

**大学・研究機関における
加速器利用者の使用状況調査
報告書**

(要約版)

2008年3月

社団法人 日本電機工業会

加速器専門委員会

要 約

放射線利用機器の中核として発展を遂げてきた加速器は、そもそも物質構造解析などの研究用に開発されてきた。現在でこそ、加速器はその用途を医療、産業分野に拡大しつつあるものの、依然として、大学や公的研究機関における大型を中心とした加速器の果たす役割は大きい。

これらの研究用加速器の中には設置されて以降、既に長い年月が経過するものがあり、メンテナンス頻度が高いものや、更新時期を迎えるものがあると思われる。

そこで、日本国内における、加速器研究者を対象に郵送アンケートを実施し、日ごろ使用している加速器の使い勝手について考えていること、感じていることなどをお尋ねした。

加えて、加速器に関する有識者数人に対するインタビュー調査と、文献調査（Webも含む）を実施した。目的は、その郵送調査のフォローと、新しい加速器技術の展望を含めた研究開発、理解促進活動面での製造業界との連携の可能性など生の声を収集することである。つまり、ニーズ、シーズ両面での調査を展開した。これらの調査結果により、わが国加速器メーカーの今後の研究開発のあり方や企業経営の方向付けに資するデータを構築することができる。

目 次

1 . 調査内容	1
1 .1 調査の目的	1
1 .2 調査の方法	1
1 .3 調査内容	1
1 .3.1 アンケート郵送調査	1
1 .3.2 インタビュー調査	2
1 .3.3 文献および Web による情報調査	2
1 .4 調査対象	3
1.4.1 アンケート郵送調査	3
1.4.2 インタビュー調査	3
1.4.3 文献および Web による情報調査	3
1.5 アンケート郵送調査のサンプル数	3
1.6 調査期間	3
2 . アンケート郵送調査結果	4
2.1 回答者プロフィール	4
2.3 加速器の利用者を対象とした調査	7
2.4 加速器の開発者、運営・管理者、利用者への質問	12
3 . インタビュー調査結果	13
3.1 主に加速器メーカーに対する要望	13
3.2 JEMA (またはメーカー) に対する要望	13
3.3 その他	14

1 . 調査内容

1 .1 調査の目的

日本国内における、加速器に関する研究者を対象に郵送アンケートを実施し、日ごろ使用している加速器について考えていること、感じていることなどをお尋ねした。加えて、インタビュー調査および過去の文献、ならびに Web から得られる公開情報の調査を実施した。これらのすべての調査の目的は、大学・研究機関における加速器に関する研究者の考え方・意識の現状を把握し、今後の加速器の展望を含めた研究開発ならびに理解促進活動面での製造業界との連携の可能性などに関する生の声を収集することである。

対象者は研究用加速器開発者だけでなく、運営・管理者ならびに利用者も含めて、ニーズ（加速器の仕様や性能への要求）と、シーズ（技術開発動向など）の両面から調査を行った。この結果は加速器メーカーの今後の研究開発のあり方や企業経営の方向付けに資するデータ構築に役立てることができる。

1 .2 調査の方法

調査には、以下の 3 とおりの方法を使用した。

アンケート郵送調査：郵送法による調査票の発送と回収

インタビュー調査：面談によるヒアリング

文献および Web による公開情報調査：加速器に関する記述がある学会誌（ただしここ数年のもの）ならびに Web に掲載された情報（ただしここ数年のもの）からの情報収集

