

関西電子ビーム株式会社電子線照射施設のご紹介

関西電子ビーム株式会社 隅谷 尚一*

The electron beam irradiation facility of Kansai Electron Beam Co., Ltd. which was established in 2008 with the main financial contribution of Kansai Electric Power Co., Inc. began operations in September 2011. This facility has the electron accelerator with the energy of 10 MeV which is the world's largest energy for commercial use, and is entrusted with modification of materials such as plastics and fibers, and sterilization of medical equipments, pharmaceutical products and containers. In addition, this facility has a role of "Creating and fostering of new industry" in the Fukui Prefecture's "Energy R&D Centralization Plan".

Keywords: Electron beam, Sterilization, Reforming

1 はじめに

関西電子ビーム株式会社（以下「関西電子ビーム」という）は、関西電力株式会社を中心となって設立した会社であり、商業用として世界最大加速エネルギーである 10 MeV の電子線照射施設を所有している。この施設は、平成 23 年 9 月より操業開始しており、また、福井県が進める「エネルギー研究開発拠点化計画」の取組みの一つとして、福井県内外の企業や研究機関との共同研究ならびに研究会活動を通じた交流も実施している。

電子線照射は、高分子材料などの改質による高機能化や、医療機器、医薬品容器、衛生用品等の滅菌など、様々な製品に利用されている。そこで、本誌では、最初にさまざまな滅菌方法における電子線照射の位置付けを紹介した後、関西電子ビーム電子線照射施設の特徴、施設を利用した産官学研究開発について紹介する。

2 滅菌方法における電子線滅菌の位置付け

使い捨て（ディスポーザブル）医療機器等に使用する滅菌にはさまざまな方法があるが、電子線滅菌、ガンマ線滅菌、酸化エチレンガス（EOG：ethylene oxide gas）滅菌、高圧蒸気滅菌が主たるものである¹⁾。

なお、電子線滅菌が実用化されたのは、1956 年米国でエチコン社が腸線縫合糸の滅菌に電子線照射装置を利用してからである。わが国では、1970 年代から一部の医療機器としてディスポーザブル注射器等から徐々に放射線滅菌が採用され、1980 年代から大規模の⁶⁰Co ガンマ線施設が、1990 年代から大規模の電子線照射施設が建設された。

国内の滅菌医療機器の各滅菌法の割合は、放射線滅菌（電子線滅菌、ガンマ線滅菌）が約 60%、EOG 滅菌が約 30%、高圧蒸気滅菌が約 10% との統計資料²⁾が示されているが、売上げベースでは EOG 滅菌の方が放射線滅菌より割合が多いという統計資料もある。しかし、EOG 滅菌については EOG が発ガン性物質であることや処理時間がかかること、無菌検査が必要であることから、徐々に利用割合が減少している。また、地方自治体（東京都、愛知県、大阪府等）が条例により大気への排出を規制しており、環境規制も厳しくなってきたこと、最近では女性労働者基準の対象物質にも指定されている。

電子線滅菌は、最終梱包のまま滅菌ができ、確実性・信頼性の高い滅菌方法であるため、利用割合が増加している。また、大手の医療機器製造会社の一部では自社製品を滅菌するため、関西電子ビームと同じ 10 MeV 電子線照射装置を採用するなど、処理時間が短くできる電子線滅菌が増加傾向にあり、その透過能力の高さから、従来滅菌処理できなかった医療機器の滅菌にも適用が広がってきている。

また、放射線滅菌の施設は、規模が大きく、放射線取扱主任者の有資格者も必要となる。大手の医療機器製造会社の一部ではガンマ線照射施設や電子線照射施設を自ら所有して運営しているものの、一般的には、

Electron Beam Irradiation of Kansai Electron Beam Co.,Ltd.
Naokazu SUMITANI* (Kansai Electron Beam Co.,Ltd),
〒919-1122 福井県三方郡美浜町松原 1 号東河原 3 番 3,
TEL: 0770-32-3371, FAX: 0770-32-3374,
E-mail: sumitani.naokazu@kbeam.co.jp

