

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 26 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2012～2014

課題番号：24380137

研究課題名(和文) 農産物の放射性物質の移行過程の解明とそれに基づくリスクコミュニケーション

研究課題名(英文) Clarification of the transition process of radioactive materials to agricultural products and risk communication

研究代表者

安永 円理子 (Yasunaga, Eriko)

東京大学・農学生命科学研究科・准教授

研究者番号：00380543

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,900,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、農産物への低濃度放射性物質の移行過程を解明し、その結果に基づいた消費者への有効なリスクコミュニケーション方法を提案することを目標としていた。東京都と福島県内で農産物のサンプリングを行い、植物体内の部位別の放射性セシウム濃度を明らかにした。一方、アンケート調査を利用し、食品安全ならびに放射性物質管理に関する選択実験にて消費者評価を行い、知識・意識レベルグループに応じた農産物の安全性に対する有効なリスクコミュニケーション方法を提案した。

研究成果の概要(英文)：This study aimed to clarify the transition process of the low concentration of radioactive contamination to agricultural produce, and to propose an effective risk communication methods to the consumer on the basis of the clarified results. Radiocesium concentration of agricultural products containing each part of plant body was analysed in Tokyo and Fukushima Prefecture. On the other hand, by using a questionnaire survey, we evaluated consumers throughout the selection experiments related to radioactive materials management, we have proposed an effective risk communication method for the safety of agricultural products in accordance with the knowledge and awareness level group.

研究分野：ポストハーベスト

キーワード：放射性セシウム 移行 消費者行動 リスク認知

1. 研究開始当初の背景

関東電力福島第一原子力発電所事故由来の I-131 がホウレンソウや牛乳から検出されて以来、我が国の食の安全に対する信頼は大きく揺らぎ、関連した風評被害も懸念されていた。このような混乱した状況を鎮静化するためにも、消費者・生産者・流通業者への適切な環境放射線安全管理に関する科学的根拠に基づいた情報を提供することは喫緊の課題と考えられた。一方、原子力発電所事故に伴う農作物や環境の放射線汚染は、終息への見通しが十分に得られておらず、今後も放射性物質のリスクおよびそれに対する社会の反応、すなわちリスク認知行動およびリスクコミュニケーションについては研究を要する課題と考えられた。

2. 研究の目的

本研究では、露地・施設栽培にて、安全かつ持続的な作物生産を行うために、栽培圃場の放射性物質の曝露状況を把握すること、ならびに、その曝露環境で栽培された農産物の部位別における蓄積量および可食部洗浄の効果に関する情報を集積し、リスクコミュニケーションのための基礎データを蓄積し、空間線量率と農産物の放射線濃度、あるいは土壌-農産物への放射線核種の移行量の定量化を試みる。また、放射線物質に関連する消費者のリスク認知行動を明らかにし、消費者認識を把握するとともに、アンケート調査にて食品安全ならびに放射性物質管理に関する選択実験にて消費者評価を行い、知識・意識レベルグループに応じた農産物の安全性に対する有効なリスクコミュニケーション方法を提案することを目的とする。

3. 研究の方法

①農産物、土壌の放射性物質測定および空間線量率の計測

調査圃場は、本学研究圃場（東京都西東京市、以下東大機構と記載する）と福島県の商業圃場（福島県鮫川村）とし、東京電力福島第一原子力発電所事故以後に栽培されたキャベツ (*Brassica oleracea* var. *capitata*; 東京“YR 楽山”, 福島“シキドリ”), ジャガイモ (*Solanum tuberosum* L.; 東京“男爵”, 福島“キタアカリ”), モモ (*Prunus persica* L.; 東京“ちよひめ”, 福島“あかつき”) ならびに各圃場の栽培土壌を供試材料とした。キャベツは、可食部、外葉部と根部に分類し、可食部はさらに洗浄したものと未洗浄のものに分類した。ジャガイモは、塊茎部、根部ならびに地上部に分類した。土壌は、土壌深さ 0~5, 5~10, 10~15, 20~25, 30~35cm (ジャガイモのみ, 0~5, 5~10, 10~20cm) 部分より採取した。各部位別に分類したサンプルは乾燥後、粉碎し、¹³¹I, ¹³⁴Cs, ¹³⁷Cs ならびに ⁴⁰K について、ゲルマニウム半導体検出器 (ORTEC, セイコー EG&G) を用いて測定した。測定時間は 3,600 ~ 50,000 秒とした。空間線量率は、5000 型サ

