

7.14 Science Literacy in Local Communities

地域社会における科学リテラシー普及の試み

Sumiko Sasagawa

笹川澄子

Institute for Environmental Sciences

環境科学技術研究所

Rokkasho, Kamikita, Aomori 039-3212, Japan, e-mail:ssgw@ies.or.jp

青森県上北郡六ヶ所村

Abstract

The Institute for Environmental Sciences was established in December, 1990 at Rokkasho, Aomori, as a focal point in the research activities necessary to solve the problems between nuclear energy and the environment. In 2001 the Public Relations and Research Information Office was newly organized in the institute in order to facilitate the communication of scientific knowledge and information with the local inhabitants. The office is expected to play a role, as the communication window opens, to the local community neighboring the nuclear fuel cycle facilities as well as other communities in the prefecture. It seems, however, that the methodology for pursuing this aim is not generally provided but needs to be developed on a trial-and-error basis suitable to each situation. The author would like to take this opportunity to consider the given subjects and introduce the experiences, in which the author succeeded in communicating with neighboring people through the common interests regarding the Nobel Prize. The Nobel Prize is recognized as the greatest honor and authority over the world and is awarded to genuine human wisdom. The public with admiration receives the laureates, and their ways of life along with their arts of thinking are always matters which attract the interest of all the citizens. The people, who sometimes easily understand the scientific background behind the Prizes, always accept the stories of the laureates. The Nobel Prize has played an important role, therefore, not only in disseminating scientific knowledge or information so far, but will function also in cultivating the so-called "science literacy" among the public in the future, even in the issues on acceptance of nuclear energy.

Introduction

In Rokkasho-mura, Aomori, the program of establishing a commercial based nuclear fuel cycle has progressed and the related facilities including the uranium enrichment plant, the low-level radioactive waste disposal facility, the vitrified waste storage facility and the spent fuel reprocessing plant have been constructed since 1985. The former three facilities are now working and the latter is at the final stage of construction.

In 1995, the Rokkasho-mura village office set up the Cultural Association in order to enhance the cultural interests of the villagers, to facilitate the exchange of information relating the area of interests, and to promote their participation in the cultural activities. A variety of cultural activities have been launched, and "Rokkasho-mura Reading Circle" was also organized by gathering mainly women who were interested in reading books (1). All the participants were interested not only in just reading books, but also in expressing in written form what they felt and thought through daily life, as well as about their reading. Thus, the Circle has paid special attention, as one of the activities, to publishing their writings from time to time as the Bulletin of Rokkasho-mura Reading Circle and compiling those bulletins annually as "Messages of Rokkasho Women" for publication. At present, the number of bulletins reaches over 160, with 8 of the annual "Message of Rokkasho Women". The author joined the Circle soon after its activity was started and has also contributed herself a series of articles titled "A Story of Medicinal Plants" (2, 3) and following another series of "A Story of the Noble Prizes" (3 - 9). The two series were unexpectedly favorably read by the readers of "Messages of Rokkasho Women". Those were thought to have played a role in the connection between science and technology, which, more or less give hard and exclusive impressions of the people and normal daily life.

From such experiences, it was thought that the Nobel Prize, although well recognized as the greatest honor and authority the world over, does not relate to normal daily life, but would be expected to be a useful tool for developing so-called "science literacy" among people in the local communities, namely, deepening the understanding of what science is, and by reasonable extension deepening the understanding what atomic energy is, when the relation of the Prizes to normal daily life was simply and easily explained. In the present paper, the author would like to introduce her own experience in which the author struggled against deepening the understanding of modern science and technology, especially nuclear technology, in the inhabitants living around the facilities, and might have succeeded through the activities of the Circle in developing science

literacy, based on which they could clearly and logically express about what they thought regarding the scientific issues. The author would also like to introduce her experiences in organizing “Visiting Science Classes”, through which the author has communicated personally and directly with the neighbors on a wide range of scientific subjects.

Summary of “A Story of Nobel Prizes”

The series of “A Story of Nobel Prizes” listed up all the winners from 1901 with their date of birth, and the countries where they were born, resided in, or did their works. The series also introduced some typical work, which they had done, particularly stressing what they implied in our daily lives. Because most members of the Reading Circle are women, special attention has been directed to women laureates. The series was distributed, however, not only among the members of the Reading Circle but also to others through publishing “Messages of Rokkasho Women”.

The Nobel Prizes are awarded not to nations but to individuals or groups. The Nobel Prize never intended to express, therefore, the extent of the development of science and technology in each country. The general public often recognizes incorrectly, but maybe permissibly, that the number of the Prize winners is an index that allows international comparison of the achievements in science and technology. The number of winners of three prizes in the field of natural sciences, namely, physics, chemistry, and physiology or medicine by country was analyzed (4, 10) based on the data which are presented by the Nobel Foundation (11) (Figures 1-1, 1-2 and 1-3). It could be observed that a) before World War II, European countries including UK, Germany, etc were the countries from which many of the winners had come, b) however, after World War II, the USA increased the number of the winners in all the fields. The reason was thought to be that the USA was not the battlefield of both World War I and II, and after the World War II, the USA continued to put huge sums of money into the national programs, to promote education, science and technology, and received scientist refugees from all over the world. And c) the cumulative number of the Japanese winners in chemistry ranked at 5th by 2002, together with Sweden. The illustrative results (Figures 1-1, 1-2, 1-3) were useful to recognize the extent of the development of science and technology of this country, and also modern history in the development of science and technology world-widely (12 - 14).

The numbers of women laureates in all six prizes were compared with those of men laureates

(including groups and decliners) (Figure 2). There are two reasons why women laureates were stressed. One is that the members of the Reading Circle are mostly women. Another one is a general problem of “the winner and its shadow behind (or light and its source behind) of the Nobel Prizes”, that is, for natural sciences, the laureates often have assistants who performed much of the actual work as the invisible scientists, many of whom are women and were overlooked, this phenomenon is called as the Mathew effect, namely the phenomenon of transferring credit to the famous researcher and away from the lesser-known person; the Matthew Effect was named after the saying in the New testament, the Gospel according to Matthew “For unto everyone that hath shall be given, and he shall have abundance; but from him that hath not shall be taken away even that which he hath” (15 - 17). Thus, it was done to make numerically clear that few women are recognized as the laureates. Two in physics, three in chemistry, six in physiology or medicine, nine in literature, eleven in peace, and zero in economic sciences. Only the Prizes in peace and in literature were close to 10% in ratio of women to men, but the laureate numbers in any natural sciences seems to be substantially small. These numerical values would just be a universal phenomenon called “the Matthew Effect”, and also be one of humanities and social science issues (12, 15 - 18).

Experiences in the promoting activity for understating scientific knowledge and discussions

In the institute, Public Relations and Research Information Office was newly organized in order to facilitate the communication of scientific knowledge and information with the local inhabitants in 2001 and a program of inhabitants-scientists talk meeting has been started since then contracted by the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, and the Japanese Government (19 - 22). This program, which is called “Visiting Science Classes” is free, and has a system to dispatch scientists of the institute to local inhabitants according to requests by themselves. The scientists give a lecture on the subject requested by the local inhabitants. The subjects of “Visiting Science Classes” includes basic sciences, environmental ecology, energy on the earth, nuclear energy, nuclear electric generation, production of nuclear fuels, radioactivity and radiation, radiobiology, medical and health matters, research activity of the institute, etc. At Visiting Science Classes of this program (12 - 14, 18, 23) and also at requested lectures (23, 24). The author was fortunately given several opportunities to present “A Story of the Nobel Prizes” with her own figures (Figures 1-1, 1-2, 1-3, and 2), to the people in local communities. The

author's impressions and experiences at Visiting Science Classes are summarized below. The illustrated data about pre-World War II might be easily and visibly understandable for the elderly attendance (13, 23). The Japanese laureates since 1999 were introduced and favorably received, due to the fact that they are "the men of the day" and their works were well recognized in relation to normal daily life by anyone present at Visiting Science Classes (13, 23 - 25). Accumulated numbers of the Prize winners by country in physics, in chemistry, and in physiology or medicine, respectively (Figures 1-1, 1-2, 1-3) could have made the extent of science and technology of Japan clear and the attendance seemed to be more or less shocked by those illustrated data (12 - 14). The Data concerning women laureates of the Nobel Prizes could have surprised and disappointed the women present at Visiting Science Classes (12, 13, 18). The question whether or not women have qualities or aptitude to select an academic career in the sciences was asked. In such a situation, the most suitable relief of disappointment in women present, was Mary Curie, who was first woman awarded the Nobel Prize. She received the award twice; the first in physics in 1903 and second in chemistry in 1911. After that women have taken more interest in scientific researches (18). Had the women first known the words "the Matthew Effect", they might have recognized its humanistic and sociological meaning and its substantially great effect on women scientists (12, 14, 18).

"A Story of Nobel Prizes", could have been useful to develop knowledge and information to the local people not only for science but also for nuclear energy. That is to say, "A Story of Nobel Prizes" has simply shown that prize-winning works have played important roles for the happiness in normal daily life, and as a result have led to understanding that science and technology is close to us. The reason for the above statement is that the author has experienced, and has learned that in the case of explanation of nuclear energy to the general public for public acceptance of nuclear energy, unexpected and direct explanation about nuclear energy, that is explanation by a sense of "first of all it is atomic energy", was not always acceptable and understandable by the general public (26, 27). As well known, industrial nuclear energy needs practical engineering and technology based on basic sciences. Therefore, it seems that face-to-face talking, and earnestly grappling with essential questions in normal daily life is a shortcut to success in acceptance of nuclear energy and the policy of nuclear energy, as well as cultivation of science literacy (1, 26 - 28).

At present days there are fulfilled with a lot of and a variety of information, which can be easily obtained through various media including internet, newspapers, or televisions. In this

environment, it is not so easy for the responsible persons to carry out Visiting Science Classes in the region of the site and neighboring regions as shown in Figure 3. However, accumulation of long years of Visiting Science Classes in a honest way would be play an important role in disseminating scientific knowledge and information with the local communities and in the future even in the issues on acceptance of nuclear energy.

It is thought to be preferable at Visiting Science Classes to present data analyzed and consideration by the lecturer own than to unilaterally transfer scientific knowledge and information to people. Although a lot of and a variety of articles and books concerning the Nobel Prizes have been so far issued and made commercially available, it would be happy if “A Story of the Nobel Prizes” through Visiting Science Classes can function in cultivating science literacy in the local communities and by reasonable extension in promotion of public understanding of nuclear energy, namely, “radiation literacy”, or “nuclear energy literacy” (18, 29, 30).

References

- 1) Sasagawa S, Education and public acceptance in the atomic energy era, *Radiation Education* 3:43-50, 1999
- 2) Sasagawa S (ed), *Messages of Rokkasho Women*, Vol. 1, 1996
- 3) Sasagawa S (ed), *Messages of Rokkasho Women*, Vol. 2, 1997
- 4) Sasagawa S (ed), *Messages of Rokkasho Women*, Vol. 3, 1998
- 5) Sasagawa S (ed), *Messages of Rokkasho Women*, Vol. 4, 1999
- 6) Sasagawa S (ed), *Messages of Rokkasho Women*, Vol. 5, 2000
- 7) Sasagawa S (ed), *Messages of Rokkasho Women*, Vol. 6, 2001
- 8) Sasagawa S (ed), *Messages of Rokkasho Women*, Vol. 7, 2002
- 9) Sasagawa S (ed), *Messages of Rokkasho Women*, Vol. 8, 2004
- 10) Sasagawa S, A story of the Nobel Prizes: for development of science literacy into citizens, *Annual Report of the Society of Japanese Women Scientists*, 3:56-60, 2002
- 11) The Nobel Foundation internet home page
- 12) Sasagawa S, “A Story of the Nobel Prizes”, handout of Visiting Science Classes, Hiroaki, December 18 2002
- 13) Sasagawa S, “A Story of the Nobel Prizes, Mr. Nobel and his Prizes”, handout of Visiting

Science Classes, Rokkasho, January 18 2003

- 14) Sasagawa S: Canadian pioneer woman nuclear scientist, handout of Visiting Science Classes, Rokkasho, January 18 2002 in GAIR Energy Forum held by non profit organization EGG
- 15) Sasagawa S, Aratani M (Japanese translation), Harriet Brooks: Pioneer nuclear scientist, Maruzen, Tokyo, 1998 (Marelene F Rayner-Canham, Geoffrey W Rayner-Canham: Harriet Brooks: Pioneer nuclear scientist, McGill-Queen's University Press, Montreal & Kingston, London, Buffalo, 1994
- 16) Sasagawa S, Aratani M, A history of radioactivity research and humanity and social sciences : case of an early woman nuclear scientist, Journal of Historical Chemistry 25:69-70, 1998
- 17) Sasagawa S, The Matthew effect on women scientists: Case of Harriet Brooks. Proceedings of 11th International Conference of Women Engineers and Scientists, Makuhari Messe, Chiba, Japan July 24-27, pp516-518, 1999
- 18) Sasagawa S, Women and Science, Women Laureates of the Nobel Prizes, presentation material of Visiting Science Classes, Hachinohe, January 18 2004
- 19) Sasagawa S, Public Relations and Research Information Office newly started in the Institute for Environmental Sciences, Radiation Education Forum Newsletter, July 2001, No. 20, p6
- 20) Introduction of New project "Visiting Science Classes" Institute for Environmental Sciences News February 2002, No. 36, p8
- 21) The Institute for Environmental Sciences Annual Report FY2001, VI Public Relations Activities, pp. 95-99
- 22) The Institute for Environmental Sciences Annual Report FY2002, VI Public Relations Activities, pp. 98-102
- 23) Sasagawa S, "A Story of Nobel Prizes", handout of the Seminar for the Chairpersons of the School Boards in Kamikita-gun, Shichinohe, February 27 2004
- 24) Sasagawa S, "A Story of Nobel Prizes, The Prizes and Normal Daily Life", handout of the Seminar for the Leaders of Lifelong Learning, Towada, May 28 2003
- 25) Sasagawa S, "A Story of the Nobel Prizes, Dr. Masatoshi Koshihara and Fellow Koichi Tanaka", handout of Visiting Science Classes, Hachinohe, August 4 2003
- 26) Sasagawa S, Joined the Radiation Education Forum Seminar, Radiation and Industry 87:33-34, 2000
- 27) Sasagawa S, Relationship between nuclear energy and the environment, where does nuclear energy come from, what is nuclear energy, and where is nuclear energy going ?", handout of

Visiting Science Classes, Rokkasho village Tomari junior high school, July 10 2001

- 28) Sasagawa S, Where does Radiation Education Forum come from, what is Radiation Education Forum, where is Radiation Education Forum going?, Radiation Education 4:26-31, 2000
- 29) Sasagawa S, Need of nuclear power generation and its safety measurements, handout of Visiting Science Classes, Hachinohe, May 22 2003
- 30) Sasagawa S, An introduction of a local case of “need of nuclear power generation and its safety measurements”, handout of Visiting Science Classes, Tokyo, December 13 2003

7.15 School Education on Energy and Environment Problems

学校教育におけるエネルギー・環境教育

Manami Imakita

今北 真奈美

兵庫県川西市教育委員会 学校教育室 指導主事

1 はじめに

学校教育におけるエネルギー・環境教育は、平成14年度から新しい学習指導要領が実施されて3年を経て現在、総合的な学習の時間を中心に取り組みが進められている。

総合的な学習の時間では、必修教科の学習では学ぶことができないテーマや発展的な学習について取り上げたり、子どもたちが学びたいことを学ぶことができる学習に取り組むことも可能となった。

教育課程審議会の答申には「環境やエネルギーについての理解を深め、環境を大切にすることを育成するとともに、環境の保全やよりよい環境の創造のために主体的に行動する実践的な態度や資質・能力を育成することは今後、ますます重要なものとなってくる」と述べられている。

総合的な学習の時間にエネルギー・環境教育をテーマとして取り入れるのはとても重要なことである。エネルギーや環境についての正しい知識を学び、私たちの生活とエネルギー・環境問題のつながりに興味・関心を持つことができるよう、幅広い学習活動が子どもたちには必要である。総合的な学習の時間のねらいは「子どもたちが自ら学び、自ら考え、主体的に判断し、よりよく問題を解決する資質や能力を育成すること、また学び方やものの考え方を見につけ、問題の解決方法や探求活動に主体的、創造的に取り組む態度を育て、自己の生き方を考えることができるようにすること」である。総合的な学習の時間をととして子どもたちの「生きる力」を育成することが大きな目標であると言える。また、問題発見力や課題解決力、情報発進力を高め、子どもたちが学びたいこと、研究したいことをつかみ、自ら学習計画をたて解決していく学習は、時間的にも精神的にもゆとりのある学習環境をつくる必要がある。総合的な学習の時間の取り組みは子どもたちが主体的に学習できる柔軟で、弾力的な計画性、運用が重要となる。そこで、子どもたち自身がねらいと課題をもって取り組める総合的な学習の時間の授業を提案したい。

2 エネルギー・環境教育の学習内容

エネルギー・環境教育の学習内容を考える時、他教科との関連性を理解する必要がある。

小・中学校の義務教育6年間で、エネルギー・環境教育はさまざまな教科で関連した学習を取り扱っている。

小学校では平成14年度から導入された小学1・2年生の生活科、小学3～6年生の総合的な学習の時間を中心に、理科・社会・家庭科・道徳・特別活動等、あらゆる教科をとおしてエネルギー・環境教育に取り組んでいる。

中学校では総合的な学習の時間を中心に、理科・社会・技術・家庭科・道徳・特別活動等をとおしてエネルギー・環境教育に取り組んでいる。

高等学校では平成15年度から新学習指導要領が実施され、総合的な学習の時間を中心に、教科横断的にエネルギー・環境教育に取り組んでいる。また、高校・理科Aの「資源・エネルギーと人間生活」では天然放射性同位体の存在や地球上の放射線について学習することが学習指導要領に触れている。高校・理科B「人間の活動と地球環境の変化」においては、自然放射線の存在と生物への影響があげられている。

高校・地学Iでは放射性元素の半減期を利用した放射年代や地球の熱源のひとつとしての放射性元素の壊変が取り扱われている。理科的な面からエネルギー・環境教育に取り組む場合の学習内容としては、ごみ問題とリサイクル活動、エネルギー資源の利用、森林教育、地球生態系の維持、人口・食料問題があげられる。

エネルギー・環境教育の学習を進めるにあたって、大切なのは子どもの発達段階に即した指導を行うことであり、正しい知識を系統的に学ぶことによって、エネルギー・環境問題に対して科学的に考え行動できる子どもたちを育成することが目的のひとつでもある。

身のまわりに存在するさまざまなエネルギー・環境問題に興味・関心をもち、さらに深い内容の発展的学習に取り組むことも可能であるといえる。

3 エネルギー・環境教育の学習方法

エネルギー・環境教育の学習についてはさまざまな方法が考えられるが、エネルギー・環境教育の知識や技能を中心に教え込む知識注入型の学習方法ではなく、子どもたちがエネルギー・環境問題について興味や関心を持ち、自ら課題を見つけ、その問題について解決する能力を育成することが大切である。また、エネルギー・環境問題に関わる事象を数量化したり、実験データを定量的・統計的にまとめることもできる能力は非常に大切であり、数学的、理科的なものの見方は重要となってくる。

エネルギー・環境教育に関するあらゆる情報を収集したり、その中から自分にとって何が必要なのかを選択し、処理していくことも学習活動の中での大きな課題となる。またその情報に基づいて、自分の考えをまとめたり判断能力を養うことが必要である。そのためにはインターネットなど、コンピュータや情報ネットワークを活用する能力を育成することも大切である。

エネルギー・環境問題の学習をとおして学んだことを、子どもたちが積極的に自分の意見を述べ、自分の考えを文章や絵、映像で表現したり、さまざまなメディアを活用して表現させていく場を設定することが必要である。

エネルギー・環境問題に関する実験・観察等の調査結果を使って、ディベート・ディスカッションを行うことも有効な学習方法のひとつである。このような学習活動をとおして子どもたちのエネルギー・環境問題に対するコミュニケーション能力を育てていくことが重要である。

次にエネルギー・環境問題が、わたしたち人間に与える影響を考えていくことで、子どもたちが自分自身の価値判断や意思決定をし、エネルギー・環境問題に関して具体的な行動に移す能力を育成する学習方法に取り組まなければならない。

具体的な行動のひとつとして、学校全体で省エネルギーやリサイクル活動に取り組んだり、エネルギー・環境問題を自分の問題としてとらえ行動していく能力を身につけ、健康で快適な環境を積極的につくっていく意識を、子どもたちがもつことが必要である。

エネルギー・環境教育の学習方法としては、体験活動を多く取り入れ、フィールドワークをとおして科学的な考え方を身につけるとともに、問題解決に向けての判断力や意思決定能力を育成することが大切である。人間がエネルギー・環境問題と関わっていく中で生まれてくる課題や問題点を見つけ、その解決に向けて積極的に行動していく子どもを育てていくことのできる学習方法やカリキュラムを計画していかなければならないのである。

4 総合的な学習の時間を使ったエネルギー・環境教育授業展開例（中学校）24時間

	学習項目	学習内容	指導上の留意点	時間数
1	導入 オリエンテーション	○エネルギー・環境教育に関する調査のテーマを考える	・調査のテーマ「生活の中の身近なエネルギー」「エネルギーの供給源－水力・火力・原子力」「新エネルギー」等、取り組みやすいテーマを設定する 調査内容があらゆる分野に渡るようにする	1
2	展開 エネルギー需要と供給 問題点	○エネルギー環境問題の基礎的な知識を学ぶ	・エネルギー環境問題の基礎的な知識に加え、生活の中での身近なエネルギー問題について考える	2
3	調査 テーマについての調査	○調査のテーマについてインターネット利用、図書館等でグループワークを中心とした調査活動を行い、クラスで発表ができるようにする。 ○発表の役割分担・パワーポイント作成・掲示物等の制作	・インターネット検索方法、パワーポイントの作成方法、図書館の利用方法など事前学習を十分に行う	5
4	発表 テーマについての発表	○調査のテーマについてグループを中心にクラス発表を行う ○パワーポイントのや掲示物等の準備	・生徒自身が授業のねらいや課題を見つけていることができる調査内容の発表の場とする	3
5	討論 発表を受けて討論を行う	○ディベートディスカッション	・お互いの発表を聴くことによって意見交流を行い、自分の考えを述べるようにする	2

6	学習活動 放射線の測定について	○身の回りの放射線を測定してみよう ○簡易型放射線測定器「はかるくん」を使って放射線の測定結果を出し、データをまとめる。 ○放射線はどのような性質をもっているのだろう	・簡易型放射線測定器「はかるくん」の正しい使い方を理解する ・放射線についての正しい知識をもつ ・簡易型放射線測定器「はかるくん」についての問合せ先（財）日本原子力文化振興財団事業部（TEL 03-3597-8058）または（財）放射線計測協会（TEL 029-282-0421） ・放射線の測定場所を数多く選び、グループに分かれて測定活動を行う。	2
4	学習活動 身近な放射線について	○放射線の測定結果のデータについてグループ発表を行う。 ○放射線の有効利用について考えていく。 ①医療分野②農業③工業化学④芸術学・考古学分野⑤健康⑥原子力エネルギー	・放射線の利用について、私たちの身近な生活を支えている放射線の存在に気づかせる ・医療分野ではがんの放射線治療・CT検査・医療器具の消毒滅菌など ・農業では害虫駆除 ・歴史考古学の分野では古代芸術品の年代測定。 ・犯罪捜査での放射線利用はテロ防止に対する空港の手荷物検査（非破壊検査） ・放射線の歴史について レントゲン（1895）X線発見。ベクレル（1896）ウラン放射能発見。キュリー夫妻（1898）ラジウム発見	2
5	学習活動 新エネルギーについて	○新エネルギーについての基礎的な知識を学ぶ ○新エネルギーの問題点について ○新エネルギーのこれからについて	・風力、太陽光発電、太陽熱、地熱等の新エネルギーについて考える ・原子力発電について考える ①原子力発電のしくみ ②原子燃料サイクルの利点と問題点 ③プルトニウムと高速増殖炉 ④プルサーマルとMOX燃料	2
6	まとめ	○日本・世界のエネルギー問題について ○エネルギー・環境教育の授業終了後の感想を述べる	・日本・世界のエネルギー問題について自分なりの考えをもつ	2

5 エネルギー・環境教育の問題点とこれからの課題

平成14年度から新しい学習指導要領が実施されて3年目を迎えたが、子どもたちの理科離れや数学的な力の低下が問題となっている。

小学校においては国立教育政策研究所の調査結果を鑑みても、理科は子どもたちにとって好きな教科の部類に入っているが中・高等学校に入ると数学とともに理科は嫌いな教科に入る傾向がある。これは、小学校の理科の授業に比べて中学校の理科の授業が高校受験を見通した知識注入型の授業となり、理科の実験・実習や体験学習の授業時数が少なくなるなど、生徒が理科に対しての興味や関心・意欲を高めることが難しくなるといった問題が出ていることと、高校生になると理科は、物理・化学・生物・地学に細分化され、より専門的な知識が求められる授業形態となり、中学校と同様、体験学習で理科の楽しさ、面白さを学ぶよりも、大学受験を主眼においた理論的な授業が中心となった結果、理科離れが進んでしまったと言えるだろう。

その他に理科離れの原因にいくつか挙げられるのは、新しい学習指導要領において、理科の標準授業時数が減り、体験学習・実験・実習等の授業を入れるゆとりがなく、少ない授業時数の中で年間カリキュラムを一斉授業で学習するのが精一杯、さらには小学校でも理科を専門とする教員が減り、理科の実験・実習ができないといった傾向も出ている。

高校においても、大学受験・入試対策の指導中心の教員が増え、理科の実験・実習を授業に取り入れる教師が減少しているという傾向にある。

このように子どもたちの理科離れにはさまざまな要因が考えられるが、エネルギー・環境教育を含め、大きな視野に立って理科教育のあるべき姿を考えた場合、まず子どもたちが理科の学習に対して興味や関心がもてるような体験学習・実験・実習を中心とした授業形態を取り入れ、子どもたちの学習に対する意欲を引き出すことが大切である。

多くの児童・生徒が理科の授業の楽しさを知り、体験学習をとおして理科の世界に対する興味・関心をもつことによって、理科教育が日本の人口の一握りである理科系技術者や理科の専門的な知識者だけのものでなくなり、エネルギー・環境教育も含め、より多くの国民に受け入れられるようになる。

このように理科教育の復権こそが、これからのエネルギー・環境教育の発展のキーワードになるのではないかと考えている。

理科教育が理科を専門職とする人々だけのものではなく、一般の人々の科学リテラシーを育成するためにも、理科学的科学的分野の知識をより多くの人々に広め、学校教育から生涯学習へと視野を向けながら、科学技術立国としての日本の地位を固めていかなければならないのである。

6 エネルギー・環境教育の生涯学習への展望

学校教育における総合的な学習の時間を使ったエネルギー・環境教育の取り組みは、主体的に学ぶ児童・生徒を育て、教師自身も子どもたちとともに教えた学習の主題を探究していける内容といえるだろう。その点において総合的な学習の時間の中にエネルギー・環境教育を取り入れていくことはとても意義のあることだと思う。しかし、学校教育の中だけでエネルギー・環境教育が終わってしまっても良いのだろうか。

確かに総合的な学習の時間において「自分自身の生き方に関する問題」や「社会的な視

野に立った問題」に取り組み、ひとりひとりの児童・生徒が自分の将来をしっかりと見つけることが学習のねらいであるが、その学校教育で培ったエネルギー・環境問題に対する意識の高まりを持続させていく必要がある。

エネルギー・環境教育はわたしたちにとって、誰もが一生涯、真剣に考えていかなければならない問題である。まず自分たちの住む身近な地域でのエネルギー・環境問題から取り組み、大きな地球環境規模の問題へと学習の視点を広げ、学校教育から生涯学習へと学習の場をつなげていくことが大切なのではないだろうか。

日本は今まで石油燃料等、世界のエネルギー資源を大量消費してきた国である。また、CO₂やフロンガスも大量に放出してきた経緯がある。それと同時に日本の省エネルギー・リサイクル技術や地球環境保護に対する取り組みも知る必要性がある。

これからのわたしたちの生活を考えていく時、エネルギー・環境教育は生涯学習においてなくてはならないテーマのひとつではないだろうか。

エネルギーを大切に使い、地球環境保護を視点においた生活を考えることができるような行動をとらなければならぬのである。そのためにも生涯学習におけるエネルギー・環境教育に真剣に取り組まなければならない。

7 さいごに

平成14年度から学校週5日制に伴い、新学習指導要領が完全実施され、今年度で3年目を迎えた。

新学習指導要領のねらいは学校教育から生涯学習に向けて、時間的にも精神的にもゆとりのある教育活動が展開される中で、児童・生徒が学習指導要領の基礎・基本にじっくりと取り組めるようにするとともに、興味関心に応じた内容に対して主体的かつ積極的に学習を進めることである。

これまでの授業が多く知識を詰め込む授業になりがちであったことを踏まえ、学習の質を高め、その内容を確実に身につけさせることがねらいのひとつである。

新学習指導要領導入に伴い、児童・生徒の興味関心に応じた主体的な学習ということで、総合的な学習の時間の実践が各校で進められてきたが、総合的な学習の時間を通して、問題発見力や課題解決力、情報発進力を高め、児童・生徒自身が学びたいこと、研究したいことをつかみ、子ども自らが学習計画をたて解決していくには、時間的にも精神的にもゆとりのある学習環境をつくる必要がある。

新しい学習指導要領による総合的な学習の時間の可能性は、教科学習と総合的な学習の時間の2つの課程で構成されるカリキュラムが実現することである。

この総合的な学習の時間の課程設置の意義は「知識」を中心とする「教科学習」に対して、「経験」を中心とする総合的な学習の時間の設置という対局的な構図ではなく、教科学習も総合的な学習の時間もそれぞれ「知識」と「経験」の双方を学習の中に組み込んで子どもたちの確かな学力を育てていくことが重要である。

教科学習と総合的な学習の時間の違いは、「知識」か「経験」かではなく、「知識」と「経験」の構成の方法にある。両者の結びつきを考えたとき、エネルギー・環境教育の取り組みの中で、その学習をとおして、子どもたちにつけたい学力とは何なのかを具体的に考える必要がある。

教科学習が基礎・基本を中心とする学力（知識・理解・興味関心・意欲・思考判断・表現技能の4つの観点）を構成するのに対して総合的な学習の時間は、現実的な問題を課題（主題）として「知識」と「経験」を構成している。

総合的な学習の時間の可能性は、教科ごとの領域では学習することができない現代社会や人間に関する諸問題を教育課程の中に組み込むことができる点にある。また総合的な学習の時間に行われる課題解決を中心とする学習が教科学習の形態を変えることができるというメリットも考えられる。

これまでの教科学習で行われていた、学習目標がありその目標を達成し、評価していく学習方法にかわり、児童・生徒が自ら主題を見つけ、経験学習に取り組み、表現・発表等のプレゼンテーションをとおして表現力を高めていく学習方法が、まさに総合的な表現活動を可能にしたと言える。

特定の主題を設定し、その主題を探究していくさまざまな学習方法を考え、ひとりひとりの学習活動の意味と発展性を考察していく課程を経ながら、その学習結果をレポートにしたり、作品、あるいは発表することによって表現させ、共有させる授業は特定の目標を効率的な学習で達成させ、その結果をテストの点数によって評価していく授業とは形態が異なっている。さきほど述べたように、教科学習と総合的な学習の時間はいずれも「知識」と「経験」を学習に組織するべきであって、「教科学習＝知識」「総合的な学習＝経験」と分断してしまえば、どちらの学習も成り立たない。「経験」から切断された「知識」は、単なる情報にすぎず、「知識」から切断された「経験」は単なる「体験」に過ぎないのである。

新学習指導要領における「総合的な学習の時間」は、主体的に学ぶ生徒を育て、教師自身も生徒とともに教えた学習の主題を探究していけるカリキュラムといえる。

その学習の中にエネルギー・環境教育を取り入れていくことはとても意義のあることであり、生涯学習も視野に入れた確かな学力を育成するためにも、学校教育で身につけたエネルギー・環境教育の知識を、実生活に行かすことができる体制づくりが重要なのである。

※児童・生徒が校外学習で放射線について学習したり見学できる施設等

①大阪科学技術センター（大阪市西区 TEL 06-6441-3682）

②サイエンスサテライト（大阪市扇町キッズパーク3F TEL 06-6316-8110）

※原子力エネルギー・放射線についての講師派遣システム問合せ先

（財）日本原子力文化振興財団事業部（東京都港区新橋 TEL 03-3597-8058）

※測定器「はかるくん」「はかるくんⅡ」の貸出情報

〒319-1106 茨城県那珂郡東海村白方白根2-4 財団法人 放射線計測協会

TEL 029-282-0421 FAX 029-283-2157 <http://www.irm.or.jp/>

※測定器「がんまくん」「ベータちゃん」の貸出情報

〒555-0004 大阪府大阪市西区靱本町1-8-4

大阪科学技術センター5階 関西原子力懇談会

TEL 06-6441-3682 F A X 06-6441-3683 <http://www.kangenkon.org/>

参考文献

- (1)「小学校・中学校・高等学校 学習指導要領」
- (2)「環境教育指導資料」 平成3年度 文部科学省
- (3)「はかるシリーズ 放射線をはかる」日本規格協会
- (4)「中学生のための放射線セミナーテキスト」(財)日本原子力文化振興財団
- (5)「小学校・中学校・高等学校 学習指導要領」

国際数学・理科教育調査 TIMSS

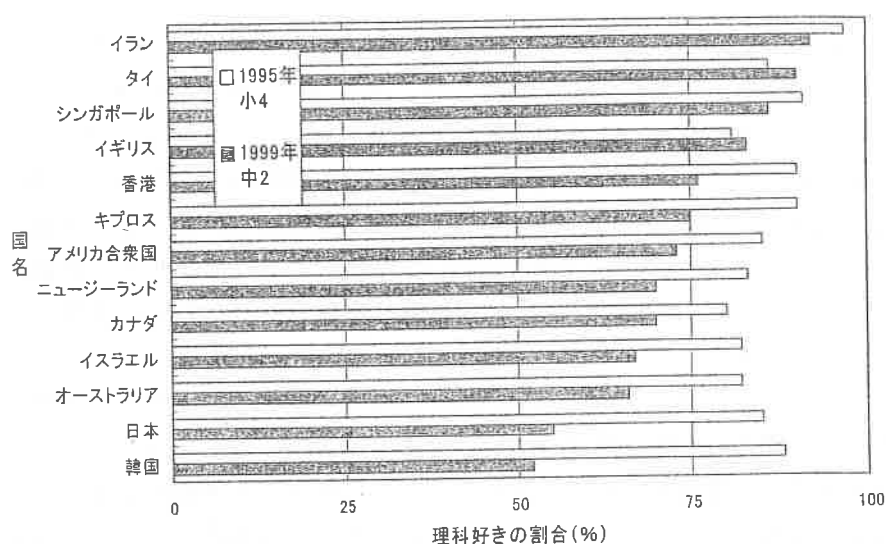


図1 小4と中2での理科好きの割合

高校理科教育課程の変遷

時期	必修最低単位	各科目の単位数					
1963 ～ 1972	4科目12単位		物理A 3 物理B 5	化学A 3 化学B 4	生物 4	地学 2	
1973 ～ 1981	基礎理科 または 2科目6単位	基礎理科 6	物理Ⅰ 3 物理Ⅱ 3	化学Ⅰ 3 化学Ⅱ 3	生物Ⅰ 3 生物Ⅱ 3	地学Ⅰ 3 地学Ⅱ 3	
1982 ～ 1993	理科Ⅰ, 4単位	理科Ⅰ 4 理科Ⅱ 2	物理 4	化学 4	生物 4	地学 4	
1994 ～ 2002	2科目4単位	総合理科 4	物理ⅠA 2 物理ⅠB 4 物理Ⅱ 2	化学ⅠA 2 化学ⅠB 4 化学Ⅱ 2	生物ⅠA 2 生物ⅠB 4 生物Ⅱ 2	地学ⅠA 2 地学ⅠB 4 地学Ⅱ 2	
2003 ～	2科目4単位	理科基礎 2 理科総合A 2 理科総合B 2	物理Ⅰ 3 物理Ⅱ 3	化学Ⅰ 3 化学Ⅱ 3	生物Ⅰ 3 生物Ⅱ 3	地学Ⅰ 3 地学Ⅱ 3	

7.16 Effect of pre-entry instruction as an additional part of radiation training beginner's course on reduction of radioactive contamination in two independent unsealed radioisotope facilities

2つの異なる非密封放射性同位元素使用施設における

利用前教育訓練による汚染発生件数の減少効果

Naoki Matsuda¹, Tatsuya Shimasaki², Masahiro Yoshida¹, Akihiro Kojima², Hideaki Takao¹, Mamoru Kaneko¹, Yoshioki Shiraishi², Seikoh Horiuchi², Yutaka Okumura¹
松田尚樹¹、島崎達也²、吉田正博¹、古嶋昭博²、高尾秀明¹、
金子衛¹、白石善興²、堀内正公²、奥村寛¹

¹Center for Frontier Life Sciences, Nagasaki University

²Institute of Resource Development and Analysis, Kumamoto University

¹長崎大学先端生命科学研究支援センター アイソトープリソース開発分野

²熊本大学生命資源研究・支援センター 資源解析部門 R I 実験分野

Abstract

The education for radiation workers is essential for the safety of radiation facility that stands on radiation protection practice by each worker. Japanese laws concerning radiation safety requires each radiation worker attending the 6 hours beginner's training course before entering the control area. However, in unsealed radioisotope facilities, radioactive contaminations in the control area may still take place because practical procedures for radiation safety vary depending on the type of experiments and the characteristics of radioisotopes. Therefore, an additional and practical training for each radiation worker is needed. In an attempt to give the workers an additional training of this kind, the pre-entry instruction was performed independently in Center for Frontier Life Sciences, Nagasaki University and in Institute of Resource Development and Analysis Kumamoto University. In this study, the efficacy of the instruction in each facility was assessed quantitatively on the basis of the incidence of contamination in the control area.

