

200929023A

厚生労働科学研究費補助金

食品の安心・安全確保推進研究事業

放射線照射食品の検知技術に関する研究

平成 21 年度 総括・分担研究年度終了報告書

研究代表者

国立医薬品食品衛生研究所

宮原 誠

平成 22 年（2010 年）5 月

厚生労働科学研究費補助金

食品の安心・安全確保推進研究事業

放射線照射食品の検知技術に関する研究

平成21年度 総括・分担研究年度終了報告書

研究代表者

国立医薬品食品衛生研究所

宮原 誠

平成22年（2010年）5月

放射線照射食品の検知技術に関する研究

目次

平成21年度 総括年度研究報告書	1
研究代表者 宮原 誠 国立医薬品食品衛生研究所	
放射線照射食品のESR検知法の試験に関する研究	13
研究分担者 増水章季 崇城大学薬学部	
資料1 放射線照射食品検知測定法/コラボ試験報告書 骨付き肉類(トリ, 貝殻つきはまぐり)	18
分担研究者 増水章季 崇城大学薬学部	
資料2 放射線照射食品検知測定法 コラボ試験報告書-糖(乾燥マンゴー, 乾燥パイン)-	46
研究協力者 原 英之 ブルカー・バイオスピン株式会社	
資料3 放射線照射食品検知測定法 コラボ試験報告書	
-セルロースを含む食品(生イチゴ, ピスタチオ, フェネグリーク)-	72
研究協力者 廣庭隆行 株式会社 コーガアイソトープ	
放射線照射食品検知技術の妥当性評価に関する研究 1.	95
研究分担者 松田りえ子 国立医薬品食品衛生研究所食品部部長	
放射線照射食品検知技術の妥当性評価に関する研究 2.	125
研究分担者 松田りえ子 国立医薬品食品衛生研究所食品部部長	
アルキルシクロブタノン法による放射線照射食品の検知	138
研究分担者 堤 智昭 国立医薬品食品衛生研究所	
論文リストと別刷り等	
○M. Miyahara, M. Furuta, T. Takekawa, S. Oda, T. Koshikawa, T. Akiba, T. Mori, T. Mimura, C. Sawada, T. Yamaguchi, S. Nishioka, M. Tada	168
Verification of the new detection method for irradiated spices based on microbial survival by collaborative blind trial <i>Radiation Physics and Chemistry</i> <b>78</b> (2009) 699-701	
○宮原 誠、廣庭 隆行、増水章季、原 英之、岡野和史、武川哲也、須永博美	171
アラニン線量計を用いた北海道土幌町農業協同組合土幌アイソトープ照射センターの線量分布測定, <i>Radioisotopes</i> , <b>58</b> , 815-825, 2009	
○放射線照射された食品の検知法について	
食安発0330第3号平成22年3月30日	180

厚生労働科学研究費補助金（食品の安心・安全確保推進研究事業）

## 放射線照射食品の検知技術に関する研究

平成21年度 総括年度研究報告書

研究代表者 宮原 誠 国立医薬品食品衛生研究所

### 研究要旨

本研究は ESR 法（対象は骨、糖、セルロース）、TL 通知法の評価、TL 通知法と EN 法の比較、CB 法（GC 法の一つ）、ESR 法による照射食品の線量管理の 5 項目に関するものである。

ESR 法は AOAC のコラボ試験を簡略した試験（未照射を含む 3 水準の線量、1 水準あたり 3 回の繰り返し、2 から 3 の食品）を実施し、その判別能力を調べた。骨付き鶏肉並びに殻付きハマグリについて、両者の 1、2kGy 照射試料とそれぞれの非照射試料とは 100%判別できた。糖を検出するマンゴーとパイナップルで、各 7、4kGy 並びに 1、0.1Gy の照射試料とそれぞれ非照射試料とは 100%判別できた。セルロースを含むフェネグリークおよびピスタチオについては、それぞれ 7、4kGy 照射試料と各非照射試料を 100%判別できた。イチゴについては、3、1.5kGy 照射試料はそれぞれ 100%、83%の判別率であったが、非照射試料は 100%の判別率であった。このように、非照射食品と照射食品との判別に優れた能力を持つことから、この方法を用いてこれらの照射食品の判別に利用できると考えられた。

TL 通知法の評価については、様々に意見があり、結果として通知の曖昧な点や未定の部分の改訂を行う方向が示された。TL 通知法と EN 法の比較研究においては、若干の研究手段に難があるものの、通知法と比べ EN 法は発光曲線の積分範囲が狭いことから、それらの TL 比が小さくなり、照射試料と確定できない場合が多くなることが分かった。

CB 法については EN 法の性能評価を行い、0.5kGy 以上(?)照射された鶏、豚、牛、鮭について、それぞれの非照射試料と 100%判別可能であることを確認した。しかし、大きなマトリックス効果があることや、保存試験における標準 CB の日々の感度変化が大きいことから、さらに検討が必要と思われた。

ESR 法による照射食品の線量管理法の研究では、ISO の手順に従い、ジャガイモの入ったかご表面の線量分布を測定し、その最大線量域はかごの中央付近にあることが分かった。さらに、本研究により、この方法を用いて線量管理を行う事ができることが分かった。

その他の事項では本年度において原著論文 2 報、学会報告 14 件の成果を残し、本研究は 3 年計画の 2 年目で打ち切りとなった。

## A 研究目的

EU諸国やアジア諸国において照射食品の許可範囲が緩和され、従来の香辛料の他に、ハーブ類を中心としていわゆる健康食品に広くこの技術が用いられている。この影響を受けて、我が国の法規制を知らずに輸出された健康食品などが従来から検疫所の積み戻しの対象になっていた。本研究はこの現状に鑑み照射健康食品の検出技術を可急的速度やかに実用化し、違法な照射食品の輸入を監視することにより、我が国における輸入食品の衛生向上に資するものと考えられる。2007年度の本研究成果により、放射線照射食品の検査法（TL法）が制定され、その後、幾たびの改訂を経ながら運用されてきた。TL法は検査対象の大部分をカバーできる（EUのデータによると九割以上）。しかし、さらにこの方法が適用できない試料について、その検査方法が求められたので、GC法やESR法について、EU法を基礎に試験法の精密化と再現性の確認を行う事を目的とした。TL法については、検疫所を中心にその後データと経験が積み、旧法の曖昧な点や未定の部分の改訂を行うことを目的とした。フリック線量計についてASTMはその標準法の改訂を行わなくなり、固体線量計への国際的なシフトが起こっている現状を踏まえ、ESR法による照射食品の線量管理の方法を検討し、ほぼ所期のデータを得た。この部分は巻末171ページの論文をもって、研究分担報告とする。

諸般の事情で、本検知技術に関する研究は中止となった。

## B研究方法

### B-1 ESR法を用いた照射食品の検知

検討対象の試験法は骨、糖、並びにセルロースを含む照射食品とした。これらについて、試験成績の評価基準や測定条件はEU法と若干異なっているので実験室共同試験を行った。