1 .3 調査内容

1 .3.1 アンケート郵送調査

加速器に関する研究者に対して、次の調査を実施した。

(1)回答者プロフィール

(2)加速器の開発者、運営・管理担当者対象事項

(a)現状の加速器

- ・対象としている加速器
- ・関連する研究テーマ数
- ・利用者数
- ・マシンタイムと保守時間

(b)導入計画

- ・導入計画の有無
- ・導入計画あり
 - ・加速器、ビームの種類
 - ・導入計画の目的
- ・導入計画は無いが検討は実施

- ・ 加速器、ビームの種類
 - ・ 導入検討の目的
 - (c)研究テーマ
 - (d)理解促進活動および国際協力
 - (e)JEMA および加速器メーカーへの意見・要望
- (3)加速器の利用者対象事項
- (a)利用している加速器施設
 - ・ 研究テーマ
 - ・ 使用する加速器施設とビーム
 - (b)加速器施設の利用頻度
 - (c)新たな専用ビームライン導入計画
 - ・ 導入計画の有無
 - ・ 導入計画あり
 - ・ 加速器、ビームの種類
 - ・ 導入計画の目的
 - ・ 導入計画は無いが検討は実施
 - ・ 加速器、ビームの種類
 - ・ 導入検討の目的
 - (d)研究開発の現状と将来展望
 - (e)将来的に開発が必要となる加速器
 - (f)加速器に関する研究費の現状と将来
 - (g)理解促進活動および国際協力
- (4)開発者、運営・管理者、利用者の自由記述
- (a)加速器施設共同利用のあり方
 - (b)国際競争力をつけるための加速器産業育成
 - (c)加速器に関する規制緩和

1.3.2 インタビュー調査

インタビュー調査項目は以下の4つである。

- 国内外の新しい加速器開発動向
- 新しい加速器利用分野
- 加速器メーカーへの要望事項
- JEMAへの要望事項

1.3.3 文献および Web による情報調査

文献及び Web から得られる公開情報に基づき、次の事項を調査する。

- 主な加速器施設、研究機関、大学、等の所在地
- 国内外の新しい加速器開発の動向
- 新しい加速器利用分野

1.4 調査対象

1.4.1 アンケート郵送調査

わが国の加速器施設のうち共同利用を行っている研究用加速器施設を選定し、加速器施設が作成し公開している出版物、または Web 等で公開している情報から、アンケートの主旨にそぐう個人をリストアップして発送した。

1.4.2 インタビュー調査

アンケート郵送調査に有意な回答を寄せた回答者、主要な加速器施設の開発者、運営・管理者および加速器利用における主要な研究者のリーダー層から数人を抽出してインタビューを行った。

1.4.3 文献および Web による情報調査

文献は主に 2003 年以降（ここ 5 年以内）に発刊された学会誌（日本加速器学会、日本原子力学会、日本保健物理学会）および Web 等から加速器開発動向、新しい加速器利用分野、主な加速器施設、研究機関等の所在地に関する情報を収集した。

1.5 アンケート郵送調査のサンプル数

アンケート調査票の発送・配布数	1988
回収数	266（ただし、5 票は無効）
回収率	13.4%

1.6 調査期間

アンケート郵送調査：2007 年 10 月 5 日～11 月 19 日

インタビュー調査：2007 年 12 月 6 日～2008 年 1 月 30 日

2 . アンケート郵送調査結果

2.1 回答者プロフィール

- 利用者と回答した人の割合は 90%となり最も多い。(ただし、利用者と開発者、運営・管理者と利用者の両方を選んでいる回答者いるため、利用者だけの回答は 72%である。)
- 職種は大学または公的研究機関の職員が 80%と最も多く、次に PD (ポストドク) となり、民間企業の社員の割合は少ない。なお、学生の割合は少ない。
- 年齢は 40 歳代が最も多い。

2.2 加速器の開発者、運営・管理者対象とした調査

(a)現状の加速器

- サイクロトロン、シンクロトロンが 20%台で最も多く、次に線形加速器とバンデグラフ型加速器(10%台)が続く。
- ビーム粒子はイオンが最も多く、次が陽子である。

(b)年間のマシンタイムと保守時間

- (マシンタイム)平均は 140 日、最大は 350 日
- (保守時間)平均は 70 時間、最大 365 日

(c)新たな加速器導入計画

- 回答者 70 人の 40% (28 人) が導入計画あり。
- 線形加速器が 36% (10 人)、サイクロトロン 18% (5 人)、シンクロトロンが 14% (4 人)
- ビーム粒子の種類は陽子・イオンが最も多い。
- 加速器導入計画の目的 (詳細は報告書 p3-13)

導入計画の目的	件数
研究開発	10
装置の開発・性能向上	8
その他	5
全体	23

(d) 加速器導入の検討

- 導入計画なしの回答者 36 人中 19 人 (53%) が導入を検討したことありと回答。
- 線形加速器が 32% (6 人)、サイクロトロンとコッククロフト・ワルトン型加速器が 21% (4 人) である。
- ビームの種類は陽子・イオンが最も多い。
- 加速器導入検討の目的 (詳細は報告書 p3-14 ~ 15)

