

調査資料—76

(加速器技術に関する先端動向調査)

加速器ビームニーズ等に関する調査結果  
(概 要)

2001年6月

文部科学省 科学技術政策研究所  
科学技術動向研究センター

瀬谷 道夫 桑原 輝隆  
早坂 ルミ 山上 奈緒子



本調査資料は、科学技術政策研究所が「加速器技術に関する先端動向調査」の一環として実施した「加速器ビームニーズ等に関する調査」（平成 11 年 9 月末～平成 12 年 1 月中旬）の結果の概要を紹介するものである。

Results  
of  
Survey on Accelerator Beam Needs

June 2001

Michio Seya, Terutaka Kuwahara  
Rumi Hayasaka, Naoko Yamagami

Science and Technology Foresight Center  
National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP)  
Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology

## 目 次

はじめに .....	i ~ vi
<b>調査結果概要</b>	
<b>F1、F2、F3 対象者の属性</b>	
(F1、F2、F3.) 属性に関する総括 .....	1
F1 所属・年齢 .....	2 ~ 4
F2 卒業時の専門 .....	5
F3 従事する主たる研究分野 .....	5
<b>Q1 現在使用している・現在使用したい・将来使用したい加速器ビームの種類など</b>	
Q1の総括 .....	9
SQ1-1 加速器ビーム使用に関する現在の立場 .....	10
SQ1-2 現在使用している・現在使用したい・将来使用したい加速器 ビームの種類、構成、利用形態について .....	10
SQ1-3 現在（実現できているビーム仕様で）使用したいビームが 使用できていない理由 .....	14
<b>Q2 現在使用している・現在使用したい・将来使用したい加速器ビームの詳細等</b>	
加速器ビーム毎について .....	17
1 電子ビーム .....	18 ~ 21
2 陽子ビーム .....	22 ~ 25
3 重イオンビーム .....	26 ~ 29
4 陽電子ビーム .....	30 ~ 32
5 放射光 .....	33 ~ 35
6 コヒーレント光子ビーム .....	36 ~ 38
7 中性子ビーム .....	39 ~ 41
8 $\mu$ 粒子ビーム .....	42
9 中間子ビーム .....	43
10 反陽子ビーム .....	44
11 不安定核ビーム .....	45 ~ 47
加速器科学の各分野で使用（要望）されるビーム .....	48 ~ 51
加速器ビーム利用および将来ニーズのまとめ .....	52
将来的な加速器ビームへの要望 .....	53
<b>Q3 加速器ビームを利用した将来的研究課題</b>	
Q3 加速器ビームを利用した将来的研究課題 .....	57 ~ 58
<b>Q4 ブレークスルー技術による小型加速器等の実用化後のメリットなど</b>	
先進小型加速器等の実用化ニーズ .....	61 ~ 65
先進小型加速器等の実用化がもたらす具体的メリット .....	66 ~ 68
先進小型加速器等の想定される使用 .....	69 ~ 70
添付1 加速器ビームニーズ等に関する調査票	
添付2 先進小型加速器等の具体的提案	

## はじめに

本資料は、科学技術政策研究所（以下、「当研究所」という）が、加速器科学を対象とする先端科学技術動向調査の一環として実施した調査票による「加速器ビームニーズ等に関する調査（平成11年9月27日～平成12年1月11日）」（以下、「本調査票調査」ともいう；添付1参照）の結果の概要を紹介するものである。

本調査票調査は、主に、現在加速器ビームを利用して研究を行っている研究者（約3,000名；次頁参照）を対象としたものであり、以下の加速器ビームについて、現在の研究において使用し

電子ビーム	陽子ビーム	重イオンビーム
陽電子ビーム	放射光	コヒーレント光子ビーム
中性子ビーム	$\mu$ 粒子ビーム	中間子ビーム
反陽子ビーム	不安定核（R I）ビーム	その他ビーム

ているビーム仕様および今後使用したいと考えているビーム仕様を調査する（Q1およびQ2）とともに、今後も発展してゆくものと考えられる加速器科学の将来的な研究テーマについて、上記研究者からの意見も聴取した（Q3）。

また、上の先端科学技術動向調査においては、現在は大型加速器でしか供給できない中間エネルギー（140MeV～数GeV）の粒子ビームや硬X線領域（光子エネルギーで10keV～100keV程度）の放射光を発生させることができ、加速器規模の大幅な縮小化が可能な「先進加速技術等」の研究開発の現状や、それへのニーズも調べることにしている。本調査票調査では、ビームのニーズを調査する際、先に行った「ブレークスルー技術による小型加速器等に関する開発予測調査（平成10年11月～平成11年1月実施）の結果（実現予測時期）を、先進小型加速器等の具体的な提案（非高周波高勾配加速技術による小型加速器等の提案のまとめ（試案）（平成10年11月、科学技術政策研究所）などより編集；添付2参照）とともに紹介しつつ、上記対象者自身の研究におけるメリットの有無および具体的なメリットの内容も調査した（Q4小型加速器等のニーズ調査）。

なお、上記の先進小型加速器等とは、具体的には次の小型加速器あるいは小型放射光装置である。

- i 高周波加速小型電子加速器
- ii 高周波加速小型陽子・重イオン加速器
- iii 非高周波高勾配加速技術による小型電子加速器
  - iii-A ビーム励起型プラズマ加速器
  - iii-B レーザー励起型プラズマ加速器
  - iii-C 逆チェレンコフレーザー加速器
  - iii-D 直交場加速器
- iv 非高周波高勾配加速技術による小型陽子・重イオン加速器
  - iv-A 電子リング加速器（陽子・重イオン）
  - iv-B レーザー励起型プラズマ加速器（陽子）
  - iv-C レーザー衝撃波加速器（陽子・重イオン）
  - iv-D 直交場加速器（陽子・重イオン）
- v 放射光発生装置
  - v-A レーザーアンジュレーター放射光発生装置

これらは、先進加速技術等によるものであり、以下の大きさ、重量、ビームエネルギーを目安とするものである。

小型加速器等の目安	
加速器等の大きさ	: おおよそ縦5 m×横5 m×高さ3 mの区域内に加速器全体の構成装置が納まるもの
加速器等の全重量	: おおよそ 10 ton 程度
ビームエネルギー	
電子エネルギー	: 1 GeV 程度
陽子・重イオンエネルギー	: 200 MeV/n 程度
放射光子エネルギー	: 30～100 keV 程度

なお、先端科学技術動向調査においては、「加速器科学」とは、「加速器あるいは加速器ビームを研究の基盤とする科学（技術）分野」をさすものとしているが、この定義によると、加速器科学が包含する分野は、素粒子物理学（高エネルギー物理学）、原子核物理学、エネルギー科学、物質・材料科学、生命科学、医療利用及び産業利用等から成る。これらのテーマを挙げると表-1 のようになる。

**表-1 加速器科学研究分野分類**

加速器科学分野	小項目など
素粒子物理学	1. 新粒子（ヒッグス粒子など）の探索 2. 精密素粒子理論検証（CP非保存精密実験など）、他
原子核物理学	1. 原子核（励起）構造・原子核反応研究（素粒子核反応研究含まず） 2. 不安定原子核（中性子過剰核、陽子過剰核、超重元素など）研究 3. 中間エネルギー核反応（素粒子核反応）研究 4. 核物質・核物性研究、他
エネルギー科学	1. プラズマ理工学研究 2. 放射性元素の消滅処理研究 3. 重イオン慣性核融合研究 4. ミューオン核融合研究、他
物質・材料科学	1. 物質構造解析（結晶、非晶質などの静的・動的構造解析（パルスラジオリシスを含む） 2. 物性研究（超伝導、磁性など）・電子状態解析（原子物理を含む） 3. 物質表面（界面）研究 4. 物質材料内の欠陥診断・極微量不純物分析 5. 極限環境下の物質構造・物性研究 6. ビーム物質相互作用研究・照射による改質研究 7. 新材料開発（機能性材料創製など） 8. ビームによる微細加工（リソグラフィなど）研究 9. RI核種製造・核化学研究・放射化学研究 10. 核融合炉材料開発 11. 原子炉用耐放射線材料開発 12. 耐宇宙環境材料・半導体などの開発、他
生命科学	1. 放射線遺伝学研究（DNA損傷研究など）、変異種研究 2. 生体組織機能・機構解析 3. 細胞生理学研究 4. 分子（構造）生物学研究（生体高分子構造解析など）、他

（次頁につづく）

表-1 加速器科学研究分野分類

加速器科学分野	小項目など
医療利用	1. 画像診断研究 2. 治療研究 3. 医療用R I 製造、 他
その他	1. ビーム制御・ビーム物理研究 2. その他 (自由電子レーザー発振、加速器研究など)

本調査票調査の対象者は、大学、研究機関等のホームページにおいて紹介されている研究内容から、加速器ビームを使用していると明記している研究者及び加速器ビームを使用していることが示唆されている研究者を選定した。また、民間企業については、その研究所の研究内容から関連すると思われる企業にあらかじめ打診をして、調査に協力していただける方の推薦をいただいた。なお、SPring-8のホームページで紹介されているユーザーには、大学や国立研究機関のユーザーばかりではなく、民間企業のユーザーもおり、この方々も対象とした。この選定においては、主要な大学、研究機関等ホームページをカバーしており、調査対象者の合計は3,000名を超えるものとなった。調査対象者(回答を辞退された方は除く)の所属研究機関別分類を表-2に示す。表-2の国立大学等には、医学部(附属病院関係者)も含まれている。なお、国立病院やその他の総合病院などにおいて、ごく一般的に使用されている医療用電子線形加速器(電子エネルギー25MeV程度まで)のユーザーについては、この調査の対象としていない。

表-2 調査対象者(回答を辞退された方は除く)の所属研究機関別分類

研究機関	有効対象者数
国立大学等計	2,110
公立大学計	145
私立大学計	135
特殊法人計	331
国立研究所計	139
財団法人計	92
民間企業計	109
高専・国公立病院・その他計	15
総 計	3,076

また、調査対象者(回答を辞退された方は除く)の研究分野別分類を表-3に示す。研究分野別については、対象者への問い合わせは行っておらず、本人の所属及びホームページ等の研究内容の記述により判断した。この際、素粒子物理学及び原子核物理学並びに生命科学及び医療利用については、本人の研究内容記述からでは区分が曖昧な場合が多く、上記分類ではこれらについては、各々1つとした。また、エネルギー科学については、一部原子核物理や物質・材料科学も兼ねる記述があった。

素粒子物理学、原子核物理学は、基本的には大学研究者が実施しており、対象者への選定割合が他の分野より高いと考えられるにも拘わらず、物質・材料科学分野のユーザーの数が多くなっ

ている。また、生命科学あるいは医療利用については、ホームページの整備状況（特に病院での個人の研究の紹介）が悪く、対象者への選定割合がかなり低いと思われる（従って、今般の調査対象者内での生命科学、医療利用分野のユーザーの比率は、実際のものにくらべてかなり小さめになっていると考えられる）ものの、ユーザーの数はかなり多くなった。これは、加速器科学が、加速器の発祥分野の素粒子物理学、原子核物理学分野のユーザー規模を大きく超える規模で他の分野に広がっている現状を示すものと言える。

なお、今般の調査対象者で、加速器そのもの、あるいは加速器ビーム物理、ビーム制御を対象とする研究者については、本来の加速器ビームのユーザーと分けて、その他の分類とした。

**表-3 調査対象者(回答を辞退された方は除く)の研究分野別分類**

研究分野	有効対象者数
素粒子物理学/原子核物理学	571
エネルギー科学 (原子核物理学、物質・材料科学も一部込み)	115
物質・材料科学	1,218
生命科学/医療利用	428
その他 (ビーム制御、ビーム物理研究、加速器研究など)	744
総 計	3,076

上記の「加速器科学を対象とする先端科学技術動向調査」は、当研究所に設置した先端科学技術動向調査委員会（加速器科学）の指導の下に実施した。以下に、そのメンバーを示す。

先端科学技術動向調査委員会（加速器科学）委員一覧  
(敬称略；職位は平成 12 年 5 月末時点)

委員長 平尾 泰男 放射線医学総合研究所 顧問

(以下、委員については 50 音順)

委員 上坂 充 東京大学 大学院工学系研究科 原子力工学研究施設 教授  
// 遠藤 一太 広島大学 大学院先端物質科学研究科 教授  
// 小方 厚 広島大学 大学院先端物質科学研究科 教授  
// 片山 武司 東京大学 大学院理学系研究科 原子核科学研究センター 教授  
// 北川 米喜 大阪大学 レーザー核融合研究センター 助教授  
// 熊谷 教孝 (財) 高輝度光科学研究センター 放射光研究所 加速器部門長  
// 熊田 雅之 放射線医学総合研究所 主任研究官  
// 小山 和義 工業技術院 電子技術総合研究所 主任研究官  
// 佐藤 勇 日本大学 原子力研究所 教授  
// 佐藤 健次 大阪大学 核物理研究センター 教授  
// 竹田 誠之 文部省 高エネルギー加速器研究機構 教授  
// 中島 一久 文部省 高エネルギー加速器研究機構 助教授  
// 中村 一隆 東京工業大学 応用セラミックス研究所 助教授  
// 西田 靖 宇都宮大学 大学院工学研究科 教授  
// 野田 章 京都大学 化学研究所 原子核科学研究施設 教授  
// 水本 元治 日本原子力研究所 東海研究所 中性子科学研究センター  
陽子加速器研究室長 (主任研究員)  
// 矢野 安重 理化学研究所 加速器基盤研究部長 (主任研究員)



## 加速器ビームニーズ等に関する調査の総括

1.	調査時期	平成 11 年 9 月 27 日～平成 12 年 1 月 11 日
2.	調査対象者	加速器ユーザーなど
3.	調査票発送	
3-1.	総発送数	3,235
3-2.	回答辞退等での返却数	159
3-3.	有効発送数	3,076
4.	有効回答	553 (有効回答率 : 18.0%)

有効対象者(3,076名)に対して、18%の回答率(回答者数 553名)となった。通常の調査に比べると回答率は低いものの、十分な回答数が得られた。

### 謝 辞

今般の調査票は非常に長いもので、回答に相当の時間を要するにも拘わらず、上記のように多くの方々から回答を寄せていただきました。ここに、回答を寄せていただいた方々に深く感謝いたします。

## 調查結果概要

**F1、 F2、 F3**

**対象者の属性**

## **(F1、F2、F3)属性に関する総括**

### **F1(所属、年齢)および研究分野**

#### **(所属) (2～3頁参照)**

・所属別に見てみると、事前に打診を行った民間企業からの回答率が高いものとなったが、それ以外の機関で見るとほぼ均等に回答者が分布している。最も対象者数の多い大学についても、大学間での回答率のばらつきはそれほど大きいものではない。

#### **(研究分野) (3頁参照)**

・研究分野別の回答率を見てみると、生命科学・医療利用分野でやや回答率が高くなっているものの、ほぼ均等に分布している。

ただし、調査対象者の選定の際（基本的に、研究機関のホームページ情報をもとに選定）に、医学関係の研究者については人数的には漏れが多いと考えられる。また、国立病院やその他の総合病院などにおいて、ごく一般的に使用されている医療用電子線形加速器（電子エネルギー25MeV程度まで）のユーザーについては、この調査の対象としていない。このことから、医療関係については、他の分野に比べて、ニーズを把握できている割合は小さいと思われる。

→回答者全体は特定の機関、特定の研究分野への偏りはほとんど見られず、今般の(医療分野を除く)回答者群の日本の加速器科学研究者全体に対する代表性は良いものといえる。

#### **(年齢) (4頁参照)**

・年齢別の分布では、5年区分の（26～30歳、31～35歳、36～40歳、41～45歳、46～50歳、51～55歳、56～60歳）でほぼ均等に分布している。調査対象者については、博士課程研究生や助手、研究員クラスを多く選んでおり、年齢別分布では若い世代の人数が多いと考えられることから、若い世代より年齢の高い世代ほど回答率が高いと思われる。

### **F2(回答者の卒業時の専門)およびF3(従事する主たる研究分野) (5～6頁参照)**

・回答者の絶対数で見ると、物質・材料科学、原子核物理学、生命科学、素粒子物理学、医療利用の順で、物質・材料科学を除いた原子核物理学、生命科学、素粒子物理学、医療利用分野の回答者数の絶対数は接近しており、加速器科学が多様な分野に広がっているのがわかる。

## F1 回答者所属・年齢および研究分野

(回答者所属調査票発送および回答(回答率)の詳細)

表F1-1 全体内訳

研究機関分類	有効送付数	回答	回答率
国立大学等計	2110	353	17%
公立大学計	145	27	19%
私立大学計	135	24	18%
特殊法人計	331	67	20%
国立研究所計	139	27	19%
財団法人計	92	13	14%
民間企業計	109	35	32%
高専・国公立病院・その他計	15	7	47%
総計	3076	553	18%

表F1-2 詳細内訳

国立大学等	有効送付数	回答	回答率
東京大学	236	36	15%
京都大学	221	27	12%
大阪大学	205	54	26%
東北大学	170	28	16%
東京工業大学	142	16	11%
名古屋大学	120	15	13%
筑波大学	108	16	15%
広島大学	108	21	19%
九州大学	101	15	15%
岡山大学	63	7	11%
北海道大学	50	12	24%
神戸大学	30	3	10%
千葉大学	27	7	26%
その他国立大学	140	41	29%
高エネルギー加速器研究機構	365	52	14%
岡崎国立共同研究機構	24	3	13%
国立大学等計	2110	353	17%
公立大学	有効送付数	回答	回答率
姫路工業大学	65	15	23%
大阪府立大学	26	7	27%
茨城県立医療大学	23	3	13%
東京都立大学	22	1	5%
その他公立大学	9	1	11%
公立大学計	145	27	19%

(次頁に続く)

(前頁より続く)

表F1-2 詳細内訳

私立大学	有効送付数	回答	回答率
立命館大学	30	8	27%
立教大学	20	1	5%
東京理科大学	13	2	15%
早稲田大学	12	2	17%
その他私立大学	60	11	18%
私立大学計	135	24	18%
国立研究所	有効送付数	回答	回答率
放射線医学総合研究所	94	15	16%
金属材料技術研究所	8	4	50%
無機材質研究所	1	1	100%
工業技術院 電子技術総合研究所	28	5	18%
工業技術院	8	2	25%
国立研究所計	139	27	19%
特殊法人	有効送付数	回答	回答率
日本原子力研究所	183	42	23%
理化学研究所	147	24	16%
その他	1	1	100%
特殊法人計	331	67	20%
財団法人	有効送付数	回答	回答率
財団法人 高輝度光科学研究センター	90	12	13%
その他財団法人	2	1	50%
財団法人計	92	13	14%

## (研究分野毎の回答(回答率)の詳細)

表F1-3 加速器科学研究分野毎の回答

研究分野	有効対象者数	回答者数	回答率
素粒子物理学/原子核物理学	571	112	19.6%
エネルギー科学 (原子核物理学、物質・材料科学も一部込み)	115	24	20.9%
物質・材料科学	1,218	215	17.7%
生命科学/医療利用	428	106	24.8%
その他 (ビーム制御、ビーム物理研究、加速器研究など)	744	96	12.9%
総計	3,076	553	18.0%

(回答者年齢)

表F1-4 回答者年齢別分布

回答者年齢帯	回答者数
1. 25歳未満	10
2. 26～30歳	70
3. 31～35歳	81
4. 36～40歳	73
5. 41～45歳	71
6. 46～50歳	81
7. 51～55歳	68
8. 56～60歳	69
9. 61～65歳	23
10. 65歳超	6
11. 年齢不詳	1
合計	553

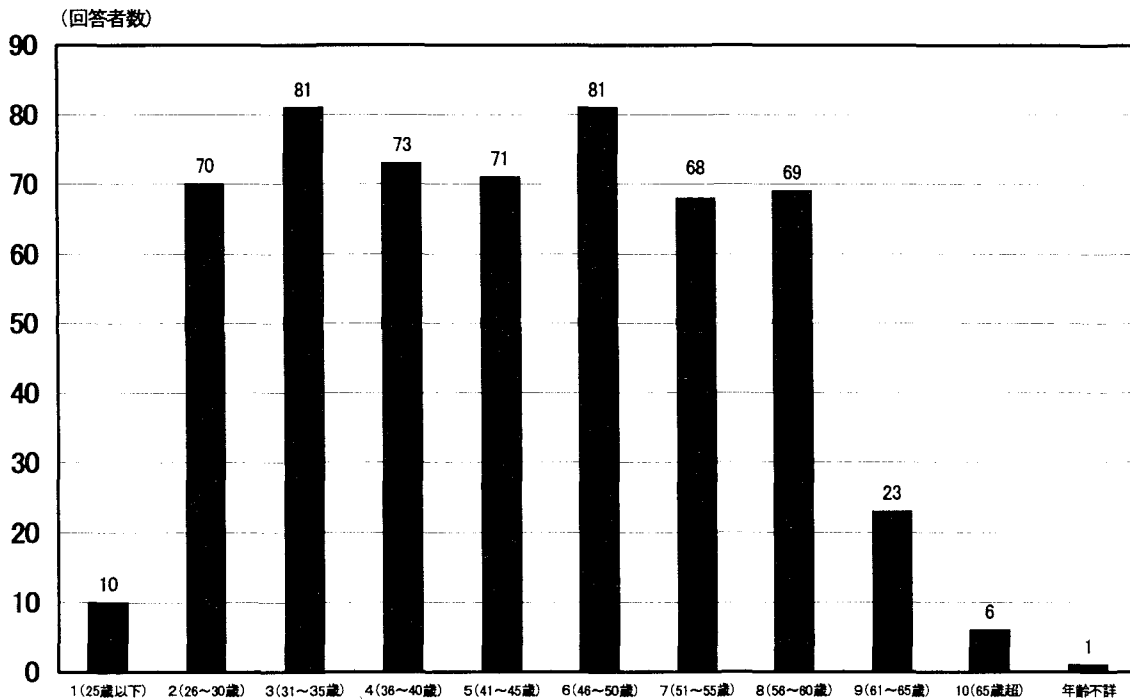


図 F1-1. 回答者年齢別分布

## F2 回答者の卒業時の専門

表F2-1 回答者の卒業時の専門

卒業時の専門	回答者数 (重複回答有)	卒業時の専門	回答者数 (重複回答有)
理学系	344	医学・歯学系	20
1-1. 物理学系	257	3-1. 基礎医学系	2
1-2. 化学系	57	3-2. 臨床医学系	13
1-3. 生物学系	20	3-3. 歯学系	3
1-4. その他	10	3-4. その他	2
工学系	174	その他	13
2-1. 電気電子工学	32		
2-2. 材料工学	23		
2-3. 機械工学	6		
2-4. 原子力工学	74		
2-5. 工業化学	15		
2-6. その他	24		

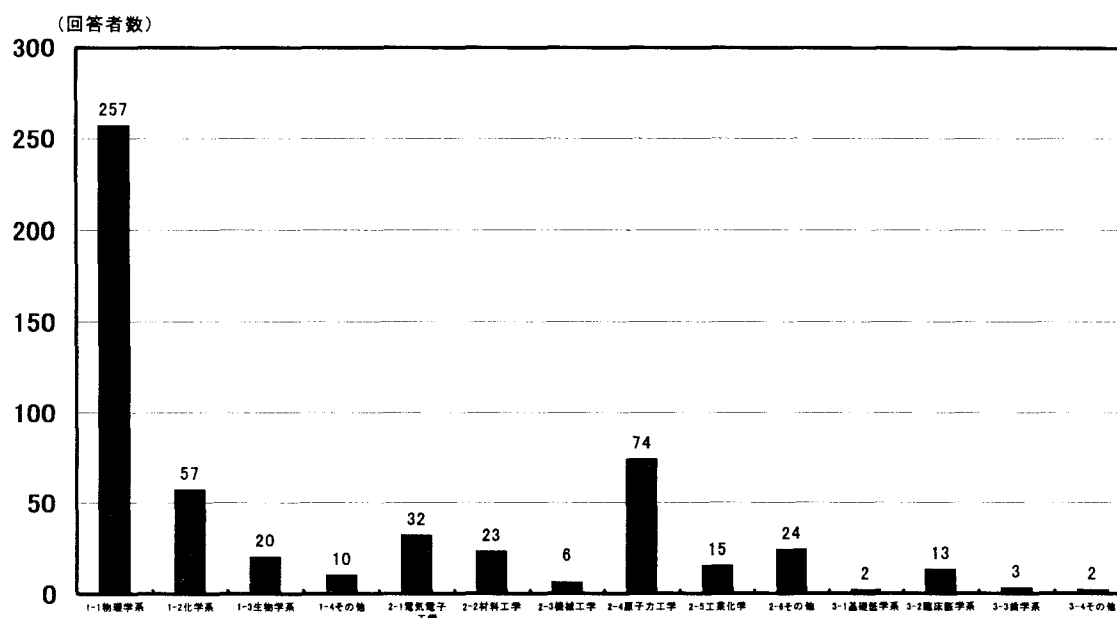


図 F2-1. 回答者の卒業時の専門

## F3 従事する主たる研究分野

表F3-1 回答者の従事する主たる研究分野

加速器関係研究分野	回答者数 (複数回答有)
素粒子物理学	62
1-1 新粒子の探索	26
1-2 精密素粒子理論検証	33
1-3 その他	17

(次頁に続く)



表F3-1 回答者の従事する主たる研究分野

原子核物理学	87
2-1 原子核構造・原子核反応研究	41
2-2 不安定原子核研究	30
2-3 中間エネルギー核反応研究	24
2-4 核物質・核物性研究	9
2-5 その他	7
エネルギー科学	36
3-1 プラズマ理工学研究	17
3-2 放射性元素の消滅処理研究	9
3-3 重イオン慣性核融合研究	4
3-4 ミューオン核融合研究	7
3-5 その他	2
物質・材料科学	252
4-1 物質構造解析	73
4-2 物性研究・電子状態解析	97
4-3 物質表面研究	50
4-4 物資材料内の欠陥診断など	36
4-5 極限環境下の物質構造・物性研究	22
4-6 ビーム物質相互作用研究など	60
4-7 新材料開発	46
4-8 ビームによる微細加工研究	18
4-9-1 RI核種製造・核化学研究・放射科学研究	6
4-9-2 核融合炉材料開発	14
4-10 原子炉用耐放射線材料開発	8
4-11 耐宇宙環境材料・半導体などの開発	14
4-12 その他	10
生命科学	74
5-1 放射線遺伝学研究	15
5-2 生体組織機能・機構解析	12
5-3 細胞生理学研究	8
5-4 分子(構造)生物学研究	37
5-5 その他	9
医療利用	58
6-1 画像診断研究	21
6-2 治療研究	31
6-3 医療用RI製造	6
6-4 その他	8
その他	113
7-1 ビーム制御・ビーム物理研究	64
7-2 その他	58

(\*) 同一人が複数の分野で回答および同一分野で複数の項目に回答有

## Q1

現在使用している・現在使用したい・将来使用したい  
加速器ビームの種類など

## Q1 現在使用している・現在使用したい・将来使用したい加速器ビームの種類など

### Q1の総括

(加速器ビーム使用中か否か) (10 頁、図Q 1-1 参照)

- ・全回答者 (553 名) のうち約 83%に相当する 460 名が現在加速器ビームを使用中であるとの回答を得た。

(加速器ビーム毎の現在の利用者数および将来利用希望者数)

- ・加速器ビーム毎の、現在の利用者人数、現在使用したいが使えていない人数および将来使用したい人数は、図Q 1-2 (10 頁) のとおり。

(現在使用中のビームの種類) (11 頁、図Q 1-3 参照)

- ・現在使用中の加速器ビームとして、最も件数が多かったものは放射光であり、ついで陽子、重イオン、電子ビームと続く。

(現在使用できていないビームの種類) (12 頁、図Q 1-4 参照)

- ・現在使用できていない加速器ビームとして、最も件数が多かったものは放射光であり、ついで重イオン、電子、陽子ビームと続く。なお、中性子ビームおよび不安定核ビームで使用中の人数と使用できていない人数がほぼ同程度であり、ビーム使用要望に対するの満足度が低いものと考えられる。
- ・現在使用できていないビームがあると回答した件数 (重複を含めた数) は、現在ビームを使用中であると回答した件数 (同) の約 4 割強になっている。(本ビームニーズ等調査は、加速器ビームユーザーを主として対象者としているため、加速器ビームを使いたいと考えている研究者数は相当なものになると考えられる。)

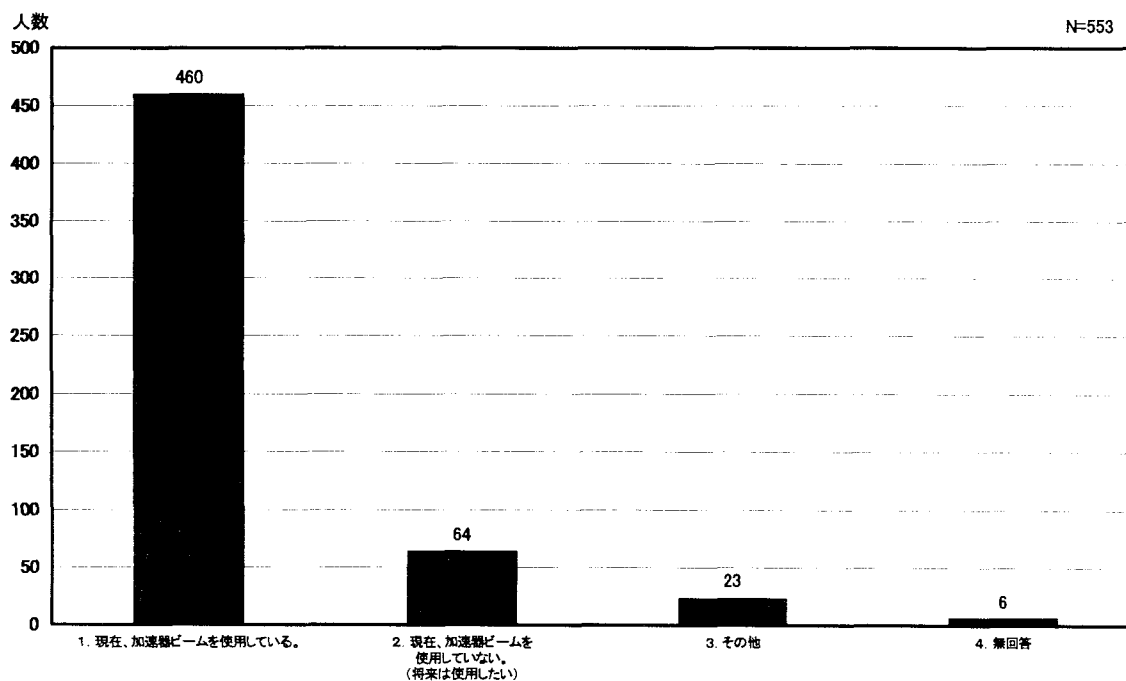
(将来使用したいビームの種類) (13 頁、図Q 1-5 参照)

- ・将来使用したい加速器ビームとして、最も件数が多かったものは放射光であり、ついで電子、重イオン、陽子ビームと続く。なお、中性子、陽電子、コヒーレント光子ビームなども比較的需要が大きく、多様なビームあるいはビームの複合的な利用が望まれている。

(現在ビームが使えていない理由) (14 頁、表Q 1-4 参照)

- ・現在加速器ビームが使えていない理由をまとめると、自分の研究に容易に使用できる加速器が近くにない、あるいはビームの割り当て時間が十分ではない、などの理由を挙げている研究者が多い。

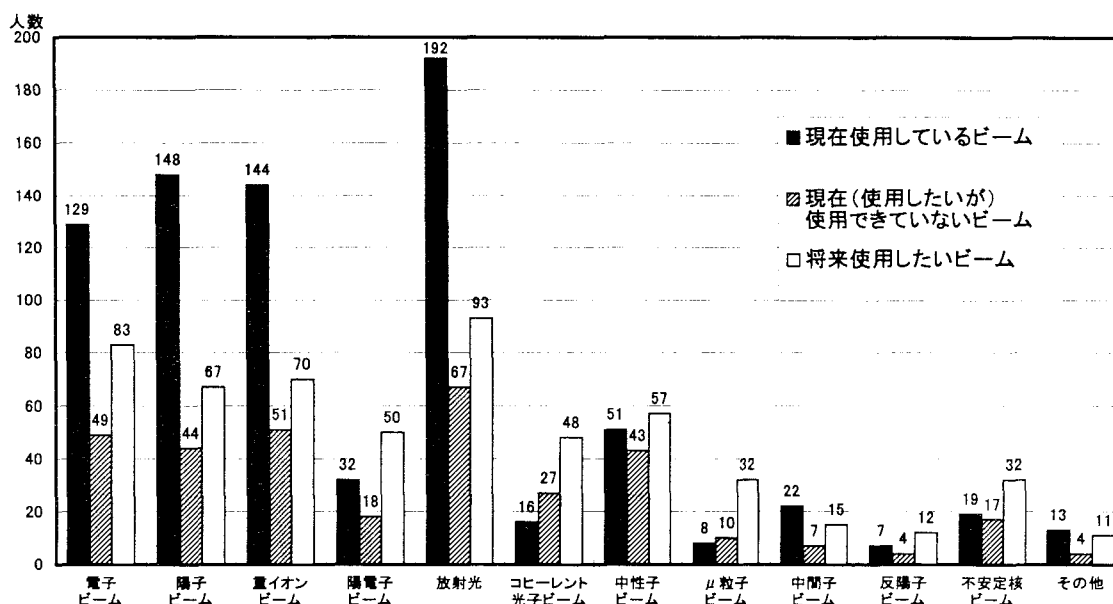
### SQ1-1 加速器ビーム使用に関する現在の立場



図Q1-1 加速器ビーム使用に関する現在の立場

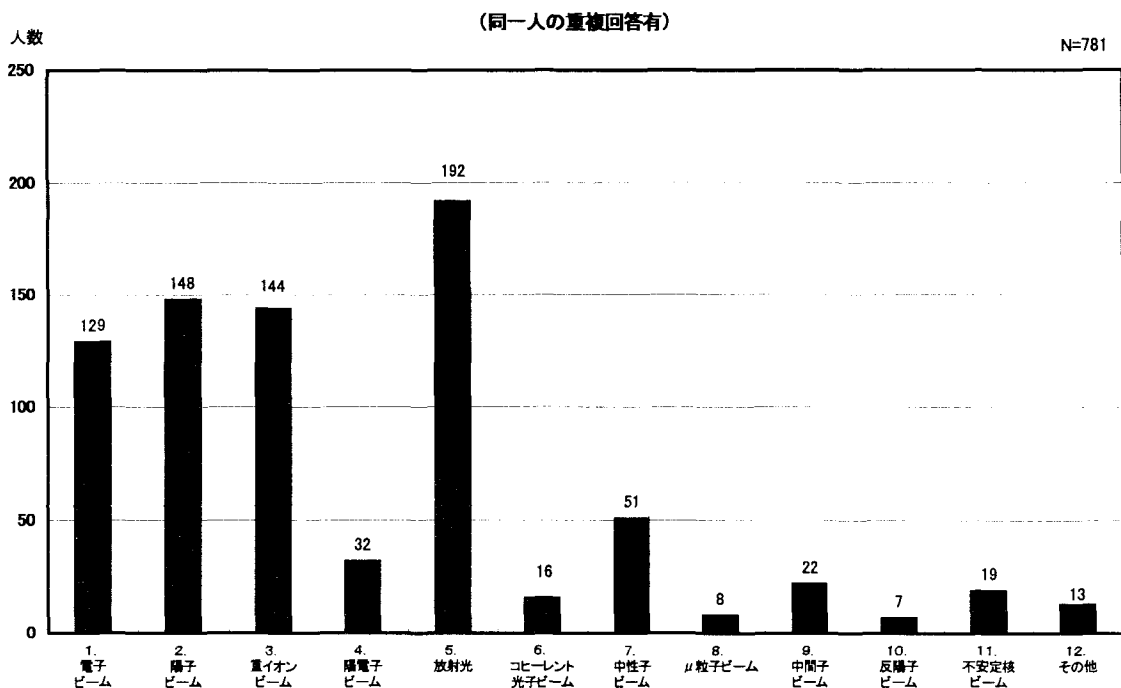
### SQ1-2 (現在使用している・現在使用したい・将来使用したい)加速器ビームの種類、構成、 利用形態について

(現在の利用者人数、現在使用したいが使えていない人数および将来使用したい人数)



図Q1-2 加速器ビーム毎の現在の利用者数および将来利用希望者数(同一人の重複回答有)

①現在使用しているビーム



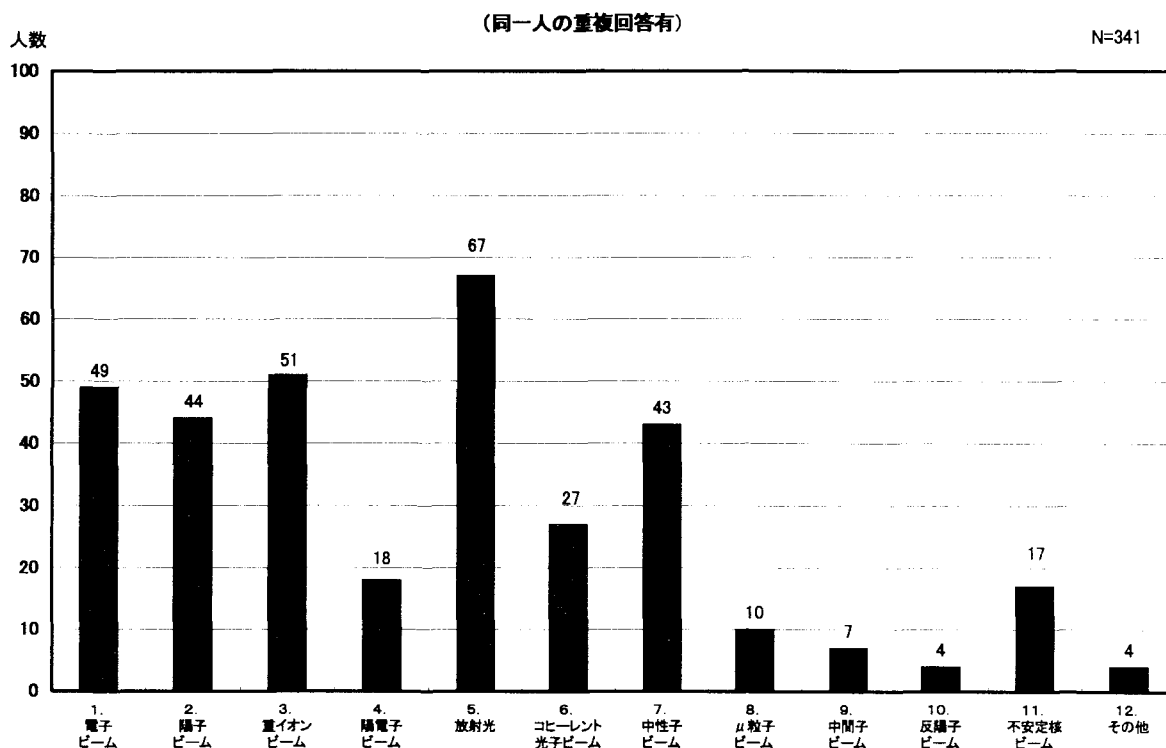
図Q1-3 現在使用中のビームの種類

(ビームの構成、利用形態)

表Q1-1 現在使用しているビームの構成、利用形態

ビームの種類	回答者総数	単独					複合(*)				
		総数	固定標的単純照射衝撃利用	固定標的重合照射衝撃利用	ビーム衝突利用	その他	総数	固定標的単純照射衝撃利用	固定標的重合照射衝撃利用	ビーム衝突利用	その他
1. 電子ビーム	129	125	79	2	29	13	11	6	3	3	1
2. 陽子ビーム	148	143	127	4	9	7	9	5	2	2	0
3. 重イオンビーム	144	140	131	9	4	5	7	4	3	0	2
4. 陽電子ビーム	32	32	10	1	20	2	0	0	0	0	0
5. 放射光	192	184	163	1	2	12	2	0	1	1	0
6. コヒーレント光子ビーム	16	14	7	2	2	2	3	1	0	2	0
7. 中性子ビーム	51	51	47	0	2	0	3	3	0	0	0
8. μ粒子ビーム	8	8	8	0	0	0	0	0	0	0	0
9. 中間子ビーム	22	21	20	0	0	1	1	1	0	0	0
10. 反陽子ビーム	7	6	1	0	5	0	1	0	0	1	0
11. 不安定核ビーム	19	18	18	0	0	2	1	0	0	1	0
12. その他	13	13	11	0	0	1	1	0	1	0	0

②現在使用したいが使用できていないビーム



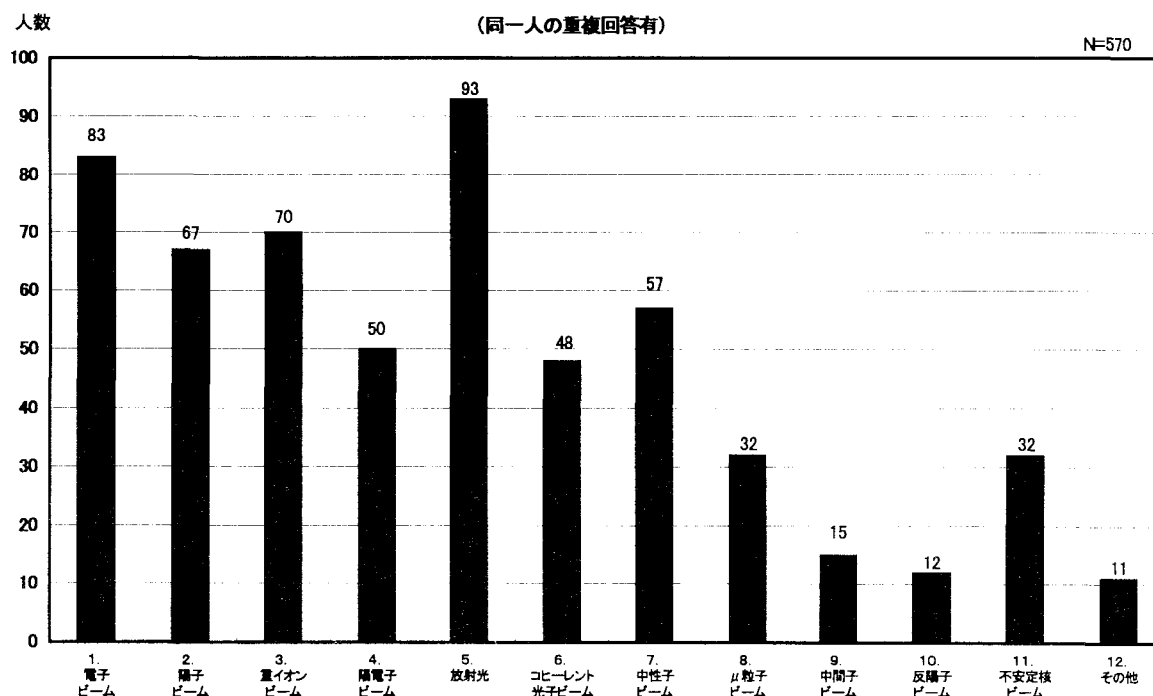
図Q1-4 使用できていないビームの種類

(ビームの構成、利用形態)

表Q1-2 (現在使用したいが)使用できていないビームの構成、利用形態

ビームの種類	回答者 総数	単独					複合(*)				
		総数	固定標的 単純照射 衝撃利用	固定標的 重合照射 衝撃利用	ビーム 衝突利用	その他	総数	固定標的 単純照射 衝撃利用	固定標的 重合照射 衝撃利用	ビーム 衝突利用	その他
1. 電子ビーム	49	46	25	7	3	2	3	0	1	2	0
2. 陽子ビーム	44	44	34	5	1	1	1	1	0	0	0
3. 重イオンビーム	51	45	33	5	2	1	6	1	2	2	0
4. 陽電子ビーム	18	16	9	2	2	0	2	0	1	0	1
5. 放射光	67	61	44	4	0	1	6	3	2	0	0
6. コヒーレント光子ビーム	27	25	19	1	2	1	4	2	0	1	1
7. 中性子ビーム	43	43	33	1	0	3	6	3	1	1	2
8. μ粒子ビーム	10	10	6	1	3	1	0	0	0	0	0
9. 中間子ビーム	7	6	5	1	1	0	1	0	1	0	0
10. 反陽子ビーム	4	3	2	1	2	0	1	0	1	0	0
11. 不安定核ビーム	17	17	17	0	0	0	0	0	0	0	0
12. その他	4	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0

### ③将来使用したいビーム



図Q1-5 将来使用したいビームの種類

### (ビームの構成、利用形態)

表Q1-3 将来使用したいビームの構成、利用形態

ビームの種類	回答者 総数	単独					複合(*)				
		総数	固定標的 単純照射 衝撃利用	固定標的 重合照射 衝撃利用	ビーム 衝突利用	その他	総数	固定標的 単純照射 衝撃利用	固定標的 重合照射 衝撃利用	ビーム 衝突利用	その他
1. 電子ビーム	83	73	27	7	35	6	13	5	5	3	1
2. 陽子ビーム	67	64	40	4	15	2	7	5	2	1	0
3. 重イオンビーム	70	61	45	5	5	5	14	2	8	4	1
4. 陽電子ビーム	50	48	18	4	24	1	3	1	2	1	0
5. 放射光	93	82	58	10	2	4	13	4	10	1	0
6. コヒーレント光子ビーム	48	42	32	7	1	2	10	5	2	2	0
7. 中性子ビーム	57	50	40	2	1	5	11	3	4	2	1
8. μ粒子ビーム	32	27	14	2	13	2	5	2	0	2	0
9. 中間子ビーム	15	14	11	0	3	0	1	0	0	1	0
10. 反陽子ビーム	12	11	6	0	4	1	1	0	0	1	0
11. 不安定核ビーム	32	29	23	1	6	2	3	1	0	1	0
12. その他	11	10	6	0	1	1	1	0	1	0	0

(\*) ビームの構成は同一種類のビームから構成される単独ビームといくつかの種類のビームで構成される複合ビームを区別して回答を願ったが、「いくつかの単独ビームを使う、ビームの複合利用」との区分けがうまくできなかった。このため、ビームの複合利用も含めて「複合」としている。

### SQ1-3 現在(実現できているビーム仕様で)使用したいビームが使用できていない理由

以下の表のようにまとめられる。

**表Q1-4現在(使用したいビームが)使えない理由**

現在(使用したいビームが)使えない理由	件数
身近に利用可能なセットアップされた施設がない 実験・測定装置が未整備、装置の持ち込みができない 自分の研究に合致した専用のビームラインが確保できない、など	28
ビームタイム、マシンタイムの不足	12
技術的理由 考えている仕様での設備がない(あるいは技術開発中) ビームのモードが不足 エネルギーが適当でない 強度が不足している、など	16
利用コストが高い	3
予算が獲得できない	11
研究時間、マンパワーが足りない	20
実験準備中	11
加速器施設が建設中、コミッショニング中 修理・改造中	6
(日本に)使用できる施設がない	11
加速器そのものが実現されていない(検討中) ビーム仕様が実現されていない	11
その他	8



## Q2

現在使用している・現在使用したい・将来使用したい  
加速器ビームの詳細など

## Q2 現在使用している、(現在使用したいが)使用できていない、将来使用したい 加速器ビームの詳細

加速器ビームに求められるニーズ(ビームニーズ)を把握するため、加速器科学の全分野において、以下の加速器ビームについて、

電子ビーム、	陽子ビーム、	重イオンビーム
陽電子ビーム、	放射光、	コヒーレント光子ビーム(*)
中性子ビーム、	$\mu$ 粒子ビーム、	中間子ビーム
反陽子ビーム、	不安定核(RI)ビーム、	その他ビーム

(\*: コヒーレント光子ビームとは、自由電子レーザーやコヒーレント放射光などの可干渉性の高い光子ビームをいう。)

- ①現在使われているビームの仕様
- ②現在既の実現されている仕様のビームで、使いたいビームがあるものの使えていない状況
- ③現在はまだ実現されていないビーム仕様で、将来実現されれば使いたいもの

を質問した。この際、各加速器ビーム種の①、②および③のものについて、研究分野、(差し支えない場合には)研究課題名の回答を求めるとともに、

ビームエネルギー、	エネルギー分解能、	ビーム長短径、
平均ビーム強度、	規格化エミッタンス、	ビーム時間構造の型、
ビーム時間構造の詳細(ビーム継続時間、パルス繰り返し、パルス幅(長)、パルス強度、 パルス内バンチ数、バンチ幅)		

に関して、調査票で値の領域を指定しつつ回答を求めた(添付1参照)。

### (加速器ビーム毎について)

以下では、加速器ビーム毎に、主にビームエネルギーに注目しつつ、回答結果を述べる。

## 1 電子ビーム

電子ビーム使用者の研究分野別分類は表Q2-1のとおりであり、研究分野としては、素粒子物理学および物質・材料科学が主たるものとなっている。なお、先にも述べたように、総合病院などにおいて腫瘍治療にごく一般的に使用されている電子線形加速器(エネルギー～25MeV程度、導入数；数百以上)については調査対象としていないので、医療利用分野の使用者数は実体に比べてかなり少なくなっている。

表Q2-1 電子ビーム使用の研究分野別分類および使用形態

	回答者数	回答者の研究分野別人数 (重複回答有)		ビーム使用形態 (件数)	
				単独	複合
①現在使用中の電子ビーム	132	素粒子物理学	25	25	2
		原子核物理学	15	17	1
		エネルギー科学	0	0	0
		物質・材料科学	47	64	7
		生命科学	8	7	0
		医療利用	8	10	0
		その他	29	25	2
②現在(使用したいが)使用できていない電子ビーム	65	素粒子物理学	4	3	1
		原子核物理学	9	7	0
		エネルギー科学	1	1	0
		物質・材料科学	17	15	6
		生命科学	5	5	0
		医療利用	7	8	0
		その他	14	10	3
③将来使用したい電子ビーム	69	素粒子物理学	33	28	5
		原子核物理学	6	2	2
		エネルギー科学	2	1	1
		物質・材料科学	12	7	6
		生命科学	3	3	0
		医療利用	2	2	0
		その他	11	5	4

②および③においては、複合ビーム利用の(単独ビーム利用に対する)相対的な割合が多くなっており、今後の加速器ビームの利用ではビームの高度な利用が進展するものと考えられる。

### (1)エネルギー

電子ビームエネルギーの領域毎の回答件数に関しては、下表(表Q2-2)の結果が得られている。なお、表Q2-2の合計件数を図示すると、図Q2-1のとおりである。

加速器科学全分野で使われる電子ビームのエネルギーは、1MeVより低いものから100GeVを超えるものまで広範囲のものとなっている。低エネルギー領域(140MeV程度より低いエネルギー領域)の電子ビームは、物質・材料科学分野において一般的に使用されており、高エネルギー領域(数GeVを超える領域)あるいはエネルギーフロンティアでは素粒子物理学で使用されており、現在の研究では、KEKでのB-ファクトリーやCERNのLEP IIでの電子・陽電子衝突実験がこれに相当する。また、将来においては、JLCによる電子・陽電子衝突実験を挙げる研究者が相当数回答している。原子核物理学においては、低エネルギー、中間エネルギー(140MeV程～数GeV)、

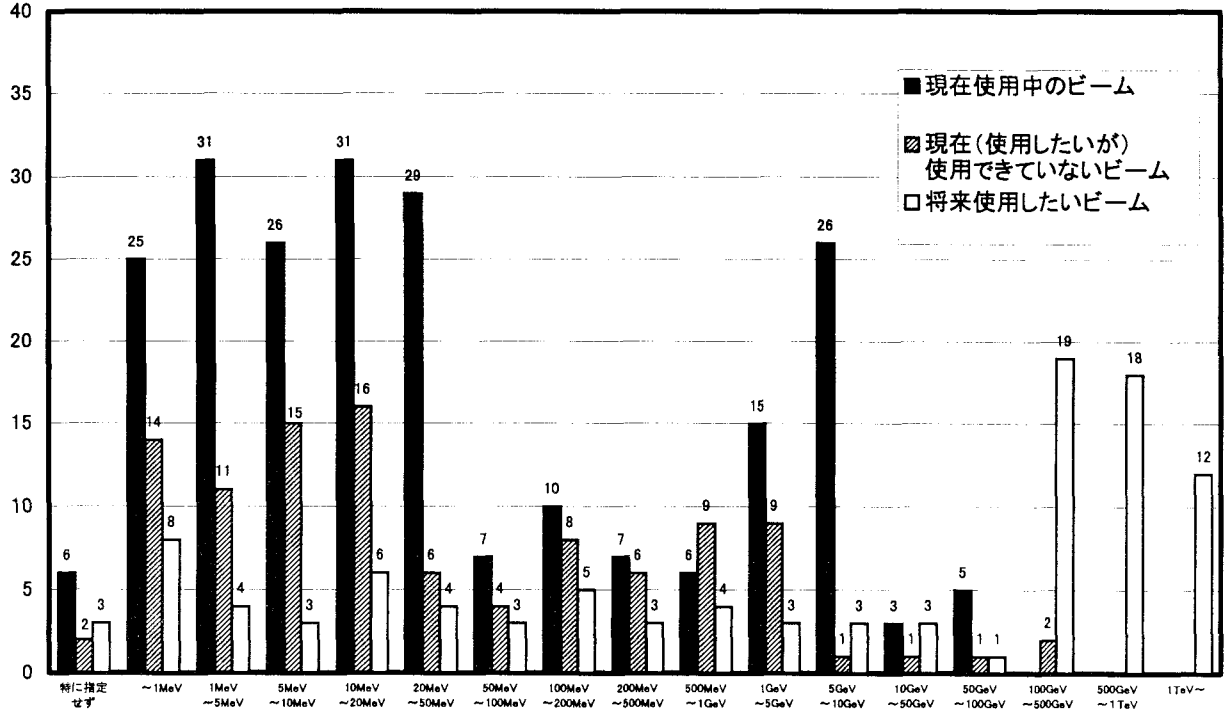
表Q2-2 電子ビームエネルギー領域毎の研究分野別回答件数

エネルギー範囲	素粒子物理学			原子核物理学			エネルギー科学			物質・材料科学		
	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③
特に指定せず	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	1
～ 1MeV	0	0	0	1	0	1	0	0	1	20	10	4
1MeV～ 5MeV	0	0	1	1	1	0	0	0	0	20	6	3
5MeV～ 10MeV	2	0	1	2	1	0	0	0	0	8	4	1
10MeV～ 20MeV	2	0	1	1	2	0	0	0	0	13	10	3
20MeV～ 50MeV	0	0	0	2	0	0	0	0	0	19	1	2
50MeV～100MeV	0	0	0	2	0	0	0	1	0	2	0	1
100MeV～200MeV	1	0	1	3	2	1	0	1	1	1	2	0
200MeV～500MeV	1	0	0	3	3	1	0	0	1	0	1	0
500MeV～ 1GeV	1	1	0	3	3	0	0	0	1	0	0	0
1GeV～ 5GeV	4	1	0	3	4	1	0	0	0	1	1	0
5GeV～ 10GeV	16	0	0	6	0	2	0	0	0	1	0	0
10GeV～ 50GeV	2	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0
50GeV～100GeV	5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100GeV～500GeV	0	2	19	0	0	0	0	0	0	0	0	0
500GeV～ 1TeV	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1TeV～	0	0	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0
エネルギー範囲	生命科学			医療利用			その他			合計		
	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③
特に指定せず	0	1	0	1	1	1	0	0	1	6	2	3
～ 1MeV	1	1	1	0	0	0	3	3	1	25	14	8
1MeV～ 5MeV	3	1	0	3	1	0	4	2	0	31	11	4
5MeV～ 10MeV	3	1	0	6	6	1	5	3	0	26	15	3
10MeV～ 20MeV	1	0	0	5	2	0	9	2	2	31	16	6
20MeV～ 50MeV	0	1	1	1	0	0	7	4	1	29	6	4
50MeV～100MeV	0	1	1	0	0	0	3	2	1	7	4	3
100MeV～200MeV	0	1	1	0	0	0	5	2	1	10	8	5
200MeV～500MeV	0	0	0	0	1	0	3	1	1	7	6	3
500MeV～ 1GeV	0	0	0	0	1	0	2	4	3	6	9	4
1GeV～ 5GeV	0	0	0	2	0	0	5	3	2	15	9	3
5GeV～ 10GeV	0	1	0	0	0	0	3	0	1	26	1	3
10GeV～ 50GeV	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	1	3
50GeV～100GeV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	1
100GeV～500GeV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	19
500GeV～ 1TeV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18
1TeV～	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12

