

世界で急拡大する 照射による検疫処理

1. 植物検疫用照射の工程・特徴
2. 世界における状況（歴史・国際基準・商業流通・今後の技術展望）



ベトナム ドラゴンフルーツ



メキシコ グアバ

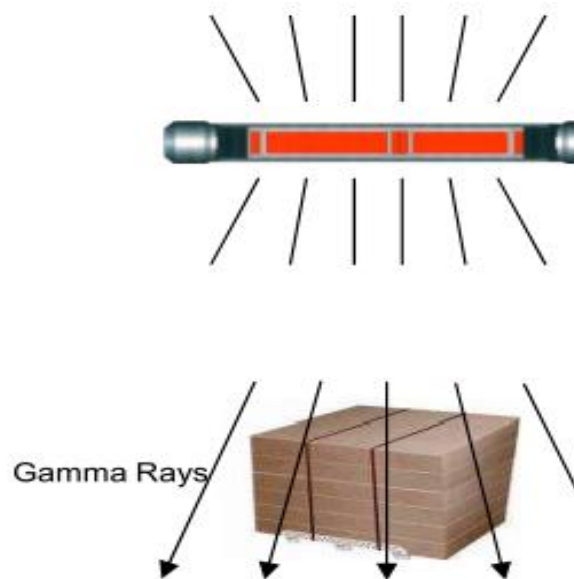


オーストラリア マンゴ
「環境保護のために照射」の文言を併記したラベル

(国研) 農研機構 食品研究部門 食品安全研究領域
等々力節子

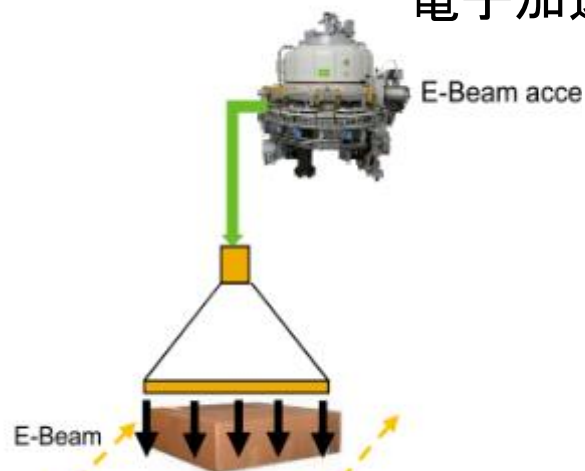
ガンマ線

放射性同位元素

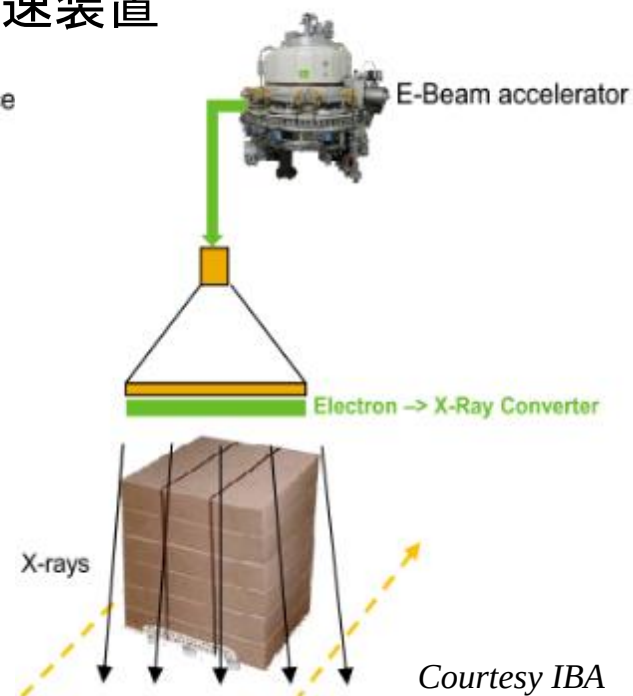


電子線

電子加速装置



エックス線



透過力:

良

小さい

大きい

処理能力

低い

高い

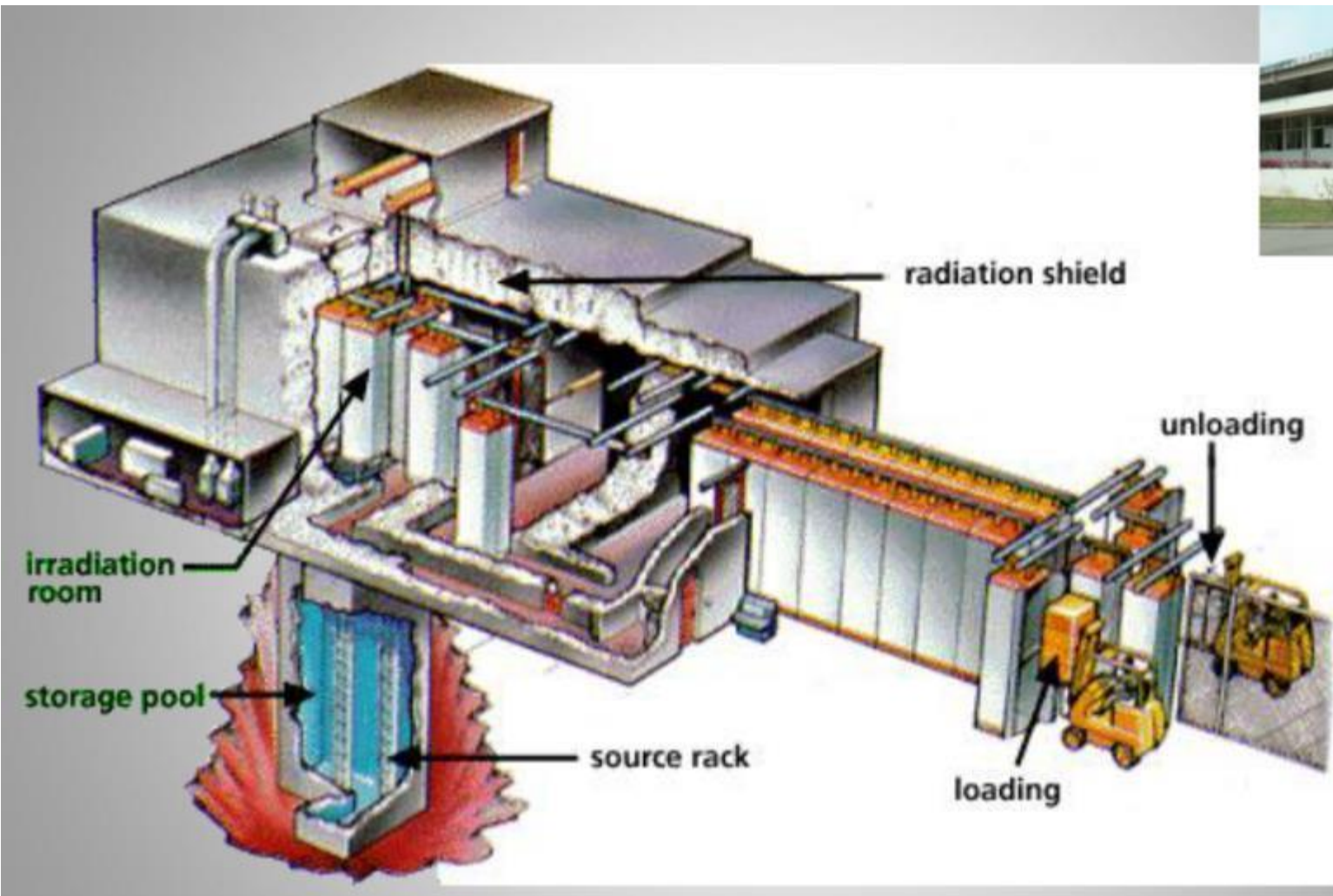
中間

線量率

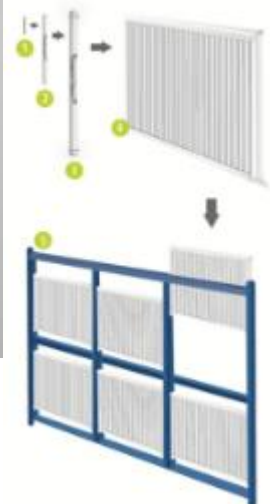
kGy/h

kGy/s

kGy/min



コバルト線源



Dr Walaikorn Rattanadechakul DOA Thailand, IAEA/RAS5057 workshop (2013)

