

「放射線教育」別冊

保存用

# 国民の常識としての放射線教育を

放射線教育フォーラム2005年度活動報告書

＜保存用＞

NPO法人放射線教育フォーラム

2006年3月



## 序文

日本の社会は将来どうなっていくのか、たいへん気がかりである。最近、成人市民の科学的知識を国際的規模で調査した結果が発表されており、それによると、成人の科学に関する常識的な問題に対する正答率は、日本は先進十数カ国中で13位という低いランクであった。このままでは、社会教育のみならず、学校教育でも、特にエリート教育において、日本は近隣の教育熱心な国々に負けそうである。知識の習得が全てとは思わないが。

国力は、指導者の資質に大きく影響される。指導者として必要な総合的能力とは何であろうか。それはまず人間的に魅力があり、頭脳明晰で、多くの人々に信頼される人柄である必要があると思う。そして正義感をもって社会を向上させようとする責任観念が旺盛で、語学力・国際的感覚を持ち、知識と経験が豊富で、それに基づく公平な判断による決断力によって、着想を臨機応変に忍耐強く実行することができることが望ましい。

現在の一般の日本人に必要なのは、正義感を持って日本という社会組織を向上させようとする精神すなわち愛国心がまず来るが、つぎにリスクと利便に関するバランス感覚を含めた正しい科学的知識ではないだろうか。BSE問題で示されているように、日本人は100%の安全・安心を要求しすぎると思う。技術はそれによる便益がある反面、100%安全はないと知るべきである。

最近、チェルノブイリ事故の被害に関する情報がIAEAから公表されたが、それによると、事故による死者は従来伝えられたより少なく47人で、将来のがんによる死者もせいぜい4000人に過ぎないということが確実なようである。しかし、比較的少量の被曝による悪影響を恐れた多くの住民の精神的被害が非常に大きいようである。日本人は過去の経験から、放射線・放射能に対して過剰にリスク感覚を持っているが、放射線を過度に恐れていると進歩した医療も受けられない。また、原子力に対する拒否感覚が強いと、将来のエネルギー問題解決のための選択肢が大きく制限される。日本人の放射線・原子力に対する過度のリスク感覚、NIMBYといわれる自己中心的考え、またこの傾向を助長していると思われるマスメディアが大衆の考え方に迎合する傾向は改善されねばならない。

われわれ放射線教育フォーラムは、国民の常識として、放射線をはじめとする近代技術に関するリスク感覚が改善されるよう努力している。これをいかに達成するかは、学校及び社会の教育にあずかっている担当者、また、世の中を動かしている政治家の責任でもある。最近、政府の政策の決定にあたって、そのたたき台を公開してパブリックコメントを求めることが多くなっている。このような機会には、われわれは意見を積極的に伝えて、日本がより安定した、住みやすい社会になるように、いささかでも貢献したいものである。

本報告書を毎年度末に刊行することを2000年3月より開始して今度で7回目になる。本書に書かれているような内容が、われわれフォーラム会員を始めとする多くの方々にとって理解され、一人でも多くの日本国民が放射線・エネルギー問題に対する正しい知識、特に妥当なリスク感覚を基礎的常識として持っていただけるように、本書が有効に利用されることを心から念願するものである。

2006年3月

NPO放射線教育フォーラム 事務局長 松浦辰男

# 国民の常識としての放射線教育を

## 放射線教育フォーラム2005年度活動報告書

### 目次

序文

第1章 2005年度の活動報告及び2006年度の計画	1
1. 2005年度の活動について	3
2. 2006年度以降の活動について	4
3. 2005年度役員名簿	5
4. 本年度の理事会・勉強会等の記録	6
5. 文部科学省への要望書について	8
6. 指導者層の方々へのアンケートの設問例	13
第2章 「エネルギー・環境・放射線セミナー」の実施報告と2006年度の実施計画	17
1. 2005年度の実施報告	19
2. 2006年度の実施計画	30
第3章 専門委員会の報告又は関連資料	31
1. 教育課程検討委員会	33
2. リスク問題検討委員会	45
3. 低レベル放射線の影響検討委員会	50
4. 教科書記述調査委員会	56
第4章 勉強会・セミナーの資料その他	59
1. 日本の教育の現状と課題（有馬朗人）	61
2. これからの教育の目指す方向（清原洋一）	74
3. 21世紀の暮らし——環境・エネルギー教育（山寺秀雄）	81
4. エネルギー・環境問題と水素（塩沢周策）	96
5. 科学技術文明の陰と光——科学技術・放射線・原子力に関連して（森 千鶴夫）	111
6. 身の回りの放射線の観察（中村麻利子）	117
7. エネルギー教育における放射線の正しい理解を目指した取組（谷口裕美枝）	128
8. 地域の特色を生かした総合的な学習（原 幹雄）	138
9. 初等中等教育におけるエネルギー・原子力教育の現状と課題についてのコメント—— 特に義務教育レベルの教育充実をいかに図るかについて（松浦辰男）	149
10. 学校における放射線教育の実践とその在り方について（渡部智博）	156
11. 高レベル放射性廃棄物の地層処分に関する高校現場からの一考察（宮澤弘二）	161
あとがき・奥付	163

第1章 放射線教育フォーラムの  
2005年度の活動  
及び  
2006年度の計画

この章では、フォーラムの今年度の活動と来年度の計画の要約、今年度の役員名簿と今年度で開催した種々の会合の記録、並びに今年度の重要な実績としての文部科学省へ提出した要望書の内容、さらに次年度から実施しようとしている社会の指導者層との交流活動の手がかりにしようとしているアンケート（案）を紹介する。

## 1. 2005年度の活動について

NPO 法人放射線教育フォーラムは放射線、放射能、原子力そして教育の専門家の有志により構成され1994年4月に発足し、2000年11月にNPO法人の認証を受けたボランティア組織である。当フォーラムは、社会一般の人々が科学技術の最近の進歩で恩恵を受けているのにもかかわらず若い人達に「理科離れ」、「理科嫌い」が見られること、また現在有識者を含む多くの方々が放射線や放射能に対して科学的な事実以上に過剰の不安感をもっており、そのことが原子力や放射線の平和利用を大きく妨げている現状を憂慮している。この現状を打開するため、特に小学校・中学校・高等学校の学校教育において、エネルギー環境問題・放射線・原子力に関する正しい教育が理科教育の中で行われるように、教育システムを改善し教員を育成することに重点をおいて種々の方法で活動をしている。また、社会における放射線・放射能やエネルギー・環境問題の正しい知識の普及を図るべく努力をしている。フォーラムの会員は、2005年3月12日現在、個人会員203名、団体会員は54団体である。

フォーラムの定款では事業は(1)放射線教育に関する国内及び国際シンポジウム、勉強会の開催、(2)放射線教育に関する調査研究並びに情報発信、(3)放射線教育に関する政策提言の3つに分類されている。以下に、これらの各項について2005年度の実績を要約する。

(1) 勉強会(会員を対象)については、本年は3回(6月、11月、3月)東京で開催したが、参加者に好評であった(講師・テーマについては本章4項に記載)。主に文系の学校教員を対象とするセミナー(「エネルギー・環境・放射線セミナー」、文部科学省主催、(財)放振協と共催)については、2001年度より毎年全国10箇所で開催されている。今年度の参加者総数は575名であった。このセミナーに関与した講師および世話人総数は延125名に達するが、このうちフォーラム会員の関与は延77名(重複を除くと55名)であった。(第2章で本年度開催実績及び来年度の実施計画が述べられている。)

(2) 専門委員会開催ならびに情報発信活動(専門委員会の活動の成果は第2章で報告)「教育課程検討委員会」は本年度は4回開催した。「リスク問題検討委員会」は1回開催。「教科書記述調査検討委員会」と「低レベル放射線影響検討委員会」は今年度に委員会は開催しなかったが委員が個人的に活動した。「実験教材検討委員会」、「マスコミ報道調査委員会」、「加速器利用調査・検討委員会」に関しては委員会は開催されていないが資料を収集中。

定期・不定期印刷物については、ニュースレターが3度(32、33、34号)発行された。「放射線教育」誌と「年度末報告書」はいずれも3月末に刊行。(編集委員会を6回開催した)。

フォーラムの広報活動については、ホームページ(<http://www.ref.or.jp>)が開設されている。

(3) 政策提言活動 ①意見書「原子力政策大綱案について」を原子力委員会に提出(2005年6月24日)。②要望書「エネルギー・環境教育の充実のための学習指導要領の改善について」を文部科学省・初等中等教育局へ提出(2005年8月15日)。③要望書「原子力体験セミナー事業(文系コース)実施に関する放射線教育フォーラムの協力体制について」を((財)放振協を通じて)文部科学省(立地対策室)へ提出(2005年9月20日)。④意見書「学校における原子力・エネルギー・放射線関係の教育における問題点」を原子力委員会定例会議(特定テーマ:初等・中等教育エネルギー・原子力教育の現状と課題について)において具申(2005年10月25日)。⑤抗議書「NHK教育テレビ「禁断の科学」にもの申す」をNHKへ提出(2006年1月13日)。

フォーラムの運営のための会合(会合の記録については別項)「通常総会」を6月に開催。「理事会」・「理事連絡会」を2005年度は計6回開催。「セミナー運営委員会」を(理事会または理事連絡会の都度)合計6回開催。セミナー開催のための「ワーキンググループ」を((財)放振協との合同で)2回開催。「将来計画検討委員会」を6回開催。役員選出のための「選挙管理委員会」を12月から3月までに3回開催。「顧問会」を3月に1回開催。

## 2. 来年度以降の活動について

### 2. 1 フォーラムの運営についての計画

財政状態の改善のために経費節減が努力されているが、従来の活動を継続し、新事業の展開を行うために個人及び団体会員数の増強、寄付金の依頼、収入を図る活動などが計画されている。

事務局運営の在り方については、能力と熱意がありしかも時間的にゆとりのある人が適材適所で効率的に働くことが出来るようにする。

機関紙等の出版の在り方については、ホームページの改善と充実を図り、出版した論文・報告をホームページ上でも公表することを検討する。

専門委員会の在り方については、これまでに開設された委員会の中には現在活動を休止しているものがある。これらの委員会活動の見直しと評価、また、関心のある一般会員の委員会への参加についても検討する。委員会活動を存続するための財源などの問題点についても討議する。

### 2. 2 フォーラムの対外的な活動計画（継続のものを含めて）

(1) 第43回アイソトープ・放射線研究発表会にパネル討論「社会的観点から放射線教育を考える」（2006年7月7日（金））を提案し採択された。（提案者：田中隆一理事、座長候補者：松浦辰男事務局長）

(2) 社会の指導者層との対話による社会教育の推進（「原子力安全基盤研究」として、（独）安全基盤機構に提案の予定）

(3) 「第4回放射線教育に関する国際シンポジウム（ISRE08）」（2008年2月台湾（台北市）にて開催予定）の支援（フォーラムに委員会を設立（委員長：長谷川罔彦副会長））

(4) 「放射線 Web～自然を測ろう～」(財)日本科学技術振興財団が文部科学省の委託事業として平成12年度より実施、平成18年度も採択を期待)への支援の継続（フォーラムの役員4名が関与、委員長は宮澤弘二幹事）

(5) 「原子力安全規制に関するホームページ等評価委員会」(財)日本科学技術振興財団が経済産業省原子力安全保安院の委託事業として平成17年度より実施、平成18年度も採択を期待)への支援の継続（フォーラム役員3名が関与）

(6) 一般社会への正しい知識普及活動

フォーラムの会員が学校関係および広く一般社会の方々と接触して、知識・経験を伝え意見交換をする機会を作る。フォーラム会員が講師となって話題提供できるテーマのリストを現在作成中である。

(7) 一般からの放射線に関する質問の回答・相談への対応（上記(4)の事業に含まれている）

(8) 学校における放射線教育内容の整備（これは文部科学省への要望書に関連するもので、「エネルギー」と「放射線」に関して、小学校、中学校、高等学校の各段階で具体的にどのような内容をどのように教えるかを検討し、要望書の補足資料として提出する。）

(9) 教育用資料の制作

① 原子力・放射線基礎用語の解説（教育課程検討委員会で作成を開始）

② 放射線 Q&A（教育課程検討委員会と事務局の両方で作成中）

③ リスク問題パンフレット（教科書の著者用の簡潔なもの、それを教える教員が理解するための解説書の2種類を作る。「リスク問題検討委員会」で作業中）

(10) ホームページの充実と整備を実施する。

## NPO 法人 放射線教育フォーラム 2005 年度役員名簿

2006 年 3 月 1 日現在 (五十音順)

- 会長：** 有馬朗人 ((財) 日本科学技術振興財団理事長・前参議院議員・元文部大臣兼科学技術庁長官)
- 副会長：** 飯利雄一 ((社) 日本原子力産業会議常任相談役)  
河村正一 (放射線医学総合研究所名誉研究員・日本防護服研究会理事長)  
長谷川絜彦 (静岡大学名誉教授)
- 理事：** 朝野武美 (医療法人清恵会第二医療専門学校非常勤講師)  
石黒亮二 (北海道大学名誉教授)  
伊藤泰男 (元東京大学工学部教授)  
岩崎民子 (元放射線医学総合研究所)  
江田 稔 (青森大学大学院教授)  
加藤和明 (高エネルギー加速器研究機構名誉教授・茨城県立医療大学名誉教授)  
金子正人 ((財) 放射線影響協会常務理事)  
菊池文誠 (東海大学理学部非常勤講師)  
小高正敬 (立教大学理学部非常勤講師)  
高木伸司 (神奈川大学名誉教授)  
田中隆一 (元日本原子力研究所高崎研究所所長)  
中西友子 (東京大学大学院農学生命科学研究科)  
廣井 禎 (前筑波大附属高校副校長)  
堀内公子 (大妻女子大学社会情報学部)  
松浦辰男 (立教大学名誉教授)  
森 千鶴夫 (名古屋大学名誉教授)
- 監事：** 荒谷美智 (青い森みらい創造財団理事)  
佐久間洋一 (核融合科学研究所助教授)
- 事務局長：** 松浦辰男 (立教大学名誉教授)
- 幹事：** 大野新一 (理論放射線研究所) 黒杭清治 (元芝浦工業大学教授)  
木村捷二郎 (大阪薬科大学) 齊藤 直 (大阪大学アイソトープ総合センター)  
佐伯邦子 (元秋田経済法科大学附属高校) 佐伯正克 (元日本原子力研究所)  
佐藤正知 (北海道大学大学院工学研究科) 白形弘文 (日本エクスクロン (株))  
下 道国 (藤田保健衛生大学衛生学部) 砂屋敷 忠 (広島国際大学保健医療学部)  
竹田 満洲雄 (東邦大学理学部) 高島良正 (九州大学名誉教授)  
鶴田隆雄 (近畿大学原子力研究所) 唐木 宏 (元攻玉社高等学校)  
中西 孝 (金沢大学理学部) 西尾信一 (埼玉県立本庄高等学校)  
播磨良子 (CRC 総合研究所) 坂内忠明 (放射線医学総合研究所)  
古屋廣高 (九州大学名誉教授) 三門正吾 (千葉県立柏高等学校)  
峯岸安津子 (神奈川大学理学部) 宮澤弘二 (東京家政大学家政学部)  
村石幸正 (東大教育学部附属中等教育学校) 渡部智博 (立教新座中学高等学校)  
渡利一夫 (放射線医学総合研究所名誉研究員)
- 顧問：** 安 成弘 (東京大学名誉教授) 今村 昌 (理化学研究所名誉研究員)  
久保寺昭子 (東京理科大学名誉教授) 斎藤信房 (東京大学名誉教授)  
篠崎善治 (元都立アイソトープ総合研究所) 村主 進 (原子力システム研究懇話会)  
住田健二 (大阪大学名誉教授) 更田豊治郎 (元日本原子力研究所副理事長)  
伏見康治 (大阪大学・名古屋大学名誉教授) 松平寛通 (元放射線医学総合研究所所長)  
山口彦之 (東京大学名誉教授) 山寺秀雄 (名古屋大学名誉教授・大同工業大学名誉教授)

#### 4. 2005年度の理事会等会合・勉強会等の記録

2005年

- 4月22日(金) 第1回将来計画検討委員会(霞ヶ関東海倶楽部、6名)
- 5月7日(土) 第1回編集委員会(大妻女子大、6名)
- 5月13日(金) 第1回理事会・第1回セミナー運営委員会  
(原子力産業会議1階第4会議室、13名)
- 5月13日(金) 第1回セミナーワーキンググループ  
(東京国際フォーラム会議室、18名)
- 6月1日(水) 第2回編集委員会(霞ヶ関東海倶楽部、6名)
- 6月10日(金) 第1回理事連絡会・第2回セミナー運営委員会  
(尚友会館8階、12名)
- 6月18日(土) 第2回将来計画検討委員会(科学技術館6階、6名)
- 6月18日(土) 第1回総会・勉強会  
(科学技術館、総会29名、勉強会42名、懇親会24名)  
(勉強会プログラム)  
「学校における原子力教育に望むこと」  
宅間正夫(日本原子力学会会長)
- 「放射線を題材にした演劇による理科教育」  
石井慶造(東北大学大学院工学研究科教授)
- 「放射線教育の第一歩は自然放射線の飛跡をみせること」  
戸田一郎(北陸電力エネルギー科学館)
- 「フォーラムが自ら考え発展する力を身につけるために」  
大野新一(理論放射線研究所所長)
- 7月12日(火) 第1回教育課程検討委員会(科学技術館5階、6名)
- 7月28日(木) 打合せ会(尚友会館8階、20名)
- 9月9日(金) 第2回理事連絡会・第3回セミナー運営委員会、自主的ワーキング  
グループ(尚友会館8階、15名)
- 10月4日(火) 第2回教育課程検討委員会(科学技術館5階、7名)
- 10月27日(木) 第3回将来計画検討委員会(霞ヶ関東海倶楽部、5名)
- 10月28日(金) 第2回編集委員会(霞ヶ関東海倶楽部、8名)
- 11月19日(土) 第3回理事連絡会・第4回セミナー運営委員会  
(科学技術館6階、14名)
- 11月19日(土) 第2回勉強会(科学技術館6階、勉強会36名、懇親会21名)  
(勉強会プログラム)  
「環境騒動の虚実——ダイオキシン・環境ホルモン・地球温暖化など」  
渡辺 正(東京大学生産技術研究所教授)
- 「放射線を題材にした演劇による理科教育」  
石井慶造(東北大学大学院工学研究科教授)

文部科学省へ提出した要望書及び原子力委員会へ発表した意見について」

松浦辰男（放射線教育フォーラム）

「アンケート調査からわかった学校におけるエネルギー教育の現状と課題」

木村元一（エネルギー環境教育情報センター）

「地球惑星連合・地学教育委員会からの提言」

畠山正恒（聖光学院中学・高等学校）

「教育課程検討委員会の活動」

黒杭清治（放射線教育フォーラム）

- 12月 6日（火） 第3回教育課程検討委員会（科学技術館5階、6名）  
12月 6日（火） 第4回将来計画検討委員会（霞ヶ関東海倶楽部、5名）  
12月14日（水） 第1回選挙管理委員会（尚友会館8階、5名）  
12月16日（土） 第2回理事会・第5回セミナー運営委員会（霞山会館、18名）  
12月16日（土） 第2回セミナーワーキンググループ  
（東京国際フォーラム会議室、15名）  
12月27日（火） 第5回将来計画検討委員会（霞ヶ関東海倶楽部、6名）

2006年

- 1月31日（火） 第6回将来計画検討委員会（霞ヶ関東海倶楽部、6名）  
2月13日（月） 第2回選挙管理委員会（尚友会館8階、5名）  
2月16日（木） 第4回理事連絡会・第6回セミナー運営委員会  
（尚友会館8階、13名）  
2月17日（金） 第3回編集委員会（霞ヶ関東海倶楽部、7名）  
2月22日（水） 第1回リスク検討委員会（尚友会館8階、6名）  
3月 3日（金） 第4回教育課程検討委員会（科学技術館5階、7名）  
3月12日（日） 顧問会（科学技術館6階、9名）  
3月12日（日） 第3回勉強会（科学技術館6階、41名）

（勉強会プログラム）

「もう一つの核燃料資源として期待されるトリウムの燃料サイクル」

山脇道夫（東京大学名誉教授）

「放射線研究者・患者の立場から見た陽子線がん治療」

白形弘文（日本エクス・クロン(株)）

「「エネルギー問題に発言する会」の活動について」

林 勉（元(株)日立製作所）

「NHKテキスト「禁断の科学」に関するコメント」

田中隆一（放射線教育フォーラム）

「人々が求める科学技術に関する知識・情報——

『科学基礎クイズ』にそのヒントを探る——」

笹川澄子（(財)環境科学技術研究所）

- 3月22日（水） 第3回選挙管理委員会（尚友会館8階、6名）

文部科学大臣  
中山 成彬 殿

NPO 法人放射線教育フォーラム  
会長 有馬 朗人

### 要望書

「エネルギー・環境教育の充実のための学習指導要領の改善について」

平成 17 年 8 月 15 日

NPO 法人放射線教育フォーラム事務局  
〒100-0013 東京都千代田区霞ヶ関3-3-1 尚友会館地下1階  
電話 03-3591-5366  
FAX 03-3591-5367

【本要望書は、現在の社会的要請に応えるために、原子力・放射線に関する基礎・基本的な知識を中心としたエネルギー・環境問題に関連する事項を、学校教育（小・中学・高等学校）で適切に取り上げていただきたいとするNPO法人放射線教育フォーラムの会員の総意のもとに、下記のフォーラム理事有志が担当者となって取りまとめたものである。

担当者（五十音順） 飯利雄一・江田 稔（主査）・河村正一・高木伸司・田中隆一・  
長谷川圀彦・松浦辰男  
提出責任者 松浦辰男（フォーラム事務局長） 　　】

## 「エネルギー・環境教育」の充実に関する要望書

平成 17 年 8 月 1 5 日

わが国の学校教育制度の改革が必要であるとの声が高い。具体的には、少子高齢化、グローバル化、ITの普及、さらに将来のエネルギーの逼迫や環境問題の顕在化といった以前より変わってきた社会環境に応じた、将来の国家のビジョンに適応した適切な教育課程を作らねばならない。そのビジョンは、日本学術会議の「日本科学技術政策の要諦」によれば、人類社会の持続的な発展の象徴となるような「環境と経済の両立」モデル国家となることであり、そして、日本が科学技術の水準を維持するための人材育成が国の根幹であるとされている。

学校での理科教育の振興の必要性は近年各方面から指摘されていた。科学技術のなかでもわが国が国是としている原子力・放射線関係の学問・技術は現在日本がアジアでは指導的地位にあるのでこれを維持したいが、日本では原子力に対する青少年の気がうすれ、大学・大学院の原子力・放射線研究の講座の数が急減している現実がある。また最近のアジア7カ国の青少年の放射線に関する知識の国際比較で、日本の知識水準が最も低いという寒心に堪えないデータがある。このような現状を改善するには、日本社会の核アレルギーを改善するとともに、科学技術は環境破壊の元凶であるとするような一部の否定的感情論も矯正する必要がある。

社会が理科教育の振興を必要としているのは、科学技術の諸分野の専門家の養成だけでなく、一般社会人の一人でも多くが教養として、基礎的に重要な科学的知識と科学的なものの考え方と同時に、科学技術と社会との関連に関するバランスの取れた考え方を身につけることにある。これは、科学技術に関連する政策決定のために国民のスムーズな合意形成が必要であるためである。このように、これからの人材は文系・理系の枠をまたがるような幅広い知識と多面的、主体的な思考力が必要である。

このことから我々は以下のことを要望する。取り上げるべき内容に関しては、一見すこし専門的と思えることでも、そのものの社会的重要性の大きいものは、小学校から高校までの発達段階に応じて、必修内容として義務教育段階の早い学年のうちに教えるように、従来の慣習的な考え方を改定して配慮することを希望する。

### 要 望

- (1) 中学・高等学校の学習指導要領において理科と社会・公民などの教科を融合させた「エネルギー・地球環境」という新教科をつくる。
- (2) もし、そのような改革が難しい場合は、「総合的な学習の時間」の中でエネルギー・環境教育を必修の学習項目とする。また、既存の教科の中でエネルギー・環境教育にかかわる内容を扱うときは、各教科が相互に連携して指導するよう奨励する。
- (3) 現行の教科の枠組みの中で行われてきた「エネルギー教育」に関する内容については、以下のように改善する。(①～④)
  - ① 小学校理科で、エネルギーのごく初歩的な概念を扱う。
  - ② 中学校理科で、エネルギーについて従来よりも深く扱う。また、放射線の初歩的な内容についても扱う。
  - ③ 高等学校理科で、必修科目の中でエネルギー、原子力、放射線についての基礎を扱う。
  - ④ 高等学校の公民で、科学技術の社会への応用において必ず伴う「リスク」に関する基

本的な考え方を扱う。

### 趣旨説明

- (4) 中学・高等学校の学習指導要領において理科と社会・公民などの科目を融合させた「エネルギー・地球環境」という新科目をつくる。

従来の縦割りの教科区分に加えて、正確な科学的知識に基づく妥当な判断力資質を効果的に高めるような教科横断的な新教科を導入することを検討すべきである。(別紙)

- (5) もしそのような改革が難しい場合は「総合的な学習の時間」の中でエネルギー・環境教育を必修の学習項目とする。また、既存の教科の中でエネルギー・環境教育にかかわる内容を扱うときは、各教科が相互に連携して指導するよう奨励する。

学校における「エネルギー」に関する教育は、「環境」に比べてこれまで積極的に取り上げられなかった。しかし、今後厳しくなるエネルギー事情や地球環境問題の重要性にかんがみて、エネルギー・原子力・放射線などに関する基礎的事項を体系的に積み上げて行うようなカリキュラムを、「総合的な学習の時間」において、「環境」「情報」などと同様に「エネルギー」を具体的に明示して取り上げていくよう提案する。

- (6) 現行の教科の枠組みの中で行われてきた「エネルギー教育」に関する内容については、以下のように改善する。

① 小学校理科で、エネルギーのごく初歩的な概念を扱う。

現行では、エネルギーという用語は扱っていないが、電気などの基礎的内容を扱っている。したがってエネルギーのごく初歩的な概念を理解させることは可能であると考えられる。

なお、小学校では、理科の実験は比較的盛んに行われているが、なぜそのような現象が起こるかという説明が十分されていないとのことである。理科実験によって自然現象への興味を起こさせるものだけではなく、実験と同時に基礎となる知識や概念をできるだけ教えるべきである。

② 中学校理科で、エネルギーについて、従来よりも深く扱う。また、放射線の初歩的な内容についても扱う。

中学校理科では、エネルギーの基礎を実験及び基本的な法則を、現行でもそのようになっているが、かなり詳しく教える。

また、エネルギーには種々の形態があるが、電気や石油（に含まれている化学エネルギー）などのように利用しやすいエネルギーと利用しにくいものがあることなどを扱う。その際、できるだけ量的な概念を取り入れて、エネルギーの単位もあわせて理解させることが望ましい。そして、エネルギー保存の法則の成立する物理的エネルギーと、地球上のエネルギー資源のように人間生活にとり必要であり、枯渇

する恐れがあるので国家間での紛争の基になる可能性のある、「エネルギー問題」でのエネルギー、の二つの使い方があることを理解させる。

放射線については、中学校低学年で（理科または、技術家庭、あるいは「総合的な学習の時間」を使って）、例えば「はかるくん」を用いて身の回りの自然放射線の存在を理解させる実習を行わせる。そのためには放射線測定器をすべての学校に配布することも考慮する。この実習はできれば小学校で行わせたいが、それができなければ中学校で必修として行わせたい。

その理由は、小学校で日本の歴史を学ぶときに広島・長崎の原爆という不幸な歴史に触れざるを得ないが、そのときに原爆の被害の大きさと同時に放射線・原子力の危険性のみが過度に子供に植え付けられる傾向があるからである。できるだけこの時期に、「放射線」の初歩的な知識、すなわち、放射線は大量にあびると危険であるが少量では危険ではなく、医療などいろいろなところで役に立っていること、わが国はエネルギー資源が乏しいので原子力の平和利用に力を入れており、その電力生産の規模は30%以上にも達していることを教える必要がある。

そのことと関連して、小学校のうちに、エネルギー関係の施設の見学を奨励するべきである。

放射線について、中学校高学年では少し進んだ知識、例えば、自然放射線の由来、 $\alpha$ 線・ $\beta$ 線・ $\gamma$ 線、放射線・放射能の区別や、放射線は目にはみえないが光や音と同様のエネルギーの1種であること、放射線を出すものが存在しても、そこから距離を取り、遮蔽物を置き、あるいは暴露する時間を減らせば危険性を少なくできること（放射線防護の3原則）などを学ばせる。

③ 高等学校理科の必修科目の中で、エネルギー、原子力、放射線についての基礎を中学校より進んだ形で扱う。

現行の「理科総合A」またはそれに相当する新しい理科の教科において、すべての生徒の必修内容としてエネルギー、原子力、放射線についての基礎的事項を扱うようにする。

また、大学の入学試験問題においても、これらの分野からの出題を奨励する。

④ 高等学校の公民で、科学技術の社会への応用において必ず伴う「リスク」に関する基本的な考え方を扱う。

科学技術を利用するとき、目的とする便益（ベネフィット）が得られると同時に、その結果必ず不利益（危険、損失など）を伴うものであり、これをリスクという。リスクは通常、その好ましくない事象の起こる確率（A）とその大きさ（B）の積として定義する場合が多い。

便益（ベネフィット）に比べてリスクが比較的少ないものだけが社会に受け入れられるべきである。しかし、往々にして、便益（ベネフィット）が過少に評価され、リスクが過大に評価されるものがある。これらは、放射線、農薬、遺伝子操作及び食品添加物などである。これらの何れも私たちの生活に欠くことのできない重要なものでありながら、正当な評価を得ていない。このような問題について、エネルギー・環境問題に関連する諸技術に重点をおいて、社会における正しい情報伝達のあり方、妥当なものの考え方はどうあるべきかについて考察したい。

(別紙) 新教科「エネルギー・地球環境」において取り上げるべき事項

(物理的分野)

- エネルギーの本質・種類・基本法則(熱力学第一、第二法則の基礎)
- エネルギーの諸単位、エネルギーの演習問題
- $\alpha$ ・ $\beta$ ・ $\gamma$ ・中性子線と核物理学の基礎(半減期・同位体・核反応・核分裂、臨界ほか)
- 放射線と放射能、放射線の単位
- 放射線と物質との相互作用、放射線遮蔽
- 発電の諸方式(水力・火力・原子力・太陽光・太陽熱・風力・地熱、ほか)
- 発電の諸方式の利害得失・原子力発電所の安全設備(社会との関連が大)
- 放射線の産業への利用(社会との関連が大)
- 原子力の平和利用と核兵器(社会との関連が大)

(化学的分野)

- 原子・分子と化学反応
- 原子力材料、ウラン・プルトニウム
- 放射線の化学的作用、放射線と高分子、ナノテクノロジー
- 同位体の化学への利用
- 水の放射線分解・「水素エネルギー」・燃料電池
- 化学物質と環境(社会との関連が大)
- 産業廃棄物と核燃料再処理(社会との関連が大)

(生物的分野)

- 生物とエネルギー
- 細胞と免疫、バイオテクノロジー
- 放射線の人体影響・放射線防護関係法規(社会との関連が大)
- 放射線の医療への利用(社会との関連が大)
- 医療・福祉を取り巻く諸問題(社会との関連が大)

(地学的分野)

- 宇宙・地球の起源
- 地球上の資源・資源の有限性・エネルギー問題(社会との関連が大)
- 地球の熱輻射・温室効果
- 地球上の放射性物質(天然と人工)
- 放射性廃棄物の処理・地層処分
- 地熱・地震・自然災害・極地・宇宙環境
- 地球環境の保全(社会との関連が大)

(全分野)

- リスク問題(社会との関連が大)
- 原爆・原子力事故(社会との関連が大)
- 原子力災害をいかに防ぐか(社会との関連が大)
- 科学技術史(社会との関連が大)

以上



(6) 放射線の人体への影響について正しいと思われる項目に○をつけて下さい。(一つの項目○印を付けて下さい)

- a. 放射線は危険なので、わずかでも受けたくないほうがよい。
- b. 放射線は少量受けても人体に有害であることには変わらないが、病気診断で受ける程度の放射線ならば、診断の結果得られるメリットの方が放射線を受けること自体による健康上のリスクよりも大きい。
- c. 一度に大量の放射線を受けると危険だが、自然界であるいは病気診断で受ける程度の少量ならば危険ではないと考えてよい。
- d. わからない。

(7) 少量の放射線を受けることは危険ではなく、むしろ健康によいという学説\*がありますが、これについて聞いたことがありますか？

- a. 聞いたことがない。
- b. 聞いたことがある

\*この学説は「放射線ホルミシス」と言われています。

(8) この学説は正しいと思いますか？

- a. 正しいと思う。
- b. 正しいと思わない
- c. わからない。

(9) 原子力発電所はエネルギー源として国民生活に重要な役割を担っておりますが、一方で事故等によるリスクが問題視されています。原子力発電所の安全性について賛同する項目に○をつけて下さい。(一つの項目○印を付けて下さい)

- a. いつ大きな事故が起こるかわからないので非常に危険だと思う。
- b. 周辺住民に被害を及ぼすような大きな事故を起こす危険性はきわめて小さいと考えるが、実際に起こると大災害になり易いということで危険だと思う。
- c. 大きな事故は起こりにくいと考えるので特に危険とは思わない。
- d. 大きな事故は起こらないと考えるので不安をもつ必要はない。
- e. その他 ( )
- f. わからない。

(10) 上の質問で危険である(a.あるいはb.)とお答えになった方に、その理由をお尋ねいたします。(複数の項目に○印をつけていただいて結構です)

- a. 原子力発電所のなかには大量の放射能があるので危険である。
- b. 原子力発電所の地震に対する安全性に疑問がある。
- c. 原子力発電所に対するテロあるいは軍事攻撃等に対する安全性に疑問がある。
- d. 原子力発電所を運転管理している人たちあるいは組織が信用できないので安心できない。
- e. その他 ( )

(11) 原子力発電所から出る放射性廃棄物の問題についてお尋ねします。(一つの項目○印を付けて下さい)

- a. 放射性廃棄物を処理・処分する技術については現状でも安心できる。
- b. 放射性廃棄物を処理・処分する技術について現状では安心できない。
- c. 放射性廃棄物を処理・処分する技術について現状だけでなく将来的にも安心できない。
- d. その他 ( )
- e. 放射性廃棄物を処理・処分する技術がわからない。

(12) 原子力発電所から出る高レベル放射性廃棄物の地層処分についてお尋ねします。(一つの項目○印を付けて下さい)

- a. 放射性廃棄物は貯蔵容器、防壁など幾重にも防護された状態で安定な地層深く処分されるので安心できる。
- b. 放射性廃棄物は幾重にも防護されてはいても、長年月の間には放射性物質が地中に少しは漏れる可能性があるが、地中深いところなので安心できる。
- c. 地層深く処分しても、わが国の地層は地殻変動が大きいので、安心できる処分場所はない。
- d. その他 ( )
- e. わからない

(13) 原子力発電所や放射線利用施設の放射性廃棄物ではあっても、それから出る放射線が非常に低いレベル\*以下ならば、普通の産業廃棄物と同様に扱ってもよいことが法律で定められましたが、このことを知っていますか？

- a. 知っている。
- b. 知らない。

\*「クリヤランスレベル」と呼ばれており、その量は人が日常的な暮らしの中で受ける年間の平均放射線量である 2.4 ミリシーベルトの 200 分の 1 以下の年間 0.01 ミリシーベルトである。

(14) 放射線の利用は、多くの人が気付かないうちに、日常生活に関わるさまざまな産業分野に浸透しています。次の中から放射線が利用されていると思う項目を選んでください。(複数の項目に○印をつけていただいて結構です)

- a. 自動車のタイヤ
- b. 農林産物の品種改良
- c. 道路工事の品質管理
- d. 半導体製品
- e. 文化財・考古学資料の調査
- f. 食肉の殺菌
- g. 害虫の退治
- h. 医療用具の滅菌
- i. 乗用車の内装

- (15) 科学技術に関わる政策の国民的合意のためには、国民の科学技術についての知識レベルが重要であると言われています。近年 OECD が 13 の先進国の成人を対象に科学技術の基本知識のレベルを調査した結果を公表しました。日本人の知識レベルは先進国の中でどのレベルにあったと思いますか？
- a. 高位(1 - 3 位)      b. 中位 (4 - 10 位)      c. 低位(11 - 13 位)

- (16) 最近ゆとり教育が見直されつつあり、科学技術立国としてのわが国における教育がいかにあるべきか活発に議論されています。貴方は、初等中等教育における下の科目の中で今後どれを特に重視していくべきであるとお考えですか？2科目をお選び下さい。

○ 国語      △ 外国語      ○ 数学(算数)      △ 理科      ○ 社会科(地歴・公民)  
倫理・道徳      その他 (                      )

- ) 最後になりましたが、エネルギー、原子力、教育等の問題を含めて、より広くわが国の社会に関するご意見をご自由にお書き下さい。

ご協力有難うございました。この調査資料は、この調査研究の研究分担者以外に公開することは致しません。もし差し支えなければ、ご氏名、ご連絡先等を付記して下さい。

ご氏名

ご肩書き

ご連絡先

電話

F A X

e - メール

第2章 「エネルギー・環境・  
放射線セミナー」の実施報告と  
2006年度の実施計画

この章では、フォーラムが（財）放射線利用振興協会と共に主に文系の教員を対象に2001年度から開催している「エネルギー・環境・放射線セミナー」の2005年度の実施報告と、2006年度の計画について紹介する。

## 第2章 2005年度「エネルギー・環境・放射線セミナー」の実施報告と 2006年度実施計画

### 1. 2005年度実施報告

#### (1) はじめに

NPO法人放射線教育フォーラムは、2001年度から、文部科学省と財団法人放射線利用振興協会（RADA）主催の「原子力体験セミナー文系コース」に共催団体として協力し実施してきた。このセミナーは、主に中学校・高等学校の文系の教職員等と小学校の教職員等を対象にエネルギー・環境問題を正しく学校教育に取り入れていただくために、全国10地区で企画・運営を行い実績を積み重ねてきた。2005年度にセミナーが実施されたことにより満5年間の経過したことになる。

この事業は「エネルギー環境問題、放射線及び原子力問題に対する一般市民の公正な判断力資質の養成とこの分野における将来の人材の確保及び育成のために、学校及び社会におけるこの分野の教育の充実と正しい知識の普及を図り、もって公益の増進に寄与する」というNPO法人放射線教育フォーラム定款の目的にかなったものである。

#### (2) セミナー開設の経緯

原子力・放射線に関する正しい知識の普及を図ることを目的として、全国の中学校及び高等学校の教員等を対照とする「原子力体験セミナー」が、科学技術庁からの委託事業として平成2年度から日本原子力研究所によって実施されてきた。平成10年度からその事業のすべての業務を財団法人放射線利用振興協会が科学技術庁から受託事業として実施し、平成11年度から「原子力体験セミナー」と名称を改めた。

平成13年度から主に文系の教職員を対象とする「原子力体験セミナー文系コース」が実施されるに当たって、NPO法人放射線教育フォーラムがこの事業に協力し、「エネルギー・環境・放射線セミナー」を開設した。このセミナーは、教職員等のエネルギー・環境・放射線などに対する理解を深めることにより、平成14年度から始まっている「総合的な学習の時間」などを通じて、正しい知識を生徒に普及することを目的とした。

#### (3) セミナーの概要

##### ① コースの内容

主として文系の教職員等を対象として「総合的な学習の時間」の授業に役立ち、さらにエネルギー・環境問題と放射線について正しい知識を図ることができるような視点に立った講演（教育問題、エネルギー問題、資源・環境問題、放射線・原子力の基礎知識）、放射線の実験・演示、パネル討論会、自由討論会、交流会ならびに施設見学会を行った。

##### ② 開催場所及び募集人数

セミナーは全国10地区（北海道地区、東北地区、北関東地区、南関東地区、静岡・山梨地区、愛知・岐阜・三重地区、富山・石川・福井地区、近畿地区、中国・四国地区、九州・沖縄地区）で開催した。これらは1日開催のコースまたは2日開催のコースで行われた。2005年度の参加者目標は合計500名であったが、目標人数を上回る応募者があり、実際的に参加した総数は575名で、参加者のアンケートによる評価も総じて好評であった。

## 北海道地区セミナー実施報告

世話人代表 石黒亮二（北海道大学名誉教授）

セミナーの名称：エネルギー・環境・放射線セミナー

開催日時：平成17年8月5日（金） 9：00開始 16：00終了

開催場所：ホテル ポールスター札幌

セミナーのプログラム：

1. 基調講演「日本のエネルギー・環境教育の現状と将来の課題」

有馬朗人（東京大学名誉教授・元文部大臣）

2. 講演「地球温暖化と野生生物保全」 池田 透（北海道大学文学研究科助教授）

3. パネル討論「今、なぜ、エネルギー環境教育が求められるのか」

藤田郁男（環境学習フォーラム北海道代表）、関孝敏（北大文学研究科教授）

杉山憲一郎（北大工学研究科教授）、佐藤正知（北大工学研究科教授）

住吉孝（北大工学研究科助教授）

実施状況：

文部科学省・放射線利用振興協会の主催、NPO 法人放射線教育フォーラムの共催、北海道教育委員会・札幌市教育委員会の後援で開催した。受講申込者65名、受講者64名〔うち、小学校教諭（含管理職など）28名、中学校文系教諭（含専門不明者）11名、中学校理系教諭10名、高等学校文系教諭（含専門不明者）6名、高等学校理系教諭9名〕が参加した。

有馬朗人氏による基調講演では、まず最近の小中学校生徒の学力問題についての説明があり、世間で言われているような学力低下はないことが科目別に示された。エネルギー問題では、先進国のエネルギー浪費について説明され、省エネルギーの必要性を強く訴えられると共に、今後のエネルギーとして水素の利用推進と、水素は水の電気分解から作るべきで、その電力は原子力発電に頼らざるを得ないことなどが述べられた。

池田 透氏の講演では、地球温暖化が野生生物にたいしていかに影響を及ぼし、人間と人間社会の存在基盤を揺るがすかが示された。地球温暖化対策として温室効果ガスを減少させる「緩和策」と、自然生態系や社会・経済システムを温暖化に適応させる「適応策」があるが、肝要であるのは、社会・経済システムの転換が必要であることが指摘された。

パネル討論では、藤田郁男氏と佐藤正知氏が話題提供の講演を行い、その後参加者から予め書面で提出された質問に対し5人の講師が回答し、討論を行って環境問題やエネルギー問題についての認識を深めた。

総括：

このセミナーの開催が北海道内の教育関係者に広く知られるようになって来たためか、あるいは久しぶりに有馬朗人先生に講演をお願いしたためか、参加者応募が例年になく早く、また小学校関係者の参加希望が多かったのが目立った。

## 静岡・山梨地区セミナー実施報告

世話人代表 長谷川罔彦 (静岡大学名誉教授)

セミナーの名称： エネルギー・環境・放射線セミナー

開催日時： 平成17年8月9日(火) 9:20 開始、 16:45 終了

開催場所： ロゼシアター (静岡県富士市市蓼原1750番地)

### セミナーのプログラム

講演1「元素の誕生、新元素の合成、そして放射線」 工藤博司 (前東北大学理学研究科教授)

講演2「身の回りの放射線と生物作用」 一政祐輔 (茨城大学教授)

実習 (霧箱の作成と空気中の自然放射線の観察)、 演示 (火力、原子力発電の模型による発電)  
吉岡潤江 (静岡大学教授)、 矢永誠人 (静岡大学助教授)

パネル討論会「エネルギー・環境問題と学校教育」

司会・パネリスト 熊野善介 (静岡大学教授)、 パネリスト 谷口裕美枝 (静岡県立伊東城ヶ崎高等学校教諭)、 パネリスト 佐藤嘉晃 (掛川市教育委員会指導主事)

### 実施状況

文部科学省、財団法人放射線利用振興協会の主催、静岡県教育委員会、富士市教育委員会の後援により開催した。受講応募者は51名、2名欠席、受講参加者は、49名であった。その内、小学校教員が12名、中学校教員が7名、高等学校教員が23名、その他大学関係教員が7名であった。セミナー実行委員として、奥野健二、熊野善介、中澤俊和の各氏及びオブザーバーとして、高木伸司氏が参加した。なお、文系教員は、中学校教員及び高等学校教員30名中8名であった。

講義1 (工藤博司氏) 地球上の天然元素は宇宙でつくられていること。また、人類はこれまで原子炉や加速器を利用して20種類以上の元素をつくってきたこと。宇宙での元素の誕生と人類による元素の合成には中性子など様々な放射線が関与すること。さらに、基礎科学の最先端の研究に着目して講演された。基礎科学の基本的な問題について質疑応答があった。

講義2 (一政祐輔氏) 環境の放射線の実態と放射線の生物影響について、食品の放射性同位元素と生物体の放射性同位元素、低線量放射線の生物作用、高線量放射線の生物作用、について話された。そのご質疑応答がなされた。

実習 指導者から霧箱の説明を受けた後、受講者全員が個々に霧箱を製作し、ウラン鉱石・空気のダストからの放射線の飛跡を観察した。その後、この実習についての解説もあり、さらに自然放射線の平易な話があり理解を深めた。

パネル討論会 エネルギー・環境問題を学校教育においてどのように展開することの可能性を様々な観点から再検討した。谷口裕美枝氏に具体的な実践事例を話した。次に佐藤嘉晃氏から、中学校教育におけるさまざまな事例や理念的な内容を話した。熊野善介氏から教員養成の立場から、全国の現状を踏まえながら、静岡大学での事例も取り入れ大学で何ができるかについて話をした。その後、討論を行った。

### 総括

このセミナーに応募した中学校・高等学校の文系教員は、全体の約2割7分と少なかった。アンケートの回答結果から、セミナー全体的としては、好評であった。講義1及び講義2についての評価は、文系教員にとっても好評であったが、一部の方にとっては、レベルの高い内容で理解し難いようだった。パネル討論会については、3人のパネリストの実践事例と解説のみに終わり、聴衆者間で討論が少なかった。今後行う際には、文系教科(文系教員)を取り入れた理系教科と融合したパネル討論会を行う工夫が必要である、と感じた。今回は、見学会の企画をしなかったが、原子力発電所あるいは放射線を利用した工場見学を希望する教員が多かった。なお、当日のセミナーの運営は、毎年行っているように現地の小学校、中学校、及び高等学校の教員それぞれ2名、計6名が携わり、会を盛り上げるとともに、柔らかな雰囲気で行うことができ盛会であった。

## 北陸地区セミナー実施報告

世話人代表 森 厚文 (金沢大学教授)

セミナーの名称: エネルギー・環境・放射線セミナー

開催日時: 平成17年8月11日(木) 10:00開始, 17:15終了

開催場所: 能美市根上学習センター 1階講堂

### セミナーのプログラム

講演1「21世紀の暮らし—環境、エネルギー、教育—」山寺秀雄 (名古屋大学名誉教授)

講演2「宇宙空間と放射線」藤高和信

(放射線医学総合研究所 特別研究員・前宇宙放射線防護プロジェクトリーダー)

演示実験『「理科実験ミュージアム」のサイエンスショーとワークショップ』

後藤 道夫 (飯田市「かざこし子どもの森公園」公園長)

話題提供「エネルギー・環境教育のための教育実践」

1. 学校全体・全教育活動の中での実践例  
倉島 茂見 (静岡県袋井市立浅羽中学校教諭)
2. 二上工業高校における新たな環境教育の取り組み  
—ISO14001 認証取得の取り組みを例に—  
村井 雅人 (富山県立二上工業高等学校)
3. 意見交換

### 実施状況

富山県・石川県・福井県教育委員会、富山市・金沢市・福井市・小松市・能美市・敦賀市教育委員会の後援を得て開催した。受講参加者は67名であった。その内、小学校教員は39名、中学校教員18名、高等学校教員5名、その他5名であった。なお、正式の申し込みのない人(教育委員会職員)を含めると、約70名の参加者があり盛況であった。

講演1「エネルギー・環境問題と教育」地球環境を人類の歴史(原始時代から現在まで)の流れで捉え、21世紀の問題の1つである地球温暖化問題について豊富な資料を掲示しながら、平易に説明され、道徳・倫理にまで踏み込んだ教育論まで言及され好評であった。

講演2「宇宙空間と放射線」宇宙線発見の歴史から、通常時における航空機の宇宙被ばく、火星飛行における宇宙飛行士の被ばく、法規制の整備の必要性にいたる興味深い内容であったが、文系の教師には難解であったかもしれない。

「演示実験」液体窒素を用いた実験などのサイエンスショー、3枚のカードからパズルを解くように正20面体を作る、さらにそれを応用してサッカーボールを作るというワークショップ、最後に放射線に関する実験について解説があった。講師の話術と科学に対する情熱により参加者を十分に満足させる内容であった。

「話題提供」中学校と高等学校の教員による授業実践例の報告があり、特に最初の報告は「環境」を「自然環境」「社会環境」「文化環境」と捉えれば、すべての教員が環境教育に参加できるという考え方に共感が得られた。

なお、昼食休憩時間にプラネタリウムの見学があり約20名の参加があった。

### 総括

参加者のアンケート回答では、セミナーの内容などについて総じて好評を得ており、次回も参加したいという人が何人かいたのは心強い。しかし、(1)参加者の期待する内容と主催者側の目的と必ずしも一致しない(2)文系の教員にも理解でき、また興味を持てる講義ができる講師の発掘(3)参加者数の確保は容易でない(世話人の意欲を持続することは難しい、後継者がいない)などの問題点があり、今後の課題であろう。

## 愛知・岐阜・三重地区セミナー実施報告書

世話人代表 森 千鶴夫

**セミナーの名称：**エネルギー・環境・放射線セミナー

**開催日時：**平成 17 年 8 月 17 日（水）9：00 開始、17：00 終了

**開催場所：**蒲郡市民会館（愛知県蒲郡市栄町 1185 番地）

### セミナーのプログラム

講演 1 「21 世紀の暮らし ー環境・エネルギー・教育ー」

山寺 秀雄（名古屋大学名誉教授、大同工業大学名誉教授）

講演 2 「科学技術文明の陰と光 ー科学技術・放射線・原子力に関連してー」

森 千鶴夫（名古屋大学名誉教授）

アンケート結果の発表と解説 大野 和子（愛知医科大学講師）

緒方 良至（名古屋大学医学部助手）

実験 「放射線を見よう！ 測ろう！」

高橋 郁子（名城大学）、杉本 勇二（株イング）、放射線利用振興協会

教育実践発表と討論 「蒲郡市での 2 学期制の取り組みについて」

浅井 猛（蒲郡市教育委員会学校教育課主幹）

「総合的な学習の時間における出張授業の活用ー環境放射線を測るー」

小田 泰史（蒲郡市立蒲郡中学校教諭）

### 実施状況

文部科学省・放射線利用振興協会の主催、NPO 法人放射線教育フォーラムの共催、愛知県、蒲郡市、豊橋市、田原市、豊川市、岡崎市、豊田市の各市教育委員会の後援で開催した。申込者 54 名、受講者 54 名、うち小学 14 名、中学 14 名、高校 24 名、教育委員会 2 名、文系 19 名、理系 35 名であった。参加者の募集にかなり苦しんだが、協力的な教育委員会の呼びかけや校長会、研究会等への山寺、森のやや個人的な働きかけが効を奏した。

講演 1：地球環境の劣化は人類社会の存続を危うくしている。人類が減びないためには、どのように暮らし、どのような教育をすればよいのか、を基本的なテーマとして、生物・人類の歴史と地球環境、20 世紀の暮らし、地球温暖化、エネルギー事情、原子力の役割、などを豊富なデータをもとに説明された。続いて今後の社会、生き方はどうあるべきかを、「もの」から「こころ」への切り替えが必要であること、それに伴う教育を含む種々の問題点と処方方を説明しながら、倫理観、道徳観をも包含して述べられ、参加者に大きな感銘を与えた。

講演 2：全ての科学技術は陰と光を持っており、場合によっては放射線・原子力よりも他の科学技術のほうが陰がもたらした災厄ははるかに大きい。放射線・原子力はその発展の歴史から見ても安全確保の実績は他の科学技術よりも優れていることを実例を示しながら説明した。

アンケート結果の発表と解説：初めての試みとして、参加者にあらかじめアンケート用紙を配布し、当日の朝の受付時に受けとって整理し、昼食時に結果を報告して解説することを行った。セミナー終了後のアンケート結果によれば、かなり好評であったが、昼食時と分けて欲しかったとの意見もあった。

実験：いつものことながら大変好評であった。セミナーの目的によく合致している。

教育実践発表と討論：時間的な関係で討論は十分にできなかったが、あとのアンケート結果によれば、多くの意見が寄せられ、関心の深さが分った。

### 総括

セミナー後のアンケート結果によれば、セミナーの目的は十分達せられたと考えている。内容を少々詰め込みすぎたことなどは反省材料である。参加者の募集の仕方、参加者の若干名は出張扱いにならなかったこと、なども今後注意しなければならない。次回の参加を希望する人もいたが、セミナーの企画段階から関心をお持ちの先生方に加わって頂くような方策を、関係教育委員会とともに考えたい。

## 中国・四国地区セミナー実施報告

世話人代表 砂屋敷 忠

セミナーの名称：エネルギー・環境・放射線セミナー —総合的な学習の時間のための情報提供—

開催日時：平成17年8月19日（金） 10：00—18：00

開催場所：出雲科学館（島根県出雲市今市町1900—2）

### セミナーのプログラム

基調講演 エネルギー・環境教育について

有馬 朗人（日本科学技術振興財団理事長、東京大学名誉教授）

講演 これからの教育の目指す方向 清原 洋一（文部科学省教育課程課 教科調査官）

実験 身の回りの放射線の観察 中村 麻利子（鳥取大学工学部）

実践報告1 サケ・カジカガエルを通じた環境学習の取り組み

原 美智子（出雲市立鱒淵小学校教諭）、持田 知津（同小学校猪目分校教諭）

実践報告2 地域の特色を生かした総合的な学習 原 幹雄（出雲市立乙立小学校校長）

### 実施状況

文部科学省、放射線利用振興協会の主催、出雲市教育委員会、鳥取県、島根県、岡山県、広島県、徳島県、香川県、愛媛県、高知県の各教育委員会の後援、出雲市の協賛により開催した。参加者は71名（1名は任意参加）で、小学校25（35%）、中学校21（21%）、中・高校1（1%）、高校25（35%）、その他5（7%）であった。教諭46名（65%）、管理職15（30%）、その他4（5%）で、文系18（25%）、理科系29（41%）、どちらともいえないもの24（34%）で小学校教諭の場合などが含まれていた。

実行委員の高橋忠義、向井景昭、宮崎英雄、加藤一孝、坂田祐司、砂屋敷忠が参加、事務局から飯利雄一副会長が出席した。

基調講演は、学力低下、なかでも理科の教育について、議論されているが、数年間隔で行われる小中学校学童の調査では、理科、数学の成績の低下は見られない。むしろ近年は向上の傾向にあり、今後に対し、理解力や応用力を持たせる教育—総合的な学習の時間の充実と運用の工夫を希望した。

講演は、小・中学校における学力についての国際的な調査や国内の教育課程実施状況調査などを分析、これからの教育について課題と改善への提言がされ、授業改善、読解力向上へのプログラムを紹介した。

実験は、放射線について概説し、簡易霧箱の作成とキットの添付線源による観察、出雲市近郊で採取した温泉水のラドンを用いた観察を指導した。また、日常用具を工夫しての霧箱作成も紹介。

実践報告1は、小規模校での総合学習を年次継続して取り組んだ状況を、本校はサケの捕獲から放流、遡上を、分校はカジカガエルの生態を通じて、自然環境や人びとの生活を観察し、環境・地域とのつながりなどの学習プログラムを報告した。

実践報告2は、奥出雲地域で過去に「たたら製鉄」が行われていたことに着目、歴史や文化と体験を地域の人たちの協力を得て教材化して取り組んだ「体験学習」を報告した。

休憩時間に、大型霧箱、発電所模型（原子力・火力）、サーベイメータの供覧を行った。

### 総括

教育問題が重複した感があるが、目下の関心事である「学力低下」の調査の内容を紹介して、テストの表面的な評論に流されず自信をもって教育に当たるために、文部科学省の方針などが聞けたのは有益だったと思われる。有馬先生のエネルギー問題の講演内容は資料に詳しく述べられた。実験は、毎回のように放射線の存在を驚きをもって実感させるものであった。実践報告はエネルギーや放射線に関連がないものの、環境問題や生命、伝統を通して、自ら学び、考えることの大切さを体験させている。

アンケート調査でも各講演とも好評であり、内容について肯定的な回答がよせられた。さらに、参加者は、原子力関係の講演や原子力発電所などの見学、実験の拡充を望んでおり、会期についても2日間を希望する回答が少なくなかった。これからは放射線関連のテーマを増やすこと、ゆとりのあるセミナー、参加者の交流のために日程の工夫が必要である。会場の科学館も雰囲気良かったようだ。

## 平成17年度 近畿地区セミナー実施報告書

実行委員会委員長 鶴田 隆雄

セミナーの名称：エネルギー・環境・放射線セミナー

メインテーマ：21世紀のエネルギー・環境・放射線

——「総合的な学習」のさらなる発展のために——

開催日時：平成17年8月29日（月）9:30-19:40

開催場所：主会場（講演）：U・コミュニティホテル・ホール（東大阪市）

見学会場（見学及び意見交換会）：近畿大学原子力研究所（東大阪市）

### プログラム

- 9:40-10:30 講演1：放射線医療の今：細野 眞（近畿大学医学部助教授）  
10:40-11:30 講演2：これからの時代のエネルギー・環境と原子力  
：大澤孝明（近畿大学理工学部教授）  
11:30-12:00 講演3：教育・研究用原子炉について  
：鶴田隆雄（近畿大学原子力研究所教授）  
13:30-17:30 見学1：原子炉の運転見学：堀口哲男（近畿大学原子力研究所講師）  
渥美寿雄（近畿大学理工学部助教授）  
見学2：放射線の量の測定：杉浦紳之（近畿大学原子力研究所講師）  
古田雅一（大阪府立大学理学部助教授）  
見学3：半減期とエネルギーの測定：伊藤眞（近畿大学原子力研究所教授）  
上田良夫（大阪大学工学研究科助教授）  
18:00-19:30 意見交換会：（司会）鶴田隆雄（近畿大学原子力研究所教授）  
柴田誠一（京都大学原子炉実験所教授）

### 実施状況

受講申し込み者は44名、受講者は42名、意見交換会への出席者は14名であった。受講者の府県別内訳は、滋賀県：2、京都府：3、奈良県：4、和歌山県：2、兵庫県：11、大阪府：20、学校別内訳は、小学校：15、中学校：12、高等学校：11、その他：4であった。セミナー当日、さまざまな役割を分担した実行委員はじめスタッフの総数は26名。また、フォーラムから高木伸司氏と黒杭清治氏の出席があった。

講演1は、放射線の発見と医療への応用の歴史に始まり、がんの新しい診断法：PETの詳しい解説があった。次に、新しい放射線治療法として定位放射線照射、強度変調放射線治療及び核医学治療の紹介があり、最後に放射線診断・治療における放射線被ばくの問題を取り上げ、多くの場合、被ばくのリスクよりも放射線を使うメリットの方が大きいことが述べられた。どの項目でも、具体的な症例をあげての詳しい説明があった。受講者からは、分かりやすく内容も身近で良かった、との感想が数多く寄せられた。講演2では、「宇宙史・地球史のなかでの原子力」の副題のもとに、原子力が我々の宇宙を構成してきた根源的エネルギーであることを前提に、これからの時代のエネルギー・環境とそその原子力の位置づけについて豊富なデータを使っての説明があった。内容的に詳しく分かりやすい、環境問題について生徒に話すときに参考になる、などの感想が寄せられた。講演3では、近畿大炉の特徴についての紹介ののち、午後の見学の見どころの紹介と見学上の注意事項の説明があった。午後の見学に期待がもてた、などの感想が寄せられた。

見学1には、百聞は一見に如かず、自分で触って操作することによって実感できた、臨界について正しい知識を得ることができた、などの感想が寄せられた。見学2には、日頃触れることのない測定機器を実際に扱えてよかった、運転状況、距離等により測定値が大きく変化することがよくわかった、などの感想が寄せられた。見学3には、装置のしくみと測定の意義がよく分かった、具体的な使用例やエピソードを交えていただいて身近に感じることができた、などの感想が寄せられた。見学全体には、分かりやすく丁寧に説明していただき理解が進みました、貴重な体験ができました、といった感想が寄せられた。

意見交換会では、受講者から日頃の教育実践報告があり、また、セミナー受講の動機や感想などをお話いただき、それらを基に討論を進めた。

### 総括

受講者を3班に分け、3つの運転・測定を順次見学するというプランがスムーズに進行するであろうかとの危惧があったが、スタッフの方々の周到な準備と受講の先生方の協力のおかげで滞りなく進行しはっとしている。今後とも、できるだけ見学や実習を取り入れたセミナーを企画してゆきたい。「こんな研究をやっている、こんなに役に立つ、という部分を沢山紹介していただけると、授業のなかで子ども達に伝え、夢を拡げられる」との声が寄せられている。いかに役立っているかを説明し、夢を語り、現実の問題点・課題に対してもしっかりと根拠に基づき説明してゆく姿勢が求められていると考える。

