

農業・食品分野における放射線利用研究開発

平成15年11月20日

農林水産省農林水産技術会議事務局

1. 農業・食品分野の放射線利用研究の現状と成果

試験研究独立行政法人において放射線を利用した研究開発が進められており、主な課題として、

食品分野では、低エネルギー電子線による穀物の殺菌技術、臭化メチルの代替殺虫技術の開発

(独)食品総合研究所)

農業分野では、ガンマ線等による突然変異を利用した品種育成及び効率的な突然変異育種法の開発

(独)農業生物資源研究所 放射線育種場)

等に取り組んでいる。

これまでに、低エネルギー電子線により味を損なわずに穀物を殺菌するシステムを開発、また、耐病性に優れた日本なし品種ゴールド二十世紀や粘りが強く良食味の低アミロース米等40品種を登録するなど、それぞれ成果をあげつつある。

2. 今後の推進方向

農林水産研究開発においては、10年を見通した研究目標「**農林水産研究基本目標**」(平成11年11月)を設定し、さらに目標達成のための戦略「**農林水産研究 技術開発戦略 - 農業分野 -**」(平成13年4月)に基づき、研究を推進することとしている。

(参考)

「**農林水産研究基本目標**」(関係部分の要約)

- a. 病虫害抵抗性や、環境ストレス耐性、高品質、多収性等の画期的な形質を有する農作物の品種育成。
- b. 放射線等による突然変異体の作出・保存の効率化。
- c. 機能性の高い品種の開発及び生産・流通段階における汚染防除技術等の開発。

「**農林水産研究 技術開発戦略 - 農業分野 -**」(関係部分の要約)

- a. 放射線等を用いた突然変異効率の向上、変異方向の拡大のために新たな誘発法(イオンビーム等)の開発。
- b. HACCPに対応した非加熱殺菌技術(低エネルギー電子線照射等)を開発し、さらに生鮮食品の品質劣化を起こさない殺菌技術を開発。

食品照射技術を巡る状況と課題

独立行政法人・食品総合研究所
等々力節子

照射食品の健全性 : 研究の進展と国際機関の見解

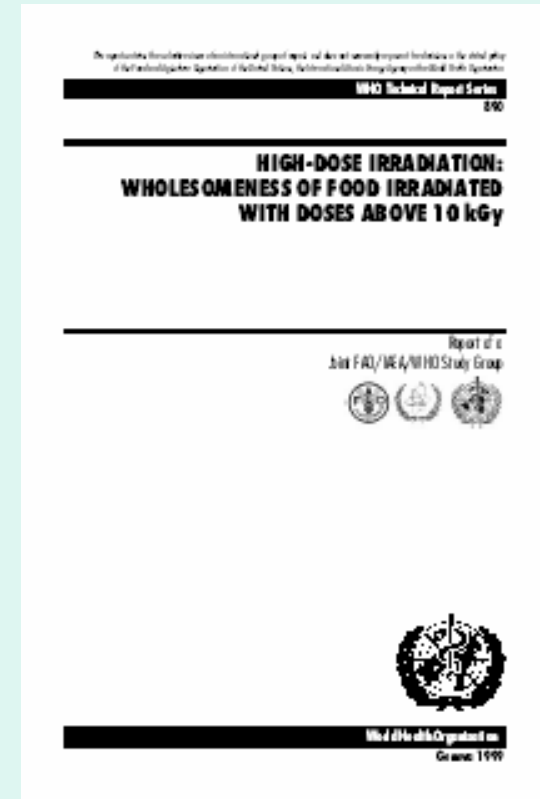
- 1950 放射線の生物効果の発見
- 1950-70 実用照射装置の出現による照射効果データの蓄積
- 1970- 健全性評価の研究
- 1970-80 健全性評価の国際プロジェクト
- 1980 FAO/IAEA/WHO合同専門家委員会 (JECFI) で
10kGyまでの照射食品の健全性を宣言
- 1983 FAO/WHO 合同食品規格委員会(Codex committee)
で10kGy以下の照射食品の一般規格採択
- 1992 WHO専門家委員会 :10kGy以下の健全性を再確認
- 1997 WHO専門家委員会 :10kGy以上の高線量照射食品
の健全性宣言

高線量 (10kGy以上の) 照射 FAO/IAEA/WHOの合同研究グループの結論

Wholesomeness of Food Irradiated with Doses above 10 kGy

**‘food irradiated to any dose appropriate to
achieve the intended technological
objective is both safe to consume and
nutritionally adequate’**

WHO TRS 890 (1999)



(根拠)

米国の59kGy の鶏肉照射の長期投与試験
実験動物飼料 (25 ~ 50kGy) の実績

健全性においての上限は不要、食品品質の観点での上限は、ここでは問わない

健全性に関する議論とCodex規格の改訂

照射食品の一般規格：

(Codex General Standard for Irradiated Foods **Standard 106**)

1983年に制定 2003年 7月に改定案がCodex総会で採択

- 吸収線量の上限 :Section 2

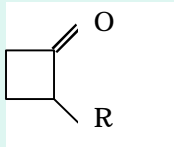
改訂前 :The overall average dose : **not exceed 10 kGy**”

照射する食品の平均総吸収線量は10kGyを越えてはならない

改訂後 :The maximum absorbed dose :

**not exceed 10 kGy,
except when necessary to achieve a legitimate
technological purpose.”**

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。



照射食品の健全性

2-アルキルシクロブタンの安全性

2-アルキルシクロブタン 脂質由来の放射線特異的分解生成物

- DNA損傷の誘発 (Delincée, H. et al. 1998,1999)
- 変異原性無し (*Salmonella typhimurium*などを用いたAmes試験)
(Burnouf D et al 2001 、 Sommers et al 2003).

