

## たのしい放射線授業が目指すもの

静岡県立浜松東高等学校  
仮説実験授業研究会会員

<http://www.umihoshi.com>

[snafkine@nifty.com](mailto:snafkine@nifty.com)

2012.8.17

### はじめに

私は 20 年以上にわたって、科学教育に従事し、その授業内容について研究してきました。

今回は NPO 法人あいんしゅたいんの呼びかけに答えて、「放射線の授業」について、これまで行ってきて研究成果を報告することにしました。

そこで、この機会を利用して、私が考えてきた科学教育の問題意識と、2011 年の原発事故に関する社会の反応について、この 1 年あまり研究してきたことを報告します。

まず、第 1 部は「科学教育の研究」という行為の持つ意味や、社会的な役割について概略を述べたいと思います。それは「科学論」と広くとらえることのできる問題です。

第 2 部は、その「科学教育の理論」に基づいて、具体化した放射線の授業内容に必要な要素と、その組み立て方の実例を紹介します。

## 第1部 科学教育の研究の意味とその社会的役割

### 仮説実験授業というものについて

まず、私の研究のベースになっている仮説実験授業というものについて、少し説明しておきます。

仮説実験授業は今から約 50 年前に、(当時の) 国立教育研究所の板倉聖宣<sup>きよのぶ</sup> (1930 ~) 氏によって提唱された、「科学教育の理論」です。

板倉氏は科学史の研究をもとに、「最も基礎的・基本的な科学の原理や法則を教える授業」として、仮説実験授業を作りました。授業には、問題、実験、おはなしなど、授業に必要なすべてのことを、盛り込んだ「授業書」というものを使います。授業書は、だれでもその通りに授業すれば、授業を受けた子供たちのほとんどが「たのしかった」と評価し、目的とした概念や法則の習得も、事後のテストで 9 割以上ができることが、十分確認されたものです。

授業書は繰り返し使用され、結果に再現性があることが、単なるテキストとは大きく異なる点です。授業という行為は、繰り返し行われるものです。結果の再現性や法則性は、授業の科学的研究を行うことで明らかにできます。その実験授業の結果、確かに効果があると確認された授業内容が、授業書となるのです。これは「ある概念を教えるには、この授業書が有効である」ということが確立したものです。つまり授業書とは十分検証され証明されたもののみを与えられる呼び名です。

その後の 50 年の研究で多くの授業書が作られました。その歴史が示すところは、授業書の開発は容易なことではなく、それまでに知られていたこと、つまり教科書や専門書な

どの体系を、わかりやすく説明し直すだけでは、たいていうまくいかないということがわかっています。これも一つの実験結果として受け取ることができます。

授業書の開発には、目的とする概念や法則に関する、詳細な認識過程を研究する必要があります。それには科学史の研究が大きな役割を果たしています。しかし、科学史通りにやればうまく授業ができるというものではありません。現代の子供たちには、現代の子供たちが持っている、先入観、常識的発想を知ることが必要です。そうした「認識過程の研究」ができて、初めて「授業書」を作ることができます。それが「科学教育研究の専門性」です。そしてできた授業書は「それまでの学問を組み替えるもの」であったことは、「科学教育には新しい発想を持った、独創的な専門的研究が必要である」ということを示しています。

ある分野の専門家だからといって、必ずしも、誰にでも楽しくわかる、いい授業ができるわけではないことは、この「認識過程に関する専門的研究＝授業の科学的研究」の専門性が別のところにあることを示しています。

### 実験概念について

仮説実験授業では実験概念についても、明確な定義があります。それは「実験」というものは「目的意識的に、現象に問いかける行為」であるということです。単に「現象を再現した」というだけでは、単なる「作業」であり、実験とはいわないのです。その点では通常の学校の授業で行われている実験は、大部分が単なる作業に過ぎません。

そのため、授業書では実験を行う前に、その実験で「何を問題として問うのか」ということと、「その問題について、どのような予想や先入観を持っているのか」を、意識してもらうようになっています。そのために「予想選択肢」を問題に入れて、実験前に自分の予想を決めてもらうようになっています。このとき「まだ教えてないのに、子供たちにどんな予想が立てられるというのか」という反論が多くあります。