The instruction covered laboratory rules, radioisotope ordering information, description of sign-up sheets, radioactive waste management, use of survey meters, and lab tour with an appropriate modification to meet with a specificity of each experiment. The instruction was given to beginners and to refreshers who have not handled radioisotopes for a long period, in a face-to-face manner for 1 hour before they start working with radioisotopes. To examine the education effect on the reduction of contamination in a typical and frequently used laboratory, the contamination in molecular biology

room of Nagasaki University was surveyed directly by a GM survey meter on a daily basis. In Kumamoto University, contamination on the surface of the entire floor in the control area was surveyed monthly by the smear method to know the education effect on general reduction of contamination.

The results revealed that the number of contamination decreased in the second year from the beginning of pre-entry instruction in both facilities. In Nagasaki, more than 140 incidents of contamination were found in 1997. As the instruction was began, the number of contamination decreased to 110 in 1998, followed by a decrease to lower than 40 incidents per year in 2000 and thereafter. In Kumamoto, the instruction was began in 1999, when more than 36 contaminated areas were detected. A drastic decrease in the number of contaminated areas was observed in 2000, to lower than 4 incidents. Taken together, these results in two different facilities suggested that pre-entry instruction of radiation worker was effective in safety management of unsealed radioisotope facilities by reducing the number of contamination.

1. 緒言

放射線業務従事者に対する教育訓練は、放射線を初めて取り扱おうとする者が安全取扱の知識・技術に触れる機会である。また、放射線安全管理が取扱者と管理者の信頼関係の上で成り立っていることを考えると、教育訓練はこの両者が初めて接する機会でもある。したがって、放射線施設の安全管理を確立する上で、教育訓練は極めて重要な役割を担っている。日本では、放射線障害防止法等により厳密に定められた内容および時間数の教育訓練を、初めて管理区域に立ち入る者に対して実施しなければならない。そこで多くの放射線施設では、定期的にまとまった人数の受講者に対して教育訓練を実施している。しかしながら、教育訓練後の期間や実験の内容は各利用者により大きく異なるため、実際に放射線や放射性同位元素 (RI) の取り扱いを始める利用者に対して、特定の放射線施設における具体性のある教育訓練を行うことは難しい。教育訓練の目的をより高い次元で果たすためには、それぞれの利用者に応じた実践的な教育訓練がさらに必要であると考えられる。

非密封 RI 取扱施設において、放射線安全管理上の重要な課題の一つに汚染対策がある。生命科学領域におけるトレーサーとしての RI の使用にあたって、汚染の頻度を最小限に留めるような実験作業の工夫を行うとともに、仮に汚染が発生した場合には、速やかに汚染を発見し、除染を行わなければならない。しかし実際には、管理区域内における汚染を完全に避けることは困難であり、また発見されないまま放置される汚染もある。したがって、教育訓練はこの汚染対策にとって有用なものでなくてはならない。

我々は、教育研究用の非密封 RI 施設である長崎大学先導生命科学研究支援センター・アイソトープ実験施設および熊本大学生命資源研究支援センター・アイソトープ総合施設において、放射線安全管理レベルの向上を目的として、法に定められた教育訓練に加えて施設利用前の教育訓練を実施してきた。この両施設では、RI が主として生命科学研究領域において使用されている点で共通性があるが、施設の利用方法や諸規則等、放射線安全管理の細部においては異なる点も多い。そこで、各施設において実施されている汚染検査により得られる汚染件数を調べ、これを共通性のある指標として、利用前教育訓練の効果について総合的に検討した。

2. 方法

(施設の概要)

長崎大学先導生命科学研究支援センター・アイソトープ実験施設は、長崎大学医学部キャンパス内に位置する学内共同利用施設であり、医学部所属の利用者を中心に約 1,000 名が放射線業務従事者として登録されている。年間の管理区域立入回数は、延べ 6,000～10,000 回に達する。

熊本大学生命資源研究支援センター・アイソトープ総合施設は、熊本大学医学部キャンパス内に位置する学内共同利用施設であり、医学部および薬学部利用者を中心に約 700 名が放射線業務従事者として登録されている。年間の管理区域立入回数は、延べ 6,000～8,000 回に達する。

両施設ともに主として生命科学領域における研究者（職員、大学院生等）による利用が最も多く、次いで学生実習（医学部、薬学部等）のための利用も多い。

(利用前教育訓練の概要)

利用前教育訓練は、すべての始めて RI 取扱を行う者、および利用休止（海外留学等）の後、利用を再開する者を対象とし、利用を開始する直前に実施した。教育内容には、実験室使用規則、RI 購入手続、作業届等法定帳簿の原本となる書式の記載方法、放射性廃棄物の処理方法、サーベイメータの使用法、実験内容に応じた実験室および各種機器設備の使用法と汚染検査と除染の方法等を含み、基本的に受講者に対してマンツーマンで教育を行った（Table 1）。1 回あたりの所要時間は約 1 時間であった。なお、長崎大学では 1998 年 4 月、熊本大学では 1999 年 1 月より利用前教育訓練の実施を開始した。

Table 1. Contents of pre-entry instruction

- laboratory rules
- radioisotope ordering information
- description of sign-up sheets
- radioactive waste management
- use of survey meters
- lab tour with an appropriate modification to meet with a specificity of each experiment

(汚染件数の元データ)

長崎大学では、最も使用頻度の高い ^{32}P の作業室における汚染件数を指標とすることとし、 ^{32}P 専用使用室である分子生物実験室内の各種機器、実験台、その他室内全域における施設職員による毎日の汚染検査（GM サーベイによる直接法）の結果を用いた。さらに、利用者自身が容易に発見できる汚染として、管理区域内で着用する黄衣のハンドフットクロズモニター（HFCM）による汚染検出件数も用いることとした。

熊本大学では、管理区域内全域の一般的な汚染件数を指標とすることとし、毎月の表面放射能密度検査（スメアによる間接法）における全 171 ポイントの汚染検査結果を用いた。さらに、利用者自身が容易に発見できる汚染として、HFCM による汚染の検出件数も用いることとした。

3. 結果

(受講者数)

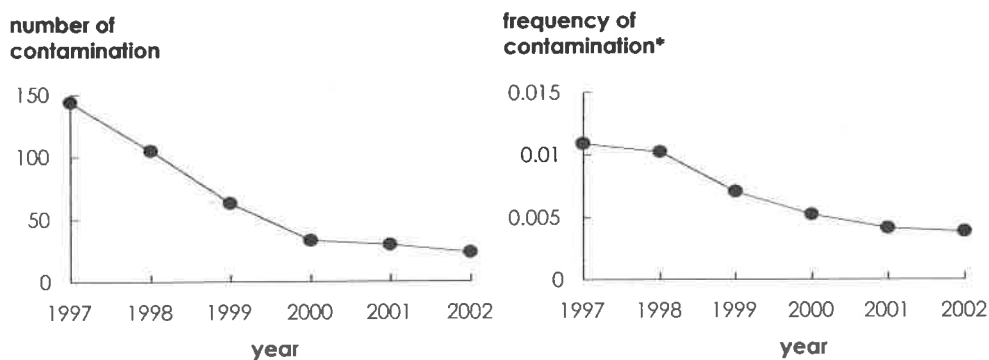
長崎大学および熊本大学における利用前教育の受講者数を Table 2 に示す。

Table 2. Number of yearly attendees of pre-entry instruction

Year	Nagasaki	Kumamoto
1998	44	-
1999	83	28
2000	50	61
2001	63	94
2002	55	64

(汚染件数および汚染頻度の変化)

長崎大学アイソトープ実験施設における、分子



* Frequency of contamination = number of contamination / yearly total entries

Fig.1 Reduction of contamination in molecular biology room of Nagasaki University by pre-entry instruction started in 1998. (A) Number of contamination. (B) Frequency of contamination.

生物実験室内の汚染件数および汚染頻度の利用前教育訓練開始後の年次変化を Fig. 1 に示す。なお、汚染頻度の数値は、年間汚染件数を年間の管理区域立入回数で除したものである。汚染件数は利用前教育訓練を開始前も 1997 年には約 150 件であったが、1998 年の教育開始後年次的に減少し、2000 年には約 30 件に留まった。その後もわずかながらも減少を続けた。汚染頻度は 1999 年から顕著に減少し、2002 年には 1997 年の 50% 以下となった。

熊本大学アイソトープ総合施設における結果を Fig. 2 に示す。利用前教育訓練を開始した 1999 年には管理区域内で 36 ポイントにおいて汚染が検出されたが、2000 年以降は 5 ポイント以下にまで激減した。汚染頻度も同様に 2000 年以降は顕著に減少した。

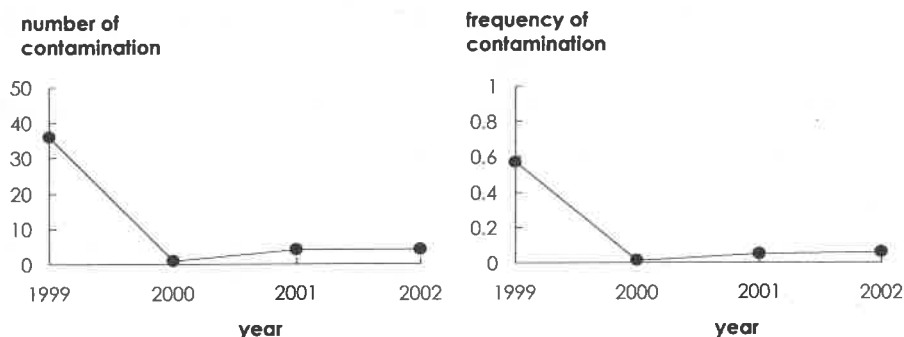


Fig.2 Reduction of contamination in the entire floor of the control area of Kumamoto university by pre-entry instruction started in 1999. (A) Number of contamination. (B) Frequency of contamination.

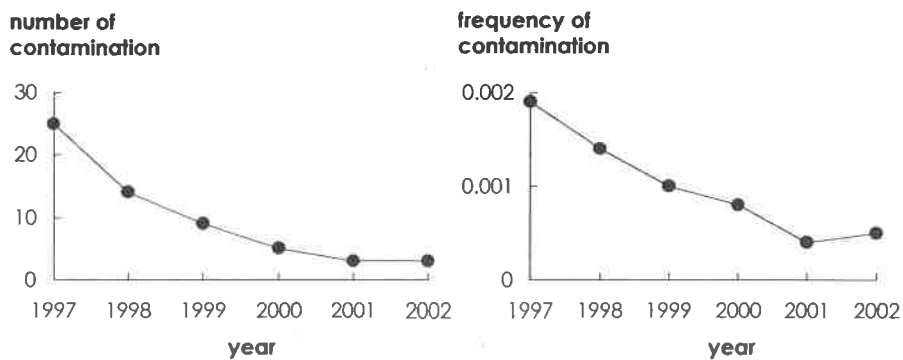


Fig.3 Reduction of contamination on lab coat used in the control area of Nagasaki university by pre-entry instruction started in 1998. (A) Number of contamination. (B) Frequency of contamination.

Fig. 3 および Fig. 4 には、それぞれ長崎大学における黄衣の汚染件数と汚染頻度、および熊本大学における HFCM による汚染検出数と汚染頻度を示す。長崎大学では汚染件数、頻度ともに 1998 年から年次的に減少を続けた。熊本大学においても、2000 年以降汚染検出数および汚染頻度が減少傾向を示し、2001 年には 1998 年の 10% 以下の数値となった。

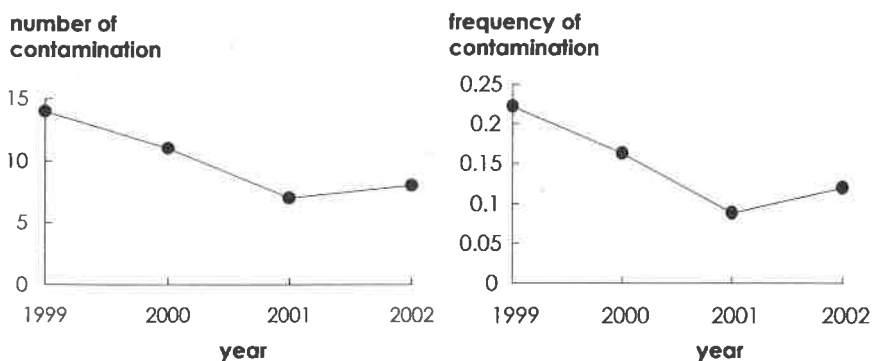


Fig.4 Reduction of contamination found by a hand-foot-clothes monitor of Kumamoto university by pre-entry instruction started in 1999. (A) Number of contamination. (B) Frequency of contamination.

4. 考察

非密封 RI 取扱施設における放射線安全管理を進めるにあたり、教育訓練等の種々の施策の効果を判定する上で、汚染件数の変化が切れ味の良い評価指標となり得ることを我々は既に報告してきた¹⁾。さらに、利用前教育訓練の受講者数と、汚染件数に負の相関関係が成り立つことも見いだして

きた²⁾。今回、異なる2つの非密封RI使用施設における利用前教育訓練の効果を、この汚染件数を指標として検討したが、施設の利用方法や諸規則等の放射線安全管理の細部、さらに汚染検査手法が異なるにも関わらず、両施設において同様の結果が得られた。すなわち、利用前教育訓練の開始とともに、使用頻度の高い実験室、管理区域全域の床、利用者の着衣等のいずれにおいても汚染件数は年次的に減少した。この結果は、一義的な法定教育訓練に加えて、各利用者のRI使用内容に応じたより実質的な教育訓練が、放射線施設内の安全管理に普遍的に有効であることを示す。

利用前教育訓練には、汚染の防止につながるRIの安全取扱手法を、利用直前に具体的に指導するという技術的側面とともに、face to faceな教育訓練を通じて、利用者と管理者の間のコミュニケーションが円滑になる、すなわち両者間の信頼関係が構築されやすいという心理的側面もあるであろう。その結果、利用者が汚染を起こしやすい作業を行う前や、生じた汚染に対処する際に、管理者に気兼ねなく相談、報告する体制が確立する。これらの総合的な結果として、汚染件数の減少が見られたものと考えられる。

利用前教育訓練を継続的に実施するには、管理者の多くの努力と時間が必要であるため、日々の放射線安全管理業務における負担が増すことになる。しかしながら、汚染数の減少によって、除染等の汚染後の措置に割かれる時間が大幅に減少し、さらに利用者との信頼関係が構築されやすい。すなわち長期的に見れば、むしろ管理者側の負担が軽減されることにつながるであろう。

この利用前教育訓練は、他の多くの放射線施設においても有効と思われる。しかし、職員数、利用者数、使用核種数、他の業務との兼任等により、利用前教育訓練の実施が困難な施設も多い。これらの施設においては、教育訓練と実際のRIの利用時期の期間を短くすることや、利用者の実験内容と汚染内容を出来る限り把握し、その実態に合わせた教育訓練を行うことにより、一定の汚染低減効果を得ることが期待される。

参考文献

- 1) 松田尚樹, 吉田正博, 高尾秀明, 金子衛, 山口幸子, 奥村寛: 汚染件数を指標とした非密封放射性同位元素使用施設における教育訓練効果の定量的解析, 日本放射線安全管理学会誌, 1, 40-44, 2002.
- 2) 島崎達也, 内田健治, 近藤賢子, 古嶋昭博, 西村泰治: 放射線取扱者に対する教育訓練の実施時期の違いによる教育効果の検討, 日本放射線安全管理学会第1回学術大会講演要旨集, 32, 2002.

7.17 Collaboration with a Local Organization on the Subjects of Energy/Radiation Field in High School Science Education

エネルギー・放射線関係教育における地域団体との協力

Takahiro SUZUKI¹⁾ and Chizuo MORI²⁾

鈴木 高廣¹⁾、森 千鶴夫²⁾

名古屋市経済大学高蔵高等学校¹⁾、愛知工業大学²⁾

Nagoya Keizai University Takakura High School¹⁾

Aichi Institute of Technology²⁾

〒456-8577 名古屋市熱田区横田 1-1-56 E-mail takakura@educet.plala.or.jp¹⁾

E-mail cmori@sc.starcat.ne.jp²⁾

中部原子力懇談会 (Chubu Atomic Power Conference)

E-mail cac-sugi@mb.i-chubu.ne.jp

We, high school teachers, collaborated with a local organization, Chubu Atomic Power Conference (partly in co-operation with The Radiation Education Forum), in the education on the subjects of energy and radiation fields. In addition to the subjects concerned with radiations, cloud chamber and personal radiation monitor, we developed a few new subjects, which are not directly connected themselves with radiations, for the purpose to widen the fields and to bring the high acceptability of the subjects in high school side.

1. はじめに

中学、高校における理科や総合学習の時間に、エネルギー・環境・放射線のようなやや特殊な分野の内容に関する授業を行ないたい場合に、外部地域団体などのそれぞれの分野の専門家が提案する出張授業を利用することは意味がある。しかし、外部団体が提案するテーマのみをそのまま受け入れることにやや難点がある場合がある。原子力・放射線を直接的なテーマにした授業ばかりではなく、これらのテーマを他のテーマと組み合わせた形態の授業のほうが、学校側が受け入れやすい。そこで、新しいテーマの開発を含めて双方が案を出し、検討し合い、内容や形態の幅を広げることを考えた。このような検討を通じて、原子力・放射線に関する直接的なテーマではなく、原子力・放射線に若干とも関連付けた他の新しいテーマの開発を行なうことができた。こうした二種類のテーマを組み合わせた形態の授業は、今後も促進する余地があると思われるので、実施例を報告する。

2. 出張授業の改善

中部地域では、エネルギー・放射線関係の分野で中部原子力懇談会（放射線教育フォーラムの愛知・岐阜・三重地区と連携関係にある）が中学、高校を対象に提案している「出前理科教室」がある。このような出張授業は受け入れる側に大いに利点があるので、年1回過去3年間受け入れてきたが、当初は、霧箱や「はかるくん」などのいわゆる放射線関係のみの実験や講義であった。学校側から、より一般的なテーマを組み込むことはできないかとの意見が出てきた。これは、より一般的な内容のテーマの方が、多くの教諭の協力が得やすいこと、生徒への理科の教科に沿った教育により適したテーマになり得る、などの理由による。

中部原子力懇談会側と相談の結果、若干ともエネルギー・放射線などに関連付けることのできるテーマを双方で検討し合った。結果として、水血压計実験を新しく開発することにした。これは、血液の流れと原子力発電などにおける蒸気の流れに類似性がある。また、地磁気実験も取り入れることにした。これは、地磁気と宇宙放射線、オーロラなどに関係がある。これらの実験はいずれも独自に工夫した実験である。いずれも若干はエネルギー、放射線に関係付けてはいるが、前者は、理科の人体に関する教科内容や圧力に関する教科内容に合致し、後者は、地球、磁気、発光スペクトルなどの教科内容に合致していて、高校として取り入れやすいテーマとなった。

3. 新しく開発したテーマの内容

3.1 水血压計実験

普通、血圧の値は、最高血圧、最低血圧で表示される。血液は血管内を満たし、その時一定範囲内の力で血管の壁を外に向かって押している。心臓が収縮し、血液が送り出される時が、その圧力がもっとも高くなる最高血圧。心臓が拡張し血液をその中にため込む時が、その圧力がもっとも低くなる最低血圧である。この血圧の測定は、現在ではほとんど電子血圧計で測定される。したがって、血圧の値の単位は何であるかは、あまり知られていない。しかし、比較的最近までは、水銀血圧計が使用されていたので、血圧値の単位は水銀柱の高さ mmHg であることを理解している人もいる。

血圧を取り扱うことは、上述のように生物の教科における、

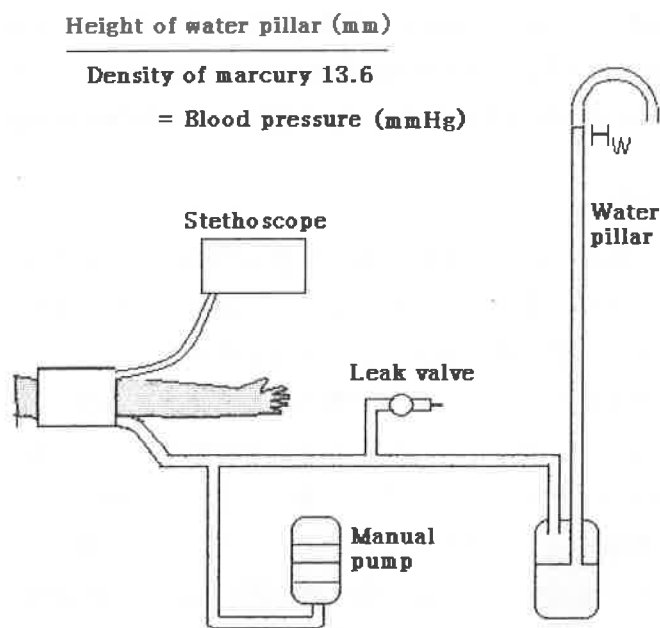


Fig.1 Schematic view of a water pillar blood meter together with a mercury blood meter

人体に関する内容の実験的役割を果たす。また、物理の教科における圧力に関する内容の実験的役割を果たす。

Fig.1 に水血圧計の構成を示す。図中に示すように、水柱の高さは、例えば最高血圧が 150 の人は、 $150 \times 13.6 = 2040\text{mm}$ になる。したがって、パイプの高さは 2メートルよりもやや高くする必要がある。

この授業においては、Fig.2 などの図を使って、最初に人体中の血流の説明をする。この時、心臓の弁の働き、毛細管、肺毛細管の働き、酸素と炭酸ガスと血液との関係、などを説明し、人体がいかに巧妙にできているかを納得させる。次いで、心臓の音について説明する。これは、あとで各自の心臓の音を聴診器で聞かせるときに役立つ。また、Fig.3 に示すように最高血圧、最低血圧についても説明する。

実験は 4 人 1 組で行なうのが良い。

血圧を測ってもらう人、腕に巻いた圧力パッドに手動ポンプで空気を送り圧力を上げ水柱を高くし、そのあとリーク弁を開けて徐々に水柱を下げる人、聴診器で血流の脈拍の音が聞こえ始める時と聞こえなくなる時を知らせる人（この人は先ず自分の心臓の音を聞いておく）、この知らせを聞いてその時の水柱の高さ（高い水柱 H_{WH} 、低い水柱 H_{WL} 、単位はミリメートル）を読取り記録する人、の 4 人である。次に高い水柱 H_{WH} および低い水柱 H_{WL} を水銀の比重 13.6 で割れば最高血圧、および最低血圧が mmHg の単位で得られる。

授業の最後には、人体における血流と、原子力発電あるいは火力発電における蒸気の流れの類似性について話し、人体においても、原子力発電においてもエネルギーの変換が行なわれていることを説明する。



Fig.2 Schematic view of the blood flow in human body

血圧とは？ 高い値：心臓が血液を押し出す力の強さ
低い値：血管のかたさ

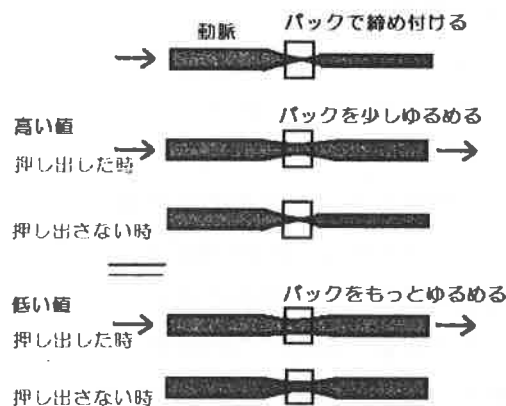


Fig.3 Explanatory figure on maximum and minimum blood pressures

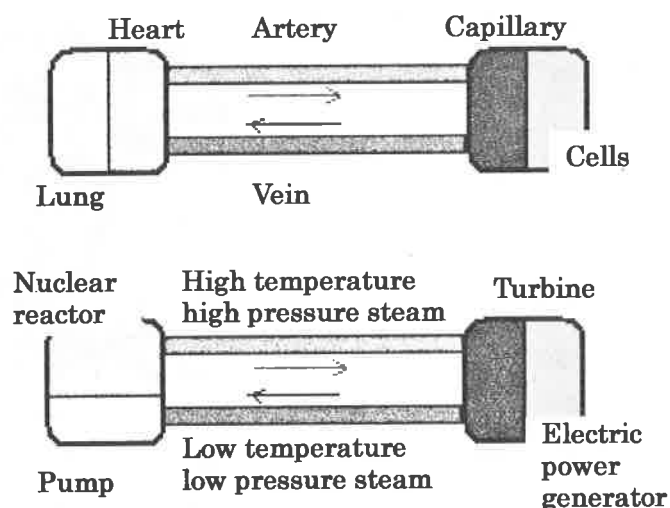


Fig.4 Similarity between the blood circulation in human body and the steam circulation in a nuclear power generator

3.2 地磁気実験

Fig.5 に示すように、生徒にコーヒーの空瓶、箸、セロテープ、針金など身の

回りの品を持参させ、全て手作りで地磁気のコンパスを作る。針金の磁化は、鉄板の黒板に紙などを一時的に止めるマグネットで可能である。この授業では、地磁気の実験を通じて、地磁気と宇宙線の相互作用、オーロラの発生などについても話をする、Fig.6。

Fig.7 に示すように、直径 2 メートルほどの銅線などのループを作り、ループの中に検流計を入れ、ループの上半分の半円を回転させると、検流計の針が左右の振れるのが分かる。いわゆる地磁気発電である。

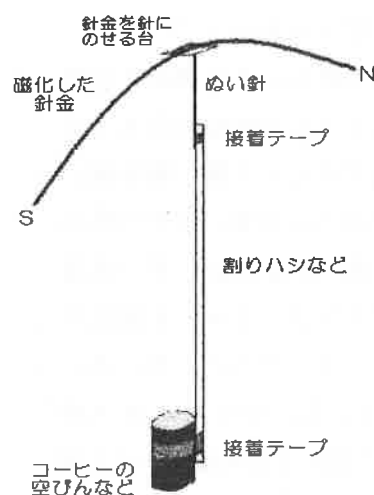


Fig.5 Hand made earth magnet compass

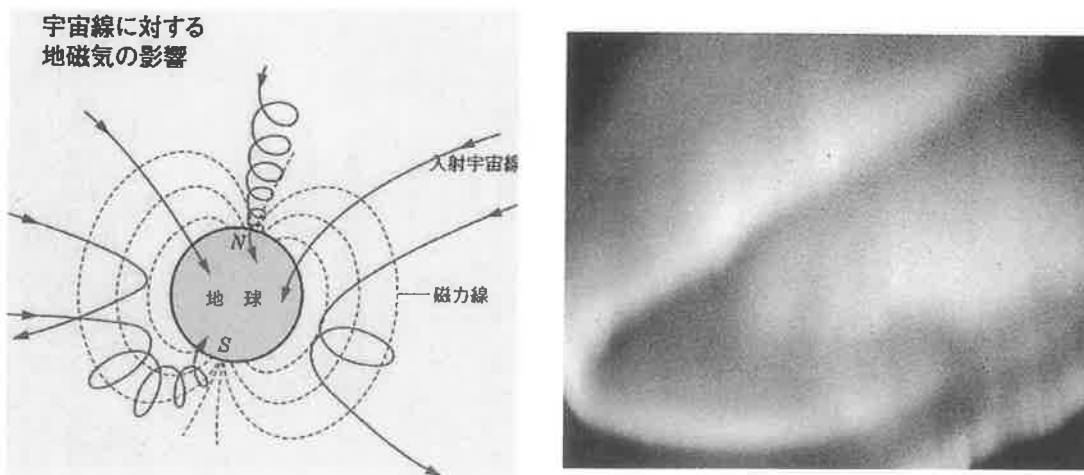


Fig.6 Left: earth magnet and cosmic rays into the earth surface.
Right: a picture of an aurora.

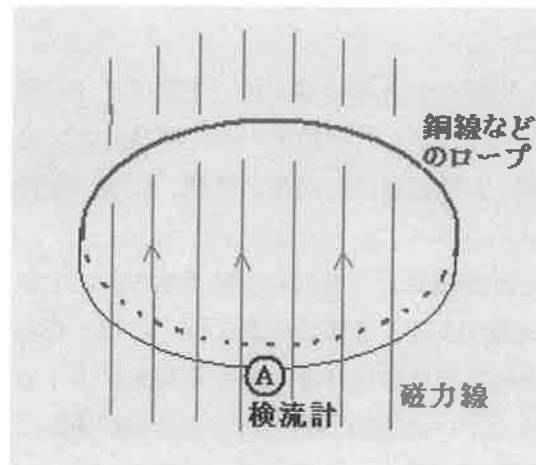


Fig.7 Illustration of electric power generation utilizing earth magnet

3.3 授業の実施

授業に先立って、打ち合わせを行い、前日には数名の理科担当教師、場合によっては文系の教師も交えて実際の実験の手伝いができる程度に予行演習を行う。おおむね2コマ(100分～120分)を連続して使い、2つのテーマを取り扱う。1つは霧箱や「はかるくん」などの放射線に直接関係したテーマであり、他の1つは放射線に直接関係しないテーマである。1クラス40名程度を2クラス交代で行なうことが多い。それぞれのテーマにおいて、最初に15分程度の説明を授業提供側が行なう。実験では学校側も実験指導に加わる。生徒に後片付けをさせ、質問、アンケートを実施する。アンケートを参考にしつつ、反省会を持つ。結果として、生徒側からも学校側からも肯定的な意見が非常に多い。Fig.8に授業における実験風景を示す。



Fig.8 Experiments with a water pillar blood meter(left) and earth magnet generator(right)

4. まとめ

放射線の出張授業を申し出ている外部地域団体（中部原子力懇談会）と、高校（名古屋経済大学高蔵高等学校）が協力して、新しい実験テーマを開発した。それらは、放射線、原子力に間接的には関係しているが、直接的には、高校の物理、化学、生物などの教科内容を補足するような実験内容とした。

新しいテーマは、水血圧計実験および地磁気実験である。いずれも手作りでできるため、どの高校においても実施が可能である。実際の実験においては、霧箱や「はかるくん」の実験と組み合わせて行なった。水血圧計実験は自身の身体を実験に供することもあって生徒は興味をそそられるようである。またチーム実験であるので協力関係を築くのにも役立つ。地磁気実験は身の回りに地球の磁気が存在することを感覚的に理解するのに役立つ。

謝辞

本実験の遂行に当っては、中部原子力懇談会放射線部会の委員の方々の協力を得た。ここに謝意を表する。

7.18 Regular Observation of Natural Background Radiation in High School Using a ventilated case for meteorological instruments

自然放射線の定期観測 一百葉箱の活用—

Tomohiro WATANABE
渡部智博

Rikkyo Niiza Junior and Senior High School
立教新座中学校高等学校

1-2-25 Kitano, Niiza-shi, Saitama 252-8523, Japan

〒352-8523 埼玉県新座市北野 1-2-25

e-mail twatanab@nhss.rikkyo.ne.jp

Abstract

There are many examples of the measurement of natural background radiation in schools. Most schools in Japan have ventilated cases for taking meteorological measurements, but they are rarely used. We measure natural background radiation using a ventilated case as part of chemistry club activities. Figures 2 and 3 to 6 show the natural background radiation in various rooms, and in the ventilated case, respectively. I propose that there are some advantages to using ventilated meteorological station cases for the measurement of natural background radiation.

