

機関番号：11301

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20500742

研究課題名(和文) 物質観を育む融合型環境放射能教育プログラムの開発

研究課題名(英文)

Development of Environmental Radioactivity Education Program in Integral Science Type

研究代表者

関根 勉 (SEKINE TSUTOMU)

東北大学・高等教育開発推進センター・教授

研究者番号：20154651

研究成果の概要(和文)：

本研究では、壁材から放出されるラドンを用いた教育プログラムを作成するために、壁からのラドンの散逸率およびそれに影響する要因、壁材中のラジウム-226量とラドン放出量の関係、ラドンの娘核種の捕集などを定量的に評価した。これらの検討をもとに、壁材からのラドンの放出メカニズムについて考察するとともに、環境放射能教育プログラムを作成した。

研究成果の概要(英文)：

Radon concentration change in a closed room was investigated to give quantitative knowledge on quantitative properties of radon exhalation from building materials, in order to develop an education program on natural radioactivity in a university. The project includes quantitative studies on “monitoring of radon concentration in a closed room”, “determination of Ra-226 in building materials”, “collection of radon progenies using a glass filter”, “exhalation properties of radon from building materials (effect of temperature, moisture)”.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	3,100,000	930,000	4,030,000
2009年度	500,000	150,000	650,000
2010年度	300,000	90,000	390,000
年度			
年度			
総計	3,900,000	1,170,000	5,070,000

研究分野：放射化学

科研費の分科・細目：科学教育・教育工学・科学教育

キーワード：ラドン、天然放射能、ラドン娘核種、教育プログラム、放射能の絶対測定、融合型実験

1. 研究開始当初の背景

放射性気体であるラドン、トロンが洞窟や地下室などの空気中に比較的多く存在することは 20 世紀初頭の研究で明らかになり、これが原因となった鉱山就労者のガン発生率増加の認識、近代における欧米諸国及び日本の家屋内におけるラドン濃度の調査など、その発見からヒトへの放射線影響をとおしてラドンは理解されてきた。またラドンは、地殻変動や地震の際の濃度の変化、気象による影響、大陸から日本への移動のように地球環境科学的にも興味ある研究素材となっている。ラドンおよびその壊変生成核種による放射線放出が身の周りの空気中で起こっていることは事実であるが、その認識は通常は一般的ではないため、社会的には“放射能・放射線”に関して鋭敏な負の反応を起こす場合が多く見受けられる。したがって、地道かつ継続的な啓蒙・教育活動は重要であり、身の回りの天然放射線の認識は社会的にも意味がある。

2. 研究の目的

本研究では、空気中に存在する放射性元素“ラドン”とその娘核種の挙動を定量的に理解し、身近な放射能・放射線を理解するための新たな融合型実験教育プログラムを作成することを目的とする。ラドン Rn-222 は 3.8 日の半減期をもつ気体の放射性核種であり、岩石中などの微量のウランを起源とするため、人間環境にはどこにでも存在する。しかしながら、発見されてから 100 年以上も経過しているのにも関わらず、放射性物質の身近な存在を認識する学生の割合は極めて少ないと断言できる。またラドンの放射性壊変の認識をとおして、身近な環境で次々と生まれては消えていく放射性核種の存在をダイナミックに知ることができる。すなわち、元素が新たな元素へと移り変っていることを自覚するが、これは自然科学的に最も重要な“物質観”を育むことにつながる。さらに、地球科学的なその起源の理解、放射線の物理的な測定に、化学分離による元素のダイナミックな変遷の理解を加え、地学・物理・化学のそれぞれの分野を融合した“科学の見方”へと導くことがねらいである。これによって様々な視点から一つの自然現象を見ることができるようになり、学際的な学術・研究活動の理解を育むとともに、多角的な視点から物事を見られるような人間形成へとつなげることをねらいとしている。

3. 研究の方法

空気中におけるラドン濃度を定量的に理解し教育プログラムに応用するために、サン

プリング室（コンクリートで囲まれた密閉室）を設け、(1) ラドンモニターによる連続的な濃度測定、(2) 壁材コア試料の採取によるラジウムの定量、(3) エアサンプラーによる空気中のラドン娘核種の捕集効率の検討を行った。これらの結果に基づき、壁材からのラドンの散逸率の評価および散逸率に与える要因の検討を行い、ラドンの放出メカニズムについて考察した。

