

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書



令和 6 年 9 月 30 日現在

機関番号：82502

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）

研究期間：2018～2023

課題番号：17KK0162

研究課題名（和文）放射性天然金属鉱石による放射線被ばく防護研究

研究課題名（英文）Radiation protection research for radioactive natural metal ores

研究代表者

岩岡 和輝（Iwaoka, Kazuki）

国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構・放射線医学研究所 放射線規制科学研究部・主幹研究員

研究者番号：70466051

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 6,500,000円

渡航期間： 9ヶ月

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、金属鉱石からの被ばくの実態を明らかにすることを目的としてフィリピン共和国の研究機関と共同で実施された。フィリピン共和国で採取されたいくつかの金属鉱石（アラナイト鉱石）の放射能濃度は国際的な濃度レベル（U-238系列，Th-232系列：1Bq/g）よりも高かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

アジアには豊富な金属資源が眠っており、様々な先進国が支援して開発が進められている一方で、アジアの途上国ではそれによる放射線被ばくについて安全を守る思想が十分に培われていない現状がある。国際的な問題をより喫緊の問題として抱えるアジア地域において現地機関と共同研究を行い、得られる成果を全世界の金属鉱石の安全な利用に資することにより、アジアのみならず世界の金属鉱石による健康被害の予防に繋げることができる。

研究成果の概要（英文）：Natural resources contain naturally occurring radioactive materials, and they could cause external and internal exposure. This study was conducted in collaboration with a research institute in the Philippines to investigate the current state of radiation exposure to metal ores. The radioactivity concentrations of some metal ores (allanite ores) collected in the Philippines were higher than the international level (1 Bq/g for U-238 and Th-232 series).

研究分野：放射線防護研究

キーワード：放射線被ばく

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、研究者個人に帰属します。

## 1. 研究開始当初の背景

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。国際原子力機関（IAEA）ではこれら天然資源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の導入が検討され、我が国においても金属鉱石からの被ばく防護を目的とした規制方法や被ばく低減手法が検討されているものの、規制の根拠となる利用者の被ばくの実態は明らかになっていない。

これまでに、研究代表者は、天然資源による被ばく量の調査を実施してきたが、金属鉱石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。また、フィリピンをはじめとするアジアには豊富な金属資源が眠っており、様々な先進国が支援して開発が進められている一方で、アジアの途上国ではそれによる放射線被ばくについて安全を守る思想が十分に培われていない状況にある。

以上を背景に、国際的な問題をより喫緊の問題として抱えるフィリピンにおいて現地機関と共同で金属鉱石の放射線被ばく調査研究を行い、国際的な諸問題の解決を目指す本研究課題を着想した。

## 2. 研究の目的

天然資源（金属鉱石など）には、ウラン、トリウムといった自然起源の放射性核種が含まれており近年の国際的な問題となっている。そのような状況の中、金属鉱石がどの程度のレベルで環境に影響を及ぼしているかは全容が明らかになっていない。もし産業用で使用されている金属鉱石が高い放射能濃度を有していた場合、その利用によって意図せずに作業員や公衆が高いレベルで被ばくする恐れがあり、金属鉱石の被ばく影響に対する公衆の不安が高まる可能性がある。本研究は、研究代表者がこれまで実施してきた調査研究の対象範囲を広げ、包括的な調査を通じて金属鉱石による作業員や公衆の被ばくの実態を明らかにし、不要な放射線被ばくリスクから作業員や公衆を護ることにつながるものである。

## 3. 研究の方法

本研究では、金属鉱石からの被ばくについて着目し、金属鉱石の放射能濃度や空間線量率などを現地調査等により実施した。また、それらの結果を基に利用実態に応じた被ばく量を評価した。本研究の実施にあたっては、海外共同研究者（フィリピン科学技術省フィリピン原子力研究所）と共同で行った。

（1）金属鉱石の放射能濃度や空間線量率等の調査

我々は先行して、財務省貿易統計などから世界や日本の金属鉱石の利用量や将来の需要量について調査しておいた。その調査結果より金属産業にとって今後需要量の増加が見込まれる物質（レアアースを含む鉱石：レアアースとはネオジム、イットリウムなど工業的に希少価値の高い金属元素の総称である）を本研究の調査対象物質とした。フィリピン・パラワン島にはレアアースを豊富に含む地帯がある。この地帯ではアラナイトと呼ばれる金属鉱石が分布しており、本研究の調査サイトに選定した（図1）。調査サイトでは、NaI スペクトロメータを用いて空間線量率、簡易的なインパクタを使用して空気中ダスト濃度を測定した。数か所で試料を採取し、現地研究機関の高純度 Ge 半導体検出器を用いて放射能濃度の測定を実施した。試料から散逸する放射性ガスの評価のための実験容器の選定も行った。

