

## 研究開発専門部会 第3回加速器検討会 議事録(案)

1. 日 時 平成15年4月21日(月)15:00～17:00
2. 場 所 中央合同庁舎第4号館 4階 共用第2特別会議室
3. 出席者  
検討会委員  
永宮参与(座長)、栗屋委員、上坪委員、小林委員、曾我委員、高橋委員、  
田中委員、谷畑委員、土井委員、  
原子力委員会  
藤家原子力委員長、竹内原子力委員  
内閣府(事務局)  
榊原参事官、後藤企画官、川口参事官補佐  
文部科学省  
研究振興局 量子放射線研究課 石井課長、奥野課長補佐  
説明者  
放射線医学総合研究所 加速器物理工学部 山田部長  
大阪大学 産業科学研究所 田川教授
4. 議 題  
(1)大型加速器計画のフォローアップについて  
(2)加速器研究開発利用についての意見聴取  
(3)加速器検討会 今後の検討内容について  
(4)その他
5. 配布資料  
資料加第3-1号 重粒子線がん治療装置 HIMAC  
資料加第3-2号 加速器検討会 今後の検討内容について(論点整理メモ)

## 6. 議事次第

(永宮座長)時間になったので、始めさせて頂きたい。本日は、一応5時迄時間を用意しているが、色々検討事項が多いと思うので、なるべく要領よく進めたい。

まず事務局より、配布資料の確認が行われた。

(1)大型加速器計画のフォローアップについて、独立行政法人 放射線医学総合研究所 加速器物理工学部 山田聡部長より資料加第3 - 1号に基づき、概ね以下の通り説明、質疑応答があった。

(放医研 山田部長)放医研の山田でございます。

今日は基本的にはフォローアップということなので、建設以来のHIMACの実績についてざっとお話し、時間があればこれからの展望についてもお話したい。

この図は、今のHIMAC施設の全景である。この部分が100床の病院、そしてこの部分がHIMAC施設、そしてこれが研究棟で、3つの施設から成っている。

これがHIMACの全体図。ご存じの方もいると思うが、HIMACは横幅65m、縦122mという非常に大きな装置であり、加速器の性能としてはシリコンを核種当たり800MeVまで加速し、水中を30センチほど透過させることができるエネルギーまで加速するために設計された。建設そのものは87年からスタートし、94年には臨床試験を開始している。

これは、典型的なブラッグピークといういわゆる線量分布と言われるもので、なぜHIMACというものを巨額な資金を投じてがん治療に使おうと考えたかということのきっかけになったもので、こちらが水の入り口、横軸が深さ方向にmmで測った単位である。縦方向は線量、放射線の強さと考えて頂きたい。速度が早いうちは比較的弱い影響しか与えないが、止まる寸前の1cm程度以内のところで非常に急激なピークを作る。この部分にがん細胞を持ってくれば、この手前、奥両方向にほとんど障害を与えることなく、がん治療ができるだろうというのがこのHIMACの最初の考え方である。

ここに例示しているのが、従来のX線線量分布であり、体の表面が一番強く、奥に行くに従って徐々に指数的に弱くなっているのと比較して頂きたい。

HIMACでのがんの臨床試験は、平成6年6月から開始されたが、従来法では制御が困難ながんを対象にし、重粒子線の安全性と有効性を確かめることを目的に行われたものである。これは、研究所内外の専門家で構成される各種委員会が常に評価を行い、コントロールするという仕組みで物事が進んでいる。この2月末の機器停止以前で、患者数でいうと1,500人弱で、1人の患者で2カ所治療される方も何人かおられたので、病巣数としては1,500を超える臨床例を蓄積している。

この図は治療室の中で、左側の絵が水平・垂直ビームライン室という水平と垂直と両方ビームが出てくるところである。これが垂直のビームの出口、ここが水平のビームの出口、ここに患者がおり、ここにあるカメラで患者の体に固定された発光ダイオード信号による位置の動きをこのカメラでモニターしている。肺や肝臓等は患者の呼吸で数センチ臓器が動いてしまうので、

その動きをモニターしながら照射することが日常的に行われている。

こちらの図は垂直治療室で、ここでは上方向からしか照射できないが、基本的に同様の呼吸同期照射システムを持っている。

この図は水平照射室という部屋で、ここでは、左側の方向からビームが照射される。この部屋は首から上の頭頸部の治療をするのに特化して作られたというわけではないが、この部屋には椅子が用意してあり、ベッドを使っても照射できるが、椅子が360度回転し、高さも位置も調整することができるので、特定の臓器を避けて照射ができるという利点がある。

この図は、臨床試験の中でどの部位のがんが治療されているのかを棒グラフにしたものだが、ここで症例数1,448と数字を上げているが、そのうちの2割強が肺がんで、ほぼ2割が首から上の頭頸部である。脳などの中枢神経系は頭頸部と区別されているが、首から上は2割強で、次に多いのは前立腺、肝臓といった感じで、これぐらいの症例が積み上げられている。

この図は、1年間でどれぐらいの患者が治療されているかというのを表した図だが、平成6年度は、最初1年間4人の患者しか治療できなかったが、平成14年度の場合には約300人の治療ができるようになってきている。

この図は、資料にないが、去年のデータである。例えば頭頸部では、2年局所制御率というこれは治療をした場所から再発がなかったというデータだが、局所制御率が悪いところでも60%～80%程度、肺だと60%～100%ぐらいというように非常にいい数字が出ている。同様に肝臓では80%前後、前立腺ではほぼ100%である。子宮では照射する範囲が大きいといううなこともあって、若干下がっている。

それから、注目すべきは骨肉腫や軟部肉腫、これは重イオン以外の放射線、あるいは手術でほとんど治らなかった患者が、これぐらいの局所制御率を得て、場合によってはかなりの確率で、骨肉腫の場合には骨が溶けてなくなっているというような場合が多く、治療後も、手術や普通の放射線治療だと完全に穴が開いてしまう状態となるが、約半数の症例で骨が再生されているという結果も見られている。

これは頭頸部がんの治療例で、この真ん中の図でピンクに色付けされた部分ががんで、これは眼球の裏側の腫瘍なので、手術は不可能だと言われたがんだが、この方向とこの方向、2方向からの照射で照射6カ月後にはほぼ完全にがんが消失しているという例である。

これは肝臓の例だが、ご覧になればわかる様に、非常に大きな肝臓がんが12カ月後にはほぼ完全になくなっているというような例もある。

肝臓や肺は大きながんが治るということもあるが、特に最近力を入れているのが短期照射で、これは15回照射、または12回照射、3週間あるいは5週間で治療した例と、1週間、2週間の比較的短期間に治療したものを比較しているが、局所制御率でいえば全症例で1年局所制御率が95%、89.1%、89.1%という様に下がっていくが、短期照射に関してだけ選んでもほぼ90%近い制御率が得られており、それはほとんど外科手術に匹敵する。外科手術の場合は局所制御率という言葉ではなくて生存率で表現されているが、生存率という数字で表しても94%、82%、69%なので、ほとんど外科手術に匹敵する治療結果が得られている。

昨年あたりからは、火、水、木、金と4回照射をして、それで治療が完了するというような状態になっている。外科手術だと、術後長い間入院しなくなければならないが、重イオン照射治療

の場合には外科手術のような体へのダメージがないので、治療が終わるとすぐに退院できる。

これは、肺がんの例で、ここに肺がんが見られるが、治療後4カ月、半年でほぼ消滅している。

ここで、非常に大まかに重粒子線治療をまとめると、従来では難治性と言われたがんに対しても有効性が認められ、特に進行度に関しては、手術が困難な局所進行がんに対しても効果があると言われている。部位的には、重要器官に隣接したがん、前立腺がんなどもかなりきれいに治癒しており、組織的には、普通のX線では治りにくいと言われている腺がん、悪性黒色種や骨・軟部肉腫に非常に効果が高い。また、肺がんや肝がんに対して短期小分割照射は治療期間が短く、そして患者に対してダメージが少ない治療法として非常に注目されている状態である。