高エネルギー領域の幅広いエネルギー領域で電子ビームの使用が行われている。なお、医療利用においては、浅部腫瘍治療用の電子線形加速器（～30MeV）については、調査していないので、使用状況の実体よりは極めて少ないものとなっているものと推定される。

この調査結果ではあまり見えないものの、電子ビームは、その直接的利用の他、制動放射発生（～数10MeV）、自由電子レーザー発生（数10～数100MeV）、中性子発生（数10～数100MeV）、陽電子発生（数10～数100MeV）およびシンクロトロン放射光発生（数100MeV～数GeV）などにも用いられている。

件数



図Q2-1 電子ビームエネルギー領域毎の回答件数

## (2) エネルギー分解能

①、②および③のものいづれについても0.1%前後が多い。

## (3) ビーム長短径

①および②のものについては、ビーム断面の長径、短径とも1mm~1cmの範囲が多い。これは通常の電子ビームの断面径に相当している。なお、①および③において、極めて小さい1~10nmのビーム径が挙げられているが、これはエネルギーフロンティア領域での電子・陽電子衝突実験に使用するビームの衝突確率を上げるために極めて絞り込んだビームが要求されていることによる。

## (4) 平均ビーム強度

素粒子物理学においては $\mu\text{A}$ 程度以上、原子核物理学においては $\text{pA}$ 程度以上、物質・材料科学においては数 $10\text{nA}$ 程度以上の平均ビーム強度が使用され、あるいは要望されている。素粒子物理学においては、エネルギーの高いビームほど反応断面積が小さくなるため、高エネルギー電子ビームを使った衝突実験等では高いビーム強度が要求される。現在、KEKで進行中のBファクトリーにおける電子・陽電子衝突実験では、衝突断面積の極めて小さな反応を観測するため電子ビームをリングに蓄積したのち衝突させている。①において、高い平均ビーム強度が挙げられているのはこの理由によるものである。一方、物質・材料科学においては、数 $10\text{nA}$ 程度からA級の幅広い強度領域の電子ビームが使われている。

### (5)規格化エミッタンス

(規格化) エミッタンスは、ビーム内粒子の運動量および位置のバラツキを示すものであり、これが小さいほどバラツキが小さいことを意味している。特に、電子・陽電子衝突実験においては、衝突の確率を上げるため、エミッタンスを非常に小さくすることが要求される。③において、 $10^{-2} \pi \text{ mm} \cdot \text{mrad}$  以下の小さい値のエミッタンスをもつビームが求められるのは、上記の理由によるものである。なお、物質・材料科学や生命科学分野の加速器ビームユーザーにはあまりなじみのない物理量であり、回答数は多くない。

### (6)ビーム時間構造の型

①、②および③のものから、将来における電子ビームの時間構造の型については、パルスビームへのニーズが高くなっている。これは、パルス電子ビームを用いた時間分解分析(動的解析)へのニーズが高くなっていることを示すものである。

なお、本概要においては、**ビーム時間構造の詳細(ビーム継続時間、パルス繰り返し、パルス幅(長)、パルス内バンチ数、バンチ幅(長))**については省略。

## 2 陽子ビーム

陽子ビーム使用者の研究分野別分類は表Q2-3のとおりであり、①においては、物質・材料科学、原子核物理学、医療利用、素粒子物理学など幅広い分野での利用が行われている。

**表Q2-3 陽子ビーム使用の研究分野別分類および使用形態**

	回答者数	回答者の研究分野別人数 (重複回答有)		ビーム使用形態 (件数)	
				単独	複合
①現在使用中の陽子ビーム	156	素粒子物理学	20	24	0
		原子核物理学	35	42	1
		エネルギー科学	4	5	0
		物質・材料科学	50	62	4
		生命科学	7	7	0
		医療利用	22	21	0
		その他	18	17	0
②現在 (使用したいが) 使用できていない陽子ビーム	44	素粒子物理学	5	3	0
		原子核物理学	8	8	0
		エネルギー科学	0	0	0
		物質・材料科学	13	16	0
		生命科学	3	2	0
		医療利用	6	5	0
		その他	9	7	0
③将来使用したい陽子ビーム	48	素粒子物理学	13	14	1
		原子核物理学	8	6	0
		エネルギー科学	5	5	0
		物質・材料科学	6	7	0
		生命科学	5	4	0
		医療利用	5	4	0
		その他	6	4	2

### (1) エネルギー

陽子ビームエネルギーの領域毎の回答件数に関しては、下表(表Q2-4)の結果が得られている。なお、表Q2-4の合計件数を図示したものが図Q2-2である。

加速器科学全分野で使われる①の陽子ビームについては、エネルギーは1MeVより低いものから1TeV程度までの広範囲のものとなっている。低エネルギー領域(140MeV程度より低いエネルギー領域)および中間エネルギーの数100MeV程度までの陽子ビームは、原子核物理学、物質・材料科学、医療利用分野(医療利用分野でのがん治療については、数10MeV~250MeVの陽子ビームが使われている)において一般的に使用されている。中間エネルギー領域の陽子ビームは主に原子核物理学分野で使用されており、高エネルギー領域(数GeVを超える領域)ではQCD原子核物理学あるいは素粒子物理学で使用され、500GeVを超えるエネルギーフロンティアでは素粒子物理学で使用されている。なお、素粒子物理学分野で③の陽子ビームについて1TeVを超えるエネルギー領域にニーズが出ているのは、CERNのLHCへの期待と考えられる。

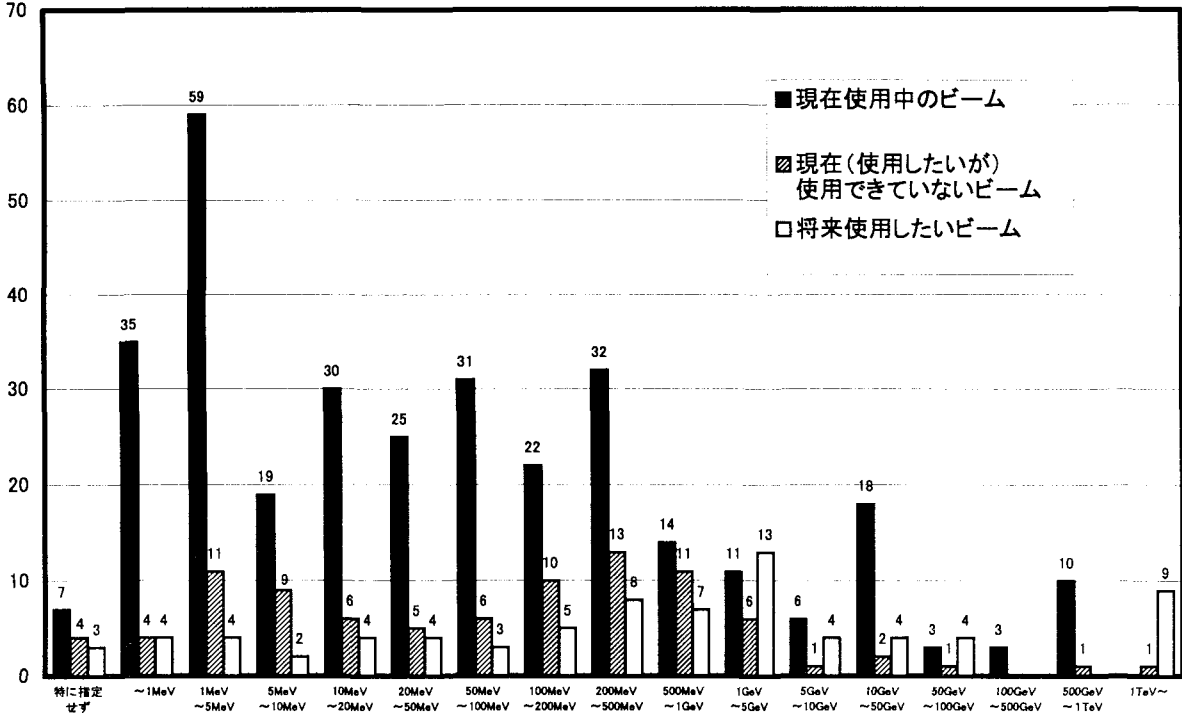
表Q2-4 陽子ビームエネルギー領域毎の研究分野別回答件数

エネルギー範囲	素粒子物理学			原子核物理学			エネルギー科学			物質・材料科学		
	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③
特に指定せず	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	2	0
～ 1MeV	1	0	0	4	0	0	0	0	0	23	3	0
1MeV～ 5MeV	1	0	0	7	0	0	1	0	0	36	5	1
5MeV～ 10MeV	1	0	0	5	1	0	0	0	0	9	3	1
10MeV～ 20MeV	1	0	0	7	0	0	0	0	0	14	4	2
20MeV～ 50MeV	1	0	0	8	0	0	2	0	0	6	4	1
50MeV～100MeV	1	0	0	8	0	0	2	0	0	6	3	0
100MeV～200MeV	1	0	0	5	1	1	1	0	0	1	5	0
200MeV～500MeV	1	1	0	13	4	2	1	0	2	2	4	0
500MeV～ 1GeV	1	1	0	8	5	3	1	0	2	1	1	0
1GeV～ 5GeV	1	1	0	5	1	5	1	0	2	1	1	3
5GeV～ 10GeV	1	1	0	2	0	3	0	0	0	0	0	0
10GeV～ 50GeV	11	2	3	3	0	0	0	0	0	1	0	0
50GeV～100GeV	1	1	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0
100GeV～500GeV	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
500GeV～ 1TeV	10	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
1TeV～	0	1	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
エネルギー範囲	生命科学			医療利用			その他			合計		
	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③
特に指定せず	0	0	0	0	2	0	2	0	2	7	4	3
～ 1MeV	2	1	2	1	0	0	4	0	2	35	4	4
1MeV～ 5MeV	2	2	0	3	2	2	9	2	1	59	11	4
5MeV～ 10MeV	0	2	0	2	1	0	2	2	1	19	9	2
10MeV～ 20MeV	1	1	1	5	0	0	2	1	1	30	6	4
20MeV～ 50MeV	1	1	2	3	0	0	4	0	1	25	5	4
50MeV～100MeV	2	1	2	6	1	0	6	1	1	31	6	3
100MeV～200MeV	2	1	2	6	2	1	6	1	1	22	10	5
200MeV～500MeV	2	0	0	7	1	2	6	3	2	32	13	8
500MeV～ 1GeV	0	0	0	0	0	0	3	4	2	14	11	7
1GeV～ 5GeV	0	0	0	0	0	0	3	3	3	11	6	13
5GeV～ 10GeV	0	0	0	0	0	0	3	0	1	6	1	4
10GeV～ 50GeV	0	0	0	0	0	0	3	0	1	18	2	4
50GeV～100GeV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	4
100GeV～500GeV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
500GeV～ 1TeV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	1	0
1TeV～	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9

陽子ビームを間接利用する研究などについては、二次（高次）ビームとして中間子ビームや中性子ビーム、 $\mu$ 粒子ビームあるいは反陽子ビームなどを発生させることに使われており、数100MeV～数10GeVのエネルギー領域の陽子ビームが使用されている（ $\pi$ 中間子発生（数100MeV～1GeV程度）、 $\mu$ 粒子発生（数100MeV～数GeV程度）、ニュートリノ発生（数100MeV～数GeV程度）、中性子発生（数100MeV～1GeV程度）、K中間子発生（数GeV～数10GeV程度）、反陽子発生（数GeV～数10GeV程度））。



件数



図Q2-2 陽子ビームエネルギー領域毎の回答件数

## (2) エネルギー分解能

①、②および③のものいずれについても、広範囲のエネルギー分解能のものが使用（あるいは要望）されている。

## (3) ビーム長短径

①、②および③のものいずれについても、ビーム断面の長径、短径とも 1 mm～1 cm の範囲が多い。これは通常の陽子ビームの断面径である。なお、③において、1 μm 以下のビーム径が相対的に高く挙げられているが、これはマイクロビームへの要望である。

## (4) 平均ビーム強度

①および②のものについては、10 nA～10 μA の範囲のビームが多く使用（あるいは要望）されている。なお、物質・材料科学分野においては、宇宙線による半導体の損傷（シングルイベント損傷）研究など、極めてビーム強度の低いビーム（極限的には1個の陽子など）を使用する研究分野もある。

## (5) 規格化エミッタンス

①、②および③のものいずれについても、1 から 10 π mm・mrad のエミッタンスをもつ陽子ビームが使用され（あるいは求められ）ている。なお、素粒子物理学においては、陽子・反陽子衝突実験において、衝突確率を高めるためエミッタンスを非常に小さくすることが要求されるのは、

電子の場合と同様である。

#### **(6)ビーム時間構造の型**

①、②および③のものから、陽子ビームの時間構造の型に関する将来ニーズについては、パルスビームへのニーズが高くなっている。これは、パルス陽子ビームを用いた時間分解分析（動的解析）へのニーズが高くなっていることを示すものである。

なお、本概要においては、**ビーム時間構造の詳細（ビーム継続時間、パルス繰り返し、パルス幅（長）、パルス内パンチ数、パンチ幅（長）**）については省略。

### 3 重イオンビーム

重イオンビーム使用者の研究分野別分類は表Q2-5のとおりであり、物質・材料科学、原子核物理学、生命科学、医療利用など幅広い分野での利用が行われている。特に物質・材料科学においては、②および③のもので、複合ビーム利用の（単独ビーム利用に対する）相対的な割合が多くなっており、今後の重イオンビームの利用では、ビームの高度な利用が進展するものと考えられる。

表Q2-5 重イオンビーム使用の研究分野別分類および使用形態

	回答者数	回答者の研究分野別人数 (重複回答有)		ビーム使用形態 (件数)	
				単独	複合
①現在使用中の重イオンビーム	151	素粒子物理学	1	1	0
		原子核物理学	36	51	1
		エネルギー科学	3	5	0
		物質・材料科学	59	76	6
		生命科学	23	31	1
		医療利用	16	18	0
		その他	13	13	0
②現在（使用したいが） 使用できていない重イオンビーム	55	素粒子物理学	1	1	0
		原子核物理学	15	16	2
		エネルギー科学	2	2	0
		物質・材料科学	19	21	10
		生命科学	8	11	0
		医療利用	4	3	0
		その他	6	6	0
③将来使用したい重イオンビーム	39	素粒子物理学	1	1	1
		原子核物理学	12	13	0
		エネルギー科学	4	4	0
		物質・材料科学	10	5	5
		生命科学	4	4	0
		医療利用	3	3	0
		その他	5	3	1

#### (1) エネルギー

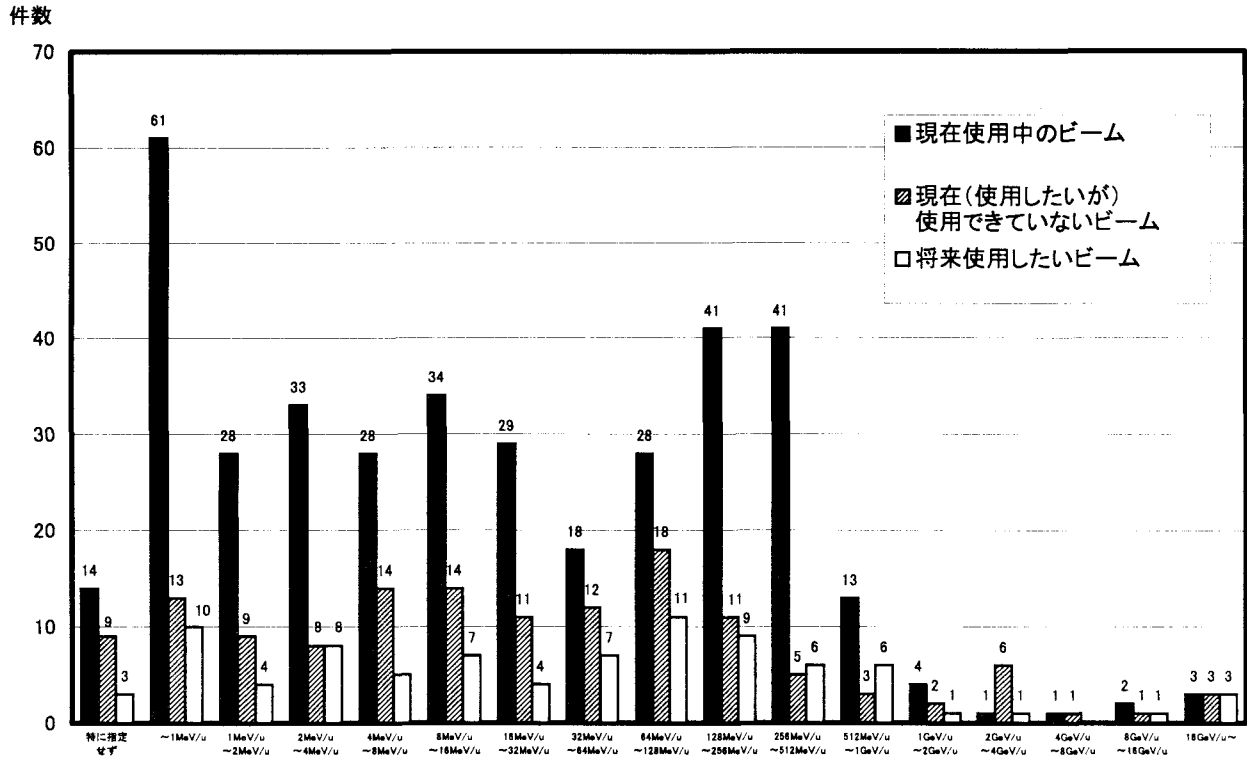
重イオンビームエネルギーの領域毎の回答件数に関しては、下表（表Q2-6）の結果が得られている。なお、表Q2-6の合計件数を図示したものが図Q2-3である。

原子核物理学では、低エネルギー領域（数10MeV/n程度まで）、中間エネルギー領域（数10MeV/n～数100MeV/n程度）、高エネルギー領域（数100MeV/n程度より高い）まで広いエネルギー領域の重イオンビームが使用（あるいは要望）されている。物質・材料科学、生命科学においては、低エネルギー領域あるいは中間エネルギー領域のものが使用（あるいは要望）されている。がん治療などの医療利用においては、主に中間エネルギー領域の重イオンビームが使用（あるいは要望）されている。

表Q2-6 重イオンビームエネルギー領域毎の研究分野別回答件数

エネルギー範囲	素粒子物理学			原子核物理学			エネルギー科学			物質・材料科学		
	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③
特に指定せず	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9	6	1
(*) ~ 1	0	0	0	7	0	2	3	0	0	44	12	6
(*) 1~ 2	1	0	0	3	2	1	0	1	0	20	4	2
(*) 2~ 4	1	0	0	8	2	2	0	0	0	20	4	3
(*) 4~ 8	0	0	0	15	8	2	0	0	0	8	3	2
(*) 8~ 16	0	0	0	11	4	3	0	1	0	10	4	1
(*) 16~ 32	0	0	0	6	3	1	0	0	0	9	3	0
(*) 32~ 64	0	0	0	2	1	1	0	0	2	6	5	0
(*) 64~ 128	0	1	1	13	5	3	0	0	2	4	3	1
(*) 128~ 256	0	1	1	11	4	4	2	0	1	8	0	0
(*) 256~ 512	0	0	0	6	2	5	2	0	0	5	0	0
(*) 512~ 1GeV/n	0	0	0	3	2	6	0	0	0	1	0	0
1GeV/n~ 2GeV/n	0	0	0	2	2	1	0	0	0	0	0	0
2GeV/n~ 4GeV/n	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	5	0
4GeV/n~ 8GeV/n	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
8GeV/n~16GeV/n	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
16GeV/n~	0	0	0	2	3	3	0	0	0	0	0	0
エネルギー範囲	生命科学			医療利用			その他			合計		
	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③
特に指定せず	4	2	1	1	0	0	0	1	0	14	9	3
(*) ~ 1	2	1	0	2	0	1	3	0	1	61	13	10
(*) 1~ 2	1	1	0	2	0	1	1	1	0	28	9	4
(*) 2~ 4	1	1	0	2	1	2	1	0	1	33	8	8
(*) 4~ 8	3	1	0	0	0	1	2	2	0	28	14	5
(*) 8~ 16	10	4	2	1	0	0	2	1	1	34	14	7
(*) 16~ 32	10	3	1	1	0	0	3	2	2	29	11	4
(*) 32~ 64	6	5	2	1	0	0	3	1	2	18	12	7
(*) 64~ 128	5	7	2	3	1	0	3	1	2	28	18	11
(*) 128~ 256	10	2	1	7	2	1	3	2	1	41	11	9
(*) 256~ 512	10	2	0	14	0	0	4	1	1	41	5	6
(*) 512~ 1GeV/n	2	0	0	5	1	0	2	0	0	13	3	6
1GeV/n~ 2GeV/n	0	0	0	0	0	0	2	0	0	4	2	1
2GeV/n~ 4GeV/n	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	6	1
4GeV/n~ 8GeV/n	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0
8GeV/n~16GeV/n	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	1	1
16GeV/n~	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	3	3

\* 単位のない数値の単位は MeV/n



図Q2-3 重イオンビームエネルギー領域毎の回答件数

## (2) エネルギー分解能

①、②においては、0.1%より分解能のわるいものが使用（あるいは要望）されているが、③においては、0.1%より分解能の良い（エネルギーのそろった）重イオンビームへのニーズが高くなっている。

## (3) ビーム長短径

①、②および③のいずれについても、ビーム断面の長径、短径とも1mm~1cmの範囲が多い。これは通常の重イオンビームの断面径である。なお、マイクロビームへのニーズが高い分野は、物質・材料科学および生命科学分野であり、③においては1μm以下のビーム径が相対的に高く挙げられているが、これはマイクロビームへのニーズが将来的により高くなってゆくことを示している。

## (4) 平均ビーム強度

①、②および③のいずれについても、 $6.2 \times 10^{12}$  ions/sec以下（各イオンを1価の電荷をもつとすると、1μA以下）の平均ビーム強度の小さいビームが使用（要望）されている。①においては、物質・材料科学、生命科学では特に更に数桁程度低いビーム強度が使用されている。③の結果からは見えないが、今後、物質・材料科学や生命科学においては微細領域を扱う研究が主となることより、極めて低い強度の重イオンビームへのニーズは高くなるものと考えられる。

#### (5)規格化エミッタンス

①、②および③のものいずれについても、0.1 から  $10\pi$  mm・mrad のエミッタンスをもつ重イオンビームが使用され（あるいは求められ）ている。

#### (6)ビーム時間構造の型

①、②および③のものから、重イオンビームの時間構造の型に関する将来ニーズについては、パルスビームへのニーズが高くなっている。これは、パルスビームを用いた時間分解分析（動的解析）へのニーズが高くなっていることを示すものと考えられる。

なお、本概要においては、**ビーム時間構造の詳細（ビーム継続時間、パルス繰り返し、パルス幅（長）、パルス内バンチ数、バンチ幅（長））**については省略。

#### 4 陽電子ビーム

陽電子ビーム使用者の研究分野別分類は表Q2-7のとおりであり、①、②および③のいずれでも素粒子物理学および物質・材料科学分野で使用（あるいは要望）されている。

表Q2-7 陽電子ビーム使用の研究分野別分類および使用形態

	回答者数	回答者の研究分野別人数 (重複回答有)		ビーム使用形態 (件数)	
				単独	複合
①現在使用中の陽電子ビーム	30	素粒子物理学	18	17	1
		原子核物理学	0	0	0
		エネルギー科学	0	0	0
		物質・材料科学	9	11	1
		生命科学	0	0	0
		医療利用	0	0	0
		その他	3	4	0
②現在（使用したいが） 使用できていない陽電子ビーム	21	素粒子物理学	4	3	1
		原子核物理学	0	0	0
		エネルギー科学	0	0	0
		物質・材料科学	13	14	1
		生命科学	0	0	0
		医療利用	1	1	0
		その他	3	2	0
③将来使用したい陽電子ビーム	38	素粒子物理学	26	16	2
		原子核物理学	1	1	0
		エネルギー科学	0	0	0
		物質・材料科学	9	10	3
		生命科学	1	1	0
		医療利用	0	0	0
		その他	1	0	0

##### (1) エネルギー

陽電子ビームエネルギーの領域毎の回答件数に関しては、下表（表Q2-8）の結果が得られている。なお、表Q2-8の合計件数を図示したものが図Q2-4である。

これらの表あるいは図に示されるように、陽電子ビームの使用エネルギー領域は、低いエネルギー（数10MeV以下）および高いエネルギー（1GeV以上）に2分割されるものとなっている。低いエネルギー領域は物質・材料科学での材料欠陥分析などにおいて、また、高いエネルギー領域は素粒子物理学での電子・陽電子衝突実験などにおいて使用（要望）されている。

##### (2) エネルギー分解能

電子ビームにおいても述べたように、素粒子物理学（エネルギーフロンティア）研究での電子・陽電子衝突において使われる（電子）陽電子ビームは、衝突確率を高めるため運動量を良く揃えた（すなわち、エネルギーのそろった分解能の良い）ビームが使用される。具体的な数値としては、0.1%より分解能の良いものが使用（あるいは要望）されている。

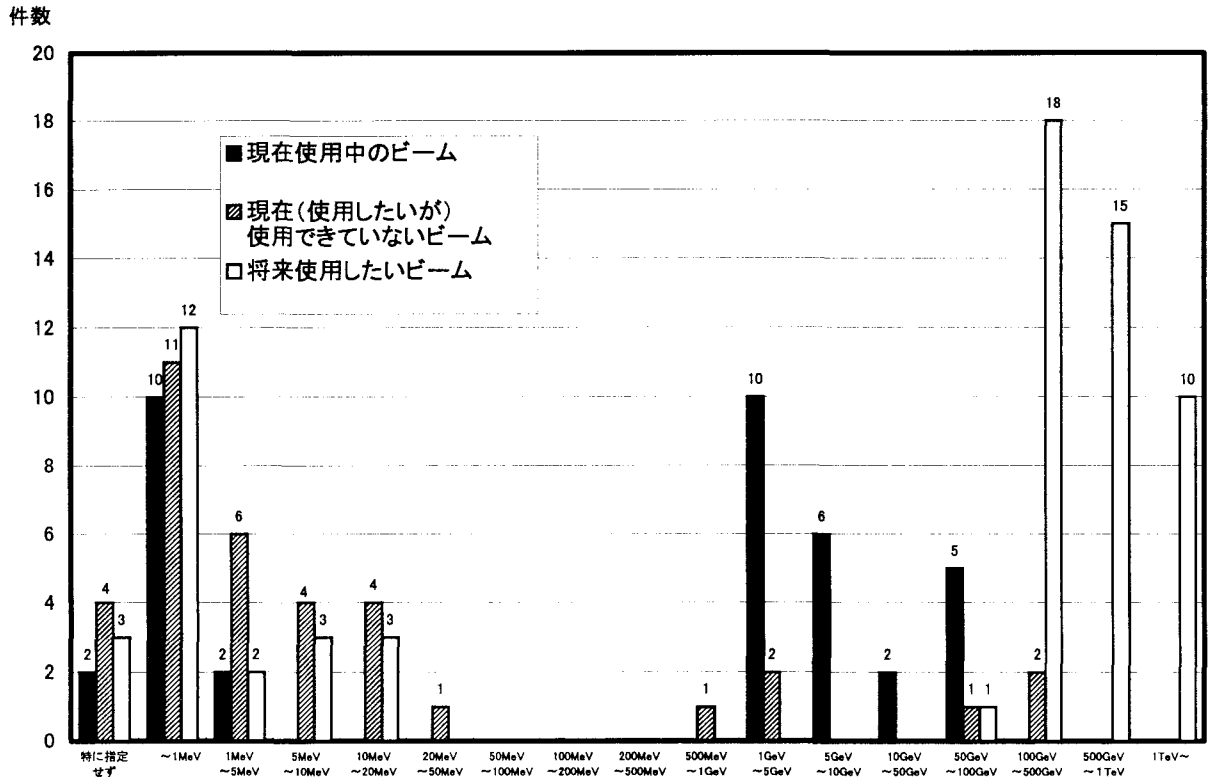
表Q2-8 陽電子ビームエネルギー領域毎の研究分野別回答件数

エネルギー範囲	素粒子物理学			原子核物理学			エネルギー科学			物質・材料科学		
	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③
特に指定せず	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	2
～ 1MeV	0	1	0	0	0	0	0	0	0	8	9	11
1MeV～ 5MeV	0	1	1	0	0	1	0	0	0	2	5	0
5MeV～ 10MeV	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	3	1
10MeV～ 20MeV	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	3	1
20MeV～ 50MeV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
50MeV～100MeV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100MeV～200MeV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200MeV～500MeV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
500MeV～ 1GeV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1GeV～ 5GeV	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5GeV～ 10GeV	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10GeV～ 50GeV	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
50GeV～100GeV	5	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100GeV～500GeV	0	2	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0
500GeV～ 1TeV	0	0	15	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1TeV～	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0
エネルギー範囲	生命科学			医療利用			その他			合計		
	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③
特に指定せず	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	4	3
～ 1MeV	0	0	1	0	0	0	2	1	0	10	11	12
1MeV～ 5MeV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	6	2
5MeV～ 10MeV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3
10MeV～ 20MeV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3
20MeV～ 50MeV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
50MeV～100MeV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
100MeV～200MeV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
200MeV～500MeV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
500MeV～ 1GeV	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0
1GeV～ 5GeV	0	0	0	0	0	0	1	2	0	10	2	0
5GeV～ 10GeV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0
10GeV～ 50GeV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
50GeV～100GeV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	1
100GeV～500GeV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	18
500GeV～ 1TeV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
1TeV～	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10

### (3)ビーム長短径

①については、ビーム断面の長径では  $10\mu\text{m}\sim 1\text{mm}$ 、短径では  $1\mu\text{m}\sim 10\mu\text{m}$  の範囲が多い。これはBファクトリーにおける電子・陽電子衝突実験に使われているものである。③においては、長径では  $10\text{nm}\sim 1\mu\text{m}$ 、短径では  $1\text{nm}\sim 10\text{nm}$  の範囲が要望されており、これはエネルギーフロンティア領域での電子・陽電子衝突実験に使用するビームの衝突確率を上げるために極めて絞り込んだビームが要求されていることによる。





図Q2-4 陽電子ビームエネルギー領域毎の回答件数

#### (4) 平均ビーム強度

平均ビーム強度においても、低いビーム強度を使用する物質・材料科学と高いビーム強度を使用する素粒子物理学での使用（要望）に2分割されるものとなっている。

#### (5) 規格化エミッタンス

電子ビームと同様な理由により、 $10^{-1} \pi \text{mm} \cdot \text{mrad}$  以下の小さい値のエミッタンスをもつビームが使用（要望）されている。

#### (6) ビーム時間構造の型

①、②および③のものから、将来における陽電子ビームの時間構造の型については、パルスビームへのニーズが高くなっている。これは、陽電子ビームを用いた時間分解分析（動的解析）へのニーズが高くなっていることを示すものである。

なお、本概要においては、ビーム時間構造の詳細（ビーム継続時間、パルス繰り返し、パルス幅（長）、パルス内バンチ数、バンチ幅（長））については省略。

## 5 放射光

放射光使用者の研究分野別分類は表Q2-9のとおりであり、①、②および③のいずれでも物質・材料科学、生命科学あるいは医療利用で使用（あるいは要望）されている。

表Q2-9 放射光使用の研究分野別分類および使用形態

	回答者数	回答者の研究分野別人数 (重複回答有)		ビーム使用形態 (件数)	
				単独	複合
①現在使用中の放射光	199	素粒子物理学	0	0	0
		原子核物理学	2	2	0
		エネルギー科学	1	1	0
		物質・材料科学	132	188	1
		生命科学	41	42	1
		医療利用	7	9	0
		その他	16	17	1
②現在（使用したいが） 使用できていない 放射光	71	素粒子物理学	0	0	0
		原子核物理学	1	1	0
		エネルギー科学	0	0	0
		物質・材料科学	44	44	8
		生命科学	14	15	1
		医療利用	8	9	0
		その他	4	3	0
③将来使用したい 放射光	69	素粒子物理学	0	0	0
		原子核物理学	2	1	0
		エネルギー科学	0	0	0
		物質・材料科学	49	43	11
		生命科学	7	7	2
		医療利用	4	5	0
		その他	7	6	0

### (1)光子エネルギー

放射光子エネルギーの領域毎の回答件数に関しては、下表（表Q2-10）の結果が得られている。なお、表Q2-10の合計件数を図示したものが図Q2-5である。

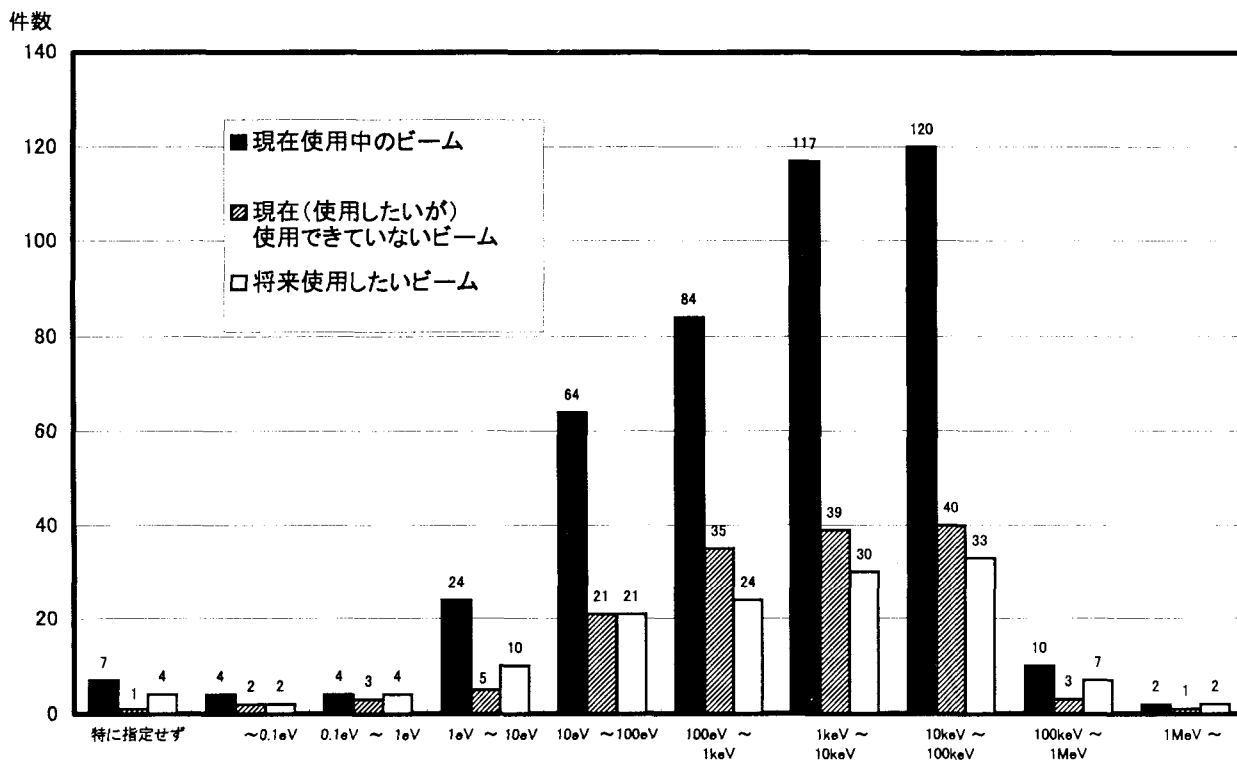
これらの表あるいは図に示されるように、放射光の使用（要望）エネルギー領域は、10eV～10keVの真空紫外線あるいは軟X線（100eV～10keV）および10keV～100keVの硬X線領域である。これは、物質・材料科学および生命科学とも共通である。

### (2)エネルギー分解能

使用される放射光のエネルギー分解能は、0.001%～0.1%のものが圧倒的に多いが、更に数桁小さい分解能をもつ放射光も使用されている。今後（③）においては、0.001%（ $10^{-5}$ ）より小さい分解能をもつ放射光ビームのニーズが相対的に高くなっている。

表Q2-10 放射光子エネルギー領域毎の研究分野別回答件数

エネルギー範囲	素粒子物理学			原子核物理学			エネルギー科学			物質・材料科学		
	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③
特に指定せず	0	0	0	0	0	1	0	0	0	6	0	2
～0.1eV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	2	2
0.1eV ～ 1eV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	4
1eV ～ 10eV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	5	8
10eV ～100eV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	57	19	20
100eV ～ 1keV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	76	28	23
1keV ～ 10keV	0	0	0	0	0	0	1	0	0	83	28	25
10keV ～100keV	0	0	0	0	0	0	1	0	0	83	26	25
100keV ～ 1MeV	0	0	0	0	0	1	0	0	0	7	0	4
1MeV ～	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
エネルギー範囲	生命科学			医療利用			その他			合計		
	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③
特に指定せず	0	0	0	0	0	0	1	1	1	7	1	4
～0.1eV	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	2	2
0.1eV ～ 1eV	1	0	0	0	0	0	0	0	0	4	3	4
1eV ～ 10eV	3	0	2	0	0	0	4	0	0	24	5	10
10eV ～100eV	5	2	1	0	0	0	2	0	0	64	21	21
100eV ～ 1keV	6	7	0	0	0	0	2	0	1	84	35	24
1keV ～ 10keV	24	8	3	1	3	1	8	0	1	117	39	30
10keV ～100keV	24	6	1	6	6	5	6	2	2	120	40	33
100keV ～ 1MeV	1	0	0	0	2	0	2	1	2	10	3	7
1MeV ～	1	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	2



図Q2-5 放射光子エネルギー領域毎の回答件数

### (3) ビーム長短径

①、②および③のいずれにおいても、 $10\ \mu\text{m}$ ～ $1\ \text{mm}$  のビーム径が最も多く使用（要望）されている。なお、③においては $10\ \mu\text{m}$ 以下の細い放射光ビームへのニーズが高くなっている。

### (4) 平均ビーム強度

#### 1) 光束

放射光のビーム強度を表す光束 (photons/sec/0.1% b. w.) について見てみると、①および②においては $10^{11}$ ～ $10^{13}$ が多くなっているが、③においてはより高い光束 $10^{14}$ ～ $10^{15}$ のものへのニーズが高くなっている。

#### 2) 輝度

同様に放射光の（指向性）強度を表す輝度 (photons/sec/mm<sup>2</sup>/mrad<sup>2</sup>/0.1% b. w.) については、①および②においては、 $10^{16}$ ～ $10^{20}$ にややピークを有するものの低輝度から高輝度までのバラエティに富んだ放射光が使用（要望）されている。③においてはより高い輝度（ $10^{20}$ 以上）のものへのニーズが相対的に高くなっている。

### (5) 偏光状態

偏光状態については、無偏光、直線水平偏光、直線垂直偏光、円偏光、楕円偏光を挙げて回答を求めた。①、②および③のいずれにおいても、多い方から直線水平偏光、直線垂直偏光、円偏光の順で挙げられている。

### (6) ビーム時間構造の型

③においては、パルスビームへのニーズが相対的に高くなっている。これは、パルス放射光を用いた時間分解分析（動的解析）へのニーズが高くなっていることを示すものと考えられる。

なお、**ビーム時間構造の詳細（ビーム継続時間）**については省略。

## 6 コヒーレント光子ビーム(自由電子レーザー、コヒーレント放射光など)

コヒーレント光子ビーム(自由電子レーザー、コヒーレント放射光など)使用者の研究分野別分類は表Q2-11のとおりであり、①、②および③のいずれでも物質・材料科学での使用(要望)がほとんどである。また、同表よりわかるように、今後のビーム需要が期待される。

表Q2-11 コヒーレント光子ビーム使用の研究分野別分類および使用形態

	回答者数	回答者の研究分野別人数 (重複回答有)		ビーム使用形態(件数)	
				単独	複合
①現在使用中のコヒーレント光子ビーム	17	素粒子物理学	0	0	0
		原子核物理学	1	1	0
		エネルギー科学	1	1	1
		物質・材料科学	4	3	1
		生命科学	1	1	0
		医療利用	1	0	0
		その他	9	5	2
②現在(使用したいが)使用できていないコヒーレント光子ビーム	20	素粒子物理学	0	0	0
		原子核物理学	1	1	0
		エネルギー科学	2	2	1
		物質・材料科学	10	9	4
		生命科学	1	1	0
		医療利用	2	2	0
		その他	4	2	1
③将来使用したいコヒーレント光子ビーム	35	素粒子物理学	1	1	0
		原子核物理学	2	2	0
		エネルギー科学	1	1	1
		物質・材料科学	22	20	4
		生命科学	3	3	0
		医療利用	1	1	0
		その他	5	3	0

### (1)光子エネルギー

コヒーレント光子ビームエネルギーの領域毎の回答件数に関しては、下表(表Q2-12)の結果が得られている。なお、表Q2-12の合計件数を図示したものが図Q2-6である。

①においては、1eV~10eV(ほぼ可視光領域)のものが多く使われている。また、②および③においては、より高いエネルギー(あるいはより波長の短い)真空紫外線、軟X線、硬X線領域のものが必要が高くなっている。

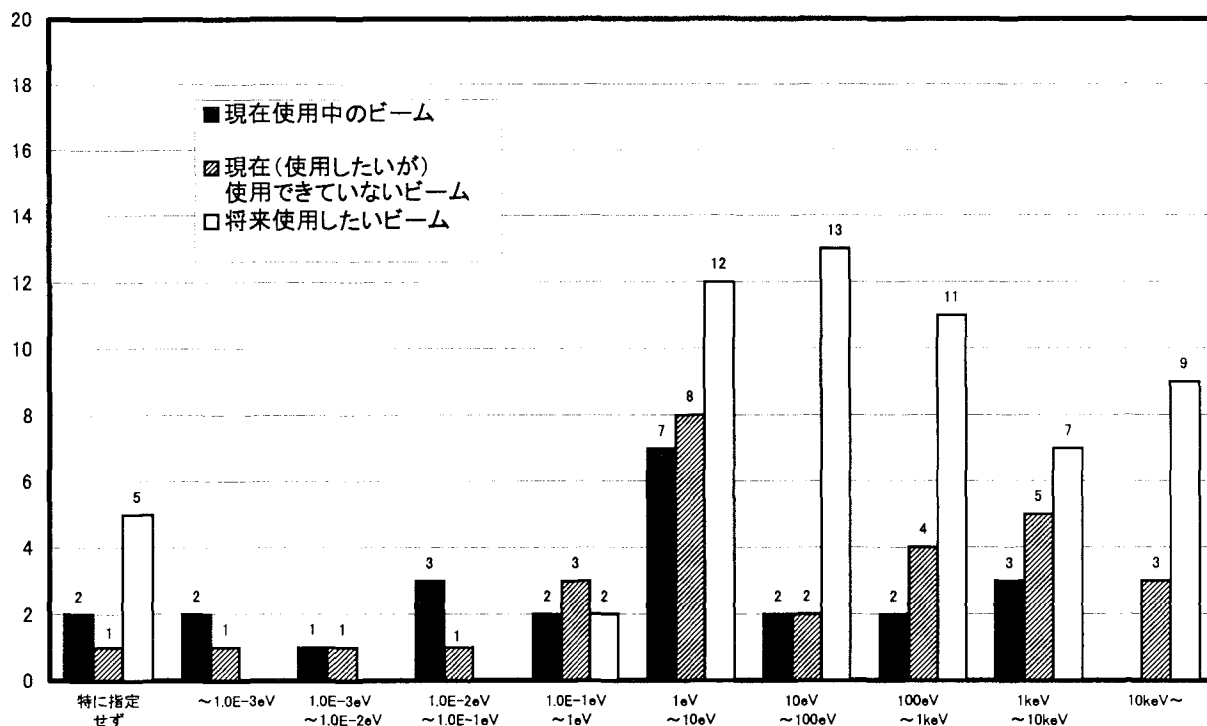
### (2)エネルギー分解能

①および②においては、コヒーレント光子ビームのエネルギー分解能は、0.01%~0.1%のものが多。今後(③)においては、0.01%( $10^{-4}$ )より小さい分解能をもつコヒーレント光子ビームのニーズが圧倒的に高くなっている。

表Q2-12 コヒーレント光子ビームエネルギー領域毎の研究分野別回答件数

エネルギー範囲	素粒子物理学			原子核物理学			エネルギー科学			物質・材料科学		
	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③
特に指定せず	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	0	3
~10 <sup>-3</sup> eV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10 <sup>-3</sup> eV ~ 10 <sup>-2</sup> eV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10 <sup>-2</sup> eV ~ 0.1eV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.1eV ~ 1 eV	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	2
1 eV ~ 10 eV	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	6	10
10 eV ~ 100 eV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	10
100 eV ~ 1keV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	9
1keV ~ 10keV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	4	5
10keV ~ 100keV	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	1	6
エネルギー範囲	生命科学			医療利用			その他			合計		
	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③
特に指定せず	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	1	5
~10 <sup>-3</sup> eV	0	0	0	0	0	0	2	1	0	2	1	0
10 <sup>-3</sup> eV ~ 10 <sup>-2</sup> eV	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0
10 <sup>-2</sup> eV ~ 0.1eV	0	0	0	0	0	0	3	1	0	3	1	0
0.1eV ~ 1 eV	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2	3	2
1 eV ~ 10 eV	1	0	0	0	0	0	3	1	1	7	8	12
10 eV ~ 100 eV	1	0	1	0	0	0	0	0	2	2	2	13
100 eV ~ 1keV	0	1	0	0	0	0	1	1	2	2	4	11
1keV ~ 10keV	0	0	0	1	0	0	1	1	2	3	5	7
10keV ~ 100keV	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	3	9

件数



図Q2-6 コヒーレント光子ビームエネルギー領域毎の回答件数

### (3) ビーム長短径

①、②においては、 $100\ \mu\text{m}$ ～ $1\ \text{cm}$  のビーム径が多く使用（要望）されている。③においては、 $10\ \mu\text{m}$ 以下の細いコヒーレント光子ビームへのニーズが高くなっている。

### (4) 平均ビーム強度

#### 1) 光束

コヒーレント光子ビーム強度を表す光束 (photons/sec/0.1%b. w.) について見てみると、①および②においてはあまり明確に見えていないが、③においてはより  $10^{14}$  以上のものへのニーズが高くなっている。

#### 2) 輝度

同様にコヒーレント光子ビームの（指向性）強度を表す輝度 (photons/sec/mm<sup>2</sup>/mrad<sup>2</sup>/0.1%b. w.) については、①および②においてはあまり明確に見えていないが、③においては低輝度から高輝度までのバラエティに富んだものが要望されている。

### (5) 偏光状態

偏光状態については、無偏光、直線水平偏光、直線垂直偏光、円偏光、楕円偏光を挙げて回答を求めた。①、②および③において、直線水平偏光、直線垂直偏光、円偏光の頻度が高く挙げられている。

### (6) ビーム時間構造の型

③においては、パルスビームへのニーズが相対的に高くなっている。これは、パルスコヒーレント光子ビームを用いた時間分解分析（動的解析）へのニーズが高くなっていることを示すものと考えられる。

なお、**ビーム時間構造の詳細（ビーム継続時間）**については省略。

## 7 中性子ビーム

中性子ビーム使用者の研究分野別分類は表Q 2-13のとおりであり、①、②および③のいずれでも物質・材料科学で最も多いものの、生命科学、エネルギー科学、原子核物理学、医療利用など幅の広い使用（あるいは要望）がなされている。

表Q2-13 中性子ビーム使用の研究分野別分類および使用形態

	回答者数	回答者の研究分野別人数 (重複回答有)		ビーム使用形態 (件数)	
				単独	複合
①現在使用中の中性子ビーム	61	素粒子物理学	3	4	0
		原子核物理学	7	4	0
		エネルギー科学	5	6	0
		物質・材料科学	23	31	0
		生命科学	8	7	0
		医療利用	3	3	0
		その他	12	16	0
②現在（使用したいが） 使用できていない中性子ビーム	42	素粒子物理学	0	0	0
		原子核物理学	9	8	0
		エネルギー科学	4	4	0
		物質・材料科学	12	11	0
		生命科学	10	12	0
		医療利用	2	2	0
		その他	5	4	0
③将来使用したい中性子ビーム	44	素粒子物理学	1	2	0
		原子核物理学	5	3	1
		エネルギー科学	4	3	0
		物質・材料科学	19	21	3
		生命科学	6	6	0
		医療利用	2	2	0
		その他	7	6	4

### (1) エネルギー

中性子エネルギーの領域毎の回答件数に関しては、下表（表Q 2-14）の結果が得られている。なお、表Q 2-14の合計件数を図示したものが図Q 2-7である。

①、②および③のいずれにおいても、極めて低いエネルギーの中性子（冷中性子）から GeV 領域エネルギーの中性子までが使用（要望）されている。数 10meV 程度の熱中性子（通常は原子炉からの中性子を減速させて得られる）領域は、物質・材料科学分野が中心に、また、MeV を超える領域の中性子は原子核物理学やエネルギー科学、物質・材料科学、生命科学など広い分野で使用（要望）されている。

### (2) エネルギー分解能

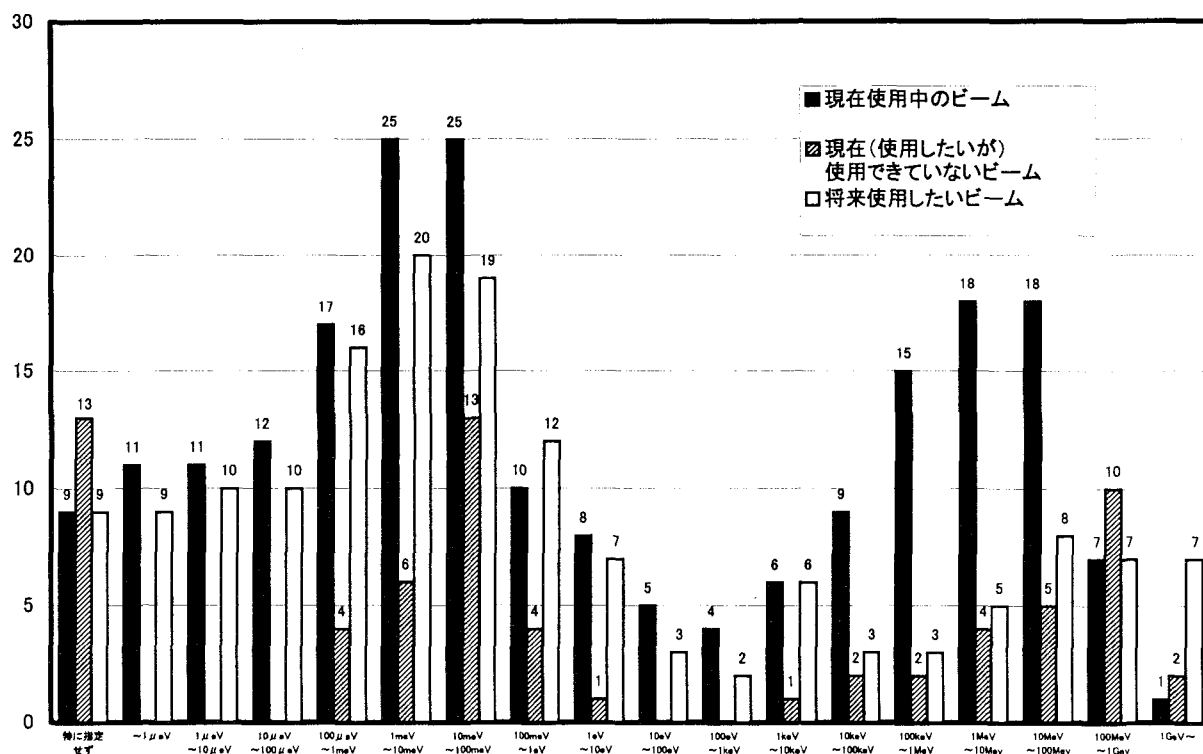
①、②および③のいずれにおいても、0.05%~10%程度までのエネルギー分解能をもつ中性子が使用（要望）されているが、0.2%以下のものを使用（要望）する割合がやや高い。



表Q2-14 中性子エネルギー領域毎の研究分野別回答件数

エネルギー範囲	素粒子物理学			原子核物理学			エネルギー科学			物質・材料科学		
	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③
特に指定せず	0	0	0	0	5	0	0	3	1	5	2	3
～ 1 μeV	0	0	1	0	0	1	0	0	0	4	0	3
1 μeV～ 10 μeV	0	0	1	0	0	1	0	0	0	4	0	4
10 μeV～100 μeV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	6
100 μeV～ 1 meV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	4	13
1 meV～ 10 meV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	4	16
10 meV～100 meV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	8	15
100 meV～ 1 eV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	2	10
1 eV～ 10 eV	1	0	1	0	0	0	0	0	0	3	1	4
10 eV～100 eV	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	1
100 eV～ 1 keV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
1 keV～ 10 keV	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0
10 keV～100 keV	0	0	0	1	0	0	2	0	1	1	0	0
100 keV～ 1 MeV	0	0	0	1	0	0	2	0	1	1	0	0
1 MeV～ 10 MeV	0	0	0	3	2	1	2	0	1	5	1	1
10 MeV～100 MeV	2	0	0	3	2	1	4	0	1	2	1	4
100 MeV～ 1 GeV	1	0	0	1	3	3	0	3	1	2	2	1
1 GeV～	0	0	0	1	1	2	0	0	3	0	0	0
エネルギー範囲	生命科学			医療利用			その他			合計		
	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③
特に指定せず	0	2	1	0	0	0	4	1	4	9	13	9
～ 1 μeV	2	0	0	0	0	0	5	0	4	11	0	9
1 μeV～ 10 μeV	2	0	0	0	0	0	5	0	4	11	0	10
10 μeV～100 μeV	2	0	0	0	0	0	5	0	4	12	0	10
100 μeV～ 1 meV	2	0	0	0	0	0	7	0	3	17	4	16
1 meV～ 10 meV	2	2	1	0	0	0	8	0	3	25	6	20
10 meV～100 meV	2	5	1	0	0	0	4	0	3	25	13	19
100 meV～ 1 eV	2	2	1	0	0	0	1	0	1	10	4	12
1 eV～ 10 eV	3	0	1	0	0	0	1	0	1	8	1	7
10 eV～100 eV	2	0	0	0	0	0	1	0	1	5	0	3
100 eV～ 1 keV	2	0	0	0	0	0	1	0	1	4	0	2
1 keV～ 10 keV	3	1	2	0	0	1	1	0	1	6	1	6
10 keV～100 keV	4	1	1	0	1	0	1	0	1	9	2	3
100 keV～ 1 MeV	8	0	0	2	1	1	1	1	1	15	2	3
1 MeV～ 10 MeV	5	0	0	2	0	0	1	1	2	18	4	5
10 MeV～100 MeV	1	1	0	0	1	0	6	0	2	18	5	8
100 MeV～ 1 GeV	1	0	0	1	0	0	1	2	2	7	10	7
1 GeV～	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	2	7

件数



図Q2-7 中性子エネルギー領域毎の回答件数

### (3)ビーム長短径

①、②および③のいずれにおいても、1mm~10cm のビーム径が最も多く使用(要望)されている。

### (4)平均ビーム強度(フラックス)

中性子ビームの強度を表すフラックス (neutrons/cm<sup>2</sup>/sec) について見てみると、①においては 10<sup>8</sup>以下のものが多く使用されているが、③においては 10<sup>8</sup>~10<sup>15</sup>のより高いフラックスのものへのニーズが高くなっている。

### (5)ビーム時間構造の型

①に対して③においては、パルスビームへのニーズが相対的に高くなっている。これは、パルス中性子を用いた時間分解分析(動的解析)へのニーズが高くなっていることを示すものと考えられる。

なお、本概要においては、ビーム時間構造の詳細(ビーム継続時間、パルス繰り返し、パルス幅(長)、パルス内バンチ数、バンチ幅(長))については省略。

## 8 $\mu$ 粒子ビーム

$\mu$  粒子ビーム使用者の研究分野別分類は表Q2-15 のとおりであり、①および②においては、エネルギー科学、素粒子物理学および物質・材料科学での使用（要望）が多い。③においては、素粒子物理学での要望が多い。これは、今後のエネルギーフロンティア研究における $\mu$  粒子・反 $\mu$  粒子衝突実験への要望を示している。

