

# 放射線照射した食品の検知法について

国立医薬品食品衛生研究所 宮原 誠

## はじめに

照射食品とは殺菌、害虫の防除、発芽防止などを目的に、コバルト 60 のガンマ線又は、10 MeV 以下のエネルギーを持つ電子線あるいは、5 MeV 以下の X 線を照射した食品のことである。照射効果を示すのに必要な吸収線量は、照射障害の現れやすい生鮮野菜果実の場合は 1kGy 以下、肉・香辛料の殺菌目的の場合には 10kGy 以下、保存食などは 50kGy 以下であるとされている。

食品を放射線で処理すると、その時の吸収線量等条件によっては、温度上昇（1kg の食品を室温で、1 k Gy 照射するとおよそ 0.24℃上昇するといわれている）、色調の変化（主に退色）、照射臭（炭化水素類の臭いなど）が見られるが、一般の人にはほとんど気がつかないことが多い。そのため、消費者が購入したとき、表示がないと照射・非照射の判別がつかないので、照射食品の流通条件として、国際的にその表示が義務づけられている。現在のところアメリカにおいては照射の表示のみを義務つけている。一方、EU は照射食品の表示を義務つけるだけでなく、その表示を担保する検知法の開発を行い、それを運用して照射食品の表示の確からしさを担保している。

本講では検査法を中心に論じる。検知法の進展はきわめてゆっくりであるが、着実に前進している。照射食品という総合的で且つ広大な分野をこの短時間で網羅できないので、興味有る方は本講の不足を他の総説で補っていただければ幸いである。現在の我が国の照射食品に関する原子力委員会、食品安全委員会の見解<sup>1-4)</sup>、照射食品の安全性評価と開発の歴史的な解説<sup>5-10)</sup>、外国および国際機関の見解<sup>11-17)</sup>、照射食品を必要とする立場からの解説<sup>18-24)</sup>、消費者の立場からの解説<sup>25-27)</sup>、照射食品の安全性に関する解説<sup>28)</sup>、照射食品の検知に関する解説<sup>29-40)</sup>があり、目的に合わせて参照されたい。本文中には個々に引用文献を示さないが、上記の解説に元文献が記載されている。

## 1. 照射食品の検知の必要性

### 1-1 紆余曲折だった照射食品開発経緯

照射食品は、1954 年頃から米国陸軍が中心になって開発が進められ、その後、同商務省の研究を経て、1980 年代に IAEA などの国際機関が中心となり、その民生への技術移転が行われたものである。この間、そのリスク評価が大きく変化した。当の米国は実験の欠陥や失敗のため評価の難しかった動物実験のデータを用いず、放射線分解物の量で、その安全性を評価した。一方、WHO などの国際機関は米国が否定し用いなかった動物試験結果を用いて、従来危険とされてきた要素も危険でなく安全であるとの結論を導いている。これに対して、EU など

は一貫して照射食品には慎重な姿勢を崩していないようだ。

アメリカ合衆国における経緯を概観し、EUが懸念する根拠を考察する。

**誘導放射能の研究** 1957年アメリカ合衆国陸軍補給部隊が検討したとき、主な課題は誘導放射能の抑止と、照射食品中に生成する過酸化水素による食品の酸敗防止であった。誘導放射能については、理論的な考察から、放射化が起きにくいとの結論が得られているが、当時の実験技術（電子線照射の場合加速電圧の確からしさや誘導された放射能測定技術の前近代性など）の問題が目立つが、そこで得られた結果を以下に述べる。

高エネルギー電子線（24MeV～12MeV）照射（50kGy）によって誘導される核種の主なものは肉やハムで  $\text{Na}^{23}(\text{n}, 2\text{n})\text{Na}^{22}$  反応による  $\text{Na}^{22}$  の生成で、ベータ線を出して  $\text{Ne}$  と  $\text{Mg}$  になる。これらの実測値を基に 10MeV 付近における生成量を計算で求め、10MeV 以上のエネルギーで主に放射能が誘導されると結論つけた。一方、缶詰などの金属製容器に入った食品は放射化が起りやすいことも報告している。これは金属と電子線との作用で発生する 4 MeV 以上の X 線が食品と ( $\gamma$ ,  $\gamma'$ ) 反応あるいは ( $\gamma$ , n) 反応を起こしていると考えられている。

