

[ 総説 ]

## 世界における食品照射の処理量と経済規模

久米民和

(独)日本原子力研究開発機構 高崎量子応用研究所 (〒370-1292 群馬県高崎市綿貫町1233)

### Quantity and Economic Scale of Food irradiation in the world

Kume Tamikazu

Takasaki Advanced Radiation Research Institute, Japan Atomic Energy Agency (JAEA)

1233, Watanuki, Takasaki, Gunma 370-1292 Japan

#### はじめに

我が国では、1972年に馬鈴薯の発芽防止が許可され、世界で最初の実用プラントである北海道士幌農協の照射施設が建設された。1974年1月に実用照射が開始されて以来30年以上にわたり照射事業が行われているが、馬鈴薯以外の食品照射は許可されていない。2000年12月に全日本スパイス協会が、「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」を行ったが、未だ許可を受けるに至っていない。

このような状況下で、内閣府原子力委員会は2005年の「原子力政策大綱」において、「食品照射については、生産者、消費者等が科学的な根拠に基づき、具体的な取組の便益とリスクについて相互理解を深めていくことが必要である。また、多くの国で食品照射の実績がある食品については、関係者が科学的データ等により科学的合理性を評価し、それに基づく措置が講じられることが重要である。」という今後の食品照射に関する取組の基本的考え方を示した。さらに、2005年12月に原子力委員会は「食品照射専門部会」を設置し、食品照射に関する内外の現状等について10回にわたって調査審議を行い、報告書をまとめた<sup>1)</sup>。

2007年に、内閣府は「放射線利用の経済規模に関する調査」を日本原子力研究開発機構に委託した。この中で、国内の放射線利用の経済規模調査と平行

して、世界の食品照射の海外調査<sup>2)</sup>が実施された。

ここでは、2007年12月にまとめられた調査結果の概要を紹介する。

#### 調査の背景と方法

世界の食品照射の状況は、FAO、IAEA及びWHO共同の「国際食品照射諮問グループ(ICGFI)」によって公表されてきた。ICGFI解散後は、FAO/IAEAによってデータが引き継がれており、2006年に最新の許可品目リスト<sup>3)</sup>、2007年に照射施設のリスト<sup>4)</sup>を公表している。しかし、世界における照射食品の処理量についての統計データなど詳しい情報が得られていないのが現状である。そこで本調査では、世界の食品照射の状況を明らかにすることを目的に、各国における食品照射実施状況を調べ、市場価格を基にした直接的経済規模を算出することとした。

対象年度は最新の公開データが揃っている2005年とし、食品照射の品目別実施状況、利用理由、照射食品の市場価格についての質問状を世界各国に送付した。また、食品照射を実施している世界の主要国であるフランス、ベルギー、オランダ、米国、カナダ、メキシコ、中国、インド、ウクライナ、南アフリカなどにおいて実地調査を行い、必要なデータを収集した。さらに、EUやRCAの既存の資料、直接メールや電話によるヒアリングなどで補足することによりデータをまとめた。EC(European Commission)は、EU諸国の処理量などの統計資料

を毎年公開<sup>5)</sup>しており、RCAは食品照射プロジェクトの2年毎の報告書にアジア地域の状況をまとめている<sup>6)</sup>。これらの公開資料の他には、まとめられた情報は見当たらなかった。

調査結果

1. 世界における食品照射処理量と経済規模

アンケート、実地調査および公開文献等から得られたデータを基に、世界における食品照射の処理量及び経済規模をまとめた<sup>7)</sup>(表1)。データが入手できなかった国も多少あるが、主要な食品照射実施国のデータはほぼ網羅することができた。処理量1,000トン以上の国は16カ国であり、世界における処理量の総量は40万5千トンと求められた。図1に処理量の多い国から順に示したが、中国、米国、ウクライナの処理量が突出していることがわかる。中国(146,000トン)、米国(92,000トン)、ウクライナ(70,000トン)のビッグスリーに次いで、ブラジル(23,000トン)、南アフリカ共和国(18,185トン)、

