

<概要>

世界的な人口増加に伴い食料需給が急激に増大している。食料消費は、自国内の地産地消型から世界の輸出入型に変わりつつあって、食料・食品の輸送・保存中の病虫害に対応できるそれらの保存技術の必要性が増大している。食料・食品の輸出入大国の米国では、その必要性が特に高い。米国は、1960年代から食品照射技術の開発に力を注いできた。1984年に保健福祉省（HHS）の食品医薬品局（FDA）は、59kGyの高線量による冷凍食鳥肉の慢性毒性試験、慢性致死試験、世代試験、発がん性試験、変異原性試験に問題は無かったと発表した。これ以降、食品照射の許可が増えた。2014年までに、馬鈴薯の発芽防止、害虫駆除、食肉の寄生虫の駆除、殺菌等を含め16の照射許可が下りている。その他、病人食や米航空宇宙局（NASA）の宇宙食の殺菌に食品照射が利用されている。食料・食品の輸出入はさらに増大が予想され、米国における食品照射の役割は今後さらに増大すると予想される。

<更新年月>

2015年09月

（本データは原則として更新対象外とします。）

<本文>

1. 食料需給と輸出入

1. 1 世界の食糧事情

世界人口は2000年の61億人から2050年には92億人に増加し、食料需給は2000年の45億トンから2050年には69億トンに増加すると予想されている。一方、食料生産量は穏やかな増加で推移すると見込まれることから、世界で食料・食品の輸出入は増大することになる。その輸送の間に、食品の25%は病虫害により廃棄される可能性が高い。古くからの食品の保存技術には、化学的な方法には発酵、燻蒸、殺虫・防黴剤の利用等があり、物理的な方法には乾燥・脱水、熱処理、密閉（低酸素）、低温貯蔵等の技術があり、さらにそれらを組み合わせた方法がある。それぞれの技術にはそれぞれの特徴があるが、さらに、大量処理が可能な平易で有効な技術の開発・利用が、大量の食品輸出入に望まれている。

1. 2 米国の食品輸出入

図1は、米国の農産物の輸出と輸入の推移を示す。輸出量は2000から2014年の間に平均8%の割合で増加し、一方、輸入は7.8%の割合で増加した。農産物の輸出入では、米国は世界216カ国中の最大の輸出国であり、また最大の輸入国である。図2は米国の主な輸出食品の推移を示す。全般に着実な増加がうかがえる。主な輸出品は、小麦、大豆、綿花、飼料及びその加工品で、総額2014年には約1,497億ドルになった。輸入品目は輸出と同様であるが、40%は果物、野菜、ナッツ、ワイン、コーヒー、ココア、ゴム等の園芸作物、21%は砂糖、コーヒー、ココア、ゴム等の砂糖・熱帯産物であった。その他は野菜油、穀物製品、牛・羊肉、乳製品などで、近年その割合は増加している。

食品消費は、国内地産地消型から世界輸出入型に変わりつつあり、輸送・保存中の病虫害に対応できる食品保存技術の必要性が増大している。輸出入大国の米国では、その必要性は高い。

2. 放射線の農業分野での利用

2. 1 農業分野の利用概況

1895年のX線の発見以来、様々な分野で放射線の利用が検討された。農業分野では、放射線による品種改良が世界で進められ、既に2000種を超える新品種が作出されている。また特定の害虫を駆除するために、放射線を利用した不妊虫放飼法はウリミバエ、ラセンウジバエ等の駆除に利

用され成果を上げている。放射線照射による食品の病虫害低減方法は1910年代から開発が始まり、米国はいち早くこの問題に取り組んだ。

2. 2 食品照射技術の開発

表1は米国と世界の食品照射に関する主な経緯を示す。1916年に、米農務省のG.A.ランナーは、X線照射によるタバコシバムシの卵、幼虫、成虫の駆除を報告した。この方法は、1929年、アメリカ・タバコ・カンパニーにより葉巻の殺虫・殺卵処理に利用された。1943-1945年頃から米国は食物照射に関連する研究開発に力を注いだ。1952年、米BNLのA.H.スパローとH.クリステンセンは、馬鈴薯の発芽防止に対するX線照射の有効性を報告した。これを契機に、世界で食物の照射・保存研究が本格化した。また米国は、1950年頃から原子炉による照射用線源の製造を開始した。