これに対する答も明確に出ています。子供たちは「考えるに値する問題」なら、自分の知識や経験を総動員して、予想を選んでくれます。そして、自分とは違う予想を立てた子がいることを知るので、それが相手の考えを知りたいと思う動機になり、子供たちの間で、互いの予想に対する意見表明や、反対意見を戦わせる討論が発生するのです。そうした「目的意識」を持って、初めて実験結果が意味を持つのです。

科学史でも、多くの発見は目的意識、すなわち自分の予想を確かめるという意味での実験によって発見がなされていることも、この授業形態の有効性の傍証になります。むしろ話は逆で、そのような科学史の認識論的な分析があって、初めて仮説実験授業の実験観が成立したと言えるでしょう。

### 社会を科学的に見る

さて、科学教育の視点を今回の原発事故に向けてみます。このような自然科学の実験概念は、何も自然現象の研究だけに当てはまるものではありません。社会に生じた現象に対しても「何が本当なのか」を認識していくのにも使うことができます。つまり「社会の科学」も立派に科学教育の対象になるのです。実際、仮説実験授業研究会では、社会科の分野でも多くの授業書が作られて成果を上げていることでそれがわかります。

社会や歴史では実験ができないということは、誤った認識です、実験とは「現象を目的意識的に見ること」です。それは過去の出来事でも検証可能なことなのです。予想をたてて、社会の出来事を見なおすなら、どの予想が正しいのかは、過去の事例を探すことで検証できます。あるいは、予想を持っていれば、これから起こる未来の出来事でも「実験」として受け取ることができるでしょう。何も目の前で現象を起こすことだけが実験ではないのです。重要なのは「どの予想選択肢が正しいのか」という問題意識なのです。時間も地域も関係なく普遍的に成り立つ「社会の法則性」があるなら、そのような目的意識的な問いかけに対しての「実験結果を知る」ということを繰り返すことで、その法則性が明確になるでしょう。

### 原発事故への人々の反応でわかったこと

このように実験というものを広くとらえるとき、私は原発事故以降の人々の反応を観察するにつれて「実験概念の貧弱さ」に大きな懸念を持つようになりました。

事故から1年以上が過ぎ、多くのデータが出ています。どうも多くの人々はそれを「実験結果」として受け取れないようです。

たとえば、私は「放射線について、どのような影響が出るか」について、選択肢を持って観察してきました。それは「アンテナを高くして、問題意識に引っかかるものを見つける」というものです。

たとえば、事故の放射能汚染には、現在2つの予想があります。一つは、中部大学の武田邦彦氏のような「放射能クライシスが起ころう」、つまり、放射線障害で日本は大変な事態になるという予想です。もう一つは、今回の事故程度の放射能では放射線障害は起ころないという予想です。

今回の京都の研究会では、その点についても議論されましたが、私は専門的な細かいことはわかりません。それでも「社会を実験の検証の場として観察する」ことで、素人でもある程度のことはわかってくるものです。

たとえば、最初の段階では事故の詳しいことは何もわかりませんでした。それで私が立てた予想は、チェルノブイリの事故のように、直後に急性放射線障害がでるのか、でないのか？というものでした。

私は原子炉本体が10日間も爆発炎上したチェルノブイリの事故とは根本的に違わだろうと予想していました。つまり急性放射線障害は出ないのではないかと予想していました。結果は未だに放射線障害で亡くなった住民や作業員は出ていません。これだけでも、チェルノブイリとは出てきた放射性物質の量が違うということが確かめられます。

その後は、子供たちにどれだけの被爆があって、どれだけの甲状腺がんの兆候が出るのか、食品に含まれている放射性物質が自然レベルの何倍なのか、といったことを気にしながら、時々流れるニュースを、実験結果として受け取ってきました。

これまでのところ心配ないという測定結果で、ひとまずほっとしています。しかし、このような「大丈夫だった」という安心情報は、地味な記事にしかないことが多いので、「そのうちこういう点についての測定結果（実験結果）が出て来るだろう」という、目的意識（予想選択肢＝どっちの予想が正しいのか）をもっていないと、アンテナに引っかかってこないし、報道の意味すらわからないでしょう。

科学教育の役割は「明確な実験概念を持つ」ということでも、非常に重要な役目を持っているのです。それは細かいことはわからなくても「どっちがデマなのか自分で判断できる」という子供たちを育てるのに、必要な教育です。社会に対する実験概念も非常に重要な、誰にとっても教育すべき基本的な知識です。

