

## 簡易放射線測定器とともに歩んだ 生徒たちとの10年

—放射線は中学生・高校生の目線で可視化できたのか—

工藤 博幸

*Kudo Hiroyuki*

### 1. はじめに

2000年に私立奈良学園中学校・高等学校（中高6年一貫校）に入学した生徒が、中3で高校化学の単元“原子・分子”における放射性同位体の学習で放射線と出会った。彼らから後輩たちへと受け継がれ、現在に至る実践の続報を報告する。生徒たちとの実践時は、義務教育課程における放射線教育の空白の30年ではあったが、思い返せば、簡易放射線測定器での実践の諸々が放射線の性質を知ることにつながり、遮蔽、放射線防護や除染などに関する新聞やニュースを読み解く力にもつながるのではと実感できた。本誌No.615, 2005年7月号p.27-31には、生徒たちと歩み始めた2002~2004年の3年間の活動を報告したが、その3年間での彼らのテーマは次の2つであった。

1. 広島 of 地表面が原爆由来の放射能から浄化されていることの計測調査。
2. 自分たちが誤解していたように広島 of 地表面がまだ汚染されていると誤解している人々は世間にどれだけいるのかの聞き取り調査。

1. では、広島市内600地点以上の空間線量（“はかるくん”で同一地点で1分以上空けて3回計測し、その平均値をその地点の値とした）を色分けマップ化し、黒い雨降雨地域（現在では一番狭い領域となっている宇田雨域）の内外

で線量の分布に差がないこと、京都や奈良と線量の違いがないこと、現存する被爆建物20か所の外壁の $\beta$ 線計数率も異常値がないこと、掃除機で集塵した空気中の塵の $\beta$ 線計数率の変化から割り出した半減期も奈良と変わらないことなどの結果を得た。

2. では、広島・大阪・兵庫（淡路島・姫路・豊岡）・東京・奈良の街頭でアンケートを取り、総数1,500余りの回答を得た。「被爆地の放射線事情をどう思うか」に対し、“被爆地は他府県よりもまだ放射線は強い”と“爆心地周辺だけはまだ強い放射線が出ている”に回答された方々が、広島市在住で33.0%、広島県在住で32.7%、他府県在住で38.9%と3人に1人は放射線事情を誤解し、他府県ほどその誤解は高まる傾向を見た。

### 2. 広島 of 浄化を考える校内実験

2003~2010年までの8年間、毎年2泊3日で広島へ出かけ計測調査してきた（2011年は広島ではなく福島へ計測に行った）。各回の参加生徒は10~30人ほどで各生徒とも中高の在学中に2~6年は継続して活動をしている。校内では広島での計測や調査で得た結果のデータ整理（表計算ソフト“Excel”による数値処理が中心）及び広島 of 地表面の浄化を考察する校内実験を実施してきた。次の実験である。

## 2.1 物質の斜面（土地の起伏）方向と鉛直方向の移動（地中への浸透）を考える実験

地表面を汚染した放射性物質は風雨で洗い流されたであろうと想像した。自然の浄化作用がどれくらいなのかが可視化できる手法を以下のように考え、生徒たちと実験した。ここで条件としたことは、簡易放射線測定器を活用する手法であること、人や校内の自然環境に十分に優しい物質であることの2点であった。この条件に見合う物質として、自然界に存在し、 $\beta$ 崩壊する $^{40}\text{K}$ を含む塩化カリウム（KCl）を用いた。広島の地表面そのものは $^{235}\text{U}$ や原爆生成物で半減期が長く収率の高い $^{137}\text{Cs}$ などの挙動を考えるべきだろうから、KClを用いることは広島の地表面汚染の再現にはなっていない。本実験では、雨風によって物質が地表面の方向や地中方向にどのように動くのか、あるいは動かないのか、その様子を放射線計測を通して可視化できるかどうかに重点を置いた。手法を述べる。

