

環境分野における加速器の活用と  
将来展望に関する調査  
報 告 書  
概 要 版

2011 年 3 月



社団法人日本電機工業会

加速器特別委員会

## まえがき

社団法人 日本電機工業会（JEMA）加速器特別委員会は加速器・放射線利用の普及・促進を目的に掲げ、様々な取組をしています。主要な活動の一つとして、年度ごとに医療応用、産業応用、研究・教育、国際市場動向などの加速器に絡む課題の一つを取り上げて、調査活動を実施しその結果を広く公表してまいりました。

近年、急激な人口増加に伴うエネルギーや食糧の大量消費による地球環境への影響が世界的規模で危惧され、特に地球温暖化・気候変動問題に関心が高まっています。加速器利用として環境分野への応用のポテンシャルがおおいに期待されるところで、既に一例として排煙処理などに適用する研究・開発などが取り上げられています。しかしながら環境分野への加速器応用はまだ普及の段階に到ってなく、また一般の方々に認知されているとは言い難い状況にあります。そこで本年度は、「環境」を切り口に加速器応用を調査のテーマとして取り挙げました。

本調査においては、まず、①加速器の環境分野応用の基本となる「技術の種」を抽出する事、②実用化への道を探るため国内主要企業へアンケート調査及びインタビュー調査を試みました。これらの調査結果を踏まえ、また有識者からのアドバイスを頂き、環境分野での加速器応用の普及に関する考察を報告書に纏めました。

加速器は様々な分野で基礎研究から応用まで科学技術・産業発展の有力なツールとなっております。環境分野への応用に関しては、期待と共に様々な課題がまだ残っています。本調査報告が「環境分野への加速器応用」に留まらず、我が国の科学技術の発展や、加速器に関連する多くの皆様にお役に立てれば幸いです。

末筆ながら、本調査の実施に当たり、ご尽力頂いた有識者・諸先生、業務多忙の中でアンケート・インタビューに応じて頂いた企業の皆様、その他関係各位に厚く御礼申し上げます。

2011年3月

社団法人 日本電機工業会  
加速器特別委員会  
委員長 伊藤 裕

## 目 次

1. はじめに	1
1-1. 調査の目的	1
1-2. 調査の内容と手法	1
(1) 有識者委員会による“技術とそのレビュアー対”の選出	1
(2) 技術レビューの作成	1
(3) 技術利用可能性企業（環境推進部署）に対する アンケートとインタビュー	2
(4) 事業化における障壁と推進面に関する分析	2
<有識者委員会「環境分野での加速器活用検討委員会」構成>	3
2. 加速器利用環境保全関連技術の概要	4
3. 技術の認知・利用動向	7
3-1. アンケート調査	7
(1) 調査構成	7
(2) 主な調査項目	7
(3) 調査結果概要	7
3-2. 補足インタビュー調査	9
(1) 目的	9
(2) 対象企業	9
(3) インタビュー結果まとめ	9
4. 技術の事業化における障壁と推進	10
4-1. 対環境保全用高エネルギー電子線処理技術	10
(1) 電子線による排煙処理の概観	10
(2) 環境保全電子線処理の普及に向けての有識者意見	10
4-2. その他一般用低エネルギー電子線処理技術	10
(1) 一般用電子線利用技術の盛衰とその理由	10
(2) 一般用電子線利用技術の事業化における 障壁と推進面についての有識者意見	10
5. まとめ	12

## 1. はじめに

### 1-1. 調査の目的

近年、気候変動問題について世界的に関心が高まり、活発な議論が行われている。国内においても 2009 年の政権交代後、与党政権により、2020 年までに温室効果ガス対 1990 年比で 25%削減するという極めて高い目標が設定され、国民の高い関心を呼んでいる。このような動きを踏まえ、経済活動においても「環境」、「エコ」といった観点が注目を集め、重要性を増してきている。

