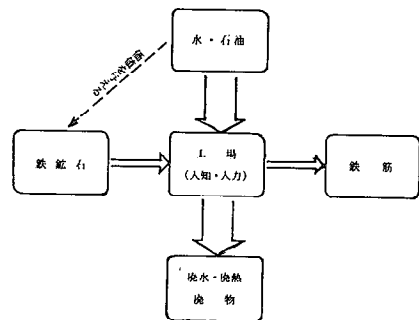


図4. 鉄筋をつくる工程 (Ⅱ)

ここで、水と石油の違いについても述べておかなければならない。このことも図4を通して考えてみよう。最初、大きな価値を持っていた水と石油は、工場から出てしまう時には、いずれも価値の小さなものになってしまう

という点で同じであるが、水は廃水に、石油は廃熱になる（炭酸ガスなど、廃物にもなるが、ここでの議論には廃熱を考えれば十分である）ところが違う。熱は、都市における熱汚染という言葉が示しているように、たまってしまうと汚れものと同じで、除いてしまわなければならない。その熱を吸収して捨ててしまうのが水である。すると、石油が使えるのは水があるから、というこ

となる。水は汚れきって廃水という状態になっても熱を吸収して蒸発し、再びきれいな水になって、価値の大きなものとしてやってくる。このように水は、更新性資源であることが石油や他の資源とは違う。石油がなくなっても水は末だ末だ資源であり続ける。大気のエンジンである水・水蒸気・水というサイクルは、人間社会のエンジンを動かすものである。

植田敦氏は「日本は水に恵まれている方である。その他の資源は少ないが、日本が世界の中でも経済大国になっているのは水のせいである。おしなべると、私達の活動においては、石油1の消費量に対して、水の消費量はその20倍である。だから石油はあるが水はないという国はなかなかたいへんだ」という意味のことを述べている。私もその通りだと思う。

IV まとめ — 生きている系と汚れ、そして水 —

ここで身近な例をとりあげ、水と私達の係わりについてさらに考えたい。私達は入浴、食物や食器類の染浄、衣類の洗濯、部屋の掃除など、汚れをおとすのにかなりの時間と労力をかけている。何故そうするかというと、生命を保持するためには、汚れをためてはいけなからである。しかも、これらの行為を通して汚れをおとすのは水であるから、汚れは水によってきれいにされるものでなければならない。例えば、放射性物質の汚れは水によってきれいにすることはできないから、そういう汚れには、特に注意を払わなければならない。又、それら以外の汚れでも水の処理能力以上に環境に放出してはいけな。

環境だけではなく当然のことながら、生きている系は、自分の内にも汚れをためてはいけな。いやむしろ、生きているということは、汚れを捨てるということである。私達は1日に何回か水を飲む。何故、水を飲むのだろうか。食物の方はエネルギー源になるから食べる理由はわかるのだが、水はどうしてだろうか。学生達に聞いてみると、「人体の大部分は水でできているから水の補充のためだ」と言う。水を補充するためであるという答えは正しいのだが、何故補充しなければならないかと言うと、水が体内で生じた廃物、廃熱を吸収して体外に出してしまうからである。廃物や廃熱をためてしまっは生きていけなので、次々と水を補充して汚れを捨ててしまう。そうすることによって生きるのである。食物も、水がなければとれな。

すでに述べたように、地球はそういう大切な水を供給してくれるからくりを持っている。水と私達との関係は、長い将来にわたっても変らなであろう。私達は、長い将来にわたって生命系を存続させるために、水を供給しているからくりを知り、さらに水と生命との係わりあいについて理解を深めていかなければならない。

今、水供給について強調しておきたいことは、地球が水を供給しているからくりは、いくつかの要素のからみあいになる、ということである。そして、それらのからみあいの状態に変化が起これると、水の供給される量は変わらざるを得ない、ということである。

V 参考文献

- 1) 北野康、水と地球の歴史、P.222、1980年、日本放送出版協会、
- 2) 植田敦、石油と原子力に未来はあるか、P.231、1978年、亜紀書房、
- 3) 植田敦、エネルギー、P.205、1980年 日本書籍株式会社、
- 4) 植田敦、石油文明の次は何か、P.230、1981年、農山漁村文化協会、
- 5) 植田敦、資源物理学入門、P.229、1982年、日本放送出版協会
- 6) R. M. Garrels and F. T. Mackenzie、Evolution of Sedimentary Rocks、P.397、1971年、W. W. NORTON COMPANY. INC.
- 7) H. D. Holland、The Chemistry of the Atmosphere and Oceans、P.351、1978年、AWILEY-INTERSCIENCE PUBLICATION

理科 I における化学領域の指導事例

— 物質の分離精製 —

糸満高等学校 新田 重信

57学年度化学 I 指導の経過

2年普通科 2単位 2年3組

男22人
女24人

章	項	目	お も な 内 容	実 験	予定時間	実 時 間
序章 化学を学ぶにあたって					(1.3)	2
I 物 質 の 構 成	§ 1. 物質の構成単位	1. 物質の形態	混合物、純物質、精製、蒸留、分留、単体、化合物、元素、クラク数、化学変化、物理変化	基本操作 (生)	6	9
		2. 原子、分子、イオン	原子、元素記号、分子、分子式、同素体、陽イオン、陰イオン、イオン記号、組成式、化学式	分子モデルによる化学反応式の考察 (教)		
	§ 2. 物質の量的関係	1. 原子量、分子量、	原子量、モル、アボガドロ数、分子量、化学式量	化学反応変化 (生)	8	10
		2. 化学反応式	気体の分子量、アボガドロの法則、分子式の決定、定比例の法則、質量保存の法則、化学反応式、気体反応の法則、化学反応式の内容			
II 物 質 の 状 態	§ 3. 原子の構成と性質	1. 原子とイオンの構成	ボーアの原子モデル、電子、原子核、陽子、中性子、原子番号、質量数、電子配置、電子殻、価電子、不活性ガス、同族元素アルカリ金属、ハロゲン、イオンの形成、イオンの価数	アルカリ金属、炎色反応 (生) ハロゲン (生)	8	9
		2. 電子配置と元素の性質	アルカリ金属、陽性、ハロゲン、陰性、ハロゲン化合物			
	§ 4. 原子の結合様式	1. イオン結合	イオン結合、イオン結晶、電離、電解質、強電解質、弱電解質、非電解質	結合のモデル (教) 電解質、非電解質 (教)	6	5
		2. 共有結合	共有結合、電子式、共有電子対、非共有電子対、価数、構造式、結合角			
II 物 質 の 状 態	§ 5. 物質の三態	1. 粒子の集合状態	三態の変化		4	6
		2. 融 解	融解、融解熱、無定形固体、結晶性固体、分子結晶、分子間力	硫酸銅 (II) 中の結晶水 (教)		
		3. 蒸 発	蒸発、気化熱、飽和蒸気圧、沸点			
II 物 質 の 状 態		4. 昇華と風解、潮解	昇華、結晶水、風解、潮解			
	§ 6. 気 体	1. 気体の状態と分子運動	気体の拡散、ボイルの法則、シャルルの法則、絶対温度、ボイル・シャルルの法則、気体分子の運動	気体の拡散 (生) アンモニア (生)	8	6
		2. 気体の状態方程式	気体の状態、方程式、気体定数、全圧、分圧、ドルトンの分圧の法則、実在気体、理想気体			
II 物 質 の 状 態	§ 7. 溶 液	1. 溶 解	溶解性、親水性、疎水性、固体の溶解、飽和溶液、溶解度、溶解度曲線、再結晶、溶液の濃度、気体の溶解、ヘンリーの法則	物質の溶解性 (生) 物質の極性 (教) 本時、物質の精製、液性の科学の利用 (生)	7	(4)

1. 年週35週であるが、諸行事、学力テストのため実質33週の確保が予想される66時間内の90%を見積った。
2. 実験は生徒実験 (生)、教師実験 (教) と表わす。() の数字は進度途中を意味する。

化学指導案

1. 日 時 昭和58年2月 日() クラス 2年 組 男 女
2. 本 時 「砂糖の製造工程とP P C (paper chromatography) による甘蔗汁中の糖の分離」
3. 単 元 物質の精製分離
4. 学習の目標

物質の精製法にはろ過、蒸留、再結晶法、抽出等の方法があることは一学期の57年4月21日の授業時に終えている。ここでは身近な素材(サトウキビ)を使い、又、器具として操作も簡単なペーパークロマトグラフを利用して糖類の分離や砂糖の製造工程を通して、沖縄の基幹産業である糖業や身近な物質に目を向けさせると同時に生徒の科学する態度を育成させたい。

5. 本時の目標

砂糖の製造工程をビデオを利用し、その工程中での物質の精製法を理解させた後、サトウキビ汁中の糖の分離をP P Cを用いて実験させ、糖類の分離のしかたを習得させる。

	学 習 内 容	生 徒 の 活 動	留 意 点
導 入 ・ 展 開	砂糖の製造工程の説明	事前テスト 視聴メモの記録	ビデオ視聴(15分)
	物質の分離・精製法(既習) 糖類・単糖類・二糖類・多糖類とは	工程中で物質の精製法がいくつあるか 味み(蔗糖・果糖・ブドウ糖) 糖の区分・性質をプリント配る。	OHPで図示
	P P Cの原理(液性の科学) 展開溶媒の選択	R f 値の求め方	OHPで図示
	P P Cによる糖の分析法	P P Cによるサトウキビ汁中の糖の分離	実験(30分)
ま と め		評価問題の説明 (次回の授業 データ処理、物質判定) 評価問題提出	(5分)

事前調査 (本時のテーマでの授業前)

1. サトウキビから砂糖ができるまでの工程をかけ。
2. 分密糖・含密糖のちがいを述べよ。
3. 糖類と砂糖はどうちがうか。
4. 物質の分離・精製にはどんな方法があるか。

「サトウキビから砂糖ができるまで」 のビデオの説明

1. 学習の目標

本日は糸満市兼城にある第一製糖工場を訪ね、工務部長宮城さんに色々かがい勉強して行きたいと思います。

「サトウキビから砂糖ができるまで」のテーマですが、サトウキビも混合物です。サトウキビの成分は水分75～88%、蔗糖8～14%、セルロース9.5～15%、転化糖（還元糖）0.2～1%、無機物（灰分）0.5～1%、その他（蛋白質ワックス）含み、生汁はPH5.5ぐらいです。

製糖工場のねらいは混合物であるサトウキビより蔗糖、糖密を分離するのがねらいです。生徒の皆さんは次の製造工程中、物質の精製の操作にはどんな方法が利用されているか、そして砂糖はどんな工程をへてできるかを注目して下さい。

2. 質問と答え（Q：質問 A：答え）

- Q 1. ここでサトウキビのBrixを計っていますね、今朝はBrix 何度ぐらいですか、また、Brix 計の原理はどんなですか。
- A 1. 現時点で鑑定 Bx はおよそ18～18.5 位である。原理は濃度による光の屈折率を利用して測定。
- Q 2. クレーンで砂糖キビを運んでいますね。動力源は何ですか、何kgぐらい運ぶのか。
- A 2. クレーンの動力源は電気です。1回当りのつかみ重量は約2ton です。
- Q 3. カッターはどんな働きをするのですか。
- A 3. 圧搾工程での糖分搾出率を高める為にまえもって細断、細裂する必要がある。これを前処理と称しているが、3段階でカッティングされる。
- Q 4. 1日に何トン圧搾しますか。
- A 4. 圧搾能力は1,800 ton /日
- Q 5. バガスはどのように利用していますか、工場ではエネルギー源は何か。
- Q 6. 気密室はどんな働きをするのですか。
- A 5. A 6. ジュースを搾出された「しぼり粕」をバガスと称し、水分が約44～50%、繊維分が53～48%程度、糖分2～3%、その他可溶性固形分3～5%であり、通常そのまま燃料として利用する。

製糖工場のエネルギー源は主としてバガスを燃やして得られる蒸気であり、弊社の場合、ボイラーで18kg/cm²の過熱蒸気を毎時38～40 ton生産し、大型の動力はこの一部の蒸気でタービン駆動し、また、中・小動力は別の蒸気で発電機を駆動して電気を起電し、これで工場のモーター類をすべて駆動する。（但し最近は公害防止装置関係動力が増加してきたために電力が不足するようになり、約2割ぐらいの電力を沖縄電力からかっている。）

ところで、タービン類はすべて背圧タービンを用いているので、これらに用いられた高圧の蒸気は駆動後は約0.7～1 kg/cm²程度の 気圧となるので、この排蒸気は効用缶や結晶缶等を使用して糖液の濃縮、砂糖結晶の煎糖を行い、凝縮されたドレンは再びボイラーに返送され、又、熱エ

エネルギーを受けて蒸気に替えられるというふうに、エネルギーの2段・3段階の効用化を計っている。

なお、バガスは年度によっては余ることがあり、この余剰のバガスは以前パン形クルボード等建材に使用されていたが、最近は漆器の原料や飼料・肥料等に用いられている。外国ではパルプの原料やフラフラールの抽出原料に用いられている。

Q 7. 高圧ヘッダーはどんな働きをするのです。

A 7. 高圧ヘッダーとは高圧蒸気溜のことであり、ここにはいくつかの蒸気取出パルプがつけられていて、例えばミルタービンや発電タービン等に高圧蒸気を分配している。

Q 8. 混合汁はポンプを通して、どこへゆくのですか、PHはいくらか。

A 8. 第一搾出機を第二圧搾機から排出されるジュースを混合したものを混合汁と称しているが、このジュースはPH 5.5程度の弱酸であり、種々の不純物を含んでいるので、これらの不純物を除去するために、ジュースヒーター、ライミングタンクを通してクラリファイヤーへ送られる。

Q 9. ライミングタンクはどんなことをしていますか。

A 9. 甘蔗汁（混合汁）はPH 5.5ぐらいであり、このまま加熱してクラリファイヤーへ送ると、蔗糖が低PH、高熱の為に分解を起すので、PHを中性PH=7にする必要があり、ライミングタンクで石灰乳を加えて、PH調整される。

Q 10. 沈澱槽ではどんな作用をするのですか。Brixはいくらか。

A 10. 甘蔗汁の清浄法としてはいくつかの方法があるが、通常は主としてコスト性の面から、大部分の工場で「石灰清浄法」といわれるところの石灰添加して加熱する凝集沈澱法が用いられており、種々の無機成分を石灰と化合させて炭酸カルシウムや磷酸カルシウム等の沈澱性化合物を形成させるとともに、100℃に加熱して蛋白質物を凝固、凝集させて沈澱性物質にかえ、更にジュースも加熱によって比重を軽くことによって一層沈澱しやすい条件にすることにより、クラリファイヤーで連続的に沈澱分離している。

清浄汁のBrixは13~15程度、比重の関係で低Brixほど沈澱分離させ易い。

Q 11. 一部はラピロックフィルターへ、汁は効用缶へゆくですね、Brix何度まで濃縮するのですか。

A 11. クラリファイヤーで沈澱したマッドにはまだ糖分が含まれているので、これらの糖分を再回収する為クラリファイヤー底部より連続的に抜きだしてラピロックフィルターという連続真空分離機に送り、真空と汜渦鋼を利用して、脱水、脱糖する。

ここで得られる汜渦汁はクラリファイヤーの前へ返送され、又、汜渦調査（ケーキと称している）は畑へ運搬し、肥料として利用する。一方、クラリファイヤーの上部より連続的に排出される清浄汁はBrixが13~15ぐらいしかなく、このままでは結晶化できないので濃縮する必要がある、多重効用缶を用いて、減圧（真空度680%HgG）のもとで約Brix55~60ぐらいに濃縮する。

Q 12. 真空ポンプは何気圧ぐらいでひっばっていますか。

A 12. 720%HgG

Q 13. ここは結晶缶ですね、Brixは何度ぐらいですか。

A 13. 結晶缶は効用缶で濃縮された濃厚甘蔗汁に、適当量の種結晶（シード、砂糖結晶の微小なもの）を入れて蒸気エネルギーにより、減圧蒸発させつつ、循環させながら適当な濃度（適飽和液1.15

～1.20 程度、Brix93～97程度）に保ち、結晶を大きくすることにより母液（砂糖濃厚液）から糖分を回収する装置であり、このように煎糖された結晶を含む高粘度の砂糖結晶含有溶液を白下（マスケット）と称している。

晶析という現象は原理的には純粋の物質が溶液から析出してくる現象であるが、甘蔗糖液はビート（甜菜）糖液とは含有成分が若干ことなるところから、ビート糖のように耕地白糖（耕地で製造され、直接販売消費される白糖）が生産しにくく、いったん原料糖を生産してから精製する方式を採用しているが、これはいったん原料糖（甜糖）を煎くことにより物質を精製するための手段であり、結晶清浄法と称している。

Q14. 遠心分離室ですね。一分間に何回転ぐらいか、どんな作用するのか。

A14. 遠心分離機は通常一分間1200回転、つまり1200rPMのものが用いられ、遠心効果（G）が約1000ぐらいであるが、原理は各家庭の遠心脱水洗濯機と殆ど同じであり、この遠心力を利用して砂糖の結晶と糖密（液状）と分離するための装置である。

Q15. 次は製品である蔗糖ですね、そのまま商品として利用するのですか。

A15. 製品である砂糖（原料糖または粗糖と称する）は、結晶の中心部は比較的純粋であるが、結晶果面にわずかに糖密の密膜が附着しているために、必ずしも純粋ではなく、大体蔗糖分97.8%、水分0.5%、灰分0.5%、転化糖0.4%、その他0.8%ぐらいの混合物である。

これは勿論、そのままでも食品としても利用できる訳ではあるが、現在ではサトウキビ生産農家（ついでに製糖工場も）を保護育成するための一還として、甘味資源特別措置法等により、原料糖は直接販売してはいけないことになっており、専ら精製糖工場の原料用として販売されるのみである。