### 【斜面方向の移動を計測する実験】

1. 梅雨の期間中の晴れた日に校内の斜面にKClを100gまき、雨が降るのを待った。
2. 雨が降った翌日、KCl 100gをまいた地点（中心）から30cm間隔で9地点の土砂を10cmボーリングし、各地点を①～⑨と名付けた。
3. 前記2.の各地点（中心を含む）の土砂をフライパンで蒸発乾固してから $\beta$ 線を計測した。

結果は図1のようになった。土砂中での移動は可視化できたが、3次元の移動方向ではどの程度の移動が分かりにくかった。

そこで一方向の斜面移動を考えた。2mの水道管（雨樋用）に校内の土を詰めて上端にKClをまき、降雨に見立てて500mLの水をペットボトルで上端から流した（写真1）。翌日水道管の上・中・下（水道管を3等分した位置）の各部の土を採取して蒸発乾固させて $\beta$ 線計測し、KClの移動量を調べた。

校内の傾斜を利用した、自然の降雨による物質の移動（洗い流し）は図1のように可視化することができたが、校内の斜面という自然の条件では、あらゆる方向への傾斜と移動の相関を考えるのは難しかった。生徒たちが、風雨によ

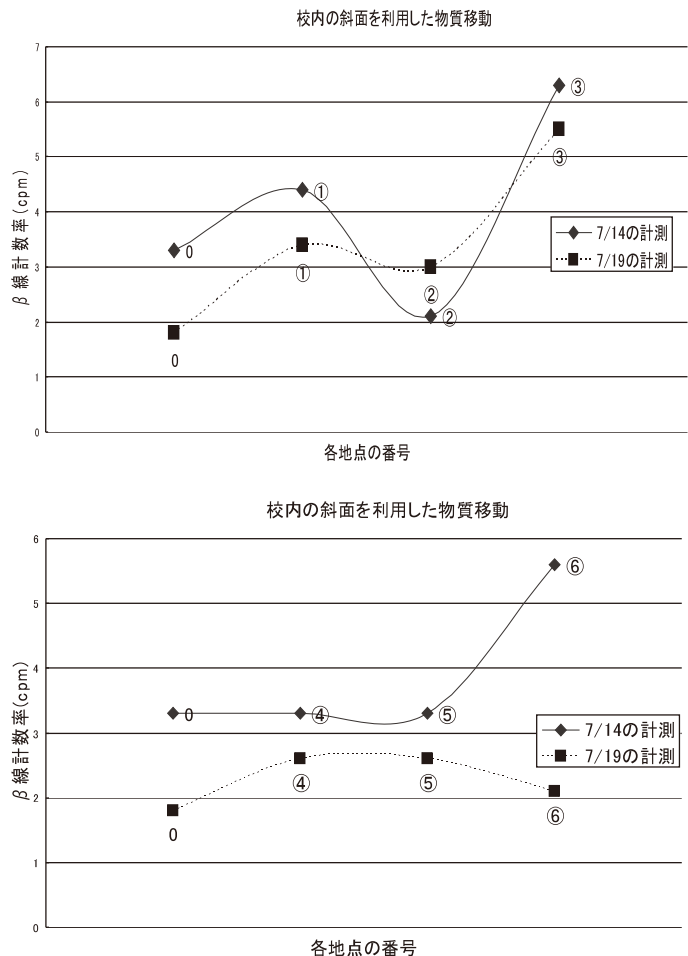


図1 校内の起伏を利用した物質の移動結果

って地表面の物質が移動するという現象の、現実に見るには良い実験だったとは感じる。しかし、定量的に考えるには、傾斜の条件を一方に限定した雨樋の実験が中高生たちには分かりやすかったようだ。雨樋の傾斜角を変えて実験した結果を図2に示す。

