

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1回）
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 技術検証分科会（第1回）
合同会議
議事録（案）

日 時： 平成 30 年 8 月 10 日（水）10：00～16:15
会 場： 日本学術会議 大会議室（2 階）
出席者： 小林委員 上坂委員 梶田委員 家委員会委員長 米田委員会副委員長・分科
会委員長 西條委員会幹事・分科会幹事 田村委員会幹事 永江委員 嘉門分科
会副委員長 田中委員 中静分科会幹事 望月委員
参考人： 藤井恵介参考人（リニアコライダー・コラボレーション(LCC)物理作業部会共同
議長・高エネルギー加速器研究機構素粒子原子核研究所教授）
道園真一郎参考人（高エネルギー加速器研究機構加速器研究施設加速器第六研
究系主幹）
中田達也参考人（リニアコライダー国際推進委員会(LCB)議長・スイス連邦工科
大学ローザンヌ校教授）
千原由幸参考人（文部科学省大臣官房審議官（研究振興局担当））
中野貴志参考人（大阪大学核物理研究センター長）
横溝英明参考人（一般財団法人総合科学研究機構理事長兼中性子科学センター
長）
事務局： 犬塚参事官ほか

議題 1. 委員長・副委員長・幹事の選出

- ・事務局より定足数の確認が行われた。
- ・席順に各委員の自己紹介が行われた。
- ・委員会委員長の選出が行われ、家委員が委員会の委員長に選出された。家委員会委員長から、委員会の副委員長に米田委員、幹事に西條委員、田村委員が指名された。
- ・委員会の議事録については事務局が作成し、委員長確認の後、各委員に送付し、次回委員会で承認することとなった。
- ・分科会委員長の選出が行われ、米田副委員長が分科会の委員長に選出された。米田分科会委員長から、分科会の副委員長に嘉門委員、幹事に西條委員、中静委員が選出された。
- ・分科会の議事録については事務局が作成し、委員長確認の後、各委員に送付し、次回委員会で承認することとなった。

議題2. 委員会・分科会の設置理由説明

- ・資料1～3に基づき、事務局から説明が行われた。

議題3. 参考人ヒアリング

(1) 「250GeV ILC の物理の意義」(藤井参考人)

- ・資料4に基づき、藤井参考人から説明が行われ、その後、次のとおり意見交換が行われた。

家委員会委員長：LHCの実験を踏まえて設計変更されたということで、プライマリーには、ヒッグスファクトリーとして標準理論からのズレを検出するというのがターゲット。17ページに質量とヒッグス結合の比例関係の図があり、それが一番大事な図かと思うが、この点線はどうやって決めたものか。

藤井参考人：計算というか、標準理論の予言。

家委員会委員長：比例係数は、計算でどこまで出ているのか。

藤井参考人：比例係数というのも決まっている。ヒッグスが真空中にどれくらい充満しているかという量に対応するもの。

家委員会委員長：不確かさはどれくらいあるのか。

藤井参考人：それは非常に高い精度の数値。

家委員会委員長：「全体に下にズレる場合」という説明があったが、それがどのようなことを意味するのかわからない。比例係数が決まっていない場合、全体に下にズレたら0%の線そのものが下にズレるのではないかと思うが。

藤井参考人：今日説明できなかったが、ILCのヒッグス結合の測定の非常に強力な点というのは、結合定数の(相対値でなく)絶対値が測定できるということ。(ILCで使うのは)電子と陽電子がぶつかってZとヒッグスができるという反応だが、一般にLHCでやっていることはヒッグスを探すこと。ヒッグスを探すということは、ヒッグスを見ようとするということだが、ヒッグスを見ようとするということは、例えば、ヒッグスが暗黒物質に崩壊してしまったりするとその部分は見えなくなってしまう。そうすると、その分結合定数を絶対的に測定するということができなくなってしまうわけだが、ILCの場合は見えない崩壊モード等も含めて、結合定数の絶対値を全部決めることができる。

家委員会委員長：そこは理解しているつもりだが、比較の対象となる「標準理論の予想」という部分で、0%のラインは計算で決まっているのか。

藤井参考人：計算、実験というか、これまでの標準理論を確立する過程で決まっている真空中に凝縮しているヒッグス密度。これはヒッグスの発見前からわかっていたこと。

家委員会委員長：そこには不確かさはどのくらいあるのか。

藤井参考人：先ほどの1%の精度よりもはるかに良い精度。

家委員会委員長：図のエラーバーは、積算ルミノシティで 2,000 インバースフェムトバーン (fb^{-1}) の場合で、積算ルミノシティの量に対して square root で変化するという理解でよいか。

藤井参考人：そうだ。あるところまで行くとシステマティックス（系統誤差）が効いてくるが、まだ 2,000 インバースフェムトバーンの段階では、統計がドミナントなので、そこは square root に効いてくる。

永江委員：ここでは3つのパターンが示されているが、3つしかありえないと思われるのか。ここに描かれてないパターンになった時には、この実験でそれをつきとめることができるということか。

藤井参考人：これはジェネラルに、この絵（一番左の図）は超対称性の場合で、ボトム（ b ）とタウ（ τ ）が同じ割合でズレている例をあげているが、このズレのパターン、ズレの絶対値が微妙に違うというのはあり得る。それはモデルのパラメータの詳細な違いによる。大きな特徴として超対称性の場合、ボトムやタウなどいわゆるダウンタイプの物質粒子といわれているものだけに上向きのズレが期待される、そういう特徴を持っている。複合ヒッグスの場合にも、ズレる量というのはモデルパラメータを変えると変化するが、一般に全部下がるという特徴を持っている。そういう意味において、大きく3つの道がわかる。その上で細かいパターンが見えてくると、さらに細かくそういうタイプの模型の中でどういう模型かということまでわかる。これは説明が難しいのでお見せしなかったが、バックアップの中にあるこの絵は、いくつか LHC では見えないという模型を先ほどの3種類のタイプから選んできて、その3種類のタイプから選んできた9つのモデルに対して、そういうものが ILC で区別できるかということを表した図。わかりにくいですが、ここに書いてある数値は、縦軸横軸が各々モデルに対応していて、お互いに何シグマで分離できるかを示

したものであり、250GeV の ILC でも、ところどころ 3 シグマ以下でしか分離できないところもあるが、ほとんどの場合、LHC で探索できないような新しい物理に対して、模型の特定までやれるということが言える。

杉山委員：3つの可能性のうち超対称性と複合ヒッグスの2つは標準理論からのズレが見えるので確かにノーベル賞級の発見だが、最後のズレが見えなかった場合、「複数宇宙」というのは人間原理の話だと思うのだが、これは標準理論がもうそれでいいということにこれだと見えてしまうが、そうすると、例えば将来 100TeV の加速器を作る必要はなくなるという話ではないのか。あくまでもこれで測れるレベルの中で標準理論が正しいということに過ぎないのではないか。

藤井参考人：それはもちろんそうだと思う。ただし、もし ILC の測定精度をもってしても、一切標準理論からのズレが見えないというような事態が起きた場合には、例えば見るべきところは、標準理論が実際どのくらい高いエネルギーまで成り立ち得るのか、そういうようなことを調べることになると思う。その時に重要なのがトップクォークの質量ということになる。それに関しては、やはりこれも LHC での研究の進展が大きいのだが、トップクォークの質量が LHC でもかなりいい精度で測れるようになってきたということがあり、真空の安定性が判定できる。標準理論の宇宙というのは完全に安定ではない可能性があり、それがトップクォークの質量を測定することで判定できるということが知られているので、それを測定する。それで標準理論があるところで不安定になり破綻することがわかれば、それは標準理論がずっと究極理論のところまでつながっているわけではないことがわかる。そうではなくて、安定と準安定のギリギリのところにぴったり合うという場合には、そのことを確かめる測定をすることになるだろう。それから、何もヒントが得られない場合には、わかっている粒子に関してもっと詳細に調べるということになると思うので、W 粒子とか Z 粒子については以前 CERN でも実験したが、千倍のノルミノシティがあるので詳細研究をやるなど、とにかく基本的なスタンスとしては、標準理論の破れをできる限り探すということになると思う。

杉山委員：私が聞きたかったのは、標準理論とのズレがないというのは一番つまらない結果かもしれないが、その結果が素粒子実験の将来に対して大きな影響を及ぼし得るのかという点。

藤井参考人：私としては、ズレが見えないというのは一番驚くべき結果。例えば、ILC でのニューフィジックス（新しい物理）への感度というのはモデルによるが、見えないということでもって、ニューフィジックスに対するリミットが得られる。（新しい物理のエネルギー）スケールのローワーリミット（下限）がつけられる。典型的な複合粒子模型だと、

例えば、3TeV から、模型によっては 10TeV とか 15TeV までのリミットがつけられるので、逆にいうと、もし次の加速器を作るとすると、そのエネルギーを設定する際に重要な役割を果たすと思う。

田村委員会幹事：聞きたいことはだいたい今の話で聞けたが、私もやはりそこが一番気になる、わかりにくいところ。例えば 17・18 ページの図表で、これくらいの精度で今の典型的なモデルだとズレが見えるでしょうという話だが、モデルも色々なパラメータで色々あり得ると思う。藤井先生は、ILC の精度でも全くズレが見えないパターンはないだろうとおっしゃったが、それが何でそうなのかというところが一番わからない。どんなに理論の方が頭を悩ませ考えても、超対称性だったら必ずこの程度はズレが発生するはずだという感覚があって、それを圧倒的に超える精度で ILC では測るので、もしズレがなかった場合、もうそういう超対称性といっている今までの考え方はダメであるということがいえるといってしまうてよいのか。

藤井参考人：超対称性がそもそもどういう経緯で考え始められたかということ、非常に強い動機のひとつが、ヒッグスがなぜ宇宙に充満したかということと、それが宇宙誕生から 100 億分の 1 秒後、エネルギーでいうと 250GeV、（さらに正確には）246GeV という密度で真空に充満したかというその理由を説明するというのがひとつの大きな動機だった。それをうまく説明するためには、超対称性粒子の質量があまりに大きいと、説明できなくなることが理論的に知られていて、例えば LEP を作れば、必ず超対称性粒子は見つかるだろうと思われていた。超対称性理論というのは非常に美しい理論なので、昔からファンが多かったが、LEP を作ったけれども見つからなかった。さすがに LHC を作れば見つかるだろうと思われたが、まだ見つからなかった。ということで、一部の人たちは超対称性に対する信念が揺らぎかけているが、まだヒッグスの質量が 125GeV だったということをうまく説明できるような超対称性モデルは残っていて、それがまさに先ほど説明した、私個人の信念だが、LHC の死角にあるヒグシーノが一番軽い超対称性粒子である暗黒物質であるような超対称性理論。その場合には、ヒグシーノの質量は高々 300GeV 程度までであると考えられていて、その場合には、250GeV ILC で直接生成できなかったとしても、物質粒子の対生成みたいなものの中にその効果が見えろと考えられる。なので、特に超対称性で自然さというか、100 億分の 1 秒後にヒッグスが宇宙に充満したことを自然に説明できる理論の場合には、ズレるだろうという確信がある。複合粒子の場合には必ずしもそうは言い切れない部分があるが、超対称性の場合にはかなりそういうことが言える。

田村委員会幹事：逆にいうと、超対称性でない場合、全然別の考え方ということで複合ヒッグスもある。あるいは、まだ理論家の方が思いついていないような全く違う理由で起こっていることももちろんあり得る。そのような場合には、標準理論からのズレがものすごく

く小さいかもしれない。ここに出てきているモデルは今既に挙がっているモデルなわけだが、今までも、あるだろうと言われてきたものを探したが見つからなかったということがあって、そもそも自然・サイエンスはそういうものなので、探しても見つからないということもあるかと思う。人によってあると思って探しているわけで、探してもない可能性というのをどの程度考えているのか。

藤井参考人：この分岐は、ある程度論理的な分岐というか、「時空概念の拡張」と書いてあるもの（第1の道）はヒッグスが素粒子である場合に対応する。素粒子は全て、コマみたいに自転する性質を持っているが、ヒッグスだけは自転していないという特別な粒子。その自転していない、スピンがゼロであるというのが、ここでいう超対称性。世の中にはスピンの素粒子がたくさんあるという場合だが、それに対して、本当は自転しているが、余剰次元の方向にスピンしているので、普通の四次元時空から見るとスピンしていないように見えるだけなのだというのが、この余剰次元の考え方。そうすると、素粒子であるというのがこのケース（第1の道）になって、そうでない（素粒子でないという）のがこのケース（第2の道）。この場合（第1の道の場合）には素粒子であってしかもスピンゼロの粒子がたくさんある、ヒッグスに他の仲間粒子がたくさんあるというケース。残りのケース（第3の道）はそれ以外の場合、つまり、素粒子なんだけれどもヒッグスがひとつしかないように見えるケースということ。

米田委員会副委員長・分科会委員長：9頁・10頁だが、日学で前回審議した時は30kmの長さで500GeVという形で審議されたとうかがっている。その時は目的が「新素粒子の発見」といった言葉が並んでいたと思うが、まだ5年しか経っていないのに、見直し案が提示された時には、赤い文字で「LHCで探索領域に簡単に見つかる新粒子はない。500GeV ILCでの新粒子発見の可能性は下がった。」と結論づけられている。5年前にこうだといったものが5年後に修正されているわけだが、たった5年間でこうも変わってくるのであれば、これからILCを作っていくのに建設10年、運転20年といわれているが、また5年経てば今の話が実は調べるとこういうことが違っていたということが起こることがあり得るのではないか。

藤井参考人：この5年というのは非常に違っており、LHCでヒッグスを見つけるまでの実験というのはエネルギーが低かった。それが8TeVから13TeVに大幅にエネルギーが上がったことで、そこで新粒子が発見されることを皆期待した。おそらくこの段階で、多くの人には超対称性粒子が見つかるだろうと思っていたが、そういう意味では5年やってみたものの、LHCの実験で期待に反して超対称性粒子は出てこなかった。これはものすごく大きなこと。ネガティブな結果というのは世間受けは悪いが、科学的には理論の可能性の方向が絞られてくることを意味している。素粒子物理学全体にとっては見つけれなかったこと

を残念に思うが、もし超対称性粒子が LHC で見つかったとすると、見つかったということで 3 つの道については超対称性で決まり。ということは 3 つのうちどれに行くか、その最も重要な課題を解決するという榮譽を LHC に持っていかれてしまい、ILC はさらにその方向で新しいものをもっと詳しく決めていくという作業になるが、ILC の推進者としては、いい方には語弊があるものの、見つからなかったのはある意味ビッグチャンスといえる。これでもし (ILC でズレが) 見つかってそのパターンから超対称性だとか、あるいはもっと深い解答があるのだということがわかれば、その道を決める一番大きな課題に答えるという大きな榮譽が転がり込んでくるというビッグチャンスになり得ると思っている。

嘉門分科会副委員長：全く素粒子の枠外の者だが、今日話を聞くと、ILC の肝の成果は、そこに書いてあるようなヒッグス粒子の精密測定をやらなければならない、と理解した。そのためには、21 頁にあるように、運動量の分解能の精度を高める、それから細密度を 100 倍から 1,000 倍に引き上げる、そういう高性能測定ができるので今の成果が出るということだが、そこに書いてあるように、開発設計が今進行中だと。ILC ができなければこの測定器はいらないということかもしれないが、ILC 計画というのは 20 年、30 年近くが経過していて、今もこの測定器の開発が進行して、(進行し) なければ、今の精度がズレる、ズレないという、精度そのものが保証されないのではと思う。開発・建設に 10 年としても、その間にできる保証はあるのか。

藤井参考人：測定器の開発には段階がある。最初は原理実証の段階があり、次にある程度大型のプロトタイプを作って、その性能実証をするという段階がある。最終的にほとんど実機に近いサイズの大きなプロトタイプを作って、完全に建設する段階に至る。その最後の段階というのが、基本的にできるところは全部クリアした上で、いかに安くローコストで作るとか、エンジニアリングの部分を中心に最後の詰めのような設計をやって、まさに設計図を見せてすぐにできるという段階に持っていくというレベルになるわけだが、我々がやっているのはその最後の段階。測定器の技術という意味では既に実証され、お金をいただければ必ず作ることができる。

嘉門分科会副委員長：測定器の開発というのは、そういうスケジュール通りに行くとはとても思えない。それが最終段階に至っているという理解でよろしいか。

藤井参考人：そう。技術上はできる。測定器がショーストッパーになることはない。

家委員会委員長：別のことで、陽電子生成に関して、アンジュレータ方式とコンベンショナル方式とどちらにするかということだが、仮にアンジュレータ方式がうまくいかなくて、偏極ビームが得られないという場合には、物理として何を諦めることになるか。

藤井参考人：250GeV で一番大事なのは、ヒッグスの精密測定ということになる。ヒッグスの精密測定に対して、陽電子の偏極がないということのインパクトはほとんどないということ。仮にアンジュレータ方式が最初に間に合わなくて、最初は普通のコンベンショナルな陽電子源でスタートすることになったとしても、ヒッグスの精密測定に関しては支障ないと。ほかのほとんどのものに対しても支障はない。陽電子の偏極が本当に重要になるのは、いったん新粒子が見つかって、それを特に超対称性粒子を調べようという時。その理由は、電子と陽電子が消滅するという反応の場合には、電子の偏極を決めてしまうと、そういう電子と消滅できる陽電子の偏極は自動的にひとつに選ばれてしまうから。仮に電子を 100% 偏極させることができたとなると、反応する時の陽電子の偏極というのは自動的に決まってしまう。その場合の陽電子が偏極しているかしていないかの違いというのは、もし偏極していないとすると、例えば右巻きに偏極しているものと、左巻きに偏極しているものと半々陽電子がいたとすると、そのうちの半分は衝突に使えないという、そういう意味でビーム強度は損するが、測れる反応そのものに差はない。

梶田委員：申し訳ないが、ヒッグスを測って標準理論からのズレがなかった場合、それが何で「複数宇宙」なのかというのがわからない。そこらへん教えてもらえるか。

藤井参考人：それが唯一の可能性ではないが、ひとつの可能性として、全然ズレがないということを説明する可能性として、複数宇宙があるということ。もし標準理論がこのままずっと宇宙誕生の瞬間、究極理論に直結しているとなると、ヒッグスの質量が 125GeV である、あるいは宇宙誕生から 100 億分の 1 秒後にヒッグスが宇宙を満たしたということを説明するのが物凄く難しくなるというか、凄まじい偶然の下にそれが起こったと考えざるを得ないということになる。その凄まじい偶然が実際に起こっているということを説明するために、宇宙が無数に存在して…。

梶田委員：そうはいつでも、別に他の道だからといって宇宙が複数あるということを否定はできないような気がするが。

藤井参考人：それはもちろんそう。ほかの道でも宇宙が複数ある可能性はあるが、とりわけこの場合（第3の道の場合）には、人間原理的なものを持ってこない、ファインチューニング（微調整）というか微妙なバランスを説明する方法がない。一方この道（第1の道、第2の道）とかの場合は微妙なバランスは必要ない。ある意味で人間原理を、ヒッグスがなぜ宇宙を満たしたかという質問の答えには使う必要はない。それは理論で答えが示せるということになる。

家委員会委員長：私もそのところは一番引っ掛かっていて、第三の道の時に人間原理を持ち出してくるというのは、何かもうお手上げということにならないのか。次にどこに進むのか。先ほど出たトップクォークはどのくらいのエネルギーで、どのくらいの精度で測れば、次の何かがいえるのか。

藤井参考人：今は資料を持ってこなかったのですが説明できないが、トップクォークの質量が標準理論の真空が安定かそうでないかということを決める重要なパラメータになっていて、今現在トップクォークの質量というのは準安定、つまり完全に安定ではないが十分長く宇宙が崩壊せずに残るという場所にあり、今のトップクォークの質量の測定精度だと、それが完全に安定なのかもしれないし、準安定状態にあるかもしれないという微妙な所にあるというのが現状。それが今後LHCでのトップクォークの質量測定の精度が上がってくると、今の中心値のままだとすると、準安定であることが確定できるという状況にある。ところが、精度が上がってきた時にトップクォークの質量の中心値が安定と準安定の境界に近づいてきたりすると、LHCでは判定ができなくなる。そういう事態が起こった時に、ILCでトップクォークの質量をもっと精密に測りたいというモチベーションが出てくる可能性がある。そういう場合にはもう一桁上の精度で測るということになる。

梶田委員：もう一点、18頁で超対称性の場合ということで、この絵を描く際に「 $\tan=5$ 」とか「 $M_A=700$ 」とか書いてあるが、これは多分3シグマを2つ合わせると超えていると思うが、やはり3シグマ以下になるとはっきりしたことをいえなくなると思う。それは今 $M_A=700$ だったらいいが、これがどのくらいまでいくとはっきりしたことがいえなくなってくるのか。

藤井参考人：実はここに書いてある以外のパラメータもあり、それによってこれが違ってズレたりするような場合もある。確かに超対称性であってもパラメータをチューニングすればその精度では（ズレが）わからないというケースはあり得るが、超対称性というのは元々自然にヒッグスの質量を説明しようというモチベーションで導入されたものなので、これが見えなくなる方向は、そのモチベーションが薄れていく方向のモデルになる。

梶田委員：そうだが、LHCの結果、モチベーションは薄れる方向に行っており、単に興味として「 $M_A=700$ 」、「 M_A 」というのは何か。

藤井参考人：「 M_A 」というのは、超対称性の場合にはヒッグスがひとつではなく、複数いるような状況でヒッグスも複数出てくるが、複数出てくるヒッグス粒子のひとつの質量である。

梶田委員：それでは、「 M_A 」だけを変えていったら、どのへんで 3 シグマで見えなくなるのか。

藤井参考人：その数字はいますぐいえませんが、質量とズレの関係というのは、 $1/M^2$ 。

上坂委員：エネルギーのチョイスだが、500 から 250 に落ちたのは、例えば 16 頁にあるヒッグス生成断面積が 250GeV がピークというのが大きかったと思うが、他のチョイスはなかったのか。

藤井参考人：例えば、CLIC（クリック）という計画がある。そこでは 380GeV というエネルギー値をとっており、それは 350GeV より上に行くと、トップクォークが生成できるということで、380GeV というエネルギーを CLIC の人たちは選んでいるわけだが、実はヒッグスの精密測定をやるためには、単にたくさんできるから 250GeV でやるわけではなくて、250GeV でやるのが先ほどの結合定数の測定などに一番精度が出る場所だから。その意味で、500GeV の ILC の時にも実は 250GeV で、今 250GeV ILC でいっている 2,000 インバースフェムトバーンのデータを取るという計画に元々なっていた。最初は 500GeV で走るのだけでも、500GeV のデータを取り終わった後に、やはり 250GeV にエネルギーを落として、ここが一番いいエネルギーなので、一番大事な反応を 250GeV で測るという計画になっていた。なので、その部分はどのみちやらなければいけないエネルギーということで、250GeV。

上坂委員：CLIC は、ILC が行った場合、その次にあるのか。

藤井参考人：CLIC は、最終的には ILC より高いエネルギーに到達できる可能性を持っている。一方 ILC が仮に建設されると決まった場合は、CLIC がすぐにできるという可能性は限りなくゼロに近くなると思う。ILC のトンネルがあって、将来 ILC の 250GeV の成果を踏まえて、どこにエネルギーを持ってくべきかがはっきりわかった場合には、CLIC のテクノロジーを使って将来的に（ILC の）アップグレードするという可能性は十分あると思う。

家委員会委員長：まだ色々と質問はあろうかと思うが、もしどうしても聞きたい質問があれば最後のところでうかがうことにする。

（２）「国際リニアコライダー加速器のステージングに関する報告書」（道園参考人）

・続いて、資料 5 に基づき、道園参考人より、ILC の加速器施設について説明が行われ、その後、次のとおり意見交換が行われた。

田中委員：ひとつ確認。候補地が 2013 年に北上に決まったといわれていたが、それはオフィシャルなものか。

道園参考人：オフィシャルではない。これはリニアコライダー・コラボレーションで承認した、国際研究者団体に承認したということ。

田中委員：候補地はそういう意味では決まっていないということでしょうか。

道園参考人：そういう意味では決まっていない。

田中委員：候補地ディペンデントな色々な設計検討というのは、そういう意味ではジェネラルなコンディションを仮定したものとなっていて、例えばトンネルとかはまさにそうかどうか。

道園参考人：そうである。

田中委員：2 つ目、ナノビーム、超電導は、かなり精力的にやられているということで、そこに進展はあって、特に超電導のコストダウンのところは、色々と頑張られているなという印象を受けたが、もちろんそれもシステムの中の重要なコンポーネントだが、トータルとして他にもいくつか重要なコンポーネントがあって、実はそれらがすべて、ある一定の性能をクリアしないと、システム性能は出ないということになっている。今後検証というところで、さらっと陽電子生成とかビームダンプ、多分、長期的信頼性とか安定性に関しては電子源も同じだと思うが、いくつかの残された課題については準備期間で詰めていくというシナリオと受け取った。陽電子源に二つのオプションがあって、特にアンジュレータのシステムというのは、私が理解する限り、あまり R&D が現時点で進んでいるようには思えない。その部分も一応オプションのひとつでまだディシジョンはされないということなのか。

道園参考人：アンジュレータに関しては、試作のアンジュレータがひとつできた段階。ターゲットに関しては、今設計を行っている段階だが、まだ実物はない。ただこちらは偏極ができるということ、物理の方からすると魅力がある。ただし、もちろんどこかで決めなければならないということで、できるだけ R&D を続けてできればこれを採り入れたい。ベースラインとなっているが、例えばいつ何をやりなさいということが決まると、逆にいつまでに何を決めないといけないというのが決まってくるため、その中で技術判断になる。

田中委員：二つのタイプのどちらもターゲットのところはかなり厳しいということなので、少し心配している。その開発が、タイムラインが設定されていないので何ともいえないということはあるだろうが、結構クリティカルかなと。実際に間に合うのかなというのがひとつの懸念材料としてあると思う。続いて、ビームダンプに関して、全く同じことがネックになっていて、やはり窓のところはかなり厳しいので。スタンフォードのダンプのデザインも、設計値としてはおっしゃる通りだが、現実に使って入ったパワーがかなり小さい（実績 750kV）ということになっているのでやはり懸念材料だと思う。そのところも、短期間動くかもしれないが、本当に長期的にちゃんと動くかどうかのきちっとした検証がまだ少し足りないかなとの印象を受けた。4 番目に、電子ビームのナノビームの制御は、KEK に業績が現時点であるが、先ほど SuperKEKB でとおっしゃったのは、多分まだ達成されていない、これからのか。

道園参考人：まだ。これから。それはゴールである。

田中委員：ATF でやられているという、ダンピングリングから出たビームをナノビームにフォーカスするというテストだと思うが。

道園参考人：そうである。

田中委員：それで実際問題として、フィードバックをして 40 ナノを下回るくらいまで達成できているというお話があったが、フィードバックの応答に比べて早い遅いという摂動の種類が大きく 2 つに時定数で分けられると思う。非常にゆっくりしていれば、多分かなり制御ができると思うが、ランダムである意味で個別の機器から入ってくるようなそういうものがどこまで抑えられるかなという懸念がひとつあって、ATF では、ダンピングリングの後のドリフトスペース、その間に本当の ILC では、RF が並んでいるということになるわけで、ダンピングリングの下流はかなりの数の機器が入ってくると思うので、その影響がどのくらいあるのかなというのがひとつの懸念材料。

道園参考人：フィードバックをかけるのは、ビームの後ろ、衝突した後のビームのところなので。

田中委員：それが、厳密な意味でのフィードバックでなく、多分パルストレインのコリレーションを使ったフィードバックだろう。パルストレインの中での、ある意味きれいな相関があることを利用していて、一発一発をそのまま測ってダイレクトに返すというものではないから、その条件がループの時定数に対して十分にゆっくりした形で起きる変化、前後の時間のバーストの中に、そういうものだったらある程度は可能だと思うが。

道園参考人：色々な要素があるが、パルスで 1,300 バンチある。加速するエネルギーの安定度とかいろいろなところは、パルスの中では安定化されている。いわゆるパルス内のビームバンチが並んでいるところに関しては、それほど違っているとは想定していない。

上坂委員：今のナノビームだが、当たっている時の変動が短時間、長時間の変動があると思うが、その要因と対策はどうなっているか。

道園参考人：細かい数値は持っていないが、比較的これは安定していると聞いている。どちらの方か、ビームサイズの方か。

上坂委員：横方向のズレ。ポジションのズレ。

道園参考人：これはエレクトロンだけで、衝突型ではないので、そう。何かそんなに調整が難しいとは聞いていないが。

上坂委員：ミリとか数十ミクロンとかはいいが、ナノビームとか我々の考えられない変動が出てしまうので。

道園参考人：これは電子ビームしかないものを見ているわけだが、実際の ILC の場合には電子と陽電子がやってきて衝突すると、相互作用を下流側の位置モニターで見るので、ここで測っているいわゆる絶対値とは異なる。

上坂委員：どちらにしても、変動要因は同じだと思う。要するに電源の変動とか、RF の変動とか、環境の影響とかがあって。

道園参考人：それはおっしゃる通り。ATF の場合、まず少なくとも運転開始の時には季節の変動があるから、その最初の調整は大変。

上坂委員：短時間の変動ということか。電源の変動とかパワーの変動とか。

道園参考人：季節による変動が一番大きく、一番最初の調整が大変なのだと思います。

上坂委員：電界強度だが、今 31.5MV/m 達成で目標 35MV/m だけど、これがまさに長さに影響するということか。そうすると達しない場合、トンネルが長くなってしまうわけか。

道園参考人：そうである。

上坂委員：そのバックアップも入ってくるのか。35MV/m に達しない場合の。

道園参考人：今アンジュレータ型のことを話しているが、アンジュレータ型の場合は、電子源で陽電子を作るために、タイミングの制約というのがある。そのために長さが一定の関係を持っていかななくてはならないので、実はドリフトスペースがトンネルの中に入っている。ドリフトスペースの中に性能が出ない場合にはクライオモジュールを足すことは可能。それからもうひとつ、本質的にその用途で使うわけではないが、マージンとしては6%とっている。1%足りない場合には、建設を増やすのではなくてマージンを削るという可能性もある。

上坂委員：もう一点、ビームダンプは水か。

道園参考人：ウォーターダンプ。

上坂委員：そうすると、一番気になるのがトリチウムで、それは外に放出できないものだと思うが。量にもよるが。

道園参考人：閉鎖系である。

上坂委員：トリチウムはどのくらいの生成量か。例えば福島は 1,000 兆ベクレルを保管している。レベルは違うと思うが。トリチウムは水と分離できないので、評価して、封じ込めだろうが、その量は評価しておいた方がいいと思う。

望月委員：今の質問に関連して、資料を読んで、実際に作ろうとすると、地域の方々の合意を形成することは非常に重要で、それがなければ一歩も前進できない。その時には安全安心ということがベースになると思う。ビームダンプの話も全てお話した上で合意をとらないといけない。ビームダンプの窓、ビームダンプがもし壊れたら、その時にはどうなるんだとか、色々なことを考えておかなければならないと思う。資料を読んだ限りでは、こうした地域の方々の合意形成に関係する部分が非常に弱くて、難しいなど。それから、コストの話があったが、北上と脊振と、誰がどういうふうにするかということは相当きちんとした体制をとらなければできない。どちらかになった時に、20 kmで終わるのか 30 kmになるのか、20 kmで終わるにしても、そのルートをどこにするかということになると、長大トンネルで、かつ水平で直線という事例はないので、よほどしっかりルート選定しないと難しい。そのためには、よほどの体制を組まないと無理だと思う。その上で地域の合意形

