4. Work Shops

(ワークショップ)

A. Educational Curriculum Concerning Radiation in Primary, Secondary and Junior High School

B. Experiments and Demonstrations for Radiation Education

C. How to Teach Radiation as a Source of Risk

4.1 Present Status and Problems of Radiation Education in Japanese high school

Tadashi HIROI[1], Yukimasa MURAISHI[2], Shogo MIKADO[3]
and Tomohiro WATANABE[4]

[1]*University of Tsukuba Senior High School at Otsuka, 1-9-1 Otsuka, Bukyo-ku, Tokyo 112-0012,* [2]*The Upper and Lower Secondary Schools Attached to the Faculty of Education of the University of Tokyo, 1-15-1 Minami-dai, Nakano-ku, Tokyo 164-8654,* [3]*Kamagayanishi High School, 284-7 Hatsutomi, Kamagaya-shi, Chiba 273-0121,* [4]*Rikkyo High School, 1-2-25 Kitano, Niiza-shi, Saitama 352-8523, Japan.*

Abstract

Radiations always exist in nature and are necessary in various fields of our daily life. Radiations are utilized for nondestructive inspection in industrial uses, diagnosis and medical treatment, tracers in agricultural research, and so on. Researchers make good use of radioactivity. However, the fears of radioactivity remain in the public due to reports by mass media, accidents of nuclear power station, treatment of nuclear waste, and atomic bomb. Therefore the public tend to see the negative images of the radiation. Radioactivity can be dangerous. But it is hard to say that radiations are always evaluated appropriately.

To solve the problems of misunderstanding, we focused the study on the radiation education curriculum. In this research, we studied the radiation education from the following four points: "physics field", "physical experiment", "chemistry field", and "comprehensive study time." Two themes of the former were performed in the actual lessons. Two themes of the latter were the investigation of the current state and the tentative plan.

The research have to be continued in the future.

4.2 放射線教育カリキュラムの課題と現状

広井 禎[1]，村石幸正[2]，三門正吾[3]，渡部智博[4]

[1] 筑波大学附属高等学校，112-0012 東京都文京区大塚1-9-1
[2] 東京大学教育学部附属中・高等学校，164-8654 東京都中野区南台1-15-1
[3] 千葉県立鎌ヶ谷西高等学校，273-0121 千葉県鎌ヶ谷市初富284-7
[4] 立教高等学校，352-8523 埼玉県新座市北野1-2-25

要旨 放射線教育は幅広い分野にわたる内容を含んでいるため，カリキュラム研究に際しては，総合的な検討を要する．本研究では，“物理分野”，“物理実験”，“化学分野”，そして“総合的な学習の時間”の４つの視点から検討を進めた．前者の２テーマは実際の授業で実践した．後者の２テーマは，それぞれ現状の調査と試案の作成を行った．今後も研究を継続する予定である．

１．はじめに

放射線に関する用語[1)]は，今や新聞やニュースなどでも知られている一般的な科学用語と言える．一方，それらを支える放射線教育は，理科や地歴・公民科をはじめとする幅広い分野にわたる内容を含んでいる．ところが，新学習指導要領[2)]では，各教科の教育内容が厳選されるため，放射線教育のカリキュラムを総合的に検討しなければならない時代にある．筆者らは，多岐にわたる課題の中から，いくつかの観点にしぼって研究を進めた．

一般に，高等学校教育では，放射線に関する事項は物理分野で教えることになっている．そして，ニュートン力学やマクスウェル電磁気学といった古典物理を学んだ後に，量子論，相対論，原子，分子，そして放射能などを学ぶカリキュラムになっている．広井[3)]は，物理分野の視点から放射線教育のカリキュラムを検討した．具体的には，放射線を学んだ後に，ニュートン力学などを学習させるカリキュラムを開発し，それを実践した．最初に放射線に関することを学習することにより，これから学ぼうとする物理学の全体像を一つ一つ示すことができた．学習目標を明確にさせることができる利点のあることがわかった．

本論文では，さらに，物理実験の視点から“物理における放射線のグループ実験”，化学分野の視点から“高校化学での放射線教育の扱い”，そして新学習指導要領の視点から“放射線教育を考慮した「総合的な学習の時間」案”について検討したので報告する．尚，「総合的な学習の時間」とは，教科ではなく領域を指し，創意工夫を生かした教育活動の展開を図ることが原則である[4)]と言われている．

2．物理における放射線のグループ実験

自然科学における実験の重要さはいうまでもないが，できれば演示実験という生徒にとっては間接の体験よりも，グループ実験という直接体験の方が実験の印象が強い．特に，40人学級の日本では，後ろの席の生徒には演示実験の全貌がわからず，生徒に与えるインパクトは小さい．しかし，生徒による放射線のグループ実験を実践しようとするとき，以下のような壁がある．

(1) 放射線測定器が高価なため，グループ実験をしようとすると，かなりの費用が必要である．

(2) グループ実験は教授者には準備，実験，後かたづけのうえでかなりの負担になる．

(3) 予算が捻出でき，教授者の意欲が十分で，実践する条件が整っても，手本とすべき実験内容や授業カリキュラムの実践の積み上げがないので，手探りで試行錯誤することになる．

上記(1) に関しては，空気ＧＭカウンターという教育用の放射線測定器を開発して対処した．空気ＧＭカウンターについてはポスターセッションでの発表「空気ＧＭカウンターの製作と活用」[5] を参考にして欲しい．ラッキーなことに旧式のコンピューターが更新され，10台の旧式コンピューターが使えるようになった．コンピューターは放射線の数を数えて表示するだけだから，旧式のもので十分である．

(2) に関連して，霧箱で放射線の飛跡を見る実験は今回はあきらめた．

(3) については，実際の授業内容を紹介することで，一つの試行錯誤例を示したい．物理実験機器の工夫もさることながら，どういうカリキュラムを組むかということが大切だということを痛感した．

授業を行った鎌ヶ谷西高校は，就職・専門学校・短大・4年生大学進学のすべての希望者がいる，進学校ではない普通の学校である．

１時間目：放射線の基礎知識（講義と演示実験）
- 原子と原子核
- 放射線と放射能
- 放射線の種類
- 放射線の測定
- 電離作用と透過力

２時間目：「放射線を目で見てみよう」（ビデオと補足の講義）
- 原子力研究所製作のビデオを視聴し，内容を補足する．

３時間目：身近な放射線（生徒実験）
- バックグランドの放射能強度測定
- プロメティウムとマントルの遮蔽実験
- 食塩と塩化カリウムの違い（カリウム40からの放射線測定）
- 空気中の塵の放射能強度測定

４時間目：原子核の崩壊（講義）

・原子核の崩壊
・放射性系列
・半減期

5時間目：原子核崩壊の模擬実験（コンピューター使用の生徒実験）
・崩壊確率を与え，モンテカルロ法で模擬実験をする．

6時間目：トロンの半減期の測定（生徒実験）
・トリウムを含むマントルから放射性の気体トロンを抽出し，それを空気ＧＭ管に直接注入して半減期を測定する．

7時間目：「放射線と人体」（講義）
・電離作用と生体への影響
・確定的影響と確率的影響
・自然放射線による被爆と医療被爆

8時間目：原子力発電の是非（ビデオと若干の補足）
・原研製作ビデオ「あなたもディベートしてみませんか」の視聴

生徒に対してアンケート調査はしていないので，授業に対する客観的な評価はできないが，放射線は目に見えないもので危険なものであるが，身の回りにありふれているものでもあり，物理の法則にしたがっていて，決して神秘的なものではないということがわかってもらえたのではないかと思う．

3．高校化学での放射線教育の扱い

高等学校の化学分野での放射線教育の扱いを検討するため，（1）学習指導要領と，それに伴う教科書の記述の歴史的変遷，（2）イギリスの教科書の一例を調査した．これらをふまえ，高校化学での放射線教育について記す．

（1）学習指導要領と教科書の記述

今日までの約５０年間の日本の学習指導要領（理科）[6]は，表１のように変遷してきた．放射線教育に関わる内容の内，各科目で扱われる主な項目は，表２に示す．

このような変遷に伴い，教科

表１　学習指導要領の理科の科目

年	科目
1952（昭和27）	物理，化学，生物，地学
1955（昭和30）	物理，化学，生物，地学
1960（昭和35）	物理A，物理B，化学A，化学B，生物，地学
1970（昭和45）	基礎科目，物理I，物理II，化学I，化学II，生物I，生物II，地学I，地学II
1978（昭和53）	理科I，理科II，物理，化学，生物，地学
1989（平成元）	総合理科，物理IA，物理IB，物理II，化学IA，化学IB，化学II，生物IA，生物IB，生物II，地学IA，地学IB，地学II
1999（平成11）[2]	理科基礎，理科総合A，理科総合B，物理I，物理II，化学I，化学II，生物I，生物II，地学I，地学II

書の記述も変わってきた．

高校の教科書の中で，放射線に関する記述の特徴を記す．

１９４８年（昭和２３年）発行の教科書（柴田，津田，島村；大日本図書）では，放射線の種類，自然放射性元素，人工放射性元素，キュリー夫人，放射性壊変，原子爆弾，将来のエネルギー産業など幅広い話題と展望が記されている．１９５５年（昭和３０年）になると，自然放射性元素や人工放射性元素の用語がなくなり，放射性元素として説明されている．原子爆弾やエネルギー産業の記述がなくなり，かわりに化学作用や生理作用，そしてガン治療などの説明がある．また，放射性元素の発見と化学

表２　学習指導要領（理科）の項目と説明

年	科目	学習指導要領（抜粋）
1955（昭和30）	物理（５単位）	原子核の崩壊；α線・β線・γ線，原子核の崩壊，原子エネルギー（原子については，簡単に扱う．）
	物理（３単位）	原子核の崩壊；原子核の崩壊，原子エネルギー（原子については，簡単に扱う．）
	化学（５単位）	放射能，原子核反応（放射能については，現象を理解する程度とする．）
	化学（３単位）	放射能（放射能については，現象の理解の程度とする．）
1960（昭和35）	物理Ａ	原子，原子核；原子模型（原子は１個の原子核とそのまわりを回る何個かの電子とからなることを扱う．），原子核の電荷と質量，原子核の変換，放射能
	物理Ｂ	原子，原子核；原子模型（原子は１個の原子核とそのまわりを回る何個かの電子とからなることを扱う．），原子核の電荷と質量，原子核の変換，放射能
1970（昭和45）	物理Ⅰ	放射能（「放射能」については，放射線の種類，強さ，作用などを扱い，応用についても簡単に触れること．）
	物理ⅠⅠ	原子と原子核；原子の構造，原子核の構成，原子核の変換，核エネルギー
	地学ⅠⅠ	地球内部における放射性元素
1978（昭和53）	理科I	太陽エネルギー，原子力の活用（「太陽エネルギー・原子力の活用」については，エネルギー資源としての利用を扱い，放射能にも触れること．）
	物理	放射能，核エネルギー（「核エネルギー」については，原子力の利用とその安全性の問題にも触れること．）
	地学	太陽；太陽の形状，太陽の活動（「太陽の形状」については，太陽を恒星の一つとして扱うが，そのエネルギー源である核融合反応については，その概略を扱う程度にとどめること．）
1989（平成元）	総合理科	人間と自然；資源・エネルギーとその利用（自然を総合的にとらえ，人間生活とのかかわりを中心に扱うこと．例えば，水資源，化石燃料，太陽エネルギーなどを取り上げ，資源・エネルギーの有限性や再利用にも触れること．また，放射能及び原子力の利用とその安全性の問題にも触れること．）
	物理ⅠＡ	エネルギーと生活；太陽エネルギーと原子力（原子力については，放射能及び原子力の利用とその安全性の問題にも簡単に触れること．）
	物理ⅠＢ	放射能（放射能及び原子力の利用とその安全性の問題にも触れること．）
	物理ⅠⅠ	原子の構造；原子核の変換
	地学ⅠＡ	資源と人間生活；エネルギー資源（太陽放射の熱エネルギー，化石燃料及び核燃料のエネルギーを中心に扱うこと．）
	地学ⅠＢ	太陽と恒星；太陽の形状と活動（地球に及ぼす影響にも触れ，核融合反応については概略にとどめること．）

理論への影響なども議論されている．１９６２年（昭和３７年）の教科書（大日本図書）では，特に，原子核分裂，連鎖反応，爆発のエネルギー，発電などの記述が詳しくなった．また，アインシュタインによる質量とエネルギーの関係，太陽の原子核反応，水素爆弾などの記述がある．１９６４年（昭和３９年）の「化学B」の教科書（大日本図書）では，ウラン・ラジウム系放射性元素のおもな壊変系列の図などがなくなり，放射性元素の用語とキュリー夫人の略歴などの簡単な記述で終わっている．１９７２年（昭和４７年）の「基礎理科２」の教科書（坪井，木下，鈴木；大日本図書）では，放射線と放射能，霧箱の実験，サイクロトロンによる原子の変換，ラジオアイソトープ，トレーサー，炭素１４の年代測定，核分裂，連鎖反応，原子炉，地球上でのカリウム４０の熱量，太陽の原子核反応などが紹介されている．１９７６年（昭和５１年）の「化学II」の教科書（柴田，島村，吉岡ほか；大日本図書）では，人工放射性元素と天然の放射性元素の簡単な紹介のみである．１９８２年（昭和５７年）の「化学II」の教科書（大日本図書）では，キュリー夫人の説明が加えられている．１９８４年（昭和５９年）の「理科I」の教科書（三輪，市川，中村ほか；三省堂）では，放射線量と突然変異の関係，放射能，放射性元素，核分裂反応，核融合反応，エネルギー源としての原子力などの記述がある．１９８５年（昭和６０年）の「理科I」の教科書（市川，中村，渡辺，藤伊ほか；三省堂）では，エネルギー資源の観点から，放射線の種類，放射能，放射性同位体，核分裂反応，核融合反応，そして核エネルギーや原子力，核廃棄物処理の検討の話題などが取り上げられている．

（２）イギリスの教科書の一例

海外の教科書の特徴[7]を述べる場合は，その国によって教科書の位置づけが異なっていることをふまえた上で議論を進める必要があるが，本報では，イギリスで使用されている「KEY SCIENCE」[8,9]の一例を紹介するにとどめる．本書は，「GCSE」向けに書かれた書籍であり，「物理編」，「生物編」，「化学編」の三分冊に分かれている．

「化学編」の中で，放射線については，放射能，放射線の種類，半減期，放射性同位体の利用，放射能の危険性，原爆の仕組み，広島に投下された原爆，原子炉，原子力発電所，水爆，放射性廃棄物（低レベル，高レベル），天然放射線，スリーマイル島・チェルノブイリ事故などが詳述されている．

（３）展望

５０年ほどの高校化学の教科書の変遷をたどると，放射線に関する記述は，少しずつ削減されていることがわかる．イギリスの教科書と一律に比較することはできないが，大きく異なっていることは明らかである．　森永[10]は，国民の基礎的な知識として，放射線教育を「化学」で取り上げることを提案している．具体的には，「放射能は一つの核の性質として詳しく扱う」，「トレーサーの概念を導入」，「放射線の性質に触れること」としている．事実，放射性同位体は，高校の化学分野に関係の深い医学，農学，薬学，生物学等で重要な役割を果たしている．

今後，日本の高等学校の化学分野で放射線教育を導入することが可能であるかどうかについては，さらに，教育的な観点から研究を進める必要があると考えている．

4．放射線教育を考慮した「総合的な学習の時間」案

放射線は自然界を構成する重要な要素の一つであるということばかりでなく，非破壊検査に代表される工学的な用途，診断や治療に代表される医学的な用途，そしてトレーサーとして生物学の領域での用途などさまざまな実用分野で，無くてはならないものであるにもかかわらず，原子力発電所の事故や原爆に代表される大量の放射線被ばくによる影響の恐ろしさばかりがマスコミに取り上げられ，放射線の正しい姿が捉えられていない．このような事態の中で，冷静に客観的に学習すること[11]ができるのが，学校教育の大きな利点の一つである．

また，（エネルギー問題に絡む）原子力発電に付随する放射線・放射性物質に関して，あるいは，必要性・重要性が増すであろう医療放射線に関して，考え・判断することが求められていくであろうこれからの社会の中では，一般的な知識・教養として，中等教育としての組織化された放射線教育が重要になっていくと思われる．

しかしながら，理科のカリキュラムの中で放射線教育をしていくことが困難な状況が生まれようとしている．そこで，新しく実施される「総合的な学習」の枠内で，放射線教育を考慮したカリキュラムを私案としてお示ししたい．

I. ガイダンス（1h）
II. 日本のエネルギー事情（原子力発電の現状）（2h）
　調査：エネルギーの種類・輸入先と割合
　調査：エネルギー問題の過去・現在・未来
III. 原子力発電の原理と問題点（1h）
　調査：① 原子炉の種類と特徴
　　② 日本の原子力政策（の特徴）と将来像，および問題点
IV. 放射線の種類と性質（2h）
　講義：放射線の種類と性質
　実験：①霧箱の観察実験
　　②「はかるくん」・GM管などによる計測実験
V. 放射線の利用（2h）
　講義：医療による放射線量
　調査：工学的使用例の調査
VI. 放射線の影響とそのリスク（1～2h）
　調査：放射線の影響の分類と具体事例
　調査：放射線被ばく量とリスク
VII. リスクの考え方(リスクの算定の仕方)と様々なリスクの値（1～2h）

実習：各自の思いつくリスク例の提示とそのリスクの値の見積もり
VIII. 諸外国の(原子力発電の現状と)エネルギー政策（３～５h）
調査：諸外国のエネルギー政策の調査
スイス・ドイツ・スウェーデン・アメリカ・フランス など
発表：諸外国のエネルギー政策の調査（プレゼンテーション）
グループ発表：各グループ１～２カ国
報告：日本と諸外国のエネルギー政策について（レポート作成）

５．まとめ

日本と海外とでは，放射線に対する認識[12, 13]が大きく異なっている．特に，二見[13]は海外の教育事情を詳しくレポートし，教育の重要性を指摘している．

今後も，放射線教育のカリキュラムの重要性は，学校教育の現場からだけでなく，国内外の各方面からも，正しく客観的な議論が望まれることと思われる．２１世紀にふさわしい放射線教育のカリキュラムの再構築が必要な時代となってきている．

６．参考文献

1) 服部学, 桜井淳, "朝日現代用語　知恵蔵", 朝日新聞社, 881-898 (1999); 中村政雄, "現代用語の基礎知識", 自由国民社, 1061-1070 (1999); 小出裕章, "イミダス", 集英社, 860-871 (1999).
2) http://www.monbu.go.jp/news/00000313/index.html
3) 広井禎, *理科の教育*, **47**(557), 826-828 (1998).
4) 村川雅弘, *教育展望*, **44**(5), 38-47 (1998).
5) 三門正吾, *International Symposium on Radiation Education* (ISRE 98), 72 (1998).
6) http://ibuki.ha.shotoku.ac.jp/~ishihara/shidou/shidou_index.html
7) 大室大應, *理科の教育*, **48**(558), 9-12 (1999).
8) Jim Breithaupt, "KEY SCIENCE Physics", Stanley Thornes Ltd. (1995): Eileen Ramsden, "KEY SCIENCE Chemistry", Stanley Thornes Ltd. (1996): David Applint, "KEY SCIENCE Biology", Stanley Thornes Ltd. (1995).
9) 山内辰治, 渡部智博, *エネルギーレビュー*, **18**(6), 50-51 (1998).
10) 森永晴彦, "原子炉を眠らせ，太陽を呼び覚ませ", 草思社, 112-117 (1997).
11) 村石幸正, *物理教育*, **43**(2), 154-159 (1998).
12) （財）日本経済教育センター, "調べてみよう・考えてみよう　エネルギーと私たち(CD-ROM)", NHKエデュケーショナル (1999).
13) 二見喜章, "意義あり！", ERC出版 (1998); "ドキュメント原発建設", 世界日報社, 201-231(1992).

4.3 Radiation Education and Scientific Literacy

Yuichi IIRI (Japan Atomic Industrial Forum)

I'm impressed with the several efforts that the teachers have shared us to find a better educational method for the problem of energy, nuclear power and radiation. What I'd like to discuss today should be the followings.