2. 3 照射食品の安全性

国際的には、1961年にFAO（国連食糧農業機関）、IAEA（国際原子力機関）及びWHO（国連世界保健機関）が食品照射の安全性等の検討を開始し、1980年に10kGy以下の照射食品の安全性を勧告した。1983年にはコーデックス（Codex、国際食品規格委員会）が照射食品の安全性を確認した。1997年には、FAO・IAEA・WHOの高線量照射に関する合同研究部会が上限10kGyの撤廃を勧告している。**表2**は、多くの試験・検討から得られた照射線量と対象食品の関連を示す。また、**表3**は、食品照射に関する健康影響の試験・検討結果を示す。制御された照射食品は、健康に影響しないことが判る。

3. 米国の食品照射の検討と利用

3. 1 食品照射の安全性と法規制

食品医薬品庁（FDA）は、1979年に照射食品委員会（BFIFC：Bureau of Foods Irradiated Food Committee）を設置した（**表1**）。この委員会は照射食品の安全性を評価し1980年に以下の内容の報告をまとめた：[1]1kGy以下の照射食品では放射線特有の分解生成物の生成は僅少で毒性試験の必要はないが、1kGy以上の照射食品では遺伝学的検討が必要である、[2]10kGy以下の照射食品に最大0.03%の放射線特有の分解生成物ができるので検討を要する、[3]50kGyの照射食品は全食事量の0.01%以下なら安全である。

1982年に、FDAは既存の毒性試験結果を検討し以下を報告した：(1)55.8kGy照射の牛肉の亜慢性毒性試験では悪影響は見出されない、(2)59kGy照射の食鳥肉と55.8kGy照射の牛肉の繁殖試験、催奇性試験、慢性毒性試験及び変異原性試験に悪影響は見出されない。

1984年にFDAは、[1]1kGy以下の照射による発芽防止、生鮮果実の熟度調整・殺虫処理を暫定的に許可し、30kGy以下の香辛料や乾燥野菜の処理を暫定的に許可した。また、FDAは、[2]59kGy照射による冷凍食鳥肉に、慢性毒性試験、優性致死試験、世代試験、発がん性試験、変異原性試験に問題はないと発表した。これ以降、食品照射の許可が増えた。

米国の農務省（USDA）の植物検疫局（APHIS）と食品医薬品局（FISI）、保健福祉省（HHS）の食品医薬品局（FDA）は食品の照射処理に関し、**表4**に示す法規制・ガイドラインを決めて照射条件、照射施設管理、照射食品のモニタリング、輸入食品の監視を行っている。

3. 2 照射許可品目と現状

表5は、食品医薬品局（FDA）が許可した食品類の照射目的と上限線量を示す。香辛料類は、1986年に許可された。肉類では、1985年に豚肉の寄生虫の殺虫のため、1997年に冷凍肉の殺菌が、2012年に冷蔵食鳥肉の殺菌と畜肉製品の殺菌処理が許可され、また、2014年にはエビ、カニ等の甲殻類の殺菌照射が許可された。生鮮果実・野菜は、1986年に発芽防止・熟度調整及び殺虫処理のための照射が許可された。

2005年には香辛料8.0万トン、牛ひき肉及び食鳥肉0.8万トン、果実・野菜類0.4万トン、合計9.2万トンが照射処理された。2010年には10.3万トンに増加しているが、米国内の照射量は2005年とほぼ同量と見られている。増加分は、主にアジアや中南米からの照射済み輸入果実によるもので、輸入前に米国のAPHIS（輸入動植物の検疫機関）と輸出国の担当機関が照射施設を検査することに依る。**表6**は輸入食品の管理状況を、国際的な照射食品のロゴマーク「Radura」と合わせて示す。