成に入っていくとか、アセスメントをすることになるが、その時に「(放射線など) どうかはわからない」ということでは、とても合意形成にはいたらないのではないかと思いますので、その辺をお考えいただいた方がいい。

上坂委員：誤解なきようにしたいが、トリチウムができてはいけないといっているのではなくて、量の問題。しっかり量を把握して、ほかの事例の量と比較すればご理解が得られると思う。

道園参考人：ビームダンプの放射化については、検討はしている。一番放射化するのはビームダンプ。ビームダンプでいわゆる原子力規制法に基づく基準でいくと、一番放射化する部分でレベルとしては、L3で、コバルト 60 の 10 ギガベクレル／トンというのが基準になっている。20 年 ILC を 250GeV で運転した場合は、だいたいビーム運転が終わった当初で 5 から 10 ギガベクレルくらい。トレンチ処分相当、原子炉の廃棄物で一番軽いところである。

望月委員：合意形成について。住民の皆さんは非常にセンシティブだと思う。こうなるだけの説明では難しい。従って、ビームダンプはこういうものができるというものができていないと、かつ、それについて何らかの形でどの程度放射線が出るということができていないと、なかなか合意形成は難しいのではないかなというのが実感としている。その上でということだから、どこにするかという議論は。

道園参考人：ビームダンプの場合、ビームを入れないと実際の評価は難しい。

望月委員：そこが問題。住民の方々はずっと不安を抱えることになる。だからもしだめだったらどうするとか。夢に向かって進んでおられるのは非常に素晴らしいが、これだけのプロジェクトになると、かつ、地域の合意を得なければならないという話になると、ダメだったらどうするのかを含めて説明しないと、簡単に合意は得られないと思う。

家委員会委員長：コバルトはできても地中深く留まっていると思うが、トリチウムはやはり気になるので、運転期間に総量としてどの程度のトリチウムが生成されるかは是非数値で示していただきたい。それから、陽電子源に関して先ほど質問したら、ヒッグスカップリングの測定にはあまり関係ないというお話だったので、とりあえず 250GeV でやる時にかなり技術的に難しいアンジュレータ方式をやるのかなと疑問に思った。

藤井参考人：少し補足すると、最終的にはシステマティックエラー（系統誤差）が、どんどん統計をためていくと、システマティックエラーが効いてくる段階に到達するが、そう

いう時には陽電子の偏極というのは、システムティックエラーのコントロールには役立つということはある。

田村委員会幹事：20 頁の加速勾配、電界だが、赤い線と青い線があるが、現在も電界はどんどん向上しているのか。ILC は 35 MV/m でやるとのことだが、今後さらに向上が見込まれるということか。

道園参考人：引用文献が 2015 年なのでここで止まっているが、それ以降がどうなっているかということ、多分、実際としては例えば窒素インフュージョンをやったといった時にどの程度までいくかといえ、45 MV/m いくのがあるかどうかという話だと思うが、チャンピオンデータなので、そうなのかなと思う。チャンピオンデータがこの後どうなっているのかはわからないが、現在の技術としては窒素インフュージョンができる前のもの。窒素インフュージョンがあって、ただ 2 割上がったかということ 2 割まではいかないと思うので、このレベルから 10%位は上がるのではと思うが、そういう感じ。

田村委員会幹事：この図だけ見るとすごい傾きで最後に上がっているように見えるが、そういうものではないということか。

道園参考人：そういうものではない。

田村委員会幹事：今後その窒素インフュージョンのような何かブレイクスルーでさらに上がる可能性のあるものはあるか。

道園参考人：いくつか多分あると思うが、ブレイクスルーになるかどうかというところまできちんと、国際的に皆さん興味をお持ちなので、国際協力でいろいろな用途を皆さんお持ちでやっており、それを見ながらということになる。

家委員会委員長：この図のカーブで性能が急激に上がっているところがあるが、2000 年あたりに、どのようなブレイクスルーがあったのか。

道園参考人：これは処理の話だと思う。色々な段階を経て何か表面処理をうまくすることによって性能が上がったというのは確かにある。

家委員会委員長：これはチャンピオンデータか。ばらつきはどのくらいあるのか。

道園参考人：それは XFEL が 800 台あったのがいいばらつきになっていると思う。あれは

だいたい 20%位、性能が中心値に対してばらついている。

家委員会委員長：加速器の中にあまりうまく動かないものがある場合、全体としての悪影響はいかがか。

道園参考人：ILC の場合は元からプラスマイナス 20%許容することになっている。

家委員会委員長：全く動かなくなった場合は。

道園参考人：その場合はその加速に使うのを止める、調整を外してそこで加速しないことにする。

米田委員会副委員長・分科会委員長：6 頁に「なぜ線形加速器？」とあるが、そんな小さいものが当たるのはすごい技術だと思うが、飛んでくるものの中で当たるものと当たらないものがあるはず。CERN は円形なので、くるくる回っているうちにまた当たることもあると思うが、今回は直線の一発勝負で、はい、さようならということになるわけで、当たらないものがほとんどということか。

道園参考人：そうである。

米田委員会副委員長・分科会委員長：その時に当たってもすごいエネルギーが出るし、当たらなかったものがビームダンプに入る時も物凄いエネルギーが出ると思うが、エネルギーが出るとことは熱くなると思うが、どう冷却するのか。

道園参考人：水の中にビームを通すことによって、そこでエネルギーを失いながら、エネルギー自身は水の温度上昇に変わる。

米田委員会副委員長・分科会委員長：大量に水を使うのか。

道園参考人：水を循環させる。2.6 メガワットというのがビームが持っているエネルギー。それがビームダンプの所で水にエネルギーを渡し水が温度上昇する。

米田委員会副委員長・分科会委員長：大変な熱が出るとか、冷やさなければいけないとか、その熱が循環するとはいいながら、結構長い距離になるが、そこでどうやって地下の水が。

道園参考人：ビームダンプについては閉鎖系で、近くに熱交換機がおかれて、ビームダン

プの水と熱を取るための水は別になっている。いわゆる汚染水というのは、ビームダンプの近くで循環することになる。

米田委員会副委員長・分科会委員長：汚染水はビームダンプのそばで循環するのか。そこで受ける汚染のことの危険性について、先ほどから議論されているのか。

道園参考人：先ほどご指摘あったのは、そのトリチウムのこと。

中静分科会幹事：冷却水はどの程度の温度、量なのか。

道園参考人：デルタ T が 20 度。50 度の水を利用する。ビームが入ったところが一番高いところは 155 度位になる想定。

中静分科会幹事：冷却水は外に排出するということか。

道園参考人：このビームダンプの水は熱交換器を通してずっと常に循環している。外には出ない。熱だけをとる。

家委員会委員長：10 気圧の容器ということなので、仮に結構長い年月を運転した後に、ピンホールでも生じた場合に、人が立ち寄れる放射化のレベルなのか。

道園参考人：どの程度運転したかにもよるが、多分ビームダンプのところには 1 週間か 2 週間ではダメ。まずこういったものを取り扱う時はリモートハンドルの考える。ビームダンプ自身は冗長化を考える、というのが今我々の考えているところ。

家委員会委員長：補修とか交換の設備を予め組み込んでおくのか。

道園参考人：これは TDR にある図だが、基本的にはここにビームダンプがあって、ビームは衝突点に向かうビームと衝突点からビームダンプに行くものがあるが、基本的にはこのシールドを局所的に厚くしておくということ。それからリモートで交換すべきものはここにおくが、熱交換に関しては外側において、近くまでは行けるが、ここにアクセスするには時間をもたないといけない可能性はある。

上坂委員：地震はあると思うが、超伝導空洞の耐震性は確認したのか。

道園参考人：これについては、振動解析を行っており、2 つある。ひとつは、低温の装置と

して全体が大丈夫かというのと、空洞自身がクライオモジュールに入っているが、その耐震については、振動解析を行なった上で脚の部分が若干弱い所があるということがわかったので、それについては耐震強化を行うということに変更した。

家委員会委員長：どのレベルの地震を想定されているか。

道園参考人：私の記憶だと、大震災の時の振動を地表で受けた時のことを検討。実際には地下なので振動はもう少し緩和されるであろうという話。

米田委員会副委員長・分科会委員長：地震でない時も常微動というのはあって、それに対する対策はいかがか。

道園参考人：それについても振動を測っており、横軸が周波数で振動レベルを測ったものがあり、一応候補地として必要な場所としては、花崗岩というか安定な岩盤の上というところだが、そういうところで測った測定データを見ると、ゆらぎの積分値は ILC のナノビームの試験に対して安定であることは確認している。

家委員会委員長：予定の時間はあと 5 分程度だが、藤井参考人への質問も含めていかがか。

田中委員：藤井参考人に確認。先ほど陽電子の偏極度は（ヒッグスに関しては）ほとんど無視できるというお話があったが、その時に電子ビームの偏極に関する精密実験の観点から、偏極が少なくともここまで安定に提供できないといけないというクリティカルラインというのがどの辺にあるのか、ないのか。もうひとつ、同様の視点で今デザインのルミノシティが定義されているが、そのデザインがゆっくり立ち上がって行って、最終的にはどの位のタイムスケールでそこに届くかわからないが、アベレージとしてどの程度、例えばターゲットに対する 10 分の 1 位で仕事ができるのかとか、その辺の半定量的なコメントがいただければ。

藤井参考人：偏極に関していうと、電子の偏極は一般に断面積を変え得るが、この反応によって電子の偏極がプラスの時とマイナスの時、左巻きの時と右巻きの時、ものすごく断面積が変わってしまう場合には、電子偏極が非常に高い安定性を要求される。例えば断面積が 0.5%、1% だったら 1% を切って測定しなければならないので、それに見合った偏極の安定度が必要になるが、右巻き左巻きであまり断面積が変わらないという反応に関してはそれが緩和されることがあり、ヒッグスの場合は若干右巻きと左巻きで断面積が変わるが、それほど大きな差ではないので、想定しているのは 0.25% の程度の偏極度の精度。

田中委員：25%±1%位で出てくれば良いということか。

藤井参考人：電子の場合は $80\% \times (1 \pm 0.01)$ 以下程度が必要。電子偏極の偏極度が、目標は 0.3%位で測れるということ。

田中委員：わかった。ということは、80%位の高い絶対値の偏極度の周りで、かなり安定に偏極度を提供することが精密測定において鍵となるということか。

藤井参考人：偏極測定器で測れば良い。

田中委員：偏極測定器の解像度はどのくらいか。

藤井参考人：それは今 0.25%位だと思う。

田中委員：ギリギリだ。

藤井参考人：その精度というのは、右巻き、左巻きでものすごく断面積は違うという想定の下での値なので、右巻きにしても左巻きにしても断面積はあまり変わらないという反応に関していうと、それは緩和されて、ヒッグスの場合には 0.25 は、少なくともヒッグスの測定に関しては、今後統計を溜めて行き、2,000 インバースフェムトバーンを超えてさらにデータを溜めていく状況になっていくと、どこかで系統誤差が上限に達するという事にはなと思うが、少なくとも当初の実験においては、そこが上限に達することはない。

家委員会委員長：全体のコストの点からも、超電導加速度の性能向上は鍵だと思うが、窒素インフュージョンの話はまだかなりわからない点があるかと思う。あれは実機に近いものを作ってみないと性能評価はできないということなのか。なにかテストピースとの性能での相関とか、物性的な研究はどの程度行われているのか。

道園参考人：世界的に物性との関係について研究はやっているが、まだ成功例と失敗例と、それぞれに対する物性の対応がついていない。成功したのはなぜかという物性との関連づけがまだできていないという状況。一応 ILC の R&D は、2019 年度までを目途に、ひとつの結論を得たいと思っていて、その時までには何らかの形でレシピを確立するか…。

家委員会委員長：その時点での技術レベルで全体の仕様を決めるということか。

道園参考人：そういうことだ。

家委員会委員長：加速器技術というのは円熟した技術だという話があったが、円熟というのはいい意味もあるし、これから伸びしろがあまりないという意味もあるが、その辺はどうなのか。どの時点の技術を使って全体の設計をするのが良いのか。

道園参考人：R&D に関しては、来年度までというのが日米の合意事項。その時までには何らかのメッセージを出さざるを得ない。できれば、窒素インフュージョンがちゃんとできるということを頑張りたいと思っている。

嘉門分科会副委員長：コストの話が出ていたが、どの程度までコスト概算に入っているのかわかりにくいのでたずねたい。ここにある TDR のビームダンプの設備構成は、全体計画の中でも非常に重要な設備だろう。こういうものの熟度というか実行性はこれから確証されるというか、これは既にできている装置と考えて、この加速器の建設費用の中にはそれも全部取り込まれた値として入っているのか、このコンティンジェンシーの 10%の中に入っているのか。

道園参考人：TDR では技術的には問題ないと考えて書いてあるが、次のステップとしてはエンジニアリングデザインという詳細設計の段階が入る。詳細設計の段階で例えば我々の理解だと、SLAC の技術者が設計したものでこれを基に見積もりを行なっている。次にエンジニアリングレポートを作るためには、ある程度次の更に R&D が必要などころがあって、それについては準備経費の中に含まれる。準備経費をもって詳細設計ができるようになって、その後建設が行われる。

嘉門分科会副委員長：そうすると、変更に伴うコスト低減というのも、非常に未確定な要素も含めたコスト削減にしかないのか。

道園参考人：現段階ではそうである。

嘉門分科会副委員長：加速器の費用としては、ほぼほぼ大体この程度だが、周辺の議論としては、まだまだ 30%、40%以上増加するという危惧がある。例えばこのビームダンプにしても、それぞれの入射窓の交換システムがひとつできなければ進まない。そういうリスクを含めた上で積算をしているということか。

道園参考人：建設コストの中はそうなる。詳細の部分については更に準備経費としてそこの中で開発を進め、完成度を上げていくということ。

嘉門分科会副委員長：開発を進めるということだと、開発期間は 4 年なり 5 年なりの間で本当にできるのかというのは、確証はどの程度あるのか。

道園参考人：コンポーネントのレベルでは大丈夫だと思うが、ご質問はそれを複合させた時にシステムとしてどの程度完成させるのかということだと思うが、組み合わせについては準備期間 4 年と想定しているが、4 年間の中でできると考えている。

永江委員：詳細設計ということになると、この研究所全体での安全基準をどうするかという議論がないと詳細設計に入れないと思う。研究所として、どういう安全基準で物を設計して建設するかを決める必要がある。

道園参考人：今検討しているのは KEK の放射線の基準で考えている。

（３）リニアコライダー国際推進委員会と国際将来加速器委員会の 250GeV ILC に対する見解－国際的な視点について（中田参考人）

中田参考人からリニアコライダー計画に関し国際的観点から説明が行われた。説明の主な内容は次の通り。

- ① リニアコライダーの推進組織
 - ② ヒッグス粒子発見に伴う国際素粒子コミュニティの結論
 - ③ コライダー建設の国際化と資金的な協力の推進
 - ④ 日本による、250GeV「ヒッグス・ファクトリー」の ILC 立ち上げに対する期待
- その後、意見交換が行われた。

永江委員：16 頁に過去のコライダー建設のことが書かれていて、エキスパートは米国、欧州、そして日本にいるという感じだが、大体の数字で、各々の地域に最先端のコライダー建設に関わるような専門家は、米国や欧州にどのくらいいるとお考えか。

中田参考人：人数を聞かれても、正確な数は頭には入っていない。欧州が一番多いとは思う。道園さんの方がわかるかな。

道園参考人：厳密な数字は覚えていないが、KEK の規模は約 700 名、CERN や Fermilab だと 2,000 名程度はいると思う。大体 3 分の 1 程度が加速器担当だとすると、各々 700 名くらいの規模がいると思う。

中田参考人：私が知っている CERN の場合には、幅の厚い加速器関連の物理学者、エンジニアがいるが、加速器建設のピーク時になると他の研究所の人が入ってくる。プロジェクト

トアソシエイトといってよその加速器屋さんがある時期 CERN に来て、CERN で給料の補填をしてもらって開発、建設に参加し、それが終わったらまた自分の研究所へ戻っていく。ピーク時に加速器関係の任期付きの職員を増やすこともある。

永江委員：中田先生が関わった欧州のストラテジーという時に、そういう加速器のマンパワーというか、そういうことも議論されているのか。例えば日本で ILC が動いたとすると、何百人か 1,000 人近い新たな人を日本に引き寄せる。その場合は、その分、米国や欧州で何か新しいことがやりにくくなるかと思うが、そういうことは議論されているか。

中田参考人：正式に議論はされていないが、非公式な形で話をしている。例えば最近 CERN が始めたのは、LHC のハイルミアップグレード。ハイルミ運転の為に必要な物の建設もう始まって大体 2026 年位にその運転が始まる。Fermilab は LBNF 建設をやっており、そこで必要なリソースは 20 年の後半から落ちていく。これらを考えて、2025 年から 30 年あたりまでに、どこかで新しい計画があがった場合に、今分かっている中でそれと重なるような大きな計画はない。だから ILC を建設するには良い機会ではないかことにはなる。人材が集まる可能性は十分にあるという意味で。

道園参考人：有識者会議の資料に人材見積もりというのがあり、ILC250GeV だと、800 人規模の人が必要ということになっている。特に超伝導のところでは、ハブラボのモデルを考えていて、欧州、アジア、米国の各々で超伝導加速器をある程度組み立てて、それを日本、ホストの所に持ってくる、そういうことになっている。この 800 人というのは、研究所事務なども全部入れて 800 人ということであり、その人数のうちいくばくかは各々の地域のハブラボに所属する、そういうイメージ。

田中委員：ある時点で米国が ILC の R&D から撤退したように見えるが、その理由は何か。かつまた、現時点で米国が返り咲くということだが、それはただ単に実験としてなのか、その辺はどう考えているのか。

中田参考人：特にこの 2、3 年のところで米国が ILC のための R&D から落ちていったというのは、R&D のための R&D をいつまでも研究としてやってられないということでしょう。ILC ができるとわかっていれば、実験と加速器建設に対してそれなりの協力をしていくし、お金も付けていくのだが、今の段階で ILC ができるかできないかわからないのにいつまでも R&D をやっていくことはできないというのが一番強い理由と思う。それは欧州でも同じ状況になるので、今年の終わりまでに日本からメッセージが出ることが大切だというのは、そうでないと欧州も同じような状態に陥ってしまう危険があるから。今のところ欧州では ILC に対し結構 R&D が行われているが、いつまでも R&D で終わってしまうのでは仕方な

いから止めることになる。そのためには、日本から ILC をホストしたいというポジティブな形のメッセージがないと、いろいろな所の研究所の所長もこのままお金を出し続けられないという状況。

杉山委員：今のお話を聞いていると、「なぜ日本か」というのがもうひとつ、要するに他がやらないから日本がやるという図式なのか。米国の P5 レポートの文章を読むと、金を出さないけど実験では主導的な立場に立つという都合のよい書き方に見えるが、その辺何で日本が多額の金を出して日本に建設する必要があって、他がやらないのか。

中田参考人：P5 レポートは米国は口は出して金を出さないとは言っていないし、最近の DOE の高エネルギー関係の人の話を聞いてみると、今やっている計画に必要なリソースが減っていくような時に、タイミングを合わせればお金も出せるし、出すつもりもあるという話をしている。いわゆる現金ということではないが、モノで収めることが中心。特に RF では、Fermilab などで開発が進み、Fermilab 自身も SLAC に対して超伝導空洞を作っている、米国はそういう形で参加することはできると思っているし、実際に始まればお金は出さずに口だけ出すということだとは思っていない。また、どこの国もやりたくなくて日本にやらせればいいと考えられるとのことだが、そう見えるのかもしれないが、実際問題として各国・各地域で前もってやろうと思ったことがまだ終わっていない。CERN としては LEP 建設の時から LHC がその後に来ると考えながらトンネルを作って、長期的な計画でやってきた。LHC が今走っていて、さらに LHC を使えるだけ使いきらないといけない。そこで今すぐ電子・陽電子の建設を始めると言うわけにはいかない。米国の場合にも、ニュートリノという形ですべて整えてしまった段階で、今リニアコライダーに行くわけにはいかない。そういう理由が一番強いのではないかと思う。

杉山委員：今欧州、米国、日本という比較になっているだが、どう見ても欧州全部がまともになっているのに、日本は米国、欧州に比べて経済的にも小さく、日本が東アジアなどで他と組んで、欧州のような形で連携を組んで日本単独の負担を減らすという考えはでてこないのか。

中田参考人：国際将来加速器委員会（ICFA）の中には中国も韓国も入っている。これは政治家でなく学者の話だが、例えば中国科学院高能物理研究所（IHEP）の所長は「日本が ILC をやるなら中国は当然参加する」といつている。韓国も、学者のレベルであるが、「日本がもし ILC をやるなら韓国もそれなりに参加したい」という発言はどんどん出てくる。ただ、これを政治や政府のレベルに持っていくにはそれなりの準備が必要で、その段階である程度の日本政府からの意思が表に出ない限り、具体的に話を進めるのは難しいというふうに考えられている。

家委員会委員長：今の話の関連で、中国にリングコライダーの計画があると承知しているが、それは ICFA ではどのような扱いになっているのか。

中田参考人：その話は確かに出ていて、ICFA としては、各国、各地域のアイデアに対してやめろとはいわない。今の段階で重要だと感じられるのは、リニアコライダーは非常に微妙な時にあるということ。先ほど言ったヒッグスファクトリーの重要性の結論として、ヒッグスファクトリーを今つくるとすると、ILC が一番近道で確立しているものであるという認識のもとに今の段階ではリニアコライダーを推している、中国のリングコライダーについては、今のところは明確なコメントは遅らせるとしている。

家委員会委員長：ヒッグス精密測定は、今の素粒子物理学において最重要課題だという認識があるのであれば、LEP2 レップ 2 で 209GeV までいったので、250GeV にするためにあとエネルギーで 20%アップ、必要電力がエネルギーの 4 乗に比例だとすると、加速器を 2 倍位に増強する。そう考えられるが、それは全く技術的にダメなのか。トータルコストを考えて、LHC を再びレプトンコライダーに改造する。つまり LEP3 をつくるというアイデアはないのか。

中田参考人：LEP3 を作るというアイデアはあった。LEP3 で一番問題になるのが電気代。というのは、まず、おっしゃる通りエネルギーは 20%アップだが電気代はそうではなく 4 乗に比例する。放射光を失うのを入れないといけないので。さらに、LEP2 をそのまま元に戻せばいいというわけではなく、LEP2 自身のルミノシティが 10^{32} だったので、それに対してヒッグスファクトリーとなる為には、コライダーの中に貯める電子と陽電子の数を増やして 100 倍、200 倍にルミノシティをあげないといけない。その分さらに電気代が上がる。だから、そんな簡単に LEP3 を作ってヒッグスファクトリーとしてやろうとしても、できるものではない。新物理がどこにあるということがわかっていることからして、ヒッグスの精密測定をしてそこで物理が終わるとはみんな思っていない。その先に何かがあるはずで、何かがあると分かった時に、その先に行こうとしても LEP3 だったらそれで本当に終わりになる。エネルギーを上げることができないので。リニアコライダーだったら、その段階でどここのエネルギーまで行く必要があるのかを考える。もしリニアコライダーで行けるエネルギーだったらトンネルを延長したり、新しい加速技術を取り入れることでそこに行ける。この様な将来性を考えてしまうと、単に LHC のトンネルに LEP3 作って無理やりエネルギーをあげて、それこそ原子炉作るくらいの電力をを使うのが本当に正しい解かということ、そうではない。リングコライダーならば、27 km の LEP のトンネルはやめて、新しい 100 km のトンネルを作ってやりましょうというのが、中国の案でもあるし、CERN の FCC でもある。そうすると今度は桁の違う計画になる。

米田委員会副委員長・分科会委員長：新しい物理学を作るためには、理論を一生懸命考える方が論文を書かれて新しい可能性を提示された後は、巨大な施設を作って実験をして見つかった、見つからないという話になる。私の感覚ではリニアコライダーは物凄く巨大。先生のお話を聞いていると、さらに次の段階にいかうとすると 100 km いるという話になってくると、そもそもこういう物理学は持続可能ではないのではないかと思えてくるが、いかがか。

中田参考人：実験物理研究者から見てみると、今の素粒子物理は色々な理論を考えて、色々な方向があるが、ある意味分岐点にあるというのは、どちらの方向に行ったらいいのかわからなくなったからだという感じがする。今までは超対称性理論がいい方向だったので、多くの人々がその方向に行くと思っていて、LHC が稼働する前から、ヒッグスよりも新しい粒子が先に見つかるかもしれないなどと考えられたりしていた。それが実際実験をしてみると、そうではなくて、ヒッグスしか見つからないし、ヒッグスの性質も標準理論に非常に合っている。それにもかかわらず、宇宙観測などの結果を考えると新しい粒子がなくてはいけない。その色々ある理論の中でどの方向に行かなければならないかを決めるのは実験。実験がこちらの方向に新しい物理がありそうだという兆候がわからない限り、次のステップに行けなくなっている。まず ILC250GeV で 20 km のトンネルを掘って、ヒッグスをたくさん作ると、その精密測定結果を見ることによって、どちらの方向に新物理がありそうだとわかる。さらにその新物理がどのような形で現れるかもわかる可能性がある。それによって次の一步が進められる。その一步が、100 km になるか、35 km で済むかは今はわからない。100 km というのも、今の技術を使えば 100 km 必要かもしれないが、将来に可能化される新しい技術を使うことによって、もっと小さく済むこともある。

米田委員会副委員長・分科会委員長：大変いいにくい、科学は別に物理学だけではない。色々な科学技術が進展している。標準理論を超える新物理の重要性はわかるが、それを叶えるために巨額の資金を次から次へと投入するという学問の進め方が続けられるとは限らないのではないか。地球にも限りがあり、財源にも限りがある中で、それを前提として新物理の次のステップを考えていかれるというのは、他分野から見ると違和感がある。

中田参考人：素粒子物理が進歩してきた中、最初の頃は、どこの国も加速器を作ってきた。それでは長続きしないので、欧州では CERN という形でみんなでお金を出し合って大きな加速器を作るということで、最終的には LHC ができた。ある意味では ILC というのも、リニアコライダーを 1 つの国で作るのはできなくなっている、国際協力で皆さんで協力して作っていかうと。そういうようにやり方自身も変わってきていると思うし、次のプロジェクトもそういう世界での経済状況とか国、地域の経済状況に合うような形の協力体

制を作ってやるということになると思う。簡単に自分たちだけで何かやるということではない。

道園参考人：加速器の拡張性については、私の最初のスライドで紹介したが、色々な加速器がある。例えば SLAC は 1960 年代にできたが、形を変えてどんどん残っている。CERN の場合も、今は LHC だが、その前は LEP だった。KEK の場合も最初 TRISTAN から始まったが、必ずしもエネルギー拡張が先にあるのではなくて、今ある既存の例えば加速器の場合は例えばトンネルというのは非常に大きな財産。それを使って新たな物理をやるとか、そういった拡張性もあって、それは必ずしも延長だけがすべてではないと思う。

田中委員：今の米田先生の話とも関連するが、巨大化する高エネルギー物理のツールに対し、逆に世界中の高エネルギー物理の先生方が非常に強い危機感を持っているのかなと思います、それが CERN 所長のステートメントになっていると理解している。つまり、純粋に学問的な究極を目指すためにどれだけのコストを投入できるのかというのは、常に説明責任があって、科学的なリターンと投入した資金、人のリソースを含む全ての資源が、バランスの下に成り立っていると思う。それが現状分岐点に近い段階にきているという危機感を持っていると思う。今問題なのは、次のフェーズに移行するための技術的な進展が追いついていない点、そこが厳しいところ。多分誰しもが既存のテクノロジーでこのまま永遠に高エネルギーフロンティアを追求できるとは思っていない。今のテクノロジーの最後のマシンが LHC なのか ILC なのかはわからないが、どこかでテクノロジーのドラスティックな変化がないと実験も今のスタイルでは続けていくことができないと理解している。そういう観点で、ILC の 250GeV を見たときに、サイエンティフィックなアウトカムと投入する日本・世界のリソースのバランスはどうなるのかというのが、非常に重要なポイントになる。

西條委員会幹事・分科会幹事：先ほどの議論を考えてみると、物理学の中で、今回のリニアコライダーの研究が一番重要であるとの合意ができているのかどうか。環境関係とか自然科学系の中で、例えば気候変動とか生物多様性の崩壊があり、地球そのものが危ないのだという研究分野もある。そういう分野と比較してこちらの方が非常に重要なのだという議論をどこかでやっていただかないと、多分自然科学者の間でも合意できないのではないかと感じているが、いかがか。例えば、この研究が物理学者 100 人集まると 95 人くらいが合意するのだという感覚はないのでしょうか。

中田参考人：定量的にどうしたらいえるのかなというのが難しい。言える範囲というか、関係する範囲というと、素粒子、高エネルギーの原子核、そのくらいになるが、そのところで話し合いである程度プライオリティを付けるが、ヒッグスが重要ということについ

ては、結構みんなそれは重要だとわかっている。

杉山委員：梶田先生にうかがいたいですが、先ほど「米国はニュートリノに舵を切ったから、主導的に ILC に参加できない」との話があったが、日本もニュートリノの将来計画があるなかで、そちらのコミュニティは ILC にプライオリティを与えることに対して納得はしているのか。

梶田委員：つまり日本のニュートリノ・コミュニティという意味か。日本でそういう議論はやっていないと思うが、日本でニュートリノをやりたい人というのは、それを一番やりたいからニュートリノをやりたいと思っているのだと思う。

杉山委員：リソースには限りがあるわけで、人的資源も資金も。プライオリティを付けていかなければならないという話の関連だと思っていたが、少なくとも素粒子のコミュニティの中でのプライオリティとかそういう話がないと、他の分野の方を納得させるのは難しいと思う。

中田参考人：日本の物理全体でどうかについてはコメントはできないが、リニアコライダー国際推進委員会（LCB）としては、日本の高エネルギー物理学者会議が正式な声明を出したのであって、我々はそれを高エネルギー物理学者が話し合った結果それでよろしいといったのだ、と判断している。それが実際とは違うか否かというのは、我々が口を挟むものではないと考えている。

藤井参考人：高エネルギー物理学者会議というのが、加速器を使った実験とか、いわゆる素粒子の実験に関する日本のコミュニティで、そこで昨年 7 月 22 日にコミュニティの総意として ILC にプライオリティをおくということを決定した。もちろん個人をあたっていくと、100%ILC をやると、そういう人ばかりでないと思うが、高エネルギー物理学はやりたいことが全部できるという性質のものではないので、コミュニティとしてのプライオリティはそういう形でつけた。

家委員会委員長：今のプライオリティは加速器実験に限った話か、それともハイパーカミオカンデとかの非加速器実験も含めた高エネルギー物理学の話か。

藤井参考人：ハイパーカミオカンデに入っている人もいる。全員かどうかは存じ上げない。

小林委員：先ほど杉山委員から「どうして日本なのか」という問いかけがあった。結局これはプライオリティ問題で話が進んでいると思う。研究者というのは自分のやっている分

野が投資に値しないとは口が裂けてもいわない存在なので、当然当事者から見て大変重要だと仰るのは、非常によく理解できる。先ほど ILC に科学的意義があると説明していただいたが、おそらくそうなのだろうと思う。ただ、そうだとすると、もし、「ごめんなさい、日本はちょっときついです」といったら、世界のサポートしているコミュニティは、「仕方がないね、俺たちの方で何とかする。それくらい大事。」という議論になるのか、それとも、日本がそういったらどうになってしまうのかという、そういう意味でのプライオリティはどんな感じなのか。

