

## 2. 科学技術と加速器

栗屋委員

本章では加速器がなぜ必要か、加速器にはどのような種類のものがあり、夫々にどんな特長があってどのように使われているかを概観する。ことにしているが、まず初めになぜ加速器が必要かについて、幾つかの例を示しながら説明する。

### 2.1 加速器はなぜ必要か

栗屋委員  
下の部分からここに  
移したのは、  
CERN に対する疑問の  
答えとしては  
確かに自然界の  
生い立ちがふさわ  
しいのであろうが、  
他の部分にはこの  
ように問いかけは  
ない。で、これを  
加速器全体の存在  
意義に対する疑問  
に置き換えても  
良いのではないかと  
考えた。

現在世界で最も大きい加速器はヨーロッパ合同原子核研究所 (CERN) に建設中の、周長が 27 キロメートルもある陽子・反陽子衝突型加速器で、ヨーロッパを中心に世界各国が参加している巨大プロジェクトである。このように数千億円の費用をかけて山手線に匹敵する加速器をつくることにどんな意義があるのだろうか、誰もが抱く素朴な疑問であろう。

事務局

そこで、なぜ加速器が必要かについて幾つかの例を示しながら説明する。

#### (1) 宇宙研究からみた「自然界の生い立ち」と加速器を使ってわかった「自然界の生い立ち」

栗屋委員  
題名、加速器の必要性を述べるための section なので、宇宙研究だけ独立になっているのは適当ではないと思ったため

上坪委員

現在世界で最も大きい加速器はヨーロッパ合同原子核研究所 (CERN) に建設中の、周長が 27 キロメートルもある陽子・反陽子衝突型加速器で、ヨーロッパを中心に世界各国が参加している巨大プロジェクトである。このように数千億の費用をかけて山手線に匹敵する加速器をつくることにどんな意義があるのだろうか、誰もが抱く素朴な疑問であろう。

上坪委員

古事記は我が国の最も古い歴史書であるが、その最初に国作りの神話があって、我が国がどのようにして創られたかが書かれている。このような神話は世界各地にあり、人類が共通して自分達がどのようにして「この世」に存在するようになったかを常に考えていたことを物語っている。今日でも「この世」すなわち「私たちの住む自然界」がどのようにして生まれ、どのように進化して来たかは、人類に共通した最も興味あるテーマであろう。

上坪委員

永宮座長  
上坪委員  
栗屋委員

現在では、自然界すなわち宇宙はビッグバンを起こして膨張を始め、膨張に伴って温度が下がっていくと、クォークが創製され、やがて 3 つのクォークが集まって核子になり、さらに軽い元素である水素、ヘリウムなどができた。核子がこれらの元素が集まって星ができる。と、さらに星のエネルギーを創るために水素が燃やされて、生み出す原子核反応が進む中で酸素など比較的軽い元素が作られ

たことが明らかになった。また、宇宙に無数にある星には誕生から死に至るまでの進化があり、その段階でもっと重い元素が誕生したことも明らかになった。

自然界の誕生から行く末までを明らかにする学問は、天文学を中心にする宇宙物理学と高エネルギー物理学である。前者は現在の人類が見ている宇宙の姿から、宇宙の誕生から今日までの進化を解明し、今後の行き先を予測している。新聞や雑誌によく掲載される星の誕生や死の有様を映す天体望遠鏡（ハワイにあるスバル望遠鏡など）の写真には、多くの人々が惹きつけられ、また、ロマンを感じる人も多い。

上坪委員

栗屋委員  
題名、(1)へ

~~（２）加速器を使って判った「自然界の生い立ち」~~

それに対して高エネルギー物理学は、加速器のエネルギーを上げることでビッグバンに迫る方法で、自然界の根源を探る学問である。（図、頁 2.1-5）こうして高エネルギー物理学はクォークの発見まで到達している。例えば、先に挙げた CERN はこの研究目的のために作られた加速器施設である。加速器がなければ人類は元素がどのようにして創られ、原子核はどのように生成されたかを知る由もない。ましてクォークの存在や、それがビッグバンのすぐ後に生じたことを知ることは不可能であろう。

栗屋委員

上坪委員

加速器は第一義的には知的フロンティアを開拓する装置である。自然科学の大発見が、日本人によって、日本の装置で成し遂げられたら、殆どの日本人が大きな喜びと誇りを抱くことは確かである。

~~この世界の始まりや進化を知りたいと言う欲求が、自然科学を生み出し、今日の科学技術を作り出した原動力である。自然科学的な理解をした上でも、なお、そこから哲学として思いを馳せる人もあれば、ロマンとして心を弾ませる人もいる。強い好奇心と深い思考、夢或いはにロマンが結びついて、自然科学の大発見に驚きと感動を与えるのであろう。~~

今日ではビッグバンやブラックホールなどは社会の中で広く用いられるようになっている。これまでも、相対性理論の発見や量子力学の誕生が新しい思想をもたらし社会変革に大きな影響を与えたと指摘されている。経済的な意味ではまったく役に立たない「純粋基礎科学」の研究がもつ重要な意義はこの点にある。

