

特 集 論 文

関連するSDGs



# SDGsの達成に貢献する電子線照射技術

Electron Beam Irradiation Technology that Contributes to the SDGs

奥村 康之  
Okumura Yasuyuki  
中井 康二  
Nakai Koji

寺澤 隆裕  
Terazawa Takahiro

## 1. はじめに

1950年代に放射線/電子線照射の工業利用が始まり、当社は電子線照射装置 (EPS:Electron beam Processing System) を商品化した。電子線照射は、電線被覆の耐熱性改善やタイヤ用のゴムシートの流動性改善など多くの分野で工業利用がなされ、今なお、その用途は広がりを見せている。

当社は、お客様のニーズに応じたEPSを世界各国のユーザーに納入するとともに、社内照射設備を利用した照射サービスや用途開発を進め技術の発展に貢献してきた。

本稿では、電子線照射技術の活用について、SDGsの達成に貢献するという側面から解説するとともに、当社の取組みについて紹介する。

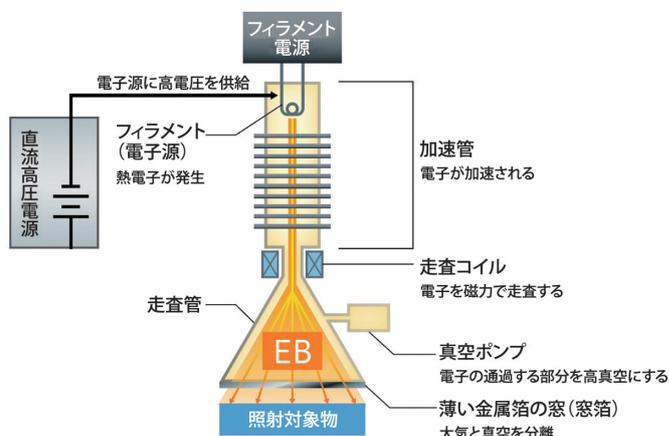


図1 走査型EPSの構造

## 2. 電子線照射の特長

EPSは真空中でフィラメントを加熱し、発生した熱電子を直流電源の高電圧にて加速することにより、電子線(電子流)を作り出す。電子線は薄い金属箔を透過して大気中に取り出され、そのエネルギーを素材に与えて、様々な化学反応を引き起こし素材の性能改善に利用されている。図1、2にEPSの構造の概略を示す。

電子線照射の大きな特長は3つある。一つ目は高い生産性である。電子線のエネルギーは非常に大きく、そのエネルギーを瞬時に素材に与えることが可能である。そのため大量生産に適しており、様々な生産工程に利用されている。二つ目はエネルギーの効率が良く、熱などと比較して省エネルギー化が可能な点である。電子線の高いエネルギーは分子構造を直接的に変化させるため、熱などの間接的な作用と比較すると、エネルギーを無駄なく利用できる。三つ目は素材の厚みによって適切なエネ

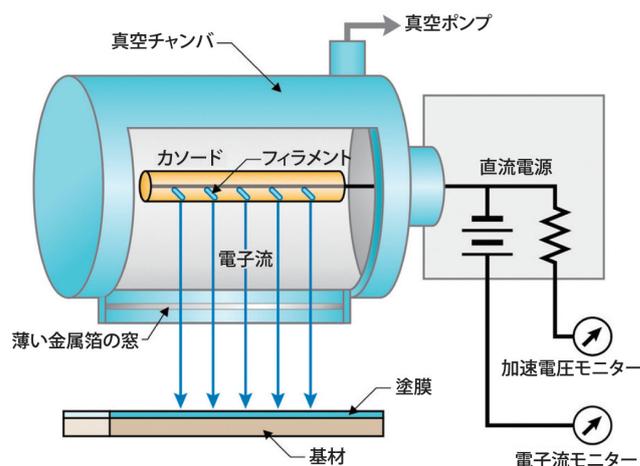


図2 エリアビーム型EPSの構造

ルギーを選択可能な点である。電子を加速させる電圧(加速電圧)を高くすることで、厚い素材の表面だけでなく内部まで処理することが可能である。逆に、薄い素材については加速電圧を低くすることで、無駄なエネルギーを消費することなく処理することが可能となる。