また、放射化の起りやすさは加速電圧の大きさよりも、電流値の大きさに依存し、核反応の閾値付近では、電流値が大きいと放射化が大きくなると結論している。さらに、2002年になり IAEA は高エネルギーの加速エネルギーを持つ照射装置でも、放射化に注意を喚起する勧告書を出した。これは加速器内部から発生する中性子による放射化反応等を問題にしている。

コバルト 60 による放射化は高線量（16～50kGy）照射した照射食品から、ベータ線が観測されたが、核種は報告されていなかった。近年の研究結果でも、同様な報告がなされている。これらの誘導放射能の影響を避けるためには2週間ほどの冷却期間が必要との見解もある。

さらに、糖、アミノ酸、脂肪酸エステルなどの食品成分の溶液を照射した実験から様々な有害物質がその中に生成することが分かり、照射食品には潜在的な危険性があるとされた。

**栄養成分の喪失** 1963年のアメリカ合衆国陸軍ネイティック研究所の検討では、最も重要な検討課題は栄養成分の喪失であった。放射線照射により、当時その作用が十分分かっていないビタミン E, K などがえさの中から失われ、長期毒性試験の多くが失敗に終わった。このため発ガン性などは十分に検討できなかったようだ。さらにこのような状況から、FDA はいったん許可した照射ベーコンなどの許可を取り消した。

**分解生成物による毒性評価** その後、米国議会の勧告を受けて、アメリカ合衆国陸軍は照射食品の開発を続行、1975年頃、動物実験専門の会社に3期目の照射食品安全性試験を委託した。当時 GLP 等が整備されていないために、いくつかの実験は失敗したが、照射鶏肉の試験だけは何とか成功したようだ。しかし、同 FDA はこの動物試験研究の成果は実際の安全性評価には用いず、放射線分解生成物の量を照射食品について個別に推定し、それら放射線分解化合物について一人あたりの摂取量から安全性を確認した。その基礎になった食品はベーコ

ンと牛肉で、これらを照射し、有機溶媒で分解物を抽出し、これを GC/MS で分離・同定し、その危険性を評価したが、抽出できなかった不揮発成分の評価は残されたままの様だ。

**検知法不要 USFDA の方針** 1997 年になり FDA は、基本的に照射食品は安全なので、その検知法は不要であると開発も検知も行っていない。

**検知法必要 EU の方針** 1987 年に EU はドイツ公衆衛生学者、デンマークの毒性学者と微生物学者、イギリスの衛生学者を動員し照射食品の健全性について調査を行い、食品に関する科学委員会に報告書を報告させた<sup>37)</sup>。

**照射直後の毒性発現** 報告書によると、毒性学的な検討の結果、高線量照射したあと時間が経過しないうちに照射食品を調べると変異原性が見られた。しかし、適正に照射したあと、保存したり、あるいは加熱すると変異原性が見られない。同じ事が照射後数週経過した小麦や馬鈴薯を摂取した動物・ヒトに見られるポリプロイド症についても言えるだろうとしている。

このような結果になるのは、有効最小線量を照射しても、活性のある成分が生成し、食品によってはそれが生物学的に問題になる量に達しないか、あるいは他の食品成分のために急速に分解してしまうためだろうと推定している。

以上見てきたように、照射食品の安全性についての考え方がアメリカと EU では大きく異なっており、このことは即ち検知法の必要性やその仕様に大きな影響を及ぼしている。

## 2 照射食品検知法の国際状況

### 2-1 現在の検知法の種類と限界

実用照射量を与えられた食品に生じる個々の変化は一見少なく、これを現在の科学技術をもって、これをとらえることは容易ではない。

これらの照射食品分析法は元の吸収線量を測定できないので、定量的な取り扱いとはいえず、定性分析法としてその地位が認識されている。

さらにその結果の解釈についても、照射食品であることは検知の結果が陽性であることの必要条件で十分条件では無い。つまり、“検知結果が陰性であっても、その食品が照射されていないという証明にならない場合がある”ことが、CODEX でも指摘されている。したがって、照射食品の国家レベルの管理には照射記録等も必要となるだろう。