表Q2-15  $\mu$  粒子ビーム使用の研究分野別分類および使用形態

	回答者数	回答者の研究分野別人数 (重複回答有)		ビーム使用形態 (件数)	
				単独	複合
①現在使用中の $\mu$ 粒子ビーム	14	素粒子物理学	3	3	0
		原子核物理学	1	1	0
		エネルギー科学	6	6	0
		物質・材料科学	4	4	0
		生命科学	0	0	0
		医療利用	0	0	0
		その他	0	0	0
②現在（使用したいが） 使用できていない $\mu$ 粒子ビーム	8	素粒子物理学	3	4	0
		原子核物理学	0	0	0
		エネルギー科学	1	1	0
		物質・材料科学	3	3	0
		生命科学	0	0	0
		医療利用	0	0	0
		その他	1	1	0
③将来使用したい $\mu$ 粒子ビーム	23	素粒子物理学	14	17	1
		原子核物理学	3	2	1
		エネルギー科学	1	1	0
		物質・材料科学	3	4	1
		生命科学	0	0	0
		医療利用	1	1	0
		その他	1	1	0

### (1) エネルギー

エネルギー科学や物質・材料科学において使用されている $\mu$  粒子のエネルギーは、数 MeV～数 10MeV の低い範囲にある。また、将来に要望される $\mu$  粒子のエネルギーは、低いエネルギー領域から 100GeV を超える高いエネルギーまで幅広い領域に広がっている。

なお、エネルギー分解能、ビーム長短径、平均ビーム強度、規格化エミッタンス、ビーム時間構造の型およびビーム時間構造の詳細(ビーム継続時間、パルス繰り返し、パルス幅(長)、パルス内バンチ数、バンチ幅(長))については省略。

## 9 中間子( $\pi$ 中間子、K中間子)ビーム

中間子ビーム使用者の研究分野別分類は表Q2-16のとおりであり、①、②および③のいずれでも素粒子物理学、原子核物理学での利用(要望)がほとんどである。将来的には中間子を要望する研究者は増加してゆくものと考えられる。

表Q2-16 中間子使用の研究分野別分類および使用形態

	回答者数	回答者の研究分野別人数 (重複回答有)		ビーム使用形態(件数)	
				単独	複合
①現在使用中の中間子ビーム	18	素粒子物理学	7	6	0
		原子核物理学	10	14	0
		エネルギー科学	0	0	0
		物質・材料科学	1	1	0
		生命科学	0	0	0
		医療利用	0	0	0
		その他	0	0	0
②現在(使用したいが)使用できていない中間子ビーム	6	素粒子物理学	3	4	1
		原子核物理学	2	2	0
		エネルギー科学	0	0	0
		物質・材料科学	1	1	0
		生命科学	0	0	0
		医療利用	0	0	0
		その他	0	0	0
③将来使用したい中間子ビーム	12	素粒子物理学	5	7	0
		原子核物理学	7	10	1
		エネルギー科学	0	0	0
		物質・材料科学	0	0	0
		生命科学	0	0	0
		医療利用	0	0	0
		その他	0	0	0

### (1)エネルギー

中間子エネルギーについては、①および②については、数100MeV~数GeVのものが使用(要望)されているが、③については、数GeV程度より高いものが要望されている。

なお、エネルギー分解能、ビーム長短径、平均ビーム強度、規格化エミッタンス、ビーム時間構造の型およびビーム時間構造の詳細(ビーム継続時間、パルス繰り返し、パルス幅(長)、パルス内バンチ数、バンチ幅(長))については省略。

## 10 反陽子ビーム

反陽子ビーム使用者の研究分野別分類は表Q2-17のとおりであり、①、②および③のいずれでも素粒子物理学、原子核物理学での利用（要望）のみである。このビームは中間エネルギー領域の陽子ビームをターゲットに当てて生成させるものであり、現在の使用者は陽子・反陽子衝突実験に関わっているものがほとんどである。将来的には要望する研究者は増加してゆくものと考えられる。

表Q2-17 反陽子ビーム使用の研究分野別分類および使用形態

	回答者数	回答者の研究分野別人数 (重複回答有)		ビーム使用形態 (件数)	
				単独	複合
①現在使用中の反陽子ビーム	6	素粒子物理学	6	7	0
		原子核物理学	0	0	0
		エネルギー科学	0	0	0
		物質・材料科学	0	0	0
		生命科学	0	0	0
		医療利用	0	0	0
		その他	0	0	0
②現在（使用したいが） 使用できていない反陽子ビーム	2	素粒子物理学	1	0	0
		原子核物理学	1	1	0
		エネルギー科学	0	0	0
		物質・材料科学	0	0	0
		生命科学	0	0	0
		医療利用	0	0	0
		その他	0	0	0
③将来使用したい反陽子ビーム	10	素粒子物理学	7	6	0
		原子核物理学	3	2	0
		エネルギー科学	0	0	0
		物質・材料科学	0	0	0
		生命科学	0	0	0
		医療利用	0	0	0
		その他	0	0	0

### (1) エネルギー

反陽子エネルギーについては、①においては、数 100GeV 程度を超える高エネルギーのものであるが、③については、数 10MeV から TeV 程度の高いものまで幅広い要望されている。

なお、エネルギー分解能、ビーム長短径、平均ビーム強度、規格化エミッタンス、ビーム時間構造の型およびビーム時間構造の詳細(ビーム継続時間、パルス繰り返し、パルス幅(長)、パルス内バンチ数、バンチ幅(長))については省略。

## 11 不安定原子核ビーム

不安定原子核ビーム使用者の研究分野別分類は表Q2-18のとおりであり、①、②および③のいずれでも原子核物理学での使用（要望）が多い。また、②においては、物質・材料科学で（使いたい）使えていない状況が見える。

表Q2-18 不安定原子核ビーム使用の研究分野別分類および使用形態

	回答者数	回答者の研究分野別人数 (重複回答有)		ビーム使用形態 (件数)	
				単独	複合
①現在使用中の不安定 原子核ビーム	21	素粒子物理学	1	1	0
		原子核物理学	17	20	2
		エネルギー科学	0	0	0
		物質・材料科学	1	1	0
		生命科学	0	0	0
		医療利用	1	1	0
		その他	1	1	0
②現在（使用したいが） 使用できていない不安 定原子核ビーム	19	素粒子物理学	0	0	0
		原子核物理学	8	10	0
		エネルギー科学	0	0	0
		物質・材料科学	9	7	1
		生命科学	0	0	0
		医療利用	1	1	0
		その他	1	1	0
③将来使用したい不安 定原子核ビーム	19	素粒子物理学	1	1	0
		原子核物理学	14	15	3
		エネルギー科学	0	0	0
		物質・材料科学	2	1	1
		生命科学	1	1	0
		医療利用	1	1	1
		その他	0	0	0

### (1) エネルギー

不安定原子核ビームエネルギーの領域毎の回答件数に関しては、下表（表Q2-19）の結果が得られている。なお、表Q2-19の合計件数を図示したものが図Q2-8である。

原子核物理学においては、低エネルギー領域（数10MeV/u程度まで）から中間エネルギー領域（数10MeV/u～数100MeV程度）まで使用が主としてなされている。また、現時点で使用したい要望の出ている物質・材料科学分野では、主に低エネルギー領域のビーム使用が要望されている。

### (2) エネルギー分解能

①においては、使用される不安定原子核ビームのエネルギー分解能は、1%前後のものが多いが、②および③においては、0.1%より小さいエネルギー分解能をもつエネルギーのそろった不安定原子核ビームのニーズが相対的に高くなっている。

表Q2-19 不安定原子核ビームエネルギー領域毎の研究分野別回答件数

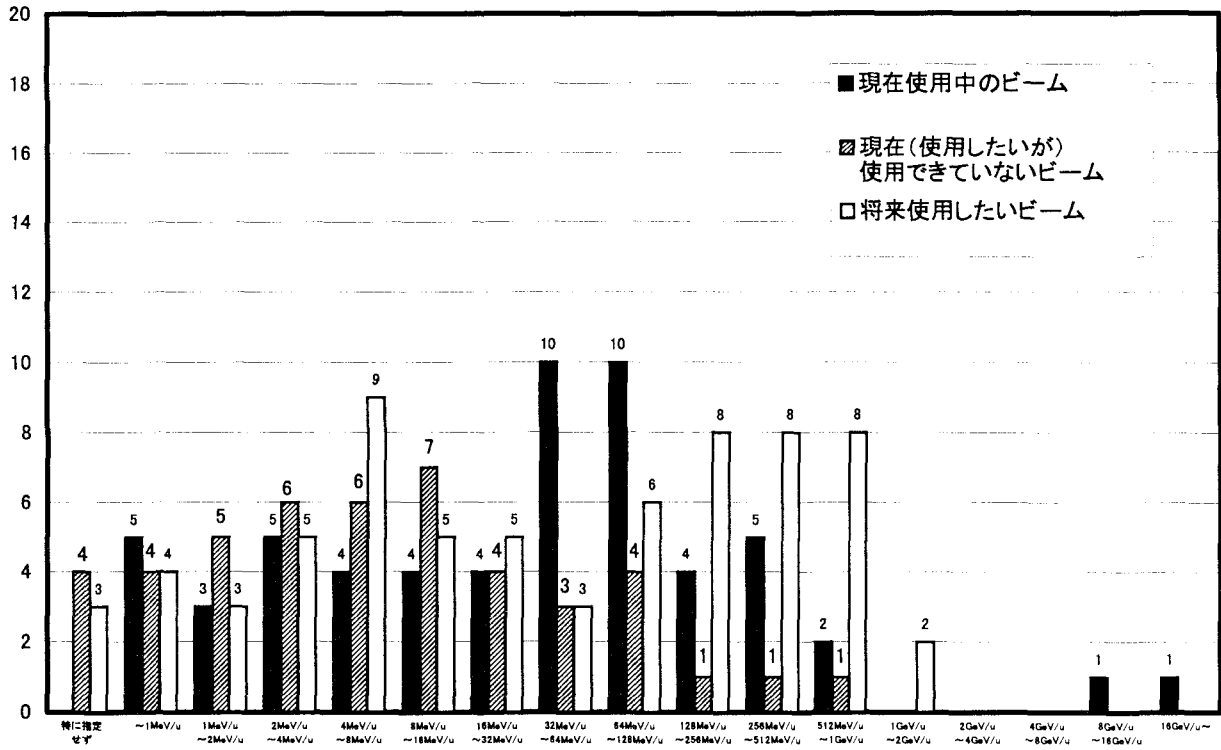
エネルギー範囲	素粒子物理学			原子核物理学			エネルギー科学			物質・材料科学		
	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③
特に指定せず	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	2	1
(*) ~ 1	0	0	0	5	0	4	0	0	0	0	3	0
(*) 1~ 2	0	0	1	3	2	2	0	0	0	0	2	0
(*) 2~ 4	1	0	1	3	4	4	0	0	0	1	1	0
(*) 4~ 8	1	0	1	2	4	7	0	0	0	1	1	1
(*) 8~ 16	1	0	1	2	4	4	0	0	0	1	2	0
(*) 16~ 32	1	0	1	2	2	4	0	0	0	1	1	0
(*) 32~ 64	0	0	0	10	2	3	0	0	0	0	1	0
(*) 64~ 128	0	0	0	9	3	5	0	0	0	0	0	0
(*) 128~ 256	0	0	0	4	0	7	0	0	0	0	0	0
(*) 256~ 512	0	0	0	4	0	7	0	0	0	0	0	0
(*) 512~ 1GeV/n	0	0	0	2	0	7	0	0	0	0	0	0
1GeV/n~ 2GeV/n	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
2GeV/n~ 4GeV/n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4GeV/n~ 8GeV/n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8GeV/n~16GeV/n	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
16GeV/n~	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
エネルギー範囲	生命科学			医療利用			その他			合計		
	①	②	③	①	②	③	①	②	③	①	②	③
特に指定せず	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	4	3
(*) ~ 1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5	4	4
(*) 1~ 2	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	5	3
(*) 2~ 4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	5	6	5
(*) 4~ 8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	6	9
(*) 8~ 16	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	7	5
(*) 16~ 32	0	0	0	0	0	0	0	1	0	4	4	5
(*) 32~ 64	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	3	3
(*) 64~ 128	0	0	1	0	1	0	1	0	0	10	4	6
(*) 128~ 256	0	0	1	0	1	0	0	0	0	4	1	8
(*) 256~ 512	0	0	1	1	1	0	0	0	0	5	1	8
(*) 512~ 1GeV/n	0	0	1	0	1	0	0	0	0	2	1	8
1GeV/n~ 2GeV/n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
2GeV/n~ 4GeV/n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4GeV/n~ 8GeV/n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8GeV/n~16GeV/n	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
16GeV/n~	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0

\* 単位のない数値の単位は MeV/n

### (3)ビーム長短径

①、②および③のいずれにおいても、1mm~1cm のビーム径が最も多く使用（要望）されている。

件数



図Q2-8 不安定原子核ビームエネルギー領域毎の回答件数

#### (4) 平均ビーム強度

①における不安定原子核ビームの強度は、 $6.2 \times 10^6$  ions/sec 以下 (各イオンを1価の電荷をもつとすると、1 pA 以下) の平均ビーム強度の小さいビームが使用されている。これは不安定核の生成断面積が小さいことによるものである。②および③においては  $6.2 \times 10^{12}$  ions/sec (各イオンを1価の電荷をもつとすると1  $\mu$ A) 程度までのより大きな平均ビーム強度が要望されている。

#### (5) 規格化エミッタンス

①においては、1~1000  $\pi$  mm $\cdot$  mrad の範囲のものが使用されているが、②および③においては1  $\pi$  mm $\cdot$  mrad より値小さい、(運動量や空間密度の高く) 質の良い不安定原子核ビームのニーズが高くなっている。

#### (6) ビーム時間構造の型

他のビームと同様に、パルスビームのニーズが高くなっている。

なお、ビーム時間構造の詳細 (ビーム継続時間、パルス繰り返し、パルス幅(長)、パルス内バンチ数、バンチ幅(長)) については省略。



### (加速器科学の各分野で使用(要望)されるビーム)

Q2の回答をもとに、加速器科学の各分野で、各ビームを使用(要望)する研究者数を示すと、表Q2-20となる。また、それを加速器科学の分野毎に図に示したものが、図Q2-9～図Q2-14である。

表Q2-20 ビーム毎の研究分野別使用者(あるいは使用希望者)人数

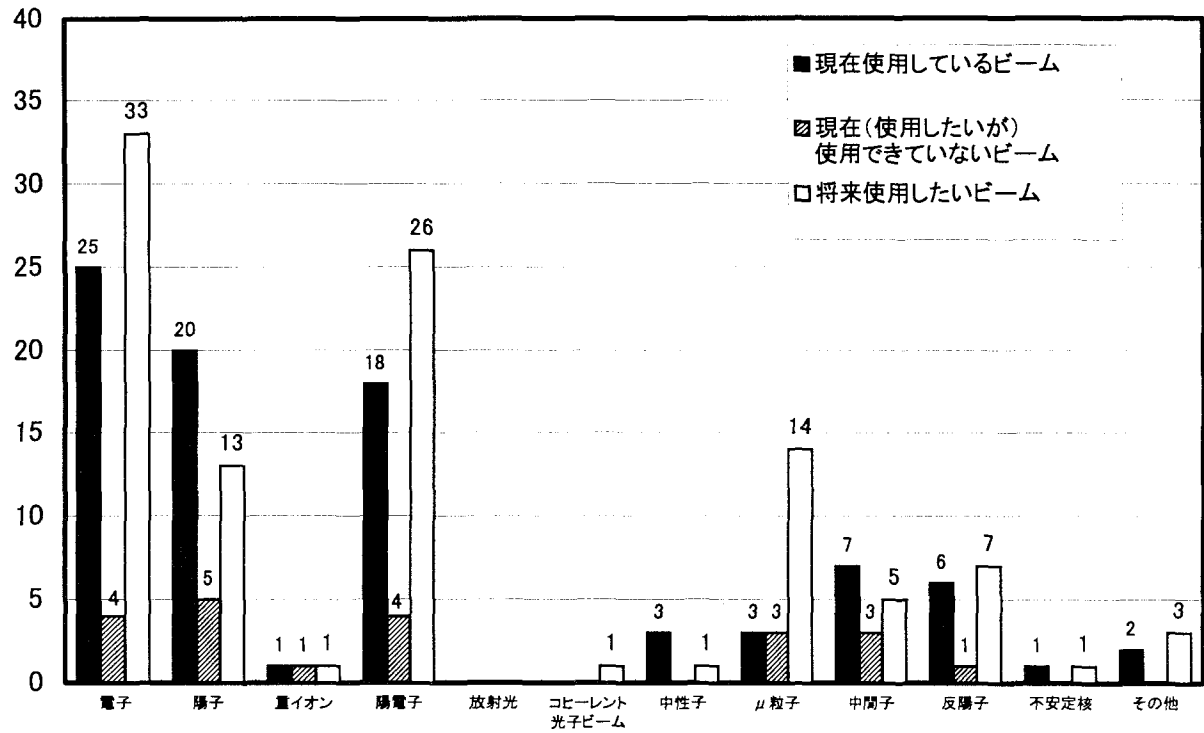
		素粒子物理学	原子核物理学	エネルギー科学	物質・材料科学	生命科学	医療利用	その他
電子	①	25	15	0	47	8	8	29
	②	4	9	1	17	5	7	14
	③	33	6	2	12	3	2	11
陽子	①	20	35	4	50	7	22	18
	②	5	8	0	13	3	6	9
	③	13	8	5	6	5	5	6
重イオン	①	1	36	3	59	23	16	13
	②	1	15	2	19	8	4	6
	③	1	12	4	10	4	3	5
陽電子	①	18	0	0	9	0	0	3
	②	4	0	0	13	0	1	3
	③	26	1	0	9	1	0	1
放射光	①	0	2	1	132	41	7	16
	②	0	1	0	44	14	8	4
	③	0	2	0	49	7	4	7
中性光子	①	0	1	1	4	1	1	9
	②	0	1	2	10	1	2	4
	③	1	2	1	22	3	1	5
中性粒子	①	3	7	5	23	8	3	12
	②	0	9	4	12	10	2	5
	③	1	5	4	19	6	2	7
μ粒子	①	3	1	6	4	0	0	0
	②	3	0	1	3	0	0	1
	③	14	3	1	3	0	1	1
中間子	①	7	10	0	1	0	0	0
	②	3	2	0	1	0	0	0
	③	5	7	0	0	0	0	0
反陽子	①	6	0	0	0	0	0	0
	②	1	1	0	0	0	0	0
	③	7	3	0	0	0	0	0
不安定核	①	1	17	0	1	0	1	1
	②	0	8	0	9	0	1	1
	③	1	14	0	2	1	1	0
その他	①	2	4	0	3	1	0	2
	②	0	0	1	5	1	0	1
	③	3	1	1	3	2	0	0

①現在使用中のビーム

②現在(使用したいが)使用できていないビーム

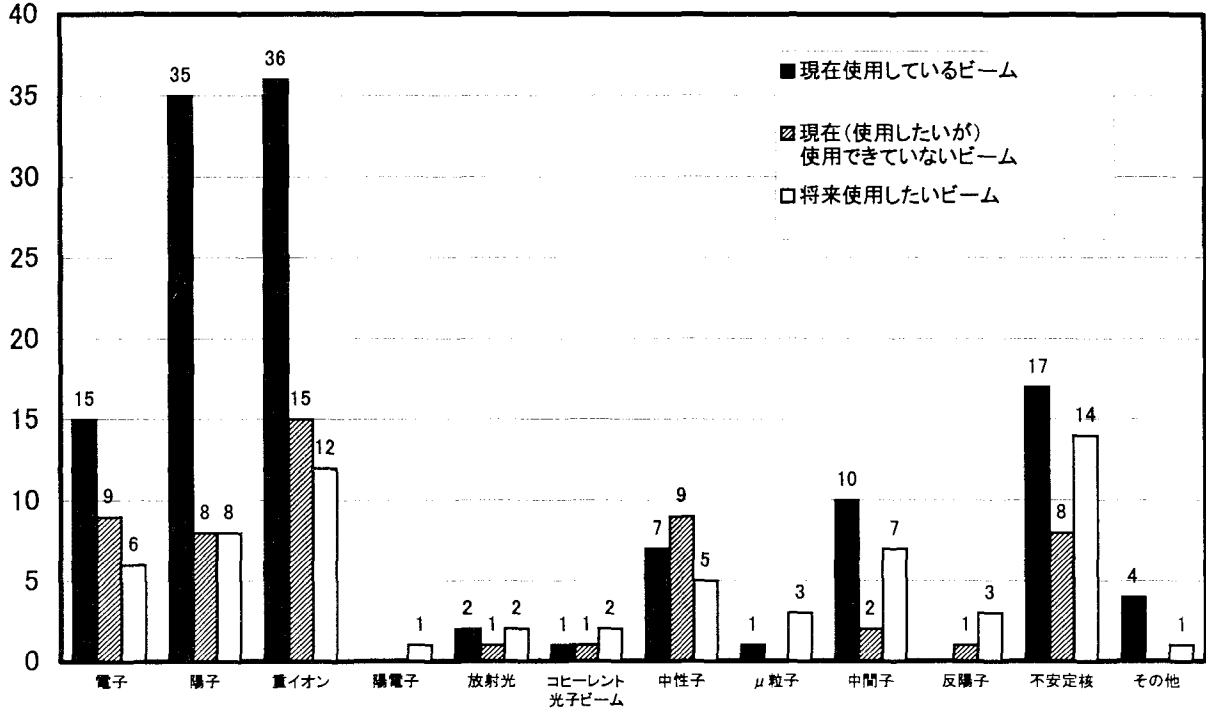
③将来使用したいビーム

人数



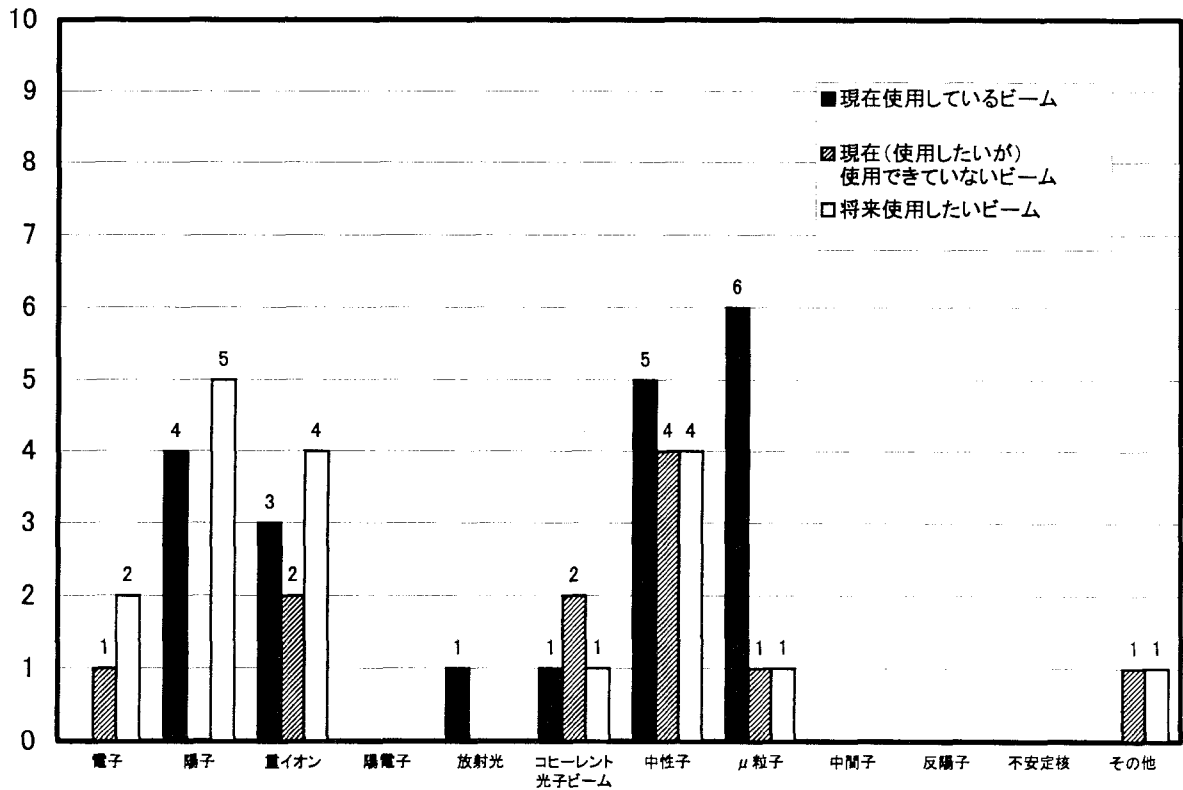
図Q2-9 素粒子物理学分野の使用者(あるいは使用希望者)人数

人数



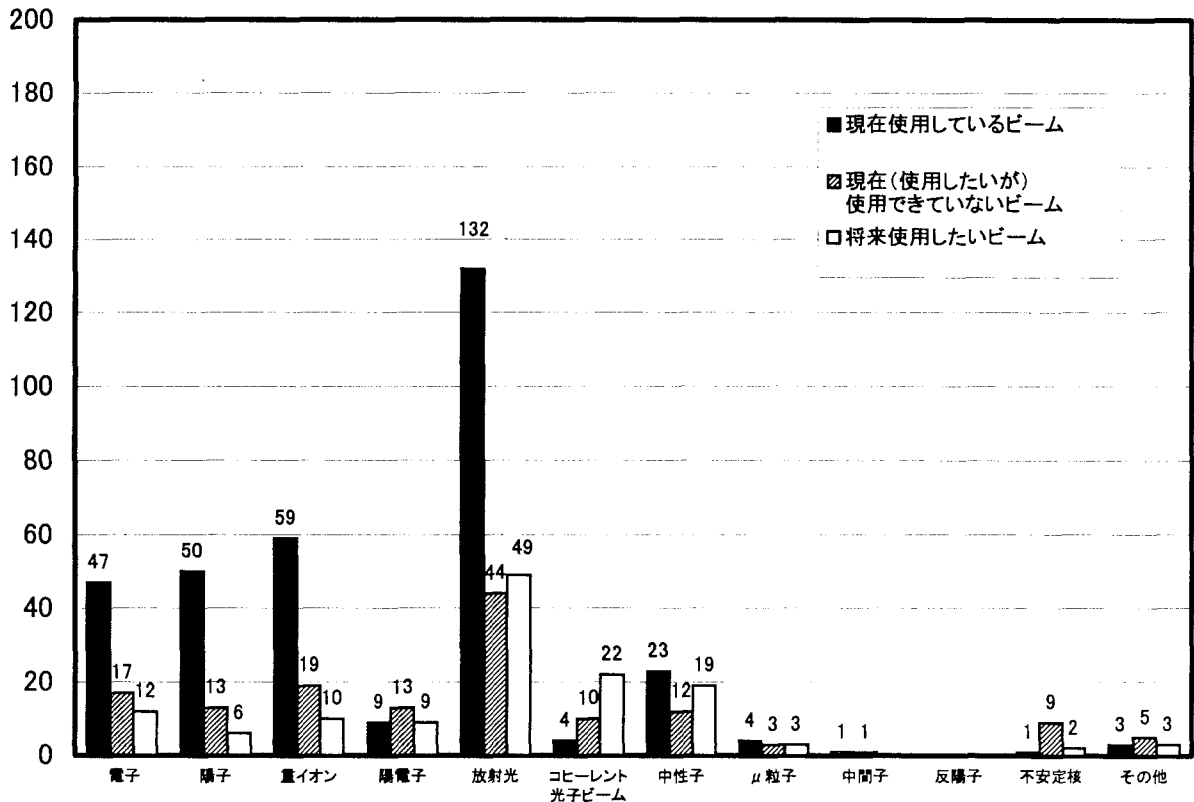
図Q2-10 原子核物理学分野の使用者(あるいは使用希望者)人数

人数



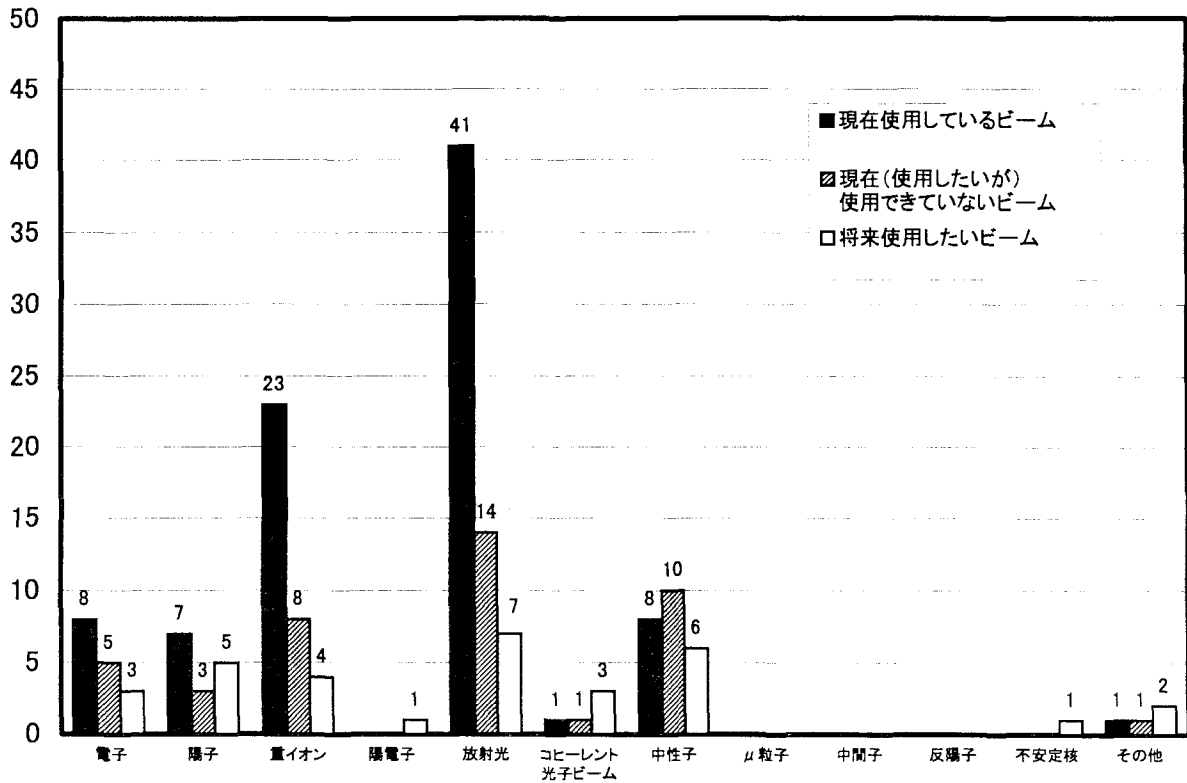
図Q2-11 エネルギー科学分野の使用者(あるいは使用希望者)人数

人数



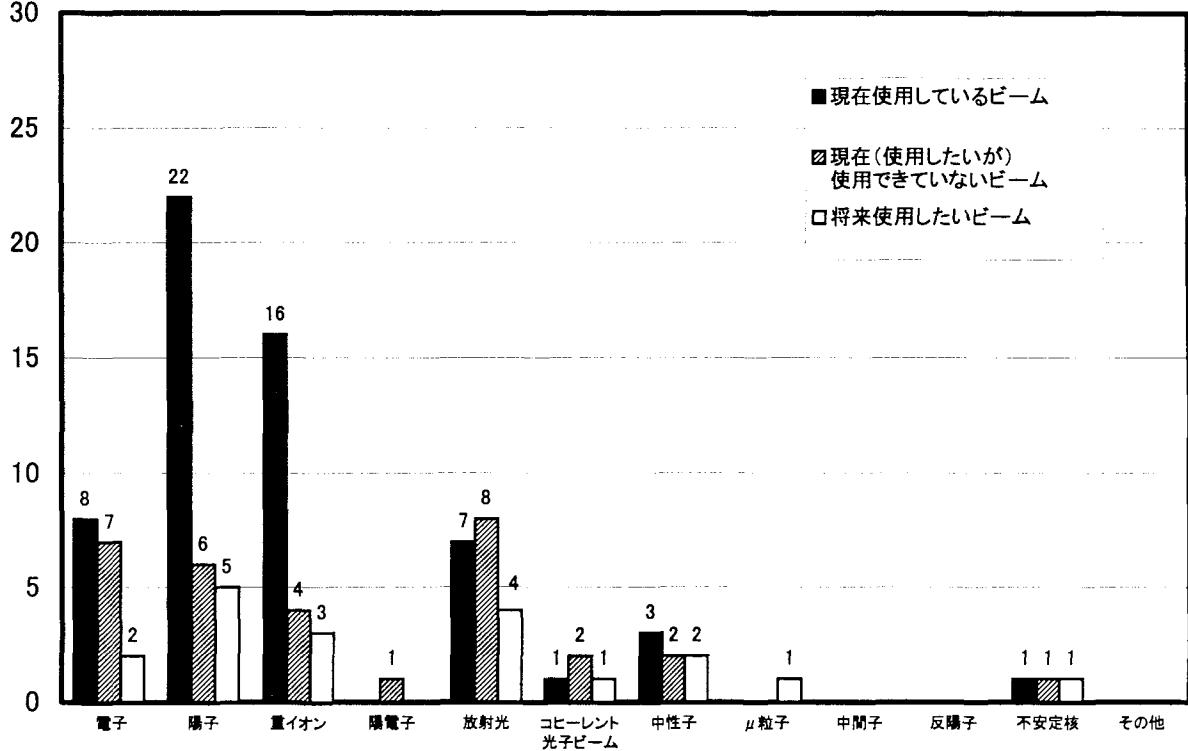
図Q2-12 物質・材料科学分野の使用者(あるいは使用希望者)人数

人数



図Q2-13 生命科学分野の使用者(あるいは使用希望者)人数

人数



図Q2-14 医療利用分野の使用者(あるいは使用希望者)人数

## (加速器ビーム利用および将来ニーズのまとめ)

加速器ビームの利用および将来的なニーズについて、加速器科学分野毎にまとめると以下のようになる。

### (高エネルギー物理学 (素粒子物理学))

現状では、電子、陽電子ビーム (KEKでのBファクトリーを反映) および陽子ビームの使用が多い。将来的には、リニアコライダーへの要望を反映し、現状と同様に電子、陽電子ビームのニーズが高くなっている。また、第2世代のレプトンである $\mu$ 粒子へのニーズも高くなっている。

### (原子核物理学)

現状では、重イオンビーム、陽子ビーム、不安定核ビームなどの使用が多い。将来的には、不安定核ビーム、重イオンビームのニーズが多くなっている。これは、理化学研究所のRIビームファクトリーやKEKおよび日本原子力研究所の大強度陽子加速器研究施設への要望を反映しているものと考えられる。その他、陽子ビーム、中間子ビームの要望が見える。

### (エネルギー科学)

現状においては、 $\mu$ 粒子ビーム、中性子ビーム、陽子ビームなどが使用されている。将来的には、陽子ビーム、中性子ビーム、重イオンビームへのニーズがある。(なお、回答数が多くなく、明確には言えない状況である。)

### (物質・材料科学)

現状においては、放射光が圧倒的に多い使用状況であり、続いて重イオンビーム、陽子ビーム、などが多く使用されている。将来的には、放射光および自由電子レーザーなどのコヒーレント光子ビームおよび中性子ビームのニーズがある。

### (生命科学)

現状においては、放射光が圧倒的に多い使用状況であり、続いて重イオンビーム、中性子ビームが使用されている。将来的には、放射光、中性子ビームのニーズが高く、陽子ビーム、重イオンビームのニーズもある。

### (医療利用)

現状においては、陽子ビーム、重イオンビームなどの使用が多い。これは、PETやがん治療への利用を反映している。(なお、既に一般病院に普及している電子ビーム ( $\sim 30\text{MeV}$ ) の使用者は除かれている。) また、放射光の利用も見えている。将来的なニーズとしては、(回答数が多くないため明確ではないが) 現状と同様な傾向のニーズが見える。

## (将来的な加速器ビームへの要望)

加速器科学分野は、加速器を誕生・発展させてきた原子核物理学、素粒子物理学（高エネルギー物理学）分野から、物質・材料科学、生命科学、医療利用などの分野に大きく拡大しており、ビームユーザーの絶対数として、物質・材料科学、生命科学、医療利用の分野のユーザーは原子核物理学、素粒子物理学（高エネルギー物理学）でのユーザーを大きく超えている。このような状況において、今後の加速器科学がビームに求めるものは、以下のようにまとめられる。

### ○ 要望されるビームの種類の変化

加速器ビーム使用の現状においては、放射光、陽子ビーム、重イオンビーム、電子ビームの利用者が多いが、将来的には、中性子ビーム、（自由電子レーザーなど）コヒーレント光子ビーム、不安定核ビーム、 $\mu$ 粒子ビームなどへそのニーズが変化を見せている。また、あまり明確には出ていないが、ビームの複合的な利用へのニーズもあるものと考えられる。

### ○ 要望されるビーム仕様の多様化、高度化（高品質化）

加速器科学のすべての分野において、研究や利用の多様化、高度化を反映して、加速器ビームに求められる仕様（ビームのエネルギー、エネルギー分解能、径、強度、時間構造など）は、非常に多様で、かつ、より高品質をめざすものとなっている（以下の例）。

（高エネルギー物理学）

・フロンティアエネルギーエネルギーでの粒子・反粒子衝突実験のため、非常に高いエネルギーで、径を絞り込んだ、強度の高いビームが要求される

（原子核物理学）

・多様な（不安定な）二次粒子（不安定原子核、 $\mu$ 粒子、K中間子、反陽子など）をより多く生成させるため、高エネルギーで、強度の高い陽子、重イオンビームが要求される

（物質・材料科学）

・極めて短時間（ピコ( $10^{-12}$ )秒、フェムト( $10^{-15}$ )秒)に起こる反応を調べるため、超短パルス（パルス幅はピコ( $10^{-12}$ )秒、フェムト( $10^{-15}$ )秒程度)のビーム（放射光や電子ビーム）が要求される  
・極めて小さな試料や極小領域への照射を行うため、極めて細いビーム（マイクロビーム）が要求される

（生命科学）

・細胞あるいは遺伝子部への照射のため、極めて細いビーム（マイクロビーム）が要求される  
・細胞内での蛋白質などや薬物の機能、効果を調べる動的観察のため、パルスビーム（パルス放射光など）が要求される

（医療利用）

・画像診断用の放射光として、エネルギーの揃った（単色性の高い）硬X線が要求される

## Q3

加速器ビームを利用した将来的研究課題

### Q3 加速器ビームを利用した将来的研究課題・研究分野について

#### (素粒子物理学；高エネルギー物理学) (有効回答 27 名)

今後、建設されるもの、あるいは計画されているものとして、以下のものが挙げられている。

- ・ CERN の LHC での陽子・反陽子衝突実験による
  - ヒッグス粒子（質量の起源の説明）の探索あるいはその性質の研究
  - 超対称性粒子（大統一理論検証）の探索あるいはその性質の研究、など
- ・ リニアコライダー（線形衝突型加速器）での重心系エネルギー 250 GeV ~ 1 TeV の電子・陽電子衝突実験による
  - ヒッグス粒子（質量の起源の説明）の探索あるいはその性質の研究
  - 光子・光子衝突研究（粒子構造研究など）
  - 超対称性粒子（大統一理論検証）の探索あるいはその性質の研究、など
- ・ ミューオンコライダーでの重心系エネルギー数 TeV の  $\mu$  粒子・反  $\mu$  粒子衝突実験による
  - ヒッグス粒子（質量の起源の説明）の探索あるいはその性質の研究
  - 超対称性粒子（大統一理論検証）の探索あるいはその性質の研究、など

また、現在既に始まっているもので、将来的にも続いてゆくと考えられているものとして、以下のものが挙げられている。

- ・ 数 GeV 程度のエネルギーの大強度電子・陽電子衝突実験による
  - B 中間子を用いる CP 対称性の破れの検証
- ・ 数 10 GeV ~ 数 100 GeV 陽子加速器を使った
  - ニュートリノ物理実験研究
- ・ 高エネルギー (100 GeV/n 程度より高い) 重イオン衝突実験による
  - クォーク・グルオンプラズマの研究

#### (原子核物理学) (有効回答 15 名)

既に開始されているものも含めて、将来的に継続するものとして、以下のものが挙げられた。

- ・ 数 GeV 級の電子ビームあるいはその電子との逆コンプトン散乱による  $\gamma$  線による
  - QCD 理論に基づく原子核内部構造研究
- ・ 数 100 MeV/u ~ 1 GeV/u 程度の重イオンビームによる
  - 不安定核（特に中性子過剰核）の生成とその核構造研究
  - 発生中性子過剰核（不安定原子核）ビームを用いた超重元素の探索
- ・ 数 GeV ~ 数 10 GeV 陽子加速器からの陽子ビームの標的照射による
  - 不安定核の生成とその核構造研究
  - 発生 K 中間子などを用いるハイパー核物理研究

#### (エネルギー科学) (有効回答 13 名)

以下のものが挙げられた。

- ・ 大強度陽子加速器からの 1 GeV 程度の陽子ビームを用いる
  - 加速器駆動（未臨界）原子炉（消滅処理用）研究
- ・ 数 GeV ~ 数 10 GeV 陽子加速器からの陽子ビームの標的照射による
  - ミュオンを用いるミュオン触媒核融合研究
- ・ 質量数 200 程度の重イオン（エネルギー ~ 10 GeV 程度）加速器からの重イオンビームを用いる
  - 重イオン慣性核融合研究



### (物質・材料科学) (有効回答 65 名)

物質・材料科学分野で今後発展してゆくと考えられるものとして、以下のものが挙げられた。

- ・放射光、陽電子ビーム、重イオンビームなどを用いる結晶構造解析、表面・界面構造研究
- ・短パルス電子ビームや短パルス放射光などを用いる超高速物理化学反応の解明
- ・放射光を用いた半導体や分子などの電子構造分析
- ・放射光やレーザーを用いた機能性物質創成研究
- ・放射光を用いた機能発現時の構造変化解明
- ・中性子ビームや放射光を用いた磁性研究
- ・放射光によるリソグラフィなどの微細加工研究
- ・重イオンや電子ビームによる軽元素の高精度分析
- ・重イオンビームによる量子化デバイス (超 L S I など) の粒子線 (シングルイベント) 効果研究
- ・重イオンビーム照射によるナノクリスタル形成

### (生命科学) (有効回答 25 名)

生命科学分野で今後発展してゆくと考えられるものとして、以下のものが挙げられた。

- ・放射光および中性子ビームを用いた構造生物学、生命情報科学  
(生体高分子 (生体物質) 構造解析、蛋白質構造解析)
- ・放射線 (重粒子線など) の (細胞、器官ごとの) 生物効果メカニズムの解明
- ・細胞内特定部位の機能解明の観点からの重イオンビームによるマイクロサージャリー
- ・短パルス X 線を用いた生体高分子 (生体物質) 反応の動的観察

### (医療利用) (有効回答 31 名)

加速器ビームを利用した今後発展してゆく医療利用として、以下のものが挙げられた。

- ・小型粒子加速器からの陽子、重粒子ビームを用いたがん治療
- ・レーザー・電子逆コンプトン散乱 (レーザーアンジュレーター) 放射光を用いた画像診断
- ・X 線によるラジオサージャリー
- ・PET 用の R I 製造  
(PET の利用; 遺伝子治療後の経過観察、薬剤投与の効果確認 (レセプター研究) など)
- ・高精度速中性子線治療
- ・粒子線を用いた動物追跡医療用小型照射装置 (動きに合わせて照射)

### (産業利用) (有効回答 13 名)

加速器ビームを利用した産業利用で今後発展してゆくものとして、以下のものが挙げられた。

- ・放射光、陽子、重イオンビームを用いたマイクロマシーニング、マイクロメカトロニクス (通信デバイス (マイクロ波 (GHz 帯) 導波路、フィルター) 製造、医療用超小型センサーの開発)
- ・放射光リソグラフィ (超 L S I の製造)

### (その他) (有効回答 15 名)

加速器ビームを利用した今後発展してゆくものとして、以下のものが挙げられた。

- ・大強度あるいは CW 電子ビームを用いた真空紫外、X 線、 $\gamma$  線領域の自由電子レーザー発振
- ・各種ビームの物理や制御関連研究、レーザー加速研究
- ・現在中性子照射用原子炉にかわる大強度陽子加速器中性子源
- ・ $^{60}\text{Co}$  にかわる加速器  $\gamma$  線源

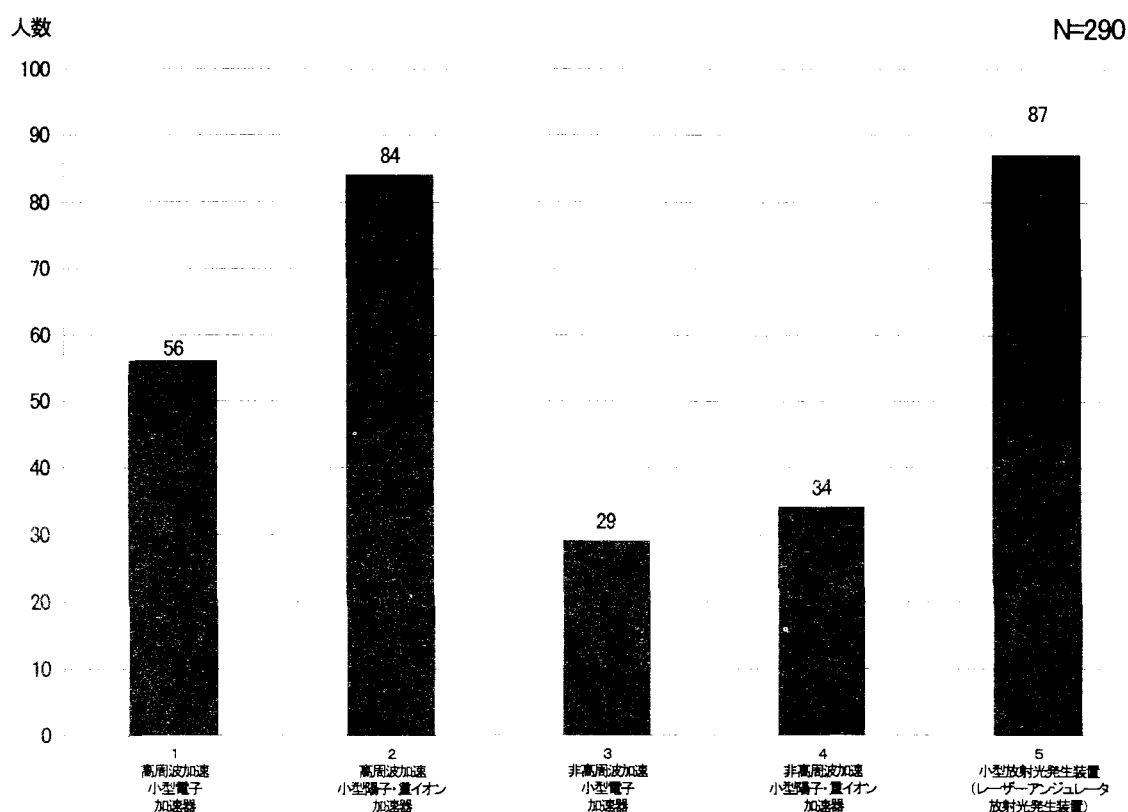
## Q4

ブレークスルー技術による小型加速器等  
(先進小型加速器等)の実用化後のメリットなど

## Q4 ブレークスルー技術による小型加速器等の実用化後のメリットなど

### (先進小型加速器等の実用化ニーズ)

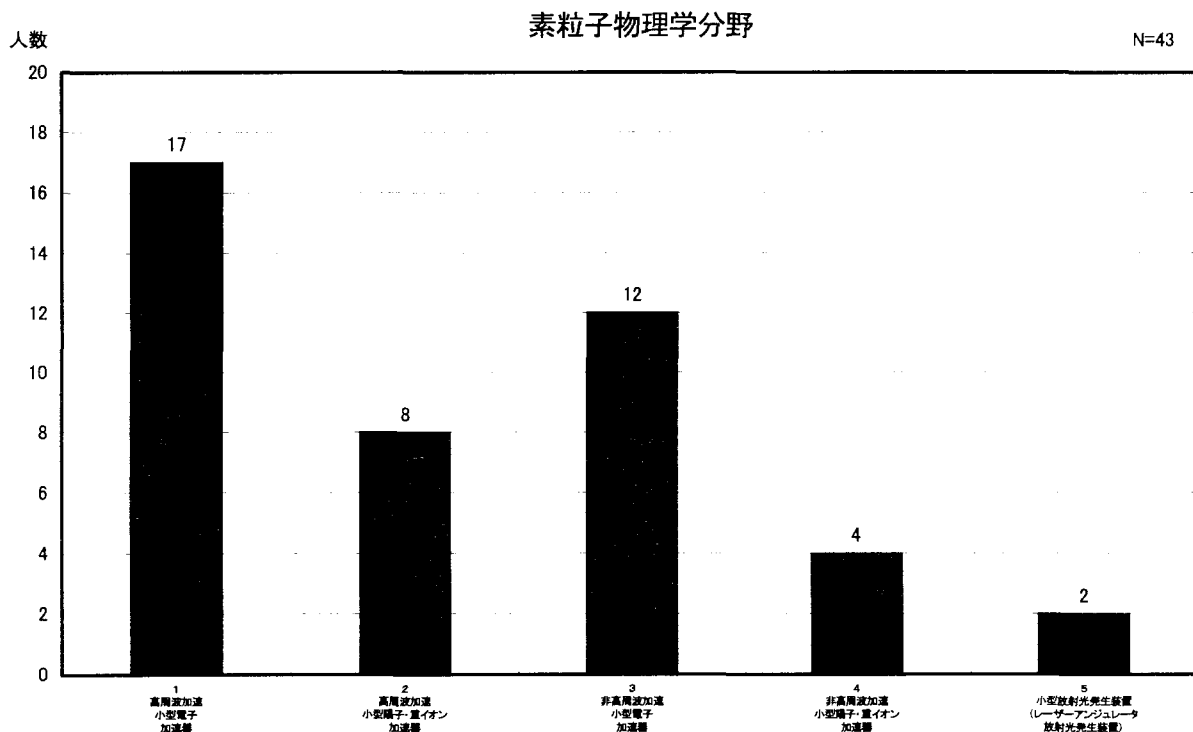
先進小型加速器等に自身の研究上メリットを感じると回答した者（205名：同一人の重複回答を含めると290件；図Q4-1参照、分野毎については図Q4-2～図Q4-8参照）は、全回答者（553名）のうち約37%に当たっている。F1～F3で述べたように、ビームニーズ等調査の回答者の所属組織別分布は、ほとんど偏りのないものであり、日本全体の加速器ビームユーザーの意見を代表しているものと考えられることより、この結果は、先進小型加速器等に関する開発ニーズが高いものであることを示しているといえる。



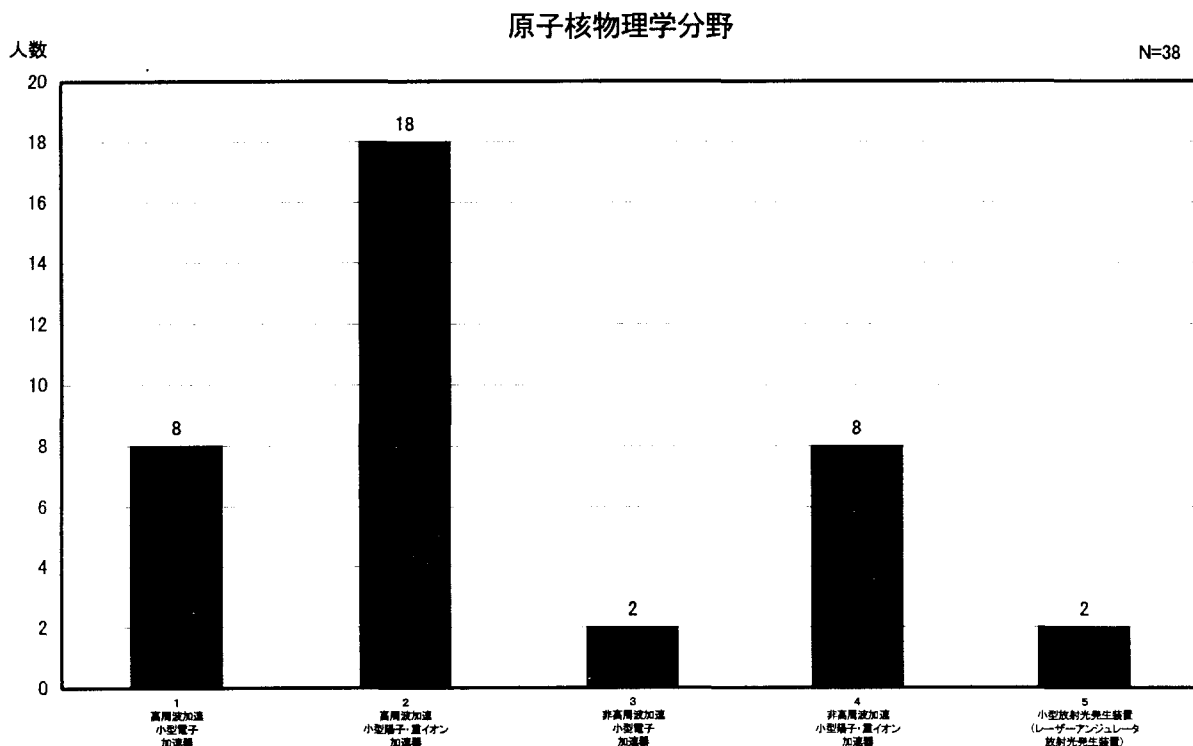
図Q4-1 先進小型加速器等へのニーズ(自身の研究にメリットを感じる研究者数)

(\*以後、各分野の研究者がメリット有りとする小型加速器等を示すが同一人が複数の分野に、かつ複数の種類の小型加速器等に回答しているため、各々の合計値は図Q4-1に合わない。)

(各分野の研究者が実用化後にメリットを感じる小型加速器)

