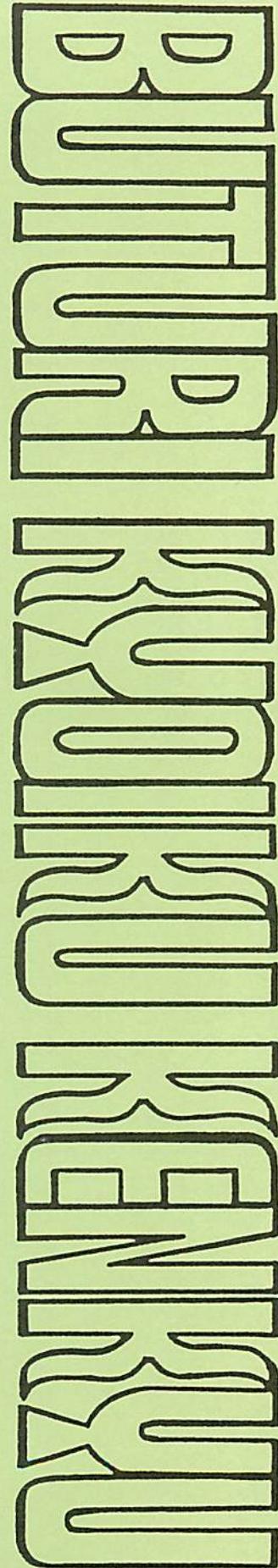


y. nakanishi

物理教育研究

日本物理教育学会北海道支部

Vol. 24, 1996. 5



目 次

卷 頭 言

副支部長 斎 藤 孝

研 究 論 文

・高校理科における環境教育の現状と展望

函館大学付属女子高等学校	片 岡 久 明	1
北海道教育大学函館校物理学教室	下 山 雄 平	1

・環境物理教育序説

函館大学付属女子高等学校	片 岡 久 明	5
北海道教育大学函館校物理学教室	小 松 智 広・下 山 雄 平	

・水の粘度測定を学生実験に取り入れて

北海道工業大学	峰 友 典 子・三 好 康 雅	9
---------------	-----------------------	---

・人間の静電容量を測る

北海道工業大学	三 好 康 雅・峰 友 典 子	14
---------------	-----------------------	----

・ケプラーの第三法則の実験

北海道札幌南陵高校	佐 藤 和 宏	17
-----------------	---------------	----

・光センサーによる3桁精度の重力加速度の測定

北海道札幌南陵高校	菅 原 陽	20
-----------------	-------------	----

・電流による発熱

北海道立理科教育センター	大久保 政 俊	26
--------------------	---------------	----

調 査 研 究

・科学学習センターの活動内容と科学教育への提言

北海道立理科教育センター	永 田 敏 夫	32
--------------------	---------------	----

調 査 報 告

・高校物理教育の現状調査

北海道大学高等教育機能開発総合センター	細 川 敏 幸 他	42
---------------------------	-----------------	----

・放射線によるアンケート調査

札幌市立開成高校	鶴 岡 森 昭	50
----------------	---------------	----

実 践 報 告

・地域の文化に貢献する科学教育のあり方

北海道理科教育振興協会	斎 藤 孝・奈 良 英 夫・永 田 敏 夫	55
-------------------	-----------------------------	----

・実験教材開発グループの結成と科学の祭典による市民への普及活動 北海道立理科教育センター 永田 敏夫 75	
ティールーム	
・おーろら・極寒の地 隊内 信 80	
・ホームページ開きました。インターネットを活用する高校「物理II」課題研究 北海道函館中部高等学校 関川 準之助 82	
・私と物理とコンピュータ 北海道苫小牧西高等学校 大阪 厚志 84	
支部規約 85	

卷頭言

副支部長 斎藤 孝

1996年度の国家予算で、前年度比20%増と一番多かったのが、科学技術振興費であった。そのうち若手研究者育成、新技術研究推進等に約2000億円以上が当てられている。それと比較して文部省予算で全国の小学校、中学校、高等学校への理科教育振興費は約20億円である。この大きな違いは何故だろうか。

橋本首相の施政方針演説では、「科学技術創造立国」を目指して、政府研究開発投資の倍増を早期に達成するよう努めるとともに…中略…若手研究者の支援・活用や若者の科学技術離れ対策といった科学技術系人材の養成・確保など、科学技術の振興を積極的に図ってまいります。と述べている。

昨年、科学技術庁所管の新技術事業団の講師の方が来道され人材育成にも触れ講演された。その際、学校教育での創造性育成について質問したところ、なんと明確に「学校教育には期待していません」「学校教育は科学を嫌いにさせる」と言われた。極めて残念だが、この考えが今の日本の科学行政に携わる人々の大半の考え方と思われる。

また昨年、青少年のための科学の祭典に協力してくれた、デモンスト레이ターの学校の先生方でさえ、アンケートの結果では、科学に興味を持たせるには、学校よりも社会の場が良い、との答えが一番多く、今の日本社会の中では、学校での教育がそれを担えない事を暗示している。

国の将来は、当然青少年が担うので、その教育に希望を託すのが普通である。ところが日本の科学教育に関しては上記のような深刻な問題を含んでいる。

科学行政の方も、科学教育の先生も、《21世紀を展望した個性や創造性重視の教育》（施政演説より）を大切にしたいと思っているに違いないが、現実の社会がそれを許さない。国は創造的経済社会を構築するため、新技術開発のために大きな予算をつけ早急に若手研究者の活用・育成が必要である。また国民は高い教育費を塾などに払い、進学などのために受験理科の勉強に追われている。国も国民も、目前の実用や利益を追い求め成功してきた現在の日本がある。しかし、いま日本社会は疲弊していると思う。

この走り続けてきた日本の科学振興の中に欠けていたと思われるものがある。それは遊びである。あるいはゆとりかもしれない、もともと科学は知的活動で面白いものである。現役を退職して思うことは、物理だからといってなにも教育や研究にこだわる必要はない生活の中の一つのものと考える。よく学びよく遊ぶことを忘れていたと思う。幸い私達の北海道支部がサポートしている科学の祭典は、他で見られない程楽しく賑やかである。この楽しさを育てる事が、困難な状況にある日本の物理教育の一助になると信じている。

研究論文 高校理科における環境教育の現状と展望

Analysis and Perspective of Environmental Education in High School Science

函館大学付属女子高等学校

片岡 久明

北海道教育大学函館校物理学教室 下山 雄平

Abstract

Environment problems draw much attention throughout the globe. Each individual is responsible to recognize the nature of the earth and eventually solve the problem. School education plays an crucial role to deepen the understanding environment. We investigated the science curriculum in high school education to evaluate the present status of our environmental education. The present study proposed an integrated curriculum on the environment problems for the understanding of high chool students.

1. まえおき

環境問題を未来市民（生徒）に認識させ、より深い理解を得させるためには、総合的及び系統的なカリキュラムが必要かつ緊要である。この様なカリキュラムの作成を目的として、現行の理科の中で環境に関わる内容がどのように扱われているかを分析した。

まず、物理、化学、生物、地学において、それぞれの内容を明らかにし、その中で環境に関するものを取り出した。さらにそれを地球系、エネルギー系、生物・生態系、物質・エコシステムの4つの系で分類し、補足すべき内容を示した。

これらをもとに、カリキュラム全体を、地球環境と生物、環境問題の現状、環境保全と生活の3つの部分にまとめ環境内容を系統的に扱うカリキュラムを作成した。

今世紀初頭から、人口増加や工業化によって自然破壊が顕著となってきた。1980年代の初頭に、地球温暖化と資源開発にともなう自然破壊が地球崩壊のシナリオの一つとして世界の注目を浴びてきた。この様な環境問題は具体的に次の様な多様性が存在する。

大気に関する問題としては、二酸化炭素等の温室効果ガスの増加による地球温暖化、氷床の融解による海面の上昇、フロンガス等によるオゾン層破壊、酸性雨などがある。水に関する

問題としては、河川や海洋の汚染と、二酸化炭素の調節がある。陸に関する問題で、森林の伐採やゴミの問題など、多数のものがある。

2. 現行のカリキュラムの分析

2.1 履修単位

現在の高等学校学習指導要領^①は、平成6年4月1日に高等学校の第1学年に入学した生徒から学年進行で適用することとしている。これによると、幼稚園から高等学校までの一貫性のある教育が必要とされている。物理、化学、生物、地学の4つの分野のIAは、応用的な科学や日常生活とのかかわりに関する内容となっている。また各IB・IIは、自然科学の基本的な概念の形成を図る内容、総合理科は、自然環境について、総合的に理解させる内容となっている。以下、物理・化学・生物・地学の教材において、環境に関する内容を分析する。

2.2 教科内容の分析

物理分野：物理IAにはエネルギーの相互転換・保存・利用、核分裂・核融合などの内容、物理IBには、熱と温度、熱と仕事、ボイル・シャルルの法則、エネルギー変換、電子の電荷と質量、放射能などの内容が含まれている。物理IIには、熱力学の第1法則・第2法則、原子核の変換、素粒子などの内容が含まれている。

化学分野：化学IAには、空気の成分、水の

3態、セッケン、合成洗剤、プラスチックの種類・性質、重金属、大気、水、土壤の汚染、温暖化、オゾン層、酸性雨、砂漠化、資源の節約、リサイクルなどの内容が含まれている。化学IIには、プラスチックの成分などの内容が含まれている。

生物分野：生物IAには、生産者、消費者、分解者、食物連鎖、炭素・窒素の循環、エネルギーの流れ、大気汚染、森林の破壊、裸地化と砂漠化、水質汚濁、生物濃縮などの内容が含まれている。生物IBには、生体内の化学反応と酵素、光合成、窒素同化、呼吸、放射線による突然変異、固体群と生活形、物質収支、酸性雨、地球の温暖化、オゾン層などの内容が含まれている。

地学分野：地学IAには太陽放射の波長とエネルギーの分布、地球の熱平衡、化石燃料、温室効果ガス、オゾン層、水の循環、エルニーニョ

現象、酸性雨、地球温暖化、熱帯林、海洋汚染、水質汚濁の指標などの内容が含まれている。地学IBには、地球の質量・半径・密度、地球型惑星と木星型惑星、ケプラーの法則、大気の成分、太陽放射、温室効果、フェーン現象、逆転層、スマッグ、大気の大循環、海水の大循環などの内容、地学IIには、太陽放射と地球放射、大気の4層、温室効果と温暖化などの内容が含まれている。

2.3 環境に関する教科内容の特徴

物理・化学分野においては、太陽エネルギー、原子の構造、放射能などエネルギー系の内容や、洗剤、プラスチックなど物質・エコシステム系の内容が主に含まれている。生物・地学分野においては、地球の概観、熱収支、大気、水など地球系の内容や、呼吸、光合成、物質循環、突然変異など生物・生態系の内容が主に含まれている。これらをTable. 1に示す。

Table. 1 環境に関する教育内容

	生物・地学分野	物理・化学分野	欠落する分野 (物理的な観点から)
地 球 系	地球の概観 地球の運動 地球の熱収支 大気の性質と運動 海水と陸水		地球の温暖化
エネルギー系	エネルギー資源	エネルギーの移り変わり 太陽エネルギーと原子力 熱とエネルギー 放射能 原子核の変換	
生物・生態系	呼吸と光合成 遺伝子突然変異 生物の集団とその変動 生態系と物質循環 自然界の平衡と環境保全		
物質・エコシステム		染料と洗剤の化学 プラスチック 重金属	ゴミとりサイクル

地球の温暖化、ゴミとリサイクルについては、現行のカリキュラムにおいても扱われている。しかし、これらはエントロピー的な概念によって、統一的に説明することができるので、表では欠落する分野として分類した。

3. 系統的なカリキュラム

これまでみてきたように、環境に関する内容は、各分野に分散している。これらを系統的なカリキュラムで学習する事によって、生徒に環境問題をより深く認識させることができた。

環境に関する内容を系統化したカリキュラムを、Table. 2 に示す。

Table. 2 系統化したカリキュラム

地球環境と生物	(1) 惑星としての地球	ア 地球の熱収支 イ 大気のはたらき ウ 水のはたらき
	(2) 生態系	ア 食物連鎖 イ 物質の循環 ウ エネルギーの流れ
環境問題の現状	(1) 大気	ア 地球の温暖化 イ 酸性雨 ウ オゾン層の破壊
	(2) 水	ア 自然浄化 イ 水の汚染 ウ 汚染の指標
	(3) 陸	ア 砂漠化・裸地化 イ プラスチック ウ その他のゴミ
	(4) 放射能	ア 原子の構造 イ 核分裂と核融合 ウ 突然変異
環境保全と生活	(1) 自然との調和	ア 資源・エネルギーとその利用 イ ゴミとリサイクル

まず始めに、地球の環境について、その概観を学習する。惑星としてみた時の地球、質量、半径、太陽放射と地球の熱放射、大気の働き、水の働きなどである。次に、その地球環境にお

いて、生物がどのようなしくみで生存しているのかを学習する。光合成、呼吸、物質の循環、エネルギーの流れなどである。

地球および生物についての基本的な学習の次に、環境問題を 4 つの部分に分けて学習する。

(1) 大気：地球の温暖化、オゾン層の破壊、酸性雨、(2) 水：自然浄化、洗剤や農薬、循環、(3) 陸：森林破壊による砂漠化・裸地化、プラスチック、ゴミ、(4) 放射能：原子の構造、核分裂、核融合。

最後に、これらの諸問題を解決するためには、我々一人一人がどのような行動をしていかなければならぬかを学習する。すなわち、エネルギーや資源をどのように利用し、あるいは節約するか、ゴミの量をどのように減らし、リサイクル化していくかということである。

4. カリキュラムの実施方法

現在のところ、このようなカリキュラムを実施するためには、次の方法が考えられる。1 つには、各分野の環境に関する内容を学習する時に時間を多めにとり、内容を補足するような形で教えるという方法がある。しかし、これは学習時間も制限され、理想的な形とはいえない。もう 1 つは、理科において総合理科を履修するようにし、その中で扱うという方法である。この場合は、時間的には、余裕をもってカリキュラムを組むことができる。ただし現在、総合理科の教科書はまだ発行されておらず、実際に履修せざるとなると教える側の教師に負担がかかることになる。しかし逆に考えると、その分、柔軟にカリキュラム内容を検討することができる。

最新の環境物理に関する内容を見ると、陸、生物、水、物質と放射能、海洋と大気などに分ける方法もあり、さらに内容を検討していきたい。

5. 実践例

平成 8 年 1 月に、函館大学付属女子高校の普通科 3 年生の生物の時間を利用し、地球の温暖化についての授業を行った。以下にその内容を

示す。

5.1 地球の熱収支

太陽から地球に放射されるのは、エネルギー量的にみると主に可視光線の部分である。逆に、地球から宇宙に放出されるのは、エネルギー量的にみて主に赤外線の部分である。太陽から地球に入射する熱量と、地球から宇宙に放出する熱量とが等しく、平衡状態であることによって地球は一定の平均温度を保つことができる。

5.2 温室効果

二酸化炭素は、太陽からの可視光線は良く通すが、地球から放出される赤外線は一部吸収し再放射するという性質を持つ。地球をビニルハウスに、二酸化炭素をビニルハウスをおおっているビニルにたとえると、うまく説明することができる。二酸化炭素は、太陽からの熱（可視光線）をビニルハウス内すなわち地表に伝えるが、地表から放出する熱（赤外線）は一部吸収し再放射して、外へすなわち宇宙への放出を少なくしている。

5.3 地球の温暖化

大気中の二酸化炭素の濃度は、石油等の大量使用、森林の伐採などにより増え続けている。二酸化炭素の濃度が増加すると、温室効果によって熱が宇宙に放出されにくくなり、地球の温度が上昇する。そうすると、南極大陸などの氷床が融解し、海面が上昇して、陸地が減少する。I P P C の報告によれば21世紀末までに最大 1

mの界面水位の上昇がありうるとされている^④。

5.4 考 察

生徒は通常よりも、より授業に集中して取り組んでいた。また、この授業により地球温暖化の基本的なしきみを理解し、身近な環境に対する危機感を持つようになった。

今回の授業は、実践する時間が限られている中でのものであり、系統的なカリキュラムの一部を抜き出した形で行った。これは断片的ではあるが、生徒の環境問題への意識や環境への関心を高めたことは、今後の取り組みにたいして大きな布石となった。また、今回のように各内容を断片的に教える場合と、ある程度内容を連続させて教える場合とで効果がどのように違うかなど、さらに、実際の授業の中で確かめながら、より効果的なカリキュラムを考えていきたい。

参考文献

- (1) 文部省編、「高等学校学習指導要領解説」、
 実教出版、1989
- (2) Egbert Boeker and Rienk van Grondelle :
 ENVIRONMETAL PHYSICS, John Wiley
& Sons, 1995
- (3) 環境庁長官官房総務課編、「最新環境キー
 ワード 第2版」、財団法人 経済調査会、
 1992

(1996年3月29日受理)

研究論文

環境物理教育序説

—エントロピー的考え方の導入—

An Introduction to Environmental Physics Education

—Entropy concept—

函館大学付属女子高等学校 片岡 久明

北海道教育大学函館校物理学教室 小松智広・下山雄平

Abstract

To facilitate comprehensive and integrated understanding of environmental problems, such as greenhouse effect and recycling system, we introduced the concept of entropy applied to the global issues. We found that the most crucial point for recycling system is to balance the income/outcome relationship. Further application of the entropy concept onto the environmental school education may promote the large commitment for the solution of environmental problem.

1. まえおき

今世紀初頭から、人口増加や工業化によって自然破壊が顕著になった。今や地球環境の保全が政治課題となっている。1980年代の初頭、地球温暖化と資源開発にともなう自然破壊が地球環境崩壊のシナリオの一つとして世界の注目を浴びた。地球環境保全についての論議が盛んに行われるようになり、二酸化炭素軽減化や資源リサイクルが環境保全の1つの打開策として取り上げられてきた。地下資源の減少により省資源が叫ばれているがいずれ資源が尽きることは十分予想され、資源リサイクルが提唱されてきた。本稿では、エントロピーにより、地球温暖化と資源利用のあり方を考察する。環境問題の最も基礎となるエネルギーと物資系の地球なかんずく人類社会への出入りを巨視的に捉え、熱力学的および情報論的考察を行う。

2. エネルギーとエントロピー

2.1 エントロピーとネガントロピー

物理の平衡状態はその系の自由エネルギーによって決定される。ヘルムホルツの自由エネルギー F は以下の式によって定義される¹⁾。

$$F = E - TS \quad (1)$$

ここで E は内部エネルギー、 S はエントロピー、

T は絶対温度である。温度一定の熱平衡状態にある系はその自由エネルギーを最小にする系を選ぶ。そのためには、内部エネルギーを小さくすると同時に系のエントロピー S を増大させて、 TS を大きくすることにより達成される。この相互に矛盾した要請の解決点は自由エネルギーを計算し、それを最小とする系を選べばよい。一般に低温では TS の値は小さくなり (T が小さい)、内部エネルギーの値を小さくすることが重要である。ということは、系はより秩序ある内部エネルギー E を選ぶことになる。逆に高温領域では、 TS が大きくなり、 S の値が大きくなる条件で自由エネルギーが最小値を取る。従って、高温においては系は無秩序を選ぶことになる。これがエネルギーとエントロピーのバランスを考えた議論である。地球環境系は、相転移を行なながらも自由エネルギー最小の原理を使い、秩序形成を行っている。このようにマクロな系が如何なる状態を選ぶかは、すべて自由エネルギーを通じた最小原理によって決定されている。

熱力学第二法則は別名エントロピー増大の法則ともいわれる。即ち、確率の高い状態、言い換えれば対応した微視的状態の数が多い巨視的状態へと変化する、という主張である。ボルツ

マンは、ある一つの巨視的状態を表わす可能な微視的状態の数をWとしたとき、エントロピーを

$$S = k \ln W \quad (2)$$

で表現した。これがボルツマンの関係式である。ここで秩序無秩序という概念と、ボルツマンの式との関係を考えてみる。常識的に考えて、秩序のある状態というのは、何らかの規則性とか、約束ごとに適合したもの内在した状態であるから、秩序のある状態に対応した微視的状態の数は、一般に無秩序な状態と考えられる場合よりも、はるかに少ないと、いうのは当然のことである。したがって、エントロピー増大の法則というのは、その状態に対応した微視的状態の数Wが大きい方へ、言い換えれば、秩序のあつたものは、より無秩序な状態へと変化していく、と言うこともできる。すなわちエネルギーの最も無秩序な存在状態が熱という形をとり、同じ量のエネルギーにたいしてそのときにWが最も大きい値をとるのである。

したがって、秩序の度合いを、エントロピーに符合を付けたもの、すなわちネガティブ・エントロピー（ネゲントロピー）

$$N = -S = -k \ln W \quad (3)$$

で表わすことができる。

2.2 社会エントロピーの定義

今、社会の物品の状態をストックとフローに分けると、前者には在庫品と廃棄品、また後者には消費されている物品が対応する。ある時間平均を取るなら、物品の空間の散らばり具合を社会エントロピー σ_s とすると次の式で与えられる。

$$\sigma_s = -k \ln P_i \quad (4)$$

ここでは k は適当の係数、 P_i は物品の空間における散らばり具合を示す量で、熱力学的重率と同様の物理量と解釈できる。

2.3 動的モデル

物の出入り（以下物流）の観点からみて、社会は非平衡システムと定義できる。即ちエネルギーと物質を常に外系から供給し、それを排出することによってエントロピーの小さい状態を保っている。系内のエントロピーの排出場所が

十分確保できる限りは良いがこのままでは外系のエントロピーはどんどん大きくなってしまう。社会システムを包含する地球システムが有限である以上、エントロピーの静的な排出場所も有限である。上記は静的なモデルの範囲内の議論である。物質の循環を考慮にいれた動的モデルの範囲では、エントロピーを排出そのものを考えなくてもよい。土中バクテリアや海中バクテリアを負のエントロピー源とすれば、系は一変して見ることができる。良い例が人間を含む食物連鎖に見ることができる。食事、呼吸によって物質、エネルギーを取り込み、さらにそれを排出することによって生命を維持する。リサイクルはまさにこの動的システムのモデルの中心をなす概念であり仕組である。

3. 資源リサイクルのシステム論

3.1 エントロピー的考察

社会が外系に捨てるエントロピーは増大している。このままで外系のエントロピーが飽和し「熱死」に至る。社会システムのエントロピーの増大を緩和しようというのが資源リサイクルである。

資源リサイクルを行う際のポイントは、分別である。分別を家庭で行うことにより、それにつかれるコストを削減できるはずである。しかし現在のゴミ回収システムでは、家庭で分別を行ってもかなり難しいであろう。

3.2 リサイクルのシステム論

Fig. 1 によってエントロピーシステムを考えよう。原料資源から生産物を作り出すためには、エントロピーに小さい資源を使い、エントロピーの大きい廃物、廃エネルギーを排出してしまう（生産システム）。同じ生産物を廃物から作り出そうとする場合においても、エントロピーの小さな資源を使い、エントロピーの大きな廃物、廃エネルギーが排出されてしまうのである（リサイクルシステム）。この2つのシステムの比べるべき点は3つ挙げられるであろう。

- ① システムを実行した場合、採算ベースにのっていること。
- ② 社会的要件に答えること。

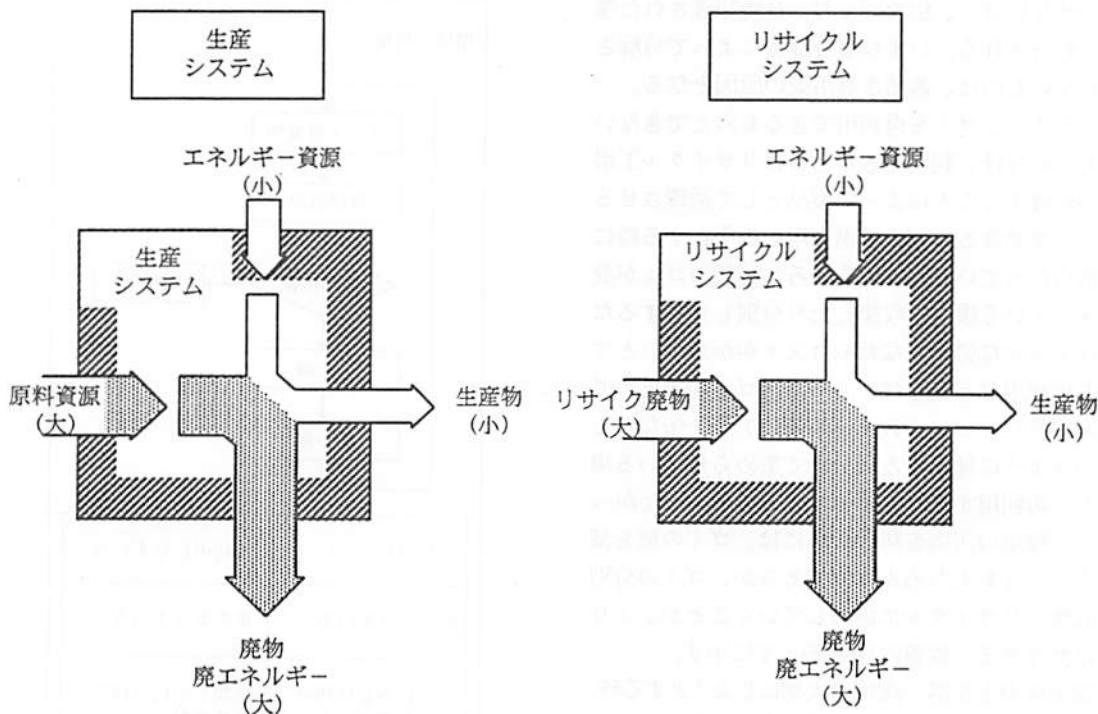


Fig. 1 生産システムにおけるリサイクルとエントロピーとの関係

- ③ 廃物、廃エネルギーはできるだけ小さくする。
 ①において、企業のみならずボランティアでも、赤字では成り立たない。企業の採算ベースに合致させることは重要な視点である。②において、生産物のコスト、品質など、社会的 requirement に答えてはならない。リサイクル廃物より原料資源の方が価格的に安く、品質がよいのであつたら、原料資源の方が売れるであろう。③は最も軽視されている。しかし、環境問題として最も重要である。廃物、廃エネルギーのエントロピーが大きいために、ゴミの飽和が起こっているのである。廃物、廃エネルギーを可能な限りリサイクルとして利用することができるならば、エントロピーの増大はかなり緩和できる。

4. 教育実践

ゴミの循環・リサイクルの問題に対して、エントロピー的な考え方を用いて授業を行った。対象は函館大学付属女子高校普通科3年生で、

生物の時間に行った。以下に指導内容を説明する。

物質の循環：炭素や窒素は、タンパク質などを構成する元素として生物体内に存在する。やがてこれらは、動植物の遺体・排出物として捨てられ、菌類、細菌類などの分解者によって分解され二酸化炭素や炭酸塩、アンモニウム塩などとなる。これらは生産者である緑色植物によって吸収されて有機化合物となり、再び動植物へと循環する。

循環するということは、すなわち蓄積しないということであり、循環しないということは、蓄積するつまり汚染が生じるということになる。特に分解者によって分解されにくい有害物質など、生物が外界からとり入れた物質が、食物連鎖によって、より高次の生物体内に蓄積・濃縮されていくことを生物濃縮という。

環境の汚染：人間の生産あるいは消費活動の結果生じたゴミ・廃棄物は、処理施設に運ばれ処理される。おもに燃やせるゴミは焼却処分、燃

やせないゴミ、粗大ゴミおよび焼却残された埋立処分される。いずれも分解者によって分解されないものは、蓄積され汚染の原因となる。

そこで、ゴミを再利用できるものとできないものに分け、利用できるものはリサイクル工場で処理することによって製品として循環させることができる。ゴミを再利用しようとする時に散らかっていたり、いろいろな種類のゴミが混ざっている場合、収集したり分別したりするだけで莫大な労力すなわちコストがかかり、とても再利用などできない。一方、ゴミがまとめてあったり、ビン、スチール缶、アルミ缶などというように種類ごとに分けて集められている場合、再利用することが容易になる。したがって、環境の汚染を防ぐためには、ゴミの量を減らすこととももちろん大切であるが、ゴミの分別収集、リサイクルに協力していくことが、より重要である。板書内容をFig. 2に示す。

環境保全と生活：環境を大切にしようとする時、我々一人一人が日常の生活の中でできることは、非常に微々たるものである。しかし、一人一人が問題意識を持ち、多数の人間が協力していくれば、その効果は非常に大きいものとなる。あと数年で21世紀をむかえる。環境を汚さず、人間を含む生物が地球上で生存していくためには、何をどうすればよいかということをよく考え行動していくことが、ますます求められている。

このように、ゴミについては散らかっているか集まっているか、あるいはいろいろな種類のゴミが混ざっているか、種類ごとに分けて集められているかという乱雑さの度合い、すなわちエントロピーの概念を用いて、再利用のしやすさを示した。いくつかの事象を1つの基本的な考え方で説明できるということは、非常に重要なことである。また、身近な問題から法則性を見つけ、これを他にも広く適用していくことは、物理および理科の教育目標でもある。

5. 結論

① 資源の集合状態の低級化が、リサイクル過程において本質的な役割をはたし、この現象の防止策が重要である。

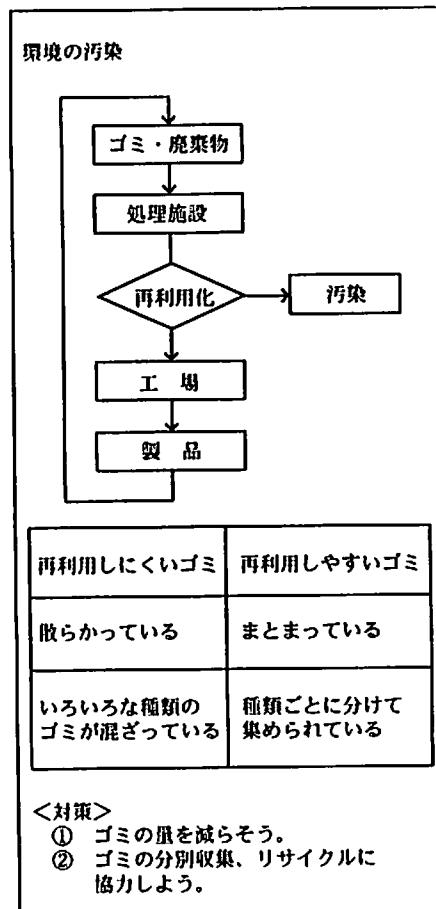


Fig. 2 環境のリサイクルと汚染の流れ

- ② 社会における物品の循環を組み込んだ動的システムが問題解決に重要であることを示した。
- ③ 資源リサイクルを物理的システムとしてみたとき、エントロピー及びエネルギー的考察が有効であることが明確になった。

文献リスト

- (1) 堀淳一：エントロピーとは何か，講談社，1979
- (2) 植田敦：資源物理学入門，日本放送出版協会，1982
- (3) 掛本道子：地球環境問題とリサイクル，東京数学社，1995

(1996年3月29日受理)

研究論文 水の粘度測定を学生実験に取り入れて

北海道工業大学 峰 友 典 子、三 好 康 雅

1. はじめに

流体の性質を表す基本的な量の一つである粘度(粘性)について理解することを目的として、粉体の水中落下速度から水の粘度を求める実験テーマを開発して報告した。¹⁾²⁾

この実験は初步的な落体運動の理解から流体の性質の理解へつながるテーマであると考え、学生実験に取り入れた。

測定装置の概要を図1に示す。イメージセンサが捕らえた粉体の落下状況がシンクロスコープの画面上で直接観察できるのが本装置の特徴である。そのため測定原理が解りやすく、一年生が対象の物理実験テーマとしても学生の理解は充分得られると思われる。

落下粉体としてガラスピーブを使用した。ガラスピーブは、直径が10~15 μm程度のばらつき範囲に収まるようにふるいで分別した。

ガラスピーブが水入り容器中を80cmほど落下した位置にイメージセンサを設置して測定を行った。落下距離が長くなると粒径の分別が進むと考えられる。

2. 学生実験の手順

学生が、本実験を通して落体運動の理解、流体の性質の理解を深めることを目的として以下の手順で実験を行った。

測定：直径75~90 μmのガラスピーブを使用し、図1の水入り容器中を落下させる。ガラスピーブがイメージセンサの設置場所に到達して、センサが感知するとシンクロスコープの画面に落下状況が観察される。学生が適切な状況を判断してスイッチを押すと、パソコンがデータ取り込みを開始する。

データ処理：測定データから落下距離と経過時間を求めてグラフを描き、等速運動を確認させる。さらに、得られた直線の傾きから沈降速度を求めさせる。次に、10個のデータの平均速度と標準偏差を求め、平均速度からストークス式により水の粘度を計算させる。このとき、粉体の直径として中央値82.5 μmを使用する。

考察(設問)：ガラスピーブの直径を75 μmおよび90 μmとしたときの理論速度をそれぞれ計算し、実測速度が理論速度の範囲に含まれるか考察させる。さらに、理論粘度と実測粘度の比較検討から測定されたガラスピーブの直径を予測させる。

学生は測定、データ処理の段階までを実験室内で行い、後日、考察を書き加えてレポートを提出する。

3. 測定時に予想される速度のばらつき要因

我々が過去に報告した予備実験の結果から、学生実験時に予想される速度のばらつき要因として以下のことが考えられる。

①高さ1mのガラス容器中をガラスピーブが80cmほど落下した位置で測定を開始するので、

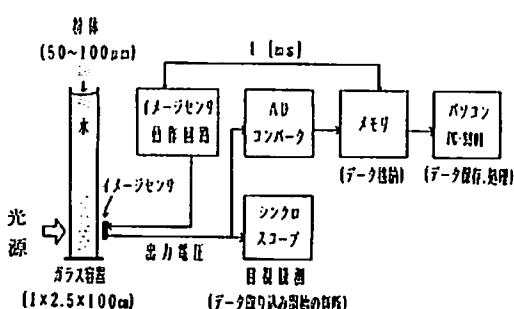


図1 測定装置

ガラスビーズの直径の分別は進むと考えられる。しかし、パソコンへのデータ取り込み開始の判断は学生個々に任せているので測定回数ごとにばらつきが生じると予想できる。

②1回に落とすガラスビーズの適切な量は、容器全体に薄く広がって落下する状態が望ましい。量が多くすると集団を形成したまま落下して行き、ガラスビーズ自身が水の対流を引き起こす（落下速度が速くなる）ことがあって実験には不適切な状態になる。学生には、特に注意点としてガラスビーズの量の加減の調整を指示したが速度のばらつき要因になることはさけられない。