4. 研究成果

本研究では、空気中の放射性物質 ラドンに着目し、この娘核種を用いた教育プログラムを作成するための基礎的な知見を得るため、壁材からのラドンの放出について定量的に検討した。コンクリートで囲まれた密閉室をサンプリング室として用い、長期的なラドン濃度の連続測定を行ったほか、壁材をボーリングすることによって得た試料を用いて材料中のラジウムをγ線スペクトロメトリーにより定量した。

サンプリング室内のラドン濃度を長期にわたって測定したところ、部屋内のラドン濃度は約 1 週間で 1000 Bq m^{-3} に達し、その後は緩やかに増加し、 $1000 \sim 1400 \text{ Bq m}^{-3}$ に達することがわかった。

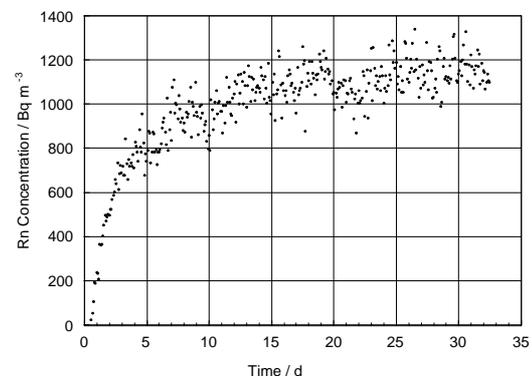


図 1. サンプリング室内におけるラドン濃度の測定例。

その増加率は約 $300 \sim 400 \text{ Bq m}^{-3} \text{ d}^{-1}$ であったが、部屋の空気中の水分含有量による依存性が見いだされた。水分量が 10 g m^{-3} 以内では、水分増加に伴いラドン濃度上昇率が増加したが、それ以上では $300 \text{ Bq m}^{-3} \text{ d}^{-1}$ に減少し、水分量依存性を示さなくなった(図 2)。結露状態における散逸率測定では、乾燥状態に比べて著しい減少が見られ、乾燥状態に戻すことにより再び上昇する様子が観察された。また、壁の面積あたりのラドン散逸率は約 $1.0 \times 10^{-3} \text{ Bq m}^2 \text{ s}^{-1}$ と与えられた。

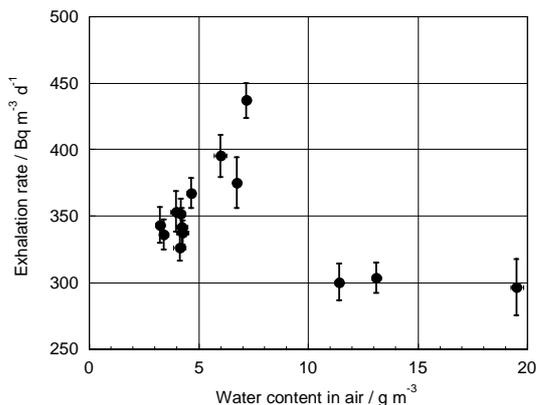


図 2. ラドン散逸率と空气中的の水分含量の関係。右側の 3 点は壁表面に結露した状態における測定値で低い値を示している。

壁材料コア試料から放出されるラドンの情報を得るため、ラドンモニターに試料室フランジを設け、拡散モードによる長期間測定を行った(図 3)。その結果、コア試料からのラドン放出率 (Emanation power) が 10% 程度であることおよびラドン散逸率が $1.1 \times 10^{-4} \text{ Bq m}^2 \text{ s}^{-1}$ であることが明らかになった。この値は、ラドンの固体内拡散モデルで計算した値 $1.4 \times 10^{-4} \text{ Bq m}^2 \text{ s}^{-1}$ とよく一致した。さらに、これらのデータを基にサンプリング室内における壁材からのラドン散逸率を計算したところ、 $1.0 \times 10^{-3} \text{ Bq m}^2 \text{ s}^{-1}$ と与えられ、実測値を再現した。

