

量子ビーム利用技術により

実用化した主な製品

農業、医療、工業製品まで



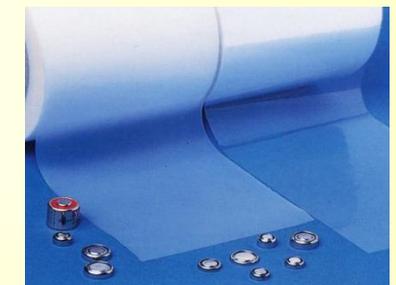
ハイドロゲル創傷被覆材



イオンビーム照射により作出した新品種カーネーション



超耐熱性炭化ケイ素繊維



ボタン電池用隔膜

国立研究開発法人 量子科学技術研究開発機構(量研) 高崎量子応用研究所
〒370-1292 群馬県高崎市綿貫町1233
研究企画室 TEL:027-346-9201, 9132 FAX:027-346-9385
E-mail: takasaki-transfer@qst.go.jp

放射線ってなんだろう？

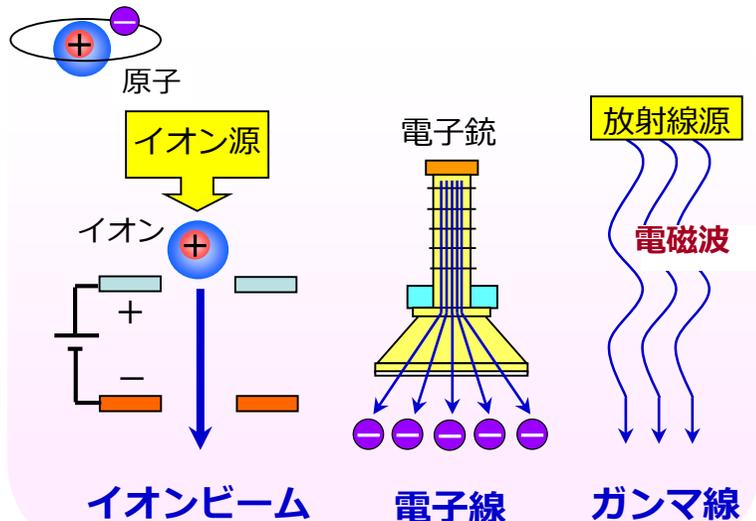
放射線は、高いエネルギーを持つ電磁波（電波の仲間）や粒子（電子や原子など）のことで、ものを通り抜ける力、写真フィルムに写す力、化学変化を起こさせる力があります。

