

量で25%添加することにより、非照射群および照射各群ともにラットやマウスの血液検査、臓器重量などに異常が生じた。そこで2%、4%の添加で再試験を行った結果、毒性試験や世代試験において照射による悪影響がないことが明らかになった。

同じような毒性試験および世代試験がガンマ線照射された米、小麦、ウィンナーソーセージ、水産練り製品、グレープフルーツ、電子線照射された温州ミカンについて行われたが、照射による悪影響は認められなかった。

一方、変異原性試験では、細菌を用いた遺伝子突然変異試験、チャイニーズハムスターとヒト細胞による染色体異常試験、マウスの生体による小核試験と優性致死試験が行われた。各照射食品の変異原性試験(表2)において照射による悪影響は認められず、動物を使った栄養試験でも照射による影響は認められなかった。

ただ、これらの動物を用いた毒性試験や世代試験では、個体差によるデータの誤差や、照射食品を乾燥重量で2~45%も配合飼料中に混ぜたために動物に栄養バランスの乱れを生じさせたなどの問題も起きた。例えば、0.6kGy照射馬鈴薯で飼育されたラットの卵巣重量が他の試験群より少ないのは照射による異常であるとの指摘があるが、これは個体差または実験操作による誤差によるものであり、組織学的観察では異常は観察されていない。同様の事例がタマネギの標準飼料群で観察されており、標準飼料群での卵巣重量が他の試験群より少なかったのも個体差などによるものである。また、照射馬鈴薯の飼育試験で雌ラットの体重増加が他の試験群に比べて少ないとの指摘があるが、これは標準飼料に比べて馬鈴薯の添加量が多すぎたためであり、老齢期の生残動物による個体差も関係している。さらに、照

射タマネギの世代試験でマウスの胎仔や新生仔の肋骨などの骨に異常が認められたとの指摘は、部分的なデータのみから照射の影響と断定したものと言える。本試験に用いられたマウスの系統では骨の異常が胎仔や新生仔で30~84%と高いが、これは成長に伴って消滅し、奇形のバラツキも多いので問題にする必要はない。全体的に見れば、標準飼料群や非照射群の方が骨の異常が多く認められる。照射米によるアカゲザルの内臓観察、照射水産練り製品の腫瘍発生率についても照射による悪影響が見られるとの指摘があるが、これらの事項も個体差による誤差であり、照射による影響ではない。(伊藤 均)

参考文献

- 1) 藤巻正生(監修)．“食品照射の効果と安全性．” 東京、日本原子力文化振興財団、119p．(1991)．
- 2) 日本原子力産業協会．食品照射 Q & A ハンドブック．東京、日本原子力産業協会、196p．(2007)．
- 3) 伊藤 均．特定総合研究での動物試験の結果について．*放射線と産業*．**115**，p.6-11 (2007)．
- 4) 伊藤 均．“照射食品の健全性．” 食品・農業分野の放射線利用．林徹編．東京、幸書房、p.11-51 (2008)．
- 5) 川崎 靖ほか．ガンマ線照射した柑橘類等の毒性に関する研究(1)ラットによる慢性毒性試験．昭和63年度国立原子力試験研究成果報告書29 (1988)．
- 6) 落合敏秋ほか．ガンマ線照射した柑橘類等の毒性に関する研究(2)マウスによる慢性毒性試験．昭和63年度国立原子力試験研究成果報告書29 (1988)．

12 北海道士幌町農協の照射施設建設と馬鈴薯照射事業展開の経緯

士幌農協の馬鈴薯照射施設は1973年に建設され、世界で初めて成功した食品照射の商業用照射施設として知られている。士幌の照射施設を含む馬鈴薯の貯蔵・加工処理プラントには士幌農協を含む5農協

が参加しており、年間約25万トンの馬鈴薯が集荷、加工されている。しかし、昔は北海道十勝平野に位置する士幌農協などの主要農産物は馬鈴薯や砂糖ダイコン、小麦、豆類、酪農作物など寒冷地に適し

た作物群であり、以前は貧しい農村地帯であった。そこで、1955年頃から土幌地域では農協を中心として、馬鈴薯などを澱粉、ポテトチップ、冷凍食品などに加工処理して収益を上げる事業を開始した。そして、これらの事業によって日本有数の豊かな農村地帯に発展するようになった。