米国では、許可が直ちに商業照射・生産に結びつくわけではないが、世界的な食料需給の増大により今後さらに照射食品は増加すると見込まれる。

（前回更新：2005年6月）

<関連タイトル>

[食品に対する放射線照射（食品照射）\(08-03-02-01\)](#)

[海外における食品照射の現状\(08-03-02-05\)](#)

照射食品の安全性と利用の動向 (08-03-02-07)

電子スピン共鳴法による照射食品の評価 (08-03-02-08)

わが国における食品照射技術の開発（その1）初期の研究とナショナルプロジェクト (08-03-02-09)

わが国における食品照射技術の開発（その2）1980年以降の研究開発 (08-03-02-10)

<参考文献>

- (1) USA FDA, Food and Drug Administration : Food Facts, Food irradiation,
<http://www.fda.gov/downloads/Food/IngredientsPackagingLabeling/UCM262295.pdf>
 - (2) 日本食品照射研究協議会 : 「食品照射研究の歴史と現状」、食品照射、49 (1)、47-119 (2014)
 - (3) 内閣府食品安全委員会 : ファクトシート、「放射線照射食品 (概要)」、平24、6.14、
https://www.fsc.go.jp/sonota/factsheets/f06_food_irradiation.pdf
 - (4) 厚労省 : 「食品への放射線照射についての科学的知見のとりまとめ業務報告書」、pp.35-39 (平成20年3月株式会社三菱総合研究所 (平成22年5月改訂))、
<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/housya/houkokusho.html>、
<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/housya/dl/houkokusho06.pdf>
 - (5) 久米民和 : 「世界における食品照射の処理量と経済規模」、食品照射、43、46-54 (2008)
 - (6) IAEA : Irradiation of bulbs and tuber crops, IAEA-TECDOC- (1997)
 - (7) 小林、菊地 : 「食品照射」、放射線科学、88、18-27 (2009)、http://www.radiation-chemistry.org/kaishi/088pdf/88_18.pdf
 - (8) 伊藤 : 放射線と産業、121、pp.38-41 (2009)
 - (9) 米国農務省 (US DA) : Economic Research Service (ERS) , Agricultural trade,
<http://www.ers.usda.gov/data-products/ag-and-food-statistics-charting-the-essentials/agricultural-trade.aspx>
-

表1 米国と世界の食品照射に関する主な経緯

年	主な事柄
1895	・W.C.レントゲンのX線発見
1916	・【米国】G. A. ランナー、X線照射によるタバコシバンムシの卵、幼虫、成虫の駆除効果の報告
1918	・【米国】ギレット、US特許、X線照射による食品保存法
1943-	・【米国】MITと米陸軍の食品照射研究を開始
1951-	・【米国】原子力委員会、食品照射研究の検討
1952	・【米国】A.H.スパローとH.クリステンセン、X線照射による馬鈴薯の発芽防止の有効性を報告、世界の食品照射研究の本格化
1961	・「FAO/IAEA/WHO、照射食品の健全性に関する合同会合」の開催、(Joint FAO/IAEA/WHO meeting on the wholesomeness of irradiated foods)、照射食品の栄養学的適合性と安全性の検討開始 ⇒ 1999
1969	・第1回「JECFI」の開催 (FAO/IAEA/WHO小麦、馬鈴薯、玉ねぎに関する照射食品の健全性に関する合同専門家委員会: Joint FAO/IAEA/WHO Expert Committee meeting on the wholesomeness of irradiated food with special reference to wheat, potatoes and onions) ⇒ 1976 第2回「JECFI」⇒ 1980 第3回「JECFI」
1970	・食品照射国際プロジェクト(IFIP)の発足、(IFIP: International Project in the field of Food Irradiation)、最終27カ国参加、1981年終了、照射食品の健全性の研究
1976	・第2回「JECFI」の開催、「食品の放射線処理は物理的な処理法であり、食品添加物の取り扱いは妥当でないと勧告」
1979	・【米国】食品医薬品庁(FDA)、照射食品委員会(BFIFC: Bureau of Foods Irradiated Food Committee)が照射食品の安全性の評価開始
1980	・【米国】FDAの照射食品委員会(BFIFC)の報告: ①1kGy以下の照射食品に毒性試験は不要、しかし1kGy以上では遺伝学的毒性試験と動物実験が必要、②10kGy以下の照射による分解生成物量を指摘、③50kGy以下の照射食品の摂取が食事量の0.01%以下なら問題は見いだせない。
	・第3回「JECFI」の開催、「10kGy以下の照射食品の安全性を勧告」
1982	・【米国】FDAの報告、①55.8kGy照射の牛肉の亜慢性毒性試験では悪影響は見出されない、②59kGy照射の食鳥肉と55.8kGy照射の牛肉の繁殖試験と催奇性試験に影響は見出されない。
1983	・FAO/WHO/国際食品規格委員会(コーデックス)、照射食品に関する国際一般規格採択 ⇒ 10kGy以下の照射食品の安全性を国際的に確認
1984	・IFIPを継承し、国際食品照射諮問グループ(ICGFI)の成立 ⇒ 2004年に解散、日本は加盟せず。
	・【米国】FDAの報告、①1kGy以下の照射による発芽防止、生鮮果実の熟度調整・殺虫処理を暫定的に許可、30kGy以下の香辛料や乾燥野菜の処理を暫定的に許可、②59kGy照射による冷凍食鳥肉に、慢性毒性試験、慢性致死試験、世代試験、発がん性試験、変異原性試験に問題はないと発表。この報告から、食品の照射許可が増加。
1997	・FAO/IAEA/WHO高線量照射に関する合同研究部会(Joint FAO/IAEA/WHO Study Group on High Dose Irradiation)、10kGy以上の高線量照射でも食品は安全と勧告 ⇒ WHO報告(1999)

