

食品への放射線照射の利用

—放射線研究の歩み—

増 水 章 季 立 山 千 草

1. 放射線とは

2023年福島原発の処理水の海洋への希釈処理が国際的に認められ実施されたことが記憶に新しい。ここでの放射線同位体は半減期12.32年の β 崩壊するトリチウム（三重水素、日々自然に発生している）で、水中にあると生物学的には影響が少ないとされている。放射線（放射性物質から放出される粒子や電磁波のこと）や放射能（放射線を放出する能力、放射線同位元素）を危惧する意見も存在するが、地球上では大気、海洋そして動物の体内にも存在しており、人工的に製造することも可能であり、自然界には普通に宇宙線と大気の反応により生成され存在する。これまで人類はこの自然に存在する放射能や放射線をどのように研究してきたのであろうか。⁽¹⁾今回は、食品への放射線照射の利用について、放射線研究の歩みから振り返る。

2. 放射線研究のあゆみ

光とは連続した波長・周波数であるため、その全体を示す場合は電磁波と呼ばれることが多い。波長が極端に短いものは放射線、波長がそれより長くなると紫外線から赤外線などと呼ばれ、さらに長くなると電波と呼ばれる。分野によってその言葉を使い分けている。

光や電磁波の研究は科学の発展が急速に加速した産業革命とほぼ同時期に始まった。現代の科学技術の恩恵を我々一般消費者が享受するようになったのは、地道に科学実験を積み検証を繰り返した先人たちのおかげである。その業績の中には、放射線による研究実績も含まれている。放射線研究の足跡を知っておく必要がある。

放射線の研究が始められた時代、当時の科学者には“不思議なるもの”という印象であったに違いない。なぜならば、他の電磁波研究に比べ放射線研究はより危険を伴う行為であるということに誰も気が付かなかったために、若くして神に召される多くの研究者が絶えなかったからである。そのため、欧州のある大学には放射線研究に命をささげた科学者の功績をたたえる記念碑がキャンパス内に置かれている。

1895年にヴィルヘルム・レントゲンがX線を発見した後、放射線研究に従事する研究者らやその関係者に無精子症、催奇性、死産、流産等の胎児に対する影響が報告され、人間に及ぼす放射線の影響は大きなものであることが認識され始めた⁽²⁾。これと並行して 1906年に放射線の生物への影響についてのベルゴニ・トリボダーニの法則（細胞と放射線の影響の受けやすさの関係）の発見、1921年にホルトハウゼンによる酸素効果（酸素中で物質を照射した方が無酸素中で照射するよりも放射線感受

性が高くなる）の発見、1927年にミューラーによる突然変異誘発能の発見があり、これらの現象から放射線はヒトのみならず微生物を始め多くの生物に対して強力な効果を持っていることが次々と明らかになった。^{(3) (4)}

一方、放射線の工業製品や食品などへの利用も行われるようになり、1905年に英国において食品保全状態での品質の改善と品質の確保に放射線を利用した特許が認められている。⁽⁵⁾

一方、放射線は、食品など日常生活の中に存在する病原微生物や害虫等の駆除や食品を保存する技術として注目され始めた。1918年には野菜・毛糸・毛皮・書籍のダニ・害虫駆除に利用されている。⁽⁶⁾ 1930年には、缶詰め（食品）殺菌・滅菌のためあらゆる食品に放射を行うという発明・特許申請が行われている。⁽⁷⁾

トーマス・アルバ・エジソンも研究を行っており、彼の助手であったラレンス・マディソン・ダリーは放射線被ばく障害の影響で両手を失い、更に転移した悪性腫瘍で他界した。エジソン自身はこのことで悲痛な感情に苛まれていたようである。（図^{(8) (9)} 参照）



図 エジソンのX線実験 図 エジソンの助手 ダリー

マリア・サロメア・スクウォドフスカ＝キュリーも多くの実績を残したが、現在では彼女の研究室には防護服なく入ることが不可能なほど放射能が存在していたことが知られている。量子学（原子レベル以下の極めて小さいエネルギーや物質の単位である“量子”の特殊な性質を解き明かす学問）の発展と共に放射線利用の研究が進み、兵器への応用へ繋がってしまった。

放射線の人体への影響が明らかになるにつれ、第二次世界大戦後、食品への照射についての重要な論文が報告されている。^{(10) (11)}

米国は、西海岸で豊富にとれる野菜や肉を如何に新鮮

な状態で東部へ送り届けるか、そして、太平洋に展開する兵士への食事を如何に安全に保って送り届けるかの両局面の対応を検討する課題の一つとして放射線照射による検討を開始した。⁽¹²⁾ アメリカ陸軍はNatick研究所(兵站すなわち補給・輸送・管理という3つの要素から成立つ総合的な軍事業務全てを研究する機関)が設立し⁽¹²⁾、1953年以降食品への放射線照射の実験を開始した。この研究機関は約17年間に610万ドルの費用をかけて研究を行った。さらに1960年から1970年までの間に原子力エネルギー委員会が低線量食品照射の研究を開始、その目的と課題は安全な低線量照射装置開発・照射施設の建設と安全性の研究、および穀物・果実・野菜・魚類などあらゆる食品を対象とした安全性の研究の2点である。