ベトナム(14,200トン)が処理量の多い国である。この他、日本(8,100トン)、ベルギー(7,279トン)、韓国(5,394トン)が処理量5,000トンを超えていた。これら上位9カ国の中にはアジアの4カ国が含まれており、半数近くを占めていた。

世界の食品照射の経済規模は、各国における照射食品品目の代表的な製品の市場価格を用いて算出した結果、総額1兆6,100億円と求められた。

最も処理量の多い中国の経済規模については、現地の食品照射担当者から得られた市場販売単価を基に求めた。ニンニク(80,000トン)352 M CNY、乾燥野菜・香辛料(52,000トン)26 M CNY、穀類(4,000トン)20 M CNY、健康食品など(10,000トン)1,200 M CNYの合計4,172 M CNYと算出された。IMFの購買力平価1 Yuan (CNY) = 55.64 円を用いて換算すると、日本円として約2,300億円と求められた。

米国の現地小売価格から求めた経済規模は、冷凍赤身肉(8,000トン)94 M USD、果実・野菜(4,000トン)22 M USD、香辛料(80,000トン)7,200 M

表1. 世界における食品照射, 処理量と経済規模

国	照射食品	処理量 (トン)	経済規模 (現地価格)	経済規模 (億円)
1 中国	ニンニク, 香辛料, 穀物	146,000	4,172 M CNY	2,321.30
2 米国	肉, 果実, 香辛料	92,000	7,316 M USD	8,493.88
3 ウクライナ	コムギ, オオムギ	70,000	140 M UAH	100.00
4 ブラジル	香辛料, 乾燥ハーブ・果実	23,000	2,348 M BRL	2,185.19
5 南アフリカ	香辛料, その他	18,185	4,110 M ZAR	1,657.84
6 ベトナム	冷凍エビ	14,200	213 M USD	247.29
7 日本	馬鈴薯	8,096	1,255 M JPY	12.55
8 ベルギー	カエル脚, トリ肉, エビ	7,279	113 M EUR	157.13
9 韓国	乾燥農産物	5,394	161,820 M KRW	271.86
10 インドネシア	冷凍食品, 乳児食, 香辛料	4,011	355,475 M IDR	117.31
11 オランダ	香辛料, 乾燥野菜, トリ肉	3,299	136 M EUR	182.89
12 フランス	トリ肉, カエル脚, 香辛料	3,111	62 M EUR	80.36
13 タイ	香辛料, 発酵ソーセージ	3,000	636 M THB	59.67
14 インド	香辛料, タマネギ	1,600	376 M INR	46.44
15 カナダ	香辛料	1,400	55 M CAD	52.07
16 イスラエル	香辛料	1,300	1.1 M ILS	45.43
その他		2,929		107.06
合計		404,804		16,138.27

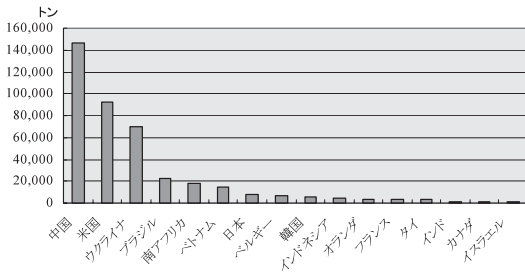


図1. 世界各国における食品照射処理量

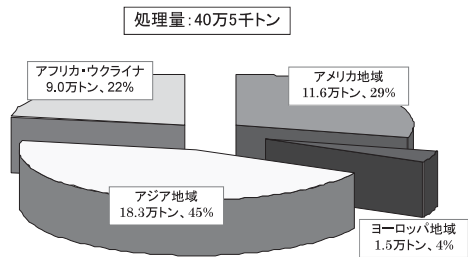


図2. 世界各地における食品照射処理量

USD の合計 7,316 M USD であり, 1 Dollar (USD) = 116.1 円を用いて約 8,500 億円と算出された。

ウクライナは, コムギ 2,000 UAH/ トン及びオオムギ 2,100 UAH/ トンの市販価格を用いて経済規模を求めた結果, コムギ (4 万 2 千トン) 80 M UAH, オオムギ (2 万 8 千トン) 60 M UAH と求められた。コムギ・オオムギの合計 (70,000 トン) は 140 M UAH となり, 1 Hryvnia (UAH) = 71.43 円から経済規模は 100 億円と算出された。