照射農産物搬入口（ドック）

タイ照射センター（TINT）

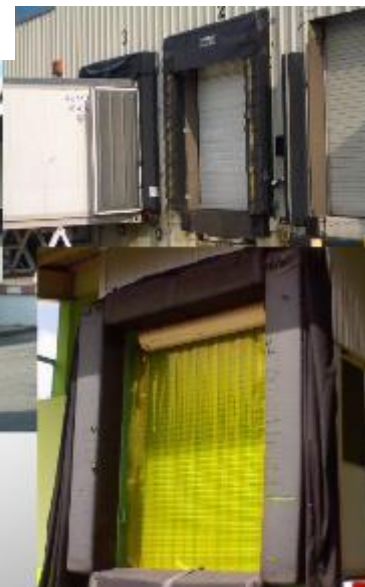


米国の植物検疫当局
USDA/APHISに
米国向け農産物を照射
することについて、認可
された施設。
(2007年～)

搬入の際に害虫の侵入を防ぐ設計



2重ドアシステム



照射用果実パッケージ



照射施設への農産物の搬入

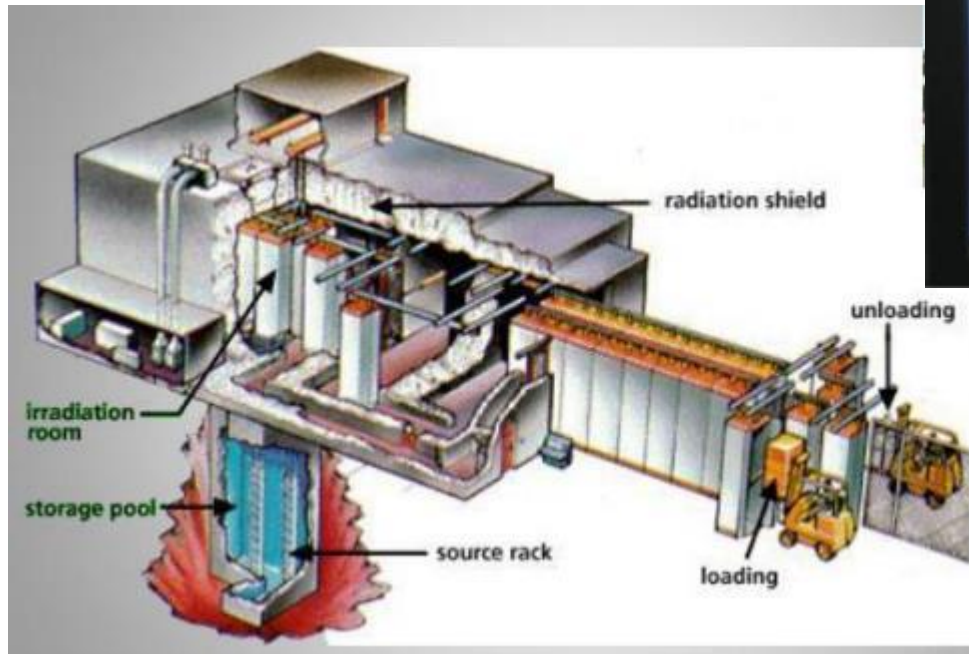
Export procedure

From Dr Walaikorn Rattanadechakul DOA Thailand 2013, Dr Naruemon Neramitmansook TIC 2015



W60 cm.X L120cm.X H120 cm

照射 キャリア/コンテナに入れた果実の箱を遮蔽された照射室内に搬送し、コバルト線源の周りを通過させる



遠隔操作



吸収線量のチェック



線量計



線量測定：

放射線のエネルギーを吸収して色が変化するフィルムなど（＝線量計）を使って、予め【線量-レスポンス】の校正曲線を作成しておく。

製品荷体とともに線量計を照射し、そのレスポンスから製品に吸収された線量を読みだす。

輸出用コンテナ積み込み前の検査（植物検疫当局による検査）



コンテナのシール（封印）



植物検疫証明書

ORIGINAL	
PHOTOGRAPHY CERTIFICATE	
1. Name of the person who has been photographed	
2. Name of the person who has been photographed	
3. Name of the person who has been photographed	
4. Name of the person who has been photographed	
5. Name of the person who has been photographed	
6. Name of the person who has been photographed	
7. Name of the person who has been photographed	
8. Name of the person who has been photographed	
9. Name of the person who has been photographed	
10. Name of the person who has been photographed	
11. Name of the person who has been photographed	
12. Name of the person who has been photographed	
13. Name of the person who has been photographed	
14. Name of the person who has been photographed	
15. Name of the person who has been photographed	
16. Name of the person who has been photographed	
17. Name of the person who has been photographed	
18. Name of the person who has been photographed	
19. Name of the person who has been photographed	
20. Name of the person who has been photographed	
21. Name of the person who has been photographed	
22. Name of the person who has been photographed	
23. Name of the person who has been photographed	
24. Name of the person who has been photographed	
25. Name of the person who has been photographed	
26. Name of the person who has been photographed	
27. Name of the person who has been photographed	
28. Name of the person who has been photographed	
29. Name of the person who has been photographed	
30. Name of the person who has been photographed	
31. Name of the person who has been photographed	
32. Name of the person who has been photographed	
33. Name of the person who has been photographed	
34. Name of the person who has been photographed	
35. Name of the person who has been photographed	
36. Name of the person who has been photographed	
37. Name of the person who has been photographed	
38. Name of the person who has been photographed	
39. Name of the person who has been photographed	
40. Name of the person who has been photographed	
41. Name of the person who has been photographed	
42. Name of the person who has been photographed	
43. Name of the person who has been photographed	
44. Name of the person who has been photographed	
45. Name of the person who has been photographed	
46. Name of the person who has been photographed	
47. Name of the person who has been photographed	
48. Name of the person who has been photographed	
49. Name of the person who has been photographed	
50. Name of the person who has been photographed	
51. Name of the person who has been photographed	
52. Name of the person who has been photographed	
53. Name of the person who has been photographed	
54. Name of the person who has been photographed	
55. Name of the person who has been photographed	
56. Name of the person who has been photographed	
57. Name of the person who has been photographed	
58. Name of the person who has been photographed	
59. Name of the person who has been photographed	
60. Name of the person who has been photographed	
61. Name of the person who has been photographed	
62. Name of the person who has been photographed	
63. Name of the person who has been photographed	
64. Name of the person who has been photographed	
65. Name of the person who has been photographed	
66. Name of the person who has been photographed	
67. Name of the person who has been photographed	
68. Name of the person who has been photographed	
69. Name of the person who has been photographed	
70. Name of the person who has been photographed	
71. Name of the person who has been photographed	
72. Name of the person who has been photographed	
73. Name of the person who has been photographed	
74. Name of the person who has been photographed	
75. Name of the person who has been photographed	
76. Name of the person who has been photographed	
77. Name of the person who has been photographed	
78. Name of the person who has been photographed	
79. Name of the person who has been photographed	
80. Name of the person who has been photographed	
81. Name of the person who has been photographed	
82. Name of the person who has been photographed	
83. Name of the person who has been photographed	
84. Name of the person who has been photographed	
85. Name of the person who has been photographed	
86. Name of the person who has been photographed	
87. Name of the person who has been photographed	
88. Name of the person who has been photographed	
89. Name of the person who has been photographed	
90. Name of the person who has been photographed	
91. Name of the person who has been photographed	
92. Name of the person who has been photographed	
93. Name of the person who has been photographed	
94. Name of the person who has been photographed	
95. Name of the person who has been photographed	
96. Name of the person who has been photographed	
97. Name of the person who has been photographed	
98. Name of the person who has been photographed	
99. Name of the person who has been photographed	
100. Name of the person who has been photographed	

第2項

処理の効果(目的):

