放射線殺菌技術の食品への応用

- 放射線殺菌・滅菌の特徴
- 日本における“食品照射”の経緯と現状
- 海外での応用例

小林 泰彦
kobayashi.yasuhiko@qst.go.jp
量子科学技術研究開発機構（QST）
高崎量子応用研究所・放射線生物応用研究部

放射線とは

- 「エネルギー」の運び手

- ① 紫外線より高周波（短波長）の電磁波、
  ② 高速の荷電粒子、③ 中性子

- 物質を透過しながら所々で一点に集中して
  エネルギーを与える（＝物質に作用する）

- 物質との相互作用の様式は、放射線が持つ
  エネルギーによって異なる

放射線と物質の相互作用

高エネルギー（高周波・高速）

- 核反応　RI製造・核変換　中性子放射化分析(NAA)
- 電離　粒子線励起X線蛍光分析(PIXE)
- 励起　X線吸収微細構造分析(XAFS)

物質内に「活性点」を導入

- 弾き出し　水素前方散乱分析(HFS)
- 注入　表面処理、半導体デバイス製造

低エネルギー（低周波・低速）

放射線の２つの利用法

○ 強い(多い・高線量の)放射線

・物体を透過しながら、内部にエネルギーを与える

・物体の内部に、まばらに、一点だけに集中的に作用する
（全体に一様にエネルギーを与える加熱処理との違い）

-> ゴムやプラスチックの改質、新機能の付与

-> 非加熱殺菌・滅菌、害虫の不妊化、芽止め

・物体に与えたエネルギー量(線量)が効果の目安になる

○ 弱い(少ない・低線量の)放射線

・検出器に届いた放射線の飛来方向や強度などを測定する

・その情報から物体内部の構造や組成、発生源などを推定

・物体に与えるエネルギー量(線量)はわずかで無視できる

線量の単位

グレイ（Gy）

・放射線から物体が受け取ったエネルギー量の単位(吸収線量)

・1グレイ [Gy] ＝ 1 ジュール／キログラム [J/kg]
　→ 1 kg の物体が 1 ジュール（0.24カロリー）のエネルギーを吸収

同じ量のエネルギーでも放射線の形で与えられると生物には危険！
　→ ごくわずかなエネルギーで（非加熱で）殺菌できる！

全身急照射（仮に体重70 kg）

ヒトの半数致死線量（$LD_{50/60}$）＝ 4 Gy

吸収されたエネルギー ＝ 70 kg × 4 [J/kg] ＝ 280 J
＝ 280 J × 0.24 ＝ 67 カロリー

熱いお茶を飲む（仮に60℃）

体温との温度差 (℃) ＝ 60° − 37° ＝ 23°

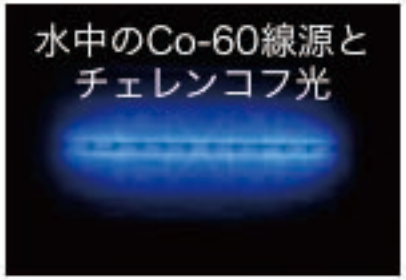
半数致死線量と同じエネルギーを与える熱いお茶の量
＝ 67 / 23 ＝ 3 mL

放射線の利用例と線量　単位：グレイ（Gy）

10^8 Gy
10^7 ← 人工衛星の電子部品や原子炉用電線などの信頼性や耐久性の評価、寿命の予測
10^6 ← 超耐熱性炭化ケイ素繊維の製造
10^5 ← プラスチック・ゴム製品の加工、改質(生分解性ハイドロゲルなど)
10^4 ← 医療器具や食品容器の滅菌（20～50 kGy）
← 香辛料・食肉魚介類の殺菌（1～10 kGy）
10^3 ← 熱帯果実などの検疫殺虫（100～500 Gy）
10^2 ← ジャガイモなどの芽止め、放射線育種（～100 Gy）
← 輸血用血液製剤のリンパ球不活化（15～50 Gy）
10 ← ヒトの致死線量（全身急照射の$LD_{50/60}$ = 4 Gy）
1 ← 放射線がん治療（X線では一度に２Gyずつ、合計数十Gy）

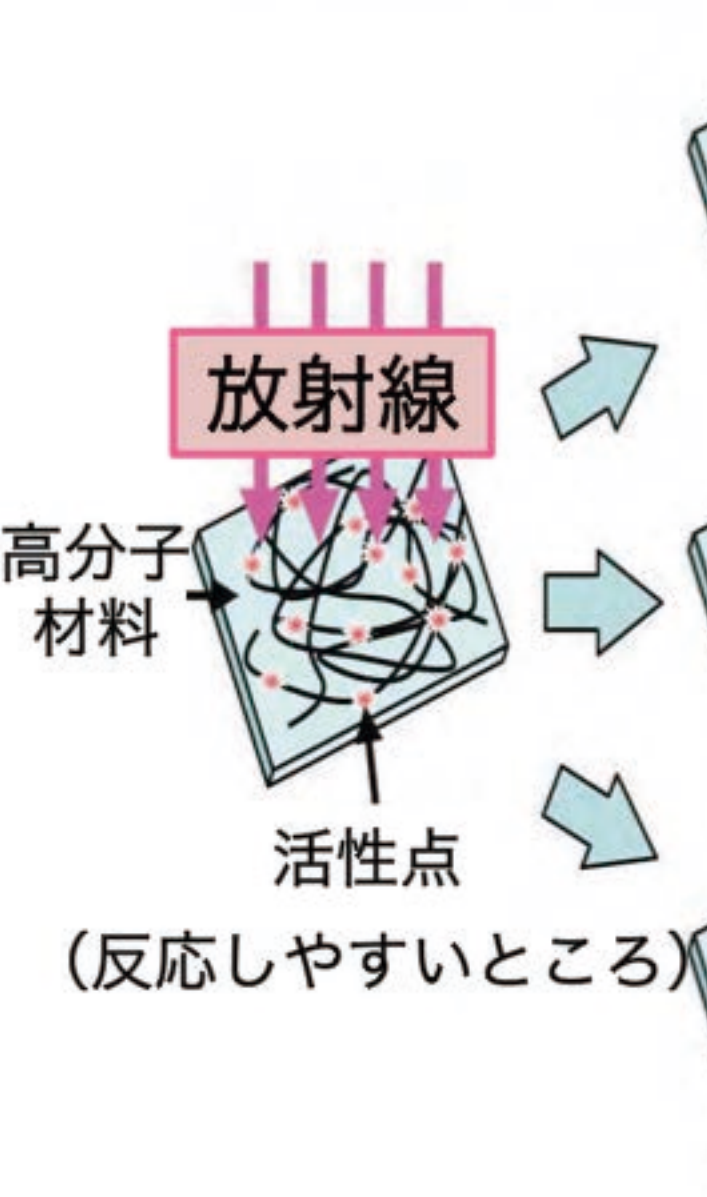
0.1　*これ以下の線量では、生物への照射効果が見られない*

10^{-2} ← X線透視、X線CT、核医学検査
10^{-3} ← 自然界の放射線
← 空港の手荷物検査、胸部X線撮影（集団検診）



・透過性の差異を画像化
・トレーサーとして利用

放射線がまばらに活性点を作る



分子を切る
(切断)