試験の計画をAOAC インターナショナルのピーアバリディション法に準拠するとすれば、試料は5種の食品、3水準の線量、一水準の試料数5とし、試験を実施する機関数は10となっている。これをすべて実施するとすれば、膨大な数の試料分析となるため、研究費・計画期間を考慮して次の表のように行った。（表1）

表1

試験法の対象	食品の種類	吸収線量(kGy)	n	機関数
骨付き食品	骨付きトリ肉	0, 1, 2	3	7
	殻付きはまぐり	0, 1, 2	4	7
セルロースを含む食品	ビスタチオ	0, 4, 7	4	7
	フェネグリーク	0, 4, 7	4	7
	イチゴ	0, 1.5, 3	3	7
糖を含む食品	乾燥パイン	0, 0.1, 1	4	7
	乾燥マンゴー	0, 4, 7	4	7

\*n：一水準あたりの試料数

### B-2 TL放射線照射食品検知技術の妥当性評価

1

TL法の原理はケイ酸塩鉱物の結晶に蓄えられたエネルギーの放出という物理的事象に基づいており、一般的な化学分析とは異なっている。また、定量法ではなく照射の有無を判定する検知法であり、これは半定量法である。このため、これまでの試験法の概念とは異なる部分が多い。通知発出から2年近くが経過し、本通知法による検査件数も増大し、経験も蓄積されてきたことから、通知作成の関係者及び実際に通知法を実施している利用者、並びにその他の者の意見を集約し、記載の不明瞭さを明らかにし、通知をより適正とすることを目的として、評価会を開催し、検討を行った。

### B-3 TL放射線照射食品検知技術の妥当性評価2

B-2の報告書に示したように、TL法の評価会に

において通知法とEN1788のTL測定法

及び判定方法に差があることが、指摘された。そこで、横浜及び神戸検疫所食品検疫検査センターで行われた、TL法による輸入食品モニタリング検査結果を、EN1788に従って解析し、判定法の差が結果に及ぼす影響を調べた。

#### B-4 アルキルシクロブタノン法による放射線照射食品の検知

本研究では、ACB法の国内への導入を目的として、本法の牛肉、豚肉、鶏肉及びサーモンへの適用を判断するため性能評価を実施した。なお、本法の牛肉に対する適用はEN1785において検証されていないが、牛肉は輸入量が多いため、適用検討品目として選択した。

試料：牛肉、豚肉、鶏肉、及びサーモン（全て筋肉部）を東京都内の小売店で購入した。後述するソックスレー抽出に基づく脂肪含量は牛肉で24%前後、豚肉で18%から28%、鶏肉で13%から40%、サーモンで13%から18%であった。

照射試料の作成：細切均一化した牛肉、豚肉、鶏肉、及びサーモンをポリエチレン袋に入れ、ドライアイス存在下で冷凍状態に保ちガンマ線照射した。鶏肉は0.25、0.5、1、2及び4 kGy、その他の試料は0.5、1、2及び4 kGyを目標にガンマ線を照射した後、 $-30^{\circ}\text{C}$ で保存した。試料の吸収線量はアラニン線量計により測定し、目標線量のほぼ±10%に収まっていることを確認した。従って、今回は目標線量を実際に照射した線量とみなした。

含水フロリジル：フロリジルは和光純薬（株）製のフロリジルPR（150～250  $\mu\text{m}$ 、60～100メッシュ）を使用した。フロリジルは、 $550^{\circ}\text{C}$ で5時間以上加熱し、放冷後に20%重量に相当する水を加え、良く振りまぜた後、一晚平衡化し不活性化した。

分析方法：EN1785に従い分析した。

放射線照射の判定

試料中の2-DCBあるいは2-TCBについて下記の判

定項目（①から④）を全て満足する

時に陽性と判定し、1つでも満足しない時に陰性と判定した。

①検量線用標準溶液と同じ保持時間に、 $m/z$ 98及び $m/z$ 112にS/N比3以上のピークを認める。

② $m/z$ 98及び $m/z$ 112で観測されるピーク面積の比は、 $m/z$ 98において近似した面積を与える検量線用標準溶液ピークから得られる $m/z$ 98及び $m/z$ 112のピーク面積比の±20%以内である。

③保持時間付近で $m/z$ 95から $m/z$ 115の範囲でスクラン測定を行うとき、 $m/z$ 98及び $m/z$ 112が主要イオンである。

④上記の項目を満たしたピークについて、その濃度が検量線用標準溶液のS/N比3から求めた濃度以上である。

性能評価試験

評価対象とする食品から、脂肪をヘキサシランによりソックスレー抽出した。抽出した脂肪を陰性試料とした。また抽出した脂肪に、2-DCB及び2-TCBをそれぞれ0.05  $\mu\text{g/g}$ 添加し、陽性試料とした。陰性試料については2併行2日間（4試料）、また陽性試料については4併行4日間（16試料）の試験を実施した。試験結果は5-6で述べた項目（①から④）に従い判定した。4個の陰性試料が全て陰性であり、16個の陽性試料が全て陽性である時、本法の適用が妥当であると判断した。

#### B-5 ESR法による照射食品の線量管理の方法

アラニン線量計を用いても、従来士幌で用いてきたフリッケ線量計と同様に線量管理が行えるかを調べた。ばれいしょを照射する場合、一般に安全域が極めて狭い（最低線量50Gy程度）ので、慎重な線量測定と線量分布測定が不可欠である。そこで、医療用具を $\gamma$ 線で照射する場合の規定を準用し、種々の検討を行い、当該施設における線量分布を調べた。

線量計素子：GAMMA SERVICE社製アラニンペレッ

ト線量計素子（直径4.80±0.04mm、高さ2.98±0.04mm、重さ65mg±0.5mg（BatchNo. T020604）を使用した。

素子格納容器：前田製作所製外径15mm、内径5mm、高さ20mmの亚克力容器（電子平衡を保つために5mmの厚さとした）を使用し、これにアラニン素子を3個ずつ入れた。特定の位置の線量は同一格納容器中の3個のアラニン素子をそれぞれ測定し、その平均値とした。

標準アラニン素子：照射線量に関する国際的標準機関である英国立物理研究所（NPL）にトレーサブルとなるように5段階の吸収線量30-150Gyを原子力機構・高崎研で照射した。これらの値付けされたアラニンペレットを標準素子として各線量点5個を用い、線量応答の検量線作成を行った。

γ線照射試料：ばれいしょの種類はメイクイン（1月23-24日）と大粒の男爵（3月5-6日）であり、見かけ上密度の異なる照射物を用いた。どちらも、コンテナの重量や密度は1.5トンと0.73とされている。

