

令和 6 年 6 月 16 日現在

機関番号：15401

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：2018～2023

課題番号：18KK0147

研究課題名（和文）緊急時において公衆の線量を遡及的に測定評価する実用的技術の開発

研究課題名（英文）Developing practical techniques of retrospective dosimetry for affected individuals in radiological emergencies

研究代表者

保田 浩志（Yasuda, Hiroshi）

広島大学・原爆放射線医科学研究所・教授

研究者番号：50250121

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,100,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、年代測定等の研究分野で用いられている最先端の測定技術・ノウハウを活用し、既存の方法に比べてより迅速かつ高精度に個人の被ばくレベルと被ばく状況を把握する実用的な線量評価法を開発し社会実装することに取り組んだ。具体的には、手指の爪や誰でも容易に携帯できる採取可能な様々な試料からの放射線誘起信号から人体が受けた被ばくレベルを推定すると共に、高感度でバックグラウンドが低く試料による応答の差異が比較的少ない化学的に安定した素材からのデータを総合的に解析することにより、被ばく状況と人体各部位が受けた線量を精緻に評価する方法を開発し、それらの実用的な成果を国際学術誌の論文として発表した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

福島第一原発事故において、公衆の被ばく線量を正確に知ることの難しさが大きくクローズアップされた。本研究の開始当初も、その不確かさゆえに多くの市民が将来発現し得るかもしれない健康影響に関して不安を抱いている。しかしながら、そうした原子力事故などの緊急時に公衆の被ばく線量を正確に把握する方法には未だ有効なものがなく、過去繰り返し放射線災害（原爆、東海村事故、福島第一原発事故等）を経験してきた日本が世界をリードしてこれを確立することが期待されていた。研究代表者らは、本研究を通してこの社会的要請に応えてきた。

研究成果の概要（英文）：In this study, we have developed and attempted to implement practical dose assessment methods that can determine the individual dose levels and exposure situations more quickly and accurately than existing methods, utilizing state-of-the-art measurement technologies and know-hows used in research fields such as dating. Specifically, we have successfully estimated the exposure levels from the radiation-induced signals of various portable samples that can be carried by people, and developed methods to precisely reproduce the exposure situations and doses received by a human body or organ by comprehensively analyzing the data obtained from chemically stable materials that have high sensitivity, low background, and relatively little difference in response, and have published these practical findings in international academic journals.

研究分野：放射線測定評価

キーワード：放射線 線量評価 遡及的 ルミネセンス 電子スピン共鳴吸収 ラジオクロミック 緊急時

1. 研究開始当初の背景

2011年3月に発生した福島第一原発事故で得られた重要な教訓の1つとして、予期しなかった事故での不確かさの大きい被ばくは、影響を受けた人々に、将来発現し得るかもしれない健康影響に関する強い精神的ストレスをもたらすことが挙げられる。一方、そうした原子力災害などが突然発生した時に公衆の被ばく線量を正確に把握する方法には未だ有効なものがない。福島第一原発事故でも、放射線業務従事者ではなく普段線量計を持たない公衆の個人線量を正確に把握することの難しさがクローズアップされた。大規模な原子力災害以外にも、放射線医療現場での誤照射や非破壊検査やX線解析での被ばく事象等が世界でコンスタントに起きており、そうした予め想定されていない状況において迅速正確に線量を評価し安全性を判定できるようにする必要がある。その際、被ばくの状況に関する情報（線源からの距離、被ばく時の姿勢、継続時間など）が不確かであることが多いため、モデル計算による線量推定には精度上限界があり、できるだけ放射線の強度を示す実測データを入手し活用することが望ましい。

放射線計測の目的で既に様々な線量計が開発され一部は市販されているが、生体組織や日頃携帯している日用品を用いて線量を測る技術の開発は遅々として進んでいない。これを効率的に進めるには、年代測定分野において開発・利用されている優れた施設設備や技術・ノウハウを活用することが極めて有効である。そして、過去繰り返し放射線災害（原爆、東海村事故、福島第一原発事故等）を経験してきた日本においては、他国の優れた技術を取り入れつつ、世界をリードして当該手法を確立することが期待されている。