各検知法の特徴は表 1 に示す。いずれの方法も検知できる食品の種類は限定されており、様々な報告書を参照して見るともっとも多用されているのは TL 法でありこの試験法で得られた結果を重視している。ドイツ政府の場合、その他の方法は補助的に食品照射を確認するために用いられている。つまり、複数の試験法の結果を待って結論を得ているといえよう。

表1 主な検知法1

方法の名前	分析法のタイプ	検知対象	食品
ESR法	II	骨	骨付き肉
	II	糖	乾燥果実
	II	セルロース	ピスタチオ、イチゴ
TL法	II	鉍物質	香辛料等
PSL法	III	鉍物質	香辛料等
GC法	II	炭化水素法	脂肪性食品
	III	CB	脂肪性食品
コメットアッセイ	III	DNA	生鮮食品
DEFT/APC	III	微生物	多くの食品
LAL/GNB	III	微生物	多くの食品

## 2-2 イギリスでのモニタリング<sup>41)</sup>

このような基礎的な研究と平行して、フィールド調査も行われた。表1にイギリス国内で許可されている照射食品の一覧を示す。実際上流通している可能性のあるものをこの中から選んで、検査対象とした。収去した品目には緑茶など日本人になじみの深いものもある。2001年8月から9月に試料は購入された。片寄らない様に十分にサンプリングには注意を払ったようだ。スパイス 203 試料、健康食品 138 試料、小エビ 202 試料が検査されて、それぞれ、1, 58, 5つの表示違反を見つけている。特に健康食品の違反例が目立っている。実に調査対象の42%が違反していることになる。この内訳として、44 試料は完全に照射された材料を使用し、14 試料は照射された材料と非照射の材料を混合して使用していた。

この調査と同時に PSL の検知能力も検討され、特にフォールスネガティブについて調査を行っている。PSL で未照射と判定された検体をランダムに取り出し、TL で再検査した。その結果、PSL と異なった判定を TL が下したものの数は、香辛料 0/20、健康食品 5/8、小エビ 3/18 で、健康食品では実に 63%が TL の検査なしでは未照射と判定されたことになる。極めて誤りの多い試験法だと言えよう。100%的中した香辛料に SPL は十分適用できるとこの報告書は SPL を評価している。しかし、今回の検査で、香辛料の試料にはもともと照射された陽性検体が 203 検体全体で 1 つしかないのだから、SPL で誤って陰性とする可能性は全体として皆無に等しく、改めて TL で調べても陽性の結果を与えるはずもない。

明らかに過大評価で、このような無理な結論を導く背景が気になりだ。さらに、このような矛盾する結果が出たときは、原理の異なる方法で確認するのが普通であろう。

表 2 イギリスにおける許可照射食品

分類	分類名	内容
i.	果実	きのこ、とまと、大黃の葉を含む
ii.	葉菜類	豆類を含む
iii.	シリアル	
iv.	根菜類	ジャガイモ、山芋、タマネギ、シャロット、ニンニク
v.	香辛料	調味料として通常使う乾燥物
vi.	魚介類	ウナギ、甲殻類、貝類を含む
vii.	食鳥類	英国鶏、ガチョウ、アヒル、ホロホロチョウ、はと、ウズラ、七面鳥