## 北関東地区セミナー実施報告

世話人代表 伊藤泰男

**セミナーの名称：** エネルギー・環境・放射線セミナー  
**開催日時：** 平成17年11月2日  
**開催場所：** 日本原子力研究開発機構・大洗研究開発センター、安全情報交流棟  
(元日本原子力研究所・大洗研究所)

### セミナーのプログラム

特別講演「日本のエネルギー・環境教育の現状と将来の課題」  
有馬朗人 (東京大学名誉教授、元文部大臣)  
講演 「エネルギー・環境問題と水素」  
塩沢周策  
(日本原子力研究開発機構・大洗研究開発センター・原子力水素研究統括者)  
企画 「Q&A」  
施設見学 高温工学試験研究炉 (HTTR)

### 実施状況

茨城県教育委員会と大洗町教育委員会の後援を得て行われた。受講申込は74名、実際の参加は68名であった。この他にオブザーバー参加が1名あった。参加者内訳は、小学校30(内、教頭以上11)、中学校26(教頭以上3)、高等学校4、教育委員会5、その他4であった。地区別では、大洗町29、東茨城地区学校15、水戸10、ひたちなか市5、その他4(以上茨城県)、栃木県3、群馬県2、埼玉県1であった。

**特別講演** 「日本のエネルギー・環境教育の現状と将来の課題」とエネルギー問題、教育問題いずれにも対応できるタイトルであったが、「エネルギー・環境問題と教育」と題する講演テキストが配布され、実際には「日本の教育の現状と課題」の話であった。有馬講師の話し方は分かりやすいと好評であった。

**講演** 「エネルギー・環境問題と水素」 現在のエネルギー問題、将来のエネルギー利用形態としての水素利用、水素を造るエネルギー源としての原子力の可能性などが、要領よく解説された。塩沢講師の話も極めて手際が良く分かりやすいと好評であった。

**企画 Q&A** 参加予定者に予めアンケート方式で質問事項を聴取しておいた。独自の質問が少なく、アンケート用紙に質問例として記載しておいたものを選択する人が多かったため、結局その中から選択の多かったものを世話人が交代で、1件につき2ページにプリントした回答をもとに解説した。この企画も概ね好評であった。改善が必要とする意見もあったが、主としてテキストを読む形で説明が行われて視覚に訴える部分が少なかったのが原因と思われる。

**施設見学** 参加者を4班に分けて、高温ガス試験炉HTTRと水素製造技術の試験装置を見学した。水素製造の開発現場など実感をもって見て良かったとの感想が多かった。この見学のために手配したバスの配車が滞って、終了時刻を大幅に超過したことについてクレームがつけられた。

**総括** 茨城県は教員に対する原子力教育を既に頻繁に行っているため、本セミナーへの参加は少ないのではないかと危惧していたが、予想外の参加数であった。これは、大洗教育委員会が積極的に協力して動員をかけるのに近い対応をしてくれたためである。何時もこのようなやり方ができるわけではないが、参加して良かったという意見も少なくなかったのは良い印である。現場の先生達は良い企画を知るポジションに居ないのだと思われる。そこをどのように開拓して行くべきかが課題であろう。

## 九州・沖縄地区セミナー実施報告

世話人代表 百島則幸(熊本大学理学部)

セミナーの名称:九州・沖縄地区エネルギー・環境。放射線セミナー

開催日時:平成 17 年 11 月 25 日(金)9:00 ~ 17:30

開催場所:チサンホテル熊本

### セミナーのプログラム

講演 1:「エネルギー・環境問題と教育」

有馬朗人(東京大学名誉教授、元文部大臣・科学技術庁長官)

講演 2:「マイクロコズモと放射線」

武田洋(放射線医学総合研究所チームリーダー)

昼食と交流会 司会:松浦辰男(放射線教育フォーラム)

実験 1「霧箱作製と目で見る放射線」

松岡信明(九州環境管理協会分析科学部長)

実験 2「足で測る環境放射線—はかるくんのデータが示す熊本市街地の環境放射線」

上村実也(熊本大学工学部技術部技術専門職員)

### 実施状況

文部科学省、(財)放射線利用振興協会主催、NPO 法人放射線教育フォーラム共催、熊本県教育委員会、熊本市教育委員会後援により開催した。受講申込者 37 名、受講者 36 名(小学校 12 名、中学校 10 名、高等学校 12 名、教育委員会 2 名)(中学校と高等学校の文系 11 名、中学校と高等学校の理系 11 名)とその他 12 名(世話人 3 名、大学生 5 名、実験担当者 4 名)が参加した。

講演 1 では講演時間が限られていることもあり教育に重点を置いた講演であった。文部省の指導要領の改訂と学力低下について、本当に関係があるのかどうか、学力調査結果の解析と検討が行われた。また、放射線教育を含めて、従来の記憶重視型教育の問題点が指摘された。

講演 2 では、放射線のリスク評価に関して、化学物質や環境因子との影響を比較できる実験系としてのマイクロコズムの紹介があった。大腸菌、ユーグレナ、テトラヒメナで構成されるマイクロコズムに、放射線や化学物質などの負荷を与えたとき、個体数をエンドポイントとした場合に、同等の影響を与える負荷量が比較された。

実験 1 では、放射能と放射線の基礎講義に続き、霧箱を製作して、放射線を目で直接観察した。

実験 2 では、「はかるくん」を用いて会場周辺の環境放射線量を測定して分布図を作成した。場所による環境放射線量の違いについて検討を行った。

### 総括

講演 1 は参加者の関心が高く、記憶重視型教育と少子化に進みつつあるわが国の将来について質問があつた。無試験で希望者全員が大学に進学できる時代に近づき、ますます大学の質が問われ、大学格差は広がるとの見通しが示された。将来の教育システムは、能力の横並びを目指すのではなく、秀でた能力をさらに伸ばすことが必要との意見があつた。放射線影響は、人を含めた個々の生物個体に現れるが、環境影響は、生態系としての環境を考えなければいけないことが、講演 2 では具体的データとして示され、エネルギーと環境問題を同時に考える必要性を教えられた。昼休みの交流会では、原子力発電所の立地条件について質問があり、環境的条件と社会的条件があることを説明した。エネルギー源としてわが国の原子力発電所の安全性の理解に役立ったと思われる。

二つの実験はいずれも好評で、実験 1 の霧箱では、全員が放射線飛跡をうまく観察することができた。同じ実験を中学生を対象に行つた場合と比べると、「小中高の先生は要領が良い」との実験講師のお話であつた。実験 2 では、「はかるくん」で野外測定を行ったが、野外測定の時間が短かった。実験後、受講者の方からは「はかるくん」の借用方法の質問があり、本セミナーの成果を、早速、教育現場で利用して頂けることになりそうである。

## 東北地区セミナー実施報告

世話人代表 関根 勉（東北大学大学院理学研究科 助教授）

セミナーの名称：エネルギー・環境・放射線セミナー

開催日時：平成17年12月3日（土）10時から17時

開催場所：仙台国際センター

### プログラム

講演1 「21世紀のエネルギー・環境問題－暮らしは、教育は、どうあるべきか」山寺秀雄（名古屋大学名誉教授）

講演2 「現代の医療被曝について」山口慶一郎（仙台厚生病院）

講演3 「宮城県における環境・放射線への取り組みについて」須藤幸蔵（元宮城県環境生活部次長）

実習 「マイクロスケール化学実験」荻野和子（国際基督教大学オスマー記念自然科学客員教授）熊野ひろみ（元東北大学医療技術短期大学非常勤講師）

自由討論 玉木洋一（宮城教育大学教授）、江田 稔（青森大学大学院教授）、長谷川罔彦（静岡大学名誉教授）

実施状況：参加者は53名であった。内訳は次のとおりである。

- ・青森16名（小14名、中2名）（理系以外13名）
- ・岩手6名（小3名、高3名）（理系以外1名）
- ・秋田6名（高6名）（理系以外4名）
- ・宮城20名（小9名、中8名、高1名、兼中高1名、他1名）（理系以外16名）
- ・山形3名（小1名、中1名、高1名）（理系以外2名）
- ・福島2名（中1名、他1名）（理系以外1名）

講演1では、エネルギー消費やエネルギー生産方法の詳しい比較などを交えながら、「人間の豊かさとは何か？」という命題に言及され、エネルギーに対する人間の考え方を根本的に問われる講演であった。また、宮城県に関連する話題にも触れられた。

講演2では、放射線を用いた診療や治療による被ばくに重点がおかれ、被験者への情報の開示により、“クスリ”と“リスク”の理解を得るという演者の真摯な態度が印象に残った。

講演3では、宮城県女川原子力発電所周辺における宮城県の環境モニタリングや避難訓練など、主に発電所周辺環境監視に関する宮城県の取り組みの紹介があった。また、二酸化炭素低減運動における宮城県の取り組みも紹介されたが、産業界における低減が進んでいるのに対し、家庭からの排出は増加していることが指摘された。

実習では、プラスチック製のセルプレートを巧みに使った「マイクロスケール化学実験」に参加者に体験してもらった。紫キャベツの色素を用いたpH測定、水の電気分解で生じる水素と酸素の爆鳴実験、NaCl水溶液の電気分解、電池の作成などを1時間20分程度の時間内に要領よく終えた。自由討論では、3人のパネリストによる話題提供と議論を行った。

総括：参加申込では、東北地区以外の地域からの参加希望問い合わせが数件あった。ほとんどのセミナーが夏休みに集中して行われているために、その際の都合により参加できず、遅れて開催される東北地区へ参加したいとの理由が述べられた。また、内容に興味があるからとの理由の方もあった。

アンケートの結果を見ると、予想した以上にそれぞれ好評であり、世話人としては大変うれしかった。講演1では、「内容が豊富すぎるのもっと時間を長くして欲しい」に代表されるような「もっと聞きたい」というようなコメントが目立った。また講演2では「放射線のメリット・デメリットを正直にお話くださった」、「医療における放射線の必要性和医療被曝についてわかった」など、「危険だと思っていたものがどのくらい危険でどのくらい役立つのか、正しく理解する」という方向に考えが向いた。実習の評判も大変よく、「戻ってさっそくやってみよう」、「わかりやすく楽しめた」等の意見が目についた。

参加者の「今後のセミナーにおける希望欄」をみると、「出前授業」や「出前講座」などを希望されている先生が何名もおられた。また原子力発電所の見学希望も目に付いた。

## 南関東地区セミナー実施報告

世話人代表 黒杭 清治

セミナーの名称：エネルギー・環境・放射線セミナー

開催日時 平成18年2月11日(土) 12:50~17:55 12日(日) 10:00~16:55

開催場所：日本科学未来館

### セミナーのプログラム

#### 第1日目

【実践報告】 エネルギー問題を「総合的な学習の時間」に組み込んだ授業展開例

広島市立観音中学校教諭 原田 忠則

【講義】「放射能・放射線用語基礎講座」

千葉県立船橋高等学校教諭 船田 優

【講演1】「海は死んでしまったのか！」

東洋大学生命科学部 教授 井上 明

【講演2】なぜ風評被害をなくせないのか

元読売新聞論説委員 中村 政雄

#### 第2日目

【基調講演】「日本のエネルギー・環境教育の現状と今後の教育課題」会長 有馬 朗人

【講演3】ここまできた癌診断 東京女子医科大学 放射線科教授 日下部 きよ子

【実習1】「霧箱を自作し目で見る放射線」

放射線利用振興協会 千田 充久

【実習2】「放射線測定器の自作と自然放射線の測定」千葉県立柏高校教諭 三門 正吾

#### 実施状況

東京都、神奈川県、千葉県、埼玉県に新潟県、長野県を加えた。受講申込数は91名、受講参加数は72名で会議室は満員になり、スタッフの座る席に机が入れられなかった。

原田先生は「総合的な学習の時間」が単なる調べ学習ではないことを実践授業で解説。しっかりした語り口で、自らの見方考え方が明確に表現されており好評であった。

用語基礎講座は初めての試みで講義のレベルをどこに置くか戸惑いが感じられた。結果的には物理基礎講座になった。来年度からはパワーポイントを使った図示で用語解説に徹する。

井上先生はタンカーからの流出油汚染はバクテリアによって浄化されることなどの話題と海底資源やエネルギー資源(メタンハイドレート)の紹介があった。巧みな語り口、豊富な資料、原油の見本を用意されたことなどすべてが好評であった。

中村先生はなぜマスメディアは真実を伝えないのか。なぜ悪いことの報道が多いのか。なぜ勉強をしない取材しないネット頼りの記者が多くなったのかなどを具体例によって紹介した。

有馬先生は世間で騒がれているような学力低下は起こっていないということを多くのデータを示しながら語られた。アンケートに勇気付けられたと感想が書かれるなど大好評であった。

日下部先生はPETとCTを組合わせたPET-CTによってがんの位置を3次元画像として正確に捉えることができる症例をわかりやすい語り口で紹介された。放射線は悪用されると危険であるが、医療などに役立たせていると両面を話されたことが好評であった。

霧箱実習は指導する側も年々慣れてきたためか、組立てに要する時間が短くなってきた。

放射線測定器が自作でき持ち帰りができるということで、特に小・中学校の参加申込者の関心が高く53名が申し込み40名を受け付けた。ハンダ付けを必要とする部分を三門先生が事前に組立てたため予定時間内に終了したが、40+予備個の半完成品作成には時間と労力が大変であったようだ。

#### 総括

変化に富んだプログラムになったと思う。社会科教員の感想に、参加してためになる内容が予想以上に多くて良かったというのがあり、その他のアンケート結果も好評であった。

放射線測定器の自作希望大勢いて大盛況になったことは手放しで喜ばない。IT産業が栄え、科学技術立国を誇る日本で放射線を測定する器具すらない貧しい理科教育を露呈したように思う。放射線は自然界に存在し、その程度の放射線は危険ではないことを説明することはできても、児童・生徒に実感させることができない現状を改めて実感した組み立て実習であった。

## 2. 2006年度実施計画

平成17年度は前年度のセミナー参加者から寄せられた意見や提案を勘案し、また現場教職員のニーズ調査を行ってセミナー実施内容の一層の工夫と充実を図って行った。平成18年度セミナーは次に示す予定で実施される予定である。

### (1) 予定開催場所（カッコ内は開催地、開催日、世話人代表）

北海道地区（札幌、7月26日（水）見学会、27日（木）講演会、石黒亮二）、東北地区（弘前、開催予定日未定、山寺亮）、北陸地区（富山、8月11日（木）、森厚文）関東甲信越（1）（新潟県内、11月18日（土）、橋本哲夫）、関東甲信越（2）（東京、2007年2月10、11日（日、月）、黒杭清治）、静岡・山梨地区（清水、11月11日（土）、奥野健二）、愛知・岐阜・三重地区（四日市、8月17日（木）、森千鶴夫）、近畿地区（大阪、8月22日（火）、鶴田隆雄）、中国・四国地区（倉敷、8月19日（土）、砂屋敷忠）、九州・沖縄（大分県内、11月3日（金）、工藤和彦）の10地区

募集目標人数は各地区50人を標準とし、合計500人とする。参加者募集に当たってできる限り早く各都道府県の教育委員会、市町村等の教育委員会ならびに高等学校、義務教育系校長会にこのセミナーの趣旨、開催日、開催場所を説明し、協力と支援の要請を行う。

### (2) 留意点

セミナーのプログラムの内容に「総合的な学習の時間」の授業の実施に直接役立つような教材か、大いに参考となるものを盛り込む。全国10地区のプログラムを画一的な内容とせず、各地区のセミナーの特色を生かすこととし、創意工夫を加えて充実させる。このためにも各地区のセミナー企画に際しては、地区世話人だけでなく現地の学校教職員等を含めてニーズ調査を行い検討すると共に、これまで行ってきたアンケート結果と、これに加えて主催者や世話人等からの意見を加えて、できる限りマッチングさせたプログラムをつくる。

講演に関しては、エネルギー・原子力・放射線についての基礎的な問題あるいは文系と理系との境界領域にまたがる問題などの講演が「総合的な学習の時間」に役立つものと考えられる。しかし実際には、講師と教員との知識・意識、理系の教員と文系の教員との基本的な知識の格差、あるいは個人的な能力の相違、講演時間の不足などにより、十分な満足感が得られないままセミナーを終了しているのが現状である。概括的な「総合的な学習の時間」の理念や在り方にとどまらず、教科間の連携などによる具体性な教育実施経験に重点を移し、総合的な学習の時間における実践のあり方や事例をまとめていくことが必要である。さらには、産官学と市民との協力のあり方についての対策と工夫が必要である。

実験に関しては、手製の簡単な測定器で自然放射線が観察できる実習は、理系教員に限らず、文系教員にも大変好評で各地区のセミナーでは、定番化している。なお、再受講者はごく少人数ではあるが、このような教員に対しては別の実験を用意する必要がある。

交流会あるいは意見交換会については、各地区世話人の工夫によっておおむね好評であるが、現代的な風潮として集団的な行動を好まない人もあり、このような人に対しては、世話人、講師およびオブザーバーから積極的に話しにのりきっかけを作るなどの配慮が必要である。なお、交流会は、少人数のグループに分ける方式を採用すると効果的であるという報告がされている。

## 第3章 専門委員会の報告

この章では、現在活動しているいくつかの専門委員会のうち、「教育課程検討委員会」の活動についての報告、「リスク問題検討委員会」および「低レベル放射線の影響検討委員会」の両委員長による最近の情報に関する報告、及び「教科書記述調査委員会」に関して中学校の社会系教科書に関して調査した結果の報告（2006年3月、日本原子力学会で発表）の内容を収録した。

平成18年(2006)3月

## 平成17年度までの教育課程検討委員会活動の記録

委員長 黒杭 清治

### 1. 設立趣旨

放射線は学校教育(初等中等教育)のいろいろな教科・科目で取り扱われており、一部では効果的な実験も発表されているが、大部分は取り扱いが断片的で、かける時間は少ない。また、放射線の重要性に反して、一般には怖い、危ないとの印象が定着している。

これらの現状を鑑み、誤った知識を是正し、市民としての素養に不可欠な放射線についての事項を、どのように学校教育の中に組み込むかを検討するため、1998年8月に設立され現在に至っている。

### 2. 委員名簿(2005年度)

委員長	黒杭 清治	元芝浦工業大学教授
委員	飯利 雄一	(社)原子力産業会議常務相談役 元信州大学教授
同	広井 禎	未来科学技術情報館々長 元筑波大学附属高等学校教諭
同	船田 優	千葉県立船橋高等学校教諭
同	松浦 辰男	本フォーラム事務局長 立教大学名誉教授
同	三門 正吾	千葉県立柏高等学校教諭
同	村石 幸正	東京大学附属中等教育学校教諭
同	渡部 智博	立教新座中・高等学校教諭

### 3. 活動経過と成果

#### 3-1. 前年度までの活動と成果

1998年度 委員長広井禎(2002年度まで):小・中・高校生の放射線に関する知識・意識の実状を調査し、「第1回放射線教育に関する国際シンポジウム」で「放射線教育カリキュラムの課題と現状」と題して講演した。

1999年度 9月に発生したJCO臨界事故に対する生徒(卒業生を含む)の疑問を集め、初年度の意識調査に加え、そこから放射線教育のあり方を検討した。

2000年度 2年間の調査をもとに、小・中・高等学校における各教科・科目での放射線リテラシーとは何かを検討し、この検討をもとに放射線教育の授業展開例の作成を試みた。

2001年度 前年度の授業展開例をもとにして放射線教育を「総合的な学習の時間」の中にどのように取り組むかということについて検討した。

2002年度 (財)科学技術振興財団が主催する「エネルギー・環境問題総合教育用地理情報データWebシステムの構築と活用」に対して本委員会が協力し、成果をあげた。

2003年度 委員長黒杭清治

1) 放射線リテラシー育成資料作成のための基本資料収集。昨年度までに調査した放射線教育の実情資料を25ページにまとめた。

2) 三門委員が紹介した自作放射線測定器を南関東地区エネルギー・環境・放射線セミナーで演示する計画を立てた(2004年度のセミナーで実施し、2005年度以降も継続実施)。

3) 村石委員より、「データハンドリング」と命名した授業の紹介があり、この手法を「総合的な学習の時間」に組み込むことを検討。

2004年度 委員会を3回開催し、以下の活動を行った。

1) 「学生・教員の放射線に対する知識・意識と学校教育での放射線リテラシー育成」

大学生、教員を対象に「放射線に対する知識・意識アンケート」を行い、「第3回放射線に対する知識・意識と学校教育に関する国際シンポジウム」でポスター発表。また、教員のアンケート集計結果についての意見・感想を約100名の理科教員に再アンケートの形で尋ね、これまでの成果と共に16ページの報告書にまとめた。

2) 放射線モジュラー教材の検討・自作放射線測定機器による実験

教材(原子核の崩壊 放射線と人体など) 実験(原子核崩壊の模擬実験 身近な放射線の測定など)について検討した。また、室内の浮遊帯電微粒子を風船で集め、自然放射能(主としてラドンの崩壊生成物)を三門委員自作の放射線測定器で計測できることを確認した。更に、各委員からの意見をもとに三門委員が演示方法を工夫し、その成果を「平成16年度南関東地区エネルギー・環境・放射線セミナー」の演示実験(平成17年3月5日実施)として受講者に披露し、大変講評であり当分の間毎年実施することになった。

3-2. 2005年度の活動 前年度までの蓄積をもとに下記資料集作成の具体的作業に入った。

1) 発達段階別・項目別放射能・放射線リテラシー育成のための計画案作成

「放射線」「エネルギー」「環境」を3本柱にし、最低限必要と思われる具体的事項を次表のような関係で表す。現在各委員が分担して具体例の作成中

テーマ	小学校	中学校	高等学校
放射線	例. 「はかるくん」で自然放射線を測り、見えないものを見る「感動」を与える。 例. レントゲンによる健康診断など。	例. 放射線の種類。 例. 社会における放射線の役割	3本柱が有機的につながるような内容を盛り込む。  理科に限らず、多くの教科にこれらの観点を盛り込みたい。
エネルギー	例. 発電所の見学 例. 「エネルギー」の役割	例. 発電所の仕組み	
環境	身の回りの環境	「環境」には「放射線」をはじめさまざまなものが存在し「エネルギー」が密接にかかわる。	

2) 『教員の放射能・放射線リテラシー向上のための資料集』作成計画

一般市民も含めて、全ての教員が教科にかかわらず原子力・放射能・放射線について、この程度の知識・意識をもって貰いたいと思う資料集を作成することになった。次年度以降に完成させる資料集は学校のみならず、一般社会に向けて働きかける放射能・放射線リテラシー向上のための資料として活用したいと考えている。おおよそ次のような構成になる予定である。

- 序章 一般教員が最低限知っておきたい放射能・放射線知識 (担当: 黒杭)
- I章 放射能・放射線用語の基礎知識 (担当: 船田)
- II章 放射線の健康への影響 (担当: 未定)
- III章 誤解しやすい原子力・放射能・放射線の知識「Q&A」(担当: 黒杭)
- IV章 理科教員のための放射能・放射線モジュール教材 (担当: 渡部)

以下に、作成中の資料集(資料集の標題にリテラシー向上のための～という言葉は入れません)についての未完の原稿(または関連資料)を示す。

## 序章

(3 回別々に書いたものを列記してありますが最終的には短く 1 つにまとめます)。

### 原子力に対する一般市民の懸念

『スリーマイル、チェルノブイリ原発事故を背景にして、スウェーデン、ドイツなどでは原発の段階的廃止を決め、イタリアは全廃した。わが国でも「もんじゅ」のナトリウム漏れ、JCO ウラン加工工場での臨界事故、関電美浜原発で死者を出す事故を始め、東電のデータ改ざんなど一連の不祥事によって、一般市民の原子力に対する安全性への懸念が高まり、信頼が損なわれている』。

2005 年 6 月原子力委員会策定会議より発表された「原子力に関する政策大綱 (案)」に対しての一般からの意見をまとめてみますと、多くの市民が上記『 』内のような懸念をもっていることがわかります。しかし、これらの意見には科学的に正しい知識が乏しい、あるいは誤った知識をもとにした誤解によるものが多く、この傾向は日本原子力文化振興財団が行ったアンケート調査<sup>1)</sup>、<sup>2)</sup> や本委員会が 2003 年度南関東地区エネルギー・環境・放射線セミナーの受講者に行ったアンケート調査の結果ともよく一致しています。

### 教育の背景・社会環境

一般市民 (含青少年・教員) が原子力・放射能・放射線などについてどのような社会環境下のもとで情報を得ているのかをまとめて見ると次のようになります。

- ① 学校では教えない。家庭でも話題にならない。
- ② 知識をもっていて、もっていなくても、関心がなくても日常生活に支障がない。
- ③ 情報源は大部分がマスメディアやインターネットである。
- ④ 「原発は危険」「高レベル核廃棄物処理が確立されていないから原発反対」「新エネルギーを開発すればよい」「日本もヨーロッパに習い脱原発を」と考えている一般市民が多いのは、多分にマスメディアの報道姿勢の影響を受けた結果と考えられる。
- ⑤ 誤った情報を正しいと信じている教員・親がそのことを口にすれば、青少年は二重、三重に誤った情報を正しいものと信じ込む。

### 一般教員が最低限知っておきたい放射能・放射線の基礎知識

放射線は、宇宙創生のときから赤外線、紫外線、電磁波などと共に自然界に存在し、生物はこれらを浴びながら生き、進化してきました。これは、自然放射線程度の線量 (年間 2.4 ミシーベルト程度) を浴びてもまったく問題がないという証拠です。最低限知っておいてもらいたい放射能・放射線の基礎知識を次の 3 つにまとめました。

1. 放射線がたとえ強烈であっても線源から離れば、放射線量は距離の自乗に反比例して弱くなり、厚いコンクリートの壁などを突き抜けない。この離れる、遮蔽することに、放射線を受ける時間を短くするというを加えた 3 原則さえ基本として心得ておけば、放射能・放射線を過剰に恐れる必要はない。
2. 放射線は放射線量が同じであれば、天然のものと人工のものとの、人体が受ける影響に差はない。通常の医療診断に用いられる程度の放射線による人体への影響はない。
3. 放射線を多量に浴びれば危険であることには違いないが、紫外線も多量に浴びれば危険であり、自然界、合成物質にも危険な物質がたくさんある。医薬も劇物・毒物であり、多量に用いれば危険であり、食塩でも多量に摂取すれば危険である。量の概念をもたなければ、危険か危険でないかを定めることはできない。

放射線を他の危険物と区別し、有用であることには目が向かず、極度に恐れ、怖がる人がいます。人類は役立つものを、危険ではあっても安全にコントロールして使いこなし、生活を豊かにしてきました。放射線もそのうちの 1 つであり、医療のほか、非破壊検査、工業製品の品質改善、育種、発芽防止など、工業・農業の多分野に使われ、人々の福祉に貢献しています。

放射線は存在すれば危険 → 恐怖という概念・連想をなくす意識改革が必要です。

## 第I章 放射能・放射線用語の基礎知識

2005年度の「南関東地区エネルギー・環境・放射線セミナー」に「放射能・放射線用語基礎講座」が加えられた。(講師：教育課程検討委員会委員 船田優) その時配付されたテキストに掲載された用語集に若干手直しをしたものが以下のものである。多くの用語のうち、高等学校の「理科総合A」に出てくる程度の、比較的初級のレベルに相当するものを選んである。まだ改善すべき余地があるとおもわれるので、ご指摘を歓迎する。

- アルファ線 ( $\alpha$ 線) ……原子核の放射性崩壊の際に放出される放射線の一種で、陽子2個と中性子2個からなる粒子、すなわちヘリウム原子核の高速の流れ。ウラン・ラジウムなどの原子核から放出される。
- ウラン……………原子番号92の元素。元素記号はU。天然の同位体にはウラン238とウラン235などがある。
- ウラン235……………質量数235のウラン。中性子を吸収して核分裂をおこす性質がある。
- エックス線 (X線) ……高エネルギーの電磁波である。X線管などで、高速電子等が物質原子に衝突したときに発生する。物質を透過する力が強い。
- 核エネルギー……………原子核反応、原子核分裂など、原子核の構成の変化に伴って放出されるエネルギー。核分裂連鎖反応のエネルギーを原子炉を使って実用に供する場合、原子エネルギー、原子力ともいう。
- 核燃料サイクル……………原子炉に用いる核燃料の採鉱から廃棄までの流れを言う。特に原子炉で使用後の核燃料を再処理して核分裂生成物を除去し、ウランとプルトニウムを再利用するサイクルを指すことが多い。
- 核反応……………原子核同士または原子核と中性子、光子などとの衝突によって起こる異なる原子核が生成する過程のこと。核分裂や核融合もこの1種である。
- 核融合……………水素原子核が結合してヘリウム原子核になるように、2つの軽い原子核が合体する原子核反応のこと。太陽などの恒星のなかで起きている反応である。
- ガンマ線 ( $\gamma$ 線) ……放射性崩壊など原子核の状態変化の際に放出される放射線で、波長の短い電磁波。 $\alpha$ 線、 $\beta$ 線に伴って放出されることが多い。
- 霧箱……………過飽和蒸気中で荷電粒子の電離作用によって飛跡に沿って生成された高密度のイオンを核にして微小液滴ができる現象を利用して、粒子の飛跡を観察する放射線検出器。飛行機雲のできる原理とほぼ同じである。
- グレイ……………吸収線量の単位。記号はGy。1kgの物質に1Jの放射線エネルギーが吸収されたとき、その吸収線量を1Gyという。
- 原子核……………原子の中心にあり、陽子と中性子により構成される。原子のおよそ10万分の1の大きさであるが、原子の質量の大半が集中する。構成する陽子の数によって元素の種類が決まる。
- 原子核の崩壊……………原子核が $\alpha$ 線、 $\beta$ 線などを放出して異なる元素の原子核になる反応。生成した原子核は娘核といい、もとの原子核である親核よりエネルギーは低い。同時に $\gamma$ 線が放出されることが多い。
- 原子核反応……………核反応と同じ。原子核相互または原子核と陽子、中性子、光子などとの衝突によって起こる核変換の過程のこと。吸収や分裂があり荷電粒子や $\gamma$ 線が放出される。
- 原子力……………狭義には原子核反応を利用して得られるエネルギーのことであり、核

- エネルギーと同義であるが、広義には放射線利用まで含む。
- 原子力エネルギー……………ウラン、プルトニウム等の核分裂の際、発生するエネルギーのこと。水素原子核どおしが衝突、融合してヘリウム原子核ができる核融合反応により放出されるエネルギーも含める場合もある。
- 原子力発電……………原子炉で発生する原子核エネルギーを熱エネルギーに変換して、それで水を沸騰させ、その蒸気の力で発電機を回して電気エネルギーとして取り出す仕組みをいう。
- 原子炉……………ウラン、プルトニウムなどの核燃料物質を用いて核分裂の連鎖反応を制御しながら持続させることによって核エネルギーを発生させる装置。発電、熱源、動力源、放射性同位元素の生成、中性子照射、その他種々の研究に利用される。
- 高速増殖炉……………核分裂で生じた高速の中性子を利用して、燃えないウラン 238 を燃えるプルトニウム 239 に転換することにより、消費する燃料より多くの燃料を生成する原子炉。トリウム資源を利用する増殖炉も提案されている。
- 自然放射線……………大地、大気、動植物等のなかに存在する天然の放射性同位体から放出される放射線および宇宙線のことであり、人工放射線と対比される。
- 質量数……………原子核を構成する陽子の数と中性子の数の合計。ウラン 235 のように原子核の名称を表す記号の後ろに書かれる場合が多い。
- シーベルト……………放射線を受けた人体の影響の尺度を表す線量単位である。記号は Sv。放射線の種類による人体への影響を考慮して定めたものである。β線、γ線、X線では 1 Gy は 1 Sv に相当するが、α線では 1 Gy は 20 Sv に相当する。
- 人工放射線……………レントゲン検査に使われる X線のように、原子力発電、医療機器などの人工的な手段で発生する放射線の総称であり、自然放射線と対比される。
- 制御棒……………原子炉中の核分裂反応を制御し、原子炉からのエネルギー出力を調整するために使われる構造物。ホウ素、カドミウムなど熱中性子を吸収しやすい物質で製作する。この棒を十分に原子炉に挿入すれば核分裂連鎖反応は止まる。
- 中性子……………陽子とともに原子核を構成する粒子である。電荷を持たないので陽子のもつ正電荷から反発は受けなため、原子核に入り込みやすい。原子炉の核分裂連鎖反応の要となる粒子である。
- 中性子線……………原子核反応によって発生する中性子の流れ。
- 同位体……………原子番号つまり陽子数が同じで中性子の数が異なる原子または原子核の種類。同位元素、アイソトープともいう。
- 半減期……………放射性同位体の量が 1/2 まで減少する時間であり、特定の放射性同位体に固有の値をもつ。物理的半減期ともいう。生体あるいはその組織・器官に取り込まれた放射性物質が代謝、排出などの生物学的過程により 1/2 まで減少する時間については生物学的半減期と言う。
- 非破壊検査……………物体を破壊せずにその内部の欠陥を調べる技術であり、X線やγ線など透過力の大きい放射線が広く利用される。
- プルトニウム……………原子番号 94 の元素。元素記号は Pu。天然には存在しない元素の一つである。質量数 239 のプルトニウム 239 は原子炉のなかでウラン 238 が中性子を吸収して後に生成する物質である。
- ベータ線……………原子核から飛び出した高速の電子の流れ。
- ベクレル……………放射能の大きさの単位である。記号は Bq。1 秒間に 1 個の原子核が

崩壊する放射能の強さが1ベクレルである。

- 放射性壊変……………放射性崩壊ともいう。
- 放射性元素……………同位体のうち放射能をもつ元素であり、放射性同位体ともいう。
- 放射性廃棄物……………原子力発電等の放射性物質の利用において副産物として発生する放射性物質を含む廃棄物のことである。
- 放射性物質……………放射性同位元素を含む物質の一般的な名称。法律によって、ある定められた値以上の放射能や放射能濃度をもつ物質を指す。
- 放射性崩壊……………不安定な原子核が $\alpha$ 線や $\beta$ 線を放出して別種の原子核に変わること。放射性壊変と同意。
- 放射線……………高速粒子の流れあるいは高エネルギーも電磁波で、物体の姿・形を崩すことなく物体を通り抜け、通り抜ける途中のところどころで化学反応を起こす、あるいは核反応を起こす。
- 放射線遮蔽……………人体のように放射線によって影響を受けやすい物体の放射線被曝を減らすため、放射線を吸収しやすい物体によって放射線量を遮ること。透過力の強いX線や $\gamma$ 線の遮蔽には、コンクリート、鉄、鉛などが用いられる。
- 放射線測定器……………放射線の粒子等を個別的に検知して、その数を計数したり、放射線の強度を測定する装置。GMカウンター、シンチレーション計測器、「はかるくん」などのことをいう。
- 放射線治療……………がん病巣などに放射線を当ててがん細胞等を死滅させることによって治療すること。
- 放射線の性質……………放射線は物体の姿・形を変えることなく物体を通りぬけるが、一般に物質中で電離を起こしたり物質をエネルギーの高い状態にし（励起）、時には原子核反応を起こす。放射線化学反応は電離や励起の結果である。
- 放射線の透過……………放射線は物体の姿・形を変えることなく物体を通りぬける。その透過力は放射線の種類・エネルギーによって異なり、 $\alpha$ 線 $<$  $\beta$ 線 $<$  $\gamma$ 線 $<$ 中性子線の順に、またエネルギーが高いほど強くなる。放射線の透過は通り抜ける物体を構成する物質にも依存し、一般に原子番号の高い物質からなる物体は透過しにくい。ただし中性子線は質量数の低い物質のほうが透過しにくい。また中性子線及び高エネルギーの他の放射線は特定の原子核との反応によって吸収されることがある。
- 放射能……………放射性物質が自発的に放射線を放出する性質、あるいは能力のこと。通俗的には放射性物質の意味にも使われている。
- ラジウム……………原子番号88の元素。記号はRa。9つある同位元素のすべてが放射性である。温泉水に微量含まれていることがある。
- ラジオアイソトープ……………放射性崩壊を起こす同位体、すなわち放射性同位体。RIと略されることがある。
- ラドン……………原子番号84の元素。記号はRn。ラジウムが $\alpha$ 崩壊して出来る気体状元素である。
- 臨界……………核分裂の連鎖反応において、問題としている体系内の中性子の生成と消失の均衡が保たれている状態。
- 連鎖反応……………核分裂等の反応が外部からのエネルギーの供給をうけることなく、連続的に起きること。

## 第Ⅱ章 放射線の健康への影響

本章は一般の人にとって最も関心が高い重要な章であり、本委員会委員のみでは力量不足で満足な回答が書けません。委員以外の会員の協力を希望しています。

次章（第Ⅲ章）同様、Q&A方式が良いのではないかと思います。一例

Q. 日本では、原子力施設等での放射線管理は法律等で厳しく制限されていますが、医療については制限がなく、放射線検診を安易に行い過ぎると言われています。

CT 検査で受ける放射線量は、自然界から1年間に受ける放射線量より多いと聞いていますが、健康への影響はないのでしょうか。

A. 日本での年間自然放射線量は平均 2.4 ミリシーベルト（空気から:1.3 大地から:0.5 宇宙から:0.4 食物から:0.2 ミリシーベルト）であり、医療で使われる放射線は1回あたり、CT 胸部:6.6~14.6 胃の X 線集団検診:0.6 胸部 X 線集団検診:0.05 歯科用 X 線撮影撮影:0.014 ミリシーベルトです。1年間の自然放射線量が 10、20 ミリシーベルト、多いところでは 200 ミリシーベルトの地域の人々でも健康に異常なく生活しています。胃、胸部の集団検診で受ける放射線量を気にする必要はありません。

また、数値だけを比較すると、CT 検査で受ける放射線量は自然界から1年間に受ける放射線量より多いですが、1回限りの検査で受ける放射線量と、年間を通して受ける放射線量を一概に比較することはできず、1~2回程度の CT 検査で健康への悪影響が出ている事例はありません。

医療に制限はありませんが、病巣があって CT 検査で発見できれば早期治療・治癒の可能性が高くなりますから、放射線障害を心配している人でも（実際に傷害は起きない）、CT 検査を受けないで病気が進行する可能性が高くなる道を選択する人は稀でしょう。

解説に不備があると思います。ご指摘ください。また、他にどのような Q&A ができるでしょうか例をお示ください。

### 第三章 誤解の多い原子力・放射能・放射線の知識

マスメディアによる原子力・放射能・放射線に関する報道の中から、誤解され易いものを選び、正しい知識の普及を図るための「Q&A」構成しました。誤っていたり、不適切なQ&Aがありましたらご指摘ください。

15項目作成した「Q&A」のうち一部を抜粋

**Q 1. 原子力発電所がミサイルなどで攻撃され、原子炉が破壊されたら原子炉は原子爆弾と同様の爆発を起こすのではないのでしょうか。また、爆発跡地は放射能汚染で使えなくなるのでしょうか。**

A 原子炉が破壊されても原子爆弾と同様の爆発を起こすことはありません。天然のウラン原子にはウラン 238、ウラン 235 など質量の異なる原子があり、ウランを用いた原子爆弾や原子力発電にはウラン 235 が濃縮された核燃料が用いられます。

ウランを用いた原子爆弾はウラン 235 を 100%近くまで濃縮し、分割して爆弾の中に設置してあります。このウランを火薬によって1つに合体させると臨界に達し（連鎖反応を起こし）核爆発になります。

原子力発電では発電用の核燃料（ウラン 235 を 3~5%程度含むウラン）が原子炉内でちょうど臨界に達している（連鎖反応を起こす）程度に制御されていますから、炉が破壊されて、燃料棒の被覆が壊れて燃料ペレット<sup>※</sup>が周囲に飛び散ったら臨界状態ではなくなり、連鎖反応も止まり、爆発は起きません。原子炉はたとえ破壊されても核爆発しない（原子爆弾にはならない）のです。原子炉が破壊されて燃料ペレット、核分裂生成物が飛び散ったら環境の放射線量は増加し、その除去には大変な手間と費用がかかるでしょうが、除去し終われば跡地は使えるようになります。

※燃料ペレット：酸化ウランを直径・高さとも1cmの円筒形に焼き固めたもので、燃料被覆管（燃料棒）にたくさん詰められている。ペレットは水に溶けない。割れても中から水に解け出すものはない。

**Q 6. イタリア、スウェーデン、ドイツなどの欧州諸国では原子力発電を廃止、または、廃止の決定をする国が増加している中で、日本で原子力発電を続けているのはなぜですか。**

A. わが国は原子力推進を国策にしています。しかし、原子力だけを使おうとしているのではありません。原子力は電力を安定供給するベースに位置付け、火力、水力などを最も合理的に組み合わせ（ベストミックスと呼ばれている）使っています。原子力は発電電力の 35%程度を賄っています。

イタリアは原子力発電を全廃しました。スウェーデン、ドイツは段階的廃止、オーストリアでは完成した原子力発電が運転されないままになっています。このように並べると原発廃止は時流のように見えますが、フランス、イギリス、フィンランドは原発推進国ですし、中国、インドは増設中であり、アメリカも原子力発電所建設の再開を検討し初めました。原発廃止はインドや東南アジアを含めて見ると世界的な時流とは言えません。

ヨーロッパではある国が原発を止めても、電力の不足分を地続きのフランスから買うことができますし、各国はパイプラインで結ばれ、イタリアは地中海を越えてアフリカとも結ばれているので、天然ガスの輸入も容易です。また、ドイツは石炭の産出国ですからエネルギー自給率は高いというように、それぞれ国情が違い一概に比較することはできません。

原発を廃止、あるいは縮小した国に共通しているのは、原発代替エネルギーを見つけられずに困っていることで、スウェーデンでは全廃を決めながら結局廃止したのは一機だけで、イタリアでは2003年夏、猛暑のための電力不足で大停電をしました。

わが国はなぜ原子力推進を国策にしているのでしょうか。その第一の理由はエネルギー資源が乏しく、一次エネルギーの 80%を輸入しなければならないことです。島国日本には他国と結ぶパイプ

ラインがありません。石油・天然ガスなどの化石燃料はタンカーによる海上輸送に頼るしかないので輸送コストが嵩み、また、万ストップすると大変なので備蓄しています。石油は合成樹脂、合成繊維などの原料でもありますから、単に燃料として燃やすだけでは限りある資源の無駄使いになります。

原子力発電は少ない燃料で大きいエネルギーを得ることができます。核燃料ウランの輸入先は政情の安定しているカナダ、イギリス、オーストラリアなどで、これらの国とは長期契約ができていますので備蓄、大電力の安定確保が容易です。

原子力は使い方によっては危険を伴いますが、原子力の代替エネルギー資源が見当たらないので、多重防護にしてある原子炉を安全管理を厳重にして原子力発電に頼らざるを得ないのが日本の国情です。しかし、新しい原子力発電施設の建設が進まないのは、「危険だから」というより、必要以上と思われる程の安全設計を図るようになり、地元への保障を含めると建設費が一基 4000 億～5000 億円程度かかり、経済的に得策でないという事情も生じているためです。経済を優先するのであれば、原子力発電より石炭火力発電の方が有利であるとの意見もあります。

**Q 7. 原発を廃止しても、太陽・風力・地熱・バイオマス、その他の自然エネルギー利用、燃料電池や新エネルギーの開発によって必要なエネルギーを確保することができるのではないのでしょうか。**

A. 今後技術開発が進んでも、新エネルギーは総使用電力の補完的な使い方しかできず、基幹産業の大電力を賄うことはできません（下記わが国の 1 次エネルギー需給数値参照）。

太陽エネルギー（光・熱）、風力は天候に左右され、電力として安定に供給できません。安定に供給するためには電力貯蔵技術が必要になりますが、現在の見通しでは経済的に成り立ちません。

また、太陽電池パネルは資材にコスト高のものがあり、製造の過程で大量の電力が必要です。家庭用として屋根などに小規模に設置するのなら効果がありますが、パネルの裏側は日陰になりますから、大電力を得るために広大な面積に太陽電池パネルを敷き詰めると生態系の変化が考えられません。

その他の自然エネルギーも大規模にするほど環境破壊につながるので設置には限界があります。

燃料電池は水素と酸素を化合させて電気エネルギー、熱エネルギーを取り出し、生成物は水だから無公害といわれていますが、燃料の水素を石油、メタン、アルコール、水などの分解によって得ているので、その分解反応に多量のエネルギーが必要であり、二酸化炭素を出します。今後の開発によって改善されるでしょうが、原子力発電の代替にするほどの発電量にはできません。

今後、比較的注目されているのが廃材などを使うバイオマスで、デンマークでは全発電量の 30% 近くをバイオマス発電に頼っています。

**わが国の 1 次エネルギー需給（電力だけでなく全エネルギー消費量）**

1999 年度実績 石油換算で 593 万 kl 内訳 石油 52.0% 石炭 17.4% 天然ガス 12.7%  
原子力 13.0% 水力 3.6% 地熱・新エネルギー等 1.3%

2010 年度目標 石油換算で 602 万 kl 内訳 石油 45% 石炭 19% 天然ガス 14%  
原子力 15% 水力 3% 地熱・新エネルギー等 3.2% 程度

出典：総合資源エネルギー調査会総合部会/需給部会報告書（2001 年 7 月）

**Q 8. 原子力発電所を、送電口を無視してまで都会の遠隔地に建設しているのは、事故が起きたときの被害を最小限に食い止めるためではないのでしょうか。**

A. 確かに事故が起きたときのことを考えると、過疎地の方が人的被害を最小限に食い止めることができます。しかし、わが国の原子力発電所は居住地域から一定距離を保つために広い敷地をとり、原子炉を冷却するために多量の水を必要とするので海岸が選ばれ、地震での倒壊を防ぐために、地下に活断層のない堅い岩盤の上に、その地域で考えられる最大級の地震に耐えられる構造物を設計しないと建造が許可されません。そのためには古文書まで調べて最適な場所が選ばれます。結果的に、現在原子力発電所のあるところはほとんど都会から離れた過疎地になっています。

Q10. 原子力施設で度々放射能漏れなどの事故があり、危険性がマスメディアによって警告されているにもかかわらず、原子力関係の専門家から、それらの警告を否定する発言を耳にすることがほとんどないのは、専門家も安全性に自信がもてないのではないですか。

A. わが国の原子力施設（含原子力発電所）での最大事故は、作業員2名が死んだJCO核燃料加工工場での臨界事故です。この事故でさえ外部に漏れた放射能はなく、すべての原子力施設で環境を汚染する程の放射能漏れ事故は1件もありません。原子力施設での事故率は他の産業よりずっと低い\*のですが、それでもなお原子力発電所を含めた原子力施設で度々放射能漏れなどの事故を起こしているように思っている人がたくさんいるのはなぜでしょうか。

日本原子力文化振興財団の調査によりますと、一般市民（含青少年）も、学校の教員も原子力に関する情報の大部分をマスメディアから得ていることがわかります。そしてマスメディアは原子力施設でのトラブルを、放射能漏れの起きていない些細なことまで取り上げて、いかにも危険だと不安を煽るような報道姿勢を取っています。一般にマスメディアの報道は客観的で真実を伝えていていると思われるから、原子力に対する不安が現在のようになっているのでしょうか。

\*岡 芳明氏（東京大学工学系研究科原子力工学研究施設 教授）によると、スイスの研究所で4290件の事故の統計を分析したところ、原子力発電の発電電力当たりの死者の数を1（チェルノブイリを含めて）とすると、水力101、石炭火力39、ガス火力10となる結果が出たという。（エネルギーレビュー2004.1号より引用）

一般市民が原子力関係の専門家から話を聞く機会は少ないし、専門家がどのように考えているかもわからないのは事実でしょう。専門家の中には、原子力発電は危険だから廃止すべきであると思っている者もいますが、多くの専門家は自信がないというより、何をどう説明しても一般市民は聞く耳をもたないと、半ばあきらめの心境になっているようです。

それでも専門家は原子力・放射能・放射線について科学的に正しい知識の普及に努めるべきだと思いますが、マスメディアは、一般市民の不安を煽るような報道をせず、専門家とのギャップを埋めるための工夫と努力をするべきです。

Q13. ジャガイモの発芽防止、品種改良などに放射線照射が行われていますが、残留放射線の影響が心配です。食の安全確保のため食品に放射線照射をしてはいけないのでしょうか。

A. 電気を消せば灯りが消えるように、放射線照射を止めれば照射されたものに放射能・放射線が残ることはありません。エネルギーの非常に高い放射線を照射すれば原子の壊変（別の原子に変る）が起こり、それによって放射能が発生することもあります。食品加工、品種改良に使われる放射線ではそのような心配はありません。食品への放射線照射が認められているのは、日本ではジャガイモの発芽防止のみですが、諸外国では多品目の食品に対して照射が許されています。

Q15. 自然放射線量は屋内と屋外とでどちらが少ないですか。

A. 建物の構造材の材質によって自然放射能を含む量が異なるので、単に屋内と屋外とで比較することはできません。自然界では花崗岩などの岩石に含まれている放射性物質の量が相対的に多く、コンクリートはセメントの骨材として岩石を加えて固めたものですから、自然放射線量はコンクリートの家の屋内、トンネル内などの方が平均値より多くなっています。また、水は放射線を吸収するので屋外でも川の近くでは平均値より少ないです。

#### 参考文献

- 1) 日本原子力文化振興財団：放射線という言葉に関する意識調査 平成14年3月
- 2) 日本原子力文化振興財団：原子力文化に関する考察 報告書 平成16年2月
- 3) 中村政雄：原子力と報道 中公新書ラクレ157
- 4) 近藤宗平監修：放射線のレベルと危険度：安心科学アカデミー

## 1. はじめに

教育課程検討委員会では、初等中等教育のカリキュラムについて検討を進めている。一方、本年2月13日には、中央教育審議会審議経過報告<sup>1)</sup>が発表になり、各方面で議論<sup>2)</sup>されている。経過報告を読むと、本委員会にも関連のある事柄が指摘されていることがわかる。例えば、「小・中・高等学校を通じての内容面・能力面での系統性を重視する必要がある。その際、学問的な系統性だけでなく、発達や学年の段階に応じた反覆（スパイラル）の中で確実に定着させることができるよう教育内容の工夫を行うことが必要である。」とある。また、「理科においては、粒子やエネルギーなどの基本的な概念について、実生活と関連付けたり、大変したりして理解することが重要である。」とも指摘されている。

本委員会では様々な視点が論じられてきたが、まさに、小学校から高等学校までの一貫した教育課程について検討していた。基本的な柱については、エネルギーを中心に見据える視点や放射線を中心に見据える視点などが議論されていたが、今回は、本委員会の中間報告として、その議論の内容をまとめてみた。

## 2. 小学校

小学校の理科は、中学年以上に設定されており、「感動」をキーワードにしたい。「理科の学習を視野に入れて、子どもが自然事象について、知的好奇心を高め科学的な認識の基礎を養うことができるよう必要な指導を充実することについて検討する必要がある。」<sup>1)</sup>とされている。

例えば、授業の中で、「はかるくん」や「霧箱」を紹介し、放射線がどこにでも存在するものであることを知ることは大切であろう。直接目に見えないものには、リモコンから発する赤外線や携帯電話から発する電波などがあるが、これらはいつで存在するわけではなく、一方の放射線は空気と同じように常に存在するものであることを学ぶことは意義のあることである。また、霧箱を利用すると、小さな粒子を目でとらえることができるので、粒子概念の基礎として、科学的な認識の基礎を養うものと考えられる。

授業以外の活動としては、レントゲンによる健康診断とその前後の指導、発電所などの校外学習を通してエネルギーの実情に触れることは大切であろう。特に、エネルギーの様々な形態を知るとは、実生活と直接結びつくものである。

「放射線」や「エネルギー」の単元は、単なる知識を伝えるだけでなく、簡単な実験や討議を含めることのできる単元であり、驚きを伴う感動を与えることができるので、小学校のカリキュラムに含めることができるものと思われる。

### 3. 中学校

中学校のキーワードは「知識」としたい。小学校と同様に「国家・社会の一員として社会生活を営む上で必要とされる知識・技能・態度」を身に付けとあるが、中学校では「確実に身に付け」<sup>1)</sup>とある。確実に身に付けるためには、知識を豊富にすることも大切であると考えられる。

放射線の種類 ( $\alpha$ 線,  $\beta$ 線,  $\gamma$ 線) や様々なエネルギーの種類を学ぶことで、発電の基本的な仕組みについても知識を深めていきたい。初学年では放射線の存在をあらためて確認したり、岩石の性質の一つとして放射線を学ばせたい。そして、原子の存在やエネルギーの種類を学ぶことを通して、放射線の種類, エネルギー変換, 宇宙線, 原子力などについて知識を深めていきたい。放射線などについては、定性的な議論から、徐々に数量化するように指導していきたい。

### 3. 高等学校

高等学校では、「理解」をキーワードにしていきたい。「義務教育の上に立って、自らの在り方生き方を考えさせ、将来の進路を選択する能力や態度を育成するとともに、社会についての認識を深め、興味・関心等に応じ将来の学門や職業の専門分野の基礎・基本の学習によって、個性の一層の伸長と自立を図ることがもともとめられていること。」<sup>1)</sup>とある。中学校までの教育以上に、深い理解が求められていると考えてよいであろう。

現在の学習指導要領では、理科基礎, 理科総合, そして物理 I・化学 I・生物 I・地学 Iなどが設置されている。物理系や化学系の授業では、エネルギーの変換や定量的な実験とその理解, 放射性同位体の学習や放射線に関する定量的な実験とその理解など, 定量的な学習をふまえて深い理解ができるように学ばせたいところである。

### 4. まとめ

放射線に関する学習は、「発達や学年の段階に応じた反覆 (スパイラル)」を行うことが望ましい単元の一つではないだろうか。そして、「粒子」や「エネルギー」に関する基本的な概念を総合した単元としても位置付けることができると思われる。今後、さらに具体的な指針を提案できるようにまとめていきたい。

### 参考文献

- 1) 中央教育審議会初等中等教育分科会教育課程部会, 審議経過報告, 平成18年2月13日  
[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/public/2006/06022805.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/public/2006/06022805.htm)
- 2) 理科の課題と校内研修の進め方; 畑中喜秋, 「教育展望」(財)教育調査研究所, 3月号, p. 30 (2006年)。

## 放射線、原子力のリスクに対する正しい理解

NPO法人放射線教育フォーラム 河村 正一

### 1. はじめに

放射線、放射能、原子力は、診断、治療などの医学利用、工業、農業、ライフサイエンス、エネルギー源などの分野を通じて、我々の生活に深く浸透している。ここに、その長所、短所を社会の人々に正しく理解してもらう必要がある。

我が国は、自然災害では、地震、津波、噴火、台風などが多いが、日常生活でも医療、食品、化学物質、交通手段、さらにリクリエーションや家庭生活からも、危険を伴うことがある。我われが生活している限り、全く危険性を伴わない状態、すなわちゼロリスクはあり得ないということができる。

米国原子力規制委員会（NRC）によれば、リスクとは、「被害の重大性と、その重大性が起こる確立の積」と定義されている。この「被害の重大性」はハザードとよび、「人や物に対して、傷害を与える可能性がある行為又は現象」と定義されている。リスクとは、ハザードがどのくらい起こるかという期待値でもある。

リスクの定義は研究者や分野によってかなり幅がある。これを木下氏は「リスク定義の方言」又は「リスク定義の標準語」と呼んでいる。リスクの定義はさまざまであるといえるが、大方は「被害の重大性とその生起確率の積」として定義されている。この被害の重大性や生起確率は、関連するデータから推定される場合が多く、変動することもあるものの、妥当なものが選ばれている。このような科学的根拠に基づいて推定されるリスクを「客観的なリスク」とよび「主観的リスク」と区別している。

リスクは客観的には重大性とその生起確率の組み合わせで表されるが多くの人は、このような考え方でリスクを評価してはいない。この現象を明らかにしたスロピックの研究がある。

国際放射線防護委員会（ICRP）のリスクの定義は、通常望ましくない結果の大きさの数学的期待値、すなわちその事象の確率と結果との積であるという。この表現は日常的に放射線を取り扱う職業人に対しては適切であるが、関係者はリスクの使用を出来るだけ避けて、より直接的な言葉、例えば「確率」、「結果」、「数学的期待値」の使用がよいとしている。ついでに、リスクとは複数の属性をもつ量とみることも出来るが、量というよりは「概念」という追加の説明が加わり、より明確さを失っている。このような曖昧な表現が、放射線の安全性に対する一般公衆の認知を感わせる原因の一つかも知れない。

これまでの研究で、人のリスクへの反応は人の価値観、知識、過去の経験、経済力などによって異なるという主観的側面がある。リスク認知又はリスク知覚はISO/IEC Guide 73：2002では「ステークホルダー（利害関係者）が一連の価値観や関心事に基づきリスクをどう考えるかであり、ステークホルダーのニーズ、課題、知識により変化する」としている。

### 2. 放射線のリスク

なものは次のとおりである。

- ① ある範囲内であれば認知された異常性をなるべく正常なコンテキストで見ようとする正常性バイアス、
- ② 異常事態なのに、楽観的に明るい側面から見ようとする楽観主義バイアス、
- ③ 極めて希にしか起こらなくても、起これば大きな被害をもたらす災害を過大視するカタストロフィー・バイアス、
- ④ 経験が豊富であることから逆に生じやすいベテラン・バイアス、
- ⑤ 未経験、故に起きるバージン・バイアスなどが指摘されている。

ただし、これらの認知バイアスは、互いに独立ではない。先の5項に記したスロピックの3因子は、この認知バイアスを構造化したものであるといえるかもしれない。

## 6. リスクに対する専門家バイアス

専門家は事象のメカニズムをよく知っているので、その専門分野に限って、リスク認知は技術的に正確であり、情緒的な見方をしがちな市民のそれと食い違うことも多い。

一般的に、市民は被害の重大さでリスクを判断しがちであるのに、専門家は、事態の生起確率で判断する。ある研究によると、市民がリスクを過大視する方向で専門家と食い違うのは原子力、警察業務であり、反対に、市民がリスクを過小視する方向で食い違うのは、X線や食品保存物質である。

ところが、専門家は市民のリスクのとらえ方に冷淡である。その理由は、技術は小さいトラブルを何回も経験して、それを改良し克服する中で発展するので、少々のリスクは必要悪だという技術観をもってしているからである。

また、専門家は視野が専門分野の技術的側面に偏りがちで、その技術を用いる人間や組織のエラーを反って見落としやすい。かれらは、技術も社会との関わりあいの中ではじめて意味をもつことを忘れがちである。

そしてこれらの価値観は、閉鎖系である専門家集団の中で増幅されて、市民の素朴な不安感を無視することになる。これが市民には、専門家の独善性、閉鎖性として受け取られるのである。

最近、このような専門家バイアスが原因で発生する事故やトラブルが増え、その反省から技術者の倫理とか、組織規範の見直しとかリスクコミュニケーションの必要性が主張されるようになった。

## 7. リスクに対する立場の違いと文化的要因

同じ事象に対して、評価する個人の立場によってリスク認知は異なる。例えば原子力関連の事象に対して、同じ原子力関係者が評価するときでも技術者、企業関係者、行政関係者は、リスク/ベネフィットの認知に関して積極的に支持するのに、学者、研究者、評論家、ジャーナリストは、消極的な支持に留まることが多い。同様の結果は、化学物質のリスクに関して認められている。

リスクの認知バイアスは、国や文化の違いを超えて、かなり普遍的な情報処理過程だといわれている。先に述べたスロピックの二次元構造は米国だけではなく、ハンガリー、ノルウェー、日本でも同様に確認できた。しかし一方では、それぞれの次元に組み込まれる事態の構成や、二次元の相対的重要度において文化差が認められる。

例えば米国では恐ろしいリスクは、未知性を感じる人が多いのに、日本では恐ろしさの低いリスクに未知性を感じるという。因子の基本構造は同じなのに、因子に含まれる構成要素が異なるためであろう。

また原子力発電、レントゲン撮影、喫煙、麻薬に対して、日本、中国、米国のリスク認知を比較したが、麻薬のリスク認知には文化差がなかったが、原子力発電に関しては、日本が他の2国に比べて著しく高いリスク認知を示すことが分かった。喫煙に関しては、逆に日本は他の2国よりリスク認知は低かった。

## 8. 反復事故とリスクの心理的許容値

大きい事故が発生したとき、殊に大きい事故が反復して発生すると客観的リスクの値は高くなり、リ

リスク認知も危険性の大きい方に移る。スリーマイルやチェルノブイリの原子炉事故の後で、原子力発電所のリスク認知が厳しくなったのはそのためである。逆に長期にわたって無事故の実績をもつ新幹線のリスク認知は、きわめて低い。

世の中のあらゆる事象にはリスクがつきものであるから、技術者は製品の開発にあたって、コストとのバランスを考えながらリスクの目標値を設定する。

また、放射線や化学物質は、法令によって一定の許容値が決められている。しかし大事なのは心理的許容値である。

木下富雄氏の調査（リスク認知とコミュニケーション効果の国際比較—日本・中国・アメリカ，平成7年度—平成10年度科学研究費補助金（基礎研究・研究成果報告書(1999)）によると、日本人の場合、ゼロリスクでない科学技術は受け入れないという者が44%もある。年間100人以下の死亡者しかださない技術以外は認めないという者も30%に達する。

この考えによると、年間1万人の死亡者を出す自動車などは許せない技術ということになるはずである。ゼロリスクを主張する者は米国でも49%と高いが、中国では21%とかなり低く、文化によって差があるといえる。この数値の背後には、許容リスクという概念になじみがないこともあるが、人為的な災害死は認めるべきではないという建前があるのかもしれない。