それがいないために、声の大きい方へ引っ張られて右往左往するという、社会的混乱が生まれたのだと考えています。仮説実験授業の実験観は「だまされない」ためにも必要なことです。

放射線の影響でも過去の経験を目的意識的に見れば、現象論レベルで実験結果はいくつも出ています。現象論を馬鹿にしないで、きちんと認識の手段として使うことは、専門家でなくても、大きな視点で何が本当なのかを知る手段となるのです。

今後は原子力の利用についても、多くの議論がなされるでしょう。そのとき「あなたの言うことは予想でしょ。こういう予想もあるよ」という、選択肢を持つ思考習慣は、ものごとを多面的に考え、「何が本当なのか」を考えていくために、大事な視点となるでしょう。逆に、そのような目的意識を持たないで、何が本当かをどうやって知ることができるのかと問いたいと思います。

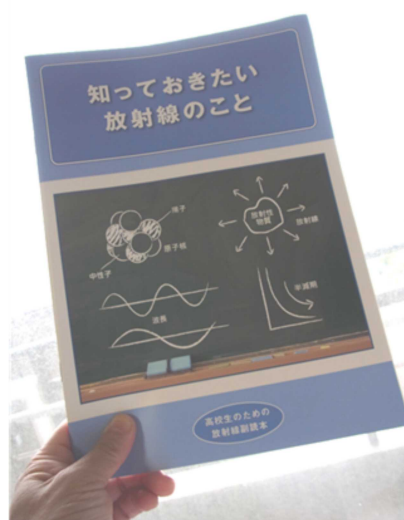
そうしたことで現代社会では、科学教育の役目はますます大きくなっています。

## 第2部 放射線の授業とその具体化

さて、概略で私の立場を明らかにしたところで、実際にそれを授業で実現できなければ社会的には意味がありません。ここからは、当日の講演に沿って、「放射線の授業」について具体的に述べたいと思います。

### 従来の放射線教育はつまらない

放射線の教育は今までも行われていました。たとえば、新課程の中学校3年の理科、旧課程の高校の「理科総合A」、新課程の「科学と人間生活」、新旧課程の「物理」の原子核やエネルギーの分野などです。また原発事故を受けて、2012年度に文科省から全学校に配布された『知っておきたい放射線のこと』というテキストもあります。しかし、これらの放射線関係の教材は、多くの子供たちにとって楽しいものではなく、教師にとっても積極的に教えたい内容でもありませんでした。その結果、原発事故の報道を聞いても何もわからない国民を多く生み出してしまったのです。私はこの事態を深刻に受け止めていました。



では、なぜ、これらの教材はまったくおもしろくないのでしょうか。それは「科学的概念を獲得する認識の過程を無視した教材の内容」だからです。

第1部で述べたように、科学的認識の成立、つまりある科学的概念を教えるためには、

専門的な研究が必要です。すでにわかった知識の体系的な説明を、そのまま授業してもうまくいかないことがほとんどなのです。しかし、それは簡単なことではありません。私たちが仮説実験授業研究会で開発してきた授業書は、どれも完成にはこれまでに無い独創的な研究が必要でした。これまでの放射線の授業ではその研究が欠けていたのです。放射線を教える場合にも、その「わかる過程」＝授業方法が発見されなければならなかったのです。

### 科学教育は何のためにやるのか

ここで皆さんに問いたいのは「科学教育はそもそも何のためにやるのか」ということです。単に指導要領で理科の授業をやることになっているからでしょうか？それでは指導要領に無ければやる必要は無いのでしょうか？原発事故以来、科学や科学者というものに対する人々の信頼は揺らいでいます。科学教育も、根本的に存在意義を考えてみる必要があるのではないのでしょうか。

私は科学教育は「人間のすばらしさ、科学のすばらしさ」を教えるものだと考えています。仮説実験授業の理論では次のように科学教育の内容をとらえています。

①科学教育の内容は、現在および未来の科学において、最も基礎的で一般的な概念や法則の教育に重点を置くことが必要である。

②科学的な法則や概念の道筋をたどった教え方で、一般的で基礎的な法則を学ぶことほど、おもしろく、わかりやすく、力がつくものはない。

では、放射線を教えることは「最も基礎的で一般的な概念」でしょうか。

私は「そうだ」と考えています。「放射線の世界観を知ること」は、この宇宙を作り出した〈おおもとの粒の世界〉のイメージを豊かにすることです。それは子供たちにとって、わくわくするたのしい知識であるはずです。