学生には、実測速度のばらつきの程度を検証させるとともに落体運動の特性を調べさせることを念頭において指導した。

4. 測定結果

図2は学生レポートから抜粋した等速運動のグラフである。縦軸に落下距離、横軸に経過時間を取りっている。

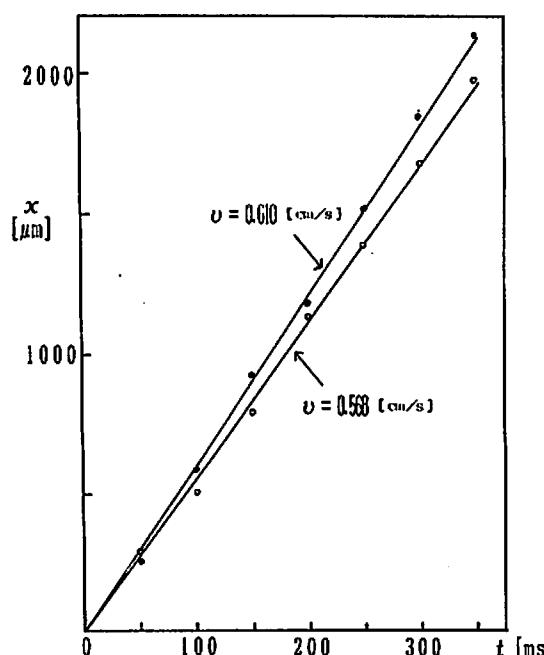


図2 学生レポート・等速運動のグラフ

1回の測定で得られた2個のガラスビーズの落下状況が示されている。落下距離が時間とともに直線的に増加して等速運動をしていることがわかる。沈降速度 v は0.568、0.610 cm/s が得られている。

80cm程落下してガラスビーズの直径の分別が進んだとしてもこの程度の速度のばらつきが生じる。

表1は学生レポートの結果をまとめたものである。測定した10個のガラスビーズの平均速度と標準偏差を $v_{av} \pm 2S$ で表した。理論速度は、測定温度における理論粘度 η からガラスビーズの直径75~90 μmを使用して計算した速度範囲である。

表1 学生レポートのまとめ

温度 (°C)	No.	実測		理 論	
		$v = v_{av} \pm 2S$ (cm/s)	v (cm/s)	$\eta \times 10^{-3}$ (Pas.s)	
24	1	0.562 ± 0.094			
	2	0.671 ± 0.096			
	3	0.721 ± 0.100		0.479	
	4	0.834 ± 0.079	~		0.91
	5	0.698 ± 0.106		0.690	
	6	0.696 ± 0.056			
	7	0.660 ± 0.059			
25	8	0.703 ± 0.098			
	9	0.614 ± 0.084			
	10	0.879 ± 0.055			
	11	0.827 ± 0.076		0.490	
	12	0.554 ± 0.042	~		0.89
	13	0.702 ± 0.115		0.706	
	14	0.567 ± 0.055			
	15	0.714 ± 0.077			
	16	0.686 ± 0.076			
26	17	0.619 ± 0.111		0.502	
	18	0.604 ± 0.063	~0.722		0.87

図3は、表1における理論速度および実測速度をグラフ化したものである。縦軸に沈降速度、横軸に測定 No. を取った。実測値は平均速度 v_{av} を中心に標準偏差 $\pm 2S$ の範囲をプロット

した。

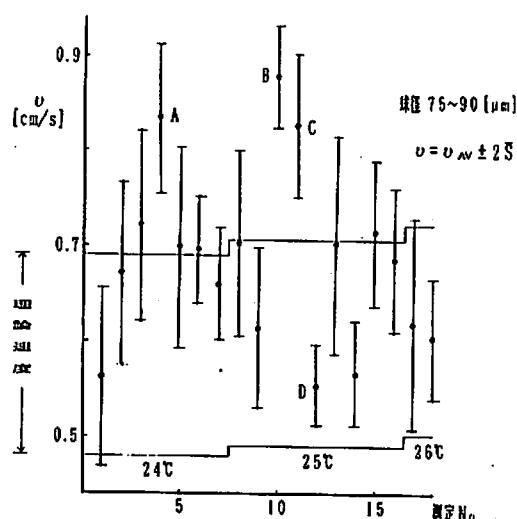


図3 学生レポートのまとめ・速度分布

実測速度の分布をみると、A、B、Cと図示した3点は理論速度範囲より速度の速い方へのずれを示した。それ以外は最大で $\pm 0.1\text{cm/s}$ 程度のばらつきを示しながらもほぼ理論速度の分布範囲に含まれた。

実測速度が理論速度範囲の上限側に偏る傾向を示しているのは、本実験装置の性質上、先に落下してくる大きめのガラスビーズを測定する傾向があるためである。

速度の速い方へのずれを示した3点A、B、Cは、1回に落とすガラスビーズの量が多くて水の対流を引き起こしている可能性があるので測定内容の分析を試みた。

5. 測定データの分析

図3において、理論速度の範囲内に収まる良好な結果を出したD点と理論速度の範囲外になる結果を出したA点について測定データの内容を比較分析した。

表2は、学生がD点の平均速度 ($v_{av} = 0.554 \text{cm/s}$) を出すためにデータ処理を行った一覧表である。4回の測定で10個のデータが得られている。

経過時間 t と落下距離 x から求めた各速度 v は、

表2 測定データ・良好な例

測定回数	No.	t (ms)	x (μm)	v (cm/s)
1	1	350	1953	0.558
	2	350	2142	0.612
	3	350	2037	0.582
2	4	350	1701	0.486
	5	350	1785	0.510
3	6	350	1932	0.552
	7	350	1617	0.462
4	8	350	1743	0.498
	9	350	2100	0.600
	10	350	2373	0.678
				$v_{av} = 0.554$

測定温度25°Cにおける理論速度 (0.490~0.706 cm/s) の範囲にはば含まれており、4回とも適切なガラスビーズの量で測定が行われたことが伺える。

図4は、上記の結果を出した学生が測定したデータ例である。イメージセンサが捕らえたガラスビーズの落下位置が下向きピーク点で示されている。一定時間間隔で連続8回測定しているので、ピーク点が時間とともに横軸の矢印方向へ移動していく。

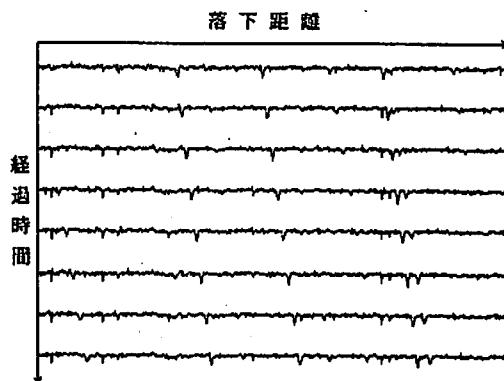


図4 1回に落とす粉体の量が適切な測定例

この場合、1回の測定で3個のガラスビーズの動きが捕らえられている。個々のピーク点がきれいに確認できてガラスビーズが真っすぐに

落下しており、適切なガラスピーツの量で測定が行われたことがわかる。

直徑の分別幅、データ取り込み開始のタイミングの問題などを考慮すると測定精度としては良好な結果であると思われる。

表3は、図3において速度が速すぎる結果を出したA点 ($v_{av} = 0.834 \text{ cm/s}$) の学生データの一覧表である。

表3 測定データ・速度が速すぎる例

測定回数	No.	t (ms)	x (μm)	v (cm/s)
1	1	350	2898	0.828
	2	350	3045	0.870
	3	350	2499	0.714
2	4	350	3213	0.918
	5	350	2793	0.798
3	6	350	3591	1.026
	7	350	3297	0.942
4	8	350	2247	0.642
	9	350	2310	0.770
				v_{av}
				0.834

4回の測定で得られた9個の速度vのうちNo. 8のデータ以外は理論速度 (0.479~0.690 cm/s) より速くなっている。

この結果を出した学生の測定例を図5に示す。この場合、ガラスピーツの量が多すぎるため重なり合って移動が確認できないものやピーク点が途中で消えて真っすぐに落下していないものが見受けられ、水の対流を引き起こしていることが考えられる。

学生は、図4、図5に示すピーク点の位置を直接読み取って落下距離xを求める作業を行うので、この読み取り誤差が測定精度に影響を与える。

以上の分析結果から、図3において速度の速い方へのずれを示した3点は1回に落とすガラスピーツの量が多すぎる顕著な例であることがわかった。

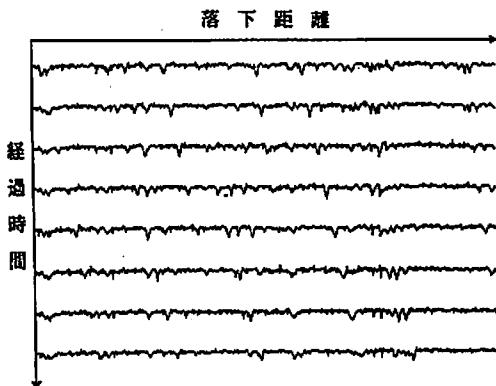


図5 1回に落とす粉体の量が多すぎる測定例

6. 学生へのアンケートから

本実験に関しての感想などをもとめたアンケート調査を行ったので概略を抜粋する。

測定に関して：①粘度という言葉は高校時代の物理では出てこなかったので少々戸惑いがあったが測定原理が解りやすくおもしろかった。

②ガラスピーツの動きが自分の目で観察できて測定内容が解りやすかった。

③イメージセンサとはどういう物か体験できて楽しみながら実験できた。

④水以外の流体でも実験してみたい。

⑤ガラスピーツの量の加減が難しく、粉体の移動が確認できるデータがなかなか得られなかつた。

データ処理に関して：①測定データが表示されているディスプレイ上のグラフからガラスピーツの移動距離をマウスで直接読み取る作業が入っているので、パソコンの必要性が実感できる実験だった。

②標準偏差、粘度の計算（特に単位換算）などに手間取り時間がかかった。

7. おわりに

本実験は、イメージセンサを使用することで視覚的効果が高まり、原理が把握しやすいテーマとなっている。このことはアンケートの結果からも伺え、落体運動や流体の性質の理解を深めるための一助となったようである。

学生には比較的好感を持って受け入れられた。
しかし、理論速度の範囲外になる測定結果を出した例が出現したように、学生が個々に落下粉体の量の調整を行うのは難しかったようである。この点、毎回適量（一定量）の粉体を落とすことができるような装置の改善が必要であろうと考える。

参考文献

- 1) 峰友、三好：物理教育研究 Vol.22, pp.1–4, 1994
- 2) 峰友、三好：物理教育研究 Vol.23, pp.13–16, 1996

(1996年3月30日受理)

北海道工業大学 三好 康雅・峰 友典子

はじめに

我々の大学では、1年生の物理実験のテーマとして「コンデンサーの放電」を行っている。現在、市販の大容量コンデンサーを3V程度に充電して、放電電流を10秒おきに直読させていく。この方法で、一応の成果を上げていると考えているが、市販のコンデンサーは必ずしも身近なものとは云えない。

学生は高校の物理で、2枚の平行板電極が電気をためることを一応理解しているように思われる。一方、大きさのある導体が静電容量を持つことは理解し難いようである。理論的に理解し難いことは、実験的に体験させ納得させるのも一つの方法であろう。人間をコンデンサーとして扱い、自分自身の静電容量を測定すると、対象が身近なためより興味が湧くのではないかと考えた。

実験

人間の静電容量はおよそ100PFである。放電抵抗を $1\text{ G}\Omega$ （現実的にはこの値が上限である）にしたとき、時定数は0.1秒程度であるから放電電流を直読することは無理である。

充電電圧は、S/N比の向上の面からは高い方が望ましいが、安全性を考慮して約900Vとした。放電電流は $1\text{ }\mu\text{A}$ 以下なので、入力バイアス電流の少ないオペアンプ（AM1110：デル社製：入力バイアス電流=2PA）を使って電圧に変換した。これを12ビットADコンバータでディジタル信号に変換してコンピュータに取り込んだ。取り込みの時間間隔を1msとし、20個の平均値を電流に換算してプリントアウトした。この平均操作により 50Hzの電源ノイズを大幅に減らすことができた。

図1のように被験者を高さ40cmの絶縁台に立

たせ、リード線を持たせる。オペレータがコンピュータの所定のキーを押すと、充電が開始し、10秒後に放電が始まる。放電曲線が画面に表示されるので、それで良ければプリントする。

このとき、他の学生が被験者の近くでうろうろしていると、データの再現性が悪くなる。

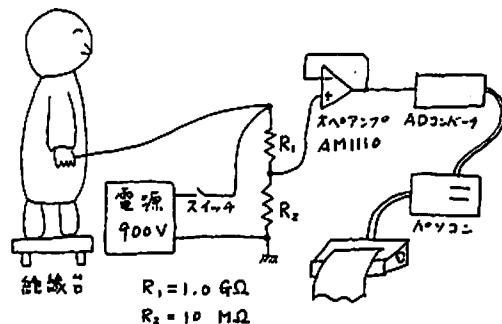


図1 測定装置

学生のデータ処理

学生はプリントアウトされた自分の放電曲線のデータをもとに次のデータ処理をした。

- (1) 放電曲線を描き、時定数を読み取る。この値から静電容量が得られる。
- (2) 放電曲線の面積を測定する。これは初めに充電されていた電荷に等しい。この値から静電容量が得られる。
- (3) 測定値を片対数グラフに描く。これは直線になるが、その傾きから静電容量が得られる。
- (4) 以上の3種類のデータ処理からそれぞれ静電容量が得られるので、これらの値を比較検討する。

結果と検討

放電曲線は一応もっともらしい形になったが、その片対数グラフは直線にはならなかった(図2参照)。この現象はこのテーマを学生実験に使うとき、重大な支障になるので詳しく検討した。

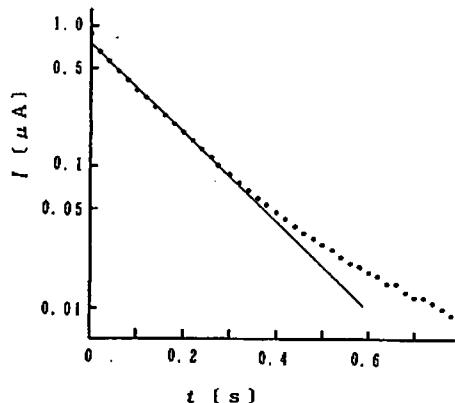


図2 放電曲線の片対数グラフ

図2にから、放電の後半部で放電電流の減衰が遅いことが見て取れる。基本の放電に、さらに時定数の大きな第二の放電現象がオーバーラップしているときこのようなことが起きる。実験式として、測定値を2個の指數関数の和で表すことを試みた。測定値 $I(t)$ が、

$$I(t) = A \exp(-at) + B \exp(-bt) \quad (1)$$

の形で表されると仮定した。右辺第1項と第2項は対称な形をしているが、 $A > B$ になるようにして、右辺第1項を主放電、第2項を副放電と名付けた。副放電は放電曲線の形を悪くする要素である。すなわち、 B の値が大きい程、放電曲線の片対数グラフは直線からのずれが大きくなる。

$A+B=I(0)$ であるから、式(1)の独立な未知数は3個である。 $A > B$ になるように配慮して、最小二乗法を使ってこれらの未知数を求めた。その1例を図3に示す。

図3の場合得られたパラメータの値は

$$A=0.860 \mu\text{A} \quad a=14.7 \text{ l/s}$$

$$B=0.019 \mu\text{A} \quad b=3.4 \text{ l/s}$$

a の値から得られた静電容量は 68 pF であった。

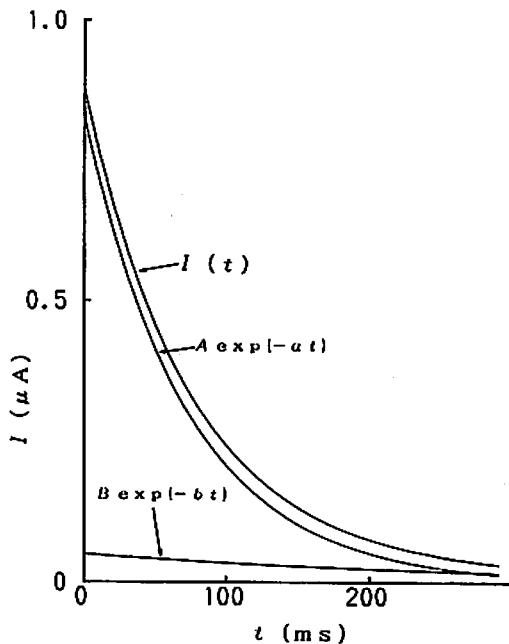


図3 測定値を2個の指數関数に分離した

各パラメータに対する着衣の影響

放電曲線の形を悪くする原因が人間の着衣にあると考えた。パラメータ B が放電曲線の形の悪さの指標と考えられるので、着衣が各パラメータに与える影響を調べた。学生を対象に通常の着衣の状態とばんつだけの状態で測定した結果を図4に示す。

図4はパラメータ a, B, b のそれぞれについて、ばんつ状態と着衣の状態の「違い」を各学生について求めたものの度数分布図である。ここで、「違い」は下式で計算した。

$$\text{違い} = \frac{\text{ばんつ}-\text{着衣}}{\text{ばんつ}} \times 100\%$$

図4によれば、すべての学生について

ばんつ状態の $a >$ 着衣状態の a

となっており、「違い」の平均は約 4 % であった。これは、主放電の時定数が(したがって静電容量が) 着衣状態の方が約 4 % 大きいことを示唆している。

一方図4の B と b については、分布は土にわたっており、「違い」の平均値はほぼ 0 である。

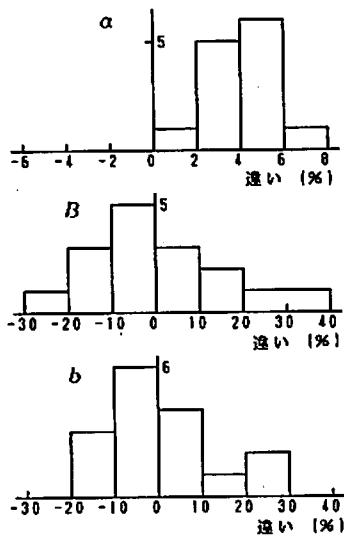


図4 着衣の影響

したがってBとbの値が着衣に影響されるという結果は得られなかった。すなわち、放電曲線の形の悪さの原因を着衣に求めることはできなかった。

各パラメータと体の大きさの関係

図5は学生の身長とパラメータ α との関係を表す散布図である。

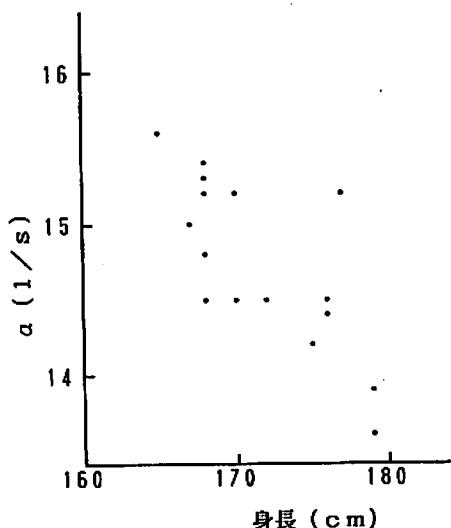
図5 身長と α の関係

図5において、点は右下がりに分布しており、身長が大きい程パラメータ α が小さくなる傾向が見られる。相関係数は-0.75で、統計学的に有意な値である。

他のパラメータと体の大きさの関係はどうであろうか。表1は学生16人の身長、体重と各パラメータとの相関係数である。

		身長	体重
α	パンツ	-0.75	-0.77
	着衣	-0.68	-0.71
B	パンツ	0.07	0.17
	着衣	-0.23	0.12
b	パンツ	-0.02	0.30
	着衣	-0.32	0.03

表1 各パラメータとの相関係数

表1によれば、 α は身長、体重に対してともに有意な負の相関を持っている。これは、体が大きいほど主放電の時定数が大きいことを、すなわち、静電容量が大きいことを示している。

一方、Bとbは身長や体重とは有意な関係を持たないことがわかる。

まとめと今後の課題

1. 人間をコンデンサーとして扱い、それに充電して放電曲線を測定したところ、単純な指數関数で表されないことがわかった。
2. 放電曲線を、2個の指數関数の和で表すことができたので、それぞれを主放電、副放電と名付けた。

主放電を特徴づけるパラメータ α は被験者の着衣の状態や体の大きさに影響された。したがって、パラメータ α は人間の静電容量を反映する量であると考えられる。

一方、副放電のパラメータBとbについては、被験者の状態との関係を見いだすことはできなかった。

3. 副放電のメカニズムを究明することが今後の課題である。

(1996年3月30日受理)

研究論文

ケプラーの第三法則の実験

札幌南陵高等学校 佐藤和宏

<目的>

惑星の公転周期の二乗が公転の長半径の三乗に比例するというケプラーの第三法則は、万有引力が距離の逆二乗に比例することが原因である。このことを簡単な模型により定量的に確かめる。

<原理>

図1のように万有引力の位置エネルギーの形の坂 ($y = -a/x$) の枠を作り、小球をのせ枠を回転させる。小球は枠の中に拘束されていて、適当な回転数のとき坂の途中で静止して等速円運動をする。

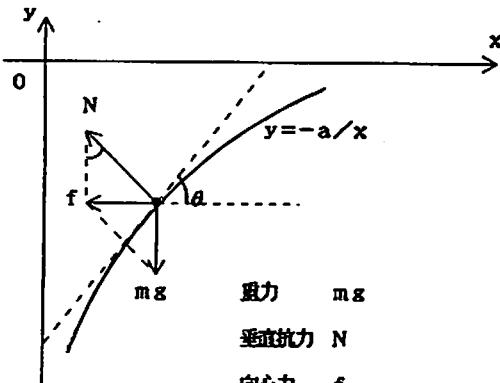


図1

このとき小球に働く向心力は、

$$f = mg \tan \theta = mg \frac{dy}{dx} = \frac{mga}{x^2}$$

となり、万有引力のようないくつかの力である。

小球の円運動の運動方程式は

$$mx\omega^2 = \frac{mga}{x^2}$$

円運動の周期は、

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi \sqrt{\frac{x^3}{ag}}$$

したがって、

$$\frac{T^2}{x^3} = \frac{4\pi^2}{ag}$$

となり、ケプラーの第三法則が成立する。

<準備>

レコードプレーヤ (78回転/分)、スライダック、交流電圧計、小球 (直徑 5mm) ストップウォッチ

<方法>

- ① $a = 1/4$ とし、 $y = -1/(4x)$ の坂の枠をアクリル板から作り、ターンテーブルの上にガムテープで固定する。
- ② 坂の上の測定点に支えを置き、小球が落ちないようにする。
- ③ スライダックで電圧を調整し、しだいに回転数を上げていく。小球が坂を上がり始めて行く寸前の回転周期 T が、回転半径 x での小球の円運動の周期である。
- ④ このとき20回転に要する時間をストップウォッチで測り、回転周期 T を測定する。

<装置の見取図>

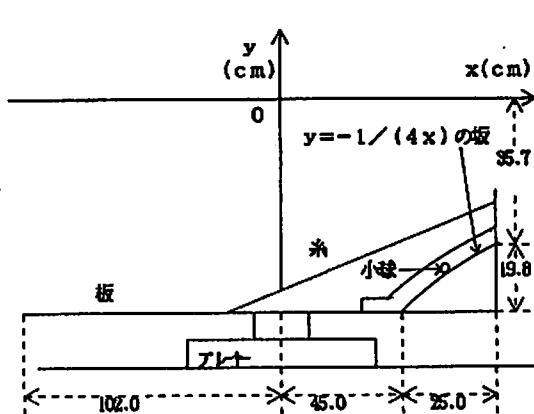
*坂は、 $y = -1/(4x)$ の一部分を切り出したものになっている。

*板を水平に保つため、下図のようにバランス用の板を反対側につけ、さらに糸を張り調整する。

*坂の幅は 2cm で、小球が飛び出さないように両側に枠がついている。

*装置の総重量は、198g である。

ケプラーの第三法則の実験



0.650	2.08	72.5	4.33	0.275
0.660	2.15	71.0	4.62	0.287
0.670	2.20	70.5	4.84	0.301

T^2 と X^3 の関係のグラフが図2である。

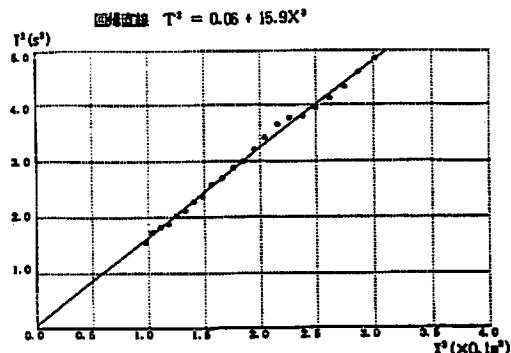


図2

結果

回転半径 x を1cmごとに変化させ、小球が上がる寸前のプレーヤーの回転周期とその時プレーヤーに加えた電圧を測定したのが、表-1である。

表-1

半径 $x(m)$	周期 $T(s)$	電圧 (v)	T^2 (s^2)	x^3 (m^3)
0.460	1.25	107.5	1.56	0.097
0.470	1.32	102.0	1.74	0.104
0.480	1.35	100.0	1.82	0.111
0.490	1.38	98.0	1.90	0.118
0.500	1.43	95.0	2.04	0.125
0.510	1.46	93.0	2.13	0.133
0.520	1.51	91.0	2.28	0.141
0.530	1.54	89.0	2.37	0.149
0.540	1.60	86.0	2.56	0.157
0.550	1.64	85.0	2.69	0.166
0.560	1.69	83.0	2.86	0.176
0.570	1.73	82.0	2.99	0.185
0.580	1.79	80.0	3.20	0.195
0.590	1.85	79.0	3.42	0.205
0.600	1.91	77.0	3.65	0.216
0.610	1.94	76.5	3.76	0.227
0.620	1.95	76.0	3.80	0.238
0.630	1.99	75.0	3.96	0.250
0.640	2.03	74.5	4.12	0.262

最小二乗法から回帰直線を求めるとき、実験式は $T^2=0.06+15.9 X^3$ となった。理論式は、

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{ag} x^2 \text{ に、 } a = \frac{1}{4}, g = 9.8(\text{m/s}^2)$$

考察

簡単な装置であるが、実験のグラフから求めたケプラーの定数15.9と理論値16.1はかなり近い値になった。まずまずの精度でケプラーの第三法則を確かめることができたと思う。

誤差の原因として、摩擦力と電圧を変化させたときのプレーヤーの回転周期の不安定性が考えられる。静止摩擦係数を μ とすると小球の運動方程式は、

$$mx\omega^2 = \frac{mga}{X^2} + \frac{\mu mg(X^4 + a^2)}{X^4 - \mu aX^2}$$

これから、

$$\frac{T^2}{X^3} = \frac{\frac{4\pi^2}{ag}}{1 + \frac{\mu(X^4 + a^2)}{a(X^2 - \mu a)}}$$

最大静止摩擦力はケプラー定数を小さくするよう働くことがわかる。静止摩擦係数を $\mu=0.01$ 、 $a=1/4$ とすると $x=0.46\sim0.68(\text{m})$ の範囲でケプラー定数は15.8~15.7となり実験値

に近くなる。

次にプレーヤーに加える電圧を変化させて回転周期を変化させるとときを考える。表に書いてあるように電圧が77.0V以下($x \geq 0.60\text{m}$)になると、電圧の調整を小刻みにしなくてはならなくなり、調整が難しい。したがって回転周期にむらがある可能性が強い。実際、上のグラフからわかるようにデータが回帰直線からはずれて見えるのはこの領域である。

以上のような考察から誤差の主要な原因是、摩擦力であると思われる。より正確な実験をするには、回転周期が正確に調整できる専用のタンデーブルを使用した方がよい。しかし、この程度の装置でもケプラーの第三法則を理解するには十分にも思われる。

(1996年3月31日受理)

光センサーによる 3 桁精度の重力加速度の測定

北海道札幌南陵高等学校 菅 原 陽

概 要

これは電子部品で作った装置とコンピュータ計測が、どの程度の精度で測定可能かを試みた実験である。市販の時間計測ボードで落下時間を測定し、分析して重力加速度を計算した。実験装置の不備や各センサの精度の限界も含めて、精度を小数点以下3桁を目指した。作成した装置は赤外発光ダイオードと受光トランジスタである。測定は瞬時に終わるがデータ分析にはコンピュータで3元連立方程式を解き効率化をはかった。

<キーワード> コンピュータ計測 光センサ 重力加速度 時間精度 距離精度

1 測定器具と作成装置について

この実験は、物体の落下距離及び時間を計測ボード(ISTAR ボード)によって測定し、その測定データの分析から重力加速度を算出し、その精度を考察した。その時間測定精度は0.5 μ 秒である。また、距離測定はシリンドーゲージとマイクロメータの組合せで行った。

ア はじめ3箇所に装置を装着する3点計測装置を作成した。しかし以下の点で測定に困難を極めた。
 ①発光ダイオードと受光トランジスタの焦点が合わせにくい。
 ②一個一個の受光特性にばらつきがあれば位置と時間に測定誤差が考えられる。
 ③落下物の落下経路による誤差が大きいと思われる。

イ そこで1点計測の装置(センサー部分が1カ所)を作成した。1点計測の長所は以下の通り。
 ①測定装置点が1点なのでセンサのバラツキがない。
 ②装置作成が簡単である。
 ③計測セルの工夫によって距離精度や他の精度を上げることが出来る。

光センサは赤外発光ダイオード(東芝 TLN101A)とNPN形受光トランジスタ(東芝 TPS601A)の組合せで行った。受光側の反応の立ち上がり、降下時間はそれぞれデータシート上で約2 μ 秒である。

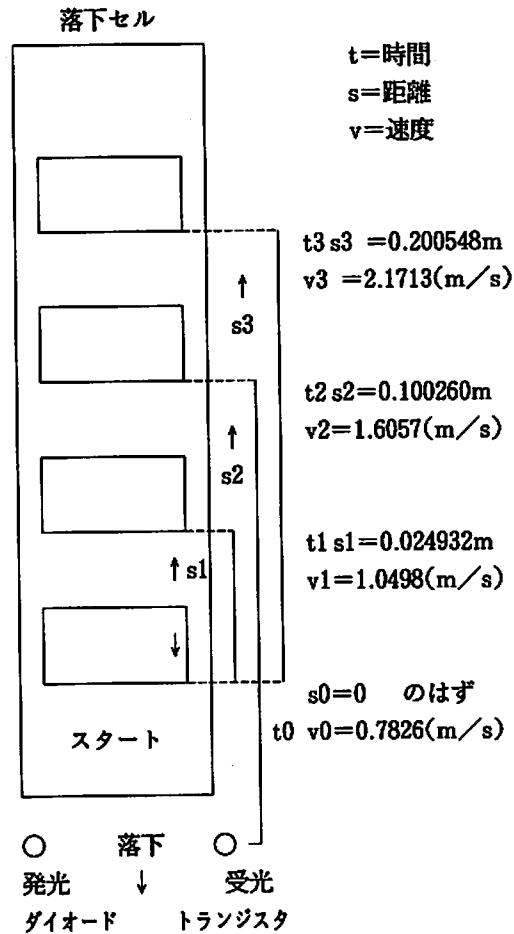


図 1

落下の開始位置は約3.13cm下方。その時、測定・計算した初速は次のようにになった。

初速 $v_0 = \sqrt{2gs} = 0.7826\text{m/s}$ (方程式の解)

落下セルは、はじめ重り付き厚紙で作成した。紙では精度の点で問題がある。そこで、上図のようなホームセンターなどで棚に使われている穴の空いた鉄板を用いることにした。上から落下させ、発光ダイオードと受光トランジスタの間を通過させる。透光窓の通過による、トランジスタのOFFがONになることによって計測する。窓の通過から次の窓までの通過時間を測定し連立方程式を解く。連立方程式はコンピュータが即座に画面に表示し、それをハードコピーしながら実験を進めた。

この t_0 から $t_1 \cdot t_2 \cdot t_3$ までの計測は、コンピュータの測定ボードの TTL レベル入力タイマーで行う。約 2 ボルトを越え OFF から ON になった瞬間に時間計測値が記録される。

また、 s_0 から $s_1 \cdot s_2 \cdot s_3$ の距離はそれぞれノギスで固定しマイクロメータとシリンドゲージを用いた。高精度の距離測定は大変難しい。

表 1

$$\begin{aligned}s_1 &= 1/2gt^2 + v_0t + s_0 \quad ① \\s_2 &= 1/2gt^2 + v_0t + s_0 \quad ② \\s_3 &= 1/2gt^2 + v_0t + s_0 \quad ③\end{aligned}$$

①②③に $t_1 \cdot t_2 \cdot t_3$ の値を代入する。

3つの未知数 g 、 v_0 、 s_0 と 3 つの式があるこれを解いて運動方程式の形で表示。

$$\begin{aligned}1/2g &\quad v_0 \quad s_0 \\4.90611 * (t^2) + 7.88977E-1 * t &+ 1.646407E-5 \\4.90412 * (t^2) + 7.88691E-1 * t &+ 1.780364E-5 \\4.89950 * (t^2) + 7.88932E-1 * t &+ 1.781580E-5\end{aligned}$$

回路図

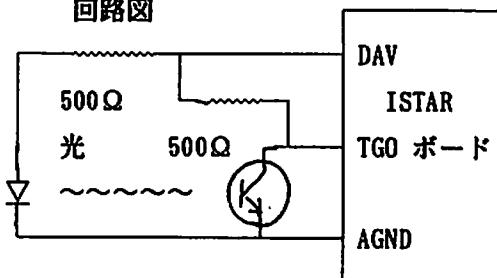


図 2

2 実験方法について

- (1) 最初は手で落とす方法を用いていた。(結果) 落とす位置が一定ではないため、実験データに曖昧さがあった。
- (2) 鉄板の上の方に厚紙をつけクリップで挟み落下させた。(結果) 角度が垂直にならないためか、値が変動した。
- (3) 紙の代わりに細い針金で重心をとって吊し測定した。(結果) 値は安定してきた。
※以下のデータは(3)の実験方法で求めた。

