

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

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 ページの下の比較の表で、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、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く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いるため、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。

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。

家委員：そこに人の絵が描いてあるが、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。

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、ここでいうところの領域に当たる。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

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、原因が分かっても、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ィ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場所だが、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、外だと 20 マイクロシーベルトであるという意味。

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。

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。

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。

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：目に見えないくらい速い。

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、水はどれくらいなのか。

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、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、遮断できていると思っている。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のではないか。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イケないと思う。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：開けるときの、金属配管の中に閉じ込められている限りは、そ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って、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って、その 1 つが落ちてその後、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、一瞬でぼ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：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を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はよろしいか。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。

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。

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の話と、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、あれが必要だと書かただけで、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るが、それと ILC 計画における規制と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りうるが、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も良いと思うが、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、そこが全然分からない。

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 トンになる。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：宮原参考人、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いけない。そうしたら、1 万 5,000 トンといたら 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私は思う。

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。不思議な世界だが、うそのような本当の話が本当に起こっちゃう。1,000 トンで組み上げるといふことになれば 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。宮原参考人、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ずい。多分まだそこまで行っていないのではないかと思う。

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、守秘契約をさせていただければ、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、そこまでののか。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

ると、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か。

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。それは工事中の話もあるが、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、これは作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行った。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、先ほどお話しいただいた資料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、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いだろう。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。真空パイプがあつて、途中要所要所に磁石があつて、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 個の加速器で加速する。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、故障した加速器は使わないようにして、生きているだけのものでどンドンやるという、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トに人が入るのだろうか。高周波装置のほうは人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つて大丈夫と。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つ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、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きなかったので、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キロあるのだろうか、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。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年では済まない話である。このメインライナックのセンターの部分についてはいろいろ説明を聞くが、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、宮原参考人が最初に紹介した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、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けられるので、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：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、特に水平性と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ことは多いと思った。

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、説明では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 工区の内 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、嘉門委員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も、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、嘉門委員のご指摘のように）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。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。質問の中にあつた、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ない。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る。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と言えない。それから、地質がいいと思っても、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。聞いた話だが、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知っている。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：嘉門委員と同じご指摘。“（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と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る。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う。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 1m<sup>3</sup>/min/km, 5m<sup>3</sup>/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だが、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を合わせてきちんと現地調査までされたのかということも気になるところ。

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ただいて、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つたので、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、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付けたい、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。それも必要であればお示しする。

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言われていたが、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てたが、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には、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ってしまうとしょうちゅう手当てをしないといけ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っ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、いろんなリモートで調整するということまで持っ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、やっぱりたくさん技術者、研究者の方々が近くの隣に行き、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 メートル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。  
そこ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ろ、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ようなこ  
とができる場所は、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のもこの間ご報告あ

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)

・「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における守秘義務について」の委員長決定が行われた。

・資料6, 7に基づき、参考人から説明が行われ、次の項目について議論が行われた。

(ILCの加速器建設コストについて)

(ILC 施設建設 (CFS) 工事費の概要について)

**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)