傾斜角を大きくすると、生徒たちの予想通り、大きくKClは移動した。本実験では最大傾斜角を47.1°としたが、最上部にあったKClは最下部に多量に洗い流された。被爆地広島においても、被爆後、風雨による経年変化で、地表面から放射性物質が洗い流されたと想像できた。



写真1 斜面方向の移動実験の様子

傾斜角度による物質移動

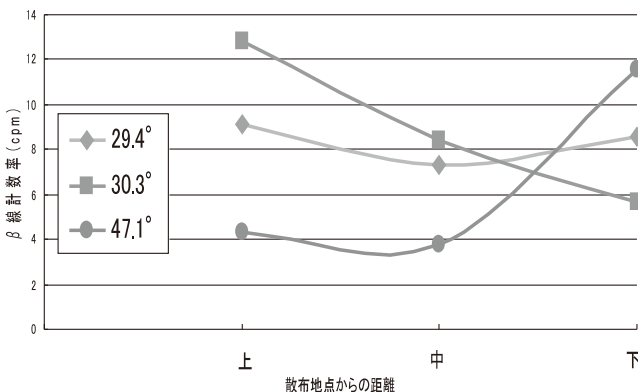


図2 雨樋の傾斜を利用した物質の移動結果

### 【鉛直方向の移動を計測する実験】

1. 2 m の円筒状の水道管に校内の土砂を密に詰め、最上部に 100 g の KCl を加えて鉛直に立てた (写真2)。
2. 最上部に降雨に見立ててペットボトルで 500 mL の水を加えた。
3. 翌日、最下部の土砂を取り、蒸発乾固させてβ線を計測した。
4. 水の量を 1000 mL, 1500 mL と変えて、1.~3. を繰り返した。

物質が地中深くに浸透していく鉛直方向の移動を図3に示す。

この実験では、ある程度以上の人口降雨量になると、筒の外に物質が流れ出てしまう。また、2 m レベルの水道管では、1,000 mL 流せば、筒内の物質はほぼすべて洗い流されることが分かる。生徒たちは野菜ジュースを蒸発乾固して計測したカリウム含有量-β線計数率の検量線を作っているが、それによると、4 cpm でカリウムが 100 mg 含有するレベルであるので、1,000 mL の人口降雨における残留量を考えると、 $K=39.1$ ,  $KCl=74.6$  より、

$$KCl \text{ の質量} = 100 \text{ (mg)} \times 74.6 / 39.1 \\ \approx 191 \text{ (mg)}$$

となり、100 g (初期量) のうち、0.2% しかない。初期量の大部分は、2 m の水道管を通り抜けて管外へ流出したと考えられる。広島 の地表面における浄化のメカニズム



写真2 鉛直方向の実験の様子

も、地表面に沿った斜面方向の移動よりも、地中深くに浸透していく鉛直方向の移動が大きかったのではないかと想像する。しかし、本実験においても、物質の移動を可視化することに重点を置いているので、KClの移動を計測したことで<sup>137</sup>Cs等の化合物そのものを使用したわけではないので、実際にミニ広島モデル実験として完全に再現できたわけではない。土壌吸着性など化学的側面からの検証もできていない。ただし、中高生の学習段階で、どこに物質が行ったか目で見えない“物質の移動そのものの可視化”は体験できた実験ではないかと考える。

## 2.2 地層による遮蔽効果を考える実験

次に、放射性物質が風雨による影響を受け、地中に浸透した場合に、放射性物質から出る放射線はどうなるのかということが生徒たちの疑問点として挙がった。地層が遮蔽し、地表面に放射線が出にくくなるかどうかを考える実験を開発した。本実験においても生徒たちが取り扱いやすいKClを用いた。以下に実験方法を述べる。

1. 500 mLのペットボトルの上部を切り取り、KCl 100 gを底に入れた。
2. 前記1.のKClの上に校庭の5~10 m地下の土砂を蒸発乾固したものを厚さを変えてかぶせた。
3. ペットボトルの上からβ線を計測（写真3）。