資料 1 が今回の測定データ

資料 2 は資料 1 の値の差分である。

4 実験データについて

◎測定データ 例 1 (重力加速度)

$$4.90611 * (t^2) + 7.88977E-1 * t + 1.646407E-5$$

値は何度測定しても 3 衍目でバラツキが生じた。

鉄セルが温度の違いによって膨張したり、収縮したりする。膨張を考慮すると「 $1/2g$ 」は 1 度につき 0.0008 と 4 衍目に変動を生じる。測定データ 1 についての温度補正を試ると

T	
25	$4.9061 * (t^2) + 7.8897E-1 * t + 1.6464E-5$
24	$4.9059 * (t^2) + 8.9895E-1 * t + 1.6463E-5$
23	$4.9058 * (t^2) + 8.9893E-1 * t + 1.6462E-5$
℃	

光センサーによる3桁精度の重力加速度の測定

鉄の線膨張率は $1.15e-5$ として
距離 s は $d = (1 - 1.15e-5 * \delta T)$ となる。
温度が下がるとセル間隔が狭まり、見かけ上、
実測した重力加速度は大きくなる。逆にそれを
補正した真の値は小さくなる。

温度補正の項は1度当たり小数点以下4桁目に
影響をおよぼす。セルの膨張よりもっと測定値
に影響する何かがある。温度による誤差は温度
計の誤差を2度とすると 0.00024 である。

これを距離の誤差として出すと

$$1.15e-5 * 20(\text{cm}) = 2.3e-6(\text{m}) = 0.0000023(\text{m})$$

(計測セルの最大長は20cmである。)

この時の時間データは以下のとおり。

◎測定データ2(時間)

表2

①	②	③	④	⑤
0.0271	0.0836	0.1372	0.0564	0.0535
0.0272	0.0838	0.1374	0.0565	0.0535
0.0272	0.0837	0.1372	0.0565	0.0535

①②③はそれぞれの窓の到達時間

④は②-①の時間差 ⑤は③-②の時間差

落下位置の微小変化では、例えば1ミリの落
下位置のずれで0.014秒程ずれることになる。

($s=1/2gt^2$ より)

$$t = \sqrt{2s/g} = \sqrt{2 * 0.001/g} = 0.014 \text{ 秒}$$

落下の開始位置の距離のバラツキの方がこの
時間データに大きく影響している。

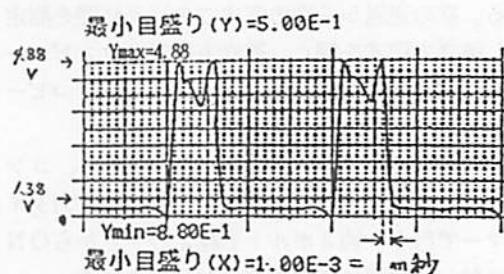
誤差の原因を空気の粘性係数などは考えない
ことにすると、測定物理量は距離と時間である。
距離の誤差を最小にするために、鉄セルの透光
窓のペンキをはがしさらに平に磨き、中心付近
を再度測り直した。現在の本校が手にしている
距離測定機器では、100分の1ミリの精度が限
度である。

5 実験の時間誤差について

次に、時間誤差の他の原因を追求するために、
光センサの反応を50μ秒毎に測定してみた。小

さなモーターにプロペラをつけ、そのプロペラ
で遮光した。プロペラの回転による遮光の速さ
は 1.43m/s である。(このグラフとプロペラの
厚さ1cmより $0.01\text{m}/7.00E-3\text{s} = 1.42857\text{m/s}$)
その時のノイズのレベルは50ミリボルト程
度だった。グラフの立ち上げ及び下降の時間は
1ミリ秒である。山が凸凹しているのは、プロ
ペラの素材(白色ポリエチレン)の屈折による
のではないかと思われる。

このグラフのON～OFFに下降する途中の
あるレベルで、時間の計測が行われる。



コンピュータは $0.5\mu\text{s}$ の精度でこの電圧降
下を見ている。コンピュータにとって1ミリ秒
と言う時間はかなりゆっくりした物理現象である。
そのため正確に測れるはずであるが、ノイ
ズのゆらぎ誤差を考える必要がある。その時間
誤差は次のようになる。(下図参照)

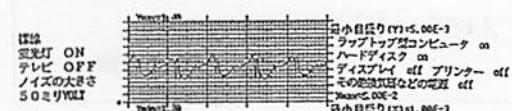
4.88～1.38ボルトまでの降下時間は約1ミリ秒
その時のゆらぎを考慮し、時間誤差を算出した。

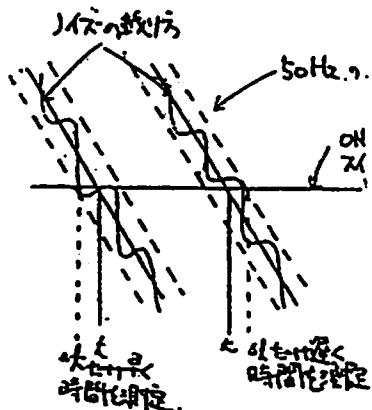
$$\frac{4.88 - 1.38}{0.001\text{秒}} = \frac{50 \times 10^{-3}\text{V}}{\text{t秒}(ノイズの誤差)}$$

計算した結果、時間誤差は $\Delta t = 0.0000143\text{s}$
程度である。これを距離誤差に換算すると、最
大は s_0 の位置での移動距離であるから

$s = 1/2gt$ から データ2の③の時間 $t = 0.1372$ を利用し

$$\begin{aligned} \Delta s &= 1/2g(t + \Delta t) - 1/2gt = 0.0000191(\text{m}) \\ &= 0.001(\text{ミリメートル}) \end{aligned}$$





6 実験結果と測定誤差のまとめ

距離の測定誤差は $s_1 s_2 s_3$ について、 ± 100 分の 1 ミリの誤差があったと考えている。よって、この距離の誤差は

$$d_1 = 0.00001 \text{ (m)}$$

以上距離の誤差をまとめると温度の誤差から

$$d_2 = \pm 0.0000023 \text{ (m)}$$

ノイズによる時間誤差から

$$d_3 = \pm 0.0000191 \text{ (m)}$$

距離の誤差に換算したその総和 D は

$$D = d_1 + d_2 + d_3 = 0.0000314 \text{ (m)}$$

として計算を試してみた。 $1/2g$ の値が 4.9061 の実験結果についてのみ以下の測定誤差の検討を行った。 $d = 0.0000314$ として $s_1 \cdot s_2 \cdot s_3$ を下表のように変動させ方程式を解かせた。

表 3

$s_1 + 0$	$s_2 + 0$	$s_3 + 0$
$s_1 + d$	$s_2 + d$	$s_3 + d$
$s_1 + d$	$s_2 + d$	$s_3 - d$
$s_1 + d$	$s_2 - d$	$s_3 + d$
$s_1 + d$	$s_2 - d$	$s_3 - d$
$s_1 - d$	$s_2 + d$	$s_3 + d$
$s_1 - d$	$s_2 + d$	$s_3 - d$
$s_1 - d$	$s_2 - d$	$s_3 + d$
$s_1 - d$	$s_2 - d$	$s_3 - d$

左の表は距離に換算した誤差 d を落下距離 $s_1 \cdot s_2 \cdot s_3$ に加減した一覧である。その距離をパラメータとして実験結果の時間から 3 元連立方程式を解いたものが表 4 である。計算結果（上の値の順に対応している。）

$1/2g = 4.90661$ の実験値について、距離誤差を考慮した最大値は $\max 4.92557$ ① 同様に、距離誤差を考慮した最小値は $\min 4.88403$ ②

表 4

$+4.906 * (t^2) + 7.889E-1 * t - 1.646E-4$
$+4.904 * (t^2) + 7.899E-1 * t - 1.363E-4$
$+4.894 * (t^2) + 7.911E-1 * t - 1.605E-4$
$+4.925 * (t^2) + 7.865E-1 * t - 5.886E-5$
$+4.914 * (t^2) + 7.877E-1 * t - 8.311E-5$
$+4.894 * (t^2) + 7.921E-1 * t - 2.523E-4$
$+4.884 * (t^2) + 7.933E-1 * t - 2.766E-4$
$+4.915 * (t^2) + 7.887E-1 * t - 1.748E-4$
$+4.904 * (t^2) + 7.899E-1 * t - 1.991E-4$

鶴川と千歳の重力加速度がほぼ同じと考えて、理科年表からの千歳の実測値を参照すると 9.80426 である。そこから、真の値に近いと思われる $1/2g$ の値は 4.90213 ③

そこで、③との差をとり、

$$\textcircled{1} - \textcircled{3} = 0.0234 \quad \textcircled{3} - \textcircled{2} = 0.0181 \text{ から}$$

その最大差は 0.0234 となる。これがこの場合の最大の誤差である。（以上資料 3 参照）

7 実験値と誤差の検討

考えられる距離の誤差から算出した、 $1/2g$ の最大の誤差は 0.0234 (m/s) となった。

資料 3 から標準偏差は $6 = 0.0038436$ である。標準偏差の何倍かした値と最大誤差を比較した。 $3 * 6 = 0.0115308 < 0.0234$ 正規分布表の面積の 97 パーセント以内の確率

$$5 * 6 = 0.0192180 < 0.0234$$

$$6 * 6 = 0.0230616 < 0.0234$$

考察した最大誤差が実測の標準偏差の 6 倍以内に入っている。この結果は、最大誤差の起こる主な要因を考えつくしたことを証明しているのではないか。

8 結果と考察

光センサを使用した重力加速度の測定で 3 術の有効数字を目指したが以上の結果から、小数点以下 2 術目に 0.02 度程の誤差が出るのは避けられないことが判った。これ以上の精度を追求するには、1000 分の 1 ミリの測定ゲージとノイズのさらに低い環境（5 mV 程度）が必要であ

光センサーによる3桁精度の重力加速度の測定

る。理科年表の実測値との差には何か見落としていることを示唆しているかもしれない。次の課題はこの鉄製の測定セルを水中で落下させ、粘性係数を測定し今回のデータを補正してみたい。

資料 1

	t[1]s1-s0	t[2]s1-s0	t[3]s1-s0
1	t1=0.02718	t2=0.08366	t3=0.13720
2	t1=0.02727	t2=0.08383	t3=0.13740
3	t1=0.02721	t2=0.08372	t3=0.13729
4	t1=0.02731	t2=0.08391	t3=0.13750
5	t1=0.02728	t2=0.08382	t3=0.13738
6	t1=0.02728	t2=0.08388	t3=0.13748
7	t1=0.02728	t2=0.08388	t3=0.13747
8	t1=0.02727	t2=0.08385	t3=0.13743
9	t1=0.02725	t2=0.08379	t3=0.13733
10	t1=0.02732	t2=0.08395	t3=0.13754

資料 2

	t[2]-t[1]	t[3]-t[2]
1	0.05648250	0.05353250
2	0.05656050	0.05357450
3	0.05651400	0.05356550
4	0.05659750	0.05359200
5	0.05654000	0.05355300
6	0.05659800	0.05359400
7	0.05659650	0.05359050
8	0.05657350	0.05358050
9	0.05654000	0.05353950
10	0.05663400	0.05358950

上表のデータより計算した $1/2g$ の平均値は
 $1/2g = 4.9058703$ (m/s) 標準偏差 s は
 $s = 0.0038436$ となった。

この実験の平均値から出した重力加速度と理科年表からの各地の実測値の比較を以下に示す。

資料 3

	$1/2g$	v	s
1	4.90611	0.78977	0.00016464
2	4.90412	0.78691	0.00017803
3	4.89950	0.78932	0.00017815
4	4.90405	0.78548	0.00018014
5	4.90844	0.78686	0.00019629
6	4.90342	0.78578	0.00016197
7	4.90443	0.78571	0.00016042
8	4.90415	0.78649	0.00017142
9	4.91333	0.78666	0.00015757
10	4.91111	0.78353	0.00014582

9.8117406 (今回の実験の平均値)

鶴川	42° 25'
札幌	9.8047757
旭川	43° 04. 3
千歳	43° 46. 2
浦河	42° 48. 3
	42° 09. 5

参考 重力加速度測定プログラム

この言語はC言語に似ているが、lispで開発された人工知能言語である。特殊なボードでしか動作しない。しかし、16ビットのワンチップマイコンでのコンピュータ計測を、今後の方々として模索する上での参考としてここに掲載する。説明は命令行の後に書かれている。

同様の計測をワンチップマイコンで行う時は、basicは手に入りにくいので、マシン語やC言語で開発するしかない。

```

VAout(5); /* 発光受光センサの電源のため
    にISTAR ボードから5Vを発生させる */
gcls(2); dim(t[5], y[4], d[4], s$[10], u(1),
a[10], b[10], c[10]);
for(i=0; i<10; i++) {timer(0, t[]); t[0]; t[1];
t[2]; t[3]; /* 時間間隔を測る命令 */
e=0.0000151 * 0.0025; /* ここで、eは熱膨張率を考慮した2.5cm当たりの距離補正值 */
y[*]=0.025+e, 0.075+3*e, 0.125+5*e, 0.
2+8*e; /* 距離データを設定 */
}

```

```
mtrset(d[i], t[i]); a[i]=t[0]; b[i]=t[1]; c  
[i]=t[2];/*配列に代入*/  
s$[i]=poifunc (t, d[], y[]); strfunc ("yy  
(t)", s$[i]);/*方程式を解き、解を S$ に  
代入*/  
admit(0, 0, "落下式 X(t)=は、以下のように  
なっています", (s$[], 0, i));/*画面に表示  
*/  
end;
```

(1996年3月31日受理)

電流による発熱

-短時間で可能な定量実験-

北海道立理教育センター 大久保 政俊

学習指導要領においては、水熱量計などを使った電流の発熱の実験を行い、発熱量は電流と電圧に関係することを見いだすことになっている。ここでは、水熱量計を使わず、短時間に発熱が観察測定できる実験方法を考察する。さらに、測定データをパソコン上の表計算ソフトを使って、グラフ化処理することにより、容易に生徒に電流と発熱の関係を理解させる方法も併せて示す。

[キーワード] 中学校 理科 電流 発熱 パソコン 表計算ソフト

1 電流による発熱の実験方法の検討

1-1 水熱量計を用いた実験方法の問題点

電流の発熱実験においては、水熱量計を用いて定量的に熱量と電流・電圧の関係を調べ、一定時間内の発熱量は電流と電圧の積に比例することを、測定値をグラフ化することによって見いだせることが多く実施されている。

この実験を実施するには、次の問題点が挙げられる。

- (1) 条件（抵抗値、電流、電圧）をいろいろと変えた複数の実験をしなければならず、時間がかかる。
- (2) 水熱量計を用いるため予め室温になるように設定するので、一つのグループで(1)の実験をやるとすると、複数の実験装置が必要である。
- (3) 実験装置がない場合（一つのグループが一つの実験装置を使う場合）は、複数のグループでそれぞれ違った条件で実験をおこない測定値をもじよってグラフ処理をする。この場合は、全体（例えば一クラス）で、少数の結果しか出せず、結論を引き出す上の信頼性という点で問題がある。
- (4) 測定値からグラフ処理するのに、複数の条件下のデータが必要で、時間がかかる。

1-2 時間のかからない簡単な実験方法の工夫

ここでは1-1の問題点を解決する為、水熱量計を使わず、以下の簡単な実験方法を考えた。

- (1) 複数本の温度計にそれぞれ巻き数の異なる

電熱線を直接巻き付けて直列につないで電流を流して発熱させ、温度の上昇を調べる。これによって、一定電流のもとで条件（抵抗、電圧）が異なるデータが数分間で一度に得られる。さらに、電流値を変えて同様の実験を繰り返すことによって多数のデータを短時間に得ることができる。

(2) 表計算ソフトを使ってシートに測定値を入力しグラフを作成する。シートには予めグラフを作成するのに必要な表を用意しておく。測定値の一度の入力でシート上に複数の表が同時にできるように表に測定値と結びつく式を代入しておく。例えば表1-1に温度を入力すると、温度上昇を表す表1-2ができるよう相対セル番地と絶対セル番地 (\$) を組み合わせた式を代入しておく。

B	C	D	E	F	G
2	表1-1				
3	入力 ↓ エナメル線 電源1A 直列				温度
4	時間/巻数	5	10	15	20
5	0分後				
6	1分後				
7	2分後				
8	3分後				
9					
10					
11					
12	表1-2				
13	エナメル線 電源1A 直列				温度上昇
14	時間/巻数	5	10	15	20
15	1分後	+D\$-\$D\$5	+D\$-\$E\$5	+F\$-\$F\$5	+G\$-\$G\$5
16	2分後	+D\$-\$D\$5	+E\$-\$E\$5	+F\$-\$F\$5	+G\$-\$G\$5
17	3分後	+D\$-\$D\$5	+E\$-\$E\$5	+F\$-\$F\$5	+G\$-\$G\$5

B	C	D	E	F	G
2	表1-1				
3	入力 ↓ エナメル線 電源1A 直列				温度
4	時間/巻数	5	10	15	20
5	0分後				
6	1分後				
7	2分後				
8	3分後				
9					
10					
11					
12	表1-2				
13	エナメル線 電源1A 直列				温度上昇
14	時間/巻数	5	10	15	20
15	1分後	+D\$-\$D\$5	+D\$-\$E\$5	+F\$-\$F\$5	+G\$-\$G\$5
16	2分後	+D\$-\$D\$5	+E\$-\$E\$5	+F\$-\$F\$5	+G\$-\$G\$5
17	3分後	+D\$-\$D\$5	+E\$-\$E\$5	+F\$-\$F\$5	+G\$-\$G\$5

1-3 実験方法・条件についての考察

従来の水熱量計で発熱量を測ることはせず、直接、温度計の目盛りの上昇で発熱量の程度を表すことが可能となるのは次の通りである。

- (1) 温度計の目盛りは、温度計のガラスとアルコールの膨張率の差による温度変化の割合を示している。湯の中に温度計が浸されている場合は湯と温度計（ガラス部分とアルコール）が熱平衡状態となって、温度計の目盛りは湯の温度を示す。しかし、温度計に電熱線が巻き付けられている場合は、温度計と電熱線は熱平衡になく、たえず温度の高い電熱線から熱が温度の低い温度計に流れ込む。（当然ながら、熱の吸収に伴い温度計からの放熱は無視できない。）したがって、電熱線と平衡にない温度計の目盛りは電熱線の温度を表すのではなく、電熱線の発熱（温度計が電熱線から吸収した熱量）に伴う膨張の割合を示している。
- (2) 電熱線の発熱量を熱量計（水）を使わずに、温度計の目盛りの変化で正しく見ることができるために、温度計のガラス部分が電熱線の発熱をすべて吸収しなければならない。しかし熱の吸収が多いほどガラス部分からの放熱が増える。従って、電熱線の発熱量がより少ないほど放熱が少なく、温度計の目盛りの上昇はより正しい発熱の程度を表す。そのため電熱線として発熱が少ない抵抗の小さな太めのエナメル線を使用し、電流を流す時間も短くとする必要がある。

2 エナメル線による発熱の実験

2-1 準 備

エナメル線、温度計（水銀温度計、アルコール温度計）、電流計、電圧計、乾電池、直流電源、水性ペン

2-2 方 法

- (1) 図1のように温度計のガラス球の部分に直径0.5mmエナメル線を巻き付け、5巻、10巻、15巻、20巻の温度計を直列につなげる。放熱を防ぐのと熱が温度計のガラス部分に一様に伝わるようにするために、アルミホイルと断熱

材でガラス球の部分を覆う。エナメル線の両端に電流計と電源を直列につなぐ。

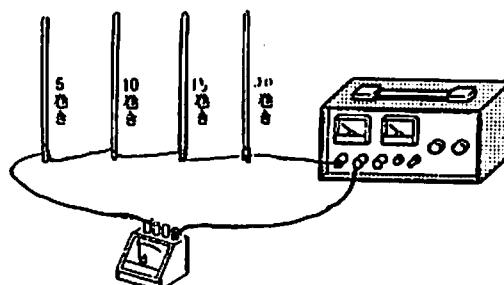


図1 エナメル線を巻いた温度計

- (2) 一定の直流の電流（1A、2A、3A）を流して、一定時間（1分）毎に3分間、それぞれの温度計の温度の変化を調べる。乾電池を使用すると、実験の始めと終わりで電流の値が変化してしまうので、電源装置からの直流を用いた。厳密には脈流なので実際の一定値の直流電流の時と比べて誤差が伴う。しかし、ここでは発熱量そのものを求めるのではなく、温度上昇（温度差）によって発熱量の程度を表すのでその影響は無視できる。
- (3) 観察していると刻々目盛りが上昇していくので水性ペンなどで直接温度計の目盛りに印をつけておいて、測定終了後、データ処理をする。
- (4) 測定終了後、データ（温度上昇）を表計算ソフトの表に入力し、パソコン上で表計算ソフトを使って処理し、グラフを作成する。ファイルの表に数式を入れておいて、1回のデータ入力で複数の表ができるようにしておくと便利である。

2-3 測 定 値

複数の条件下での測定値を表にして示す。

(a) 表2-1～2-3

電流値が一定のもとでのエナメル線の巻き数が異なる各温度計の時間変化（温度上昇）

電流による発熱 一短時間で可能な定量実験一

表2-1

エナメル線 電源1A 直列 温度上昇(°C)

時間/巻数	5	10	15	20
1分後	1.0	1.3	1.9	2.2
2分後	1.4	2.1	3.0	3.6
3分後	1.6	2.6	3.7	4.3

表2-2

エナメル線 電源2A 直列 温度上昇(°C)

時間/巻数	5	10	15	20
1分後	2.6	4.5	6.3	8.4
2分後	4.1	7.2	10.2	12.6
3分後	5.0	8.8	12.9	15.5

表2-3

エナメル線 電源3A 直列 温度上昇(°C)

時間/巻数	5	10	15	20
1分後	5.4	9.5	13.5	17.3
2分後	8.6	15.2	22.6	27.5
3分後	9.9	18.1	27.9	

(b) 表3-1～3-4

巻き数が一定の温度計の各電流毎の時間の変化(温度上昇)

表3-1

エナメル線 (巻数5) 温度上昇(°C)

時間/巻数	1A	2A	3A
1分後	1.0	2.6	5.4
2分後	1.4	4.1	8.6
3分後	1.6	5.0	9.9

表3-2

エナメル線 (巻数10) 温度上昇(°C)

時間/巻数	1A	2A	3A
1分後	1.3	4.5	9.5
2分後	2.1	7.2	15.2
3分後	2.6	8.8	18.1

表3-3

エナメル線 (巻数15) 温度上昇(°C)

時間/巻数	1A	2A	3A
1分後	1.9	6.3	13.5
2分後	3.0	10.2	22.6
3分後	3.7	12.9	27.9

表3-4

エナメル線 (巻数20 温度上昇(°C))

時間/巻数	1A	2A	3A
1分後	2.2	8.4	17.3
2分後	3.6	12.6	27.5
3分後	4.3	15.5	18.1

(c) 表4-1～4-3

一定時間中の、各電流値における巻き数が異なる温度計の温度上昇

表4-1

エナメル線 1分間の温度上昇(°C)

時間/巻数	1A	2A	3A
5	1.0	2.6	5.4
10	1.3	4.5	9.5
15	1.9	6.3	13.5

表4-2

エナメル線 2分間の温度上昇(°C)

時間/巻数	1A	2A	3A
5	1.4	4.1	8.6
10	2.1	7.2	15.2
15	3.0	10.2	22.6

表4-3

エナメル線 3分間の温度上昇(°C)

時間/巻数	1A	2A	3A
5	1.6	5.0	9.9
10	2.6	8.8	18.1
15	3.7	12.9	27.9

2-4 結果と考察

(1) 温度計は、目盛りが一致するように並べる。

目で直接見て、温度計の目盛りの上昇から巻き数の違いによる発熱量の違いがわかる。巻き数と抵抗が比例しているので、抵抗が大きい場合（電圧が大きい場合）に発熱量が多いことが定性的にわかる。

(2) 表2-1～2-3に対応したグラフ（電流値が一定のもとでのエナメル線の巻き数が異なる各温度計の温度上昇）を書く。（図2-1～2-3）

電流が一定下（1 A、2 A、3 A）で、エナメル線の巻き数の多い温度計ほど時間とともに温度が大きく上昇していて発熱が多いことがわかる。また電流値が大きいほど温度上昇が大きく、発熱が多いことがわかる。

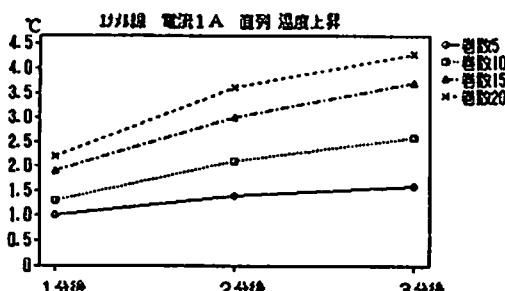


図2-1

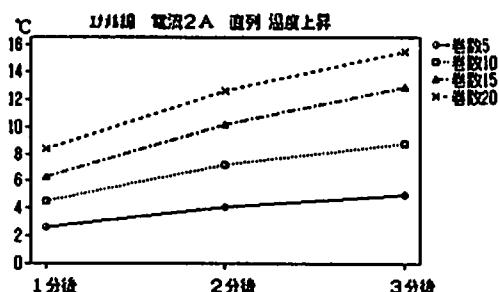


図2-2

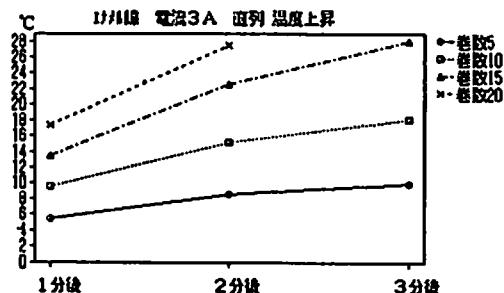


図2-3

(3) 表3-1～3-3に対応したグラフ（巻き数一定の温度計の一定時間中の電流変化に伴う温度上昇）を書く。（図3-1～3-3）

図3から巻き数一定のエナメル線からの一定時間の間の発熱量（温度の上昇）は電流とともに増加していることが理解できる。直線のグラフにならず、電流値を細かくとって測定データーを増やすと2次曲線となる。これは、抵抗（巻き数）が一定の条件下では、電力は、 $\text{電流} \times \text{電圧} = \text{電流} \times \text{電流} \times \text{抵抗} = (\text{電流})^2 \times \text{抵抗}$ となり、発熱量が電流の2乗に比例することに対応する。また、巻き数が多いほど発熱量が多いことが理解できる。

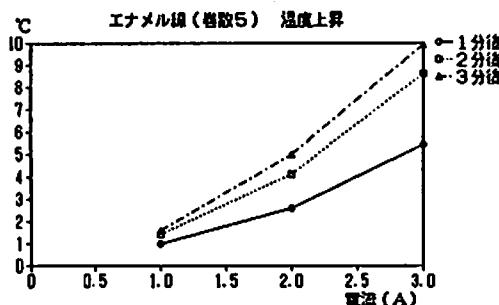


図3-1

電流による発熱 一短時間で可能な定量実験一

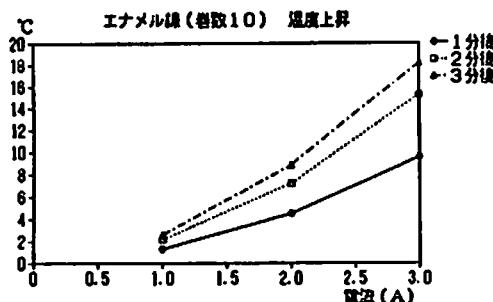


図 3-2

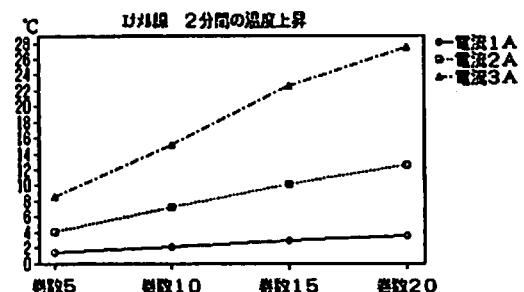


図 4-2

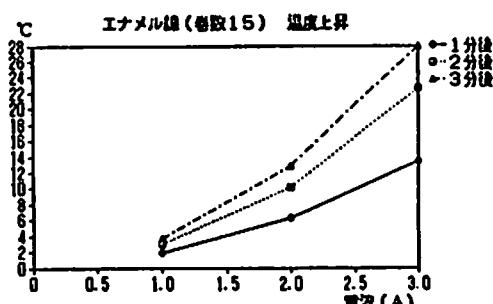


図 3-3

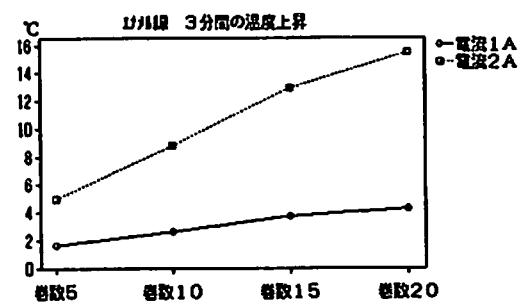


図 4-3

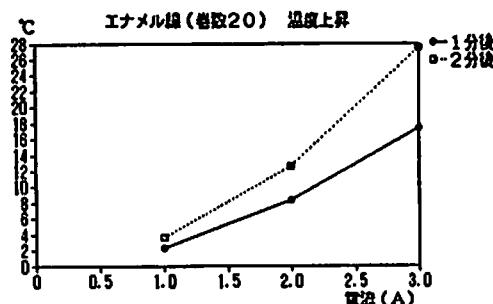


図 3-4

- (4) 表 4-1～4-3に対応したグラフを書く。
(図 4-1～4-3)

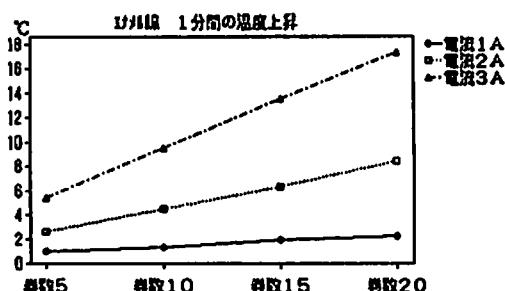


図 4-1

図 4 から電流が一定（それぞれ 1 A、2 A、3 A）のとき、巻き数とともに温度が上昇（発熱量が増加）している。これより発熱量が巻き数に比例していることがわかる。電流が一定の条件下では巻き数（抵抗に比例）と電圧（抵抗 × 電流）は比例する。従って電流が一定の条件下では発熱量は電圧に比例することが結論できる。

厳密に調べると発熱時間が増えるにつれ、また、電流値が増えるにつれ、巻き数の多いところの測定値をみると温度上昇と巻き数の比例の関係がずれている。これは、発熱が増えるにつれ、放熱も多くなり、温度上昇がにぶくなることによる。たしかにグラフのずれは、比例を示す直線から下方にずれている。

3 指導上の留意事項

視覚的に子供達に温度の変化を理解させるため、色のついたアルコール温度計を使用した。アルコール温度計は、個々に形状が違っているので、できるだけ太さ、アルコールだめの大きさ、目盛り間隔の同じ温度計を使うのが良い。

4 おわりに

温度計に巻き数の異なるエナメル線を巻き付けて、直列に並べた簡単な実験装置で発熱の定量的データが短時間に測定可能となる。

表計算ソフトを使ってグラフ処理することにより、以下のような発熱での定性的理解が容易になる。(1) 発熱量は電流とともに増加する。(2) 発熱量は、電流が一定の条件下では電圧に比例する。(3) 発熱量は電力（電流²×抵抗）に比例する。

巻き数や電流値や発熱時間を小さくとって放熱を減らすことに注意すれば、一時限内で、充分に定量的に実験測定、結果処理が可能である。

参考文献

- (1) 村越昌昭：モーターを利用した実験・観察、理科の教育、Vol.40、1991
- (2) 堺市立科学教育研究所：理科の授業におけるコンピュータの活用、中学校理科指導資料、1993

(1996年3月31日受理)

科学学習センターの活動内容と 科学教育への提言

—教師教育と新たな科学教育の構築をめざすエクスプロラトリウム—

北海道立理科教育センター 永田敏夫

サンフランシスコにあるエクスプロラトリウムは、体験的に自ら主体的に展示に直接触れながら学ぶ先進的な科学館として日本の科学教育者や科学館関係者の間でもよく紹介されている。1995年冬に訪問して、高校生が週末に説明員としてアルバイトの形で活動しながらボランティア活動をしていること、理科教師教育を軸に据えた研修システムを持つこと、インターネット(<http://www.exploratorium.edu>)のホームページを充実させていることなど理科の教師教育を考える上で参考となる事項に気づいたので紹介する。

[キーワード] 科学 芸術 感覚 博物館 教師教育 展示

1 主体的に学習する機会の提供

1915年パナマ太平洋博覧会々場となったPALACE OF FINE ARTに1969年物理学者で教育者のフランク・オッペンハイマー(Frank Oppenheimer: 1912-1985)によって開設された。彼の展示哲学は、「学習者自身にとって自ら学ぶために最もよい学習環境を作り上げる」ことで、製作者の意図したものだけを学ぶということよりも、入場者自身が何かを学び、何かに気付き、自分自身の観察力に自信持てるようになることを第一に考えるものであった。これは、彼が高校や大学で物理教育に携わりながら形成した哲学である。

彼がコロラド州のバゴサスプリングの高校で物理を教えていたときには、スクランプ置き場に生徒を連れて行ったり、自動車の部品を使って実験をしたりした。また、コロラド大学へ移ってからは、初級一般物理学実験について、毎週順を追って一斉に行うのではなく、学期中にやりたいときにいつでもできるようにすべての学生実験をそれぞれ1セットだけ準備しておく物理実験ライブラリーを作り上げた。これは、必要最小限の説明のもとに学生が主体的に実験を行うもので、この実践がエクスプロラトリウムの建設に生かされている。

2 常に変化し未完成な展示

—Center for Public Exhibition—

エクスプロラトリウムには、科学・芸術・感覚分野の650以上の展示がある。「博物館を学習センターに」をモットーに、科学・自然・芸術の情報を提供している。展示には、生命科学、色、電気、熱と温度、言語、光、運動、軌跡、音と聴覚、触覚、視覚、波と共に鳴、気象の13コーナーがある。展示はあらかじめ色や形や大きさが決められているわけではなく、遊んだり、学んだり、議論したり、実験したり、修理したりするうちに変わってくる。製作者の好みや展示の機能によって見た感じは違うが、一般的な原理と特徴がいくつかある。

