

令和 5 年 6 月 28 日現在

機関番号：11101

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：2018～2022

課題番号：17KK0015

研究課題名（和文）天然起源トリチウムを追跡するためのマルチアイソトープ手法の確立

研究課題名（英文）Study of the multi-isotope method to trace study of the natural tritium

研究代表者

赤田 尚史（Akata, Naofumi）

弘前大学・被ばく医療総合研究所・教授

研究者番号：10715478

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 8,000,000円

渡航期間： 2.5ヶ月

研究成果の概要（和文）：大気上層では、人為起源トリチウム年間生成量の約5倍もの天然トリチウムが定期的に生成されている。そのため、我々の生活環境には定期的に「天然起源トリチウム」が存在していると言える。しかし、気象イベントにおける天然起源トリチウムの対流圏への移流量やその物理化学的形態と相変化等については明らかにされていない。福島第一原子力発電所事故以降、人為起源トリチウムへの国民の関心は高い。本研究では、いくつかの天然及び人工放射性核種を組み合わせ、天然起源トリチウムを追跡するためのマルチアイソトープ手法の確立を目指す。

研究成果の学術的意義や社会的意義

福島第一原子力発電所では、廃炉に向けた作業がロードマップに沿って進められている。事故により溶けだした燃料は、注水により水没させることで遮蔽と冷却が進められているが、このプロセスで汚染水が生成され続けている。将来的には、トリチウム以外の放射性物質を取り除いたのちに海へ放出されるため、国民のトリチウムへの関心は高い。これらの社会的動機をカバーするうえでも、本研究において、濃度レベルや分布、追跡指標としての有効性を検証することは重要となる。

研究成果の概要（英文）：In the upper atmosphere, natural tritium is regularly produced at a rate of about five times the annual amount of anthropogenic tritium. Therefore, it can be said that "naturally occurring tritium" is regularly present in our living environment. However, the amount of advection of naturally occurring tritium into the troposphere during meteorological events, its physicochemical form and phase change, etc. have not been clarified. Since the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant accident, public interest in anthropogenic tritium has been high. This study aims to establish a multi-isotope method to track naturally occurring tritium by combining several natural and artificial radionuclides.

Translated with [www.DeepL.com/Translator](http://www.DeepL.com/Translator) (free version)

研究分野：環境放射生態学

キーワード：トリチウム

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。

## 様式 F - 19 - 2

### 1. 研究開始当初の背景

トリチウム(T)は水素の放射性同位体であり、天然には、主に宇宙線と窒素や酸素との核反応・核破砕反応により大気上層で生成される。宇宙線によるトリチウム生成率は、地表の単位面積当たり換算しておおよそ  $0.2 \sim 0.25 \text{ atom cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$  と推定されている。地球上の表面積を  $5.1 \times 10^{14} \text{ m}^2$  とすると、トリチウムの年間生成量は  $7.2 \times 10^{16} \text{ Bq year}^{-1}$  となる。一方、過去の大気圏内核実験により大量のトリチウムが環境中に放出され、現在でも環境中に  $1.0 \times 10^{18} \text{ Bq}$  残存していると推定される。また、世界中の原子力発電所や核燃料再処理施設の運転に伴い大気放出されており、その量は宇宙線による年間生成量の約 20% ( $1.4 \times 10^{16} \text{ Bq y}^{-1}$  [1995-1997 年]) に相当すると見積もられている。

福島第一原子力発電所事故以降、トリチウムに対する国民の関心は高い。様々な供給源を有するトリチウムについて、それらの挙動を明らかにするとともに計測技術を確立することは、福島第一原子力発電所の廃炉に伴う処理水の海洋放出や原子力発電所の再稼働に伴うトリチウムの海洋放出など、国内外におけるトリチウムに対する安全・安心の醸成に繋がると考えられる。