ブラジルでは, 香辛料 20,000 トン, 果実類 3,000 トンが処理されており, 小売価格から求めた経済規模は, 香辛料 2,333 M BRL, 果実等 15 M BRL の合計 2,348 M BRL と求められた。1 Real (BRL) = 93.05 円から約 2,200 億円と算出された。

南アフリカの処理量は, 香辛料 15,875 トンの他ハチミツなどが 2,310 トンであった。経済規模は, 家庭用黒コショウ (粒) 及びハチミツの市場価格を用いて計算し, 4,110 M ZAR と見積もられた。1 Rand (ZAR) = 40.34 円から約 1,700 億円と算出された。

ベトナムは, 輸出用冷凍エビを 14,200 トン処理しており 輸出用価格として 213 M USD のデータが得られた。ベトナム通貨は VND であるが, USD の値から経済規模は約 250 億円と算出された。

処理量を地域別にまとめると, アジア・オセアニア地域が 18.3 万トン (45%) と半数近くを占めており, 次いでアメリカ地域 11.6 万トン (29%), アフリカ・ウクライナその他の地域が 9 万トン (22%), ヨーロッパは 1.5 万トン (4%) と極端に少なかった (図 2)。一方, 経済規模は, アメリカ地域が 10,700 億円 (67%) と突出しており, アジア・オセアニア地域が 3,100 億円 (19%), アフリカ・ウクライナ地域が 1,800 億円 (11%), ヨーロッパ地域が 500 億円 (3%) となった (図 3)。処理量では 29% であった

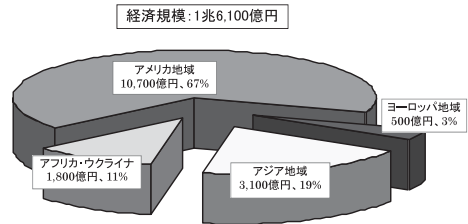


図3. 各地域における食品照射の経済規模

アメリカ地域が経済規模では 67% を占める結果となり, 処理量 45% のアジア地域の経済規模は 19% に過ぎなかった。これは, アジア地域ではニンニクや馬鈴薯など高密度の高い食品が多く含まれていたのに対し, アメリカ地域では重量当りの単価が高い香辛料が多かったことによると考えられる。

## 2. 地域ごとの品目別処理量

各国で得られたデータは, 以下の 5 つの品目に分類し整理した (表 2)。

地域ごとの処理量を品目別に整理した結果<sup>8)</sup>を以下に示す。

表 2. 照射食品のグループ化

グループ	照射食品の項目
G1	香辛料・乾燥野菜の殺菌
G2	穀物・果実の殺虫
G3	肉・魚介類の殺菌
G4	ニンニク, 馬鈴薯, タマネギの発芽防止
G5	その他 (健康食品, キノコ, ハチミツなど)

1) アメリカ地域

米国, カナダ, ブラジルで実用照射が行われており, 香辛料類の殺菌 (G1) 101,400 トン, 穀物・果実の殺虫 (G2) 7,000 トン, 肉類の殺菌 (G3) 8,000 トンであった (表 3)。

米国では実用照射を積極的に進めており, 香辛料 (G1) 80,000 トン, 果実・野菜類 (G2) 4,000 トン, 牛挽肉及びトリ肉 (G3) 8,000 トンの照射が実施されている。さらに, 包装済み Ready-to-eat 食品, ロブスター, サプリメント食品など, 新たな品目の照射許可が検討されている。

カナダでは, 商業的に照射されている食品は香辛料 (G1) のみであり, 1,400 トンが照射された。この他, 冷凍・冷蔵の牛挽肉, 食鳥類, エビ類及びマンゴーの 4 品目についての許可が検討されている。