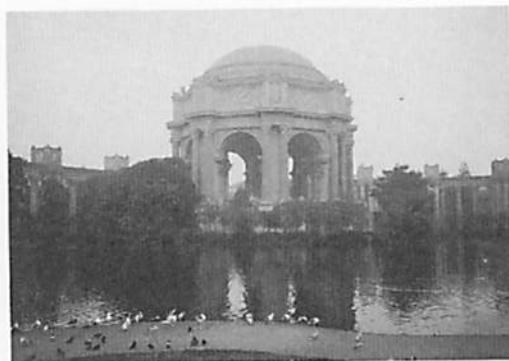


図1 ファインアート宮殿

最も大きな特徴は、展示に少しづつ手を加え続けることを基本的な開発研究法としていることである。この展示の5分の4は開発中で、完成品は5分の1にすぎない。展示とはその現象に興味を持つ人が企画し、開発し続けていくものである。しかも、科学技術者ばかりではなく芸術家や教師などもアイデアを出し合う協同制作である。

製作者は原型を製作し、自分自身が楽しみ、どうやったら面白く、美しく、魅力的になるのか入場者やスタッフの意見にも耳をかたむけながら、何度も改良を加え形を変えていく。

展示については、入場者が内部の仕組みを調べたりすることもできる。また、大部分の展示は移動テーブルに載せてあるのでいくつかの実験を集めることもできる。展示の材料は予想もしないようなものとか廃品とかを使ってあり、ほとんど全ての展示はエクスプロラトリウム内の工房で製作されている自主製作品である。



図2 展示と並んでいる製作工房

3 教員と生徒を対象とする科学学習センター

—Center for Teaching and Learning—

エクスプロラトリウムの学習センターには教育研究所事業(the Exploratorium Teacher Institute)、学校事業(the School in Exploratorium)、少年少女支援事業(The Children's Outreach Program)、展示体験説明員事業(the Field Trip Explainer program)、高校生説明

員事業(the High School Explainer Program)の5つの事業がある。特に、1983年にカリフォルニア州教育省から地域科学学習センター(Regional Science Resource Center)としての指定を受けている。

教員研修事業としては、カリフォルニアの65学区からの高校教員、40学区からの中学校教員、30学区からの小学校教員が科学館所属の芸術家や科学者と一緒に研修している。ここでは、年間約500人の幼稚園から高校までの教員が研修を受けており、実人数で1000人、延べ50000人以上の学生がこの学習にかかわっていることになる。また、センターは学校で行う理科教育についてもサンフランシスコ市内の全学区及びマリンカントリーの数学区と連携して改善に当たっている。

3.1 小学校教員の研修を進める学校事業

—the School in Exploratorium—

この事業は、兼務の形で4人の小学校教員を受け入れ1年行う研修事業を中心である。このほか、夏期の研究講座、学期中の週末や放課後に行う1日単位の製作実習等を行うワークショップ、研修者による出版物の刊行やカリフォルニア科学学習基準改善のための研究事業等も行っている。

この事業では、自然現象の探究を科学と芸術の両方の視点で行っており、内容は多岐にわたるが、教員の要望に従って研修の機会を提供している。例えば、発見学習に焦点を当てた夏期講座、学期中のワークショップ以外に、スタッフの学級訪問、実験キット、学校授業記録の貸出、ミニ展示作成ガイド、研修事後講習会、高度な物理直接体験教室を含む教員団体の専門的研修会、3日間のテーマ別入門ワークショップ、湾岸地域の小学校に対する特定内容の研修会などにも応じている。

3.2 中学高校教員のための教育研究所事業

—the Exploratorium Teacher Institute—

教育研究所事業は、中学高校教員を対象としている。そこでは、物理、一般科学、化学、数

学、英語を第2言語とする生徒のための科学教育について研修している。夏期講習会には毎年14地方100人以上の中学高校教員が参加している。その他、事後講習会やワークショップもあり、展示を活用した発見学習法を基本としている。夏期講座には今まで600人以上が受講しているが、エクスプロラトリウムの展示をモデルに授業で実際に活用できるように科学を楽しく分かりやすいものにしていく研修を進めている。

3.3 福祉事業としての少年少女支援事業

—The Children's Outreach Program—

少年少女支援事業では、恵まれない少年少女に教育サービスを提供するコミュニティグループや社会福祉団体との協同活動を推進している。この協同活動には、体験ワークショップや器具器材の準備やミニ展示の設置などがある。これらの活動ではみんなで発見したり発表したりすることや一人一人の希望や気づきを重視している。支援事業では青少年会館、地域レクリエーションセンター、小児科医院センター、先導的な学級や他のコミュニティ組織とも連携している。



図3 新しい高校生説明員を案内する先輩

3.4 展示体験説明員事業

—the Field Trip Explainer program—

場内体験学習説明員事業の説明員は、様々な専門の大で、学期中の体験活動で科学館を訪れた子ども達の指導に当たっている。クラス担任は事前に学級での学習項目に合う展示コース

を選ぶ。説明員は学級が選択したコースや展示に関する世話ををする。この説明員は体験学習時間終了後や夏休みの長期間にわたる研修にも関係し科学館のスタッフと毎日研修を深めているベテランである。

3.5 生徒が科学館で行う展示体験学習

—Field Trips—

毎年60000人以上の生徒が展示体験学習に教師の率で来館する。個人的な自由見学のほか、体験学習コースがある。コースは15あり、各コースには関連する8から10の展示がある。各コースには、事前事後の学習で利用できる生徒用展示ガイドと教室活動が完備している。ただし、1回の訪問では1コースを学習するように勧めている。また、3、4コースを統合した電気、光、音、視覚の統合コースもある。高校生を対象とした展示体験には、数学のワークシートもある。



図4 展示体験活動をリードする高校生説明員

科学館のすべてのエリアに各年代の説明員がいて、生徒が到着すると入口で一般的なオリエンテーションと選択したコースの入門ガイドをし、展示場所へ案内する。そこで15分程度質問に応えたり説明した後、生徒は各自体験学習をする。スペイン語を話す説明員もいる。牛の眼の解剖、帶電と電流、音の柱などのデモンストレーションなども行っている。期間は10月から6月の火曜日から金曜日の9時30分から13時までで、比較的すいている10月から12月までは特

別コースがある。

3.6 社会体験を高める高校生説明員事業

—the High School Explainer Program—

高校生説明員は科学館の各フロアや展示にて、来場者に話しかけたり、展示や現象の説明をする。湾岸地域の各高校の教員や地区相談員から3名ずつの推薦を受け、面接をして選考され毎年100人の高校生説明員が説明をしながら科学を学んでいる。説明員の資格は、高校の1年から3年と大学1年で言語が明瞭で意欲があり、科学館で働くことに興味があることである。仕事は、科学館のガイド、補助員、巡回員、科学館の操作の補助要員や展示の補修要員で、期間は2か月から4か月である。1月1日から始まる春の学期と9月1日から始まる秋の学期の勤務は、平日の午後が2~3回と週末の終日か週末のみの選択ができる。5月に始まる夏の学期中は、土曜から火曜日までの終日である。それぞれの学期中に25人から35人のグループ単位で仕事をする。彼らは、スタッフや客員研究員から研修を受ける。この間、科学館の展示についての講義も60時間受ける。全くの無給ではなく、1時間当たり4ドル25セントの報酬がある。



図5 大きな水槽を使ったシーソー

この事業は、高校生説明員に現象を探究し、自ら学ぶことができる環境を提供すると同時に科学館に若さとエネルギーをもたらすことを目的としている。説明員の科学的素養や学校の成績や科学の基礎は問題ではない。説明員の54%

しか科学の学習をしていなかった調査結果もある。(1987) ドロップアウトした学生でも受け入れた結果科学に興味を持ち大学で優秀な成績を納めた者もいる。むしろ、説明をしながら学ぶことがねらいである。彼らの役目は客の質問に正しく答えるのではなく、入場者が自ら発見し学べるように余り説明しないことがあるといつてもよい。彼らに求められるのは科学的な理解ばかりではなく良い人間関係をつくることさえある。

4 芸術と科学の交流を進める芸術研究事業

—Artist Research Program—

芸術家研究事業では、音楽、ダンス、映画、語り、人形使い、詩など、自然と文化の関係についての新しい見方や考え方の開発を進めている。芸術家は科学館のスタッフと協同しワークショップや一般公開の提示法を研究している。これは、一般市民がいきいきとして、広く様々な世界を知り、その世界観を広げ、才能ある若者を科学に引き付け科学教育に新風を吹き込むことが大切であると考えているからである。さらに、体の五感を越えて脳の認知や心の課題にも迫ろうとしている。心を使って心自身の働きを理解することへの挑戦は、一般市民と認知研究との架け橋となることでもある。この認識という現象に焦点を置くことは芸術に関わる展示やプログラムを科学と同様に重視していることを示すものである。

5 メディアを使う情報交流センター

—Center for Media and Communication—

情報交流センターは、科学館内外での学習者に研究成果をメディアを使って広めている。従来からある書籍やビデオ以外にもエクスプロラトリウムの開発した学習ツールやネットワークを利用して科学館の教育機材や情報を教員、学生、一般市民に普及することに勤めている。このため、情報交流センターは、編集、グラフィック、図書館、メディアの4領域に分かれている。

5.1 図書館、視聴覚学習スタジオ部門

図書館は閲覧、貸出、他の図書館への貸出希望図書の照会ばかりでなく、視聴覚学習スタジオで他のメディアによる情報を提供することも予定している。これは、マルチメディア技術を使ってエクスプロラトリウムの展示を中心とした教育普及活動プロジェクトに発展すると予測している。

5.2 展示、演示部門

展示、演示部門には、マルチメディアアプレイグランド、インターネットステーションがある。マルチメディアアプレイグランドは毎年春に開催され、体験的、芸術的なもの、教育的な広告用マルチメディアのアプリケーションなどが活用できる。具体的には、広告用CD-ROM、教育用プログラム、マルチメディアソフト、芸術家の作品、バーチャルリアリティの企画、オンライン掲示板、インターネットのアプリケーションなどがある。

インターネットステーションでは、1994年9月から来場者用にWWW、Gopher、CU See Meが5台のワークステーションにセットされ、インターネットがアクセスできる。来場者が自由にネットサーフィンを楽しむことができるし、ガイドに従って、最新科学のトピックスや掲示板、メールリスト、興味ある集まり、その他のインターネットプロジェクトのツアーもできる。



図6 風船に二酸化炭素を詰めた音のレンズ

5.3 教育出版部門

科学教育出版物は4つある。展示の内容を掲載し、他の科学館展示の参考やエクスプロラトリウムの展示の複製を作る場合の資料となるExploratorium Cookingbook、3か月ごとに発行し特定の話題について会員や教員や学生に情報提供と交換の場となるExploring、107の実験について理科教師が教室で演示をするとき教師用手引書であるExploratorium Science Snackbook、学級担任が科学館訪問の事前準備に使える活動や情報を掲載し、科学館の展示の構成やコースを示すPathways、32ページのエクスプロラトリウムの展示哲学や過程を照会するWorking Prototypesがある。

5.4 科学教育商品部門

CMCスタッフは、売店や市場調査スタッフとも協力し、来場者が持ち帰れる展示関連の商品を開発している。最近のものとしては、アルファベットや電磁気などの図解ポスターであるPopulor Reference Charts、子ども用の実験器具付きの本の科学実験室であるExplorabook、自然界にみられる模様の写真集のBy Nature's Designなどがある。

5.5 相互共同メディアプロジェクト部門

相互共同メディアプロジェクトとして、国内の他の科学館や教育研究所と新しいメディアを活用した次のようなネットワークづくりを模索している。

たとえば、Leaning Through Collaborative Visualizationsでは、North Western大学の科学教育研究所などと連携し、僻地にいる生徒の学習のための実験を指揮してきている。エクスプロラトリウムは、高速コンピュータネットワークを通じて、オリジナルテキストや映像ばかりでなく、イリノイ州の2高校とエクスプロラトリウムとの実況映像による交流なども行い、ここ2年間で60の高校が試験的に参加するまでに広がっている。この事業はNSFの奨励事業である。

また、Science Learning Networkでは、科

学館と企業と学校間のユニークなパソコン通信ネットワークで、幼稚園から8年生を対象とした科学数学技術教育にたづさわる教員を支援する事業である。これには、科学館協会（フランクリン研究所、エクスプロラトリウム、オレゴン科学技術館、ボストン科学館、ミネソタ科学館）が、資料や情報を提供してネットワークを支援している。この事業は、NSFとユニシス株式会社の奨励事業である。

さらに、Informal Science Educators Networkは、科学技術センター協会、西部実験研究所とのエクスプロラトリウムの協同研究事業で科学教育に関する学校外活動教育者のオンライン、オンラインのネットワークを支援している。この事業は、アネンベルグ／CPB数学科学プロジェクトの奨励事業である。

6 2001年に向けた転換

1991年、フランス人科学者で、科学教育者のGeory Delacoteを新しい館長に迎え、将来の構想と事業推進計画の策定に取り組み始めた。これは、次の4年間の研究機関としての詳細と今後10年間にわたる概括的な大綱を目指すものであった。この取り組みは、緊急な施設の問題、財産、組織的支援方法、さらに、科学館のプログラムや設備や歳入、運営費について新たな視点から考えるものであった。これらのメンバーは、科学館の評議員、スタッフ、外部のコンサルタントなどを含み、21世紀の教育要求に見合う開かれた公共大学（生涯学習機関）として、

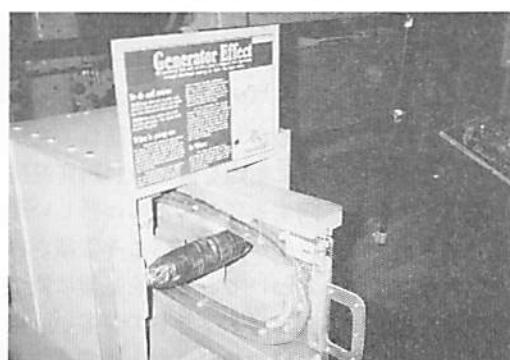


図7 手押し発電機

新しいエクスプロラトリウムの創造を促進するべく企画された。

エクスプロラトリウムが、新たな課題として今後進めていこうとしていることは、科学教育の一般的な課題に対しても中心的な影響を与えて行くことにある。つまり、人々に世界を理解させ、認識させ、有望な若者を科学に引き付け、科学教育に新たな理念を提供することにある。

6.1 新規事業としての教育課題解決研究所構想

—The Exploratorium Institute For Inquiry— エクスプロラトリウムは、現在全国的な新しい先導的な研究所（The Exploratorium Institute For Inquiry）を構築し、科学館の展示財産と地域科学実験室と結び付け、全国の小学校に研究調査に基づく、質の高い教授学習法を提供して地区の科学教育の改革と向上を推進する改善プロジェクトを目指している。このプロジェクトは5年計画の理論と実践に関するもので、学習指導を高めるために科学教育者と科学教育改善者に機会を与えるもので、「調査研究に基づく学習法を導入し、教育者個人の専門的な資質を向上させる」とと「今日の学校教育を取り巻く重要な課題について意見や観点を交換する教育者や研究者の全国的なフォーラムを提供する」ことを予定している。このプロジェクトは3部門からなる。

6.1.1 科学教育改善活動

—Menu of Program Activities—

様々な役割を果たす広範囲の教育者を標的にする科学教育の再構築運動で、次のものを含む。

◎調査研究ワークショップ

—Inquiry Workshops— :

3週間の入門ワークショップと2週間の上級ワークショップがあり、科学と学習における経験を持つ実践者、履行者に専門的開発を提供することを意図するもの。

◎専門的企画セミナー

—Professional Design Seminars— :

調査研究ワークショップ修了の後に行うイブ

ニングセッシで、参加者と企画者の双方から出される時代の動きを反映するもの。

◎調査研究セミナー

—Inquiry Seminars—

4日間のセッションで、プロジェクトにおいて調査に基づく研究を熱心に進めている実行者のために調査の本質を明かにしていくもの。

◎調査研究経験者セミナー

—Inquiry Graduate Seminars—

4日間のセッションで、すでに他の研究所活動に参加した全国の教育者や教師のためのもの。

◎調査研究フォーラム

—Inquiry Forums—

2日間の会議で、調査に基づく教授の基礎的課題の議論を深め、科学教育改善運動を推進するリーダーの会議。

6.1.2 地域実験室

—Local Laboratory—

専門的教育開発活動と地域の機構改革を進める地域実験室は、(1)他の教員研修事業に加わっている地域以外の教育研究者の参加による活動的な研究機会を提供するとともに、(2)指導法の新しい技術の開発を支援する。

6.1.3 調査研究ネットワーク

—National Inquiry Network—

毎年の調査研究経験者セミナーの参加を通じて継続的な情報交換を進めるために各プロジェクトの実施状況に関する研究年報の発行や広報と各地域で調査研究に基づく授業実践を支援するインターネットによる情報交換ネットワークからなる。

参加者のニーズに合うプログラムへの改善のために、2つの聴聞会がある。1つは、地域の先導的な教師、エクスプロラトリウムの滞在研修員、地域実験室プロジェクトに参加する科学教育専門家によるものであり、もう1つは、全国の教育者や専門的開発改革プロジェクトのリーダーで、集まって関係分野における中心的課題を議論し、実際に調査研究指導を受ける機会が必要な人によるものである。



図8 ガラスパイプを並べた音の共鳴管

この研究所には先導的教師、話題提供教師、教育課程の専門家、行政官、科学生涯教育者、科学教育改革プロジェクトの原理研究者、科学者、政治家、大学教員教育者等初等教育に関わるあらゆる分野の人が参加できる。

研究所の中心的な機構は、ワークショップで学んだり、フォーラム、セミナーで先導的な教育者に提供された理論をさらにフォーラムで発展させ、ワークショップで試み、これがまた実践されて事例研究としてワークショップで紹介されるなどフィードバックループを持つことに特徴がある。

さらに、国と地方の聴取者を結び付け、理論から実践へ、実践から理論へのコミュニティを構築して行くことである。これらのプロジェクトのために、360人の国の教育者と440人の地域の小学校教員が重要な役割を果たす予定である。

7 未来の科学文化への模索

30年の歴史を持つサンフランシスコのエクスプロラトリウムは、その展示のユニークさから世界の科学館に影響を与え、巨大なおもちゃ箱と称せられている。しかし、ここを訪れて発見したのは、教師教育に重点を置く教員研修機関の未来への姿を指向する姿だったのは新しい発見であった。施設設備が古いかこそ蓄積された巨大な財産があるので、これを基盤に新たな事業を模索する姿は学ぶべきものが多い。自信を持って自分達の科学教育哲学と事業哲学を紹介し、その世界的影響力を誇りにする態度は

多くの物語っている。我々が、事業を改革しようとするとき、他の施設や事業を参考にするのは当然だが、そこから自分達はどこを変えて新たなものにしていくのかが問われるところである。前例がある場合は、それと同じ様にならないように自らの生み出す価値を付加して学びることが、前例を生かすことであることを眼前にたたきつけられた気がする。

その設立コンセプトを乗り越え、新たな科学文化を構築し、世界的なリーダーとなるべく理論と実践を結合させる機構を創造するための改革が進められることを科学教育を進める世界の仲間の一人として私たちも見守ると同時に挑戦して行きたい。

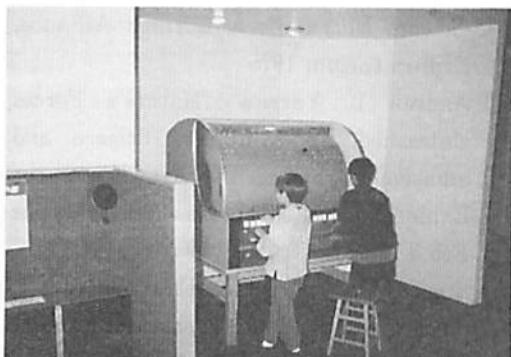


図9 自分で作曲する大型オルゴール

8 参考資料 エクスプロラトリウム事業報告より 1995-1996

施設設備 1995年に開かれたパナマ太平洋万国博覧会で建設された建物の一部でファインアート宮殿にある。

- ・天井の高さ50フィート、フロア面積10,300平方フィート
- ・500の常設展示用スペース
- ・特別展示用のスペース
- ・教員用研修室
- ・機械工作、木工作、電子工作スペース
- ・175席のマックビーン劇場
- ・生命科学実験室
- ・参考資料図書室、メディアセンター
- ・売店

・軽食堂

来場者 1994年の6月から1995年の5月までに、619,000人以上の来場者があった。

- ・無料入場者が14%
- ・割引入場者が32%
- ・湾岸地域からが35%、他のカリフォルニアからが34%、他の州からが23%、外国からが8%

- ・wwwにあるホームページには、1年間で600,000人がアクセス
- ・科学館の会員は8,500人

教育

- ・教育センターで1年間に研修を受けた教員は550人

- ・年間204,000人の生徒と2000人の引率教員が来場

- ・昨年の展示体験学習には、77,000人の生徒が来場

学習支援

- ・昨年の少年少女教育支援では、24以上のコミュニティグループから6,800人の恵まれない子どもたちとその親がワークショップに参加

- ・100人の高校生が毎年説明員として働いている。彼らの33%は恵まれない者である

出版物

- ・2か月毎に10,000部以上のニュースレターが配布されている。

- ・3か月毎に12,000部の雑誌 Exploring が出版されている。

- ・教員、生徒、家庭用に900,000冊以上のクスプロラトリウムの科学書が販売されている。

予算

- ・1993-94 \$11,116,100

- ・1994-95 \$12,386,400

- ・1995-96 \$14,418,000

- ・予算の約半分は営業収入で、半分は寄付である。

- ・赤字はない

スタッフ

- ・統括責任者 Goery Delacote 博士
- ・従業員301人：131人がフルタイム、女性は53%、少数民族は35%である。
- ・ボランティア協力者 225人



図10 シャボン玉あそび

参考文献

- 1) Frank Oppenheimer et al. "Working Prototypes" The Exploratorium 1986
- 2) Raymond Bruman and the Exploratorium Staff "Exploratorium Coobook I" 1991
- 3) Ron Hipschman and the Exploratorium Staff "Exploratorium Coobook II" 1990
- 4) Ron Hipschman and the Exploratorium Staff "Exploratorium Coobook III" 1987
- 5) The Exploratorium visitors'guide pamphlet "Welcom to the Exploratorium" 1994
- 6) "New Directions in Education" The Exploratorium News Jun • Feb 1996
- 7) The Exploratorium "Phenomena" (Exhibition rists) 2/17/93
- 8) Beth Ashley "Getting smart about science teaches training at Exploratorium" IJ
- 9) Rushworth M. Kidder "Museum Guides Turn On to Science" The Christian Science Monitor 6/JUN/89
- 10) David Perlman "\$10 Million In Grants For Museum, S. F. Exploratorium gets money to train teachers" San Fransisco Chronicle Oct 24 1995
- 11) Lloyd Watson "Apple and the Exploratorium-Partners in Science" San Fransisco Chronicle March 16 1992
- 12) Ellen Klages "When The Right Answer is a Question, Students as Explainers at the Exploratorium" A publication of the Exploratorium 1995
- 13) Jennifer Bjorhus "Exploratorium's 'Explainers' Tells All Pioneering project brings science to life" San Fransisco Chronicle Sep 6 1994
- 14) Mark Barlett et al "The Role of Art in a -Science Museum" A Curious Alliance, Exploratorium 1975
- 15) Andrew L. Yarrow "Nature's Forces Unleashed, in Miniature Science and amusement merge in 'Art From the Exploratorium'" The New York Times Feb 9 '90
- 16) Steven Winn "Fresh Loook at Where Art, Science Meet" San Fransisco Chronicle March 17, 1984
- 17) Peter Turvey "Artful science from sunny California" New Scientist Feb 15 1992
- 18) Exploratorium "A Breif Summary of Previous Artist Research Program Projects at the Exploratorium" 1994
- 19) Pamela Winfrey "Invitation Letters of the Artist Research Program" Exploratorium 1994
- 20) Ann Chamberlain "At The Exploratorium Teaching Art And Science" Journal of the College of Education /University of Hawaii 1987
- 21) Exploratorium Teacher Institute "The Exploratorium As A Teaching Center" 1995
- 22) School in the Exploratorium "School in the Exploratorium Elementary School

- Teacher Training Program An Integrated Approach to Teaching Science and Art" 1995
- 23) School in the Exploratorium "An Integrated Approach to Teaching Science and Art" 1986
- 24) the Exploratorium "The Exploratorium Center For Teaching And Learning An Overview" The An Overview
- 25) Linda Dackman "Exploratorium Science Education ON-line" The Exploratorium Press Release 1995
- 26) the Exploratorium "The Exploratorium Center For Media And Communication An Overview 12/94
- 27) Sally Duensing "Exhibit Development as a Way of Thinking and Communicating" Presented at the Palais de la Decouverte DEA Seminar Series : Communicating Science Jan 1993
- 28) William Sweet "Exploratorium influences science museums new and old" Physics Today 1987
- 29) Goery Delacote "The Exploratorium Toward the Year 2001" Jan 1992
- 30) Shannon Lalor "The Exploratorium Institute For Inquiry" 1994 NSF Proposal Oct 1994
- 31) The Exploratorium "Fact Sheet 1995-1996" 11/1995
- 32) Exploratorium Field Trips Panphlet 1995
- 33) Exploratorium Teacher Institute "Science Snackbook Teacher Created Versions of Exploratorium Exhibits" 1991
- 34) Paul Doherty "Hands-On Science, A Teacher's Guide to Student-Built Experiments and The Exploratorium Science Snackbook" The Exploratorium
- 35) Maurice Bazin, Modesto Tamez "Exploratorium Teacher Activity Series : Math Across Cultures" The Exploratorium 1995
- 36) Ellen Klages et al "The Exploratorium Home Laboratory, Hands-On Science Fun for Families" Exploring Vol. 19 No.1 A Spring 1995
(ながたとしお 物理研究室長)
(1996年3月31日受理)

北海道大学高等教育機能開発総合センター

細川敏幸

北海道大学理学研究科

小野寺彰

北海道札幌藻岩高等学校

山田大隆

北海道札幌開成高等学校

鶴岡森昭

ここ最近社会問題化の様相を呈している若者の理工系離れ、特に理工系コースの基礎科目である物理に対する若者の敬遠傾向が顕在化し、将来の科学・技術を支える担い手の育成並びに豊かな科学的教養を身につけた市民の育成のために講ずるべき対策が求められている。高校では平成8年度で新学習指導要領に準拠した教育課程への移行が完了し、大学では来春の平成9年度入試から新課程での第1回目の入学選抜試験が実施される。この節目に時機に当たり、高校と大学の物理教育の関係者が双方で協力し、今後の物理教育の改善を目指してアンケート調査を実施した。北海道内の高等学校323校の理科担当者を対象に調査用紙を郵送したところ、177校から回答が寄せられた。

なお本論では、その調査の生の結果を発表するが、結果のクロス集計については後日詳しい分析を加えて報告する予定である。

1 調査の目的

各方面で取り沙汰されてきている若者の理工系離れ、特に物理離れの実態調査については、北海道では平成4年10月に日本物理教育学会北海道支部のメンバーである鶴岡・山田¹⁾の共同研究で実施された。その調査は札幌市を中心とする高校16校の生徒2004名を対象とした「理科の科目選択に関する調査」と高校で理科の指導を受けた大学生142名を対象とした「物理教育に関する調査」であった。その調査からは、高校理科履修の実態、特に高校物理の選択理由や非選択理由が明らかにされ、更に大学生からは高校物理教育に対する厳しい注文を頂戴した。

この度の調査は、新教育課程への移行が完了する年度変わりの時機に合わせて、北海道内の高校単位を対象に実施した。高校では新学習指導要領に準拠した教育課程への移行が完了し、一方大学では新教育課程の第1回入学選抜試験を控えて入試方法に修正を加えなければならない時機に当たっている。この時機に高校物理の現状を調査することは、高校と大学における物理教育の改善をはかるために意義あることと思

われる。

2 調査の方法

北海道高等学校理科研究会（通称：北理研）に加入している323校²⁾の理科教師を対象に別紙の質問用紙を郵送した。その内、177校から回答が寄せられた。回答はマークシートに記入する方法を取り、マークカードリーダーで集計した。

3 調査用紙

『高校物理教育の現状調査』質問用紙

『高校物理教育の現状調査』 質問用紙

* 回答は全て同封の「マークカード」と別紙「大学も入学試験のあり方についての意見」に記入下さい。

なお、本調査に関するお問い合わせは、札幌開成高校 鶴岡森昭 (tel. 011-781-8171) にお願いします。

1. あなたの学校の物理担当者の平均年令は次のどれですか?

Y: 20歳代、 X: 30~34歳、 0: 35~39歳、 1: 40~44歳、
2: 45~49歳、 3: 50~54歳、 4: 55~59歳、 5: 60歳以上

2. あなたの学校で物理を専門科目とする人は何名いますか?

0: なし、 1: 1名、 2: 2名、 3: 3名、 4: 4名、 5: 5名以上

3. あなたの学校で物理を担当している人は何名いますか?

0: なし、 1: 1名、 2: 2名、 3: 3名、 4: 4名、 5: 5名以上

4. あなたの学校は北理研のどの支部に属していますか?

Y: 函館、 X: 後志・小樽、 0: 南空知・北空知、 1: 岩川、 2: 留萌、 3: 名寄、
4: 北見、 5: 青根、 6: 十勝、 7: 吉小牧、 8: 宜生、 9: 札幌

5. あなたの学校の課程は次のどれですか?

Y: 全日制、 X: 定時制

6. あなたの学校の学科は次のどれですか? (複数回答可)

Y: 普通科、 X: 商業科、 0: 工業科、 1: 家庭科、 2: 英語科、 3: 農業科、
4: 理数科、 5: 音楽・美術、 6: 水産科、 7: 看護科、 8: 体育科、 9: その他

7. あなたの学校の平成8年度3年生の学級数は次のどれですか?

Y: 12、 X: 11、 0: 10、 1: 9、 2: 8、 3: 7、 4: 6、
5: 5、 6: 4、 7: 3、 8: 2、 9: 1

8. あなたの学校では平成7年度の実施に向けた科目選択希望調査において、物理IA・物理IB・物理IIの各科目を履修することを希望した生徒の合計数は次のどれですか?

Y: 20名未満、 X: 20~39名、 0: 40~59名、 1: 60~79名、
2: 80~99名、 3: 100~119名、 4: 120~139名、
5: 140~159名、 7: 160~179名、 8: 180~199名、
9: 200名以上

9. あなたの学校ではどの物理の科目を置いていますか? (複数回答可)

Y 物理IA、 X 物理IB、 0 物理II、 1 なし

* 8で物理IAを選択した場合については10、11、を、物理IBか物理IIを選択した場合については12、13を回答して下さい。(物理IA、物理IB・物理IIの両区分を重している場合は双方を回答して下さい。)

10. 平成8年度に開講する物理IAを履修する生徒数は次のどれですか?

Y: 20名未満、 X: 20~39名、 0: 40~59名、 1: 60~79名、
2: 80~99名、 3: 100~119名、 4: 120~139名、
5: 140~159名、 7: 160~179名、 8: 180~199名、
9: 200名以上

11. 10の内、女子生徒数は次のどれですか?

Y: 10名未満、 X: 10~19名、 0: 20~29名、 1: 30~39名、
2: 40~49名、 3: 50~59名、 4: 60~69名、 5: 70~79名、
6: 80~89名、 7: 90~99名、 8: 100~109名、 9: 110名以上

12. 平成8年度3年生で物理IBか物理IIを履修する生徒数は次のどれですか?

Y: 20名未満、 X: 20~39名、 0: 40~59名、 1: 60~79名、
2: 80~99名、 3: 100~119名、 4: 120~139名、
5: 140~159名、 7: 160~179名、 8: 180~199名、
9: 200名以上

13. 12の内、女子生徒数は次のどれですか?