加速器は従来、医療分野や食品分野などを中心に用途の幅を拡大してきたが、環境分野においても、環境浄化(排煙処理、汚水処理)や環境保全新機能材料の開発、汚染物質の微量分析、環境保全植物の育種などに活用できることが分かっている。また今後、「環境」に関係した研究開発投資や社会資本整備、産業界の対応の活発化などが予想されている。しかし、加速器の環境分野における利用はまだ十分に普及しているとは言いがたく、一般の方々にも認知されていないのが現状である。

そこで、環境分野への加速器の活用現状技術を用途別にレビューすると共に、その代替技術との得失、将来性、実用化、事業化への課題を抽出・整理しつつ、そのような加速器を利用した環境保全技術の社会認知・受容策を分析・検討し、当該技術普及に貢献する。

### 1-2. 調査の内容と手法

#### (1) 有識者委員会による“技術とそのレビュー対”の選出

7名からなる有識者委員会(「環境分野での加速器活用検討委員会」)を構成し、国内外の環境問題への加速器活用個別技術とその内容をレビューできる日本人専門家の対を、将来性が高いと判断される技術を系統的に整理しつつ、①環境浄化、②高機能材料、③環境分析・評価、④新分野・その他、で計 71 件を選出した。

技術の選出は各有識者委員の研究開発活動に伴う知見(関連ジャーナル掲載の文献(公開特許情報を含む)、国内外関連学会での発表・プロシーディングス、国際交流などによる私信など)に基づき抽出された。

#### (2) 技術レビューの作成

有識者委員会委員の協力を得つつ、各専門家にレビュー執筆を依頼した。その際のレビューのフォーマットには、有識者委員会での検討も踏まえ、基本的に下に示す項目を含むこととした。

- ①技術タイトル、②利用量子ビーム種類、③利用加速器種類、
- ④量子ビームエネルギー・電流、⑤照射・吸収線量(率)、⑥照射条件、
- ⑦応用分野、⑧技術の概要、⑨代替技術との得失、

⑩技術の現状段階（研究実験段階、実証試験段階、実用化段階など）、

⑪実用化に向けての解決課題、⑫実用化予測概算年、⑬その他、⑭参考文献  
レビュー結果は、委員会有識者によりチェックされ、まとめられた。

### （３）技術利用可能性企業（環境推進部署）に対するアンケートとインタビュー

加速器活用環境保全関連技術を利用する可能性のある業種（農林水産、鉱業、建設、製造業、電力・ガス・熱供給、水道・廃棄物処理）で、「環境報告書」を作成・公開している企業グループ約 500 社の環境推進部署（CSR 部署）を対象として、当該技術の認知・利用意識・利用動向に関するアンケートを実施した。

アンケート集計・分析結果から得られる加速器産業がとるべき方向・方策の具体化・補足を目的として、加速器利用に積極的の回答を示した企業グループの環境推進部署（CSR 部署）にインタビューを実施した。

### （４）事業化における障壁と推進面に関する分析

環境保全への量子ビーム利用には、実用化段階まで進展したにもかかわらず企業での事業化に至らなかったケースがある。これには、技術的な障壁だけではなく、法規制のあり方などの様々な壁があったと考えられる。逆に、将来的には環境保全のための研究開発投資や社会資本整備に目が向けられることが予想される。

事業化に対するこれらの障壁と推進面の特性・連関を、量子ビームの産業利用に知見を持つ有識者へのインタビュー、および、委員会での討議により調査・分析し、加速器産業の進展にとって有益となる提言を得るべく、その相互構成・構造の整理・明確化を試行した。

＜有識者委員会「環境分野での加速器活用検討委員会」構成＞（敬称略、委員は50音順）

- 委員長 勝村庸介 東京大学 大学院工学系研究科  
原子力国際専攻 教授
- 委員 石井慶造 東北大学 大学院工学研究科  
量子エネルギー工学専攻 教授
- 委員 瀬古典明 日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究部門  
環境機能高分子材料研究グループ グループ長
- 委員 田口光正 日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究部門  
環境材料プロセッシング研究グループ グループ長
- 委員 田中 淳 日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究部門  
量子生命・バイオ技術研究ユニット ユニット長
- 委員 長澤尚胤 日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究部門  
環境材料プロセッシング研究グループ 研究副主幹
- 委員 松崎浩之 東京大学 大学院工学系研究科  
原子力国際専攻 准教授