Q16. あのタンクに貯蔵してあるのが糖密ですね、糖密の利用を教えてください。

A16. 廃糖密の用途は多いが、現在の大体の消費構成としては約80%がアルコールと化学調味料（味の素等）用発酵原料となっており、その外に飼料や再生黒糖、医薬品の原料として用いられる。

Q17. 蔗糖、ブドウ糖、果糖のちがいを教えてください。

A17. 蔗糖はサッカロースあるいはシュクロースといい、トレハロース型の二糖類で、ブドウ糖と果糖がくっついたものであり、希酸又は酵素インペルターゼ（サッカラーゼとも云う）により容易に加水分解され、D-グルコースとD-フラクトースとを生じ、還元性となる。この時、施光度は左旋性になるのでこの変化を転化といい、生成物であるD-グルコース、D-フラクトースの等分子混合物を転化糖という。

Q18. ブリックス（BX）とは固形分濃度の単位のことであり、百分率（%）で表示されるが、もともとはBrix（ブリックス）という人が考案した「濃度測定単位」であるところから、これを簡略的に「BX」に表示するようになったもので、いわゆるdry matter %と考えてよい。

糖度は糖液を光の屈折率を利用して測定される濃度単位を表すものであり、即蔗糖ではない。但し蔗糖%に大変近い値となる。（polで表示される）

純糖率とは $\frac{\text{pol}}{\text{BX}} \times 100$ のことであり、固形分中の糖分の占める割合を示す。

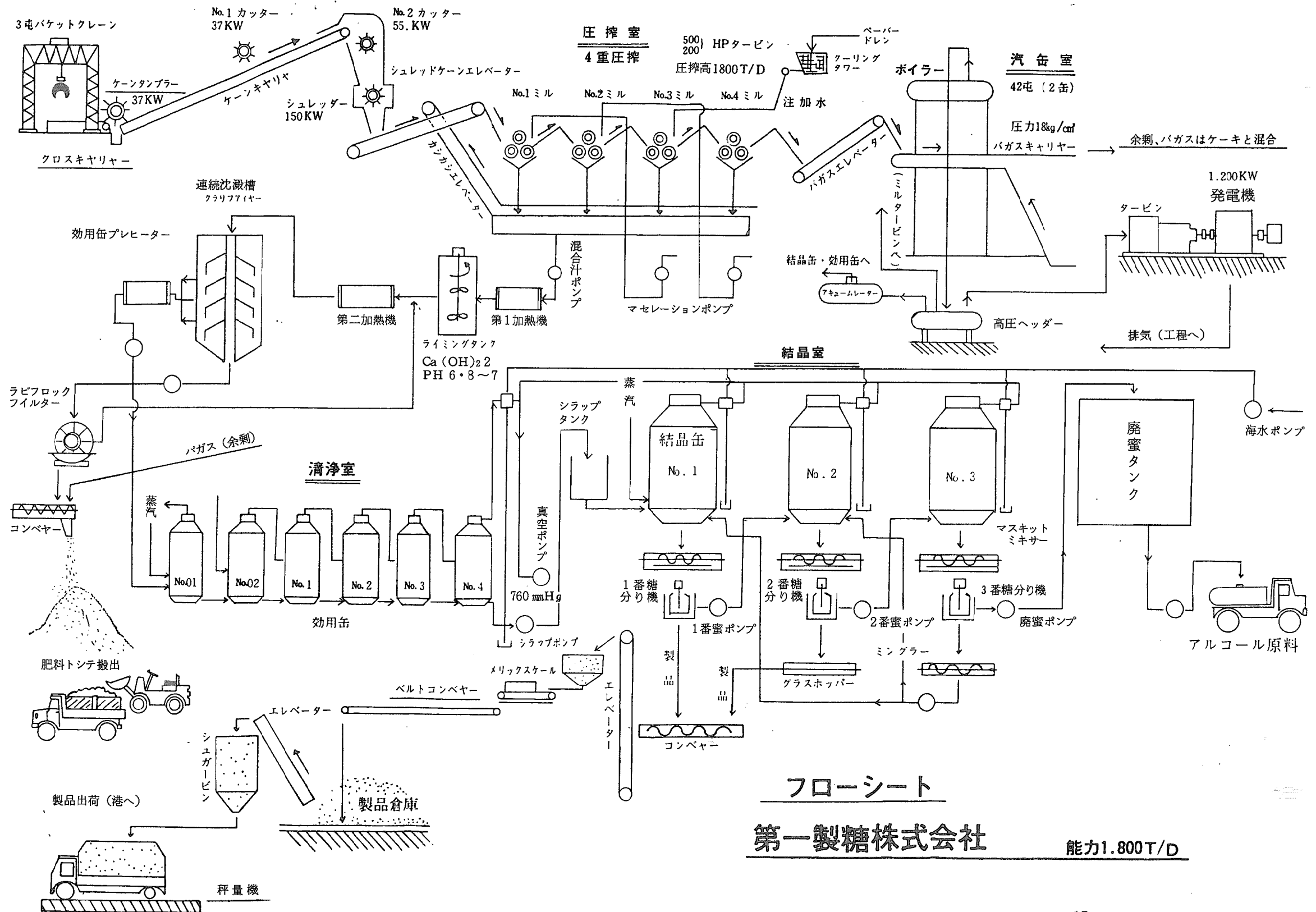
Q19. 沖縄の年間産量はいくらか。

A19. 沖縄の年間産糖量は15～16万ton内外である。

Q20. マスコミを通して時々きく異性化糖について

A20. 異性化糖とはさつまいもやじゃがいも、トウモロコシ等のデンプン成分をインベルターゼという酵素で処理してグルコースに替え、このグルコースをグルコースイソメラーゼという酵素で処理して、その一部（約半分）をフラクトースに異性化させたものであり、最近では55%がフラクトースで、45%がグルコースという糖組成のものが多く、濃度約75~80%程度の液状糖のことをいう。なお、グルコースとフラクトースは異性体である。

砂糖の製造工程



PPCによるサトウキビ汁中の糖の分離の実験

1) 原理

PPCの原理は帯状に切ったろ紙の下端附近に一滴の試料混合物を付着させ、乾燥して余分の水分を除去した後、水を飽和した溶媒（*n*-ブタノール、フェノール、その他）をいれた容器にろ紙の下端附近を浸してつる下げ、溶媒および水蒸気で飽和した密閉容器中に放置する。溶媒が毛細管現象によってろ紙を除々に上昇し、試料と出合い、展開が行なわれる。溶媒が充分な距離に到達して終った後、ろ紙をとり出して乾燥してから、これに適当な指示薬を噴霧して再び乾燥して呈色させてからRf値（Rate of flow）移動率を測定して物質を検出する。

$$Rf \text{ 値} = \frac{\text{溶質の移動距離 (cm)}}{\text{溶媒の移動距離 (cm)}}$$

2) 実験のねらい

サトウキビの上位、中位、下位を素材にして、糖の種類をペーパークロマトグラフにより分離し、身近な物質に対し理解を深める。

3) 準備（材料 薬品 器具）及び実験方法

サトウキビ イネ科 *Saccharum officinarum*

L, NCO (Coimbatore で交配、アフリカの Natal で選択) 減圧蒸留装置、ジュウサー、展開装置、スプレー、分液ロート、*n*-ブタノール、氷酢酸、アニリン Nc1ccccc1、フタル酸 OC(=O)c1ccccc1C(=O)O、ピリジン c1ccncc1

ろ紙 No.50、水浴、※保存は水層とともに恒温に置く。

【実験方法】

サトウキビの皮をはぎとり、ジュウサーでサトウキビを圧搾し、汁液のPH、Brix、汁の量を計り、試料が中性になるように調製し減圧濃縮する。濃縮した試料をピリジンで溶解し、ろ紙の下端より4～5cmの位置にサトウキビ試料をスポット（約φ1cm）し、風乾する。

展開槽に*n*-ブタノール：氷酢酸：水（4：1：5）の水飽和した上層部を展開液として使用する。展開が15～20cmぐらいの時、展開をやめ、乾燥した後、発色剤〔アニリンフタル酸、フタル酸 1.66g とアニリン 0.93g (0.91ml) を水飽和ブタノール（100ml）にとかす〕を、ろ紙から発色剤がしたたるまでスプレーで散布し、乾燥器で105℃で約10分間、乾燥した後Rf値を読みとる。

4) 実験結果、考察

サトウキビを三個所の部位（下位、中位、上位）に分けて、生汁を採取し、表1の結果を得た。この生汁を試料として調製し、ろ紙にスポットした。その後展開、発色剤を散布した後、Rf値を読みとったら、表2の通りだった。

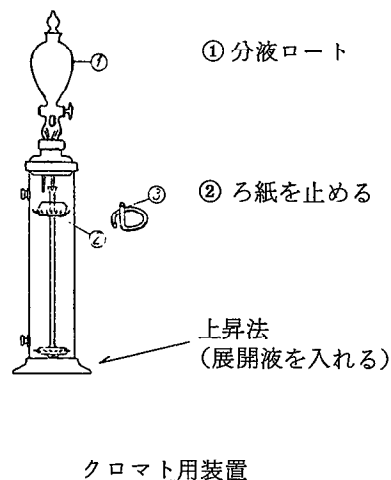


表 1. 材料 (甘蔗) 58. 2.

気温 °C
湿度 %

項目 \ 部位	下 位	中 位	上 位
甘 蔗 <i>g</i>			
汁 量 <i>ml</i>			
Brix 度			
P H (万能紙)			

表 2. P P C による甘 の分析結果 58

湿度 %
気温 °C

課果 \ 部位	下 位	中 位	上 位
ス ポ ッ ト			
溶媒尖端距離 (cm)			
溶質移動距離 (cm)			
R f 値			

表 甘蔗に含む種類 (○印は含まれている糖)

58年 月 日、 °C、湿度 %、上昇法、展開 時間

糖の種類 \ 部位	R f 値	下 位	中 位	上 位
	文 献 値			
Sacrose	0.14			
D - Glucose	0.18			
D - Fruc tose	0.23			
D - Galac tose	0.16			
D - Man nose	0.20			
D - Ribose	0.31			
Lactose	0.09			
Maltose	0.11			
Raffi nose	0.55			

視 聴 ノ ー ト



糸満高校（化学）

タイトル	サトウキビから砂糖ができるまで		
映像の種類（OEP）	イ. 映画（18mm・16mm）	ロ. テレビ	ハ. スライド
昭和（ ）年（ ）月（ ）日（ ）校時	（ ）年（ ）組（ ）番 氏名（ ）		

メ	次の主な工程に注目しましょう。
モ	原料 ——— 前処理 ——— 圧搾 ——— バガス ——— ボイラへ 混合汁 —— ライミング —— 沈澱槽 ——— 清浄汁（濃縮缶） —— 効用缶 —— 結晶缶 —— 遠心分離機 —— 製品 廃密
印象に残ったこと	たとえば（興味をおぼえたこと）（感動したこと）（理解できたこと、できなかったこと）（更に深く調べたいこと）（その他感想） etc.
疑問・質問	

（自 己） 評 価 （○で番号を囲むこと）	① 内容は興味をもてたか……	5 （た 非 常 に）	4 あ る 程 度	3 ま あ ま あ	2 少 し	1 ぜ ん ぜ ん
	② 内容をよく理解できたか……	5	4	3	2	1

評 価 問 題 ◎ 印は発展問題

(最後に提出)

2 年 組 番 氏 名

1. 製糖工程中物質の精製・分離の操作は何々か。
2. 分蜜糖、含蜜糖はどちらがうか。
3. サトウキビにはどんな糖が含まれていると思うか。
4. ブドウ糖、果糖、蔗糖の化学式を示せ。
5. ブドウ糖、果糖に酵素(チマーゼ)を作用させてアルコールに変わる変化を反応式で示せ。
6. 次の製糖工程はどんな働きをしているか。

a. 前 処 理	b. 圧 縮	c. ライミング
d. 沈 澱 槽	e. 真空ポンプ	f. 効 用 缶
g. 結 晶 缶	h. 遠心分離機	
7. 糖蜜(廃蜜)はどのように利用しているか。
8. PPCは物質によりRf値は(決まっている、決まっていない)ことを利用している。
9. 発色剤は糖類に対してどんな作用を利用しているか。
10. 糖の分離に使う展開液を保存するにはどうすればよいか。
11. 次の糖を区分し、単糖類、二糖類に分けてみよう。

(デンプン、セルロース、グリコーゲン、ブドウ糖、果糖、蔗糖、乳糖、麦芽糖)

◎12. ブドウ糖、果糖、蔗糖の構造式と性質を調べてみよう。

◎13. 異性化糖の進出と沖縄の糖業についてどう思うか。

参考資料 No. 1.

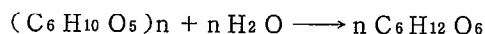
1. 糖類の特徴

1) 種類

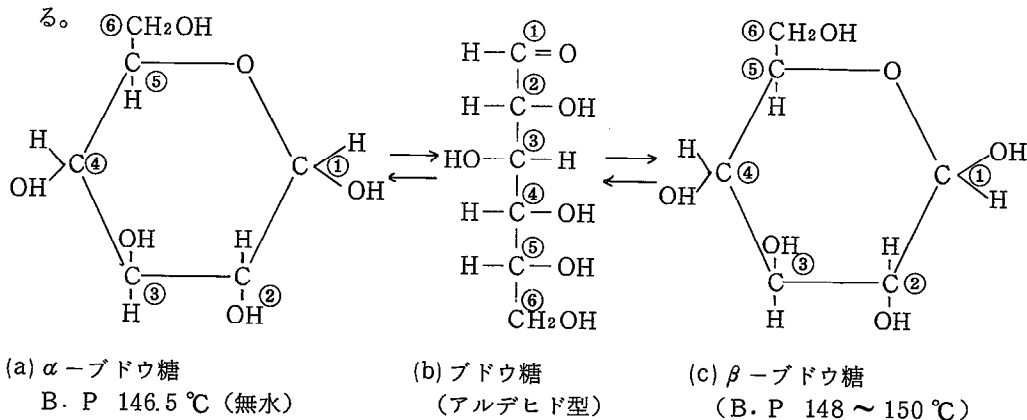
単糖類	ブドウ糖、果糖、 ガラクトース $C_6H_{12}O_6$	加水分解により、これ以上簡単な糖を生成しない。甘味があり、フェーリング液を還元する。
二糖類	蔗糖、麦芽糖、乳糖 $C_{12}H_{22}O_{11}$	加水分解により、2分子の単糖類になる。甘味があり、フェーリング液を還元するものとししないものがある。
多糖類	デンプン、セルロース デキストリン、グリコーゲン $(C_6H_{10}O_5)_n$	加水分解により、多数分子の単糖類になる。甘味がなく、フェーリング液を還元しない。

(1) ブドウ糖（グルコース）の性質

- ブドウその他の甘い果実、花のミツ、ハチミツ等に含まれ、また血液の中にも存在する。
- 工業的にはデンプンを希酸（ HCl H_2SO_4 ）と熱し、加水分解する。



- 水から結晶したものは1分子の結晶水をもち、融点 $86^\circ C$ 、アルコールから結晶したものは結晶水をもたらず、融点 $146.5^\circ C$ である。
- 無色の結晶で水によく溶け、甘味がある。甘味の程度は蔗糖の約半分である。
- フェーリング液を還元し、また銀鏡反応を示す。
- 酵素チマーゼの作用でアルコール発酵する。 $C_6H_{12}O_6 \longrightarrow 2 C_2H_5OH + 2 CO_2$
- 水溶液中では α -ブドウ糖や β -ブドウ糖などの異性体があり、下記のように平衡状態にある。

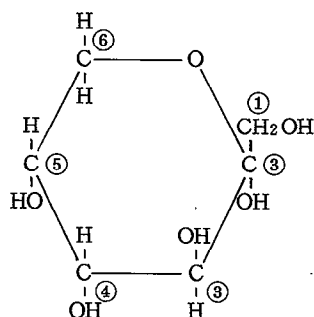


室温では水溶液から結晶させたものは、 α -ブドウ糖であるが、これを水に溶かすと、その一部分は除々に (b) をへて、 β -ブドウ糖になり、一定時間後には、(a)、(b)、(c) が平衡状態になる。
 α -ブドウ糖と β -ブドウ糖の違いは C^1 に結合している $-OH$ の位置の違いによるものであり、 C^2 と C^1 に結合している $-OH$ が同じ向きの α -ブドウ糖は甘い、反対の向きの β -ブドウ糖は甘くない。

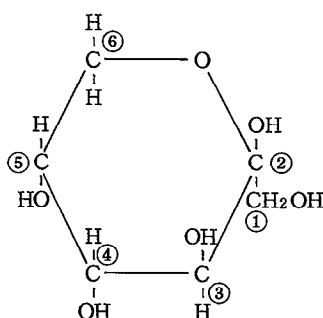
参考資料 No. 2.