殺虫 Mortality

不妊化 Sterility

発育阻止(羽化防止など) Inability to emerge/fly

不活性化、失活* Inactivity or devitalization

* 植物の不活化(例えば、種子が発芽するが生育しない、または塊茎、球根または穂木が発芽しない)も含む。

病原体のベクターを対象とする場合には、死亡率のようなレスポンスが適切である。

ベクターではなく品目の表面または内部に残る有害動植物については、不妊化が適切なレスポンスである。

処理のあとでも生きた虫が発見されることがある

植物検疫処理のパラダイムシフト

PT	検疫害虫 学名 (和名)	効果	最低線量	対象品目
1	<i>Anastrepha ludens</i> (メキシコミバエ)	羽化防止	70 Gy	全ての果物、野菜
2	<i>Anastrepha obliqua</i> (ニシインドミバエ)	羽化防止	70 Gy	全ての果物、野菜、ナッツ
3	<i>Anastrepha serpentina</i> (ウスグロミバエ)	羽化防止	100 Gy	全ての果物、野菜
4	<i>Bactrocera jarvisi</i> (和名なし : ミバエ科の一種)	羽化防止	100 Gy	全ての果物、野菜
5	<i>Bactrocera tryoni</i> (クインスランドミバエ)	羽化防止	100 Gy	全ての果物、野菜
6	<i>Cydia pomonella</i> (コドリンガ)	羽化防止	200Gy	全ての果物、野菜
7	fruit flies of the family Tephritidae (generic : ミバエ科全般)	羽化防止	150 Gy	全ての果物、野菜
8	<i>Rhagoletis pomonella</i> (リンゴミバエ)	蛹成長防止	60 Gy	全ての果物、野菜
9	<i>Conotrachelus nenuphar</i> (スモモゾウムシ)	成虫不妊化	92 Gy	全ての果物、野菜
10	<i>Grapholita molesta</i> (ナシヒメシンクイ)	羽化防止	232 Gy	全ての果物、野菜
11	<i>Grapholita molesta</i> under hypoxia ナシヒメシンクイ (低酸素下)	産卵防止	232 Gy	全ての果物、野菜
12	<i>Cylas formicarius elegantulus</i> (アリモドキゾウムシ)	次世代成虫成長防止	165 Gy	全ての果物、野菜
13	<i>Euscepes postfasciatus</i> (イモゾウムシ)	次世代成虫成長防止	150 Gy	全ての果物、野菜
14	<i>Ceratitis capitata</i> (チチュウカイミバエ)	羽化防止	100 Gy	全ての果物、野菜
19	<i>Dysmicoccus neobrevipes</i> Beardsley (バナナコナカイガラムシ) <i>Planococcus lilacinus</i> (Cockerell) (タイワンコナカイガラムシ) <i>Planococcus minor</i> (Maskell) (ニセミカンコナカイガラムシ)	雌成虫の不妊化	231 Gy	3種のカイガラムシが寄生する全ての果物、野菜
20	<i>Ostrinia nubilalis</i> (ヨーロッパアワノメイガ)	次世代成虫 成長防止 次世代孵化防止	289Gy 343Gy	全ての果物、野菜

2019年7月時点、32本の処理基準採択：放射線(16),低温(9),蒸熱処理(5),フッ化スルフリル(2)

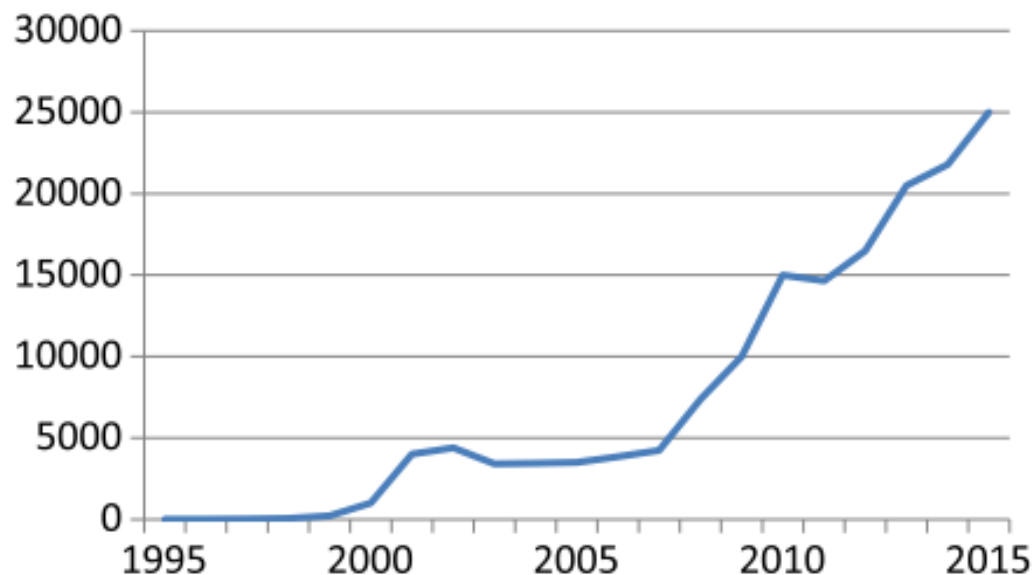
- ・ 連続処理が可能
- ・ 温度上昇がない（品質が良好）
- ・ 線量による管理が容易/再現性が良い
- ・ ホスト農産物によらず広範な適用範囲
- ・ 薬剤を使わない。（残留検査、ガスの放出が不要）

● *Ceratitis capitata* (チチュウカイミバエ) に対する処理基準 (例)

PT14	放射線照射 (羽化防止)	100 Gy	当該害虫が寄生する全ての果物、野菜
PT26/1	低温処理	中心温度 $2^{\circ}\text{C} \geq$ 16日	<i>Citrus limon</i> レモン
PT26/2	低温処理	中心温度 $3^{\circ}\text{C} \geq$ 18日	<i>Citrus limon</i> レモン
PT27/1	低温処理	中心温度 $2^{\circ}\text{C} \geq$ 19日	<i>Citrus paradise</i> グレープフルーツ
PT27/2	低温処理	中心温度 $3^{\circ}\text{C} \geq$ 23日	<i>Citrus paradise</i> グレープフルーツ
PT28	低温処理	中心温度 $2^{\circ}\text{C} \geq$ 23日	<i>Citrus reticulata</i> マンダリンオレンジ
PT29	低温処理	中心温度 $2^{\circ}\text{C} \geq$ 16日	<i>Citrus clementina</i> Hort. ex Tanaka クレメンティン

低温処理では、ホスト農産物により同じ害虫に対する処理条件が異なる

IAEAの国際共同研究（1980年代～）により、研究プロトコル整備、データの集積が進んだ



1995年に商業利用が開始されてからの年間当たりのトン数

推進力

- 高品質な熱帯生鮮物への需要の増加
- 広範囲な害虫および農産物への照射の適用性
- 農産物に対する影響が最小限の低線量で処理条件が設定
- 多くの他の処理法に比べ優位な品質の果物を供給

- ① より多くの国々が貿易に関与, ② より多くの種類の生鮮物が照射, ③ より多くの処理が国際基準に採択



照射生鮮物の国際貿易 2017 > 30,000 tons

輸入 (2016)

1. 米国*	30,000	グアバ, マンゴ, サツマイモ
2. ニュージーランド	1,190	マンゴ, トマト, ライチ
3. ベトナム	1,120	ブドウ, マンダリン, オレンジ

*ハワイからの国内移動を含む

輸出 (2017)

1. メキシコ	17,200	グアバ, マンゴ, 唐辛子
2. ハワイ	~ 8,000	サツマイモ, パパイア (国内)
3. ベトナム	6,000	ドラゴンフルーツ, ロンガン
4. オーストラリア	4,000	マンゴ, ライチ, サクランボ

米国における照射検疫処理

- 米国で認可されている植物検疫（消毒）処理；「Treatment manual」

化学薬剤（臭化メチル、ホスフィン、フ化スルフル）

低温処理

急速凍結処理

熱処理（乾熱、蒸熱、温水）

放射線照射（ガンマ、電子、エックス線）

臭化メチル（オゾン層破壊物質）の廃止

→ 物理処理への転換

照射処理は対象物の形状を選ばない

- ・ 1986年 FDAはすべての青果物の 1 k Gy までの殺虫処理を許可
- ・ 1997年 7月 – ハワイから米本土向け果実の許可
- ・ 2002年 10月 – 輸入検疫における放射線照射の基本的な規則の制定
- ・ 2006年 1月 – 最低線量基準の拡大と一般線量（Generic Dose）の設定
2月 インドとの2国間協定（2008年より マンゴの輸出開始）
- ・ 2007年 7月 タイとの協定 6種類果実許可、輸入開始
- ・ 2012年 7月 – 南部国境地域の照射施設認可