私は、このような考えを元にして、放射線の授業をどう作ったらいいかを考えました。次に、その具体化の過程を述べたいと思います。

### 原発事故直後の緊急研究会での対応

2011年3月の事故の4日後、研究会の仲間のある人から「来週、中学で放射線の授業をしたいけど、授業プランを作ってくれないか」という問い合わせがありました。ちょうど3学期の最後の授業の頃です。原発事故で世の中が大騒ぎになっている状況で、子供たちが一番心配していることは放射線のことでした。従来通りの教科書授業で、果たして子供たちが納得してくれるか心配だったのです。

そこで私が考えたのは、「放射線に関する考えるに値する問題は何か」ということでした。では、「考えるに値する問題」とは具体的にどのようなもののでしょうか。これも仮説実験授業の理論＝科学教育の理論で示されています。

①「考えるに値する問題」とは、子供たちが、自分のノーミソを働かせて、「どの予想が

正しいのか」を考えてくれる問題。それは考える楽しさを与えてくれる。

②直感的・常識的認識と、科学的認識の対立が生じる問題。それは知るたのしさを味わえるもの。

③多くの人の予想が外れる問題。それは人々の認識を新たにする。

このような視点で、私は無料で学校へレンタルされている、簡易放射線測定器「はかるくん」を徹底活用して、「自然放射線の存在を教えること」「原子の中身を教えること」を中心に、授業書の内容を組み立てました。

そして仮説実験授業研究会では3月27日に緊急研究会を東京で持つことになり、このとき作った授業書案を「放射線とシーベルト」として発表することにしました。

発表後の春休み中に検討結果を反映させて改訂し、4月には全会員に配られ、全国の小中、高校、大人が対象の講座で使われました。このあたりの初動は非常に早く、緊急時に科学教育が何を果たすべきかという問題意識で主体的に動けたと思います。

私のもとには多くの授業結果が寄せられましたが、その中から福島県の高校2年生の感想を一つ紹介します。

東日本大震災がおきてから、原発の問題がたくさんニュースなどで伝えられてきたが、正直「放射能」や「放射線」といわれても、まったくわからなかったです。授業を受けて一番安心したのは、感染しないということです。原発問題が起きてから、福島県民は、バイ菌扱いをされてきたので、感染しないと聞いた時は、本当安心しました。また、放射線は、地球のどこにでも見つかるので、福島県の人たちだけが放射線を浴びているのではない、と知ったときも安心しました。

どうでしょうか。この感想には「放射線教育の内容」についてのヒントがたくさん詰まっていると思います。従来の放射線教育は、こんな基礎的なことも教えることに失敗していたのです。私は子供から大人まで、多くの人たちの感想を見て、授業の内容を多くの方が好意的に受け入れてくれたことにほっとしました。

ここまでが第一段階の研究結果です。

## 放射線の授業の第2段階

とりあえず、初期対応の役目は果たせましたが、私にはまだ物足りない点が残っていました。それは「測定器で教えることの限界」を感じたのです。測定器は、原発事故以来ベストセラーになり、多くの方が「放射線を測る」という行為をするようになりました。それはそれで、科学教育には好ましい現象でしょう。しかし、それだけではまだ放射線は「単なる数字」でしかありません。私は放射線の「実体的イメージ」も教えたいと考えていたのです。

それというのも、仮説実験授業ではすでに「原子を実体的に教えること」に成功してい

たからです。原子論を元にした授業書が多く作られ、小学校低学年でも原子のイメージを十分楽しく教えることができることが証明されています。

これは私が授業で使っている、一億倍の原子模型です。こうした模型を活用した授業は、多くの学校で行われ、子供たちはこうした模型で、いろいろな自然現象を考えることが大好きです。

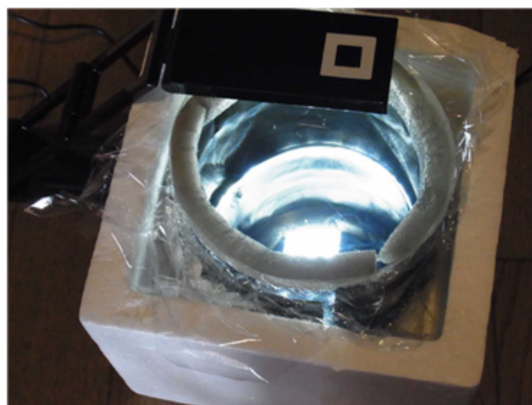
放射線の授業でもこうした「実体的イメージを豊かにする授業」ができないかと考えたのです。