中田参考人：それが実は 2019 年にヨーロッパで始まる素粒子戦略議論になる。ひとつのシナリオとしてあるのは、2020 年に決まる素粒子戦略には CERN が LHC の次に具体的に何をやるとはいえないにしても、ある程度将来計画の為の R&D を絞っていかなければならないという可能性がある。リニアコライダーとしては、ILC と CLIC がある。多分シナリオとしてあるのは、日本が ILC をホストしたいから国際協力の話し合いを始めたいといえば、LCB としてもリニアコライダーの人はみんな ILC について一生懸命やりなさいとなる。日本から何も表示がなかったとすると、色々な面で今まで ILC をやっていた人たちが、例えば米国のサポートの問題もあるし、欧州のサポートの問題もあるし、だんだん活動が続けられなくなってくる。そうするとどうしようかと、いろいろ考えなければならない。ただ、はっきりいえるのは、ILC を欧州や米国がホスト国としてやろうということは今出てこないと思う。個人的な感じではあるが、ILC を今やろうという国はない。そういう状況で 2019 年にヨーロッパの将来計画をどのようにしたらよいかということを考えていくことになる。

西條委員会幹事・分科会幹事：CERN は、CLIC はやり続けるのか。その辺はどのような見通しを考えているのか。

中田参考人：CERN の考えはいくつかあり、ひとつは円周 100 km のリングトンネル。LHC のトンネルは円周 27 km だが、これを 3 倍にして 100 km のトンネルを掘ったら、今までの 13 TeV が、マグネットを改良すれば 100 TeV くらいまで行くだろうという案が一つ。それに対して、最初から 100 TeV には行かなくて、マグネットがうまくいけば、そのマグネットをそのまま今の LHC のトンネルに入れて、持ち合わせの物をできるだけ使ってやっていこうという形にすると、今の 3 倍くらいのエネルギーにはなるかなというアイデアもある。それに対抗したのが CLIC。線形加速器を超電導でなく常電導の加速方式で 380 GeV にする案。将来の R&D を考えた時に、R&D をマグネットを中心としたリング加速器用に絞るか、CLIC を残したまま R&D をしていくことになるか。そこが多分議論の分かれ目になるところ。

嘉門分科会副委員長：中田先生が LCB の議長をされているお立場なので、日本が ILC をやらなかったら他はどこもやらないと思えるといわれたので、大変意外な気がした。ILC のプロジェクトというのはそんなものなのか。世界で物理を追求しようという場合には、わからないことをやるわけだから、アウトカムが出てくるかはわからない。そういいながら、世界の高エネルギー物理学者としては、是非 ILC をやりたいといっているのです、例え日本がいわなくてもどこかが出てくる、あるいは出てくるようにする、とおっしゃるかと思いましたが、そうではなかった。これだけの高額のコストがかかるプロジェクトを遂行するには、関係する学者、技術者、研究者だけではなくて、各国政府がどこまでそれを支援するかというのが一番重要。そうすると、素粒子の高エネルギー分野の学会の課題とそれをサポートする各国政府がどこまで支援するかが重要で、例えば日本の場合でも、科学技術分野の予算を超越するような金をかけないと、ホスト国としてのタスクは果たせない、そういうプロジェクトであるからには、各国の政治情勢が変わったとしても、それを超えるくらいの努力はしないと成り立たないプロジェクトだと思う。中国、韓国も入っている ICFA では、学者は入っているが、研究の遂行を支援する政府はどうなるかわからないということであると、政治の問題だから必ずしもどうなるか推定はできないと思うが、そういうところのバランスの見込みは、どういう風に関与されているグループとしてはお考えになっているのか。

中田参考人：どこの国でも ILC ができるわけではない。インフラがあって、技術を持った人がいて、ハイテク工業があって、そういう科学レベルが整っているところでないとい、ILC をホストすることはできない。従って、ILC をホストする国は限られる。できるのは、CERN としての欧州、米国。中国もやれる可能性はあるかもしれない。それと日本、それしかないと思う。それ以外のところを探してもあまり可能性はない。それらの国が今何をやっているかということ、CERN がうちは LHC やめて ILC やるというのは現実的ではない。Fermilab が今の段階でニュートリノをやめて ILC に行くとは言えない。前に SSC をやめてしまって問題になったこともあるし。中国の場合は、我々は判断できない。そのように考えると、私は簡単に他の国はやりたいと言え状況ではないと思う。

（４）文部科学省に設置された有識者会議の検討について①（千原参考人、中野参考人）

千原参考人から、資料 7 に基づき、「国際リニアコライダー (ILC) に関する有識者会議」について説明が行われた。説明の主な内容は次の通り。

これまでの検討結果の概要：科学的意義、コスト、人材確保、マネジメント、国際協力
ILC 計画の見直しを除いたこれまでの議論のまとめ

続いて、中野参考人から、資料（17 頁から 34 頁）に基づき、ILC の科学的意義について説明が行われた。説明の主な内容は次の通り。

① ILC 計画の見直し、衝突エネルギーを 250GeV に落とすことの科学的意義

② 必要経費と成果のバランス

③ 13TeV LHC の成果を踏まえた ILC のシナリオ

その後、次のとおり意見交換が行われた。

田村委員会幹事：精密測定が 500GeV でなくても 250GeV でできるということが、新粒子がないことによって理論的にできることがわかったということだが、それは 100% 大丈夫なことなのか。つまり、「新粒子がない」ということが、おそらくないだろうという段階で確定したわけではない。そこは間違いなくいえることなのか。

中野参考人：まず、「ない」と仮定した場合、理論といってもかなり一般的な理論で、新粒子がなければその方法自体は確かだろうといわれている。作業部会の中にも、素粒子の理論だけでなく原子核の理論の方もいらして、そういう方から大丈夫なのかという指摘があって、ちゃんとした議論を行って大丈夫であろうということになった。そうはいっても新粒子はあるのではないか、これもよくあることで、作った時は精密測定といていたのだが、作ってみたら新粒子が見つかるということはある。その場合は、新粒子が見つければそれはよいし、あるのだがなかなか見つけにくくても影響があった場合はわかる。どちらにせよ、新粒子がある場合は、大きくズレることが予想されると考えてよい。

家委員会委員長：精密測定の結果によって 3 つの道に分かれるという説明だったが、どれがどういう確率かというか、可能性としてどれが高いというようなことは、今の段階で言えるか。

中野参考人：多数決はとれると思うが、たくさんの人が信じているからといって正しいとは限らないので、測ってみなければわからない。

永江委員：結局有識者会議の結論としては、500GeV から 250GeV に下げたことはよろしいという結論なのか。

中野参考人：科学的意義としてはそうだ。極端なことをいうと、500GeV の ILC を作って 250GeV でオペレートするのは可能なので、500GeV と 250GeV を資金関係なくいずれでも作ってよいと言われれば、500GeV を作ることになると思うが、まずは 250GeV で断面積を最大のところで測って、次の手を考えるということに対し賛同するというのが焦点を絞った計画ということ。

家委員会委員長：かつての 500GeV の時は、オペレーションの順番として、500GeV、350GeV、250GeV と行う計画だったが、あれはどういう考えに基づくものか。

藤井参考人：新粒子発見ということが、新しい物理の存在をいうために最も直接的な方法。それで早い段階で見つかることを期待して、まず一番高いエネルギーで新粒子があるかないかを見る。500GeV でもヒッグス測定はやれるから、これだけ探してもないだろうというところまでやって、その上で当時は 500GeV をやらないと、ヒッグス結合はモデルインディペンデントには決められないと信じられていたので、250GeV に戻って 2,000 インバースフェムトバーンのデータをためて、両方のデータを使って、ヒッグスの結合定数を精密測定して、それから新しい物理を見つけるという戦略だった。

中野参考人：多分 13TeV の LHC の結果を 1 年でいいから見ろということと同じ理由だと思う。新粒子を探索する時は、統計でなくエネルギーなので、まず 500GeV をやるのが戦略だった。

家委員会委員長：そういう意味で言ったら、500GeV の ILC があつたら最初は高いエネルギーで走ってみようということになるのか。

藤井参考人：どんなマシンを作っても、まず一番高いエネルギーで走る。

米田委員会副委員長・分科会委員長：これは 250GeV が科学的に最も意義があるレベルだから 250GeV としたという意味か。しかし、世の中の方は予算を削減して 250GeV にしたと、あべこべに理解している人も中にはいるようだ、それに対する反論はあるか。

中野参考人：マスコミの方にはきっちり報道していただきたい。我々は 250GeV に下げる時にコスト削減のモチベーションもあったと思うが、科学的意義を検証する上で 250GeV で走ることに限っては、焦点を絞ったいい計画だと考えている。LHC の結果を踏まえて、今できるベストのことは何かと。それは必ずしも初めの松コースではないが、今ある方法の中では王道であろうというのが我々の結論。

家委員会委員長：真空の安定性を判定するトップクォークの質量測定は、LHC でかなりできるという話だった。多分 LHC も走り出したところに比べて解析能力も随分上がっていると思うが、今後その手のことで、昔はレプトンコライダーでないと無理だと思っていたことが LHC でもできそうだということはないか。

中野参考人：一番競合するのは、ヒッグス粒子の結合定数の精密測定で、ハイルミノシティ LHC のひとつのメインテーマになっている。どちらが有利かについては各々の粒子によって違うと思うが、例えばトップクォークだと LHC でしかできない。

藤井参考人：250GeV の ILC だと、トップクォークに関しては直接作れないから、そういう意味では、LHC の結果と ILC の結果を併せて精度を上げる。

中野参考人：ただし、かなりの測定モードに関して、バックグラウンドの少なさから ILC の方が最終的には有利である。

家委員会委員長：午前中に見せていただいた図にはエラーバーがあって、どちらにズレるかを判定するという話だった。それとの比較いうと、将来の話かもしれないが LHC ではどの程度まで判定できるのか。

藤井参考人：あの図もそうだが、当然理論も進歩するだろうし、今考えている精度がよくなることが考えられるわけだが、プロジェクションなので仮定をおかずに予測することはできない。例えば、今考えている系統誤差というのが、系統誤差ではあるが統計に従ってルート n 分の 1 で減っていく。それから今考えている理論の誤差が半分になる。それを仮定した場合、どの程度（誤差が）減るか、ある程度そこでインプルーブするということを想定して、それでもこれくらいだろうという LHC 予測との比較を見せた。

田村委員会幹事：今のことをもう少し詳しく聞きたい。赤い線と緑の線の意味が、ハイルミノシティ LHC の赤い線は何年間走ったと考えているのか。

藤井参考人：フル（の実験）であり、3,000 インバースフェムトバーン。

田村委員会幹事：3,000 インバースフェムトバーンは何年間か。それは走ると決まっている分ということか。

藤井参考人：走ると決まっている分だ。その後さらにというと、あり得るけど入っていない。あくまで 3,000 インバースフェムトバーンという今いわれているハイルミノシティ LHC の最終到達データ量を書いた。先ほどの家先生の質問に補足すると、よく見ていただくとわかるが、ILC は「プラス ILC」と書いてある。LHC 実験というのはヒッグスのできる量という意味でいうと、ILC よりたくさんできるので、信号がすごくクリアで簡単に探せる崩壊モードであれば、ILC より感度が高い。ヒッグスが $\mu + \mu$ みたいなものに崩壊する、ヒッグスの崩壊というのは軽い粒子へはなかなか崩壊しないという性質があるので、ヒッグスの軽い粒子への崩壊というのは、LHC の方が見やすいということがあり、ヒッグスが μ 粒子に崩壊するとか、ヒッグスが光子 2 つに崩壊するとか、そういう反応に関していうと LHC の方が見やすいが、それを絶対的な確率に焼き直そうとすると分母がわからない。

ILC で分母を決めてあげて、LHC と ILC の結果を組み合わせると、例えば光子に崩壊するような、光子への結合定数というのは、合わせ技で LHC と ILC のシナジーで精度が非常に高まるということもある。

（５）文部科学省に設置された有識者会議の検討について②（中野参考人、横溝参考人）

中野参考人により、資料（35 頁から 54 頁）に基づき、技術設計のコスト検証について、説明が行われた。説明の主な内容は次の通り。

- ① ILC 計画見直し後の計画見積もり
- ② コスト面のリスク要因や技術的な課題
- ③ 人材等リソースの収集に関する国際協力の方向性

続いて、横溝参考人より、資料（54 頁から 62 頁）人材の確保・育成方策の検証について、説明が行われた。説明の主な内容は次の通り。

- ① 大型加速器プロジェクトをめぐる人材確保の状況：大学、研究所、企業、海外
- ② 人材育成の課題と海外からの人材供給

その後、次のとおり意見交換が行われた。

家委員会委員長：確認だが、最後の表というのは、アドミニストレーションのスタッフ、事務組織の人員は入っているのか。

中野参考人：入っている。

中静分科会幹事：環境についてはあまり大きな配慮がされていないと感じた。全体を通じてどの程度環境に配慮するのかという方針が全くない。10 年後は今よりもっと厳しくなっているはずで、そのことを考えたり、欧州はもっと厳しい環境基準を持っているので、国際的にこういう研究をする時にどのくらいそれを考えるかについては方針を持つべきだと思う。例えば、エネルギーも CO₂をどの程度排出しているかが問われる時代になっているので、それをどの程度か推計するとか、再生可能エネルギーをどの程度入れるとかということも考えておくべきだし、色々な物品調達も調達業者のリスクもあるので、グリーン調達をどうするかは基本的に考えておくべき。それからアセスメントのことが書いてあったが、15 行くらいで。本体の工事以外のアセスメントにはいっぱいかかると思うが、最近土砂の捨て場の災害はもちろんだが、最近の新しい傾向としては、土砂を堆積したところをどうやって元の生態系に戻すとか、そういうミティゲーションだとか、壊した場所をどうオフセットするのかとか、そういうことが問われている。米国も欧州も多く行われていること。そのようなものをどのように考えていくのかという基本的な方針を出すべきだし、例えば北上を考えるのであれば、私が関わったある企業のアセスメントは、猛禽類の生息環境をアセスメント実施前に何年もかけて復元したりしている。それをやると工期に物凄

く影響するから、そういうことをリスクとして考えるべき。あと、リニアコライダーの特殊性としては、トリチウムの処理を最終的にどうするのかということも、環境問題としてとらえられていないのかなと思っていて、環境部門の配慮は非常に大きな方針を欠いている。

梶田委員：中野先生の人材の話をお聞きして、明らかに日本だけでは人材が足りないと説明されているが、具体的には ILC のコラボレーションとしては、どのような感じで世界的に人材を集めるかについて、どういう検討が行われているのか。

中野参考人：まずは、国際連携は非常に重要と考えており、日本でだけで ILC のために人材を育てて働いてもらって、できたら「はい、さよなら」というのも難しいので、これは CERN のように、連携していく国から人材の面でも貢献していただく。製造工場は日本だけでなく海外にも拠点ができると考えており、そこで貢献していただく。日本にきていただく場合も、言葉の壁とか住環境とかもあるので、それを整備して、なおかつ CERN ようにブランド力を高めて、日本に来てこのプロジェクトに関与するというのが、各々の国に帰った後でのキャリアパスにつながると。そういうことを今から考えておかねばいけない。

道園参考人：まず建設期間の 800 人という人数は、ホスト国もあるが各拠点で、例えば超伝導の場合だと、空洞を受け入れてクライオモジュールまでを作るとというのが各拠点、欧州とか米国で行った上で、12m 程度のクライオモジュールを日本に、ホストの所に持ってきて組み立てる、という前提なので、建設期間の 800 人という人数のうち、各拠点でもそれなりの人数を確保すると。人材育成に関しては、「準備期間」とあるが、これには 2 つ意味合いがあり、準備期間にやるべき詳細設計の部分と人材育成という 2 つの観点からスムーズに建設まで移れるようにということで考えている。

家委員会委員長：そうすると、現地に滞在する人はだいたいどのくらいか。建設時、運転時にどのくらいか。

道園参考人：手元に数字がない。

家委員会委員長：建設時にはかなりの人数が必要だと思うが、定常的な運転となったら、最近ではデータのリモート解析もできることから、現地にどの程度の常駐の人が必要なのか。

道園参考人：運転時についても手元に資料がないが、運転時も、メインキャンパスにどの

程度の人がいるかということか。

家委員会委員長：訪問される研究者もたくさんいるかとは思いますが、ILC のオペレーションに最低限必要な人員はどの程度か。

道園参考人：正確に覚えてはいないが、600 人とかそのくらいの規模だと思う。

中野参考人：資料の 70 頁の ILC 人口推計データ。次の頁にグラフがでているので、だいたいの規模はわかると思う。

望月委員：今の人員の話は、トンネルの建設関係は入っていないと思う。20 km のトンネルの施工事例はあるが、水平で直線というのはなかなかない。道路のトンネルだと、ちょっと地質が悪くなったら、ルートを少し曲げてしまうという事例はあるが、今回はそうはいかない。また、水平だと工事中に水が出た時に困る。もちろん工事が終わった後もそうであるが。そのあたりを考えると、どこのルートにするかというのは非常に重要な問題。調査検討を十分にやってもこうしたトラブルはまだ起こり得る。まず徹底的にいい場所を選ばなくてはならない。今の状況は、北上と脊振の両方の手は上がっているが、どちらにするかは決めていない。まず決めるために何をやるかという話がある。それからどういう段取りで進めていくかを考えておかなければならない。何と何と何の調査をして、ルートをいくつ設定しておくか、その辺まで進んでから費用をはじく。しかもその時には実験をする上で必要な要素が入ってくる。それからメンテナンスをどうするかとか、トラブル時にどのようにトンネル自体を補修するか、そのスペースをどう確保するかとか、色々なことを考えて設計に反映していかなければならない。何がいいかということ、まず時間が相当かかる。環境アセスメントの関係もあるから、工事を始める前に 4 年（準備期間）というのはあまりにも短い。合意形成もしなければならぬ、用地も買わなければならぬ。次に申し上げたいのは体制。今の人員には、トンネルの建設、土木の関係が入っていない。まず工事を発注する発注者として技術力のある人間をどれくらいまず集めるか、地元で説明しに行く人間が合意をとって用地買収しないといけないが、どの程度の体制を組むか、アクセス道路の検討もあるが、位置決めの時にそういう条件を全部加味して考える必要がる。海外から現物でくるものが、軽いものならいいが、重いとか嵩張るものとかであると、どういう車両で現地まで運ぶのか、ここの橋梁は直さないと入れないとか。それらを行う体制をどう作るかという問題がある。今の段階で費用はこうだといっても、相当危ない。リスク、リスクといってもまずい。事前の調査なりでリスクを減らして、それでも残るかもしれないリスクに対してこんな大工事の場合には、もしあったらこう対応しよう、そうしたらそれを事前にどう設計に織り込むかということくらいまでいかなければならない。その他要求性能なども整備する必要もあろう。人の体制と時間、それに要する費用。

そういうことを対外的に説明しておかないと大変だと思う。場所決めについても、最初の北上と脊振をどうするのという話にしても、きちっと整理してものが言えるようでない、後で、地元に、用地担当者なりが説明できないようでは、話にならない。午前中申し上げた安全安心の絡みについても答えが入っていないと合意形成は難しい。何れにしても、体制と時間と、それに要する費用（全体の費用ではなく）もかなりかかるのではないかな。

中野参考人：確かにそのような検討や、そのような時間はかかると個人的に考えている。加速器の人材育成の観点から見ると、そのような時間も貴重な時間だから有効に使えばいい。4年という期間で加速器の人材を集めるのはかなりチャレンジなので、環境アセスメントや土木に要する時間も有効に使って人材育成するのもある。

家委員会委員長：物理やマシンのことは検討は十分されていると思うが、指摘があったようなことを検討する体制というのはどうなっているのか。

道園参考人：立地に関しては研究者組織で、2013年に脊振と北上を評価したことがあるが、そういった資料は活用していただけるのではないかな。

嘉門分科会副委員長：資料7のまとめというのは、技術的成立性、人材育成についてのいろいろ踏み込んでいただいていると理解。必要性は書いてあるが、これの実現性をどうするのかは書かれていない。準備期間4年という期間についても、トンネルという受け入れ施設を作るための準備期間、設備や機械の開発の準備期間、国際共同研究をやるための組織を作るための期間、それをひっくるめて4年でできるのか。日本に施設を設置すると決定してから4年ということかもしれないが、それにしても、日本に施設を設置するとなると諸々のサイトを建設するための時間・期間、準備や人が全部必要なわけで、そういう組織的なものはKEKでできるとはとても思われないうし、そういう組織をきちっと設置した上ででないといけない話。そういう意味ではサイト特性は早く決められて、日本が設置をするということについては、それに基づいた実際の、例えばトンネルづくりであれば土木業界含めてこれまで踏み込んだ調査・計画されていると聞いているので、そういう実績を踏まえた実現可能性を、どういう組織体でやるのか、それを決めないと実現性は難しいなと思う次第。

中野参考人：個人的な意見になるが、全くその通り。実現可能性ということを考えた時に、ここに書かれたことがすべてだとは思ってなく、多くのやるべきことがあり、それをやる人材を集め、やれる組織を作らないといけないというのはその通り。有識者会議及び作業部会では、我々は当事者としてILCをやるならどうやるかという議論でなく、既に計画があって、その計画について内容が内容的にどうかということを議論したわけで、重要度

が低い状況の中での議論になってしまった。人材育成についても、人数的には事実だろうが、それを実現するにはかなり戦略的にやっていかなくてはならないし、企業の側も協力する気があったとしても、急にはできないということもある。そのようなことは、問題点、課題としてあげた。ただし、それより大きな問題、それを実現するための前段階をどう実現するかという議論はなされている。

横溝参考人：今日報告したのは、TDR 検証作業部会というのができて、TDR というデザインレポートがあって、それに関してある意味その範囲で意見をいうという形で議論を進めた。具体的にどの場所でどのようなことをやるかについては、議論の範囲を超えていてなかなか議論できなかったのが実態。例えば環境の調査でも、消滅危機の鳥、大鷹の子どもが育つまで木を切ってはいけないとか、地面を掘ると遺跡が出てきて調査が終わるまでそれを崩してはいけないとか、私自身実際に経験している。ただ今具体的にこのサイトだという議論はしていないのが、この部会の範囲であった。

西條委員会幹事・分科会幹事：資料の 85 頁から 86 頁までに、研究者コミュニティにおいて想定される研究者の周辺環境状況についてかなり詳しく書かれているが、先ほどのコスト金額に入っているのか。つくるところの市長と相当連携を取りつつ何らかの対策をうっていかないといけないと考えるが、先ほどのコスト金額に入っているのか。

横溝参考人：ほとんど入っていない。

小林委員：議論の関係性をもう一度確認したいが、有識者会議の先生方の意見は、コライダーを実現するために自分たちがどう考えているかというスタンスではなくて、推進して実現したいという人たちの提案に対し、有識者としていわばアセスメントしていると理解した。そうすると、議論の前提は提案されたものの範囲に閉じられていて、それをアセスするところという点が問題があり、考えるべきことがあると、そういうことを指摘しているペーパーであると。それを紹介していただいたと。そしてさらに足らないぞというのが今回の議論だと、そういう整理と理解した。その上でお聞きしたいのが、環境問題のところで、放射性廃棄物が出るとのことだが、どういうレベルの放射性廃棄物がどの程度の量出るかは見積もられているのか。

横溝参考人：検討されている。これは加速器施設なので、原発ほどひどくはない。しかし、L3 に相当するものが出てくる。それは、ビームダンプ、ターゲットで当たっている部分。それでも入っている成分によって結構早く放射線量が落ちていくので、10 年程度で L2 レベルのものも L3 に下がるという評価は既にされている。

小林委員：でもその処分の問題は出てくる。原発ほどひどくはないにしても。その合意形成系の話がでてくると考える。

横溝委員：最終処分に関しては、国のサイトがどこになるかということも影響してくるかと思う。

小林委員：人材が足りないということで、今からでも少しでも国内での人材を作らないといけないというのは、その通りかと思う。その人材育成というのは、先程のコストの議論の中に入っているのか。このコストは相当限定されたコストということか。

中野参考人：入っていない。ただし、建設に係るコストの中の人件費は入っている。建設に入る前にそういう人材を育てるためのコスト等は入っていない。

道園参考人：準備期間に必要な人件費等は、準備期間のコスト 233 億円の中に入っている。

永江委員：46 頁の見積もり表で、今は見積もりを行っていないものに計算機センター等もあるが、ILC でプロデュースされるデータの量はそれほど大したことないのか。どの位のデータ規模となるのか。

道園参考人：KEKB の Belle2 並みに必要。

米田委員会委員長・分科会委員長：資料の 114 頁に CERN と ILC が書いてあるが、CERN は様々な成果を出したような話があったかと思う。多くの方が ILC でまた新たな地平をひらこうという話が、中田先生、道園先生、藤井先生のお話にあったかと思う。CERN に比べて ILC がなぜ必要なのか、それが世界に必要なのか、もう一度ピーアールを聞きたい。

中野参考人：科学的意義は高いと思う。現在色々なところで手詰まり感がある。あると思っている新粒子がなかなか見つからない。次どうしようかという時期にさしかかっていると思う。新粒子を直接作るのは簡単でなく、すぐには実現しない。間接的、あるいはヒッグスの詳細測定がでているが、新粒子を直接作るのではないが、量子力学的な不確定性の範囲内だけ新粒子をつくって、その効果を見るという物理自体に色々と注目が集まっていて、その中でも ILC というのは、そこで出てくる結果の解釈のクリアさという点で他よりはるかに優れている。そのような意味では、いろいろな問題はあるが、そのような問題がなければこういうものを作って研究する意義は十分ある。それが科学的意義の面での検証結果。それをどう実現するかに関しては、先程の国際貢献、特にお金の面、人材育成、地域の理解等々課題があるので、それを解決していかなければならない。

中田参考人：学者は本質的に、何でも全部やりたいし、一度にやりたい。それはできないということはわかるので、まずやるものを決める。決めたものでも、全部一緒にやるのは当然無理なので、どこで、どれを、どういう順番でやるかを決めよう。それが今行なっているストラテジーとかプランニングとかにあたる。世界的に見ても、レプトンとプロトンの 2 つがあることは非常に重要だと理解されている。欧州ではハドロンをやっている真っ最中で、それをやめて ILC をやりなさいというのは無理だと思う。その時に欧州以外にリソースを見つけて、レプトンをやれるとしたら、という意味で日本に対する期待は高いというのが、欧州から見ても米国から見ても、そういう状況だと思う。欧州もアメリカも、自分たちのメインプロジェクトがあるにもかかわらず、日本が ILC をやると言った場合にはどの様に協力できるか話し合いたいと言っている。世界的に見てリソースがあって、それをどうやって、どこで使ったら一番効果的にできるかを考えたうえで、ICFA、LCB が出した結論だと思う。

藤井参考人：サイエンスの意義に関しては、中野先生もいわれたように、今の現状の LHC を見た限りは 250GeV の ILC をやるのが次の加速器としてベストな選択。新粒子が見つからなかったのは素粒子物理学の業界としては残念だったと言える。しかし、ILC を進めている立場からいうと、仮に新粒子が見つかったら、これほどヒッグスの精密測定に対する期待度も高まらなかっただろうし、仮に ILC で LHC で発見された新粒子に関連したもう一つの新粒子が見つかったとしても、それは非常に大きな成果になるが、最初に言った「道を決める」という観点でいうと、既に道が決まった上で、さらにその道をしっかり舗装していくということになるので、そういう意味ではまさに「道を切り開く」それができるチャンスがころがってきた、ビッグチャンスである。そういう意味で非常に大きい科学的な貢献がまさに ILC を作ればできる。このチャンスを逃すのはもったいないと思う。もうこういうチャンスは二度とはこない。

道園参考人：欧州で今 LHC が動いていて、プロトン、プロトンであるが、アジアでエレクトロンのマシンが、ある意味分業のような形ではあるが、それができれば、今後も大型加速器の拠点として日本にあれば、加速器は色々なものを複合的に使っているので、もちろん基礎科学に貢献できるというのは嬉しいことだが、それだけではなくて様々な波及効果があるということ、建設に 10 年かかりその後 20 年程度運転するということで、次世代にも基礎科学の目を残しておくということで、広い意味で ILC はいいプロジェクトであると考えてる。

家委員会委員長：問題は多岐にわたっているので、引続き委員会、分科会で議論いただきたいと思う。

議題 4. 今後の審議スケジュールについて

- ・委員会では、家委員会委員長より、資料 8 に基づき、委員会のスケジュールについて説明が行われ、今後参考人として誰を招くかについて役員間で調整する旨伝えられた。
- ・分科会では、米田分科会委員長より、資料 8 に基づき、委員会のスケジュールについて説明が行われ、今後参考人として誰を招くかについて役員間で調整すること、説明に機微な情報が含まれる場合は、議事の一部を非公開とすることが伝えられた。

議題 5. 今後の審議スケジュールについて

- ・家委員会委員長より、委員間のメールアドレスを共有することに関し確認が行われた。

(閉会)

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 技術検証分科会（第2回） 議事録（案）

日 時 : 平成 30 年 8 月 20 日（月）13:00～17:00
会 場 : 日本学術会議 大会議室（2 階）
出席者 : 米田委員長 嘉門副委員長 中静幹事 家委員 田中委員 望月委員
参考人 : 道園真一郎参考人（高エネルギー加速器研究機構加速器研究施設加速器第六研究系主幹）
宮原正信参考人（高エネルギー加速器研究機構加速器研究施設研究支援員）
矢島大輔参考人（株式会社野村総合研究所社会システムコンサルティング部上級コンサルタント）
近久博志参考人（株式会社地盤システム研究所取締役所長）
参考人随行者 : 高エネルギー加速器研究機構
山本明氏（加速器研究施設・名誉教授） 早野仁司氏（加速器研究施設・教授） 照沼信浩氏（加速器研究施設・教授） 横谷馨（加速器研究施設・教授） 藤井恵介氏（素粒子原子核研究所・教授） 山下了氏（ILC 推進準備室・客員教授） 若林賢一氏（施設企画課長）
事務局 : 犬塚参事官ほか

議題 1. 参考人ヒアリング

【公開審議】

（1）「ビームダンプ（トリチウム）」（道園参考人）

道園参考人から「ビームダンプ（トリチウム）」について説明が行われ、次のとおり意見交換が行われた。

田中委員：12 ページの下と比較の表で、J-PARC の水銀ターゲットと比較してほぼ相当であるという話だが、それは放射線の強度が相当だということか。

道園参考人：トリチウムの量がほぼ同じという意味。

田中委員：水銀ターゲットを冷却するということか。

道園参考人：水銀ターゲットに陽子を当てたときに水素が発生する。

田中委員：その水素が。

道園参考人：出てくるトリチウムの量が、という意味。水銀ターゲット自身は、外側にヘリウムの冷却相があり、さらに外側を水で冷却しているが、そのうちの水銀ターゲットから出てくるトリチウムの量。

田中委員：冷却水か。

道園参考人：冷却水ではなく、水銀のターゲットからのものである。

望月委員：10 ページに L3 の話があり、ここの下の右のほうに濃度上限値というのが書いてある。その前のページ、9 ページのところで、20 年間運転してその後という数字が入っているが、これは 10 ページのその濃度上限値のどれに対応しているのか。

道園参考人：9 ページのものは、放射線の量に相当するもの。放射線にはは、コバルト 60 とかいろんな放射能を持った物質があり、それらの全てを合わせたものがこれになっている。次のところは、放射能の、ベクレルというのは崩壊する数のことだが、この中で例えばコバルト 60 というのは 1 トン当たり 10 ギガ、つまり 1 秒間当たり 10 の 10 乗回崩壊があるということだが、そのコバルトの崩壊数が規制値の中で一番大きなところになるということから、その代表値をプロットしたものが図に対応する。9 ページの絵とは直接は連動していない。9 ページは放射線のレベル。