ーバイメータ (Health Physics Instruments) を用いて地表 10cm 高の位置で測定した。

一方、モモに関しては、果実を収穫した後、樹体を掘り起し、葉、新梢、1 年生枝と 2 年生枝、3 年生枝、主幹、台木、根の採取を行った。根は太さ別に 3 段階に分けた。50mm 以上の根は、台木部分に含めた。すべての部位について、熱風乾燥を行った後、部位ごとの乾物重量を測定した。

②消費者行動に関するアンケート調査

アンケート調査は、2014 年 2 月に、全国の 20 歳以上の女性 ((株) マクロミルモニター) 2,654 名を対象に、インターネット上で実施した。調査項目は、食品のリスクがどのように認識されているのか、植物工場で栽培された農作物は、一般の栽培方法と比較してどのように認識されているのか、農業や食品への科学技術適用に対する意識等で構成した。調査の終盤で、植物工場に関する情報提供による認識の変化を探る実験を行った。情報は、約 4 分間の動画、あるいは静止画で提供し、情報提供を行わなかったグループとの認識の差を確認した。

4. 研究成果

①農産物の放射性物質測定

図 1 より、いずれの圃場においても放射性降下物の影響は地表より 15 cm までの作土層でのみ認められ、特に、モモ圃場の表層土の放射性 Cs 濃度が高いことが示されたが、20 cm 以下の深度の土壌では検出限界未満であった。また、空間線量率は、キャベツ圃場において 0.51 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ 、ジャガイモ圃場において 0.44 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ であった。

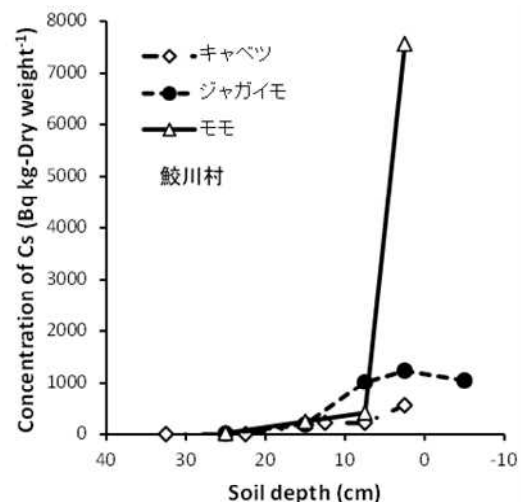


図 1. 鮫川村各圃場で採取した土壌の深度別の放射性セシウム (¹³⁴Cs + ¹³⁷Cs)

図 2 に鮫川村で採取したキャベツ、ジャガイモならびにモモ圃場土壌の深度別の放射性カリウム (⁴⁰K) 濃度を示す。放射性 Cs が作土層に分布していたのに対し、放射性 K 濃度は土壌深度に依存せず、深度による差異は認められなかった。一方、各圃場の放射性 K

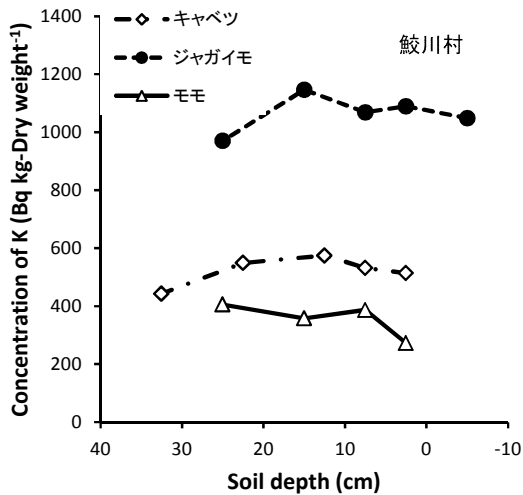


図 2. 鮫川村各圃場で採取した土壌の深度別の放射性カリウム (^{40}K) 濃度

濃度が異なることは、施肥管理の違いと推察される。

図 3 より、鮫川村の土壌と同様、表層に近い作土層において放射性 Cs が含まれていることが示されたが、その濃度は鮫川村と比較すると 0.01~0.26 倍程度と低水準であった。空間線量率は、キャベツ圃場において $0.030 \mu\text{Sv h}^{-1}$ 、ジャガイモ圃場において $0.026 \mu\text{Sv h}^{-1}$ であり、鮫川村の約 0.05~0.07 倍程度であった。

