

国際リニアコライダー計画の見直し案に関する検討委員会（第3回）  
議事録

日時 : 平成30年8月29日（水）10:00～12:00  
会場 : 日本学術会議 大会議室（2階）  
委員会出席者 : 家委員長 米田副委員長 西條幹事（スカイプ） 田村幹事 梶田委員  
上坂委員 杉山委員 永江委員（スカイプ）  
参考人 : 山内正則参考人（大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構長）  
相原博昭参考人（東京大学大学執行役・副学長、大学院理学系研究科教授）  
羽島良一参考人（量子科学技術研究開発機構 上席研究員）  
事務局 : 犬塚参事官ほか

**議題1. 参考人ヒアリング**

山内参考人から「KEKの将来計画とILC等」について、相原参考人から「日本の高エネルギー物理学の将来計画のコンセンサス」について、羽島参考人から「加速器の立場からILCについてどうみているか、また、加速器学会での議論等」についてそれぞれ説明が行われ、次のとおり意見交換が行われた。

家委員長: それでは、私から相原参考人にお聞きしたい。一番最後の所が時間がなくなって、最後に付けてある13ページあたりの所に物理、ハイエナジーフィジックスの成果としてどういうものが期待できるかという幾つかの例が書いてある。これで1番と2番は精密測定をやって、どっちにずれればどういう展開になるという話がある。これは何人かの先生にお聞きしているが、運転してみて統計をためて標準理論からずれが見いだされなかった場合、その後の展望というのはどういうものなのか。

相原参考人: 私が個人としてILCに期待しているテーマ、ここに書いているもの以外で、必ず結果が出ると期待しているのはヒッグス粒子のCP非保存。CP非保存とは物質と反物質の対称性の破れのこと。先ほどKEKBの説明があったが、今宇宙に物質だけがあって反物質がないのはなぜかをモチベーションにして作った加速器と実験である。素粒子には何種類かあるが、クォークと、ニュートリノ、そしてヒッグスがある。そのうちクォークについて、物質と反物質の性質が違うメカニズムがKEKB加速器実験の結果解明され、そのメカニズムを予言した小林誠・益川俊英両氏ノーベル賞が与えられている。

実はそのクォークの対称性の破れだけでは十分でなかったもので、ニュートリノによる破れの可能性を追究するハイパーカミオカンデ計画が提案された。

それともう 1 つの可能性は、ヒッグス。ヒッグス自身が粒子と反粒子を区別して反応しているのではないかという可能性は十分にある。これについては分かっていない。これはヒッグスファクトリーでないと解明できないし、逆に、ヒッグスファクトリーがあれば必ず分かる。なので、もしヒッグスがこの宇宙の物質と反物質の非対称に大きな役割をしているのであるとすれば、これはノーベル賞級の発見である。ノーベル賞のことばかり言うのは良くないが、サイエンティフィックに非常に意味のあり、結果が保証できるテーマである。これは今まであまり強調されていなかったかもしれないが、必ずその結論は出る。標準理論とずれがあるのかどうかとは別に、結論、イエス・ノーは必ず出る。

これは実は SuperKEKB の提案時にも、問題になったところで、いろいろ精密測定をした結果、何も新しいことが出ないということがあるのではないかと常に言われる。まず第 1 に、何か新しい現象が発見できないなんていう保証はないわけで、やってみなければ分からない。ただ、「やってみなければ分からないのに、これだけの金を使うのか」という質問はよく理解できるので、それだけを主張するつもりはない。

しかしながら、今のいろんなフレームワークで、ここで全くずれがないということになると、今までわれわれの持っていた理論体系そのものに何か大きな欠陥があるということになる。量子力学から始めてここまで進んできた素粒子物理の理論である。場の理論そのものに限界があるということになる。将来はちょっと予測できないが、今まで築き上げてきたものが、いったんそこまでで止まるということになる。

先ほどの検証委員会にもあったが、今までボトムアップ型と言うか、低いエネルギーからずっと積み上げてきたものが、そこではもう行かない、違うパスが自然には存在するという事なので、それを選ばなければいけない。全然違うエネルギーのスケールからの話があるというのが結論できたとして、ではどうやって研究するんだということは、みんな考えてはいるが、今は分からない。

従って、そういう結果になると、1つの原理から宇宙が説明できると信じて、パッションを持ってここまで来た研究は終わるということになるのかもしれない。「終わってどうするんだ」と問われると、その時考えるとしか言えない。今は答えられない。

