

## 研究開発専門部会 第4回加速器検討会 議事録

1.日 時 平成15年7月9日(水)14:00~16:40

2.場 所 中央合同庁舎第4号館 2階 供用第3特別会議室  
東京都千代田区霞ヶ関3-1-1

### 3.出席者

#### 検討会委員

永宮参与(座長)、栗屋委員、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

竹内原子力委員、藤家原子力委員長、遠藤原子力委員長代理

#### 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

研究振興局 量子放射線研究課 奥野課長補佐

#### 経済産業省

産業技術環境局 技術振興課 産総研チーム 宮本産業技術調査官

#### 招聘者

日本原子力研究所 関西研究所 田島所長

高エネルギー加速器研究機構 加速器研究施設 神谷施設長

### 4.議題

(1)加速器研究開発利用についての意見聴取

(2)加速器検討会 今後の検討内容について

(3)その他

### 5.配布資料

資料加第4-1号 研究開発専門部会 第3回加速器検討会 議事録(案)

資料加第4-2号 21世紀は「光」の世紀

資料加第4-3号 高エネルギー加速器の観点から

資料加第4-4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)** 定刻になったので、始めさせて頂きたい。

本日は上坪委員と小林委員はご欠席とのことで、少し残念であるが、後で今後どう進めていくか、ざっくばらんに皆さんのご意見をお聞きしたいと思う。

まず事務局より、配付資料の確認が行われた。

### (1) 加速器研究開発利用についての意見聴取

まず、日本原子力研究所 関西研究所 田島所長より、資料加第4 - 2号に基づき、概ね以下の通り説明、質疑応答があった。

**(永宮座長)** 最初の議題に入りたい。前回大阪大学の田川教授にお話して頂いたが、今回は原研関西研の田島所長と高エネルギー加速研究機構の神谷加速器研究施設長をお招きして色々お伺いしようと思う。

まず、原研関西研所長の田島さんであるが、この方はレーザーと加速器を融合させた、いわゆる従来の加速器とはかなりタイプの違った加速器を開発しておられる、その分野の第一人者である。前回藤家委員長からもご提案あった通り、レーザーを加速器とセットにして、この加速器検討会のスコープに含めるかどうかという課題もあり、レーザーの専門家としてお呼びした。

簡単に田島さんの略歴を申し上げますと、田島さんは東京大学の理学部物理学科をご卒業の後、カリフォルニア大学でPh.Dをお取りになり、その後カリフォルニア大学に少し、テキサス大学にかなり長くおられ、教授になられた。スーパーコライダーにも関わられたとお伺いしている。

その後、日本原子力研究所の基礎研究センターの方に客員研究員等々で来られた後、今の関西研究所に移られ、その後原研の関西研の研究主幹を経られた後、現在関西研究所の所長をされておられる。

田島さん、よろしくお願いします。

**(田島所長)** 本日は呼んで頂いてありがとうございます。こういう機会を有効に利用させて頂きたい。

『21世紀は「光」の時代』と、少し大きな題をつけさせて頂いたが、早速中身を説明させて頂きたい。この検討会に呼んで頂いた時に6つの論点について言及してほしいと言われており、は「この分野の新規性、あるいは将来展望、国際競争性」などについて述べよということだが、これは1行でとても書けるような話題ではないので、こういうレクチャーの形をとって説明させて頂きたい。

は、「当該分野の国際的に指導する能力やメリットが我が国にあるか」ということで、これについては当初私たちの関西研究所は、レーザー開発、特にコンパクト高強度レーザーや、ERL-FEL、X線レーザーにおいて世界的に主導する役割を果たしていることもあるので、これについてご紹介したい。日本においても主導的役割を果たしているが、国際的にも活動させて頂いているので、この点についても少し詳しく述べたい。

は「大学等における小型加速器の利用などについて、後継者育成にどう貢献できるか」ということだが、小型で利用の種類の多いレーザー駆動のさまざまな加速器要素は、新しい加速器科学や技術を刺激するということで、広い産業への利用の広がりがあり、後継者養成には非常

によりトレーニングになると私は思っている。

は、競争的資金についてどういう形がいいのか」ということだが、これは一般的競争資金の中で勝ち取るのが本道であって、特に加速器だけをどうこうすることは当たらないと思う。

は、産業などへの出口」ということについての問いだが、出口に向けて、あるいは出口から遡った研究開発を進めるといのは、言い古された言葉だが、それ以上でもそれ以下でもないと思っており、ただ加速器の場合特にシーズ側とニーズ側が手を取り合って共同していくことが非常に大事だと思っている。

最後の問いは、国の研究機関に期待すること」というものだが、実は我々自身が原子力新法人になっていく団体なので、そういう中では我々自信の抱負になるが、原子力の革新的推進には、先ほど藤家委員長がおっしゃったように、レーザーや加速器が重要な役割を果たすと考えており、この研究を発展させることが新法人にも重要だと思っている。さらに、原子力研究から、例えばこのレーザー技術やレーザー技術に関連した加速器技術などが高エネルギー加速器の要素技術になっていくと考えられる。また、逆も真なりで、高エネルギー加速器の技術を利用して原子力へ応用するということも、事実これはJ-PARCなどもそのように考えられるわけなので、両方のベクトルが非常に大事だと思っている。

一応 から まで簡単に私の見解を述べさせて頂いた。あと 、 、 については、レクチャーの中で細かくお話ししたい。

今日の話の立て方として3つのボックスでご紹介したいと思う。1つは、私が昔から関わっていたレーザー加速の現状と将来、2番目が自由電子レーザーとそれを使った放射光源、そして3番目は自由電子レーザーを含めた加速器技術とレーザー技術の掛け合わせ、その3つの柱についてお話ししたい。

先ほどの永宮座長からご紹介頂いた通り、私がレーザーの研究も行っているということで、レーザーの最近の歩みについて簡単にご紹介した後、3つのテーマについてお話ししたい。

この図(頁4)は藤家委員長の著書から引用させて頂いた。昨年12月に委員長が関西研にいられた時にも色々教えを賜ったが、原子力という山を登る時に色々な総合的な技術を援用して登っていく必要があり、その中にレーザーや加速器も重要な要素であるという言葉が述べておられるわけだが、私もそう深く信じており、原子力の革新的展開を図るためには、総合的科学技術の動員が必要で、その中で光科学というのは21世紀における主導的なキーテクノロジーであるので、これを伸ばしていきたい。これは原子力をやっているところ、こういう技術が発達してくるということと、また逆にこういうテクノロジーも援用して原子力に貢献するという両方のベクトルがあると私は思っている。

次は(頁5)ご覧になった方もあると思うが、最近ではレーザーにおける第2期革命期のさなかだと言われており、70年代ごろ20年間にわたって続いた固体レーザーの低迷期と、それを固体レーザーがレーザーの非線形性によって潰れてしまうということにより制限されていた困難が、CPA法という発明、80年代の中間から開発されてきた技術によって克服され、今はレーザーのパワーで見ても指数関数的に伸びているという非常にエキサイティングな時期である。この技術の特徴は高強度が出せる、小型である、高繰り返しができる、フェムト秒の短パルスが出来るといった非常に先駆的な性質を持っている。これを開発された方はムルーという先生(頁6)だが、この方等が開発された技術によって、最近ではこの表(頁7)にあるように、テラワットと我々は言っているが、 $10^{12}$ 、1兆ワットの出力を超え始めている。実は我々の研究所では1ペタと言っているが、1テラワットの1,000倍、1ペタワットをレーザーで出せるようになっている。2002年と書いて

あるが、2003年にはまた3倍ぐらいになった。あるいは集光したときの強度で言うと $10^{18}$ W/cm<sup>2</sup>以上のものが出始めている。こういうレーザーの領域になると、実は色々な高性能の放射線が出るようになる。なぜかという、ここに書いてあるが、電子の運動が今までは電場の中でこう上下に運動していたのが、八の字型、あるいはこういう変な形になると、これはレーザー場の中で電子が相対論的運動を始めるためにこうなるのだが、こういう運動のために色々な現象が起こり、色々な放射線が出る。電子も出るし、硬X線、あるいはγ線、2000年ぐらいからはイオンも出始めて、中性子も観測されている。陽電子も観測されている。それから核変換が起こったということも報告されている。色々な放射線を非常にコンパクトに出せるので、原子力の色々な研究に応用出来るだろうということで研究している。これ自体(頁8)が本題ではないが、ここに集まっておられる加速器関係の専門家の方にも余り知られてない可能性もあるので持ってきた次第である。というのは、レーザーというのは、ある程度以上の強さになると自己組織化する傾向がある。これはもちろんある程度の条件を満たした場合ということだが、左の図は空気中である程度の強度のレーザーを照射すると、このように長く伝播する。これは自分自身で集光したためにこう長く伝播したわけである。右の図は、プラズマ中に強いレーザーを入れれば入れるほど、レーザー長よりもはるかに長く伝播する、こういう自己組織化の性質もあるということ。これは強いレーザーの特徴である。我が所でもこういうレーザーを開発しており、これ(頁9)はその写真だが、我々はこういう年とともにパワーを書いたが、今でも一応世界のトップデータをパワー等の点で持たせて頂いている。

以上、レーザーについてのご簡単な現状を説明した。こういう新しい機能でしかも小型のレーザーが出現してきているので、これを使って色々な応用があり、今日の場合は加速器ということなので、加速器への応用ということで少しご紹介させて頂きたい。

