

**Wed. Jul 8, 2026****Oral Presentation**

10:50 AM - 11:50 AM JST | 1:50 AM - 2:50 AM UTC | B(Conference Room Saturn)

**環境2**

Chairman:Daisuke Tsumune(University of Tsukuba)

10:50 AM - 11:05 AM JST | 1:50 AM - 2:05 AM UTC

**[1B02] Development of an Environmental Transfer Parameter Database for the Assessment of Radionuclide Transfer in the Biosphere**○Keiko Tagami<sup>1</sup>, Shigeo Uchida<sup>1</sup> (1. QST)

11:05 AM - 11:20 AM JST | 2:05 AM - 2:20 AM UTC

**[1B03] The effect of sea salt on the soil-soil solution distribution coefficient of radioiodine**○Nobuyoshi Ishii<sup>1</sup>, Keiko Tagami<sup>1</sup>, Shigeo Uchida<sup>1</sup> (1. QST)

11:20 AM - 11:35 AM JST | 2:20 AM - 2:35 AM UTC

**[1B04] Characteristics of geogenic radon potential in radon spring areas**○Tsuyoshi Nohara<sup>1</sup>, Takesue Norito<sup>1</sup>, Akihiro Sakoda<sup>1</sup>, Chie Sakaguchi<sup>2</sup>, Katsura Kobayashi<sup>2</sup> (1. JAEA, 2. Okayama Univ.IPM)

11:35 AM - 11:50 AM JST | 2:35 AM - 2:50 AM UTC

**[1B05] Carbon Dioxide Absorption and Structure of Perovskite Structures**○Yusuke Chiba<sup>1</sup>, Kiyoshi Nomura<sup>1</sup> (1. TMU/Graduate School of Science)**Oral Presentation**

3:30 PM - 4:55 PM JST | 6:30 AM - 7:55 AM UTC | B(Conference Room Saturn)

**食品照射2**

Chairman:Masakazu Furuta(Osaka Metropolitan University), Setdsuko Todoriki(National Agriculture and Food Research Organization)

3:30 PM - 3:45 PM JST | 6:30 AM - 6:45 AM UTC

**[1B11] International Trends of Food Irradiation**○Noriaki Kataoka<sup>1</sup> (1. TIRI)

3:50 PM - 4:05 PM JST | 6:50 AM - 7:05 AM UTC

**[1B12] Food irradiation by low energy X-rays**○Tamikazu Kume<sup>1</sup>, Thi Thuy Linh Nguyen<sup>1</sup>, Noriaki Kataoka<sup>2</sup> (1. Dalat Univ., 2. TIRI)

4:05 PM - 4:20 PM JST | 7:05 AM - 7:20 AM UTC

**[1B13] Application of low-energy X rays to decontamination of microorganisms**○Masakazu Furuta<sup>1</sup>, Yaemi Kanno<sup>1</sup>, Tomomi Kakuno<sup>1</sup>, Thi Thuy Linh Nguyen<sup>2</sup>, Tamikazu Kume<sup>2</sup>, Yuko Kumeda<sup>3</sup>, Ryoko Asada<sup>1</sup>, Masakazu Matsushita<sup>4</sup>, Hirokazu Ando<sup>5</sup>, Akiyoshi Masafumi<sup>1</sup>, Masayuki Sekiguchi<sup>6</sup>, Mami Tanaka<sup>6</sup>, Noriaki Kataoka<sup>6</sup> (1. Osaka Metropolitan University, 2. Dalat University, Vietnam, 3. NPO Center for Fungal Consultation, 4. Kobe University, 5. Osaka Metropolitan College of Technology, 6. Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute)

4:20 PM - 4:35 PM JST | 7:20 AM - 7:35 AM UTC

**[1B14] Study on Eggshell Sterilization Using Low-Energy Electron Beams**○Kaiji Uchida<sup>1</sup>, Noriaki Kataoka<sup>1</sup> (1. Toyko Metropolitan Industrial Technology Research Institute)

4:35 PM - 4:50 PM JST | 7:35 AM - 7:50 AM UTC

**[1B15] Comparative verification of irradiated foods detection method using 5,6-dihydrothymidine as irradiation indicator with the official methods**○Naoki Fukui<sup>1</sup>, Kaiji Uchida<sup>2</sup>, Seiko Nakagawa<sup>2</sup>, Noriaki Kataoka<sup>2</sup>, Takuya Fujiwara<sup>1</sup>, Satoshi Takatori<sup>1</sup>, Masakazu Furuta<sup>3</sup> (1. Osaka Institute of Public Health, 2. Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute, 3. Osaka Metropolitan University)

## Oral Presentation

🎵 Wed. Jul 8, 2026 10:50 AM - 11:50 AM JST | Wed. Jul 8, 2026 1:50 AM - 2:50 AM UTC | 🏢 B (Conference Room Saturn)

## 環境2

Chairman: Daisuke Tsumune (University of Tsukuba)

10:50 AM - 11:05 AM JST | 1:50 AM - 2:05 AM UTC

[1B02] Development of an Environmental Transfer Parameter Database for the Assessment of Radionuclide Transfer in the Biosphere

○ Keiko Tagami<sup>1</sup>, Shigeo Uchida<sup>1</sup> (1. QST)

---

11:05 AM - 11:20 AM JST | 2:05 AM - 2:20 AM UTC

[1B03] The effect of sea salt on the soil-soil solution distribution coefficient of radioiodine

○ Nobuyoshi Ishii<sup>1</sup>, Keiko Tagami<sup>1</sup>, Shigeo Uchida<sup>1</sup> (1. QST)

---

11:20 AM - 11:35 AM JST | 2:20 AM - 2:35 AM UTC

[1B04] Characteristics of geogenic radon potential in radon spring areas

○ Tsuyoshi Nohara<sup>1</sup>, Takesue Norito<sup>1</sup>, Akihiro Sakoda<sup>1</sup>, Chie Sakaguchi<sup>2</sup>, Katsura Kobayashi<sup>2</sup> (1. JAEA, 2. Okayama Univ. IPM)

---

11:35 AM - 11:50 AM JST | 2:35 AM - 2:50 AM UTC

[1B05] Carbon Dioxide Absorption and Structure of Perovskite Structures

○ Yusuke Chiba<sup>1</sup>, Kiyoshi Nomura<sup>1</sup> (1. TMU/Graduate School of Science)

生活圏における放射性核種移行評価のための環境移行パラメータデータベース開発  
Development of an environmental transfer parameter database for the assessment of radionuclide transfer in the biosphere

量研機構 放医研<sup>\*1</sup>

○田上 恵子<sup>\*1</sup>, 内田 滋夫<sup>\*1</sup>

(TAGAMI, K.; UCHIDA, S.)