生物の修復能力を超えて
DNAを一気に何ヶ所も切って
細胞の分裂増殖を阻止！
- 非加熱殺菌、滅菌、がん治療
- 輸血用血液製剤のリンパ球の不活性化
- 病害虫の不妊化、検疫殺虫
- 品種改良、馬鈴薯の芽止め

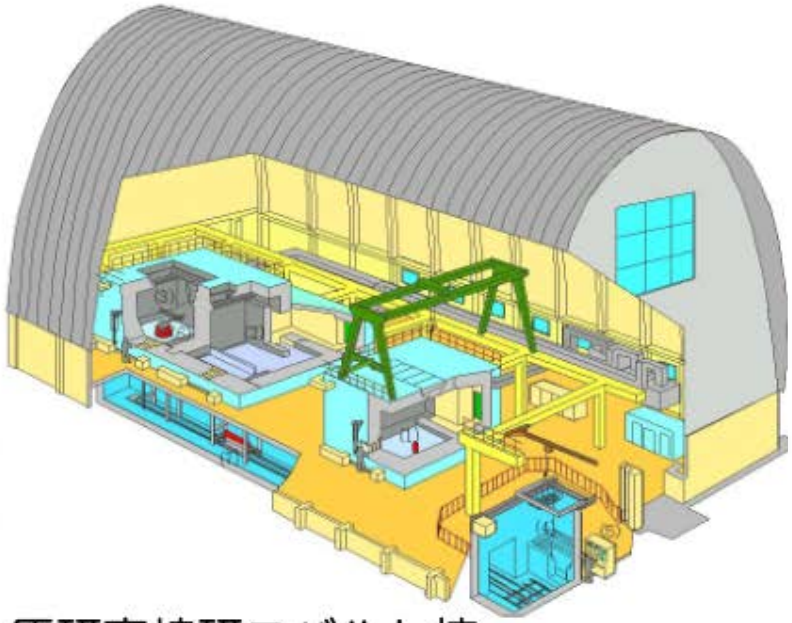
他の分子と繋げる
(橋かけ) 三次元網目構造を付与
- ラジアルタイヤの製造工程
- 耐熱電線、ケーブル
- 形状記憶（熱収縮）樹脂
- ハイドロゲル創傷被覆材

全く別の分子を接ぎ木する
(グラフト重合) 機能性官能基を付与
- ボタン電池用隔膜
- 脱臭フィルター
- 微量金属除去フィルター
- 海水ウラン、レアメタル、セシウムなどの捕集材

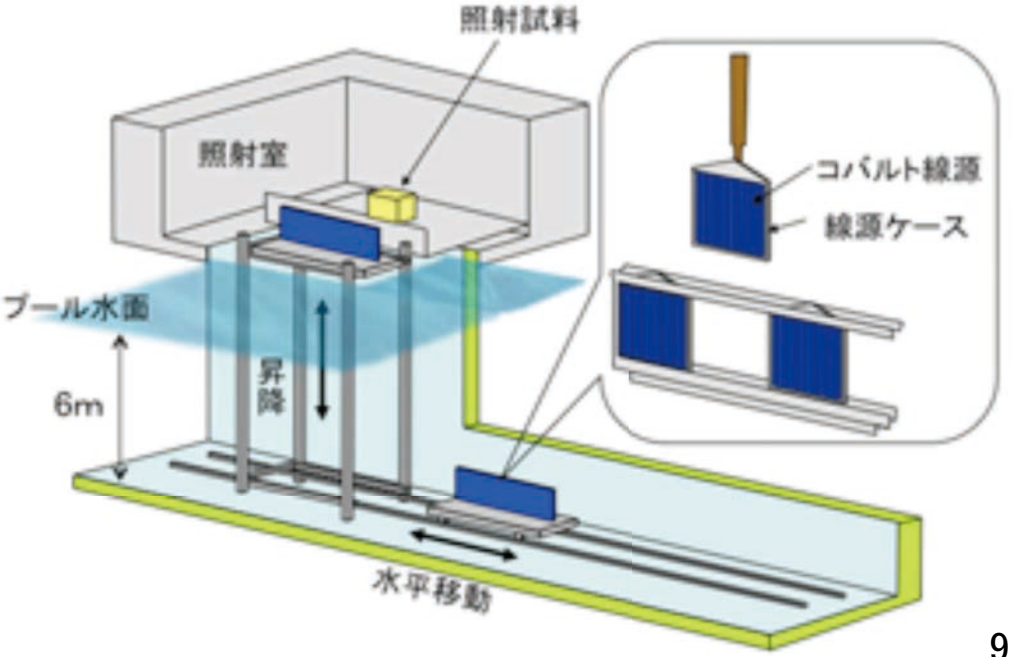
滅菌法の比較

	高圧蒸気滅菌	EOG滅菌	放射線滅菌
滅菌対象の材料	加熱に耐える材料に限定	多くの材料に適合	多くの材料に適合
包装材の制約	蒸気透過性	ガス透過性、耐真空性	制約なし
処理方法	バッチ式	バッチ式	連続式
処理時間	数時間	十数時間	数秒（電子線）～数時間（ガンマ線）
滅菌工程管理	複雑	複雑	簡易（線量だけ）
滅菌後の処理	乾燥	残留ガスの除去	なし
滅菌・殺菌効果	良好	良好	良好