2. 研究の目的

上記のような背景状況のなか、筆者らは、様々な被ばく事故において共通する課題である、被ばくした又は被ばくした可能性のある個人の線量を迅速かつ正確に把握し、被ばく者に対する治療方針の策定や将来発現し得る健康影響の予測を容易にできるようにすることを目的に研究を行った。より具体的には、生体組織（爪等）や常時携帯可能な超小型の素材を用いた新たな遡及的線量評価手法の開発・実用化に焦点を当て、複数の手法を対象にした研究開発に取り組んだ。それにより、放射線業務従事者が職業被ばくの管理に用いているような個人線量計を有しない一般公衆が被ばくした場合においても個人の線量を迅速かつ正確に評価できるようにすることを狙いとしました。

なお、一定の線量を被ばくした後に個人の線量を評価する方法として、血液を採取して染色体異常やリンパ球の減少を観る生物学的な線量評価法が知られている。この方法は、全身が比較的高い線量で均等に被ばくした場合には有効であるが、被ばくが不均等で身体の部位により線量が違うような場合には適用できない。また、被ばく源の放射線の種類（線か線かなど）は分からない。加えて、血液の処理や染色体/リンパ球の計数に1～数日かかり、さらに、人により応答（感受性）が異なるので時間をかけて個人毎の検量線を作成する必要があり、迅速な線量評価には適さない。

そこで、本研究では、オーストリア国ザルツブルグ大学との国際共同研究を行うことにより、生物学的線量評価法の限界を克服する、より柔軟かつ高精度に個人の被ばく線量と被ばくの状況（入射方向、被ばくした部位、線質等）を把握する独創的な手法の実用化に。

3. 研究の方法

研究代表者らのグループは、従前より原子力・放射線災害において有効な線量評価法に関する研究に精力的に取り組んでいた。現在は生体試料（爪、歯等）の電子スピン共鳴吸収（ESR）を測定することにより放射線被ばく由来のラジカルを定量し、遡及的に線量を評価する方法を実用化することを目指している。しかしながら、生体組織の放射線応答には試料の採取場所や処理の仕方による違いが観られ、湿度や温度などの環境条件（採取後の保管状態を含む）による影響も受け易い。よって、それらの個人差や条件の違いを考慮した解析が必要となる。また、人々は自然界の放射線や医療放射線（集団検診時やCT検査のX線等）を受けているので、それらによりバックグラウンドのレベルが高い場合には、事故により受けた線量を正確に定量することが難しくなる。

そこで、本研究では、年代測定分野の研究に長く取り組んでいるザルツブルグ大学との国際共同研究を行うことにより、広島大学にはない先端的でユニークな試料作製設備や測定装置ならびに習熟した専門家の協力を得て、研究代表者らが目指した緊急時に有効な公衆の線量評価法の確立に資する研究開発を効率的に実施した。それらの研究開発の主題は、(1) 爪を用いた緊急時被ばく測定評価、(2) 放射線蛍光強度の時間変化を利用した被ばく時期の推定、(3) 放射線着色素材を利用したオンサイト放射線モニタリングの4つに大きく区分することができる。

対象とした試料には、比較的容易に採取できる生体試料である手指の爪(1)に加え、精度の高い結果を得やすい物理学的線量評価に有効な試料、すなわち、バックグラウンドが低く比較的低い線量でも十分な信号量が安定して得られる素材(2)や放射線被ばくを肉眼で容易に検出できる新たな放射線着色素材(3)等を複合的に用いた。そして、複数の異なる性質の試料で得られる信号を総合的に解析することにより、正確な線量評価とともに、被ばく状況の精緻な再現を可能する手法について考察した。

4. 研究成果

本研究では、先述したように、ザルツブルグ大学との共同研究を端緒として、以下の3つの主題について研究を進展させ、多くの独創的な研究成果を得て、それらを国際学術誌において積極的に発表した。以下、本研究で得られた成果の概略をカテゴリー毎に報告する。

(1) 爪を用いた緊急時被ばく測定評価

小児を含む複数の提供者から収集した爪について、線やX線の照射を行い、電子スピン共鳴吸収 (ESR) 強度の安定性を実験的に調べ、個人による線量応答の変動を定量化すると共に、最適な試料保管条件や前処理条件等を明らかにした[1-4]。

(2) 放射線蛍光強度の時間変化を利用した被ばく時期の推定

日本で製品化されたマグネシウムシリカの熱ルミネセンス線量計の光刺激ルミネセンスの減衰特性や新たに開発した耐候性に優れたラジオフィトルミネセンスガラス (SAPANS) が持つ緩慢なビルドアップ特性を利用して、放射線被ばく後の経過時間を遡及的に推定する方法を提案し、気温変化の大きな屋外での測定でも有効であることを実証した[5-9]。

