

**世界化学年 2011 企画  
特別セッション講演要旨  
9月20日 (火)**

1T01～1T12：一般講演 A会場 (ホール)

**9月21日 (水)**

2T01～2T02：一般講演 S会場 (ホール)

### 【はじめに】

文部科学省は平成 20 年に学習指導要領の改訂版を発行したが、そこには中学校理科の学習内容として放射線の利用に関するものが示された。

中学校学習指導要領解説の第 4 節理科編では、エネルギー資源に関する学習の一環として、「原子力発電ではウランなどの核燃料からエネルギーを取り出していること、核燃料は放射線を出していることや放射線は自然界にも存在すること、放射線は透過性などをもち、医療や製造業などで利用されていることなどにも触れる」と示された。

一方、今年 3 月の震災によって引き起こされた福島第一原子力発電所の事故により、一般の放射線に対する関心は一気に高まった。小中学校教育現場でも、児童生徒の保護者も含めた多くの人が放射線に関する正しい知識と情報を求めている。

こうした現状を受け、学習指導要領の改訂に対応し、かつ一般の放射線に対する知識と理解を深めるための研究授業を行った。

### 【研究授業の実施内容】

実施期間と対象生徒

研究 A 平成 21 年 11 月 信州大学教育学部附属 N 中学校 3 年生 1 クラス (約 40 名)

研究 B 平成 23 年 2 月 長野県内公立小学校 6 年生 3 クラス (各クラス約 30 名)

研究 C 平成 23 年 8・9 月 長野県内公立小学校 6 年生 1 クラス (約 30 名)

実施計画 全 3 時間 (小学校では全 4 時間。中学校の第 2 時間目の内容に 2 時間をかけた。)

第 1 時間目：原子力・放射線はなぜ必要か・なぜ使われてきたか

第 2 時間目：放射線の害の有無はどのように判断すればよいか

第 3 時間目：霧箱による自然放射線の観察

授業のねらい：児童生徒の以下の 2 点を理解させる

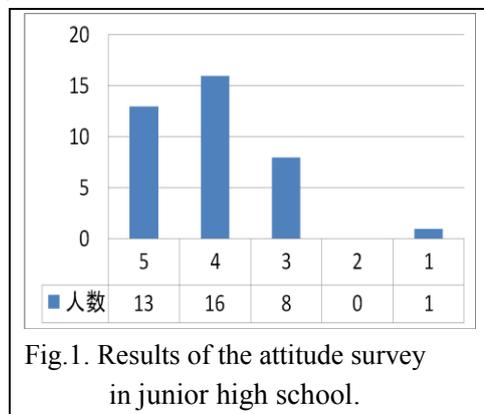
- 原子力・放射線は日常生活にも大きく関係する
- 原子力・放射線は使い方次第で有益なものにも害をもたらすものにもなる

### 【結果と考察】

研究 A は学習指導要領の改訂にあわせて行ったものである。そして、その結果を考察したところ、小学校でもこれと同様の授業が可能と考え、研究 B を行った。

研究 A・B では、小中学校の理科での評価の観点に準じて、①児童生徒の授業への取り組みの様子と感想 (関心・意欲・態度)、②原子力・放射線に関する理解度調査 (知識)、③原子力・放射線に関する意識調査 (思考・表現) の 3 つの観点から授業の結果を考察した。

③意識調査の研究 A(中学校)での結果を表わしたものが Fig.1 である。「原子力・放射線の利用を今後進めるべきだと思いますか」という設問に対して、「進めるべき」と考えれば 5、「やめるべき」と考えれば 1 と回答し、そう考えた理由も記入するようになっている。ここでは「進めるべき」という回答が多く、研究 B でも同様の結果であった。しかしこれらは震災の前である。3 月の震災以降、世論は大きく変わり、放射線教育のニーズも変わった。そこでこうしたニーズの変化に対応すべく授業内容を再検討し、研究 C を行った。



