

東京大学食の安全研究センター・第16回サイエンスカフェ

2016年1月7日(木) 14:00-15:30

一緒に考えよう。
食品照射のよいところ、
不安なところ

東京大学院農学生命科学研究科
田野井慶太郎

食品照射??

- 何を照射するの？

”放射線（電子線・ガンマー線）”

- なんで食べ物に放射線をあてるの？

”殺菌・殺虫・毒素を作らせない”

- 危なくないの？

”今日、一緒に考えましょう。”

ご質問をお受けします。

近くのポストイットに
食品照射について
お聞きしたいことを
書いてください。

食品照射ってどうやるの？

食品照射の様子を見てみましょう。

放射線を発生させる装置

電子線照射



食品照射の工程

医療用器具や医薬品、食品包装容器などの放射線殺菌は確立された技術

2006年現在、コバルト60のガンマ線、電子線を合わせ全国で24の商業用照射施設が稼働。
滅菌医療機器の売上に占める放射線滅菌機器の割合は45%に上る(2005年)

照射装置

運転操作条件の制御
(遠隔操作・
施設は安全に管理)

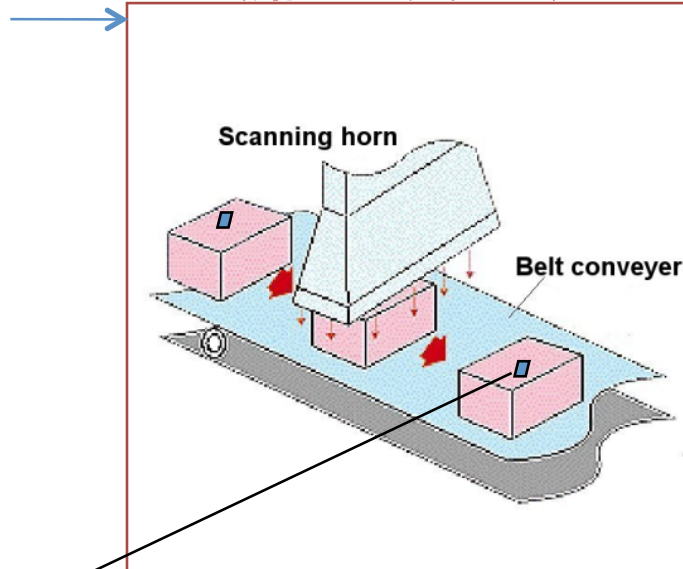
電子線・エックス線
電流・電圧
コンベア速度

ガンマ線
コバルト線源の能力
線源からの距離
コンベア速度

線量計を食品と一緒に照射
この値を読み出して 記録

記録の保管 適切な書類の添付
(管理が可能)

放射線を遮蔽する分厚い壁
(鉛・コンクリート)



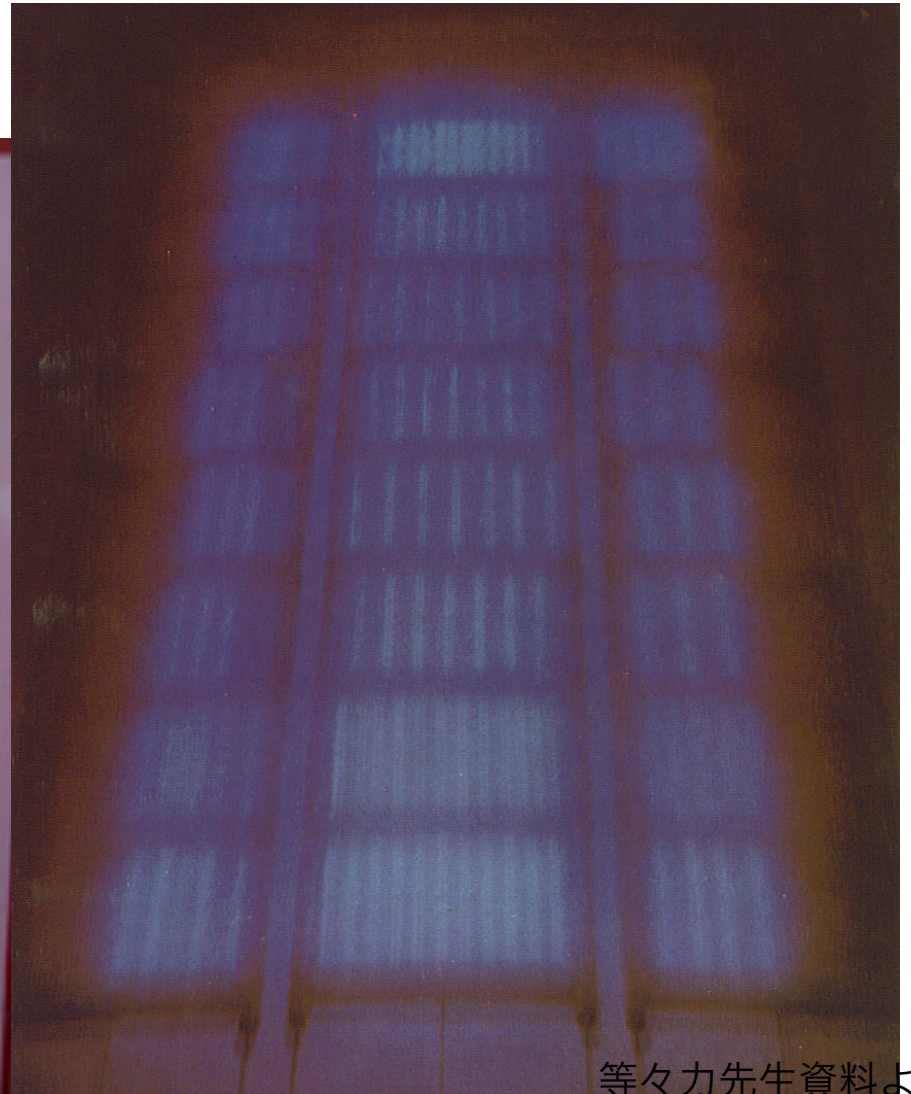
照射された食品は
放射能を出す性質を
持たない。

スイッチをOffにして、
線源を格納すれば
(電子線を止めれば)
照射室にはいること
ができる。

食品は包装状態のまま
温度上昇がほとんどなく
殺菌・殺虫・芽止めが可能

照射の前後も通常
の食品と同じような
衛生的な取扱いが
必要

γ 線照射 (Co-60の例)



ジャガイモの例 (士幌)



ジャガイモの栽培と収穫



輸送・貯蔵



照射



線量範囲：60 – 150 Gy、

照射ジャガイモの入れ替え



等々力先生資料より

貯蔵



ラベル

食品衛生法



JAS法

現行ラベルにはQRコードがついており アクセスすると 説明が読める

販売時



10 kg carton box



あじいもがっぺなに?

