

[総説]

最近の食品照射の国際動向 —欧州食品安全機関（EFSA）の見解を中心に—

古田雅一

大阪府立大学地域連携研究機構放射線研究センター（〒599-8570 堺市中区学園町1-2）

Recent Status of Food Irradiation —From Scientific Opinion of European Food Safety Authority—

Furuta Masakazu

*Radiation Research Center, Research Organ of Regional Relationship, Osaka Prefecture University,
1-2, Gakuen-cho, Naka-ku, Sakai, Osaka 599-8570 Japan*

Key words: Food irradiation, phytosanitary microbiological safety, chemical food safety

1. はじめに

わが国で最近起こった生牛肉「ユッケ」の食中毒は今まで病原性が低いと考えられてきた病原性大腸菌 O111 株の汚染が原因であった。またドイツでは病原性大腸菌 O104 株が原因とされるキュウリ、モヤシによる食中毒の発生も大きく報道された。これらは、コールドチェーンの発達している先進諸国においてさえも食中毒は食の安全を脅かす最重要課題であることを改めて認識させられる事件であった。透過力の強い電離放射線による殺菌、すなわち食品照射は温度上昇を最小限に抑えながら生鮮食品や冷凍食品のを最終包装状態で有効に殺菌でき、食肉類の食中毒防止には最も適した殺菌技術である。今回の事件を契機に改めて食品照射が見直されることを望みつつ最近出席した国際会議報告との国際的な動向の一端を紹介したい。

2. 国際会議から得られた食品照射の実用化状況

2007年における国際的な調査においては東アジアを中心に食品照射の実用化が着実に進んでいることが明らかにされた^{1), 2)}。また今年5月に韓国、ソウル市で開催された国際会議（International

Symposium on Food Irradiation)³⁾ や6月にカナダ、モントリオール市において開催された国際放射線プロセス会議（IMRP, Montreal 2011)⁴⁾ においても植物検疫目的の果物の放射線照射の実用化が着実に進んでいることが報じられた。上記目的の放射線照射については国際植物防疫条約、(International Plant Protection Convention : IPPC) において2003年に植物検疫措置に関する国際基準（ISPM）の一つに照射処理を消毒処理の一つとして利用する際の原則的なガイドラインが ISPM No.18（植物検疫措置としての放射線照射の使用のための指針）として採択された。さらに14本の個別の検疫害虫に対する処理基準（処理線量）が ISPM No.28（規制有害動植物のための植物検疫処理）の付属書に収載されている⁵⁾。またアジア太平洋地域においても共通ガイドライン（Guidelines for the Audit and Accreditation of Irradiation Facilities used for Sanitary and Phytosanitary Treatments of Food and Agricultural Products）の制定が進んでいるという。このガイドラインに従い、オーストラリア（マンゴ、パパイヤ、ライチ）、バングラデシュ（果物、野菜類）、インド（ライチ、マンゴ）、ニュージーランド（マンゴ、パパイヤ）、フィリピン（マンゴ）、タイ（マ

ンゴ、マンゴスチン、ロンガン、ランブータン、ライチ、パイナップル)、ベトナム(ロンガン、ドラゴンフルーツ)が検疫目的の果物照射を許可している。現在米国農務省は二国間協定に基づく照射された熱帯由来の果物の輸入を進めており、メキシコでは2008年の協定締結以来、グアバ(Guava)、マンゴ、チリマンザノ(Chile Manzano)、グレープフルーツが、合計10500トンすでに照射されているという。さらに検疫目的で照射された果物がインド(マンゴ:190トン)、タイ(マンゴ、マンゴスチン、ロンガン、ランブータン、ライチ、パイナップル:合計1800トン)、ベトナム(ドラゴンフルーツ:180トン)から米国に2010年度に輸入されたと報告されている。またパキスタン、オーストラリアでも同様の動きがあるようである^{3),4)}。

EUにおいては1999年に食品照射に関する統一規制(Directive 1999/2/EC, Directive 1999/3/EC)が制定されて以来、唯一の許可品目としてスパイス・ハーブ類(dried aromatic herbs, spices and vegetable seasonings)がリストアップされているのみで照射許可品目のリスト(positive list)の拡大は果たされていない。その間、EU各国の独自の規制が有効で、冷凍肉類をはじめスパイス・ハーブ類以外の食材の照射も行われていたが、照射された食材を含む食品はすべて、その量比にかかわらず表示が義務づけられているせい⁶⁾、EU加盟国内における照射食品の流通量が以前に比べて停滞していることも報告されている^{1),2)}。このような状況下、欧州食品安全機関(EFSA)は2011年4月6日、照射食品の安全性についての声明を公表した。これは、正確な表題を「生物学的ハザードに関する科学パネル(BIOHAZパネル)の「食品照射の有効性と微生物学的安全性についての科学的見解」及び食品と接触する物質・酵素・香料及び加工助剤に関する科学パネル(CEFパネル)の「照射食品の科学的安全性に関する見解」の結論と勧告に基づいた声明」(<http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/2107.pdf>)といい、ヒトに対する食品照射の安全性に関しては喫緊の懸念事項は存在しないこと、今後の許可品目を決定するに当たっては既存の品目リストにとらわれず照射処理が必要とされる食品の種類と殺菌の対象となる微生物種の放射線感受性を柔軟に考慮することを勧告した。この成果について