最初に、電子がどの様に出てくるかということだが、今までの電子加速器、これ(頁10)はリアックだが、それと比べると、これはごく初期の1997年のシンガンにおける実験で、レーザーが空気中で、大体0.1mmぐらいの長さで集光されている。この0.1mmぐらいのところから電子が加速され、これは名刺だが、名刺の紙を通り抜けて、その裏に電子が蛍光板に当たり、加速した電子が見えているということで、エミッタンスが低いものはこれで少し想像できる。今の場合、0.1mmの長さのところを10MeVぐらいの電子が出ているので、加速勾配として1GeV/cmぐらいである。これ(頁11)は2001年に米国スノーマスで行われたリアコライダーのワークショップのときの最高値だが、今開発されている電場は20MeV/m程度である。

これ(頁12)は、電磁場をある条件、すなわち非常に短いパルスにつくってあると、その後ろに航跡場という非常に強い勾配を持った加速電場ができるという原理に基づいているわけである。これは1979年頃から提案があったと思われるが、実は人類が蒸気機関を発明してそれを船に入れて汽船をつくった。そうすると、汽船を走らすとその後ろにこういう航跡場が立つわけである。ドレフィンはその航跡場に乘ると、自分が楽に加速できるということを大体この1979年の100年ぐらい前に発明したので、タジマ・ドーンソンの100年ぐらい前にドレフィンが航跡場加速を発明したということになっている。

90年代になると、先ほどご紹介したように、レーザーの強度がかなり強くなってきたために、日本がかなり先駆的な仕事をしてきたが、その当時はまだフェムト秒のレーザーがなく、ピコ秒のレーザーだったが、ピコ秒だと先ほどの航跡場共鳴条件を充足していない。だから、航跡場ができないだろうと思われたが、KEKと原研の客員研究員をされている中島さんの実験では、自己変調によって航跡場の共鳴条件ができてしまった。それでかなり大量の電子がこういう(頁13)スペク

トラムで加速されてしまったということで、これは非常に驚くべき、自己組織化の一つの顕著なあらわれだったが、こういうデータや、広島大の小方先生も、こういう実験が先駆的な仕事としてあった。これはレーザー加速の実験が始まった一番草分けのころのかなり未成熟な実験である。8年後、すなわち今年2003年になると、これ(頁14)はシアトルのウエイン・キムラの実験だが、だんだん洗練されてきており、これは1段目のレーザー加速、それから2段目のレーザー加速で、2段目になると、エネルギーの広がりは、これは0.8何%というぐらいに非常にシャープな尖頭化したエネルギースペクトルが出るようになってきている。

右図は昔我々のところにて、今は東大におられる細貝さんの実験だが、これはバックグラウンドのガスからビームをピックアップする時にプリパルスを入れることにより、電子がうまく引き上げられるという技術が展開されて、エミッタンスも0.1 mm-mradぐらいのものでできている。

こういうのが最近の進展だが、我々関西研でもレーザー加速の取り組みをやっており、これ(頁15)は詳しく説明する時間はないが、こういうパラメータは今年の夏から実験キャンペーンをするつもりだが、こういうパラメータが実際に出れば世界のトップデータで、非常に画期的なものだと我々は確信している。これは今年の夏から始まる。

ということで、中島さんのデータや、あるいはシガン大のウムスタッタさんの実験結果、これは先ほど申し上げた自己組織化によって電子が加速されたという例だが、これは初期の非常に未成熟な実験だったにもかかわらず、これ(頁16-20)はSLAC(スタンフォード大線形加速器センター)の努力だが、SLACの連中がエミッタンスを色々研究してみると非常に小さいことがわかった。何故だろうということで、これを使えるのではないかとということで、最近では高エネルギー加速器への入射器等に利用できるのではないかとされている。LCLS計画という線やFELに対しても使えるのではないかとということで、SLACで最近はこのように研究を始めるようになってきている。SLACという伝統的な加速器研究所でもこういうものに対する関心が高まってきて、研究が始まったということだけをお知らせしようと思って示したわけで、中身は詳しく説明しないが、レーザー加速による電子のエミッタンスが大体 $10^{-8}$ 程度になっているらしいということで、そういう方向への興味が高まっている。

シリコンバレーというのはこういう非常に先駆的なことが好きなので、これ(頁20)もその一例だと思うが、これはレーザー・リニア・コライダー・コンセプトと書いてあるが、レーザーによって次世代のリニアコライダーということになると思う。そういうもののデザインも始めたりしているようである。これは2003年のPAC(Particle Accelerator Conference)で発表された論文である。

今までは電子のことについて申し上げてきたが、2000年ぐらいからレーザーでイオンも加速されるということがわかってきた。これ(頁21)もシガン大の実験の図だが、レーザーを薄い薄膜、あるいは金属に当てると、その後ろからプロトンが加速されるということが発見され、これは2000年に私がまだローレンスリバモア研にいた頃に偶然発見されたものだが、最近では世界のどこの研究所でもこういう実験を始めている。これも、2000年の実験というのは、極めて未成熟な、ただ薄膜にレーザーを当てたというだけだったが、ターゲットを最適化し、この場合(頁22)は水素の蒸気のある小さなスポットにしたというアイデアだが、それにレーザーを当てると、ここに見えるように極めて単色エネルギーの陽子が加速される。もし陽子が加速されるのであれば、もしかしたらコンパクトながん治療装置へこういうものが利用できるかもしれないと思っており、幸い日本科学技術振興財団(JST)の公募研究でこういう研究を始めさせて頂いている。今後もしかするとそういった小型の加速器への応用につながる可能性があり、非常にエキサイティングだと思っている。エミッタンスも極めて小さく、 $10^{-8}$ 以下である。

次に(頁23)2番目のテーマのFEL、それからそれを使った放射光への応用について若干ご説明したい。ご承知のように原研関西研は理研と一緒にSPring-8を建設し、それを利用研究させて頂いているが、そういう立場上、我々の使命としては、その利用の促進、ビームラインの整備について責任を持っている。特に物質科学への利用については、原研がその先頭に立っているわけだが、最近では例えばダイハツとの共同研究で自動車触媒の機構の解明をしており、これは経済産業大臣賞を頂き、実は明日授賞式があるということで、我々としては非常に誇りにしている。これは計算によると300億~1,000億円ぐらいの経済効果があると聞いている。

SPring-8は1,500億円程国費をかけて造った装置だが、放っておくと世界と比べ陳腐化する。私は比較的少ない予算で高度化ができると考えており、今後5年とか10年のタイムスパンを見た場合にそういう高度化への貢献も我々の技術やアイデアを使ってできるのではないかと思っていて、例えばフェムト秒の時間分解機能のあるようなlaser pump/probeという方法や、あるいは放射光をフェムト秒でモジュレートすることによって、色々なフェムト秒のスペクトルの観察ができる、そういう動的な放射光の利用、それから今は出ていないようなスペクトルのフォトン、例えば線を出すとかということで、いわば3.5世代ぐらいのものに強化することが出来るのではないか、そういう貢献を原研としてはできるのではないかと思っている。

3番目には、独創的な光源技術を自力で開発することによって、汎用性のある将来光源の探索を行いたいと思っている。これは我々原研で開発しているFELの技術を使えると思っている。

その点(頁24)について少しご紹介すると、我々のところでは超伝導自由電子レーザーを作っており、細かくは紹介しないが、色々なパラメータが非常に先進的であり、そのために高利得でしかも低いジッターという特性を持っているために、非常におもしろい現象が発見された。これは平たく言うと、光と電子の自己同期化によって、非常に高効率のレーザー発振が得られたと言えると思うが、これも光と電子の自己組織化の一つの例である。FELでもこういったパラメータを満たすことによって起こるといのが我々の研究によって発見され、今はそれを使いこなせるようになっている。

最近はそれに加え(頁25)、エネルギー回収型と言っているが、Energy Recovery Linacと言うが、従来の装置にこういう部分を加えた。これはモーリー・ティグナーという私が昔米国SSCの中央設計所で働いていた時の上司だが、その方が65年に発明したエナジー・リカバリーのアイデアをFELレーザーに適用した例で、これによって原研は95%以上のエネルギー効率をレーザーでも得るようになった。レーザーで95%以上というのは、昔から考えてみれば非常に驚異的な値だと思う。こういうものがあれば、今は連続波でも2kWぐらいのレーザーを我々は持っているが、10kW程度まで強化出来ると思う。10kWぐらいの連続波のアベレージで見たレーザーというのは産業利用や、特に原子力利用に対して非常に使い勝手がある(頁26)。詳しくは説明しないが、色々な原子力分野への応用があると考えており、ハイフルエンスと言っているが、単位面積あたりの大エネルギー流量を必要とするような応用、原子力や産業には非常に大事だと考えている。

最後に、こういうRL技術を使って出来る一つの最もおもしろい、あるいはエキサイティングなアイデアとして、次世代の高輝度光量子源への応用があると思っている(頁27)。なぜこれが良いと思うかという、元々線形加速器に基づいた技術だが、エネルギーリカバリーをするために、これを曲げて電子をこちらに入れて元にエネルギーを回送するというために、線形加速器から来る高輝度性と元に戻すということから来るストレージリングが持っている高電流性の両方の特徴を兼ね備えているために、フェムト秒の超短パルスや干渉性やnmサイズのビームという今の第3

世代でも持っていないような特性を持ちつつ、なおかつこういう円盤形状をしているので、第3世代の光源と同様に汎用性のある光源として作ることが出来ると自負をしている。だから、我々としてはこのERL方式に基づいた次世代X線放射光源に貢献できると思う。もしこれを日本でつくることに意義があると判断される場合には、我々として十分以上の貢献ができると考えている。これは我々だけが考えているのではなく、バークレー、あるいはジェファーソン研究所でも似たような考えを出しつつある(頁28)。

