

令和 6 年 6 月 13 日現在

機関番号：12612

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化(B)）

研究期間：2020～2023

課題番号：20KK0231

研究課題名（和文）高放射線量地域をフィールドとしたネットワーク型環境防災の実現

研究課題名（英文）Environmental disaster prevention using IoT in high radiation areas

研究代表者

石垣 陽（Ishigaki, Yo）

電気通信大学・国際社会実装センター・特任教授

研究者番号：50723350

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,900,000円

研究成果の概要（和文）：インドネシア・バンカ島のスズ鉱山周辺における放射線量調査の結果、自然放射線レベルの最大50倍に達する高線量地域が確認された。研究グループは、IoTモニタリングシステムを構築することにより、放射線リスクの可視化を実現した。さらに、現地の大学や政府機関と連携し、放射線防護ガイドラインの策定を行った。

本研究の成果は国際学会において発表され、人材育成を通じてアジアにおける環境放射能研究ネットワークの基盤構築に寄与した。これらの知見は、持続可能な資源開発に向けた放射線リスク管理の重要性を示唆するものである。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の学術的意義は、インドネシアのスズ鉱山における放射線リスクを初めて包括的に評価し、高線量地域の存在と放射線源を特定したことである。IoTモニタリングシステムや移動サーベイに基づくリスクコミュニケーションは、環境放射線分野における新規のアプローチだといえる。

現地の住民や作業員の放射線被ばくを低減するための具体的な指針が提供された点も重要である。また、現地の大学や政府機関との連携を通じた人材育成は、インドネシアの環境放射線管理体制の長期的な強化に寄与すると期待される。

本研究で得られた知見とアプローチは、他の資源開発地域にも応用可能であり地球規模の環境課題の解決に資す

研究成果の概要（英文）：A radiation survey around tin mines in Bangka Island, Indonesia, revealed high-radiation areas reaching up to 50 times the natural background level. The research group developed an IoT monitoring system to visualize radiation risks. Furthermore, they collaborated with local universities and government agencies to establish radiation protection guidelines.

The findings of this study were presented at international conferences and contributed to the foundation of an environmental radioactivity research network in Asia through human resource development. These insights underscore the importance of radiation risk management for sustainable resource development.

研究分野：環境可視化

キーワード：NORM TeNORM 資源開発 鉱山 鉱物資源 放射性鉱物 リスクアウェアネス 途上国

様式 C - 19、F - 19 - 1 (共通)

1. 研究開始当初の背景

インドネシアのバンカ島は世界有数のスズの産地だが、研究代表者らの調査により、鉱物由来の高レベル放射線量地帯が多数散在していることが明らかになった。スズの選鉱施設周辺では、放射線量が自然放射線レベルの10倍以上に達する場所も確認された。この放射線は、スズ鉱石に含まれるウランやトリウムなどに由来する。住民の健康影響が懸念されるが、州政府には放射線測定器がなく、線量分布の詳細は不明であった。また、地域住民のリスク認知も殆どない状況であった。

2. 研究の目的

本研究の目的は、研究代表者らが開発した半導体センサによる超小型・廉価・高精度な放射線量計を活用し、スマートフォンを用いた参加型のIoTハザードマッピングを実施することである。これにより、地域の放射線量分布を明らかにし、可視化する。さらに、SNSを通じた議論により放射線に関する知識獲得を促進し、被曝低減に向けた地域ルールの合意形成までを目指す。これらの一連のプロセスを「ネットワーク型の環境防災」として実証することが本研究の目的である。

3. 研究の方法

(1) ドローンを用いた空撮(図1)により、スズ鉱山周辺の地形や施設の全体像を把握した。(2) 選鉱施設や鉱滓の保管場所などの作業現場において、放射線量の詳細測定を実施した。(3) 隣接する住宅内の線量測定を行うとともに、地域住民および作業者の個人曝露量をガラス線量計により測定した(図2)。(4) 作業者の尿サンプルを用いたバイオアッセイにより、体内ウラン量を推定した。(5) 特に線量が高いエリアについては、歩行サーベイにより詳細な線量分布を測定し、可視化した(図3)。(6) 研究グループが開発したIoTモニタリングポストを現地に設置し、連続的な線量モニタリングを実現した(図4)。(7) 日本から20台の線量計を現地の研究機関に投入し、現地の測定能力開発と、SNSを活用したリスクコミュニケーションワークショップを実施した(図5)。