### 高感度霧箱の発見

放射線が生き生きと目に見えたら、きっとたのしい授業ができるだろう。私はそう考えて、放射線を可視化する方法を探し求めました。そこでたどりついたのが、名古屋大 F 研の HP で見つけた、林 熙崇（ひろたか）さん考案の「林式ペットボトル霧箱」でした。

F 研の HP によれば「線源無しでばんばん見える」とあります。本当にそうならこれは放射線の授業にとって、非常に役に立つはずです。そこで、私は実際に作ってみました。材料はペットボトルを切ったもの、サランラップ、アルミホイル、黒い色画用紙、黒いフェルトなどで、安価に簡単に作ることができます。



作り方の詳しいことは巻末文献にあげた F 研の HP を見てください。この写真は私が自作したものです。中にエタノールの浅いプールを作り、底面をドライアイスで冷やし、強力な LED ライトで照らしています。

その結果はすばらしいものでした。何も線源を入れてないのに、放射線の飛跡が次から次へと飛ぶのです。私は自分の部屋を飛び回っている放射線を初めて見たのです。

それは「放射線の授業」への全く新しい可能性を開くものだと思えました。あとは「この霧箱をどのように使うか」です。

霧箱を使った授業自体は、従来から行われていました。しかし、多くの場合、それは「実験講座」に過ぎなくて、「科学的認識の成立」という視点で、目的意識的に使われているものではなかったようです。「霧箱」はあくまで認識の手段として使わなければ、効果が発揮できません。霧箱を使って、どのような認識を成立させるのかは、「認識を新たにす問題」の発見が必要です。私は霧箱が使えると知った後は、その「問題」の発見に力を注ぎました。

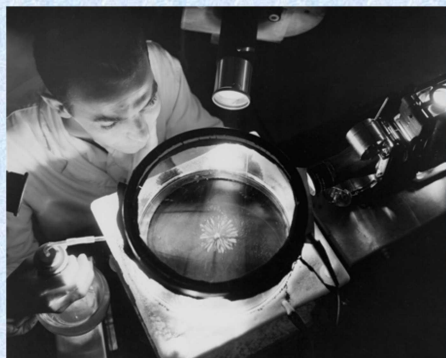
その結果、できあがったのが「霧箱と放射線」という授業プランです。

## 授業の具体化

では、具体的に小学校の授業で使った、霧箱の授業の一部を紹介します。スライドは研究会の仲間である小林真理子（中学校非常勤講師）さんが作ってくれました。



何をのぞいているのかな？

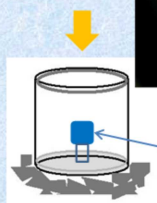
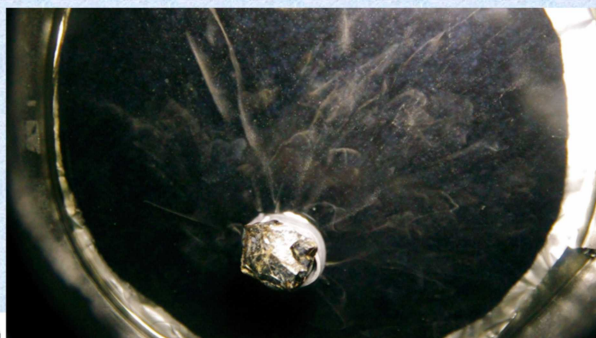


容器の中に、放射線を出す石が入っています。

10

まず、霧箱の導入場面から入ります。

私たちものぞいてみましょう。



放射線を出す石

11

これは私が自作した霧箱に、「放射線を出す石」を入れた様子です。授業では動画でその様子を見せます。

動画を使うのには理由があります。

それは「初めて霧箱を見る人には、何をみているのか、何をみたらいいのか、まったくわからない」からです。

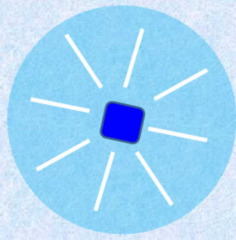
まず、「霧箱では何がどう見えるか」を教えないと「見

れども見えず」になってしまうのです。つまり多くの場合、「目の前に見えていることすらわからない」のです。

そこで、まずはきちんと見える動画で授業を進めます。本物の霧箱は、一通り学んでから、確認に使うのです。

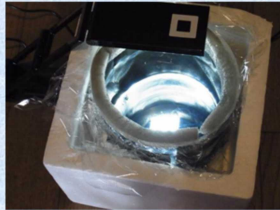
授業を進めると、どうしても「霧箱を見たい」と思うようになります。そうってから本物で実験すればいいのです。