### 2. 研究の目的

大気上層では、人為起源トリチウム年間生成量の約 5 倍もの天然トリチウムが定常的に生成されている。そのため、我々の生活環境には定常的に「天然起源トリチウム」が存在していると言える。しかし、気象イベントにおける天然起源トリチウムの対流圏への移流量やその物理化学的形態と相変化等については明らかにされていない。人為起源トリチウムへの国民の関心は高い。本研究では、低濃度トリチウム計測技術を確立すると共に、成層圏-対流圏の気体交換が活発であり、かつトリチウム濃度が極めて低い海水起源水蒸気の影響を受けにくい中緯度ヨーロッパ内陸地域において大気観測を行い、その実態を明らかにする。

### 3. 研究の方法

本研究は、国内での技術開発と海外でのフィールド調査に分けられる。フィールドはヨーロッパ中央部にあるハンガリー・ヴェスプレム市のパンノニア大学である。本研究では、以下の項目について実施した。

- (1)市販のトリチウム電解濃縮装置の改良
- (2)ヴェスプレム旧市街地における空間ガンマ線線量率分布
- (3)ヴェスプレムにおける大気観測

### 4. 研究成果

#### (1)市販のトリチウム電解濃縮装置の改良

水試料を対象としたトリチウム濃縮装置が市販されている。安定した濃縮水の回収と高効率でのトリチウム濃縮の為に、電解セルの冷却もしくは試料水の冷却は重要であることが報告されている。電解濃縮の評価を行う際、一般的に分離係数が用いられる。分離係数を大きくすることで効率よくトリチウムの濃縮を行うことができるため、環境中に含まれる極低濃度のトリチウムを、試料水量を増やすことなく測定することができる。本研究では、濃縮効率の向上に向けて市販の装置「TRIPURE XZ001」(デノラ・ペルメレック)のタンクを改良した。改良前後の装置概要を図1に示す。この装置は固体高分子電解質(Solid Polymer Electrolyte)を電解膜として利用し、水を電解する手法を用いている。本研究では試料水タンクの外側に二重管を取り付け、その中を冷却水循環装置(CCA-1112、ELELA)からの冷却水を流せるように改良した。これにより、冷却水循環装置の設定温度を変えることで試料水を間接的に冷却することができる。本研究では、初期水量を 500mL とし、濃縮後水量を約 55mL となるように水位センサーを設定した。電気分解は最初の 22 時間(A 設定)が 50A、その後水位センサーが反応するまで 20A で運転した。市販の重水試薬(Sigma-Aldrich)から  $2.16 \pm 0.09 \text{ Bq/L}$  のトリチウム水を作成し、実験に用いた。トリチウムの測定は、145mL のポリエチレンバイアル(内側テフロンコーティング)内に試料水とシンチレータ(Ultima Gold LLT, PerkinElmer)をそれぞれ 50 mL 加え、攪拌、静置(5日以上)したのち低バックグラウンド液体シンチレーション計数装置(LSC-LB5, 日本レイテック)を用いて 1,500 分測定を実施した。

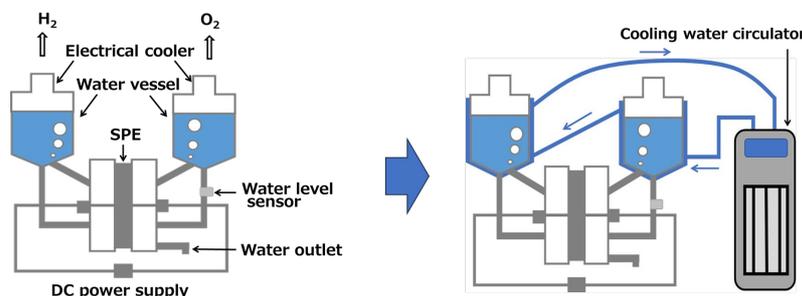


図1 市販のトリチウム電解濃縮装置の概要と改良

濃縮したトリチウム水を測定した結果、10.61 ~ 10.94 Bq/L の範囲 (n=5) で平均値 ( $\pm$ 標準

偏差)は  $10.79 \pm 0.12$  Bq/L であった。標準溶液濃度は  $2.16 \pm 0.09$  Bq/L であることから、トリチウム濃縮率(±標準偏差)は  $5.00 \pm 0.06$  Bq/L である。本装置を改良する前の同条件における濃縮率は 4.37 であったことから、1.14 倍の濃縮率の向上である。本研究で用いた測定システムを用いてトリチウム測定した場合、検出下限値は 0.062 Bq/L となり、改良前ならば検出下限値(0.071 Bq/L)と比較して低濃度まで検出できるようになった(文献1)。