家委員長：私の懸念というのは二通りで、今おっしゃったように、自然がそうなっているというケースもあると思うし、あるいは、思ったように積算ルミノシティが上がらなくて、デフィニットなことが 20 年やったときに言えなかった場合に、「じゃあ、あと 10 年やるのか」という、そのこの展望のことである。

相原参考人：積算ルミノシティが予想通りいかない場合はどうするかという質問だと理解する。つまり「デザインに達しない場合、どうするのか」というようなご質問だとすれば、一般的な答えはない。これはヨーロッパの High Luminosity LHC や我が国の SuperKEKB などの実験と組み合わせることによって、この分野の研究を進めるので、そこで何も結論が

出ないということはないと思う。

コミュニティの人間としては、デザインルミノシティは達成する、ということでやっているの、ない場合のフォールバックというのは、そういう形でお答えするとちょっと大きくくりだが、素粒子物理全体としてカバーするということだと思う。

山内参考人：今のご説明に対する補足をさせていただきたい。まず加速器の性能の評価というお話だが、それを検証するということは極めて重要なことである。それはご指摘のとおりで、3点あると思う。1つは「ビームの陽電子なり電子なりが十分な数が入るか」、それから2点目は「小さなビームに絞れるか」、3点目は「それを安定的にぶつけることができるか」という3点ある。この3つがきちんと満たされているのだということ为先ほどもご説明したが、さまざまな研究施設を造って実証している。この3点がうまくいったからといって必ずその性能が出るんだということが保証されるわけではないが、この3点がきちんと検証されていれば、多少時間はかかったにしても実際のルミノシティは上がるものというふうに私は信じている。

それから、相原参考人が前半から大変難しい説明をなされたが、物理としては「何も見えなかったら、どうするのか」というご質問があったと思うが、今私共は物質の構造という点では、分子、原子という1eV（エレクトロンボルト）の世界から100GeVという弱い相互作用の世界までというのを大体理解するに至っている。この先、実は $10^{19}$ GeVというところでもない高いエネルギーのところに、重力と他の相互作用が一緒になるところがあるだろうということとはほぼ間違いないと思っているが、100GeVと $10^{19}$ GeVという17桁の間がどうなっているかはこれからも非常に興味を持たれる。

特に、もしこの中に何も無いということになると、ファインチューニングという、これはご説明しないが、非常に困った問題が出てきて、これは何も無いということはないだろう。どうなるとファインチューニングというのが解決できるかということ、1TeV領域に何かなくてはいけない。例えば、超対称性がなくてはいけないというのが長年の理論的研究の帰結。しかしながら、LHCでは超対称性粒子は見つかっていないので、じゃあ、どうするか。これに対していろんなアイデアが出ているところである。

これでさらにILCをやっても、もし何も見えない、ヒッグスの崩壊が標準理論にぴったり合っているということになると、これは実は大変なことであり、今までの理論の枠組み、どういうふうに考え方を積み上げてきたらいいのかという枠組みさえ崩壊するような大事件である。多分この1回目の委員会の時に、3つ目の解としてマルチバースであるというような、かなり普通の考え方と違ったものが可能性が出てくる、という話が出てきたと思うが、マルチバースかどうかというのは私も分からないが、そういった非常に極端な、今までの考え方とは全く違うものをどうやって積み重ねていくかという全く別の物理が何か要ると思う。という意味で非常に大きなインパクトがあるというふうに考えている。

杉山委員：そのマルチバースに行った瞬間に人間原理になってしまうので、物理学が無力であるようであるが。そうすると、先ほど相原参考人が「これで終わり」というまさに言葉が言われたが、この ILC によってもうこれ以上、今までずっとブルートフォースでどんどんエネルギーを上げていった素粒子実験の歴史は変わる、もう変えなければいけないと。だから、例えば LHC を 100TeV にするというような話はもうなくなると思ってよいか。

相原参考人：100TeV ぐらいまでは行くのではないかと。それまでに何年かかるかは知らない。10 年後には行かないと。先ほど言った分岐点というのは何年かかるかといったら、50 年ぐらい。一番最初に見せた夢ロードマップの夢の部分にすら、入っておらず、その先の話なので、その時にはそういうことがあっていいかもしれない。