じゃがいもが芽が出ないように、ガンマ線をあてたじゃがいもです。
栄養を損なわずに長期間保存できるので、じゃがいもが品薄になる時期にも、鮮度を保ったおいしいじゃがいもをお届けできます。

どうして発芽がとまるの?
ガンマ線という光の仲間をじゃがいもにあてると、芽のもとになる細胞が増えることができます。ガンマ線はじゃがいもを透過してしまうので、じゃがいもの中には残りません。発芽が止まる以外に栄養成分や品質は変わりませんし、有害な物質もできません。

なぜ芽止めをするの?
じゃがいもは収穫後2〜3ヶ月の休眠期間が過ぎると発芽してしまうため、通常は低温貯蔵（2℃前後）して発芽を抑えながら出荷しています。しかし、気温が高くなってくる春先にはスーパーの店頭などでどうしても発芽してしまうので、JA士農協では3〜4月に出荷するじゃがいもの一部にガンマ線をあてて芽が出ないようにしています。

こうして、春先にも鮮度を保ったおいしい北海道産じゃがいもを食べていただくことができます。

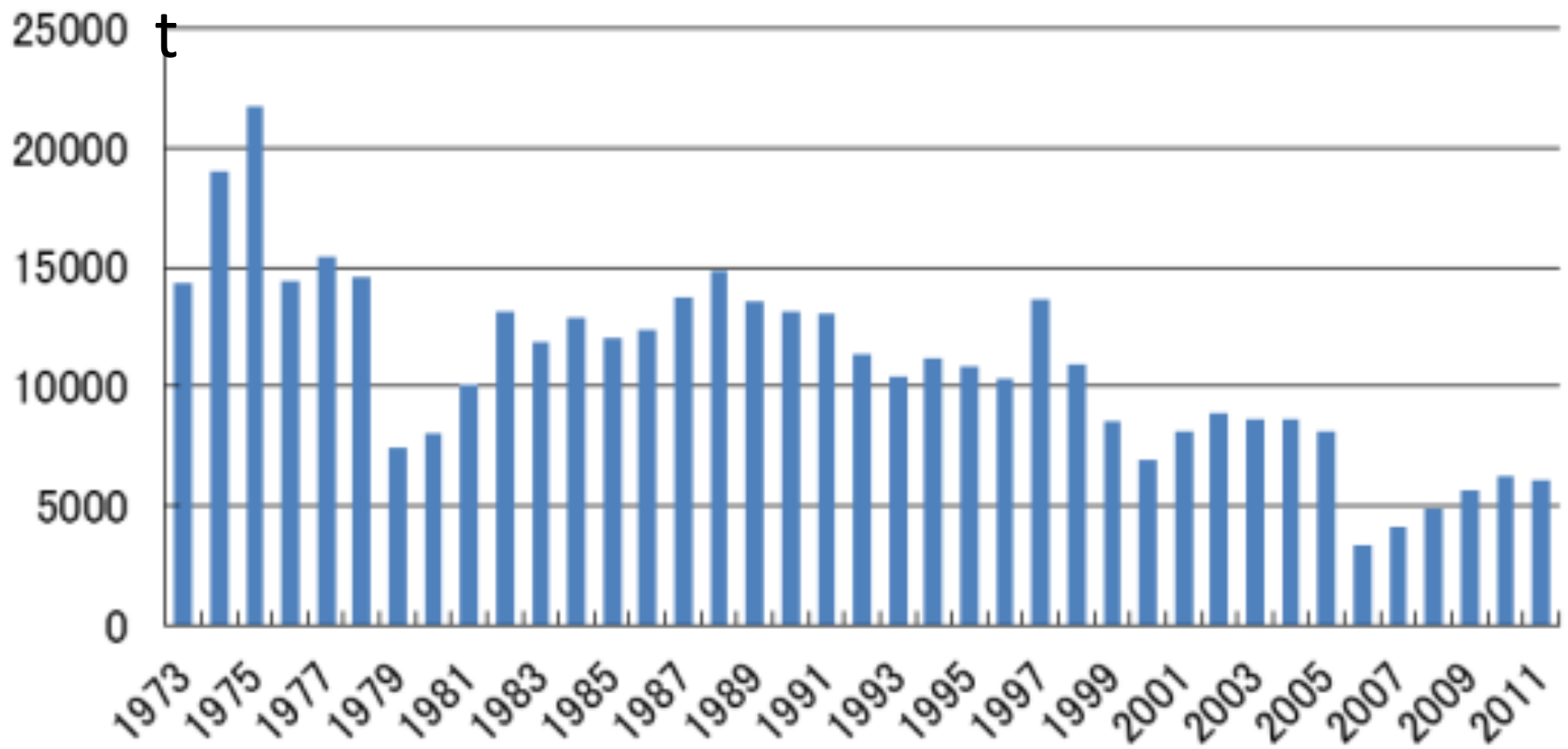
芽が伸びるとどうなるの? 発芽するとじゃがいもの栄養が損なわれて、おいしさも失われますし、芽が出た表皮が緑化したじゃがいもにはソラニンという有毒物質が増えて、食中毒をおこすことがあります。通常のじゃがいもは、芽が伸びないように冷暗所に保存して、芽の部分はえぐり取ってから調理すれば安心して召し上がりがいただけます。

芽止めた日付と日付は、表示を見てください。

連絡先：JA士農協 北海道本部
〒080-1020 北海道札幌市東区北159条 4 TEL 011-666-2113

等々力先生資料より

年間出荷量



生物影響と殺菌、芽止めのメカニズム

なぜ放射線で殺菌できるの？

放射線と生物の関係を考えてみましょう。

放射線を生物へ照射

食品照射で用いるのは
ガンマ線・電子線

放射線の生物影響

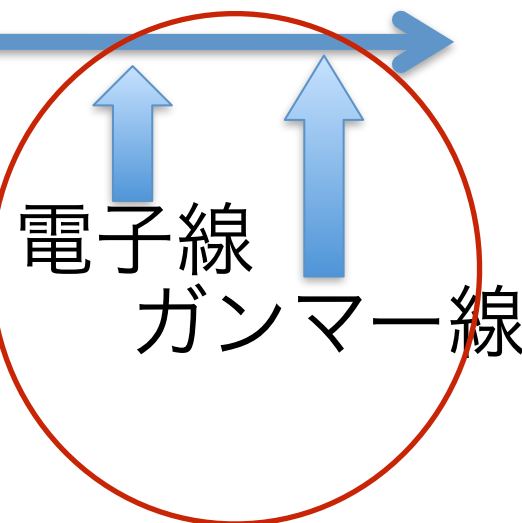
直接作用 と 間接作用

直接作用が主

間接作用が主



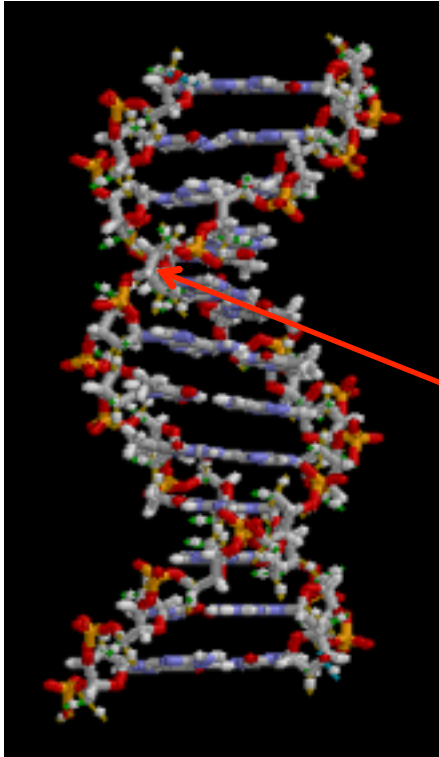
↑
 α 線



電子線
ガンマー線

直接作用

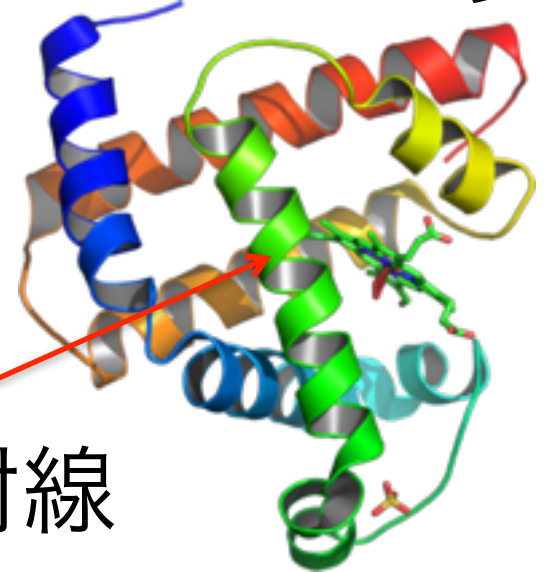
タンパク質



遺伝子 (DNA)