ブラジルでは, 香辛料 (G1) 20,000 トン, 果実類 (G2) 3,000 トンが照射されている。しかし, ブラジル以外の国に関しては, メキシコ, アルゼンチン, チリなどで研究開発が進められているが, 今回の調査では具体的なデータは得られなかった。

ブラジル, チリ, メキシコなどの熱帯果実輸出国

は, 果実の検疫処理のための照射を積極的に展開しようとしている。

2) ヨーロッパ地域

EU では香辛料類のみを統一許可品目として認めているが, 従来から食品照射を実施している国では独自の許可品目が認められている。ヨーロッパ地域では, EU 加盟国の 7 カ国及び加盟予定国のクロアチアで合計 15,060 トンの食品照射を実施している。内訳は, 香辛料類の殺菌 (G1) 3,649 トン, 穀物・果実の殺虫 (G2) 11 トン, 肉・魚介類の殺菌 (G3) 9,263 トン, その他 (G5) 2,137 トンである (表 4)。

ベルギーでは多くの品目の照射が行われており, 香辛料・乾燥野菜の殺菌 (G1) 218 トン, 冷凍カエルの脚, 冷凍家禽肉, 卵, 冷凍エビ, 食肉など (G3) 5,530 トン, その他 (G5) 1,531 トン, 合計で 7,279 トンであった。

ドイツでは, 輸出用の香辛料や乾燥野菜 (G1) が 472 トン照射されているだけである。最近, ベルギーやオランダからの輸入を対象とした冷凍カエル脚の照射許可申請が出されたとの情報もある。

表 3. アメリカ地域の食品照射処理量 (トン)

国名	G1	G2	G3	G4	G5	合計
米国	80,000	4,000	8,000			92,000
カナダ	1,400					1,400
ブラジル	20,000	3,000				23,000
合計	101,400	7,000	8,000			116,400

表 4. ヨーロッパ地域の食品照射処理量 (トン)

国名	G1	G2	G3	G4	G5	合計
ベルギー	218		5,530		1,531	7,279
ドイツ	472					
フランス	134		2,789		188	3,111
オランダ	2,022		944		333	3,299
チェコ	85					85
ハンガリー	100	11				111
ポーランド	607				80	687
クロアチア	11				5	16
合計	3,649	11	9,263		2,137	15,060

フランスでは、香辛料・乾燥野菜 (G1) が 134 トン、冷凍家禽肉や冷凍カエルの脚 (G3) が 2,789 トン、アラビアガムやカゼインなど (G5) が 188 トン、合計で 3,111 トンが照射されている。

オランダでは、香辛料・ハーブ、乾燥野菜 (G1) が 2,022 トン、冷凍のカエルの脚、エビ、食肉など (G3) が 944 トン、その他 (G5) 333 トン、合計で 3,299 トンが照射された。

2004年に成立した拡大 EU (25 カ国) では、チェコで香辛料・乾燥野菜 (G1) が 85 トン、ハンガリーで香辛料・乾燥野菜 (G1) 100 トン及び果実等 (G2) 11 トン (合計 111 トン)、ポーランドで香辛料・ハーブ・乾燥野菜 (G1) 607 トン及びキノコ (G5) 80 トン (合計 687 トン) が照射されている。

この他、2年後に EU 加盟を目指しているクロアチアでは、乾燥ハーブ茶や香辛料など (G1) 11 トン、その他 (G5) 5 トンの合計 16 トンが照射されている。

EU では、ベルギー、オランダ、フランスで食品照射が活発に進められてきたが、1999年の EC 通達<sup>9)</sup>により表示違反が厳しく取り締まられるようになり、激減している。例えば、フランスにおける照射食品の処理量は 1990年代に増大し、1998年に 2万トンに達したが、その後急激に減少して 2005年には 3千トンにまで落ち込んでいる (図 4)。これは食品メーカーが照射香辛料の表示などを嫌い、使用しなくなったことに起因していると考えられる。しかし一方では、照射食品の品質が優れていることが