Thinking about Japanese Education systems, I can see a certain things missing in the current systems and perhaps we need a different viewpoint to prepare for the 21 century of energy and radiation education. That is why I'd like to make a speech in the point of view "Radiation Education and Scientific literacy".

First of all we must examine our traditional education. In our education we had a viewpoint that science and technology should serve the human lives and our industries. But the more developing our science and technology, the more evil influences, atomic bombs, environmental pollution and so on, have been exerted on us, while in the International Symposium of Physics that was held about forty years ago, some researchers insisted that 'To legacies science as the universal value of our great culture' should be the standpoint of education.

To teach science on these three view points, we used the method " teach it to pupils and students and learn it by heart" we did transmit learning systems, ideas and knowledge as our great cultural legacies to the young. The new roles of science education, however lie in developing themselves to cope with the changes of societies and live happy lives by means of thinking about or solving the problems of science. So we must teach it in the different method from what it was.

There is a great problem of "nuclear power" in our country. In Japan a number of people fell victims to "atomic bombs", so that it is quite natural for them to reject nuclear electric power and radiation. But the teachers should have the ability to judge fairly. So far, they can't teach the projects and the problems of nuclear powers without standing on either side of 'for' or 'against'. This isn't the fair and right method of teaching the problems.

Many years ago, I went to Sweden to research the problems of energy and environmental education, when I was impressed by the Swedish attitude for nuclear powers.

They have had their own sense of values for them.

By the way the symposium of the OECD education was held in Tokyo in December, 1996. Judging from the researches of 14 countries, Japan is in a very low level next to Portugal in scientific literacy, while we have the best knowledge of science and mathematics in the science attainments of IEA.

Generally speaking, the result of scientific literacy is consistent with that of science attainment, but not in Japan. We have had and will have many complicated problems on energy, nuclear power and radiation. Recently in Japan our teaching curriculums have been revised. As there're the general learning programs, all the school subjects will be able to cooperate one another to have students develop themselves.

This national curriculum of England has been started as the cross-curriculums to learn energy and environmental problems. Our research mission did first report as the method of teaching them. This is the way to learn not only positive opinions but negative ones as well, and then to obtain mutual consents.

For Japan to survive in the world, we must bring up those who listen to others and follow the general consensus. As the education of radiation, by giving the exact knowledge about the security and risk of radioactivity and atomic power, we should bring them up to judge many problems fairly; the scientific literacy.

I'd like to discuss them in the workshop.

4.4 放射線教育と科学リテラシー

飯利　雄一

日本原子力産業会議（元信州大学教授）
〒105-0004 東京都港区新橋 1-18-2

［講演要旨］

先生方の講演で理科教育・物理や化学等の指導や授業の中で、どうやったらエネルギーや原子力教育、また放射線教育が効果的に行えるかについての様子をお聞きし、その努力に対して敬服しました。

これまで私は学校教育の中で、エネルギー・原子力や環境に関する教育の在り方を考えてきましたが、どうも日本の教育には欠けている部分があるのではないか、21 世紀に向かって今までとは違った視点で教育の目標や方法を考えていかなければ、対応するエネルギーや原子力・放射線教育ができないのではないかという強い気持ちを持っております。そのようなことから、違った視点で提案したいと思います。

タイトルは「放射線教育と科学的リテラシー」でありますが、この“サイエンティフィックリテラシー”はエネルギー・原子力や放射線等について教育をする上で必要なことであります。このことを考えるに当って、これまでのわが国の科学(理科)教育がどのような考え方で行われてきたかを概観してみます。

これまでの理科教育では、その目標を設定するための視点について、その一つは『科学・技術が人間の社会生活や産業の発展に貢献すること』ということが挙げられます。この視点は日本の近代化が始まった明治以降から現在まで、理科教育としてずっと続いてきたきたことであります。

次は、科学・技術が進展してきますと、人間や社会環境にとってマイナスの面も出てまいります。例えば、科学技術の研究開発の結果として原子力の研究が原子爆弾の開発に、工業の進展や社会生活の高度化によるエネルギーの大量消費が環境汚染や破壊などといった、『科学・技術の発展が人間性の向上に相反すること』などの問題が出てまいりますと、それらに対応した教育も考えなければならないこともでてきます。

もう一つは、40 年程前に欧州で国際物理教育会議がありましたが、そのとき、物理学というものは音楽や美術のように情操教育と同じ立場で教えるべきであるという主張がありました。このことは『科学を優れた人類文化としての普遍的な価値として認めること』と言えます

が、この視点も科学（理科）教育の目的として考えられてきました。

このような、三つの視点を基に理科教育が行われてきましたが、このような理科教育では、例えば、物理学の学問的な体系や概念とか知識・内容などの既にできあがったものを、文化遺産として伝達する学習方法がとられます。その学習では、科学的な知識や内容の理解と定着が目的の教育にしかなりません。

ところで、理科教育の役割について考えてみますと、科学の体系や知識を伝達することだけではなく、新しい科学の課題や創造的な問題について、論理的な思考や問題解決をさせる中で人間形成を図るといった目的があるということがあげられてます。従って、これまでとは違った視点や観点で理科教育の目的を考えなければならないことになります。では、その視点や観点は何かというと、その時代や将来の社会の変化に対応して豊かな生活ができるための資質の育成ということがでてきます。

我が国において解決すべき大きな課題の一つに、原子力問題の解決がありますが、日本は世界で唯一の原子力爆弾の被爆国であるためか、原子力や放射線に対する拒否反応が強く、原子力政策等での大変強い反対運動が見られます。この影響を受けて、学校教育の中でも教師の多くにが同様な原子力に対する反対や偏った考え方が見られます。

日本の学校教育では、原子力や放射線の問題のように価値観や政治・政策的な判断が求められるような学習内容を教える時、教師は反対派側の考え方に立つか賛成派側の考え方に立つか、どちらかの側の考え方をしないと教えたことにならいと言った気持ちがあるようです。このような考え方による教え方がどうも間違ていると思っているというのが私の率直な感じであります。どのような考え方の教育が良いのか悪いのかは、後でご議論いただきたいと思います。

以前に私はエネルギー・環境教育の調査のためにスウェーデン等欧州諸国に行きましたが、そのときに感じたのは欧州諸国の多くの国民は一人一人がエネルギーや原子力、放射線の問題に対しの価値観や判断力について、きちんとした意識や意見を持って対処いるのを見ました。そして、学校での教育の中で、市民一人一人が責任を持って問題や政策について判断し自ら決定することのできる資質の育成が行われているようです。

このような教育の問題についてですが、1996 年の 11 月に東京で OECD の教育に関するシンポジウムがありました。そのシンポジウムでアメリカのミューラー氏の発表された『OECD 諸国の科学技術への一般的理解：比較分析』での、世界 14 カ国の調査結果を見ますと、現代の社会に生活する市民に求められている“科学の基礎的な方法を

知り、科学技術を含む政策議論を理解することができる資質”、すなわち「市民の科学的リテラシー」の水準(レベル)が、日本はポルトガルに続いて下から数えて２番目と極めて低いのです。それでいて1996 年に行われた IEA（国際教育到達度評価学会）の理科学力(知識・理解)の調査結果を見ると、我が国は世界諸国に比べて理科・数学ともにトップレベルの位置にいます。

このことは、我が国では従来の科学(理科)教育では、科学や数学の知識内容やその理解という面では効果を上げていますが、科学技術の政策の判断や決定に対処するための能力や資質が欠けており、そのレベルが極めて低いといった深刻な問題が挙げられるのです。

これから２１世紀に向けて、エネルギー、環境、原子力、放射線等の科学技術に関する複雑な問題が、これから一層多く出てくることが予想されますが、それらに対応できるための市民の資質や能力として、我が国の科学(理科)教育として科学の体系や内容の理解だけでなく、科学的リテラシーの資質形成を重視した教育へ、一層の転換を図る必要があると思います。

そういった観点から、表題に掲げました「放射線教育と科学的リテラシー」について申し上げているということでございます。

現在、文部省の方で教育課程の改訂が行われ、新しい学習指導要領が作成されています。その中に、小・中・高等学校の全てに、教科間の連携を図りその枠を越えて学ばせる学習として、「総合的な学習」が必修として創設されました。

この「総合的な学習」は、実のところイギリスのナショナルカリキュラムの中に、エネルギーや環境について学ばせる「クロスカリキュラム」というのがございますが、それを参考にして持ち込まれた学習方法でして、教科・科目の枠を越えた多面的な学習、例えば、理科や社会科、また家庭科・保健体育等をクロスして学習していくという方法が取られるものです。

これは、私達の調査団が欧州にエネルギーと環境教育がに行きまして、イギリスから資料を戴いてきて報告したのが最初でございます。その教育ではどういった学習が行われるかといいますと、討議やディベートによる学習、リサーチ学習といった研究的な学習といったものによって、エネルギーや原子力・放射線問題、環境問題等の価値観の対立している問題について学習させることができる。

また、例えば、原子力問題等の円卓会議で、参加した人達が話し合っても全然歩み寄ることがない、反対派側は反対の主張だけをする、賛成派側は賛成の意見だけを述べるといった状態である。日本の国民はそのような資質欠けているという問題があります。この「総合的な

学習」では、これまで日本では欠けていた、合意形成の資質を形成する教育として効果的な学習方法であります。

これから世界の中で日本人として生きていくためには、いろいろな事態や場面に即応して互いに歩みよることができ、他人の発言もよく聞き、コンセンサスを持って対処できる国民を育てていく必要があるということが私の科学教育に対する考え方でございますし、そのことが、私の申し上げたい科学(理科)教育での科学的リテラシーの育成ということでございます。

放射線教育としての立場で申し上げますと、「放射能」とか「放射線」だとか「原子力」等の正しい知識・理解とともに、それらに対する拒否反応の解消や安全性、リスク等の問題も含んで、公正な判断できる思考力などの資質の育成を目指し、科学教育を考え見直していく必要があるということが私の提案でございます。

ワークショップでの問題提起として、議論していただければと思います。

4.5 THE IMPORTANCE OF EARLY-SCHOOL RADIOACTIVITY EDUCATION IN CULTIVATING PROPER REFLEXIVE JUDGEMENT ON RADIATION

Kojiro Nishina

Aichi Shukutoku University, The College of Contemporary Social Studies,
Nagakute-Katahira 9, Nagakute-cho, Aichi-gun, Aichi-ken 480-1197
Japan

ABSTRACT

An attempt is made to draw a preliminary conclusion on the effectiveness of early-school education on radioactivity, based on two cases of student responses. The first is the returns of questionaires circulated at two colleges, which were typical of an engineering college and a liberal-arts college, respectively.

The second is the reactions of liberal arts students to observed, unexpected levels of radiation in their environment. Their reaction was dominated by their preoccupation on radiation, rather than by the quantitative data they themselves collected on the spot. Thus classes in early schooldays are considered to play a vital role in cultivating proper judgement they are to rely on as general citizens.

1. INTRODUCTION

In the present Japanese curricula at the elementary and junior-high schools, the topic of radioactivity appears to be covered only in connection with hisotrical incidents of casualties, the typical of which are the Hiroshima and Nagasaki casualties, and the Chernobyl accidents. Thus at the level of compulsory education, attempts are barely made to introduce this topic in the context of science teaching . In an attempt to correct such insufficiency, and to provide the next generation with properly balanced knowledge, there have been many attempts at the university level of this country, typically at engineering colleges, but much less at liberal arts colleges.

The present observation was made in one of such minority attempt. From the outcome of the present observation, the importance of early-school education is strongly felt in bringing up general citizens with proper knowledge and sense of judgement in this subject. The attempt is still preliminary, and needs further data collection.

2. METHODOLOGY AND DISCUSSIONS ON THE OUTCOME

(1) Returns of class-room questionaires on radioactivity and nuclear power

In the fall of 1996, a questionaire on radioactivity and nuclear power was circulated at classrooms in Colleges A and B. At College A which is an engineering college, a group of 28 students within the electrical engineering department filled it out, the 26 of which were male students. In College B which is a liberal arts college, a group of 171 students within a class of contemporary social topics filled it out, the 154 of which were female.

In response to the seven statements (**Q1 - Q7**) listed in Table 1, the students were requested to make a proper choice out of true and false markings for each. The

correct choices (answers) are indicated in Table 1 in parentheses. The **Q1** through **Q4** are the questions related to radioactivity, while **Q5** through **Q7** are energy-related:

TABLE 1: Questions in the Questionaire

Questions on radiation:

Q1: Without any artificial radioactive materials, no radioactivity would exist in natural environment (False).

Q2: The radiation dose received annually at the boundary of a nuclear power plant is less than the dose received inside an aircraft during one round-trip flight from Tokyo to New York (True).

Q3: Hereditary abnormalities have appeared with a higher percentage among the progenies of those who received the A-bomb radiation at the city of Hiroshima than among the progenies of the average population in this country (False).

Q4: During the soidum leakage accident of MONJU (A Japanese fast breeder reactor) in December of 1995, radioactive material leaked out of the secondary cooling system together with sodium (False).

Questions on energy and nuclear power:

Q5: In the light water reactors which are currently operating at Japanese nuclear power plants in general, plutonium fissions is contributing to electricity generation, in addition to the uranium contribution(True).

Q6: To prevent converted use of nuclear fuel to weapons, the International Atomic Energy Agency (IAEA) periodically inspect all the Japanese nuclear power plants (True).

Q7: Less than 50% of the energy consumed in Japan is supplied by energy sources imported from overseas(False).

Note: To briefly comment on the questions that are specifically Japanese: In **Q2,** the annual dose received at the boundary of nuclear plants in this country is less than the regulation value of 0.05 mSv per year, while the dose received during a round-trip flight between New York and Tokyo is estimated to be above 0.06 mSv at least (Refs. 1, 2 and 3). In **Q4**, the secondary cooling loop sodium is independent from the primary loop sodium which is radioactive. In **Q7**, Japan relies on imported energy sources for more than 80 percent of her energy consumpiton.

TABLE 2: TheReturns of the Questionaires (Percentages of Correct Choices)

The Response to the Questions on radiation:

Questions	Class in College A	Class in College B	The Case of Contrast
Q1	96.4	93.6	---
Q2	89.3	38.1	○
Q3	42.9	19.9	○
Q4	57.1	21.1	○

(TABLE 2 continues to Page 3)

TABLE 2(Continued):

The Response to the Questions on Energy and Nuclear Power			
Q5	71.4	80.1	---
Q6	81.5	87.0	---
Q7	96.4	84.3	---

The returns of questionaires are summarized by the percentage of correct choices in Talbe 2. It is found that the existence of natural radioactivity is known fairly well in both classes. We see in addition that the two classes responded differently to the questions on radioactivity, while similarly to the ones on nuclear power. The significantly different responses found in **Q2, Q3,** and **Q4** in particular may be attributed to three tfactors: (a) the discipline received in College A on engineering in general, or (b) the lecutre possibly received by a portion of the class in College A on radioactivity specifically, or (c) the different gender composition of the two classes.

Unfortunately the effect of the factor (c) cannot be isolated in the present insufficient data collection scheme, and is not to be discussed here. The effect of the factor (a) may be that discipline in engineering has had an effect of training in quantitative thinking, although the training itself is not directly related to radioactivity. In any case it is reassuring on one hand that students who are to become professionals in engineering have correct knowledge or judgement in this technical field. On the other hand, the situation in College B gives us a serious task.

Soon as the graduates from this college, the students will join the mass of general citizen in this country without detailed knowledge, who will influence social decision-making in near future. The graduates from liberal arts colleges in this country are said to be majority in number over those from engineering or science colleges. It is very important therefore to nurture the next generation with correct sense of general judgement in radioactivity, even without professional discipline in engineering or radioactivity. In this regard, the following observation gives us a hint for the direction of our effort required.

(2) Students' Reaction to the Dose Rate Found in Their Environment

In the past three years (1996-1998) at College B, with which the present author is affiliated, attempts have been made to let the students monitor ambient radiation in their environment with portable survey meters. Two to three hundred portable monitors were rented from Institute of Radiation Measurements (Houshasen Keisoku Kyoukai), Tokai-mura, Ibarakiken, and allocated to classes in the following scheme(TABLE 3):

TABLE 3: Allocation Scheme of Survey Meters in the Class

110 monitors allocated	among a class of 260 students	in 1996,	lent for a week,
230	among a class of 460	in 1997,	for two weeks,
380	among a class of 380	in 1998,	for two weeks.

The choice of locations for measurements was left up to students. Requested in the report which they are to turn in are the reason for the specific choice of locations, students' prediction of the radiation level at the locations they chose, and the agreement

or discrepancies found, and the reason for discrepancy if found. The examples of typical measuring spots are: locations in campus, vairous spots they go through on their commute, their part-time job offices, spots in downtown, and thier residences. In their residences, most of the students try to measure specifically the dose at the room they daily spend their time most, namely their study or their living room.

On the average, the dose rate values in the Nagoya downtown varies from 40 to 80 nSv/h, in the campus from 20 to 70, and in their residence from 40 to 80. Thus in many cases the students find dose rates in their residence higher than those in downtown and subway. The reaction in such a case is interesting, and worth careful scrutiny .

In most cases they can manage to overcome the surprise they feel in their first encounter with natural radiation, by convincing themselves by reading the lecture materials. But higher dose rate in their own study room than in downtown is harder for them to accept. They have already been told that the natural dose rate varies from prefecture to prefecture in this country, and that there have been no difference observed in the probability of cancer appearance among those prefectures. The difference in the dose rates between the highest and the lowest values over the country, which has been reported by literature(Ref.3), is of the order of 40 nSv/h, and so any dose rate difference smaller than 40 nSv/h need not to be worried about.

They confess, however, " I am scared," or they assert, "We should not overlook this reality. We need some measure to improve this situation." It appears that they are looking at such background (natural) radiation with the kind of feeling which they have toward chemical contamination with toxic materials. Rather than trying to make any judgement by comparing the measured value quantitatively with data that have been supplied in the lecture, they react with anxiety they had had a priori. It is not a logical judgement, but is reflexive reaction.

It is exactly this kind of reaction which often dominates the attitude of public when they encounter articles on radioactivity in press. It is infered that such attitude has long been formed by contacts in the past with sensational headline articles in press, which only emphasize the hazard of radioactivity, without quoting any specific dose values.

3. CONCLUSION

The reaction the students showed toward the unexpected level of radiation is regarded as exactly the kind of mentality that currently prevents logical reasoning and discussions on radiation utilization for the future in a broard aspecct. It should have a close connection with the fact that radiation is invisible, and that they have never verified or felt the existence of radiation with their five senses. If such lack of verification experience on radiation is the major reason for such mentality, laboratory classes in elementary or high-schools, where students themselves participate, will be the key to the solution. The reasoning in lectures alone would not solve this problem.

It is suspected that the current educational systems are sending out young generation to the society with the mentioned mentality, who would become press reporters soon, and who would contribute to illogical articles. In order to cultivate proper reflexive judgement in general citizen, and to erase their illogical preoccupation on radiation, radioactivity education in early school days is considered absolutely necessary. The education in university level would help only in the professional

domain. In this sense, the author would like to send his sincere message of support to high schools or elementary school teachers.

REFERENCES

(1) M. Okano et al, " Measurements of cosmic-ray doses in commercial airline cabins, " *Proc. 9th International Congress of Radiation Protection, Vienna*, 2, 262-264(1996).
(2) T. Iida et al, "Radiation Environment between Seabed and Space, " *Radioisotopes*, **47**, 493-509(1998).
(3) "Natural Radiations through Naked Eyes," A leaflet issued by Chubu Atomic Conference, Nagoya, Japan(1998).

4.6 Experiments of the ^{42}Ar-^{42}K Generator

Bunsei KIKUCHI

Department of Physics TOKAI UNIVERSITY

1117 Kitakaname Hiratsuka Kanagawa JAPAN

Abstract

Very simple short half-life radioactivity source is obtained safety in classroom. Using this generator many experiments for radioactivity and ionizing radiation are carried out.

1. Introduction

A long half life argon generator (33 years), from which one can obtain short half life (12.5 hours) potassium radioactivity any time, has been developed and used for students in university and high school. This argon generator was produced by cyclotron, irradiated ^{3}H (triton) for noble ^{40}Ar gas. This reaction is s written as follows.

$$^{40}Ar + {}^{3}H \rightarrow {}^{42}Ar + p$$

The decay scheme of ^{42}Ar -^{42}K nuclei and cross section of device is shown in Fig.1 and Fig, 2.