石から飛び出すように、  
白い雲のような筋が  
四方八方にあらわれては  
消えて行きます。

これは、  
霧箱という装置です。  
きりばこ



石から放射線が飛び出すたびに、  
放射線が飛ぶ道すじに白い霧がで  
きているのです。

12

まず霧箱の意味と、そこから出ている飛跡について簡単に説明します。

ここでは「石から出ている何か＝放射線」というイメージで良いのです。

放射線は目に見えません。  
でも、霧箱の中で白い雲が見えたら、  
「放射線がそこを飛んだ」とわかるのです。

放射線 って、何なのでしょう。  
どんなものなのでしょう。  
霧箱を使って調べてみませんか。



13

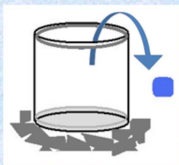
この問いかけで、放射線の世界へ誘導していきます。

### 【問題】

霧箱の中から放射線が出る石を取りのぞきます。  
空っぽの霧箱の中に放射線の「雲」はできると思いますか。

予想

- ア. 放射線の雲はできない。
- イ. ときどき放射線の雲ができる。
- ウ. たくさんの放射線の雲ができる。



15

この問題は今回の授業で私が発見したものです。認識の成立のキーポイントになる問題です。

授業を作るには、このようなキーポイントになる問題をいくつか発見することが必要です。

そこが科学教育を研究するときの、専門性であり、独創性が必要な部分です。

私がこの問題で立てた予想は、

〈直感的・常識的認識〉

「放射線を出すもの」があるときだけ霧箱の飛跡が見える。「放射線が飛ぶのは特別なこと」

〈科学的認識〉

放射線はどこでもある普通の存在

という2つの認識の対立が生まれるだろうということです。この問題は多数派が正解することは無いだろうと考えたのです。実際、講演の時に聞いた専門家の人たちの予想分布と、小学生の予想分布はほとんど同じでした。ほとんどの人にとって、この問題は認識を新たにするものなのです。

さてこの問題の答えは、講演を聴いた人と、授業を受けた人以外には秘密です。それは「初めて知る楽しみ」は一生に一度だから大切にしてほしいからです。

### 霧箱でベクレルを教える

この霧箱で可能になったことがもう一つあります。それは「ベクレルの意味を教えること」です。事故から1年あまり、世の中ではあまりにばかばかしいニュースが続きました。京都の大文字焼きで被災地の薪を使うことが、反対派の抗議で中止になったこと。福島県川俣町の花火工場で作った花火が、抗議で中止になったこと、などなど、あまりに非科学的な事件を聞かされたとき、科学教育の敗北を感じていました。そして、どうして人々はこのような間違っただけの反応をしてしまうのか？その原因を考えていました。

そして私が立てた仮説は「人々にはベクレルのイメージが欠けている」というものです。もともとベクレルとは「原子一個一個を数えているようなもの」です。すぐに巨大な数字になってしまいます。それにそもそも何ベクレルが普通の状態なのか、人々には全くイメージがありません。それで間違っただけの反応をするのでは無いか？つまり「放射線に対する程度の問題を知らない」ことが原因なのではないか？

そこでベクレルについても、最も根本的なイメージを作れるように教えなければなりません。ただその手段がなかなか見つからなかったのです。

最終的に私が思いついた方法は「自分の部屋の飛跡を数えてベクレルを出してみる」という方法です。

もともとベクレルとは「個/秒」が単位です。つまり毎秒何個の放射線が飛ぶかという単位です。それはつまり、霧箱の中の飛跡を数えて、毎秒何個出てるか数えるだけです。ここまで、根本的にベクレルという単位を考え直すと、それを教える方法も道が開けました。