量子ビームってなんだろう？

量子ビームとは、人工的に作り出されてよく制御されている放射線のことで、精度よく「みる」こと、「変える」ことに使うことができます。

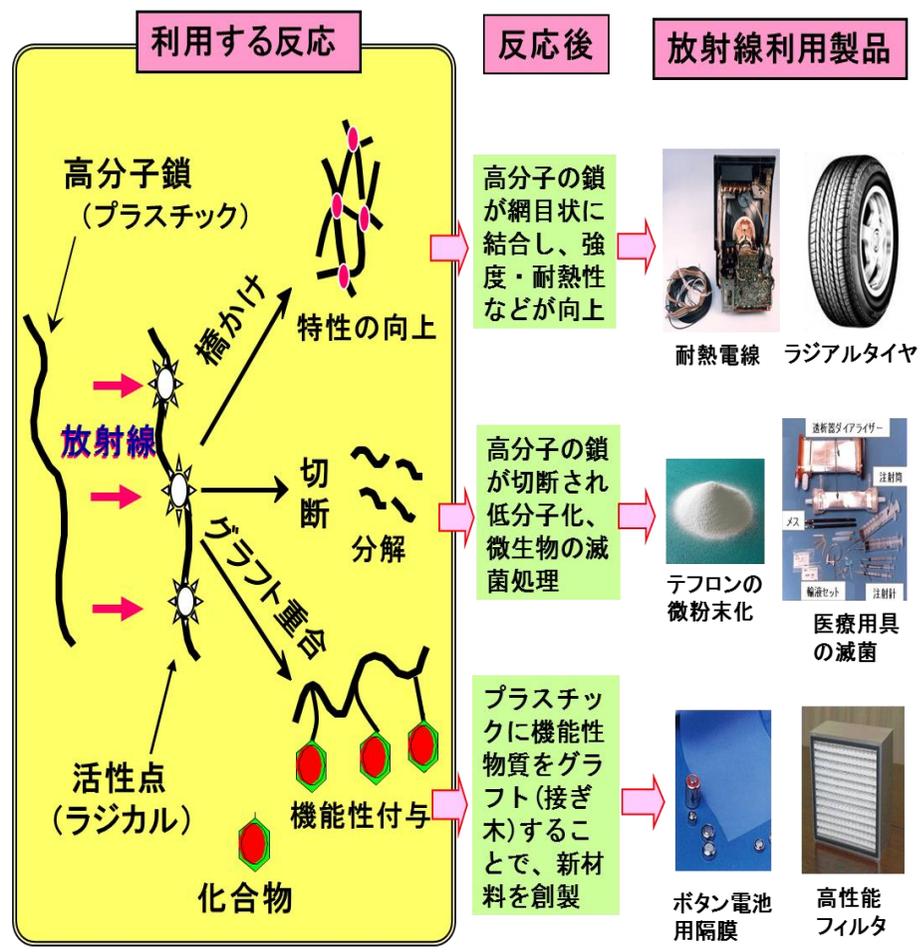
高崎研にある量子ビームは？

高崎量子応用研究所では、原子をイオン化して加速したイオンビーム、電子を加速した電子線、エックス線より高いエネルギーを持つ電磁波であるガンマ線を使って研究開発をしています。



身近な放射線利用

放射線は、レントゲン（エックス線撮影）やガンの診断・治療などの医療だけでなく、身近なプラスチック製品の改質などにも広く利用されています。



新品種花卉の作出

概要

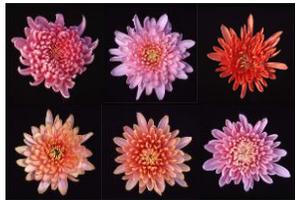
世界で初めてイオンビームによりDNAを切断し、植物の品種改良(イオンビーム育種)に応用し、その実用化に成功した。花卉では、「色や形などとりどりの花」の作出が可能となり、新産業の創出に役立っている。

産業との連携

- ・キク「大平」の新品種:2004年技術移転:鹿児島県沖永良部(農業生物資源研究所との共同研究成果)
- ・カーネーション:2002年技術移転:キリンホールディングス(株)
- ・キク科オステオスペルマムの新品種:群馬県内生産者と農業技術センターとの地域の連携により作出し、ヴィエントフラミンゴとして2009年に品種登録。

時期と市場規模

- ・「大平」の新品種:2004年より鹿児島県沖永良部で生産開始。
- ・カーネーション:2003~2004年では、苗3万本生産。2005年度からは、ヨーロッパでの生産開始。市場規模は、二十億円以上と予想。
- ・2007年度に農業技術センターにより群馬県内生産者に配布し、現在県内試験販売。



キク品種「大平」(左上)から生まれた5つの新品種

沖永良部島(農業生物資源研究所)



欧州主要カーネーション品種「ビタル」(左上)から生まれた種々の新品種

キリンビール(株)



キク科オステオスペルマムの新品種「ヴィエントフラミンゴ」

群馬県農業技術センター

輪ギク新品種「新神」の作出

概要

輪ギクの栽培では、多数のわき芽が発生し、芽取りに多大な作業を強いられている。イオンビーム育種により、わき芽の少ない品種が作出できたことにより、芽かき作業が従来の1/3以下に軽減できるようになった。

産業との連携

- ・主要品種「神馬」からの無側枝性新品種「新神(アラジン)」「新神2」として、2004年に鹿児島県、その後全国の農協団体等に技術移転。

時期と市場規模

- ・2004年鹿児島県内で300万本、2005年全国の農協団体等へ使用許諾。現在は、全国・インドネシア約40箇所の農協団体等で生産。市場規模は、現在十億円以上。



無側枝

主要品種「神馬」の無側枝性変異品種「新神」と「新神2」

鹿児島県、全国の農協等

オオイタビ“ノックス(KNOX)”

概要

壁面緑化に適したツル性植物 オオイタビは二酸化窒素(NO₂)の吸収力が他の植物に比べて優れている。イオンビーム育種により二酸化窒素の浄化能が既存種に比べて、更に40~80%向上したオオイタビを作出した。