1. はじめに

平成 15 年度から始まった学習指導要領¹⁾では、理科基礎、理科総合 A・B、物理 I・II、化学 I・II、生物 I・II、地学 I・II の科目がある。どの科目にも、放射線に関わる記述が見受けられる。理科総合 A では「原子力に関連して、天然放射性同位体の存在や α 線、 β 線、 γ 線の性質にも触れること」、理科総合 B では身近な課題例として「自然放射線の存在とその生物への影響」とある。

放射線に関する教育研究³⁻⁶⁾は多数知られている。平成 12 年度には、GIS (Geographic Information System: 地理情報システム) と自然放射線とを関連させた教育研究が開始され、続いて平成 13 年度には「放射線 Web による放射線教育の支援活動プロジェクト (財、日本科学技術振興財団)」⁷⁾などが活発な活動を展開している。

本研究では、「はかるくん」を利用して、「化学 I」(選択必修)、並びに化学部の活動の一つとして、自然放射線の測定を試みたので報告する。尚、化学部では、百葉箱を活用して、一定期間、自然放射線の観測を行った。

2. 実践事例 ―はかるくんの活用例

図1は、必修選択「化学I」で生徒らが測定した結果をまとめたものである。また、化学部の生徒らは、場所を限定し、理科関係の教室などで測定した。結果は図2である。

グラウンドの場所による違い、そして校舎内でも場所によって違いが見られることがわかった。

場所による違いの中でも、化学部の生徒らは、一定期間測定を試みるため、百葉箱を活用することとした。その結果を、図3から図6に示す。

図2では、場所毎の違いは見られるが、時間による違いは、ある一定の範囲内を上下している。ところが、図3、図4は、それぞれ30分ごと、1分ごとに測定した結果を表している。図3では、測定開始から約1日経過したところでピークが見られる。そして、その後測定値は下がっている。図4は、図3の測定から約1日後から測定を開始

したものである。値が徐々に減少していることがわかる。このピークは、その時間帯に雨が降ったことによるものである。図5並びに図6は、1分ごとに測定したときの変化である。やはり、降雨の影響で、測定値が増減していることがわかった。

3. まとめ

「はかるくん II」を用いると自然放射線が簡単に測定できることは良く知られているが、「百葉箱」を活用すると、その時々天気との関係を考察できることがわかった。30分ごとの測定でも、降雨によるピークが認められた。自然環境を観測することと言えば、気温、湿度、大気圧が一般的であるが、さらに「自然放射線」の測定を加えることができることがわかった。今後は、インターネット⁸⁾を活用して学校間の情報交換を深めたり、継続的な定点観測の実施が有効であると考えられる。

【謝辞】 実践にあたり、多くの方々のご指導、ご協力を頂いた。特に、放射線教育フォーラム教育課程検討委員会、放射線 Web による放射線教育支援活動委員会（財、日本科学技術振興財団）、（財）放射線計測協会（石沢昌登氏）には心より感謝申し上げます。

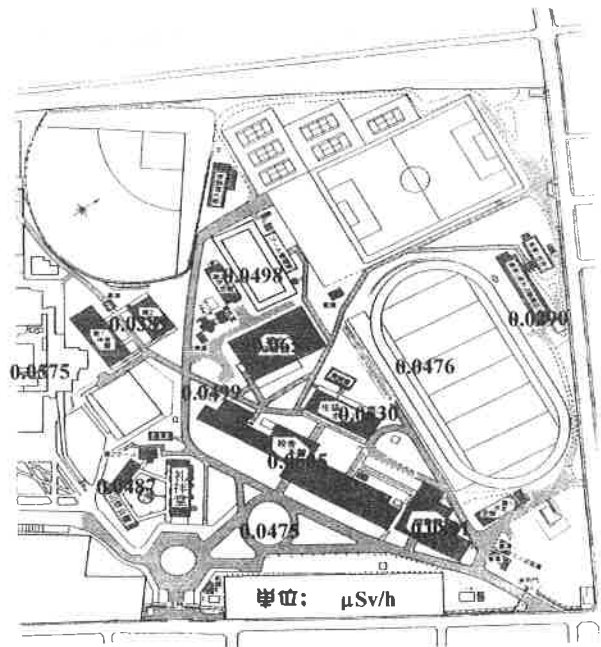


図1 立教新座中高のキャンパス

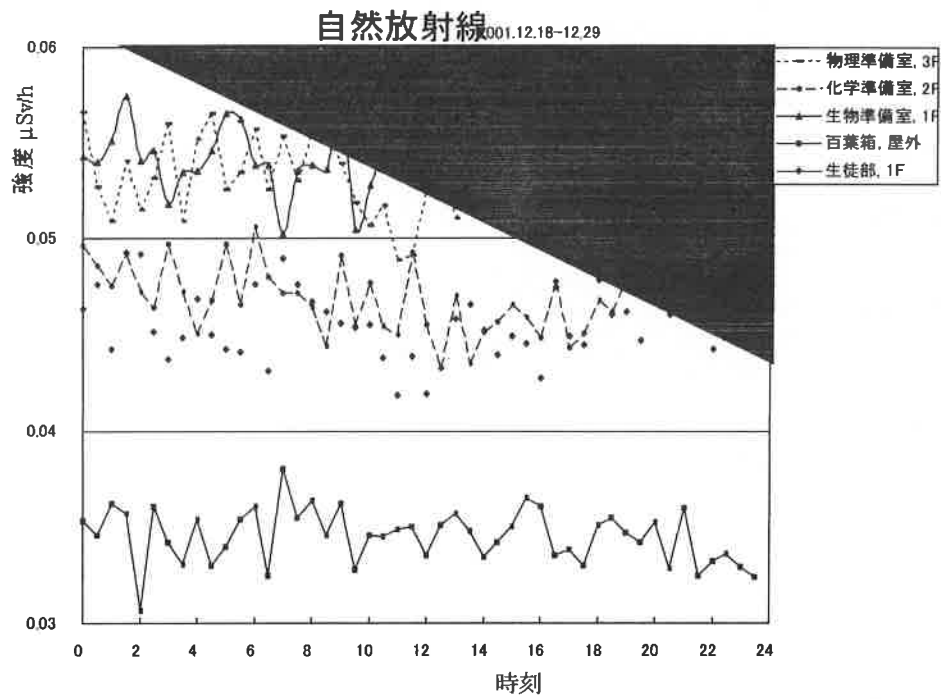


図2 自然放射線の場所による違い

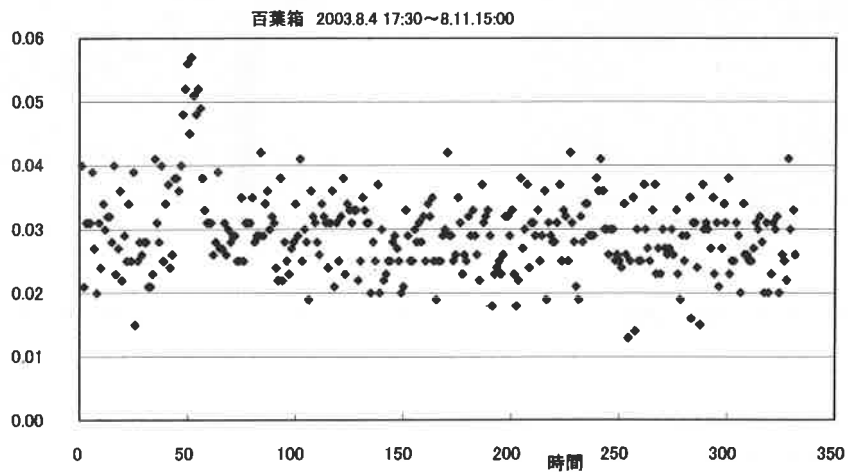


図3 百葉箱を用いた自然放射線の測定(1-1)

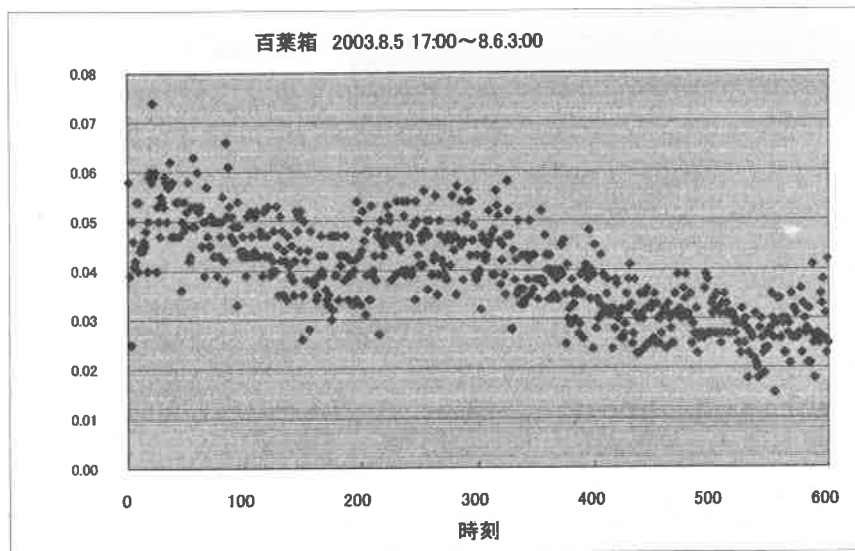


図4 百葉箱を用いた自然放射線の測定(1-2)

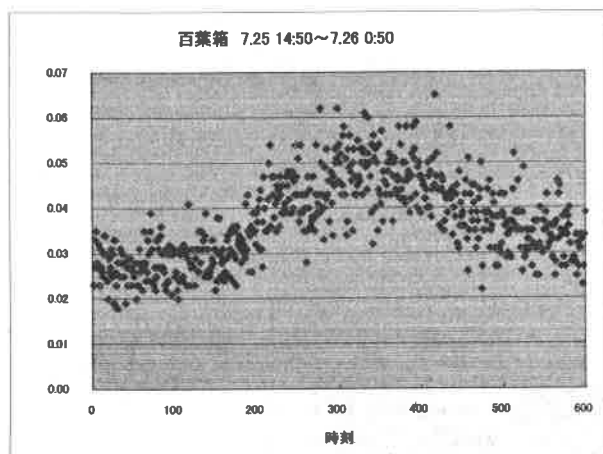


図5 百葉箱を用いた自然放射線の測定(2-1)

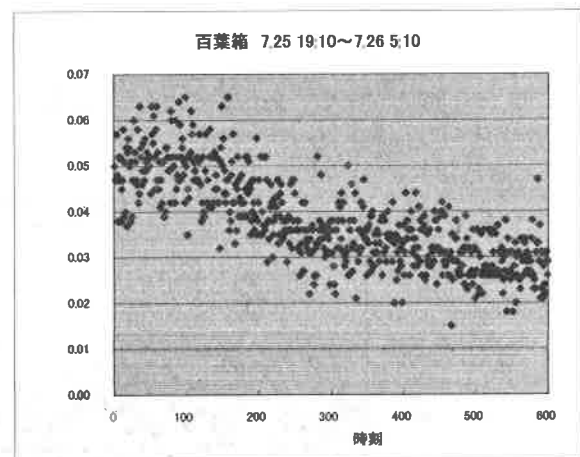


図6 百葉箱を用いた自然放射線の測定(2-2)

【参考文献】

- 1) 「高等学校学習指導要領」；文部省，平成11年3月。
- 2) 「高等学校学習指導要領解説—理科編，理数編—」，文部省，平成11年12月。
- 3) 黒杭清治，化学教育，20巻，2号，139頁(1972年)。
- 4) 丹伊田敏，化学教育，23巻，3号，244頁(1975年)。
- 5) 高木義雄，化学と教育，47巻，4号，280頁(1999年)。
- 6) 鎌田正裕，深川志乃，市川和子，化学と教育，48巻，11号，736頁(2000年)。
- 7) 「放射線 Web による放射線教育の支援活動，測定実践報告書」(財)日本科学技術振興財団，平成14年3月。
- 8) <http://hoshasen.jsf.or.jp/>

7.19 Radon-monitoring in the town Balatonfüred, Hungary

George Vastagh

(Lóczy Lajos Grammar School, Balatonfüred, HUNGARY)

e-mail: vgy@loczy.sulinet.hu

Introduction

The indoor radon monitoring by students in Hungary began in 1989. At the beginning we used a vacuum cleaner to collect the daughter elements of radon on medical gauze in the cellar of our school. The collection was done for years each morning at the same time for a half an hour. Then together with the students we measured the activity of the gauze by Geiger counter. The activity changed with the weather, but sometimes very high activity turned up. In those days the students visited the geophysical observatory and learned about earthquakes because their hypothesis was that earthquakes cause the outliers of the radon data series. [1]

In 1994 another, countrywide network was organized to measure the radon activity concentrations in homes. In this network not only high school students but also elementary school pupils could take part with their physics or science teachers. This project was more interesting for the young people, because detectors were distributed for each of them and they could take the detectors to their home to measure the radon activity concentrations in their bedrooms.

Our school (the Lóczy Lajos Gimnázium) in Balatonfüred¹ joined the Rn-monitoring network in the school year 1995-96. The main pedagogical aim was to introduce the natural radioactivity to my students – AT HOME! In this way not only by oral arguing, but with personal experience they were able to understand something about radiation. On the other hand it was interesting for them (and for me as well) how the soil containing natural uranium and radium effected the radon activity concentrations in houses in our town, Balatonfüred.

How did we prepare the students for the monitoring?

To join the project was free for the students, but who joined had to take an extra curriculum subject in the afternoon. On these afternoon meetings the students learned about radioactivity: nuclear basics, half lifetime, activity, and the meaning of their units. Background radiation, half lifetime of Ba-137, and radiation absorption in different materials were measured by Geiger counter. We spoke about the biological effects of radiation and about radiological protection. At the end I also talk about properties of radon. Thus they were prepared for the monitoring, they knew: why and how we would measure the radon at home, how the „radon-box” was functioning, why and how must the data of the room, of the house, of the living style, and of the exposure time must be filled in the prepared survey sheet.

How did we measure?

We received the detectors from Eszter Tóth, RAD Labor at the beginning of autumn (Sept), winter (Dec), and spring (March)². The detector is small boxes (diameter 1.5 cm, height 4.7 cm), inside the box there is the CR39 track detector of an area 1 cm². The boxes stayed at the same

¹ Balatonfüred is a small town in West-Hungary at lake Balaton, with 13000 inhabitants

² In Hungary the school year begin in September and end in June. Summer time is the vacation. But luckily at Summer time the radon level in homes very low because of the open windows. From the 3 times 3 months measurement one can estimate the yearly average radon activity concentrations.

place (at 0,5-0,7 m height) in the studied room during three months to collect enough tracks in the plate to get results with relative low error.

Knowing that the source of radon mainly the soil, I had encouraged those students to join the project who were living in the ground floor of their houses.

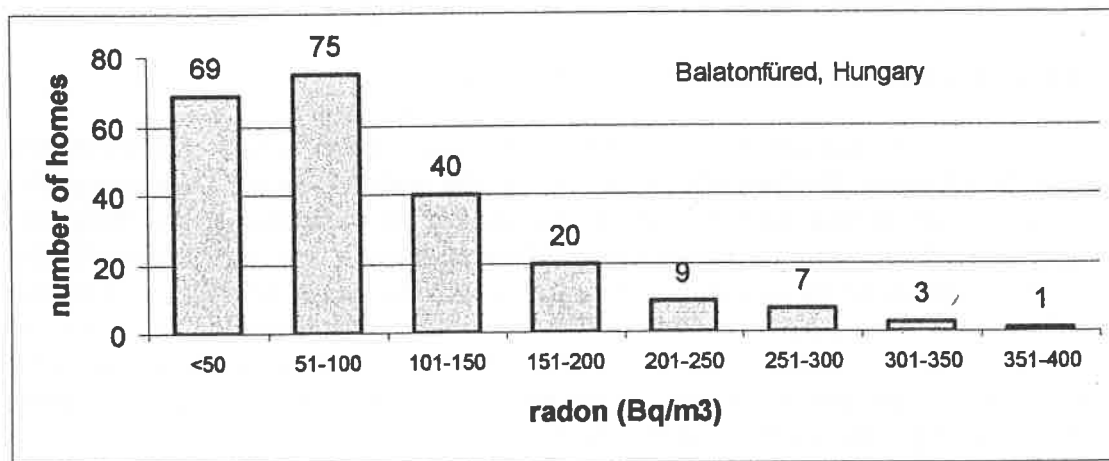
How did we get the results?

At the end of each exposure period (approximately 3 months) the students brought back the boxes into the school. I send the boxes together with the list of addresses of houses, with the numbers of the boxes, and the exact exposure time intervals to the RAD Labor, Budapest. There Eszter Tóth's students – after a chemical process – counted the tracks on the detectors and she sent the results to me. Usually not only our results were in the letter but also the minimum, maximum, averages, and medians of all the measured houses in that period in Hungary. In this way we were able to evaluate our results in a wider aspect. At the end of a school year we got also the estimated yearly averages for each measured home.

Conclusion

During the 8 years survey we measured the radon activity concentrations in 224 homes of our town Balatonfüred. (See Figure) One can see that in our town radon is not dangerous. The yearly average radon concentration exceed the value 300 Bq/m^3 only in 4 homes. By forced ventilation in the evenings it can be reduced very well.

The main conclusion is that 224 students, their classmates, their parents, brothers and sisters, grandparents, etc. were able to meet in a objective and scientific way with radiation. They have learnt that radioactivity is a natural phenomenon, it can be find at home as well. And *my students became experienced in a good reasoning in nuclear literacy.*



Figure

Reference

1. George Vastagh: "Radon-monitoring in Hungarian schools" (IKIWI WAKUWAKU, Japanese-Hungarian Physics Teachers Meeting, 1992)

7.20 Report on Energy-Environment Education in Physics Class

物理の授業における「エネルギー環境教育」実践報告

Takafumi WATAHIKI

綿引 隆文

Tsuchiura Daiichi-High-School

茨城県立土浦第一高等学校

Email:takafumi-w@mtg.biglobe.ne.jp

〒300-0051茨城県土浦市真鍋4-4-2

Abstract

The purpose of the teaching of environmental problems is that the students who live in the 21st century acquire a moral and practical understanding of these issues. In a class of the high-school physics, energy and environmental problems were taught. They learned the second law of thermodynamics and the irreversibility principle in physics, and the energy-environmental problem. As a practical assignment, they surveyed saving methods of electric energy in their home, and reduced its consumption. Students' impressions of this assignment are also introduced.

1. はじめに

21世紀を担う生徒たちが、環境に対して高い倫理感と実践力をもつことは環境教育の大きな目的である。おもに、前任校（茨城県立那珂高等学校）における物理の授業の中で、エネルギー環境問題の授業を実践した。内容は、学習編と実践編に分かれ、学習編では、エネルギー消費の物理的な側面と環境問題としての側面を学習する。実践編は、自宅で消費電力の省エネの調査と実践を行う。生徒の反応、感想もあわせて紹介したい。

2. 授業の目標

学習編の授業は、物理ⅠBの「運動とエネルギー」の熱力学第二法則の後に実施した。調査と実践は夏休みに行った。授業の目標を次のように掲げた。

ア エネルギー消費や技術の熱力学的側面を理解するとともに、エネルギーの大量消費による地球環境問題の実状を理解する。

イ エネルギー消費において、南北間の格差が大きいことを理解し、省エネの意義を自覚、調査や実践を通してエネルギーづけでないライフスタイルを模索する。

3 「学習編」の授業展開から

「学習編」の授業は3～4時間をかけた。物理室で行い、レジュメと資料は前もって配布し、説明はOHP等を使う。特に、環境問題の本質をユーモアと風刺をきかして表現している漫画も利用した¹⁾。

3.1 熱力学第二法則

エネルギーを消費するとは、エネルギーはトータルとしては保存しているが、有用なエネルギーが不可逆的に、使い道のないエネルギー（たとえば低温熱）に変わっていくことを意味する。このような熱学的視点は、生徒がエネルギー問題を考える一つの視点として重要だと思われる。以下、自分のささやかな試みの中から、熱力学第二法則の視点に関連する部分を述べてみたい。

3.11 不可逆現象の説明

不可逆現象として次の例をとりあげた。

- ① 自転車にブレーキをかけ自転車が止まる。
- ② 熱くなったフライパンが冷めてくる。
- ③ インクを水にたらすとインクが広がって行く。

これらの現象を物やエネルギーの散らばり（拡散）としてまとめてみた。③は拡散そのものであり、①は、物体全体がもつ運動エネルギーが、ブレーキとその周辺の分子の熱運動のエネルギーに散らばったと考えられる。②では、フライパン分子の熱運動が、まわりの分子との衝突を通して周辺の分子の熱運動へと散らばっていく現象だとみなせよう。

エントロピーという用語を使わないでエントロピーの増大を説明するために、「物やエネルギーは、全体としては散らばる（拡散する）方に変化が進む。」と表現してみた。

3.12 熱力学第二法則とそれを実感する実験

1 mの高さから、亜鉛や銅などの金属粒を数十回落とすと、金属粒の温度が上昇し、力学的エネルギーが熱になったことがわかる、しかし、発生した熱がひとりでに仕事に変わり、亜鉛粒を動かすことはない。この不可逆現象を、次のような演示で実感させてみた。図のように、30～40cm程度の木の枠に、ばね、または輪ゴム等で、10個程度のおもり（10 g程）を結びつける。おもりを分子に見立て、この教具を手で動かして急に止めると、おもりがばらばらな振動をする（熱運動に対応）。しかし、ばらばらな動きになった状態から、すべてのおもりが向きをそろえて動き出すことはまずあり得ないことを話し、いったん熱になった状態から、仕事を100%取り出すことは不可能であることを印象づけてみた。

このような仕事と熱の不可逆性が原因で、熱力学第二法則「得られた熱をすべて仕事に変えるような熱機関は存在しない。」が成り立つと説明し、廃熱が必然であることを、次の実験で実感させてみた。

図2のように、先を細くしたガラス管をゴム栓に通し、水が入った丸底フラスコにゴム栓をつける。ガラス管の下端は水の中に十分入るようにする。フラスコに熱湯をかけると水が勢いよくガラス管から吹き出す。

この実験を演示し、フラスコ内の空気が熱を吸収し、水を噴出させる仕事に転換していることを話す。生徒たちに「熱湯をかけ続けるとどうなるか。」と質問する。熱湯をかけ続けフラスコ内の温度が上がりきってしまうと熱を吸収できなくなり、水を噴出できなくなる。そこで生徒に、「再び、水を勢いよく噴出させるにはどうしたらよいか」と問う。

「冷やせばよい。」という答が返るときもある。実際、フラスコに水をかけ冷やしてから熱湯をかけると、再び水が勢いよく吹き出す。これらから、熱機関として、仕事を取り出し続けるには、高熱源から熱を得るだけでなく、必ず低熱源（環境）に熱を捨てなければならないことが実感できる。

噴水実験においては、温水をかけるより熱湯をかける方が水は勢いよく飛び出す。次に、温度差発電を演示する。市販されている熱起電力実験器を使い、お湯と水により、温度差を作る。このとき、高熱源のお湯の温度が高いほどプロペラがよく回転する。

このことから、高温の熱源から吸収した熱の方が低温の熱よりも多くの仕事に転換できる。つまり、高温の熱の方が、仕事に転換するのに、より有効なエネルギーであることがわかる。

3.2 仕事として取り出せるエネルギー

現在、火力発電、原子力発電の発電量の合計は日本全体の発電量の9割近くを占めている。これらは、一種の熱機関であることを図3を使って説明する。高熱源から吸収した熱によって、水が高温高压の水蒸気になる（図の左側）。この水蒸気は低熱源の冷却水によって冷やされ、水に戻って減圧される（図の右側）。タービンは、この圧力差を利用して仕事をするようになる。廃熱は冷却水を通して環境に捨てられる。

ところで、高温熱は、低温熱に比べ、その温度が高いほど仕事としてとりだしやすかった。火力発電や原子力発電では、図の左側の水蒸気の温度が高いほど熱を仕事に変える効率は増す。原子力発電は、原子炉内が放射線にさらされる影響で、水蒸気の温度を火力発電よりも低く設定しなければならない²⁾（鹿島火力発電所：538℃³⁾ 柏崎刈羽原子力発電所：282℃³⁾、いずれも東京電力）。このため効率としては、火力発電が約40%で、原子力発電は35%弱である³⁾。

100万KWの発電所では、効率が1/3の場合、300万kwの高温熱を得てもそのうち100万KWが電力になり、残りの200万kwは低温熱として環境に捨てられる。生徒には、100の電力を我々が使うとき、200の熱が廃熱として環境に捨てられていることを自覚しようと話した。また、関連して「発熱量が同じ電気ストーブと石油ストーブでは、どちらがより多くのCO₂を出していることになるか。」という質問をし、解説した。

発電の時の廃熱は、熱力学の必然であるが、一方で、この廃熱を利用するシステムがコージェネレーションである。特に、デンマークでは、電力と共に、熱の地域への供給を積極的に押し進めており、開発された熱電併給プラントは、熱と電気で90%のエネルギー効率になっている⁴⁾。これは、CO₂排出削減に大きく貢献する。デンマークの新エネルギー計画（Energy21）では、CO₂を2030年までに1990年レベルの半分以上に削減することを目標に据え、熱電併給以外の火力発電所の建設は禁止としている⁵⁾。

日本は、冬の寒さがヨーロッパと異なり、同列では論じられないが、日本の火発や原発では、コージェネは行われておらず、コージェネは工場など一部に限られている。将来、燃料電池による発電が家庭単位で普及すれば、コージェネによって、エネルギーの利用効率を格段に高めることが期待できる。

3.3 熱力学第二法則から技術やリサイクルを考える。

生徒は、技術が進歩さえすれば、環境問題も解決できるという意識が強い。しかし、熱力学の第二法則は、技術の進歩にかかわらず、できないことがあることを教えてくれる。熱力学第二法則を、「物やエネルギーは全体としては拡散していく。」と言い換えてみると、環境技術の中で、ある一部分を改善しても、トータルでは（たとえばCO₂まで含めれば）、地球に負荷を与えることに注目する必要がある。

図4をOHPで生徒に示し考えさせる。「来たるべきゴミ焼却炉」¹⁾、いろいろな有害物

質を濃縮，除去できる装置が本体の何十倍の規模でついている。内藤正明氏は，「防除技術に関して注意すべきは，ものによって局所的，一時的な環境改善はするが，全地球的な環境負荷でみると何の改善にもなっていないものや，かえってトータルには増大しているものがある。少なくとも，エントロピーという指標で見ると，一部の生物的处理技術以外は増大しかもたらしていないことになる。」と指摘している⁶⁾。この戯画でいえば，大量のエネルギーと原料を投入して処理したということは，最終的には，煙突などを通して，大量のCO₂等の物質や熱を拡散せざるを得ない，ということになるだろうか。エントロピー的には，系の中で部分的にエントロピーを減少させても，全体では増加するから，大量のエントロピーを系外に廃棄しなければならないことを意味している。

次は，「ついに，ごみから油を回収するプラントが完成しました。」という漫画¹⁾。石油からできたプラスチックからひとりでに石油を回収することはできない。したがって，石油を回収するためには新たに多くのエネルギーを投入しなければならない。コップ一杯の油を取り出すために，皮肉にもプラントの裏の方で原料の石油がドラム缶で運び込まれている……このように，熱学の視点は，技術をトータルで見なければならないことを教えてくれると思われる。

リサイクルが環境保全のキーワードという見方があるが，これを熱学的視点で考える。製品が作られる過程は不可逆だから，製品が使用済みになったものを元に戻すのに，必ず，エネルギーや原料を投入しなければならない。そのとき，廃物や廃熱によって，環境に負荷を与える。したがってリサイクルについては，リサイクルを行うことによる環境への負荷と，リサイクルを行わず製品を使い捨てにした場合の資源の消費や環境への負荷（特に，廃棄による毒性の評価）を，総合的に比較検討しなければならないことになる。

現在は使い捨てが多く，ダイオキシンなど，焼却処分では有害物質が生み出されるケースや，廃棄物処分場から漏れだした有害物質による環境汚染の問題が起こっている。大量生産，大量消費，大量廃棄からの脱却が必要であることを話し，生徒には，Reuse（修理しながら何回も使う）やReduce（エネルギーや資源の消費そのものの縮小，ゴミの量の縮小）がまず必要であることを強調した。自分が小学生の頃のReuseのエピソード（靴，靴下，傘など，いろいろなものを修理したり繕ったりして何回も使ったこと）を話し，21世紀にふさわしいライフスタイルは何なのか問いかけてみた。

3.4 世界のエネルギー消費のかたより

各国のエネルギー消費を国民一人当りに換算したものが図6（EDMC編：エネルギー・経済統計要覧，（省エネルギーセンター，1995年版）をもとに筆者作成）である。縦軸は一人当りのエネルギー消費量，横軸は人口を表す。図の階段の下側の部分の面積はその国の総エネルギー消費量を表している。

一人当りのエネルギー消費量を見ていくと，先進工業国と途上国では大きな差がある。地球上のすべての人がアメリカのようなエネルギー消費をしたら，地球環境は破綻する。一方，途上国では，先進国の物質的豊かさを手にいれたいと望んでいる。

世界の人々が共生するためには，先進国の人々は何をしなければいけないか生徒に問いかける。我々は，現代の生活を見直し，エネルギーの飽食を改めなければならないのではないかと，各人が生活の場で省エネを工夫し，実践することは大きな意義があるのではないかと訴えた。

なお、1人当りのエネルギー消費を1秒間当りに換算すると日本人の場合は $5.4 \text{ k w}^{7)}$ である。日本全体では1000wのストーブを5億台以上昼も夜もつけっぱなしにしていることに相当する。

3.5 地球温暖化の影響について（詳細は省略）

地球温暖化の原因と影響、特に、気候の変化に伴う影響、食糧危機の可能性について説明した。

3.6 生活を見つめなおす

我々は手軽に電力を利用しているが、家庭で使われるエネルギー源の中で、電力が二酸化炭素の放出に最も大きな割合を占めている⁸⁾。電力をつくるのに、多くの化石燃料を燃やしているからである。したがって、生活の中で、電力消費を工夫して抑えることは、二酸化炭素の放出の抑制に大きな意義がある。

家庭で使われる電気器具の消費電力を示しながら⁹⁾、エアコンの消費電力量が家庭電気器具の中で最大級であることを示す。モーターで風を送り、体表から気化熱を奪うことで涼しさをもたらす扇風機は、消費電力がエアコンの1/20～1/30程度である。つまり、エアコン1件分は扇風機を使う20～30件分に相当する。

エアコンが、室内の熱Qを電気のエネルギーWを使って外にくみ出すとき、くみ出される熱は $W+Q$ となる。

都市部ではエアコンからの廃熱で外はますます暑くなり熱の島（ヒートアイランド）になる。暑くなれば、ますますエアコンを利用し、エネルギー消費はますます増大する。

近年の都市部の夏の気温の上昇の資料¹⁰⁾を示しながら、エアコンや扇風機という我々が何気なく使っている電気器具も、何千万という人の利用の仕方、エネルギー消費や環境を大きく左右してしまうことを話した。

また、全国の自動販売機の消費電力の資料¹¹⁾、ヨーロッパでは路上に自販機をみかけないという事実、マイカーと公共交通機関の環境への負荷を示す資料¹²⁾などを示しながら、地球環境まで視野にいったとき、文明の利器をただ便利だからと安易に利用するのでなく、環境への配慮から見直す必要があると話した。

最後に、君達の子や孫たちが安心して暮らしていける環境を残すためにも、環境問題に関心をもち続け、できるところから実践や行動を起こしていこう。こう結んで、学習編を終えた。

4. 「実践編」の概要

夏休みごとに1994年度から「消費電力の省エネに挑戦」というテーマで、物理を選択している生徒に課題を出した。以下にその方法を示す。

- ① 家庭の積算電力計で消費電力量を調べる。最初の3日間を今までの生活通りに過ごし、後半の3日間を生活の中で節電に努力して過ごす。
- ② 3日間の消費電力量を前半と後半で比較する。1kwhの電力消費は炭素換算で120gの二酸化炭素の放出に相当するというデータ¹³⁾をもとにすれば、各家庭の電力消費による二酸化炭素の放出量を計算することもできる。
- ③ 電気の省エネで実行したこと、省エネを実践してよかったこと、困ったことを報告する。

5. 生徒の実践報告

生徒のレポートから、電力の省エネで実行した具体的な方法を次に示す。

「電灯をこまめに消す。」「頻繁に冷蔵庫の開閉をしない。開閉をすばやくする。」

「TVをつけっぱなしにしない（見たくもないTVを見ないようにする）。」

「TVをなるべく一カ所で見える。」

「エアコンを扇風機に変える。」「エアコンをなるべく使わない。または、設定温度を上げる。」「早めに寝る。」「家の窓、ドアなどをすべて開け風通しをよくする。」「髪の毛を自然乾燥させてからドライヤーを使った。」など

生徒の報告によると、前半3日間の消費電力量の平均値（1994年～1999年 世帯数229世帯）は43.5kwhで、省エネを工夫した後では、3日間で35.4kwhになった。つまり、各家庭の努力によって平均20%の省エネが実践できたことになる。これを、日本全体の家庭で実践したとすると、1日あたり実に約1億キロワット時の省エネになるという計算になる。これは、二酸化炭素排出係数¹³⁾をもとに灯油に換算すると約1700万リットルである。特に、エアコンを扇風機に変えたり設定温度を上げたりした場合は、30%近い省エネができるという結果がでた。

ここで、生徒の感想から一部を紹介する。

「最初はめんどろと思ったが結果が出たときは何ともいえない喜びが得られた。」

「節電していると、『自分も地球環境に協力しているんだな。』というような充足感のようなものを感じた。」

「スイッチをこまめに切ったりしただけで、これだけの電気量が節電できて、これを各家庭でやったら真夏の午後の電気量のピーク時に役立つと思った。」

「生活の中でだいぶ電力を無駄に消費していることがわかった。しかし、猛暑の中、扇風機だけだと、風をおくるだけなのであまりすずしくもないし、部屋の温度が下がらないのでやはりエアコンの方が便利だと思った。」

「節電をして特別困ったこともなかったので日頃いかに電気を無駄使いしているかがわかった。」

「省エネに挑戦し、それがどれだけ大変なのかがよくわかった。というのは、今の自分たちの生活がとても電気に頼っているから、それを改善するのは大変困難だと思った。だが、それだけに電気の大切さ、重要さがわかったのでこれからもできるだけ省エネに努めたい。」

「エアコンをいつも低温で使っていて、それをやめただけでも電気の使用量は違うなあと思いました。」

「意識して電気を消す行動をほんの少ししただけで節電の結果が出た。私一人が少し心がけるだけで結果が出るのだから世界中の人々が少し節電をすれば膨大な量の節電になり二酸化炭素排出量も減り地球にやさしくなれると思った。うっかり節電していることを忘れそうになるのでがんばって意識した。」

また普段のエネルギー漬けの生活が、便利ではあっても、いかに生徒の自然な生活のリズムや健康を損ねているのかがうかがえる感想も少なからず見受けられた。いくつか紹介したい。

「普段はクーラーをかけすぎて部屋から出るとめまいがしたがそれがなくなり、体調もよ

くなった。」

「クーラーを使わず、窓を全開にして自然の風を入れるようにしたらかえって、気持ちよかった。」

「良かったこと：地球の温暖化防止、体調が良い。悪かったこと：暑い、めんどろ。」

「クーラーを使わないようにするために、朝早く起きるようにしたら、夜更しがなくなり、体調がよくなった。」

次の感想は運動部の練習に熱心な女子のものである。

「エアコンを使うと体が弱くなると思うし、電気代もかかるし、外の部活をやった後だと家の中は涼しく感じるので使わなくても平気だった。」

しかし、以下の感想も多かった。「クーラーを切って扇風機にしようとしたら、父に怒られた」「親が会社でエアコンになれてしまっているせいで温度を28度に設定するとすぐに温度を下げてしまった。」「家族の協力が得られない、特に兄はまったくだめだった。」

「節電は一人でがんばってやるのは難しいので、家族全員の協力がないと無理だなと思った。」など、省エネにしても、結局、生き方や人生観の違いが根底にあるので、家族の中でも、合意していくのは難しいようだ。しかし、だからこそ、環境に対する倫理感を若いときに養うことは大切ではあるまいか。

6. おわりに

生徒には、科学技術が進歩さえすれば、エネルギー問題も環境問題も解決できるという意識が強い。技術の進歩自体は素晴らしいが、技術の進歩で車や電気器具のエネルギー効率が向上しても、全体の意識が大型指向になると、環境への負荷が軽減されない。また、熱力学の法則は、技術がどんなに進歩しようと、できないことがあることを教えてくれる。

この実践では、いたずらに技術の進歩に期待するのではなく、我々の生活を見つめ直し、できるところから実行していく実践力を養いたかった。機会があれば、今後は、エネルギー政策の国際比較を取り入れたい。エネルギー政策に対して、21世紀を支える生徒が見識と判断力を養うように支援していきたいと考えている。

引用文献および注

- 1) 高月 紘；漫画ゴミック「廃貴物」第1集～第3集，（株式会社日報，1986～1995）
- 2) 武谷三男編；原子力発電，（岩波新書，1976）42.
- 3) 資源エネルギー庁原子力政策課による
- 4) 林,矢野,青山,和田:地球温暖化を防止するエネルギー戦略，（実教出版，1997）,217.
- 5) 和田 武（立命館大学）の報告による
- 6) 内藤正明；エコトピア，（日刊工業新聞社，1992）122.
- 7) EDMC編；エネルギー・経済統計要覧，（省エネルギーセンター，2000年版）217.から算出
- 8) グリーンピースジャパン編；ストップ！地球温暖化，（グリーンピースジャパン，1991）40.
- 9) 資源エネルギー庁；平成11年度電力需給の概要より
- 10) 朝日新聞（朝刊）（1998.7.9）
- 11) PHP研究所編；地球環境にやさしくなれる本，（PHP研究所，1994）22.