## 9. まとめ

原子力、放射能に関する分野では、客観的リスクと主観的リスクの差があまりにも大きく開きすぎる。ここに至った原因は種々あるが、この差をできるだけ少なくするために純粋な学問的見地から立脚したセミナーなどを開催して社会の人々のご理解を早急に仰ぐ必要があると考えられる。

## 参考文献

- 1) 小泉英明「脳を育む—学習と教育の科学」 科学 70(10), 878~884 (2000)
- 2) 木下富雄「リスク認知とリスクコミュニケーション」 リスク学事典, 日本リスク研究学会編 p.260~265, TBSブリタニカ (2000)
- 3) Rao V. Kolluru 他, 平石次郎他訳「リスクアセスメント・ハンドブック」 丸善(株) (1999)
- 4) H. W. Lewis 著, 宮永一郎訳「科学技術のリスク」 昭和堂 (1997)
- 5) B. L. Cohen 著, 近藤駿介訳「私はなぜ原子力を選択するか」 ERC出版 (1994)
- 6) J. D. Graham 他著, 菅原 努訳「リスク対リスク」 昭和堂 (1998)
- 7) 吉川肇子著「リスクとつきあう」 有斐閣 (2000)
- 8) D. M. カーメン編集, 中田俊彦「リスク解析学入門」 シュプリンガー・フエアラーク (2001)
- 9) Rao V. Kolluru 他編, 平石次郎他8名訳, 「リスクアセスメント・ハンドブック」 丸善 (1998)
- 10) 土橋、木下、高橋、高木、正友、他9名著、「安全工学」、41巻、6号、安全工学協会 (2002)

## 低レベル放射線の影響に関する最新の話

### 低レベル放射線の生体影響に関する検討委員会

#### はじめに

私たちが日常的に受ける放射線は、職業上であれ、医療上であれ、低線量、低線量率のいわゆる低レベルの放射線である。しかしながら、放射線管理のための線量限度とそのリスクの評価は、主として高線量率で放射線を受けた原爆被爆者の発がんデータを基にしており、国際放射線防護委員会（ICRP）は、放射線発がんの線量-効果関係については、どんなに少ない線量であっても、それなりのリスクがあるという「しきい値なし直線（LNT）」仮説が最善であるとしている。西暦2005年は、広島・長崎の原爆投下と日本の敗戦60周年という記念すべき年であったが、この一年の間に、LNT仮説の妥当性をめぐって、以下に紹介するような特筆すべき出来事があった。

#### 1. フランス科学・医学アカデミーは、LNT仮説は不相当との報告書を採用した

「低線量電離放射線の線量効果関係と発がん影響の評価」と題する専門家グループ（M. Tubiana 委員長）がまとめた報告書が、フランス科学・医学両アカデミーによって採択された（2005年2月22日、英語版3月30日）。

(<http://www.academie-medicine.fr/recherche/recherche.cfm>)

医療用X線検査などで受ける線量は低く（0.1ミリシーベルトから20ミリシーベルト程度）、疫学的な調査で影響を検出することが困難なため、100ミリシーベルト（mSv）以下の低線量でのリスク推定の唯一の方法は、200 mSv以上の高い線量で観察された発がん効果からの外挿である。しかしながら、しきい値なしの直線的な関係（LNT）を使用することには十分な注意が必要である。最近の放射線生物学データが、LNTが拠りどころとしている①線量、線量率にかかわらず単位線量あたり発生する突然変異の確率は変わらない、②イニシエーション（初発）後の細胞のがん化プロセスは、隣接細胞の数や組織によらない、という仮説に疑問を投げかけているからである。

低線量率では、放射線でできたDNAの傷の修復にあたってミスをする確率が小さいこと、また、免疫系が変異した細胞クローンを排除することなどにより、線量が少ないと影響は極めて少なく、実際的なしきい値が存在することも示唆されている。現在の知識では、しきい値のレベル（5から50 mSvか？）を決めることはできないが、動物実験の40%においては、低線量の放射線を受けると自然のがん発生率が低下しているという。

報告書は、極低線量（<10mSv）は言うに及ばず、低線量（<100mSv）の発がんリスク評価にLNTを使用することの有効性は疑問であり、200 mSv以上の線量で経験的に求めた関係を100分の1の線量にあてはめるようなリスクの過大評価は、患者さんに有用な検査の受検を思いとどまらせてしまう懸念がある。放射性廃棄物などの問題を扱う政策決定者は、極低線量・低線量率のリスク評価の方法を再検討すべきであり、集団のリスクを評価するために集団線量の概念（小さな被ばく線量に多くの人数を掛け算して、何人ものがんによる死亡者が発生するというような評価手法）を用いることは、不適切であるとしている。

#### 2. 15カ国の原子力従事者の疫学調査結果が発表された

読売新聞の2005年6月29日付け夕刊は、「国際許容上限被ばくすると、がん死亡率10%増」という見出しで、15カ国の原子力産業従事者の放射線による健康影響についての疫学解析結果が報道された。国際がん研究機関（IARC）のE. Cardisら50余名の共著者

が、British Medical Journal (BMJ) 誌 6 月 29 日付け電子版に発表した短報である。  
(<http://bmj.bmjournals.com/cgi/content/full/331/7508/77>)

各国の原子力施設で 1 年以上放射線業務に従事した男女 407,391 人が対象で、日本から提供したデータは、白血病の解析にだけ利用されている。

全がん死亡（白血病を除く）のシーベルト (Sv) 当たりの過剰相対リスク (ERR) は、1995 年に発表された英国・カナダ・米国 3 カ国合同研究の結果 (ERR: -0.07/Sv, 90%信頼区間: -0.39, 0.30) とは異なり、LNT モデルによる直線の中央点推定値は 0.97/Sv (95%信頼区間: 0.14, 1.97) となった。固形がんの ERR は 0.87 (95%信頼区間: 0.03, 1.88) で、原爆被爆者の調査結果 (ERR: 0.32/Sv, 95%信頼区間: 0.01, 0.50) よりも高い値を示した。白血病の ERR は、統計的に有意ではなかった。

上記の結果から、結論として「放射線業務従事者が受けた典型的な低線量、低線量率の被ばくにおいてさえ、小さくとも過剰がんリスクが存在することを示唆しており、がんで死亡した従事者のうちの 1 - 2% は放射線に起因するかも知れない」としている。

この報告に対しては、線量群別のがん死亡率といった具体的なデータを示さず、答だけを示す発表の仕方などについて、BMJ のホームページに、重松逸造 (財) 放射線影響研究所名誉顧問などの専門家からきびしい非難が寄せられている。(財)放射線影響協会も、ホームページ ([www.rea.or.jp](http://www.rea.or.jp)) で、この結論を妥当と認めず、低線量放射線による明確な健康影響が見出されたとの性急な解釈、判断は、厳に慎むべきと注意を喚起している。

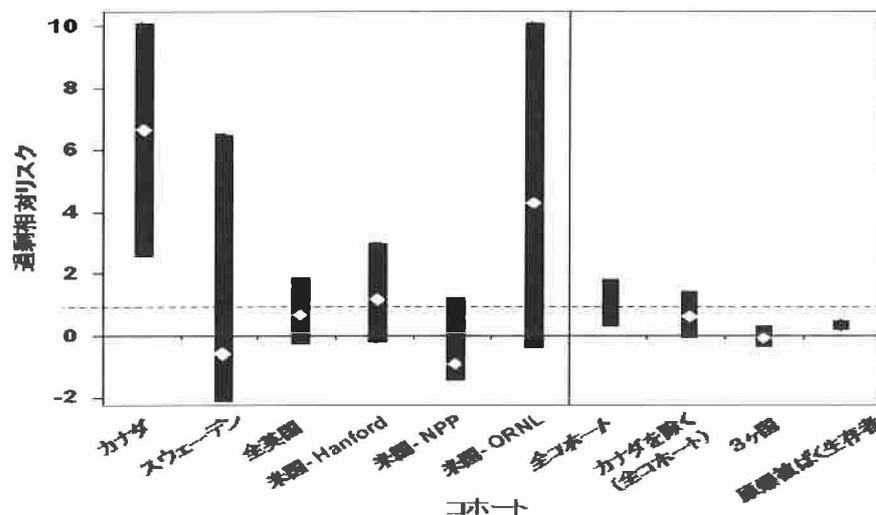


図1 全がんの Sv 当たりの過剰相対リスク (3 カ国研究との比較)

図 1 から明らかなように、カナダ 1 国のデータが全体の過剰相対リスクを有意なものとしている。規模が 3 カ国合同研究 (約 9 万 5 千人) より大きいにもかかわらず、信頼区間の幅が著しく大きく、信頼性に乏しいものとなったのは、内部被ばくと中性子被ばくの可能性を理由に約 6 万人 (外部被ばく線量の多い者の大部分) をあらかじめ解析対象者から除外したこと、さらに全がんの解析において、社会・経済的な階層分けの情報がないという理由で日本および米国、カナダ (の一部) の従事者約 13 万人を除外したことが原因である。こうした除外を行わない場合の解析結果を示さず、統計的に有意ながんリスクを示した結果のみで、結論を出している。内部被ばくモニタリングの対象者であったという理由で除外された数万人を加えた解析では、放射線で全がんのリスクは増加しなかったという 3 カ国合同研究と同様な結果となることが予想される。

### 3. 米国科学アカデミーは、放射線は微量でもリスクがあると発表した

原子力立地県の2005年7月1日付地方紙は、6月30日付ワシントン発共同通信を基に「放射線被ばくは低線量でも発がんリスクがあり、100 mSv でも約1%の人が放射線に起因するがんになるとの報告書を米国科学アカデミーがまとめた」と、大きく報じた。

この報告書は、BEIR委員会（電離放射線の生物影響に関する委員会）が米国環境保護庁（USEPA）の委託により、1990年のBEIR-V報告を見直し、低線量、低LET放射線による最善のリスク評価値を求めることが目的であった。報告書（BEIR-VII）は、放射線の物理、生物から疫学、リスク評価までを含み700ページあまりの大作である。

(<http://www.nap.edu/catalog/11340.html>)

BEIR-VII委員会の主な主張は、以下のようにまとめられている。

- 遺伝リスクは十分小さく広島・長崎でも検出されてはいないが、マウスなどでの放射線誘発突然変異のデータは沢山あり、ヒトにはこの種の害に対して免疫があると信じる理由はない。
- 広島・長崎の原爆被爆者では、約100～4000 mSvで過剰がんが観察されている。100 mSv未満では、統計的制約からヒトのがんリスクを直接評価することが困難なため、LNTモデルによる外挿とDDREF（線量・線量率効果係数）1.5を使用して、100 mSvの被ばくによる生涯リスクは、100人につき、約1人の過剰がん罹患（約42人が他の原因でがん）と評価する（図2）。がんによる死亡はその半数（0.5人）としている。



FIGURE PS-4. In a lifetime, approximately 42 (solid circles) of 100 people will be diagnosed with cancer<sup>18</sup> from causes unrelated to radiation. The calculations in this report suggest approximately one cancer (star) in 100 people could result from a single exposure to 0.1 Sv of low-LET radiation.

図2 100人が100 mSvを受けた場合のがん罹患リスク

- 低線量は、「LNTモデルよりもっと有害だ」という見解を容認しない理由：
  - ・より影響が大きいという理由がない。
  - ・バイスタンダー効果（放射線が当たらなかった細胞にも影響を与える）で、細胞死が増加し、リスクが低下すると信じている者がいるが、正味でマイナスになるかプラスの効果になるかは現在のところ不明である。
- 低線量は、「LNTモデルよりずっと有害ではない」という見解を容認しない理由：
  - ・低線量でもリスクがあるであろうことを示す情報のほうが優勢である。
  - ・低線量ではヒトの健康を害しないと、むしろ有益かもしれないという報告は、エコロジカルな（地域相関）研究か、データ全体を代表しない一部の知見の引用である。

- ・広島・長崎のデータは、しきい値も有益な健康効果も支持してない。他の疫学研究も電離放射線の有害性は線量の関数であるという見解を支持している。
- ・胎内あるいは若年齢での被ばくによる小児がんは、低線量で起きる（Oxford 調査では、10～20 mSv で、小児がんが 40%増加している）。

BEIR-VII 委員会は、現在の科学的証拠は、電離放射線被ばくとヒトにおける放射線誘発がんの発生との間に、直線的な線量反応関係があるとする仮説とは矛盾しない、と結論している。

なお、BEIR-VII 委員会の委員でもある Cardis らの 15 カ国の原子力従事者についての短報の要約が、Appendix E として報告書に掲載され、3 カ国合同研究を更新し、置き換わるものとしている。

#### 4. 米国エネルギー省は、米国科学アカデミーの報告書を批判した

米国エネルギー省（USDOE）の科学局長は、米国科学アカデミーの会長に書簡（7月15日付）を送り、以下の見解を伝えた。

- ▲BEIR-VII 報告の結論には失望した。科学の進歩に対する考慮が不十分である。日本の原爆被爆者の発表された解析のみを使用し、LNT 仮説による外挿を妥当としているが、これには科学界の多くが懸念を表明している。
- ▲1990 年の BEIR-V 以降の研究で、組織中の細胞と培養細胞、また、小線量と大線量では放射線に対する応答が非常に異なることが示されている。
- ▲放射線作業者の疫学調査結果は検討されたが、最終的には考慮されてない。
- ▲LNT モデルは、DNA の損傷が単独で発がんの根本的なリスクファクタになるという仮定に基づいているが、損傷の修復、損傷細胞の除去、発がんの抑制というメカニズムが、分子、細胞、組織、生体レベルで存在することは、現在では周知の事実である。
- ▲BEIR-VII のような名声のあるグループは、新しいデータの存在を強く認識し、低線量放射線のヒトへのリスク評価にとってどのような意味合いを持つのか十分に検討し、将来のリスク評価にその研究が有用か否かについて述べる責任がある。
- ▲ BEIR-VII 報告に対するこれからの議論に参加し、現在および将来の放射線防護基準の評価および確立のために新しい研究成果を模索している科学界を導いていただきたい。

#### 5. チェルノブイリ事故の放射線影響は誇張されてきた

国連 8 機関（IAEA、FAO、UNDP、UNEP、UN-OCHA、UNSCEAR、WHO、世界銀行）とロシア、ベラルーシ、ウクライナ政府からなる「チェルノブイリ・フォーラム」の国際会議が、2005 年 9 月 6～7 日、ウィーンのオーストリア・センターで開催され、約 50 ヶ国から約 300 名が参加した。日本からは、久住静代原子力安全委員、重松逸造放射線影響研究所名誉顧問、長瀬重信日本アイソトープ協会常務理事など 10 名が参加した。事故が環境、健康、社会、経済に及ぼした影響を正確に評価し、今後の対策に指針を提供することがこの会議の目的であり一定のコンセンサスが得られた。

最も被害の大きかった 3 カ国の代表演説は、1996 年 4 月に開催された「チェルノブイリ 10 周年の国際会議」での首相や大統領らのものとは異なり、事故の影響に対する自らの地道な努力に対して、国際社会からの支援を求めるという冷静なものであった。

チェルノブイリ・フォーラムの 100 人以上の専門家によってまとめられた環境影響、健康影響についての報告書の内容の紹介と議論がなされた。環境影響の報告書（約 250 頁）は、事故による放射性物質の放出と環境への汚染と対策から、動植物への影響、事

故炉のシェルターと放射性廃棄物の問題まで扱っている。市街地は、除染により事故前の状態に戻っており、事故後、数年間にわたって放射線の影響を受けた立ち入り禁止区域内は、ヒトの活動がなくなった結果、動植物にとっては好ましい状態となり、生物の多様性に関して類のない聖域となっているという。



図3 チェルノブイリ・フォーラムの報告書類

事故による死亡者は、かつて言われた数万とか数十万ではなく、放射線による死亡は将来起きるかもしれない分を含めても約 4,000 人と評価された。甲状腺がんが、事故当時 18 歳未満であった者に約 4000 例発生し、9 人が死亡したが、その他のがん、白血病については、放射線との関連等は不確かとされた。

がん以外の疾患では、白内障、心血管疾患が被ばくとの関連で更なる追跡が必要としているが、奇形や乳児死亡率に関しては、放射線との関連を裏付けるものはないとしている。心理的な影響が問題であり、被害者救済の法律が **dependency culture** (依存文化) を生み、努力の放棄、不健康なライフスタイル、失業等の増加を招いた。必要以上に広い「汚染区域」の範囲を狭めるとか、検診を合理化する等の政策転換が必要とされた。

事故の放射線による死亡約 4000 人という推定値は、緊急作業に従事し、急性放射線症と診断され 1986 年に死亡した 28 名とその後、別の原因で死亡した者 19 名および甲状腺がんがんで死亡した子供 9 名、それに事故処理作業員 (20 万人)、避難者 (11 万 6000 人) および高度汚染地域住民 (27 万人) の中から放射線被ばくによるがんがんで死亡するであろうと推定した 3940 人を合計した人数である。プレスリリースでは、上記約 60 万人の約 4 分の 1 (約 15 万人) は自然発生のがんで死ぬため、約 4,000 人の過剰はその約 3% にすぎず、観察することは困難と解説している。

こうした評価に対して、「50 人死んだ」というのは事実であるが、「4,000 人死ぬ」というのは LNT 仮説に基づく fiction であって科学的には無意味であるとか、人々は 10 のマイナス何乗といった確率ではなくイエスかノーかの答えを欲しがっている等の意見がフロアーから出された。

日本の新聞各紙は、「チェルノブイリ被曝死 4000 人」といった見出しで、死者の数を強調する報道を行い、事故の影響が予想されたほどでなかったことに力点を置く欧米の報道とは対照的であった。9月8日付け New York Times の社説は、「チェルノブイリ事故は、健康被害も環境被害も当初恐れられていたよりはるかに少なく、重大事故ではあったが、catastrophe ではなかった。最大の健康被害は、極めて誇張されたりリスク観念に基づく精神的な被害であり、不安にかられ、宿命論者になり、薬物・アルコール依存、失業、無気力をもたらした。この知見は、テロ攻撃によるにせよ、事故によるものにせよ、原発からの放射線（能）の大量放出に対処する際の手がかりを提供している」と述べている。国民のみんなが、放射線の影響を正しく理解しておく必要性が痛感される。なお、図3に示すチェルノブイリ・フォーラムの報告書類は IAEA のホームページからダウンロードできる。

(<http://www.iaea.or.at/NewsCenter/Focus/Chernobyl/index.shtml>)

## おわりに

この一年間、低線量放射線の健康影響に関して、アカデミーのレベルでも、大いなる議論がなされた。われわれが日常、自然界などから受けている程度の放射線でも、がんの増加といったリスクがあるのかないのかが議論の的である。放射線防護の建前は、どんなに少ない線量でも、それなりにリスクがあるものと考えて、いかなる放射線被ばくも「合理的に達成できるかぎり」低く抑えることを原則としている。規制当局の考え方でもある。しかし、放射線を受ける身になってみると、どんなに少ない線量でもがんになるリスクが増えると言われて安心できるだろうか。

人々の期待に応えるには、検出可能な発がんや遺伝的影響が起こりそうもないようなレベル、すなわち「実質的なしきい値」について、科学者の間である程度のコンセンサスを得ることが必要ではないだろうか。LNT 仮説が非科学的なこと（例外があることを ICRP も認めている）が明白になってきた現在、科学者は（放射線防護のために）この仮説を擁護するような無理をしなくても良いのではないだろうか。

（文責：金子正人）

## 中学校社会系教科書におけるエネルギー・原子力関係の記述について

田中隆一

放射線教育フォーラム

### 1. はじめに

エネルギー・原子力に関わる学校教科書の記述については、当フォーラムを含むいくつかの団体からの改善要求などの結果、最近の教科書では科学的に不正確な記述は減少の傾向にある。原子力のリスクを一方向的に強調する記述の偏りについては、18-21年度用の教科書検定において、新エネルギー源の長所だけでなく短所も併記し、原子力の利点の過小評価を是正するように要求した修正意見が多数の出版社に出された結果、かなり改善が進んだ。しかし、これによって記述の客観性及び中立性からの偏りはこうした修正後においても依然として残っている。このことは日本原子力学会から文部科学省へ昨年夏に提出された「初等・中等教科書および学習指導要領におけるエネルギー・原子力の扱いに関する要望書」において、社会系教科書により強く現れている問題点として指摘されている。

記述に偏りが無いことを適切に評価するための基準があるわけではない。しかし、エネルギーに関する知識の普及には、エネルギー政策基本法に謳われている三本柱としてのエネルギー安全保障（安定供給の確保）、環境への適合（廃棄物・再生対策）及び市場経済性の視点が記述に取り入れられるべきであり、このことがエネルギー問題についての社会的な合意形成に欠かせない公正な判断力の形成に重要であると考えられる。この考え方に立って、中学校で使用されている公民科(8社)及び地理科(7社)の教科書を中心に記述の傾向を調査し考察した。ここでは研究成果の概要を示す。

2. 「初等・中等教科書及び学習指導要領におけるエネルギー・原子力の扱いに関する要望書」（日本原子力学会 平成17年6月）における社会系教科書記述の問題点：

- (1) 発電方法の長所、短所の記述に妥当性、客観性を欠く教科書が見受けられる。
- (2) エネルギー供給の状況に触れずに原子力の問題点を強調する傾向がある。
- (3) 原子力に関係する写真については事故例のみを掲載する教科書が多い。
- (4) 新（自然）エネルギーについては実用化の現状を無視して長所ばかりを強調する傾向がある。
- (5) 表現上の微妙な言葉の綾あるいは感性に片寄ったトーンに起因する偏りが見られる。

3. 記述の客観性を評価する2つの尺度（ここでは偏りの問題に調査の重点をおく）：

- (1) 正確さ・・・科学技術や社会的事実の内容は正確であることが要求される。
- (2) 偏りが無いこと・・・社会的な問題の記述については、内容の公正な選択や幅広い視点が要求されるとともに、公民、国民としての良識が要求される。

4. エネルギー問題についての公正な判断力の育成と合意形成に欠かせない社会的な3つの視点（エネルギー政策基本法の三本柱）：

- (1) エネルギー安全保障（安定供給の確保）・・・自給率向上、対外依存の緩和、供給源多様化等
- (2) 環境への適合（廃棄物・再生対策）・・・消費・化石燃料利用の効率化、地球温暖化防止
- (3) 市場経済性（市場原理）・・・需要者の利益、市場自由化、規制緩和等

## 5. 調査対象となった中学校の現行社会系教科書等：

公民科教科書（8社）

地理科教科書（7社）

18・21年度用教科書検定結果

## 6. 調査結果

全体として現行の教科書では環境への適合性の視点からの記述に重点を置く傾向が強く、新エネルギーに関する内容に大きなスペースを割いている教科書もあり、この傾向は公民教科書において著しい（公民K出版、T書院、T図書、地理S書院）。エネルギー問題とは言いながら、環境への適合性の立場からのみ記述している例もある（公民T書院）。

これに反して、広い意味でのエネルギー安全保障の視点からの記述は地理N出版を除いてどの教科書も著しく軽視されている。多くの教科書に共通してエネルギー資源・消費分布の偏りが記載されているが、概して地球的な視点から記述されており、安定供給の確保や自給率の向上を目指す国家的な視点が希薄である（公民N出版、S書院、地理O書籍、T図書）。自給率が低いという問題は指摘されてはいても、そのことが国民生活にどんな影響を及ぼすと考えられるのか、原子力がどんな役割を担っているのかが述べられていない。

一方、地理教科書ではエネルギー供給構造の変化にも記述が及んでいる例（N出版、K出版、T図書）が多いが、今後は、世界的需要の増大やエネルギー資源の不確実性などの最近の新しい状況の変化の記述が望まれる。

原子力に関する記述については、日本原子力学会から出された要望書を含めて、基本的にはこれまでたびたび指摘されてきた通りであるが、記述の偏りの程度は教科書出版社によってかなりのばらつきが見られる。たとえば、「原子力の宿命である放射線が…」という偏見をはじめとする否定的な見解一色に染め上げた例（地理N新社）や原子力施設の事故例を本文では触れないで写真や図で紹介した例（公民N出版、O書籍、地理O書籍）がある一方、原子力発電についてバランスのかなりとれた記述（わが国における役割が記述されていないが）も見られる（公民T図書）。個々の事例についての情報ばかりで、包括的なエネルギー問題の捉え方が軽視されている例も見られる（公民N出版）。

全体の印象としては、本来は補足的な役割をもつはずの図や写真の数が多すぎるように思われるが、多すぎて学習効果を散漫にするのではないかと疑問を抱かせる例も見受けられる（地理T書院）。

記述内容に欠かせない3つの視点の1つとして挙げた市場経済性については、中学校教育の段階での学習は時期として早いという意見もあろうが、各エネルギー源の長所や短所の記述を通して、経済合理性という視点からの記述が現れはじめていると考える。これについては、冒頭で述べたように、18・21年度用の教科書検定による新エネルギー源の長所、短所の併記や原子力の利点の過小評価是正を通して経済合理性の視点を積極的に取り入れる方向にかなり改善が進んだと考える。

## 7. 調査結果のまとめ……中学校教科書のエネルギー・原子力関係の記述における公民・地理科における現状と問題：

### (1) エネルギー安全保障の視点が軽視されている。

資源の偏在は地球的視点が重視され、対外依存という国民生活の視点が希薄

エネルギー供給問題はエネルギー消費の影に隠れがちで、原子力の役割評価には消極的

### (2) 環境問題に重点を置きすぎて全体のバランスが崩れている。

特に公民科では新エネルギーに重点をおき、環境・安全問題だけで原子力を扱う傾向

(3) エネルギー問題の記述量が社会的な重要度という基準から見て相対的に少ない。

食糧問題は独立して論じられているが、エネルギー問題は環境問題に依存している

(4) 図や写真が多すぎるため、言語による伝達が不足している。

記述では公平・中立を装い、図や写真で原子力をソフトに差別

(5) 18・21年度用教科書検定の結果としてエネルギー源の記述に市場経済の視点が取り入れられた。

新エネルギーの欠点併記および原子力の利点の過小評価の改善

## 8. 結果の考察 1・・・中学校公民的分野のエネルギー教育における学習指導要領の問題

(1) エネルギー問題が「国民生活と経済」ではなく「世界平和と人類の福祉の増大」のテーマのなかで記述するように指導されている。

(2) エネルギー問題が国民生活よりも世界の平和や福祉にとって重要であるという指導的な位置づけのもとでは、地球的観点からの資源・環境論に偏る結果となり、わが国のエネルギー安全保障の問題は軽視され易い。

(3) 原子力の問題が、地球環境との関わりだけでなく、広い視野から取り上げられにくい背景がここにあると考える。

## 9. 結果の考察 2・・・教育現場における「公民的資質」に関する認識の問題・・・Think globally, act locally というメンタリティが国民としてのエネルギー安全保障の学習における障害となる。

「社会科教育・生活指導の共通の目標として育てられるべきものは、『国際社会に生きる日本人としての生き方・あり方を身につける』ことではなく、『地球市民として自立し、共存し、連帯して、地域に生きるちからを育てる』ことであるといえる。これこそがまさに現代の地域に、そして地球社会に生きる人間の「公民的資質」であるといえよう。」

(＊西内裕一「中等社会科教育と生活指導」より ＊社会科教育の専門家として知られる)

エネルギー問題とは別にしても、こうしたレトリックは国家主権の存在を軽視し、国際協力の実態について誤った認識を導くものである。地球環境問題のように1国では解決できない問題もあるが、国際間の政治的、経済的な問題のように国家間の相互協力で解決しなくてはならない問題も少なくない。その場合は「国民」としての自覚が強く求められるので、日本人の一人としての認識の上で国際貢献についての十分な理解と協力の必要性が指摘されるべきである。

## 10. 結論

(1) 社会系の中学校教科書のエネルギー・原子力関係の記述については、特にエネルギー安全保障の視点が欠落している。

(2) 記述の偏りを改善するためには、エネルギー資源の不確実性という状況のなかでの世界的なエネルギー需要の増大、エネルギー供給の対外依存による国民生活への影響、わが国特有のエネルギー事情のもとでの原子力の役割と実績などを、社会系教科書の記述に取り入れるように強く要望するべきである。

(3) 中学校公民的分野の学習指導要領において、「世界平和と人類の福祉の増大」のテーマのなかで記述するように指導されているエネルギー問題を「国民生活と経済」にテーマに移し、原子力がわが国のエネルギー安全保障に重要な役割をもっていることを適切に学習させるべきである。

(4) 中学校社会科教育における「公民的資質」の認識の偏りを直視し、「公民」とは何かについてバランスのとれた認識をもてるように学習させるべきである。

第4章 勉強会・セミナーの  
資料その他

この章では、学校での放射線教育に役立つような種々の分野の資料を収録した。このうち1～8までは、2005年度の「エネルギー・環境・放射線セミナー」のテキストとして作成され使用されたものである。9、10は第1章第5節の要望書や第3章第1節及び第4節の教育課程や教科書記述に関連する資料である。

日本の教育の現状と課題

有馬朗人

1 教育の目的

最初に「教育の目的」を考えてみたい(図表 1)。教育の目的は、簡単にこうだというふうに言うことができない。戦前であれば当然国のためにということが最初に来るのだが、現在は民主主義の世の中であり、国民一人ひとりの幸福のために、人類一人ひとりの幸福のためにということが、まず最初に来るのである。その一人ひとりが一生を幸福だと思えるように、特に初中教育においては十分な基礎を教育しておく、そしてまた体力、そして人間として生きていく上での倫理観というものをしっかり教育しておくことが必要であり、そのことが結局一人ひとりの幸福につながっていくのだと思う。それと同時に、生涯学習ということがここに登場してくる。

2番目の目的は、自分が生活している国や、自治体や自分の家を愛し、その文化や伝統を愛する気持ちの育成である。そして人類全体、国や周辺社会へ貢献しようとする気持ちを育てることである。

3番目の目的は、国全体、あるいは自治体、地域社会全体を向上させるということになる。その向上を一番簡単に達成するのは、平均水準を高めるということである。この平均水準の向上という点では、日本は大変すぐれた国である。江戸時代の寺子屋時代から、読み書きそろばんということにおいて、日本の国民は大変強かったが、明治以降の日本の教育政策によって、平均水準は世界的に随分高かったと思う。その平均水準が高いということをも最も端的に示すのは、世界の識字率、それを 100%から引くと、非識字率になるが、この非識字率の数字を、我々は大いに誇りに思っていると思う。日本人は 1000 人のうち 2 人しか字が読めない

国名	年次	%	国名	年次	%
日本	1990	0.2	ブラジル	1995	17
韓国	1995	2	ペルー	1995	11
シンガポール	1995	8.9	イタリア	1995	1.9
タイ	1995	6.2	スペイン	1995	2.9
中国	1995	19	ハンガリー	1995	0.8
アメリカ	1979	0.5	エジプト	1995	49
カナダ	1986	3.4	南アフリカ	1995	18
メキシコ	1995	10	旧ソ連	1989	2
アルゼンチン	1995	3.8	ロシア	1995	0.5

図表2 各国の非識字率

い人はいない。今この調査をすれば、多分、1000 人に 1 人ぐらいしか字が読めない人がいないのではないかと(図表2)。お隣の中国では、1995 年において依然として 1000 人中 185 人の人が字が読めない、あるいは、古代より先進国の 1 つに入っているエジプトでも、1995 年において 1000 人中 500 人近く、2 人に 1 人は字が読めない。アフリカの諸国は字が読める人がせいぜい 30%という国がたくさんある。こういうことを見て分かるように、日本という国では、字が読める人々が優勢である。このように平均水準の向上ということが、国として教育を考えるときに極めて重要なものである。

さて、戦後我々が意識的に強調しなかったことがある。それは指導者、エリート教育ということである。私の主観を 1 つ言えば、平均水準が高いだけではだめだということである。やはり社会には指導者がいなければならない。このことを我々は戦後ずっと遠慮していたと思う。そのくせ、10 月になると、「なぜ日本はノーベル賞をもらえないのですか」ということを、マスコミはいう。ノーベル賞をもらえるような科学者というのは、指導者であり、エリートだ。そういうものを育てないという風土がある中では、ノーベル賞は出てこない。日本にはエリートや指導者を養成するのはよくないというふうな雰囲気は今まであったと思う。21 世紀の日本が生き延びていくためには、平均水準を上げ、かついろいろな分野ですぐれた指導者を養成していかなければならないと思う。そして平均水準も高く、しかも指導者、特に科学や技術の指導者を養成して、そして初めて世界に貢献することができると思っている。いずれにしても教育というのは非常に難しいものである。

- 1-1 一人ひとりの幸福のために
  - 倫理観
  - 基礎基本の知力と体力
  - 知力を軽視してはいけない
- 1-2 使命感の養成
  - 世界への貢献
  - その前にまず自分の周辺への貢献
  - 公と自己の共生
- 1-3 集団の向上のために
  - 国や県など地方自治体の住民の全体の質の向上のために
- 1-4 平均水準の向上と傑出した人物の育成

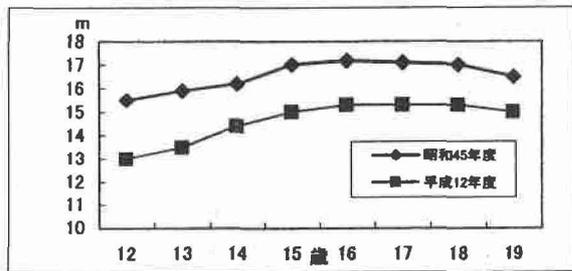
図表1 教育の目的

## 2 日本の教育の現状と問題

このごろ、論議的になっている問題として、日本の子どもたちの学力が低下したという議論がよく行われている。そしてその理由として、中央教育審議会や旧文部省、及び現文部科学省が進めてきた「ゆとり教育」という方針がいけないのだという意見がある。あとでこれは本当かということも議論してみたい。そういうふうな学力を中心にこのごろ議論が進む一方で、他方、「心の教育」というような、特に凶悪な犯罪を子どもたちが犯すという問題について、社会全体が心配している。また「知・徳・体」とよく言われるこの「体」、体力・運動力はどうかということもまた問題である(図表3)。最近の子供達の体力の低下を示すデータを図表4に示す。

図表3 教育の質の向上

学力・知力	知	
体力	体	生きる力
倫理力	徳	
精神力	忍耐力、努力	
	社会への貢献	心の教育
	志を持つ	



図表4 ハンドボール投げ(女子)

今からこの3つの「知・徳・体」を中心に分析を進める。中教審時代に私たちがまとめた「心の教育」も含め、学力も含め、全体について現在文部科学省では「生きる力」ということを提唱していて、さまざまな施策を試みている。「生きる力」というのは一体全体何かというと、まず「知・徳・体」の「知」に対応するところは、「自分で課題を見つけ、みずから学び、みずから考え、主体的に判断し、行動し、よりよく問題を解決する能力」である。要するに、基礎・基本を勉強した上で、自分で課題を見つけて、そして自分で問題を解いていく力を養う、これがないと応用がきかないことになるので、基礎・基本をよく教えた上で、こういうふうにしつけていく、こういう方向に教育を進めていくことが必要であろうと思う。

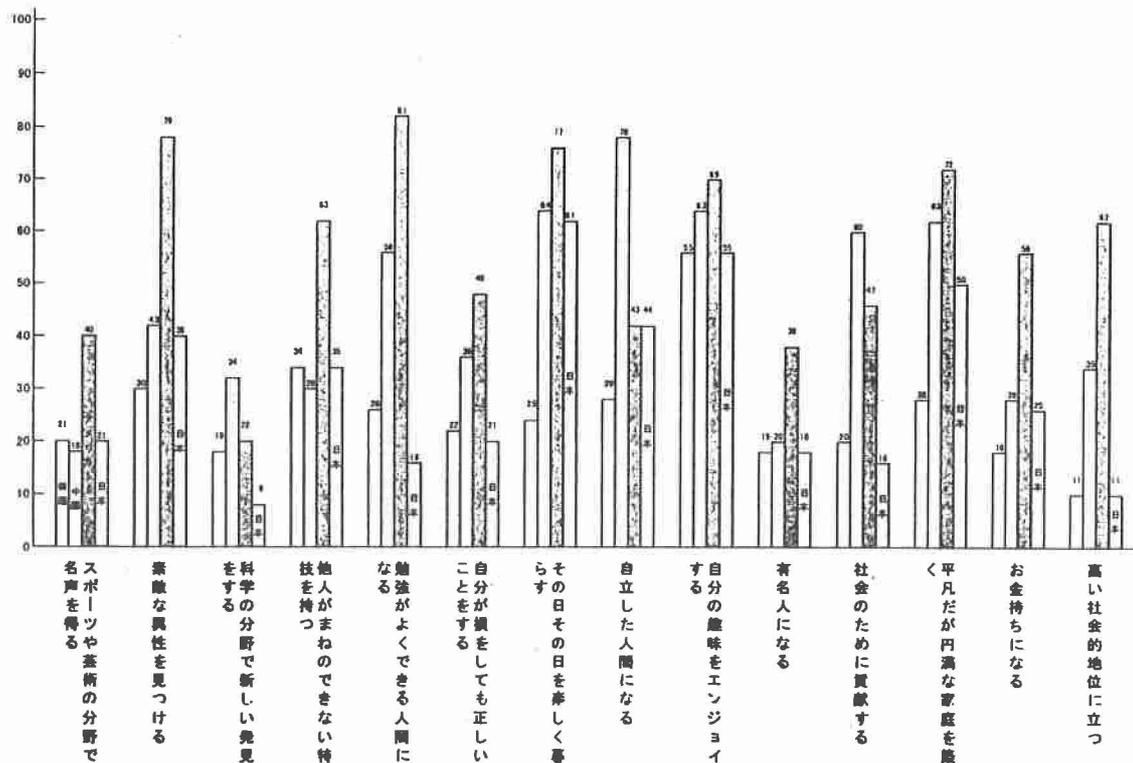
次に「徳」については、「自らを律しつつ、他人と協調し、

他人を思いやる心や感動する心など、豊かな人間性」ということである。そして「体」の部分は、「たくましく生きるための健康と体力」であると。

しかし、最近気付いたことであるが、「徳」の部分をもう一度見ると、「自らを律しつつ、他人と協調し、他人を思いやる心」、この他人と協調し、他人を思いやる心ということが非常に強調されている。しかし問題は、今から示すようなデータに基づいて、子どもたちにもっと目標を与えなければいけない、もっと「志」を高くする方向に持っていかなければならない。精神力ということ、これも戦後大変嫌われた言葉であり、あるいは今も嫌われている言葉であるが、精神力、努力をすとか、忍耐する力を子どものうちに訓練する、こういうことが必要な時代が来たと、私は思っている。

「生きる力」の中では、忍耐力とか努力ということは、それほど強調しなかったけれども、私はもう一度この問題を考えてみなければならぬと思っている。特に私が「志」ということを非常に気にし始めたのは、高等学校、中学校、両方あるのだが、ここには中学校の子どもたち、「あなた方の人生目標はどういうものと考えているか」という調査をした結果(図表5)を示すが、それを見たときであった。私は科学の分野で新しい発見をするなどということに対して、子どもたちが大いに希望を持ってくれるかと思っていたのだが、韓国が19%、中国が34%、アメリカが22%の子どもがこういう希望を持っているのに、日本はわずかに9%ぐらい。これではノーベル賞は出ない。もっと子どものうちから、自然科学で何か発見しようというような気持ちを持ってくれなければいけない。

一番多く、60%もの日本の子どもたちがそうしたいと言ったのは、何と「その日その日を楽しみ暮らす」だ。もちろんアメリカもこれが多いが、日本はこれだけが突出している。是非先生方には、子どもたちに何か、崇高とは言わないけれども、高い志、高い人生目標を持たせるよう努力をしてほしい。アフリカで大変多くの子どもたちが飢えて死んでいく、「その人たちを救う」でもいい、「人類から食糧不足をなくそう」という努力でもいい、「環境をより一層良くしよう」というのもいい、「人類に役立つ」というのもいい。そういうもっとすぐれた目標を子どもたちが立てるように、教育をしていただきたいと思う。



図表5 人生目標(中学生) 「とてもそう思う」

### 3 初等・中等教育段階の学力問題

#### 3-1 学力調査の必要性

小学校・中学校・高等学校の子どもたちの学力は、本当に下がったのであろうか。学力調査によるデータによって考えてみる。

平成14年4月より導入された学校完全週5日制及び新学習指導要領のため、初等中等教育における学力低下を心配する声が開かれる。そのことと連動して、今日すでに学力は低下しており、それは現行指導要領におけるゆとり教育のせいであるという議論が流行している。その中には、円周率をきちんと3.14として教える方針であるにもかかわらず、どこかの予備校の宣伝に基づく風聞で3と教えると思いついでいるような誤解もある。しかし、初等中等教育の学力が本当に下がっているであろうか。これは心配なことであり、下がっていれば当然早急に手を打たなければならない。

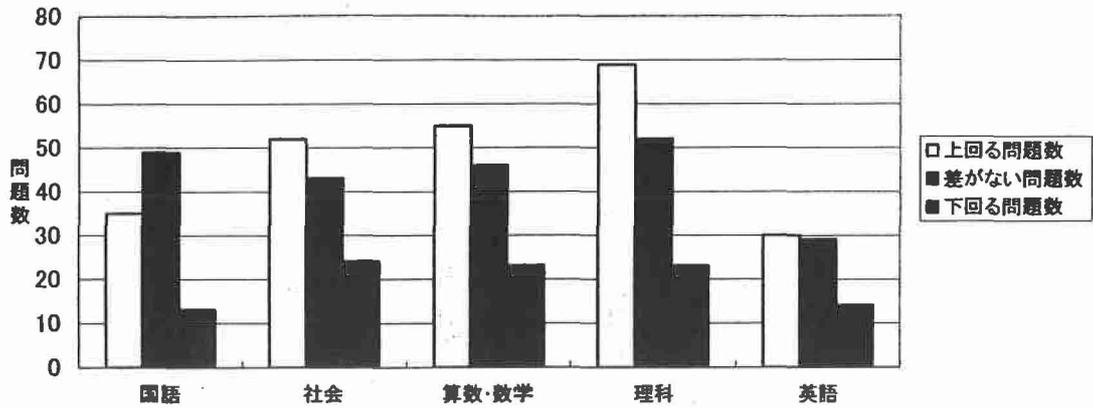
過去に全国的な学力調査が無かったかと言うと、1956年から1966年までは、全国規模で小・中学生について行われていた。これを今まで文部科学省は続けるべきであった。しかし不幸にして、生徒達の比較になるとか、序列化につながるとかという強い反対のためにつぶれてしまった。その後、1978年と1989年の学習指導要領改訂の時に、正確な学力を調査し比較している。これが全国的規模のものであり、それ以外には1993-1994年までなかった。従ってこの数年の小・中学生の学力は、全国的規模では分らなかったのである。従って私は毎年とは言わないまでも、3年おき5年おきに文科省としてきちんと調査すべしと主張し

続けてきた。幸いに2002年2月頃、現行の学習指導要領の下における学力を調べた上で、2003年度以降新指導要領の教育による学力を調べたことを大変喜んでいいる。このような調査に対して現場の教職員がかつてのように遂には裁判に持ち込むような反対をしないで欲しい。その調査の結果は、生徒同士とか、学級や学校の比較をするために用いるのではなく、日本の初中教育の効果の評価を客観的に見るためと思っていただきたい。要するにこのような調査なしには、現在の日本の小・中学生の学力についてはっきりとしたことは言えないのである。このような全国規模の学力調査の結果は公表すべきである。地方によっては、別個に学力調査を行っている都道府県もあるが、二重にやることはない。

#### 3-2 小学生・中学生の学力調査

全国的規模での文部省(文部科学省)による学力調査は、1966年以前のもを除き、上述のように1978年と1989年と1993年~1995年に1%の児童生徒を対象にしたものしかなかった。

2002年4月から新しい学習指導要領による教育が始まり、これを機に、全国規模の学力調査が再び始まった。新学習指導要領が開始する2003年度の学力調査結果と前指導課程の下における2001年度及び1993~1994年度調査の結果を見てみよう。2001年度の調査の結果は10年前に



図表6 学力は低下したか? (2003、2001年度における同一問題の正解数比較)

比べて悪かったので、「学力低下」ということで、危機感もたれた。それに較べて、2003年度はどうかをお示しする。

図表6に示すように、国語、社会、算数・数学、理科、英語の5科目について、同一問題に関するの正解率を2001年度と2003年度とを比較してみると、後のほうが「有意に上回る」問題数は「有意に下回る」問題数より増加しており、明らかに学力は低下していない。

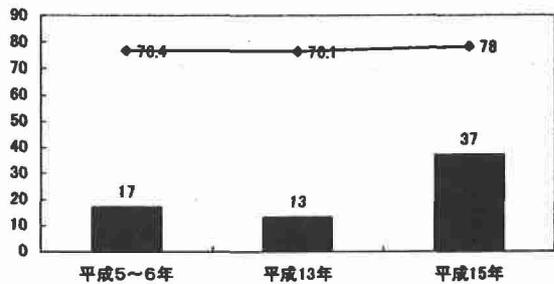
図表7に、小学校及び中学校において、国語及び理科の同一問題について、正解率1位の問題数と平均通過率のグラフを示す。2003年度は2001年度と比較して、小学校、中学校とも、1993、4年度と比較しても数字は上回っている。何故理科の成績があがったのだろうか。それは、「理

科大好きプラン」などの効果が上がったためであると言える。

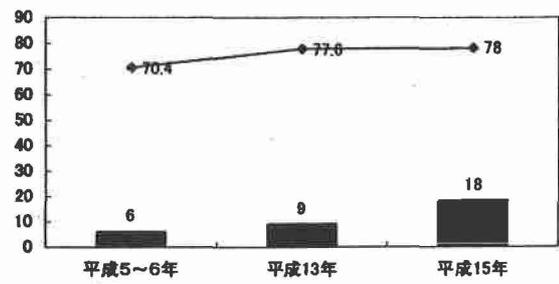
### 3-3 「理科離れ」と教科の好き嫌いについて。

「理科離れ」がいわれているが、事実であろうか。事実ではない。子どもたちの前で物理の実験をすると、目が輝いている。図表8には、国語、数学、理科、社会に英語を加えた5科目、及び全般の教科の好き嫌いのグラフを示す。

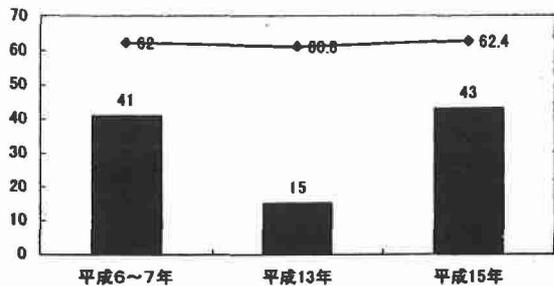
小・中を通じて理科は科目中一番好きという生徒が多い。一方、算数の人気が悪い。算数離れ、国語離れをもっと深刻に考えるべきである。更に深刻なのは、全般的に勉強嫌い、学校嫌が多いことである。中学では10%台になって



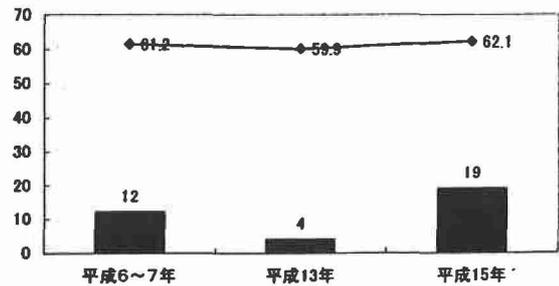
小学校(国語) 同一問題数 65



小学校(理科) 同一問題数 33



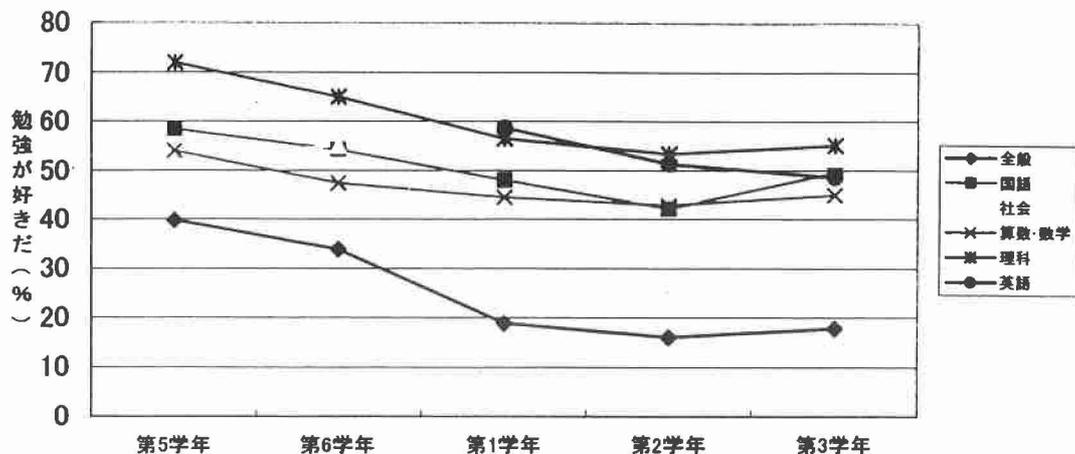
中学校(国語) 同一問題数 97



中学校(理科) 同一問題数 65

図表7 通過率1位の問題数と平均通過率(%)

■通過率1位の問題数 —◆—平均通過率(%)



図表8 教科の好き嫌い(小学校高学年と中学生)

いる。「勉強大好きプラン」をつくらうかといったことがある。

小学生の70%が理科好きである。ところが中学になると勉強嫌いが大変多くなる。これは何故だろうか。本当に勉強が嫌いなのだろうか。ただ人に聞かれたときに「勉強が好

きです」といわないだけではないだろうか。よく調査してみることが望まれる。

#### 4 学力の国際比較について

##### 4-1 日本の子供たちの学力の国際的ランク

昨年终わりごろから、学力低下が問題になった。ところが、国際比較をすると、小・中で、算数と理科力は殆ど変わっていない。図表9に、国際教育到達評価学会(The international association for evaluation of educational achievement, IEA)の調査による、1999年に行われた、中学2年の数学と理科の成績の国際比較(Third international mathematics and science study, TIMSS)の結果を、図表10に、小・中学生の算数・数学と理科における、算数・数学は1964年から、理科は1970年から2003年までの成績の推移を示した。それぞれ無作為に選ばれた学校及び生徒について調べてある。日本の学校数及び生徒数は小・中各約150校、約5000人である。

これからもわかるように、中学校の理科の成績は1970年は日本が1位であった。1995年でも3位にある。しかし1999年、2003年になると少し下がってそれぞれ4位、6位となっている。しかし平均得点は2003年でも下がっていない。数学の地位はかつては中学で1、2位だったのが今は少し下がって5位に留まっている。最近はこのTIMSS調査に参加している国の数が増えていることも留意する必要がある。

興味のあるのは、これらの理系の科目で成績の良い国は、日本、台湾、韓国、シンガポール、というようにアジアの国に多いことである。しかしここでの大きな問題は、あとで示すが、最近では子供たちが勉強を好きでなくなっていることである。特に、算数・理科を勉強しても、将来良い職業に就けないと思っていることである。

それにしては、小・中学校での理科の成績はよく出来て

数学		理科	
国/地域	平均得点	国/地域	平均得点
シンガポール	604	台湾	569
韓国	587	シンガポール	568
台湾	585	ハンガリー	552
香港	582	日本	550
日本	579	韓国	549
ベルギー	558	オランダ	545
オランダ	540	オーストラリア	540
スロバキア	534	チェコ	539
ハンガリー	532	イギリス	538
カナダ	531	スロバキア	535
スロベキア	530	ベルギー	535
ロシア	526	スロベキア	533
オーストラリア	525	カナダ	533
チェコ	520	香港	530
ブルガリア	511	ロシア	529
ラトビア	505	ブルガリア	518
アメリカ	502	アメリカ	515
イギリス	496	ニュージーランド	510
ニュージーランド	491	ラトビア	503
リトアニア	482	イタリア	498
イタリア	479	リトアニア	488
キプロス	476	イスラエル	484
ルーマニア	472	タイ	482
タイ	467	ルーマニア	472
イスラエル	466	キプロス	460
イラン	422	イラン	448
南アフリカ	275	南アフリカ	243

(注) 得点は、全生徒の平均値が500点、標準偏差が100点となるよう算出。イングランドはイギリスとして示す。

図表9 数学・理科の得点の国際比較(14才、1999)

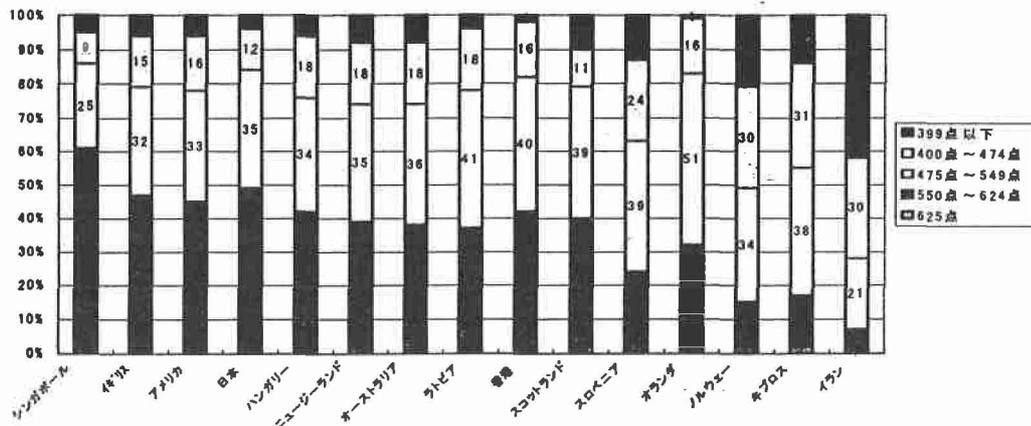
算数・数学	小学校
1964	×
1981	×
1995	3位/26国
1999	×
2003	3位/25国

算数・数学	中学校
1964	2位/12国
1981	1位/20国
1995	3位/41国
1999	5位/38国
2003	5位/46国

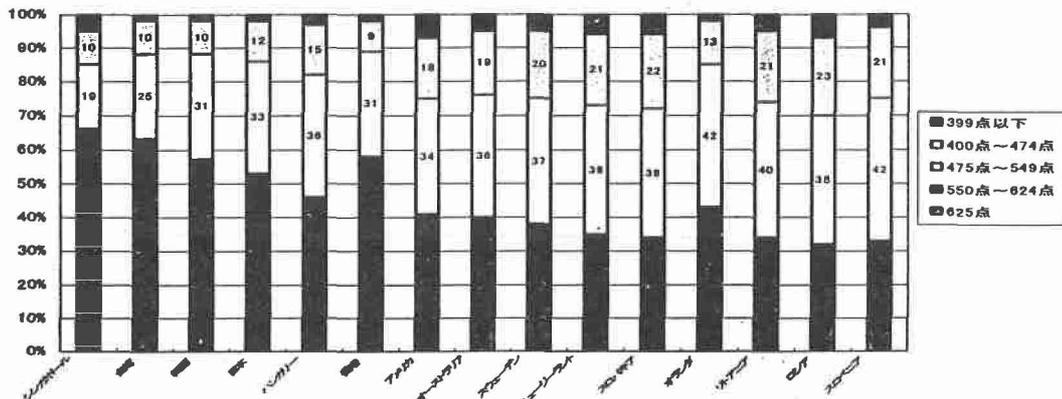
理科	小学校
1970	1位/16国
1983	1位/19国
1995	2位/26国(553点)
1999	×
2003	3位/25国(543点)

理科	中学校
1970	1位/18国
1983	2位/26国
1995	3位/41国
1999	4位/38国(550点)
2003	6位/46国(552点)

図表10 小中学生の数学・理科の学力の国際的ランク



図表11 TIMSS調査(小学校理科) 得点分布別の生徒の割合(2003年) 各国比較



図表12 TIMSS調査(中学校理科) 得点分布別の生徒の割合(2003年) 各国比較

いる。なぜか。図表10に示したように小学校4年生の理科は1995年の553点から2003年の543点に下がったことが問題にされる。しかしそれは教えていないことが試験問題になったからである。小学校4年の理科で重さとか質量は教えていないが、それが試験問題として出された。にもかかわらずある程度答えられたのは、算数で教えていたのである。もし小学校で教えていれば、もっとよく出来たであろう。提案がある。世界の理科・算数の教科書を調査せよ。そして年令に応じた、世界の傾向に添ったカリキュラムを、社会・歴史の教科書だけの横並びでなく考えるべきである。そうでなければ各国の間での正確な比較ができない。

なお2003年度のTIMSS調査による、小学校、中学校の理科の得点分布別の生徒の割合を国別に示したものが図表11、12である。これから、順位の高い国は、高得点者の比率が高いことがわかる。

また日本の中学の生徒の学力(数学・理科)が、ドイツやアメリカと比べてそろっているという特徴的事実を図表13に示す。

#### 4-2 教科の好き嫌いの国際比較と学力

成績は以上の通りであるが、困った現状がある。国内の調査では理科が一番好きであるが、国際比較をすると、成績とはうらはらに、日本の子供たちは数学嫌い、理科嫌いが多いのである(図表14)。日本の中学生の数学や理科の理科への好き嫌いの国際比較をすると、数学では日本は36カ国中ビリで好きは48%、理科は23カ国中ビリから2番目の55%である。しかしこれらは図表8に示したように国内のデータの数字とほぼ同じである。少なくとも表面的には勉強嫌いが圧倒的に多い。何とかしなければならない。台湾・韓国も成績がよいのに、好き嫌いの度合いは低い。逆に算数好き・理科好きの非常に多い国々の多くは成績

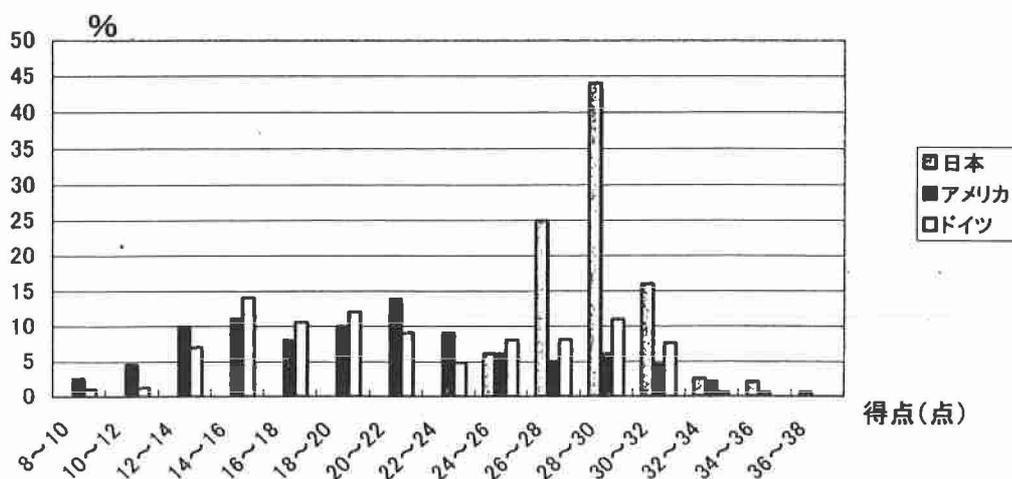
国/地域	割合(%)
マレーシア	95
インドネシア	92
フィリピン	91
南アフリカ	88
モロッコ	87
イラン	84
ヨルダン	82
マケドニア	81
シンガポール	79
タイ	79
ロシア	78
チュニジア	77
キプロス	77
トルコ	77
イギリス	77
香港	75
イスラエル	74
チリ	73
カナダ	73
ニュージーランド	73
リトアニア	71
スロバキア	70
アメリカ合衆国	69
ルーマニア	69
イタリア	68
ブルガリア	68
オーストラリア	68
ベルギー	66
フィンランド	64
ハンガリー	62
ラトビア	61
スロベキア	60
台湾	56
チェコ	55
韓国	54
日本	48

国/地域	割合(%)
インドネシア	96
マレーシア	96
イラン	92
フィリピン	92
タイ	90
チュニジア	90
チリ	89
ヨルダン	87
トルコ	87
シンガポール	86
南アフリカ	86
イギリス	83
香港	76
キプロス	75
アメリカ合衆国	73
イタリア	72
カナダ	70
ニュージーランド	70
台湾	69
イスラエル	67
オーストラリア	66
日本	55
韓国	52

理科

図表14 数学・理科に対する好き嫌いの国際比較

(14才、1999年)