(奈良学園中学校・高等学校) ○ 工藤 博幸

## 1. 実践の背景と目的

高校化学の導入部で、「原子」→「同位体」と学習する中で、発展学習として「放射性同位体」→「崩壊と放射線」→「半減期」まで踏み込んだ。簡易放射線測定器での実習を交えた授業で関心を持った生徒たちが有志集団を作り、自然環境放射線を計測していく中で、被爆地広島と出会った。以降8年間後輩達へと受け継がれてきた探求活動について報告するとともに中高生が実際に行った実験と中高生の目線での考察を、被爆地を理解するためのプログラムとして提案したい。今年の中3から移行措置により先行実施される中学校新教育課程に復活した放射線の単元において、中高生レベルで簡易放射線測定器によってどこまで目に見えない世界が可視化できるのかという簡易放射線測定器の教育現場での利用価値についても報告したい。また、この活動を通して見えてきた被爆地広島に対する偏見や誤解、また教育現場で感じている不安なども併せて報告する。

## 2. 実践の具体例—調査と計測実験—

毎年2泊3日で広島へ調査旅行へ出かけ下記の実験・調査を実施してきた。校内では広島の調査結果のデータ整理および広島の浄化に関してのシミュレーション実験を実施している。

### a) 広島市内γ線量マップ作成と黒い雨降雨域の考察

簡易放射線計測器で広島市内600地点以上を計測してマップを作り、黒い雨降雨域(検証したのは宇田雨域)を川の橋の位置から割り出し、降雨地域の内外での線量の比較を試みた。

### b) 広島市内と校内(奈良県)の空気中の塵に含まれる放射性同位体のβ線計数率の計測

家庭用掃除機で集塵してβ線計数率の減少から半減期を読み取った。

### c) 現存する被爆建物のβ線計数率の計測

野菜ジュースを煮詰めた焦げのβ線を計測することで「K含有量—β線計数率」の独自スケールを作成し、被爆建物の建材のβ線計数率を測定して比較した。

### d) 広島の浄化を考える校内実験

#### —物質の斜面に沿った移動と鉛直方向の移動を考える実験—

水道管に土を詰めてKClを蒔き、降雨に見立ててペットボトルで水を流し、翌日水道管の各部の土を採取して蒸発乾固させてβ線計測し、KClの移動量を調べた。

#### —地層による遮蔽効果を考える実験—

ペットボトルにKClも入れ、校地の5~10m地下の土砂を蒸発乾固したものを厚さを変えてかぶせ、上からβ線計数率を計測した。

### e) 遮蔽効果の観点から被爆地広島を歩く

障害物での遮蔽、距離の2乗に反比例した線量の減衰が体感できる現地調査を実施した。

### f) アンケート調査と聞き取り

広島市内と東京、兵庫(姫路、淡路島、豊岡)、大阪、奈良で街頭アンケートし、人々の広島の感じ方や放射線に対する意識調査を実施。回答は1500件を越えた。

“Radiation and Prejudice in Hiroshima” ,High School Students Thought by Experiments

KUDO Hiroyuki

東京電力福島第一原子力発電所の深刻な事故に愕然としました。毎年のように学生を原子力発電所見学に誘い、「原子炉は安全で、万が一にも放射性物質を敷地外に飛散させるような重大な事故は起きない」と説明してきたのですが、原子炉の冷温停止に必要な電源がすべて失われるという事態は考えてもみませんでした。多くの住民が強制的に退避させられるという現実を目の当たりにして、原子力関連分野で仕事をしてきたものとして残念でなりません。

多くの人たちが、放射線と隣り合わせの生活を強いられることになり、放射線に対する関心はいやが上にも高まっています。しかし、放射線についての正しい知識が不足しているため、マスコミ等の偏った情報に煽られ、多くの人たちが過剰に不安を募らせています。専門家と称する人たちの発言もまちまちで、混乱を助長させています。

このような今、放射線教育の重要性を痛感しますが、私たちはどのように取り組めばよいのでしょうか。短期的には、一般の人々からの質問に適確に、しかも明確に答えることだと思います。長期的には、“原子力”という枕詞にとらわれずに、“科学としての放射線”を教え続けることだと思います。「科学を知って、判断力を養う」に貢献したいものです。