導入検討の目的	件数
研究開発	6
装置の開発・性能向上	7
その他	7
全体	20

(e) 開発者、運営・管理者の研究テーマ

- 現在開発中の技術に関する研究テーマ (詳細は報告書 p3-15 ~ 16)

現在開発中の技術	件数
ビーム関連技術	15
装置の開発・性能向上	5
その他	24
全体	44

- 運営・管理に関する研究テーマ (詳細は報告書 p3-17 ~ 18)

運営・管理に関する研究テーマ	件数
技術開発	10
安全管理	2
体制 (協力、連携など) 関連	5
その他	6
全体	23

■ 将来考えられる研究テーマ（詳細は報告書 p3-18～19）

将来考えられる研究テーマ	件数
技術開発	20
安全管理	3
利用	9
その他	4
全体	36

(f) 加速器に関する理解促進活動と国際協力

■ 現在実施中および今後実施したい理解促進活動（詳細は報告書 p3-19～21）

今後 現在	所内公開	Webページ	市民講座	初中等 教育機 関連携	その他	無回答	(現在の活動) 総回答者数
所内公開	24	32	28	28	8	4	55
Webページ	24	29	29	28	7	7	53
市民講座	12	12	13	17	3	5	24
初中等教育 機関連携	11	14	16	15	5	3	23
その他	4	7	6	6	3	1	12
無回答	0	0	0	0	0	5	5
(今後の活動) 総回答者数	27	37	32	33	8	12	70

■ 国際協力の方法

国際協力の方法	件数
国外施設との共同研究	43
外国人研究者の受入れ	50
発展途上国への技術指導	23
海外研究機関への派遣	34
その他	4
無回答	13
総回答数(重複回答可)	70

(g) JEMA および加速器メーカーへの意見・要望

■ JEMA への意見・要望（詳細は報告書 p3-21～22）

JEMA へ意見・要望	件数
広報教育活動	5
支援活動（サポート体制）	6
その他	6
全体	17

■ 加速器メーカーへの意見・要望（詳細は報告書 p3-22～23）

加速器メーカーへ意見・要望	件数
技術伝承・技術者育成	6
技術開発	5
低コスト化	4
サポート体制	3
その他	4
全体	22

2.3 加速器の利用者を対象とした調査

(a) 利用している加速器施設

■ 研究テーマ（詳細は報告書 p3-23～30）

回答件数 292 件のうち、基礎研究は 95 件 (33%) と最も多く、次が産業利用に関する研究 63 件 (12%)、先端的基盤研究 52 件 (18%)、医学利用に関する研究 36 件 (13%)、原子力のための研究開発 (11%) の順である。

研究テーマ	件数
基礎研究	95
先端的基礎研究	52
原子力のための研究開発	33
医学利用に関する研究	36
産業利用に関する研究	63
その他	13
全体	292

■ 利用頻度の高い加速器施設と研究テーマ

利用している加速器施設の調査結果 493 件中、利用頻度の高い順に以下の表に示す。放射光施設は産業利用の利用頻度が高い。

研究目的 加速器	基礎研究	先端的 基礎研究	原子力	医学 利用	産業 利用	その他	無 回答	全体
放射光蓄積リング (SPring-8)	39	33	4	5	39	0	2	122
放射光蓄積リング (PF)	27	21	5	0	11	0	2	66
AVF K110	4	2	6	3	2	2	1	20
大強度放射光蓄積リ ング(PF-AR)	8	8	1	0	0	0	2	19
Ring Cyclotron K540(RRC)	12	1	0	1	1	2	0	17
HIMACシンクロトロン	7	0	2	5	0	0	1	15
全体	172	85	65	48	85	23	15	493

(1 件あたり複数の研究目的利用があるため、全体件数(493 件)は調査件数 (432 件)より多くなる。)

(機関・所属・加速器の名称等は加速器学会調べ (2004 年 9 月) 国内主要加速器関連施設 (<http://www.pasj.jp/kanrenshisetu.html>) に準拠する。)