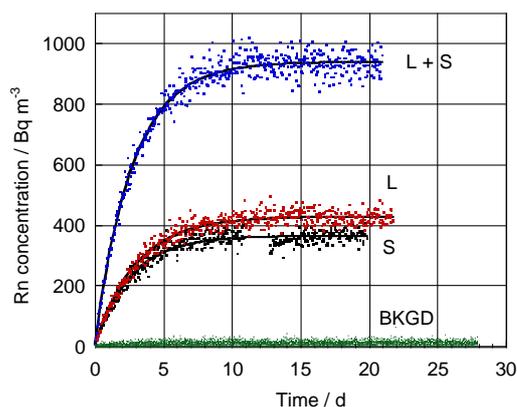


図 3. ラドンモニター試料室にコア試料を入れた場合のラドン濃度変化。L、S は試料記号、L+S は両試料を同時に入れた場合の計測値。BKGD は試料を入れない場合の計測値。

また、エアサンプラーによるラドンの娘核種の捕集について検討した。サンプリング室内でハイボリュームエアサンプラーを用い 500

L min^{-1} の流量で 30 分間、ガラスろ紙に捕集した。捕集後、ろ紙を 10 分割し、その 1 片を GM サーベイメータで測定したところ、20,000~25,000 cpm の計数率を得ることができた(図 4)。これにより、十分な統計値を持たせて実験授業に提供できる多数の測定用試料を作成することに成功した。また、捕集時間を変えてその効率を調べたところ、15~30 分間の捕集により約 30% 程度のラドンの娘核種がろ紙上に捕らえられていることが明らかになった。

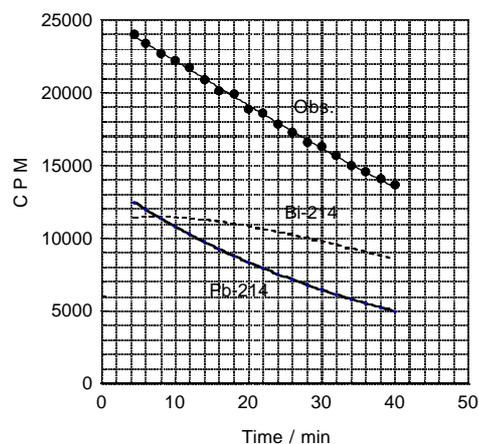


図 4. 集塵後のガラスろ紙片(10 分割したものうちの 1 つ)の GM 計数管による測定値 (●) と、実線及び点線は Pb-214 および Bi-214 の成分の解析値。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

1. 猪股歳之、関根 勉、東北大学の初年次教育における授業評価の構造—学生による「自然科学総合実験」への評価を中心に—、大学教育学会誌、31 巻、2009、123–131 ページ。
2. 関根 勉、田嶋玄一、小林弥生、猪股歳之、須藤彰三、理科実験による導入教育の展開—理系および文系学生向けの「自然科学総合実験」—、第 58 回北海道・東北地区一般教育研究会研究集録、2009 年、39–44 ページ。
3. 関根 勉、長濱裕幸、中村教博、身近な環境放射能を知るための理科実験プログラムの開発、東北大学高等教育開発推進センター紀要、第 3 巻、2008 年、259–266

ページ。

〔学会発表〕（計 2 件）

1. 関根 勉、猪俣歳之、東北大学の初年次教育科目“自然科学総合実験”における授業評価アンケート調査から-学生による評価と授業改善の 5 年間の記録と特徴-、大学教育学会、2009 年 6 月 7 日、首都大学東京。
2. 関根 勉、理科実験による導入教育の展開 -理系および文系学生向けの「自然科学総合実験」-、第 58 回北海道・東北地区一般教育研究会、2008 年 9 月 4 日、北海道大学。

〔図書〕（計 2 件）

1. 須藤彰三、関根 勉、融合型理科実験が育む自然理解と論理的思考 I:自然科学総合実験、“大学における「学びの転換」と学士課程教育の将来”、東北大学出版会、2010 年、122-145 ページ。
2. 関根 勉、「大気中の放射能」、「文科系のための自然科学総合実験」、東北大学出版会、2008 年、21-31 ページ。

6. 研究組織

(1) 研究代表者

関根 勉 (SEKINE TSUTOMU)

東北大学・高等教育開発推進センター・

教授

研究者番号：20154651