

機関番号：10102

研究種目：基盤研究 (B)

研究期間：2007~2010

課題番号：19300249

研究課題名 (和文) 照射食品の安全を保障する検知法とリスクコミュニケーション

研究課題名 (英文) Detection method and risk communication of irradiated foods for security

研究代表者

鵜飼 光子 (UKAI MITSUKO)

北海道教育大学・教育学部・教授

研究者番号：20160228

研究成果の概要 (和文)：食品は品質を保ち保存性を保障するために各種の放射線で処理されている。特に、ガンマ線処理は国際的に広く導入されて食品加工技術である。日本では馬鈴薯だけに芽止めを目的としてガンマ線処理されている。日本でも近い将来、照射食品が広く導入されることが予想される。そこで、本研究では照射食品の検知方法を確立した。また、照射食品の消費者の受容性や教育について検討した。

研究成果の概要 (英文)：Foods are irradiated with various rays to improve the quality and shelf life of foods. Particular gamma-ray treatment has been recognized internationally as frequently used food technology. In Japan only potato is irradiated with gamma-ray to prevent sprouting. Market of irradiated foods will be open for us soon. In this study the detection method of irradiated food was established. It was also studied about the consumer acceptance and education of irradiated food in terms of risk communication.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	3,100,000	930,000	4,030,000
2008年度	5,700,000	1,710,000	7,410,000
2009年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
2010年度	2,000,000	600,000	2,600,000
年度			
総計	14,200,000	4,260,000	18,460,000

研究分野：複合領域

科研費の分科・細目：生活科学・食生活学

キーワード：食情報、食と環境

1. 研究開始当初の背景

食をとりまく環境が変化していく中で、正確な食情報が求められている。食の安全と安心を目指すには、科学的な知見をもとにした情報が重要である。

「放射線照射処理(以下、食品照射)」とは、公衆衛生や食品の品質保持などを目的として、放射線を食品に照射することにより、殺菌、殺虫、発芽防止等を行う食品加工技術のことである。食品照射の有効性は、食品の味や風味を保

ちながら、保存性を保証する最も効果的な技術であることにある。

2. 研究の目的

既に諸外国では、多くの食品に食品照射の技術が導入されている。輸入食品に依存している日本では照射食品の安全と安心に寄与する研究を喫緊に開始する必要がある。

本研究では照射食品の検知方法を確立し照射食

品のリスクコミュニケーション試案を目指す。

3. 研究の方法

(1) 電子スピン共鳴(Electron Spin Resonance, ESR)法は照射誘導ラジカルを電子レベルで厳密に計測できるが、食品分析への応用は限られていた。最近ではEUの照射食品検知法に導入されているが定性法であり照射履歴を明らかにすることはできない。応募者鶴飼が提唱する電子の緩和現象を検討した厳密計測条件を用いる。実験試料は照射処理による殺菌効果が認められ商業的な規模で実用化が予想される食品、放射線照射処理は(独)日本原子力研究開発機構高崎量子応用研究所、線種は最も殺菌効果が高く、現在広く実用化されている γ 線、線量は0.1~50kGyの広範囲とし、実用的照射履歴検査法にするために、芽止め目的(低線量)~殺菌・滅菌目的(高線量)の照射量までを広くカバーする。ラジカル計測のESRはX-band CW装置(現有)とし、実用測定に向けた装置改良の設計・試作をハードとソフトの両面から行う。性能指標は照射処理量0.1kGy~50kGyの処理線量での照射履歴の定量が可能となる感度が要求される。現有のXバンドESRの感度は高く、今までの計測実績では50kGyまでの線量であれば数分で照射の有無を判別することが可能である。また、外挿法によりスピン産出量を計測し、照射履歴を検定する。照射量とESR信号強度には比例関係が得られるので、外挿法により照射履歴を定量可能である。食品の種類や形状によりESR信号は異なり、電子スピンの緩和現象により信号強度は変化するので、電子スピンの緩和現象を考慮した厳密な計測条件を導入する。