産業との連携

広島大学との共同研究により優れた浄化能を有するオオイタビが作出され、みのる産業(株)に技術移転。

時期

2010年3月から販売を開始。

経済効果

新品種オオイタビは、環境浄化能が高いことから今後、新興住宅街や公共施設などの壁面緑化に期待。また、道路沿いの緑化への活用で大気汚染防止にも役立つ。現在、市場の拡大を目指したPR活動中。



オオイタビ“ノックス”



施工例:東京駅八重洲ログランルーフ
(壁面緑化の一部に使用)

吟醸用清酒酵母

概要

清酒は、観光や地場産業振興の有力なツールであり、特色を持った商品が求められている。そこで、イオンビーム育種技術により、風味のバランスが良く、従来の酵母にはない「甘い香り」を持つ新しい清酒酵母を作出。

産業との連携

群馬県立群馬産業技術センターとの共同研究により新しい清酒酵母(群馬227)を作出。

新しい清酒酵母は三年間の醸造試験により、十分な醸造適性があることを確認。

群馬県の新しい清酒酵母として、県内の酒造蔵に領布。

時期

新しい清酒酵母を用いて醸造された吟醸酒の販売が平成25年4月より開始。

経済効果

群馬県内の酒店や道の駅などで広く販売され好評を得ている。



照射試料を調製



優良株候補を選抜



新酵母で醸造された吟醸酒の一例

「鳳凰聖徳」

DNAタンパク質修復試薬

概要

ガンマ線・イオンビーム等の量子ビームを利用して Deinococcus radiodurans の耐放射線性を調べた結果、放射線で傷ついたDNAを直す遺伝子を発見した。この遺伝子で作るタンパク質 PprA が、傷ついたDNAに結合し、高効率でDNAを直す機能があることが分かり、バイオ研究試薬として実用化に成功した。

産業との連携

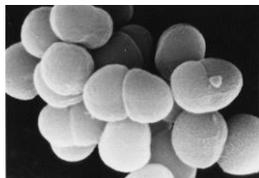
- ・2001年8月に特許「DNA修復促進活性を有するタンパク質」を出願(特願2001-246260号 特開2003-52376号)
- ・2005年9月: JSTの斡旋により技術説明を行い、(株)ニッポンジーンに技術移転
- ・2005年11月に(株)ニッポンジーンが製品化し、和光純薬工業(株)が販売。

時期

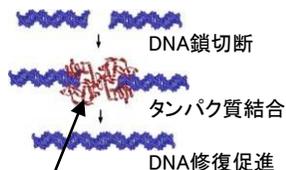
技術移転 : 2005年9月

経済効果

市場規模:
最大1~2億円程度(国内)



放射線抵抗性細菌
Deinococcus
radiodurans



PprAタンパク質

PprAタンパク質がDNA
修復を行う様子



PprAが添加されたTA-
Blunt Ligation Kit®
(2005年11月販売開始)

ジャガイモの発芽防止

概要

収穫後のジャガイモは約3ヶ月の休眠期間が過ぎると発芽してしまうため、通常は2℃前後に低温貯蔵して発芽を抑えながら出荷しているが、気温が高くなる春先には店頭などですぐに発芽してしまう。ジャガイモにガンマ線を照射することでその発芽を防止でき、3~5月の端境期にも鮮度を保ったジャガイモを供給できる。

産業との連携

コバルト60から発生するガンマ線をジャガイモに照射する施設の設計・製作に協力し、施設の管理・運転においても技術指導。

時期

北海道士幌町農業協同組合で1973年度産から照射処理を開始、1974年の春から出荷を開始。

経済効果

3~5月の端境期に生食用(加工用以外)として出荷するジャガイモの一部を照射。2005年度の経済規模調査では処理量8千トン、経済効果は9億円と算定。



照射芽止めジャガイモ



非照射ジャガイモ

ウリミバエの撲滅

概要

農作物に多大に被害を及ぼす害虫のウリミバエの生息により沖縄県外に農作物の移動は禁止されていた。人工飼育したさなぎにガンマ線を照射して不妊化させたオスを野外に放つことで、交尾しても卵がふ化しないため子孫が減り、1993年撲滅に成功した。現在も照射した不妊虫を放ち続けるとともに、海外からの野生虫の再侵入の監視を継続している。