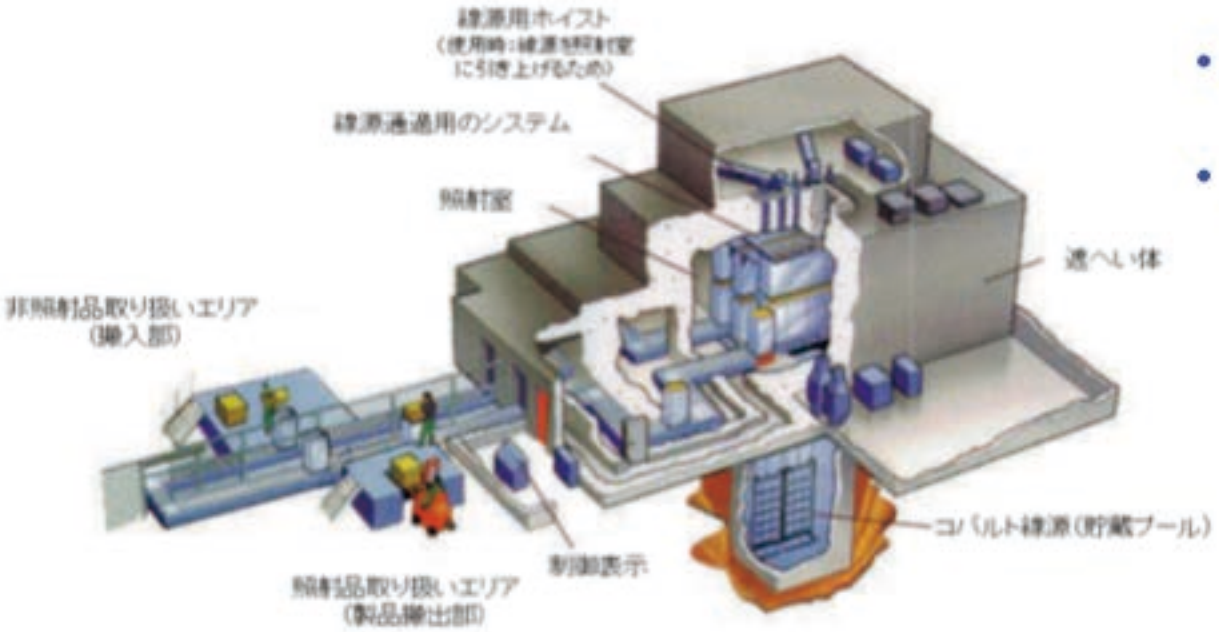
コバルト60の崩壊とガンマ線の発生



原研高崎研コバルト棟



コバルト60（^{60}Co）ガンマ線照射施設



- 透過力が大きい
- 照射に時間がかかる

コバルト線源

商業規模のガンマ線照射施設

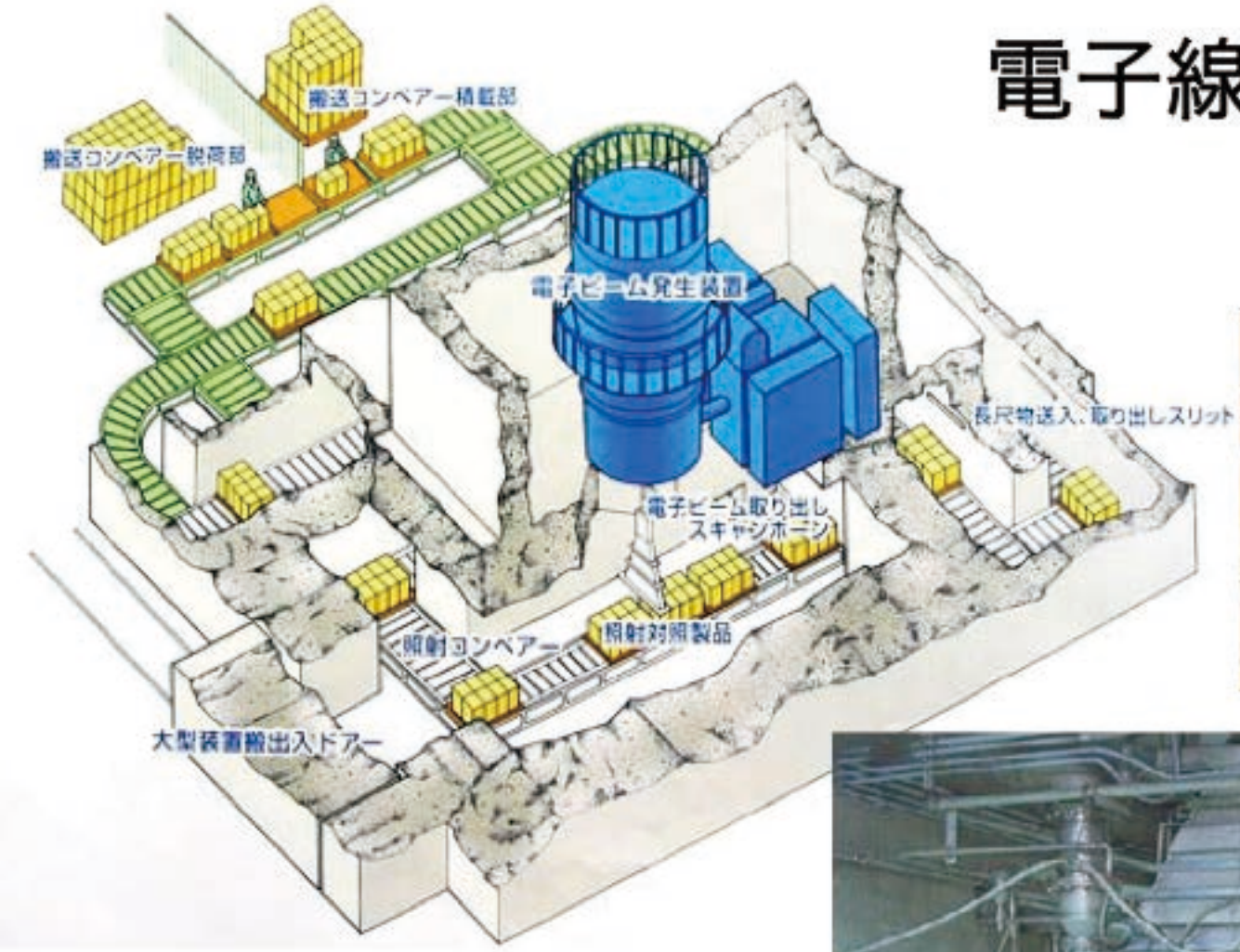
エリアの区分け

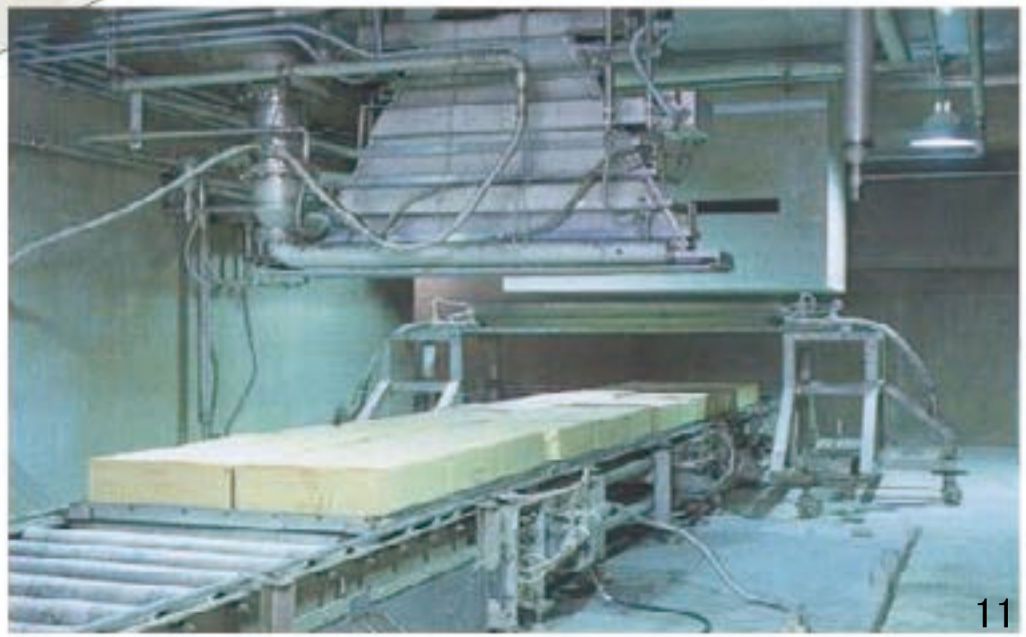
パレット

トートボックス

電子線照射施設

ラジエ工業株式会社
最大加速電圧：5 MV





- 高速で照射できる
- 電源OFFで放射線が止まる
- 分厚いものには向かない

医療器具や食品容器の放射線殺菌/滅菌は確立した技術

国内でも複数の商用照射施設が稼働中

照射装置と運転条件
（線量の制御方法）

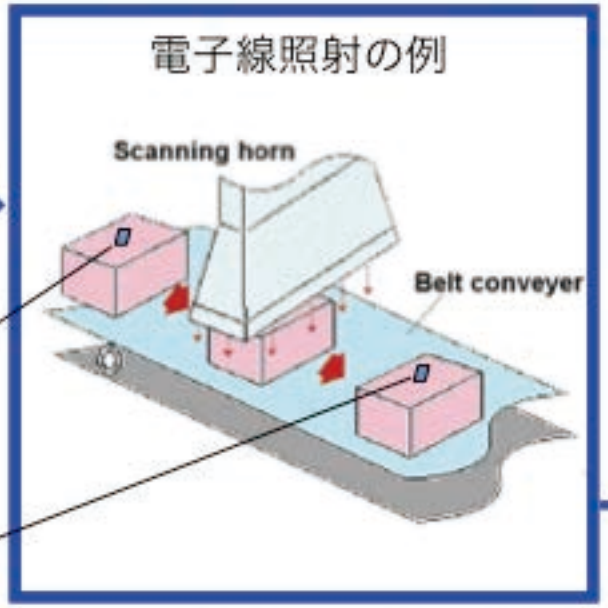
電子線、変換X線
- 加速器の電流、電圧
- コンベア速度

ガンマ線
- Co-60線源の量
- 線源からの距離
- コンベア速度

製品と一緒に線量計を照射
その値を読み出して記録

遠隔操作

- 放射線を遮蔽する分厚い壁
- 照射室への出入りの管理
- 照射前後のエリアの区分け



照射された製品は
放射能を帯びない。
(放射線を出す性質は
持たない)

スイッチを切って
加速器を止めれば
(線源を格納すれば)
照射室に入ることが
できる

- 包装状態のまま照射できる
- 冷凍食品や生鮮食品でも
ほとんど温度を上げずに
殺菌・殺虫・芽止めができる

食品照射の場合：
照射の前後も通常の
食品と同様の衛生的
な取扱いが必要

- 記録の保管と適切な書類
の添付による管理が可能

放射線による“非加熱”殺滅菌の用途

- 熱に弱いプラスチック製の医療器具、実験器具
- 医薬品、医薬品原材料、包装材
- 衛生用品、化粧品
- 実験動物用飼料
- 食品容器、包装材（清涼飲料水のPETボトルなど）
- 食品、農作物（香辛料、ハーブ、冷凍肉・魚介類など）

○殺菌線量10 kGy＝10^4 J/kg＝2.4 cal/g＝昇温は2.4℃以下

○殺菌目的よりも低い線量では、馬鈴薯やニンニクの芽止め、植物検疫における臭化メチル燻蒸（殺虫）の代替ができる。

食品照射とは

- 食品や農産物に放射線を照射して、殺菌、殺虫、芽止めを行う技術
- 加熱処理や化学薬剤の代替技術
- 放射線を照射した食品 ＝ 照射食品
- 世界で実用化されている用途と目的

  （1）農産物の保存（芽止め、殺虫）
  （2）食品の衛生確保（食中毒防止）
  （3）植物検疫（病害虫の侵入防止）

加熱や薬剤と比べた放射線照射のメリット

○非加熱処理のため、色や香り、栄養素が高品質に保たれる