## 1. はじめに

高レベル放射性廃棄物の地層処分では、長期的には処分場から放射性核種が漏出することを想定しており、最終的に生活圏に到達して人が被ばくするシナリオでの評価が行われる。生活圏における安全評価モデルでは様々な環境移行パラメータが使われるが、そこに入れるパラメータ値については、IAEA のパラメータ集[1, 2]等、国際的なデータが採用されている。しかしながら、国際データは代表的な数値と範囲を示しているだけであること、また我が国の生活圏条件を必ずしも反映したものではないことから、不確実性が大きくなる可能性があり、我が国のパラメータ地を採用することが望ましい。我が国にも多くのパラメータ値はあるが、報告書や論文の形で散見される状況であり、容易に検索することが難しい。そこで我々は生活圏における環境移行パラメータのデータベース開発を行っている。今回は、その開発状況について報告する。

## 2. 移行パラメータ値の収集について

生活圏の安全評価で用いられる被ばく評価モデルに基づき、データベースに登録するパラメータを決定した。国際的にも用いられるパラメータ設定であり、Fig. 1 にその構成を模式的に示した。

収集については、日本の報告データを中心に、実験データだけではなく、実環境での濃度データが多い放射性 Cs 及び Sr については、それらのデータからパラメータ値を導出した。さらに、環境中の安定核種によるデータベースの拡充も行っている。

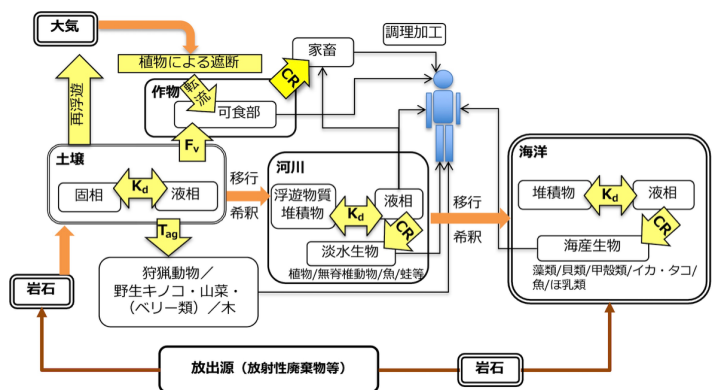


Fig. 1. 生活圏における被ばく経路と移行パラメータの模式図

### 3. 結果および考察

データベースからは、①検索したいパラメータ、②核種、さらには③データが取得された地域、等でデータを抽出できるように設計した。抽出結果は、データ数、その算術及び幾何平均値、最小値—最大値を表示できる。得られた結果の幅が広い場合には、試料や実験条件等が影響している可能性があることから、パラメータデータと一緒に種々の情報をデータベースに格納し、ユーザーがダウンロードして確認できるようにした。加えて、オリジナルデータに遡れるように文献情報も載せている。

データベースは専門家に意見を聴取しながら開発しているが、まだ発展途上である。データについても収集を進めており、さらに元素や核種と情報を充実させて、2年後の公開を目指している。

本発表には、経済産業省資源エネルギー庁委託事業「高レベル放射性廃棄物等の地層処分にに関する技術開発事業（JPJ007597）【地層処分安全評価確証技術開発（核種移行総合評価技術開発）】」の成果の一部を使用している。

【参考文献】(1) IAEA (2004). Sediment distribution coefficients and concentration factors for biota in the marine environment. IAEA TRS No. 422. (2) IAEA (2010). Handbook of parameter values for the prediction of radionuclide transfer in terrestrial and freshwater environments. IAEA TRS No. 472.

<sup>\*1</sup> National Institutes for Quantum Science and Technology (QST), Institute for Radiological Sciences

## 放射性ヨウ素の土壌 - 土壌溶液分配係数に与える海塩の影響

## The effect of sea salt on the soil-soil solution distribution coefficient of radioiodine

量子科学技術研究開発機構 放医研<sup>\*1</sup>○石井 伸昌<sup>\*1</sup>, 田上 恵子<sup>\*1</sup>, 内田 滋夫<sup>\*1</sup>(ISHII, Nobuyoshi<sup>\*1</sup>; TAGAMI, Keiko<sup>\*1</sup>; UCHIDA, Shigeo<sup>\*1</sup>)

## 1. はじめに

放射性核種の土壌・土壌溶液分配係数 ( $K_d$ ) は、環境中での移行挙動を予測するための重要なパラメータの一つであり、その値は核種特性、土壌物性、ならびに溶液条件に依存して変動する。特に、溶液中の pH や共存イオンは  $K_d$  値に影響を及ぼすことが知られており、近年では微生物活動や海塩などの要因が収着挙動に与える影響についても関心が高まっている。本発表では、高レベル放射性廃棄物地層処分の生活圏評価において重要核種であるヨウ素について、海塩が  $K_d$  値に及ぼす影響について報告する。