- 1 2) 環境庁：環境白書（平成9年版）114.
- 1 3) 環境庁：環境家計簿（1996）10.

7.21 Ionizing Radiation and Non-Ionizing Radiation in Educational Environment

学校内及び学校周辺での環境中の電離放射線と非電離放射線

Takao Matsuzawa, Tomonobu Otsubo, Satoshi Ikke, Noriko Taguchi, Rie Takeda,
Yukako Kouriki, Ryoichi Takasaki and Hirofumi Suzuki

松沢孝男、大坪友信、一家智史、田口のり子、武田理恵、高力由香子、高崎良一、鈴木啓文

Ibaraki National College of Technology

茨城工業高等専門学校 自然科学科

〒312-8508 茨城県ひたちなか市中根 866, e-mail: matsuzaw@ge.ibaraki-ct.ac.jp

Abstracts

By chance, we measured gamma dose rates in our school, and around the JCO Tokai Plant during the criticality on September 30 in 1999, with our GM survey meter. At that time, we made sure to estimate the position of criticality reaction (source point), and the source intensity of criticality reaction, with our own data, measured along the public roads, route 6 and local road 62. The intensity of gamma dose rates along the road was analyzed as Lorentz functions. At the time, there were no environmental radiation data about the criticality accident, or all the data, especially radioactivity and dose rates around the JCO Tokai Plant, was closed to the public.

Recently, we are interested in the intensity of non-ionizing radiation, especially extremely low frequency (ELF) magnetic field, and electric field, in our environment. We adopted the same method to analyze the source position and source intensity of an ELF magnetic field and electric field behind a wall.

I 環境中の電離放射線、JCO の臨界事故時の環境放射線測定

(1) 緒言 1999年9月30日の臨界事故の際、臨界継続中に筆者らがGMサーベーターで測定したJCO社周辺の γ 線の空間線量率について述べる。茨城高専はJCO社東海事業所から約9kmの地点にあり、臨界事故の当日は、夜間茨城県より屋内退避勧告が出された。(JCO社より10kmの円内に所在する)

(2) 実験 筆者は、当日公道の環境放射線の強度の測定をボランティアとして行った。国道6号線に沿って9月30日15時~17時ごろのデーターを図1に、県道62号線沿いのデーターを図2に示す[1-4]。

これらの実測データーから計算して求めた線量率 Y と線源(反応容器)からの距離 r の関係について図3に示す。(注: このグラフは、線源の位置がわからないと描けない)当初、図3の両対数グラフの傾きから、 r^{-2} 依存性が強く示されたと判断した。それならば、点線源のモデルで扱えるか検討した。

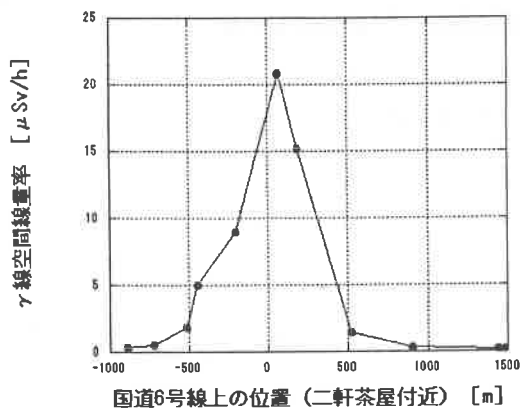


図1 国道6号線に沿って測った9月30日16時~17時ごろのγ線空間線量率

Fig.1 Gamma dose rates along Route 6 in the evening on September 30, 1999, during the criticality.

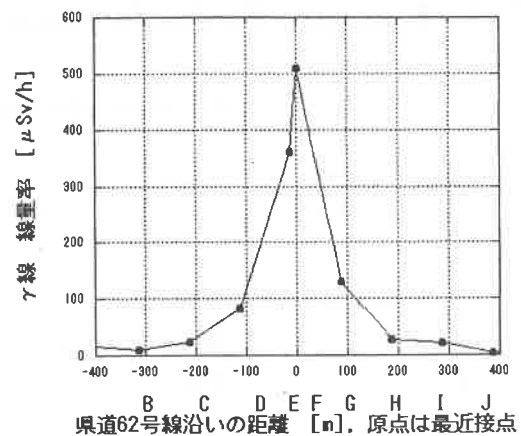


図2 20時頃の県道62号線 (常陸那珂港~瓜連線) 沿いのγ線空間線量率

Fig.2 Gamma dose rates along Prefectural road #62, at 8 p.m. on September 30, 1999, during the criticality.

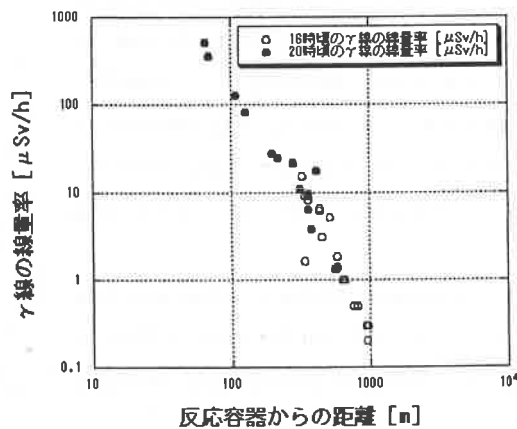


図3 臨界継続中のJCO社周辺のγ線空間線量率 (臨界継続中) [1]

Fig.3 Gamma dose rates in the vicinity of JCO Tokai Plant during the Criticality[1].

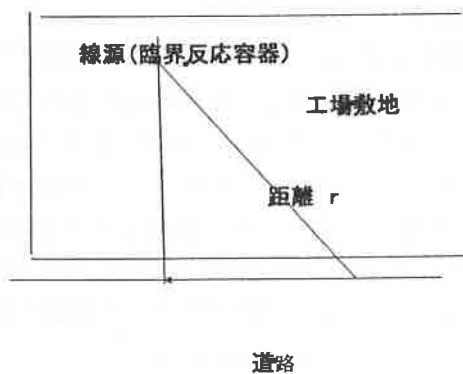


図4 道路上の測定点X、線源A、線源と道路の距離Γ、線源と測定点の距離r

Fig.4 Observing point X, Source point A, Distance between source and observing point r, and the distance between point A and straight line (road) Γ.

$$r^2 = \Gamma^2 + (X - X_0)^2$$

(3) データの解析[5]

線源の強度A、転換棟の反応容器 (沈殿槽) と道路との距離Γ、反応容器と道路上の測定点Xとの距

離 r とすれば、測定点 X での線量率 Y は、

$$Y = A \Gamma^2 / r^2$$

となるはずである。Lorentz型関数を想定した。我々部外者が事故時JCO社の敷地の外の公道で空間線量率を測定する状況を考えれば、点線源モデルは、

$$Y = A / [1 + \{ (X - X_0) / \Gamma \}^2] = A \Gamma^2 / [\Gamma^2 + (X - X_0)^2] = A \Gamma^2 / r^2$$

となり、上の式となる（分子の定数に Γ^2 が含まれる）。 $r^2 = \Gamma^2 + (X - X_0)^2$

この仮定が正しければ、各測定点について、距離で補正した線源の強さは、

$$Y r_i^2 = A \Gamma^2 \text{ (一定)}$$

となることが想定される。両辺の対数をとった

$$\log(Y r_i^2) = \log(A \Gamma^2)$$

を片対数グラフ用紙に、縦軸を $\log(Y r_i^2)$ 、横軸を r_i にしてグラフを描いた（図5）。

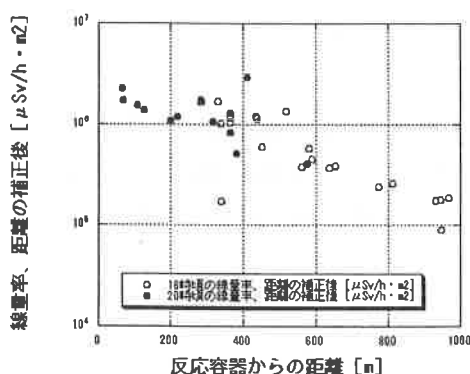


図5 点線源を仮定して距離で補正した線源の強さ

Fig.5 Estimated source-point intensity after distance correction.

図5を見ると、線源の強さの推定値 $\log(Y r_i^2)$ の値は一定にならず、 r の増加とともに減少している。臨界反応によるFP(核分裂生成物)線源は混合物で、放射される放射線の線質もエネルギーもわからず、壁、塀、空気の遮蔽効果の程度がわからないが、形式的に平均的な線吸収係数 μ を求めてみた。

$$Y = A \cdot \Gamma^2 \cdot \exp(-\mu \cdot r) / r^2$$

と関数の形を仮定し、

$$Y r_i^2 = A \cdot \Gamma^2 \cdot \exp(-\mu \cdot r)$$

と書き直した上で両辺の自然対数をとると

$$\log(Y r_i^2) = \log(A \Gamma^2) - \mu \cdot r_i$$

となる。図5のグラフの傾きを○(16時)、●(20時)を区別せず読み取ると、 $\mu = 0.005[1/m]$ になった。

この形式的な線吸収係数 μ の値 (0.005[1/m]) の評価を行うため距離および吸収を補正した線源の線量率を求めた。

$$Y \cdot r^2 / \exp(-\mu \cdot r) = A \Gamma^2$$

と再度式を変形すると、距離および吸収を補正した線源の強度（線量率）である左辺の値は一定値になるはずである。片対数グラフ用紙に $\log(Y r_i^2 / \exp(-\mu \cdot r_i))$ と r_i をプロットしたものが図6である。残念ながら、グラフは水平にならずやや右上がりの様相を示した。吸収係数を実際より大きめ（図5の傾きを実際より大きめに）に見積っている可能性がある。16時前後の○印、20時前後の●印は、線源の強度が変われば同一直線には乗らない。線種・線質が変わらず線量のみ変わった場合は傾きは同じで y 切片のみ異なる平行な2本の直線になるはずである。

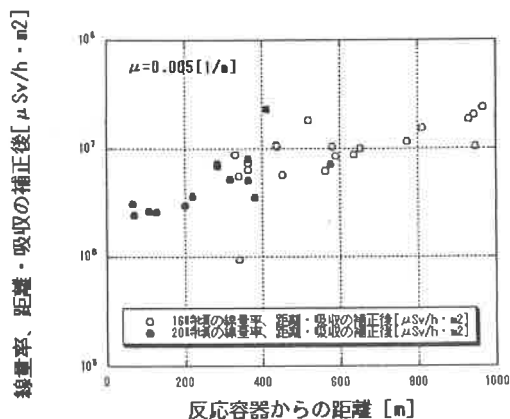


図6 距離および吸収を補正した線源の線量率

$$\mu = 0.005 [1/m]$$

Fig.6 Estimated source-point intensity after distance and absorption correction.

$$\mu = 0.005 [1/m]$$

そのため、測定時刻○、●混合のデーターの時より勾配は小さくなる。線吸収係数 $\mu = 0.004 [1/m]$ および、 $0.003 [1/m]$ について $y r^2 / \exp(-\mu \cdot r)$ を試算し、図6と同じグラフを描いてみた。図7の線吸収係数 $\mu = 0.003 [1/m]$ の時、グラフはほぼ水平（方位依存性無し）になった。ビルドアップは考慮していない。

このようにしつつ放射線の強度にこだわるのは、測定した線量率のデーターから異方性が認められるか否かがJCO社近隣の一般住民の被曝線量の評価の際のモデルの妥当性の評価に直接強く影響するからである。現在でもこの議論はホットに続いている[6,7]。現場周辺に存在する各種遮蔽物による線量率の異方性を認めれば、大部分の被曝住民の被曝線量の評価は現在のものより低くなるはずである。

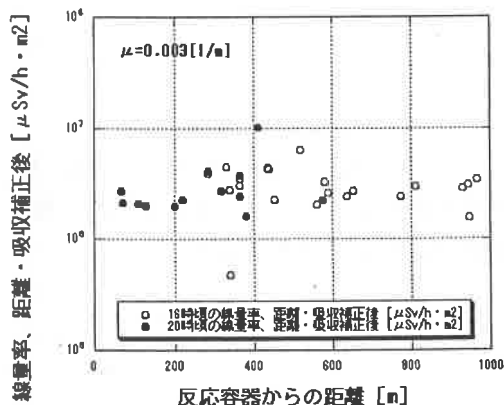


図7 距離および吸収を補正した線源の線量率,

$$\mu = 0.003 [1/m]$$

Fig.7 Estimated source-point intensity after distance and absorption correction.

$$\mu = 0.003 [1/m]$$

今回のJCOの臨界事故時の中性子の線吸収係数については次の測定値の報告がある。

原研労組 $\mu = 3.2 \times 10^{-3} [1/m]$ [8]

小藤ら、 $\mu = 6.0 \times 10^{-3} [1/m]$ [9]

小藤ら、 $\mu = 8 \times 10^{-3} [1/m]$ [10]

この[13]は臨界継続中の中性子ドーズメーターによる測定、[9,10]は、採取した放射化試料の測定によるもので、核種も明確で信頼できるデーターである。ただしこれら[9,10]は、臨界終息後、時間をかけ、かつ高度な測定器を用いての実験データーであり、本報告の「臨界継続中」「測定器は、 γ 線用のGMサーベーターしかない」という、緊急時の、迅速測定とは趣を異にする。私のデーターはガンマ線測定で中性子とは線種が異なるが偶然か中性子の線吸収係数 μ とほぼ同じ値となった。

測定データーの解釈について述べる。事故時の現場周辺という状況では、ただ測ったデーターを並べればよいというものではない。臨界事故時、事業所の塀の外から部外者が臨界事故の発生場所と線源の強さと放射

線の広がり进行现场で推定する必要がある。

JCO の臨界事故時、事業所の職員、旧科技厅、原研・動燃等の関係者は事業所の地図、図面や担当者等の説明で事故の概要、規模等把握できる。しかし、塀の外の一般市民には情報は何も知らされなかった。このような場合、2本の道路に沿って線量率を測るだけで臨界の発生個所、線源の強さ、放射線の広がりほぼ把握できる。『臨界事故時の線源位置、線量の見積もり』などという本はないから、現場で簡単なモデルを考えた。

直交する x 軸、 y 軸を考える。第1象限に線源(臨界反応容器、沈殿槽)があるが、JCO の事業所は、塀で囲まれており外から内部の建物の配置はわからない。臨界反応の発生個所の座標を (a,b) とする。原点 $(0,0)$ は、二軒茶屋交差点のイメージである。この状況で、位置座標 a,b と線源の強さ A を求めることを考えた。学生時代、メスbauer効果の吸収スペクトルのデータ解析に Lorentz 型関数のフィッティングを行っていたことを思い出した。当時1本の吸収ピークを、 $Y=A/\{1+(X/\Gamma)^2\}$ のように表わしていた。分母に Γ^2 を掛けると、 $Y=A\Gamma^2/\{\Gamma^2+X^2\}$ となる。分母の $\{\Gamma^2+X^2\}$ を線源と測定点の距離 r の2乗と理解する。道路に沿って測った線量率分布の半値半幅 HWHM から線源と道路との距離 Γ を求め、道路上の x 座標 (原点は任意)、道路上で線量率の最大になる点の座標を x_0 とすれば、 $x-x_0$ がわかれば線源の座標がわからなくても線源と測定点との距離は求められることに気が付いた。 $r^2 = \Gamma^2+X^2 = \Gamma^2+(x-x_0)^2$ である。

(4) 考察

事故後、JCO の臨界事故の際の中性子や、ガンマ線の線量率の強度の報告書、論文、記事等が多数発表された。しかし、臨界反応が終息してから、また、臨界反応の容器(沈殿槽)の場所、地図(位置)がわかってから測定個所と反応容器の距離を測ったものばかりで教科書的ではあるが、臨界継続中に、反応容器の場所もわからないまま、線源位置、及び線源と道路および各測定点との距離、線源のおおよその強度を線量率のデータから決めたものは無かった。時系列的に見れば後追いのデータ解析であって、一見精度が高い高級な測定のようにも見えるが、臨界終息後なら誰でもどんな解析でもできるわけで臨界継続中の事故現場では役に立たない。臨界継続中に自分の測定データ(市民には、JCO 社の敷地内の地図は無い)のみでどれだけの情報を把握し、その解析から放射線の広がりとその強度をどの程度正確に予想できるかが防災上重要である。

臨界継続中のこの時点では、筆者も点線源のモデルでの解析で手一杯で、方位による線量率の僅かな変動に気がつくのは臨界終息後、落ちていてグラフ用紙にデータをプロットしてからである。

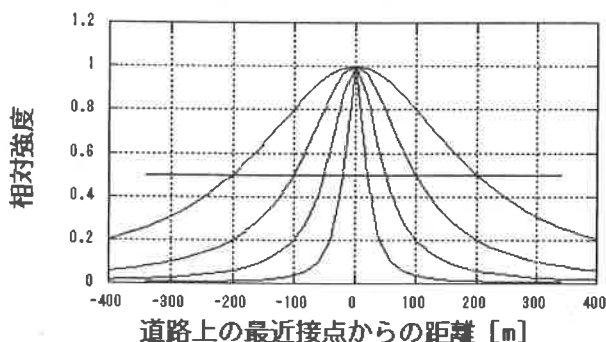


図8 点線源近傍の直線道路沿いの空間線量率の強度分布と線源道路の距離 Γ , 20m, 50m, 100m and 200m. (Lorentz 型関数の半値半幅 HWHM, Γ)

Fig.8 Dose rate distribution along a straight road near source point. The distances between source point and road are 20m, 50m, 100m and 200m. Γ is HWHM, half width at half maximum of Lorentz function.

解析方法 x 軸(国道6号線)に沿って空間線量率を測る。同じように y 軸(県道62号線)に沿って空間線量率を測る。図11、図12のグラフを描き、線量率の最大値の $1/2$ の高さの線幅 2Γ を求める。これを $2\Gamma_a$ 、 $2\Gamma_b$ とする。図11の線量率の最大値を α 、図12の線量率の最大値を β とする。

座標: $a=\Gamma_a$ $b=\Gamma_b$

$$\text{線源: } A_1 = \alpha \cdot b^2 \quad A_2 = \beta \cdot a^2$$

臨界継続中の線源の強さは本来同一のはずで、ガンマ線として $A_1 = A_2 = A$ 、中性子まで含めれば、その約 10 倍、10A となる。

第 1 近似の点線源モデルでは、線源から距離 r の点の線量率 y は(極座標系では)、

$$Y = A / r^2 \quad (1)$$

これを直交座標系で考えると、点(x,y)の線量率は、

$$Y = A / \{(x-a)^2 + (y-b)^2\} \text{ となる。}(a,b) \text{ は線源の位置。}$$

この表現は、教科書あるいは論文にはよいが、臨界事故時、事業所の外の公道でしか放射線の測定ができないときには使いにくい。一般市民は道路 X (国道 6 号線)、道路 Y (県道 62 号線) に沿って線量率を測定できるだけであった。我々一般市民は、権限もなく、危険もあり JCO の事業所にも、付近の民家にも立ち入れない。

式(1)は、 x 軸、 y 軸に沿った 2 つの式、

$$Y = A_1 / \{b^2 + (x-a)^2\} \quad (2a),$$

$$Y = A_2 / \{a^2 + (y-b)^2\} \quad (2b)$$

の形で整理する。 x 軸に沿って測った線量率のデータ、 y 軸に沿って測った線量率のデータを図 11、図 12 のように描き、それぞれの線量率の最大値の 1/2 の高さの水平線を書き込み、グラフとの交点から、それぞれの線幅 FWHM、 2Γ を読み取る。(臨界事故の現場で最小 2 乗法等できなかった。)

図 11 の線幅 FWHM が $2\Gamma_a$ 、図 12 の線幅 FWHM が $2\Gamma_b$ である。

$$A = \Gamma_a = 550[\text{m}]/2 = 275[\text{m}],$$

$$B = \Gamma_b = 120[\text{m}]/2 = 60[\text{m}]$$

図 11 の線量率の最大値 α は (2a) より $x=a$ の時で、 $\alpha = A_1/b^2$ (3a)、

図 12 の線量率の最大値 β は (2b) より $y=b$ の時で、 $\beta = A_2/a^2$ (3b)

$$\text{これらより、} A_1 = \alpha \cdot b^2, (3a'), \quad A_2 = \beta \cdot a^2 \quad (3b')$$

モデルが実態に合っていれば $A_1 \doteq A_2$ となるはずである。

結果の評価 $A_2/A_1 = (\beta/\alpha)(a/b)^2$ で、モデルの適合度を評価する。実際の測定データーで確認を行うと(測定時刻は 16 時と 20 時で若干異なるが)、

$A_2/A_1 = (510/20.8)(60/275)^2 = 1.167$ となった。ほぼ 1.0 に等しい。大雑把には点線源モデルで扱えるといえる。

このとき、臨界継続中の反応容器の線源の γ 線強度は、

$$A_1 = \alpha \cdot b^2 = 20.8[\mu \text{ Sv/h}] \cdot (275[\text{m}])^2 = 1.57[\text{Sv/h} \cdot \text{m}^2]$$

$$A_2 = \beta \cdot a^2 = 510[\mu \text{ Sv/h}] \cdot (60[\text{m}])^2 = 1.83[\text{Sv/h} \cdot \text{m}^2]$$

平均 $A \doteq 1.70 [\text{Sv/h} \cdot \text{m}^2]$ となった。中性子の線源強度は $A \doteq 17.0 [\text{Sv/h} \cdot \text{m}^2]$ となる。ここでは n/γ 比を約 10 と仮定した。臨界継続中の線源の位置は (60[m], 275[m]) と推定した。

このデーターの処理の仕方は、データーを Lorentz 型関数で処理したことに相当する。線源の強度を A 、線幅を Γ として、

$$Y = A / \{1 + \{(x-a)/\Gamma\}^2\}$$

とおき、分母・分子に Γ^2 を掛けて、

$$Y = A \Gamma^2 / \{\Gamma^2 + (x-a)^2\} = A \Gamma^2 / r^2$$

として扱う。本稿で関数の形が、 $Y = A/r^2$ でなく、 $Y = A \Gamma^2 / r^2$ と線源と道路の距離 Γ^2 が入ってくる理由である。空間線量率の実測データーを図 9～図 12 に示す。

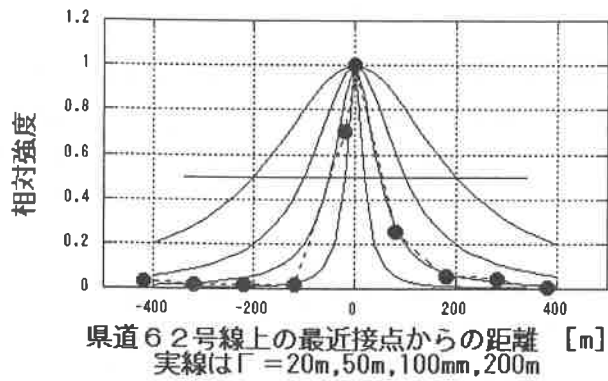


図9 道路(県道62号線)沿いのガンマ線空間線量率の実測データ(方眼紙)

Fig.9 Actual gamma radiation dose along local road #62.

$x = -200[\text{m}] \sim 0[\text{m}]$ の範囲で線量率が Lorentz 関数より小さな値をとっている。JCO 社の建物による遮蔽効果を示していると考えられる。

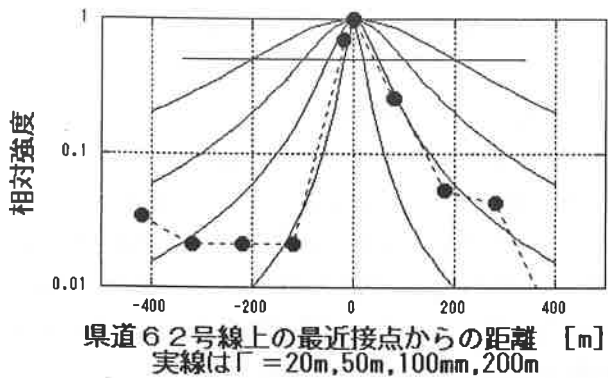


図10 道路(県道62号線)沿いのガンマ線空間線量率の実測データ(片対数方眼紙)

Fig.10 Actual gamma dose rates along the local road #62.(Semi-log plot)

片対数で表示すると、 $x = -400[\text{m}] \sim x = -300[\text{m}]$ の範囲で線量率が Lorentz 関数より大きめに観測されている(建物の隙間を突き抜けた可能性)がある。

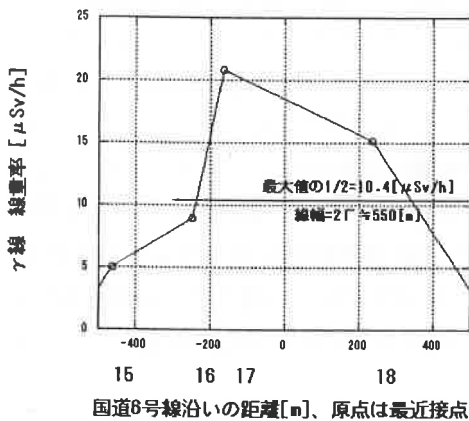


図11 x軸(国道6号線)沿いの γ 線線量率
(9月30日午後4時)

Fig.11 Gamma dose rates along the X axis;

Route 6 at 4 p.m. on 30 September, 1999.

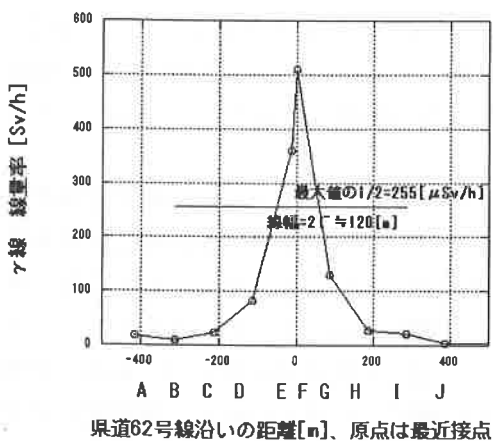


図12 y軸(県道62号線)沿いの γ 線線量率
(9月30日午後8時)

Fig.12 Gamma dose rates along the Y axis; load

load #62, at 8 p.m. on 30 September, 1999.