私自身は最近、現在の所属で放射線教育を担当しています。昨年度は、青森県を中心に50校余の小・中・高校に出向き、約3000人の児童・生徒に出前授を提供しました。3月の大震災の後は、交通が遮断されたこともあって暫く休止していましたが、5月になると学校以外の団体からの依頼も殺到し、社会人を対象とする講演が増えてきました。受講者の関心が最も高いのは放射線の身体への影響ですが、私は放射線生物学や医学が専門ではありませんので、放射化学の立場から「放射線の正体と作用」を中心に話をしています。

身体への影響や健康被害についての質問を受けることは少なくありませんが、その際は「100 mSv までなら健康被害は起きない」と言い続けています。広島、長崎の原爆被害者の膨大な量の調査研究の結果、「100 mSv 未満で有為な健康被害のデータは無い」というのが科学的な共通知識なのですが、このまま伝えると、マスコミは「データがないので何が起きるか分からない」と発表し、一般の人は「ゼロでない限り危険だ」と受け取ります。科学者は通常「〇〇が起きる確立はゼロではない」と言います。科学者としては良心的で正しいのですが、これが誤解を招くことがあります。同じ言葉でも、学界での発言と一般社会での発言では受け止め方が異なることに注意すべきです。政府はよく「ただちに健康を害することはない」と言いますが、国民の多くは「後になって影響が出る」と受け取ります。科学的根拠に基づく放射線影響量と社会の合意によって定められる放射線防御量(規制値)の違いを明確にすることも肝要です。

科学を教えるとき、用語を正しく伝えることに気をつけるべきです。仲間内でよく、元素名のテクネチウムを“テクネ”とかアメリシウムを“アメリ”と言う人がいますが、注意すべきです。少なくとも私たち化学者は常に正しい元素名を使わなくてはなりません。解りやすく説明しようと思い用語の違いを曖昧にすると、かえって解りにくくなったり、誤解を招くことがあります。フクシマの事故以来、多くの人がシーベルトやベクレルという単位を毎日のように耳にしていますから、話がしやすくなりました。しかし、多くの方は放射線と放射能の区別がつかいません。放射線は粒子や光として実体があるのに対し、放射能は放射性核種の壊変率あるいはその量で数値に意味はありますが、実体はありません。マスコミは“放射能”と“放射生物質(核種)”を同じ意味で使います。マスコミや一般の人たちが同義語と捉えるのは許せるとしても、専門家と称する人までが「放射能漏れ」や「放射能汚染」など

という言い方をすると、その人は何の専門家なのかなと思ってしまいます。ある原子力工学の教授にこのことを伝えたところ、「そんなことはどうでもよい。どっちみち分からないのだから」と一笑にふされて失望しました。

“放射能”を「放射線を出す能力」とする説明をよく耳にします。文科省の HP でもそのように記されています。必ずしも間違いとは言えないのですが、この表現は避けるべきだと思います。この“能”の意味は能力ではなく“率 ( $dN/dt$ )”です。能力と言うと、「得体の知れないもの」という誤解を生み、量に関係なく「怖いもの」になってしまう恐れがあります。

来年度から中学校の理科で放射線教育が復活します。1981年実施の学習指導要領で放射線の項が削除されて以来30年ぶりです。フクシマの事故があったためではなく、ゆとりの教育の見直しにともなう学習指導要領の改訂で既に決まっていたことです。学習指導要領には「放射線の性質と利用にも触れること」と記されていますが、実は、これを教える中学校の現職の理科教員の約30%が大学卒業までに放射線について一度も習ったことがないのです。NPO法人放射線教育フォーラムのアンケート調査(全国に約11,000校ある中学校のうち5,000校に配布、回収率約23%)で分かり、改めてブランクの長さを実感させられます。これからの授業が過度にエネルギー教育に傾斜することなく、放射線の本質を科学的に理解し、自分で判断する力を身につける場なることを願っています。

For education of radiation as science.

KUDO, H.