## (2)調査地域周辺の空間ガンマ線線量率分布

我々は、日暮の生活の中で定常的に自然からの放射線を浴びている。自然放射線は、土壌内の天然放射性核種に起因する大地からの放射線、大気中ラドン壊変生成核種に起因する大気からの放射線、そして宇宙線の3つに大きく分類される。環境放射線の測定量としての空間線量率は、外部被ばくの指標となるものであり、ある空間における単位時間あたりの放射線量(空気吸収線量や空気カーマ)である。その寄与成分である大気放射線は大地放射線の約10~20%であるため、空間線量率は主に大地からの放射線による影響が大きい。大地からの放射線は、主に地球誕生から存在するウラン系列核種とトリウム系列核種および放射性カリウム( $^{40}\text{K}$ )から構成されるため、観測地点やその周辺地域における地質環境により大きく異なる値を示す。そこで、本研究の調査対象地域であるハンガリー・ヴェスプレーム市の放射線に関する基礎的情報を収集することを目的に、パンノニア大学を中心に旧市街地において空間ガンマ線線量率の測定を行った。

調査対象地域であるハンガリーは、中央ヨーロッパに位置し、オーストリア、スロベニア、スロバキア、ウクライナ、ルーマニア、セルビア、クロアチアに囲まれた内陸国である。カルパチア山脈・アルプス山脈・ディナル・アルプス山脈の尾根に囲まれたカルパチア盆地が主であり、その中央に位置するハンガリー大平原を流れるドナウ川が特徴的である。ハンガリー大平原の中西部には後期更新世の地殻陥没で形成された中央ヨーロッパ最大のバラトン湖がある。地表の80%は鮮新世から第四紀の碎屑性堆積岩が占める。バラトン湖周辺には上部古生代基盤岩が認められ、北東から南西にかけてその基盤岩が見られる。この地域は石灰岩やドロマイトが有名であり、ブタペスト市内のブタの丘等は主として limestone や dolomite で形成されている。調査対象地域であるヴェスプレーム市は、ブタペストより南西に約100kmに位置し、旧市街地にあるヴェスプレーム城を中心に、周辺に住宅地等が広がっている(図2)。

歩行による線量測定には、3インチ×3インチ NaI(Tl)シンチレーションスペクトロメータ(EMF-211, EMF ジャパン)を用いた。スペクトロメータを肩から掛けて、データ取り込み用PCと付属のGPSをカバンに入れ、歩道や舗装道路を持ち歩くことで測定を行った。測定期間は2018年9月2日、3日、7日および9日の4日間である。歩行しながら30秒間の計測によって得られる全1,024チャンネルの全計数値から以下の式(1)を用いて空気吸収線量率を求めた。

$$D = C \times F$$

ここで、 $D$  は空気吸収線量率 (nGy/h)、 $C$  は全計数率 (cpm)、 $F$  は換算係数 (nGy/h/cpm) である。全計数率から空気吸収線量率への換算係数の算出法は、細田ら(2016)により詳しく説明されている。ここでは細田ら(2016)により求められた  $0.0019$  (nGy/h/cpm)を用いた。このときの標準不確かさは1.2%と報告されている。なお、測定中において、一時降雨が観測された。一般的に、降雨や降雪時に空間線量率が上昇することが知られている。そのため、降雨観測時のデータは、本報告からは除外した。本調査では930データを得ることができた。