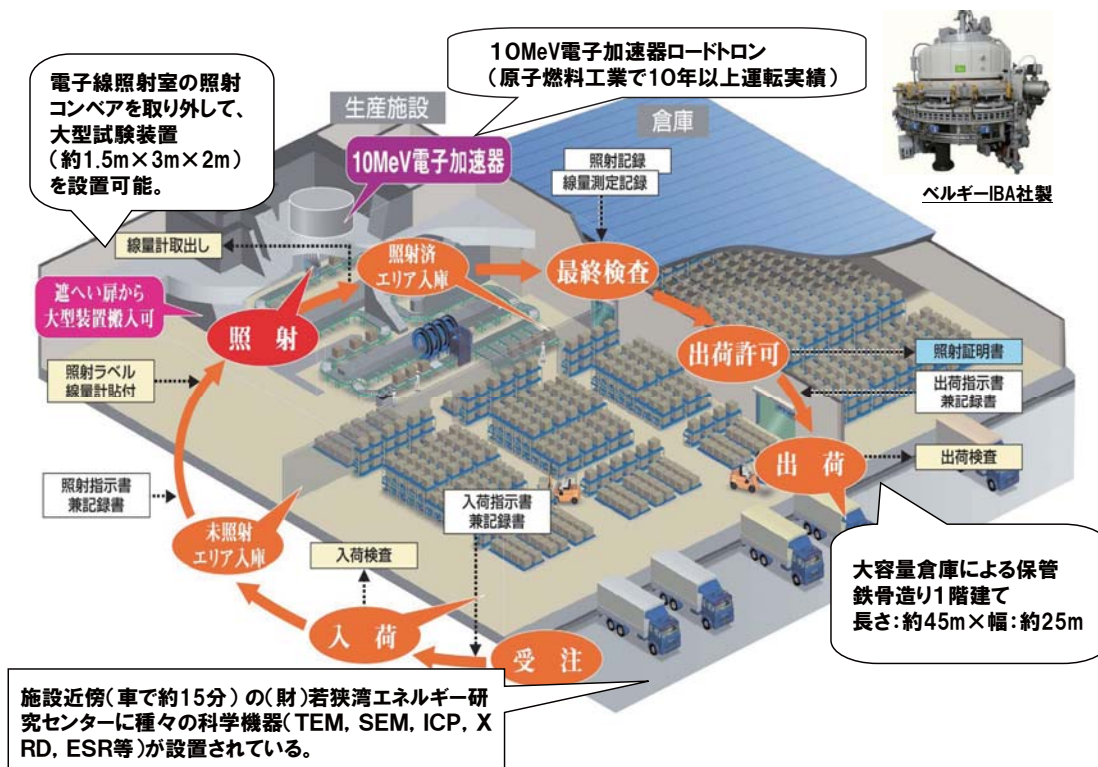


図1 関西電子ビーム電子線照射施設

処理量や運用管理面等を考慮すると、アウトソーシングの方がコスト面を含めて有利と考えられる。

程度の梱包容器の照射が可能となる。ちなみに、電子線はガンマ線と比べ線量率が高く、短時間で照射を完了することができる。

3 電子線照射施設の特徴

関西電子ビーム電子線照射施設³⁾を図1に示す。

3.2 製品の搬出入

3.1 電子線照射装置

図1に示す施設の主要部である電子線照射装置は、商業レベルでは、10 MeVを超える電子加速器は製造されておらず、そのため世界最大となる10 MeV電子加速器を採用している。

搬出入においては、一般的にはトラック輸送が主流であり、図1に示すように、大型トラックの寄付けを容易とした物流センターのようなトラックヤードが設置されており、複数台のトラックから同時に搬出入できる。搬出入管理では被照射物の保管管理において、未照射と照射済を明確に区分し、混在させないことが品質管理上重要である。このため、物理的に保管エリアを区分するとともに全体を管理する操業管理システムと連携した保管管理システムにより、保管場所のアドレス管理、入出荷日時管理などを行い、高効率かつ高信頼性を確保する。

