

東日本大震災・原子力災害 第1回 学術研究集会

予稿集

Proceedings of the 1st Academic Research Meeting
The Great East Japan Earthquake and Nuclear Disaster

2023.3.16(Thu)-17(Fri)

東日本大震災・原子力災害伝承館、コラッセふくしま
The Great East Japan Earthquake and Nuclear Disaster
Memorial Museum, Corasse Fukushima

東日本大震災・
原子力災害 伝承館

東日本大震災・原子力災害 第1回 学術研究集会

プログラム

2023年（令和5年）3月16日（木）～17日（金）

会場：コラッセふくしま（福島県福島市三河南町1番20号）

3月16日（木） エクスカーション

3月17日（金） 学術研究集会

- | | |
|-------------|--------------------------|
| 09:20 | 受付開始 |
| 09:50-12:10 | 口頭発表（セッション1） [A・B・C・D会場] |
| 12:10-12:20 | 挨拶（オンライン中継） |
| 13:10-14:50 | 口頭発表（セッション2） [A・B・C・D会場] |
| 15:00-17:00 | 口頭発表（セッション3） [A・B・C・D会場] |
| 全日 | ポスター発表・3F・小会議室301 [E会場] |

	A会場 3F企画展示室AB	B会場 3F企画展示室CD	C会場 3F小会議室302	D会場 4F小会議室402
09:50 -12:10 セッション1	A1 (1)事故・放射影響1 座長：高原省五 (JAEA)	B1 (2)コミュニケーション ①心理・伝承・メディア1 座長：鷹居寛之 (東京大)	C1 (2)コミュニケーション ②情報・健康・防災1 座長：丹波史紀 (立命館大・伝承館)	D1 (4)行政 (5)産業 座長：岡本正 (弁護士)
13:10 -14:50 セッション2	A2 (1)事故・放射影響2 座長：森田眞己 (水産研)	B2 (2)コミュニケーション ①心理・伝承・メディア2 座長：青垣和希 (伝承館)	C2 (2)コミュニケーション ②情報・健康・防災2 座長：関谷直也 (伝承館・東京大)	D2 (3)生活・コミュニティ1 座長：賀沼博 (伝承館・東京大)
15:00 -17:00 セッション3	A3 (1)事故・放射影響3 座長：安田伸宏 (伝承館・福井大)	B3 (2)コミュニケーション ①心理・伝承・メディア3 座長：秦康範 (山梨大学)	C3 (2)コミュニケーション ②情報・健康・防災3 座長：山口文憲 (JAEA)	D3 (3)生活・コミュニティ2 座長：若西優香 (伝承館)

E会場 ポスター発表・3F・小会議室301

目 次

A 1

(1) 事故・放射線影響 1

A 会場: 3F 企画展示室 AB

9:50~12:10

CsMP の吸入による内部被ばく線量の評価	1
真辺健太郎 (日本原子力研究開発機構), 松本雅紀 (量子科学技術研究開発機構)	
一市民の放射線汚染把握の試みと考察	3
田野久貴 (Pamukkale 大学名誉教授 (トルコ))	
β 線用プラスチックシンチレーションサーベイメータの基本的な性能評価	5
山本啓介 (東北大学大学院医学系研究科), 磯部理央 (東北大学大学院医学系研究科・東北大学災害科学国際研究所), 大野紗耶 (東北大学大学院医学系研究科), 今田聰恵 (東北大学大学院医学系研究科), 進藤僚太 (東北大学大学院医学系研究科), 稲葉洋平 (東北大学大学院医学系研究科・東北大学災害科学国際研究所), 鈴木正敏 (東北大学大学院医学系研究科・東北大学災害科学国際研究所), 細井義夫 (東北大学大学院医学系研究科・東北大学災害科学国際研究所), 千田浩一 (東北大学大学院医学系研究科・東北大学災害科学国際研究所)	
水圈環境と魚をめぐる放射性物質のうごき—東京電力福島第一原子力発電所事故から 10 年の回復プロセス	7
帰山秀樹, 児玉真史, 森永健司 (水産機構)	
リスクコミュニケーションの限界と可能性	9
伊藤浩志 (独立研究者)	
衛星リモートセンシングを用いた東日本大震災の影響による牧草地の変化抽出	11
慕 希叶 (東北大学農学研究科), 米澤千夏 (東北大学農学研究科)	
福島県内における福島事故後 7 年間の個人線量測定の結果	13
高原省五 (日本原子力研究開発機構), 飯島正史 (ヴィジブルインフォメーションセンター)	