は、5月の韓国の国際会議においても食品照射の最近の進展として紹介された⁷⁾。概要を以下に示す。

3. 食品照射の安全性に関するEFSAの評価の経緯

EUの食品科学委員会(Scientific Committee on Food: SCF)は放射線照射することが好ましい食品(群)としてTable 1に示す食品リストごとの線量(平均総吸収線量)を勧告している。^{8),9),10)} EUの食品照射に関する統一基準, Directive 1999/2/EC⁶⁾では、照射の許可品目はSCFがノミネートしたリストを尊重して定めることが述べられている。先に述べたように現在統一許可品目としてEU加盟国間で認められているのはスパイス・ハーブ類のみである¹¹⁾。欧州委員会においては、過去に定めた、食品のクラスごとに適正な線量を設けたSFCによるリストが、消費者に対する安全性を担保する上で現在においても有効かどうかSFCの後継組織である欧州食品安全機関(European Food Safety Authority: EFSA)に科学的見解を公表するよう諮問した。

これを受けてEFSAのBIOHAZパネル(生物学的ハザードに関する科学パネル)は食品照射の有効性と微生物学的安全性についての科学的見解をまとめ¹²⁾、CEFパネル(食品と接触する物質・酵素・香料及び加工助剤に関する科学パネル)は照射食品の化学的安全性に関する見解をまとめた¹³⁾。

BIOHAZパネルはヒトの健康に危害を及ぼす食中毒菌の低減に関する放射線照射の有効性とそれに伴う食品の微生物学的安全性について評価した。特に消費者に対する安全性に影響する可能性のある、新たな危害や食品加工法や消費パターンの変化にも検討を加え、放射線照射に他の殺菌法を併用した場合の有効性についても評価した。さらに汚染菌の放射線照射において懸念されてきた放射線抵抗性の増加や不衛生な環境で製造された食品を照射することにより製造工程の不備の隠蔽についても併せて評価した。

一方CEFパネルは、2003年のSFCの見解公表¹⁴⁾以降2010年までの文献を評価して照射食品の化学的安全性の再評価を行った。

これらのパネルの結論はそれぞれ2010年9月22日(BIOHAZパネル)、2010年11月25日(CEFパネル)に採択され、EFSAはこれらの結論を合わせ

Table 1 SCF によって食品照射可能と評価された食品群と放射線量*

Food class/commodity assessed by the SCF	Overall average radiation dose (kGy)	Dose (kGy)
Fruits ^(a)	Up to 2	
Vegetables ^(a)	Up to 1	
Cereals ^(a)	Up to 1	
Starchy tubers ^(a)	Up to 0.2	
Spices & condiments ^(a)	Up to 10	
Fish & shellfish ^(a)	Up to 3	
Fresh meats ^(a)	Up to 2	
Poultry ^(a)	Up to 7	
Camembert cheeses manufactured from raw milk ^(b)		Up to 2.5
Frog's legs ^(c)	Up to 5	
Shrimps ^(c)		5
Gum arabic ^(c)		3
Casein / caseinates ^(c)		Up to 6
Egg white ^(c)		Up to 3
Cereal flakes ^(c)		10
Rice flour ^(c)		Up to 4
Blood products ^(c)	10	

(a): Assessed by SCF (1986)

(b): Assessed by SCF (1992)

(c): Assessed by SCF (1998)

* : Where previous SCF opinions have considered dose limits for food irradiation it is not always clear if the Opinion is expressed in terms of overall average dose or maximum dose.