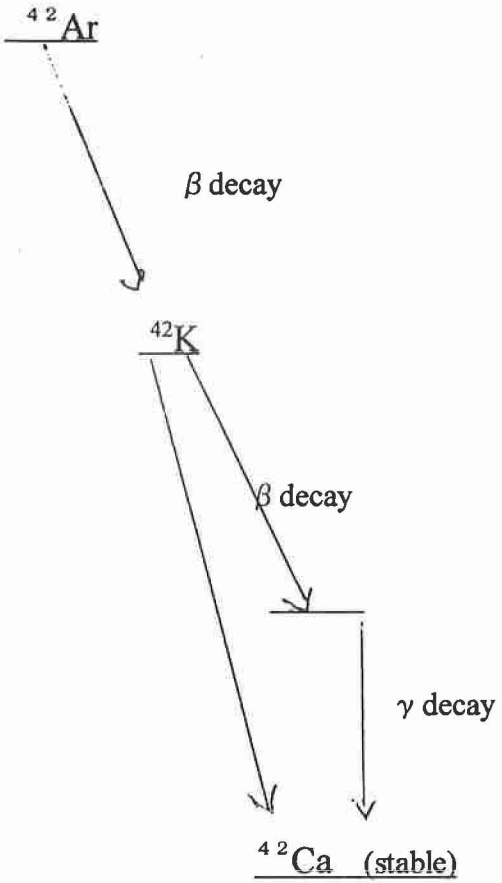


Fig.1. Decay scheme of ^{42}Ar-^{42}K nuclei.

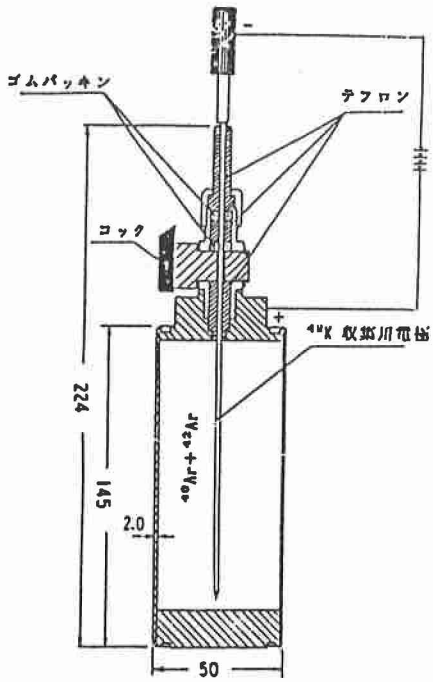


Fig.2.Cross section of device.

2. Setup of Instrument

A noble Argon gas which included in a small gas bomb is neutral. However Potassium makes positive ion. If there is an electric field, the potassium ion were collected a negative electrode. About 100 V DC voltage is applied 1-or 2 days with battery.

Water and used glass tube for milking a small polyethylene cell. Then the needle electrode inserted in the grass tube. Potassium ion melted in the water. This process is called "milking", which like relation between cow and milk.

3. Method of demonstration

An example of the ^{42}Ar-^{42}K generator is presented. The very simple procedure to extract the milking procedure of ^{42}K radioactivity is demonstrated. One can carried out many interesting experiments as follows.

(1) Half life of ^{42}K radioactivity.
(2) Absorption of radiation.
(3) Inverse square law.
(4) maximum energy of β ray.
(5) Energy spectrum of γ ray.
(6) Law of nuclear decay
(7) Transport of potassium ion in pure water with high electric field by DC voltage.
(8) Auto radiography

Etc.

4. Conclusion

This ^{42}Ar-^{42}K generator has excellent properties as an educational tool for teaching radioactivity and ionizing radiation. Its use is recommended not only in colleges and universities but also in high schools.

Teaching radioactivity has been very much neglected because of many reasons in schools and even in colleges and universities. However our life is so strongly dependent on nuclear energy and nuclear radiation.

The greatest merit of generator is its inherent safety because of the chemical inactivates argon and also the fact that one can use small generators under the limit of the law. Another merit is its convenience because of the rather long life of ^{42}Ar (33 years), and the procedure to obtain ^{42}K is very simple and interesting radioactivity.

The law limit in Japan is considered to be 3.7×10^{4} Bq. This quantity is enough to do many interesting experiments.

4.7 空気ＧＭカウンターの製作とその活用

三門正吾

千葉県立鎌ヶ谷西高等学校 、千葉県鎌ヶ谷市初富284-7

要旨

矢野[1]・米村[2]式の空気ＧＭ管を用いて教育用のＧＭカウンターを自作した。空気ＧＭ管は測定器としては限界があるが、環境等の低線量の測定や教育用としては優れた側面を持っている。安価に製作できるので複数台製作し、物理ＩＢの放射線についての授業の中で、生徒用のグループ実験として使用した。この実践も併せて報告する。

１．はじめに

一般市民の放射能に対する意識は「放射能＝恐いもの」というのがおおかたの反応だと思う。一方で医療、工学、農業などで数多く放射線が利用されている。日常の中で上手に放射線とつき合えるように、またいざというときにもパニックに陥ることなく対処できるように、放射線の実践的な知識を身につけることは市民にとって大事なことである。しかし放射線検出器は高価なので、簡易測定器として空気ＧＭカウンターを自作した。身近なところに普通に存在する安全な微量放射線源を用いて、実験を通じた放射線教育を、高校の物理の授業の中で試みた。

２．空気ＧＭカウンターの製作

(1) 矢野・米村式空気ＧＭ管とその特徴

プラスチックの円筒の内壁に沿って紙を入れ、これを陰極にする。陽極は直径0.15mmの銅線（ごく普通のビニール被覆線の内部にある細い線）を二つ折りにして、図１のようにゴム栓にとりつける。窓はラップフィルムにする。放電は先端放電になる。また連続放電にならないように、高抵抗物質の紙を用いて放電をとめる。陰極に紙を用いるというのは矢野先生のアイデア、心

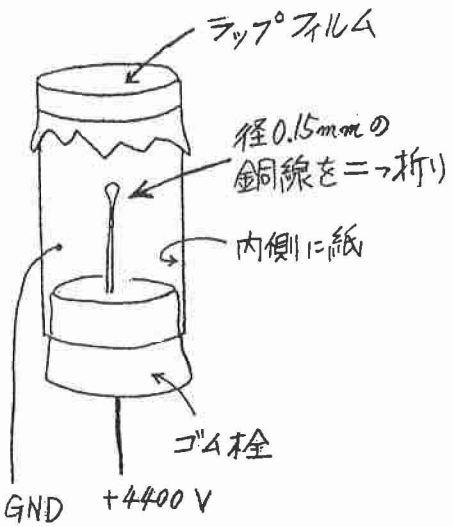


図１　空気ＧＭ管

線を二つ折りにするというのは米村先生のアイデアである。内部のガスは空気以外に、ガスライターに用いるブタンガスを測定の前に注入する。ブタンガスのような炭化水素は、電子の衝突によって励起された原子から放出される紫外線（連続放電の原因になる）を吸収する効果がある。また、普通のＧＭ管は管内を1/10気圧程度に　減圧してあるが、空気ＧＭ管では減圧はしない。その特徴は以下の通りである。

① 動作電圧が高い。
4000V前後の高電圧をかけなければならない。

② 分解能が悪い。

③ ＧＭ管の感度は窓の口径で決まるが、かなり大きくできるので、環境等の低線量の測定に向いている。

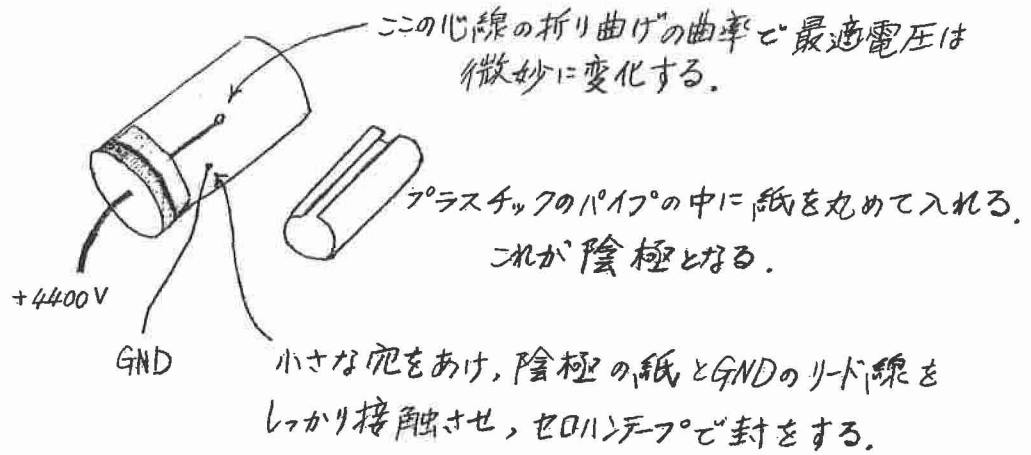
④ 製作が容易である。

⑤ 安価に製作できる。

⑥ α線を測定できる。

（2）実際の空気ＧＭ管の作成

作成の仕方を図２に示す。ＧＭ管が高電圧発生回路での発振信号を拾わないように、ＧＭ管の外側をしっかりとシールドする。心線にゴミが付着すると連続放電を起こしやすくなるので、ときどき心線をアルコールで拭く。また、陰極の紙とGND線の接触が悪くなると不安定になるので、そのときはしっかりと接触し直す。



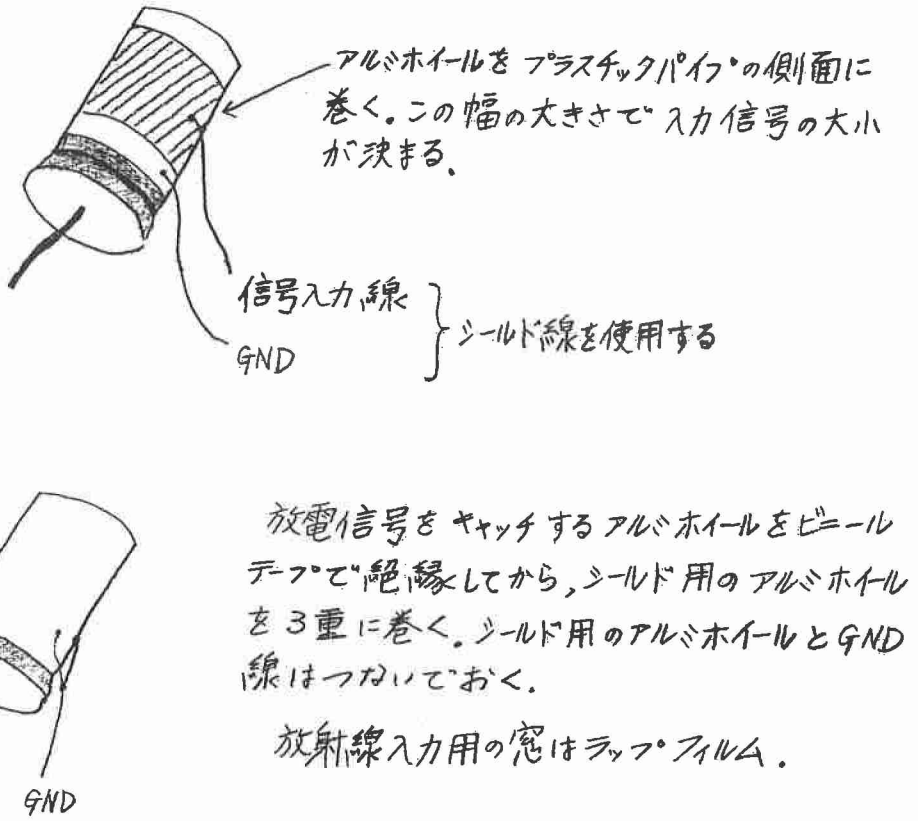


図２　実際のＧＭ管の作成方法

（３）高電圧電源の製作と高電圧の測定方法

図３のように、4000V程度の高電圧を達成するために、トランジスターとトランスを組み合わせて発振させ、昇圧した電圧をダイオードとコンデンサーによるコッククロフト倍電圧回路でさらに昇圧する。トランスには巻き線比の高いサンスイのドライバートランスST-26を用いる。図の赤とか緑と書いてあるのは被覆線の色である。12VのACアダプターを電源とし、電源コントロール部の半固定抵抗で、最終的に最適な電圧が得られるように調整する。コンデンサーとダイオードの組み合わせは9段連結とする。コンデンサーは0.1μFで耐圧630Vのものを用い、ダイオードは耐圧1000Vの10D10または1N4007を用いる。100MΩの抵抗はＧＭ管が発振信号を拾ったとしてもその振幅が放射線パルス信号よりも小さくするのに必要である。

空気ＧＭ管を正常に動作させるときの最大のポイントは、適正な高電圧を安定して与えることである。そのためには数千ボルトまではかれる電圧計が必要であるが、一般にはそのような電圧計は市販されていない。そこで、高電圧を正確に測定する簡便な方法は1GΩの抵抗と1MΩの抵抗を直列に接続し、電圧を 1000：1に分圧して高入力抵抗電

圧計で1MΩの両端の電圧を測ると、その 1000倍が測定すべき電圧となる。入力抵抗の高いデジタル型のテスターを用いてもよい。

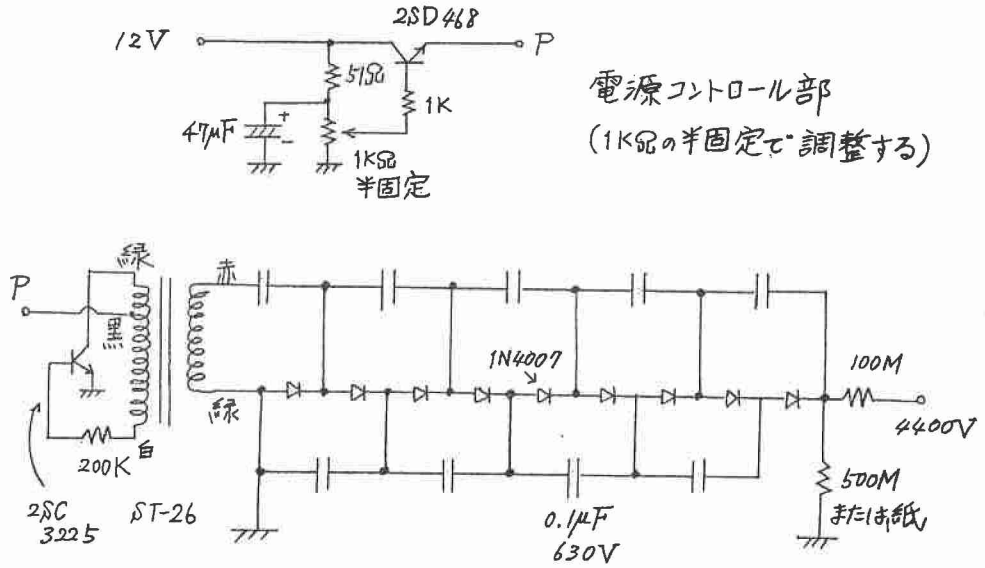


図３　高電圧電源回路

（４）放射線検出回路

図４が回路図である。LMC662は片電源オペアンプICが2個組になっている。一つを放射線パルス信号の増幅に、もう一つを信号とノイズを分離するコンパレーターとして用いる。4528はパルス整形用のICが2個組になっている。パルス幅は時定数0.1μFのコンデンサーと200kΩの抵抗の積で決まり、20msecである。この信号をコンピューターまたは万歩計に入力する。空気ＧＭカウンターの全体写真を次ページに示す。

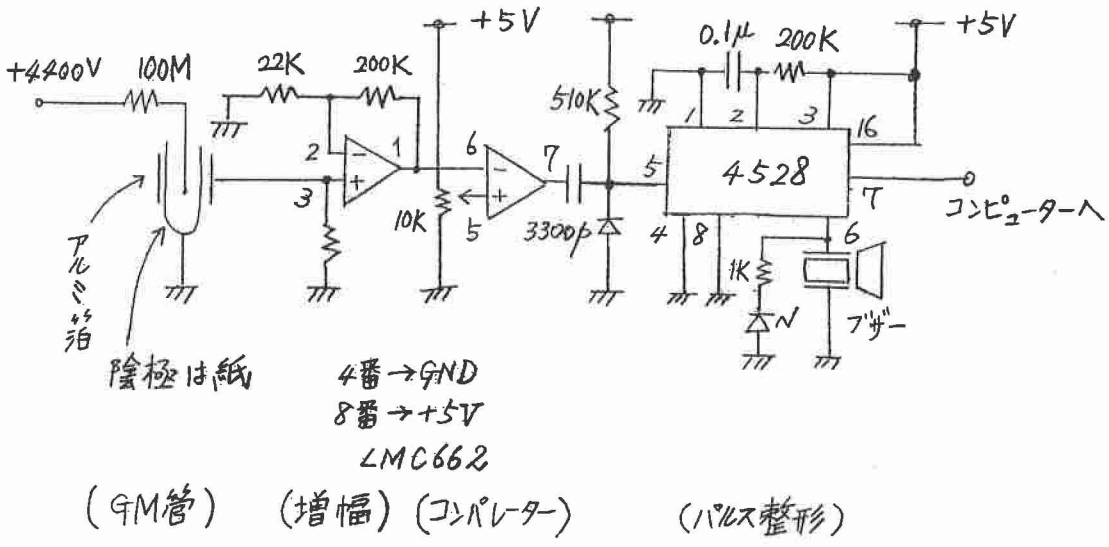
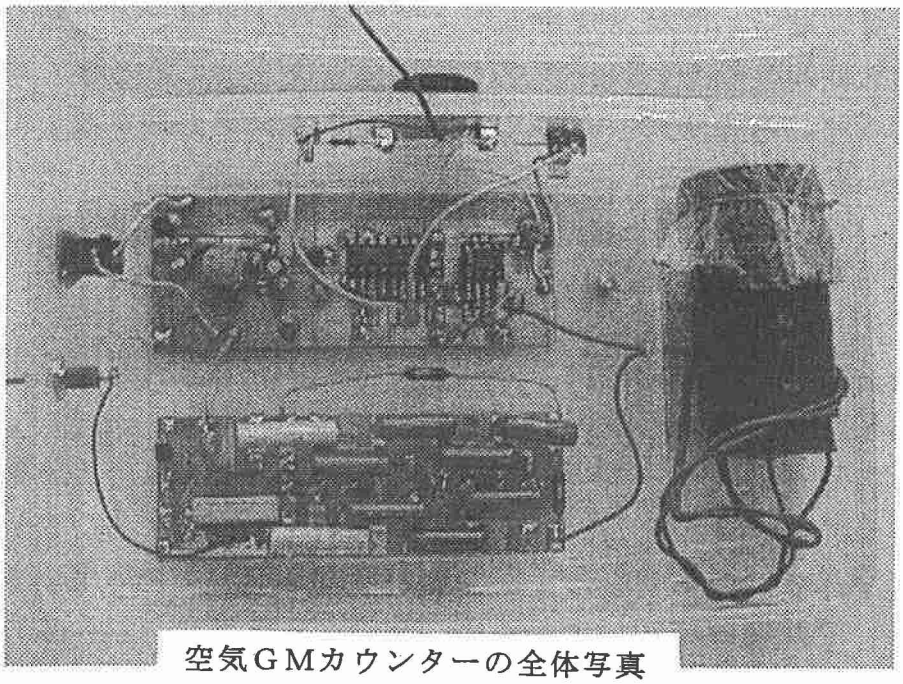


図４　放射線検出回路



空気ＧＭカウンターの全体写真

（５） 空気ＧＭ管の動作特性

ＧＭ管の前方に、β線源のプロメチウム１４７を置いて空気ＧＭ管の電圧特性を調べた結果が図５である。4000V～4800Vの間がプラトー領域と考えられる。使用電圧を4400Vにとると、放射能強度は100Vあたり0.75%ずつ増加している。プラトー特性としてはなかなかよい値である。芯線の太さや二つ折りの曲率に依存するが、空気ＧＭ管は動作電圧がおよそ4000Vと高いが、プラトー領域は約1000V程度もあるという特徴がある。したがって、静電気ＧＭ管という使い方が可能なのである。