望月委員：L3 という評価は誰がつけたのか。まだ正式に決まったわけではないのでは。

道園参考人：まず L1、L2、L3 というのは原子炉等規制法で決まっているもの。L3 であるというのはわれわれがシミュレーションの結果こうであるとした。

望月委員：少し戻るが、既に例のあるものとして、3 ページに表がある。ここの SLAC は、同じように水を相手にしているものとして尋ねるが、ビームがこの筒の水の中にどうやって入るのか。10 気圧もあり、あまり大きな穴を開けておくわけにはいかない。

道園参考人：その SLAC のものが同じだったかどうか記憶はないが、基本的にはビームの窓というものがある。ビームが通る部分は真空で、その真空とビームダンプ（水が加圧されて循環しているところ）の間は窓と呼ばれる金属の板が入っており、その金属の板をビームが突き抜ける。今回の場合、ビーム窓はチタン系の合金でつくることになっているが、ビームラインというのは真空になってるため、いずれにしても真空であるビームラインとビームダンプの間には、それを仕切るようなものが入っている。

望月委員：そうでなければ水が漏れてしまうだろう。そのチタンは、ビームの影響は受けないのか。

道園参考人：受ける。数年に 1 回定期的に交換をする必要が出てくると思う。その他のところは、直接ビームが当たることはないため、大きな損傷はない。ビームを、真空と分ける重要な場所になるため、信頼性を持たせるために、数年に 1 回交換する必要がある。その部分はリモートでやらなければならない、その辺についてはきちんとした設計が必要。

望月委員：そうすると、既に運転をやめている SLAC の場合も同様なのか。

道園参考人：SLAC に関しては、恐らくビーム窓は交換していないと思う。それはそういう設計ではなかったかと。

家委員：今の話に関係するが、7 ページのところに、万が一冷却水が漏れた場合、この冷却水というのはビームダンプを冷やす、放射線の低いやつか。

道園参考人：ビームダンプを冷やす本体、1 次側というか、ビームダンプの中に水を流す。

家委員：直接ビームが当たる場所。

道園参考人：そうである。

家委員：それが漏れた場合に、ドレインの貯水槽にためるというのは、その図の左下か。

道園参考人：はいである。

家委員：そこに人の絵が描いてあが、その区域は場合によっては作業員が立ち入ることを想定しているのか。

道園参考人：そうである。

家委員：そのことと 9 ページの残留放射線による線量、こちらのほうで。

道園参考人：いわゆるボロン・コンクリートの外というのは、ここでいうとこの領域に当たる。それで、トリチウムに関しては、ここからここにどういうドレインで抜けた水を置くかによるが、基本的にはトリチウム自身は配管の厚さで配管を突き抜けていかない。エネルギーの透過性の低いもののため、水の抜け口があっても、そこを配管の中からこちらに行く

分には、ここの部分の放射線量には効かないというふうに思っている。

家委員：窓のところが一番イメージ的に難しいと思うが、交換する場合に、中はもともと 10 気圧ということもあり、圧を抜かなきゃいけないだろう。

道園参考人：水を抜かないといけない。

家委員：その仕組みはどういうふうになっているのか。

道園参考人：水抜きをして窓を交換するのは、詳細設計の部類と考えている。一度水を全部抜き、それから、全部抜く必要があるかどうか分からないが、窓の部分交換する、そういうかたちになる。

家委員：それを全部ロボットでやるのか。

道園参考人：水抜きに関して、ここまではアクセスできる。

家委員：窓の交換作業はロボットがやらなきゃいけない。

道園参考人：はい。水抜き、バルブ関係は多分ここに。

家委員：それと、万が一の場合の第 2 ビームダンプという話があったが、もしファーストダンプが壊れたら、それはそのままにしておくのか。

道園参考人：それは考えどころ。まずファーストダンプがなぜ壊れたかというのを考えなければならない。考えた上で、それも運転がどれぐらいたった状態でそれが起きるかにもよると思う。例えばそれが 1 年後であれば、放射能が少なければ、多分修理とかそういうことができる。まずは原因をきちんと把握した上で新たなビームダンプを置くというのが原則だと思う。ただ、一番避けたいのは、原因が分っても、変更？できず動けないということ。

家委員：前回もその意味で質問した。アンデュレータ方式のフォトンダンプとか、あるいはコンベンショナル方式のターゲットやダンプについてはどんな感じか。

道園参考人：それは、一応フォトンダンプについては、似たようなダンプを考えている。European XFEL で使っているようなグラファイトダンプの選択肢もあると思う。

家委員：フォトンダンプに水を使った場合のトリチウムの発生はどうか。

道園参考人：多分パワーが小さいと思う。ビームパワー自身が小さい。フォトンの量が、確か 100 キロワットぐらい。要はガンマ線のエネルギーで決まるところだが、確かターゲットに当たるのが 150 ぐらいだった。

参考人随行者：250GeV では 60 キロワット。

道園参考人：60 キロワットが入ってくるため、エネルギーパワーとしては非常に小さい。

嘉門副委員長：今話題になった 9 ページの線量の件だが、これはここの右上の時間軸は、20 年間運転後にどうなったということか。例えば 1 時間というのはどういう意味か。

道園参考人：250GeV で例えば 20 年間、実際は途中で停止期間があるが、250GeV で年間 5,000 時間程度運転していくと、少しずつ蓄積量が大きくなっていく。20 年運転し続けた後ビームを止め、その後 1 時間待ったときに、例えばそのときの放射線のレベルは、外ですと 20 マイクロシーベルトであるという意味です。

嘉門副委員長：多分そういうことだと思うが、20 年間運転した直後、1 時間、1 日、1 カ月、そういう意味か。

道園参考人：そうである。

嘉門副委員長：そうすると、水ダンプの放射能レベルというのは、すごいレベル。

道園参考人：これは円筒形になっていたため、こう見えるだけ。つまり、円筒を切っているの
で、内側は水自体ではなく、外側から放射化しているものが内側にきている、ということ。

嘉門副委員長：水ではないという理解。

道園参考人：水ではない。

嘉門副委員長：どこなのか。

道園参考人：このステンレスの板。

嘉門副委員長：だから窓の部分ではなくて。

道園参考人：窓の部分ではなくて、ビームダンプで一番エネルギーが消費されるのは、この途中を輪切りにしたもの。途中を輪切りにしたときに、一番大きいのは、要はこの外側のステンレスの部分、そこから出てくる。

嘉門副委員長：それで真ん中が窓の部分なのか。それとも全体が。

道園参考人：ここが窓になる。

嘉門副委員長：この一番端の部分で。

道園参考人：ここが窓になる。

嘉門副委員長：窓の部分がそこと。それ、なんかこう回転のようになっているのは。

道園参考人：そう。基本的にはビームが一点に集中すると、窓の部分の持ちが悪くなって、磁石を使ってくるくる回るようなかたちになっている。

嘉門副委員長：高速で回っているのか。

道園参考人：高速である。

参考人随行者：ビームが（が描くリング状軌跡の回り方が）高速。

嘉門副委員長：ビームのほう回る。

道園参考人：そうである。ビームが回る。

嘉門副委員長：どれぐらいで回る。

参考人随行者：1 ミリ秒で1 周回る速さである。

道園参考人：1 キロヘルツぐらいの速さでくるくと回っている。

嘉門副委員長：相当速い。

嘉門副委員長：目に見えないぐらい速い。

道園参考人：メカニカルに動かしているのではなく、ビームにリング状の軌跡を描かせるためには、ビームを振る磁石に流す電流の大きさを変える。

嘉門副委員長：そうすると、このダンプの容器の、先ほど漏れるという話で、多分ものごとは壊れる、壊れないとは言えないので、セットするとなると、その漏れるリスクが一番大きいのは、そのビームの窓の部分じゃないかと私は思うが、あとはステンレスのパイプ。そういう理解だろうか。

道園参考人：一番考えやすいのは多分そういうこと。

嘉門副委員長：そうすると、たまたまだが、先ほどの 9 ページのように、20 年間だんだん蓄積されていくため、20 年間だったらそのくらいのステンレスの窓の部分、ステンレスの部分が、水ダンプの部分、ものすごい高いエネルギーというか放射能レベルになる。その漏れたものが、どのくらいか分からないが、1 シーベルトでももうすぐ死ぬようなぐらいだろう。それを先ほどの 7 ページのこの循環ポンプ系でドレインに流すということになると、そんなところに人はとてもいられないということに。万が一漏れたとすると。

道園参考人：これは放射線が高いのは、水の放射線というよりも、このまずステンレス、ここに付いている。

嘉門副委員長：物体の部分で、水はどれぐらいなのか。

道園参考人：水、トリチウムだとすると、まずベクレルで出てきたとしても、配管のところでは、その部分では、そこから先は多分検出されない程度に。

嘉門副委員長：そのレベルからしたら相当。

道園参考人：ステンレスのビームダンプの筒のところから出ているため、水のところから放射能が出ているわけではない。

嘉門副委員長：ドレインのほうに来る……。

道園参考人：トリチウムは含まれていると思うが。

嘉門副委員長：1 マイクロシーベルト以下ぐらいと見てもいい。

道園参考人：1 マイクロか、数字はちょっとよく分からないが。

嘉門副委員長：とてもそれから見たとは思えない。

道園参考人：こんな大きい値ではないと思う。

参考人随行者：これはシミュレーションをするため、水の部分は循環しているが、何も循環しない、固定物だというものでシミュレーションしている。そのため、線量が非常に高くなるのは、実際は動いている水のため、動いていないというシミュレーションをやらざるを得ない。原子核との反応を計算するわけだが、その計算があそここの水はまず止まっているとした。シミュレーション上は水は循環されていない、そこにある、全て集中する。その後に、道園参考人が言ったように、ビームダンプの容器がある。ステンレスでつくり、その容器は放射化する。その放射化の影響がそこで見えている。この線を見れば分かるが、本来だったらまっすぐ下がってくるはずのものが、何か知らないけれども途中でスロープが変わったりしている。これは前後の物質からの放射線がどう影響しているかでスロープが変わっている。大事なのは、物体の放射化が幾つかということであり、ここではあくまでも人が作業するエリアとか、そういう線量がどのくらい下がっているかということを調べ、こういう絵になっている。

田中委員：一つ確認するが、まずトリチウムは吸着とかで取らないというふうに最初に道園参考人は説明していた。だから、ずっとビルドアップするという、そこはよろしいか。

参考人随行者：そのとおり。

田中委員：では、間接的に冷却する冷却系ではなく、ダンプの中の水はどういうふうになっているのか。ダンプの中の水、ダンプを冷やすものではなくて、ダンプの中の水は、水のことを1次冷却系と呼んでいるのか。

参考人随行者：そのとおり。

田中委員：先ほどから理解できないのは、配管を通じてトリチウムは逃げないから大丈夫という点。先ほど窓が壊れた場合に、いろいろな説明をしていたが、そこが物理的にどうも納得いかない。窓から吹き出したダンプのトリチウム、水にトリチウム等の放射性物質は入っていないということなのか。

田中委員：窓から出た水は、どこにたまるのか。ドレインに行くのか。どこに行くのか。

参考人随行者：窓から出た水は、真空チェンバーのパイプのほうにまず行く。そこでバルブを途中用意するため、そこでまず遮断される。

田中委員：真空パイプを逆流するということ。

参考人随行者：距離があるため、遮断できている。窓が破れたらその上流にある真空パイプの中にまず水が来る。

田中委員：分かった。でも、そこは汚染されてしまうではないか。どのくらいの距離を走るか分からないが、真空ならかなり速く走る。どうやって止めるのか。どのくらいの汚染エリアができるのか。

参考人随行者：まずこのエリアにビームダンプが行くまで、衝突点から 300 メートルビームラインが走っている。まずその途中で止められると思っている。そもそもその窓の破壊現象がどういうふうにかかるか、これは今断定的には言えないが、必ず兆候が出ると思っている。その兆候を拾ったときに全てのシステムが安全サイドに作動する、作動させる、今回。

田中委員：いやいや、取り組みとしてそういうシステムをつくるというのは結構だが、でも必ず事故は起こる。だからいろんな問題が起きているわけで、起きる前にあなた方は必ずそう説明する。しかし、現実には事故が起き、だからセーフティーに十分配慮していても起きる可能性はある。そのときに今の説明だと、ダンプのエリアにとどまらずに上流側に流れて行くわけだ。建物の配慮は、その場合どうなっているか。今はダンプの非常にローカルなところの話をしてしたが、ダンプの水は加速器を上流にさかのぼるわけだから。

道園参考人：それについては、確かに指摘のようなところはある。基本的には閉じ込めるようなかたちで詳細設計をしないといけないと思う。指摘のとおり。一番気にしているのはトリチウムだが、トリチウム自身はいわゆる配管、金属の厚さを抜けるということとはできないエネルギーで、配管の中に入っている限り、危険度はない。

田中委員：ただ、復旧しようと思えば、その閉鎖系をオープンにしないと復旧できない。その事故が起きたらもうシャットダウンするわけではないだろう。加速器を直すというか、いわゆるそのトラブルを復旧するという操作が必ず必要になるため、ダンプの水が内部に

溜まっている真空パイプを開けなきゃいけない。

道園参考人：開けるときも、金属配管の中に閉じ込められている限りは、そこの先にバルブを付けたところの先から取るということはできると思う。

田中委員：いずれにしても復旧作業が必要で、それをしようとしたら、そのエリアの大きさに応じて、トリチウムとか放射化物を閉じ込めるには、やはり対策を取っていなければ、それは危ないのではないか。これまでは、かなりダンプの狭いエリアで、それがクローズしているという議論に聞こえたため、納得していたが、いろんな事故想定があり、それに応じて放射化物というか汚染水が広がるその空間的なエリアの大きさも違ってくるわけだから、やはりそれに対して万全の建物としての対策、加速器システムとしての対策を取っておかないと。

道園参考人：詳細設計の際には、そういった指摘もよく考えなくてはいけないと思う。

家委員：先ほどビームをぐるぐる回して、局所的に集中するのを防ぐという話だったが、仮にそれが働かなくなると、一点に集中したときには、どのぐらいの時間持つのか。

参考人随行者：ビームはバンチというか、千何百個のかたまりになっているのだが、そのうちの 250 ほどのかたまりが来ると中の水が沸騰することになる。それは非常に困るため、それ以前に止めなければいけない。今の計算では、ビームの停止する時間は 50 バンチ分でビームが停止することになっている。それは、これより上流にビームをけり出すところがあり、非常用のビームダンプが用意されている。それは 1 点目の場所、だから 250GeV のバージョンの場合はもっとずっと楽だと思う。しかし、いずれにしても、基本的には数十バンチ来たところで、あるところは全部外へけり出すという、非常用のダンプが別に用意されている。これははるかに小さいダンプで、これとは比較にならないが、非常用のダンプにそこまで行く。

参考人随行者：磁石を複数組み合わせることで円軌道をつくる。磁石は一つのダイポールであれば線しかできないため、それを 2 つ組み合わせることで縦横に振ってやると円の入射ビーム軌跡ができる。それが 1 個壊れたとしても、円は崩れるが、楕円形になったりするかたちで一気には点にはならないという設計がされる。それからダンプのところは、これは CERN の LHC でも十分に経験されていることだが、決して 1 つの磁石に頼らない、複数化をして、例えば 4 つ、8 つのマグネットがあつて、その 1 つが落ちててもその後、先ほど言ったような時間内には全体としてビーム入射軌跡が動き続けるように設定ができる。リダンダンシーをもって、一点集中が起きないようにするということが安全設計上は大切で、そういうシス

テムをつくって、それには必ず時間がかかるという、そういうリダンダンシーを持たせることが安全に対する保証になると考えていただきたい。

家委員：細かいシステムの話はよく分からないが、それはパッシブに安全サイドに流れるという話か。それともアクティブに常にモニターして、何か起これば時間内にちゃんとできるという話か。

参考人随行者：加速器の場合、必ずビームを止めるという動作はできる。止めると同時に、その間にあるビームがその間、磁石というのは、必ず特定のタイムコンスタントがあり、一瞬でぽんと落ちることはできないため、動いている磁石は必ずある一定の時間を取って止まる以外にない。だから、その間はビームは動き続けるという、そういうシステムはつくることができる。その間に、まずビームが止まり、それ以上ビームが来ない。これは相当多くの加速器で経験されている内容で、相当なりダンダンシーのあるシステムに構築できることを意味する。

米田委員長：教えていただきたいが、窓はこれか。

道園参考人：はい。

米田委員長：これが複数あるということか。

道園参考人：いや、これは1つ。

米田委員長：これが動くわけか。

道園参考人：動くのはビームの入射軌跡自身。この赤い矢印はここのところ、くるくると磁石を使って。

米田委員長：本来はこのビームの線はもっと細いということか。ここをくるくる回しているという。

道園参考人：細い。そのとおり。

米田委員長：それがまず分からなかった。この赤い棒は何か。

道園参考人：赤い棒と青い棒は、青いほうが水の出る吹き出し口。赤が水の戻るライン。水

の吹き出し、これ水が、ウォーターダンプで水が入って。

米田委員長：どこから水を出すのか。

道園参考人：ここに穴が開いて、ここから吹き出されて、この赤いところに水が戻る。

米田委員長：それはどこに行くのか。

道園参考人：それはポンプとつながっていて、ポンプ側で水を循環させるというかたちになる。

米田委員長：なるほど。これが先ほど言ったチタン合金。このチタン合金の強度というのは確認されているのか。

道園参考人：合金の持っている強度から計算したものはある。それを実際にものとしてつくっているかたちはまだ。そういう状況。

米田委員長：この品質は結構大変なのか。チタン合金そのものの検証が。

道園参考人：それについては、1TeV のときには非常に厳しいが、250GeV のときにはエネルギーというかパワーが4分の1になるため、求められているビームのパワーよりも随分小さいところになってきている。ビーム窓に対する要求仕様としては随分下がってきていて、安全サイドのほうになって。

米田委員長：1TeV のときの検証はされているということなか。

道園参考人：1TeV のときに大丈夫なように設計されている。

米田委員長：大丈夫なように、というものの検証は。

道園参考人：それは、材料の特性から当たっているだけで、ものをつくっているわけではない。

参考人随行者：これまでのご説明の中でも、準備期間という期間をいただいて、予算をきちんと得た状態でしなければいけないシステムとして。原理的には大丈夫だと分かっているも、システムとして検証するのは、準備期間という期間をもってやるべきもの、というご報

告をしている状態。

望月委員：先ほどの質問がまだ分かっていないところがある。回転が止まったらどのくらいの時間もつのか。それをお教えていただきたい。

参考人随行者：1 ミリ秒の 20 分の 1 くらい。50 マイクロセックくらい。

道園参考人：500GeV のとき 250 パルス、250 バンチ。だから 125GeV の場合は。

参考人随行者：いやいや、それはあまり関係ないんだと思う。勘定で 50 マイクロセックくらいかと思う。

参考人随行者：磁石はインダクタンスなので、動かしている以上は絶対瞬発的には止まれない。それが十分に長ければ安全が保証される。

望月委員：もう一つ、磁石の動かし方というのは、何で動かしているのか。

参考人随行者：電流。

望月委員：そうすると、電流で動かして。

参考人随行者：基本的に RF、高周波。1 キロヘルツ、そうか、1 キロヘルツだから微妙かな、その境目、電流と呼ぶべきか。いずれにしても、要するにリサージュ図形みたいなのがつくればいい。こちら向きのサインカーブとこちら向きのサインカーブを合わせて円にするという、そういうのをつくれば良い。それは何個かの磁石の組み合わせによってやることになる。

望月委員：まだ物理的なイメージがわからないが、磁石が動く場というのはどういうものなのか。要するに疲労破壊とかそういうものはないのか。

参考人随行者：磁石を機械として動かすのではなく、電流の強さを変える。

望月委員：磁石の電流という意味か。逆に言うと電流が止まると磁石も停止するということ。

参考人随行者：そのとおり。ただ、止まるまでに随分時間がかかる。1,000 分の 1 秒ではなかなか止まらない。

望月委員：もう一つ、水の話。中を一生懸命動かしてないと温度が上がるが、ポンプ自体は電気で動かしているのか。そうすると、それが止まるとどのくらいの期間で沸騰するのか。

参考人随行者：水はすぐには止まらないというのはまずご理解を。そのポンプが止まったというのは、当然センサー等で分かるため、すぐに加速器停止となる。

望月委員：止まってからどのくらいもつのかという。

参考人随行者：まず電流が止まって水がぱっと止まるわけではないため、次のパルスまで 5 分の 1 秒ある。一つのパルスが終わった後、次のパルスが来るまでに 5 分の 1 秒ある。その間にみんな分かるはずであり、5 分の 1 秒後はビームを止めればいい。実際には、ビームを止めるまでの時間は 5 分の 1 秒という長い時間ではなく、加速器のレベルからいうと、5 分の 1 秒というのは非常に長い時間であって、何マイクロセック秒の間に加速器を止めるという話をしている。だから次のパルスまで、またそれが続いているということはまずあり得ない。

嘉門副委員長：ステンレスパイプの中に吐水と給水することによって水が循環して温度上昇を防ぐという、そういう機能になっているはずだが、そのための水の循環ポンプ系が先ほどの 7 ページのここにセットされているということでしょうか。であれば、ビームダンプで受けた水、やっぱり放射化された水がここを循環するのではないかな。

道園参考人：放射化された水が循環する。

嘉門副委員長：そうすると、例えば先ほどの 20 年間運転後の残留放射能のレベルもあるが、だんだん稼働が進むにつれてレベルが上がってくる。

道園参考人：レベルは上がる。

嘉門副委員長：上がるだろう。そういうことからすると、そこに人間が描いてあるのがどうも気になるのだが、とてもそんなところに人が立ち入れないような状況になるということが想定できるのではないかな。

道園参考人：トリチウムに関しては、濃度がこれぐらいの濃度であったとしても、配管があれば十分シールドができていて、外には、いわゆるガンマ線は出てこない。

嘉門副委員長：先ほど、故障したときに 300 メーター真空のほうへ戻るという話と、この循環系のポンプが故障したときの出る水というのと、両方起こる可能性があるということか。

道園参考人：はい。

嘉門副委員長：そうすると、戻るほうの放射能は大きいけれども、こちらのほうの放射能は心配なくていいということか。

道園参考人：まず、漏れたときに下にぼたぼた落ちるのかどうかという漏れ方にもよる。まず金属で覆われていれば、トリチウム自身は外にはベータ線は出てこない。ぼたぼた落ちたものが、基本的にはぼたぼた落ちたものを閉循環系にちゃんと落とすことになるが、そのやり方についてはきちんと考えなければいけないと思う。

嘉門副委員長：この循環系というのは、必ずしも閉循環系でなくて、かなり広がることになるのではないか。

道園参考人：もし漏れた場合。それはそうだと思う。そうならないようなシステムにしておかないといけないということ。

嘉門副委員長：でも循環ポンプ系というのは漏れないというのが大体あり得ないので、やっぱりそれは。

道園参考人：漏れたときを考えてちゃんとしておかないといけないということ。

（２）「ILC 土木建設（CFS）の概要」（宮原参考人）

「ILC に関する規制・リスク等調査分析」（矢島参考人）

宮原参考人から「ILC 土木建設（CFS）の概要」について、続けて矢島参考人から「ILC に関する規制・リスク等調査分析」について説明が行われ、次のとおり意見交換が行われた。

米田委員長：今、矢島参考人から話をいただいたが、今のは野村総研の報告書の説明で。

矢島参考人：資料 4-1 と 4-2 とあるが、この報告を述べたものである。

米田委員長：話を聞くと、課題と対応策と言われる割には、対応策に具体的な話はなくて、懸念と課題ばかり言われたように思う。これが必要です、あれが必要ですと書かただけで、

具体的にどうしたら良いのかの対応策の説明が全然ない。懸念と課題だけ書かれても、そういうものが報告書と言えるのか。

矢島参考人：説明は課題を中心として行った。報告書の中では対応策も記述している。対応策は、プロジェクトの、特に地質や地勢といった地域固有のものが多く、ILC の、地点を含めた詳細が決まっていない中で、ILC に特化した対応策の検討は難しい面もあった。

米田委員長：課題と対応策がタイトルであれば、もっと対応策について話してもらわないと。聞いているほうとしても、ただ世論を調べた、他の海外プロジェクトを調べた、こういう問題がある、こういうことが必要、ということだけでは。このプロジェクトを推進するために、さして役に立つ情報を今私はあなたから得たとはあまり思えない。

矢島参考人：委託調査の内容は、基本的には既存の大きなプロジェクトの調査分析をするところであり、ILC に限った詳細な課題や、解決策まで出すというところまでは対象とはされていない。

米田委員長：確かに海外のものに対する調査分析はしてあったと、分厚い本の中にたくさん海外の事例が出ていますが、それと ILC 計画における既成リスクをあなたはここであぶり出して書かなきゃいけないという調査の目的は、この報告書では達せられていないのではないか。

矢島参考人：4 ページ目に書かれた調査の範囲は、あくまでも ILC の検討に資する他プロジェクトを参考とした調査分析を対象としており、ILC 事態を詳細に検討したものではない。

米田委員長：発注された方もそれでよろしいのか。報告が、海外調査と問題点の指摘だけでも。

文部科学省：文部科学省のほうで委託調査したが、この報告書は文科省でどのように使ったかということ、その後有識者会議における TDR 検証作業部会のほうに報告をし、さらに議論を委員の先生方とした、そのための基本的な海外の事例調査というところが第一の目的だったため、その意味でこの報告書は使ったということになっている。

米田委員長：では続いて近久参考人のほうから。

近久参考人：私は、特に規制/リスク等調査分析と先ほど話に出ていた土木学会の ILC の地

下空間建設に関するガイドラインの策定に関わった関係で参考人ということで参加している。この意味で、説明の補足などいろいろあるが、今ここで私から説明するよりは、委員からの質問を受けて説明した方が、時間の有効利用という意味から良いと思うが、如何か。

望月委員：最初に細かい話から。これは矢島参考人の資料だが、前から疑問だったのが、10 ページのところに立坑の話が書いてあるが、先ほど 2 カ所と説明をしたが、どことどこということと、それからその説明の中に、実験ホールへのアクセス施設（立坑導入）と書いてあり、そこに測定器が書いてあって、1 万 5,000 トンと 1 万トン、まさか 1 万 5,000 トンと 1 万トンを上から入れるわけではないだろうと思いつつ、そこが全然分らない。

宮原参考人：測定器は、組み上がった最終形が総重量 1 万 5,000 トンになります。地上で組み立てたものを分割して地下に搬入する。

望月委員：数千トンとはどのくらいか。クレーンだってしっかりつくらないとまずい。数千トンというとかかなり日本でも大きい規模。

宮原参考人：非常に特殊なガントリークレーン、現在揚重能力 4,000 トンのものを想定して計画している。これはプロトタイプとして、実は CERN の CMS 実験棟で使われた実績がある。LHC 実験で使われたシステムがある。

望月委員：よほどいいところを選ぶか、よほどいい処理をしないと。そんな重いものは、日本でトップクラス。

宮原参考人：おっしゃるとおり。

参考人随行者：宮原さん、ちょっと補足させていただきたい。これは CERN の LHC 計画において CMS という実験が紹介されたが、そのときの経験が非常に大きく生かされている。規模は倍になっているが、どういうやり方をしているかということが大切で、大きな縦ピットをつくることによって、そこから直接降ろせるというのは、測定器の方々にとっては大変ありがたい、時間を節約することになる。加速器を建設している間、地上でできる限りのチューニングまでして、あとはユニットにして 4 つないし 5 つ 6 つというかたちで降ろしていくことができる。ただ、そのときには、クレーンはそういう産業界で実績があるが、いわゆるリース、建物の外側に大きなクレーンをそのときにつくる。建物の中に設置して永久に置くものではなくて、本当にインストレーション用に大きなクレーンを設置する。それは実績があるので、全体の総意としてそれができるということになった。

望月委員：そういうことを聞いているのではなくて、相当大変なものだから、いい場所を選ばないと、あるいは対策をしっかりとやらないとできそうもないということを申し上げている。

嘉門副委員長：測定器、超大型の測定器 2 つを使うので、これから設計してつくるという説明を聞いたが、地下で組み立てるのは難しいので、完成した測定器を地上から降ろすと書いてある。それでこの重量が 1 万 5,000 トン、1 万トンというのを見て、こんな恐ろしいことはとてもできない。それでユニットにして降ろすという説明で分かった。それでも、最大のガントリークレーンでせいぜい 4,000 トン。それをこの 1 万 5,000 トン、1 万トンで、ユニットに幾らにしたら 4,000 トンのガントリークレーンで降ろせるのかといったら、それは安全率を入れても大体 1,000 トンぐらいのユニットにしないとイケない。そうしたら、1 万 5,000 トンといったら 15 ユニットだろう。それを下に降ろして、あの中でナノミクロンまでの精度のある測定器を組み立てる、そんなものはできそうにないと思う。

参考人随行者：一つ私のほうから説明する。専門は素粒子物理なので、これは CERN で実際に、もう本当に空洞ぎりぎりいっぱいまでパズルのように、立体パズルのようにして、2 つの測定器、この ILC のやつよりも大きいやつを実際に組み立てて運用してここまでやった。つまり、そういうスペシャルな専門能力がわれわれにあると思っていただければいいと思う。不思議な世界ですが、うそのような本当の話が本当に起っちゃう。1,000 トンで組み上げることになれば 1,000 トンに分け、測定器のほうは実はフレキシビリティがあり、たとえ 50 トンじゃないと駄目だとなれば、50 トンで組み上げて、中で本当にパズルのようにやる。ただ、組み上げに時間がかかるので、できるだけ外で組み上げて中に入れるほうが、空洞をつくる時間をゆっくりできるというメリットがある、そういうこと。宮原さん、あまり余計なことを言わないほうがいい。

宮原参考人：参考までに、CERN の測定器は 1 万 5,000 トンの実績がある。

望月委員：そうか。とにかくいろんな諸元がさっぱり分からない。途中で計画が変わったこともあるが、どういうものをつくるのかが分からない。先ほど土木学会の話が出たが、このときはトンネルを 2 本つくるという案。安全という意味ではこの方が良いが、これを 1 本にしてしまっただうなのかとか、とにかく諸元が分からない。それで、まずつくり方について。トンネル本体は 20 キロということだが、これはアクセストンネルからアクセスして掘り出すのか。

宮原参考人：おっしゃるとおり。アクセストンネル、約 5 キロごとにアクセストンネルを設けておいて施工する。

望月委員：それから、要求性能や基準類をしっかりと全部つくらなければならない。土木工事についても。こういうところなら合格で、こういうところならアウトだというものを全部つくらなければならないが、それは多分まだこれからだろう。それから、問題はその基準類の策定主体を誰にするかというのがまた問題。それから、活断層の話があったが、あるかどうかは実際にはよく分からない。出るかもしれないぐらいは当然覚悟しておかなければならないが、そのときにどうされるのかという問題。うまくいった場合ばかりを想定しているので、そこが非常に気になる。コスト算定も当然どこでつくるか、よほど調べた上でないともまずい。多分まだそこまで行っていないのではないと思う。

参考人随行者：地元関係とか実際の現場の話は私のほうからお話を。この委員会はある場所に特定した話はしないというように伺っているが、ある意味サンプル坑を打つとしても、実際現地で調査されていることを報告すると、踏査それからあと航空写真によるアライメントとか、そういうものの調査というのは、複数の候補地にわたって実は 2013 年までにやっていて、その後現在にわたって北上に関しては県の予算、それから 2013 年までは国の予算、それからあとは科研費、大学の予算を活用して、詳細なマップまでつくられている。それも提供することはできるので、もし必要であれば、この委員会の範ちゅうをどう捉えるかによるが、具体的なラインから候補地、それから地表のポイントまで、守秘契約をしていただければ、それは全部お出しする準備はしている。

