

「国際リニアコライダー計画の見直し案に関する所見」（案）に対する意見・説明書

平成30年11月19日

「国際リニアコライダー計画の見直し案に関する所見」（案）に追記

KEK ILC推進準備室

現時点で公表されている、「国際リニアコライダー計画の見直し案に関する所見」（案）は事実誤認があり、また委員会中で述べられた参考人の意見、私どもが提出した参考資料の内容が十分にご理解いただけていないように思われます。まだ（案）の段階であることに鑑み、以下の様に改めて説明をさせていただくとともに意見を述べさせていただきます。ポイントとなる文章を黄色でハイライトし、それに対する意見・説明を囲みの部分に記しました。対応する補足資料については、本文中の番号をご参照ください。

審議にあたって推進側から伝えたい最重要ポイント：プロジェクトの段階的な承認の導入と国際研究機関を日本に誘致する価値

以下の点は、審議の中でも繰り返しお伝えしてきたが、最重要ポイントであり、是非ご理解の上、答申の最終版を作成いただきたい。

現時点は日本政府が建設の承認を判断する段階ではなく、これまでの研究者主導の非公式の国際協議から一步踏み出し政府間における協議を正式に開始するかどうかを判断する段階である。

大型国際プロジェクトは、欧米では以下に説明するような意思決定プロセス（米国では Critical Decision（CD）Process と呼ぶ）を経て段階的に進めるのが通常である。各段階において条件が整わなければ実施しない。ILC 計画を進めるに当たって、我々はこのような意思決定プロセスを導入することを提案している。（8月29日 委員会資料2-3「高エネルギーコミュニティにおける ILC に係るコンセンサス」相原博昭氏 p.15-16 [A-1(a)]、10月1日 委員会資料3-1「KEK のミッションと ILC 計画、国際協力体制、アジアという視点」山内正則氏 p.2 [A-1(b)]）

以下に、

- （1）ILC 計画の運営組織、国際分担、実施計画案策定に向けてのこれまでの取組
- （2）ILC 計画の段階的な意思決定プロセスの導入の提案
- （3）国際研究機関を日本に誘致する価値

について述べる。（3）は検討委員会で十分に触れられてこなかったが、極めて重要である。

- （1）ILC 計画の運営組織、国際分担、実施計画案策定に向けてのこれまでの取組

世界の高エネルギー物理学研究者たちは、ILC 計画を将来の国際共同プロジェクトとして推進することを決定して以来、研究開発、実験施設の設計とともに、様々な組織、経費、実施計画の検討を行ってきた。

- ILC の国際プロジェクトとしての合意：2004 年に国際将来加速器委員会（ICFA）で ILC を国際プロジェクトとして進めることに合意した。
- ILC の運営組織についての合意：2013 年の ILC 技術設計書（TDR）完成時に、付随文書として ILC 実施プラン（ILC-PIP）を作成して、ILC 研究所の組織運営、調達、知財などに関して国際的な検討結果を公表した。2015 年には日本に立地することを前提に改訂版を発表した。
- 研究者間での国際経費分担の国際合意：リニアコライダー国際推進委員会（LCB）、リニアコライダー・コラボレーション(LCC)、ICFA において、ILC の国際経費分担の大枠の議論で研究者間では合意した。
- 準備段階での実施計画：高エネルギー加速器研究機構では、ILC 計画の準備期間の実施計画、人材育成計画として KEK-ILC アクションプランを策定した。また、欧州研究者は、欧州 ILC 準備計画 The European ILC Preparation Plan を策定した。
(10月2日 分科会資料2-1「ILC 準備・アクションプラン」[A-2(a)]、分科会資料2-2「KEK-ILC アクションプラン」[A-2(b)]、分科会資料2-3「The European ILC Preparation Plan」[A-2(c)]、以上道園真一郎氏
- 建設段階での実施計画：ILC-TDR に必要な人的資源を含めた実施計画が記述されている。また建設期の欧州研究機関の ILC プロジェクトへの参加体制については、欧州 ILC 準備計画に含まれている。
- さらに、運転計画、性能向上計画、運転終了時の廃止計画については、LCC で検討を進め、分科会にも報告している。(9月13日 分科会資料1「検討されているリスクについて」道園真一郎氏 p.99,102[A-3])

上記の研究者の活動と並行して、産業界・地域・自治体および政治が海外と ILC の国際協力に向けての非公式な協議を行ってきた。日米間、日欧間の非公式な協議について、10月1日 委員会参考4の4-4「国際リニアコライダー計画に関する補足情報」の第3章[A-4]で情報提供している。そのうちいくつかを列挙する。

- 下村文科大臣（当時）とモニーツ米国エネルギー省長官（当時）の間の ILC についての議論を皮切りに、2013 年に非公式での議員外交がワシントンでスタートした。
- 2016 年には日米政府間の ILC discussion group が設置され、コスト削減の技術開発事業が推進されている。
- 米国での高エネルギー物理分野の予算増が確保されたため、今年 6 月にはエネルギー省の担当官が「日本に立地する ILC に米国が十分大きな分担をする準備はできた。すぐにでも正式な協議を開始できる」と明言した。
- 今年 1 月に行われた日仏、日独の政産官学の枠組みでの会合では、仏独が大きな予算で参加する条件、その予想される規模、可能な時期などを議論した。

最近の進展として、今年 10 月に米国エネルギー省ダバー次官（科学担当）が来日して国会議員による ILC 誘致実現連絡協議会（河村建夫代表）と意見交換し、「日本政府が ILC を積極的に評価し、計画が前進することを期待する。」と協力する姿勢を示したことを報告しておく。

更に各国の産業界も ILC への参加を考えており、ワークショップなどに参加して備えている。このように、現在すでに政官産学の各レベルで非公式な協議は始まっており、国際経費分担の正式な交渉を含む次のステップに進むことが期待されている。

（2）ILC 計画の段階的な意思決定プロセスの導入の提案

意思決定プロセスのモデルとなる Critical Decision (CD) プロセスとは、米国 DOE でプロジェクトを段階的に評価・承認するプロセスであり、ILC 承認においても同様の意思決定プロセスが必須であると考えられる。米国の CD プロセスは、CD0 から CD4 までの段階があり、CD0/1 はプロジェクトの学術的意義と概要設計、CD2 はプロジェクトのコスト・スケジュール審議、CD3 が建設開始、CD4 が運用開始に相当する。

これを ILC に当てはめた場合については、相原博昭氏から説明がなされており、「CD0 と CD1 は達成して CD2 の過程にあると考えている。ただし、CD2 をクリアするには日本政府のホスト国としての「正式」意思表示 (Expression of Interest) が必須である。検討委員会には CD2 をクリアするための知恵を授けてほしい」と要請した。(8 月 29 日 委員会資料 2 「高エネルギーコミュニティにおける ILC に係るコンセンサス」相原博昭氏 p.15,16 [A-5])。各段階で諸条件が整わなければ計画を撤回する (CD2 がクリアできなければ国際コミュニティとして中止を決断)。各段階において高度な専門家によって開かれた評価が国際的にフェアに行われるべきものである。

（3）国際研究機関を日本に誘致する価値

ILC には科学的意義、技術的・経済的波及効果を超えて、容易に数値化できない重要な価値があると考えている。検討委員会では、これまでリスクについての議論が中心となり、以下のようなプロジェクトが持つ可能性についての議論がほとんどなされなかったのは残念である。

日本にアジアで初めての大型国際研究機関ができ、世界の基礎科学をリードし、世界に貢献する貴重な機会が得られる。そして、宇宙創成の謎に挑む基礎科学のフロンティア、技術のフロンティアを築く拠点となり、それらの魅力が人々を惹きつけ、子供達に夢を与える。最先端科学・最先端技術への挑戦意欲が喚起され、若くて優秀な才能が世界から ILC 研究所に集まる。世界のトップクラスの科学者と切磋琢磨する環境ができ、次世代の素粒子物理学を担う研究者だけでなく、分野を超え広く科学技術立国を担う次世代の人材が育つ。日本がこのような高度な人材を世界に輩出する拠点を持つことは大きな国際貢献となり、世界最先端の基礎科学を牽引する国際研究所の存在は、CERN がそうであるように、世界の科学技術をリードする科学技術立国のシンボルとなり、ホスト国

としての誇りをもたらす。

1 はじめに

(1) 審議の背景

国際リニアコライダー（International Linear Collider: ILC）計画は、高エネルギー電子・陽電子衝突実験のための直線状加速器（線形加速器）を建設して素粒子の研究を進める、素粒子物理学分野の国際プロジェクトである。ILC計画は、現在、欧州合同原子核研究機構（CERN）で稼動している大型ハドロンコライダー（Large Hadron Collider: LHC）と相補的な位置づけにあるレプトンコライダーの次期計画として構想されてきたものである。

国際将来加速器協議会（International Committee for Future Accelerators : ICFA）のもとでの全体設計活動（Global Design Effort : GDE）によって2013年に取りまとめられ発表されたILCの技術設計報告書（Technical Design Report : TDR）では、最高衝突エネルギー500 GeVで設計がなされていた。

修正依頼

ICFAの日本語訳は国際将来加速器委員会である。また、GDEのGはGlobalの頭文字で、地球規模の意味であり、GDEは「国際共同設計チーム」と訳されている。

国際リニアコライダー計画に関して、日本学術会議が文部科学省から審議依頼を受けて審議を行うのは今回が2度目である。前回の審議について簡単に復習しておく。平成25年5月27日付で文部科学省研究振興局長から日本学術会議会長宛てに審議依頼が寄せられた。これを受けて「日本学術会議国際リニアコライダー計画に関する検討委員会」が設置された。7回の審議を経てとりまとめられた回答は、幹事会における承認手続きを経て、平成25年9月30日に会長から研究振興局長に手交された。