定着している冷凍カエルの脚などは、ラベルを付してスーパーなどで安定した流通量を保っている。

### 3) アジア・オセアニア地域

アジアは現在世界で最も積極的に食品照射の実施を展開している地域であり、香辛料類の殺菌 (G1) 62,912 トン、穀物・果実の殺虫 (G2) 4,582 トン、肉・魚介類の殺菌 (G3) 15,208 トン、発芽防止 (G4) 88,196 トン、その他 (G5) 12,411 トン、合計 183,309 トンが照射された (表 5)。

中国は世界で最も食品照射の実用化が進んでいる国であり、乾燥野菜・香辛料 (G1) 52,000 トン、穀類 (G2) 4,000 トン、ニンニク (G4) 80,000 トン、健康食品・機能性食品など (G5) 10,000 トンの計 146,000 トンが処理されている。Co-60 照射施設 103 基、電子加速器 6 基の分布図を図 5 に示した。容量 1 MCi 以上の Co-60 照射施設は 31 基あるが、ニンニクの主要な生産地である山東省近辺など、海岸線に近いところに比較的小規模の照射施設が多数設置されている。

インドでは、ターメリック、唐辛子、コリアンダーなどの香辛料・乾燥野菜 (G1) が 1,500 トン、タマネギ (G4) が 100 トン、合計 1,600 トン照射されている。2007 年からは、米国向けマンゴーの検疫用殺虫処理が開始されており、処理量は増えるものと予想される。

インドネシアは、香辛料 (G1) 358 トン、穀類等 (G2) 334 トン、魚介類 (G3) 1,008 トン、ココア粉末等 (G5) 2,311 トンの合計 4,011 トンであった。

日本では、発芽防止を目的とした馬鈴薯 (G4) の照射が 8,096 トンであった。唯一の許可品目である馬鈴薯の実用照射は、土幌の Co-60 ガンマ線照射施設で、当初の 15,000 トン規模から半減しているが、30 年以上にわたり安定した照射が続けられている (図 6)。

韓国では、香辛料・乾燥農産物 (G1) が 5,394 トン、グリーンピア社の Co-60 照射施設などで行われている。2004 年には 5,933 トン照射されたとの報告があり、EU での輸出製品の摘発などにより減少したものと考えられる。現在、アレルギー患者用食品、軍隊食、宇宙食などの照射の研究開発を積極的に進めている。

マレーシアでは、香辛料・ハーブ (G1) が 382 トン

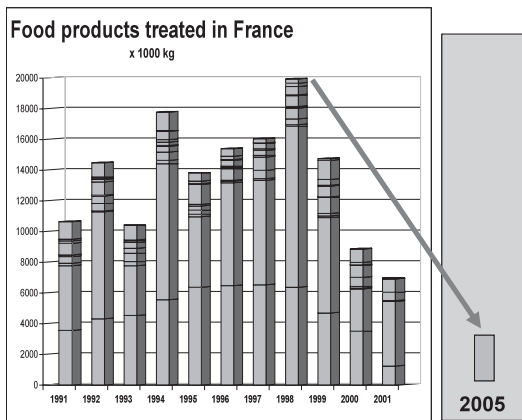


図 4. フランスにおける照射食品処理量の変化



表 5 . アジア・オセアニア地域の食品照射処理量 (トン)

国名	G1	G2	G3	G4	G5	合計
中国	52,000	4,000		80,000	10,000	146,000
インド	1,500			100		1,600
インドネシア	358	334	1,008		2,311	4,011
日本				8,096		8,096
韓国	5,394					5,394
マレーシア	382				100	482
フィリピン	278	48				326
タイ	3,000					3,000
ベトナム			14,200			14,200
オーストラリア		200				200
合計	62,912	4,582	15,208	88,196	12,411	183,309