(3) 放射線着色素材を利用したオンサイト放射線モニタリング

ポリビニールアルコールとヨウ素の化合物を基盤とする新たなラジオクロミック化合物 (PAISiN) を開発し、実用上優れた色変化特性・線量応答・再利用性等を有することを明らかにしました[10-12]。また、ラジオクロミックフィルムとポータブルな色度計の組み合わせによるオンサイト放射線量測定法を新たに提案し、フィルムと色度計の多様な組合せについて、その有効性や問題点を明らかにした[13, 14]。

< 引用文献 >

- [1] Gonzales, C.A.B., Hirota, S., Taño, J.E. and Yasuda, H., 2020. Investigation of the dose-response in multiple irradiated fingernails and the combined effect of drying time-temperature to the ESR signal. *Radiat. Meas.* 136, 106337.
- [2] Hirota, S., Gonzales, C.A., Yasuda, H., Yamaguchi, I. and Toyoda, S., 2021. Electron spin resonance signal of human nails: increase after irradiation. *J. Radioanal. Nucl. Chem.* 328.1369-1373.
- [3] Gonzales, C.A.B., Taño, J.E. and Yasuda, H., 2022. Effect of heating on the ESR signal of human fingernails. *Radiat. Meas.* 152, 106728.
- [4] Azariasl, S. and Yasuda, H., 2024. Comparative study on the impact of storage conditions on ESR signals in fingernail dosimetry. *Radiat. Meas.* 173, 107103.
- [5] Yasuda, H. and Discher, M., 2020. Estimation of dose and elapsed time after unrecognized high-dose radiation exposure using the continuous-wave optically stimulated luminescence from Mg₂SiO₄: Tb. *Radiat. Meas.* 139, 106474.
- [6] Yasuda, H. and Sakai, Y., 2023. Thermal effects on the time build-up patterns of a weather resistant radiophotoluminescence glass (SAPANS). *Radiat. Meas.* 169, 107016.
- [7] Yasuda, H., Gonzales, C.A.B. and Aghabaklooei, S., 2023. Estimation of elapsed time after an unnoticed radiation exposure using the weathering resistant radiophotoluminescence glass (SAPANS). *Radiat. Meas.* 166, 106964.
- [8] Yasuda, H., Kawamoto, H., Asai, K. and Koguchi, Y., 2024. Preliminary analyses of radiophotoluminescence centers in a recently developed Ag-doped alkali-phosphate glass (SAPANS). *Radiat. Meas.* 174, 107134.
- [9] Yasuda, H. and Miyoshi, H., 2022. Thermally Controllable Decolorization of Reusable Radiochromic Complex of Polyvinyl Alcohol, Iodine and Silica Nanoparticles (PAISiN) Irradiated with γ -rays. *Appl. Sci.* 12, 2959.
- [10] Taño, J.E., Gonzales, C.A.B., Saito, A., Wada, T., Nagata, Y. and Yasuda, H., 2021. Annealing properties of the PVA-GTA-I gel dosimeter. *Radiat. Meas.* 149, 106674.
- [11] Welte, S.E., Taño, J.E., Gonzales, C.A.B. and Yasuda, H., 2022. Investigation on the long-term storage condition of the PVA-GTA-I gel dosimeter. *Radiat. Meas.* 159, 106879.
- [12] Welte, S.E., Miyoshi, H. and Yasuda, H., 2024. Radiochromic reactions in repetitive X-ray irradiations of a novel gel complex composed of polyvinyl alcohol, iodide, and silica nanoparticles (PAISiN). *Radiat. Meas.* 175, 107173.
- [13] Yasuda, H. and Morioka, S., 2024. Comparative study on measurements of radiochromic films using portable colorimeters. *Sci. Rep.* 14, 3384.
- [14] Yasuda, H. and Yoshida, H., 2023. Application of a portable colorimeter for reading a radiochromic film for on-site dosimetry. *Appl. Sci.* 13, 4761.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計38件（うち査読付論文 30件 / うち国際共著 10件 / うちオープンアクセス 29件）

1. 著者名 Yasuda Hiroshi, Yoshida Hikaru	4. 巻 13
2. 論文標題 Application of a Portable Colorimeter for Reading a Radiochromic Film for On-Site Dosimetry	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 4761 ~ 4761
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app13084761	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 -

1. 著者名 Yasuda Hiroshi, Kurita Naoyuki, Yajima Kazuaki	4. 巻 13
2. 論文標題 Verification of Estimated Cosmic Neutron Intensities Using a Portable Neutron Monitoring System in Antarctica	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 3297 ~ 3297
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app13053297	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 -