馬鈴薯の加工、出荷のためには安定した貯蔵が必要であったが、薬剤処理は禁止されていた。そのため、馬鈴薯の芽止めを目的とした照射事業の導入に踏み切ることにした。またこの頃、原子力特定総合研究の食品照射ナショナルプロジェクトが実施されていたことも導入の動きを後押しした。消費者にとっても3～5月は馬鈴薯の端境期で高価であり、販売店にとっては端境期に馬鈴薯の芽かき作業が大変であった。

1972年、厚生省によって馬鈴薯照射が認可されると、土幌農協の依頼により日本原子力研究所高崎研究所で照射施設設計のための研究が開始された。土幌の馬鈴薯加工処理プラントでは1.5トンの金網製大型コンテナ（照射面の深さ98cm×横164cm×高さ150cm）が貯蔵・輸送に用いられており、このコンテナを発芽防止に必要な線量を均一照射する必要があった。この研究ではフリッケ鉄線量計をコンテナの馬鈴薯内に装着して、ガンマ線の線量分布を測定して照射条件を検討した。その当時は、馬鈴薯の発芽防止線量は0.07～0.15kGyとされていたが、原子力研究所の研究結果では最低発芽防止線量は0.06kGyであった。そして、コンテナ内の馬鈴薯の吸収線量の最大、最小を0.15kGy/0.06kGy＝2.5以下にするためには、両面照射で少なくとも4m以上離すことが必要であることがわかった。この結果を基に土幌の照射施設が川崎重工業によって建設された。1973年に完成した照射施設はコバルト60線源を30万キュリー装着でき、1日に350トン照射し、年間（3ヶ月稼働）3.5万トン処理できる設計であった。建設費は約4億円かかり、3分の2は国や北海道の助成金を受けた。

土幌の照射施設は図に示す通りである。斜線部分が遮蔽用コンクリート壁（比重2.3で2.0m厚）で、その内部が照射室になっており、その横に操作室、検査室などの管理棟がある。Aは直径1mの円筒状線源、Bは線源を格納するプール（深さ6.4m）、Cが操作室より内部を見る鉛ガラス窓である。Dは照

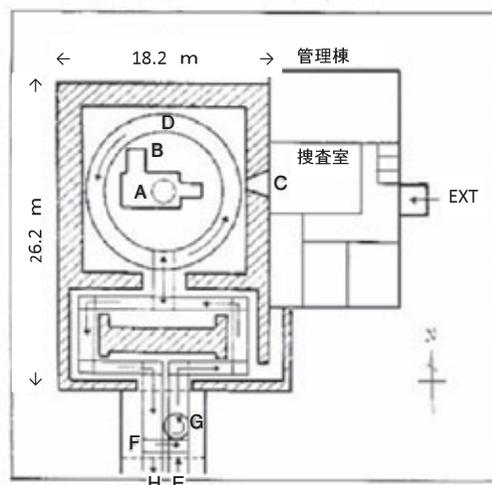


図 バレイショ照射プラント平面図（土幌農協、1973）
A:線源、B:線源格納プール、C:のぞき窓、D:照射コンベア、
E:搬入コンベア、F:転移コンベア、G:反転テーブル、H:
搬出コンベア

射用コンベアであり、線源までの距離は5mで、この上に19個の大型コンテナが乗る。コンテナはEから入り、D上で約1時間かけて1回転し、F点で再度搬入コンベアに移り、G点で表裏反転して再び照射され、搬出コンベアでHより大型冷蔵貯蔵庫建屋に移送される。照射時の線量管理はフリッケ鉄線量計で行われている。2011年には、校正時にフリッケ線量計とアラニン線量計との比較により、線量トレーサビリティが確保できるよう通知があらためられた。照射コストは1kg当たり2～4円である。なお、1974年より実用照射・出荷が開始された。

土幌地域での馬鈴薯の収穫時期は9～10月であり、収穫時に傷が付くことが多い。この傷は収穫後に直ちに照射すると治癒が遅れ、貯蔵中の腐敗の原因となる。このため、収穫後に常温で2～3週間貯蔵して傷を治癒してから照射する必要がある。照射後の馬鈴薯の貯蔵は温度や湿度、酸素の供給の管理も必要である。照射馬鈴薯が10℃以上で貯蔵されると鮮度が落ち、内部が一部黒変することがある。そのため、保蔵中の温度は5～10℃に保たれ、貯蔵庫内部の馬鈴薯に空気が緩やかに供給されるように空調されている。