ダークエネルギーの状態方程式パラメータ  $w$  が限りなく  $-1$  に近づいたら、その先はどうなるのかという宇宙の標準理論の問題と素粒子論についての今の質問は非常に似ている。それとほとんど同じようなことが起こるのではないかと。

米田副委員長：素晴らしいコミュニティのアプローチを聞かせていただけて勉強になった。ひょっとしたら第 2 のアインシュタインが出て理論をひっくり返すこともあるのかなと思いつながりながら聞いていた。質問の 1 つは、こういう今の物理学は、前も一応聞いたことがあるが、理論を立てて、それを実験で実証するという、そして正しかったことが分かるという、一步一步進むというスタイルだが、「今の ILC で分かったのは、ここまで」ということになると、「ここまで分かったから次はもっと大きいのを造りましょう」なんていうことでビッグサイエンスをずっと続けていくと、地球は有限で資金も有限であり、そういう物理学のアプローチそのものが破綻するのではないかというのが 1 個目の質問。

2 個目は、新物理の探求で実験をされるわけだが、必ずそこには、相原参考人が日本学術会議の第三部長の時に始められた「光と影」の影の部分がある。物理の先生方がみんなで光だけを追い求めて話されるというのが、他分野から見るとすごく不思議。原子核の研究では、有益なものもたくさん出てきた半面、われわれ人類がハンドリングできない問題も生んできた事実がある。私は、素粒子論の次のステップにおいても人類がハンドリングできないものも出てくるのではないかを考えるべきと思う。また ILC を造る時に「本当にそれがプラスだけなのか」、「放射化された水が出てこないのか」、それに「長期の停電に対してどう対応するのか」、あと「事故が起こったときにどんな危険があるのか」ということを一緒に話さないといけないのに、それに対してはあまり話されない。物理学の皆様は、次の真実を知りたい欲求ばかりで、それが生み出す副作用についてはあまり議論がないというのがすごく不思議。その 2 つをお話いただければと思う。

相原参考人：では、まず先に、最初のほう、理論が先で実験が後というのは、それ自身はちょっと間違い。実は実験が先で、その後理論ができたという歴史というものもある。それが発

見というものである。素粒子の実験がどこまでもどんどん大きくなるかという、それはどんどん大きくできるわけがなく、今回ですら日本の国家財政から考えると、ほぼ無理かもしれないという意見もかなりある。無理かどうかは、僕らが判断するというよりは、政治あるいは政府に任せたい。それで本当に駄目だったらもうやめる。学者ではなく、国民が決断することだと思う。

学術をしている人間としては、そういうものだけで進むということではなく、今日加速器学会の会長が来られてお話しされたように、同時にテクノロジーのイノベーションというのを常に意識して、新しい、要は大きなものは小さくする。実際、超伝導加速器ができたために医療用の加速器は小さくなっているが、そういうイノベーションを繰り返す。あるいは、全然違うパスのための R&D もやっている。

ただ、10年後に必ずそこに行くかどうかというのは分からない。ビッグサイエンスの典型と言われるが、宇宙もそれから他の部分もそうだが、これは常にこの問題を抱えていると思う。現段階でのビッグサイエンスのやり方の現実的な解というのは、1国だけでやるんじゃなくて国際社会で分担してやるということである。その次のステップとしては、おっしゃるとおり、地球全体として支え切れないのではないかというような話になる。いずれにしても、同時に、つまりこちらの責任という意味では、イノベーションを進める責任がある。

「お金を使っているんだから、それだけのことはしなさい」ということは常に意識している。ただし、そこをどのくらいお伝えできているかというのは、十分でないと思う。幾つかの例はあるので、それを見ていただければと思う。プラネタリー・バウンダリーがあるので、それを越えることはできない。それは常に考えている。

それから、影の部分。これも物理学者の責任。素粒子物理だけではないが、影の部分は常に考えていく必要がある。ただし、今回の件について申し上げますと、まずそもそもその部分を専門家も入れて検討するというステージに来ていないという状況がある。これを本当にやるには必ず環境アセスメントがあるし、地元住民を含めた関係者の承諾なしに進まない。ビッグサイエンスを先に進めているアメリカでは、計画の進め方は完全にフォーミュレートされている。放射化の問題等も次の段階で専門家が審査する。