## 1. 発災以前：原子力発電所に対する安全対策行政（環境放射線モニタリング）

福島県では、原子力発電所を立地するにあたり、県及び立地町と事業者間において「原子力発電所周辺地域の安全確保に関する協定」を締結。関係諸法令の遵守、計画等に対する事前了解、通報連絡の義務化、環境放射線の測定などを求め、運用することにより周辺地域住民の安全の確保を図ってきた。

さらに県は、環境基本条例において、原子力発電所周辺地域の環境放射能監視、測定とその結果の定期的公表を県の責務として定めており、原子力発電所周辺にモニタリングポスト23局を設置し、空間線量率などを測定、テレメータシステムによりデータをリアルタイムで伝送して、ホームページに公開したり、農水産物、海水等の環境試料を定期的に採取し、放出ガンマ線のスペクトル分析によりその放射性核種、濃度を測定し、定期的に公表してきた。

また、JCOの臨界事故以降、原子力災害対策特別措置法に基づき、県、関係町において地域防災計画原子力災害対策編を定め、原子力安全委員会の指針に基づきEPZ（重点地域）を発電所から半径約10kmと設定し、住民などへの迅速な情報連絡手段の確保、緊急時環境放射線モニタリング体制の整備、原子力防災資機材の整備、原子力防災訓練の実施など、原子力災害に特有の防災対策を進めてきた。

## 2. 発災当初の対応について（緊急時モニタリング）

3月11日

原子力センター（大熊町）において、初期モニタリングを開始。また、県内の7方部における出先機関（振興局）において順次サーベイメータによる空間線量率の測定を開始。

3月12日

9時以降、双葉町、大熊町で空間線量率上昇。福島第一原子力発電所北西8km地点で15 $\mu$ Sv/h。南相馬市振興局で21時に最大20 $\mu$ Sv/hを観測。

日本原子力研究開発機構、関西電力、自衛隊、福島県のモニタリング要員が順次到着、大気中のダストサンプリング実施。ヨウ素、セシウム等を検出。

3月13日

モニタリングにより双葉町、浪江町、南相馬市等で30 $\mu$ Sv/hを超える線量を確認。モニタリング要員に帰還指示。また、燃料、食料、人員不足が深刻になってくる。

3月14日

モニタリング要員に対し屋内退避指示。夜、事故状況の悪化とともに伴い退避指示。サーベイメータなど限られた測定機器のみを積んで県庁（福島市）へ退避。

3月15日

7方部の振興局において、それぞれ線量上昇が確認される。県職員4名2班で自動車走行によるモニタリングを開始。15時過ぎに川俣町山木屋地区においてみぞれが降るのにあわせて線量が急激に上昇し、30 $\mu$ Sv/hを超過。雨の中川俣町等で雑草を採取。福島市において

降水を採取。核種分析した結果、それぞれからヨウ素、セシウム等を検出。

### 3月16日以降

原子力発電所から 20km 以遠の範囲において、決めたルートを自動車で走行しながら車中で測定、その他いくつかの定点で線量率を車外で測定するとともに、上水、葉菜、土壌を U-8 容器で採取。他県などからの応援要員増強にともない、班を増やし、ルートを追加。

環境試料の核種分析は2台の Ge 半導体検出器を用いて 24 時間体制で実施。処理出来ない分は外注（日本分析センター等）。

後に Ge 半導体検出器を 10 台追加し、処理検体数を増強。飲料水や農畜産物、海水、河川水、下水汚泥等を分析。

その他、モニタリングを外部と委託契約し、2km メッシュ調査、小、中学校、都市公園、児童福祉施設などの測定を行っている。

### 3. 現在の対応状況と今後

定点、定時における空間線量率の測定、県内各施設のモニタリング、環境試料、農畜産物などの核種分析は引き続き行っており、今後も継続する。

テレメータシステムを復旧させ、モニタリングポストのデータを以前と同じようにリアルタイムで公開出来るようにするなど、事故以前の測定体制を徐々に取り戻す方向で取り組んでいる。