この図(頁29)は実は放射光だけではなく、光科学の主要な研究機関をマップとして示したものである。

この図(頁30)はそのプロジェクトを同様にリストアップしたものだが、ごらんのように、フランスやアメリカでは非常に大エネルギーの核融合用のレーザーに大量の投資をしている。日本も捨てたものではなく、小型の大強度レーザーでは日本は世界の主導性を持っており、単に我々原研がそういう研究を行っているだけではなく、例えば(頁31)佐藤理事にはOECDに国際的な協調をするということでの国際運動の主導性を発揮して頂き、そのためにOECDでは加藤理事をヘッドにした委員会を組織して、新しい常任委員会として立ち上げるという形で、コンパクトで強いレーザーについての国際的な運動にも原研が主導性を発揮するようになっている。

最後に、加速器技術と光技術の掛け合わせについて紹介させていただきたい。

ご存じのように、加速器というのは20世紀の人類が生み出した非常に重要な技術の一つで、よく知られているように(頁32)、リビングストーンチャートで出るように、年代が上がるに従ってどんどんエネルギーが上がってきた。ただ、80年代からはリビングストーンチャートで予想されていたような伸びはなく、これからは横に寝てきているわけだが、それ以外では非常に重要な貢献をしてきた。一方で、光の技術は20世紀の終わり、すなわち90年代のCPAレーザーにあらわれているように、これからようやく成熟していく技術だと思うが、こういう技術は競争させるのではなく、むしろこれとこれが掛け合わさることによって、新たなフロントを築いていけば良いと思う。

これ(頁33)は7月1日のニューヨークタイムズと読売新聞を切り抜いてきたものだが、事実SPRING-8の蓄積リングの電子とレーザーを掛け合わせて線を出し、その線から核に線をかけることによって、クオーク5個の新しい素粒子が発見されたというニュースが世間を騒がせたのはまだ記憶に新しいところだと思うが、こういったフルエンスの高いレーザーと電子を掛け合わせることによって大量の線を出すと、その線によって色々なことが、例えば核物理だとか核変換だとか偏極陽電子だとか、偏極陽電子というのは、次期リニアコライダーで非常に重要な要素なので、こういうものにも我々は貢献できるかもしれない。

この図(頁34)は少し余談になるが、核物理の世界では普通は核はここにあるが、中性子過剰の核というのは、これはよく我々は理解できるわけだが、プロトン過剰な核も自然界にはある。これは今までの理解だと、超新星の爆発の時に大量の中性子が出ることによって、こういう真ん中にある核がここに来たという理解で説明されているわけだが、それではこういうプロトン過剰な自然界の核は説明されない。しかしながら、どうしてもこういう核が存在することから、超新星爆発時には大量の線があったとしか考えられない。しかもこういう核が非常に特殊な特性を実は持っており、そういう条件、つまり線の条件というのはこういう観測から逆に天体への示唆になっている。こういうものを線の加速器のようなものがあれば、実際に研究できるんじゃないかと思っている。

それ以外にも(頁35)我々が持っているようなペタワットレーザーと電子を掛け合わせることができれば、パラメータ的に真空から崩壊するような電場ができることが言えるし、あるいはレーザー

と電子以外に、レーザーとレーザーを掛け合わせること(頁36)もできるわけで、その場合は左からのレーザーと右からのレーザーを掛け合わせることで、右から来た普通の $\mu\text{m}$ 程度の波長のレーザーをnmぐらゐスポットに集光するというようなことができる。ところが最近Physical Review letterに受理されたばかりだが、こういうものを総体的に称して我々は相対論工学、Relativistic Engineeringと称しているが、そういうレーザーと電子加速器の掛け合わせによって、新しいエンジニアリングができるのではないかと考えている。

最後に結語として(頁37)主に、**、**の諸点については、今のレクチャーの中で展開させて頂いたわけだが、まとめるとレーザーというのは今非常に急速な技術革命の最中であり特に短パルス化、高強度化、小型化、高繰り返し化という点において革命が進行している。幸い当所は世界のCOE (Center Of Excellence) の一つになっており、そういうことを通じて多彩な原子力科学技術への応用、特に先端加速技術応用に拡大している。当所や日本はこういう技術、すなわちコンパクト高輝度レーザー、固体レーザーやERL-FEL、X線レーザーにおいて世界の主導権を持っている。もちろん核融合レーザーにおいてはアメリカやフランスだが、コンパクトレーザーというのは広い産業、原子力、医療、高エネルギー利用がある。ごく端折ってここに書いたが、PET源や小型加速器、がん治療器、高エネルギーの入射器等の要素があると思っている。しかしながら我々が今開発して持っているレーザーは、必ずしも高信頼性があるとは言えない。だから、これからはより信頼性の高い、より高フルエンス、より高効率のレーザーを開発する必要があり、そのためには単に光科学技術だけでは閉じられないで、半導体技術と光科学技術の融合が必要だと私は信じている。こういうものが今後の産業を広く押し進めるとも信じている。

それから、FELを含む加速器技術とレーザー技術が掛け合わされると新しい可能性の世界が開くであろうと信じている。

また、これは(ERL放射光源)今提案したが、当所の第3世代光源への責務と相まって、次世代光源への使命もあると考えており、そういう意味で汎用性があり、なおかつ自分らの自力に基づいた独創性のあるERL放射光源に対して貢献できるということで、それを提案させて頂いた。

ということで、原子力研究を通じて、そこから出てくる色々な要素技術というのが高エネルギー加速器への研究に役立つかもしれないし、逆に先ほど最初に申しましたように、高エネルギー加速器を利用することによって、原子力研究へ非常に役に立っているというのも、これはご案内のとおりなので、こういうものの連携が非常に大切だと私は信じている。

**(永宮座長)**非常に多岐に渡ってレビュー頂き、ありがとうございました。

ご質問、ご意見等あれば受けたいが、最初のレーザー加速器のことで、2、300MeV/cmとかという加速勾配は非常にすばらしいと思うが、それで造られた加速器は既にあるのか。

**(田島所長)**実用加速器では未だない。一番利用に近いものとしては、PET用のアイソトープ製造器がある。それはパークレーをはじめ、2,3の研究所で利用している。

**(永宮座長)**それはかなり大きな加速器なのか。

**(田島所長)**いや、非常に小さなものである。

**(永宮座長)**まだ開発段階と考えてよいか。

**(田島所長)**はい。

**(栗屋委員)**先ほど単色エネルギーの陽子加速の可能性について言及された。その可能性の上のまた可能性かもしれないが、もっと重い多価のイオンもレーザーで作ることが出来ると思う。それを加速出来る可能性もあるのか。

**(田島所長)**例えばイギリスの実験では、鉛を400MeVぐらゐまで加速したとか、ドイツではカーボ

ンだかアルミだったか、400MeVまで加速したという実験データがある。当所でも実は電源特会から研究費を頂いて、カーボンを加速するというプロジェクトを放射線医学総合研究所と共同研究している。

(曾我委員)今の放医研と原研のイオン源のお話で、プロトンやカーボンのエミッタンスは $10^{-8}$ 以下と言われたが、實際上モメンタムスペクトルが少し広く、如何にバンチングさせるかというのが問題で、インダクションアクセレーターによるフェイズローテーション等色々な方法を試しているが、それが今後加速器の入射器として非常に重要になるのではないかと思う。

(田島所長)それは意外と難しいと思う。そこで、今我々はそれについて研究しているが一端100%ぐらいのエネルギー Sprett になったものを回収するというのは並大抵ではなく、クラブして急速に上げて引っ張る必要がある。それは技術的に非常に難しく研究中である。私はそれよりはむしろ作る時にこのようにモメンタムをそろえてしまう。そういうモチベーションでやってみたら、これ(頁22)は3次元のシミュレーションだが、もちろん実際実験しないといけないけれども、この場合モメンタム空間では大体数%のエネルギー Sprett になる。これはまだ可能性の段階なので実際にデモンストレーションする必要があるが。

(曾我委員)我々も医療用加速器でカーボンを実際に照射するというので、色々原研の方と共同研究を行っているわけだが、医療用という場合には強度は非常に弱くて構わないが、それでもまだあと $10^5$ 、 $10^6$ 程度はどうも必要だと思われるので、それがハイパワーレーザーでどこまで実現可能かということで、今後の開発課題ではあると思う。だから、我々の方でもそういうことを共同で挑戦していることは事実である。

(田島所長)今言ったレーザーは、まだ信頼性が欠けるので、医療用のように患者さんに必ずきちんと当たるようにするためには、まだまだ今のレーザーの性能では駄目だと思う。

(谷畑委員)こういうテラワットとかペタワットぐらいのレーザーは、まだレーザー側が相当大きい。その小型化の研究は何か進んでいるのか。

(田島所長)我々のところにあるレーザーはこれぐらい(頁9)である。これは以前の核融合レーザーに比べると遙かに小さいが、まだまだ比較的大きい。これは実は大きいといっても、ストレッチしているから大きいのであって、これをもし市販用に改良するのであれば、真ん中は何もないので、これを二重、三重に折りたためば小さくできる。これは研究用なので、そういう実用性は考慮せずに造っている。利用する時のレーザーと、研究用のものとはそういう意味でかなり違ってくると思う。

(谷畑委員)原理的にはどのぐらいのサイズまで小さくなるのか。

(田島所長)私はレーザー技術屋ではないので、担保を取られるような数は必ずしも申し上げられないが、数メートルぐらいではないかと思っている。

(粟屋委員)資料加第4-2号のP.27のERLのところ、第3世代光源の限界を超越する次世代光源の仕様として、フェムト秒の超短パルス、と書いてあるが、このパルス間隔はどのぐらいになるのか。

