

## 前回からの I L C 計画を巡る状況について

- 平成25年 5月 文部科学省から日本学術会議へILCに関する意義等の審議を依頼
- 9月 日本学術会議から文部科学省へ回答
- 11月 ILC計画を検討するための省内タスクフォースを開催し、今後、有識者による検討会議を設置し、検討を進めることを了承
- 平成26年 5月 ILCに関する有識者会議（第1回）開催  
座長：平野 眞一 上海交通大学講席教授、元名古屋大学総長
- 6月 素粒子原子核物理作業部会（第1回）開催  
座長：梶田 隆章 東京大学宇宙線研究所長  
平成27年3月まで計8回開催し、報告とりまとめ
- 技術設計報告書（TDR）検証作業部会（第1回）開催  
座長：横溝 英明 総合科学研究機構東海事業センター長（役職は当時）  
平成27年3月まで計6回開催し、報告とりまとめ
- 平成27年 6月 有識者会議（第4回）「これまでの議論のまとめ」とりまとめ、公表
- 11月 人材の確保・育成方策検証作業部会（第1回）開催  
座長：中野 貴志 大阪大学核物理研究センター長  
平成28年6月まで計6回開催し、報告とりまとめ
- 平成28年 7月 有識者会議（第5回）「人材の確保・育成方策の検証に関する報告書」とりまとめ、公表
- 平成29年 3月 体制及びマネジメントの在り方検証作業部会（第1回）開催  
座長：観山 正見 広島大学学長室特任教授、元国立天文台長  
平成29年7月まで計6回開催し、報告とりまとめ
- 7月 有識者会議（第7回）「体制及びマネジメントの在り方の検証に関する報告書」とりまとめ、公表

11月 リニアコライダー・コラボレーション（LCC）でまとめられたILC計画の見直し案について、リニアコライダー国際推進委員会（LCB）において審議され、国際将来加速器委員会（ICFA）において承認後、公表。その際、LCBとICFAは、それぞれ声明を発表

12月 有識者会議（第8回）において、素粒子原子核物理作業部会及び技術設計報告書（TDR）検証作業部会の再設置を決定

平成30年 1月 素粒子原子核物理作業部会（第1回）開催

座長：中野 貴志 大阪大学核物理研究センター長

技術設計報告書（TDR）検証作業部会（第1回）開催

座長：横溝 英明 総合科学研究機構 理事長

日本学術会議「国際リニアコライダー計画に関する所見」  
(平成 25 年 9 月 30 日) (抜粋)

3 総合的所見

② ILC 計画の我が国での実施の可否判断に向けた諸課題の検討

(略)

大震災からの復興や将来のエネルギー・資源・環境問題など、我が国として取り組むべき重要課題は山積している。ILC 計画を我が国で実施するには、国家財政が逼迫している中で長期にわたる巨額の財政的負担の問題をいかにして解決するかについて、政官学が知恵を出し合って国民に支持される持続可能な枠組みを示す必要がある。ILC への資源配分によって、国家的諸課題への取り組みに影響が及んだり、科学技術創造立国を支えるべき諸学術分野の停滞を招いたりするようなことがあってはならない。これらのことを勘案するに、ILC 計画の我が国における本格実施を現時点において認めることは時期尚早と言わざるを得ない。

日本学術会議としては以上の観点から、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を含めて集中的な調査・検討を進めること、を提言する。

(略)

検討すべき重要課題として、

- (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) 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、

などがある。ILC 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。

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。

国際リニアコライダー（ILC）に関する有識者会議について

国際リニアコライダー（ILC）に関する有識者会議

- 〔座 長〕 平野 眞一（上海交通大学講席教授、元名古屋大学総長）  
 〔検 討〕 平成 26 年 5 月～  
 〔検討事項〕 ・ ILC の素粒子物理学研究における方針  
 ・ 経費と国際的経費分担、必要な人員・人材  
 ・ 国内体制のあり方、ILC の社会的影響 等

素粒子原子核物理作業部会 （再設置）

- 〔座 長〕 梶田 隆章（東京大学宇宙線研究所長）  
 〔検 討〕 平成 26 年 6 月～平成 27 年 3 月  
 〔検討事項〕 素粒子・原子核物理分野の将来構想において ILC が担う科学的役割 等
- 〔座 長〕 中野 貴志（大阪大学核物理研究センター長）  
 〔検 討〕 平成 30 年 1 月～  
 〔検討事項〕 ILC 計画の見直しについて、科学的意義の検証 等