産業との連携

ガンマ線照射施設である、沖縄県ミバエ対策事業所ウリミバエ不妊化施設(現沖縄県病害虫防除技術センター)の建設と運転管理等に関して技術指導。

時期

1984年に大規模な不妊化施設を那覇市内に建設。

経済効果

2005年度の放射線利用の経済規模に関する調査では、ウリミバエ根絶による経済規模は、沖縄県や鹿児島県などで66億円を上回ると報告。



害虫ウリミバエ



ゴーヤー



照射施設

ハイドロゲル創傷被覆材

概要

傷を覆い治療したときに治癒が促進され、剥がすときに痛くなく、治療の状況が観察できる透明なハイドロゲルシートを見出し、製品化に成功した。

産業との連携

電子線橋かけ(架橋)技術によりハイドロゲルを製造する方法をニチバン(株)に技術移転。傷に貼るゲルを「ビューゲル®」の商品名で製造し、大鵬薬品工業(株)から医療機関に販売。靴擦れ保護用ゲルとして「ジェルプロテクター®」の商品名でドラッグストアなどで販売。

時期

販売開始時期: ジェルプロテクター® : 2004年2月
ビューゲル® : 2004年7月

経済効果

ビューゲルは傷を湿潤環境で治療する製剤として医科向けに販売。ジェルプロテクターはドラッグストアや薬局等で販売。



創傷被覆材「ビューゲル®」



靴擦れ用緩衝材
「ジェルプロテクター®」

ゲルによる手漉き和紙の新製品

概要

電子線橋かけ技術で合成したセルロースゲルを手漉き和紙溶液に添加することで、吹き付け加工によるコーティングが容易になると共に加工製品の強度が向上し、照明器具や建築用資材に応用が可能になった。

産業との連携

2009年度の(株)トーキンとの共同研究で吹き付け加工製品への応用を検討。現在、KSTワールド(株)に引き継がれ、販売総代理店(株)明光建商で吹付け和紙コーティング材「和紙職人」として多方面に渡る分野へ用途を拡大中。

時期

2009年度から製品の販売を開始。

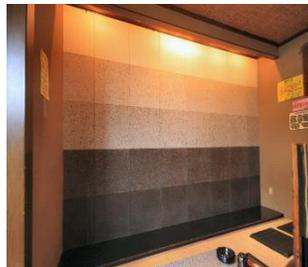
* 現在、高崎量子応用研究所の旧所属機関であった国立研究開発法人日本原子力研究開発機構(JAEA)が特許を所管。

経済効果

手漉き和紙で作製した照明(ランプシェード)は優しい質感の灯りで人気が高いことや、内装材に使用すると落ち着いた和の室内空間が得られることから需要の拡大を期待。



ランプシェード



料理店や会議室などの内装

ゲルにより改質した低収縮和紙

概要

古くから壁紙やふすまに使われている越前和紙に電子線橋かけ技術で合成したセルロースゲルを添加することにより、水分の吸収や放散を抑制し、寸法変化の少ない機能性和紙を開発した。

産業との連携

越前和紙の収縮性を制御する技術は、2006年度の石川製紙(株)との共同研究及び2007年度と2008年度の地域資源活用型研究開発事業(経済産業省)の産学官体制により実施。

時期

実施許諾契約: 2006年8月

* 現在、高崎量子応用研究所の旧所属機関であった国立研究開発法人日本原子力研究開発機構(JAEA)が特許を所管。

経済効果

金屏風用和紙や室内用壁紙に使える高機能和紙として、広範囲な分野への広がりが期待。



越前和紙



金箔を施したゲル混合越前和紙

ゲルを用いたコンクリートの養生法

概要

コンクリート構造物を建造する際、コンクリート打ち込み初期に電子線橋かけ技術で合成したセルローズゲル液を表面に5mm厚程度散水することにより従来技術に比べて約20時間コンクリートからの水分損失を抑えることができ、急激な乾燥によるひび割れ、強度低下、耐久性などの品質低下を抑制できる養生法である。ゲルの原料は植物由来であり、環境への負荷も低減できる。