今までの話は、主目的であった治療の話だが、夜中や週末は治療をしていないので装置が空いており、その時間を使って共同利用研究をしている。実験経費、宿舍及び旅費等の共同利用研に近いサービスをさせて頂いている。そして、中エネルギー照射室や生物照射室といった照射室に、異なるイオン種を異なるエネルギーで供給することが可能なシステムとしているので、非常に効率的に実験が行われている。

これについては、共同利用運営委員会というのを外部委員で構成し、運営に関して重要事項を審議して頂いており、一応共同利用研に近いシステムとなっている。特に2001年4月の独法化以前は国立研究所だったので、実験の中身にも比較的制約があったが、独法化によって装置を外部の人に使うことが業務として認められたので、元々の放射線安全研究や治療診断研究以外の純粋物理学の実験などにも使ってもらえるようになった。

この図は共同利用研究課題の課題数の推移を示している。生物系の課題が比較的多いが、物理・工学系の課題も比較的多く行われている。

この図は共同利用研究員数のうちの外部研究者の実験への参加数で、年々増加しており、現在では500人を超えている状況である。

これは、ビーム供給時間だが、これは共同利用研究だけの時間積分である。見かけ5,000時間となっているが、これはシンクロトロンリングが2台と、中エネルギー実験室の3カ所使う場所があるので、それをそれぞれ延べ時間として出した数字であり、5,000時間というと普通の加速器の1年間のフル稼働時間に近い時間を共同利用実験に供給している状況である。

最後に、世界の状況を少しこの図で説明すると、アメリカではこの粒子線治療というのは比較的限られた場所で行われていないが、ヨーロッパと日本で非常に特異的に数が多い。日本の中でも、放医研、筑波大そして柏の国立がんセンターの東病院、それから静岡県のがんセンターという様に、東関東地区に非常に集中的に施設があって、あと若狭湾と兵庫県にあるという分布である。

粒子線の治療患者数、これは世界中の施設で治療した患者数が多い順に並べたものだが、ハーバード大学は2002年に新しい施設が完成したので、それまでの積分数字として9,000名治療したのが一番多く、そしてロマリダ大学、この2つのアメリカのプロトン施設が特段に多いが、放医研も去年の2月の数で1,200人治療しており、ベスト9ぐらいに漸く入ってきた。そして筑波大が、これはプロトン照射施設だが、11番目にランクされているという状況である。以上

です。

**(永宮座長)** どうもありがとうございました。曾我委員、何か補足ありますか。

**(曾我委員)** 今までのところはHIMACに極限した説明だったが、おそらくこの検討会として重要なことは、非常に優れた効果を示している粒子線治療を今後どのように日本で普及化していくかということだと思う。これに関しては、この後、山田部長からも何か話があるかもしれないし、我々の方でも議論していかなければならない問題だと思う。

**(竹内原子力委員)** 単純な質問だが、独法化後に一般研究、生物研究そして物理・工学的な研究に時間を十分使えるようになったというが、以前は大きな制約があったのか。

また、外部からHIMACでの研究に参加している研究者は、独法化後に若干増加しているが、昔からも結構参加者はいたようである。今独法化が流行なので、ある面先行事例として差し支えない範囲でお話し頂けないか。

**(山田部長)** 独法化によってHIMACの使い方がドラスティックに変わったということではないが、それまでの国立研究所は、限定された設置目的の中で研究をしていたので、設置目的と異なる学問分野に関しては、なかなかやり難い部分があった。

しかしながら、独法化によって装置や施設を外部の方に利用してもらうこと自体が業務として認められることになったので、目的を問わず装置が空いている限り有効利用して頂きたいという形でアプローチはし易くなったはずだが、こちらの宣伝不足でその辺りがよく浸透していないせい、その効果は未だ目に見える形では顕れていないが、少しずつその方向に動いている。

**(竹内原子力委員)** 関連した質問だが、逆に独法化というのは経営と保安・安全面についても完全な自主責任体制になる。そういった面での懸念はあるか。

**(山田部長)** 独法化されたことによって何か問題が起きるといって懸念だが、HIMACを使って頂く際には放医研の安全管理システムの中に入って頂くことになるので、ほとんど問題ないと思う。

**(上坪委員)** 今の話で、共同利用が認められているということは、共同利用のための旅費やそれにかかわる経費等も公式に認められているということなのか。

**(放医研 山田部長)** HIMACのスタート時から、共同利用研究として公式に予算を頂いている。

**(上坪委員)** それは共同利用研究なのか、それとも共同研究なのか。

**(放医研 山田部長)** 共同利用研究という名前を使わせて頂いている。だから、他の共同利用研のように完全に外部の研究者のみで自由に来て頂くという形にはなっていない。ほぼ100%外部のチームに使って頂くことは可能だが、一応所内の対応者を決めて頂くことになっている。

**(上坪委員)** だとすると、やはり共同研究という形態をとった共同利用研究ということか。

**(放医研 山田部長)** 厳密に言えば共同研究という形になるかもしれない。

**(永宮座長)** 先ほどの説明の前に、山田部長は将来の希望のようなことを言われたと思うが、これからどういう方向性を狙われようとしているのか。

**(放医研 山田部長)** これだけ臨床結果が積み上がり、非常に良い結果も出ており、特に他の放射線とは違う特性もかなり見えてきたことだし、出来ればこれを実用治療にまで持っていきたい。実用治療に持っていくということは、HIMACをどれだけコンパクトで安く造ることができる

かということ。現在の技術では、HIMACの床面積は1/3程度までには縮小可能だと考えているが、コストはまだ半分程度にしかならないため、そう簡単には答えが出ないと思うが、息の長い研究を続けて、さらに安く、さらに小さくなる方向に研究を進めていきたい。

(永宮座長)例えば、今の装置をそのまま使うとすると、ビームラインを増設するののも一つの方法だと思うし、保険制度をどうするかという問題もあると思う。どこに一番力点を置かれるのか。

(放医研 山田部長)HIMACで治療した人が1,500人になったと一口に言っても、実際にHIMACに治療に来る患者の地域分布を見ると、やはり千葉、東京が圧倒的に多い。従って、どうしても別な場所にも展開する必要がある。

また、保険については、少なくとも全国どこでも同じような治療が受けられることが保険適用の前提なので、やはりその意味でも装置の数を増やしたい。

(谷畑委員)今の話について、かなり以前にお伺いしたことがあるが、プロトンを使用する装置で済む部分と重イオンを使用する装置が必要な部分というものがあると思う。一番効率のいい全国展開の数の比というものは、どう考えているのか。

(放医研 山田部長)そういう意味では、明確に定量的には出てこないと思うが、プロトンはサイバーナイフやガンマナイフ、そしてIMRTといった新しい治療法も進歩してきており、それなりに厳しい戦いが待っていると思うが、少なくともX線で治らないものが重イオンでは治る場合があることが見えてきたので、その点重粒子線治療はかなりの優位性を持つと思う。

(曽我委員)全国展開のやり方に関しては、実際に今現在医用原子力技術研究振興財団等を1つのチャンネルとして、どういった普及用加速器を造るべきかという検討をしているところである。例えば先ほどHIMACが300億円以上かかったという話があったが、それはシンクロトロンが2台あり、なおかつ800MeVのエネルギーが出せるものである。実際上は今カーボンで400MeVあれば30cm到達するということがわかっているので、エネルギーも倍以上のオーバースペックであり、それが2台あることを考え、なおかつ20名近くの医者が関わっているという、そういう大きな臨床試験研究で進めていくための装置だから非常に高くなったのであって、各地方に展開するとすれば、半額程度にはなるとのお話だったが、やはり100億円以下ぐらいの装置でないと、なかなか全国展開はし難いだろうというのが私個人の印象である。

また、地域的には北海道や九州、あるいは関西地区でも兵庫県だけなので、福井は専用の病院ではないし、そういう意味でも、日本でこれだけ先進的に進んだ研究をもっと広く全国に展開したい。特に最近の動きを見ると、HIMACが非常に系統的な臨床試験体制を持ったために、今谷畑委員のお話にあったようなプロトンとの比較を検討したい場合に、プロトン側のそれに対応する症例がきちんと出ていないという問題があって、中々比較検討はし難い。プロトン側は生物効果比が線と同じであるということもあって、やはりそういう意味で重粒子線の方を作りたいという意見が地方でも非常に多くなってきている。