(b) マシンタイムおよび専用ビームライン

- (マシンタイム) 平均は 11.5 日、最大は 200 日
- 432 件の調査で専用のビームラインが有るとの回答は 141 件 (33%) である。

(c)利用している加速器施設の問題点

問題点	件数	備考（具体的記述のある意見の数）
マシンタイム	103	マシンタイムが短い。(48) マシンタイムは適切(1) マシンタイムに柔軟性の問題(9) 採択方法ならび採択率の問題(22) その他(9)
加速器の性能	78	電流・ビーム量が不足(29) 粒子エネルギーが不足(12) ビーム安定性が不十分(12) その他(15)
施設利用費	37	利用コストが高額(26) 利用コストは適切(1) 消耗品費、旅費に関する問題(6)
実験室の使いやすさ	33	実験室面積が狭い。(12) 実験室の老朽化(6) その他(14)
立入り手続き	11	簡易化の要求(6) その他(1)
物品持込持出の規制	10	簡易化の要求(6)
その他	56	サポート人員不足(9) 保守管理体制の不備(9)(22) 設備の老朽化(11) 保守・維持費の不足(4) 旅費支給の問題(4) 宿泊施設・食事の問題(4) 交通アクセスの問題(2) 機器、ソフトの利用手順書不備(2) その他(3)
特になし	146	
回答数計（重複可）	474	（但し回答者数合計は261人）

(d)今後の加速器施設の利用頻度

全体	増える	現状どおり	減る	無回答
234人	100人	103人	14人	17人

(e) 新たな専用ビームライン導入計画

- 新たな専用ビームライン導入
計画あり 5人(3%)
計画なし 140人(92%)
無回答 8人(5%)

- 導入計画なしの回答者 140人中、18人(13%)が導入を検討したとありと回答。

(f) 研究開発の現状と将来展望

- 自ら取り組みたいと思う研究テーマ(詳細は報告書 p3-39~44)

自ら取り組みたいと思う研究テーマ	件数
医学・生物・化学	58
材料・物性	43
装置・技術開発	30
宇宙物理・基礎物理学	18
その他	26
全体	176

- 盛んになると予想される研究テーマ(詳細は報告書 p3-45~49)

盛んになると予想される研究テーマ	件数
医学・生物・化学	83
材料・物性	33
装置・技術開発	27
宇宙物理・基礎物理学	7
その他	20
全体	170

- 自ら取り組みたいと思う研究テーマとしても、医学・生物・化学のテーマが多く、今後盛んになると予想されるテーマとしてもこのテーマが、材料・物性、装置・技術開発、物理学研究テーマに比べ圧倒的に多い。このことから、医療、製薬、生命科学、環境科学に関するテーマに人気が高いことがわかる。

(g) 将来的に開発が必要とされる加速器

■ ビーム

使用するビーム粒子の種類について 249 件の回答中、X線が 81 件(33%)、イオン 68 件(27%)、中性子 53 件(21%)、陽子 19 件(8%)、電子 18 件(7%)であった。

■ 加速器に関する技術(詳細は報告書 p3-53~56)

将来的に開発が必要とされる加速器	件数
小型化・簡易化	32
機能・性能向上	34
機種に関する事項	23
その他	16
全体	103

(h) 加速器に関する研究費の現状と将来

- 研究費は増額すると考えている人より減額すると考えている方が多い。
- 減額すると考えている割合は現状の研究費の多寡にあまり関係なく、どのグループも一様に減額を考えている割合が多い。

(i) 利用促進活動と国際協力

- 現在の活動としては所内公開、Web ページが多いが、将来は市民講座や教育機関との連携にも手を広げていこうという方向性が見受けられる。
- 加速器利用者の主な 国際協力活動は回答者 234 人中、外国人研究者受入れ 104 人(44%)、海外研究機関への派遣 89 人(38%)、発展途上国技術指導 80 人(34%)、国外施設との共同研究 62 人(27%)であった。

2.4 加速器の開発者、運営・管理者、利用者への質問

■ 加速器共同利用施設のあり方(詳細は p3-61 ~ 63)

加速器施設共同利用のあり方	件数
利用費	42
サポート体制、利用案	31
テーマ採択・マシンタイム割振	35
施設利用の煩雑さ	4
産業利用・応用研究	4
基礎研究	4
組織連携・情報交換	12
その他	34
全体	166