(2) 果糖（フルクトース）

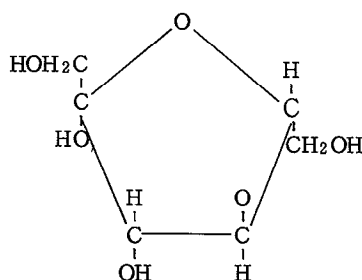
- 甘い果実などにブドウ糖とともに含まれる。
- ブドウ糖とよく似た結晶であるが、甘さはブドウ糖の約 2 倍で、蔗糖よりいくぶん甘い。
- 還元性が強く、またアルコール発酵する。
- 果糖はブドウ糖の異性体であるが、ケトンの性質をもつ。
- ブドウ糖のように α -果糖と β -果糖の異性体が存在する。また、他の単糖類と結合して二糖類になるときは γ -果糖の構造となる。



α -果糖



β -果糖

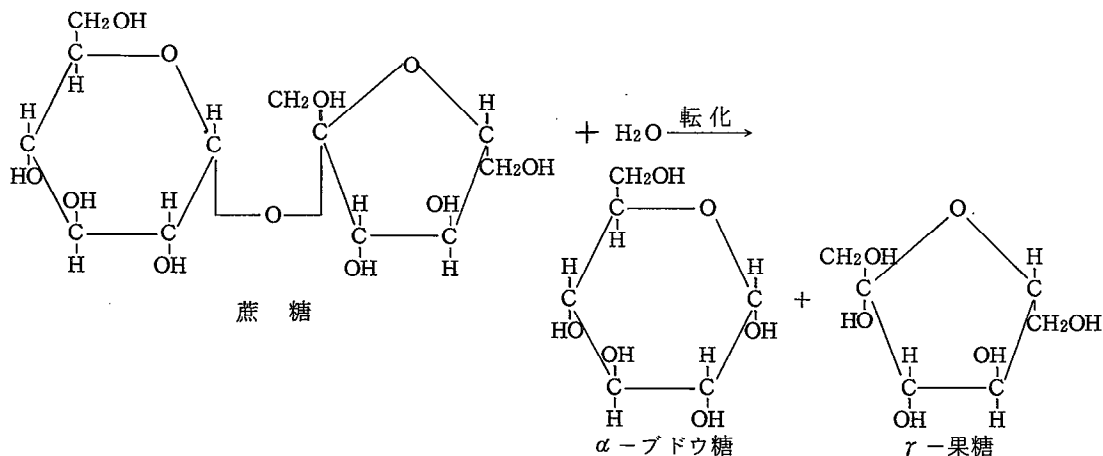


γ -果糖

(α -果糖、 β -果糖のちがいは②の炭素原子に結合する CH_2OH と OH が上下逆になる。)

(3) 蔗糖（サッカロース）

- サトウキビの茎やサトウダイコンの根に含まれるので、これから採取する。
- 無色の結晶（融点 184°C ）、熱すると 184°C でとけてアメ状になり、約 200°C で褐色のカラメルとなる。カラメルはしょうゆの着色剤に使う。
- 水にとけ易く、還元性はない。
- 希酸を加えて熱すると、加水分解されてブドウ糖と果糖にわかれる。この反応を転化という。できたブドウ糖と果糖の混合物を転化糖という。この反応は酵素インベルターゼの作用でもおこる。



引火性液体の指導

那覇工業高校 久 高 興 祐

I はじめに

危険物は反応速度が速いのでこれを使うと、変化に富んだ実験ができる。それで安全に実験する方法が確立されれば、生徒に興味を持たせるような授業、化学のおもしろさを知らせるような授業をする上で偉力を発揮する物質だと思う。このような考えのもとに2年ほど前から、危険物を使った実験の教材化を目指して実験を続けてきた。いろいろな文献を参考にして、実験しているうちに変化に富んだおもしろい実験も出てきた。しかし、去年も報告した通り、おもしろい実験はあるが、この実験をもとにして、化学の基本概念の指導まで発展できるような実験が見い出せなかった。これでは授業中にやる実験としては、物足りないと考えていた。そういう時に田場稔先生の「温度計を使った実験」を知った。その時「第4類の危険物を使ってこの実験をするとおもしろいのではないか」と考え、実験を続けてみた。予想通り興味ある結果がいくつか出てきたので今年はこの実験に2.3の実験をつけ加えて報告する。

もちろん私はここで報告するような内容をすべて高校生に指導した方がよいとは全く思っていない。1つの流れとして報告した方が興味があるだろうと思って1つのストーリーにまとめて報告することにした。クラブ活動や理科Ⅱではこの報告書のようなストーリーとしての指導も可能でしょうが化学の授業ではこの中から、1つの実験のみを取って、生徒、実験なり、供覧実験なりするのが勢いっぱいだと思う。そのようなつもりでご検討下さい。

II 実験方法、実験結果

<1>引火性液体の引火危険性の比較

引火性液体とか、第4類の危険物、特種引火物とか言われている物質はお互いに引火危険性はほぼ似ているのか、それともかなりの差があるのか、また引火性を比較するにはどうすればよいかな等を知らせるため次のような実験を考えました。しかしこの実験は雑すぎるので、より定量的にできる方法がないか研究中です。

1. 実験方法

14個の蒸発皿を準備し、これに次の物質をそれぞれ、1 mlずつ取り各々の蒸発皿に、マッチの炎を近づけ液面上何cmまで近づけると引火するか測定する。

(注) 風通しを悪くするため、蒸発皿の周囲をかこむこと

(1) ギ酸エステル類

- ① ギ酸メチル
- ② ギ酸エチル
- ③ ギ酸n-プロピル
- ④ ギ酸n-ブチル
- ⑤ ギ酸n-アミル

(2) アルコール類

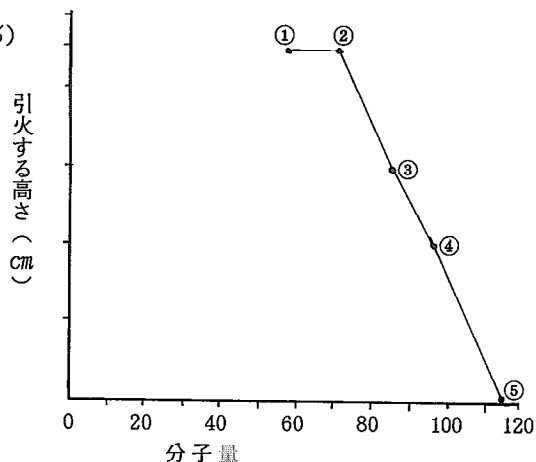
- ① メタノール
- ② エタノール
- ③ n-プロパノール
- ④ n-ブタノール
- ⑤ n-アミノール

- ⑥ イソプロパノール
- ⑦ イソアミノール
- ⑧ エタレングリコール
- ⑨ グリセリン

2. 実験結果

(1) ギ酸エステルの場合 (30℃湿度 85 %)

物質名	マッチの炎を引火した高さ (液面上の高さ 単位cm)	
① ギ酸メチル	60	4.5 cm
② ギ酸エチル	74	4.5 "
③ ギ酸n-プロピル	88	3.0 "
④ ギ酸n-ブチル	102	2.0 "
⑤ ギ酸n-アミル	116	0 炎を液面に付け ないと引火しない。



(2) アルコール類の場合 (30℃, 湿度 85 % S57.9.11 ±)

アルコール名	分子量	引火した高さ (液面上 単位cm)
① メチルアルコール	32	2.5 cm
② エチルアルコール	46	2.5 cm
③ n-プロピルアルコール	60	1.5 cm
④ イソプロピルアルコール	60	2.5 cm
⑤ n-ブチルアルコール	74	液面すれすれで引火
⑥ n-アミルアルコール	88	液に炎を接しても引火しない。しばらく接していると引火
⑦ イソアミルアルコール	88	液面すれすれで引火
⑧ エチレングリコール	62	炎を接しても引火しない
⑨ グリセリン	92	" "

しかし、1本のマッチが燃えつきるまで炎を接していると、燃え出す。この炎は青白いので暗くしないと見えない。

3本のマッチが燃えつきるまで、炎を液面に接しても燃焼しない。しかしグリセリンを蒸発皿に入れ、アルコールランプで加熱しながら、マッチの炎を近づけるとポット音を出して引火し、激しく燃焼する。

この炎もエチレングリコールと同様、青白いので暗くしないと見えない。

3. 実験結果の教材化

(1) 分子量 (分子間力) と火災危険性 (引火しやすさ) との関係

同類の物質でしたら、分子量の小さい物質ほど火災危険性が大である。なぜそうなるのか。

(2) 同じ分子量の物質どうしても結合方法や結合相手がちがうと火災危険性も異なる。

(例) HCOOCH_3 と n-プロピルアルコール

(4.5 cm)

(1.5 cm)

n-プロピルアルコールとイソプロピルアルコール

(1.5 cm)

(2.5 cm)

これらは結合方法や結合相手がちがうと分子間力がちがうからである。

< 2 > 純物質の蒸発又は水蒸気の凝縮などによる温度変化

引火性液体と言われている物質でも、引火性は物質により、かなりの差がある。この引火性のちがいの原因は何なのかを生徒に知らせるため次のような実験を準備しました。(田場稔先生の実験を参考にして)

1. 実験方法

32本の試験管を準備し、これに次の物質を5 mlずつ取る。この試験管の底に、温度計の球部をつっこんで、すぐ試験管外に湿度計を出し温度が液温より何度上昇又は降下したかを読みとる。この操作を連続して3回くり返し行い、最低の温度を読みとること。

(1) ギ酸エステル類

- ① ギ酸メチル
- ② ギ酸エチル
- ③ ギ酸 n プロピル
- ④ ギ酸 n ブチル

(2) 酢酸エステル類

- ① 酢酸メチル
- ② 酢酸エチル
- ③ 酢酸 n プロピル
- ④ 酢酸 n アルミ

(3) 酸 類

- ① 硫 酸
- ② 塩 酸
- ③ 硝 酸
- ④ 酢 酸
- ⑤ リン酸
- ⑥ ギ 酸

(4) アルコール類

- ① メチルアルコール
- ② エチルアルコール
- ③ n プロピルアルコール
- ④ イソプロピルアルコール
- ⑤ n ブチルアルコール
- ⑥ n アミルアルコール
- ⑦ イソアミルアルコール
- ⑧ エチレングリコール
- ⑨ グリセリン

(5) 塩基基

- ① アンモニア水

(6) 酸化されやすい物質

- ① ホルマリン
- ② アセトアルデヒド

(7) その他

- ① コロジオン
- ② ジエチルエーテル
- ③ 石油エーテル
- ④ ピリジン
- ⑤ クロルベンゼン
- ⑥ 酸化プロピレン

(注) ① 連続して3回くり返し行うのは、液体の粘性のちがいにより液が温度計の球

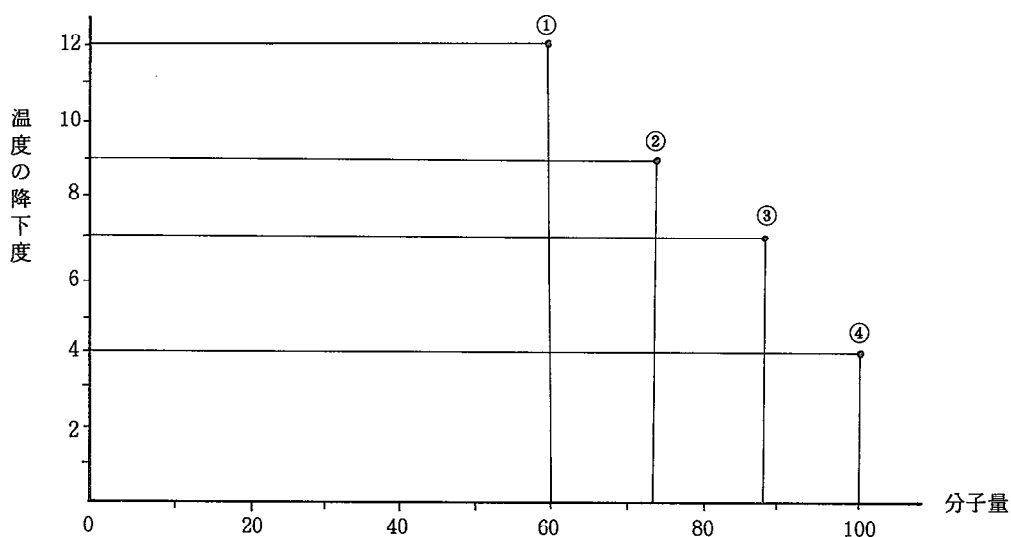
部に付着する量が異なるので、この付着する量のちがいによる誤差を最小限にするためである。

- ② この実験の結果は風が窓から吹きこんだり、やんだり、温度計を振ったり静止したり、などすることにより差が出てくるので条件の統一に配慮すること。

2. 実験結果

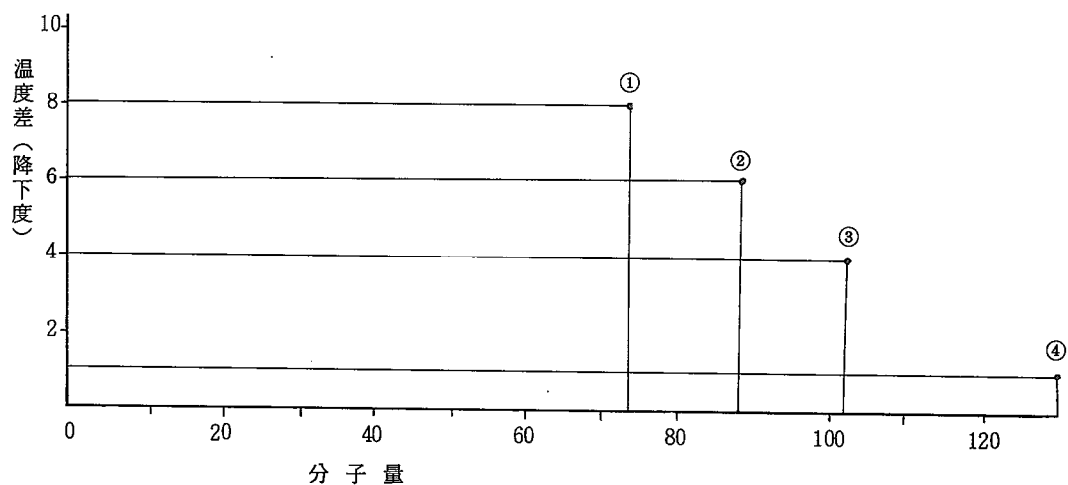
(1) ギ酸エステル類の場合 (S57.1.7 実施室温 19℃)

物質名	分子量	液温	最低温度	温度差
① ギ酸メチル	60	17℃	5℃	-12℃
② ギ酸エチル	74	"	8℃	-9℃
③ ギ酸nプロピル	88	"	10℃	-7℃
④ ギ酸nブチル	102	"	13℃	+4℃



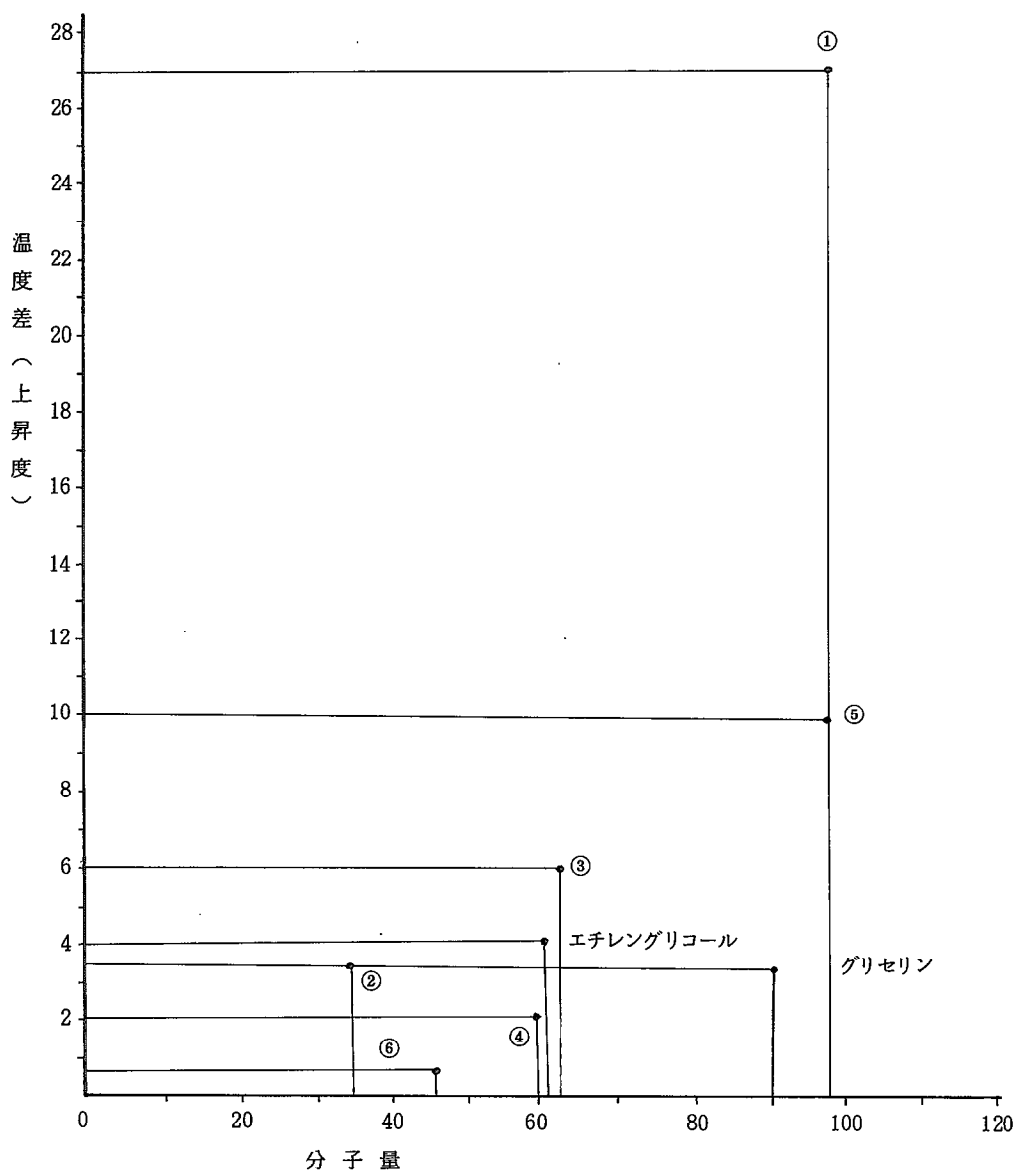
(2) 酢酸エステル類の場合 (S57.1.7 実施, 気温 19℃)