(永宮座長)筑波大は陽子ビームでやっているの、ある程度の比較は可能だと思う。

(栗屋委員)山田部長のお話に関して2つ質問がある。まず、11ページに共同利用研究課題数の棒グラフがあり、“治療、診断”というのと“生物”というものが記載されているが、この差異は何かということ。もう1つは、将来の展望に関してで、色々と展開はあると思うが、施設の面積は限られている。共同利用研究と治療そのものの兼ね合い、これは将来どのようなバラ

ンスになるのかという点。

**(放医研 山田部長)**「治療、診断」研究と「生物」研究の違いは何かということだが、基本的にはそれほど明確ではない。医者が生物を研究する場合には、生物に入る場合もあるし、治療に入る場合もあり、どちらに近いのかという分け方である。また、必ずしもHIMACを使わない研究も実は治療診断研究の中には少数入っている。どちらに近いのかという、本当に純生物のデータとしてパブリケーションを目的としているのは「生物」という形に分類され、大体が生物実験室を使うケースが多いが、治療室を使った実験を行う場合には当然「治療、診断」となる。

また、今のHIMACに関しては、最終的には高エネルギー加速器研究機構や昔の核融合科学研究所のような完全な共同利用という形にはおそくならないと思う。

**(栗屋委員)**お聞きしたかったのは、HIMACでの治療で非常に成果を上げておられる反面、基礎研究でもよい成果は出しておられるようだが、将来、まだ全国的に装置が少ない時に、例えばこの共同利用研究を削って、より治療に力を入れるのか、それとも現状維持なのかということ。

**(放医研 山田部長)**そういう意味では現状維持ということでは間違いのないと思う。今、放医研だけで治療数を増やすことを最優先にしているわけではなく、どちらかといえば治療の品質や他の放射線との違いを明確にしていくということが臨床試験で目指している方向なので、患者数増加は医者数の増加という方向にも繋がっていくので、それほど拡大できないと思う。

**(上坪委員)**放医研のお話を聞くと、照射に対して非常に多くの優れた技術開発が進んでいると思う。ところで、例えば呼吸に同期して照射する技術といった、普及のためには開発が必須である照射技術のようなものはまだあるのか。それとも、このまま経済的なめどさえ立てば、もう普及させていいものなのか。

**(放医研 山田部長)**放医研でまさにもう間もなく実用に使おうという技術で、三次元照射に近い積層原体照射というものを開発している。現在のやり方では、二次元的にはどの場所でも深さ方向には同じ厚みで照射するという形になっており、その場合、比較的浅い位置にあるがんを治療する場合、皮膚障害がどうしても起きる。そこで、皮膚に近い部分をカットしたいという医者側の要求があり、それに対してほぼシステムとしては完成しているが、まだテスト段階である。これは普及型装置の中に当然搭載しようと考えているが、それができれば普及のための照射技術に関してはほぼ大丈夫かと思う。当然のことながら、さらなる高精度化もあるが、ハードの開発はそれでとりあえずは一段落だと思っている。

**(田中委員)**普及していくという議論があるが、大体患者数あるいはニーズを考えた場合、陽子線の治療装置は少しずつ増加していると思うが、重粒子線治療装置は全国的にはどれくらいの台数を揃えればよいとお考か。

**(放医研 山田部長)**どの辺りまで重粒子線を適用すべきかということは、非常に狭く考える人と広く考える人とがあるが、外科手術と比較しても、肝臓の短期照射に関しては3年生存率のようなデータでも負けていないし、場合によっては非侵襲性という非常に大きなメリットがあるため、外科手術よりも重粒子線治療を利用したいという患者も当然出てくる可能性がある。その辺りをどこまで考えるかによるが、恐らく粒子線適用の患者数は2015年には5万人くらいになるだろうと言われている。1つの施設では恐らく1,000人くらいしか治療できないので、ざっと

見積もって50台というのが1つの目安だと思う。それを全部重粒子線にするかどうかはわからないが。

**(永宮座長)**色々議論は尽きないと思うが、1つの重要な問題として、やはり重イオンというのはプロトンに比べて装置が高価なので、重イオンのどこに特徴があるのかを明確に、ある程度素人にわかるようにして頂けるとありがたい。例えば、プロトンでは何ができて、重イオンでは何ができるのかということの一つの表にまとめていただくと非常にわかりやすい。

**(放医研 山田部長)**今日は、むしろカーボンでないとできないことを中心にお話した。少なくとも肝臓や肺に対する短期照射などはカーボンでしかやっていないし、腺がん系のがんや悪性黒色種や骨・軟部肉腫に関しては、ほとんどカーボンでしか治療できないことが見えてきている。

**(永宮座長)**よくわかりました。

(2)加速器研究開発利用についての意見聴取として、大阪大学 産業科学研究所 田川教授より説明があり、概ね以下の通りの質疑応答があった。

**(永宮座長)**では、次の議題に移りたいと思う。今後の検討内容、すなわち日本全体の加速器の開発利用をどう進めていくかという議論に対して、加速器開発者及び利用者の方から今後色々お話を伺おうと思う。どなたをお招きするかというのは後で議論したいと思うが、今回はその初めとして、大阪大学産業科学研究所教授の田川精一さんをお招きしている。

田川教授は、日本学術会議で原子力基礎研究専門委員会の委員長を務めておられ、その他、学協会、各種プロジェクトの委員会の委員長、座長、部会長として加速器の利用開発や、量子ビームの利用や、放射線利用について議論をし、報告を取りまとめておられる方である。

**(田川教授)**大阪大学の田川です。今ご紹介頂きましたように、色々な方々がこの加速器研究開発について議論されてきたことについて、簡単にまとめてご報告させて頂きたい。

最初に、放射線・加速器利用の時代の流れ、特に研究動機の移り変わりについて言及したい。放射線も加速器も、初期の段階から物質構造を探るといふ人間の最も強い知的関心に関する研究手段として、桁外れに強力な研究手段として使用され、多くのノーベル学賞受賞者を輩出している。また、医学への応用もすぐに開始され、多大な効果を挙げてきたのも周知の事実である。

物質構造の探求や医療への応用は引き続き重要であったが、第2次世界大戦中の原子炉や核兵器の開発に続く原子力の平和利用の中で、放射線・加速器の利用は拡大し、現在では、経済効果としても非常に大きな規模になっている。

最近の加速器・放射線利用の大きな変化に言及したい。物質構造解明は放射線・加速器が最もストレートに力を発揮できる分野で今でも放射線・加速器利用の重要な分野である。しかし、物質や力、宇宙の起源を探るといふようなことは依然として重要であるが、知的興味が多様化したことが重要ではないかと思っている。医療の方は利用方法も規模も拡大している。

それと同時に、最近ではビーム利用の拡大や巨大化、費用増大という問題があるし、二次ビームが非常に手軽に利用できるようになっている。そのため、今までは余り気にしていなかった経済性や代替手段がどうかということも、新たに加速器を建設するかどうかの判断基準とし



て重要になってきている。それともう一つは、原子力委員会で話があるように、原子力と加速器が非常に融合してきた。

今回は時間的に話せないが、独法化後の大学における放射線・加速器研究の維持に非常に大きな危機感を抱いている。国立大学法人化に伴い、いろいろな責任が国から大学を移ることとインフラや安全管理・教育の費用が個々の施設でなく大学に一括してくることになると、加速器のように個々の大学に特徴のある加速器研究の場があり、全国の散らばっている研究者が使用に来るといった研究に個々の大学が責任と費用を負うことができるかという問題がある。ちなみに最近の複数の調査で、大学・研究所にある約200台の加速器の70から80%が外部の共同利用に使用されている。もう一つの技術継承の問題は、最近、大学では原子力、加速器・放射線・アイソトープ関係の学科や講座が急速になくなっているために、この分野の教育を受けた学生が急速に減少していることと大学・研究所で国民生活に役立つ放射線・加速器の研究を行ってきた研究者が定年で続々と辞めているのに後継者がいないことである。さらに、独法化後、現在大学に登録されている4万人を超える放射線・アイソトープ利用者に対する管理・教育体制が不透明な点で、この分野の教育を受けた学生が急速に減少する危険性がある。これらの問題は大学だけでなく、大型加速器施設や産業界にとっても重要で別途議論すべき重要な課題と認識している。