照射された馬鈴薯は30年以上にわたって日本各地の青果物市場に、毎年15,000トン以上が出荷されてきた。市場での照射馬鈴薯はダンボール箱に入れられ、照射済みのスタンプが印されている。2005年にJAS法により店頭の小袋にも照射済みの表示が求められたため、一時期3,000トン程度まで出荷量が落ち込んだ。しかし、土幌農協などの販売努力もあり、現在では6,000トン程度が市場に出回っている。(伊藤 均)

参考文献

- 1) 梅田圭司. 食品照射の実用化とその背景. *化学と生物*, **12**(8), p.532-538 (1974).
- 2) 鈴木慶記ほか. 加工用ばれいしょの貯蔵および加工に関する研究. *食品産業センター技術研究報告*. No.3, p.61-70 (1979).
- 3) 久米民和ほか. γ 線照射による馬鈴薯の発芽防止における必要最低線量と線量率効果. *JAERI-M* (日本原子力研究所) 6408, p.1-9 (1976).
- 4) 佐藤友太郎ほか. 北海道土幌馬鈴薯照射施設の概念設計. *JAERI-M* (日本原子力研究所) 6000, p.1-42 (1975).
- 5) Takehisa M. Potato irradiation technology in Japan. *Radiation Physics and Chemistry*. **18**(1,2), p.159-173 (1977).
- 6) 田中義久ほか. 食品照射施設北海道土幌アイソトープ照射センター. *FAPIG* (第一原子力産業グループ) **74**, p.35-41 (1974).
- 7) Kameyama K.; Ito H. Twenty-six years experience of commercialization on potato irradiation at Shihoro, Japan. *Radiation Physics and Chemistry*. **57**(3-6), p.227-230 (2000).

13 照射食品の健全性評価のための食品照射国際プロジェクト (IFIP) と1976年のJECFI勧告

食品照射の健全性を国際的に評価しようとする動きが1961年、ベルギーのブリュッセルで開催されたFAO (国連食糧農業機関), IAEA (国際原子力機関), WHO (世界保健機関) の合同委員会から始まった。この会議では、照射食品の動物試験による健全性評価は食品添加物などと同じ100倍量(安全係数)を投与して行うことが合意された。その理由は、当時は放射線の化学反応で生成する食品成分の反応生成物の量や化学物質の種類がわかっていなかったためである。健全性を国際的に評価するための国際プロジェクトの研究方針が1964年のローマでの会議で検討され、1969年のジュネーブでの会議で具体的な研究項目とプロジェクトが合意された。

食品照射国際プロジェクト (International Project in the Field of Food Irradiation : IFIP) は1970年10月に発足し、最終的に24ヶ国が参加、1980年まで研究が継続された。プロジェクト参加国は米国、西ドイツ、オランダ、ベルギー、デンマーク、スウェーデン、ハンガリー、カナダ、日本、オーストラリア、フランス、インド、ブルガリア、ノルウエイ、ソ連、英国、ブラジルなどである。プロジェクトの分担金

は各国2.5万～5.0万ドルであった。プロジェクトの主な実施場所は西ドイツのカールスルーエにあるドイツ連邦栄養研究所に置かれ、各種の研究計画、研究方針などが決定あるいは提案された。情報誌のFOOD IRRADIATION INFORMATIONが1971年から刊行され、加盟各国の研究情報が共有された。

最初の研究課題としては照射馬鈴薯と照射小麦の健全性が取り上げられた。これらの研究では、1) 0.75kGy照射された小麦粉で飼育されたマウスの繁殖能の試験、2) 照射後2年間貯蔵した照射小麦から作られたパンの栄養価試験、3) 0.12kGy照射された馬鈴薯で飼育されたマウスとラットの繁殖試験、4) 照射馬鈴薯で飼育されたマウスの寿命試験が行われた。この他に、タマネギ、魚、米、パパイヤ、香辛料などの健全性試験も開始された。1976年にジュネーブで開催されたFAO/IEA/WHOの食品照射合同専門家委員会で、1kGy以下の線量を照射された小麦および小麦製品、0.15kGy以下の線量を照射された馬鈴薯は無条件で安全であると勧告された。また、7kGy照射された食鳥肉や1～3kGy照射されたイチゴ、1kGy以下の線量照射されたパ