## 2. 方法

本研究では、水田土壌、畑土壌およびその他の土壌から計 9 種類の土壌試料を用いた。混合する溶液には、脱イオン水（人工海水 0%）および人工海水の濃度を 100%としたときの 0.3%、3.0%、30%になるように調整した溶液を用いた。 $K_d$  値は、固液比 1 : 10 で調整した土壌 - 土壌溶液試料に  $^{125}\text{I}$  標識ヨウ化物イオンを添加し、その放射能測定結果から算出した ( $K_d = \text{土壌中濃度 [cpm/kg]} / \text{溶液中濃度 [cpm/L]}$ )。振とう期間は 35 日を設定し、終了時に溶液の電気伝導率 (EC) と pH を測定した。さらに、塩分濃度が微生物活動に及ぼす影響を検討するため、一部試料に対して土壌微生物の呼吸活性および炭素資化性の 2 つの指標を用いて評価を行った。

## 3. 結果および考察

振とう期間終了後の土壌溶液において、人工海水濃度が 30%まで上昇するに伴い pH が低下する傾向が確認された。これは、土壌粒子表面のプロトン化や交換性イオンの溶出によるものと考えられる。また、EC は人工海水 0%と 0.3%において、土壌からのイオン溶出の影響も反映していた。

$^{125}\text{I}$  の  $K_d$  値は、海水の割合の増加に伴って増加するものの、30%人工海水になると低下する傾向を示した (図 1)。この結果は、 $K_d$  値が塩分濃度に依存することを示している。また、塩分濃度の影響の程度は土壌によって大きく異なり、最大で約 6 倍の  $K_d$  変動が確認された。

微生物活性については、その増加に対して  $K_d$  値は低下する傾向を示し、微生物活動が  $^{125}\text{I}$  の収着に直接的に寄与している証拠は得られなかった。

以上の結果から、 $^{125}\text{I}$  の土壌に対する収着は、微生物活動よりもむしろ土壌溶液の塩分濃度により支配されていると考えられる。

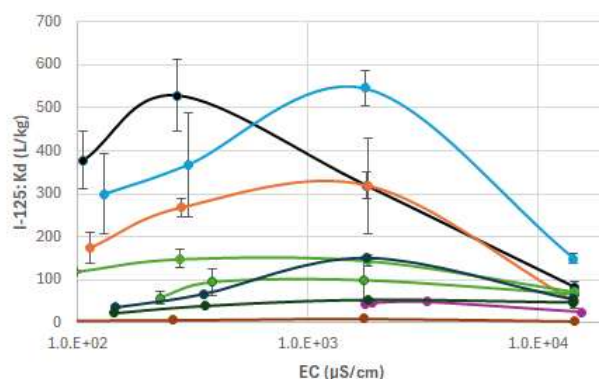


図 1 土壌-土壌溶液分配係数に対する塩の効果

本研究には、経済産業省資源エネルギー庁委託事業「高レベル放射性廃棄物等の地層処分に係る技術開発事業 (JPJ007597) 【地層処分安全評価確証技術開発 (核種移行総合評価技術開発)】」の成果の一部を利用した。

<sup>\*1</sup> National Institute of Radiological Sciences, National Institute for Quantum Science and Technology

## ラドン泉地域における地中ラドンポテンシャルの特徴 Characteristics of geogenic radon potential in radon spring areas

原子力機構人形峠環境技術センター<sup>\*1</sup>, 岡山大学惑星物質研究所<sup>\*2</sup>

○野原 壯<sup>\*1</sup>, 竹末 勘人<sup>\*1</sup>, 迫田 晃弘<sup>\*1</sup>, 坂口 千恵<sup>\*2</sup>, 小林 桂<sup>\*2</sup>

(NOHARA, Tsuyoshi<sup>\*1</sup>; TAKESUE, Norito<sup>\*1</sup>; SAKODA, Akihiro<sup>\*1</sup>; SAKAGUCHI, Chie<sup>\*2</sup>;

KOBAYASHI Katsura<sup>\*3</sup>)

### 1. はじめに

温泉に含まれるラドンは、日本人にとって身近な自然放射性元素であり、ウランやラジウムの放射性壊変によって、主に岩石や土壌から発生している。一方、ラドンは喫煙に次ぐ肺がんの主な原因であり、2009 年の WHO の勧告を踏まえて、主に欧州で地中のラドンの供給能力（以下、地中ラドンポテンシャル）の調査が行われ、地中ラドンポテンシャルが高い地点（以下、高ラドンポテンシャル地点）が断層帯や火山の近傍に偏在することがわかっている。本発表では、被ばくの影響が相対的に大きい高ラドンポテンシャル地点の偏在と、その要因の解明を目的に、ラドン泉地域の地中ラドンポテンシャルの特徴についての地質調査と現場測定を行った結果を報告する。

### 2. 方法

本研究では、ラドン泉 2 地域（島根県三瓶、山梨県増富）を対象に、地下水ラドンの影響を考慮して、地質調査とシンチレーションセルを用いた地中ラドン濃度の現場測定を行った。また、地中のラドン供給能力が高い地点のラドン泉と岩石のリチウム及びストロンチウムの同位体を調べた。

### 3. 結果および考察

ラドン泉 2 地域の共通する特徴は、第四紀火山から 10 km 以内の花崗岩地域で、塩素濃度が高く CO<sub>2</sub> を含有するラドン泉が自然湧出していることである。これらの地域では、ラドン泉の自然湧出地点から 10 m 以内に、地中ラドン濃度が顕著に高い地点が偏在する。ラドン泉のラドン濃度は最大約 30 kBq/l、地中ラドン濃度は最大 7 MBq/m<sup>3</sup> である。ラドン泉は、塩素等の溶存成分比やストロンチウム同位体比等がスラブ起源深部流体の特徴を示す。増富地域の地質調査の結果、地中ラドン濃度が顕著に高い地点の地下に、高ラジウム濃度と低  $\delta^{7}\text{Li}$  値を示す岩石（高透水水平層の黄土色粘土と、北北西走向高角傾斜の開口性割れ目の赤褐色充填物で、鉄酸化物を含む）を確認した。