やはり、加速器を取り巻く環境として一番大きい変化は、加速器・放射線利用における知的研究対象の多様化は、最近の人間の知的活動の多様化、科学のパラダイムの変化と連動していると思われる点である。

今まではより小さな、要素科学というか、クオークとかそういうもの追求することが人間の知的好奇心を満たすために宇宙や生命の起源の探究と同じように重要であったが、最近はまだ少しサイズが大きい複雑な系、例えばライフサイエンスやナノテクノロジー等の色々な知的興味の対象が生まれてきた。おそらく従来の、くみ上げていけばすべてが解決する、要素さえはつきりすればよいという考え方に疑問が出てきているのだと思う。そして、もう少しはつきりと要素科学から統合科学へという流れが変わったことと、社会とのかかわり、これは予算が大きくなったこともあると思うが、これからの加速器開発や利用時に考慮しなければならないと思う。

皆さんよくご存じの通り、日本には放射線発生装置として使用許可が出ているのが1,136台で、そのうち836台が実は線型加速器であり、そのうち708台が医療機関で使われている。

加速器のカテゴリーは、次のように分けて考えた方がいいかと思うが、まず大型加速器、そして大学研究所にある中小の加速器、そして企業の加速器、それから医療用加速器がある。大型加速器についてはこの検討会でフォローされておられているので、どちらかというそれ以外のカテゴリーについて簡単なお報告をした方がよいと思う。

この図に日本で今活発に動いている大学研究所にある加速器は、ほぼ網羅されていると思うが、地域的にはやはり研究者の多い関東地区と関西地区に多く設置されている。

大型加速器の方はもうここで説明する必要はないかもしれないが、さっき申したように、目的がかなり多様化してきている。特に知的探求の多様化については、研究者の夢、そういうのが若い人たちを含めて非常に変わってきたことは大きく考えなければならないと思う。それと加速

器の巨大化や費用の増大の問題がある。

具体的に最近のプロジェクトを見ても、単目的というか、本当に基礎研究をやるというニュートリノ振動みたいなものを研究するためのものもあるが、ほとんどはHIMACにしる、RIビームファクトリーにしる、主目的はあるけれども、やはり色々なニーズに答えて行こうというものであって、これは大強度陽子加速器になるとその傾向はもっと強くなり、SPring-8なんていうのは本当の共同利用機関になっている。

大学の研究所にある中小加速器の特徴は、やはり世界をリードできる研究、これが存続価値だと思うが、その反面学内で多目的の加速器というのはまずいという側面がある。また、学生教育や若手の育成ということが課せられている。それで、今日は説明しないが、独法化や技術継承の問題、そして原子力教育体制の変化ということはいくつものところにここ1,2年で大きく問題が出てくると思っている。

次に、経済効果や産業界の話だが、経済効果が大きい額になっていることは別として、加速器はかなり広い範囲に使われている。例えば、産業利用の工業利用電子線加速器というのは、国内で308台ぐらいである。アメリカで220と書いてあるが、これは実はアメリカでは調査してない部分があり、同じカテゴリーだけを考えると、アメリカの220台に相当するのは日本では143台である。アメリカには凡そ500台ぐらいこういった工業利用加速器があると考えており、それとよく一致する比率になっている。アメリカは放射線利用の経済規模全体としても日本の1.5倍ぐらいなので、日米で非常に異なる分野もあるが、多くの分野でその程度の比率になっている。それから、これは我々が調査した後、それをもとにして原研でつくられた資料の1つだが、ここで言いたいことは、工業利用といった多様なところに加速器が広がっているということである。また、環境保全利用は現状では規模は小さいが重要な応用分野として期待されている。また、農業利用というのは今は規模は小さいが、将来の世界の食料問題を考えると食品照射など非常に重要である。しかし、現状では実用化された技術で余り加速器を使っていない。ただ、原研高崎研のTIARAだとか理研とか、色々なところでイオンビーム照射で、突然変異等に対して、γ線、X線は異なる生物影響が出ている。先ほど山田部長が治療の方でも、X線、プロトン、炭素イオンで違った効果が出ているという話と似た話だと思います。

この図は、放射線照射で切り花の色を変えるという、一番左上が原種で色々なものができますよという例である。

治療の方は、放射線利用という点から考えると、実は加速器以外にも色々なものが使われている。日米で比較するとよくわかるが、先ほど申したように700台ぐらいの電子線加速器、LINACや、イオン照射装置等色々あるが、実際にかかった費用を考えると、一番下の方に粒子線治療やBMCがあるが、これは平成9年のデータで、今はもっと増えているかもしれないが、いずれにしても小さいし、放射線治療は実は診断に比べるとはるかに小さい規模になっていて、これはかなり日本の特徴的な傾向である。日米で比較した場合は、大体がんに対して放射線治療を行う比率も圧倒的にアメリカの方が多いし、それから診断と治療の費用もこのような形にはなっていない。

それから、もう一つ重要なポイントは、今国内で200台ぐらい研究所や大学に加速器があって、調査上では活発に動いているものはそのうちの120～130台程度である。実はこれはアイソト

ープ協会で調べた例で、この検討会で調べられた結果でもそうだと思うが、かなりの大学や研究所の加速器は共同利用に使われている。特に、活発に活動している約120台から回答が出ているので、凡そ70%から80%は共同利用に供されており、かつ、形式上は全体の70%近くが全国共同利用という形をとっているが、これは実態をきちんと調べると同時に、これをうまく活かしてゆく仕組みを考える必要があると思う。

これは、ユーザーからの共同利用の仕組みに関する要望である。これは実際に加速器を持っておられる各機関の意見は取り入れてないので、ユーザーの要望案と考えて欲しい。したがって、必ずしも一番よい案とは思わないが、重要な点ではある。例えば大型加速器についてはユーザーはやはり機関のエゴが出ないような形で大型加速器は全部1つの共同利用体制の中で管理して頂いて使わせてもらいたいという、加速器の運営管理の移管まで含めて非常にフェアに使いたいという希望が全体としては多い。

それから、大学には非常に多くの加速器があつて、それで全国共同利用をやっていると申ししたが、それを必ずしもユーザー側には周知されていないので、共同利用のユーザーに対する窓口の運営や管理に関して、バーチャルな機関でも設置してぐれば非常に使いやすくなるのではないかという意見がある。ただ、これはユーザーの要望で、加速器を持つ機関の意見も入れて考えた方がいいと思うが、案(1)は大型加速器、案(2)は大学・研究所の中小の加速器に対してのユーザーの要望として考えておく必要がある。

次に、産業への利用ということから考えると、既に定着した技術というか、非常に古い時に原理がわかったことが利用に非常に浸透している。1つは、透過性を利用したもの。これは診断を初めとしてとても広がりを持っている。そして、放射線の持つ電離作用や励起作用を利用した放射線化学反応を使ったもので、高分子の架橋による耐熱性向上や半導体の加工などに使用されている。また、イオン注入などの不純物注入による色々な物性の変化に利用されてきている。だから、こういった分野が今非常に大きな規模の工業利用になっているが、最近のように科学技術が急激に進歩してきているような時代に、何か新しい利用技術を開発するというような放射線利用技術の開発体制はあるかということ、残念ながらそこは非常に脆弱であると考えている。加速器の産業利用の特徴というのは、個別の直接利用からは基盤技術の重要性評価が非常に困難であるというようなことと、最近技術継承が非常に難しくなっていること、そして新しい利用技術開発が困難ということ、これは基盤が極端に脆弱ということで、この辺は放射線加速器の利用という点を考えた時には非常に問題だと思う。

また、代替技術への転換例というか、放射線で最初にプロセスは開発されるけれども、原理的なことがわかったと他の方法でやった方がいい。これは非常に多くの化学プロセスなどで起こっている。また、線源もできればより小型で簡便な線源に変えたいという傾向がある。たとえば、半導体では本質的に短い波長の放射線を使わなければならないから、放射線を使うが、できれば加速器からもう少し小さな発生源へ移していきたいという傾向がある。こういうものは本当に経済性とか代替性で置きかわっていくケースが多い。こういうものについて、最終的に採用された技術でも使用されている加速器で得られた基礎・基盤となっている成果が、最終結果だけしか見る事ができない関係者以外の人からは評価されないことが多い。評価がゼロということもある。放射線や加速器の利用開発の基礎基盤研究の評価の難しい点である。