重要なのは、学者でない独立した専門家によるコストとか安全性のレビューがない限りは、国家事業に近い、20キロのトンネルを掘るといった土木工事が認可されるわけがない。科学者が「これは OK」と言ったところで、技術的な問題、環境問題が駄目だったら駄目なので、そこに行くためには、まずは次のステップに行かせていただきたい。それがあって、そこで判断が下って、始めて、実際に穴を掘り始める。

今そこのも中途半端にやっている。そもそも文科省がハンドルできる問題かどうかだつて分からないが、バウンダリーをきちっとして、次のところに行ったら、さらに独立な、文科省だけでないレビューを行って、それができるかどうかを判断するというのが正しい姿だと思う。その時には今のような問題も全部出して、例えばサイトのところを「こういう放射線の問題がある」とあるのであれば、専門家も含めて、そこをご判断いただくという

ことは出てくると思う。隠しているつもりはない。

家委員長：他にもいろいろご質問があったので、山内参考人。

山内参考人：では一言言わせていただきたい。放射線に関しては、この分科会の中でも踏み込んだ議論をしていただいていると伺っているが、一言で申し上げると、加速器の周辺にはもちろん放射線というのは発生し得るので、非常に丁寧にそれを扱うためのチームというのをつくっており、そういったものがマネージできる範囲だというふうに私は思っている。

1つには、ILC というのは非常にエネルギーは高いが、これは電子加速器である。電子加速器というのは、ビーム自身は放射線ではあるが、それは実質的な放射化物を生み出すことは非常に少ないということがある。一方、私共はハドロンというか、陽子加速器も扱っている。こういったものと比較して、際立って難しいものではないだろうと。従って、マネージできる範囲だろうというふうに思っている。だからといって、いい加減にやって大丈夫だというものでは、もちろんないので、きちんとした設計をした上で、周辺の方々にも十分ご説明をした上でご理解いただくということは当然必要になるというふうに思っている。

小林委員：少し角度の違うことを伺いたいが、1つは社会との合意形成がやっぱり必要だとおっしゃっている、それはそのとおりだと思う。これだけの巨額の資金を投入する以上は、必要だと。そのときに、今なさっているのはまだ啓蒙的宣伝で、聞かされる側からすれば、ステークホルダーが大事だと言っているというのは、「それはそうだろう」ということにとどまるであろう。だから、実際に社会との合意形成ということをおっしゃる以上、どうやってやっていくのかというのを何かアイデアをお持ちなのかとか、何かやろうとされているのかと、これが1つ。

もう1つは、素粒子物理とそれから加速器の場合に人材はだいぶパターンが違うというお話であった。加速器の場合は非常に多様なバックグラウンドの方が参加してくるということだが、それによる理論的な研究で一番魅力を感じている方というのは素粒子物理の中の一部の方だろうと。大学院生の博士、Ph.D.の育成は、この分野においては順調か。ご承知のように、日本の博士の進学者というのはどんどんと減っている。クオリティもいろいろと問題視されているという状況で、素粒子物理学がその例外とは思えないが、将来これをしていくための人材というのをきちっと育成できるという見通しはあるのか、あるいは逆に言うと、これができたら集まってくるという考え方なのか、その辺りを。

山内参考人：最初は、社会に対してどういうふうに理解を訴えているのかという点だが、これまでは主に理解をしていただく。「今までやろうとしていることは、こうなんだ。そのためには、こういうことが起こる。何が変わるのか」ということを丁寧に説明してきたところで、これは相当今後説明を続けなければいけないというふうに思う。かなり力を入れてき

たとはいっても、日本全国の方々の数に比べれば多分 1%にも行かない数なので、やはりこれは続ける必要がある。同時に力を入れているのが、マスコミの方々へのお伝えの仕方だが、知ってのとおりマスコミの方々というのは伝える力はあるわけなので、その方々によくご理解いただいて、それをマスコミを通じて一般の方々に伝えていくという努力もこれまでしてきているが、もう少し力を入れる必要があるかなというふうには思っている。

それから、大学院生は相原参考人から。

相原参考人：大学院生の件で、この分野が今困っているかとの質問だと理解する。東大を例にすると、現状人材がないということはない。今のスナップショットを見ると、高エネ研に新しいマシンがあり、CERN もある。アメリカへ行ってもいい。それから、カミオカンデでもやっているのだから、そういう意味では、今の若い人たちが自分の将来はどのような所で活躍できるのかということは見えている。優秀な人は自分がどこで活躍できるかを意識して来られる方が多いと思う。