望月委員：そうではなくて、どういうレベルにあるかということを知っている。つまり、ルートを選定したときに、何側線といいますか、ルートを幾つ調査したか。それから、調査の度合いは今踏査と航空写真とおっしゃったが、そこまでなのか。それから、もちろんルートを決めるのに地質だけの問題ではないので、周辺の取り合いみたいな話だとか、先ほどのアクセス道路とかというところの検討も含めて、A 案 B 案 C 案とあるとしたらどれが良いのだという経過になるわけだが、そこは今どの程度なされているのか。

参考人随行者：最適化に関しては長い時間をかけながら徐々にやって、最近でも 3 ルートについて評価をしている。それも詳細をお届けしてよろしければ。

望月委員：詳細は不要。先ほど申したようにどのレベルまで、踏査までやったのか、航空写真なのか、もっとやったのかという話。

参考人随行者：地質調査、ボーリング調査、それはボーリング調査は一部そういう浅いところと、それからあと地質の一番複雑なところ。そこに関してはボーリング調査、それから電磁探査、弾性波探査をやっている。

望月委員：ボーリングは2本ということか。

参考人随行者：もっとたくさんやっている。

望月委員：何本ぐらい。

参考人随行者：全部で5本か。

望月委員：それから地震の話、対地震の話で、ホールは何も対応しないとはとても言えない。基本的にアセスもそうだが、（義務ではないが）自主的にやるという（弱い）スタンスではまずい。それともう一つは、それをやるのだったら、誰が評価するのかという議論をしなければならない。別の評価主体がないと多分苦しい。端的に言えば、何か法的裏付けがあるのか。別の評価実施主体なりが一方で出てこない。

すいません、先に質問だけ。断層に突き当たって湧水が多量に出るという可能性は当然ある。それは工事中的話もありますが、その後の話もあり得る。先ほど土木関係の話をされたが、要するに湧水量が多かった場合に、トンネル断面の設計に戻る可能性があるので、そこはどう考えているか。つまり、これはつくりだしてからというのは難しいものだから、リスクだ、リスクだと言っていないで、あらかじめそれを盛り込んだような設計をしておかないとまずいのではないか。

それからもう一つは補修の話。これ補修はどうやるのだろうと。これは20キロのトンネルにアクセス道路から入って行くということだが、どの程度の損傷状態かということにもよるが、もう一回グラウトをやるなり何なりいろいろ対策を講ずるということになったときに、このスペースでできるのかという話。補修も考えたらその分のスペースもあらかじめ設計に組み込む。つまり本体を多少節約したところでたいしたことはないので、それよりも安全とか絶対に人が死なないようにというようなことふうなものを考えなければならないが、そここのところが大丈夫かなという気が非常にしている。

つまり、今水の話と、それから補修の場合の話ということを言った。それから常時微動の話というのは決定的だが、これは実験のほうに影響するので、この緑色の参考の3の、4の30ページに地図があるが、それは別として、先ほどお話いただいた資料2の、宮原参考人が説明するまでいかなかったところの後ろのほう、43ページに常時微動の絵が書いてあって、測定場所と書いてある。茨城とか兵庫とか全く関係ないので、この岩手と書いてある江刺だろうか、読み方は分からないが、それから福岡の三瀬とかいうのは、青い本の4の30、31ページの地図のどこか、ということを知りたい。補修の話と水の話と、それから今の常時微動の話。

宮原参考人：まず水に関する話だが。私どもが現在想定している湧水量の推定を何に基づいてやっているかという、土木学会の標準値を2倍にした。安全率2をファクターとしている。そんなことで、現在までに行われてきた地質調査の結果、専門の地質コンサルタントの報告によると、土木学会が推奨している標準値よりも湧水量は極めて少ないのではないかという現在の調査段階での報告が来ている。

それから、常時微動の測定については、2つとも、2つの候補サイトの近傍にあり、実際にこの常時微動というのは、調査坑がなければ測定できない。この常時微動の測定値については、福岡と岩手は両候補サイトと思われるところの近傍のデータを使っている。

望月委員：穴を掘ったのか。どこかに穴があった。

参考人随行者：三瀬トンネルがある。峠のところ。そのトンネルから入ったところに横坑があり、そこに設置したもの。それで夜間と、交通振動も含めて夜間と昼間の振動を調査した。江刺のほうは水沢江刺の、ルートでいくと、中心よりは北のほうに位置しているが、いわゆる水沢江刺の江刺に該当するところで、それは深いトンネルのところ。潮汐を測っている。

参考人随行者：天文台の潮汐観測所のある場所で、山肌に深いトンネルが掘ってあるところ。

望月委員：潮汐。

参考人随行者：潮、潮の満ち引きの潮。

望月委員：それを山の中でやっている。

参考人随行者：三陸の沖の海のレベルを山の中で測れる微動、それが地上から数十メートルぐらい下だと思うが、その真下100メートルのところにちょうどトンネルがあるので、ちょうどいい中間点というか、より厳しい測定と言っているだろう。地質、岩盤的にも同じ花崗岩の場所で、ILCのトンネルを代表するには適した場所だと思う。

嘉門副委員長：私のほうから、関連して主トンネル、メインライナックトンネルの断面が計画変更で縮小されたということだが、それでTDRのベースラインのときの、宮原参考人の資料15ページの断面が今回縮小されたということかもしれないが、とにかく空間断面が極めて窮屈。それで、右側がビームラインで左が高周波装置系という説明があつて、遮水壁が高周波からの放射能をプロテクトするために必要だという説明だったが、それはそうかもしれないものの、このビームラインの側の加速器のスペースと、その加速器を搬入するのに、

この絵の 3.5 メーターと書いてあるその左側に台車が付いて運んで転回するようになって
いる。その上のブルーの部分がリターンメインライナックということだろうか。リングのほ
うから来たビームが 10 キロぐらい行って回ってくるライン。それで、このブルーのほうの
ダンピングリングから来るほうは、加速しなくてもいいのか。

道園参考人：加速しない。

嘉門副委員長：しない、そのまま、真空中を走る。真空をしたパイプをセットする。

道園参考人：はい。真空パイプがあって、途中要所要所に磁石があって、そこでちゃんと真
ん中を通るような調整をする。

嘉門副委員長：調整をしながら。

道園参考人：基本的には加速装置はない。

嘉門副委員長：端まで送って、ぐるっと回ってこの 8,000 個の加速器で加速してる。そうい
う意味だろうか。この前の説明では加速器が故障しても、少々故障しても、そこは使わない
ようにして、生きているだけのものでどんどんやるという、そういう説明だった。しかしな
がら、あまりにもスペース、クリアランスが狭くて、人がほとんど立っているぐらいのス
ペースしかないため、何かことがあったときにこの両サイドに人が入る、高周波装置のほうは
入らないだろうか。

宮原参考人：今の絵は、搬送中の台車がダブルになっている。

嘉門副委員長：実際に見たら空間があって大丈夫と。一回入れたら二度と動かさない。

参考人随行者：いや、故障した場合に取り出せるというスペースは確保している。常時は空
いているということ。

嘉門副委員長：それで、後から配られた資料 2 の追加の部分で、放射線安全設計として計画
の中で、この立坑とこの斜坑の絵が描いてあって非常に分かりやすい。これは 5 キロごと
にこの斜坑がアクセスすることになっているので、ここの斜坑とメインライナックの部分
には、何かアクセスのための大きなスペースをつくられることになると思う。しかしながら、
5 キロ間は全く厳しいクリアランスの中で作業をするということになる。例えば台車にして
も、その 5 キロ間だけ動くようでないと、全然他の作業が進まないということになるが、こ

れは建設期間が、準備期間が4年で設置期間が6年か。

参考人随行者：9年。

嘉門副委員長：トータル13年。その9年のうちにこの斜坑5つ、立坑2つを用意ドンでやり始めるのか、計画では。それとも。

宮原参考人：一斉にやるというスキームを現在は想定している。

嘉門副委員長：今の計画では。それで9年で加速器の搬入据付を含めて設置できるという感じか。

宮原参考人：そう。

嘉門副委員長：用意ドンでやったら多分9年でできないことはないかというふうに思うが、そういうことが実際起こり得るというイメージがでなかったので、とても難しいかなと思う。この図は、メインライナックと衝突する空間の部分については分かるが、ダンピングリングも、これは結構3キロあるんだろうか、それとこの陽子源あるいは陽電子源からの、そこへ、ダンピングリングのほうへ行くトンネルとか、そのことはどこからするのかというと、これはできてからそこへ行くとなると、これまた1年や2年では済まない話なので、このメインライナックのラインについてという、センターの部分についてはいろいろ説明は聞くが、関連の周辺の話が一つもない。これはその間で、9年の間で調整するという、そういうことで理解しろという、そういう説明と聞いたらいいのか。

参考人随行者：ちょっと補足してもよろしいか。このトンネルのクロスセクション、断面積は相当検討が深く行われており、それからもう一つは、宮原さんが最初に紹介した CERN の LHC 計画、これ周長 27 キロある。この場合のトンネルのほうが、私たちのこの設計条件よりもさらに厳しい。そういうところでどういう実績があるかというと、27 キロのトンネルに 3,000 台から 4,000 台の大きな磁石を搬入するのに、一つのピットから 2 年間で全部入れている。それはものすごく搬入の道具とか、いろんな工夫があり、経験を踏まえた工夫があり行っているというこういう実績があって、一方でコスト的にはできる限りやっばり抑えなければいけないということがあったときに、そういったことを参考にすると、私としてはそこら辺のそういった経験も勉強しながら、搬入台数はものすごく増えてきており、一方にするのに入れるときだけ横に動かすような素晴らしい装置がつくれるので、そういうことを行くと、現在の私たちの 4 つのアクセスポイントから 2 年間ぐらいの中で装置を搬入する。トンネルはもちろん同時にいくが、その後の後半の 4 年ぐらいの間には入れ

込んでいかなきゃいけない。それはできるというのが、国際的な協力の中での皆さんからの知恵と合意事項になっており、私たちもそれはできると言わざるを得ない。それから、もちろん真ん中だけの理想的なところでは駄目。今おっしゃったようにダンピングリングから来るところとか、そういうところがある。これはもちろん、トンネルのところは、そこはそこできちんとした必要なスペースが広く取られているようになっている。搬入するところの、入り口のところも広く取られるようになっており、ここで非常に代表的なところだけ、一番厳しいところだけお見せするというように理解いただきたい。

嘉門副委員長：だから 16 ページのこの検出器ホール、立坑アクセス変更設計のところでも、これだけでは到底できそうにないと思うが、いろいろな経路が、トンネル空間は設定した上でそれに対応する、そういう理解でよろしいか。

参考人随行者：おっしゃるとおり。

嘉門副委員長：だから構造的にはそういう話だが、地震の話とか水の話にしても、サイトが決まらなないと何ともいえない。ある程度余裕を見て設計するしかないと思うが、特にこの水平性が要求される、精密性が要求される装置であり、格納する容器としてのトンネルの精密度を高めないといけない。特に水が来たらいけないので、こんなに水平なトンネルは日本にはないから、つくるにしても水の処理が大変だと思う。そういうことからすれば、相当予算的にも余裕がないとできないだろうというのは想定できるため、先ほど矢島参考人から示唆というふうに検討すべきことはいろいろ指摘していただいたが、確かにそのとおりで、やらないといけないかなあと思った。

それで、4 の追加資料 2 の自然由来の重金属の対応の図面があるが、せっかくの説明で近隣で有効利用するという、その知恵を出そうということなのだが、これはこれまでの日本の地下空間、掘削事業、トンネル事業で、自然由来の重金属が出てきたときの有効利用の知恵は、実はほとんどない。これは普通の掘削ずりの処理費用の 10 倍から 20 倍のコストをかけて処理しているというのが現状。これをもうちょっと安くしようという土対法の改正が近々でることになっているが、しかしながらご承知の岩手県のエリアでは、東北新幹線の八甲田トンネルは 6 工区の中の 5 工区で、基準値以上の重金属を含む掘削ずりが出た。これの分は上積みしておかないといけないだろうというのは十分予想できる。そういうことからすると、この処理費用をどこまで組み込むかは別にしても、やはりそれに対するリスクというのは非常に大きいので、コストアップについて地元への説明も含めて十分にやっておかないと。場合によっては、これだけでトンネル工事の本体工事の半額ぐらいまで掛かってしまうこともあるから、そのところも十分注意が必要かと思う。

近久参考人：いろいろ質問いただき、後でまとめて説明する機会があると思う。しかし、今、

嘉門先生が指摘された件に関して、少し誤解を呼ぶような説明になっていたので、私の方から補足させて貰う。掘削残土の有効利用の説明は、重金属が含まれる部分を使うことはない。掘削残土の中から使えるものは、ある程度有効的に（現場で使うコンクリート骨材や工事基地の建設などに）使いたいということ。特に、北上サイトの北側には、鉱山跡地もあるため、重金属を含んでいる可能性があり、（今後の調査が必要だが、嘉門先生のご指摘のように）東北新幹線の八甲田トンネルの建設時のように、基本的に“管理土捨て”になる可能性は高いと考えている。ただ、土木学会では ILC 計画予定地域も含めた新幹線、道路および地下発電所を経験してきている専門技術者が長年（10 年強）集まって、各自の情報や知識を持ち寄って議論をしてきた。しかし、（建設地点や対象地質に大きく依存する地下空間建設だが）サイトを特定にしないことを前提に議論していた。そういう意味で、（後の議論に誤解を与えるような内容にならないようにしてきたつもりだが、現時点で読み返すと）議論や報告書の内容に、ちょっとした行き違いや齟齬の違いを感じるような記述も少し残っているなということを感じている。

もう一つ、先ほどの質問の中で、（地下空洞建設に伴う）湧水と補修と耐震設計の安全審査に関しては、後で、まとめて返答させていただくことになると思うが、一つだけ（説明内容を修正するために）補足説明するが、土木学会の ILC に関するガイドラインでは、先ほどの説明のように、日本国における地下大空洞（地下発電所や地下のエネルギー備蓄基地など）に関して、本格的に耐震設計した事例はない。しかしながら、大規模地下空洞となる ILC 施設は耐震設計を実施した方が良いと考えている。この時、（委員から質問のあった安全審査の方法に関して）国内で唯一本格的な安全審査（建築評定）を受けた岩盤地下空洞（高山祭りミュージアム）の事例が参考になる。この事例では、旧建築基準法の 38 条認定を受けて、構造と防災に関する安全審査が実施され、その審査過程と結果が、その後の岩盤地下空洞の耐震設計に関する建築基準法のクライテリアの一つとすると主務官庁から言われていた。ここでは、建設・開発の許認可を実施する県の主事の指導によって、外部審査委員と事業主体と計画設計者からなる建築評定委員会が設置され、岩盤地下空洞の安全性の審査が実施された。いわゆる常時、一般人が入場する岩盤空洞の防災と構造（特に、耐震設計）の安全性に関する（それ以降の地下空間の指針になるような）判定基準になり、それをたたき台にしてその後の建築評定が進められることになっている。今回計画されている ILC 計画地下空洞も、いわゆる旧建築基準法の 38 条認定の適用を受けたような形式で安全審査が成されることになると考えている。

委員からの質問に関する返答のために質問する。質問の中にあった、2 つの項目に対する補修とは、何に対しての補修かお聞きしたい。もう一つ、質問の中で、規則やスペックがしっかりしていないと指摘しておられたが、そのご指摘は、（地下空洞建設の専門家としての）私どもも痛感している。こうした規則不足や情報不足ながら、（KEK からの依頼を受けて）欧米日の誘致合戦に参加して、（地層が複雑で地震の多い）日本にも ILC 計画に相応しいサイトがあることを説得する資料を作ってきた。この間、日本の地質の専門家にも参加して貰

い、最適サイトを 10, 4, 2 カ所と絞り込んでいく過程で、欧米の科学者にも納得して貰い、最終的に、ILC 施設建設は日本が最適であるという評価につながったと考えている。この意味で、当該地域で、トンネルや地下空洞を掘削することは心配していません。例えば、東北サイトであっても東北地方太平洋沖地震（2011 年 3 月 11 日）時にいろいろな調査に入っただが、トンネルや地下備蓄基地などの地下空洞に関しては、大きな事故は発生していなかった。このため、現在想定されている堅固な花崗岩体の内部に建設される ILC 地下空洞は、東北地方太平洋沖地震クラスの地震動でも安定しているような設計が可能であると考えています。しかし、大空洞となるディテクターホールの地震時の安定性をどのような支保形式や規模によって確保するかということに関しては、先ほどのご指摘のようにしっかりとした第三者の委員会を設置して、入念に安全審査を実施する必要があると考えている。

望月委員：今のホールのほうはまさにそういうこと。トンネルのほうはあまりないだろうと思うが、ただ中の欠陥が結構出てきていて、昔の矢板工法だったら当然出てくるが、NATM 工法でも最近出てきている。それは何が出るかというところは言えない。それから、地質がいいと思っていても、実際掘ってみないと分からないところが当然あるわけなので。僕は聞いた話なので、本当かどうか分からないが、スーパーカミオカンデでも水でトラブルが出たということを伺っている。これは工事中の話だが、供用した後になって、補修もできないということでは、何をやってたのか分からなくなってしまうので、そのためのスペースぐらいは想定しながらやっておかないと。

近久参考人：嘉門先生と同じご指摘ですね。“（情報の少ない）計画時点で施設や空間をぎちぎちやりすぎて（限界まで絞り込んで、余裕がなくなってしまうと）、何か起こったときの対処が、難しくなったり手間取ることになり、結果として高価な対応になってしまう”という指摘は、（事前予想が想定し難く、何か起こるか分からないトンネル工事なので）、実際に対応する担当者にとっては非常に有り難いお言葉。ただ、今回の説明や図面には仮設関係の施設は全く入っていないが、工事の実施段階では、（トンネルや空洞周辺）いろいろな付属空洞や施設が必要になってくると思う。特に、（施工時に発生する変状の）補修や排水に関しては、地下水面下でのトンネル掘削になるので、湧水を放置しておくで掘削空洞全体が水没してしまうことになることを心配されて質問や指摘をされたと考えています。この意味で、青函トンネルや六甲トンネルなどの出水時の経験を踏まえて、さまざまな排水計画を立案している。しかし、経費を抑えるという意味で、事前に全線に渡って排水施設を設置するのではなく、掘削時遭遇した湧水箇所だけを効率よく排水しようとしているが、今回の説明には、そうした仮設施設を入れていなかった。このことを見られて湧水処理や崩落事故の対応を軽く考えているような印象を持たれたので、この程度の計画で、湧水対応は大丈夫かというような指摘につながったのではないかと思います。しかし、ガイドラインでは、六甲トンネルや青函トンネルなどの経験を踏まえて、設定した湧水（想定湧水量 1m³/min/km, 5m

3/min/箇所) に対して、対処できるような対策方法が望ましいとしており、実際の計画にも反映されているものと考えている。

中静幹事：環境から質問。国際標準でやられるというのはとてもいいことだと思うし、研究者が来られて、日本の自然を壊してつくったところで実験しているなんて思ってもらいたくないので、国際標準がいいんだと思うが、国際標準で環境を考えるというのは、どこまで考えていращやるのかというのが気になる。例えば、今日本のアセスメントは法的には国際的にかなり甘いアセスメントなので、どのくらいまで考えているか本当に気になっている。例えば壊したところを全部オフセットするというぐらいのところまで考えているのかとか。それから、そういう意味で LHC とか今までつくられたもので、国際基準で環境的に問題になったところをどこまで把握されているのかとか。それから、例えば日本の法律でも、最近法アセスでは特に複数案を住民に開示をして、そこから住民の意見を聞きながら、複数の案から選ぶというのが望ましいというかたちになっている。また、地下空洞に関してはアセスにかからないということですが、国際標準でやるとおっしゃっていることからすると、環境面も含めたそういう複数案の提示みたいなものが本当に可能なのかどうか。

それから、あとは、もし皆さんが居住される場所、50 ヘクタールぐらいでそれはアセスにかかるかもしれないとおっしゃっていたが、もう一つ道路をどのくらいつくるかがやっぱりかなりかかってくると思う。それはどれぐらい計算されているのかというのがすごく気になった。それから猛禽類なども調べていただいているが、これは本当にどの程度調べられているのか。例えば EADAS でチェックした程度なのか、それとも今までのいろんなデータなんかも合わせてきちんと現地調査までされたのかというのも気になるところ。

それから、あとは景観的なところというのはどのくらい考えていращやるのかという点も気になる。

近久参考人：簡単に返答を。まず、アセスに関しては、海外はすごいという説明があったが、国内のほうが厳しい箇所も多く有る。特に、法律上は先ほど、環境対策は坑口とキャンパスだけで良いという説明があった。しかし、今回のように事業主体の敷地だけでなく、民地などの下にもトンネルを建設する場合、一般の法令に定められている項目以外にも、地元説明やコンセンサス作りのためにさまざまなアセスを実施することになる。そして、結論としては、今回の ILC 施設は、新幹線や高速道路などと、同じような方法で実施することになると考えている。例えば、九州新幹線などでは、トンネル掘削前後に植生や水源の変化などが発生したため、その対応に多くの時間と費用が掛かることになった。この意味で、ILC の施設建設の計画や設計に対して高速道路や新幹線のトンネル建設に関わっている専門技術者に入ってもらって、ILC 計画における今後のアセスのあり方についても議論し、(ガイドラインの中に) まとめてもらっている。ただ、建設地点が決まらない段階で具体的に、詳細に議論をすることができなかったため、現地で具体的な調査はまだ実施されていないため、

一部先行してできるところだけを調査しているような状態。

中静幹事：私が聞きたいのは、そういうのもあるが、基本的にどこまで国際標準としてやるのか。例えば本当にオフセットみたいなことまで考えているのかとか、あるいは例えば複数案でちゃんと住民に示せるようなところまで考えているのかということ。

近久参考人：住民説明は、非常に重要で、当然最低限それは考えなければならない。しかし、建設地点を決められない段階で、さらに、費用的にもかなり抑えられている現時点で、最終的なオフセットを示して、地域住民と詳細な議論をすることは難しいと思う。現時点では、地元住民や組織体との協議の中で出てきた課題や問題点に対して、出来る範囲で丁寧に説明していくことしかできない。

中静幹事：例えばじゃあオフセットなんかはやるのか。

近久参考人：協議の中で出てくれば、それも取り込まなければならない項目が出るかもしれない。しかし、今回それほど対象になるような地域、例えば重要な何か（要望）というような事柄はまだ出ていない。

中静幹事：オフセットは重要なところじゃないところをミチゲーションするものだが。

近久参考人：はい、“重要な何か”という言葉は、地元協議の中で出てきた目的がはっきりした具体的な課題や指摘に対して、（必要に応じて、丁寧に）対応することになるという意味で説明に使った。

中静幹事：あとは、土捨て場みたいなところをどういうふうに配慮するかとか。

宮原参考人：ちょっと補足させていただく。大変重要な視点を指摘されているので、全く共感する。一つは、国際的な標準という話があったが、先ほどから説明している CERN だが、CERN は工事で発生した発生土、土砂を、どこかに処分に行くとかそういうことは全くやっていない。きちんと管理できる場所、ゾーンを決めて、自分たちの管理の下でそこは、土地を購入したかどうかは私は知らないが、CERN の管理地としてそこには送電線が延々とあって、一般の人は立ち入れないような、そういう施策をやっている。例えば現場から出る、あるいは供用後も出る排水なんかは、一定の貯水槽にためて、水質のチェックをやっている。それから、工事中の仮設のビルディングにしても、当時非常に高い搬入棟が必要だったが、完成後は高さをつぶして、お金をかけて、景観のためにつぶすと、そういうようなことも住民との間できちっとした協約、協定を結んでやっている。そういう、世界の加速器の中で先

進的な事例があるので、それも一つ大きな参考にしながら、国内の法基準を守るのは当然であり、それにプラスアルファで国際的な水準に近づけたい、そういうポリシーでいる。

参考人随行者：一個補正させていただきたい。地下トンネルは本当に地盤の良いところ、いろんな先ほどの活断層もあったが、そこをまず選ぶ。ただ、これは地上の景観とは直接は関係しない。今一番皆さんが心配しなきゃいけない、私たちが心配しなきゃいけないのは、地上に出てきた坑口というかアクセストンネルが出てきたところ。これは逆にいうとかなりの自由度がある。だから当然今そういったことも私たちの先輩にあたる CERN の方々と協力をして、プログラミングも開発しながら、地上の条件も全部入れたデータでどこに出せば一番皆さんに迷惑がかからないか、ないしは景観を含めたかたちで一番いい点が取れるかという、今アクセス点が5カ所ぐらいあるが、そういったものは一点位置が決まると、ある範囲内で自由度があるため、斜面を選んで、斜面を三角に削れば景観を損なわずに地上の設備を置けるとか、これ全てこれまで大きな国際協力の加速器の中では経験されているということで、住民と非常に時間をかけてしっかりと相談をして同意を得たことによってうまくいっているという実績が世界的にある。そういったことを勉強させていただくことによって、私たちは今回の場合も対応が可能じゃないかなと考えているがいかがか。

中静幹事：ぜひそういうふうにしてもらいたい、例えば今問題になっているリニアモーターカーの話でも、土捨て場をどこにつくるか、住民問題が大きくなっている、そういうことを起こさないような配慮が必要だと思う。

参考人随行者：土捨て場に関しても実は調査をやっており、候補箇所と、それからここだったならこれぐらいの立米というのも、現地での調査ではやっています。それが必要であればお示します。

中静幹事：量もそうだが、そういう土捨て場が基本的にどういうふうにされるか。

参考人随行者：囲ってという。

中静幹事：囲ってというよりは、それはその場所を壊すわけだから、その場所の壊した生態系をどうするかということ。

田中委員：今の件に関連して、CERN の例として、ずりの処理を非常にうまくやっているとされていたが、イメージがわからない。写真でいうと、このサイト、円の中で処理しているのか。例えば近隣でうまく使っていると言われたが、どういうふうな、送電線の下のかさ上げに使っているのか。よく分からないが、ここで見えるエリアの中に入っているのか。ど

の辺になるのか。

参考人随行者：私のほうから。こちらのほうが分かりやすいかもしれない、図なので。これ今アトラスと書いてある場所がある。それからこの真ん中にプレバッサンという名前の付いたサイトがあり、その間というのは、実は CERN のほうで無償で貸与を受けた土地がある。そこに大きな送電線も走っているが、そこに大きな土砂を蓄積して活用している。なおかつ、活用できるところは牧草地にまでして、住民の農民の方々に提供して使っていただくというような、非常に丁寧な対応をしている。

田中委員：先ほど私の理解では、嘉門副委員長がちょっと誤解したのかなと思って聞いていたが、薄くなった 1.5 メートルの遮蔽体、最初の 3.5 メートルの時は、運転時に人が入るので、これはすごく理解しやすかった。これを人が入らないようにして 1.5 メートルに縮めた。それでトータルのトンネルのクロスセクションを小さくする努力をされているわけだが、その 1.5 メートルの遮蔽厚が必要なのは、先ほどトンネルの加速管のほうから出てくる放射線をシールドするというふうに言っていたが、そうなのか。

道園参考人：3.5 メートルのときには、ビーム運転中も中に入ることができた。1.5 メートルのときには、ビーム運転中は入れない。だけど、加速器、高周波を投入したときには入れる、そういう状態。つまりビームを出さない状態。ビームを出さない状態で、空洞に電界を立てただけであれば大丈夫。

参考人随行者：もう少し分かりやすく説明すると、加速器は順番に立ち上げていく。加速のビームが通るところはもちろんあるが、もう一つはこういう超伝導高周波の加速器の場合は、一つ一つのクライオモジュールという低温の機器に高周波を投入しながらチューニングしていく、いわばハードウェアコミッショニングの段階がある。そうすると、その時点で X 線が出る。その段階による X 線をきちんと止められる、そのサイズが立ち上げのときにはどうしても人が近くに行つてしょっちゅう手当てをしないとイケないんじゃないかということで、それに対する安全を考えると 1.5 というのが、これだったら大丈夫という線が出た。それに対して 3.5 のときは、ずっとビームが出ていてもいつでも人が行つてメンテナンスできるというのをやったが、これは世界的にも、やっぱりこれも CERN の例にあり、European XFEL の問題にもなるが、ビームが出ているときは、いっそリモートで調整するということまで持つて行かなければいけないし、それができているという実績があるので、そこは節約していいだろうと。だけど、最初の立ち上げの第一弾のビームが、加速器のビームが出る前に高周波だけをかけるときは、やっぱりたくさんの技術者、研究者の方々が近くの隣に行つて、高周波の電力機器を調整したりモニターを調整したりする必要があるだろうから、そのためには 1.5 メーターは確保しようということ。そこで人が入るとい

う、そういう 1.5 はやった。

田中委員：1.5 メートルの説明は非常にクリアに分かったが、確認したかった理由は、この 1.5 メートルと、トンネルの 30 センチの遮蔽の整合性。私が理解していたのは、30 センチの遮蔽で大丈夫という理由は、超伝導の定常的な運転では、そこで電子ビームのロス是非常に小さくて、逆にロスったら定常運転ができない。常伝導の加速システムだとエージングというのがあって、全く今言われたような設計加速勾配を得るためのエージングがあるので、電子ビームを運転する、運転しないにかかわらず X 線が出ちゃうから、どうしてもトンネルの壁厚は厚い。超伝導では、私の理解では、そういうプロセスがほとんどないから、電子ビームは順次立ち上げているときにも、超伝導のところで放電により生じた電子のロスが発生しないので、非常に薄くて良いという理解をしていた。トンネルの内の隔壁の 1.5 メートルと、トンネルの 30 センチの遮蔽が整合するかなと思って今お聞きした。

道園参考人：ロスが小さいというのは定常運転のとき。一番最初のビームチューニングのときは、もちろんビームのパルス幅を少なくするとかそういったことをやると思うが、定常運転のときとビームコミッショニングのときは若干異なる。

田中委員：もちろん。でもトータルとして重要なことは、30 センチの遮蔽で水の放射化をしないというその条件を満足するようなビームパラメータでしかオペレーションできないはず、いずれにしても。1.5 メートルの内側隔壁を設けていたとしても。われわれ（加速器スタッフ）はチューニングする側なので、いつも、そこは安全管理の人とやりあうものだが、そこには運転条件の縛りというのがある。今回の場合は、外側の 30 センチのほうで縛りが決まっているはずだから、いずれにしてもチューニングだって、その条件で十分安全サイドになるような運転しかできなくなってしまう。逆に言うとチューニングが大変だなと思う。その辺は大丈夫なのかなと思ってお聞きした。

極端なことを言うと、30 センチの外の遮蔽で持つのであれば、中の隔壁の厚さはもっと薄くもできるのかなとか思ったが、そんなことはないのか。ちょうどちゃんとバランスしているのか、その 1.5 メートルと 30 センチは。

参考人随行者：1.5 は短時間、人がそのすぐ横にいてもいいレベルに抑えなさい、というところから決まっている。30 センチのほうは、それは外側に対して残留放射能が残らないとか、そういうことを考えておけばいいはず。だから、そういうふうに切り分けていただけると理解できるのかなと。それからもちろんビームコミッショニングのときに多く出ることが期待できるところは、ローカルで遮蔽するということはあらかじめシミュレーションでよく分かるので、そこは直接的にちゃんとさらに検討するということもこの間ご報告あったかと思う。