回答『国際リニアコライダー計画に関する所見』（以下、「前回回答」）では、その時点で存在した多くの不確定要素について、可能な限り明確にしていくことが必要との観点から、「ILC計画の実施の可否判断に向けた諸課題の検討を行うために必要な調査等の経費を政府においても措置し、2～3年をかけて、当該分野以外の有識者及び関係政府機関も含めて集中的な調査・検討を進めること」を提言した。特に検討すべき重要課題として以下の項目を挙げた。

- 1) 高度化されるLHCでの計画も見据えたILCでの素粒子物理学研究のより明確な方針
- 2) 国家的諸課題への取り組みや諸学術分野の進歩に停滞を招かない予算の枠組み
- 3) 国際的経費分担
- 4) 高エネルギー加速器研究機構（KEK）、大学等の関連研究者を中心とする国内体制の在り方
- 5) 建設期及び運転期に必要な人員・人材、特にリーダー格の人材

「前回回答」では結語として、「国際リニアコライダーを我が国に誘致することの是非を判断する上で、これらの課題について明確な見通しが得られることが必要である。」としたうえで、「日本学術会議は、上記の調査・検討を踏まえて、改めて学術の立場からの見解を取りまとめることにより、政府における最終的判断に資する用意がある。」と表明したところである。

文部科学省においては、この「前回回答」を受けて、平成26年5月に「国際リニアコライダー（ILC）に関する有識者会議」（以下、「有識者会議」）を設置し、そのもとに「素粒子原子核物理作業部会」、「技術設計報告書（TDR）検証作業部会」、「人材の確保・育成方策検証作業部会」、「体制及びマネジメントの在り方検証作業部会」の4つの作業部会を設けて審議を進めるとともに、関連事項に関する委託調査事業を実施した。

一方、その間に、欧州合同原子核研究機構（CERN）の大型ハドロン衝突型加速器（LHC）においては、衝突エネルギーを13 TeVに増強した実験が進められ、ヒッグス粒子の発見という画期的な成果が挙げられた。

事実誤認：ヒッグス粒子の発見時期とLHCの衝突エネルギー

LHCによるヒッグス粒子の発見時期と、その時の衝突エネルギーについて、明らかな事実誤認があるので指摘する。同じ事実誤認に基づく記述が、他に1箇所ある。

ヒッグス粒子の発見は、LHCの7~8 TeV実験の成果であり、前回の学術会議での審議が始まる以前の2012年7月4日に発表された。LHCは2015年から13 TeVにエネルギーを増強して実験を行い、主要なヒッグスの崩壊モードのいくつかについて誤差の範囲で標準模型のヒッグス粒子と矛盾のない性質を持っていることを確かめた。これまでの所、エネルギー増強で期待された新粒子の発見には至っていない。

LHCにおける実験結果を踏まえて、当該分野の国際的な研究者組織の一つであるリニアコライダー・コラボレーション（LCC）において「ILC計画の見直し」が行われた。ILCの初期研究課題を「ヒッグス粒子の精密測定」に特化するという戦略が立てられ、その目的に最適化する観点からILCの衝突エネルギーを当初計画の500 GeVから250 GeVに変更するという選択がなされた。この方針変更は、リニアコライダー国際推進委員会（LCB）における審議を経て国際将来加速器委員会（ICFA）において承認された。

このILC計画の見直しを受けて、有識者会議における審議が改めて行われ、平成30年7月4日に、報告書「国際リニアコライダー（ILC）に関する有識者会議 ILC計画の見直しを受けたこれまでの議論のまとめ」として取りまとめられた。

平成30年7月20日付で、文部科学省研究振興局長より日本学術会議会長あてに「国際リニアコライダーに関する審議について（依頼）」が寄せられたことを受けて、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（以下、「検討委員会」）、ならびに、「技術検証分科会」（以下、「分科会」）が設置された。

(2) 審議に際しての基本的考え方

日本学術会議は日本の科学者コミュニティの代表機関として、あらゆる学問分野における知の探究を奨励するとともに、学術の振興ならびに知の普及や成果の社会還元に資する施策を検討し、提言等を発出している。知のフロンティア開拓に挑戦する研究計画についてはその学術的意義や実施可能性が認められればそれをエンドース（是認・支持）するのが基本的スタンスである。さらに、学術には人類共通の目標にむかつて、国の枠を越え、多様性を活かした協同作業により世界平和に貢献できる力があることから、国際協力による学術研究の推進も奨励しているところである。

日本学術会議は、声明「日本の科学技術政策の要諦」（平成17年4月2日）以降、多くの提言や報告等で、大型科学研究設備は、①計画を国際的に開かれた共同研究の場として提供することによって、人類の新しい知の創造に貢献するとともに世界の次世代人材育成に貢献するものであること、②そのことが国家の信頼を構築し、ひいては国家安全保障の根幹となり、国家基盤形成への「投資」という認識が重要であること、また、③透明で適切かつ公平な科学的評価と審査を経て着実に進めてゆくことが重要であること、を指摘してきた。

本件（国際リニアコライダー計画）のような巨大研究施設建設を伴う国際プロジェクトに関してはその学術的意義や技術的実現性はもとより、それを日本に誘致するに際して、建設ならびに維持・運転に要する経費とその負担のあり方、国際協力も含めた計画実施の見通し、関連学術コミュニティの合意状況、設置候補サイト周辺への影響、等の諸条件を特に慎重に精査することが求められる。検討委員会ならびに分科会としては、「**現在提示されている250 GeV ILC計画が、多様な分野の研究者を代表する組織たる学術会議としてエンドースできるものであるかどうか**」という観点、から審議を行った。

正確な理解が必要：

「審議にあたって推進側から伝えたい最重要ポイント」を参照されたい。

現時点は日本政府が建設の承認を判断する段階ではなく、国際協議を進めるかどうかを判断する段階である。ILCは、国際共同プロジェクトとしてのみ実現可能な大型計画である。計画が正式承認されるためには、参加国との国際交渉によって経費分担やプロジェクトと研究所の共同運営について合意される必要がある。これまで ILC を推進してきた研究者は、国内外の研究者や関係者とともに、でき得る限りの準備を行ってきており、次の段階は政府間の国際経費分担などの協議に入ることであると考えている。

検討委員会においては主として、素粒子物理学ならびに関連分野における ILC 計画の位置づけ、ILC が目指す物理の学術的意義、ILC 計画の実施可能性、運営体制および人的資源、国際協力、等について審議を行った。技術検証分科会においては主として、ILC 加速器の技術開発、土木工事、安全対策、環境影響、技術的・経済的波及効果、等につ

いて審議を行った。審議に際しては、TDRなどこれまでの関連資料、文部科学省有識者会議報告書およびその審議資料を参照するとともに、適宜参考人の出席を求めてヒアリングを行うなどして、必要な情報の収集に努めた。また、審議期間中に、学術会議会長宛てないしは検討委員会委員長宛てとして、さまざまな意見書等が学術会議事務局に届いた。それらの意見書等は、その都度、検討委員会・分科会の参考資料として委員間で共有して審議に役立てた。

2 ILCが目指す物理

(1) 高エネルギー加速器実験の発展

素粒子物理学実験は、19世紀末の電子や放射線の発見に始まり、1930年代からの加速器の発達によって、より高エネルギー領域へと探索範囲を拡張してきた。この間、その時代における最高エネルギーを実現する加速器を用いることで、次々に新たな素粒子の発見がなされた。初期の加速器実験装置は、加速ビームを固定ターゲットに入射させる方式であったが、より高いエネルギー領域にアクセスするためには、加速粒子を正面衝突させる衝突型加速器のほうが、ビームエネルギーをより有効に利用できることから、最近では衝突型加速器が主流となっている。

加速器ベースの素粒子物理学実験は、その時点で到達し得る最高エネルギー領域での新現象を探究するエネルギー・フロンティアのアプローチと、事象の観測頻度を上げて統計的精度を増すことによってより精密な物理の議論を展開するインテンシティー・フロンティアのアプローチとが相俟って発展してきた。前者としては近年のヒッグス粒子の発見に至るまで多くの新粒子の発見がなされたことからその有効性はあきらかである。後者としてはK中間子やB中間子の精密測定によるCPの非保存の研究などが良い例である。なお、加速器ベースの実験と並んで、非加速器実験も独自の発展を遂げて素粒子物理学の発展に貢献してきたことは、古くは宇宙線による陽電子やミュオンの発見、最近では地下でのニュートリノ研究などの事例が示すとおりである。

上述のように、近年のエネルギー・フロンティアの実験的探究には、加速ビームのエネルギーが素粒子反応に最も有効に使われる衝突型の加速器（コライダー）がもっぱら用いられる。衝突型加速器はその形態によってリングコライダー（円形衝突加速器）とリニアコライダー（線形衝突加速器）とに大別される。また、衝突させる粒子の種類により、陽子などのハドロンを加速ビームとして用いるハドロンコライダーと、電子などレプトンを用いるレプトンコライダーとがある。ハドロンコライダーの場合は、以下に述べるシンクロトロン放射によるエネルギー損失がほとんど問題とならないため、エネルギー・フロンティアの開拓に適している。一方では、複合粒子であるハドロンの衝突事象であるため、素過程であるクォークなどの素粒子の衝突としては実質的な衝突エネルギーがイベントごとにまちまちで、バックグラウンド事象が非常に多いという問題があり、実験データの解析が複雑となる。それに対して、レプトンコライダーは、素粒子である電子と陽電子の衝突であることから、反応がクリーンで解析に唆妹さが少ないという特徴を有する。さらに、加速粒子のエネルギーのすべてが反応に使われることや、

バックグラウンド事象が少ないことなどの利点がある。

電子や陽電子をリング加速器で加速する場合、シンクロトロン放射によるエネルギー損失が大きな障害となる。1周あたり放射エネルギー損失は、ビームエネルギー E と加速粒子の質量 m の比(E/m)の4乗に比例し、リングの半径 R に反比例する。レプトンコライダーのエネルギー・フロンティアとしては、CERNのLEP2において達成された209 GeVがこれまでの最高である。LEP2のトンネル(周長27 km)は、実験終了後ハドロンコライダーに転用されてLHCとなった。LEP2の衝突エネルギーを大幅に超えるような電子・陽電子コライダーを実現するには、たとえば周長100 kmといった巨大リングを作るか、リニアコライダー方式を採用するかという選択になる。