## 2. 加速器利用環境保全関連技術の概要

報告書では、①環境浄化、②高機能材料、③環境分析・評価、④新分野・その他の4分野に分けて、加速器（量子ビーム発生装置）を利用した環境保全関連技術の概要を、一技術一葉形式にまとめて紹介した。技術の選出にあたっては、現段階で、実証試験段階以後にある技術は全て含めるよう努めた。ただし、原則として既に事業化している技術は除くこととした（近年に事業化し、まだ改善課題が残ると判断された技術は含められた）。また現段階で、未だ実証試験段階に至っていない技術は、その技術の開発年が2000年以降である技術に限定した。ただしこれには、過去技術の大幅改訂技術も含めることとした。

次頁以降に、紹介した技術の用途、利用量子ビーム、そのエネルギー・電流、照射条件、技術の実用化予測年を一覧とした表を示す。利用量子ビーム欄で括弧が付された量子ビームは、実証はされていないが原理的にその技術において同等効果を得るために利用可能であることを示す。

環境浄化関連は、大きく排ガス処理・浄化と排水処理・浄化に分けることができる。排ガス処理・浄化では、代表的大気汚染物質の除去・分解だけではなく発がん性物質であるダイオキシンの分解や脱臭も含まれた。また排水処理・浄化には、ダイオキシンや重金属の分解・除去以外に環境ホルモンの分解や殺菌も含まれた。

高機能材料関連は、大きくは吸着材作製、材料改質、ゲル作製に分けることができる。吸着材としては金属の回収・除去用途だけでなくホウ素・ヒ素の除去用途も含まれた。またゲル作製としては、金属除去・回収や発がん性物質除去といった直接的環境保全用途のものだけでなく、医療・漁業・農業分野などでの用途で環境負荷軽減に繋がるものも含まれた。

環境分析・評価関連には、主に粒子線励起 X 線分析（PIXE）と加速器質量分析（AMS）を用いる技術が紹介されたが、放射光などを用いる技術も紹介された。

新分野・その他には、主に微生物や植物の育種技術が紹介されたが、育種での評価技術や食品害虫防除技術も紹介された。

各技術での利用量子ビームとしては、環境浄化関連と高機能材料関連ではほとんど全ての技術が電子線を利用するのに対して、環境分析・評価関連や新分野・その他では陽子線やイオンビームが主となっている。

上記の様に、環境にかかわる多様な技術課題について、加速器を利用する事が将来それらの課題解決の一つの手段となる可能性を秘めている事が示された。また国内の多くの機関で研究開発が進められていることが示された。

技術シーズ毎のまとめ票には、代替技術との得失、技術の現状段階、実用化への課題、実用化予測年、参考文献等が簡略にまとめられており、データベースとして活用できるものが構築できた。