ここで、種々のエネルギーの電子線と⁶⁰Coガンマ線、X線の透過力の違いを図2に示す。電子線の透過力は、深度線量分布曲線で示される。電子線は表面から内部に進むにつれ散乱電子の寄与により線量は増加し、線量ピークを示してから徐々に減少する。10 MeV電子の有効飛程は、4.0 g/cm²程度であり、両面照射により8.6 g/cm²程度までの厚さの製品を有効に照射することができる。医療機器(ディスプレイ製品)の平均密度を0.2 g/cm³とすると両面照射で約40 cm

3.3 搬送コンベアシステム

搬送コンベアシステムは、図1に示すように照射室内で被照射物に効率良く電子線を照射し、搬出するた

めのシステムである。被照射物に与える線量は、電子加速器の出力とコンベア速度により制御される。

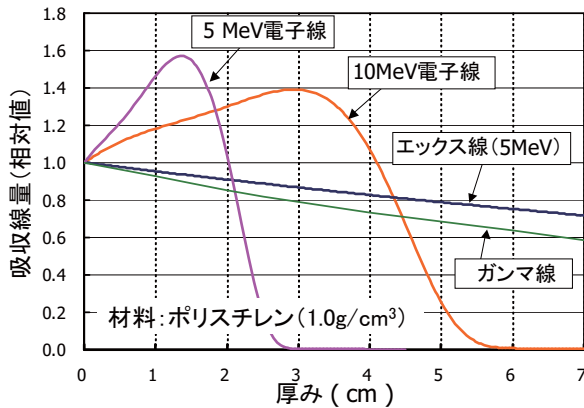


図2 各放射線の透過性能

3.4 大型遮へい扉及び施設の安全対策

照射室外から研究用大型試験装置を容易に搬入できるよう、開口部約 2.0 m × 2.0 m の物品搬入用大型遮へい扉を設置している。この大型遮へい扉は、厚さ約 1.5 m、重さ約 33 トンである。

なお、施設の安全対策として、運転中に照射室外を法令で定める線量率以下となるように遮へいされており、電子線照射装置を安全に自動停止できるようにインターロックを用いた安全システムにより、装置や周辺環境を安全に保護している。

4 施設を利用した産学官研究開発

関西電子ビームは、福井県が進める「エネルギー研究開発拠点化計画」の取組みの一つとして、福井県の主要産業である化学、繊維、伝統工芸及び原子力のそれぞれの分野において、図3に示すとおり、産学官研究開発⁴⁾にも取り組んでいる。

なお、研究開発は、平成24年度も継続あるいは新規研究について取り組んでおり、また、各企業や機関からの個別依頼により、図3に示す以外の材料開発等の研究も多数実施しているが、本誌では、平成23年度産学官研究開発の中からその一部を以下に紹介する。

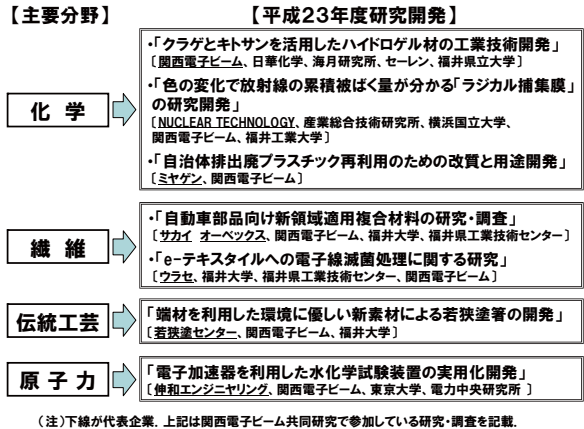


図3 平成23年度産学官研究開発

4.1 クラゲとキトサンを活用したハイドロゲル材の開発

原子力発電所の発電の妨げになるクラゲ（特にエチゼンクラゲ）と越前ガニ等の甲殻類から作製できるキトサンを活用した製品を開発することは、資源の有効利用につながる。そこで、クラゲとキトサンの両方を有効活用した、10 MeV 電子線照射によるハイドロゲル材の開発を、図4に示すとおり平成22年度に基礎開発をして、平成23年度から主に美容マスクを目指した工業技術化開発を実施している。将来的には創傷被覆材としての利用も検討している。