照射された食品の菌は線量に応じて殺菌・滅菌された状態になり、それは同時に食品そのものにもダメージを与えるため、食品の安全性にかかわって、照射食品成分の変異原性ならびに長期摂取した場合の健康変化を研究する必要があった。さらに、それらを摂取した場合の毒性・誘導放射能の可能性・潜在的毒性(油などの酸化によるもの)・ヒト亜慢性毒性などについての試験を実施した。なお、ヒト亜慢性毒性試験では動物実験で安全性を確認した食品をマウスとヒトの体重比率より摂取量換算した量をヒトが摂取する。実験動物で安全とは言えヒトの代謝は異なることを考慮したもので、通常は健康被害がないと推測されるものである。FDA(アメリカ食品医薬品局)における研究課題として、この分野の研究費は25年間で5100万ドルに上った。この予算額を月へ人類が到達したアポロ計画の240万ドルと比較すると、その期間が長いという事情だけではなく食品への応用を達成することを目的とした長期ビジョンであったということがわかる。米国の商務省⁽¹³⁾、農務省⁽¹³⁾においてもNatick研究所の研究が引き継がれた。

FDAは連携したNatick研究所の実験結果からある方針を打ち出した。⁽¹⁴⁾ その方針とは、照射する目的が病原菌の殺菌及び滅菌であるのに対し、リスク管理という消極的ともとれる方針である。それは照射食品の品質を研究するという一面と、一定間の長期毒性試験や短期毒性試験を行い動物(おもにヒト)が摂取した場合の状況を考慮するという一面の二面性からなるものであった。また、これには、長期入院で食品を提供する時、無菌食品を必要とする患者が世界的にいることを考慮するという側面も持っている。一方、NASA(アメリカ航空宇宙局)では2003年火星旅行における食品に関するシンポジウムを開催し“適切に照射すると食品の寿命は2～5年であり、γ線、電子線などを用いて誘導放射能が発生しないと考えられる範囲のエネルギーを照射する”などのガイドライン作成のための指針も示された。それは当時、今では想像できないほど食中毒で死に至るケースが多く、放射線照射の有効性を鑑み、原子力委員会においても研究を開始し、製造側(製造ライン含む)および消費者側さらには輸入食品も含む共通のガイドライン作成に繋がった。⁽¹⁵⁾

食品照射は、放射線放射を利用する新しい食品保存技術である。

行政は、製造業へのガイドラインの整備とその製品を

購入する消費者への責任から、国際的に議論を行うコーデックス(CODEX国際食品規格委員会)での国際基準と規格を議論することになる。次回、その背景および経緯について報告を行いたい。

参考文献

- (1) 宮原 誠;照射食品安全性検証の歴史, 食品照射, 38巻, pp.31-48, (2003)
- (2) 宮原 誠;Harvey Washington WileyとAOAC, 防菌防黴誌, 28巻, 517-530, (2000) .
- (3) 渡辺一夫, 稲葉次郎編;放射能と人体 暮らしの中の放射線, 研成社, 東京, 13-14, (1999) .
- (4) 吉井義一;放射線生物学概論, 第3版, 北海道大学図書刊行会, 札幌, 1, (1998) .
- (5) Appleby, J.and Banks, A.J.British Patent #1609, (1905) .
- (6) Schwarts, B.Effects of X rays on Trichinae, J.Agric. Res., 20, 845-854, (1921) .
- (7) Gillett D. C. US Patent # 1, 275, 417, (1918) .
- (8) Edward P. Thompson, Roentgen Rays and Phenomena of the Anode and Cathode: Principles, Applications and Theories Anthony. 122 (1896)
<https://iif.wellcomecollection.org/pdf/b21500381>
2024.1.17アクセス
- (9) Brown, Percy. American Martyrs to Science Through the Roentgen Rays (1st ed.) . Thomas Books. 32-42, (1936)
<https://archive.org/details/american-martyrs-to-science-through-the-roentgen-rays-percy-brown/mode/2up>
2024.1.17アクセス
- (10) Brasch, A. and Huber, W. Ultrashort application time of penetrating electrons: A tool for sterilization and preservation of food in raw state, Science, 105, 112-117, (1947) .
- (11) Trump, J. G. and Van de Graaff, R. J. Irradiation of biological materials by high energy roentgen rays and cathode rays, J. Appl. Phys., 19, 599-604, (1948) .
- (12) Radiation Sterilization Project Radiation Sterilization Review of the literature in Selected Fields, US Army, Chicago, (1955) .
<https://www.osti.gov/biblio/4394451>
2024.1.17アクセス
- (13) Keller, R. F. The Department of the Army's Food Irradiation Program: Is It Worth Continuing? US GAO, Washington, (1978) .
- (14) Public Law 85-929 Food Additives Amendment of 1958, 52 Stat. 1041. 21USC 321. Definition.
- (15) Frenzen, P. D., DeBess, E. E., Hechemy, K. E., Kassenborg, H., Kennedy, M., McCombs, K., McNees, A. and Food Net Working Group. Consumer Acceptance Irradiated Meat and Poultry in the United States, J. Food Protection, 64 (2001) .