ハドロンコライダーとレプトンコライダーの上記のような特性の違いに鑑み、エネルギー・フロンティアを追究しているLHC(およびその将来のアップグレード版)と相補的な役割を担うハイ・ルミノシティで素粒子の詳細な研究に適しているレプトンコライダーが世界のどこかに実現することは一般論としては重要かつ望ましいことである。

(2) 13 TeV LHCの結果を踏まえたILC計画の見直し

13 TeV LHCにおける実験で125 GeVにヒッグス粒子が発見されたことを踏まえて

修正依頼

前述の通り、ヒッグス粒子の発見は、LHCの7~8 TeV実験の成果である。上の文章で、「13 TeV」を削除することを提案する。

ILCの研究目標をヒッグス結合の精密測定に絞り、その目的に最適化するために、当初の500 GeV計画を見直して250 GeV計画としたことは妥当な戦略と考えられる。この選択により、当初の500 GeV ILC計画の中核をなしていた下記3つのシナリオのうち、2)と3)はスコープから外れることとなった。また、13 TeV LHCの実験結果を見ると、250 GeV ILCでの直接的な新粒子発見の可能性は大幅に縮小することとなった。

- 1) 250 GeVにおけるZh随伴生成過程の研究
- 2) 350 GeV付近のtt対生成、およびWW融合過程によるヒッグス生成の研究
- 3) 500 GeVでのヒッグス自己結合とトップ湯川結合の直接測定

正確な理解が必要：直接的な新粒子発見の可能性

本所見案における「新粒子発見の可能性は大幅に縮小することとなった」は言い過ぎである。

13 TeV LHCの実験結果で新粒子が見つからなかったことにより、特定のモデルに基づく250 GeV ILCで探索できる新粒子の領域が制限される傾向にあることは、確かである。一方、レプトンコライダーは、背景事象が少ないという特長を有しており、LHCで発見が難しい新粒子の探索については、高い探索能力を保持している。エネルギーが250

GeVになったことの新粒子発見への影響に関しては、有識者会議最終報告に「大きな質量欠損を伴う現象の観測等の間接的な方法による暗黒物質や余剰次元等の探索については、250 GeV ILC においてもその意義は余り下がらない。」とある。(ILCに関する有識者会議「ILC 計画の見直しを受けたこれまでの議論のまとめ」 p.5 [II-1])

見直し後の250 GeV ILCは、ヒッグス・ファクトリーを主用途とする実験装置という位置づけになった。

なお、LHCでは観測の死角にある事象、たとえばヒッグスの暗黒物質への崩壊、暗黒物質の対生成、ヒッグシーノ等の質量差の小さい超対称性粒子の生成などが250 GeV ILCにおいて発見される可能性は排除されないものの、それらは250 GeV ILC建設を正当化する主たる根拠とはなりえない。

正確な理解が必要：重心系エネルギーを250 GeVに設定した理由

研究者が、あたかも新粒子探索で250 GeVを正当化しようとしているような誤解を与える。正確な表記を求める。

(1) 重心系エネルギー250 GeVはヒッグス粒子の事象数が最大となるエネルギーであり、このエネルギーでヒッグス粒子の精密測定から将来の素粒子物理の方向を決めることの重要性に関して国際的なコンセンサスがある。これこそが250 GeVを正当化する根拠である。

(2) 一方、ヒッグシーノなどのLHCの死角にある新粒子・新現象の探索に関しては、13 TeV LHC実験後も状況は変わっておらず、250 GeV ILCでの発見の可能性はある。これはILC建設のボーナスと捉えるべきである。本来ILCの測定器は多目的(multi-purpose)であり、ヒッグスの精密測定が主目的だが、これらの新粒子の探索も並行して実施する。(有識者会議「ILC計画の見直しを受けたこれまでの議論のまとめ」 p. 4, 5、10月16日 委員会資料2-2「10月10日の合同会議での質疑応答に関連する補足説明」KEK ILC推進準備室p. 5 [II-2])

電子・陽電子コライダーで250 GeVというのは、リニアコライダーでも、リングコライダーでも実現可能という意味で微妙なエネルギー領域である。現時点での加速器技術を前提とするなら、前者としてはILCのような全長20 km程度の線形加速器、後者としては周長100 km程度の円形加速器が想定される。100 kmリングコライダーの場合は、かつてCERNにおいてLEP2からLHCに転換されたように、レプトンコライダーとしての実験終了後に、トンネルを再利用してハドロンコライダーに転換し、さらなるエネルギー・フロンティア(たとえば100 TeV)を狙うとというシナリオが描かれる。

正確な理解が必要：リニアコライダーのリングコライダーに対する優位性

電子陽電子コライダーとしてのエネルギー拡張性と、ビーム偏極を利用できることがリ

ニアコライダーの優位性である。

確かに円形の電子陽電子コライダーでも周長が100 km あれば250 GeVのヒッグスファクトリーは可能である。リニアコライダーが圧倒的に有利な点は電子ビーム（陽電子ビームではない）のスピンを偏極できる点であり、精密測定の情報が増える。ひとたび250 GeV ILCで標準模型からのズレが見つかり、対応する新物理のエネルギー・スケールが、既存技術あるいはその延長で到達可能と判明した場合は、線形であれば加速器を延長するか高加速勾配の加速器を用いれば、それまでの投資を無駄にすることなくエネルギーをアップグレードできるが、円形の電子加速器はエネルギーを倍に上げるには長さを約4倍伸ばさねばならず原理的に不可能である。さらに、円形の電子陽電子コライダーの陽子・陽子コライダーへの転用は高磁場超伝導磁石の開発成功が前提だが、現時点で技術的な見通しが立っていない。電子陽電子コライダーとしての先のない円形ではなく、線形のコライダーを建設すべきである。（10月16日 委員会資料2-2「10月10日の合同会議での質疑応答に関連する補足説明」KEK ILC推進準備室p.4 [II-3]）

リニアコライダーはトンネルの延長もしくは高周波加速管の画期的性能向上によって、さらなる高エネルギーのレプトンコライダーとするポテンシャルを有している。ただし、もしも250 GeVまでの電子・陽電子衝突実験や今後LHCをアップグレードして作られるハイ・ルミノシティLHC (HL-LHC) における陽子陽子衝突実験において、標準模型を超える新物理の兆候が見出されない場合、ILCの250 GeV超への拡張のインセンティブは薄れることになる。

正確な理解が必要：科学的意義を過少評価させる所見である。

標準模型からのズレが見えない場合の科学的意義は非常に大きい。そのことには触れず否定的な所見のみを示しており、ILCの科学的意義を過少評価させる表現となっている。

250 GeV ILC実験でヒッグス粒子に標準模型からのズレが見られなかった場合、標準模型を超える物理の候補として想定した超対称性または余剰次元や複合粒子ヒッグスが否定され、素粒子と宇宙を理解するために全く新しい原理が必要になる。これは、人類の素粒子と宇宙に対する概念を根本的に覆す結果であり、将来の素粒子物理の研究戦略を根本的に変える必要を生じる、衝撃的な結果である。（10月1日 委員会資料1「ヒッグス研究の意義とコミュニティのコンセンサス」浅井祥仁氏p.17、10月16日 委員会資料2-2「10月10日の合同会議での質疑応答に関連する補足説明」KEK ILC推進準備室p.2 [II-4]）

(3) 250 GeV ILC計画の目標

250 GeV ILC計画における実験の主たる目標は、ヒッグス粒子と種々の素粒子との結合定数を精密に測定し、標準模型の予測のズレの有無を検証することにある。標準模型

は素粒子の世界で言う「低エネルギー領域」の事象を極めてよく記述する理論体系であるが、さまざまな実験・観測的証拠により標準模型を超える物理が必須であることが知られている。標準模型ではヒッグス結合定数は各素粒子の質量に比例することになっているが、もしそこからのズレが見いだされれば、そのズレのパターンによって、標準模型を超える「新物理」の方向性が示唆されるとされている。250 GeV ILCでは、建設後コミッシュニングを経て約20年間の運転で、積算ルミノシティ2000 fb⁻¹を得ることを計画している。それだけのデータ量によって、1パーセント・オーダーの精度（不確かさの数値の詳細はそれぞれの素粒子によって異なる）で結合定数が決定されると見込まれている。

標準模型からのズレがどの程度になるかは、当然ながら実際に測定をしてみなければわからない。仮に標準模型からのズレが見い出せないあるいは非常に小さい場合には、「新物理」が、TeVスケールよりも遥かに高いエネルギースケールにあることが示唆される。その場合には、より高エネルギーへと加速器をアップグレードするインセンティブが薄れることになる。

事実誤認：ズレが見えない場合と非常に小さいがズレが見えた場合は全く別物

この文章は誤解を招く。ズレが見い出せない場合と、非常に小さいがズレが見えた場合は、全く別物である。

標準模型からのズレを見い出せない場合は、この一つ前の指摘（「**正確な理解が必要：科学的意義を過少評価させる所見である。**」）で説明したように、それ自体が非常に重要な結果であり、将来の素粒子物理の研究戦略を根本的に変える。一方、小さなズレが見えた場合は、エネルギー増強のための技術開発のインセンティブとなる。（10月16日委員会資料2-1「10月11日付け追加質問に対する回答」KEK ILC推進準備室p.1 [II-5]）

250 GeV でヒッグスの精密測定を行い、新物理のエネルギースケールに関する指針を得てから、そこに至るエネルギー増強や次の加速器の計画を立てることが最も費用対効果の高い戦略である。（10月16日委員会資料2-2「10月10日の合同会議での質疑応答に関連する補足説明」KEK ILC推進準備室p.5 [II-6]）