○薬剤を使わないので、残留毒性や環境汚染の心配が無い
○透過力が強く、包装後に内部まで均一に処理できる

食品照射の実用例と必要な線量

1. 芽止め（保存中の発芽防止）～0.1 kGy
ジャガイモ、タマネギ、ニンニク

2. 病害虫・寄生虫の殺虫　0.1～1 kGy
穀類、熱帯果物、食肉・魚介類、切り花

3. 病原菌・腐敗菌の殺菌　1～10 kGy
スパイス・ハーブ類、食肉・魚介類、果実、生薬

4. 無菌化（滅菌）　20～50 kGy
宇宙食、病人食、食品容器、無菌動物用飼料

高品質のジャガイモを端境期にも安定供給

北海道士幌町農協のコバルト60ガンマ線照射施設
1974年の春から芽止め馬鈴薯の出荷開始

オーストラリア/ニュージーランドで植物検疫目的で許可されている青果物

There are currently 24 fresh fruit and vegetables with FSANZ approval for irradiation.

地球環境の保全（臭化メチル燻蒸の代替）
高品質で輸出入（温湯処理などの代替）

照射殺菌した唐辛子と加熱殺菌した唐辛子の色の違い

加工食品の品質向上
（原材料の理想的な殺菌技術）

日持ち向上・食品ロスの削減

2.8 kGy照射　　非照射

サランラップで包んだイチゴにコバルト60のγ線を照射、
4℃で5日間保存し、さらに室温で2日間置いた

高崎女子高校スーパーサイエンスハイスクール
2006年研究課題「放射線の殺菌作用」より

米国の冷凍照射牛挽肉のビーフバーガーパテ

食中毒の防止（有害微生物リスクの低減）

米国FDAの許可品目・線量

21CFR179.21

品目	目的	線量 (kGy)	許可年
豚肉(生)	寄生虫抑制	0.3 kGy ～ 1 kGy	1985
青果物	成熟抑制	1 kGy (最高)	1986
全食品	殺虫	1 kGy (最高)	1986
酵素製剤	殺菌	10 kGy (最高)	1986
乾燥香辛料 ／ 調味料	殺菌	30 kGy (最高)	1986
食鳥肉	病原菌制御	4.5 kGy (非凍結：最高) 7.0 kGy (冷凍：最高)	2012
冷凍肉（NASA宇宙食）	滅菌	44 kGy (最低)	1995
赤身肉	病原菌制御	4.5 kGy (冷蔵：最高) 7.0 kGy (冷凍：最高)	1997
卵（殻付）	病原菌制御	3.0 kGy (最高)	2000
もやし用種子	病原菌制御	8.0 kGy (最高)	2000
貝類	病原菌制御	5.5 kGy（最高)	2005
ほうれんそう、レタス	病原菌制御	4.0 kGy （最高）	2008
畜肉、畜肉副産物、畜肉製品（冷蔵及び常温）	病原菌制御 貯蔵期間延長	4.5 kGy （最高）	2012
甲殻類（冷蔵・冷凍、乾燥、調理品を含む）	病原菌制御 貯蔵期間延長	6.0 kGy （最高）	2014