### 3 我が国の照射食品検知の現状

#### 1 TL 法 (Thermoluminescence、熱発光法)

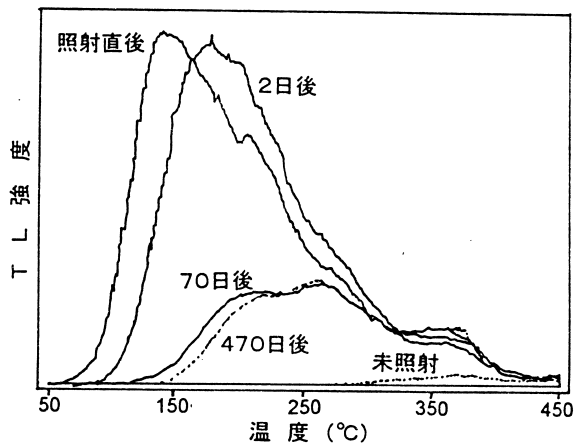


図1 10kGy 照射黒胡椒 TL の経時変化

原理は珪酸塩など電気の伝導性の悪い物質に照射線を当てると、その物質がイオン化しても、自由に電子が移動できないために、電子と電子孔 (Electron Hole) が対になって生成し、それが物質内に捕捉される。これを加熱して、この電子が自由に動けるだけの運動エネルギーを与えると電子はその捕捉された場所から移動して電子孔に捕捉され、光を放出する。この光を温度上昇の関数として観測する。実際にはサンプルに付着し

ている結晶性の鉱物分をポリタングステン酸塩で抽出し、これを暗箱中で 400 度まで加熱する (我が国通知法では 490 度)。その際に照射された鉱物は発光 (T1) するのでこれを測定する。ついで、発光量の標準化のために再度 1kGy 照射し、再度温度を上げて、発光を測定 (T2) する。T1/T2 の比から照射の有無を判定する。測定例を図 1<sup>42)</sup> に示す。再照射のために、高価な照射装置が必要である。TL の強度は経時的に弱くなる。また、発光量は含まれる鉱物成分によるので、そ

の鉱物を構成する成分により、一定の発光量が得られるわけではない。特に産地等の影響を受けやすいと言われている。香辛料の付着物を分析しているので、ブレンドされるなどして、非照射のものと照射のものとが混合されると判定できなくなる。原理的に清浄なサンプルは検知できない。また、50度以上の高温で保存されると、同様に検出が困難となるので、本法も、発光がないから非照射と判定できない。原理的には埃さえついていれば、どのような試料でも検知可能である。逆に言うと検知できると言うことは、その食品が衛生的に扱えなかったことを暗示するので、この方法が適用できる食品にも自ずと制限があるだろう。1997年にイギリスの農務省が一斉収去した香辛料の試料について検査したとき中心的な役割をした方法としても知られる。照射香辛料でありながら非表示の違反品として見つけている。多くの検知法は、このように非表示の違反品を見つけていることができるが、これとは反対の違反を摘発できない（陰性の結果でも照射していない証明にはならないから）。

この方法の欠点である照射香辛料と未照射香辛料とをブレンドした場合、その検出が困難とされるが、現在バリデートされている方法の有効性について詳細に検討された。その結果、T1/T2比が0.1以下で、T1で低温域（150-250℃）の発光が観察されると照射・未照射のブレンド品であると判定しても良いとしている。

### 3-2 TL 検知法開発

2005年から厚労科研が始まり、輸入香辛料を対象に熱発光法（以下TL法）の試験法完成を目指した。公定法の開発手順は一般に、たたき台になる試験法の開発、これを追試する試験、数カ所の試験研究機関が共同でこの再現性を確認する試験などが含まれ、その開発には多くの確認作業が必要である<sup>44)</sup>。この一見無駄のように見える種々の研究は重要である。

ひとたび公定法となると誰でもどこでもその試験法が再現されなくてはならないからである。その試験法のなかに再現性の悪い原理、極めて特殊な技術、高度な熟練が必要であってはならないとされている。

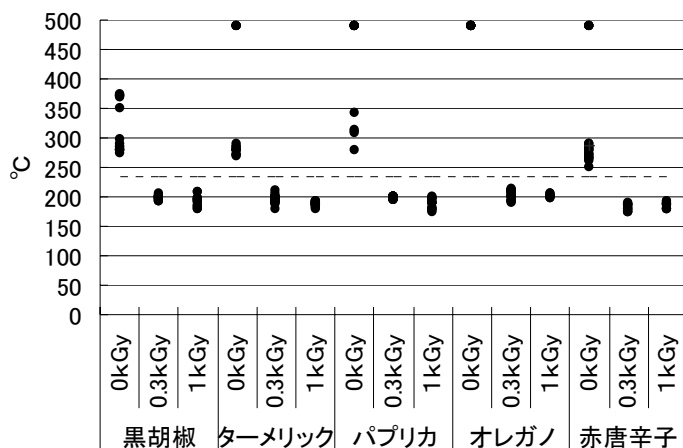


図2 T1 室間再現性

TL法の開発においても、これらの観点から精査し、旧東京都立産業技術研究所の後藤典子元主任はEN法を修正し、より簡便で、再現性を高める工夫を行い、原案を作成した。これを受けて、演者らは実験室内外の再現性を検討した。室内再現性試験については3機関で、14種類、200個以上の試料について調べた。この