一方、標準模型からのズレが予想よりもずっと大きい場合には、ILCよりも先にHL-LHCにおいてそれが見出される可能性もある。

正確な理解が必要：ズレが大きい場合の将来戦略

標準模型からのズレが予想よりもずっと大きい場合は、研究者が願うゴールデンシナリオである。

標準模型からのズレがHL-LHCで見出されるほど大きい場合は、250 GeV ILCにとって

も大きなメリットがある。HL-LHCを大きく上回る測定精度でズレのパターンを決定することで、標準模型を超える「新物理の方向性」を確実に決めることができ、その結果によってエネルギー増強のためのインセンティブが強まる可能性がある。

3 ILC実験施設

(1) ILC加速器の構成

ILC加速器の主要構成要素として、電子源、陽電子源、ダンピングリング、超伝導加速管と高周波電源、最終ビーム収束部、検出器、ビームダンプなどがある。それらの個別要素とともに、異常事態に対処するインターロックなど、事故を未然に防ぎ長期に亘る安定的な運転を担保するためのハード・ソフト両面の総合システムが必須である。未踏領域への挑戦であるILC計画のようなプロジェクトに不確実性が伴うことは十分に理解するものの、巨額の予算投入を前提とした計画である以上、計画段階において考える限りのシナリオを周到に描き、「積算ルミノシティ2000 fb⁻¹のデータ蓄積」という実験目標の完遂を担保するように万全を期すべきである。しかしながら、TDRならびに今回の審議におけるヒアリングでは、技術開発や製造工程が計画通りに進まない可能性の検討とその対策、すなわち、プランA（計画通り）を補完するプランB、プランCの検討状況が見え難かった点が懸念される点である。

正確な理解が必要：プランA、プランBについて

大きな課題項目については、プランA、プランBをすでに提示している。

ILC加速器については過去の国際的な技術レビューやコストレビュー、文科省有識者会議でも議論が重ねられており、これまで陽電子源、ビームダンプ、SRF工業化準備などが課題として挙げられている。（10月16日 委員会資料2-1「10月11日付け追加質問に対する回答」KEK ILC推進準備室p.2 [III-1]）

陽電子源については、プランAをアンジュレータ方式とし、他の加速器で実績のある電子駆動型をプランBとして挙げている。（10月2日 分科会資料3「ILCエリアシステムの性能」道園真一郎氏p.8-10 [III-2]）

ビームダンプについては、水ダンプ以外の検討を踏まえ（9月13日 分科会資料1「検討されているリスクについて」道園真一郎氏p.36 [III-3]）最適なものとして水ダンプが確認され、17MW設計仕様のビームダンプを2.6MWで使用する尤度を持たせた上で、プランBとしての冗長化案（当初から第二ビームダンプ室を設ける案）を説明している（8月20日 分科会資料1「ビームダンプについて」道園真一郎氏p.2,p.14 [III-4]）。

SRF工業化については、コスト削減のための新技術開発を行っているもの（8月10日 委員会資料5「ILCの加速器施設」道園真一郎氏P.24、有識者会議「ILC計画の見直しを受けたこれまでの議論のまとめ」P.41、等 [III-5]）がプランA、従来のTDRでの超伝導加速器仕様はプランBに相当する。

リニアコライダーの性能（ルミノシティ・エネルギー・偏極率）は、すべての機器が100%

動いた時のものではなく、各コンポーネントにおいての平均故障率、位置不定性や不確実性等の要素ごとの性能マージン（安全率）を組み込んだうえでのものである。たとえば、超伝導高周波加速管については35 MV/mを中心として±20%の範囲のものを受け入れ、それを31.5 MV/m±20%で運転することとなっており（10月2日 分科会資料3「ILCエリアシステムの性能」道園真一郎氏p.15,16 [III-6]）、さらにエネルギーについて+6%を確保する尤度を持つ（9月13日 分科会資料1「検討されているリスクについて」道園真一郎氏p.84 [III-7]）。電子源および陽電子源についても、電流発生量を必要量から50%増とするなどそれぞれの機器の要求仕様を余裕を持って設定しており、所定の衝突頻度を達成するために検討がなされている。（10月2日 分科会資料3「ILCエリアシステムの性能」道園真一郎氏p.5等 [III-8]）

LHC加速器のプロジェクトマネージャーでもあるリン・エバンス氏は、以下のように述べている。

“Construction of the Large Hadron Collider is more complex than the ILC and was considerably less mature at the time of approval. The ILC benefits enormously from the European X-FEL, which is a 10% prototype of the linac and has shown that industrial production at the scale required is quite feasible. The few remaining engineering choices will be resolved by the international team once more resources become available. There are no "show stoppers". The scientific case for the construction of the ILC has never been stronger. An experienced and dedicated international team of scientists and engineers is ready to make the construction of the ILC and its detectors a big success.”

「大型ハドロンコライダー（LHC）の建設はILCよりも複雑で、承認時に、ILCよりずっと未成熟でした。ILCはリニアックの10%プロトタイプに相当する欧州のX-FELから大きな恩恵を受けており、要求される規模での工業的生産は十分に実現可能です。残りわずかの技術選択肢についても、財源さえ確保できれば国際チームによって解決できます。“ショウstopper”はありません。ILC建設の科学的意義はますます強固になっています。経験豊かでひたむきな国際的な科学者と技術者のチームはILC加速器とその検出器の建設を成功に導く用意ができています。」

以下、主要構成要素ごとに所見を述べる。

① 超伝導高周波加速管

全体経費の相当部分が、超伝導高周波加速管およびそれらを収めたクライオモジュールの製作費である。超伝導高周波加速管の加速勾配の設計基準値は、現時点での達成可能な技術レベルに基づいて35 MV/mとされている。これを確実に歩留まり良く実現することは必須であり、さらなる性能向上も望まれるところである。また、数多くの超伝導高周波加速管が、参加各国の分担によりイン・カインド（現物供給）で供給されることが想定されていることから、それらの整合性の担保を含む品質管理は重要

なポイントとなろう。

正確な理解が必要：イン・カインド機器の整合性担保

適切な指摘である。加速器内の仕様は統一され、整合性の確認も行なっている。

ILCでは整合性を考慮した設計を行っている。イン・カインドでの運転実績は、KEKのS1グローバル（2010年：Plug Compatibility Test 各国から加速器構成部分をKEKに集めて組み立て、加速器としての性能を確認）などで確認されており（10月2日 分科会資料5「THE INTERNATIONAL LINEAR COLLIDER」Vol.3-I,P.46 [III-9]）、整合性は担保されると考えている。

② 陽電子源

陽電子生成の方法として、ヘリカル・アンジュレーター方式と従来型ターゲット方式の2案が併記されている。前者は偏極陽電子ビームが得られるメリットがあるが、技術的に未経験で多くの開発要素を含んでいる。後者にしても所定のビーム強度を安定的に得ることは決して容易な達成目標ではない。現段階では、ベースラインとしてアンジュレータ型、バックアップとして電子駆動型が検討されており、両者に共通の要素である回転ターゲットについて研究開発が行われている。準備期間において、回転ターゲットのプロトタイプ作製と陽電子源直後の磁場による収束系の開発を進め、準備期間の2年目までにはどちらの方式を採用するか技術選択を行う必要があるとしているが、開発コストも考慮して方針を明確にすべきであろう。なお、250 GeV ILCの主目的であるヒッグス結合の精密測定には偏極陽電子ビームは必ずしも必須ではないとの説明であった。

③ ビーム収束と位置制御

衝突のルミノシティを上げるために、ダンピングリングで電子および陽電子ビームのエミッタンスを十分に小さくし、それぞれを主加速管で加速した上で、ビーム径を絞ってナノメートル精度で正面衝突させることが想定されている。現在までに多くの技術開発がなされているものの、目標とするルミノシティを確実に達成するためには、ビーム収束および位置制御に関するフィードバック系に関する技術見通しや、衝突点サイトにおける常時微細動の許容レベルに関する定量的評価など、さらなる検討が必要であろう。

正確な理解が必要：ビーム収束系の技術見通しと常時微動の定量的評価

必要な検討を行っており、定量的評価を含めてこれまでも説明してきた。

ビームサイズ収束の再現性についてはKEKのATF-2の結果を、また、バンチトレイン内のフィードバックについては、ATF-2での試験結果とシミュレーションで定量的に説明

を行っており（10月2日 分科会資料3「ILCエリアシステムの性能」道園真一郎氏 p.19-21 [III-10]）、技術的な見通しは立っていると考えている。

また、衝突点サイトにおける振動については、0.1Hz以上の周波数領域で振幅50nm以下の要求があり、候補地付近の地盤では常時微動はこの要求を満たすことを示している（9月13日 分科会資料1「検討されているリスクについて」道園真一郎氏 p.65,66 [III-11]）。

④ 検出器

検出器については、シリコントラッカー方式の SiD と、タイムプロジェクション・チェンバー方式の ILD の 2 種類が提案されている。LHC のようなリングコライダーでは複数の衝突点に設置された検出器で同時かつ互いに独立に実験を進行させることができるのに対して、リニアコライダーの場合、衝突点は 1 つなので、検出器をプッシュプル方式で入れ替えることが想定されている。2 台の検出器のマシントイム配分やデータ共有の在り方に関するマネジメントの工夫が必要となる。

⑤ ビームダンプ

高エネルギーに加速された電子および陽電子ビームは衝突点を通過した後、ビームダンプに入射する。ビームダンプは、沸騰抑制のために圧力を高めた水で満たされている。窓材や水ダンプへの局所的負荷を分散するためにビーム入射点を高速で回転掃引する設計となっている。ILC の運転に伴う放射化によって、ビームダンプにはトリチウム等の放射性物質が蓄積される。窓材の健全性モニタリング、遠隔操作による交換作業システムの具体的設計、高エネルギービームと水との反応で起こる事象の詳細検討については、準備期間に十分な検討が進められなければならない。特に、トリチウムその他放射性物質の（万が一の）漏出事故等に備えた安全対策を含む、不測の事態や長期的な消耗に対する備えについてより丁寧な説明が必要であろう。