A2

(1) 事故・放射線影響 2

A会場：3F 企画展示室 AB

13:10~14:50

✓ 福島県における甲状腺がんの多発と過剰診断論 15

崎山比早子（NPO 法人 3・11 甲状腺がん子ども基金・高木学校）、吉田由布子（NPO 法人 3・11 甲状腺がん子ども基金）

✓ 福島県で甲状腺がんと診断された若者の支援ニーズに関する考察 17

吉田由布子（NPO 法人 3・11 甲状腺がん子ども基金）、崎山比早子（NPO 法人 3・11 甲状腺がん子ども基金）

✓ 東京電力福島第一原子力発電所の事故に伴う宮城県産食品の放射線汚染の実態分析—10年間にわたる放射線測定データに基づく推移から— 19

岡野悠太郎（東北大学大学院情報科学研究科）、石森秀彦（小さき花 市民の放射能測定室）、後藤靖弘（小さき花 市民の放射能測定室）、河村和徳（東北大学大学院情報科学研究科）

✓ 緊急時および日常モニタリングにおける海水中放射性ストロンチウムの迅速測定法 21

緒方良至、小島貞男、有信哲哉（愛知医大）、箕輪はるか（慈恵医大）、杉原真司（九州大）、加藤結花（日本レイテック）

✓ 魚類生息環境判別技術 23

森田貴己（水産研究教育機構）、岡村 寛（水産研究教育機構）、三木志津帆（水産研究教育機構）、重信裕弥（水産研究教育機構）、天野洋典（福島水産海洋研究センター）、渡辺透（福島水産海洋研究センター）

A3

(1) 事故・放射線影響 3

A会場:3F企画展示室AB

15:00~17:00

✓ 福島県産水産物の食品成分評価 25

石原賢司（水産機構・水技研）、世古卓也（水産機構・水技研）、橋本加奈子（水産機構・水技研）、神山龍太郎（水産機構・水資研）、今村伸太朗（水産機構・水技研）、村田裕子（水産機構・水技研）、森下大悟（福島水事）、富谷 敦（福島海洋研）、廣瀬 充（福島海洋研）

○ 福島第一原子力発電所事故によって放出された Te-129m の壊変により発生する環境中における I-129 の存在量の推定 27

佐藤治夫（岡山大学・学術研究院自然科学研究域）

家屋内の放射性物質の侵入経路と沈着分布の調査 29

廣内 淳（JAEA）、高原省五（JAEA）、飯島正史（VIC・JAEA）、渡邊正敏（VIC・JAEA）、宗像 雅広（JAEA）

東電福島第一原発事故後の放射線防護の検証と新しい影響評価手法の開発 31

山口雅（福井大学）、田代研（福井大学）、松尾陽一郎（福井大学）、安田仲宏（福井大学）

Public education and countering the nuclear disinformation during Ukrainian-russian war 33

Olena PARENIEUK, Kateryna SHAVANOVA, Yuliia RUBAN, Anastasiia TORIANIK, Nakahiro YASUDA

B1

(2) コミュニケーション①心理・伝承・メディア1

B会場：3F企画展示室 CD

9:50~12:10

福島の避難行動に影響を与えた情報：ファクトチェックの重要性…………… 35

宇野賀津子, Yuliya Lyamzina ((公財) ルイ・パストゥール医学研究センター), 鳥居寛之 (東京大学)

福島第一原子力発電所事故後のウェブサイト「専門家が答える暮らしの放射線 Q&A」の活動内容分析と得られた教訓；この経験を未来に伝承するために…………… 37

河野恭彦 (日本原子力研究開発機構), 下道國 (藤田医科大学)、鳥居寛之 (東京大学大学院理学系研究科), 宇野賀津子 ((公財) ルイ・パストゥール医学研究センター)

放射線の知識・信念の違いによる対象者分類と二重過程理論に基づく解釈—知識、信念、不安、態度、行動によるクラスター分析—…………… 39

松村悠子(大阪大学大学院人間科学研究科), 平井啓(大阪大学大学院人間科学研究科), 山村麻子(関西福祉科学大学/大阪大学大学院人間科学研究科), 三浦麻子(大阪大学大学院人間科学研究科), 八木絵香(大阪大学 CO デザインセンター), 坪倉正治(福島県立医科大学), 大竹文雄(大阪大学感染症総合教育研究拠点)

3.11 後の福島における「つながり」・「絆」に関する予備的研究—新聞記事の批判的言説分析実施に向けて—…………… 41

久保田彩乃 (東北大学大学院情報科学研究科・東日本大震災・原子力災害伝承館)

原子力災害発生後、緊急事態宣言が出るまでに市民が Twitter で得られる情報—福島第一事故、オフサイトの教訓—…………… 43

松原理乃 (関西学院千里国際高等部)

いかに「汚染水」は「処理水」になったのか？—地方紙・全国紙の議題設定の差異と変遷—… 45

石川明日香 (福島県立郡山萌世高等学校), 石井伸弥 (福島県立郡山萌世高等学校), 開沼博 (東京大学大学院情報学環)