物質名	分子量	液温	最低温度	温度差
① 酢酸メチル	74	17℃	9℃	-8℃
② 酢酸エチル	88	"	11℃	-6℃
③ 酢酸nプロピル	102	"	13℃	-4℃
④ 酢酸nアミル	130	"	16℃	-1℃



(3) 酸類の場合 (S 57.3.27 実施 気温 27 °C)

物質名	分子量	液温	最低温度	温度差
① 硫酸	98	27 °C	54 °C	+ 27 °C
② 塩酸	365	"	30 °C	+ 3 °C
③ 硝酸	63	"	33 °C	+ 6 °C
④ 酢酸	60	"	29 °C	+ 2 °C
⑤ リン酸	98	"	36.5 °C	+ 9.5 °C
⑥ ギ酸	46	"	26.5 °C	- 0.5 °C



(注) ① 硫酸の値はずばぬけて大きい

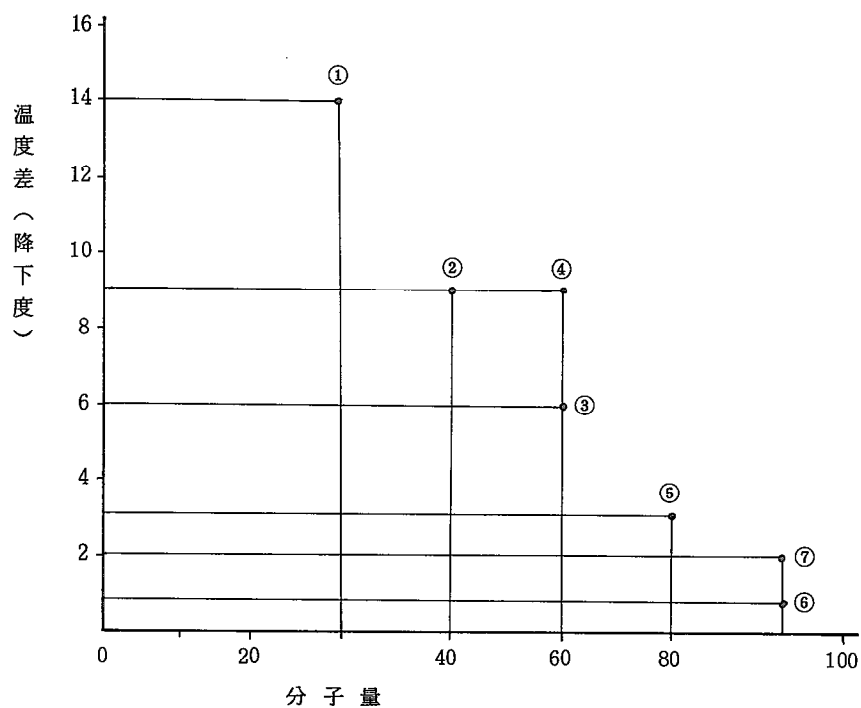
② 塩酸, 硝酸, リン酸等の温度の上昇度と分子量との関係はほぼ直線状になる。

③ ギ酸と酢酸の温度の上昇度と分子量との関係は, ほぼ直線状になる。

④ エチレングリコールやグリセリンは酸ではないが, 温度が上昇するのでここに記入した。

(4) アルコール類の場合

物質名	分子量	液温	最低温度	温度差
① メチルアルコール	32	17 °C	3 °C	- 14 °C
② エチルアルコール	46	"	8 °C	- 9 °C
③ nプロピルアルコール	60	"	11 °C	- 6 °C
④ イソプロピルアルコール	60	"	8 °C	- 9 °C
⑤ nブチルアルコール	74	"	14 °C	- 3 °C
⑥ nアミルアルコール	88	"	16 °C	- 1 °C
⑦ イソアミルアルコール	88	"	15 °C	- 2 °C
⑧ エチレングリコール	62	"	21 °C	+ 4 °C
⑨ グリセリン	92	"	20 °C	+ 3 °C



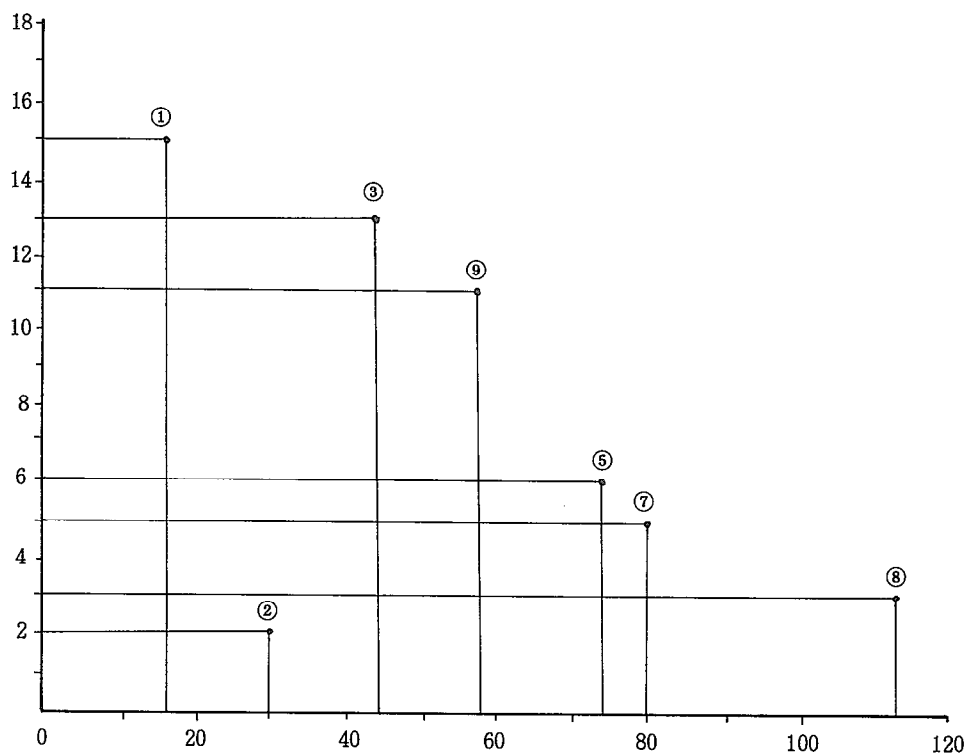
(注) ④と⑦は側鎖のある化合物である。このグラフから、側鎖のある化合物は温度の降下度が大きい(分子間力が小さい)ことがわかる。

(5) 塩基，酸化されやすい物質，その他の物質の場合（S57. 1. 19 実施，気温 16℃）

物 質 名	分 子 量	液 温	最低温度	温 度 差
① アンモニア水	17	27℃	12℃	- 15℃
② ホ ル マ リ ン	30	14℃	12℃	- 2℃
③ アセトアルデヒド	44	"	1℃	- 13℃
④ コ ロ ジ オ ン	74	"	- 3℃	- 17℃
⑤ ジェチルエーテル		"	8℃	- 6℃
⑥ 石 油 エ ー テ ル	79	"	6℃	- 8℃
⑦ ピ リ ジ ン		"	9℃	- 5℃
⑧ クロルベンゼン	112.5	"	11℃	- 3℃
⑨ 酸化プロピレン	58	"	3℃	- 11℃

(注) ① アンモニア水だけは，S 57. 3. 27 日に実施した。その時の気温は 27℃でした。

② コロジオンは粘性がすごく大きいので液が他の物質に比べてはるかに大量温度計に付着する。



3. 実験結果の教材化

(1) 気化熱の影響

(2) 分子量の大きさ（分子間力）と気化速度との関係

（分子量の大きさと引火危険性との関係）

(3) ノルマル化合物とイソ化合物の性質のちがい

（結合方法のちがいによる分子間力のちがい）

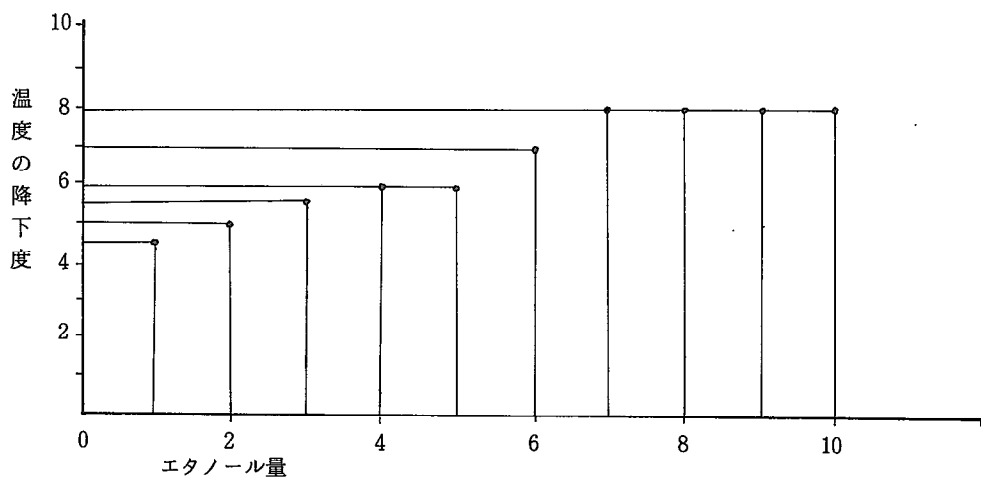
(4) 凝縮熱の影響

<3>混合溶液の蒸発又は水蒸気の凝縮による温度変化の測定

(1) 水にエチルアルコールを混合した場合

水とエチルアルコールとをいろいろな割合に混合した混合溶液を温度計の球部につけ<2>と同じように空気中に放置しておく、温度が何度Cまで降下するかを測定した。次にその結果を示す。

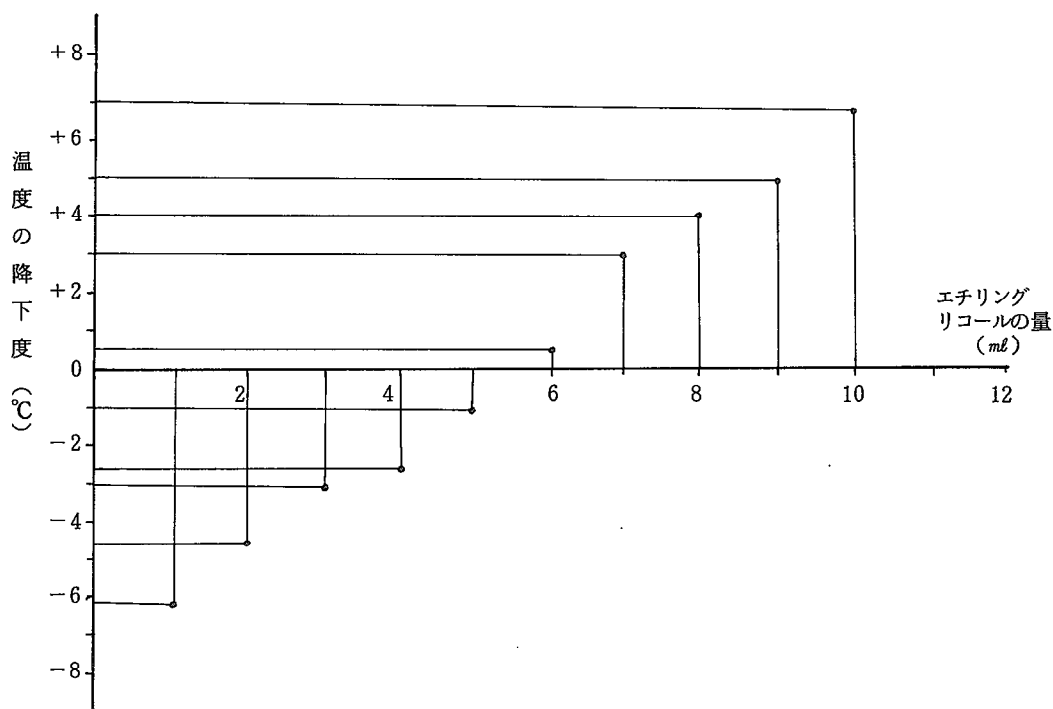
エタノールの量	水の量	混合溶液の温度	混合溶液をつけ 放置後の温度	温度の降下度
① 0 ml	10 ml	20 °C	17 °C	3.0 °C
② 1 "	9 "	"	15.5 °C	4.5 °C
③ 2 "	8 "	"	15.0 °C	5.0 °C
④ 3 "	7 "	"	14.5 °C	5.5 °C
⑤ 4 "	6 "	"	14.0 °C	6.0 °C
⑥ 5 "	5 "	"	14.0 °C	6.0 °C
⑦ 6 "	4 "	"	13.0 °C	7.0 °C
⑧ 7 "	3 "	"	12.0 °C	8.0 °C
⑨ 8 "	2 "	"	12.0 °C	8.0 °C
⑩ 9 "	1 "	"	12.0 °C	8.0 °C
⑪ 10 "	0 "	"	11.0 °C	8.0 °C



(2) エタノールにエチレングリコールを混合した時

エタノールにエチレングリコールをいろいろな割合に混合した，混合溶液 <2> と同じように温度計の球部につけ空气中に放置した時降下する温度と混合割合との間にはどんな関係があるかを調べました。次表はその結果です。

エタノールの量	エチレングリコールの量	混合溶液の温度	最低温度	温度の降下度
10 ml	0 ml	21 °C	13 °C	- 8 °C
9	1	19 °C	15 °C	- 6 °C
8	2	22 °C	17 °C	- 4.5 °C
7	3	21 °C	18 °C	- 3 °C
6	4	22 °C	19.5 °C	- 2.5 °C
5	5	"	21 °C	- 1 °C
4	6	"	21.5 °C	+ 0.5 °C
3	7	"	25 °C	+ 3 °C
2	8	"	26 °C	+ 4 °C
1	9	23 °C	28 °C	+ 5 °C
0	10	22 °C	29 °C	+ 7 °C



(3) 教材化

上のグラフから（温度の降下度がマイナスからプラスへ変化することから）どんなことがわかるか。

< 4 > 蒸発速度の比較

蒸発速度と分子量や、温度の降下度との間にはどのような関係があるかを調べるため、次のような実験をしました。

1. 実験方法

100 ml 入りビーカーに次の試薬をそれぞれ 50 ml ずつ入れ一定時間放置して、蒸発させ、前後の質量差をオーハウス天秤で測定する。

(1) アルコール類の場合 (S 57. 4 月 9 日実施, 気温 21℃, 湿度 64%)

放置時間 7 時 15 分～8 時 50 分 (95 分間)

- | | |
|-------------|-------------|
| ① メチルアルコール | ④ ブチルアルコール |
| ② エチルアルコール | ⑤ ペンチルアルコール |
| ③ プロピルアルコール | |

(2) ギ酸エステル類の場合 (S 57 年 4 月 17 日実施, 気温 26.5℃)

放置時間 PM 3 時 28 分より 5 時 55 分 (147 分間)

- | | |
|-------------|------------|
| ① ギ酸メチル | ④ ギ酸 n ブチル |
| ② ギ酸エチル | ⑤ ギ酸 n アミル |
| ③ ギ酸 n プロピル | |

(3) 酢酸エステル類の場合 (S 57 年 4 月 19 日実施 気温 23℃)

- | | |
|-------------|------------|
| ① 酢酸メチル | ⑥ グリセリン |
| ② 酢酸エチル | ⑦ ジェチルエーテル |
| ③ 酢酸 n プロピル | ⑧ 硫酸 |
| ④ 酢酸 n ブチル | ⑨ アンモニア |
| ⑤ 酢酸 n アミル | |

(4) 酸類の場合 (S 57 年 4 月 22 日実施, 気温 20℃)

蒸発時間 PM 6 時 47 分より 8 時 50 分 (123 分間)

- | | |
|------|-------|
| ① 塩酸 | ④ 酢酸 |
| ② 硫酸 | ⑤ リン酸 |
| ③ 硝酸 | ⑥ ギ酸 |

(5) その他の引火性液体の場合 (S 57 年 4 月 23 日 気温 21℃)

蒸発時間 PM 7 時 35 分より 9 時 (85 分間)