(5) 地元教員の使命[4,5]

筆者はこのような大事故時および大事故後の安全確認の測定も地元の教員の責務だと考えている[4,5]。平素地元の他の教員が（大学も含め）自校周辺の環境放射線強度に無関心（敬遠ぎみ）であることを不思議に思う。中学高等学校では理科教育振興法で購入が保障されている放射線測定機器と、放射線計測協会が無料で貸し出す「はかるくん」で誰でも測定もできることであるのにである。原研の創立以来40余年の準備期間があったのに大学等に放射線測定機器が準備されていなかったとしたら問題外である。何のための「地域の大学」であるかである。事故時もしJCOの敷地内へ入るのが躊躇れたら、JCOの事業所の外周を上記測定機で測りバックグラウンドとの差の有無を発表すればそれだけでも周辺の住民の不安感も解消できたはずであった。

今回のJCOの事故程度で「萎縮」していたら、1986年の旧ソ連のチェルノブイリ原発級の事故の際ハンガリーの高校の物理教員が測定により国土の汚染地図を詳細に作成し無用な人工妊娠中絶の防止に果たしたような行動はできない[11]であろう。

JCOの臨界事故後、さまざまな原子力防災対策が検討され実施された。茨城県およびひたちなか市の施策のうち本校に直接関係ある項目についてそれら施策の齟齬（机上プランぶりを）を示す個所を本校の「学校安全の心得」（2004年度、第4版）の「原子力防災」の章[12]に明示した（文責松沢）。JCOの事故で確認したように、原子力災害時、公務員や組織の行動原理（習性）として予め文書で定められている茨城県やひたちなか市の「地域防災マニュアル」[13]や茨城県教育委員会の「学校における原子力防災マニュアル」[14]以上のことを本校（茨城高専）が期待することは無理であるから、それら規則・対策の限界について予め熟知しておく必要があるからである。以下の記述は、茨城県教育委員会の「学校における原子力防災マニュアル」[14]の記述に欠けている、しかし私たちにとっては一番知りたい情報の羅列である。我々の最大の関心事は、茨城県教育委員会は国立学校である本校の存在を無視している（念頭に入れていない）ことと、同じように縦割り行政の制約から茨城県も地元ひたちなか市も本校を原子力災害時のコンクリート屋内避難所（収容人員1,330名）に指定しておきながら、こと予算の伴う通報体制に関しては、国立学校ということでひたちなか市の防災用の無線連絡網から締め出す防災計画をJCOの事故後でも無頓着に立案実行していることである。

筆者が測定したのは、物理量に近いγ線の空間線量率だけであるが[1]その測定で、過去40余年の茨城県や国の原子力教育や学校教育の欠点を顕わにしてしまったような気がする。社会の制度に対してもそうである。危機というものは社会に対し材料試験の「破壊試験」に相当する強烈な効果があると感じた。JCO事故による貴重な生命、財産を含む損失に対し、事件を風化させず、事実と問題点を広く明らかにし改善していく必要を感じている。

(6) 将来に向かって、測定データーの公表[5]

臨界事故の当日から気になっていたことであるが、測定データーの公表の可否と方法についてである。従来いわれていた「情報の一元管理」の制約から、「情報を人に洩らし・伝えてはいけない」と心理的なブレーキになっていた。臨界事故のとき、東海村に入った情報を村の職員が隣接市町村に伝えなつたことも、この「情報の一元管理」の呪縛による。

事故後、「事故時、私たちの測定データーを公表して良いか、またその方法は」と、旧科学技術庁核燃料規制課の課長に直接口頭で質問した所、「発表してよい。インターネット等で一般公衆に直接発表することも差し障りはない」との回答を得た。今までの自己規制の制約は何であったかと思うくらい意外な回答であった。R取扱I主任者の免状(第1種)を持っていること、現にRI取扱主任者に任命されていること、放射線測定器は定期的に公的な機関で校正を受けていること、JCOの臨界事故時には、公道の空間線量率の測定をおこなったことを述べたあとの質問であり、事故時必ずしも誰でも勝手に測定値を公表してよいと言われたことにはならないかもしれないが、少なくともわたしたちは堂々と測定し測定値を一般にも公表できるとのお墨付きを旧科学技術庁の担当責任者から得たと思っている。何時あるかわか

らない次の原子力災害にも対処できるよう、平時よりの環境放射線の測定およびインターネットを含むデーターの公表の手段を構築してゆく所存である。

II 環境中の非電離放射線、学校の環境中運の超低周波（ELF）磁界の測定

（１）緒言

学校環境における非電離放射線の状況を調べるため、商用電源である 50Hz の超低周波（ELF）磁界の測定を試みた。50Hz の交流の真空中（大気中）の波長は、6,000km であり、電界は電界として、磁界は磁界として別々に測る必要がある。VLF, ELF の電界および磁界を測る測定器として、Radiation Technology, Inc., Ohio, USA 製の、

超低周波磁界計, Dual Spectrum Magnetic Field Meter, TRACER MR 100S, V1.2 (VLF, ELF 用)

超低周波電界計, Dual Spectrum Electric Field Meter, TRACER EF1000, V1.0 (VLF, ELF 用)

を用いた。国際非電離放射線防護委員会（ICNIRP）の防護指針[15,16]によれば、50Hz の商用電源に対する公衆曝露に関する曝露レベルは、電界強度限は 5,000[V/m]、磁束密度の上限は 100[μ T] (1000[mG]) である。

Guideline for limiting exposure to time-varying magnetic fields

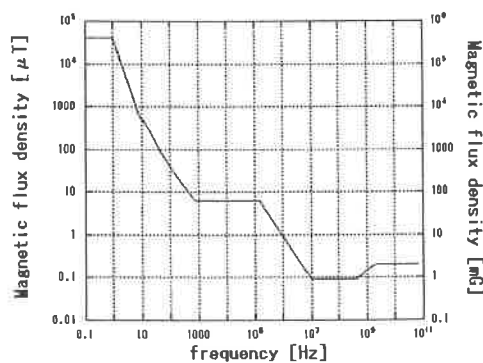


図 13. ICNIRP 方針で公衆曝露に関する磁界の曝露レベル

Fig.13 Guidelines for limiting exposure to Time-varying magnetic fields (up to 300GHz).[15]

（２）実験

茨城高専管理棟 1 階廊下西側の壁の奥には年中唸りを上げている変電室がある。身の周りには、電磁波があふれている。電気製品はほぼ総べて非電離放射線を放射しており、その中で生活している我々は電磁波に被爆しながら生活していると言って良い。問題はその分布と量である。

電磁波($S=E \times H$)の成分である電界(電場)、磁界(磁場)は夫々強さを増すほど人体に影響を及ぼす。電界は導体で覆ってしまえば遮蔽できる。それに対して磁界は電界に比べて非常に透過能が強く理屈の上では比透磁率が鉄($\mu_r=1000 \sim$)よりも桁違いに大きい物質で覆えば磁界は漏れないが、日常生活をおくるうえでは事実上無理である。電磁波の生体への影響と他の電気機器の誤動作の問題がありうる。今回は低周波交流磁界に絞って変電室の周りに放射されている電磁界を調べた。

（２－１）測定方法

変電室近傍の 3 次元空間の超低周波交流磁界（磁束密度）の測定。X-Y-Z 軸方向の距離と磁界強度、磁界方向の測定その結果からの変圧器の個数、配置を推定する。小手調べに変電室脇の廊下の壁に沿った距離、廊下に垂直な距離と磁界強度との関係を調べる。

（２－２）測定結果

まず変電室前を廊下に沿って 1[m]間隔で測って見当をつけた後測定間隔を狭め、0.5[m]間隔で測る。この時、測定器の床からの高さは約 1[m]、壁と測定器の距離は 0.3[m]とした。測定結果を横軸を基準点からの距離、縦軸を磁界の強さとしてグラフを描いた。全体的には値に時間変化はないが、局所的特に

小さめの極大付近で値がばらついて読み取りに難があった。グラフより半値半幅 (HWHM) を算出する。後に、HWHM でなく、HW0.7M(私称)に改めた。(Lorentz 型関数でなく双曲線型関数、後述)

図 15 からは廊下沿いの壁際の磁束密度のデータには、 $x=9.5[m]$ に 1 つ、 $x=11.5\sim 13.5[m]$ 付近にもう 1 つ小さなピークが見られ、コンクリート壁の向こうに変圧器か電気配線の幹線がありそうだと予想される。また、半値幅(FWHM)は細くて対称性の良い図 15 から約 HWHM, $\Gamma=0.6[m]$ となり、 $0.3[m]$ (壁から測定点までの距離)+ $0.6[m]$ (壁の表面から変圧器等への奥行き) $=0.9[m]$ 、従って変圧器・幹線の配線は壁の奥約 $0.9[m]$ と推測された。(あとで $0.8[m]$ に訂正した)

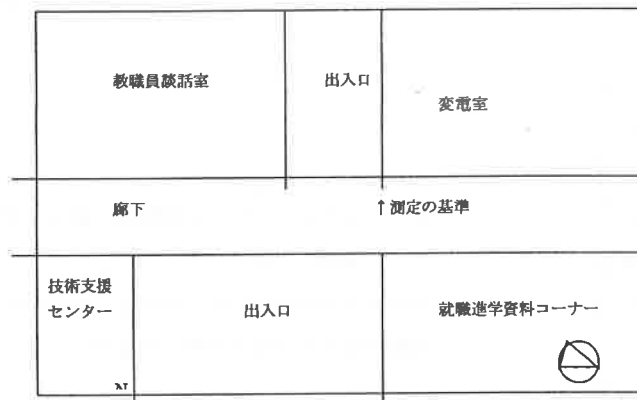


図 14 茨城工業高等専門学校管理棟 1 階変電室周辺概略図

Fig.14 Map of transformer room location in Ibaraki National College of Technology.

後日、変電室の内部を見学させてもらった。変電室の中の変圧器は廊下側ではなく、校舎の外側(西側)に 5 つ並んでおり、廊下側には送電用の太い電線が鉛直に壁に沿っていた。変電室の南側の壁の内側には、調整用の蓄電器 (コンデンサー) が 2 個設置されていた。

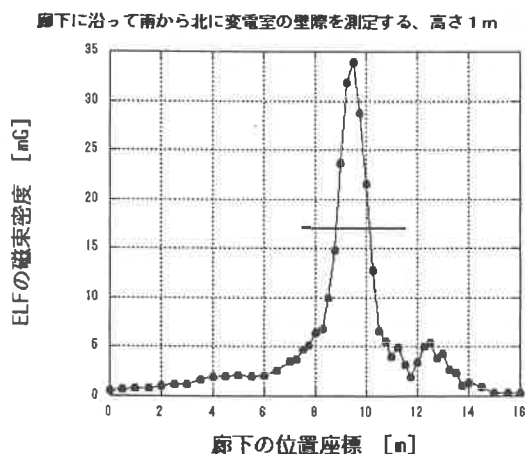


図 15. 変電室東外壁に沿って測った ELF における磁界（磁束密度分布）[mG]

磁束密度 18mG の水平線は、HWHM 読取用

$$\text{FWHM}=1.2\text{m}, \therefore \Gamma=0.6\text{m}$$

HW0.7M の決定用には、 $34 \times 0.7 \approx 24\text{mG}$ の所に水平線を描く。 $2\Gamma=1.0[\text{m}], \therefore \Gamma=0.5\text{m}$

Fig. 15 ELF magnetic flux density along the East wall of the transformer room [mG].

(3) 考察

変電室脇の廊下の壁に沿って測った磁束密度の分布が Lorentz 型関数に似ていたため、単純に点線源の電離放射線の空間分布と同じと錯覚して奥行きを推定してしまったが、ビオ・サバールの公式を積分して得られる直線電流や円形電流の周囲の磁界の強度はいずれも”電流／距離(I/r)”の関数である。Lorentz 関数の代わりに双曲線関数 $Y=A/r$ を用いて線源と道路の距離と半値幅の関係を調べた。

復習として、空間線量率分布を表す Lorentz 関数について再考する。

$Y=A/r^2$ とし、 $r^2=\Gamma^2+x^2$ とする。道路上では Y の最大値は $x=0$ のときで、 $Y_{\max}=A/\Gamma^2$ 。 $\therefore A=Y_{\max} \cdot \Gamma^2$ 。よって実験式の形は、 $y=(Y_{\max} \cdot \Gamma^2)/(\Gamma^2+x^2)$ 。 $x=\Gamma$ となる Y の値は、 $Y_{\Gamma}=(Y_{\max} \cdot \Gamma^2)/(2\Gamma^2)$ 。即ち、 $Y_{\Gamma}=Y_{\max}/2=0.5 Y_{\max}$ 。最大値の 1/2 の水平線と交わる X の値が HWHM である。

磁束密度の分布の場合、双曲線関数について考える。

$Y=A/r$ とし $r^2=\Gamma^2+x^2$ とする。 $Y=A/\sqrt{\Gamma^2+x^2}$ である。道路上では Y の最大値は $x=0$ のときで $Y_{\max}=A/\Gamma$ 。 $\therefore A=Y_{\max} \cdot \Gamma$ 。よって実験式の形は、 $y=(Y_{\max} \cdot \Gamma)/\sqrt{\Gamma^2+x^2}$ 。 $x=\Gamma$ となる Y の値は、 $Y_{\Gamma}=(Y_{\max} \cdot \Gamma)/\sqrt{2\Gamma^2}$ 。即ち、 $Y_{\Gamma}=Y_{\max}/\sqrt{2}=0.7070 Y_{\max}$ 。 Γ は Y の最大値の 0.7 倍に対応する x の値となる。これを、HW0.7M と仮称する。最大値の 1/2 の水平線でなく 7/10 の水平線と交わる X の値が HW0.7M である。道路から線源までの奥行きに相当する。

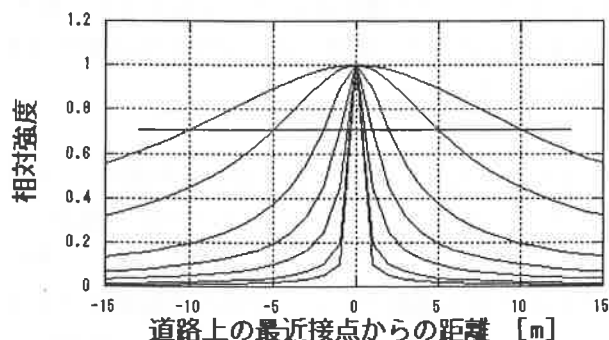


図 16 点線源近傍の直線道路沿いの磁束密度の強度分布と線源と道路の距離 Γ , 0.1m, 0.2m, 0.5m, 1.0m, 2.0m, 5.0m および 10m. (双曲線型関数の半値 0.7 幅、HW0.7M, Γ)

Fig.16 Magnetic flux density distribution along a straight road near source point. The distances between source point and road Γ are , 0.1m, 0.2m, 0.5m, 1.0m, 2.0m, 5.0m and 10m. Γ is HW0.7M, half width at 0.7 maximum of Hyperbolic function

道路上では、電離放射線の線量率は $1/r^2$ に比例し、磁束密度の強度は $1/r$ に比例する。距離 r の変化に対し、電離放射線の強度の変化のほうが磁束密度の変化より激しい（急激に減少する）はずである。距離 r が等しいときはそのとおりであるが、今回の例では、電離放射線の測定では Γ が 60[m] 程度、それ

に対し、磁束密度の測定は、 Γ が0.5[m]以下のため、一見、磁束密度の測定値の半値幅が狭く感じただけである。図15で半値幅、HW0.7Mを読み取るとHWHMの0.6[m]ではなく、0.5[m]であった。壁と線源の距離が10[cm]短縮され、より実態に近づいた。

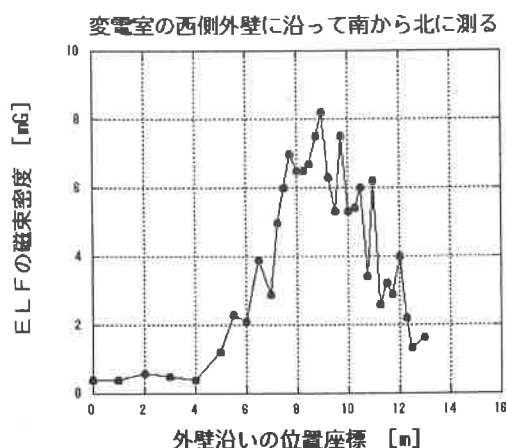


図17. 変電室西外壁に沿って測ったELFにおける磁界（磁束密度分布）[mG].

Fig. 17 ELF magnetic flux density along the west wall of the transformer room [mG].

図15と同様の図が数本重ねて描かれているのが図17である。5台の変圧器の漏洩磁界の重ね合わせとして理解できる。

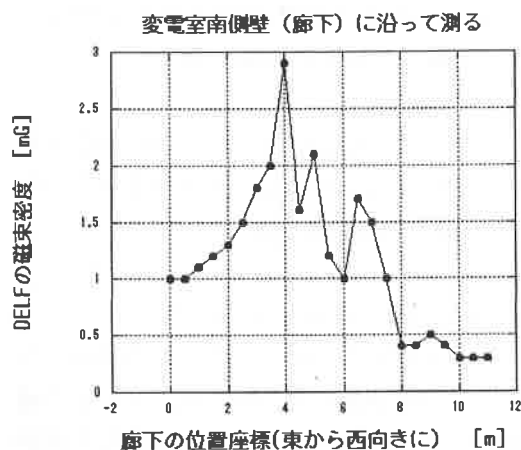


図18. 変電室南外壁に沿って測ったELFにおける磁界（磁束密度分布）[mG].

Fig. 18 ELF magnetic flux density along the south wall of the transformer room [mG].

図18の変電室の南側の壁際の磁束密度の測定は、2～3本のピークの重ねあわせにも見えるが、磁束密度は最大でも2mG程度であり、東壁の磁束密度の最大値の1/10以下、西壁の磁束密度の最大値の1/5程度であった。変圧器でなく調整用の蓄電器による漏洩磁界と思われる。

(4) まとめ

今回の測定では予備測定的な面が強いが若干の成果があったと思われる。今回は測定器の都合で1軸式の測定のみであったが、本来の磁界、磁束密度はベクトル量であり、 $H^2=H_x^2+H_y^2+H_z^2$ （磁界）、 $B^2=B_x^2+B_y^2+B_z^2$ （磁束密度）のはずなので、本当に我々が被曝している非電離放射線の量はもっと多い可能性がある。3軸式の磁束密度測定器で、再度精密な測定を行う必要がある。今回の予備測定で見る限り、学校の中で一番交流の磁界（磁束密度）の高い変電室の周辺でも、磁界（磁束密度）の強度は、ICNRP（国際非電離放射線防護委員会）の勧告値[15]の1/10以下であることがわかった。特殊な測定器や低電圧大電流の加熱装置等の近傍へ行かない限り、低周波交流電磁界の人体への影響は無いと思われる。

今後、学内の実験室、電算機端末室等の測定個所を増やすことと、現在の1軸式の磁束密度の測定器の代わりに3軸式の磁束密度測定器を用いて詳細な測定を繰り返す必要がある。さらに、超低数波(ELF)の電磁界だけでなく、GHz帯までの各周波数帯域の電磁界強度の測定を行い、総合的な非電離放射線強度の測定を行う必要がある。

III 謝辞

筆者がこの放射線教育シンポジウムで感化(感銘)を受けたのは、1998年の葉山でのISRE'98の発表のうちのハンガリーのToth及びMarxの講演であった[11]。1984年からのハンガリーの教育改革(原子物理学の必修化)と1986年の旧ソ連のチェルノブイリ原発事故の際のハンガリーの高校の物理教員による国土の汚染地図の作成と国民への啓発活動の話であった。放射線を楽しむだけでなく(原子力・放射線)の重大事故の際、教員は何ができた何をすべきかを真剣に考える機会となった。幸か不幸かそれから1年も経ずにJCOの臨界事故に直面した。TothおよびMarxの講演の内容を思い出しながら、学校やJCO社周辺の空間線量率の測定をおこなった。

2002年8月、第2回放射線教育シンポジウムがハンガリーのDebrecenで開催された。JCOの臨界事故時の紹介をするとともに、Toth先生、Marx教授に再会し、ハンガリーの教育改革のこととチェルノブイリ原発事故の際のハンガリーの高校の物理の教員の活動について直接状況を聞いた。同国の自由化、政権の交代は、国民一律の放射線教育を困難にしている状況を知った。

本研究の一部は、文部省科学研究費補助金(基盤B)「原子力災害時の避難所に指定された学校における平時のPA教育と事故時のための対策」(代表松澤孝男、1999~2002年度、No.11558064)(JCOの臨界事故以前に申請したもの)および、文部省の「臨界事故の環境影響に関する緊急学術調査」(代表小村和久金沢大学教授、1999~2000年度、No.10480024)に拠る。JCO社および地元自治体、放射線計測協会には資料や調査で多大の便宜をはかっていただいた。文部省の緊急学術調査のメンバーの方々には調査の準備、調査、討論等すべての面でお世話になった。厚く感謝する次第である。

IV 参考文献

- [1] Takao Matsuzawa, Kunihiko Kawai, Gamma dose rate in the vicinity of JCO as of approximately 8:00 pm on September 30, 1999, *Journal of Environmental Radioactivity*, 50 [1-2] 27-36 (2000).
- [2] 松沢孝男, 飯岡邦彦, 河井義春, 臨界事故当日のJCO社周辺の γ 線の空間線量率—情報の無いJCOの敷地の外の公衆と警備の警察官の放射線防護の為に—, 原子力学会2000年(第38回)春の年会要旨集, (2000年3月28~30日, 愛媛大学), p. 722 (2000).
- [3] T. Matsuzawa et al., Abstracts of Workshop on The Criticality Accident at Tokai-mura, 19 May 2000, International Conference Center, Hiroshima, Japan., pp. 9-11. (2000)
- [4] 松沢孝男、原子力災害時の地元教員の役割—JCO事故当日の経験から、第2回環境放射能・放射線夏の学校ワークショップ報告書「核災害時における専門家のとりくみ」(JCO臨界事故における文部省緊急調査班の活動を中心に)、平成12年7月22日、金沢大学辰口研修センター、pp. 10-12. (2000).
- [5] 松沢孝男, 臨界事故から約130日後のJCOの敷地内および周辺の空間線量率(JCO報告、その3) 茨城工業高等専門学校研究彙報 第39号41-52 (2004).
- [6] 高田純、「世界の放射線被曝地調査」2001年1月刊、講談社。
- [7] 高田純、「科学」2003年、岩波書店。
- [8] The Central Executive Committee of Japan Atomic Energy Research Institute Labour Union, Estimation of the integral dose of neutrons using monitoring data, *Journal of Environmental Radioactivity*, 50[1-2](2000), pp. 37-41.

- [9] H. Kofuji, K. Komura, Y. Yamada, M. Yamamoto, An estimation of fast neutron flux by $^{35}\text{Cl}(n, \alpha)^{32}\text{P}$, *ibid.*, 50[1-2](2000), pp. 49-54.
- [10] 小藤久毅、小村和久、山田芳宗、佐々木研一、山本政儀、 ^{32}P 生成量から速中性子束の推定、第28回放医研環境セミナー、ウラン加工工場臨界事故に対する環境測定・線量推定、平成12年12月7日-8日、予稿集、pp. 15-16.
- [11] Esther Toth, Nuclear Literacy, Abstracts of Inter-national Symposium on Radiation Education (ISRE 98), December 11-14, 1998, International Productivity Center, Shonan International Village, Hayama, Kanagawa Japan. 65 (1998).
- [12] 第9編第7章原子力防災、茨城工業高等専門学校「学校安全の心得」2004年度（第4版）pp. 9-20~9-24.
- [13] ひたちなか市、地域防災計画、原子力災害編
- [14] 茨城県教育委員会(保健体育課)、「学校における原子力防災マニュアル」平成13年(2001年)11月.
- [15] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection: Guidelines for limiting exposure to time-varying Fields (up to 300GHz), *Health Physics*, vol.74[4](1998).
- [16] 電磁界生体影響問題調査特別委員会、「電磁界の生体影響に関する現状評価と今後の課題」、平成10年10月30日、社団法人電気学会、.同委員会、「身の回りの電磁界と人の健康への影響」、平成11年3月20日、社団法人電気学会.

7.22 How to teach radiation by a cloud chamber

霧箱で放射線を教える

Ichiro TODA

戸田一郎

Hokuriku Power Energy Science Museum

北陸電力エネルギー科学館

18-7, Ushizimachou, Toyama-City, 930-0858, JAPAN

E-mail : toda-ichiro@ams.odn.ne.jp

要旨

放射線教育の第一歩は「自然放射線の存在をはっきり認識させること」である。この目的のために各種の測定器が使われるが、中でも霧箱による「飛跡の観察」は強い説得力があり、また関連実験の範囲も広く、きわめて効果的である。

今回、ポスターセッションにおいて「演示実験用」と「生徒実験用」の2種類の霧箱を演示し、「自然放射線の飛跡を見ることができる霧箱」が放射線教育上、いかに有効であるかを今一度再認識していただきたいと考える。

特に、今までは板書だけで終わった高校生レベルの実験にも対応できる演示実験用霧箱について各位のご意見をお聞きし、今後の研究に資したいと思う。

Abstract

Now we use nuclear energy and take advantage of properties of radiation in many cases in our life. But curiously, background radiation isn't known to many people.

And they believe that even if it is only a few level of radiation, it is dangerous for our health. I think the education about background radiation is very important and effective to understand radiation.

1. Seeing is believing

Generally, a Geiger-counter or a scintillation-counter is used as the teaching materials of radiation. They are useful to count the radiation correctly but their mechanism is hard to understand for the students. But it is easy for the students to make a cloud chamber and do some experiments by it.

So it is important to use not only a counter but also a cloud chamber, when we teach them radiation. Counting the radiation and observing the tracks of them are very effective teaching method of radiation. Most of the students believe the existence of radiation when they observe the tracks by a cloud chamber.

2. Observing the tracks of background radiation

The most important property of a cloud chamber is to be able to show us the tracks of background radiation. For, teaching the existence of background radiation is a starting point of the education of

radiation.

I made two types of cloud chambers as follows.

1) A cloud chamber for demonstration experiment (dry ice cooling)

This chamber is about 30cm square and 7cm depth. The side walls of the container are made by polycarbonate plates which are 15mm thickness and the bottom is made by an aluminum plate which is 3mm thickness. Out side of the bottom aluminum plate has about 400 short pins to bite into the dry ice block.

The lid of the chamber is consisted double glass plates in which a conductive clear film is put on a space of the two glasses. The glasses which are warmed up by a conductive film do not steam up by alcohol drops, so the lid is able to keep always clearly.

About 60ml alcohol is full in the channel which is dug on the side polycarbonate walls and evaporation of alcohol is by a warmed nichrome wire which is covered by rubber.

Cooling the chamber is by dry ice block which size is $250 \times 250 \times 40$. When the container is set on the dry ice block, the short pins of the aluminum plate bite into the dry ice. So the bottom plate is kept always cool.

Lighting up the tracks of radiation is by 280 white LEDs which are set out side of the container. Because of these strong lights, we can observe even the very thin tracks of radiation.

By this cloud chamber, not only we can see the tracks of background, but also do many experiments very easily.

2) A cloud chamber for students experiment (dry ice cooling)

This chamber is made by a glass bowl which is 20cm diameter and 7cm depth. Cooling is by dry ice powder of 1kg, and lighting is by 4 flashlights.

The lid of the glass bowl is used a cooking lap film or a glass plate

Liquid alcohol is kept on a sponge tape which is put on the inner side of the glass bowl.

If we want to see the tracks of background, the wider the container is, the better we can see. But if the chamber has no heat up system for alcohol evaporation, this size is the maximum. For, the supply of alcohol vapor by natural evaporation is not enough for larger scale glass bowl cloud chamber.

By this cloud chamber, the students can observe the tracks of background clearly and do some experiments easily.

3. Flow chart of the lesson in a class room

- 1) Grouping the students (4 or 5 students per 1 group)
- 2) Making the students count background radiation by a Geiger or a scintillation counter at some locations, for example in their school
- 3) Making the students make a glass bowl cloud chamber every group and observe the tracks of radiation by their cloud chamber. (1 chamber per 1 group)

They can observe the tracks from as follows,

[background radiation, α source, β source, filter paper of dust-sampler, radon gas ($Rn220$)]

- 4) Making the students observe the tracks of radiation more clearly by a cloud chamber for demonstration after their experiments

I do some experiments by a cloud chamber and show the students the phenomena in it. If there are many students, I set a video camera over the cloud chamber and project the phenomena, as follows.

- (1) tracks of background radiation
- (2) tracks of α and β particles
- (3) Compton Scattering by γ source
- (4) Deflection of β ray in the magnetic field
- (5) Properties about α and β pass through a paper or others
- (6) Half life and decay series by radon gas (Rn220)
- (7) Tracks of α emission from the filter paper of a dust sampler

It takes two or three hours when I do this lesson.

4. Conclusion

These experiments matches well with a high school students who study physics.

Up to now, these phenomena of radiation have been taught to the students only as knowledge, not to use a counter and a cloud chamber.

- 1) After this lesson, most of the students believe the existence of background radiation. And they recognize that we have lived in a shower of cosmic rays and breathed radioactive particles in the air since we were born.
- 2) The students understand that the counts of radiation depend on the ground condition of the location.
- 3) A teacher is able to change the level of this lesson suitable for students' age or ability, for example, they are in a middle school or in a high school.
- 4) Even if the teacher does not have a radioactive source, background radiation is the basic and the best radioactive source for this education.
- 5) The mechanism of a cloud chamber is very simple, but it needs some skill to keep it on the best condition. In order to make the students observe the tracks of background radiation, the teacher has to master the skill how to operate the cloud chamber.

Even if it is difficult for a teacher to make a cloud chamber of demonstration which I made, it is easy to make a cloud chamber of a glass bowl which I presented.

I hope that many teachers use this cloud chamber and show the students the tracks of background.

I believe that the students must be amazed to see the fantastic phenomenon of radiation.

7.23 Influence to Reject Effect on Tumor Cells by Pre-irradiation with Low Dose-rate Gamma-Rays

低線量率放射線事前照射による
移植腫瘍細胞の体内生着率への影響

Yuko HOSHI, Kiyohiko SAKAMOTO, Kazuo SAKAI
星 裕子、坂本澄彦、酒井一夫

Low Dose Radiat. Res. Center, Centl. Res. Inst. Electric Power Industry

電力中央研究所・低線量放射線研究センター

〒201-8511 東京都狛江市岩戸北 2-11-1 E-mail: hoshi@criepi.denken.or.jp

Radiation has been supposed to be harmful no matter how low the dose is. We have, however, observed that low dose-rate irradiation increased the tumor cells rejecting ability in mice. The technique we used was TD50 (tumor dose 50) assay. The TD50 value indicates the number of cells required for successful transplantation to a half of injected site in the transplanted animals. We examined the rejective effect on tumor cell in pre-irradiated and non-irradiated mice using of TD50. Pre-irradiated groups were exposed ^{137}Cs γ -rays at 0.4-1.2 mGy/hr. We found that TD50 values in mice irradiated with a total dose of 250 mGy were increased compared to non-irradiated mice. These results suggested that the low dose-rate irradiation increased, under certain conditions, the tumor cell rejecting ability in mice.

1 序論

これまでに、低線量率放射線長期照射設備において連続照射下、化学発がん剤（メチルコラントレン）を皮下に投与し、その発がんに対する低線量率放射線照射の影響を検討したところ、これを抑制あるいは遅延させる効果が観察された^{1,2)}。本研究はこの効果の作用機序解明の一環として、低線量率放射線がマウスに与える影響について腫瘍細胞排除能を指標として調べることにした。

現在、発がんのプロセスはいくつかの段階を経て進行すると考えられている。まず、1つの細胞のDNA損傷から始まり、次いでこの修復の過程における誤りとそれによる突然変異の蓄積が起これと考えられている。これらの影響により細胞はがん化し、細胞増殖が制御されなくなることにより、がん化した細胞の無秩序の増殖が起これ、「がん」になると考えられる³⁾。腫瘍細胞の排除はこのがん化した細胞に対して生体が取る防御機構のひとつであると考えられ、この腫瘍細胞を排除する能力に及ぼす低線量放射線の影響を解析することは低線量放射線が化学発がん剤による発がんを抑制した機構に結びつくと考えられる。

このマウス個体の腫瘍細胞に対する排除能を解析する手段のひとつとして TD50 法がある。TD50 法とは腫瘍放射線生物学の実験では、腫瘍細胞の移植によって腫瘍が形成されるのに必要な腫瘍細胞数や、*in vivo*（体内）、*in situ*（その場）で照射された腫瘍を形成する腫瘍細胞の生存率を求めるために用いられる方法であり、求められた TD50 値は、腫瘍

細胞を移植された動物の 50%に腫瘍を生じさせるのに必要な腫瘍細胞数を示す⁴⁾。この手法は元来腫瘍細胞に放射線を照射し、腫瘍細胞自身への放射線の影響（感受性）を求めるために用いられてきた。

今回我々は、この TD50 法を腫瘍細胞ではなくマウスの方にあらかじめ低線量率放射線を照射し、そのマウスに非照射の腫瘍細胞を移植し、TD50 値の変動を検討することにより、マウス個体に対する低線量率放射線の影響を見るという手法として用いた。

2. 実験材料と方法

2.1 マウス

C57BL/6N マウス（メス）は日本クレア株式会社より購入した。このマウスは当研究室で行った化学発がん剤誘発皮膚がんの抑制実験に用いたものと同系統のものである。マウスは 1 週間程度低線量放射線研究センターの長期低線量率照射施設内で馴化し、その後照射、腫瘍細胞移植を行った。低線量放射線研究センターに設置されている低線量率放射線長期照射室内（室温は約 25℃、湿度は 50～60%）において飼育した。えさ、水は自由摂取とし、7 時に点灯、19 時に消灯する照明サイクルとした。マウスの取扱いに関しては、動物実験及び実験動物取扱規則（平成 13 年 3 月制定）に従った。実験に際しては、マウスを無作為化し、実験群を分けた。

2.2 放射線照射

照射は、低線量放射線研究センターに設置されている低線量率放射線長期照射設備内のセシウム 137（370 GBq）を線源とする長期照射室内で行った。線源から 5、7、10m の位置に飼育ケージを配置して照射を行った（Fig. 1）。ガラス線量計（GD301 型、旭テクノグラス）により測定されたマウス腹腔内における吸収線量率はそれぞれ 0.95 mGy/hr、0.65 mGy/hr、0.30 mGy/hr、空間における吸収線量率は 1.2 mGy/hr、0.7mGy/hr、0.4 mGy/hr であった⁵⁾。マウスの経過観察および給餌、給水などのために月曜から金曜まで毎朝 1 時間程度停止した以外は連続的に照射を行った。非照射群は 60 cm 厚のコンクリートの背後で飼育し、そこでの線量率は 0.001mGy/hr であり、自然放射線量と同等であった。

2.3 腫瘍細胞

メチルコラントレンにより C57BL/6N マウスに誘発された皮下がん^{1,2)}より調製した腫瘍細胞を用いた。腫瘍細胞はマウスに移植することで継代し、実験に供した組織型は線維肉腫である。

2.4 腫瘍細胞排除能試験 TD50 (Tumor Dose 50) 法

TD50 (Tumor Dose 50) 法とは腫瘍細胞の移植された動物の 50%に腫瘍を生じさせるの

に必要な細胞の数を示す⁴⁾。たとえば 100 個の腫瘍細胞を移植したときに、移植を受けた 50% に腫瘍が生じたとすれば、TD50 値は 100 である。したがって TD50 値の増加は腫瘍の

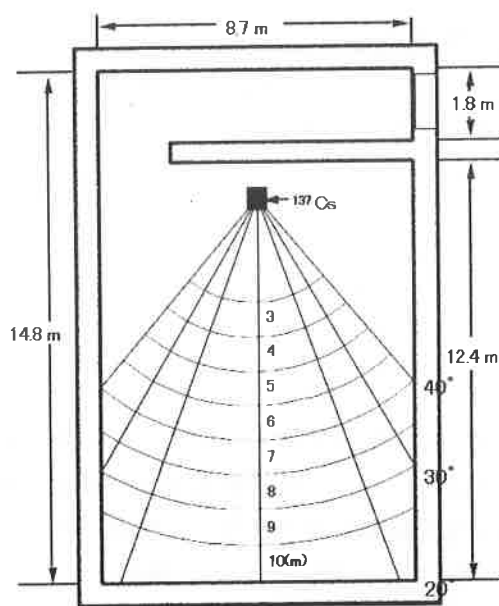


図 1 長期低線量率放射線照射室見取り図

Fig.1 Plan of the chronic low dose-rate irradiation room

生着のためにより多くの腫瘍細胞が必要となることを示し、マウスの腫瘍細胞を排除する能力が上昇したことを意味する。通常、この手法は腫瘍に対する放射線治療の効果を調べる目的で、担がんマウスに放射線を照射し、その後、腫瘍を摘出して、照射された腫瘍細胞における TD50 値を求めてきた。今回は、腫瘍自身には照射を行わず、移植を受けるマウスに種々の線量率・線量であらかじめ照射を行い、その後腫瘍細胞を移植する (Fig. 2) ことでマウス個体における放射線照射の影響を調べるために用いた。