米国での照射殺菌

香辛料：70,000～80,000 トン/年
（消費量の３分の1）

牛挽肉、食鳥肉：8,000 トン/年　程度

食品照射の実用化の歴史

世界

1952　照射による芽止め効果発見（米）
1963　穀物とベーコンの照射許可（米）
1971-80 日本を含む24ヵ国で共同研究
1980　FAO/WHO/IAEAの安全宣言
1983　コーデックス国際食品規格採択
1986　香辛料・乾燥調味料の照射殺菌および全食品の照射殺虫を許可（米）
1990　食鳥肉の照射殺菌許可（米）
1991　食鳥肉の照射殺菌許可（英）
1997　冷蔵冷凍赤身肉の照射殺菌許可（米）
1997　10 kGy以上でも安全の宣言（WHO）
1999　香辛料類の照射殺菌許可（EU全体）
2001　香辛料類の照射殺菌許可（豪、NZ）
2002　熱帯果実の検疫照射許可（豪、NZ）
2003　植物検疫に関する国際基準採択、コーデックス国際食品規格改定
2005　牡蠣など貝類の照射殺菌許可（米）
2007　インドの照射マンゴー輸入許可（米）
2008　レタスなどの照射殺菌許可（米）
2011　欧州食品安全機関（EFSA）安全評価
2012　柿などの検疫照射許可（豪、NZ）
2014　甲殻類の照射殺菌許可（米）
2017　牛挽肉の照射殺菌許可（カナダ）

日本

1967　国家プロジェクト研究開始
1972　ジャガイモの照射許可
1974　士幌農協で照射芽止めジャガイモを端境期に出荷開始

2000　全日本スパイス協会が香辛料の照射殺菌の許可を要請

2007　厚労省、輸入香辛料のモニタリング検査開始（TL法）
2010　検知法の追加（2-ACB法）
2012　検知法の追加（ESR法）

2018　農水省、検疫照射の検討開始

食品照射関連の国際基準・規格

□ WTO/SPS協定関連

・食品（Codex規格）コーデックス委員会（FAO/WHO）「人の生命と健康」

一般規格：コーデックス照射食品の一般規格
Codex General Standard for Irradiated Foods (CODEX STAN 106-1983, REV.1-2003)

実施規範：食品の放射線処理のための国際的実施規範
Recommended International Code of Practice for Radiation Processing of Food (CAC/RCP 19-1979. Rev.1-2003).

検知法：コーデックス照射食品の検知法
General methods for the detection of irradiated Foods (CODEX STAN 231-2001,2003)

・植物検疫（IPPC：国際植物防疫条約）事務局（FAO）「植物の生命と健康」
植物検疫措置に関する国際基準：International Standards for Phytosanitary Measures (ISPM)

照射の一般指針：植物検疫措置としての放射線照射のための指針 (ISPM No18)
Guidelines for the use of irradiation as a phytosanitary measure (ISPM No18, 2003)

具体的な処理基準：規制有害動植物のための植物検疫処理(ISPM #28)付属書1～14
Phytosanitary treatments for regulated past (ISPM No28, Annex 1-14, 2009, 2011)

□ ISO関連

・TC34（食品）　ISO 14470 (2012)
電離放射線による食品処理工程の開発、確認と日常的制御の要求事項

・TC85（原子力）食品照射施設における線量測定規範など多数の規格、作業規範が食品照射に関係

コーデックス規格（国際食品規格）

Codex general standard for irradiated Food（Codex stan 106 1983, **Rev 2003**）

2.1 線源：

ガンマ線（^{60}Co または ^{137}Cs）、電子線（10 MeV以下）、X線（5MeV以下）

2.2 吸収線量：

食品の最大吸収線量は、技術上の目的を達成する上で正当な必要性がある場合を除き、10 kGyを越えてはならない。

GMP及びHACCPに沿った適切な照射が行われている限り線量の上限は必要ない。

6. 照射後の確認：

照射の許可や表示の規制に効力を持たせるために、必要に応じて、照射食品の検知法を利用することができる。
その方法は、コーデックス委員会が採択した標準分析法を用いる。

コーデックス委員会では2003年までにヨーロッパ標準分析法（CEN）の10種の方法のうちLAL/GNB（微生物測定法）を除く９種類の方法を標準分析法に採択。

■その他、表示、衛生的取扱い、再照射の原則禁止など

表示に関する規格

包装済みの照射食品の表示に関するコーデックス規格

CODEX GENERAL STANDARD FOR THE LABELLING OF PREPACKAGED FOODS

CODEX STAN 1-1985 (Rev. 1-1991)1

（1）照射食品はその事実を食品名の近くに記載しなければならない

（2）照射食品を原材料として用いる場合、原材料リストの中にその事実を記載しなくてはならない

（3）単一原材料からなる食品が照射食品から製造された場合は、その事実を表示しなくてはならない

食品名と共に照射したことを言葉で表示、
Raduraシンボルはオプション、
照射された原材料を含む食品の場合も表示義務

バルクの食品の表示　CODEX STAN 106

出荷にあたり照射の記録を明記した書類を添付、ばら売りする場合は“Irradiated”あるいは“Treated with Ionizing radiation”という言葉とRaduraロゴを併用し、売り場のコンテナ上に表示すること

EUでの食品照射の規制

EU統一規制：Directive 1992/2/EC(一般事項), 1999/3/EC(品目リスト)

許可の前提	EU–SCF（食品科学委員会）による安全性評価 消費者の利益 技術的な必要性（正当性） GMP（適正衛生規範）の代替としないこと
表示の徹底	原料まですべて表示義務（下限含有量はない）
照射施設	EU域外でも認可と査察あり （スイス、タイ、インド、南アフリカ、トルコなど）
統一許可	スパイス・ハーブ類、調味料
個別許可	EU域内で規制の完全な調和が実現するまで （2006年にドイツは、ベルギー、フランス、オランダで照射された冷凍カエル脚の輸入を許可）

EU-SCFが是認した品目と線量

食品クラス/品目	平均総線量 (kGy)	線量 (kGy)
1986年の評価[a]		
果実	2.0 まで	
野菜	1.0 まで	
穀類	1.0 まで	
澱粉質根茎野菜	0.2 まで	
香辛料・調味料	10.0 まで	
魚および貝類	3.0 まで	
生鮮肉	2.0	
食鳥肉	7.0 まで	
1992年の評価[b]		
生乳のカマンベール (リステリア制御)		2.5まで

食品クラス/品目	平均総線量 (kGy)	線量 (kGy)
1998年の評価[c]		
カエル脚	5.0まで	
エビ		5.0
アラビアガム		3.0
カゼイン／カゼイン酸		6.0まで
卵白		3.0まで
シリアル（ヨーグルト原料）		10
米粉		4.0まで
血液製品	10	

a) SCF 1986 SCF (Scientific Committee on Food), 1986. Food – Science and Tecniques. Reports of the Scientific Committee for Food (Eighteenth Series).

b) SCF 1992 SCF (Scientific Committee on Food), 1992. Food Science and Tecniques. Reports of the Scientific Committee for Food (Thirty-second Series).

c) SCF 1998 SCF (Scientific Committee on Food), 1998. Opinion of the Scientific Committee on Food on the irradiation of eight foodstuffs.