1 MBq/m<sup>3</sup> を超える地中ラドン濃度は、割れ目等に起因する異常値とされるため、このような地中ラドン濃度が顕著に高い地点が偏在する要因は、開口性割れ目の偏在が考えられる。ラドン泉の自然湧出に伴う CO<sub>2</sub> の脱ガスと鉄酸化物の共沈は、ラジウム濃集と低  $\delta^{7}\text{Li}$  値の主な原因と考えられる。

### 4. 結論

事例研究対象としたラドン泉 2 地域は、第四紀火山から 10 km 以内の花崗岩の分布域に位置する。ラドン泉は、塩素濃度が高く CO<sub>2</sub> を含有して自然湧出しており、塩素等の溶存成分比やストロンチウム同位体比等がスラブ起源深部流体の特徴を示す。このようなラドン泉地域では、ラドン泉の自然湧出地点から 10 m 以内に、地中ラドン濃度が顕著に高い地点が偏在する。その地下には、高ラジウム濃度と極低  $\delta^{7}\text{Li}$  値を示す高透水層と割れ目充填物が認められる。

謝辞 本研究は JSPS 科研費 24K08315 の助成を受けたものである。

<sup>\*1</sup> Ningyo-toge Environmental Engineering Center, Japan Atomic Energy Agency

<sup>\*2</sup> Institute for Planetary Materials, Okayama University

ペロブスカイト酸化物の構造と二酸化炭素吸収  
Carbon Dioxide Absorption and Structure of Perovskite Oxide

東京都立大学 理学研究科 同位体化学研究室

○千葉 祐亮<sup>\*1</sup>, 野村 貴美<sup>\*1</sup>, 久富木 志郎<sup>\*1</sup>

(CHIBA, Yusuke<sup>\*1</sup>; NOMURA, Kiyoshi<sup>\*1</sup>; KUBUKI, Shiro)

## 1. はじめに

近年、地球温暖化に伴い、二酸化炭素換算の排出量の削減が求められている。2013 年度排出量は 14.1 億トン、2022 年度排出実績では 10.85 億トンである。2050 年度には排出量・吸収量が同じになるカーボンニュートラルを達成しなければならない。このように日本の温室効果ガス排出ガス吸収の推移について環境省により示されている。(Carbon dioxide Capture and Storage: CCS Business)[1]。我々は、以前の研究でペロブスカイト型酸化物である(Ba, Ca)(Co, Fe)O<sub>3-δ</sub> や(Ba,Ca)(Mg,Fe)O<sub>3-δ</sub>など、高温において高速に二酸化炭素を吸収することを明らかにした[2]。本研究では二酸化炭素の吸収温度を制御できるペロブスカイト酸化物の(Sr, Ca)FeO<sub>3</sub> (SCF)、(Sr, Ca)(Fe, Mg)O<sub>3</sub> (SCFM)を作製し、研究を行っている。

## 2. 方法

所定量の Sr(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, CaCO<sub>3</sub>, Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O, MgO を秤量し、クエン酸水溶液、エチレングリコールを混合した溶液に加えて加熱攪拌した後約 80°C で 12 時間乾燥させ、950°C で 4 時間焼成を行い、SCF, SCFM を得た。この 2 試料を二酸化炭素吸収材料として粉末 X 線回折、<sup>57</sup>Fe メスバウアー分光法を用いて構造解析と状態分析を行った。

## 3. 結果および考察

粉末 X 線回折では SCFM から SrFeO<sub>2</sub>, CaO, MgO などの結晶相が観測されたが、焼成温度が高いためペロブスカイト構造は確認されなかった。一方、SCF からはペロブスカイト構造をとる Sr<sub>4</sub>Fe<sub>6</sub>O<sub>13</sub> と Ca<sub>2</sub>Fe<sub>2</sub>O<sub>5</sub> などが観測された。また、この 2 つの結晶相のピークは類似していた。また、メスバウアー分光法では SCFM からは 2 つの sextet と 1 つの常磁性を示す doublet が観測された。また、SCF からは 1 つの singlet( $\delta = 0.0056 \text{ mm s}^{-1}$ )のみが観測された。この信号は常磁性の Fe<sup>IV</sup> を示しており、酸素欠陥がないことを示している。SCF、SCFM などのペロブスカイト構造の二酸化炭素吸収・特性については、発表当日に示す。

## 4. 結論

今回作製した試料である SCF からは XRD よりペロブスカイトの構造を持つことが判明したので、二酸化炭素の吸着が期待できる。また、SCFM もペロブスカイトの構造を持つように再度作製方法を検討する必要がある。

## 参考文献

[1]環境省「2024 年度の我が国の温室効果ガス排出量及び吸収量」

[2]K. Nomura, *et al.*, *Hyperfine Interaction*, **112**, 7-12 (1998)

<sup>\*1</sup>Graduate School of Science, Tokyo Metropolitan University

## Oral Presentation

🎵 Wed. Jul 8, 2026 3:30 PM - 4:55 PM JST | Wed. Jul 8, 2026 6:30 AM - 7:55 AM UTC | 🏢 B (Conference Room Saturn)

## 食品照射2

Chairman: Masakazu Furuta (Osaka Metropolitan University), Setdsuko Todoriki (National Agriculture and Food Research Organization)

3:30 PM - 3:45 PM JST | 6:30 AM - 6:45 AM UTC

[1B11] International Trends of Food Irradiation

○Noriaki Kataoka<sup>1</sup> (1. TIRI)

---

3:45 PM - 3:50 PM JST | 6:45 AM - 6:50 AM UTC

break

---

3:50 PM - 4:05 PM JST | 6:50 AM - 7:05 AM UTC

[1B12] Food irradiation by low energy X-rays

○Tamikazu Kume<sup>1</sup>, Thi Thuy Linh Nguyen<sup>1</sup>, Noriaki Kataoka<sup>2</sup> (1. Dalat Univ., 2. TIRI)