WHOの見解 :長期間の動物実験とAmes試験がネガティブという結果を含む、現時点での科学的証拠に基づいて、一般に、2-ドデシルシクロブタンおよび2-アルキルシクロブタン類は、消費者に健康の危険をもたらすようには見えない。

WHOはこれまで、FAO/IAEA/WHOの専門家グループや各国各地域の専門家によって導き出された”照射食品は、安全で、栄養学的にも適合性がある” という結論に疑問を挟む様ないかなる論拠も持っていない。

(2003 3月)

国内の状況-バレイショの照射

- ガンマ線照射 処理量 約8000 t (生食用)
- 2002年から発芽抑制剤マレイン酸ヒドラジドの農薬登録が抹消され、チップス用バレイショ 青森産ニンニクの保存に苦慮している。



発芽した貯蔵馬鈴薯
(未照射)



照射室内



照射バレイショ 表示

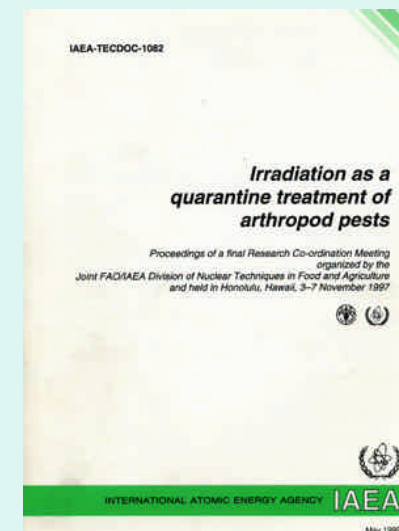
国内の状況-臭化メチルの使用状況

- 2001年の臭化メチル出荷量 5109 t

土壌くん蒸	3016 t
検疫処理	1480 t
その他	613 t

電子線の殺虫効果の検討(研究)

- * IAEA プロジェクト
- * 原子力試験研究



国内の状況-香辛料の殺菌

- 香辛料の汚染菌数 (例)

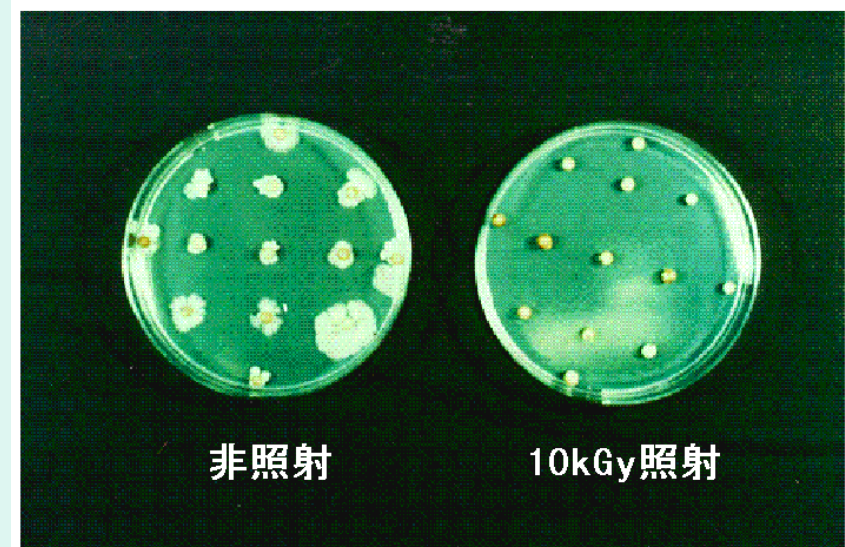
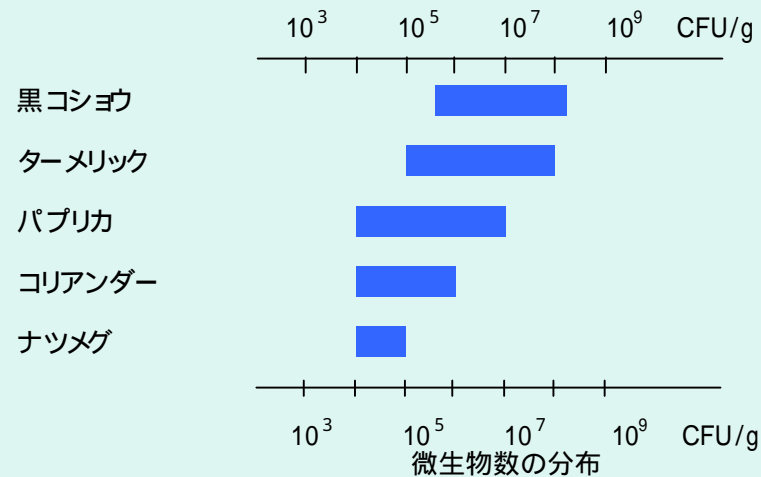