正確な理解が必要：ビームダンプの安全対策

トリチウムを含む放射化の評価を行い、説明を行ってきたが、さらに十分に説明・検討を行う。

ビームダンプは放射化が最も大きな課題であると認識している。委員会のご指摘に応じこれまでの検討を重ねた管理の多重化やトリチウム水の管理、消耗したビーム窓の交換手順などについて説明してきた（9月13日 分科会資料1「検討されているリスクについて」道園真一郎氏 p.5-8[III-12(a)]、10月2日 分科会資料1-1「論点メモについての回答」KEK ILC 推進準備室 p.23-26 [III-12(b)]）。

⑥ 総合システムとしての ILC

250 GeV ILC は、システムを構成するすべての要素が長期にわたって安定的に稼働

することによってはじめて、積算ルミノシティ 2000 fb^{-1} という実験目標を達成することができるものである。総合システムの信頼性は、その構成要素のうち最も脆弱な部分に支配される。TDR には、目指す物理や ILC 加速器の主要部分である超伝導高周波加速管、陽電子生成装置、ダンピングリング、ナノビーム制御などについて詳しい記述がある一方、それらを支える設備であるところのビームダンプや、安全装置、放射化物処理、万が一の事故対策などに関する記述が少ないことは懸念材料である。

正確な理解が必要：安全対策の検討

指摘の部分は TDR での記述が少ないことを懸念材料としているが、TDR 以降リニアコライダー・コラボレーション (LCC) で設計・検討が行われ、国際会議等で公表・説明してきた。また、有識者会議や本分科会でも報告している。

TDR 以降の検討事項を含めて、ビームダンプ（これまでに挙げた 8 月 20 日、9 月 13 日、10 月 2 日の分科会資料 [III-13(a)~(c)]）、安全装置（9 月 13 日 分科会資料 1「検討されているリスクについて」道園真一郎氏 p.9-13[III-14(a)]、10 月 2 日 分科会資料 1-1「論点メモについての回答」道園真一郎氏 P.36-40[III-14(b)]、10 月 2 日 分科会資料 4「大型加速器システムの安全」道園真一郎氏 [III-14(c)]）、放射化物処理（8 月 20 日 分科会資料 1「ビームダンプについて」道園真一郎氏 p.9-16[III-15(a)]、10 月 2 日 分科会資料 1-1「論点メモについての回答」道園真一郎氏 p.42、60-66 [III-15(b)]）に関して説明してきた。万が一の事故対策としては、10 月 2 日の分科会資料 4「大型システムの安全」道園真一郎氏 [III-16]において、地震、停電、火災等に分類し、また規模が ILC よりもやや大きい LHC とも比較して説明している。地震、停電を含む想定しうるリスクについては 9 月 13 日 分科会資料 1「検討されているリスクについて」道園真一郎氏 [III-17]においてもまとめられている。

(2) 土木工事

ILC 関連施設のほとんどが地下に設けられるトンネル空洞内に収納されることから、トンネル空洞の建設と、関連装備の搬入・設置には必然的に多大の経費を要することになる。今回の検討においては、具体の建設サイトが特定されていないという前提条件での議論であることから、一般論に終始せざるを得ないという大きな制約の下で、250 GeV ILC 計画に必要とされるトンネル空洞建設と施設搬入、装備組上げ、運転管理など、多彩な工種ごとに計画内容の技術的検証を行った。

ヒアリング時に質問した事項や指摘した問題点については推進者側から回答が寄せられたものの、「今後準備期間に十分対応を検討する」「地域の自治体や市民との協議を深める」「課題遭遇時に十分に配慮する」といった回答が多かった。課題に対処して改善施策を実施するとすれば経費が増大する可能性があるが、経費算定を伴った対応案等は提出されなかったところから、経費についてどこまで具体的に見積もられているか、明確な情報は得られなかった。

250 GeV ILC建設にあつては5本のアクセストンネルと2本の立坑の建設が計画されており、それらのアクセストンネルと立坑からは掘削によって発生する大量の掘削土砂が搬出される一方、建設資材および加速器関連装置等が搬入されることになる。加速器関連装置の多くは、参加国からのインカインド・サプライ（現物支給）となることが想定されるが、それらの搬入のスケジュール調整や、トンネル内の狭い空間の中での据付け・調整作業が円滑に進むよう十分に計画を詰めておく必要がある。

トンネル空洞への地下水の浸水については、最新のトンネル建設技術をもってすれば、ほぼ完全に防水することも可能であるが、建設現地の状況によってコストに跳ね返る程度は異なる。しかし、計画では、空洞内へトンネル裏面の地下水が浸水し得る構造となっているので、さまざまな場合を想定した対策が必要である。地震や火災発生時など不測の事態への対処、安全策について、経費算定も含めた計画立案が必要である。

「日本学術会議「国際リニアコライダー計画の見直し案に関する所見（案）に対する東北からの意見」参照

(3) 人員・人材、運営体制、国際協力

ILC計画を10年・20年スケールで担ってゆく人材が質・量ともに必要である。ILC加速器の建設に関する人材構想について、250 GeV ILCへの計画の見直し後のTDRでは、準備期間の4年間の後、建設期間9年間に必要となる人材数は、建設関係約830人、据付関係約380人（3～9年次の7年間の平均）とされている。それに対して、KEKアクションプランでは、加速器研究者・技術者について現有の42名から徐々に増やして準備期間の4年目には122名にまで増員するとされているが、増員分をどのように確保するかについて具体的見通しは述べられていない。さらに、建設段階における日本国内からの加速器研究者・技術者の大幅な増員、および海外からの参加の見通しについても、その現実味を判断できるだけの資料は提示されていない。

正確な理解が必要：人材に関する見直し

このような人材に関する説明はこれまで以下の資料で行っており、「増員分の確保について具体的見通しが示されていない」との指摘は当たらない。

－10月16日 委員会資料2「10月11日付け追加質問に対する回答」KEK ILC推進準備室p.5 [III-18]

－10月1日 委員会資料3－1「KEKのミッションとILC計画、国際協力体制、アジアという視点」山内正則氏p.16 [III-19]

KEKアクションプランでは、加速器研究者・技術者について現有の42名から徐々に増やして準備期間の4年目には122名とする、すなわち計80名の増員を図る提案となっている。この増加分のうち50-60名はKEKにおける現行の高エネルギー物理学研究プロジェ

クトから段階的に移行して行くことが可能で、残る20-30名は新規雇用、企業への業務委託などによる増員が必要である。日本の特徴として企業への業務委託により派遣される社員のレベルが非常に高く、専門の加速器技術者と比べて遜色ない活動が実際に行われた実績が十分にある。また、新規に雇用する研究者数は毎年4名ほどで、現在KEK加速器研究施設で毎年公募している研究者数と同等であり、極端な増員が必要となるわけではない。

そもそもILC計画は、その準備段階から建設を経て物理学的成果が創出されるまでの時間スケールが極めて長いため、**研究者のキャリアパスとのマッチングに困難が伴うことも予想される。**若手・中堅の研究者にとっては、自らの研究者人生をこれに賭けるかどうか難しい判断を迫られる意味合いがあるものと推察される。特に、加速器関連の人材に関しては、さまざまな加速器関連プロジェクトが現在および将来実施される中で、ILC計画にコミットする人材を長期間にわたり十分な人数確保できるかが課題である。大学等および産業界にどのような人材が居り、あるいは新たに育成しなければならないのか、具体的で実現可能な人材育成プランが必要である。

正確な理解が必要：キャリアパスについての見解

高エネルギー物理学、加速器科学分野では、現行プロジェクトと将来プロジェクト、海外のプロジェクトと国内プロジェクトを並行して進めることで、人材育成を行ってきた。

今後はますます、キャリアの各段階で国境を越えて人材が移動することにより研究者がステップアップすることになる。また、他分野や応用分野への人材に移動して成功する例も多数ある。魅力的なプロジェクトがなければ、優秀な人材を集め育成することは難しい。ILCは優秀な若者を引き付け、広く人材を育成する役割が期待できる。

仮にILCを日本がホストする場合、大規模国際共同プロジェクトで建設・実験が進められるILC計画の全体をコーディネートする指導的人材、特に、巨大システムであるILC加速器の建設から運転を、システム全体で設計性能を達成するという視点で俯瞰できる総合指揮する加速器のリーダーとなる研究者の具体的な存在が不可欠である。

正確な理解が必要：加速器リーダーの見通し

最近のリニアコライダー・コラボレーション (LCC) において世界の研究者を率いて主導しているのは、日本の加速器チームである。

30年以上前からリニアコライダーに関わっている研究者だけでなく、40代、50代の研究者として経験豊富な人材も多い。ILC建設にあたっては、過去のリニアコライダー研究をリードしてきた方々から研究を引き継ぎ、これらの研究者が中核を担うことができる。実際、最近のLCCにおけるILCの250GeVへの見直し作業を世界の研究者を率いて主導し

たのは、日本の加速器チームである。さらにILC運営に向けては、SuperKEKBなどで実務経験を経た20代、30代の研究者・技術者を育成していくことが重要である。また、外国からもLHC、欧州European XFEL、米国LCLS-IIなどで、経験を重ねた中堅、若手研究者が、指導的な役割を担う人材として、ILCに参画する。(10月1日 委員会資料3-2「KEK ILC 推進準備室による説明追加版補足資料」KEK ILC推進準備室p.30 [III-20])

(4) 安全性、環境への影響

ILCは最先端科学の国際共同研究施設であり、計画によれば少なくとも2050年代まで稼働ということを見ると、その時点で想定される国際的環境基準を満たしていることが望まれる。例えば、地球温暖化への対策として2050年時点で二酸化炭素の排出量をゼロにすることが国際機関で議論されている。また、ヨーロッパなどでは、開発によって損なわれる生物多様性をオフセットする考え方が市民権を得つつ