FAO:国際連合食料農業機関、IAEA:国際原子力機関、WHO:世界保健機関、コーデックス委員会: Codex、国際食品規格委員会

下記の出典等をもとに作成した。

【出典】日本食品照射研究協議会: 食品照射、49(1)、51-54 (2014)、IAEA: Irradiation of bulbs and tuber crops, IAEA-TECDOC-(1997), p.10

【出所】厚生労働省:「食品への放射線照射について科学的知見の取りまとめ業務報告書(三菱総研)」、p.2(平22年5月改訂)、<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/housya/houkokusho.html>

表2 食品照射の線量区分と品目

応用区分	線量 (kGy)	品目
低線量処理 (1kGy 以下)		
(A)発芽防止	0.05～0.15	ジャガイモ、タマネギ、ニンニク、ショウガなど
(B)殺虫及び害虫不妊化	0.15～0.5	穀類、豆、生鮮果実、乾燥魚、乾燥肉、豚肉など
(C)熟度調整 (成熟の遅延)	0.5～1.0	生鮮果実、野菜など
中線量処理 (1～10kGy 以下)		
(A)貯蔵期間の延長	1.0～3.0	生鮮魚、イチゴなど
(B)殺菌 (病原菌や腐敗菌)	1.0～7.0	生鮮魚介類、冷凍魚介類、生鮮鶏肉及び畜肉、冷凍鶏肉及び畜肉など
(C)品質改善 (食品の物性変化)	2.0～7.0	ブドウ (搾汁率の向上)、乾燥野菜 (調理時間短縮) など
高線量処理 (10～50kGy 以下)		
(A) 工業的滅菌 (加温との組み合わせ)	30～50	肉、鶏肉、魚介類、調理済み食品、病院用滅菌食など
(B)調味料、食品素材の殺菌	10～50	スパイス、酵素製剤、天然ガムなど

下記の出所をもとに作成した。

[出所]厚生労働省:「食品への放射線照射についての科学的知見のとりまとめ業務報告書」、p.6 (平22年 5月 改訂)、<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/housya/houkokusho.html>