図5 放射線照射された白胡椒

[資料提供]日本原子力研究所

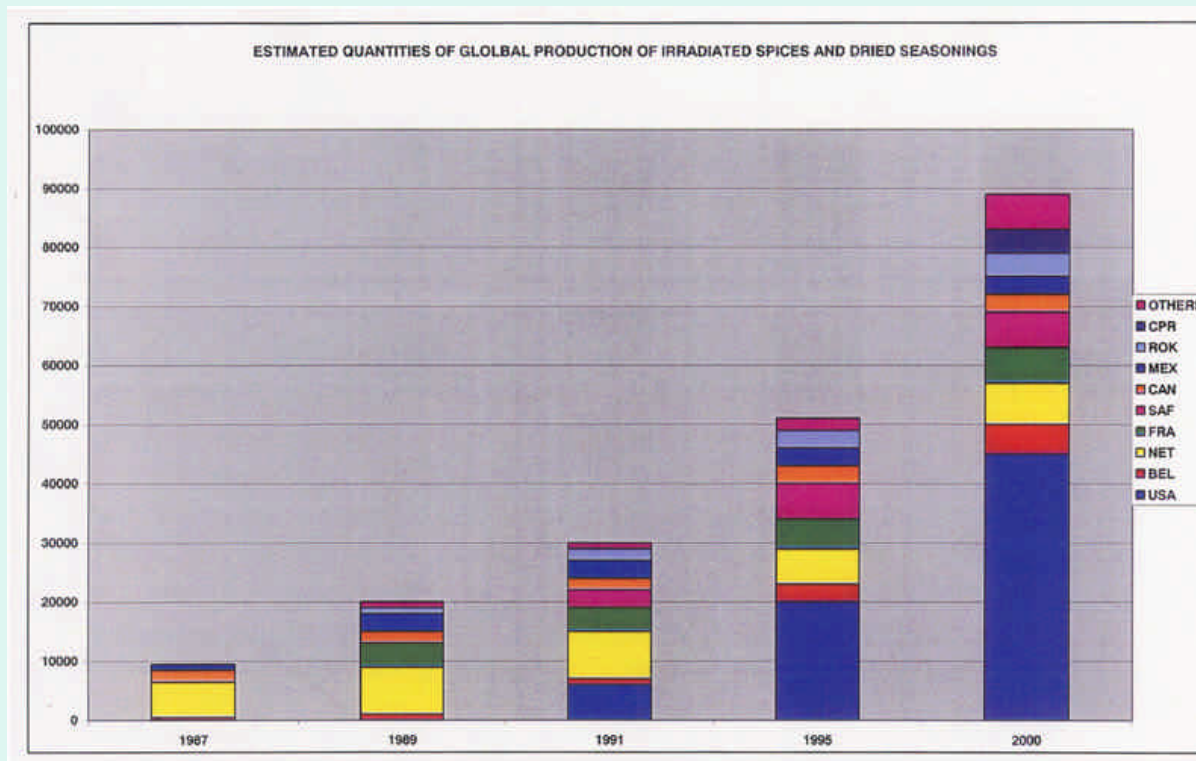
* 耐熱性芽胞菌の殺菌 :おおむね10kGyまでの照射で、
検出限界以下に菌数を低減できる。

有芽胞細菌の*Bacillus megaterium* (放射線耐性) など10kGy 以上を
必要とする場合もある。

* 色調・香り成分などの変化は極めて少ない

海外の状況- 1.香辛料殺菌

- 照射香辛料の生産量の推移



許可国：

アメリカ、EU、
オーストラリア、
ニュージーランド、
カナダ、韓国、中国、
インド など46カ国

実用化国：

アメリカ、ベルギー、
オランダ、中国、韓国、
メキシコ、フランス、
南アフリカなど29カ国

香辛料の照射量が急激に伸びている国 **米国、ベルギー、韓国、中国**

海外の状況-食肉の衛生処理



アメリカ合衆国では、食中毒菌の殺菌を目的とした、
家禽肉、牛肉の殺菌が実用化している。

海外の状況-殺虫・検疫処理

- 臭化メチル=オゾン層破壊物質

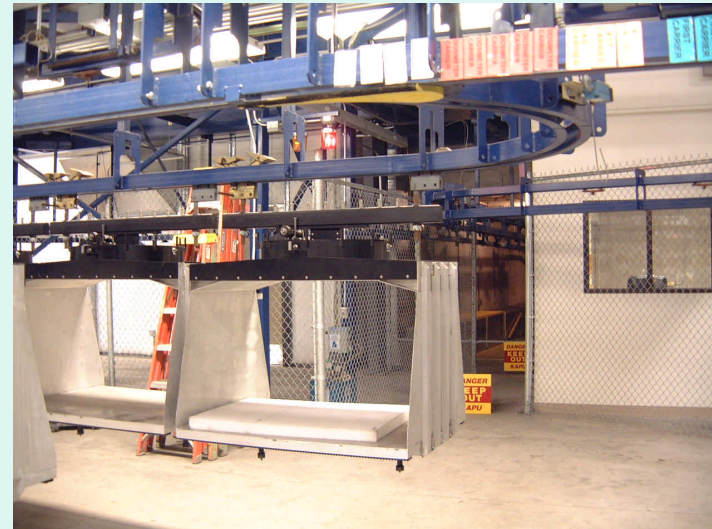
2005年 (先進国)に撤廃 (モントリオール議定書)
= 放射線照射は、有力な代替技術である