(2) in vivo ESR 計測の導入により照射誘導ラジカル計測実験系を検討し、健全性を評価する。照射食品の摂取による毒性学的な影響は、慢性や亜慢性毒性、繁殖性、催奇形性、変異原性などのすべての毒性学的因子に関する研究によって評価・検討がされ、問題はないと結論されている。放射線照射により誘導されるラジカルはESR信号として観測される。一般的にラジカルは反応性が高いので物質を分解し、食品の酸化や重合などの反応を加速する。そこで、照射食品の摂取により生体内において照射誘導ラジカルが活性酸素種のように作用することが予想される。照射誘導ラジカルの反応性に関する報告はない。活性酸素種を不均化する酵素にSuperoxide dismutase(SOD)がある。ESRを用いスピントラップ法により in vivo ESR 計測としてSOD活性が評価できる。そこで照射食品計測に導入するための新規の in vivo ESR 計測系を詳細に検討する。in vivo ESR 計測により照射誘導ラジカルの生体での反応性を解明する。新しい健全性評価法を目指す。

(3) 調査を実施し、利害関係者間のリスクコミュニケーション、食品照射をめぐる諸外国の消費者団体、産業界、行政などの実態、政策機関の具体的な施策を明らかにする。さらに、消費者の食品照射に対するリスク認知を調査し、リスクコミュニケーションを試案する。放射線教育における教材開発を目指す。

4. 研究成果

(1) 本研究により電子の緩和現象を検討した厳密計測条件を用い照射履歴を明らかにする検知法を確立できたことが主な成果である。また、我が国での照射食品検知法の制定に対し、この研究成果は大いなる影響を与えた。今や検疫所でのモニター検査が実施されるようになった。つまり、我が国の照射食品検知法の制定を促した、と位置づけられる。しかし、我が国での照射食品検知法はESRによる厳密な検知法ではない。今後、照射履歴を明らかにする厳密な検知法の採用にむけた施策への進展が期待される。EU 諸国で照射食品検知法の制定に関わった研究者からの本研究成果に対する評価は高く、招聘公演や共同研究が開始された。関税の撤廃が議論される昨今、EUから日本への食材の輸出において厳密な照射食品検知法の確立が急がれていることによる。

(2) 照射誘導ラジカルの健全性評価を in vivo ESR 計測で検討した。スーパーオキシド発生系(ヒポキサンチン、キサンチンオキシダーゼ)やヒドロキシラジカル発生系(過酸化水素、UV)において、新規合成ラジカル試薬を用い、発生したラジカル種を効率よく捕捉し、安定したESRアダクト信号として観測する分析法を確立した。また、この計測法は自動化測定が可能なフローの系に高度化した。主な成果は照射誘導ラジカルの生体での反応性を未照射試料と比較して検討し、差異がないことから、照射処理食品の健全性が評価できたことである。in vivo ESR 計測の系をフローの系に高度化したことは分析化学において高く評価される。また、アダクトの信号を安定に保つラジカル試薬の合成に成功したことも大きな成果である。in vivo ESR 計測の系食品科学だけでなく、医学や薬学への応用が期待される。

(3) 中学校や高等学校における放射線教育の教材を開発し、リスクコミュニケーションの試案につなげた。学習指導要領の改訂に伴い、発電を中心とした原子力教育が導入されている。放射線の農業への利用として照射食品が教材になっている。中学校や高等学校における放射線教育の教材開発はまだ報告されていないので、本研究成果は第一歩の取り組みとして我が国の教育への貢献ははかり知れない。今後はこの成果を教育現場に生かし、更なる放射線教育の教材

開発に繋げる。

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20件)