Y: 10名未満、 X: 10~19名、 0: 20~29名、 1: 30~39名、
2: 40~49名、 3: 50~59名、 4: 60~69名、 5: 70~79名、
6: 80~89名、 7: 90~99名、 8: 100~109名、 9: 110名以上

※ 14. 15. 16. の設問については、3月末までを見込んで回答して下さい。

14. 平成7年度での年間1クラス当たりの物理の実授業時間数は次のどれですか？

- Y : 120~129時間、 X : 130時間以上、 0 : 30~39時間、 1 : 40~49時間、
 2 : 50~59時間、 3 : 60~69時間、 4 : 70~79時間、 5 : 80~89時間、
 6 : 90~99時間、 7 : 100~109時間、 8 : 110~109時間、
 9 : 110~119時間

15. 平成7年度での年間教師実験（演示実験）の回数は次のどれですか？

- Y : 19~20回、 X : 21回以上、 0 : なし、 1 : 1~2回、 2 : 3~4回、
 3 : 5~6回、 4 : 7~8回、 5 : 9~10回、 6 : 11~12回、 7 : 13~14回、
 8 : 15~16回、 9 : 17~18回

16. 平成7年度での年間生徒実験の回数は次のどれですか？

- Y : 19~20回、 X : 21回以上、 0 : なし、 1 : 1~2回、 2 : 3~4回、
 3 : 5~6回、 4 : 7~8回、 5 : 9~10回、 6 : 11~12回、 7 : 13~14回、
 8 : 15~16回、 9 : 17~18回

17. 授業の展開方法は次のどれですか？

- Y : 教科書中心、 X : 問題集中心、 0 : 自作プリント中心、 1 : 実験中心
 2 : 教科書と問題集の併用、 3 : 教科書と自作プリントの併用、
 4 : 教科書と実験の併用、 5 : 問題集と自作プリントの併用、
 6 : 問題集と実験の併用、 7 : 自作プリントと実験の併用、
 8 : 教科書・問題集・自作プリント・実験の組み合せ、 9 : その他

18. 教科書を基準にした場合、授業の速度は次のどれですか？

- （1Aについては選択した章について回答して下さい）
 Y : 全てを余裕で終える、 X : 最後を急いで何とか終える、 0 : 数ページを残す、
 1 : 数十ページを残す、 2 : 1/4程度を残す、 3 : 1/3程度を残す、
 4 : 1/2程度を残す、 5 : 大部分を残す

19. 授業への生徒の取り組み度合いは次のどれですか？（複数回答可）

- Y : ほぼ全員が家庭学習をしている、 X : 3/4程度が家庭学習をしている、
 0 : 1/2程度が家庭学習をしている、 1 : 1/4程度が家庭学習をしている、
 2 : 誰も家庭学習していない、 3 : ほぼ全員が授業に集中している、
 4 : 3/4程度が授業に集中している、 5 : 1/2程度が授業に集中している、
 6 : 1/4程度が授業に集中している、 7 : 誰も授業に集中していない

20. 教科書の様式基準について（複数回答可）

- Y : 活字の大きさ、 X : 写真・図表の明確さ、 0 : 本文表現の分かりやすさ、
 1 : 練習問題の数、 2 : 練習問題の難易度、 3 : 練習問題と本文との関連性、
 4 : 填り込まれている実験課題の数と内容、 5 : 実験実施に要する器具の実態、
 6 : 填り込まれている実験課題と本文との関連性、 7 : 公式の導出の厳密さ、
 8 : 中学校教科書との関連性、 9 : 大学入試問題との関連性

21. 教科書改訂に当たっての注文事項（複数回答可）

- Y : 本文の文章表現をもっと分かりやすくすべき、 X : 写真・図表を増やすべき、
 0 : 定量的扱いや内容を増やすべき、 1 : 定性的扱いや内容を増やすべき、
 2 : 練習問題の数を増やすべき、 3 : 練習問題の内容を改善すべき、
 4 : 練習問題と本文との関連を考慮すべき、 5 : 実験課題の数を増やすべき、
 6 : 実験課題の内容を改善すべき、 7 : 実験課題と本文との関連を考慮すべき、
 8 : 中学校教科書との関連を考慮すべき、 9 : 大学入試問題との関連を考慮すべき

22. 中学校の理科第1分野（物理領域）について

- Y : 関心がない、 X : 関心はあるが内容を調べたことはない
 0 : 教科書で内容を調べたことがある、 1 : 授業に先立って、その内容について生徒の理解度をチェックしている

23. コンピュータの活用について（複数回答可）

- Y : 関心がない、 X : 成績処理やクラス分けに使う、 0 : 実験の結果処理に使う、
 1 : 計測に使う、 2 : シュミレーションに使う、 3 : コンピュータ自体の学習に使う

24. 大学の入学試験のあり方についてご意見がありましたら、別紙にお書き下さい。

* 平成8年度教育課程表の複写もお送り下さい。ご協力ありがとうございました。

4 調査結果

(1) 物理担当者の平均年令

① 30~34歳	33校 (18.6%)	(5) 課 程	無回答	4校 (2.3%)
② 50~54歳	29校 (16.4%)	① 全日制	171校 (96.6%)	
③ 45~49歳	23校 (13.0%)	② 定時制	5校 (2.8%)	
④ 35~39歳	20校 (11.3%)	無回答・誤回答	1校 (0.6%)	
⑤ 20歳代	18校 (10.2%)			
⑥ 40~44歳	18校 (10.2%)	(6) 学 科		
⑦ 55~59歳	15校 (8.5%)	① 普通科	150校 (84.8%)	
⑧ 60歳以上	4校 (2.3%)	② 商業科	23校 (13.0%)	
無回答	17校 (9.6%)	③ 工業科	8校 (4.5%)	
		④ 農業科	6校 (3.4%)	
		④ その他	6校 (3.4%)	

(2) 物理専門家数

① 1名	63校 (35.6%)	(6) 理数科	5校 (2.8%)	
② 2名	47校 (26.6%)	⑦ 家庭科	4校 (2.3%)	
③ なし	46校 (26.0%)	⑧ 水産科	3校 (1.7%)	
④ 3名	18校 (10.2%)	⑨ 看護科	2校 (1.1%)	
⑤ 4名	1校 (0.6%)	⑩ 英語科	2校 (1.1%)	
無回答・誤回答	2校 (1.1%)	⑪ 体育科	1校 (0.6%)	
		無回答	1校 (0.6%)	

(3) 物理担当者数

① 1名	72校 (40.7%)	(7) 平成8年度3年生の学級数		
② 2名	52校 (29.4%)	① 2学級	34校 (19.2%)	
③ なし	34校 (19.2%)	② 10学級	31校 (17.5%)	
④ 3名	14校 (7.9%)	③ 4学級	19校 (10.7%)	
⑤ 4名	1校 (0.6%)	④ 8学級	18校 (10.2%)	
⑥ 5名以上	1校 (0.6%)	⑤ 6学級	17校 (9.6%)	
無回答・誤回答	3校 (1.7%)	⑥ 3学級	12校 (6.8%)	
		⑦ 9学級	11校 (6.2%)	
		⑦ 1学級	11校 (6.2%)	

(4) 所属支部

① 札幌	40校 (22.6%)	⑨ 7学級	10校 (5.7%)	
② 函館	23校 (13.0%)	⑩ 5学級	8校 (4.5%)	
③ 空知	15校 (8.5%)	⑪ 11学級	4校 (2.3%)	
③ 鉄根	15校 (8.5%)	⑫ 12学級	2校 (1.1%)	
③ 北見	15校 (8.5%)	無回答	3校 (1.7%)	
⑥ 名寄	14校 (7.9%)			
⑦ 十勝	11校 (6.2%)	(8) 物理履修希望生徒総数		
⑧ 旭川	10校 (5.7%)	① 20名未満	56校 (31.6%)	
⑧ 後志・小樽	10校 (5.7%)	② 20~39名	23校 (13.0%)	
⑩ 室蘭	9校 (5.1%)	③ 60~79名	14校 (7.9%)	
⑪ 苫小牧	8校 (4.5%)	③ 200名以上	14校 (7.9%)	
⑫ 留萌	3校 (1.7%)	⑤ 40~59名	13校 (7.3%)	

高校物理教育の現状調査

⑥ 80~99名	10校 (5.7%)	⑫ 物理 I B or 物理 II の履修生徒数	
⑦ 100~119名	9校 (5.1%)	① 20名未満	44校 (24.9%)
⑧ 120~139名	5校 (2.8%)	② 20~39名	24校 (13.6%)
⑨ 140~159名	4校 (2.3%)	③ 80~99名	9校 (5.1%)
⑩ 180~199名	4校 (2.3%)	③ 140~159名	9校 (5.1%)
⑪ 160~179名	2校 (1.1%)	⑤ 100~119名	8校 (4.5%)
無回答	24校 (13.6%)	⑤ 40~59名	8校 (4.5%)
		⑦ 60~79名	7校 (4.0%)
(9) 設置している物理科目		⑧ 200名以上	4校 (2.3%)
① 物理 I B	110校 (62.2%)	⑨ 120~139名	3校 (1.7%)
② 物理 II	71校 (40.1%)	⑩ 160~179名	1校 (0.6%)
③ 物理 I A	42校 (23.7%)	無回答	60校 (33.9%)
③ なし	33校 (18.6%)		
無回答	8校 (4.5%)		
(10) 物理 I A 履修生徒数		(13) 物理 I B or 物理 II の履修女子生徒数	
① 20名未満	18校 (10.2%)	① 10名未満	84校 (47.5%)
② 200名以上	8校 (4.5%)	② 10~19名	18校 (10.2%)
③ 60~79名	6校 (3.4%)	③ 30~39名	5校 (2.3%)
④ 100~119名	4校 (2.3%)	④ 20~29名	3校 (1.7%)
④ 20~39名	4校 (2.3%)	⑤ 70~79名	2校 (1.1%)
⑥ 180~199名	3校 (1.7%)	⑥ 40~49名	1校 (0.6%)
⑦ 140~159名	2校 (1.1%)	⑥ 100~109名	1校 (0.6%)
⑦ 40~59名	2校 (1.1%)	無回答	63校 (35.6%)
⑨ 80~99名	1校 (0.6%)		
⑨ 120~139名	1校 (0.6%)		
⑨ 160~179名	1校 (0.6%)		
無回答	127校 (71.8%)		
(11) 物理 I A 履修女子生徒数		(14) 年間実授業時数	
① 10名未満	24校 (13.6%)	① 120~129 h	31校 (17.5%)
② 110名以上	6校 (3.4%)	② 130 h 以上	22校 (12.4%)
③ 30~39名	4校 (2.3%)	③ 110~119 h	18校 (10.2%)
④ 40~49名	3校 (1.7%)	④ 100~109名	16校 (9.0%)
⑤ 50~59名	2校 (1.1%)	⑤ 60~69 h	12校 (6.8%)
⑤ 60~69名	2校 (1.1%)	⑥ 80~89 h	11校 (6.2%)
⑤ 80~89名	2校 (1.1%)	⑦ 70~79 h	9校 (5.1%)
⑤ 20~29名	2校 (1.1%)	⑦ 90~99 h	9校 (5.1%)
⑤ 10~19名	2校 (1.1%)	⑨ 50~59 h	6校 (3.4%)
⑩ 70~79名	1校 (0.6%)	⑩ 30~39 h	2校 (1.1%)
⑩ 90~99名	1校 (0.6%)	無回答	41校 (23.2%)
無回答	128校 (72.3%)		
		(15) 年間演示実験回数	
		① 5~6回	25校 (14.1%)
		② 3~4回	23校 (13.0%)
		③ 7~8回	19校 (10.7%)
		④ 9~10回	16校 (9.0%)
		④ 21回以上	16校 (9.0%)

⑥ 11~12回	9校 (5.1%)	④ 1／4程度を残す	23校 (13.0%)
⑥ なし	9校 (5.1%)	⑤ 1／2程度を残す	13校 (7.3%)
⑧ 19~20回	8校 (4.5%)	⑤ 全てを余裕で終了	13校 (7.3%)
⑨ 15~16回	7校 (4.0%)	⑦ 大部分を残す	8校 (4.5%)
⑩ 1~2回	6校 (3.4%)	⑦ 数ページを残す	7校 (4.0%)
⑪ 13~14回	4校 (2.3%)	無回答	39校 (22.0%)
⑫ 17~18回	3校 (1.7%)		
無回答	32校 (18.1%)	⑯ 生徒の取り組み度合い	
		① 1／4程度家庭学習	63校 (35.6%)
⑯ 年間生徒実験回数		② 3／4程度授業集中	47校 (26.6%)
① 3~4回	35校 (19.8%)	③ 略全員が授業集中	36校 (20.3%)
② 1~2回	27校 (15.3%)	④ 誰も家庭学習せず	35校 (19.8%)
③ なし	23校 (13.0%)	⑤ 半分程度授業集中	27校 (15.3%)
④ 5~6回	18校 (10.2%)	⑥ 1／4程度授業集中	21校 (11.9%)
⑤ 7~8回	12校 (6.8%)	⑦ 半分程度家庭学習	12校 (6.8%)
⑥ 9~10回	12校 (6.8%)	⑧ 3／4程度家庭学習	4校 (2.3%)
⑦ 21回以上	7校 (4.0%)	⑨ 略全員が家庭学習	3校 (1.7%)
⑧ 11~12回	4校 (2.3%)	⑩ 誰も授業に集中せず	1校 (0.6%)
⑨ 15~16回	3校 (1.7%)	無回答	31校 (17.5%)
⑩ 19~20回	2校 (1.1%)		
⑪ 13~14回	1校 (0.6%)	⑳ 教科書採択基準	
無回答	33校 (18.7%)	① 本文表現	107校 (60.5%)
⑰ 授業の展開方法		② 写真・図表	72校 (40.7%)
① 全てを併用	32校 (18.1%)	③ 練習問題の難易度	36校 (20.3%)
② 教科書	31校 (17.5%)	④ 入試問題との関連	22校 (12.4%)
③ 教科書+問題集	30校 (17.0%)	⑤ 公式導出の厳密さ	18校 (10.2%)
④ 教科書+プリント	28校 (15.8%)	⑥ 問題と本文の関連	14校 (7.9%)
⑤ 教科書+実験	9校 (5.1%)	⑥ 実験の数と内容	14校 (7.9%)
⑥ プリント+実験	6校 (3.4%)	⑧ 活字の大きさ	9校 (5.1%)
⑦ プリント	5校 (2.8%)	⑨ 問題の数	6校 (3.4%)
⑧ 問題集+プリント	3校 (1.7%)	⑩ 実験と本文の関連	6校 (3.4%)
⑨ その他	2校 (1.1%)	⑪ 実験器具の実態	4校 (2.3%)
⑩ 実験	1校 (0.6%)	⑫ 中学教科書との関連	3校 (1.7%)
⑪ 問題集+実験	1校 (0.6%)	無回答	26校 (14.7%)
⑫ 問題集	1校 (0.6%)		
無回答	29校 (16.4%)	㉑ 教科書改訂の注文事項	
㉒ 授業の進度		① 本文表現	66校 (37.3%)
① 急いでやっと終了	25校 (14.1%)	② 写真・図表	56校 (31.6%)
① 数十ページを残す	25校 (14.1%)	③ 定性的扱いを増す	34校 (19.2%)
③ 1／3程度を残す	24校 (13.6%)	④ 問題と本文の関連	22校 (12.4%)
		⑤ 問題の内容改善	21校 (11.9%)
		⑤ 実験の内容改善	21校 (11.9%)

⑦ 中学教科書との関連	16校 (9.0%)
⑧ 実験課題数増加	15校 (8.5%)
⑨ 実験と本文の関連	15校 (8.5%)
⑩ 問題数の増加	14校 (7.9%)
⑪ 定量的扱いを増す	14校 (7.9%)
⑫ 中学教科書との関連	7校 (4.0%)
無回答	30校 (17.0%)

② 中学校理科について

① 内容を調べた	84校 (47.5%)
② 内容を調べてない	62校 (35.0%)
③ 理解度をチェック	13校 (7.3%)
④ 関心なし	4校 (2.3%)
無回答・誤回答	17校 (9.6%)

③ コンピュータの活用

① 成績処理等	117校 (66.1%)
② シュミレーション	46校 (26.0%)
③ 実験の結果処理	31校 (17.5%)
④ 計測	19校 (10.7%)
⑤ コンピュータ自体の学習	18校 (10.2%)
⑥ 関心なし	18校 (10.2%)
無回答	22校 (12.4%)

5まとめ**(1) 回収率**

$$\frac{177}{323} = 54.8\%$$

(2) 物理指導者の現状

全ての高校の物理教師を網羅した結果ではないが、今回の調査に回答を得た高校では30歳前半の平均年齢が最も多く、次いで50歳前半40歳後半、30歳後半となっている。この結果と地域分布の関連については、クロス集計によると、都市部と地方では大きな違いが見受けられる。

また、指導者の人員では1名の高校が最も多く、次いで2名となっているが、「なし」という高校の多さも顕著になっている。この結果は「設置している物理科目」で「なし」と回答された結果と符合している。特に小規模校においては、物理を設置していない物理教師も

いない現状と思われる。

(3) 物理履修状況

設置している科目として「物理ⅠB」、「物理Ⅱ」、「物理ⅠA」の順に多いが、今回の回答を得た学校の大部分(84.8%)が普通科であることを考慮すると、予想された通りの結果であると思われる。

また、履修生徒数ではどの科目も20名未満特に女子生徒数では10名未満の高校が多い結果になっている。少ない履修生徒数ではあるが開講されている学校が多い現状が伺える。

(4) 授業の実態

年間授業時数からは3単位で実施されている学校が多いことが伺える。その中で、実験の回数では、演示実験ではほぼ半数が10回以下、生徒実験ではほぼ半数が5回未満という実態からは、「授業の展開方法」の回答と併せて検討すると、演習中心の高校が多いことを伺い知ることができる。

また、「進度」と「生徒の取り組み度合い」の回答からは、20%程度の高校でしか教科書を終了できていないが、生徒の家庭学習が少ない実態でも、様々な工夫をして生徒に理解させようとしている物理教師の現状を伺い知ることができる。

(5) 教科書に対する見方

採択基準でも改訂の注文事項でも、「本文表現」と「写真・図表」に多くの回答が寄せられているが、「授業の展開方法」から教科書に沿った授業展開が大部分である中で、生徒にとって分かり易く書かれた教科書を教師が求めていることが伺われる。

一方、中学校の教科書内容に対しては、指導困難な生徒の増加に対処するべく半数強の高校で、生徒の学習経歴を把握する努力をしている実態が伺えるが、まだ3分の1程度の高校では物理教師が中学校の教科書に無関心な実態も伺い知ることができる。

(6) コンピュータの活用

最近急速に普及してきたコンピュータの活用については、教科指導よりもむしろ成績処理や学級編制に多く使われている実態が伺われる。

6 今後の課題

高等学校での新教育課程の完成年度に合せて北海道の高校物理教育の現状調査を実施した。理工系の基礎科目である物理を敬遠する若者の増加が話題にされて久しいが、産業界・経済界をはじめ、教育を取り巻く様々な関係者からも強い関心が持たれている。我が国の経済的繁栄を支えてきた科学・技術の担い手の育成と共に豊かな科学的教養を身につけた市民の育成は物理教師に求められた重い使命であると思われるが、この使命達成に応えるべく、日々奮闘している物理教師の努力を今回の調査から一定伺い知ることができる。しかし、実際の授業展開では演習中心で実験・観察の機会が少ない現状も伺える。

物理離れ・物理嫌いをする生徒への具体的対策として、実際の物を生徒に見せる授業実践、また生徒と一緒に物を造る授業実践も多く報告されている。今後はそのような教育実践の普及と発展を計ることが、物理離れという由々しい事態に対処する方策として最も大切なことであると思われる。また、生徒の学習経歴を考慮した教科指導をすすめるためには、小学校・中学校・高校・大学の指導担当者の連携と協力も是非必要なことであると思われる。今後は高校物理教師ばかりではなく、調査対象を広げた調査も実施して、幅広い教育支援ができる環境を作り出していくことが必要なことであると思われる。

7 文 献

- 1) 鶴岡森昭、山田大陸：北海道の高校生と大学生を対象とした物理教育の実態、物理教育研究、Vol.21、pp.28-39、1993
- 2) 平成7年度北海道高等学校理科研究会会員名簿、第24版、富士プリント。

(1996年3年31月受理)

札幌市立開成高等学校 鶴岡森昭

高校1年生の放射線観察実験の指導に際して、5学級で205名（男子104名、女子101名）の生徒対象に「放射線に関するアンケート調査」を実施した。マスコミによる核関連施設を巡る報道が多いなかではあるが、生徒の放射線に対する興味・関心が低い現状や、放射線に関する知識・理解も乏しいことが分かった。過去に生徒が放射線に関する指導を充分にされてきていない結果と思われるが、エネルギー供給問題や地球環境問題を抱えて、生徒への放射線に関する適切な指導が必要であると思われる。

はじめに

学校では冬休みを真近に控えた2学期末、12月8日の「もんじゅ」のナトリウム漏れの事故を伝える報道が日本中を賑わした。学期末の定期考査を終え、冬休み前で緊張感を失いがちな時期の授業であったが、「もんじゅ」に関する話題を取り上げることによって生徒の緊張感を一定程度取り戻す効果はあったように思われる。

授業でこの話題を取り上げることは突然のことになったが、年度当初の計画では「放射線」に関する実験を実施することにしていた。札幌市教育委員会から平成7年度自作教材製作事業の指定を受け、「放射線観察装置」（霧箱）製作の作業を続けていたが、その実施報告書の提出期限が12月末になっていた。この報告書提出に向け、冬休み前に生徒実験を実施することにした。また、ICEE, SEAMEO-RECSAM, BPが支援する SAAP(SCIENCE ACROSS ASIA PACIFIC) の環境教育教材の中に“Using energy at home”というプログラムがあり、その教材を使ったエネルギー消費を調べる作業と関連性をもって授業を展開した。

1 放射線に関するアンケート調査

都立西高校の森雄兒氏のご援助を得て製作した「液体窒素を使った霧箱」による放射線の観察に先立って「放射線に関するアンケート調査」を実施した。

現在の勤務校の高校1年生10学級のうち、5学級の生徒205名（男子104名、女子101名）を対象とした。

この度の調査に用いたアンケート用紙の内容は次の通りである。

『放射線に関するアンケート調査』

（1年 組 番・氏名）

※ 次の設問に該当する番号に○印を記して下さい。

1. 放射線について

- (1) 興味をもって調べたことがある
- (2) 調べたことはないが興味がある
- (3) 興味がない

2. 放射線と思うものはどれか？

<複数選択可>

- (1) 紫外線、(2) 赤外線、
- (3) レーザー光線、(4) 電気通信用電波、
- (5) 宇宙線、(6) 中性子線、(7) X線、
- (8) γ 線、(9) β 線、(10) α 線

3. 放射線が日常生活のどんな身近なところにあるか？ <複数回答可>

- (1) レントゲン検診車、(2) T.V、
- (3) 大気中、(4) 蛍光灯、(5) 地中、

- (6) 原子力発電所、 (7) 歯科医院、
 (8) ガン治療病棟、 (9) 核廃棄物貯蔵施設、
 (10) 変電所、 (11) カメラ、 (12) 食物、
 (13) 電子レンジ、 (14) 酸性雨、
 (15) その他 ()

4. 放射線(放射能)の被害と思うものはどれか? <複数回答可>
 (1) ボケる、 (2) 免疫力が低下する、
 (3) 骨が弱くなる、 (4) 筋肉痛をおこす、
 (5) 遺伝子に異変をおこす、
 (6) 障害をもつ子供が生まれる、
 (7) ガンになる、 (8) 植物が枯れる、
 (9) 髪が抜ける、 (10) 白血病になる、
 (11) ()

5. 放射線(放射能)を利用していると思うものはどれか? <複数回答可>

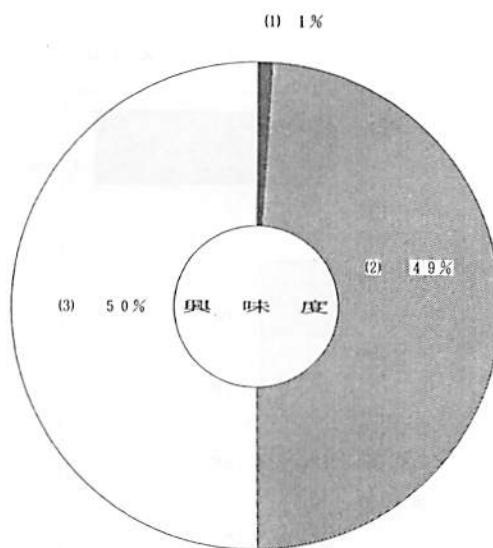
- (1) 物体の内部構造や厚さの測定
 (2) 科学反応を促進させる
 (3) 農作物の品種改良
 (4) ジャガイモの発芽防止
 (5) 害虫の駆除
 (6) ガンの予防・治療や骨の診察などの医療
 (7) 生物体内的移動物質の観察
 (8) 遺跡発掘物の年代測定
 (9) エネルギーを取り出す(発電)
 (10) 新しい物質(元素)を作り出す
 (11) その他 ()

6. この他に「放射線」について知りたいことがあつたら自由に書いて下さい。

2 調査結果

放射線に対する興味度

- | | |
|--------------------|------------|
| (1) 興味をもって調べたことがある | 2名 (1%) |
| (2) 調べたことはないが興味がある | 100名 (49%) |
| (3) 興味がない | 103名 (50%) |



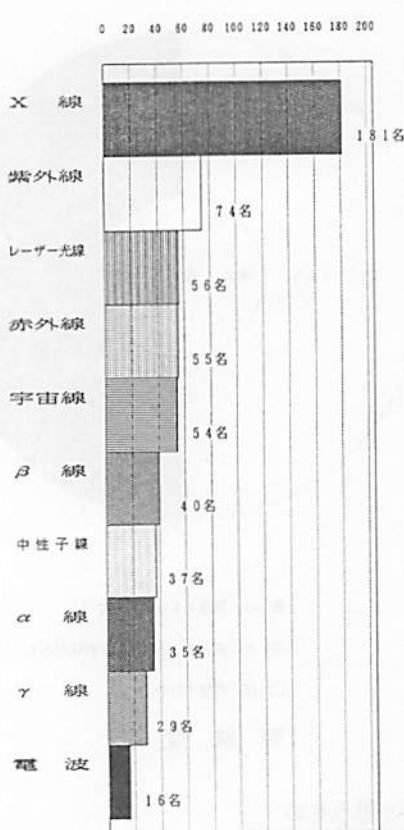
■ (1) 興味をもって調べた
 ■ (2) 調べたことはないが興味がある
 □ (3) 興味がない

興味度

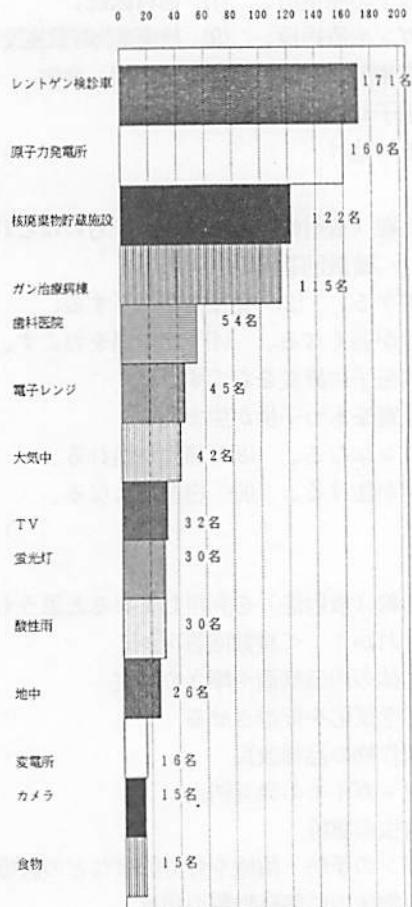
放射線と思うもの

- | | |
|-------------|------------|
| (1) 紫外線 | 74名 (36%) |
| (2) 赤外線 | 55名 (27%) |
| (3) レーザー光線 | 56名 (27%) |
| (4) 電気通信用電波 | 16名 (8%) |
| (5) 宇宙線 | 54名 (26%) |
| (6) 中性子線 | 37名 (18%) |
| (7) X線 | 181名 (88%) |
| (8) γ線 | 29名 (14%) |
| (9) β線 | 40名 (20%) |
| (10) α線 | 35名 (17%) |

放射線に関するアンケート調査



放射線と思うもの



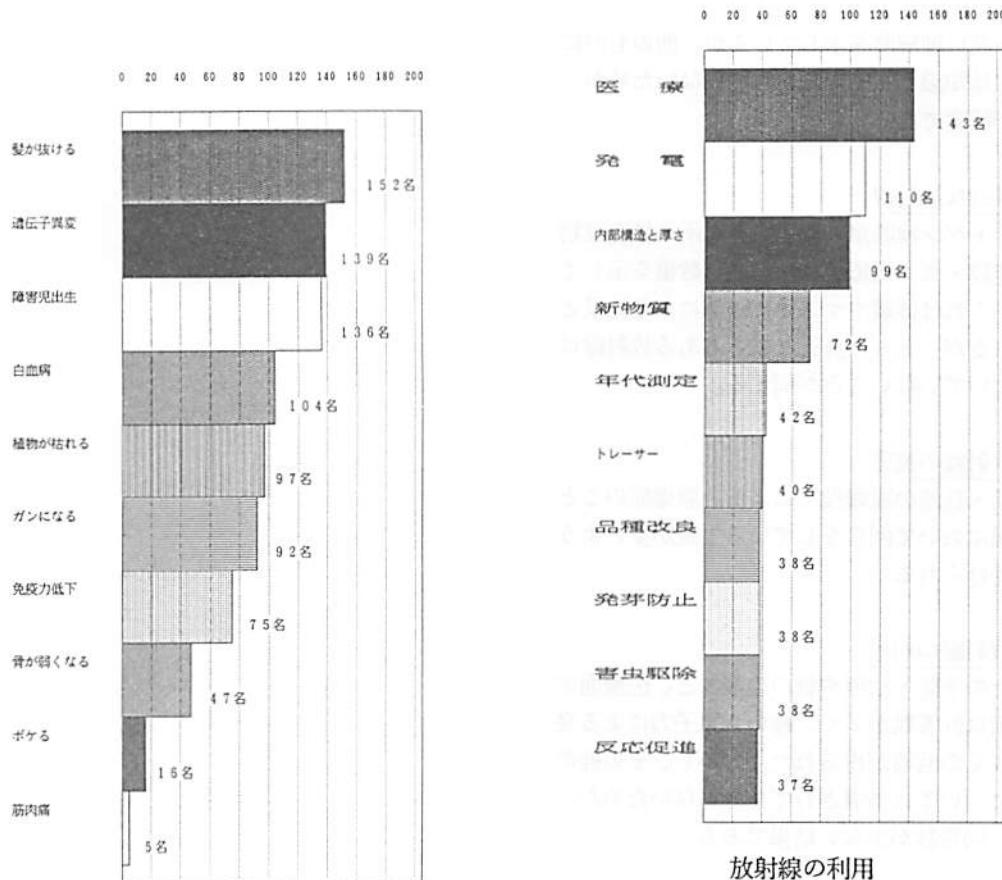
身近な放射線

身近な放射線

(1) レントゲン検診車	171名 (83%)
(2) TV	32名 (16%)
(3) 大気中	42名 (20%)
(4) 蛍光灯	30名 (15%)
(5) 地中	26名 (13%)
(6) 原子力発電所	160名 (78%)
(7) 歯科医院	54名 (26%)
(8) ガン治療病棟	115名 (56%)
(9) 核廃棄物貯蔵施設	122名 (60%)
(10) 變電所	16名 (8%)
(11) カメラ	15名 (7%)
(12) 食物	15名 (7%)
(13) 電子レンジ	45名 (22%)
(14) 酸性雨	30名 (15%)

放射線の被害

(1) ポケル	16名 (8%)
(2) 免疫力が低下する	75名 (37%)
(3) 骨が弱くなる	47名 (23%)
(4) 筋肉痛をおこす	5名 (2%)
(5) 遺伝子に異変をおこす	139名 (68%)
(6) 障害をもつ子供が生まれる	136名 (66%)
(7) ガンになる	92名 (45%)
(8) 植物が枯れる	97名 (47%)
(9) 髪が抜ける	152名 (74%)
(10) 白血病になる	104名 (51%)



放射線の被害

放射線の利用

(1) 物体の内部構造や厚さの測定

99名 (48%)

(2) 化学反応を促進させる 37名 (18%)

(3) 農作物の品種改良 38名 (19%)

(4) ジャガイモの発芽防止 38名 (19%)

(5) 害虫の駆除 38名 (19%)

(6) ガンの予防・治療や骨の診断など 143名 (70%)

(7) 生体内の移動物質の観察 40名 (20%)

(8) 遺跡発掘物の年代測定 42名 (20%)

(9) エネルギーを取り出す(発電) 110名 (54%)

(10) 新しい物質(元素)を作り出す 72名 (35%)

3 調査のまとめ

アンケート調査の集計結果は、事前に放射線に関する指導を何ら施さないで実施した調査であるので、昨年12月の時点での本校1年生の放射線に関する興味や理解度の実態を示していることになる。

(1) 放射線に対する興味

興味の有無でほぼ半々に割れた結果が得られた。調査前の予想では、最近のマスコミによる核関連施設事故や核廃棄物処理を巡るやりとりの報道から判断して、もっと多くの生徒が興味・関心を示すのではないかと思われたが、意外と低い結果であった。

(2) 放射線と思うもの

生徒の過去の学習経歴が反映した結果と思われる。X線については定期検診で体験している

放射線に関するアンケート調査

ためか高い理解度を示しているが、他のものについてでは知識として与えられていないためか、低い理解度である。

(3) 身近な放射線

レントゲン検診車・原子力発電所・核廃棄物貯蔵施設・ガン治療病棟には高い数値を示している。これは体験やマスコミ報道による結果と思われるが、もっと身近なところある放射線には気付いていないことが伺える。

(4) 放射線の被害

広島・長崎の原爆投下による、原爆症のことを中心において回答をしている生徒が多いように見受けられる。

(5) 放射線の利用

ガンの予防・治療や骨の診察など、医療面での利用に回答数が多く、統いて原子力による発電に多くの回答が得られた。しかし、その他の利用については指導されてきていないためか、意外と回答数が少ない結果である。

4 今後の課題

霧箱による放射線の観察実験に先立って実施した調査であるが、この度の調査で得られた結果から、今後指導すべき内容を明らかにすることができた。21世紀をまさに控えて、エネルギー供給問題や地球環境問題などに関する適切な理解を生徒に促す指導が求められているが、理科離れ・物理離れが深刻化して久しい昨今、放射線に関する学習指導も理論だけでなく実験・観察を通した指導が必要であると考える。

文 献

- 1) 徳田肇道：高校生の所有する原子力関連の日常的知識について。筑波大学大学院教育研究科修士論文、1992
- 2) 村石幸正：放射線の学習の実践報告、物理教育、Vol. 43-2, pp.154-159, 1995
(1996年3月31日受理)

実践報告

地域の文化に貢献する科学教育のあり方

—青少年のための科学の祭典の意義について—

北方圏理科教育振興協会 斎藤 孝、奈良英夫、永田敏夫

はじめに

北海道に於ける「青少年のための科学の祭典」は、昨年夏3回目を終え、今年1996年は4回目を迎える。年を追う毎に観客数は増え、昨年は1万5千名に達し、会場であるデパート側で入场制限をする程であった。

このときのアンケートなどをもとに地域の科学振興について以下考察してみたい。

現社会の科学振興は

日本の科学は、明治以後、国の科学振興策のもとに発展してきた。

イギリスなど欧米諸国は、自國の科学の歴史や伝統に誇りをもっている。(サッチャー首相来日時の講演で)それに対し異なる歴史や伝統をもつ日本においては、科学振興策がなければ、それを維持できない。その証拠に終戦後の苦しい時は理科教育が重視され、難しい漢字を制限して当用漢字を施行した。ところが豊かになりバブル期頃より理科教育の単位数が減り続け、名字や新聞に昔の難しい漢字が復活し始めた。それほど日本本来の伝統文化は根強いのである。

明治の文豪森鷗外が「日本は科学をはぐくむことを知らず、ただ果実をくらうのみ」といっている通り、日本の科学振興策は、果実をくらうための実用的な政策であって、文明開化の頃の「和魂洋才」の精神となんら変わっていない。

科学は本来知的活動である。人間としての社会観や自然観を左右する文化そのものである。しかし、実用的な科学振興では物質的豊かさは得られても、精神的なものは得られず、いつまでも文化としてその社会に定着しきれない。

理念なき科学振興策は、昨今の日本社会で生じた多くの社会的事件(宗教、薬害、公害等)でみられる通り、科学の負の側面を露呈してみ

せた。

平成7年に制定された科学技術基本法は、我が国の文化つまり生活、社会及び自然についてどのように対処しようとしているのか。

基本法の第5章19条「科学技術に関する学習の振興等」でわずかに触れられているが、一般の生活や社会と遊離した科学振興にならないようお願いしたい。

科学振興というと、先端技術等を始めとする各方面の研究開発が注目されがちである。しかし、いかに高度な研究開発でも、基本は単純な論理であって、その積み上げが多岐に亘るだけである。総ては我々の生活や自然の中から出発している。