家委員：聞きたいことはたくさんあるが、1つだけに絞る。宮原参考人の資料の42ページ、常時微動の話だが、ここにグラフがあり、幾つかの実測例と許容、赤線が許容限界ということか。これを見ると0.1ヘルツか1ヘルツぐらい、際どいところだが、これは10キロ全体にわたってこれをクリアしていくことが必須であると。それとも最後の衝突直前に絞るところ。このフィードバックでどこまで補正できるのかというのが。

参考人随行者：これは実は ILC になる前から散々のテーマで、詳細に検討されている。幾つか地盤変動の、地盤振動のモデルとかいうのがある。ここに載せている図の左側にそのトレランスが書いてある、レベルが。このレベルは、最後のフォーカスするところと、それからライナック全体と両方入っている。それぞれでフィードバックのやり方が違うのだが、それはフィードバックを仮定している。何もフィードバックしなければそもそも全然運転はできない。フィードバックはずっと入っていると。そうすると、例えば今の筑波の KEK の場所では駄目だという結論が出る。しかし例えばそこに実際に測定してある場所では大丈夫だろうという、そういう結論になる。

家委員：これはアクティブ・フィードバックで、除振台とかそういうことでは。

参考人随行者：基本的にはフィードバック。測定とフィードバックシステムで。ビームのフィードバック。振動を、地面の振動を検知してフィードバックをかけるのではなくて、ビームを検知してフィードバックをかける。

家委員：それは理解している。一つ前のバンチでかけるということ。

参考人随行者：はい。あるいは一つ前のパルス。

家委員：別個にあるデータは、本当の現場ではまだ測定できていないと、こんなものだと。

参考人随行者：本当の現場に近い地表ではもっとたくさんやっている。

(以降非公開審議)

議題2. その他

・次回は8月23日(木)に開催とし、技術的実現可能性、経済波及効果についてヒアリングを行っていくこととした。

(閉会)

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2回） 議事録（案）

日 時 : 平成 30 年 8 月 21 日（火）9：00～11:00
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） 上坂委員 梶田委員
小林委員 杉山委員 永江委員（スカイプ） 平野委員
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）
観山正見参考人（広島大学 学長室 特任教授）
千原由幸参考人（文部科学省 大臣官房審議官（研究振興局担当））
参考人随行者： 轟渉（文部科学省 研究振興局基礎研究振興課素粒子・原子核研究推進
室長）
事務局 : 犬塚参事官ほか

議題 1. 参考人ヒアリング

（1）文部科学省に設置された有識者会議の検討状況について（山内参考人、観山参考人、千原参考人）

山内参考人から文部科学省に設置された有識者会議がまとめた「ILC 計画の見直しを受けたこれまでの議論のまとめ」の「体制及びマネジメントの在り方の検証」のうち、「作業部会で聴取したこれまでの研究者コミュニティにおける検討の概要」について説明が行われた。

続いて、観山参考人から「体制及びマネジメントの在り方の検証」の残りの項目について説明が行われた。

続いて、千原参考人から、「国際協力、大型加速器施設の事例、議論のまとめ」について説明が行われた。

その後、次の通り意見交換が行われた。

家委員長：66 ページの ME と書いてあるのは M5 か。

参考人随行者：M5 の間違い。

杉山委員：確認だが、研究所の規模が 830 人とあり、関係従事者が 2,000 人ぐらいと書いてある感じだったと思うが、その辺りはどういう関係にあるか。

山内参考人：研究所職員というのは 830 人規模で、それに加えて各国の研究者が建設ある

いは研究のために集まるので、それを加えると、先ほど申し上げたような大きな数字になる。

杉山委員：職員というのは、事務職員も含むか。

山内参考人：そうだ。

平野委員：このような非常に長期にわたる巨大プロジェクトを遂行するためには、私は国際的な確固たる条約レベルの合意が必須だと思う。もちろん、今日の議論にはあまりなかったが、国民的合意であるとか、この分野以外の科学者コミュニティの合意も必要である。国際協定が必要であるという観点から、今特に、観山先生や千原審議官がそういうことを強調されていたのは、私も同意するところである。山内先生に伺いたいのは、そういう観点において、現時点で縛りのある確固たる国際条約を締結するというコンセンサスは、欧州、アメリカ、日本だけではなくて、外国の科学者コミュニティの観点でどの程度共有されているものなのか。特に、経費分担に関してある程度の合意がされているのかということがお伺いしたいのが1点目。

2点目は、500GeV から 250GeV に見直しがなされた去年の報告では、XFEL や FAIR の例を出して、ホスト国が 50%以上というような例を出されて、あたかも日本がこのくらいを分担するというようなことを匂わせているが、なぜ日本が 50%以上負担する必要があるのか。例えば XFEL や FAIR と、ILC 計画とでは、1 桁経費が違う。規模が全く違うにもかかわらず、XFEL や FAIR を例に出して、日本は 50%を負担するんだというような言い方をなぜされているのかということ。

3点目は、ITER などの例でもあったが、ホスト国が 50%以上負担したときに、権限が集中しすぎて不都合が生じるのではないか。30 年間の長期にわたって運営するようなプロジェクトなので、何が起こるか分からない。お金の話になるが、私は量研なので ITER 機構の運営に関与しているが、例えば ITER は、長期にわたるプロジェクトで、もう始まって 10 年、全部で 30 年から 40 年かかるプロジェクトだが、脱退が不可能な、たとえ途中で脱退しても分担金や調達機器に対する責任は残るというような縛りのある協定になっている。

ITER の例で非常に痛い経験は、当初の必要経費が、時間が経過するとともにだんだん高騰していったところである。それでも何とか ITER が今動いているのは、ホスト国の権限、一国ではなく極であるが、欧州にあまり権限が集中しないような仕組み、つまり、欧州の極の負担は 50%以下の四十何%に抑えていたから持っている。もしもこれを欧州がもっと負担していたら、経済的に行き詰まった可能性がある。

この 3 点、①国際条約について、どの程度コンセンサスがあるのか、②なぜ日本が 50%負担するというのを自ら提案されているのか、それから、③権限が集中することの弊害。

その辺をどのように考えているのか。

山内参考人：今の3点についてご説明したい。まず1点目、私共はこのリニアコライダーができたときに、どういった運営をしていこうかと長い時間をかけて議論し、**Project Implementation Planning** というのを2015年に文書にまとめている。これは非常に広範囲な、このリニアコライダーを進めたいと考えている関連する研究者の合意というべきものだが、この中では非常に幅広く研究者の意見として、条約ベースでしっかりしたものにしようじゃないかということ述べている。

平野委員：日本だけではなく、国際的にはいかがか。

山内参考人：国際で。ただし、政府のご了解というところまではやっていない。従って、これは研究者の決議であるという段階にとどまると申し上げるべきものなので、現在の段階では、政府を交えて「条約等が必要だが、どうか」という話はされていない。

それから2点目、なぜ半分出すのかという点だが、これは幾ら出すかというのは研究者レベルで決めるものだと私共は思っておらず、きちんとした政府間交渉の段階でもって出てくるものだと思っているが、ガイドラインとして次のように考えている。

加速器そのものも非常に高価だが、それに加えてインフラ的なもの、例えば加速器のトンネルや、道、周辺の設備などが必要になるが、これをどう考えるか。基本的な考え方として私共が今概ね合意しているのは、基本的にはインフラはホスト国が造るのが妥当だろうということ。もちろんインフラなので、その国に固有のものになるので、ほとんどの場合はそれを実施する工事もホスト国の会社が請け負うということになろうと思うので、それはホスト国が持つのがいいのではないか。一方、加速器そのものは、ホストがどこであろうと、自分たちの技術があって自分たちの貢献をするという意欲を持って世界中から持ち寄ると、こういう考え方が良いのではないかと思っている。

それで勘定すると、非常に大ざっぱだが、500GeVの時代にはこれが50%になると、全額に対してホスト国の負担が50%になるということだった。これが250GeVにエネルギーを少し下げたときにわれわれは変わって、50よりもう少し大きくなった。もう少し大きくなったというのをあまりあからさまに言うのは品がないのではないかという議論があり、例えばXFELはこうで、それからFAIRではこうだったというような、それに近い数字を扱っている例を挙げて、「こういう考え方はどうか」ということを国際研究者コミュニティから声明を出させた。

3点目については再度質問を確認したい。

平野委員：ホスト国の分担割合が増えて権限が集中することの弊害について。長期にわたる観点からいかがか。

山内参考人：ご指摘のとおり、長期的にはホスト国が例えば半分以上出すということになると、さまざまな問題が起こってくる可能性があると思うが、それに関してはきちんとしたルールを作るとか他の手立てがいろいろあるのではなかろうかと思う。

平野委員：例えば、どのようなルールか。

山内参考人：私共で、規模はずっと小さいが、私共の研究の分野では非常に大きな測定器——といってもオーダーとしては 100 億円の規模なので ILC と比べたら小さいが、こういったものを造るということは何度もやっている。そういったときも国際協力で造るが、様々な要因があって、ホストの負担分が半分以上を超えるということは少なくない。そういったときに、どうするかということも、「お互いにこういうふうにやっていこう」というきちんとしたルールを作ることによって、特に半分以上出したからといって問題になることがないような対策を取れてきている。その 100 億円でできたことが何千億円でできるかという懸念というのはあるが、基本的にはやれると思っている。

家委員長：限られた時間でいろんな観点からの議論をしたいので、質疑はできるだけ簡潔にお願いしたい。

米田副委員長：単純なことを教えていただきたいのだが、私は KEK さんの研究施設をホームページで見ると、多様な研究をされていると感じる。先ほどの話にあったが、この ILC の実験はすごくシンプルなんじゃないかと思う。このシンプルな電子と陽電子をぶつける実験をすることによって、そこから多様な研究が生まれるというのが私にはよく理解できない。例えば、KEK が今やっている研究の中から多様なものが生まれるというロジックは「そうだな」と思うが、このシンプルな実験機械で、新たな研究分野がどんどん生まれてくるのがよく理解できない。

また、同一の加速器を大量につなぐわけで、構造的にも割とシンプルなんじゃないかと思える。経済波及効果の産業分野で「地域の産業にたくさん応用できる」というような話が載っているのも分からないので教えてほしい。

山内参考人：まず多様性に関して、電子、陽電子というのをぶつけると、様々な種類の反応が起き、その中にはわれわれがまだ知らないような反応が幾つも起きる可能性がある。私共はヒッグス、ヒッグスというのを何度もお伝えしたので、これまで「ヒッグスしかできない」という印象を与えていたかもしれないが、それは非常に重要で象徴的なこととして「ヒッグス粒子に関してこういった測定ができる」ということをお伝えしているのであり、他のことが一切できないということでは全然ない。

米田副委員長：そういう意味ではない。

山内参考人：例えば、私共は今 B ファクトリーというのを KEK で運転している。ここも基本的にはエネルギーが低いが、電子、陽電子をぶつけている。そこである狙っている物理をやるが、実はこの狙っている物理以外にもたくさんの現象が起きて、その中には非常に重要なこともあれば、割とよく分かっていることを確認したということもある。同じように、非常にたくさんのことがやはりリニアコライダーからも出てくると思う。

したがって、対象分野は素粒子物理学とある種の原子核物理学に限定はされるが、その中で多様性というのはかなり実は広い。多分お約束して大丈夫だと思うが、年間何百というものが出る。だから、本当にわれわれがやりたいと思っているヒッグス以外にもたくさんの成果がある。

小林委員：今の部分と少し関係するが、基本的にこのコライダーの案件については、その実施を正当化する根拠というのは科学的な観点であるという理解でよろしいか。

山内参考人：そうだ。

小林委員：つまり、何か産業的な形のご利益があるとか、そういう SSC のような言い方はせず、基本的には科学的な価値の点から必要であるということか。それと、65 ページの説明の所で 4 段階のステップの説明の際に、各国政府了解の下というのがファーストステップと言っていて、これがなければ、次のところに行かないと。その次のところでは、経費の負担など様々なことが提案されているが、ファーストステップの段階でどのくらいのところまで見通すようなイメージで考えているのか。逆に言うと、千原審議官はファーストステップのところに入るためにはアカデミー、要するに各国のアカデミアの合意などの条件が整わないと動かないというふうに言っていたように聞こえた。そうすると、これは堂々巡りになっている。どこから手を付けるということをお考えなのか。

山内参考人：65 ページの下から 4 行目に、「各国政府了解の下」と一言書いてあるが、私共がぜひともお願いしたいのは、まず「進めるという方針で行く」ということを政府に言っていただきたい。これがまず了解になる前。それに引き続き、各国の研究者がそれぞれの政府との具体的な交渉に入る。それと並行して、政府間交渉というのも始まる。このようなさまざまな手続きを経て、時間がどれぐらいかかるかは私にはよく分からないが、年のオーダーはかかると思うが、その後に各国政府が「じゃあ、始めよう」ということになるのが、この了解だと思う。なので、堂々巡りのフェーズは、多分日本政府がそういう方針であると言っただけならば、落ち着くと思う。

家委員長：今の状況でとにかく「日本はやります」と宣言してほしいということか。

山内参考人：「やる用意があります」という。

家委員長：「やる用意があります」というのは、どういうことを是認していることになるのか。

山内参考人：日本が主導して、イニシアチブを取って各国との交渉を始めるという意味。

千原参考人：先ほど学術会議の前回の回答を少し紹介したが、15 ページの最後の丸で、学術の立場から見解を取りまとめることによって、政府における最終的判断に資する用意があると。私共が学術会議にお願いをしているのは、審議事項としていろいろな科学的、学術コミュニティの中の受け止め等様々な審議をお願いしている。どういうことであれば例えば日本政府は各国と交渉をスタートしていいのか、あるいは、しないのか、そういった政府としての判断をするために、まさに日本の科学コミュニティの代表機関である学術会議のから回答をいただいて、それを受けて日本政府としてどうしていくかというのを考えるというフェーズだと考えている。

なので、回答によって、本当にやりなさいということであれば、日本としてその予算をどう立てて、負担割合をどうするのか、国際的な交渉をどうするのか等について各国と議論をスタートするということになる。予断をもって申し上げられない状況ではあるが、重要なステップとして学術会議の見解をいただきたいという状況である。

家委員長：前回の回答に関わった者として申し上げると、前回の回答で科学的意義は素粒子物理学としてあるということは認めるにしても、実施に当たって様々な懸念材料があるということを文科省に回答した。それに対して、有識者会議でいろいろ議論はしていただいたと思うが、この有識者会議の報告を見ても懸念の基本的なところはあまり解消されていないなと感じる。この段階でわれわれの委員会としてどういう判断ができるかというのは、なかなか難しいという感じを持っている。

観山参考人：小林先生が言われた「堂々巡り」は、まさにご指摘の通り。われわれの経験した ALMA 計画は約全体で 1,500 億円ぐらいと随分小さいが、結局ほとんど 3 極でやったので、どこかがやると言ってくれないというジレンマがずっと続いた。1 つの国だけでできるならば簡単な話だが、国際協力事業はそういうものだ。例えばマスタープラン、ロードマップみたいなものもあるが、日本だけで決められないので、それは非常に本当にトートロジー的な道筋をたどることになる。

どこかの国が強い意志を示すとか、サイエンスのメリットがものすごく強いとか、そういうものを積み重ねていって進むもの。私の経験では推進側から「ここまでしなければ」とかという時間的なターゲットはいくつか出てくるが、それに各国の方針とかは付いてこれられないので、やっている関係者にとってはジレンマになるといことは、私はよく分かる。だから、例えば日本がやると言えば、すごい影響力があると思うが、そこまで行くのは、なかなか大変というのが現状。世界の中で、どこかで国レベルで集まって方針を決める所とか調整する所はないので、そうせざるを得ない状況。

有識者会議のメンバーの1人として、有識者会議は、前回学術会議から指摘された課題を解決するためにやったわけではなく、指摘された課題について深めた部分もあるし、ある部分是对応できる部分もあるのではということ、そういう意味では完全に回答をきれいに出したというわけではない。

家委員長：随分詳しい議論をしていただいたと思って、一部は非常にクリアになった部分もあるが、非常に根本的なところがなかなかもやもやとしているところが残るなというような印象。

サイエンスの意義としてお伺いしたいのは、前回ご説明をいただいて、ヒッグスの精密測定によって3つの道のどれかに見通しがつく可能性が高いということだった。素粒子物理学、高エネルギー物理学として、3つの道のそれぞれの場合に次はどういうことになるという見通しなのか。

山内参考人：サイエンスなので何が見えてもおかしくないし、様々なパラメータが見える。つまり、どういう重さに何が見えてくるのかということも分からないと、じゃあその次の一手は何かというのは正しくお答えできない。

家委員長：無理な質問をしているのは重々承知の上だが、私が最も懸念しているのは、想定されている期間精密にデータを溜めても、有意な差が出てこなかった場合。それは装置面で出てこないケースもあるでしょうし、自然が本当にそうなっているケースもあるかと思う。過剰な要求かもしれないが、これだけの投資をするのだから、その場合にその次どうなるだろうというのは気になる。前回も指摘したが、もし標準理論からの差が全然見えないときに、「そうすると人間原理だ」と言われると、「そうなのか？」という気がしてしまう。

山内参考人：差が見えなかったら次に何をすべきかということに関しては、これはもちろんILCだけでなく、今LHCでも並行して検討している。これら全てで何も見えなかったら大問題だが、それに対して「こういう手がある」ということを今説明するのは難しい。それぞれ各研究所で手を考えていて、あの手この手で新しい物理を探ろうとしている。例

例えば CERN であれば、次のルミノシティ、あるいは次のエネルギースケールというのを考えているし、KEK は KEK で別の見方で新しい物理の探索を進めていこうとしている。ニュートリノというアプローチもある。様々なアプローチをやっているわけで、そのどこかに何かが見えてくると期待している。それが本当に何もなかったらどうするのかという質問には答えられない。

小林委員：その科学的な価値というのは、非常によく理解している。それは大事だが、これから一番問題になるのは、公的資金を純粋科学にどのぐらい振り向けるかということ。つまり、財政状況が必ずしも良くない我が国で、公的資金にも費目の優先順位というのがある。その中で純粋科学というものに対して我が国はどのぐらいのお金を出すべきなのか、出せるのかというところがまさに争点である。SSC の時にはそれが1つの大きなポイントになって、途中から SSC 関係者がこれには現世利益があるかのようなことを言いだして、反発を招いたことがあった。

今回は、基本的にこれは科学の価値だとして説明いただいたので、論点はすっきりしている。そうすると、他にも使える公的資金をここにどれだけつぎ込めるのかというところで、今日本は結構厳しいという認識をどう判断するかが1つだろうと思う。

それから、観山先生のレポートの中で、3極でヨーロッパとアメリカに加えてアジアも考えて、アジアの拠点という考え方で日本とのことだが、アジア拠点は必ずしも日本には限らないという選択肢は考えられないのか。資金的な余裕や、こういう素粒子物理のコミュニティのある種の風通しの良さ、民主主義的なフラットな議論の共同体というものは科学の特質で、そういうものがアジアの中でしっかりと根付くことを考えて場所を考えると、そういう観点もあり得るのではないか。

観山参考人：サイトの問題はあまり議論していない。私共としてはこの分野の事情をよく知っているわけではないが、アジア、特に大きな中国やインドにはこの分野にも多数の研究者がいるから、日本がリーダーシップを取るという言い方がよくされる。そうではなくて、コミュニティをエンカレッジして、この計画にぜひ参加してもらおうということ。サイトの問題は、一応われわれのタスクとしては日本に造った場合ということで考えたけれども、それは様々な可能性が考えられる。中国やインドなど、多額の資金を拠出できる可能性がある国を外すということはすべきではないと自分は思う。

杉山委員：観山さんの先ほどの ALMA の話で、あの時、日本はイコールパートナーになろうとしたが、結局予算が付かなくてなれなかったという経験がある。今回もコミュニティとしてはやるべしとなっても、財務省が出さなくて結局公約した 50%、60%のお金が出ないという状況になるということは考えられないか。その場合、日本が国際的に非常に立場が悪くなるとか、このプロジェクトが頓挫するとか、そういうことになるのではないか。

山内参考人：もちろん程度問題ではあるが、出すべきところまで出なかったとすれば、大幅縮小とか頓挫するとか非常に困ったことになる。それを防ぐために、あらかじめ条約できちんとしておくとかいうことが必要になると思う。

杉山委員：ALMA では、確か 330 億円ぐらい本来出すべきところを 250 億円しか出なかったということだった。同様のケースが少し懸念される。

それから、負担に応じて何か得るものがなければおかしいと思うのだが、山内機構長からは、建設に対しては貢献していなくても参加できるオープンユースのような、開かれたものにするという説明があった。そうすると、全然何も払わないで後から入りたいくなるし、それが一番いいように思う。例えば天文学だと、その辺は観測時間みたいなもので縛りをかけるが、加速器の場合は建設に貢献したとかいうのがどういう形で表れてくるのか。

山内参考人：さまざまな意思決定に参加できないというのがあるが、データを解析してサイエンスを出すというところに関しては非常にイコールフット。お金を最初から加速器に出していようが、途中から入ってきた人であろうが、そこは大きな区別はないという考え方。

家委員長：仮に近い未来に日本がやると手を挙げることにしたときに、KEK が他にやっている KEKB などとこの ILC 研究所というのは、どういう関係になるのか。

山内参考人：KEK ではさまざまな分野に取り組んでいるが、かなりの部分はいわゆる高エネルギー物理学という分野である。その高エネルギー物理学の分野に関しては、だんだん ILC に集中していくというのが一番自然な在り方だと思う。ただ、KEK には物性や原子研もある。そういったところは残っていくと思う。詳しくは 29 日のヒアリングで説明させていただく。

上坂委員：ILC のメイン部分は加速器だと思うが、超伝導空洞はドイツで実装され、生産技術もフランスとイタリアが強いと思う。そうすると、一番肝心の加速器がヨーロッパ製ということが懸念される。ITER や LHC のような国際協力だと、「ここの部分はこの国、この部分はこの国」と十分な議論をした上で分担されているのではないかと。ILC は非常に構造がシンプルなので、同じものがずっと繰り返される。すると、量産したほうが安く上がる面もあると思う。

山内参考人：インカインドコントリビューションという考え方で、例えば「日本でこれだけお金を用意して、日本の会社が加速器を造って、ここの部分に入れる」というのが、こ

これから展開されると思う。なので、出来上がって見たら全部フランス製ということはない。日本のメーカー、日本の研究所というのでもかなりの部分の貢献ができることになると思う。家委員長：報告書の 75 ページの一番下の所には、インカインドサプライで自国産業への発注が考えられるとあるが、一方で 68 ページのハブ研究所の図には工業界・企業の所は全部世界共通と書いてある。必ずしも自国発注を前提にはしていないようにも読める。

観山参考人：その点も結構議論した。もともとの技術としてはヨーロッパが開発した部分があるかと思う。大量にかつコストをいかに抑えられるかがこの計画の 1 つの大きな課題で、それには各国企業や研究所がそれに対応できるかどうかということが非常に重要。日本でも、すぐに今できるというレベルではないことは事実。例えば、高エネルギー研究所等では、配慮して多数の企業が入れるような形の施設を用意し、それに参加するというで行うと聞いている。同様に、各国が応分のコントリビューションをできるようにするべきではないかということを行った。

それから、国際入札となるのが非常に難しい点である。同じものをたくさん造るのだから、各国のハブがそれなりに同じ仕様で発注した場合、寡占される可能性もあるが、そこをうまくやる必要がある。どうやるのかはなかなか難しいが、国際協力事業の場合には必ずそうで、同じ仕様に決めて、それぞれのハブがアイデアを活かして、いかに安く大量に造るかということだと思う。

米田副委員長：関連して、トンネル建設のほうでも実は同じ問題があることを指摘したい。このトンネルは非常に特殊なトンネルで高度な技術が要するため、実は民間企業のノウハウがないと建設できない。日本でいくと大手のゼネコンの技術などがないと実際の設計はできないと思うが、一定以上の額の公共事業は WTO 案件として国際入札にかけられるのがルールである。したがって「自国で建設することになっている」と説明されても、WTO 案件は国際的にオープンな入札になるので、日本企業が取れるとは限らないという意味においては同じ問題を抱えている。

観山参考人：これはあまり議論しなかったが、個人的には私も同じ感じを持っている。例えば天文の国際事業で ALMA の場合には 3 極がチリに造ったが、実はホストはチリがやったわけではなく、欧州やアメリカがやった。Thirty Meter Telescope (TMT) をアメリカに造る計画においても、アメリカが全てインフラをやるというわけではない。そういう意味で、分野での慣習があるのかもしれないが、ホスト国が現地のもを造るという前提は、天文の分野ではちょっと違う慣習を持っている。ご指摘のとおり国際入札になるので、原理上はどの国の技術も落とされるという可能性があり、ホスト国が現地のもを造るという前提で PIP が書いてあるのは不思議な感じがしたことは事実。

家委員長：土木工事をはじめ、インフラ整備も ILC 研究所が管理するのか。

山内参考人：そうだ。

家委員長：土地収用もか。

山内参考人：土地収用は把握していないが、トンネル工事はそうだ。

家委員長：そうすると、相当いろいろな分野のエキスパートが必要。この人数で本当に大丈夫なのかという気がする。

梶田委員：1 点、時間的なことを確認したい。10 ページ、11 ページにあるドイツの XFEL と FAIR について、この時にはドイツ政府がこのくらいの額を出すということを決めた上で国際交渉を始めて、6 年から 7 年で合意に至ったと書いてある。おそらく ILC についても、ILC は日本がこのくらいの額を出すということを決めた上で交渉を始めても、おそらく時間的には 6 年から 7 年——XFEL 等は額が 5 分の 1 ぐらいの計画だと思うので、ILC ではもっと時間がかかるのかもしれないが、そのくらいで条約を締結して、それからプレ研究所という流れか。

山内参考人：プレ研究所はもっと前に始めるようになると想定している。条約は本当に交わすのに非常に時間がかかるので、各国の相談がまとまった段階などで、「準備期間を始めよう」という合意ができるということがあり得る。完全に条約が成り立ってからプレ研究所が始まるとは考えていない。

家委員長：条約となるとやっぱり外務省も関係してくるのか。

千原参考人：一般的に条約というと国会承認条約を指すので、国会の審議が必要。ITER が確かその例だと思う。MOU の場合は、そこまでではないケースもあると理解している。

平野委員：これほどのビッグプロジェクトになると、コストの問題も当然あるが、もう 1 つ非常に重要なのは、国際的な研究者コミュニティの熱意やパッションだと思う。もちろんその研究者コミュニティにおられる方は、パッションや熱意、盛り上がりを感じていると思うが、外部にはなかなか伝わらない。そういうことをもう少し外部に伝えられるような説明や例はあるか。

山内参考人：29 日にはぜひそれをお持ちしてご紹介したい。

上坂委員：先ほどの加速器の件、今日の資料で、大規模フロンティア促進事業と大きなプロジェクトがたくさん出されているが、こういうのはいつでもたくさんあるわけではない。この ILC 計画が動き出せば、この期間はこれだと思う。こういうものを造る産業界というのは、同じ事業部で造るので、企業から見ると生産技術が連続的に入ってこないと維持できないし、人も育成できない。こういうプロジェクトというのはやはり日本の産業界で造っていただくことが非常に重要。それが人材育成にもなるし、技術力の蓄積にもなる。それがまた次の計画にも生産にもつながる。

（２）我が国における学術研究の大型プロジェクトの推進方策について（千原参考人）

千原参考人から「我が国における学術研究の大型プロジェクトの推進方策」について説明が行われた。その後、次の通り意見交換が行われた。

梶田委員：今日の説明の趣旨は、ILC もこれに沿ってやるという意味か。

千原参考人：一般的には学術研究の大型プロジェクトをやるとすれば、ILC もその１つだが、これを予算化するとすれば一般的な流れはこうなっているという、議論のための参考として申し上げた。

家委員長：そうすると、学術審議会での議論はどういう位置付けになるのか。

千原参考人：マスタープランの中にも ILC を据えるということになれば、そこは学術会議のご議論なので私共が言う立場にないが、何か一般的に学術大型研究計画をやろうとすると、マスタープランの中に位置付けられ、そのマスタープランを受ける形で文科省の科学技術・学術審議会が選んで、それを予算化していくという流れになる。

付言すれば、ILC をどうするかは今まさに議論中で、資料の 6 ページのマスタープラン 2017 の重点大型研究計画 28 計画の中に ILC 計画は入っていない。

家委員長：そこはいろいろ経緯があり、文部科学省も学術会議もお互いに承知していると思う。

小林委員：ITER の場合も同じか。

千原参考人：ITER については学術研究の大型フロンティア事業という位置付けではなかったなので、このスキームではなかったと承知している。

小林委員：マスタープランより前か。

千原参考人：そうだ。

米田副委員長：ILC については、文科省の有識者会議を立ち上げられていて今日来られているわけで、こういったルートではなくて別立てで審議されてきて、学術会議としても前回別立てで回答を出して、今回も別立てということになっているのではないのか。

千原参考人：そういう意味では、マスタープランの 2014 の頃に文部科学省から学術会議に審議をお願いした経緯がある。前回の資料 3 が、文部科学省から学術会議に審議の依頼した資料。その 2 ページ目に、学術会議における ILC 計画の取り扱いについて少し詳しく述べており、マスタープランとは別扱いで、マスタープランのほうでは審議されていない。

その「一方」で始まる 2 ページの所で、「貴会議における ILC 計画の扱いは、平成 25 年の所見」——これは学術会議からいただいた所見「以降、マスタープラン 2014、それからマスタープラン 2017 が提言として取りまとめられ、学術大型研究計画として掲載されているものです」。先ほど見てきた 163 のほうには入っているという理解だが、後ろの別紙 1、「課題別委員会として設置された検討会において別途所見がまとめられ、その後も所見時の条件および状況に変更がないことから、重点大型研究計画の評価の対象としない」というふうにされたということであり、そういう意味では通常のルートではない形で審議されているという理解。

米田副委員長：今ここも通常のルートじゃない形で審議しているということになるか。

千原参考人：そうなる。マスタープラン 2017 が作られたので、仮にこれまでの慣例に従って、学術会議マスタープラン 2020 等を作る時に、この ILC の取り扱いをどうされるかはまさに学術会議の判断。少なくとも 2017 まではそのマスタープランを作る通常の議論ではなく、こういう特別な分野別の検討委員会で審議をしていたものと認識。

家委員長：確認だが、ロードマップ 2017 では ILC に関して一応議論はした上で、マスタープランに入っていないから除外するという議論だったのか。

千原参考人：マスタープランの中で重点大型研究計画に入っていないのでロードマップ 2017 の議論の時に俎上にのっていないと理解している。

家委員長：いずれにしろ、米田先生の指摘のとおり、別ルートでやっているというお答え

でよろしいかと思う。

梶田委員：これは学術会議側で判断することだが、今のご発言はマスタープラン 2020——これは学術会議としてはやることは決めているけれども、それにおいては ILC を再び入れないといけないというような、どこで状況が変わったというのをどう判断したらいいのか。

千原参考人：学術会議での取り扱いについては何とも言えないところだが、ILC の重要性に鑑みて、文科省としても ILC については国際コミュニティの早急なる時宜を得た審議をお願いしたいと言われていることを受けて、学術会議にもそのようにお願いをしている。ILC をマスタープランに入れるか入れないかは学術会議の判断だが、一方で ILC がやや特別な意味合いを持っているということも文科省は理解している。この委員会としての回答を受けた時に、文科省として ILC はこういう通常の形でやるのかどうかも含めて、また判断する。

観山参考人：ロードマップを決める会議に私も参加しているので、2017 のことで言うと、今まではマスタープランのうち重点のみを見ていたが、前回の 2017 の場合には重点以外のものもそれなりに委員が見て、1 件だけ議論をしたが、その時には ILC はなかったと思う。様々な状況が続いているので、私の個人的感覚だが、学術会議から何らかの形で提言が出されれば、マスタープランも提言なので、文科省としてもその提言に対しては国は何か動かななくてはいけない。どういう形であれ、出されればそれなりに対応して、議論しなければいけないということ。それがマスタープランかどうかは分からない。