（2）利用実態に応じた被ばく量の評価

（1）で取得したデータから、利用環境に応じた被ばく量を計算した。計算には、研究代表者が開発・導入した線量計算システム（欧州委員会報告書 RP-122 Part2 の典型的なシナリオに基づき算出されるシステム）等を参考にして実施した。サンプルが金属鉱石であることを踏まえ、ここでは輸送、屋内貯蔵、屋外

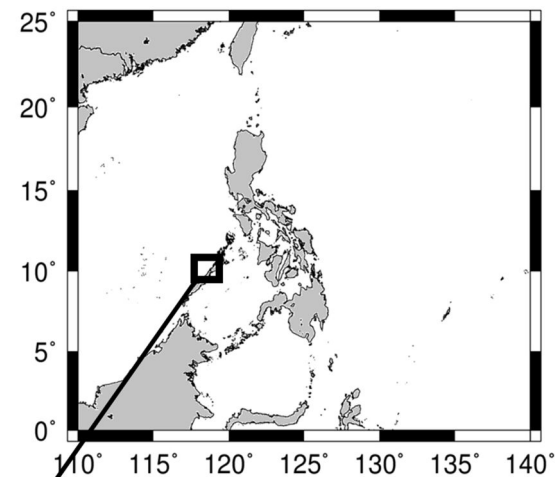


図1 調査サイト（フィリピン・パラワン島）

【Iwaoka et al., 2019】

貯蔵、屋内加工、屋外加工のシナリオについて計算した。

#### 4．研究成果

現地で測定した空間線量率(周辺線量率)を表1に示す。これらの値は、場所によって大きく異なり 0.060 から 0.81  $\mu\text{Sv/h}$  の範囲にあった。absorbed dose in air = ambient dose という荒い仮定をおけば、これらの値は世界平均値 (0.059  $\mu\text{Gy/h}$ ) よりも高いと言える。空气中ダスト濃度は、典型的な値 (0.05  $\text{mg/m}^3$ ) 【UNSCEAR 2008】よりも比較的高い値であった【Iwaoka et al., 2019】。

現地で採取したサンプルの放射能濃度を図2に示す。トリウム系列については IAEA 国際基本安全基準に示されている濃度レベルの値 (1Bq/g) 【IAEA, GSR Part3 2014】より高いサンプルが存在した。これらの放射能濃度の平均値を用いて計算した各作業シナリオの年間線量を表2に示す。それらの値は0.16から0.41mSvであり、国際放射線防護委員会の 2007 年勧告【ICRP Publication 103】の現存被ばくの参考レベル(1-20mSv/年)よりも低いレベルであることが分かった。また、無限体積線源と仮定して放射線輸送計算コードにより求めた空間線量率から導出した線量も参考レベル(1-20mSv/年)よりも低いレベルであった。また、サンプルから散逸する放射性ガス評価のための容器選定について、いくつかの容器を用いて空気換気率を検討した。その結果、いくつか容器は比較的密閉性が良かったが、接着剤等を活用することによりさらなる密閉性の向上が必要かもしれない。

表1 現地の空間線量率

| 場所      | 空間線量率<br>( $\mu\text{Sv/h}$ ) |
|---------|-------------------------------|
| Point1  | 0.81                          |
| Point2  | 0.58                          |
| Point3  | 0.40                          |
| Point4  | 0.42                          |
| Point5  | 0.30                          |
| Point6  | 0.21                          |
| Point7  | 0.31                          |
| Point8  | 0.12                          |
| Point9  | 0.088                         |
| Point10 | 0.06                          |

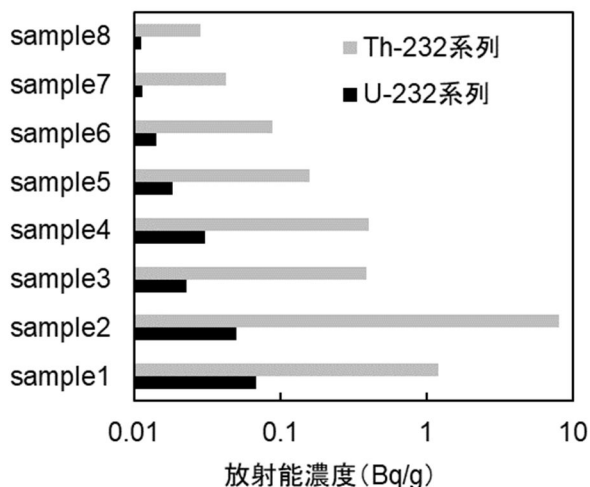


図2 サンプルの放射能濃度

表2 各作業シナリオにおける年間線量

| 輸送       | 屋内貯蔵     | 屋外貯蔵     | 屋内加工     | 屋外加工     |
|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0.16 mSv | 0.28 mSv | 0.21 mSv | 0.41 mSv | 0.28 mSv |