分野	No.	技術用途	用途補足	利用ビーム	エネルギー・電流	照射条件	実用化予測年
環境 浄化 関連	01	排ガス処理	NO <sub>x</sub> 、SO <sub>x</sub> 除去	電子線	0.7 MeV, 380 mA	大気圧、65-80°C	2015年頃
	02	排ガス処理	PAHs除去	電子線	0.7 MeV, 70 mA	大気圧、80°C	2020年代
	03	排ガス処理	ダイオキシン分解	電子線	0.3 MeV, 40 mA	大気圧、200°C	2010年代
	04	排ガス処理	VOC分解	電子線	0.17 MeV, 0.1-10 mA	大気圧、室温	2010年代
	05	排ガス処理	VOC分解	電子線	0.16 MeV, 20-30 mA	大気圧、室温	2020年代
	06	排ガス処理	脱臭	電子線	0.053 MeV, 0.1-0.2 mA	大気圧、室温	2020年代
	07	排ガス浄化	触媒併用	電子線	0.053 MeV, 0.1-0.3 mA	大気圧、室温	2020年代
	08	排液処理	ダイオキシン分解	γ線 / (電子線)	<sup>60</sup> Co / -	大気圧、室温	2010年代
	09	排水処理	重金属除去	γ線 / 電子線	- / 4-32 MeV	大気圧、室温	2040年代
	10	排水処理	農薬、抗生物質分解	γ線 / (電子線)	- / -	大気圧、室温	2040年代
	11	排水処理	内分泌攪乱物質分解	γ線 / (電子線)	- / -	大気圧、室温	2040年代
	12	排水処理	環境ホルモン分解	γ線 / (電子線)	<sup>60</sup> Co / -	大気圧、室温	2030年代
	13	排水処理	殺菌	γ線 / (電子線)	<sup>60</sup> Co / -	大気圧、室温	2020年代
	14	排水処理	ハロメタン除去	γ線 / (電子線)	<sup>60</sup> Co / -	大気圧、室温	2030年代
	15	排水浄化	オゾン併用	γ線 / (電子線)	- / -	大気圧、室温	2040年代
	16	排水浄化	活性汚泥併用	電子線	1-5 MeV, 0.2-40 mA	大気圧、室温	2030年代
	17	排水浄化	ナノ粒子併用	電子線	~3 MeV, ~0.5 mA	大気圧、室温	2030年代
	18	有害物質処理	PCB無害化	γ線 / (電子線)	<sup>60</sup> Co / -	大気圧、室温	2030年代
	19	技術改善	可搬型電子加速器	電子線	0.125-0.15 MeV, 7.5-15 mA	大気圧、40-50°C	2010年代
高機能 材料 関連 (1)	20	吸着材作製	排水: 金属回収・除去	電子線	2 MeV, 3 mA	大気圧、室温、N <sub>2</sub> 下	2020年代
	21	吸着材作製	汚染水: 鉄マンガン除去	電子線	2 MeV, 2 mA	大気圧、室温	2010年代
	22	植物由来吸着材作製	排水: 水銀除去	電子線	2 MeV, 2 mA	大気圧、室温	2010年代
	23	吸着材作製	廃液: 希少金属回収	電子線	2 MeV, 2 mA	大気圧、室温	2010年代
	24	吸着材作製	酸性水: 金属回収	電子線	2 MeV, 2 mA	大気圧、室温	2010年代
	25	吸着材作製	汚染水: ホウ素除去	電子線	2 MeV, 3 mA	大気圧、室温、N <sub>2</sub> 下	2010年代
	26	吸着材作製	汚染水: ヒ素除去	電子線	2 MeV, 2 mA	大気圧、室温	2010年代
	27	吸着材作製	溶液: タンパク質分離	電子線	2 MeV, 2 mA	大気圧、-70°C、脱O <sub>2</sub> 下	2020年代
	28	吸着材作製	溶液: タンパク質精密濾過	電子線	2 MeV, 2 mA	大気圧、-70°C、脱O <sub>2</sub> 下	2020年代
	29	吸着材作製	汚染水: 金属成分除去	電子線	2 MeV, 2 mA	大気圧、室温	2010年代
	30	材料表面改質	ゴム: 耐摩耗	電子線	0.04-0.8 MeV, 1-50 mA	大気圧、室温、N <sub>2</sub> 下	2015年頃
	31	材料表面改質	フッ素樹脂: 銅箔接着力向上	電子線	2 MeV, 3 mA	大気圧、低温、N <sub>2</sub> 下	2010年代
	32	技術改善	低コストグラフト重合法	電子線	2 MeV, 2 mA	大気圧、室温	2010年代
	33	材料改質	バイオプラスチック: 耐熱化	γ線 / 電子線	<sup>60</sup> Co / 2 MeV, 2 mA	大気圧、室温	2010年代
	34	材料改質	バイオプラスチック: 透明耐熱化	γ線 / 電子線	<sup>60</sup> Co / 2 MeV, 2-10 mA	大気圧、室温	2010年代
	35	材料改質	バイオプラスチック: 熱収縮化	γ線 / 電子線	<sup>60</sup> Co / 2 MeV, 2 mA	大気圧、室温	2010年代
	36	材料改質	バイオプラスチック: 弾性化	γ線 / 電子線	<sup>60</sup> Co / 2 MeV, 2 mA	大気圧、室温	2010年代