もう 1 つの流れとして中国がこの分野に非常に興味を持っていて、中国の若い人たちがうちの研究室にも来ている。彼らは、日本でトレーニングを受けて、日本でポスドクをして、もし中国で次の大きな加速器を造るのであれば、そこで活躍できるように帰るといような使命感を持っていると思う。そういう方も含めて、国際的にも大学院生は来ている。

大学全体としては、特に理学というよりは工学の抱えている問題のほうが大きいと思うが、大学院生がなかなか来ないという問題もある。若い人たちは自分がそのパスを進んだときにどういうふうにして活躍できるのか、アカデミアに進むのであればアカデミックな活躍の場がある程度見通せるかどうかである。やってみなければ分からないところがあるにしても、挑戦する価値があるかどうかというのが見えるかどうかだと思う。

大学の責任としては、大学院まで行くときにどういうキャリアパス、学者なら学者、企業なら企業でどういうパスがあるのかというのを、きちっと見せてあげることが必要である。ILC という将来計画を見せることによって次の人が来るか。私は来ると確信している。

小林委員：データの問題だが、2000 年代だと理学の修士修了者の 30%から 40%がドクターへ進んでいたのが、昨今 10%ぐらいになっているという。これは全体のデータなので、東大の場合大丈夫だということであれば、それはそれでよろしいが、そこは私は日本にとっては危機だと思っているので、ちょっと心配している。

相原参考人：言い忘れたが、われわれの分野だけ良ければいいということはない。この分野への投資によって生命科学が弱くなるというようなことはあってはならない。そういうことを含めて全体設計をしていかないと優秀な人たちは進んでこない。その責任も負うつもりである。学会の一員として、責任はある。

上坂委員：関連で、加速器の分野は人材はどうか。

羽島参考人：今、相原参考人がお話しになった、われわれのお隣の素粒子実験・理論の分野を見ていると、優秀な学生が次々に入られて卒業されて、うらやましい。そういった素粒子で学んだ方が加速器に転身されるというのは、ここ数年非常に例としては多い。素粒子の分野が衰退しているかという、私の印象はあんまり衰退していない。それに対して、加速器はまず大学で施設を維持するというのが少し難しくなっているということで、幾つかあった研究室がなくなる、あるいは、なくなりそうで苦労されているというのが現実である。少しそういったところをうまく回していくために、加速器のみに限らず、加速器から派生した技術も含めたいろんな勉強ができるような仕組みを大学の方々には工夫していただいて、それなりの人材を集めて、加速器の業界へ輩出していただいているのは結構である。ただ、加速器を専攻するドクターの数はやはり少ない。そんな印象を持っている。

田村幹事：さっき社会の合意という議論もあったが、それに関連してやっぱり 1 つ重要なポイントになるのは、他分野の研究者からの賛同とまでは行かないかもしれないが、納得というか、理解というのはやっぱり絶対必要かと思う。相原参考人のお話で、研究予算を圧迫される可能性がある多くの他分野の科学者が賛同しないというのは、これはもったもどらうと思うし、自分の分野の予算が削られると分かっていたら賛成しないという、これはしょうがないと思う。ただ、今の時点で、もし一切自分の研究予算が削られないとしたら、そういう大きなプロジェクトを素粒子物理というある分野がやるということ「重要だから、ぜひやってほしい」と思うような、そういう他分野の人が、そんなにまだいないのではないかなという気がしている。

少なくとも物理の研究者であれば、今回いろいろお話しいただいたような ILC で狙っている物理というのが、いかに素粒子物理さらには物理全体にとって重要なことなのかというのは、じっくりお話を聞けば分かるわけだが、おそらくそこまで分からずに、何となく反対なり警戒しているというような、そういう人が多いのかなという気がしている。特に今回の見直し案でエネルギーを下げたというのを、予算が厳しいから下げたというふうに単純に思っているという、そういう他分野の人が多いいんじゃないかなというのを感じている。だから、特に今の見直し案で狙っているものがこういうものだということをもっともっと半分専門家というか、物理、あるいはその周辺の人だけでも完全に納得するという状況がまず大事かなと思うが、その辺はどう思われるか。

山内参考人：KEKの中でプロジェクトを推進するための活動として、他分野にいかに説明していくかというワーキンググループをつくって活動している。これは去年、今年の 2 年間で 11 回シンポジウムを開き、合計 2,600 人の方に来ていただいたということで、きちんとした説明をすれば、それでも納得しないという方はもちろんいらっしゃるが、相当程度理