- ① 菊地正博、垣田大介、下山雄平、鶴飼光子、小林泰彦、照射された生鮮果実パパイヤにおけるラジカル緩和現象、査読有、食品照射、45、34-38、2010
- ② 小林泰彦、菊地正博、等々力節子、齊藤希巳江、桂洋子、亀谷宏美、市川まりこ、飯塚友子、千葉悦子、鶴飼光子、放射線照射によるニンニクの萌芽発根抑制効果、査読有、食品照射、45、26-33、2010
- ③ 亀谷宏美、中村秀夫、鶴飼光子、下山雄平、ESRによるグルコースポリマー中の照射誘導ラジカルの解析、査読有、食品照射、45、19-25、2010
- ④ 中村秀夫、高橋司、太多由依、貝森良彦、亀谷宏美、鶴飼光子、放射線照射漢方薬(エキス剤)の照射誘導ラジカルの緩和挙動、査読有、食品照射、45、11-18、2010
- ⑤ 古田雅一、石川悦子、保科美幸、冨井恵奈美、小池佳都子、鶴飼光子、殺菌済み香辛料に生残する微生物の食肉中における増殖動態の解析、査読有、食品照射、45、4-10、2010
- ⑥ 亀谷宏美、齊藤希巳江、菊地正博、小林泰彦、鶴飼光子、等々力節子、照射ニンニクの電子スピン共鳴法、光刺激ルミネッセンス法、熱ルミネッセンス法による検知、査読有、日本食品科学工学会誌 57、11、472-478、2010
- ⑦ 亀谷宏美、垣田大介、貝森良彦、菊地正博、小林泰彦、鶴飼光子、下山雄平、照射マンゴー中に誘導されるラジカルの緩和挙動と線量依存性、査読有、RADIOISOTOPES、59、10、607-614、2010
- ⑧ 亀谷宏美、貝森良彦、鶴飼光子、放射線照射したニンニクにおけるラジカルの測定、査読有、Radioisotopes、59、415-421、2010
- ⑨ 鶴飼光子、亀谷宏美、乳児用成型ミルクのESRによる分析、査読有、日本食品科学工学会誌、57、6、257-262、2010
- ⑩ M. Kikuchi, M. S. Hussain, N. Morishita, M. Ukai, Y. Kobayashi, Y. Shimoyama, ESR Study of free radicals in mango, 査読有、Spectrochimica Acta、75、310-313、2009、
- ⑪ M. Ukai、H. Kameya、H. Nakamura、Y. Shimoyama、Radical scavenging activities of plant food of alkyl-oxy radical and superoxide radical、査読有、Food Science and Technology Research、15、619-624、2009
- ⑫ 菊地正博、小川英之、森下憲雄、鶴飼光子、小林泰彦、下山雄平、照射マンゴーに誘起されるラジカルの緩和現象、査読有、食品照射、43、9-13、2009
- ⑬ 小川英之、鶴飼光子、A. Lund、下山雄平、照射誘導ラジカルの緩和挙動、査読有、食品照射、43、5-8、2009
- ⑭ 亀谷宏美、鶴飼光子、長期間保存した照射黒胡椒のラジカル、査読有、食品照射、43、1-4、2009
- ⑮ 桜庭一宏、鶴飼光子、学習指導要領改訂(2009)と放射線教育、査読有、食品照射、43、17-23、2009
- ⑯ 鶴飼光子、亀谷宏美、今村太郎、宮ノ下明大、等々力節子、下山雄平、照射害虫のESR信号、査読有、RADIOISOTOPES、58、799-806、2009
- ⑰ 菊地正博、M. S. Hussain、森下憲雄、鶴飼光子、下山雄平、小林泰彦、照射された生マンゴーに誘起されたラジカルのESR測定、査読有、RADIOISOTOPES、58、789-797、2009
- ⑱ 亀谷宏美、小川英之、中村秀夫、下山雄平、鶴飼光子、照射ナツメグ(Myristica fragrans)のESRによる検知、査読有、RADIOISOTOPES、58、179-185、2009
- ⑲ 小川聡子、加恵田庸子、亀谷宏美、中村秀夫、鶴飼光子、標準添加法による胡椒のESRによる検知法、査読有、食品照射、43、9-13、2008
- ⑳ H. Nakamura、H. Kameya、M. Ukai、Y. Shimoyama、Synthesis and Electron Spin Resonance Spectroscopy of Biradical Molecules Containing $^{14}\text{N}-0$ and $^{15}\text{N}-0$ Moieties、査読有、Spectrochimica Acta、69(5)、1367-1371、2008、

[学会発表] (計20件)

- ① M. Ukai、H. Kameya、S. Todoriki、ESR detection method of pasteurized food、5th International Conference on Microbiology of Food, Health and Environment: Problems and Prospects on Developing Countries、2010. 12. 27、Dhaka, Bangladesh
- ② M. Ukai、H. Kameya、H. Nakamura、Analysis of fruits and vegetables using ESR spin trap method、China-Japan Joint Symposium on Food Science & Technology at Industry Level、2010. 11. 3、杭州、中国
- ③ M. Ukai、H. Kameya、Joong-Ho Kwon、H. Nakamura、ESR study of irradiated ginseng、Asia-Pacific EPR/ESR Symposium 2010、2010. 10. 11、Jeju, Korea
- ④ 鶴飼光子、亀谷宏美、中村秀夫、ESRによる照射食品の検査、第100回日本食品衛生学会、2010年9月16日、熊本
- ⑤ 鶴飼光子、貝森良彦、亀谷宏美、ESRによ