結果を図4に示す。土砂の厚さが4 cmくらいまでは、厚さの増加に従ってβ線計数率が減少した。4 cmくらいまでは地層が放射線を遮蔽したといえる。また、4~6 cm以上の厚さになれば、厚さの増加に従って計数率は増加した。これは、KClから出る放射線は既に土砂で遮蔽されており、代わりに、土砂そのものからの放射線が確認されていると思える。広島でも、土地の起伏に従った斜面方向の物質移動よ

人工降雨量と移動量モデルの計測結果(移動地点)

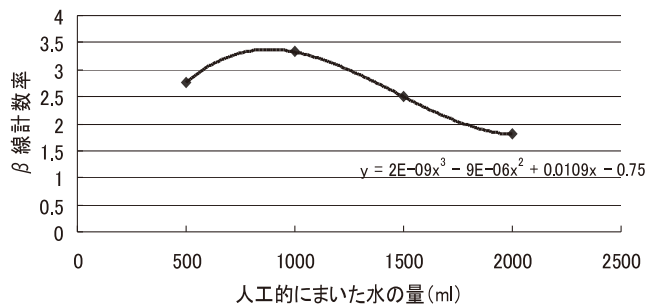


図3 雨樋を利用した物質の鉛直方向の移動結果

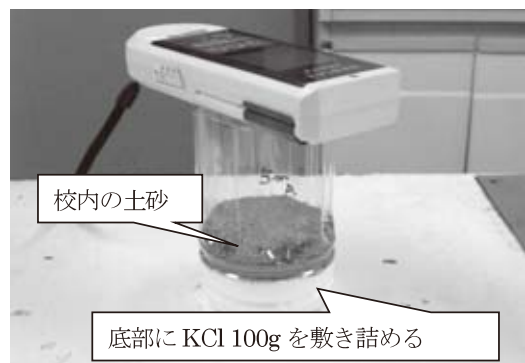


写真3 β線計測している様子

りも、雨水となって土中深く染みこんでいく鉛直方向の物質移動の影響の方がはるかに大きかったのではないかと生徒たちと話し合った。また、土中に浸透しながらも放射性物質から地表面に向けて放出される放射線も地層が遮蔽してくれたと考えられる。広島の地表面は被爆後の経年変化で浄化されてきたものの、地中深くではまだ半減期の長い原爆由来の放射性物質がどこかに残っており、地球規模では単に拡散しただけであろう。また、昨年9月、生徒たちと福島市内へ調査旅行に行ったが、この実験を経験済みであった生徒は教育機関の園庭・校庭の除染方法はとてもすっきりと理解できたようであった。汚染された表土を取り去り、更に清浄な土をかぶせること、取り去った表土は地中深く