解は広がったのではないか。本当は 2,600 人では少ないので、本当は 1 桁ぐらい多い方々にご説明していかなくてはいけないので、もっと力を入れていかなくてはいけないが、現状そういった状況。これは当然だが、今後もきちんと続けたいというふうに思っている。

特に原子核物理学の先生方には、非常に近隣分野なので、特に ILC を使って原子核の研究をするという可能性も十分あると思う。そういった観点からもご利用いただけるということにしている。これは原子核だけではなくて、近隣分野である物性の方々にもどういった形で ILC をご利用していただけるかという観点での議論というのをさせていただいている。遅いと言われれば、そうかもしれない、そういった活用というのが大変重要だとは認識しているので、今後もしっかり進めたいと思っている。

家委員長：それは多分、所期の ILC 計画の実験が終了した後の話だと思うが、パラレルにできるのか。

山内参考人：具体的にどういうふうになればできるというアイデアに至っているわけではないが、仮定しているのは現在の ILC ができたら、一部のビームを使って例えば原子核物理をやっていたとか、あるいは、それを物性にどういうふうにする。

家委員長：それはテクニカルデザインレポートの中に入っているとは思わないが。

山内参考人：今検討中なので、まだ入っていない。具体的な提案ができる段階には至っていないが、そういった議論を始めているということ。

家委員長：それで、ちょうどこの絵が出ているので。終わった後有用だというお話があったが、SLAC の場合はやっぱりこれは地上の施設であって転用もいろいろそれほど難しくないうふうと思うが、地下 100 メートルのトンネルの中に設置されたものが終わった後どういうふう転用できるかというのは、私は難しいと思う。しかも、SLAC に比べて、多分放射化の問題も桁違いに大きいのではないかというふうと思うが、もし、そうでもない、その辺の認識は違うということなら教えていただきたい。

羽島参考人：間違いというほどは行かないと思う。SLAC も完全に全部地上ではなくて、本体はトンネル。数百メートルという深さではないが、どうだろう。地下だから特に何か特別難しいというふうには、私はあまりそこは考えたことがなかった。私のメッセージは、今議論してもあまり有益な何かを得られるというより、むしろぼんやりとしたイメージで「将来何か役に立つだろうね」と言いたいというのが正直なところ。

相原参考人：先に、先ほどの米田副委員長のこれがどこかで終わるというご質問にもあるが、

今提案しているヒッグスファクトリーは終わるが、このファシリティが終わるというのはとても考えにくい。イノベーションを必ず起こしていくということで、その一環として山内参考人が言ったような周辺分野にも大きな影響があるような R&D もこれから一緒に考えていく。したがって、ファシリティとしては、これは終わらないと思う。CERN のトンネルも、50 年たったら埋めるのかというのはあり得ない。そういうインフラをずっと続けていくというのがコミュニティとしての立場である。

上坂委員：加速器に関して、安定性について、コメントがある。先ほど羽島参考人から 25 年ほど前の東大ライナックでのとても懐かしい写真とデータが出た。あの頃はビームサイズで数十マイクロンで、あと時間方向の安定性がピコ秒だったが、先週 SACLA に行ってきたところ、ビームサイズはマイクロンで、揺らぎも数十フェムト。であるから、本当に 2 桁程度安定化したのは、この 15 年。非常に感銘を受けた。

しかしながら、羽島参考人も ILC のパラメータを、実感が湧かないと仰っていた。一般の加速器、ライナックやシンクロトロンに携わる者から見ても、かなりチャレンジングなパラメータであるということはまず認識していただきたい。であるから、マイクロメーターが今度ナノになる。それから、横方向の安定性もナノでやらなければいけないということなので、非常にチャレンジングであると。それは本当に ILC をやられている方しか持っていない技術で、他の加速器関係者にとっては、かなりの、高いパラメータかなというものであることをまず認識していただきたいということである。

それから、人材育成について、物理の人材育成もとても重要だが、加速器を含めたハイテク製造業の人材育成もこれを機に盛り上げていただきたいと思う。この前申し上げたが、実際の産業界ではこういう科学技術用の大型加速器と、医療用の加速器と、核融合炉と革新原子炉は、産業界では同じ人たちが造っている。これらは総合科学工学なので、加速器業界のみならず非常に重要。だからこそ、この ILC というのは国内で生産していただきたいと思う。もちろん国際の時代で、全ては無理ということは当然理解するが、あれだけの大きなものであれば、かなりのところは国内で造っていただいて、日本の製造業の総合科学工学の人材育成にも貢献していただきたいと思う。