- る乳幼児成形ミルクのラジカルの解析、日本食品科学工学会第 57 回大会、138、2010 年 9 月 3 日、東京
- ⑥ M. Ukai, H. Kameya, A new EPR spin trapping protocol using CYPMPPO, The XXIVth International Conference on Magnetic Resonance in Biological System, ICMRBS, 2010. 8. 24, Cairns, Australia
- ⑦ 鵜飼光子、実用化が予想される食品への放射線利用に関する基礎研究、放射線照射利用促進協議会講演会、2010 年 6 月 18 日、京都
- ⑧ 鵜飼光子、アロニアの電子スピン共鳴分光法による分析、第 64 回日本栄養食糧学会、2010 年 5 月 22 日、徳島
- ⑨ 中村秀夫、高橋司、貝森良彦、亀谷宏美、鵜飼光子、漢方薬(エキス剤)への放射線照射の緩和時間(T1、T2)への影響、日本薬学会第 130 年会、2010 年 3 月 28 日、岡山
- ⑩ 鵜飼光子、亀谷宏美、不妊化した害虫に誘導されるラジカルの ESR 信号、2010 年度日本農芸化学学会大会、2010 年 3 月 28 日、東京
- ⑪ M. Ukai, ESR Detection for Alkyl-oxy Radical and Superoxide radical Decay by Natural Antioxidants, 2010 Oxygen Club of California (OCC) World Congress, 2010. 3. 19, Santa Barbara, California
- ⑫ 鵜飼光子、亀谷宏美、中村秀夫、菊地正博、坂下哲也、舟山和夫、小林泰彦、照射ニッケルの電子スピン共鳴分光法による検知、第 4 回量子応用研究シンポジウム、2009 年 10 月 9 日、高崎
- ⑬ 鵜飼光子、亀谷宏美、ESR による食品抗酸化成分の分析、日本食品科学工学大会第 56 回大会、2009 年 9 月 11 日、名古屋
- ⑭ 鵜飼光子、電子スピン共鳴法による加熱した食品の成分の分析、日本調理科学会平成 21 年度大会、2009 年 8 月 29 日、京都
- ⑮ M. Ukai, H. Ogawa, H. Kameya, H. Nakamura, Y. Shimoyama, Relaxation behaviors of radiation induced radicals by microwave saturation ESR spectra, The 11th International workshop of Electron Magnetic resonance of Disordered System, 2009. 6. 17, Sofia, Bulgaria (招聘講演)
- ⑯ M. Ukai, H. Kameya, J. W. Park, J. H. Woon, S. S. Wea, Y. Shimoyama, Detection Method of Gamma-Ray Irradiated vegetables by EPR, The 2nd Asian Congress of Radiation Research (ACRR2009), 2009. 5. 19, Seoul, Korea
- ⑰ M. Ukai, S. Ogawa, H. Nakamura, Y. Shimoyama, CW X-band ESR studies on safety of radicals in gamma-ray irradiated pepper, IMRP2008 (International Meeting on Radiation Processing), 2008. 8. 24,

London, UK

- ⑱ 鵜飼光子、小川聡子、殺菌胡椒の電子スピン共鳴法によるラジカル評価、第 62 回日本栄養・食糧学会大会、2008 年 5 月 2 日、東京
- ⑲ 鵜飼光子、鷺野郁海、若者のくらしと放射線に関する意識調査、第 43 回日本食品照射研究協議会、2007 年 11 月 28 日、東京
- ⑳ M. Ukai, M. Matsuura, S. Ogawa, T. Kume, M. Kikuchi, T. Sakashita, T. Funayama and Y. Kobayashi, Detection of Damage using ESR Method to Irradiated Wheat Flour, 第 2 回量子応用研究シンポジウム、2007 年 6 月 23 日、高崎

6. 研究組織

(1) 研究代表者

鵜飼光子 (UKAI MITSUKO)
北海道教育大学・教育学部・教授
研究者番号：20160228

(2) 研究協力者

真明 正志 (SHINMEI MASASHI)
(株)ラジカルリサーチ・代表取締役

小川 聡子 (OGAWA SATOKO)
北海道教育大学附属函館中学校・非常勤講師