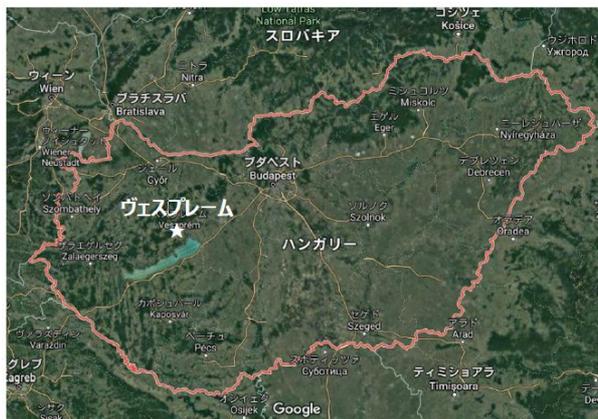


図2 調査地点であるヴェスプレーム市の位置関係

ヴェスプレーム市街地を歩行して得られた空気吸収線量率の分布図を図3に示す。また、空気吸収線量率の頻度分布を図4に示す。空気吸収線量率は  $20.2 \sim 61.1$  nGy/h の範囲であり、平均値(±標準偏差)は  $34.2 \pm 5.4$  nGy/h であった。ヴェスプレームは18世紀初頭に建設された城郭を中心とした古い町並みが残る歴史的地域であり、旧市街地はアスファルトによる舗

装道路だけではなく、limestone を切り出した石畳も残る。また、limestone ブロックで組み上げられた家屋やゲートも残っている。本調査で得られた 50 nGy/h を越えた地点は全て limestone の石畳の上や limestone 家屋のそばを歩行した時のものであり、建材による影響と考えられる。

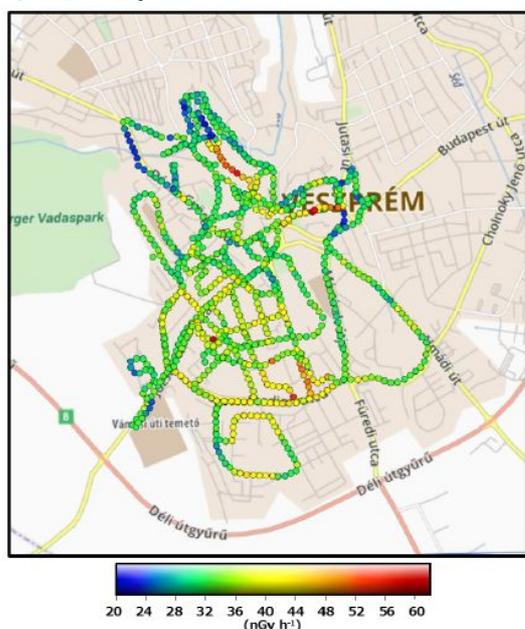


図3 ヴェスプレーム市旧市街地における空気吸収線量の分布

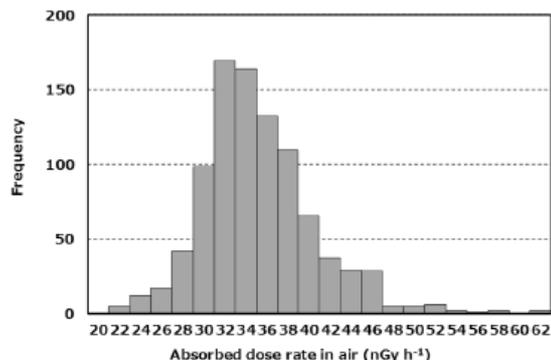


図4 空気吸収線量率の頻度分布

ここで、次の式を用いて年間実効線量 ( $E$ ) を評価した。

$$E = D \times DCF \times T$$

ここで、 $D$  は本調査で得られた最大値である 61.1 (nGy/h) を用いた。 $DCF$  は線量換算係数であり、ここでは 0.7 (Sv/Gy) を用いた。 $T$  は時間 (8,760 時間) である。最大値を用いて求めた年間実効線量は 0.38 mSv/y であり、既報 (Nemeth and Tokonami, 2004) と同程度であった。