以下この小論では、科学と、生活及び社会との関連を中心に、学校教育、社会教育、家庭教育、生涯教育と文化、に分けて述べてみたい。

学校教育との関係

科学振興にとって学校教育の果たす役割は非常に大きい。しかしここで、教育の方法や制度を述べるのでなく、科学教育と日常生活の関係について考えてみよう。

もし理科教育が日常の生活と関係がなければ、受験のため、就職のため、専門家になるための手段としてのみの教育になってしまう。この場合教師は知識や受験の指導者として、学校内に閉じこもってしまう。

わかり易い例をあげれば、世間の人から何を教えているかを聞かれて、物理と答えると一瞬疎遠な雰囲気になる。それに反して体育とか芸術は、今の生活や社会とのかかわりが多く、生徒のクラブ活動も活発で、活躍の場は多く、学校に閉じこもることなく、一般の人にも親しまれている。

そのような状況下で、北海道の「青少年のための科学の祭典」は、理科教師と一般市民との接する機会を与える場となった。同時に、閉じこもりがちな先生方の交流や発表の場ともなり、理科クラブの生徒達の活動も支援することができた。

この祭典ができるようになったのは、科学技術庁、マスコミ、各企業や市民の支援があったためで、社会的に認知された運動と位置づけられたからである。

のために社会奉仕活動としての意義をもち、学校長をはじめ他の学校職員の了解も得られるようになった。地域の科学振興のために学校教育の果たす役割は、その地域社会の中で科学教育関係者が、活発に生き生きと活動することであり、そのことが、その地域の文化としての科学を、発展させることになる。

社会教育との関係

科学の祭典に参加された学校の先生方のアンケートによると、子供達に、科学への興味や関心をもたせるには、学校よりも社会の場でとの答が一番多く、そのことは学校教育では面白い実験をする時間の余裕がないことを示している。それは指導内容が多すぎるか又は受験のためと思われる。

今まで実験というと、教育のための実験、研究のための実験のいずれかであった。しかし、科学は本来知的活動であるから、教育とか研究にとらわれず、知的欲求を満足させる実験があつてしかるべきである。

この知的欲求実験は、子供ばかりでなく大人も、面白く、不思議で、見て楽しいと感じるものを開発し、教育や研究の枠を超えて自由に開発してよいと思う。

残念ながら、このような実験も、欧米諸国の方が進んでいて関係書物を見ると非常に学ぶことが多い。

この二、三年北海道の科学の祭典に参加された科学関係者が、新しい実験の開発に取り組んでいる。この開発された実験の展示は評判もよく意義があるが、それにもまして、それを作り

だした先生方の、熱心な説明やパフォーマンスが、一般来場者の好感をよんでいる。

この先生方の、大道芸的な演示は、今までになかったことで、従来の博物館科学館では得られないものである。以上、地域の科学振興は、生活、社会及び自然とかかわりがあって、知的欲求にこたえ得る実験を開発することが大切で、次にそれに携わる人々の説明などソフトへの取り組みが大切である。

家庭教育との関係

家庭教育の場での科学の振興は、家族で科学に接することが一番大切だと思う。

家族で接するためには、子供ばかり楽しむのではなく親も一緒に楽しめるものでなければならない。

一頃、日本中の家庭がテレビを通じ、スプーン曲げや、超能力、占い、UFOなどに興味をもったが、この非科学的興味は、自らの体験や合理性を大切にしない習慣からくるものと思われる。

かつて、高校の生徒が、オウムの空中浮揚に夢中になり、物理教師の私に「重力は遮断できますか」と聞きにきた。「君はそれを見たのか」とたずねたら、「先輩が見たというから本当です」という。

このように先輩を信じ、テレビを信じ、宣伝を信じてしまうのは先程述べた非科学的習慣によるものである。家庭教育で母親の立場は重要である。総理府の調査では男性に比べ女性の科学への関心度が大分低いが、科学的知識があるなしにかかわらず、自らの体験や合理的な精神を大切にすることが大事である。そのためにはぜひ科学の実験に接する機会を多くして欲しい。

北海道の科学の祭典では、来場者の7割以上が家族同伴である。そして来場した目的の第一に興味をあげている、家族がこの祭典の開催日を楽しみにして出かけて来たのである。そしてアンケートでは親子で話したいという項目が一番多く、理科の学習や夏休みの個人研究などはその次に続いている。また来年も来たいと言うのが9割以上で殆ど全員に近い。

その他アンケートでは、子供は工作や体験に興味を感じ、父母はデモンストレータの先生方の説明や熱意に好感をもっている。

地域の科学振興は、科学の祭典などに家族を連れて来るお母さん方のパワーに支えられる点が極めて大きいと考えている。

生涯教育と文化

社会で行われる教養講座などをみると、科学関係の講座はきわめて少ない。それなのに今の社会生活のなかで科学の恩恵を受けているものは非常に多い、このギャップはなぜか、科学の結果を享受するのみで、科学の面白さや合理性が庶民の生活のなかに入っていない、いいかえれば、科学が日本の文化の基盤となっていないと考える。

日本の歴史上現在程、科学関係者や技術者の多い時代はない筈である。しかしその人々の社会での活躍や発言の場が少なく、場が少ないとというより、日本社会がそれを望まない。国も社会も、日本の「和」が大事で、合理的発言はかえって無用なのであろう。

官官接待が横行し、規制緩和、行政改革、情報開示などどれも遅々として進まない。日本の中の「和」にこだわり、世界の中で生きることを忘れている。むしろ世界との「和」が必要で、そのためには他国も理解できる合理的社会を作らなければならない。

合理的社会を作るには、眞の科学の普及がかかせない。科学を庶民のものとするためには、生涯に亘って科学を楽しめるものにしなければならない。現状では科学技術者がリタイヤするとその優れた才能を生かす場がない。日本では、目的もなく楽しむものを道楽という。碁、将棋、俳句等々を大人の人々が楽しむ姿を見ることにより、子供達はそれをやってみようと思い、その楽しさを知ることになる。

日本の科学技術者は、生産や研究に閉じこまらずに、社会の中へ出て来て、楽しむ姿を見せて欲しい。また国や社会はその場所を提供する必要がある。

北海道の科学の祭典は、新聞でデモンストレー

ターを公募し、科学技術者のためにその場を提供している。

以上、生涯に亘って科学を楽しめるような、そういう社会を作ることが、地域の科学振興につながるものと考える。

あとがき

地域の科学振興というと、とかく企業誘致や研究開発を考え、それに予算をつぎ込んできた。

しかしその方法は、自らの土壌（生活文化）を改良せずに収穫を得ようとするものである。土壌に活力のあるうちはよいが長くは続かない。ここにきて日本社会は疲弊していると思う。

この小論の目指す科学振興とは、その土壌つまり庶民の生活の中に「文化としての科学」をどのように根付かせるか、また活性化するにはどうするか、を述べたものである。

平成7年に科学技術基本法が制定され、その中で一步前進と思う点は、第5章で学習の振興にふれていることである。

施行にあたって、従来の轍を踏まぬよう、今までと違った振興を目指して欲しい。

最後に、この小論をまとめる機会をあたえて下さった財團法人北海道科学・産業技術振興財團に心からお礼申し上げます。

(1996年3月31日受理)

参考資料

'95青少年のための 科学の祭典アンケート

以下にアンケート結果の一部を掲載します。来場者の代表的な声を抜粋いたしました。これらの声から科学の祭典の発展方向をくみ取れればと思っています。

来場者の意見

8月9日

◎もっと広い場所でやってほしい。とてもためになったけど、説明がちょっとむずかしかった。(空知管内10代女子小学生) ◎とてもたのしかった。機会があったら、また来たい。(札幌市10代男子中学生) ◎昨年も来て、今年も楽しみにしていました。科学離れの子供の多い中、この様な機会はとても良いと思います。また来年楽しみにしています。ごくろうさまです。(その他地区30代家事専業女性) ◎ポスターの字が小さい。もっとわかりやすくおしえて。(札幌市40代医療関係) ◎とても楽しかった。時間を忘れてボットウさせていただきました。(札幌市20代男性会社員) ◎実験などをしてくれた人たちがとてもわかりやすくせつめいしてくれた。(札幌市10代男子小学生) ◎子供の実験したいというからきた。デモンストレーターわかりやすい人もいるしとっつきやすい人もいた。会場-多少入場料をとってもいいから広くて明るいところ。ガイドブック-むずかしい字にはふりがながあると子供も読みやすい。小1、小2ぐらいでもできる活動を。小1の子供ときましたが、少しむずかしかったですね。それと、にんきのある所に子供達があつまる時はきちんとならべるスペースがほしいです。子供はもってかえれて楽しそうでしたよ。(札幌市30代女性家事専業) ◎初めて孫と一緒にきました。とても良かったです。時代の進歩と共に心身ともに子供達が発達して行く事でしょう。(札幌市60代女性家事専業) ◎もっと科学らしいことをやってほしい。(札幌市10代中学生) ◎昨年に

つづいて二度目です。とても熱心ですばらしいと思う。もう少し大きい会場でゆったりと子供達がとりくめると良いと思います。公共のスペースはこういうイベントにこそ使われるべきですね。子供がコンピュータが好きなので、いろいろな可能性をたくさん体験できればと思いました。(札幌市30代女性家事専業) ◎1つのことにじっくり取りくんでも見るようなシステムもほしい。(石狩管内40代女性家事専業) ◎すごく不思議に思った。たのしかった。(札幌市10代男子小学生) ◎人によっては話すのがめんどーというひとがいた。時間がギリギリのため?しっかり対応すべきだ!(札幌市30代女性家事専業) ◎混雑しすぎていて、すべてを回り切れない。(札幌市40代高教員) ◎先生方の熱意が充分伝わってきた。道内をブロック順に開催願いたい。(釧路市家族4人で) ◎混みすぎていて全部見るだけの体力が無かった。(札幌市30代女性家事専業) ◎会場がせまくゴミゴミしていた。光るスライムの場所がせまい。(胆振管内30代女性家事専業) ◎すごく良かったです。会場が混でいてあつかった。どうもありがとうございます!!またぜったい来ます。(札幌市30代女性家事専業) ◎札幌ファクトリーでもやってほしい。(もっと広い場所) WONDERFULL(札幌市男子中学生) ◎はじめて来ましたが、たいへんのしく興味深く子供も大喜びでした。対応される皆さんもやさしく接して下さり子供もうれしそうでした。暑い中ごくろうさまでした。またぜひ来たいと思います。(札幌市0代の小学生の母) ◎みんなおもしろい(札幌市10代男子小学生) ◎先生の皆様御苦労様です。これを機に子供の興味探究心も伸びることとなるでしょう。(釧路40代公務員) ◎楽しいCHANCEをありがとうございます。(札幌市40代女性家事専業) ◎会場が狭いので広い会場で!(札幌市30代女性家事専業) ◎製作するコーナーが狭すぎて参加したくてもできない。(札幌市40代家事専業) ◎おそい時間(7時)までやってほしい。(札幌市20代男性大学生) ◎電球で、りょうりをつくるのがはじめてたいけんできてよかった。(登別市10代女子小学生) ◎とてもたのしく子

供たちもいっしょに作っていて良かったと思いました。ご苦労さまです。(登別市30代女性家事専業) ◎今度もやって!(札幌市10代男子小学生) ◎すこしわからなかったけれどおもしろかった。せまい。(札幌市0代小学生) ◎青少年科学館等での常設を。期間がみじかすぎると思う。会場がせまいと思う。(札幌市30代男性公務員) ◎低学年向きすぎる。まあまあだった。(石狩管内10代男子中学生) ◎今まで知らなかった事がわかつて良かった。(札幌市10代男子小学生) ◎ガイドブックはカラーにしてほしい。人が多すぎて実験するのがあまりできなかった。でも楽しかった。(札幌市10代女子小学生) ◎今後のとりくみに期待しています。ごくろうさまでした。(札幌市40代男性小教員) ◎特にコロリンカンの小学生のお兄ちゃんが、とてもわかりやすく子供におしえてくれた。(札幌市30代主婦) ◎子供中心のサークルなど作れたらぜひ参加させたい。無料なのが申し訳なく思った。入場料くらいってはどうですか。子供が非常に興味があるので雨の夏休みには助かった。高校、大学の学校祭を思い出して楽しかった。(札幌市30代女性家事専業) ◎子供に科学の楽しさを知ってもらいたいために来ました。屋外のスペースの広い所で。子供が大変楽しそうでした。天気が良かったらもっと楽しんだ事と思います。(札幌市40代女性家事専業) ◎青少年科学館でもやってほしい。冬休みもやってほしい。大変楽しかった。(札幌市10代男子高校生) ◎実さいにふれてみて、作って見るたのしさを実感しました。(石狩管内30代女性家事専業) ◎いろいろと自分でもできるのでおもしろい。むずかしいが、おもしろい。(札幌市10代男子中学生) ◎昨年初めてきました。とても盛況ですね。一日中いてもあきません。皆さん熱心に何度も々々も同じことをていねいにして下さるので、感謝します。工作の中の科学、とってもこの年になるとむずかしい科学、とても勉強になります。(札幌市30代女性主婦・アルバイト) ◎楽しかった。かえるのも忘れた。(札幌市10代小学生) ◎毎年、この企画を楽しみにしています。今年は子どもの友

達も誘いました。来年連れてこようと思います。(札幌市30代女性家事専業) ◎もっと身近なもので。電子レンジはよかった。音と画像と動画がほしい。(川崎市10代学生) ◎とてもおもしろい企画で去年から楽しみにしています。(札幌市30代女性家事専業) ◎工作は楽しかった。(札幌市30代自営業) ◎おもしろかった。またやってほしい。(札幌市10代女子中学生) ◎人がいっぱいいたのでよく見えなかったから、もっと広い場所でやってほしい。(北見市10代女子小学生)

8月10日

◎実験の数は少なすぎると待つ時間が長くなるので、少ないよりは多い方が良いと思います。小学生にはちょっとむずかしいと思いましたが、主人はとても良いと言っていました。年齢をどこにあわせるかで違ってきます。私もおもしろかったです。もっと長くやってくださるといいのですが・・・いろいろやって下さってありがとうございました。お疲れ様でした。子どもも親も楽しめました参考になりました。来年も楽しみです。(札幌市30代家事専業) ◎このような催し物はすばらしく、どんどんやってほしい。8日付けの道新の「卓上四季」は偏見にみちたひどい内容でした。(札幌市30代男性中教員) ◎スペースをもっと広く、休憩所を多く作ってほしい。(札幌市30代女性その他の職業) ◎ありがとうございました。子供が大変喜んで、目をかがやかせておりました。(札幌市40代女性家事専業) ◎いっしょにつくってあそぶものをふやしてほしい。(札幌市10代小学生) ◎会場はどこでもいいけれど、交通の便利なところ。実験の数はもっと広いばしょならもっと沢山。大変おもしろかった。ベスト5なんて決められません。(札幌市40代女性家事専業) ◎もうすこし広い空間で参加する人も主催する方もゆったりできることを望みます。(石狩管内30代女性家事専業) ◎会場内がもう少し広ければと思いました。(石狩管内30代女性家事専業) ◎ぜんぜん知らないことまで実けんしていく、こまかくせつめいしてくれたのでよくわかった。

(空知管内10代女子小学生) ◎HM先生ごくろ
うさまです。あしたもがんばって下さい。F I
G H Tです。ばいばーい。(札幌市10代女子高
校生) ◎大変良かったです。又孫をつれて来ま
す。先生方がんばって下さい。(札幌市) ◎目
的・・大学の勉強に役立てるため。将来こんな
仕事につきたいから。場所がせまい。内容・・
もっと各分野均等な方がよい。(札幌市20代女
子学生) ◎目的・・前回来ておもしろかったの
で。実験の内容・・子供にはむずかしすぎるの
もある。ガイドブック・・ページによって字が
小さいものがあり、よみづらい。週末にやって
ほしい。次はもっと広い場所でやった方がいい
かも。(後志管内20代女性) ◎とても親切で疑
問をわかりやすくおしえてくれたのでとてもわ
かりやすかった。(札幌市10代中学生) ◎もう
少しスペースがあると良い。簡単な準備でできる
実験が楽しい。(さらに工夫を!) 自分も考
えてみたい。定期的に続けて欲しい!(石狩管
内40代女性その他の職業) ◎開催は多くの場所
で、会場はもう少し広いスペースの所で。せま
かたので、作るときとなりの人とぶつかって
しまう。(札幌市40代女性家事専業) ◎会場が
狭く、1つ1つの実験や結果が良くわかりづら
い。(北見市40代女性家事専業) ◎何か作ると
ころで混んでいる場合は、順番をきちんとして
ほしい。(千葉県40代女性家事専業) ◎実験の
数は場所が広ければもっと多くてもよい。(八
雲町30代男性中教員) ◎せますぎて通る事もで
きない。実験のコーナーは参加人数が少なく30
分以上かかるといへんです。場内があつすぎ
た。ベビーカーの乗入れはやめてほしい。有料
でもかまわないのでもっと広いスペースで多く
の人が参加できる様にしてほしい。ガイドブ
ックは子供でもわかる様に。子供が実験や体験が
出来るという事はとても有意義な事だと思います。
もっともっと実験や体験が出来る様にして
欲しいです。あきらめた(待ちが多く)催しも
ありました。残念です。暑い中スタッフの皆さ
んご苦労様です。その熱意でずっと続けて下さ
いね。またチャンス我あれば、電車に乗って見
にきます。楽しい時間をありがとうございます。

た。(小樽市30代女性パート) ◎もう少し広さ
がほしいと思います。ガイドブックには、ふり
がなをもう少しつけて下さい。(札幌市40代家
事専業) ◎一つ一つの実験する場所を広くして、
もっと多数の人ができるようになるとよい。
(札幌市30代女性パート) ◎多すぎたので全部
見れなかった。残念(千葉県10代男子小学生)
◎もう少し広さに余ゆがあれば。(札幌市30
代女性看護婦) ◎今までに見たことの無い実験
ばかりでとても興味があった。(札幌市10代男
子中学生) ◎皆さん親切に色々と教えてくれて
よかったです。又あるときたいです。(札幌市30代
女性家事専業) ◎実験する場所が狭くて、たく
さんの子ができる。(札幌市30代女性家事専業)
◎小1の子供にもわかりやすく、子供も楽
しそうでした。ありがとうございました。(札
幌市30代女性家事専業) ◎会場内の地図がほ
しい。(展示品の) ◎本物の電話器を作ってもら
えて大満足の様子です。(石狩管内0代小学生
の母親) ◎年齢層や知識、興味の度合によ
ってコーナーわけがあるとよかったです。(札幌市40代
女性会社員) ◎会場・・すずしくて広いところ。
体育館、公民館、野外(札幌市30代公務員) ◎
目的・・学校祭の参考にするため。ためになる
内容なのがいい。数はちょうどいいけど、少し
多い気もする。少しこんでたけど、理科につい
てのことがたくさんあって、ためになった!ベ
スト5は書いたけど本当は全部おもしろかったです。
説明もよかったです。(札幌市10代女子
中学生) ◎楽しかったです。会場がもう少し広
いといいですね。(札幌市30代女性家事専業)
◎人が多くてやれなったりしたので、もっと
大きくやったらしいと思う。(札幌市10代女子
中学生) ◎幼児、低学年、中学年、高学年、中
学生のようにコーナーを少しつけてはいかがで
しょうか? デモンストレーターの皆様ご苦労様
でした。(川崎市0代女子小学生の母親) ◎せ
ますぎておもしろみがよくわからなくてなにも
見れなかった。又、こんなせまい場所でやるな
ら私は絶対行きたくない。(札幌市10代高校生)
◎夏の自由研究のさんこうにならなかった。
(札幌市10代小学生) ◎とても楽しかったし、

べんきょうにもなった。こんどまたきたい。(石狩管内0代小学生) ◎子供の自由研究のテーマの参考にさせるなら、もう少し早い時期でも良いのでは。「しくみについての考え方」が説明されていないものがあったので、掲示されていると良い。(十勝20代男性中教員) ◎乾電池やブーメランなど工作できるものは有料(少額)でもいいので、したい子皆がやってみれるようにしてほしい。(札幌市0代男子小学生の母親) ◎内容は小学生にもわかりやすくなっているので理解しやすい。液体窒素を見てたのしかった。先生おつかれ様でした。(札幌市10代専門学校生) ◎昨年もきました。とても楽しかった。子供と子供の友達(小32名、小12名、幼稚園児1名)をつれてきました。どの子もおお喜びでした。(札幌市30代女性家事専業) ◎実演するスペースがせまい。とにかく広ければなんでもできる。せますぎる!(札幌市40代男性高教員) ◎おもしろいことを、いろいろやってくれて、とても、おもしろかったです。また機会があったらやってください。(札幌市10代女子中学生) ◎アクセスサッポロみたいに広いところでやってほしい。(札幌市10代男子小学生) ◎わかりやすくおしえてくれたりして勉強になったです。(札幌市10代小学生) ◎もう少し広いところでじっくりおちついて実験などを体験させたい。でもデパートなどはつれてきやすくて良い。ガイドブック・・・とてもすばらしい出来ですね。この祭典をずっとつづけてほしい。体験型を子どもたちが喜びます。自分の手で作れる楽しみもあります。(札幌市30代家事専業) ◎子供がまた来たいと言うので2日つづけてきました。(札幌市40代女性家事専業) ◎会場がせまいとおもう。とても楽しかったです。はじめて見学しましたが、どの先生も熱心で親切なので感激しました。(札幌市30代女性家事専業) ◎おもしろかったけど、もっと自分でやるものをふやしてほしい。(東京10代男子小学生) ◎楽しみながら科学ができるよかったです。来年もまたぜひやってほしい。(札幌市10代小学生)

10月11日

◎もっと広い会場だとよい。(後志管内40代女性その他の職業) ◎1日かかりでこななければならなかっただようですが、時間の関係上5時間しかいられませんでした。皆さん的人に対する接し方(話しかけ方、説明のしかたや手、目の動き等々)とても参考になりました。準備も大変だったのではと思い一生懸命に会場をまわりました。この時期この会場ピッタリ!(旭川市50代学童保育) ◎大人でも子供でも楽しめた。ぜひまたやってほしい。(札幌市10代男子中学生と父親) ◎ふだん体けんできることいろいろ体けんてきてよかった。(札幌市10代女子中学生) ◎準備中の物が多くて残念だった。(札幌市10代男子中学生) ◎準備中のものが多く残念です。(13:00~14:00) 15:00~といわれても待てません。もっとスタッフをふやしてほしい。(札幌市40代女性会社員) ◎もっとかずをふやしてほしい。(札幌市10代男子中学生) ◎場所を広げて日数を増やしてほしい。とても、たのしかったです!(札幌市10代男子高校生) ◎小学生が関心を持つ所と中高生向き?のような所もあり年代に関係なくながめられれば良いと思った。ガイドブックは見てないのでよくわからない。ただおもしろいだけでなく、もう少しばりさげられないものかどうか。(札幌市30代女性家事専業) ◎初日に来ましたが、人がいっぱいでよく見られなかったので最終日にもう一度来ましたが、やはりこんでいました。(1日目よりはよかったです) もっと広い場所でじっくりと見たいですね。(札幌市30代女性家事専業) ◎会場がせまいので、人がいっぱいすぎる気がした。(札幌市20代女子学生) ◎とてもたのしかった。また来たい。(シンガポール10代小学生) ◎いろいろな物があって一日中たのしむことができた。(札幌市10代男子中学生(納骨)) ◎ガイドブックが多ければよかった。(東京40代女性家事専業) ◎興味や疑問など子供の世界を広げてくれたと思います。(札幌市0代小学生の母親) ◎いっぱい実験できてたのしかったです。また来年もやってほしいです。(苫小牧市10代中学生) ◎場所が狭い。展示物のうしろ

の掲示がくどすぎるし詳しそう。(札幌市70代以上男性大教員) ◎もう少しゆったりスペースがほしい。あまりたいそうでない手作りの感じがよかったです。だからあまりスマートになりすぎない方がよい。子供たちの興味の持ち方を見ていると自然科学系の好きな子は少なからずいるということがわかつてうれしい。(札幌市30代男性大教員) ◎先生方休み中本当にごくろう様でした。また学生にもどって理科を勉強したくなりました。(札幌市30代女性家事専業) ◎昨年来て楽しかったので来ました。大変親切に教えていただきありがとうございました。来年も楽しみにしています。(札幌市0代男子小学生の母親) ◎9、10と2日連続で来ました。昨日は4時間位会場にいました。どうもありがとうございました。スタッフのみな様どうもお疲れ様でした。来年もぜひやって下さい。よろしくおねがいします。(札幌市30代女性家事専業) ◎去年も来てとても楽しく子供と勉強しました。去年の暑さと違い今年は中にいても過ごし良かったです。みなさんごくろうさまでした。3日間同じTシャツを着ているのだと思います。汗くさい人もいました(しかたないですね)ごめんなさい。(札幌市30代女性家事専業) ◎ガイドブックの後ろにお父さんの会社がのっている。そのことが息子にはとてもうれしかったようです。成績をつけないでこんなふうに学習するほうがどれだけ楽しいでしょう。かえって覚える事が多いのです。絵の好きな子、体育の好きな子、実験したい子、自分の好きなことにたくさん時間をさける教育になっていいって欲しいものです。ソーラーカーを子供達がやっていた。自分も大学へ行ったらロボットを作りたいといっています。どんどん好きな子はその道を行けばいいと思います。おもしろ実験室のお兄さんを見かけました。若いスタッフの方の御協力と子供にもやさしく接してくださって感謝しています。(札幌市30代女性家事専業) ◎もう少し簡単な工作を多くとり入れてほしい。自分で作ってみられるものを多く。(札幌市40代女性会社員) ◎アンケートが多すぎる。子供にはむづかしいと思う。(札幌市30代家事専業) ◎楽しそ

うだったので、子供がこれを機会に理科が楽しくなればと思い来ました。初日は雨で室内だけだったせいかとても混雑して十分楽しめませんでした。アイスアリーナやグリーンドームなどもっと広い会場で開いてほしい。混雑していくつ1つゆっくり見れなかったのがざんねんです。でも子供たちはもう1回行きたいと言い2日も出かけてきました。幼稚園児から小学高学年までたのしめてとても良かったです。自分たちの小学校でもこのような催しが開けたらいいなあと思いました。(札幌市30代女性家事専業) ◎説明の時もっとくだけた口調がよいのでは?先生そのものの感じ。会場がもっとゆったりしているとじっくりみてまわれるのでは?自分で作って持って帰ることができるものが欲しい。材料の実費販売も考えられるのでは?(札幌市50代女性家事専業子供会引率者) ◎もっと広い場所で。コーナーの解説文も説明書としてほしい。(後志管内40代自営業) ◎説明は、厳密に欠けるが、小学生相手ならば、納得させやすい。実験は愛知・岐阜物理サークルや大阪科学サークルなどの二番せんじが多すぎて、見た事があるものばかり!!夜間でなければできないような実験もあるハズ。時間を夜まで延長してほしい。今年と同程度なら来年は来たくない。新しいものが見たい!これでは「北海道は遅れている」と思われても仕方ない。正直言って新しい感動はなかった。アルケミストの会はおもしろい実験を見せてくれましたよ。(8/3広島市にて) 私も教員なので大きな事は言えないが、こんな使い古されたものではなく、新しいものを開発していきましょう。(根室管内20代男性中教員) ◎デモンストレーターは質問ができるように対応しては。資金面で大変と思うが応援する方法は?(札幌市60代男性税理士) ◎スタッフの方々の笑顔がよく、たのしそうに説明していただけるのにはうれしかったです。今後も楽しみにしています。今日はありがとうございました。(旭川市30代女性家事専業) ◎毎年来ていますがまだあきません。ぜひ来年も来たいです。(札幌市10代男子中学生) ◎もっとやりたいものがあったし、すごくためになっ

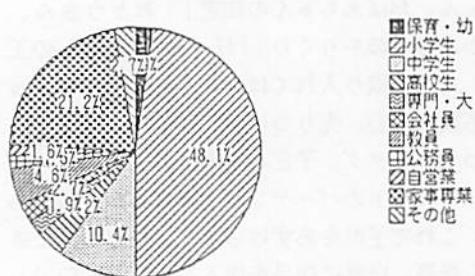
た。また来年も来たい。(札幌市10代小学生)
◎ただ観る難しい用語の説明を聞くよりも実際に触れ、作り、作業に参加する事が、子供にとって好奇心を持つきっかけとなっていました。カミナリ作りは、もっと作業の場があればと思いました。(石狩管内30代女性保母) ◎大変熱心にデモンストレーションをして下さり眼近に沢山見せていただいてとても楽しかったです。来年もまた伺いたいです。ありがとうございました。(東京40代女性教員) ◎とてもおもしろくわかりやすかったです。(札幌市10代小学生)
◎実際に作ることができたのがよかったです。パンフレットの説明はもっとくわしい方がよい。(札幌市30代女性児童会館職員) ◎ごくろうさんです。来年も頑張って下さい。(神戸市30代男性高教員) ◎ふさわしい広さの会場で。ガイドブック・・・小学校低学年にとっては、漢字にふりがながほしい時も。あつい中、親切に教えてくださって、ありがとうございました。(札幌市0代小学生の母親) ◎場所が広ければもっとたくさん実験があった方がよい。その場でののみこみが悪いのでおみやげをもって帰って家で考えて楽しみたい。もっと大規模になつたら1週間くらいあった方がよいと思います。皆さんとも熱心で良い先生方ばかりだなあと感激いたしました。(中にはちょっとアブナイ雰囲気の方もいらっしゃいましたが・・) あとソーラーカーのお手伝いの小学生が雨の中を一生懸命やっている姿に心うたれました。すごい盛況でひとつひとつをゆっくりみられなかったのがちょっと残念です。(札幌市30代女性家事専業) ◎とても楽しく勉強できました。ありがとうございました。(石狩管内40代女性栄養士) ◎全部のデモンストレーションを見たいと思ったのですが、こんでたり、見つけられなったり、準備中が多くて、なかなか全部というわけにいかなかつたのが残念です。(札幌市30代女性家事専業)
◎ぼくは、2年前きました。そのときおもしろかったのでまたきてみました。今年もよかったです、またしてください。(札幌市10代男子小学生) ◎とても楽しかったので、また来年もやって下さい。(江別市10代女子小学生) ◎ガイド

ブック・・・マンガでやり方を書く。「おじいちゃん、おばあちゃんの知恵」「おとうさん、おかあさんのやりくり」「ぼくの、わたしの工夫」などを取り入れては。子どもが夢中になつても親は安心、売りつけられないから。子どもがつくってタダ。子どもを導いてくれる人は先生。デパートのバーゲン以上のありがた味がある。これで子供をあずけられて、親は買物できたら最高。自然に作品を作ることができいい。親のトマリ木、イスが多くてよい。「親の一工夫科学の工夫」「子どものナゼへの応じ方」など教育系ビデオもあるとよい。ありがとうございました。(東京40代男性高教員) ◎ガイドブックに会場図を!去年と様変わりしてよかったです。(空知管内30代女性家事専業)

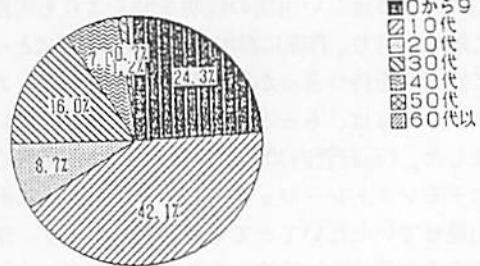
次に掲載するのは主催者側の声です。全部を載せることがで、参加した先生方と高校生の「感想」を前半にまとめ、「評価」「要望」に相当する科学技術館・科学技術進行財団のものは後半に掲載いたしました。