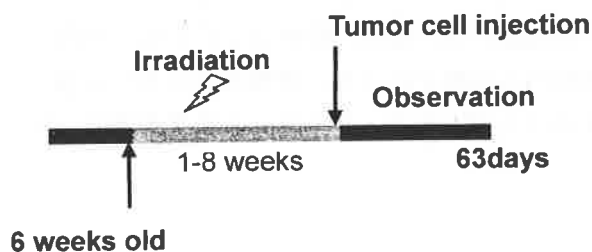


図 2 実験のプロトコル

Fig.2 protocol of irradiation and transplant

2.4.1 腫瘍細胞移植

マウスで継代した腫瘍を摘出し、3mm 程度に細かくし、滅菌した Phosphate Buffered Saline (PBS) にて洗浄したのち、さらに細かくした腫瘍を 10% trypsin, 0.4% pancreatin

3. 結果

3.1 非照射マウスにおける TD50 値

非照射群 7 週齢のマウスに、継代した腫瘍から得られた細胞を移植し、対照群における TD50 値を求めた。このときのがん生着率と移植した細胞数の関係を対数正規確率紙にプロットした典型例を Fig.3 に示した。生着率 50% となるとときに必要とされる細胞数が TD50 値となる。3 回の独立した実験から求められた非照射マウスにおける TD50 値の平均値は 10100 ± 2300 (平均値 $\pm$ SD) であった。また、本研究において、照射群は 6 週齢から 1, 3, 5, 8 週間照射をした後に腫瘍細胞の移植を行った。これにより、移植時のマウスは 7 ~ 14 週齢となるため週齢依存性の検討を行った。非照射野で飼育し、7 ~ 15 週齢で腫瘍細胞の移植を行った。その結果、Fig. 4 に示すように本実験における移植週齢においては TD50 値に週齢依存性は認められなかった。

3.2 照射マウスにおける TD50 値

3.2.1 線量率 0.4 mGy/hr 照射による TD50 値の変化

線量率 0.4 mGy/hr で照射したときの総線量と TD50 値の関係を Fig. 5 に示した。1, 3, 5, 8 週間の照射に対応するマウス腹腔内吸収線量 50、150、250、400 mGy の照射において、総線量 50 mGy から上昇する傾向が認められ、照射 5 週間、総線量にして 250 mGy のときに対照群に比べて有意な上昇となった。これ以外の線量では有意差はなかった。

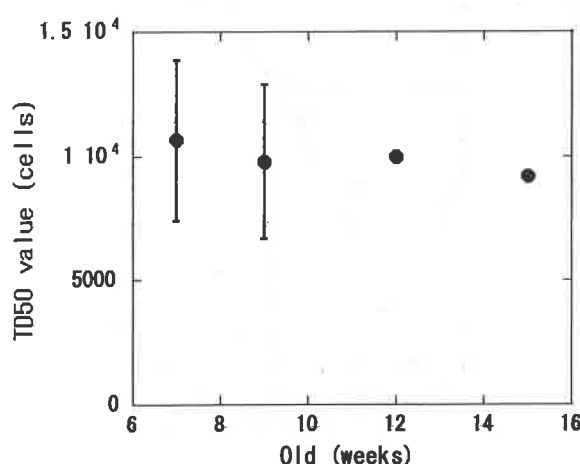


図 4 非照射マウスにおける TD50 値の週齢依存性

Fig.4 Effect of age of non-irradiated mice on the TD50 value

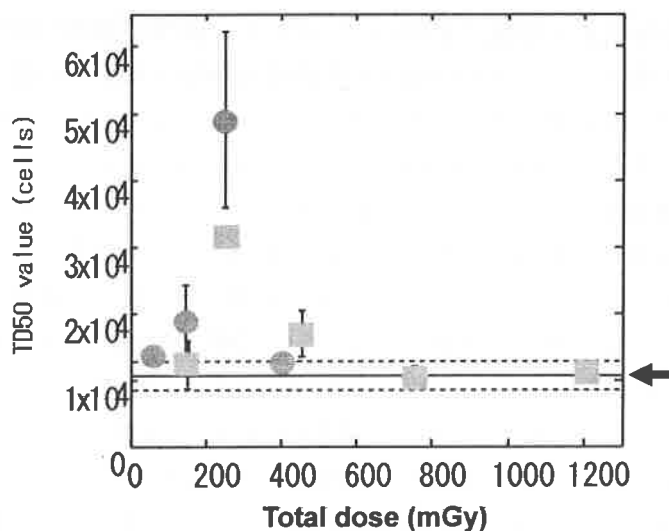


図5 照射マウスにおける TD50 値の変動

線量率は ■ : 1.2mGy/hr、□ : 0.4 mGy/hr、← : 非照射マウスにおける TD50 値

Fig.5 Effects of γ -irradiation on the TD50 values

■ : dose rate of 1.2mGy/hr, □ : dose rate of 0.4mGy,

← : TD50 value in non-irradiated mice

3.2.2 線量率 1.2 mGy/hr 照射による TD50 値の変化

線量率 1.2 mGy/hr で照射したときの総線量と TD50 値の関係を Fig.5 に示した。1、3、5、8 週間の照射に対応するマウス腹腔内吸収線量 150、450、750、1200 mGy の照射において TD50 値は 450 mGy で上昇する傾向が見られたものの、対照群に比べて有意な上昇は観察されなかった。しかし、総線量 250 mGy の照射での TD50 値は対照群と比較して有意な上昇を示した。

4. 考察

放射線はどんなに微量であっても線量に応じて発がんのリスクを高めるとされ、どんな量であっても害があるといわれている。しかし、我々はこれまでに低線量率放射線照射が化学発がん剤（メチルコラントレン）による発がんを抑制あるいは遅延させる効果^{1,2)}を持つことを見出した。本研究は、この発がん抑制作用の機構解明の一環として行った。あらかじめ低線量率放射線を照射したマウスに腫瘍細胞を移植し、この細胞ががんとなるために必要な細胞数を計測することにより低線量率放射線がマウス個体において腫瘍細胞を排除する能力が上昇したことを示した。

発がんに対する低線量率放射線の影響を研究するために、マウスの免疫系への影響をリ

ンパ球の増殖応答⁶⁾や各種表面抗原の解析⁷⁾を行い、いずれも一過性の増強を観察している。これらの細胞レベルの報告は、マウスの個体への低線量放射線が及ぼす影響の一面を反映している。個体としての応答を明らかにするためには、さらに *in vivo* の状態を反映する実験系が必要と考え本研究では TD50 法を用いた。この TD50 法は従来、ヒトの腫瘍に対する放射線治療で用いる線量を求めるために使われてきた手法である⁴⁾。すなわち、マウスに発生した腫瘍にある線量の放射線を照射し、これを摘出した後、調製し、健常マウスに移植する。そして、腫瘍が 50% の割合で生着する値を算出し、照射した線量毎に比較する。どのくらいの線量を担がんマウスに照射したなら、その腫瘍細胞の増殖を抑えることが出来るのかを、増殖の場をシャーレ (*in vitro*) ではなくマウスそのものの身体 (*in vivo*) を用いて検証するのである。本研究ではこれを腫瘍細胞には放射線を照射せずに、腫瘍細胞の生存する場、すなわちマウスに低線量率・低線量放射線を照射し、それによりマウス体内の状況をモニターするために用いた。各実験においては、一群として 4 匹のマウスを用い各々 4 箇所腫瘍細胞を移植したが、同一群の中においては顕著な個体差は観察されなかった。

一方、本研究における照射条件では照射開始からの移植までの期間の差があるため、マウス週齢による腫瘍細胞排除能に差があるか否かを検討したが、Fig. 4 に示すとおり、7 週齢から 14 週齢においては差が認められなかった。

Fig. 5 に示すように用いた照射条件では、マウス腹腔内における総線量 250 mGy のときにおいて TD50 値の上昇が観察された。この TD50 値の上昇は、移植前に、低線量率放射線を 250 mGy 照射されたマウス個体において腫瘍細胞が生着しづらい、つまり腫瘍細胞を排除する能力が高まったことを示している。さらに、線量率を変えて線量 250 mGy になるように照射し移植をおこなったところ、いずれの線量率 (0.4, 1.2 mGy/hr) においても対照群と比較して、TD50 値が上昇した。これはマウスの腫瘍細胞排除能の増強には、線量が重要な役割を果たしていることを示している。これまで低線量放射線照射により観察された細胞レベルでの応答では 500 mGy 前後にピークがあるものが多い^{6,7)}。今回の腫瘍細胞排除能の上昇は、総線量が 250 mGy であれば線量率には関係なく観察された。多くの生物作用において線量率が大きな役割を果たすことが知られており、ここで見られた線量率によらず総線量のみに依存する現象の背景にある機構の解明は今後の課題である。

また、Fig. 5 に示すとおり、線量率 1.2 mGy/hr で照射線量が 1.2 Gy に達しても、TD50 値の上昇は観察されなかった。本研究における照射は腫瘍細胞を移植されるマウスのみに行い、腫瘍細胞自身には放射線は照射されていない。そのため、TD50 値の変動はレシピエントのマウスのもつ腫瘍細胞排除能を反映するものである。したがって、この結果は総線量 1.2 Gy という比較的高い線量の放射線であっても、線量率が低い場合には、マウスの腫瘍細胞排除能へ及ぼす影響は見られないことを示している。

5. まとめ

放射線はどんなに微量であっても線量に応じて発がんのリスクを高めるといわれ、どんな微量であっても害があるといわれてきた。しかし、本研究で得られた結果は、

1. 低線量率放射線照射がマウスの持つ発がん抑制作用を上昇させる可能性がある

2. 1.2Gy まで照射されても線量率が低ければ発がんを上昇させるような変化は起こらない

ことを示している。

このことは低線量の放射線による生物影響は高線量の場合とは異なるということを示すものであり、生物影響を考えるときには線量が重要であることを示している。

参考文献

- 1) K. Sakai, Y. Hoshi, T. Nomura, T. Oda, T. Iwasaki, K. Fujita, T. Yamada and H. Tanooka, Suppression of carcinogenic processes in mice by chronic low dose rate gamma-irradiation. *Int. J. Low Radiat.*, 1, 142-146, 2003.
- 2) 酒井 一夫、岩崎 利泰、星 裕子、野村 崇治、稲 恭宏、田ノ岡 宏. 「マウスにおける低線量率長期照射の発がん抑制効果：メチルコラントレン誘発皮下がん」、電中研報告 G03007, 2003.
- 3) H. C. Pitot, *Fundamentals of oncology*. 3rd ed., Mercel Dekker, New York, 1986.
- 4) H. B. Hewitt and C. W. Wilson, A survival curve for mammalian cells irradiated in vivo. *Nature*, 11, 1060-1061, 1959.
- 5) Y. Hoshi, T. Nomura, T. Oda, T. Iwasaki, K. Fujita, T. Ishikawa, A. Kato, T. Ikegami, K. Sakai, H. Tanooka and T. Yamada, Application of a newly developed photoluminescence glass dosimeter for measuring the absorbed dose in individual mice exposed to low-dose rate ¹³⁷Cs gamma-rays. *J. Radiat. Res.*, 41, 129-138, 2000.
- 6) 星 裕子、酒井 一夫. 「低線量率放射線照射による C57BL/6N マウスの免疫機能の変動－リンパ球の増殖応答と NK 細胞の傷害活性を指標として－」、電中研報告 G03004, 2003.
- 7) 稲 恭宏、酒井 一夫. 「低線量率放射線による生体防御・免疫機構活性化：細胞集団および細胞表面機能分子・活性化分子の解析」、電中研報告 G03003, 2003.

7.24 Educational Experiment for University Students Using Natural Radioactivity

Development of an additional experiment to measure the increase in ^{214}Pb and ^{214}Bi produced from ^{222}Rn .

天然放射能を利用した大学の学生実験

Mariko NAKAMURA¹, Takao ESAKA¹ and Masahiro KAMATA²

中村麻利子¹、江坂亨男¹、鎌田正裕²

¹ Department of Materials Science, Faculty of Engineering, Tottori University,

4-101 Koyama-cho Minami, Tottori-shi, Tottori, 680-8552, Japan

² Department of Science Education, Faculty of Education, Tokyo Gakugei University,

4-1-1 Nukuikita-machi, Koganei-shi, Tokyo, 184-8501, Japan

¹ 鳥取大学工学部、² 東京学芸大学教育学部

Abstract

ウラン238やラジウム226を含む土と活性炭を用いて、鉛214やビスマス214がどのようにしてラドン222から生成されるのかを示す教育用実験を開発した。ここで開発された実験法を、従来から鳥取大学の物質工学科3年を対象に実施してきた学生実験（放射化学）に追加したところ、学生が放射化学の基礎、特に放射化学平衡について正しく理解するための手助けになることが示唆された。

1. INTRODUCTION

Although several works⁽¹⁻⁶⁾ have been published to date regarding radiochemistry, most of them have been designed for those who major in subjects related to chemistry or physics and use rather sophisticated methods and apparatus. Education about radiation and radioactivity is also very important for other students because a basic knowledge of radiation and radioactivity is indispensable for understanding environmental problems or energy problems in the future. However, it is not easy to conduct practical work using radioactivity in students' experiments at school or at university because the use of radioactivity is strictly regulated by the law, and equipment such as radiation counters is too expensive for school budgets. From such a viewpoint, we developed several kinds of safe and inexpensive experiments for education using natural radioactivity so that university (or senior high school) students can learn through their practical work without being regulated by the law⁽⁷⁻⁹⁾. For this purpose, radioactive species belonging to the uranium decay series (Fig. 1) are suitable because these species can be easily obtained from mineral spring water or soil samples. In addition, some of the species such as ^{214}Pb and ^{214}Bi emit beta rays, which are easy to detect, and the half-lives of these

which are easy to detect, and the half-lives of these elements can be measured in one or two-hour school activities.

This kind of experiment was employed as an "Educational experiment for radiochemistry" at Tottori University for nearly fifty students every year¹⁰⁾. Although the experiment itself was essentially complete, the students did not have the chance to observe how radioactive equilibrium was established. Therefore, we have developed an additional work plan to enable students to observe how ^{214}Pb and ^{214}Bi are produced from ^{222}Rn , and have made this experiment more complete. The educational usefulness of this additional experiment was evaluated and will be presented in section 5.

	Half-life	Decay mode
^{238}U	$4.47 \times 10^9 \text{ y}$	α
$\downarrow$		
^{234}Th	24.1 d	β
$\downarrow$		
^{234}Pa	1.17 m	β
$\downarrow$		
^{234}U	$2.45 \times 10^5 \text{ y}$	α
$\downarrow$		
^{230}Th	$7.54 \times 10^4 \text{ y}$	α
$\downarrow$		
^{226}Ra	$1.6 \times 10^3 \text{ y}$	α
$\downarrow$		
^{222}Rn	3.82 d	α
$\downarrow$		
^{218}Po	3.11 m	α
$\downarrow$		
^{214}Pb	27 m	β
$\downarrow$		
^{214}Bi	19.9 m	β
$\downarrow$		
^{214}Po	164 μs	α

Fig.1 Uranium decay series

II. EDUCATIONAL EXPERIMENT at TOTTORI UNIVERSITY

Since the details of the experiments used to date have been presented elsewhere⁽¹⁰⁾, only the outline will be briefly explained here to clarify why the additional experiment mentioned above was needed.

The outline of the procedures used so far is schematically illustrated in Fig.2. Because radon is the only gas in the uranium series, as shown in Fig.1, ^{222}Rn emitted from a soil sample that contains a very small amount of ^{238}U (or a superphosphate of lime marketed as manure for horticulture) is released in the gas phase within a desiccator and is adsorbed on the surface of activated charcoal placed in the same desiccator. After one or two weeks, a certain amount of ^{214}Pb and ^{214}Bi is produced from ^{222}Rn and stored on the surface of the activated charcoal.

The purpose of this practical work is to collect these ^{214}Pb and ^{214}Bi products using radiochemical techniques and to observe/analyze how they are decaying. Through this work, the students are expected to understand the basics of radiation and radioactivity, such as decay mode, definition of activity, difference in nature between alpha rays and beta rays, half-life, co-precipitation method, and so on. Although the students can directly observe how radioactivities (^{214}Pb , ^{214}Bi) decay in this work, it is not very clear to them how these radioactive species are produced from their parents or why certain amounts of ^{214}Pb and ^{214}Bi exist on the activated charcoal even though their half-lives are less than thirty minutes. The latter is especially important

when students learn about radiochemical equilibrium.

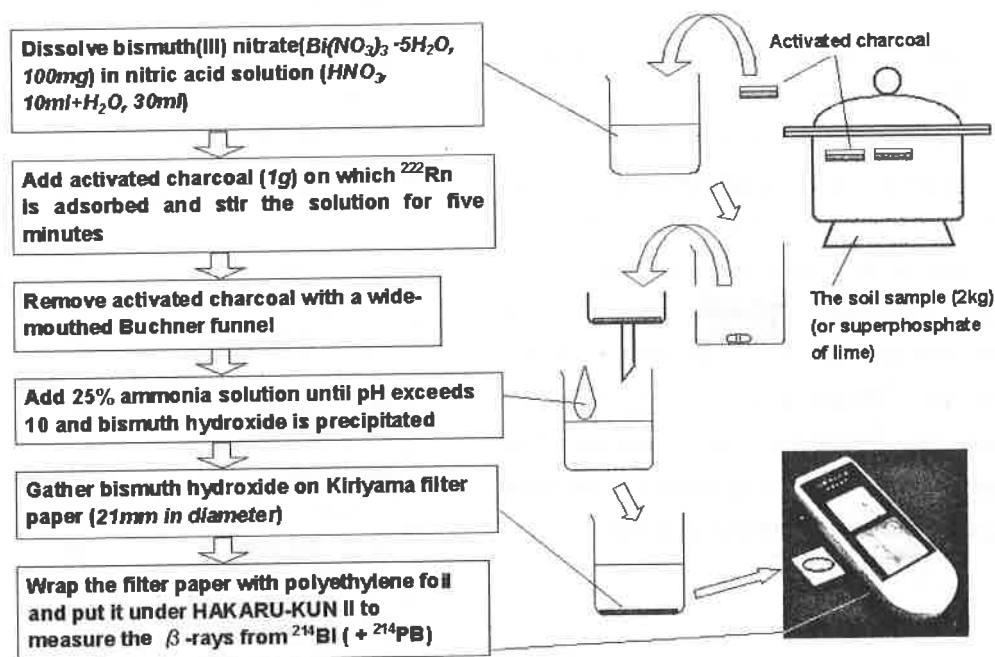


Fig.2 The sequence of the educational experiment at Tottori University

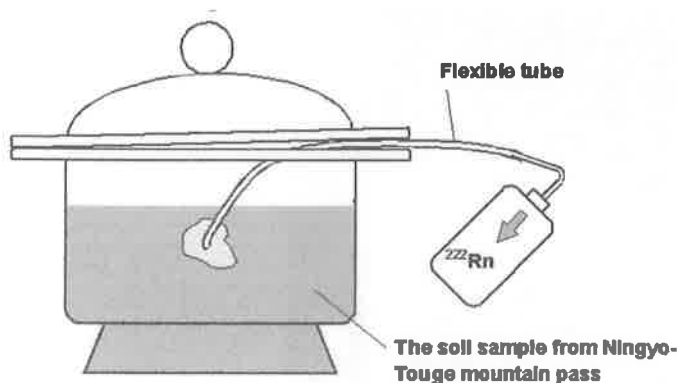
From such a viewpoint, we have developed another experiment which can help students recognize that ^{222}Rn in the gas phase is adsorbed on the surface of activated charcoal and understand how ^{214}Pb and ^{214}Bi are produced from it there.

III. METHOD of ADDITIONAL EXPERIMENT

3-1 Preparation of ^{222}Rn -containing air

As shown in Fig.3, a narrow space is made in the soil sample within a desiccator and a thin flexible tube is put into this space so that air in it can be drawn out using a syringe or a wash bottle made of polyethylene. Because this method uses the same desiccator as the main part mentioned above, the existence of ^{222}Rn in the gas phase and the function of the desiccator are clear to the students.

Another easier way to prepare ^{222}Rn -containing air is to put the soil sample (200g) into a polyethylene wash bottle and leave the bottle for one or two weeks with the bottle mouth closed as shown in Fig.4.

Fig.3 The collection method for ^{222}Rn -containing airFig.4 The collection method for ^{222}Rn -containing air (a simpler method)

3-2 Visualization of alpha rays using a cloud chamber

In our old experiment, we used the mantle of a lantern as an alpha-ray source with a cloud chamber to show the tracks of alpha particles. Because this cloud chamber¹¹⁾ is made of a Pyrex bowl and is covered with a thin transparent film, it is easy to inject the ^{222}Rn -containing air into the chamber through the nozzle of the wash bottle inserted underneath the cover. In this way, students can recognize the decay of ^{222}Rn based on their actual observation.

3-3 Measurement of the activity (^{214}Pb and ^{214}Bi) produced on activated charcoal

First, a small amount of granular activated charcoal, of which the particle diameter is 1-2mm, is packed into a polyethylene tube, and the tube is fixed to the wash bottle as shown in Fig.5. The bottle is then squeezed slowly by hand so that the air in it is released through the tube packed with the activated charcoal.

The packed carbon is removed from the tube and sealed in a polyethylene bag, with a thickness of less than 0.1mm. The beta rays emitted from this sample are then measured with a beta survey meter (Hakaru-kun II, lent to the school free from the Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology in Japan) for a couple of hours.

Fig.5 ^{222}Rn sampler using a wash bottle

IV. EXAMPLE OF OBTAINED RESULTS AND DISCUSSION

4-1. Visualization of alpha rays using a cloud chamber

Tracks of alpha particles just after injecting the ^{222}Rn -containing air are presented in Fig. 6. Because the half-life of ^{222}Rn is 3.8 days, the decay of ^{222}Rn could not be observed in this experiment. However, the students could easily recognize that an alpha emitter (^{222}Rn) existed in the air within the desiccator.



Fig.6 Alpha tracks observed in the cloud chamber

4-2 Measurement of the activity (^{214}Pb and ^{214}Bi) produced on the activated charcoal.

A couple of typical results are presented in Fig. 7, 8.

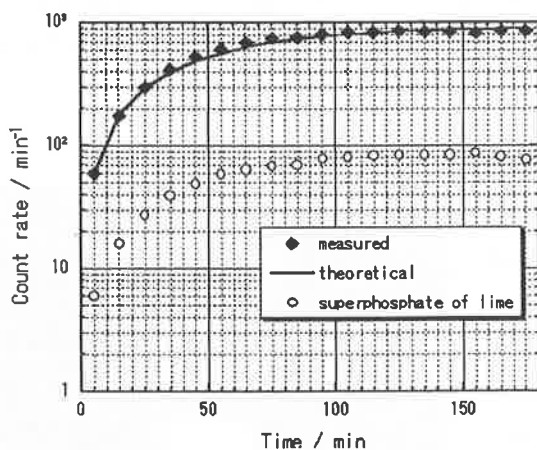


Fig.7 Typical example of experimental results

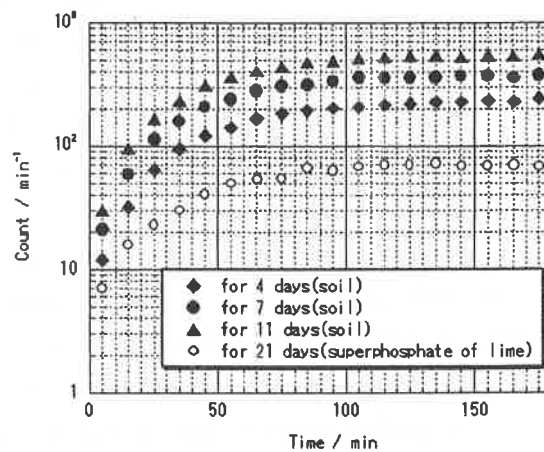


Fig.8 The effect of storage period on count rate

Figure 7 presents the relation between time and the count rate of beta particles coming from ^{214}Pb and ^{214}Bi being produced on the activated charcoal. Solid symbols denote the data from the experiment where the soil (2kg) sampled at Ningyo-Toge was put in a desiccator, and the open symbols denote data of the experiment using superphosphate of lime instead of the soil sample.

The solid line was calculated from the following equations;

$$dN_{\text{Rn}}/dt = -\lambda_{\text{Rn}}N_{\text{Rn}} \quad (1)$$

$$dN_{\text{Pb}}/dt = -\lambda_{\text{Pb}}N_{\text{Pb}} + \lambda_{\text{Rn}}N_{\text{Rn}} \quad (2)$$

$$dN_{\text{Bi}}/dt = -\lambda_{\text{Bi}}N_{\text{Bi}} + \lambda_{\text{Pb}}N_{\text{Pb}} \quad (3)$$

where N_{Rn} , N_{Pb} and N_{Bi} denote the number of atoms of ^{222}Rn , ^{214}Pb and ^{214}Bi , respectively, and λ denotes the decay constant of each species mentioned above. The initial conditions to solve the

above equations were as follows;

$$N_{\text{Rn}} = N^0 \quad \text{at} \quad t=0 \quad (4)$$

$$N_{\text{Pb}} = N_{\text{Bi}} = 0 \quad \text{at} \quad t=0 \quad (5)$$

and the value of N^0 was determined so that calculated values were coincident with the measured ones when t was large enough.

The starting time ($t=0$) could not be defined rigorously in this experiment because the complete separation of ^{222}Rn from its daughters was impossible, and a certain number of daughter species existed on the surface of activated charcoal at $t=0$. However, the coincidence between measured values and calculated ones were fairly good over a wide range of time as shown in Fig. 7.

Figure 8 presents the results of the experiment where the soil sample (200g) or the superphosphate of lime was put in the wash bottle for 4-21 days. Because the half-life of ^{222}Rn is 3.8 days, no more activity would have been accumulated even if the soil sample had been kept in the bottle for longer.

V. PRACTICAL RESEARCH at TOTTORI UNIVERSITY

Figure 9 presents the timetable of our practical work (Radiochemistry) at Tottori University, which was designed for 3rd year students majoring in materials sciences. Until last year, we presented oral explanations on the basics of radiochemistry as well as a demonstrative experiment using a cloud chamber and a lantern mantle before the students started experiments by themselves. This year, we divided 49 students into two groups, A and B. For group A, we used the ^{222}Rn -containing air instead of a lantern mantle to show alpha tracks in a cloud chamber, and we added another experiment described above in 3-3 to show the increase in activity (^{214}Pb and ^{214}Bi) on activated charcoal. (We prepared the air containing ^{222}Rn using a wash bottle with a soil sample in it.) For group B, we presented the same explanations and the same demonstrative experiment as we had done last year.

One month after the students' experiment, we gave them a very simple quiz as follows.

Question 1: Generally radioactivity decreases as it decays. Why does the radioactivity on the activated charcoal increase as shown in the figure (which is similar to Fig.7)?

Question 2: The count rate in the figure becomes saturated after a rapid increase. What is this phenomenon called?

As for Question 1, the ratio of correct answers in Group A was 46% and that in Group B was 33%. For Question 2, the former was 79% and the latter was 52%. Although the number of samples was not large enough, these results indicated the usefulness of our additional experiment.

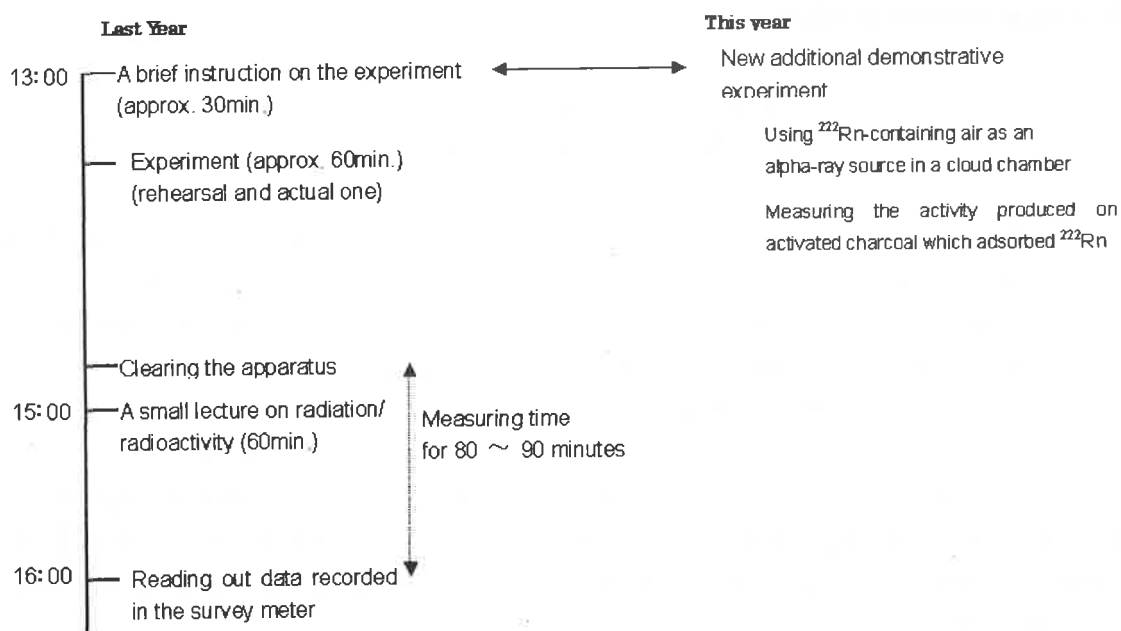


Fig.9 Time table of the practical work

VI. CONCLUSION

It was clarified that the ^{222}Rn needed for one demonstrative experiment can be obtained by storing 200g of the soil sampled at Ningyo Toge for about one week in a 500mL wash bottle.

Based on practical research, the validity of the new experiment for students has been confirmed, and the completeness of this experiment has been greatly enhanced.

REFERENCES

- 1) Welch, L. E.; Mossman, D. M., *J. Chem. Educ.* **1994**, *71*, 521.
- 2) Houdaverdis, I.; Kontis, S. S., *J. Chem. Educ.* **1991**, *68*, 171
- 3) Matthews, K. M.; Larkin, R. M., *J. Chem. Educ.* **1990**, *67*, 374
- 4) Downey, D. M.; Simolunas, G., *J. Chem. Educ.* **1988**, *65*, 1042
- 5) Williams, Kathryn R.; Lipford, Levin C., *J. Chem. Educ.* **1985**, *62*, 894
- 6) Downey, D. M.; Farnsworth, D. D.; Lee, P. G., *J. Chem. Educ.* **1984**, *61*, 259
- 7) Kamata, M.; Nakamura, M.; *et al. Chemistry and Education* (in Japanese), **1994**, *42*, 286-291, 500-503; **1995**, *43*, 321-324; **1997**, *45*, 33-36; **1999**, *47*, 46-49
- 8) Kamata, M.; Watanabe, C., *Chemistry and Education* (in Japanese), **2000**, *48*, 524-527

- 9) Kamata, M.; Fukagawa, S.; *Chemistry and Education* (in Japanese), **2001**, *49*, 582-584
- 10) Nakamura, M.; Kamata, M.; Esaka, T., *Proceedings of International Symposium on Radiation Education (ISRE98)*, **1999**, 245-251
- 11) Mori, Y., *Journal of the Physics Education Society of Japan*, **1995**, *43*, 269-272

7.25 Fostering of Ability to Solve Problems toward Consensus-making

From Teaching Practice on the use of nuclear power as a Core of Energy Issues

合意形成にむけた問題解決能力の育成
エネルギー問題の中核となる「原子力発電」の授業実践より

Tadanori HARADA

原田忠則

広島市立観音中学校

Hiroshima kanon junior high school

広島市西区南観音 3-4-6

Minamikanon3-4-6 Nishiku Hiroshima 733-0035 Japan

Abstract

In Hiroshima, it is practicing the peace education which aimed to bring up the citizen who practices world peace. In this research, in the nuclear power generation, at the teaching materials, it did the curriculum development to bring up the problem-solving ability to have paid to the consensus building.

After practicing a class for the ninth grade life, it got to actually feel " the problem solving depend on our future ". It understood the following point from this practice.

1. It thinks that the student wants to know the truth.
2. In to devise a way of guiding a teacher, the student becomes able to develop independent learning.
3. If there is not a mistake in the way of taking a problem, it is possible to do a student and a discussion even if it is the problem which touches a sense of values.
4. The understanding of a student is promoted when learning the difference of the mechanism of the atomic bomb and the nuclear power generation.