分野	No.	技術用途	用途補足	利用ビーム	エネルギー・電流	照射条件	実用化予測年
高機能材料関連 (2)	37	材料加工	バイオプラスチック:微細加工	イオンビーム	0.03-0.04 MeV, 1pA - 1.3nA	真空中	2020年代
	38	塗布用ゲル作製	和紙:高機能化	電子線	0.5-10 MeV, 1-10 mA	大気圧、室温	2010年頃
	39	コーティング用添加ゲル作製	和紙:高機能化	電子線	0.5-10 MeV, 1-10 mA	大気圧、室温	2010年頃
	40	生分解性吸着ゲル作製	排水:金属除去・回収	( $\gamma$ 線) / 電子線	- / 2 MeV, 1-2 mA	大気圧、室温	2010年代
	41	低コスト吸着ゲル作製	排水:金属除去・回収	$\gamma$ 線 / (電子線)	$^{60}\text{Co}$ / -	大気圧、室温	2010年代
	42	試金ゲル作製	合金:含有率判定	電子線	2 MeV, 2 mA	大気圧、室温	2010年代
	43	DNA固定吸着ゲル作製	排水:発がん性物質除去	$\gamma$ 線 / (電子線)	$^{60}\text{Co}$ / -	大気圧、室温	2010年代
	44	有機溶剤吸収ゲル作製	排水:有機溶剤回収	電子線	2 MeV, 1 mA	大気圧、室温	2020年代
	45	生体適合ゼラチンゲル作製	再生医療:細胞足場材料	$\gamma$ 線 / 電子線	$^{60}\text{Co}$ / 3.0 MeV, 1 mA	大気圧、室温	2010年代
	46	ゼラチン微小ゲル作製	漁業:動物プランクトン安価餌	$\gamma$ 線 / 電子線	$^{60}\text{Co}$ / 2 MeV, 2 mA	大気圧、室温	2010年代
	47	タンパクナノゲル作製	製薬:DDS材料	$\gamma$ 線 / (電子線)	$^{60}\text{Co}$ / -	大気圧、室温	2020年代
	48	生分解性制御吸水ゲル作製	農業:土壌改良	$\gamma$ 線 / (電子線)	$^{60}\text{Co}$ / -	大気圧、室温	2010年代
	49	植物由来抗菌ゲル作製	環境低負荷抗菌剤	電子線	2 MeV, 2 mA	大気圧、室温	2010年代
	50	セルロースゲル作製	化粧品用ゲル・医用材料	$\gamma$ 線 / 電子線	$^{60}\text{Co}$ / 2 MeV, 2 mA	大気圧、室温	2010年代
	51	多糖類低分子量化	植物生長促進剤作製	$\gamma$ 線 / (電子線)	$^{60}\text{Co}$ / -	大気圧、室温	2020年代
52	セルロース分解	植物障害抑制剤作製	電子線	3 MeV, 25 mA	大気圧、室温	2020年代	
53	キトサン低分子量化	抗菌剤作製	$\gamma$ 線 / (電子線)	$^{60}\text{Co}$ / -	大気圧、室温	2020年代	
環境分析・評価関連	54	粒子線励起X線分析法	PIXE分析法	陽子線	3 MeV, 10-100 nA	大気圧、室温	2015年頃
	55	汚染調査	広域:PIXE	陽子線	2.9 MeV, 100 nA	大気圧、室温	2010年頃
	56	環境分析	エアロゾル:PIXE	陽子線	3 MeV, 10-100 nA	大気圧、室温	2015年頃
	57	環境分析	河川水:PIXE	陽子線	3 MeV, 5-20 nA	大気圧、室温	2010年代
	58	環境分析	山林:PIXE	陽子線	2.9 MeV	真空中	実用中
	59	環境評価	海洋:AMS	イオンビーム	15 MeV, 5 $\mu$ A	真空中	実用中
	60	環境評価	土壌:AMS	イオンビーム	-	真空中	2010年代
	61	環境評価	動態解析:AMS	イオンビーム	100 MeV, 10 nA	真空中	2020年代
	62	金属中水素分析	NRA(核共鳴分析)	$^{15}\text{N}$ イオンビーム	6.4 MeV, 1-50 nA	大気圧、室温	2012年頃
	63	環境改善評価	植物重金属集積能:XRF	放射光	-	大気圧、室温	2010年代
	64	環境物質評価	有害物質化学種解析:XAFS	放射光	-	大気圧、室温	2010年頃
	65	環境分析	多元素分析:PAA	制動 $\gamma$ 線	< 30 MeV	大気圧、室温	実用中
新分野・その他	66	育種	バイオ肥料用微生物	$^{12}\text{C}$ イオンビーム	220 MeV, 0.2-5 nA	大気圧、室温	2020年代
	67	育種	$\text{NO}_2$ 多吸収緑化植物	$^{12}\text{C}$ イオンビーム	320 MeV	大気圧、室温	実用中
	68	育種	低管理矮性緑化植物	イオンビーム	135 MeV/n	大気圧、室温	2011年頃
	69	育種	少肥料栽培向きイネ	イオンビーム	320 MeV	大気圧、室温	2020年代
	70	品種評価	植物カドミウム吸収能	陽子線	20 MeV, 2-5 $\mu$ A	大気圧、10°C、He下	2013年頃
	71	殺虫	食品貯蔵害虫防除	電子線	0.1-0.3 MeV, 1-50 mA	大気圧、室温、 $\text{N}_2$ 下	2020年代