'95青少年のための科学の祭典アンケート

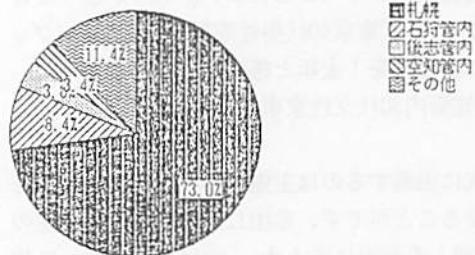
来場者の職業



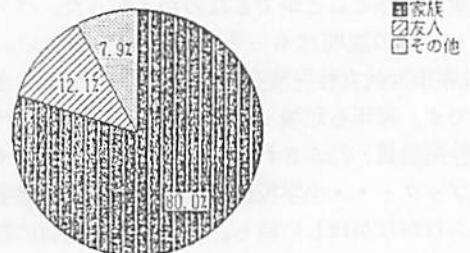
来場者の年令



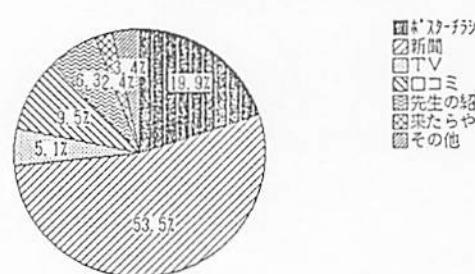
来場者の居住地



来場者の同伴者



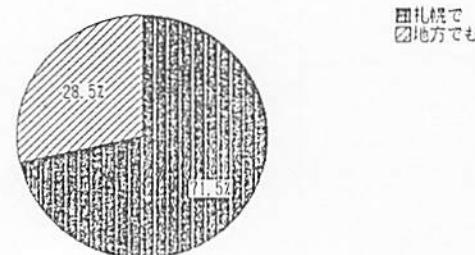
科学の祭典を知ったメディア



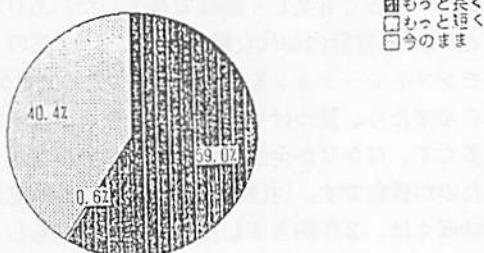
科学の祭典に来た目的



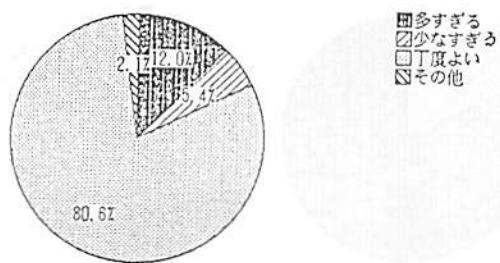
開催地の希望



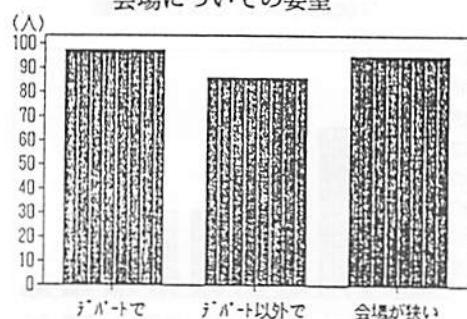
開催期間について



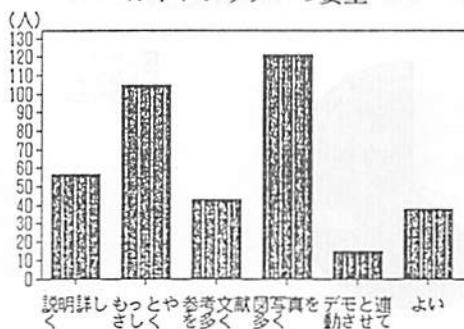
実験観察の数について



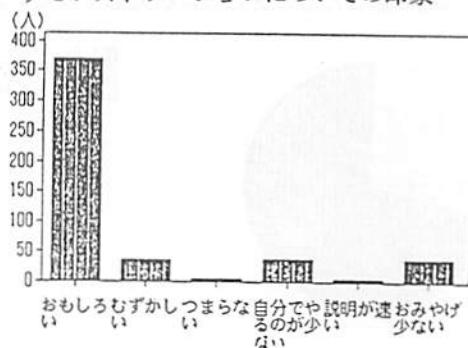
会場についての要望



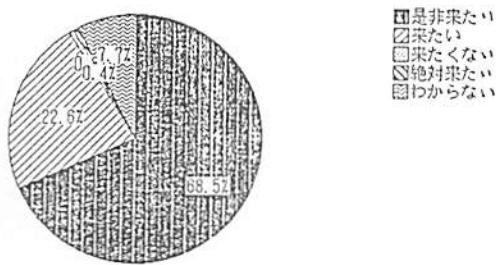
ガイドブックへの要望



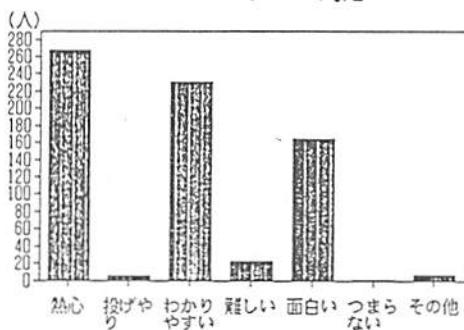
デモンストレーションについての印象



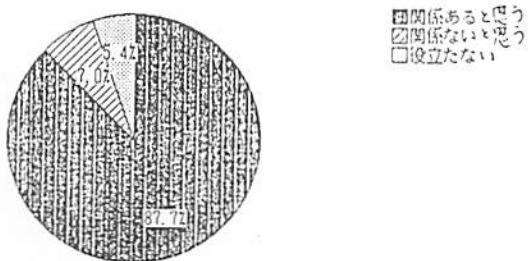
再来希望について



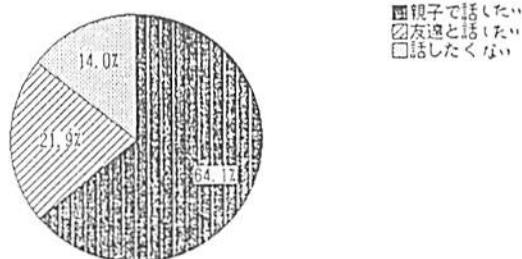
デモンスト레이ターの対応



理科学習と科学の祭典の関係について

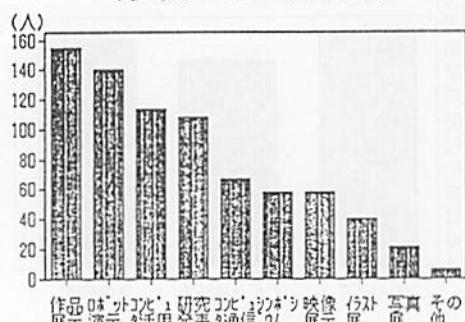


科学の祭典の話題性について

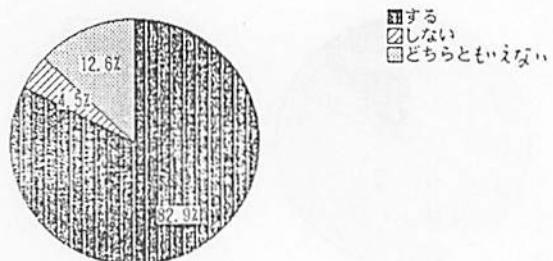


'95青少年のための科学の祭典アンケート

今後取り入れてほしい活動

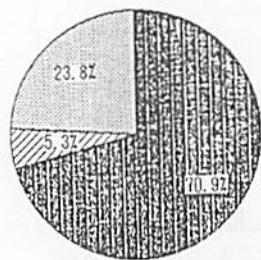


科学の祭典は科学を身近なものにするか



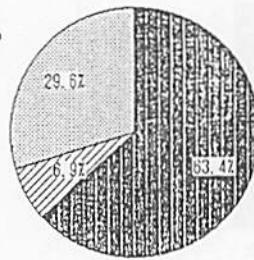
不思議に感じたものをさらに研究してみたいか

したい
したくない
どちらともいえない



科学の実験をして一緒に普及活動をしたいか

したい
したくない
どちらともいえない



デモンストレータの意見

(実行委員会アンケート)

参加教師

◎今年で3年目となり大変参加される先生方が増えたと思う。道内道外を問わず多くの先生方が参加することにより、幅が広がって良いと思う。ただ、ブースの割にはデモンストレーターの数が多かったと思う。◎今のブース数ならば倍の広さと父兄の休憩コーナーが必要。研究助成金も一切なく、完全なボランティアの方がよいと思います。これから続けていく上で注意しなければならないのは「慣れ」です。昨年こうだったからでは、閉鎖的になります。広くいろいろな先生方に参加して頂くことも大切なので、科学の祭典への参加を呼びかけるPRビデオみたいなものを作製し、各学校に各科学クラブに配布してみてはいかがでしょう。◎もっと生徒たちが中心になってデモンストレーションするのもいいのではないか? 今の高校の学校祭は模擬店など「遊び」を中心でかつての「科学部」の展示がほとんどなくなっていると思う。そういう生徒たちの外への発表の場としても面白いと思う。◎1学期は非常に忙しいので調査表等はもう少し早めに送っていただきたい。◎今回初めて参加させていただきました。少し大変な所もありましたが、私自身楽しませてもらうことができました。ありがとうございました。◎もう少し会場の広さにゆとりが欲しい。◎初めて参加しましたが、参加する子どもにとってだけでなく、私自身にも大変勉強になりました。また、とても楽しく、みなさんにやさしく教えていただきまして、また参加したいと思いました。ありがとうございました。◎実際の現場ですぐ使える実験等が数多くありとても勉強になりました。また、教員間やその他の参加者との意見交流もできよいのではと思っています。◎昼休み等がとれなく大変きびしいスケジュールでした。◎小学生対象ということだが、標準を小学生にしばれば、付添いの父母にインパクトの弱いものになってしまう。今回もどちらかというと化学的分野であった。範囲にこだわらなければ幸いである。(生徒を手伝わせるという

のもなかなかいいなと思った次第です。) ◎実行委員の人達本当にご苦労様です。すばらしいイベントだと思います。これからも発展することを願っています。がんばって下さい。私も力になれることがありましたら、力になりたいと思っております。(微力ですが...) ◎今年は何もわからないまま参加しましたが、こんなに多くの人がくるとは予想もしませんでした。今年の準備不足を反省し、来年もぜひ参加したいと思います。◎この企画は21世紀に向かい大切なことだと思う。技術立国日本を支える力となるから。◎子ども云々といっしょの参加でした。木にかけていた暑さもそれほどではなく、雨の中元気にデモンストレーター役をこなしてくれました。又、他のブースでの実験も楽しかった様子です。お世話いただいた斎藤先生はじめ実行委員の方々ありがとうございました。又、北見でがんばります。

ボランティア高校生の意見

◎今年は先生に科学の祭典をあることをきいて参加しました。はじめはちょっと緊ちょうして説明がうまくできませんでしたが、お客様がみんな聞いてくれたのでとても緊ちょうがとれました。来年はもう卒業してしまって石高としてデモンストレーターとしてはいけませんが、ほかに機会がありましたらまたぜひ来たいです。◎科学に興味をもつのは、小学生までのよう気がするので中学校・高校と科学に興味をもち続ける、そういうような祭典にしてほしい。◎いろいろな人たちとはなしをしたりできてたのしかった。説明がうまくできなかった。◎大人の人もわからないことがあるようで、子供とおなじようにきょうみをしめしていた。

科学技術館・科学技術振興財団のアンケート

(抜粋) 科学の祭典の評価 「青少年にとって」有意義、学校では体験できないことを体験できる。不思議を自分なりに解決する。身近な実験を体験できる大変良いチャンス興味関心を高めるためによい。参加すれば有益。楽しんでもらえた興味を引くにはいいと思う。科学的な思

考に結び付くかどうかはわからない。会場の人々の目の輝きがとてもよかったです。良いものだと思います。科学に対して興味づけの場として大きな意味を持つ。夏休みということで自由研究の参考にする子や純粋に興味をもって来る子がいて、いろいろな意味で大変いい会だと思います。これから、どんどん規模を大きくしてほしい。理科のおもしろさを体験できるすばらしい場だと思います。有意義である。よかったと思う。が、小学校はともかく、中・高生に対する企画としてはいまひとつと思う。有効である。よい勉強の場。実際に見て触れて（体験する）新鮮だと思うし、個人の興味関心に対応できて良いと思う。科学に興味を持ってくれればいいと思います。道新やNHKの報道がよいのと天候不順で人出が多く盛況であった。数年来ている子もあり結構深い質問も出ていた。科学に直接触れる機会ができていい。いろいろな展示を実際にふれて実験できる事が最大のポイント非常によい。科学に興味を持たせる点でよい科学はそもそも楽しいものということを伝える場としてふさわしい。何より手づくりという感じのする出し物が多いことがよい。すばらしい財産になると思います。おもしろいものには興味を持っているのでいろんなものを見てよいと思います。よろしいかと存じます。楽しめるこの祭典に来た子供たちのイキイキした目を見て、価値ある企画であると感じる。また、主催の手伝いとして参加した高校生にも、滅多にない良い結果をしていると思う。高校生のハツラツとした顔に祭典の真価が表れていると考える。目でみて手でふれて実験をやることは、とてもためになると思います。もっと多数の広い範囲で実施できれば興味をもっていない青少年の中にも目を覚ますように感じるものもいると思います。とてもよい。何か不思議だなと思わせることが難しい現代こそ必要。实物に触れる格好の機会。「科学」を身近なことに感じることができるよい機会だと思います。とても興味を引くものだと思います。科学に興味を向けるきっかけとなるもの。よいきっかけになる。

高校生の評価

けっこう難しいものもあった。自由研究による参考になると思います。科学に対し興味を与えるよい機会となった。科学の不思議な点や疑問をもてる場がなかなか日常生活の中ではないので、とてもすばらしいことだと思う。興味を持つ子供が多く、これがいろいろときっかけとなればよかったと思う。だけど、親の対応がいまひとつだった。子供が積極的に好奇心を持ってやろうとしているところを親がいちいち文句をつけていたりしたこともある。運営の側にそのような親への対応を求める。普段学校でも教えられたり見ることのないようなものに自由に触れることができ、自分から"なぜ"という興味を持つ良い機会だと思います。楽しく有意義。みな親切に説明してくれてためになった。いいふれあいの場だと思った。様々な実験が見れてよかったです。科学の疑問やその答によって見える視野が広がったのがよかった。いい活動の目標となる。初日は緊張してたのもあってうまくいかなかったけれども、最終日は慣れているのでまあなんとかうまくいった。でも、1つだけ青少年達にはわかりにくく説明をしてたかな」と、今後悔しています。小さい子供達がどのようなものに興味を示すのか、また、子供にユニークな発想を教えられる時もあります。参加していて楽しい。私の小さいときにこんな催し物があったらなあ・・・と思いました。説明によって知識が明確になった。

どんな出し物がよかったか、よいと思うか。

大型回転台、ホバークラフトなど大きなもの、動くもの。岩手高校の佐々木先生の超電導鳴り物、光り物、作成物。不思議な木ーホルダー電気パンのように、持って帰れるような出し物は人気があった。ジャイロのように実体験できるもの、手作り系のもの。すべてのもの幼稚園から中学生まで段階に応じておもしろいもの。実際にふれて楽しむもの。おみやげがあるもの、食べられるもの、夏休みの自由研究のヒント。小学生から大人までみんなが、おどろき興味をもてるものがいいのですが、ムリ出あれば、小

学生向き、中学生向きのように数で勝負すべきだと思います。子供達が家に持って帰れるもの、びっくりする様な実験中高生向けのものも増やしていきたい。超電導。光学の基礎、電気磁気の基本的なもの。実際につくったり、触れられるもの。太陽時計。勿論自分のテスラー放電、親はピクピク子は大胆さがみられた。びっくりするような実験がいい。実験と原理がわかると楽しい。大きな動きや音、光のあるもの、子供たちが参加できるもの。子供、中学生、全てが楽しめるもの。あるものは子供向き、あるものは上級向きといった感じでも良い。身近な材料を使った、原理がわかりやすいもの。子供たちが自分自身でつくったり体験したりできるものがよいのではないでしょうか。それぞれ皆さん工夫していると思います。簡単でおもしろい物がいいですね。その場で作って持って帰れるもの。今回の「木ーホルダーの不思議」は人気があり、行列をつくっても自作したいという子供達が大勢いました。小学生向けの自分の手でなにかを作ることも大切ですが、大人向けの原理をわかりやすくする説明も重要なことだと思います。見物者が実際に実験に関われるもの！その結果何か持ち帰れるもの！子どもが直接体験できるもの。やはり、子どもが参加できるもの。超電導。光るスライム、かがみの世界実際に作れるもの、持ち帰れるものが良かったのでは。光るスライム。超電導と磁石のレール

運営について

① 問題点 スムーズ 24人 問題あり 06人
交代制が徹底されず、忙しい先生が多すぎた
1つのブースに3人で交代制でやるという発想はよいと思いますが、子供が「ワッ！」とくる中で1人で2～3テーマを説明対応するのはつらいものがあります。結果としてあきブースができます。人数を増やして完全交代制にするしかありません。(予算のことはあるでしょうが) アルバイトの大学生が第1回目のときいましたが、やはり学生より小学校の先生などにお手伝いしてもらう方が同じ教師という立場で共通点が多く、うまくいくように思います。(今回私

のブースの小学校の先生はすばらしかったです。) 出展数に対して会場がせまかったようです。暗幕が十分なものではありませんでした。準備日のネームの配布時間、初日のあいさつの長さ。初めてなのでよくわかりませんでした準備の打ち合せ等ルーズだが、全道から集まるので仕方ないだろう。仕事の集中

② これから運営

もう少し周りの先生に仕事をわりあてる(事務局集中はさける)今年と同じでよい。できれば広い会場が望ましい。①ではいろいろ書きましたが、実行委員会のみなさま、ご苦労様でした。ありがとうございます。感謝しています。ブースの割当は大変だと思うができるだけ希望がかなうようにしてほしい。参加者に対する具体的な連絡が行き届くようにしてほしい(特に初参加の場合は、要領がわからないので不安)初日の朝、時間がないように長い話はやめてほしい。今まで通りでよいと思います。他の2名の先生方がよく手伝ってくれた。もう少し大学関係者に働きかけたら良いのでは。国家としての取り組みを充実して欲しい。費用はなるべく小さくおさえたいが上限がわかるとありがたい。だんだん狭くなってきました(ブースが)。展示数はこれで限界だと思われます。とにかく、実行委員の先生方、役員の方ご苦労さまです。やはり打ち合せ時間は形だけでもきちんと始めた方がいい。会場は11Fのようなところではなく、もっと人目のつくところに。あまりエスカレートしては長続きしません。人数をしぼってやる方が良いのでは?仕事を分散すべき

科学技術教育や理工系人材育成について

① 国への要望

大がかりな予算、各種実験の義務づけ、理科実験の必修。理科教員の研究する場を設けて欲しい。様々あるが難しい。ワクワクするような(EXCITINGな)部分をどこかに入れて、子供にDREAMをふえる内容を期待しています。最先端技術の様子がわかるような宣伝(TV番組や雑誌や事業)を力を入れて行って欲しい。科学が「かっこいい」と思えるような環境作り

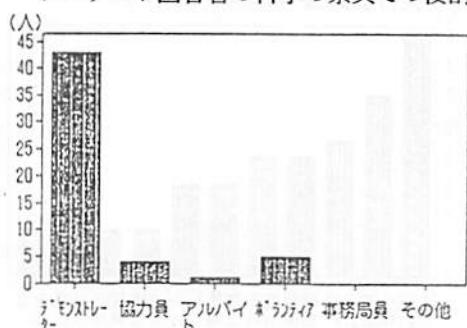
を。たくさんあるように思いますがすぐにはまとまりません。ただ科学技術庁が教育にどれだけ熱心なのかわかりません。わかる予算の使い方もしていただきたい。教育大は文系なので理科をやっていても研究費が少なく苦労しました。(今もしているようです) お金の面で実態をもっとよく見てほしい。補助金の拡充、週休2日の廃止=授業確保。"科学の祭典"的なイベントもいいが"科学の学校"のような企画はどうか。(大変だとは思いますが) 物理は全員が何らかの形で学習できるようにすべきだ。実験集等の副読本を出してほしい。基礎基本を体験的に学べる工夫、教科の内容を簡潔にしてほしい。指導要領をコロコロ変えないでもらいたい。中学校の現場として今回のは改悪だと思う。理工系の研究費を増やす事。小中高校の実験器具を充実し、実験をふんだんに教育を推進する。予算的な充実。子供たちが自由に余裕をもって科学に接する場、機会、時間などを増やしてほしい。(理科の授業時数など) これらのことについて真剣に考え、お金も出して欲しい。もっとお金がほしい。知識の精選を現場にまかせるようにしてほしい。生徒の実態に合わせ柔軟性を認めてほしい。普通高校にも工作機械「ポール盤」「糸ノコ」などで【ものを作る場】を与えたらいいと思います。教科書の選定(教科書をもっと見やすく、学びやすく、大たんな变かく)入試制度の大幅改正!このような発表会にもっと助成すべき。ボランティア、手弁当ではそのうち限界があります。やはり、余裕をもったカリキュラムで行える授業でないと理科ギライは進行するのでは。やはり受験戦争のヒズミがあらわれているのでは。費用財政面の援助。予算面でもっと充実させてほしい。学校の備品類はある程度保証されているが消耗品をもっと自由に買うことができるよう予算を増やしてほしい。科学の祭典などの行事にもっと援助を。

原子分子の世界やエネルギー分野について国への要望(具体的提案)

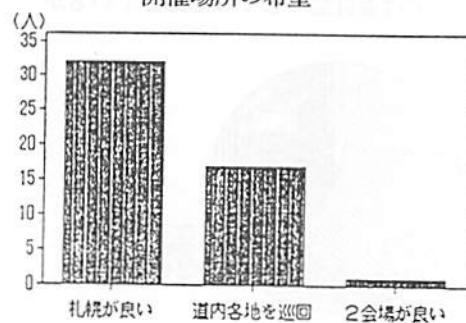
霧箱の作成実習の義務づけ。核問題では次世代または、その先まで考えてあたって欲しい。

思いつきのエネルギー開発は危険だと考えます。高度な設備を設えたセンターを全国につくる。発達段階を考えて取り扱ってほしい。(中学校では難しいのでは?) 実際に困難を感じる。原子力の廃棄物処理など、後先を考えた行動が必要です。日本の文化としての科学の位置付けをきちんとする事。環境に関わる分野にもっと力を入れて欲しい。ひととお金があればもっと分かりやすい教材ができます。高校教育ではクオータなどについて発展途上のものも動きとしてトピックスのように教える。経済効率だけで考えないでほしい。

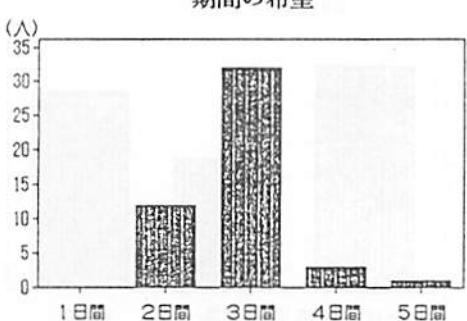
アンケート回答者の科学の祭典での役割



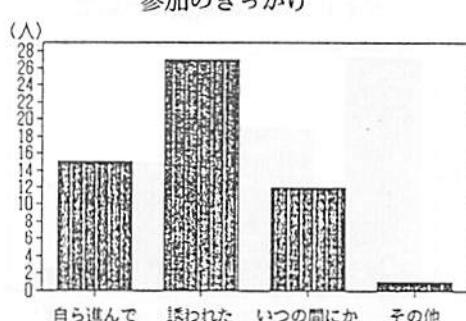
開催場所の希望



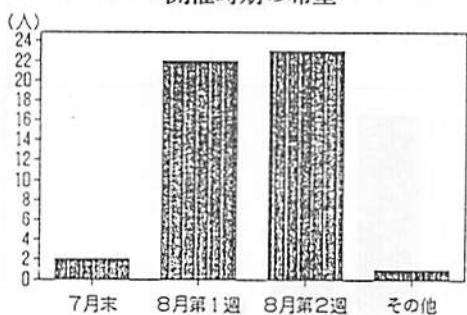
期間の希望



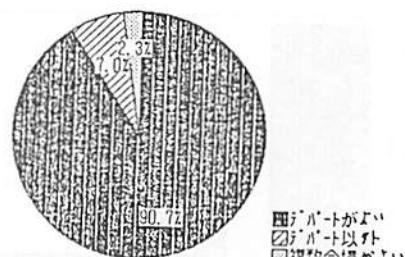
参加のきっかけ



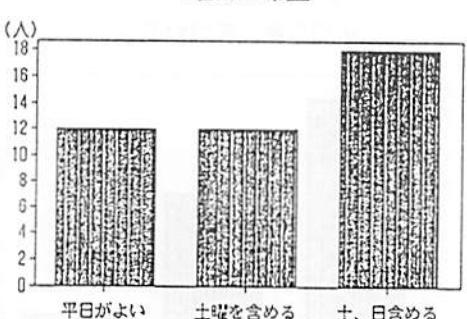
開催時期の希望



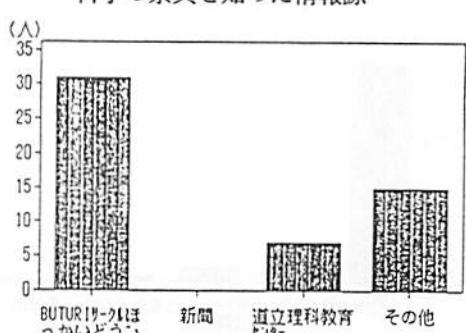
会場の希望



曜日の希望

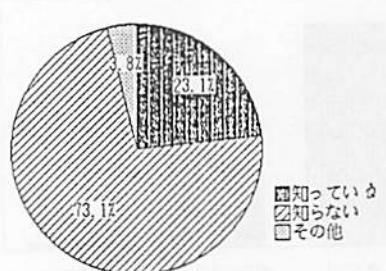


科学の祭典を知った情報源

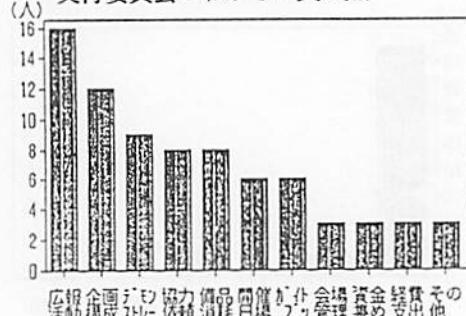


'95青少年のための科学の祭典アンケート

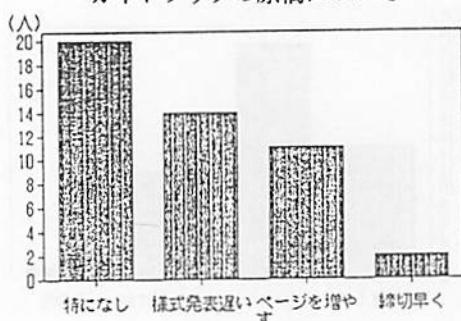
実行委員会のしくみを知っているか



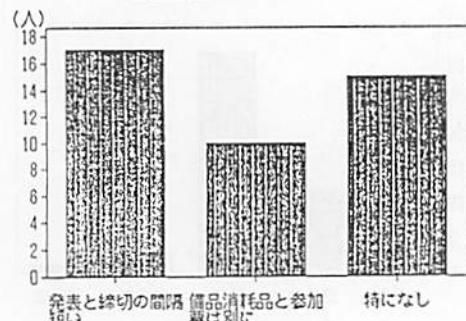
実行委員会のわかると良い点



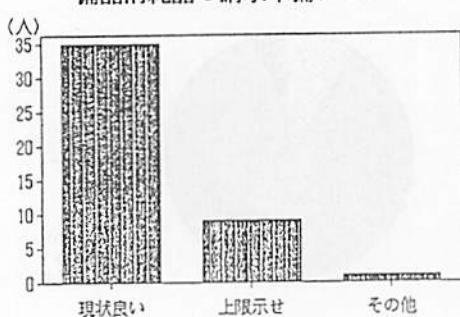
ガイドブックの原稿について



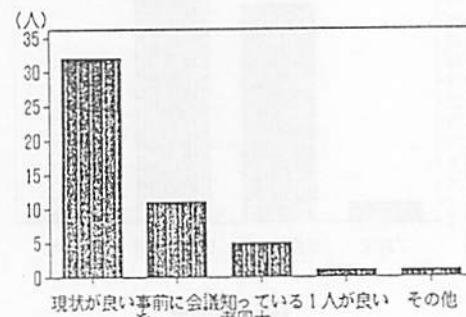
調査表について



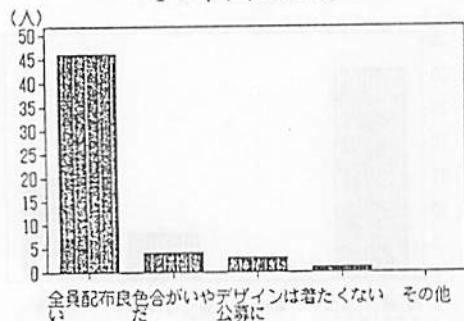
備品消耗品の請求準備について



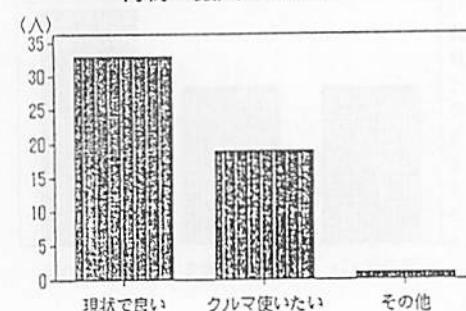
デモンスト레이ターが複数でグループを作ったことについて



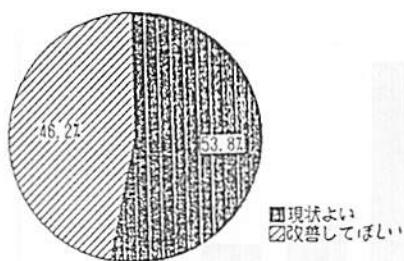
Tシャツについて



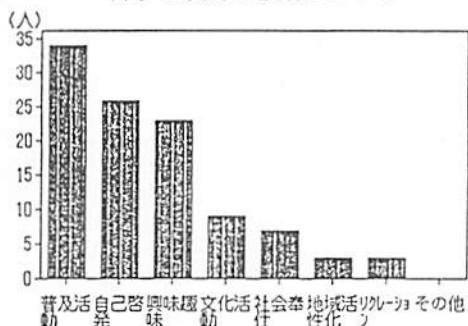
荷物の搬入について



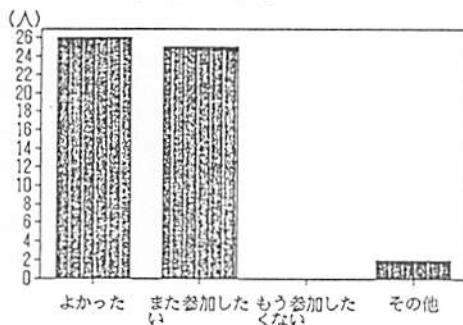
会場・ブースの大きさ割り振りについて



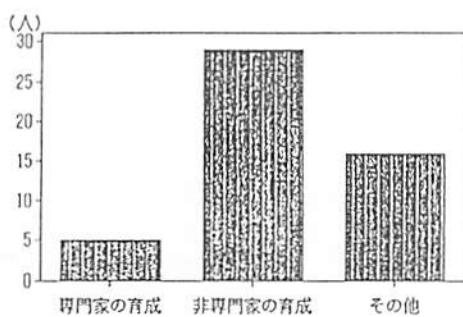
科学の祭典の意識について



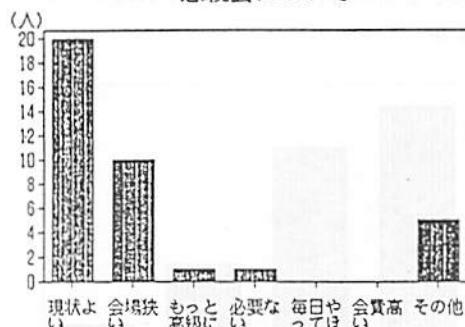
参加した印象について



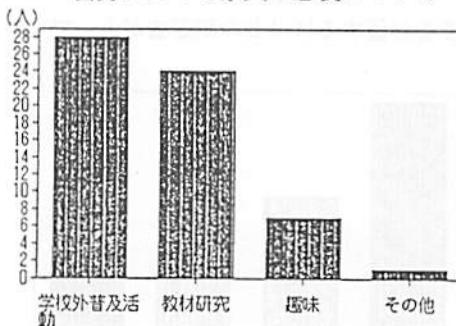
科学教育は誰を対象に行うべきと考えますか



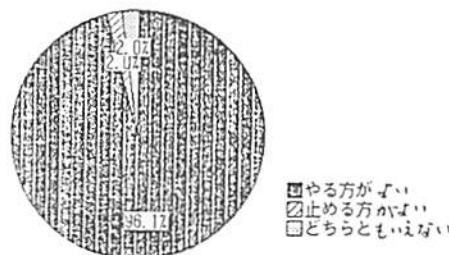
懇親会について



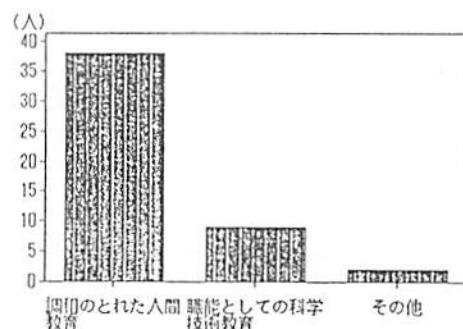
自分にとって祭典の意義について



来年の開催について

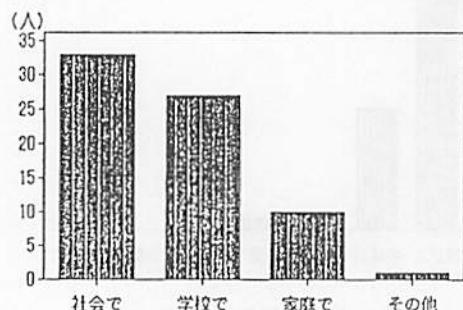


科学教育の目指すものをどのように考えますか

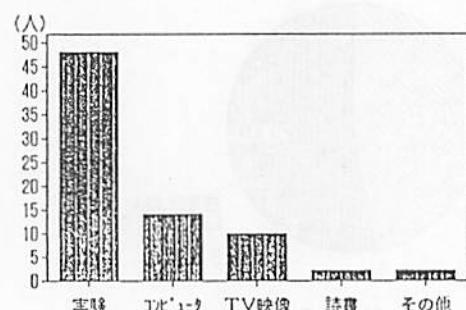


'95青少年のための科学の祭典アンケート

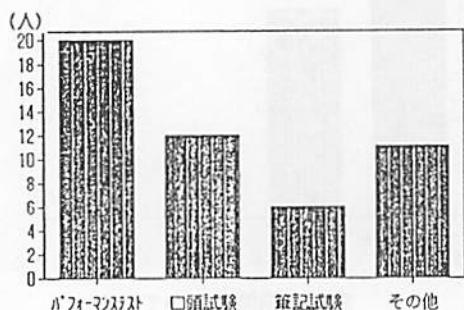
興味関心を高める教育をどこでやればいいと考えますか



科学学習のメディアにはなにが有効と考えますか



創造性を評価するにはどの測定法がよいですか



実践報告

実験教材開発グループの結成と 科学の祭典による市民への普及活動

北海道立理科教育センター 永田敏夫

私たちは、1992年に日本の北海道各地の物理教員を会員とする「BUTURIサークルほっかいどう」を結成し、毎月の定例会や会報の発行、パソコン通信ネット等により教育実践力の向上に努めている。また、夏休みには札幌市に集まり「青少年のための科学の祭典北海道大会」で、3日間に渡り実験を演示するなど、小学生や一般市民への普及活動を行い、科学技術教育の大切さを世論に訴えると同時に教員の理科実験教育指導技術を向上させ、科学を文化として楽しむ市民の醸成に寄与する実践を行っているので紹介する。

はじめに

責任ある市民を育成し、経済の発展を目指すためには、将来の地球が調和のとれた発展を維持できる具体的方法を創造していく科学技術者を養成するための教育を提供すると同時に、科学的な見方や考え方を身につけ自然と文化の調和に適切な判断を下し、科学技術を支援する一般市民を育成することが大切である。このためには、まず教員自身がそのような認識に立ち、指導力の向上を図り、事物・現象を直接扱うことの大切さを再認識し、理科学習に対する改善を行わなくてはならない。

1 日本の科学教育の背景

日本の明治維新以来の欧化政策の系譜のもと、第二次大戦後の経済的復興の要請から技術者養成の基礎として高校教育で必修とされた物理教育は、中堅技術者養成の裾野を広げ高い効果を上げた。しかし、教育過程が改正され物理が理科の中で選択できるようになってから物理の高校での履修率は極端に低下してきている。これは、大学入試にパスすることを中心に据えた高度な学習内容が多くの者に物理アレルギーを起こさせたためである。また、科学技術の進展に伴う環境問題がクローズアップされ、科学技術そのものに対する不信感を助長する世論があるためでもある。学校物理に対する悪いイメージが親や教師を通じて生徒達に広まっている。さ