私は早速自分の部屋の空気1立方メートルから出る、放射線の粒を数えることにしまし

た。それは霧箱の中の飛跡を1分間数えて、1秒あたりに直し、さらに霧箱の体積を空気1

### 身の回りの放射線を数えてみよう



立方メートルに拡大するだけです。空気1立方メートルは約1kgです。ですから、これは「空気1kgが出す放射能」と大胆に言い切っても良いでしょう。こういうおおざっぱなイメージが、科学教育にはとても重要なのです。それはベクレルの数字を評価する土台になるはず。もちろん霧箱で見えない放射線もあるので、私たちの周りには霧箱で見えるよりも多くの放射線が飛んでいるはず。そ

れでも「自分の部屋の放射能のオーダーを知る」のに役立つはず。す。

授業では、私の自宅のベランダで撮影した霧箱の動画で、飛跡を数えます。これもまず動画で練習してから、本物の霧箱でやってみるのが良いと考えています。

この霧箱は約1000倍で空気1立方メートルになる。

霧箱の飛跡を数えたところ、70秒で(158)個あった。

自宅の空気1立方メートルの放射能は(2000)ベクレル程度。

この【作業】は、放射能のイメージを作る鍵になる。

この作業は**日常の放射能**を「数えられるもの＝実体的なもの」にできる。

昨年8月に街角かがく倶楽部で講座をやってみた。

→多くの人に**驚くべき事実**として受け取られた。ベクレルについて相対的に評価できる土台になる。

結果は約2000ベクレル。実験授業では、この結果は多くの受講者にとって「驚くべき事実」として受け取られました。自分のいる場所の放射能が数えられるというのは、それだけ新鮮な驚きとなるのです。是非教えた内容です。

### 原子核模型で原子の中を教える

霧箱で放射線の実体的イメージができると、「そもそも放射線ってどこから出てるの?」という疑問がわいてきます。それは「原子の中の世界への招待」へつなげることができません。



射線のことを教えることができるというのでしょうか。  
放射線の授業には原子の授業が前提になります。

ここで強みになっているのは、仮説実験授業では、すでに原子論を教えることに成功してるといふ点です。今回授業してもらった小学生も、原子のことは事前に習っています。当然、原子の中はどうなってるのかという疑問へつながっていきます。


それは「放射線を教えるには原子を教える必要がある」という考えに基づいています。

原子のイメージが無くて、どうして原子の中から出てくる放

### 原子核模型の導入

重要なのは「原子の中と外の世界」のレベルの違い。

原子核の変化は外の世界に影響されない。その違いをイメージさせることが、「原子の中の世界」を知ることにつながるのではないか？

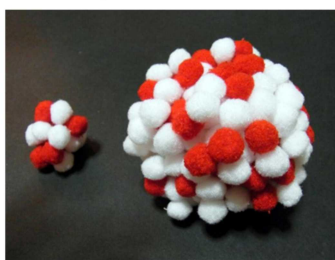


【質問】一億倍の水分子の横に放射線の粒を置いたら、どれぐらいの大きさに見えると思いますか。

見えません。

具体的には、一億倍の世界と対比させて、放射線のスケール感を導入します。それはとてつもない小さい世界です。原子が見えても放射線は見えない、そこから導入していきました。

原子核を10兆倍にしたら？→この模型でいろいろなことができる。



これが壊れると放射線が飛ぶ。  
玉をパチンコでぶつけると核が壊れる。  
でも10km先から、でたらめに球を投げて、偶然当たるようなもの。

この原子核から原子の外までには数km→原子の外と中は遠く離れている。

10兆倍模型の活用で原子核や放射線のイメージが生き生きと作れるだろう。「放射線の世界観」が目的である。

私は手芸用の「ぼんてん」という毛玉を使用して、原子核模型を作りました。そしてラドンと酸素の原子核を10兆倍の世界として見せます。

大きな原子核はぼろぼろと壊れてしまいます。そのとき飛び出すかけらが放射線。そんなイメージを作っていきます。

子供たちはそのような想像を巡らすのが大好きです。

このように放射線を実体的イメージで教えていくことが可能になりました。

## 霧箱で広がる世界

私は霧箱で放射線を簡単に見ることに成功してから、あちこちに霧箱を持って行きました。高い山では宇宙線が強いというなら、霧箱で見たら宇宙線がたくさん見えるのではありませんか。ラジウム温泉ではラドンが多いから、その放射線がたくさん見えるのではないかと考えた予想を持って、各地で霧箱を試してみました。