放射線

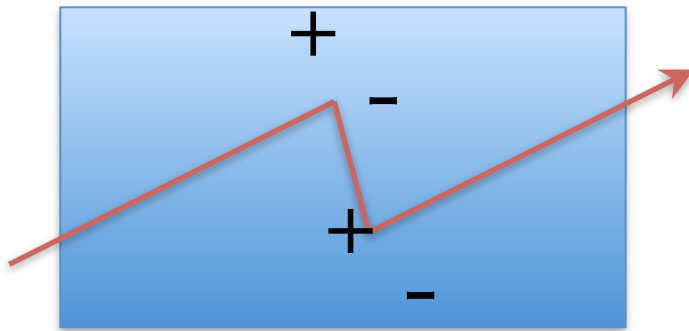
放射線



放射線が、“直接”生体物質を傷める。

放射線の間接作用

”電離放射線”

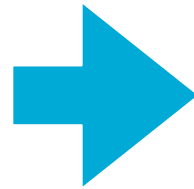


水を“電離”させて、、、
活性酸素になります

放射線 → 水 = 活性酸素種

活性酸素種

例： $\cdot\text{OH}$



生体物質を傷つける。

放射線をたくさん当てると、
細胞（生物）は死にます。

食品照射であてる放射線量（アメリカの例）

- ・ 香辛料の殺菌 $\sim 30,000$ Gy
- ・ NASAの宇宙食のお肉の滅菌 $44,000 \sim$ Gy
- ・ 卵の病原菌制御 $\sim 3,000$ Gy
- ・ 貝類の病原菌制御 $\sim 5,500$ Gy
- ・ 豚肉の寄生虫制御 $300 \sim 1,000$ Gy
- ・ ジャガイモの芽止め $60-150$ Gy

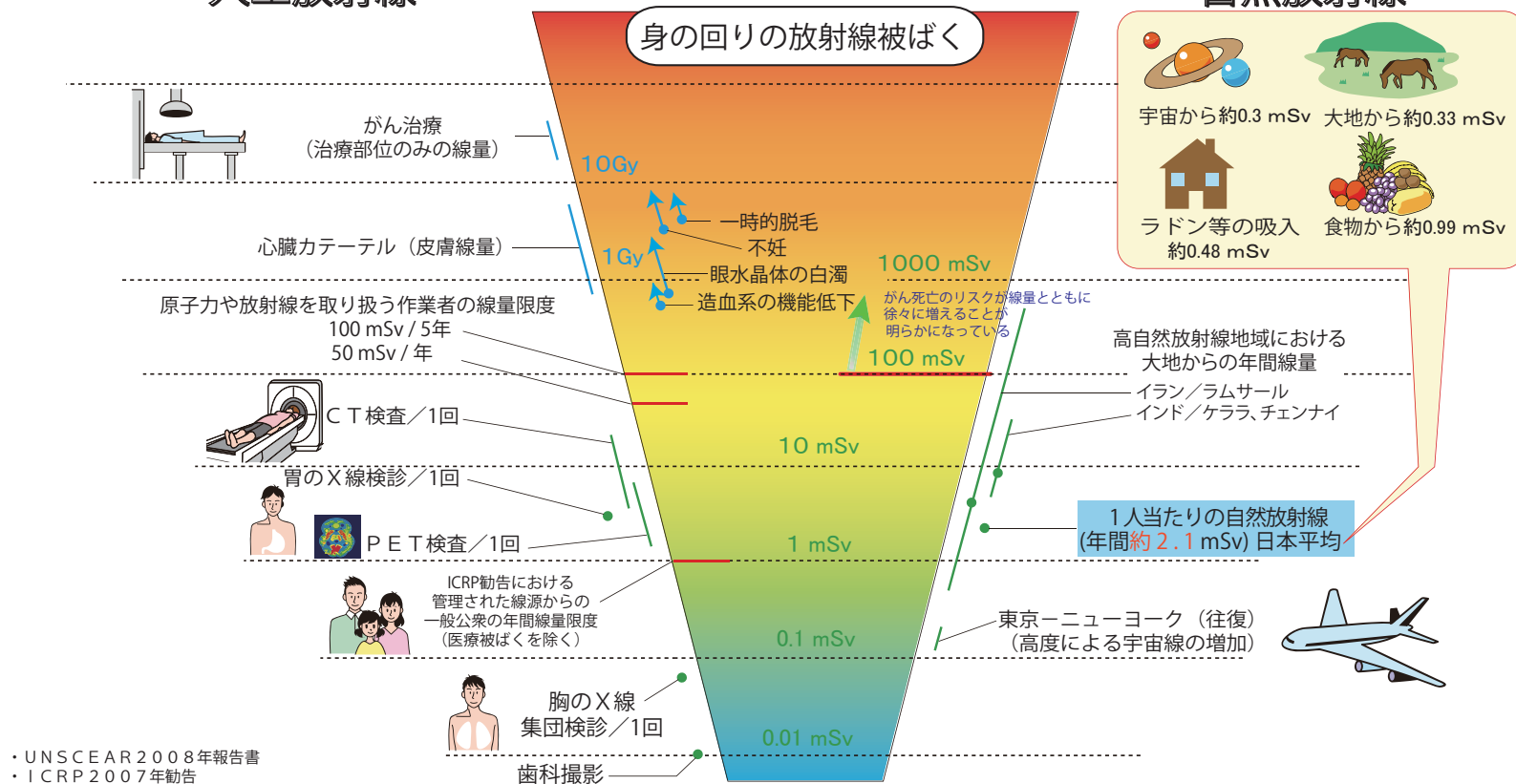
Gy = J/kg 10,000 Gyの照射により

水 1 Lが2.4℃上昇する。

放射線被ばくの早見図

人工放射線

自然放射線



・ UNSCEAR 2008 年報告書
・ ICRP 2007 年勧告
・ 日本放射線技師会医療被ばくガイドライン
・ 新版「生活環境放射線」(国民線量の算定)
などにより、放医研が作成(2013年5月)

【ご注意】

- 1) 数値は有効数字などを考慮した概数です。
- 2) 目盛(点線)は対数表示になっています。
目盛がひとつ上がる度に 10 倍となります。
- 3) この図は、引用している情報が更新された場合
変更される場合があります。

【線量の単位】

各臓器・組織における吸収線量: Gy (グレイ)

放射線から臓器・組織の各部位において単位重量あたりに
どれくらいのエネルギーを受けたのかを表す物理的な量。

実効線量: mSv (ミリシーベルト)

臓器・組織の各部位で受けた線量を、がんや遺伝性影響の感受性について
重み付けをして全身で足し合わせた量で、放射線防護に用いる線量。

各部位に均等に、ガンマ線 1 Gy の吸収線量を全身に受けた場合、
実効線量で 1000 mSv に相当する。

国立研究開発法人 **NIRS**
放射線医学総合研究所
<http://www.nirs.go.jp>

Ver.150401

ジャガイモの芽止め？

- 日本では、ジャガイモの芽止めのみ許可されているが、海外では大規模の実施されている。



図1 ジャガイモ照射施設(北海道 士幌農協)