1. 著者名 Fattibene Paola, Trompier Francois, Bassinet Celine, Ciesielski Bartomiej, Discher Michael, Eakins Jonathan, Gonzales Chryzel Angelica B., Huet Christelle, Romanyukha Alexander, Woda Clemens, Juniewicz Margorzata, Kim Hyoungtaek, Lee Jungil, Marciniak Agnieszka, Sholom Sergey, Yasuda Hiroshi	4. 巻 14
2. 論文標題 Reflections on the future developments of research in retrospective physical dosimetry	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Physics Open	6. 最初と最後の頁 100132 ~ 100132
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.physo.2022.100132	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 -

1. 著者名 Welti Sophia E., Tano Jolan E., Gonzales Chryzel Angelica B., Yasuda Hiroshi	4. 巻 159
2. 論文標題 Investigation on the long-term storage condition of the PVA-GTA-I gel dosimeter	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Radiation Measurements	6. 最初と最後の頁 106879 ~ 106879
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.radmeas.2022.106879	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 -

1. 著者名 Gonzales Chryzel Angelica B., Ajimura Ryogo, Yasuda Hiroshi	4. 巻 12
2. 論文標題 Experimental Study on the Effects of L(+)-Ascorbic Acid Treatment to the ESR Signals of Human Fingernails	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 8055 ~ 8055
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app12168055	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 -

1. 著者名 Bakhsh Muhammad, Yasuda Hiroshi, Ahmad Nisar, Ding Wong Jeannie Hsiu, Shahrim Mustafa Iskandar	4. 巻 12
2. 論文標題 Zinc-Doped Magnesium Borate Glass: A Potential Thermoluminescence Dosimeter for Extended Range of Dosimetric Applications	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 7491 ~ 7491
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app12157491	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 -

1. 著者名 Yogo K., Tatsuno Y., Shimo T., Noguchi Y., Okudaira K., Nozawa M., Ishiyama H., Yasuda H., Oguchi H., Yamamoto S.	4. 巻 17
2. 論文標題 Real-time tracking of source movement by Cherenkov emission imaging for high-dose-rate brachytherapy	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Instrumentation	6. 最初と最後の頁 T07001 ~ T07001
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1748-0221/17/07/T07001	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 保田浩志	4. 巻 21
2. 論文標題 線量評価-1 (第3回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会報告),	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本放射線安全管理学会誌	6. 最初と最後の頁 31 ~ 31
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 保田浩志	4. 巻 21
2. 論文標題 放射線影響・リスク解析-2 (第3回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会報告)	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 日本放射線安全管理学会誌	6. 最初と最後の頁 35 ~ 35
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 Yasuda H., Tano J.E., Gonzales C.A.B., Sakurai Y.	4. 巻 2021
2. 論文標題 Annealing properties of boric acid infused PVA-GTA-I gel irradiated with neutrons	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 KURNS Progress Report	6. 最初と最後の頁 69 ~ 70
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 Yasuda Hiroshi, Iwao Masaru	4. 巻 154
2. 論文標題 Time build-up properties of the weathering resistant radiophotoluminescence glass (SAPANS)	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Radiation Measurements	6. 最初と最後の頁 106775 ~ 106775
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.radmeas.2022.106775	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 -

1. 著者名 保田浩志	4. 巻 497
2. 論文標題 巻頭言：放射線の害から人と環境を守る	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 エネルギーレビュー	6. 最初と最後の頁 1 ~ 1
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 保田浩志	4. 巻 69
2. 論文標題 三次元線量分布測定に適した再利用可能なゲル線量計の開発	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 放計協ニュース	6. 最初と最後の頁 2~6
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 Yasuda Hiroshi, Iwao Masaru	4. 巻 154
2. 論文標題 Time build-up properties of the weathering resistant radiophotoluminescence glass (SAPANS)	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Radiation Measurements	6. 最初と最後の頁 106775 ~ 106775
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.radmeas.2022.106775	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 -

1. 著者名 保田浩志	4. 巻 69
2. 論文標題 三次元線量分布測定に適した再利用可能な線量計の開発	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 放計協ニュース	6. 最初と最後の頁 2~6
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 Yasuda Hiroshi, Miyoshi Hirokazu	4. 巻 12
2. 論文標題 Thermally Controllable Decolorization of Reusable Radiochromic Complex of Polyvinyl Alcohol, Iodine and Silica Nanoparticles (PAISiN) Irradiated with γ -rays	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 2959 ~ 2959
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app12062959	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 -