照射装置：当該施設はコンクリートで遮蔽されており、<sup>60</sup>Co線源（3.7PBq H21年1月現在）を施設の中心にリング状に配置し、その円周（線源の中心からコンテナ表面まで約5m）に、前項2.2に示したばれいしょを入れたコンテナ（横160cm×奥行き100cm×高さ約130~140cm、鋼鉄フレームと金網フェンス製）を照射室内に19個配置した。

ISO11137-3:2006に準拠して、前記の格納容器に入れた線量計は、照射コンテナの表面に20cm以上間隔があかない様に固定した。（図1）

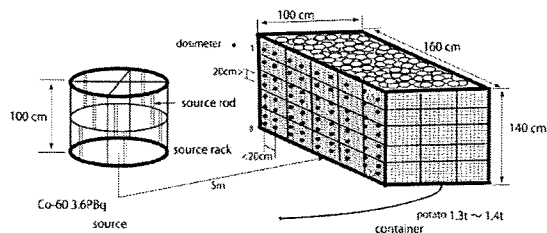


図1 ジャガイモ照射装置の寸法

ESR装置：線量評価はブルカーバイオスピン(株)で同社製 E S R 測定装置 ES-200A e-scan Alanine Dosimeter Readerを用いて実施し、素子のバックグラウンド測定は、(社)日本アイソトープ協会甲賀研究所で日本電子(株)製ESR測定装置 JES-FR30EXにより行った。

## C 結果

### C-1 ESR法を用いた照射食品の検知

表2, 3, 4に結果を示す。これらの結果から、作成された分析法は検知法として、十分な能力を持っていると考えられる。骨類や糖類の場合完全に照射・非照射の判別が出来た。しかし線量別に見ると糖類の場合、高線量と中線量の取り違えが原因と見られる誤判定があった。

一方、セルロース類のフェネグリークとピスタチオは問題なく判別出来た。イチゴの場合も多く試料については問題なく判定をすることができたが、照射後の時間経過の長い1.5kGy照射の試料を未照射と判断する例が3試料あった。これは、減衰が早いとため、照射後1~2週間程度であれば正確に判定出来るものと考えられた。

表2 骨を含む食品についての結果

品目	k Gy	線量別正答率 (%)	照射・未照射判別率 (%)
骨付きトリ肉	2	100	100
	1	100	
	0	100	
殻付きはまぐり	2	92.9	100
	1	92.5	
	0	100	

表3 糖を含む食品についての結果

品目	k Gy	線量別正答率 (%)	照射・未照射判別率 (%)
マンゴー	7	82	100
	4	82	
	0	100	100
パイナップル	1	100	100
	0.1	100	
	0	100	100

表4 セルロース

品名	kGy	線量別正答率	照射・未照射判別 (%)
イチゴ	3	18/18	92
	1.5	15/18	
	0	17/18	100
フェネグリーク	7	24/24	100
	4	24/24	
	0	24/24	100
ピスタチオ	7	24/24	100
	4	24/24	
	0	24/24	100

### C-2放射線照射食品検知技術の妥当性評価に関する研究

昨年5月に開かれた評価会の重要な論点を整理すると次のようになる。

- 1 現行の通知法とCodex法であるEN1788(CEN法)を整合すべきではないか
- 2 検体量を規定すべき
- 3 試料(鉱物)量について
- 4 試料皿の規格
- 5 重量補正の問題

6 EN1788では認められているシリコンオイルによる鉱物の固定

7 標準照射線量にトレーサビリティや変動5%の規定があり、他の手順に比較して高い厳密さが要求されている。これについて、このような厳密さが必要か

8 通知では、照射を判定するためのピーク温度の基準温度が、TLD100のピーク温度+29℃とされている。参加者から29℃を加算することについての説明を求められ、TLD100のピークVとピークVIの差から一義的に決めた、あるいは機器のばらつきを考慮したと説明があった。

9 通知では、基準温度に関して標準岩石の使用も記載されているが、その規格、入手先は明らかにされておらず、不備が指摘された。さらに、EN1788にはコンタミを防ぐために、粉末状の鉱物の使用を割ける(避ける?代表者記)ように記載されていることも指摘された。

10 ピーク判定基準として、 $S/N > 3$ が示されている。これについて、TL法で得られるピークは幅が広く判定が困難である

11 スパイクノイズがあるためNの値が安定せず評価が変わりやすい

12 適用できる食品を拡大する際に、その判断基準と確認法が必要である

13 指摘された現行通知の問題点を改めないと、今後問題が起こる

### C-3 放射線照射食品検知技術の妥当性評価に関する研究2

試料：横浜検疫所検疫・検査センター及び神戸検疫所検疫・検査センターで実施された、スパイス・乾燥ハーブ・乾燥野菜・ジャコのTL法による検査により、陽性であったデータ全て(14検体)及び陰性であったデータ200件を対象とした。それぞれのデータについて、EN1788に示された判定基準を適用し、通知法による判定と比較した。以下に判



定基準を示す。

判定基準

1. Glow1 における発光ピークの存在通知法 ベースラインを差し引いたピーク高さが、バックグラウンドから求めたノイズの3 倍以上の時、ピークと判定し、ピーク温度がTLD100 のピーク温度+29℃の場合に照射によるピークと判定する。

EN1788 明瞭な極大を示す場合をピークと判定し、ピーク極大温度が150-250℃の場合に照射と判定する。但し、ピークの定義は明らかにされていないことから、今回は目視でピーク前の上昇と、ピーク後の降下が認められる場合にピークと判定した。TLD100 のピーク温度は、横浜検疫・検査センター229℃、神戸検疫・検査センター230℃であった。

2. TL 発光比

通知法 積分温度範囲を70-490℃としてTL発光比を測定し、0.1 以上の場合に照射と判定する。

EN1788 積分温度範囲を150-250℃としてTL 発光比を測定し、0.1 を超える場合に照射と判定する。

TL 発光比の計算には重量補正を行わなかった。

上記の1 と2 の両方を満足した場合に照射有りとして判定した。EN1788 では明瞭なピークが存在すれば、TL発光比<0.1 でも照射ありとされる場合があるとしているが、今回の解析ではこれは考慮しなかった。

#### C-4 アルキルシクロブタノン法による放射線照射食品の検知

○前述した判定項目(①から④)に従い判定した結果、各対象食品において陰性試料(4 試料)は全て陰性と判定され、陽性試料(16 試料)は全て陽性と判定された。

○本実験室での2-DCB の平均回収率は牛肉で76%から101%、豚肉で91%から138%、鶏肉で75%から107%、サーモンで83%から119%であった。2-TCB の回収率