Preclearance

対米輸出国の
認可施設での処理

Port of Entry

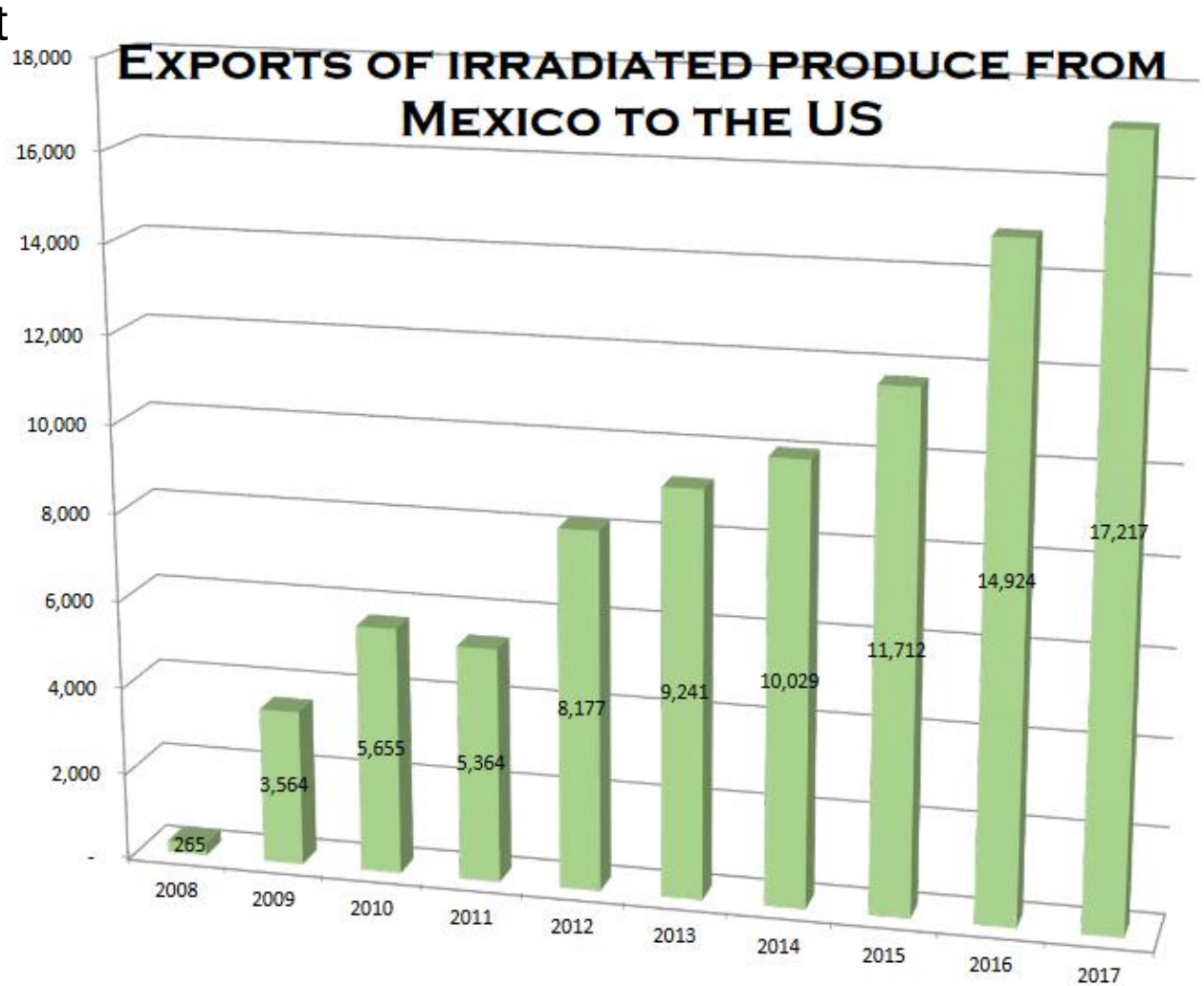
輸入農産物の
米国内での処理

国内検疫（移動制限 ハワイ→本土）

Hawaii Pride社：転換エックス線（2000）
Pa'naHawaii 社：60-Co（2012）
サツマイモ 熱帯果実



輸出検疫
へ展開



輸出の78% はグアバ
米国 3,300 店舗で
販売

Metric Tons



Alberto Díaz M. 8th Chapman Phytosanitary Irradiation Forum June 2018 – Bangkok, Thailand
https://www.chapman.edu/scst/_files/conferences-and-events/22-albertodiaz---svf-presentacion-chapman-forum-2018---bangkok-1.pdf

輸出国での照射 (Preclearance)



米国への最大の輸出国

グアバ
トウガラシ
マンゴスチン
スイートライム
マンゴ

Matehuala, San Luis Potosi, Mexico の BENEION の照射施設 2011オープン



トン

	インド	メキシコ	南アフリカ	タイ	ベトナム	(オーストラリア)*	合計
2007	0	0	0	195	0		195
2008	276	262	0	2,440	121		3,099
2009	132	3,559	0	2,247	117		6,055
2010	94	5,672	0	1,540	754		8,060
2011	80	5,539	0	743	1,445		7,807
2012	217	8,349	16.5	937.5	1,764		11,286.5
2013	283	9,526	16.5	1,060.5	1,967		12,853.5
2014	265.5	10,119.5	0	843	2,293		13,617.5
2015		11,712					
2016		14,924					
2017	1042	17,217	-	554.6	8,531	73.2	27417.8

Preclearance : USDAの植物検疫官が輸出国の施設で処理を確認。→輸入後は直ちに流通が可能

以下の複数年の発表資料を元に作成

Laura A. Jeffers USDA/APHIS 2015 March https://www.chapman.edu/scst/_files/news-and-events/jeffers.pdf

Alberto Díaz M, https://www.chapman.edu/scst/_files/conferences-and-events/22-albertodiaz---svf-presentacion-chapman-forum-2018---bangkok-1.pdf

https://www.chapman.edu/scst/_files/conferences-and-events/18B-maggie-smither---country-update.pdf

施設

- National Center for Ebeam Research テキサス
- Gateway America ミシシッピ
- Sadex アイオワ

マンゴ (メキシコ、パキスタン、ドミニカ)

ザクロ, イチジク (ペルー)

ライチ (南アフリカ)

ゴールデンアップル (タマゴノキ) (グレナダ)

2017年の 処理量 合計は、 1,014 トン

USDA 2012年より南部での照射施設認可



FEBRUARY 2017:

North Bay Produce, Traverse City, Michigan began importing fresh irradiated pomegranates and figs from Peru.

The USDA-APHIS approved shipments came from Agricola Athos in Lima, Peru. Mark Girardin, President of North Bay Produce, credits the vision of Jorge Checa of Agricola Athos, the valuable cooperation of SENASA PERU, USDA-APHIS, Gateway America, Gulfport, Mississippi and Federal Strategies, to make this vision become a reality. The black mission variety figs were shipped by air from Lima and trucked to Gateway America in Gulfport, Miss., for irradiation. The fruit then was shipped to distribution warehouses directly or to North Bay Produce's mid-America facility in Mascoutah, Illinois.