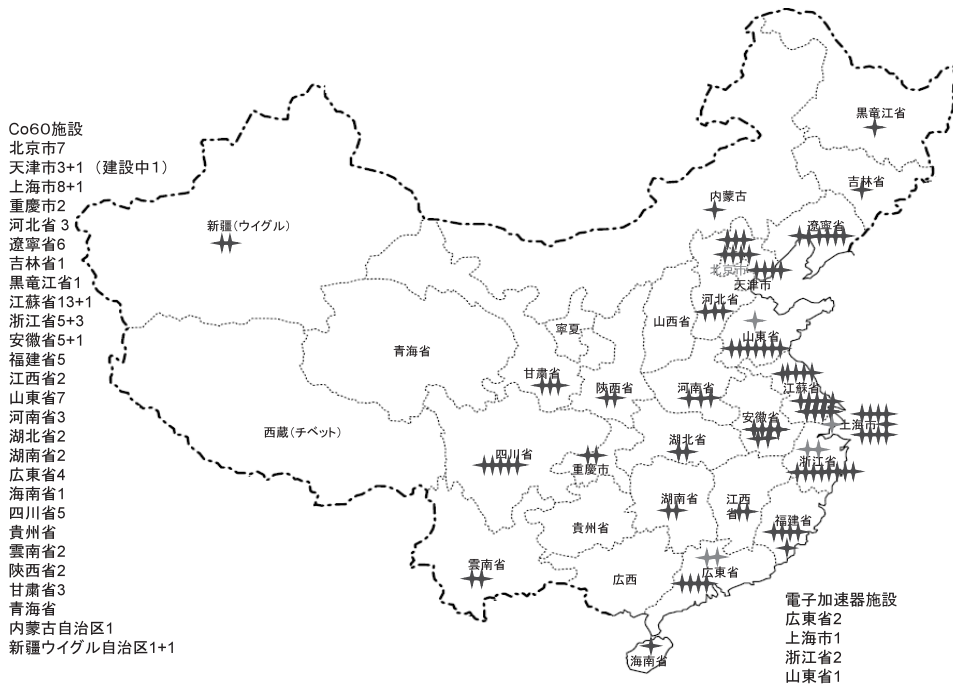


図 5 . 中国の食品用照射施設分布図

ン、栄養剤・飲料 (G5) 100 トンの合計 482 トンが照射処理されている。しかし、輸出用食品の照射だけであり、処理量は少ない。

フィリピンでは、香辛料 (G1) 278 トン、果実 (G2) 48 トンの合計 326 トンが照射されているが、

試験照射程度である。現在、輸出用マンゴーの植物検疫処理について米国と協議を進めており、照射マンゴーの実用化が見込まれる。

タイでは、香辛料類 (G1) が 3,000 トン照射されていると推定された。発酵ソーセージなど香辛料以

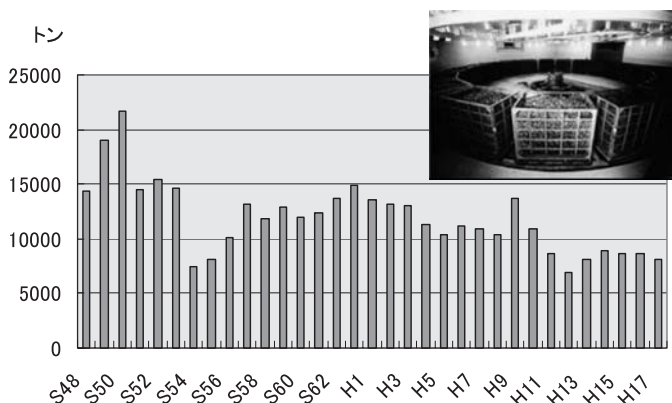


図6. 土幌馬鈴薯照射プラントにおける照射処理量の推移

外の照射食品も市販されているが、流通量に関する情報は得られなかった。2007年には、6種類の照射果実（マンゴー、マンゴスチン、パイナップル、ランブータン、ライチー、ロンガン）を米国に出荷する準備を進めている。

ベトナムでは、冷凍魚介類（G3）が14,200トン照射されている。ガンマ線照射が主体であるが、民間会社での電子線照射も実施されている。冷凍魚介類は大部分が輸出用のエビであり、最近では照射室に低温装置を設置したコンベヤー照射を行っている。ホーチミンのガンマ線照射施設は既に飽和状態であり、新しい照射施設の建設計画などを進めている。