1. 著者名 Gonzales Chryzel Angelica B., Tano Jolan E., Yasuda Hiroshi	4. 巻 152
2. 論文標題 Effect of heating on the ESR signal of human fingernails	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Radiation Measurements	6. 最初と最後の頁 106728-
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.radmeas.2022.106728	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 該当する

1. 著者名 Yogo Katsunori, Misawa Masaki, Shimizu Hidetoshi, Kitagawa Tomoki, Hirayama Ryoichi, Ishiyama Hiromichi, Yasuda Hiroshi, Kametaka Satoshi, Takami Seichi	4. 巻 12
2. 論文標題 Radiosensitization Effect of Gold Nanoparticles on Plasmid DNA Damage Induced by Therapeutic MV X-rays	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Nanomaterials	6. 最初と最後の頁 771 ~ 771
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/nano12050771	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 -

1. 著者名 Tano Jolan E., Gonzales Chryzel Angelica B., Saito Akito, Wada Takuya, Nagata Yasushi, Yasuda Hiroshi	4. 巻 149
2. 論文標題 Annealing properties of the PVA-GTA-I gel dosimeter	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Radiation Measurements	6. 最初と最後の頁 106674 ~ 106674
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.radmeas.2021.106674	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 該当する

1. 著者名 角山雄一、佐瀬卓也、山口一郎、保田浩志	4. 巻 20
2. 論文標題 海外の放射線施設の事故に係る最新知見の収集	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本放射線安全管理学会誌	6. 最初と最後の頁 68 ~ 73
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 保田浩志	4. 巻 9
2. 論文標題 予期せぬ放射線被ばくに対する線量評価の方法	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本放射線看護学会誌	6. 最初と最後の頁 36 ~ 38
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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Yogo Katsunori, Murayama Chieko, Hirayama Ryoichi, Matsumoto Ken-ichiro, Nakanishi Ikuo, Ishiyama Hiromichi, Yasuda Hiroshi	4. 巻 196
2. 論文標題 Protective Effects of Amino Acids on Plasmid DNA Damage Induced by Therapeutic Carbon Ions	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Radiation Research	6. 最初と最後の頁 197 ~ 203
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1667/RADE-21-00033.1	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 -

1. 著者名 Hirota Seiko, Gonzales Chryzel Angelica B, Yasuda Hiroshi	4. 巻 62
2. 論文標題 Behavior of the electron spin resonance signals in X-ray irradiated human fingernails for the establishment of a dose reconstruction procedure	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Radiation Research	6. 最初と最後の頁 812 ~ 824
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jrr/rrab027	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 -

1. 著者名 Yasuda Hiroshi	4. 巻 11
2. 論文標題 Prediction of Long-Term Health Risk from Radiocesium Deposited on Ground with Consideration of Land-Surface Properties	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 4424 ~ 4424
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app11104424	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 -

1. 著者名 Hirota Seiko, Yasuda Hiroshi, Kawakami Hideshi, Yoshinaga Shinji	4. 巻 62
2. 論文標題 Prospects and status of the dosimetry system for atomic bomb survivor cohort study conducted at Research Institute for Radiation Biology and Medicine of Hiroshima University	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Radiation Research	6. 最初と最後の頁 i107 ~ i113
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jrr/rrab020	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 -

1. 著者名 Tsujiguchi Takakiyo, Suzuki Yoko, Sakamoto Mizuki, Narumi Kazuki, Ito Katsuhiko, Yasuda Hiroshi, Tokonami Shinji, Kashiwakura Ikuo	4. 巻 11
2. 論文標題 Simulation study on radiation exposure of emergency medical responders from radioactively contaminated patients	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 6162 ~ 6162
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-021-85635-2	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 -

1. 著者名 Yamaguchi Ichiro, Inoue Kazuhiko, Natsuhori Masahiro, Gonzales Chryzel Angelica B., Yasuda Hiroshi, Nakai Yasuhiro, Miyake Minoru, Swartz Harold M.	4. 巻 11
2. 論文標題 L-Band Electron Paramagnetic Resonance Tooth Dosimetry Applied to Affected Cattle Teeth in Fukushima	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 1187 ~ 1187
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app11031187	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 該当する