EFSAの評価（2011）

efsa
European Food Safety Authority
EFSA Journal 2011;9(4): 2107

STATEMENT OF EFSA

Statement summarising the Conclusions and Recommendations from the Opinions on the Safety of Irradiation of Food adopted by the BIOHAZ and CEF Panels[1]

European Food Safety Authority[2]

European Food Safety Authority (EFSA), Parma, Italy

- 品目(食品クラス)や線量設定は妥当か？欧州委員会の諮問
- 2003年SCF評価後の再評価

✓ 人が摂取することで安全性に関して緊喫の懸念事項はない

✓ 今後の許可品目リストと線量の設定に関しては、品目（食品クラス）の設定ではなく、微生物リスクや食品の状態を反映した柔軟な設定が必要

European Food Safety Authority, EFSA Journal 2011;9(4): 2107, http://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/doc/s2107.pdf

古田雅一, 食品照射, 46(1), 27-31, 2011

Country irradiating food the most

最も食品照射の処理量が多い国、中国

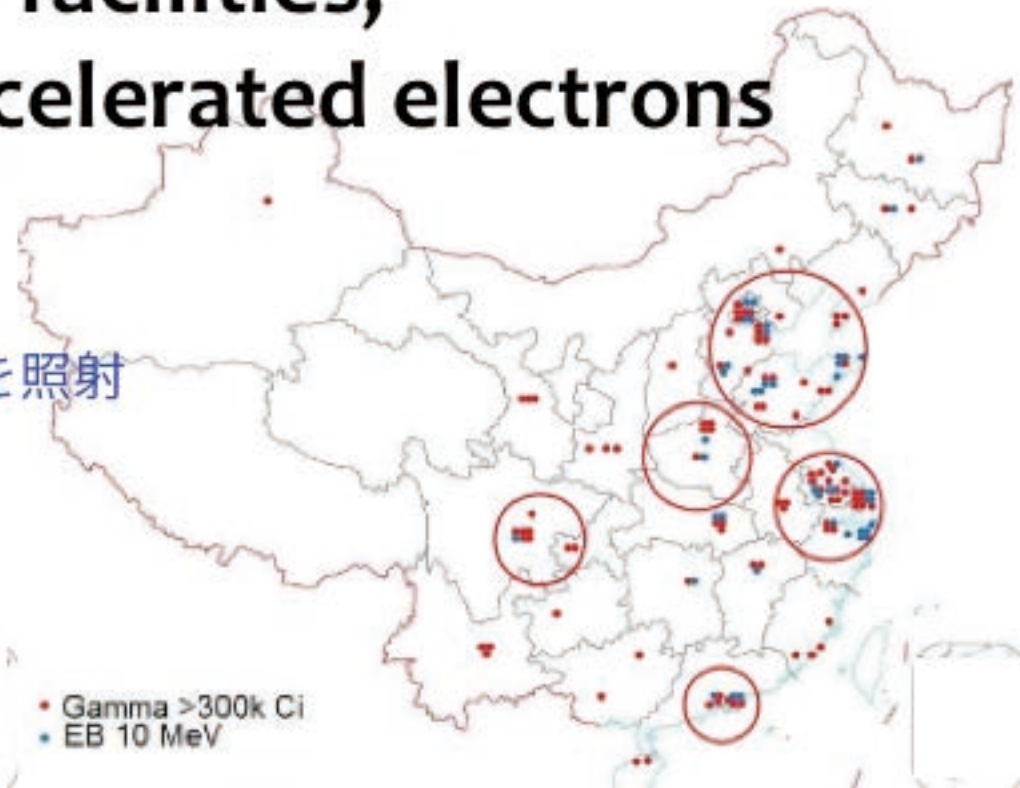
China

- **> 1 million tons of food irradiated yearly***
- **In ~100 irradiation facilities, increasingly by accelerated electrons**

・全照射処理量の70%が食品

・年間100万トンを超える食品を照射

・約100の照射施設で処理、
電子線処理が増加中



Source: K. Hsiao and Chen Hao – IMRP 2016

China leading　リードする中国

- **Largest volumes:**
  処理量最大
  - **Spices, condiments, sauces**
    スパイス、調味料、ソース
    > 200,000 tons / year

Dehydrated vegetables and spices are irradiated according to international procedures
脱水菜香辛料採用国際慣用辐照殺菌技術処理

Irradiated seasonings in instant noodles
即席麺の照射調味料

- **Garlic**　ニンニク
  (China world # 1 producer and exporter)
  中国は世界最大の生産国・輸出国

- **Pickled chicken snack**　味付き鶏肉スナック

China – Spicy pickled chicken feet / wings

中国の味付き鶏脚/手羽先

- **Popular snack found in convenience stores across China.**
  中国全土のコンビニで見かけるポピュラーなスナック
- **Irradiation allows minimum boiling for better texture**
  照射することで茹で時間を最小限にでき、テクスチャー良好
- **Shelf-life at room temperature > 6 months**
  室温での日持ち6ヶ月以上
- **> 350,000 tons irradiated in 2017**
  2017年の処理量は35万トン以上
- **Two major manufacturers have own irradiator**
  2つの主要生産施設は自社で照射設備を保有

irradiated

カナダにおける牛ひき肉の照射許可

Health Canada（カナダ保健省）は、「放射線照射が牛ひき肉中の有害細菌を低減するための、安全かつ有効な処理である」との評価結果に基づき、2017年2月22日、冷蔵・冷凍牛ひき肉を照射の許可リストに追加する規制変更を行った。
http://gazette.gc.ca/rp-pr/p2/2017/2017-02-22/html/sor-dors16-eng.php

照射された牛肉製品は、他品目と同様に表示義務があり、製品パッケージの表面に国際的なシンボルであるRaduraロゴを添付することされている。
（カナダでは、照射原料を含む加工食品の場合は含有量10%以上の場合に表示を義務付け）
http://laws-lois.justice.gc.ca/eng/regulations/C.R.C.,_c._870/page-87.html#h-135

- カナダ保健省は、2002年に、牛肉を含む4品目の照射食品許可を提案したが、規制変更の官報公告に至らなかった。
- 2012年、エクセル社（XL Foods）の大規模な牛ひき肉リコール事案（原因は腸管出血性大腸菌汚染）が発生した。独立調査委員会による報告書で、照射許可の再考が勧告された。
- 2013年5月、カナダの牧畜事業団体は、政府に、カナダ国内で販売する生鮮および冷凍牛ひき肉の照射許可の要請を行った。