2017年2月

North Bay Produce社 (ミシガン州Traverse市) は、ペルーから照射したザクロ及びイチジクの輸入を開始

USDA-APHISは、ペルーのリマのAgricola Athos社からの出荷を承認した。North Bay Produce社の社長マーク・ガーディアン(Mark Girardin) は、この成功は、Agricola Athos社のジョージ・チェカの優れたビジョン、SENNASA PERU (ペルー植物検疫当局)、USDA-APHIS、ミシシッピ州GulfportのGateway AMERICA社 (照射会社)の協力体制、および、このビジョンを実現に導く連邦政府の戦略の賜物であるとしている。

Black mission種のイチジクは、リマからの空輸され、ミシシッピ州GulfportのGateway Americaにおいて照射された。その後、果物は、直接、各地の流通倉庫、あるいは、イリノイ州のMascoutahにあるNorth Bay Produceの中東アメリカの施設に出荷された。

CW Hawaii Prides社 (エックス線)

2000年開設 青果物専用施設, ハワイ島 ヒロ



Okinawa
sweet potato



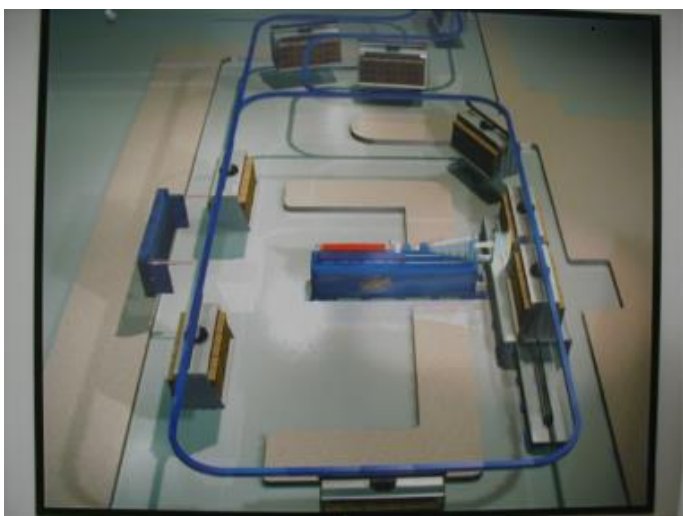
2017の処理量
約6,000t
内サツマイモ
4,800t

Pa'inaHawaii社 (60-Co ガンマ線)

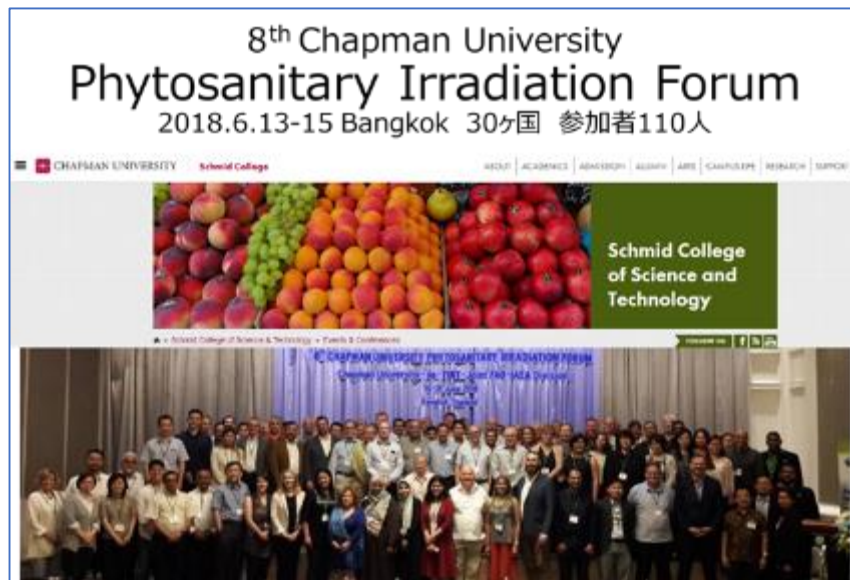
2013年開設 青果物専用施設, ハワイ島 カイオウ



プール中のコバルト線源近く
にコンテナを沈めて照射



- USDAは米国産農産物の照射による輸出促進に関連する研究やその他活動を支援



2011年から、USDAが協力して開催している照射検疫に関する国際的な情報交換フォーラム。2018年バンコク、2020年3月メルボルン開催予定

- 米国はメキシコ国境にある照射施設を利用してモモの輸出に着手



United States Department of Agriculture

メキシコへのモモの輸出

Exports

Peaches to Mexico

South Carolina & Georgia peaches irradiated in Mississippi prior to export to Mexico



https://www.chapman.edu/scst/conferences-and-events/_files/188-maggie-smith---country-update.pdf

米国は（輸入）プログラムの開始に当たり、「輸出相手国」との2国間で同等作業計画体制(Framework Equivalency Work Plan - **FEWP**) に合意している。これは、放射線照射された農産物の貿易を許可する全般的な条件の相互承認を構築するものである。つまり、米国への輸入に際して認めた照射の条件は、米国から相手国への照射農産物の「輸出」に際しても承認される。
＝ Port of Entryのシステムで輸入に利用される照射施設は、相手国への輸出においても承認される。

- 1991 オーストラリア/ニュージーランド 間で食品安全基準の統一に合意
食品照射を是認する基準制定の方針決定
- 1992 WHO オーストラリア政府の求めに応じ安全性再評価 1994報告書
- 1999 食品照射基準 AU基準 A17 (のちのFSANZ 食品基準 1.5.3制定)
食品照射の一般的な規則決定 (許可品目は空欄)
- 2001 FSANZ 香辛料・ハーブ・ハーブ茶の許可 (殺虫、殺菌、検疫処理) 1.5.3改訂)
- 2003 FSANZ 果実(10種類)照射許可 A443 (植物検疫処理 最小0.15kGy, 最大1kGy)
- 2004 オーストラリア→ニュージーランド への熱帯果実(マンゴ)輸出開始 世界初
- 2008 オーストラリア→マレーシア への果実輸出開始
- 2012 FSANZ 柿の照射許可 A1038 (植物検疫処理 0.15kGy 1kGy)
- 2013 ジメトエート処理のトマト、唐辛子への使用禁止
- 2013 FSANZ トマト・唐辛子の照射許可 A1069 (植物検疫処理 0.15kGy 1kGy)
AU → NZ への トマト輸出開始
- 2014 植物検疫処理対象の果実野菜を拡大 A1092
リンゴ、アンズ、サクランボ、ハネデューメロン、ネクタリン、モモ、プラム、ロックメロン、イチゴ、
ブドウ、ズッキーニ (2015年 2月 官報掲載)
- 2016 ブルーベリー, ラズベリー A1163 (2017 1月官報掲載)

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



+ 2 more



www.mpi.govt.nz • 12

食品安全当局（FSANZ）により安全性審査の上
26種類の青果物について、検疫目的の照射が
許可されている。

最小 150Gy, 最大 1 kGy

収穫期	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08	2008-09	2009-10	2010-11*	2011-12	2012-13	2013-14	2015-16
マンゴ (NZ/AU/マレーシア)	19	129	201	346	585	1,095	620	918	1018	866	1480
トマト (NZ)	-	-	12	1	-	-	-			413	430
トウガラシ (NZ)	-									58	28
ライチ (NZ)	-	5	10	20	57	110	15	132	76	29	34
パパイア (NZ)	-	-	12	1	-	-	-			22	
プラム (インドネシア)	-	-	12	1	-	-	-				2
ブドウ (インドネシア)											28
合計	19	134	223	367	642	1205	635	1050	1094	1388	2002

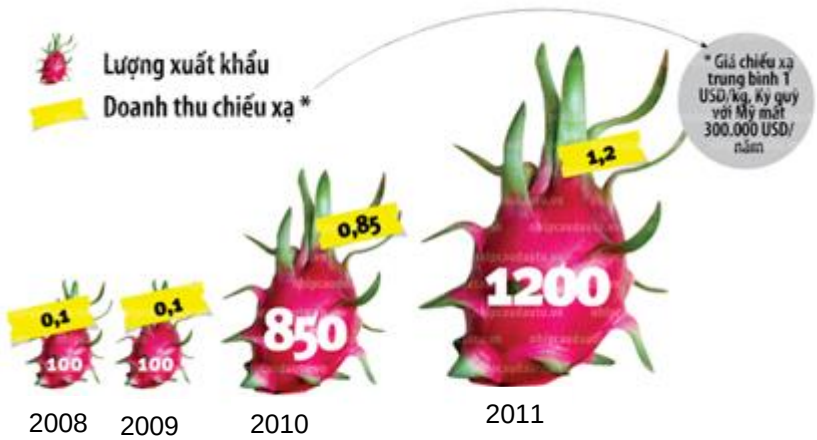


		2017-18	2016-17
農産物	輸出先	トン	トン
ブドウ	ベトナム	1 747	1109
マンゴ	ニュージーランド	1 297	982
サクランボ	ベトナム	402	0
トマト	ニュージーランド	269	134
ライチ	ニュージーランド	230	72
マンゴ	米国	107	141
パパイア	ニュージーランド	22	0
マンゴ	マレーシア	14	0
ライチ	米国	16	6
唐辛子	ニュージーランド	9	0
マンダリンオレンジ	ベトナム	55	161
オレンジ	ベトナム	54	
TOTAL		4 222	2723