原発事故後の放射線に関する Twitter データ解析と科学的情報発信についての提言…………… 47

鳥居寛之 (東京大学 大学院理学系研究科), 宇野賀津子 ((公財) ルイ・パストゥール医学研究センター)

福島第一原子力発電所事故によって放出された Te-129m の壊変により発生する 環境中における I-129 の存在量の推定¹⁾

Estimation of the Amount of I-129 in the Environment Generated due to the Decay of
Te-129m Discharged by the Fukushima NPS Accident

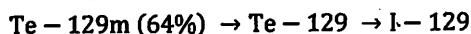
佐藤治夫 (岡山大学学術研究院自然科学研究域)

Haruo SATO

1.はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災により東京電力福島第一原子力発電所事故(1F事故)が発生し、揮発性の放射性物質が環境中に放出され、福島県を中心に、周辺エリアを含めて広範囲の地域の土壤、森林、住宅地などを汚染した。外部に放出された放射性核種の放射能は、環境省によれば、I-131で160PBq、Cs-134で18PBq、Cs-137で15PBq、Sr-90で0.14PBqと報告されている¹⁾。事故直後から、空間線量率のモニタリングの他、土壤や植物などの放射性核種の分析が広範囲に実施され、I-131、Cs-134、Cs-137、Te-129m、Ag-110mなどの揮発性の放射性核種が1Fから60km以上離れたエリアにおいても検出された²⁾。I-131は短半減期(半減期 8.021d)³⁾であることから、数ヶ月後にはほぼ消滅した。I-131の壊変後、放射性セシウム(Cs-134とCs-137)が空間線量率を支配していたが、事故発生から約12年が経過した現在では、Cs-134(半減期 2.065y)³⁾は当時の放射能の約1.5%、空間線量率は約4%にまで減少した。

一方、事故当初、Te-129m(半減期 33.6d)³⁾は、土壤中で両放射性セシウムと同程度のレベルで検出されている。Te-129mの壊変により、半減期の極めて長い I-129(半減期 1.57×10⁷y)³⁾が生成される。ヨウ素は人体に吸収されると甲状腺に集まりやすく、甲状腺癌の原因となる可能性があることから、Te-129mの壊変により環境中の I-129 の蓄積が懸念される。Te-129mは、主に次の2つの壊変経路によって I-129 が生成される。



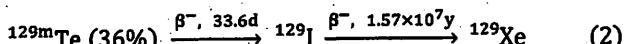
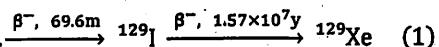
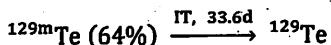
Te-129mとTe-129の半減期はそれぞれ33.6dと69.6mであり、両核種間で放射平衡が成立するが、Te-129とI-129の間には放射平衡が成立しない。よって、I-129の存在量はTe-129mの壊変に伴い増加するが、その存在量には理論的に最大値も存在する。

本研究では、土壤中のTe-129mの調査データ(沈着量)に基づいて、1F事故に伴って放出されたTe-129mの壊変により発生する環境中でのI-129の存在量を推定すると共に、環境中のバックグラウンドとして存在するI-129の放射能濃度と比較検討した。

2. 壊変解析

2.1 Te-129mの壊変に伴って発生するI-129の存在量の解析

Te-129mは、次の壊変によりI-129へ転移する。



(1)と(2)の壊変について、それぞれ以下の関係を考える。



ここで、 X_1 は、Te-129mの原子核数、 X_2, X_3, X_4 は、それぞれ(1)の壊変におけるTe-129、I-129、Xe-129の原子核数、 X'_3 と X'_4 は、それぞれ(2)の壊変におけるI-129とXe-129の原子核数、 $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ は、それぞれTe-129m、Te-129、I-129の壊変定数である。

これらの壊変について放射性壊変の式を適用し、それらの連立微分方程式を解くことで、最終的には次式から、Te-129m、Te-129、I-129の放射能を計算した。

$$A_1 = \lambda_1 X_0 e^{-\lambda_1 t} \quad (5)$$

$$A_2 = \lambda_2 X_2 = \frac{a X_0 \lambda_1 \lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}) \quad (6)$$

$$A_3 = \lambda_3 X_3 = a X_0 \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \left\{ \begin{aligned} & \frac{e^{-\lambda_1 t}}{(\lambda_2 - \lambda_1)(\lambda_3 - \lambda_1)} \\ & + \frac{e^{-\lambda_2 t}}{(\lambda_1 - \lambda_2)(\lambda_3 - \lambda_2)} \\ & + \frac{e^{-\lambda_3 t}}{(\lambda_1 - \lambda_3)(\lambda_2 - \lambda_3)} \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

$$A'_3 = \lambda_3 X'_3 = \frac{b X_0 \lambda_1 \lambda_3}{\lambda_3 - \lambda_1} (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_3 t}) \quad (8)$$