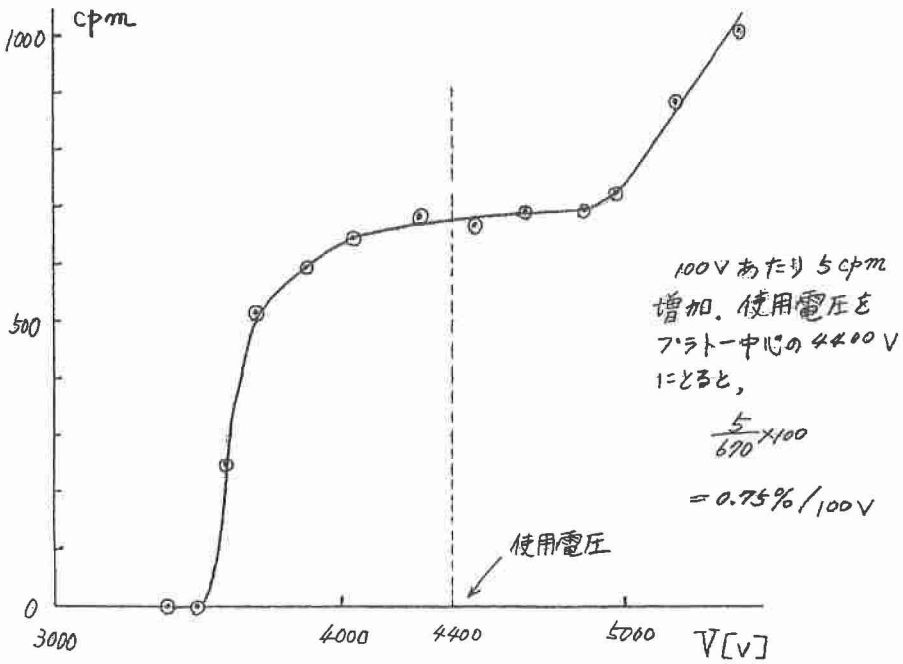


図５ 空気ＧＭ管の電圧動作特性

ＧＭ管の前方にプロメチウム１４７を置き、２秒ごとにＧＭ管に入射する放射線の数を1000回測定し度数分布をとってみると、ポアソン分布に近い分布を示す。このことから空気ＧＭ管が測定器として信頼できることもわかる。

３．身近な放射線の測定

(1) 塩化カリウム

バックグランドの10倍以上の放射能強度が測定される。

(2) 空気中の浮遊塵の放射能強度

二つ折りにしたキッチンペーパーを掃除機のホースの先に着け、輪ゴムで止めて、５分から20分空気中の浮遊塵を吸引する。これをＧＭ管に密着させて測定すると、かなりの放射能強度を持っていることがわかる。半減期は約45分であった。最近、木造家屋（私の家）での測定で、浮遊塵の放射能が検出された。石膏ボードが原因ではないかと思われる。

(4) トロンの半減期の測定

トリウム系列のラドン220、通称トロンの半減期は56秒である。トロンは気体であるから、この放射性元素だけ独立に取り出すことが可能である。トロンはα崩壊であるが、これを空気ＧＭ管の中に直接注入すれば、半減期を測定することができる。

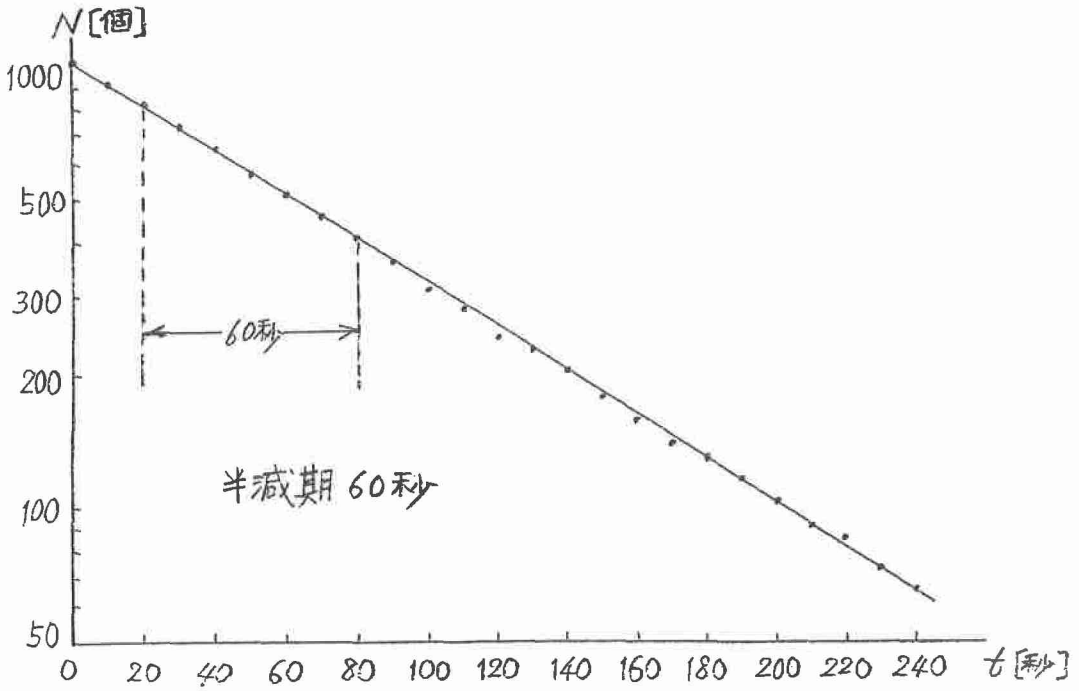
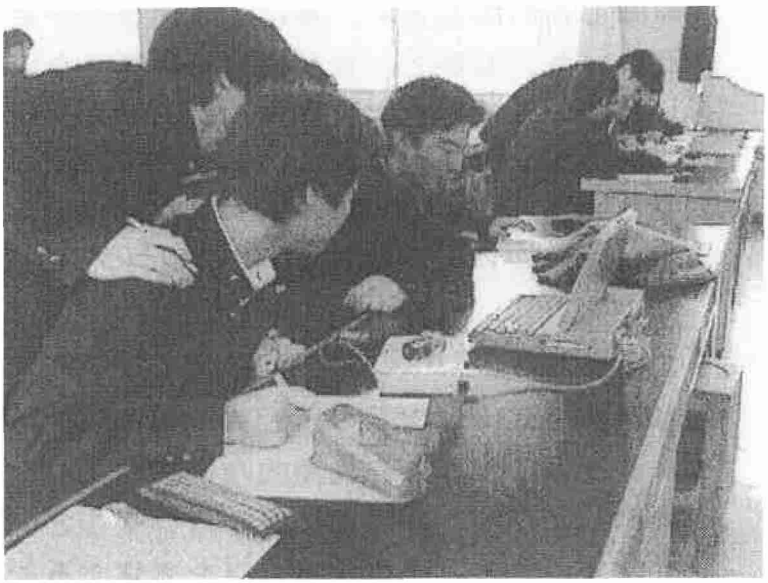


図６　トロンの半減期の測定

原子核や放射線の教育の中で崩壊と半減期の概念は重要であるが、今まで手軽に実験する方法がなかった。キャンプなどで使うガスランタンの芯に使う網袋（マントル）はトリウムを含むものがあるので、これを５枚ほどフィルムケースに詰め込んでおくと、数分で中にトロンが充満してくる。この中の空気を注射器で引き出せるようにすれば、トロンだけを抜き出して実験することができる。崩壊原子の数を累計し最初のトロンの原子数と仮定する。次に各時刻の残存原子を求め、片対数グラフにしたものが図６である。測定によると、約60秒である。かなり満足のいく値であろう。

４．鎌ヶ谷西高校での授業実践

鎌ヶ谷西高校は、就職・専門学校・短大・4年生大学進学のすべての希望者がいる、進学校ではない普通の学校である。1998年の1月に8時間の授業プランで放射線教育を実践した。放射線実験は８人ずつのグループで、５台の空気ＧＭカウンターを使用した。授業プランは以下の通りである。



トロンの半減期測定の授業風景

１時間目：放射線の基礎知識（講義と演示実験）
　原子核の構成・放射線と放射能・放射線の測定
　・放射線の種類とその透過力
２時間目：身近な放射線源を用いた放射線の実験（生徒実験）
　バックグランドの放射能強度測定・グロー管とマントルの遮蔽実験
　・食塩と塩化ナトリウムの違い・空気中の塵の放射能強度測定
３時間目：原子核の崩壊（講義）
　原子核の崩壊・放射性系列・半減期

４時間目：原子核崩壊の模擬実験（コンピューター使用の生徒実験）
崩壊確率を与え、モンテカルロ法で模擬実験。
５時間目：トロンの半減期の測定（生徒実験）
前記測定法参照
６時間目：「放射線を目で見てみよう」（ビデオと補足の講義）
原子力研究所製作のビデオを視聴し、内容を補足する。
７時間目：「放射線と人体」（講義）
電離作用と生体への影響・Ｓｖの説明
・自然放射線による被爆と医療被爆・放射線の量と影響の関係
８時間目：原子力発電の是非（ビデオと若干の補足）
原研製作ビデオ「あなたもディベートしてみませんか」の視聴

計画した内容が多く、特に１時間目の予定した演示実験すべてはできなかった。しかし、放射線は目に見えないもので危険なものであるが、身の回りにありふれているものでもあり、物理の法則にしたがっていて、決して神秘的なものではないということがわかってもらえたのではないだろうか。生徒にとくに好評だったのは、２時間目の身近な放射線測定だったようだ。

５．おわりに

私が空気ＧＭ計数管の研究に最初に取り組んだのは、今から６年前であった。それまでの先駆的な研究のまねをしてみてもなかなかうまく動作しなかった。陰極に紙を用いること、4000Vという高電圧を安定して加えること、炭化水素ガスを充填することなどのポイントをクリアして初めて安定して動作することが可能になった[3)]。さらに、ＧＭ管をシールドすること、ＧＭ管の陽極には100MΩ程度の高抵抗を直列につなぐことなどの、技術的な発見が加わり、使いやすい手軽な装置になったと思う。

今回の放射線教育を実践するための資金として、鎌ヶ谷市の奨励金研究の制度を利用させていただいた。ここに改めて感謝申し上げます。

参考文献

１）矢野　淳滋：物理教育38-4(1990)312
２）米村傳治郎：物理教育41-2(1993)192
３）三門　正吾：物理教育41-3(1993)262

Text of the key note lecture at the Workshop C of the First International Symposium on Radiation Education, December 13, 1998, Hayama, Japan

4.8 RADIATION AS A SOURCE OF RISK

Kazuaki KATOH

katoh@ipu.ac.jp

Ibaraki Prefectural University of Health Sciences

Ami, Ibaraki-ken 300-0394, Japan

Abstract: Essence and nature of ionizing radiation as a source of risk are reviewed. Following to the appeal of necessity and importance of campaign for enlightening risk management, of individual and of society, background knowledge and information helpful to the promotion and discussion are summarized, also.

Keywords: radiation, risk, benefit, mortality, management, pedagogy.

要約：リスク要因としての電離放射線の本性が概観される。リスクとその管理法についての啓蒙活動の必要性と重要性を訴えるとともに、それに必要な知識や情報がとりまとめられている。

4.9 リスク要因としての放射線

加藤　和明

茨城県立医療大学

この山が私をつくってくれた。山には危険があるが、その危険が人をきたえる。それが人生のテーマでもある。
ゲルギエフ（指揮者、キーロフ歌劇場舞台監督）

1.　序言

こんにち、私たちは、放射線との付き合いなしに生きて行くことができません。それは三つの理由からです。第一は、私たちの住む世界、生活環境には、自然がもたらす放射線が充満（？）しているからです[第１図]。私たちは、先祖代々、自然放射線にさらされた環境の下で生命の再生産を続け、もっと長い時間スケールでいえば進化を続けて来ました。進化は生物の種が環境の変化に適応して生き延びるために必要なことであり、進化の主たる引き金は自然放射線が担っているという説があります。また、自然放射線が人体にもたらす程度の線量は、生体の反応を活性化させる働きを持ち、総体的に見て人の健康にポジティブな効果をもたらしているのではないかという説（放射線ホルミシス論）も出てきています。そうだとすれば、自然放射線も、熱や光や水、空気と同様、私たち個人個人や人類の生存にとって、なくてはならないものの一つかもしれません。

一方、放射線は私たちの文明を発展させる手段として重要な働きをしてきました。人類が放射線の存在を自覚し積極的にそれを使うようになったのは、1895 年にレントゲン教授がX線を発見してからのことであり、この 100 年の間に科学の分野でノーベル賞を授けられた仕事の 1/3 以上は何らかの形で放射線に関連したものであるといわれています。人類がつくりだし、使いこなしている放射線の種類は最早元素の数を超えています。 物質文明、精神文明の別を問わず、文明を更に発展させ、私たちの生活がより一層豊かなものとしていく上で放射線が有用であり、必要であることはこれからも変わることがないでしょう。これが第二の理由です。

今二十世紀は、電気と放射線で文明を築きその成果を楽む世紀であったといえましょう。この事情は世紀が変わっても変わりそうにありません。変わるであろうとか、変わるかも知れないと思わせる兆しが見あたらないのです。このような文明の成果として私たちが今日その恩恵に浴している最大のものは、医療の世界に於ける放射線の利用と核エネルギーを電気エネルギーに転換する原子力発電です。今日の医療は放射線なくして成り立ちませんし、資源、特にエネルギー資源に恵まれない日本にとって、日本人という“種”の生命を保存するための“コメ”であるエネルギー資源が長期的かつ安定的に確保されるということは、個人の場合に生命維持に必要な空気や水を心配しないで済むということと同レベルの重要事です。このように高度に発展・発達した文明の成果を享受するに際して不可避的に付随する放射線の出現があります。これが第三の理由です。

現在日本の国民がこの３種類の放射線にどれくらい身を曝しているかというと、1992 年の調査報告[5]で、１年に総量で3.75 mSv、医療が 2.25 mSv で 60 %、自然が 1.48 mSv で 39 %、残りは原子力発電所や教育・研究機関などの放射線施設などにおける放射線とのつき合いによるものですが、これがなんと １ % に満たないのです[第２図]。しかし、この事実を定性的にも定量的にも正しく理解している人の数は非常に少ないのが実状です[第３図]。原発からの放射線被曝に、間違って偏った大きな重みの掛けられているケースが多いのです。これは、マスコミが毎年大きく取り上げる、夏の定例行事と化した「広島・長崎の原爆被災」関連のニュースや、チェルノブイリ原発の事故と絡めてしばしば取り上げられる「原発と放射線をキィーワードとして含む出来事」の報道が、心証的に大きなインパクトを与えているせいであると思われます。専門家にとって、予想される被曝や放射性汚染は事故でも異常でもありませんが、マスコミはしばしば「事件」に仕立てます。

こうして、世の中に沢山の「放射線嫌悪症」や「放射線過敏症」を生み出しました。放射線の怖さを過小評価するのは良くないが、過大に評価し恐がりすぎたり、影に怯えたりするのも良くありません。ここで、チェルノブイリ原発の事故を振り返ってみましょう。1986 年 4 月に起きたあの事故では、30 人ほどの人達が放射線を過剰に浴び、急性の放射線症で亡くなりました。ICRP（国際放射線防護委員会）が創出し勧告している放射線防護の体系は、日本を含む世界の主要各国が結果としてこれを採用し国策としていますが、実はこの体系は、制御できる被曝を前提・対象としており、戦争やチェルノブイリのような事故による被曝は対象としていないのです。 国やその構成員である個人の生命を大きく脅かすこれらの“リスク源”や“リスク”にどのように対応するかは極めて重要な課題ですが、私たちが日常生活で否応なしに付き合っている放射線の被曝に伴うリスク管理の問題とは異質のものであり、区別して扱われるべきものと心得ます。放射線が人の健康に与える影響については、過小でも過大でもなく、適切に恐がることが肝要です。

この世には、個人や社会の生命を脅かすもの（リスク）が、多種多様、無数に存在します。そのどれかを退治したとき、別のものが勢いを増したり、新手のリスクが顔を出してきたりすることは、往々にしてあることです。特定のリスクを狙い撃ちし、リスクフリーを目指すということは、その限りにおいては結構なことであり、異を唱えるに及ばないと思われるかも知れませんが、実は理に適ったことではありません。リスクの源は無数といって良いほど存在しますし、リスクが小さくなるにつれてそれを下げるのに要する労力、コストが増大するからです。私たちに与えられている資源や時間は有限であり、それらを最適に配分してより有効に使うことが重要です。最適配分の評価基準は有効性ですが、これは個人や社会の価値観によって決まります。

個人で制御可能なリスクは自らの判断・責任で行われることが望ましく、個人では制御できないけれど社会としては可能なリスクは社会が責任を持って行うべきです。神様以外制御できないリスクは心配しても始まりません。それこそ杞憂というもので、ストレス過剰による健康への悪影響の方がリスクとして大きくなるでしょう。

安全や安全管理の基準は社会と当事者との契約であるというのが私の考えですが、合理的な契約は、契約の両当事者が同レベルになければできないことです。放射線の安全管理に関しては、人々の我が身に対する放射線被曝（リスク）の受容レベルが、あまりにも広範囲に分散していて［第 4 図］、社会としての意志集約は極めて困難な状況にあります [1]。二十一世紀に生きる人達は、リスクとその管理法について知識と技術を身につけることを最低限必要な素養の一つとし、社会全体の安全文化の薫育を図って，上記の契約が何処においても、迅速にして且つ合理的にし締結できるよう世の中を変えていかなければなりません。そのための方策をご参加の皆様と一緒に考えるというのがこのワークショップの趣旨であります。

以下は、リスク要因の一つである放射線を中心に、討議に必要と思われる基礎的な事柄のおさらいです。

2． リスク

生命の本質は再生産を通じて生命の保存を図るということであり、生命の宿る物体である生物すべてに共通する宿命はその命に限りがあるということである。人間とて例外ではない。人は誰しもいつか死ぬ。今日、日本は世界の中で第 1 級の長寿命国といわれている。寿命というのは生まれたときから死ぬまでの時間の出生時における期待値である。その寿命を、今仮に、男女共通に 80 年としよう。もしもすべての人が誰しも 80 歳の誕生日を迎えた日に死を迎えるようになっているとしたら、単位時間あたりの「死ぬ確率」、死亡率 M(t) は

$$M(t) = \delta(t-80), \quad t: \text{生存時間 [年]}$$

とディラック（Dirac）関数形となる。しかし実際はこうならないことを誰でも経験で知っている。また、死亡率が生まれてから死ぬまでの期間一定で不変、つまり、

$$M(t) = 1/80\ [y^{-1}]$$

ともならないことも、経験上知っている。実際は、死亡率は性別や年齢に依存し、横軸に年齢、縦軸に死亡率をとって描いた曲線（Mobility Curve）［第 5 図］は工業製品の故障率の時間推移を示

すワイブル (Weibull) 曲線に似たものとなっている。 死亡率の増大をリスクといい、リスクの増大をもたらす事象や行為をリスク要因（リスク源）という[1]。大雑把に言って、死亡率は 20 歳で 1/1,000、40 歳で 1/500、50 歳で 1/200、60 歳で 1/100 程度である。死をもたらす原因は、癌などの疾病に罹ることや自動車などの事故に遭うことなど、様々である。まこと、生きているということ、生を営むということは、リスクとの戦いであると言える。

我々が生を営むために必須のものが沢山ある。太陽からの光、水、空気、---- 等々がなければ我々は生きていけない。ところが、こういった必須のものでも、採りすぎると身体（の健康）に悪いのだということがはっきりしてきた。空気を吸うことにより体内に活性酸素がつくられ、生命再生産の処方箋である DNA に傷をつける[2]。空気を吸わないと酸素を採れないから生きていけないが、同時に加齢・老化を進めることになるというわけである。熱や光を一度に大量浴びると火傷をしたり眼を潰したりする。水を無理して沢山飲むと苦くなってきて身体が受け付けなくなる。塩でも砂糖でも薬でも、度を越して摂取すれば毒と化すのである。