表3 食品照射の健康影響の課題と試験・検討結果

健康影響の課題	検討結果
(1) 毒性・発がん性など	<ul style="list-style-type: none"> 動物実験による実験・検討、 急性毒性、慢性毒性、発がん性、変異原性、遺伝毒性、催奇形性は無い、 健康に影響する食品成分の変化は無い。
(2) 食品の放射化	<ul style="list-style-type: none"> ガンマ線(Co-60)、電子線(-10MeV)、X線(-5MeV)により放射化されない、 誘導放射能は発生しない。
(3) 病原性や毒性の増大	<ul style="list-style-type: none"> 放射線照射で病原性や毒性は、増大しない 生き残った微生物による影響は、他の殺菌法と同様である。
(4) 食品の栄養素の破壊	<ul style="list-style-type: none"> 加熱処理と比較して、栄養破壊は同程度か小さい、 10kGy以下の照射では、脱酸素状態であれば栄養分の低減は僅少である。

下記の出所をもとに作成した。

[出所]小林、菊地:「食品照射」、放射線科学、88、18-27(2009)、

http://www.radiation-chemistry.org/kaishi/088pdf/88_18.pdf

表4 米国、食品照射の法規制、ガイドラインなど

規制・ガイドライン名称	施行年	概要
21CFR PART 179 –Irradiation in the Production, Processing and Handling of Food	1977/3/15 (最終改正 2005/8/16)	照射条件（線源、線量、それ以外）、禁止事項、認可品目、照射の記録、照射食品のモニタリング、表示
10CFR Chapter 1 Nuclear Regulatory Commission	1987/8/21	照射施設のライセンス、検査
9CFR PART 417 – Hazard Analysis and Critical Control Point (HACCP) Systems	1996/7/25 (最終改正 1997/11/14)	HACCP システムによる安全管理（照射牛肉、家禽肉が対象）
9CFR PART 424 –Preparation and Processing Operations §.424.22 Certain other permitted uses.	1999/12/23 (最終改正 2000/5/30)	照射条件、照射施設（認可）、表示（照射牛肉、家禽肉が対象）
FSIS Directive 7700.1 Revision 1 – Irradiation of Meat and Poultry Products	2005/4/13	照射施設の検査、照射食品のモニタリング、照射の記録、違反した際の罰則（照射牛肉、家禽肉が対象）
7CFR PART 305 –Phytosanitary Treatments §305.31 Irradiation treatment of imported regulated articles for certain plant pests.	2005/6/7 (最終改正 2006/1/27)	特定の植物病虫害防除のための輸入食品への照射又は照射食品の輸入。
7CFR PART 305 –Phytosanitary Treatments §305.2 Approved treatments.	2006/2/27	タイ・インドからの輸入認可品目（照射果物）。
7CFR PART 319 – Foreign Quarantine Notices §319.56–2uu Administrative instructions: Conditions governing the entry of certain fruits from Thailand.	2007/7/23	タイで照射した照射果物6品目の輸入許可条件。
7CFR PART 319 – Foreign Quarantine Notices §319.56–2tt Conditions governing the entry of mangoes from India.	2007/3/12	インドで照射したマンゴーの輸入許可条件。
APHIS Treatment Manual 6-8 Certifying Irradiation Treatment Facilities		輸入野菜・果物等の検疫処理を行う照射施設の認可と検査。

CFR: Code of Federal Regulations、FSIS: Food Safety and Inspection Service、
APHIS: Animal and Plant Health Inspection Service

下記の出所をもとに作成した。

[出所]厚労省:「食品への放射線照射についての科学的知見のとりまとめ業務報告書 (Rev.平22)」、p.35、<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/housya/houkokusho.html>