は牛肉で72%から95%、豚肉で86%から142%、鶏肉で72%から101%、サーモンで76%から114%であった。

2-DCB と2-TCB の回収率が顕著に低い食品は認められなかった。

○他の実験室での2-DCB の回収率は牛肉で96%から107%、豚肉で99%から126%、鶏肉で

93%から115%、サーモンで106%から129%であった

(表15)。2-TCB の平均回収率は牛肉で113%から156%、豚肉で86%から142%、鶏肉で104%から135%、サーモンで136%から174%であった。2-DCB と2-TCB の回収率が顕著に低い食品は認められなかった。

○各試料につき照射履歴をブラインドにした10 試料(未照射2 試料、照射8 試料)を分析した。全ての試料で、放射線の未照射及び照射が正しく判定され、正答率は100%であった。

○検量線用標準溶液の相対感度は低濃度側で小さくなる場合が多く、その程度は測定日によって異なる傾向がある。そのため、全濃度の平均相対感度を使用して定量値を算出すると、測定日による相対感度の違いが定量値に大きく影響することが考えられた。

○保存前の濃度を100%とした場合、保存後の各試料中濃度は2-DCB で82%から113%、2-TCBで74%から124%であった。

#### C-5 ESR法による照射食品の線量管理の方法

照射線源に面しているかごの表面における値は次のようである。最大値149.0Gy、最小値137.3Gy、平均値143.5Gy、標準偏差2.31、CV%1.51であった。一方、最下層や1 と9 列の付近における線量値が小さい

もっとも大きい値を示す傾向があるのは、コンテナの上から約40 cm、左から約80 cmであった。(図2 参照)

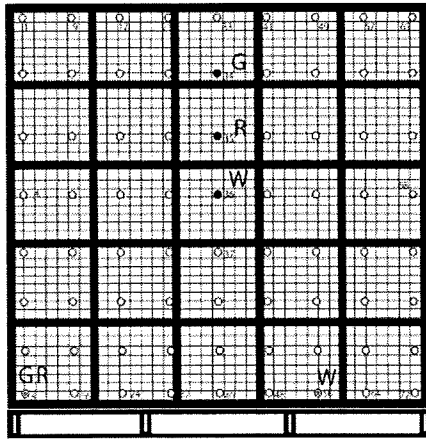


図2 ジャガイモ照射コンテナの線量分布  
最大吸収線量を与えた位置（上部の黒丸G,R,W）；  
最低吸収線量を与えた位置（底辺の2重丸G,R,W）

## D 考察

### D-1 ESR法を用いた照射食品の検知

ESR法のコラゴ実験としては、規模、試料数共にAOACの基準に満たないが、十分な検証が行われたEN法に準拠しているから、この様な評価方法でよいと考えられる。実用最低線量においても骨のESRシグナルの強度は十分にあるので、検知に全く問題が無い。糖類のESRシグナルについても同様であるが、試料中の単位重量あたりの糖の量は常に変化するので、一般に、特定の試料中にESRシグナル与えるのに十分な糖があるかどうかは、測定するまで不明である。さらに、ESRシグナルが観測されない場合には、非照射か糖分が少ないか不明なので、標準照射して、糖の含有量を確かめる事が出来る。しかし、それでも減衰を考量すると非照射試料を確定できないだろう。

セルロースを対象とするESR法のうち、イチゴについては経時的な減衰が激しいことや元々シグナル強度が弱いこともあって、判定基準の設定には、多くの困難があった。さらに検討が必要かも知れない。しかし、その他のピスタチオ、フェネグリークなどについては、信号強度が十分なこともあ

って、検知が可能である。一方、イチゴのように、保存条件による減衰への影響が十分に解明されていない食品への適用は慎重になるべきであろう。

### D-2 放射線照射食品検知技術の妥当性評価に関する研究1

主だった意見に対する考察を以下に列挙する。

1 “現行の通知法とCodex法であるEN1788(CEN法)を整合すべきではないか”

これについては意見が分かれるところである。EU法に整合させるのなら、本研究は必要なく、EU法を翻訳すればよいとか、あるいはEN1788(CEN法)には“判断基準”という数値は与えられていないので、使用する国で適切に判断基準を設定できる(監視指導課の意見)とするものまであり、この評価会の意見とは異なる意見が従前まで主流であった。しかし、様々な意見を聞いて適切に対応をする必要があるだろう。

2 “検体量を規定すべき”

これについては、従来から規定をするべきとの意見が強かったが、行政サイドの反対で見送られていた経緯がある。今後さらに、実務レベルの意見を集約し働きかけが必要だろう。

3 “試料(鈹物)量について”

結果の内容は通知法について、十分な知識がないためにこのような意見が出されていると考えられる。初期の通知では成立要件として扱われていたが、行政サイドの意見で改訂が行われた後、いわゆる試験の成立要件ではない。

4 “試料皿の規格”

EN法で用いられている試料皿は入手が困難であったので、後藤らの研究報告に従い設定された。照射施設を所有する試験室は我が国には存在しないので、そのような施設向きに規格を設定していると考えられる。

5 “重量補正の問題”

EN法では第2発光測定前に試料量が減ったら、試

験を棄却する事になっており、試験者には大きな負担になっているようだ。また、試料皿を動かすとTL発光量が変化することには、多くの要素が関連しており、シリコン固定すれば解決できとは限らないだろう。

6. “EN1788 では認められているシリコンによる鉱物の固定”

この意見は誤りで、EN法ではシリコンオイルによる固定はオプションとなっている。シリコンオイルは発光がある場合があるので、TL機器メーカーは使用しないように勧めている。

7. “標準照射線量にトレーサビリティや変動5%の規定があり、他の手順に比較して高い厳密さが要求されている。これについて、このような厳密さが必要か。”

この意見はTL法の吸収線量と発光量の鋭敏な関係を無視している様に考えられ、半定量的な分析には、十分な線量管理が必要と考えられる。

8. “通知では、照射を判定するためのピーク温度の基準温度が、TLD100 のピーク温度+29℃とされている。参加者から29℃を加算することについての説明を求められ、TLD100 のピークV とピークVI の差から一義的に決めた、あるいは機器のばらつきを考慮したと説明があった。”

これは議事録確認ときにも誤りを指摘したが、TL測定器の温度補正のことと基準温度の設定方法との話が混乱して取り入れられているようだ。

9 “通知では、基準温度に関して標準岩石の使用も記載されているが、その規格、入手先は明らかにされておらず、不備が指摘された。さらに、EN1788 にはコンタミを防ぐために、粉末状の鉱物の使用を割ける（避ける？代表者記）ように記載されていることも指摘された。”

EN法にも標準岩石を用いる方法が記載されており、それに準拠している。さらに、このことから、EN法でも、必要があれば、粉末状の試料の取り扱い

いを認められていると解される。

10 “ピーク判定基準として、 $S/N > 3$  が示されている。これについて、TL法で得られるピークは幅が広く判定が困難である。”

発光曲線の解析方法に慣れるとピークトップの位置は誤りなく判定できることが知られており、実験者の技量の問題と考えられる。

11 “スパイクノイズがあるためNの値が安定せず評価が変わりやすい”