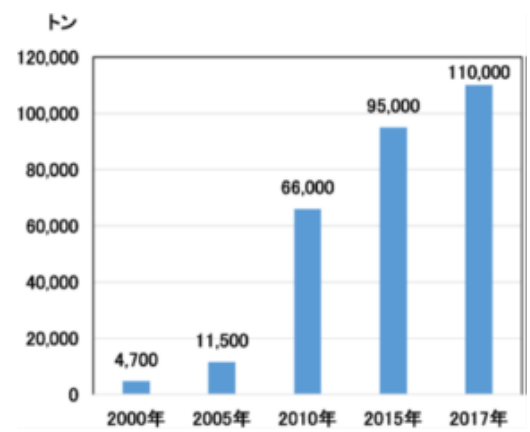
+50%

ドラゴンフルーツの照射 (2008年～)



Tran Minh Quynh IAEA/ RAS5057 (2013) 資料

2017年の米国への輸出量は**4,570**トン



ベトナムにおける食品の照射量の増加
(スパイスや冷凍魚介類等を含む全体量)

スターアップル (2017年～)



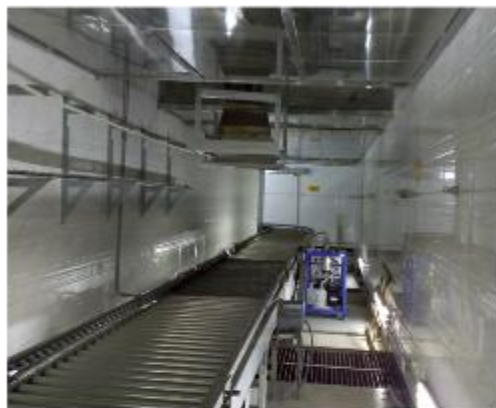
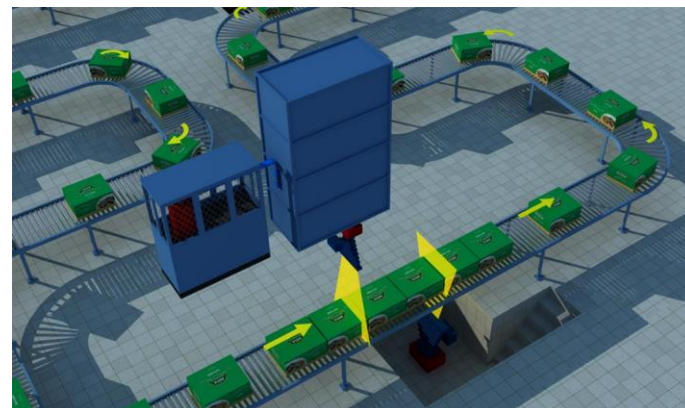
ベトナムからの照射農産物の輸出 (2017 年)

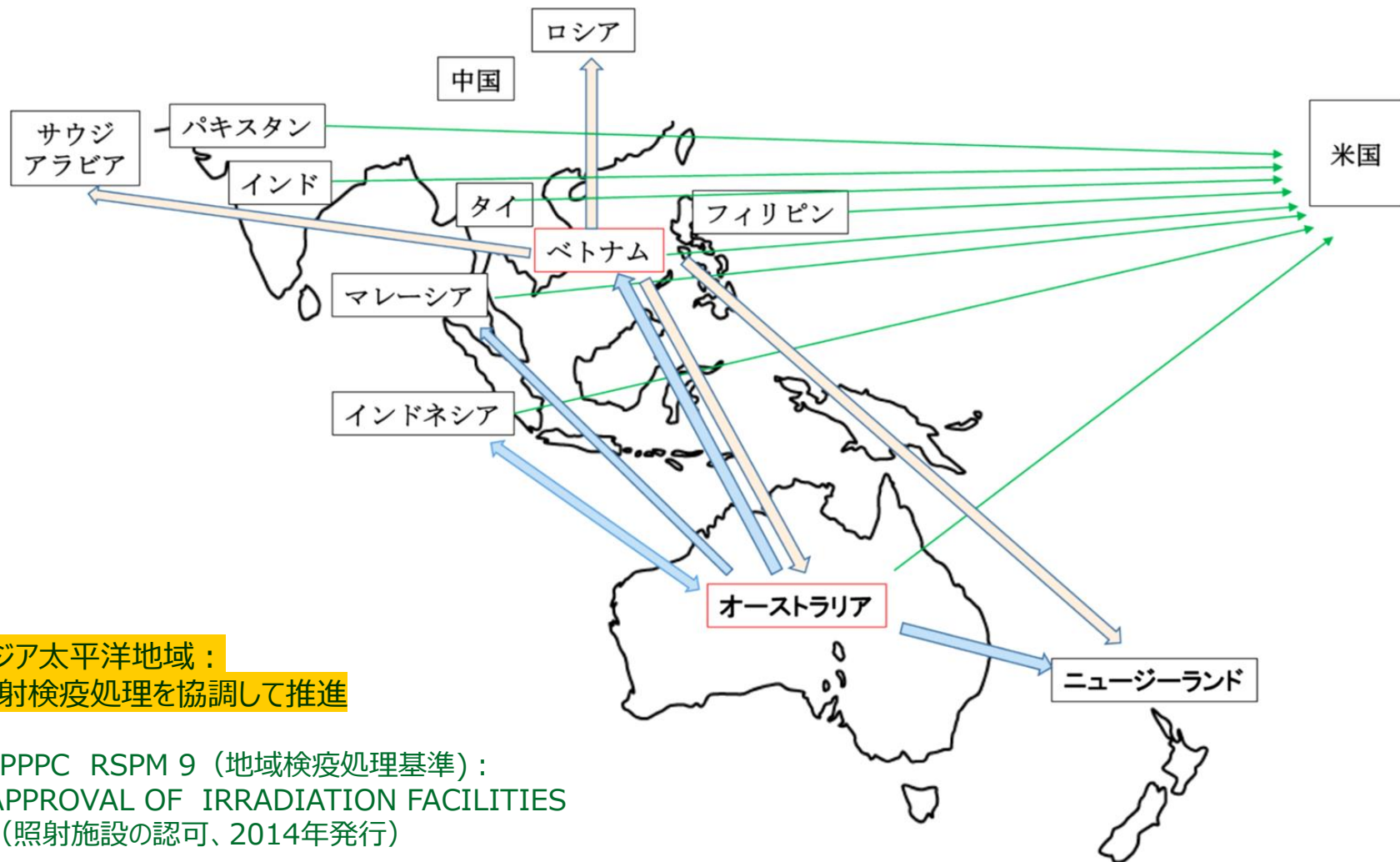
輸出先	輸出量 (トン)	品目
米国	7,396	ドラゴンフルーツ、ライチ、ロンガン、マンゴー、スランブータンターアップル
オーストラリア・ニュージーランド	245*	ライチ、マンゴー、ランブータン
ロシアおよびサウジアラビア	< 1,000	新鮮果実・野菜
合計	8,641	

* 2017 年に認可された HIC のライチ 47 トン、マンゴー3 トンを含む。

- ・萍郷市、広西チワン族自治区, ベトナム国境
- ・2 x 7.5 kW – 10 MeV 直線加速器(Nuctech社)
- ・電子線を上面および下面からの両面照射する方式

現在は稼働に向け調整中





アジア太平洋地域：
照射検疫処理を協調して推進

・APPPC RSPM 9 (地域検疫処理基準) :
APPROVAL OF IRRADIATION FACILITIES
(照射施設の認可、2014年発行)

・2019年2月25日-3月1日
APPPC 照射検疫に関する地域ワークショップ開催
(ベトナム/ハノイ)