IPPC (International plant protection convention) 2003年4月
“Guidelines for the Use of Irradiation as a Phytosanitary Measure”
(放射線照射を防疫処理法として利用するための基準)を採択

USDA/APHIS : 2002年10月
輸入果実の検疫処理における、放射線照射の規格基準を制定

オーストラリア/ニュージーランド 2003年3月
検疫を目的とした熱帯果実 (8品目)の照射を許可

米国内向け果実照射施設 (ハワイ)



果実照射を許可
アメリカ
オーストラリア
ニュージーランド
ブラジル
タイなど

今後の技術的課題-1

- 検疫 殺虫処理：

- * 必要線量と植物（食品）への影響の評価
（切り花についてはある程度実施）

- 衛生化処理：

- * 食中毒菌への効果のデータ収集、検証。
- * 流通システム,他の処理技術との組み合わせも考慮した、
食肉等へ殺菌効果と品質影響の評価
（技術的観点で 日本で使う必要があるか？ 使うことができるか？）

今後の技術的課題- 2

- 検知技術の確立：

- * 植物検疫 殺虫など低線量照射を対象とした検知技術の開発
- * 国外で実用化されている香辛料などの照射食品については、
既存 (EU公定法) 方法の国内でのクロスチェック 検査体制の整備
(関係機関の連携が必要)