#### <引用文献>

- UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation). 2008. Radiation sources and effects of ionizing radiation. New York: UNSCEAR.
- IAEA. 2014. Radiation protection and safety of radiation sources: international basic safety standards. General Safety Requirements Part 3.
- International Commission on Radiological Protection. 2007. The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Publication 103.
- Kazuki Iwaoka et al., Preliminary Radiological Survey on High Rare-earth Containing Area in San Vicente, Philippines, Philippine Journal of Science, 148, 501-504 (2019).

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 6件／うち国際共著 8件／うちオープンアクセス 1件）

|                                                                                                              |                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 1. 著者名<br>L. Palad, C. Mendoza, C. Feliciano, J. Olivares, K. IWAOKA                                         | 4. 巻<br>Supplementary IAEA-CN-206 |
| 2. 論文標題<br>NORM waste disposal options in the Philippines                                                    | 5. 発行年<br>2022年                   |
| 3. 雑誌名<br>Proceedings Series IAEA: Management of Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) in Industry | 6. 最初と最後の頁<br>1-4                 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>なし                                                                                | 査読の有無<br>無                        |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスとしている（また、その予定である）                                                                        | 国際共著<br>該当する                      |

|                                                                                                                                               |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Kazuki Iwaoka, Ryoju Negami, Yuki Tamakuma, Masahiro Hosoda, Lorna Jean H. Palad, Shinji Tokonami, Chitho P. Feliciano, Reiko Kanda | 4. 巻<br>150           |
| 2. 論文標題<br>Evaluation of the Influence of Thoron on Portable Radon Measurement Devices                                                        | 5. 発行年<br>2021年       |
| 3. 雑誌名<br>Philippine Journal of Science                                                                                                       | 6. 最初と最後の頁<br>257-261 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>なし                                                                                                                 | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難                                                                                                        | 国際共著<br>該当する          |

|                                                                                                                                                                                |                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| 1. 著者名<br>Rosario R. Encabo, Paolo Tristan F. Cruz, Antonio C. Bonga III, Christian L. Dela Sada, Vanessa J. Omandam, Juanario U. Olivares, Kazuki Iwaoka, Chitho P. Feliciano | 4. 巻<br>192       |
| 2. 論文標題<br>Measurement of ambient gamma dose rate in Metro Manila, Philippines, using a portable NaI(Tl) scintillation survey meter                                            | 5. 発行年<br>2020年   |
| 3. 雑誌名<br>Environmental Monitoring and Assessment                                                                                                                              | 6. 最初と最後の頁<br>400 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>なし                                                                                                                                                  | 査読の有無<br>有        |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難                                                                                                                                         | 国際共著<br>該当する      |

|                                                                                                                 |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1. 著者名<br>L. Palad, C. Mendoza, F. Delacruz, J. Olivares, K. Iwaoka                                             | 4. 巻<br>184           |
| 2. 論文標題<br>MEASUREMENT OF AMBIENT GAMMA DOSE RATES ALONG TWO INDUSTRIAL FACILITIES IN LEYTE ISLAND, PHILIPPINES | 5. 発行年<br>2019年       |
| 3. 雑誌名<br>Radiation Protection Dosimetry                                                                        | 6. 最初と最後の頁<br>351-354 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子）<br>なし                                                                                   | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難                                                                          | 国際共著<br>該当する          |

|                                                                                                                                                                                   |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Kazuki Iwaoka, Lorna Jean H. Palad, Christopher O. Mendoza, Masahiro Hosoda, Paolo Tristan F. Cruz, Eliza B. Enriquez, Ryan Joseph Aniago, Shinji Tokonami, Reiko Kanda | 4. 巻<br>148           |
| 2. 論文標題<br>Absorbed dose rates in air along the roads in Quezon City, Philippines                                                                                                 | 5. 発行年<br>2019年       |
| 3. 雑誌名<br>Philippine Journal of Science                                                                                                                                           | 6. 最初と最後の頁<br>395-399 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし                                                                                                                                                    | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難                                                                                                                                            | 国際共著<br>該当する          |