ここで、 A_1, A_2, A_3 は、それぞれ(1)の壊変におけるTe-129m、Te-129、I-129の放射能濃度、 A'_3 は、(2)の崩壊におけるI-129

の放射能濃度、 X_0 は、Te-129m の初期の原子核数、aとbは、それぞれ(1)と(2)の壊変における壊変の割合(ここで、a=64%、b=36%)、tは、時間である。

よって、I-129 の放射能濃度の合計は、(7)と(8)式の合算から求めることができる。

2.2 解析条件

解析は、福島県とその周辺地域における約 2,200 地点で得られた土壌の分析データ(2011 年 6 月 14 日時点に換算)²⁾内の、3 調査地点での Te-129m のデータ(高濃度汚染エリア(高線量率のエリア)、中濃度汚染エリア(中程度の線量率のエリア)、低濃度汚染エリア(低線量率のエリア))に基づいて実施した。フィールド調査で得られた Te-129m のデータを 2011 年 3 月 15 日時点に換算し、これを起点($t = 0$)に計算した。表 1 に 3 調査地点での Te-129m のインプットデータを示す。

表1 3調査地点での Te-129m のインプットデータ

調査地点	WGS84 座標軸系	沈着量 (2011年6/14日) (Bq/m ²)	沈着量 (2011年3/15日 への換算)(Bq/m ²)	備考
大熊町	N37, 25, 30.9 E140, 00, 18.7	2.70×10^6	1.76×10^7	高濃度汚染エリア (1Fから約2.7km地点)
楓葉町	N37, 15, 29.4 E140, 58, 09.0	4.70×10^4	3.07×10^5	中程度汚染エリア (1Fから約19km地点)
福島市	N37, 46, 21.0 E140, 30, 54.0	6.40×10^4	4.18×10^5	低濃度汚染エリア (1Fから約60km地点)

3. 結果及び考察

3.1 Te-129m, Te-129, I-129 の放射能濃度の経時変化

3 地点における Te-129m, Te-129, I-129 の放射能濃度(Bq/m²)の経時変化について、Te-129m と Te-129 の放射能濃度が時間の経過に伴い急激に減少する一方、I-129 の放射能濃度は時間経過に伴い増加し、一定の値に漸近した。Te-129 と I-129、Te-129m と I-129 の間には放射平衡が成立しない(娘核の I-129 の方が親核よりも半減期が長いため)ことから、I-129 の放射能濃度は理論的には最大値を取ることが予見される。解析の結果、I-129 の放射能濃度は、約 1,000d 後まで増加した後、緩やかに減少に転じた。よって、I-129 の放射能濃度は約 1,000d 後で最大値となる。

I-129 の放射能濃度の最大値は、初期の Te-129m の沈着量に依存し、Te-129m の沈着量が最も高かった大熊町(2011 年 6 月 14 日換算で 2.7MBq/m²)で 1.03×10^{-1} Bq/m² であった。表 2 に 3 地点での I-129 の放射能濃度の最大値の計算結果を示す。Te-129m の初期沈着量とその壊変に伴って発生す

表2 3地点での I-129 の放射能濃度の最大値の計算結果

調査地点	WGS84 座標軸系	I-129の放射能濃度 の最大値(Bq/m ²)
大熊町	N37, 25, 30.9 E140, 00, 18.7	1.03×10^{-1}
楓葉町	N37, 15, 29.4 E140, 58, 09.0	1.80×10^{-3}
福島市	N37, 46, 21.0 E140, 30, 54.0	2.45×10^{-3}

る I-129 の放射能濃度の最大値を比較すると、I-129 の最大値は、初期の Te-129m の沈着量の約 2 億の 1 であることが分かった。よって、初期の Te-129m の沈着量が分かれれば、I-129 の最大放射能濃度を簡便に推定することができる。

3.2 環境中の I-129 の存在量との比較

環境中に元来存在する I-129 の放射能濃度(バックグラウンド)⁴⁾と Te-129m の壊変に伴い発生した環境中の I-129 の放射能濃度の計算結果を比較した。その結果、I-129 のバックグラウンドは、 $5.75 \times 10^{-3} \sim 2.96 \times 10^{-1}$ Bq/m² の範囲であり、Te-129m を起点に発生した I-129 の最大濃度(1.03×10^{-1} Bq/m²)と同程度である。よって、1F 事故により放出された Te-129m の壊変に伴い発生した I-129 の影響は無視できると考えられる。