---

4:05 PM - 4:20 PM JST | 7:05 AM - 7:20 AM UTC

[1B13] Application of low-energy X rays to decontamination of microorganisms

○Masakazu Furuta<sup>1</sup>, Yaemi Kanno<sup>1</sup>, Tomomi Kakuno<sup>1</sup>, Thi Thuy Linh Nguyen<sup>2</sup>, Tamikazu Kume<sup>2</sup>, Yuko Kumeda<sup>3</sup>, Ryoko Asada<sup>1</sup>, Masakazu Matsushita<sup>4</sup>, Hirokazu Ando<sup>5</sup>, Akiyoshi Masafumi<sup>1</sup>, Masayuki Sekiguchi<sup>6</sup>, Mami Tanaka<sup>6</sup>, Noriaki Kataoka<sup>6</sup> (1. Osaka Metropolitan University, 2. Dalat University, Vietnam, 3. NPO Center for Fungal Consultation, 4. Kobe University, 5. Osaka Metropolitan College of Technology, 6. Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute)

---

4:20 PM - 4:35 PM JST | 7:20 AM - 7:35 AM UTC

[1B14] Study on Eggshell Sterilization Using Low-Energy Electron Beams

○Kaiji Uchida<sup>1</sup>, Noriaki Kataoka<sup>1</sup> (1. Toyko Metropolitan Industrial Technology Research Institute)

---

4:35 PM - 4:50 PM JST | 7:35 AM - 7:50 AM UTC

[1B15] Comparative verification of irradiated foods detection method using 5,6-dihydrothymidine as irradiation indicator with the official methods

○Naoki Fukui<sup>1</sup>, Kaiji Uchida<sup>2</sup>, Seiko Nakagawa<sup>2</sup>, Noriaki Kataoka<sup>2</sup>, Takuya Fujiwara<sup>1</sup>, Satoshi Takatori<sup>1</sup>, Masakazu Furuta<sup>3</sup> (1. Osaka Institute of Public Health, 2. Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute, 3. Osaka Metropolitan University)

---

4:50 PM - 4:55 PM JST | 7:50 AM - 7:55 AM UTC

その他

## 食品照射の国際動向 International Trends in Food Irradiation

東京都立産業技術研究センター※

○片岡 憲昭 (KATAOKA, Noriaki)

### 1. はじめに

国際原子力機関（IAEA）は食料安全保障のための原子力の活用として Atoms4Food プロジェクトを立上げ、品種改良や害虫対策、食品安全の強化に取り組んでいる。ここでは、2025 年における食品照射の現状を 4th-IAEA-CRP と食品照射の国際学会である IFIS の発表を整理して情報を提供する。

### 2. 国際的な傾向

全体：植物検疫処理を目的とした利用が進み、メキシコからアメリカへの果物の輸出量が 2008 年に 266 トンから 2023 年で 42,759 トンに増加した。オーストラリアでも処理量が 30,000 トンに上昇した。これは、米国・オーストラリア・ニュージーランド・チリなどの市場で農産物に対して検疫による放射線処理を義務付けられていることに加え、7.5MeV の

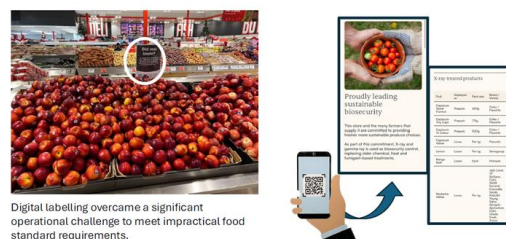


Fig. 1 Working within regulatory barriers

変換 X 線の使用により処理コストが改善されたことが要因と考えられる。また、Fig. 1 に示すようにオーストラリアでは、商品に照射のラベリングまたは QR コードを読み込ませ、消費者理解に取り組んだ。

アジア・オセアニア：中国では主に国内消費で、処理量が 2015 年に 60,000 トン、2024 年には 150,000 トンに増加した。インドでもアメリカへ、マンゴーとザクロの輸出で 3,000 トンに上昇し、インド国内でもガンマ線の照射施設が 2025 年に 38 機となり、利用が進んでいる。ベトナム・インドネシアにおいても植物検疫処理を目的とした使用が増大している。

南米：ペルーがアメリカ向けに検疫処理として 1,400 トン輸出している。ペルーとアルゼンチンの植物検疫機関である SENASA は 2023 年に ISPM28 を採用し、今後の輸出入が拡大される。ブラジルは植物検疫用（生鮮果物、家禽、牛肉、香辛料）が 50%を占め、次いで、国内において香辛料、調味料、乾燥食材に照射されている。市場規模では 45–65 万米ドルである。

欧州：ヨーロッパでは 2010 年に 9,000 トンであったが、2021 年には 2,000 トンまで減少した。大部分を占めていたベルギー・オランダ、フランスで顕著に処理量が減少した。

アフリカ：南アフリカがアメリカに照射済み食品を 863 トンの輸出をしている。他、ガーナやチュニジアなどで盛んに研究が進められており、今後の発展が期待される。

その他：食品照射は、宇宙食や病院食にも使用されているが規模としては小さい。中国では飼料用に食品照射が使用され、中国国内での市場規模は 2020 年に 150 万米ドル、2025 年に 250 万米ドルとなった。今後も、世界的には飼料用として増加傾向である。照射施設についても、発展途上国ではガンマ線照射施設が、先進国では変換 X 線の施設が次々と建設されている。研究では、シミュレーションによる照射方法に関するプロジェクトが IAEA で立ち上がる予定である。

### 3. まとめ

国際的な輸出入において植物検疫処理の照射が拡大された。発展途上国では、食品の安全性を目的に照射が拡大されつつあり、照射施設や規制の整備が各国で進められている。また、オーストラリアでは食品に照射済みという、適正な表示を消費者に示し、理解を深める取り組みを行っていた。