上坪委員

~~なお、このような研究は総て国際的な協力で進められている。~~

## 栗屋委員コメント

ここに例えば RI ビーム計画のことなどちょっとふれても良いのではないだろうか。この部分と、以下の生命の仕組み、物質研究と社会への貢献、医療用専用加速器の部分では、書き方が少し違っているように見える。例えば、日本における SPring-8 での成果、日本における PET の開発等かなり具体的に書かれているので、例えば、この報告書で出てくる他の加速器についてもさりげなく述べておくことも良いのではないかと考える次第。

## (2) 加速器で探る生命の仕組み

永宮座長

上坪委員

目を生体に転じると、生体内ではイオンがきわめて重要な働きをしている。ナトリウム、カリウム、カルシウム、鉄、銅、亜鉛など多くの元素イオンが存在し、夫々が神経の信号伝達、筋肉などを働かせる刺激、エネルギー代謝の触媒など固有の役目を果たしている。細胞膜にはイオンの通り道である多数のチャネル蛋白質があり、イオンはそこを通って細胞の内外を行き来する。チャネルが開くとイオンは濃度の高いところから低いところへ移動するが、逆の場合はチャネル蛋白質がポンプになって、イオンを濃度の高い方へ送り込む。例えば神経細胞では、刺激があるとナトリウムとカリウムイオンが細胞膜の内外に濃度差を作り、それが電位差を生じて電気信号になり伝わっていく。このようなメカニズムは放射光を利用してチャネル蛋白質の構造（原子配列）が解析されて明らかになったものである。なお、2003 年のノーベル化学賞はイオンチャネルの研究に対して与えられた。

上坪委員

筋肉の場合、カルシウム濃度が高くなると収縮し低くなると弛緩することは、日本人研究者によって明らかにされていた。最近播磨の放射光施設 SPring-8 を使用して、筋小胞体（カルシウム貯蔵庫）の膜にあるカルシウムチャネル蛋白質の構造が解析され、その結果からチャネル蛋白質は極微スケールの手押しポンプのような動きをしてカルシウムを運ぶことが明らかになった。

永宮座長

~~SPring-8 はこの他にも科学研究費補助金や振興調整費など競争的研究資金を得て行なった研究に多く使われており、国費を使った研究の質を高めるのに大きく貢献している。~~

## (3) 加速器を使った物質研究による社会への貢献

最近国内の自動車メーカーがインテリジェント触媒を開発して高い評価を得ている。これは希少金属であるパラジウムをペロブスカイト型結晶に取り込み、触媒作用による機能の劣化を運転中に回復する作用をもたせたものであるが。

上坪委員

SPring-8 による構造解析によってインテリジェント触媒のメカニズムが明らかになり、更なる改良へのヒントを得ることができた。このように物質の構造や電子状態或いは化学状態などを、微小試料や高温高压など特殊条件下の試料でも解析できるのが、加速器をベースにした放射光や中性子の優れた点である。

上坪委員

最近、このようにして構造や機能が明らかにされた蛋白質や新物質は、創薬や機能性材料開発の立場から極めて重要な物質であることが多く、学術的価値の高い研究成果が同時に実用的価値の高い成果になる。このような研究は激しい国際競争のなかで進められており、れることが多く、試料ができたなら一刻も早く解析したいというを望む研究者が多かった。SPring-8 はこの要求を十分に満たしている。

上坪委員

#### (4) 医療専用加速器の開発

昭和 40 年代に、陽電子崩壊をする炭素、酸素やフッ素の短寿命放射性核種 (RI) を含む薬剤を体内に注射して腫瘍部分に集め、反対方向に出る 2 つのガンマ線を計測してその位置を決める陽電子放出トモグラフィ (PET) が開発された。わが国でも RI 製造、化学処理、検出器開発とがん研究の専門家がグループを作り、理研サイクロトロンを利用して PET の技術開発と臨床試験を行なった。その成果を基に加速器メーカーが RI 処理装置を含めた PET 専用サイクロトロンを開発し、主に大学付属病院で PET の実用化研究が進められた。今日では全国に 60 台以上の PET 装置が設置され、脳などの腫瘍診断や脳機能検査に用いられている。粒子線によるがん治療も、高エネルギー物理学研究用加速器からビームをもらって、試験的に開始された治験から始まっている。このように、まづ汎用中型 (大型) 加速器で開発が行なわれ、その有用性が認識された後に専用加速器が開発され普及した例が多い。

全国の主要な病院では電子線型加速器 (リニアック) が放射線照射治療装置として使われている。最近普及した使い捨て注射器は電子リニアックによる放射線滅菌で安全性が確保されている。電子リニアックは排煙処理にも使われるようになってきたが、最近、大型コンテナを丸ごと透視する税関検査装置にも使用されている。