技術設計報告書（TDR）検証作業部会 （再設置）

- 〔座 長〕 横溝 英明（総合科学研究機構東海事業センター長）  
 〔検 討〕 平成 26 年 6 月～平成 27 年 3 月  
 〔検討事項〕 技術設計報告書のコストや必要人員、技術的フェージビリティの検証 等
- 〔座 長〕 横溝 英明（総合科学研究機構理事長）  
〔検 討〕 平成 30 年 1 月～  
〔検討事項〕 ILC 計画の見直しについて、コストや技術的フェージビリティの検証 等

人材の確保・育成方策検証作業部会

- 〔座 長〕 中野 貴志（大阪大学核物理研究センター長）  
 〔検 討〕 平成 27 年 11 月～平成 28 年 6 月  
 〔検討事項〕 ・ 建設・運転等に係る必要人員の確保・動員・育成の見通し  
 ・ 我が国のリーダー的人材の確保・育成に関する課題と留意点 等

体制及びマネジメントの在り方検証作業部会

- 〔座 長〕 観山 正見（広島大学学長室特任教授、元国立天文台長）  
 〔検 討〕 平成 29 年 3 月～6 月  
 〔検討事項〕 ・ 国際研究機関の体制及びマネジメントの在り方  
 ・ 国際研究機関の在り方を踏まえた周辺環境の整備  
 ・ 国内における実施体制 等

国際リニアコライダー（ILC）に関する有識者会議  
技術設計報告書（TDR）検証作業部会報告

当作業部会は、国際リニアコライダー（ILC）計画の技術設計報告書（TDR）におけるコストの算出方法や技術的成立性などについて検証を行い、その課題を抽出するため、平成 26 年 5 月以降、6 回に渡り議論を行った。この議論においては、TDR が現時点における参加極で見積られたコストを取りまとめて作成されたものであること、また、人材の確保は予測で組み立てられていること等を前提としている。これらの議論の結果について、主要事項を以下に示す。

### 1. 本部会で聴取した ILC 計画の見積りの概要

（前提条件）

仮想通貨「ILCU」を置いて設定。ILCU は 2012 年 1 月現在の購買力平価を基に、1ILCU = 1 米ドルを基準としている。

国際入札を考慮して「1 ユーロ = 115 円、1 ドル = 100 円」を仮定して日本円へ換算した金額は以下の通り。

また、労務費は TDR 上では人時で換算されているものを金額へ換算している。

#### （1）本体建設費 9,907 億円（TDR 記載項目）

（内訳）

土木建築	1,600 億円（工事費）	}	8,309 億円
加速器本体	6,709 億円（超伝導加速空洞・設備費等）		
労務費	1,598 億円（=22,892 千人時（TDR では金額換算はされていない））		

#### （2）測定器関係経費 1,005 億円（TDR 記載項目）

（内訳）

測定器本体	766 億円
労務費	239 億円（=3,651 千人時（TDR では金額換算はされていない））

#### （3）その他付随経費（TDR 未記載項目）

- ・ 準備経費（設計費用のほか、人材養成・技術移転関連経費等）
- ・ 土地取得経費
- ・ 上記の他、海外研究者の生活環境の整備、アクセス道路、ライフライン等のインフラ、計算機センター等の経費

#### （4）不定性相当経費 建設経費の約 25%（TDR 記載項目）

不定性：コスト見積りの精度に関するもののみを指し、技術リスク、工事期間の延長リスク、市場リスク等に伴うコスト増加分は含まれない。

- (5) 年間運転経費 491 億円 (TDR 記載項目)  
(内訳)  
光熱水料、保守 390 億円  
労務費 101 億円 (=850 人/年 (TDR では金額換算はされていない))

なお、実験終了後の解体経費に関しては、現時点で算定されていない。

(参考)

TDR に記載された性能をアップグレードした場合の追加コストは以下のとおり。

- ・シナリオ A (500GeV (GeV=10 億電子ボルト<sup>1</sup>) のエネルギーは変えず高輝度化) 590 億円
- ・シナリオ B (1TeV (TeV=1 兆電子ボルト) へエネルギー増強：現行の技術) 7,543 億円
- ・シナリオ C (1TeV へエネルギー増強：技術的進歩のある場合) 6,148 億円