\*Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute

## 低エネルギーX線による食品照射 Food irradiation by low energy X-rays

ダラット大学<sup>\*1</sup>, 東京都立産業技術研究センター<sup>\*2</sup>

○久米 民和<sup>\*1</sup>, Nguyen Thi Thuy Linh<sup>\*1</sup>, 片岡 憲昭<sup>\*2</sup>

(KUME, Tamikazu<sup>\*1</sup>; Nguyen Thi Thuy LINH<sup>\*1</sup>; KATAOKA, Noriaki<sup>\*2</sup>)

### 1. はじめに

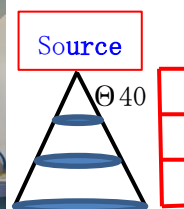
Co-60 の $\gamma$ 線を用いた食品照射は世界の多くの国で普及しているが、近年 RI の安全性などの観点から電氣的に ON/OFF で制御可能な電子線・X線への変換が進められている。高エネルギー電子線および変換X線は既に広く用いられているが、厚い遮蔽が必要であり高価である。低エネルギーの電子線(LEEB)やX線(LEEX)は遮蔽も容易で比較的安価であり、小規模の照射装置として注目されている。LEEBは既に一部実用化が進められているが、透過力が弱いといった難点もある。一方、LEEXは出力が弱く、実用照射には不向きとされてきた。ここでは、食品照射へのLEEX照射の有効性について検討した。

### 2. 方法

X線照射は、主として Hitachi MBR-1618R-BE (160kV) および COMET MG-165 (150kV) を用いた。比較のため $\gamma$ 線は Cs-137 (244.2TBq, 661.7keV)、電子線は Iwasaki E250/15/180L (250kV)を用いて照射した。深部線量は、Gafchlonic HD-V2を用いて測定・評価した。

### 3. 結果および考察

発芽防止(～0.15kGy)では、タマネギは深さ 8mm、20Gy の片面照射で効果的に発芽防止が可能であった。一方、ジャガイモは発芽点が2～10か所あるため、深さ 5.4mm、60Gy の両面照射が必要であった。本実験に用いた自己遮蔽型 160kV の



| Distance<br>mm | Dose rate<br>Gy/min | Area<br>Φmm |
|----------------|---------------------|-------------|
| 150            | 78.6                | 109         |
| 250            | 28.3                | 182         |
| 350            | 14.4                | 255         |

LEEX装置では、照射線量率は線源に近いほど高いが、広い照射野を得るためには線源からの距離を離す必要がある。線源からの距離 350 mm、線量率 14.4Gy/min の照射で、タマネギでは 46.7kg/hr、ジャガイモでは 9.9kg/hr の処理量が得られ、小規模の実用照射が可能であると考えられた。

果物の殺虫(～1kGy)は、ドラゴンフルーツ(直径 90mm)およびロンガン(直径 25mm)を用いて深部線量のシミュレーションを行った。Follet らは In-line 照射装置の設計を行っており、160kV のチェリー用 X線照射装置で実用規模での照射の可能性を報告している。

スパイスなどの殺菌(～30kGy)については、 $\gamma$ 線、電子線、X線を用いて黒コショウの殺菌効果を検討した。コショウを単層に並べて照射した場合、150kV の LEEX 片面処理で殺菌処理が可能であった。 $\gamma$ 線は透過力が高く効率的に照射できるが、250kV の LEEB の場合は透過が不十分で回転照射装置などが必要である。LEEX を用いた本実験では、線量率の高い線源の近くで照射したが、照射野が狭く実用には向かない。実用照射のためには、エネルギーを 600kV 程度まで高くして透過線量を高める、電流値を上げて照射線量率を高くして照射野を広げるなど、照射装置の新規開発が必要である。

<sup>\*1</sup> Dalat University, Vietnam

<sup>\*2</sup> Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute

## 低エネルギーX線の殺滅菌への応用

## Application of low-energy X rays to decontamination of microorganisms

大阪公立大学<sup>\*1</sup>, Dalat University<sup>\*2</sup>, NPO 法人カビ相談センター<sup>\*3</sup>, 神戸大学<sup>\*4</sup>,大阪公立大学工業高等専門学校<sup>\*5</sup>, 東京都立産業技術研究センター<sup>\*6</sup>○古田雅一<sup>\*1</sup>, 神野八恵美<sup>\*1</sup>, 角野友美<sup>\*1</sup>, Nguyen Thi Thuy Linh<sup>\*2</sup>, 久米民和<sup>\*2</sup>, 久米田裕子<sup>\*3</sup>,朝田良子<sup>\*1</sup>, 松下正和<sup>\*4</sup>, 安藤太一<sup>\*5</sup>, 秋吉優史<sup>\*1</sup>, 関口正之<sup>\*6</sup>, 田中真美<sup>\*6</sup>, 片岡憲昭<sup>\*6</sup>(FURUTA, Masakazu<sup>\*1</sup>; KANNO, Yaemi<sup>\*1</sup>; KAKUNO, Tomomi<sup>\*1</sup>; NGUYEN, Thi Thuy Linh<sup>\*2</sup>;KUME, Tamikazu<sup>\*2</sup>; KUMEDA, Yuko<sup>\*3</sup>; ASADA, Ryoko<sup>\*1</sup>; MATSUSHITA, Masakazu<sup>\*4</sup>;ANDO, Hirokazu<sup>\*5</sup>; AKIYOSHI, Masafumi<sup>\*1</sup>; SEKIGUCHI, Masayuki<sup>\*2</sup>; TANAKA, Mami<sup>\*6</sup>;KATAOKA, Noriaki<sup>\*6</sup>)1. はじめに