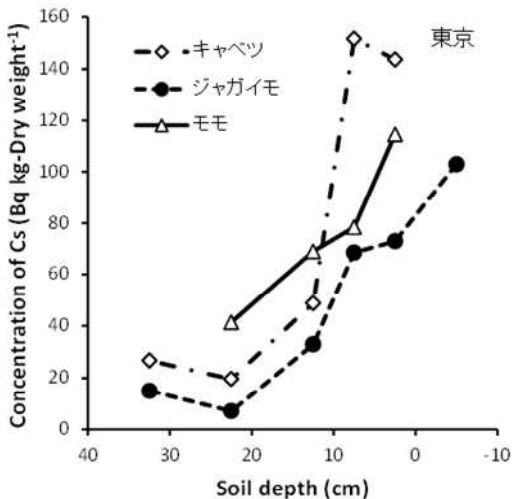


図 3. 東大農場で採取した土壌の深度別の放射性 Cs 濃度

図 4 に東大機構で採取したキャベツ、ジャガイモならびにモモ圃場土壌の深度別の放射性 K 濃度を示す。鮫川村の結果と同様、放射性 K の土壌深度に依存した分布は認められず一定の値であることが示された。

表 1 に鮫川村で採取したジャガイモの部位別の放射性核種濃度を示す。放射性 Cs 濃度が約 $1,000 \text{ Bq kg(D.W.)}^{-1}$ の畑地で、ジャガイモ塊茎および根への移行が認められ、可食部（塊茎）への移行係数 0.0057 が算出された。キャベツにおいては、作土層の放射性 Cs 濃度が $216\sim 555 \text{ Bq kg(D.W.)}^{-1}$ の土壌で

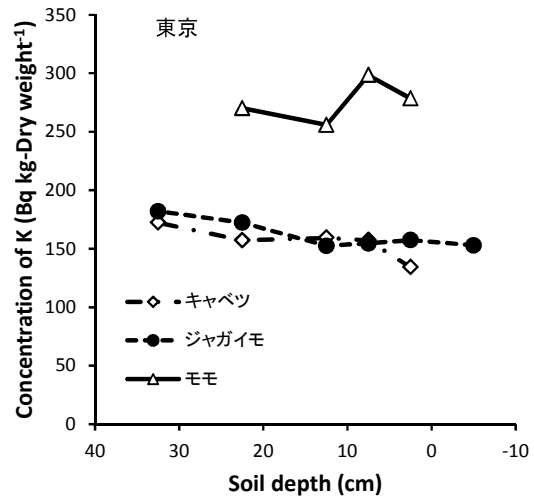


図 4. 東大農場で採取した土壌の深度別の放射性 K 濃度

表 1. 鮫川村で採取したジャガイモ部位別の放射性核種濃度 (Bq/kg-wet weight)

| | 塊茎 | | 根 | | 地上部(葉+茎) | |
|-------------------|--------|-------|--------|--------|----------|-------|
| | 濃度 | 検出限界 | 濃度 | 検出限界 | 濃度 | 検出限界 |
| ^{134}Cs | 3.36 | 1.24 | 80.85 | 26.80 | 58.63 | 5.22 |
| ^{137}Cs | 3.32 | 1.13 | 108.62 | 33.16 | 52.73 | 5.01 |
| ^{40}K | 305.06 | 13.67 | 326.04 | 315.90 | 581.02 | 47.45 |

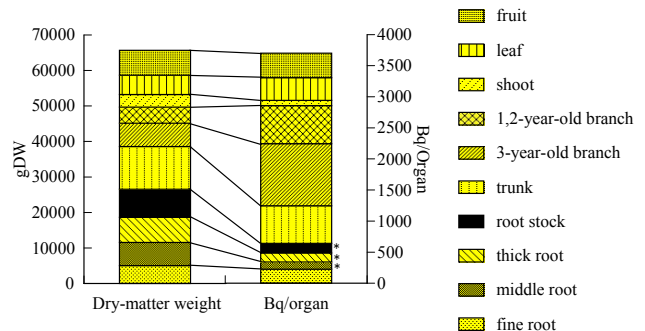


図 5. モモ‘あかつき’の乾物分配 (左) と放射性 Cs 存在量 (右)