らに、物理教育者自身が従来の高校物理の学習対象者に対するイメージを踏襲し専門家のみの学習科目として限定し、広く非専門家に理解を得るための授業改善に対する努力を怠ったためでもある。特に、最も興味を喚起すべき小学校時代の学校教育素材として物理的領域が非常に希薄なのは非専門家に対する素材提供の研究が立ち遅れている原因もある。

2 大学で物理学を学習している者の高校物理に対する要求

高校の時に物理を選択しない理由は内容が難しい、興味が持てない、計算が多い、公式が多い、授業についていけない、教科書がわかりにくい、教師に馴染めないなどがある。また、高校物理への注文としては、実験を多くしてほしい、問題演習を減らしてほしい、教科書を改善してほしい、授業時数を増やしてほしい、授業

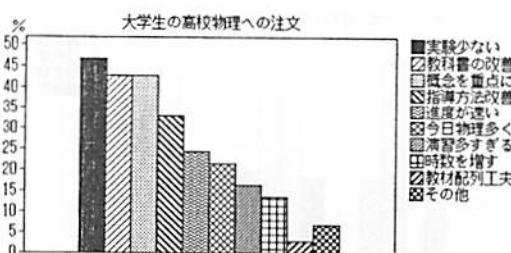


図1 高校物理への注文 (鶴岡森昭等 1992)

をゆっくり進めてほしい、概念的要素に重点をおいてほしい、今日的物理を取り入れてほしいなどがあげられている。

3 学校教員の高校理科学習の背景

1982年に高校理科の一部選択制が導入されてからは、物理を履修しない世代が続々と教員に

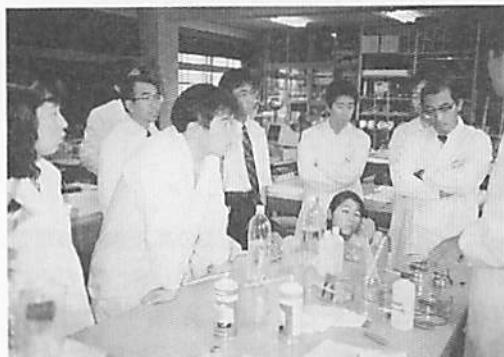


図2 北海道立理科教育センター研修風景

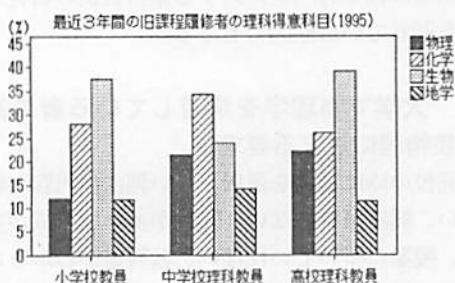


図3 理科Ⅰ世代以前の理科教員の理科得意科目

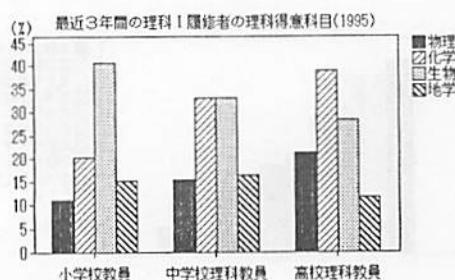


図4 理科Ⅰ世代の理科教員の理科得意科目

なっている。特に小学校教員は高校での物理の履修者が少ないので、高校でもっと物理の学習をして貰わなければならないという声がある。本当に物理を高校で強制的に学ばせた方がいいのだろうか。

1993年から1995年の北海道立理科教育センター受講者のうち理科Ⅰを履修した教員とそれ以前の教員について高校理科履修科目と専門科目の状況を調べた。この結果、小学校教員の高校での物理履修者は化学や生物に比べて少ないがほぼ改訂後も40%が履修している。これは、北海道の高校生の履修率約27%と比べて少なくはない。しかし、物理専門とし得意とする教員は教育課程の改善前後でほとんど変わらず15%程度と少ないと分かった。特に小学校教員の場合履修した結果、嫌いになった教員が多いのではないか。だから、履修させるだけではなく、すでに大勢いる高等学校の物理の教員がもっと物理を多くの生徒が学びやすさに指導力を高める必要がある。

4 BUTUR! サークルほっかいどう

(1) 設立の経過

教員になった時の高校理科教員は特定の専門領域の知識理解に大変すぐれている。しかし、専門家になろうという生徒ばかりではなく、専門家にならない生徒達、社会一般の人達にも物理を好きになってもらう物理教育を自分の専門的経験や物理的発想を基礎として創造し、教員としての資質を高めていかなくてはならない。公的研修が必要だが十分ではない。北海道は地域的にも広く高校物理教師が互いにコミュニケーションを取る機会も少なく、研究会でも研究発表者の固定化や高年齢化が目立ってきていた。そこで非公式で活動内容も制約を受けない、未完成の物でも受け入れてお互いに啓発し合う場が求められていた。そこで、手軽な実験教材を開発したり、体験的な学習教材を開発したりして、理科教育を学び合うグループを結成し、教員の理科学習に関する指導力を向上させ、積極的に教室に実験を導入することを目指した。北海道高等学校理科教育研究会の懇親会で持ち

上がった話題を、1992年理科教育センターの高校物理の研修講座で呼びかけた。若さと意欲を基本に据え、一步一步みんなで築き上げていきたい。そんな思いが重なって、「BUTURIサークルほっかいどう」が、1992.11.14産声を上げた。

(2) BUTURIサークルの活動

a 広域にわたる会員

北海道は広い。札幌に職場のある者が半分以上だが、毎回遠方から自費で通ってくる会員が多い。利尻、奥尻、標茶、釧路、江差、北見、名寄、滝上・・・・・、今まで定例会や科学の祭典に参加している会員の勤務地は57市町村にわたる。高等学校教員を対象に発足したが、現在は物理教育を中心に理科教育に興味関心のある人が校種や職業を問わず活動している。

b サークルの定例会

内容は参加者によるが、報告の時間的制約はない。誰でも飛び入りで発表ができるようになっている。報告は、コンピュータの活用に関するもの、投げ込み教材に関するもの、物理教育研究に関するもの、他県の簡易物理実験レポート、視察研修、研究会、シンポジウムに関するもの等多岐にわたる。開発教材等については、基本的に現物を持ち込んで、素材に対してアイデアを出し合ったりして、評価も含めて議論をする。またその成果を共有し、個々が授業や科学の祭典などで実際に活用している。会場につ



図6 定例会の様子

いては北海道立理科教育センターを中心に北海道大学理学部、北海道教育大学、北電おもしろ実験室、札幌市青少年科学館、上砂川町無重力科学館などの実験室や教室を利用して例会を行い各機関との交流も深めている。

c サークルニュースとBBSコンピュータネット

毎月サークルニュースとして定例会の活動の様子や実践、研究レポートなどを各地の会員600名以上に郵送している。また、新しい情報網の形成と遠隔地にある学校間の共同学習の推進のために、1993年パソコン通信が開局がされた。ネットは草の根BBSなので、初心者でも議論や情報交換まで進める。パソコン通信の最大の利点は双方向性にあるが、情報の受け手になるだけでなく、自ら送り手となって、自分の実践を公開し、多くの意見を取り入れて、さらに有効な実践へと育てている。まだ1日の利用

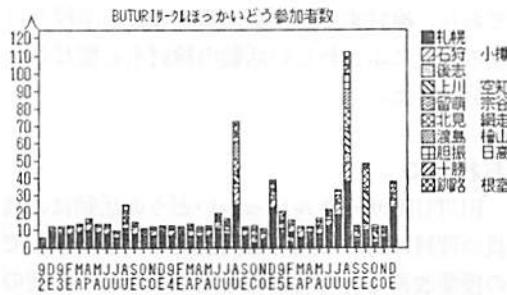


図5 定例会参加者数の推移

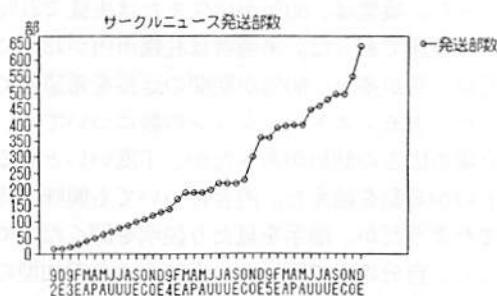


図7 サークルニュース発送部数の推移

件数が14、5件と利用者が少なく改善の余地があるが対話形式の議論はコンスタントに行われている。さらに、現在インターネットのホームページ(<http://socyohigh.hokudai.ac.jp/more-html/buturi/index-j.html>)を開き試験運用中である。

5 青少年のための科学の祭典 札幌大会

(1) 科学の祭典とのかかわり

1993年から子ども達に、実験や現象の追究の面白さ、発見の喜び、集中する楽しさなどの体験を提供する「青少年のための科学の祭典」を全面的に支援している。これはまた、教員や子ども達や科学クラブのメンバーが、実験や研究の成果を各地から持ち寄り、多くの参加者と共に楽しむ発表と研修と友情の交流の機会でもある。特に、地域の広い北海道の場合、教員間の交流の促進の意義は特に大きい。科学の祭典を行ふことで同時に組織を活性化することに役立ててきた。参加したデモンストレータは、1993年は26人、1994年には75人、続く1995年にも135人と毎年拡大を続けている。資金面・運営面も2年目からは北海道で自立して行えるようになった。

(2) 来場者のアンケート結果

1995年には15000人の来場者を迎えた。入場者の目的としては、夏休みの宿題に対応しようとするものも10%程度はいたが、教養として理科の勉強になると、面白そうだからというのが40%と多かった。入場者の年齢は10代までが60%以上でついでその親の30代が16%程度と多かった。職業は、60%が学生または生徒で21%が母親達であった。来場者は札幌市内が73%で近隣からが多い。60%が期間の延長を希望していた。デモンストレーションの数については、会場の広さの制約があったが、丁度いいとするものが6割を越えた。内容についても興味を持ったようだが、演示を見たり説明を聞くだけでなく、自分の手で行いたいというより参加型の対応が求められていた。われわれデモンストレーターも、熱心で親切に、一生懸命やっていたと

いう印象を得ている。1995年のデモンストレーターは、小学校教員（クラブを含む）16、中学校教員20、高校教員63、大学教員8、科学館等職員3、理科センター職員3、企業関係者1、学生20であったが、大学や企業からの一層多くの出展が望まれている。



図6 定例会の様子

科学の祭典を知った情報源としては、TVで見て来たというものが多く、多様な種類のマスコミとの連携が必要である。しかし、来場者の評価は高く、来年やるとしたら、是非来たい66.3%、また来たい30.5%で、合わせると96%以上の人人が来年にも期待していることが分かる。内容や施設については家族連れが80%近いことから、会場の案内や幼児への対応場所、親の休憩所なども考えておかなくてはならない。家族一緒にピクニック感覚で科学するゆとりも必要であることが分かった。

来場者の居住地は札幌市内が70%近いが、80%近くの人が札幌以外の地方での開催も希望しており、検討する必要がある。また、学校5日制の拡大にふさわしい活動の検討も必要なことが分かった。

おわりに

BUTURIサークルほっかいどうの活動は、教員の理科に対する興味を向上させたり、学校での授業改善を行い履修者を増やしたり、生徒の理科研究普及活動を含めた自主的活動を促すなど多くの成果をあげている。さらに、北海道科

学技術振興財団や科学技術振興財団、北海道経済同友会等の資金援助を得ながら「北海道青少年のための科学の祭典」を行い、開発した教材を社会教育の場面で活用し、世論に理科教育の楽しさ大切さを訴えることにも成功している。「科学の祭典」とサークルの相乗効果は大きく、これを受け入れ、実施することで自ら成長し続けているといえる。

これからは、デモンストレーションを、いつでも誰にでも示すことができるようになると、校種を越えた交流を継続していくこと、演示者に児童生徒も巻き込んで教師と生徒が体験を共有すること、自分達の演示を広く一般市民にも公開し、その妥当性や魅力を向上させて行くと同時に批判を受けること、授業に生かしていく努力をすること、広く世論に訴えることをめざしていきたい。さらに、サイエンスボランティアとして、町の人々や研究者と連携したり、北海道と世界の人々との交流を深め、科学を文化活動していく活動を進めたい。

1996

- 4) 永田敏夫：北海道青少年のための科学の祭典の記録、理科、24卷2号、1995
- 5) 永田敏夫：物理教育の活性化を求めて、物理教育研究、22卷、1994

(1996年3月31日受理)



図9 宇宙少年団おもしろ科学実験室風景

参考文献

- 1) 鶴岡森昭、山田大隆：物理教育実態調査
北海道の高校生と大学生を対象として、北海道高教研資料、1993
- 2) 科学技術庁：科学技術白書－若者と科学技術－、1993
- 3) 永田敏夫：講座受講者の理科得意科目 北海道立理科教育センター研究紀要第8号、

おーろら・極寒の地

札幌南陵高校 陣 内 信

カナダ イエローナイフ
北緯62.4度 西経114.1度
1965年1月7日 午前2時 気温-32度C

それまで「上空に細長く白い雲が漂っているだけ」の様に見えていたオーロラが突然、全く突然音もなく緑と赤の光の束に変わり、風に吹かれるカーテンのように躍動をはじめた。その色、かたち躍動のスピード。どれ一つをとっても、予想をはるかに超えたものだったが、就中そのスピード。西の地平線から天頂を通り東の地平線まで、はためくカーテンのそれはためき、ほんの数秒間で通過する。しかも当然ながら全く静寂のうちに。たとえばジェット機が頭上50mを通過すればかれぐらいのスピードかなと思わせる様なそのスピード。これこそが太古の原住民から現代の観光客にいたるまでの人々の心に、自然に対する恐怖の念を抱かせるもとになっているのではないだろうか。

防寒対策を施したカメラ、各種レンズ、重い三脚をはるばる持参し、あらかじめセットしておいたにもかかわらずただただ呆然自失、この光このスピードに圧倒され続け、ただの1度もシャッターを押せないまま一小時間経過してしまった。そして、始まりと同じように終りもまた突然やってきた。ロウソクが吹き消されるように、ふっと白い雲に戻ってしまった。

人工衛星の出現により オーロラの地球規模での観測は飛躍的に進み、その現れ方は詳しく調べられている。“カーテン”的上端は不鮮明ながら多くは高度数百km（年に1、2回現われる“皇帝”級では1000kmにもなるが）下端は明

瞭鮮明で高度約100km厚さは僅かに500m～1000m半径2000～2500kmの環状をなして磁北（南）を取りまいている。北緯65度～75度の緯線とほぼかさなっていると言ってよい。地球はその両極付近に光の冠を2個かぶって暗黒の宇宙空間を運行している。

太陽風プラズマが希薄な空気の原子（高空では例えは酸素はO原子になってる）に衝突してイオン化する（2次イオン）。他方、地球磁場と太陽風によって運ばれてきた磁場との合成磁場が複雑な形で地球を取り巻いている。この合成地場に飛び込んでくる太陽プラズマの陽子と電子は、ローレンツ力を互いに逆向きに受け、方や地球の朝側、他は夕側に別れることになり、電場を形成し、この電場を形成する極板をショートする形で電流が流れる。すなわち地球発電機を構成する。

二次イオンが地球発電機で加速され、空気の原子に衝突してこれを励起・発光させる。高校物理で必ず学習する真空放電の電子に相当するのが二次イオン、電源が地球発電起、ガラス管内の希薄な空気が高空の希薄な空気、というのがオーロラのメカニズムの非常に大雑把な説明である。これだけでは到底充分な理解は得られる筈もない。詳しくは文末の参考書をお読み頂きたい。

カーテンの厚さが500m～1000mとはとても見えなかった。もちろん真下から見たのではないだろうけれど、厚さがあるようにさえ見えなかつた。例えばレーザ光の装置を薄いもやの中で地上に向けて数千台、高い空に設置できたと思えばよい。その一本一本のレーザ光の一端は赤、他端は緑になっている。レーザ光の装置をウェーブマシンの某棒の様に端から振らせたと

すると、このとき見える光がオーロラに近いだろう。光が「一本一本」と数えられるスジになっているのは、二次イオンが磁力線に沿って半径 100m 程のらせん運動をしながら地表に向かうからなのだそうだけれど、これがなぜ厚さ 500 m ~ 1000 m のシート状に存在するのかは不明等不分明なことが多い由である。

オーロラの現れ方について、甚だ即物的散文的な表現しかできないのが残念だが、さすがに小説かはうまいことを書くもので、曾野綾子の「極北の光」(新潮社) を読めば相当に強いイメージを描くことができると思う。

参考

小口 高「神秘の光オーロラ」NHK ブックス
赤祖父俊一「オーロラへの招待」中公新書

極寒の地

寒さ

4泊5日の滞在中、最高気温 -30 度 C、最低気温 -42 度 C。案内所には -40 度 C 以下になることもあるとあったが、希に起こる極端な例だろうとかをくくっていたが、これは間違いだった。-42 度 C は朝10時。この程度では太陽は気温に対して殆ど影響を及ぼさないらしい。気温はもっぱら上空の寒気団の流れロスピー循環によって決まるようだ。同じ日の夜11時過ぎも -32 度 C であった。ついでながらこの -32 度 C をひどく温かく感じたことを付け加えておく。だいぶ以前の「真冬のシベリア大陸横断」といったような TV 番組で、-50 度 C を前日経験した一行が翌日 -20 度 C の気温で「暑い暑い」と裸になっているのを見たことがある。まさか! 「やらせ」だろうと思っていたが、或いは本当に知れないと思い直した。

雪と氷

住民にとって幸いなことに雪はほとんど降らない。積雪はせいぜい 20 cm 位。除雪もほとんど必要ないらしい。雪道で滑るのは「表面が溶けて水の膜ができるから」であることを実感した。低温では融けないから、砂あるいは埃でしかな

い。雪の上でも氷の上でも全く滑らない。スキーフィールドは犬ぞりは使われていたから、摩擦が大きければ融けることは融けるのだろう。

氷は文字どおりドライアイスの様に乾いた感触（もちろん手袋を通して）と音である。この町は大きなグレートスレープ湖（琵琶湖の約25倍）の傍らに位置していて、湖はもちろん凍結し厚さ 1 m の氷で覆われている。この氷の上に別の氷の塊を落とした時の音。重量感の全くない乾いた音であった。

湖上は乗用車はもちろん大型トラックも自由に走れるから近隣の集落との交通の便は真冬の方が格段に良くなる。

自動車

すべての車は、ボンネットのすき間から電源コードをぶらさげて走っている。これはエンジンオイル、バッテリー、キャブレータの三つを温めるヒーターにつながっている。スタート30 分位前に、家庭用の電源につないでそれぞれを温めはじめなければならない。だれもが車のキーを 2 個持っていて、駐車する時もエンジンを切らずに施錠し、もう一個の鍵を持ち歩く。警察の駐車場には、車と同じ幅の間隔で地表から柱が突き出ていて、上端に電源のコンセントがあり、パトカーは四六時中これに前述の電源コードをつないでおく。タイヤは前述の理由で全部が夏タイヤ。

これで夏と全く同じようにブレーキはきく。秋口や春先はどうなるのか聞き漏らしたが、とにかく冬タイヤの存在をどなたも御存じなかった。

水道・火事

水道管はすべて地下 3 m に埋設。建物の真下から床下に向けて立ち上げてあり、地表近くで水平に設置されることはない。四六時中暖房している故もあって「水を落とす」必要はないようだった。他方暖房時間が長いため火事が多く、消火栓を凍らせない工夫が大変だった。一旦消火のため放水が始まると近くに駐車中の車のタイヤが水に浸かり、その水がすぐに凍るため、

まるでコンクリートで固められた様になってしまうというマンガみたいな事が必ず起こる。

ほんの数日間滞在しただけの旅行者に、本当

の生活が分かるわけでもないけれど、世界にはいろいろな世界にはいろいろな生活があるものだと実感した5日間だった。

ホームページを開きました！

函館中部高校 関川 準之助

こんにちは、サケ太郎です。

北海道大学高等教育機能開発総合センターのご好意で、インターネットのセンターのホームページの一部に「BUTURI サークルほっかいどう」のホームページを開かせていただくことになり、3月6日からスタートいたしました。インターネットにアクセスできる環境の方は、ぜひ覗いてみて下さい。この「BUTURI サークルほっかいどう」のホームページのアドレスは <http://socyoc.high.hokudai.ac.jp/more-html/buturi/index-j.html> です。ちょっと長いので(^_^;) 打ち間違いのないように(笑)。このホームページはサークルの大切な財産です。大事に育てていきたいと考えます。今回は、北大のサーバーに地理的にも近かった私が試しに作りましたが、これはまだ「試験運用」なので、「こういうコーナーを作ったらどうか?」「画面構成はこのようにした方がよい。」など、ご意見、ご要望をどしどしお寄せ下さい。(^-^)

さて、このホームページをこれからどのように使っていくかですが、私が現在考えていることを書いてみます。少し堅い文章になりますがお許し下さい。

インターネットを活用する 高校「物理II」課題研究

1. はじめに

我国の未来を担う若者たちの理科離れ・物理離れが指摘されている中でスタートした高等学

校新学習指導要領のうち、本校では平成8年度から実施する予定の、「物理II」の「課題研究」は、生徒の独創性・個性を伸ばす可能性のある新しい理科教育の方法として注目されている。そして、私は「課題研究」の授業の中に、情報・データの収集や発信など、コンピュータを活用する場面を積極的に取り入れていきたいと考えている。

2. なぜ、インターネットか

インターネットには様々な利用形態があるが、授業の中で利用する場合に考えられるのはWWW (World Wide Web) である。以下「インターネット」をWWWと同義に用いる。

各校の物理履修者の減少を考えたとき、生徒の興味づけや意欲を喚起する方法として、他校の生徒との交流、新しいメディアの利用は有効だと考える。方法としてパソコン通信というのもあるが、基本的にテキストファイルしか扱えないので、生徒のコミュニケーションの手段としては難点がある。その点、インターネットは画像データも、さらには動画や音声まで扱えるので、生徒に強力にアピールするものと考えられる。

3. インターネットをどう使うか

(1) 先進校に学ぶ

インターネットを用いた課題研究をすでに実践している学校の1つに、富山県立大門高等学校がある。この学校は、通産省の「ネットワーク環境提供事業」いわゆる「100校プ

「プロジェクト」に参加して64k専用線とサーバーの貸与を受けた学校の1つで、すでに平成7年度からインターネットを使った化学の課題研究が普通科情報コースの2年生を対象に実施されている。その内容は課題研究の成果をインターネットのホームページに載せ学校外の多数の人に見てもらい、評価を電子メールで寄せてもらう、というものである。(富山県立大門高等学校のホームページのアドレスは <http://www.daimon-hs.daimon.toyama.jp/>)

- (2) "普通"の学校でのインターネット接続法
本校の場合は、インターネットの専用線もなく、パソコン教室に生徒用のパソコンが24台、LANで組まれているだけである。また、数々の制約があつてパソコン教室まで電話線を引くことは難しい。

こうした状況のなかで、教室内でインターネットにアクセスする方法は2つ考えられる。
① WWWブラウザには、アクセス記録を保存する機能がある。そこで、担当者が自宅から必要なところにアクセスし、そのデータを生徒用のパソコンのハードディスクに入れ、生徒はローカル・アクセスでインターネットを体験する。

② デジタル携帯電話+デジタルデータFAXモデムカード+ノートパソコンで教室から直接アクセスする。ノートパソコンの画面を、スキャンコンバータを介して大画面テレビに接続すれば、生徒もインターネットを「生」で体験できる。ただしこの場合には、アクセスの最高速度が9600 bpsと遅いのが難点。NTT・Docomoなどに事情を話してお願いすれば、デモ用の携帯電話やモデムカードなどを貸してくれる場合がある。

実際には①と②を併用することが考えられる。

3. "課題研究"の流れ

今後実施する「物理II」の課題研究の大まかな流れとして、次のようなものを考えている。

- (1) 生徒はインターネットに登録されている、過去の先輩や他校の生徒が取り組んだ例を見て、"課題研究"の内容や方法を学ぶ。
(初年度は登録されているものがないので、印刷した資料を用いることになる。)
- (2) 自分の決めた課題を調査、実験などを通じて解決する。
- (3) 他にわかるように説明する方法を検討する。
- (4) プリント、演示実験、プレゼンテーションソフトなどを用いて他の生徒の前で発表する。その後、まとめのレポートを提出する。
- (5) 優秀な発表はインターネットに登録し翌年の生徒、他校の生徒の参考になるようにする。登録の作業は指導者が行う。具体的な内容は、生徒の発表原稿をHTML化し発表の様子が分かるような画像ファイルを添えフロッピーディスクでホストのサーバーに送付し登録してもらう。
- (6) 多くの学校から参加するようになったら、コンクールのようなものを実施し、より生徒の意欲を高めるような工夫も考えられる。

4. 問題点と今後の課題

- (1) ほとんどの学校では「物理II」は3年次の選択科目になっているが、「物理II」を選択する生徒は受験で物理を必要とする生徒がほとんどで、受験を目前に控えた生徒に課題研究をさせることができるかどうか。
実施可能な時期としては、3年次の1学期期末試験終了後から夏休み前後、あるいは2年次の3学期学年末試験終了後春休みまで、などが考えられる。
- (2) 大門高校のようなパソコンの操作の習熟に力を入れている学校はともかく、"普通"の学校ではそのための指導時間を授業の中に確保するのは難しいのが現実だ。物理の課題研究の発表は演示実験が多くなると考えられるが、これから時代を考えると可能なものについてはプレゼンテーションソフトを使った発表も可能な限り実施していきたい。そのための指導は放課後に実施することになる。
- (3) 今まで述べてきたインターネットを利用

した課題研究は多くの学校が参加して初めて、内容が充実すると思う。興味のある方は、ぜ

ひ連絡していただきたい。—— サケ太郎

私と物理とコンピュータ

苫小牧西高校 大 阪 厚 志

大学に入って初めてぶつかった、私の頭を悩ませたものは、Schrödinger の方程式です。あれから、10年以上にもなりますが、今でもずっと覚えています。教養課程の最初の頃でした。講義は確かにチャンと聞いていたはずですが、いきなりのようにレポートになったはずです。「物理化学」という科目で「来週までに~電子の確率密度分布曲線を書いて出せ」というものでした。

シュレディンガーの方程式

あんな1本の式から、どんなものができるのだろうと思いましたが、同級生はグラフ用紙になにやら書いていた。そこには確かによく見る電子軌道の図が書かれてありました。どのようにしたら、「あれ」を導き出せるのかがわかりませんでした。期日は迫る、レポートはできない、という恐ろしい日が続いたのでした。今、北海道の高等学校の理科教員をやっているのだから、レポートは何とかなったのでしょう。しかし、今でも「あの方程式」は、覚えているし、これからもずっと忘れないでしょう。このようなことから、デジタルで答えの出る

コンピュータと物理は結びつかないと思っていた。物理というと方程式があり、抽象的な感じがしたからでした。しかし、最近気付いたのですがコンピュータを物理の分野に使う場面が増えているようです。単なるシミュレーションではなく、コンピュータ実験として1つの手法が確立しているようです。当然といえるかもしれませんが私には、新鮮に映りました。自然現象を単純化し、その理論モデルをコンピュータを使ってシミュレートするのだそうです。ソリトン（ソリタリーウェーブ：孤立波）もコンピュータ実験のおかげだそうだし、融解のメカニズムでは、相転移の仕組みも明らかになったようである。気象予報では、気象モデルを考えそれに基づいて解くのにスーパーコンピュータが必要だとは知っていました。でもそれは、いろいろなあまりにも多くの要素が気象に影響を与えるためと、気象を表す基本方程式（ナビエ・ストークス方程式）を「すべての条件を考慮して解くにはあまりにも大変だ、そうだからです。

大学の「自然科学概論」の講義では、「数学モデルと理論」の関係を教わりましたが、それがこのようなところでコンピュータと結びつくとは、大変興味深く思います。

日本物理教育学会北海道支部規約

第1条 本支部は、日本物理教育学会北海道支部と称する。

第2条 本支部は、北海道在住の会員の連絡と研究の交流をはかり、北海道における物理教育の振興と、その地域的な活動への寄与を目的とする。

第3条 本支部は、前条の目的を達成するために次の事業を行なう。

- (1) 講演会、講習会、学術映画会、研究会・懇談会等の開催
- (2) 会報の配布、研究成果の刊行
- (3) 物理教育についての調査及び研究
- (4) その他、前条の目的達成に必要な事業

第4条 本支部は、事務所を当分の間、札幌市北区北13条西8丁目 北海道大学工学部内におく。

第5条 本支部の会員は、北海道在住の日本物理教育学会の正会員及び賛助会員からなる。

第6条 本支部に次の会員をおく。

1. 支部長1名、副支部長2名、支部理事若干名、及び監事2名。
2. 支部理事の数は、支部長が支部理事会の議を経てこれを定める。
3. 副支部長は、支部理事の中から支部長がこれを委嘱する。

第7条 支部長・副支部長及び支部理事は、支部理事会を組織し、支部長は支部会務を統括する。副支部長は支部長を補佐し、支部理事は支部の業務を分掌する。

第8条 監事は、民法第59条の職務に準ずる職務を行なう。

第9条 本支部に支部評議員若干名をおく。

支部評議員の数は、支部長が支部役員会の議を経てこれを定める。支部評議員は支部理事会の推薦により支部長がこれを委嘱する。

第10条 支部評議員は、支部評議員会を組織し、支部長の諮問に応じ、支部の事業遂行について支部長に助言する。

第11条 支部役員及び支部評議員の任期は2年とし、再任を妨げない。

補欠による支部役員の任期は前任者の残任期間とする。

第12条 次期支部役員は、本支部役員中の次者の中から支部総会において選任する。

- (1) 支部理事の推薦した正会員
- (2) 正会員又はその団体の推薦した正会員

第13条 元支部長及び本支部の地域内に在住する本部理事ならびに本部評議員は、支部理事会に出席することができる。

第14条 支部総会は、毎年1回、支部長がこれを招集する。支部長が必要と認めたときは支部理事会の議を経て臨時支部総会を招集することができる。

第15条 次の事項は、支部総会において報告し承認を得るものとする。

- (1) 事業計画及び収支予算
- (2) 事業報告及び収支決算
- (3) その他、支部理事会において必要と認めた事項

第16条 支部規約に記載のない事項は、本学会定款に準ずる。

(附 則)

- (1) 本規約は、総会において、正会員の三分の二以上の同意を得なければ変更できない。
- (2) 本規約は、昭和44年6月25日より施行する。

支部会報「物理教育研究」投稿規定

1. 内容

支部会員からの自由投稿及び編集部の依頼にもとづく寄稿によるものとし、内容は論説研究・解説・報告等物理教育に関するものなら自由です。

2. 原稿用紙の書き方

(1) 原稿で提出する場合

支部所定の原稿用紙（横書き2段1344字詰）6枚程度とし、この場合1枚が1ページに相当し6ページ以内になります。

(2) 最初の1枚目は上から7行目まで、題名（副題名）所属機関及び著者名を書き本文は8行目から書いて下さい。

(3) ゴシック・イタリック等の字体の指定は赤字でその旨を示して下さい。

(4) 引用文献は右肩に1)2)を文章中に記した上、一括して末尾に著者名文献名ページ等を示して下さい。

<参考例>

山川谷男：エントロピーの…教育、物理教育研究、Vol. 22 No.3, pp. 1~4, 1995

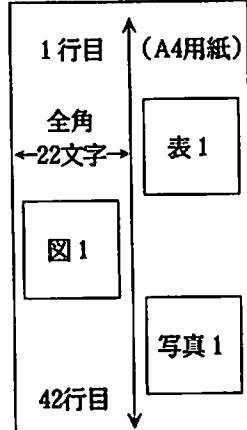
(5) 脚注は文章中の該当箇所に＊＊＊の印を付し、そのページの下に横線を引き、その下に書いて下さい。

(7) 図・表・写真については原寸大で写真製版します。写真はコントラストの良いものを準備して下さい。(尚、表を活字作成する場合は、その旨指示して下さい。)

(8) 図・表・写真の指定場所は用紙に直線で

題名(A4用紙)
(副題) 1ページ目
所属 著者名

概略や本文は8行目から書き出します。
<キーワード>など
1ここから 2
縦2段に
書き始め
横は全角 最終行は
←22文字→ 42行目



囲み指定するので、その余白を予めとっておいて下さい。(図はワープロ原稿の例)

3. その他

(1) コンピュータ・ワープロ原稿の場合

ワープロの原稿はA4の用紙に左記の投稿規定の要領で印刷し、脚注や引用等本文以外の細かな指定ができない場合は赤字で原稿に指示して下さい。

できるだけMS/DOSのフォーマットで2DDのフロッピーディスクに、テキストファイルで保存したもの同封し送付して下さい。

上記以外の様々なワープロ機種の場合は機種名やディスクフォーマットの種類を明記してラベルに貼って下さい。

(2) 原則として原稿はお返しいたしません。 校正のため原稿の控えは手許に保存して下さい。

(3) 本紙は毎年(5月)に発行予定です。

(4) 研究論文と解説には審査員を立てて内容を査読し審査します。

(5) 本紙講読料は2,000円とします。

(6) 投稿及び原稿用紙等の申込みと会誌編集に関する連絡先は下記の北海道支部にお願いします。

平成7年5月31日発行

日本物理教育学会北海道支部

第24号

編集責任者 菅原陽

発行 (060) 札幌市北区北13条西8丁目

北海道大学大学院工学研究科機械科学専攻 流体物理工学講座 日本

物理教育学会北海道支部

電話・FAX (011)706-6723

払込取扱票										通常払込料金 加入者負担	
02											
口座番号 (右詰めにご記入ください)											
事	事	事	事	事	事	事	事	事	事	金額	千:百: 万:千:百: 十:円
事	事	事	事	事	事	事	事	事	事	料金	特殊 取扱
日本物理教育学会 北海道支部											
各票の裏印欄は、払込人において記載してください。											
通 信 欄											
(郵便番号)											
(電話番号 - -)											
裏面の注意事項をお読みください。(郵政省)											
										受付局日 附印	

各票の裏印欄は、払込人において記載してください。

切り取らないで郵便局にお出しください。

払込票兼受領証					通常払込料金加入者負担
口座番号	事	事	事	事	事
	右詰めにご記入ください				
加入者名	事	事	事	事	事
金額	千	十	百	十	円
支店	事	事	事	事	事
払込人住所氏名					
料金	(消費税込み)	受付局日附印			
	円				
特殊取扱					