表5 米国食品医薬品局(FDA)が許可した食品

品目	照射目的	上限線量(kGy)	許可年月日
① 小麦と小麦製品	害虫防除	0.2~0.5	1963, 08/21
② 馬鈴薯	発芽防止	0.05~0.15	1965, 01/11
③ 豚肉	寄生虫の殺虫	0.3~1.0	1985, 07/22
④ 香辛料と乾燥野菜など	殺菌	30	1986, 04/18
⑤ 乾燥酵素類	殺菌	10	1986, 04/18
⑥ 生鮮果実と野菜	熟度調整	1	1986, 04/18
⑦ 食品(生鮮野菜、穀類など)	殺虫	1	1986, 04/18
⑧ 食鳥肉	殺菌	3	1990, 05/02
⑨ 家畜飼料とペット飼料	殺菌	50	1995, 09/28
⑩ 肉類 冷蔵	殺菌	4.5	1997, 12/23
⑪ 肉類 冷凍	殺菌	7	1997, 12/23
⑫ 殻付生卵	殺菌	3	2000, 07/14
⑬ 生鮮又は冷凍エビ、カニと貝類	殺菌	5.5	2005, 08/15
⑭ 生鮮玉レタスとハウレン草	殺菌	4	2008, 08/22
⑮ 畜肉製品	殺菌	4.5	2012, 04/14
⑯ 甲殻類(エビ、カニ)	殺菌	6.0	2014, 04/14
その他: 凍結、包装済みNASA宇宙食(最低44kGy)、病人食の完全殺菌(30~45kGy)			

下記の出典等をもとに作成した。

[出典] 日本食品照射研究協議会:「食品照射研究の歴史と現状」、食品照射、49(1)、p.81 (2014)

[出所] 伊藤:放射線と産業、121、pp.38-41(2009)、<http://foodirra.jaea.go.jp/dbdocs/006001003077.html>

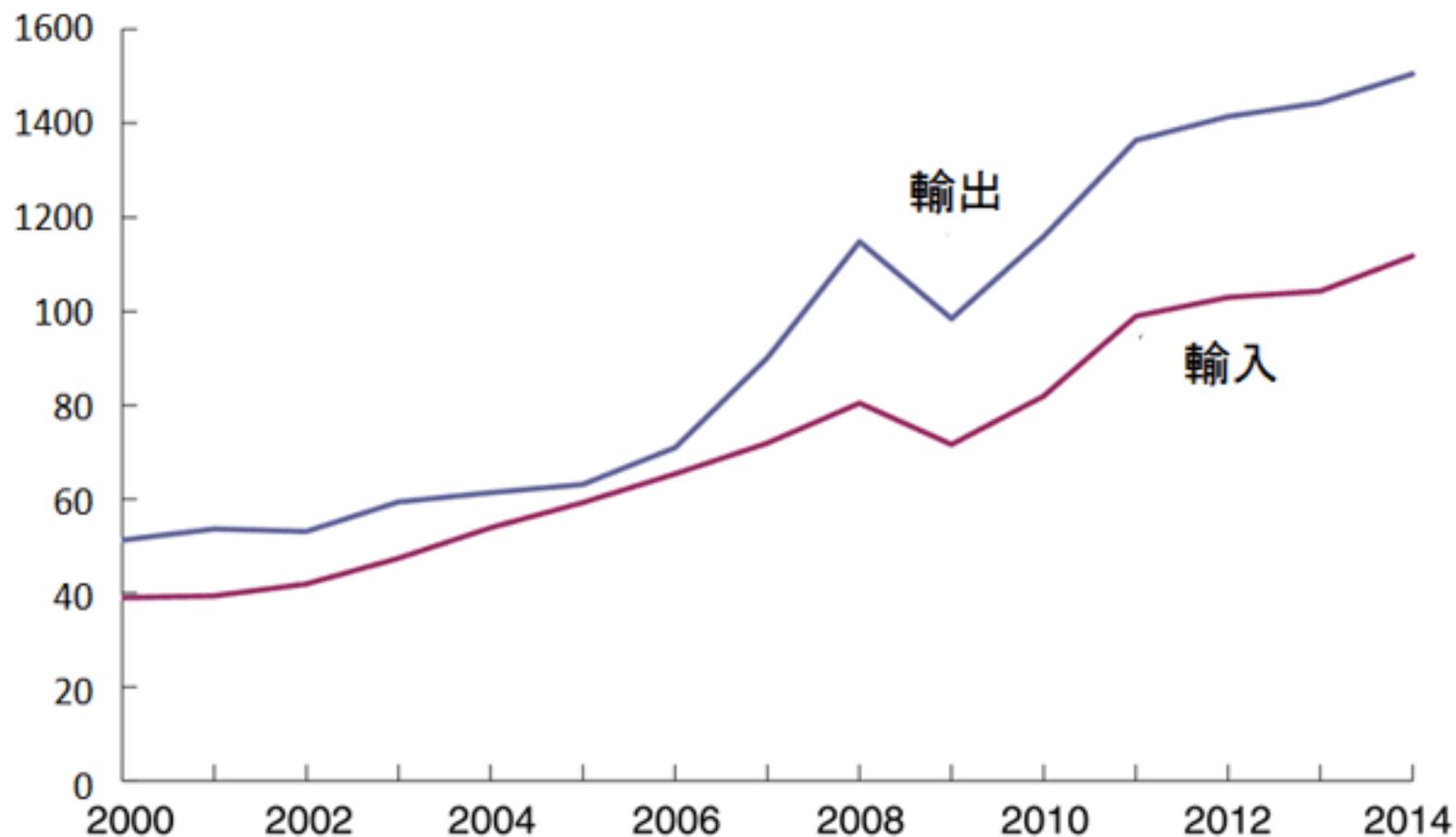
表6 米国の照射食品輸入の管理状況(2010年)