[出典]食品照射データベース (<http://takafoir.taka.jaeri.go.jp/>)

日本でも 中毒になる方がいます。

年	発生件数 (件)	摂食者総数 (人)	患者総数 (人)
2013	3	38	9
2012	3	62	28
2011	1	47	5
2010	3	82	42
2009	1	56	35

(出典：食中毒統計(厚生労働省))

主に小学校の調理実習などで、ソラニンやチャコニンを原因とする食中毒が毎年起きています。（農林水産省HP）

（事例1）

2013年6月11日、大阪府内の小学校で、調理実習においてジャガイモを食べた24名のうち4名に腹痛、下痢、吐き気等の症状が出た。なお、残ったものを分析したところ、100 gあたり平均約50 mg（0.05 g）のソラニンやチャコニンが含まれていた。

（大阪府2013年6月13日付報道発表資料）

（事例2）

2010年7月16日、東京都内の中学校で、生徒が自分達で育てたジャガイモを茹で、皮付きで食べたところ、1時間後に29名のうち9名に気分が悪い、嘔吐、頭痛等の症状が出た。なお、残りものの茹でジャガイモを分析したところ、100 gあたり平均約40 mg(0.04 g)のソラニンやチャコニンが含まれていた。

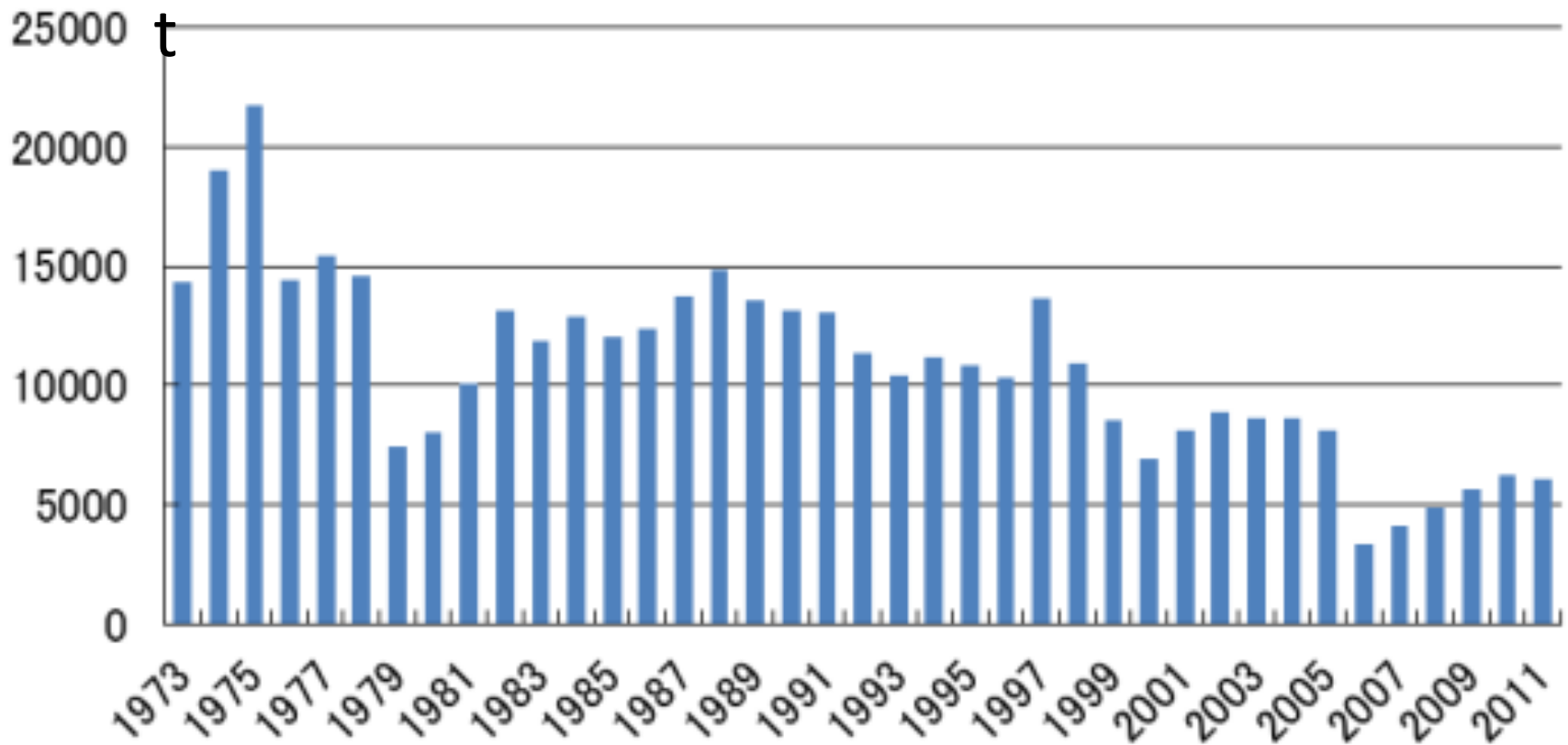
（東京都健康安全研究センター研究年報(2011) 第62号別冊）₂₇

食品照射されたものは どれくらい流通しているの？

食品照射の利用の例を見てみましょう。

国内では、ジャガイモのみ。

照射されたジャガイモの 年間出荷量



**アメリカでは
食品照射が盛んです。**

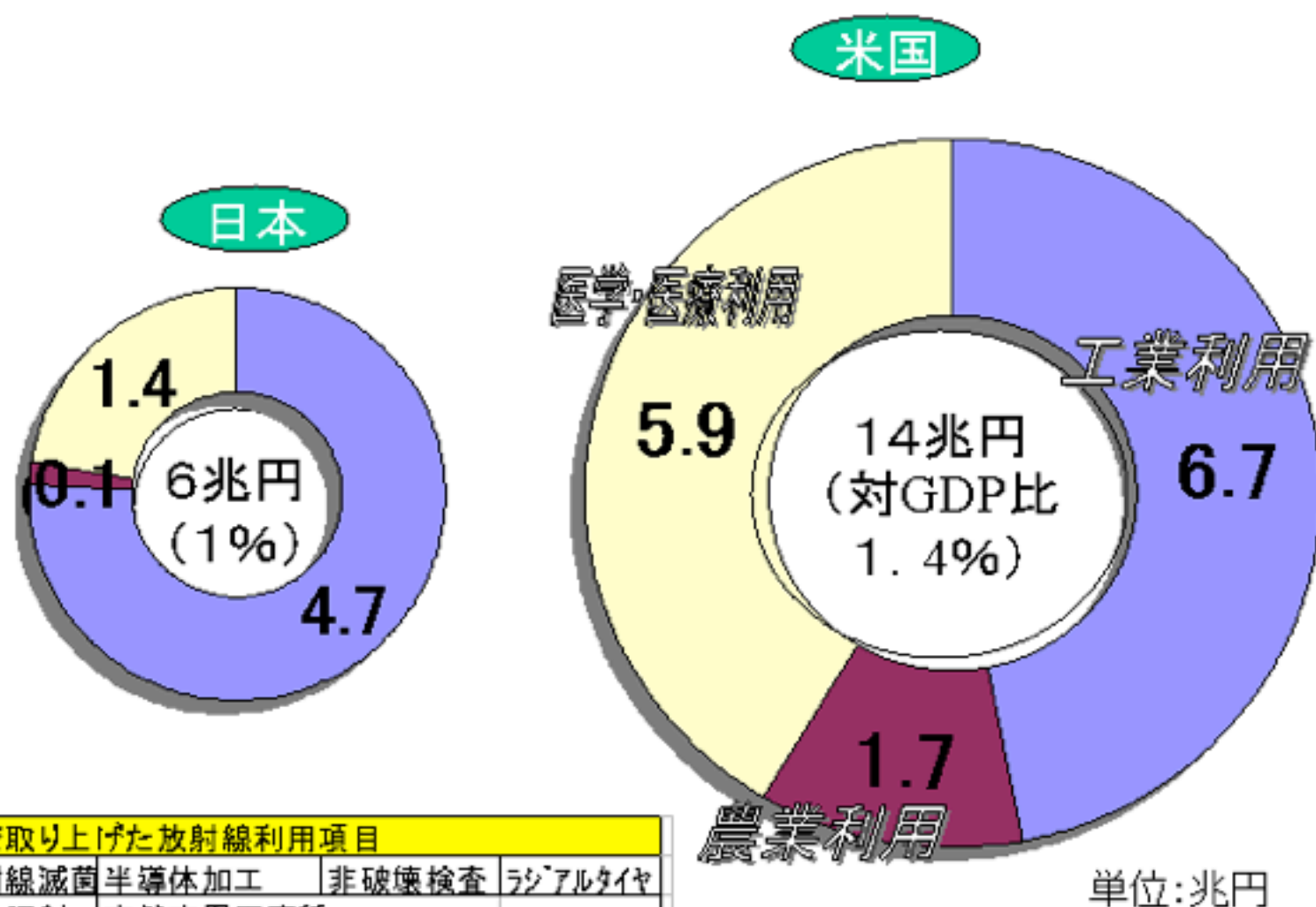
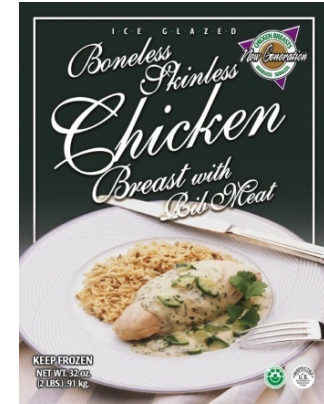


図10 放射線利用の経済規模日米比較(1997年)

[資料提供] 日本原子力研究所 高崎研究所

Current Meat Applications of Irradiation in the USA

- **Poultry**
- **Ground Beef**



Irradiated Ground Beef

Wegmans Markets, Rochester, New York





Spice Irradiation



It is estimated that approximately 80,000 metric tons (175,000,000 pounds) of commercial spices are irradiated annually in the USA. (One third of total production)

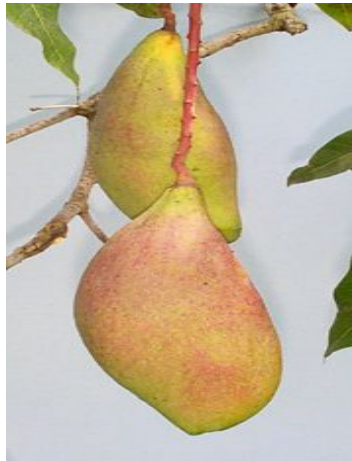
18,000-20,000 MT In USA



Irradiated Fruits & Vegetables in USA



Guava



Mango



Papaya



Star Fruit

15,000 MT Annually



***Cuban Sweet
Potato***