あと 1 点、先週分科会があった時は私は行っていないが、資料は拝見させていただいた。製作に関して、やはりまだ超伝導空洞というのが現状のものと、もうちょっとステップアップする目標があると思う。その違い。それとあと、そこにどう世界の産業界が入っていくのかと、そういうのを分かりやすく見せていただきたいと思う。そういうこともお願いしたいと思う。

山内参考人：では、2 点申し上げたいと思うが、1 つは人材育成に関して。ILC を実現するためにも非常に多くの方がエキスパートを習得するということが不可欠だが、そのためには私は現状の加速器というのは非常に有効だと思っている。だから、今回の学会で「こ

の先へ 1 歩進んだらどうか」というご報告をいただいたら、ぜひとも文部科学省等をお願いしていきたいのは、今でも話しているが、人を早めに付けていただきたいと。そして、そこで現状の J-PARC とか SuperKEKB という加速器があるので、そこで人を採って 1 年でも 2 年でもそこで修行してもらおう。そういった加速器が分かる人たちというのをまず育て、そこから ILC の建設に携わってもらおうというようなステップを取らないと、いきなりそこで人だけ採ってもなかなかうまくいかない、ということなどを重ねて申し上げているが、それは私は非常に重要なポイントだというふうに思っている。

それから最後におっしゃった空洞の改良は、先ほどの羽島参考人のお話の中にも出てきたが、窒素インフュージョンというのを空洞の内側にすることによって、電場勾配あるいは Q 値がかなり改善できるということがあり、それはぜひとも活用できるようにしようということで、私共は急きょセットアップを造り、再現性を試験を始めているところ。まだフェルミラボが行っている数字は達成していないが、確かに改善されるということが分かってきている。だから、こういったものもぜひとも工業化できる段階まで持って行って、価格の低減にも役立つということを進めてまいりたいと思っている。

相原参考人：山内参考人が非常にちゃんとプラクティカルなこともお話しをしたが、一言だけ言わせていただくと、人材育成を含めて、それから加速器技術のこのイノベーションを含めて、チャレンジがなかったら進まないと思う。チャレンジなくしてサイエンスは進まない。この概念設計で「ここまでだったら、このチャレンジで行く」というのを見せている。そういうチャレンジ性がないとサイエンスは前には進まないと思う。

米田副委員長：この委員会の下に技術検証分科会があり、そこで非常に重大な事故が起こったときに、どういう問題が起こって、どういう対策が必要かということ議論をしている。先ほど相原参考人が「リスクに関しては、このコンセプトチュアルデザインではなくて次のステップで考えればいいんだ」というふうに言われたが、基本的にこれをやろうということになったら、サイトを決めて実際に建設準備に入っていくと思う。サイトとなる地元の方々、このトンネルが作られる地域の方々に対して広報するという時に、夢だけ語ったって仕方がない。やはり重大な事故が起こったらリスクがあるけれども、全てのものにはリスクがあるから、それに対しては例えば土木工事で「こういう対策を取って、ここまでは大丈夫」ということまで説明しないと、やはり地元の方の同意は得られないと思う。

それが正しい広報であって、自分たちがやりたいことだけしゃべって、何かいいことだけ地元の方に言って、それで広報活動でなかなか理解が得られるとか得られないとか。そういうこと自体が、やはり科学者としてあまりよろしくない姿勢だと思うが、いかがか。

相原参考人：これは私のほうから答えたい。そのご批判をいただいているということも聞いており、全くおっしゃるとおりであり、それなしにプロジェクトを進めることはできない。

今までの国際デザインでは、サイトに依存しない事柄を優先しているのでは、不十分であったと思う。しかし、それをやるとなると、素人がやるわけではない。20 キロのトンネルを掘る土木工事でどれだけの環境被害があり得るのか、それをクリアしなさいという命令を下していただくのがよいと思う。それでなかったら、やってはいけないと思う。

ある程度高エネ研のほうでも答えていると思うけれども、それは DOE のやり方と比べると、不十分なので、それをクリアするための次の段階に行けというふうに言っていただくのがよいと思う。

