

イメージインテンシファイアの理科教材への応用の研究

篠田 浩志
(犬山市立犬山西小学校)

牛田 憲行
(理科教育講座 物理学領域)

Application of Image Intensifier for teaching Material in Science

Hiroshi SHINODA
(Inuyama-nishi Elementary School)

Noriyuki USHIDA
(Department of physics)

要約 物理学・素粒子分野においてのその実験施設が巨大化されるようになって久しい昨今、その施設内において実験器具が取り替えられることも多くなってきている。そのような機材を教材として利用し、子どもたちの理科的好奇心を喚起させようというのが本研究の目的である。今回イメージインテンシファイアを教材として利用し、本来微弱光であるために見ることのできない世界を可視化することにした。

keywords: イメージインテンシファイア, 教材, 理科

1. はじめに

私たち日本人は高度に進んだ科学技術立国、科学技術文明を世界に向けて謳歌している。

だが、一方ではエネルギー問題、京都議定書などに見る地球規模の環境問題といった全力をもって取り組んでいかなければならないような、さまざまな問題を抱え込んでいるのも事実である。こうした問題に取り組んでいくためにも必要な基礎知識、基礎学力や、それを基として自らで考え問題を解決していく力を身につける機会としての教育が期待されているにもかかわらず、学習指導要領は正反対に向かって進もうとしているように思われる。

また、よりミクロな世界、素粒子・原子核・宇宙線等の分野の実験施設は世界中においてかなり大規模設備になってきており、なお今後もこの傾向が止まることはないと考えられる。そのうえ、科学技術の目覚ましい進歩の結果、比較的短いサイクルで、このような実験施設において使用されていた最先端機器などが取り替えられるようになってきている。

このようについ先日までは科学技術の最先端の技術や機能を備え、最先端の実験に携わっていた実験装置・機器が使用済みとなって、倉庫などに眠らせてしまったり、産業廃棄物として処理されてしまうのは、あまりにもったいないといえる。

このことは、現在マスメディアや教育界に於いて盛んに叫ばれている重要な概念、環境教育の精神にも反してしまうのではないだろうか。

今回はこのようなその役目は終えたが、最先端技術を備えた機器の理科教材としての再利用化に取り組み、子どもたちの理科的好奇心¹⁾喚起を目的とする。

2. イメージインテンシファイア(I.I)とは

そのような折に、われわれが共同研究を行っているニュートリノ振動検出実験²⁾(CERN CHORUS実験)で使用した大口径(10cm)イメージインテンシファイア(浜松ホトニクス製 V4440U)がその役割を果たして共同実験を行っている名古屋大学に返還された。そこで、これを教材として使用してみることを試みた。



写真.1 イメージ・インテンシファイア(I.I)本体

イメージ・インテンシファイア(以下I.I)とは映像増倍管のことであり(写真.1)、宇宙線や荷電粒子の飛跡観測、ニュートリノ振動実験などに使用される機器である。

光⇒電子⇒光 の光学的な再生により、光をおよそ一万倍程度にまで増幅することが出来る。

つまり、I.Iの理科教材への応用は、従来、微弱光のためや、高速現象であるために直接理科教材として扱うには困難であったものを、最先端の機器を再利用することによって可能ならしめようとするものである。従来可視化できなかったものを直接自分の目で見ることは、理科的な現象の理解を深めるためには大変

重要なことである。

また, I.Iのような最先端機器を使用することは, 最先端における研究と教科としての理科との結びつきを具体的に示すものとして意義のあることである。つまり, これが理科教育の発展に大いに貢献すると考えるのである。

【理科的好奇心…理科という概念に含まれるであろう事物・現象全体に対する好奇心を総称して筆者が呼んでいる言葉。】
【ニュートリノ振動検出実験…ニュートリノ質量の検証を行う実験。】

3. 試みた教材化

本研究に於いていくつかの教材化を試みた。そのためにも, まずはI.Iを教材として使用できるようにレンズ, 台, 暗室などを作成し, 幅広い用途において使用できるように工夫し, 教材化した。次の写真はその中の1パターンとして組み立てた様子である