1. 著者名 Yogo Katsunori, Misawa Masaki, Shimizu Morihito, Shimizu Hidetoshi, Kitagawa Tomoki, Hirayama Ryoichi, Ishiyama Hiromichi, Furukawa Takako, Yasuda Hiroshi	4. 巻 Volume 16
2. 論文標題 Effect of Gold Nanoparticle Radiosensitization on Plasmid DNA Damage Induced by High-Dose-Rate Brachytherapy	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 International Journal of Nanomedicine	6. 最初と最後の頁 359 ~ 370
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2147/IJN.S292105	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 該当する

1. 著者名 Hirota Seiko, Gonzales Chryzel A. B., Yasuda Hiroshi, Yamaguchi Ichiro, Toyoda Shin	4. 巻 328
2. 論文標題 Electron spin resonance signal of human nails: increase after irradiation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry	6. 最初と最後の頁 1369 ~ 1373
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10967-020-07540-8	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 C.A.B.Gonzales, S.Hirota, J.E.Tano, H.Yasuda	4. 巻 134
2. 論文標題 Investigation of the dose-response in multiple irradiated fingernails and the combined effect of drying time-temperature to the ESR signal	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Radiation Measurements	6. 最初と最後の頁 106337
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.radmeas.2020.106337	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 該当する

1. 著者名 J.E.Tano, S.Hayashi, S.Hirota, C.A.B.Gonzales, H.Yasuda	4. 巻 134
2. 論文標題 Effect of the glucono- γ -lactone concentration on the sensitivity and stability of PVA-GTA-I radiochromic gel dosimeter	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Radiation Measurements	6. 最初と最後の頁 106311
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.radmeas.2020.106311	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 該当する

1. 著者名 K. Fujino, K. Ono, S. Hayashi, H. Yasuda, Y. Akagi, Y. Hirokawa	4. 巻 135
2. 論文標題 Influence of the components of a radiochromic PVA-iodide gel dosimeter on the thermal and spatial stability	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Radiation Measurements	6. 最初と最後の頁 106338
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.radmeas.2020.106338	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 -

1. 著者名 C.A.B. Gonzales, J.E. Tano, H. Yasuda	4. 巻 10
2. 論文標題 An attempt to reduce the background free radicals in fingernails for monitoring accidental hand exposure of medical workers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Applied Sciences	6. 最初と最後の頁 8949
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/app10248949	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 該当する

1. 著者名 H. Yasuda, M. Discher	4. 巻 139
2. 論文標題 Estimation of dose and elapsed time after unrecognized high-dose radiation exposure using the continuous-wave optically stimulated luminescence from Mg2SiO4:Tb	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Radiation Measurements	6. 最初と最後の頁 106474
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.radmeas.2020.106474	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 該当する

1. 著者名 C.A.B.Gonzales, S.Hirota, J.E.Tano, H.Yasuda	4. 巻 134
2. 論文標題 Investigation of the dose-response in multiple irradiated fingernails and the combined effect of drying time-temperature to the ESR signal	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Radiation Measurements	6. 最初と最後の頁 106337
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.radmeas.2020.106337	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 該当する

1. 著者名 J.E.Tano, S.Hayashi, S.Hirota, C.A.B.Gonzales, H.Yasuda	4. 巻 134
2. 論文標題 Effect of the glucono- -lactone concentration on the sensitivity and stability of PVA-GTA-I radiochromic gel dosimeter	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Radiation Measurements	6. 最初と最後の頁 106311
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.radmeas.2020.106311	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 該当する

1. 著者名 C.A.B.Gonzales, H.Yasuda, S.Hirota, K.Miki, A.Saito, J.E.Tano, Y.Nagata	4. 巻 124
2. 論文標題 Investigation of the applicability of the ESR nail dosimetry for assessment of accidental exposure in medical facilities	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Radiation Measurements	6. 最初と最後の頁 91-97
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.radmeas.2019.03.015	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 Welti Sophia E., Miyoshi Hirokazu, Yasuda Hiroshi	4. 巻 175
2. 論文標題 Radiochromic reactions in repetitive X-ray irradiations of a novel gel complex composed of polyvinyl alcohol, iodide, and silica nanoparticles (PAISiN)	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Radiation Measurements	6. 最初と最後の頁 107173 ~ 107173
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.radmeas.2024.107173	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28件 (うち招待講演 15件 / うち国際学会 21件)