メーカーの意見として、そのような機械は故障しており、使用すべきでないと言われており、このことは明白で、議論の余地は無いものと考えられる。

12 “適用できる食品を拡大する際に、その判断基準と確認法が必要である”

適用拡大は、試験法に示された試験の成立要件を満たす場合に、その食品が採用されており、基準は極めて明確である。

13 “指摘された現行通知の問題点を改めないと、今後問題が起こる。”

これはあまりにも抽象的な意見で、試験法を使用する人にいたずらに不安を抱かせるものだろう。

以上 誰が見ても正しい科学的意見や誤謬に基づく意見、あるいは感情的な意見まで様々であったが、今後、さらにTLに十分な知識や経験を積んだ人々の科学的な意見を取り入れ、その完成度を高める必要がある。

### D-3 放射線照射食品検知技術の妥当性評価に関する研究2

本報告書にはいくつかの難点がある。第一の難点としては、このTL試験法の判断に関連することである。この試験法は“照射試料”と“照射と確定できない試料”とを区別できるが、“非照射試料”を判別出来ない。しかるに、本報告書には、“照射なし”との文言が随所に見られる。本来ならば“照射なし”ではなく、“照射と確定できな

い”が正しい記載である。従って、結論として、EN法で再評価すると“照射なし”の結果が多いという表現は“照射と確定できない”試料が多くなったと記述すべきだ。

第2の難点として研究手法である。通知法で試験された結果をEN1788の判定基準で照射・非照射を判断することは基本的には困難である。なぜなら、問題としている試験がEN法を基準として成立しているかどうか分からないからである。EN法ではMDLを基準にして、G1とG2がそれぞれ3倍、10倍の発光量を持っていることが実施した試験の成立要件であるが、検疫所での試験ではMDLが測定されていない。従って、試験の成立していない結果に対して判断基準を当てはめる恐れがある。

さらに、積分範囲を変えて、このような再計算をしなくても結果は十分に予想でき、正しく試験されている場合、発光曲線の積分範囲を小さくするとTL比は単純に小さくなる。また、ENの基準にある“TL比が0.1以下でも、明確なピークがある場合には照射試料と認める”の部分を無視して、通知法とEN法の結果を比較は出来ない。なぜなら、通知法による検疫所の結果はそのようなピークを含めて、照射の判断を行っているからだ。比べる事のできない内容を比較していると考えられる。

しかし、これらの問題点を除くと実際の発光曲線を調べ、一般的な試料の発光量やT1の温度を決定し、それらの事例研究により様々なTLの発光曲線あることやTL比がどのようになるかを調べた点は十分意味があるだろう。

検疫所の試料の分析結果を使用するに当たり、関係各位の同意を得たことを明記する。

#### D-4 アルキルシクロブタノン法による放射線照射食品の検知

ENの方法をそのままトレースしてその再現性を調べたもので、その再現性は一定の範囲で十分であり、試験法としての可能性を示している。

しかし、昨年の報告書でも指摘したように、他機関での添加回収率が極めて高い（100%を大きく越える）結果があり、さらに保存試験において、検量線用標準溶液の相対感度が日々変化することは定量分析する上で大きな不安を残している。さらに、表1に示すように食品によって検量線用標準溶液の相対感度が変化しており、いわゆるマトリックス効果が大きく、EN法の持つ欠点をそのまま引きずっていると考えられる。CODEXのTYPE III試験法である所以で、さらに検討を要するだろう。

#### D-5 ESR法による照射食品の線量管理の方法

現行通知の土幌線量管理方法はフリッケ線量計を用いることになっているが、その論拠になっているアメリカのASTMのフリッケ線量計の項は定期改訂もされずに数年が経過している。液体の線量計から、アラニンなどの固体線量系への転換の時であると考えられる。

本研究により、従来の方法に比べて極めて正確に線量測定が可能になった事を示しており、様々な国際基準を包含しているので極めて適切な研究方法であるといえる。

規制としては、最高線量を問題にすることが重要であるが、実際の運用においては、最低有効線量の確保が重要で、照射目的を果たせるのかの観点も必要だろう。

国際的な基準へのトレーサビリティを確保するには、現在は国外の英国や米国に頼りにする必要がある。安定したトレーサビリティや結果の即時性を求めるなら、国内にそのようなサービスをおこなう機関が必要である。そのような事業が可能なのは、原子力研究開発機構・高崎研究所が有力であるが、未だに実現されていないのは残念である。

## E 結論

### E-1 ESR法を用いた骨を含む照射食品の検知

調べた試料すべてについて、照射・未照射の判別は問題なく可能で、ESRスペクトル解析方法も十分であると考えられる。このような点から、若干の検討を加えれば、試験法としての性能を具備したものなると期待される。

#### E-2 放射線照射食品検知技術の妥当性評価に関する研究 1

立場の異なる見解、噂、誤解が多いので、今後は、正しい実験に基づいて、TL法をさらに発展させることが重要である。

#### E-2 放射線照射食品検知技術の妥当性評価に関する研究 2

種々の検討を実施し、EN法に準拠しMDL法を採用して、巻末のような新たな通知法の制定となった。本報告書は手法や表現に難点はあるが、現行の試験法の不備を正すための糸口と考えられ、さらに実験的検討をする事が求められる。

#### E-4 アルキルシクロブタノン法による放射線照射食品の検知

- 1) 本法の性能評価を実施した結果、放射線照射の有無を正しく定性判定することが可能であった。
- 2) 放射線照射した食品を分析した結果、牛肉、豚肉、及びサーモンについては0.5 kGy以上、鶏肉については0.25 kGy以上の線量で放射線照射した場合に、照射陽性と判定できた。
- 3) 他試験室でも同様の検知性能が確認されたことから、本法の汎用性は高いと考えられた。
- 4) 冷凍保存試験に於いて、検量線用保存標準液の低濃度域でのDCBとTCBの相対感度の感度低下と他機関での添加回収率が極めて高いことから、今後、本試験法をさらに検討が必要である。

#### D-5 ESR法による照射食品の線量管理の方法

本研究を基に、ISO等に準拠した、試験法の原案が作成されており、試験法として十分な内容を持っていると考えられる。この試験法を実施するには、標準アラニンの供給やトレーサビリティの受

け皿である放射線量の国家基準機関の設置（例えば、原子力研究開発機構・高崎研究所）など、これを支援する国内のインフラ基盤の整備が待たれるが、国外のこれらを利用することで現状でも時間がかかるものの、試験を実施可能である。

注 この総括報告書は各研究分担者がそれぞれの年度報告書を提出した後に判明した新しい知見に基づいて記述している。従って本総括報告書の後に掲載されている各研究分担者の報告と若干の齟齬がある。