### (3) ヴェスプレームにおける大気観測

ハンガリー国内では、バラトン湖南部の Mecsek Hills において、水文学的基礎情報を収集することを目的に、降水の連続観測が行われており、そのデータも公開されている (Fórizs, et al. 2020)。そこで、本研究ではパノニア大学構内において大気エアロゾルの採取を行い、宇宙線生成核種である  $^7\text{Be}$  の測定を試みた。ハンディタイプのハイボリュームエアサンプラー (HV-500R, SIBATA) をパノニア大学構内に設置し (図5)、PTFE テフロンバインダーフィルター (TF98, SIBATA) 上にエアロゾルを捕集した。捕集前後の重量変化からエアロゾル重量濃度を求めた。採取間隔は 1~4 日である。採取後、乾燥させたフィルターをプラスチックバックに詰めた後、 $^7\text{Be}$  は Ge 半導体検出器 (Ortec) を用いて 1 日測定を行った。 $^7\text{Be}$  を定量する際、同じ形状の標準線源により測定効率を求める必要がある。そこで、50L 程度の降水から鉄共沈により  $^7\text{Be}$  を濃縮し、沈殿物の  $^7\text{Be}$  濃度を定量したのち、同じフィルターでろ過した後に乾燥させ、二次標準線源を作成した。2019 年 2 月から 3 月にかけて試験観測を実施した。その結果、2019/2/27-2019/2/28 (F-1) は  $9.2 \pm 0.9$  mBq/m<sup>3</sup>、2019/2/28-2019/3/1 (F-2) は  $26.8 \pm 2$  mBq/m<sup>3</sup>、2019/3/1-2019/3/4 (F-3) は  $7.8 \pm 0.8$  mBq/m<sup>3</sup> であり、短期間で大きく変動する結果であった。この時のエアロゾル重量は F-2 > F-1 > F-3 の順であり、 $^7\text{Be}$  濃度と同じであった。この結果より、試料採取から測定は問題ないと判断した。

大気中トリチウムは図 6 に示す大気水蒸気捕集装置を用いた。ミニポンプを用いて 0.5L/分の吸引流量で外気を取込み、吸湿材 (モレキュラーシーブカラム) を詰めたカラムを用いて捕集した。試料採取後、吸湿材を 400 で加熱してす水分を液体窒素トラップで回収し、測定用試料とした。捕集水 10mL と液体シンチレータ 10mL (GoldStar) を 20mL のポリエチレンバイアル内で混合し、低バックグラウンド液体シンチレーションカウンタ (Quantulus, PerkinElmer) を用いて 1,000 分測定を実施してトリチウム濃度を定量した。検出下限値は約 0.8Bq/L であった。予備調査として、2019/8/13-2019/8/14 にかけて捕集した試料は  $8.2 \pm 1$  Bq/L であり、本試料採取法は問題ないと判断された。



図 5 エアサンプラーの設置状況



図 6 大気水蒸気捕集システムの概要

大気水蒸気を含む大気観測を企画したが、COVID-19 によるパンデミックにより渡航できない状況が続いた。そこで、ハンガリーにおける降水中トリチウム濃度について、文献値を用いて解析を行った (<https://doi.org/10.1016/j.dib.2020.106206>)。試料採取地点は、ヴェスプレムよりバラトン湖を挟んで南側に位置する「Mecsek Hills (メクセク)」である。6 地点のデータが公開されているが、ここでは Boda (46.08668 °N 18.04671 °E, 233 m a.s.l.) のデータを用いた。図 7 にメクセク (st. Boda) における月間降水中トリチウム濃度を示す。2005 年 1 月から 2017 年 12 月までで、全 137 データである。トリチウム濃度は 0.41 ~ 1.90 Bq/L の範囲で平均 ( $\pm$ 標準偏差)  $0.97 \pm 0.32$  Bq/L であり、春季に高く夏季から冬季にかけて低くなる季節変動傾向を示した。IAEA はオーストリア・ウイーンにおける月間降水中トリチウム濃度を報告しており (<https://www.iaea.org/resources/nucleus-information-resources>)、2011 ~ 2012 年における各月の濃度は 0.60 ~ 1.89 Bq/L の範囲で平均 ( $\pm$ 標準偏差) は  $1.18 \pm 0.38$  Bq/L であり同程度であった。このことから、ハンガリーやオーストリアを含む東欧内陸地域の降水中濃度は本研究で得られたデータと同程度であり、季節変動傾向もこの地域の特徴であると判断された。一方、本研究の一環として北海道札幌市において月間降水中トリチウム濃度を測定しており、2015 年 7 月から 2019 年 12 月のトリチウム濃度は 0.24 ~ 1.59 Bq/L の範囲で平均 ( $\pm$ 標準偏差)  $0.68 \pm 0.30$  Bq/L であった (<https://doi.org/10.1016/j.fusengdes.2021.112434>)。札幌はハンガリーに比べて南に位置しており (43°8'N, 141°14'E)、この最大濃度と平均濃度の違いは採取地点の緯度の違いによる緯度効果の影響と推定される。日本の位置する極東アジアの中緯度地域では、春季の季節風と下記の海洋性気団の影響で春季に高く夏季に低くなる季節変動傾向が認められるとされている (Akata et al. 2011)。一方、ハンガリーでも似たような季節変動傾向が認められている。ハンガリーのような内陸地域では海洋性気団の影響によりトリチウム濃度が減少することは考えにくい。このことから、低い濃度は地域のバックグラウンド濃度であり、春季には成層圏から宇宙線起源トリチウムが慰留することで濃度が上昇していると推定される。本研究では COVID-19 の影響により詳細な調査が実施できなかったものの、降水と同時に大気水蒸気を捕集してトリチウムを分析すると共に、大気と降水の  $^7\text{Be}$  を分析することでその詳細を明らかにできるものと言える。