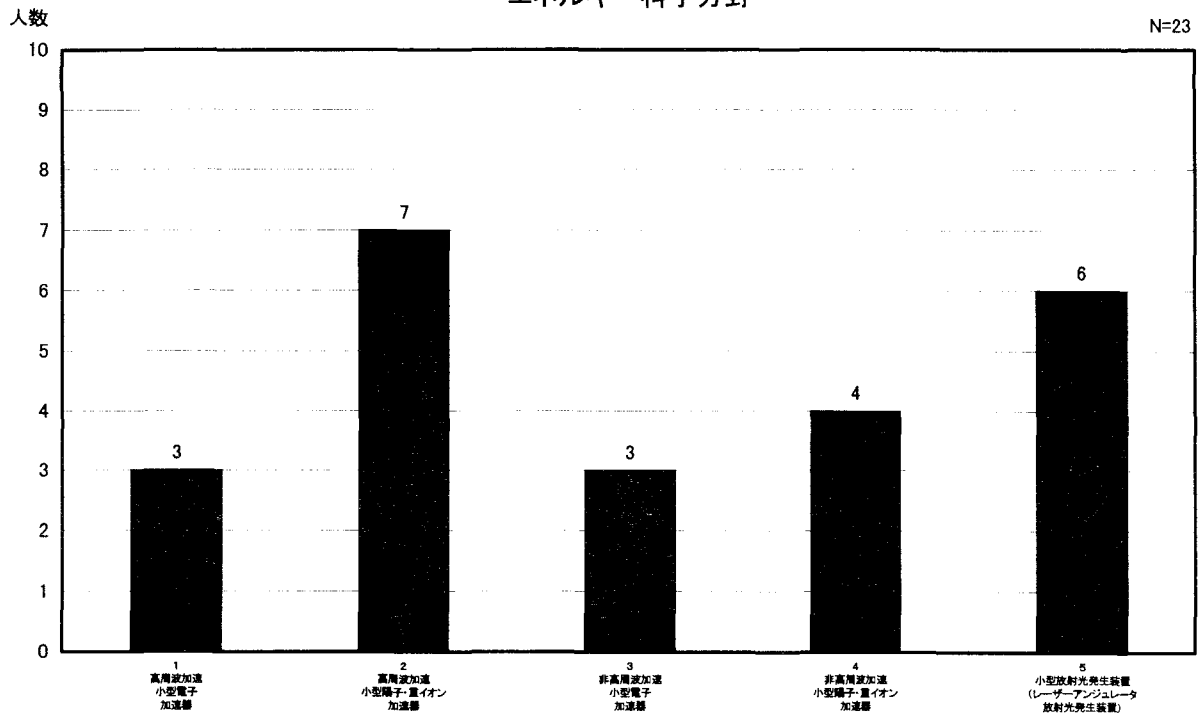


図Q4-2 メリットのある小型加速器



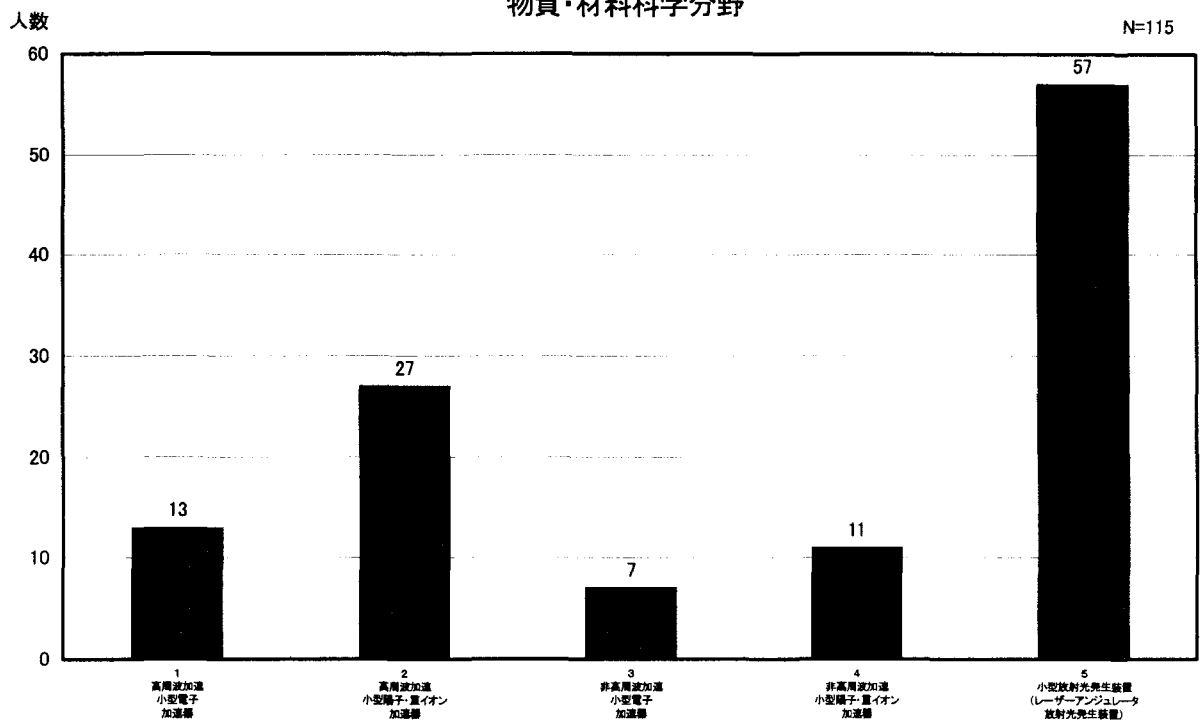
図Q4-3 メリットのある小型加速器

エネルギー科学分野



図Q4-4 メリットのある小型加速器

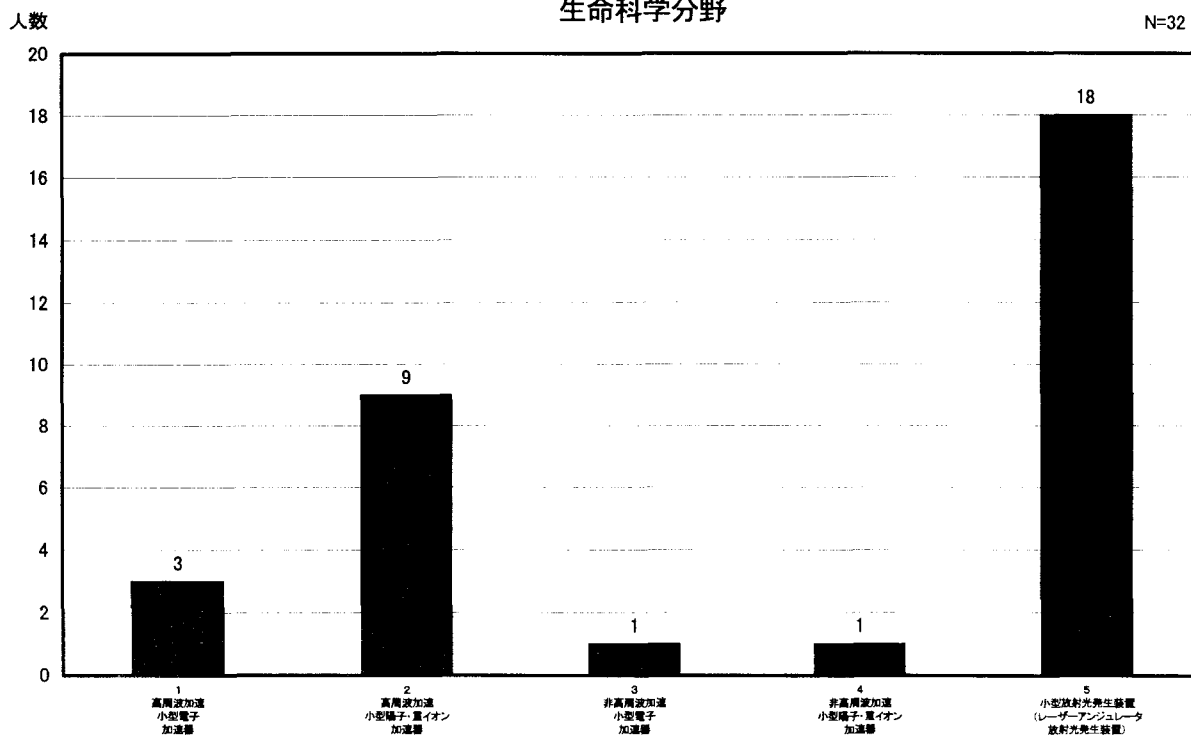
物質・材料科学分野



図Q4-5 メリットのある小型加速器

生命科学分野

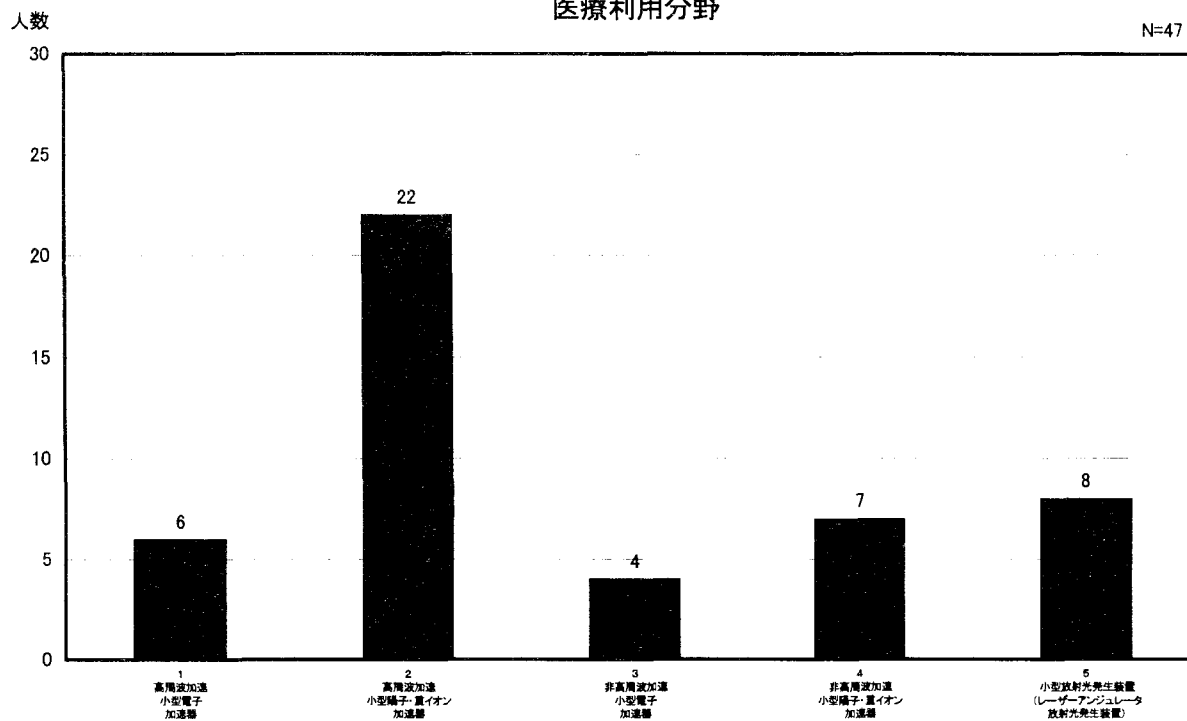
N=32



図Q4-6 メリットのある小型加速器

医療利用分野

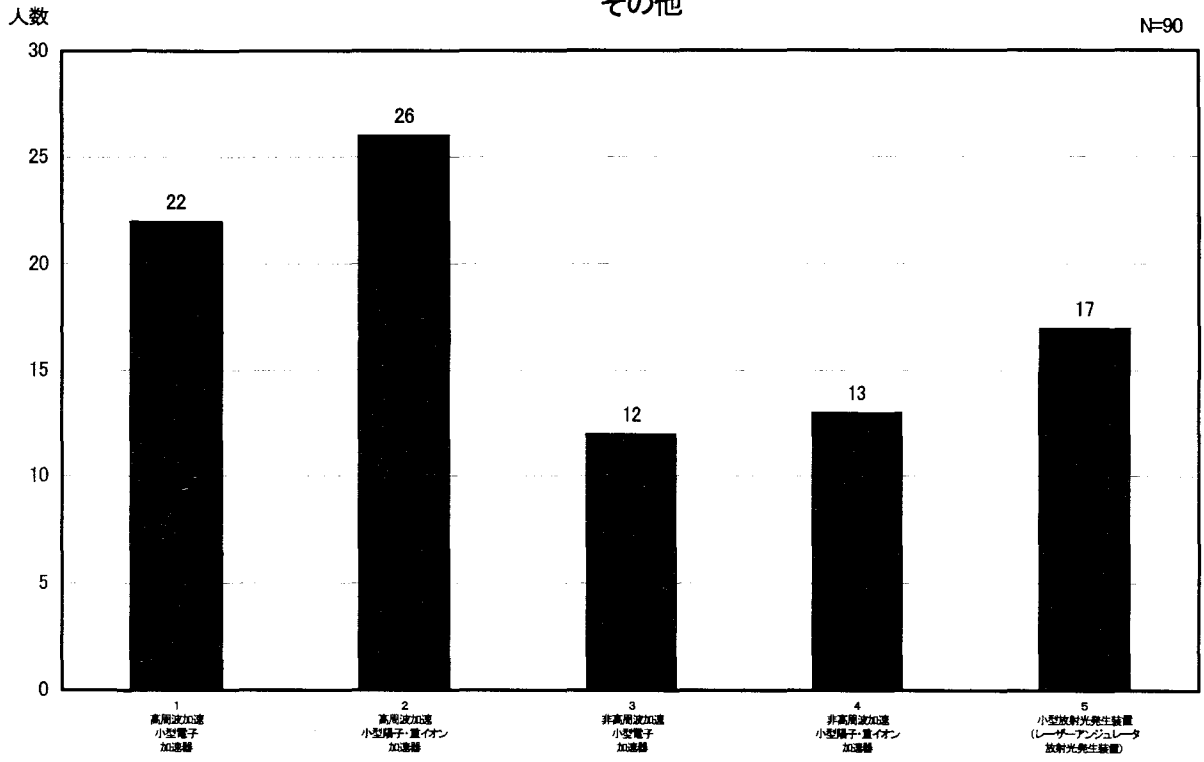
N=47



図Q4-7 メリットのある小型加速器

その他

N=90



図Q4-8 ミリットのある小型加速器

**(先進小型加速器等の具体的メリット)**

先進小型加速器等の種類毎のメリットは、表Q4-1のとおりである。

**表Q4-1 先進小型加速器等の実用化によるメリット**

メリット
<p>高周波極限 (Wバンド) 加速小型電子加速器 (高周波加速小型電子加速器)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・小型化による加速器建屋建設コスト、放射線遮蔽コストが低減する。</li> <li>・各地方大学や民間研究所等、小規模な大学・研究機関に導入でき、多様なビーム利用が展開できる。</li> <li>・学生の教育、特に学部3年生～4年生の間に加速器を使用した実験をでき、将来の研究者を育てることにつながる。</li> <li>・個人や1研究室レベルで加速器を維持・管理でき、実験室レベルでの使用が可能となり、研究の機動性が増す</li> <li>・小型ならば省スペースが可能であり、各研究者の独特の発想を生かした周辺設備の構築が可能となる。</li> <li>・複合ビームを利用した研究においては、限られたスペースに多くの複合ビーム源を置くことが重要であり、小型加速器のメリットは大きい。</li> <li>・直接的には、ビームテスト、耐放射線テストなどが気軽に行え測定器等の設計に役立つ。</li> <li>・小型の電子、陽子加速器、放射光発生装置が実用化できれば企業の研究所レベルで多様な研究が可能となるばかりではなく、工場や病院等で産業レベルの利用が可能となり、社会的貢献度が大きい。</li> <li>・小型で安価なHigh Energy加速器ができれば産業応用等も拡大できると思われる。</li> <li>・加速器ビーム物理、ビーム加速の研究対象として研究意欲を起こさせるメリットがある。</li> <li>・これらの開発は、同時に素粒子物理学研究用大型超高エネルギー加速器開発へのブレークスルーをもたらす。</li> </ul>
<p>超小型陽子シンクロトロン (高周波極限加速小型陽子・重イオン加速器) (上の高周波極限 (Wバンド) 加速小型電子加速器 (高周波加速小型電子加速器) でのメリットの他)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・小、中規模の不安定核ビーム利用 (医学・工学) を上げられる (ビーム強度をせめて10～100 <math>\mu</math>Aにする必要があるが)。</li> <li>・陽子加速器の小型化により、国内10ヶ所以上にミュオンビームを発生できる施設できれば、ミュオンの利用が広がることが期待できる。(ただし、パイ中間子、ミュオンが十分な量発生できるようにビームエネルギーは500MeV程度、陽子ビーム強度は100 <math>\mu</math>A程度あることが望ましい)</li> <li>・現在の陽子加速器において標準である前段の線型加速器を小型化することにより全体のコストを下げることができる。</li> <li>・生物実験専用として使えば研究効率が大幅に上昇すると考えられる。</li> <li>・陽子・重粒子加速器を小型にできるならば、治療・診断ビーム発生器として現実的な規模となり、病院併設がより容易になる。</li> <li>・陽子や重粒子による治療費の大幅低減に寄与する。</li> <li>・超小型陽子加速器により固体ターゲット照射が可能になり、病院施設等においても固体ターゲットによりラジオアイソトープの製造が可能となる。</li> <li>・ターゲットのモックアップ、ビーム物理の測定等大型加速器開発への一助ともなる。</li> </ul>
<p>非高周波高勾配加速技術による小型電子加速器 (高周波極限 (Wバンド) 加速小型電子加速器 (高周波加速小型電子加速器) に同じ)</p>

(次頁に続く)



表Q4-1 先進小型加速器等の実用化によるメリット

メリット
<p>非高周波高勾配加速技術による小型陽子・重イオン加速器</p> <p>(超小型陽子シンクロトロン (高周波極限加速小型陽子・重イオン加速器) に同じ)</p>
<p>レーザーアンジュレータ放射光発生装置</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・運営が楽になれば各大学で所有できる。特に真空紫外、軟X線の利用の多くは、単に光源としての利用であるため簡単に利用できれば、利用価値も高くなる。</li> <li>・小型放射光の場合、現状では10keV以上の高エネルギーX線を得ることが不可能である。もし、ハードX線が小型放射光装置で実現できれば大きなブレイクスルーを生む。</li> <li>・現在短時間しか使用できない放射光が実験室に近い形で利用できれば、ビームタイムが多く必要な実験が可能となる。</li> <li>・安くなれば、今まで敬遠していた人も含め、広く使われるようになる。元々、巨大な施設のため尻込みをしている方が多い。</li> <li>・現在放射光は共用性が高いが小型化することにより単独の目的に放射光をシステムの一部として利用することができる。それにより放射光を組み込んだ高度のシステムを作ることができる。</li> <li>・全国に多数配置されることになれば放射光の利用者も増え、量の拡大は質の変化をもたらすと考ええる。</li> <li>・産業用としてより使いやすい。</li> <li>・放射光の強度が上がれば現在不可能な現象や詳細な研究及び非線形現象など新たな研究が可能になる。</li> <li>・現在、放射光の利用は申請により行い実験計画がたてにくい。この点、小型放射光発生装置が各機関に設置されると研究をスムーズに進めることができる。</li> <li>・蛋白構造解析で必要だが通常使用できない実験が出来る35keV付近に吸収端を持つキセノンを加圧して結晶中に入れ多波長異常分散法で構造を分析したい (ビームラインに制限があって、今まで出来ていない)。</li> <li>・強度が強く、時分割、その場観察が高いレベルで可能となる。</li> <li>・研究室レベルで第三世代放射光より輝度も強度も高いビームを得られれば、蛋白質等生体高分子集合体の研究に多大な恩恵をもたらすであろう。</li> <li>・大規模施設に行き、隔離された感じにならなくても、実験できるようになる (光の性質は、所詮現行方式にはかなわないが)。</li> <li>・一般の実験室で良質のX線吸収スペクトルが測定できるようになり、汎用の構造解析手段としての利用・応用や研究が飛躍的に広がる。</li> <li>・全国の大学・研究所に配置が可能であり、現状の大型装置共同利用体制のデメリット (出張、マンタイム制、fineは研究できない等々) を解消できる。</li> <li>・放射光利用の一般化 (日常化) をもたらす</li> <li>・精密加工において超高密度集積回路、メモリーに新しい最先端テクノロジーとなる。</li> <li>・X線領域コヒーレント光発生技術として用いることができる。</li> <li>・工夫によりコンパクトなX線リソグラフィ装置が実現できる。</li> <li>・通常の放射光施設の共同利用を前提とする運用形態とは全く別の実験室感覚の利用が可能であり、そのため行おうとする測定の内容やその質を変える可能性が考えられる。特に材料研究のように試料作成とのフィードバックを頻繁に必要とする分野では効果は大きい。</li> <li>・放射光実験施設が多く設置されるようになれば地理および時間的な要因による試料の劣化が防げるようになると考えられる。</li> </ul>

**表Q4-1 先進小型加速器等の実用化によるメリット**

メリット
レーザーアンジュレータ放射光発生装置(続き)
<ul style="list-style-type: none"><li>・放射光はすでにX線と同程度に研究のための重要な武器となっている。それを身近に利用するためには光源装置の各機関への普及が不可欠である。</li><li>・日本の各地で小型放射光装置のニーズが高まっている。特にX線発生可能な小型装置が開発されれば非常に大きなimpactがあると考ええる。</li><li>・大学内の研究室or研究施設に電子顕微鏡なみの意識で設置できると、その汎用性からこれまで想像もできなかった新しいサイエンスが生まれてくると思われる。</li><li>・我々物性研究者にとって、大型施設を使わないで身近で入念な実験が行える環境は重要である。小型化されれば研究の底辺が広がる。そこでの成果に基づき、大型施設を利用する経路が大切である。</li><li>・長時間にわたるビームラインの占有を安いコストで可能にするのであれば大きなメリットとなる。</li></ul>

これらの先進小型加速器等の実用化からの一次的なメリットとしては、

- ・小型化により加速器等自体の値段および運転経費が安くなる
- ・収納する施設が小型化され、放射線遮蔽区域も小さくなる
- ・幾種類かの小型加速器等の導入が容易になる

などの加速器等の導入・利用コストの低減が挙げられている。このことより、

- ・病院などにおける医療(診断、治療)利用が進展する
- ・物質・材料科学での高度利用や産業利用(半導体加工など)が進展する
- ・生命科学関係での高度利用が進展する
- ・民間研究所や各地方大学(場合によっては研究室単位で)での導入が進展する
- ・数種類の小型加速器等による複合ビーム利用研究が進展する
- ・大学の実験室にて学生の授業あるいは大学院生の研究に使われ、授業や研究のレベルの向上に役立つ

などの派生的メリットが考えられている。これらのメリットは個別的なものであるが、日本全体としてみるとマクロレベルでの効果が考えられる。

なお、アンケート調査に寄せられた意見の中でも多数の方が触れられていたように、今後の研究の積み重ねにより将来的にはこれらの先進加速技術等は高エネルギー加速器の小型化にも寄与するものであると期待されている。

## (先進小型加速器等の想定される使用)

メリットの質問と同時に、先進小型加速器等が実用化した後の想定される使用についても質問したが、その結果の概要は表Q4-2にまとめるとおりである。

**表Q4-2 先進小型加速器等の実用化後に想定される使用方法**

先進小型加速器等	研究者などが想定する使用方法
高周波極限 (Wバンド) 加速 小型電子加速器	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中間エネルギー (QCD) 原子核物理学研究 (ただし、電子エネルギーがもう少し高い (1.3~1.8GeV) 必要がある)</li> <li>・レーザー・コンプトン散乱現象を使用した硬X線~ガンマ線領域の放射光 (この放射光を「レーザー電子光」ともいう) 源用電子源 (レーザーアンジュレータ放射光源用小型電子源)</li> <li>・小型の自由電子レーザー用電子源</li> <li>・極短パルス電子ビーム利用のポンプ&amp;プローブによる超高速反応の解明</li> <li>・複合ビーム利用 (中間エネルギー電子、重イオン、放射光など; 小型のため小さな面積に何種類かのビーム源加速器を設置できる)</li> <li>・大学、大学院教育・研究用</li> <li>・測定器などの設計 (ビームテスト、耐放射線テストなど)</li> </ul>
超小型陽子・重イオンシンクロトロン (高周波極限加速 小型陽子・重イオン加速器)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・二次粒子 (中間子など) 発生用小型加速器 (もう少し高いエネルギー (500MeV) および強度 (100<math>\mu</math>A) が必要)</li> <li>・材料の改質用</li> <li>・小型 (核破砕) 中性子源用陽子源</li> <li>・イオンビームを利用した分析 (PIXE、RBS、ERDA)</li> <li>・陽子線透視画像解析</li> <li>・放射線生物学 (遺伝子損傷、変異) 研究</li> <li>・医療 (がん治療)</li> <li>・医学 (PETなど) 用、工業利用の不安定核 (RI) 生成用陽子源 (ビーム強度を 10~100<math>\mu</math>A にする必要有り)</li> <li>・複合ビーム利用 (中間エネルギー電子、重イオン、放射光など; 小型のため小さな面積に何種類かのビーム源加速器を設置できる)</li> <li>・大学、大学院教育・研究用</li> <li>・測定器などの設計 (ビームテスト、耐放射線テストなど)</li> <li>・ターゲットのモックアップテスト用陽子源</li> </ul>
非高周波高勾配加速技術による 小型電子加速器  ビーム励起型プラズマ加速器 レーザー励起型プラズマ加速器 逆チェレンコフレーザー加速器 直交場加速器	高周波極限 (Wバンド) 加速小型電子加速器に同じ
非高周波高勾配加速技術による 小型陽子・重イオン加速器  電子リング加速器 (陽子・重イオン) レーザー励起型プラズマ加速器 (陽子) レーザー衝撃波加速器 (陽子・重イオン) 直交場加速器 (陽子・重イオン)	超小型陽子・重イオンシンクロトロン (高周波極限加速小型陽子・重イオン加速器) に同じ  ・レーザー衝撃波加速の場合には、ややエネルギーの高いイオン源

(次頁に続く)

表Q4-2 先進小型加速器等の実用化後に想定される使用方法

先進小型加速器等	研究者などが想定する使用方法
レーザーアンジュレータ 放射光発生装置	<ul style="list-style-type: none"> <li>・結晶構造の構造解析</li> <li>・新材料開発（原子を識別しながら加工）</li> <li>・複合ビーム利用（中間エネルギー電子、重イオン、放射光など；小型のため小さな面積に何種類かのビーム源加速器を設置できる）</li> <li>・短パルス放射光利用のポンプ&amp;プローブによる超高速反応の解明やその場観察</li> <li>・蛋白質構造解析、生命高分子構造解析</li> <li>・冠状動脈（心臓）造影撮影診断（コロナリー・アンジオグラフィー）</li> <li>・超高密度集積回路の加工（X線リソグラフィー）</li> <li>・大学、大学院教育研究用</li> </ul>

なお、この質問の回答において、将来的には、多種類のビームを組み合わせる研究が挙げられている。（**先進小型加速器等の複合利用**：例えば、物質・材料科学および生命科学分野においては、構造解析用の放射光（軟X線、硬X線）と中性子ビームを同じ実験ステーションで使うことなど。）

# 添付1

加速器ビームニーズ等に関する調査票

# 加速器ビームニーズ等に関する調査票

本調査票は 11 種類以上の加速器ビームに関する質問が含まれるためかなり厚くなっておりますが、関連するビームのみにご回答いただければ十分です。(1種類のビームですと、関連する頁数は14頁(うち回答欄の含まれるのは9頁)となります。)

平成 11 年 9 月

科学技術庁

科学技術政策研究所

# 目 次

	頁
はじめに、等 .....	1～3
（回答者の属性に関する質問事項）	
F 1. 回答者の氏名、所属、職位、年齢 .....	4
F 2. 回答者の卒業時の専門 .....	4
F 3. 従事する主たる研究分野 .....	5
本調査で使用する用語説明 .....	6～7
（本調査の主題となる質問事項）	
Q 1. 現在使用している・現在使用したい・将来使用したい加速器ビームの種類等 .....	7～9
SQ1-1. 加速器ビーム使用に関する現在の立場 .....	7
SQ1-2. 現在使用している・現在使用したい・将来使用したい加速器ビームの 種類、構成、利用形態 .....	7～9
SQ1-3. 現在使用したいビームが使用できない理由 .....	9
Q 2. 現在使用している・現在使用したい・将来使用したい加速器ビームの詳細等 .....	9～43
（Q 2. につきましては、関連するビームのみご回答いただければ十分です。）	
SQ2-1. 電子ビーム .....	10～12
SQ2-2. 陽子ビーム .....	13～15
SQ2-3. 重イオンビーム .....	16～18
SQ2-4. 陽電子ビーム .....	19～21
SQ2-5. 放射光 .....	22～24
SQ2-6. コヒーレント光子ビーム .....	25～27
SQ2-7. 中性子ビーム .....	28～30
SQ2-8. $\mu$ 粒子ビーム .....	31～33
SQ2-9. 中間子ビーム .....	34～36
SQ2-10. 反陽子ビーム .....	37～39
SQ2-11. 不安定核ビーム .....	40～42
SQ2-12. その他ビーム .....	43～44
Q 3. 加速器ビームを利用した将来的研究課題 .....	45
Q 4. ブレークスルー技術による小型加速器等の実用化後のメリット等 .....	46～47

## はじめに

### 1. 調査の目的

本調査は、将来型加速器の研究開発の進め方を検討するための基礎データとして、加速器利用研究者が現在の研究において使用されている加速器ビーム及び今後使用したいと考えている加速器ビームに関する（研究者個人としての）情報をご提供していただくことを目的としております。

なお、上記の検討は、科学技術政策研究所（以下、当研究所といいます。）に設置いたしました「先端科学技術動向調査委員会（加速器科学）」（委員一覧を次ページに示します。）において行っております。

### 2. 調査の対象者

本調査票は、共同利用加速器施設等において、加速器ビームを利用して種々の研究開発等を行っている方々を対象としたものです。

### 3. ご回答について（お願い）

誠に勝手ながら、平成11年10月22日（金）までにご回答いただけますようお願い申し上げます。なお、ご回答いただきました方には、e-mail等でアンケート結果の概要をお知らせいたします。

### 4. 調査データの扱い

本調査票により得られましたデータにつきましては、統計的な処理を行ったもののみを使用するものとし、当研究所の報告書におきましても同様な扱いをいたしまして、個人情報は一切使用いたしません。

### 5. 本調査についてのお問い合わせ

この調査に関しまして、ご疑問やお問い合わせ等ございましたら、下記、担当までご連絡くださいますようお願いいたします。

東京都千代田区永田町 1-11-39 （永田町合同庁舎）（〒100-0014）

科学技術庁 科学技術政策研究所

第4調査研究グループ（技術予測、技術動向調査） 瀬谷 道夫

e-mail:accel@nistep.go.jp TEL:03-3581-0605 FAX:03-3503-3996



参考 先端科学技術動向調査委員会（加速器科学）委員一覧

委員長 平尾 泰男 放射線医学総合研究所 顧問

（以下、委員については50音順）

- 委員 上坂 充 東京大学 大学院工学系研究科 原子力工学研究施設 教授  
" 遠藤 一太 広島大学 大学院先端物質科学研究科 教授  
" 小方 厚 広島大学 大学院先端物質科学研究科 教授  
" 片山 武司 東京大学 大学院理学系研究科 原子核科学研究センター 教授  
" 北川 米喜 大阪大学 レーザー核融合研究センター 助教授  
" 熊谷 教孝 (財)高輝度光科学研究センター 放射光研究所 加速器部門長  
" 熊田 雅之 放射線医学総合研究所 主任研究官  
" 小山 和義 工業技術院 電子技術総合研究所 主任研究官  
" 佐藤 勇 日本大学 原子力研究所 教授  
" 佐藤 健次 大阪大学 核物理研究センター 教授  
" 竹田 誠之 文部省 高エネルギー加速器研究機構 助教授  
" 中島 一久 文部省 高エネルギー加速器研究機構 助教授  
" 中村 一隆 東京工業大学 応用セラミックス研究所 助教授  
" 西田 靖 宇都宮大学 大学院工学研究科 教授  
" 野田 章 京都大学 化学研究所 原子核科学研究施設 教授  
" 水本 元治 日本原子力研究所 東海研究所 中性子科学研究センター  
陽子加速器研究室長 (主任研究員)  
" 矢野 安重 理化学研究所 加速器基盤研究部長 (主任研究員)

## 加速器ビームに関するニーズ等調査

### (質問及び回答欄)

#### …………… 質問事項リスト ……………

##### 回答者の属性に関する質問事項

- F 1. . . . 回答者の氏名、所属、職位、年齢
- F 2. . . . 回答者の卒業時の専門
- F 3. . . . 従事する主たる研究分野

##### 本調査の主題となる質問事項

- Q 1. . . . 現在使用している・現在使用したい・将来使用したい加速器ビームの種類等
- Q 2. . . . 現在使用している・現在使用したい・将来使用したい加速器ビームの詳細等
- Q 3. . . . 加速器ビームを利用した将来的研究課題
- Q 4. . . . ブレークスルー技術による小型加速器等の実用化後のメリット等

## (F 1. ～F 3. は回答者の属性に関する質問です。)

### F 1. (回答者の氏名、所属、職位、年齢)

あなたの氏名、現在の所属(部・室又は課まで)をご記入ください。また、職位及び年齢につきまして、該当する番号を丸で囲んでください。なお、職位の7. その他の場合には回答欄に具体的に記入してください。

氏名	:	_____
所属	:	_____

#### (職位)

1. 大学等教員(教授、助教授、講師、助手)(文部省大学共同利用研究機関を含む)
2. 国立研究所研究官(部長、室長、主任研究官、研究官等)
3. 特殊法人研究開発部門研究員(部長、室長、主任研究員、副主任研究員、研究員等)
4. 民間企業研究開発部門研究員(部長、室長、主席研究員、副主席研究員、研究員等)
5. 博士課程修了(ポストドクター)研究者
6. 博士課程研究者
7. その他( )

#### (年齢)

1. 25歳未満
2. 26～30歳
3. 31～35歳
4. 36～40歳
5. 41～45歳
6. 46～50歳
7. 51～55歳
8. 56～60歳
9. 61～65歳
10. 65歳超

### F 2. (回答者の卒業時の専門)

あなたのご卒業時の専門につきまして、該当する番号を丸で囲んでください。なお、「その他」の場合には具体的に記入してください。

#### (卒業時の専門)

##### <理学系>

- 1-1. 物理学系
- 1-2. 化学系
- 1-3. 生物学系
- 1-4. その他( )

##### <医学・歯学系>

- 3-1. 基礎医学系
- 3-2. 臨床医学系
- 3-3. 歯学系
- 3-4. その他( )

##### <工学系>

- 2-1. 電気電子工学
- 2-2. 材料工学
- 2-3. 機械工学
- 2-4. 原子力工学(プラズマ工学を含む)
- 2-5. 工業化学
- 2-6. その他( )

##### 4. その他( )

### F 3. (従事する主たる研究分野)

あなたが従事する主たる研究分野について、該当する番号を丸で囲んでください。 その他の場合は、具体的に記述してください。

#### <素粒子物理学>

- 1-1. 新粒子（ヒッグス粒子等）の探索
- 1-2. 精密素粒子理論検証（C P非保存精密実験等）
- 1-3. その他（）

#### <原子核物理学>

- 2-1. 原子核（励起）構造・原子核反応研究（素粒子核反応研究を含まず）
- 2-2. 不安定原子核（中性子過剰核、陽子過剰核、超重元素等）研究
- 2-3. 中間エネルギー核反応（素粒子核反応）研究
- 2-4. 核物質・核物性研究
- 2-5. その他（）

#### <エネルギー科学>

- 3-1. プラズマ理工学研究
- 3-2. 放射性元素の消滅処理研究
- 3-3. 重イオン慣性核融合研究
- 3-4. ミューオン核融合研究
- 3-5. その他（）

#### <物質・材料科学>

- 4-1. 物質構造解析（結晶、非晶質等の静的・動的構造解析（パルスラジオリシスを含む））
- 4-2. 物性研究（超伝導、磁性等）・電子状態解析（原子物理を含む）
- 4-3. 物質表面（界面）研究
- 4-4. 物質材料内の欠陥診断・極微量不純物分析
- 4-5. 極限環境下の物質構造・物性研究
- 4-6. ビーム物質相互作用研究・照射による改質研究
- 4-7. 新材料開発（機能性材料創製等）
- 4-8. ビームによる微細加工（リソグラフィ等）研究
- 4-9. R I核種製造・核化学研究・放射化学研究
- 4-9. 核融合炉材料開発
- 4-10. 原子炉用耐放射線材料開発
- 4-11. 耐宇宙環境材料・半導体等の開発
- 4-12. その他（）

#### <生命科学>

- 5-1. 放射線遺伝学研究（DNA損傷研究等）、変異種研究
- 5-2. 生体組織機能・機構解析
- 5-3. 細胞生理学研究
- 5-4. 分子（構造）生物学研究（生体高分子構造解析等）
- 5-5. その他（）

#### <医療利用>

- 6-1. 画像診断研究
- 6-2. 治療研究
- 6-3. 医療用R I製造
- 6-4. その他（）

#### <その他>

- 7-1. ビーム制御・ビーム物理研究
- 7-2. その他（）

## (以下は、本調査票で使用する用語の説明です。)

### 1. ビームの構成について (Q1. 及びQ2. 関連)

本調査票におきましては、「ビームの構成」とはビームを構成する粒子あるいは光子の種類が単一か複数かを示すものとし、以下のように分類するものとします。

単独ビーム…… 1種類の粒子あるいは光子からなるビーム

複合ビーム…… 2種類以上の粒子あるいは光子ビームを同一のビームライン上に重ね合わせたもの

### 2. ビームの利用形態について (Q1. 関連)

本調査票におきましては、「ビームの利用形態」は以下のように分類するものとします。

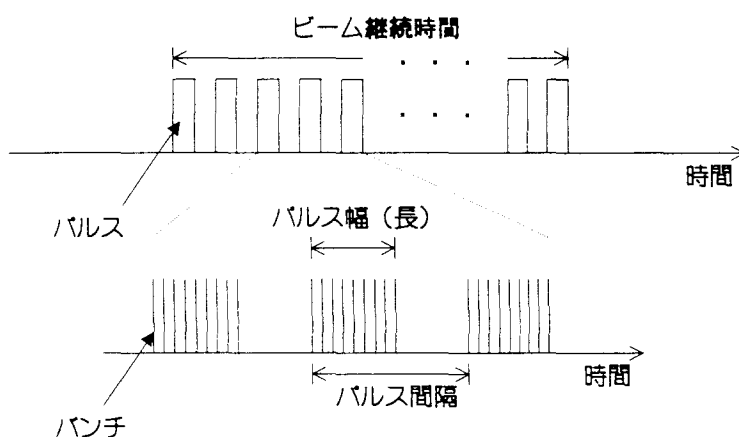
固定標的照射衝撃利用…単独ビームあるいは複合ビームにより、加速器内外に固定された標的を照射衝撃して利用する

単純照射衝撃利用…単一の単独ビームあるいは複合ビームで照射衝撃する

重合照射衝撃利用…複数の単独ビームあるいは複合ビームで(交互あるいは同時等)照射衝撃する  
ビーム衝突利用………複数の単独ビーム(あるいは複合ビーム)を加速器内外の同じ場所に導き、逆方向あるいは同方向にビームどうしを衝突させて利用する

### 3. ビームの時間構造について (Q2. 関連)

本調査票におきましては、「ビームの時間構造」とは粒子あるいは光子が(時間的に)どのように集合しているかを示すものとし、以下の図のように粒子、光子集合の一つの単位をバンチ、それらが集まったものをパルスとします。(バンチを更に分割し、サブバンチ等更に細かい分類は可能ですが、この調査票におきましては分類は上のとおりとします。なお、サブバンチ等の細かい分類が必要な場合は、回答欄の「その他ビームパラメータ」に記載をお願いいたします。)



### 4. ビームの時間構造型分類について (Q2. 関連)

本調査票におきましては、「ビームの時間構造型分類」は以下のとおりとします。

連続ビーム………強さの変化はあるものの、連続する(荷電粒子の場合は直流)ビーム  
例) 静電加速器からのビーム

連続的パルスビーム…実質的に1パルス1バンチと見なせて、パルス間隔が数 nsec $\sim$   $\mu$ sec 程度（パルス間隔が短く連続的にみえるビーム）

例) サイクロトロンビーム、電子シンクロトロン（蓄積リング）や衝突型蓄積リングからのビーム、電子蓄積リングからの放射光

パルスビーム…………… 1パルスは複数あるいは多数のバンチから構成され、パルス間隔が数 msec $\sim$  sec 程度

例) 通常のライナックからのビーム、比較的小型の（医療用）シンクロトロンからのビーム

## 5. コヒーレント光子ビームについて（Q2. 関連）

本調査票におきましては、「コヒーレント光子ビーム」とは自由電子レーザーやコヒーレント放射光等、位相のそろった光子ビームをさすものとします。

### （以下は、本調査の主題となる質問です。）

## Q1.（現在使用している・現在使用したい・将来使用したい加速器

### ビームの種類等について）

あなたが、①現在使用している／②現在（実現できているビーム仕様で）使用したいが使用できていない／③（現在は技術的に不可能かあるいはほとんど利用することができないものであるが）将来使用したい、加速器ビームの種類、構成、利用形態等についてお聞きします。以下のSQ1-1.、SQ1-2. 及びSQ1-3. にお答えください。

### SQ1-1.（加速器ビーム使用に関する現在の立場）

加速器ビーム使用に関するあなたの現在の立場は以下のどれでしょうか。該当するものの番号を丸で囲んでください。その他の場合は、具体的記述をお願いいたします。

1. 現在、加速器ビームを使用している。
2. 現在、加速器ビームを使用していない。（将来は使用したい）
3. その他（）

### SQ1-2.（現在使用している・現在使用したい・将来使用したい加速器

### ビームの種類、構成、利用形態について）

以下の表におきまして、上記の①、②、③のビームについて、単独ビームとして使用する場合は、単独ビーム欄で該当するビーム種類に $\checkmark$ 印を記入し（複数回答可）、かつ、その利用形態 A1. 固定標的単純照射衝撃利用、A2. 固定標的重合照射衝撃利用、B. ビーム衝突利用、C. その他（その他につきましては具体的に記述してください）の該当するものを丸で囲んでください。また、複合ビームとして使用する場合は、複合ビームのうち優先度の高い2種類のもの（紙面の都合上2種類までとさせていただきますが、これを超える場合は他の用紙をご利用ください）について、その利用形態 A1.、A2.、B.、C.（同上）の該当するものを丸で囲んだ上、どの種類のビームを複合して使うか、該当するビーム種類の欄に $\checkmark$ 印を記入してください。（SQ1-2. 記入例を参考にしてください。）なお、「単独ビーム」、「複合ビーム」及び利用形態の「固定標的単純（または重合）照射衝撃利用」、「ビーム衝突利用」、「コヒーレント光子ビーム」につきましては、上の用語の説明のとおりです。

## ①現在使用しているビーム

\* 利用形態は、A1. (固定標的単純照射衝撃利用)、 A2. (固定標的重合照射衝撃利用)、 B. (ビーム衝突利用)、 C. その他、を表します。(C. その他記述欄： )

ビームの種類	単独ビーム		複合ビーム		備考
			第1	第2	
			利用形態 A1. A2. B. C.	利用形態 A1. A2. B. C.	
1. 電子ビーム		利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P10-12
2. 陽子ビーム		利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P13-15
3. 重イオンビーム		利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P16-18
4. 陽電子ビーム		利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P19-21
5. 放射光		利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P22-24
6. 北-紫外光子ビーム		利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P25-27
7. 中性子ビーム		利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P28-30
8. $\mu$ 粒子ビーム		利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P31-33
9. 中間子ビーム		利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P34-36
10. 反陽子ビーム		利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P37-39
11. 不安定核ビーム		利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P40-42
12. その他		利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P43-44

## ②現在使用したいが使用できていないビーム

\* 利用形態は、A1. (固定標的単純照射衝撃利用)、 A2. (固定標的重合照射衝撃利用)、 B. (ビーム衝突利用)、 C. その他、を表します。(C. その他記述欄： )

ビームの種類	単独ビーム		複合ビーム		備考
			第1	第2	
			利用形態 A1. A2. B. C.	利用形態 A1. A2. B. C.	
1. 電子ビーム		利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P10-12
2. 陽子ビーム		利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P13-15
3. 重イオンビーム		利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P16-18
4. 陽電子ビーム		利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P19-21
5. 放射光		利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P22-24
6. 北-紫外光子ビーム		利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P25-27
7. 中性子ビーム		利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P28-30
8. $\mu$ 粒子ビーム		利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P31-33
9. 中間子ビーム		利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P34-36
10. 反陽子ビーム		利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P37-39
11. 不安定核ビーム		利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P40-42
12. その他		利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P43-44

### ③将来使用したいビーム

\*利用形態は、A1. (固定標的単純照射衝撃利用)、 A2. (固定標的重合照射衝撃利用)、 B. (ビーム衝突利用)、 C. その他、を表します。(C. その他記述欄： )

ビームの種類	単独ビーム	複合ビーム		備考
		第1	第2	
		利用形態 A1. A2. B. C.	利用形態 A1. A2. B. C.	
1. 電子ビーム	利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P10-12
2. 陽子ビーム	利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P13-15
3. 重イオンビーム	利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P16-18
4. 陽電子ビーム	利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P19-21
5. 放射光	利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P22-24
6. 紫外光子ビーム	利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P25-27
7. 中性子ビーム	利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P28-30
8. $\mu$ 粒子ビーム	利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P31-33
9. 中間子ビーム	利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P34-36
10. 反陽子ビーム	利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P37-39
11. 不安定核ビーム	利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P40-42
12. その他	利用形態 A1. A2. B. C.			詳細質問は P43-44

### SQ1-3. (現在 (実現できているビーム仕様で) 使用したいビームが

### 使用できていない理由)

上記SQ1-2. において、②現在 (実現できているビーム仕様で) 使用したいが使用できていないビームがあると回答された方にお聞きます。(それ以外の方はQ2. へ)

その理由について、差し支えないようでしたら下の欄に記入してください。

現在 (実現できているビーム仕様で) 使用したいが使用できていない理由

### Q2. (現在使用している・現在使用したい・将来使用したい加速器

### ビームの詳細等について)

上記Q1. における①、②及び③の加速器ビームの詳細等についてお聞きます。以下のSQ2-1. からSQ2-12. のうち該当するものにお答えください。(SQ2-2. (陽子ビーム) 記入例を参考にしてください。)

(Q2. は次頁に続く)



## SQ2-1. (電子ビームを利用した研究と電子ビームの詳細について)

(SQ1-1. で回答されました中に電子ビームが含まれる場合) あなたが、①現在電子ビームを使用している、②(実現できている電子ビーム仕様で)現在は使用できていないが、使用できれば行ってみたい、③(現在は技術的に不可能かあるいはほとんど利用することができない仕様の電子ビームであるが)将来使用できるようになれば行って見たい、研究について、その分野(5頁の分類にある場合はその記号を記入してください)及び(差し支えなければ)研究課題を下の表の該当する欄にご記入ください。また、その研究に使用する電子ビームについて、単独ビームでの使用か複合ビームでの使用か該当するものを丸で囲んでください。更に、③のものにつきましては、いつごろの将来の使用を考えているか該当する番号を丸で囲んでください。(紙面の都合により各々3つまでの回答欄を用意しておりますが、それを超える場合は欄を書き換えてください。)

	研究分野 5頁の分類にある場合はその記号を記入してください	研究課題名 差し支えない場合のみでけっこうです	ビーム使用 いずれか該当するものを丸で囲んでください		将来使用予定時期 1. ~4. のうち該当するものを丸で囲んでください	
			単独	複合		
①	1		単独	複合		
	2		単独	複合		
	3		単独	複合		
②	1		単独	複合		
	2		単独	複合		
	3		単独	複合		
③	1		単独	複合		1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上
	2		単独	複合		1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上
	3		単独	複合		1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上

また、上記①1~3、②1~3、③1~3の電子ビームにつきまして、下のビームの詳細を示すパラメータ表の個々のパラメータの右欄(①1~3、②1~3、③1~3)に✓印(いくつかの欄にまたがる場合は関係する欄すべてに✓印)の記入をお願いいたします(紙面の都合により各々3つまでの回答欄を用意しておりますが、それを超える場合は欄を書き換えてください)。なお、表に示すもの以外の電子ビーム仕様を表すパラメータがございましたら、表下部の「その他パラメータ記述欄」に具体的に記述してください。

電子ビームの詳細パラメータ表(1)

A. 電子エネルギー	①			②			③			B. エネルギー分解能 ( $\Delta E/E$ :%)	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
A0. 特に指定せず										B0. 特に指定せず										
A1. ~ 1MeV										B1. 12.8 ~										
A2. 1MeV~ 5MeV										B2. 6.4 ~ 12.8										
A3. 5MeV~ 10MeV										B3. 3.2 ~ 6.4										
A4. 10MeV~ 20MeV										B4. 1.6 ~ 3.2										
A5. 20MeV~ 50MeV										B5. 0.8 ~ 1.6										
A6. 50MeV~100MeV										B6. 0.4 ~ 0.8										
A7. 100MeV~200MeV										B7. 0.2 ~ 0.4										
A8. 200MeV~500MeV										B8. 0.1 ~ 0.2										
A9. 500MeV~ 1GeV										B9. 0.05 ~ 0.1										
A10. 1GeV~ 5GeV										B10. 0.02 ~ 0.05										
A11. 5GeV~ 10GeV										B11. 0.01 ~ 0.02										
A12. 10GeV~ 50GeV										B12. 0.005 ~ 0.01										
A13. 50GeV~100GeV										B13. 0.002 ~ 0.005										
A14. 100GeV~500GeV										B14. 0.001 ~ 0.002										
A15. 500GeV~ 1TeV										B15. ~ 0.001										
A16. 1TeV~																				

電子ビームの詳細パラメータ表 (2)

C. ビーム径

CL. ビーム長径	①			②			③			CS. ビーム短径	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
CL0. 特に指定せず										CS0. 特に指定せず										
CL1. ~ 1nm										CS1. ~ 1nm										
CL2. 1nm~10nm										CS2. 1nm~10nm										
CL3. 10nm~100nm										CS3. 10nm~100nm										
CL4. 100nm~1μm										CS4. 100nm~1μm										
CL5. 1μm~10μm										CS5. 1μm~10μm										
CL6. 10μm~100μm										CS6. 10μm~100μm										
CL7. 100μm~1mm										CS7. 100μm~1mm										
CL8. 1mm~1cm										CS8. 1mm~1cm										
CL9. 1cm~10cm										CS9. 1cm~10cm										
CL10. 10cm~										CS10. 10cm~										

下の「平均ビーム強度」とは、ビームの強度が長い時間（パルス構造をもつ場合は、パルスの繰り返し時間以上）で平均化されたものをさします。

D. 平均ビーム強度 (e <sup>-</sup> /sec)	①			②			③			D. 平均ビーム強度 (e <sup>-</sup> /sec)	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
D0. 特に指定せず										D9. 6.2×10 <sup>10</sup> ~6.2×10 <sup>11</sup> (10nA~100nA)										
D1. ~6.2×10 <sup>3</sup> ( ~ 1fA)										D10. 6.2×10 <sup>11</sup> ~6.2×10 <sup>12</sup> (100nA~1μA)										
D2. 6.2×10 <sup>3</sup> ~6.2×10 <sup>4</sup> (1fA~10fA)										D11. 6.2×10 <sup>12</sup> ~6.2×10 <sup>13</sup> (1μA~10μA)										
D3. 6.2×10 <sup>4</sup> ~6.2×10 <sup>5</sup> (10fA~100fA)										D12. 6.2×10 <sup>13</sup> ~6.2×10 <sup>14</sup> (10μA~100μA)										
D4. 6.2×10 <sup>5</sup> ~6.2×10 <sup>6</sup> (100fA~1pA)										D13. 6.2×10 <sup>14</sup> ~6.2×10 <sup>15</sup> (100μA~1mA)										
D5. 6.2×10 <sup>6</sup> ~6.2×10 <sup>7</sup> (1pA~10pA)										D14. 6.2×10 <sup>15</sup> ~6.2×10 <sup>16</sup> (1mA~10mA)										
D6. 6.2×10 <sup>7</sup> ~6.2×10 <sup>8</sup> (10pA~100pA)										D15. 6.2×10 <sup>16</sup> ~6.2×10 <sup>17</sup> (10mA~100mA)										
D7. 6.2×10 <sup>8</sup> ~6.2×10 <sup>9</sup> (100pA~1nA)										D16. 6.2×10 <sup>17</sup> ~6.2×10 <sup>18</sup> (100mA~1A)										
D8. 6.2×10 <sup>9</sup> ~6.2×10 <sup>10</sup> (1nA~10nA)										D17. 6.2×10 <sup>18</sup> ~ (1A~ )										

(右列に続く)

E. 規格化エミッタンス (πmm・mrad)	①			②			③			E. 規格化エミッタンス (πmm・mrad)	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
E0. 特に指定せず										E5. 10 <sup>-1</sup> ~1										
E1. 10 <sup>3</sup> ~										E6. 10 <sup>-2</sup> ~10 <sup>-1</sup>										
E2. 10 <sup>2</sup> ~10 <sup>3</sup>										E7. 10 <sup>-3</sup> ~10 <sup>-2</sup>										
E3. 10 <sup>1</sup> ~10 <sup>2</sup>										E8. 10 <sup>-4</sup> ~10 <sup>-3</sup>										
E4. 1~10 <sup>1</sup>										E9. ~10 <sup>-4</sup>										

(右列に続く)

F. ビーム時間構造の型 (ビームの時間構造等については6頁参照)	①			②			③		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
F1. 連続ビーム 強さの変化はあるものの連続する(荷電粒子の場合は直流)ビーム									
F2. 連続的パルスビーム 実質的に1パルス1パンチと見なせて、パルス間隔が数nsec~μsec程度(パルス間隔が短く連続的にみえる)									
F3. パルスビーム 1パルスは複数あるいは多数のパンチから構成され、パルス間隔が数msec~sec程度									
F4. その他									

電子ビームの詳細パラメータ表 (3)

G. ビーム継続時間			①			②			③			G. ビーム継続時間			①			②			③		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3
G0. 特に指定せず											G11. 1 $\mu$ s $\sim$ 10 $\mu$ s												
G1. $\sim$ 1fs											G12. 10 $\mu$ s $\sim$ 100 $\mu$ s												
G2. 1fs $\sim$ 10fs											G13. 100 $\mu$ s $\sim$ 1ms												
G3. 10fs $\sim$ 100fs											G14. 1ms $\sim$ 10ms												
G4. 100fs $\sim$ 1ps											G15. 10ms $\sim$ 100ms												
G5. 1ps $\sim$ 10ps											G16. 100ms $\sim$ 1s												
G6. 10ps $\sim$ 100ps											G17. 1s $\sim$ 10s												
G7. 100ps $\sim$ 1ns											G18. 10s $\sim$ 100s												
G8. 1ns $\sim$ 10ns											G19. 100s $\sim$ 10 <sup>3</sup> s												
G9. 10ns $\sim$ 100ns											G20. 10 <sup>3</sup> s $\sim$ 10 <sup>4</sup> s												
G10. 100ns $\sim$ 1 $\mu$ s											G21. 10 <sup>4</sup> s $\sim$ 10 <sup>5</sup> s												
(右列に続く)										G22. 10 <sup>5</sup> s $\sim$													
<p>上記のビーム時間構造でF4. の場合及びより詳細な条件等が挙げられる場合につきましては、以下にご提示をお願いいたします。</p>																							
H. パルス繰り返し (Hz)			①			②			③			I. パルス幅 (長)			①			②			③		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3
H0. 特に指定せず											I0. 特に指定せず												
H1. $\sim$ 10 <sup>1</sup>											I1. $\sim$ 1fs												
H2. 10 <sup>1</sup> $\sim$ 10 <sup>2</sup>											I2. 1fs $\sim$ 10fs												
H3. 10 <sup>2</sup> $\sim$ 10 <sup>3</sup>											I3. 10fs $\sim$ 100fs												
H4. 10 <sup>3</sup> $\sim$ 10 <sup>4</sup>											I4. 100fs $\sim$ 1ps												
H5. 10 <sup>4</sup> $\sim$ 10 <sup>5</sup>											I5. 1ps $\sim$ 10ps												
H6. 10 <sup>5</sup> $\sim$ 10 <sup>6</sup>											I6. 10ps $\sim$ 100ps												
H7. 10 <sup>6</sup> $\sim$ 10 <sup>7</sup>											I7. 100ps $\sim$ 1ns												
H8. 10 <sup>7</sup> $\sim$											I8. 1ns $\sim$ 10ns												
<p>J. パルス強度 (パルス強度に関し、指定すべき条件・範囲等がありましたら、以下の該当する欄にご記入ください。)</p>										I9. 10ns $\sim$ 100ns													
①	1										I10. 100ns $\sim$ 1 $\mu$ s												
	2										I11. 1 $\mu$ s $\sim$ 10 $\mu$ s												
	3										I12. 10 $\mu$ s $\sim$ 100 $\mu$ s												
②	1										I13. 100 $\mu$ s $\sim$ 1ms												
	2										I14. 1ms $\sim$ 10ms												
	3										I15. 10ms $\sim$ 100ms												
③	1										I16. 100ms $\sim$ 1s												
	2										I17. 1s $\sim$												
	3																						
K. パルス内パルス数			①			②			③			L. パルス幅 (長)			①			②			③		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3
K0. 特に指定せず											L0. 特に指定せず												
K1. $\sim$ 10 <sup>1</sup>											L1. $\sim$ 1fs												
K2. 10 <sup>1</sup> $\sim$ 10 <sup>2</sup>											L2. 1fs $\sim$ 10fs												
K3. 10 <sup>2</sup> $\sim$ 10 <sup>3</sup>											L3. 10fs $\sim$ 100fs												
K4. 10 <sup>3</sup> $\sim$ 10 <sup>4</sup>											L4. 100fs $\sim$ 1ps												
K5. 10 <sup>4</sup> $\sim$ 10 <sup>5</sup>											L5. 1ps $\sim$ 10ps												
K6. 10 <sup>5</sup> $\sim$ 10 <sup>6</sup>											L6. 10ps $\sim$ 100ps												
K7. 10 <sup>6</sup> $\sim$ 10 <sup>7</sup>											L7. 100ps $\sim$ 1ns												
K8. 10 <sup>7</sup> $\sim$											L8. 1ns $\sim$ 10ns												
										L9. 10ns $\sim$ 100ns													
										L10. 100ns $\sim$ 1 $\mu$ s													
										L11. 1 $\mu$ s $\sim$													
その他の電子ビームパラメータの記述欄																							