あつても、可食部、外葉、根部いずれにも放射性核種の移行は認められなかった。東大機構で栽培された作物の可食部においては、放射性物質濃度は検出限界未満であった（結果省略）。

図 5 に、モモ‘あかつき’の乾物分配と放射性 Cs 存在量を示す。樹体の部位別乾物重と、放射性 Cs 濃度を測定し、それらを乗じて部位ごとの放射性 Cs 吸収量を算出した。放射性 Cs 吸収量に換算した場合、その含量は 1-3 年生枝と主幹で高く、地上部では地下部と比べて高かった。果実や葉などによる樹外への放射性 Cs の持ち出し量は、約 20% であり、樹体が、解体調査時までの 5 か月間に吸収した放射性 Cs のうち 8 割程度が次年度に留まり、果実や葉などの部位を通じて樹体内の 2 割程度の放射性 Cs が樹体外に持ち出される見込みである。なお、主幹に関して、さらに

樹皮と材に分けて放射性 Cs 濃度を測定した結果、モモ樹体中の事故由来の放射性 Cs は、樹皮特に最も外層の組織である表皮に高い割合で存在した。

②消費者行動に関するアンケート調査

図 6 に消費者がリスクをどの程度高いと感じているかについて示す。取り上げた 7 種類の食品・ハザードの組み合わせでは、食品中の放射性セシウムのリスクは、4 番目に高いと認識されており、ノロウイルスや腸管出血性大腸菌 O157 等の微生物リスクが放射性物質のリスクより高いと認識されていた。

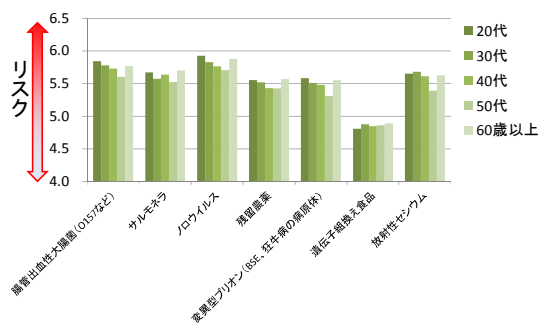


図 6. リスクをどの程度高いと感じているか？

しかし、健康影響については、約 20%の回答者が放射性セシウムによって「重篤な障害が残る」と回答しており、食品中の放射性物質について、政府の定める規制値や基準値をもっと（もう少し）厳しくすべきだとの回答が、20%（33%）と半数以上に達していた。（図 7）

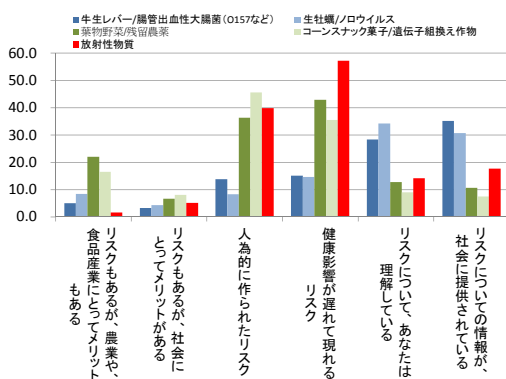


図 7. リスクの健康影響への認識

情報提供前の植物工場に対する認識では、約 40%の回答者が「放射性セシウムが含まれていない」「農薬の使用が少ない」と考えており、「どちらかというと思う」を合わせると、いずれも約 65%であった。（図 8）

動画あるいは静止画で情報提供を行ったグループは、情報提供を行っていないグループと比較して、約 17%多くの回答者が「被災地でも放射能汚染の心配がない植物をつくれる」と回答していた（各 67%, 67%, 50%）。植物工場の特徴をわかりやすく消費者に伝えることで、被災地の農産物に対する懸念も低下する可能性があることを示唆す