家委員長：学術会議は審議依頼を受けているので、回答する義務がある。学術会議から出すものが互いに矛盾してはいけないと思って、念のため伺った。今日の少し前の議題に立ち戻っていただいても結構なので、この際お聞きしておきたい点があれば。

杉山委員：マンパワーのことで、先ほど例えば加速器の研究者を早急に養成する必要があるとご説明があった。200 人ぐらいで運営するなら、その中で加速器の新しい人たちを教育していかななくてはならないが、どのぐらいの数のことを考えているのか。加速器の研究者が現状どのくらい足りないのかという辺りを教えていただきたい。

山内参考人：現状、加速器と限定しないほうがいいと思うが、80 名程度の人間が関わっており、本準備期間の 4 年間を通じて、それを 300 名程度まで増やす必要がある。最終的に建設を始める第 1 年目には、それが 400 名程度になる必要があると見積もっている。

家委員長：日本全体、あるいは世界も含めてかもしれないが、日本では SLi-T-J が走る確率

が高い。東北リングが走ると思う。それから、SPring-8 も次期計画があると思うが、その辺の建設あるいはグレードアップのタイムスケールと加速器関係の専門家の人材の配置とについては何かオールジャパンの議論がされているか。

山内参考人：私が知る限りは、SLiT-J の方々あるいは SPring-8 の方々の議論はないと思う。

上坂委員：アメリカやヨーロッパの国立研究所、大きな加速器を造るって運転する所は、特に人事交流が盛んで、人が入れ替わって、どこも本当にインターナショナルでやっている。日本の研究機関の場合、必ずしもそうでもないというところがある。これだけの国際事業であれば、やはり欧米のように人事交流をして、海外の方、優秀な方、若い方を持ってきてチームをつくる必要があると私は思う。特に超伝導空洞なんかはヨーロッパが先行しているということもあるし、そう思う。

議題 2. その他

・次回は 8 月 29 日（水）に開催とし、引き続き関係者からのヒアリングを行っていくこととした。

（閉会）

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 技術検証分科会（第3回） 議事録（案）

日 時 : 平成30年8月23日（木）10:00～12:00
会 場 : 日本学術会議 大会議室（2階）
委員会出席者 : 米田委員長 嘉門副委員長 西條幹事 家委員 田中委員
参考人 : 神尾文彦参考人（株式会社野村総合研究所社会システムコンサルティング部部長）
矢島大輔参考人（株式会社野村総合研究所社会システムコンサルティング部上級コンサルタント）
佐竹繁春参考人（株式会社野村総合研究所社会システムコンサルティング部上級コンサルタント）
熊谷教孝参考人（高輝度光科学研究センター名誉フェロー）
道園真一郎参考人（高エネルギー加速器研究機構加速器研究施設加速器第六研究系主幹）
宮原正信参考人（高エネルギー加速器研究機構加速器研究施設研究支援員）
参考人随行者 : 高エネルギー加速器研究機構
早野仁司氏（加速器研究施設・教授） 照沼信浩氏（加速器研究施設・教授） 横谷馨（加速器研究施設・教授） 藤井恵介氏（素粒子原子核研究所・教授） 山下了氏（ILC 推進準備室・客員教授） 若林賢一氏（施設企画課長）
事務局 : 犬塚参事官ほか

議題 1. 参考人ヒアリング

（１）「ILCに関する技術的実現可能性及び技術的課題等に関する調査分析について」（矢島参考人）

矢島参考人から「ILCに関する技術的実現可能性及び技術的課題等に関する調査分析」について説明が行われ、次のとおり意見交換が行われた。

米田委員長：では家委員から。

家委員：まず、全体的なことをお伺いしたいが、この技術分析というのは、ILCの各コンポーネントの要求性能が、仕様が技術的に達成可能か、あるいはそれが製造できるか、さらに大量生産できるかという観点で行われたものであって、それが実際に長期運転に耐えるか

どうかとか、そういう問題は対象にしていけないという理解でよろしいか。

矢島参考人：基本 TDR、PIP をベースに検討している。目標たる要求性能の中に長期的な耐久性が加味されていれば、対象となっている。

家委員：それも分析されたということか。例えば放射化が進んだときにどうなるかとか、あるいは不測の事態で、例えばビームダンプの問題があったが、そういうことが、どういうことが起こり得て、それに対してどういうシステム側のレジリエンスがあるかということを検討されたということか。

矢島参考人：基本、要求性能を満たす必要のある期間の中で安定性を保てるか、仮にそれが何らかの事象を起こした場合に対策はあるのか、そういった点でヒアリングを実施し、報告書にまとめている。

家委員：そうすると、その一覧表があって、二重丸、丸、三角と書いてあったが、それも含めた評価ということか。

矢島参考人：はい。基本的には先生方に見ていただいたそれを含めた評価。

家委員：私はこれ全体を見させていただいて、そういう長期的な安定性とか、想定外は想定外だが、想定されるようなトラブルに対するレジリエンスという観点が抜けているような印象を受けたが。

矢島参考人：報告書に記載している。

米田委員長：今付け加えて、矢島参考人のほうから、調べたと言われたということは、この後ろのほうの詳細報告書にそれが記載されているということか。例えば、こういうページにこういうかたちで今の問題を記載した、ということを教えていただきたい。

矢島参考人：はい。

家委員：一例を申し上げると、誰でも考えることは、長期的な電源喪失があったときにどうなるかということだが、例えばそういうことにこのシステムはどうなるかということとはされているか。

矢島参考人：21 ページ目の例のように、ある技術について、European XFEL における具

体の実績を、機関も踏まえた形でまとめている。

家委員：ご質問していることに対して全然適当でない。

矢島参考人：具体的にはどういったことか。

熊谷参考人：今のご質問は、多分これを長期的に運転したときに、例えば故障率だとか、それから何かいろいろ落ちたときに、どういうリカバリーをしてということがきちんと検討されているか、ということなのだと思う。それに関しては、多分今までこういう超電導ライナックを使った長期的な運転の経験というのはまだないので、確実に 10 年間こうだとは言いきれない部分はある。ただ、放射線の問題だとか、われわれがよく理解している部分については、例えばカプラーのこういうところにはこういう材料を使わないと、放射線劣化で放電が起きるとか、そういうことはちゃんと検討は、分析はしているというところ。ただ、それだからといって、大量につくるときの信頼性の技術というのはまた別問題なので、例えば 100 台つくったから、それから 1,000 台つくったら、同じような信頼性ができるかというのは、これからでないと多分結論は出ないと思う。多分そこに関しては、日本のメーカーの製造技術というのは非常に高い、信頼性が高い。多分そういう技術を利用できるのではないかとということでもまとめた記憶があるが。

家委員：私の最初の質問に戻り、検討していないところもあると。検討していないところはしていないとおっしゃっていただければ分かるが、全部それを踏まえて検討したというお答えだったので、そういうふうには見えないと申し上げた。

矢島参考人：ILC のプロトタイプとして実際に使われているもので長期の蓄積があるものについてはデータが存在しているのでまとめている。ただ、指摘いただいた通り、これから検討しなければならないところについては、技術的可能性はあるが、長期的な視点に立ったものが実際には存在しないことから、そちらについてはまとめていない。

田中委員：私も検討のメンバーなので、コメントすると、かなり個別のコンポーネントシステムに対する技術的な実現可能性というようなことにフォーカスをされていたのではないかと理解している。もちろん TDR でも不十分だと思うが、ILC の巨大な非常に複雑な加速器システムとしての性能を担保するという観点で、それぞれの機器の例えば現状のリクワイアメントがどれだけ整合しているか、そういうところまで踏み込んだ詳細な議論というのは多分なかったのではないかなと思うがいかがか。

熊谷参考人：おっしゃるとおり。非常に大規模なシステムなので、全体をシステムとして捉

えないといけないということに関しては、これはこの検討会では出ていないと思う。少なくともそういうことができるシステムというのは、今われわれは持っていない。これは多分最先端の施設というのはみんなそうだと思うが、できる範囲のところできちんと検討した上で、どこにリスクがあって、建設の段階でそのことに対してどういうふうに解決するかという、そういうスケジュール、シナリオをきちんと持っているということが重要なのだと思う。

多分これは技術の話なので、原理的な話はもうクリアできないとすれば、技術開発のところは知恵を出して、ある時間があってお金があれば、あともう一つはそれを必ず解決するという強い意志があるわけで、ほとんどのことは解決できると考えている。

嘉門副委員長：今の全体のシステムの点で、私もお尋ねしたいと思う。今の説明でも前回の説明でもそうだが、非常に複雑で大規模な全体、ILC 全体の姿、装置、システムなので、それぞれのコンポーネントというか、それぞれの装置の、大体モデルができていて装置と、まだこれからどうなるか分からないという装置があって、それぞれの開発のタイムスケジュールがばらばら。それをこの準備期間、例えば4年でやるといったって、そんなもの全体としてそのシステムが動くかどうかということを保証するというのは、とても半年やそこらでできるとは思えない。全体装置の組み上げをどういうふうなシステムででき上がっていくのか。家先生のご質問も長期的な保証の問題はさておいて、でき上がるのが本当にでき上がるのか。一つでも動かなければ、例えば陽子源が動かなければ全然話にならないし、このビーム制御のところも動かなかったら全然動かないわけなので、そういうことの保証はどのようにされるのか、それをどういうふうに検討するかというのは、研究所ができたならできるとはとても思えないので、そういうことはどうお考えか。

熊谷参考人：多分、これは加速器システムといっているが、別に加速器システムでなくても、例えばロケットでも一つの大きなシステム。地球上にあるシステムもいろんなシステムが、非常にいろんなエレメントの複合的なものとして、集合として一つのシステムになっている。そういう非常に大規模なシステムを経験されたという人をどこからか持ってきて、そういう全体的な俯瞰ができるようなリーダーの方の下で、あと加速器の特殊性をその中に加えてまず体制を組むということなのだと思う。

それから、システムの中で、例えば非常によく分かっても、技術的にかなりもう解明されている部分と、例えばビーム制御みたいに、これはもう今世の中、250GeVとか125GeVのエレクトロビームはどこにもない。でき上がったときに、そういうエネルギーの電子ビームをどういうふうにコントロールしたらいいのか、どういう問題が出てくるのかというのは、今までの経験の延長線上で考えるということになる。そこのところは、やっぱりその研究者の感性とか、それから今われわれが持っているデータと、それからそれをモデリングして計算機の中でシミュレーションをして、少なくともそこまではできるわけなので、それがその

システムの完成までにきちんとシミュレーションが終わって、こういう問題が起こったときにはこういう対策をしたらいいだろうとか、そういうようなシナリオをつくっておくということが今一番重要なことだとは思ふ。だから、建設が終わった後に、全てがまかなえるというのではなく、ある程度の対策、方法論が頭の中にきちんと、その組織の中にあるということが重要なのだと思う。

嘉門副委員長：それは極めて重要だし、今の時点ではそうできないということは分かるが、例えば 2 ページで、モジュレーターが 1、2、3 あって、1、2 はもう研究停止、1 は研究停止、2 は故障、3 だけが現在動いている。こういうのは私などはよく理解できないが、故障といたらもうその装置全体がもう終わりではないのか。そういう理解でよいか。

熊谷参考人：これは道園さんが詳しいと思う。

道園参考人：モジュレーターというのは電源にあたるところで、3 つのタイプのものが並行して開発されていた。アメリカのものは一つ区切りがついたので終わっていて、日本に関しては現在評価が続いている。このマルクス電源というのは、モジュール化されているもので、何か一つ故障しても、そこを換えるという特徴があるもの。3 つのタイプがあって、一つが現在継続中ということではあるが、システムとしては多分既にアメリカでは完成しているものなので、大丈夫ではないかと思っている。

嘉門副委員長：これはだから放棄したわけではなくて、要らなくなったという理解でよいか。2 の故障している、もう稼働していないというのは、これは目的外で使っていない、だからこれはもう不要だと、そういう意味か。

道園参考人：DTI に関しては、故障した状態なので、その後アクティビティーが止まっているということで、それはもう開発をやめたという理解でよいと思う。

参考人随行者：分かりやすくポイントだけご説明すると、加速器というのは常に部品を交換し続けるパーツ、これはいわゆる電源であったり、トンネルであったら人が入れるほうと入れないほうが一つのトンネルの中である。こちらは常にメンテナンスし続ける。測定器でもそう。故障したらその場ですぐに取り替えて、常に運転し続けられるようにするというパーツと、絶対に替えられないというパーツとあり、長期的にといったときには、家先生のご質問では、部品を取り替え続けられればいいというほうは、その故障率の問題になる。こちらのずっと残さないといけないというほうは、長期的にずっとそれが安定で、ずっとそのまま運転し続けられる。先ほどの電源の話は、故障率がいいやつと故障率が悪いやつがあって、故障率が悪いやつに関してはもう開発が止まっている。故障率がいいやつでどんどん開発を

続けているという話。

嘉門副委員長：ここでいう高周波というのはメンテナンスできると。超電導加速器のところは、加速器が止まればそこはもう使わずに、別のを動かして使っていくという、そういう理解か。そうならやっぱりビーム技術のほうでダンプをどうするかというような気がする。

道園参考人：補足説明させていただくと、最初の家先生のご質問の、長期間というご質問があったと思うが、私これ同行した専門家として回っていたが、当時ヨーロッパだと DESY とかフランスとか全部回ってきたが、DESY では TTF（昔 TTF といって今 FLASH といっているが）で、1990 年代の後半から超伝導加速器が、これ空洞が確か 80 台ぐらいだったと思うが、運転していた。前回ご説明したとおり、XFEL というのは大体 800 台のプロトタイプで、ちょうど同行して行ったときには、XFEL の空洞とか組み込みのほとんど最後の時期に相当していた。つまり、われわれがプロトタイプだと思っている XFEL の最後の製造工程の現場を見てきたということになる。矢島さんがその辺を、運転のことも踏まえてということと言ったのは、恐らくこういった FLASH での運転経験と、XFEL で製造している工程を見ているので、加速器としてそういったことをほぼ動かそうとしている加速器と、その基になった加速器があるという意味で裏付けがされているという、そういう意味合いでおっしゃったのだと思う。

西條幹事：大規模プロジェクトなので、何らかのマネジメントが必要だということ。多分大勢の研究者が研究の分かるマネジメントの方々をこれから集めてくるだろうと思うが、そういう方々のめどはついているか。

熊谷参考人：多分そこが一番問題だと思う。これだけのプロジェクトで、長期間で、多分グローバルにやらなければいけない、だから日本の中にも研究者がいないといけないし、外国にもいないといけないしという、そういう枠の中で適切な人をどれだけ集められるのか。多分これは相当しっかりとそこをしないと人が集まらないと思う。ただ、加速器の専門家という人もかなり必要だが、そうでなくても、例えば電磁気学だとか機械設計だとか、そういうところの専門家という方も該当するので、幅広く人を集めるということをすれば、恐らく集まると思う。

ただ、もう一つ重要なのは、この計画は多分長期間にわたるわけで建設に 10 年間、また運転に利用にまた 10 年 20 年。ということは、若い人をいかに教育して育成するかというのが、これが不可欠だと思う。今、では日本の中でそういう若い人たちを教育する手段というか、その枠組があるかという、なかなか難しいところがあるので、科学技術全体で若手を育成するようなことをきちんとした上で、こういうところにも、ILC のところにもそういう若手が来るような。どちらかという一つの分野で固まるというのはあまりよろしくな

と思うので、こういう ILC のところも加速器の人もいるし、高エネルギーの人もいるし、物性の人もいるし他の人もいるという、そういういろんな色を持った人が集まるようなシステムをつくれればいいのではないかと思う。

西條幹事：ということは、現時点ではまだはっきり分かっていない。

熊谷参考人：これは検討は別の部会でされていると思う。私の理解では有識者会議のほうで。

参考人随行者：有識者会議ではないが、実際に現役でやっている世代の代表として申し上げると、国際協力で、国内でも加速器だけでなく、大学で物理をやっている人間も実は加速器をやろうということで、トリスタン計画というのがかつて日本であったが、そのときにも多くの人間が、大学の宇宙研究とか物性研究、いろんなことをやっている人から加速器になって、それが今の加速器の世界をつくってきたという現実がある。ILC でももちろんそういう状況をつくろうと。それで、国際協力でやっているのは、リーダー格が、各国で育っているリーダー格が実際に一緒にコンビネーションでやろうということで、そういう意味ではもう組織的にやっているの、十分対応できると私たちは考えている。

西條幹事：とはいいいながら、現時点ではまだはっきり分かっていないというか、ワイドオープンなほうか。

参考人随行者：もともと今の国際設計チームのリーダーというのは、実際にリニアコライダーの設置は LHC27 キロの加速器をつくった責任者がやっている。各国で、例えば XFEL という先ほどからプロトタイプの話がよく出てきたが、あそこでやっている技術の一番リーダー格の人間も、もちろんこれを一緒にやっている。そういうプロトタイプのところでやっている人と、それからリニアコライダープロパーでやっている人と物理研究をやっている人と、それから先ほどご説明あったが、放射光とかそういうところで、他の加速器を利用してやっている、あるいは J-PARC という加速器を利用してやっている、Super KEKB という加速器、国内の加速器もいろいろある。そういうところでやっている人間も一緒にやるということで、既にもうそういう意味では、実際に動きだしたときに対応できるだろうと。加速器とそれから測定器のほうは。ただ、施工の部分というのが。施工の部分は、専門家はわれわれの分野は本当に少ないので、産学連携でそちらのほうは対応できるようにということで準備をやっているということ。

西條幹事：そういう方々の年齢の構成はどうなっているか。結構年配の方が多いとか、若い方が多いとか、その辺りはいかがか。

参考人随行者：2つのピークになっていると思う。今まさに J-PARC とか KEKB ファクトリーであったり、海外では LHC というもので育った世代、若い世代のかたまりがある。もう一つがトリスタンという世代で育ったかたまりがある。

実はその間に端境期があつて、私が言うのが正しいかどうかというのはあるが、言ってみたらこの世代とこの世代という感じ、ダブルピークになっているというのが正直なところ。今、第2のピークでこの ILC をやっているというところである。

田中委員：ちょっと私は同意できない。なぜ同意できないかという、私は ILC の加速器の研究者で、加速器の専門家としてトータルシステムをちゃんとスーパーバイズできる人間がいなくて思っている。だから、ああいう TDR が出てきているんじゃないかというふうに、読ませていただいて理解した。なぜ TDR にダンプの記述が2〜3ページしかないか説明いただきたい。ダンプがなくて ILC ができるのか。

参考人随行者：多分その部分はおっしゃるとおりだと思う。リスクのところは TDR のレベルで低かったと思う。

田中委員：TDR はかなり詳細に詰めた後に出てくるドキュメントで、基本設計書ではない。ILC というのは一期一会のマシンで、衝突する電子というのが一回一回つくられて、全ての機器がトリガのタイミングで動いている。だからその機器のどれがこけてもまともに動かない。そもそも先ほど指摘があつたが、電子と陽電子のソースがまず安定に物理の精密実験を支えるようなパラメーターを長期的に提供できなければ成り立たない。成り立たないという意味は、正確に言うと、精密な物理実験ができないマシンしか作れないということ。精密実験が可能な、ハイルミノシティを維持して、ちゃんと統計をかせげて、積分ルミノシティをスケジュールどおりに積みあげていくようなマシンをつくろうとすると、並大抵ではない。そのためには、電子・陽電子源がちゃんとしていなければいけないし、ダンプで必要なパワーを受けきれなかったら話にならないのではないかな。

参考人随行者：そのとおり。

田中委員：ではなぜダンプの記述が3ページしかないのか。何でちゃんとしたデザインが TDR でできていないのか。

参考人随行者：今までの経験上、準備期間という期間を経れば、確実にできるであろうというものと、その前に絶対にやっておかないものを切り分けて、その準備期間で予算をかけてやらなければいけないものに関しては、TDR ではまだ最終設計できていない可能性がある。

田中委員：ではそんなに簡単な問題だと思われているのか。4年とか5年の準備段階でダンプの窓の問題とかが解決可能と。いわゆるハイパワーの問題というのは一番解決が難しい問題というのはご存じではないか。

参考人随行者：はい。

田中委員：それをどうやって解決するのか。

道園参考人：ビームダンプについては確かに田中さんのご指摘のとおりの部分がある。実際今日、報告資料の中にも確かにビームダンプというのはいろんなことが書いてあり、指摘事項として、これは手元の資料の122ページ、これは田中さんご自身がご指摘されたことがあって、そのようなことが書いてある。われわれとしては、今山下さんが言ったけれども、TDRで分量が少ないこと自身は、これが重要でないということを意味しているわけではなくて、われわれとしてはバックアップになる論文もあって、これで一通りの工学設計はできるというふうなつもりで書いたが、ご指摘のこともあったので、その後われわれとしては、人員を強化したりして、(前回8月20日の日にご報告したが)国際分担ではアメリカのほうでやっていたものを、日本のほうでもフォローアップとして、日本でつくる場合どういうことが問題なのかということもいろいろ検討している。

ご指摘の、現在のTDRという位置付けと、それからこれは前回のTDRの検証部会でも話があったが、われわれのところでは幾つかの課題、最終的な詳細設計に至るまでに幾つか課題があるというご指摘いただいて把握している。4年間の中にやるべきこと、それからそのとき何をやるべきかということも、野村総研のこの報告書を受けて、われわれの中でも、人員を増やして検討を進めているところである。幸い250GeVになったことで、ビームダンプの負荷が小さくなったというのは、安全性に関してはいい方向に行っていると思うが、引き続き今回ご指摘いただいたところもあり、重要だということも認識しているので、引き続き検討させていただきたい。

田中委員：もう一つだけ。熊谷さんはよく知っていると思うが、私は20年ぐらい加速器を運転しており、2回電子ビームで真空チェンバーを破ったことがある。もちろん破るつもりで設計もしていないし、そういうつもりで運転したわけでもないし、そういうつもりで電子ビームの性能を上げたわけでもないけれど、たかだか20年の運転で、ILCに比べたらとてもパワーが小さく、エミッタンスも大きな電子ビームで、ものすごく厚いステンレスチェンバーとステンレスのベローズチェンバーを2度ほど破壊している。われわれはさらにSACLAの真空にコネクした500キロボルトの電子銃のオイルタンクのこと、リスク要因として非常に気にしてシステム設計を行った。それは10気圧というような、しかもその

中に汚染水がある環境に比べると楽な条件だが、そのセラミックの破断によって加速器がどうになってしまうのかということも詳細に検討し、それに対する対策を取った、加速器をちゃんと長期間安定に動かす事を考慮して。そういう観点からすると、加速器の専門家は誰しものが、液体で 10 気圧の水のダンプというのは、誰だって嫌なこと（設置したくない）に間違いない。それを窓一つで加速器の真空中に接続しているということの危険性と、しかもそこにレーザー溶接のようなパワーのビームを、いくら音速で回しているとはいえ入射するということの異常な状況を十分に考慮すると、相当にリダンダントな設計が必要。皆さんは、トリチウムはベータ崩壊だから真空チェンバーの中に入っていれば安全だとこの間コメントされていたが、窓が破断したら汚染水の氷の柱ができてしまう。衝突点に向かってものすごいスピードでワーッと汚染水が逆流するわけで、そんなことになったときに、ではどうやって復旧するのかということは、はっきり言って、現状全くシステムデザインに反映させていないと思う。それは一つの例だけでも、陽子の生成に対しても同様で、タイミング合わせの問題も非常に難しく、ずっと議論を重ねてきているとは思いますが、そこに対して、明確な回答がいまだにあるのか。このように、検討が十分に詰まっている部分と詰まっていない部分がまだらにあって、それが一つのシステムを構成しているというのが多分今の ILC。ILC を進めようとする人は、この点をよく理解した上で、短いと思うが、4 年間という R&D 期間の中で、何をしなければいけないのかということを時間軸でちゃんと計画していかなかったら、これは絶対にできないというふうに私は思う。

道園参考人：ご指摘を受けたところは、田中さんからよくご指摘を受けているところだと思うが、われわれもその辺は限られた予算の中で優先順位を付けながらやっていて、一つ一つ着実に解決することを考えているところ。ちょっと田中さんと考え方が違うかもしれないが、われわれとしては要素要素としては大きな問題はないというふうには考えている。一方でいろんなケーススタディーに関して、ご指摘に対してはちゃんとお答えを用意しながらやっていかないといけないとは思っている。ただ、例えばトリチウムの問題にしても、窓が破断した場合にしても、例えばビームダンプの位置としては衝突点から 300 メーターほど下流の部分にあって、ビームダンプに至るまでに真空と窓一つを隔てているが、真空自身に関しては特に極高真空が必要なわけではなくて、ビームが通るような真空であればいい、いわゆるビームダンプとかあって、確かに水は漏れてくるかもしれない。水が漏れてきたときに、それをどういうふうに復旧するかというのは、やはり確かにシナリオとしてきちんと考えなくてはいけないところであって、それは今まで記載されていない話であるということでは認めざるを得ない。

それについては、われわれは致命的に、つまり装置が使えなくなるというようなことは考えていないが、検討は進めていく必要があるとは思っている。

田中委員：もしそうなったら復旧は結構大変ではないか。

道園参考人：復旧で、一番重要なのは、なぜそれが起こったかということだと思う。どの辺のところで何が起こったか、例えば想定されているレベルで窓が壊れたのであれば、それは窓を交換するという作業になるんだと思うが、問題はそれがなぜ起こったかというところに尽きると思う。むしろ、それが起きたときには、水を除去して交換ということになるが、むしろなぜ想定したところでないことが起きたか、それを考えて対策するというところが一番重要なところではないかと思う。

田中委員：それに関して、前から私は指摘しているが、横谷さんはいつもそれに対して、それは非常に小さなインパクトだから、あまり ILC では問題にならない、XFEL だから問題になるのだと言う。何というか、常に繰り返されている議論。私たちが非常に気にしているのは、窓は電子ビームだけでなく、フォトンの放射も受ける点である。専門家の横谷さんの前で言うのも何だが、衝突点で 2 つのビームがクロスしたときに、ビームストラリングも起きるし、インタラクションでフォトンが軸上に出る。そのフォトンは電子とともにダンプをあぶるわけ。そのフォトンのインテンシティをどこまで評価されたのか分からないけれども、その場合に絶対にマテリアルの表面は影響を受ける。オペレーションの影響は少なからずあるわけで、だからその電子がただ単に当たっているというよりは、もっと厳しいと思っている。

参考人随行者：もちろんフォトンと電子はかなり違いがあり、表面で何を起こすかは違ってくるが、アンチレーターから出てくるフォトンと **ビームダンプ** のフォトンとは桁違いであって、エネルギーが全く違う。アンジュレーターのフォトンは、型がわれわれの場合でもメガ、数十メガのオーダー。コリジョンポイントから出てくるものは 100GeV のオーダー。個数ははるかに少ない。そういう点では、性質としては電子と大差ない。アンジュレーターから出るやつは数がはるかに大きくて、一個一個のエネルギーははるかに低いという、そういう状況だと、GeV の電子と大変な違い。

田中委員：GeV のフォトンだけでなく、例えばファイナルフォーカスとか、いろんな器機、少なくとも電子が直線からずれたときに（電子ビームは有限の広がりを持つ）、軸方向にラディエーションを出さないか。

参考人随行者：ラディエーションというのはシンクロトロン放射か。

田中委員：出るはずと思っている。だからそういう非常に高いエネルギー以外に、フォトンのスペクトルはかなり広いのではないか。

参考人随行者：それは数はずっと減ってくるが、エネルギーは今度アンジュレーターよりもはるかに低い keV の話である。

田中委員：keV は普通アンジュレーターで出すような。

参考人随行者：いや、われわれの言っているアンジュレーターは 10 メガのオーダーなのだけれども、今から出てくる、例えばクワドルポールの中心から外れればシンクロトロナイゼーションが出る。そういうところに出てくるフォトン。

熊谷参考人：ちゃんと話を本論のほうに戻していただきたいと思う。

米田委員長：今のようなことをきちんと技術的に検証していくのも。

熊谷参考人：もちろんそうだが、今そのことを議論していると、ここで議論すべきことがあるので。

米田委員長：まだ他にたくさんあり、それは分かるが、本質的なことだとは思っている。

家委員：誤解していただきたいくないのは、この ILC は、もしやるとすれば、最終目標まで行かなければ意味がない。それはもう皆さんもわれわれも認識している。その間に今のビームダンプの話が典型だが、やっぱりわれわれとして、われわれ素人が見ても心配なところがいっぱいある。

これだけのビッグシステム、ビッグプロジェクトをやる上で、いろんな不測の事態が起こり得る。そういうことに対して、これだけの大きなプロジェクトなら、プラン B、プラン C というのがちゃんとあってしかるべき。さっきのちょっと話題に出た電源の話だったら互換性があるから別にどうにでも対策できるし、陽電子源も 2 つの方向がある。でも、その他のものについて、そういうものが少なくともわれわれには見えないものがいっぱいあって、これはどうなっているんだ、あれはどうなっているんだというのがいっぱい出てくる。その辺について、プラン B、プラン C を示していただけないか。

熊谷参考人：思っているとおりだと思う。われわれがこれを分析したときも、今の加速器というのは、電子源からしまうところまでがないと、これは加速器としては運転できないので、今はその一番問題となる超電導空洞のところをやっているが、電子源のところで偏極陽電子源ができなかったらどうするのか。例えば電子●がそれなりの強度が出てきて加速できたが、それを落とすところがなかったどうするのか。という話は当然この分析、検討委員会の中でも議論されていく。それから、他の有識者会議の分科会でも同じようなことがあって、

基本的にはダンプをどうするかというのはきちっと考えていただきたい。これは ILC が建設を始めるまでに、きちっとダンプに関してはこういう性能でできる、というところまで言っていたきたいというのがコメントとして常に付く。そのことを多分ちゃんと説明ができていないということ。それが問題。それ以外のこともあるのかもしれないが。

家委員：いろいろな懸念があるが、「それは準備期間のうちにちゃんとやる」、というお答えしか返ってこない。一方では、ここでゴーかノーゴーかの判断に資するような方針をわれわれは書かなければいけない。そこにわれわれは非常にフラストレーションがたまるということ。

熊谷参考人：多分これはこちらで実際に検討している方もそうだと思うが、例えば 125GeV で 2.5 メガワットとか 5 メガワットのビームが、実際にその何分の 1 かのビームがあって、それで実証できて、ダンプはこうできるということがきちっと言えれば、それは説得力があるんだと思う。でも、今この世の中で、それに類似するビームというのは、多分 SLAC のところの 2 メガワットぐらいの設計だとダンプがあって、それを使ったのか使っていないのかよく分からないような状況のデータしかないので、あとはきちっと今までの放射線に関するいろんなシミュレーションだとかコードだとか。そういうものを使って、こういうことまではできるということまでは多分されている。なので、多分こちらで実際実施する側も、本当だったら実際のビームを使って実験をしたいということなんだとは思いますが、なかなかそこは難しい。

家：ビームダンプについては、最初の回に指摘があって、その後、道園先生からご説明があったが、セカンドビームダンプの話が出てきたけれども、TDR のどこを見てもそんな話はなかった。

道園参考人：TDR にはそれは書いていない。これについては、まさにこの野村総研の調査のときに、田中さんからご指摘を伺ったりして、ビームダンプが壊れたときに ILC は止まってしまうのか、という強いご指摘があった。それは避けるために、セカンドダンプを今検討しているという、そういうことである。