## SQ2-2. (陽子ビームを利用した研究と陽子ビームの詳細について)

(SQ1-1. で回答されました中に陽子ビームが含まれる場合)あなたが、①現在陽子ビームを使用している、②(実現できている陽子ビーム仕様で)現在は使用できていないが、使用できれば行ってみたい、③(現在は技術的に不可能かあるいはほとんど利用することができない仕様の陽子ビームであるが)将来使用できるようになれば行って見たい、研究について、その分野(5頁の分類にある場合はその記号を記入してください)及び(差し支えなければ)研究課題を下の表の該当する欄にご記入ください。また、その研究に使用する陽子ビームについて、単独ビームでの使用か複合ビームでの使用か該当するものを丸で囲んでください。更に、③のものにつきましては、いつごろの将来の使用を考えているか該当する番号を丸で囲んでください。(紙面の都合により各々3つまでの回答欄を用意しておりますが、それを超える場合は欄を書き換えてください。)

	研究分野 5頁の分類にある場合はその記号を記入してください	研究課題名 差し支えない場合のみでけっこうです	ビーム使用 いずれか該当するものを丸で囲んでください		将来使用予定時期 1. ~4. のうち該当するものを丸で囲んでください	
			単独	複合		
①	1					
	2					
	3					
②	1					
	2					
	3					
③	1					1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上
	2					1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上
	3					1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上

また、上記①1~3、②1~3、③1~3の陽子ビームにつきまして、下のビームの詳細を示すパラメータ表の個々のパラメータの右欄(①1~3、②1~3、③1~3)に✓印(いくつかの欄にまたがる場合は関係する欄すべてに✓印)の記入をお願いいたします(紙面の都合により各々3つまでの回答欄を用意しておりますが、それを超える場合は欄を書き換えてください)。なお、表に示すもの以外の陽子ビーム仕様を表すパラメータがございましたら、表下部の「その他パラメータ記述欄」に具体的に記述してください。

陽子ビームの詳細パラメータ表(1)

A. 陽子エネルギー	①			②			③			B. エネルギー分解能 ( $\Delta E/E$ :%)	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
A0. 特に指定せず										B0. 特に指定せず										
A1. ~ 1MeV										B1. 12.8 ~										
A2. 1MeV~ 5MeV										B2. 6.4 ~ 12.8										
A3. 5MeV~ 10MeV										B3. 3.2 ~ 6.4										
A4. 10MeV~ 20MeV										B4. 1.6 ~ 3.2										
A5. 20MeV~ 50MeV										B5. 0.8 ~ 1.6										
A6. 50MeV~100MeV										B6. 0.4 ~ 0.8										
A7. 100MeV~200MeV										B7. 0.2 ~ 0.4										
A8. 200MeV~500MeV										B8. 0.1 ~ 0.2										
A9. 500MeV~ 1GeV										B9. 0.05 ~ 0.1										
A10. 1GeV~ 5GeV										B10. 0.02 ~ 0.05										
A11. 5GeV~ 10GeV										B11. 0.01 ~ 0.02										
A12. 10GeV~ 50GeV										B12. 0.005 ~ 0.01										
A13. 50GeV~100GeV										B13. 0.002 ~ 0.005										
A14. 100GeV~500GeV										B14. 0.001 ~ 0.002										
A15. 500GeV~ 1TeV										B15. ~ 0.001										
A16. 1TeV~																				

## 陽子ビームの詳細パラメータ表 (2)

### C. ビーム径

CL. ビーム長径	①			②			③			CS. ビーム短径	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
CL0. 特に指定せず										CS0. 特に指定せず										
CL1. ~ 1nm										CS1. ~ 1nm										
CL2. 1nm~10nm										CS2. 1nm~10nm										
CL3. 10nm~100nm										CS3. 10nm~100nm										
CL4. 100nm~1μm										CS4. 100nm~1μm										
CL5. 1μm~10μm										CS5. 1μm~10μm										
CL6. 10μm~100μm										CS6. 10μm~100μm										
CL7. 100μm~1mm										CS7. 100μm~1mm										
CL8. 1mm~1cm										CS8. 1mm~1cm										
CL9. 1cm~10cm										CS9. 1cm~10cm										
CL10. 10cm~										CS10. 10cm~										

下の「平均ビーム強度」とは、ビームの強度が長い時間（パルス構造をもつ場合には、パルスの繰り返し時間以上）で平均化されたものをさします。

D. 平均ビーム強度 (p/sec)	①			②			③			D. 平均ビーム強度 (p/sec)	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
D0. 特に指定せず										D9. $6.2 \times 10^{10} \sim 6.2 \times 10^{11}$ (10nA~100nA)										
D1. $\sim 6.2 \times 10^3$ ( ~ 1fA)										D10. $6.2 \times 10^{11} \sim 6.2 \times 10^{12}$ (100nA~1μA)										
D2. $6.2 \times 10^3 \sim 6.2 \times 10^4$ (1fA~10fA)										D11. $6.2 \times 10^{12} \sim 6.2 \times 10^{13}$ (1μA~10μA)										
D3. $6.2 \times 10^4 \sim 6.2 \times 10^5$ (10fA~100fA)										D12. $6.2 \times 10^{13} \sim 6.2 \times 10^{14}$ (10μA~100μA)										
D4. $6.2 \times 10^5 \sim 6.2 \times 10^6$ (100fA~1pA)										D13. $6.2 \times 10^{14} \sim 6.2 \times 10^{15}$ (100μA~1mA)										
D5. $6.2 \times 10^6 \sim 6.2 \times 10^7$ (1pA~10pA)										D14. $6.2 \times 10^{15} \sim 6.2 \times 10^{16}$ (1mA~10mA)										
D6. $6.2 \times 10^7 \sim 6.2 \times 10^8$ (10pA~100pA)										D15. $6.2 \times 10^{16} \sim 6.2 \times 10^{17}$ (10mA~100mA)										
D7. $6.2 \times 10^8 \sim 6.2 \times 10^9$ (100pA~1nA)										D16. $6.2 \times 10^{17} \sim 6.2 \times 10^{18}$ (100mA~1A)										
D8. $6.2 \times 10^9 \sim 6.2 \times 10^{10}$ (1nA~10nA)										D17. $6.2 \times 10^{18} \sim$ (1A~ )										

(右列に続く)

E. 規格化エミッタンス (πmm·mrad)	①			②			③			E. 規格化エミッタンス (πmm·mrad)	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
E0. 特に指定せず										E5. $10^{-1} \sim 1$										
E1. $10^3 \sim$										E6. $10^{-2} \sim 10^{-1}$										
E2. $10^2 \sim 10^3$										E7. $10^{-3} \sim 10^{-2}$										
E3. $10^1 \sim 10^2$										E8. $10^{-4} \sim 10^{-3}$										
E4. $1 \sim 10^1$										E9. $\sim 10^{-4}$										

(右列に続く)

F. ビーム時間構造の型 (ビームの時間構造等については6頁参照)	①			②			③		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
F1. 連続ビーム 強さの変化はあるものの連続する(荷電粒子の場合は直流)ビーム									
F2. 連続的パルスビーム 実質的に1パルス1バンチと見なせて、パルス間隔が数nsec~μsec程度(パルス間隔が短く連続的にみえる)									
F3. パルスビーム 1パルスは複数あるいは多数のバンチから構成され、パルス間隔が数msec~sec程度									
F4. その他									

陽子ビームの詳細パラメータ表 (3)

G. ビーム継続時間	①			②			③			G. ビーム継続時間	①			②			③		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
G0. 特に指定せず										G11. 1 $\mu$ s ~ 10 $\mu$ s									
G1. ~ 1fs										G12. 10 $\mu$ s ~ 100 $\mu$ s									
G2. 1fs ~ 10fs										G13. 100 $\mu$ s ~ 1ms									
G3. 10fs ~ 100fs										G14. 1ms ~ 10ms									
G4. 100fs ~ 1ps										G15. 10ms ~ 100ms									
G5. 1ps ~ 10ps										G16. 100ms ~ 1s									
G6. 10ps ~ 100ps										G17. 1s ~ 10s									
G7. 100ps ~ 1ns										G18. 10s ~ 100s									
G8. 1ns ~ 10ns										G19. 100s ~ 10 <sup>3</sup> s									
G9. 10ns ~ 100ns										G20. 10 <sup>3</sup> s ~ 10 <sup>4</sup> s									
G10. 100ns ~ 1 $\mu$ s										G21. 10 <sup>4</sup> s ~ 10 <sup>5</sup> s									
(右列に続く)										G22. 10 <sup>5</sup> s ~									

上記のビーム構造でF4. の場合及びより詳細な条件等が挙げられる場合につきましては、以下にご提示をお願いいたします。

H. パルス繰り返し (Hz)	①			②			③			I. パルス幅(長)	①			②			③		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
H0. 特に指定せず										I0. 特に指定せず									
H1. ~ 0.1										I1. ~ 1fs									
H2. 0.1 ~ 1										I2. 1fs ~ 10fs									
H3. 1 ~ 10 <sup>1</sup>										I3. 10fs ~ 100fs									
H4. 10 <sup>1</sup> ~ 10 <sup>2</sup>										I4. 100fs ~ 1ps									
H5. 10 <sup>2</sup> ~ 10 <sup>3</sup>										I5. 1ps ~ 10ps									
H6. 10 <sup>3</sup> ~ 10 <sup>4</sup>										I6. 10ps ~ 100ps									
H7. 10 <sup>4</sup> ~ 10 <sup>5</sup>										I7. 100ps ~ 1ns									
H8. 10 <sup>5</sup> ~ 10 <sup>6</sup>										I8. 1ns ~ 10ns									
H9. 10 <sup>6</sup> ~										I9. 10ns ~ 100ns									

J. パルス強度 (パルス強度に関し、指定すべき条件・範囲等がありましたら、以下の該当する欄にご記入ください。)	①	②	③	I10. 100ns ~ 1 $\mu$ s	I11. 1 $\mu$ s ~ 10 $\mu$ s	I12. 10 $\mu$ s ~ 100 $\mu$ s	I13. 100 $\mu$ s ~ 1ms	I14. 1ms ~ 10ms	I15. 10ms ~ 100ms	I16. 100ms ~ 1s	I17. 1s ~	L. パルス幅(長)	①			②			③		
													1	2	3	1	2	3	1	2	3
1												L0. 特に指定せず									
2												L1. ~ 1fs									
3												L2. 1fs ~ 10fs									
1												L3. 10fs ~ 100fs									
2												L4. 100fs ~ 1ps									
3												L5. 1ps ~ 10ps									
1												L6. 10ps ~ 100ps									
2												L7. 100ps ~ 1ns									
3												L8. 1ns ~ 10ns									
1												L9. 10ns ~ 100ns									
2												L10. 100ns ~ 1 $\mu$ s									
3												L11. 1 $\mu$ s ~									

K. パルス内パルス数	①			②			③			L12. 10 $\mu$ s ~ 100 $\mu$ s	L13. 100 $\mu$ s ~ 1ms	L14. 1ms ~ 10ms	L15. 10ms ~ 100ms	L16. 100ms ~ 1s	L17. 1s ~
	1	2	3	1	2	3	1	2	3						
K0. 特に指定せず															
K1. ~ 10 <sup>1</sup>															
K2. 10 <sup>1</sup> ~ 10 <sup>2</sup>															
K3. 10 <sup>2</sup> ~ 10 <sup>3</sup>															
K4. 10 <sup>3</sup> ~ 10 <sup>4</sup>															
K5. 10 <sup>4</sup> ~ 10 <sup>5</sup>															
K6. 10 <sup>5</sup> ~ 10 <sup>6</sup>															
K7. 10 <sup>6</sup> ~ 10 <sup>7</sup>															
K8. 10 <sup>7</sup> ~															

その他の陽子ビームパラメータの記述欄

### SQ2-3. (重イオンビームを利用した研究と重イオンビームの詳細について)

(SQ1-1. で回答されました中に重イオンビームが含まれる場合) あなたが、①現在重イオンビームを使用し行っている、②(実現できている重イオンビーム仕様で) 現在は使用できていないが、使用できれば行ってみたい、③(現在は技術的に不可能かあるいはほとんど利用することができない仕様の重イオンビームであるが) 将来使用できるようになれば行ってみたい、研究について、その分野(5頁の分類にある場合はその記号を記入してください)及び(差し支えなければ)研究課題を下の表の該当する欄にご記入ください。また、その研究に使用する重イオンビームについて、重イオンの種類をご記入の上、単独ビームでの使用か複合ビームでの使用か該当するものを丸で囲んでください。更に、③のものにつきましては、いつごろの将来の使用を考えているか該当する番号を丸で囲んでください。(紙面の都合により各々3つまでの回答欄を用意しておりますが、それを超える場合は欄を書き換えてください。)

	研究分野 5頁の分類にある場合はその記号を記入してください	研究課題名 差し支えない場合のみでけっこうです	重イオンの種類	ビーム使用 いずれか該当するものを丸で囲んでください	将来使用予定時期 1. ~4. のうち該当するものを丸で囲んでください	
						単独
①	1			単独 複合		
	2			単独 複合		
	3			単独 複合		
②	1			単独 複合		
	2			単独 複合		
	3			単独 複合		
③	1			単独 複合		1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上
	2			単独 複合		1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上
	3			単独 複合		1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上

また、上記①~3、②1~3、③1~3の重イオンビームにつきまして、下のビームの詳細を示すパラメータ表の個々のパラメータの右欄(①1~3、②1~3、③1~3)に✓印(いくつかの欄にまたがる場合は関係するすべての欄に✓印)の記入をお願いいたします(紙面の都合により各々3つまでの回答欄を用意しておりますが、それを超える場合は欄を書き換えてください)。なお、表に示すもの以外の重イオンビーム仕様を表すパラメータがございましたら、表下部の「その他パラメータ記述欄」に具体的に記述してください。

重イオンビームの詳細パラメータ表(1)

A. 重イオンエネルギー (MeV/u)	①			②			③			B. エネルギー分解能 ( $\Delta E/E$ :%)	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
A0. 特に指定せず										B0. 特に指定せず										
A1. ~ 1										B1. 12.8 ~										
A2. 1 ~ 2										B2. 6.4 ~ 12.8										
A3. 2 ~ 4										B3. 3.2 ~ 6.4										
A4. 4 ~ 8										B4. 1.6 ~ 3.2										
A5. 8 ~ 16										B5. 0.8 ~ 1.6										
A6. 16 ~ 32										B6. 0.4 ~ 0.8										
A7. 32 ~ 64										B7. 0.2 ~ 0.4										
A8. 64 ~ 128										B8. 0.1 ~ 0.2										
A9. 128 ~ 256										B9. 0.05 ~ 0.1										
A10. 256 ~ 512										B10. 0.02 ~ 0.05										
A11. 512 ~ 1GeV/u										B11. 0.01 ~ 0.02										
A12. 1GeV/u ~ 2GeV/u										B12. 0.005 ~ 0.01										
A13. 2GeV/u ~ 4GeV/u										B13. 0.002 ~ 0.005										
A14. 4GeV/u ~ 8GeV/u										B14. 0.001 ~ 0.002										
A15. 8GeV/u ~ 16GeV/u										B15. ~ 0.001										
A16. 16GeV/u ~																				

重イオンビームの詳細パラメータ表(2)

C. ビーム径

CL. ビーム長径	①			②			③			CS. ビーム短径	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
CL0. 特に指定せず										CS0. 特に指定せず										
CL1. ~ 1nm										CS1. ~ 1nm										
CL2. 1nm~10nm										CS2. 1nm~10nm										
CL3. 10nm~100nm										CS3. 10nm~100nm										
CL4. 100nm~1μm										CS4. 100nm~1μm										
CL5. 1μm~10μm										CS5. 1μm~10μm										
CL6. 10μm~100μm										CS6. 10μm~100μm										
CL7. 100μm~1mm										CS7. 100μm~1mm										
CL8. 1mm~1cm										CS8. 1mm~1cm										
CL9. 1cm~10cm										CS9. 1cm~10cm										
CL10. 10cm~										CS10. 10cm~										

下の「平均ビーム強度」とは、ビームの強度が長い時間(パルス構造をもつ場合では、パルスの繰り返し時間以上)で平均化されたものをさします。

D. 平均ビーム強度 (ions/sec)	①			②			③			D. 平均ビーム強度 (ions/sec)	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
D0. 特に指定せず										D9. $6.2 \times 10^{10} \sim 6.2 \times 10^{11}$										
D1. $\sim 6.2 \times 10^3$										D10. $6.2 \times 10^{11} \sim 6.2 \times 10^{12}$										
D2. $6.2 \times 10^3 \sim 6.2 \times 10^4$										D11. $6.2 \times 10^{12} \sim 6.2 \times 10^{13}$										
D3. $6.2 \times 10^4 \sim 6.2 \times 10^5$										D12. $6.2 \times 10^{13} \sim 6.2 \times 10^{14}$										
D4. $6.2 \times 10^5 \sim 6.2 \times 10^6$										D13. $6.2 \times 10^{14} \sim 6.2 \times 10^{15}$										
D5. $6.2 \times 10^6 \sim 6.2 \times 10^7$										D14. $6.2 \times 10^{15} \sim 6.2 \times 10^{16}$										
D6. $6.2 \times 10^7 \sim 6.2 \times 10^8$										D15. $6.2 \times 10^{16} \sim 6.2 \times 10^{17}$										
D7. $6.2 \times 10^8 \sim 6.2 \times 10^9$										D16. $6.2 \times 10^{17} \sim 6.2 \times 10^{18}$										
D8. $6.2 \times 10^9 \sim 6.2 \times 10^{10}$										D17. $6.2 \times 10^{18} \sim$										

(右列に続く)

E. 規格化エミッタンス ( $\pi$ mm·mrad)	①			②			③			E. 規格化エミッタンス ( $\pi$ mm·mrad)	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
E0. 特に指定せず										E5. $10^{-1} \sim 1$										
E1. $10^3 \sim$										E6. $10^{-2} \sim 10^{-1}$										
E2. $10^2 \sim 10^3$										E7. $10^{-3} \sim 10^{-2}$										
E3. $10^1 \sim 10^2$										E8. $10^{-4} \sim 10^{-3}$										
E4. $1 \sim 10^1$										E9. $\sim 10^{-4}$										

(右列に続く)

F. ビーム時間構造の型 (ビームの時間構造等については6頁参照)	①			②			③		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
F1. 連続ビーム 強さの変化はあるものの連続する(荷電粒子の場合は直流)ビーム									
F2. 連続的パルスビーム 実質的に1パルス1バンチと見なせて、パルス間隔が数nsec~μsec程度(パルス間隔が短く連続的にみえる)									
F3. パルスビーム 1パルスは複数あるいは多数のバンチから構成され、パルス間隔が数msec~sec程度									
F4. その他									



重イオンビームの詳細パラメータ表 (3)

G. ビーム継続時間										G. ビーム継続時間									
①			②			③			①			②			③				
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
G0. 特に指定せず									G11. 1 $\mu$ s $\sim$ 10 $\mu$ s										
G1. $\sim$ 1fs									G12. 10 $\mu$ s $\sim$ 100 $\mu$ s										
G2. 1fs $\sim$ 10fs									G13. 100 $\mu$ s $\sim$ 1ms										
G3. 10fs $\sim$ 100fs									G14. 1ms $\sim$ 10ms										
G4. 100fs $\sim$ 1ps									G15. 10ms $\sim$ 100ms										
G5. 1ps $\sim$ 10ps									G16. 100ms $\sim$ 1s										
G6. 10ps $\sim$ 100ps									G17. 1s $\sim$ 10s										
G7. 100ps $\sim$ 1ns									G18. 10s $\sim$ 100s										
G8. 1ns $\sim$ 10ns									G19. 100s $\sim$ 10 <sup>3</sup> s										
G9. 10ns $\sim$ 100ns									G20. 10 <sup>3</sup> s $\sim$ 10 <sup>4</sup> s										
G10. 100ns $\sim$ 1 $\mu$ s									G21. 10 <sup>4</sup> s $\sim$ 10 <sup>5</sup> s										
(右列に続く)									G22. 10 <sup>5</sup> s $\sim$										
上記のビーム時間構造でF4. の場合及びより詳細な条件等が挙げられる場合につきましては、以下にご提示をお願いいたします。																			
H. パルス繰り返し (Hz)										I. パルス幅 (長)									
①			②			③			①			②			③				
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
H0. 特に指定せず									I0. 特に指定せず										
H1. $\sim$ 0.1									I1. $\sim$ 1fs										
H2. 0.1 $\sim$ 1									I2. 1fs $\sim$ 10fs										
H3. 1 $\sim$ 10 <sup>1</sup>									I3. 10fs $\sim$ 100fs										
H4. 10 <sup>1</sup> $\sim$ 10 <sup>2</sup>									I4. 100fs $\sim$ 1ps										
H5. 10 <sup>2</sup> $\sim$ 10 <sup>3</sup>									I5. 1ps $\sim$ 10ps										
H6. 10 <sup>3</sup> $\sim$ 10 <sup>4</sup>									I6. 10ps $\sim$ 100ps										
H7. 10 <sup>4</sup> $\sim$ 10 <sup>5</sup>									I7. 100ps $\sim$ 1ns										
H8. 10 <sup>5</sup> $\sim$ 10 <sup>6</sup>									I8. 1ns $\sim$ 10ns										
H9. 10 <sup>6</sup> $\sim$									I9. 10ns $\sim$ 100ns										
J. パルス強度 (パルス強度に関し、指定すべき条件・範囲等がありましたら、以下の該当する欄にご記入ください。)									I10. 100ns $\sim$ 1 $\mu$ s										
①									I11. 1 $\mu$ s $\sim$ 10 $\mu$ s										
									I12. 10 $\mu$ s $\sim$ 100 $\mu$ s										
									I13. 100 $\mu$ s $\sim$ 1ms										
②									I14. 1ms $\sim$ 10ms										
									I15. 10ms $\sim$ 100ms										
									I16. 100ms $\sim$ 1s										
③									I17. 1s $\sim$										
									L. バンチ幅 (長)										
									①			②			③				
L0. 特に指定せず									L0. 特に指定せず										
L1. $\sim$ 1fs									L1. $\sim$ 1fs										
L2. 1fs $\sim$ 10fs									L2. 1fs $\sim$ 10fs										
L3. 10fs $\sim$ 100fs									L3. 10fs $\sim$ 100fs										
L4. 100fs $\sim$ 1ps									L4. 100fs $\sim$ 1ps										
L5. 1ps $\sim$ 10ps									L5. 1ps $\sim$ 10ps										
L6. 10ps $\sim$ 100ps									L6. 10ps $\sim$ 100ps										
L7. 100ps $\sim$ 1ns									L7. 100ps $\sim$ 1ns										
L8. 1ns $\sim$ 10ns									L8. 1ns $\sim$ 10ns										
L9. 10ns $\sim$ 100ns									L9. 10ns $\sim$ 100ns										
L10. 100ns $\sim$ 1 $\mu$ s									L10. 100ns $\sim$ 1 $\mu$ s										
L11. 1 $\mu$ s $\sim$									L11. 1 $\mu$ s $\sim$										
K. パルス内バンチ数																			
①			②			③			①			②			③				
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
K0. 特に指定せず									L4. 100fs $\sim$ 1ps										
K1. $\sim$ 10 <sup>1</sup>									L5. 1ps $\sim$ 10ps										
K2. 10 <sup>1</sup> $\sim$ 10 <sup>2</sup>									L6. 10ps $\sim$ 100ps										
K3. 10 <sup>2</sup> $\sim$ 10 <sup>3</sup>									L7. 100ps $\sim$ 1ns										
K4. 10 <sup>3</sup> $\sim$ 10 <sup>4</sup>									L8. 1ns $\sim$ 10ns										
K5. 10 <sup>4</sup> $\sim$ 10 <sup>5</sup>									L9. 10ns $\sim$ 100ns										
K6. 10 <sup>5</sup> $\sim$ 10 <sup>6</sup>									L10. 100ns $\sim$ 1 $\mu$ s										
K7. 10 <sup>6</sup> $\sim$ 10 <sup>7</sup>									L11. 1 $\mu$ s $\sim$										
K8. 10 <sup>7</sup> $\sim$																			
その他の重イオンビームパラメータの記述欄																			

## SQ2-4. (陽電子ビームを利用した研究と陽電子ビームの詳細について)

(SQ1-1. で回答されました中に陽電子ビームが含まれる場合) あなたが、①現在陽電子ビームを使用し行っている、②(実現できている陽電子ビーム仕様で)現在は使用できていないが、使用できれば行ってみたい、③(現在は技術的に不可能かあるいはほとんど利用することができない仕様の陽電子ビームであるが)将来使用できるようになれば行って見たい、研究について、その分野(5頁の分類にある場合はその記号を記入してください)及び(差し支えなければ)研究課題を下の表の該当する欄にご記入ください。また、その研究に使用する陽電子ビームについて、単独ビームでの使用か複合ビームでの使用か該当するものを丸で囲んでください。更に、③のものにつきましては、いつごろの将来の使用を考えているか該当する番号を丸で囲んでください。(紙面の都合により各々3つまでの回答欄を用意しておりますが、それを超える場合は欄を書き換えてください。)

	研究分野 5頁の分類にある場合はその記号を記入してください	研究課題名 差し支えない場合のみで結構です	ビーム使用 いずれか該当するものを丸で囲んでください		将来使用予定時期 1. ~4. のうち該当するものを丸で囲んでください	
			単独	複合		
①	1					
	2					
	3					
②	1					
	2					
	3					
③	1					1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上
	2					1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上
	3					1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上

また、上記①1~3、②1~3、③1~3の陽電子ビームにつきまして、下のビームの詳細を示すパラメータ表の個々のパラメータの右欄(①1~3、②1~3、③1~3)に✓印(いくつかの欄にまたがる場合は関係する欄すべてに✓印)の記入をお願いいたします(紙面の都合により各々3つまでの回答欄を用意しておりますが、それを超える場合は欄を書き換えてください)。なお、表に示すもの以外の陽電子ビーム仕様を表すパラメータがございましたら、表下部の「その他パラメータ記述欄」に具体的に記述してください。

陽電子ビームの詳細パラメータ表(1)

A. 陽電子エネルギー	①			②			③			B. エネルギー分解能 ( $\Delta E/E$ :%)	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
A0. 特に指定せず										B0. 特に指定せず										
A1. ~ 1MeV										B1. 12.8 ~										
A2. 1MeV~ 5MeV										B2. 6.4 ~ 12.8										
A3. 5MeV~ 10MeV										B3. 3.2 ~ 6.4										
A4. 10MeV~ 20MeV										B4. 1.6 ~ 3.2										
A5. 20MeV~ 50MeV										B5. 0.8 ~ 1.6										
A6. 50MeV~100MeV										B6. 0.4 ~ 0.8										
A7. 100MeV~200MeV										B7. 0.2 ~ 0.4										
A8. 200MeV~500MeV										B8. 0.1 ~ 0.2										
A9. 500MeV~ 1GeV										B9. 0.05 ~ 0.1										
A10. 1GeV~ 5GeV										B10. 0.02 ~ 0.05										
A11. 5GeV~ 10GeV										B11. 0.01 ~ 0.02										
A12. 10GeV~ 50GeV										B12. 0.005 ~ 0.01										
A13. 50GeV~100GeV										B13. 0.002 ~ 0.005										
A14. 100GeV~500GeV										B14. 0.001 ~ 0.002										
A15. 500GeV~ 1TeV										B15. ~ 0.001										
A16. 1TeV~																				

## 陽電子ビームの詳細パラメータ表 (2)

### C. ビーム径

CL. ビーム長径	①			②			③			CS. ビーム短径	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
CL0. 特に指定せず										CS0. 特に指定せず										
CL1. ~ 1nm										CS1. ~ 1nm										
CL2. 1nm~10nm										CS2. 1nm~10nm										
CL3. 10nm~100nm										CS3. 10nm~100nm										
CL4. 100nm~1μm										CS4. 100nm~1μm										
CL5. 1μm~10μm										CS5. 1μm~10μm										
CL6. 10μm~100μm										CS6. 10μm~100μm										
CL7. 100μm~1mm										CS7. 100μm~1mm										
CL8. 1mm~1cm										CS8. 1mm~1cm										
CL9. 1cm~10cm										CS9. 1cm~10cm										
CL10. 10cm~										CS10. 10cm~										

下の「平均ビーム強度」とは、ビームの強度が長い時間（パルス構造をもつ場合では、パルスの繰り返し時間以上）で平均化されたものをさします。

D. 平均ビーム強度 (e <sup>+</sup> /sec)	①			②			③			D. 平均ビーム強度 (e <sup>+</sup> /sec)	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
D0. 特に指定せず										D9. 6.2×10 <sup>10</sup> ~6.2×10 <sup>11</sup> (10nA~100nA)										
D1. ~6.2×10 <sup>3</sup> (~1fA)										D10. 6.2×10 <sup>11</sup> ~6.2×10 <sup>12</sup> (100nA~1μA)										
D2. 6.2×10 <sup>3</sup> ~6.2×10 <sup>4</sup> (1fA~10fA)										D11. 6.2×10 <sup>12</sup> ~6.2×10 <sup>13</sup> (1μA~10μA)										
D3. 6.2×10 <sup>4</sup> ~6.2×10 <sup>5</sup> (10fA~100fA)										D12. 6.2×10 <sup>13</sup> ~6.2×10 <sup>14</sup> (10μA~100μA)										
D4. 6.2×10 <sup>5</sup> ~6.2×10 <sup>6</sup> (100fA~1pA)										D13. 6.2×10 <sup>14</sup> ~6.2×10 <sup>15</sup> (100μA~1mA)										
D5. 6.2×10 <sup>6</sup> ~6.2×10 <sup>7</sup> (1pA~10pA)										D14. 6.2×10 <sup>15</sup> ~6.2×10 <sup>16</sup> (1mA~10mA)										
D6. 6.2×10 <sup>7</sup> ~6.2×10 <sup>8</sup> (10pA~100pA)										D15. 6.2×10 <sup>16</sup> ~6.2×10 <sup>17</sup> (10mA~100mA)										
D7. 6.2×10 <sup>8</sup> ~6.2×10 <sup>9</sup> (100pA~1nA)										D16. 6.2×10 <sup>17</sup> ~6.2×10 <sup>18</sup> (100mA~1A)										
D8. 6.2×10 <sup>9</sup> ~6.2×10 <sup>10</sup> (1nA~10nA)										D17. 6.2×10 <sup>18</sup> ~ (1A~)										

(右列に続く)

E. 規格化エミッタンス (πmm・mrad)	①			②			③			E. 規格化エミッタンス (πmm・mrad)	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
E0. 特に指定せず										E5. 10 <sup>-1</sup> ~1										
E1. 10 <sup>3</sup> ~										E6. 10 <sup>-2</sup> ~10 <sup>-1</sup>										
E2. 10 <sup>2</sup> ~10 <sup>3</sup>										E7. 10 <sup>-3</sup> ~10 <sup>-2</sup>										
E3. 10 <sup>1</sup> ~10 <sup>2</sup>										E8. 10 <sup>-4</sup> ~10 <sup>-3</sup>										
E4. 1~10 <sup>1</sup>										E9. ~10 <sup>-4</sup>										

(右列に続く)

F. ビーム時間構造の型 (ビームの時間構造等については6頁参照)	①			②			③		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
F1. 連続ビーム 強さの変化はあるものの連続する(荷電粒子の場合は直流)ビーム									
F2. 連続的パルスビーム 実質的に1パルス1バンチと見なせて、パルス間隔が数nsec~μsec程度(パルス間隔が短く連続的にみえる)									
F3. パルスビーム 1パルスは複数あるいは多数のバンチから構成され、パルス間隔が数msec~sec程度									
F4. その他									

陽電子ビームの詳細パラメータ表(3)

G. ビーム継続時間	①			②			③			G. ビーム継続時間	①			②			③		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
G0. 特に指定せず										G11. 1 $\mu$ s $\sim$ 10 $\mu$ s									
G1. $\sim$ 1fs										G12. 10 $\mu$ s $\sim$ 100 $\mu$ s									
G2. 1fs $\sim$ 10fs										G13. 100 $\mu$ s $\sim$ 1ms									
G3. 10fs $\sim$ 100fs										G14. 1ms $\sim$ 10ms									
G4. 100fs $\sim$ 1ps										G15. 10ms $\sim$ 100ms									
G5. 1ps $\sim$ 10ps										G16. 100ms $\sim$ 1s									
G6. 10ps $\sim$ 100ps										G17. 1s $\sim$ 10s									
G7. 100ps $\sim$ 1ns										G18. 10s $\sim$ 100s									
G8. 1ns $\sim$ 10ns										G19. 100s $\sim$ 10 <sup>3</sup> s									
G9. 10ns $\sim$ 100ns										G20. 10 <sup>3</sup> s $\sim$ 10 <sup>4</sup> s									
G10. 100ns $\sim$ 1 $\mu$ s										G21. 10 <sup>4</sup> s $\sim$ 10 <sup>5</sup> s									
(右列に続く)									G22. 10 <sup>5</sup> s $\sim$										

上記のビーム時間構造でF4. の場合及びより詳細な条件等が挙げられる場合につきましては、以下にご提示をお願いいたします。

H. パルス繰り返し (Hz)	①			②			③			I. パルス幅(長)	①			②			③											
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3									
H0. 特に指定せず										I0. 特に指定せず																		
H1. $\sim$ 10 <sup>1</sup>										I1. $\sim$ 1fs																		
H2. 10 <sup>1</sup> $\sim$ 10 <sup>2</sup>										I2. 1fs $\sim$ 10fs																		
H3. 10 <sup>2</sup> $\sim$ 10 <sup>3</sup>										I3. 10fs $\sim$ 100fs																		
H4. 10 <sup>3</sup> $\sim$ 10 <sup>4</sup>										I4. 100fs $\sim$ 1ps																		
H5. 10 <sup>4</sup> $\sim$ 10 <sup>5</sup>										I5. 1ps $\sim$ 10ps																		
H6. 10 <sup>5</sup> $\sim$ 10 <sup>6</sup>										I6. 10ps $\sim$ 100ps																		
H7. 10 <sup>6</sup> $\sim$ 10 <sup>7</sup>										I7. 100ps $\sim$ 1ns																		
H8. 10 <sup>7</sup> $\sim$										I8. 1ns $\sim$ 10ns																		
J. パルス強度 (パルス強度に関し、指定すべき条件・範囲等がありましたら、以下の該当する欄にご記入ください。)										I9. 10ns $\sim$ 100ns																		
										I10. 100ns $\sim$ 1 $\mu$ s																		
										I11. 1 $\mu$ s $\sim$ 10 $\mu$ s																		
										I12. 10 $\mu$ s $\sim$ 100 $\mu$ s																		
										I13. 100 $\mu$ s $\sim$ 1ms																		
										I14. 1ms $\sim$ 10ms																		
										I15. 10ms $\sim$ 100ms																		
										I16. 100ms $\sim$ 1s																		
										I17. 1s $\sim$																		
										L. パルス幅(長)										①			②			③		
																				1	2	3	1	2	3	1	2	3
										K. パルス内パルス数										L0. 特に指定せず								
																				L1. $\sim$ 1fs								
																				L2. 1fs $\sim$ 10fs								
																				L3. 10fs $\sim$ 100fs								
																				L4. 100fs $\sim$ 1ps								
L5. 1ps $\sim$ 10ps																												
L6. 10ps $\sim$ 100ps																												
L7. 100ps $\sim$ 1ns																												
L8. 1ns $\sim$ 10ns																												
L9. 10ns $\sim$ 100ns																												
L10. 100ns $\sim$ 1 $\mu$ s																												
L11. 1 $\mu$ s $\sim$																												

その他の陽電子ビームパラメータの記述欄

## SQ2-5. (放射光を利用した研究と放射光ビームの詳細について)

(SQ1-1. で回答されました中に放射光が含まれる場合)あなたが、①現在放射光を使用し行っている、②(実現できている放射光仕様で)現在は使用できていないが、使用できれば行ってみたい、③(現在は技術的に不可能かあるいはほとんど利用することができない仕様の放射光であるが)将来使用できるようになれば行って見たい、研究について、その分野(5頁の分類にある場合はその記号を記入してください)及び(差し支えなければ)研究課題を以下にご記入ください。また、その研究に使用する放射光について、単独ビームでの使用か複合ビームでの使用か該当するものを丸で囲んでください。更に、③のものにつきましては、いつごろの将来の使用を考えているか該当する番号を丸で囲んでください。(紙面の都合により各々3つまでの回答欄を用意しておりますが、それを越える場合は欄を書き換えてください。)

	研究分野 5頁の分類にある場合はその記号を記入してください	研究課題名 差し支えない場合のみでけっこうです	ビーム使用		将来使用予定時期 1. ~4. のうち該当するものを丸で囲んでください	
			いずれか該当するものを丸で囲んでください			
①	1		単独	複合		
	2		単独	複合		
	3		単独	複合		
②	1		単独	複合		
	2		単独	複合		
	3		単独	複合		
③	1		単独	複合		1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上
	2		単独	複合		1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上
	3		単独	複合		1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上

また、上記①1~3、②1~3、③1~3の放射光につきまして、下のビームの詳細を示すパラメータ表の個々のパラメータの右欄(①1~3、②1~3、③1~3)に✓印(いくつかの欄にまたがる場合は関係する欄すべてに✓印)の記入をお願いいたします(紙面の都合により各々3つまでの回答欄を用意しておりますが、それを越える場合は欄を書き換えてください)。なお、表に示すもの以外の放射光仕様を表すパラメータがございましたら、表下部の「その他パラメータ記述欄」に具体的に記述してください。

放射光の詳細パラメータ表(1)

A. 光子エネルギー (光子波長)	①			②			③			B. エネルギー分解能 ( $\Delta E/E$ )	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
A0. 特に指定せず										B0. 特に指定せず										
A1. ~ 0.1eV ( ~ 12 $\mu\text{m}$ )										B1. 10 ~										
A2. 0.1eV ~ 1 eV ( 12 $\mu\text{m}$ ~ 1.2 $\mu\text{m}$ )										B2. 1 ~ 10										
A3. 1 eV ~ 10 eV ( 1.2 $\mu\text{m}$ ~ 120 nm)										B3. $10^{-1}$ ~ 1										
A4. 10 eV ~ 100 eV ( 120 nm ~ 12 nm)										B4. $10^{-2}$ ~ $10^{-1}$										
A5. 100 eV ~ 1 keV ( 12 nm ~ 1.2nm)										B5. $10^{-3}$ ~ $10^{-2}$										
A6. 1 keV ~ 10 keV ( 1.2nm ~ 120 pm)										B6. $10^{-4}$ ~ $10^{-3}$										
A7. 10 keV ~ 100 keV ( 120 pm ~ 12 pm)										B7. $10^{-5}$ ~ $10^{-4}$										
A8. 100 keV ~ 1 MeV ( 12 pm ~ 1.2pm)										B8. $10^{-6}$ ~ $10^{-5}$										
A9. 1 MeV ~ ( 1.2pm ~ )										B9. $10^{-7}$ ~ $10^{-6}$										
										B10. $10^{-8}$ ~ $10^{-7}$										
										B11. $10^{-9}$ ~ $10^{-8}$										
										B12. $10^{-10}$ ~ $10^{-9}$										
										B13. $10^{-11}$ ~ $10^{-10}$										
										B14. $10^{-12}$ ~ $10^{-11}$										
										B15. ~ $10^{-12}$										

## 放射光の詳細パラメータ表(2)

CA. ビーム径 (放射光源から放出された直後の放射光ビームへの要求)																					
CAL. ビーム長径	①			②			③			CAS. ビーム短径	①			②			③				
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3		
CAL0. 特に指定せず										CAS0. 特に指定せず											
CAL1. ~ 10nm										CAS1. ~ 10nm											
CAL2. 10nm~100nm										CAS2. 10nm~100nm											
CAL3. 100nm~1μm										CAS3. 100nm~1μm											
CAL4. 1μm~10μm										CAS4. 1μm~10μm											
CAL5. 10μm~100μm										CAS5. 10μm~100μm											
CAL6. 100μm~1mm										CAS6. 100μm~1mm											
CAL7. 1mm~1cm										CAS7. 1mm~1cm											
CAL8. 1cm~10cm										CAS8. 1cm~10cm											
CAL9. 10cm~										CAS9. 10cm~											
CB. ビーム径 (上の放射光ビームに光学素子等で操作を加えた利用直前のビームへの要求)																					
CBL. ビーム長径	①			②			③			CBS. ビーム短径	①			②			③				
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3		
CBL0. 特に指定せず										CBS0. 特に指定せず											
CBL1. ~ 1nm										CBS1. ~ 1nm											
CBL2. 1nm~10nm										CBS2. 1nm~10nm											
CBL3. 10nm~100nm										CBS3. 10nm~100nm											
CBL4. 100nm~1μm										CBS4. 100nm~1μm											
CBL5. 1μm~10μm										CBS5. 1μm~10μm											
CBL6. 10μm~100μm										CBS6. 10μm~100μm											
CBL7. 100μm~1mm										CBS7. 100μm~1mm											
CBL8. 1mm~1cm										CBS8. 1mm~1cm											
CBL9. 1cm~10cm										CBS9. 1cm~10cm											
CBL10. 10cm~										CBS10. 10cm~											
以下のD. 光束、E. 光束(角)密度、F. 輝度については、時間的平均値とします。																					
D. 光束 (flux) (photons/sec/0.1%b.w.)	①			②			③			E. 光束(角)密度 (photons/sec/mrad <sup>2</sup> /0.1%b.w.)	①			②			③				
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3		
D0. 特に指定せず										E0. 特に指定せず											
D1. ~ 10 <sup>4</sup>										E1. ~ 10 <sup>5</sup>											
D2. 10 <sup>4</sup> ~ 10 <sup>5</sup>										E2. 10 <sup>6</sup> ~ 10 <sup>7</sup>											
D3. 10 <sup>5</sup> ~ 10 <sup>6</sup>										E3. 10 <sup>7</sup> ~ 10 <sup>8</sup>											
D4. 10 <sup>6</sup> ~ 10 <sup>7</sup>										E4. 10 <sup>8</sup> ~ 10 <sup>9</sup>											
D5. 10 <sup>7</sup> ~ 10 <sup>8</sup>										E5. 10 <sup>9</sup> ~ 10 <sup>10</sup>											
D6. 10 <sup>8</sup> ~ 10 <sup>9</sup>										E6. 10 <sup>10</sup> ~ 10 <sup>11</sup>											
D7. 10 <sup>9</sup> ~ 10 <sup>10</sup>										E7. 10 <sup>11</sup> ~ 10 <sup>12</sup>											
D8. 10 <sup>10</sup> ~ 10 <sup>11</sup>										E8. 10 <sup>12</sup> ~ 10 <sup>13</sup>											
D9. 10 <sup>11</sup> ~ 10 <sup>12</sup>										E9. 10 <sup>13</sup> ~ 10 <sup>14</sup>											
D10. 10 <sup>12</sup> ~ 10 <sup>13</sup>										E10. 10 <sup>14</sup> ~ 10 <sup>15</sup>											
D11. 10 <sup>13</sup> ~ 10 <sup>14</sup>										E11. 10 <sup>15</sup> ~ 10 <sup>16</sup>											
D12. 10 <sup>14</sup> ~ 10 <sup>15</sup>										E12. 10 <sup>16</sup> ~ 10 <sup>17</sup>											
D13. 10 <sup>15</sup> ~ 10 <sup>16</sup>										E13. 10 <sup>17</sup> ~ 10 <sup>18</sup>											
D14. 10 <sup>16</sup> ~ 10 <sup>17</sup>										E14. 10 <sup>18</sup> ~ 10 <sup>19</sup>											
D15. 10 <sup>17</sup> ~ 10 <sup>18</sup>										E15. 10 <sup>19</sup> ~ 10 <sup>20</sup>											
D16. 10 <sup>18</sup> ~ 10 <sup>19</sup>										E16. 10 <sup>20</sup> ~ 10 <sup>21</sup>											
D17. 10 <sup>19</sup> ~ 10 <sup>20</sup>										E17. 10 <sup>21</sup> ~ 10 <sup>22</sup>											
D18. 10 <sup>20</sup> ~										E18. 10 <sup>22</sup> ~											
F. 輝度 (photons/sec/mm <sup>2</sup> /mrad <sup>2</sup> /0.1%b.w.)	①			②			③			F. 輝度 (photons/sec/mm <sup>2</sup> /mrad <sup>2</sup> /0.1%b.w.)	①			②			③				
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3		
F0. 特に指定せず										F10. 10 <sup>16</sup> ~ 10 <sup>17</sup>											
F1. ~ 10 <sup>16</sup>										F11. 10 <sup>17</sup> ~ 10 <sup>18</sup>											
F2. 10 <sup>16</sup> ~ 10 <sup>17</sup>										F12. 10 <sup>18</sup> ~ 10 <sup>19</sup>											
F3. 10 <sup>17</sup> ~ 10 <sup>18</sup>										F13. 10 <sup>19</sup> ~ 10 <sup>20</sup>											
F4. 10 <sup>18</sup> ~ 10 <sup>19</sup>										F14. 10 <sup>20</sup> ~ 10 <sup>21</sup>											
F5. 10 <sup>19</sup> ~ 10 <sup>20</sup>										F15. 10 <sup>21</sup> ~ 10 <sup>22</sup>											
F6. 10 <sup>20</sup> ~ 10 <sup>21</sup>										F16. 10 <sup>22</sup> ~ 10 <sup>23</sup>											
F7. 10 <sup>21</sup> ~ 10 <sup>22</sup>										F17. 10 <sup>23</sup> ~ 10 <sup>24</sup>											
F8. 10 <sup>22</sup> ~ 10 <sup>23</sup>										F18. 10 <sup>24</sup> ~ 10 <sup>25</sup>											
F9. 10 <sup>23</sup> ~ 10 <sup>24</sup>										F19. 10 <sup>25</sup> ~ 10 <sup>26</sup>											
(右列に続く)										F20. 10 <sup>26</sup> ~											

放射光の詳細パラメータ表 (3)

G. ビーム時間構造の型 (ビームの時間構造等については6頁参照)				①			②			③		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3
G1. 連続ビーム 強さの変化はあるものの連続する(荷電粒子の場合は直流)ビーム												
G2. 連続的パルスビーム 実質的に1パルス1バンチと見なせて、パルス間隔が数nsec~ $\mu$ sec程度(パルス間隔が短く連続的にみえる)												
G3. パルスビーム 1パルスは複数あるいは多数のバンチから構成され、パルス間隔が数msec~sec程度												
G4. その他												
H. ビーム継続時間				①			②			③		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
H0. 特に指定せず												
H1. ~ 1fs												
H2. 1fs~10fs												
H3. 10fs~100fs												
H4. 100fs~1ps												
H5. 1ps~10ps												
H6. 10ps~100ps												
H7. 100ps~1ns												
H8. 1ns~10ns												
H9. 10ns~100ns												
H10. 100ns~1 $\mu$ s												
(右列に続く)												
H11. 1 $\mu$ s~10 $\mu$ s												
H12. 10 $\mu$ s~100 $\mu$ s												
H13. 100 $\mu$ s~1ms												
H14. 1ms~10ms												
H15. 10ms~100ms												
H16. 100ms~1s												
H17. 1s~10s												
H18. 10s~100s												
H19. 100s~10 <sup>3</sup> s												
H20. 10 <sup>3</sup> s~10 <sup>4</sup> s												
H21. 10 <sup>4</sup> s~10 <sup>5</sup> s												
H22. 10 <sup>5</sup> s~												
I. 偏光状態				①			②			③		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
I0. 特に指定せず												
I1. 無偏光												
I2. 直線水平偏光												
(右列に続く)												
I3. 直線垂直偏光												
I4. 円偏光												
I5. 楕円偏光												
上記のビーム時間構造でG4. の場合及びより詳細な条件等が挙げられる場合につきましては、以下にご提示をお願いいたします。												
J. パルス繰り返し (Hz)				①			②			③		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
J0. 特に指定せず												
J1. ~10 <sup>1</sup>												
J2. 10 <sup>1</sup> ~10 <sup>2</sup>												
J3. 10 <sup>2</sup> ~10 <sup>3</sup>												
J4. 10 <sup>3</sup> ~10 <sup>4</sup>												
J5. 10 <sup>4</sup> ~10 <sup>5</sup>												
J6. 10 <sup>5</sup> ~10 <sup>6</sup>												
J7. 10 <sup>6</sup> ~10 <sup>7</sup>												
J8. 10 <sup>7</sup> ~												
L. パルス強度 (パルス強度に関し、指定すべき条件・範囲等がありましたら、以下の該当する欄にご記入ください。)				①			②			③		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
①	1											
	2											
	3											
②	1											
	2											
	3											
③	1											
	2											
	3											
その他の放射光パラメータの記述欄												

**SQ2-6. (コヒーレント光子ビームを利用した研究とコヒーレント光子ビームの詳細について)**

(SQ1-1. で回答されました中にコヒーレント光子ビームが含まれる場合) あなたが、①現在コヒーレント光子ビームを使用している、②(実現できているコヒーレント光子ビーム仕様で)現在は使用できていないが、使用できれば行ってみたい、③(現在は技術的に不可能あるいはほとんど利用することができない仕様のコヒーレント光子ビームであるが)将来使用できるようになれば行って見たい、研究について、その分野(5頁の分類にある場合はその記号を記入してください)及び(差し支えなければ)研究課題を以下にご記入ください。また、その研究に使用するコヒーレント光子ビームについて、単独ビームでの使用か複合ビームでの使用か該当するものを丸で囲んでください。更に、③のものにつきましては、いつごろの将来の使用を考えているか該当する番号を丸で囲んでください。(紙面の都合により各々3つまでの回答欄を用意しておりますが、それを越える場合は欄を書き換えてください。)

	研究分野 5頁の分類にある場合はその記号を記入してください	研究課題名 差し支えない場合のみで結構です	ビーム使用		将来使用予定時期 1. ~4. のうち該当するものを丸で囲んでください	
			いずれか該当するものを丸で囲んでください			
①	1		単独	複合		
	2		単独	複合		
	3		単独	複合		
②	1		単独	複合		
	2		単独	複合		
	3		単独	複合		
③	1		単独	複合		1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上
	2		単独	複合		1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上
	3		単独	複合		1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上

また、上記①1~3、②1~3、③1~3のコヒーレント光子ビームにつきまして、下のビームの詳細を示すパラメータ表の個々のパラメータの右欄(①1~3、②1~3、③1~3)に✓印(いくつかの欄にまたがる場合は関係する欄すべてに✓印)の記入をお願いいたします(紙面の都合により各々3つまでの回答欄を用意しておりますが、それを越える場合は欄を書き換えてください)。なお、表に示すもの以外のコヒーレント光子ビーム仕様を表すパラメータがございましたら、表下部の「その他パラメータ記述欄」に具体的に記述してください。

**コヒーレント光子ビームの詳細パラメータ表(1)**

A. 光子エネルギー (光子波長)	①			②			③			B. エネルギー分解能 ( $\Delta E/E$ )	①			②			③		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
A0. 特に指定せず										B0. 特に指定せず									
A1. $\sim 10^{-3}$ eV ( $\sim 1.2$ mm)										B1. $10 \sim$									
A2. $10^{-3}$ eV $\sim 10^{-2}$ eV (1.2 mm $\sim 120$ $\mu$ m)										B2. $1 \sim 10$									
A3. $10^{-2}$ eV $\sim 10^{-1}$ eV (120 $\mu$ m $\sim 12$ $\mu$ m)										B3. $10^{-1} \sim 1$									
A4. $10^{-1}$ eV $\sim 1$ eV (12 $\mu$ m $\sim 1.2$ $\mu$ m)										B4. $10^{-2} \sim 10^{-1}$									
A5. $1$ eV $\sim 10$ eV (1.2 $\mu$ m $\sim 120$ nm)										B5. $10^{-3} \sim 10^{-2}$									
A6. $10$ eV $\sim 100$ eV (120 nm $\sim 12$ nm)										B6. $10^{-4} \sim 10^{-3}$									
A7. $100$ eV $\sim 1$ keV (12 nm $\sim 1.2$ nm)										B7. $10^{-5} \sim 10^{-4}$									
A8. $1$ keV $\sim 10$ keV (1.2 nm $\sim 120$ pm)										B8. $10^{-6} \sim 10^{-5}$									
A9. $10$ keV $\sim$ (120 pm $\sim$ )										B9. $10^{-7} \sim 10^{-6}$									
										B10. $10^{-8} \sim 10^{-7}$									
										B11. $10^{-9} \sim 10^{-8}$									
										B12. $10^{-10} \sim 10^{-9}$									
										B13. $10^{-11} \sim 10^{-10}$									
										B14. $10^{-12} \sim 10^{-11}$									
										B15. $\sim 10^{-12}$									



コヒーレント光子ビームの詳細パラメータ表 (2)

CA. ビーム径 (放射光源から放出された直後の放射光ビームへの要求)

CAL. ビーム長径	①			②			③			CAS. ビーム短径	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
CAL0. 特に指定せず										CAS0. 特に指定せず										
CAL1. ~ 10nm										CAS1. ~ 10nm										
CAL2. 10nm~100nm										CAS2. 10nm~100nm										
CAL3. 100nm~1μm										CAS3. 100nm~1μm										
CAL4. 1μm~10μm										CAS4. 1μm~10μm										
CAL5. 10μm~100μm										CAS5. 10μm~100μm										
CAL6. 100μm~1mm										CAS6. 100μm~1mm										
CAL7. 1mm~1cm										CAS7. 1mm~1cm										
CAL8. 1cm~10cm										CAS8. 1cm~10cm										
CAL9. 10cm~										CAS9. 10cm~										

CB. ビーム径 (上のビームに光学素子等で操作を加えた利用直前のビームへの要求)

CBL. ビーム長径	①			②			③			CBS. ビーム短径	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
CBLO. 特に指定せず										CBSO. 特に指定せず										
CBL1. ~ 1nm										CBS1. ~ 1nm										
CBL2. 1nm~10nm										CBS2. 1nm~10nm										
CBL3. 10nm~100nm										CBS3. 10nm~100nm										
CBL4. 100nm~1μm										CBS4. 100nm~1μm										
CBL5. 1μm~10μm										CBS5. 1μm~10μm										
CBL6. 10μm~100μm										CBS6. 10μm~100μm										
CBL7. 100μm~1mm										CBS7. 100μm~1mm										
CBL8. 1mm~1cm										CBS8. 1mm~1cm										
CBL9. 1cm~10cm										CBS9. 1cm~10cm										
CBL10. 10cm~										CBS10. 10cm~										

以下のD. 光束、E. 光束 (角) 密度、F. 輝度については、時間的平均値とします。

D. 光束 (flux) (photons/sec/0.1%b.w.)	①			②			③			E. 光束 (角) 密度 (photons/sec/ mrad <sup>2</sup> /0.1%b.w.)	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
D0. 特に指定せず										E0. 特に指定せず										
D1. ~ 10 <sup>8</sup>										E1. 10 <sup>9</sup> ~ 10 <sup>10</sup>										
D2. 10 <sup>8</sup> ~ 10 <sup>9</sup>										E2. 10 <sup>10</sup> ~ 10 <sup>11</sup>										
D3. 10 <sup>9</sup> ~ 10 <sup>10</sup>										E3. 10 <sup>11</sup> ~ 10 <sup>12</sup>										
D4. 10 <sup>10</sup> ~ 10 <sup>11</sup>										E4. 10 <sup>12</sup> ~ 10 <sup>13</sup>										
D5. 10 <sup>11</sup> ~ 10 <sup>12</sup>										E5. 10 <sup>13</sup> ~ 10 <sup>14</sup>										
D6. 10 <sup>12</sup> ~ 10 <sup>13</sup>										E6. 10 <sup>14</sup> ~ 10 <sup>15</sup>										
D7. 10 <sup>13</sup> ~ 10 <sup>14</sup>										E7. 10 <sup>15</sup> ~ 10 <sup>16</sup>										
D8. 10 <sup>14</sup> ~ 10 <sup>15</sup>										E8. 10 <sup>16</sup> ~ 10 <sup>17</sup>										
D9. 10 <sup>15</sup> ~ 10 <sup>16</sup>										E9. 10 <sup>17</sup> ~ 10 <sup>18</sup>										
D10. 10 <sup>16</sup> ~ 10 <sup>17</sup>										E10. 10 <sup>18</sup> ~ 10 <sup>19</sup>										
D11. 10 <sup>17</sup> ~ 10 <sup>18</sup>										E11. 10 <sup>19</sup> ~ 10 <sup>20</sup>										
D12. 10 <sup>18</sup> ~ 10 <sup>19</sup>										E12. 10 <sup>20</sup> ~ 10 <sup>21</sup>										
D13. 10 <sup>19</sup> ~ 10 <sup>20</sup>										E13. 10 <sup>21</sup> ~ 10 <sup>22</sup>										
D14. 10 <sup>20</sup> ~										E14. 10 <sup>22</sup> ~										