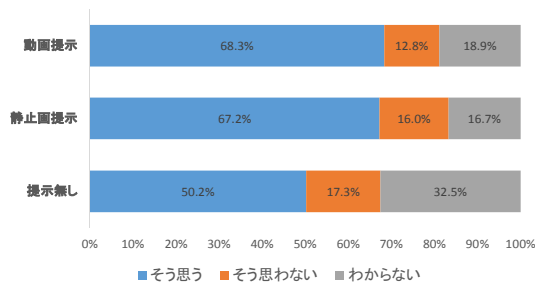


図 8. 被災地でも放射能汚染のない植物を作れるか？

る。

動画と静止画の比較では、質問項目によって効果が異なっていた。たとえば、「ビタミンやポリフェノールが豊富な野菜が作れる」という質問に対して、動画で情報提供を行ったグループは、69%の回答者が「そう思う」と回答していたのに対し、静止画では 64%、情報提供を行っていないグループでは 51%であった。一方、消費者あるいは生産者にメリットがあることは、静止画で情報提供を行った場合に「そう思う」と回答した人は各 64%, 57%で、動画（各 58%, 53%）と比較して約 5%多かった（情報提供なしは、各 52%, 44%）。また、「無農薬の野菜を作りやすい」については、動画・静止画とも約 8 割の回答者が「そう思う」と回答していた。

農業への科学技術の適用については、半数以上の回答者が賛成しており、9 割以上の回答者が自給率は 50%以上を確保すべきだと考えていた。東北地方は日本の重要な食料供給基盤である。被災地の速やかな復興・復旧や食糧の安定供給を確保するためにも、植物工場に対する消費者の理解を深める取り組みは有効であろう。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計 12 件）

- ① 高田大輔, 安永円理子, 田野井慶太郎, 中西友子, 佐々木治人, 大下誠二, 放射性降下物に起因した果樹樹体内放射性核種の分布 -低濃度放射性降下物地域における核果類に関する事例的調査, RADIOISOTOPES, 査読有, 61 巻, 2012, 321-326
<http://dx.doi.org/10.3769/radioisotopes.61.32>
- ② 高田大輔, 安永円理子, 田野井慶太郎, 中西友子, 佐々木治人, 大下誠二, 放射性降下物に起因した果樹樹体内放射性核種の分布（第 2 報）-福島第一原子力発電所事故当年における土壌からの放射性 Cs の移行について-, RADIOISOTOPES, 査読有, 61 巻, 2012, 517-521
<http://dx.doi.org/10.3769/radioisotopes.61.517>
- ③ 高田大輔, 安永円理子, 田野井慶太郎, 小林