(田島所長)今は手元に資料を持ってこなかったもので、パルス間隔は判らないが、RFで作る時のバケットの間隔だと思う。だから、恐らく100MHzぐらいではないか。

(神谷施設長)一番短くできれば1.3GHzなので、1ナノ以下である。

(永宮座長)素人質問で申しわけない。表題にあるように21世紀は「光」の時代ということだが、非常に強度の高いこういうすばらしいレーザーが出来てきた時に、あっと言うような何が開けるのか、ということについてもう少し話し頂けるとありがたい。

**(田島所長)** P.33は実は1週間前の新聞記事だが、やはり 線を使った核物理とか素粒子物理というのは一つだと思う。今までは荷電粒子による加速器物理だったと思うが、ニュートラルな、コリメートしているような 線ができる可能性もあるので、そういう素粒子物理や核物理は、全く新しいと思っている。それによって、“weak interaction(弱い相互作用)”等の研究もできると素粒子屋の阪大名誉教授の江尻先生も言っておられる。私はその専門ではないが。

それから、これは時間の都合上省略したが、実は私はこの辺り(頁35-36)はある程度研究をしており、ペタワットレーザーを集光すると、大体 $10^{22}$  W/cm<sup>2</sup>ぐらいの強度になる。ところがこれはペタワットレーザーの電磁場を走っている電子から見ると、その電場の強さというのは $2$ 乗に比例するといえるので、専門家の言葉で、シュインガー・フィールドというのがあり、真空の崩壊であるとか、非常に加速度の強い一般相対論的な効果の実験室で実際に見えるようになる。それは私の知っている限りでは、今までこういう領域までは加速器で到達してはいないので、新たな地平線をこういう掛け合わせによって到達できるのではないかと考えている。

**(永宮座長)**それは純粹学問的な話だと思う。それ以外に、新物質を創るであるとか、何かそういうものはないのだろうか。今ご説明されたことは、私もサイエンスをやっているのによく分かるが、どうもそれだけでは今世の中に対して説得性が乏しい。他に何か応用出来ないのだろうか。

**(田島所長)**応用という意味では、私どもが実際に関西研で行っているのは、がん治療のためのレーザー開発とその加速器機構の解明だとか、横方向のエミッタンスが非常に低いインジェクターのアプリケーションや、RIを作ることが出来るような核を非常に少量での生成、これは我々が今実際にやっている研究を申し上げただけだが、他の研究所では違うテーマで研究しているとは思わう。

**(高橋委員)**私どものところでは、NEDOのプロジェクトでフェムト秒のレーザーを当てて、フェムト秒のX線を作る研究を行っている。こういうものとかかなり共通性があるのかなと思って伺っていたが、あれはなかなか用途が難しく苦勞しており、たんぱく質の構成の分析を目的に今進めているが、実際の応用にどうつなげていくかということがなかなか難しく、その壁をどう克服するかで若干苦勞している。そういうところに応用出来るのかなという感じがする。

**(藤家原子力委員長)**加速器とレーザーを同じジャンルで扱うという、大変冒険的なことを申し上げたが、今日の話伺いながら、今の原子力委員会が扱っている領域から言えば、一緒になって頂くには一番いい領域だったかなと思っている。

今日色々お伺いし、余り専門的な話は解らなかったが、田島所長にお伺いしたいのは、原子力の世界でこれから考えていく上で、物質分離の世界というのは相当大事になってくると思う。濃縮という言葉を使ったが、結局原子力の世界で分離する必要があるのは、電離のレベルの違いによる恐らく数にしたら30種類もない原子核である。そういう世界のチャレンジに対して何かお考えがあれば伺いたい。

**(田島所長)**非常に時宜を得たご質問で、私も自分自身興味を持って、理論的な研究を行っている領域である。委員長がこの前12月に関西研に来られた時に少しご紹介させて頂いたが、量子制御という領域があって、レーザーのパルスがある程度短くなってくるとこういう事が出来るようになって来た。今までは例えばウラン235と238を分離しようとする、ほんの小さなエネルギーの差を利用するということになる。だから、技術的にお金をかける必要がある。

一方で、パルスの短いレーザーを使うと、コヒーレントなレーザーのプロファイルを制御することによって、相手の電子の雲の形にちょうど鍵が合うように当て、そのかぎを回すと雲が回るというようなものが、量子制御を非常に大雑把で素人的な言い方だが、そういうことをできるように今

なりつつある。我々のところで理論開発しており、だからセシウムのアトムを実際実験的に量子制御がほとんどできたと、今論文を書いているところだが、セシウムというのはもちろん放射性のセシウムもあるが、そういうものとそうでないものを認識するとかいうことはもうそろそろ量子制御の考え方でできつつある。

それが可能なら、エネルギーの差よりは雲の大きさの差の方は大体137倍だけ大きく違うと思うので、同位体分離みたいなものは、量子制御の方が今までの古典的な制御よりも、より緻密にできるのではないかと考えている。その辺りは、もっと我々がきちんと論文を書き、皆さんに評価・批判して頂いて、産業的にも十分エネルギー的に成り立つというところを示す必要があると思っているが、個人的には量子制御の考え方を取り入れれば、比較的安価に多量の同位体や色々な化学物質をレーザーで識別したり、変換したりということが技術的に可能であると思っている。

**(藤家原子力委員長)** 恐らく新法人のミッションの一つの大きな分野になる可能性を持った領域だと思っているし、実は原研でもその辺りはかなり取り組んでこられた世界でもあるので、これからは期待している。

**(田島所長)** そういう意気込みで、我々も量子制御で今までよりもはるかにラディカルな、新しい技術も入れて、量子効率を高めていきたいと思う。量子効率が悪いとなかなかエネルギー的にもたないことがあるので。

引き続き、高エネルギー加速器研究機構 神谷加速器施設長より、資料加第4 - 3号に基づき説明があり、概ね以下の通りの質疑応答があった。

**(永宮座長)** 今日はもう一方お招きしている。高エネルギー加速研究機構の加速器施設長の神谷さんをお願いしているが、神谷さんは東京大学の基礎科学科をご卒業になり、その後東大理学博士号を取得された後、高エネルギー研究所で主にPFリング、いわゆるフォトンファクトリーや放射光についてかなり加速器的な側面を研究された後、東京大学の物性研究所の教授になられ、物性研で放射光施設の施設長をされた。その後、平成13年から高エネルギー加速研究機構の加速器研究施設という大きな施設の施設長になられ、そこで放射光のみならず、BファクトリーやJ-PARC、あるいはリアコライダーに至るまで、非常に広い範囲で指揮をとっておられる方である。

**(神谷施設長)** 今日はお招き頂き、ありがとうございます。

今日は6項目の宿題を頂いたので、それについてお答えしたい。タイトルとしては高エネルギー加速器の観点からということでお話しをさせて頂きたい。

私が所属しているのは高エネルギー加速器研究機構ということだが、今日は機構としての観点ではなくて、あくまでも個人的な意見ということで申し上げたいと思う。

最初の質問は、「自らが係っている分野についての現状と他の加速器分野云々」ということで、これについては、後でKEK及び加速器の現状についてお話する時に合わせて説明させて頂きたいと思う。これは資料加第4 - 3号の後ろに付けた参考資料1～21になる。

次に、宿題にあった新規性だが、KEKはご存じのように我が国における唯一の高エネルギー加速器、あるいは高エネルギー加速器科学のメッカと言っても過言ではないと思っているが、国際的にも重要拠点の一つであり、世界にヨーロッパだとCERNとDESY、アメリカにSLAC、フェルミ研究所等々あるが、その中でも世界的にも大きな位置を占めていると思う。

また、もう一つKEKが他の大きな研究所と比べてユニークな点は、さまざまな粒子を作り出すことができるということである。

そして、新聞等でご存じだと思うが、この加速器を使った研究成果が、最近色々出ています。加速器の性能も世界最高レベルに達しており、将来計画、例えばJ-PARC等も予定通り建設できれば、世界最高レベルの性能ということになると思う。

ここに将来計画と書いてあるが、これは高エネルギー加速器を使うコミュニティが考えている計画であり、必ずしもKEKが公式に予定している計画ではないが、J-PARCはもう建設中である。あと、まだ予算は認められていないが、J-PARCの二期計画がある。あとは、昔はJLCと呼んでいたが、最近ではGLC (Global linear Collider) と呼ぶリニアコライダー計画がある。また、現在電子・陽電子の衝突実験を行っているKEKBという施設もあるが、その次世代計画、Super KEKBというものもある。それから先ほど田島所長からお話あった様に、放射光関係だとERLというものがあるが、これについては参考資料22から後ろの方に載っている。

また、宿題の「国際競争と分担」についてのご質問、これは後で少し説明するが、現在KEKの一番大きな加速器であるKEKBは、アメリカのスタンフォード大学に附属しているSLACという研究所で行っているPEP-IIというプロジェクトと競合関係にある。

もう一つ、陽子加速器からニュートリノを生み出し、スーパーカミオカンデにニュートリノを打ち込むK2Kという実験があるが、現時点ではこれは完全にKEKの独壇場である。将来的には、アメリカ、CRENの計画と競合することになると思う。

J-PARC、これは永宮座長が推進しておられる計画だが、これは今、米国でもSNSというものを建設中で、競合関係にある。

放射光関係では、KEKの放射光施設、フォトンファクトリー (PF) とPF-ARという2つの放射光施設があるが、これはいわゆる第2世代の放射光施設である。改造したので2.5世代と言う人もいるが、第2世代の範疇に属するものである。PFリングは、日本で初めての本格的な放射光リングであり、当初は世界最高性能を有しており、現在でも安定度という意味では世界最高を誇っているが、それでもやはりSpring-8等の第3世代光源と比較すると、性能的には劣っている。但し、Spring-8が完成すれば、もうこのユーザーはいなくなる、閑古鳥が鳴くだろうと昔は言われたが、そんなことは決してなく、むしろユーザーは増えており、年間2,000人を超える共同利用者がいる。KEK全体だと、約10万人・日の共同利用者がこのKEKの施設を使っている。