洪水などの災害により被災した古文書では、カビ汚染が文化財の劣化を引き起こすだけでなく、修復作業従事者に対する中毒やアレルギー疾患などの健康リスク要因ともなる。被災文化財の救出および保存修復における殺菌に従来用いられてきた酸化エチレンガスの販売停止により、酸化エチレン燻蒸の代替技術として、放射線殺菌・滅菌処理の実用化が期待されている。演者らはこのような被災試料の放射線殺菌・滅菌に既存の滅菌受託用照射施設活用が可能であることを示してきた<sup>1)</sup>。一方、被災地近辺に実用的な照射施設が存在しない場合には、法的規制の比較的少ない可搬型の 1 MeV 未満低エネルギー X 線照射装置の利用が期待される。そこで本研究では、抗菌試験の指標菌である *Aspergillus niger* を用い、Cs-137 ガンマ線と低エネルギー X 線の照射効果を比較した<sup>2)</sup>。

2. 方法

東京都立産業技術研究センターの低エネルギー X 線照射装置 (MG-165, Comet Group) と Cs-137 ガンマ線照射装置 (PS-3200T, Pony Industry Co., Ltd) を用いた。*Aspergillus niger* 培養液から孢子懸濁液を調製し、厚さ 0.75 mm のポリエチレン (PE) ディスク上に添加・乾燥させた (約  $2.0 \times 10^7$  spores/disc)。X 線エネルギー、フィルターの有無など照射条件を変更して照射を行った。照射後、コロニー計数法により殺菌効果を評価した。

3. 結果および考察

フィルター未使用条件において、50～150 kV の X 線照射では、フィルターの有無、Cs-137 ガンマ線照射を含め、殺菌効果に有意差は見られず、すべての条件で 15 kGy の照射で  $10^{-5}$  レベルまで菌数が低下した。また、ポリエチレンシートの 8 mm 深度までは表面線量の 50% 以上が維持されていた。

4. 結論

被災文化財の救出および保存修復プロセスにおいて、低エネルギー X 線照射装置は、既存の照射施設の利用が困難な地域における有効な代替手段となることが期待される。

(参考)1) N.T.T. Linh, Y. Kumeda, et al. (2021), *Biocontrol Sci.*, **26**, No.1, 55-59.2) N. Kataoka, N.T.T. Linh, et al. (2024) *Radiat. Phys. Chem.* **218** 111586(謝辞) 本研究は JSPS 科研費 JP24K00157、JP21KK0011 (代表: 古田雅一) の助成を受けて実施した。<sup>\*1</sup> Osaka Metropolitan University <sup>\*2</sup> Dalat University, Vietnam<sup>\*3</sup> NPO Center for Fungal Consultation <sup>\*4</sup> Kobe University<sup>\*5</sup> Osaka Metropolitan College of Technology<sup>\*6</sup> Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute,

## 低エネルギー電子線を用いた卵殻殺菌に関する検討

(地独) 東京都立産業技術研究センター<sup>\*1</sup>○内田 海路<sup>\*1</sup>, 片岡 憲照<sup>\*1</sup>,(UCHIDA, Kaiji<sup>\*1</sup>; KATAOKA, Noriaki<sup>\*1</sup>)

## 1. はじめに

サルモネラ菌による食中毒は 1986 年から 10 年のうち 125 件が鶏卵製品に原因がある。そのため、包装の前に生卵の薬剤処理が行われているが薬剤残留や廃液の環境への負荷が避けられない。その代替法として、非加熱・乾式処理に対応した紫外線や放射線を用いた方法が研究されてきた。現在、卵殻表面の殺菌は紫外線では実用化されているが、放射線処理は馬鈴薯の芽止めに限り、認められている。但し、食品中の異物検査など製造又は加工工程の管理に放射線照射を行う場合は 0.1Gy 以下という条件で認められている。そこで、本研究では低エネルギー電子線で卵殻を殺菌できる線量(最大 3kGy)を照射した場合に、可食部内部に到達する制動X線の線量をモンテカルロシミュレーションで算出した。さらに、可食部内部の吸収線量が許可線量 0.1Gy 以下となる条件を検討した。

## 2. 方法

卵殻および可食部からなるモデルに電子線を入射させた時の各線量を、粒子・重イオン輸送計算コード PHITS(Ver.3.00)を用いてシミュレーションで評価した。各加速電圧(80kV, 100kV, 150kV, 200kV, 250kV) で照射した電子線の卵殻における線量の深度分布を算出し、可食部内部の吸収線量を求めた。また、線源と卵の距離を変化させ、電子線が卵殻に入射した時の電子線のエネルギー分布と可食部内部に入射した制動X線のエネルギー分布をそれぞれ求めた。

## 3. 結果および考察

図 1 に卵殻における線量の深度分布を示す。高 LET の電子線の場合は 0.2mm まで到達し、0.2mm 以降は、線量が一定に推移しているため制動 X による寄与であることが示された。また、卵殻に各加速電圧の電子線を 3kGy 照射した時の卵殻内側の吸収線量を算出した (図 2)。その結果、加速電圧が高くなるに従い、線量が増加することが示された。さらに、線源と卵の距離を近づけた場合、表面線量は著しく増大するが、内部の線量は大きく変化しないことが明らかとなった。