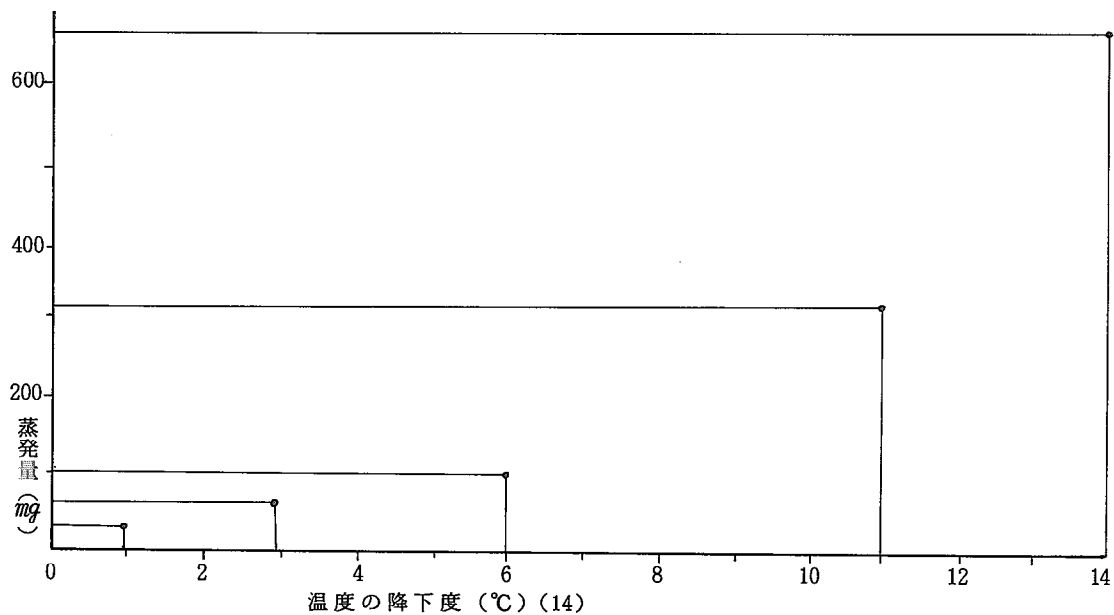
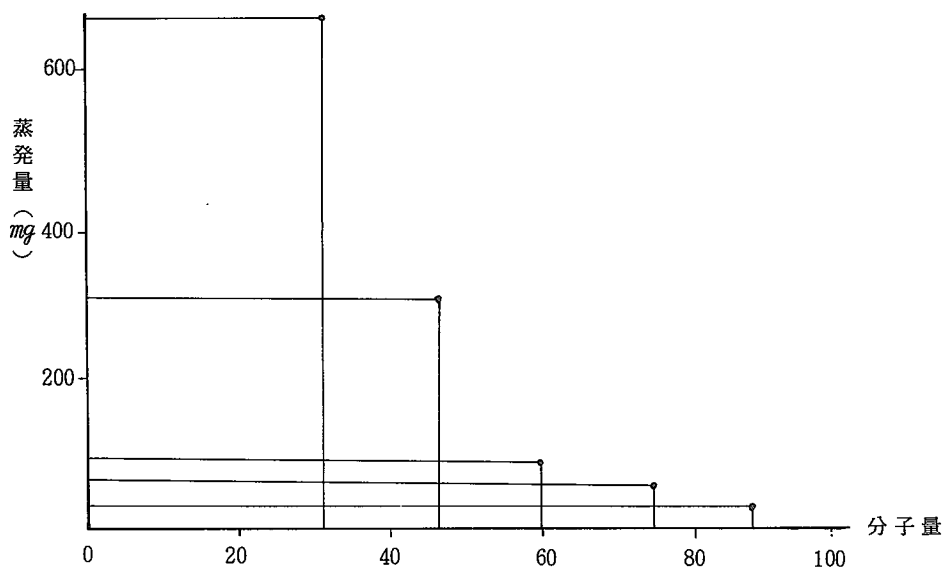
- | | |
|------------|-----------|
| ① コロジオン | ⑤ 石油エーテル |
| ② 酸化プロピレン | ⑥ クロルベンゼン |
| ③ アセトアルデヒド | ⑦ ホルマリン |
| ④ ピリジン | |

2. 実験結果

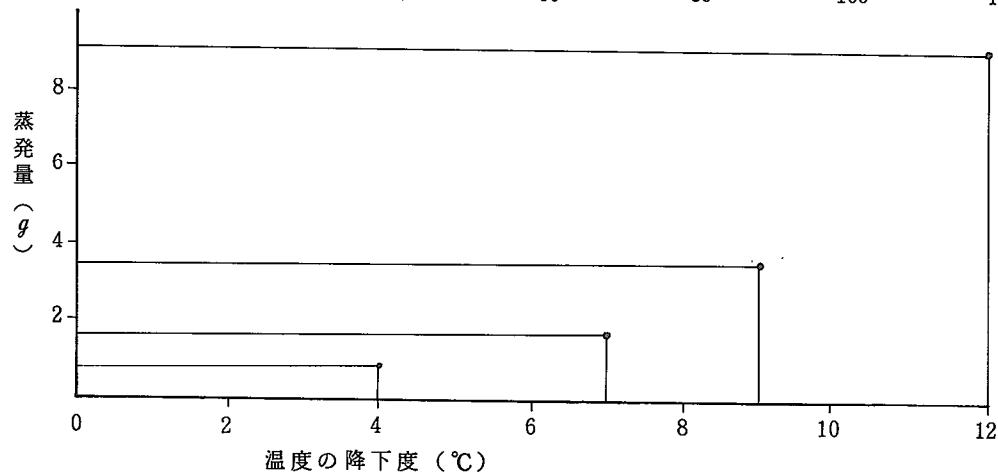
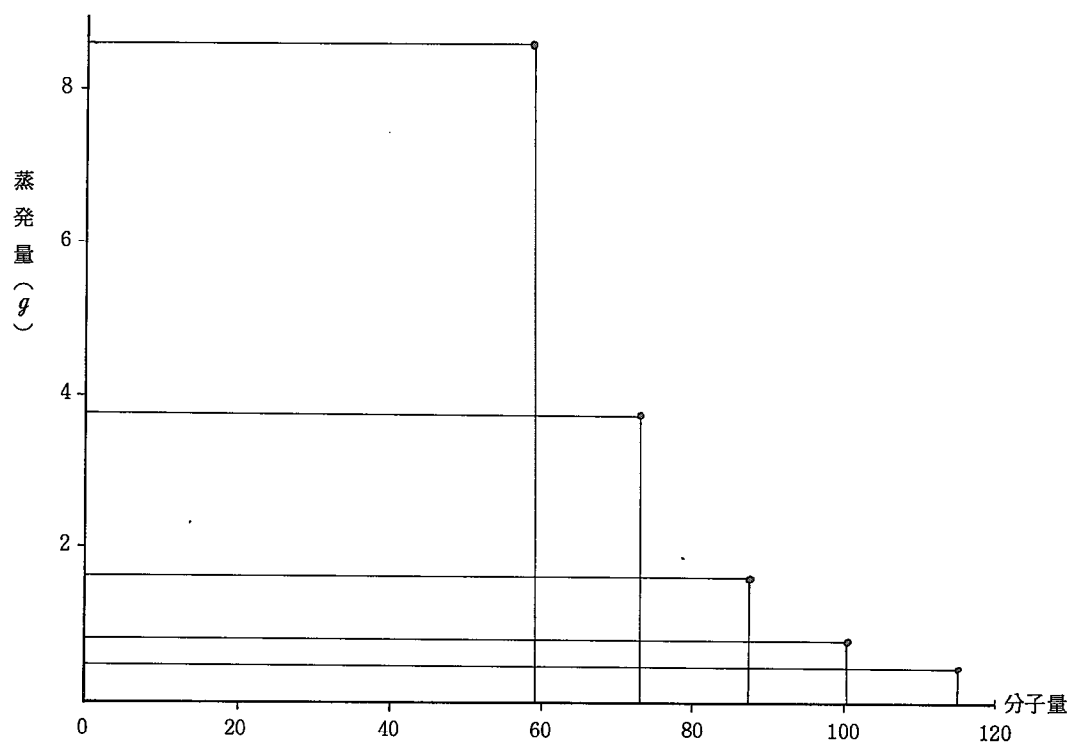
(1) アルコール類の場合 (S 57 年 4 月 9 日実施, 気温 21 °C, 湿度 64 %)

物 質 名	分子量	温度の降下度	はじめの質量	蒸発後の質量	蒸発量(95分間)
①メチルアルコール	32	- 14 °C	68.50 g	67.83 g	- 0.67 g
②エチルアルコール	46	- 9 °C	80.87 g	80.56 g	- 0.31 g
③nプロピルアルコール	60	- 6 °C	81.45 g	81.35 g	- 0.10 g
④nブチルアルコール	74	- 3 °C	70.35 g	70.29 g	- 0.06 g
⑤nアミルアルコール	88	- 1 °C	73.47 g	73.51 g	+ 0.04 g

※ 放置時間 7 時 15 分 ~ 8 時 50 分 (95 分間)



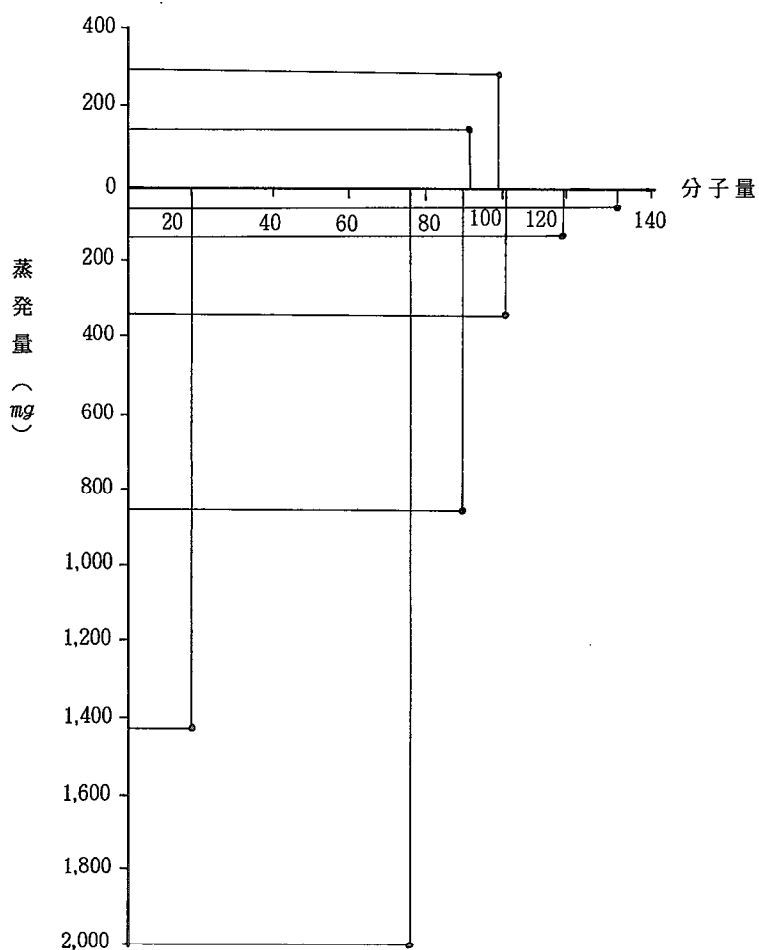
物質名	分子量	温度の降下度	はじめの質量	蒸発後の質量	蒸発量 (g)
① ギ酸メチル	60	12℃	114.43 g	105.86 g	8.57 g
② ギ酸エチル	74	9℃	120.24 g	116.56 g	3.68 g
③ ギ酸nプロピル	88	7℃	105.43 g	104.05 g	1.38 g
④ ギ酸nブチル	102	4℃	112.00 g	111.33 g	0.67 g
⑤ ギ酸nアミル	116		107.95 g	107.51 g	0.44 g

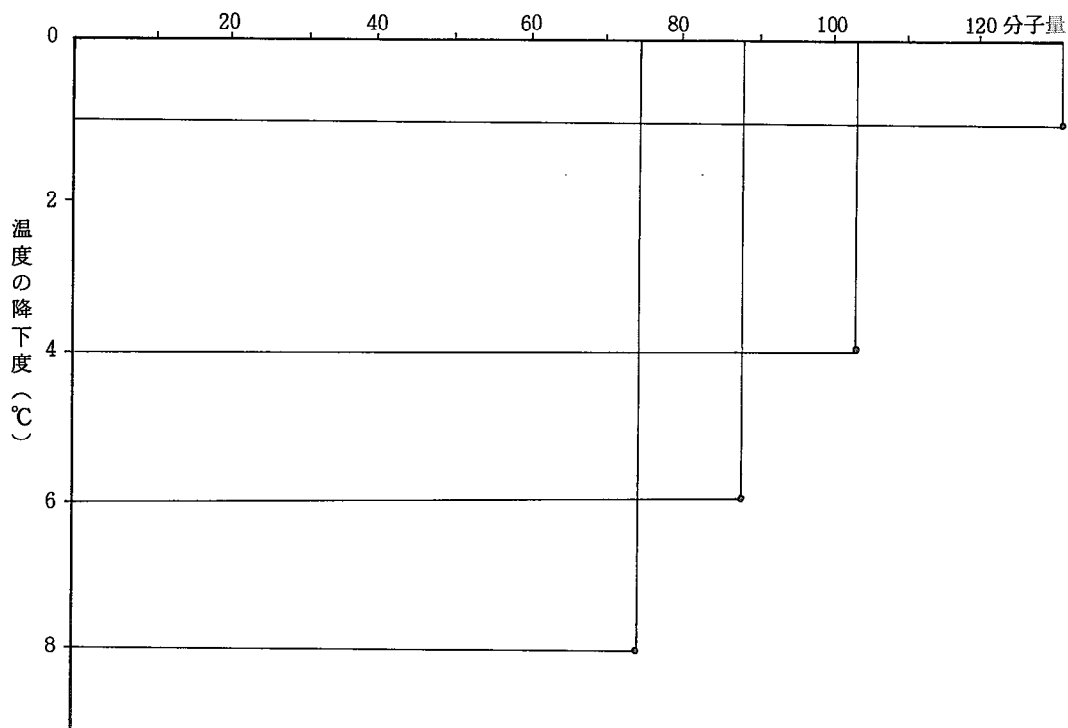


(3) 酢酸エステル類の場合 (S57 年 4 月 19 日実施, 気温 23 °C)

蒸発時間 PM 7 時 33 分 ~ 9 時 (87 分間)

物 質 名	分子量	温度の降下度	はじめの質量	蒸発後の質量	蒸発量 (g)
① 酢 酸 メ チ ル	74	8 °C	84.83 g	82.86 g	- 1.97 g
② 酢 酸 エ チ ル	88	6 °C	74.30 g	73.45 g	- 0.85 g
③ 酢酸 n プロピル	102	4 °C	76.70 g	76.35 g	- 0.35 g
④ 酢 酸 n ブ チ ル	116		75.25 g	75.11 g	- 0.14 g
⑤ 酢 酸 n ア ミ ル	130	1 °C	84.14 g	84.07 g	- 0.07 g
⑥ グ リ セ リ ン	92	+ 3 °C	79.41 g	79.55 g	+ 0.14 g
⑦ ジエチルエーテル	74		65.22 g	59.80 g	- 5.42 g
⑧ 硫 酸	98		99.24 g	99.54 g	+ 0.30 g
⑨ ア ン モ ニ ア	17		68.87 g	67.45 g	- 1.42 g

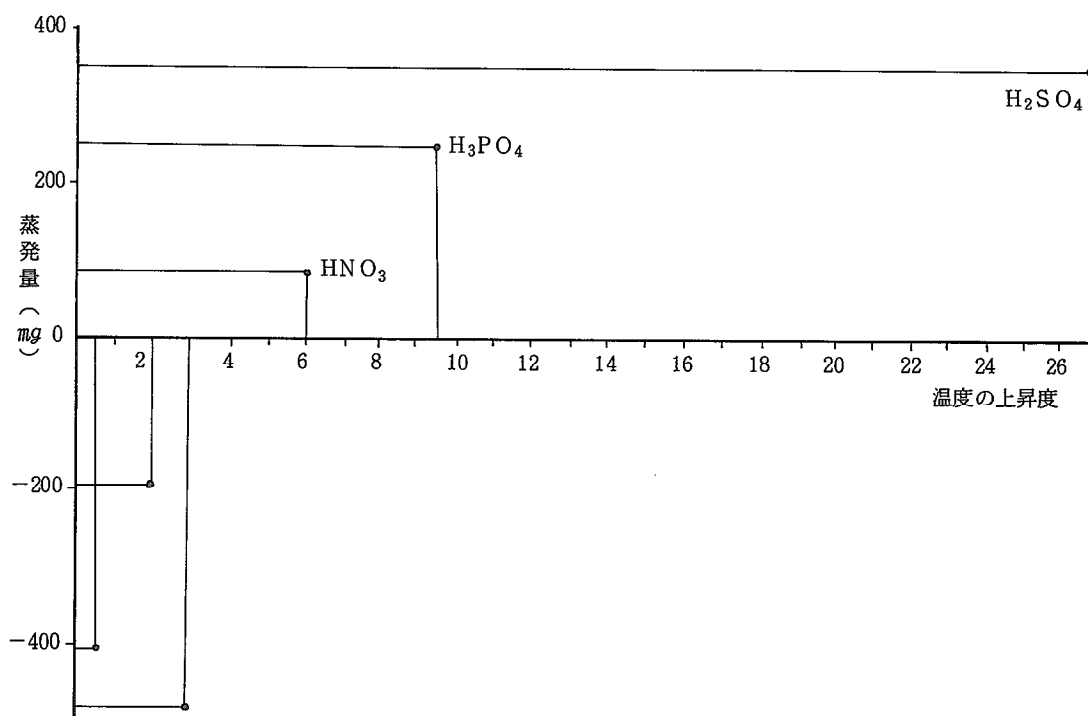
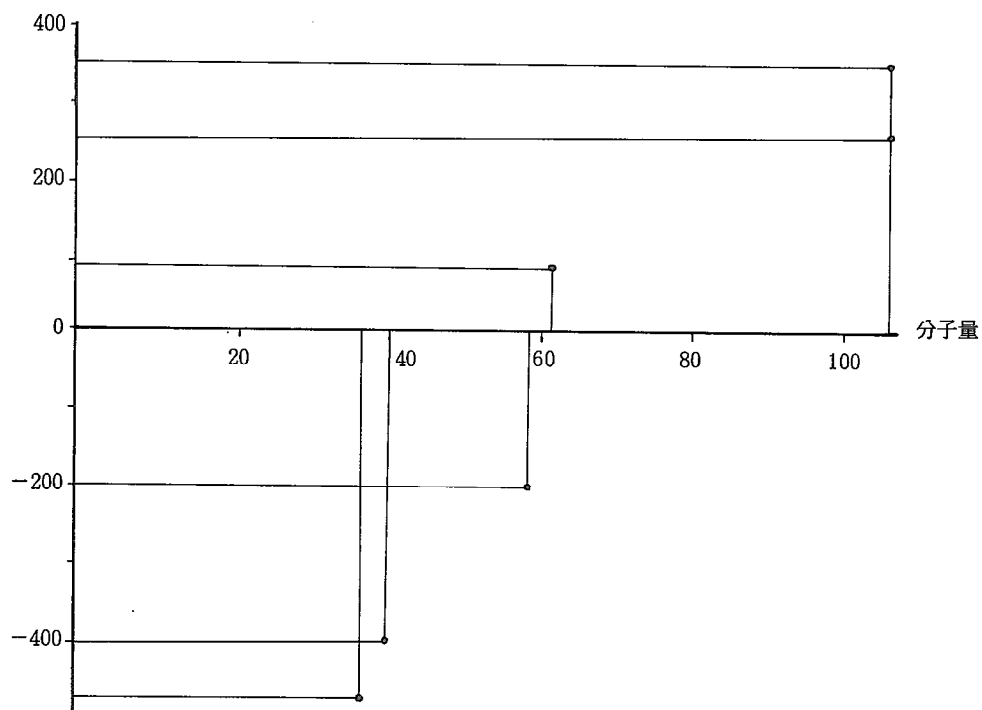