また、将来計画と先端的な技術開発も行っており、これはリニアコライダーにも関係する技術だが、非常に高い周波数、X - バンド領域の高周波線形加速器の開発、これをSLACと密接な協力のもとに行っている。もう一つ、リニアックとリングとからなる先端的な施設で、加速器試験装置 (ATF) というものがあるが、これは世界で唯一の施設であって、諸外国や国内の大学から利用されており、特に加速器の若手研究者の養成に役立っている。

J-PARCは、米国とは共同研究というよりは、競争的な状況である。また、KEKBの次世代計画、Super KEKBも、SLACとの競争的な関係にあり、なおかつ色々な技術開発も共同して行っているということである。

それと、次のリニアコライダー計画だが、これは三極 (アジア、アジアといっても日本が中心だが、米国、ヨーロッパ) で激しい競争があり、超伝導を使うか常伝導のもので造るかという競争が、今真っ盛りだが、おそらく世界に1つしかできないだろうと言われている。従って、もし一つであれば、国際競争力により、いわゆる国際センターをつくる道になるのではないかと思っている。将来どうなるかわからないが、今はそういうことである。

第2項等のご質問への回答は後半にさせて頂くとして、まずKEKの現状を簡単にご紹介させて頂きたい。

参考資料1を見て頂きたい。少し写真が悪くて申しわけないが、これはKEKの全景写真でありこの丸いものがKEKBである。その他、これが放射光施設で、線形加速器がここにあるが、その他色々な加速器及び附属施設が展開している。

参考資料2はKEKの組織の概念図である。KEKは機構という組織になっており、その中に2つの研究所がある。1つは素粒子原子核研究所、それはその名前の通り、素粒子と原子核について研究しているところである。もう一つは物質構造科学研究所で、ここではツールとして放射光、ニュートロン、ミュオンというものが使われている。この2つの研究所の研究活動を支えるものとして、加速器施設というものがある。また、もう一つ、計算機や低温技術等のセンターから成る共通研究施設というものから成っている。

参考資料3も機構図であり、一番上には当然機構長がおり、2つの研究所、加速器研究施設と共通研究施設がある。職員数としては、加速器研究施設が一番大きな人数を占めている。

参考資料4は、KEKの加速器施設部分である。他に、東海研究所で現在建設中の加速器も別にあるが、ここが電子・陽電子の線形加速器であり、400mと書いてあるが、ここで曲がっており、全長が600mぐらいである。世界第1位の線形加速器は、もっと長くて3Kmあるが、KEKのものは世界で2番目に大きな線形加速器である。ここから供給される電子を使って放射光を発生するのが、フォトンファクトリーと呼ばれている。もう一つここにPF-ARというものがある、これは昔トリスタン計画の時に入射器として使用していたが、今は放射光専用になっており、電子のエネルギーが6.5GeVである。この大きなものがBファクトリーと呼ばれるものである。この黄色の部分が陽子シンクロトロンであり、現在の研究の中で一番のトピックス的なものは、ニュートリノをここで発生させ、岐阜県のスーパーカミオカンデに打ち込んで観測するというニュートリノ振動実験である。

加速器関係では、KEKが日本で一番大きな研究機関であるが、世界的に見ると、世界の代表的な加速器関係の研究所と、これら研究所における加速器の研究者と技術者の数を表すとこの表のようになる。これで一番隅にあるのが我々の施設であり、それ以外のところが諸外国のもので、ここが世界で最大の加速器研究所であるCERNである。KEKは、人数で比べると、世界の研究所の3分の1以下という人数であるが、加速器の規模からいうとヨーロッパのCERNを除けば、他と大体同じぐらいであり、非常に少ない人数で運営されている。

参考資料6が、先ほど申し上げたKEKの現在一番大きな加速器であるKEKBで、ここで電子と陽電子を衝突させて大量のB中間子を発生させるというもので、陽電子のエネルギーが3.5GeV、電子のエネルギーが8GeVである。昔の衝突型の加速器は、同じエネルギーの電子と陽電子を衝突させたが、ここではエネルギーの違うものを衝突させるということにより、衝突後、その重心系が移動ということを利用して、粒子の寿命を距離で計るということをやっている。このKEKBの加速器というのは、ただ大きいだけでなく、様々な最新の技術が駆使されており、世界的に見ても、また競争相手のSLACと比べてもユニークな工夫がなされている。

参考資料8はKEKBの24時間の運転状況を示しているものだが、当初は色々不安定だったが、現在は非常に安定に運転されている。

この衝突型加速器の性能を表す量として、ルミノシティという量があるが、KEKBは、現在、世界最高のルミノシティになっており、かつては競争相手のSLACのPEP-IIに負けていたが、今は完全に凌駕している。そのルミノシティを時間で積分したものを積分ルミノシティというが、これも

PEP- を完全に追い抜いている(参考資料9)。

参考資料10は、このルミノシティが何年かにかけて改良されてきた量を示しているが、ここがルミノシティでいうと $10^{34}/\text{cm}^2/\text{秒}$ という値だが、ここで初めてKEKBの設計値を超えた。これが、今、ありとあらゆる加速器の中で世界最高のルミノシティである。

参考資料11は、ルミノシティという量が年代とともにどのように変化してきたかというものを表した図であるが、KEKBは今までの加速器の大体100倍程度の大きなルミノシティを出すことができる。

参考資料12にB中間子を使った実験の結果が載っているが、これによってCP非保存というのがほぼ間違いなく明らかになった。

参考資料13は、若干古い施設になりつつある放射光施設であり、こちらは2.5GeVのPF、こちらは6.5GeVのPF-ARという装置である。ご覧のように、リング1周全体に測定器が所狭しと並んでいる。参考資料14は、放射光リングが出す放射光の輝度を表したものだが、SPring-8だと $10^{20}$ を超える輝度を出しているため、輝度という観点ではかなり劣るが、加速器の安定性という意味では、SPring-8もかなり安定に動いていると思うが、今でも世界に誇っているのではないかと思う。

参考資料15は、普通は加速器では粒子を曲げる時には磁場を使うが、これは全部電場を使ってきているユニークなシンクロトロンである。非常に小さなシンクロトロンだが、これは、分子の研究、今ではたんぱく質の研究に使われており、数万の分子量をもつタンパク質を加速することに成功している。

参考資料16には将来の予測が書いてあるが、ここの地図をご覧頂くと、今、世界の高エネルギー加速器の研究所というものが、大体こういうところに絞られつつあるかなということがわかる。

参考資料17は、これは先ほどの線形加速器の終端部であり、色々なところに電子または陽電子を供給している部分である。

参考資料18は、最初の方で申し上げた、ついでにニュートリノを生産し、岐阜県のスーパーカミオカンデに打ち込んでいる実験、K2Kと呼ばれるものの概念図だが、このニュートリノを生産している加速器が、参考資料19に載せてある。これが、KEKの一番古い加速器で、KEKはこの加速器を造るために設立された。ここから12GeVまで加速した陽子を取り出してターゲットに衝突させ、それから発生したニュートリノをスーパーカミオカンデに打ち込んでいる様子である。これは、大変古い加速器にも拘わらず、最近このニュートリノ実験のために色々改良を行い、ビームの強度が上がっている。

J-PARCについては、おそらく永宮座長がこれまでにお話になっていると思うが、これも完成すれば、今までのものより数倍または10倍程度の大きなビームパワーをもつ加速器が完成する予定である。

参考資料22以降、J-PARC関係が並んでいるが、これは既にご説明があったかと思うので、省略させて頂きたい。また、このJ-PARCが完成後、そこでニュートリノビームを作ってスーパーカミオカンデに打ち込むという計画が進んでいる。

最後に、残りの時間を使って、ご質問、宿題に回答したい。

は、我が国が当該分野を国際的に主導する能力、メリットだったかと思うが、先ほどの田島所長のお話にもあったように、日本では非常に幅広い分野をカバーする加速器科学が発展している。加速器科学というのは総合科学であり、広い分野に渡っての研究が非常に重要であると思っている。その中で、KEKには、現時点では最高レベルの加速器施設群があり、多少手前味噌で申し訳ないが、かなり質の高い加速器研究者・技術者集団を擁していると思っている。そし

て、ここで生み出される成果、さらに加速器の性能についても、国際的に高い評価を受けていると思っている。国はこれを今後とも推進すべきである。

この加速器というものは基礎科学を支える基盤施設、ツールであり、その中で、高エネルギー加速器は、ご存じのように、物質の根源、宇宙の謎に迫るためのツールであり、これにより人類の知的財産に貢献することができる。

また、放射光、中性子等を利用することにより、物質科学の発展にも寄与することが出来る。この物質科学というものは、ご存じのようにすべての科学技術の基礎であるので、ハイテクノロジーや産業の振興に役に立つということである。最近では、ライフサイエンスの発展にも大きな寄与をしている。その加速器の中でも、特に高エネルギー加速器というものは、最先端の科学技術の粋を集めて造られ、またそこで様々な開発が行われているので、加速器科学の牽引車であると思っている。