家委員：全てがうまくいったときのシナリオはよく分かるが、ご指摘あったようにどこか一点でも動かなかたら全体は動かない。それについて頭を絞るだけ絞ることをしていただいて、それに対してどういう対策を考えているかということ、を、「準備期間でやる」という話ではなく、この時点でやれる限りのことを示していただきたいということ。

道園参考人：例えばビームダンプに関して言うと、今回は 17 メガワットのものを 2.6 メガ

ワットで使うというのは、例えばこれはリダンダンシーというか、非常に余裕あるものになっているとわれわれは考えている。いろんなプラン B、プラン C というお話もあったが、一方で熊谷さんがおっしゃったように、これを実際には試験するのは多分無理、不可能。それを考えると、経験ある人間が設計したものは、私自身は信頼に足りると思っている。一方で、この 2.6 メガワットが現在のパワーからしてとてつもないものかということ、実はそうではなくて、例えば既に 2.2 メガワットのビームダンプは 750 キロワットの実績だが、1 メガワットクラスのものがある。それから、種類は違うが、ターゲットというもののだが、ESS では 5 メガワットのもので使われる予定となっている。

つまり ILC のビームダンプというのは、ビームを捨てる場所としては特別に大きなもので、これは世界初めてで、何というか、設計はもちろん詳細設計をいろいろやっていかないとはいえないと思うが、大変なものではないというふうに認識している。

田中委員：大変なものだと思う。だから、大変なものではないという認識自体が、はっきり言って非常識だと思う。これは本当に大変。

道園参考人：それはおっしゃるとおり。

家委員：このプロジェクトをもし始めるとしたら、さっきおっしゃったように大量の若い人が参加しなければいけない。そういう若い人、われわれよりはるかに知識を持っている人たちだと思うが、そういう人たちが安心してこのプロジェクトに自分の研究者人生をかけるというだけのプランにしないと、途中で空中分解すると思う。そういうことを非常に心配している。最終点まで到達する道筋を示していただかないといけないのではないのか。

道園参考人：具体的にはどういう。

家委員：皆さん当然 TDR は読んでいると思うが、今、ここに出てくるような疑問というのは、関係している若い人から出てこないのか。

参考人随行者：この水の話は、実は何遍も議論になっていて、やはり、ではタングステンでできないのかとか、固体だったらずっと安心なわけで、それも何遍も議論した。でもやはりリニアコライダーには水が一番いいということで、それで水が漏れたときにどうするのだと、常に問題になる。ただ、そのときにはこうだと、ただ窓が破れて真空のビームパイプにペツといったときというのは、確かに私も考えついていない。そこは、というのは、若い世代がどうかというお話。考えている人たちはたくさんいる。ただ、こっちに行ったとき、漏れたときの話というのはわれわれも考えている。こっちの話は横谷さんとか特別に本当に経験を持っている人のみがちゃんとやっているという、そういうことである。

家委員：道園先生は、何か起こっても全体が壊れることはないとおっしゃったけれども、修復に 1 年 2 年かかったら、このプロジェクトは非常にまずいのではないか。ただでさえぎりぎりのスケジュールで、10 年間の運転でちゃんと統計をためて結果をきちっと出すという話なのだから。

道園参考人：まず一つ前にウォーターダンプの検討について若い人という話があったが、これは現在若い人も関わってやっているが、やるにあたってはもちろん CERN の関係者、それから J-PARC の関係者、それから今一番話題になっているのは、プロトン関係のターゲットが一番ハイパワーの問題、問題というか話題になっている。これは具体的には今回例に出したのは ESS のターゲット、5 メガワットというのを出したが、それ以外にも中性子発生用のターゲットというのはいろいろ特にアメリカで研究が進んでいて、それにはラディエートという検討団体があって、そこにもわれわれは関わって、いろんな経験の話を聞きながら、それを考えてきているわけだが、今のところウォーターダンプに勝るものは、われわれのところでは、案は出ていない。これが一番信頼性があるものではないかと考えていて、ただ一方で、何かあったときに、重故障になるのを避けるためにまず二重化を進める、これが一つの案。二重化を進めた上で、窓の信頼性を高める、これが次のライン。その次に、不測の事態が起こったらどうなるかというのは、ケーススタディーをやっていく必要があるが、われわれの認識としては、それが原因が何かにもよる。原因が何かというものが分かれば、基本的には部品を取り替えるということで対応可能ではないかと思っているが、その辺は家先生には納得いただけないかもしれないが。

米田委員長：今日は時間も限られているので、他の分野からでもご質問させていただきたい。この技術の調査分析を見せていただいたときに、一番感じたのが、各要素に関しては検討されているけれども、それをつないで全体的なシステムをつくったときのシステム、全体システム設計が、既に嘉門先生も言われたように、ちゃんと書けていないということと。やはり事故対応のときにどういうふうにして復帰する、というのは、全体システムの中で最も考えなければいけない難しい技術的課題であるが、それがすっぽり抜けているというのが感想である。

その中で一つだけ具体的に教えていただきたいのは、このリニアコライダーの電源についてである。候補の一つとなっているエリアは東日本大震災でも経験あるように、海溝型の地震が起こる可能性が結構高いところ。外部の系統電源が長期に止まるという想定が容易にできる地域であることを考えたときに、長期に停電したときに、非常用電源をどう確保していくのか、というのを教えていただきたい。

宮原参考人：電力については CFS の所掌で、さまざまな検討を行っているが、今米田委員

長がおっしゃった極めて重要な、この ILC の建設の中でも最高レベルに重要なテーマ、課題であるというのをわれわれは認識しており、TDR 以降色々な検討を続けてきている。最新の私どもの非常電源に対する認識というか、実際に設計でコストも計画案も煮詰めていることだけを簡単にお話すると、有事の際に最低限非常電源としてバックアップすべき項目として、一つはヘリウム、クライオジェニクスของヘリウムガスをまず回収したいというのがある。もう一つは、この地下水が、地下水をポンプアップするシステムが 24 時間駆動しなければならないので、この揚水ポンプの電源を最低限確保する。もう一つ、もしトンネルの中に人がいた場合に、避難に必要な防災上の電源、この 3 つを死守したいと想定している。そのために必要な非常電源は、バックアップシステムとして計画しており、コストも計上している。これは東北太平洋沖地震の悲惨な電源喪失を我々もモデルとして想定している。ああいうことがもし ILC のサイトであった場合にも、絶対にこれは避けないといけない最優先課題、CFS にとっては最重要課題の一つであると認識している。

米田委員長：それはどこの書類に書いてあるのか。われわれは一応評価をしないといけないので、そういう資料を見せたい。大事だということを認識しているのと、こういうふうにしたらそれが実現できるという具体策というのは別ものなので、具体的には一体どういうふうにして長期的に電源を確保するかをお示しいただきたい。

宮原参考人：本日は用意していないが、先日も 20 分間の説明の中で、電力コストの説明を、概要だけさせていただいたが、あのコスト積算の中に非常電源のシステムが計上されているので、この資料はすぐ提出できるので、対応させていただく。

嘉門副委員長：それで、あのとき電気設備、機械設備の表があったが、トータルのは桁が間違っている。3,764 億円電気が、機械設備 3,454 億円となっていて。これはちゃんと修正して出していただきたい。前の資料の 15 ページ。桁の付け方が間違っている。一桁大きい。

道園参考人：ご指摘のとおり。

嘉門副委員長：それと、今日の矢島さんの説明で、インフラ土木技術についての懸念事項がたくさん書いてあって、今回はサイトは特定しないとなっているが、一応北上のようなところでは、異常出水のリスクが高いと書いてあって。そうすると湧水管理についてトンネルの裏面排水をするというのが今回の建設のメインで、中には ILC の運用のスペースには、空洞には水は一切入って来ないという、基本的には、そんなことはあり得ないのではないか。

参考人随行者：では現地の説明はこちらでさせていただいて。

嘉門副委員長：いや、現地の説明は、このリスクことが書いてあるので、細かいことはよいが。だからそういう意味でインフラの土木の積算経費の話については、やはりそういうリスクを想定した上でやらないといけないので、今幅で 1,110 億円から 1,290 億円となっている。1,290 億円は、空洞をつくるだけだったらこれぐらいのコストでできるでしょうと前回申し上げたが、ここの今日の資料の中に、そういうリスクも含めて検討しないといけなくなったら、とてもこれでは済まないのではないかと思うし、そういう意味で非常用電源で排水をどうするか、非常に困った話で、もし万が一止まったら水没してしまう。そうすると、これも回復は至難の業で、そのためのやはりフェールセーフという意味では、やはりきちんと考えておかないといけない。多分不確定要素 25 パーセントのコストではとても済まないのではないかと思う。

参考人随行者：もしできれば、現地という意味じゃなくて、専門家を交えて、高エネ研だけではできないことを産学連携でやっている中で、その検討の中身について、もしできれば資料なり、あるいは説明する機会をいただければ、そういうリスクについての管理方法の検討度合いもご説明させていただく。

宮原参考人：嘉門先生がご指摘された事項は、非常に重要な指摘だと思う。その点をリスクの一つとしても検討するということについて、全く共感する。一点だけ具体的に申し上げると、トンネルの排水は裏面排水工法を取っている。ご指摘のとおり、理想的にはトンネルの中に地下水が侵入してこないというのを目標にはしているが、わが国のこれまでの長いトンネル建設の実績、あるいは維持管理の実態から、完全にそれを担保するのは困難であるということも承知しているので、トンネルに入って来る水をできるだけ少なくしたいと考えている。その理由は、トンネルの中に入った瞬間に、放射化された水、あるいは放射化が実際にあるかどうか分からないけれども、トンネルの中の水は管理排水に回ってしまう。管理排水の水量が地下水によって増える、これは維持管理上非常に大きなネックになるので、それを避けるべく、できるならば完全防水、止水方法を追求したいという理想はあるが、現実的にはそうではないというのは、私も嘉門先生のおっしゃるとおりだと思う。

米田委員長：今の問題は、私もずっと聞きたいと思っていた。それを目指して頑張るけれども、頑張りきれないところ、やはり不確定要素もある。そこで水が入ってきて、それが放射化されて出ていくときに、周りの地下水を汚染させたりとか、どう排出するかという問題があり、それは恐らく近隣住民の方にとっては大変に大きな問題になると思う。こういう計画を推し進めるときには、こういうリスクがあって、私たちはこういう対策で万全を期しているということを、近隣の方に全く伝えずに、ずっと最後までその情報を関係者だけの中に閉じ込めておくというのは、すごく問題があるのではないかと思う。

リスクというのは、必ず何をやっても起きるが、一応そのリスクがあることを検討し、それ

に対して私たちはこういう万全な体制を整えている、というのが評価でも大事になると思うがいかがか。

西條幹事：おっしゃるとおりだと思う。第1回目の会合のときに、環境評価を考えていないということをおっしゃったので、われわれはびっくりした。放射能のこともそうだが、近隣の方々にちゃんと説明できるような体制を取っているのかどうか、環境評価もちゃんとやっているのかどうか。

参考人随行者：こちらから先に、多分宮原さんの言葉は、法律上はそういうものには該当しないけれども、それに準じた環境アセスメントをやるのだ、ということをご説明したというふうに思う。結論だけ言うと、本当に全く環境のことと、それからリスクの説明、これで実は原子力のときもそうで、それから東北でいろんな工事をやった後の復旧復興のところでも住民の理解というのは本当に大切に、説明は頑張っているところではあるが、それでもまだ十分に行き渡っていないんだと、その意見書というのも出ていたと思うが、全ての人がそれをちゃんと聞いて理解して、リスクそれから環境の問題というのを全ての人がちゃんと捉えているというところにはまだ至っていないと思う。

宮原参考人：今先生のご指摘で、ちょっと確認させていただきたいのだが、私が環境アセスメント、環境評価をやっていない、もしくは重視していないというような、そういう発言をしたということは、事実としてないと思う。いかに、たとえ法アセスメントの適用を受けなかったとしても、自主アセスメントによって法アセス以上に積極的に環境アセスをやることが地域の住民に対して、安心と理解を得るために重要だということを私は申し上げたつもりであったが、説明不足であったか。

西條幹事：書き物ないしは資料をわれわれのほうに提供してくださっているか。

宮原参考人：第1回目の分科会で私が説明した資料の中に、環境アセスについての記述があると思う。

米田委員長：先ほどの非常用電源については、後日詳細資料をお出しいただけるということであったので、今ご指摘があった環境評価についても、ただそこに文言が書いてあるだけではなくて、実際にいろいろご検討されているのであれば、その資料をご提出いただいて、こちらで拝見させていただきたいと思う。

宮原参考人：はい。

米田委員長：では、今日はもう一つ大きな議題があるので、次に進めさせていただきたいと思う。

（２）「ILC に関する経済波及効果について（佐竹参考人）」

佐竹参考人から「ILC に関する経済波及効果」説明が行われ、次のとおり意見交換が行われた。

西條幹事：多分私がこの役割を引き受けないといけないのだと思うが、まず資料 3 の 1 ページ目のフットノートに、経済波及効果というものは純増なのか純増ではないのかという話で、国家の予算として純増で増やした場合のみの計算をしている。本来ならば ILC を作るからといって、多分他の予算が削られる可能性のほうが高いわけで、どうしてそちらのほうの計算をしないのか。純増か。

佐竹参考人：純増で、おっしゃるとおり。

西條幹事：ILC の効果は高いのだということを言いたいという具合にわれわれは感じてしまうが、そうではないということをお願いしたい。

佐竹参考人：ご指摘のとおりだが、まず大前提として、今この場で純増の効果だということにご紹介できなかったことに関しては私の手落ち。ご指摘のとおり、こちらに国の予算を振り向けることによって、どこかの予算が削られる可能性が当然高いので、この 2.何兆円という数字がそのまま日本経済に加算されるというような概念では当然ない。一方で、ではその削られる分の推計というのはなぜしないのかというふうにご指摘いただいたが、その点に関しては、まずどこでこういった予算が削られるか分からないという部分もあるので、その部分を精緻に計算をするというのは技術的に非常に難しいという背景はある。

西條幹事：他の部門の平均的な公共投資で比較すればいいのではないか。どうしてそれをしなかったのかということ疑問に思う。たくさん質問があるが、そういう話も考えてほしいと思うし、今回の場合は ILC のほうの要素効果のほうが高いのだということをおっしゃりたいのだろうと思うが、直感的に何でそれは高いのか。

佐竹参考人：基本的には、通常の公共投資だと、例えば道路をつくるとか、空港をつくるとか、金額的には非常にインフラ関係が大きくなると思う。今回に関しては、土木だけではなく、機器をつくる部分、非常に高度な技術を活用して、研究開発を行って機器をつくるという部分が入っているので、少し 1.73 という数字よりは高くなっているのかというふうに想像する。

西條幹事：先ほどのビジネス拡大係数を3としたからではないのか。

佐竹参考人：いえ、今私が申し上げた少し高いという計算1.78、先ほどのスライドで、最後に私がご紹介した、こちらの1.73と比較するので一番相当するのは、多分ここの数字だろうと。0.89二つの合計、1.78だろうということは申し上げた。ビジネス拡大係数は、こちらに相当する部分でなので、先ほど申し上げた1.78が1.73より少し高いという部分に関しては、ビジネス拡大係数は含まれていない。

西條幹事：単純に言うと、多分同じような金額のお金を投じて、ILCとは全く関係のない大きなトンネルを掘っておいて、後でトンネルを完璧に埋めてしまうということも同じような効果が起こるのではないか。

佐竹参考人：ただ、それでは機械は入らない。

西條幹事：技術の効果は起こらないでしょうが、何と比較したらいいのかということが問題なので、多分ILCの効果という際に、同じような金額を他に使う可能性があるので、そっちとの比較をしないといけない。最終的には先ほどの14ページにあった乗数効果で眺めてみると、ちょっと高いという部分だけが本来ある効果ということになる。

佐竹参考人：他との比較という意味合いではそうなる。

西條幹事：同じように投資をするのであったら、他と投資をした分との比較をしないといけないので、ここで2.何兆円の拡大効果が起こると言ったところで、他でも起こるわけだから、差分のほうを私たちに見せてくれるようにしてほしいと思う。

差分で見たら、差分で大きいのかどうかということと言ってほしいけれども、多分その差分のお金というのはたいしたことないのではないか。

神尾参考人：今回の産業連関表というのは、後方連関。一定の金額を決めて、その波及を出す、そうすると波及を出すということになると、ご指摘のとおり、基本的には産業構造とそれから何回受発注を繰り返すかということに限定されてくるので、多少機械とかそういった受発注の大きいところが入ってくると、もちろん自給率が下がってくるので、日本よりも外に出てしまう場合があるが、若干その数字が、係数が高くなるというぐらいの差。あとは前方。先ほど言った技術に波及して、これは当初の国の予算ではなくて、民間の事業の自助努力も入ってくるところがあるが、それをこういうふうに見るかによって係数の差を取るというのは変わってくるかなというふうに思っている。

西條幹事：結構中立的に計算なさったようにおっしゃっているけれども、外部の方々が見ると、数兆円の効果があるんだと思うかもしれないが、本来的にはないのでは。さらに技術の話を考えてみると、資料 3 の一番最後に今回のリニアコライダーに関する技術が他の製品に直結する技術になるとは考えにくいという話があるので、どうも普通私たちが何らかの直接投資をする場合の話と違うのだという話を最後に書いてあるけれども、この点はどうなのか。本来的な技術の効果は多分他の経済部門にはあまり影響を与えないという具合に読めてしまうのがいがか。

佐竹参考人：これはご指摘のとおりだと思う。

西條幹事：国民に向けて、2 兆円の効果があるのだということはなかなか言いづらいだろうと思う。経済の中でこの同じ金額を別の部門に差し向けたとするならばほぼ同様の効果があるわけだから、ILC だから特別に経済効果が高いという感覚は持ちにくいというのがわれわれの感覚だが。

嘉門副委員長：この資料 3 の最終ページのコメントは、これは平成 25 年 9 月に出した所見の、今回このことに対してどれぐらい経済波及効果があるのかというのを出していただくのが趣旨だと思う。その視点ではないのは、これはなぜなのか。

家委員：この種の経済波及効果というのを実現される場合に、われわれ理系の人間だと数値には必ず誤差というか精度の不確かさというのがあるという感覚だが、不確かさという概念はないのか。随分はっきりした数字を出しておられるが。最小と最大は 2 つの違うシナリオで、わずか。さっきの係数 3.0 の指摘に限らず、その他のところでも、総務省が出している逆マトリクスを使って、ぴしっとした数字を出しておられるが、それがどのくらい信頼性がおけるかとか、そういう分析というのはないか。

神尾参考人：この経済波及効果というものの計算をするときの前提のこの資産というものが。

家委員：業界ではそれで、そういう方法論でやっているというのは分かるが、これが世の中に出ていくときに、今もご指摘があったように、ミスリーディングな部分が相当あるのではないかと思う。

例えば最初の、資料 3 の一番最初のところの一番大事な前提、これは真水の投資と仮定した場合に、という話が脚注にしか出ていないというのは、私はこの種の報告書としては書き方としていかなものだろうかと。これは一番大事な前提である。

神尾参考人：本当はケース、リアルオプション法とか、リスクを例えば関与して出す方法、費用便益、便益で出す方法、その中で一定の前提を置いた中でどのくらいのインパクトがあるかという方策、プロセスを一番オーソライズというか、それなりに何とかできるデータで計算した結果ということ。

家委員：それと今西條先生からもご指摘があったように、同じ金額を他に投資した場合のロストオポチュニティーとの比較。

米田委員長：あと最小と最大と出ているが、もし本当に最小と最大と書くのであれば、係数 3.0 についても最小と最大の検討が必要なのでは。

佐竹参考人：TDR に示されている費用が最小と最大かだけである。

田中委員：経済には疎いのだが、そもそもこの産業連関表に基づくモデルは、こういうモデル自体はいいのだが、最近あまり使われていないようである。そもそも現実の実態経済の乗数効果というのは、2 なんていうものに比べたらとんでもなく小さい値ではないか。ネットで調べれば色々な値が出てきてばらつきはあるにしても、1.1 とか 1.2 とかそういう値が多い。もちろんこれは、他の公共投資も同じような計算をすると大きく出る訳だが、それは基本的には総務省の産業連関表のところのカテゴリー分けのオーバーラップとか、もちろんその分け方が完全に自分たちが評価しようとする分野に対して、どういうふうにマッチングしているとか、今のグローバリゼーションで、これは内需の話だが、実際の投資というのはいろいろ複雑な出入りがあるから、事実としてこういうシンプルなモデルでは実際を記述できないのではないかな。こういう仮定の下に非常にナイーブな計算を積み上げて、こんなに大きな経済波及効果があるということを見せるのはいいけれども、野村総研は一応社会科学の専門的なリサーチをするところではないのか。2 人の方がまさに言われていたとおりだと思うが、この数字を並べるのはいいけれども、ではこれがどれだけ実態に合っているのか、この数字は、僕が理解する限り、最大に近い、米田先生が言われたように最大に近いけれども、どのくらいの確率で可能性があるのか。だとすれば当然下振れの可能性も大きくある。そういうのをちゃんと客観的に評価しなければ駄目。これは読んでいて、ILC の経済波及効果をある意味大きく見せるという、なにかその目的のために書いているとしか思えない。全然色のない目で見ても、ロジックとして自然とそうなっている。なぜこんなふうになってしまうのか。そもそもどうして実態との比較がないのか。

もう一つ聞くと、野村総研さんだったらデータを持っていると思うが、高度成長期を含めて日本の経済がいいときに、乗数として、可処分所得が増えた分、その 50%、全国平均として日本の国内の消費として 50%が増えた、いわゆる乗数 2 が達成されたことは過去にあ

るのか。ないのではないか。

神尾参考人：そうですね。基本的にマクロ経済的な乗数の事後の評価と、事前で計算した値を具体的に検証するということはしていない。

田中委員：でも事実としてそういうことが分かっているのに、どうしてこういう大きく出るような数値だけを取り上げて、野村総研さんはこういう評価をされるのか。

神尾参考人：これは産業連関表分析をするということでこの数字が出てくるというのはある程度前提条件としてあるわけで、インプットが出て、それによって波及がどう出るかというのは、いわゆるプロセスが明確なので、それを使って分析するやり方をいろいろ提案している。

国でもそれはやっている。

田中委員：われわれはまだいいが、これを国民が見たときに、そういう情報なしにこの値だけが独り歩きするわけではないのか。

神尾参考人：ご指摘のとおり。

西條幹事：一番最後の 14 ページに、第 2 次効果分も入っているんだということが書いてあるので、じゃあ入らない場合はどうなるのかということを書きいただきたいし、多分これを見た国民の皆さんは、これはすごい効果があるなという感じがしたが、本来的には同じお金を別のところに投資しても同じような効果があるわけだから、ほぼないというのが私の感覚である。それをちゃんと分かるようなかたちで書いていただかないと、ILC をやったからそこに効果があるんだということではないので、それをきちんと書くべきだと思う。

参考人随行者：おっしゃるとおりで、これ中身でやっていることを見ると、科学技術でアウトプットの新しい技術がどうなるのか、放射光でいったらその放射光を使うのはどういうものが生みだされるとか、というそういうアウトプットの新しい技術とか、そういうことを除いた効果、つまりはトンネルをまさに掘って埋めても、装置の分があれば同じ効果が、何をつくったって同じという、3 というやつだけちょっと特別に足しているという。だから ILC の波及効果ではない、というのは僕もそうだと思う。

あと 2 兆円という数字は大きいと、私らもどこで説明するのも波及効果のほうは実はしない。この 2 兆円という数字の話は。何でかということ、それがプロジェクトの波及効果を示しているわけではないし、それからこれはプロジェクトの特徴を出している波及効果でもないし、だからそれは使っていない。じゃあ科学技術はどういうふうにして波及効果を数字

にするかという、2 ステップなんか 4 から 5 という乗数を出して科学技術基本計画第 5 次やっている。それからホライズン 2020 というヨーロッパのやつだと 11 から 13 という係数を出していて、ものすごく幅があって、どれを使っていいか分からないという現状が経済学には実はあるのだと思う。

家委員：野村総研さんはご専門家だから伺いたいのだが、この前日本生産性本部がやられたものがあり、お読みになっていると思う。そこでは 30 兆円とか何とかいうすごい数字が出ていて、これはそれに比べればこれは 2 兆というのはモデストといえばモデストだが、やり方としてはどこが違ったのか。

佐竹参考人：確かに把握はしているが、実際に具体的な推計方向というのは把握していないので、そういう立場になっている。

田中委員：リニアコライダー計画に関する技術経済波及効果の概要版というのが文部科学省のウェブページにあって、ダウンロードして読ませていただいた。その 31 ページに面白い記載があるなと思って、実際にどういうことなのかを野村総研さんからお聞きしたいと思って線を引いてきた。これの経済波及効果を調査するために、海外の研究所を訪ねられて、背景をお話しになっているとヒアリングをしているというときの経験談だと思うが、31 ページに書かれていることとして、トライアンフでは本調査の背景を説明したところ、日本が ILC に能動的な提案をしない理由について、初めて納得のいく説明を受けた、とトライアンフ側が反応されたというふうに書いてある。これは、具体的にどういうふうなやりとりだったのか説明いただきたい。というのは、私も海外からアポを取って人が来たときに、自分のつくっている XFEL に関して経済波及効果を聞かれると、どういう反応をするかなと考えてみた。先ほど山下先生も言われていたが、多分プロジェクトをやる、やらないを決める一番重要なものはトップサイエンスの成果。そのプロジェクトをやったから、その結果出てくる経済波及効果の大きさなんていうのは 2 次的な話であって、これがどうのこうのといってプロジェクトが左右されてはいけない。経済波及効果をわざわざ調べに外国まで来るといふそういうプロセスに対して、かなり批判的な態度を取られたのかなと思って読ませていただいたが、具体的にトライアンフの方はどういうふうに反応されたのか。

神尾参考人：このときの当時の調査のメンバーとわれわれは少し違っていたので、現地で生の声を聞いていないので、的確にお答えすることが難しい。

田中委員：では記載されているとおりだったというふうに理解してよいか。記載されているとおりというのは、日本が ILC を積極的に進めないというのは、ある意味では 2 次的な話に目を奪われているから、そういうふうに解釈できるが。本質の議論に沿って ILC 建設プ

プロジェクトの可否を決めないと読めてしまったが。

神尾参考人：はい。

米田委員長：尽きないところではあるが、一つ西條委員のほうから、今回のことでお願いがある。

西條幹事：もう一度書き直してほしいというか、新たなものを提出してほしいと思う。私たちの感覚からいうと、単にお金を投資、普通に投資したのと ILC に投資したのでは差がないというのが普通の感覚である。その旨ちゃんと書いていただかないと、国民を欺くことになるのではないかとわれわれは感じているし、ILC のサイエンスの成果は別で、経済的な効果というのはないんだというのが基本のお話だと思うので、その辺を明確にしていきたいと思う。

神尾参考人：基本的にはサイエンスの効果と経済波及効果は別というのは理解した。経済波及効果も、ボリュームの乗数としてはそんなに変わらないかもしれないが、産業部門のどこで最終需要が発生するかによって、あるいはその産業部門で内需に依存するウエイトが高いのか、外需から機器を調達しなきゃいけない部分が高いのかによって、地域における波及も違うし、内需に落ちる違いもあるので、全体としてはそんな大きくないかもしれないが、ILC などの最終需要を盛り込んだ経済波及効果の特性は出ると思う。それを一応ここで示した。ボリュームとして、結果として乗数はそんなに大きく変わらないのは事実なので。

西條幹事：先ほど申し上げたが、同じお金を他に投資したとしてもこれだけの効果があるわけだから、比較の対象をはっきりさせてほしいと思う。

家委員：この報告書は文科省有識者会議から依頼されて、という理解か。

神尾参考人：はい。

家委員：この報告書を変えるのは今さら無理だと思うので。

参考人随行者：一つだけ言わせてほしい。サイエンスは経済に関係ないというのは、それはサイエンスをやっている人間は経済を伸ばしていくということもやっているはずで、基盤技術をつくり、新しいものを生み出すという意味でサイエンスは経済に貢献していると思うので、この 2 兆円の意味合いは別だが、サイエンスは経済には貢献しないというのは。

西條幹事：そういうふうに言ったわけではなくて、もちろんサイエンスの効果はあるけれども、このお金だけの部分を見たら、特に ILC をやったからすごいことが起こるのだ、となるのではないかというのがわれわれの見解。

米田委員長：報告書を改訂するのは今さら無理だと思うが、今西條委員が言われたようなことを文書にして出していただきたいということをお願いしている。先ほど長期の停電とか、あとまだ足りない環境評価の資料を出していただけるということであったので、それに合わせて今のものも分かりやすく出していただきたいというお願いである。

嘉門副委員長：この資料 3 の最後のページのサイエンスとしての効果というのを明確に示していただくと分かりやすいかなと思う。

米田委員長：こちら側としてもちゃんと評価しなければいけないので、評価の基となる資料は必要なものは追加していただくということがスタンス。それを確認させていただいたということによろしいか。

議題 2. 今後の審議スケジュールについて

- ・次回は 9 月 13 日（木）に開催とし、以降の会議日程については委員間で調整することとした。

議題 3. その他

- ・特になし

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（案）

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、私から相原先生にお聞きしたい。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、ここには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を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、相原先生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いうところがあるだろうというこ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、もしこの中に何もな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、これは何もな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、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、先ほど相原さんが「これで終わり」というまさに言葉を言われたが、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な。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いて聞いていた。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、相原先生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さん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う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。

今そこのところ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って分からないが、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、山内先生。

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、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、「それはそうでしょう」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、将来これやっ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と。「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。何がかわるのか」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できてきているが、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、大学院生は相原先生から。

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。私は東大のことしかよくわからないが、現状人材がいけ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、そういう意味では、今の若い人たちが自分の将来はどういう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う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かいう問題もある。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。学術会議の一員として、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、相原先生がお話しになった、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きたということで、幾つかあった研究室がなくなる、あるいは、なくなりそうで苦勞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。相原先生のお話で、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、これはもっともだろうと思うし、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を「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と。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ならないが、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こういった形で 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、平行にできるのか。

山内参考人：具体的にどういうふうにするか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だくとか、あるいは、それを物性にどういうふうにするか。

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：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っていくというふうに思うが、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に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このように思うが、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、先ほどの米田先生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先生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：それで、加速器に関して、安定性についてだが。先ほど羽島会長から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ミクロンで、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、ビームサイズはミクロンで、揺らぎも数十フェムト。であるから、本当に 2 乗、3 乗安定化したのは、この 15 年。非常に感銘を受けた。

しかしながら、会長も ILC のパラメータからすると、これは何のためか分からないと。一般の加速器屋から見ても、ライナックやシンクロトロン屋から見ても、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、あと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、他のわれわれの加速器屋とし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、人材育成でももちろん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、それから核融合炉とあと●というのは同じ人たちが造っている。総合科学工学なので、やっぱり加速器以外にとっても非常に重要。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、日本のそういう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ティーズを習得するということは不可欠だが、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、先ほどの羽島先生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：山内先生が非常にちゃんとプラクティカルなこともお話しでしたが、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を議論をしている。先ほど相原先生が「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、基本的にこれをやりましょ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、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：そこのところは、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 億円下さい」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。私は素人だが、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術会議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 が要るということである。

相原参考人：そういうことだと思うし、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だければいいのかなと思う。

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なので細かいところは全然分からないが、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、例えば相原さんが書かれた 13 ページ目に簡単なヒストリーがあるが、この手の書き方でリニアコライダーのこの話をしていただかないと、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ふ、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った、地球そのものをどうするんだみたいな話があって、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った。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って。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ったが、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)