ある。したがって、ILC計画を進める上では、単に「現行の法アセスメントにかからない計画であるものの自主アセスをする」という程度にとどまらず、2050年時点における国際的な環境問題の観点からも誇れる施設として計画することが望ましい。環境アセスメントは具体的な建設候補地が特定されないと進まないが、現時点においてこうした基本的方向性を明確にすることは重要である。

建設候補地に関する議論が具体化する時点では、大規模トンネル工事の環境アセスメントを地域住民が納得する形で行う必要がある。その際の観点としては、生態系への影響、放射化物の生成とその処理ないしは保管方法、地下水の放射化の可能性とその対策、掘削に伴って発生する土砂（ズリ）の保管および再利用法、ならびに掘削土砂に含まれる重金属類が基準値以上の場合の処理などが挙げられる。特に、トリチウムに関しては、その処理や、万が一の事故の対策などについて明確な方針を示す必要がある。ILCの運転に伴う放射化物生成の問題や、立地周辺の環境への影響等に関する正確な情報を地元へ伝えた上で、地域住民との対話を進めることが必要不可欠である。

「日本学術会議「国際リニアコライダー計画の見直し案に関する所見（案）に対する東北からの意見」参照

(5) 技術的・経済的波及効果

加速器技術が多方面に応用されていることは事実であるが、ILC計画の実施に伴う技術波及効果を論ずるうえでは、「ILCプロパー」技術の応用と「加速器一般」の技術応用とを明確に区別した形で社会に伝えるべきである。後者は、ILC計画が実施されるか否かに拘わらず、他の加速器施設の関連で相応の発展を遂げることが想定されるものである。

ILC計画における超伝導加速器技術は特殊性が高く、一般民生分野への応用にはハードルが高い。また、超伝導高周波加速管をはじめとして、ILC加速器に使用される技術

は成熟したものである必要があることから、ILC建設の過程で技術的飛躍を伴うイノベーションが多く創成されることは想定し難い。また、成熟した技術に基づく要素機器の量産が民間の新たな技術開発を誘発する可能性も高くないと考えられる。

正確な理解が必要：イノベーションへの専門的分析や根拠を示さずネガティブに感じさせる表現である。

ILC計画で用いられる技術は、特殊な技術と様々な要素技術の集合体であり、1) 新しい技術に挑戦する人材創出への効果、2) 製造に参画する企業の技術への意欲、3) 開発が終わり成熟した技術からの民間での新たな技術の誘発、などのこれまでの当該分野の国内外での実績を評価いただきたい。

これまでの検討委員会でのヒアリング等での該当部分を下に記す。

「ILCプロパー」な技術と「加速器一般」の技術の間に明確な境界線を引くことは困難である。実際、過去にも特定の目的で開発された技術が汎用性を持ち当初目的以外に応用され成功した事例は数多く知られている。素粒子物理学のために米国SLACで開発されたSバンド加速管は、その後、全世界の様々な目的の加速器に応用され普及した。また、SACLAに採用されたCバンド加速管も、欧州Euro-XFELのLバンド超伝導加速管も、リニアコライダーのため技術開発の成果であるが、それ以前の加速器科学の積み上げの成果でもある。いずれも総体としての加速器科学への投資による技術の波及効果である。ILCの実現は、より高いエネルギーを目指すより高勾配の加速空洞開発のインセンティブとなり、加速器科学全体を前進させ、新たな応用の道を開くと考える。(10月1日 委員会資料3-2「KEK ILC 推進準備室による説明追加版補足資料」KEK ILC推進準備室p.22 [III-21])

加速器技術の波及効果の例が、加速器学会羽島良一会長のヒアリング(8月29日 委員会資料4「国際リニアコライダー、関係者ヒアリング」p.15,16 [III-22])で紹介されており、「特定の加速器への投資は、別の分野の加速器に波及する」ということが明確に示されている。また、高エネルギー委員会相原博昭委員長のヒアリングでは、CERNの素粒子物理の共同研究が「医療とライフサイエンス」、「エネルギーと環境」、「通信と新技術」、「社会とスキル」に大きな波及効果をもたらしたことを報告している(8月29日 委員会資料3「科学とイノベーションを加速する欧州の素粒子物理学研究の社会的恩恵」相原博昭氏 [III-23])。

成熟した技術であっても、継続的な研究開発により日夜進歩している。例えばコスト削減のための高性能加速管の開発研究が行われていることは3.(1)①の意見としてすでに述べたとおりである。

文部科学省からの調査委託によって実施された経済波及効果の評価報告書では、「ILC予算が純増で措置される」という前提に立って、2兆数千億円という数字を出している。ILC計画の実施に必要なと想定される国家予算がILCに投入された場合と他の事業に振り

向けられた場合との比較で論ずるならば、経済波及効果の議論はまた別のものになるであろう。その他にも、日本の予算で製作される物品をすべて国内メーカーが受注すると想定している点や、2次的波及効果の増強因子としてCERNの場合の係数3.0を機械的に用いている点など、議論の余地のある算定になっている。

正確な理解が必要：

文科省の委託調査でのシンクタンクによるILCの経済波及効果に関する調査が、不十分であったと認識している。この調査の数字を持ってILCの経済波及効果としてその意義を議論するべきではないと考える。

ILCの波及効果については、10月1日 委員会参考4-4「国際リニアコライダー計画に関する補足情報」の第4章 で詳しく説明している。長くなるが、以下に引用する。

(引用始め)

4. ILC の波及効果について

「論点メモ」では、ILC が特段の社会経済的価値をもたらすものではないと指摘され、当惑しています。確かに、文科省の委託調査でまとめられた経済波及効果の調査資料は、分科会での議論でもありましたように、検討した部分が産業連関表での通常の消費や機器製造、土木建築の効果と、CERN の調査結果に基づいた参加企業の生産性向上のファクター(×3.0)を日本企業分担想定額に乗じたものの総計です。このような推計から出てくる数字が他の公共事業を超えるものでないことに、全く同感いたします。

私たちも、このような調査結果を科学技術拠点の経済波及効果であるとするのは、適切ではないと考えます。一方、経済学者の方々からも、「科学技術計画は、最新技術を用いれば用いるほど、あるいは類似例がなければいけぬほど、経済波及効果を数字にすることは難しい。なぜなら経済波及効果は過去の事例をもとにモデル化して数字として推算する必要があるからだ。科学研究の経済波及効果は、今ホットな研究課題の一つである。」との意見をいただいています。

4.1 科学技術計画の経済効果に関する一般的傾向

欧州では、科学技術の大きな競争的資金である HORIZON2020 プログラムの経済波及効果や、CERN の成功の分析などが OECD との協力のもとで行われ、複雑なパラメータ計算の結果として、HORIZON2020 の経済波及の乗数は通常の1~2をはるかに超えた10に近い数字であると報告されています。国内でも、科学技術基本計画に対する効果の乗数として科学技術・学術政策研究所の試算で4~5程度の数字が報告されていて、科学技術計画は投資効果が高いという傾向は共通しています。

4.2 CERN などの実例から

大型プロジェクトには超伝導・高速制御・電磁制御・分析ソフト・放射線センサーなど様々な要素技術を向上させる人材が集うことから、イノベーションの発生など、予測できない効果の方が大きいことは、CERN、SLAC、米国フェルミ研究所などの海外研究機関、KEK、理研などの国内研究機関の発展を知るものにとっては、実感されることです。特に、CERN は人材の集積効果が極めて高く、OECD でも成功した研究所の代表例として高い評価を得ています。貴委員会で相原参考人のヒヤリングの付帯資料として提出されていた CERN の資料は、建設での消費や産業連関表では表せない、大きな波及効果をまさに示していると思います。

CERN は Science for Peace を合言葉に欧州を科学でつなぐという役割を担って 1954 年に設立されました。CERN は 60 年たった今、国連のオブザーバーステータスも得た世界の科学のシンボルとも言える存在になりました。WWW をはじめとする情報通信システムの基盤技術、放射線センサー、PET 診断などの医療技術等、当初予想もされなかった新しい技術が生まれ、世界の経済や医療にも極めて大きな貢献をしています。

4.3 加速器を用いた科学技術の観点から

加速器という視点で捉えると、技術的観点からの効果が見えてくると思います。最先端の技術に挑戦する先端的加速器の存在があってこそ、研究基盤としてのイオン加速器、放射光施設、中性子源、社会インフラとしての加速器群(X線装置から、重粒子線ガン治療など)が持続的に発展するという見方があります。例えば、SLAC で開発された常伝導 S-band 加速管は、全世界で広く多分野で使用されています。

ただし、その普及は多くの研究機関や企業によってなされたのであり、これらの経済波及効果は、加速器科学全体への投資が生んだ成果です。SACLA で採用された C-band 加速管や European XFEL の L-band 超伝導加速管は、リニアコライダーの技術開発の成果ですが、それらも今までの加速器科学の発展と成果の上に成り立っているものであり、同様に加速器科学全体としての成果です。超伝導加速器の技術は、特に欧州・米国・インド・中国・日本において、放射光、中性子源、加速器駆動核変換などの加速器応用に急速な広がりを見せています。

高エネルギー物理学および原子核物理学は加速器とともに発展し、放射光科学や中性子科学などの多くの学術分野や民生技術を派生するなど、経済社会の発展の源の一つとなっています。これを実際の経済活動と成長に繋げられるかは、社会経済的な環境、そして挑戦意欲を持つ人材が一定数以上存在することが条件であると経済学者の方々から助言を得ています。研究所だけで大きな経済波及効果が生まれるわけではなく、その環境整備が必要であることから、産学連携を担う先端加速器科学技術推進協議会が 2008 年に設立されました。

(引用終わり)