表3 コラボ実験の正答率

線量 k Gy	試料名	正答数		試料数		正答率	
		報告結果	再判定	報告結果	再判定	報告結果	再判定
1	黒胡椒	15	15	15	15	100	100
	ターメリック	17	17	17	17	100	100
	オレガノ	19	19	19	19	100	100
	パプリカ	15	15	15	15	100	100
	赤唐辛子	15	15	15	15	100	100
	1kGy 全体	81	81	81	81	100	100
0.3	黒胡椒	12	14	19	19	63	74
	ターメリック	16	21	21	21	76	100
	オレガノ	15	20	20	20	75	100
	パプリカ	19	22	22	22	86	100
	赤唐辛子	15	15	15	15	100	100
	0.3kGy 全体	77	92	97	97	79	95
0	黒胡椒	10	20	20	20	50	100
	ターメリック	10	15	15	15	67	100
	オレガノ	15	15	15	15	100	100
	パプリカ	17	17	17	17	100	100
	赤唐辛子	24	24	24	24	100	100
	0kGy 全体	76	91	91	91	84	100
全体		234	264	269	269	87	98

に観測された。

表2に室間再現性実験の結果を示す。コラボレーター自身の判定結果とコラボレーターから報告されたデータに基づくコーディネーターの判定とを比較した。1kGyでは両者の判断は一致していた。しかし、0.3と0kGy試料では必ずしも一致を見なかった。全体の正答率はそれぞれ87%と98%でどちらも極めて良好な結果を与えた。

TL法運用上で共通な問題点は既に述べたが、試験の結果と書類等による遡及調査と食い違いがある場合、1MeV以下の電子線で照射した場合、ブレンドなどの加工された食品の場合などの扱いに関して、国際的には試験の結果に基づき、行政処理されている様だ。

### 3-2 運用実態

検疫所を中心に、いくつかの登録検査機関によってこの試験は実施されている。検疫所では輸入香辛料を中心に実施され、香辛料、乾燥野菜などに違反品(表4)が見つまっているようだ。

表4 違反事例

食品	違反条文	輸出元	理由	場所
パプリカチップス	1 1	ドイツ	製造基準不適合(照射された食品を検知)	成田
乾燥椎茸	1 1	中国	放射線照射跡が認められた	門司
マカ	?	アメリカ(原	食品衛生法違反	小牧



		産：ペルー)		
--	--	--------	--	--

これらはいずれも本検知法が発効してからのもので、あらゆるジャンルの食品に照射されていることを示唆するものである。

この検査に関連して、ブレンドされた香辛料について、照射の判定基準をどのように設定するか問い合わせがあったが、国際基準に合わせて判断することになっている旨回答している。検出下限を設定する関係から、外国での検査の成立基準はより厳しくなっており、その結果、法の網の目としては外国より大きめになっている。

### 3 検知法の研究開発の現状

#### 3-1 文科省の研究

本年度より、新たな研究が展開されている。従来あった原子力試験研究が解体され、新たな研究の枠組みが構築され、“放射線利用による食品安全への貢献”というテーマの下、“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”という課題が採択され、北海道教育大学の鶴飼らを中心に原子力委員会照射食品専門部会の旧調査委員で構成される研究が開始された。文科省や科学技術振興機構などのホームページを検索しても詳細は不明で、ESR、PSL等の研究が始められているようだ。その研究内容等の公開が遅れており、厚労省の研究との重複が懸念される。