モニタリング班によるルート別の測定は、これまで毎日行っていたのを週2日に減らし、現在は、少しでも自分に近い所の放射線量が知りたいという県民の要望に応えるため、発電所から 20km 以遠の線量率の高いと思われる市町村順に、京都大学原子炉実験所のグループが開発した自動車走行サーベイシステム(KURAKA)を使用したモニタリングを行っている。またその結果、線量率が比較的高いと思われる地域（おおむね  $2.5 \mu\text{Sv/h}$  以上）では各戸別に訪問して玄関先と庭中心部を測定する詳細調査を実施している。

自動車走行サーベイによる測定は市町村の要望に応じて今後も継続することになると思われる。一方で今現在、県民からは、放射能を測るだけでは十分でなく、放射性物質を取り除き線量率を下げることを強く望む声が多く寄せられていることから、今後は、今後強く押し進められるであろう除染活動に結びついたモニタリングが求められることになると思われる。

本年3月11日に北関東から東北地方の太平洋岸をおそったマグニチュード9.0の地震とそれに伴って押し寄せた巨大津波によって多くの人命が失われた。これらの直接的な被害に加えて、それに匹敵するか、あるいはそれ以上の深刻な被害が東京電力福島第一原子力発電所の事故により引き起こされた。この事故によって原子炉を正常に制御することができなくなり、その結果、原子炉のメルトダウンがおり、原子炉建屋内での水素爆発に伴って、大量の放射性物質が大気中に放出された。この放射性物質は原子力発電所周辺ばかりでなく、風に乗ってかなり広い範囲に拡散され、農産物、飲料水が放射性核種で汚染されることになった。そうした放射性核種による被曝線量を正確に見積もるためには、これら放射性核種が原子炉施設周辺ばかりでなく、それを取り巻くかなり広い範囲でどのように分布しているかを知ることが急務である。

講演者は事故発生後すぐに事態の深刻さを考え、日本地球化学会の会長という立場から、同学会のホームページ、及び会員宛の電子メールニュースを通して、放射性物質の拡散状況を把握するための活動に対する協力要請を会員に訴えた。その結果、数十名の会員から放射性核種の測定協力の申し出があった。より組織的に、また、試料採取も視野に入れた活動を展開すべく、日本放射化学会、日本地球惑星化学連合の大気海洋部門と協力しながら、文部科学省に対して、緊急災害に関する特別研究促進費の申請を3月31日に行った。この申請書では、大気エアロゾル、雨水、土壌、地下水をできるだけ組織的採取し、測定もできるだけ正確に行うことを目的とした。試料の採取に関しても、福島原子力発電所周辺や福島県だけに限定せず、日本列島全域で行うこととした。予算申請に対する文科省からの返答は現時点でも得られていないが、予算の裏付けのないままに、この科研費申請チームとしての活動は申請前から実質的に開始され、現時点でも継続されている。一方で、福島県とその周辺の一部地域を対象に、できるだけ系統的に放射性物質を含む土壌試料を採取し、そこに含まれる放射性核種の濃度を正確に求めようとするプロジェクトが、科研費新生チームと核物理研究者グループとの間で話し合われた。紆余曲折の末、最終的に戦略推進費による支援を受けることになり、文科省を中心として放射性核種の分布マップを作成するプロジェクトが組まれた。プロジェクトは6月初めに正式にスタートし、約3ヶ月の短期間で放射性核種の分布に関する詳細なマップが作成されることになっている。

本講演では、以上述べた放射性物質の分布状況の把握に向けて取り組んできた学会連合の活動について紹介し、その中で得られた具体的データのいくつかを紹介する。そうした活動を行うにあたり、学会間、あるいは学問領域間の連携が以下に重要であることを強調したい。上で述べた文科省を中心に現在進められている放射性核種分布マップ作成プロジェクトについては、放射化学会の果たした役割は非常に大きい。現時点で放射性核種の分析はほぼ終了しているものの、具体的成果はまだ公表されていない。放射性核種の分布や移行に関する調査は今後も継続して実施されるべきであり、これまでの連携は維持されると考えられるが、その中で放射化学会の果たすべき役割はますます大きくなると期待される。