家委員長：それは CD2 の前か、後か。

相原参考人：そのところは、CD システムで言えば 2 だと思う。つまり、こういうのを説明するときに、やるかどうか分からないプロジェクトについて「こういう危険がある」という説明を政府としてできるわけがない。同様にやるかどうか分からないのに、「アメリカから 1,000 億円いただきたい」という交渉をできるわけがない。先ほど言ったリスクのアセスメントはただでできないと思う。お金が必要になる。放射化の問題。何か起こったときの避難計画、自治体あるいは住民との合意形成。これは概念設計の段階でそこまでの検討はできていない。リニア新幹線はトンネルを掘るのにどれだけの環境アセスメントが必要だったことから学べると思う。

米田副委員長：トンネルを掘ることだけではなくて。

相原参考人：放射線。

米田副委員長：中にある加速器がやはり。

相原参考人：それも含めて、同じように。そちらについては、むしろ経験がある。J-PARC でも事故が起こっているんで、そういうようなことも含めて、この町にとってはどういう危険があるかというようなこと。率直に申し上げて、これはわれわれが反省することがあるかもしれない。電子ビームというのは、先ほど出たように、LHC が使っているような陽子ビームよりも一般的に安全だという事実がある。だからこそ、このタイプのマシンは長く使われている。しかしながら、その説明と検討は十分でなかったと反省している。

小林委員：社会的な合意形成が必要だというときに、単純に安全性の話だけではないと思う。やっぱり学術的価値がある企画がいろいろあると、そして、この財政的状況の中でも今回のリニアコライダーを優先すべきだという支持を社会からどうやって取り付けるかという問題だと思う。そういうところの議論は宣伝では無理であり、じゃあどうするかというところ

が今あまりまだ緻密に解けていない。前回の時に、ぐるぐる回りになっていると。政府のほうは「科学者コミュニティとパッションと学会の御議論で何とかしてください」というふうにおっしゃるし、科学者コミュニティのほうは「政府の決断で」という話であった。ということは、やっぱり CD1.5 が要するということである。

相原参考人：そういうことだと思し、その政府というのは誰かというのがある。文科省だけで今言ったような環境アセスメント、それから危機管理についてはできないと思う。そういうことを僕は内閣府として言っていたらいいのかなと思う。

家委員長：他にどうしてもこれだけは聞きたいということは。あるいは、どうしてもこれだけは言っておきたいということがあれば。

西條幹事：私は社会科学系の人間だが、多分国民の皆さん、ないしは多くのステークホルダーの皆さんに分かってもらうためには、それなりの努力が必要だと思う。数多くのミーティングも開催したんだということは多分言い訳なので、例えば相原参考人が書かれた 13 ページ目に簡単なストーリーがあるが、この手の書き方でリニアライダーのこの話をしていたただかないと、多くの方々は分からないと思う。だから、一般の国民の皆さんが読んで分かるものを作るという、その種のご努力をなさったほうがいいのではないかというふうに思う。これが 1 つ目。

2 つ目は、先ほどの議論の中にあつた、地球そのものをどうするんだみたいな話があつて、地球レベルでこの研究ができるのかということで、先ほどプラネタリー・バウンダリーの話があつた。気候学の方なんかは、地球そのものが危ない、ないしは最近の研究だと、パリ協定を実行したとしても、残念ながら時既に遅しという話があつて。そういう研究者たちとのせめぎ合いがあるので、外部の研究者たちに「確かにこれは理科系の研究の中で重要なんだ」ということを上手に言っていかないと、なかなか多くの賛成が得られないのではないかという感触を持ってしまった。

山内参考人：一般の方に説明するための書き物を用意したらどうかというご指摘があつたが、これに関しては 4 冊からなる本というのを既に作っており、これは委員の皆さま方にはお配りしていると思う。こちらに相当丁寧に説明しているつもりである。

## 議題 2. 今後の審議スケジュールについて

- ・次回は 9 月 11 日（火）、次々回は 9 月 18 日（火）に開催することとした。
- ・なお、審議途上の論点が公表されることによる、様々な影響が起きる可能性を考慮し、次回の委員会は非公開とすることとした。
- ・また、傍聴等不可となることから、必要に応じて別途審議後に委員長から報道機関等との

懇談の時間を設けることとした。

### 議題3. その他

- ・特になし

(閉会)