図表13 1995年のTIMSSの数学の成績のビデオスタディ

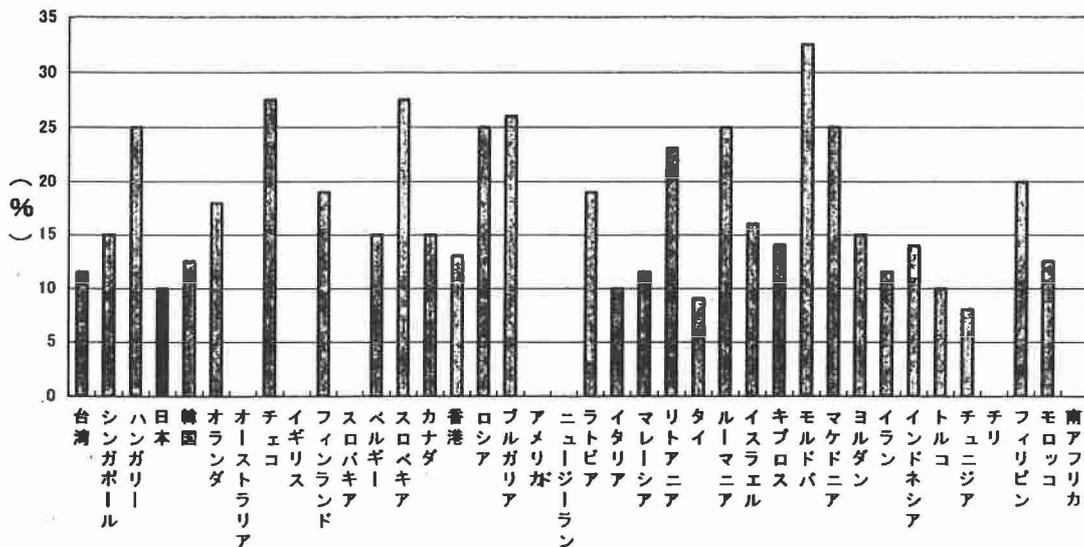
が極めて悪い。この事実をどう考えるべきであろうか。日本、韓国、台湾の理数教育で、学力を保ちつつ理数好きにするにはどうしたらよいか、協力して検討すべきであると考えている。この問題を、すぐあとで授業時間や子供たちに勉強しようとする意欲を起こさせる社会環境などとの関連で論じようとするのであるが、もし、成績が良いのにその科目が嫌いである傾向がアジア地域の国に特徴的であるとするならば、それに関連した昔の試験制度について考察したい。

これは「科挙」の試験と関係があるように思える。科挙というのは、昔の中国の官僚登用試験のことで、ここでは四書五経を全部暗記させるなど、たいへんな記憶力を要求した。記憶力を発達させれば、確かに一時的に成績は素晴らしいが、後ですぐ忘れる。また嫌いになる。しかし科挙の試験で優れていたことは、詩を出題したことである。その結果、中国の有名な2人のすぐれた詩人(白楽天と楚東波)は科挙の試験に合格し、官僚として成功した。この2人はいずれも杭州に知事として赴任し、西湖に白堤、楚堤という、月を見るための堤を建設したことで名を残している。科挙の試験に詩を出題したことは、総合的な学力を見る、と

いう点で優れている。日本でも大学入試に俳句とか漢詩とか現代詩を作らせたらかどうかと、半ば冗談に言ったことがある。

#### 4-3 学力と授業時間数の関係

図表 15に、1999年の調査による、理科の得点順に、各国の理科の授業時間の割合を示す。これから見ると、上位の国6カ国(台湾、シンガポール、ハンガリー、日本、韓国、オランダ)における授業時間の割合は10%から25%の間であるが、日本はそのうち一番低いことがわかる。図表16には、日本の義務教育段階の理科と算数・数学の授業時間が、10年毎の指導要領の改訂と共にどのように減少してきたかを示してある。これは小学校の低学年で理科の科目がなくなったこと、土曜日を休みにしたこと、及び総合的な学習の時間を大幅に増やしたことの結果でもある。学力は授業時間さえ多ければよいというものではなく教え方に依存するものであるが、日本の理科の授業時間の現状は外国に比べても、あまりに少なすぎるようであり、一考を要する。



図表 15 成績順の国ごとの理科の授業時間の割合

	理科(小/中)	算数/数学
昭和33(1958)指導要領	628/420	1047/385
昭和43(1968)指導要領	628/420	1047/420
昭和52(1977)指導要領	558/350	1011/385
平成元年(1989)指導要領	420/315~350	1011/385
平成10(1998)指導要領	350/290	869/315

図表 16 義務教育段階の理科と算数/数学の授業時間数

#### 4-4 学力と目的意識

成績のよい比率を高める原動力は何であろうか。子どもたちが将来への希望(展望)をもって学習する目的意識が高めれば高いほど当然成績は向上するであろう。最近のデータによると、台湾では、理科や数学を勉強して良い職業に就けると思っている生徒が、1999年に71%、77%であったのに、2003年ではそれぞれ38%、46%に急減した。日本ではこの10年来40%程度に過ぎない(図表17)。どういふわけかこの3年間に台湾では、希望の職につくために理科や数学の勉強をしようという人がいなくなった。なぜだろうか。

これには理由が考えられる。台湾も、「物造り」の時代から「経済の時代」に移り、台湾の生産現場が中国本土へ殆ど移ったことなどがある。今や台湾や日本では、数学や物理や化学・生物を勉強しても偉くなれないと学生が思っているのである。確かに事実である。日本の官僚で、次長や局長になっている人に工学部・理学部出身者があまりいないのである。総理大臣にも、(建築出身で総理になられた稀な例外はあるが)工学系・理学系出身者でなく殆ど法学・経済出身である。中国はどうか。中国の現在の政治家の多くは工学出身である。今後の中国の科学技術は進むであろう。中国の子供たちは将来に向けて算数・理科の勉強に熱心である。日本の子供たちに理科大好き、算数大好きをふやそうとすれば、公務員を採用するときに、法律で次官や局長の半数を理系とするような社会改革が必要である。教育関係はどうか。校長や大学の学長を調べてみると、教育界はかなり平等であるように思えるが、これは例外である。現状は、社会体制自身があまり文系・理系の調和が取れていない。文系が圧倒的に強い。それが今の子供たちの意識に現れている。現在は幸い小学生に理科好きは多いが、このうち

希望の職業に就くために理科で良い成績を取る

	1995年	1999年	2003年
日本	40%	42%	39%
台湾	—	71%	38%
国際平均	53%	67%	66%

希望の職業に就くために数学で良い成績を取る

	1995年	1999年	2003年
日本	55%	51%	47%
台湾	—	77%	46%
国際平均	77%	81%	73%

図表17 学習する目的意識(希望の職業につくために勉強する)

将来何%が理科に進むか疑問である。同じ理系でも医学は別である。これは医者が経済的に極めて安定しているからである。

図表18のように、日本の小学生が「理科が非常に楽しい」と思うが45%、台湾で49%であるが、国際平均の55%に比べて少ない。また、中学生になると、その割合(日本で19%)が国際平均(44%)とさらにその差が広がってくることは憂慮すべきと考えるのは自然であろう。

#### 5. 高等学校の学力に関する問題

次に高等学校の学力と教育のあり方について述べる。高1の数学・理科の学力の国際比較では(Program for international student assessment, PISA)によれば、2003年度は2000年度と殆ど変わっていない(図表19)。問題は高校の読解力が悪いことである。前回の調査(2000年度、31

理科の勉強は楽しい(小学校4年)

	強くそう思う		そう思う		そう思わない	
	95年	03年	95年	03年	95年	03年
日本	38%	45%	50%	36%	12%	19%
台湾	—	49%	—	29%	—	21%
国際平均	44%	55%	39%	27%	17%	18%

理科の勉強は楽しい(中学校2年)

	強くそう思う			そう思う			そう思わない		
	95年	99年	03年	95年	99年	03年	95年	99年	03年
香港	15%	17%	21%	53%	56%	48%	32%	27%	31%
日本	8%	8%	19%	54%	42%	40%	47%	49%	41%
台湾	—	18%	16%	—	53%	34%	—	29%	49%
韓国	6%	5%	9%	34%	28%	29%	60%	67%	62%
国際平均	23%	32%	44%	49%	47%	33%	28%	21%	23%

図表18 学習する目的意識(勉強は楽しい)

	前回(2000年)の調査結果(31カ国)	2003年度調査結果(40カ国・地域)
数学的リテラシー	1位グループ(1位)	1位グループ(6位)
読解力	2位グループ(8位)	OECD平均と同程度(14位)
科学的リテラシー	1位グループ(2位)	1位グループ(2位)
問題解決能力	未調査	1位グループ(4位)

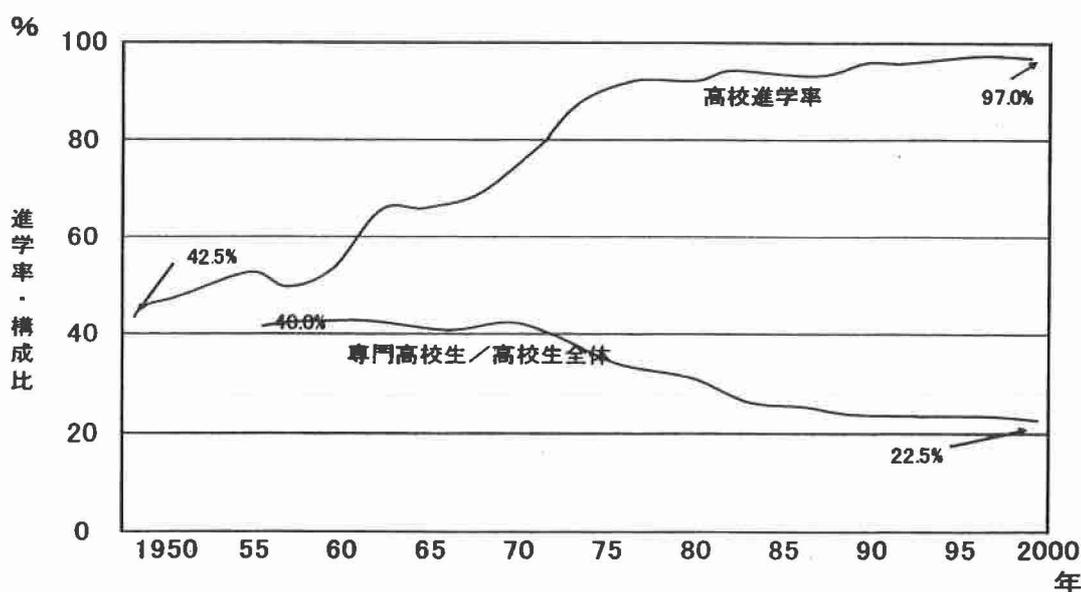
図表19 PISA2003の概要

カ国)では2位のグループで8位であったのが、2003年度の調査(40カ国・地域)では14位と更に悪い。問題解決能力は悪くないようである。しかし困ったことに学校外での勉強時間については、日本が調査参加国中最低で、次がフィンランド、韓国の順で低かったとのことである。文部科学省がもっと宿題を出そうと言いつつ出したことに賛成する。

高等学校の教育の現状について第1に着目しなければならぬことは、高等学校への進学率が1960年代の60%強から1980年に90%へ急上昇したことである。そして1990年代にはほぼ100%に達した。図表20に示した通りである。

第2の点は、専門(職業)高校生が全高校生に占める割合である。1970年までは40%を占めていた。すなわち職業高校は人気があった。しかしそれ以後人気は下降を続け、

現在22%である。極論を言えばこれが日本の物づくりの実力を下げているのである。私はこれを心配し、委員会での問題を検討し「スペシャリストへの道」を提案した。それは1994年のことである。そこで専門高校と名称をかえ、施設、設備を整え、その卒業生が大学へ入りやすくなるよう提案した。しかし大学側は専門高校生の英語力、数学力等が不十分であるから受け入れに難色を示した。また、補習授業の希望に対しても、教員が忙しく補習などやる余裕がないとの意見があったので、文部省高等教育局は補習授業のための予算を計上した。この議論が行われたのは1995年で、まだ18歳人口が180万人あり、その減少の影響が大学の間で論じられていない頃であった。私は、早晩普通高校出身に対しても補習がいるようになるかと予言した。



図表20 高校進学率等の推移

第3点は、高校教育の多様化を進めたことである。従来は普通高校と職業(専門)高校に大別されていたが、そこに総合学科が導入され、どちらの方向へも進めるようになった。高校生の学習意欲を高める目的で、必修を減らし選択を多くしたのである。これが医学部の学生でも生物を学んでこない者がいるというようなことが起こっている一因である。

第4点は、大学入試科目の減少の高校教育への悪影響である。1985 年前後から大学入試科目が少なくなり、一芸型が宣伝されるようになった。拳玉で入学したなどの話すらあった。私はこの傾向を憂い、多科目で入試をやるべきだと主張を重ねて来た。少数の大学で科目を増やそうという努力が見られるようになったことは嬉しい。是非ともその方向に進んで欲しい。なぜ多科目を主張するかと言えば、自分の進むとする大学の入試に出ない科目なら勉強しなくなるのは人情だからである。京都大学の西村教授たちの調査の一部を示そう。図表 21 を見ていただきたい。入試の 2 次試験に数学のあるなしで、優秀な大学でも 2 次方程式の正解率に大きな差が生じるのである。

注意すべきことは、高校 3 年間でいかに忘れてしまうかということである。中学 3 年で 2 次方程式を学んだ直後の正解率は約 70% という統計がある。そして高校でも数学を勉強したはずであるにもかかわらず、多くの経済学部の学生の 10% 程度しか正しく 2 次方程式が解けないのである。どうすれば義務教育で教えた学力を保持させるかが大きな問題である。

このような問題を解決するためには高校卒業資格をきちんと定め、その資格試験を高校卒業時に行うことが一法である。または大学が教育方針において必要とする条件をはっきりさせ、入試科目を増やすか、調査書で高校段階での履修実績を確認すべきである。医学部の学生なのに生物をやっていないという不満はむしろ大学側の責任である。しかし幾つかの医大又は医学部が高校時代に生物を必須とすることを条件としたり、入試に生物を課すようになってきたことは慶賀すべきである。

今や入試科目を増やすと受験者が減るから困るというようなことはなくなると思う。多くの大学で入試をやる必要がなくなるであろう。しかし競争の烈しい大学は依然として学生をどう選ぶか苦慮しなければならない。私は多科目で入試を行うなどして、より優れた学生をとるべきだと思う。

## 6. 大学生の学力

大学生の学力について、それが低下しているということを大学の人が騒いだ。私も大学生の平均学力は下ったであろうと思う。しかしこれは明白な理由がある。大学紛争の時に 18 才人口は 207 万人あったのが、今は 150 万人に減り、一方大学は定員を増やし、進学率は紛争の頃の 20% から

### 【問題】

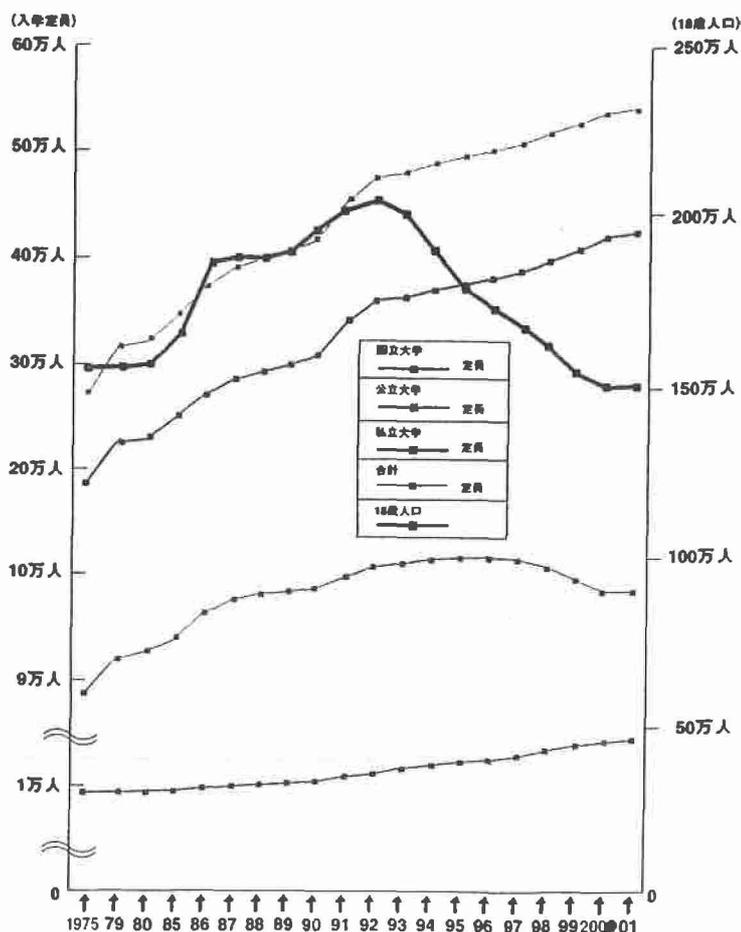
$X^2 + 2X - 4 = 0$  を満たす  $X = \square$  である。

正解率 (%)

国立A大学経済学部(2次数学受験)	96.1
私立 a(私立トップ校経済学部:2次数学受験)	96.3 数学あり
私立 b(私立トップ校経済学部:2次数学受験)	79.4
私立 c(私立トップ校経済学部:数学受験なし)	27.5
私立 b(私立トップ校経済学部:数学受験なし)	32.7 数学なし
私立 b(人文系学部:数学受験なし)	14.1 10%~30%
私立 k(私立経済学部難易度下位 全体)	9.7

図表21 大学経済学部1年生の数学力

45% になり、入学者数の絶対値が急増した(図表 22)。学力が落ちるのは当然である。大学生は昔のようにエリートではない。大学の先生は、生徒の成績が悪いというが、それならば大学生数を半分にすればよい。文部省は一時は臨時定員増を許したのであるが、問題はそれ以後の定員である。現在の 18 歳人口 150 万人に比例して入学者数を決



図表22 18才人口と大学の学部入学定員の推移

めるとすると、1992年の定員に比べて現在は25%減らすべきである。2008年には18歳人口は125万人弱になる！

大学の教育では専門教育だけでなく教養もきちっとやるべきである。多くの大学は教養部を廃止してしまっただが、現在教養部の再建が始まっている。東大は、たいへん抵抗があったが残した。高校の学力も多様化しており、大学生の学力も多様化し、低下はやむをえない。どうすればよいか。教養教育をきちんとやる。補習授業も必要であろう。また専門教育の入門を充実するとか、あるいは徹底的に職業教育をするのも一案であろう。

大学生の学力が下がったかどうかということについて、私は先に引用した西村教授たちのようなきちんとした調査で、確かに分数計算の出来ない大学生がいることは認めざるを得ない。この調査結果を評価しているが、もっと詳しい調査が欲しい。さらに西村教授たちがこの種の定量的研究をずっと続けて行かれることを望んでいる。

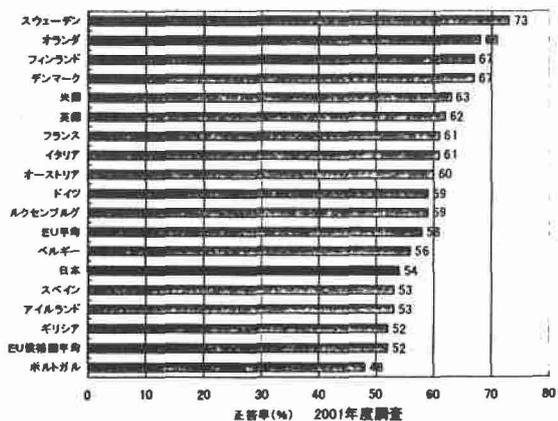
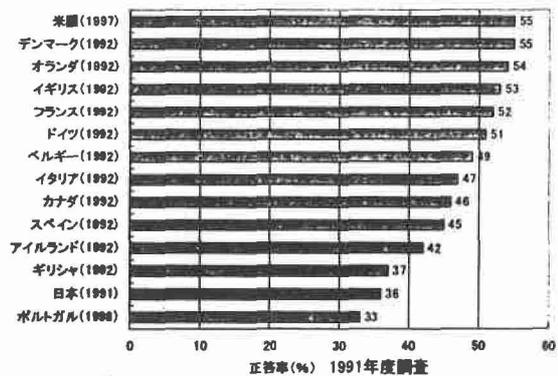
しかしこの学力低下の問題を直ちにゆとり教育のせいとか、現行の初中教育のせいと断言してよいであろうか。私にはわからにそうだと同意出来ない。私も新指導要領の運用の仕方には意見があり、「総合的な学習の時間」の導入を推進した人間として考えることがある。ただ各教科の時間やその内容が減ったことだけを見て、学力が落ちると言うのは短絡である。この総合的な学習や選択教科の時間によって学ぶことも学力であり、これを加えて考えなければならない。総合的な学習の時間は今後少しその授業時間数が減るかもしれないが、先生方におかれては、ご苦労もあろうと思うが、大いにこの科目の特徴と先生方の創意を生かして、生徒のご指導を賜りたいと思う。

### 7. 一般市民の学力

もう一步進んで一般の市民はどうであろうか。国民の理科知識は大丈夫かということをおecdの調査に基づいて調べて見ると、これがまた大問題である。1991年に、小学校、中学校、一部高等学校で教えるような質問をいくつかの先進諸国の中で調べた。「地球の中心は熱い。正しいかどうか」、「すべての放射能は人間が作ったものである。正しいかどうか」、こういう非常に基本的な問題を20題出した(図表23)。その結果は下から2番目の13位であった(図表24)。2001年度に再度調査をしたところ、まったく同じく先進諸国中13位という結果であった。1991年、2001年のこの調査を受けた人の中心は当時35歳であり、その人々は1970年に、あるいは83年に15歳であったので、すでに述べたように(図表10)、中学生3年の成績の国際比較で、1970年には日本が1位、83年は2位であったことから、数学と理科の授業を戦後の義務教育において最もよく勉強した。その人々が成人になった時、殆ど正解であるはずの科学の知識がこんなに低いのである。

質問事項	
1.	地球の中心部は非常に高温である(正)
2.	全ての放射能は人工的に作られたものである(誤)
3.	我々が呼吸に使っている酸素は植物から作られたものである(正)
4.	赤ちゃんの性別を決めるのは父親の遺伝子である(正)
5.	レーザーは音波を集中することで得られる(誤)
6.	電子の大きさは原子の大きさよりも小さい(正)
7.	抗生物質はバクテリアもウィルスも殺す(誤)
8.	大陸は何万年もかけて移動しており、今後も移動するだろう(正)
9.	現在の人類は原始的な動物種から進化したものである(正)
10.	ごく初期の人類は恐竜と同時代に生きていた(誤)
11.	放射能に汚染された牛乳は沸騰させれば安全である(誤)

図表23 科学に対する基本的な質問  
(全20問 共通問題11問)



図表24 一般市民の科学の理解度に関する指標

過去においてよく勉強した人が、このような有様である。こんなに学生の時によく出来た人が、成人になったときにこれでよいのか。大切なのは、勉強を好きにすること、身につくようにすること、そして使えるようにすることである。教わる内容が少ないことより、応用することが大事なのである。

すでにもう一つのデータ、これは京大の西村先生による大学生の「2次方程式」の正答率に関するデータをお話した。日本では、覚える力のいわば瞬間風速はすごい。世界で1、2位である。しかし、年をとるとさっと忘れる。ただし日本の教育で自慢してよいのは、知識を教えている点では質がそろっていることである(図表13)。先生方の努力はたいしたものである。問題は どうすれば保たれるのか、ということである。もしかしたら、小・中の教え方に問題があるのかもしれないが、高校・大学・生涯教育の問題でもある。

文部科学省は、国民の理科知識の調査をしようとしている。このとき国語もやっではどうか。成績が良いはずである。何故、大人の国語力が大丈夫かという、非常に多くの国民が、熱心に俳句や短歌に親しんでいるので、無意識の内に国語力は維持されているからである。日本中で俳句を作る人は少なくとも100万人いて、俳句専門雑誌が1000冊も発行されている。1誌当たりの会員が500~1000人いるとして、ざっと日本中で100万人の俳句人口である。このほかに新聞に俳句を投稿する人も約120万人いる。そのほかに短歌愛好者も俳句の3分の1として約30万人いる。このような日本の土壌が日本人の国語の能力を上げていると思われる。

日本の初等中等教育の内容は他の国と比較しても特に優れたものである。日本は全国民が素晴らしい初等中等教育を受けているので質もそろっている。それなのに大学での成績がなぜ下がるのであろうか。この原因は、知識の詰め込み的教育にあるのではないであらうか。その効果は、中学生の時点での成績が高得点である(図表13)ことに現れている。本当の学力(科学技術力)とは何かを考えたいところである。

## 8. 結論

1. 教育を受ける側の一般的な問題として、義務教育レベルでは児童・生徒の①勉強の意欲の低下、②志の低さ、③規範精神の低下、④体力・運動力の低下がある。
2. 小中学校の学力については、最近の全国的な調査で、前の指導要領実施に最後である2001年度は国語と理科の学力は小学校、中学校ともにその前の調査(1993、4年)に較べて一時的に低下したが、新指導要領が開始された2003年度では学力は上昇している。
3. いわゆる「理科離れ」については、主要5科目(国語・数学・理科・社会および英語)に対する好き嫌いを調査した結果では理科が科目中一番好きという生徒が多い。
4. 学力の国際比較について、1970年から2003年のTIMSSの調査では、日本の子供の理科の学力は1970年には主要国中で1位、1983年に2位であったのが、最近では4~6位となっている。しかし平均得点は低下していない。数学はやや下がっている程度である。
5. 科目への好き嫌いの国際比較をすると、成績の上位にある日本・台湾・韓国などのアジア地域諸国に理科が嫌いという生徒が多い。ただし日本の55%という値は国内の調査と同じ数字である。一方、算数好き・理科好きという生徒の多い国は学力が低い。
6. 日本は以前からその傾向があるが、台湾では最近数年の間に、理科や数学を勉強して将来良い職業につきたいと考える生徒が激減した。これは台湾の国情の変化、すなわち「物造り」から「経済優先」の社会変化によるのではないであらうか。生徒が勉強したい、勉強して将来良い職業につきたいという意欲を起こさせる社会体制が必要である。
7. 理科の授業時間の割合を国ごとに比較してみると、日本は成績のよい6か国中最低10%である。授業時間が多いことが必ず成績が良くなるものではないが、日本の授業時間の現状は一考を要する。
8. 日本の高校生の学力の国際比較では、読解力(リテラシー)の低下が目立つ。また、学校外の勉強時間が調査国中最低であることは問題である。日本では1990年代に高校への進学率が100%近くに達していることによる高校教育の多様化のせいであらうか。
9. 大学生の学力低下が問題となっているが、これは初中教育の失敗ではなく大学自体にある。それは入試の安易化・少数科目化と、18才人口の減少に反して大学の入学定員をこの15年増やし続けてきたことにある。大学生の定員を大幅に減らすべきである。減らせないのであれば、高校の水準の基礎教育を大学でやるべきである。アメリカの大学でリベラル・アーツ・アンド・サイエンス教育が重要視されているのは同じ理由である。
10. 一般市民の学力(科学リテラシー)について、1991年と2001年の2度の調査で、日本の成人の学力は先進国中で13位という芳しくない結果が現れている。この調査を受けた人は中学生時代に世界でもっとも理科の成績が良かったのにこの状況である。この事実は日本の学校教育、社会教育のあり方について大きな警鐘を与えるものである。教育関係者、為政者は真剣に検討し、議論し、必要な改革、対策を講じるべきである。(了)

「これからの教育の目指す方向」

文部科学省初等中等教育局 教科調査官  
 国立教育政策研究所 教育課程調査官  
 清原 洋一

概要

教育の状況を把握し改善に資するため、国際的にはTIMSSやPISA、国内においても教育課程実施状況調査など教育に関する各種調査が行なわれている。それらの情報は公開され、その反響も大きい。そうした結果から現在の教育の現状や課題の一端をうかがうことができるが、そればかりでなく広く様々な意見を求めながら議論を深めていくことが大切である。少子高齢化、国際化、環境問題など多様な課題をかかえる現代社会にあつて、自ら考える力を養う教育など今後を見据えた教育のあり方について、教育現場はもとより国民各層のさらなる関与が望まれる。

1. 現在の教育の現状と課題

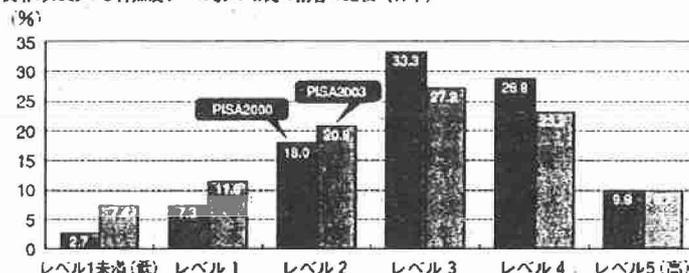
(1) 国際調査結果

経済協力開発機構（OECD）生徒の学習到達度調査（PISA2003）

平均得点の国際比較（40カ国・地域参加）

数学的リテラシー	1位グループ/香港、フィンランド、韓国、オランダ、リヒテンシュタイン、日本
読解力	OECD平均と同程度
科学的リテラシー	1位グループ/フィンランド、日本、香港、韓国
問題解決能力 (今回から実施)	1位グループ/韓国、香港、フィンランド、日本

読解力における習熟度レベル別の生徒の割合の比較（日本）



注：右から順に高レベル。  
 資料：国立教育政策研究所「生きるための知識と技能2—OECD生徒の学習到達度調査（PISA）—2003年調査国際結果報告書」

## 科学的リテラシー問題例

### オゾン

オゾン層に関する次の文を読んで、問1～4に答えてください。

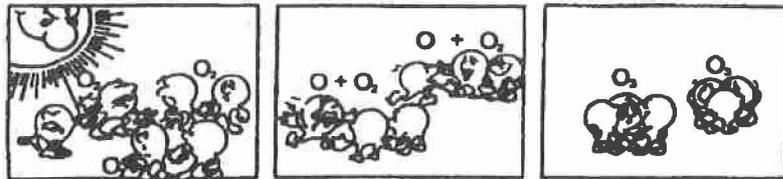
大気は空気の海であり、地球上の生命を維持する上でなくてはならない天然資源である。残念ながら、国家や個人の利益を優先する人間の活動が、この人類共有の資源に害を与えている。特に地球上の生命にとって保護膜の役割を果たしている、オゾン層の破壊が目立っている。

- 5 酸素分子が2個の酸素原子からできているのに対し、オゾン分子は、3個の酸素原子から構成されている。オゾン分子の量はきわめてわずかで、大気中の分子100万個につき10個以下の割合である。しかし、大気中のオゾンの存在は、ほぼ10億年にわたって地球上の生命を保護する上で決定的な役割を果たしてきた。ところでオゾンはその存在する場所によって、地球上の生命を保護することも、また害をおよぼすこともある。
- 10 流圏（地表から10キロメートル上空まで）のオゾンは「悪い」オゾンで、肺の組織や植物に害を与える恐れがある。しかし、成層圏（地表から10～40キロメートル上空）に存在するオゾンのおよそ90%は「良い」オゾンであり、太陽から来る有害な紫外線（UV-B）を吸収するという、大切な役割を果たしている。

- こうした有用なオゾン層がなければ、太陽から来る紫外線の影響が増大するので、人間は特定の病気に、もっとかかりやすくなるだろう。ところがここ数十年間、オゾンの量は減りつづけている。1974年に、その原因は塩化ふっ化炭素類（以下「フロン」と略す。）ではないかとの仮説が出された。1987年までは、フロンとの因果関係を十分に説明する科学的判定は出されなかった。しかし、1987年9月、世界中の外交官がカナダのモントリオールで会合し、フロンの使用をきびしく制限することに合意した。
- 15

#### オゾンに関する問1

課題文の中では、大気中でのオゾンの生成過程について何も述べていません。実際には毎日、生成されるオゾンもあれば消滅するオゾンもあります。下の漫画はオゾンの生成過程を



表わしています。

あなたのおじさんが、この漫画の意味を知りたいのですが、学校で理科を教わらなかったもので、理解できません。おじさんは、大気中にこのような小人がいないことはわかっていますが、漫画の中の小人たちが何を表わすのか、 $O_2$ 、 $O_3$ という不思議な記号が何の意味か、この漫画がどのような過程を表わしているのかわかりません。あなたにこの漫画の意味を説明してほしいと言っています。ただし、おじさんは次のことはわかっています。

- ・Oという記号は酸素であること
- ・原子と分子というものの意味

おじさんのために、この漫画の意味を書いて説明してください。

その際、原子や分子という単語は、課題文の5～6行目で使われているのと同じ方法で用いてください。

国際教育到達度評価学会 ( I E A ) 国際数学・理科教育調査 ( T I M S S 2 0 0 3 )

算数・数学の成績

	小学校	中学校
昭和39年 (第1回)	実施していない	2位/12国
昭和56年 (第2回)	実施していない	1位/20国
平成7年 (第3回)	3位/26国	3位/41国
平成11年 (第3回追調査)	実施していない	5位/38国
平成15年 (第4回)	3位/25国	5位/46国

理科の成績

	小学校	中学校
昭和45年 (第1回)	1位/16国	1位/18国
昭和58年 (第2回)	1位/19国	2位/26国
平成7年 (第3回)	2位/26国	3位/41国
平成11年 (第3回追調査)	実施していない	4位/38国
平成15年 (第4回)	3位/25国	6位/46国

数学・理科に対する意識

	勉強は楽しいと思う		得意な教科である	
	数学	理科	数学	理科
中学校	39%	59%	39%	49%
国際平均	65%	77%	54%	54%

学校外での時間の過ごし方

	宿題をする	テレビやビデオを見る	家の手伝いをする
中学校	1.0時間/日	2.7時間/日	0.6時間/日
国際平均	1.7時間/日	1.9時間/日	1.3時間/日

T I M S S 問題例



上の図は、ネズミ、ヘビ、コムギで構成された生態系を示しています。  
人間がヘビを殺してしまうと、この生態系に何が起きますか。

## (2) 教育課程実施状況調査

### 平成15年小中学校教育課程実施状況調査

前回調査（平成13年度）との同一問題の通過率の比較（教科・学年別）

区 分		全問題数	同 一 問題数	前回を有 意に上回 るもの	前回と有 意に差の ないもの	前回を有 意に下回 るもの	
国語	第5学年	60	19	4	13	2	
	第6学年	59	20	9	8	3	
	第1学年	85	18(1)	4	11(1)	3	
	第2学年	85	22	12	5	5	○
	第3学年	84	18	6	12	0	
社会	第5学年	84	19	14	2	3	○
	第6学年	81	21	10	8	3	
	第1学年	94	24(8)	5(1)	9(1)	10(6)	◆
	第2学年	92	26(5)	13(5)	10	3	○
	第3学年	92	29	10	14	5	
算数・ 数学	第5学年	87	27	17	6	4	○
	第6学年	79	27(3)	20(2)	4(1)	3	○
	第1学年	69	29(1)	6	15(1)	8	◆
	第2学年	65	18(3)	4(1)	11(1)	3(1)	
	第3学年	62	23(1)	8(1)	10	5	
理科	第5学年	103	28	13	9	6	
	第6学年	95	39	14	17	8	
	第1学年	108	35	22	8	5	○
	第2学年	104	28	9	17	2	
	第3学年	115	14	11	1	2	○
英語	第1学年	75	25	11	8	6	
	第2学年	81	25	9	10	6	
	第3学年	80	23	10	11	2	

(注) 表中の( )の数字は、前回調査と取扱い学年が異なる問題数であり、内数。

◆：「前回を有意に上回る問題数」が「前回を有意に下回る問題数」より少ない教科学年

○：「前回を有意に上回る問題」が全同一問題数の半数以上の教科学年

### 質問紙調査の概要

- 勉強が大切だ、好きだと答えた児童生徒の割合が増加傾向
- 「授業がわかる」と答えた児童生徒の割合が増加傾向
- 「学校の授業以外でほとんど勉強しない」児童生徒の割合が減少傾向
- 「ティームティーチングや少人数指導」や「習熟の程度に応じた指導」を実施している教師の割合が増加傾向

# 平成15年度小中学校教育課程実施状況調査の課題と今後の対応

## 今回の調査における課題

## 改善の方向

国語

・場面に応じて立場を明らかにし自分の考えを書くこと  
 ・筆者の表現の方法や工夫を評価すること  
 ・条件や目的に応じ、自分の考えを相手に伝えること

・現実の場面に即した言語活動や自分の考えを書く言語活動の充実  
 ・様々な文章や資料に基づいて、自分の考えをまとめたり評価したりする言語活動の充実  
 ・目的や相手、場面に応じ、自分の考えが伝わるよう分かりやすく話す言語活動の充実

社会

・統計資料の読み取り・活用や自分の考えの表現  
 ・歴史の流れや基本的な歴史的事象の理解、政治・経済の基本的概念の理解  
 ・世界的視野からみた日本の自然環境の理解

・統計資料等をもとに調べ・考えたことをまとめ、表現させる指導の充実  
 ・各時代の特色や基本的な事柄の理解を深める指導、政治・経済の具体的な事例に基づく指導の充実  
 ・地図帳、地球儀等を活用し理解を深める指導の充実

算数・数学

・計算、数量関係の意味を理解すること  
 ・数学的に解釈したり、自分の考えや推論の過程を数学的に表現すること  
 ・日常の事象と算数・数学とを関連づけること

・計算技能だけでなく、計算や数量の意味を実際の場面と結びつけ理解させる指導の充実  
 ・数量の関係や図形の性質などを考察し、見出したことを根拠をもって表現させる指導の充実  
 ・日常事象を数学的にとらえたり、学んだ算数・数学を生活に生かしたりする指導の充実

理科

・観察・実験を通じた科学的な思考  
 ・グラフの作成等の観察・実験に関する技能・表現  
 ・学習内容相互の関連付けを図った理解

・自らの予想や仮説と観察・実験の結果を比較し、考察を深める指導の充実  
 ・グラフを作成する目的や量程を明確にし、その結果から規則性等に気付かせる指導の充実  
 ・既習内容や他教科との関連を図り、理解を深める指導の充実

英語

・話しかけに対して意味をとらえて応答すること  
 ・情報を整理したり、対話の流れを理解して読むこと  
 ・与えられたトピックについて内容を考え、まとまった英語で表現すること

・話しかけに様々な表現で応答する機会や場面を設定した指導の充実  
 ・複数の情報を整理したり談話と人物の対応を整理して、内容を正確に理解する指導の充実  
 ・様々な話題を与え、自分の考えをまとめた英語で書く活動を繰り返し行う指導の充実

## 今後の対応

### 調査結果の周知

○指導主事会議等を通じて、結果分析と指導上の改善点などを周知

### 中教審における検討の推進

#### 学習指導要領全体の見直し

・教育内容の改善充実、到達目標の明確化等の課題について検討中  
 (H17年2月～)

#### 全国的な学力調査の実施

・省内に設置したプロジェクト・チームで内容や方法等について検討中

### 具体的施策の推進

○「授業改善」の徹底(学力向上アクションプラン等の推進)

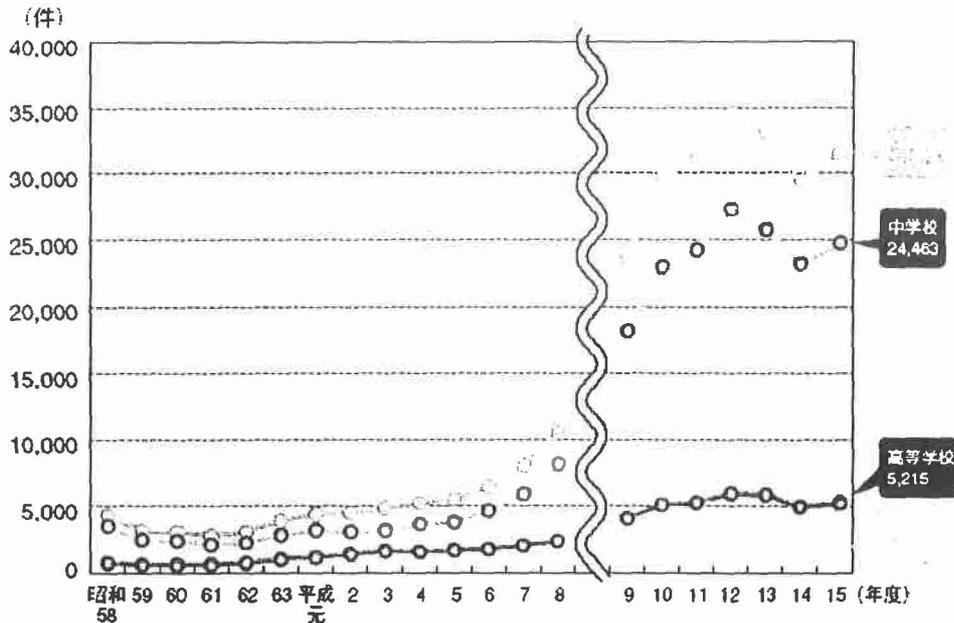
○「読解力向上のためのプログラム」の実施

## 国際学力調査(PISA・TIMSS)の結果

(3) その他の調査

問題行動等生徒指導上の諸問題に関する調査

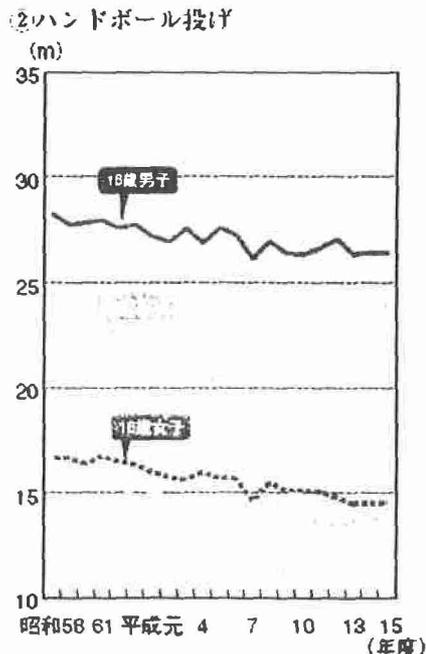
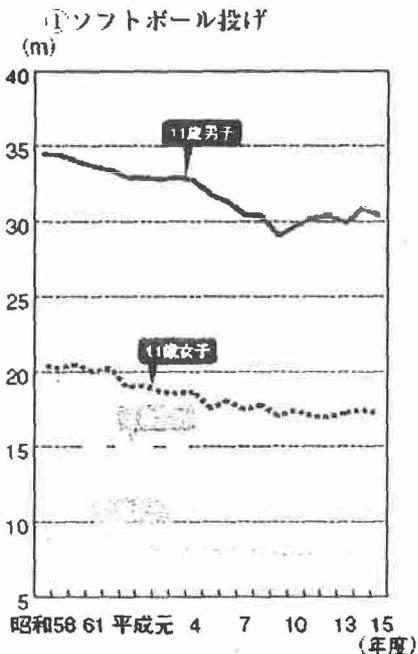
学校内における暴力行為発生件数の推移



(注) 1. 平成8年度までは「校内暴力」の状況についての調査である。  
 2. 平成9年度からは調査方法を改めたため、それ以前との単純な比較はできない。  
 (資料) 「問題行動等生徒指導上の諸問題に関する調査」

体力・運動能力調査

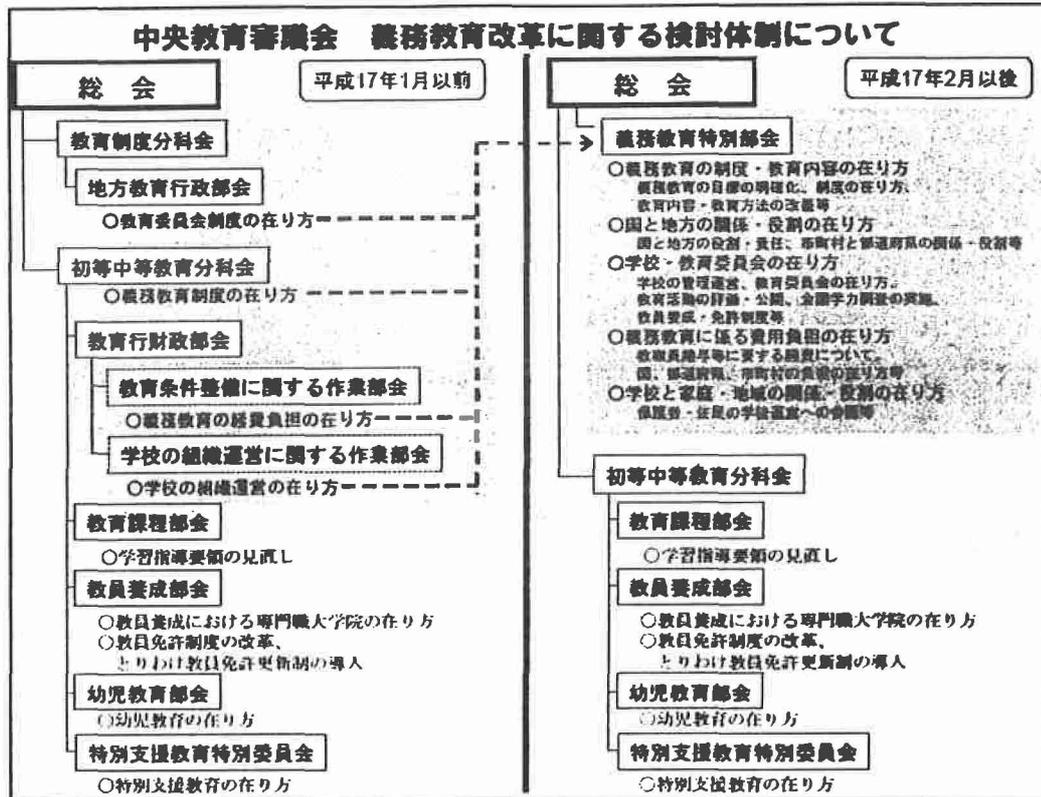
ボール投げの年次推移



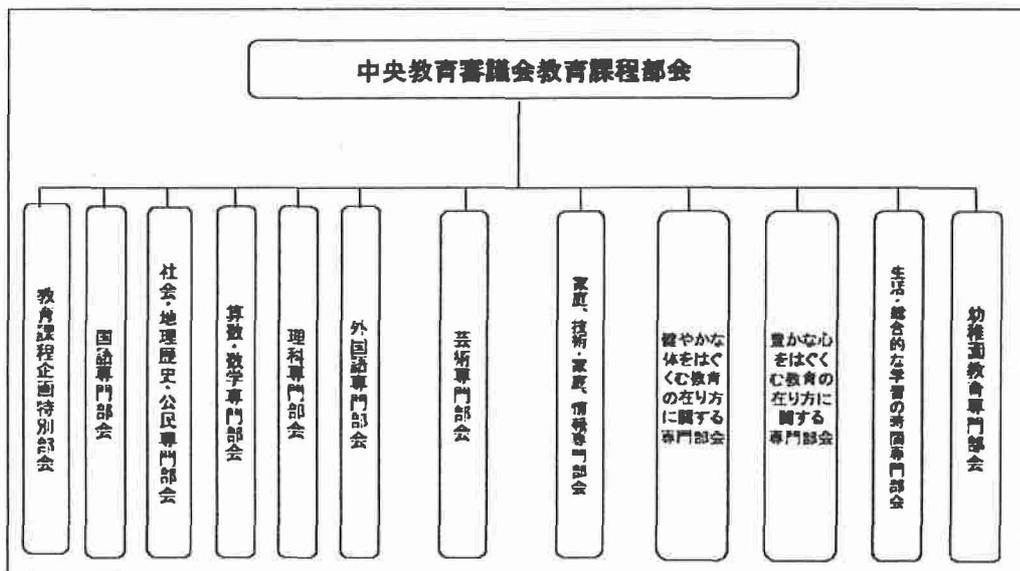
(注) 国は、3点移動平均法を用いて平滑化してある。  
 (資料) 「体力・運動能力調査報告書」

## 2 中央教育審議会の動向について

### 義務教育特別部会



### 教育課程部会の検討体制



## 21世紀の暮らし

—環境・エネルギー・教育—

名古屋大学名誉教授、大同工業大学名誉教授

山寺秀雄

「地球環境の劣化は人類社会の存続を危うくしている」（平成12年版「環境白書」）「人類の消費は地球の再生産可能な限界を超えており、各国際機関が想定している"slow growth" scenarioでは、2050年には地球が2.3個必要である」（世界自然保護基金「Living Planet Report 2004」）といわれています。人類が減びないためには、どのように暮らし、どのような教育をすればよいでしょうか。

### 1. 温故知新 - 過去を振り返って21世紀を考える

老人に聞く 古い文書（公文書、記録、書簡、文学書）、絵画、彫刻、遺跡を調べる  
科学的調査によって推定する 地層、化石、埋蔵物、南極の氷、サンゴ、樹木（年輪）等

**恐竜の絶滅と哺乳類の繁栄**（6500万年前、巨大隕石の衝突 - 6500万年前の地層は上下と化学成分が違う）

なぜ恐竜が死滅し、哺乳類が生き残ったのか

推測：隕石衝突により舞い上がった塵による日照不足、多くの植物は枯死あるいは成育不全

恐竜は巨大であるがゆえに、生存に必要な量の食物が得られず死滅

小型の哺乳動物は草の根、木の皮などを食べて生き延びた

現在の人間は生存に必要なエネルギーの数十倍のエネルギーを消費、地球環境を破壊

（地球上の植物が固定するエネルギーの1.2倍を消費しているといわれる 不足分は化石燃料で補う）

エネルギー浪費を続けて環境破壊が進んだ時、あるいは異変が起こった時、人類は生き延びられるか

**人類の歴史と地球環境**（文明の発展と環境の破壊）

原始時代 人類は自然環境の一部（狩猟、採取）



農耕、牧畜 自然破壊の始まり、今も続く（「退耕還林」「退耕還草」は現代中国の重要政策）

古代都市文明 都市生活のエネルギー源は森林、森の消滅とともに文明衰退

交通運搬手段の発達により文明は広域化

産業革命以後、化石燃料の消費 → 大気中二酸化炭素濃度増加 → 地球温暖化

Jared Diamond "Lessons from Lost Worlds" (Time, Sept. 2, 2002)

Anasazi, Maya, Easter islanders, Greenland Norse, Micenaean Greeks, . . .

巨大なモアイ像の製作のため森林を破壊したイースター島の歴史は、文明の発展が地球環境を破壊しつつある地球の将来を暗示してはいないだろうか。

20世紀の環境問題は、例えば四日市や京浜・京葉工業地帯の大気汚染のように地域的な公害問題であり、科学技術者の努力によって克服できた

21世紀の環境問題は、地球温暖化のように全地球的問題であり、科学技術だけでは解決できない  
政治・経済・文化・価値観・生活様式など、総合的な取り組みを必要とする

### 20世紀の暮らし

宮沢賢治「グスコブドリの伝記」（1932）

主人公ブドリはイーハトーブのきこりの子、2年続きの冷害、両親は食糧を子どもに残して森へ消える

記録によれば、童話発表の前年は東北地方大凶作

明治、大正、昭和を通じてしばしば飢饉、仁徳3年以来江戸時代までに約370件の凶作の記録

稗、芋、大根、木の皮、草の根などを食べて飢えをしのご

飢饉の後、北米、ハワイ、中南米へ移民急増(1933, 34年には32年の1万人から各3万人弱に)  
 昭和20年も凶作 アメリカの食糧援助で飢えを免れる  
 戦後も移民は続く(メイジャー・ヒロノ前ハワイ州副知事は1955年母・兄と福島県から移民)  
 最近30-40年、食糧の心配をしなくてすむようになったが、食糧自給率40%(穀物については30%)  
 また全地球的に見ると、アジア・アフリカの一部では今も飢えた人々がいる

**Q 食べ物を粗末にする現在の食生活をどう思いますか？**

ブドリは、てぐす工場、沼ばたけで働いた後、クーボー大博士について勉強し、イーハトーブ火山局に勤める。潮汐発電所を建設し、窒素肥料を空中で作り肥料の雨を降らせる。火山活動の観測を行い、大気中の炭酸ガスを増やして地球を暖かくするため、火山島の人工炭酸ガス爆発を計画、実行、殉職。  
 『気候はぐんぐん暖かくなってきて、その秋はほぼ普通の作柄になりました。そしてちゃうど、このお話のはじまりのようになる筈の、たくさんのブドリのお父さんやお母さんは、・・・、その冬を暖かいたべものと、明るい薪で楽しく暮すことができたのでした。』 (童話の最後の言葉)

宮沢賢治の時代とは逆に、今は地球温暖化が心配

**2. 地球温暖化**

**世界50カ国200人の科学者があげた『21世紀問題』トップ10(国連環境計画)**

1	気候変動(温暖化など)	51%	6	生物多様性の減少	23%
2	淡水資源の不足	29%	7	人口の増加と移動	22%
3	森林破壊と砂漠化	28%	8	社会的価値観の変化	21%
4	淡水の水質汚染	28%	9	廃棄物の処分	20%
5	統治能力の不足	27%	10	大気汚染	20%

(10項目中7項目が環境問題)

**地球温暖化は本当に起こっているのか**

四季の気候、自然現象の変化

2003 ヨーロッパ猛暑、仏で死者13,000人以上

2004 日本観測史上2位の高温(平年比+1.01℃)

梅・桜の早い開花、螢の早い羽化、遅い紅葉

台風の早い襲来、回数も多い、豪雨

2005 6月史上最高気温、豪雨、渇水

氷河の後退 アラスカ、アルプス、ヒマラヤ、

ニュージーランド、南アメリカ、南極等

サンゴの白化(海水温上昇が原因、エルニーニョ?)

過去1000年の気温変化(IPCC) → 右図

IPCC報告書の予想: 2100年には

気温は1.4-5.8℃上昇、海面は9-88cm上昇

(IPCC: 気候変動に関する政府間パネル

Intergovernmental Panel on Climate Change)

IPCC報告書に対する批判的な意見:

「地球温暖化論への挑戦」(薬師院仁志、八千代出版)

**地球温暖化の結果、何が起るか**

地表・海面からの水の蒸発増加、降水量増加

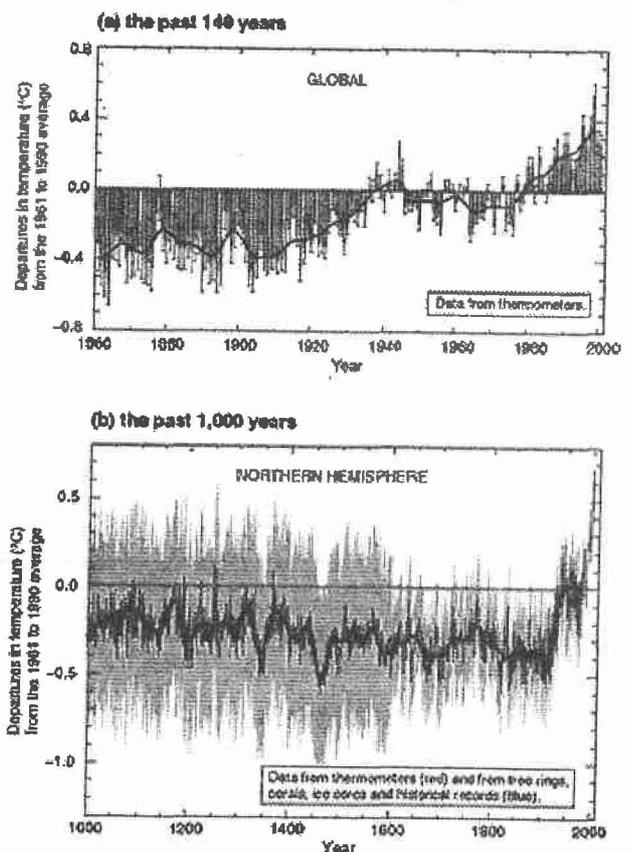
ある地域では砂漠化、別の地域では豪雨・洪水

植物は気候にあわなくなって生育不全、枯死

栽培植物は収穫減 世界の食料供給不足

海面上昇による高潮等の被害

Variations of the Earth's surface temperature for:



## 大気中の二酸化炭素濃度が増えると地球温暖化が起こるのはなぜか？

白色光（太陽光）を分光すると 赤外線 赤橙黄緑青藍紫 紫外線 に分かれる

[長い ← 波長 → 短い]

炭火、電熱器のヒーターは赤色 赤外線 赤橙黄・・・（光源の温度が下がると短波長成分がなくなる）  
火が消えると赤色は消える 赤外線 （目には感じないが、暖かさを感じる）

人の身体も地球も赤外線を出す

雲は地球から出る赤外線の一部を遮るので

曇りの夜は冷えにくい。しかし

可視光も一部遮るので昼は暖まりにくい

二酸化炭素は赤外線の一部を遮る（右図）が

雲と違って可視光線はよく通す

入るエネルギー（可視光）は通し

出るエネルギー（赤外線）を遮るので

地球温暖化の原因となる（温室効果）

石炭・石油など化石燃料が燃焼すると

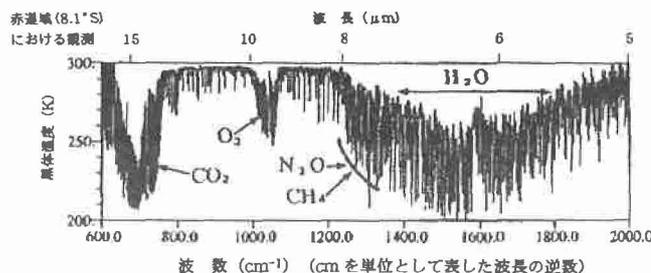
二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）を生成し、大気中の

二酸化炭素が増えるので地球は温暖化する

二酸化炭素以外にもメタン・一酸化二窒素

などが温室効果を示す（次ページ左表参照）

水蒸気については人為的濃度変化の影響微小



人工衛星「みどり」(ADEOS) 搭載 IMG センサーが観測した地球の赤外線放射図の縦軸は赤外線放射強度を等価な黒体の温度で表してある。300 という目盛りは 300K(27℃) の黒体 (光を反射しない物体) が放射する赤外線の強度 (理論値) を示す。波長 15 μm 付近の谷は、大気中の二酸化炭素による吸収のため地球外に出てくる赤外線が弱くなっていることを示す。ほかにオゾン、メタンなどの吸収も見られる。

出所：「NIRE ニュース」1988年3月「人工衛星による温室効果気体の全球観測」資源環境技術総合研究所（現、独立法人産業技術総合研究所） 今須良一

米国の気象衛星「Nimbus 4」による観測も同じ結果を示している。（業師院仁志「地球温暖化論への挑戦」p. 243に引用）

## 地球温暖化防止の国際的取組み

1972 国連人間環境会議（ストックホルムにて） UNEP（国連環境計画）設立

1988 トロント会議（変化する地球大気に関する国際会議） IPCC 設立

1992 気候変動枠組条約（国連環境開発会議－地球サミット、リオデジャネイロ）

先進諸国は2000年までに二酸化炭素排出量を1990年の水準まで下げる

1997 京都議定書（COP3（第3回気候変動枠組条約締約国会議）、京都）

温室効果ガス排出量を2008～2012の5年間について締約国全体で1990年比5%削減

EU 8%, アメリカ 7%, 日本 6% （詳細は次ページの表参照）

2000 京都議定書運用規則協議（COP6、オランダ ハーグ、(2001) ドイツ ポン）

日米とEU対立 不成功、ボンで再開会合(2001)

2001 京都議定書運用規則合意（COP7、モロッコ マラケシュ） 米を除く

途上国支援の基金、京都メカニズム（共同実施、排出量取引、クリーン開発メカニズム）

森林吸収の上限（日本は1300 Cトン、3.9%相当）

目標達成不能の場合超過分の1.3倍を次期上積み（次ページの表参照）

2002 京都議定書発効を目指す（国連環境開発会議－地球サミット、南ア ヨハネスブルク）

準備会合(6月、インドネシアバリ島) 途上国は国民総所得の0.7%の援助要求 合意に達せず

京都議定書： EUと日本は批准完了、アメリカ批准せず、ロシアなど批准遅れ、

2005.2.16 京都議定書発効（ロシア批准により、55カ国以上、排出量の55%以上の発効条件充足）

EUでは北欧諸国とオランダが地球温暖化防止に特に熱心

炭素税（環境税）導入などにより、化石燃料の消費抑制（＝二酸化炭素排出抑制）に努力

炭素税（環境税）： 1990 フィンランド 最初に導入、1991 スウェーデン、ノルウェー

1992 デンマーク、オランダ、1999 ドイツ、イタリー、2001 イギリス

ドイツでは環境税とリンクして年金保険料を引き下げ（「環境先進国ドイツ」大阪・神戸ドイツ連邦共和国総領事館）

デンマーク、ドイツなどでは風力発電を大規模導入（デンマークでは電力需要の16%）

アメリカの現政権の地球温暖化問題に対する取り組みは消極的（前政権のゴア副大統領は前向き）

京都議定書から離脱、CO<sub>2</sub>の隔離貯蔵を提案－環境問題やコストの問題があり、困難予想

## 京都議定書の要点

- 先進国の温室効果ガス排出量について、法的拘束力のある数値目標を各国毎に設定
- 達成方法については、各国の政策に任されている。

対象ガス	二酸化炭素、メタン、一酸化二窒素、代替フロン等3ガス(HFC、PFC、SF <sub>6</sub> )の合計6種類
吸収源	森林等の吸収源による二酸化炭素吸収量を算入
基準年	1990年(HFC、PFC、SF <sub>6</sub> は1995年としてもよい)
目標期間	2008年～2012年の5年間
数値目標	各国の目標→日本△6%、米△7%、EU△8%等(先進国全体で少なくとも5%削減を目指す)

- 国際的に協同して目標を達成するための仕組み(京都メカニズム)を導入

排出量取引	先進国間での排出枠(割当排出量)をやり取り
共同実施	先進国間の共同プロジェクトで生じた削減量を当事国間でやり取り 例) 日本・ロシアが協力してロシア国内の古い石炭火力発電所を最新の天然ガス火力発電所に建て替える事業
クリーン開発メカニズム	先進国と途上国の間の共同プロジェクトで生じた削減量を当該先進国が確保 例) 中国・中電が協力して中国内の荒僻地に造林を行う事業

※京都メカニズムの詳細については、環境省HP内の「京都メカニズム情報コーナー」をご覧ください。  
アドレス <http://www.env.go.jp/earth/ondanka/mechanism/index.html>

日本は京都議定書を批准したが二酸化炭素排出量削減の努力に厳しさが見られず対策は先送り目標達成ができない心配大きい産業部門は横ばいなし微減ただし製品の省エネ化に  
いっそうの配慮と努力が必要民生・運輸部門では2桁の増加これらの部門特に家庭部門は規制による抑制は困難環境税新設が必要ではないか

- Q 現行の対策で日本は京都議定書の目標を達成できると思いますか？  
目標達成のためにはどうすればよいでしょうか？ 環境税の創設をどう思いますか？

### 日本とアメリカの違い

	日本	アメリカ
国土	狭隘(特に平地が少ない)	広大
人口密度	大	中
穀物自給率	約30%(オランダとともに先進国中最小)	約140%
資源	乏しい(特に化石燃料)	豊か
工業	臨海工業地帯に集中(海面上昇の影響重大)	内陸部にも分布

- Q 地球温暖化問題に関して日本はアメリカに追随してよいのでしょうか？  
日本が手本とすべきは上記の諸条件が似ているオランダではないのでしょうか？

## 4. 21世紀のエネルギー

中国など発展途上国の経済成長に伴い、世界のエネルギー需要は急増一方石油等の化石燃料の供給には限界  
世界全体についても、エネルギー問題は21世紀の重要問題  
国内エネルギー資源の乏しい日本にとっては、特に深刻な問題

## COP7の概要

2001年10月29日～11月10日、モロッコ・マラケシュ

### COP7の結果

2001年7月のCOP6再開会合において合意された、いわゆる京都議定書の運用ルールの中核的要素(ボン行動)に基づき、具体的な運用細則を定める文書を正式採択

### COP7で採択された文書(マラケシュ合意)の概要

途上国問題	○途上国の将来の約束に関する検討については、COP8に送る(協議未了) ○途上国の能力育成、技術移転、対策強化等を支援するための基金を正式に設置、先進国の任意拠出
京都メカニズム	○遵守制度の受入れは、京都メカニズムの活用条件としな い ○CDM、共同実施等で得た排出枠は自由に取引できる ○国内対策に差し支えない(定量的制限は設けない) ○共同実施、CDMのうち原子力により生じた排出枠を目標達成に利用することは絶える ○排出量取引における売りすぎを防止するため、その国に認められた排出枠の80%又は最近の排出量のうち、どちらか低い方に相当する排出枠を常に確保する
吸収源	○森林管理の吸収分は国ごとに上限設定、日本は基準年排出量の3.9%分を正式に確保 ○CDMシンの対象活動として、新規造林及び再造林を認める
遵守	○不遵守の罰の措置に法的拘束力を導入するか否かについては、議定書発効後に開催される第1回締約国会合において決定 ○目標を達成できなかった場合は、超過分の1.3倍を次期目標に上積み

### 温室効果ガス排出量の推移(二酸化炭素換算)

	1999	2000	2003	2010*
1990年比	+9.0%	+8.0%	+8.3%	+4%**
内訳				
産業部門	+0.8%	+0.9%	+0.3%	-3.1-4.4%
家庭部門	+15.0%	+21.3%	+31.4%	+21%
業務部門	+20.1%		+36.1%	+28%
運輸部門	+23.0%	+20.6%	+19.8%	

\* 環境省試算(04年4月、2003年分については05年)

\*\* 環境対策税を導入し、これを財源として風力発電・太陽光発電の増設や技術革新を進めると、+0.5%  
京都議定書の-6%との差は排出量取引等でうめる?