その中で、今、記録として残しておきたいことがありました。それは福島県の放射能汚染地域で霧箱を見たらどうなるかです。私はこれまでに何回か福島県へ行き、どこがどの程度の放射線になっているかだいたいわかっていました。霧箱に成功してから、どうしても福島県で試したくなかったのです。

そこで、素人が入れる場所で、最も放射線が強い浪江町から飯館村のある場所へ霧箱を持って行きました。そこでは2011年9月の時には $10 \mu\text{Sv/h}$ 以上。2012年5月では $8 \mu\text{Sv/h}$ 程度ありました。さてここで霧箱を見たらどんな光景が見えると思いますか。私はセシウムの $\beta$ 線が多数見えるのではないかと予想しました。

### 一コマの写真で飛跡を数えてみたら？



空っぽの霧箱を使うことで、どんどん放射線のイメージができていった。

32

これが被災地の霧箱写真です。数えきれないほどの飛跡が飛んでいます。これも「普通で無い状態」を可視化できることで大きな意味があるでしょう。

## まとめ

①どんな立派な教育目標・理想があっても、それを実現する「具体的手立て＝授業」ができなければ絵に描いた餅になる。

②だれでも確実に成功する「具体的な手立て」を作ることが授業研究の目的でなければならない。

私たちは「授業の科学的研究」を追求し、「授業書」という、誰でも確実に成果を出せるレベルまで研究を仕上げることを目標にしているのです。

私たちは、この研究をさらに重ねて「たのしい放射線教育」の実現を目指します。「たのしさ」は、次の世代の科学者を育てるだろうと予想しています。

このような科学的な放射線のイメージ無しで、あやふやな土台の上に何を論じても意味がありません。「空っぽの霧箱」は古典的道具ですが、教育的意味は大変大きいのです。

### おわりに

さて、今回の報告は、私が研究した結果に基づく「予想」です。予想は実験＝授業で確かめられなければなりません。仮説実験授業研究会は、発表された授業プラン、すなわち授業書になる前の仮説の段階で、実験授業をしてくれる人たちが大勢います。これらの人たちは、「自分がおもしろいと思った授業」をやってくれます。ここでも主体的に研究に参加してくれます。それは理論家と実験家の関係と同じです。このような研究組織があって、初めて私は放射線の授業を作ることができました。

科学教育の研究も、他の科学分野と同じように、研究するための組織が必要なのです。仮説実験授業研究会はそのような「研究のための組織」としても、教育を科学的に研究する先駆者となっています。今後も様々な分野で、たのしい授業の実現のための教材が生み出されていくでしょう。私もその一つでも生み出して、子供たちの笑顔を増やすことに貢献したいと思います。

### 謝辞

今回の研究発表において、実験授業をしてくれた愛知県大府市立共長小学校教諭の山田明彦さんと中溝斉さんに感謝します。また私の授業プランをパワーポイント化してくれた小林眞理子さんにも感謝します。

さらに発表の機会を与えてくれた NPO 法人あいんしゅたいんの皆様にも深く感謝いたします。

### 文献

1. 板倉聖宣、『科学と方法 科学的認識の成立条件』, 季節社, 1971
2. 板倉聖宣、『科学と仮説 仮説実験授業への道』, 季節社, 1971

この2つは「授業の科学的研究」や「科学教育の研究」を行うためには必須の基本文献です。これ無しでは「ニュートンを知らずに力学をやるようなもの」です。

3. 板倉聖宣、『もしも原子がみえたなら』, 国土社, 1971 (再刊, 仮説社 2008)

小学校低学年から、原子論を教えることに成功した本です。ここから多くの授業書が作られ原子論教育が本格的に始まりました。

4. 山本海行, 『放射線とシーベルト』, 研究会内限定出版, 2011
5. 山本海行, 『放射線がみえたなら (仮題)』 (仮説社から出版予定)  
今回の発表のもとになったものです。
  
6. 「宇宙線が見える超簡単・林式ペットボトル霧箱 (小・中学生向け)」, 名古屋大学理学研究科・素粒子宇宙物理系 F 研 基本粒子研究室  
<http://flab.phys.nagoya-u.ac.jp/2011/ippan/cloudchamber/>  
この記事があつて初めて, 放射線の授業が具体的になりました。
  
7. 今回紹介した霧箱の活用例は「うみほしの部屋」,  
<http://www.umihoshi.com> で紹介しています。お問い合わせ, ご意見はこのホームページの「問い合わせフォーム」をお使いください。