従って、加速器科学は、日本が科学技術立国たる基盤の1つを形成しており、幅広い産業に有用である。特に、現状高エネルギー加速器というものは、先進国のみがこれを持っているわけだが、それはなぜかという、財力も関係するが、さまざまな総合技術と産業を導入しないと実現出来ないの、先進国のバロメーターの1つである。そういうことから、国として推進するメリットは大きいと思っている。

は、国立大学の独法化を踏まえ、大学の中で、小型加速器を使用した研究、教育をどう進めるべきか」ということだが、中、小の加速器による研究というものは、広範な研究分野、さらにはチャレンジング、開拓的な研究分野に役に立ち、加速器の利用の促進、今までないような分野の創成にも役に立つ。KEKの観点から言えば、大型加速器を利用する前準備として、加速器に慣れて頂くということでも重要ではないかと思うが、最も重要なことは、やはり人材養成である。また、中、小の加速器を使うと、非常に開発し易いということがあるので、萌芽的な開発には不可欠である。加速器分野は非常に高度になり、拡大しつつあるため、今、人材が非常に不足しているので、再度、中、小の加速器は人材養成には不可欠であるということを強調したい。

ただし、いくつかの問題点をここに挙げさせて頂いた。加速器を使った研究、または加速器の開発は非常に時間がかかるため、その評価が法人化により厳しくなると、こういう時間のかかるものは中止させられる傾向になり易いのではないかと。これは、あくまでも個人的推測だが、場合によっては、少し古くなった加速器は廃止してしまえ、ということになりかねないと危惧する。また、予算も多岐にわたるため、コスト削減の対象になり易い。そして、同じ理由で加速器の関連分野の研究者は絶対数が少ないため、加速器科学というものは大学の中ではなかなか認知されにくいと思っている。

しかし、加速器科学というのは、何度も申し上げたが、科学技術の発展、産業振興には不可欠のものであり、例えば法人化で評価が厳しくなるとしても、大学においてハードウェアの維持・整備というものは必要であると思う。

また、研究資金に競争的資金を導入するかどうかということが、の宿題になっていたかと思うが、一般的競争的資金の導入の問題点としては、加速器の長期的な運転経費の確保が非常に難しくなるのではないかと。大規模な施設、マンパワーを維持するためにはかなりの資金が必要なため、全て競争的資金で運営せよということになると、ほとんどの高エネルギー加速器は立ち行かなくなるのではないかと。特に高エネルギー分野の場合には、加速器を使った実験装置の設計・建設に長時間要すること、実験成果がその加速器のタイプ、性能と密接に関係する。特に、衝突型加速器では、どこが実験装置でどこが加速器かわからな

いぐらい密接に関係しているので、高エネルギー実験は短期的資金には不向きである。そして、どこでどういった審査をするのが難しいのではないかと。大きな施設の場合には、プログラムを審査する委員会が施設にあるが、その委員会との関係がどうなるのかも問題になるかと思う。ただし、規模の小さい研究、例えば放射光のような場合、中には長時間のものもあるが、大部分の研究テーマは実験時間が短いこと、加速器の性能そのものとは関係が薄いというものが多い。従って、こういうものは競争的資金に向いていると思う。

加速器の公募型研究というのも宿題になっていたかと思うが、これは小型または萌芽的な研究に向いていると思う。いわゆる広い分野の加速器科学の推進、または田島所長がおっしゃったような新しい加速方法等の開発には不可欠であると思う。

5番目の質問、これは一番難しいご質問で、ここ何年、何十年と大きな問題になっているものである。まともには答え難いので、ここでは次のことを申し上げて、回答とさせていただきます。実は来年4月に「日本加速器学会」というものを設立しようということで、今活動している。これは、加速器関係者の長年の夢であったが、色々な事情もあって学会というものにはなかった。順調にいけば春先には設立されると思う。この加速器学会は、高エネルギー加速器をはじめ、あらゆる加速器、特に医療用リニアックは非常に台数が多いが、そういうものをすべて含んだものにしたというところで活動している。

また、これは非常に個人的な意見だが、法人化されると、今までと違い民間と協力し易くなる様なので、できればKEKの法人化後、その下に民間と一緒に子法人のようなものを設立できないかと思っている。具体的なものとしては、クライストロンの開発や超伝導の開発などが挙げられる。特にクライストロンは経済的に見合わないために、世界的にも徐々に民間が手を引きつつあるので、こういうものの技術開発と継承を行いたい。なお、超伝導についてはお話ししなかったが、KEKはこの超伝導に関しては世界的な技術を持っている。これには、超伝導を使った電磁石と高周波空洞というものがある。高周波空洞については、世界に誇る技術を持っていて、先ほど田島所長からお話があったように、ERLと呼ばれるエネルギー回収型の放射光施設に技術が使われるので、KEKとしてもそれに寄与できるのではないかと考えている。

の国に期待することについては、だれでも同じことを言うのではないかとと思うが、予算と人を増やして下さいということでしょうか。経費については、これは単発的ではなくて、恒常的な運転・維持経費というものが非常に重要である。これは、割合無視されがちだが、この加速器の性能を上げていくためには時間もかかるし、研究成果を挙げていくためには、常時、運転・維持を行っていく必要がある。また、KEKには非常にお金があるだろうとよく言われるが、開発研究費はほとんどないので、この増額をお願いしたい。これはKEKだけに限らないと思うが...。また、大学における加速器の整備が非常に重要であると思う。国の開発機関、原子力新法人に期待することについては、加速器関係の研究者・技術者の増員が加速器を使った研究成果を出すためには不可欠であるということ、大きな施設についてはオープン利用を是非行って頂きたいということである。私の話は以上です。

**(永宮座長)** どうもありがとうございました。何か質問等あれば。

**(粟屋委員)** 私は、ずっとユーザーという立場で加速器につき合ってきた。物質構造研の様子はある程度わかるが、素粒子の方は疎いので少し伺いたい。

先ほど、KEKBとPEP-IIのルミノシティの比較などを伺った。加速器の性能という意味では非常に高い成果を収めておられる。これに対して、これを使用するための実験装置あるいはその成果といった辺りの比較はどのようになっているのか。

(神谷施設長)現状では、成果については、ほぼ同じである。どちらが特に優れているかは、今のところ言えないと思う。ただ、あと何年かかるかは不明だが、いずれルミノシティという量は徐々に差がついてくる。そうすると、実験精度ももっと上がってくる。

(栗屋委員)それに対応する実験装置は当面どうなっているか。

(神谷施設長)実験装置も大部分の点でKEKの方が上回っていると聞いている。

(栗屋委員)そういうことに対しての予算的措置というのは、今までなされているということか。

(神谷施設長)その通り。実は、この8月も、ビームが衝突する直近の検出器の改造を行う予定になっており、既に工事は始まっている。運転再開はいつもだと9月ごろだが、そのために今年少し遅れて10月半ばから再開する予定である。

このように、測定器も常に更新している。加速器が非常に安定していると先ほど申したが、これは今までにないような大電流の電子と陽電子のビームを回しており、これはSPring-8の10倍以上の電流になるので、非常に大強度の放射光が発生し、ビームが作る電磁波も強烈である。従って、少しでもビーム制御を間違えると、真空チェンバーに穴が開いてしまうということが起こるので、ビームが不安定になった時にはビームをすぐに捨てる必要がある。普通は電子や陽電子が金属に当たってもどうということはないが、何かで削ったようにビームによって金属表面が削られてしまうことがあり、そういうことが起こらないような改良を常日ごろから行っている。

(曾我委員)この会が、日本全体の加速器を将来も含めて議論しようということなので、この際、お聞きしたい。一番強力なというか、もともと加速器の開発の推進力であった原子核物理あるいは素粒子の研究を、今もって至高のものとし、主目的としている研究所であるKEKが、Bファクトリーのボトムクオークの分光分析をあとどのくらい行こうと考えておられて、また、いわゆる本当の素粒子物理学を、KEKとしてはどのように進めて行こうと考えておられるのか。ここに書かれているように、リニアコライダーを造るとするのは世界で1つ造りたいのか、あるいはITERの様な感じで、Bファクトリーの様なものを新たに日本国内の中に造るといったようなことはないかと思ってよいのか。その点は、KEKではどんなふう考えているのか。

(神谷施設長)日本の高エネルギーのコミュニティの方々は、とにかくリニアコライダーを日本に誘致するというので一生懸命である。世界に1つといっても、それは日本に造るということで一生懸命活動されているので、そういう方向に行けば、KEKとしても高エネルギー関連の方々はそのうち行くのではないかと思う。

また、最初のKEKBのBファクトリーでいつまで実験を続けるのかという質問については、いつまでというのはなかなか誰も答えられないと思う。それは、先ほどのリニアコライダー等の将来の高エネルギー加速器の動向にも絡むが、先ほど少しご説明した通り、今のKEKBの次を狙ったSuper KEKB計画というものがある。それは、ルミノシティをさらに100倍くらいまで高めようとしたものである。そういう計画も研究者の中ではあるが、非常に個人的な見解を申し上げると、もしリニアコライダー計画がつぶれる、あるいは日本以外のどこかに造るとなった場合、あるいは日本がこれにほとんど貢献しないということになった時には、そのSuper KEKBという計画を推進する可能性が高いだろうと思う。

そして、これはいつの時代にも言われることだが、大きな加速器の計画があると、その次はないでしょうと毎回言われてきた。ところが、必ず次から次へと大きな計画ができていくし、加速の方式も田島所長のような刺激的なものではないが、少しずつ効率がよくなっているので、おそろぐの計画はまた出てくると思う。永遠に続くとは思わないが。

