

令和元年6月21日現在

機関番号：82502

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K16234

研究課題名(和文) 自然放射性物質による放射線被ばく防護研究 化石燃料を安心して使うために

研究課題名(英文) Investigation of natural radionuclides in fossil fuels

研究代表者

岩岡 和輝 (Kazuki, Iwaoka)

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・放射線医学総合研究所放射線防護情報統合センター・主任研究員
(定常)

研究者番号：70466051

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：天然資源には、自然由来の放射性物質が含まれており、その利用によって外部被ばくおよび内部被ばくが引き起こされる。本研究は、包括的な調査を通じて化石燃料等からの一般の作業員や公衆の被ばくの実態を明らかにすることを目的として実施された。石炭の放射能濃度の情報を文献および実測から調査した石炭のU-238系列核種、Th-232系列核種、K-40の放射能濃度は、IAEA国際基本安全基準において示されている濃度レベル(U,Thは1000Bq/kg、K-40は10000Bq/kg)よりも低かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

現在までに、自然放射性物質を含む天然資源からの被ばくの実態について調査が実施され、いくつかの物質については原子力規制庁より一定の被ばくの管理目安が導入されつつある(NORMガイドライン)。しかしながら、化石燃料については、その使用方法を含め、被ばくの実態についての情報が乏しく、規制管理の必要性を議論できるほどの十分な研究結果が得られていないため、その実態の解明が急がれている。本研究は、化石燃料等からの一般の作業員や公衆の被ばくの実態を明らかにすることを旨とした研究課題である。

研究成果の概要(英文)：Natural resources contain natural radioactive nuclides such as U-238 series, Th-232 series and K-40. In this study, radiological studies on fossil fuel (i.e. coal) were performed. Activity concentrations of U-238 series, Th-232 series and K-40 in coal are lower than the relevant values in the IAEA Safety Standards (10000 Bq/kg for K-40 and 1000Bq/kg for other natural radioactive nuclides).

研究分野：放射線防護研究

キーワード：放射線被ばく

1. 研究開始当初の背景

天然資源はウラン、トリウム、ラドンなどの自然放射性物質を多く含む場合があり、それを取り扱う作業員や公衆は知らずに高いレベルで被ばくする可能性がある。化石燃料については、少資源国である我が国においてもその利用について大きく期待されている。このような化石燃料は地下資源であるため、採掘と同時に意図せず高濃度のウラン、トリウム、ラドンといった自然放射性物質が副次的に産出されてしまうことが指摘されている。例えば、石炭については利用によって生じる残渣の濃度が欧州委員会で示されている基準値を超える場合があることが指摘されている。

自然放射性物質を含む天然資源からの被ばくを防護する必要性が国際放射線防護委員会(ICRP)1990年勧告によって示されている。また世界保健機関(WHO)が2009年に刊行した報告書によれば、自然放射性物質のラドンによる被ばくが、肺がんのガン発生要因の第2位であることが示されている。以上を背景に、国際原子力機関(IAEA)ではこれら自然放射性物質からの被ばくから防護するために一定の国際基本安全基準(規制すべき値)が導入されようとしている。さらに、我が国においても、IAEAなどの議論を踏まえ、自然放射性物質を含む物質から作業員や公衆を防護することを目的としたガイドラインが策定され、自然放射性物質の規制方法や被ばくの低減手法が検討されている。

これまでに、申請者らは天然資源に含まれる自然放射性物質による被ばく量の調査を行い、それらの結果をデータベース化した(Iwaoka et al. 2012)。これらの成果は、行政が既存のガイドライン見直しを検討するための資料、事業者が安全管理方針を考えるための資料、および公衆が自然放射性物質について正しい情報を得るためのツールとして活用されている。いくつかの物質についてはこれまでの研究成果から規制の根拠となる科学的知見が集まりつつある。このような状況の中、化石燃料については依然として規制の根拠となる被ばくに関する情報が少ない状況にある。そのため、規制の根拠となる被ばくに関する科学的知見を包括的に収集し、一般の作業員や公衆の被ばくの低減策についての可能性を検討する本研究課題を着想した。

2. 研究の目的

東日本大震災に伴う東京電力福島第一原子力発電所における事故によって、大規模な範囲にわたって汚染が広がり、多くの国民が低レベルの放射線に対して不安や恐怖を少なからず抱いている。これに対し、自然放射性物質を含む天然資源による被ばくについては、福島地域の放射線レベルよりも高い場合があり、公衆の放射線に対する不安が増加する恐れがあり、その利用の実態や被ばくの実態を明らかにしておくことは重要である。