高崎量子応用研究所では、放射線利用の一環として、研究が行われているようで、照射マンゴアの ESR 研究等がアイソトープ・放射線研究発表等で発表されている。

#### 3-2 厚労省の研究

2008 年度から、厚労省の研究としても、照射食品の検知法に関する研究が継続され ESR 法（対象：骨、糖、セルロース）微生物法（放射線耐性菌を指標とする）、GC 法（HC 法など）の新たに検討を開始した。一方、上記のように検討等済みの TL 法については対象食品の拡大を検討している。研究は緒に就いたところで、その成果を記すには至っていない。

### 終わりに

ここでは照射食品の開発の経緯とそれに対する WHO と EU の見解を概観し、検知法を必要とする EU の考え方に沿い開発された CODEX 法を簡単に解説した。

さらに、TL 法を中心に検知法の開発の経緯、国際的な評価と運用、我が国における開発の経緯、其の問題点を論じた。いずれの照射食品の検知法も一長一短があるが、これらの方法をうまく組み合わせて検知するか、種々の原理に基づき新たに検知法を確立する必要があるだろう。しかし、現在照射食品の検知法を開発しているのは演者の研究所だけで新たな検知法が生まれてくる兆しはない。原子力研究開発機構高崎量子応用研究所で様々な試みが行われていることに期

待を寄せたい。昨年のプロセスシンポから、時間的経過がないこともあって、多くの新しい話題を提供できなかったのは遺憾である。

## 謝辞

厚生労働科学研究 “放射線照射食品の検知に関する研究” 班に協力を惜しまなかった各研究者及び照射施設並びに分析機関の皆様にご心より感謝する。また、国際状況の収集に当たり、全米各地の図書館司書の皆さんが示された献身的な努力と協力に感謝する。(2008年11月記)

## 参考文献

- 1) 照射食品専門部会、“食品への放射線照射について” 内閣府原子力委員会 (2006・9)
- 2) 久米民和、“食品照射—世界の状況と日本の取り組み—”、放射線と産業、114、51-54 (2007)
- 3) 三菱総合研究所 “食品へ放射線照射技術の安全性に関する欧米の取り組み状況調査”、内閣府食品安全委員会 平成15年度食品安全確保総合調査 (2004・3)
- 4) 独立行政法人 食品総合研究所、“放射線照射食品の安全性に関する文献等の収集・整理等の調査報告” 内閣府食品安全委員会平成16年度食品安全確保総合調査 (2005・3)
- 5) 宮原 誠、“照射食品安全性検証の歴史 ”、*食品照射*、38, 28-49(2003).
- 6) 宮原 誠、“照射食品安全性検証の歴史 (2) 照射魚介類中のボツリヌス菌について”、*食品照射*、39, 28-49(2004).
- 7) 宮原 誠、“照射食品安全性検証の歴史(3) 誘導放射能の確認とその安全性、Natickの研究から ”、*食品照射*、41, 32-48(2006).
- 8) 宮原 誠、“X線並びにγ線を照射した食品に生じる誘導放射能”、*国立衛研報告*、125, 107-118 (2007).
- 9) 宮原 誠 “照射食品の世界の動向と最近の事情” 防菌防黴、30, 233-248 (2002) .
- 10) 宮原 誠、照射食品を巡る最近の動向 2006、放射線と産業、111、31-35(2006).
- 11) CODEX General Standard for Irradiated Food. Codex Stan 106-1983, Rev. 1-2003, 2-1.
- 12) WHO, Safety and nutritional adequacy of irradiated food, WHO、1994; WHO 編著、照射食品の安全性と栄養適正、コープ出版 1996, pp. 54.
- 13) FAO/WHO 編 Food Irradiation、WHO、スイス 1988 ; 林徹訳 食品照射、光琳、東京 pp. 11 (1989)
- 14) US CFR 21-1-B Part179 Bなど
- 15) US FDA, Fr 72, 64, 16291 April 4, 2007. 並びに CODEX General