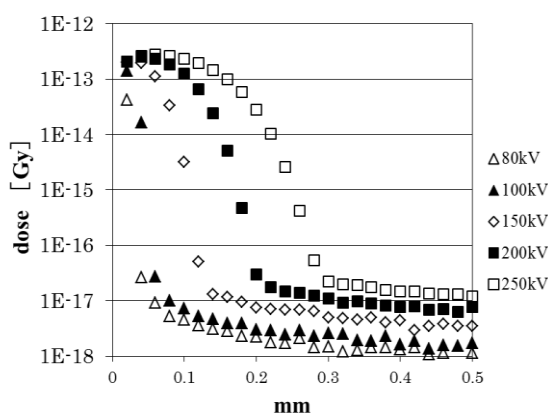


図 1. 電子線の深度分布

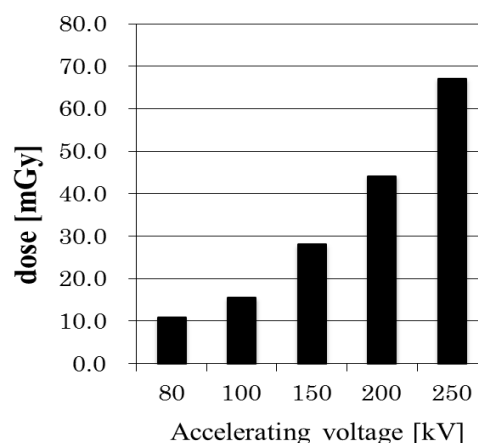


図 2. 表面 3kGy 照射した時の卵殻内側の吸収線量

<sup>\*1</sup>TokyoMetropolitan Industrial Technology Research Institute

## 5,6-ジヒドロチミジンを指標とした照射食品検知法の公定法との比較検証

## Comparative verification of irradiated foods detection method using 5,6-dihydrothymidine as irradiation indicator with the official methods

(地独) 大阪健康安全基盤研究所<sup>\*1</sup>, (地独) 東京都立産業技術研究センター<sup>\*2</sup>, 公立大学法人大阪公立大学<sup>\*3</sup>  
○福井 直樹<sup>\*1</sup>, 内田 海路<sup>\*2</sup>, 中川 清子<sup>\*2</sup>, 片岡 憲照<sup>\*2</sup>, 藤原 拓也<sup>\*1</sup>, 高取 聡<sup>\*1</sup>, 古田 雅一<sup>\*3</sup>,  
(FUKUI, Naoki<sup>\*1</sup>; UCHIDA, Kaiji<sup>\*2</sup>; NAKAGAWA, Seiko<sup>\*2</sup>; KATAOKA, Noriaki<sup>\*2</sup>;  
FUJIWARA, Takuya<sup>\*1</sup>; TAKATORI, Satoshi<sup>\*1</sup>; FURUTA, Masakazu<sup>\*3</sup>)

## 1. はじめに

食品への放射線照射(照射)は世界的に広く利用されているが、国内では馬鈴薯の芽止め以外の照射は原則禁止されている。現在、厚生労働省から3種類の検知法、すなわち、熱ルミネッセンス(TL)法、アルキルシクロブタノン(ACB)法および電子スピン共鳴(ESR)法が公定法として通知されており、検疫所等で輸入食品検査に活用されている。各検知法は、適用可能な食品の範囲が限局的である。そこで、我々は、多様な食品に適用可能であり、多数の検査機関に普及しているタンデム型質量分析計付き高速液体クロマトグラフを活用した、汎用性の高い独自の検知法としてジヒドロチミジン(DHdThd)法の開発に取り組んでいる。DHdThd法では、照射により食品に広く含まれるDNA中に生じたDHdThd残基のチミジン(dThd)残基に対する比率(DT ratio)を検知指標とする。これまでに照射した牛ミンチを対象に、DHdThd法とACB法を比較した結果を報告した<sup>#1</sup>。

このたび、照射した粉末状赤唐辛子(唐辛子)を対象に、DHdThd法、TL法及びESR法を比較した。また、照射試料の海上輸送中に想定される温度上昇を考慮し、照射試料を加温保管して検知への影響を検証した。

## 2. 方法

唐辛子を約12℃でγ線照射した(1, 3, 5および9.5 kGy)。試料を保管(約25℃)し、照射直後(1ヶ月後)、半年後および1年後に、各方法で検知を試みた。また、照射(8 kGy)後、乾燥機内で加温保管(40, 50, 60および70℃; 1日~4週間)のうえ各方法で検知を試みた。

## 3. 結果および考察

**(1) DHdThd 法** 照射直後の試料では、線量依存的にDT ratioが上昇した。非照射試料から微量のDHdThdが検出されたが、DT ratioは5 kGy(香辛料の殺菌に必要な最低線量付近)を照射した試料と比較して1/10未満であった。これは製造過程の乾熱乾燥に由来するものと推察された<sup>#2</sup>。照射から1年後も線量依存性が堅牢に維持されており、各線量でのDT ratioに明確な変化は認められなかった。また、試料を加温保管(60℃; 2週間)した場合では、DT ratioが約14%低下したが検知に支障はなかった。

**(2) TL 法** 照射直後の試料では、検知指標のTL比は0.1以上であり検知できた。TL比について、ばらつきが認められるが線量依存性も認められた。照射から半年以降では、TL比は低下したが0.1以上が維持されており検知できた。照射試料を加温保管した場合でも、TL比は0.1以上が維持されており検知できた。

**(3) ESR 法** 照射直後の試料では、検知指標のSignal/Mn(5)が線量依存的に上昇したが、5 kGy以上で飽和傾向であった。照射半年後では、Signal/Mn(5)が低下し1年後では非照射試料との区別が困難であった。加温保管した試料では、Signal/Mn(5)は非照射試料と同等程度まで低下し検知困難となるケースがあった。

## 4. 結論

DHdThd法は、TL法およびESR法と同様に唐辛子の照射履歴の検知に有用であることが明らかとなった。非照射試料から検出される微量のDHdThd量を確認しておくことにより、同法は、香辛料の照射履歴の検知においてTL法及びESR法の両公定法を補完できる新たな検知法として活用が期待される。

【謝辞】本研究の一部は、(公財)山崎香辛料振興財団 2024 年度研究助成、JSPS 科研費 JP22K10502 および JP25K09012 の助成を受けて実施した。

#1: Fukui N., et al., *Journal of Agricultural Food Chemistry*, **65**(42), 9342-9352 (2017)

#2: Fukui N., et al., *Radiation Physics and Chemistry*, **191**, 109849 (2022)

<sup>\*1</sup> Osaka Institute of Public Health, <sup>\*2</sup> Tokyo Metropolitan Industrial Technology Research Institute,

<sup>\*3</sup> Osaka Metropolitan University