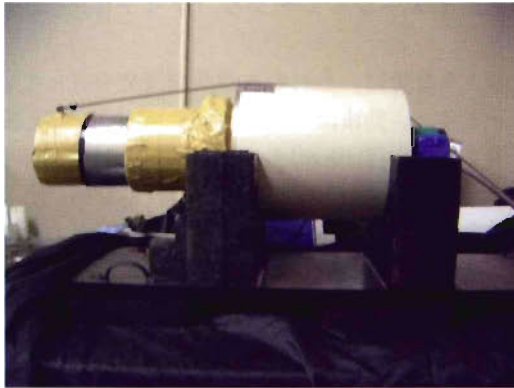


写真2 教材として組み立てた様子

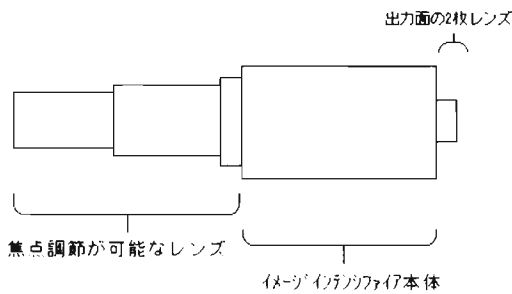


図1 写真2の説明図

次に, これを利用して行った教材化をいくつか次に紹介する。

「暗視スコープとしての利用」, 「 α 線の可視化による教材化」, 「蛍光石の発光を捕らえる」, 「酵素反応による発光を捕らえる」, 「光の回折の観察」, 「ハイビジョンカメラとしての利用」, 「身のまわりの微弱発光を捉える」などである。以下, 上記の中からいくつかを詳しく紹介する。

4. 暗視スコープとしての利用

まずは暗視スコープとしての教材化について述べる。



写真3 暗室内に於いて

左下の写真を見てみよう。これは暗室内に於いてパソコンのディスプレイの出力を最小限にしたものを撮影したものである。肉眼でも勿論, 何も確認することはできないと思う。しかし, これを今回作成した教材で観察してみると次のように観察することが出来る。



写真4 I.Iを教材として利用して観察

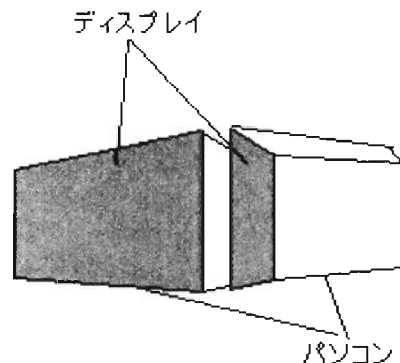


図2 写真4の実際の様子

これは, デジタルカメラで撮影した映像である。はっきりとディスプレイの様子が見て取れるのが分かるだろう。デジタルカメラの性能上ばやけてしまっているが, 肉眼での観察の折にはディスプレイ上で開いているアプリケーションの様子などまではっきりと見て取ることができた。

このように、見ていくと一目瞭然だが今回の教材の最大のメリットは見えないものが見えるようになるということである。今見たような現象を子どもたちが経験すれば不思議だという気持ちを、そしてI.Iに対しても興味を持たざるにはいられないであろう。この気持ちの変化が、理科的好奇心が喚起されたということなのである。

こういった点から考えてもこの教材化の価値は非常に高いものと考えられる。

5. 酵素反応による発光を捕らえる

酵素反応による発光現象を観察してみよう。これも肉眼では確認できないような発光現象を可視化するものである。今回は、ホタルの発光の要因でもあるルシフェリン、ルシフェラーゼによる発光現象を観察してみることにする。まず、次の写真を見てほしい。



写真5 酵素反応をさせている

上の写真は、ルシフェリン、ルシフェラーゼを混ぜ合わせ酵素反応をさせている様子である。この様子を暗室内に於いて観察してみたい。



写真6 暗室内に於いて撮影

この写真がそれである。全く発光現象も確認できないような状態であることが分かっていただけだと思う。

しかし、これを今回作成した教材を利用してみると次のように観察することができる。

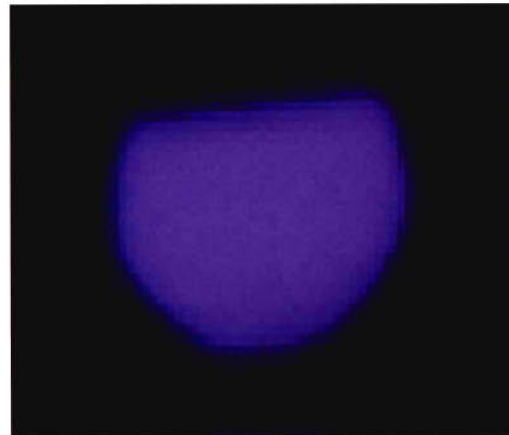


写真7 I.Iを通して観察

写真5のように観察することができた。これもはっきりと発光現象を確認することができている。つまり、肉眼では確認しにくいような発光現象でも、今回作成した教材を使用すれば確認することができるのである。