(4) 酸類の場合 (S 57 年 4 月 22 日実施, 気温 20 °C)

蒸発時間 PM 6 時 47 分 ~ 8 時 50 分 (123 分間)

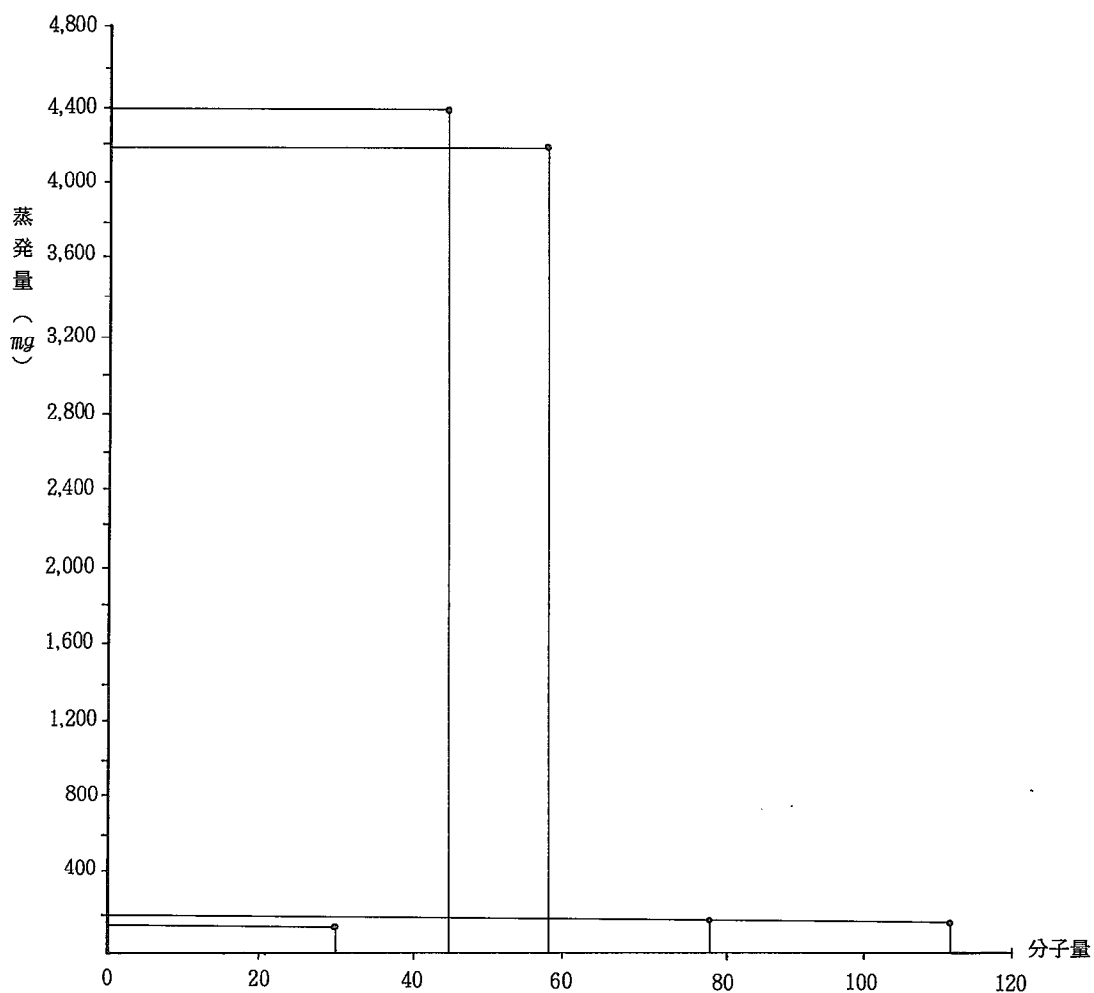
物質名	分子量	温度の降下度	はじめの質量	蒸発後の質量	蒸発量 (g)
① 塩酸	36.5	+ 3 °C	87.15 g	86.67 g	- 0.48 g
② 硫酸	98	+ 27 °C	91.92 g	92.26 g	+ 0.34 g
③ 硝酸	63	+ 6 °C	86.98 g	87.07 g	+ 0.09 g
④ 酢酸	60	+ 2 °C	80.29 g	80.09 g	- 0.20 g
⑤ リン酸	98	+ 9.5 °C	113.36 g	113.61 g	+ 0.25 g
⑥ ギ酸	46	- 0.5 °C	81.20 g	80.71 g	- 0.41 g

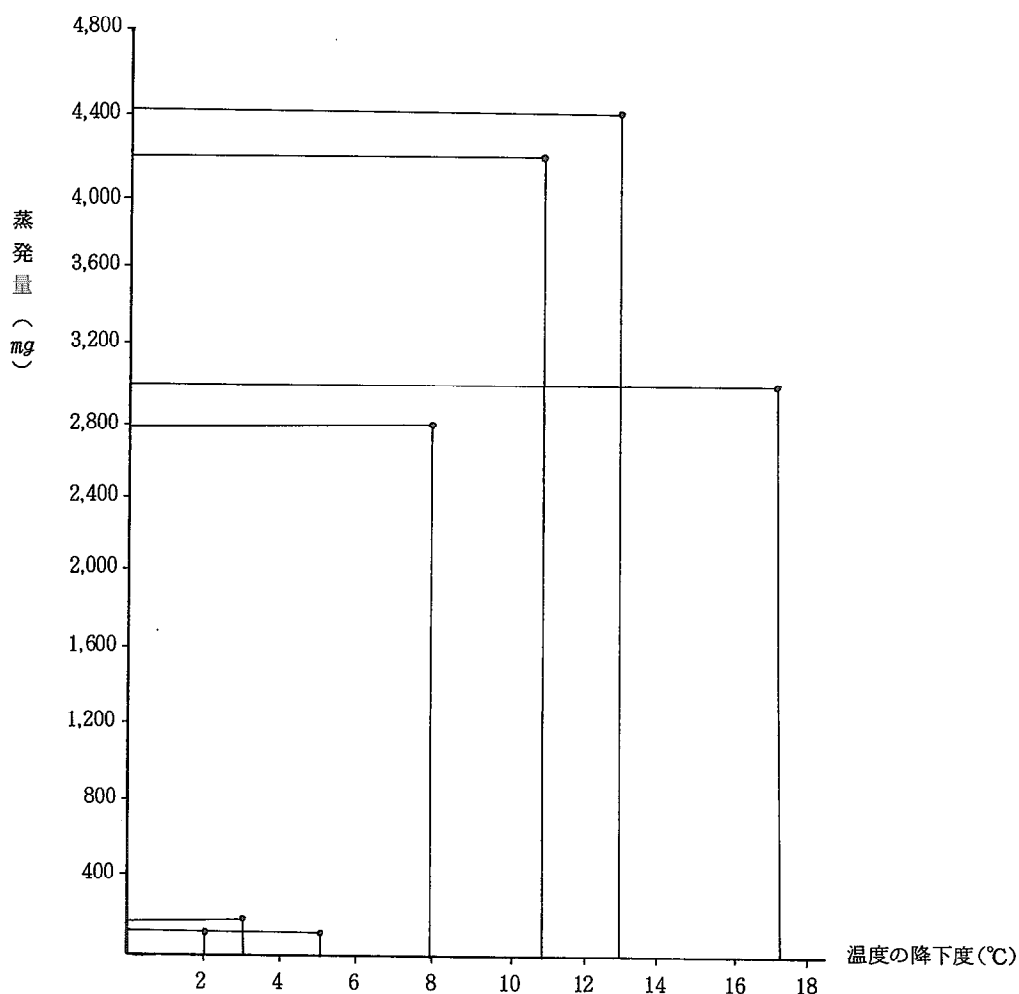


(5) その他の引火性液体の場合（S57年4月23日実施，気温21℃）

蒸発時間PM7時35分～9時（85分間）

物質名	分子量	温度の降下度	はじめの質量	蒸発後の質量	蒸発量 (g)
① コロジオン	58	-17℃	69.31 g	66.25 g	3.06 g
② 酸化プロピレン		-11℃	70.53 g	66.32 g	4.21 g
③ アセトアルデヒド	44	-13℃	71.91 g	67.48 g	4.43 g
④ ピリジン	79	-5℃	82.73 g	82.61 g	0.12 g
⑤ 石油エーテル	112.5	-8℃	80.51 g	77.64 g	2.87 g
⑥ クロルベンゼン		-3℃	77.91 g	77.73 g	0.18 g
⑦ ホルマリン	30	-2℃	76.77 g	76.65 g	0.12 g





Ⅲ おわりに

定時生には授業に熱中する習慣がついてない生徒が多い。目標がなくただ高卒の資格をとるために通学している。昼間のアルバイトや夜ふかし等で疲れている生徒が多い。それで授業に参加せざるを得ない雰囲気を作って授業しないと、大部分の生徒が、私語、いねむり、よそ見などをするようになり、授業を成立させることが不可能となる。しかし、生徒の状況がこんなにきびしくても学校である以上どうしても授業と言えるような授業を創造しなければならないと考え、あれこれ試行錯誤している間に次のことが頭に浮かんだ「夜だから電燈をすべて消せばまっ暗になる。暗い中で燃焼させたり、爆発させたりすると、どんなにやっても注目してくれるであろう」と実施したところ、予想が的中した。それで、しばらくの間は物質を燃焼させたり、爆発させたりしている。状況を見せながら、授業のできるような実験方法の開発に努力したいと考えているので資料がありましたら紹介して欲しい。

第 21 回九高理長崎大会報告

名護商業高等学校 松 田 憲 和

はじめに

今次九高理大会は7月28～29日の2日間、人類最初の原爆被災地であり、坂のある町、西洋文明開化の町で知られる長崎市で開かれた。7月23～24日にかけて長崎地方は565mmの雨量、1時間に153mmの雨量が記録される時間もあり、死者、行方不明者を含めて394人という未曽有の大惨事となってしまった。沖高理事務局の宮城実さんに尋ねたら予定どおり実施するとのこと、さっそく準備にとりかかり7月27日長崎へ向った。長崎空港は晴れだった。空港より時津港へ海上タクシーで行く。時津から長崎へバスで迂回しながら行く。途中、山崩れ、浸水の跡形があちこちに見ることができた。長崎市内は濁流にのまれた跡がなまなましく残っていた。一路大会場のヤタロウインへ急ぐ。10階建の見晴らしのすばらしいホテルであった。

明けて28日研究大会の合い間をぬって、豪雨被災地の市内の浜町を視察、泥が20～50cmつまっている。川沿いはすべてカレキの山、悪臭を放つ、もくもくと家の中から泥をはき出す人、商品を取り出す人、商品から泥を落している人、商品棚をあらっている人、さまざまである。ときどきサイレン鳴らしたパトロールカーに付き添われて救援隊（自衛隊）が通過していく。物見遊山の人人がぞろぞろあるいて行く（私達も含めて）

眼鏡橋、そこは最も被害の多かったところである。その橋の石碑の裏側に「わが国最古のアーチ型石橋である。寛永11年（1634年）長崎興福寺二代住持僧の努力による」ときざまれていた。

長崎市の家々は山の斜面にへばりついて山の頂上までつづいている。道路は狭い、家敷は狭い、おこるべくしておこった感じがする。

研究大会の主催者は坂の町、西欧文明の町、教育の町と言ったが今は豪雨の町、水害の町、悪臭の町と化してしまった。しかしこのような状況にありながら研究大会を開催することができたことは地元関係者のなみなみならぬ努力があったものと思ひ感謝する。さらに長崎市民の皆さんがこの豪雨による天災にまけることなく1日も早くたちなおることを祈る。

I 大会発表内容

発表されたレポート全部で8つあった。化学部会の議題が「理科Ⅰ」の実施を通して、それに続く「化学」の授業をどのように展開するかということもあって、「理科Ⅰ」に関するレポートがほとんどであった。その他には宮崎県日南工業高等学校の馬場章吾氏による「塩（イオン性化合物）の教材化」があった。それには自然界にある物質から単体を取り出したり、塩を取り出したりするものがあった。たとえば酸化鉄から鉄の単体を取り出す方法（テルミット法）、NaClの電気分解によってNaOHを取り出す方法、草木灰からKClの結晶を取り出す方法等の内容であった。ユニークなものとして佐賀県立松島高等学校の小林正幸氏によるPHメーターとマイクロコンピュータを組み合わせる酸の平衡定数測定の研究があった。その測定に用いられた酸にはモノプロトン酸、ジプロトン酸、トリプロトン酸があった。

協議題の“「理科Ⅰ」の実施を通してそれに続く「化学」の授業をどのように展開するか”については大学入試との関係で大学側への質問が多かった。大学側は入試と理科Ⅰ，化学の関連する質問については、いま検討中とのことで十分な答を引き出すことができなかった。

全体会の講演では神戸大学の恩藤知典教授による「分光反射率の測定とランドサット画像（光を環境情報として扱う教材化を志向して）」という題で講演してもらった。地上の物質の反射光を波長域別に分析して地上の環境調査をすることができる。この原理を応じて人工衛星や航空機に多いスペクトル走査計（MSS）を搭載して環境等を調査する方法をリモートセンシング（隔測）といい、実際に撮影された長崎地方の写真を用いて環境状況を説明していた。また先生は「環境認知の主役である物体の色を科学的にとらえる学習，すなわち，光に関する理科の学習が中学１年から高校１年までの４ヶ年間にないということは残念である」と強調された。私達もこのことについて考えて見る必要があると思う。

以上，大会の概要を簡単に述べて来たが最後に「理科Ⅰ」に関するレポートとして大分県の上野丘高校の日高稔氏のレポートを載せて九高理大会の報告とする。

Ⅱ 理科Ⅰの実施を通して，それに続く「化学」の授業内容をどのように展開するか

大分県立大分上野丘高校 日 高 稔

1. 教育課程について

新教育課程において理科必修４単位となり，また新教育課程にもとづく大学入学試験における理科の取り扱いが理科Ⅰと，物理，化学，生物，地学からの選択１科目，の計２科目を共通一次試験に課すようになるとの前提条件のもとで各校ごとに創意工夫に満ちた従来より独自性のある教育課程が組まれている。ただ，普通科進学校においては，大学入試二次試験における理科の取り扱いが不透明であることによる不安要素をかかえたままの教育課程編成であるため，今後二次試験科目がはっきりしてきた時点でそれに対応するよう変更する含みを残しているが，現時点では二次試験は現行のように文系には理科は課されず，理系では２ないし１科目課されることがあり得るという前提をおいて編成している。

1. 六分県における学科別，コース別理科総単位数

普通科理系進学コースでは１４～１８単位であるが，１６以上が約８０％，１８が約３０％である。いっぽう，普通科文系進学コースでは９～１５単位と幅が広いが，１２以上が７０％，１４以上が２５％ある。普通科でコース制をとっていない学校では９～１６単位となっている。

また，実業系の学校をみると，工業科では６～８単位で，６単位が非常に多くなっている。農業科では６～１０単位であるが８が特に多い。

商業科では５～１０単位であるがほとんどが８以下である。その他の実業系では６～９単位となっている。

全体的にみると，最低５単位から最高１８単位までであるが，１８は従来の教育課程でもあったが，５単位は従来の必修６単位が今回の改訂で４単位になったためである。

総 単 位			5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
普通 科	進 学	理 系										1	4	3	7	6
		文 系					1	3	5	11	6	6	2			
		混 合					1		2	4	3	1	1	1		
工 業				14	4	6										
農 業				3	5	19	4	1								
商 業			4	3	5	4		1								
水 芸 家 体				3	2	1	1									

※ 職業科で合計が学校数を上まわっているのは小学科別集計の為

※ 県教委資料より抜粋

2. 理科 I および選択科目の単位数と履習のさせ方

ア. 理科 I

普通科においては、4単位が22校、5単位が13校ある。いずれも第1学年で履習させることにしている。職業科では、第1学年で4単位が6校、その他は4～6単位を第1学年と第2学年に分割履習させている。分割の方法は、2－2、2－4、3－3、4－2、などである。

イ. 選択科目

普通科進学校においては、2ないし1科目の選択とし、それぞれに増加単位をつけているところが一般的である。具体的にみると、理系の者は、物理と化学、あるいは化学と生物、といった2科目選択とし、文系の者は化学、生物、地学から1科目選択とする傾向にある。なかには文系でも2科目選択としている学校もある。

また、2学年ないし3学年に理科Ⅱを設置しているところもあるが、これは理科Ⅰの補充、共通一次試験のための理科Ⅰ補強の為に利用する含みをもっていると思われる。

選択科目の単位数は、1～2の増加単位をつけて、5～6とするところが多いが、全般的には物、化、生、地は6単位、理科Ⅱは2単位が多いようである。

職業科においては、1科目選択が普通であり、物、化、生から1科目4単位、または理科Ⅱ2単位といった傾向にある。

ウ. 教育課程の1例

本校では、ほとんど全生徒が大学進学希望者であり、2学年より文、理系のコースに分けている。文系で14単位、理系で18単位の理科の授業をおこなうことになっている。その教育課程を次に示す。