- 奈通子, 中西友子, 佐々木治人, 大下誠二, 放射性降下物に起因した果樹樹体内放射性核種の分布 (第3報) -福島県南地域におけるブドウとモモの樹体内放射性セシウム濃度について-, RADIOISOTOPES, 査読有, 61 巻, 2012, 601-606
<http://dx.doi.org/10.3769/radioisotopes.61.601>
- ④ 高田大輔, 安永円理子, 田野井慶太郎, 中西友子, 佐々木治人, 大下誠二, 放射性降下物に起因した果樹樹体内放射性核種の分布 (第4報) -モモ樹体内における放射性セシウム含量とその分布について-, RADIOISOTOPES, 査読有, 61 巻, 2012, 607-612
<http://dx.doi.org/10.3769/radioisotopes.61.607>
- ⑤ 大下誠二, 安永円理子, 高田大輔, 田野井慶太郎, 川越義則, 白井宏明, 中西友子, 佐々木治人, 牧野義雄, 福島第一原子力発電所事故に起因した土壌及び野菜の放射性核種濃度の測定-東京都及び福島県の低濃度汚染地域における事例-, RADIOISOTOPES, 査読有, 62 巻, 2013, 149-157
<http://dx.doi.org/10.3769/radioisotopes.62.149>
- ⑥ 大下誠二, 安永円理子, 高田大輔, 田野井慶太郎, 川越義則, 放射性降下物の農畜水産物等への影響-7: 低濃度汚染土壌における野菜への放射性核種の移行, 化学と生物, 査読有, 50 巻, 2012, 904-906
- ⑦ 高田大輔, 放射性降下物の農畜水産物等への影響-9: 果樹樹体内への放射性セシウムの移行について, 化学と生物, 査読有, 51 巻, 2013, 111-116
- ⑧ 細野ひろみ・熊谷優子・関崎勉, 食品中の放射性物質リスクは消費者にどのように捉えられているか? -牛肉を対象としたインターネット調査結果-, 日本リスク研究学会誌, 査読有, 22 巻, 2013, 243-249
- ⑨ 高田大輔・佐藤守・阿部和博・安永円理子・田野井慶太郎, 放射性降下物に起因した果樹樹体内放射性核種の分布 (第5報) -ブドウ'巨峰'における接ぎ穂から他器官への¹³⁷Csの移行について-, RADIOISOTOPES, 査読有, 62 巻: 455-459. 2013.
- ⑩ 高田大輔・安永円理子・田野井慶太郎, 放射性降下物に起因した果樹樹体内放射性核種の分布 (第6報) -土壌の¹³⁷Cs濃度の不均一性がブドウ及びイチジク樹体への移行に及ぼす影響-, RADIOISOTOPES, 査読有, 62 巻: 533-538. 2013.
- ⑪ 高田大輔・安永円理子・田野井慶太郎・中西友子・佐々木治人・大下誠二, 放射性降下物に起因した果樹樹体内放射性核種の分布 (第7報) -モモ側枝の放射性セシウム濃度の事故後2年間の経時変化-, RADIOISOTOPES, 査読有, 62 巻: 539-544. 2013.
- ⑫ 高田大輔・佐藤守・阿部和博・小林奈通子・田野井慶太郎・安永円理子, 放射性降下物に起因した果樹樹体内放射性核種の分布 (第8報) -摘果果実を用いたモモ成熟果実の放射性セシウム濃度の推定について-, RADIOISOTOPES, 査読有, 63 巻: 283-291. 2014.
- [学会発表] (計 14 件)
- ① Hiromi HOSONO, Eriko YASUNAGA. 2014. Japanese Consumers' Food Choice and Anxiety after Fukushima Accident -an implication for the reconstruction of agricultural sector-, The 29th International Horticultural Congress Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes, Brisbane, Australia. 14-22 August 2014.
- ② Takata D., Sato M., Tanoi K., Kobayashi N., Yasunaga E. 2014. Shift of Radiocaesium Derived from Fukushima Nuclear Power Plant Accident in the Following Year in Peach trees. The 29th International Horticultural Congress Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes, Brisbane, Australia. 14-22 August 2014.
- ③ 安永円理子, 細野ひろみ, 岩淵真美. 2014. 食と農をめぐる消費者意識-植物工場の可能性-. 第73回農業食料工学会年次大会, 沖縄県中頭郡(琉球大学). 2014年5月16~19日.
- ④ E. Yasunaga, D. Takata, S. Oshita, K. Tanoi, T. Nakanishi, S. Ninomiya, K. Kobayashi. 2013. Radioactive nuclides behavior in fruits tree and soil after the Fukushima accident, the International Symposium on Quality Management of Fruits and Vegetables for Human Health (FVHH2013). 5-8 August 2013, Bangkok, Thailand.
- ⑤ H. Hosono, E. Yasunaga. 2013. Do Japanese still worry about radiation contamination in foods? -Two years after the accident, an implication for the reconstruction of agricultural sector-, the International Symposium on Quality Management of Fruits and Vegetables for Human Health (FVHH2013). 5-8 August 2013, Bangkok, Thailand.
- ⑥ 細野ひろみ, 中嶋康博, 市民の食品リスク知覚に関する一考察-フードシステム各主体によるリスクの制御可能性認識との関係-, 2012年度日本フードシステム学会大会, 2012年6月16日, 日本大学
- ⑦ Hiromi HOSONO, Yuko KUMAGAI, Tsutomu SEKIZAKI Trust, knowledge, attitude and beef-related risk perception focusing on radioactive substances in Japan, 15th AAAP, 2012.11.30, Bangkok, Thailand
- ⑧ Hiromi HOSONO, Yasuhiro NAKASHIMA, After the Fukushima Nuclear Power Plant Accident: How Japanese Rate the Risk of Radioactive Substances in Beef? 15th AAAP, 2012.11.30, Bangkok, Thailand
- ⑨ Hiromi HOSONO, Yuko KUMAGAI, Tsutomu SEKIZAKI, Developing a communication tool of food-related radiation risk, Society for Risk Analysis, 2012.12.10, the Hyatt Regency, San Francisco
- ⑩ Hiromi HOSONO, Yasuhiro NAKASHIMA