■ 国際競争力をつけるための加速器産業育成(詳細は p3-64 ~ 67)

国際競争力をつけるための加速器産業の育成	件数
人材育成	33
技術開発と技術伝承	23
利用分野拡大	11
利用実績	10
低コスト化	6
国産化	3
国の財務的サポート	15
医学利用	4
その他	33
全体	138

■ 加速器に関する規制緩和(p3-68)

加速器に関する規制緩和	件数
放射線安全規制緩和(緩和必要)	57
放射線安全規制緩和(緩和不要)	11
その他の規制緩和	20
全体	88

3. インタビュー調査結果

インタビュー調査結果の主な意見のまとめを以下に示す。

3.1 主に加速器メーカーに対する要望

- 技術伝承（加速器開発に関するメーカーの立場からの技術伝承、ならびに故障・修理に関する技術伝承、人材の確保）の重要性は大きい。
- メーカーとして保有しておいて欲しい技術とは、加速器を製造する上で必要な基本的な技術、高真空のための溶接技術、高精度工作技術などである。
- 日本は加速器を持つ研究機関と民間のメーカーとの関わり方が海外とは異なっている。海外では、加速器を持つ研究機関で加速器の設計、装置開発、製造に関わる技術者を直接雇用している割合が多いが、日本では装置開発や製造に関して比較的多くの割合をメーカーが担ってきている。しかし、近年、研究用加速器の加速器の開発は、採算性の問題等から撤退したり、しようとしているメーカーも出始めている。メーカーが撤退すると、研究機関が自前で技術者や製作機械などを確保する対策をとる必要性が生じる。これまでの「日本方式」は、加速器分野ではうまく機能していたと認識しているので、メーカーには加速器技術の分野における技術ポテンシャルの維持と継承を願いたい。
- 日本における加速器開発では、外国とくにアメリカなどとは異なり、メーカーが加速器開発に関わる技術を担当してきた役割が大きい。アメリカでは大型加速器施設は軍と関係を持っているため、国家の予算で技術者を抱えることが可能であった。日本では加速器開発で採算性の問題からメーカーが手を引こうと考えている場合、国がメーカーをサポートして技術が散逸することを防ぐことも必要なのではないか。
- 国外の加速器開発、建設を受注する場合、国内メーカーが共同して外国勢に対抗するほうがよい。
- 加速器 BNCT は今後、発展性が望める可能性がある分野である。使用する加速器としては FFAG が有望な可能性がある。

3.2 JEMA（またはメーカー）に対する要望

- 加速器に関する技術（機能・性能だけでなく安全性も含めて）の標準化を行っておく必要がある。装置全体でなく、部品についても標準化を実施しておくことは必要である。標準化のための規格作りは、例えば機会学会や原子力学会などが行っているように民間で実施するのが適切である。
- 国産の加速器を海外に販路を拡げるために、標準・規格は、国際的な標準に沿うように作ることが重要である。このような規格作りは加速器メーカーと加速器研究者が共同して行う必要がある。
- 加速器学会と JEMA が共同して、今後の加速器開発のテーマ、問題点、加速器利用の理解促進活動（広報）等について連携して活動していくようなことコミュニケーションを検討してほしい。

- 加速器に関するアンケート結果等は加速器学会等で発表してほしい。
- 加速器はまだ産業として独り立ちした分野ではない。今後、産業としては、物質の構造を調べるために、放射光が重要性となってくると考えられるが、同時に中性子散乱を利用した構造解析も重要となってくであろう。中性子加速器は燃料電池の部材の開発、蛋白質の構造解析にも重要となる。しかし、目の前すぐに産業として成り立つような製品への展開シナリオが見えていないため、長期的に取り組む覚悟が必要である。

3.3 その他

- わが国の加速器の放射線管理に関する法規は ICRP（国際放射線防護委員会）に基づいているものであり、諸外国に比べて厳しいわけではない。厳しいとすれば、その原因は各施設が独自に定めている放射線管理に関する規定である。
- 放射光施設や粒子線治療施設などでは、ネットワーク化して各施設を効率的に運用することを考える必要がある。例えば、地方の小規模な放射光施設と SPring-8 のような大型放射光施設をネットワーク化して、大型施設が必要な研究課題のみ大型施設を利用するようにすべきである。