### 3. 技術の認知・利用動向

#### 3-1. アンケート調査

##### (1) 調査構成

調査目的 : 加速器利用環境保全技術の企業での認知・利用動向の把握

調査対象 : 2009 年度に環境報告書(環境情報が記載された報告書:「社会・環境報告書」、  
「CSRレポート」など、企業によってタイトルが異なる)を発行している企  
業グループ(調査票送付先:環境報告書の発行担当部署)

発送対象数 : 535 企業グループ

回答対象数 : 125 企業グループ(回答率:23.4%)

調査期間 : 2010 年 10 月 8 日~11 月 8 日

##### (2) 主な調査項目

###### <対象基本属性>

- ・2009 年度の連結売上高
- ・連結売り上げの 10%以上を占める事業分野

###### <環境保全課題>

- ・環境保全対策での課題  
(課題は、第 2 章での加速器利用環境保全関連技術 4 分野関係と CO<sub>2</sub> 排出削減の計 5 分野からの選択とした。CO<sub>2</sub> 排出削減は、アンケートを通し、標準的な環境保全課題・目的として第 2 章での 4 分野と対比するために設定された。)

###### <加速器利用技術の認知動向>

- ・加速器利用環境保全関連技術の認知度(上記 5 分野別)
- ・当該技術の認知ルート

###### <加速器利用技術の利用動向>

- ・加速器利用環境保全関連技術の、企業内部導入または企業外部照射施設利用による、活用に対する意向(上記 5 分野別)
- ・当該技術活用意向の動機・理由

###### <加速器の認知動向>

- ・量子ビームとの関係、サイズ、用途の認知

##### (3) 調査結果概要

ご回答頂いた企業グループの環境保全に関する関心の度合は、CO<sub>2</sub> 排出削減が最も高く、使用材料の環境保全化、環境汚染の削減がそれに続いている。加速器・量子ビーム利用の当該技術の一部でも知っていた企業は約 43%であった。その情報源としてはマスメディア

が最も多く、次いでインターネットが挙げられ、記者会見やホームページ充実など技術シーン側からの情報発信の重要性が示唆された。

しかし、当該技術の企業内導入や技術を企業外部の照射施設で利用するための調査を実施または希望する企業累計数は、調査を進めないとする企業数に対して、約 4 分の 1 と低い結果に留まった。調査を進めない主な理由としては、設備維持管理困難感、専門技術者確保困難感、技術成熟度への疑念が比較的によく挙げられた。