#### F 学会発表

##### (1) 論文

1) ○M. Miyahara, T. Takekawa, T. Koshikawa, M. Furuta, S. Oda, T. Akiba, T. Mori, T. Mimura, C. Sawada, T. Yamaguchi, S. Nishioka, M. Tada: **Verification of the new detection method for irradiated spices based on microbial survival by collaborative blind trial**, *Radiation Physics and Chemistry*, 78, 699-701, 2009

2) ○宮原 誠、廣庭 隆行、増水章季、原 英之、岡野和史、武川哲也、須永博美：アラニン線量計を用いた北海道士幌町農業協同組合士幌アイソトープ照射センターの線量分布測定, *Radioisotopes*, 58, 815-825, 2009

##### 2) 学会発表

##### 骨のESR

1) ○増水章季<sup>\*1</sup>、竹下啓造<sup>\*1</sup>、岡崎祥子<sup>\*1</sup>、吉田哲生<sup>\*2</sup>、武川哲也<sup>\*2</sup>、岡野和史<sup>\*3</sup>、原 英之<sup>\*4</sup>、廣庭隆行<sup>\*5</sup>、宮原誠<sup>\*6</sup> (<sup>\*1</sup>崇城大学、<sup>\*2</sup>原子燃料工業(株)、<sup>\*3</sup>日本電子(株)、<sup>\*4</sup>ブルカー・バイオスピン(株)、<sup>\*5</sup>(社)日本アイソトープ協会、<sup>\*6</sup>国立医薬品食品衛生研究所)：照射食品(骨)検知に関するESR法の研究. 第46回 アイソトープ・放射線研究会 7月1日(水)～3日(金) 日本科学未来館

2)○増水章季 崇城大学 薬学部 **ESRの医薬品・食品から生体までの応用** 第8回 国際医薬品原料・中間体展 第5回製薬業界受託サービスエキスポ 第2回 原薬・中間体 機器/装置展 4月21日～23日 東京ビッグサイト P-MEC テクノロジーセミナー (4月21日)

3)○増水章季<sup>\*1</sup>, 竹下啓造<sup>\*1</sup>, 岡崎祥子<sup>\*1</sup>, 武川哲也<sup>\*2</sup>, 吉田哲生<sup>\*2</sup>, 廣庭隆行<sup>\*3</sup>, 原英之<sup>\*4</sup>, 岡野和史<sup>\*5</sup>, 宮原誠<sup>\*6</sup> (<sup>\*1</sup>崇城大学, <sup>\*2</sup>原子燃料工業(株), <sup>\*3</sup>(社)日本アイソトープ協会, <sup>\*4</sup>ブルカー・バイオスピン(株), <sup>\*5</sup>日本電子(株), <sup>\*6</sup>国立医薬品食品衛生研究所): **照射食品(骨)検知に関するESR法の試み**, 第48回 電子スピンスサイエンス学会 (SEST2009) 11月10日(火)～12日(木) 神戸大学百年記念館 六甲ホール・瀧川記念学術交流会館

4)○渡辺章夫, 増水章季<sup>\*1</sup>, 原英之<sup>\*2</sup>, 廣庭隆行<sup>\*3</sup>, 岡野和史<sup>\*4</sup>, 早坂崇<sup>\*5</sup>, 田向健二<sup>\*6</sup>, 宮原誠<sup>\*7</sup> ((財)日本食品分析センター, <sup>\*1</sup>崇城大学, <sup>\*2</sup>ブルカー・バイオスピン(株), <sup>\*3</sup>(株)コーガアイソトープ, <sup>\*4</sup>日本電子(株), <sup>\*5</sup>日本電子照射サービス(株), <sup>\*6</sup>キーコム(株), <sup>\*7</sup>国立医薬品食品衛生研究所): **放射線照射食品(骨付き肉および貝、糖、セルロース)におけるESR法の検知技術の検証**. 第45回 日本食品照射研究協議会 技術セミナー/教育講演会 12月4日(金) 東京・アルカディア市ヶ谷 (私立会館)

#### 糖のESR

1)原英之<sup>1</sup>, 荒木力太<sup>1</sup>, 廣庭隆行<sup>2</sup>, 吉田哲生<sup>3</sup>, 増水章季<sup>4</sup>, 宮原誠<sup>5</sup>: (<sup>1</sup>ブルカー・バイオスピン株式会社, <sup>2</sup>(株)コーガアイソトープ, <sup>3</sup>崇城大学, <sup>4</sup>国立医薬品食品衛生研究所): **放射線照射食品のESR検知法(糖)に関する研究**. 2009年 電子スピンスサイエンス学会 11月10日(火)～12日(木) 神戸大学

#### セルロースのESR

1)廣庭隆行、吉田哲生、岡野和史、原英之、増水章季、宮原誠: **ESRを用いたセルロースを含む照射食品検知の試み**, 第46回 アイソトープ・放射線研究発表会要旨集

2)廣庭隆行、吉田哲生、岡野和史、原英之、増水章季、宮原誠: **食品への放射線照射検知に用いるセルロースラジカルの経時変化**, 第48回 電子スピンスサイエンス学会年会講演要旨集

3)廣庭隆行、吉田哲生、岡野和史、原英之、増水章季、宮原誠: **ESRを用いた食品照射検知法の検討—セルロースを含む食品について—**, 第13回 放射線プロセスシンポジウム要旨集

#### CB法

1)堤 智昭、等々力節子、根井大介、石井利華、渡邊敬浩、松田りえ子: **アルキルシクロブタノン法による放射線照射食品の検知～ヨーロッパ標準分析法(EN1785)の動物性食品への適用検証～**: 第98回 日本食品衛生学会学術講演会 (2009.10)

2)堤 智昭、等々力節子、根井大介、石井利華、中西広一、金子将幸、渡邊敬浩、松田りえ子: **アルキルシクロブタノン法による放射線照射食品の検知(第2報)～ヨーロッパ標準規格法(EN1785)の性能評価～**, 第99回 日本食品衛生学会学術講演会 (2010.5)

#### TL法

1)○宮原 誠、杉 恵理子、加藤 毅、廣庭隆行、須永博美: **照射食品検知における、加熱並びに混合試料の発光曲線に及ぼす因子 標準岩石によるモデル**. 日本薬学会第130年会, 岡山, 2010・3

2)○蔭山宏樹・加藤毅・尾作浩司・小木曾基樹・渡井正俊 (財団法人日本食品分析センター) 宮原誠 (国立医薬品食品衛生研究所): **放射線照射された食品の検知法(TL試験法)の水産物への適用に関する検討**, 平成22年度日本水産学会春季大会 (2010・3) 藤沢

線量管理

Miyahara, M., Hironiwa, T.<sup>\*1</sup>, Mashimizu, T.<sup>\*2</sup>, Hara, H.<sup>\*3</sup>,  
Okano, K.<sup>\*4</sup>, Takekawa, T.<sup>\*5</sup>, Sunaga, H.<sup>\*6</sup>:

**Measurement of Dose Using Alanine Dosimetry  
System at the Shihoro Potato Irradiation Facility**

51<sup>th</sup> Rocky Mountain Conference on Analytical  
Chemistry (2009.7)

---

\*1 Koga Isotope

\*2 Sojyo University

\*3 Bruker Biospin

\*4 Japan Electronic Optics Laboratory

\*5 Nuclear Fuel Industry

\*6 Radiation Application Development Association

その他

1) ○宮原 誠, 照射食品の検知法の現状: 第45回R

I: 放射線利用促進セミナー, 名古屋, 2010・2

厚生労働科学研究費補助金（食品の安心・安全確保推進研究事業）

平成21年度 分担研究年度終了報告書

## 放射線照射食品のESR検知法の試験に関する研究

研究分担者 増水章季 崇城大学薬学部

### 研究要旨

昨年度、照射食品の検知法として ESR 法(骨、糖、セルロース)について、これらの再現性を検討した。これらの結果を基に実験室の技量が優秀な7カ所の研究機関において、本法で確定的に照射食品の検知を実施可能であることが分かった。ESR装置による定性・定量の難しさを解決するために、標準アラニンペレットでスペクトルを規格化できることに注目した。そこで、今年度は食品対象として、骨付き肉は鶏・ハマグリ、糖は乾燥マンゴーおよび乾燥パイナップル、セルロースは生イチゴ・ビスタチオ・フェネグリークを対象とし、それらが照射されたときに生じるラジカルのESRシグナルを検出し、アラニンペレットを用いたスペクトル強度の規格化ならびに検知下限の方法を検討した。その結果、各試料固有の問題点も明らかとなり、それらを解決するために作成されたプロトコルを適用して、各機関で処理・測定、そして、データの正確さを比較した。この結果により、昨年度作成したプロトコルを7機関で用いることで、異なるメーカーのESR装置、型番が異なるESR装置においても、半定量的に吸収線量を求めることができ、ESR装置の規格が異なる場合においても同じ判定基準を用いて、実施可能であると判明した。

### A 目的

世界的な規制緩和の流れから、照射食品の流通が行われている。さらに、照射を認める国の数並びに食品の種類は新興国を中心に急速に増加しており、これに対処するために新たな放射線照射食品検知法が求められている。しかしながら、これら検知法は原理的に照射食品を検知することは可能であるが、非照射食品であることを確定できない。他の食品試験時に曖昧な判定が得られてしまうのであれば、ほかの試験法と併用する。そのため、照射食品検知試験の場合も同じ食品に対して複数の検知法が用意する必要がある。

本研究ではこのような背景のもと、照射食品の検知法として、種々の食品に適用するため、ESR法を用いた骨付き肉・セルロース・糖の検討を行った。この検知法はいわゆる定性試験法、あるいは半定量試験なので、非常に多くの試料を分析することが、国際的に求められているが、いずれの国際機関においてもその方法が確定されていない。そこで、本研究では、EUがこれら検知法を参考にした。EUが作成した計画を参考に、AOAC インターナショナルが推薦するガイドラインに従い実験を進めた。

### B 研究方法

#### B-1 試験の計画



試験の計画 AOAC インターナショナルの  
 ピアバリディション法に準拠した。すな  
 わち、5種の食品、3水準の線量、一水準  
 の試料数5としている。実施機関数は  
 AOAC 法では 10 機関となっている。これ

をすべて実施するとすれば、膨大な数の試  
 料分析となるため、研究費・計画期間を考  
 慮して次の表のように行った。(表1・2)

表 1

試料	種 類		
骨付き肉	骨付きトリ肉	貝殻付きはまぐり	
セルロース	ビスタチオ	フェネグリーク	イチゴ
糖	マンゴー	パイン	

表 2

食品の種類	吸収線量(kGy)	一水準あたりの試料数	参加機関
骨付きトリ肉	未照射・1・2	3	7
貝殻付きはまぐり	未照射・1・2	4	7
ビスタチオ	未照射・4・7	4	7
フェネグリーク	未照射・4・7	4	7
イチゴ	未照射・1. 5・3	3	7
パイン	未照射・0. 1・1	4	7
マンゴー	未照射・4・7	4	7

## B-2 ESR 試験法の検討事項

コーデックスで定められている方法の骨、  
 糖、セルロースを含む各食品を表2で示す  
 内容で各機関の ESR で測定を行った。ESR  
 測定条件・乾燥条件前処理などは、前年度  
 に実施報告されている方法をもとに行った。  
 これにより、前年度の実験を基に作成され  
 た手順書で、基準物質としてのアラニンペ  
 レット・酸化マンガン(粉末)の再現性、  
 各食品の未照射・照射の判定、ならびに、  
 照射依存的なシグナル強度変化などを確認  
 した。

## C 結果

ESR 法は海外公定法(EU法)を基に実  
 施した。そこでセルロースでは新たに基準  
 を設けることで、判別できることが確認で  
 きた。さらに、糖についても試料中・表面  
 に付着している糖の量あるいは、切り出し  
 て試料とした部分によって信号の強度が変  
 化することが確認できたので、照射の疑わ  
 しき試料においては追加照射によって未照  
 射であることを判断可能であることを確認  
 した。また、基準物質のアラニンペレット

(例 30 Gky) を基準物質とし、測定部には酸化マンガンを内標準物質とすることで、各参加機関の装置間の感度のばらつき、および環境などによる誤差要因を最小限にすることで、すべての測定試料の結果を比較検討できる方法を確認した。本法における重要なポイントは、①酸化マンガンを内標準物質とする、②機知の吸収線量のアラニンペレットで ESR スペクトルの規格化を行う、③酸化マンガンとアラニンペレットによって異なるメーカーおよび型番から生じる感度の違いを相対的な値によって補正する、の 3 点である。さらに、各食品においてこれまで公開・実施されている方法を改善することにより、より正確な比較が可能であることが判明した。

セルロースにおいては、二次判定①は、ノイズやバックグラウンドがあるところでの傾きの判定はかなり難しく、二次判定②に従った総合判定をしたほうが、判定自体

は容易で正解率も上げられることがわかった。正答率を表 3 に示す。

糖については、未照射・照射の判別は可能であるが、二水準での吸収線量の判断に誤りが生じることが確認できた。これは、試料に付着した糖の含有量（表面）にも関係があると考えられる。正答率を表 4 に示す。

骨付き肉については、未照射・照射の区別は特定のスペクトルの存在で確認でき、照射による信号強度依存的な増加も確認できた。貝殻付きはまぐりのコラボ実験において、二水準での吸収線量の判断に誤りが生じた。貝殻を粉砕する際、一つ個体の貝殻をすべて微（骨密度などが異なる）細粉末とせず、一部の切片を微細粉末としているため、貝殻の大きさ・厚みの異なる切片を粉砕し微細粉末にしていることが原因と考えられる。正答率を表 5 に示す。