● 2016年6月、カナダ保健省は、牛ひき肉照射についての安全性評価結果を公表するとともに、食品照射規制改正案を提案、75日間のパブリックコメント期間を経て、規制改正された。
http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/alt_formats/pdf/securit/irridationtech_sum_food_irradiation_aliment_som-tech-eng.pdf

● Health Canadaが受領した全18件のパブリックコメントのうち、13件は、科学的根拠に立脚した安全性と効果、食品安全の向上、既認可の照射食品の存在、施設の稼働性、WHO/FAOの見解、国外（特に米国）での牛肉許可、消費者の選択肢の増加などを理由に、牛挽肉の照射に賛成していた。

● 一方、5件の反対意見の理由には、安全性の懸念（照射牛肉のそのもの、及び、照射工程管理に関する懸念）、食肉の微生物汚染の現況に照射は不要、照射許可は中小の食肉加工業者や牛肉輸出業者に不利、といった産業競争力に関する潜在的な懸念が含まれていた。

● Health Canada は、照射牛肉中に生成する分解生成物は、微量であったり、短寿命であるため、照射牛肉の摂取による健康影響は認められないこと、微生物汚染には乳幼児や老人といった高リスク層も考慮した対策が必要なこと、GMPに則った適切な衛生管理は、照射の導入如何にかかわらず、全ての規模のと畜場と食肉加工業者が遵守すべき事項であること、本規制改定は照射牛挽肉の国内流通を可能にするもので、輸出に当たっては、相手国の国内規制を遵守するものである、との返答を公表し、牛挽肉の照射認可を結論した。
http://www.hc-sc.gc.ca/fn-an/alt_formats/pdf/securit/irridation/beef-irradiate-boeuf-eng.pdf

食品照射：日本の法規制

食品衛生法 第11条：公衆衛生の見地から定めた規格基準に合わない食品及び添加物の製造、加工、使用、調理、保存、輸入、販売等の禁止

食品、添加物の規格基準（厚生省告示第370号）：食品を製造し、又は加工する場合は、食品に（原子力基本法で規定する）放射線を照射してはならない。ただし、食品の製造工程又は加工工程において、その製造工程又は加工工程の管理のために照射する場合であって、食品の吸収線量が0.10グレイ以下のとき及びD各条の項において特別な定めをする場合は、この限りでない。

D 各条　穀類、豆類及び野菜　4. 野菜の加工基準：発芽防止の目的で、ばれいしよに放射線を照射する場合は、次の方法によらなければならない。

（1）使用する放射線の線源及び種類は、コバルト60のガンマ線とする
（2）馬鈴薯の吸収線量が150グレイを超えてはならない
（3）照射加工を行ったに対しては再度照射してはならない

・原子力基本法で規定する放射線は、次に掲げる電磁波又は粒子線とする。
（核燃料物質、核原料物質、原子炉及び放射線の定義に関する政令: S32 第325号 第4条）

(1) アルファ線、重陽子線、陽子線その他の重荷電粒子線及びベータ線
(2) 中性子線
(3) ガンマ線及び特性エックス線（軌道電子捕獲に伴って発生する特性エックス線に限る）
(4) 1メガ電子ボルト以上のエネルギーを有する電子線及びエックス線

日本における食品照射の経緯

・1967年(S42) 9月：食品照射研究のナショナルプロジェクト開始
（馬鈴薯、玉ねぎ、米、小麦、ソーセージ、水産練り製品、みかん）
・1971年(S46) 6月：照射馬鈴薯の研究成果を原子力委員会に報告
・1972年(S47) 2月：厚生大臣から食品衛生調査会に諮問
同年 8月14日：食品衛生調査会から「安全」と答申
同年 8月30日：厚生省、馬鈴薯の照射を許可し、政省令を改正
（照射基準設定、許可営業とし食品衛生管理者の設置、表示の義務）
・1973年(S48)：農林省の事業で北海道士幌町に馬鈴薯照射施設完成
・1974年(S49)：士幌町農協から照射芽止め馬鈴薯の出荷開始
・1977年(S52)：食品照射反対・照射馬鈴薯ボイコット運動勃発
・1978年(S53)：ベビーフード事件（食衛法違反で1985年10月有罪判決）
・1980年(S55)：照射玉ねぎの研究成果報告
・1983年(S58)：照射米/小麦/ソーセージ/水産練り製品の研究成果報告
・1988年(S63)：照射みかんの研究成果報告
・2000年(H12)：全日本スパイス協会が香辛料の照射殺菌の許可を要請
・2012年(H24)：厚労省、牛肝臓内部の放射線殺菌効果の研究開始

スパイスの照射殺菌許可の要請（1）

平成 12 年 12 月 4 日

厚 生 大 臣 殿

東京都北区西ヶ原 2 丁目 13 番 1 号
全日本スパイス協会
理事長　小林　博司

香辛料の微生物汚染の低減化を目的とする放射線照射の許可の要請

香辛料の微生物による汚染の低減化を目的とする放射線照射の適用のために，食品衛生法　第 7 条　基準，規格に合わない食品又は，添加物の製造等の禁止，　第1項に基づく告示　食品，添加物等の規格基準第 1　食品の B　食品一般の製造，加工および調理基準の 1　放射線照射の原則禁止とその例外許可に準拠して，D 各条に“香辛料”の項を追加されると共に，仮称“香辛料の加工基準（放射線処理）”を定められるよう要請いたします。

なお，“香辛料の定義（仮称）”と“香辛料の加工基準（放射線処理）”についての試案を要請内容の概要にまとめ，また，許可要請の背景・理由等の概要説明並びに放射線照射処理に係わる詳細説明と合わせて添付いたしますので，よろしくご検討くださいますようお願い申し上げます。

スパイスの照射殺菌許可の要請（2）

【多田幹郎 部会長】実は、この申請書は1999年から１年ぐらいかけて厚生省に何回か相談に行きながらまとめられたものです。確かに、全日本スパイス協会がもっと頑張って働きかけるというようなことはなさいませんでしたが、私たち関係していた者の感覚としては、きちんと文書を作って出したなら、ここから先は厚生省の仕事と違うだろうかという認識を持っておりました。

その後、厚生省と何回か話しまして、消費者の皆様の同意を得ていますかと言われまして、消費者の皆様の同意をどうして得たらいいのか分からないながらも、何回か勉強会も開きました。それから、使用者からの要望、いわゆる食品工業における加工でのニーズを明確に示しなさいと言われましたが、これはなかなか示せませんでした。会社の名前を挙げて、そういうニーズの要求をしてくれる会社はありませんでした。それから、消費者にとってどのような有益性があるのかということについても、鬼武委員が説得力に欠けると言いましたけれども、具体的においしいスパイスを提供することができるとか、気持ち消費期限が多少なりとも延びるようになるというようなことを明確には示しませんでした。