産業との連携

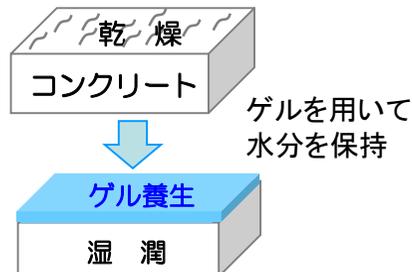
セルローズゲルの利用における技術移転活動の成果であり、ゲルの利用が他分野に広がりを見せた。東洋建設(株)と東海大学で開発、実証試験を行い効果を確認した。

時期

2015年7月10日「コンクリートの養生方法」として特許登録
特許番号:第5773686

経済効果

ゲルによる養生法は、養生マットやパラフィンに比べて緻密で耐久性に優れたコンクリートが得やすいことやゲルが生分解性で自然に消失するなどのため、建設分野で採用され始めた。



ゲル液散水(防波堤工事)

「学校教材」生分解性放射線実験樹脂

概要

電子線橋かけ技術によるプラスチックの耐熱性の向上を利用して、形状記憶効果による熱収縮チューブなどが製品化されている。市販の熱収縮材は溶融温度が高いが生分解性のポリカプロラクトン(PCL)は約60℃の低温で溶融するためお湯を用いて形状記憶効果を確認できる。

産業との連携

教育関係者などの中で、子供たちに科学や放射線に対する関心を持ってもらうために安全で簡単、短時間に放射線の作用を理解できる実験材料が望まれていた。(株)サンルックスにより製品化された。

時期

実施許諾契約：2015年5月13日

経済効果

放射線の利用については、医療分野で知られているものの工業分野では認知度が低い。放射線に関して正しく理解し、身近な製品に利用されている現状について関心を持ってもらえるきっかけに。



熱収縮チューブ(市販品)



生分解性放射線実験樹脂セット

超耐熱性炭化ケイ素繊維

概要

電子線橋かけ技術を利用して1700℃の高温に耐える炭化ケイ素(SiC)繊維を開発した。セラミックス複合材料など高温で使用する耐熱材料の強化繊維としての用途を目指して実用化された。

産業との連携

1992年2月～1995年8月まで(独) 科学技術振興機構の委託開発(電子線照射による高耐熱性炭化ケイ素繊維の製造技術)を行い、商品名「ハイニカロン®」として実用化(日本カーボン(株))。2012年、日本カーボン、GE、サフランによる合併会社であるNGSアドバンスファイバー(株)にニカロン事業を継承。

時期

販売開始時期: 1995年9月

経済効果

ボーイングやエアバスに供給する次世代航空機のエンジン(LEAP)の耐熱部材として使用。また、1200℃の耐熱性を有する「ニカロン®」(放射線未利用)も併用して製造、販売。



超耐熱性炭化ケイ素繊維



航空機用耐熱部材

架橋フッ素樹脂

概要

商品名テフロンで知られているポリテトラフルオロエチレン(PTFE)は、熔融状態で電子線橋かけ技術を利用することにより、耐放射線性、耐摩耗性、耐クリープ性などが著しく向上した。

産業との連携

1997年3月～2002年3月まで(独) 科学技術振興機構の委託開発(電子線照射による高機能フッ素樹脂の製造技術)により日立電線(株)で実用化。2013年7月から吸収合併先の日立金属(株)から商品名「エクセロン®」として製造、販売。

時期

販売開始時期: 2002年4月

経済効果

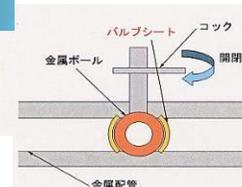
テフロン®に比べ、1,000倍の耐摩耗性が向上することから軸受け、オイルシールなどの高性能な摺動部シール材に応用され、自動車や半導体産業などで使用。



エクセロン製品(ブロック)



バルブシート



グラフト消臭剤

概要

電子線グラフト重合技術を利用して、トイレや生ゴミの臭いなどの悪臭を化学的に瞬時に吸着する消臭剤を開発し、製品化した。

産業との連携

1999年7月に設立した支援ベンチャー企業の(株)環境浄化研究所が、特許の実施許諾を受けグラフト消臭剤を製造・販売。

時期

1999年7月:ベンチャー企業設立
2001年12月:生産工場新設

経済効果

消臭シートや消臭おむつなど消臭剤以外のインフルエンザ用マスクなど福祉関係の製品も実用化し、製造・販売を行い、販路の拡大中。通販オンラインショッピングの楽天市場を通じても販売。