3． 放射線

物事を定義するのに二つの方法がある。帰納的定義と演繹的定義である。「アルファ線があります、ベータ線があります、ガンマ線があります…これらを放射線といいます。」というのが前者で、「運動エネルギーをもって空間を飛んでいる素粒子（またはその結合体である裸の原子核）」というのが後者である。前者は分かりやすいが適用限界がぼやけるのでので一般向け、後者は正確で応用が利くので専門家向けである。

4． 線量

放射線が物体に入射すると物理的作用を引き金に様々の反応を誘起し、最終的に様々の影響をもたらす。これを科学の対象として取り扱うには、定量的な因果関係を樹立する必要がある。ミクロの世界の物（モノ）の理（コトワリ）もマクロの世界のそれと共通するものが多い（例えばエネルギーのもっとも低い状態が一番安定であるなど）が、異なった趣もある。その最たるものは、「量の取りうる値が不連続で離散的」であることや、状態間の遷移等「事象の生起が確率的」であることである。マクロの世界では原因があったら結果が出るのは約束されたことであり、確率 100 % である。言ってみれば物理の論理は「必然性の論理」で成り立っている。これに対し、ミクロの世界では原因があっても結果は一意に定まらず、ある原因がある結果を引き起こすこともあれば引き起こさないこともある。しかしその確率はきちんと決まっているのであって、その意味で定量的因果関係が在るといえるのである。物理の論理は「蓋然性の論理」と呼ばれる。

放射線の物体に及ぼす影響を扱う科学で原因の量としているのが「線量」である。物理的作用を引き起こすもとはエネルギーであると考え、放射線によって物体に与えられたエネルギー密度を基本の線量とし、「吸収線量」と呼んでいる。特別の単位グレイが使われていて、1 Gy = 1 J/kg である。

ところが、放射線の人体に及ぼす影響は、吸収線量が同じ量であっても必ずしも同じでないことが多い。放射線の種類やエネルギーの違いにより、また人体の放射線に対する感受性の部位による違いにより、影響の発現に違いが生じるのである。そこで、防護の目的には、上記 2 種類の補正を荷重係数の形で織り込み、一定量の線量が常に一定量の効果・影響を生ずるよう調整したものを使

---

1 リスクという言葉は多くの分野で使用されているが、その定義や概念規定は一様ではない[4]。放射線防護の分野ではこのように確率で定義してきたのに対し、原子力安全（Nuclear Safety）の分野では期待値（災害の規模 x 発生確率）を用いている。

2 発癌や遺伝障害のもとになっているといわれる 8-オキソグアニンやチミングリコールは、放射線によってもつくられるが、毎日吸っている酸素によってもつくられる。酸素によってつくられる 1 日当りの量は、控えめに見積もっても、一般人に対する放射線の年限度である 1 mSv の線量がつくる量に匹敵するという[6]。

う。最初の補正を施こしたものを等価線量、二重に補正したものを実効線量と呼ぶ。ここでも特別の単位シーベルトが用意されていて、 1 Sv = 1 J/kg である。

5．放射線防護の目標

現在の放射線防護システムは、確定的影響については完全阻止、確率的影響についてはそれのもたらすリスクをある限度内に抑制することを目標としていて、等価線量は前者の、実効線量は後者の目標を達成するための手段として使用される。

確定的影響というのは皮膚の障害や白内障、脱毛や血球数変化など目に見える身体的障害のことで、線量がある値（しきい値）を越えない限り発生しないが、 発生したときの障害の程度は受けた線量に依存する。

確率的影響は、生命再生産の処方箋である DNA の遺伝情報が放射線により傷つき、生命再生産が上手くいかなくなることで起こる障害であって、個体を維持するのに必要な細胞に起こると発癌、子孫をつくるのに必要な細胞に起こると遺伝障害に結びつく。

管理の対象は、実際上リスクの限度内抑制となっていて、放射線防護の分野では線量に実効線量、影響にリスクが採られていると言って良い。

参考文献

1． 加藤 和明： “放射線被ばくの受容レベルについてのアンケート調査結果”, Isotope News, [1], 12 - 15, (1992).
2． Kazuaki Katoh: “A Mathematical Formulation of Radiation Risk”, Proc. IRPA9, II, 382 - 384, (1996).
3． 加藤 和明, 松原 純子：“リスクの科学と放射線”, 物理教育, 44, 413 - 418, (1996).
4． 加藤 和明, 才津 芳昭： “リスクの概念、 -- 概念規定の現状とその本質に関する考察 -- ”, 日本リスク研究学会誌, 9, 87 - 94, (1997).
5． 生活環境放射線 (国民線量の算定), (財) 原子力安全研究協会, (1992).
6． 田ノ岡 宏：私信 (1998).

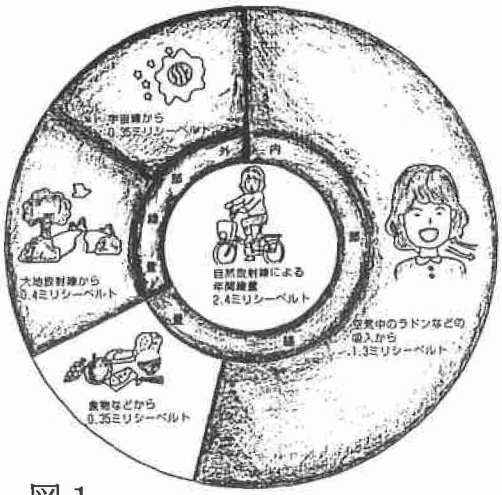


図1 自然放射線の内訳（全世界平均、1988年国連科学委員会報告）

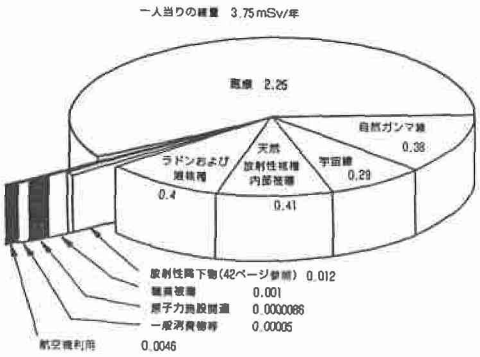


図2 日本人の環境放射線被曝線量（mSv）
（「生活環境放射線」原安協-231、1992より）

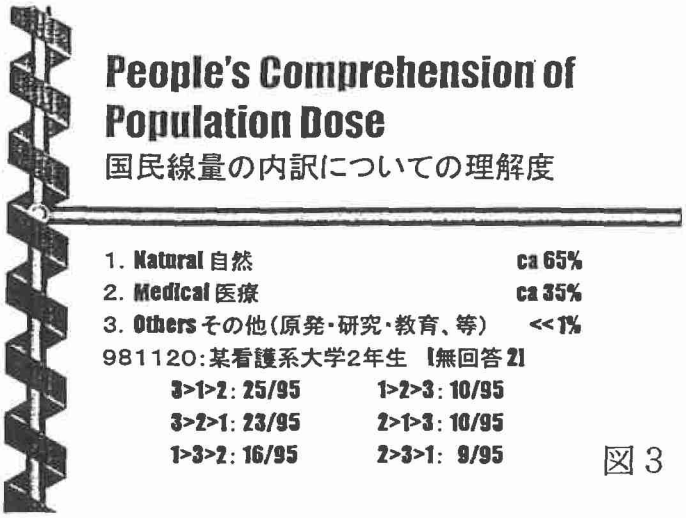


図3

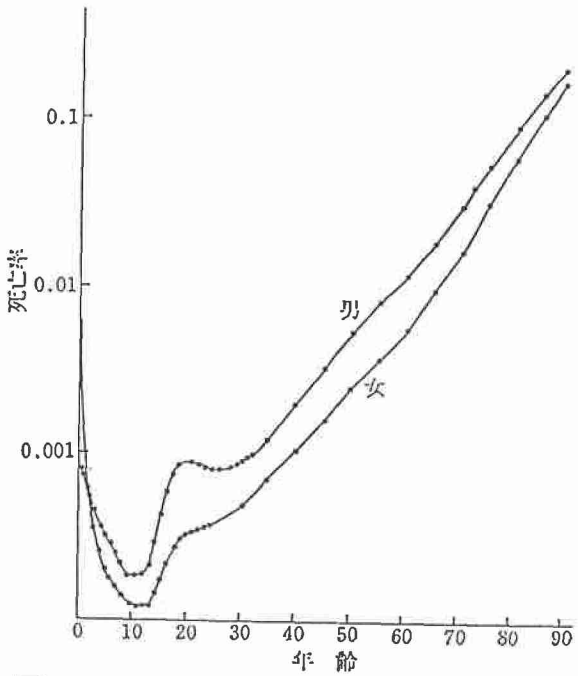


図5 年齢階級別死亡率曲線（1984年簡易生命表より）

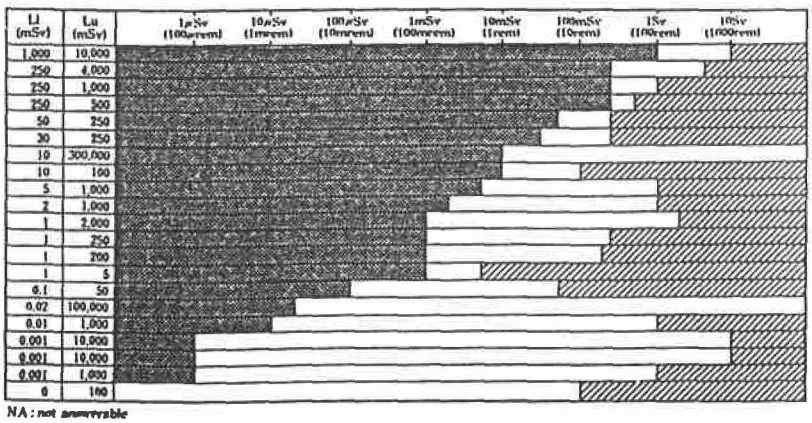


図4 一般人〔自然放射線のレベルを正しく認識している人の中から任意に選んだ21人〕（グループA）の放射線受容レベル

レベル1〔LI〕：身体に放射線を受ける場合〔全身均等，外部被ばく〕，これ以下なら特に被ばくが気にならないという線量。

レベル2〔Lu〕：同じく，これ以上では怖くていやだという線量。

リスク要因としての放射線
RADIATION AS A SOURCE OF RISK

加藤 和明 KATOH, Kazuaki
katoh@ipu.ac.jp
茨城県立医療大学
Ibaraki Pref. Univ. Health Sci.

WHAT is Radiation ?
放射線とは ?

In Broad Sense: Elementary Particles with Kinetic Energy
In Narrow Sense: Ionizing Radiation

帰納的定義と演繹的定義
Inductive- and Deductive-Definitions

Inductive-D: Easy to Understand
Suitable to non-Specialists 一般向
Deductive-D: Precise to Understand
Suitable to Specialists 専門家向
e.g.: fruits and vegetables

Radiation and Matter
放射線と物質 / 物体

Inter-Elementary Particles Interaction
→ Macroscopic Effects
素材 : 共通 (素粒子)
素粒子間相互作用→巨視的影響

Radiation and Human Body
放射線と人体

Material 素材 : Elementary Particles
[common 共通]
Inter-Elementary Particles Reactions
→Chemical Rs → Biological Rs
→Detrimental Effects to Health

Effects of Radiation on Human Body
放射線の人体に及ぼす影響

Deterministic Effects: 確定的影響
急性死、白内障、皮膚損傷、等
Stochastic Effects: 確率的影響
発癌、遺伝障害

Human body seen from Rs: very sparsely distributed elementary ps in empty space

1. 無数(60兆?)の微小生命体の集まり
2. 生命再生産を邪魔＝生命再生産の処方箋(DNA)にキズ
3. 放射線と処方箋との相互作用
4. キズの修復
5. ホルメシス効果

Scales: Macro to Micro
マクロの世界とミクロの世界の寸法

Human Body 人体	1 m
Cell 細胞	10 μm
DNA（生命再生産処方箋）	10 nm
Atom 原子	100 pm
E. Particles (Radiation)	1 fm

n = 10(-9): ナノ, p = 10(-12): ピコ, f = 10(-15): フェムト

Physics of Micro-World
ミクロの世界の“物の理（コトワリ）”

Discreteness 離散的
Probabilistic 確率的
Logic 論理
必然性→蓋然性

Lethal Dose 致死線量: ca 10 Gy (Sv)
Whole Body, Instantaneous Exposure (1 hr)

e.g.: γ-rays of 1 MeV
fluence ψ ~ 1.5 x 10(+12) [cm(-2)]
wave length λ ~ 10(-10) cm
(π (λ /2)**2)* ψ ~ 10(-8)
heat up: 10 J/kg / 4.2 J/cal ~ 0.002°

Science on Effects
影響の科学

Quantitative Causality Relation
定量的因果関係の確立
Quantization of Cause and Effect
原因と影響の定量化

Radiation Dose : Quantity of Cause
放射線の線量: 原因の量

dose: 線量／剤量／用量
基本線量: 吸収線量 [1 Gy = 1 J/kg]
物体中の注目点におけるエネルギー吸収密度
防護（用加重）線量: [1 Sv = 1 J/kg]
- 等価線量 Equivalent Dose
- 実効線量 Effective Dose

Dose 線量

Fundamental Dose: Absorbed Dose
吸収線量, D
1 Gy = 1 J/kg
Weighted Dose: Effetive Dose
実効線量, E = Wt・Wr・D
1 Sv = 1 J/kg

Risk リスク

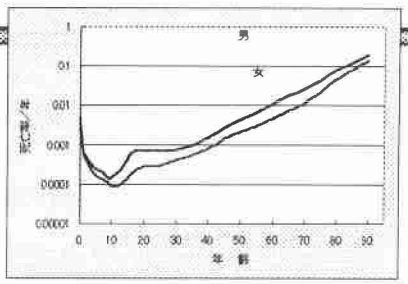
Risk = Increase in Mortality
リスク = 死亡率の増加: 確率
＊リスクの概念規定は分野により異なっている。
＊通常は損失·損害等の＜期待値＞
＊**Katoh** は"余命損失の期待値"提唱

Aim of Radiation Protection (ICRP System)
放射線防護の目標

Deterministic Effects	確定的影響
Prevention	完全阻止
Stochastic Effects	確率的影響
Suppression of Risk	リスク抑制

Mortality Curve (Japan)
生命図(死亡率曲線)

平成6年簡易生命表より



Dose Limit <Effective Dose>
線量限度値 <実効線量>

現行法 (ICRP1977年勧告等準拠):
- 職業人: 年 50 mSv
- 一般人: 年 1.0 mSv

改正法 (ICRP1990年勧告準拠):
- 職業人: 年 50 mSv, 5年 100 mSv
- 一般人: 年 1.0 mSv

放射線以外のリスク要因
Risk Sources Other than Radiation

Wild Beast, Starvation, War(Calling-Out Paper), Disease(Cancer, TB, AIDS, etc.), Accidents(Burning, Falling-Down, Automobile, etc.), Disaster caused by Nature(Earth-Quake, Flood, Typhoon, Meteorite, etc.), Aging, etc.

リスクと便益
Risk vs Benefit

リスクフリー追求：
望ましいことでないし可能でもない
ALARA（ICRP）：
リスク要因間に見られる**trade-off**の関係

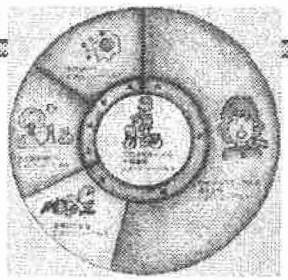
Criteria of Safety (Safety Control)
安全（管理）の基準

社会との契約 **Contract with the Society**
基準は社会の状態に依存
契約を合理的に行うための条件
個人の価値観の多様化
個人のリスクと社会のリスク：**NIMBY**
e.g. チェルノブイリ原発事故

How to associate with Risk ?
リスクといかに付き合うか？

杞憂 → ストレス
リスクフリー：（財的／人的）資源は有限
リスクの制御：
感覚の補償／量的判断力（量の違いは質の変化をもたらす）

Natural Radiation in Japan (annual dose) 自然放射線による年被曝線量と内訳



自然放射線の内訳（全世界平均，1988年国連科学委員会報告）

リスクへの対処法（1/2）

- 個人で制御できるリスクは自己の責任で！
  - 必要な知識と技能の取得は21世紀に生きる人の基本的素養：生き方／価値感に依存
  - 人生を生きるに値するものとすることも大事：**High Risk - High Return** も認める必要ある
- 専門家と非専門家の **moderator** が必要
- 有限の時間・資源をどう使い、リスクと便益をどう組み合わせるか？： リスクを考えるということは生き方を考えるということ

リスクへの対処法（2/2）

- 自己の意思で制御できないリスクの管理は社会に任せるしかない！
  - リスクの管理基準の整合性をどのようにとか？ ***How much safe is safe enough?***
  - 意思の集約法： 技術（方法論）の開発と判断材料としてのデータの収集 / 議論の公開 / 人的及び財的・資源の最適配分 が望まれる
  - NIMBYへの対応策：安全文化の薫育

一般人に関わりのある放射線管理基準

- 放射線事業所敷地: 250 μSv/3月
- 放射線事業所管理区域境界: 1.3 mSv/3月
- 病院病室: 1.3 mSv/3月

- RI投与患者帰宅: 30 μSv/h (1m)
- 放射線発生装置規制除外: 0.5 μSv/h (0.1m)
- RI装備診療機器(骨塩/ｶﾞｽｸﾛ): 0.5 μSv/h (表面:非使用時)
  6 μSv/h (1m:使用時)
- 放射性物質運搬: 2 mSv/h (表面)
  100 μSv/h (1m)
- 放射性廃棄物: 現状では下限なし
- 同上[導入予定のclearance level]: 10 μSv/y

Typical misunderstandings
よく見られる世間の誤解

- **Half Life:** "半減期"というものがあるので"放射能" は永遠にゼロにならない。
  未来は確率的だが過去は確定的！
- **Accident / Abnormality:** 事故と異常
  予想されている被曝や汚染は事故でも異常でもない！

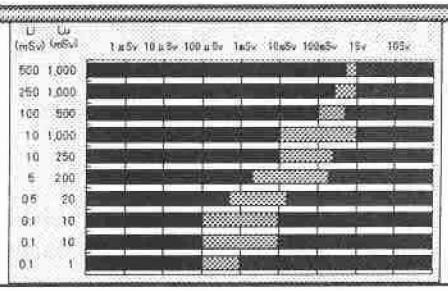
Half Life 半減期
Future: Probabilistic
Past: Deterministic

放射能は永遠にゼロにならないというのは迷信
半減期:1年の放射性核種

	1年後	10年後 (2**10 =10**3)
100万個	50万個	1,000個
2個	2個 (25%)	2個 (10[-6])
	1個 (50%)	1個 (10[-6])
	0個 (25%)	0個 (99.9998%)

An Example of Survey on Acceptable Levels to Radiation Exposure

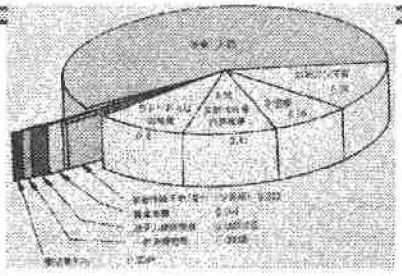
>Lu: unbearable
<Ll: not worring



Annual Population Dose in Japan 国民線量の値と内訳

一人当たりの線量 3.75mSv/年

日本人の環境放射線被曝線量 (mSv)
[「生活環境放射線」原安協-231, 1992より]



People's Comprehension of Population Dose
国民線量の内訳についての理解度

1. Natural 自然 ca 35%
2. Medical 医療 ca 65%
3. Others その他(原発・研究・教育、等) <<1%

981120:某看護系大学2年生 95人

3>1>2: 25/95	1>2>3: 10/95	
3>2>1: 23/95	2>1>3: 10/95	
1>3>2: 16/95	2>3>1: 9/95	[無回答 2]

4.10 各種リスク要因の比較
Comparative View on Risk Factor of Human Death

武田篤彦，菅原　努
Atsuhiko TAKEDA and Tsutomu SUGAHARA
財団法人　体質研究会
Health Research Foundation, Kyoto, Japan

要約

リスクのない生涯は考えられない．リスクの要因を死亡に限ってみても，人類の歴史は太古から現在まで，それは無数といってよい．

自動車は移動に便利だが，事故死を増やしている．日本では，毎年約１万人が死亡するが，それは運転者だけではなく，跳ねられた歩行者と自転車乗車者とが全体の４０％を占めている。

高齢者では，歩行中の転倒による骨折の頻度が高い．このことは，自動車運転を諦めて事故を免れたはずの高齢者にとっては，歩行者としての別の危険が襲うことを示している．つまり，ある危険の可能性が減少すると，別の危険の可能性が出現してくる，このような「リスクの付け替え」は，随所にみられる．

いろいろな原因による死亡率について，一般に受け入れられているのは年間１０万分の１のレベルである．航空機事故は，年間１千万分の１であるが，その発生確率がきわめて微少であるにも拘らず，救命の可能性が小さいことや事故が苛酷であることから，大いに恐れられている．

航空機や原子炉では苛酷事故の可能性があるが，その確率は僅少である．年間死亡リスクの把握は，事故の大きさ（人／年）と生じる確率（回／年）の積についてなされるべきである．それによって，正しいリスク認知が得られ，確固たる「リスク受容」が達成される．

ABSTRACT

Human being, namely. "living" get involved in risk factor. Even if risk is limited to lethal danger, human history is coresponding with numberless risks from ancient up to today.