F. 輝度 (photons/sec/mm <sup>2</sup> /mrad <sup>2</sup> /0.1%b.w.)	①			②			③			F. 輝度 (photons/sec/mm <sup>2</sup> /mrad <sup>2</sup> /0.1%b.w.)	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
F0. 特に指定せず										F8. 10 <sup>18</sup> ~ 10 <sup>19</sup>										
F1. 10 <sup>11</sup> ~ 10 <sup>12</sup>										F9. 10 <sup>19</sup> ~ 10 <sup>20</sup>										
F2. 10 <sup>12</sup> ~ 10 <sup>13</sup>										F10. 10 <sup>20</sup> ~ 10 <sup>21</sup>										
F3. 10 <sup>13</sup> ~ 10 <sup>14</sup>										F11. 10 <sup>21</sup> ~ 10 <sup>22</sup>										
F4. 10 <sup>14</sup> ~ 10 <sup>15</sup>										F12. 10 <sup>22</sup> ~ 10 <sup>23</sup>										
F5. 10 <sup>15</sup> ~ 10 <sup>16</sup>										F13. 10 <sup>23</sup> ~ 10 <sup>24</sup>										
F6. 10 <sup>16</sup> ~ 10 <sup>17</sup>										F14. 10 <sup>24</sup> ~ 10 <sup>25</sup>										
F7. 10 <sup>17</sup> ~ 10 <sup>18</sup>										F15. 10 <sup>25</sup> ~ 10 <sup>26</sup>										
(右列に続く)										F16. 10 <sup>26</sup> ~										

コヒーレント光子ビームの詳細パラメータ表 (3)

GA. (時間的) ビーム長 ( $\lambda^2/\Delta\lambda$ で定義される)	①			②			③			GA. (時間的) ビーム長 ( $\lambda^2/\Delta\lambda$ で定義される)	①			②			③		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
GA0. 特に指定せず										GA4. 10 $\mu$ m~100 $\mu$ m									
GA1. ~100nm										GA5. 100 $\mu$ m~1mm									
GA2. 100nm~1 $\mu$ m										GA6. 1mm~1cm									
GA3. 1 $\mu$ m~10 $\mu$ m										GA7. 1cm~10cm									
(右列に続く)									GA8. 10cm~										
GB. 空間的コヒーレンスパラメータの記述欄 (要求がある場合)																			
①			②			③			①			②			③				
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
H. ビーム時間構造の型 (ビームの時間構造等については6頁参照)									①			②			③				
									1	2	3	1	2	3	1	2	3		
H1. 連続ビーム 強さの変化はあるものの連続する (荷電粒子の場合は直流) ビーム																			
H2. 連続的パルスビーム 実質的に1パルス1バンチと見なせて、パルス間隔が数 nsec~ $\mu$ sec 程度 (パルス間隔が短く連続的にみえる)																			
H3. パルスビーム 1パルスは複数あるいは多数のバンチから構成され、パルス間隔が数 msec~sec 程度																			
H4. その他																			
I. ビーム継続時間									①			②			③				
									1	2	3	1	2	3	1	2	3		
I0. 特に指定せず									I11. 1 $\mu$ s~10 $\mu$ s			I12. 10 $\mu$ s~100 $\mu$ s			I13. 100 $\mu$ s~1ms				
I1. ~1fs									I14. 1ms~10ms			I15. 10ms~100ms			I16. 100ms~1s				
I2. 1fs~10fs									I17. 1s~10s			I18. 10s~100s			I19. 100s~10 <sup>3</sup> s				
I3. 10fs~100fs									I20. 10 <sup>3</sup> s~10 <sup>4</sup> s			I21. 10 <sup>4</sup> s~10 <sup>5</sup> s			I22. 10 <sup>5</sup> s~				
I4. 100fs~1ps																			
I5. 1ps~10ps																			
I6. 10ps~100ps																			
I7. 100ps~1ns																			
I8. 1ns~10ns																			
I9. 10ns~100ns																			
I10. 100ns~1 $\mu$ s																			
(右列に続く)																			
J. 偏光状態									①			②			③				
									1	2	3	1	2	3	1	2	3		
J0. 特に指定せず									J3. 直線垂直偏光			J4. 円偏光			J5. 楕円偏光				
J1. 無偏光																			
J2. 直線水平偏光																			
(右列に続く)																			
上記のビーム時間構造でH4. の場合及びより詳細な条件等が挙げられる場合につきましては、以下にご提示をお願いいたします。																			
①			②			③			①			②			③				
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
その他のコヒーレント光子ビームパラメータの記述欄																			

## SQ2-7. (中性子ビームを利用した研究と中性子ビームの詳細について)

(SQ1-1. で回答されました中に中性子ビームが含まれる場合) あなたが、①現在中性子ビームを使用している、②(実現できている中性子ビーム仕様で) 現在は使用できていないが、使用できれば行ってみたい、③(現在は技術的に不可能かあるいはほとんど利用することができない仕様の中性子ビームであるが) 将来使用できるようになれば行って見たい、研究について、その分野(5頁の分類にある場合はその記号を記入してください) 及び(差し支えなければ) 研究課題を以下にご記入ください。また、その研究に使用する中性子ビームについて、単独ビームでの使用か複合ビームでの使用か該当するものを丸で囲んでください。更に、③のものにつきましては、いつごろの将来の使用を考えているか該当する番号を丸で囲んでください。(紙面の都合により各々3つまでの回答欄を用意しておりますが、それを超える場合は欄を書き換えてください。)

	研究分野 5頁の分類にある場合はその記号を記入してください	研究課題名 差し支えない場合のみでけっこうです	ビーム使用 いずれか該当するものを丸で囲んでください		将来使用予定時期 1. ~4. のうち該当するものを丸で囲んでください	
			単独	複合		
①	1					
	2					
	3					
②	1					
	2					
	3					
③	1					1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上
	2					1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上
	3					1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上

また、上記①1~3、②1~3、③1~3 の中性子ビームにつきまして、下のビームの詳細を示すパラメータ表の個々のパラメータの右欄(①1~3、②1~3、③1~3)に✓印(いくつかの欄にまたがる場合は関係するすべての欄に✓印)の記入をお願いいたします(紙面の都合により各々3つまでの回答欄を用意しておりますが、それを超える場合は欄を書き換えてください)。なお、表に示すもの以外の中性子ビーム仕様を表すパラメータがございましたら、表下部の「その他パラメータ記述欄」に具体的に記述してください。

中性子ビームの詳細パラメータ表(1)

A. 中性子エネルギー	①			②			③			A. 中性子エネルギー	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
A0. 特に指定せず										A16. 100 MeV ~ 1 GeV										
A1. ~ 1 $\mu$ eV										A17. 1 GeV ~										
A2. 1 $\mu$ eV ~ 10 $\mu$ eV										B. エネルギー分解能 ( $\Delta E/E$ :%)	①			②			③			
A3. 10 $\mu$ eV ~ 100 $\mu$ eV											1	2	3	1	2	3	1	2	3	
A4. 100 $\mu$ eV ~ 1 meV										B0. 特に指定せず										
A5. 1 meV ~ 10 meV										B1. 12.8 ~										
A6. 10 meV ~ 100 meV										B2. 6.4 ~ 12.8										
A7. 100 meV ~ 1 eV										B3. 3.2 ~ 6.4										
A8. 1 eV ~ 10 eV										B4. 1.6 ~ 3.2										
A9. 10 eV ~ 100 eV										B5. 0.8 ~ 1.6										
A10. 100 eV ~ 1 keV										B6. 0.4 ~ 0.8										
A11. 1 keV ~ 10 keV										B7. 0.2 ~ 0.4										
A12. 10 keV ~ 100 keV										B8. 0.1 ~ 0.2										
A13. 100 keV ~ 1 MeV										B9. 0.05 ~ 0.1										
A14. 1 MeV ~ 10 MeV										B10. 0.02 ~ 0.05										
A15. 10 MeV ~ 100 MeV										B11. 0.01 ~ 0.02										
(右列に続く)										B12. ~ 0.01										

中性子ビームの詳細パラメータ表(2)

C. ビーム径

CL. ビーム長径	①			②			③			CS. ビーム短径	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
CL0. 特に指定せず										CS0. 特に指定せず										
CL1. ~ 1nm										CS1. ~ 1nm										
CL2. 1nm~10nm										CS2. 1nm~10nm										
CL3. 10nm~100nm										CS3. 10nm~100nm										
CL4. 100nm~1μm										CS4. 100nm~1μm										
CL5. 1μm~10μm										CS5. 1μm~10μm										
CL6. 10μm~100μm										CS6. 10μm~100μm										
CL7. 100μm~1mm										CS7. 100μm~1mm										
CL8. 1mm~1cm										CS8. 1mm~1cm										
CL9. 1cm~10cm										CS9. 1cm~10cm										
CL10. 10cm~										CS10. 10cm~										

下の「フラックス」は、ビームの強度が長い時間（パルス構造をもつ場合では、パルスの繰り返し時間以上）で平均化されたものをさします。

D. フラックス (neutrons/cm <sup>2</sup> /sec)	①			②			③			D. フラックス (neutrons/cm <sup>2</sup> /sec)	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
D0. 特に指定せず										D7. 10 <sup>5</sup> ~10 <sup>9</sup>										
D1. ~10 <sup>3</sup>										D8. 10 <sup>9</sup> ~10 <sup>10</sup>										
D2. 10 <sup>3</sup> ~10 <sup>4</sup>										D9. 10 <sup>10</sup> ~10 <sup>11</sup>										
D3. 10 <sup>4</sup> ~10 <sup>5</sup>										D10. 10 <sup>11</sup> ~10 <sup>12</sup>										
D4. 10 <sup>5</sup> ~10 <sup>6</sup>										D11. 10 <sup>12</sup> ~10 <sup>13</sup>										
D5. 10 <sup>6</sup> ~10 <sup>7</sup>										D12. 10 <sup>13</sup> ~10 <sup>14</sup>										
D6. 10 <sup>7</sup> ~10 <sup>8</sup>										D13. 10 <sup>14</sup> ~10 <sup>15</sup>										
(右列に続く)										D14. 10 <sup>15</sup> ~										

E. ビーム時間構造の型 (ビーム時間構造等については6頁参照)	①			②			③		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
E1. 連続ビーム 強さの変化はあるものの連続する(荷電粒子の場合は直流)ビーム									
E2. 連続的パルスビーム 実質的に1パルス1バンチと見なせて、パルス間隔が数nsec~μsec程度(パルス間隔が短く連続的にみえる)									
E3. パルスビーム 1パルスは複数あるいは多数のバンチから構成され、パルス間隔が数msec~sec程度									
E4. その他									

F. ビーム継続時間	①			②			③			F. ビーム継続時間	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
F0. 特に指定せず										F11. 1μs~10μs										
F1. ~1fs										F12. 10μs~100μs										
F2. 1fs~10fs										F13. 100μs~1ms										
F3. 10fs~100fs										F14. 1ms~10ms										
F4. 100fs~1ps										F15. 10ms~100ms										
F5. 1ps~10ps										F16. 100ms~1s										
F6. 10ps~100ps										F17. 1s~10s										
F7. 100ps~1ns										F18. 10s~100s										
F8. 1ns~10ns										F19. 100s~10 <sup>3</sup> s										
F9. 10ns~100ns										F20. 10 <sup>3</sup> s~10 <sup>4</sup> s										
F10. 100ns~1μs										F21. 10 <sup>4</sup> s~10 <sup>5</sup> s										
(右列に続く)										F22. 10 <sup>5</sup> s~										

中性子ビームの詳細パラメータ表 (3)

上記のビーム時間構造でF4. の場合及びより詳細な条件等が挙げられる場合につきましては、以下にご提示をお願いいたします。

G. パルス繰り返し (Hz)										H. パルス幅 (長)																
①			②			③			①			②			③											
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3									
G0. 特に指定せず									H0. 特に指定せず																	
G1. ~ 0.1									H1. ~ 1 fs																	
G2. 0.1 ~ 1									H2. 1 fs ~ 10 fs																	
G3. 1 ~ 10 <sup>1</sup>									H3. 10 fs ~ 100 fs																	
G4. 10 <sup>1</sup> ~ 10 <sup>2</sup>									H4. 100 fs ~ 1 ps																	
G5. 10 <sup>2</sup> ~ 10 <sup>3</sup>									H5. 1 ps ~ 10 ps																	
G6. 10 <sup>3</sup> ~ 10 <sup>4</sup>									H6. 10 ps ~ 100 ps																	
G7. 10 <sup>4</sup> ~ 10 <sup>5</sup>									H7. 100 ps ~ 1 ns																	
G8. 10 <sup>5</sup> ~ 10 <sup>6</sup>									H8. 1 ns ~ 10 ns																	
G9. 10 <sup>6</sup> ~									H9. 10 ns ~ 100 ns																	
I. パルス強度 (パルス強度に関し、指定すべき条件・範囲等がありましたら、以下の該当する欄にご記入ください。)									H10. 100 ns ~ 1 μs																	
									H11. 1 μs ~ 10 μs																	
									H12. 10 μs ~ 100 μs																	
									H13. 100 μs ~ 1 ms																	
									H14. 1 ms ~ 10 ms																	
									H15. 10 ms ~ 100 ms																	
									H16. 100 ms ~ 1 s																	
									H17. 1 s ~																	
									①									K. バンチ幅 (長)								
									②									①								
③									②																	
									③																	
									K0. 特に指定せず																	
									K1. ~ 1 fs																	
									K2. 1 fs ~ 10 fs																	
									K3. 10 fs ~ 100 fs																	
									K4. 100 fs ~ 1 ps																	
									K5. 1 ps ~ 10 ps																	
									K6. 10 ps ~ 100 ps																	
									K7. 100 ps ~ 1 ns																	
									K8. 1 ns ~ 10 ns																	
									K9. 10 ns ~ 100 ns																	
									K10. 100 ns ~ 1 μs																	
									K11. 1 μs ~																	
J. パルス内バンチ数																										
①			②			③			①			②			③											
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3									
J0. 特に指定せず									K0. 特に指定せず																	
J1. ~ 10 <sup>1</sup>									K1. ~ 1 fs																	
J2. 10 <sup>1</sup> ~ 10 <sup>2</sup>									K2. 1 fs ~ 10 fs																	
J3. 10 <sup>2</sup> ~ 10 <sup>3</sup>									K3. 10 fs ~ 100 fs																	
J4. 10 <sup>3</sup> ~ 10 <sup>4</sup>									K4. 100 fs ~ 1 ps																	
J5. 10 <sup>4</sup> ~ 10 <sup>5</sup>									K5. 1 ps ~ 10 ps																	
J6. 10 <sup>5</sup> ~ 10 <sup>6</sup>									K6. 10 ps ~ 100 ps																	
J7. 10 <sup>6</sup> ~ 10 <sup>7</sup>									K7. 100 ps ~ 1 ns																	
J8. 10 <sup>7</sup> ~									K8. 1 ns ~ 10 ns																	
									K9. 10 ns ~ 100 ns																	
									K10. 100 ns ~ 1 μs																	
									K11. 1 μs ~																	
その他の中性子ビームパラメータの記述欄																										

## SQ2-8. ( $\mu$ 粒子ビームを利用した研究と $\mu$ 粒子ビームの詳細について)

(SQ1-1. で回答されました中に $\mu$ 粒子ビームが含まれる場合)あなたが、①現在 $\mu$ 粒子ビームを使用している、②(実現できている $\mu$ 粒子ビーム仕様で)現在は使用できていないが、使用できれば行ってみたい、③(現在は技術的に不可能かあるいはほとんど利用することができない仕様の $\mu$ 粒子ビームであるが)将来使用できるようになれば行って見たい、研究について、その分野(5頁の分類にある場合はその記号を記入してください)及び(差し支えなければ)研究課題を以下にご記入ください。また、その研究に使用する $\mu$ 粒子ビームについて、単独ビームでの使用か複合ビームでの使用か該当するものを丸で囲んでください。更に、③のものにつきましては、いつごろの将来の使用を考えているか該当する番号を丸で囲んでください。(紙面の都合により各々3つまでの回答欄を用意しておりますが、それを超える場合は欄を書き換えてください。)

	研究分野 5頁の分類にある場合はその記号を記入してください	研究課題名 差し支えない場合のみでけっこうです	ビーム使用 いずれか該当するものを丸で囲んでください		将来使用予定時期 1. ~4. のうち該当するものを丸で囲んでください
			単独	複合	
①	1				
	2				
	3				
②	1				
	2				
	3				
③	1				1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上
	2				1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上
	3				1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上

また、上記①1~3、②1~3、③1~3の $\mu$ 粒子ビームにつきまして、下のビームの詳細を示すパラメータ表の個々のパラメータの右欄(①1~3、②1~3、③1~3)に $\checkmark$ 印(いくつかの欄にまたがる場合は関係する欄すべてに $\checkmark$ 印)の記入をお願いいたします(紙面の都合により各々3つまでの回答欄を用意しておりますが、それを超える場合は欄を書き換えてください)。なお、表に示すもの以外の $\mu$ 粒子ビーム仕様を表すパラメータがございましたら、表下部の「その他パラメータ記述欄」に具体的に記述してください。

$\mu$ 粒子ビームの詳細パラメータ表(1)

A. $\mu$ 粒子エネルギー	①			②			③			B. エネルギー分解能 ( $\Delta E/E$ :%)	①			②			③		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
A0. 特に指定せず										B0. 特に指定せず									
A1. ~ 1MeV										B1. 12.8 ~									
A2. 1MeV~ 5MeV										B2. 6.4 ~ 12.8									
A3. 5MeV~ 10MeV										B3. 3.2 ~ 6.4									
A4. 10MeV~ 20MeV										B4. 1.6 ~ 3.2									
A5. 20MeV~ 50MeV										B5. 0.8 ~ 1.6									
A6. 50MeV~100MeV										B6. 0.4 ~ 0.8									
A7. 100MeV~200MeV										B7. 0.2 ~ 0.4									
A8. 200MeV~500MeV										B8. 0.1 ~ 0.2									
A9. 500MeV~ 1GeV										B9. 0.05 ~ 0.1									
A10. 1GeV~ 5GeV										B10. 0.02 ~ 0.05									
A11. 5GeV~ 10GeV										B11. 0.01 ~ 0.02									
A12. 10GeV~ 50GeV										B12. 0.005 ~ 0.01									
A13. 50GeV~100GeV										B13. 0.002 ~ 0.005									
A14. 100GeV ~										B14. 0.001 ~ 0.002									
										B15. ~ 0.001									

## μ粒子ビームの詳細パラメータ表 (2)

CL. ビーム長径		C. ビーム径									CS. ビーム短径										
		①			②			③					①			②			③		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
CL0. 特に指定せず											CS0. 特に指定せず										
CL1. ~ 1nm											CS1. ~ 1nm										
CL2. 1nm~10nm											CS2. 1nm~10nm										
CL3. 10nm~100nm											CS3. 10nm~100nm										
CL4. 100nm~1μm											CS4. 100nm~1μm										
CL5. 1μm~10μm											CS5. 1μm~10μm										
CL6. 10μm~100μm											CS6. 10μm~100μm										
CL7. 100μm~1mm											CS7. 100μm~1mm										
CL8. 1mm~1cm											CS8. 1mm~1cm										
CL9. 1cm~10cm											CS9. 1cm~10cm										
CL10. 10cm~											CS10. 10cm~										
下の「平均ビーム強度」とは、ビームの強度が長い時間（パルス構造をもつ場合では、パルスの繰り返し時間以上）で平均化されたものをさします。																					
D. 平均ビーム強度 (muons/sec)		①			②			③			D. 平均ビーム強度 (muons/sec)		①			②			③		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3			1	2	3	1	2	3	1	2	3
D0. 特に指定せず											D6. $10^7 \sim 10^8$										
D1. $\sim 10^3$											D7. $10^8 \sim 10^9$										
D2. $10^3 \sim 10^4$											D8. $10^9 \sim 10^{10}$										
D3. $10^4 \sim 10^5$											D9. $10^{10} \sim 10^{11}$										
D4. $10^5 \sim 10^6$											D10. $10^{11} \sim 10^{12}$										
D5. $10^6 \sim 10^7$											D11. $10^{12} \sim$										
(右列に続く)																					
E. 規格化エミッタンス ( $\pi$ mm·mrad)		①			②			③			E. 規格化エミッタンス ( $\pi$ mm·mrad)		①			②			③		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3			1	2	3	1	2	3	1	2	3
E0. 特に指定せず											E5. $10^{-1} \sim 1$										
E1. $10^3 \sim$											E6. $10^{-2} \sim 10^{-1}$										
E2. $10^2 \sim 10^3$											E7. $10^{-3} \sim 10^{-2}$										
E3. $10^1 \sim 10^2$											E8. $10^{-4} \sim 10^{-3}$										
E4. $1 \sim 10^1$											E9. $\sim 10^{-4}$										
(右列に続く)																					
F. ビーム時間構造の型 (ビームの時間構造等については6頁参照)											①			②			③				
											1	2	3	1	2	3	1	2	3		
F1. 連続ビーム 強さの変化はあるものの連続する(荷電粒子の場合は直流)ビーム																					
F2. 連続的パルスビーム 実質的に1パルス1バンチと見なせて、パルス間隔が数nsec~μsec程度(パルス間隔が短く連続的にみえる)																					
F3. パルスビーム 1パルスは複数あるいは多数のバンチから構成され、パルス間隔が数msec~sec程度																					
F4. その他																					
G. ビーム継続時間		①			②			③			G. ビーム継続時間		①			②			③		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3			1	2	3	1	2	3	1	2	3
G0. 特に指定せず											G11. 1μs~10μs										
G1. ~ 1fs											G12. 10μs~100μs										
G2. 1fs~10fs											G13. 100μs~1ms										
G3. 10fs~100fs											G14. 1ms~10ms										
G4. 100fs~1ps											G15. 10ms~100ms										
G5. 1ps~10ps											G16. 100ms~1s										
G6. 10ps~100ps											G17. 1s~10s										
G7. 100ps~1ns											G18. 10s~100s										
G8. 1ns~10ns											G19. 100s~10 <sup>3</sup> s										
G9. 10ns~100ns											G20. 10 <sup>3</sup> s~10 <sup>4</sup> s										
G10. 100ns~1μs											G21. 10 <sup>4</sup> s~10 <sup>5</sup> s										
(右列に続く)																					
G22. 10 <sup>5</sup> s~																					

μ粒子ビームの詳細パラメータ表(3)

上記のビーム時間構造でF4. の場合及びより詳細な条件等が挙げられる場合につきましては、以下にご提示をお願いいたします。

H. パルス繰り返し (Hz)				①			②			③			I. パルス幅(長)				①			②			③						
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
H0. 特に指定せず													I0. 特に指定せず																
H1. ~ 0.1													I1. ~ 1fs																
H2. 0.1~ 1													I2. 1fs~ 10fs																
H3. 1 ~ 10 <sup>1</sup>													I3. 10fs~100fs																
H4. 10 <sup>1</sup> ~ 10 <sup>2</sup>													I4. 100fs~ 1ps																
H5. 10 <sup>2</sup> ~ 10 <sup>3</sup>													I5. 1ps~ 10ps																
H6. 10 <sup>3</sup> ~ 10 <sup>4</sup>													I6. 10ps~100ps																
H7. 10 <sup>4</sup> ~ 10 <sup>5</sup>													I7. 100ps~ 1ns																
H8. 10 <sup>5</sup> ~ 10 <sup>6</sup>													I8. 1ns~ 10ns																
H9. 10 <sup>6</sup> ~													I9. 10ns~100ns																
J. パルス強度 (パルス強度に関し、指定すべき条件・範囲等がありましたら、以下の該当する欄にご記入ください。)												I10. 100ns~ 1μs																	
												I11. 1μs~ 10μs																	
												I12. 10μs~100μs																	
				①								I13. 100μs~ 1ms																	
				1								I14. 1ms~ 10ms																	
				2								I15. 10ms~100ms																	
				3								I16. 100ms~ 1s																	
				②								I17. 1s~																	
				1																									
				2																									
3																													
K. パルス内バンチ数				①			②			③			L. バンチ幅(長)				①			②			③						
								1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
				K0. 特に指定せず													L0. 特に指定せず												
				K1. ~10 <sup>1</sup>													L1. ~ 1fs												
				K2. 10 <sup>1</sup> ~10 <sup>2</sup>													L2. 1fs~ 10fs												
				K3. 10 <sup>2</sup> ~10 <sup>3</sup>													L3. 10fs~100fs												
				K4. 10 <sup>3</sup> ~10 <sup>4</sup>													L4. 100fs~ 1ps												
				K5. 10 <sup>4</sup> ~10 <sup>5</sup>													L5. 1ps~ 10ps												
				K6. 10 <sup>5</sup> ~10 <sup>6</sup>													L6. 10ps~100ps												
				K7. 10 <sup>6</sup> ~10 <sup>7</sup>													L7. 100ps~ 1ns												
				K8. 10 <sup>7</sup> ~													L8. 1ns~ 10ns												
																	L9. 10ns~100ns												
													L10. 100ns~ 1μs																
													L11. 1μs~																
その他のμ粒子ビームパラメータの記述欄																													



## SQ2-9. (中間子ビームを利用した研究と中間子ビームの詳細について)

(SQ1-1. で回答されました中に中間子ビームが含まれる場合) あなたが、①現在中間子ビームを使用し行っている、②(実現できている中間子ビーム仕様で)現在は使用できていないが、使用できれば行ってみたい、③(現在は技術的に不可能かあるいはほとんど利用することができない仕様の中間子ビームであるが)将来使用できるようになれば行って見たい、研究について、その分野(5頁の分類にある場合はその記号を記入してください)及び(差し支えなければ)研究課題を以下にご記入ください。また、その研究に使用する中間子ビームについて、中間子の種類をご記入の上、単独ビームでの使用か複合ビームでの使用か該当するものを丸で囲んでください。更に、③のものにつきましては、いつごろの将来の使用を考えているか該当する番号を丸で囲んでください。(紙面の都合により各々3つまでの回答欄を用意しておりますが、それを超える場合は欄を書き換えてください。)

	研究分野 5頁の分類にある場合はその記号を記入してください	研究課題名 差し支えない場合のみでけっこうです	中間子の種類	ビーム使用 いずれか該当するものを丸で囲んでください		将来使用予定時期 1. ~4. のうち該当するものを丸で囲んでください
				単独	複合	
①	1			単独	複合	
	2			単独	複合	
	3			単独	複合	
②	1			単独	複合	
	2			単独	複合	
	3			単独	複合	
③	1			単独	複合	1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上
	2			単独	複合	1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上
	3			単独	複合	1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上

また、上記①1~3、②1~3、③1~3の中間子ビームにつきまして、下のビームの詳細を示すパラメータ表の個々のパラメータの右欄(①1~3、②1~3、③1~3)に✓印(いくつかの欄にまたがる場合は関係する欄すべてに✓印)の記入をお願いいたします(紙面の都合により各々3つまでの回答欄を用意しておりますが、それを超える場合は欄を書き換えてください)。なお、表に示すもの以外の中間子ビーム仕様を表すパラメータがございましたら、表下部の「その他パラメータ記述欄」に具体的に記述してください。

中間子ビームの詳細パラメータ表(1)

A. 中間子エネルギー	①			②			③			B. エネルギー分解能 ( $\Delta E/E$ :%)	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
A0. 特に指定せず										B0. 特に指定せず										
A1. ~ 1MeV										B1. 12.8 ~										
A2. 1MeV~ 5MeV										B2. 6.4 ~ 12.8										
A3. 5MeV~ 10MeV										B3. 3.2 ~ 6.4										
A4. 10MeV~ 20MeV										B4. 1.6 ~ 3.2										
A5. 20MeV~ 50MeV										B5. 0.8 ~ 1.6										
A6. 50MeV~100MeV										B6. 0.4 ~ 0.8										
A7. 100MeV~200MeV										B7. 0.2 ~ 0.4										
A8. 200MeV~500MeV										B8. 0.1 ~ 0.2										
A9. 500MeV~ 1GeV										B9. 0.05 ~ 0.1										
A10. 1GeV~ 5GeV										B10. 0.02 ~ 0.05										
A11. 5GeV~ 10GeV										B11. 0.01 ~ 0.02										
A12. 10GeV~ 50GeV										B12. 0.005 ~ 0.01										
A13. 50GeV~100GeV										B13. 0.002 ~ 0.005										
A14. 100GeV ~										B14. 0.001 ~ 0.002										
										B15. ~ 0.001										

中間子ビームの詳細パラメータ表 (2)

C. ビーム径

CL. ビーム長径	①			②			③			CS. ビーム短径	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
CL0. 特に指定せず										CS0. 特に指定せず										
CL1. ~ 1nm										CS1. ~ 1nm										
CL2. 1nm~10nm										CS2. 1nm~10nm										
CL3. 10nm~100nm										CS3. 10nm~100nm										
CL4. 100nm~1μm										CS4. 100nm~1μm										
CL5. 1μm~10μm										CS5. 1μm~10μm										
CL6. 10μm~100μm										CS6. 10μm~100μm										
CL7. 100μm~1mm										CS7. 100μm~1mm										
CL8. 1mm~1cm										CS8. 1mm~1cm										
CL9. 1cm~10cm										CS9. 1cm~10cm										
CL10. 10cm~										CS10. 10cm~										

下の「平均ビーム強度」とは、ビームの強度が長い時間（パルス構造をもつ場合は、パルスの繰り返し時間以上）で平均化されたものをさします。

D. 平均ビーム強度 (mesons/sec)	①			②			③			D. 平均ビーム強度 (mesons/sec)	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
D0. 特に指定せず										D6. $10^7 \sim 10^8$										
D1. $\sim 10^3$										D7. $10^8 \sim 10^9$										
D2. $10^3 \sim 10^4$										D8. $10^9 \sim 10^{10}$										
D3. $10^4 \sim 10^5$										D9. $10^{10} \sim 10^{11}$										
D4. $10^5 \sim 10^6$										D10. $10^{11} \sim 10^{12}$										
D5. $10^6 \sim 10^7$										D11. $10^{12} \sim$										

(右列に続く)

E. ビーム時間構造の型 (ビーム時間構造等については6頁参照)	①			②			③		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
E1. 連続ビーム 強さの変化はあるものの連続する(荷電粒子の場合は直流)ビーム									
E2. 連続的パルスビーム 実質的に1パルス1バンチと見なせて、パルス間隔が数nsec~μsec程度(パルス間隔が短く連続的に見える)									
E3. パルスビーム 1パルスは複数あるいは多数のバンチから構成され、パルス間隔が数msec~sec程度									
E4. その他									

F. ビーム継続時間	①			②			③			F. ビーム継続時間	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
F0. 特に指定せず										F11. 1μs~10μs										
F1. ~ 1fs										F12. 10μs~100μs										
F2. 1fs~10fs										F13. 100μs~1ms										
F3. 10fs~100fs										F14. 1ms~10ms										
F4. 100fs~1ps										F15. 10ms~100ms										
F5. 1ps~10ps										F16. 100ms~1s										
F6. 10ps~100ps										F17. 1s~10s										
F7. 100ps~1ns										F18. 10s~100s										
F8. 1ns~10ns										F19. 100s~10 <sup>3</sup> s										
F9. 10ns~100ns										F20. 10 <sup>3</sup> s~10 <sup>4</sup> s										
F10. 100ns~1μs										F21. 10 <sup>4</sup> s~10 <sup>5</sup> s										
										F22. 10 <sup>5</sup> s~										

(右列に続く)

中間子ビームの詳細パラメータ表(3)

上記のビーム時間構造でE 4. の場合及びより詳細な条件等が挙げられる場合につきましては、以下にご提示をお願いいたします。

G. パルス繰り返し (Hz)										H. パルス幅 (長)									
①			②			③			①			②			③				
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
G0. 特に指定せず									H0. 特に指定せず										
G1. $\sim 0.1$									H1. $\sim 1\text{fs}$										
G2. $0.1\sim 1$									H2. $1\text{fs}\sim 10\text{fs}$										
G3. $1\sim 10^1$									H3. $10\text{fs}\sim 100\text{fs}$										
G4. $10^1\sim 10^2$									H4. $100\text{fs}\sim 1\text{ps}$										
G5. $10^2\sim 10^3$									H5. $1\text{ps}\sim 10\text{ps}$										
G6. $10^3\sim 10^4$									H6. $10\text{ps}\sim 100\text{ps}$										
G7. $10^4\sim 10^5$									H7. $100\text{ps}\sim 1\text{ns}$										
G8. $10^5\sim 10^6$									H8. $1\text{ns}\sim 10\text{ns}$										
G9. $10^6\sim$									H9. $10\text{ns}\sim 100\text{ns}$										
I. パルス強度 (パルス強度に関し、指定すべき条件・範囲等がありましたら、以下の該当する欄にご記入ください。)										H10. $100\text{ns}\sim 1\mu\text{s}$									
										H11. $1\mu\text{s}\sim 10\mu\text{s}$									
										H12. $10\mu\text{s}\sim 100\mu\text{s}$									
										H13. $100\mu\text{s}\sim 1\text{ms}$									
①										H14. $1\text{ms}\sim 10\text{ms}$									
										H15. $10\text{ms}\sim 100\text{ms}$									
②										H16. $100\text{ms}\sim 1\text{s}$									
										H17. $1\text{s}\sim$									
										K. バンチ幅 (長)									
①			②			③			①			②			③				
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
J. パルス内バンチ数									K0. 特に指定せず										
J0. 特に指定せず									K1. $\sim 1\text{fs}$										
J1. $\sim 10^1$									K2. $1\text{fs}\sim 10\text{fs}$										
J2. $10^1\sim 10^2$									K3. $10\text{fs}\sim 100\text{fs}$										
J3. $10^2\sim 10^3$									K4. $100\text{fs}\sim 1\text{ps}$										
J4. $10^3\sim 10^4$									K5. $1\text{ps}\sim 10\text{ps}$										
J5. $10^4\sim 10^5$									K6. $10\text{ps}\sim 100\text{ps}$										
J6. $10^5\sim 10^6$									K7. $100\text{ps}\sim 1\text{ns}$										
J7. $10^6\sim 10^7$									K8. $1\text{ns}\sim 10\text{ns}$										
J8. $10^7\sim$									K9. $10\text{ns}\sim 100\text{ns}$										
									K10. $100\text{ns}\sim 1\mu\text{s}$										
									K11. $1\mu\text{s}\sim$										

その他の中間子ビームパラメータの記述欄

## SQ2-10. (反陽子ビームを利用した研究と反陽子ビームの詳細について)

(SQ1-1. で回答されました中に反陽子ビームが含まれる場合) あなたが、①現在反陽子ビームを使用している、②(実現できている反陽子ビーム仕様で)現在は使用できていないが、使用できれば行ってみたい、③(現在は技術的に不可能かあるいはほとんど利用することができない仕様の反陽子ビームであるが)将来使用できるようになれば行って見たい、研究について、その分野(5頁の分類にある場合はその記号を記入してください)及び(差し支えなければ)研究課題を下の表の該当する欄にご記入ください。また、その研究に使用する反陽子ビームについて、単独ビームでの使用か複合ビームでの使用か該当するものを丸で囲んでください。更に、③のものにつきましては、いつごろの将来の使用を考えているか該当する番号を丸で囲んでください。(紙面の都合により各々3つまでの回答欄を用意しておりますが、それを超える場合は欄を書き換えてください。)

	研究分野 5頁の分類にある場合はその記号を記入してください	研究課題名 差し支えない場合のみでけっこうです	ビーム使用 いずれか該当するものを丸で囲んでください		将来使用予定時期 1. ~4. のうち該当するものを丸で囲んでください	
			単独	複合		
①	1		単独	複合		
	2		単独	複合		
	3		単独	複合		
②	1		単独	複合		
	2		単独	複合		
	3		単独	複合		
③	1		単独	複合		1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上
	2		単独	複合		1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上
	3		単独	複合		1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上

また、上記①1~3、②1~3、③1~3の反陽子ビームにつきまして、下のビームの詳細を示すパラメータ表の個々のパラメータの右欄(①1~3、②1~3、③1~3)に✓印(いくつかの欄にまたがる場合は関係する欄すべてに✓印)の記入をお願いいたします(紙面の都合により各々3つまでの回答欄を用意しておりますが、それを超える場合は欄を書き換えてください)。なお、表に示すもの以外の反陽子ビーム仕様を表すパラメータがございましたら、表下部の「その他パラメータ記述欄」に具体的に記述してください。

反陽子ビームの詳細パラメータ表(1)

A. 反陽子エネルギー	①			②			③			B. エネルギー分解能 ( $\Delta E/E$ :%)	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
A0. 特に指定せず										B0. 特に指定せず										
A1. ~ 1MeV										B1. 12.8 ~										
A2. 1MeV~ 5MeV										B2. 6.4 ~ 12.8										
A3. 5MeV~ 10MeV										B3. 3.2 ~ 6.4										
A4. 10MeV~ 20MeV										B4. 1.6 ~ 3.2										
A5. 20MeV~ 50MeV										B5. 0.8 ~ 1.6										
A6. 50MeV~100MeV										B6. 0.4 ~ 0.8										
A7. 100MeV~200MeV										B7. 0.2 ~ 0.4										
A8. 200MeV~500MeV										B8. 0.1 ~ 0.2										
A9. 500MeV~ 1GeV										B9. 0.05 ~ 0.1										
A10. 1GeV~ 5GeV										B10. 0.02 ~ 0.05										
A11. 5GeV~ 10GeV										B11. 0.01 ~ 0.02										
A12. 10GeV~ 50GeV										B12. 0.005 ~ 0.01										
A13. 50GeV~100GeV										B13. 0.002 ~ 0.005										
A14. 100GeV~500GeV										B14. 0.001 ~ 0.002										
A15. 500GeV~ 1TeV										B15. ~ 0.001										
A16. 1TeV~																				

## 反陽子ビームの詳細パラメータ表 (2)

### C. ビーム径

CL. ビーム長径	①			②			③			CS. ビーム短径	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
CL0. 特に指定せず										CS0. 特に指定せず										
CL1. ~ 1nm										CS1. ~ 1nm										
CL2. 1nm~ 10nm										CS2. 1nm~ 10nm										
CL3. 10nm~100nm										CS3. 10nm~100nm										
CL4. 100nm~ 1μm										CS4. 100nm~ 1μm										
CL5. 1μm~ 10μm										CS5. 1μm~ 10μm										
CL6. 10μm~100μm										CS6. 10μm~100μm										
CL7. 100μm~ 1mm										CS7. 100μm~ 1mm										
CL8. 1mm~ 1cm										CS8. 1mm~ 1cm										
CL9. 1cm~ 10cm										CS9. 1cm~ 10cm										
CL10. 10cm~										CS10. 10cm~										

下の「平均ビーム強度」とは、ビームの強度が長い時間（パルス構造をもつ場合には、パルスの繰り返し時間以上）で平均化されたものをさします。

D. 平均ビーム強度 (p/sec)	①			②			③			D. 平均ビーム強度 (p/sec)	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
D0. 特に指定せず										D9. $6.2 \times 10^{10} \sim 6.2 \times 10^{11}$ (10nA~100nA)										
D1. ~ $6.2 \times 10^3$ (~ 1fA)										D10. $6.2 \times 10^{11} \sim 6.2 \times 10^{12}$ (100nA~ 1μA)										
D2. $6.2 \times 10^3 \sim 6.2 \times 10^4$ (1fA ~ 10fA)										D11. $6.2 \times 10^{12} \sim 6.2 \times 10^{13}$ (1μA~ 10μA)										
D3. $6.2 \times 10^4 \sim 6.2 \times 10^5$ (10fA~100fA)										D12. $6.2 \times 10^{13} \sim 6.2 \times 10^{14}$ (10μA~100μA)										
D4. $6.2 \times 10^5 \sim 6.2 \times 10^6$ (100fA~ 1pA)										D13. $6.2 \times 10^{14} \sim 6.2 \times 10^{15}$ (100μA~ 1mA)										
D5. $6.2 \times 10^6 \sim 6.2 \times 10^7$ (1pA~ 10pA)										D14. $6.2 \times 10^{15} \sim 6.2 \times 10^{16}$ (1mA~ 10mA)										
D6. $6.2 \times 10^7 \sim 6.2 \times 10^8$ (10pA~100pA)										D15. $6.2 \times 10^{16} \sim 6.2 \times 10^{17}$ (10mA~100mA)										
D7. $6.2 \times 10^8 \sim 6.2 \times 10^9$ (100pA~ 1nA)										D16. $6.2 \times 10^{17} \sim 6.2 \times 10^{18}$ (100mA~ 1A)										
D8. $6.2 \times 10^9 \sim 6.2 \times 10^{10}$ (1nA~ 10nA)										D17. $6.2 \times 10^{18} \sim$ (1A~ )										

(右列に続く)

E. 規格化エミッタンス (πmm・mrad)	①			②			③			E. 規格化エミッタンス (πmm・mrad)	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
E0. 特に指定せず										E5. $10^{-1} \sim 1$										
E1. $10^3 \sim$										E6. $10^{-2} \sim 10^{-1}$										
E2. $10^2 \sim 10^3$										E7. $10^{-3} \sim 10^{-2}$										
E3. $10^1 \sim 10^2$										E8. $10^{-4} \sim 10^{-3}$										
E4. $1 \sim 10^1$										E9. $\sim 10^{-4}$										

(右列に続く)

F. ビーム時間構造の型 (ビームの時間構造等については6頁参照)	①			②			③		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
F1. 連続ビーム 強さの変化はあるものの連続する(荷電粒子の場合は直流)ビーム									
F2. 連続的パルスビーム 実質的に1パルス1バンチと見なせて、パルス間隔が数nsec~μsec程度(パルス間隔が短く連続的にみえる)									
F3. パルスビーム 1パルスは複数あるいは多数のバンチから構成され、パルス間隔が数msec~sec程度									
F4. その他									

反陽子ビームの詳細パラメータ表 (3)

G. ビーム継続時間	①			②			③			G. ビーム継続時間	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
G0. 特に指定せず										G11. 1 $\mu$ s ~ 10 $\mu$ s										
G1. ~ 1fs										G12. 10 $\mu$ s ~ 100 $\mu$ s										
G2. 1fs ~ 10fs										G13. 100 $\mu$ s ~ 1ms										
G3. 10fs ~ 100fs										G14. 1ms ~ 10ms										
G4. 100fs ~ 1ps										G15. 10ms ~ 100ms										
G5. 1ps ~ 10ps										G16. 100ms ~ 1s										
G6. 10ps ~ 100ps										G17. 1s ~ 10s										
G7. 100ps ~ 1ns										G18. 10s ~ 100s										
G8. 1ns ~ 10ns										G19. 100s ~ 10 <sup>3</sup> s										
G9. 10ns ~ 100ns										G20. 10 <sup>3</sup> s ~ 10 <sup>4</sup> s										
G10. 100ns ~ 1 $\mu$ s										G21. 10 <sup>4</sup> s ~ 10 <sup>5</sup> s										
(右列に続く)										G22. 10 <sup>5</sup> s ~										

上記のビーム時間構造でF 4. の場合及びより詳細な条件等が挙げられる場合につきましては、以下にご提示をお願いいたします。

H. パルス繰り返し (Hz)	①			②			③			I. パルス幅(長)	①			②			③										
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3								
H0. 特に指定せず										I0. 特に指定せず																	
H1. ~ 0.1										I1. ~ 1fs																	
H2. 0.1 ~ 1										I2. 1fs ~ 10fs																	
H3. 1 ~ 10 <sup>1</sup>										I3. 10fs ~ 100fs																	
H4. 10 <sup>1</sup> ~ 10 <sup>2</sup>										I4. 100fs ~ 1ps																	
H5. 10 <sup>2</sup> ~ 10 <sup>3</sup>										I5. 1ps ~ 10ps																	
H6. 10 <sup>3</sup> ~ 10 <sup>4</sup>										I6. 10ps ~ 100ps																	
H7. 10 <sup>4</sup> ~ 10 <sup>5</sup>										I7. 100ps ~ 1ns																	
H8. 10 <sup>5</sup> ~ 10 <sup>6</sup>										I8. 1ns ~ 10ns																	
H9. 10 <sup>6</sup> ~										I9. 10ns ~ 100ns																	
J. パルス強度 (パルス強度に関し、指定すべき条件・範囲等がありましたら、以下の該当する欄にご記入ください。)										I10. 100ns ~ 1 $\mu$ s																	
①	1									I11. 1 $\mu$ s ~ 10 $\mu$ s																	
	2									I12. 10 $\mu$ s ~ 100 $\mu$ s																	
	3									I13. 100 $\mu$ s ~ 1ms																	
②	1									I14. 1ms ~ 10ms																	
	2									I15. 10ms ~ 100ms																	
	3									I16. 100ms ~ 1s																	
③	1									I17. 1s ~																	
	2									L. バンチ幅(長)									①			②			③		
	3									L0. 特に指定せず																	

K. パルス内バンチ数	①			②			③			L. バンチ幅(長)	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
K0. 特に指定せず										L1. ~ 1fs										
K1. ~ 10 <sup>1</sup>										L2. 1fs ~ 10fs										
K2. 10 <sup>1</sup> ~ 10 <sup>2</sup>										L3. 10fs ~ 100fs										
K3. 10 <sup>2</sup> ~ 10 <sup>3</sup>										L4. 100fs ~ 1ps										
K4. 10 <sup>3</sup> ~ 10 <sup>4</sup>										L5. 1ps ~ 10ps										
K5. 10 <sup>4</sup> ~ 10 <sup>5</sup>										L6. 10ps ~ 100ps										
K6. 10 <sup>5</sup> ~ 10 <sup>6</sup>										L7. 100ps ~ 1ns										
K7. 10 <sup>6</sup> ~ 10 <sup>7</sup>										L8. 1ns ~ 10ns										
K8. 10 <sup>7</sup> ~										L9. 10ns ~ 100ns										
										L10. 100ns ~ 1 $\mu$ s										
										L11. 1 $\mu$ s ~										

その他の反陽子ビームパラメータの記述欄

## SQ2-11. (不安定核ビームを利用した研究と不安定核ビームの詳細について)

(SQ1-1. で回答されました中に不安定核ビームが含まれる場合) あなたが、①現在不安定核ビームを使用し行っている、②(実現できている不安定核ビーム仕様で)現在は使用できていないが、使用できれば行ってみたい、③(現在は技術的に不可能かあるいはほとんど利用することができない仕様の不安定核ビームであるが)将来使用できるようになれば行って見たい、研究について、その分野(5頁の分類にある場合はその記号を記入してください)及び(差し支えなければ)研究課題を下の表の該当する欄にご記入ください。また、その研究に使用する不安定核ビームについて、不安定核の種類をご記入の上、単独ビームでの使用か複合ビームでの使用か該当するものを丸で囲んでください。更に、③のものにつきましては、いつごろの将来の使用を考えているか該当する番号を丸で囲んでください。(紙面の都合により各々3つまでの回答欄を用意しておりますが、それを超える場合は欄を書き換えてください。)

	研究分野 5頁の分類にある場合はその記号を記入してください	研究課題名 差し支えない場合のみでけっこうです	不安定核の種類	ビーム使用 いずれか該当するものを丸で囲んでください	将来使用予定時期 1. ~4. のうち該当するものを丸で囲んでください
①	1			単独 複合	
	2			単独 複合	
	3			単独 複合	
②	1			単独 複合	
	2			単独 複合	
	3			単独 複合	
③	1			単独 複合	1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上
	2			単独 複合	1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上
	3			単独 複合	1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上

また、上記①1~3、②1~3、③1~3の不安定核ビームにつきまして、下のビームの詳細を示すパラメータ表の個々のパラメータの右欄(①1~3、②1~3、③1~3)に✓印(いくつかの欄にまたがる場合は関係する欄すべてに✓印)の記入をお願いいたします(紙面の都合により各々3つまでの回答欄を用意しておりますが、それを超える場合は欄を書き換えてください)。なお、表に示すもの以外の不安定核ビーム仕様を表すパラメータがございましたら、表下部の「その他パラメータ記述欄」に具体的に記述してください。

不安定核ビームの詳細パラメータ表(1)

A. 不安定核エネルギー (MeV/u)	①			②			③			B. エネルギー分解能 ( $\Delta E/E$ :%)	①			②			③		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3
A0. 特に指定せず										B0. 特に指定せず									
A1. ~ 1										B1. 12.8 ~									
A2. 1 ~ 2										B2. 6.4 ~ 12.8									
A3. 2 ~ 4										B3. 3.2 ~ 6.4									
A4. 4 ~ 8										B4. 1.6 ~ 3.2									
A5. 8 ~ 16										B5. 0.8 ~ 1.6									
A6. 16 ~ 32										B6. 0.4 ~ 0.8									
A7. 32 ~ 64										B7. 0.2 ~ 0.4									
A8. 64 ~ 128										B8. 0.1 ~ 0.2									
A9. 128 ~ 256										B9. 0.05 ~ 0.1									
A10. 256 ~ 512										B10. 0.02 ~ 0.05									
A11. 512 ~ 1GeV/u										B11. 0.01 ~ 0.02									
A12. 1GeV/u ~ 2GeV/u										B12. 0.005 ~ 0.01									
A13. 2GeV/u ~ 4GeV/u										B13. 0.002 ~ 0.005									
A14. 4GeV/u ~ 8GeV/u										B14. 0.001 ~ 0.002									
A15. 8GeV/u ~ 16GeV/u										B15. ~ 0.001									
A16. 16GeV/u ~																			

不安定核ビームの詳細パラメータ表 (2)

C. ビーム径

CL. ビーム長径	①			②			③			CS. ビーム短径	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
CL0. 特に指定せず										CS0. 特に指定せず										
CL1. ~ 1nm										CS1. ~ 1nm										
CL2. 1nm~10nm										CS2. 1nm~10nm										
CL3. 10nm~100nm										CS3. 10nm~100nm										
CL4. 100nm~1μm										CS4. 100nm~1μm										
CL5. 1μm~10μm										CS5. 1μm~10μm										
CL6. 10μm~100μm										CS6. 10μm~100μm										
CL7. 100μm~1mm										CS7. 100μm~1mm										
CL8. 1mm~1cm										CS8. 1mm~1cm										
CL9. 1cm~10cm										CS9. 1cm~10cm										
CL10. 10cm~										CS10. 10cm~										

下の「平均ビーム強度」とは、ビームの強度が長い時間（パルス構造をもつ場合では、パルスの繰り返し時間以上）で平均化されたものをさします。

D. 平均ビーム強度 (ions/sec)	①			②			③			D. 平均ビーム強度 (ions/sec)	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
D0. 特に指定せず										D9. $6.2 \times 10^{10} \sim 6.2 \times 10^{11}$										
D1. $\sim 6.2 \times 10^3$										D10. $6.2 \times 10^{11} \sim 6.2 \times 10^{12}$										
D2. $6.2 \times 10^3 \sim 6.2 \times 10^4$										D11. $6.2 \times 10^{12} \sim 6.2 \times 10^{13}$										
D3. $6.2 \times 10^4 \sim 6.2 \times 10^5$										D12. $6.2 \times 10^{13} \sim 6.2 \times 10^{14}$										
D4. $6.2 \times 10^5 \sim 6.2 \times 10^6$										D13. $6.2 \times 10^{14} \sim 6.2 \times 10^{15}$										
D5. $6.2 \times 10^6 \sim 6.2 \times 10^7$										D14. $6.2 \times 10^{15} \sim 6.2 \times 10^{16}$										
D6. $6.2 \times 10^7 \sim 6.2 \times 10^8$										D15. $6.2 \times 10^{16} \sim 6.2 \times 10^{17}$										
D7. $6.2 \times 10^8 \sim 6.2 \times 10^9$										D16. $6.2 \times 10^{17} \sim 6.2 \times 10^{18}$										
D8. $6.2 \times 10^9 \sim 6.2 \times 10^{10}$										D17. $6.2 \times 10^{18} \sim$										

(右列に続く)

E. 規格化エミッタンス ( $\pi$ mm $\cdot$ mrad)	①			②			③			E. 規格化エミッタンス ( $\pi$ mm $\cdot$ mrad)	①			②			③			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3		1	2	3	1	2	3	1	2	3	
E0. 特に指定せず										E5. $10^{-1} \sim 1$										
E1. $10^3 \sim$										E6. $10^{-2} \sim 10^{-1}$										
E2. $10^2 \sim 10^3$										E7. $10^{-3} \sim 10^{-2}$										
E3. $10^1 \sim 10^2$										E8. $10^{-4} \sim 10^{-3}$										
E4. $1 \sim 10^1$										E9. $\sim 10^{-4}$										

(右列に続く)

F. ビーム時間構造の型 (ビームの時間構造等については6頁参照)	①			②			③		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
F1. 連続ビーム 強さの変化はあるものの連続する(荷電粒子の場合は直流)ビーム									
F2. 連続的パルスビーム 実質的に1パルス1バンチと見なせて、パルス間隔が数nsec $\sim$ $\mu$ sec程度(パルス間隔が短く連続的にみえる)									
F3. パルスビーム 1パルスは複数あるいは多数のバンチから構成され、パルス間隔が数msec $\sim$ sec程度									
F4. その他									



不安定核ビームの詳細パラメータ表 (3)

G. ビーム継続時間										G. ビーム継続時間									
①			②			③			①			②			③				
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
G0. 特に指定せず									G11. 1 $\mu$ s ~ 10 $\mu$ s										
G1. ~ 1fs									G12. 10 $\mu$ s ~ 100 $\mu$ s										
G2. 1fs ~ 10fs									G13. 100 $\mu$ s ~ 1ms										
G3. 10fs ~ 100fs									G14. 1ms ~ 10ms										
G4. 100fs ~ 1ps									G15. 10ms ~ 100ms										
G5. 1ps ~ 10ps									G16. 100ms ~ 1s										
G6. 10ps ~ 100ps									G17. 1s ~ 10s										
G7. 100ps ~ 1ns									G18. 10s ~ 100s										
G8. 1ns ~ 10ns									G19. 100s ~ 10 <sup>3</sup> s										
G9. 10ns ~ 100ns									G20. 10 <sup>3</sup> s ~ 10 <sup>4</sup> s										
G10. 100ns ~ 1 $\mu$ s									G21. 10 <sup>4</sup> s ~ 10 <sup>5</sup> s										
(右列に続く)									G22. 10 <sup>5</sup> s ~										
上記のビーム時間構造でF4. の場合及びより詳細な条件等が挙げられる場合につきましては、以下にご提示をお願いいたします。																			
H. パルス繰り返し (Hz)										I. パルス幅 (長)									
①			②			③			①			②			③				
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
H0. 特に指定せず									I0. 特に指定せず										
H1. ~ 0.1									I1. ~ 1fs										
H2. 0.1 ~ 1									I2. 1fs ~ 10fs										
H3. 1 ~ 10 <sup>1</sup>									I3. 10fs ~ 100fs										
H4. 10 <sup>1</sup> ~ 10 <sup>2</sup>									I4. 100fs ~ 1ps										
H5. 10 <sup>2</sup> ~ 10 <sup>3</sup>									I5. 1ps ~ 10ps										
H6. 10 <sup>3</sup> ~ 10 <sup>4</sup>									I6. 10ps ~ 100ps										
H7. 10 <sup>4</sup> ~ 10 <sup>5</sup>									I7. 100ps ~ 1ns										
H8. 10 <sup>5</sup> ~ 10 <sup>6</sup>									I8. 1ns ~ 10ns										
H9. 10 <sup>6</sup> ~									I9. 10ns ~ 100ns										
J. パルス強度 (パルス強度に関し、指定すべき条件・範囲等がありましたら、以下の該当する欄にご記入ください。)									I10. 100ns ~ 1 $\mu$ s										
									I11. 1 $\mu$ s ~ 10 $\mu$ s										
									I12. 10 $\mu$ s ~ 100 $\mu$ s										
									I13. 100 $\mu$ s ~ 1ms										
①									I14. 1ms ~ 10ms										
2									I15. 10ms ~ 100ms										
3									I16. 100ms ~ 1s										
②									I17. 1s ~										
2																			
3																			
③									L. バンチ幅 (長)										
①			②			③			①			②			③				
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
L0. 特に指定せず																			
L1. ~ 1fs																			
L2. 1fs ~ 10fs																			
L3. 10fs ~ 100fs																			
L4. 100fs ~ 1ps																			
L5. 1ps ~ 10ps																			
L6. 10ps ~ 100ps																			
L7. 100ps ~ 1ns																			
L8. 1ns ~ 10ns																			
L9. 10ns ~ 100ns																			
L10. 100ns ~ 1 $\mu$ s																			
L11. 1 $\mu$ s ~																			
K. パルス内バンチ数																			
①			②			③			①			②			③				
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
K0. 特に指定せず																			
K1. ~ 10 <sup>1</sup>																			
K2. 10 <sup>1</sup> ~ 10 <sup>2</sup>																			
K3. 10 <sup>2</sup> ~ 10 <sup>3</sup>																			
K4. 10 <sup>3</sup> ~ 10 <sup>4</sup>																			
K5. 10 <sup>4</sup> ~ 10 <sup>5</sup>																			
K6. 10 <sup>5</sup> ~ 10 <sup>6</sup>																			
K7. 10 <sup>6</sup> ~ 10 <sup>7</sup>																			
K8. 10 <sup>7</sup> ~																			
その他の不安定核ビームパラメータの記述欄																			