1. 発表者名 Hiroshi Yasuda
2. 発表標題 Techniques for retrospective dosimetry in radiological emergency
3. 学会等名 5th Asian Congress of Radiation Research (ACRR-2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroshi Yasuda, Chryzel A.B. Gonzales, Hirokazu Miyoshi
2. 発表標題 Thermal effects on decolorization of the PVA-iodine complex containing silica nanoparticles
3. 学会等名 The 2022 International Conference on Individual Monitoring of Ionising Radiation (IM2022) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroshi Yasuda、Michael Discher
2. 発表標題 Application of optically stimulated luminescence from thin materials for assessing non-homogeneous radiation exposure
3. 学会等名 Second International Conference on Applications of Radiation Science and Technology (ICARST-2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroshi Yasuda、Jolan E. Tano、Hideyuki Mizuno
2. 発表標題 R&D of a monitoring system for rapid verification of dose distribution in normal tissues surrounding a tumor
3. 学会等名 FY2021 Annual Session of HIMAC Research Project
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 保田浩志、三好弘一
2. 発表標題 シリカナノ粒子を含むポリビニルアルコール-ヨウ素化合物の放射線着色とその脱色過程
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
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroshi Yasuda
2. 発表標題 International Mini Workshop on Low Dose and Low Dose-Rate Radiation Research -Current Status and Future Prospects
3. 学会等名 National Institutes for Quantum Science and Technology (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Gonzales A.B. Chryzel、Yasuda Hiroshi
2. 発表標題 Fingernail ESR dosimetry: Recent findings and perspectives
3. 学会等名 IAEA Technical Meeting on Radiation in Medicine Communications and Methodologies (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yasuda Hiroshi
2. 発表標題 Perspective on management of uranium wastes from the viewpoints of humanities and social sciences
3. 学会等名 FY2021 FNCA Workshop on Radiation Safety and Radioactive Waste Management Project (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yasuda Hiroshi
2. 発表標題 Ongoing studies at Department of Radiation Biophysics, Hiroshima University
3. 学会等名 ARADOS Annual Meeting 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 保田浩志, 吉田 由香里, 王 冰, 永田 健斗, 長谷川 有史, 高橋 昭久
2. 発表標題 確定的影響の生物学的効果比 (RBE)に関する最近の知見
3. 学会等名 日本放射線影響学会第64回大会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yasuda Hiroshi
2. 発表標題 Research Activities at Department of Radiation Biophysics
3. 学会等名 IAEA Training Trainers Workshop 2021 in Japan (TTWS2021JPN) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Yasuda Hiroshi
2. 発表標題 Possible effects of space radiation exposure on the reproductive system and fetal development
3. 学会等名 EURADOS 14th Winter School (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 保田浩志
2. 発表標題 確定的影響と生物学的効果比 (RBE)
3. 学会等名 第4回実効線量と実用量に関するWebinar (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H. Yasuda
2. 発表標題 Practical approach for radiological protection in aviation
3. 学会等名 International Conference on Radiation Safety: Improving Radiation Protection in Practice (RP2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 C.A.B. Gonzales, J.E. Tano, H.Yasuda
2. 発表標題 Recent findings on the confounding factors affecting the ESR signals of fingernails
3. 学会等名 4th Conference on Nuclear Analytical Techniques (NAT2020) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 保田浩志
2. 発表標題 予期せぬ放射線被ばくに対する線量評価の方法
3. 学会等名 日本放射線看護学会第9回学術集会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S. Hirota, C.A.B. Gonzales, H. Yasuda, I. Yamaguchi, S. Toyoda
2. 発表標題 Electron spin resonance signal of human nails: Increase after irradiation
3. 学会等名 VII Terrestrial Radioisotopes in Environment International Conference on Environmental Protection (TREICEP2020) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 保田浩志
2. 発表標題 予期せぬ被ばくが生じたときの遡及的線量評価法について
3. 学会等名 第119回日本医学物理学会学術大会 (JRS2020), (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 H. Yasuda
2. 発表標題 Possible effects of space radiation exposure on the reproductive system and fetal development
3. 学会等名 14th European Radiation Dosimetry Group Winter School (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 保田浩志, C.A.BGonzales, J.E.Tano, 廣田誠子
2. 発表標題 Dosimetry of accidental exposure using fingernails
3. 学会等名 日本医学物理学会第118回学術大会 (JRC2018)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H.Yasuda, C.A.B. Gonzales, J.E.Tano, S.Hirota
2. 発表標題 Radiation protection dosimetry of medical workers using their fingernails
3. 学会等名 International Symposium on Standards, Applications and Quality Assurance in Medical Radiation Dosimetry (IDOS 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S.Hirota, M.Discher, A.Lang, H.Yasuda
2. 発表標題 Possible emergency dosimetry using the optically stimulated luminescence (OSL) of fingernails
3. 学会等名 19th International Conference on Solid State Dosimetry (SSD19) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 S.Hirota, C.A.B.Gonzales, H.Yasuda
2. 発表標題 Dependence of fingernail ESR signals on radiation quality
3. 学会等名 19th International Conference on Solid State Dosimetry (SSD19) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 C.A.B.Gonzales, H.Yasuda, S.Hirota, K.Miki, A.Saito, J.E.Tano, Y.Nagata
2. 発表標題 Investigation of the dose-response in re-irradiated fingernails and combined effect of drying time-temperature to the ESR signal
3. 学会等名 19th International Conference on Solid State Dosimetry (SSD19) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 廣田誠子, C. A.B. Gonzales, Michael Discher, 保田浩志
2. 発表標題 手指の爪を用いた線量評価
3. 学会等名 第 44 回中国地区放射線影響研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H. Yasuda
2. 発表標題 Radiation dosimetry for radiological emergencies
3. 学会等名 Public Seminar at University of Indonesia (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 H.Yasuda, C.A.B. Gonzales, J.E.Tano, S.Hirota
2. 発表標題 Radiation protection dosimetry of medical workers using their fingernails
3. 学会等名 International Symposium on Standards, Applications and Quality Assurance in Medical Radiation Dosimetry (IDOS 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Hiroshi Yasuda, Chryzel A. Gonzales, Jolan E. Tano, Seiko Hirota
2. 発表標題 Dosimetry of accidental exposure using fingernails
3. 学会等名 日本医学物理学会第117回学術大会 (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計8件