For example, there is increase in risk of death by car-crash owing to get high efficiency in transfer. In Japan, the death toll by car-accident is about ten thousands per year constantly. State of deaths by car-accident not only include driver itself but cyclist and pedestrian. Death rate of both the cyclist and pedestrian amounts to 40% of all.

In the aged, rate of fracture as result of fall-down while walking is very high. It shows that the aged who give up driving and get out of danger car-crush are attacked the another accident as walkers. On type of danger, the decrease in risk of one-side come to increase in risk of other side. That is "risk trade-off". Examples of risk trade-off as above are numerous in envaironment.

Acceptable death rate of various causes is about 10^{-4} per year in generally. Flight accident happens on rare occations(10^{-7} per year in Japan, usually). Spite of insignificant probalility, people fear by both reasons that the possibility of rescue is very few and the size of accident is enormous.

In the cases of flight and nucler power plant, estimated accidents is sever, but its probablity is very small. Therefore, risk of annual deaths by accident must be considered as multiplication of size of risk(deaths per year) by probability(frequency per year). Obtained result by such analysis shall conduct to right risk perception and stable "risk acceptance".

ヒトは300万年前といわれるその原始以来、展開してきた長い歴史の中で、さまざまな種類と程度の“危険の可能性＝リスク”に曝されてきた。地球上における弱者としての存在から、周辺のあらゆる動植物に生命を奪われる危険に直面していたし、また、多種類の微生物による攻撃により生命が奪われてきた。さらには、大きく変動する気象条件や地殻変動がもたらすさまざまな変化は、自然災害というかたちで攻撃を加えてくるいっぽうで、極度の慢性的食糧不足も生命を脅かす結果となった。

そして、ヒトの集団が形づくられるとともに文化が生まれ、文明社会が構成されるに伴って、集団内外におけるさまざまな抗争が大きな脅威となった。そのいっぽうで疫病の流行という微生物の多様な攻撃を受けることになった。そのような危険は、今日の便利な社会生活においても、その隅々にいたるまで、本質的にむかしと変わることなく、ヒトの24時間の生活の中に散りばめられている。

さらに、いまやこのような“危険の可能性”、すなわちリスクは、単に「生命」の喪失だけではなく、「健康」や「財産」など、“失いたくないもの”が増えるにしたがって広がりをみせ、その種類と度合いの理解について、関心が高まってきている。その中でも「死亡リスク」は一般の関心の集まるところであり、またそれはわが国などでは信頼度の高い統計として整理されているため、論議の対象となることが多い。

表１は、いろいろな死因による10万人あたりの年間死亡リスクの一覧である。疾病のうち、がんによる死亡数は、日本では全死亡数の1/3に近いが、諸外国においても、1/4～1/3　と高率である。ここには経年推移が示されていないが、臓器によりその傾向に若干の差異がみられるものの、全がんの死亡率は、各国とも増加を続けている。自然災害による犠牲者は、台風や地震など偶発的で回避や予測が困難なものが含まれるため、経年的にみて変動の幅が大きい。ところが水難やあ火災など、ヒトの日常活動におけるリスクの大きさには、不思議なほど毎年ほぼ一定の数値を示すものがある。

自動車の使用は移動に便利であるため発明以来発展をつづけているが、事故死を伴うことは避けられない。わが国の交通事故についてみると、この数年の年間死亡数は約１万人で、10万人あたり9.3人（１日あたり30人程度、毎時1.3人）に相当する。そして、この危険の可能性を示す数値に対しては、とくに抵抗なく受け入れられているといえよう。

これに対して、1985年の日航機墜落事故では、520人が死亡したが、10万人あたりでは0.43人（１日あたり2人程度）に過ぎず、阪神・淡路大震災(1995)では6,431人が死亡したが、10万人あたりでは5.0人（１日あたり20人弱）である。あとの2例では、人びとの受けた衝撃は大きかったが、実際には交通事故のそれぞれ1/15と1/2に相当する年間リスクであった。ここに、恒常的に発生しているリスクの大きさと、突発的で短時間に出現するそれとのあいだに、認識の違いのあることがわかる。つまり、観念的リスクと客観的リスクのあいだに不一致がみられる。

交通事故の考察にあたっては、得られる利便の故に課せられるリスクを受け入れているのかどうかについて、検討を加える必要がある。表２から、日本をはじめ各国・地域における歩行者と自転車乗車者の、交通事故死亡率が読み取れる。日本では、全交通事故死亡者数の約40％で、各国・地域でも15%～50%の数値となっている。この人びとは、自動車利用による利便とは関係がない存在である。

高齢者では、歩行中に転倒し骨折する頻度が高い。このことは、高齢者が自動車運転は運転技術の点から死亡事故につながる可能性が大きいと勧告され、これを容れて運転を諦めた高齢者に別のリスクが待ちかまえていることを示している。表３の中にに示した「転倒・骨折」は、路上歩行中の者だけを対象としていない（それを指示している統計数値はない）が、65歳を超えると全年齢平均値を上回るようになり、75歳以上で差異は急激に大きくなっている。このことは、事故死を恐れて運転を諦めた高齢者に、別のリスクが襲うことを示している。つまり、あるリスクを回避しても、その代わりに別のリスクが出現するわけで、このような「リスクの付け替え(risk trade-off)」は随所に見られる。このことが最初に提起されたときの例示は、アスピリンの服用についてであった。その場合、頭痛の症状を緩和するためにアスピリンを服用すると胃に副作用が現れるが、この場合、その可能性を勘案した上で服用を決行するかどうか、つまり、頭痛というリスクを回避する代わりに、服用によって生じる胃の障害という避けられないリスクを受け入れることについての判断に迫られることになる。日常行動において休みなく行われるさまざまな判断は、つねにこのrisk trade-offの評価に基づき、それを受容するための大切な手続きである。

一般に受け入れられている死亡リスクは、交通事故にみられるように年間10万分の1(10万人に1人)のレベルである。航空機や原子炉では苛酷事故の可能性があるが、その発生確率は僅少である。原

子炉事故については、10万年～100万年に1回などといわれているが、その苛酷さを1年間あたりに割り付ければ、決して大きなものではない。リスクの把握は、事故の大きさ(人／年)と発生確率(回／年)の積によるべきである。このような客観的立場が、リスクの正しい“認知”を導き、確固たるリスク“受容”の確立につながる。■

表1 いろいろな事項についての１０万人あたりの年間死亡数（１９９８年版） Table 1 ANNUAL DEATHS BY VARIOUS CAUSES PER 10^5 PERSONS(1998)

〔収集・編集Collector and Editor: 武田篤彦Atsuhiko TAKEDA(財)体質研究会Health Research Foundation) 1998.10.31.作表=暫定)〕

死亡リスクのめやす lead of death rate	10万人あたり死亡数(人) number of deaths per 10^5 persons	事項 (末尾の数字は死亡数(人), *;推定値) (国名のないものは日本国) causes of death(figure of the end shows deaths, *:estimation) (lacked name of country indicates Japan)	１時間あたりの死亡数(人) number of deaths/hr
↑10^{-2}	1,431.5	ハンガリー国民の全死因Hungary, all causes(1994)[1] 146,889	16.8
	914.3	フランス国民の全死因France, all causes(1994)[2] 528×10^3	60.3
	834,7	アメリカ合衆国民の全死因USA, all causes(1994)[3] 2,175,613	248.4
	719.1	エジプト国民の全死因Egypt, all causes(1994)[4] 416×10^3	47.5
	712.0	日本国民の全死因all causes(1996)[5] 896,211	102.3
	318.7	ハンガリー国民のがんHungary, malignant neoplasums of all sites(1994) 32,702*	3.7
	247.5	フランス国民のがんFrance, malignant neoplasums of all sites(1993) 142,924*	16.3
	215.5	日本国民のがんmalignant neoplasums of all sites(1996) 271,183	31.0
	204.1	アメリカ合衆国民のがんUSA,malignant neoplasums of all sites(1992)[6] 520,495*	59.4
	111.5	脳血管疾患cerebrovascular disease(1996) 140,336	16.0
↑10^{-3}	109.8	心疾患disease of heart(1996) 138,229	15.8
	70.3	65歳以上の前立腺がんmalignant neoplasum of prostate(1996)[7] 5,516*	0.896
	58.8	鉱業の労働災害labor accident of minners(1995) 31 〔労働者数laboring population:52,763	0.0035
	56.4	肺炎pneumonia(1996) 70,971	8.10
	54.7	林業の労働災害labor accident of forestry(1995) 66 〔労働者数laboring population:120,676〕	0.0075
	54.0	コロンビア国民の銃器による殺人Columbia, homicide by small arms(1995)[8] 19,336	2.21
	39.9	胃がんmalignant neoplasum of stomach(1996) 50,165	5.73
	38.2	肺(気管、気管支及び肺)がんmalignant neoplasums of lung and others(1996) 48,041	5.48
	34.7	肝(肝と胆のう及び肝外胆管)がんmalignant neoplasums of liver, gallbradder and others(1996) 43,717	4.99
	31.1	不慮の事故accidents and adverse effects(1996) 39,184	4.47
	27.3	韓国国民の自動車交通事故<3日以内>R. Korea, road accidents<within 3 days>(1996)[9] 12,653	1.44
	26.9	65歳以上の子宮がんmalignant neoplasums of uterus over 65 years old(1995)[10] 2,894*	0.330
	25.9	大腸(結腸,直腸および直腸S状結腸移行部[11])がんmalignant neoplasums of colon(1996) 32,630	3.72
	22.3	ポルトガル国民の自動車交通事故Portugal, road accident(1994)[12] 2,192*	0.250
	22.0	エジプト国民のがんEgypt, malignant neoplasums of all sites(1987)[13] 9,016*	1.29
	19.3	自殺suicide8(1997[14]) 24,391	2.78
	16.6	老衰senility(1996) 20,878	2.38
	16.5	65歳以上の交通事故road accident over 65 years old(1996)[15] 3,145	0.359

表1(つづき) Table 1(continued)

	15.8	ｱﾒﾘｶ合衆国民の自動車交通事故<30日以内>USA, road accident<within 30 days>(1996)[16] 41,907	4.78
	13.9	フランス国民の自動車交通事故<6日以内>France, road accident<within 6 days>(1996)[17] 8,080	0.922
	13.8	台湾地域民の自動車交通事故<24時間以内>Taiwan, road accident<within 24 hr>(1996)[18] 2,990	0.341
	13.2	膵臓がんmalignant neoplasum of pancreas(1996) 16,613	1.90
	13.1	肝疾患liver disease and cirrhosis(1996) 16,517	1.89
	12.4	漁業の労働災害labor accident of fishery(1995) 7 〔労働者数laboring population:56,391〕	0.0008
	12.4	建設事業の労働災害labor accident of construction(1995) 745 〔労働者数laboring population:6,029,824〕	0.0850
	12.3	乳がん<女子>malignant neoplasum of breast<female>(1996) 7,900 〔当該人口:63,995,848〕[19]	0.902
	10.8	ｵｰｽﾄﾗﾘｱ国民の自動車交通事故<30日以内>Australia, road accident<within 30 days>(1996)[20] 1,977	0.226
	10.8	イタリア国民の自動車交通事故<7日以内>Italy,road accident<within 7 days>(1996)[21] 6,193	0.707
	10.7	ドイツ国民の自動車交通事故<30日以内>Germany, road accident<within 30 days>(1996)[22] 8,758	1.00
↑10^{-4}	10.2	糖尿病diabetes(1996) 12,838	1.46
	9.3	交通事故<30日以内>total of road accident<within 30 days>(1996) 11,674	1.33
	9.2	ｽｳｪｰﾃﾞﾝ国民の自動車交通事故<30日以内>Sweden, road accident<within 30 days>(1996)[23] 537	0.0613
	8.5	オランダ国民の自動車交通事故<30日以内>Netherlands, road accident<within 30 days>(1996)[24] 1,334	0.152
	7.7	交通事故<24時間以内>road accidents of all<within 24 hrs>(1997)[25] 9,640	1.10
	7.7	子宮がんmalignant neoplasum of uterus(1996) 4,963 〔当該人口:$64,177\times10^3$〕	0.567
	7.3	食道がんmalignant neoplasum of esophagus(1996) 9,138	1.04
	7.0	運輸業の労働災害labor accident of transportation(1995) 167 〔労働者数laboring population:2,380,893〕	0.0191
	6.3	ノルウェー国民の自動車交通事故Norway, road accident(1993)[26] 272*	0.0311
	6.3	イギリス国民の自動車交通事故<30日以内>U.K., road accident<within 30 days>(1996)[27] 3,598	0.411
	6.3	アメリカ合衆国民の銃器による殺人USA, homicide by small arms(1994)[28] 16,524*	1.89
	6.0	中国国民の自動車交通事故<7日以内>R.China, road accident<within 7 days>(1996)[29] 73,655	8.41
	5.0	阪神・淡路大震災Hansin-Awaji earthqueke disaster(1995)[30] 6,431	0.734
	5.0	白血病leukemia(1996) 6,279	0.717
	4.7	自動車・二輪車乗車中の交通事故<24時間以内>road accident of car-drivers<within 24 hr>(1997) 5,913	0.675
	4.3	16-24歳の二輪車乗車中の事故<24時間以内>road accident of motor cyclist(17-24 years old)(1997)[31] 714	0.0935
	4.2	香港地域民の自動車交通事故<30日以内>Hongkong, road accident<within 24 hr>(1996)[32] 263	0.0300
	3.4	全業種の労働災害labor accident of all industries(1995)[33] 1,628	0.186
	3.4	自動車乗車中の交通事故<24時間以内>road accident of motor vehicle ocupants<24 hr>(1997) 4,251	0.485
	2.9	歩行者・自転車乗車中の交通事故<24時間以内>road accident of pedestrians and pedal cyclists(1996) 3,708	0.423
	2.7	製造業の労働災害labor accident of manufacturing(1995) 306 〔労働者数laboring population:11,401,190〕	0.0349
	2.4	先天奇形，変形及び染色体異常native malformation, deformation and chromosome abberation(1996) 3,021*	0.345

表1(つづき) Table 1(continued)

	2.3	結核tuberculosis(1996) 2,858	0.363
↑10^{-5}	2.1	歩行者の交通事故<24時間以内>road accident of pedestrians<within 24 hr>(1997) 2,643	0.302
	0.96	水難drowning(1997) 1,213	0.138
	0.85	火災fire(1997) 1,070	0.122
	0.84	自転車乗車中の交通事故<24時間以内>road accident of pedal cyclists<within 24 hr>(1997) 1,065	0.122
	0.64	二輪車乗車中の交通事故<24時間以内>road accident of motor bicyclists<within 24 hr>(1997) 1,662	0.190
	0.56	殺人homicide(1997) 710	0.0810
	0.43	日航機墜落事故crash of the Nikko airliner (1985)3[3] 520	0.0594
	0.28	魚とり・釣りfish catching and angling(1997) 349	0.0398
	0.16	水泳中swimming(1997) 203	0.0232
↑10^{-6}	0.16	山岳遭難事故mountain climbing(1997) 197	0.0225
	0.09	船舶による事故shipping(1997) 111	0.0127
	0.08	自然災害natural phenomena(1997) 96	0.0110
	0.07	ｽｸｰﾊﾞﾀﾞｲﾋﾞﾝｸﾞなど水上ﾚｼﾞｬｰｽﾎﾟｰﾂaquatic leisure sports(1997) 91	0.0104
	0.04	台風・大雨・強風・高潮による事故typhoon, heavy rain. high gale and tide(1997) 50	0.0057
	0.02	航空機による事故aircraft accident(1997) 28	0.0032
↑10^{-7}	0.01	ﾊﾟﾗｸﾞﾗｲﾀﾞｰなど空中ﾚｼﾞｬｰｽﾎﾟｰﾂflying leisure sports(1997) 16	0.0018
	0.007	爆発物による事故explosive(1997) 9	0.0010
↑10^{-8}	0.004	落雷による事故thanderbolt(1997) 5	0.0006

【註】[1]人口population:10,261×10^3, [2]人口population:57,747×10^3, [3]人口population:260,651×10^3, [4]人口population:57,851×10^3, [5]人口population:125,864×10^3, [6]人口population:255,020×10^3, [7]当該人口concerned population:7,847×10^3, [8]人口population:3,290×10^3 [9]人口population:46,433×10^3, [10]当該人口concerned population:10,576,569, [11]colon, rectum and rectosigmoid junction, [12]人口population:9,880×10^3, [13]人口population:40,983×10^3(1979), [14]人口population:126,166×10^3, [15]当該人口concerned population:19,016×10^3, [16]人口population:265,284×10^3, [17]人口population:58,265×10^3, [18]人口population:21,698×10^3, [19]当該人口concerned population;63,995,848, [20]人口population:18,289×10^3, [21]人口po-pulation:57,333×10^3, [22]人口population:81,818×10^3, [23]人口population:5,844×10^3, [24]人口population:15,776×10^3, [25]人口population:4,325×10^3, [26]人口population:57,138×10^3, [27]人口population:260,651×10^3, [28]人口population:1,223,890×10^3, [29]人口population:125,570,246, [30]人口population:16,071×10^3, [31]人口population:6,311×10^3, [32]労働者数laboring population:47,246,440, [33]人口population:121,048,923.