	1 学 年	2 学 年		3 学 年	
		文 系	理 系	文 系	理 系
理 I	5				
理 II				2	2
物 理			3		3
生 物		4	1 科目 選	3	1科目選2年と同じ
化 学		1 科目 選	2	1 科目 選	3
地 学				2年次と同じ科目	

2. 小, 中, 高の関連から見た化学分野の展開

小 学 校							中 学 校			高 等 学 校	
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	理 科 I	化 学
物質の状態と性質		◦物の水に溶ける様子と水温		◦水温による物の溶け方	◦水溶液の濃さと重さ	◦水溶液の性質	◦物質と反応 ◦物質の様子 ◦物質の状態	◦物質と原子 ◦純物質と混合物	◦物質とイオン ◦水溶液	◦物質の構成と変化 ◦物質の成分元素	◦物質の化学的性質 ◦無機物質 ◦有機化合物 ◦高分子化合物 ◦物質の状態 ◦純物質 ◦混合物
化学反応					◦物の燃焼と空気	◦物の燃焼	◦加熱と燃焼 ◦加熱と分解化合 ◦気体を発生する化学変化	◦化学反応	◦酸・アルカリ・塩 ◦化学反応と熱	◦化学変化とその量的関係	◦化学反応 ◦反応の速さ ◦化学反応と熱 ◦化学平衡 ◦酸と塩基の反応 ◦酸化還元反応
物質の構造								◦原子と分子	◦イオン	◦物質の構成単位 ◦物質量	◦物質の構造 ◦原子の構造 ◦化学結合

3. 理科Ⅰ化学分野と「化学」の内容

単位数の面からみれば、旧課程の化学Ⅰ、Ⅱ 6 単位分のうち、理科Ⅰ化学分野に 1 単位分、選択「化学」4 単位分となり、旧化学Ⅱの中の一部を削除して合計 5 単位相当の内容を高校において扱うことになるわけである。理科Ⅰ化学分野には中学校の復習的内容がかなり含まれており、ややゆとりをもって指導できるが、選択化学は旧課程の一部を削除したとはいえ内容的に豊富であり 4 単位時間では十分でないと思われる。

次に指導要領に示された内容を列記し若干の考察を加えてみる。

ア. 理科Ⅰ化学分野

「物質の構造と変化」という項目で含まれている

- a. 物質の構成単位 原子、イオン、分子を扱うが、電子配置、化学結合を含まない。
この内容は中学校との重複が多い、またイオンを扱うにはボーアモデルを導入した方がわかりやすいと思われる。
教科書での扱いにばらつきが大きく、ボーアモデルや周期表を扱っているものもある。
- b. 物質の成分元素 身近な物質の成分元素を実験でしらべる。
物質に親しませる、ひいては化学に親しませるという点で重要であると思われる。
- c. 物 質 量 上記 a, b が多分に中学校の復習の内容を含んでいるのに対し、この内容は高校において初めて学ぶものである、モル概念の習得をねらいとする。原子量、分子量、化学式量をモルとの関連で理解させる。溶液のモル濃度を扱う。
- d. 化学変化とその量的関係 化学反応における量の関係をモルとの関連で理解させる。
化学反応式の示す量的関係を学ぶわけで、これも c とともに理Ⅰ化学分野の重要事項である。

イ. 「化学」

旧課程にくらべて、物質に親しみ、物質の性質になじむようにすることが強調され、実験、観察を通して物質の基本に関する概念を習得することが重要とされている。

「化学」は旧課程化学Ⅰの中の理科Ⅰにまわった事項を除くすべての内容、と化学Ⅱの中の削除された事項を除くすべての内容を含んでいる。

旧課程にあって今回削除された内容は次のようなものと思われる。

オービタルおよびその関連事項、 反応の進み方（律速段階、乱雑さ）、 平衡定数（圧平衡定数、濃度平衡定数）、 溶解度積、 錯イオンの構造、 水素結合、 極性

次に指導要領に示された「化学」の内容を列記し、若干の考察をしてみる。

1. 物質の化学的性質

- a. 無機物質 単体 化合物 イオンの確認
とりあげるものとして Na, K, Ca, Al, Cu, Ag, Fe, Cl, Br, I,

F, S, Nなどの元素が関係する主な物質およびイオンとされている。教科書をみると実に扱いにばらつきが大きく、どのような物質を教えればよいかについて大きい問題点があるようである。イオンの系統分離は除かれている。

- b. 有機化合物 特徴, 炭素, 水素, 酸素からなる化合物, 窒素を含む化合物
性質や反応を構造と関連づけて扱うことになっており, 従来とあまり変更はない。扱う物質も教科書による差異がそれほど大きくない。
- c. 高分子化合物 天然高分子, 合成高分子 産業や生活に関係が深いことを認識させるすうに留意する点が従来といく分視点が異なっている。

2. 物質の状態

- a. 純物質 気体 液体 固体 三態変化や結晶格子を扱う
- b. 混合物 気体の分圧 溶液 コロイド溶液 溶液については溶解性と溶媒, 溶質の性質の関係を扱う。沸点上昇と凝固点降下は定性的に扱うようになったが, 教科書はどれもほとんど定量的に扱っている。

3. 化学反応

- a. 反応の速さ 速い反応と遅い反応 触媒
エネルギー的扱いは軽くする。この点は従来とかなり異なる扱い方である
- b. 化学反応と熱 反応熱 熱化学方程式
- c. 化学平衡 可逆反応 平衡の移動 平衡は定性的に扱うことになっており平衡定数による扱いをしない。
- d. 酸と塩基の反応 酸, 塩基, 中和, 水素イオン濃度
水素イオンの授受により統一的に酸塩基反応を説明できることを理解させる。酸塩基反応を水素イオンの授受で説明することは中学校での扱いを発展させることになる。酸塩基の強弱は定性的な扱いとする。
水素イオン濃度とpHの関係を理解させ, その実用性をも教える。
- e. 酸化還元反応 酸化, 還元, 電気分解, 金属のイオン化傾向, 電池
酸化還元は電子の授受を中心に扱う。

4. 物質の構造

- a. 原子の構造 原子構造のモデル, 核外電子配置, 元素周期表
ボーアモデルにとどめるよう明記されている。化学Ⅱで扱った内容は全く扱わないこととなる。電子配置は原子番号18まで, 周期表は第3周期まで扱うこととされて化学Ⅰと同程度の扱いとなっている。
- b. 化学結合 イオン結合, 共有結合, 物質の構造と性質
分子の形についてはメタン, 水などごく簡単なもののみについて扱う。
物質の構造と性質については, その結合の様式のちがいから, 塩, 分

子性物質、金属に分けられることを教える程度とされている。これらは化学Ⅱの内容からみればかなりやさしくなっている。

4. 理科Ⅰ化学分野と「化学」の接点

指導要領では理科Ⅰと「化学」でそれぞれ扱う内容が明確に示されているが、教科書では重複がかなりある。実際に「化学」の内容を授業展開する場合、理科Ⅰでの内容との関連事項の扱いが問題点となると思われる。この重複部分を「化学」で扱うか理科Ⅰで扱うかは理科Ⅰの授業時間数と関係してくるが、理科Ⅰ化学分野の指導要領に示された内容の理解を深め、理科Ⅰの目標とする物質観を得させるには理科Ⅰで扱う方がよいと考えられるものもある。それらのおもな事項を次にあげてみる。

ア. 物質の構成単位	電子配置（ボーアモデル）	原子の構造	周期表
イ. 物質量	気体の体積のモルについて標準状態以外の場合（状態方程式）		
ウ. 成分元素	混合物としての溶液、溶解度		

5. 「化学」の内容を展開する上での問題点

1. 教科書によって扱い方にばらつきが大きいので、どのように内容を精選すればよいのか。

大学入試（共通一次、二次を含めて）問題との関連で扱う内容、程度について、不安がつきまとう。とくに、無機物質の扱い、沸点上昇・凝固点降下の定性的扱い、周期表の第3周期までの扱い。など。

2. なるべく物質に親しませるようにするために実験、観察を通して生徒の手に物質をふれさせるようにしなければならないが、安全対策、安全教育をとくに従来以上に重視しなければならない。
3. 実験については教科書によっても差異はあるが、一般に23テーマ前後の項目がとりあげられている。これらは生徒実験であるので、物質の化学的性質を扱う場合物質ごとに供覧実験をとり入れるとすれば4単位時間では明らかに不足であり、実験に使う時間は1単位分に相当すると思われる。実験、内容の豊富さから考えて2単位程度の増加時間は最低必要であろう。

活力ある定時制高校をめざして

(その1 化学の実験法の開発と実践)

那覇工業高等学校定時制 久 高 興 祐

I この研究、実践が出てきた背景

<1>この研究、実践を計画した動機

私は教員になって今年で満20年になる。前半の10年間は全日制高校に、後半の10年間は定時制高校に勤務している。私は全定両方に10年間ずつ勤務した経験から、ある生徒が全定いずれの高校で学んだ方がよいかについて次のように考えている。授業時間中はもちろん、放課後も自分の計画に従って、自主的に勉強又はクラブ活動等に熱中できるような生徒は時間的にゆとりのある全日制高校で学んだ方がよいが、勉強もろくにしない、クラブ活動もしないような生徒は定時制高校で学んだ方がはるかによいと思う。なぜならそのような生徒達はやりたい放題な生活をして育ててきている場合が多いので、考え方があまい上に根性もない。それで1日に6時間も授業をするような全日制高校では耐えることができないと思う。またこのような生徒達は全日制高校へ行くと放課後は熱中することが何もないので、時間とエネルギーをもて余すことになる。それで似た者同志が集まって、オートバイを乗りまわしたり、非行に走ったりすることになる。さりとて、アルバイトをさせようとする、午後5時から夜間の仕事になってしまう。この時間帯のアルバイトにはろくなものがない。それでこのような生徒達は定時制高校へ入学させて昼中はアルバイトをさせ、汗を流して働かせることによって性格をたたき直し、社会の厳しさを知らせながら夜学校で学ばせた方が本人のためにも、また全日制高校の雰囲気をよくし、オートバイ事故や非行を少なくするためにもはるかによいと思う。私は定時制に勤務して10年になるが、昼中一生懸命働き、夜毎日学校で学んでいる生徒が、オートバイを乗りまわして遊んだり、非行に走ったりする生活を続けているのを1度も見たことがない。もちろんそのような生徒でも、時にははめをはずすことがあるが、そのような生徒の生活は、アルバイトと勉強が支えているので、はめをはずしても1時的なものであって、長続きすることはない。従って私は熱中してやることなく、時間とエネルギーをもて余している高校生を教育する場としては、定時制が最良だと思う。現在、問題を起こしているのは熱中してやるのがなくて退屈している生徒達である。従って、彼らでも退屈させないようにすれば問題を起こさないのである。日夜勉強やクラブ活動に励んでいる生徒も多いのに、何もしないで遊んでばかりいる生徒がいるのは不公平でもあるし、教育上も重大問題である。それで退屈する生徒がいないようにするために勉強もしない、クラブ活動もしない生徒は働かそうというのである。では現在の定時制高校は、全日制高校で時間をもて余している生徒達に、「定時制の方が充実した生活ができるので、ぜひ来い。」と大声で言う状況にあるかと言うと決してそうではない。現在の定時制高校は<2>で述べるように難問が山積している。しかし私は腰をすえて、定時制教育に取り組む教師が増えて、<3>で述べるようなことが実施できるようになれば、必ず昼間はアルバイトを通して働く喜びを知り、夜は学校

で仲間と共に学ぶ喜びを味わえるような充実した生活ができ、しかも活気に満ちた定時制にすることが可能だと思う。そう信じて本テーマを設定し、研究、実践することにした。

<2>定時制生徒の現状

(1) 基礎学力が極端に弱い。

小学校程度の漢字の読み書きが十分にできない。かけ算九九さえ十分できない生徒がいる。加減乗除が十分できない生徒が多い。彼らは小学校や中学校で学んだことがほとんど頭に残っていない。

(2) 大部分がやればできる生徒である。

しかし熱心に学習してもダメな生徒はごくわずかである。去年私が担任だったクラスは35人いた。その中でこの生徒は熱心にやっても人並にはできないだろうと思われる生徒は2人しかいない。しかしやればできると言っても限界がある。彼らは地道に勉強したことがないし、忍耐力もないので、一步一步知識を積み重ねていかないと理解できないような内容になると、「先生何の説明をしているの」と言って怒り出す者も出るしまつでもうお手上げである。

(3) 基本的習慣が確立されてない。

では、大部分がやればできる生徒達なのに、彼らはどうして小中学校で学んだことがほとんど頭に残っていないのだろうか。彼らは小学校から今日までやるべきことをやるべき時にやらないで、やりたい放題な生活をしてきたからである。もし彼らが小学校の頃から予習復習を確実にやり、まじめに授業を受けていたなら、90%以上の生徒が落ちこぼれないですんだであろう。かれらはまじめにやればできるのに、まじめにやらないのである。このような生徒達は、親や教師のことをあまりきかないので学習指導ばかりでなく、生活指導もむづかしい。大部分がこのような生徒達であるところに、定時制教育のむづかしさがある。

(4) 集中力がない。

彼らは小学校から今日まで、まともに学習したことがほとんどない。彼らは一斉授業では熱中することができないのである。それで講義中心の授業をすると、5～10分もたたないうちにいらする者、いねむりする者、ポカンとする者、別のことを考えている者等がどんどん増え、授業らしい授業ができなくなる。

(5) 体を動かす授業なら熱中してやる。

彼らは座学には熱中できないのに、体育実技や電気、機械、自動車科等の実習はそれにこそ熱中してやる。彼らは座学には熱中できないのにどうして実技や実習には熱中できるのだろう。ここに座学にも熱中させる重要なカギがあると考えて、彼らに面接したり、実習を担当している先生方の意見を聞いたりしたが、この件については、Ⅱの<1>でくわしく述べることにする。

(6) 夢も希望もない

彼らはかけ算九九さえ十分でない。教科書もろくに読めないのである。それで彼らは高校の4年間を一生懸命勉強しても、有名大学や公務員試験、大企業等の試験に合格できない。つまり彼らは、4年間一生懸命勉強しても、またしなくても、同じ大学や職種にしかつけないと信じきっているのである。それでこつこつと勉強させようとあの手、この手を使ってもなかなかその気になってくれない。

(7) 学習意欲がない。

目標を持ち、こつこつと勉強している生徒が、彼らのまわりにはほとんどいない。彼らのまわりには学習せざるを得ない雰囲気がないのである。それで彼らは勉強しに学校へ来るのではなくて、高卒の証書が欲しいので学校へ来るといった感じである。

<3>活力ある定時制にするには

(1) 腰をすえて定時制教育に取り組む教師をふやすこと

定時制高校は発足してしばらくの間は、「経済的には恵まれていないが、向学心の旺盛な生徒達が学ぶ学校だった。」従って当時は、全日制高校と同一の教科書を使い、同一の方法で授業をしても生徒はついてきた。ところが現在では<2>で述べたように、基礎学力が極端に弱い上に学習意欲がない等多くの問題をかかえている生徒達、すなわち全日制高校へは合格できないような生徒達が学ぶ学校になってしまった。従って現在では、全日制と同一の教科書を使い、同一の方法で授業をすると生徒がついてこないのは当然である。それで定時制に勤めている教師は、皆現在の生徒達にマッチするような教材の開発や授業方法、授業形態等の研究の必要性を痛感している。また生徒のアルバイトについても発足、当時の生徒達は昼間一生懸命アルバイトをしないと生活できないような家庭の子弟だったので、彼らの昼間の生活について特に注意を配らなくても問題は起らなかった。しかし現在は、アルバイトをしないと生活できないような家庭の子弟はごくわずかである。従って昼中、似た者同志が集ってオートバイを乗り回したり、ブラブラして遊んでばかりいる生徒、アルバイトをしても長続きしないでやめてはやめ、やめてはやるといった生活をくり返している生徒、アルバイト料のすべてを遊興費にあてている生徒など、彼らの昼間の生活やアルバイトのやり方についても指導を要する点が多い。しかし、全定の移動が激しく、定時制教育に腰をすえて取り組む教師が少いので、組織的にこのような問題に取り組むことができない。グループでこのような問題にどう対処するかについて研究しようとしても、次々と転動していくのでどうしようもない。定時制の条件を整備して、長期にわたって定時制教育に取り組む教師を増やしないと活力ある定時制にすることはできないと思う。

(2) 生徒が真剣に取り組む授業を創造すること

学校生活を有意義なものとし、退学者をなくす上で、最大のウエートを占めるのが授業の問題だと思うが、この件についてはⅡで詳述するのでここでは省略する。

(3) 昼中は必ず働かすこと

高校生にもなれば、1人前の青年である。青年が昼の大切な時間を勉強もしない、働きもしないで遊んでばかりいるということは、本人の将来のためにも、また、社会的にも大きなマイナスである。彼らが健全な遊びをするなら、黙認もできるが暇があるとオートバイを乗り回して交通事故を起こしたり、喫煙、異性交遊等の非行に走って他人に迷惑までかけるので容認できない。昼中まじめに働き、夜10時頃まで学校で熱心に学べば下校する頃には、「今日もまじめに働き、熱心に学んだという満足感と疲労感を覚え、早く帰宅して寝たくるのであって深夜徘徊などする気は毛頭起らなくなる。それで病弱者や昼中専門学校へ通って勉強する者以外はたとえ経済的に恵まれていて、アルバイトをする必要のない家庭の生徒でも、働くのもだいたいな学習(勤労体験学習)なので、全員働かせるべきだと思う。ところが現在のところ教師間でさえ経済的に困