Okinawa Sweet Potato



Lychee



Rambután

USDA Framework Equivalency Work Plans

- India
- Mexico
- Thailand
- Philippines
- Viet Nam
- Laos
- Malaysia
- Pakistan
- South Africa.



アメリカの植物検疫

- 薬剤処理
 - 冷蔵処理
 - 急速冷凍処理
 - 熱処理
 - 放射線処理
- ← 食品照射

ちなみに日本では熱処理



アメリカで許可されている輸入農産物

treatment No	T105-a-1
対象:	ミバエ類*
線量:	150Gy (1kGy 未満)
出荷国(地域)	品目
ハワイ	アビュー,アテモヤ,バナナ,ブレッドフルーツ, トウガラシ族,スターフルーツ, カボチャ, ドラゴンフルーツ,ナス, ジャックフルーツ, ライチ, ロンガン,マンゴスチン,メロン, モリンガ(ドラムスティック), パパイア, パイナップル, ランブータン, サボジラ, サツマイモ, トマト
メキシコ	スターフルーツ, グレープフルーツ, クレメンティ/マンダリン/タンジェリンオレンジ メキシコチリペッパー, スイートライム, スイートオレンジ, タンジェロ

* All fruit flies from the family Tephritidae

アメリカで許可されている輸入農産物

treatment No	T105-a-3
対象:	マンゴゾウムシおよび Tephritidae属のミバエ類全般
線量:	300Gy
出荷国(地域)	品目
ハワイ	マンゴ

アメリカで許可されている輸入農産物

treatment No T105-a-2
対象: Tephritidae属のミバエ,および鱗翅目の蛹と成虫をのぞく害虫一般*
線量: 400Gy

出荷国(地域)	品目
ガーナ	ナス, オクラ,
ハワイ	バナナ, ブレッドフルーツ, カウピー, カレーリーフ, ドラゴンフルーツ, グァバ, ジャックフルーツ, マンゴスチン, メロン, モリンガ (ドラムスティック), サツマイモ
インド	マンゴ, ザクロ
マレーシア	パパイア ランブータン
メキシコ	グァバ
パキスタン	マンゴ
フィリピン	ライチ, ロンガン, ランブータン
南アフリカ	ブドウ, ライチ, カキ
ベトナム	ドラゴンフルーツ, ランブータン
タイ	ドラゴンフルーツ, ランブータン, ライチ, ロンガン, マンゴ, マンゴスチン, パイナップル

* Fruit flies from the family Tephritidae and all insect pests except adults and pupae of the order Lepidoptera

タイでは アメリカ向けに 食品照射が行われています。

アメリカとの2国間協議
タイの照射施設をアメリカ農務省が認可
現地施設の査察



United States Department of Agriculture
Animal and Plant Health Inspection Service
Plant Protection and Quarantine