APPPC: Asia and Pacific Plant Protection Commission

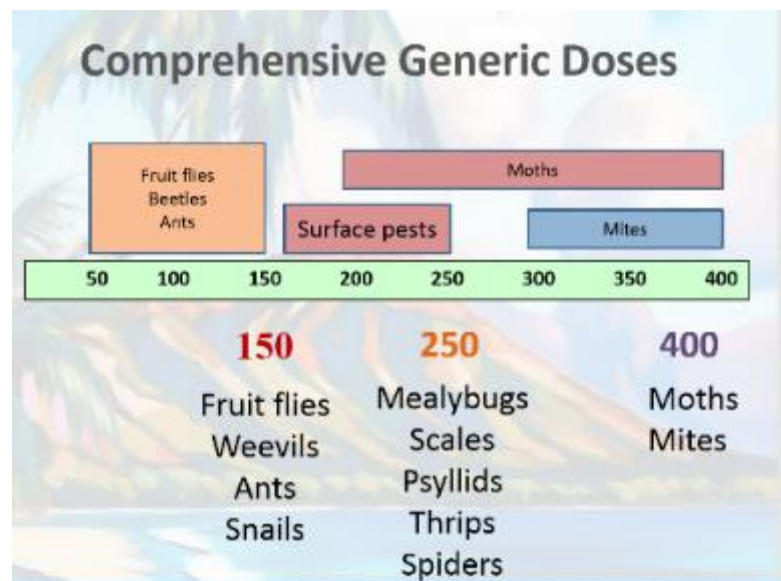
久米・等々力 : RADIOISOTOPES, 68, 1-10 (2019)

Generic Dose (ジェネリック線量)

(属、科などに共通な処理線量の確立)

- ISPM28 PT7 : *Tephritidae* ミバエ科 150Gy
- USDA チョウ目の成虫・蛹以外の害虫 400Gy
Tortricidae属の卵と幼虫 290Gy

より多くのGeneric線量の設定のため
IAEAが国際研究プロジェクト実施 (2009-2014)



Peter FOLLETT 8th PI Forum
https://www.chapman.edu/scst/_files/conferences-and-events/30-follett-future-pi-imagine.pdf

Combination Treatment

(照射 + 低温組み合わせ処理)

柑橘類は放射線に対する感受性が高い: 外皮のピitting
 低温と組み合わせ、処理線量を下げ障害を軽減出来ないか

USDAの研究



Valencia oranges

treatment	*Brix (mean n=10)	Weight final (g)	% unsalable
Pre-treatment	12.89	---	0
150 Gy	13.20	173.33	3.13
50 Gy	12.56	172.37	6.25
0 Gy (control)	12.90	174.51	15.63



150 Gy + cold



Control (0 Gy)

照射処理 (150Gy) + 低温処理 (2℃ 5日)
 室温2週間保存後の外観

https://www.chapman.edu/scst/_files/conferences-and-events/3-andrea-beam---usda-research-updates.pdf

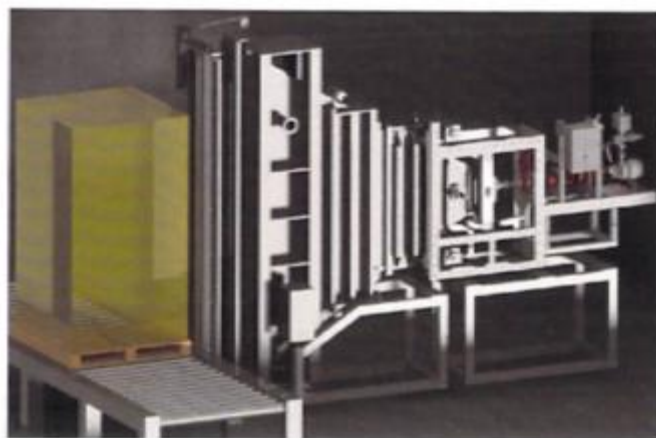
研究成果は今後国際基準への提案が見込まれる

背景：コバルト輸送にかかるセキュリティの問題（線源供給が難しくなるかも？）

放射性同位元素(^{60}Co)を使うガンマ線照射→加速器を利用した工程

- ・電子線や変換エックス線を利用した照射プロセスに期待
- ・インライン処理が可能な低エネルギーエックス線装置の開発(USDA/ARS)

新規大型照射施設の開設



Mevex X-ray is designed to process full sized pallets 2 meters tall

- ・タイ照射センター（バンコク）
- ・Steritech（メルボルン）

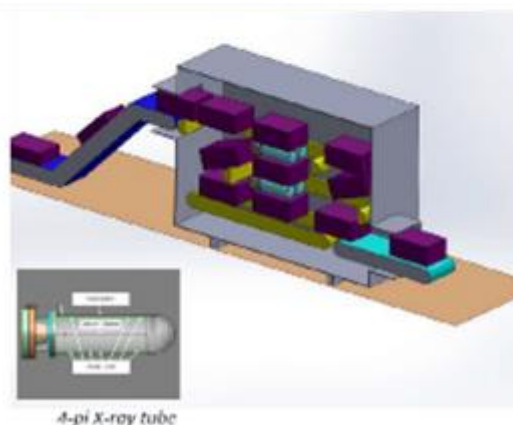
照射検疫用**X線**照射施設
2019年操業開始予定

Mevex 社 パンフレットより

USDAは小型（キャビネットタイプ） 低エネルギーX線装置を開発中



空港の手荷物検査の
イメージ、自己遮蔽型の
装置で小箱の処理が
出来ないか？



P. Follet 2017 食品照射研究協議会照射検疫セミナー資料

輸入切り花の電子線、変換X線による防疫処理研究

(1990年代：農水省横浜植物防疫所・食品総合研究所)

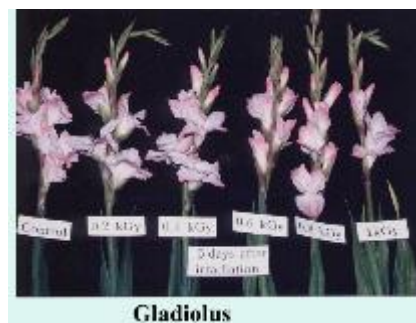
1992年米国EPAが臭化メチルのオゾン層破壊能を明らかにし、同年11月に第4回モントリオール議定書締約国会合で臭化メチルの禁止が提案された。

- わが国でも代替殺虫法が必要と考え電子線の効果を検証することとした。
- FAO/IAEAの国際共同研究：ミバエ以外の害虫の放射線感受性データを集積するプロジェクトを実施（1992-95）
- 食品総合研究所（当時）は同上プロジェクトに参加、横浜植物防疫所と協力して、多種の害虫の電子線感受性と切り花の障害について検討

Effects of Electron Beams on Pests

Species	Stage	100Gy	200Gy	400Gy	600Gy
Spider mite ハダニ (<i>Tetranychus urticae</i>)	egg			B	B
	larva & nymph			B	B
	adult		X	B	B
Mealybug カイガラムシ (<i>Pseudococcus comstocki</i>)	egg		B	A	A
	larva		B	B	B
	adult		X	B	B
Leafminer ハマキ (<i>Liriomyza trifolii</i>)	egg	A	A		
	larva	A	A		
	pupa	A	A		
Thrips アザミウマ (<i>Thrips palmi</i>)	egg	A	A	A	
	larva	B	B	B	
	adult	X	X	B	
Thrips アザミウマ (<i>Thrips tabaci</i>)	egg	A	A	A	
	larva	B	B	B	
	female adult	X	X	B	
Cutworm ヨトウ (<i>Spodoptera litura</i>)	egg	A	A	A	
	larva	A	A	A	
Aphid アブラムシ (<i>Myzus persicae</i>)	nymph & adult		B	B	B

A: dead, inhibition of adult emergence B: sterilized X: no effect



Gladiolus



Dendrobium



Calla

切り花の放射線感受性/耐性を調査するとともに、障害軽減法を検討

横浜植物防疫所では、電子線/エックス線照射における実用照射形体における線量分布調査も実施

多くの害虫に400Gyが効果的

→ USDAのジェネリック線量設定に貢献

平成30年度我が国の輸出に有利な国際的検疫処理 基準の確立、実証委託事業（農水省：H31年度も継続中）

柑橘類(ミカンバエ)、 リンゴ(モモシンクイガ)