実際に教材として使用してみるときに注意したいことは、溶液の濃度を高くしすぎると発光量はかなり強くなってしまいますので、できるだけ発光量を少なくしておくことよい。また、次の4パターンに注意をしておくとより効果的に教材として使用することができるとおもわれる。

4パターンとは次のものである。

- ・低温による影響
 - ①光している試験管をビーカーに入れた氷水で冷やしてみる。
 - ②試験管を水道水を入れたビーカーに入れてほぼ室温に戻して変化を見る。
- ・高温による影響
 - ③発光している試験管を60℃の湯につけ変化を見る。
 - ④試験管を水道水を入れたビーカーに入れてほぼ室温に戻して変化を見る。
- ・高温で光らなくなった原因を調べる
 - ⑤さらに一本の試験管を60℃の湯につけ光らなくする。
 - ⑥高温で光らなくなった2本の試験管に1本にはA剤(ルシフェラーゼ)を、もう一本にはB剤(ルシフェリン+ATP)を加える。それぞれの試験管がどうなるか変化を見る。
- ・酸アルカリによる影響
 - ⑦発光している試験管に0.01mol/lの塩酸を2~3滴加える。
 - ⑧同様に発光している試験管に0.01mol/lの水酸化ナトリウムを2~3滴加える。
(塩酸と水酸化ナトリウムの濃度は等しいので同

じ量を加えて中和して光が戻るか試してみる。)

このような4点に注意をおいて実験を行えばより酵素への理解を高めることができるであろう。

このような現象を子どもたちが目にすれば、酵素というものにも興味が沸くであろうし、今回、蛍の酵素を利用したことにより、蛍の発光と今回の実験とが思考段階で結びつくようになるのではないだろうか。

この教材を使用することによって、子どもたちの理科的好奇心が喚起され、より大きな理科的好奇心へと成長してくれると確信している。

6. α 線の可視化による教材化

α 線の可視化による教材化を試みた。今回の教材化において使用するものは次の4つである。「I.I」, 「シンチレータ」, 「幅広のセロテープ」, 「 α 線源」である。

シンチレータとは荷電粒子が衝突した折に蛍光を発する物質のことである。今回は諸々の選定条件を踏まえ、硫化亜鉛(ZnS)を使用することにした。

教材としての使用方法は、幅広のセロテープに薄くシンチレータをまぶしI.Iの入力面に設置し、その前方に α 線源を設置し、出力像を観察するといった形である。



写真.8-1 シンチレータ、 α 線源を設置した様子



写真.8-2 真横から見た様子

上の写真のように設置する。 α 線は入力面の中心部に置き、シンチレータからあまり離しすぎないように気をつける。離しすぎると α 線の飛程の関係上観察できなくなるからである。では、その出力様子を次の画像で紹介する。

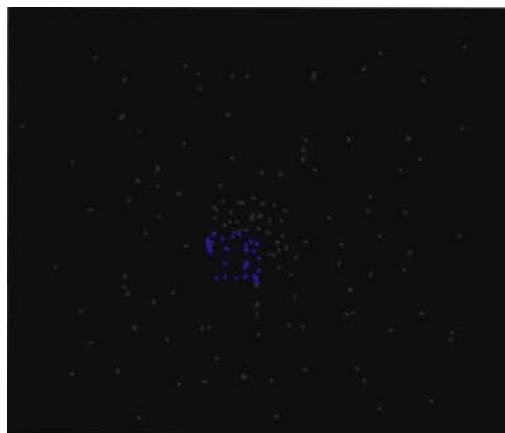


写真.9 α 線イメージ図

上の画像は、その出力の様子イメージ図である。出力の様子は肉眼でははっきりと確認もでき、飛んでくるかのように動きまどともなって観察することができた。しかし、その発光現象はあまりにも高速現象、微弱発光現象であるためにデジタルカメラでの撮影は試みたが上手く映像におさめることはできなかった。

しかし、写真.9のように、青い光がバババババと光っては消えていくようすが肉眼であれば誰でも容易に観察することができる。

α 線のような肉眼では全く見ることもできず、その存在さえ疑わしいものを、ここまではっきりとこのように可視化するという事は、子どもたち価値観さえ変えかねないような大きな衝撃となるであろう。目に見えないけれど確かに存在している。これは大きな驚きになる。