代替技術に移行した後、再度放射線への転換した例としては、化学増幅型レジストがある。現在及び将来も半導体をつくるのには、ほとんど化学増幅型レジストという非常に高感度のレジストが使われているわけだが、最初は電子線とかX線レジストとして実用化された。しかし、大量に使用されたのはKrF（フッ化クリプトン）とかArF（フッ化アルゴン）のエキシマリソグラフィーという今現在使われているレーザーを利用したプロセスである。だが、近い将来には、電子線やX線レジストがもう一度使われるということになるが、これは加工寸法が波長に依存するので、光より短い波長のX線や電子線を利用せざるをえないという本質的なものを持っているからで、経済性だけでは議論できないところがあるためである。

最後には、当たり前のことだが、代替技術がないものについては放射線でやっていけるわけである。前述のように、放射線の透過性、電離作用、不純物注入など、放射線が持つ優位性を直接的に発揮できる分野では大きく発展し、非常に大きな経済効果が出てきたが、最先端の科学技術の成果も取り入れ、新しい放射線の特徴をうまく活かした高度な放射線利用の技術が生まれてきているとは言えない。

その理由として、重要な点を1つだけ指摘したい。世界的に言えることであるが、新しい加速器利用技術を開発するための基盤技術開発の体制が非常に脆弱である。また、研究開発と産業界とのインターフェイスというのは、全くない点も非常に重要である。もちろん、インターフェイスというのは、大学や大型加速器施設の人も関与しつつ、産業界の人がやるべきだと思う。研究開発と産業界への技術移転には研究開発とインターフェイスとが緊密に連携した新しい加速器研究開発利用推進のための体制を実体もしくはバーチャルで創設する必要があると思う。そういう全体のトータルシステムを考えた開発システムというものは、もう現在では全く存在しなくなっているのではないかと思っている。

加速器の要望ということになると、大型加速器の施設については既に多くの検討がされてきたと思うが、加速器の予算のほとんどを大型加速器に使用しているので、大きな重要なテーマで世界一になること、多様なユーザーに利用され、国民にも理解してもらうことが重要である。設置目的に研究者に施設の共用をすることを明記すべきである。

大学、研究所の中小型加速器、これはやはり特徴あるテーマで世界一、あるいは国として非常に重要性のある研究をきちんとできる施設であるということと、やはり大学とかそういうところにあると、多様な研究者の要望に対しても対応できないといけない。少しお金がかかって、いわゆる単目的型加速器というのでは非常に難しい。ただし、技術者がいるので、安く対応できるということがある。それから、やはり教育研究者の育成というのは重要で、そういう特徴がありかつ多様なものに対応できる加速器でなければならない。

産業用や医療用というのは、やはり小型で専用の、必要十分な機能を持った新しい加速器の開発を行う必要がある。先ほど放医研の話があったが、放医研はおそらく必要十分な機能というよりは、やはり最初に研究を進めて色々なことに対応しなければいけないので、専用加速器というものとは違うと思う。ただ、これから普及していくためには、加速器の専用化が必要なのは明らかだと思う。

ただ、産業、医療含めて、やはり最終的には加速器は使わなければいけないので、加速器だけを切り離して考えていても非常に問題がある。産業界でいえば、新しい産業育成の仕組

みの構築や、技術者の育成、そして適切な規制の制定が必要である。将来のナノ加工技術のように、半導体デバイス製造における次世代リソグラフィやナノテクノロジーの基盤技術の開発のためには、最先端の科学と技術の融合が可能な仕組みの構築が不可欠である。また、適切な規制というのは、既に定着した技術を利用している産業に対しても重要であるが、新しい利用技術やベンチャーを起こす上でも不必要な障壁をなくすという点で非常に重要なことだと思っている。それから、医療については今日は余り話すことが出来なかったが、陽子・重イオン治療などの新しい医療技術を普及させるためには全体システムというか、加速器だけではないもう少し大きな意味合いでの人材や、そういうものを整備してないと、おそらく普及できないのではないかな。

時間がないので、将来のナノ加工、イオンビーム治療、国立大学法人化に関する3枚のスライドに関する説明は省略する。国立大学法人化に伴う問題は非常に重要であるが時間の関係で別の機会にぜひご議論頂きたい。

長期的な国家戦略略を考えておく必要性について述べておく。

結論はここに書いたが、やはり長期的視野を持った国家戦略、我が国としての加速器開発のあるべき方向を出すことが必要ではないかと思う。だから、こういう検討会で検討されることは、大変よいことだと思う。ただ、やはり利用目的が非常に多様になってきているので、原子力委員会の場合、大学を含む専門家を含められるのかどうかは、私はもう昔のように切り離して考えることはないだろうとは思っているが、そうした上で広く色々なところと議論し、調整し、原子力委員会で原案を出されることは、非常によいのではないかと思っている。

そして、やはり個々の特徴を生かした研究推進や共同利用も、大学や研究所の70%以上が行っている。あとは、効率的な運営方式の創設がやはり必要ではないか。

また、産業や医療用加速器の推進については、先ほど申し上げたことと同じになるのでやめるが目的に必要な十分な安価な小型加速器開発が重要である。

大学や学術会議としては、独法化の問題は非常に重要な問題だと思っており、本来はここでそういう話をしなければいけないのかもしれないが、今日は割愛した。

最後に、大型施設への要望としては、やはり開かれた利用を担保してほしい。おそらく、大型設備でも既にSPring-8のように、ほぼ完全に開かれているもの、そして放医研のように別の趣旨でつくられたものを開放しているところ等色々あるが、原子力新法人の加速器も含め、ぜひ開かれた利用を組織の設置目的にきちんと書いてほしいというのが学術会議や大学側の非常に強い要望である。以上です。

**(永宮座長)** どうもありがとうございました。個々の一言一言に、色々含蓄があり、精力的にまとめて頂いたと思う。

**(曾我委員)** 今のお話で、技術継承が困難というところが非常に私は気になったが、これは一般の科学技術、あるいは大学での話とはまた別に、加速器技術に関して特有の問題が何かあるということか。

**(田川教授)** はい。まず大学だと、独法化が待っているということで、これからは事故があった場合でも、大学が自分で責任を負わなければならないという時代になり、かつ大学に一括して費用が下りるようになった時に、放射線を使用する環境というのは、ただぼんやりしていると非

常に厳しい状態になる。だから、そういう意味で若手の育成が非常に危ぶまれることが1点と、産業界は、先ほど申したように非常に大きく変わってきており、そういう中、現場で放射線や加速器を扱っていた技術者が、大学や研究所でもどんどんいなくなっていく。ただし、今の時代の時流に乗った新しい人たちも生まれてきているわけだが、そういう意味では人材交代ということもあるのだろうが、ただ国民生活や、利用等を考えると、そういうものを開発するような技術者が極端にこの数年で減ってきていることは事実だと思う。統計的にそういう数値を出すこともできと思うので、それはきちんと考えておかないと、そういう人がいるという前提で話をすると非常に間違ったことになるなと思っています。

**(上坪委員)** 独法化の問題は今日議論しないということだったので、多分それではよいと思うが、実は私、放射光学会で次の軟X線、極紫外の放射光の推進をしているところであるが、ここに来て非常に大きな問題は独法化の問題であり、法律によると大学は学生の教育研究が第一だが、この教育研究の中で特に大学の行う研究の中には、外部からの委託研究と外部の研究者との共同研究というのは認められているが、共同利用という言葉が入っておらず、逆に今度は大学共同利用機関法人の方に施設を作り、それをその機関で同じ研究をしている大学等の研究者に開放しなさいというようなことが書いており、非常に極端である。だから、大学の場合、学内共同利用は非常にやりやすいが、一般的な意味で外部との共同利用がどうなるのかということは、非常に難しい問題を含んでいる気がする。従って、1度この検討会でも何らかの形で少し明確にその辺を議論して頂くのがよろしいかと思う。