輸入規制の根拠 (法令・条文等)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 7CFR PART 305.31 – Phytosanitary treatment (植物検疫) ○ 7CFR PART 319.56-2uu ○ 7CFR PART 319.56-2tt – Foreign quarantine notice (隔離)
輸入制度の概要  Radura 照射食品のロゴマーク	<ul style="list-style-type: none"> ○ タイからの照射ライチ、ロンガン、マンゴー、マンゴスチン、パイナップル、ランブータンの輸入許可条件 (7CFR PART 319.56-2uu) : <ul style="list-style-type: none"> ・ タイの植物防疫機関で登録・監視されている。 ・ タイ国内で最小線量 400 グレイを遵守して照射されている。 ・ タイ国内で照射されたことを示す検疫証明書の添付。 ・ ライチについては特定病虫害検査済証明書の添付。 ・ フロリダ州には輸入しない。 ○ インドからの照射マンゴー輸入許可条件 (7CFR PART 319.56-2tt) : <ul style="list-style-type: none"> ・ 7CFR305.31 に従い最小線量 400 グレイを遵守して照射されている。 ・ 検査は APHIS とインドの NPPO が協力して行う。 ・ NPPO が発行した検疫証明書が添付されている。 ・ 輸入の目的は商業目的に限り、Office of Management and Budget の認可を得ていること。
輸出国の施設の 検査制度がある 場合、その概要	特定の病虫害防除のための照射食品輸入に際しては、輸入前に APHIS と輸出国の植物防疫機関が照射施設の検査を行う (Facility preclearance work plan)。
その他関連事項	現在輸入許可している照射食品：ライチ、ロンガン、マンゴスチン、パイナップル、ランブータン (以上タイ)、マンゴー (タイ及びインド)

CFR: Code of Federal Regulations、APHIS: Animal and Plant Health Inspection Service

[出所]厚労省:「食品への放射線照射についての科学的知見のとりまとめ業務報告書 (Rev.平22)」、p.38、<http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/iyaku/syoku-anzen/housya/houkokusho.html>