また、岩手県国際リニアコライダー推進協議会は谷村邦久会長から提出された資料(10月1日 委員会参考 4-3) [III-24] の中で、経済波及効果について次の見解を示している：「文部科学省が設置したILCに関する有識者会議に提出された経済波及効果は、産業連関表

による建設・運転などの直接効果や生産誘発額などをベースとしていると承知しております。これらの経済波及効果は、いわゆる消費や製造での効果であり、ILCの科学技術拠点・国際拠点としての特徴がもたらす本来の効果は一切入っていない即効性の部分だけ取り出した一つの目安であり、地域はその金額に過剰の期待をしているものではありません。特に地域における経済波及効果を最大にするためには、地域への投資を呼び込み、地域内循環につなげる仕組みを構築するなど積極的に行動することにより、それ以上になることもある一方で、何もしなければ単なる建設場所に留まると考えております。」

また、ILC建設地に海外から多くの研究者とその家族が定住して国際科学都市が実現するというシナリオが描かれているようである。ILCの建設期間にはそれなりの作業人員が地域に常駐することが想定されるものの、稼働段階に入れば現地に必ず常駐するのは加速器の運転保守に携わる人員などが主となることが想定される。データ解析がオンラインでできる今の時代に素粒子物理研究者が現地に常駐する必然性は乏しい。

事実誤認：高エネルギー物理学実験における現地滞在の必要性

「データ解析がオンラインでできる今の時代に素粒子物理研究者が現地に常駐する必然性は乏しい。」は、高エネルギー物理実験の実情と合わない。研究者は実験現場に集まる。

放射光施設等で行われる実験あるいは天文での観測と違い、コライダーを用いた大型素粒子実験では数千人のメンバーが共同で建設した測定器とデータを共有し、10年以上の期間に渡って実験を行う。オンライン環境が整っている将来においても検出器の保守・改良・運転、またデータ解析における議論を行うためには、物理的に人が集まっていることが必須である。さらに、研究者間で成果を競い切磋琢磨することで人材が育つ。現場にいないと競争に出遅れるとの意識は現地に長期滞在する強いインセンティブになる。実際、CERNでは大型素粒子実験の推進を積み重ねているが、特に、LHC計画の完成後の運用においても、現地に滞在する研究者は増加を続けている。（10月1日 委員会資料3-2「KEK ILC 推進準備室による説明追加版補足資料」KEK ILC推進準備室 p.24 [III-25]）

「日本学術会議「国際リニアコライダー計画の見直し案に関する所見（案）に対する東北からの意見」参照

(6) 必要経費、国際経費分担、予算の仕組み

250 GeV ILC計画は巨額の経費を要するプロジェクトである。文部科学省有識者会議で聴取した本体建設費と測定器関係経費は7,355～8,033億円（本体建設費6,350～7,028億円、測定器関係経費1,005億円）と算定されている。これに加えてコストの見積り精度に関する不定性相当経費（約25%）による追加的な経費が発生する可能性がある

とされている。また、年間運転経費は366～392億円と算定され、その他付随経費として、準備経費233億円、その他具体的に算定されていないものの計上が必要となる経費（具体的な立地に関わる経費等）、コンティンジェンシー経費（プロジェクト経費（本体及び測定器関係経費＋運転経費）の約10%）、実験終了後の解体経費（年間運転経費の2年分程度）等が必要となる。

巨大プロジェクトにおいてすべてが予定通りに進むことはむしろ例外的であり、過去には様々な原因により当初計画より進行が遅れ、経費も大幅に膨らむ結果となったケースは少なくない。建設開始から実験完遂まで30年間という長期間にわたって上記のような巨額の経費の投入を必要とするILC計画は、一国の経済では支えることのできないものであることは明白である。適正な国際経費分担の見通しなしに日本が誘致の決定に踏み切るのは危険である。仮に、なんらかの意志表明を行う際にも、諸要件が整わない場合には計画を撤回すべきである。

正確な理解が必要：プロジェクト承認

適正な国際経費分担の見通しなしに日本政府が誘致の決定をすることは考えられない。

「危険」という表現は妥当でない。

建設費には計上されていない経費として、土地取得経費、海外研究者の生活環境の整備、アクセス道路や港湾の整備、トンネル掘削土処理、湧水処理設備、電力引込みや受変電設備のES事業化、低圧電源設備、ライフライン等のインフラ、物理解析用計算機センター等の経費が想定される。それらの算定や経費負担のあり方については、建設予定サイトが特定されないということもあって具体的検討が進んでいないが、建設に関して地域コミュニティの合意を得る上で、環境影響や安全性の問題と並ぶ重要課題であることから、曖昧なままでは禍根を残すことになる。環境関連のコストの算定では、生物多様性オフセットやミチゲーションをどの程度行うかなど、どのような方針で環境問題に対処するかによって、建設および維持コストに影響が及ぶ可能性がある。

「日本学術会議「国際リニアコライダー計画の見直し案に関する所見（案）に対する東北からの意見」参照

なお、ILC計画への予算投入が他の科学技術・学術分野に影響を及ぼさないように、「別枠の予算措置とする」との議論があると聞いている。ILC計画全体（準備期間、建設期間、運転・実験期間、廃止措置等）に必要な経費を別枠の予算として措置する」ということが具体的にどういうことを意味するのかわからないが、国家予算である以上、最終的には国民の税金が原資となることに変わりはない。仮にも「別枠予算」という位置づけが、学術コミュニティにおける批判的検討の機会をバイパスするようなことにつながるとすれば、日本の学術全体にとって、そしてILC計画自体にとっても不幸なことである。

事実誤認

予算が別枠であるか否かにかかわらず、学术界の批判的検討をバイパスすることはあり得ない。

文科省の有識者会議で数年をかけ分野外の方も含めて議論いただき、また、今まさに進行中の日本学術会議の本委員会においても議論していただいている。ここであえて検討の機会をバイパスすることの不幸について言及する必要はない。

(7) 「学術の大型研究計画に関するマスタープラン」との関係

「第22期学術の大型研究計画に関するマスタープラン（マスタープラン2014）」（以下、「マスタープラン2014」という。）では重点大型研究計画の評価の対象からILCは除外された。それは当時「マスタープラン2014」の検討と並行して、「国際リニアコライダー計画に関する検討委員会」においてILC計画に関する検討が進められていたこと等に鑑み、「マスタープラン2014」としての評価の対象とはしないという判断であった。また、「第23期学術の大型研究計画に関するマスタープラン（マスタープラン2017）」検討の時点では、前回回答を踏まえて文部科学省の有識者会議におけるILC計画の検討が進行中であったこと、および、前回回答に至った条件および状況にその時点では変更がなかったことから、学術会議のマスタープランの検討対象からは外すこととされた。

今般、平成30年7月20日付で、文部科学省研究振興局長より日本学術会議会長あてに審議依頼が寄せられたことを受けて、検討委員会および分科会での審議を経て本回答を手交することになる。今後、ILC計画について学術会議としてさらに検討するとすれば、マスタープランの枠組みで行なうのが適切であろう。

4 所見

「1-(2) 審議に際しての基本的考え方」に記したごとく、学術会議は知の開拓への挑戦を奨励し国際協力による学術研究を促進することを基本スタンスとしている。しかしながら、ILCのような長期に亘る巨額の資金投下と国際協力を必須とする超大規模国際プロジェクトに関しては、その計画内容および国際協力も含む準備状況を踏まえて特に慎重な検討が求められる。検討委員会ならびに分科会は、250 GeV ILCが目指す物理の学術的意義や学術研究全体における位置づけ等について審議を行った。以下、審議依頼に記された4点の各々に対する所見を述べた上で、総合所見を述べる。

●ILC計画（見直し案）における研究の学術的意義、ILC計画（見直し案）の素粒子物理学における位置づけについて

ILC計画は素粒子物理学分野の先端的研究計画である。計画が500 GeVから250 GeVに見直されたことにより、ILCの目的はヒッグス結合の精密測定に絞られることとなった。現在の素粒子物理学において、「標準模型を超える新物理」の追究が最重要課題で

あることに異論はない。しかしながら、「標準模型を超える新物理」の探索には加速器・非加速器ともにさまざまな実験的アプローチがある。その中で、ヒッグス結合の精密測定という研究課題が極めて重要なものの一つであることは認められるものの、素粒子物理学の他の研究課題に比して突出した優先性を有するかという点について、当該分野の研究者コミュニティにおいてさえコンセンサスが形成されている状況にはない。

事実誤認

ヒッグス研究の突出した有意性は研究者コミュニティのコンセンサスである。以下に引用する国内外の研究者コミュニティからの表明は、素粒子物理学の現状と将来についての徹底した議論の結果であることを認識すべきである。本文書末尾にリストした研究者のリファレンスレターも参照していただきたい。

高エネルギー物理分野の研究者コミュニティにおいて、ILCでのヒッグス粒子の詳細研究が素粒子物理学の他の研究課題に比して優先性を有するというコンセンサスが形成されている状況は確固としたものである。以下にコンセンサス形成過程を説明する。

日本では、高エネルギー物理学研究者会議が非加速器実験を含む素粒子物理学全体の方針を審議するもっとも重要な組織となっている。高エネルギー物理学研究者会議は2012年7月にヒッグス粒子が発見されてすぐに、250GeVでのヒッグス精密測定から始めて段階的にエネルギーを上げていくILCを日本に建設することを研究者コミュニティとして提言した。それを受けて、「ヨーロッパ将来戦略」（数年に一度ヨーロッパの素粒子物理学分野全体の方針を決めるプロセス）は、「ILCはヒッグス精密測定を未曾有の精度で行うことができる」として、「日本の素粒子物理学コミュニティが主導してILCをホストしようとしていることを最大限に歓迎し、ヨーロッパは熱意を持ってILCへの参加の仕方を話し合いたい」と発表した。2014年には、米国の素粒子分野のプロジェクトの優先度を議論する会議P5が「ヒッグス粒子を新物理の探求のための新しい手段とする」ことに最も高い優先度をつけている。そして、「ILCの科学的意義を最大限に強調したい」とし、「米国はその予算の状況に関わらずILCに参加すべし」と提言した。