て食品照射の有効性及び生物学的安全性、化学的安全性に対する総合的評価とした。

4. 食品照射の安全性に対する BIOHAZ パネル、CEF パネルの結論

食品照射に用いられている放射性同位元素由来のガンマ線、加速器電子線及び変換エックス線の微生物に対する照射効果はすべて同等で、いずれの照射によっても誘導放射能は生じない。

(食品群と線量)

食品照射は適正な製造工程及び衛生規範及び危害分析に基づく必須管理点 (HACCP) の一部として用いることにより、SCF により過去に評価されたすべての食品群 (Table 1) に対する消費者の安全性確保に効果を発揮する。すなわち Table 1 のすべての食品群は示された線量範囲において放射線照射が現在でも有効である。

しかしながら、食品照射の有効性に関しては、以前に SCF が指摘しているように、BIOHAZ パネル

もまた、食中毒菌の不活化に必要な線量は対象となる食中毒菌の放射線感受性と求められる殺菌レベル、さらには食品の物性 (水分活性、生鮮か冷凍状態か、など) に依存し、食品群の種類とは無関係である、と指摘している。さらに食品流通の形態や消費パターンが最近変化したため、従来の食品群の分類ではある種の即席食品など消費者にとって重大なリスクを伴う可能性のある食品が分類から漏れる可能性もある。また食品ごとに照射できる線量にも制限があるため食品照射を唯一の衛生化手段とはできない場合もある。

CEF パネルもまた、現在の食品群の分類法に問題があると感じている。その理由は、生鮮食品、冷凍食品、水分活性など食品の物性の違いが無視されていること、また同じ食品群に構成成分 (脂質含量、不飽和脂肪酸含量) が異なる食品が含まれるなど、今日消費者にとって様々な食品 (即席食品、スライス肉、スライスチーズなど) が利用可能となっているからである。

(微生物学的安全性)

BIOHAZ パネルによれば食品照射の安全性評価に関しては、食品照射の利用において消費者に対する微生物学的リスクやその証拠となるような食品中の微生物叢の変化は見られない、としている。

(化学的安全性)

CEF パネルは食品の放射線照射に伴い生成するとして科学雑誌に報告されているいくつかの化合物に注目した。そのほとんどは炭水化合物、フラン、2-アルキルシクロブタノン類、酸化コレステロール、過酸化物質、アルデヒド類に属する。これらの化合物の多くは他の食品加工処理においても生じるため、放射線照射特有の分解生成物ではない。さらに照射食品中のこれらの化合物の含量は加熱処理に比べるとはるかに低い。

最近まで、2-アルキルシクロブタノン類のみが照射食品のみに検出されることが報告されていたため、特異的な放射線分解生成物と見なされてきたが、最近、ある種の2-アルキルシクロブタノン類が市販の非照射のカシューナッツやナツメグに検出されたとの報告がある。

CEF Panel がアルキルシクロブタノン類に関する最近の毒性学的研究を検討した結果、少なくともある種のアルキルシクロブタノン類が *in vitro* においてDNA障害を引き起こす恐れがあることを認めた。しかし、*in vivo* における遺伝毒性試験の新たな報告はないが *in vitro* におけるアルキルシクロブタノンの示す遺伝毒性と *in vitro* の毒性発現との間には、間接的な機構が存在するとの見地から、ヒトに対する遺伝毒性学的危険性は起こりにくいと CEF パネルは判断した。

CEF は食品照射の化学的安全性に反する唯一の新しい事実は、25 kGy 以上の放射線照射により滅菌された飼料を用い特定病原体未感染 (SPF) の条件下で飼育されたネコに現れた神経障害、運動失調、すなわち白質脳症に関する報文に示されている。この知見はネコのみで報告されている。例えば実験動物を用いた試験でネコと同じ飼料と飼育条件で飼育したイヌには現れなかったという報告もある。この原因としては、いくつかの仮説が提出されている。例えば放射線照射による飼料中のある種のビタミン分解に対し、他の動物よりもネコがより重篤な悪影響を受けるとの説、照射により飼料に生じる過酸

化脂質が原因であるとする説などである。しかし照射飼料のリスク評価に資する明確な機構解明にはまだ至っていない。この現象とヒトとの関連性は否定することはできないが、ヨーロッパにおいては非常に少量の食品が照射されている現状を考慮すると、CEF パネルは、喫緊の懸念材料はない、という見解である。しかし、当該ネコ試験のヒトの健康への関連性について明らかにすることが望ましい。

特定の食品の照射後のアレルゲンの誘起に関する研究は *in vitro* 研究のみが報告されており、アレルギー反応との関連性についても明らかにされていない。従ってヒトに対するアレルギーの誘起については何ら結論を得ることができない。前回の SCF の見解においては食品照射による栄養成分の変化は見られない、とされている。今回の諮問においては照射食品の栄養学的確性は含まれていないため、この点には触れない。

4. 食品照射の安全性に対する BIOHAZ パネル、CEF パネルの勧告

BIOHAZ パネルによれば、放射線照射はハードルテクノロジーに組み込まれる食中毒菌の殺菌法の一つとして消費者保護に寄与するべく考慮されるべきである。食品照射は総合的食品安全マネジメントの一環としてのみ用いられるべきである。