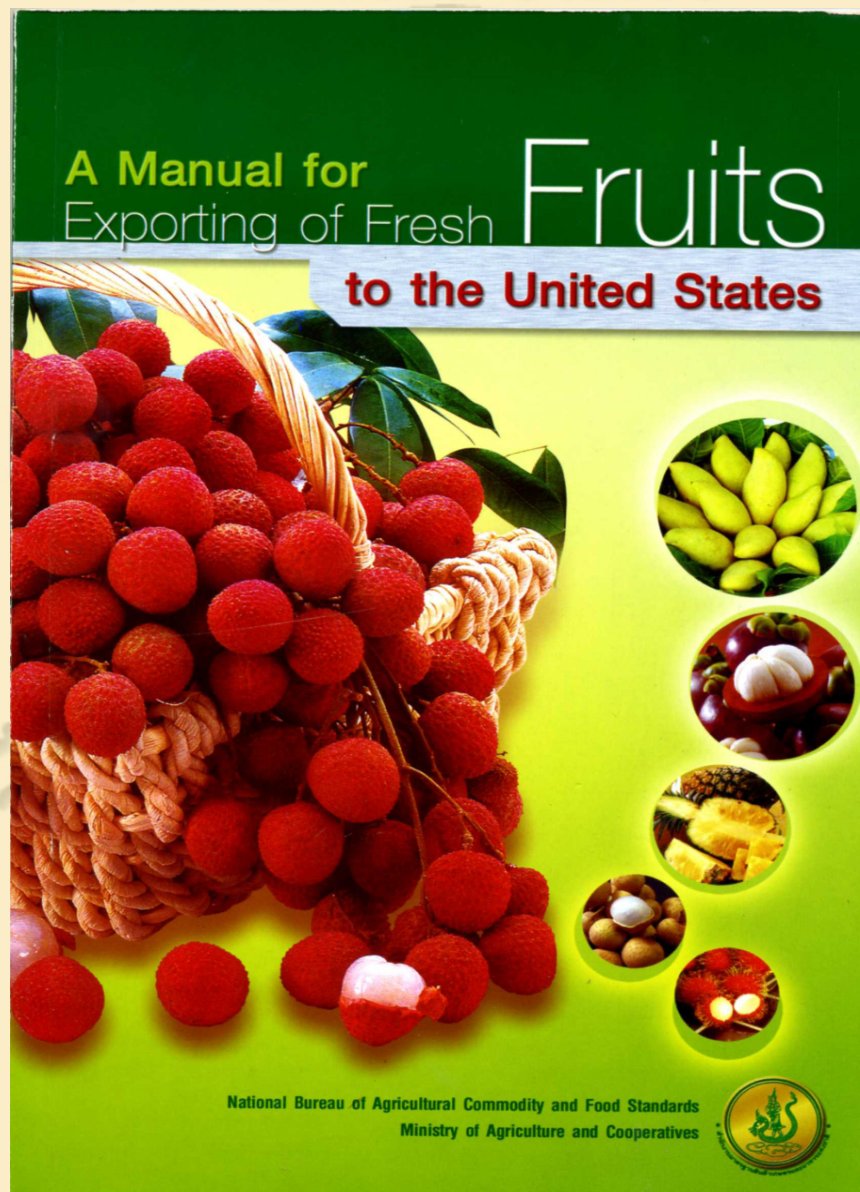
IRRADIATION OPERATIONAL WORK PLAN

BETWEEN

**THAILAND AND
UNITED STATES OF AMERICA**

August 2007

A Manual for Exporting of Fresh Fruits to the United States





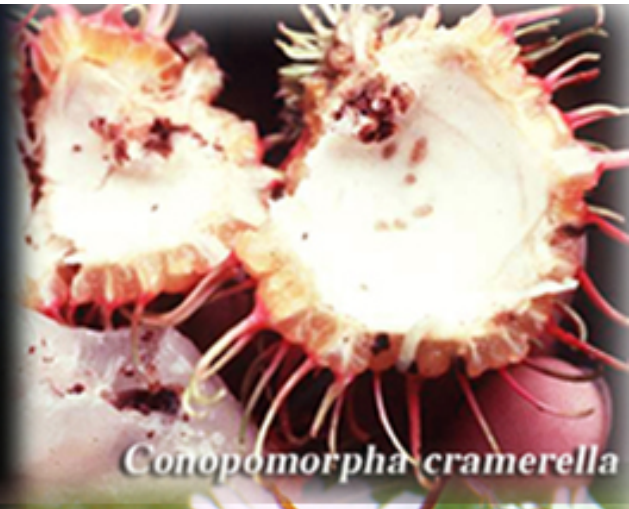
等々力先生資料より



Sternochetus frigidus
S. olivieri



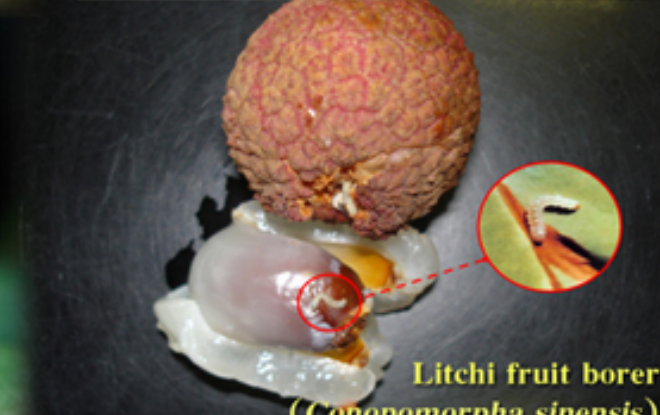
Wax Scale
(*Drepanococcus chiton*)



Conopomorpha cramerella



fruit fly



Litchi fruit borer
(*Conopomorpha sinensis*)



เพลี้ยแป้ง *Cataenococcus hispidus*



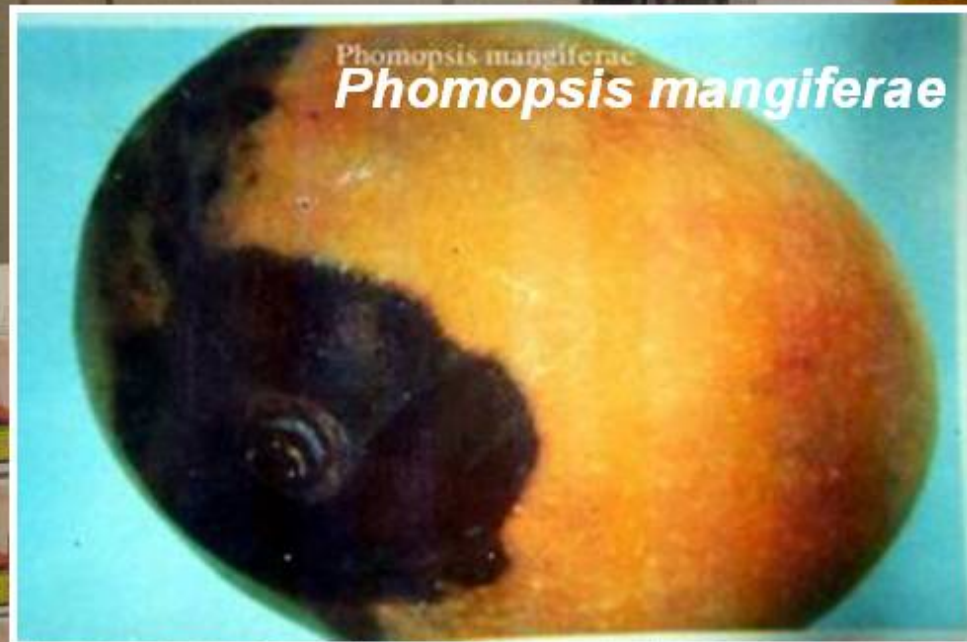
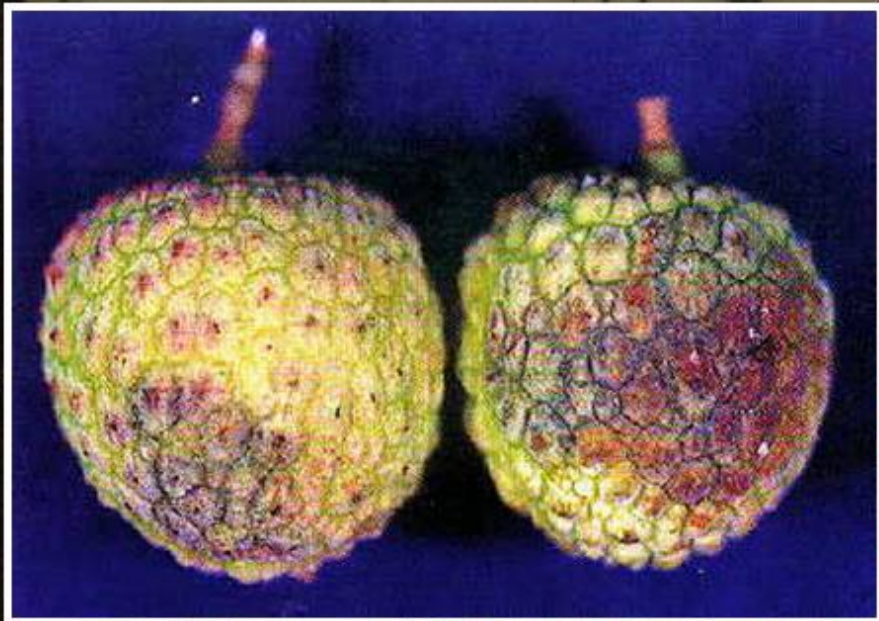
Litchi mealy bug
(*Planococcus litchi*)



scale Insect



เพลี้ยแป้ง



Peronophythora litchi



Litchi mite

等々力先生資料より



NPPO inspector check the container before loading



Export procedure



Export procedure



Seal for sea freight

Export procedure



Seal for air freight

I.M.T.