オーストラリアでは、熱帯果実（G2）200トンが照射処理されている。オーストラリア・ニュージーランド共通の食品規格基準として、香辛料/ハーブ類の照射、検疫処理のための熱帯果実の照射が許可された。これを受けて、オーストラリアで照射されたマンゴー180トン、パパイヤ20トンの計200トンがニュージーランドで販売された。

4) アフリカ, その他の地域

アフリカ地域及びその他の地域（旧ソ連や中近東地域）では、香辛料類の殺菌（G1）17,725トン、穀物の殺虫（G2）70,000トン、その他（G5）2,310トン、合計90,035トンが照射された（表6）。

南アフリカ共和国では、香辛料（G1）15,875トン、ハチミツなど（G5）2,310トンの合計18,185トンが照射されている。ケープタウン、ヨハネスブルグ、ダーバンにある3ヶ所の照射施設で、すべて線を用いて照射されている。

エジプトでは、香辛料（G1）550トンが照射されている。この他、アフリカ地域ではナイジェリアが2006年に最新の照射施設を設置しているが、実用的な照射は実施されていないのが現状である。

ウクライナでは、穀物の殺虫処理（G2）が70,000トン行われていることが明らかになった。内訳は、コムギ42,000トン、オオムギ28,000トンである。旧ソ連時代には年間40万トンの処理を行っていたオデッサ穀物電子線照射施設は、ソ連崩壊後その詳細はIAEAでも掴んでいなかった。今回の現地調査で、

表6. アフリカ・その他の地域の食品照射処理量（トン）

国名	G1	G2	G3	G4	G5	合計
南アフリカ	15,875				2,310	18,185
エジプト	550					550
ウクライナ		70,000				70,000
イスラエル	1,300					1,300
合計	17,725	70,000			2,310	90,035

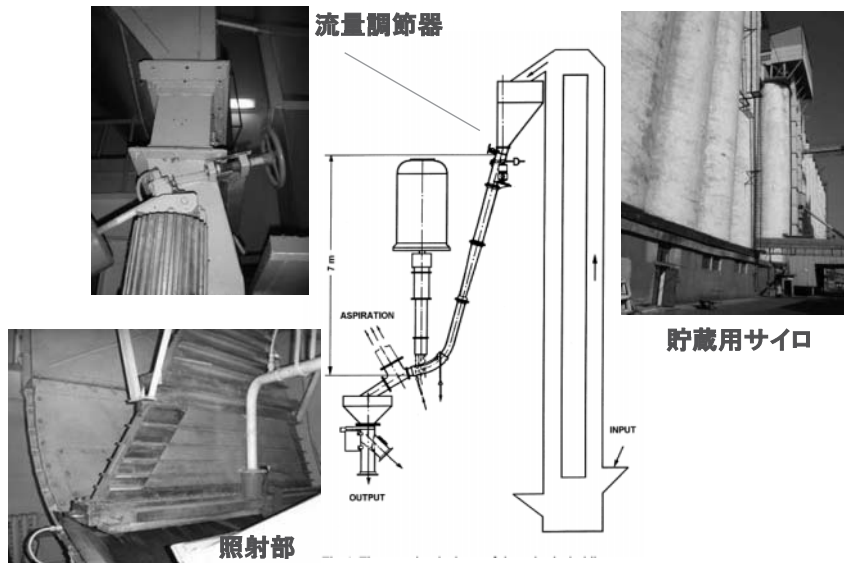


図7. ウクライナ・オデッサの穀類照射装置

1980年の建設以来27年間特に大きなトラブルもなく、現在も照射が継続されていることがわかった。本施設(図7)は、オデッサ港の穀物貯蔵用サイロに接続して設置されており、1.2 MeV、20 kWの電子加速器2台を有している。穀物の照射の際に生ずるホコリによる加速器ウィンドウのトラブルを避けるため、ダクトによる吸引やウィンドウの保護板など手作りの装置が考案されている。