## SQ2-12. (その他ビームを利用した研究とその他ビームの詳細について)

(SQ1-1. で回答されました中に上記SQ2-1.～SQ2-10.以外のビーム(以下、「その他ビーム」という; その他ビームの1例:(クラスター)分子ビーム)が含まれる場合)あなたが、①現在その他ビームを使用している、②(実現できているその他ビーム仕様で)現在は使用できていないが、使用できれば行ってみたい、③(現在は技術的に不可能かあるいはほとんど利用することができない仕様のその他ビームであるが)将来使用できるようになれば行って見たい、研究について、その分野(5頁の分類にある場合はその記号を記入してください)及び(差し支えなければ)研究課題を以下にご記入ください。また、使っている、あるいは、使いたいと考えているその他ビームの種類をご記入の上、単独ビームでの使用か複合ビームでの使用か該当するものを丸で囲んで下さい。更に、③のものにつきましては、いつごろの将来の使用を考えているか該当する番号を丸で囲んでください。(紙面の都合により各々3つまでの回答欄を用意しておりますが、それを超える場合は欄を書き換えてください。)

		研究分野 5頁の分類にある場合はその記号を記入してください	研究課題名 差し支えない場合のみで結構です	その他ビームの種類	ビーム使用 いずれか該当するものを丸で囲んでください		将来使用予定時期 1. ~4. のうち該当するものを丸で囲んでください
					単独	複合	
①	1				単独	複合	
	2				単独	複合	
	3				単独	複合	
②	1				単独	複合	
	2				単独	複合	
	3				単独	複合	
③	1				単独	複合	1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上
	2				単独	複合	1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上
	3				単独	複合	1. 5年以内 2. 6~10年 3. 11~15年 4. 16年以上

また、上記①1~3、②1~3、③1~3 のその他ビームにつきまして、下のビームの詳細を示すパラメータ表に具体的な数値の記入をお願いいたします(紙面の都合により各々3つまでの回答欄を用意しておりますが、それを超える場合は欄を書き換えてください)。なお、表に示すもの以外のその他ビーム仕様を表すパラメータがございましたら、表下部の「その他パラメータ記述欄」に具体的に記述してください。

その他ビームの詳細パラメータ表(1)

A. ビームエネルギー									B. エネルギー分解能 ( $\Delta E/E$ :%)								
①			②			③			①			②			③		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
C. ビーム径																	
CS. ビーム長径									CS. ビーム短径								
①			②			③			①			②			③		
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3

その他ビームの詳細パラメータ表(2)

D. 平均ビーム強度									E. ビーム継続時間											
①			②			③			①			②			③					
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
F. ビーム時間構造の型 (該当する欄に✓印) (ビームの時間構造等については6頁参照)									①			②			③					
									1	2	3	1	2	3	1	2	3			
F1. 連続ビーム 強さの変化はあるものの連続する(荷電粒子の場合は直流)ビーム																				
F2. 連続的パルスビーム 実質的に1パルス1バンチと見なせて、パルス間隔が数nsec~μsec程度(パルス間隔が短く連続的に見える)																				
F3. パルスビーム 1パルスは複数あるいは多数のバンチから構成され、パルス間隔が数msec~sec程度																				
F4. その他																				
上記のビーム時間構造でF4.の場合及びより詳細な条件等が挙げられる場合につきましては、以下にご提示をお願いいたします。																				
G. パルス幅(長)									H. パルス繰り返し(Hz)											
①			②			③			①			②			③					
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
I. パルス内バンチ数									J. バンチ幅(長)											
①			②			③			①			②			③					
1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
その他パラメータの記述欄																				

### Q3. (加速器ビームを利用した将来的研究課題・研究分野について)

加速器ビームを利用した、将来的に発展が期待できる研究課題・研究分野に関し、ご意見がございましたら以下に記述をお願いいたします。

将来的に発展が期待できると考えられる研究課題・研究分野：

使用する加速器ビーム：

(足りない場合は、他の用紙をご利用ください。)

### (ブレイクスルー技術による小型加速器等について)

従来のRF加速器に比べて1～2桁高い加速勾配を有するブレイクスルー技術による小型加速器等が提案されています。当研究所では、以下の1～5の小型加速器等に関し、実用化の可否及び実用化される時期等について、加速器研究者から意見を聴取いたしました(ブレイクスルー技術による小型加速器等に関する開発予測調査：平成10年11月上旬～平成11年1月中旬)。その結果を、同封いたします加速器ビームに関するニーズ等調査参考資料(ブレイクスルー技術による小型加速器等に関する開発予測調査結果 科学技術庁 科学技術政策研究所 1999(平成11)年5月：同封の黄色用紙の資料)(以下、「参考資料」といいます)にまとめました。

- 1 高周波加速小型電子加速器
- 2 高周波加速小型陽子・重イオン加速器
- 3 非高周波加速小型電子加速器
  - 3-A ビーム励起型プラズマ加速器(研究開発段階Ⅲ)
  - 3-B レーザー励起型プラズマ加速器(研究開発段階Ⅲ)
  - 3-C 逆チェレンコフレーザー加速器(研究開発段階Ⅲ)
  - 3-D 直交場加速器(研究開発段階Ⅱ)
- 4 非高周波加速小型陽子・重イオン加速器
  - 4-A 電子リング加速器(陽子・重イオン)(研究開発段階Ⅳ)
  - 4-B レーザー励起型プラズマ加速器(陽子)(研究開発段階Ⅰ)
  - 4-C レーザー衝撃波加速器(重イオン)(研究開発段階Ⅰ)
  - 4-D 直交場加速器(陽子・重イオン)(研究開発段階Ⅰ)

## 5 小型放射光発生装置

### 5-A レーザーアンジュレータ放射光発生装置（研究開発段階Ⅲ）

なお、上記開発予測調査におきましては、3～5については、一つの試案として具体的な装置構成等のまとめ（非高周波高勾配加速技術等による小型加速器等の提案のまとめ（試案） 科学技術庁 科学技術政策研究所 平成10年11月：同封の青色用紙の資料：参考資料の別添）を作成し、それらの小型加速器の概要（全体装置構成、大きさ、目標（期待される）ビームエネルギー、目標（期待される）ビーム強度等）を示しつつ、意見の聴取を行っております。上記提案のまとめにおきましては、3～5につきましては、研究開発段階は多様なものが混在しておりますので、それらを区別するため以下の研究開発段階分けを各提案に行っております。

研究開発段階Ⅰ：原理提案のみ

研究開発段階Ⅱ：原理実験中

研究開発段階Ⅲ：原理実験で確認済み（実規模（実証）装置考案中）

研究開発段階Ⅳ：実規模（実証）装置で実験中

また、上記開発予測調査実施後に、上記2. に相当します陽子シンクロトロンに関する具体的な小型化提案の1例が寄せられておりますので、それを、小型陽子シンクロトロンの提案（紹介資料） 科学技術庁 科学技術政策研究所 平成11年9月（同封の緑色用紙の資料：参考資料の別添（追加））において紹介しております。

以下のQ4. につきましては、この調査票と同時に送付いたしております上記参考資料（黄色、青色及び緑色の資料）をご参照の上ご回答くださいますようお願いいたします。

## Q4.（ブレークスルー技術による小型加速器等の実用化後のメリット等について）

これらの小型加速器等が、仮に実用化された場合（現在のところ実用化できるか否かについては何ともいえませんが）、あなたの研究においてメリットをもたらすものがあるでしょうか。有・無を丸で囲んでください（「有」の場合は該当する加速器の番号も丸で囲んでください）。また、「有」の場合には、メリットを具体的に記入してください。更に、これらの小型加速器等の利用について、ご意見がございましたらお願いいたします。

メリットをもたらすもの： 有 ・ 無

- 1 高周波加速小型電子加速器
- 2 高周波加速小型陽子・重イオン加速器
- 3 非高周波加速小型電子加速器  
ビーム励起型プラズマ加速器（研究開発段階Ⅲ）  
レーザー励起型プラズマ加速器（研究開発段階Ⅲ）  
逆子エレンコフレーザー加速器（研究開発段階Ⅲ）  
直交場加速器（研究開発段階Ⅱ）
- 4 非高周波加速小型陽子・重イオン加速器  
電子リング加速器（陽子・重イオン）（研究開発段階Ⅳ）  
レーザー励起型プラズマ加速器（陽子）（研究開発段階Ⅰ）  
レーザー衝撃波加速器（重イオン）（研究開発段階Ⅰ）  
直交場加速器（陽子・重イオン）（研究開発段階Ⅰ）
- 5 小型放射光発生装置  
レーザーアンジュレータ放射光発生装置（研究開発段階Ⅲ）

メリット：

小型加速器の利用：

(足りない場合は、他の用紙をご利用ください。)

(以上で、質問は終わりです。ご協力ありがとうございました。)

なお、本調査結果は、当研究所の報告書であります NISTEP REPORT シリーズの先端科学技術動向調査（加速器科学）としてとりまとめ、当研究所のホームページに掲載する予定です。

### (自由記述)

本調査に関するご感想、ご意見等がありましたら、自由に記述をお願いいたします。

(自由記述欄)

(足りない場合は、他の用紙をご利用ください。)

## 添付2

先進小型加速器等の具体的提案

## 先進小型加速器等の具体的提案

### 目次

I	はじめに	添付 2 - 1
II	先進小型加速器等の提案	添付 2 - 2
II - 1	高周波極限加速技術による先進小型加速器	添付 2 - 2
i	高周波極限 (Wバンド) 電子加速	添付 2 - 2
ii	超小型陽子 (・重イオン) シンクロトロン技術	添付 2 - 3
II - 2	非高周波高勾配加速技術、小型放射光源技術による先進小型加速器等	添付 2 - 4
iii	非高周波高勾配加速技術による電子加速	添付 2 - 4
iii-A	ビーム励起型プラズマ加速	添付 2 - 5
iii-B	レーザー励起型プラズマ加速	添付 2 - 6
iii-C	逆チェレンコフレーザー加速	添付 2 - 13
iii-D	直交場加速	添付 2 - 15
iv	非高周波高勾配加速技術による陽子・重イオン加速	添付 2 - 19
iv-A	電子リング加速 (陽子・重イオン)	添付 2 - 19
iv-B	レーザー励起型プラズマ加速 (陽子)	添付 2 - 21
iv-C	レーザー衝撃波加速 (重イオン)	添付 2 - 23
iv-D	直交場加速 (陽子・重イオン)	添付 2 - 25
v	コンパクトな放射光発生 (小型放射光源) 技術	添付 2 - 29
v-A	レーザーアンジュレーター放射光発生	添付 2 - 29



## I はじめに

加速器の大幅な小型化に寄与するキーテクノロジーである**先進加速技術等**として、以下のものが挙げられる。

1. 高周波加速技術において極限的に小型化を追求するもの（高周波極限加速技術）
  2. 高周波加速とは異なる原理で非常に強い加速電場を用いる加速技術（非高周波高勾配加速技術）、電子シンクロトロンからの放射光発生とは異なるコンパクトな放射光源技術
1. の高周波極限加速技術については、以下の2つがそれに相当する。
    - i 高周波極限（Wバンド）電子加速
    - ii 超小型陽子（・重イオン）シンクロトロン技術

また、2. については、以下のものが挙げられている（非高周波高勾配加速技術等による小型加速器等の提案のまとめ（試案）（平成10年11月、科学技術政策研究所））。

- iii 電子の非高周波高勾配加速技術
  - iii-A ビーム励起型プラズマ加速
  - iii-B レーザー励起型プラズマ加速
  - iii-C 逆チェレンコフレーザー加速
  - iii-D 直交場加速
- iv 陽子・重イオンの非高周波高勾配加速技術
  - iv-A 電子リング加速（陽子・重イオン）
  - iv-B レーザー励起型プラズマ加速（陽子）
  - iv-C レーザー衝撃波加速（重イオン）
  - iv-D 直交場加速（陽子・重イオン）
- v コンパクトな放射光発生（小型放射光源）技術
  - v-A レーザーアンジュレーター放射光発生

この資料においては、ここに挙げられている技術を用いた（上の「まとめ（試案）」をベースとする）、以下の目安規模の高性能な小型加速器等（**先進小型加速器等**）の具体的提案を掲載する。

先進小型加速器等の目安	
加速器等の大きさ	: おおよそ縦5 m×横5 m×高さ3 mの区域内に加速器等全体の構成装置が納まるもの
加速器等の全重量	: おおよそ 10 ton 程度
ビームエネルギー	
電子エネルギー	: 1 GeV 程度
陽子・重イオンエネルギー	: 200 MeV/n 程度
放射光子エネルギー	: 30～100 keV 程度（硬X線）

## II 先進小型加速器等の提案

### II-1 高周波極限加速技術による先進小型加速器

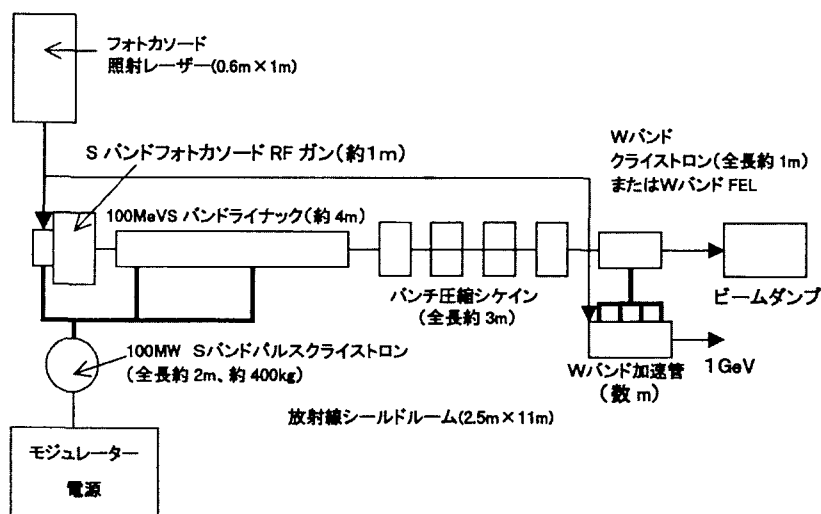
#### i 高周波極限(Wバンド(ミリ波))電子加速技術

電子線形加速器で加速に使う高周波を、波長がこれまでのもの(Sバンド)の1/数10程度であるWバンドのものを使用するものである。

電子は質量が小さく(0.51MeV/c<sup>2</sup>)、少しの加速で光速に近い速度で運動することから、高周波を使う加速が容易である。高周波による電子の線形加速の場合、ある加速エネルギーを達成するための加速距離は、加速管内で達成される(有効)加速電場の大きさにより決まる。従来、一般的に電子線形加速器で使用される高周波はSバンドが主であり、この場合の加速電場は通常10~20MV/m程度(放電限界は100MV/m程度)である。加速管内で実現される加速電場の大きさは、加速管材料の品質およびその加工精度にもよるが、使用する高周波の周波数とともに大きくなる(周波数の0.5乗に比例する)とされており、現在は基礎研究段階にあるWバンドを使用すると数100MV/m程度の加速電場が可能であると考えられている。仮に、1GeVの電子ビームを発生させるとすると、Sバンドでは50~100m程度の加速距離を必要とするが、極限的なWバンドでは数m程度で済むこととなり電子加速器の小型化に大きく寄与することとなる。

#### Wバンド加速技術による小型電子加速器の提案

Wバンド加速による小型電子加速器の提案については、以下の例が挙げられる。(この具体案は、加速器ビームニーズ等調査後のもの)



(中島 一久・浦川 順治(高エネルギー加速器研究機構)案)

図-1 Wバンド加速小型電子加速器全体構成

#### 技術課題

高周波加速においては、周波数が高くなるとともに加速管の大きさは反比例して小さくなり、Wバンド加速の場合加速管の太さは数ミリメートルであり、加工精度などの問題が発生してくる。

小型の加速器を実現させようとする場合は、以下の研究開発が必要となる。

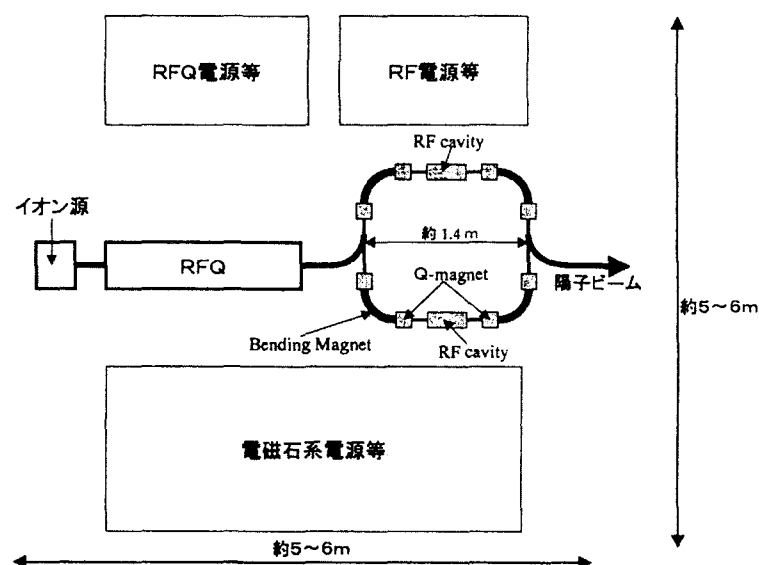
- ・高周波発生装置（電源を含む）の小型化
- ・加速管材料の品質向上、加速管の加工精度の確保

## ii 超小型陽子(・重イオン)シンクロトロン技術

200MeV/n のエネルギーをもつ陽子、重イオンビームを発生させる小型のシンクロトロンを考えると、主に高エネルギー領域で使われてきているシンクロトロンの極限までの小型化追求が現実的であると考えられている。小さい曲率半径で陽子、重イオンビームを偏向させるための電磁石の磁場強度（電流値）の増大、周長が短いことによる電流の短パルス化、加速につれて陽子、重イオン速度が大きく変化することに対応する加速高周波の周波数変調幅の拡大などにより、更なる小型化の余地がある（ただし、いずれも限界に挑戦する必要あり）。

### 超小型陽子シンクロトロンの提案

超小型の陽子シンクロトロンの提案については、以下の例が挙げられる。



(シンクロトロン本体の重量は数トン程度)

(遠藤 有聲氏 (高エネルギー加速器研究機構) 提供)

**図-2 超小型陽子シンクロトロン全体構成**

### 技術課題

大型のシンクロトロンの加速原理は既に確立されたものになっているが、このような超小型の場合には、構成要素すべてにおいて小型化の極限をめざす必要がある。特に、開発の中心的な技術課題は、以下のものである。

- ・変調幅の大きな高周波加速機構
- ・できる限り軽量の強い磁場をもつ偏向電磁石の開発

## II-2非高周波高勾配加速技術、小型放射光源技術による先進小型加速器等

これまでの高周波加速と異なる原理に基づく高勾配の加速技術（非高周波高勾配加速技術）がいくつか提案されてきている。これらは高周波加速技術の代替となる可能性は高いと考えられているものの、十分には研究されておらず、これまでに実用化されているものはない。

調査した範囲内で体系化分類を行うと、電子および陽子・重イオンに関する非高周波高勾配加速技術ならびに小型放射光源技術にまとめられる。

提案されている小型加速器等には、比較的早い時期から研究されていて原理実験やあるいは実規模装置での実験が行われたものから、最近のレーザー技術の急速な進展を受け原理提案がなされたばかりのものまで、研究開発段階は多様なものが混在しているので、以下の研究開発段階分けを各提案に行った。

研究開発段階Ⅰ：原理提案のみ

研究開発段階Ⅱ：原理実験中

研究開発段階Ⅲ：原理実験で確認済み（実規模（実証）装置考案中）

研究開発段階Ⅳ：実規模（実証）装置での実験中

なお、ここで取り上げている技術による提案は平成10（1998）年11月時点でのまとめであり、進展が著しいものもあり、現時点においては既に変更を必要とするものもあることに留意されたい。

### iii非高周波高勾配加速技術による電子加速

電子の非高周波加速技術の主なものは、プラズマ波及びレーザーの強い電場を利用するものであり、最近のレーザー技術の急速な進歩を背景に研究が進んできているものである。レーザーの位相速度は（真空中では）光速であり、また、プラズマ波も光速に近い位相速度をもっている。粒子を加速する場合は、加速に利用する波の位相速度に合わせて粒子を入射させる必要があるが、電子は質量が小さく（ $0.511\text{MeV}/c^2$ ）、光速近くに加速するのは比較的容易である。このため電子については、陽子や重イオンに比べて、プラズマ波及びレーザーの強い電場を加速に利用することが容易であると考えられている。

プラズマに外部より何らかの揺動を与えると、質量の小さい電子がプラズマ中で集団として運動し、プラズマ波を発生させる。このプラズマ波は非常に強い電場（プラズマ密度が  $10^{18}/\text{cm}^3$  の時、数  $10\text{GV}/\text{m}$  程度）をもっており、このプラズマ波電場を電子加速に利用すると、短い距離で大きな加速エネルギーを得ることができる。外部からの揺動によりプラズマ波を発生させる方法として、強度の強い電子ビームを当てる場合と非常に大きなパルス強度をもつレーザー（いわゆる  $T^3$  レーザーなど）を当てるものがある。ビーム励起型プラズマ加速は前者のものであり、レーザー励起型プラズマ加速は後者である。

また、大きなパルス強度をもつレーザーの非常に強い電場を加速に利用する方法も提案されている。逆チェレンコフレーザー加速やレーザーと強磁場を組み合わせた直交場加速はこれに相当する。なお、直交場加速にはプラズマ波と強磁場を組み合わせたものもある。

### iii-A ビーム励起型プラズマ加速

#### 加速原理

図-3に示す様に、先行する大電流電子ビームにより加速管（プラズマ容器）内のプラズマに航跡場（プラズマ波）を励起させ、このプラズマ波の電場で後行する電子ビームを加速する。この加速方法の原理的加速電場は、プラズマ密度を  $10^{18}/\text{cm}^3$  とすれば、数  $10\text{GV/m}$  である。

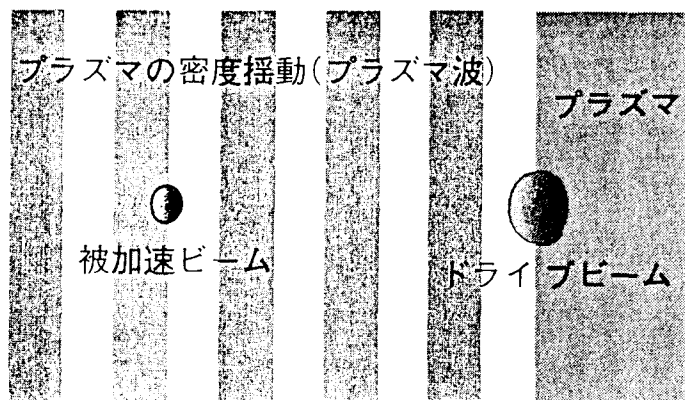
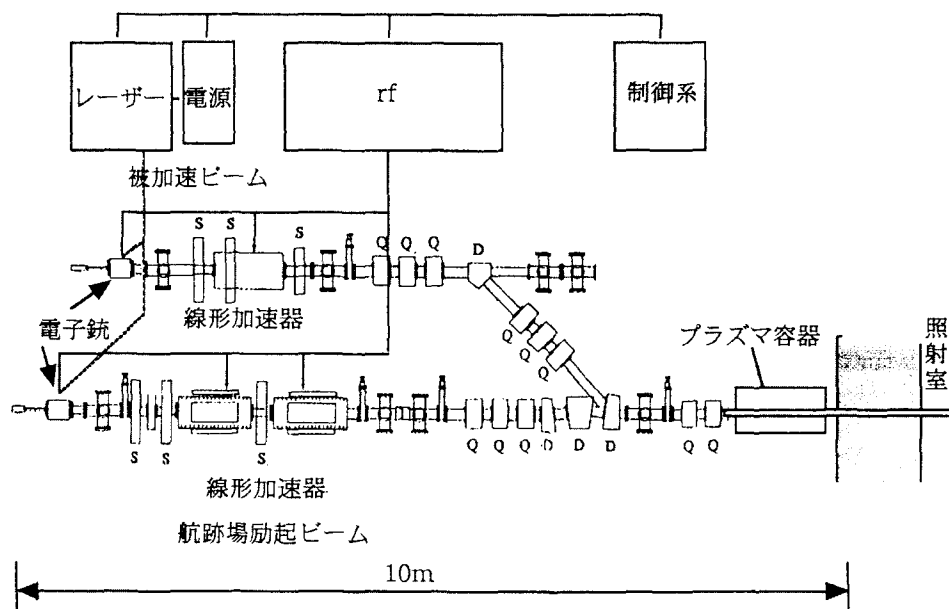


図-3 ビーム励起型プラズマ加速の原理

#### ビーム励起型プラズマ加速小型電子加速器の提案（研究開発段階Ⅲ）



(W. Gai et al., Proceedings of 18<sup>th</sup> International Linear Accelerator Conference, August 1996, Geneva, p. 39. の装置をベースに若干の修正)

図-4 ビーム励起型プラズマ加速小型電子加速器の全体構成

## 目標とするビームエネルギー、ビーム強度等

- ・ビームエネルギー 1GeV
- ・ビーム強度 1nC/bunch, 1bunch/drive bunch
- ・バンチ周波数  $10^{10} \sim 10^{12}/\text{sec}$  (ただし非線形プラズマ波を使用すれば単バンチ)
- ・ドライブビーム率  $f = 100\text{Hz}$
- ・エミッタンス 1 mm · mrad

## 実現のための技術課題

- ・進行方向に前後対象なドライブバンチでは、トランス比 {被加速バンチのエネルギー利得 / ドライブバンチのエネルギー}  $< 2$  という制限がある。この制限を越えるには、a. プラズマ密度より高い電子密度を持つビームで非線形プラズマ波をつくる、b. ドライブバンチ内進行方向電子分布を操作する、c. ドライブビームをマルチバンチ化する、の3つの方法があり、これらを確立する必要がある
- ・大電流小エミッタンスを持つドライブビームの開発

## iii-B レーザー励起型プラズマ加速

この加速方法は、以下の様に分類することができるが、いずれもレーザーにより励起させるプラズマ波を利用して電子の加速を行うものであり、原理的加速電場は、プラズマ密度を  $10^{18}/\text{cm}^3$  とすれば、数 10GV/m である。

- ① 単一のレーザーパルスで励起させるプラズマ波 (プラズマ航跡場) を利用するもの (レーザー励起プラズマ航跡場加速)
- ② プラズマ周波数に等しい周波数差をもつ2本のレーザーによる共鳴波 (ビート波) で励起させるプラズマ波を利用するもの (レーザービート波励起プラズマ波加速)
- ③ 大パワー長パルスレーザーとプラズマとの相互作用 (プラズマ振動数によるレーザーの自己変調) により励起されるプラズマ波を利用するもの (自己変調レーザー励起プラズマ波加速)

### ①レーザー励起プラズマ航跡場加速

#### 加速原理

図-5に示すように、プラズマ波長程度のパルス幅を持つ先行レーザーにより加速管（プラズマ容器）内のプラズマに航跡場（プラズマ波）を励起させ、このプラズマ波の電場で後行する電子ビームを加速する。（なお、被加速ビーム生成には、それを外部から入射する方法の他に、補助レーザーを用いプラズマ電子をビーム化する方法がある。）

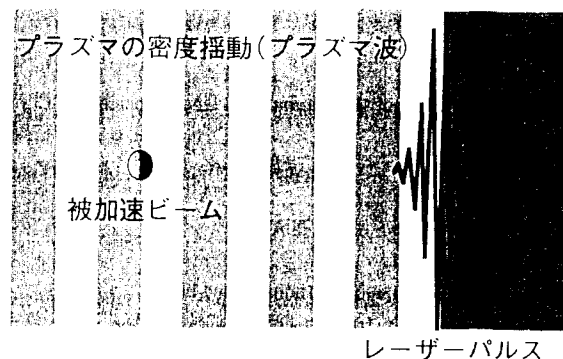
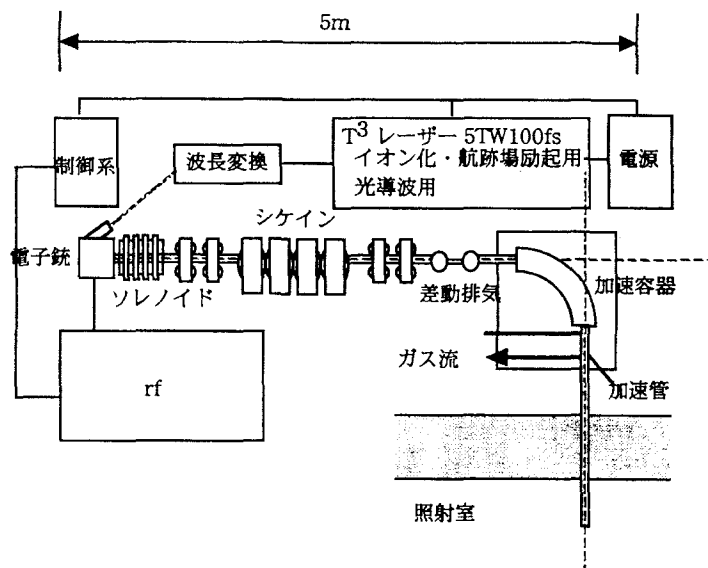


図-5 レーザー励起プラズマ航跡場加速の原理

#### レーザー励起プラズマ航跡場加速小型電子加速器の提案（研究開発段階Ⅲ）

電子源として、レーザーカソードと呼ばれるものを想定した第1案（図-6（a））と、プラズマカソード（補助レーザーを用い、プラズマ中の電子を集めてビーム化する方法）を想定した第2案（図-6（b））の2つを提示した。

（第1案：電子源としてレーザーカソードを想定）

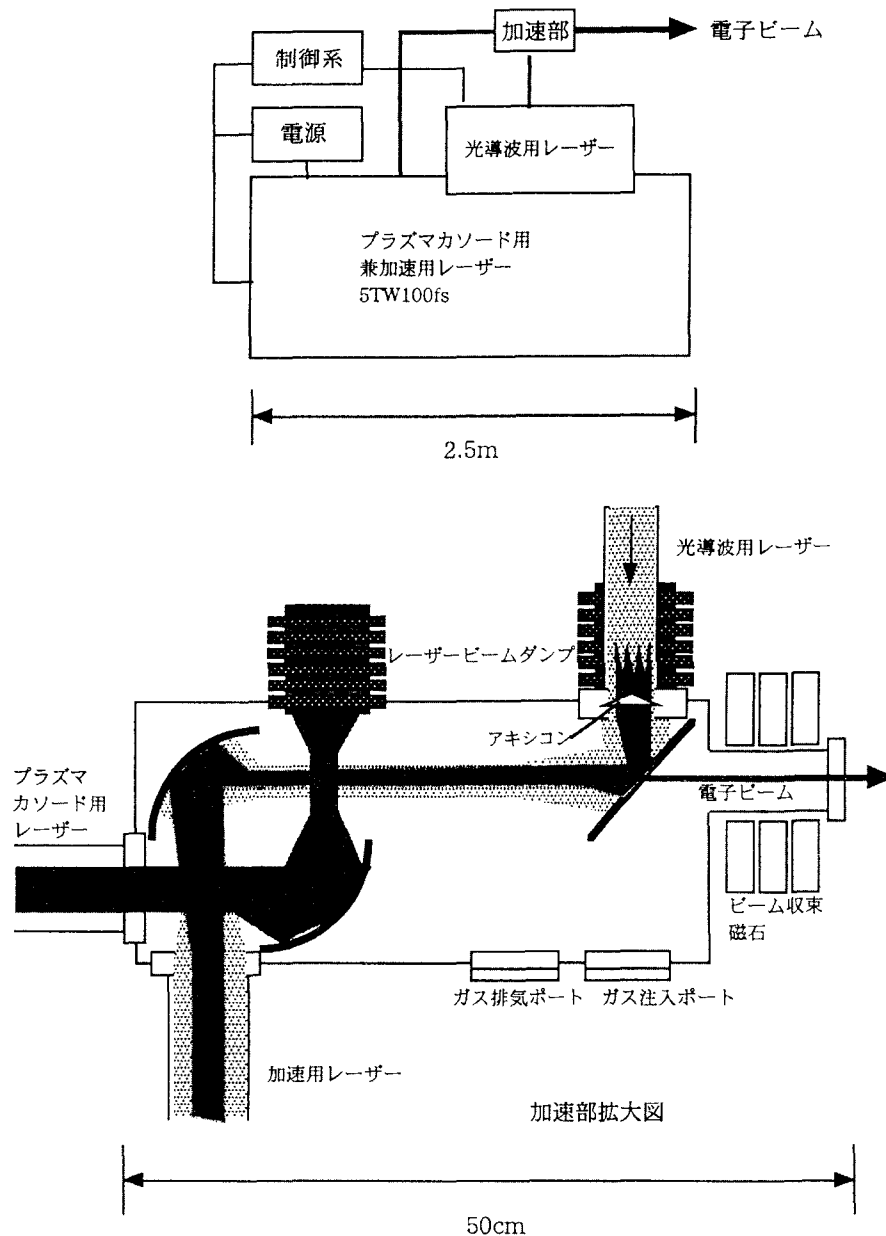


電子銃はRFレーザーカソードと呼ばれるものを想定した。ここで発生した数 MeV の電子ビームをシケインで短バンチ化する。差動排気により加速容器と電子銃部を真真空的に分離する。

（小方 厚（広島大学）案）

図-6(a) レーザー励起プラズマ航跡場加速小型電子加速器の全体構成

(第2案 : 電子源としてプラズマカソードを想定)



電子源はプラズマカソード（補助レーザーを用い、プラズマ中の電子を集めてビーム化する方法）を想定した。上側の図は全体のシステムで、下側の図は加速部の詳細である。加速用とプラズマカソード用に2本のレーザーが必要であるが、これには同一のレーザーを分岐させることで対応する。レーザー発生装置と加速部をつなぐレーザー導波路については、ある程度フレキシブルな（必要に応じて加速部が移動できる）構造とすることが可能である。

(小方 厚 (広島大学) 案)

図-6(b) レーザー励起プラズマ航跡場加速小型電子加速器の全体構成



## 目標とするビームエネルギー、ビーム強度等

(第1案)

- ・ビームエネルギー 1GeV
- ・ビーム強度 1pC/bunch, 10bunch/laser pulse
- ・バンチ周波数  $f = 10^{13}\text{Hz}$
- ・レーザーパルス率  $f = 100\text{Hz}$
- ・エミッタンス 1 mm · mrad

## 実現のための技術課題

- ・レーザー効率の向上
- ・光導波 (レーザーの発散を抑え、レイリー長を大きく越える加速長を得る方法) の開発
- ・第1案では、プラズマ波長に比べて十分短いバンチ長を持つ被加速ビームの開発
- ・第2案では、プラズマカソード法 (補助レーザーを用い、プラズマ中の電子を集めてビーム化する方法) の確立

## ②レーザービート波励起プラズマ波加速

### 加速原理

図-7に示すように、周波数差がプラズマ周波数に等しい2本のレーザーでつくられる共鳴波 (ビート波) により、加速管 (プラズマ容器) 内のプラズマに励起させたプラズマ波の電場で後行する電子ビームを加速する。

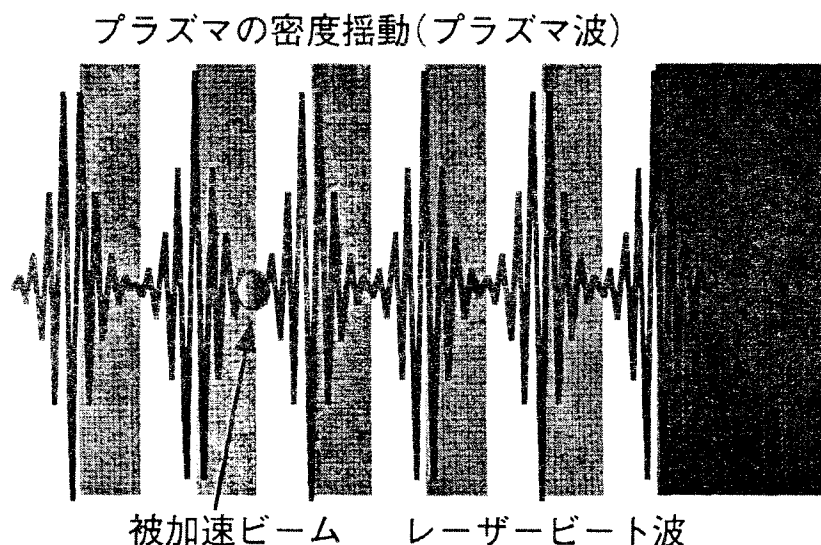
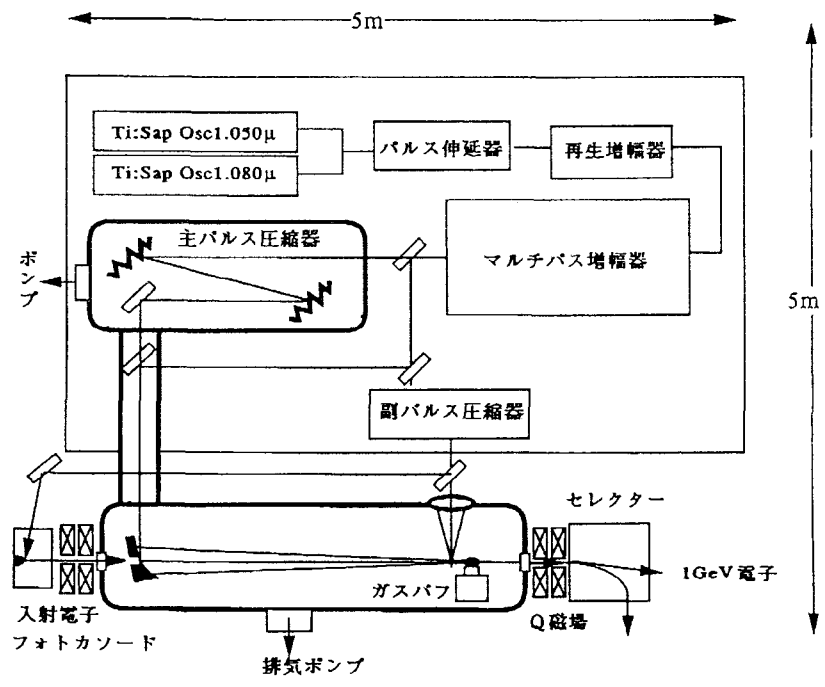


図-7 レーザービート波励起プラズマ波加速の原理

レーザービート波励起プラズマ波加速小型電子加速器の提案（研究開発段階Ⅲ）

レーザー／プラズマ・パラメーター			
・レーザー波長	: $\lambda_1 = 1.050 \mu\text{m}$	$\lambda_2 = 1.080 \mu\text{m}$	
・プラズマ共鳴密度	: $10^{18}/\text{cm}^3$	・プラズマ波長	: $30 \mu\text{m}$
・レーザー強度	: 25TW	・レーザーエネルギー	: 10J
・パルス幅	: 0.4 ps	・集光強度	: $10^{18}\text{W}/\text{cm}^2$
・プラズマ波加速電場	: 70GV/m	・最大加速長	: 1.4cm



(北川 米喜 (大阪大学レーザー核融合研究センター) 案)

図-8 レーザービート波励起プラズマ波加速小型電子加速器の全体構成

目標とするビームエネルギー、ビーム強度等

- ・ビームエネルギー 1GeV
- ・ビーム強度 1pC/bunch, 10bunch/laser pulse
- ・バンチ周波数  $f = 10^{13}\text{Hz}$
- ・ドライブビーム率  $f = 100\text{Hz}$
- ・エミッタンス 1 mm・mrad

実現のための技術課題 (詳細については、北川米喜「ビート波加速の基礎」 プラズマ核融合学会誌 Vol.73 (1997) 1087 等参照)

- ・レーザー効率の向上
- ・光導波 (レーザーの発散を抑え、レイリー長を大きく越える加速長を得る方法) の開発
- ・プラズマ波長に比べて十分短いバンチ長を持つ被加速ビームの開発
- ・プラズマ密度の精密な制御法の確立

### ③自己変調レーザー励起プラズマ波加速

#### 加速原理

図-9に示すように、大パワー長パルスレーザーのプラズマ中での相対論的横振動がトリガーとなって、レーザー波形がプラズマ振動数で変調され、同時にプラズマ波が励起される。この励起されたプラズマ波の電場で後行する電子ビームを加速する。(なお、被加速ビーム生成には、それを外部から入射する方法の他に、補助レーザーを用いプラズマ電子をビーム化する方法がある。)

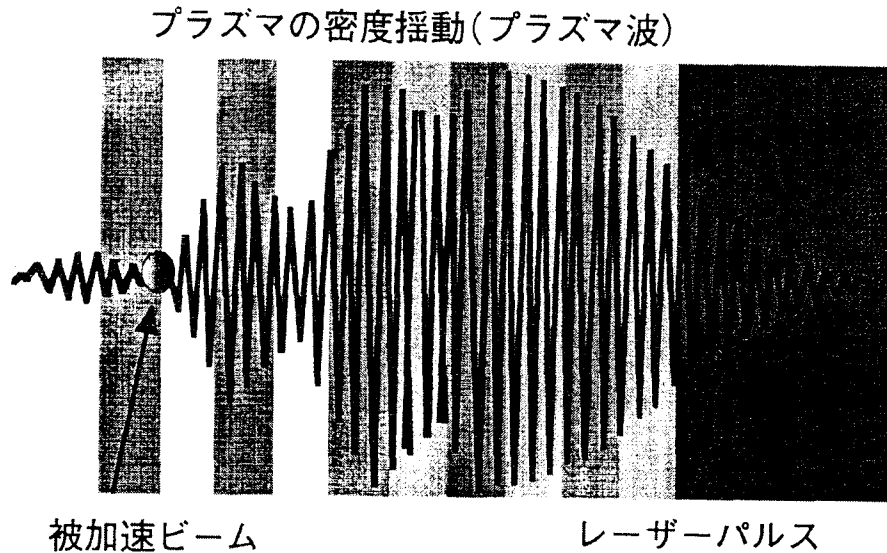
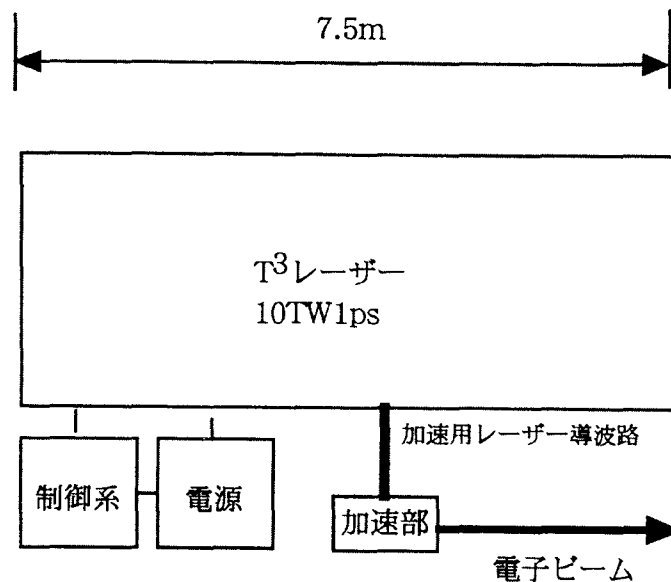


図-9 自己変調レーザー励起プラズマ波加速の原理

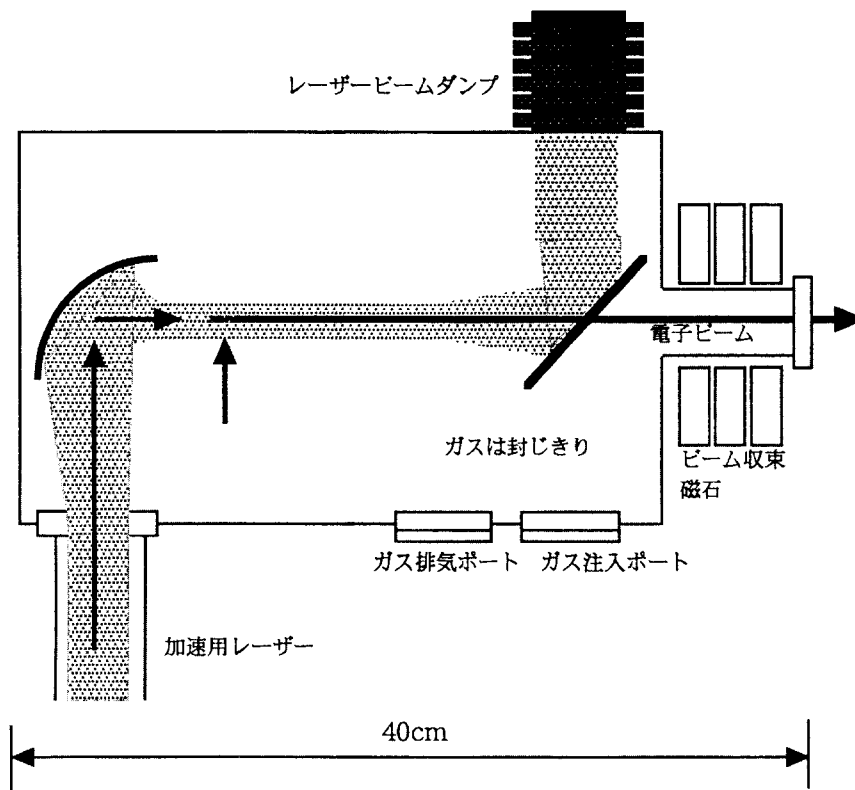
#### 自己変調レーザー励起プラズマ波加速小型電子加速器の提案 (研究開発段階Ⅲ)



(小方 厚 (広島大学) 案)

図-10(a) 自己変調レーザー励起プラズマ波加速小型電子加速器の全体構成

(加速部詳細図)



(小方 厚 (広島大学) 案)

図-10(b) 自己変調レーザー励起プラズマ波加速小型電子加速器の加速部詳細

目標とするビームエネルギー、ビーム強度等

- ・ビームエネルギー 0.5GeV
- ・ビーム強度 10pC/bunch, 10bunch/laser pulse
- ・バンチ周波数  $f = 10^{14}\text{Hz}$
- ・レーザーパルス率  $f = 10\text{Hz}$
- ・エミッタンス 10 mm · mrad

実現のための技術課題

- ・レーザー効率の向上
- ・光導波 (レーザーの発散を抑え、レイリー長を大きく越える加速長を得る方法) の開発
- ・プラズマ波長に比べて十分短いバンチ長を持つ被加速ビームの開発
- ・ビームの質的量的信頼性 (再現性) の確立 (不安定性と独立なビームトリガー技術の開発)

### iii-C 逆チレンコフレーザー加速

#### 加速原理

図-11 に示すように、数気圧のガスを充填した加速管内で、レーザーと（被加速）電子ビームをチレンコフ角 ( $\Theta_c = \cos^{-1}(1/n\beta)$  ;  $\beta = v/c$ ,  $n$  は屈折率) で交差させることにより、電子ビームを加速する。この方法の原理的な加速電場は数 GV/m 程度である。

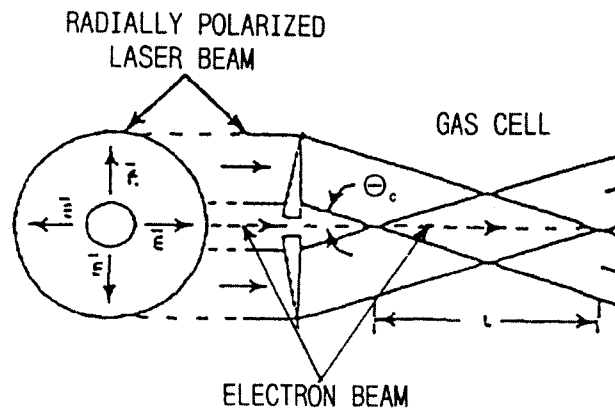


図-11 逆チレンコフレーザー加速の原理

#### 逆チレンコフレーザー加速小型電子加速器の提案（研究開発段階Ⅲ）

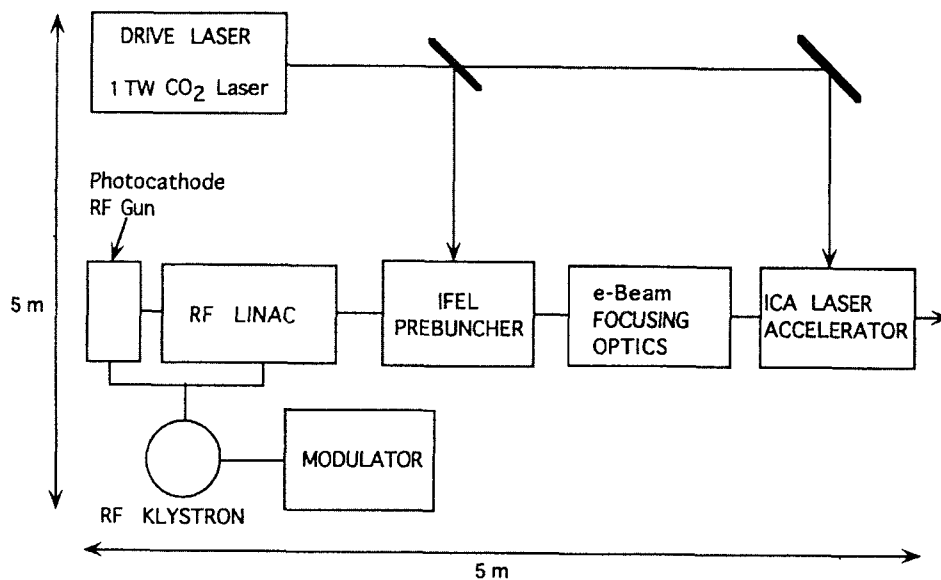
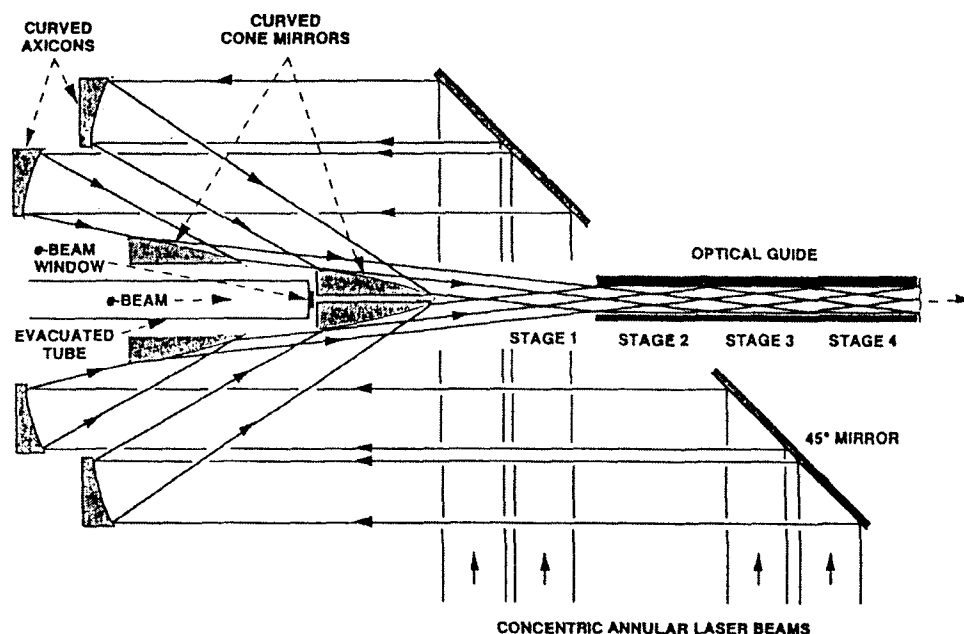


図-12(a) 逆チレンコフレーザー加速小型電子加速器の全体構成

(Multi-stage ICA Laser Accelerator の詳細図)



(R. D. Romea, W. D. Kimura and L. C. Steinhauer, AIP Conference Proceedings 335 of Advanced Accelerator Concept, Fontana, WI 1994, pp. 390-404 を参照)

図-12(b) 逆チレンコフレーザー加速小型電子加速器の全体構成

目標とするビームエネルギー、ビーム強度等

- ・ビームエネルギー 1GeV
- ・ビーム強度  $\sim 100\text{pC/pulse}$
- ・エネルギーの拡がり  $< 1\%$
- ・エミッタンス  $1\pi\text{mm}\cdot\text{mrad}$

実現のための技術課題

- ・レーザーパワーの使用効率（アキシコンは低効率）を上げる等
- ・レーザー波長に捕捉されるほどに短いバンチ長の入射ビームの生成と同期

### iii-D 直交場加速

この加速方法は、電子を捕捉した電場の波（横波、縦波のいずれでも良い）の進行方向に直交するように定常磁場をかけると、電子は波面を波乗りするように走行しながら、効率よく加速されることを利用するものである。電場の波としては、電磁波（レーザー等）（横波）やプラズマ波（縦波）があり、以下の二つに大別できる。

- ① 電子を捕捉する電場として、レーザー光の電場を利用するもの（横波型直交場加速）
- ② 電子を捕捉する電場として、レーザーパルスなどで励起させるプラズマ波を利用するもの（縦波型直交場加速）

この加速方法の特徴は、a. 波の電場の最大値付近に粒子がバンチされ安定に加速を受ける、b. a. の理由（ビームが加速中にバンチされること）により、ビームエネルギーの拡がり小さくなる、c. 空間的に2次元加速であるため、同じエネルギーを得るのに他のレーザー・プラズマ加速方式より幾分小型になる、などが挙げられる。

#### ①レーザー(横波型)直交場加速

##### 加速原理

図-13に示すように、低密度のプラズマ（このプラズマはビームの空間拡がりを抑制する役割を果たす）中で、レーザー光の磁場成分方向に定常磁場をかけ、磁場中性点に電子を捕獲させると、レーザー光の電場と磁場の相互作用により、捕獲された電子は磁場にもレーザー光の進行方向とも直交する方向に加速される。原理的加速電場は磁場中性点（ $10\mu\text{m}$ 程度）では $1\text{TV/m}$ 以上のものとなるが、電子が得るエネルギーは、電子がこの磁場中性点に拘束される時間による。