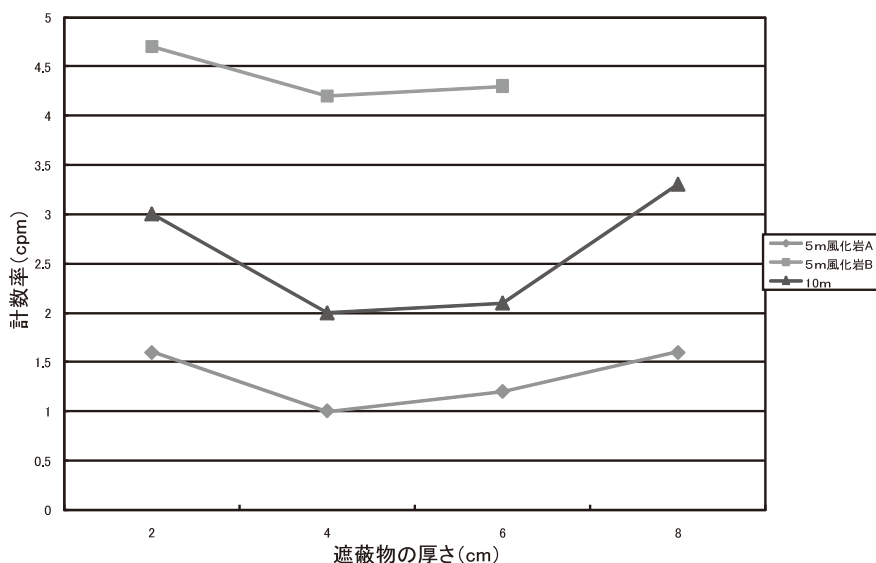


図4 遮蔽物の厚さに対するβ線量の変化

埋めることなど大人がしている処置の目的が理解できたようだ。

### 3. 広島への人の心の経年変化

生徒たちが実施した街頭アンケートの結果について、5年間の経年変化を表1に示す。広島県民と他府県民との比較をしてみた。被爆地の放射線事情について、“被爆地は他府県よりもまだ放射線は強い”と“爆心地周辺だけはまだ無視できないくらい強い放射線が出ている”に回答された方々の割合を被爆後59～60年（回答数1,500余、表1中の上段）と被爆後64～65年（回答数400余、表1中の下段）の各2年間ずつで比較した結果である。この両者の合計を見ると、5年経っても被爆地への誤解が助長されていることがあっても改善はされていないと思えた。

### 4. 生徒たちの活動歴

毎年、活動の結果は日本化学会近畿支部主催の“中高生のための化学研究発表会”ほかで発表してきたが、発表時に質疑応答でいただいた質問や実験をして更に生じた疑問点の解決を目

表1 広島に対する意識調査の結果

回答者	他府県よりやや強い	無視できないくらい強い	他府県と変わらない
広島市内の在住者	27.1%	5.1%	29.4%
広島市外の在住者	24.7%	6.8%	28.8%
広島県の在住者			
被爆後59～60年	26.3%	5.3%	28.8%
〃 64～65年	30.8%	3.8%	29.7%
他府県の在住者			
被爆後59～60年	32.9%	6.0%	19.0%
〃 64～65年	27.8%	28.9%	10.7%

指すことが、気が付けば10年続いたと感じる。同会での発表題目を以下に示す。

- 2002 「校内での自然放射線の計測」
- 2003 「身のまわりの自然放射線β線・γ線を調べて」
- 2004 「被爆地広島の放射線事情を探る～人の心と計測値の相違点」
- 2005 「物質の移動を考える―広島はなぜ浄化されたか―」
- 2006 「物質の移動を考える―鉛直方向から見た被爆地広島の浄化―」

- 2007 「地層による放射線の遮蔽効果を考える」
- 2008 「放射線の遮蔽効果の観点から被爆地広島を歩く」
- 2009 「元安川沿いの南北方向における放射線量について被爆時と現在の違いを調べる」
- 2010 「爆心の直近を南北方向に流れる本川と元安川における放射線量の現況について」
- 2011 「福島市内における放射線量について—福島・奈良・広島を比較して—」

#### 5. 生徒たちを取り巻く人的環境

生徒たちの周囲にある環境は必ずしも多数意見が真実ではないことが悩ましい。ALARAの

原則も胸に、そして年間1 mSv以下を余裕で達成できる状況で福島へ行った活動をNHKクローズアップ現代等で取り上げてもらおうと、ツイッターなどで“生徒殺し”などと多数攻撃された。幸いこの活動に参加してくれている生徒たちの家族の理解はある。公的助成を受けずに有志活動で、宿泊・旅費等すべて実費でも探求したいから生徒たちの活動は続いている。生徒たちは、デマに流されることなく自然科学的側面から、家族に活動結果を話してくれる。今年度から完全実施となった放射線を含む中学校新教育課程で育った中学生たちが、放射線教育空白の30年世代の親御さんに学んだことを冷静に伝えることで放射線に関わる嘘と真実が明確化されればと願っている。

(奈良学園中学校・高等学校)