また、学生の教育は、大学院の方はまだよいが、学部の学生の加速器に対する教育をどうするかということが、次のステップで非常に重要になると思うので、私はやはり大学でどの様にすれば固有の目的に合った加速器が置けるのか、どういう概念の加速器ならばよいのか、をどの様に推進するのかは、ここできちんとした系統立った考え方を示すのがよいのではないか。

**(田川教授)** 大学に対してもサポートを考慮するという意味合いか。

**(上坪委員)** 今のままで行けば、大学に加速器がなくなってしまうのではないか。だから、そういう危険性があるのならば、その解決のために何が必要かということについて、きちんと、見解なり、考え方なりを示す必要があると思う。

**(永宮座長)** 上坪委員のご指摘は、大型加速器は色々な研究所にあるからよいが、田川教授のご発言にあった大学の中小加速器は、今まで共同利用用として全国的に使われていたものもたくさんあるわけで、そういうものは大学が独法化した時に、一体全国共同利用施設と大学のメリットの間はどうなっていくのか、その辺りが少しわかりにくいということだと思う。

これも重要なことで、色々やるべき問題が山積しており、私も色々マークはしているが、田川教授のご発言にあった産業界とのインターフェイスが少ないというのも非常に重要なご指摘ではないかなと思っています。我々も加速器をやっている中でどうしたらいいのかがいつも気にかかっていることなので、1度議論しなければならぬかもしれない。

**(土井委員)** 2つあるが、1つ目は、例えば専用機と汎用機の2種類あったとする。共同利用ということを考えると、やはり汎用機を納めることになると思うが、コストを考えると、汎用機を造るよりも専用機を造る方がおそらく安いと思う。その辺りどうお考えになっていくのか。

もう一つは、先ほどコストの話があったが、小型で安いものを造るには、やはり何か1つ画期

的なアイデアが必要ではないかと思う。メーカーでも、一生懸命考えてはいるが、なかなか学校の先生のように名案が浮かんでこないで、ぜひ産業界と学校の先生との関係をより密にして、色々と新しいアイデアを教えて頂ければ、それを具現化するということはある程度できると思う。これは、お願いである。

(田川教授) 共同利用のための装置、そして大学や研究所の装置は、やはり多様な目的に対応するような装置でないと問題があると思うが、基礎研究ではない医療や診療、それから産業界のものは専用機でないとけない。今まではどうしても加速器はそういう考え方では研究されてこなかった。

また、後半の産業界との連携についてもそうだが、やはり従来は加速器の主流の先生方はそういう形での協力を余りされてこなかったし、それは利用サイドの基盤研究の人もそうだった。先ほど色々な共同利用のシステムや、それから産業界とのインターフェイスや色々なことを説明したが、これが本当に大学や研究所で評価対象になるかどうかは、若い研究者にとっては非常に重要なことで、特にこれからは従来と違い客観的なデータを使って評価するという形になるだろうことがはっきりしてきている。そうすると、先ほど大型施設のところで、設置目的に書いてくださいと申したのと同様、大学や研究所の中での評価体制もきちんとさせない限りは、おそらく若い人はそういうところに入っていくのではないのか。

(谷畑委員) もう少し具体的な案が何かあればお伺いしたいが、2つの共同利用の考え方が具体的によくわからなかった。どういうシステムを考えておられるのか。また、産業界とのインターフェイスというのは一体何を示しているのか。

(田川教授) 2つの共同利用というのは、大型施設と大学等の小さい施設を考えた時に、大型加速器の場合は、組織のエゴが出ない形の共同利用体制というもの本当にできるのか。そう考えた場合、既に共同利用を行っているところは、一緒になるよりも単独でやった方がいいとか、おそらく色々な意見があるかもしれないが、かなり大型の施設の場合は、必ずしもオープンなところとオープンでないところがあるので、オープンなところだけでも内部の人の評価や待遇も含めて、きちんとした管理運営を行うことができるだろうか。

それから、もう一つの共同利用の窓口だけを渡したらどうかというのは、大学にこれだけ多様で、100台近くも加速器があるような場合、おそらく利用の窓口だけを出しておき、大勢のユーザーに対し、広報等色々なことで解り易くしておいた方がいいのではないかと。ただ、その窓口を1つにまとめる方がいいのか、今の時代競争させて幾つかのグループにさせてもいいかとは思いますが、そういう具体的な話は次の問題であって、先ほど申した評価を含めて、そういう業務を本務としてある程度認められるような組織ができない限りは、難しいと思っている。

(谷畑委員) 今言われた極端な例としては、その大学等の共同利用を、全国で数個のものにまとめてしまってもいいのではないかと。ということか。

(田川教授) それは、バーチャルな形の窓口。

(永宮座長) 産業界とのインターフェイスで、何かありますか。

(田川教授) 今まで開発された技術というのは、産業界のニーズと加速器開発者のニーズの間ではすごく大きなギャップがあり、従ってそういうことをよく理解した産業界、大学側の人があるのインターフェイスにいないと、とてもじゃないがうまくいかない。

(永宮座長)この件は、我々も産業利用促進センター等色々考えてはいるが、具体的に何かご提案がなければ、この議論はここまでにして、3番目の議題に移らせて頂きたいと思う。

(3)今後の検討課題について、事務局より資料加第3 - 2号に基づき説明があり、主な質疑応答は以下の通り。

(藤家原子力委員長)皆さんにご相談しなければならない話だと思うが、今まで原子力委員会は原子力全体を、原子炉と加速器と核融合という大きな3つの視点で見てきた。従って、SPRING-8や自由電子レーザーが世に出た時も、これは加速器の中で考えてよいと思っていた。

ところが今、原研とサイクル機構の統合問題やその他色々なことを考えていると、レーザーというものをどこかで位置付けなければならない気が始めている。

そこで、放射光もレーザーも光としては同じような見方ができると考えればよいのか、あるいは性格的に相当違うから別で見た方がよいものか。別で見ようとする、レーザー分科会のようなものを作る必要があるが、その場合、少し部分的過ぎる話になってしまうのではないか。逆に、この加速器の中で、加速器・レーザーという枠の中で見られるのかどうか。ただし、レーザー・原子炉というのは、セットとしては余りよくないと思う。核融合の場合は、確かにレーザー核融合というものがあるが、それも少し性格が違う。レーザー自身が持っている世界というのは、もっと別の世界に続いている。レーザーが一番近いのは、むしろ加速器ではないかと思って考えているが、一緒に考える方が先々よいとお考えになるのか、あるいは加速器は加速器らしく見ればよいのか、皆さんのご意見を伺えればありがたい。

(永宮座長)委員長のご提案は、加速器検討会の検討スコープをどうするかということに関係しているが、特に小林委員、上坪委員のご意見は如何か。

(小林委員)私は産総研の光技術研究部門を担当しており、まさにレーザー、放射光、加速器というものを一体として扱っている部門にいたが、基本的な考え方については一体で扱った方がやりやすいと思う。粒子線とレーザーというのは、発生の原理も応用も違うし、専門家の先生も分野が違うということもあるが、やはり量子ビームという一つのくりにして、その開発と利用を考えるという意味では、1つの検討会で見る方がよい気がする。

(上坪委員)私も一緒の方がよいと思う。発生原理は普通のレーザーと放射光とはかなり違うが、ただ自由電子レーザーが出てくると、利用に関係する部分から考えると、光、特に非常に短い光、非常に強い光という点では共通点がある。特にサイエンスで見ると、両方の方式を併用して使うことが非常に多くなっている。私自身はこの検討会にレーザーの専門家にも入って頂くというような形で、共通のところで議論するのがお互いによいのではないかと思う。

(永宮座長)私自身は、直感的に言うと、加速器検討会のこのメンバーだけでレーザーのことまで公正に判断できるかどうかは少し心もとないところもあり、疑問に思うところもないわけではないが、今のご意見をお聞きすると、確かに他の検討会に木で竹を接ぐようなことをやるよりは、加速器検討会の方がなじみあるということであれば、ここでそういう方を1度呼び出して話を聞き、その時、あるいはそれ以前でもいいが、委員を必要に応じて加えるという形にして、ここで議論しましょうか。