## (5) 大型加速器は革新的技術のパイロットプラント

事務局

上坪委員

事務局  
「真空」について  
の記述が唐突に  
出てくる感がある。  
加速器との関連を  
補足する必要がある  
のでは？

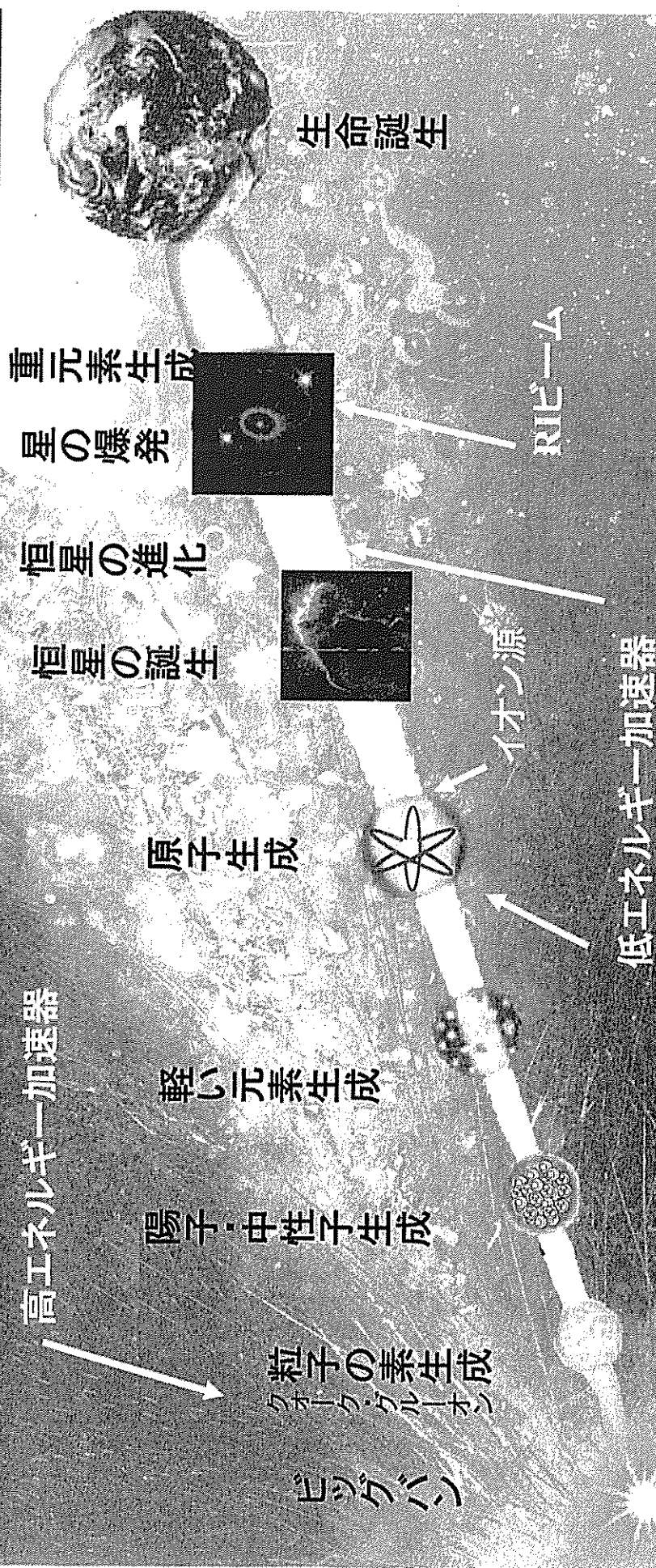
事務局  
この部分の記述が  
加速器とどのように  
関連するかわかり  
にくいので、記述を  
見直す必要がある  
のでは？

これまで大型加速器の果たした役割として、大型加速器が革新的技術の実用化パイロットプラントになっていることも指摘しておく。大容量真空、超高真空では常に最先端の要求を実現してきた。大型超伝導磁石を大量に設置し、長時間にわたる安定運転を実現したのも高エネルギー加速器であり、計算機制御、大容量高速計算機を初めて使いこなしたのも大型加速器施設である。アメリカで軍を中心に開発されたネットワークが、高エネルギー物理学研究者の手によってwww(world-wide web)とe-mailとしてグローバルな展開が行なわれた。その成功が今日のIT革命につながっている。

加速器を用いた研究の多くは学術的な基礎研究であり、基本的に国際協力で進められている。東西冷戦の激しかった時代にも CERN やアメリカの研究所がロシアの研究者を迎え入れ、また多くのヨーロッパ、アメリカの研究者がロシアの研究所を訪問している。このような国際協調の精神は大型加速器利用研究を支える柱である。

# 宇宙の歴史と加速器科学

種々の加速器による研究が、宇宙の歴史の違った時刻を探っている



0秒

10万分の1秒

3分

10万年

1億年

150億年

ビッグバンからの経過時間