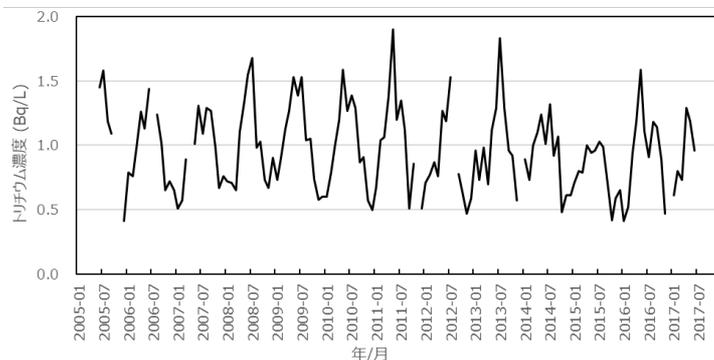


図 7 ハンガリー・メクセク (地点: Boda) における月間降水中トリチウム濃度

本研究を通じて、ハンガリー・バンノニア大学工学部の放射化学・生態学研究所の客員教授となり、定期的に講義等を実施すると共に共同研究を実施するなど、国際連携を強化することができた。今後、このネットワークを活用して Tibor Kovacs 所長との共同研究を推進していきたい。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計9件（うち査読付論文 9件/うち国際共著 6件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 Akata Naofumi, Iwata Chie, Nakada Miki, Tanaka Masahiro, Kakiuchi Hideki, Kovacs Tibor, Yanagisawa Fumitaka, Kanai Yutaka	4. 巻 327
2. 論文標題 Characterization of atmospheric 210Pb concentration and its relation to major ion species at Tsukuba, Japan	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry	6. 最初と最後の頁 755 ~ 760
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10967-020-07568-w	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 該当する
1. 著者名 Naofumi Akata, Chie Iwata, Akemi Kato, Masahiro Tanaka, Hirofumi Tazoe, Nagayoshi Shima, Kimpei Ichianagi, Miklous Hegedus, Gergo Bator, Tibor Kovacs, Hideki Kakiuchi	4. 巻 9
2. 論文標題 Low-volume Electrolytic Enrichment for Tritium Measurement Using Improved Solid Polymer Electrolyte System at NIFS and Its Application	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Radiation Environment and Medicine	6. 最初と最後の頁 93 ~ 97
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 該当する
1. 著者名 Akata N, Hasegawa H, Sugihara S, Tanaka M, Furukawa M, Kurita N, Kovacs T, Shiroma Y, Kakiuchi H	4. 巻 184
2. 論文標題 TRITIUM, HYDROGEN AND OXYGEN ISOTOPE COMPOSITIONS IN MONTHLY PRECIPITATION SAMPLES COLLECTED AT TOKI, JAPAN	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Radiation Protection Dosimetry	6. 最初と最後の頁 338 ~ 341
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/rpd/ncz062	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 該当する
1. 著者名 YOKOYAMA Sumi, TAKAHASHI Tomoyuki, OTA Masakazu, KAKIUCHI Hideki, SUGIHARA Shinji, HIRAO Shigekazu, MOMOSHIMA Noriyuki, TAMARI Toshiya, SHIMA Nagayoshi, ATARASHI-ANDOH Mariko, FUKUTANI Satoshi, NAKASONE Shunya, FURUKAWA Masahide, TANAKA Masahiro, AKATA Naofumi	4. 巻 14
2. 論文標題 Development of Field Estimation Technique and Improvement of Environmental Tritium Behavior Model	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Plasma and Fusion Research	6. 最初と最後の頁 3405099 ~ 3405099
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1585/pfr.14.3405099	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 Akata Naofumi, Tanaka Masahiro, Iwata Chie, Kato Akemi, Nakada Miki, Kovacs Tibor, Kakiuchi Hideki	4. 巻 16