当該技術の企業内導入調査希望では環境汚染削減目的が、企業外部の照射施設での利用調査希望では使用材料環境保全化目的が、他の目的に比較して多かった。いずれの場合でも、調査を進める動機と成った主な理由としては、環境対応への市場の要請と高い環境効果への期待感が目立った。しかし、調査実施中あるいは調査希望とした企業グループの数が少ないため、回答内容は各々の回答企業独自の事情に依存している可能性がある。

なお、加速器一般に関する認知度に関しては、回答頂いた企業の 4 分の 3 が量子ビームの生成に加速器が必要なことを知っていた。加速器の用途に関する認知度では宇宙・素粒子などの基礎科学分野の用途に関する認知度が高く、次いで医療分野応用となっており、小型加速器による環境保全などへの応用分野に関する認知度は比較的到低い事が示された。

## 3-2. 補足インタビュー調査

### (1) 目的

3-1節で述べたアンケートの集計・分析結果から得られる加速器産業がとるべき方向・方策の具体化・補足を目的として、インタビューを実施した。

### (2) 対象企業

アンケートにおいて「量子ビーム応用環境技術」について、内部導入または外部利用のための“調査を実施している”あるいは“調査を行いたい”と回答した企業グループ（22社）の環境推進部署（CSR部署）を対象にインタビュー（対5社）を実施した。なおその際、出来る範囲で、当該技術に詳しい方の同席をお願いした。

### (3) インタビュー結果まとめ

照射施設の内部導入か外部利用かの判断指標としては、施設の利用頻度、照射により得られる製品の取扱量、内部導入でのコスト面が挙げられた。

当該技術に期待される成果に関しては、分析・評価では国際競争力や国際基準を担保できる高い精度が、一般的にはコストパフォーマンスが主に挙げられた。

当該技術に期待される技術成熟度レベルに関しては、即戦力となる安定度、実利用までのコストの低さなどが求められた。

当該技術普及策に関しては、非専門家が利用判断できる形態での紹介、用途・機能別の分類提示、関連工業会の展示会での紹介などが挙げられた。

量子ビーム利用技術導入での対顧客面影響に関しては、社のイメージに悪影響がある可能性があるとする企業から悪影響はないとする企業まで様々であったが、製品の安全性に対する社会的説明だけでなく、従業員に対する安全性説明の困難さを指摘する声もあった。

加速器普及策に関連しては、安全性の確保と安価な提供が特に小型器を中心に求められた。さらには、ラインに柔軟に適用できるアッセンブリ技術や安価なメンテナンスノウハウの提供、ユーザのニーズに合わせた利用技術とセットにした提供を期待する声も挙げられた。また、企業での加速器の利用用途および形態の違い、即ち研究・開発或いはサンプリング的な検査業務に用いる場合と、生産プロセスに組み込んで使う事を目的とした場合で、要求される技術レベル、成熟度に大きな開きがあることが示された。

## 4. 技術の事業化における障壁と推進

### 4-1. 対環境保全用高エネルギー電子線処理技術

#### (1) 電子線による排煙処理

世界において石炭火力発電量が全発電量に占める割合は将来的に増加することが予測されており、また、排煙ガス中の毒性汚染物の処理に関しては、従来法に比較し電子線利用法は、建設費および運転費ともに安価であるという試算が IAEA（国際原子力機関）会合でたびたび報告されている。この電子線利用法は 35 年以上前から研究開発されてきているが、信頼性が高く連続運転が可能な高出力の電子線加速器の作成に課題が残っており、十分に普及しているとは言えない。日本でも、実証実験に成功しながらも、2000 年に実用化を断念した経緯がある。

#### (2) 環境保全電子線処理の普及に向けての有識者意見

排煙ガスの電子線処理の普及策に関しては、主に以下のような意見が挙げられた。

営利企業が環境保全を目的とした研究開発に積極的に取り組むには、国なりの後押しにより多くの人々が、その必要性を感じることで動機付けのひとつとなりやすい。従来法で安全に処理できるのに、あえて新しい量子ビーム利用技術を導入する必然性（メリットや環境条件）が明確にならないと、それを強力で推進しようとする人はまずいないだろう。企業も、新しい技術にはなかなかチャレンジしないだろう。