消臭スプレー



消臭ジェル

ボタン型電池用隔膜

概要

カメラや時計などに使われているボタン型電池の正極(プラス)と負極(マイナ)を隔離している薄い膜を電池用隔膜という。電子線グラフト重合技術を利用して薄くて丈夫なポリエチレンの膜を開発したことにより、安定した電流と電圧が得られ電池の寿命が大幅に延びた。

産業との連携

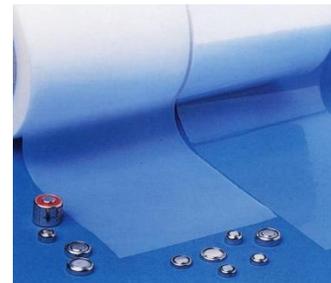
電子線グラフト重合技術を用いた電池用隔膜の製造技術を(独)科学技術振興機構の委託開発により(株)ユアソーポレーション(旧湯浅電池)に技術移転。

時期

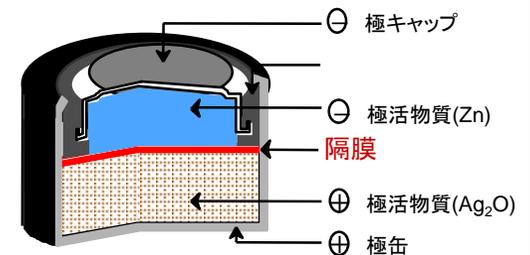
技術移転:1985年

経済効果

年間生産量:10億個(推定)
電池用隔膜の出荷額として平成9年度までに8~10億円と推定。



ボタン電池用隔膜



ボタン電池の構造

高性能空気浄化フィルター

概要

汎用のフィルター素材や不織布に、電子線グラフト重合技術を利用して、化学的吸着機能を持たせた高性能な気体吸着材を開発した。従来の吸着材に比べ、アンモニアなどの有害なガスを速い速度で多量に吸着させることができる。

産業との連携

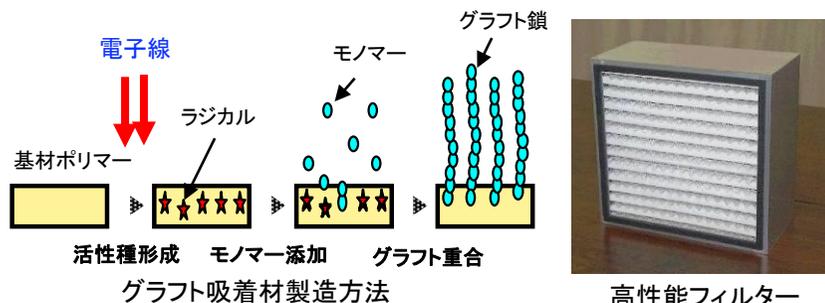
(株)荏原製作所では、1985年より技術指導や共同研究により、放射線グラフト重合法による機能性高分子材料を開発。

時期

技術移転: 1997年 (株)荏原製作所

経済効果

(株)荏原総合研究所では、2000年にベンチャー企業を設立し、電子線を用いた連続グラフト重合装置により放射線グラフト重合技術を行いた高性能空気浄化フィルターなどの素材や各種開発製品を製造・販売。



冷却水設備水質改善ユニット

概要

ビルの空調設備の貯留水中の鉄、銅などを電子線グラフト重合技術により製作した捕集材で効率的に除去し、配管腐食やスケール付着が抑制可能な、小型で可搬式の水質改善装置を開発した。

産業との連携

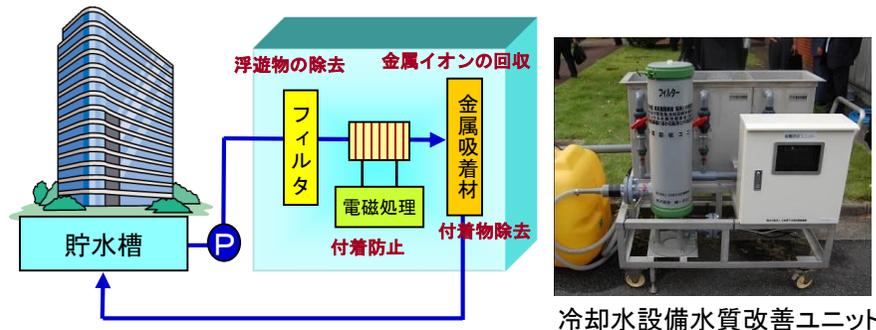
(株)第一テクノとの共同研究により2007年に本装置を開発。

時期

実施許諾契約: 2008年2月

経済効果

ビルなどの既存の冷却設備を停止させずに、鉄、マンガン、銅などを除去できるため、対象となる施設は多数存在。また、薬剤に変わる処理法として環境に与える負荷が小さいため、ユニットのリースも含めて、販路を開拓中。