億ドル



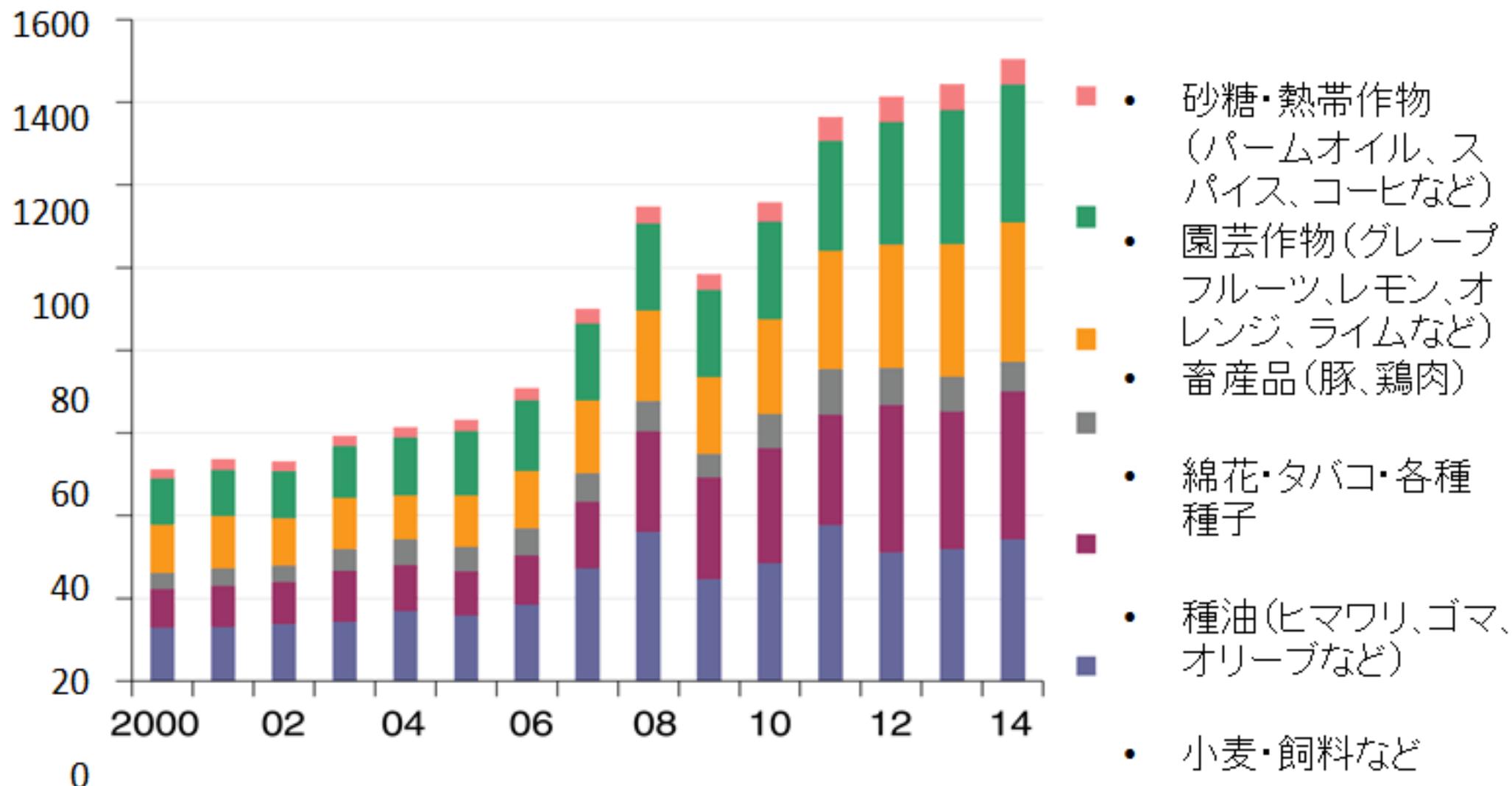
Source: USDA, Economic Research Service using data from U.S. Department of Commerce, U.S. Census Bureau, Foreign Trade Database.

図1 米国の農産物輸出入の推移(2000~2014)

下記の出所をもとに作成した。

[出所]米国農務省(US DA): Economic Research Service(ERS), Agricultural trade,
<http://www.ers.usda.gov/data-products/ag-and-food-statistics-charting-the-essentials/agricultural-trade.aspx>

億ドル



Source: USDA, Economic Research Service using data from U.S. Department of Commerce, U.S. Census Bureau, Foreign Trade Database.

図2 米国の農産物輸出の品目別推移(2000~14年)

下記の出所をもとに作成した。

[出所]米国農務省(US DA): Economic Research Service (ERS), Agricultural trade,
<http://www.ers.usda.gov/data-products/ag-and-food-statistics-charting-the-essentials/agricultural-trade.aspx>