4. 結論

本研究では、福島県とその周辺地域において約 2,200 地点で得られた土壌中の Te-129m の調査データに基づいて、1F 事故に伴い放出された Te-129m の壊変により生成される環境中の I-129 の存在量を推定すると共に、環境中に元来存在する I-129 の存在量(バックグラウンド)と比較検討した。

I-129 の放射能濃度の最大値は、Te-129m の沈着量が最も高い大熊町の調査地点(2011 年 6 月 14 日換算で 2.7 MBq/m²)でも、約 1,000d 後で 1.03×10^{-1} Bq/m² であり、その時の I-129 の放射能濃度の最大値は、初期の Te-129m の約 2 億分の 1 であることが分かった。これは、我が国の環境中の放射能濃度($5.75 \times 10^{-3} \sim 2.96 \times 10^{-1}$ Bq/m²)と同程度であり、よって、1F 事故により放出された Te-129m の壊変に伴い発生する I-129 の影響は無視できる程度と言える。

注

- 1) 「本発表は、Haruo Sato (2021)「Estimation of the Amount of I-129 in the Environment Generated due to the Decay of Te-129m Discharged by the Fukushima NPS Accident」『Proceedings of the ASME 2021, 28th International Conference on Nuclear Engineering (ICONE28)』 ICONE28-65725 の内容を簡略化し、一部追記したものである」

参考文献

- 1) 環境省 <https://www.env.go.jp/chemi/rhm/h29kisoshiryo/h29kiso-02-02-05.html>. 最終アクセス日 : 11/1 (2018).
- 2) Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT). Results of the Nuclide Analysis of Soil Sampling at 2,200 Locations in Fukushima Prefecture and Neighboring Prefectures, <https://emdb.jaea.go.jp/emdb/en/portals/1020101001/>, accessed on 12/7 (2018).
- 3) 日本アイソトープ協会(2000). アイソトープ手帳, 改定 9 版, 丸善.
- 4) 武石稔, 並木篤, 片桐裕美, 石田順一郎, 野村保(1985). 環境試料中の ¹²⁷I 及び ¹²⁹I の中性子放射化分析法, PNC ZN843 85-39.

事故・放射線影響(2023年3月17日)

福島第一原子力発電所事故によって放出された
Te-129mの壊変により発生する環境中における
I-129の存在量の推定

Estimation of the Amount of I-129 in the Environment Generated due to the Decay of Te-129m Discharged by the Fukushima NPS Accident



岡山大学学術研究院自然科学学域

佐藤 治夫(Haruo SATO)

Natural Science & Technology
Institute of Academic & Research
Okayama University

はじめに(1/2)

2

- 本発表は、「Haruo Sato: Estimation of the Amount of I-129 in the Environment Generated due to the Decay of Te-129m Discharged by the Fukushima NPS Accident, Proceedings of the ASME 2021, 28th International Conference on Nuclear Engineering(ICONE28), ICONE28-65725(2021)」の論文内容を簡略化し、一部追記したものである
- また、国際会議「Haruo Sato & Masahiro Miyoshi : Estimation of the Amount of I-129 in the Environment Generated due to the Decay of Te-129m Discharged by the Fukushima NPP Accident, 17th International Conference on the Chemistry & Migration Behaviour of Actinides & Fission Products in the Geosphere, Sep. 15-20, 2019, Kyoto, Japan (2019)」における発表内容と関連したものである

報告内容

1

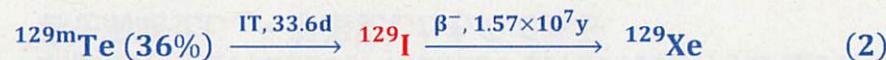
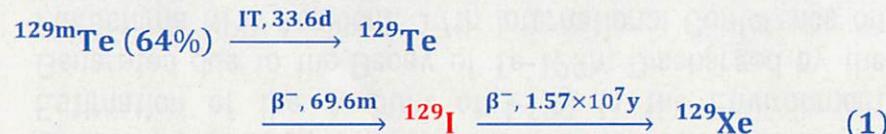
- はじめに
- Te-129mの壊変に伴って発生するI-129の存在量の解析
 - Te-129mからI-129への壊変プロセス
 - 放射性壊変の式
 - 各放射性核種の原子核数及び放射能濃度の解析解
 - 解析条件(3調査地点でのTe-129mのインプットデータ)
- 結果及び考察
 - Te-129m, Te-129, I-129の放射能濃度の経時変化
 - I-129の放射能濃度の経時変化(拡大図)
 - 3調査地点でのI-129の放射能濃度の最大値
 - 全国の環境中でのI-129の放射能濃度
- まとめ

はじめに(2/2)