韓国では、ロシアの高エネルギー関連研究所の技術で作られた加速器を導入して、環境分野へ利用している事例も見られる。日本も、国から交付金を受けている研究所が加速器技術の発展により一層寄与すべきである。

### 4-2. その他一般用低エネルギー電子線処理技術

#### (1) 一般用電子線利用技術の盛衰

フロッピーディスクや感熱プリンター用紙のように、時代の流れと共に消えた量子ビーム利用技術商品もあるが、熱収縮チューブや電池隔膜などは現在でも電子線を利用して製造が続けられている。基本的な必需商品で、かつ、製造には量子ビーム照射しかないという製品は、全て生き残っている。

#### (2) 一般用電子線利用技術の事業化における障壁と推進面についての有識者意見

事業化における障壁と推進面については、主に以下のような意見が挙げられた。

加速器を製造ラインに組み込むためには物理と化学の両方の知識が必要である。過去に事業化に成功してきた企業は、いずれも加速器ユーザ側が物理を学び、成功してきた所で

ある。加速器メーカーが化学を学びユーザ側に接近し成功してきた例はほとんど無い。100keV以下の低エネルギー電子線照射装置では、ユーザ側のニーズをうまく捕らえ事業化している加速器メーカーも何社かある。しかし多くでは、加速器メーカーはメンテナンスなどを背負いながらあまり利益が上がらず、ユーザ側がその加速器を用いて利益を上げている、という構図が定着している。

今後は、まず加速器メーカー側が的確に市場のニーズをつかみプロセス特許を押さえ、ニーズにあった加速器技術でそのユーザ側と共同開発を進めることである。しかし現実にはユーザ側の化学力が余りに強く、メーカー側が共同開発に入っていけないという隘路が立ちだかっている。

日本にもいくつかの加速器技術関連の学会や研究会が存在するが、0.8MeV程度の電子線加速器となると商業分野に入り、学会などで取り上げられていない。従って、誰かがその分野の研究会などを組織しないと、日本の技術はプロセス適用まで発展しないのかも知れない。

## 5. まとめ

今回の調査事業を通して得られた成果を以下にまとめる。

- ①環境分野での加速器応用に関する技術シーズを 71 件抽出し、一技術一葉の形式でデータベースとしてまとめた。
- ②国内産業界の「環境分野での加速器応用」に関する認知度、関心度は決して高くない。利用できる技術を、技術シーズ側（研究開発機関、加速器メーカー）が、ニーズ側にとってアクセスしやすい手段を工夫して、情報発信することが必要である。
- ③技術シーズを産業界に根付かせるためには、産官学連携の研究・開発・情報交換の場としての学協会活動の活発化が望まれ、技術シーズ側としての研究機関の指導性発揮が期待される。
- ④「環境分野での加速器応用」を産業界に普及させるには、経済性も含めたプロトタイプによる実証が不可欠である。この推進には国家の支援（研究助成、開発支援、規制）が必要である。
- ⑤加速器メーカーは、プロセス側まで踏み込んだソリューションを、使用方法や安全確保、メンテナンスノウハウなども含めてパッケージで提供する事に努める必要がある。

加速器特別委員会加盟会社

株式会社 IHI

株式会社 NHV コーポレーション

株式会社 神戸製鋼所

住友重機械工業 株式会社

株式会社 東芝

東芝電子管デバイス 株式会社

ニチコン 株式会社

ニチコン草津 株式会社

株式会社 日立エンジニアリング・アンド・サービス

株式会社 日立製作所

三菱重工業 株式会社

三菱電機 株式会社

環境分野における加速器の活用と将来展望に関する調査報告書概要版

発行年月 2011年3月

発行者 社団法人 日本電機工業会 加速器特別委員会

〒102-0082 東京都千代田区一番町1-7番地4

電話番号 03-3556-5886 (原子力部)

FAX 番号 03-3556-5890 (原子力部)

URL [www.jema-net.or.jp](http://www.jema-net.or.jp)

協力機関 財団法人 未来工学研究所

〒135-8473 東京都江東区深川2丁目6番地1-1号

© 禁無断転載