電子線による橋かけ技術を活用したものであるが、その特徴としては、開始剤は不要、ピュアーでクリーン、橋かけと滅菌が同時に可能、加熱が不要（省エネルギー）、原材料の形状保持、処理が簡単等である。また、クラゲからのコラーゲン成分、カニの甲羅等から作製できるキトサンの抗菌力による美容マスクにとって有益な成分が混入しており、これまでに細胞毒物試験等の安全試験で確認して、平成24年度にパッチ試験等の安全性確認を実施して工業技術開発を完了する予定である。

4.2 端材を利用した新素材による若狭塗箸の開発

福井県の伝統工芸である若狭塗箸の生産において発生する端材等を活用し、環境負荷低減を図るとともに、10 MeV 電子線照射により、塗料と素材との密着性を向上させ、新素材の若狭塗箸として開発する。平成22年度に基礎開発が完了し、平成23年度には商品

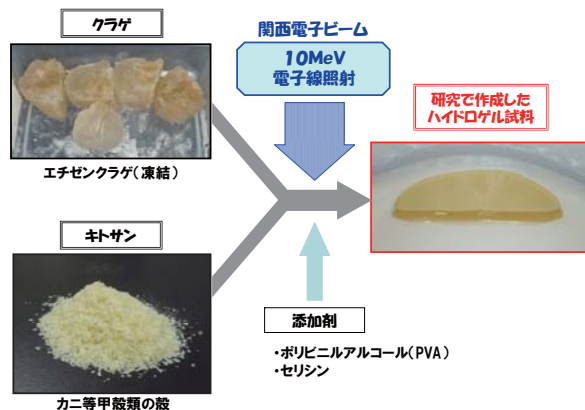


図4 ハイドロゲル材(基礎開発時)

開発(代表企業:株式会社若狭塗センター)を行うため、図5に示すとおり、実用化研究を実施した。

本研究開発は電子線照射によるグラフト重合を活用したものであり、福井県では、これまで繊維分野において新機能を追加するためのグラフト重合に関する研究開発が多数実施されており、それらの技術を伝統工芸品に展開したものである。



図5 端材を利用した新素材による若狭塗箸の開発

4.3 電子加速器を利用した水化学試験装置の開発

電子加速器を利用した水化学試験装置⁵⁾は、図6に装置の概要を示すが、軽水型原子炉施設の炉心を模擬することができる。本技術は、原子力発電所の被ばく

低減、構成材料及び燃料健全性の維持・向上ならびに放射性廃棄物発生量低減のための水化学研究への利用を目指すことを目的としている。電子加速器を利用する利点としては、費用、期間、許認可手続き、放射化、放射性廃棄物等の問題で実機の原子炉や実験用原子炉を使用して実施できない研究に対応可能なことである。

平成23年度に基礎開発、平成24年度実用化研究において、技術課題であった主要部分である压力容器を設計するためのデータについて、試験照射を関西電子ビームで実施して、解析・評価を東京大学が担当して取り組み成果を得た。今後は、一般財団法人電力中央研究所が中心となって、放射線分解と環境変化(H_2O_2 , O_2),高放射線下での腐食電位モニタ(ECPモニタ)確認等の研究開発として利用が期待されている。