3

- 2011年3月11日に発生した東日本大震災により、東京電力福島第一原子力発電所事故(1F事故)が発生し、I-131, Cs-134, Cs-137, Te-129m, Ag-110mなどの揮発性の放射性核種が放出され、福島県を中心とし、周辺地域を含めて広範囲の環境(土壤、森林、住宅地など)を汚染した
- Te-129m(半減期33.6d)は、1Fから放出された放射性核種の1つであり、Te-129mの壊変により、半減期の極めて長いI-129(半減期 1.57×10^7 y)が生成される
ヨウ素(I)は、人体に吸収されると**甲状腺**に集まりやすく、**甲状腺癌**の原因となる可能性があることから、環境中のI-129の蓄積が懸念される
- 本研究では、土壤中のTe-129mの調査データ(土壤への沈着量)に基づいて、1F事故に伴って放出されたTe-129mの壊変により生成する環境中でのI-129の存在量(Bq/m^2)を推定すると共に、バックグラウンドとして存在する環境中のI-129の放射能濃度と比較検討した

Te-129mは2つの壊変プロセスによってI-129に壊変



- Te-129mの64%は(1)の壊変方式で、36%は(2)の壊変方式により I-129が生成される
- 半減期の関係から、Te-129mとTe-129との間には放射平衡(過渡平衡)が成立が、Te-129とI-129との間には成立しない
- 一方、I-129は最大値を取る

(参考 日本アイソトープ協会:アイソトープ手帳(2000))

放射性壊変の式

$$\frac{dX_1}{dt} = -\lambda_1 X_1 \quad (5)$$

$$\frac{dX_2}{dt} = -\lambda_2 X_2 + \lambda_1 X_1 \quad (6)$$

$$\frac{dX_3}{dt} = -\lambda_3 X_3 + \lambda_2 X_2 \quad (7)$$

$$\frac{dX'_3}{dt} = -\lambda_3 X'_3 + \lambda_1 X_1 \quad (8)$$

X_1 : Te-129mの原子核数

X_2, X_3 : それぞれ(1)の壊変方式におけるTe-129, I-129の原子核数

X'_3 : (2)の壊変方式におけるI-129の原子核数

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$: それぞれTe-129m, Te-129, I-129の壊変定数

原子核数

$$X_1 \text{ (64\%)} \xrightarrow{\lambda_1} X_2 \xrightarrow{\lambda_2} X_3 \xrightarrow{\lambda_3} X_4 \quad (3)$$

$$X_1 \text{ (36\%)} \xrightarrow{\lambda_1} X'_3 \xrightarrow{\lambda_3} X'_4 \quad (4)$$

X_1 : Te-129mの原子核数

X_2, X_3, X_4 : それぞれ(1)の壊変方式におけるTe-129, I-129, Xe-129の原子核数

X'_3, X'_4 : それぞれ(2)の壊変方式におけるI-129, Xe-129の原子核数

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$: それぞれTe-129m, Te-129, I-129の壊変定数($=\ln 2/T$, T:半減期)

各放射性核種の原子核数の解析解

各放射性核種の原子核数

$$X_1 = X_0 e^{-\lambda_1 t} \quad (9)$$

$$X_2 = \frac{a X_0 \lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}) \quad (10)$$

$$\begin{aligned} X_3 &= a X_0 \lambda_1 \lambda_2 \left\{ \frac{e^{-\lambda_1 t}}{(\lambda_2 - \lambda_1)(\lambda_3 - \lambda_1)} + \frac{e^{-\lambda_2 t}}{(\lambda_1 - \lambda_2)(\lambda_3 - \lambda_2)} \right. \\ &\quad \left. + \frac{e^{-\lambda_3 t}}{(\lambda_1 - \lambda_2)(\lambda_3 - \lambda_2)} \right\} \end{aligned} \quad (11)$$

$$X'_3 = \frac{b X_0 \lambda_1}{\lambda_3 - \lambda_1} (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_3 t}) \quad (12)$$

X_0 : Te-129mの初期($t=0$)の原子核 X_1 : Te-129mの原子核数

X_2, X_3 : それぞれ(1)の壊変方式におけるTe-129, I-129の原子核数

X'_3 : (2)の壊変方式におけるI-129の原子核数

a, b : それぞれ(1)と(2)の壊変方式における壊変割合($a=64\%$, $b=36\%$)

各放射性核種の放射能濃度の解析解

8

各放射性核種の放射能濃度

$$A_1 = \lambda_1 X_0 e^{-\lambda_1 t} \quad (13)$$

$$A_2 = \frac{a X_0 \lambda_1 \lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}) \quad (14)$$

$$A_3 = a X_0 \lambda_1 \lambda_2 \lambda_3 \left\{ \frac{e^{-\lambda_1 t}}{(\lambda_2 - \lambda_1)(\lambda_3 - \lambda_1)} + \frac{e^{-\lambda_2 t}}{(\lambda_1 - \lambda_2)(\lambda_3 - \lambda_2)} + \frac{e^{-\lambda_3 t}}{(\lambda_1 - \lambda_2)(\lambda_3 - \lambda_2)} \right\} \quad (15)$$