, Does the trust and scientific clarity affect Japanese risk perception on food after Fukushima accident?, Society for Risk Analysis, 2012.12.10, the Hyatt Regency, San Francisco

- ⑪ 高田大輔, 安永円理子, 田野井慶太郎, 小林奈通子, 中西友子, 大下誠二, 佐々木治人, 佐藤 守, 阿部和博, 放射性降下物に起因したモモ樹体内放射性セシウムの地域間差について, 第 49 回アイソトープ放射線研究発表会, 2012 年 7 月 10 日, 東京大学
- ⑫ 高田大輔, 佐藤 守, 阿部和博, 安永円理子, 田野井慶太郎, 小林奈通子, 中西友子, 佐々木治人, 大下誠二, モモ‘あかつき’樹体内に移行済みの放射性セシウムの次年度における分配, 園芸学会平成 24 年度秋季大会, 2012 年 9 月 23 日, 福井県立大学
- ⑬ 高田大輔, 佐藤 守, 阿部和博, 安永円理子, 田野井慶太郎, 摘果果実を用いたモモ成熟果の放射性セシウム濃度の予測について, 園芸学会平成 25 年度春季大会, 2013 年 3 月 23 日, 東京農工大学
- ⑭ 安永円理子, 高田大輔, 大下誠二, 田野井慶太郎, 中西友子, 地域性を考慮した農産物内の放射性物質の移行過程の解明, 日本生物環境工学会 2012 年東京大会, 2012 年 9 月 7 日, 東京大学

[図書] (計 3 件)

- ① Seiichi Oshita, Springer, Radioactive Nuclides in Vegetables and Soil Resulting from Low-Level Radioactive Fallout After the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident: Case Studies in Tokyo and Fukushima. In: T. M. Nakanishi and K. Tanoi (eds.) Agricultural implications of the Fukushima nuclear accident. 2013, 61-72
- ② Takata Daisuke, Springer, Distribution of radiocaesium from the radioactive fallout in fruit trees. In: T. M. Nakanishi and K. Tanoi (eds.) Agricultural implications of the Fukushima nuclear accident. 2013, 143-162
- ③ HOSONO Hiromi, Yuko KUMAGAI, Tsutomu SEKIZAKI, Springer, Development of an information package of radiation risk in beef after the Fukushima Daiichi nuclear power plant accident. In: T. M. Nakanishi and K. Tanoi (eds.) Agricultural implications of the Fukushima nuclear accident. 2013, 177-186

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
出願年月日 :
国内外の別 :

○取得状況 (計 0 件)

名称 :
発明者 :
権利者 :
種類 :
番号 :
出願年月日 :
取得年月日 :
国内外の別 :

[その他]
ホームページ等

6. 研究組織

(1)研究代表者

安永 円理子 (YASUNAGA, Eriko)
東京大学・大学院農学生命科学研究科・
准教授
研究者番号 : 00380543

(2)研究分担者

大下 誠一 (OSHITA, Seiichi)
東京大学・大学院農学生命科学研究科・
教授
研究者番号 : 00115693

高田 大輔 (TAKATA, Daisuke)
東京大学・大学院農学生命科学研究科・
助教
研究者番号 : 80456178

二宮 正士 (NINOMIYA, Seishi)
東京大学・大学院農学生命科学研究科・
教授
研究者番号 : 90355488

細野 ひろみ (HOSONO, Hiromi)
東京大学・大学院農学生命科学研究科・
准教授
研究者番号 : 00396342

(3)連携研究者

小林 和彦 (KOBAYASHI, Kazuhiko)
東京大学・大学院農学生命科学研究科・
教授
研究者番号 : 10354044

中西 友子 (NAKANISHI, Tomoko)
東京大学・大学院農学生命科学研究科・
教授
研究者番号 : 30124275

田野井 慶太郎 (TANOI, Keitaro)
東京大学・大学院農学生命科学研究科・
准教授
研究者番号 : 90361576