(谷畑委員)今、言葉として出てきたようなものはそれでよいと思うが、レーザーはもっと広い範



囲に渡っている。だから、その範囲を明確化しておかなければならない。例えば自由電子レーザーはおそらく異論を唱える人はいない。また、レーザー核融合もおそらく異論はない。ところが、ソフトX線レーザーや半導体レーザーになるとどうかという、そういうものは関係ないとおそらく言われると思う。従って、ここで議論する範囲をきちんと意識しておいた方がよいと思う。

(上坪委員)私が念頭に置いていたのは、おそらく小林委員もそうだと思うが、ハイパワーレーザーである。T3レーザーだとか、非常にパルス幅が狭くて瞬間強度の高いレーザーは加速器にも使われており、普通の放射光のような磁場に曲げられるものではなく、コンプトン後方散乱や色々なことで光を発生するという意味でも非常に重要だし、今のハイパワーレーザーは一番の応用はやはり非線形プロセスということも関係しているし、自由電子レーザーもみんなそういう性格がある。非常に常識的だが、ハイパワーレーザーというところでよいのではないか。

(小林委員)私もほぼ同じ意見。ただ場合によっては、短波長レーザーというものも将来的には入るかもしれない。

(栗屋委員)少し違う観点だが、原子の研究分野において、ある程度ハイパワーのレーザーと粒子の両方を一緒に使うことによって1つの研究が行われる可能性も非常に大きいし、現象論的にも重なり合う部分が基礎的なところで存在する。小規模で手軽に使うレーザーは別だと思うが、ある程度予算規模の大きなもの場合には、1つのくくりとして見ていくのがよいのではないか。

(永宮座長)では、ポジティブな意見が出たので、積極的に考えていきたいが、私自身も全部カバーできるかどうか。レーザーでも範囲を広げすぎると、ここに集まっている委員が必ずしもその専門家でもないということもあるので、若干慎重に構えながら進めていきたいと思っている。まずは、次回以降レーザーの専門家を有識者として招聘することでスタートするのは如何か。必要とあれば、事務局と相談して、専門委員の増員を考えたい。原子力委員会の方でもご議論頂ければと思う。

我々の議論の仕方としては、各委員からお出し頂いた論点を整理したメモを、事務局の方で資料加第3 - 2号にまとめて頂いているが、それに関して議論する前に、私自身の考えを述べたい。このメモには色々なこと、例えば、競争的資金の創出であるとか、色々な一般的なことが提案されているが、我々加速器検討会は、これからの加速器研究開発利用をにらんで、何かの発信をしていくことが必要なのではないかと思うので、余りたくさんのごではなく、できれば1つとか2つとか、優先順位を付けながらもよいが、これから数年、あるいは来年度の概算要求という大変かもしれないので、ともかく何らかの形で必要なものを提案していくという形のものが1つあるのではないか。

それからもう一つは、どういう形でフォローアップをするかということ。お聞きして議論するというのは1つの方法だが、昨今総合科学技術会議等でも、個々のプロジェクトをこれからどう進めていくか、S/A/B/Cといった優先度がつけられるようになってきた。この検討会がそれを要求されているわけではないと思うが、如何に重要なものと捉えるか、我々なりに個々のプロジェクトについて意見を用意しておいて、問われれば答えるぐらいのことはしておくべきかと思っている。その個々のプロジェクトに関しては、ある程度各委員の意見を集約したリストのようなものを作成しておき、全体的なものについては、何らかの提案を秋ぐらいに出来ればまとめたい。

これは、私の意見だが、皆さんのご意見は如何か。

(谷畑委員)今の座長のご発言は非常に重要だと思う。範囲が広いので、どうしても網羅的になってしまう可能性が強いが、ある程度スポットを絞り、もちろん全体としての考え方は重要だが、その中でも今回のまとめの中でどういうものを作り上げていくかというところに視点を置いた方がよいのではないか。

それで、例えば、これはすぐ後に議論すると思うが、意見を聴取する項目については、よほど最終的な形を念頭においてからクリアにして聞かないと、また時間が過ぎるばかりのお勉強会になってしまう恐れがあるので、出来れば資料加第3 - 2号の2ページ目以降の中で重点となるような項目を決めておいて、少なくともそれに関してはコメントして頂きたい、というようなことが今後の招聘者に伝わっている形で実施するのがよいのではないか。

(土坪委員)先ほどの田川教授のお話もあったが、私も率直にそう思う。大学が独法化して新しくなった時に、大学における加速器研究や教育をどうするかというのは、非常に難しい問題があり過ぎて、この検討会がそれに口を出せるのかどうかもよくわからないが、やはり我々としては、今後、大学での中型・小型加速器を使った研究と、それから特に教育をどうして行きたいのかということは、何らかの形で提言がまとめられると非常によいと思う。ちょうど大学の改革の時期なので、なるべく早く、こういうことをやらないと非常に大変だ、ということを含めてうまく提言ができるとうい。

他の色々なプロジェクトに対して良し悪しつけるのは、これは評価もきちんとして行った方がよいので、まず一般論として大事な点を2、3点挙げて強調する方がよいと思うが、その一番大事な点が、教育における加速器をどう使っていくかということではないかという気がする。

(谷畑委員)そういう観点でいくと、世の中の研究資金の流れが相当変わってきているという環境があって、加速器自体の建設はよいが、その後の研究資金をどうこの業界で確保していくかという点は、これはもう相当早く対応しないといけな。ご存じだと思うが、最近色々な分野で競争的資金が生まれているが、我々のところで大きな施設を造っているにもかかわらず、その先が見えないような時期にあるので、その辺りは是非きちんとまとめたらいと思う。

(永宮座長)加速器の教育面をどうしていくかという問題と、研究資金をこれからどう創出していくかという問題が出た。他に何かあれば。

(高橋委員)私どもはメーカーであり、先ほど田川教授のお話にもあったリソグラフィーや利用関係、かなりの部分を実は手掛けているが、今、我々民間だけでコンソーシアムを組んで開発しているプロジェクトが幾つもある。実は、先ほどの等倍のX線あるいは縮小のX線、あるいは電子線も含めて、ほとんど大学の先生方とは一緒に開発していないというのが現実で、民間だけで開発している。これは何故そうなるかというと、やはりスピードの問題が大きく、この業界は極めて短時間でよいものを造っていかなければならないというエンドユーザーの要求があり、そうすると変な話だが、なかなか先生方に開発する余裕がないというのが1つある。そこを、どうやってクリアするか。米国等では、かなり産学共同が進んでおり、そういうところと競争しているわけなので、その点が何とかないとありがたい。

(永宮座長)今のご発言は、大学の人はスピードが遅過ぎるということか。

(高橋委員)そういうこともあるかもしれない。だから、先生方に入って頂き、どういうところで協

力して頂けるかということを考えていかなければならない。装置開発等々は民間がやるべきことで、アイデアは大学の先生方に出して頂くという分業があるのだろうと思うが、現実には中々そういかない。それをどう解決するか。また、話は全然違うが、中・小型の加速器は、企業としてはかなり伸ばしていかなければいけないと思っており、アンケート調査でも、高信頼で低価格の加速器のニーズが高かった。

では、それはどういうものなのかというのは中々掴めておらず、やはりユーザーである先生方、大学あるいは研究所の方々のニーズをまとめて情報を頂ければ、我々としても将来のプログラムを作り易いと思う。

(永宮座長)最初のご発言は、産業界とのインターフェイスをどうするかという田川教授のお話にもあったようなことか。

(高橋委員)はい。ただ、2番目のユーザーニーズは、少し違う観点からのポイントを申し上げたわけである。

(田川教授)今のお話にお答えすると、インターフェイスは、確かに大学のペースが遅いと言われるのはその実は通りだと思うが、やはりどういうことをやってもらいたいかについてミスマッチが多いのだと思う。それから私、実は次世代半導体デバイスの日本を代表する2つの研究開発コンソーシアムであるASET (エーセット)とSELETE (セリート)・ASUKA (アスカ)の設立の時からずっと継続してリソグラフィーの委託研究を行っている多分唯一の大学の研究室になってきたと思うが、やはり企業はすべてを非常に短期間にやってほしいと考えている。これはおそらく広い大学の中から最適な人を探すことをしない限り、1人の人が全てに対応できない。ただ、企業の方からすると、そういう探し方はまず出来ないだろうと思うし、大学の先生方も、今まではやはり違った感覚を持っておられたと思うが、その辺りはお互いに歩み寄る形をとらない限り成り立たない。非常に難しい問題だが、これからはそうしないと新しい開発はできないのではないか。