## 日本のエネルギー供給構造

	2000年	03年	2010年目標（*）
石油	52%	49%	45%
石炭	18%	20%	19% (22%)
天然ガス	13%	15%	14%
原子力	12%	10%#	15% (12%)
水力	3%	4%	3%
新エネルギー	1%	1%	3%

（\* 原子力発電所の増設をしなかった場合）

（総合エネルギー統計による） #原発停止あり

## 電力 1 kWh 当たりの CO2 排出量 (g)

石油	742
石炭	975
天然ガス	608
原子力	28
水力	11
風力	29
太陽光	53

（電力中央研究所報告書等による）

化石燃料合計（石油＋石炭＋天然ガス） 83% （大部分は輸入）

原子力 12% （電力の約 1/3）

再生可能エネルギー（水力＋新エネルギー） 5%

## 各エネルギー資源の特徴

### 化石燃料（石炭、石油、天然ガス）

火力発電のほか、自動車などの動力源として利用 使い勝手がよい

化学製品（合成繊維など）の原料としても利用

燃焼すると二酸化炭素を排出 単位エネルギー当たり排出量は、石炭＞石油＞天然ガス

ほとんど全量を輸入に依存（国内炭坑は戦後復興に貢献したが、2001年までにすべて閉坑）

日本周辺海域に天然ガス資源（メタンハイドレート）があるが、実用化には10年以上かかる

（資源量調査、経済性の検討、採取技術開発、環境保全に配慮したシステムの確立などが必要）

### 水力

発電所建設の時に、土木工事、セメント製造などを通じて間接的に二酸化炭素を排出するが完成後は二酸化炭素排出はほとんどない 使い勝手のよい自然エネルギー 最も古くから利用

揚水発電にも利用（夜間などの余剰電力により揚水、需要の多いときに発電）

適地はすでに開発済み 新しい大規模開発は環境破壊のおそれ大きい

環境への影響が少ない中小水力発電所は開発の余地がある ダムからの放流水も利用できる

### 風力

ヨーロッパでは古くて新しい自然エネルギー（オランダ・デンマーク等の風車）

デンマークでは 4%（1992）→ 16%（2002）（日本では 0.1% 以下、46 万 kw）

自然条件に依存（国立公園では景観上の問題も） 立地に制限 適地では火力に匹敵する経済性

供給に安定性を欠くので、他のエネルギー源との併用あるいは蓄電設備が必要（太陽光の場合も）

1 基当たりの発電量は 1000-2000kw と小さい（火力、原子力の多くは 1 基 100 万 kw 以上）

風力発電先進国デンマークでは石油の値段を高くして、風力など再生可能エネルギーへの転換推進

### 太陽光（熱利用、発電）

広く薄い 昼間のみ 曇りの日は発電量低下 発電効率が低い などの欠点があるが

どこでも利用可能な自然エネルギー 屋上など消費場所の近くで発電可（熱利用は発電より効率大）

太陽電池（シリコン半導体使用）により光エネルギーを電気に変換、市販のものは変換効率 17% 程度

現在は価格競争力がないが、今後の技術開発（効率の向上、大量生産による設備費低下）に期待

太陽光発電普及率で日本は世界一、約 64 万 kw（補助金による奨励の結果）

補助金よりも化石燃料に対する環境税課税による自然エネルギー利用の間接的総合的支援が望ましい

シリコン太陽電池のほか、色素増感太陽電池（酸化チタン膜と色素を使用）開発中

経済産業省は 05 年度から 5 年間、太陽電池の薄膜化と高効率化を追求する新製造ライン立ち上げ

を支援、現在のシリコン系太陽電池のコスト 50 円台/kW を、2010 年 23 円、30 年 7 円を目指す

06 年度から色素増感タイプなどの長期的開発を要する研究テーマを具体化する。

## 地熱

地下から取り出した蒸気を使って、タービンを回し、発電する

特定の場所では有効 東北・九州のほか北海道・三宅島各1、計17カ所（うち自家用5）19基  
1基当たりの設備容量100kw(自家用)～6万5千kw、合計50万kw超（米国は250万kw以上）  
バイナリーサイクル発電（低沸点の媒体を使用）実用化準備中（外国ではすでに稼働）

## 温度差、潮汐、海流、波力

一般には実用的でない 離島、海上など、他エネルギーの利用困難なところで有効

実用例：

波力 航路標識ブイなどの移動電源として、国内で約1,000基の実績

潮力 北フランス・ランス（最大潮位差13.5m、平均8.5m）24万kw（年間5.44億kwh）

北ノルウェー・ハンメルフェスト 30戸に供給開始、5年後数十万戸に

英国・オーストラリア・韓国（西南端珍島海峡鹿島）でも計画

日本 有明海における潮位差は、最大4.9m平均3.2mで経済的に成立し難い

## 生物資源

森の木は薪炭として古来のエネルギー源 生物は自然の中で成長するから再生可能

薪炭利用の割合は（日本では） 85%（1880）→52%（1900）→9%（1950）→0.01%（2000）

間伐材、廃材、ごみ、し尿、その他の有機廃棄物の利用を進める

そのまま燃料として、または発酵により生成するメタンガスとして利用

（メタンは、そのまま燃料として、あるいは下記の水素の原料として利用）

外国ではエネルギー源用の植物を栽培することも考えられているが、日本では考えにくい

## 水素

燃料電池の燃料 また直接燃やすこともできる 燃焼生成物は水だけ

天然には、水・石油・天然ガスなどの水素化合物として存在し、水素単体としては存在しない  
日本では、化石燃料を原料として水素をつくるので、クリーンな燃料とはいえない

日射量が多く電力需要が少ない砂漠地帯では、太陽光発電利用の電気分解による水素製造可能

## 燃料電池

水素などの燃料がもつ化学エネルギーを電気エネルギーに変換する仕組み

火力発電に比べて、装置が小型で、発電効率が高い（40～60%）

消費場所の近くに設置できるので、熱電併給（コジェネレーション）に好都合

液化石油ガスを燃料とする家庭用燃料電池実用開始（東京瓦斯、東邦瓦斯等）

自動車にも搭載可能（2002年12月、トヨタとホンダが燃料電池車実用化、GMは2003年7月）

燃料電池自体はクリーンな発電システムだが、

燃料改質装置（天然ガス、ガソリン、メタノールなどから水素への転換装置）は二酸化炭素を排出

## 原子力

ウラン-235の原子核分裂のエネルギーを取り出す 二酸化炭素を出さない

少量のウランから大量のエネルギー 燃料備蓄に好都合（特にエネルギー資源の少ない日本で）

原子炉運転中に、核燃料に含まれるウラン-238からプルトニウム-239が生成

プルトニウム-239はウラン-235と同様、核燃料として使える 普通はウランにまぜて使う

高速増殖炉ではウラン-235、プルトニウム-239の消費量以上のプルトニウム-239が生成する

日本では原子力発電は全発電量の約3分の1（04年2月現在、52基、4574万kw）

スウェーデン、ドイツ、ベルギーは現存の原子力発電所の耐用年数がきたら廃止の方針

日本では、エネルギー消費の大幅節減をしなければ、原子力発電所廃止はほとんど不可能

原子炉からの放射線漏れに対しては、厳しい法的規制と二重三重の安全装置・監視装置がある

従って原子炉の故障があった時、その影響が施設内に留まっているうちに検知され、処置される

しかし原子炉は放射性廃棄物を残すので、万全の廃棄物保管体制が必要

使用済み核燃料再処理は費用がかかるので、処理せずに直接廃棄する方がよいという意見があるがこの問題は費用ではなく、核燃料の供給確保の観点から判断されるべき問題である  
 日本のウラン資源は岐阜県東濃地方などにあるが、量・品位ともに貧弱で実用にならない  
 海水から採取する技術もあるが、採算がとれない  
 エネルギー消費節減ができず、今後とも原子力発電に依存するなら、核燃料の確保は重要問題  
 (核軍縮によってウランが余っている現在は、直接廃棄が有利だが、将来はウラン需給事情がvari  
 使用済み核燃料が貴重な資源になることも考えられる 増殖炉についても似た問題がある)  
 ウラン資源をもたない日本としては、(当面は使用済み核燃料の大部分を直接廃棄するとしても)  
 万一のウラン供給停止に備えて使用済み燃料再処理技術や増殖炉技術の開発保持は必要であろう

#### 核融合

太陽で起こっているのと似た原子核反応のエネルギーを取り出す  
 実験としては成功しているが、実用までには解決すべき問題が多い

- Q 二酸化炭素を地中や海底に貯え、大気に出さないようにする計画があります。二酸化炭素から燃料を再生(リサイクル)しようという意見があります。二酸化炭素を化学物質や藻類などに吸収させようという試みもあります。これらをどう思いますか?(どれも私は疑問に思います。)
- Q 風力・太陽エネルギーなどの新エネルギーの開発が進まない理由は? これらの開発を促進するにはどうすればよいでしょうか?
- Q 原子力発電をやめることはできるでしょうか? やめるための条件は?
- Q 二酸化炭素排出量抑制のために、あなたは何をしますか?

[参考] 大阪神戸ドイツ総領事館 (<http://www.german-consulate.or.jp>) 「環境先進国 ドイツ」  
 未来のエネルギー、循環経済、ドイツ人(行動先行型)と日本人(意識先行型)の環境意識、など

#### 二酸化炭素排出量抑制のためにとるべき方策

##### (1) エネルギーの節約

不要な電灯・冷暖房、冷暖房温度、家屋の断熱性、自転車・公共交通機関の活用、自動車・家電製品等の小型化軽量化、使い捨てをやめ、物を大切に長く使う

##### (2) エネルギーの効率的利用

発電効率の向上(30%台から最新鋭火力発電所では50%)、自動車燃費の改善(ハイブリッドカー)、生産過程の改善(省エネ)、廃熱の利用(熱電併給)、廃棄物の再生利用(リサイクル)

##### (3) エネルギー源の転換(現状と見通しについては、本章冒頭の表参照)

自然エネルギー(水力、風力、太陽光、地熱、温度差、潮汐、海流、波力、生物資源)

水素(燃料電池はエネルギー変換効率が高く、熱電併給にも好都合)、原子力、核融合

#### 4. 21世紀の豊かさ

真の豊かさとは何か? 「もの」の豊かさより「こころ」の豊かさを!

##### 20世紀に求めてきた豊かさは

20世紀には私たちは「もの」の豊かさを求めてきた。しかし「もの」の豊かさと引き換えに「こころ」の豊かさを失ったのではない。経済成長は生活を便利にしたが、自然環境と社会環境を損なった。特に子どもの心身の発達のために望ましい環境が失われつつある

子どもが自然に接する機会の減少

自然への畏敬の心(日本古来の宗教的な心)

自然からの学習と自然の仕組みに対する好奇心

自然との触れ合いによって育まれる豊かな情操

豊かな食料 - いつでもほしいものが食べられる

の育成不十分

が起こるか」ということを教えてくださいました。僕らが卒業してから変わってしまいました「何を摂ったらいけないか、何を摂り過ぎるとどうなるか」と変わりました。経済学が純粋に栄養学のレベルになったわけです。

### 一般国民はすでに「もの」から「こころ」へ

80年代に「こころ」派が「もの」派より優勢に  
2002年調査では「こころ」派が60.7%

「もの」を望むのは政治家と経済界？

### 「もの」から「こころ」への切り替えに伴う心配

人びとが「もの」を浪費しなくなったら

商品が売れなくなり

購買力不足 → 生産抑制 → 人員過剰 → 失業

の悪循環が起こるのではないかな？

確かにその可能性はある

(ただし"失業"は"労働時間短縮"に置き換えたい)

生産は生活に必要なものをつくるためにある

需要が減れば生産を減らすのは当然であり、

それは環境のためにもよいことである

日本経済はバブルで必要以上に膨張した

適正規模まで量的に縮小することが必要である

二酸化炭素排出量は減り、地球温暖化防止に役立つ

この循環は悪循環ではなく好循環

ただし緩やかな量的マイナス成長になるように、

慎重な経済のかじ取りは必要

量的マイナス成長の結果、生活水準が低下するのではないかな？

技術革新による質的成長があれば、生活水準が低下することはない

労働時間が短くなっても、生産性が上がれば、賃金が下がるとは限らない

また製品の質が向上して高く売れば、賃金が上がることもある

名目賃金が下がっても、技術革新により物価が下がれば、実質賃金は下がらない

技術革新により電話代が安くなった 特に携帯電話は安く便利になった

現在1000円程度の電卓の性能は30年前の20万円以上の電子計算機に匹敵し

真空管が半導体素子にかわったことにより故障も減った

このような物価下落があれば、賃金が多少下がっても生活はよくなる

### 科学技術の進歩が生産性向上を通じて環境に与える影響

生産性向上は、生活をよくするのみならず環境汚染を減らす効果もある

上の電卓の例についていうと、価格だけでなく大きさも1/100以下になった

小さくなったということは、原料やエネルギーの消費も大幅に減ったことを意味する

したがって製造の際に出す二酸化炭素の量もごみの量も大幅に減っている

科学技術の進歩によって、経済の量的縮小と質的向上が達成されれば、生活はよくなり

二酸化炭素排出量は減り、ごみも減って、地球温暖化の防止・環境汚染の軽減に寄与する

## 5. 21世紀の教育

### 自然を尊び、自然から学ぶ教育

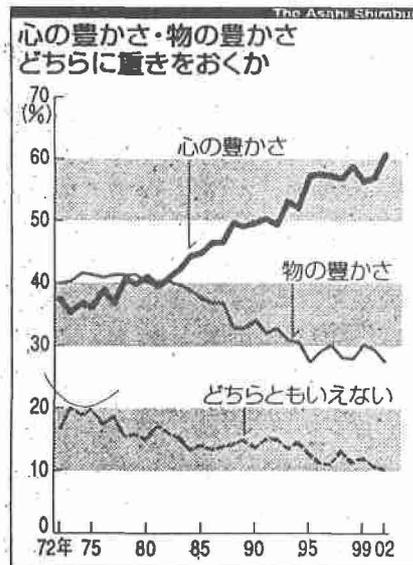
20世紀に 人類は自然に大きな損傷を与えてきた

21世紀には、これを反省して自然を尊び、人は自然の一員であることを自覚する

自然は最もよい教師である 自然から学ぶ姿勢が必要

(力をもって自然を制することはできないが、愛情をもって接すれば他の動植物と共存共栄できる)

豊かさ「物より心」最高の60%  
内閣府調査(2002.9.1朝日)



## 豊かな「こころ」を培う教育

幅広い教養に裏付けられた豊かな「こころ」は豊かな暮らしの基礎  
豊かな「こころ」を培うのは、文系にも理系にも偏らない初等・中等教育  
社会生活には相互理解が必要であり、そのためには共通の基礎的教養が必要  
個性を伸ばすためにも、文理にわたる広い基礎的教養が必要

## 「こころ」も「もの」もを望むなら理科的教養を

日本の物質的豊かさ（日本経済の国際競争力）は科学技術が支えている

WEF(世界経済フォーラム)の国際競争力報告書の2004-2005ランキングで、日本は総合9位  
その基礎となる指数はマクロ経済環境指数29位、公的機関指数16位、技術指数5位

IMD(国際経営開発研究所)の世界競争力年鑑2005のランキングでは、日本は総合21位/60ヵ国  
因子別順位は、経済状況21位、政府の効率性40位、ビジネスの効率性35位、基盤3位  
(基盤は、基礎的基盤構造、技術の基盤構造、科学の基盤構造、健康と環境、教育の5項目からなる)

先見性のある政治・行政・事業を展開するには

科学技術を理解しうる基礎的な素養と論理的思考（すなわち理科的教養）が必要

失われた10年の原因は、日本の指導者の科学技術に対する「バカの壁」ではないか

例：インターネット普及の後れ（二、三年前まで、日本はインターネット後進国であった）

1993 米国「情報ハイウェイ構想」（ゴア副大統領、当時）

1995 韓国「超高速情報通信基盤計画」インターネット先進国に

2001.1.6 日本「IT基本法」施行 以後、急速に米・韓・欧などに追いつきつつある

02年1年間に、高速大容量インターネット(ブロードバンド)普及率が一挙6倍

04年12月末のインターネット人口6700万に達し、人数では米国につぐ世界2位

しかしITU(国際電気通信連合)2003年11月発表のDigital Access Indexでは

15位で、韓国(4位)、香港(7位)、台湾(9位)、シンガポール(14位)に及ばない

科学技術の発展は

画期的な発見・発明とともに小さい発見や改良の積み重ねからもたらされる

日本は、後者において優れており、これは国民の平均的な知的水準の高さによる

理科離れ、理科嫌いが続くと、科学技術においても2位から転落のおそれがある

科学技術における創造的な発明・発見のためには、緻密な論理的思考とともに豊かな想像力が必要

その想像力の源泉は文理のバランスのとれた教養

## 湯川秀樹の短文（中野不二男による）より

「日本人は過去において常に論理的、数理的であるよりも心理的、倫理的であり、科学的であるよりも文学的であった」

心理的、倫理的、文学的価値観、すなわち「清く、正しく、美しく」あるいは「清貧に甘んじ、心は豊かに」は立派な価値観。しかし今私たちの価値観は？「もの」の豊かさを求めているだろうか？

「もの」の豊かさを求めるなら、論理的、数理的、科学的な思考は必須（理科的教養は必須）

## カルロス・ゴーン（日産自動車社長）

日本人の長所 ものづくりの現場が強い、個々の部門内のチームワークがよい

日本人の短所 部門間の相互作用(cross function)がうまくいかない

Q ゴーンが指摘する欠点を克服するために何が必要でしょうか？

## 日本の国際競争力総合ランキングの推移

90年代初期までは世界1位、その後急落して02年には49ヵ国中27位、現在は徐々に回復中

年 1989 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 2000 01 02 03 04 05

順位 1 1 1 1 3 4 4 9 18 16 17 21 23 27 25 23 21

出典：IMD 国際競争力年鑑2005、ただし99年以前は 電通総研 袖川芳之「IMD 国際競争力年鑑2002 結果概要について」（2002.5.28）より

2005 年年鑑では、香港 2 位、シンガポール 3 位、台湾 11 位、中国浙江省 20 位（中国本土 31 位）  
2002 年年鑑によると、日本は起業家精神（49 位 最下位）、新しい企業の立ち上げ（48 位）、  
外国人の能力や外資の活用（47 - 49 位）、大学教育（49 位）において評価が低い。  
人材の劣化が目立つ：2 位（1990）→41 位（2002）。一方科学技術は：1 位（90）→2 位（02）  
（大学の使命は経済の発展に寄与することだけではない。文化の継承発展も重要な使命。  
理系では日本の大学は健闘している。例えば化学においては、論文の引用動向世界順位において、  
東大 2 位、京大 3 位。理系の論文の大多数には、共同研究者として学生も貢献している。

Q 科学技術以外の競争力が弱いのは何故でしょうか？ 競争力を高めるには？

Q 平成 13 年度、大多数の企業は減益や赤字で賃金カットの所もありました。しかしトヨタとホンダ  
は増益で満額の定期昇給のほかボーナスを増額しました。他の多くの企業とどこが違うのでしょ  
うか。（参照：藤本隆弘「能力構築競争 日本の自動車産業はなぜ強いのか」中公新書、2003 年 6 月発行）

### 総合化の時代にふさわしい教育

地球温暖化問題に象徴されるように 21 世紀には多様な分野の専門家の協力が必要  
共通の基礎的教養が必須、これがないと異分野間の意志疎通ができない  
技術者が開発した技術を実用化するには、営業や経理の担当者の理解が必要  
それらの人が何に関心をもつかを知り、わかるように説明することが必要  
また顧客の要望を考慮した開発が必要（日本の電化製品は国際的に見て過剰品質といわれる）  
営業担当者は顧客の技術的な要求を理解し、技術者に取り次ぐことが必要（顧客の要求は貴重な種）  
経営者は技術が理解できなければ、経営の長期展望が描けず、効率化ができない  
銀行は会社の技術力を評価して将来性に対し融資 土地担保重視は誤り  
政治家・官僚は科学技術が理解できなければ、先見性のある政策を立案できない

黒田玲子「科学を育む」中公新書（2002 年 12 月発行）より

（東大教授、内閣府総合科学技術会議議員、東大に招かれる前はイギリスで 11 年間研究・教育に従事  
ノーベル賞 100 周年記念シンポジウムへのノーベル賞受賞者以外の招待者 65 人の内の一人）  
『21 世紀に人類が直面する大きな課題に解決策を見出すためには、自然科学の力だけでは不十分であ  
る。部分部分に細分化された、自然科学、人文科学、社会科学の知をパッチワークのように合わせていっ  
ても、最適な解は得られない。人類の英知を総動員して解決する必要がある、いわゆる理系と文系の融  
合、自然科学、人文、社会科学などの総合化も必須である』

立花 隆（東大仏文科卒、作家、評論家）「東大生はバカになったか」文春文庫（2004 年 3 月発行）より  
『人文科学、自然科学、社会科学、三分野の知識を幅広く修得することは、現代社会に生きる人間の基  
本的な教養としてぜひとも必要なことです。どの分野の知識が欠けても、社会人として完全とはいえま  
せん』『問題がとりわけ深刻なのは、社会一般の知識水準がどうしようもなく低下していることです』

### 国際化を進めるための教育

国際共通語、英語は重要 自然科学では論文は英語で発表するのが常識  
国際化とは外国の情報を受け入れてその真似をすることではない。外国から取り入れたものを消化して  
自分のものにし、一方自ら作り上げた独自の考えを世界に向かって発信する  
そのためには英語力も大切だが、それ以上に発信する情報の中身が重要  
（安藤忠雄氏は外国で日本語で講演する。それでも外国人が聴いてくれる）

### 国語（日本語）はすべての思考の基礎、国語を大切に

私たちの認識、思考、伝達、創造はすべて言葉を通じて行われる。国語力が貧弱では思考も貧弱になる。  
私たちは英語力において、いくら努力しても英米人に勝つことは無理、インド人にも、中国人にも負ける  
貧弱な英語（あるいはカタカナ英語）では、考える内容も貧弱、外国に追いつくのが精一杯  
カタカナ英語は発音も意味も原語と違うことが多いので、国際化に有害  
カタカナ英語は日本語の豊かな表現力を奪う

例：「単純な」「込み入ってない」「簡単な」「簡素な」「地味な」など日本語では微妙に異なる意味をもつ言葉を「シンプル」というひとつのカタカナ英語に置き換える傾向がある。この例のように語彙の乏しいカタカナ英語を使っていると情操や思考が幼稚化する。

豊かな日本語の能力を養い、その日本語を使って考えれば、豊かな発想が生まれる  
その独自の発想を英語を使って世界に発信するのが真の国際化

明治の人は適切な訳語を作ることにより外来の学問を日本のものにした

speed(OE)	velocity(Latin)	acceleration(L)	momentum(L)
速さ	速度 (v)	加速度 (dv/dt)	運動量 (mv)

(英語と日本語を比べて、どちらが学術用語として優れているのでしょうか?)

私たちは外来の学問を日本語の教科書で学ぶことができた。このことが日本の科学技術の明治以来の急速な発展に寄与している

国際的に活躍する科学者は今も日本語を大切にしている。学術用語はできる限り日本語に訳す。

外国にあって国際的に活躍している天体望遠鏡は「すばる」(ハワイ)、「なんてん」(チリ)、  
X線天文衛星は「すざく」である。国内の日本人向け施設にカタカナ名が多いのはどういうことか。

## おわりに

21世紀には、地球温暖化などの地球環境問題が深刻になることが予想される。このまま量的経済成長を続けられれば、取り返しのつかない環境破壊に至る心配がある。私たちはエネルギー消費を節減するとともに、再生可能エネルギーの開発につとめ、化石燃料の消費を減らさなければならない。

21世紀には私たちの生活様式も変わらなければならない。「もの」の豊かさを追うことをやめ「こころ」の豊かさを求めたい。教育は自然を尊び、「こころ」を豊かにするものでなければならない。また専門分野間・国家間の垣根(バリア)が無くなり、相互協力が必要とされる時代にも対応しなければならない。こういうわけで基礎的な(文理の)教養はすべての人に必須である。また技術革新の速度の著しい、このような時代にこそ基礎的な教養が大切である。基礎がしっかりしていれば、自らの努力によって変化に追いついていくことが可能である。

付記 「容器・包装リサイクル法」について

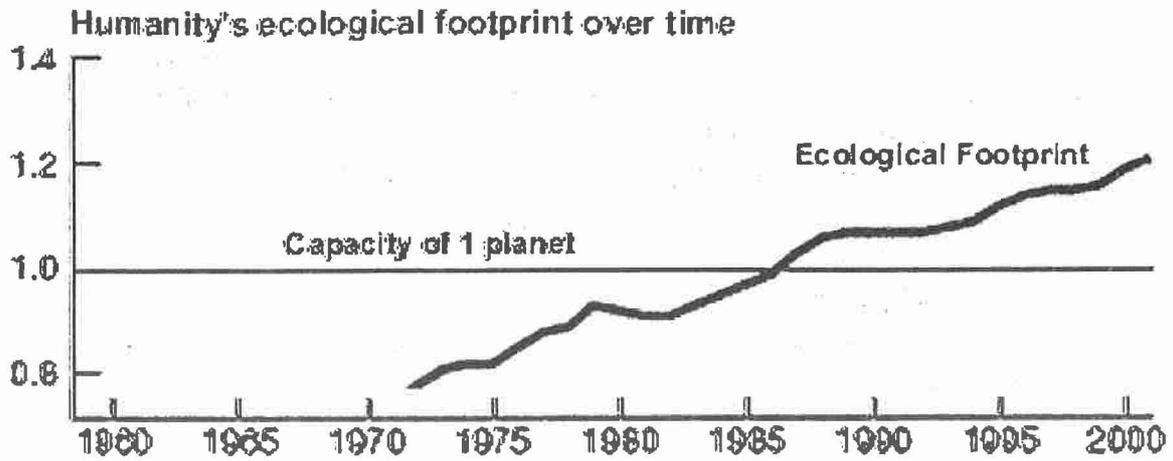
日本語の循環型社会形成推進基本法では、(1) 廃棄物の排出抑制 (2) 製品・部品としての再使用(洗浄・修理などをしてもう一度使う) (3) 原材料としての再生利用 (4) 熱回収(廃棄物を燃やすときに発生する熱を利用する) (5) 適正処理(安全に廃棄する)と優先順位をつけて考えているが、「リサイクル」というカタカナ英語を使うと(2)(3)(4)は「リサイクル」で括られ、きめ細かな資源・エネルギーの再利用が行われない。またこの法律では、いわゆる「リサイクル」の責任が分散していて、もっとも経費がかかる収集を公費、すなわち税、で負担していて、全体として非効率になっていることも問題である。

もしすべての経費を製造業者あるいは使用業者が負担することにすれば、業者は「リサイクル」の経費を最小にする方法を考えるであろう。理想的な資源循環が行われているビール瓶の場合を考えよう。ビール販売店は販売の際に瓶代の預かり金(デポジット)を受け取る。消費者は空き瓶を店に返し、この空き瓶はビール配達の手がもって帰る。収集の費用はかからない。瓶は洗浄あるいは再生して再び使われる。

これに対して、ペットボトルでは消費者が空き瓶を資源ゴミとして出し、自治体が集荷する。(人件費がかかり、車の燃料を消費する。)集められたペットボトルを原料としてつくられた製品は、税金(収集費)の補助を受けているにもかかわらず、決して安くない。いわゆるリサイクルが効率的に行われていないからである。他の容器包装の場合には、品質が雑多なためにリサイクルのために消費する費用とエネルギーはさらに大きくなるであろう。リサイクルが「もの」の再生利用の面から見られていて、エネルギーの視点が欠けている。エネルギー浪費になるおそれが大きい。

もし全費用を生産者が負担することにすれば、生産者は製造の時から分別回収・再使用・再生利用に適した材質・形態を考え、エネルギー消費の少ない流通方法を工夫し、効率的な再生法を開発するであろう。また全費用を使用業者が負担することにすれば、容器包装を簡素化し、選別を容易にし、再生費用を少なくする工夫をするであろう。費用を消費者負担にすれば、消費者は簡素な包装を選ぶであろう。公費負担の廃止、リサイクル費用負担者の一元化が効率化のために必要である。

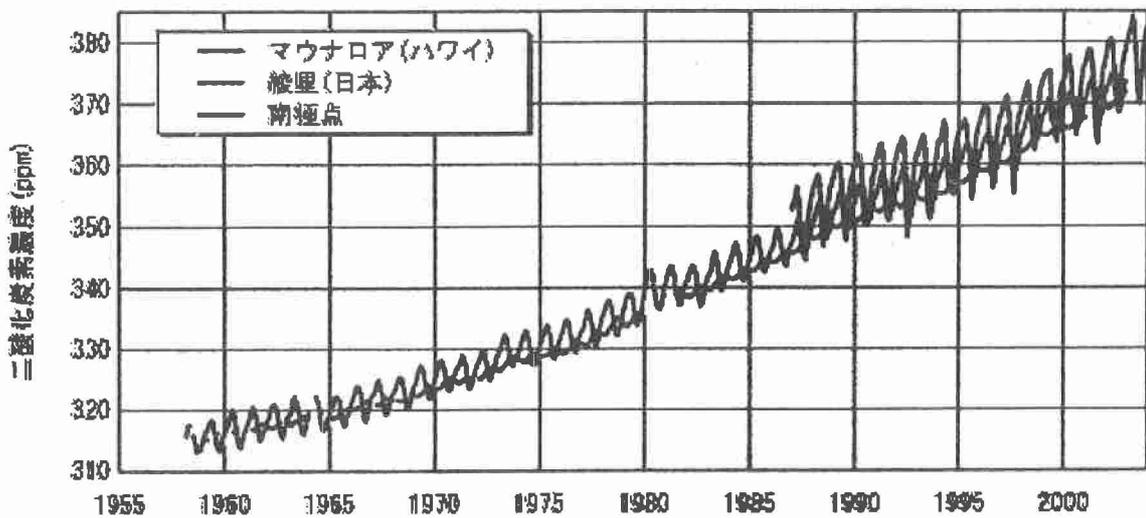
Ecological Footprint (生態学的足跡、人間の自然資源消費量を面積で表したもの)



出典：WWF (世界自然保護基金) Living Planet Report 2004

2001年 世界の自然資源消費量は 地球の生産能力の1.2倍  
 世界の生産可能な生物圏面積 135億 global ha 1人当たり 1.8 ha/person  
 世界の平均のFootprint 2.2 ha/person 日本人 4.3 ha/person アメリカ人 9.5 ha/person

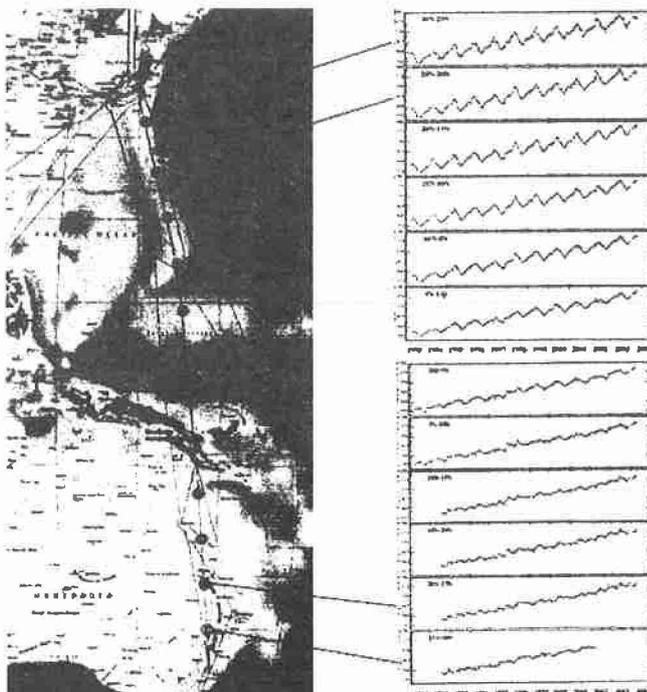
大気中の二酸化炭素濃度の経年変化



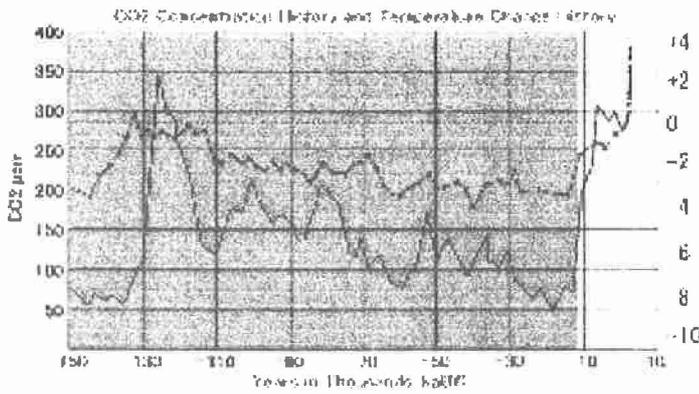
出典：気象庁ホームページ 二酸化炭素の観測

季節変動は、南極では小さく、マウナロアでは中くらい、綾里では大きい

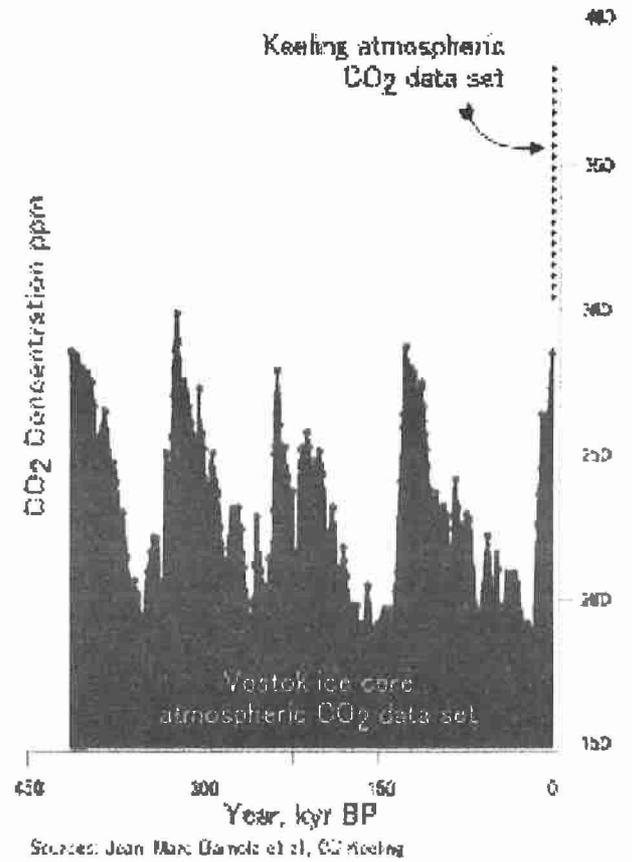
東京ーシドニー間上空の二酸化炭素濃度の経年変化 出典：JAL環境報告書 2004



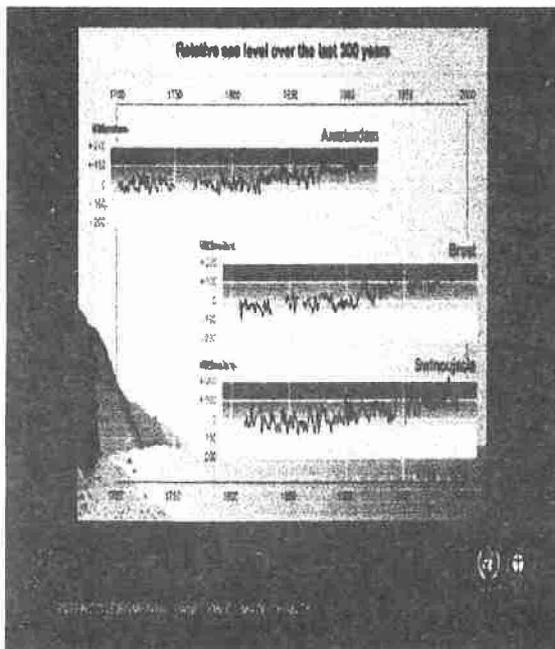
過去 15 万年間の二酸化炭素濃度及び気温の変化



過去 40 万年間の大気中二酸化炭素濃度の変化

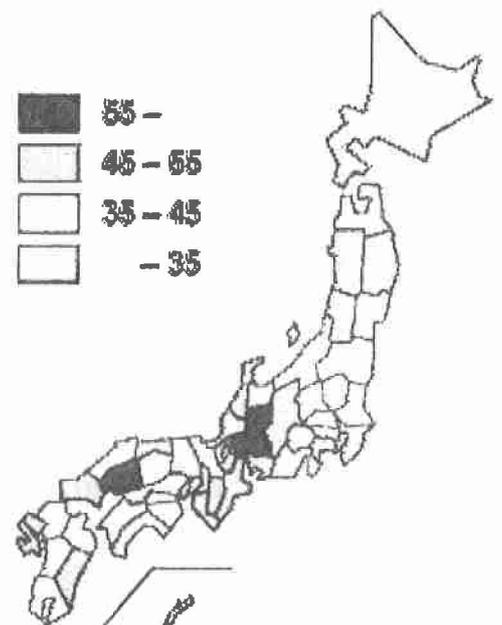


過去 300 年間の海面レベルの変化



アムステルダム  
 ブレスト (フランス)  
 シフィノウィシチェ (ポーランド)

日本の都道府県別自然放射線量 (nGy/h)



都道府県別平均寿命 (平成 12 年、厚生労働省)

	男	女
岐阜県	78.10 (9 位)	
青森県	75.67 (47 位)	83.69 (47 位)
全国平均	77.71	84.62

岐阜県の男性の平均寿命は常に上位 10 位以内  
 (昭和 50 年～平成 12 年)

北関東地区 エネルギー・環境・放射線セミナー用資料

## エネルギー・環境問題と水素

平成17年11月2日(水)

日本原子力研究開発機構  
特別研究員  
塩沢周策

## 目 次

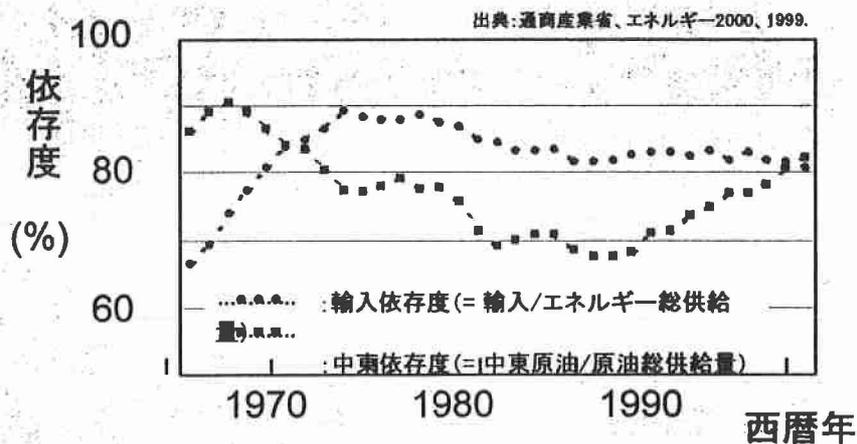
1. わが国におけるエネルギーの現状と課題
2. 高温工学試験研究炉(HTR)
3. 水素製造技術
4. 将来の社会

## わが国におけるエネルギーの現状

- わが国では、エネルギーの海外依存度は80%強と高く、石油の中東依存度も石油危機以前に戻りつつある。
- 地球規模で大気中の二酸化炭素濃度が異常に上昇。その結果、地球温暖化が進行中。
- わが国では、エネルギー起源の二酸化炭素排出量を1990年レベルに抑制できていない。

1

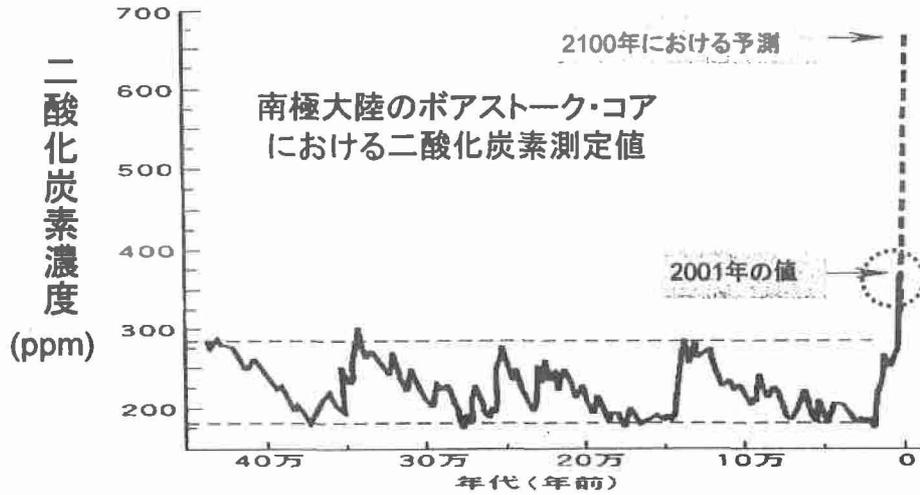
## エネルギーの海外依存度



2

## 二酸化炭素濃度の変化

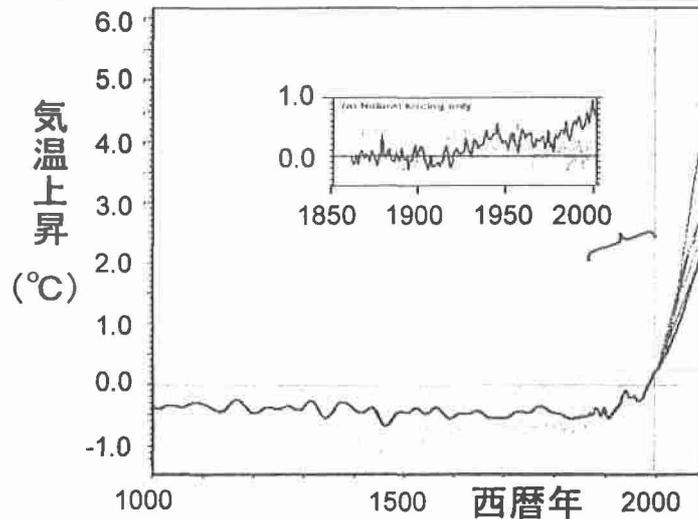
出典: Petit *et al.*, Nature, 399, 1999.  
 Watson *et al.* (Eds.), IPCC Third Assessment Report: Climate Change 2001.



3

## 地球表面温度の変化

出典: IPCC Third Assessment Report: Climate Change 2001, Synthesis Report, Edited  
 by Watson, R.T. and the Core Writing Team, IPCC, Geneva, Switzerland, pp 184.



4

## わが国におけるエネルギーに関する課題

- 化石燃料への依存低減を目指した、  
エネルギーの安定供給
- 二酸化炭素排出量の抑制を目指した、  
水素の大量、安定供給

5

## 水素製造に関する世界の動き

### 日本

エネルギー政策基本法に基づくエネルギー基本計画(平成15年10月6日付 閣議決定)

水素エネルギー社会の実現に向けた取組 (第2章6節. 3)

- 水素は利用段階で炭酸ガス等を排出しない、ゼロエミッションのエネルギー媒体
- 化石燃料に依存しない水素製造の実用化に期待 (例: 原子力、太陽光、バイオマス)

日本原子力産業会議の提言(平成16年2月)

「国は、原子力を利用した水素製造など将来の地平を拓く原子力システムの開発について早急に評価を行い、わが国のエネルギー開発政策における位置付けを明確にすべきである。」

### 欧州

- EU主催水素閣僚級会議
- 燃料電池バスデモンストレーション 7カ国、9都市
- 仏国CEAガス冷却高速炉計画  
2015年頃 実験炉運転開始



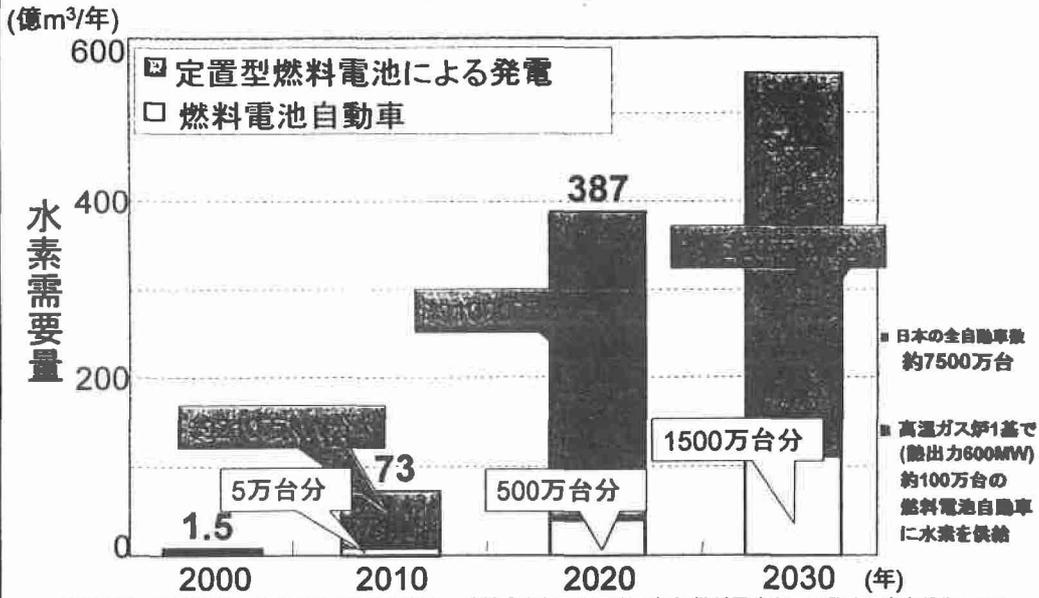
### 米国

- 水素燃料計画  
2020年頃を目標に主要エネルギーを水素に転換
- 原子力水素計画 (FY05 9M\$)
- 次世代原子カプラント(NGNP)計画 (FY05 25M\$)



6

## 我が国における将来の水素導入目標値



7

## 水素社会の到来:何故水素か?

水素は、酸素と反応して、水だけが生成され、有害物を生まない  
ゼロエミッションのエネルギー媒体



自然界の水素



水(H<sub>2</sub>O)

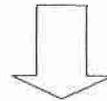


たんばく質  
(C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>O<sub>k</sub>)



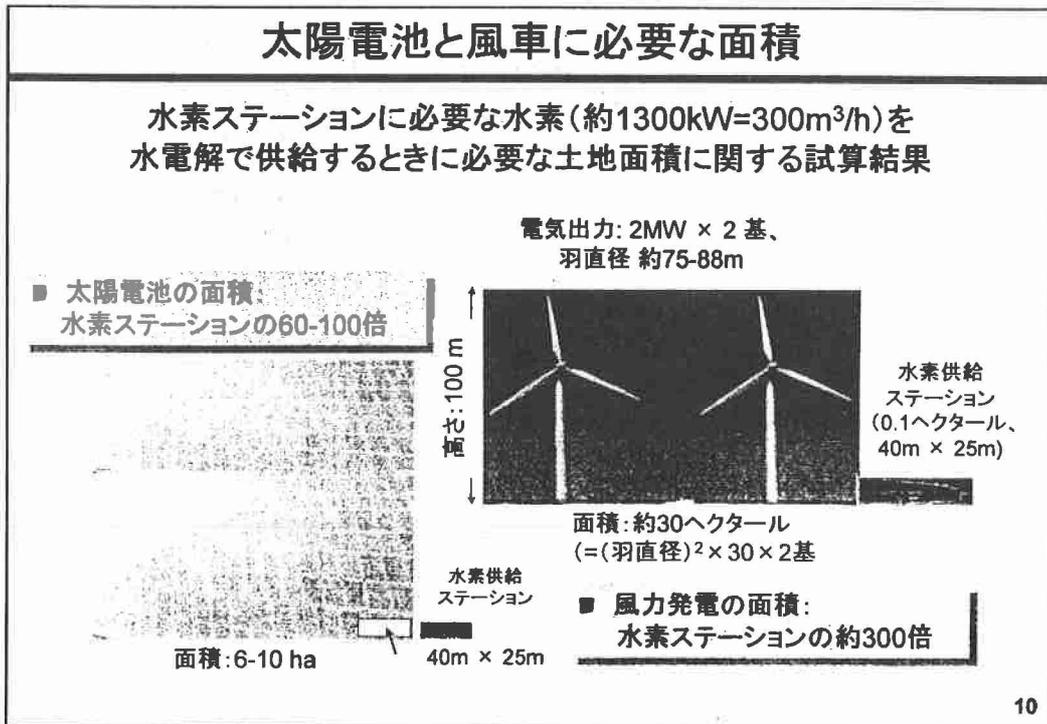
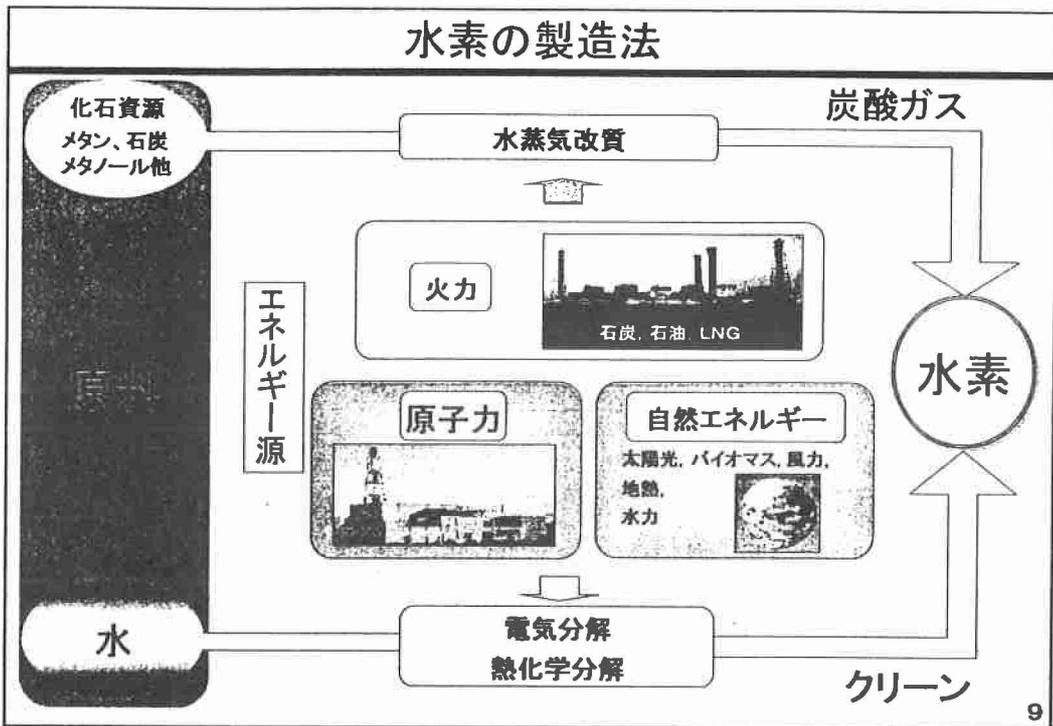
化石燃料  
(C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>)

水素社会に必要な単体の水素(H<sub>2</sub>)は、自然界に殆ど存在しない。



水素社会の成立には  
水素製造が必要

8



## 高温ガス炉の必要面積

- 270ヶ所の水素ステーションを賄うため(300 × 270 m<sup>3</sup>/h) -
- 熱出力600MWの高温ガス炉1基の必要面積は 250 m × 250 m -

自然エネルギーは高温ガス炉エネルギーシステムより、  
約1000倍の面積を必要とする

- 家庭1軒の場合は、自然エネルギーで十分賄える
- 水素ステーションのような高密度利用の場合は、自然エネルギーでは限界がある

11

## なぜ、高温ガス炉か？

水素製造の理論効率

- 水の分解反応 ;  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2 + 1/2\text{O}_2 + \Delta\text{H}$  において  
理論効率は、高温ほど高いから ! ( $\Delta\text{G} > 0$  において)

$$\eta = \frac{T_H - T_L}{T_H} \frac{T_d}{T_d - T_L}$$

常温水電解、  
高温水蒸気電解、  
熱化学法等  
すべての水素製造  
の理論効率は左式  
で表せる。

( $T_H$ : 高温側温度、 $T_L$ : 低温側温度、 $T_d$ :  $\Delta\text{G}=0$  となる温度 (=約4300K))

- 実用材料による温度制限 → 1000°C 以下

12

## 目 次

1. わが国におけるエネルギーの現状と課題
2. 高温工学試験研究炉(HTTR)
3. 水素製造技術
4. 将来の社会

### 原研機構における 高温ガス炉水素製造研究開発の現状



## 高温ガス炉の特長

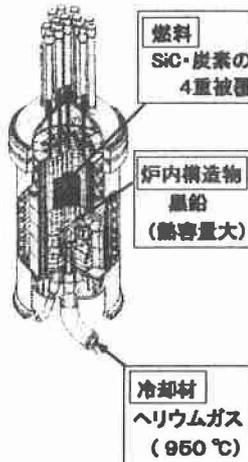
### 固有の安全性

- ・燃料: 耐久温度が高い  
4重被覆による  
FP閉じ込め能力大
- ・炉心: 溶融しない  
温度変化が緩やか
- ・ヘリウムガス:  
相変化なし  
化学反応なし

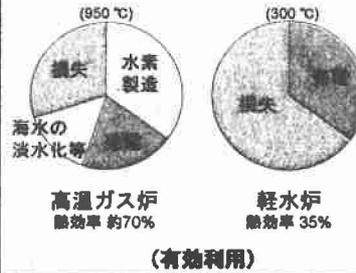
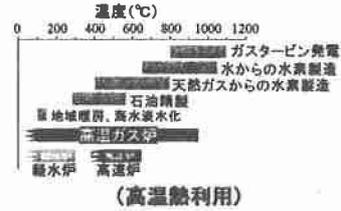


燃料の大規模破壊や  
炉心溶融に至る事故  
が起こらない

### 高温ガス炉の構造



### 核熱利用分野の拡大



14

## HTTR計画の概要

### 高温ガス炉技術開発

- HTTRの950℃高温運転
- HTTRの安定かつ長期間の連続運転
- HTTR安全性実証試験
- 要素技術の高度化



高温工学試験研究炉 HTTR

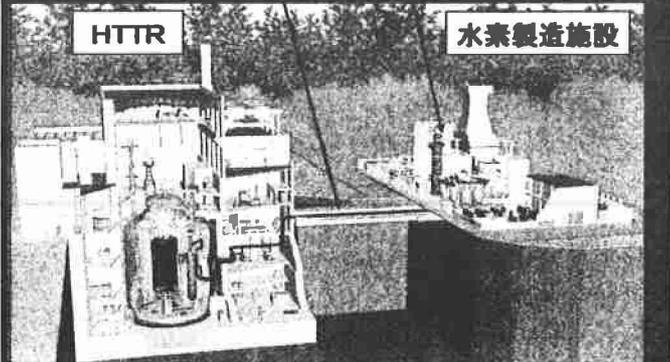
### 熱利用技術開発

#### システムインテグレーション技術の開発

- 安全設計・安全評価
- 原子炉の運転に影響を与えない制御技術の開発

#### 水素製造技術の開発

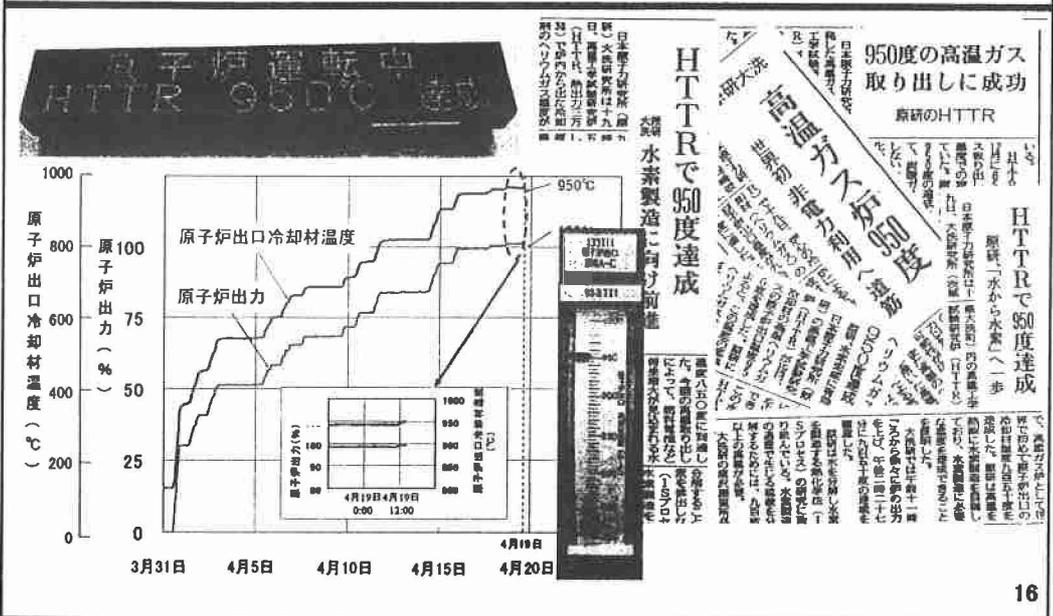
- 水素を水から製造するISプロセス技術の開発



15

# 原子炉出口冷却材温度950°Cの達成

## - 平成16年4月19日達成(世界初) -



## 目次

1. わが国におけるエネルギーの現状と課題
2. 高温工学試験研究炉(HTR)
3. 水素製造技術
4. 将来の社会

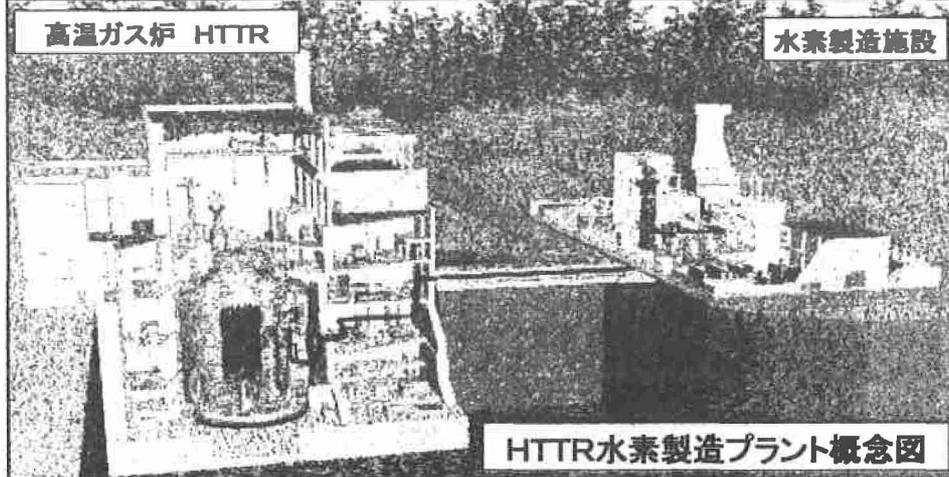
## 高温ガス炉水素製造の技術開発

### 水素製造施設の接続技術の開発

- 原子炉の運転に影響を与えない制御技術の開発
- 安全設計・安全評価

### 水素製造技術の開発

- 水素を水から製造する ISプロセス技術の開発

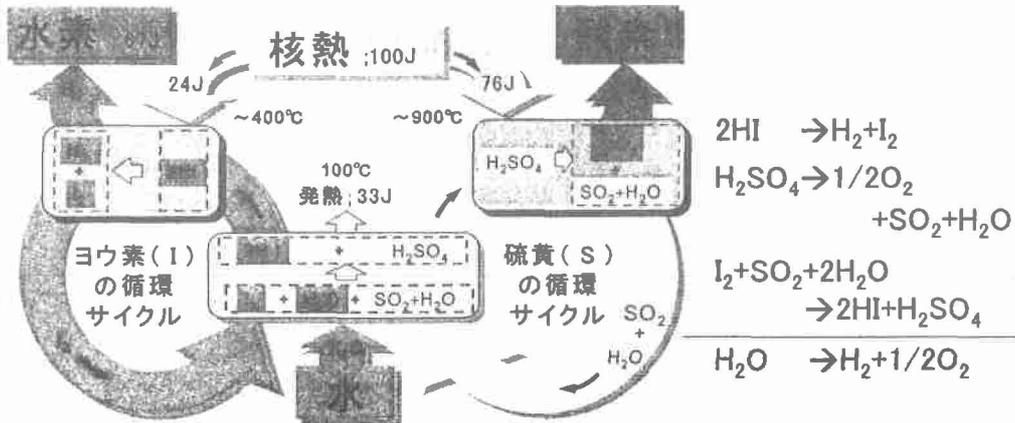


17

## 水素製造技術

### —熱化学法 ISプロセスの概要—

- 水熱分解反応が自発的に進む温度は4000°C以上
- 三つの化学反応を用い900°C程度で水を熱分解



18

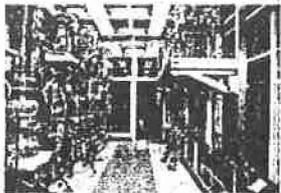
# 熱化学法 IS プロセスの技術開発

世界最先端技術：二酸化炭素を排出することなく水素を製造

## 世界唯一の装置：試験中

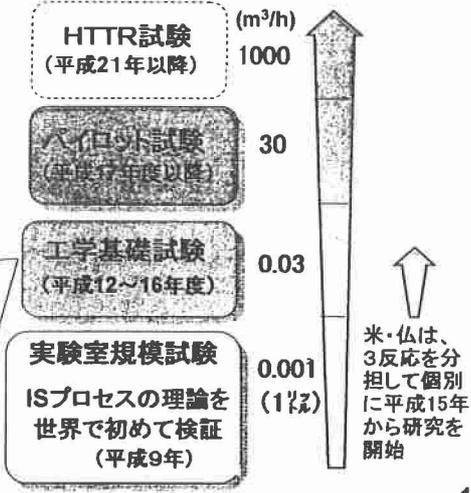
ヨウ素(I)と硫黄(S)を循環物質として、3つの化学反応により、約4000℃の熱が必要な水の熱分解を約900℃で実現