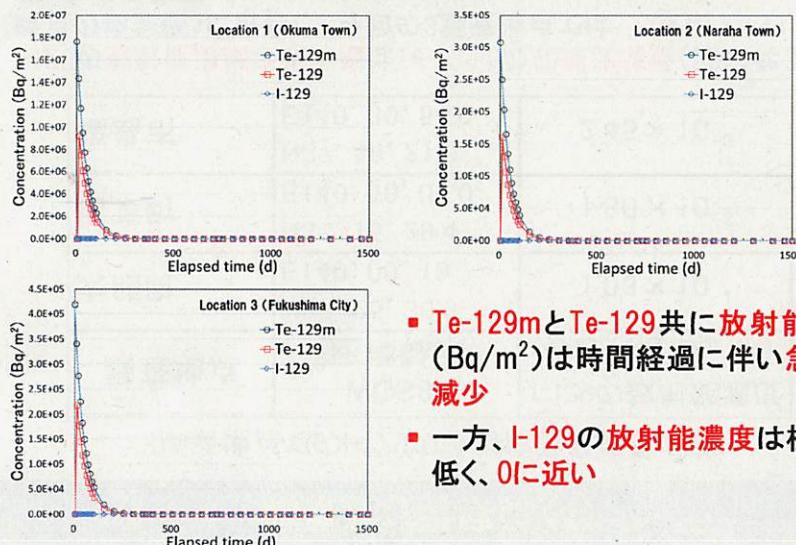
$$A'_3 = \frac{b X_0 \lambda_1 \lambda_3}{\lambda_3 - \lambda_1} (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_3 t}) \quad (16)$$

X_0 : Te-129mの初期($t=0$)の原子核
 A_1 : Te-129mの放射能濃度
 A_2, A_3 : それぞれ(1)の壊変方式におけるTe-129, I-129の放射能濃度
 A'_3 : (2)の壊変方式におけるI-129の放射能濃度
 a, b : それぞれ(1)と(2)の壊変方式における壊変割合 ($a=64\%$, $b=36\%$)

結果及び考察(1/4)

10

Te-129m, Te-129, I-129の放射能濃度(Bq/m^2)の経時変化



- Te-129mとTe-129共に放射能濃度(Bq/m^2)は時間経過に伴い急激に減少
- 一方、I-129の放射能濃度は極めて低く、0に近い

解析条件

9

3調査地点でのTe-129mのインプットデータ

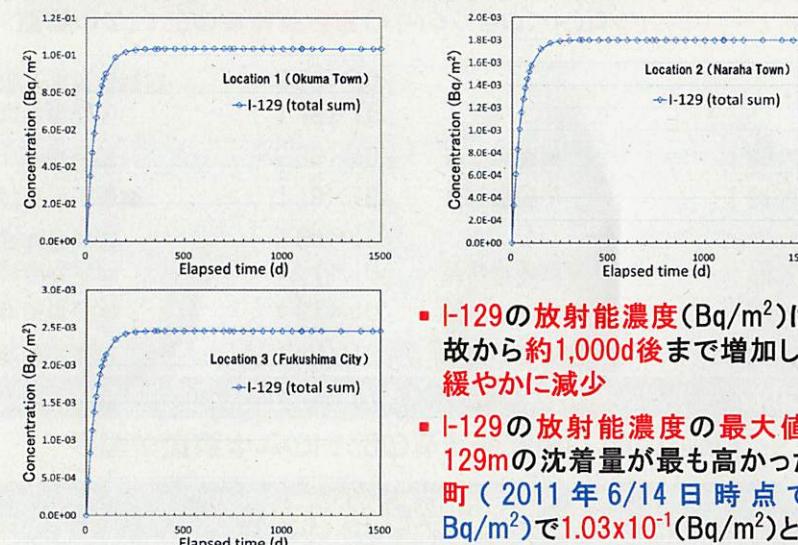
調査地點	WGS84 座標軸系	沈着量 (2011年6/14日) (Bq/m^2)	沈着量 (2011年3/15日 への換算)(Bq/m^2)	備考
大熊町	N37, 25, 30.9 E140, 00, 18.7	2.70×10^6	1.76×10^7	高濃度汚染エリア (1Fから約2.7km地点)
楓葉町	N37, 15, 29.4 E140, 58, 09.0	4.70×10^4	3.07×10^5	中程度汚染エリア (1Fから約19km地点)
福島市	N37, 46, 21.0 E140, 30, 54.0	6.40×10^4	4.18×10^5	低濃度汚染エリア (1Fから約60km地点)