本研究では、エネルギー問題等で注目を浴びる化石燃料からの被ばくについて着目し、その利用状況、放射能濃度、被ばく量を文献および実測により包括的に調査した。

3. 研究の方法

少資源国および工業国である我が国においては、様々な天然資源が輸入および生産されている。我々は先行して、財務省貿易統計、経済産業省資源エネルギー統計、BP Statistical Review of World Energy、石油天然ガス金属鉱物資源機構報告書などから利用量の調査を行っていった。その利用調査結果を基に、我が国のエネルギー産業にとって重要な物質である化石燃料(石炭)を本研究の調査対象物質とした。石炭の放射能濃度の情報を文献および実測から調査した。

文献調査については、uranium、radon等をキーワードとして近年の情報を中心に包括的に論

文を収集し、以前から入手していたデータを含めて石炭の化石燃料の放射能濃度のデータを整理した。実測調査については、研究代表者の放射線被ばくに関する調査経験から、国内事業所から実測の調査協力を得ることは大変困難なものになることが予想された。国内国外の違いによって天然資源の用途(=被ばくの仕方)はかわるものではなく、得られる成果は国内にも反映できるため、本調査における実測は調査協力が得やすい国外で行うことが効率的であった。日本と同様に島国であり、エネルギーの大半を天然資源で補っている国のひとつがフィリピン国であり、フィリピン国において化石燃料の実測を行った。なお、本実測については、フィリピン原子力研究所の協力のもとに実施した。

また、化石燃料に限らず自然核種を含む物質は、物質自体からラドンやトロンといった放射性ガスが発生する。近年、ラドンと同様にトロンの被ばくリスクも考慮することが必要とされるケースもあるため、本研究の将来的な展開を踏まえて、トロンの濃度測定器の品質を検定する曝露装置(トロンガス曝露装置)を構築した。トロンガス曝露装置は(1)トロンガス発生部、(2)トロンガス曝露部(20cm 縦×30cm 横×20cm 高)、(3)トロンガス測定部で構成した。湿度制御された空気がトロンガス発生部、トロンガス曝露部、トロンガス測定部を通過して、系外に排出される構造とした。トロンガスのソースに市販のガスマントル(フィリピン国産)を使用した。系の空気の流量は 1 L min^{-1} とした。トロンガスのソースの量などを調節することにより、トロンガス濃度を制御可能とした。静電捕集型ラドン・トロン測定器を用い、トロンガスの半減期による減衰や機械の応答性を補正してトロンガス曝露部内の濃度を測定できるようにした。

4. 研究成果

実際に化石燃料を取り扱う施設において入手・実測した石炭の U-238 系列核種、Th-232 系列核種、K-40 の放射能濃度の範囲は、それぞれ、 $1.8\sim 10.1\text{ Bq/kg}$ ($n=11$)、検出下限値以下 $\sim 17.8\text{ Bq/kg}$ ($n=11$)、 $13.9\sim 86.9\text{ Bq/kg}$ ($n=11$)であった。また、文献調査等による石炭の U-238 系列核種、Th-232 系列核種、K-40 の濃度は、 45 Bq/kg ($n=45$)、 22 Bq/kg ($n=48$)、 180 Bq/kg ($n=30$)であった。これらの値は、IAEA 国際基本安全基準において示されている濃度レベル(U, Th は 1000 Bq/kg 、K-40 は 10000 Bq/kg)よりも低かった。さらに、これらの濃度から作業員・公衆の被ばく線量を、EU の報告書を参考に計算したところ、日常生活で受ける放射線量(世界平均 2.4 mSv/y)よりも小さいことがわかった。

次に、本研究の将来的な展開を踏まえて開発したトロンガス曝露装置の結果について述べる。構築した曝露装置は、湿度、温度、トロンガス濃度を安定的に制御することができた。トロンガス濃度は、トロンガス線源の量を変えることで $10000\sim 100000\text{ Bq m}^{-3}$ のオーダーで制御することができた。この曝露装置の活用によって、化石燃料のみならず天然資源から漏えいするトロンガス被ばく評価研究の学術的な発展が期待される。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 4 件)

- (1) Kazuki Iwaoka, Lorna Jean H. Palad, Eliza B. Enriquez, Fe M. dela Cruz, Christopher O. Mendoza, Masahiro Hosoda, Shinji Tokonami, Juanario U. Olivares, Ryan Joseph Aniago, Christian L. dela Sada: Preliminary Development of Thoron Exposure System in the Philippines, Science Diliman, 30, 5-13 (2018). 査読有
- (2) Kazuki Iwaoka, Kazuaki Yajima, Toshikazu Suzuki, Hidenori Yonehara, Masahiro