水の分解反応を3つに分ける  
 $2\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$



ISプロセス工学基礎試験装置

水素製造能力 (m³/h)



# ISプロセス開発における最近の成果

世界初の水の高温熱分解による水素製造に成功

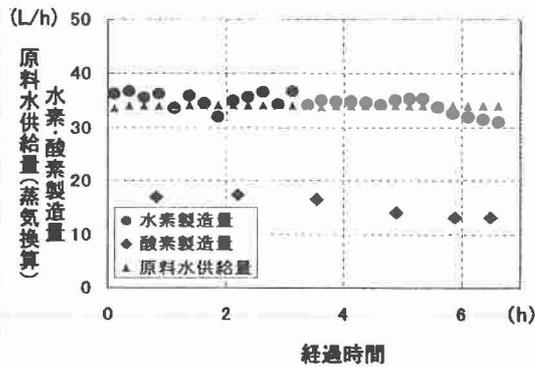
## 水素の連続発生に成功

**08年にHTTRで実証試験へ**

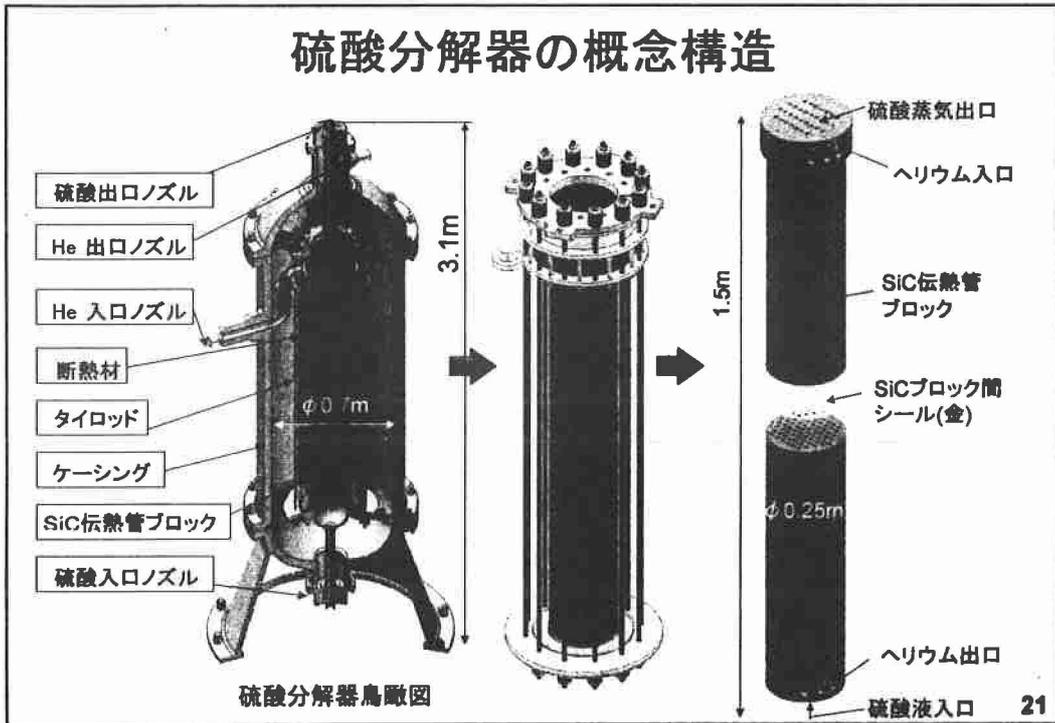
**世界初 水高温熱分解による水素製造に成功**

水素製造装置の概要図。原料水供給量、水素製造量、酸素製造量、原料水供給量(蒸気換算)の各データが示されています。また、800℃での反応温度も記載されています。

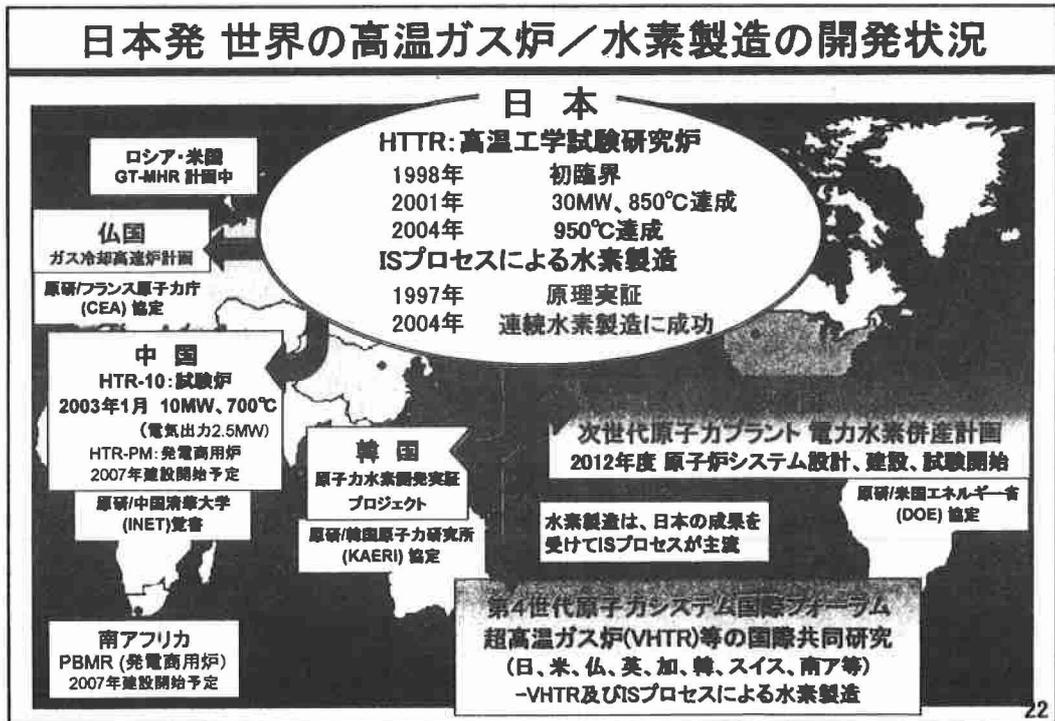
水素製造試験結果



## 硫酸分解器の概念構造



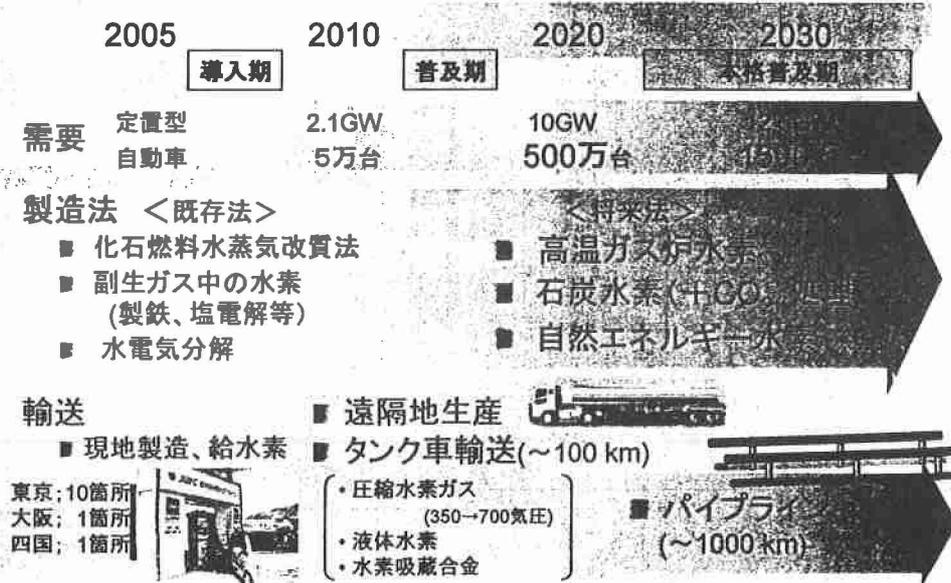
## 日本発 世界の高温ガス炉／水素製造の開発状況



# 目 次

1. わが国におけるエネルギーの現状と課題
2. 高温工学試験研究炉(HTR)
3. 水素製造技術
4. 将来の社会

## 水素普及の道筋



## 日本における今後の展開

2000～2010年

### 高温ガス炉技術開発 (HTTR)

- 950°C達成
- 安全性実証試験
- 連続運転、原子炉特性把握



### システムインテグレーション技術開発

### IS法水素製造技術開発

- 反応機器材料等の開発、性能評価、健全性確認
- 反応効率の改善
- システム評価解析コードの開発、検証試験



2010年～

2020年代～

### 高温ガス炉・水素製造システム開発

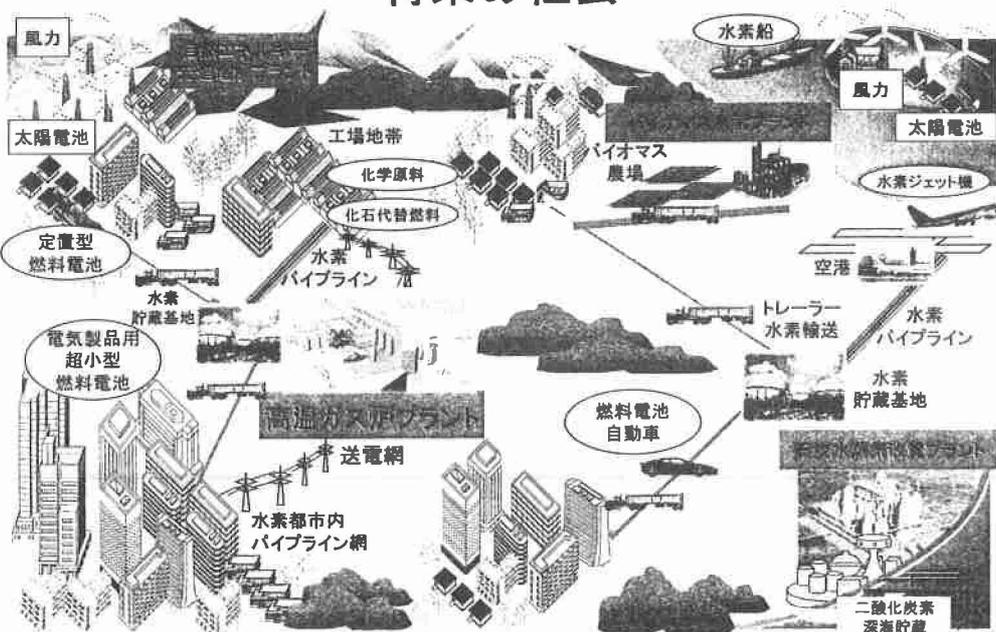
### HTTR-IS法水素製造試験



実用システム

24

## 将来の社会



25

## 科学技術文明の陰と光

—科学技術・放射線・原子力に関連して—

名古屋大学名誉教授、愛知工業大学客員教授

森 千鶴夫

産業革命以降、近代科学技術の発展とともに、近代国家と言われる国の人々の生活様式はたとえば100年前のそれとは一変している。しかし、当初は善のみかとさえ思われた近代科学技術は実は人類にとって両刃の刃であることが分ってきた。それでも私達は今もなお科学技術の推進によって諸問題を解決し、世界の中で生き残ってゆこうと努力している。

本稿では、科学技術はもちろんのこと、全ての事物には光と陰があり、陰の存在を十分に認識し、いかに陰を押さえ、光の恩恵を受け取るようにすることが大切であるかを述べる。その際に、陰と光の客観的な認識や評価が大切であることは論を待たないが、陰や光が人々の生活や環境に実質的に影響を及ぼすかどうかは、むしろ人間の心の問題であることに注目したい。こうしたことの実例を示し、近代科学技術の代表例の一つである原子力エネルギーや放射線についても考えたい。

### 1. 病魔と闘う科学と人の心

1347年から流行が始まったペストでヨーロッパの全人口の3割が死亡したといわれ、17世紀から18世紀にかけても何度も流行したが、北里柴三郎がペスト菌を発見したことで対策を講じることができるようになった。また、コレラは日本でも猛威をふるい、安政5年には江戸のみで10万人から20万人が死亡し、明治時代には37万人が死亡したと言われる。これも、コッホがコレラ菌を発見して、その猛威を鎮めることができた。

1918年から1919年に世界的に流行したスペイン風邪は世界で4千万人～5千万人の死者をもたらした。死者から採取し、保存していた検体からスペイン風邪のウイルスを発見したのは、1997年のことで、H1N1と呼ばれている。

鳥インフルエンザウイルスはH2N2やH3N2と呼ばれ、これが恐れられるのは、H1N1と基本的には同じタイプであるため、鳥から人に伝染したウイルスが、スペイン風邪のウイルスH1N1のように、いつの間で伝染する能力を持つようになるかもしれないと考えられるからで、その封じ込めへの努力は高く評価されな

ければならない。しかし、養鶏家の目先の営業感覚や国家の体面などのために問題が生じてもいる。このように、事物そのものの陰や光のほかに、それに関係した人々の「心の陰」の問題が大きく影響してくる。その典型的な例が、日本の明治期の軍隊における脚気の問題である<sup>1)</sup>。海軍軍医総監の高木兼寛（英国留学）は白米食から麦飯に変えることによって、日清戦争、日露戦争を通じて脚気による病死者をほとんど出すことがなかった。陸軍軍医総監の森林太郎（ドイツ

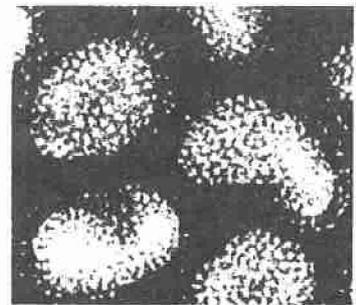


図1 鳥インフルエンザウイルス

留学)は脚気の細菌説に固執し、東大医学部教授らとともに高木を執拗に攻撃して、日清戦争で海軍の方法の成果が明白であったにも拘らず、改めて陸軍全軍に白米食の通達を出した。その結果、日露戦争では、戦死(即死)者 48,400 名に対して、傷病死者 37,200 名を数え、このうち脚気死者は 27,800 名に上った。それまでにも陸軍では脚気による多くの死者があり、結果として、戦死者数と肩を並べるほどであった。人間の偏狭な自尊心がもたらした悲劇である。



図2 海軍軍医総監高木兼寛と  
陸軍軍医総監森村太郎

その後、東大医学部は、脚気の特薬オリザニンを発見した農学部出身の鈴木梅太郎の業績を罵倒し、ノーベル賞受賞を牽制したりしたと言われている<sup>2)</sup>。

水俣病の発病原因に関する熊本大学の研究結果を、企業、東大医学部、厚生省が一体となってこれを認めず、水銀の排水を10年間にもわたって続け、大きな災厄をもたらした。

鎮静・睡眠剤のサリドマイド薬禍も同様である。1961年11月18日にハンブルグ大学のW・レンツがアザラシ状の奇形児の発生はサリドマイド剤が原因であると学会で発表した。11月26日直ちに製造会社のグリュネンター社が薬剤を欧州各地から回収した。12月5日にグ社から大日本製薬に回収勧告が届いたが、厚生省と大日本製薬が協議し、

「有用な薬品を回収すれば社会不安を起す」として販売続行を決定した。1962年2月21日、厚生省は亜細亜製薬のサリドマイド剤「パングル」の製造を新たに許可した。3月と4月にグリュネンター社が製造を止めない大日本製薬に再度にわたり警告した。5月18日によく出荷を停止し、9月13日に製品回収を始めたが、十分ではなくその後も被害が出た。日本における被害者数は公式では309人とされているが千数百人に達するとの観測もある。米国は1960年9月に、担当官が「資料不十分」で販売を許可しなかった。

サリドマイド剤には「光学異性体」(右手型と左手型、R体とS体)があり、キラル(掌性)化合物と呼ばれている。R体だけを服用しても、体内で徐々にS体が変わってゆく。S体は血管が新しく作られるのを妨害する作用がある。胎児に腕や脚ができる段階で血管が作られないと、その部分に十分栄養が行き渡らなくなり、手足が成長できなくなる。妊娠

のどの時期にサリドマイド剤を服用したかによって奇形が異なる。大人には血管が新生しているところはないのでこの副作用は現われない。しかし、がん細胞は別で、血管をどんどん新生し、その血管によって栄養を集めて自身を増殖してゆく。従って、血管の新生を押さえればがん細胞の増殖は止まる。サリドマイド剤のこのような効用が外国で改めて注目され、再び治療薬として用いられ始めている。我が国でも保険適用薬となった。

催眠作用、  
鎮静作用の  
ある  
(R)体

催奇性の  
ある(S)体

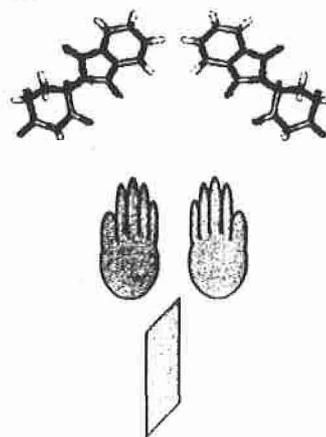


図3 サリドマイド剤の光学異性体(キラル化合物)とS体の催奇性副作用

このように、私達の身の周りには最先端化学物質といえども、あるいは最先端なるが故に、思わぬ落とし穴がある。これを避ける可能な限りの努力をすべきであるが、完全に避けることは困難である。問題は、落とし穴と分った時に営業などに感わされることなく、いかに迅速に適切な手を打つことができるかどうかである。

科学技術の陰とともに、スモン病、エイズ薬禍、などなど、人の心の影がもたらす災厄の例には限りがない。

## 2. 工業における企業倫理

製造者責任が言われるようになってからまだ日が浅いが、過去には目を覆いたくなるような多くの事例がある。フォード自動車会社のピトー事件<sup>3)</sup>もその一つである。フォードのピトーという名の車は、衝突事故によって燃料タンクが破裂し火災を起しやすく、焼死者が相次いだ。しかし、会社は表1に示すように、「企業内部で人命のドル評価をし、“費用－便益分析”をして、安全基準設置反対のロビー活動を手際よく行いながら、8年間燃料タンクの改善を実施せず、焼死者を出し続けた。このほうが、焼死者に対する補償をしてでも、燃料タンクを改善するよりは経費が少なくて済むという分析をし、それを実施した」。

表1 フォード社が計算した“費用－便益分析”

燃料タンクの修繕を行わない場合の経費 (人命等に対する保障費)	合計
焼死者 180名×20万ドル+負傷者 180名×6.7万ドル+車両 2,100台×7百ドル	4,950万ドル
燃料タンクの修繕を行った場合の経費	
自家用車 1,100万台×11ドル+150万台×11ドル	13,700万ドル
燃料タンクの修繕を行わなかった場合の差し引きの利益	8,750万ドル

しかし、実際には焼死者は500名にも達し、表1の計算は崩れた。また、連邦自動車安全基準301号に違反するとして、燃料タンクの廃棄を迫られ、企業イメージを著しく損ねた。

このような例は、我が国でも頻繁に起こっている。自動車の欠陥に対するリコールをどのように行うかは企業にとっては大きな問題のようである。今ではしかし、監視が厳しく、正直が結果的には得をするということが、かなり認識されつつあるようでもある。昔の言葉ではあるが“正直の頭に神宿る”と言うのは真実なのである。しかし、比較的小さな日用製品などの故障をメーカーに知らせると、丁寧な詫言状とともに新品を直ちに、場合によっては2個も送って来てくれるが、あとは無しのつづてで、故障を公表したり、製品を公に回収したりすることは少ないと聞く。こうしたことにおいても結局は人の心、倫理観に行き着くことになる。同時にまた、自分自身が企業組織の中にいた場合に、どのように考え、行動するかを考えてみなければならない。これは、どのような職場においても言えることである。

## 3. 公害・環境

1962年にレイチェル・カーソンが出した“沈黙の春”という環境破壊に対する警告書は、大きな衝撃を世界の人々に与え、化学薬品の恐ろしさを認識させた。我が国では、明治の頃の急速な先進国入りのための産業振興が多くの公害を生んできた。中でも足尾銅山の公害をめぐる相克は、産業振興、権力、公害に苦しむ周辺の人々、などの相反する利害の調整がいかに困難であったかが分る。しかしこれも今では強引な手法や、情報隠しは結果的にマイナスになることが徐々に認識されつつある。



図4 公害、環境問題の先覚者：  
田中正造、R. カーソン

炭酸ガス等による地球温暖化の問題は、私達に地球的視点と長時間的な視点を与えた。図5の最上段の横線は地球誕生から現在までの時間の長さを表す。この線の上に人類の出現時期を表そうとすれば、「現在」のところに記された一本の細い縦線の上に重なってしまう。そこで1/10の時間、即ち、4.5億年を引き延ばしてその下に描くと、「恐竜の出現」がこの線の上にくる。「人類の出現」はこの引き延ばしを更に2回行った線上、即ち、数百万年の線の上に現われる。下部の図は、現在を真ん中に、千年前を右側に、千年後を左側にとった線であるが、我々が謳歌している文明の灯火を支えている化石燃料は現在を中心に前後わずか100年のエネルギーを支えるに過ぎないこと

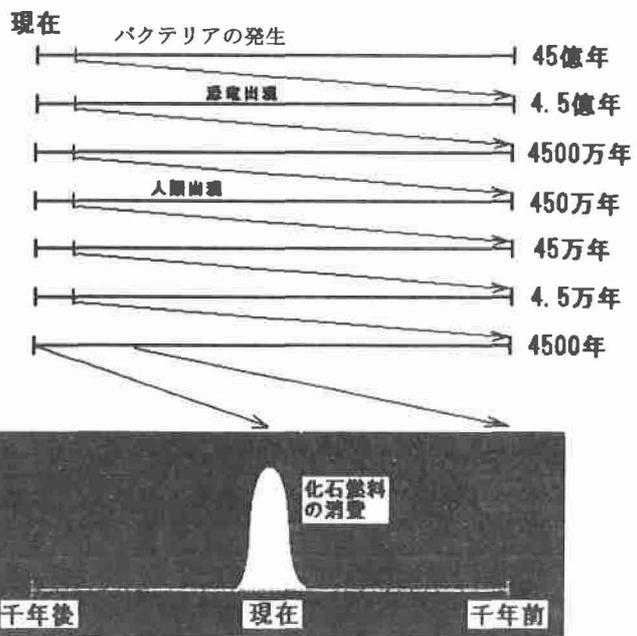


図5 地球誕生から現在までの歴史の中での人類の出現や化石燃料消費の瞬時性を示す図

ことが確実視されている。しかもこのエネルギーは炭酸ガスの排出によって地球温暖化をもたらす。1kgのガソリンや灯油類を使うと約3.2kgの炭酸ガスを排出する。これに比べて原子力や水力、風力は同じエネルギー消費と比較すると、油類の燃焼に比べて1/30~1/40である。

原子力に関しては、原子炉自身の安全性と高放射能廃棄物の処分が問題視される。後者については、地層処分後2万年足らずで、たとえば岐阜県東濃地方の地中のウラン鉱石とほぼ同じ放射能濃度になる。地中にそのまま存在するウラン鉱石に比べて、廃棄物は3重の障壁がある。地球のあまり遠くない未来を考えて私達はエネルギー源の選択を誤ってはならないのではないかとと思われる。

#### 4. 科学・技術の陰と光

原子力の環境への有用性については前章で簡単に述べた。放射線が医療診断や治療にその有用性を大いに発揮していることは世の中に知られるようになってきた。しかし、一般の産業においても必要欠くべからざるものになっていることは案外知られていない。医療器具の殺菌、自動車タイヤの製造、製鉄や紙製造における厚さ測定、プラスチックの改質、など、ここでも不可避な技術となっ

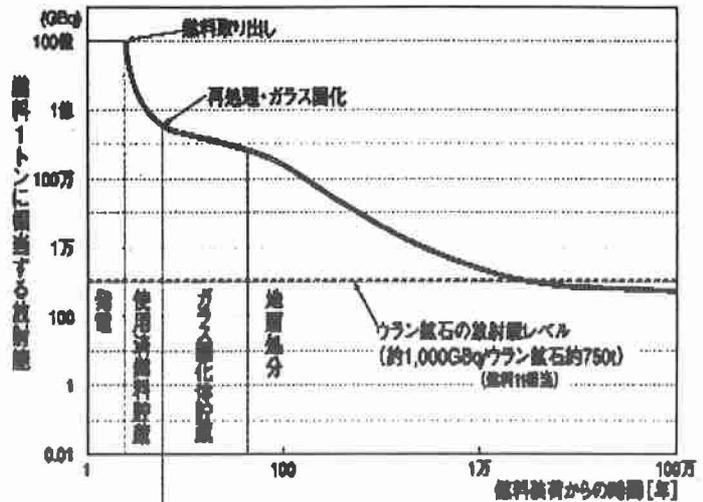


図6 高放射能廃棄物の地層処分後の放射能の減衰

ている。原子力や放射線が過去において事故等を含む災厄をもたらしたことは良く知られており、それだけに対策には大きな努力が払われている。中国での交通事故死の数は毎日満席の大型旅客機が墜落しているのに等しく、我が国でも20人乗りの通勤車が毎日墜落しているのに等しい。車の陰は事故死に止まらず、炭酸ガスの排出がある。しかし車の利便性は今のところ陰を覆っている。

薬剤を含む新物質は陰の部分に分らない前から使用されており、光と思われる部分の活用を図っているが、あとから陰が姿を現すことがある。情報化社会、ユビキタス社会、ロボット社会、などへ猛烈な速さで進行しているが、これらがもたらす物理的、精神的な陰はこれからの大きな問題である。人間性との相克という新しい局面をもたらすのではないだろうか。

それにしても、どうしてこんなにも先を急ぎたがるのか。何か先を急ぐ理由があるのだろうか。人間は考える葦である、とパスカルは言い、考えなければただの葦である、と誰かが言ったとのことであるが、むしろ「人間は考えることから逃れることができない葦である」と言うべきなのではないだろうか。新奇なもの、当面役立つものに惹かれ、その実現のために必死になって考える。しかし、その“急ぎ”が結果的に、あるいは長期的に何を意味するのかはあまり問わない。しかし必死になって考えている。考えること自体が目的であり宿命であるかのように。これは恐らくDNAに刷り込まれた人間の属性なのだと思う。

#### 5. 教育と社会

前章のように考えると、子供達への教育は一体何のために行っているのか、もっと先を急がせるためなのか、宿命としての個々の思考をより効率的に行わせるためなのか、などと思ってしまう。

A 一般社会の考え

1. 経済的利益を主体に考える  
個人、グループ、
2. 1. の範囲内での倫理、道徳を考える

B 教育界の考え

1. 人間性を含めた個人の成長を考える
2. 1. の範囲内での利を考える

教育界の常識は一般社会の非常識、という言葉があるが、これは当然なのではないだろうか。

一般社会は個人やグループの経済的利益を主体に考え、その範囲内で倫理や道徳を考える。しかし、教育界では、人間性に重きを置いた個人の成長を考え、その範囲内で利を考える。今までの状況において教育界の常識が、一般社会の常識と一致すれば困ったことである。しかし、教育界も社会もある程度の歩み寄りをしつつある。教育界では大学の経済的独立を促したり、小、中学などでも社会に目を向けた実用的な項目がより多く扱われるようになっており、社会では、企業倫理や人間性の活かし方に目を向けるようになってきている。より大きく変わらなければならないのは社会のほうであり、大人の考え方であろう。教育界は、何のために教えるのかをいつも念頭におく必要があるが、今までのように倫理や道徳にも目を向けた教育に自信を持ってよいのではないだろうか。

## 5. まとめ

科学・技術、近代文明は本質的に陰をもっているものであり、陰の影響を如何に少なくし、光の部分相対的に大きくすることが大切である。長期的に、また広域的な観点から科学技術・近代文明の選択を誤らないようにしなければならない。しかし、陰の影響は科学技術そのものにあるよりは、むしろ科学技術に関係した人間の心の陰の影響の方が大きく、心の陰を如何に押さえるかが大切である。

そのための教育が重要であって、当然のことながら、先を急ぐためだけの教育であってはならないと思われる。しかし、言うはやすくして、行なうは難しい。それだけに模索を含めて教育は人間や文明・文化と向き合ったやりがいのある、考えがいのある事柄である。社会全体が教育に大きな関心を寄せ、一人一人が教育に向き合いうとき、人間や社会の本質が浮かび上がってくるように思われる。教育者は社会の大黒柱であると思われる。

## 文献

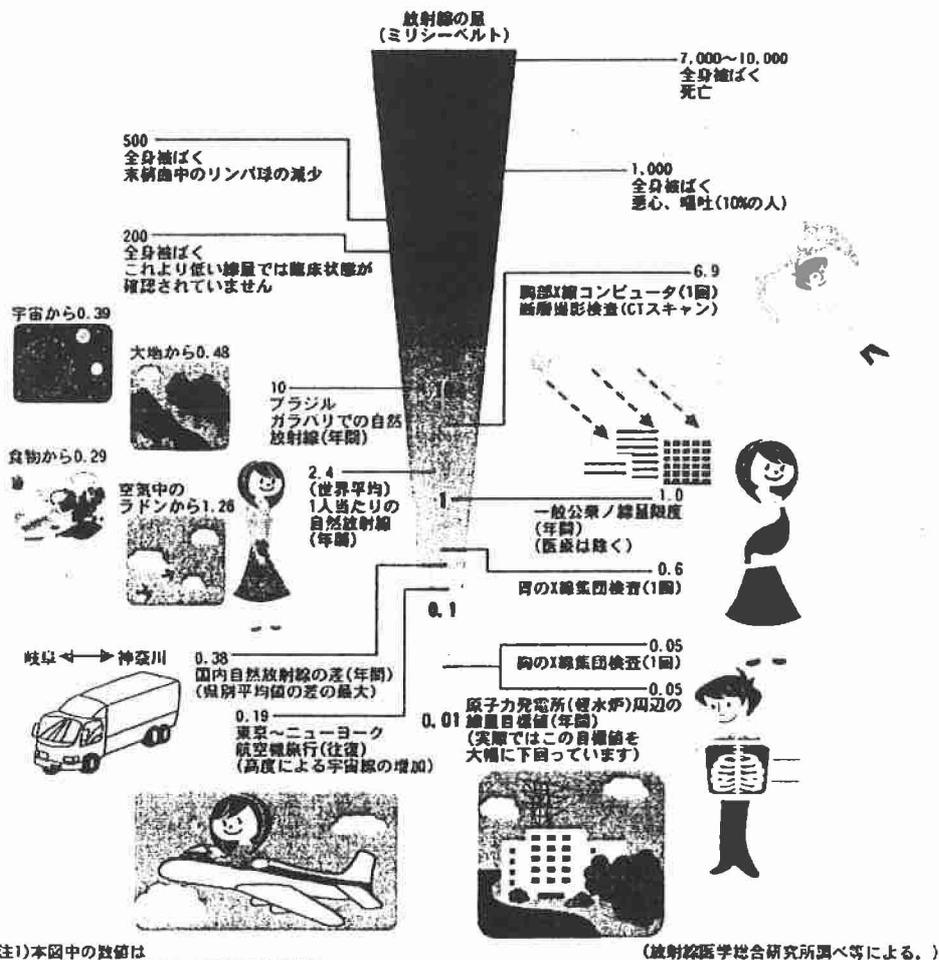
- 1) 吉村 昭：白い航跡（講談社、1991）
- 2) 馬場錬成：ノーベル賞の100年（中公新書、2002）p45
- 3) J. W. Anderson, Jr.、百瀬恵夫監訳：企業の社会的責任（白桃書房、1994）p319

# 身の回りの放射線の観察

鳥取大学工学部 中村麻利子

## 1.身の回りの放射線

放射線が発見されてから100年余り、今では、農業、工業や医療など各分野で利用され、私たちの生活と切り離せないものとなっている。そのような放射線であるが、特別なものと思っている人が多いのが現状である。しかし、私達の身の回りにはたくさんの放射線が存在し、日常生活において宇宙から約0.4ミリシーベルト、大地から約0.5ミリシーベルト、食べ物から約0.3ミリシーベルト、空気中のラドンから1.3ミリシーベルト、一人当たり平均として年間約2.4ミリシーベルトの自然放射線を受けている。



## 日常生活と放射線

シーベルト：放射線量の単位で、人体への影響を指標とした単位。ほかに照射する量をあらわす「照射量 J/kg」、物質が取り込んだ(吸収した)量をあらわす「吸収線量  $D_{\text{abs}}$  (グレイ)」がある。

宇宙では、超新星の爆発や太陽表面の爆発などで発生した高エネルギーの粒子がいつも飛び交っている。この宇宙線（一次宇宙線）が地球の大気圏に突入すると上層の大気につかり、空気中の窒素や酸素などの原子核に衝突し、核反応を起こして陽子、中性子、パイ中間子など多数の二次粒子（二次宇宙線）を発生させる。この粒子がまた、大気中の窒素や酸素の原子核と次々と衝突し、多数の粒子を発生させる。この発生の様子は大気（空気）シャワー現象と呼ばれている。このようにして、地上に到達する多数の放射性粒子は、はがきの大きさの面積に、毎秒 1 個程度の割合で、常に降り注いでいる。私達の体には、おおよそ、毎秒 100 個位の宇宙線が貫通しているといえる。

また、宇宙線は高度によっても変化する。その量は海面から高くなるほど多くなり、一般には 1,500 メートル上がるごとに 2 倍くらいになるといわれている。そのため、富士山の山頂では東京より 4 倍くらい多い放射線を受けることになる。さらに、1 万メートル上空をジェット機で飛ぶ時に受ける量は、地上の 20 倍程度になるとされている。

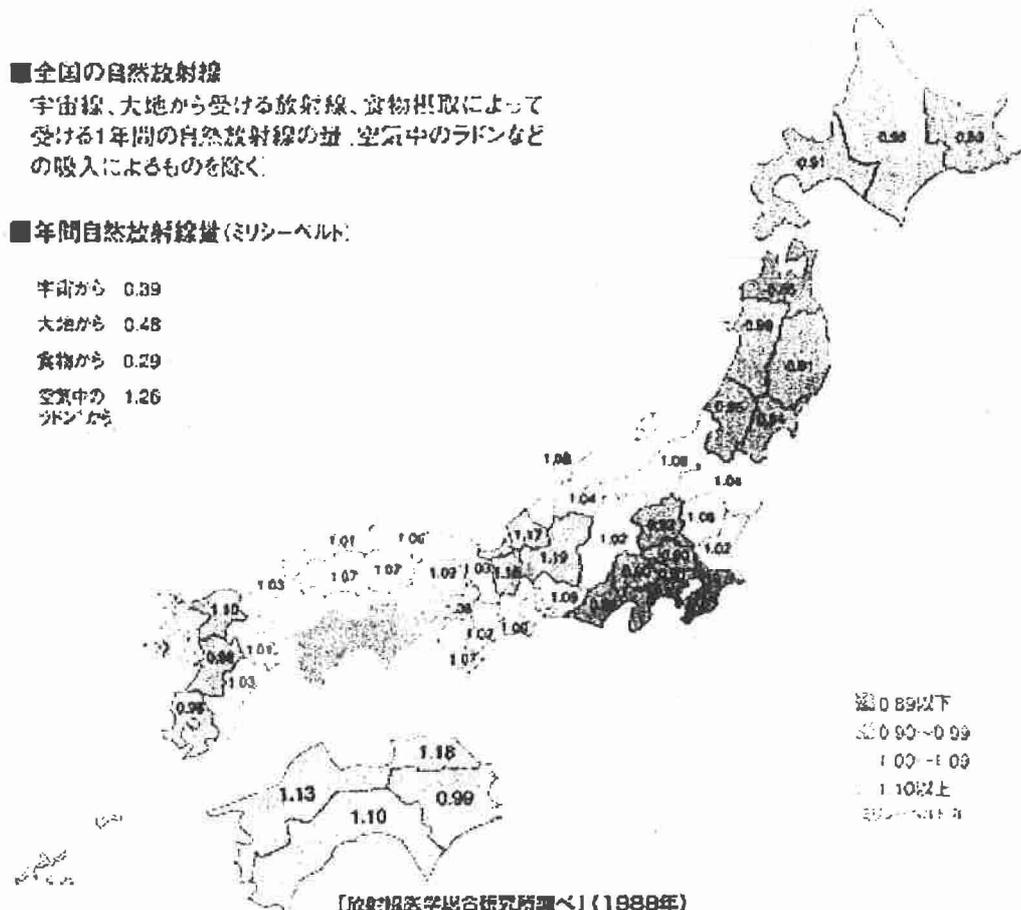
放射線の強さは地域によっても差がある。インド西南海岸にあるケララ海岸やブラジルの太平洋に面するリゾート地・ガラパリでは、モナズ石という放射線を出すトリウムを含む

■全国の自然放射線

宇宙線、大地から受ける放射線、食物摂取によって受ける1年間の自然放射線の量。空気中のラドンなどの吸入によるものを除く。

■年間自然放射線量(ミリシーベルト)

- 宇宙から 0.39
- 大地から 0.48
- 食物から 0.29
- 空気中のラドンから 1.26



【放射線医学総合研究所調べ】(1988年)  
 ラドンは大地に含まれるウランが放射線を出して変化し、安定な鉛になるまでの過程で生成する気体性物質のため、地層の割れ目などを通して地表に出てくる

全国自然放射線量

石があり、大地からの放射線が強くなっている。日本の場合、東日本と西日本では、放射性元素であるウランやトリウムを含んでいる花崗岩が広く分布している西日本の方が大地放射線が多くなっている。

私達が毎日食べている食物にも放射線を出す物質が入っている。主にカリウムで、カリウムのうち放射線を出すカリウム 40 がごくわずかな割合（約 0.012%）入っているためである。当然、食物を食べている私達の体からも、放射線は出ている。それらは主にカリウムや炭素から出ているものである。下図に示したように体重 60kg の人では、大体 7,000 ベクレル（ベクレル：放射能を表す単位）の放射線を出している。つまり、体内で 1 秒間には 7,000 回の崩壊が起こり、7,000 個の放射線を出していることになる。

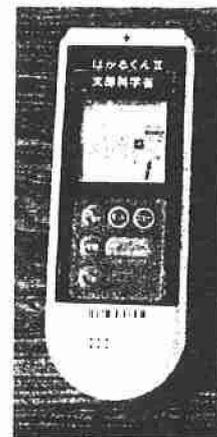


出典：原子力安全研究協会「生活環境放射線データに関する研究」

## 2. 測定装置

放射線を測定する装置には放射線の電離作用を利用するもの（電離箱、比例計数管、GM管）や蛍光作用を利用するもの（シンチレーションカウンター）や半導体を利用するものがある。一般に放射線測定器というと高価な測定器を思い浮かべる人が多いかもしれないが、近年文部科学省から無料で貸し出されている「はかるくんII」を使用すれば、身の回りに数多く存在している天然放射能を用いた実験を授業に取り入れることができる。この測定器では、 $\gamma$ 線と $\beta$ 線を測定することができる。（本テキスト中にはかるくんIIを使った実験<sup>1)</sup>も紹介しているので参考にしていきたい。）

また、放射線の飛跡を直接観察することができるものに霧箱がある。今日の実験では、この霧箱を手作りし、ラジウム温泉の温泉水から放出されている放射線など身の回りに存在している天然の放射能を線源として観察する。



はかるくんII

### 3. 霧箱による放射線の観察

#### 3.1 霧箱の原理

原理は、飛行機雲が発生する原理によく似ている。雲は水蒸気が小さな水滴になったもので、本来ならば雲ができるほど空気中に水蒸気が含まれていても、雲にならない状態（これを過飽和状態という）にある時、飛行機の排気ガスに含まれる目に見えないような小さなちりや水滴を中心に大きな水滴がつけられ、雲になる。これと同じように、地上でも、例えば、容器に少量のアルコールなどを入れて下部をドライアイスや液体窒素などを用いて冷やしてやると、本来ならば液体になるはずのアルコールが気体のままでいる状態（過冷却状態）を作り出すことができる。ここへ、イオンを作り出す力をもった放射線（電離放射線という）が入ってくると、これがきっかけとなりアルコール蒸気が細かい粒子状の液滴に変わり、目に見えるようになる。これが、放射線の飛跡である。

#### 3.2 霧箱の作り方

##### ・簡易型霧箱セットの中身

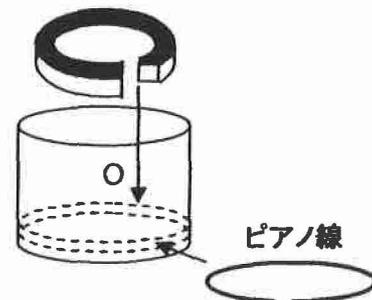
密閉容器、アルミ板、アルミテープ、隙間用スポンジテープ、ピアノ線、アルコール入りスポイド、ゴム栓、放射線源（閃ウラン鉱石）

1. アルミ板を黒い方を下にしておき、その上に容器をおいて容器の口の大きさにしるしをつけ、アルミ板をはさみで切る。

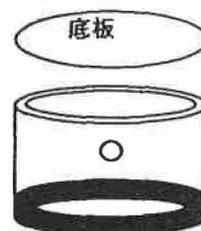


2. 容器の内側にぴったりとはまるように、隙間用スポンジテープを切る。

3. 容器の底に隙間用スポンジテープをはめ込み、ピアノ線でおさえる。（容器を逆さにしても隙間用スポンジテープが落下しないようにピアノ線で押さえ込むようにする。ピアノ線は、スプリングの役割をもたせるように使う）



4. 容器の開口部に丸く切ったアルミ板（黒色の面が容器の内側になるように）を置く。

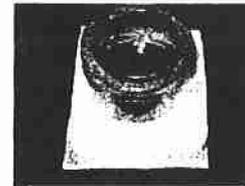


5. アルミ粘着テープを容器の側面をちょうど一周するように巻き付けて貼る。
6. テープの上側（すなわち、アルミ板に貼り合わせる側）にはさみで切り込みを入れ、折り曲げやすくする。
7. 切り込みにそって折り曲げ、丁寧に密着させて貼り付ける。（ひだになったり、でこぼこになっている場合は、マーカーペンなどの縁などでこすり、丁寧に平らにする。但し、破れたりしないように注意する。）



### 3.3 観察の仕方

霧箱が完成したら、容器側面の穴から、スポイドに入ったアルコール（スポイドの細長い部分の先端をはさみで切断する）を容器の底にはめ込んである隙間用スポンジテープ全体に、できるだけ均一にしみこませ、容器側面の穴をゴム栓でとめる。軍手をはめ、ドライアイス（紙の上に置きその上に霧箱（アルミ板側を下にして）をのせる。容器が十分冷えるのを待ってゴム栓をとり、放射線源を入れて栓をする。ポケットライトの光線を斜め横から当てて、 $\alpha$ 線の飛跡を観察する。



霧箱の完成品

同封されている閃ウラン鉱石以外で身近に手に入る放射線源を紹介する。

#### ・ ラジウム温泉の温泉水から取り出したラドン 222

池田鉱泉（島根県）、三朝温泉（鳥取県）、恵那鉱泉（岐阜県）、増富温泉（山梨県）などがラジウム温泉として有名であるが、これらの温泉水にはラジウム 226 から生まれたラドン 222 が含まれている。ラドン 222 は気体であるため温泉水から簡単に取り出すことができ、取り出したラドン 222 を霧箱に注入するとラドン 222 から放出される  $\alpha$  線の飛跡を観察することができる。

#### ラドン 222 の取り出し方

洗浄ビン（500ml）のノズルを取り外し、洗浄ビンの中に入っている部分を切り取る。洗浄ビンに温泉水を 400ml 入れ、洗浄ビンの口を手のひらでふさぎ、強く 30 回振る（ラドン 222 を水相から気相に取り出す）。短く切ったノズルを取り付け、洗浄ビンの空気の部分（ラドン 222 を含む）を霧箱の横の穴から注入し、ゴム栓でしっかり栓をする。



### ・ キャンプ用マントル

キャンプに使用するガスランタンに取り付けて使用するものである。一部のマントルにはトリウム 232 (トリウム系列) が塗布されているものがある。そのためマントルの小片を霧箱の中に入れて、トリウムの娘核種であるトロン ( $^{220}\text{Rn}$ ) などから放出される  $\alpha$  線等を観察することができる。

また、マントルを洗浄ビンなどに入れ、密封しておけば、トロンがガスであるため洗浄ビンの中にトロンガスが充満してくる。そのガスを霧箱に注入しても飛跡を観察することができる。

### ・ 人形峠の土あるいは園芸用の肥料(過リン酸石灰)から取り出したラドン 222

岡山県と鳥取県の県境にある人形峠の土や園芸用の肥料である過リン酸石灰には、ごくわずかではあるがウラン 238 が含まれている。そのため土や肥料を洗浄ビンに入れて密封 (1 週間~10 日間) しておけばウラン 238 から生まれたラドンガスが洗浄ビンの中に充満してくる。このラドンガスを霧箱に注入すれば飛跡を観察することができる。

### ・ 気塵機で集めた空気中のちり

地殻中には、地球が誕生した時から存在している多数の放射性物質がいまだに残っている。主なものとしてカリウム 40 の他、ウラン系列、トリウム系列、アクチニウム系列が存在し、それぞれウラン 238、トリウム 232、ウラン 235 を親核種として娘核種を作りながら壊変している。このウラン 238 から生まれたラドン 222 とトリウム 235 から生まれたトロン ( $^{220}\text{Rn}$ ) が、ガス状であり地球上どこでも大地からしみだしてきている。大気中の放射能はこのラドン 222 やトロンの壊変生成物によるものである。これらのラドン 222 やトロンの壊変生成物を掃除機や黒板消しクリーナーを使い、ちりとともろ紙などに集め、そのろ紙の小片を霧箱の中に入れて飛跡を観察することができる。大気中の放射性物質の濃度は建物の建築材料、気密性、換気条件等によって変動する。そのため試料とするためには、吸引場所は密閉性の高い部屋、コンクリート壁に囲まれた部屋、廊下の隅、空気の淀む場所などが望ましい。

#### 掃除機を使う方法

掃除機のホースの先に正方形の金網 (約 10cm×10cm) をかぶせ、粘着テープで固定する。ろ紙 (ティッシュペーパーの場合は二つ折りか2枚重ねにする) を広げ、ホースの先端の金網の上にかぶせ、粘着テープで固定する。掃除機の本体にホースを取り付け、ホースを固定し (床または地上から 50cm 以上場所) 掃除機のスイッチを入れ、ちりをろ紙上に集める。

### 黒板消しクリーナーを使う方法

黒板消しクリーナーのふたを開けて網戸のネットをのせ、吸引口にティッシュペーパーをセットする。1時間くらい吸引し、空気中のちりを集める。

### 実験の注意点

- ・ ドライアイスは素手でさわらない。必ず軍手を使用する。
- ・ ドライアイスやアルコールを使用するため部屋の換気に気をつける。

### 飛跡が見えない時のアドバイス

- ・ 容器が密閉されているか確認する。アルミの板がアルミテープで容器にしっかり固定されるようにアルミテープを硬いものでこするなどしてしっかり貼り付ける。もし、アルミテープが破れたりしてしまった時は、もう一度貼り直す。
- ・ アルコールが少なすぎると過飽和状態を確保することができないことがある。容器の中に細かい霧が全体に漂っていないようなら、アルコールを追加する。
- ・ 線源を入れる位置に注意する。過飽和状態の空間は容器の下の方なので、線源を入れる位置を下の方にする。
- ・ 容器の中にちりなどが入っていると、飛跡を観察することができない。そのため、容器の上で定規などをティッシュペーパーでこすり、静電気を起こし、容器中のちりなどを取り除く。
- ・ 容器が傾いていないか確認する。

## 4.身の回りのものでつくれる霧箱

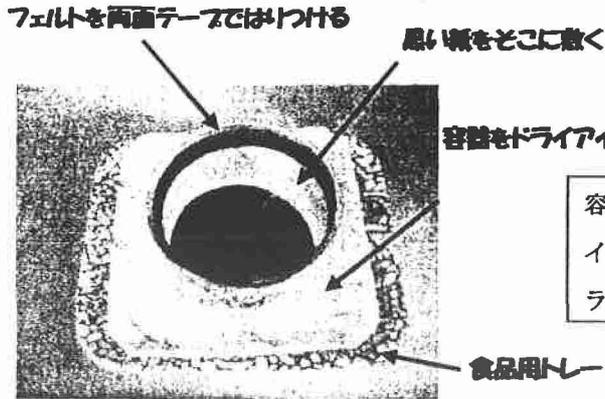
### ・準備するもの

透明な容器（直径8cm×深さ5cmくらい、プリンなどの容器でもOK）、  
黒画用紙、手芸用フェルト（幅1cm×長さ25cmくらいに切ったもの）  
エタノール（洗浄ビンあるいはスポイドに入れて使用する）、  
両面テープ、サランラップ、輪ゴム、ドライアイス、食品用トレイ、  
木づち（ドライアイスを細かく砕くため）

### ・作り方

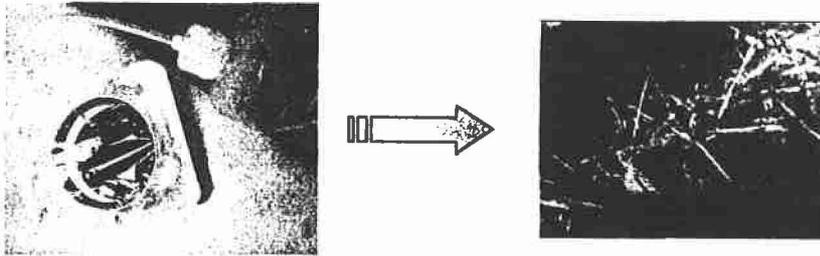
1. 透明な容器の上（内側）の方にフェルト（幅約1cm）を両面テープではりつける。
2. 黒い紙を丸く切り、容器の底に敷く。
3. フェルトにエタノールをしみ込ませ、容器をサランラップでふたをして輪ゴムでとめる。
4. 食品用のトレイに細かく砕いたドライアイスを入れ、その上に容器を置き冷

やす。容器が十分冷えたら、容器の中に放射線源を入れ、観察する。



容器の底が平坦でないものが多いので、ドライアイスは細かく砕いた方が容器の底をドライアイスに密着させることができる

**温泉水中のラドンを入れた場合**



**5.教室でできる放射線測定の実験<sup>1)</sup>**

操作はいたって簡単である。先に線源として紹介したラドン<sup>222</sup>が気体であることを利用し、活性炭に吸着させて活性炭上でラドン<sup>222</sup>から生まれる鉛<sup>214</sup>とビスマス<sup>214</sup>から放出されるベータ線をはかるくんIIを使って測定する。ラドン<sup>222</sup>から鉛<sup>214</sup>とビスマス<sup>214</sup>が次々と生まれてきてやがて放射能が一定になる現象（放射平衡）を観察できる。さらに、活性炭を電子レンジで加熱すれば、ラドン<sup>222</sup>を活性炭上から取り除くことができ、減衰の様子も観察できる。

核種	半減期	崩壊形式
<sup>222</sup> Rn	3.82日	α
↓		
<sup>218</sup> Po	3.11分	α
↓		
<sup>214</sup> Pb	27分	β
↓		
<sup>214</sup> Bi	19.9分	β
↓		
<sup>214</sup> Po	0.000164秒	α
↓		
<sup>210</sup> Pb	22.3年	β

はかるくんIIで測定できる

温泉水に含まれている放射能

### ・放射平衡とは

活性炭上に十分な量のラドン 222 を集めたとする。最初、活性炭上には放射性核種はラドン 222 しかないが、やがてラドン 222 が崩壊して、鉛 214 やビスマス 214 という核種が生まれてくる。これらの核種の量は、しばらくは時間とともに増えていくが、その一方で鉛 214 やビスマス 214 も崩壊して別の核種になってしまうため、ある一定量以上になることはない。このような時、「ラドン 222 の崩壊によって 1 秒間に生まれる鉛 214 の量」と「鉛 214 の崩壊によってそれ自身が 1 秒間に消失する量」は等しくなり、見かけ上、鉛 214 の量は変化しない。このとき「ラドン 222 と鉛 214 が放射平衡にある」という。

・活性炭には温泉水中のラドンの一部を吸着させたのであり、また吸着されたラドンやそのラドンから生まれる鉛やビスマスは、時間の経過と共にそれぞれの半減期にしたがって減衰していく。そのため活性炭に含まれる放射能は、どこにでもある量と同じで危険性はない

## 5.1 実験方法

### 放射平衡の観察

洗浄ビン(500ml)に温泉水を400ml入れる。



洗浄ビンの口を手のひらでふさぎ、強く30回転る。



洗浄ビンに短く切ったノズルを取り付け、洗浄ビンの中の気体を活性炭を詰めたポリ袋に流し込む。(写真1)



$^{214}\text{Bi}$ (+ $^{214}\text{Pb}$ )から放出されるβ線をはかるくんIIで測定する。(写真2)

3回繰り返す

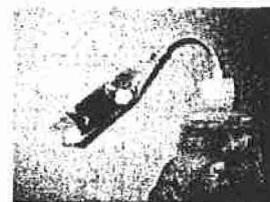
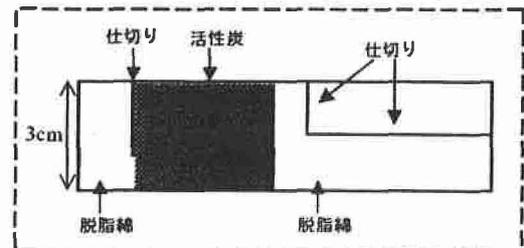


写真1



写真2

## 減衰の観察

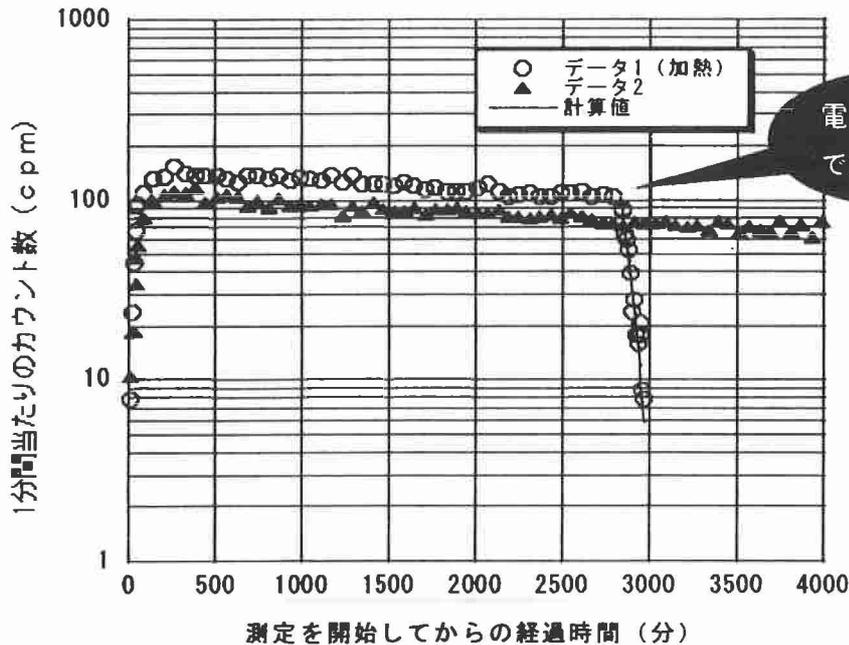
放射平衡に達した活性炭を袋から取り出し、電子レンジ用のガラス容器に入れ、電子レンジで加熱（500W,20秒×3）する。

**注意！**

活性炭を電子レンジで加熱すると火花が飛び出すので、短時間の加熱を繰り返した方がよい。

加熱した活性炭をポリ袋に入れ、はかるくんIIで測定する。

三朝温泉の温泉水を使った時の測定結果の一例を示す。データ1（○印）は、矢印の時点で測定を中断し、活性炭を電子レンジで加熱した。その後、再びはかるくんIIで測定した。データ2（▲印）では、あまり大きな変化は見られないが、データ1では、急激な減少が見られた。実線は、活性炭上に鉛（ $^{214}\text{Pb}$ ）とビスマス（ $^{214}\text{Bi}$ ）のみであった場合（ラドンが存在しない）の減衰の様子を示したものである。電子レンジで加熱することにより、ラドンが取り除かれていることが分かる。



三朝温泉の温泉水を使った実験の測定結果の一例

4の霧箱及び5の実験は、学校での授業に出向いたり、子どもたちを対象とした実験教室などで実践している。子どもたちは興味をもって取り組んでいる。ぜひ、先生方にも興味を持っていただき、学校の授業に取り入れていただければと期待している。

連絡先

中村麻利子 〒680-8552 鳥取市湖山町南 4-101 鳥取大学工学部物質工学科  
TEL & FAX:0857-31-5261, E-mail:nakamura@chem.Tottori-u.ac.jp

参考文献

- 1) M.Nakamura, M.Kamata, T.Esaka : "Radiation education using local environment -Educational experiment using Misasa spring water-", Proceedings of the Third International Symposium on Radiation Education (ISRE 04), pp.447-454, 2004  
Nagasaki Brick Hall, Nagasaki, Japan, August 23-26, 2004

## エネルギー教育における放射線の正しい理解を目指した取組

谷口 裕美枝 (静岡県立伊東城ヶ崎高等学校)

### 1. はじめに

新聞には、大きな事件がなくとも毎日のように「核」「原子力」関連の記事が掲載されている。「原子力」や「放射線」は便利さを生む一方で、使い方を誤ると生命をも脅かす。まさに両刃の剣としての認識のもと、常に監視を行わねばならないことの表れではないだろうか。しかし、こんなにも話題に上がり、人々の生活を左右するものでありながら、どれだけの人がその内容を理解しているのだろうか。自分を振り返っても、その機会はほとんどなかった。