สำนักงานใหญ่

โทร : +66(0)26908060 (20 สาย)

โทรสาร : +66(0)26908030 (3สาย)

อีเมล : tmtbkk@tmtcargo.com

พนักงานขับรถ
โปรดแจ้ง (0)2690-8 11

สำนักงานท่าอากาศยานดอนเมือง

โทร : +66(0)25354550-2

: +66(0)29967368-9

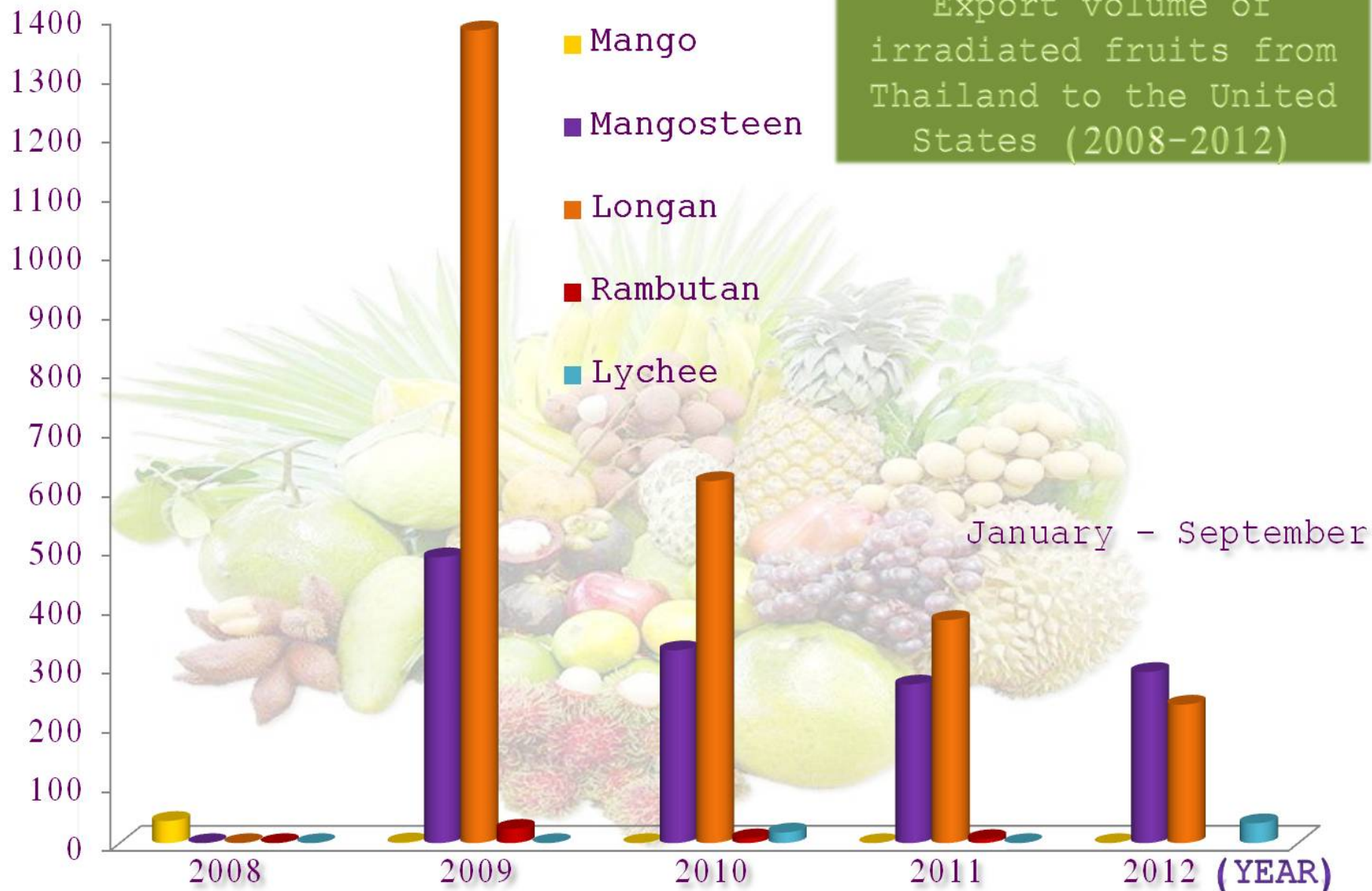
โทรสาร : +66(0)25042849

อีเมล : airfreight@tmtcargo.com

59

等々力先生資料より

(TONNES)



等々力先生資料より

加工品も





ขนมเส้นทอดลม

Fried crispy pork

ผลิตและฉายรังสีโดย ศูนย์ฉายรังสี
สถาบันเทคโนโลยีนิวเคลียร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
เลขที่ 37 หมู่ 3 เทศบาลธานี ต. คลองห้า
อ. คลองหลวง จ. ปทุมธานี 12120
โทรศัพท์ : 0-2577-4167-71
แฟกซ์ : 0-2577-1945

ฉายรังสีเมื่อ	31/07/08	
น้ำหนักสุทธิ	80	กรัม
วันหมดอายุ	01/07/09	
ราคา	40	บาท

อาหารที่ได้ผ่านการฉายรังสี
เพื่อลดปริมาณจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรค

13-1-23632-2-0037



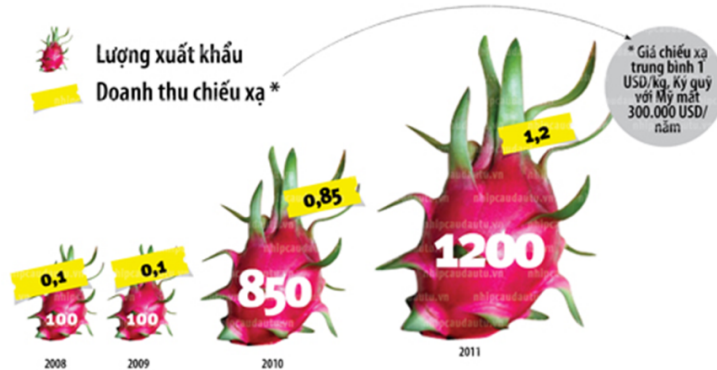
8 858676 500377

等々力先生資料より

**ベトナムなども
アメリカ向けに
食品照射が行われています。**

ベトナム

照射施設; 9 (産業用) ガンマ7 EB 1 EB/X 1 他に 施設建設予定
エビ、カニ、カエル脚、魚、果実(ドラゴンフルーツなど) スパイス・乾燥野菜
2008から米国と2国間協定 果実輸出



照射(総量)