Hosoda, Shinji Tokonami, Reiko Kanda: Investigation on natural radioactivity in a monazite processing plant in Japan, Health Physics, 113, 220-224 (2017).
査読有

- (3) Kazuki Iwaoka, Masahiro Hosoda, Kazuaki Yajima, Shinji Tokonami: Measurements of radon exhalation rate in NORM used as consumer products in Japan, Applied Radiation and Isotopes, 126, 304-306 (2017). 査読有
- (4) Kazuki Iwaoka, Masahiro Hosoda, Shinji Tokonami: Installation of system at Hirosaki University, Japan, for estimating radionuclide atmospheric dispersion levels, Radiation Environment and Medicine, 6, 104-107 (2017). 査読有

〔学会発表〕(計 12件)

- (1) L. Palad, C. Mendoza, F. Delacruz, J. Olivares, K. Iwaoka. Absorbed dose rates in air along two industrial facilities in Leyte Island, Philippines, 9th International Conference on High Level Environmental Radiation Areas- For Understanding Chronic Low-Dose-Rate Radiation Exposure Health Effects and Social Impacts (ICHLERA 2018), 24-27 September 2018, Hirosaki, Japan.
- (2) 岩岡和輝, LJ Parad, E Enriquez, F dela Cruz, 細田正洋, 床次眞司: 弘前大学のトロンガス曝露装置開発技術の活用, 日本保健物理学会第 51 回研究発表会, 札幌市, 2018.6
- (3) 岩岡和輝, 細田正洋, 床次眞司: 測定環境に応じた空間線量率の核種別寄与比の導出 応答行列とモンテカルロ計算の活用, 日本保健物理学会第 51 回研究発表会, 札幌市, 2018.6
- (4) Kazuki Iwaoka, Lorna Jean H. Palad, Eliza B. Enriquez, Masahiro Hosoda, Shinji Tokonami. Issues on natural radioactive nuclides in Japan, 2017 INTERNATIONAL WORKSHOP ON NATURAL RADIATION EXPOSURE TO THE PUBLIC AND ITS HEALTH EFFECTS, 26-28 NOVEMBER 2017, YAOUNDE, CAMEROON
- (5) 岩岡和輝, 細田正洋, 辻口貴清, 小山内暢, 床次眞司, 山田正俊, 柏倉幾郎: 弘前大学における物理学的線量評価機能の整備, 日本放射線影響学会第 60 回大会, 千葉市, 2017.10
- (6) Kazuki Iwaoka. Status of research on NORM in Japan, 2017 National Workshop on Environmental Radioactivity Monitoring, Sep25 -Oct3, 2017, Quezon City, Philippine
- (7) Kazuki Iwaoka. Collaboration work between Hirosaki University and PNRI, 2017 National Workshop on Environmental Radioactivity Monitoring, Sep25 -Oct3, 2017, Quezon City, Philippine
- (8) Kazuki Iwaoka, Eliza B. Enriquez, Kazuaki Yajima, Masahiro Hosoda, Shinji Tokonami, Hidenori Yonehara, Teofilo Y. Garcia. Measurement of Natural Radioactivity in Philippine Cigarettes, 27th International conference on nuclear tracks and radiation measurements, 28Aug-sep1, 2017, Strasbourg, France
- (9) 岩岡和輝, テオフィロ ガルシア, エリザ エンリケス, ローナジェーン パラド, クリストファー メンドーサ, 細田正洋, 床次眞司: 自然エネルギー関連施設における空間線量率の予備調査, 日本保健物理学会第 49 回研究発表会, 弘前市, 2016.6

- (10) 矢島千秋、田部裕章、神田玲子、岩岡和輝、国内油田坑井から採取した試料の NORM 調査，日本保健物理学会第 49 回研究発表会，弘前市，2016.6
- (11) 矢島千秋、田部裕章、岩岡和輝、神田玲子、下村岳夫、黒田典子：放医研・自然起源放射性物質(NORM)データベースのデータ更新，日本保健物理学会第 49 回研究発表会，弘前市，2016.6
- (12) T. Y. Garcia, L.J.H. Palad, F.M. Dela Cruz, C.O. Mendoza, R.R. Encabo, J.U. Olivares, E.B. Enriquez(PNRI), K. Iwaoka, Activity concentration of NORM in geothermal power plant in the Philippines, 日本保健物理学会第 49 回研究発表会，弘前市，2016.6

〔図書〕(計 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年：

国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

6 . 研究組織

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。