2. 論文標題 Isotope Composition and Chemical Species of Monthly Precipitation Collected at the Site of a Fusion Test Facility in Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 International Journal of Environmental Research and Public Health	6. 最初と最後の頁 3883 ~ 3883
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/ijerph16203883	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 Nakasone, S., Yokoyama, S., Takahashi, T., Ota, M., Kakiuchi, H., Sugihara, S., Hirao, S., Momoshima, N., Tamari, T., Shima, N., Atarashi-Andoh, M., Fukutani, S., Ishimine, A., Furukawa, M., Tanaka, M., Akata, N.	4. 巻 15
2. 論文標題 Preliminary investigation of pretreatment methods for liquid scintillation measurements of environmental water samples using ion exchange resins	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plasma and Fusion Research	6. 最初と最後の頁 2405027 ~ 2405027
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1585/pfr.15.2405027	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 Akata Naofumi, Kakiuchi Hideki, Shima Nagayoshi, Tamari Toshiya, Kovacs Tibor	4. 巻 319
2. 論文標題 Determination of non-exchangeable organically bound tritium concentration in reference material of pine needles (NIST 1575a)	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry	6. 最初と最後の頁 1359 ~ 1363
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10967-018-6397-9	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 該当する

1. 著者名 Akata Naofumi, Kakiuchi Hideki, Tanaka Masahiro, Ishikawa Yoshio, Kurita Naoyuki, Furukawa Masahide, Hegedus Miklos, Kovacs Tibor, Gusyev Maksym, Sanada Tetsuya	4. 巻 168
2. 論文標題 Isotope and chemical composition of monthly precipitation collected at Sapporo, northern part of Japan during 2015-2019	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Fusion Engineering and Design	6. 最初と最後の頁 112434 ~ 112434
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.fusengdes.2021.112434	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 該当する

1. 著者名 Kuwata Haruka, Tazoe Hirofumi, Kranrod Chutima, Fujiwara Kenso, Terashima Motoki, Matsueda Makoto, Hirao Shigekazu, Akata Naofumi	4. 巻 198
2. 論文標題 PERFORMANCE EVALUATION OF COMMERCIAL SCINTILLATION COCKTAILS FOR LOW-LEVEL TRITIUM COUNTING BY HIGH-CAPACITY LIQUID SCINTILLATION COUNTER	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Radiation Protection Dosimetry	6. 最初と最後の頁 1014 ~ 1018
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/rpd/ncac040	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 -

〔学会発表〕 計13件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 5件)