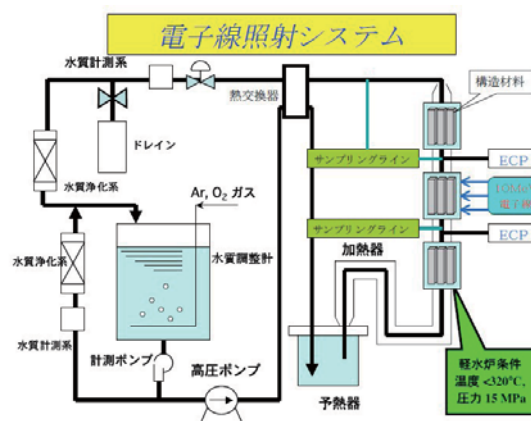


図6 水化学試験装置概念

5 おわりに

電子線滅菌の需要は、今後も医療機器を中心に堅実に増加すると予想される。また、医療機器以外の分野でも、滅菌処理で他の製品と品質レベルの差を付けることにより製品価値を高めることができるため、梱包材料・容器、理化学機器、衛生用品、化粧品関連等への利用もさらに広がっていくと思われる。

また、本誌では研究開発として材料改質の分野を紹介したが、この分野は1960年代のポリエチレンの放射線による橋かけによる耐熱性の改善から始まり、電線被覆材の耐熱性の改善、自動車タイヤの加工、発泡材・熱収縮材の製造、フッ素樹脂の微粒化による耐摩耗材の製造、半導体の特性改善など幅広く行われてい

る⁶⁾。橋かけ技術では、創傷被覆材のように、材料改質分野と滅菌分野にまたがるものもある。最新では、この分野がほとんど研究開発されており、新規の開発すべきニーズ・シ - ズがほとんどなくなった旨発言されている方もいる。しかし、原子力政策大綱には、放射線の利用を図る研究開発は、「学術の進歩や産業の振興をもたらすので、今後とも多様な研究開発を進めていくことが適切である」⁷⁾と記載されており、電子線を含む材料改質の分野は今後も研究開発が進展し、さらに多くの工業分野で放射線を利用した新製品開発が期待される。また、最近ではCO₂低減を考慮して、化学触媒等の化学物質を利用せず、電子線照射を有効利用することや、本誌で紹介した天然素材から化粧品等を製造、また、新エネルギーとしてバイオエタノールに電子線照射を利用することも注目されている。

農業分野の放射線滅菌として、海外の施設で良く利用されているのが食品照射であるが、わが国では残念ながら馬鈴薯の芽止めだけに留まっているのが現状である。今後、食品安全性の向上や、一般の方々の放射線利用の理解促進のために、食品照射の議論が広がることが望まれる。

最後に、電子線照射を利用した技術（電子ビームテクノロジー）は、安全・安心な滅菌分野への利用の促

進に役立てるとともに、更なる研究開発を通じて材料改質分野における新製品・新技術を開発することにより、わが国の技術向上維持につながる「明日への架け橋」になることを期待している。

参考文献

- 1) 隅谷尚一, 原子力利用の一つである「放射線滅菌」について, 日本原子力学会誌, 53 (2011) 102.
- 2) (財)原子力研究バックエンド推進センター, 新技術振興渡辺記念会 平成 18 年度科学技術調査研究助成「放射線利用の経済効果と新量子ビームに関する調査研究報告書」, 2008.
- 3) 戸羽豊, 竹地寛志, 福井県における受託照射用 10MeV 電子線照射施設の建設, 放射線と産業, 120 (2008) 27.
- 4) 隅谷尚一, 電子線照射サービスの開始について, 第 14 回放射線プロセスシンポジウム講演要旨・ポスター発表要旨集 (2012) 3.
- 5) 隅谷尚一, 村田隆志, 勝村庸介, 室屋裕佐, 電子加速器を利用した水化学試験装置の基礎技術開発, 原子力学会 2011 年 秋の大会予稿集 (2011) 447.
- 6) 幕内恵三, ポリマーの放射線加工, 第 2 版, 22, 2005.
- 7) 原子力委員会, 原子力政策大綱 (2005) 41.