(2)今後の検討内容について、事務局より資料加第4 - 4号に基づき説明があり、主な質疑応答は以下の通り。

(永宮座長)今の資料について2点ある。まず1点は、これは外に出ていく時に色々誤解を与えることがあるが、下線部に「また、我が国が次代の加速器計画に着手することの必要性や最優先とすべき計画を明らかにする」と書いてあるが、「最優先とすべき計画」というと、何か1つのプロジェクト、それが非常に具体的なプロジェクトで今上がっているようなものを取り上げるような感じもあるので、例えば「必要性や具体的方向性を明らかにする」程度の書き方に今のところは留めておいた方がよいのではないかと思う。

また、本日も議論をお伺いしていて、競争資金に対して色々な取られ方をされているように見受けられるが、元来提案された形は、加速器を用いた研究に対する公募的研究あるいは、加速器の特殊性を考慮した競争的資金という提案だったと思うが、加速器そのものの公募型研究に取られる方もいるし、色々な違ったとられ方をしているので、ここの書き方は若干誤解を与えている感じがする。その2点が、少し気になったところだが、何か他にあれば。

(谷畑委員)いつも何となく議論はしているが、こういう形で出てきていない項目が1つあると思う。難しいが、これは将来的な加速器科学...レーザーも含めて広い意味だが、そういうものの計画研究の方向をどう決めていくかというシステムをどこでつくるのか、という議論は必要ではないか。それをここでやるのかどうか。これは議論をしないで、どこなのだろうかという形で我々研究している側では思っていたら、結局何も出来てこないという形になっている。それならば、もうこの場でやるのかどうかという議論をしておいた方がよいのではないかと思う。

(永宮座長)ご提案は、具体的方向性を決めるメカニズムについても言及するということが。

(谷畑委員)その通り。

(永宮座長)これについては、議論の中で項目としては挙げておいて良いと思う。ここで議論をするかどうかについては色々な意見が出るかと思うが、重要な指摘だと思う。

次回以降の進め方については、今日はレーザー関係に造詣の深い上坪委員や小林委員が欠席で残念だったが、レーザーをどう進めるかということも視野に入れつつ、広い範囲で考えていきたいが、皆さんの議論を促進するために、私自身が考えたことを申し上げたい。

大体、この加速器検討会を始めてから、最初は少しスローで、最近は随分ピッチを上げて開催しているわけだが、せっかくピッチを上げたのであれば、もうそろそろきちんとした報告書を11月あるいは12月頃にまとめるということを目指したい。

報告書の中身については2点あって、1点は我々のミッションとして、長計に書かれた大型加速器計画の評価、フォローアップについて我々としての見解をまとめることだろうと思う。

もう1点は、資料加第4 - 4号に ~ の項目、あるいはそれ以外のことも色々な意見があったが、そういう全体的なことに関しての我々の提案、この検討会としての提言、それをまとめるという作業があると思う。

それで、今回まで毎回2名の有識者に来て頂いて、色々な意見を述べて頂いた。次回は京都大学大学院の今井教授をお呼びするところまでは決まっているが、それ以外の候補者がいれば随時招聘してもかまわないが、この辺りでもう一度、SPring-8、HIMAC、RIBFとJ-PARC、この原子力長計に関連する4大加速器計画について、現状と将来展望、そして今抱える問題点、あるいはこうしてほしいという要望を持っているあるいは緊急性、そういうことに関して数枚ぐらいにまとめて頂き、次回、4人の方にざっとレビューして頂く。それで、その計画に対する我々の意見をまとめる作業を次回集中して行いたい。

その後、9月上旬にまた検討会を開催し、今度はちょっと角度を変えて、全体的なことについて、この検討会の委員の方を中心に、例えば新法人の加速器をどうするか、産学連携のあり方や大学における研究教育のあり方等の問題について、何人かの委員に素案としてまとめて頂き、もう少し論点をクリアにした上で全体的な討議に移る。そして最終的には報告書をまたその次以降の会議でまとめることにしたい。従って、一般的に有識者からお聞きするのはもうこの辺りで一旦ストップし、例えばSPring-8だと上坪委員、HIMACについては曾我委員、RIBFについては谷畑委員、そしてJ-PARCについては私永宮が発表するというので、現状のまとめは委員ご自身できると思うので、1度それぞれの計画については全体像をお聞きしたが、皆さんそう覚えているわけでもないの、それをもう一度簡潔に報告して頂き、それ以外の委員の方には、次次回で全体的なことを述べて頂きたい。例えば、高橋委員、小林委員、あるいは土井委員や他の委員から、産学官の連携のあり方であるとか色々全体的なことに対するご意見、コメントを頂くというようなことも1つのやり方かと思う。

これは思いついたことを事務局の方とも相談しながら考えただけだが、それについて、それがよいかどうかということも含めて、皆さんにご意見を頂きたい。

(谷畑委員)フォローアップのプレゼンテーションもこの委員で行うということか。

(永宮座長)必ずしもそうでなくてもよいが、この委員が行ってもよいのではということ。別の方をお呼びするという手もある。その方が公平だというのがあれば、その方がよいのかもしれない。

(谷畑委員)その方がよいと思う。この中で順番にやったのでは、少しお手盛りのような気もする。また、2時間半の制限というのはどれほど厳しいものなのか。これは出席する側の制限なのか。もしそうではなく、本格的な議論を行う気なら、その日は少し長くした方がよいのでは。

(事務局)別に構わない。

(藤家原子力委員長)時間の制限を作る必要はない。

(永宮座長)私も2時間半ではまず議論が尽くせないと非常に危惧している。まず次回だけは一度長くして例えば2時～6時で開催してはどうか。

次回は2時から6時までということで、時間変更の通知を事務局の方から出させて頂きたい。そこで、かなりフリーに議論して頂き、長計で取り扱う4大加速器計画についての評価を自由に議論して頂いて、ある程度のところまでまとめられればと思う。

(竹内原子力委員)長計のフォローは原子力委員会の大きなタスクの一つである。その4大プロジェクト、これは進行中と運用中の2種類あるが、これ自身のまとめはそう問題はないと思う。

ただ、先程谷畑委員がおっしゃった様に、加速器検討会で将来に対して何を言おうかという議論をして頂く必要がある。これは今日でも余った時間があれば少しでもやってもらわないといけない。それは大きな問題だと思う。それが原子力委員会のこの検討会で、お受けできるようなものか、皆さん方が考えておられるのはもっと次元の違う話なのか、これは私自身もよくわからないし、この辺を少し議論して頂いた方がよいと思う。

それから、もう一点、テーマが決まった後の問題提起というのは、かなり議論した後に作業会のようなものを開けばよいのではないかと思う。その作業会でまとめたものを、また検討会にかけるといったやり方がよいのではないか。

だから、我々に大事なことは、この加速器検討会で何を大きな問題として捉えるかということ。それがこの場で適しているかどうかということも含めて、おやりにならなかったら、それでも結構かと思うが、この辺りは少し議論して頂いた方がよいと思う。

(永宮座長)サブグループについては、議論してからでないとはやりたくないと思う。しかし、一方、

時間的な制約もあるので、次回と次々回で、同じ様な構成で開催するよりは、次回はフォローアップに徹するなら徹し、次々回に今度は全体的なことだけを徹底的に議論して、そこでワーキンググループを作って提案骨子を作成頂く。それぐらいのテンポが必要かと思う。

それから、次回の発表についてはこの委員でない方にして頂くということではよしいか。

(仕井委員)しかし、これだけの立派な委員の方がいらっしゃるのだから、今ここにいらっしゃる方がまとめてお話しする、あるいは評価する、ということではよしいのではないか。何をどういう目的で、というのは既に現在の長計策定時にさんざん議論したわけだから、それほど難しい問題ではないと思う。如何か。そうすれば、一気にこの場で決まる。

(永宮座長)確かに。本日、上坪委員が欠席だが、Spring-8は上坪委員、HIMACは曾我委員、RIBFは谷畑委員にやって頂き、それでJ-PARCは私がやる、そうすればスムーズではある。少し手前味噌的になる可能性があるが。

(仕井委員)いや、この方たちは手前味噌な評価は下さないと思う。

(永宮座長)本人を目の前にして言いにくいところがあるかもしれないので、説明後、評価の時だけは少し退席して頂いた方がよいかも。それでよしいか。私はどちらでも構わないが。

(谷畑委員)それで結構です。

(竹内原子力委員)プロジェクトのフォローという面ではそれで良いかと思う。ただ、田島所長と神谷施設長の話を承り、加速器というものについて今ある問題についてかなり問題提起があったが、競争的資金、後継者の育成問題等、いわゆる将来的に世界のトップレベルを維持するための日本の選択をどうするか等、共通的な問題もあるのではないかと思う。そういう議論をここでやる場合は、その方法を少し議論しておかないといけない。そういう議論がないと、着想の切り口がつかまらない。

(永宮座長)全くおっしゃる通り。

(竹内原子力委員)だから、国がどこまで加速器を後押しするのか。人気が出たものはどんどん有名になり、どんどん客がついて充実し、巣離れしていくのだと思う。こんなようなものと、非常に高度専門的なライフサイエンス、ナノテクノロジー等の世界のトップレベルの研究を扱うようなものは、客がまた別にいる分野なので、そういうものから見た加速器について、何が求められているかということは、こういう場で議論するかしらないかという点も含めて議論をするべきで、それをこういう場でまとめるかどうかということも議論した方がよいのではないか。