1. 発表者名 K. Kheamsiri, N. Akata, H. Kuwata, M. Tanaka, M. Hosoda, M. Sasaki, Y. Shiroma, S. Tokonami, R. Yamada, K. Iwaoka, T. Kovacs
2. 発表標題 Tritium Concentration in Bottled Drinking Water and Internal Dose Assessment
3. 学会等名 The 9th Educational Symposium on Radiation and Health by young scientists (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 赤田尚史
2. 発表標題 日本の降水中トリチウム濃度
3. 学会等名 第58回アイソトープ・放射線研究発表会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 H. Kuwata, H. Tazoe, C. Kranrod, K. Fujiwara, M. Terashima, M. Matsueda, S. Hirao, N. Akata
2. 発表標題 PERFORMANCE EVALUATION OF COMMERCIAL SCINTILLATION COCKTAILS FOR LOW-LEVEL TRITIUM COUNTING
3. 学会等名 International Symposium on the "Environmental Dynamics of Radionuclides and the Biological Effects of LowDose-rate Radiation" (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Naofumi Akata, Hideki Kakiuchi, Masahiro Tanaka, Yoshio Ishikawa, Naoyuki Kurita, Masahide Furukawa, Miklous Hegedus, Tibor Kovacs, Tetsuya Sanada
2. 発表標題 Isotope and chemical composition of monthly precipitation collected at Sapporo, northern part of Japan
3. 学会等名 3rd Asia Pacific Symposium on Tritium Science (APSOT-3) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 赤田尚史, 柿内秀樹, 岩田智恵, 真田哲也
2. 発表標題 札幌市における大気水蒸気中トリチウム濃度の集中観測
3. 学会等名 2019年度日本雪氷学会東北支部大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 保原雄大, 赤田尚史, 柳澤文孝
2. 発表標題 蔵王の樹氷 (アイスモンスター) (2) - 人工衛星画像を用いた越境大気汚染物質解析 -
3. 学会等名 雪氷研究大会2019山形
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 赤田尚史, 岩田智恵, 田中将裕, 古川雅英, Kovacs Tibor, 真田哲也
2. 発表標題 北海道札幌市で採取された降水のトリチウム濃度
3. 学会等名 第2回日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naofumi Akata, Kovacs Tibor, Hideki Kakiuchi
2. 発表標題 Sampling system of tritium for atmospheric environment
3. 学会等名 2nd Workshop on Radiation Research and Related Issues 2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shunya NAKASONE, Sumi YOKOYAMA, Tomoyuki TAKAHASHI, Masakazu OTA, Hideki KAKIUCHI, Shinji SUGIHARA, Shigekazu HIRAO, Noriyuki MOMOSHIMA, Toshiya TAMARI, Nagayoshi SHIMA, Mariko ATARASHI-ANDOH, Satoshi FUKUTANI, Akinobu ISHIMINE, Masahide FURUKAWA, Masahiro TANAKA, Naofumi AKATA
2. 発表標題 Preliminary investigation of pretreatment methods for liquid scintillation measurements of environmental water samples using ion exchange resins
3. 学会等名 The 28th International Toki Conference on Plasma and Fusion Research
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akata, N., Kakiuchi, H., Shima, N., Tamari, T.
2. 発表標題 Determination of Non-Exchangeable Organically Bound Tritium concentration in reference material of pine needles (NIST 1575a)
3. 学会等名 VI. Terrestrial Radioisotopes in Environment International Conference on Environmental Protection (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 赤田尚史, 田中将裕, 柿内秀樹, 城間吉貴, 細田正洋, 岩岡和輝, 床次眞司, 古川雅英, Tibor Kovacs, 真田哲也
2. 発表標題 高時間分解能大気水蒸気捕集システムの開発
3. 学会等名 2018年度日本雪氷学会東北支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中田実希、赤田尚史、小林真、加藤明巳、岩田智恵、林浩
2. 発表標題 岐阜県土岐市における 7 Beの大気中濃度および降水量の特徴
3. 学会等名 第20回環境放射能研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Akata, N., Hasegawa, H., Sugihara, S., Tanaka, M., Furukawa, M., Kurita, N., Kovacs, T., Shiroma, Y., Kakiuchi, H.
2. 発表標題 CHEMICAL AND ISOTOPE COMPOSITION OF MONTHLY PRECIPITATION COLLECTED AT TOKI, JAPAN
3. 学会等名 9th International Conference on High Level Environmental Radiation Areas (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔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
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	コバーチ ティボー  (Kovacs Tobor)	バンノニア大学・Institute of Radiochemistry and Radioecology・Head	

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			
ハンガリー	University of Pannonia			
ハンガリー	University of Pannonia			