- 健全性評価

- * データ、文献の収集と整備

- 専門家の育成、確保

放射線による突然変異育種の 現状と展望



農業生物資源研究所

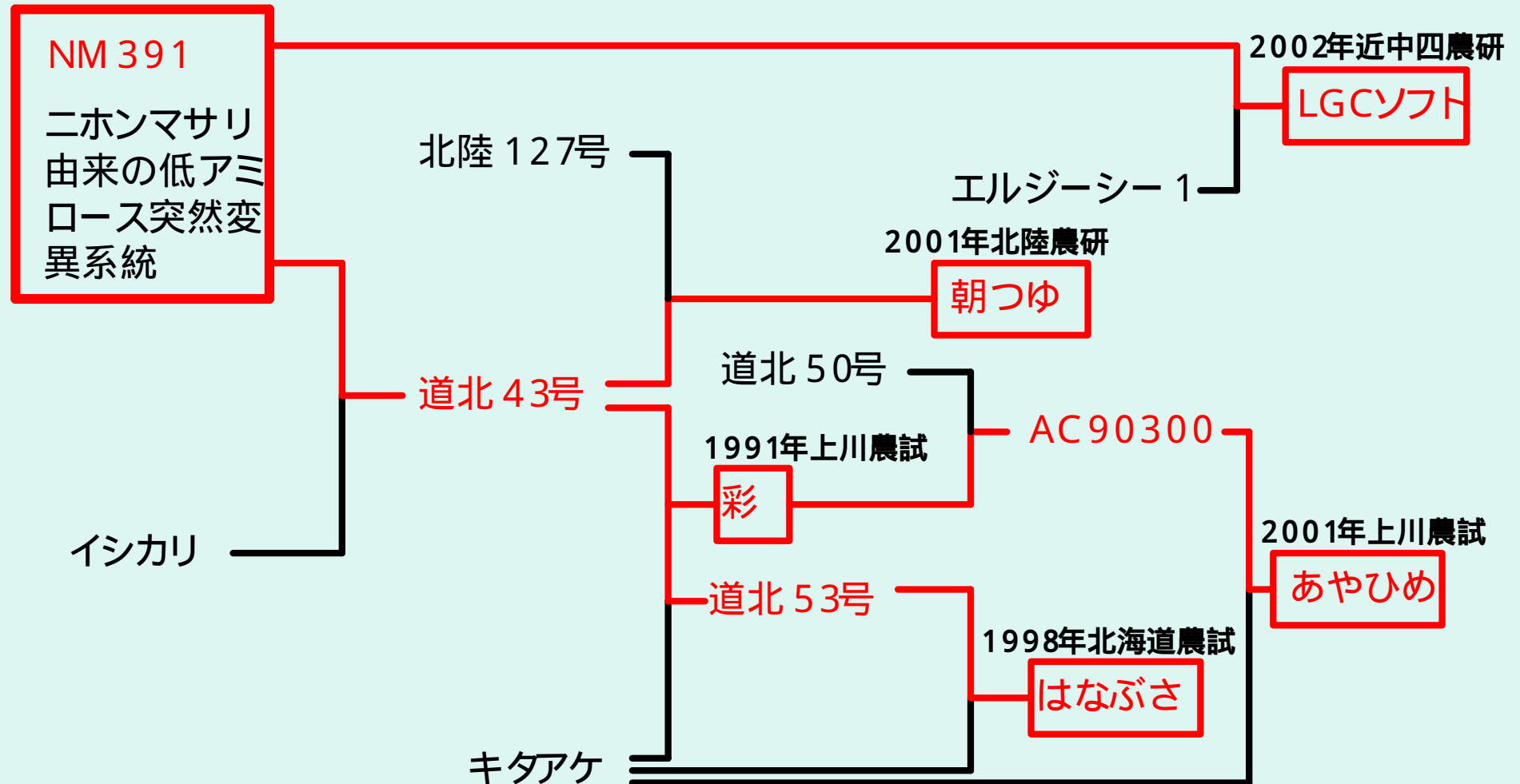
放射線育種場
西村 実

突然変異により直接育成された品種

我が国における突然変異育種による育成品種 (直接利用)				178	品種 (2003年 2月現在)				
作物	育成品種名	原品種名	処理年次	処理方法	処理場所	育成年次	育成場所	改良特性	
イネ	レイメイ	フジミノリ	1959	線20kR	農技研 (平塚)	1966	青森県農試藤坂支場	下部節間短縮による短稈化 (15cm) 耐倒伏性, 多収	
	美山錦	たかね錦	1972	線30kR	放育場	1978	長野県農試	心白粒率高く, 酒造用に好適	
	みゆきもち	トヨシキ	1973	線20kR	放育場	1979	長野県農試	糯性化	
	しらかば錦	レイメイ	1973	線	放育場	1983	長野県農試	大粒, 心白化	
	しなのさがけ	トヨシキ	1973	線	放育場	1983	長野県農試	大粒	
	いわて21	ササニシキ	1979	線	放育場	1986	岩手県農試	短稈, 早生, 良食味	
	いわて26	コシヒカリ	1979	線	放育場	1989	岩手県農試	極早生, 短稈, 良食味	
	すずたから	アケノホシ	1984	EMS	住友化学工業 (株)	1990	住友化学工業 (株)	短稈, 早生	
	はつあかね	ササニシキ	1984	プロトプラスト培養	三井化学(株)	1990	三井化学(株)	短稈	
	初夢	コシヒカリ	1985	プロトプラスト培養	三菱化学(株)	1990	三菱化学(株)	短稈	
	富士見もち	アキチカラ	1988	線	放育場	1994	全農	糯化, 白粒色, 短稈	
	リンクス小林	RINX89	1989	NMU	キリン麦酒 (株)	1994	キリン麦酒 (株)	脱粒性難	
	夢ごこち	コシヒカリ	1986	プロトプラスト培養	(株)植物工芸研究所	1992	(株)植物工芸研究所	アミロース低下	
	はれやか	ササニシキ	1989	プロトプラスト培養	(株)植物工芸研究所	1993	(株)植物工芸研究所	耐倒伏性強	
	夢かほり	月の光	1986	プロトプラスト培養	三菱化学(株)	1993	三菱化学(株)	短稈, 千粒重小	
	めぐりあい	農林22号	1980	EMS	広島農試	1994	広島県農業技術センター	短稈	
	大分3号	農林22号	1988	薬培養	大分農技センター	1994	大分農技センター	10%短稈, やや小粒	
	あかねふじ	農林8号	1974	EMS	放育場	1997	放育場 + 加工米育種研	低アミロース	
	おどろきもち	関東146号	1988	線30kR	放育場	1998	農研センター	糯性化	
	ミルキークイーン	コシヒカリ	1985	NMU	農研センター	1998	農研センター	アミロース低下	
コムギ	酒田女鶴	女鶴	1988	線	放育場	2001	酒田市	短稈	
	いわた15号	キタカリ	1989	種子カルス	日本たばこ産業(株)	2001	日本たばこ産業(株)	低アミロース	
	華かほり	山田錦	1988	放射線		2002	(株)加工米育種研究所	短稈	
	エルジーシー1	ニホンマサリ	1988	EI	放育場	2002	放育場	低グルテリン	
コムギ	モーれつ	リンクス89	1989	NMU	キリン麦酒 (株)	1994	キリン麦酒 (株)	長感, 稈が剛, 脱粒難	
	ゼンコウジコムギ	伊賀筑後レコ	1958	線30kR	農技研 (平塚)	1969	長野県農試	短稈化 (15 ~ 20cm) による耐倒伏性, 多収, 良質	
	シロワセコムギ	シロガネコムギ	1966	線25kR	九州大学	1977	九州農試	株が閉じ穂が大, やや穂重型化, 微動遺伝子の突然変異	
オオムギ	早神力	赤神力	1957	線40kR	遺伝研	1961	静岡県農試	極早生, 良質	
	ガンマー4号	キリン直1号	1958	線15kR	神奈川県工業試	1962	キリン麦酒 (株)	短稈化 (15cm) やや早生化 (1 ~ 2日) 耐倒伏性, 分蘗力強	