高性能金属除去フィルター

概要

電子線グラフト重合技術により市販樹脂に比べ2,000倍の処理速度で微量の金属を除去できる捕集材を開発し、半導体洗浄液中の微量金属除去フィルター材に応用した。

産業との連携

放射線グラフト重合技術と新規重合方法を組み合わせて、微量金属除去材料を倉敷繊維加工(株)との共同研究により開発し製品化。

時期

実施許諾契約: 2009年3月

経済効果

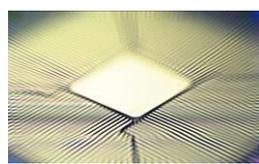
倉敷繊維加工(株)が、2010年9月から半導体洗浄液から微量金属を除去するフィルター基材の供給を開始した。半導体製造のほか超微細加工などを行う市場への広がり期待。



フィルター基材



純水(イメージ)



半導体の一例

セシウム除去用給水器

概要

2011年3月の東京電力(株)福島第一原子力発電所事故により飛散した放射性物質を除去するため、電子線グラフト重合技術を適用して、セシウム(Cs)に対して親和性が高く、選択的に吸着するリンモリブデン酸基を担持した繊維状(不織布)捕集材を開発した。

産業との連携

水中に微量に溶存するCsを除去できることから、倉敷繊維加工(株)との共同研究により、被災地域の復興促進のため、飲料水中のセシウム除去を目的として開発。

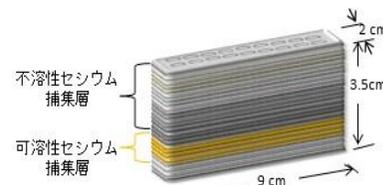
時期

クラボウグループの倉敷繊維加工(株)において2014年7月1日から商品名「クランセール®」として販売を開始。

経済効果

被災地域の復興の促進に向けて、飲み水の安心を確保するために開発した商品。

給水器は通常の浄水器のカートリッジ交換と同じように2ヶ月毎に交換のため月産1万個の生産体制を整備し、被災地の復興状況に合わせて対応。



カートリッジ内部構成



クランセール® (KranCsair®)

水素ガス検知器

地球温暖化が懸念される中で二酸化炭素(CO₂)を排出しない水素を燃料とする燃料電池車が注目されている。また、水素は、化学・石油プラントや製鉄所など広範囲に使用されている。そこで、水素を安全に管理する必要がある。新規に開発したタングステン薄膜は水素暴露により瞬間的に反応し変色する。この、変色を検知することにより水素センサーに応用可能である。

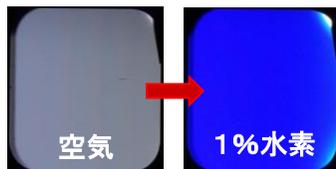
産業との連携

(株)村上技研産業との共同研究により検出感度が高く応答時間の短い光学式水素検知器を開発。

時期

光学式水素ガス検知スイッチとして製品化し、2015年3月から販売開始。

センサと本体部が分かれていてセンサに直接電流を流さないため防爆エリアにおいても安全に検出可能で、燃料電池車の水素ステーション、各種工業分野でのプラント設備や水素ガス輸送などの広い分野において水素ガス漏洩監視に需要が見込まれる。



水素ガス暴露による色の变化



光学式水素ガス検知スイッチ

耐放射線性グリース

概要

グリースは、原子炉周辺、各種の照射施設など放射線場で稼働する機器類に用いられている。放射線場では、通常の劣化に加えて放射線による劣化を受けてグリースが固化し、機器類の固着など故障の原因となる。このため、耐放射線性を有するグリースを開発した。