Year	Foods (ton) (*)
2012	80,000
2011	75,000
2010	66,000
2009	61,000
2008	49,000



Regulation for phytosanitary purpose: Department of Agriculture (NNPO) follows ISPM 18 and importing country requirement

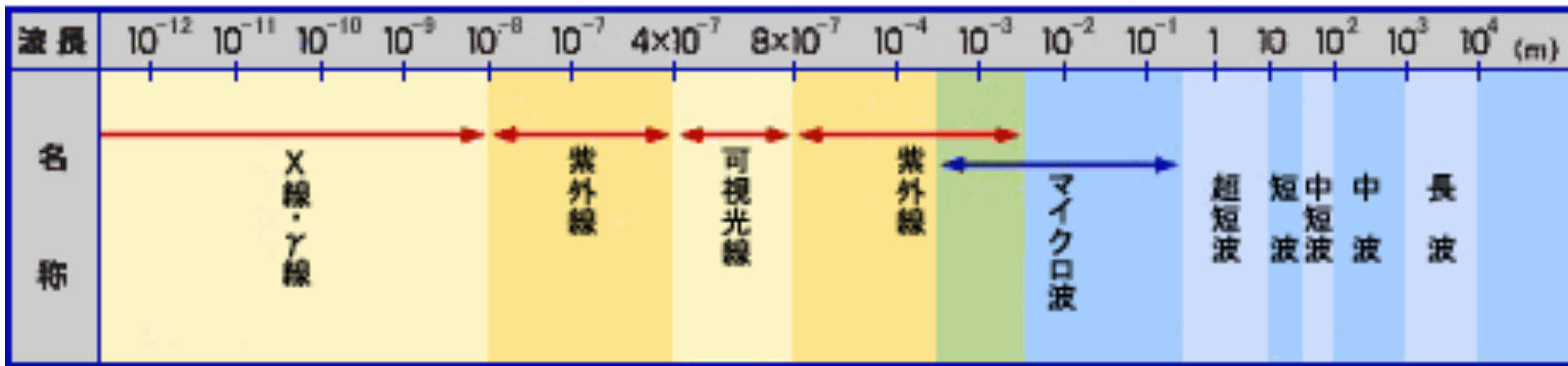
Status of Fruit Exportation in Vietnam

Importing country	Name of fruit	Exported quantity			Required phytosanitary methods
		2010	2011	2012	
USA	Dragon fruit (permitted since May 2008)	850 tons	Around 1,200 tons	~2,000	Irradiation
	Rambutan (April 2011)	-	3 cont./week	6 cont./week (during the season)	
Japan	Dragon fruit	-	~ 500 tons	Data not available	Vapor Heat Treatment (VHT)
Korea	Dragon fruit	-	~ 180 tons		

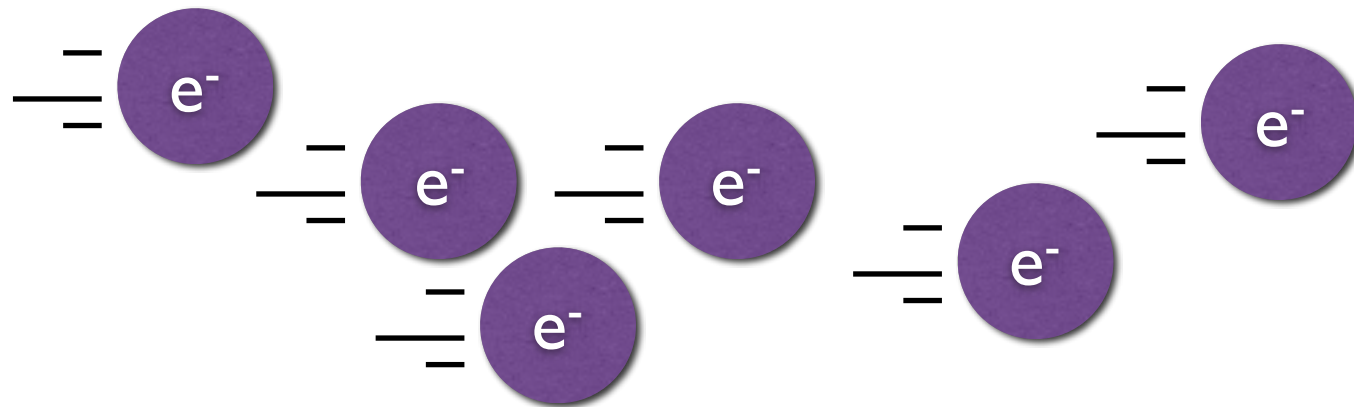
等々力先生資料より

**照射された食品は
放射線物質にならないの？**

ガンマー線・X線は”光”



電子線は”つぶ”



食品照射に用いられる放射線

(食品に放射能を誘導しない)

- 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

80,000-100,000 Gyを照射した場合

表5 セシウム 137、コバルト 60 などによる食品の放射化（ β 線測定）（カウント/分/g）

		バックグラウンド		Cs137	Co60	使用済み燃料
試料		ド				
牛肉	cpm/g	75	—		110	86
	Bq/kg	3125			4583	3583
ベーコン	cpm/g	14	—		30	110
	Bq/kg	583			1250	4583
エビ	cpm/g	50	87		40	80
	Bq/kg	2083	3625		1667	3333
鶏肉	cpm/g	31	26		24	25
	Bq/kg	1292	1083		1000	1042
ソラマメ	cpm/g	34	14		3	29
	Bq/kg	1417	583		125	1208

a) 照射条件：Cs137, Co60, 使用済み燃料を用いたときの吸収線量はそれぞれ 100kGy, 80 k Gy、140kGy であった。

食品照射で 有害物質が作られない？

がんを起こすかもしれない物質

表-2 変異原性を示す加熱分解生成物と放射線分解生成物の代表例

栄養成分	加熱(100℃以上)	放射線(10kGy以上)
タンパク質およびアミノ酸	・3-アミノ-5H-ピリド(4,3-b)インドール(変異原性) ・3-アミノ-1-メチル-5Hピリド(4,3-b)インドール(変異原性)	・変異原性物質の生成なし
糖・アミノ酸混合水溶液	・ヘテロサイクリックアミン(複素環化合物、変異原性) ・その他の変異原性物質	・変異原性物質の生成なし
糖類	・5-ヒドロキシマルトール(変異原性)	・グルコソン(弱い変異原性)* ・マロンジアルデヒド(弱い変異原性)*

*生体内や果汁、野菜汁下では変異原性を示さない。

- 2-アルキルシクロブタノン類（シクロブタノン）は脂質を多く含む照射食品に生成する放射線に特有な分解生成物であるが、食品中での生成量は鶏肉を59kGyの高線量照射しても約1.7mg/kgと微量である。一方、加熱調理ではシクロブタノンは検出されていない。シクロブタノンは室温下では安定であるが、加熱や酸素存在下では分解しやすい。
- シクロブタノンには変異原性の誘発能がないことは多くの研究によって明らかにされているが、発癌促進作用が問題視されている。しかし、動物試験に用いた量が通常の照射食品の千倍以上の濃度であり、実際の食品中には癌抑制物質も多く含まれていることから問題にする必要はないであろう。しかも、米国の59kGy照射した鶏肉の動物試験では癌発生が促進されたという事実はない。

実際に見てみよう

ターメリック（黄）、赤唐辛子（赤）、月桂樹の葉（緑）

未殺菌品・過熱水蒸気殺菌品・10,000Gyガンマ線殺菌品

食のコミュニケーション円卓会議

千葉悦子先生よりご提供