- 福島県及びその周辺地域における約2,200地点で得られた土壌の分析データ(2011年6/14日時点に換算)[文科省2018]の内、3地点(高濃度汚染エリア、中程度汚染エリア、低濃度汚染エリア)でのTe-129mのデータを選定
- フィールド調査で得られたTe-129mのデータを2011年3/15日時点に換算し、これを初期値($t=0$)として解析

結果及び考察(2/4)

11

I-129の放射能濃度(Bq/m^2)の経時変化(拡大図)



- I-129の放射能濃度(Bq/m^2)は1F事故から約1,000d後まで増加した後、緩やかに減少
- I-129の放射能濃度の最大値はTe-129mの沈着量が最も高かった大熊町(2011年6/14日時点で $2.7 \text{ Bq}/\text{m}^2$)で $1.03 \times 10^{-1} (\text{Bq}/\text{m}^2)$ と解析

3調査地点でのI-129の放射能濃度の最大値

調査地点	WGS84 座標軸系	I-129の放射能濃度 の最大値(Bq/m ²)
大熊町	N37, 25, 30.9 E140, 00, 18.7	1.03×10^{-1}
楓葉町	N37, 15, 29.4 E140, 58, 09.0	1.80×10^{-3}
福島市	N37, 46, 21.0 E140, 30, 54.0	2.45×10^{-3}

- I-129の放射能濃度の最大値はTe-129mの初期沈着量(2011年3/15日時点の換算値)に依存し、今回の3調査地点では $1.80 \times 10^{-3} \sim 1.03 \times 10^{-1}$ (Bq/m²)の範囲
- Te-129mの初期沈着量とその壊変により生成するI-129の放射能濃度の最大値と比較すると、I-129の最大値は初期沈着量の約1億7000万分の1

全国の環境中でのI-129の放射能濃度(バックグラウンド)

Location	I-129 (Bq/m ²)	Location	I-129 (Bq/m ²)
北海道新得	1.46×10^{-1}	大阪府東大阪	7.05×10^{-3}
秋田県西木	4.81×10^{-2}	岡山県人形峠	1.56×10^{-2}
茨城県水戸	1.24×10^{-1}	愛媛県宇和島	5.75×10^{-3}
茨城県岩間	2.96×10^{-1}		
群馬県伊勢崎	1.78×10^{-2}	長崎県西山	1.61×10^{-2}
石川県金沢	5.90×10^{-2}	熊本県城南	1.85×10^{-2}
福井県冠山	1.48×10^{-1}		
福井県奥越高原	8.50×10^{-2}		

- 環境中のI-129の放射能濃度(バックグラウンド)は $5.75 \times 10^{-3} \sim 2.96 \times 10^{-1}$ (Bq/m²)の範囲であり、Te-129mの壊変によって生成したI-129の最大濃度(1.03×10^{-1} (Bq/m²))と同程度
- よって、Te-129mの壊変に伴い生成したI-129の影響は無視できる

まとめ

- 福島県及びその周辺地域における約2,200地点で得られた土壌中のTe-129mの調査データに基づいて、1F事故に伴い放出されたTe-129mの壊変により生成される環境中のI-129の放射能濃度の最大値を推定し、元来環境中に存在するI-129の放射能濃度(バックグラウンド)と比較検討した結果、I-129の放射能濃度の最大値は、Te-129mの初期の沈着量が最も高い大熊町の調査地点(2011年3/15日時点で 1.76×10^7 (Bq/m²))で、事故から約1,000d後の時点で 1.03×10^{-1} (Bq/m²)と推定された
- 環境中のI-129の放射能濃度は、 $5.75 \times 10^{-3} \sim 2.96 \times 10^{-1}$ (Bq/m²)の範囲であり、Te-129mの壊変により生成したI-129の放射能濃度の最大値(1.03×10^{-1} (Bq/m²))と同程度
- Te-129mの壊変により生成したI-129の放射能濃度の最大値は、Te-129mの初期沈着量の約1億7,000万分の1である

ご清聴ありがとうございました

参考文献

- 環境省:
<https://www.env.go.jp/chemi/rhm/h29kisoshiryo/h29kiso-02-02-05.html>, 最終アクセス日:11/1(2018).
- Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT:文科省):Results of the Nuclide Analysis of Soil Sampling at 2,200 Locations in Fukushima Prefecture and neighboring Prefectures, <https://emdb.jaeago.jp/en/portals/1020101001/>, accessed on 12/7(2018).
- 日本アイソトープ協会:アイソトープ手帳, 改定9版, 丸善(2000).
- 武石稔, 並木篤, 片桐裕美, 石田順一郎, 野村保:環境試料中の¹²⁷I及び¹²⁹Iの中性子放射化分析法, PNC ZN843 85-39(1985).