1. 学習活動のねらい

(1) 現代的な課題と合意形成

環境問題や資源エネルギー問題のような現代的な課題は、より安全で快適な生活をもたらすことを目的とした人間活動から発生している。意図的ではないがゆえに様々な要因を検討しなければ解決につながらない。¹⁾ また社会的な理由や優れた代替物がないため原因を取り除くことが困難なことから、二極対立的な価値観の中で合意を必要として

いる。その解決にはこれまでの人間活動の拡大をめざした考え方から地球を持続させる考え方（自然への適合、共生、共存）へと修正しなければならない。この作業は現状での妥協点を見出すことではなく、これまでの常識や倫理といった価値観を根本から見直し、より高い視点に立って新たな打開策を創造することである（Fig. 1）。

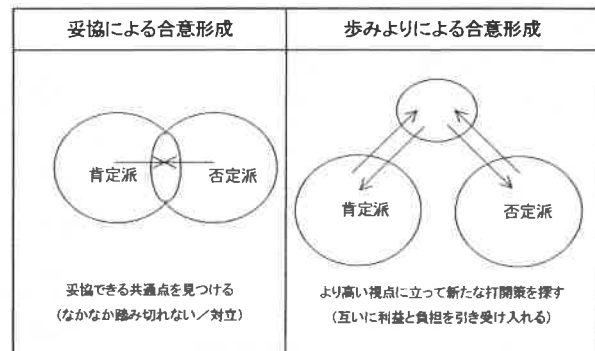


Fig. 1 合意形成の考え方（本研究では右図を提案）

そこでは真理の探究をめざした科学者中心の従来の科学のあり方を見直し、

俯瞰的な視野で科学の成果を適切に位置づける総合科学技術の考え方を導入しなければならない。さらに今後の民主主義社会のあり方も示唆する必要も出てきた。

そこで現代的な課題をイシューズ（issues）と呼んで「科学技術の発達と民主主義の成熟による社会の変化に対応するため、人間の価値観（常識、倫理、学問のあり方）に見直しをせまる問題」と定義した。イシューズの解決とは市民レベルで解決に向けた行動化ができることである。本研究では「合意形成につながる科学的な判断の方法」をイシューズアプローチと名づける。問題解決の手順は、問題の理解を通して自らの価値観を明確にし、多様な価値観をもつ人々の協力の中から新たな解決策を創りあげることである（Fig. 2）。

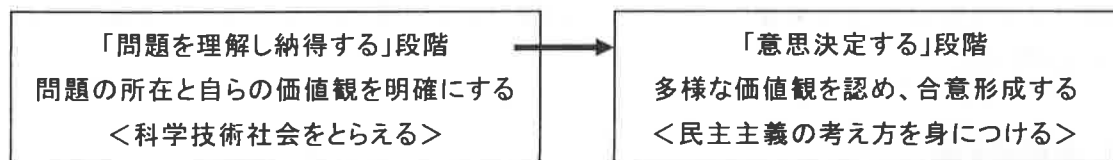


Fig. 2 イシューズアプローチの手順

(2) カリキュラムの構造

現行の指導要領から、基礎基本の徹底だけでなく、生徒が自ら課題を発見し主体的に問題を解決する「資質・能力の育成」もねらうことになった。知識を伝達するだけの授業だけでなく、選択教科や総合的な学習の時間を利用して生徒が自然への適合・共生・共存・循環型の社会といった内容を実感させるような学習方法を創造しなければならない。

この種の課題に対して木村は「新しい知識を生み出す知識力（生成的知識）が最重要で、このような知識を元にした“信念システム（世界観、科学観）”を基盤にした新しい能力観や学力観が必要である」と述べている。²⁾ そのためには「答えのない世界を探究する」という科学の原点に立ち返り、生活に根ざした発展性のある具体的な課題を用いた問題解決型のカリキュラム開発が望まれる。

本研究では生成的知識として「探究の方法」と「科学技術リテラシー」を位置づけた。（Fig. 3）

(3) 授業の目的

広島市は世界ではじめて原子爆弾が落とされた都市である。1945年8月6日午前8時15分を境に「軍事都市」から「平和都市」へとその役割が大きく変わった。

平和学習は小学校から継続しており、中学校では被害者・加害者の両面を科学的に検討し戦争の本質をとらえ、未来に向けて「ヒロシマ」の役割を継承し、平和を発信してゆける人材づくりをめざしている。生徒たちは小さい頃から原爆を通して核エネルギーの恐ろしさを学習している。

本研究ではいわばタブー視されてきた「核エネルギー」を正面から見つめることで、科学的な知識の大切さや誤った行動をとってしまう人間の本性について調べ学習を通して自ら学び、正しい判断能力をもって科学技術社会に生きる生徒の育成をめざす。授業実践では中学校3年生を対象にエネルギー問題の中心に存在する「原子力発電」を題材として用いた。

2. 生徒の実態

生徒のレディネスを測定するために「科学観」調査と「エネルギーと環境」調査を広島市立W中学校第2学年95名（1999.3/11実施）を対象に行った。

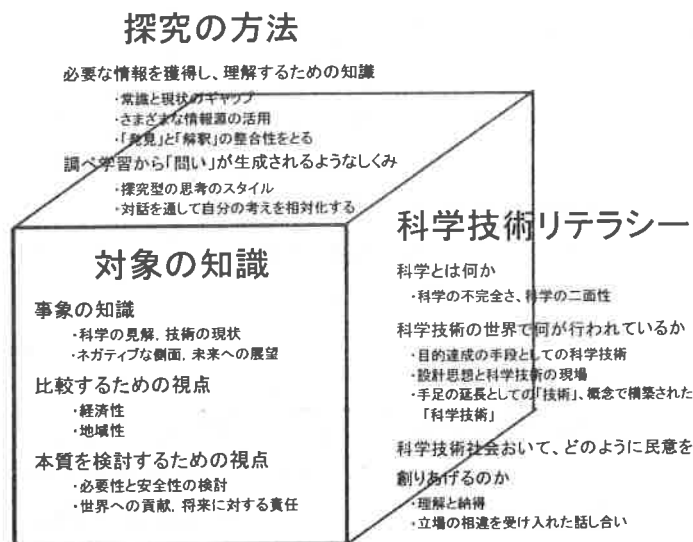
(1) 「科学観」調査

IOWA大学でSTSを推進しているイエーガーらを中心とするグループが各国の科学観調査を参考にして「世界観評価項目」を作成しており、これを静岡大学の熊野ら(1994)が考察を加え日本語化し「科学観調査」を行っている。ここでは中学生が質問を理解できるように改訂した。調査の枠組みは「科学の本質論」「科学の方法論」に始まり「科学が持つ社会的責任論」まで評価領域を広げ、科学者の価値観から見た社会における科学のあり方を調査する項目で構成されている。

この調査から明らかになった点は、

- ・実験や観察から得られる事実（現実の情報）よりも、法則（教科書の内容）を優先している。
- ・実際の科学者がどのような信念で研究を行い、実験や観察から得られた結果をどのように判断をしているのか推測できない。

文化遺産としての理科教育の知識は理解できているが、科学のプロセスが形骸化して



探究活動の本質が理解されていない。事実に基づいて筋道をたてて考えるのではなく、手っ取り早く覚える作業を優先するあまり、結果としての法則を絶対のものとして信じている。また科学者のイメージはマスコミ等で語られる間接情報から構築されていると思われる。

科学技術は原爆開発以降、巨大な産業へと変化した。それ以前ならば知識を獲得する過程で価値観を構築することも可能であったが、現代のように細分化された時代では、人任せの理論を鵜呑みにしなければならない状態になりかねない。科学者にとってもこれからは真理の探究だけが科学ではなく、生み出される知見の社会的な位置づけまで評価しながら研究を進める姿勢が必要になる。同時に一般市民にとっても科学や科学技術の特徴を捉えた科学教育がますます重要になる。

(2) 「エネルギーと環境」調査

日本原子力文化振興財団(1993)が、日本とヨーロッパ 6 カ国の高校生を対象に意識の実態を国際比較している。「エネルギーと環境」調査では、調査の枠組み整理し「情報」「エネルギーと地球環境とのかかわりに対する意識」「原子力発電に対する意識」「感想文」とした。エネルギー問題という価値対立的な問題を含むテーマについて教育される側の意識を推測する。この調査から明らかになった点は、

- ・情報源はテレビや新聞といった一方的なメディアから入手しており (51%)、これをもとに家族や友人との話し合い (14%) や学校の授業 (24%) が行われていると考えられる。国や民間会社、自治体が作成したパンフレット (0%) 書籍等 (8%) の利用は少ない。表面的な事柄しか見えておらずその背景となる本質的な問題には気づいていない。
- ・リサイクルなど生活に身近な話題は判断できるが、エネルギー開発といった政策レベルの複合的な問題については理想的な回答に集中している。大人が与える資料が、ある程度評価の定まった一面的な情報で構成されていることが予想される。
- ・今後の望ましいエネルギー源として原子力を選んだ生徒は 1% で、特に今後の原子力発電の進め方について 64% が「減らす」ことを望んでいる。その理由として 62% が「新エネルギーが開発されるから」を選んでいる。このことは新エネルギーへの期待が「エネルギー問題は解決済みである」といった誤った信念になっていると考えられる。
- ・感想文からは、環境問題は知っているが、あいまいな知識から推論している内容が多く、誰かが解決してくれるものという依存の姿勢が強く感じられる。

従来の教師主導型の教育では、教材がもつ情報のみの断片的な知識ばかりが増えるような指導になっていたことが考えられる。自らの問題として考えるためには、信頼性の低い情報の中から必要な内容を獲得し、問題の全体構造を把握していく能力の育成が必要で、「問題解決の主体は自分たちで、答えは自分たちで創り出すもの」という信念のレベルまで育成しなければならない。

3 指導計画

(1) 指導のねらいと学習方法

「気づかない」

「考えることができない」がイシューズの本質的な問題である。ディベートのような授業方法で科学者が提唱する解決案を選択することが問題解決ではない。

そこで「問いの体系」(木村 1997)を構成原理として生徒の能力を引き出す帰納的な探究活動を取り入れた (Fig. 4)。

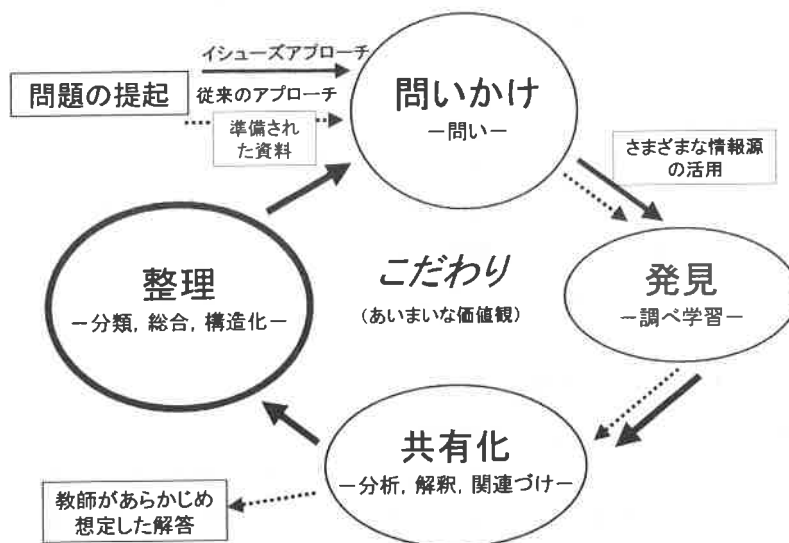


Fig. 4 対話を基調とした価値観を明確にする探究の循環モデル

さまざまな情報源を活用して調べ学習を行い、情報を共有化する作業を重視し、合意形成に値する議論ができる資質能力を育成する。

調べ学習を通して、対象(原子力発電)の理解と共に対象に関わっている人間(科学者や技術者)の活動に着目させ「人間の考え方や発想のすばらしさ」「問題に立ち向かうとする姿勢」を発見させる。一人一人が調べる事柄は少なくとも、他者と情報を共有化し、批判的に検討した結果を整理すれば、より本質的な課題が発見でき、問いの連鎖をつくることができる。

本研究では「整理」の方法としてKJ法(川喜田 1967)を用いた。この方法は文化人類学の方法で、気づきをカードに書き出し、それらを構造的に表現することで、新たな発想を創りあげることに用いられている。全ての意見や考え方を構造的に表現し位置づけることで他人と協調しながら矛盾や整合性のつかない事柄を浮き彫りにさせることができる。

(2) 授業設計における教師の基本的な考え方

印南は、高質な意思決定に向けて問題を的確に把握するためには意識的に大きな思考の発散を行うことが必要であり「スムーズでない意思決定プロセスの方が健全である」

3) という認識を共有することが重要であると述べている。

生徒が解決の主体者であることを自覚させるためには、自分の価値観を振り返らせるような状況を教師が作り出さなければならない。生徒自らが自律的な探究のスタイルを獲得するまで教師は課題を与え、情報の集め方や情報を解釈する方法といった探究のスキル(≡情報リテラシー)を指導する。また研究の方向性を示したり、知識の誤りを訂正したり、視野を広げるような情報を提供した。また教師は知っている知識を教え過ぎる

傾向にあるので、教える内容は核分裂のしくみだけにしぼり、それ以上は質問してくるまで答えないことにした。また意見の交流を深めるために、生徒が作成した文書は、必ず全員分をプリントして返し、他人の意見を考察する時間をとった。さらに生徒の状態を見ながら十分に話し合いができる時間をあてることを重視した。

(3) 指導の手順

上記のような教材観・生徒観・指導観をもって、中学3年生の選択理科の時間を利用して1999年6月5日から12月4日まで16回の授業を7名で行った。テーマ、目標及び内容、評価方法は以下のとおりである。生徒の思考過程に合わせた授業の組み立てを重視したため、今回の指導で展開した手順のみ掲載する。1時間は50分を基本としているが、作業を伴う授業は放課後に延長学習を行っている。

テーマ 「エネルギーと現代社会」

目標及び内容 …原子力発電を題材に、科学技術社会に生きる市民の素養を育成する。調べ学習とは何かを考えさせ、環境問題や資源・エネルギー問題の本質をとらえていく過程で、民主主義のあり方を考察し、問題解決に向けて主体的に活動できる人間の価値観を育成する。

評価方法 …作文等にした内容や発言から、次の項目を抜き出し、評価する。

1. 作業に参加したか。
2. 話し合いに参加したか。
3. 調べ学習を行ったか。
4. 新しい発見があったか。
5. 自分なりの考え方（価値観）をつくりあげ、表現できたか。

ア) 認識を広げる段階（5時間）

- ① エネルギー消費のグラフから、原子力発電の割合の高さに気づき、国民の意識と国策のずれを意識させる。（1時間）
- ② 参考資料を用いて、原子力発電について知らなければならないと感じる内容を整理する。KJ図から調べ学習のテーマを個々で設定する。（2時間）
- ③ 核分裂の原理や、調べ方の方法（比較法、情報収集の仕方やまとめ方）を学ぶ。（2時間）
- ④ 情報収集とレポートの作成をする。（夏休みに調べ学習を実施）

イ) 認識を深める段階（7時間）

- ⑤ 調べ学習で気づいた、人間のすばらしさ（知恵）を表現する。（2時間）
- ⑥ 東海村臨界事故から学ぶ。（2時間）
- ⑦ 科学技術の捉え方、原発の存在意義を考える。（1時間）
- ⑧ さまざまな資料をもとに、原発問題の本質を話し合い、つきとめる。（2時間）

ウ) 新たな問題の構造を発見する段階（4時間）

- ⑨ 再度KJ法を用いて、問題点を整理し、構造化する。（2時間）
- ⑩ 自分を含めた社会のあり方を考えて意見表明をつくる。（1時間）
- ⑪ 感想文を作成し、自己評価する。授業の総括と評価をする。（1時間）

4 指導の実際（概要）

授業は情報を蓄積する「認識を広げる段階」と情報を整理した「認識を深める段階」に分かれる。夏休みに調べ学習を行いその結果を発表する前後で内容が大きく転換して

いる。

(1) 「認識を広げる」段階

「地元で原発の建設計画が持ち上がった時どのように対処すればよいのか」という問題を提起した。

さらに原子力発電を否定する意識とは反対に原発の役割が高まっている現状を認識するグラフ(日本の電源別発電電力量の実績及び見通し)を利用して課題意識を持たせた。

インターネットが整備されていない時期で、参考文献も図書室にないためあらかじめ日本原子力文化振興財団が発行している「原子力99」を与えた。

原子力発電の基礎知識がないため、KJ法の指導を兼ねて資料集の中から気になる言葉やこれまでに聞いた事のある言葉の整理を行った。この時点では、生徒の関心は科学的な事象の理解や事故の事例を知ること、経済性とか安全性といった点はでない (Fig. 5)。

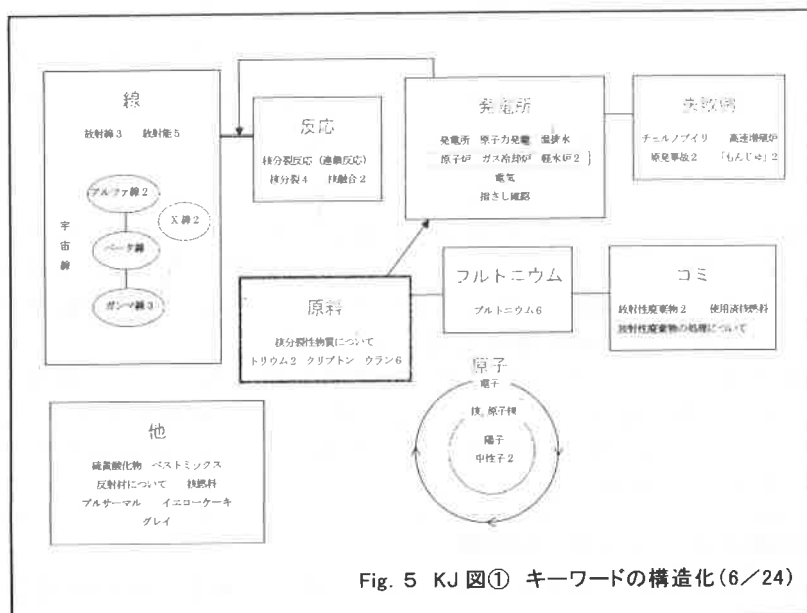


Fig. 5 KJ 図① キーワードの構造化 (6/24)

調べ学習の事前指導として、CO₂増加のグラフから地球温暖化の理論が導かれた例を用いて、既存の情報から新しい情報(上位の概念、視点の転換)を導き出す「比較法」を紹介した。さらにいじめを例に、立場によって考え方や問題の見方が異なることを示し、解決の方法は多様な価値観を総合して発見できることを示し、「さまざまな情報源の活用」することが不可欠であること指導した。

(2) 視点が転換した発表会

夏休みを終え、発表会を行った。しかし発表内容は調べた事柄だけだった。生徒の活動記録を分析すると、専門用語の関連付けができない点(「壊変」と「崩壊」と、学んだでもことが何に役立つのか分からない(知ることが多すぎるし、理解もできない)という点が明らかになった。そこで、用語を解説したり、調べている過程で感じた驚きや発見を素直に表現させて再度発表会を行った。それ以後意見は活発に出てくるようになった。

(3) 「認識を深める」段階

発表会の前後に東海村臨界事故が発生したこともあって生徒の問題意識がさらに高まりを見せたため、問題の本質を検討するために「東海村臨界事故の検証」「原子力発電を続けたときと止めたときの問題点」課題を与えた。また明治以降の電力開発の歴史や、

原子力の未来像を語った資料を与え、地球レベルの視野で考えとはどういうことかを促した。その後、役目を終えた技術は消え去る運命にあることを示唆し「原子力発電は大切な技術なのか、そうではないのか」を検討させる時間をとった。再度、KJ法を用いてこれまでに学んだ事柄の整理をした (Fig. 6)。

この段階では「単語」だけでなく、複合的な概念を含んだ「短文」形式で書いている。さらに疑問文で書かれたものが含まれている点が特徴的である。これまでも話し合いを通して共有化をはかってきたが、ここでも単語で書いている生徒に対して、どういう意味で書いたのかを確認しあう作業を丁寧に行っていた。1 時間ではカテゴリー分けしかなかったため、次の時間で内容を詳細に検討した結果、構造的に整理されていった (Fig. 7)。

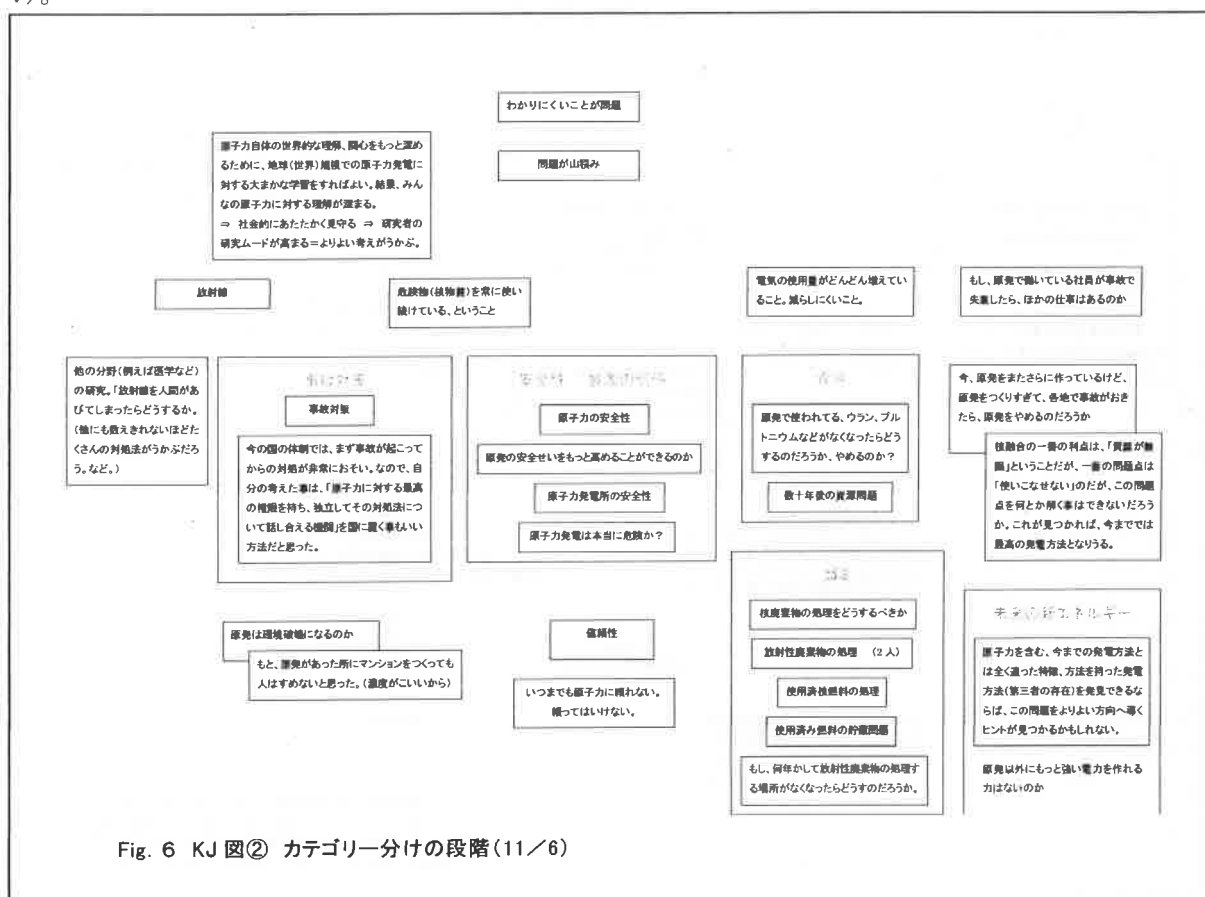
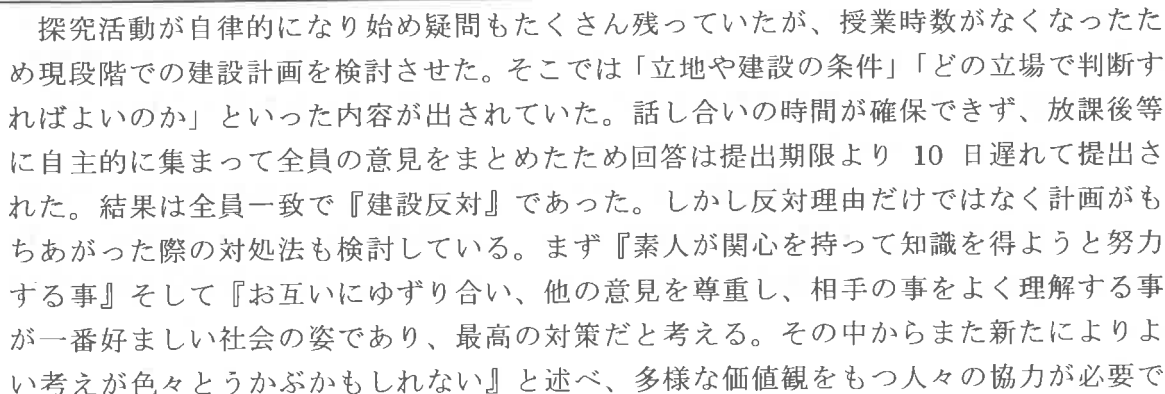


Fig. 6 KJ 図② カテゴリー分けの段階 (11/6)

この作業を通して生徒が発見した原発問題の「大本」となる課題は「電気の使用量が増えていること。減らしにくいこと」であり、資源や安全性の面から「いつまでも原子力に頼れない。頼ってはいけない」ということに気づき、新エネルギーが必要とされる背景や、根本的な解決策は「新エネルギーの開発」だけでなく「原子力に対する理解を深め、放射線など他の分野の研究をすすめること」の意義と「それを支える社会のムードをつくらなければならない」ことを表している。

図を見た生徒は「なんか人間が傘をさしているみたいじゃね」「足が社会的なものになってる、信頼性とか」「心臓(原子力発電の中心)が危険物になってる」「最初はよくわからなかったけど・・・時間があればもっと話し合えるのに」といった感想を述べていた。



あることを述べている。

授業後の個人の感想文にも『答えならあると思っていた。しかし、答えがないというのがよくわかった。前のように単純明快な答えは出せない。しかし、なんとなくの考えならもっている』と述べているように、問題が鮮明に自覚されたことで「問題は解決しておらず、答えは我々が創りだすもの」という信念へと変容している表現が見られた。

また授業の感想として「自分の意見を言うのも、他人の意見を聞くのも新鮮で、それが楽しかった」「自分の意見を持つことができたことがうれしい」「新たな知識を得た様に感じた」「人間について考えさせられた」と、自ら課題をもって自主的に問題に近づいていく探究のプロセスを学んだ喜びや、人間とは何かといった命題にまで思考が広がっている。

5. 評価

授業実践では生徒の思考過程に合わせて展開するため今回の結果はひとつの事例に過ぎない。合意形成に値する探究活動を支援することを目的としているため、評価項目は次の5点にしぼる。

①作業をしたか ②話し合いに参加したか ③調べ学習を行ったか ④新しい発見があったか

⑤自分なりの考え方（価値観）をつくりあげ表現できたか

実践例で述べたように生徒が作成した文書や発言等から特徴的なものを記録しておく。

6. 今後の課題、まとめ

今回の授業実践から生徒の信念が問いの連鎖によって大きく変化していることが考えられる (Fig. 8)。

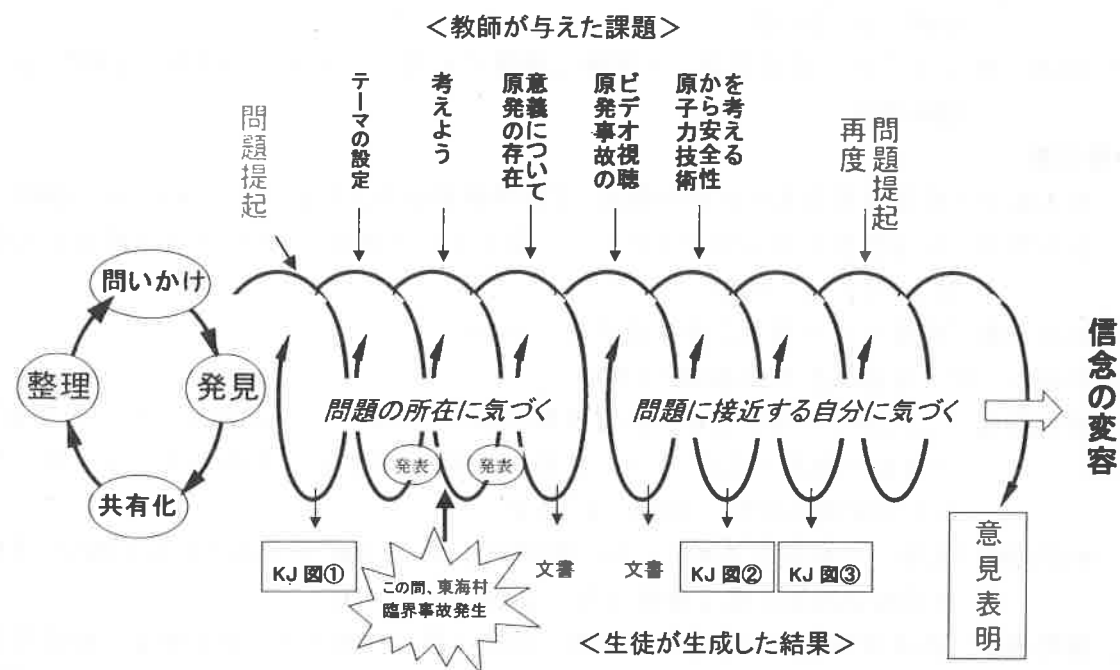


Fig. 8 循環型の探究活動を取り入れた授業実践

これまでの学習観は、知識が生み出される背景まで考慮する必要がなかった。内容となる事柄と、それを獲得する方法が対応づけられていればよかった。しかしイシューズ型の問題解決は「答えの創造」であり、知識が現実の世界でどのように振る舞うのかを考慮して判断しなければならない。従ってイシューズ型の学習観では、人間活動としての科学や科学技術、民主主義社会についての知識（科学技術リテラシー）が不可欠となる。これは単独で獲得できないため問題解決の過程を通して探究の方法と共に獲得されなければならない。教師が何を伝え、何をつかんでほしいのかをしっかりと目的を見定めて授業に臨めば、授業は生徒が創りあげてくれる。授業改善に向けた提言として、

- ・これまでの演繹を中心とした学習のスタイルだけではなく、帰納的な活動を取り入れた学習もバランスよく教育される必要がある。そのためにイシューズは有効な題材といえる。
- ・その学習では、分析的な視点だけではなく総合的に捉える方法を用いて問いの連鎖が続くようなしくみが必要になる。
- ・その学習では、これまでの教科教育の内容が利用できる。しかし普段の授業から教材レベルで有機的な関連づけや推論するような場面が設定されなければ有効に活用されない。

引用文献

- 1) 吉川弘之「持続可能な社会実現のための学術の責任」『学術の動向』7月号, 日本学術協力財団, 1998, p. 24-30
- 2) 木村捨雄「社会構造・産業構造、学問体系の変容と新しい科学技術教育の構築・研究の確立にむけて」『日学選書 3 21世紀を展望する新教育課程編成への提案—理科教育、数学教育、技術教育、情報教育—』日本学術協力財団, 1996, p. 26-28
- 3) 印南一路『すぐれた意思決定—判断と選択の心理学—』中央公論社, 1997, p. 294-306

参考文献

1. 大木道則「科学教育革新のための視点」『科学教育研究』Vol. 11, No. 4, 1987
2. 大木道則「化学教育の将来像を求めて—過去からの教訓—」『科学教育研究』Vol. 21, No. 1, 1997
3. 小川正賢『序説STS教育』東洋館出版, 1993
4. 川喜田二郎『発想法』中公新書, 1967
5. 木村捨雄「これからの科学教育の教育課程の編成の課題—“科学的な問いの連鎖”“発見と創造の連鎖”としての科学教育—」『日本科学教育学会シンポジウム』科学教育研究, 1997, p. 1-2
6. 木村捨雄「未来との対話を基底にした「教育の進歩・改善」を目指す教育実践学」『教育実践学研究』第1巻第1号, 1999, p. 3-16
7. 熊野善助「高度情報化社会における科学・技術・社会（STS）教育開発に関する実践的研究」『平成7年度文部省科学研究費補助金—一般研究（C）研究成果報告書—研究課題番号06680174』, 1996, p. 47-85

8. 近藤宗平『人は放射線になぜ弱いのか』講談社, 1999
9. 小倉康「数学と科学の学習のためのフレームワーク ―米国ジョージア州での革新的取り組み―」『平成 9 年度科学研究費補助金（基盤（B））研究成果中間報告書（資料） 研究課題番号 09480029』, 1997
12. 鳥井弘之『原子力の未来』日本経済新聞社, 1999
13. 長州南海男「高度科学・技術社会におけるイシューズ指向の科学教育解明の基礎的研究」『平成 8～9 年度科学研究費補助金（基盤（C））研究成果報告書 研究課題番号 08680194』, 1998
14. 日本原子力文化振興財団『欧州「エネルギーと環境」教育事情調査団報告書』, 1992
15. 日本原子力文化振興財団『日本とヨーロッパ「エネルギーと環境」に関する生徒の意識調査報告書』, 1993
16. 日本原子力文化振興財団『原子力発電 ‘99』, 1999
17. 原田忠則『イシューズアプローチによる「原子力エネルギー」に関するカリキュラム開発 ―多元的価値社会における合意形成にむけた問題解決能力の育成―』鳴門教育大学大学院修士論文, 2000
18. 吉川弘之「21世紀の科学について」『学術の動向』6月号, 日本学術協力財団, 1998, p. 6-17

7.26 PRACTICE OF ENVIRONMENTAL EDUCATION

環境教育の授業実践

Yoshio TAKAGI

高木 義雄

Ishikawa Prefectural Togi Senior High School

石川県立富来高等学校

〒925-0447 石川県羽咋郡富来町領家町ハの1

Tel: 0767-43-0034 Fax: 0767-42-0904

Abstract

The author worked at Ishikawa Prefectural Takahama Senior High School until the last fiscal year and practiced environmental education. The syllabus of the class was as follows: (1) examination of river water quality (transparency, pH, dissolved oxygen, chemical oxygen demand, concentrations of phosphoric and chloride ions, and biological water qualification), (2) examination of air pollution (measurement of blocking of pine needle stoma with air-dust and measurement of atmospheric NO₂ concentration), (3) examination of environmental radioactivity and radiation (radon measurement by electrostatic collection of radon daughters and measurement of environmental radiation by using pocket dose-rate-meter), and (4) visitation to waste treatment center.