放射線量の定義に関しては種々の用語が用いられているが、CEF パネルは総平均線量という概念を用いないとする国際食品規格 (Codex Standard) に同意する。すなわち線量の限度は最大線量で定義するべきと考えられる。総平均線量を最大線量に換算するための換算係数は現在許容されている線量均一性比率 3.0 に相当する換算係数 1.5 を超えないことである。

食品照射の有効性と微生物学的安全性に関しては、食品照射はあらかじめ決められた食品群や線量に基づくのではなく、その都度リスクアセスメントし、必要とされるリスク低減に基づき適切に用いるべきことを BIOHAZ パネルは勧告する。食中毒菌の殺菌に対しては最大線量限度を特定すべきではない。不要な化学的変化など、他の制限要因により自ずと最大線量が決まるものとする。

CEF Panel は、ネコに対する病原性の因果関係に関する情報、すなわち照射量、飼料の組成、照射照

料の摂取量と白質脳症発現との関連性に関するデータを収集することを勧告する。

まとめ

以上、食品照射の安全性に関する EFSA の評価と見解を中心に最近の食品照射の動向の一端を簡単に述べた。EFSA の見解においては、照射飼料とネコに現れる障害の関連性についての研究の現状が詳しく記述されており、今後の研究を進める上で有用な文献資料となると期待される。また食品照射の実用化は主に米国とアジア地域の 2 国間協定に基づいた果物の検疫目的に特化されているのに対し、EU における食品照射の興味はあくまでも食中毒防止が主で、食品照射を特別な技術ではなく、食品衛生に関わる殺菌法の一つとして総合的に扱うことが勧告されていることも今後の実用化研究の方向性を示唆するものである。さらに詳しい情報を知りたい読者の方々は <http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/2107.pdf> を参照いただきたい。

参考文献

- 1) Kume T. Furuta M. Todoriki S. Uenoyama N. Kobayashi Y.. Quantity and economic scale of food irradiation in the world. *RADIOISOTOPES*. **58**(1), p.25-35 (2009).
- 2) Kume T. Furuta M. Todoriki S. Uenoyama N. Kobayashi Y.. Status of food irradiation in the world. *Radiat. Phys. Chem.*. **78**(3), p.222-226 (2009).
- 3) Guzman, ZM.. Practical approaches of phytosanitary treatment using irradiation in Asian countries. Proceedings of International Symposium on Food Irradiation, 16th-19th May, 2011, Korea University, Seoul, Korea, Advanced Radiation Technology Institute, Jeongup, Korea, p.135-136 (2011).
- 4) Tunlayadechanout, S.. fresh fruits irradiation for phytosanitary purposes in Thailand using multipurpose irradiation facility. Final Programme and Book of Abstracts, IMRP Montreal 2011, 13-16 June 2011, p.80 (2011).
- 5) IPPC: International Standards for Phytosanitary Measures (ISPMs) https://www.ippc.int/index.php?id=ispms&no_cache=1&L=0
- 6) European Commission: Directive 1999/2/EC of the European Parliament and of the Council of 22 February 1999 on the approximation of the laws of the Member States concerning foods and food ingredients treated with ionising radiation <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31999L0002:EN:NOT>
- 7) Byron, DH.. Overview of global status and aspects of food irradiation. Proceedings of International Symposium on Food Irradiation, 16th-19th May, 2011, Korea University, Seoul, Korea, Advanced Radiation Technology Institute, Jeongup, Korea, p.31-47 (2011).
- 8) SCF (Scientific Committee on Food), 1986. Food -Science and Techniques. Reports of the Scientific Committee for Food (Eighteenth Series).
- 9) SCF (Scientific Committee on Food), 1992. Food Science and Techniques. Reports of the Scientific Committee for Food (Thirty-second Series).
- 10) SCF (Scientific Committee on Food), 1998. Opinion of the Scientific Committee on Food on their irradiation of eight foodstuffs.
- 11) European Commission, Directive 1999/3/EC of the European Parliament and of the Council of 22 February 1999 on the establishment of a Community list of foods and food ingredients treated with ionising radiation. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31999L0003:EN:NOT>
- 12) EFSA Panel on Food Contact Materials, Enzymes, Flavourings and Processing Aids (CEF), 2011. Scientific opinion on the chemical safety of irradiation of food. The EFSA Journal 2011; **9**(4): 1930 (2011).
- 13) EFSA Panel on Biological Hazards (BIOHAZ), 2011. Scientific opinion on the efficacy and microbiological safety of irradiation of food. The EFSA Journal 2011; **9**(4): 2103 (2011).
- 14) SCF (Scientific Committee on Food), 2003. Revision of the opinion of the Scientific Committee on Food on the irradiation of food. (2011年8月12日受理)