4. 研究成果

測定の結果、選鉱施設周辺の空間線量率は最大で毎時5マイクロシーベルトに達し、自然放射線レベルの約50倍であることが明らかになった。また、作業者の個人曝露線量は年間5ミリシーベルトを超える者もあり、国際的な規制値に近い値が確認された。尿バイオアッセイの結果からは、一部の作業者で体内ウラン量が有意に高いことが示唆された。本研究により、バンカ島のスズ鉱山地域における放射線リスクの全体像が初めて明らかになった。得られた測定データをもとに、地域の定常的な放射線リスクの可視化を実現した。また、放射線防護の専門家と協力して、住民や作業者の放射線防護のためのガイドライン骨子を策定した。ガイドラインには、線量の高い場所の特定と立入制限、作業者の個人線量モニタリング、防護服の着用、汚染検査の実施などが盛り込まれた。

研究成果は国内外の学会で発表されるとともに、査読付き論文3本(うち国際誌2本)にまとめられた。開発した測定機材やハザードマッピングのためのシステムに関する技術論文も発表された。本研究は、インドネシアのスズ鉱山における放射線リスクに関する世界初の総合的調査であり、今後の持続可能な資源開発のあり方を考える上で重要な知見を提供した。

研究実施期間の後半は新型コロナウイルスの影響により日本人研究者の渡航が叶わなかったが、オンラインでの頻繁な打合せと、現地の共同研究者による精力的な調査により、当初の目標を達成することができた。本研究で培われた日本とインドネシアの研究者ネットワークは、アジアにおける環境放射線防護研究の発展に大きく寄与するものと期待される。

一方で、国際共同研究の成果は以下のようにまとめられる。

1. インドネシア・バンドン工科大学との共同研究

バンドン工科大学とは、現地の線量測定や土壌サンプリングにおいて緊密に連携した。同大学の研究者が、土壌中の放射性核種の分析を担当し、ウランやトリウムなどの核種を同定した。これにより、高線量地域の放射線源が特定された。また、同大学の研究者を日本に招聘し、最新の放射線測定技術に関する知見を共有した。

2. インドネシア・アトマルハルコンピュータサイエンスマネジメント大学との共同研究

同大学とは、IoTモニタリングポストのシステム開発において協力した。同大学の研究者が、現地の通信環境に適したデータ通信プロトコルの選定や、システムの省電力化などに貢献した。これにより、バンカ島の過酷な環境下でも安定的に稼働するモニタリングシステムが実現した。

3. インドネシア国家研究イノベーション庁との連携

同庁とは、研究成果の社会実装に向けた協議を行った。特に、放射線防護ガイドラインの策定においては、同庁の政策担当者と緊密に意見交換を行い、インドネシアの法規制や社会状況に合ったガイドラインの在り方を検討した。また、研究成果の普及啓発のため、同庁主催のシンポジ

ウムやワークショップに登壇し、研究の意義や成果を広く発信した。

4. 国際学会における成果発表

研究成果は、放射線防護分野の主要な国際学会・雑誌等で発表された。さらに開発成果の一部である SNS を利用した情報共有システムは国内の災害事例にも適用された。また、リスクコミュニケーションに関わる知見は、医療従事者の被ばく管理や原子力災害時医療の研究成果にも応用され、学術的な広がりをもたらすことができた。

5. 人材育成の取り組み

本研究を通じて、インドネシアの若手研究者の育成にも貢献した。研究代表者の所属機関には、バンドン工科大学から 2 名の留学生を受け入れ、放射線測定や線量評価に関する技術指導を行った。帰国後は、これらの留学生が中心となって、バンカ島における放射線モニタリングの継続と、現地研究者の育成を担うことが期待される。

以上のように、本研究は日本とインドネシアの研究機関の緊密な連携により遂行され、放射線リスク評価という喫緊の課題に対して、科学的エビデンスに基づく政策提言を行った。また、人材育成を通じて、インドネシアにおける放射線防護研究の基盤強化にも寄与した。本研究で構築された国際研究ネットワークは、アジア地域における環境放射能研究の発展の基盤となることが期待される。