（原子力委員会・食品照射専門部会（第4回）議事録　2006(H18)年3月13日）

当時の厚生省の対応

【松岡輝昌 基準審査課課長補佐】最後に、24頁でございますけれども、食品照射に関する消費者の反応について若干お話をさせていただきます。平成12年12月ですが、厚生省に、全日本スパイス協会から香辛料に対する放射線照射の許可の要請がなされました。この件につきまして、この会議でもお話があったと思いますが、その要請に先立って、複数の消費者団体の連名で、厚生省に対し要請書を受理しないように要請がなされたことがございました。その理由は、まずは、放射線照射の安全性や、香辛料に放射線照射を行う必要性及び緊急性に対する多くの質問、疑問に対し、回答がないこと、それから、安全性に関するデータを消費者団体側に送付していないということだったと認識しております。

これらのことを受けまして、厚生労働省では、食品照射の要請について、コンセンサスが得られていないということで、当時の検討の跡はなく、資料として全く残っておりません。私どもは、なぜ検討しなかったのかは推し量るしかないですけれども、コンセンサスといったことがあったのだろうということで、全日本スパイス協会からの許可の要請はそのままになっているということです。

（原子力委員会・食品照射専門部会（第6回）議事録　2006(H18)年5月16日）

生食用牛肝臓の提供禁止と照射

2011年5月　*E. coli* O111 (ユッケの集団食中毒)

5 名 死亡、34 名 溶血性尿毒症症候群(HUS)、181名 入院

2011年10月

厚生労働省：生食用食肉の成分規格と加工基準新設

・腸内細菌科陰性、表面から深さ1cm以上の加熱

2012年7月

生食用牛肝臓の販売・提供禁止

・腸管出血性大腸菌O157およびカンピロバクターが牛肝臓内部で検出されるため、これを除去する有効な手立てが見つかるまでの間、生食用牛肝臓の提供を禁止する。

・生食の安全性を確保する新たな知見が得られた際には改めて審議する。

2012年8月～2018年（予定）

厚生労働省：牛肝臓の放射線殺菌効果の研究実施

牛肝臓内部の照射殺菌効果（1）

H29厚労科研費　食品の安全確保推進研究事業
畜産食品の生物学的ハザードとその低減手法に関する研究（201723017A）

分担課題名：放射線照射による微生物除去

等々力節子、川崎 晋（農研機構・食総研）、清藤 一（量研・高崎研）

要旨：
牛肝臓に10^5～10^7 CFU/g の *Escherichia coli* O157 DT66 株もしくは *Salmonella* Enteritidis IFO3313 株を接種し、4.0～8.1、8.0～12.3 kGyの範囲のガンマ線を照射した場合での生残試験を行った。昨年度までの研究で得た生残曲線に予測信頼区間を設け、その予測信頼区間上限の結果から、*E. coli* O157 の場合は、5.3～5.5 kGy、*S.* Enteritidis の場合8.2～8.5 kGy の照射により95%から99%の信頼度で10^5 CFU/g を低減させることが可能であると考えられ、ガンマ線による照射試験の結果はその予測を反映していた。

牛肝臓内部の照射殺菌効果（2）

Inactivation of *Escherichia coli* O157 and *Salmonella* Enteritidis in raw beef liver by gamma irradiation

Susumu Kawasaki[a,b,*], Mie Saito[a], Mari Mochida[a], Fia Noviyanti[b], Hajime Seito[c], Setsuko Todoriki[a]

Food Microbiology 78 (2019) 110-113
https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.10.011

Table 2
D_{10} values for *E. coli* O157 and *S.* Enteritidis strains in ground beef and beef liver under frozen conditions.

Strains		Matrix	Air			Vacuum		
E. coli O157	466	Ground beef	0.51 ± 0.05	$R^2 = 0.97$	A*	NT		
		Beef liver	0.76 ± 0.07	$R^2 = 0.96$	B	NT		
	DT66	Ground beef	0.69 ± 0.01	$R^2 = 0.96$	Aa*	0.78 ± 0.07	$R^2 = 0.97$	Aa
		Beef liver	0.85 ± 0.11	$R^2 = 0.95$	Aa	0.95 ± 0.08	$R^2 = 0.98$	Bb
S. Enteritidis	3313	Ground beef	1.00 ± 0.01	$R^2 = 0.97$	Aa	1.03 ± 0.10	$R^2 = 0.95$	Aa
		Beef liver	1.38 ± 0.07	$R^2 = 0.96$	Bb	1.47 ± 0.12	$R^2 = 0.96$	Bb

Values are mean ± standard deviation. Within each row and column for each individual strain, means with different uppercase and lowercase letters, respectively, are significantly different ($p < 0.05$).
*: significant differences between *E. coli* O157 466 and DT66 strains ($p < 0.05$).

- 牛肝臓中の細菌に対しては、ひき肉中に比べて高い線量が必要
- さらに、屠畜場からの流通や商業照射の条件も考慮した上で、リスク低減のための処理条件を検証し、研究を取りまとめる予定

放射線照射のシャコ、水産業者に回収命令　静岡

2009.8.21 02:43

厚労省から２０日、静岡県厚生部に入った連絡によると、沼津市の水産業者「丸は羽野水産」が中国から輸入した冷凍食品の「ボイルシャコ」から食品衛生法で禁止されている放射線が検出され、県東部保健所は同日、同社に製品の回収を命じた。

同社は7月15日に13・6トンの「ボイルシャコ」を福岡市にある同社の倉庫に水揚げし、福岡検疫所の抜き取り検査で放射線が照射されていたことが分かった。これまでのところ健康被害の報告は入っていないという。

食安監発０８２０第１号
平成２１年８月２０日

静岡県厚生部長殿

厚生労働省医薬食品局食品安全部監視安全課長

中国産ボイルシャコの回収等について（依頼）

今般、検疫所におけるモニタリング検査の結果、下記の貨物より放射線照射を検知し、食品衛生法第１１条に違反することが判明しました。

当該貨物はすでに全量通関済みであり、国内流通の可能性があるため、貴自治体において下記輸入者に対し、当該品が国内において販売等されることがないよう対応方よろしくお願いします。また、対応終了後その概要を当課あてご報告いただくようあわせてお願いします。

なお、輸入者に対しては検疫所より当該貨物は食品衛生法第１１条違反であるため、その措置については貴自治体の指示に従うよう指導しています。

まとめ

- 食品照射は、必要があって生まれた有用な技術であり、国際的に標準化された技術である。
- 日本以外のすべての先進国で、国際機関の評価をもとに安全性を再評価し、規格・基準を整備してきた。
- 香辛料以外にも、乾燥野菜やカエル脚、発酵ソーセージなど、ニッチな市場に向けた商業照射が継続している。（ここ数年は、植物検疫処理としての照射が急増中）
- たとえ一部の消費者が拒否しても、実際に照射食品は購入されており、ほとんどの国で緩やかに発展している。
- 社会受容のための消費者教育より、公衆衛生当局による正当な評価と食品製造・流通事業者の納得が先では？