- Standard for Irradiated Food. Codex Stan 106-1983, Rev.1-2003, 7-2.
- 16) E.Poulsen Scientific Committee for Food “Reports of the Scientific Committee for Food” CD NA EUR 10840 en Commission of the European Communities, Brussels, Luxembourg, 1987
  - 17) Scientific Committee on Food, “Revision of the opinion of the Scientific Committee on Food on the irradiation of food”, SCF/CS/NF/IRR/24 Final, European Commission, Brussels, Belgium 2003.
  - 18) 松山 晃、“世界における食品照射の現状と課題”、食品衛生研究、36, 7-18 (1986)
  - 19) 伊藤 均、“食品照射の基礎と安全性” JAERI—Review2001-029、原子力研究所(2001)
  - 20) 日本原子力産業協会、“食品照射 Q&A ハンドブック” 2007.
  - 21) 日本原子力産業協会、“食品照射のなるほど！安心ガイド”、2007年
  - 22) 東京都健康安全研究センター“食品への放射線照射について”、暮らしの健康、11号、2006, pp 5-10.
  - 23) 多田幹郎 “照射食品特集によせて”、FFI ジャーナル, 209, 1031-1034 (2004) .
  - 24) 戸部満寿夫、“照射食品の健全性について”、食品衛生研究、29, 397-406 (1979) T. Webb, T. Lang, K. Tucker, “Food Irradiation Who Wants it?”, Thomas Publishers, Rochester, Vermont, 1987.
  - 25) 里見 宏 “これでも食べる？放射線照射食品 “ジャパンマシニスト、2000.
  - 26) S. ブライス、“食品照射：新世界秩序のアジェンダ” 食べ物が危ない “サイバーX 編集部、工学社、2002
  - 27) 日本消費者レポート 1331号、5月17日2006年
  - 28) 食品照射研究委員会、“研究成果最終報告書”、日本アイソトープ協会、1991, pp223-243.
  - 29) IAEA, Report of the international meeting on analytical detection methods for irradiation treatment of foods” 1994.
  - 30) 豊田正武 宮原誠 “照射食品の検知法の現状” 食品衛生学雑誌 36、J-372-378(1998)
  - 31) 宮原 誠 平成17年度厚生労働科学研究報告書 “放射線照射食品の検知技術に関する研究” 2006・4
  - 32) 宮原 誠 平成18年度厚生労働科学研究報告書 “放射線照射食品の検知技術に関する研究” 2007・4
  - 33) 厚生労働省食品安全部 “放射線照射された食品の検知法について” 食安発 0706002 (2007.7.6)
  - 34) 宮原 誠 平成19年度厚生労働科学研究報告書 “放射線照射食品の検知技術に関する研究” 2008・4
  - 35) 宮原 誠 平成17～19年度厚生労働科学研究 放射線照射食品の検知

- 技術に関する研究” 総合研究報告書 “放射線照射食品の検知技術に関する研究” 2008・4
- 36) 等々力 節子, “照射食品の検知法について” *Radioisotopes*, **2000**, 49, 467-469
- 37) 宮原 誠, “照射食品検知の現状と未来”, *食品照射*, **36**, 42-48 (2001).
- 38) 宮原 誠, “照射食品検知の現状”, *食品照射*, **37**, 49-47 (2002).
- 39) 澁谷智晃、香取佳子、淵野清彦、柳 哲郎, “放射線照射食品の探知調査”, *食品衛生研究*, 55, 57-62 (2005)
- 40) 宮原 誠, “**食品照射検知の現状 2007** “、*食品衛生研究*, **57**, 33-48 日本食品衛生協会 (2007)
- 41) Food Standard Agency “Survey for Irradiated Foods-Herbs and Spices, Dietary Supplements and Prawns and Shrimps”, Survey Information Sheets 25/02 June 2002, Food Standard Agency の Home page.
- 42) 田辺寛子, “熱ルミネッセンス法による照射食品の検知” **1998**, *研究発表会要旨*, pp. 59 東京都立産業技術研究所.
- 43)
- 44) ガーフィールド著、宮原 誠訳, “分析試験室のための品質保証原則”, AOAC International, Gaithersburg, 1997.
- 45) 〒370-1207 高崎市綿貫町 1233 TEL027-356-1639、FAX027-346-1195 担当 中村
- 46) 〒590-0481 大阪府泉南郡熊取町朝代西 1-950 TEL0724-52-1948、FAX0724-52-1949 担当 武川