産業との連携

(株)松村石油研究所(現((株)MORESCO)との共同研究により耐放射線性グリースを開発。

時期

技術移転：1989年

経済効果

電子加速器やガンマ線などの放射線照射施設、再処理工場などにおける原子力関連機器の潤滑剤として(株)MORESCOから「モレスコハイグリース®」や「モレスコハイラッド®」として販売中。



耐放射線性グリース

環境浄化

概要

石炭燃焼排煙に電子線を直接照射し、生成したラジカルにより排煙中の NO_x 、 SO_x をそれぞれ硝酸、硫酸に酸化し、添加したアンモニアと反応させることにより、肥料(硝安、硫安)として回収する。

産業との連携

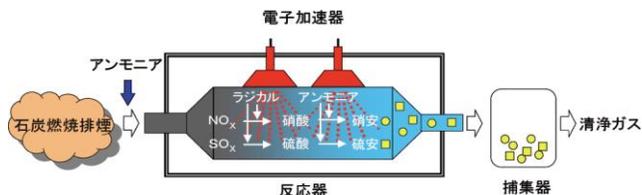
1972年に(株)荏原製作所との共同研究により、電子線による燃焼排煙処理技術の研究開発を進め、アンモニア添加により SO_x 、 NO_x を粉末状物質として回収する技術の特許を取得し、乾式プロセスを完成。

時期

日本(西名古屋火力発電所、12,000 m^3/h) 1991年～1993年
ポーランド(ポモジャーニー、270,000 m^3/h) 2001年～
中国(成都、300,000 m^3/h) 1997年～
ブルガリア(マリッツアイースト、10,000 m^3/h) 2003年～

経済効果

既存法である石灰-石膏法(脱 SO_x)及び選択接触還元法(脱硝)に比べ、電子線は同時に2成分処理ができるため、比較的低い設備投資でプロセスを構築可能。



電子ビーム照射により発生したラジカルが NO_x 、 SO_x をそれぞれ硝酸、硫酸に酸化し、さらに添加したアンモニアと反応することにより肥料(硝安、硫安)を生成する。生成した肥料は帯電させ、捕集する。

線量計の開発

概要

電子線やガンマ線などの放射線により加工処理された製品が身近なところで使用されている。放射線を照射する量(線量)により性質・性能が変化するため、正確な線量の把握が求められる。

産業との連携

共同研究などにより電子線やガンマ線の線量測定に適した線量計を開発。

時期

技術移転:

アラニン線量計:1986年:日立電線(株)

CTA線量計:1981年:富士フィルム(株)(旧富士写真フィルム(株))

共同研究:RadixW[®]:PMMA製線量計でラジエ工業(株)で販売

経済効果

放射線利用は工業、農業、医学・医療分野などで2005年度で4兆円を上回る。放射線照射における適正な照射線量の管理に需要増。



アラニン線量計



CTA線量計



RadixW[®]

ラジアルタイヤ

概要

ボディープライ(高圧に耐えられるように有機繊維で補強されたゴム)に電子線を照射することにより、ゴム分子間に橋が架かり(電子線橋かけ)ゴムの弾性が増す。これにより、加熱・加圧してゴムを成形する際の補強繊維のずれやはみ出しを抑制することができる。

産業との連携

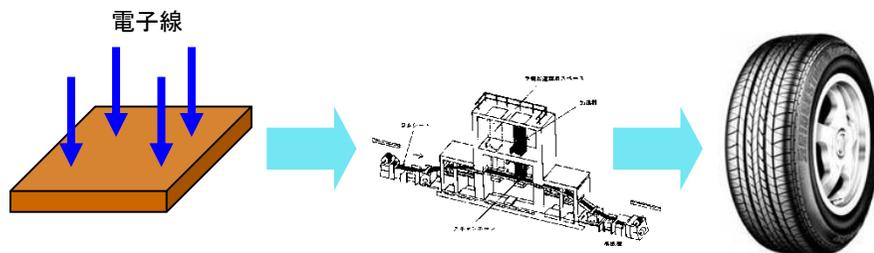
タイヤメーカーの技術者を高崎研で育成し、実用化の基礎を構築。

時期

1979年

経済効果

市場シェア: 約91%(H9年) 経済規模: 1兆円



タイヤ工場の生産ラインで
電子線照射
(タイヤメーカー)

- ・ゴム量を削減
- ・品質を安定化

ゴムに電子線を照射して
流動性や接着性を制御
する技術を確立
(高崎量子応用研究所)