|                                                                                                                                                                                   |                       |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1. 著者名<br>Kazuki Iwaoka, Lorna Jean H. Palad, Christopher O. Mendoza, Masahiro Hosoda, Paolo Tristan F. Cruz, Eliza B. Enriquez, Ryan Joseph Aniago, Shinji Tokonami, Reiko Kanda | 4. 巻<br>148           |
| 2. 論文標題<br>Preliminary Radiological Survey on High Rare-earth Containing Area in San Vicente, Philippines                                                                         | 5. 発行年<br>2019年       |
| 3. 雑誌名<br>Philippine Journal of Science                                                                                                                                           | 6. 最初と最後の頁<br>501-504 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし                                                                                                                                                    | 査読の有無<br>有            |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難                                                                                                                                            | 国際共著<br>該当する          |

|                                                                                                                                                                                                    |                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|
| 1. 著者名<br>Kazuki Iwaoka, Lorna Jean H. Palad, Christopher O. Mendoza, Eliza B. Enriquez, Ryan Joseph Aniago, Teofilo Y. Garcia, Masahiro Hosoda, Shinji Tokonami, Chitho P. Feliciano, Reiko Kanda | 4. 巻<br>1           |
| 2. 論文標題<br>Natural radiation exposure in geothermal power plant in the Philippines                                                                                                                 | 5. 発行年<br>2020年     |
| 3. 雑誌名<br>Proceedings of 5th International Conference on Environmental Radioactivity                                                                                                               | 6. 最初と最後の頁<br>39-41 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし                                                                                                                                                                     | 査読の有無<br>無          |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難                                                                                                                                                             | 国際共著<br>該当する        |

|                                                                                                                                                                                                              |                    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| 1. 著者名<br>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 | 4. 巻<br>30         |
| 2. 論文標題<br>Preliminary Development of Thoron Exposure System in the Philippines                                                                                                                              | 5. 発行年<br>2018年    |
| 3. 雑誌名<br>Science Diliman                                                                                                                                                                                    | 6. 最初と最後の頁<br>5-13 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子)<br>なし                                                                                                                                                                               | 査読の有無<br>有         |
| オープンアクセス<br>オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難                                                                                                                                                                       | 国際共著<br>該当する       |

〔学会発表〕 計14件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

|                                        |
|----------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>富坂 侑斗, 矢島 千秋, 岩岡 和輝, 神田 玲子  |
| 2. 発表標題<br>国内における NORM被ばく防護検討のためのデータ調査 |
| 3. 学会等名<br>第59回アイソトープ・放射線研究発表会         |
| 4. 発表年<br>2022年                        |

|                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Kazuki Iwaoka et al.                                                               |
| 2. 発表標題<br>Current status of comprehensive survey on naturally occurring radioactive material |
| 3. 学会等名<br>The 64th Annual Meeting of the Japanese Radiation Research Society                 |
| 4. 発表年<br>2021年                                                                               |

|                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>Kazuki Iwaoka                                                                   |
| 2. 発表標題<br>Current status of NORM survey in Japan                                          |
| 3. 学会等名<br>2021 FNCA Workshop on Radiation Safety and Radioactive Waste Management Project |
| 4. 発表年<br>2021年                                                                            |

|                                                      |
|------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名<br>岩岡和輝                                      |
| 2. 発表標題<br>大気中放射性核種測定装置のトリンガスの影響（キックオフ）              |
| 3. 学会等名<br>2020年度放射能環境動態・影響評価ネットワーク共同研究拠点キックオフミーティング |
| 4. 発表年<br>2020年                                      |

|        |                                                                                                                              |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1．発表者名 | Lorna Jean H Palad, Christopher O Mendoza, Chitho P Feliciano, Juanario Y Olivares, Kazuki Iwaoka                            |
| 2．発表標題 | NORM waste disposal options in the Philippines                                                                               |
| 3．学会等名 | International Conference on the Management of Naturally Occurring Radioactive Material (NORM) in Industry (NORM 2020) (国際学会) |
| 4．発表年  | 2020年                                                                                                                        |

|        |                                   |
|--------|-----------------------------------|
| 1．発表者名 | 岩岡和輝                              |
| 2．発表標題 | 大気中放射性核種測定装置のトロンガスの影響（成果）         |
| 3．学会等名 | 2020年度放射能環境動態・影響評価ネットワーク共同研究拠点報告会 |
| 4．発表年  | 2020年                             |

|        |                       |
|--------|-----------------------|
| 1．発表者名 | 岩岡和輝                  |
| 2．発表標題 | NORMの放射能濃度調査          |
| 3．学会等名 | 令和2年放射線防護に関する専門家意見交換会 |
| 4．発表年  | 2020年                 |