〔出典〕国民衛生の動向(1998年), 警察白書(平成10年版), 交通安全白書(平成10年版), 平成8年・労働者災害補償保険労働災害統計年報)

表2　各国の状態別交通事故死亡者構成率(%)(1996年)

Table 2　Comparison with death-rate of road accident divided from situation(%)(1996)

事故の状態 situation	日本 Japan	ｱﾒﾘｶ USA	ｶﾅﾀﾞ Canada	ｲｷﾞﾘｽ UK	ｽｳｪｰﾃﾞﾝ Swaden	ﾌﾗﾝｽ France	ﾄﾞｲﾂ Germany	ｵﾗﾝﾀﾞ Holland	ｲﾀﾘｱ Italy	ｵｰｽﾄﾗﾘｱ Australia	韓国 Korea	中国 China	香港 Hongkong
①自動車乗車中 motor vehicle occupant	40.5	79.7	76.8	53.9	66.3	66.3	67.3	49.3	67.4	69.5	44.6	8.1	29.7
②二輪車乗車中 motor bicyclist	18.5	5.2	4.2	12.2	10.1	15.1	11.4	15.6	17.8	9.7	10.0	11.0	12.2
③自転車乗車中 pedal cyclist	12.5	1.8	1.9	5.6	9.1	3.7	6.8	20.0	-	2.9	2.2	19.9	4.2
④歩行中 pedestrian	28.3	12.0	15.0	27.7	13.8	12.2	13.5	10.6	-	17.8	37.8	26.3	54.0
(③ + ④)	40.8	13.8	16.9	33.3	22.9	15.9	20.3	30.6	14.8	20.7	40.0	46.2	58.2
⑤その他 others	0.2	0.4	2.1	0.3	0.7	2.7	1.1	4.5	0.0	0.1	4.3	34.6	0.0
集計期間(日) observation term(day)	30	30	30	30	30	6	30	30	7	30	3	7	30

[出典] 交通安全白書(平成10年版)

表3　高齢者の年齢階級別交通事故と転倒・転落による死亡率(/10^5)，骨折受療率(/10^5)と，その比較(1996年)

Table 3　Death-rate(/10^5) and treatment-rate(/10^5) of fracture and their ratio by age group of the aged(1996)

年齢階級 (歳) age (year)	総数(男性＋女性) both sex				男性 male				女性 female				総数 both sex	
	交通事故 road accident		転倒・転落 fall down·fall		交通事故 road accident		転倒・転落 fall down·fall		交通事故 road accident		転倒・転落 fall down·fall		骨折受療 fracture-treatment	
	死亡数/10^5 deaths/10^5	比 ratio	死亡数/10^5 deaths/10^5	比 ratio	死亡数/10^5 deaths/10^5	比 ratio	死亡数/10^5 deaths/10^5	比 ratio	死亡数/10^5 deaths/10^5	比 ratio	死亡数/10^5 deaths/10^5	比 ratio	受療数/10^5 patient/10^5	比 ratio
総数(all)	11.3	1	4.7	1	16.6	1	6.2	1	6.6	1	3.4	1	121	1
55～64	13.9	1.21	5.7	1.21	20.5	1.23	10.2	1.65	7.7	1.17	1.4	0.41	150	1.24
65～74	21.0	1.83	9.0	1.91	30.1	1.81	15.3	2.47	13.9	2.11	4.0	1.16	246	2.03
75＜	33.8	2.94	37.4	7.96	50.8	3.06	46.2	7.45	24.4	3.70	32.6	9.59	561	4.64

[出典] 国民衛生の動向(1996年)

4.11 Understanding Radiation and Risk: The Importance of Primary and Secondary Education †

TADA JunIchiro

Japan Synchrotron Radiation Research Institute (SPring-8)
Mihara, Mikaduki, Sayo, Hyogo 679-5198 JAPAN

ABSTRACT :

In Japan's primary and secondary schools, radiation and radioactivity are taught as part of the curriculum dealing with social science subjects. Students learn much about the hazardous features of radiation, but lack the scientific understanding necessary to build a more balanced picture. Although the same point applies to education covering the harmful effects of volcanic eruptions, earthquakes, electrical storms and so on, public understanding of these events is relatively high and students are generally able to make informed judgments about the risks involved. By contrast, their limited understanding of radiation often contributes to fears that it is evil or even supernatural. To correct this distortion, it is important that primary and secondary education includes a scientific explanation of radiation. Like heat and light, radiation is fundamental to the history of the universe; and scientific education programs should give appropriate emphasis to this important subject. Students would then be able to make more objective judgments about the useful and hazardous aspects of radiation.

† This work is partly supported by a Grant-in-Aid of Science awarded by Japan's Ministry for Education, Science, Sports and Culture.

1. Public understanding of risk

The general public tends to adopt extreme views about hazardous matters; sheer emotion all too often overrides a rational assessment of risk. A widespread prejudice against radiation illustrates the point. Radiation is frequently feared, but rarely understood.

The responsible use of radiation provides a powerful tool for enhancing social and economic welfare. Too much radiation is dangerous, but the same is true of an excessive consumption of salt. Although human life depends on a certain amount of salt, excessive doses lead to hypertension and renal damage; consuming more than 200g at one time would be life threatening. Japan's Chinaform incident also demonstrates the point about dose levels being more significant than notions of absolute safety. Some 10,000 Japanese patients, who received more than 1.2g of Chinaform, suffered from appalling "SUMON" (subacute myelo-optico-neuropathy) side-effects. The incident stands out as Japan's biggest pharmaceutical disaster; but global figures indicate that more than one-hundred-million people consumed lower doses of Chinaform without any problems.

Whereas the public can easily understand "zero risk," rational judgments about the degree of relative danger associated with a particular hazard are more problematic. There is a natural tendency to emphasize the element of danger in anything that is not "completely safe." Improved education is essential to promoting a more balanced public perception of risk and countering the effects of misleading or sensationalist reporting. The public should be able to make informed judgments on the basis of accurate and well-balanced information.

An example of public misunderstanding of risk occurred with early media coverage of AIDS (Acquired Immunodeficiency Syndrome). There were pictures of medical workers preparing to treat AIDS patients by putting protective clothing designed for working with biological weapons technology. Novels and movies depicted AIDS as a highly infectious threat to society. It was only later that people came to accept that AIDS is a weakly infectious virus (HIV: human immunodeficiency virus) but, notwithstanding pictures of celebrities shaking hands with AIDS victims, many people continue to believe that AIDS is highly infectious. Although campaigns have done much promote an improved understanding of AIDS transmission processes, it is difficult to overcome prejudices engendered by early reporting.

2. The treatment of radiation in Japan's compulsory education system

While the effectiveness of school education programs owe a great deal to the efforts of individual teachers, they also depend on the contents of textbooks. Japan's education ministry fixes the compulsory education syllabus for every school in the country and only allows the use of approved textbooks. By examining the contents of these ministry-approved textbooks, the author and his colleagues were able to build an insight into how the Japanese education system deals with radiation.

Japanese students first study radiation during their fifth year of primary school (11 years old) as part of their social science curriculum. The syllabus covers the dropping of atomic bombs on Hiroshima and Nagasaki, together with the Happy Dragon fishing boat (which was a casualty of the Bikini Atoll H-bomb test) and the catastrophe at the Chernobyl nuclear power plant. In each of these cases, significant numbers of people were exposed to massive doses of radiation. Moreover, explanations in these textbooks use emotive language, such as: "Many atomic bomb survivors are still tortured and killed by the effects of radioactivity(sic)." However, during the period 1947-1989, the total number of cancer deaths (including leukemia) amongst Hiroshima's atomic bomb survivors was only 340 more than would be expected in a normal population. It is important to separate the terrible human suffering caused by the bomb from an objective assessment of radiation hazards.

Emotive language can easily distort the picture. Social science school text books often use a negative prefix when referring to radiation (for example, with terms such as "harmful radiation" or "terrifying radioactivity"). Although natural science textbooks use more precise language, the author did not find a clear explanation of the nature of radiation and type of harmful effects that might be associated with different doses of radiation. (Physics options provided by senior high schools include a scientific treatment of radiation, but only 10 percent of students select these courses.)

Education often involves elements of propaganda. Nazism, Stalinism, and Japan's militarism have all demonstrated the effectiveness of promoting a one-sided representation of events. However, the public disapproval that stems from distorted views of religious, historical and racial matters is not evident in the case of radiation. Japan's compulsory education system instead produces graduates who might go on to propagate negative images of radiation. Careers in films, literature and other media can all provide influential vehicles for nurturing the idea that radiation is inherently dangerous, with evil and even supernatural associations.

3. The need for educational reform

There is a clear need to ensure that Japan's compulsory education system provides a more balanced treatment of radiation and related issues. Primary and secondary education syllabuses should include the treatment of radiation as a natural science subject. Modern science recognizes that radiation has been fundamental to the history of the universe. And there is no justification for maintaining nineteenth-century attitudes that pre-date the discovery of radiation.

The difficulties of teaching radiation are no excuse for leaving it out of the curriculum. We should rise to the challenge of explaining radiation and the health implications that can accompany different levels of exposure. Education should support a more objective understanding of radiation.

4. Techniques for teaching radiation as part of the natural science curriculum

Some scientists insist that it is impossible to teach radiation as a natural science subject to primary and secondary school students who do not understand atomic and nuclear structures. The argument might appear persuasive, but a moment's reflection reveals that primary school students can build a useful appreciation of the nature of electricity without knowing about the role of electrons. The issue is one of compromise and the author does not claim that there is any perfect solution to the problem.

Existing primary school education programs illustrate techniques for presenting complex subjects in comparatively simple terms. Let us briefly review the way a primary school textbook deals with electricity. In their third school year, students learn how to use a small lamp to confirm the flow of current from a dry battery. They learn about the difference between conductive and insulating materials. And use an electric motor to confirm that current has a direction. These are easy-to-appreciate demonstrations of what electricity can do: the lamp lights and the motor moves. Electricity is invisible, but simple experiments provide potent illustrations of its significance. A similar approach could be used to introduce the study of radiation.

It is possible to demonstrate radiation using a photographic plate or diazotype photosensitive paper, while real-time evidence of radiation can be shown on a fluorescent plate or the type of X-ray film sensitizer sheet used in diagnostic radiology. Such techniques have paved the way towards an improved understanding of radiation and provide a powerful tool for stimulating student interest in the subject. Students might use samples of uranium ore and photographic plates to learn about radiation's penetrative qualities, along with the principles of radiation shielding and quantitative analysis of the processes involved. Some enterprising high school teachers have achieved encouraging results by using home-made cloud chambers to demonstrate radiation tracks.

While commercially available sealed sources (having a radioactivity of less than 3.7 MBq) are suitable for school experiments and demonstrations, the author believes that it is preferable to use natural sources of radiation. These convey the message that radiation is part of the natural world; not something inherently evil nor supernatural. Radiation has always been an integral part of the universe. Education programs should present a comprehensive picture of radiation that counterbalances concern about hazards with an understanding of radiation science.

4.12 放射線のリスクに関する初等中等教育

多田順一郎

(財)高輝度光科学研究センター　〒679-5162 兵庫県佐用郡三日月町三原

要旨：

我が国における現在の初等中等教育で、放射線は社会科の教材でのみ取扱われ、理科の教材で取扱われることが全くと言ってよいほどない。その結果、生徒達は著しい放射線の害が生じた事例だけを教えられ、その害をもたらしたものの本質は固より、その性質についてすら、正しい知識を与えられないまま、義務教育課程を終えることになる。このような状態で“放射線のリスク”を教育することなど、到底望むべくもない。

火山の噴火や、地震、落雷などは、過剰な放射線被曝同様に危険なものであるが、初等中等教育を終えた生徒達は、相応の知識を与えられているため、これらの自然現象について古代人達のような超自然的脅威を覚えることは稀である。これは、彼らの多くが、放射線や放射能に対して感じていることと対照的である。初等中等教育課程に必要なことは、放射線も電気や熱と同じ自然現象の一つでり、人類が誕生する遥か以前から存在していたものであることを理解させるための教育である。放射線を電気や熱と同様、客観的に語れるようになれば、“放射線のリスク”の理解への道は自ずと開かれる筈である。

１．リスク認識の形成について：

有害なものに関する一般の認識は、ともすれば極端に走りがちなものである。放射線や放射能に関する認識は、その典型であると言える。多くの人々にとって、放射線や放射能は、常に“嫌悪すべきもの”のリストの先頭近くにある。しかし、多くの人々が感じているこの主観的有害性は、科学的に検証された事実から大きく乖離している。

人の健康にとって有害な要因には、放射線以外にもさまざまなものがあるが、それらに共通した性質は、人体に対する負荷が“過剰である”場合にその有害性を発現することである。食塩は人の生命維持に必須のものであるが、代謝に必要な量以上を長期間摂取し続ければ高血圧や腎障害などを引き起こす可能性があり、一度に 200g 以上をを摂取すれば、生命にとって危険であることが知られている[1)]。キノホルム（Chinoform：5-chloro-8-hydroxy-7-iodoquinoline）は、毎日 1.2g 以上を処方されていた人々約 1 万人がスモン病（SUMON：subacute myelo-optico-neuropathy）に罹患するという、我が国の医療史上最大の薬害をもたらしたが、1970 年にこの薬の使用が禁止されるまで、腸内殺菌や整腸を目的として、世界中で何億人もが少量の処方されたにも拘らず、それらの人々には危険な副作用が現れなかった。

しかしながら、多くの人々にとって、有害性や危険性を身体負荷量の函数として規定するという考え方は馴染みの薄いものである。寧ろ、“無害でないものは有害”であり、“安全でないものは危険”であるという二律背反的な思考法が一般的であろう。誰しも有害なものや危険なものは敬遠したいと考えるのは当然であるから、こうした二律背反的な思考法から脱却しない限り、ゼロリスク以外を受容するという結論は生まれようがない。この状況を救えるのは、若年期からの教育のみであろう。

リスクの認識には、また、対象となる事物の有害性に対する正しい知識が必要である。ここで“正しい”とは、単に科学的無謬正のみを言うのではなく、その事物に関連するさまざまな情報がバランスよく提供されていることをも意味する。例えば、エイズに関しては、当初、感染者の致死率の高さや、その死に至る過程の悲惨さのみが伝えらた。また、当時はエイズの原因が不明であったため、細菌戦用の防護衣を着用して診察に当る医師のようすなども報道された。そして、エイズをペスト以上に危険な伝染病として取り扱った小説や映画も作られ、人々にエイズに対する恐怖を振りまいた。今日では、エイズを引き起こすウイルス(HIV)の感染力は、極めて弱いことが分っている。しかし、さまざまなキャンペーンが精力的に行われているにも拘らず、HIV の感染力の弱さは容易に理解されず、エイズ患者に対する偏見は今なお完全には拭い切れてはいない。なぜならば、人々が注目し記憶に残す情報は、“危なくないこと”

---

1) 経口投与による食塩の半致死負荷量（LD_{50}）は、動物実験によれば、体重１kg 当り３g 乃至４g である。 Material Safety Data Sheet

ではなく“危ないこと”に関するものだからである。

2．義務教育課程における放射線の扱い：

学校における教育が、教員の工夫と努力とに大きく負っていることは今更言及するまでもないが、その内容が教科書や学習指導要領から大きな影響を受けていることも、また動かし難い事実である。筆者等のグループは、文部省科学研究費補助金研究[2]の一環として、義務教育過程で使用される教科書の中で、放射線や放射能がどのように取り扱われているかを調査してきた。以下に、その調査結果の概要を示す。

小学校の教科書で、放射線や放射能に関連するテーマが最初に現れるのは、小学校５年生の社会科である。社会科の教科書では、小・中学校を通じて、広島・長崎の原爆、第五福竜丸事件、およびチェルノブィリ原子力発電所の事故が、必ず取り上げられ、それに関連して放射線や放射能の危険性が言及されている。これらのテーマは、何れも放射線が人の健康や生活に大きな害を与えた事例である。そして例えば、“いまでも、このとき受けた放射能(γ)による病気で苦しんでいる人や、なくなる人がおおぜいいます”などの、感傷的な記述がしばしば使われている。この例について言うならば、“放射線”とあるべきところを“放射能”と記している点は別にしても、“おおぜいいます”という表現は、広島の被爆者に過剰発生したがん（白血病を含む）による死者が 400 人足らずである事実を客観的に伝えるために適切なものではない。また、社会科の教科書に登場する放射線や放射能には、しばしば“有害な”とか“おそろしい”などの負のイメージを与える接頭語が付けられている。しかし、放射線がなぜ有害なのかという説明は、社会科の教科書の中にはどこにも見当たらない。それどころか、教科書の中には、小学生には理解しようのない“再生不良性貧血(anemia aplastica)”という医学用語を載せ、自ら恐怖を演出しているものすらあった。

放射線や放射能が何ものであるか、また、どうして人に害を与えるのかというテーマを扱うべき科目は、疑いもなく理科であるが、初頭･中等教育の全課程を通じて、理科の教科書には、放射線や放射能に関する自然科学的説明も、その有害性に関する客観的な説明も見出すことができない。その結果、生徒達は社会科の教科書の記述のみから、放射線のリスクを判断せざるをえない[3]。

若し、人々に意図的にある事物を嫌悪させようとするならば、その事物について一切の科学的説明をすることなく、その最も悲惨な影響の事例を示し、且つ、“おそろしい”“危険な”など負のニュアンスを持つ接頭語を乱用して“教育”することほど効果的な手段はないだろう。そうした方法の“有効性”は、

2） 平成９年度文部省科学研究費補助金研究“初等･中等教育における合理的な放射線･放射能の教育法に関する調査研究”，研究代表者：安齋育郎（立命館大学教授）

3） なお、放射線や放射能についてある程度纏まった自然科学情報は、高校の物理に取り上げられているが、物理を選択する生徒は、高校進学者の 10%程度に過ぎない。

ナチズムやスターリン主義、あるいは我国の軍国主義下で行われた教育で、充分過ぎるほど証明されている。若し、放射線の扱いに見られるような不均衡が、イデオロギーや宗教の問題、あるいは歴史や民族問題などに関する義務教育課程にあったならば、重大な社会問題を招いたはずである。

こうした教育を受けた人々が作り出した小説や映画、漫画やアニメーションでは、放射線や放射能は極めて危険なものとして扱われ、科学的にはあり得ないおぞましい“効果”が、極めて印象的な手法で表現される。これらの作品を通じて、放射線や放射能に関する凶々しいイメージが更に増幅され、固定観念となるのを防ぐことは、更に困難であると言わざるを得ない。

３．いま学校で何を教えることが必要か：

疑いもなく、いま学校がなすべきことは、放射線や放射能を自然科学の対象として教えることである。宇宙の原初からその主要な構成要素の一つであった放射線に全く言及することのなく、19 世紀的自然科学だけを教えることは、現代人の教育としてもはや適切ではない。教授法の困難さは、それを“教えないこと”の正当な理由とはなり得ない。

また、放射線被曝の影響に関しても、その著しい害についてのみ取り上げるのではなく、害のさまざまなレベルについて客観的な事実を説明する必要がある。そうした情報が与えられ、初めて、放射線のリスクについて客観的な判断力を育てることが可能になる。

４．小中学生に放射線をどのように教えたらよいか：

原子や原子核の構造を知らない生徒達を相手に、放射線について教えることは不可能であるという主張がある。自然科学の成り立ちを考えれば、一応尤もな意見であるが、学校では“電子”を知らない生徒達に電気について教えることが現に行われ、成功を収めている。してみると、原子や原子核の構造を知らない生徒達に、放射線について教える何らかの方法が存在するはずである。残念ながら、筆者はこの問題に関する完全な答えを用意していない。しかし、現在義務教育過程で行われている電気や磁気、熱や光に関する教育方法が、一つのヒントを与えてくれるはずである。

試みに小学校における電気の教え方を見てみよう。先ず、三年生では、乾電池と豆電球を用いて直流回路の構成法や物質に導体と絶縁体があることを体験的に学び、４年生では、乾電池とモーターを用いて直流電流に向きがあること、複数の乾電池や光電池を用いて電流と仕事率の関係を体験する…。

ここで用いられている手法は、不可視な電気を五感で感知可能な他の形態（光や運動）に変換し、生徒達にその量的関係を体験させるというものである。放射線についても、同様の手法が有効であることは疑いない。特に、放射線の作

用を視覚化する教具の導入は、最も大きな効果を持つものと期待できる。例えば、初期の放射線研究で広く用いられていた写真乾板や蛍光板を用いた放射線の観察は、生徒達に印象的な“発見的体験”となるに違いない[4)]。鉱物標本として手に入るウラン鉱石と写真乾板とを用れば、生徒達は放射線の透過と遮蔽や、放射線の量について経験的に知ることができるだろう。もちろん、積極的な高校教師達が手作りの装置で試みている霧箱による放射線飛跡の観察も、生徒達が放射線の性質を理解する上で有力な方法である。これらの“実験”には、法令で規制されない放射能量 3.7MBq 以下の線源を用いることも可能ではあるが、筆者はむしろ天然の放射線源を積極的に利用すべきであると考えている。なぜならば、天然の放射線源を利用すれば、観察し体験した放射線の性質が自然の法則の一部であり、放射線そのものも“ありふれた”ものであることを印象づけられるからである。そして、放射線が宇宙の主要な構成要素の一つであり、生物はその自然放射線に曝されながら進化してきたこと、それゆえ、人にとって少量の放射線被曝が本当に危険であるとすれば、人はその進化の過程を生き残れなかったはずであることを教えるべきである。

4) 写真乾板の代わりにジアゾ感光紙、蛍光版の代わりにX線撮影で用いられる増感紙を用いてもよい。

4.13 Investigation on the Acceptance Level of Radiation Exposure
- Comparison of Chinese and Japanese

Jin Wu and Kazuaki Katoh

Department of Radiological Sciences
Ibaraki Prefectural University of Health Sciences
4669-2 Ami, Ami-machi, Inashiki-gun, Ibaraki-ken 300-0394, Japan

Abstract

Radiation has helped to develop our culture and civilization, both of material and of spiritual, and without doubt it is useful to develop our civilization further and to enrich our future life. On the other hand, we cannot help avoiding to live with some by-product radiation of "advanced civilization" in addition. Thus we must associate with radiation even if we like it or not.