1. はじめに

昨年まで勤務していた石川県立高浜高等学校で実施した環境教育の授業実践を報告する。平成15年度、石川県の環境教育推進校に指定され、2年生の総合的学習「地域環境」1単位で履修生徒15名と3年生の学校設定科目「科学研究」3単位で履修生徒12名で実施した。この授業は実習を中心に進めており試薬作りも生徒にさせた。普通科の授業は黒板を使う授業が多いが、この授業は野外実習が多く、活動的で印象深いものになった。

また、学校のある志賀町には、絶滅危惧種のトミヨが棲んでいる川があり水質調査を通して自然保護への関心も高まり、環境保全の大切さを知ってもらえたと思う。

また、能登地区の高校で、毎年、夏休みに実施している「環境放射線測定教室」についても報告する。

2. 実践内容

水質調査、大気汚染調査、環境放射能調査、ゴミ処理の仕組みの4つのテーマで実施した。個人的な継続研究として実施している大気中のラドン濃度の測定についても経過を発表する。

(1) 水質調査

学校の近くの於古川、米町川と、トミヨの生息する「さぎ池」と、そこから流出する河川の水質調査を実施した。「さぎ池」は常に湧き水が出ていて夏でも水は冷たかった。

① 透明度

直径30cmの白い円盤が見えなくなる深さが透明度である。

② pH測定

pHメーターでpHを測定した。

③ DO（溶存酸素）の測定

DOは水に溶けている酸素を示しDOの値が大きいほど水はきれいである。酸素ビンを用いて溶存酸素を固定しウインクラー・アジ化ナトリウム変法により測定した。

④ COD（化学的酸素要求量）の測定

CODは水の中の主に有機物の量を示しており、CODの値が大きいほど水が汚濁している。硫酸酸性過マンガン酸カリウム法により測定した。

⑤ リン酸イオンの測定

水の中のリン酸イオンの濃度は水質の富栄養化の程度を示し、リンが多いと藻の繁殖により水質が悪化してくる。今回は、リンモリブデン青法によりリン酸イオンの定量をした。分光光度計を用いて比色分析をした。

⑥ 塩化物イオン濃度の測定

塩化物イオンの濃度は、志賀町のように海に近い河川では、満潮時での海水の逆流の程度がわかる。今回は、モール法により塩化物イオン濃度の測定をした。クロム酸カリウム溶液を指示薬とし、硝酸銀溶液で滴定してオレンジ色になったところを終点として求めた。

⑦ 生物学的水質判定

河川に生息するいろいろな生物により水質判定した。水生生物、魚などを用いた。生徒には、あらかじめいろいろな地点で採集しておいたサンプル管に入れてある水生生物を使って、スケッチ図を描かせた。生物学的水質判定についても説明し、川の石についている水生生物を見るだけでも水質がわかることを理解させた。

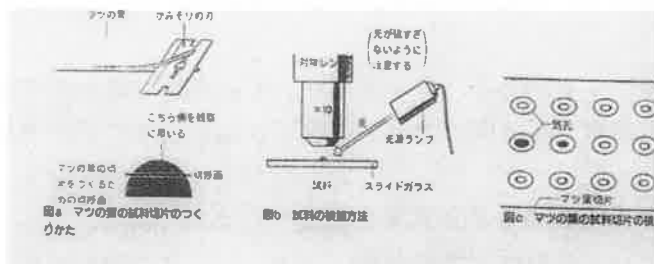
⑧ 池のプランクトン調査

プランクトンネットを用いて池のプランクトン調査をした。プランクトンの多い池は水質が汚れてきていることを示す。プランクトンによる水質判定も説明した。

(2) 大気汚染調査

① 松葉の気孔の詰まり具合による大気汚染調査

松葉の気孔の詰まり具合により大気中の浮遊粉塵の量を調査した。気孔が完全に詰まっている++、少し詰まる+、詰まっていないーとして顕微鏡を100倍の倍率にして、ステージの上から懐中電灯を照らして気孔観察をした。++と+を汚染した部分と考え、全体の気孔数の何%が汚染しているかを汚染率で示した。



② ザルツマン法による NO_2 測定調査

フィルムケースにアルミホイルを外側に貼り付け、ペーパークロマト用ろ紙を9 cmに切って小さなセロテープで止めたものをケース内に入れる。ろ紙はフィルムケースの入り口付近にいくようにセットしておく。次にトリエタノールアミン（50%）溶液をスポイドで、ろ紙に均一に浸み込ませて、コルクボウラーで穴を開けたフィルムケースのフタをして閉じる。風のみだれを防ぐために、ビニールの網をさらにフタにかぶせ、輪ゴムで縛ったものを、下向けにして、道路横のポールなどにガムテープではっておく。1～2日放置後、フィルムケースをビニール袋に入れて回収し、実験室へ持ってくる。普通のフィルムケースのフタと交換し、蒸留水を少し入れて振る。次にザルツマン試薬を5 ml加えてよく振り、約10分放置後、その溶液を20 mlメスフラスコに入れ、蒸留水でメスアップして分光光度計を用いて波長545 nmで比色分析する。



ザルツマン試薬を入れてピンク色が濃いほど NO_2 濃度が高い。

（3）環境放射能調査

① カリウム40の測定

（実験1）今回は、ガイガー（GM）カウンターを用いて塩化カリウムの粉末から出るベータ線を測定した。「はかるくんII」では、ベータ線とガンマー線の両方を測定できる。「はかるくんII」をベータ線測定用にして測定する。今回は、塩化カリウムの粉末を、精密ばかりで、2 gから8 gまで適当な間隔で量りとり、それぞれをサランラップで広がるように包み、GMカウンターに設置し2分間のカウント数を求めた。そのカウント数を2で割って1分間のカウント数cpmを求めた。実験結果より試料をのせないで測定したバックグラウンド値を差し引いて正味のカウント数を求めた。グラフ用紙に実験結果を記入し考察する。

（実験2）喫煙室のタバコの灰を0.1 gから1.0 gまで0.1 g間隔で量りとり実験1と同じ方法でGMカウンターに設置し1分間のカウント数cpmを求めてグラフ用紙に実験結果を記入して考察した。

この実験は ^{40}K （カリウム40）から出る自然放射線を測定する実験である。自然界のすべての食品にも含まれている放射性元素である。



- ② ゴム風船を膨らませてキムワイプで摩擦しゴム風船を静電気でもマイナスに帯電させる。大気中のラドン及びその娘核種が α 線を出して陽イオンになったところをゴム風船に吸着させて、GM管（または「はかるくんⅡ」）でベータ線測定する。測定時は風船の空気を抜いて行う。

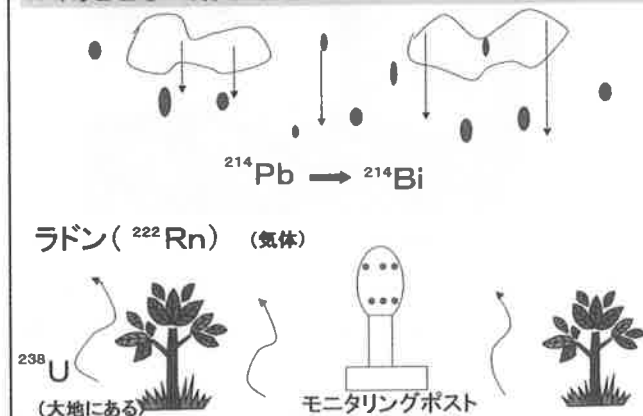


- ③ 「はかるくん」を用いたいろいろな地点での環境放射線量の測定
校舎内、校外のいろいろな地点で「はかるくん」を用いて放射線量を測定する。単位はマイクロシーベルト毎時 ($\mu\text{Sv/h}$) になっており、ほぼ γ 線（ガンマー線）を測定している。この値を1,000倍すると北陸電力志賀原子力発電所の近くの高浜高校や富来高校にも設置してある空間線量率測定用のモニタリングポストのデーター (nGy/h) ナノグレイ毎時とほぼ同じ値になる。

- ④ モニタリングポストによる空間線量率の測定
北陸電力志賀原子力発電所に近い高浜高校と富来高校には学校内にモニタリングポストが設置されている。目的は、教育現場での放射線教育に役立てるためである。

- ⑤ 大気中のラドン濃度の測定
大気中のラドン及び娘核種が α 崩壊する際に、原子核から激しく α 粒子が飛び出す時に、原子核は作用反作用の法則により反対側に動き瞬間的に電子雲が少なくなり陽イオンになる（反跳現象）。この陽イオンをマイナス極のアルミホイルに静電気でも吸着する方法を工夫した。下の装置は、考案したラドン濃度測定装置である。直流高電圧発生装置で4,0KVにし電圧を一定にする。（電圧計で測定すると電圧2,182Vであった。）銅板と銅板の間隔を1.5cmになるようにプラスチックの角棒が2本はさんであり、上側の銅板をマイナス極にしてアルミホイルにラドンを静電気でも吸着する方法である。ラドンは、マイナス極の上側のアルミホイルにのみ吸着することも確認した。約1.5時間通電した後、マイナス極側のアルミホイルをタッパーの底になるべく平らに広げてセロテープでとめてNaIシンチレーションカウンターを用いて、10分間隔で9回測定し、そのデーターを片対数のグラフ用紙にプロットしグラフを延長して0分の時のカウント数を求めた。その値を10で割って1分間のカウント数 (cpm) を求め大気中のラド

雨が降ると上空の塵に付着している ^{214}Pb や ^{214}Bi が雨とともに落下するので空間線量率が高くなる



モニタリングポスト

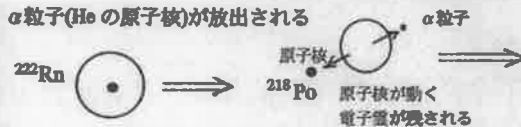


廊下に電光表示されているモニタリングポストのデーターで、職員室にもこの電光表示板が設置されている。

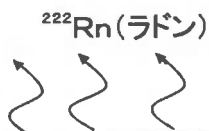
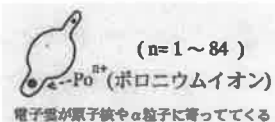
雨天時は空間線量率が高くなる現象

ラドンが、瞬間的に陽イオンになる仕組み

α 粒子 (He の原子核) が放出される



Rn が α 崩壊する時も同様に陽イオンを生じる。



直流高電圧発生装置とアルミホイルを巻いたラドン捕集装置

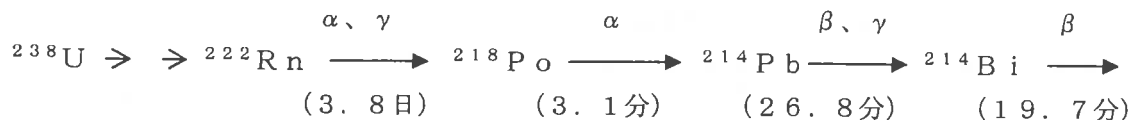


鉛の遮蔽装置 (検出器が入っている)



NaI-シンチレーションカウンタ

ン濃度相対値とした。



銅板から約1 m上空までの大気中のラドンを吸着することを大きな板を銅板の上方に高さを変えて設置することにより確かめた。

この実験は、3階の物理実験室の窓を開けておいて空気の出入りが生ずるようにして、大気中のラドンを静電気で捕集した。



(4) ゴミ処理の仕組み

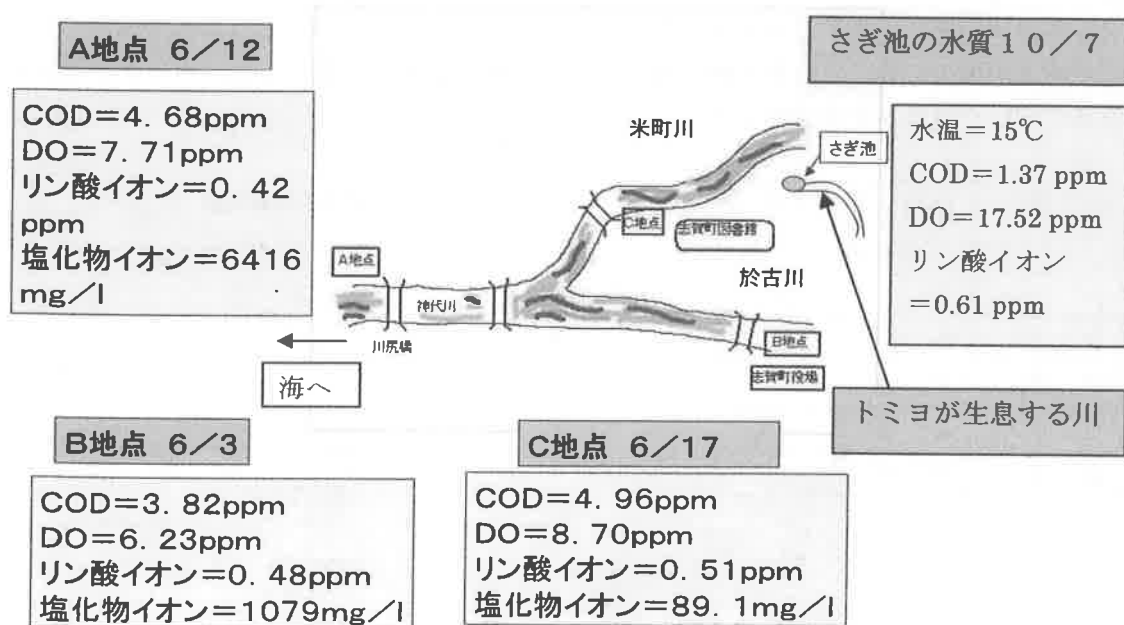
能登地域のゴミ処理対策として、羽咋郡市のゴミを処理している羽咋市滝谷町のRDF製造工場のリサイクルセンター「クリンクルはくい」と志賀町に建設されたRDF専焼炉の石川北部RDFセンターの見学をした。この施設は、ダイオキシン対策として平成15年3月に建設された。石川北部RDFセンターでは、RDFを燃やして発電も行っていた。

3. 実践結果

(1) 水質調査結果

志賀町の河川の水質調査

於古川と米町川は下流で合流して神代川となって海へ流れていく。満潮時には海水もかなり海から逆流してくることが塩化物イオン濃度の測定でわかった。B地点とC地点を比較すると、C地点の方が汚染していることがわかった。これは、C地点の上流の方が住居も多いのと同じである。川が濁っている原因は、海水が満潮時に逆流してくる関係で、水の中の泥や有機物が塩析をおこして沈殿してくるためと考えられる。



(2) 大気汚染調査結果

① ザルツマン法によるNO₂調査結果

今回のザルツマン法によるNO₂測定でわかったこと

高浜高校周辺で窒素酸化物濃度の最も高かった地点は、高浜バスターミナルの所にあるタクシー乗り場であった。次に高かったのは5月に開店した大型スーパー「どんたく」の近くであった。

(平成15年4月～5月の数日間設置)

タクシー 乗り場	どんたくの 電柱	バス停	高浜保育所前	志賀町役場 近く	男子トイレ 入口	中学の道 路の電柱
0.27	0.20	0.12	0.08	0.11	0.07	0.11

② 松葉の気孔観察による大気汚染調査結果(4月21日測定)

(a) 高浜保育園前

汚れの程度	++	+	—	汚染率 (%)
4/21(月)	0	3	21	12.5

(b) 消防署前の空き地

汚れの程度	++	+	—	汚染率 (%)
4/21(月)	0	3	7	30.0

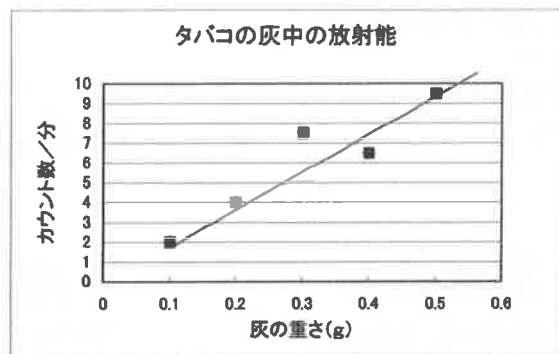
2地点の比較では交通量の多い消防署前の汚染率が高かった。

(3) 環境放射能測定結果

① タバコの灰中の放射能測定

タバコの灰の中にはカリウムが多く含まれておりカリウムの中の⁴⁰K(カリウム40)から放射線が出ている。これをβ線が測定できるGM管を用いて測定した。バックグラウンドを差し引いてカウント数を示した。

灰の重さ (g)	カウント数/分 (cpm)
0.1	2
0.2	4
0.3	7.5
0.4	6.5
0.5	9.5



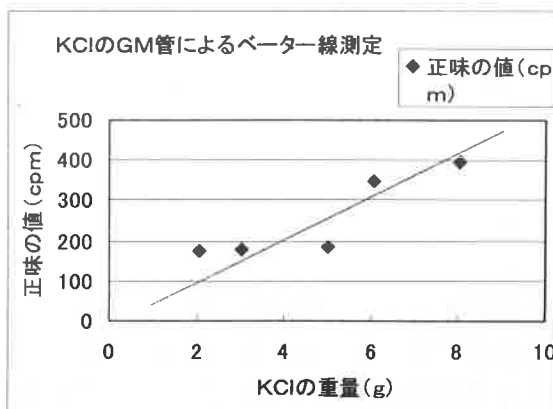
② 塩化カリウムの放射能測定結果

塩化カリウムを2 g～8 gまで適当な間隔で精密ばかりで量り取りサランラップで薄く広がるように包む。 ^{40}K から出るベータ線 GM管で測定した。

カウント数はバックグラウンドを差し引いた正味の値で示してある。

この結果より塩化カリウムの重量が増えるにつれて、ベータ線の量も比例して増えることがわかる。

塩化カリウムの重さ(g) KCl (g)	正味の1分間の カウント数 (cpm)
2.07	174
3.03	178
5.01	182
6.04	347
8.03	397



③ ゴム風船を用いた大気中のラドンの捕集

ゴム風船をふくらませてペーパータオルで摩擦して静電気を発生させ、約5～10分間大気中のラドンを集める。約10分経過後、風船の空気をぬき、GM管、または、「はかるくんⅡ」でベータ線を測定する。大気中のラドンが捕集できたか調べる。

ラドンは、大地やコンクリートに含まれているウラン系列の放射性元素から出ている気体の放射性元素で、アルファ線を出した時に陽イオンになるので、静電気で捕集できるわけである。この実験は風船を使うので生徒は大変喜んだ。この実験では、風船そのもののブランク値を調べて、静電気で捕集した後の風船の放射線量と比較するわけである。風船が大きいほどラドンの吸着量も多かった。

9月2日（火）晴れゴム風船によるラドンの捕集結果

(cpm) は (カウント数/分) を示す

ブランク値	風船 (中)	風船 (中)	風船 (大)	風船 (大)	風船 (大)
25 cpm	34 cpm	31 cpm	37 cpm	37 cpm	38 cpm

④ 「はかるくん」を用いた放射線量測定

7月2日（水）午前9時 晴れ

「はかるくん」を生徒全員に持たせて、最初に「はかるくん」の使い方を説明してから、校舎内外のいろいろな場所で放射線量を測定させた。データーの一部を次にのせておく。

場所	2階生物実験室	3階物理実験室前	2階生物実験室前	1階化学実験室前	第一体育館
$\mu\text{Sv/h}$	0.069	0.076	0.079	0.083	0.037

前庭芝生上	花崗岩（白み かげ石）	花崗岩（黒み かげ石）	花崗岩（赤み かげ石）	防火用水	運動場
0. 0 4 4	0. 1 0 2	0. 0 5 4	0. 1 0 7	0. 0 3 3	0. 0 4 9

女子トイレ	2階図書室	2階職員室前	玄関	鉄棒の所	談話室（1 階）
0. 0 8 3	0. 0 6 6	0. 0 9 2	0. 0 6	0. 0 4 2	0. 0 6 7

- ・ 校舎の中でも窓が少なくコンクリートで囲まれた職員室前の廊下、女子トイレが多かった。
- ・ 体育館のように木製の板が多く使われている場所は放射線量が少なかった。
- ・ 花崗岩でも、赤みかげ石、白みかげ石からは、放射線が多く出ているが、黒みかげ石からは放射線が少ししか出ていないことがわかった。このことから、黒みかげ石はマグマからの生成時に、ウラン系列などの放射性元素の取り込みが少なくなるのだと推測される。
- ・ 防火用水の水の上は最も放射線の量が少なかった。これは水が大地から出る放射線を遮蔽するためであると考えられる。

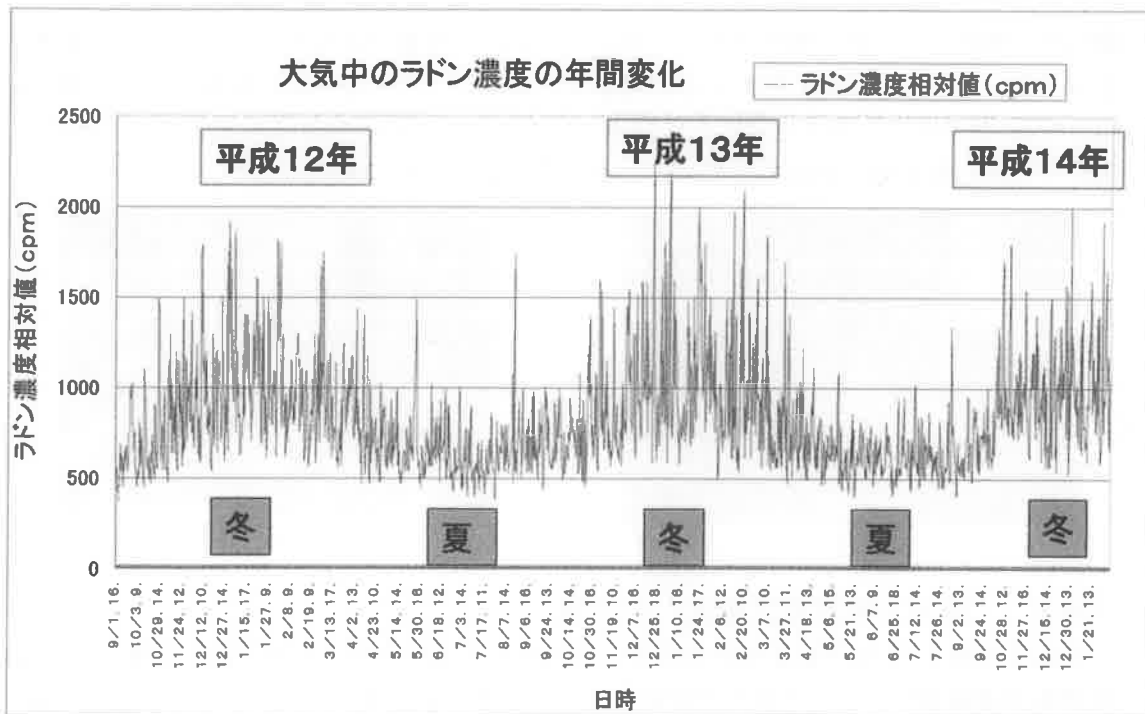
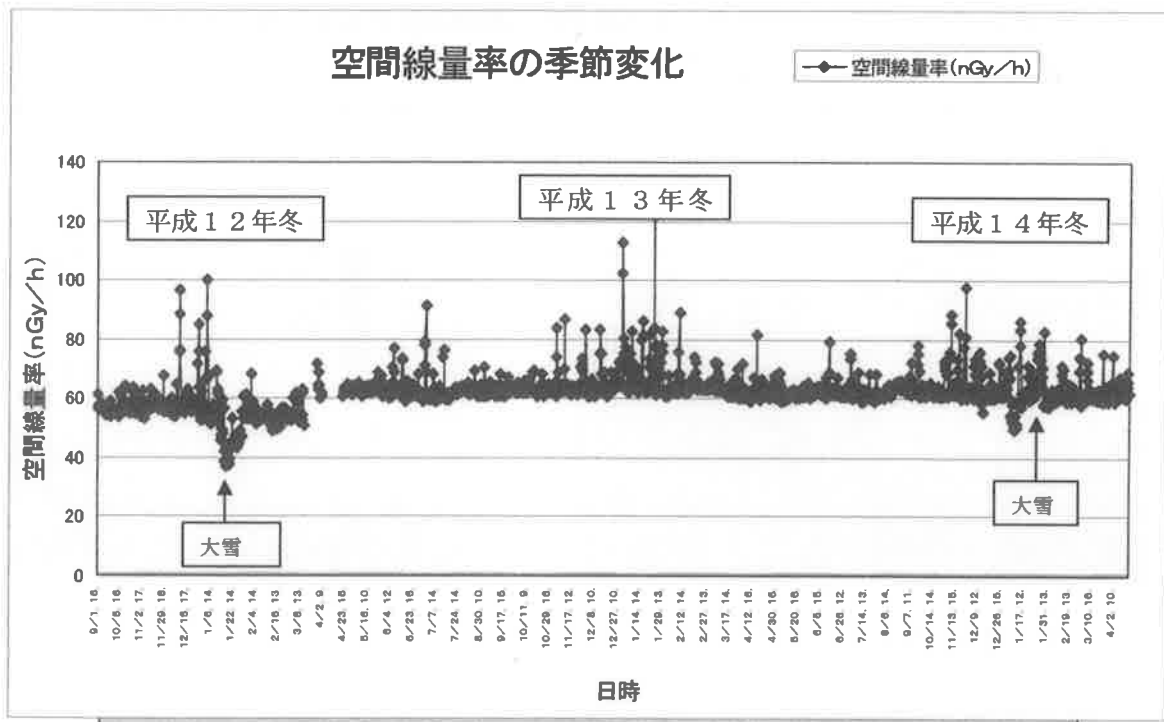
⑤ 空間線量率の季節変化（高浜高校のモニタリングポスト）

平成12年9月から平成15年4月にかけて、高浜高校に設置してあるモニタリングポストの空間線量率を調べたが、冬は一般に高く、特にミズレ混じりの雨の強い日に空間線量率が高くなることがわかった。また、大雪で地面が雪でおおわれると、大地からのラドンの放出が妨げられるので空間線量率が減ることもわかった。夏でも降雨の激しい時は、ラドンの娘核種が地表付近へ降りてくる関係で空間線量率が高くなることがわかった。

空間線量率は上空から降ってくる ^{214}Pb （鉛214）や ^{214}Bi （ビスマス214）を測定しており降雨の激しいときは大きな値を示す。

⑥ 大気中のラドン濃度の季節変動

実験結果を見ると冬季にラドン濃度が高く、夏にはラドン濃度が低くなるのがわかった。冬は北西の季節風が強く中国大陸からもラドンが日本へ飛んでくるのが原因していると考えられる。夏は日本海側は風も弱く中国からのラドンの飛来が少ないと考えられる。春と秋はその中間のラドンの飛来が見られた。大気中のラドンは、季節変動だけでなく、日変動もしており、朝方、日の出とともに大地から出てくるので一日でも最も濃度が高い。午後2時～3時頃はラドン濃度が最も低くなり夕方になるにつれて少し上昇してくる。また、低気圧の時は、上昇気流が生じているのでラドン濃度が高い。雨天時も、ラドンの上昇が雨で押さえられるので、大気中のラドン濃度が高くなることがわかった。



(4) トミヨの観察

水質調査の際に網で、さぎ池から流出する河川でトミヨを採集し、水槽で観察させた。トミヨのエサはホームセンターで売っている冷凍赤ユスリカを与えて飼育した。トミヨは、絶滅危惧種で、日本では、石川県が南限で、水温 15°C 以下の湧き水のでる水質の所に生息している。トミヨはトゲウオの仲間で背中に小さなトゲがあるのが特徴であ

る。メダカぐらいの大きさである。石川県では、高浜高校のある志賀町と手取川が流れている美川町の2カ所で生育が確認されている。さぎ池からの流出河川で、生徒は、トミヨを捕まえて感動した。また、その川で、ドジョウや白く透き通ったザリガニも採集し、自然環境の豊かさと、保護の大切さについても自ら体験した。



トミヨの生息している川



トミヨ

(5) 総合的学習発表会

2年生普通科の総合的学習発表会を3月18日に、1, 2年生普通科全員と先生方の前で実施した。発表力もつき、他のグループの活動もわかり意義のあるものになった。1年生にとっては、2年生になった時の総合的学習でどのグループを選ぶかの参考になり事前学習にもなる。発表前に2年生全員に自己評価と他のグループの発表評価用紙を渡しておいて、全グループの発表後に教師の方で回収し総合的学習の評価にも利用した。



(6) 「環境放射線測定教室」の実施

平成6年度より、毎年能登地区の高校で持ち回りで夏休み中に生徒対象に開催している。石川県保健環境センターの協力で実施され、あくまで高校側が主体となって行っている。石川県高等学校理化部会主催にして、他校の生徒、先生方も出席しやすくしている。

平成16年度は7月27日に石川県立羽咋高校で、他校の生徒も参加して40名で実施した。金沢大学理学部の先生の講演もしていただいている。今回は、金沢大学理学部教授の山本政儀先生が「温泉と放射能」と題して講演された。今回の実験内容の主なものを示すと、1. 液体窒素を使った極低温の世界、2. 霧箱を用いた放射線の飛跡観察、3. 「はかるくん」を用いた放射線量測定を行った。

4. まとめ

志賀町には、絶滅危惧種のトミヨも棲んでいて自然環境が豊かであるが、米町川下流の採水時に、自転車の不用品やゴミも捨てられてある光景も見て、環境保全の大切さを知ったようである。2年生の総合的学習1単位は、6限目を授業にあててもらっており、野外実習の移動には、理科担当の2名の教師の車を利用しておこなった。近くの川の採水では、車に全員乗れないので採水現場まで歩かせたり、自転車で来させたりもした。遠くの場所にある施設見学では学校のマイクロバスを利用した。3年生の学校設定科目「科学研究」は3単位あり、4限目1回、6限目2回にして野外実習をしやすいとした。3年生は実験操作もかなりスムーズにできるまでになった。

生徒の感想では、特にゴミ処理をしている「クリンクルはくい」と石川北部RDFセンターの見学が印象深かったようである。見学の際も礼儀正しく挨拶し、よい体験をさせたと感じた。また、トミヨの採集のために、川へ長靴をはいて入った経験や、水槽でトミヨの観察をしたことも印象深かったようである。

7.27 Science education with the help of Media

Educating science concerning the help of current news of Media referring to it

I. Lázár¹, L. Ágoston²

¹ *Science-Math Teacher, (PhD student of biophysics) Obudai High School, Szentlélek tér 10., H-1033, Budapest, Hungary*

² *Sociologist, KERU Sociological Research and Analyzing Limited Partnership, Frankel Leó út 9., H-1027, Budapest, Hungary*

Science & Media Group

Abstract

In the last decades, at the beginning of the 21st century high school students turn their back on science more frequently than before, therefore the generation of the community of reliable scientists and experts becomes the elder. The time spent studying science in schools is also decreasing. However, mass-communication, electronic and traditional media plays more and more part in the description and explanation of scientific problems in our time. Media is inundated with questions, facts and rumours in connection with science, therefore imaginary fears, beliefs and superstitions can get into the limelight of interests. Problems like keeping people frightened with radioactivity and the ionizing and non-ionizing radiations is probably the most popular way of making “bad news” (panic) in the mass-media, and they particularly call our attention to the most current tasks in education of the next generations.

In order to help to keep the public informed in a precise and exact way, it's necessary to put natural science into practice in high schools. Our new method of science education could prove the necessity of science taught through the current news of the media. This means students learn by making discussions and corrections of the news.

The Science & Media Project provides the possibility of applying scientific ways of thinking about questions of our environment and life and it also improves critical approach towards new information.

This method is put to practice by real project works, including a lot of fieldwork and reading of papers and scientific literature, enabling the students to discover and solve problems by themselves.

Introductions

The time spent studying science in schools is decreasing according to the tendencies of education in many countries, mainly in Central Europe. Thus the roles of mass-communication, electronic and traditional media become more important in the description and explanation of scientific problems in our time. Some crucial points of these roles are mainly: the spreading fears, beliefs and superstitions. More over some economic or political power can take advantage of this general atmosphere, and influence the general feeling through the media in order to have more profit, usually against the real welfare of the population, and the living environment.

These changes force the democracies of the 21st century to face new challenges. Even the voting, the decision making of the politicians should somehow reflect citizens who are well aware and live in consonance with both their natural and technological environment.

The tensions of different cultures and ethnics nowadays have to be examined and justified not only by social sciences but the natural sciences knowing global environmental problems also.

The high standard of education is one of the most important conditions to help people make established decisions in our quickly developing world.

The aims of Science & Media programs:

Making the students learn more about how the information society works including the possibilities it holds and the risks of it, and as a separate individual of the society help them orientate and make decisions by their own critical sense even in the most significant problems of the society. Developing the

- use of media
- critical approach based on specific, self-sufficient experiences
- communicative competence
- improve team spirits when working in groups, collective projects
- acknowledgment of the facts of science
- scientific way of thinking, and skills of debate

Methods

The primary level of the Science & Media program is the analyzing of current news of mass media in small teams. In this section the participants (students) evaluate and analyze the news in order to identify the most important topics in connection with science and to compare them with each other and examine their circumstances. Studying the chosen area, reading and learning more about it, getting acquainted with facts and main questions of the topic the participants can realize the defaults of the news with the help of some experts (sociologist, scientist) and they can also discover the possible purposes behind them. In this way, they can form their own opinion and after all put it into words. Such a program section could be successfully concluded with a published article written by the team.

Steps:

1. Media monitoring (newspapers, TV, radio, internet)
2. Collecting articles and news (data gathering)
3. Selecting the most important, interesting topic (sorting, defining the similarity and antagonistic elements, defining the misinformation and manipulating points)
4. Brainstorming (searching books, films, experts in connection with the selected topic)
5. Data processing in groups (learning the scientific background)
6. Analyzing the chosen articles in many ways (debate)
7. Planning the further investigation (debate)
8. Field works (making interviews and questionnaires, finding out the effect of being misinformed)
9. Inviting experts (listening to their presentations, asking questions them, arguing with them)
10. Individual summaries, and common discussions
11. Writing manuscript about our suggestions, and results, and opinions
12. Syndicating an article

Results

Science & Media Groups have already been working in schools of Budapest (Hungary) for three years, the number of participating students has reached 50 (7-9 members in each group).

S&M Groups dealt with:

1. Examination of the roles of the press in connection with the nuclear power plant in Temelin (Slovakia).

Publications:

- Temelin és a hétlábú zsiráf (**Temelin and the seven-legged giraffe**)
Science & Media group, I. Lázár
Fizikai Szemle (Hungarian Physical Review) 2002. Marc. LII. 3, pp 85.
- Letters to the editor of some Hungarian daily newsletter (**Students are for science** in *Népszabadság*, **Policy-Media-Science** in *Magyar Hírlap*)

2. Analyses of the presented dramas in connection with science ("Incident", "Copenhagen").

Publications:

- Intellektuális játékok (**Intellectual games**)
Science & Media group, I. Lázár
Fizikai Szemle (Hungarian Physical Review) 2003. Marc. LIII. 3, pp 108-109.

3. Studying the press of the nuclear power plant breakdown in Paks in comparison with other environmental risk factors from that period.

Publications:

- Nem az iskolának (**Not for school**)
Science & Media group, I. Lázár
Magyar Narancs (Hungarian Orange - weekly) 2003. Jul. 17. XV. 29, pp 42-43.

4. Surveying public opinion about the radioactive waste deposition in a small village.
(This is under process.)

Conclusion

We believe that there are a lot of possibilities in this program as well as in the case of science education and in the case of media education within these particularly concerning the current-living problems of the society. The involved students obtained several experiences of their own in science and also in the mass media which help them to be a self-sufficient member of society.