|        |                                                                         |
|--------|-------------------------------------------------------------------------|
| 1．発表者名 | Kazuki Iwaoka                                                           |
| 2．発表標題 | Issues on NORM in Japan                                                 |
| 3．学会等名 | 2019 National Training Course on Environmental Radioactivity Monitoring |
| 4．発表年  | 2019年                                                                   |

|         |                                                                                                                                                                                     |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 | Kazuki Iwaoka, Eliza B. Enriquez, Teofilo Y. Garcia, Ryan Joseph Aniago, Lorna Jean H. Palad, Masahiro Hosoda, Shinji Tokonami, Hidenori Yonehara, Chitho P. Feliciano, Reiko Kanda |
| 2. 発表標題 | Radiation survey of fossil fuel in the Philippines                                                                                                                                  |
| 3. 学会等名 | 5th International Conference on Environmental Radioactivity (ENVIRA2019) (国際学会)                                                                                                     |
| 4. 発表年  | 2019年                                                                                                                                                                               |

|         |                                                                                                                                                                                          |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 | Kazuki Iwaoka, Lorna Jean H. Palad, Christopher O. Mendoza, Eliza B. Enriquez, Ryan Joseph Aniago, Teofilo Y. Garcia, Masahiro Hosoda, Shinji Tokonami, Chitho P. Feliciano, Reiko Kanda |
| 2. 発表標題 | Natural radiation exposure in geothermal power plant in the Philippines                                                                                                                  |
| 3. 学会等名 | 5th International Conference on Environmental Radioactivity (ENVIRA2019) (国際学会)                                                                                                          |
| 4. 発表年  | 2019年                                                                                                                                                                                    |

|         |                                                |
|---------|------------------------------------------------|
| 1. 発表者名 | 岩岡和輝、LJ Parad、E Enriquez、F dela Cruz、細田正洋、床次眞司 |
| 2. 発表標題 | 弘前大学のトリノガス曝露装置開発技術の活用                          |
| 3. 学会等名 | 日本保健物理学会第51回研究発表会                              |
| 4. 発表年  | 2018年                                          |

|         |                                          |
|---------|------------------------------------------|
| 1. 発表者名 | 岩岡和輝、細田正洋、床次眞司                           |
| 2. 発表標題 | 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 |
| 3. 学会等名 | 日本保健物理学会第51回研究発表会                        |
| 4. 発表年  | 2018年                                    |

|                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 . 発表者名<br>L. Palad, C. Mendoza, F. Delacruz, J. Olivares, K. Iwaoka                                                                                                                                     |
| 2 . 発表標題<br>Absorbed dose rates in air along two industrial facilities in Leyte Island, Philippines                                                                                                       |
| 3 . 学会等名<br>9th International Conference on High Level Environmental Radiation Areas- For Understanding Chronic Low-Dose-Rate Radiation Exposure Health Effectsand Social Impacts (ICHLERA 2018) ( 国際学会 ) |
| 4 . 発表年<br>2018年                                                                                                                                                                                          |

|                                                                             |
|-----------------------------------------------------------------------------|
| 1 . 発表者名<br>(73)岩岡和輝、ローナジェーンパラド、クリストファーメンドサ、フェデラクルズ、細田正洋、床次眞司、エリザエンリケス、神田玲子 |
| 2 . 発表標題<br>新たな高線量地域—フィリピン共和国サンピセンテにおける初期調査                                 |
| 3 . 学会等名<br>日本放射線影響学会第61回大会，長崎，2018.11                                      |
| 4 . 発表年<br>2018年                                                            |

〔 図書 〕 計0件

〔 産業財産権 〕

〔 その他 〕

-

#### 6 . 研究組織

|                   | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号)   | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号)             | 備考 |
|-------------------|-----------------------------|-----------------------------------|----|
| 主たる渡航先の主たる海外共同研究者 | エンリケス エリザ<br><br>(E. ELIZA) | フィリピン科学技術省フィリピン原子力研究所・保健物理部・主席研究官 |    |

## 6. 研究組織（つづき）

|                   | 氏名<br>(ローマ字氏名)<br>(研究者番号)    | 所属研究機関・部局・職<br>(機関番号)             | 備考 |
|-------------------|------------------------------|-----------------------------------|----|
| 主たる渡航先の主たる海外共同研究者 | フィリシアノ チト<br><br>(F. Chitho) | フィリピン科学技術省フィリピン原子力研究所・保健物理部・統括研究官 |    |

## 7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

## 8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国  | 相手方研究機関               |  |  |  |
|----------|-----------------------|--|--|--|
| フィリピン共和国 | フィリピン科学技術省フィリピン原子力研究所 |  |  |  |