To our understanding, safety standard or criteria of safety control is nothing but a contract of the body concerned with the society. In order to make this contract rigorously, it is required for both sides to have adequately enough knowledge and data on the methodology of treating the matter. In such societies, people's acceptable levels to radiation exposure would not be widely distributed. Unification of the wills of the society is absolutely necessary to establish such a contact or develop the philosophy on radiation safety. Hence, we have tried to investigate the acceptable levels of people to radiation exposure. Two kinds of levels, upper limit of the acceptable dose for instantaneous whole body exposure, Lu, and lowest of the dose caring in mind, Ll, were set for inquiry. In this presentation, some results of our survey to both Chinese and Japanese professionals in the fields of science-technology and medical science are reported.

Similarly to the previous study by Katoh, in 1989 or so, the distribution of these two levels were very broard and the band widths between the two levels, Lu and Ll, were quite narrow. The former seems reveal the variety of individual's sense of value. Moreover, it was found that, two levels, Lu and Ll, were significantly higher ($p<0.05$, $p<0.005$) in Japanese to in Chinese in science/engineering group, while in medical group, the two levels were higher apparently in Japanese than in Chinese, but no statistically significant difference was observed. Moreover, in medical group, Lu and Ll showed higher values than those in science-technology group for the Chinese ($p<0.05$, $p<0.01$). Similar tendency was observed for the Japanese, however, there was also no statistically significant difference.

4.14 放射線被曝の受容レベルについての調査

－中国人と日本人の比較

Investigation on the Acceptance Level of Radiation Exposure

- Comparison of Chinese and Japanese

呉　勁　　加藤和明

Jin Wu and Kazuaki Katoh

茨城県立医療大学　放射線技術科学科
〒 300-0394　茨城県稲敷郡阿見町

要旨

安全の基準は社会と当事者との契約、すなわち社会の合意で決められねばならない。それには、人々の放射線安全に対する正しい理解が必要であり、個人個人の理解の程度が十分で揃っていることが望まれる。その意味で、社会の構成員の個人的放射線受容レベルが今日どのように分布しているかを知ることは、放射線の合理的管理方策の在り方や一部公衆に見られる radiofobia（放射線嫌悪症もしくは過敏症）に対する対応の方策を検討する上で極めて重要である。このようなことから、我々は、社会を構成する色々の人たちを対象に放射線被曝についての受容レベルの調査を行ってきた。今回、中日両国のそれぞれにおける医学系と理工系の２グループについて調査を行った。

中日両国の学者ともに、受容レベルの値は個人差が大きく、広い分布を示している。また、各グループとも、個人レベルでの２受容レベル間の間隔は狭かった。さらに、理工系の学者においては、日本人学者の受容レベルは、Lu および Ll ともに在日中国人学者の受容レベルより有意に高い値を示した（$p<0.05$、$p<0.005$）。医系学者グループについては、中国人学者グループの方は、Lu および Ll ともに理工系学者グループのそれらより有意に高い値を示した（$p<0.05$、$p<0.01$）。一方、日本人学者グループでは、在日中国人学者および日本人理工系学者グループより高値である傾向は見られたものの、統計的な有意差はなかった。

知的水準の高い人達の間にあっても、放射線被曝のリスクや安全に対する考え方は、個人によって異なっており、受容レベルは予想以上のばらつきを見せた。また、こういった事情は中日両国の国境に関わらないものであることが明らかとなった。

はじめに

「安全」と「危険」とは、相互対立しかも相互依存している一対の言葉である。多くの辞書に書かれているように、危険でないことは安全、安全でないものは危険とされており［１］、この二つの言葉が一つはないと別の一つは成立が不可能と思われる。実際には、この世の中絶対的安全あるいは絶対的危険は存在しない。両者の間には無数の状態があり、それらを通してこの対立している二つの言葉は繋がっている［２］。特に、高度に発展している現代文明の時代においては、技術の開発や発明により、新たな危険がそれらの副産物として不可避的に付随している。例えば、いわゆる“環境ホルモン”が現在話題となっており、詳細な研究から、ゴミ処分による大気の汚染や、環境ホルモンの影響など一連的危害が分かってきた。ここで、この一連の危害に対し、どのような対応をとるべきかが問題になっている。もし全てのゴミ処分工場が停業とすると、人間の生存する場はいつの間にかゴミに埋められてしまうだろう。さらに、各種の発電所からの危害もよく検討されてきた。これらの危険を避けるため発電所を閉め、電気のない原始時代に戻るというのは、我々現代人として受け入れられるでしょうか。

また、放射線は現代の生活、文化、文明を発展させるための重要な手段であり、学問研究・産業・医療に広く利用されているうえに、今も変わらず大きな未知の可能性を秘めている。しかしながら、結果として放射線あるいは放射線の発生を伴う機器の使用が積極的に進められている一方、放射線や放射性物質の使用が副産物として不可避的に付き合いを強いられることも増えつつあることは、医療の現状を見るまでもなく明らかである。その上に、原爆による被災、原発の事故、動燃での不手際などもあって、放射線・放射能・原子力は危険なものであるという概念が国民に広く植え付けられている。日本国だけではなく、世の中大勢の人々が放射線・放射能・原子力に対し恐怖感を持ち、「望而生畏、聞之失色」と言っても言い過ぎないのは現状である。これは、放射線の使用を積極的に進めていく上での大きな障害になっている。

以上のことから、「安全」と「危険」についてどのように考えるかという問題は今日非常に重要であると思われる。安全の基準は社会と当事者との契約、すなわち社会の合意で決められねばならない［３］。新たな技術を推進するには政治家、研究者そして経営者だけでなく、一般の人々のこの問題についての意識が高まり、社会として意志が集約され、合意が形成されるよう努力すべきと思う。それには、人々の放射線安全に対する正しい理解が必要であり、個人個人の理解の程度が十分で揃っていることが望まれる。

それなくしては、合理的な契約ができないからである。その意味で、社会の構成員の個人的放射線受容レベルが今日どのように分布しているかを知ることは、放射線の合理的管理方策の在り方や一部公衆に見られる radiofobia（放射線嫌悪症もしくは過敏症）に対する対応の方策を検討する上で極めて重要である。

このようなことから、我々は、現在の社会が放射線の危険性の受け入れについてどのような状態にあるのかを知ることを目的として、社会を構成する色々の人たちを対象に放射線被曝についての受容レベルのアンケート調査を行なった。

アンケート対象及び方法

在中日国学者（内訳：大学院在学生、訪問学者、大学教師）および同等学歴をもつ日本人学者計 75 人を対象とし、次のレベルについて調査を行なった。

レベル１（Lu）：身体に一度に放射線を受ける場合（全身均等、外部被曝）、これ以上なら怖くていやだという線量。

レベル２（Ll）：同じく、これ以下なら特に被曝が気にならないという線量。

アンケート調査は関東地区にある３箇所の大学で教官に通して行い、具体的には、面談や郵便、電子メール等による聞き取り（アンケート調査）であった。回収したアンケートは中日別、理工系医系別の４つのグループに分けて分析した。

A. 在中日国人学者理工系（30 人、男：女＝18：12）

B. 日本人学者理工系（15 人、男：女＝10：5）

C. 在中日国人学者医系（15 人、男：女＝9：6）

D. 日本人学者医系（15 人、男：女＝7：8）

統計学的検討は *t*-検定を用いた。p 値が 0.05 より小さい場合を有意とした。

線量というものを正しく理解していないことによる意味のない回答を排除するため、人類が自然界から受けている年間の線量値などを紙面で解説した。

結果と考察

安全の定義

アンケート用紙には放射線についての「安全」をどのように捉えているか簡潔に答えてもらった。整理すると大体次の７つに分けられる：

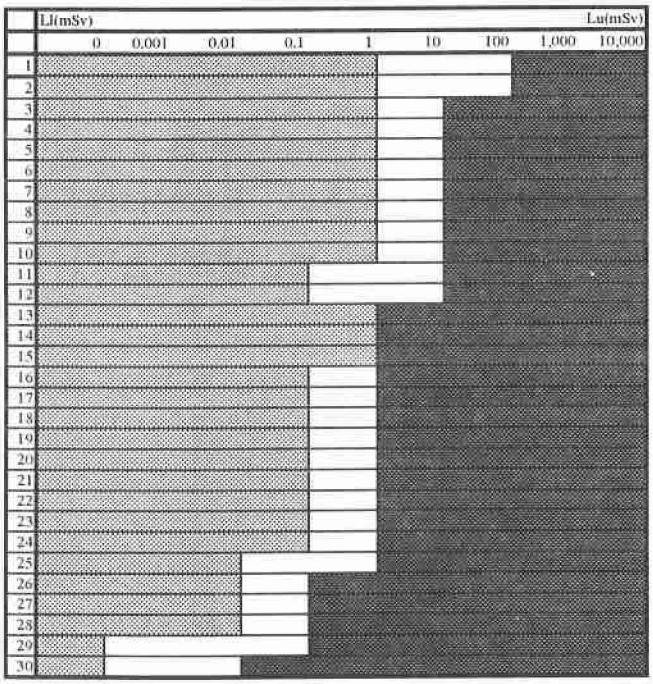
1. 人体に対し、既知の障害（現代科学で認識された障害）および未知の障害を引き起

こさない状態。

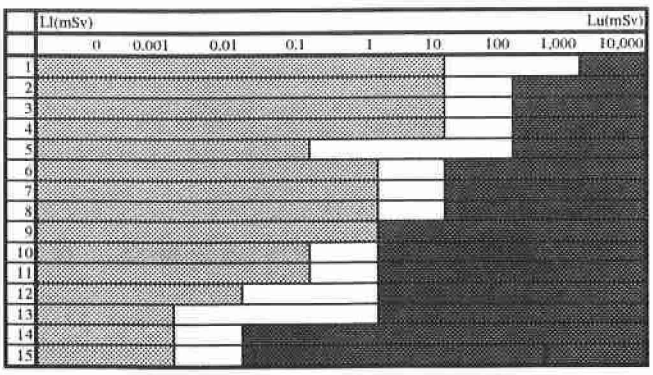
2. 組織や細胞レベルだけでなく分子レベルでの影響もないような環境。
3. 生理的および心身的な影響のない、また短期だけでなく長時間に渡っても障害を起こさないような状態。
4. 自分自身への影響だけでなく、子孫への影響もないという環境。
5. 生命維持する活動を妨げず、天寿を全うできること。
6. 絶対的な安全は存在しない。従って、リスクをできる限り低く抑えることが相対的に安全ということになる。
7. ICRP の勧告に従い、各指標の限度値を超えない環境。

放射線被曝に対する受容レベル

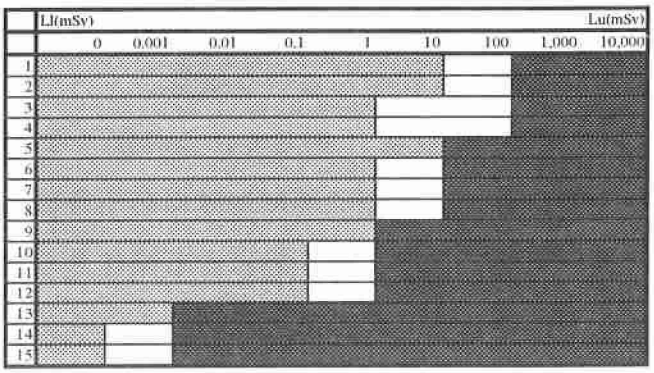
A group. (Science-Technology of Chinese)



B group. (Science-Technology of Japanese)



C group. (Medical science of Chinese)



D group. (Medical science of Japanese)

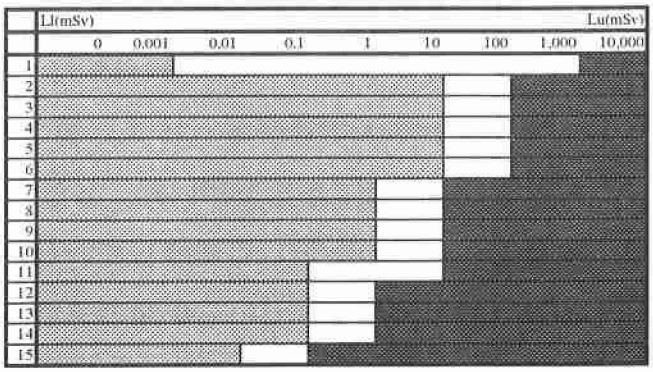


図１．各グループにおける放射線の被曝に対する受容レベル

単一被曝で「怖いと感じる最低のレベル（Lu）」と「気にならない最高のレベル（Ll）」について聞いたものであり、回答をまとめると図１の通りとなった。中日両国の学者ともに、発表者の一人加藤が以前報告した調査結果［４］と同様な傾向を示した。すなわち、受容レベルの値は個人差が大きく、分布は広かった。ばらつきの幅も大きく見られた。また、各グループとも、個人レベルでの２受容レベル間の間隔が狭かった。このことも以前の調査結果に一致している［４］。

表１．各グループの放射線受容レベルの比較　（単位：mSv）

項　目	A	B	C	D
怖いと感じる最低レベル（Lu）の平均値	10.3±4.5†	95.7±65.6	31.7±12.1*	100.3±65.1
気にならない最高レベル（Ll）の平均値	0.5±0.1††	2.9±1.0	2.4±1.1**	3.6±1.2*
Lu の最低値と最高値	0.001～100	0.01～1,000	0.001～100	1～1,000
Ll の最低値と最高値	0.001～1	0.001～10	0～10	0.001～10

†：中日両国のグループ間の比較 P<0.05、†† P<0.01、††† P<0.005

*：中日両国における、理工系と医系との間の比較、P<0.05、** P<0.01

さらに、各グループ間の比較を行ない（表１）、次のことが知られた。１）日本人理工系学者の受容レベルは、Lu および Ll ともに在中日国人理工系学者の受容レベルより有意に高い値を示した（P<0.05、P<0.005）。２）日本人医系学者の Ll および Lu は、在中日国人医系学者のそれより高い傾向が見られるものの、統計的有意差は認められなかった。３）中国人学者グループでは、医系グループの Lu および Ll ともに理工系グループより有意な高値を示した（p<0.05、p<0.01）。４）日本人学者グループでは、医系グループのそれらが理工系学者グループより高値である傾向は見られたものの、統計的な有意差はなかった。医系の学者に比べ、理工系は放射線被曝に対しやや敏感であることが示唆された。

今回の調査は範囲が狭くデータも少ないため、これらの結果についての理由付けは困難であるが、一つとして考えられるのは、日本国は自然資源が少ないため、原子力の開発をより早い段階から発展させているのに対し、中国では化石燃料が豊富で今でも重要なエネルギー源となっており、原子力の利用開始がやや遅れたことにあるものではないかと思われる。さらに、放射線に関する教育が、急速に発展してきた放射線学および放射線応用学への対応の遅れもあり、放射線の利用価値より、むしろその危険性と危険性を避けるための防護規則の重要性を強調しているきらいがある。一方、周知のように、

放射線の医学への応用が中日両国を含み世界中でかなり進んできている。放射線診療機器の開発利用に伴い、放射線・放射能の医療への応用が、現在臨床上、診断及び治療に重要不可欠な手段として人の命に係わっている。そのため、放射線に関する知識が医系学者に対し必須うのものとして特に求められていることから医系学者の受容レベルが高いことが解釈できると思われる。

本調査は、放射線についての安全文化の国際比較の第一歩として行なったものである。放射線問題に関し、すべての面は含んではいないが、人々の被曝に対する受容レベルが大きくばらついていることを明らかにできた。こういう状況の下では、放射線技術の推進について社会的な合意を形成するのは困難である。この問題をどう解決するのが良いは、今後の課題である。おそらく、放射線および放射線防護に関する基礎的な知識の普及教育が「当務之急」であろう。また、この課題を解決するため、このような意識調査を国際協力により、量的にも質的にもより高いレベルで、より多くの国について行なっていくことが望まれる。

まとめ

本調査の結果より以下のような知見が得られた。

1. 知的水準の高い人達の間でも、放射線被曝のリスクや安全に対する考え方は個人によって異なり、受容レベルは予想以上のばらつきを見た。この傾向は中日両国に共通している。
2. 放射線及び放射線防護に関する基礎的知識の十分でない人達が予想以上に多く存在している。
3. 放射線被曝の受容レベルについては、中日いずれの国においても、現状では定量的に社会的コンセンサスを得ることは困難である。

文献

1. 新村　出編：広辞苑（第４版）。岩波書店　P100、1993
2. 加藤和明、才津芳昭：リスクの概念－概念規定の現状とその本質に関する考察－。日本リスク研究会誌　9: 87-94, 1997
3. 加藤和明：放射線防護の課題－放射線防護の分野では今何が問題か。日本原子力学会誌　32: 2-5, 1990

5. International Advisory Committee Report

（国際諮問委員会報告）

REPORT ON THE MEETING OF THE INTERNATIONAL ADVISORY COMMITTEE FOR THE INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON RADIATION EDUCATION(ISRE98)

Mitio Inokuti

Argonne National Laboratory
9700 S. Cass Avenue, Bldg. 203 Argonne, Illinois 60439-4843, U. S. A.

The meeting was held on 12 December 1998, 15:45-19:20, in the form of a business supper between an oral session and a poster session of the ISRE98 in a conference room at the Productivity Center. The participants are shown in an attachment.

Mitio Inokuti (U. S. A.) chaired the meeting, and proposed the following two points for deliberations:

1) Should there be a next international meeting on a scope of topics similar to the ISRE98?

2) Should there be a standing committee, or a council, for planning such a meeting, or for liaison among activities for radiation education in different counties?

The proposal was unanimously agreed upon.

After self-introduction by the participants, free discussion was made on matters including the following:

1) The meaning of the term "radiation education."

2) The scope of the present meeting (ISRE98). Although the present meeting was highly significant, it may be desirable to explore the possibility of a broader range of topics. At the same time, it was also said that a meeting with a more focused scope might be more effective. The two-day period of the present meeting might have been too short to discuss in depth some of the key issues.

3) A broader contact with the general public might have made the present meeting more effective. It was a pity that the present meeting does not seem to have been covered by the journalism, even though the Minister of Education participated.

Inokuti pressed on a response to the two initial questions. The response by the participants were unanimously affirmative. In particular, George Marx (Hungary) pointed out a meeting on science education scheduled to be held in June 1999 in Hungary, and urged others to participate. Yet, the discussion fell short of definitely

scheduling a follow-up meeting of the ISRE98. Issues raised with the response include the following:

1) Should a follow-up meeting be organized in collaboration with an international body such as the IAEA, with scientific societies or academies, or with governments? There was considerable discussion on this question. An advantage of such a collaboration might be the possibility of some financial support. A disadvantage is that there may be excessive constraints in organization and management often found in an international body or governments.

2) A standing international committee or council may be formed as a non-governmental generalization of the present International Advisory Committee. It is then necessary to include representatives of countries such as Germany, Russia, and the United Kingdom, who happened to be absent from the present meeting. It is also appropriate to reconsider the membership from the countries represented in the ISRE98. (It is recommended that The Secretariat of the ISRE98 follow up the idea of the standing committee, although this item was not voted on.)

3) In addition to planning for a follow-up meeting, the standing committee may set up ways for continuing communications on activities related to radiation education, including the initiation of a news letter or a home page on the Internet.

The International Advisory Committee :

Jean-Pierre Adloff, France	Manoon Aramrattana, Thailand
Bum-Jin Chung, Korea	V. G. Dedgaonkar, India
Azhar Djaloeis, Indonesia	Toyojiro Fuketa, Japan
Wieslaw Goraczko, Poland	Kodi Husimi, Japan
Chin-Wan Hung, Taiwan	Mitio Inokuti, U. S. A.
Kazuaki Katoh, Japan	George Marx, Hungary
Matteo Merzagora, Italy	Ayab Mir, Pakistan
Sana Ullah, Bangladesh	Turan Ünak, Turkey

The Secretariat

Kunihiko Hasegawa, Japan	Masahiro Kotaka, Japan