「放射線」と「放射能」は何が違うか。「プルスーマル」に「増殖高速炉」って何だろう。原子炉を持っていると原爆が作れるのか。そんな疑問があふれる中、我々は今の世の中に生き、国民投票で原子力の必要、不必要を決めていく。専門家ではなく、国民一人一人が原子力を評価し、放射線加工に携わっていくそんな時代に、なぜ、きちんと教育をする機会がないのか。不思議である。

高校における理科は、科学を学ぶ上での基本的概念を中心に展開されており、進学をするものには発展的意味が大きい。しかし、進学しないものにとっては、この複雑な世の中を生きていくために現代の科学技術と学びとが繋がる接点が必要と考える。そうした意味において、放射線を中心としたエネルギー教育は、身に迫る切実さと、先端技術的な高尚な香りとして生徒の関心度が高い題材である。先端技術のいい面ばかりを提供するのではなく、科学技術にはメリット、デメリットがつき物であることを考えさせるために、物理、化学、生物、地学といった枠組みを超えた総合的内容で展開したい。現行の理科総合 A において、これらを踏まえた授業展開がどこまで可能かを探求していきたい。

### 2. 平成 17 年度 1 年生 2 クラスにおける事前調査

今年度は、授業を行う前に、考え方や、知識を問ういくつかのアンケートを行った。その回答を紹介したい。対象となるのは 1 年生 2 クラス計 77 人であるが、欠席者や複数回答を含むため、回答数は若干異なる。アンケートの質問事項は以下の通りである。

- (1) 電力不足を補うため、伊東市に山を一つ切り開いて原子力発電所を建設しようという話が持ち上がります。あなたは賛成ですか。反対ですか。その理由も教えてください。  
(伊東市には、現実的に原子力発電所を作れそうな広い土地はないため、「山を一つ切り開いて」という文を入れた。海に面した土地柄、切り開く山も海から遠くない)
- (2) 放射線について知っていることがあったら教えてください。
- (3) 原子力について知っていることがあったら教えてください。
- (4) 放射線はどこからくると思いますか。
- (5) 放射線を防ぐにはどうしたらいいと思いますか。

(1)の結果(グラフ1)を見ると、約3割は賛成で約6割が反対である。賛成の理由のほとんどは「電力が自然に優先される」考えを示しているのに対して、反対の理由の多くは「自然破壊への

反対」(グラフ3)であり、原発自身に潜む危険性に触れたものは少数派であった。事前にこの質問をしたのは今年度が始めてであるが、過去に同様の質問を単元の最後に聞いたところほぼ全員が反対であった。学習によって、放射線の恐さが印象に残ることは大切であるとも考えるが、中立の立場での授業展開を目標にしているので、この割合は授業の終わりにはどのようなになっているのが気になる。また、(1)の結果に合わせて行った「理科は好きか嫌いか」という問いの回答をあわせて集計したものがグラフ2、3になる。ここから何がわかるのかは判断に難しいが、理科が好きであるとした生徒のほうが、回答にバラエティが出る傾向があるようである。積極的に考えようとする姿勢の現われとも取れる。好きになることが、興味を引き出し、考える力を伸ばすのかもしれない。

(2)の結果で印象的なのは、「体への影響」に関する答えが多いことである。(グラフ4)治療関係の回答も含めるとほぼ半数に昇る。一方で、放射線を「レーザー」や「光」と混同している答えも目立つ。(2)に対して(3)の回答では原子力発電関係の回答が多く、「原子力発電しか浮かばない」というものと合わせて約半数が挙げている。原発に対して、原爆を挙げるものは全体で4名と予想外に少なかった。

(4)、(5)の質問については、1クラスにしか実施できなかった。放射線がやってくる場所は、太陽をあげるものが多い。これは、太陽が核融合で燃えていることを知っているというよりは、放射線を光と混同しているせいの方が要因としては強いようである。又、それを裏付けるかのように、どのように防げばよいかという問いには「日焼け止め」様の回答が目立った。

### 3. 指導計画案

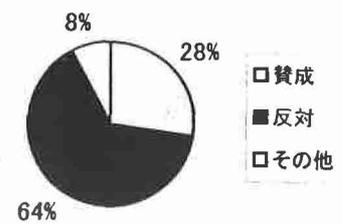
全体の流れを資料1に紹介する。細かな内容と、注意している点について、以下にまとめてみた。

#### (1) 基礎知識・・・基本的な用語等を知る(化学・物理)

- ① 原子の構造(元素表・原子番号・質量数)
- ② 同位体・放射性崩壊・核反応(核分裂と核融合・放射能・放射線)
- ③ 放射線はどこから来るのか
- ④ 放射線の種類(α線、β線、γ線、中性子、α崩壊・β崩壊)
- ⑤ 放射線の特徴(正体、エネルギー、電荷、透過力)

このすべてを先に行おうとすると、座学続きで生徒の集中力が続かなくなるので、③については(2)の測定実験前後で行ったり、④、⑤については(4)の遮へい実験の直前にいれたりもする。

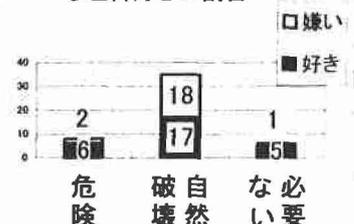
グラフ1:  
原発建設に対する賛否



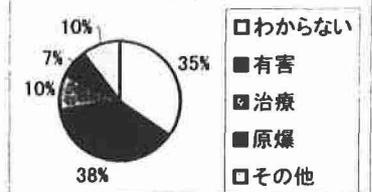
グラフ2: 賛否における理科好きの割合



グラフ3: 反対の理由における理科好きの割合



グラフ4: 放射線について知っていること



## (2) 放射線を測る・・・身の回りの放射線を実感する

### ① 霧箱実験

### ② 室内、屋外での測定

→どういったところでどのくらいの量が観測されるのかを知り、どこにでもあることを実感する

### ③ 考察（屋内と屋外の違いは何か。どこにでもあるのに、それは危険ではないのか。）

→自然放射線（バックグラウンド）の意味を知る



霧箱実験は、準備が大変な上、ドライアイスを買う予算が必要なので人数の多い集団を相手に教員1人で準備をするのは大変である。しかし、実施すると生徒の反響が大きい実験であるのも確かである。

「はかるくん」を使った測定実習は見慣れない道具を使用し、放射線を「ぴっぴっ」という音で感じられるため生徒の関心も高まる。測定実習は2回に分けて、1回目は物理室と準備室といった室内の中で場所によってどんな線量の違いがあるか。2回目は、室内と屋外での違いや、環境の違いによってどのような線量の違いができるか校内の特徴的な場所6箇所を回らせて測定を行う。また、例年、この測定実習は生徒に放射線がどこから来るのかといった情報を一切与えず行ってきたが、「それでは予想ができないのではないか」という御批判も受ける。そこで、今年度は実験的に、2クラスのうち1クラスには(1)の③の授業を先に行いもう1クラスにはまったく事前情報を与えずに予想をさせた。もともとの集団の特性もあると思うが、予想に関して言えば、どちらにも大きな違いは見られないが、測定が進むにつれて、考察に差が出てきているように感じる。いずれにしても、日向と日陰に最後までこだわる生徒が複数見られ、なかなか光から切り離すことができなかつたようである。授業集団自体の理解度にもよるが、事前に「どこから来るか」を知らせておいた方が良いのかもしれない。

## (3) 人体への影響・・・体に何が起こるのか(生物)

### ① どのくらいの量が危険なのか→年間被ばく量を基準に考える

### ② DNAを傷つけることの意味→少量であれば自己回復力を持つ

### ③ 放射線被曝の特徴（被曝の無知覚性、症状の非特異性、症状の遅発性）

→事例の紹介（知っていますか？放射線の利用 岩崎民子 著 丸善株式会社 より）

### ④ 放射線障害（症状）について→急性、晩性

### ⑤ 障害を受けやすい器官

### ⑥ ビデオ（NHKスペシャル 被曝治療83日間の記録）

人体への影響は終始座学となるが、どの時間よりも生徒の関心は高く、その様子は集団によらないことは驚くべきことである。短い時間の中ではあるが、実際の事故話をする、生徒は食い入るように聴いている。そうした話に関連付けて③についてを特に強調し、見えないことの恐さを理解させる。また、遮へい実験を実施する場合においては、実際に放射性物質を取り扱うため、いたずらなどを防ぐ意味合いで必ず先に人体への影響の話を入れる。知ることによって恐れを取り除くことも大切ではあるが、それでも、取り扱いによっては非常に危険である

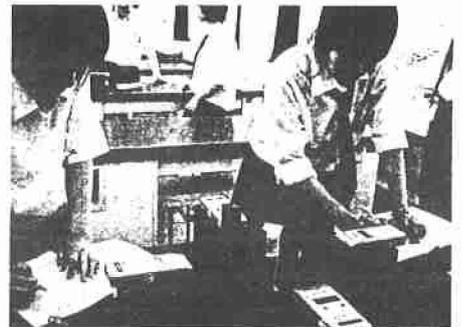
ことには変わらない。「正しく恐がる」ためには、人体への影響は避けては通れないと考えている。もう1時間はJCOの事故を特集したビデオを見せている。話だけではなく、実際の映像を見ることで恐さを実感するようである。

(4) 遮へい効果・半減期・・・存在する放射線から身を守るため特性を知る

- ① 遮へい材の材質による遮へい効果の違い  
→材質によって、そんなに遮へい効果が違うのか
- ② 遮へい材の厚みによる効果の違い  
→どんなものでも厚ければ遮へい効果が上がるのか
- ③ 距離による線量の減衰  
→どの程度離れると線量は変化するのか
- ④ 半減期のモデル実験  
→放射性崩壊の起こり方(時間的変化)の意味を考える

①から③の実験は、はかるくん貸し出しと同じ「放射線計測協会」がキットを貸してくれる。実験用線源は強い放射線を出すので、むやみに持ち続けられないこと、人に悪ふざけで乗せないことなどの注意を強調する必要がある。

遮へい効果の実験では、遮へい材によって放射線は最初の何%になったか、を計算させるが、その数値の読み方を間違えて、数値の大きいものを遮へい効果が大きいと勘違いする生徒が多いので、注意したい。



(5) 放射線・原子力の利用・・・実際に関わる場面はどこにあるのか

- ① 放射線の利用
  - (ア) 現在、原子力利用の半分以上は放射線の利用
  - (イ) 医療、農業、工業、その他の4分野での放射線利用を紹介
  - (ウ) 工業分野でも半分以上は半導体の焼付け
- ② 原子力の利用
  - (ア) 平和的利用→原子力発電所のしくみ
  - (イ) 戦争利用→原爆のしくみ

放射線を利用している工業製品を見せることができればよいが、なかなか多くを準備することは難しい。写真で見せてもあまり実感しないようである。以前研究施設でいただいた「脱臭剤」を使ってアンモニア臭の脱臭実験を簡単に実施することもある。

原子力の利用や原子力発電所のしくみについては、ここですぐに触れなくともエネルギーの中で、他の発電方法と一緒に取り扱うこともできると考える。

資料1. 原子力と放射線 指導計画案

	授業内容	実験、授業形態およびねらい
1 時間目	原子の構造 (同位体)	座学 ・原子の構造 ・質量数と同位体
2 時間目	放射性崩壊と放射線の種類	座学 ・放射性崩壊 ・放射線の種類と正体
3 時間目	放射線を見る	霧箱実験 放射線の性質について、視覚的な方法で観察し、理解の糸口とする。
4 時間目	放射線を測る (室内編) (バックグラウンドを知る①)	「はかるくん」を使った線量の測定 ・室内で多い場所と少ない場所はあるか ・なぜ、室内で放射線が観察されるのか
5 時間目	放射線を測る (屋外編) (バックグラウンドを知る②)	「はかるくん」を使った線量の測定 ・屋外で多い場所と少ない場所はあるか ・多い場所と少ない場所は何が違うのか
6 時間目	放射線の人体への影響	プリント資料・座学 ・障害の特徴 ・放射線によって人体に起こる現象 ・被ばく線量
7 時間目	ビデオ NHK スペシャル 「被ばく治療 83 日間の記録」	JCO の臨界事故記録 大量被ばくが引き起こす人体への影響を理解する
8 時間目	放射線の遮蔽 (物質による違い)	レンタル実験セットを使った放射線の仕切り 実験 ・遮蔽効果の高いものはどんなもの
9 時間目	放射線の遮蔽 (線源からの距離による違い)	レンタル実験セットを使った放射線の仕切り 実験 ・どのくらいの距離で、線量は減るのか
10 時間目	放射線の遮蔽 (物質の厚みによる違い)	レンタル実験セットを使った放射線の仕切り 実験 ・効果のない材質を厚くしても効果はないのか
11 時間目	放射性原子の半減期	サイコロを使ったモデル実験 ・放射性原子の減り方を理解する
12 時間目	原子力の利用 (放射線の利用)	プリント資料・座学 ・身の回りの多くのものに放射線加工が施されている現状を知り、生産者として関わる可能性を示唆する
13 時間目	原子力の利用 (発電と原爆)	プリント資料・座学 ・核分裂、核融合の仕組み ・平和利用と戦争利用 ・電力と原子力発電の現状

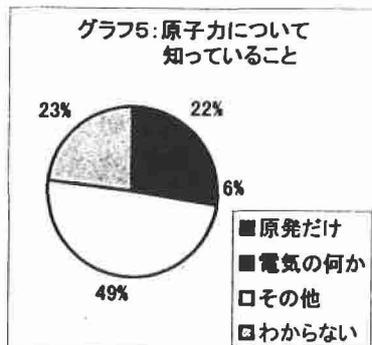
#### 4. 使用資料と生徒の様子

授業で使用しているプリントについては、平成 16 年度静岡県教育課程研究会で一通り紹介させていただいたので、興味のある方はご照会いただきたい。また、「放射線計測協会」の資料に沿って、本校の生徒の実態に合わせ作り変えたプリントなども使用している。各実習における生徒感想、考察などを資料として添付し、紹介する。

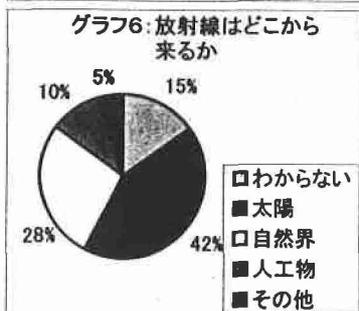
#### 5. まとめ

放射線はよく幽霊にたとえられる。「目に見えず、訳がわからないから怖い」と言うのだ。目に見えないからこそ、見極める心の目が大切であることを生徒達に気づいてもらいたい。無知がゆえに危険にさらされるのではなく、自分や大切な人を守るために、知らねばならないものがあるということを知って欲しい。良い、悪いの価値判断を、自分で考えて出すことができる人間に育って欲しい。そうした想いも、この題材を通して伝えていきたいと考えている。

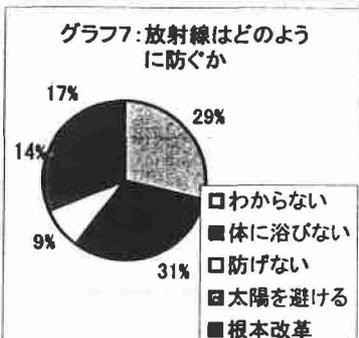
私自身は核物理学を学んだわけでも、その方面に長けているわけでもない。それでも、臆することなく伝えていく必要があると感じ、取り組んでいる。どんな技術も、取り扱うのは人間である。それがゆえに安全ではないということを理解し、学ぶことの大切さに気づくならば、悲惨な事故はきっと未然に防ぐことができると考えるからである。



- ・ 思い浮かぶのは原子力発電だけ。
- ・ 風力や水力の仲間。
- ・ 原子爆弾に使われているもの。
- ・ 今まではものすごく遠い学問的なことだと思っていましたが、意外と身近にあると思った。
- ・ 化学反応によるエネルギーで日本や世界の電気を作っている。
- ・ 中性子が分裂するときの摩擦を利用して発電されている。
- ・ 原子力は化学と自然の力で動く奴だと思う。
- ・ 発電所で使われている。原子爆弾の弾頭に使われている不安定な原子だったと思う。
- ・ 中性子が核にどうのこうのしてどんどん分裂して熱が発生する。



- ・ 光りと一緒に来そうな感じがする。太陽とか。
- ・ 太陽の中から”ビー”って光りが来る。
- ・ 火山の噴火とかの自然災害のときに燃えたりしたものから来ると思う。太陽とかからも。
- ・ 空気中や石や岩など自然物から。
- ・ どこでもあるものだと思う。でも、とても少量なので、人に害が出ないくらいに存在している。
- ・ 自然に出てくるものとか。兵器とか作っている所での事故とか。
- ・ 環境の悪いところで発生する。



- ・ サングラスなど放射線を防ぐように厚着すればいい。
- ・ 薬を塗る。
- ・ 放射線をはじくコートを着る。
- ・ 防げないと思うからとにかく遠くに逃げる。
- ・ 防ぐのは難しいと思う。あるとしたら工場などの近くに住まない。
- ・ 服、クリーム、日焼け止めを塗ったくる。あまり体を焼かないようにしたら少しは防げる気がする。
- ・ あまり太陽の下にはいないようにする。
- ・ そもそも、そういうのに関わるものを作らない。
- ・ 放射線があるところを隔離してしまえば外に漏れ出すことはないと思う。

## 室内における放射線の測定

表6 室内における放射線量の測定・多いと思う場所(予想)

	テレビ	日が当たる窓	黒板	準備室	窓際	窓際(南)	中央	蛍光灯	空白
11HR	1		1	10	34	2		1	1
12HR		1	1	3	30	1	4		2

### <準備室の理由>

(11HR)

- ・いろいろな薬品があるから
- ・放射線を放つ石とか多そう
- ・何かありそう
- ・準備室はいろいろなものがありそう

(12HR)

- ・いろいろあるから
- ・場所というより、そこにあるもので違う

### <窓際の理由>

・日が当たっている

- ・窓の方が何かありそう
- ・宇宙線の放射線を受けやすいから(11HR・4人)
- ・光りと関係あると思った
- ・自然の中から発生しているものだから
- ・太陽の光りを直接受けるから
- ・太陽の紫外線がでてるから(12HR)
- ・放射線は外から来そうだから(12HR)

表7 室内における放射線量の測定・少ないと思う場所(予想)

	隅	日が当たらない	黒板	準備室	水周り	前	窓際(北)	棚	中央	後ろ	テレビ	空白
11HR	3			18	1	2	1	5	16	7	1	3
12HR	2	1	4	22			1	1	16	1		2

### <準備室の理由>

(11HR)

- ・日が当たってない、隅
- ・特に何も無いから
- ・暗いから

(12HR)

- ・光りが入ってこない
- ・空気の流れが少なそう
- ・暗いし隅っこ

### <中央の理由>

(11HR)

- ・真ん中は少ない
- ・部屋の中はなさそう
- ・日が当たってない、隅
- ・日当たりが悪い
- ・影のところは少なそう

(12HR)

- ・窓から遠い
- ・外から離れてる
- ・光があまりない
- ・窓から離れてて光りがこなそう

### <後ろの棚・隅の理由>

(11HR)

- ・隅の方が少なさそう
- ・日光の光りが当たらないから
- ・発生してなさそうだから

(12HR)

- ・じめじめしてそう

## 室内における放射線量の測定・生徒考察

(11HR)

- ・同じ場所で同じ時間に測ったのに値が違うのが不思議だった。
- ・隣同士で機械を置いたら両方の機械の数字が全然違った。
- ・校長の頭を測った人もいた。結果は0.049  $\mu$  Sv/hだった。
- ・蛍光灯は高そうだと思って測ったら0.067  $\mu$  Sv/hだった。結構高かった。でも、なぜ電気は高いのか。もしかしたら、電気はエネルギーと放射線を出す？
- ・太陽の光りとかあんまり関係なかったみたいです。それに、窓越しだったから直射日光じゃないならかなと思いました。
- ・測ってみないと全然わかんないので、どこが危険かわかんないんで危ないです。
- ・まったく同じ場所なのに10秒ごとの更新でも違う結果でビビリ。
- ・窓に面していないところが多かった。やっぱ、窓があると逃げるのかなあ

(12HR)

- ・部屋の中はあまり変わらなかった。窓が少ないのが意外だった。
- ・準備室は日が当たらないのに放射線が出ていた。多分、薬品が出してるなあと思った。
- ・物が多いところは放射線が多かった。暗いとか明るいとかはたぶん関係ない。物質によって放射線の量は変わると思う。
- ・測定してみて思ったのは、窓側が少なかったので、放射線は外から入ってくるわけではないと思った。
- ・光りのあるところの方が放射線は出ていると思った。放射線は光りが届いていないところでもいけるなんてすごかったです。

## 屋外における放射線の測定

表8 校舎の中と外では、どちらの線量が大きいと思いますか(予想)

	中	外	同じ
11HR	5	24	9
12HR	5	19	11
計	10	43	20

グラフ8:校舎の中と外ではどちらの線量が多いと思いますか

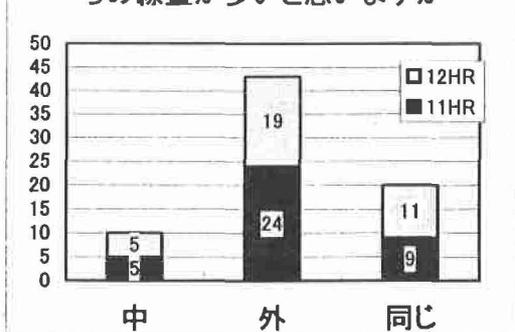


表9 測定結果

中庭	0.045 $\mu$ Sv/h
林の中	0.015 $\mu$ Sv/h
駐車場	0.035 $\mu$ Sv/h
グラウンド	0.011 $\mu$ Sv/h
校碑 (花崗岩)	0.098 $\mu$ Sv/h
校碑 (斑レイ岩)	0.028 $\mu$ Sv/h
土の上	0.023 $\mu$ Sv/h

### <中と思う理由>

(11HR)

- ・前に測ったとき、暗いところの方が多かったから、外は明るいので。
- ・意外に狭い方が詰まっていたりすると思うから。
- ・外気の熱が建物内に蓄積されているから。

(12HR)

- ・放射線がこもっていそう。
- ・放射性物質があるから。

### <外と思う理由>

(11HR)

- ・日光が直接当たるから。
- ・放射線を遮るものがないと思うから。
- ・自然に発生したりするものだから。
- ・放射線を放つ石とか転がっていそう。
- ・外は日光もあるし、地面からも出ているから。

(12HR)

- ・中より広い範囲だから放射線が多そう。
- ・オゾン層が最近薄くなっているから。
- ・放射能をもつ物質が多そうだから。
- ・外の方がいろいろあるから

### <同じと思う理由>

(11HR)

- ・教室で測定したときもあまり場所によって変化がなかったから。
- ・窓側も教室もほぼ変わらなかったから。
- ・太陽の光りは関係ないから。

(12HR)

- ・前にやったときも、日が当たる所と日陰では変わらなかったから。
- ・放射線を出すものがあるかないかで量が変わるから。
- ・放射性物質は限られた場所にしかないと思うから。

## 屋外における放射線量の測定・生徒考察

(11HR)

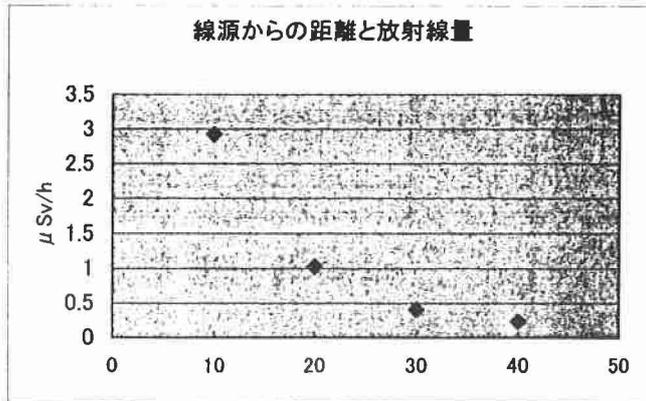
- ・予想と違っていた。中庭は、周りを校舎に囲まれているし、日が当たってたから多いかと思いました。
- ・あからさまに多かったのは校碑。0.100  $\mu$  Sv/hを超えていてびっくり。それに対して、土の上や林、グラウンドなどは少ない。私的に、多分人工のものは放射線を多く出すんだと思う。中庭もほとんど人口のもので、木とか少ないから。
- ・暗いとか明るいとかは関係なく、又、広さも関係なく、人工的に作られた物が数値高いのかなーと思いました。
- ・校碑は黒で、熱と一緒に放射線も吸収すると思うから、校碑は高いと思う。

(12HR)

- ・校碑の石がたぶん放射性物質だと思う。それか、近くに放射性物質があったんだと思う。グラウンドは放射性物質が少ない。
- ・日陰、日向に少しだけ差があった。植物の周りは低いかもしれない。
- ・コンクリートが少ないと思ったのに高かった。石だから高かったんだと思う。
- ・広い場所は放射線が少なかった。外と中では、中のほうが多いのかと思いました。でも、中庭のように囲まれた所も高いことが分かりました。

## 放射線の遮へい実験

### 線源からの距離と放射線量



線源からの距離 (cm)	10	20	30	40
線量 (μSv/h)	2.921	1.023	0.409	0.236

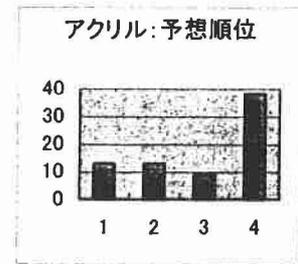
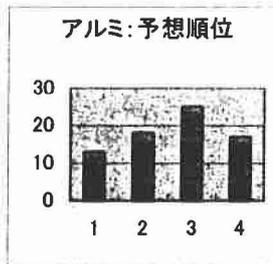
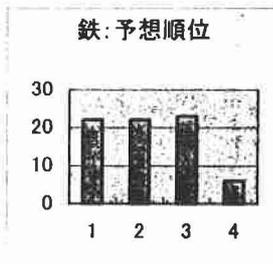
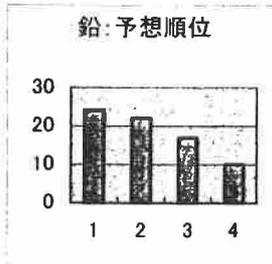
\*生徒実験の平均値

・10cmに対して大抵半分ずつ位減っていた。放射線が少しずつ散乱していったのかなあと思いました。結構離れないと安心できません。(1m以上は絶対)

・少しずつ減っていくのではなく、急激に減った。放射線が出ているところに近いほど、放射線があまり飛び散っていないところを測れるので量が多く、遠いと放射線は飛び散ってしまい、あまり量が取れないと思った。

・放射線量は線源から離れてくと、どんどん減っていくのかと思ったら、どんどんじゃなくて10cmから20cmの間で急にガクンと下がってる。放射線は、結構近くじゃないとあんまり影響はないのかな？

### 遮へい材による遮へい効果の違い



#### <予想の理由>

- ・鉄とか鉛は固くて反射させそうだと思うし、アルミはなんとなく頼りない感じがするし、アクリルは透明だから光りみたいに屈折して入ってきちゃいそうだから。
- ・アルミは光りを反射するから大丈夫かなと思いましたが。アクリルが1番最後というのは、アクリルっていう物質を知らないから。
- ・鉄、鉛は質量が大きく固いから。

#### <考察>

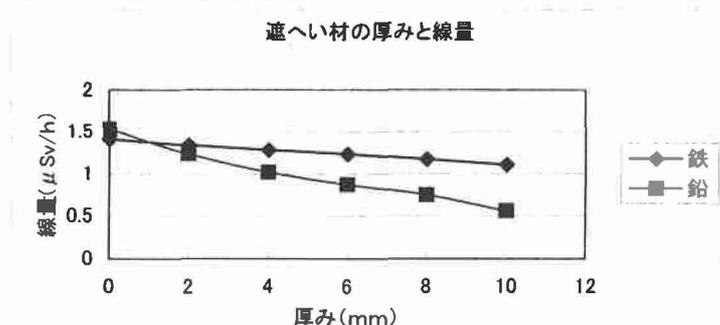
- ・放射性物質を取り出すときに鉛で閉じられていたので、その時点で鉛だと思った。鉄のほうが絶対放射線を通さないと思っていたけど、鉛だったのが不思議だった。
- ・アルミは増えている！鉛が防げていた。アクリルはほとんど防げていなかった。36%まで減るのはすごいと思う。でも、もっと減らせる物質もあるかもしれない。
- ・アクリルは透明だから遮へい効果があまりなかったと思う。
- ・鉛が1番遮へいした。やっぱり密度が関係するのか？
- ・少ない鉛でも結構思っていたよりも放射線を通した。また、アルミは100%を超えて、前よりも増えた。
- ・アクリルが、鉄や鉛を設置したときに数値がぐんと上がった。たぶん、鉄や鉛ではねかえった放射線がアクリルで逃げてきたから高くなったのかな？

#### 結果

鉛	39.5%
鉄	78.9%
アルミ	94.2%
アクリル	94.9%

\*生徒実験の平均値

## 遮へい材の厚みと線量



遮へい材の厚み(mm)	鉄(μSv/h)	鉛(μSv/h)
0	1.414	1.530
2	1.341	1.233
4	1.287	1.020
6	1.237	0.871
8	1.178	0.752
10	1.113	0.564

\*生徒実験の平均値

### <考察>

- ・枚数が増すほど、量は減っていった。鉄の方が鉛よりも量の減少の仕方が緩やかで、鉛がいつまでも下がっていった。鉄の方はいつかある量で止まってしまう感じ。鉛は、ずっと下がっているのですとずっとやっていたら線量は0になると思う。
- ・予想通り、鉛の方が多く放射線の量を防げることがわかった。最初のうちは鉄の方が少なかったけど、4mmくらいから差がつき始めた。鉄は変化があまり見られないけど、鉛は明らかに減っている。
- ・鉄の減り方は少なかったが下がっていた。鉛は大きく減っていた。鉄だとすごく厚くしないと0に近づけないが、鉛はB.Gに近づけそうだ。

### <感想>

- ・放射線量を1番防げるのは鉛だと、今日の実験でわかった。放射線を扱う工場とかでは壁とかを鉛で作ればいいんじゃないのかな。
- ・思ったよりゆっくり減っていった。もっと急激に減るものはないのか?
- ・厚さを変えるだけでこんなにも変わったなんて、ビックリしました。
- ・物質で放射線をカットすることができるのはわかったけど、気体ではできないのか。
- ・放射線の実験にももう慣れた。またやりたいな・・・とは思いません。怖いもん。

### NHKスペシャルを見ての生徒感想より

- ・最後にボロボロになった父を見た子供がかわいそうだった。危険ということをしらせなかった会社は厳しい罰を受けるべきだと思う。
- ・被曝した患者は、本当につらい思いをすと思う。もし自分が被曝してしまったら、たぶん殺してもらいたいと思う。放射能を持った物が、どれだけ危険なものかよくわかった。
- ・当たり前のことを言うけど、もう2度とこんなことをして欲しくない。
- ・放射線というのをあまり知らなかったし、そこまで気にもしなかった。だけど、授業で学んだり、今日ビデオを見て始めて怖いものだと思った。放射線は目に見えないし、いつ、どこで浴びているかも分からない。
- ・ビデオを見ていてなんか悲しかった。こんなことというのは大内さんに悪いけど気持ち悪かった。放射線でこんなことになってしまうなんて、とても悲しかった。目などから出血したりするなんて、今のうちには考えられないけど、こんなに簡単に命もなくなってしまふなんてと思うと、残念だった。そして命の大切さを改めて考え直した。
- ・放射線ってこんなに恐ろしいものなのかと思いました。被曝の被害ってこんなにもひどいとは思いませんでした。皮膚も内臓もボロボロで見ているのが辛かったです。被曝の被害者はもう出て欲しくないと思うし、もしも、被害者が出しまったら、それを治せるほどに医療が進んでくれればと思います。放射線の恐ろしさをしっかりと理解しなければならぬと思いました。
- ・呼吸困難になったり、手がボロボロになったり、ビデオで見ているだけでもとても辛かったです。放射線は目に見えないし、透過力もあるから、何もできないと思うとすごく恐く不安です。いろんな物が進化してメリットもありますが、デメリットはひどすぎます。昔のような平和な環境に住みたいと初めて思いました。

## 地域の特色を生かした総合的な学習

～「鑪（たたら）」を中心に、地域の自然・歴史・人々の暮らしに目を向けた取り組み～

島根県出雲市立乙立小学校

原 幹 雄

### 1. はじめに

島根県飯石郡吉田村〔現：雲南市吉田町〕は、島根県の南東部、標高370mの山間地に位置し、広島県高野町に接している。中国山地を源とする吉田川に沿って開けた地域で、大万木山を始めとする山々に囲まれている。冬の寒さは厳しいが、四季折々の大自然の美しさを楽しむことができる。豊かな森、きれいな水・空気に恵まれ、コギ、オオサンショウウオ、イワナ、ホタル、カブトムシ等も豊富に生息し、ナナカマド、ブナ、サンカイオウ、イワカガミ、ササユリ、クルマユリ等の高原植物も見られる。また、吉田村をはじめとする奥出雲地域では、良質の砂鉄や木炭が得られ、古くは「鑪（たたら）」による製鉄が盛んに行われていた。吉田村は鑪製鉄によって栄えてきた村であり、昭和61年には「鉄の歴史村宣言」を行い村の活性化を図ってきた。

このような地域の特色を生かし、吉田小学校では、総合的な学習（ふるさと体験学習）として、「鑪」を中心に、地域の自然や歴史、人々の暮らしに目を向け、「炭」「わら細工」「ふるさとの味」など、地域の素材を生かした活動に取り組んでいる。これは、ふるさとのよさを体験させ、ふるさと吉田を自分のルーツとして、現在および将来に渡ってたくましく生きて欲しいという願いから、地域との連携によって実施している活動である。鑪については「鉄の歴史村地域振興財団」、炭については「炭生産組合」、わら細工については「老人クラブ連合会」、ふるさとの味については「野菜農家のお年寄り」の協力を得て取り組んでいる。

そして、平成15年度からは、「どっぷり自然、ぞっこん科学」を研究主題とする科学教育に取り組み、総合的な学習も、理科学習との関連化を図り科学的な視点を盛り込んで実践した。

### 2. 奥出雲地域における鑪製鉄

#### (1) 八岐大蛇（出雲神話）と鑪

出雲といえば「神話の国」と言われるように、出雲を舞台とする神話は、出雲國風土記をはじめ古事記、日本書紀に数多く見られる。特に古事記では、出雲を舞台とする神話が1/3も占めているといわれる。八岐大蛇は、代表的な出雲の神話である。この神話が意味するところは、暴れ川であった斐伊川の治水であるという説が一般的であるが、大蛇の尾から剣（草薙剣）が出てきたこと、さらにその剣を天照大御神に献上したということから、斐伊川流域において鑪製鉄が盛んに行われていたこと、またその質も良く出雲地方の特産品であったことが想像できる。

#### (2) 恵まれた鑪生産の条件

①斐伊川上流に位置する奥出雲地域は、良質の砂鉄（磁鉄鉱）が得られる花崗岩地帯であり、砂鉄の含有率も高い。

②森林地帯であり木材が豊富で、良質の木炭が供給できる。

#### (3) 鑪生産の歴史

- ・室町時代 吉田における本格的な鑪の始まり
- ・江戸時代末期（1867年頃） 日本の65%以上を生産
- ・明治になって衰退 鉄鉱石による製鉄が盛んになる
- ・大正天皇即位時の太刀 吉田の玉鋼が採用される
- ・大正10年 吉田における最後の操業

#### (4) 鉄の歴史村宣言

- ・昭和42年「菅谷高殿」国重要有形民族文化財に指定
- ・昭和44年 復元操業
- ・昭和61年 鉄の歴史村宣言

『 鉄は日本の文化・産業に大きく貢献してきた。吉田村は日本の鑪製鉄の中心地であり、鉄とともに栄えてきた村である。その鉄の風土と歴史、そして文化の遺産を正しく保存し公開することが、私たちの指名でありここに「鉄の歴史村」を宣言する。 昭和61年3月16日 』

### 3. 地域の特色を生かした総合的な学習

#### (1) 鑪の教材化

鉄の歴史村宣言を受け、鑪の文化遺産を保存・公開する機関として「鉄の歴史村地域振興財団」が設立され、「菅谷高殿」「鉄の歴史博物館」をはじめとする施設が整備された。これらの協力を得て、砂鉄採集から鑪体験、できた鋼を利用した製品作りにいたるまでの一連の工程を体験するプログラムを作り、6年生で実施している。

学 習 内 容		使 用 施 設 等	指 導 者	経 費
調べ学習	鑪の歴史 鑪の原料 鑪の工程	鉄の歴史博物館 生活伝承館 菅谷高殿 鉄の未来科学館	財団職員	村費 及び 県教育総合 支援事業
体験学習	炭焼き（5年時） 真砂土調査 砂鉄採集（鉄穴流し） 炭切り 炉作り 鑪操業 製品製作	炭生産組合所有窯 村内露頭 吉田川（学校） 和鋼研究生産施設  学校	生産組合 担任 担任 財団職員	
まとめ学習	発表会、新聞作り等			

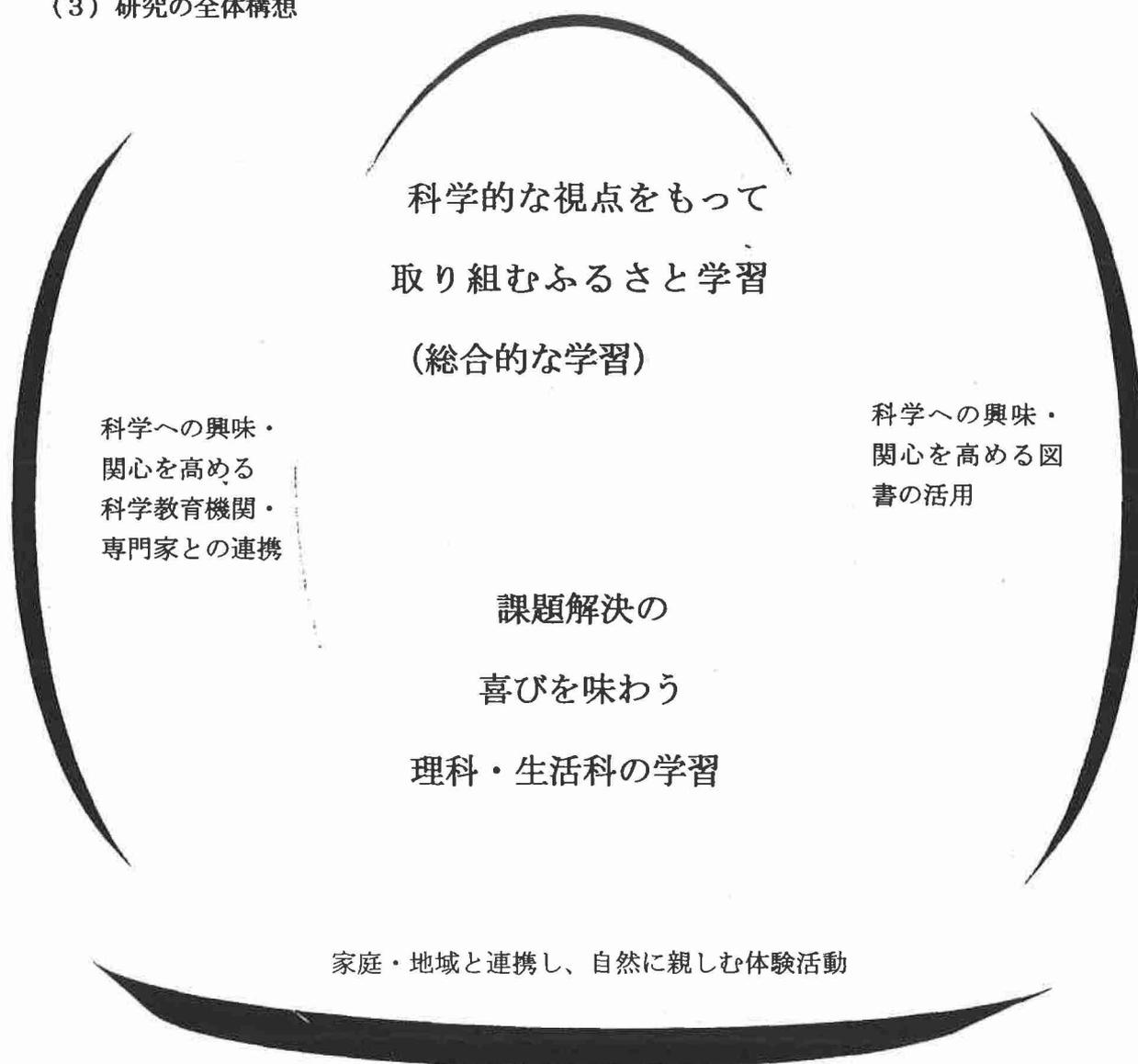
#### (2) 総合的な学習で取り上げているその他の素材

学 年	テ ー マ	お も な 体 験 活 動
第5学年	吉田と炭	炭焼き体験 炭の活用
	蛍の里作り	ホタル採集 観察 飼育 採卵 孵化 放流
第4学年	吉田の技	稲作り 稲藁細工体験
第3学年	吉田の味	野菜作り 料理体験 漬物作り

これらの素材は、以前から特別活動などで単発的に取り上げられていたが、総合的な学習の時間が設けられたのを機に、総合的な学習として体系化したものである。

しかし、学習のようすを見ると、計画された活動を手順に従って体験する、あるいは地域の人に技を教えてもらうといった傾向が強く、主体的・積極的な学習になりにくい状況が見られた。平成15年度からは、吉田の子供たちに、更に主体的・積極的・課題追究的な学びを育てるために、理科・生活科・総合的な学習を中心とする科学教育に取り組むことにした。総合的な学習は、理科学習との関連を図りながら、自らの課題意識をもって取り組む活動に高めたいと考えた。

### (3) 研究の全体構想



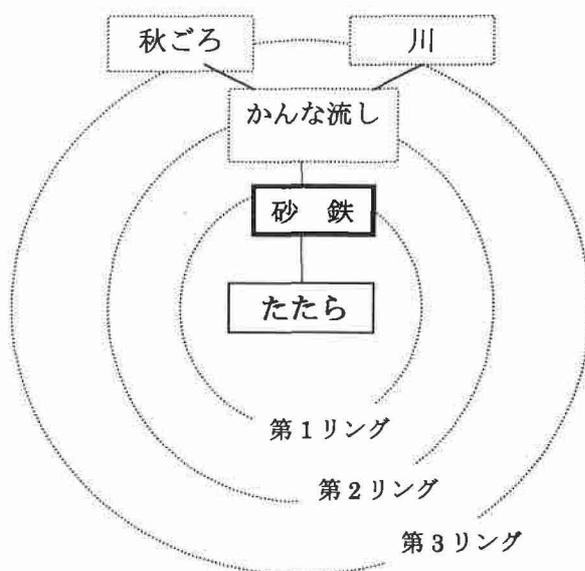
### (4) 理科学習との関連

総合的な学習として取り組んでいる内容は、理科学習との関わりが深い。理科の学習との関連を洗い出し、科学的な視点を盛り込んだ総合的な学習を目指すことにした。

総合的な学習		関連	理 科	
第6学年	吉田と鉄	← ←	第6学年 第5学年	大地のつくり～地層の構成物調べ 流れる水の働き
第5学年	吉田と炭	→	第6学年	ものの燃え方と空気～燃焼の仕組み
	ホテルの里作り	← →	第3学年 第6学年	昆虫を育てよう～昆虫の飼育 人と環境～生き物と環境の関わり
第4学年	吉田の技	←	第4学年	季節の移り変わりと植物 ～植物の栽培・観察
第3学年	吉田の味	←	第3学年	植物を育てよう
		→	第4学年	季節の移り変わりと植物 ～植物の成長のようす

### (5) 課題意識の醸成

課題意識をもって取り組む総合的な学習になるように、次の例のようなイメージ・マップを使用して、子ども達の生活経験や学習経験（理科学習）、興味・関心等を把握し、素材との出会わせ方や発問等を工夫するようにした。



#### ※「イメージ・マップ」について

イメージマップは、見方・考え方を測定する評価法の一つである。まず中央に「キーワード」を示し、「キーワード」について最初に連想した言葉（ファーストワード）をキーワードの上に設けた枠の中に記入させる。さらに、ファーストワードから連想した言葉を外側に向かって第2、第3リングに記入させる。第3リングまで記入したところで再びキーワードに戻り、同じ手順を繰り返す。分岐させてもよい。水越敏行氏によれば、イメージマップは、人間の記憶のメカニズムと深い関係があり、キーワードに連なるイメージを、自由に、そ

の人なりに体系化して表現するので、そこに現れた言葉の種類やつながり方を分析することによって、その人の思考傾向やイメージを把握することができる。

【分析の観点】 語彙数：情報量 語彙の種類・繋がり：理解の様子・傾向 比較（学習前・後）：学習の成果  
分岐（視点移動・類推）：理解の様子・傾向 ファーストワード：強く印象に残っているイメージ

平成16年度は、次のような課題を中心課題として取り組んだ。

学 年	テーマ	中 心 課 題
第6学年	吉田と鉄	鉄穴流しで砂鉄をたくさん集めるにはどうしたらいいだろう
第5学年	吉田と炭	消臭などの炭の効果は本当だろうか
第4学年	吉田の技	縄の編み方によって強度がどう違って来るだろうか
第3学年	吉田の味	漬物の不思議を探る～食塩はどんな役目をしているだろう

#### 4. 吉田の鐘（6年生）の実践

##### (2) 平成16年度の実践から

###### ① 目標

- たたらに関する調べ学習や小だたら体験を通して、それに関わる人々に出会い、話を聞いたり一緒に活動したりする中で、吉田村に伝わる伝統文化への関心を高める。  
(郷土への関心と愛着心)
- 調べ学習や体験の中で、自分なりにやってみたいことや調べてみたいことなどを見つけ、計画を立てて追究することができる。(自ら課題を追究する力)
- 調べ学習や体験の中で、進んで質問をしたり、熱心に話を聞いたり、アドバイスを素直に受けとめたりすることができる。(人とのコミュニケーションをはかる力)
- 調べ学習や体験を通して、たたら製鉄に関わる人々の思いや願いに気づくことができる。(物事に感動する心)

###### ② 単元の構想

吉田村は、たたら製鉄による日本の和鉄生産の中心地として栄えてきた。19世紀後半に、西洋から近代製鉄技術が導入されると、吉田村のたたら製鉄もだんだん衰えていくことになる。鉄とともに歩んできた村の風土と歴史、文化遺産を保存し、公開するために、昭和61年には「鉄の歴史村」宣言を行った。そして、菅谷たたら、鉄の歴史博物館、鉄の未来科学館など、名実ともに日本の鉄の歴史村になるべく次々と新しい魅力を生み出していった。

このような地域全体で村の発展のために取り組んでいる活動を調べたり、実際に小だたら体験をしたりすることは、吉田村の素晴らしい伝統を学ぶのに、とても有意義な活動であると考えた。同時に吉田村のよさや先人の知恵などにも気づくことができるであろう。更に、地域の様々な人々とのふれあいを通して、たたら製鉄に関わる人々の思いや願いにも気づくことができると考えた。

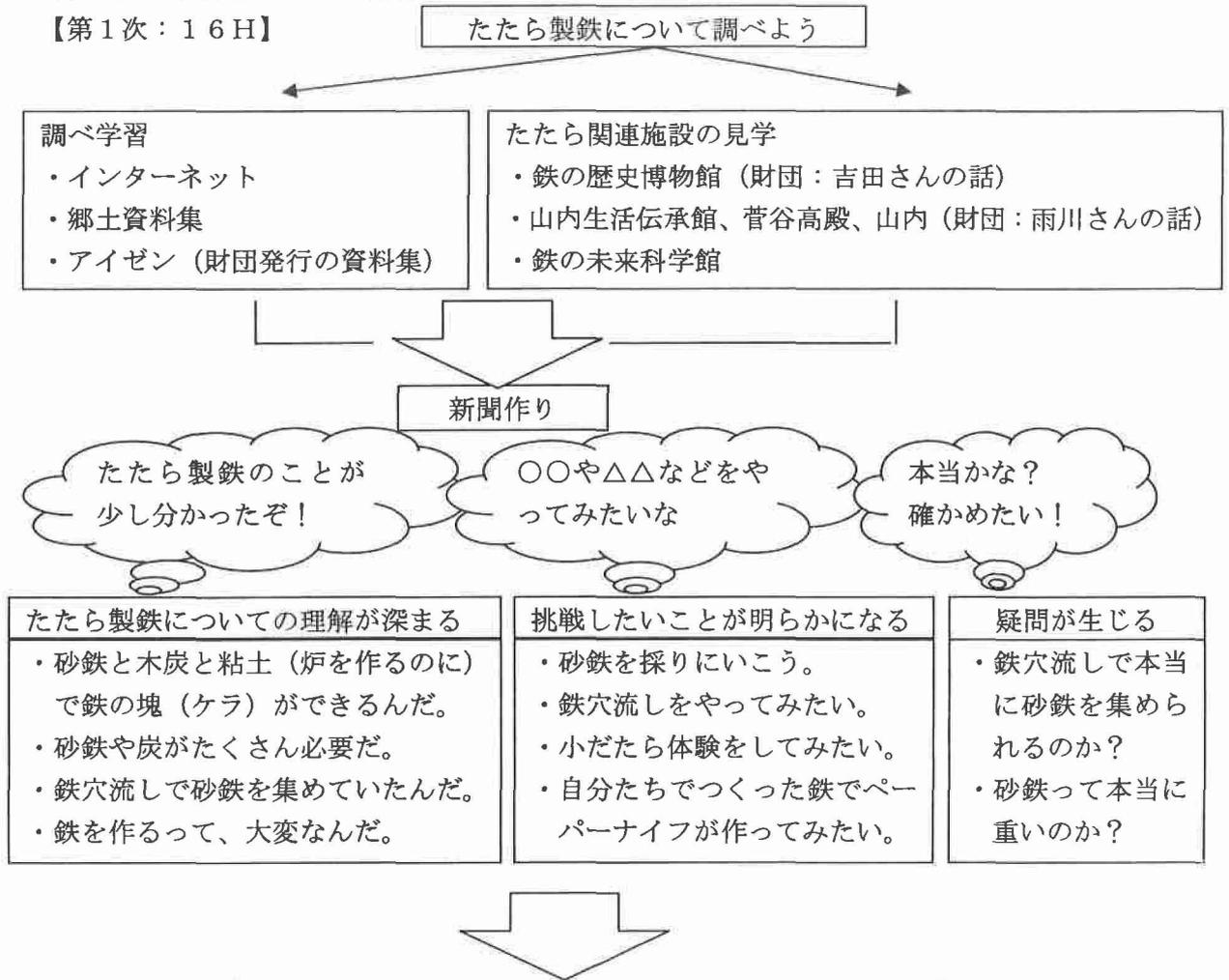
本単元の中心は、小だたら体験である。ダイナミックな活動であり、印象的な体験として子どもたちの心に残るものの、たたら製鉄のしくみそのものを理解することは、とても難しいことであると思われた。そのため、体験に入る前の調べ学習が重要となってくる。幸い吉田村には、たたら製鉄についてよく知っておられる方々（人材）、それに関わる資料館が充実している。そういった地域の持つ教育力をしっかり生かしながら学習することで、たたら製鉄についての理解も深まり、吉田村（人、もの、こと）への興味・関心も高めていくことができると考えた。同時に、たたら製鉄に関しての自分なりの課題も生まれ、活動意欲も喚起されるのではないかと考えた。

そこで、2学期からの体験活動では、「鉄穴流しをやってみよう！」という思いや「本当に鉄穴流しで砂鉄を集めることができるのだろうか？」という疑問を大切にしていくことにした。鉄穴流しは、水の中では重いものは沈み、軽いものは浮くという簡単な原理を利用した砂鉄の採集方法であるので、砂と砂鉄の重さに着目し、比重を調べていくことは、とても大事なことである。1学期に、「本当に砂鉄は重いのだろうか？」という疑問を抱く子どもがいたので、その疑問を全体に広めながら、まず、比重について考えていくことにした。

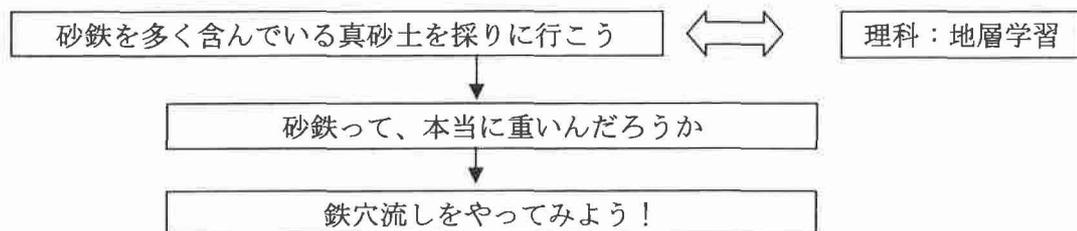
次に、『鉄穴流しでたくさんの砂鉄を集めるにはどうしたらよいのだろうか』という課題のもと、どうすればいいのか考え、実験方法を工夫しながら検証していくことにした。砂鉄をたくさん集める工夫として、実験装置のセッティングの仕方（道具の組み合わせ方や角度など）、流す土の量や水の量や勢いなど、いろいろな条件が考えられた。そこで、川の流れの学習を想起させたり、砂鉄の比重を意識させたりなどして、自分なりのこだわりを持ちながら実験に取り組み、試行錯誤する中で新たな発見ができると思った。最終的には、集めた砂鉄を原料として、小だたら体験につなげていった。

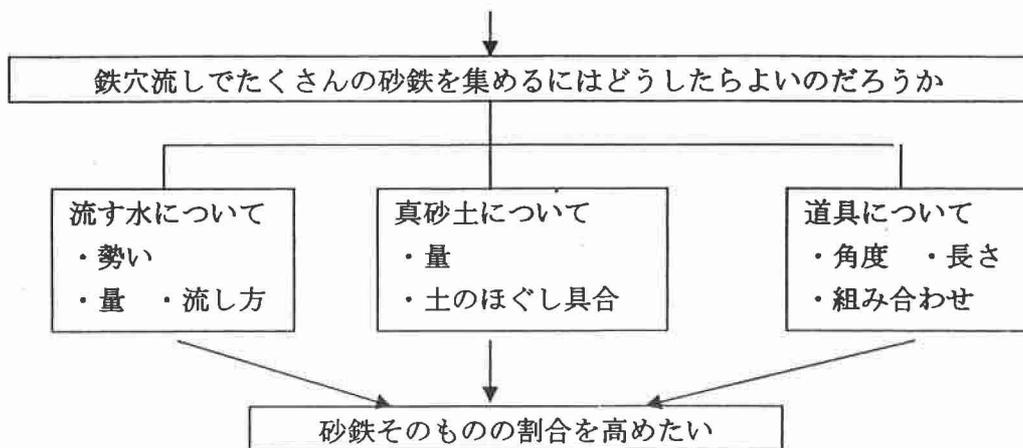
### ③ 単元構想図（全46時間）

【第1次：16H】



【第2次：18H】





何度も繰り返す必要がある⇒だから、昔の鉄穴流しは長いんだ！

↓

もっともっと砂鉄を集めよう

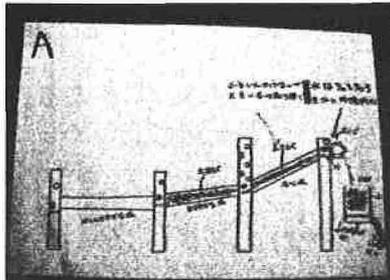
【第3次：12H】

↓

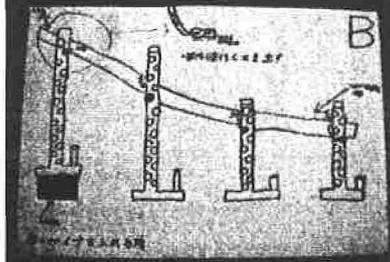
小だたら体験へ

④ 授業の様子（抜粋～第2次5時間目から18時間目まで）

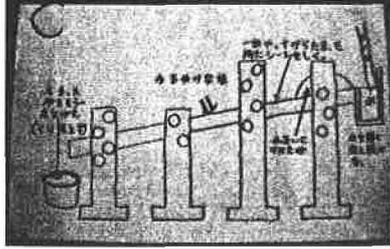
学 習 活 動 と 児 童 の 反 応	支 援 と 評 価
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; text-align: center;">砂鉄は、本当に重いだろうか？</div> <p>○砂鉄と砂鉄を取り除いた真砂土の重さを比べ</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・体積を同じにして重さを比べる</li> <li>・1 cm<sup>3</sup>の重さを量る</li> <li>・重さを同じにした体積を比べる</li> </ul> <div style="text-align: center; margin: 5px 0;">↓</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; text-align: center;">砂鉄は、重いんだ！</div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; text-align: center;">鉄穴流しをやってみよう！</div> <p style="text-align: center;">～鉄穴流してたくさんの砂鉄を集めるにはどうしたらよいだろう</p> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 20px;"> <div style="width: 30%;"> <p>○流す水について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・水の量</li> <li>・水の勢い</li> <li>・水の流し方</li> </ul> </div> <div style="width: 30%;"> <p>○流す土について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・土の量</li> <li>・土のほぐし方</li> <li>・ふるいのかけ方</li> </ul> </div> <div style="width: 30%;"> <p>○道具について</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・板の傾斜</li> <li>・板の組み合わせ方</li> <li>・板の長さ</li> </ul> </div> </div>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 10px; text-align: center;">砂鉄は、本当に重いだろうか？</div> <ul style="list-style-type: none"> <li>・一つの方法に留まらず、いろいろな方法で確認できるようにする。</li> <li>○砂鉄は本当に重いのか確かめる方法を考え、進んで調べようとしたか。（追究力：発言、プリント、実験の様子）</li> </ul> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">  </div> <ul style="list-style-type: none"> <li>・生活、学習経験を振り返り、どんな工夫をすればたくさん砂鉄を集めることができるのか、自分なりのこだわりを持たせておきたい。</li> </ul>



- 大きな石を取り除く
- 水はちよろちよろ
- 水を全体的に持続的に
- パイプを使って水調節
- 急な坂から緩やかに



- 水は弱くなく強くなく調節
- ペットボトルを使って水調節
- ふるいを使う
- 急な坂から緩やかに



- 水を弱く流し続ける (オーバーフローさせて流す)
- シートを敷いて砂鉄を集める
- ふるいを使う
- 緩やかな坂



ペットボトルを使って、水が全体的に流れるように工夫してみよう。水の調節がなかなか難しいな。



まるで小さな川のようなかわ。流れの弱い内側に砂鉄がたまっている。

- 一人での実験は難しいと思われる。同じこだわりを持つ子どもをグループ化し、鉄穴流しの計画を立てさせていく。

- 見通しを持って実験できるように、実験方法を分かりやすく絵でまとめさせていく。

- 記録をとりながら活動していく。失敗をしたらその原因を考えるように声がけをする。その原因追究を今後の実験にも生かすようにしていく。

○たくさんの砂鉄を集めるために、条件をいろいろと考えながら、鉄穴流しを行うことができたか。(追究力：実験の様子、まとめ方)

- 活動が停滞している子どもには、思いや願い(やろうとしていること、困っていることなど)を聞き、停滞している理由を取り除いて活動を促すように、また何気なく鉄穴流しをしている子どもには、川の流れの学習を想起させ、水の勢いに注目



水に勢いがあると、砂鉄も流れてしまう。坂も緩やかな方がよさそう



水量や勢い、坂の傾斜を調節する  
ふるいにかけて、小石を取り除く → 砂鉄が集まるポイントがある

鉄穴流して、  
思っていたより  
難しいんだ。

たくさん砂鉄を集める  
ために工夫しないと  
いけない。昔の人って賢

するように、声がけをしていく。

- ・発見したことは、大きな紙にまとめ、全体に分かるようにひとまとめにして掲示していく。

○鉄穴流しの活動を通して、たたらが栄えていた頃の人々の知恵に気がつくことができたか。(感動する心：学習ノート)

### ⑤ 考察

- ・ たたら操業及び鉄穴流しは、吉田特有の地域素材である。これを題材に吉田村の歴史や文化、そして先人の知恵などを学ぶことは、とても有意義な活動である。子どもたちは、吉田村がたたらで有名な地であることはすでに知っていたので、そのルーツを探ろうと意欲的に活動に取り組んだ。
- ・ 科学的な追究力を育成するために、「砂鉄は本当に重いだろうか?」「砂鉄をたくさん集めるためにどんな工夫をすればいいのだろうか?」という二つの課題を設定した。両者とも子どもの疑問や思いから生じた課題であり、本気で解決しようとする気持ちが子どもたちの姿勢から感じられた。
- ・ 理科「大地の変化」の地層学習と同時に展開させ、地層見学で持ち帰った真砂土を調べることによって、吉田村の真砂土には磁鉄鉱が多く含まれていることを理解することができた。また鉄穴流しでは、課題解決の糸口として、5年生で学習した川の学習を想起させていった。このことにより、子どもたちは水の流れの速さや量、傾きなどを意識しながら実験を繰り返し、試行錯誤する中で、比重を利用して鉄穴流しが行われていたことに気づくことができた。
- ・ たたらの学習は私も初めての経験であり、大いに勉強になった。単元を構成し、学習を展開するにあたり、たたら関係施設の方々、鉄穴流しの装置を作っていただいた保護者など、多くの方々にご協力いただいた。地域の教育力の豊かさや学習支援につ