2017年には、LHCの13TeVでの実験の結果で新粒子が発見されなかったことから、ヒッグスファクトリーとしての250GeV ILCでのヒッグス粒子精密測定の学術的な意義が高まり（有識者会議「ILC計画の見直しを受けたこれまでの議論のまとめ」p.4[IV-1(a)]、8月10日 委員会資料7「ILC計画の見直しを受けたこれまでの議論のまとめ」中野貴志氏報告、議事要旨p.32 [IV-1(b)]）、ILCの開始エネルギーを500 GeVからヒッグス精密測定に最も適した250 GeVに最適化する案が出された。高エネルギー物理学研究者会議の将来計画検討委員会が約2年間250GeV ILCを審議し、2017年9月に答申を発表した。ここでは、ニュートリノ実験を含む素粒子物理学全体を俯瞰したうえでILCを最重要とし、「衝突エネルギーを250GeVとするILCの日本国内での建設をただちに開始すべきである」としている。また、高エネルギー委員会から指名されたILC以外の研究者からな

る「浅井委員会」及びILC国際物理作業部会が250 GeV ILCの学問的な意義を高く評価し、これを受けて、2017年11月には、リニアコライダー国際推進委員会(LCB)と国際将来加速器委員会(ICFA)が正式にILCのエネルギーを250 GeVとすることを承認した(8月10日 委員会資料6「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－」中田達也氏p.13 [IV-2])。

●ILC計画(見直し案)の学術全体における位置づけについて

ILC計画は素粒子物理学分野の純学術的な実験研究計画という位置づけである。ILC加速器施設は高エネルギー素粒子実験に特化された設計であり、他の用途と共有できるようなものではない。学術会議のこれまでのマスタープラン策定において提案され検討された数々の大型研究施設計画と比べても所要経費が格段に大きく、かつ、建設開始から研究終了までの期間が30年という長期にわたる超大型計画である。こうした計画を国民に提案するには学術界全体の理解や支持が必要と思われるが、ILC計画について言えば、これまで隣接分野をはじめとする諸分野の学術コミュニティとの対話が不足していたことは明らかであり、さらに丁寧かつ継続的な説明と意見交換が不可欠である。

正確な理解が必要：近隣分野への説明と対話実績

巨大科学プロジェクトを推進する上で、近隣分野の理解は必要不可欠であり、下記に示すように、ILCプロジェクトについての情報提供を広範かつ多数回にわたり行ってきておりこれからも続けていく。一方で、諸分野のコミュニティの理解促進のための対話は充分とは言えない状況である。今後、諸分野のコミュニティとの対話の促進により、ILCプロジェクトについての共通理解が醸成されるよう最大限努力する。

(10月1日 委員会資料3-1「KEKのミッションとILC計画、国際協力体制、アジアという視点」山内正則氏 p.10-13 [IV-3])

(10月1日 委員会資料3-2「KEK ILC 推進準備室による説明追加版補足資料」KEK ILC推進準備室p.13 [IV-4])

他分野の学生、研究者等を対象としたILCに関する講演会：81回(2011年以降)

近隣分野学会等でのシンポジウム等：8回(2016年以降)

日本物理学会におけるシンポジウム、企画講演：11回(2014年以降)

●ILC計画(見直し案)を我が国で実施することの国民及び社会に対する意義について

他の純学術的研究と同様、知の探究という意味で、国民の知的関心を喚起するものである。基礎科学分野の国際共同研究に日本が貢献することの意義は大きいものの、日本がその経費の相当部分を負担してホスト国となるべきかどうかは、持続可能性も含めた諸要件を勘案した上での判断ということになる。

一方、学術的意義以外の技術的・経済的波及効果については、ILCによるそれらの誘発効果は限定的と考えられる。ILC計画に関して、地域振興の文脈で語られている事項、

および、土木工事や放射化生成の環境への影響に関する事項について、国民、特に建設候補地と目されている地域の住民に対して、科学者コミュニティが正確な情報提供を行い、対話を行うことが肝要である。

正確な理解が必要：3(5)でも指摘の通り、見解が一方向的すぎる。

技術的・経済的波及効果に関しては、これまでの参考人ヒアリング・参考意見で提出した情報への正しい理解が不足している。3(5) 技術的・経済的波及効果 を参照いただきたい。

正確な理解が必要：国民、地域住民への正確な情報提供について

ILCについて国民と地域住民に正しく理解してもらうことは極めて重要であると認識しており、これまでも様々な機会を作り、理解促進のための努力を続けてきた。

具体的には、高エネルギー加速器研究機構、先端加速器科学技術推進協議会などが主体となって、全国各地でILCに関するイベント、シンポジウム、講演会、視察会等を多数開催しており、これまでの参加人数は2008年1月以来118,265名を数えている。また、小中高生向け出前授業も多数開催しており2010年6月以来の参加者が32,764名に上っている。今後も正確な情報を伝えるための努力をさらに続けて行く。

「日本学術会議「国際リニアコライダー計画の見直し案に関する所見（案）に対する東北からの意見」参照

●ILC 計画（見直し案）の実施に向けた準備状況と、建設及び運営に必要な予算及び人的資源の確保等の諸条件について

ILC計画はその実施に必要な予算および人的資源の規模からして、従来にない強固な国際協力によらなければ実施可能なものでないことは明白である。現時点では、資金面での適正な国際経費分担の見通しは得られていない。また、ILC加速器施設の建設に必要なとされている人的資源の確保に関する見通しは明らかでない。特に加速器関係の人材は日本の現状では全く不足しており、新たな人材育成や海外からの参画によって賄うと説明されているが、不確定要素が大きい。

正確な理解が必要：適正な国際経費分担の見通し

国際分担について、研究者でできることは全てやってきており、日米、日欧を中心とした非公式な協議で、役割分担、経費分担の素案もできている。次のステップとして正式に政府間の協議を始めることが必要である。

国際経費分担についてはこれまでも説明してきたが、本文書では冒頭の「審議にあたって推進側から伝えたい最重要ポイント：プロジェクトの段階的な承認の導入と国際研究

機関を日本に誘致する価値」のところで改めて説明しているので、参照してもらいたい。

事実誤認：人材に関する見通し

このような人材に関する説明はこれまでに行っており、「増員分の確保について具体的見通しが示されていない」との指摘は当たらない。

人材に関する見通しについてはこれまでも説明してきたが、本文書では、「3(3) 人員・人材、運営体制、国際協力」のところの「**正確な理解が必要：人材に関する見通し**」で改めて説明しているので、参照してもらいたい。

検討委員会委員長宛のレターを送った研究者のリスト

1. Nigel S. Lockyer, Director, Fermi National Accelerator Laboratory (FNAL)
2. Barry C. Barish, LIGO Project, Nobel Laureate 2017, California Institute of Technology
3. Joachim Mnich, Director of Research, DESY
4. Wang Yifang, Director, the Institute of High Energy Physics of Chinese Academy of Sciences
5. Lyn Evans, Director, Linear Collider Collaboration (LCC)
6. Paul D. Grannis, Distinguished Research Professor, Stony Brook University
7. Martin Breidenbach, Professor, SLAC National Accelerator Laboratory
8. James E. Brau, Philip H. Knight Professor of Natural Science, Principal Investigator, UO center for High Energy Physics, University of Oregon
9. Andrew P. White, Professor of Physics, University of Texas at Arlington
10. Michael E. Peskin, Professor of Theoretical Physics, SLAC National Accelerator Laboratory
11. Graham W. Wilson, Professor of Physics, University of Kansas
12. Alberto Ruiz Jimeno, Professor, Chair of the Spanish Network for Future Accelerators
13. Juan Fuster, Research Professor of Spanish Research Council (CSIC), Vice-director of Innovation and Technology of IFIC, Chair of Linear Collider study of the European Committee for Future Accelerators, IFIC, University of Valencia
14. Marcel Vos, Staff researcher, Co-IP of the ATLAS/future collider project, CSIC at IFIC Valencia
15. Ivanka Bozovic-Jelisavcic, Research Professor, Head of the Experimental HEP Group, Vinca Institute of Nuclear Sciences
16. Gerald Eigen, Institute for fysikk og teknologi, Universitetet I Bergen
17. Hugh E. Montgomery, Director Emeritus, Jefferson Lab
18. Karsten Busser, DESY
19. Frank Gaede, DESY
20. Jenny List, DESY
21. Alexey Drutskoy, Professor, Lead Scientist, LPI, Moscow
22. Ronald Settles, Max Planck Institute of Physics
23. Ties Behnke, Lead Scientist, FLC Group Leader, DESY
24. Jochen Kaminski, LCTPC Collaboration Spokesperson, University of Bonn
25. Leif Jonsson, Professor, Leader of the particle physics group, Lund University

26. Marcel Stanitzki, Co-spokesperson of SiD, DESY
27. Jonathan A. Bagger, Director, TRIUMF
28. Henri Videau, LLR, Ecole polytechnique
29. Tohru Takeshita, Shinshu University
30. Christian Zeitnitz, Professor, Chair of the Committee for Particle Physics (KET)
31. Philip Burrows, Professor of physics, Interim Director, John Adams Institute, University of Oxford
32. JoAnne Hewett, Professor of particle physics and astrophysics, Associate Lab Director for Fundamental Physics Directorate, Chief Research Officer, SLAC National Accelerator Laboratory

引用元

9 / 1 8 検討委員会	参考 3-1 :	1
1 0 / 0 1 検討委員会	参考 4-1 :	2
1 0 / 0 1 検討委員会	参考 4-2 :	3
1 0 / 1 6 検討委員会	参考 2 :	4
1 0 / 3 1 検討委員会	参考 3 :	5
1 1 / 1 4 検討委員会	参考 3 :	6-32