1. 著者名 柴田徳思、保田浩志、他	4. 発行年 2023年
2. 出版社 通商産業研究社	5. 総ページ数 961
3. 書名 放射線概論 第13版	

1. 著者名 長谷川 博、保田浩志、他	4. 発行年 2022年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 820
3. 書名 人間の許容・適応限界事典	

1. 著者名 柴田徳思、保田浩志、他	4. 発行年 2021年
2. 出版社 通商産業研究社	5. 総ページ数 960
3. 書名 放射線概論 第13版	

1. 著者名 古徳純一、保田浩志、大谷浩樹	4. 発行年 2021年
2. 出版社 通商産業研究社	5. 総ページ数 195
3. 書名 放射線計測学 第2版	

1. 著者名 柴田徳思、保田浩志、他	4. 発行年 2020年
2. 出版社 通商産業研究社	5. 総ページ数 960
3. 書名 放射線概論 第13版	

1. 著者名 米原英典、保田浩志、他	4. 発行年 2020年
2. 出版社 (公財) 原子力安全研究協会	5. 総ページ数 250
3. 書名 生活環境放射線(国民線量の算定)第3版	

1. 著者名 柴田徳思、保田浩志、他	4. 発行年 2019年
2. 出版社 通商産業研究社	5. 総ページ数 959
3. 書名 放射線概論 第12版	

1. 著者名 大西武雄、松本英樹、甲斐倫明、保田浩志、他	4. 発行年 2019年
2. 出版社 朝倉書店	5. 総ページ数 304
3. 書名 放射線医学の事典	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>広島大学研究者総覧 https://seeds.office.hiroshima-u.ac.jp/profile/ja.8b44ff1859dd3d61520e17560c007669.html 研究者総覧 https://seeds.office.hiroshima-u.ac.jp/profile/ja.8b44ff1859dd3d61520e17560c007669.html 19th Int. Conf. Solid State Dosimetry https://ssd19.org/ https://home.hiroshima-u.ac.jp/~hyasuda/en/</p>
--

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	GONZALES CHRYZEL ANGELICA (Gonzales Cryzel) (90871046)	広島大学・原爆放射線医学研究所・助教 (15401)	

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	安倍 学 (Abe Manabu) (30273577)	広島大学・先進理工系科学研究科(理)・教授 (15401)	
研究分担者	廣田 誠子 (Hirota Seiko) (50816345)	広島大学・原爆放射線医科学研究所・助教 (15401)	
研究分担者	大葉 隆 (Ohba Takashi) (00814055)	福島県立医科大学・保健科学部・講師 (21601)	

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1件

国際研究集会 19th International Conference on Solid State Dosimetry (SSD19)	開催年 2019年～2019年
--	--------------------

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
---------	---------