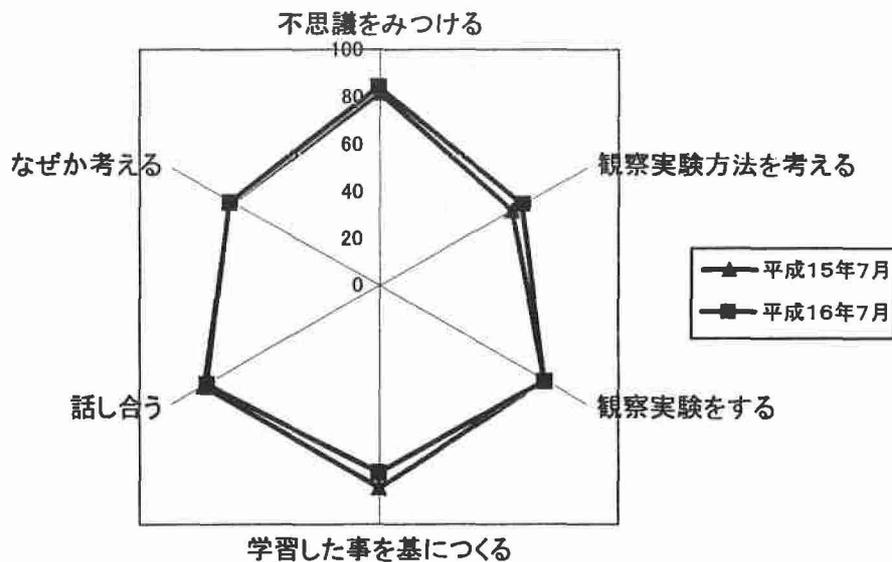
いての熱意や温かさを改めて感じた。

## 5. 成果と今後の課題

### (1) 成果

#### ① 追究力

下図は、理科の学習について調査した結果の一部であるが、1年前と比較すると、学習の仕方について、子ども達の意識の変化が見られる。「学習したことを基に作る」という項目についてはやや後退しているが、「不思議を見つける」「観察実験方法を考える」については、プラスの変化が見られ、課題を見つけたり、課題を追究しようとする意欲の向上が窺える。



「好きな理科の勉強の仕方」(4年生～6年生)

#### ② 生き方

地域の特色を生かした総合的な学習を通して子ども達は、ふるさとの先人達の智慧や努力によって技術が高められ、優れた物作りが行われるようになったことを知る。また現在、その技を受け継ぎ更に発展させ、村の活性化を図ろうとしている人々の意欲的で積極的な生き方にも触れることができる。また、人間関係の希薄化・孤立化が今日の大きな課題であるが、地域の人々と関わりながら地域の特色について学ぶことは、社会性や連帯感の育成にもつながり、子ども達にとっては、生き方を学ぶ大切な場となっていると考える。

#### ③ ルーツ

ふるさとの特色ある自然、歴史、文化を、体験を通して知ることによって、子ども達は、ふるさとを自らのルーツとして意識するであろう。そのことが、自信をもってたくましく生きる支えになるであろうし、ふるさとを愛する心や国を愛する心にもつながる

であろうと思われる。

## (2) 今後の課題

### ①学習課題

鑪の学習で今後予想される学習課題としては、「砂鉄の種類による鉄の性質の違い」「温度によるできる鋳(けら)量の違い・鉄の質の違い」「炭の種類によるでき方の違い」「鉄の性質と組成・構造」「炉の内側に貼りつける粘土のはたらき」等も考えられる。小学生のレベルでは解決が難しい内容であり、簡易炉(ドラム缶、七輪等)で、何回も繰り返し実験ができる方法を工夫したり、専門家・研究機関の協力を得たりする必要がある。

### ②時間数

学力問題から、総合的な学習の時間について見直しが行われ、時数の削減も検討されているようであるが、生きる力を育む教育活動として、大切にしたい活動である。

### ③予算

市町村合併を行っても財政難が改善する兆しは無いようである。一朝一夕に効果が現れない教育の予算、特に、総合的な学習は体験を重視する活動で経費も掛かるため、真っ先に削減の対象になる。長期的な視野に立って教育行政が進められるよう望む。

「初等・中等教育におけるエネルギー・原子力教育の現状と課題についてのコメント——  
特に義務教育レベルの教育充実をいかに図るかについて——」\*

NPO法人放射線教育フォーラム 事務局長 松浦辰男

I. まえがき

先般まとめられた原子力政策大綱については、その最終的文書が決まるまでの過程において、原子力教育に関する種々の点について問題提起を行った<sup>(1)</sup>。

今後のわが国の原子力政策を支障なく実行するためには、社会及び学校における原子力・放射線教育を充実させることが極めて肝要であり、そのうちでも学校教育に関しては、上記の文書に含まれた提案の内容について、関係各位（原子力委員会・文部科学省・中央教育審議会そのほか諸機関・諸団体）において十分にご理解を賜り、その方向で早急に実行されることが有効であると信じるものである。本日は、この文書に含まれた内容についてお話しする。この資料はその内容をご紹介しますとともに、さらに最近の放射線教育フォーラムの活動（昨年8月に開催した「第3回放射線教育に関する国際シンポジウム」など）の報告や学校教育に関する最新の新しい情報や今後の展望などを紹介する。なお、放射線・原子力教育について筆者が最近依頼されて書いたレポート（末尾の文献13）を付録1として添付した。

II. 原子力教育に関する問題提起の要点

原子力政策大綱においては「学習機会の整備・充実」に関して、「国は、引き続き、児童生徒の発達段階に応じて、放射線や原子力を含めたエネルギー問題に関する小・中・高等学校における指導の充実や、エネルギーや原子力に関する教育の支援制度の充実に取り組む事が重要である。」とあるのは、当然のことで、大変結構である。問題は、わが国の諸事情から現状はこの様になっていないので、現状をいかに改善するかについて、以下のような意見を申し述べた。

1. 学校における原子力・エネルギー・放射線関係の教育における現状と課題

これまで度々指摘されてきたことであるが、従来、小・中・高における学校教育で取り上げられるエネルギー問題や原子力は、「環境」や「情報」に比べて見劣り感のあること否めない<sup>(2,3,4,5)</sup>。学校教育という限られた授業時間の中で正式に、ある事柄を取り上げてもらうには文部科学省が制定する「学習指導要領」の中に適切に位置付けが与えられて記載されることが必要である。すなわち、

- (1)まず、エネルギー問題・原子力・放射線等に関連する事項が小学校か、中学校か、高等学校かの学習指導要領で、どこかの科目（それは主として理科、社会であろう）、教えるべき内容として具体的に書き込まれていることが必要である。
- (2)次に、その事項をその段階で習得することの必要性・重要性が認められて、できるだけ「必修」の形で、年度の早い時期に教えるように指示されていることが望ましい。
- (3)さらに、「理科」で出来るだけ正確な知識を教えると同時に、それとの社会の関連について、理科以外の科目で価値観的に適切なバランスをもって教えられる必要がある。

1-1 小学校での現状と課題

現在の学習指導要領では、小学校理科で<sup>(6)</sup>「内容」には「B 物質とエネルギー」の項目について第3, 4, 5, 6学年でそれぞれ（光、電気の導体と不導体の存在、磁石）、（空気と水、圧力、電流の強さ）、（水への溶解、てこ、錘の振動など）、（水溶液、燃焼、電磁石）を学ぶようになっているが、放射線というキーワードはない。

また小学校社会では<sup>(6)</sup>第3学年～4学年で地域の産業や生活にとって必要な電気・ガスや廃棄物の処理について学び、第6学年で日本歴史を始めて学ぶが、ここで（近代史について）「日華事変、わが国にかかわる第二次世界大戦、日本国憲法の制定、オリンピックの開催などについて調べ、・・・理解と関心を深めるようにする。」と規定されている。実際には小学校社会の全ての教科書に敗戦時の広島・長崎のことが比較的詳細に記述されて

---

【\*2005年10月25日原子力委員会定例会議【特定テーマ：初等・中等教育におけるエネルギー・原子力教育の現状と課題について】で松浦辰男が意見発表した時の配付資料の主要部分】

また今後の日本の将来にとり必ずしも満足的に取り上げられていない状況は、われわれ原子力の関係者が教育関係者、有識者に協力を求めて改善する必要がある。

2. **まとめとしての提言**—「初等・中等教育におけるエネルギー・原子力・放射線に関する、児童生徒の発達段階に応じた教育内容について」…小学校・中学校・高等学校のそれぞれの学習指導要領において取り上げられたい事項

#### 2-1 エネルギーの基礎的知識について

- エネルギーには種々の種類があり、それに関する基本的概念については中学の理科で早めに教える。日常生活に最も関連の深い電気エネルギーについては小学校で教える。
- エネルギーの基礎的性質として、「エネルギー保存の法則」で運動エネルギー、位置のエネルギー、熱エネルギー等が相互に変換することを実習などにより習得させる。これを中学で教える。一部のごく基本的な知識については、小学校の理科実験に取り入れてここで学ばせることも可能であろう。また、高校の（理科の選択科目で）「熱力学第二法則」に相当する、エネルギーの非可逆性、すなわち、エネルギーの保存とはいっても、エネルギーには利用し易いエネルギーとそうでないものがあること、これがエネルギー問題の根本になっていることを教えても良いかも知れない。

#### 2-2 原子力・エネルギー問題・核問題について

- 原子力発電の原理については、火力発電、水力発電などとともに、中学理科で教える。
- 地球資源との関連におけるエネルギー問題、環境問題、自然エネルギー、省エネルギーの必要性については、中学及び高校の社会科において教える。（この問題は「総合学習の時間」での最も適したテーマである。）
- 資源・エネルギー・環境問題に関する国際問題、核開発などについては、高等学校の社会科で、日本の国策である原子力の平和利用を基本としつつ、最新の世界情勢を勘案して、エネルギー確保が国家間の重要な問題で、地球全体の環境の保持と経済発展、さらに世界の平和に重要な影響があることなどを、教科書製作者の比較的自由的な発想で取り扱うようにすることが望ましい。

#### 2-3 原子核・放射線・放射能について

- 自然放射線の存在を（「はかるくん」などを使って）実習で学ばせることをできれば小学校または中学校で、（理科あるいは総合的な学習の時間を利用して）教える。
- その時同時に、身のまわりには、目には見えない存在として電磁波や、赤外線、紫外線などが存在し、それらも広い意味の放射線エネルギーの一種であること、地球上の動植物の生存はそれらのエネルギーに大きく依存していることを教える。（中学理科、高校生物、ほか）
- 放射線（ $\alpha$ 、 $\beta$ 、 $\gamma$ 線など）の基礎については、できれば中学で教える。高等学校理科は必修として、原子と原子核を教えるときに、同位体、放射性同位体などとともに教える。
- 放射線の（医学的、及び産業等への）利用、並びに人体への影響については、高等学校理科で、（及び生物にも取り入れて）必修科目として教える。

#### 2-4 小・中・高等学校の発達段階に応じて教えるべき内容

これについて、すでに学習指導要領で指示されているものを含めて、新しい視点で考えてみたものを**付録2**に示した。

### III. この意見を実現させるための今後の進め方

放射線教育フォーラムではこの意見を具体化するために、作業委員会を作って検討をしている。以下はその委員会において提案された意見である。

【以下 100 行にわたるこの内容は、2005 年 8 月 15 日付けで文部科学省に提出された要望書「エネルギー・環境教育の充実のための学習指導要領の改善について」と同じものである（本報告書第 1 章第 5 節に収録）のでここでは省略】

#### IV. その他放射線教育に関連する資料、データなど

##### 4-1 学校における放射線教育の実践について

上記の意見を、今後いかに実現するかについて、現在放射線教育フォーラムでは「教育課程検討委員会」においてその内容を討議している。「教育課程検討委員会」の委員である渡部智博教諭による「学校における放射線教育の実践とその在り方について」と題する資料（2004年7月のパネル討論会<sup>(17)</sup>で発表されたものに基づく）を**付録3**として添付した<sup>(18)</sup>。

##### 4-2 「総合的な学習の時間」を活用することについて

###### (1) 教員向けのセミナーの開催

現在の時点では、学校で原子力・放射線教育を推進させるには、「総合的な学習の時間」を有効に活用して、ここでエネルギー・環境問題を取り上げていただくことが有効である。そのために、NPO法人放射線教育フォーラムは、文部及び(財)放射線利用振興協会に協力して（共催団体として）学校教員を対象とする「エネルギー・環境・放射線セミナー」を2001年度から全国10地区で開催してきた。その資料<sup>(19)</sup>を**付録4**として添付した。

###### (2) 総合学習を有効に活用して原子力教育を進める事に関連して考慮中のいくつかの案について

「原爆を如何に学校教育で取り上げるか」についての私見を**付録5**として添付した。この中では、まず原爆に関する正確な情報を学ぶことの必要性和、理科と社会科の協同ばかりでなく、適切な原子力関係の話題が記述された良い文章を国語の教科書に採用していただくなどの案が提案されている。

##### 4-3 高校生の科学リテラシー及び放射線利用に関する意識調査結果

NPO法人放射線教育フォーラムは、2004年8月に長崎で「第3回放射線教育に関する国際シンポジウム（ISRE04）」を開催した<sup>(20)</sup>。（その報告を**付録6**として添付）このとき、アジア7カ国における高校生の科学リテラシー及び放射線利用に関する意識調査結果が田中靖政氏により発表された<sup>(21)</sup>。この資料は、中国・インドネシア・日本・韓国・フィリピン・タイ・ベトナム、のアジア7カ国の高校生の放射線・エネルギー問題・科学技術に対する知識について調査し国際的比較がされたものであるが、放射線教育に関心のある方には興味のあるデータであると思われるのでここで簡単に紹介する。

その調査によれば、日本の青少年の放射線に対する教育が不十分な故に、知識・学ぼうとする意欲がこれらの国に比べて劣っていることがわかった。たとえば、

○日本では友人との間で科学技術に関する情報を得ることは少ない（他の国が30～50%以上なのに日本は15%と最低）、

○農産物の放射線育種の知識を持っている者は日本が最低（21%）で他の国は26～73%、

○医療器具の滅菌への利用の知識も日本が最低（23%）、他国は31～55%）、

○「放射線に関してどのようなことを知りたいか」の質問にたいして、「人への健康影響を起す量について」の関心は日本が最低で49%、これに対して他国では71～81%、また「食品への応用」、「工業への応用」、「医学分野への応用」のいずれも日本は他国よりも関心は最低であった。

#### V おわりに

ここで紹介した意見が採用されて指導方針がもし文部科学省においてきまっても、これを効果的に実施されるかどうかは、各学校・教育委員会の方針、教員の資質能力の向上のための施策（教員免許取の法規改正や定期的研修を義務つけるなどの指導）、教員のこの分野の知識取得への熱意を高める方策、更に大学の入試問題におけるこの分野の出題などに大きく依存するので、これらの施策の実現に向けての働きかけが必要かと思われる。

文献：

(1)「原子力政策大綱（案）への意見」松浦辰男、2005年6月24日

(2) 松浦辰男・飯利雄一、「放射線・原子力教育と教科書」研成社、1998年2月

(3) 松浦辰男・飯利雄一・木伸司・関本順子、「過去2,3年の高等学校の教科書における原子力・放射線関係の記述の傾向」、日本原子力学会誌、Vol.43, No.5, 81-86 (2001)

- (4) 広瀬正美、「初等・中等教育における原子力エネルギー教育の現状と将来」日本原子力学会誌、Vol.40, No.12, 932-936 (1998)
- (5) 江田 稔、「新学習指導要領におけるエネルギー・環境・放射線教育について」第41回理工学における同位元素・放射線研究発表会要旨集、200-201 (2004年7月); 江田 稔「学校における放射線教育の在り方と日本の現状」第3回放射線教育に関する国際シンポジウム論文集、JAERI-Conf 2005-001, 93-99
- (6) 「小学校学習指導要領」、平成10年12月
- (7) 西谷源展、「放射線に対する意識と学校教育の影響」、日本放射線技術学会雑誌、第60巻第11号、1555-1563 (2004)
- (8) 「平成15年度 自然環境・放射線 Web ～自然を測ろう～想定実践報告書」平成16年3月 財団法人 日本科学技術振興財団
- (9) 樋之口 仁、日本原子力学会1996年春の年会、大阪、1996年3月; 樋之口 仁、「理科教材としての環境放射線測定」、鹿児島大学教養学部研究紀要、第27巻、18-38、平成8年3月15日
- (10) 関本順子・木伸司・松浦辰男、「中学校社会科地理・公民・理科の教科書における原子力関係の記述について」NPO法人放射線教育フォーラム2001年度成果報告書「学校における放射線教育」、71-86 (2002年3月)
- (11) 「中学校学習指導要領」、平成10年12月
- (12) 「高等学校学習指導要領」、平成11年3月
- (13) 松浦辰男、「放射線・原子力教育 根拠のない不安を取り除く」、エネルギー・レビュー、2004.12、22-25 (2004)
- (14) 松浦辰男・飯利雄一・木伸司・関本順子、「過去2,3年の高等学校の教科書における原子力・放射線関係の記述の傾向」、日本原子力学会誌、43巻、487-492 (2001); 松浦辰男・関本順子・木伸司・飯利雄一、「日本の中学・高等学校における放射線関係の記述に見られる傾向」第3回放射線教育に関する国際シンポジウム論文集、JAERI-Conf 2005-001, 319-328
- (15) 社団法人日本原子力学会、「初等・中等教科書および学習指導要領におけるエネルギー・原子力の扱いに関する要望書」平成17年6月
- (16) 日本原子力学会 「原子力教育・研究」特別委員会、「高等学校、中学校教科書の中の原子力に関する不適切な記述例」、平成16年12月
- (17) パネル討論会「学校における放射線教育の新しい展開」、第41回理工学における同位元素・放射線研究発表会、2004年7月9日、
- (18) 渡部智博、「学校における放射線教育の実践とその在り方について」、Isotope News 2005年3月号、22-26
- (19) 松浦辰男、「エネルギー・放射線教育を行うための文系教員向けセミナー」、Isotope News 2002年10月号、12-16
- (20) 松浦辰男・木伸司、「第3回放射線教育に関する国際シンポジウム (ISRE 04) 報告」、Isotope News 2004年12月号、27-30
- (21) 田中靖政、「FNCA諸国7,700名の高校生の科学リテラシーと放射線利用に関する意識調査」第3回放射線教育に関する国際シンポジウム論文集、JAERI-Conf 2005-001, 26-28

#### 付録文書リスト

- (付録1) 「放射線・原子力教育 根拠のない不安を取り除く」、エネルギー・レビュー (コピー4ページ)
- (付録2) 「小・中・高校の発達段階に応じて教えるべき内容案」 (1ページ)
- (付録3) 「学校における放射線教育の実践とその在り方について」アイソトープ・ニュース (コピー5ページ)
- (付録4) 「エネルギー・放射線教育を行うための文系教員向けセミナー」アイソトープ・ニュース (コピー4ページ)
- (付録5) 「原爆を如何に学校教育で取り上げるか」 (2ページ) 【これに関しては現在修正原稿を作成中で、本報告書では添付を省略する】
- (付録6) 「第3回放射線教育に関する国際シンポジウム (ISRE 04) 報告」アイソトープ・ニュース (コピー4ページ)

小・中・高校の発達段階に応じて教えるべき内容(案) 2005. 8.

理系の教科での内容		文系の教科での内容	
小学校	1,2年		
	3,4年	電気の実験	
	5,6年	エネルギーの基礎実験 自然放射線実験 (総合学習で)	身のまわりの電磁波・紫外線等の存在 省エネの必要性 原爆の歴史と原子力の平和利用
中学校	1年	自然放射線実験 (理科必修で)	日本のエネルギー・環境問題 (第二次戦争の発端について)
	2年	エネルギーの種類と保存則 発電の原理	資源・エネルギーの有限性
	3年	放射線と放射能の区別 放射線と放射能の3原則	地球資源の有限性 地球温暖化 科学技術と社会
高等学校	1年	進んだエネルギー法員同位体の基礎(変換における非可逆性)	個人の幸福と社会 (家族・国家・世界)
	2年	放射性壊変・核分裂・臨界	放射線の利用・放射線の人体影響 生命・医療の基礎
	3年	放射性廃棄物処理と産業廃棄物処理	石油の価格・ガソリンの価格(はどのようにきまるのか) 電力の料金 リスク論(リスク・ベネフィット)

# 放射線・RI塾

## 学校における放射線教育の実践と その在り方について

渡部 智博

### はじめに

中等教育の現場を知る最初の手がかりの1つは教科書の記述であり、現在まで多数の教科書を題材とした文献研究<sup>1)3)</sup>がなされている。平成15年度から、新学習指導要領<sup>4)</sup>にもとづいたカリキュラムが始まった。高等学校の理科では、どの科目にも、放射線に関わる記述<sup>5)</sup>が見られる。また、地理歴史<sup>6)</sup>や公民<sup>7)</sup>の場合は、資源・エネルギー問題に関連して放射線の内容が取り上げられている。

放射線に関する教育研究<sup>8)</sup>は多数知られている。例えば、平成13年度には「放射線 Web による放射線教育の支援活動プロジェクト」<sup>9)</sup>が活発な活動を展開し、そのホームページ「放射線 Web」<sup>10)</sup>では、平成13年からのアクセス数は、延べ18,000以上に上る。

本稿では、新学習指導要領の教科書と本校の事例を紹介する。

### 教科書の事例

#### 放射線関連科目の履修状況

文部科学省の統計によると、約380万人の高校生が利用する教科書の需要とその内訳は、表1・表2の通りである。ここから、放射線に関連する科目の履修状況を大体ご理解いただければ

と思う。平成16年度は、高1・高2が新学習指導要領、高3が現行学習指導要領に基づく内容を学んでいるため、現在は、新旧の学習指導要領が混在した履修状況となっている。

新学習指導要領の科目としては、理科総合Aの履修者が最も多く、次いで、生物I、化学I、理科総合B、そして物理Iと続く。また、地理歴史や公民の場合は、世界史を履修する生徒が最も多く、次いで日本史、現代社会、地理が同程度、その後に政治・経済や倫理の科目が続いている。

### 学習指導要領と教科書

#### (1) 理科

新学習指導要領において、「理科基礎」では、「科学の課題とこれからの人間生活」の課題の1つとして「物質とエネルギー」があり、その一例に「エネルギー資源としての原子力の利用」<sup>1)</sup>があげられている。このテーマについて教科書では、原子力発電の是非をYesとNoに分かれて議論させる<sup>11)</sup>、おもな発電方法の長所と短所を調べさせる<sup>12)</sup>、発電の原理・エネルギー（化石燃料、原子核エネルギー、太陽光）の有利な点と問題点・風力発電のモデル実験<sup>13)</sup>などが取り上げられている。

「理科総合A」では、「資源・エネルギーと人

表1 平成16年度検定済み教科書(理科)の需要

区分	種目等	種類数	需要冊数	小計	割合%
1	理科基礎	4	115,369		
1	理科総合A	10	903,827		
1	理科総合B	9	518,038		
2	綜合理科	1	6,388	1,543,622	34.7
1	物理I	9	362,480		
1	物理II	7	39,980		
2	物理IA,IB,II	25	233,411	635,871	14.3
1	化学I	12	712,234		
1	化学II	7	71,501		
2	化学IA,IB,II	31	295,669	1,079,404	24.3
1	生物I	12	739,346		
1	生物II	6	23,566		
2	生物IA,IB,II	31	266,371	1,029,283	23.1
1	地学I	5	72,696		
1	地学II	2	1,551		
2	地学IA,IB,II	10	86,774	161,021	3.6
合計		164	4,288,180	4,449,201	100.0

区分1；第1部文部科学省検定済教科書  
(新学習指導要領に基づくもの)

区分2；第2部文部科学省検定済教科書  
(現行学習指導要領に基づくもの)

間生活」の項目の一つとして「資源の開発と利用，エネルギー資源の利用」<sup>9)</sup>が取り上げられている。内容の扱いについては、「核燃料などの原子力に関連しては，例えば，ウランなどの天然放射性同位体の存在や，それらの放射線としての $\alpha$ 線， $\beta$ 線， $\gamma$ 線の性質などに触れる。また，核分裂の連鎖反応による熱が発電に利用される点を火力発電との対比で簡単に示し，エネルギー資源としてはいずれも有限であることを扱う。その際，臨界にもごく簡単に触れる。環境への配慮については，例えば，化石燃料が温室効果をもたらす二酸化炭素の発生への対応や，原子力発電の安全対策や放射性廃棄物の管理にも触れる」とある。主な用語は「ウラン，核分裂， $\alpha$ 線， $\beta$ 線， $\gamma$ 線，放射能，放射線，人工放射線，原子力発電，放射性同位体，連鎖反応，X線診断，原子炉，放射性物質，ミリスーベルト，臨界，核エネルギー，核融合，制御

表2 平成16年度検定済み教科書(地理歴史，公民)の需要

区分	種目等	種類数	需要冊数	小計	割合%
1	世界史A	11	658,464		
2	世界史A	10	198,152		
1	世界史B	11	564,954		
2	世界史B	18	66,573	1,488,143	24.2
1	日本史A	7	259,573		
2	日本史A	7	145,767		
1	日本史B	11	428,062		
2	日本史B	18	190,151	1,023,553	16.6
1	地理A	7	391,996		
2	地理A	10	97,473		
1	地理B	5	247,883		
2	地理B	10	63,509	800,861	13.0
1	地図	8	779,640		
2	地図	7	108,328	887,968	14.4
1	現代社会	16	902,415		
2	現代社会	16	123,888	1,026,303	16.7
1	倫理	10	181,612		
2	倫理	12	180,689	362,301	5.9
1	政治・経済	15	168,720		
2	政治・経済	15	397,196	565,916	9.2
合計		224	6,155,045	6,155,045	100.0

区分1；第1部文部科学省検定済教科書  
(新学習指導要領に基づくもの)

区分2；第2部文部科学省検定済教科書  
(現行学習指導要領に基づくもの)

棒，トリウム，半減期<sup>14)</sup>などである。

「物理II」は、「(1)力と運動，(2)電気と磁気，(3)物質と原子，(4)原子と原子核，(5)課題研究」の内容がある。(1)，(2)及び(5)は全ての生徒が履修し，(3)及び(4)はいずれかを選択<sup>5)</sup>できる。放射線関係の記述が最も詳しい(4)は選択であるため，理系進学者であっても，放射線について詳しく学ぶとは限らない。教科書には，トレーサー利用<sup>15)</sup>，放射線厚さ計<sup>16,17)</sup>，ジャガイモや玉ねぎへの放射線照射<sup>16,17)</sup>などが放射線利用の典型的な事例として紹介されている。

「化学I」には、「物質の構成粒子・原子，分子，イオン」の内容がある。そして，「同位体

は、少数のものにとどめて扱う。その際、放射性同位体の利用にも簡単に触れる』<sup>5)</sup>とある。放射線に関する記述は、各社<sup>18,19)</sup>によって扱いの軽重があるが、これまでの教科書に比べると詳しい。例えば、放射線照射装置、炭素<sup>14</sup>Cを使った年代測定装置、放射線育種場などが紹介されている教科書<sup>18)</sup>もある。

## (2) 地理歴史、公民

「世界史 A」では、「科学技術と現代文明」の単元で、「原子力の利用、情報科学、宇宙科学の出現など現代の科学技術の人類への寄与と課題を追求させ、人類の生存と環境、世界の平和と安全などについて考察させるとともに、国際的な交流と協調の必要性に気付かせる」、「原子力の平和利用が資源・エネルギー問題に果たす役割を理解させるとともに、その安全性の確保や核兵器問題の解決のためには不断の努力と国際的な協力が不可欠であることに気付かせる」<sup>6)</sup>とある。

しかし教科書では、原子力に関する記述の量には、出版社によってバラツキ<sup>20-22)</sup>が見られる。比較的多くの記述が見られる例<sup>20)</sup>には、スリーマイル島原発事故、チェルノブイリ原発事故、東海村の臨界事故などを記し、続いて、脱原発の世論やドイツの原発廃棄の決定などを紹介し、日本では原発の新規建設は地域住民の反対などでむずかしい、と結ばれている。また、原子爆弾が最初に日本に投下され、他方でその科学・技術が多様な分野で応用され、例えば原子力発電、電子顕微鏡・電子情報機器の開発、遺伝子操作による農業技術や放射線医療技術の高度化、考古学・古生物学の研究、宇宙探査や地球の歴史の復元などにまで及んでいる、と記す記述<sup>21)</sup>も見られる。

一方、「世界史 B」では、「…また、原子力の利用、宇宙や海洋の研究、開発についても、それが現代の文明社会にもつ意義と課題を考察させる」<sup>6)</sup>とあるが、教科書には、詳しい記述はあまり見られない。

「地理 B」では、「世界の資源・エネルギーや

農業、工業、流通などから系統地理的にとらえる視点や方法を学習するのに適切な事例を幾つか取り上げ、世界の資源、産業を大観させる」<sup>6)</sup>とある。例えば、「1950年以降は、少量の燃料で多くの電力を生み出せることから、原子力発電を取り入れている国も多い。しかし、原子力発電には使用済み燃料と放射性廃棄物の処理・処分方法などの解決しなければならない課題がある」<sup>23)</sup>と記され、原子力発電以外の発電については、「課題がある」とは書かれていない。また、「原子力発電所の廃止を決めたドイツ」というコラム欄など<sup>24)</sup>がある。

「政治・経済」の教科書<sup>25)</sup>には、「東海村核燃料工場の放射能もれ」の写真があり、「1986年のチェルノブイリ原発の事故以来、ヨーロッパ諸国などでは新規の立地が差し止められている。日本でも、1995年の高速増殖炉「もんじゅ」の事故や、1999年の東海村の核燃料加工工場の臨界事故などで原子力の安全性に疑問がもたれ、放射性廃棄物に対する不安やコストの面から、国民のあいだにクリーンな自然エネルギーの導入を求める声が高まっている。今後は、新エネルギーの開発や省エネ技術の普及を含め、住民参加による総合的なエネルギー政策が求められている」という記述もある。

## 実践事例—はかるくんの活用例

本校では、高校1,2年生の化学の授業で「放射線 Web」<sup>10)</sup>を参考に、「はかるくん」を利用して自然放射線を測定している。校内の測定結果は、図1の通りである。また、放射線の単元を学習するに当たっては、補助教材として、「Key Science」<sup>26)</sup>などを紹介し、さらに理解が深まるように努めている。そして、化学クラブでは、百葉箱を活用し、定点観測を行っている。図2は結果の一例である。数値が増減しているのは、降雨の影響である。

このような授業を契機とし、修学旅行、家族旅行、そして通学時に「はかるくん」を携帯して測定する生徒も見られるようになった。

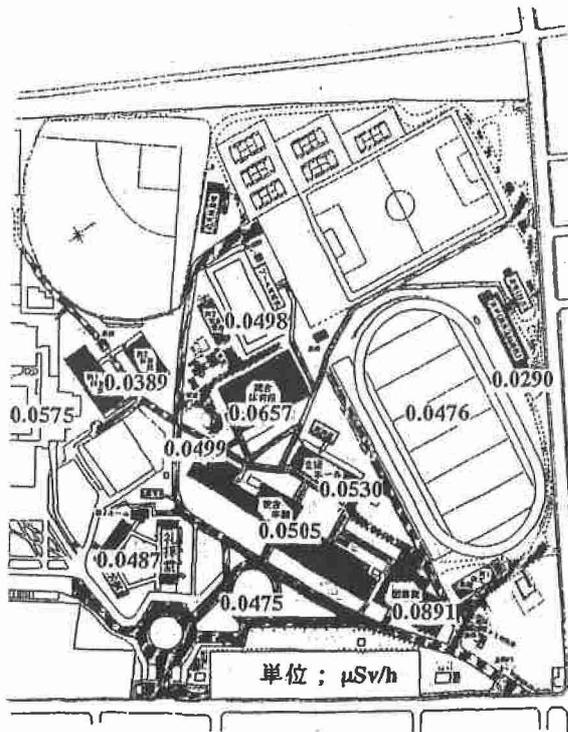


図1 校内の自然放射線の測定結果

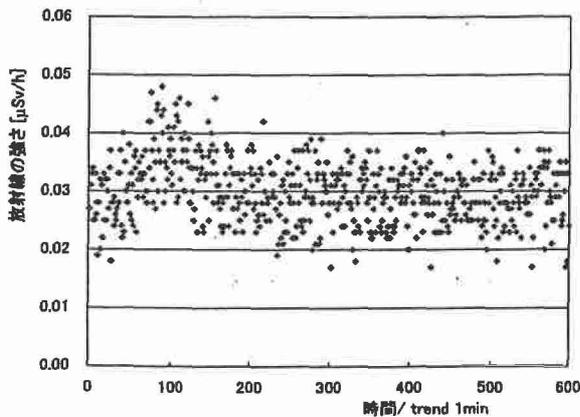


図2 百葉箱中で測定した結果  
(2004年3月4日 14:45~3月5日 0:45)

### 展望

放射線に関わる単元は、理科並びに社会系の教科書の記述を見ると、類似の写真が使われている一方で、各社によって扱い方の軽重が見られる。他の単元には、あまり見られないことである。最近の教科書の現状は「社会系の教科書における記述は大分改善されているが、まだ原

子力に関する欠点が誇張されて記述されている傾向がある」など<sup>3)</sup>とされている。今後は、教科書の記述を正すだけでなく、中等教育の現場ではどのような内容を扱うと良いのかなど、さらに十分な議論の必要性を感じる。

また、日本化学会のアンケート調査<sup>27)</sup>を読むと、高校までの学習だけでなく、新聞等による報道も、知識の重要な鍵になっていることがわかる。教科書の改善に加え、マスメディアによる報道、教員の再教育など、総合的な改善が実際の授業に反映されるものと考えている。

本稿は、2004年7月7~9日に行われた「第41回理工学における同位元素・放射線研究発表会」の発表に基づいている。

### 謝辞

放射線教育フォーラム教育課程検討委員会、放射線 Web による放射線教育支援活動委員会 ((財)日本科学技術振興財団)、(財)放射線計測協会の多くの方々のご指導、ご協力をいただきました。心より感謝申し上げます。

### 参考文献

- 1) 渡部智博:放射線教育,放射線教育フォーラム, 3(1), 35 (1999)
- 2) 広井禎,村石幸正,三門正吾,渡部智博:放射線教育国際シンポジウム報文集 (ISRE 98)JAERI-Conf, 99-011, p.348 (1998)
- 3) 松浦辰男,高木伸司,関本順子:放射線教育別冊 一段と重要性が増した放射線教育, p.47 (2004)
- 4) 「高等学校学習指導要領」,文部省,平成11年3月
- 5) 「高等学校学習指導要領解説—理科編,理数編—」,文部省,平成11年12月
- 6) 「高等学校学習指導要領解説—地理歴史編—」,文部省,平成11年12月
- 7) 「高等学校学習指導要領解説—公民編—」,文部省,平成11年12月
- 8) 黒杭清治:化学教育, 20(2), 139 (1972);丹伊田敏:化学教育, 23(3), 244 (1975);高木義雄:

- 化学と教育, 47(4), 280 (1999); 鎌田正裕, 深川志乃, 市川和子: 化学と教育, 48(11), 736 (2000)
- 9) 「放射線 Web による放射線教育の支援活動, 測定実践報告書」, (財)日本科学技術振興財団, 平成 14 年 3 月
  - 10) <http://hoshasen.jsf.or.jp/>
  - 11) 東京書籍: 「理科基礎 自然のすがた・化学の見かた」平成 16 年 2 月 20 日発行
  - 12) 大日本図書: 「理科基礎」平成 14 年 3 月 20 日検定済
  - 13) 実教出版: 「理科基礎」平成 15 年 1 月 25 日発行
  - 14) 東京書籍: 「新編理科総合 A」平成 16 年 2 月 10 日発行; 大日本図書: 「理科総合 A」; 実教出版: 「理科総合 A」平成 14 年 3 月 20 日検定済; 啓林館: 「高等学校新編理科総合 A」平成 14 年 3 月 20 日検定済; 数研出版: 「理科総合 A 物質とエネルギーのサイエンス」平成 16 年 1 月 10 日発行; 第一学習社: 「高等学校理科総合 A」平成 14 年 3 月 20 日検定済
  - 15) 啓林館: 「高等学校物理 II」平成 15 年 3 月 20 日検定済
  - 16) 実教出版: 「高等学校物理 II」平成 16 年 1 月 10 日発行
  - 17) 数研出版: 「物理 II」平成 16 年 1 月 25 日発行
  - 18) 東京書籍: 「化学 I」平成 15 年 2 月 10 日発行
  - 19) 実教出版: 「化学 I」平成 15 年 1 月 25 日発行; 三省堂: 「化学 I」2003 年 3 月 30 日初版発行; 啓林館: 「化学 I」; 数研出版: 「化学 I」平成 15 年 1 月 10 日発行; 第一学習社: 「化学 I」平成 15 年 2 月 10 日
  - 20) 一橋出版: 「世界史 A」2004 年 1 月 20 日発行
  - 21) 実教出版: 「世界史 A」平成 15 年 1 月 25 日発行
  - 22) 東京書籍: 「世界史 A」平成 16 年 2 月 10 日発行; 山川出版: 「世界の歴史 A」2004 年 3 月 5 日発行
  - 23) 二宮書店: 「詳説新地理 B」平成 16 年 1 月 20 日初版第 2 刷発行
  - 24) 帝国書院: 「新詳地理 B 最新版」平成 14 年 3 月 20 日検定済
  - 25) 実教出版: 「高校政治・経済」平成 16 年 1 月 25 日発行
  - 26) E. Ramsden: “Key SCIENCE—Chemistry—”, Stanley Thornes Ltd., (1996)
  - 27) 日本化学会 環境・安全推進委員会, 日本化学会 化学教育協議会: 環境用語アンケート調査報告 大学一年生は, 環境をどの程度知っているか, (2001)

(立教新座中学校・高等学校)

## 放射線の ABC

編集・発行 (社)日本アイソトープ協会 [2001 年 5 月発行]  
B5 判・89 頁 定価 1,050 円 会員割引価格 920 円 (消費税込)

放射線やアイソトープに興味や疑問をもっている方および中高校生を対象とした入門書。内容はやさしいが、一通り目を通すだけで放射線・アイソトープ利用の世界が見渡せる。どこから読んでも楽しめるようにイラストを多く用い、説明を工夫した。ICRP 1990 年勧告に基づき、2001 年 4 月に改正施行された放射線障害防止関係法令に準拠。2 色刷。

### ● 内容 ●

放射線のバイオニアたち/身のまわりにも放射線はある/いろいろなところで役にたっている放射線/放射線を浴びると/放射線を見つけるには/放射線を安全に利用するためのルール/放射線をさぐってみよう

## 高レベル放射性廃棄物の地層処分に關する高校現場からの一考察

東京家政大学附属女子中学高等学校

宮澤 弘二

地層処分の研究開発機関である核燃料サイクル開発機構は、これらに關連する研究開発の情報提供してきた。しかし、地層処分に關しては国民一般にはなじみがなく中学高校現場ではほとんど扱うことのないのが現状である。ここで現場の現状をお知らせし、今後どのような教材としての活用があるかを示唆できればと考える。高レベル放射性廃棄物の問題は日本の発電状況から考えると避けて通ることのできない道程であることを認識し、世間一般への喚起を促す一助となればと考えた。

### 1. 地層処分と放射線教育の重要性

- ①原子力・放射線教育に關心の高い教員は日本ではまだ少ない。しかし、最近になってネットワークとしての「エネルギー環境教育情報センター」や「放射線教育フォーラム」などの活動により關心が高まりつつある。このような人たちへの丁寧な情報提供が望まれる。
- ②新学習指導要領で今回の改訂で「物理Ⅱ」「理科総合A」などで原子力の項目が取り扱われることとなった。生徒に放射線に關連する内容を科学的に理解させる機会である。ここで高レベル放射性廃棄物の問題と關連させて、放射線を「見る」「聞く」「調べる」といった身近なものとする事で關心を高めることが重要である。
- ③地学の授業において「日本の地層は安定な地域はほとんどなく、地震国である。」とか「100メートル深くなるにつれて地温と圧力が上昇し、深い地層は厳しい環境にある。」といった内容を教えている中で「地層処分は1万年は安全である。」ということを手簡には指導できない現状である。
- ④総合学習も高校で取り入れる時間に来ている。この中ですでに放射線教育を組み込んで実践事例が提案されているものがある。地層処分に関する項目を取り入れて授業展開することも可能である。

### 2. 科学教育の本来の趣旨を伝える重要性

- ①地層処分への絞込みのプロセスで国民一般が参画できなかったことから科学教育の課題として扱うことは難しい現状にある。
- ②「地層処分で結論ありき」と窺える現状で、本来科学教育で果たすはずの決定までのプロセスの選択肢として設定される理論展開や実践的なデータが開示されていない。したがって国民一般からの合意形成された見解とはなっていない。
- ③地層処分を行うこととしているが、当初30年から50年間程度は地上で管理することになっている。この間に選択肢の幅がある。地層処分の是非、対策、処理について科学的な調査、観測などの積み上げによって合意形成し、次世代に遺恨を残さないことである。

### 3. 地層処分に関する必要な情報の提供

#### ①諸外国の情報の収集と開示

地層処分に関する情報源は、諸官庁なのか、企業なのか、マスコミなのか、はっきりしないのが現況である。しかし、教育現場にあっては今回のような決定の方法は改めていく方向で配慮されたい。最近の言葉にあるようにパブリックコメントとしての意見もとりあげていく時代にきている。そのために諸外国で調査、研究されているネガティブな面を含めて情報の開示が必要である。

#### ②リスクに関する情報

物事には「万全はない。」ことを理解するのが科学教育である。万一のリスクをきちんと教えるための情報が必要である。科学教育はリスクとメリットを正確に理解し、多面的な情報から最も合理的な判断を選択する力を養うことである。

#### ③情報の「幅」と安全性

情報には「幅」がある。政治的な判断や、経済的な根拠や、地域社会の利害が複雑に絡むためである。しかし、科学的なデータに基づいた納得のできる解説や根拠があれば合意形成が可能である。科学的なデータとは、1種類のデータを言うのではなく、現在、過去、未来に及ぶものである。地域の差やあらゆる危険な局面を想定してのデータも必要である。これらの情報から安全性の理論が成立する。

### 4. 地層処分への新たな提案

①総合学習の時間を活用して小中高校レベルで放射線教育をしっかりと根付かせることである。そのために「はかるくん」や「観察用霧箱」などを用いて、「見る」「聞く」「調べる」などの身近な教育を現場で展開することである。

②近年起こった放射線の事故を正確に調べ、リスクと安全性に関する教育を早い時期から取り入れて「調べ」教育を大切にすることである。

③これらの教育に関する情報は、民間団体や地域社会が進んで提供し、またそのような組織を現場で活用していくことである。

## あ と が き

本資料は、例年のように、NPO法人放射線教育フォーラムの年度末報告書として、2005年度中に開催した会合の記録、いくつかの専門委員会の報告書又は関連する資料、2005年度に開催した教員を対象とした「エネルギー・環境・放射線 セミナー」全国10地区の実施報告書、及びフォーラムの勉強会やセミナーの講師の方々が作成されたテキストなどを、事務局長松浦辰男が中心となり、フォーラム理事田中隆一、理事長谷川罔彦、理事高木伸司、及び会員関本順子の各氏のご協力により編集作業を行って作成したものである。ここに各専門委員会委員長、セミナー開催責任者、勉強会及びセミナー講師、並びに編集協力者の各位のご努力に感謝する。また、巻末の広告欄に資料を提供され、本資料の出版費をご支援下さった諸団体に御礼を申し上げる。本資料が、フォーラム会員をはじめ放射線教育にご関心の各位にとり何かのお役に立つことを希望するものである。 (松浦辰男)

発行 NPO法人放射線教育フォーラム 事務局  
〒100-0013 東京都千代田区霞ヶ関3-3-1  
尚友会館地下1階  
電 話： 03-3591-5366  
FAX： 03-3591-5367  
Eメール： mt01-ref@kt.rim.or.jp  
ホームページ： <http://www.ref.or.jp>  
発行日 2006年3月31日









Japan Association for Promotion  
of Science Education and Equipment

# 明日の地球を担うサイエンティストたち みんなの好奇心を応援します。



(社)日本理科教育振興協会は、学校教育用理科機器・算数数学機器およびそれらの関連教材の健全な発達と普及を図り、わが国の学校理科教育の振興に寄与する事を目的とする、文部科学省主管の公益法人です。会員数は全国約1,800社、文部科学省委嘱事業をはじめ各種展示会・講習会等、教育用理化機器の普及・啓発に関する幅広い活動を行っています。



協会証紙のついた製品の品質はメーカー保証に併せ、さらに協会の保証が約束されております。理化学機器のご購入にあたっては、信頼ある理振協会会員にご用命ください

社団法人 日本理科教育振興協会

〒101-0052 東京都千代田区神田小川町3-28(昇龍館ビル4F)  
TEL. 03-3294-0715 FAX. 03-3294-0716  
URL: <http://www.japse.or.jp>



下北半島の六ヶ所村に、電気のリサイクルのための  
「再処理工場」が建設されています。

三沢から北へ、ナガイモ畑が続く道を行くと、そこは「むつ小川原工業地帯」...

「六ヶ所村」の名前でおなじみの、原子燃料サイクル施設や

石油備蓄基地などが広がる、日本のエネルギー事業の中心地です。

日本の電気の約30%は原子力発電でつくられています。原子力発電の

燃料となるウランも、約85年後には世界的に不足すると予測されています。

そこで、「再利用できる」というウラン燃料のメリットをいかした

電気のリサイクル「フルサーマル」の実施を、日本でも進めています。

このたび、この六ヶ所村に建設されている「再処理工場」は、

発電に使われた燃料から、まだ使えるウランやプルトニウムをとり出し、

新しい燃料(MOX燃料)として使えるようにするための工場なのです。

限りある資源をムダなく利用する...明日への確かな第一歩が

青森の地に刻まれたといえるでしょう。



エネルギーから  
あなたへ

電気のリサイクル

全国10の電力会社でつくる

電気事業連合会

ホームページにもぜひアクセスを...

<http://www.fepc.or.jp/>

Yoko  
Oshida



# しま、 青森林 で...

リンゴのふるさと青森県は、  
ナガイモやニンニクの生産でも日本一です。

弘前のサクラ、奥入瀬のせせらぎ、白神山地のブナ林など...

自然の美しさもさることながら、青森にはおいしいものがたくさんありますね。

注目のサクラ、野菜の出荷量の多いこと。なんと、ゴボウは全国第2位。

ダイコンは第3位。

ニンジン第4位。夏でも涼しい青森の気候が、すべれた品質の

おいしい野菜を育てるのだとか。

第1位の白くて大きいニンニクはスーパーで

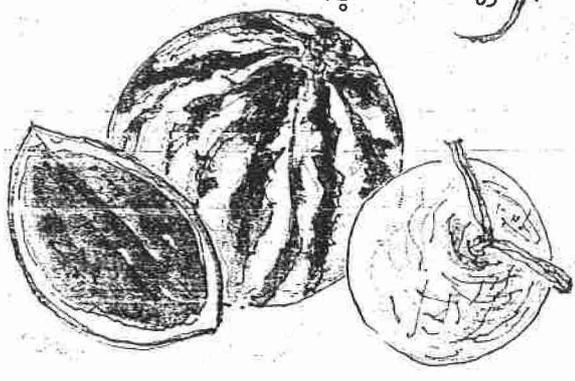
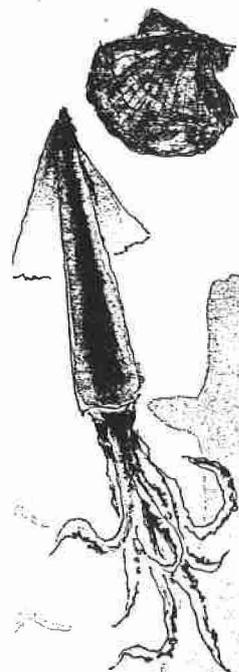
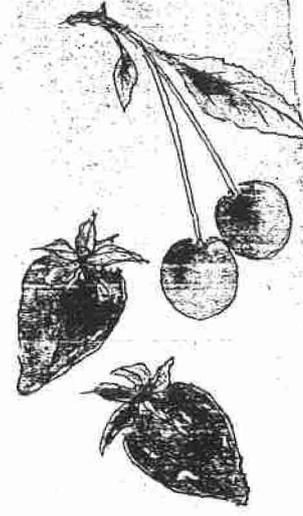
よく見かけますが

ナガイモが第1位で青森県産野菜のエースとは知りませんでした。

さて、海山の幸を日本全国に出荷している青森ですが、暮らしのエネルギー・電気の

分野でも日本のために活躍しているんですよ、ご存知ですか。

六ヶ所村



原子力・放射線をテーマに

資源・エネルギー教育、環境教育の題材を提供・・・

－見て、聞いて、触れて、考える、教員のための研修－

## 文部科学省委託事業 原子力体験セミナー

本セミナーは、文部科学省の委託事業として財団法人放射線利用振興協会が実施する小学校、中学校、高等学校の教職員及びこれに準ずる教育関係者を対象とした研修です。

日本原子力研究開発機構の研究所等を主会場として全国の先生方を対象に開催するコースと、全国各地に出張して1～2日間で開催する「地域コース」「文系コース」があります。内容は、講義、実験・実習、施設見学、ワークショップで構成され、基礎的知識や科学的知識を獲得するコース、資源・エネルギー・環境・防災教育といった「総合的な学習の時間」等へも役立てていただける内容のコースまで、担当教科や興味・関心に応じてご参加いただけます。また、教材も提供しています。

ここでの体験や専門家とのふれあいから、21世紀を担う児童・生徒達にとって魅力ある教育を探っていただければ幸いです。



- 参加資格：主として小学校・中学校・高等学校の教職員及びこれに準ずる教育関係者
- 参加費用：セミナーの参加に要する旅費、宿泊費等は主催者の規定により支給します。
- セミナーの予定やカリキュラムの詳細については下記にお問い合わせください。

# RADA

財団法人 放射線利用振興協会

国際原子力技術協力センター 国内研修部

〒319-1106 茨城県那珂郡東海村白方白根2-4

ホームページ：<http://www.rada.or.jp/taiken/>

E-mail:tokai-taiken@jaea.go.jp



インターネットで原子力のことを学ぼう!



# 原子力 図書館 げんしろう

## 原子力百科事典 ATOMICA



収録数2500件を超えるデータベース形式の百科事典です。世界の原子力や放射線など最新情報を豊富な図版とともにていねいに解説します。

## 文献データベース NUCLIN

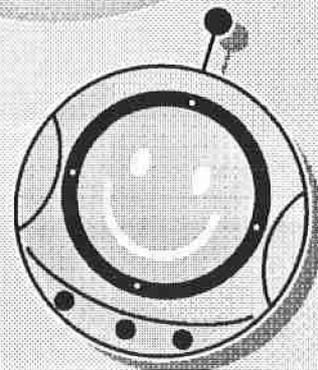


一般から専門家にも役立つ収録数63万件を超える文献データベースです。世界中の原子力やエネルギー関係の文献に日本語の要約をつけて解りやすくしています。

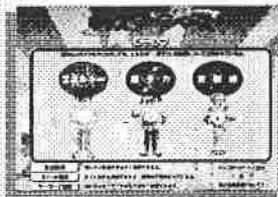
もっと知りたい  
もっと考えたい  
原子力のこ



原子力に関連する最新情報、さまざまなデータ、解説、クイズなどをインターネットで提供しているバーチャル図書館です。



エネルギー・原子力・放射線の3つのテーマについて小学生向けにわかりやすく解説したデータベースです。



## 調べ学習にも最適!! キッズデータベース

原子力・放射線・環境・エネルギーをテーマに小・中学生でも楽しめるクイズです。



## 君は、どこからチャレンジする? げんしろうクイズ

<http://mext-atm.jst.go.jp>

●「原子力図書館げんしろう」は、文部科学省から委託され科学技術振興機構(JST)が行っている原子力情報普及業務です。

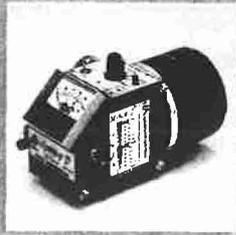


独立行政法人  
科学技術振興機構

文献情報部 受託出版課

TEL:03-5210-4962 E-mail:helpdesk@mr.jst.go.jp

# 放射線測定信頼性向上に 作業環境の安全確保に



計量法による測定事業者

作業環境測定機関  
(放射線物質取扱作業室)

放射線測定器の点検校正●

●放射線測定器の特性試験

放射線測定器の基準照射●

●放射線計測技術の調査及び試験研究

作業環境測定●

●放射線(能)測定

「はかるくん」無料貸出●

高度な計測技術に  
基づいてそれぞれの  
業務を行っています。

●原子力関係要員の研修



## 財団法人 放射線計測協会

〒319-1106 茨城県那珂郡東海村白方白根2-4(独立行政法人日本原子力研究開発機構内)  
http://www.irm.or.jp/ TEL 029-282-5546 FAX 029-283-2157

## 社団法人 日本電気協会 JAPAN ELECTRIC ASSOCIATION

日本電気協会は大正10年に設立された、日本で唯一の電気関係総合団体です  
電気の生産から消費に関わる幅広い会員を有し、電気関係事業の健全なる発展に寄与しております

### ■■■ 電気の今を学ぶために



#### あなたの知りたいこと

—電気事業について43の質問と答—

本体価格510円+消費税25円 送料290円 A5判・158頁  
一般社会人、学生などを対象に、電気の生産、供給をになう電気事業者(電力会社等)の今日のありのままの姿や当面する諸問題について知っていただくために、Q&A方式で図表を多く取り入れ、2色刷りでわかりやすく説明しています



#### 東海林のり子の 電気事故リポート

—突然の災害から身を守るために—

本体価格28,572円+消費税1,428円 VHS・18分  
災害が起こった時、あなたは冷静に対処できますか?このビデオは、災害で起こる電気事故から日常生活まで、家庭に必要な電気安全知識をわかりやすく紹介しています。テレビでおなじみの東海林のり子さんがリポートします!

他にも多数の電気関係書籍・ビデオを発行しております



### ■■■ 電気の今を知るために

電気新聞は電力、電機、情報通信分野における日刊専門紙です  
原子力関係も最新のニュースを提供しています

購読のお申し込みは 新聞部 フリーダイヤル 0120-39-1551  
または下記ウェブサイトから!

お問い合わせは 出版部 03-4283-2002  
または下記ウェブサイトから!

購読料  
1ヶ月 3,990円  
(本体価格3,800円+消費税190円)

www.denki.or.jp

三菱重工

地球の熱さまし。  
温暖化による“発熱”によく効きます。



いま、地球が“温暖化”という病気にかかりかけています。早めに治すには、**STOP! 温暖化** 省エネルギーや新エネルギーとともに、CO<sub>2</sub>を排出しない原子力がよく効きます。美しい地球を健康のまま未来にのこすために、私たちは、これからも安全で信頼できる原子力発電プラントを提供してまいります。

三菱PWR原子力発電プラント

三菱重工業株式会社

本社 原子力事業本部 〒108-8215 東京都港区港南2-16-5 ☎(03)6716-3111 支社 関西/中部/九州/北海道/中国/東北/北陸/四国



東京書籍

〒114-8524 東京都北区堀船2-17-1

TEL.03-5390-7331 FAX.03-5390-6014

http://www.tokyo-shoseki.co.jp 東書Eネット…http://ten.tokyo-shoseki.co.jp

## 日本の原点と未来を求めて 教育と文化シリーズ 全4巻

各巻B5判/4色刷 定価：各巻本体1500円(税別)

### 第2巻 探究のあしあと 霧の中の先駆者たち—日本人科学者

世界に先駆けた日本人科学者・技術者たち20余名の発見や発明の影に隠れたエピソードを豊富に掲載。科学がもっと楽しくなる1冊。

■著者：結城千代子(埼玉大学講師) / 田中幸(慶応義塾高等学校講師)

### 第3巻 子どもに教えたい 技術の話

—技術立国日本の肖像

日本の産業、経済を支えてきたものづくり。寝食を忘れ、ものづくりに挑戦し続けた人々の、開発の背景や技術の仕組みをわかりやすく解説。21世紀を担う中学生にぜひ読んでもらいたい1冊。

■編著：「子どもに教えたい技術の話」編集委員会

## 新 観察・実験 大事典 全4編

「新 観察・実験大事典」編集委員会 編

定価：各編12,600円(税込) 各編 全3巻(分売不可)

- 物理編
- 生物編
- 化学編
- 地学編

ふたたび…  
お会いしましょう。

ボトルに  
生まれ亦及ゆ、マ

電気にも“リサイクル”が求められています。

スイッチひとつで、電気は、暑い夏を涼しく快適にしてくれる

素晴らしい存在ですね。しかし、その電気をつくるための

エネルギー資源を日本は海外から買わなくてはなりません。

日本の電力の約1/3は原子力によってつくられています。

原子力発電の燃料であるウランには、再利用できる。

というメリットがあります。発電に使われた燃料から、

まだ使える部分を取り出し再利用する…

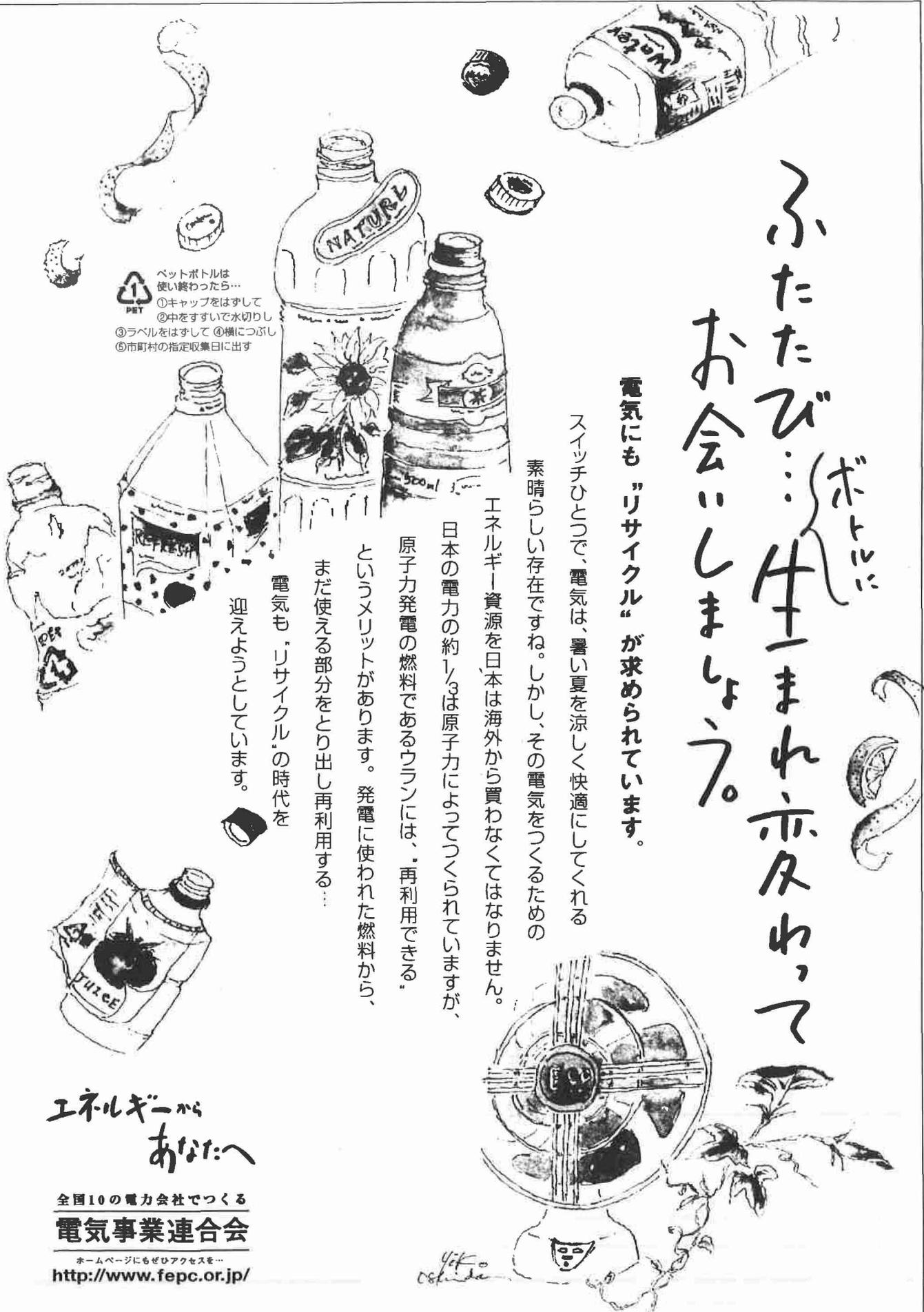
電気も“リサイクル”の時代を

迎えようとしています。



ペットボトルは  
使い終わったら…

- ①キャップをはずして
- ②中をすすいで水切りし
- ③ラベルをはずして ④横につぶし
- ⑤市町村の指定収集日に出す



エネルギーから  
あなたへ

全国10の電力会社でつくる  
電気事業連合会

ホームページにもぜひアクセスを…  
<http://www.fepc.or.jp/>