突然変異の間接利用

低アミロース遺伝資源



突然変異の新しい利用

種子蛋白質突然変異品種

エルジーシー 1

LGC1 ニホンマサリ

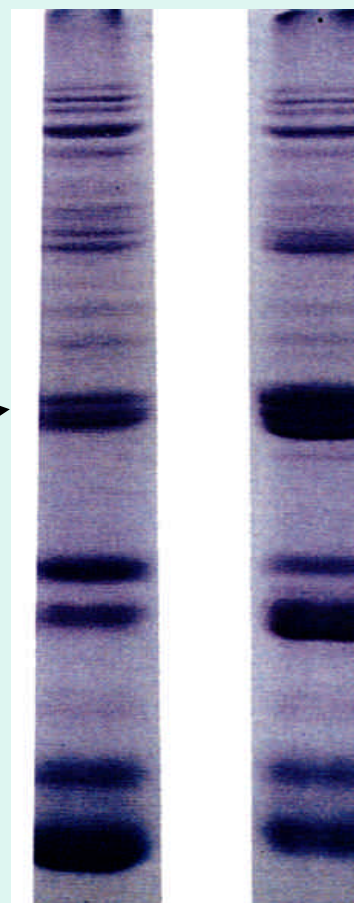
37-39kDa グルテリン →

26kDa グロブリン →

22-23kDa グルテリン →

16kDa →

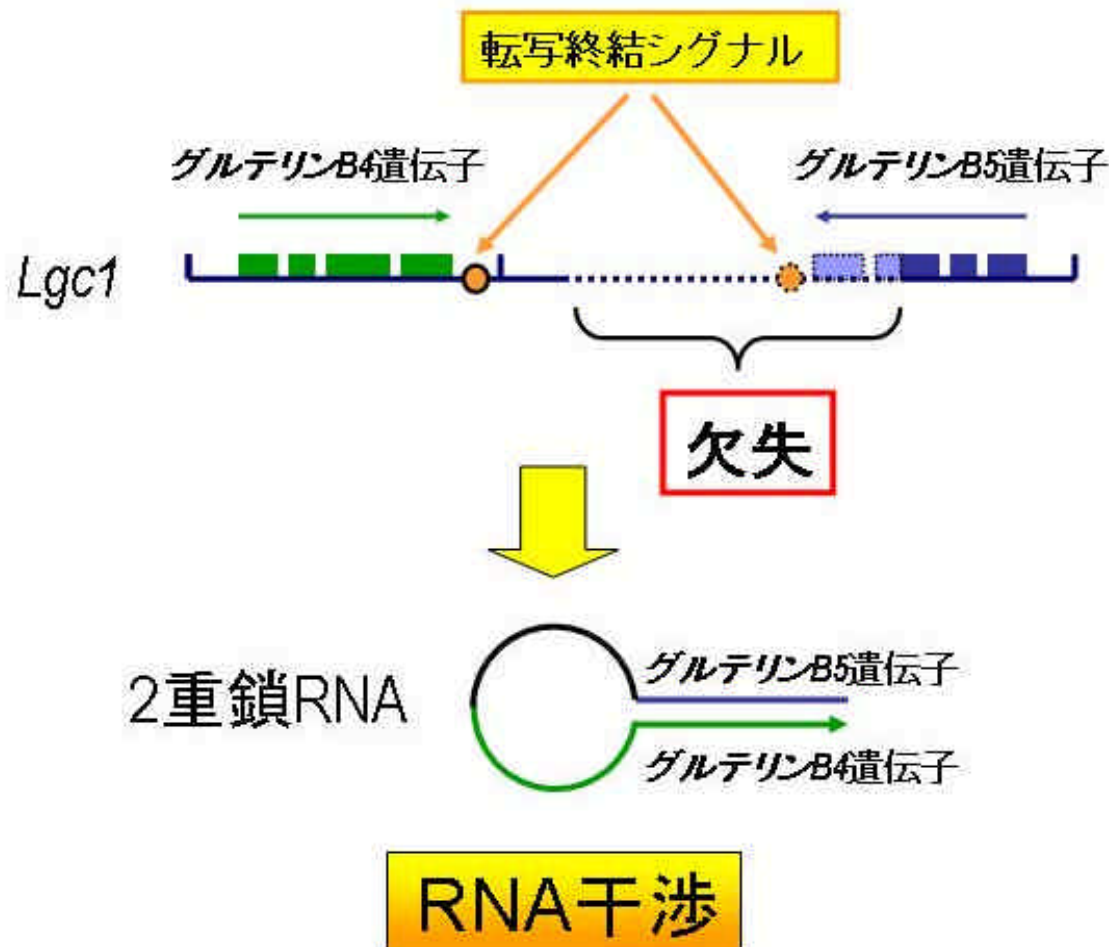
13kDa →



易消化性蛋白質

難消化性蛋白質

低グルテリン形質発現のメカニズム



LGC 1 in Nature
(2003.5.22)