このように電子線照射は、生産工程の省エネルギー化に非常に有用な技術であることがわかる。

### 3. SDGsの達成に貢献する電子線照射の適用例

ここからは電子線照射技術を適用することによって、性能が向上する、あるいは新たな性能が付加されることで、SDGs達成に貢献している製品について紹介する。

#### 3.1 高性能な食品包装材の製造<sup>(1)</sup>

食品の衛生管理、保存において、食品包装材はもはや欠かせない存在である。電子線は高分子に照射することによって、様々な化学反応を引き起こす。その化学反応のうち、二つの高分子鎖の間を化学結合で橋掛けして、高分子の網目構造をつくる架橋技術があり、この技術が食品包装材の製造に利用されている。架橋することで、耐熱性や熱収縮率、さらに低温での基材強度など、食品包装材としての性能が向上され、食品保存期間の延長、食品ロス削減に貢献している。また、包装材の製造工程においては、短時間で電子線照射が完了するため、フィルムを押出成形から電子線照射までを一貫した生産ラインを構築することが可能で、生産性を高くすることができる。

#### 3.2 フッ素樹脂のリサイクル<sup>(2)</sup>

フッ素樹脂の一つであるポリテトラフルオロエチレン(PTFE)は、高いはつ水性、はつ油性、耐薬品性から幅広い用途に用いられている。しかし、PTFEは加熱押し出し成形加工が難しいため、切削加工が主体であり、加工後に発生する切削屑のリサイクルは、PTFEの性質から難しく課題であった。そこで、電子線照射による高分子の崩壊、低分子化を利用する事により、微粉末化が可能となり、潤滑材、塗料の添加剤などへリサイクルが可能となっている。

#### 3.3 印刷・塗膜の電子線硬化によるVOC削減<sup>(3)(4)</sup>

従来、印刷等に用いられる熱硬化型の塗料は、有機溶剤で希釈したものが多く、基材に塗布後、乾燥させて塗膜を形成するため、乾燥工程でVOC(Volatile Organic Compounds:揮発性有機化合物)が排出される。VOCは大気汚染、健康被害のリスクがあり、排出抑制や環境濃度の管理が進められている。

一方、UV硬化や電子線硬化型の塗料は、有機溶剤

による希釈は必要ない。しかしUV硬化は毒性が強い重合開始剤が必要となる。表1に熱硬化、UV硬化と電子線硬化の比較を示す。電子線硬化は、VOCの大幅な削減と共に乾燥工程の短縮、削減による省エネルギー化が可能な硬化方法である。近年では、安全性が強く求められている住宅建材など、身近なところで採用されている。

表1 熱硬化、UV硬化、電子線硬化の比較

項目	熱硬化	UV硬化	電子線硬化
触媒の添加	要	要(光重合開始剤)	不要
硬化温度	80~250℃	40~80℃	室温+数℃
硬化雰囲気	空気	空気	不活性(窒素)ガス
硬化時間	数秒~数十分	数秒~数十秒	1秒以内
有機溶剤	要	無溶剤可能	無溶剤可能
硬化厚み	特に制限無し	10~100μm	数μm~数mm
エネルギー効率	低	低	高
エネルギー消費量	338kW/h	61kW/h	20kW/h

#### 3.4 パワー半導体の特性改善<sup>(5)</sup>

電子線照射による、半導体デバイスへのライフタイム制御技術は40年以上前から実施され、半導体スイッチの高速化、損失改善などの性能向上に利用されている。この技術はプロセスの簡易さを特徴とし、特性の均一性、細かい制御性などを実現するための重要な技術であり、自動車、鉄道、ロボット、家電製品などに用いられるインバータなどのスイッチング素子に使用されており、省エネルギー化に貢献している。

#### 3.5 植物由来プラスチックの高性能化<sup>(6)</sup>

石油を原料としたプラスチックによる汚染の対策の1つとして、植物を原料としたプラスチックの活用が注目されている。植物由来のポリ乳酸は、耐熱性や透明性が低いことが課題であった。電子線架橋による改質でポリ乳酸の耐熱性向上、透明性維持が可能となり、石油プラスチック代替品としての用途を広げている。

また、生分解性をもつプラスチックであるポリカプロラク톤を電子線架橋すると、形状記憶性能を有するようになる<sup>(7)</sup>。60℃程度に熱して延伸したまま、冷却すると延伸した形状を維持するが、再び60℃に熱すると延伸前の状態に形状が戻るのである。これは現在、電子線照射技術の特長を理解するための学校教材として利用されている。