こういった、子どもたちの心の揺さぶりによって、子どもたちに理科的好奇心を喚起させるのである。

7. 今後の課題

今回紹介した以外にも、蛍光石の発光を捕らえる実験や、光の回折実験への応用、ハイビジョンカメラとしての利用、生態発光を捕らえるなどの実験にも挑戦をし、それらにも成功を取ってきた。このように、これからもこの作成した実験機材の可能性をどんどん広げ、何パターンもの応用例を考えていきたい。

今後の課題として挙げられるのは、さらにもう一台以上のI.Iを入手することがあげられる。このことは光の増幅率をさらに高くし、更なる微弱発光に対してもこの教材が感度を持つようにしたいからである。

面白い現象として、大豆の発芽の折に発光現象が起

こるということが確認されている。これを観察してみたいと考える。このような長時間に及ぶであろう観察実験を行うためにも、高感度なCCDカメラの入手も望まれる。高感度である必要性は、肉眼では観察できる出力像であっても、その出力像自体が微弱光であるために普通のCCDカメラでは撮影できないからである。

また、屋外における使用も可能になるように努力してゆきたい。屋外への持ち出しが可能になれば、自然界において起こる発光現象などを観察できるからである。

今後は積極的に現場において使用し、子どもたちの反応を確かめ、子どもたちに理科の好奇心を喚起させてゆきたい。

8. ま と め

例えば「酵素反応による発光をとらえる」について述べさせていただくと、発光の様子自体は肉眼で見える事は全く出来ない。しかし、イメージ・インテンシファイア (I.I) を教材として利用すれば酵素反応によって発光する様子まではっきりと見て取れるようになる。

それぞれ全ての教材が実験結果として常に視覚的に直接子どもたちに訴えかけるのである。この視覚的な情報は子どもたちの対して、非常に大きなインパクトを持つ。見えないものを見えるようにするので、子どもたちはその様子に驚かずには入れないであろう。

つまりこのときの、「不思議」といった気持ちや、「すごい」といった驚き、「なんでだろう」といった感情が理科の好奇心が喚起されたという証拠なのである。

日常生活においては決して経験することができないような現象、決して見る事ができないような世界、このような2点をあえて子どもたちに身近に触れさせることによって、一生涯にわたるような継続的な理科の好奇心を作り出すことが可能である。

教材とは、どの教科にとっても必要不可欠なものであり、こと理科という教科においては教材なしには語れないとあって良いほどである。理科の学習理解、理科の好奇心への刺激といった点において今回作成した教材から得る効果は絶大なものであると考える。今回行なった教材開発は私達が考える理科の好奇心形成へのアプローチと密接につながりがあるのである。

それに加え、昨年、突然の光電子増倍管の破損で話題になったスーパーカミオカンデにおいても、その以前に光電子増倍管を数百本交換するという作業が行われている。このような巨大研究施設に置いての交換作業は今後も活発に行われるであろう。

最先端の科学分野および最先端の科学技術を、その

役目を終えた設備・機器を教材として再利用化することほど有用なことは無いであろう。最先端の科学技術分野を子どもたちに触れさせることは、理科の好奇心の喚起の原動力となりうると思う。このことは、今後の日本を背負って立つ子どもたちの理科離れ防止の歯止めにもなり、結果として科学技術立国日本の科学的な未来的な発展にもつながると考える次第である。

付録

今回使用した実験機材の入手先の詳細についてここで紹介しておく。

・ルシフェリン-ルシフェラーゼ
入手先の詳細も以下に示す。

製造元
キッコーマン株式会社
千葉県野田市野田339番地 〒278-8601

お問い合わせ
中村理科工業株式会社
東京都千代田区外神田5-3-10 〒101
TEL 03-3833-0746
FAX 03-3833-0795
担当：企画部

・ α 線源

株式会社 内田洋行
HP. <http://school.uchida.co.jp/>
カタログのページ

<http://catalog.uchida.co.jp/science/index2.html>

謝辞

日欧共同研究CHORUS実験で使用済みのI.Iをお譲り下さいました、名古屋大学大学院理学研究科の丹羽公雄教授に感謝いたします。また、本学理科教育講座物理学領域の児玉康一助教授には、実験その他いろいろとお世話になりました。ここに感謝の意を表します。

参考文献

- ・実験物理学講座25 「宇宙放射線」(共立出版)
- ・実験物理学講座26 「放射線」(共立出版)
- ・CERN CHORUS 実験については
E.Eskut et.al Nuclear Instruments and Methods in
Physics Research A401(1997)7 を参照。

なお、科学1999年2月号および日経サイエンス1999年10月号の丹羽公雄氏の論文も参照いただきたい。