表 3  
セルロース

品名・総合	(kGy)	一次判定(判定値)	二次判定①(傾き)	二次判定②(間隔)	総合判定
		正解率(%)	正解率(%)	正解率(%)	正解率(%)
イチゴ	3	100	89.8	100	88.9
	1.5	100	83.3	100	83.3
	0	83.3	94.4	77.8	100
総合		94.4	88.9	92.6	90.7
フェネグリーク	7	100	100	100	100
	4	100	95.8	100	95.8
	0	95.8	100	66.7	100
総合		98.6	98.6	88.9	98.6
ピスタチオ	7	100	100	100	100
	4	100	100	100	100
	0	100	87.5	95.8	100
総合		100	95.8	98.6	100

表 4

## 乾燥果実

品目・照射／未照射判定 (%)	k Gy	正答率 (%)
マンゴー	7	100
	4	82.2
	0	82.2
照射・未照射判定率 (%)	100	
パイナップル	1	
	0.1	100
	0	100
照射・未照射判定率 (%)	100	100

表 5

## 骨付き肉

品目・照射判定 (%)	k Gy	正答率 (%)
骨付きトリ肉	2	100
	1	100
	0	100
照射・未照射判定率 (%)		100
貝殻付きはまぐり	2	92.9
	1	92.9
	0	100
照射・未照射判定率 (%)		100

## D 考察

照射・未照射の判別についてはセルロース・糖・骨付き肉類すべてについて、判別が可能であったことは、ESRスペクトルの同定ができれば、単純にそのスペクトルのパターンから判別でき、これを1次判定とすることができる。吸収線量依存的にスペクトルは変化するについては、前年度の報告済みである。本法における1次判定とは放射線未照射・照射の判定である。さらに2次判定では、実施される吸収線量はほぼ判定可能であると判断された。

セルロースについては、これまで公開・実施されている方法から、カーボンラジカルおよびセルロースラジカルの二種類のスペクトルが重なり合うため、ベースラインの傾斜を考慮し改善することで、より比較しやすいと判断された結果が得られた。乾燥果実の糖スペクトルの同定は比較的容易であるが、食品固有の粘性に注意しつつ表面に析出した糖を落とすことなくESR試料管に挿入する必要がある。最後に、本研究課題によって、これらの食品と同等な成

分を有するほかの食品をESRで測定する場合のモデルとなる方法を確立できた。

## E 学会発表など

セルロースについて

(1) 廣庭隆行、吉田哲生、岡野和史、原英之、増水章季、宮原誠; ESRを用いたセルロースを含む照射食品検知の試み、第46回アイソトープ・放射線 研究発表会要旨集

(2) 廣庭隆行、吉田哲生、岡野和史、原英之、増水章季、宮原誠; 食品への放射線照射検知に用いるセルロースラジカルの経時変化、第48回電子スピンサイエンス学会 年会講演要旨集

(3) 廣庭隆行、吉田哲生、岡野和史、原英之、増水章季、宮原誠; ESRを用いた食品照射検知法の検討ーセルロースを含む食品についてー、第13回放射線プロセスシンポジウム要旨集

糖について

(1) 〇<sup>1</sup>原英之、<sup>2</sup>廣庭隆行、<sup>3</sup>増水章季、<sup>4</sup>宮原誠 (<sup>1</sup>ブルカー・バイオスピン株式会社、<sup>2</sup>(株) コーガアイソトープ、<sup>3</sup>崇城大

学、<sup>4</sup>国立医薬品食品衛生研究所) **放射線照射食品の ESR 検知法 (糖) に関する研究** 2009 年 電子スピンスイェンス学会 11 月 10 日 (火) ~12 日 (木) 神戸大学

骨付き肉について

(1) ○増水章季<sup>\*1</sup>, 竹下啓造<sup>\*1</sup>, 岡崎祥子<sup>\*1</sup>, 吉田哲生<sup>\*2</sup>, 武川哲也<sup>\*2</sup>, 岡野和史<sup>\*3</sup>, 原英之<sup>\*4</sup>, 廣庭隆行<sup>\*5</sup>, 宮原誠<sup>\*6</sup>  
<sup>\*1</sup>崇城大学, <sup>\*2</sup>原子燃料工業(株), <sup>\*3</sup>日本電子(株), <sup>\*4</sup>ブルカー・バイオスピ(株), <sup>\*5</sup>(社)日本アイソトープ協会, <sup>\*6</sup>国立医薬品食品研究所、**照射食品 (骨) 検知に関する ESR 法の研究** 第 46 回 アイソトープ・放射線研究会

(2) 第 8 回 国際医薬品原料・中間体展 第 5 回製薬業界受託サービスエキスポ 第 2 回 原薬・中間体 機器/装置展 P-MEC テクノロジーセミナー **ESR の医薬品・食品から生体までの応用** 4 月 21 日 東京ビッグサイト

(3) ○増水章季<sup>\*1</sup>, 竹下啓造<sup>\*1</sup>, 岡崎祥子<sup>\*1</sup>, 武川哲也<sup>\*2</sup>, 吉田哲生<sup>\*2</sup>, 廣庭隆行<sup>\*</sup>

<sup>3</sup>, 原英之<sup>\*4</sup>, 岡野和史<sup>\*5</sup>, 宮原誠<sup>\*6</sup><sup>\*1</sup>崇城大学, <sup>\*2</sup>原子燃料工業(株), <sup>\*3</sup>(社)日本アイソトープ協会, <sup>\*4</sup>ブルカー・バイオスピ(株), <sup>\*5</sup>日本電子(株), <sup>\*6</sup>国立医薬品食品研究所 **照射食品 (骨) 検知に関する ESR 法の試み** 第 48 回 電子スピンスイェンス学会 (SEEST2009) 11 月 10 日 (火) ~12 日 (木)

(4) ○渡辺章夫, 増水章季<sup>\*1</sup>, 原英之<sup>\*2</sup>, 廣庭隆行<sup>\*3</sup>, 岡野和史<sup>\*4</sup>, 早坂崇<sup>\*5</sup>, 田向健二<sup>\*6</sup>, 宮原誠<sup>\*7</sup> (財) 日本食品分析センター, <sup>\*1</sup>崇城大学, <sup>\*2</sup>ブルカー・バイオスピ(株), <sup>\*3</sup>(株)コーガアイソトープ, <sup>\*4</sup>日本電子(株), <sup>\*5</sup>日本電子照射サービス(株), <sup>\*6</sup>キーコム(株), <sup>\*7</sup>国立医薬品食品研究所 **放射線照射食品 (骨付き肉および貝、糖、セルロース) における ESR 法の検知技術の検証** 第 45 回 日本食品照射研究協議会 技術セミナー/教育講演会 12 月 4 日 (金) 東京・アルカディア市ヶ谷 (私立会館)