図 1 ドローンでの状況確認



図 2 ガラス線量計



図 3 歩行サーベイの結果



図 4 開発した IoT モニタリングポスト



図 5 線量計を使ったリスクコミュニケーションワークショップの様子

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Naoki Matsuda, Noboru Takamura, Noboru Oriuchi, Hiroshi Ito, Kazuo Awai, Takashi Kudo	4. 巻 126(4)
2. 論文標題 Radiation Exposure Characteristics among Healthcare Workers: Before and After Japan's Ordinance Revision Aiganym Imakhanova	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Health Physics	6. 最初と最後の頁 online
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス 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 -
1. 著者名 山田裕美子, 山口拓允, 松田尚樹, 宇佐俊郎, 山下和範, 田崎修	4. 巻 6(1)
2. 論文標題 原子力災害時医療の人材育成に係る課題と今後の教授内容の探索	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本放射線事故・災害医学会雑誌	6. 最初と最後の頁 1-9
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス 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 -
1. 著者名 六瀬聡宏, 宇津圭祐, 内田理	4. 巻 123(34)
2. 論文標題 令和4年度大雪災害時に投稿されたツイートの特徴分析	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 電子情報通信学会技術研究報告	6. 最初と最後の頁 41-46
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス 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 -
1. 著者名 Yo Ishigaki, Yoshinori Matsumoto, Katsumi Shozugawa, Mayumi Hori, Kan Shimazaki, Kenji Tanaka	4. 巻 online
2. 論文標題 Needs assessment and prototype of a low-cost radiation monitoring system for citizens in Fukushima	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 2022 International Electrical Engineering Congress (iEECON)	6. 最初と最後の頁 online
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス 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 -

1. 著者名 Y. Ishigaki, Y. Matsumoto, K. Shozugawa, M. Hori, K. Shimazaki and K. Tanaka	4. 巻 0
2. 論文標題 Needs assessment and prototype of a low-cost radiation monitoring system for citizens in Fukushima	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proc. of 2022 International Electrical Engineering Congress (iEECON), 2022	6. 最初と最後の頁 1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/iEECON53204.2022.9741656	査読の有無 無
オープンアクセス 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 該当する

1. 著者名 Uchida Osamu, Tajima Sachi, Kajita Yoshitaka, Utsu Keisuke, Murakami Yuji, Yamada Sanetoshi	4. 巻 N/A
2. 論文標題 Development and Implementation of an ICT-based Disaster Prevention and Mitigation Education Program for the Young Generation	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Information Systems Frontiers	6. 最初と最後の頁 N/A
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10796-020-10082-9	査読の有無 有
オープンアクセス 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 -

〔学会発表〕 計20件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 7件)