罹病性

耐病性

二十世紀とゴールド二十世紀

黒斑病



二十世紀

ゴールド
二十世紀



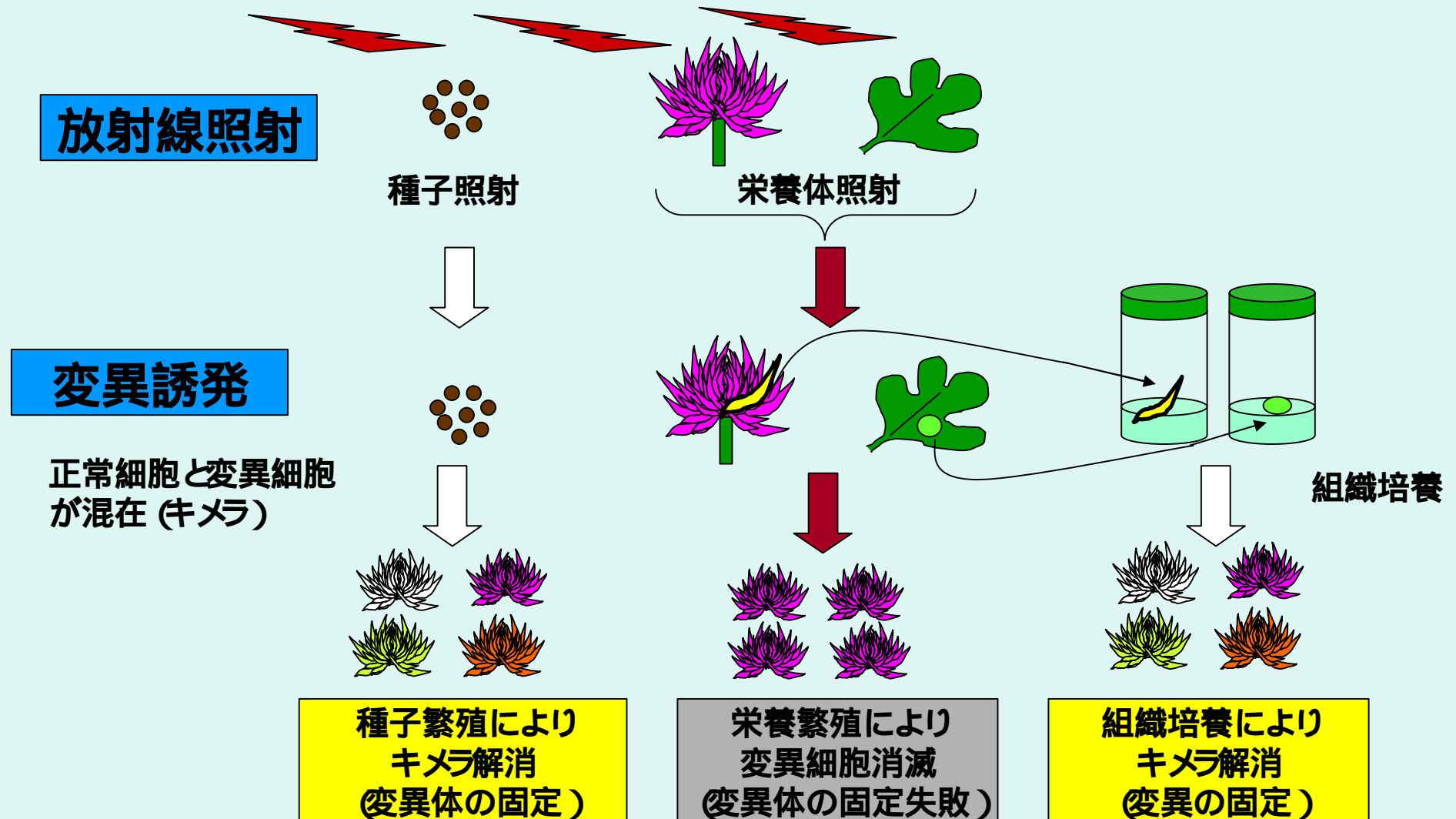
黒斑病耐病性

突然変異品種

寿新水

おさゴールド

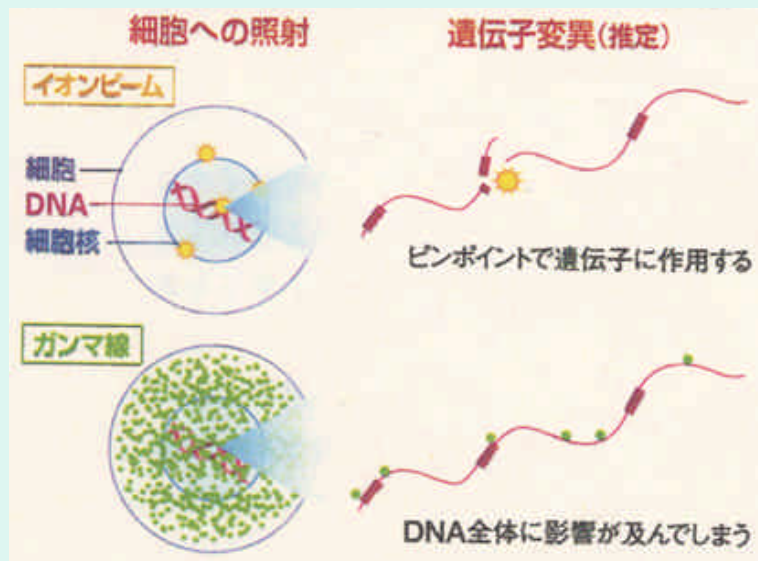
組織培養と放射線照射の組み合わせ



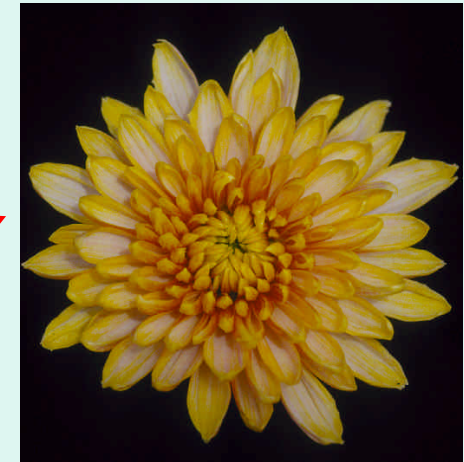
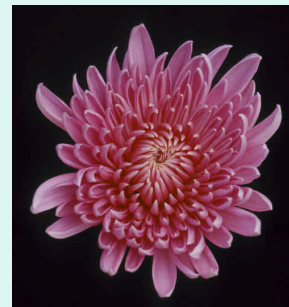
イオンビームによる キクの花色突然変異の特徴

複色突然変異体

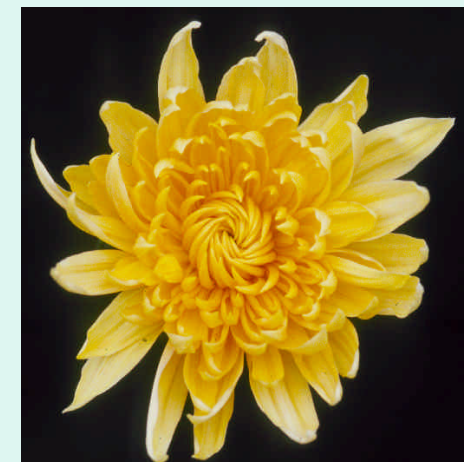
イオンビームと 線の比較



キク原品種 「大平」



条斑突然変異体



突然変異利用の今後の展望その1 順 (forward) 逆 (reverse) 遺伝学

- Reverse genetics

- イネゲノムリソースセンター

- 突然変異系統の拡充・整備
ゲノム研究への利用の環境整備

- 放射線突然変異の利点