## 4. 電子線照射技術の適用拡大への取組み

当社では、電子線照射技術の適用拡大のため、様々な取組みを実施している。その中からSDGsに関連する二つの事例を紹介する。

#### 4. 1 電子線グラフト重合試験サービス

電子線照射技術の一つに電子線グラフト重合がある。これはフィルムや繊維といった高分子素材に、様々な機能をもつ物質を化学的に結合させることで、素材に新たな機能を付加する技術である。素材への機能付加は、一般的にはコーティングが広く利用されているが、コーティングが剥離することで機能が失われてしまう。

これに対して、電子線グラフト重合により付加した機能は、素材との剥離が極めて起こりにくく、耐久性が高い。機能付加の一例として図3にPTFEシートの親水化を示す。PTFEは、はっ水性で水滴の接触角は約110°であるが、電子線グラフト重合により、アクリル酸をグラフト重合することで、接触角は約47°まで低下する。この親水化効果は、熱水等による洗浄を繰り返し行っても変わらず、高い耐久性を示す。

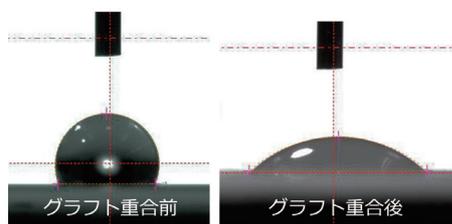


図3 電子線グラフト重合前後のPTFEシートの接触角

この技術は、衣類や電池用隔膜などに利用されている。当社では、この技術の適用拡大のため、お客様の素材に電子線グラフト重合を行うサービスを実施している。お客様のご要望にあわせて、最大A4サイズの素材にバッチ処理による試験を提案・実施して、お客様の素材にさらなる付加価値を創出するお手伝いを行っている。

#### 4. 2 ハイドロゲルの製造

電子線による架橋技術は、水溶性の高分子をハイドロゲル化するために用いられる。例えば、生分解性のポリビニルアルコールを、水に溶解させて電子線照射をすることで、ハイドロゲルとなり、これは

創傷被覆材として利用されている。このようなハイドロゲルの製造の特長は、水溶性高分子と水以外の一切の添加剤を必要としないことである。

当社では、ハイドロゲルの1つであるカルボキシメチルセルロースナトリウム (CMC) ゲル (図4) の製造を行っている。CMCは天然素材のパルプを原料としており、当社で製造しているCMCゲルはCMCと水のみで構成されているため、環境に与える負荷が非常に小さい。それにより、CMCゲルはコンクリートの養生シートの代替として利用されている<sup>(8)</sup>。

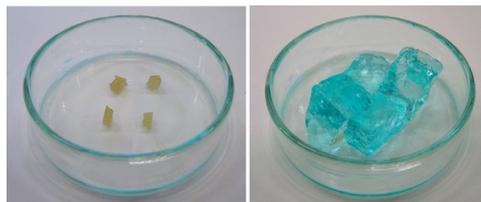


図4 CMCゲル 左) 吸水前 右) 吸水後

### 5. まとめ

電子線照射技術により生み出される素材、製品はSDGsの達成のみならず、人々の生活をさらに豊かにする可能性を秘めている。当社は皆様のニーズに応え、新技術・製品の開発に携わっていくよう邁進していく所存である。

#### 参考文献

- (1) 町末男:原子力工業,第29巻 12号,p.31(1983)
- (2) 中村甫:放射線と産業,No.90,p.24(2001)
- (3) 江尻,中井:日新電機技報,Vol.35 No.5,p.30(1990)
- (4) 田畑米穂:「UV・EB硬化技術の応用と市場」,シーエムシー出版(1989)
- (5) 宮蘭,松崎,大西:放射線と産業,No.114,p.22(2007)
- (6) 金澤進一:SEIテクニカルレビュー,第172号,p.47(2008)
- (7) 吉井,久米,長澤 他:「橋かけ生分解性材料の製造方法」,日本国特許第3759067号
- (8) 日新電機技報,Vol.64 No.1,p.23(2019)

#### 執筆者紹介



奥村 康之 Okumura Yasuyuki  
株式会社NHVコーポレーション  
EB加工部 主任



寺澤 隆裕 Terazawa Takahiro  
株式会社NHVコーポレーション  
EB加工部 参事



中井 康二 Nakai Koji  
株式会社NHVコーポレーション  
EB加工部 参事