ってなければアルバイトさせる必要なしとか、アルバイト先で悪い遊びを覚えたり、悪い友人ができたりして困るという意見もあるので、アルバイトをした方がよいと統一して指導できる状況にない。それでアルバイトを全くしない者、やっても長続きしない者が多く、年間を通じてまじめに働いている者は多くない。しかし私は特別の生徒以外は、全員昼はまじめに働かせ、夜は学校で熱心に学習できるような授業を創造すれば必ず、活力のある定時制にすることが可能だと信じる。ではいかにして全員働かすかが問題であるが、このことについては次年度の課題にして、今回は生徒が真剣に取り組む授業の創造について述べることにする。

II 研究、実践したこと

<1>授業方法

I の <2> で述べたように定時制の生徒達はほとんどが夢や希望を持ってない。大部分の生徒達が高校へは勉強しに入学したのではなくて、高卒の資格をもらいに来ている。それで授業中에서도、学習せざるを得ない雰囲気を作って授業しないと、ポカンとして何も考えないで坐っているもの、いねむりしている者、よそ見をしている者、私語ばかりしている者等がどんどん増え、授業を成立させることが不可能となる。それで怠けられない方法で授業しなければならない。いろいろ試みた結果、次の方法が一番効果があることがわかった。①化学の授業は実験でも、座学でもすべてプリントにより課題形式で行い、必要事項を記入して毎時間提出させ、それを採点して評価の対象とする。②教師による説明は最小限にとどめ、可能な限り自分で考えたり、教科書で調べたり、お互いに教え合ったりして解答させるようにする。③定時制の生徒達は自信がないのであきらめやすい。それで問題が少しでも複雑になるとあきらめて、考えようとしなない。それで、問題が複雑になればなるほど（ ）数を増やしていき、段階をふんで（ ）の中に途中の答をどんどん記入しながら一步一步目標へ追っていくような形式の問題にする。このような要領で毎時間提出させ、採点をし評価する方法で授業すると、全員がそれこそ一生懸命学習する。しかしこれだけでは問題は解決しなかった。確かにこの方法で授業すると一生懸命やりはするが、この方法は講義中心の授業よりきついで、この方法を続けていると次のような声が増えしてきた。「化学は生活する上でも、また将来仕事をする上でもそれほど役立ちそうにないので、こんなに苦労してまで学ぶ必要はない。他の先生方と同じように講義中心の授業にしてくれ」つまり生徒達は、生活する上で又は仕事をする上で役立つと考えられる内容の授業ならば、また興味の内容ならばどんなに苦しくても耐えるが、こんな勉強をして何するんだらうと疑問に思われる内容の授業なら苦労して学ぶ必要がないと言うのである。それで教科書や実験書の内容を検討することにした。

<2>教科書、実験書の検討

現在の高等学校の化学を体系化された学問として系統的に無駄なく教えるようになっている。従って実験書も教科書のそのような姿勢を受けて学問的な内容を指導するのに都合のよい物質を使って、原子論、分子論、エネルギー論的な観点から迫っていくようになっている。このような迫り方は小中校の理科を十分理解し、粒子概念や物質観などのほぼ確立されている生徒にとっては、小中校でちがう学年や単元で学び相互に関連がないと思っていたことが、原子論や分子論

エネルギー論的な立場から迫っていくと相互に密接な関連があり、しかも理路整然と説明できることが理解できるので、体系化された学問のすばらしさに感動するでしょうが、定時制の生徒のように小中校の理科がほとんど頭に残ってない者にとっては、このような指導のやり方は小学生に体系化された学問を教えるに等しいので、理解できるはずがない。それで教科書に従って授業すると、彼らにはこんなわけのわからないことを勉強しても何の役にもたたないということになるのである。それで、ガソリン、灯油、プロパンガス、シンナー類などのように日常生活でよく使われている物質を使って、ガス爆発はどんな条件が揃った時に起こるのか、化学火災を防ぐにはどうすればよいか、粉末消火剤やハロゲン化物消火剤はどんな機構で消火するのかといった日常生活と関係の深い化学現象を教材化すれば興味ある授業ができるのではないかと考え、研究を重ね実践してみた。

＜3＞自主編成した内容

自主編成する際に着目したこと

①本校は自動車科、機械科、電気科などの科のある工業高校である。従って溶接の際に使用するアセチレンガスや自動車と関係の深いオクタン価やガソリン等に関する実験は興味を示すであろう。②定時制の生徒は読解力がすごく弱いのでなるべくやさしい文章で短く書くこと。③ほとんどの生徒が予習、復習を全くしない、それで前に学んだことがわからないと理解できないような授業、つまり基礎を固めながら一步一步階段を上がっていくような授業をすると、前に学んだことが頭に残ってないので失敗する。それで前に学んだことがわからなくても、その時間に一生懸命やればわかるような授業をしなければならない。

自主編成した項目

- ① 温度の降下度と分子量
- ② 温度の降下度と揮発性（蒸気圧）
- ③ 温度の上昇度と潮解性
- ④ 温度の上昇度や降下度と凝縮熱、気化熱
- ⑤ 温度の上昇度や引火危険性
- ⑥ 自作蒸気圧測定装置を使った実験
- ⑦ 分子量の大きさとガス、蒸気の移動
- ⑧ 酸化剤、還元剤と第一類危険物
- ⑨ 黄リン、赤リン、イオウと第二類危険物
- ⑩ アルカリ金属と第三類危険物
- ⑪ 引火性液体と第四類危険物
- ⑫ 有機硝化物と第五類危険物
- ⑬ 強酸と第六類危険物
- ⑭ 可燃物の化学的性質と消火剤の選択法
- ⑮ ガス爆発事故と酸欠事故
- ⑯ ガス爆発とオクタン価
- ⑰ 環境汚染物質と公害

自主編成した上記のような内容を目玉にして、これと教科書、実験書にある容量とを適当に組み合わせ、授業した結果、むずかしくてわけのわからないことを学んで、何のためになるのかという生徒は全くいなくなり、ほとんどの生徒が興味を持って授業に取り組むようになった。そして中間テストや期末テストの平均点も教科書どおりの授業をしている時には40点前後だったが、今では60点前後にまで上がった。中には74点のクラスもあり、学期末の成績処理には平均点を60点に落とすのに苦労し、次回からはテスト問題を少しむずかしくしようと考えたほどである。次に編成した前述の①～⑩の項目をどのように展開して授業したかについて述べる。しかしすべてについて述べることは不可能なので開発、実践した実験のいくつかを紙面の許す範囲内で述べることにする。

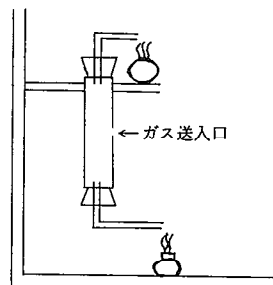
<4>開発、実践した実験

(1) 実験1 ガスや蒸気の分子量とガスの移動

- ① 目的、ガスや液体の蒸気はそれらの分子量が空気の分子量よりも小さい時は上方へ滞留し、大きい時には下方へ滞留する。従って空気よりも軽いガスや蒸気を使用する室内に設置する換気扇やガス警報器は上方へ、空気よりも重いガスや蒸気を使用する室内では下方へ設置した方が効果的であることを知らせる。

② 実験装置

右図のように内径1.5 cm、長さ70 cm位のアクリルパイプの両端にゴム栓をし、このゴム栓にガラス曲管を挿入する。この曲管の口の方へアルコールランプの炎がくるようにアルコールランプを置く。



③ 実験方法

ガスビューレットでガス送入口から40 ml位のガスをおだやかに送入する。するとそのガスが水素ガスのように空気より分子量が小さいならば上方へ移動し、上方のアルコールランプの炎で点火して上方で爆発する。しかし、そのガスの分子量がプロパンやブタンガスのように空気の分子量よりも大きいならば下方へ移動し、下方のアルコールランプの炎で点火して燃焼する。

④ 生徒の反応

「空気中にもれたガスは、水中にある物質が水よりも比重が小さければ上方へ移動して浮き、比重が大きければ下方へ移動して沈むのと全く同じような移動をするんだ」と言ってその以外性に感動する。

⑤ 参考

この実験装置はガス爆発事故をなくする目的で漏洩ガスは空気中でどのように移動するかを生徒達に知らせるために私が考察し、製作したものである。

(2) 実験2 蒸気の分子量と蒸気の移動

- ① 目的、ガソリンやエーテルなどのように揮発性が大で、しかも分子量が空気よりも大きい可燃性液体の蒸気は低く遠くへ流れるので風上や高台で取り扱う場合には点火源に気をつけないと蒸気が思わぬ所まで移動し、火災を起こすことがあることを知らせる。

② 実験装置

右図のように、アルミ板、又はトタン板製の雨どいを45°位の勾配にして置く、そしてこの雨どいの下端にアルコールランプの炎がくるようにし、上端にガソリン又はエーテルをしみこませた脱脂綿をおく。

③ 実験方法

雨どいの下端にあるアルコールランプに点火した後、雨どいの上端にガソリン又はエーテルをしみこませた脱脂綿をおく、しばらくすると、蒸発したガソリン又はエーテルの蒸気が下方へ移動し、その蒸気がアルコールランプの炎の近くまでくると引火する。

④ 生徒の反応

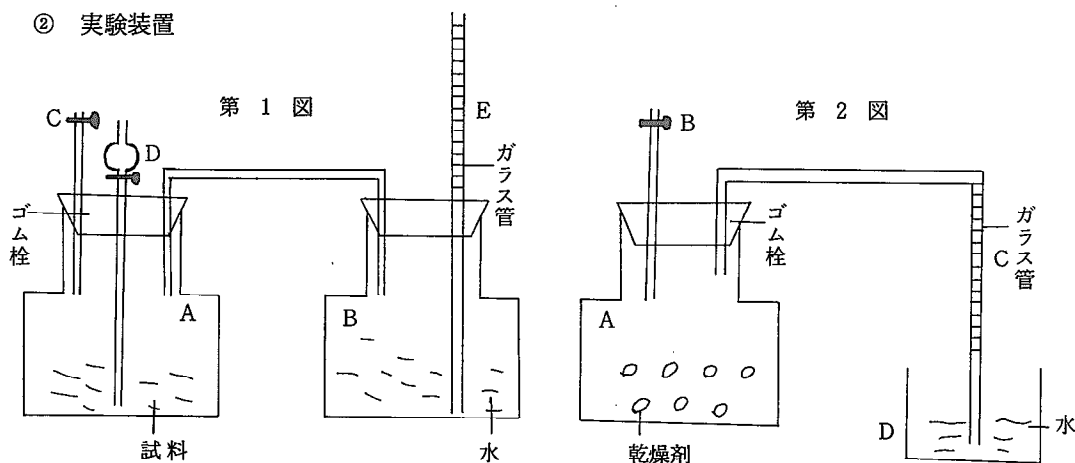
この実験を夜電燈を消し、暗い所で供覧実験して見せると、引火した炎が音を立てながら雨どいを上って行き、最後には脱脂綿の所まで達して大きく燃え上がるので、無気味でマジック的でさえある。それで生徒はすごく興味を示し、「ヒルマサンヤー」を連発する。この実験を見せた時、定時制は夜なので燃焼や爆発実験のように炎の出る実験は興味をもたせる上で効果が大であると強く感じた。

(3) 実験3 自作蒸気圧測定器を使った実験

① 目的、①液体にはすべてその温度におけるその物質特有の蒸気圧があることを知らせる。

②蒸気圧は温度により変化することを知らせる。③蒸気圧の大きさは物質により大差があることを知らせる。④この装置によりある物質が潮解性又は吸湿力があるかどうかや乾燥剤の強弱等を判定することができることを知らせる。

② 実験装置



第1図は液体の蒸気圧を測定する装置である。Cのコックを開け、Dより試料の蒸気圧の大きさを測定できる。第2図は乾燥剤の乾燥力やある物質の潮解性や吸湿性の有無を判定する装置である。Aに乾燥剤や吸湿性のある物質を入れ、コックBを閉じると吸湿力の大きさに応じてDの水がガラス管Cを上がるので、上がった水の高さにより、乾燥力や吸湿力を比較することができる。

③ 参考、この装置も私が考察し製作したものである。この装置で実験させると生徒達は蒸気圧

が水を押し上げるので、蒸気圧の大きさにびっくりする。エーテルの蒸気圧は特に大きいので生徒達をびっくりさせるには最適である。

(4) 実験 4 気化による温度の降下度の測定

- ① 目的、④液体を温度計の球部につけ放置した時の温度の降下度とその液体の分子量との間にはどんな関係があるかを知らせる。⑤温度の降下度とその液体の揮発性（蒸気圧の大きさ）との間にはどんな関係があるかを知らせる。⑥降下度とその液体の引火危険性との間にはどんな関係があるかを知らせる。

② 実験方法

別々の試験管に $\frac{1}{5}$ 位ずつ種々の可燃性液体を取り、この試験管に温度計の球部をつっこんで球部に可燃性液体をつけたまま、空气中に放置する。すると温度計の球部で液体が蒸発する時、気化熱をうばうので揮発性の大きい液体ほど温度が降下する。蒸発が終り温度計の温度が上昇しはじめると温度計の球部を再び試験管の中につっこんで球部に液体をつけ、すばやく空气中に出して放置する。この操作を3回くり返し行い3回目の最低の温度をその液体の温度の降下度とする。同じ要領で他の液体の温度の降下度も測定する。このようにして測定した温度の降下度と分子量、蒸気圧、引火危険性との関係をグラフ化すると温度の降下度、つまり蒸発速度と分子量、蒸気圧、引火危険性等とが密接な関係があることを生徒に知らせることができる。

③ 生徒の反応

同族の液体、例えばアルコール類か酢酸エステル類の中から同族の物質を5種類位選んで、それらの温度の降下度を測定し、温度の降下度と分子量、蒸気圧、引火危険性との関係をグラフ化すると、鮮明な関係が出てくるので生徒達は温度計1本だけでもいろいろ工夫すれば種々のことを調べることができることに気づき感心する。

(5) 実験 5 凝縮による温度の上昇度の測定

以下省略

(6) その他の実験項目

この他にも次のような実験を開発し実践しているが、紙面の都合上これらすべてについて詳述することができないので項目のみ列挙する。

- ① ガス爆発と燃焼範囲（生） 生徒実験のこと

- ② 可燃物の性質と消火法の選択（供） 供覧実験のこと

- ③ 着火温度の低い物質（供）

- ④ 危険物の混合発火

その1：第1類と第2類の混合（供）

その2：第1類、4類、6類の混合（供）

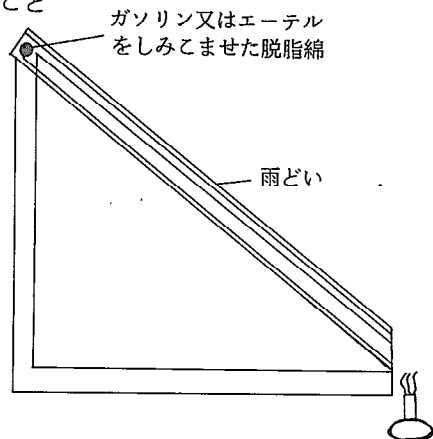
- ⑤ 酸化剤は燃焼へどんな影響を与えるか（供）

- ⑥ 還元剤は燃焼へどんな影響を与えるか（供）

- ⑦ 燃焼を押える物質にはどんなものがあるか（供）

負の触媒

- ⑧ 温度の上昇度と潮解性、吸湿性、化学結合（生）



Ⅲ おわりに

ガソリン、プロパン、シンナー等のように日常生活でよく使われている物質を使って、ガス爆発や火災、消火等のように生活と密接な関係がありしかも化学の基礎的事項も指導できるような内容の教材を自主編成し、実験もそのような内容の理解を深める内容のものや、変化とスリルに富んでいるが安全に実施できるようなものを開発し、授業法も教師中心の一斉授業ではなくて、プリントによる課題形式にして可能な限り自力又はグループでお互いに教え合って解答し、毎時間提出させそのプリントを採点して評価の対象にするような形式で授業すると、大部分の生徒が興味を増し、それこそ一生懸命に授業に取り組むようになった。従ってテストの成績も良くなり、以前平均点が40点前後だったのが今では60点前後まで上がった。故に長期にわたって定時制教育に取り組む教師が増え、定時制生徒の実状をよく理解し、彼らの要求にこたえられるような教材を開発して授業すれば、定時制でも必ず全員が真剣に取り組む授業ができることがわかった。次に定時制教育を成功させる上で大きなウェイトを占めるのが彼らの昼中の生活を支配しているアルバイトであるので、これについての研究も重要であるがこれについては次年度の課題にする。全員が真剣に取り組む授業を創造し、全員が単なる金もうけではなくて勤労体験を通して、勤労の意義、社会のきびしさ、自分の適性、社会のしくみ等を学び、根性や忍耐力を養成するためにアルバイトをするんだといった目的意識を持ってアルバイトをさせることに成功すれば定時制教育は必ず成功すると思う。定時制教育が成功すれば全日制の教育も必ず向上すると思う。なぜなら現在全日制教育の足を引っばっているのは、目標も学習意欲もないのに親のすすめによるか、みんなが行くから行って見ようといって全日制へ入学し、勉強もクラブ活動もしないで遊んでばかりいる生徒達である。このような学習意欲のない生徒達は全日制高校へ行って放課後、オートバイを乗り回したり、非行に走ったりするよりは定時制高校へ入学して、昼中は一生懸命働き、夜学校で学習した方が暇をもて余すことがないので本人のためにも社会のためにもはるかに良いのだという世論づくりをして定時制高校へ入学させるようにすれば全日制高校へは学習を一生懸命するか、クラブ活動を一生懸命する生徒ばかりしか集らないので学習指導もクラブの指導もしやすくなり、全日制の質もぐんと向上すると思う。そうならば全日制高校も、定時制高校も活力のある学校となり時間やエネルギーをもて余す生徒は0に近くなるであろう。それを目指して研究を続けたい。

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の必要な事項。

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。