- 複数の遺伝子を一度に欠失
変異部位に偏りが少ない

- 逆遺伝学的スクリーニング技術の開発

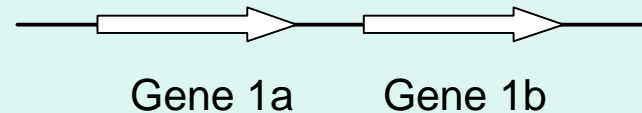
- ポストゲノム研究

- 遺伝子の側から突然変異を探す

放射線利用の利点

複数の遺伝子を一度に欠失

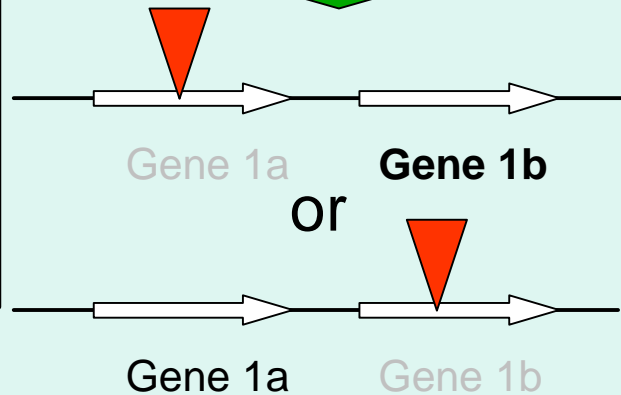
重列した機能重複遺伝子



変異原処理

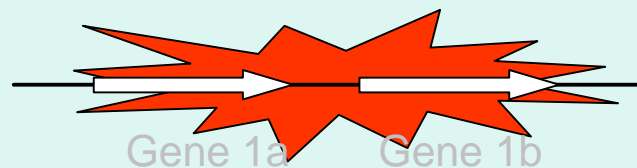
トランスポゾン
(Tos17等)
or
化学変異剤
(EMS等)

(点突然変異型)



変化なし

放射線
(ガンマ線・イ
オンビーム等)
(欠失型)



表現型

突然変異利用の今後の展望その2

植物による環境修復技術

- 利点 :安価、PAが得やすい、長期間有効
- 対象 :土、水、空気
- 石油由来芳香族化合物浄化 :クワ、リンゴ
- 重金属浄化 :アブラナ科
- 窒素酸化物浄化 :キク科
- 基礎研究の段階、実用化には至っていない
- 組換え体の育成
- 突然変異体や品種間差の報告が出始めた