1. 発表者名 Imam Ghazali Yasmin, Kayoko Yamamoto, Yo Ishigaki
2. 発表標題 Monte Carlo Simulation for Deposited Energy of Gamma Radiation in Pure Plastic Scintillators
3. 学会等名 日本原子力学会年会 (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 浅野 大輔, 松本 佳宣, 石垣 陽, 時吉 正憲, 西山 恭平, 長峰 春夫
2. 発表標題 現場向けIoT式可搬・屋外型放射線モニタリングシステムの製作
3. 学会等名 日本原子力学会年会 (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 六瀬聡宏, 内田理
2. 発表標題 系列変換モデルを利用したツイートの言い換えによる災害対応に有益な情報抽出
3. 学会等名 第37回人工知能学会全国大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 六瀬聡宏, 宇津圭祐, 内田理
2. 発表標題 大雪時に投稿された交通障害ツイートの特徴分析
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 山内基弘, トン マオ, 松田尚樹
2. 発表標題 局所被ばく時の線量評価のためのバイオドシメトリーテーブルの作成
3. 学会等名 日本放射線安全管理学会第22回学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松田尚樹, 山内基弘, 西 弘大, 阿部 悠, 玉熊佑紀, 三浦美和, 福田直子, 横山須美, 工藤 崇
2. 発表標題 放射線安全専門家の放射線災害対策への関与の可能性
3. 学会等名 日本放射線安全管理学会第22回学術大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 岡崎 龍史, 加藤 尊秋, 林 卓哉, 真船 浩介, 江口 尚, 松田 尚樹, 長谷川 有史, 越智 小枝, 立石 清一郎.
2. 発表標題 福島原発作業員の放射線不安に関するアンケート調査 第2報
3. 学会等名 日本放射線影響学会第66回大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松田 尚樹
2. 発表標題 原子力・放射線災害における被ばく防護体制の現状と課題
3. 学会等名 北海道地区大学等放射線施設協議会 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松田 尚樹
2. 発表標題 臨床現場で役立つ放射線健康リスクと今後の放射線技師の役割について
3. 学会等名 令和5年度九州国立病院機構診療放射線技師会学術大会 (招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 内田 理, 山口 良二, 長 幸平
2. 発表標題 災害情報の共有を目的とした画像登録システム
3. 学会等名 電子情報通信学会 安全・安心な生活とICT研究会 2022年5月27日 富山大学 電子情報通信学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Toshihiro Rokuse, Osamu Uchida
2. 発表標題 Location Mention Recognition from Disaster-related Tweets
3. 学会等名 7th IFIP WG5.15 Conference on Information Technology in Disaster Risk Reduction (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Yuki Tamakuma, Yu Abe, Osamu Kurihara, Naoki Matsuda
2. 発表標題 Influence of biodistribution of radionuclides on peak efficiency for a scanning-type whole-body counter
3. 学会等名 The 15th International Workshop on Ionizing Radiation Monitoring (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松田 尚樹, 福田 直子, 田川 孝樹, 綾香 大成, 谷口 尚士, 工藤 崇
2. 発表標題 医療における放射線防護教育のための放射線モニタリングリファレンスの作成
3. 学会等名 第4回日本保健物理学会・日本放射線安全管理学会合同大会(2022)福岡
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 YO ISHIGAKI, Yoshinori Matsumoto, Katsumi Shozugawa, Mayumi Hori, Kan Shimazaki, Kenji Tanaka
2. 発表標題 Needs assessment and prototype of a low-cost radiation monitoring system for citizens in Fukushima
3. 学会等名 The International Electrical Engineering Congress2022(IEECON2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Naoki Matsuda
2. 発表標題 Response to Fukushima and Lessons Learned
3. 学会等名 The 5th QST International Symposium on Radiation Emergency Monitoring and Medicine in Nuclear Disaster (2021) Chiba (Web)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福田 直子, 工藤 崇, 松田 尚樹
2. 発表標題 長崎市西山地区の残留放射能による被ばく線量の再評価
3. 学会等名 日本放射線影響学会第64回大会(2021)水戸(Web)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Osamu Uchida, Ryoji Yamaguchi, Kohei Cho
2. 発表標題 Extension of the Disaster Information Sharing System DITS & DIMS to a System Available on a Daily Use
3. 学会等名 5th International Conference on Information and Computer Technology, New York, USA, March 4-6, 2021. (査読有、オンライン参加)(国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 内田 理, 山口 良二, 長 幸平
2. 発表標題 衛星画像とソーシャルメディアを利用したグローバル災害モニタリングシステム
3. 学会等名 電子情報通信学会 安全・安心な生活とICT研究会, May 28, 2021. (オンライン)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yo Ishigaki, Harrizki Arie Pradana, Sidik Permana, and Kenji Tanaka
2. 発表標題 Dose-rate Mapping Using Smartphone for Risk Awareness in Local Residents and Workers at Zircon Sand Facility in Bangka Island in Indonesia
3. 学会等名 IRPA15, 15th International Congress of the International Radiation Protection Association (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松田尚樹
2. 発表標題 放射線被ばくと新型コロナウイルス感染を比べてみる
3. 学会等名 日本放射線安全管理学会第19回学術大会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 Society 5.0における農業および環境センシング技術に関わる調査研究委員会	4. 発行年 2023年
2. 出版社 CMC出版	5. 総ページ数 248
3. 書名 Society 5.0における農業・環境センシング最前線 センシングデータ活用事例と将来展望	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	松田 尚樹 (Matsuda Naoki) (00304973)	長崎大学・原爆後障害医療研究所・客員研究員 (17301)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	内田 理 (Uchida Osamu) (50329306)	東海大学・情報理工学部・教授 (32644)	
研究分担者	田中 健次 (Tanaka Kenji) (60197415)	電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授 (12612)	
研究分担者	江藤 和子 (Eto Kazuko) (90461847)	電気通信大学・大学院情報理工学研究科・客員研究員 (12612)	

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			
インドネシア	国家研究イノベーション庁	バンドン工科大学	アトマルハルコンピュータサイ エンスマネジメント大学	