(高橋委員)まさにそういうことで、そういう仕組みをもう少し再構築していかないと、やはり我が国の産業というのは中々厳しい状況になっているのではないかなと思う。

(谷畑委員)今言われたことは非常に重要なことで、最近物すごく実感しているが、例えば最近のヒトゲノムの解読が終わったこととか、NHKの番組、プロジェクトXでトロンの話が出ていた。今、大学の先生なり研究所もアイデアはある。ただ、そのアイデアが実行されるまでの期間が長過ぎる。これは明らかに、アイデアがあってもすぐに実行されないというところに我が国の最大の問題があり、非常にアイデアは早いのだが、それが実現するまでの間に予算システムの壁があって、すぐに形あるものにならないということがある。

そういうところで、あちこちが独立行政法人化するわけで、うまく資金計画さえ取れば、ある意味では少し企業的な考え方を持ち込めるはずである。そういうことも考えて、もちろんその中にはリスクがあって、リスクを背負わないといけないのだが、リスクを背負った上で、いかに独自の発想を早く実現化できるかという社会システムにならないといけない。昔の白瀬南極探検隊以来、参加はするが、それがなければ世の中は違うものになっていたというほど貢献したものは無いということ。非常に小さなところで、うまく貢献はしているが、the Contributionというものが無い。やはり、そのように加速器を造っていかなければならない。今はよい機会ではな

いかと思う。あらゆるところが独立行政法人化するが、むしろプラスに捉えるとすると、そういうところに何か提案できればよいのではないかと思う。

(永宮座長)教育の問題、研究資金の問題、産業界の問題、加速器の経済性、そういった問題等々が指摘されたが、これらを参考にして、当面毎回2人ぐらい有識者をお招きするのがよいと思う。招聘者の候補を配布してあるが、次回呼び出す方をここで決めておきたいと思う。

まず、レーザー関係の方を1人呼び出すことにしたい。それで、最初は原研関西研所長の田島さんをお招きしようと思う。そして、加速器開発者側から見る見方と加速器を利用する側から見る見方と両方あると思うが、より広い観点から、この原子力委員会のテリトリーをどこまで考えるかというのは、文部科学省の方からも色々ご意見があると思うが、1度KEKの方をお呼びするのは悪くないのではないかと思っている。というのは、日本の加速器のかなりのものはKEKにあるので、そういうところでどういうニーズが今あるのか、今の教育、研究資金、産業界や経済性等々色々なことを視野に入れながら、これから何が必要なのか少し提案して頂くのも悪くないと思う。それで、このリストを見て、森さんはFFAG加速器のように経済性の高いものを一生懸命造ったりされているが、神谷さんは加速器全体のまとめをしておられるので、神谷さんをお呼びして、KEKの現状の加速器とこれからの展望のようなものをお聞きし、その辺りからスタートするのはどうか。

(谷畑委員)まず始めにそのお2人をお招きするのはいいと思う。

(永宮座長)それで、あと3回ぐらいは、毎回2人ぐらいの有識者、もう少し違う分野の方をお呼びしたいと思う。

(谷畑委員)1人15分か20分ぐらいという制限をしないと、いつもお話を伺ったあと議論しないで終わってしまうというのが多いので、その辺りは是非よろしく願いたい。

(永宮座長)この検討会をいつもより多少長く開催することも視野に入れて考えておいた方がよいかもしれない。

(谷畑委員)先ほど少し申し上げたことだが、やはりこの議論のポイントは、早目に座長にまとめて頂き、少なくともこのことに関しては、ある程度我々の間で議論できる形に書いて頂きたい。この資料は非常にうまくまとめて頂いているが、事実を記述している部分とこれを考えなければいけないという部分が混在しているようなので、こういうことを検討するという形にまとめ上げて頂けるとありがたい。

(永宮座長)余り最初からそればかり言うと、今日4点お聞きしたが、例えば中・小型の加速器について神谷さんに語ってもらうというのも余り意味がないわけで、そういう点でどうまとめるか、少し考えさせて欲しい。

(谷畑委員)今申したのは、我々の中で意識するという意味。

(永宮座長)そういうことか。

(曾我委員)最初にこの検討会が開催された際、このメンバーでよいのかと私はすぐ発言した。藤家委員長は、大学関係者については、矢内原原則等の問題があるので、とりあえずこれでスタートするといわれたが、今日の議論を伺っても、大学の問題というのはやはり避けて通るわけにはいかないし、日本の加速器全体の計画を考えるとすれば、教育問題も含めて考えざるを得ない。今、文部科学省というような存在になり、議論はだんだん広がる方向で、大学も

含めるべきとの意見が多かったが、藤家委員長はその点についてどの様に考えておられるかをお聞きしたい。

**(藤家原子力委員長)** 矢内原原則に関しては、むしろ大学の方々がそれに固執されるかどうかの問題で、原子力委員会はそれには囚われない形でこれから議論して行きたいと思う。

ただ、あの原則の存在は国会附帯決議なので潰しようのない問題だが、むしろ原子力委員会は、今は昭和30年と全く違う時代なので、それには囚われないということを原則にしている。従って、今日、田川教授のお話も色々あったが、やはり他の国立大学や機関とは異なった性格を持った話をしておられるところがあるので、それはそれなりに大事にしなければならないと思っている。しかしながら、原子力としては、余り境界線を明確にする必要はないと思っているので、よろしくをお願いしたい。

今日色々お話された中でも、座長が一番大事なことを発言された。JTBの旅館のランキングではないが、S/A/B/Cはそれなりに重要な意味を持っているので、こういうところからそういった話が出てくることは大事だと思う。我々がどこかで主張するときには、大変大きなサポートになり得るので。

**(竹内原子力委員)** 今日、大変有益な議論を聞かせて頂いた。私は研究開発専門部会を担当しているが、議論している内容については素人なので、捉え難いところがあるが、せっかくこういうメンバーで議論して頂いているので、やはり下期には何らかの発信をする方向でまとめて頂いた方がよいと思う。そのためには、やはり大学の方が独法化の準備が進んでいるので、本日から議論が出たように、やはり双方の仕組みが変わることに対して、加速器分野として手遅れがないような仕組み、これは大学と産業界との連携の話が最後の方で出たが、これは日本にとって非常に大事な問題なので、是非そういう点はある程度集約して議論し、何らかの形で下期にはまとめる方向でお願いできないかなと思う。

**(田川教授)** 最近、大学は加速器等のグループが何回も集まって議論しており、全ての大学が同じ意見を持つことはないが、もうほとんどの人は矢内原原則に固執することはないとはっきり言っておられて、また、機会があれば伝えて下さいと言われている。

**(永宮座長)** 一言つけ加えるが、私もこの検討会が始まってから色々考えてきたことは、やはり原子力委員会でカバーしている加速器は、日本全体の加速器ではないということは厳然としてある。従って、原子力委員会以外のところが資金提供している加速器について、何処まで口出し、意見を言うかということについては、やはりそれなりの配慮が必要である。

一方、原子力委員会のカバーしている加速器というのは、またそれだけを取り上げてもあり日本の中で大きなウエイトを持っている。従って、我々の議論は、ある程度上に述べたような配慮をしつつも、きちんとした議論を行い、発信していくことをしなければならないのではないかなと、最近、逆に強く思ってきている。このような観点から、積極的に議論を進めていきたい。

今回は、6月の末ごろか7月上旬までには開催したいと思う。

#### (4) その他

事務局より以下の説明があった。

(事務局)この検討会については、議事は公開されている。議事録についても事務局で作成し、委員の方々にご確認を頂いた後公開したい。なお、次回の検討会の開催については、座長と相談の上、別途ご連絡させていただきたい。