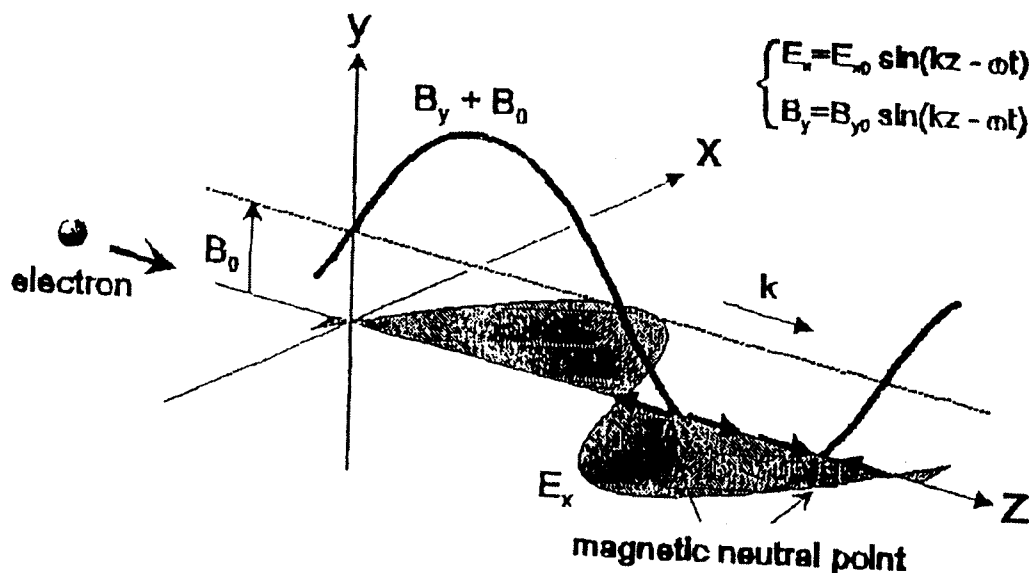
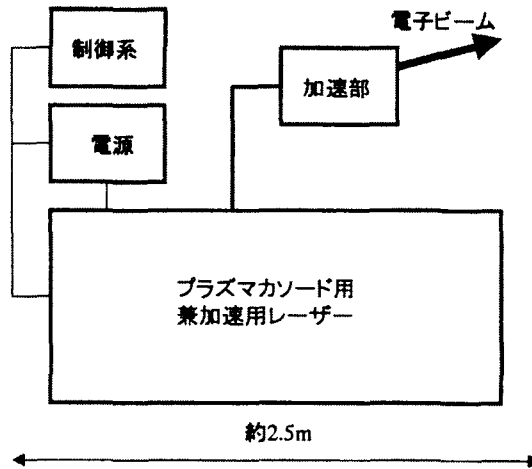


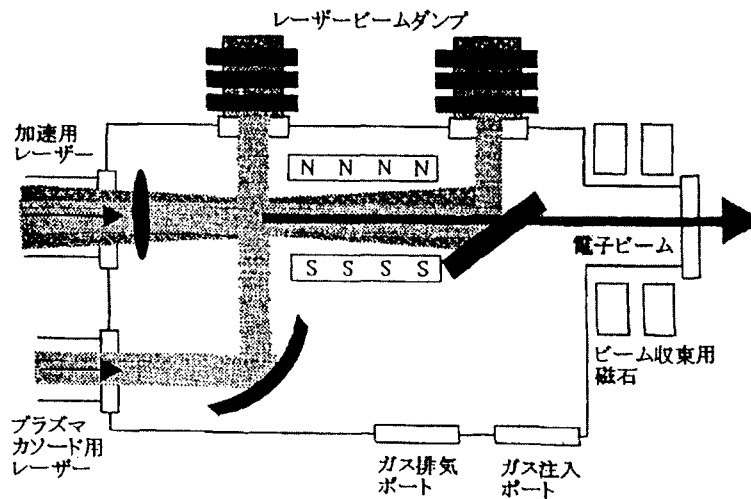
図-13 レーザー(横波型)直交場加速の原理

レーザー(横波型)直交場加速小型電子加速器の提案 (研究開発段階Ⅱ)

(平面的に見た図)



(加速部詳細:立面的に見た図)



(西田 靖 (宇都宮大学) 案)

図-14 レーザー(横波型)直交場加速小型電子加速器の全体装置構成

目標とするビームエネルギー、ビーム強度等

- ・ビームエネルギー >1GeV
- ・ビーム強度 1-5pC/bunch/laser pulse
- ・バンチ周波数  $f = 10^{13}\text{Hz}$
- ・レーザーパルス率  $f = 100\text{Hz}$
- ・エミッタンス 1-5 mm · mrad

実現のための技術課題

- ・コンパクトな強磁場 (>1 Tesla) 発生装置の開発
- ・レーザーの効率向上
- ・安定な光導波(直径 1mm 程度、10 数 cm に亘る直線上の導波)の実現
- ・安定な電子源: プラズマ波長程度あるいはそれ以下の長さのビームバンチの発生 (これには、プラズマカソードで対応可能と考えられる)



## ②プラズマ(縦波型)直交場加速

### 加速原理

図-15 に示すように、電子を捕捉したプラズマ波(縦波)の進行方向に直交するように定常磁場をかけると、電子はプラズマ波面を波乗りするように走行し、磁場をかけない時よりも効率よく加速される。より具体的には、ビーム励起プラズマ波あるいはレーザー励起プラズマ波を用いる加速の際に、プラズマ波の進行方向に垂直に磁場を加え、電子加速を効率的に行うことができる。原理的加速電場は、プラズマ密度にも依存するが数10~100GV/mである。

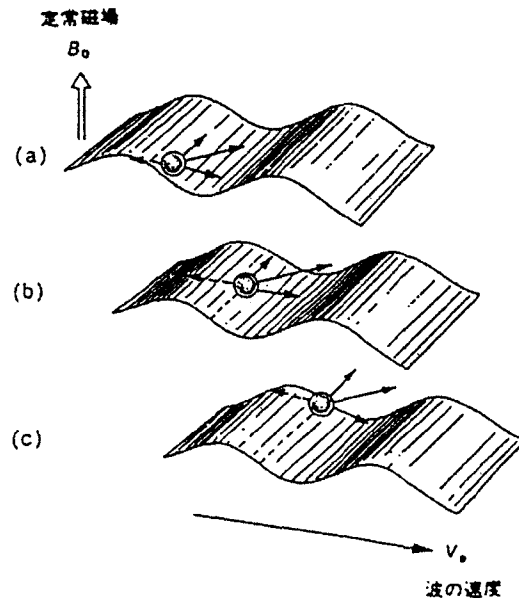
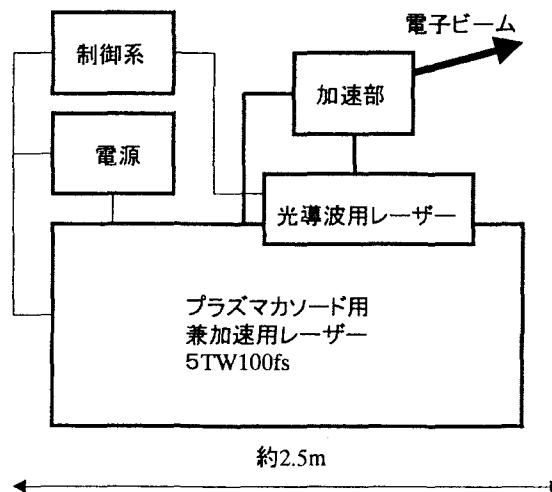


図-15 プラズマ(縦波型)直交場加速の原理

### プラズマ(縦波型)直交場加速小型電子加速器の提案 (研究開発段階Ⅱ)

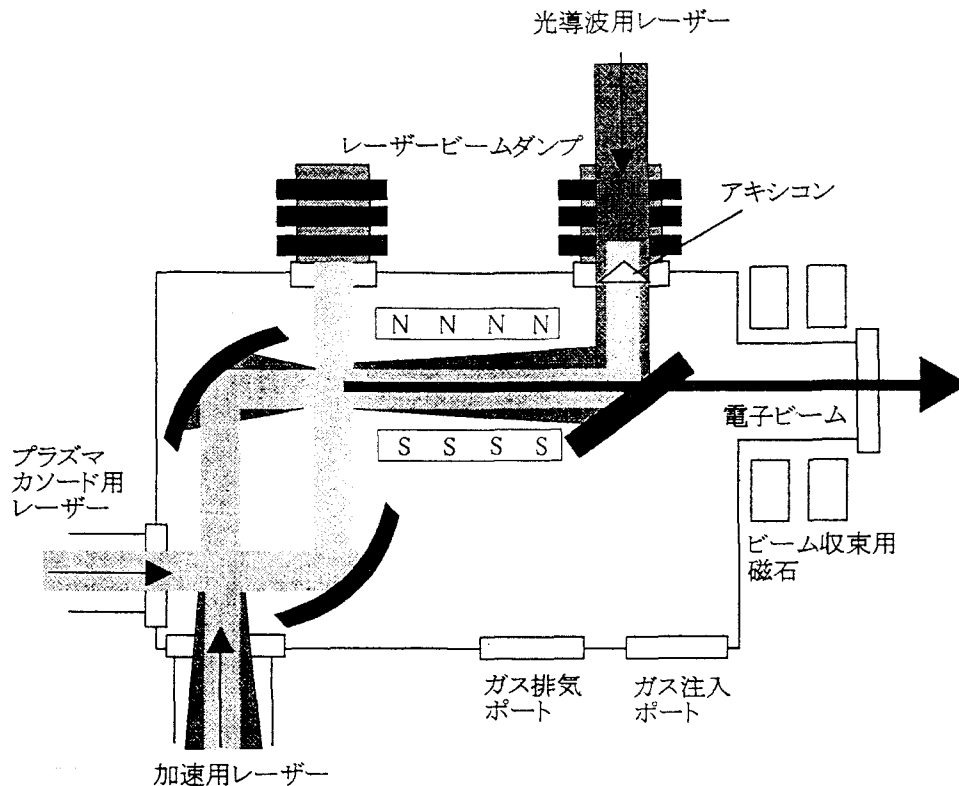
ここでは、2) レーザー励起型プラズマ加速、①レーザー励起プラズマ航跡場加速器の第2案に直交磁場を印加したものを示す。



(西田 靖 (宇都宮大学)・小方 厚 (広島大学) 案)

図-16(a) プラズマ(縦波型)直交場加速小型電子加速器の全体構成

(加速部詳細図) (加速部を立面的に見た図)



(西田 靖案 (宇都宮大学)・小方 厚 (広島大学) 案)

図-16(b) プラズマ(縦波型)直交場加速小型電子加速器の加速部詳細

#### 目標とするビームエネルギー、ビーム強度等

- ・ ビームエネルギー 1GeV
- ・ ビーム強度 1-5pC/bunch/laser pulse
- ・ バンチ周波数  $f = 10^{13}$ Hz
- ・ レーザーパルス率  $f = 100$ Hz
- ・ エミッタンス 1-5 mm · mrad

#### 実現のための技術課題

- ・ コンパクトな強磁場 (>1 Tesla) 発生装置の開発
- ・ レーザーの効率向上
- ・ 安定な光導波 (直径 0.1mm 程度、数 10cm に亘る直線上の導波) の実現
- ・ 安定な電子源: プラズマ波長程度あるいはそれ以下の長さのビームバンチの発生 (これには、プラズマカソードで対応可能と考えられる)

#### iv 非高周波高勾配加速技術による陽子・重イオン加速

陽子や重イオンの加速については、その質量が大きいため、光速近くに加速する初期加速部が、電子加速器に比べてかなり大がかりな装置が必要とされる。この調査において注目している陽子あるいは重イオンビームのエネルギーは 200MeV/核子程度であり、初期加速領域のエネルギーに相当するものである。

高周波加速以外の加速原理として、加速しやすい（負電荷の）電子集団の中に（正電荷の）陽子や重イオンを束縛し、電子集団を加速することにより電子とのクーロン相互作用で束縛された陽子や重イオンを加速する電子リング加速などの「集団加速」が早くから提案されている。

また、近年の大強度レーザー技術の進展を背景として、これらの技術を使う加速方法が提案されている。レーザー（後方ラマン散乱）励起型プラズマ加速（陽子）、レーザー衝撃波加速（重イオン）あるいは直交場加速（陽子・重イオン）がこれに相当する。なお、直交場の意味は電子の場合と同様である。

##### iv-A 電子リング加速(陽子・重イオン)

###### 加速原理

図-17 に示すように、リング状の電子群がリング内につくるポテンシャルに陽子・イオンを置き、電子リングを加速することにより、リング内のポテンシャルに捉えられた陽子・イオンを加速する。この方法では数 10MV/m の加速電場が得られる。

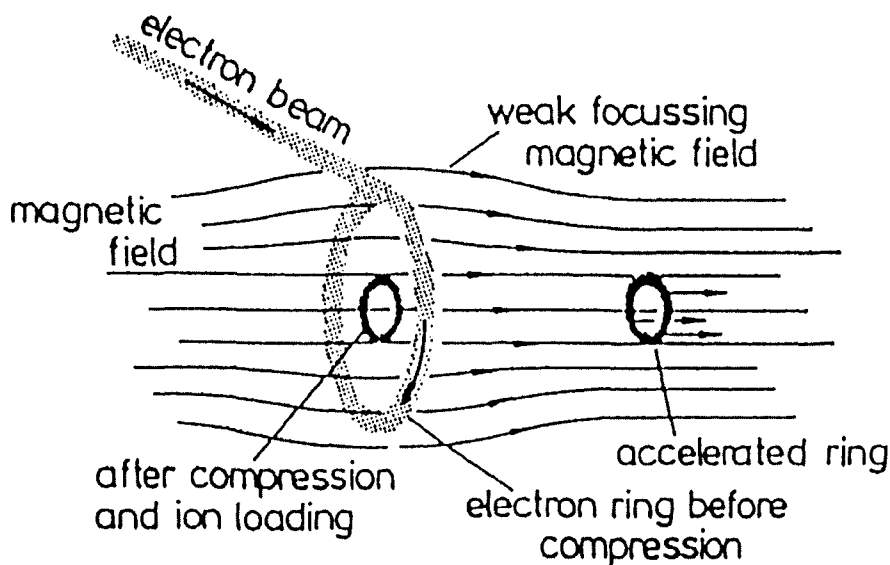
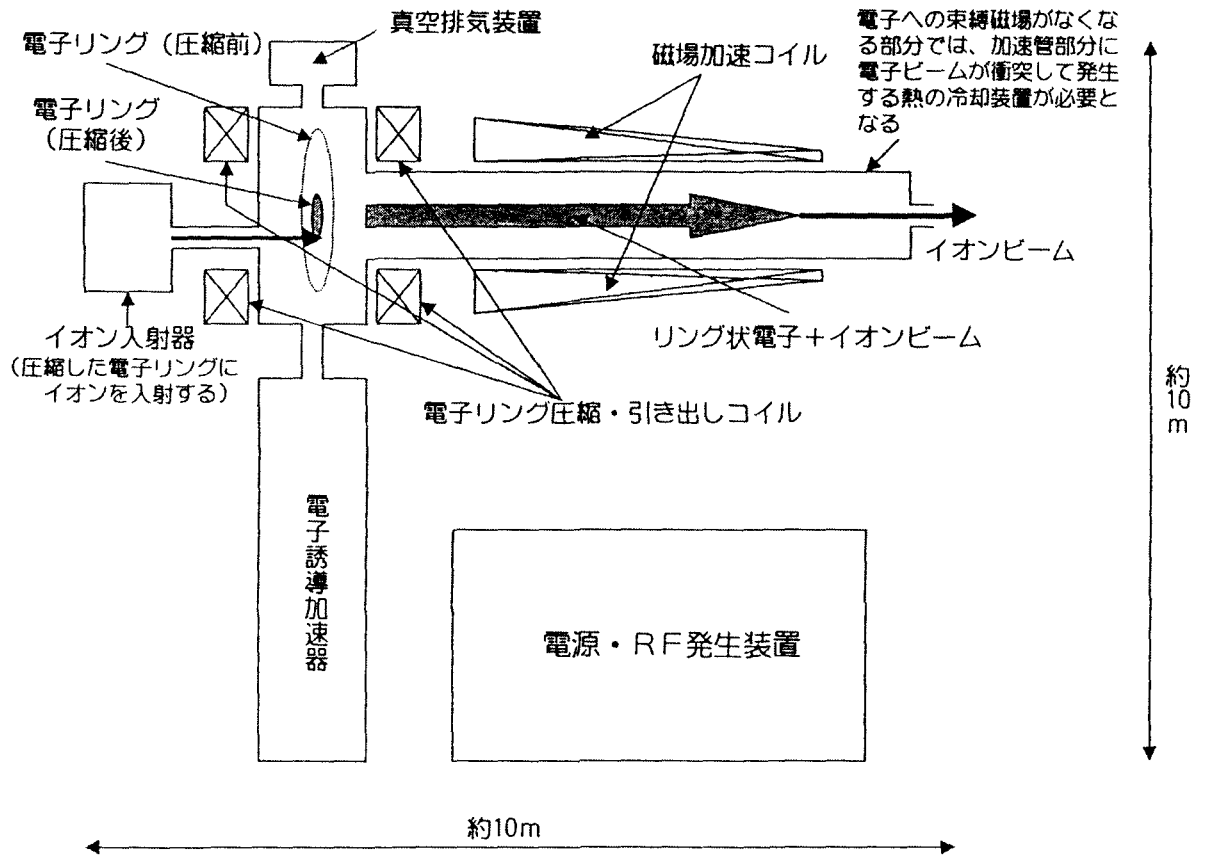


図-17 電子リング加速の原理

電子リング小型重イオン加速器の提案（研究開発段階Ⅳ）



(川崎 温 (埼玉大学) 案)

図-18 電子リング小型重イオン加速器の全体構成

目標とするビームエネルギー、ビーム強度等

- ・ビームエネルギー 200MeV/n
- ・ビーム強度  $10^{11}$  ions/pulse
- ・ビームパルス長 psec オーダー
- ・ビームの大きさ かなり広がる

実現のための技術課題

- ・各種不安定性 (resistive-wall, negative mass, ion resonance instabilities) への対処

#### iv-B レーザー励起型プラズマ加速(陽子)

##### 加速原理

図-19 に示すように、プラズマにレーザー光を入射すると、レーザー光が後方に散乱されるとともにプラズマ波が生ずる現象(後方ラマン散乱)を利用するものである。この現象で発生するプラズマ波の位相速度は、プラズマ密度の増加関数である。陽子ビームの軸に沿って密度が増加するプラズマ(陽子ビームの入射地点でのプラズマ波位相速度と陽子ビームの速度を合わせるように、入射地点でのプラズマ密度をとる)中にレーザーを入射し、位相速度が次第に増加するプラズマ波をつくり、このプラズマ波のポテンシャルにより陽子ビームを加速する。この方法では、種々の理由により、陽子では約 150MeV 程度のエネルギーを得るのが限界と考えられる。加速電場は、理論上は 100GV/m を超えるが、実質的に加速できる距離は mm のオーダーである。

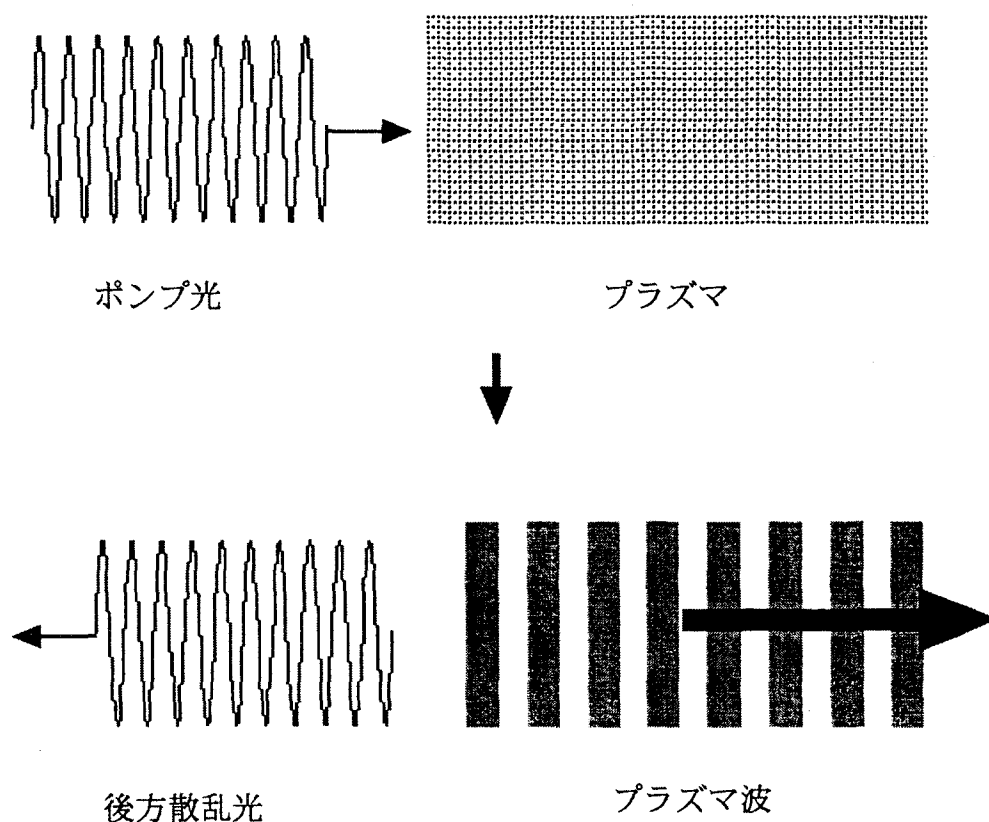
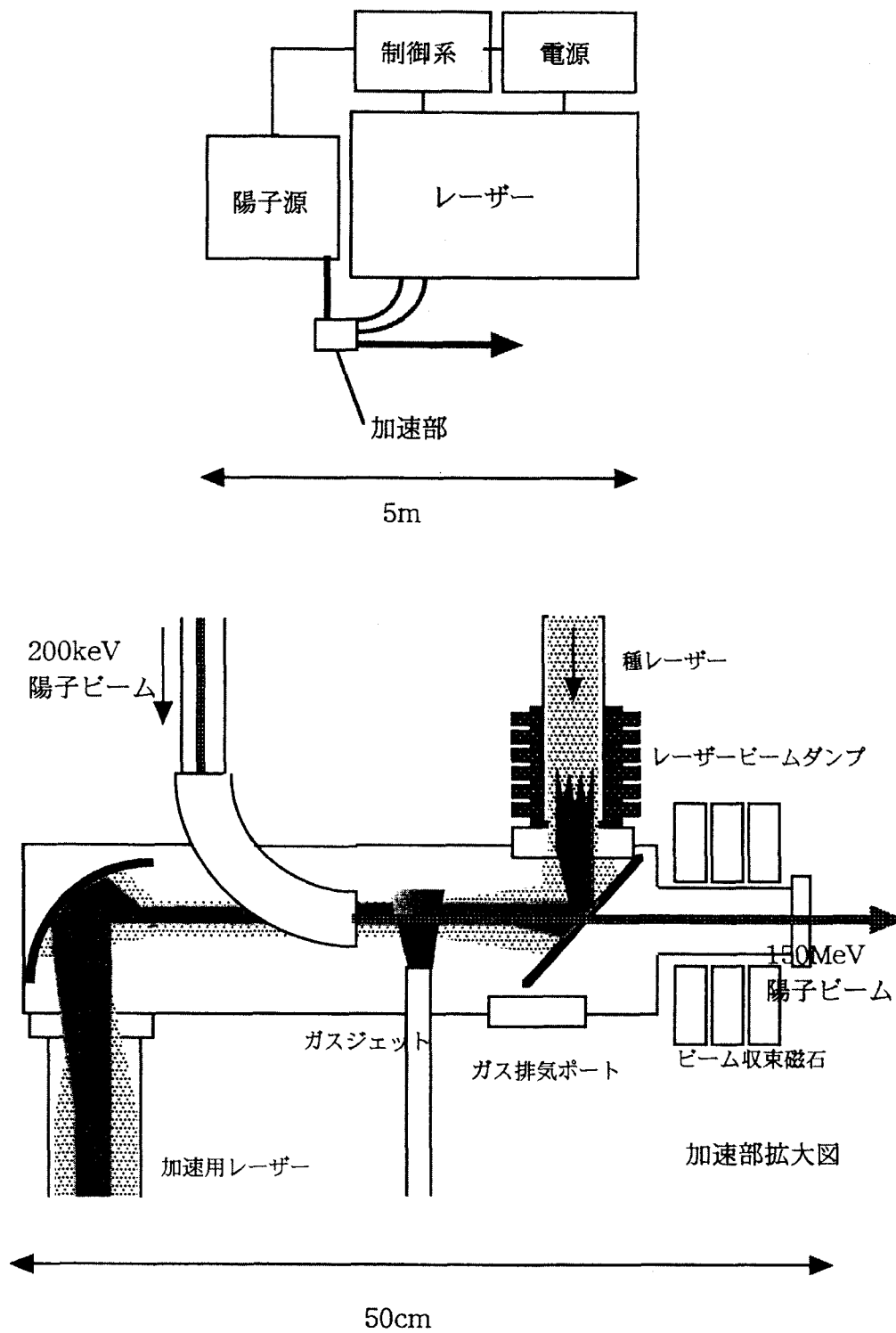


図-19 レーザー励起型プラズマ(陽子)加速の原理

レーザー励起型プラズマ加速小型陽子加速器の提案（研究開発段階Ⅰ）



(小方 厚 (広島大学) 案)

図-20 レーザー励起型プラズマ加速小型陽子加速器の全体構成

## 目標とするビームエネルギー等

- ・ビームエネルギー 150MeV (陽子)
- ・ビーム強度 1pC/pulse
- ・ビームパルス率  $f = 10\text{Hz}$

## 実現のための技術課題

- ・シミュレーションコードの開発 (プラズマ波の電場強度やプラズマ波の減衰の推定)
- ・再現性良くラマン不安定性を引き起こす手法 (補助レーザーの使用等) の検討
- ・所定の密度勾配を安定的に実現させる方法の開発
- ・発生させる密度勾配と陽子速度を同期させる方法の開発

## iv-C レーザー衝撃波加速(重イオン)

### 加速原理

図-21 に示すように、短いパルスレーザーを (プラスチック等の) 薄膜に照射すると、レーザーの持つ運動量が薄膜のイオン化したプラズマの運動量に衝撃波 (超音速音波) の形で変換される。薄膜の裏側から吹き出したプラズマは、クーラン解で特徴づけられる希釈解 (密度が段々になる) を持つが、このプラズマに垂直方向に磁場を加えることにより衝撃波を磁気音波 (アルベン) 衝撃波に変換する。このアルベン衝撃波の速度は、プラズマの密度が小さくなるにしたがい増大することから、これによりイオンを加速することができる。加速するイオンについては、アルベン衝撃波が薄膜より吹き出したプラズマ中のイオンを自発的に拘束するものを使うか、あるいは、発生したアルベン衝撃波の位置に合わせて外部より入射させる方法が考えられる。なお、原理的な加速電場は、加える磁場の大きさに依存し、数 Tesla の磁場を加えるものとするれば、数 100MV/m 程度となる。

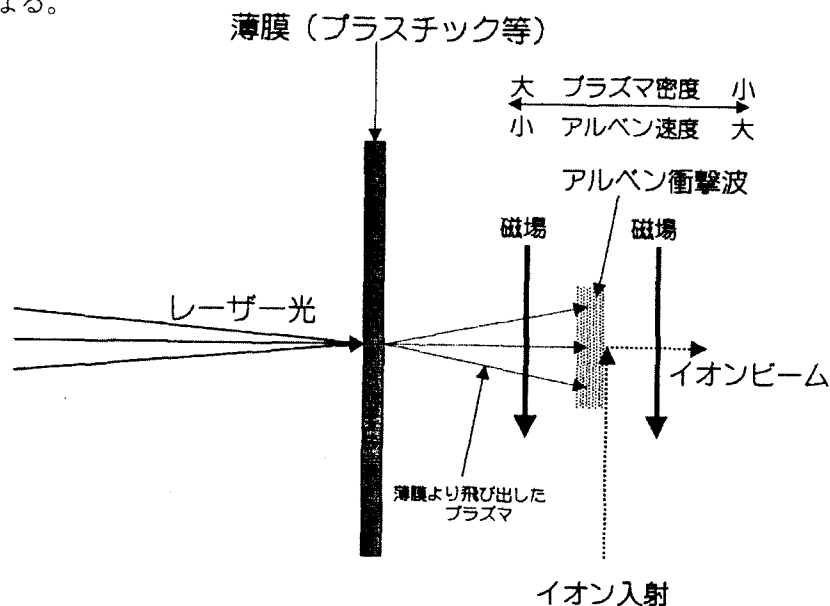
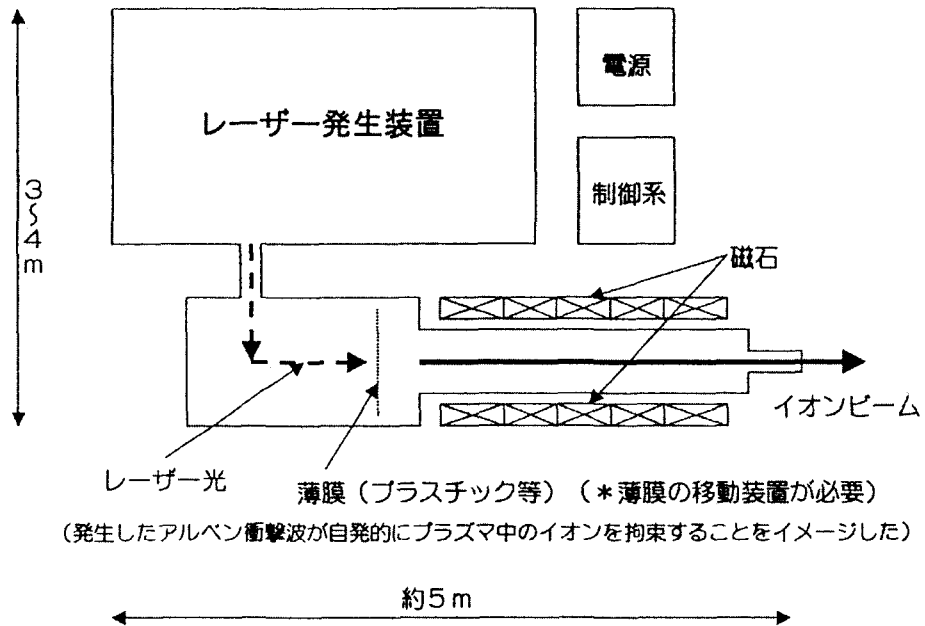


図-21 レーザー衝撃波加速の原理

## レーザー衝撃波加速小型重イオン加速器の提案（研究開発段階Ⅰ）

（この提案は 1998 年 10 月時点（最も早い時点）での提案であり、その後の実験的な研究の進展によりいろいろな提案が検討されているものと思われる。）



田島 俊樹（テキサス大学 オースティン校）案

図-22 レーザー衝撃波加速小型重イオン加速器の全体構成

### 目標とするビームエネルギー、ビーム強度

イオン源として

- ・ビームエネルギー 数 MeV/n
- ・ビーム強度  $10^{10} \sim 10^{11}$  ions/pulse

イオン加速器として

- ・ビームエネルギー  $\sim 200$  MeV/n
- ・ビーム強度  $10^8$  ions/pulse

### 実現のための技術課題

- ・原理実験による確認
- ・イオン捕捉の拙攻の吟味
- ・加速構造（アルベン衝撃波）とイオンの位相安定性の確認
- ・アルベン衝撃波の位相速度の増加の制御と安定性
- ・加速の上限、エミッタンス、粒子数等のビームパラメータの決定
- ・レーザー、薄膜材料、吹き出しプラズマ等のパラメータの最適化



#### iv-D 直交場加速(陽子・重イオン)

電子の場合と同様に、陽子・重イオンを捕捉した電場の波（横波、縦波のいずれでも良い）の進行方向に直交するように定常磁場をかけると、陽子・重イオンは波面を波乗りするように走行しながら、効率よく加速されることを利用するものである。電場の波としては、電磁波（レーザー等）（横波）やプラズマ波（縦波）があり、以下の二つに大別できる。

- ① 陽子・重イオンを捕捉する電場として、レーザー光の電場を利用するもの（横波型直交場加速）
- ② 陽子・重イオンを捕捉する電場として、レーザーパルスなどで励起させるプラズマ波を利用するもの（縦波型直交場加速）

#### ①レーザー(横波型)直交場加速

##### 加速原理

電子の場合と同様な加速原理（図-13 参照）に基づくものである。原理的加速電場は、電子の場合と同様に、スポット的には1 TV/m 以上のものとなるが、加速距離は短く（10  $\mu$ m 程度）一段あたりでのエネルギー利得は数 10MeV であり、それ以上のエネルギーを得るには多段化が必要となる。図-23 に示すように、TEモードレーザービームを、いくつかの鏡を用いてイオンビームとの交点に多段的に焦点を絞り、その焦点領域に電場と直交する定常磁場を印加すると、図に示す軌道に沿ってイオンが加速される。

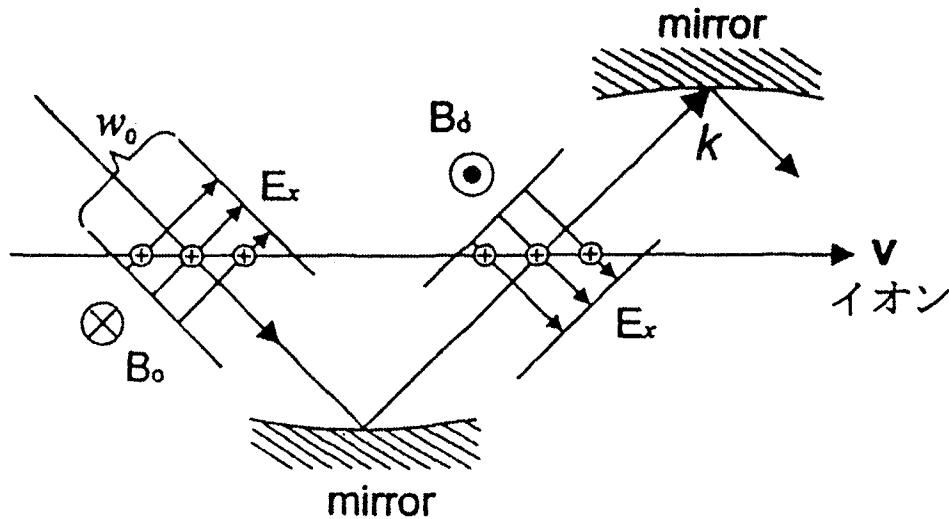
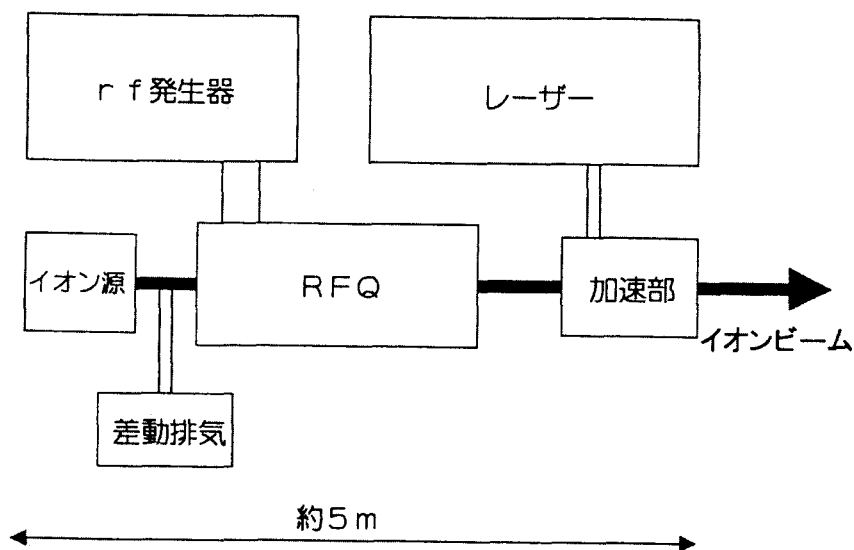


図-23 レーザー(横波型)直交場加速の原理

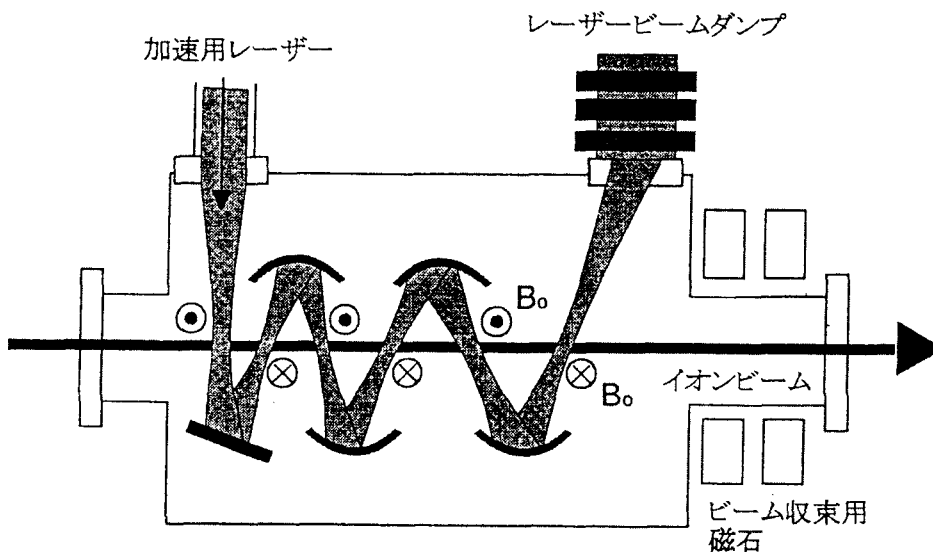
レーザー(横波型)直交場加速小型重イオン加速器の提案 (研究開発段階 I)



(西田 靖 (宇都宮大学) 案)

図-24(a) レーザー(横波型)直交場加速小型重イオン加速器の全体構成

(加速部詳細図)



(西田 靖 (宇都宮大学) 案)

図-24(b) レーザー(横波型)直交場加速小型重イオン加速器の加速部詳細

## 目標とするビームエネルギー、ビーム強度等

### 第1段階

- ・ビームエネルギー 200MeV
- ・ビーム強度 1mA
- ・エミッタンス 10mm・mrad
- ・ビームパルス率  $f = 100 \text{ Hz}$

### 実現のための技術課題

- ・コンパクトな強磁場 (>1 Tesla) 発生装置の開発
- ・レーザーの効率向上
- ・RFQ (イオン源) とレーザー光の同期
- ・安定なイオン源：プラズマ波長程度あるいはそれ以下の長さのビームバンチの発生

## ②プラズマ(縦波型)直交場加速

### 加速原理

iv非高周波高勾配加速技術による陽子・重イオン加速、iv-Bレーザー励起型プラズマ加速器において、(プラズマの密度勾配をなくして)プラズマ密度を、(レーザーの後方ラマン散乱で発生する)プラズマ波の位相速度が入射陽子ビームの速度と等しくなるように選ぶ。このプラズマに、入射ビームの方向と直交する定常磁場をかけた状態で、レーザーを入射させ(後方ラマン散乱による)プラズマ波を励起し、引き続いて陽子ビームを入射させ陽子をプラズマ波に捕捉し、プラズマ波とも磁場とも直交する方向に加速する。理論上の加速電場は1GV/mを超えるものとなるが、陽子の得るエネルギーは、プラズマの幅に規定されるものとなる。

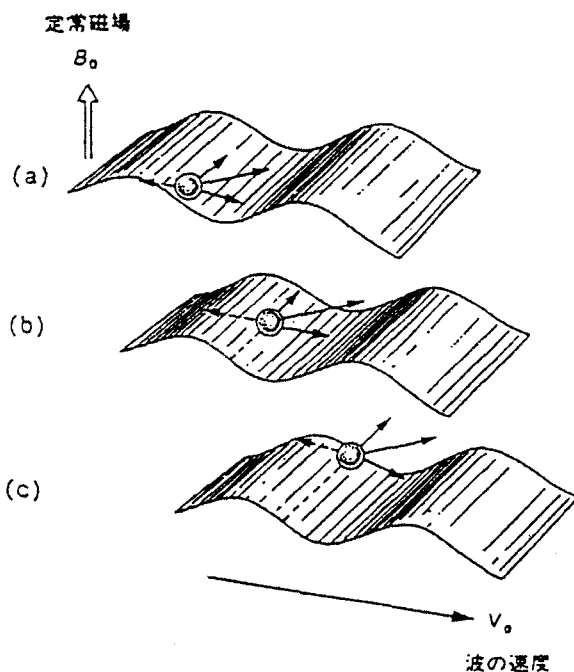
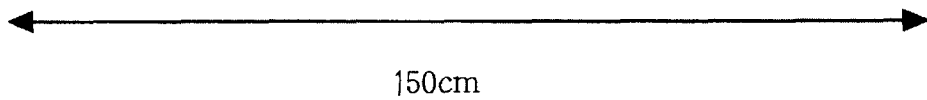
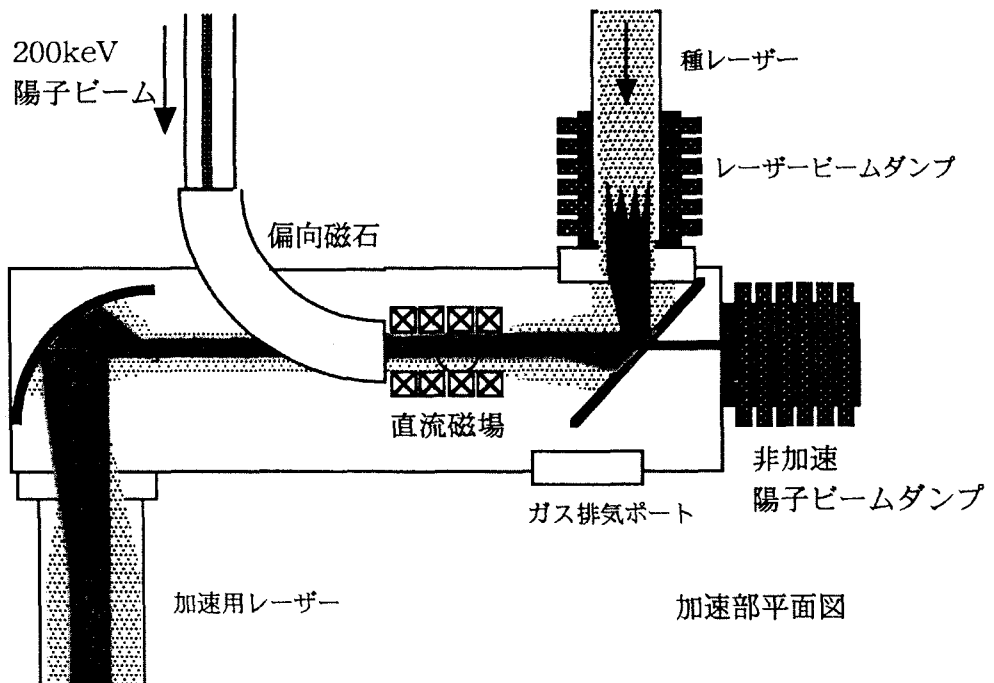
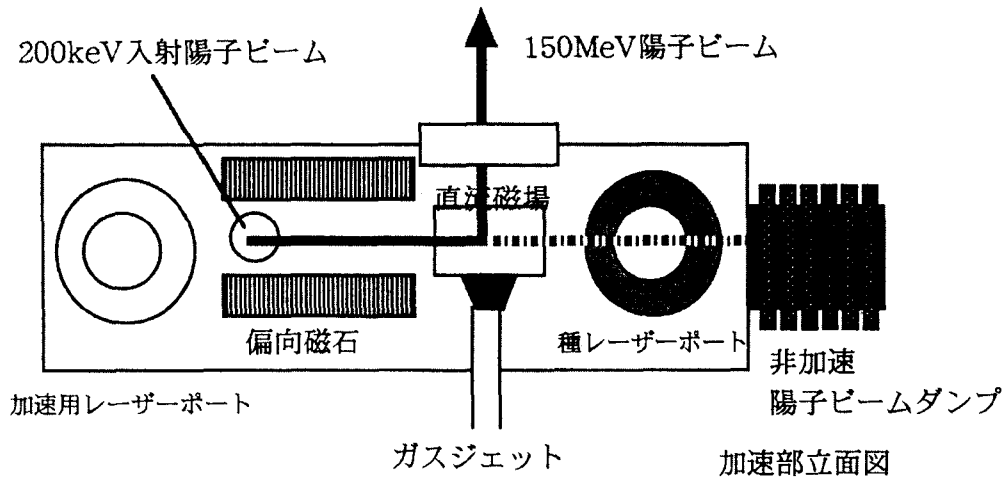


図-25 プラズマ(縦波型)直交場加速の原理

プラズマ(縦波型)直交場加速小型陽子加速器の提案 (研究開発段階 I)

全体構成図は、図-20 に同じ。加速部詳細は下のようになる。



(小方 厚 (広島大学) 案)

図-26 プラズマ(縦波型)直交場加速小型陽子加速器の加速部詳細

### 目標とするビームエネルギー等

- ・ビームエネルギー 150MeV (陽子)
- ・ビーム強度 1pC/pulse
- ・ビームパルス率  $f = 10\text{Hz}$

### 実現のための技術課題

- ・シミュレーションコードの開発 (プラズマ波の電場強度やプラズマ波の減衰の推定)
- ・再現性良くラマン不安定性を引き起こす手法 (補助レーザーの使用等) の検討
- ・幅の広いレーザービーム作成方法の開発

### v コンパクトな(硬X線)放射光発生(小型(硬X線)放射光源)技術

放射光は、一般的には電子シンクロトロンにおける偏向部から放射される指向性の強い光 (赤外線 $\sim\gamma$ 線までの非常に広いエネルギー領域の電磁波) を指しているが、これは電子ビームと磁場との相互作用により放出される光子ビームである。

エネルギーのやや高い (硬 X 線) 光子ビームを得る場合には、

- A. 電子ビームのエネルギーを (数 GeV 程度に) 高くする
- B. 非常に強い (交代) 磁場を用いて電子ビームにアンジュレーションを起こす
- C. A. および B. の両方を使う

ことが考えられる。電子ビームのエネルギーを高くするには現状では大型の電子シンクロトロンが必要となり、全体装置の小型化には寄与しない。このため、電子ビームエネルギーは低いものを使うが、レーザーの強い磁場成分をアンジュレータとして用いる方法が提案されている。この方法はマイクロレベルで見ると、レーザーと電子ビームの逆コンプトン散乱である。

### v-A レーザーアンジュレータ放射光発生

#### 放射光発生原理

図-27 に示すように、電子ビームの進行方向と逆方向にレーザーパルスを当て、レーザー光の強い磁場により電子ビームにアンジュレーションを起こし (微視的にみると、レーザー・コンプトン散乱あるいはレーザー・トムソン散乱)、エネルギーの高い放射光を発生させる。

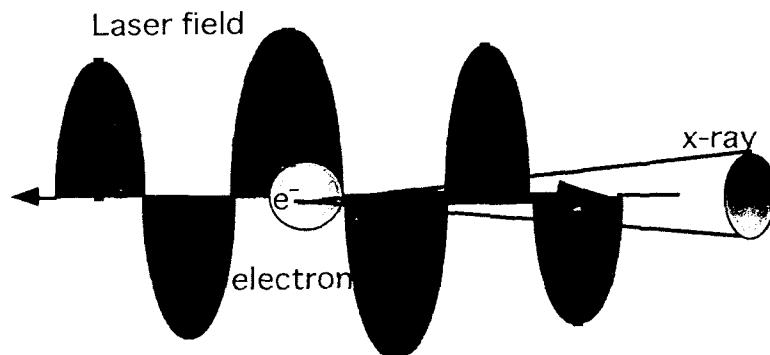
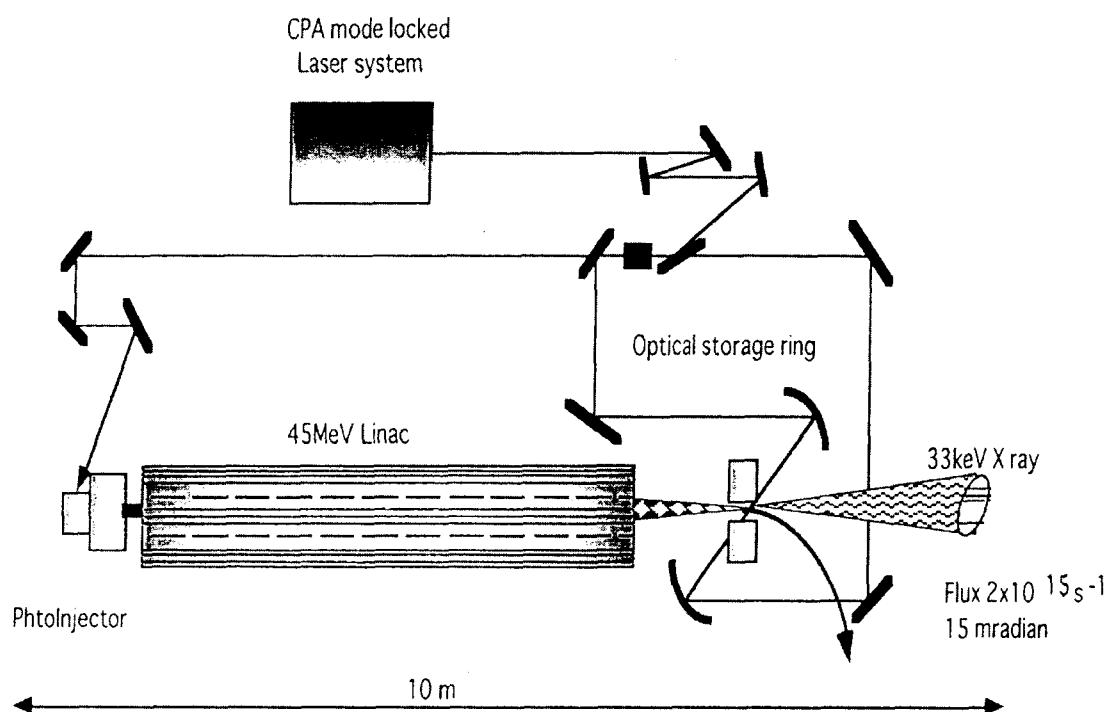


図-27 レーザーアンジュレータ放射光発生原理

レーザーアンジュレータ小型放射光発生装置の提案（研究開発段階Ⅲ）

（第1案：Single-Pass Laser 放射光源）



電子加速器諸元	レーザーパラメーター
ビームエネルギー : 46.2MeV	波長 : 1 μm
ビームエネルギー幅 : 0.1%	パルスエネルギー : 2J/pulse
ビーム強度 : 1.6nC/bunch	パルス幅ピークパワー : 1TW
ビームパルス長 : 2ps	スポット径 : 10 μm
バンチ数 : 160	
繰り返し周波数 : 100Hz	
規格化エミッタンス : 1mm · mrad	
衝突部でのビーム半径 : 10 μm	

（熊田 雅之（放射線医学総合研究所）案）

図-28(a) レーザーアンジュレータ(Single-Pass Laser)放射光源の全体構成

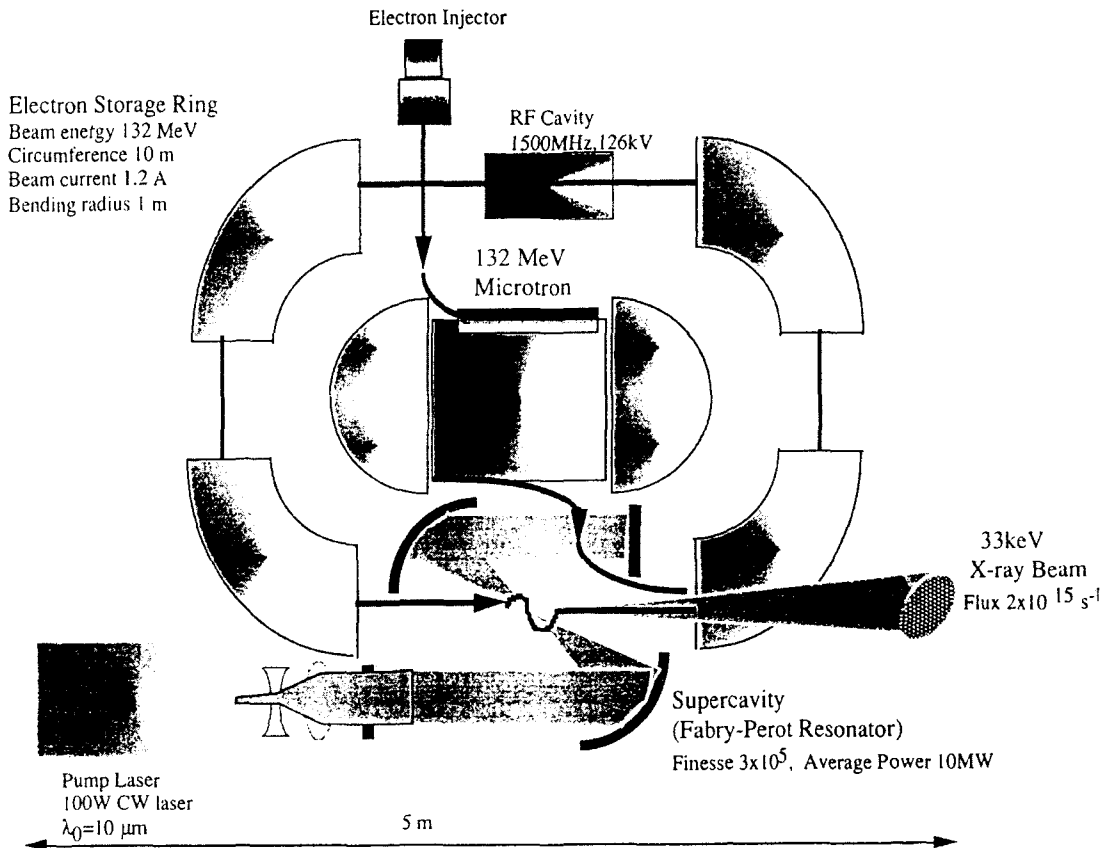
目標とする光子エネルギー、光子ビーム強度

- ・光子エネルギー 33keV (X線)
- ・光子数スペクトル幅 0.2%
- ・光子ビーム強度  $2 \times 10^{15}$  photons/sec/15mradian

実現のための技術課題

- ・電子ビーム・レーザー衝突部のパラメーター設定

(第2案 : Intracavity Laser 放射光源) : この案の場合、総重量 10 ton 以下とすることは困難



電子ビーム・貯蔵リング等諸元		レーザーパラメーター
<b>加速器からの電子ビーム</b>	エネルギー幅 : 0.2%	波長 : 10 $\mu$ m
ビームエネルギー : 132MeV	量子寿命 : 1 時間	パルスエネルギー : 2J/pulse
ビーム強度 : 1.2A	規格化	ピークパワー : 1GW
ビームパルス長 : 2ps	エミッタンス : 0.4mm $\cdot$ mrاد	平均パワー : 10MW
バンチ数 : 50	繰り返し周波数 : 100Hz	スポット径 : 100 $\mu$ m
<b>貯蔵リング関係</b>	衝突部での ビーム半径 : 30 $\mu$ m	
周長 : 10m	<b>RF Cavity</b>	
偏向電磁石曲率 : 1m	RF 周波数 : 1500MHz	
エネルギー損失 : 28.5eV	RF 電圧 : 126kV	
ダンピングタイム : 155ms		

(熊田 雅之 (放射線医学総合研究所) 案)

図-28(b) レーザーアンジュレータ(Intracavity Laser)放射光源の全体構成

目標とする光子エネルギー、光子ビーム強度等

- ・光子エネルギー 33keV (最大磁場では 330keV) (X線)
- ・光子ビーム強度  $2 \times 10^{15}$  photons/sec
- ・光子数スペクトル幅 0.4%

### 実現のための技術課題

- ・貯蔵リングの径が小さい（偏向電磁石の曲率半径が小さい）ことによる非線形効果とその取り扱い
- ・電子ビーム・レーザー衝突部のパラメーター設定
- ・100 MW 級スーパーキャビティの開発（実証試験）
- ・波長  $10\ \mu\text{m}$  のレーザー用のミラーの開発
- ・スーパーキャビティの安定性の確保