(永宮座長)今のご意見も非常に貴重なご意見だと思う。

もう一つ、原子力委員会のもとで、原子力との関係というものは余り意識していないのか。

(竹内原子力委員)それも。

(永宮座長)その辺りはどうか。

(藤家原子力委員長)これで二、三回同じことを申し上げているが、今日ここにお集まりの委員の方々が、自分のこれまでの見識と研究の方向からご判断頂いたことを原子力委員会は最大限尊重し、それをどう生かしていくかということ、これまで申し上げてきたところであり、今日幸いなことに、面映ゆい感じもしたが、田島所長が私の絵を引用されており、もう方向も何もぎりぎり決まったようなことをここで議論する必要はなく、色々な可能性を持った中で何を目指していくかを議論して頂きたい。それは、将来、サイエンスとして伸びていく話もあるだろうし、エンジニアリングとして目的指向型の方へ伸びていくものもあるだろうと思う。

例えば今日のニュートリノのような話を、これはここで議論をして何をするかということは、必ず何かの時に議論になるだろうと思うが、ニュートリノがどういふサイエンスに発展していくのかとい

うことは相当関心の深いところであり、そこを全く気にしないで、もう少し手前だけを議論するということにはならないと思う。

先ほど土井委員がおっしゃった様に、ここにいらっしゃる方は、その辺についてはきちんとしたご判断ができると思うし、原子力委員会だから、特に原子力に直接関係した話しか駄目だというほど範囲を狭めて考える筋は毛頭ないと思っている。

**(永宮座長)**もう一点は、今日は田島所長にお越し頂いたが、我々のミッションとして、レーザーを議論するというは前回も同意されたことなので、それをどこかできちんと入れ込まなければならぬ。それを次回にするか、次々回にするかというのは、座長としては考えがまとまっていないが、専門的な方に来て頂いてもう少し議論するか、あるいは、今日欠席されている委員の方がレーザーに造詣の深い方なので、欠席された委員の方の意見も聞きながら考えていきたいと思っている。

私自身が少ししゃべりすぎたが、皆様のご意見をざっと一通りお聞かせ頂きたい。では、粟屋委員からお願いしたい。

**(粟屋委員)**今お二人の原子力委員がおっしゃった観点、私は、これは大事だと思う。また、先ほど谷畑委員が言われた、加速器科学の方向はどこで定めるのか、ということも重要だと思う。以前は原子力委員会もしくは文部省等、ある程度の範囲でその方向を決定する場が見えていたのが、今は混沌としているような感がある。この点に関しても、この検討会であわせて議論した方がよいと思う。

細かいことだが、4つの施設に関して誰が話すかということについて一言。当事者である委員は話難いと言われた。しかし、今まで議論の中で色々話を既に聴いているわけなので、また経過を知らない新しい方にお話し頂くと、これまでと同じ様な話を聞く結果にもなりかねない。話はここに居られる方々にしていただくのがよいと思う。

次にこれは質問だが、先ほど、12月までに報告書を纏めたいと座長が言われたが、これは何か時間的要請があるのか。それとも、一月程度の余裕はあるのか。

**(永宮座長)**実は秋と言ったのは、これをその次の年度の色々なことに反映させるためには、秋ぐらいがいいということ。12月では少し遅いのかもかもしれない。報告書で色々提言したとしても、余り時期外れな時に言っても仕方がない。

**(竹内原子力委員)**端的に申し上げる。藤家委員長を初め、私ども原子力委員は、任期が年内に終わる。だから、この検討会の報告書を頂いただけならこれでいいが、外部に対してもっとアクションするようなものを議論してまとめるということになると、もう少し前ではないかと思う。アクションをとらないまま、預かったままという格好になりかねないので、これはざっくりばらんの話だが、その方がご理解頂き易いと思う。

**(永宮座長)**実はそういう事情もある。

**(曾我委員)**年内か、それとも年度内か。

**(竹内原子力委員)**年内である。

**(永宮座長)**できれば遅くとも11月の末ごろまでには何とかしたい。

**(曾我委員)**今、技術に関しては、先ほど田島所長がお話しされたように、レーザー技術の応用ということが非常に先進的な技術になっているので、レーザーに関することは、非常にまだはつきりしない部分がたくさんあると思うので、ぜひ加速器検討会の検討内容に入れてほしい。

それから、これは原子力委員会がどこまで敷衍するか、あるいは影響力を及ぼすかという根源的な問題だが、それは我々がコントロールできるものでもないので、我々の中で色々な提言を

し、その一方で総合科学技術会議や新しくできる学会が色々提言するかもしれないし、それは時間がかかることだと思うが、ともかく我々としては、我々がすべてを決めるということはまずできるはずもないが、色々な提案や我々の力の中での色々な意見を披瀝することが大事である。原子力委員会で加速器の報告を出すということは今まで全くなかったのではないか。それを初めてやるという意味合いでも、非常に価値が高いだろうと思う。

**(高橋委員)** 私はメーカーの人間なので、幅広い研究開発的な長期展望はなかなか持ち得ないが、最近では加速器が産業界に急激に実際の商品あるいは製品として立ち上がりつつある。レーザーも含めて、市場も急速に広がってきているのは事実である。これは、加速器の技術が1つの産業に結びついてきているという証だと思うし、例えばPETは、去年ぐらいから実際に急速に市場が広がっている。それから、レーザーを使ったアニーリング装置、これは非常に安定でハイパワーなレーザーが求められている。これは現実にも立ち上がりつつある。こういうことが、いつも将来にわたってシーズとして出てきているだろうと思うが、その辺りは民間だけで海外と戦っていくのは多大な資金が必要ということもあってなかなか難しい。やはり1つの国の産業政策の中で、どう位置付けていくのか、どう強化するのかという観点で考えて行きたいと思う。なかなか一般的な普遍的な議論というよりは、生々しいところから出てきてしまうが、それを考えていくとある方向性が出るのかもしれない。

**(田中委員)** まず、加速器というものをどう見るかということだが、1つは、竹内委員からもご指摘があったように、利用者がいる部分と利用者にとたえていく部分と、それから、加速器科学というか、加速器技術が新しい利用を切り開く部分と2つの側面があると思っている。ただ、今の状況からいうと、やはり日本の科学技術や産業が加速器という道具をどのように使用し、どのように展開させていくかというその部分の位置付けをまずきちんとするという意味で、今の2つの面を明確にしておくことが必要である。そうしないと、大きい加速器はお金がかかるということで排除されていく可能性があるのではないか。

先ほど永宮座長から新法人の加速器のあり方について発表して頂きたいという依頼があったが、新法人＝原子力研究開発法人なので、原子力研究開発の原子力という切り口をどう捉えるかによって、新法人の加速器のあり方というのが見えてくるかもしれない。原子力にとって加速器とは何かということの原則論をはっきりさせることが必要だと思っている。

産業界は中小型の加速器が非常に使われていて、今数はたくさんあるわけだが、ほとんど電子線加速器で、これからは、粒子加速器や放射光がX線みたいに利用できるようになれば、相当違ったニーズが生まれ、新たな展開ができるようになる。そういうことをもっと打ち出していけば、神谷施設長が研究されているような先端的な加速器技術が生きてくるのかなと思う。そんなことも含めて少し議論してみたらどうかと思う。

**(谷畑委員)** 今日は内容の議論ではなく、おそらく外枠の議論だと考えているが、1つは次回、今井さんが大学のことを言われるかもしれないが、大学の小型加速器について考える必要がある。大きなプロジェクトというのは割合個別に議論されているけれど、大学の小型加速器に何をしてもらおうかということについては、何か文書としては出てくるというが、具体的には全然わからない。

また、今具体的に産業界でどんなものが望まれているのか、については我々の中で理解しておいた方がよいと思う。

**(土井委員)** つある。今日レーザーの話をお聞きし、私は余りよく知らなかったが、この加速器分野とも非常に関係が深いということをお勉強させてもらった。一緒になれば新規性あるいは国際レベルに日本が勝てる、そういう意味においては是非入って頂いたら良いと思う。

それから、この検討会はおそらく発足する時に、何のためにやるのかをずっと議論したと思う。やはり、現行計画のフォローアップと次期長計に対してある程度の提案ができるようにという感じだったと思う。あるいは新しいニーズが医療を含めてどんどん出てきているので、それをどう開発していくか。あるいは教育の問題をどうするかというようなことを時々刻々提案していったら如何かと思う。

(永宮座長)非常に要領よくまとめて頂いた。私自身もそれに近い考え方を持っている。次回、フォローアップのことに重心を置くにしても、皆さんの中で一般的なことを考えて頂き、そういうことも織りまぜながら次回も議論しないとその次に続かないので、時間のある限り全体的なことも議論していきたい。

(竹内原子力委員)今言われたように、次期長計に対しては、議論が始まる時期にかなり近づいてくると思うので、我々現在の委員も、それだけははっきり残しておきたいと思っている。

今の土井委員のような意味では、次期長計に何を盛るかという議論は、もう少し議論する必要があるが、そういう方向性は結構だと思う。

(永宮座長)レーザーとの関係もあり、今日は田島さんには招聘者としてきて頂いているが、いずれ委員に就任の取手を取らせて頂くかもしれない。

(藤家原子力委員長)最後に一言。先ほど私が申し上げたことを少し誤解しておられるような発言があったので明確にしておきたい。原子力の分野が主導的に取り組んでいる話と、そして、サイエンス・アンド・エンジニアリングというか、科学技術の中で役割分担して取り組んでいる部分と、それから、場を提供してサービス的に取り組む部分、この3つから構成されていると思う。従って、そういう観点に立つと、余り住み分けはしない方が全体としてうまく進むであろう。主導の話は当然自分でやって頂く必要があるが、そこだけ見ていて全てが済むわけではないので、きちんと見て頂く必要があるのではないかというのが私の発言の趣旨である。よろしくご理解頂きたい。

(永宮座長)それでは、各委員に一通りご意見を伺い、次回の方向性も大体見えてきたので、このあたりで今日は散会させて頂きたい。