1. 温度処理による殺虫試験

モモシンクイガ ← 低温処理

ミカンバエ ← 高温処理

2. ヨウ化メチルくん蒸処理による殺虫試験

3. 放射線照射による殺虫試験及び果実障害試験

モモシンクイガ → 提案されている照射基準の精査

ミカンバエ → ミバエ科の処理基準（ISPM28, PT7）を精査

果実の障害試験

- ・植物検疫処理に放射線照射を利用するための要件について国際基準が整備され、個別の処理基準が継続的に拡充されている。
- ・輸出/輸入国間で合意された手続きに沿って、照射施設の認可や処理および輸送のプロセスが保証され、照射農産物の国際貿易が実現している。
 - ・照射検疫を活用する国の数、農産物の種類、処理量は継続的に増加（約20ヶ国、年間3万トン超）
 - ・当初、米国の輸入やオーストラリアからニュージーランドへの輸出に限定されていたプログラムが、アジア・太平洋地域における双方向の貿易にも発展（ベトナム・オーストラリアの役割）
- ・国際的な枠組みによる共同研究やワークショップ等が実施され、技術開発と普及に貢献している。多くの国が、戦略的にこれらの国際活動に参加している。
- ・低エネルギーx線による新規装置の開発、照射農産物の品質低下防止技術など、自国農産物の輸出機会の拡大にむけて各国で活発な研究開発が実施されている。
- ・わが国は、過去に切り花を対象に、体系的なデータ収集を行った実績を有する。
H30年度より国産農産物の輸出に有利な検疫処理基準の確立をめざした農水省の研究事業として、照射処理も取り上げられ、研究が実施されている(約20年ぶり)。

海外情勢の把握と技術の正確な理解に基づき、戦略の策定と国内インフラの整備を！

	ガンマ線	電子線	X線
オーストラリア	• Steritech(Queesland)		• Steritech (Melborune) (2019稼働予定)
インド	• IFC,Navi,Mumbai • Krushak, Lazalgaon, Maharashtra • Innova,Bangalore		
メキシコ	• Sterigenics • Benebion		
南アフリカ	• Hepro		
タイ	• TINT-Tahi Irradiation Center • Synergy Health		• TINT(2019 稼働予定)
米国	• Geteway(MI) • Pa'ina(HI) • Sterigenics(FL)	• Sadex (Iowa) • National Research Center for Electron Beam(Texas)	• Hawaii Pride(HI)
ベトナム	• Anphu • Hanoi Irradiation Center		• Sonson

1. 権限 (各国の植物検疫当局 : NPPOの責任)

2. 処理の目的

植物検疫措置としての放射線照射を利用することの目的は、規制有害動植物の侵入または、まん延を防止することである。これは、以下のような対象有害動植物における或る一定のレスポンスを達成することによって実現できる：

- － 殺虫（菌）、
- － 健全な発育の阻止（例えば、成虫の羽化の阻止）
- － 繁殖阻害（例えば、不妊化）または
- － 不活性化。

放射線照射の植物検疫的利用は、植物の不活化（例えば、種子が発芽するが生育しない、または塊茎、球根または穂木が発芽しない）も含む。

2.1 効力

要求されるレスポンスと統計水準の記載が必要

処理が病原体のベクターを対象とする場合には、死亡率
但し、ベクターではなく品目の 表面または内部に残る有害動植物については、不妊化が適切なレスポンスである。

3. 処理

線源（60-Coまたは137-Csのガンマ線、

電子線10MeV以下）、エックス線（5MeV以下）

最小吸収線量（Dmin）が品目全体にわたって完全に達成されることの保証が必要

3.1 適用

照射を実施する場所・場面についての記述

4. 線量測定

4.1 線量測定システムの構成要素の較正

4.2 線量分布図作製

4.3 日常的な線量測定

5. 施設の承認

6. 植物検疫制度の完全性

6.1 処理施設での植物検疫上の安全性対策

6.2 ラベル表示

6.3 検証

7. 処理施設による文書化

7.1 手順の文書化

7.2 施設記録及び追跡性

8. NPPOによる検査及び植物検疫証明

8.1 輸出検査

8.2 植物検疫証明

8.3 輸入検査

8.4 輸出入検査における処理効力に関する 検証方法

8.5 NPPOによる管理及び文書化

9. 研究

- ◆ コバルト60 (Co-60) あるいはセシウム137 (Cs-137) から発生させたγ線
- ◆ 5 MeV (メガエレクトロンボルト) 以下のエネルギーのX線
- ◆ 10 MeV以下のエネルギーの電子線

図1主な放射線の分類

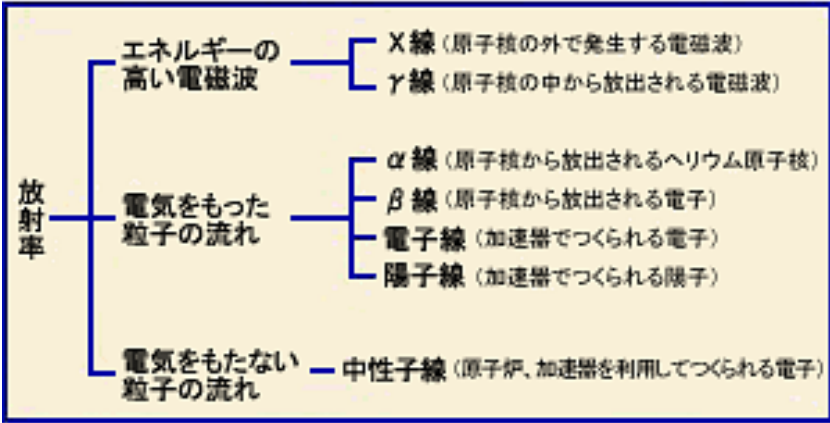
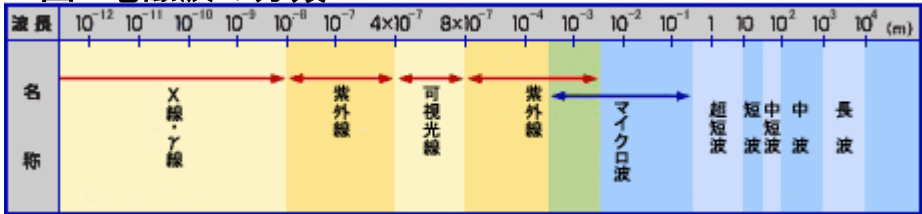


図2電磁波の分類



放射線の単位

MeV メガエレクトロンボルト
放射線のエネルギー量を表す単位

kGy キログレイ
放射線吸収量を表す単位

Gy = J/kg 10kGyの照射により
水1Lが2.4℃上昇する。

上述の放射線であれば、被照射物に新たな放射能を誘導しない

食品照射の実用例と必要な線量

- 芽止め（保存中の発芽防止） ～0.15 kGy
ジャガイモ、ニンニク
- 植物検疫処理、寄生虫の殺虫 0.1～1 kGy
熱帯果物、穀類、食肉・魚介類、 切り花
- 肉類、水産物の食中毒防止 1～5 kGy
赤身肉・家禽類、カエル脚、冷凍エビ・魚介類
- 香辛料など乾燥食品原材料の殺菌 ～10 kGy
スパイス・ハーブ類、乾燥野菜、 生薬、食品容器
- 無菌化（滅菌） 20～50 kGy
宇宙食、病人食、 医薬品、無菌動物用飼料

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）
- 1997 冷蔵冷凍赤身肉も照射許可（米）
- 1997 [WHO:10 kGy以上でも安全宣言](#)
- 1999 香辛料類を統一許可（EU）
- 2001 香辛料類の照射許可（豪、NZ）
- 2002 熱帯果実の照射許可（豪、NZ）
- 2003 [照射による検疫処理基準の採択、コーデックス規格の改定](#)
- 2005 牡蠣などの照射殺菌許可（米）
- 2007 インドから米国向けマンゴーの植物検疫用の殺虫照射開始
- 2008 レタスなどの照射殺菌許可（米）
- 2012 柿の検疫用照射許可（豪、NZ）

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、輸入香辛料モニタリング検査を開始
- 2008 野菜、茶、乾物に検査を拡大
- 2012 乾燥果実や貝類に検査を拡大

食品照射：日本の法規制

食品への放射線照射は原則禁止

- ・ 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、販売は禁止（食品衛生法第11条）
- ・ 食品を製造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。**（厚生省告示第370号：食品、添加物の規格基準、B 食品一般の製造、加工及び調理基準）
- ・ ただし、食品の製造工程又は加工工程の管理のための照射で、吸収線量が0.1 Gy以下のとき、及び（D 各条で）特別な定めをする場合は、この限りでない。
- ・ 発芽防止の目的で、馬鈴薯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（D 各条 穀類、豆類及び野菜 4. 野菜の加工基準）
 - （1）使用する放射線は、コバルト60のガンマ線とすること
 - （2）馬鈴薯の吸収線量が150 Gyを超えてはならない
 - （3）照射加工を行った馬鈴薯に対しては再度照射してはならない