イスラエルでは、香辛料(G1)1,300トンが照射されている。アンケート調査に対する回答では、香辛料の処理量のみで、詳細は不明である。

まとめ

世界各国における食品照射の状況を調査した結果、2005年(平成17年)の処理量は40万5千トン、経済規模は1兆6,100億円と求められた。

照射食品の処理量を品目別にまとめると、香辛料・乾燥野菜の殺菌18.6万トン(46%)、ニンニクなどの発芽防止8.8万トン(22%)、穀物・果実の殺虫8.2万トン(20%)、肉・魚介類の殺菌3.2万トン(8%)、その他1.7万トン(4%)となった(図8)。香辛料・乾燥野菜の殺菌が46%とほぼ半数近くを占

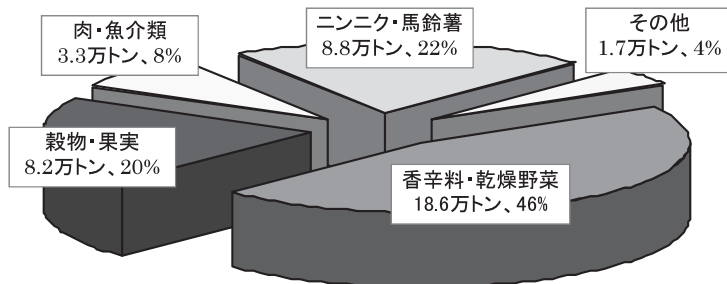


図8. 品目別食品照射処理量



めている。ニンニクや馬鈴薯などの発芽防止 (22%), 穀物・果実の殺虫 (20%) も比較的多くの量が照射されている。肉・魚介類の殺菌は、米国の赤身肉、ベトナムの冷凍エビ、EU の冷凍カエルの脚など、サルモネラ菌などの食中毒防止を目的とした処理が行われているが、世界全体での処理量の8%程度に過ぎない。今後の伸びが注目される分野は、熱帯果実の検疫処理を目的とした殺虫である。アジア・オセアニア地域のインド、タイ、フィリピン、オーストラリア、中南米のメキシコ、ブラジルなどは米国への輸出を目的とした展開に力を入れている。

このように、世界の食品照射はアジアや米国などで確実に進展しているが、EU では表示違反の取り締まりの強化により後退している点が懸念された。照射食品の表示及びその根拠となる検知法は重要であるが、これらは食品照射を締め出すために義務付けられたものではない。表示や検知法が、規則どおりに照射された食品を保障し、優れた食品の確保のために活用されることを望むものである。

我が国では、食品照射専門部会での検討以来、2007年には本調査や学協会でのシンポジウムなど、多くの取り組みが実施された。今後も、消費者の食品照射に対する理解を得るための活動が継続され、香辛料照射や果実の殺虫処理などが早期に実現することを期待したい。

## 文 献

- 1) <http://www.aec.go.jp/jicst/NC/senmon/syokuhin/detail/20060926.pdf>
- 2) <http://www.aec.go.jp/>
- 3) IAEA. Food and Environmental Protection Newsletter, Vol.9, No.1, January (2006).
- 4) <http://www.naweb.iaea.org/nafa/fep/public/fep-nl-9-1.pdf>
- 5) Official Journal of the European Union C122/3 Report from the Commission on food irradiation for the year 2005 (2007/C 122/03).
- 6) RCA, Working material, FAO/IAEA (RCA) Final Review Meeting of Coordinators of the Project on the Application of Irradiation, for Improving Food Safety, Security and Trade, Daejeon, Republic of Korea, Feb. 2005.
- 7) Kume, T. et al. *Radioisotopes*, 投稿中 .
- 8) Kume, T. et al. *Radiat. Phys. Chem.*, 投稿中 .
- 9) Commission of the European Communities: Directive 1999/2/EC, Official Journal of the European Communities, L66/16, 13.3.1999 [http://europa.eu.int/eur-lex/pri/en/oj/dat/1999/l\\_066/l\\_06619990313en00160022.pdf](http://europa.eu.int/eur-lex/pri/en/oj/dat/1999/l_066/l_06619990313en00160022.pdf)

(2008年8月20日受理)