◆TDR のコスト見積りでは、加速空洞や高周波加速装置などの大量調達が必要なコンポーネントに関する性能保証について、製作を請け負った企業ではなく、発注者である中核研究所がその責任を負うという「構造仕様」による発注を前提としている。これは、一般に、品質保証について、受注者側が責任を負う「性能仕様」による場合に比して、見積額が抑えられる。そのため、準備段階から発注者側に優れた技術者・研究者を確保・育成する取り組みが不可欠となる。

## 2. 技術設計報告書上のコストのリスク要因や技術上の課題

ILC 計画の検討に際しての前提は以下のとおり (TDR 及び本部会でのヒアリングによる)

- ① 国際協力によるコストシェアリングを行うこと
- ② 建設開始までには準備期間 (4 年程度) を設け、技術的課題の解決及び必要な人材を養成することが必要であること

この前提を踏まえ、本作業部会においてこれまでに指摘されたコスト面でのリスク要因や技術上の主な課題は以下の通り。

### (1) コスト面でのリスクに関する課題

- ① 豊富な実績を有する海外企業の見積りが多く採用されるなど、現時点での最適な状況を選択した見積りとなっており、国内企業での調達を考慮した場合、実際にかかる費用が TDR の見積りを超過する恐れがあるなど、結果として見積りに余裕が少ないことに留意が必要。

<sup>1</sup> 電子ボルト (eV) : エネルギーの単位。電子ひとつが 1 ボルトの電圧で加速されたときに得るエネルギーの量。1eV=1.6×10<sup>-19</sup>J

- ② 本計画では大量の加速空洞が必要である。加速空洞の製作には、高純度・高品位のニオブが必要となるが、その供給元が限られること、及び、目標加速勾配が達成できない場合には大きなコストアップにつながるおそれがあり、留意が必要。超伝導加速空洞・クライオモジュールの一式のコスト予想では、欧州 X 線自由電子レーザー (XFEL) の実績製作コストと比較して 72%と低く見積もられているが、今後、各地域での状況を踏まえつつ、量産化に伴うさらなる製作コストの低減、システム技術の検証が必要。
- ③ TDR の見積りの前提とは異なって、参加国がそれぞれ自国で構成品等の製作を分担する場合のコスト増（複数メーカーに製作が分散される）を考慮すべきである。また、海外メーカーから調達した機器に関するメンテナンス保守を我が国で実施できない場合、保守費用が増大するおそれがあり、留意が必要。
- ④ トンネル工事等、建設前の地盤等を含めた立地条件に関する調査やトンネルへの環境水の流入などインフラ工事における不測の事態発生リスク検討、対応策、現在の見積りから漏れている項目、および想定外項目のリストアップとコスト増への対応策の検討が必要。
- ⑤ 国際的な枠組みを構築する上では、その枠組みに応じた事務管理コストが必要となってくる。特に新たな国際研究機関を<sup>2</sup>設置する場合、研究機関で技術者等の人材の雇用を行う（海外の研究機関の多くは建設に関する人材の多くを機関が雇用）等により、追加の費用が必要となるため、実際に必要な人件費が TDR で試算された人件費（全体建設コストの 1/5）を超過するおそれがあり、留意が必要。

## （2）技術面での実現可能性に関する課題

- ① TDR で示された、過去の実績値における性能が実機量産品でも達成されるという前提での設計となっており、設計に尤度が少ない。また、輸送時には衝撃や温度変化による性能劣化及び輸送手段の事故等による不測の損害の発生が問題となるので、製作個数に余裕が欲しい。建設開始までの準備期間で、目標性能を安定に実現させること（歩留りの改善を含めて）、製造技術の確立、メーカーへの製造技術移転及び量産体制の確保の他、日本における技術蓄積等が重要。
- ② 小規模なシステムでの技術蓄積実績があったとしても、スケールの異なる大規模システムを検討する際は技術面、コスト面での不確実性が大きくなることから、ILC につながる技術を駆使して実施される XFEL の進捗状況及び蓄積された実績を踏まえた技術的成立性に関する見通しが重要。

- ③ 建設を分担する複数の拠点間の品質保証等の協調方策の検討。特に国際的に統一した品質管理など、複数の拠点で分散して同じ品質のコンポーネントを製作するための性能再現化技術の確立について見通しを得ることが必要。一般に、異なる機関で製作された部品を組み上げて一つの構成品に組み上げる際には取り合いでの課題が増加するため、各国が部品製作を分担する場合は、システムとして組み上げる際の整合性などに関する技術的検証が必要。
- ④ 運転の信頼性確保や要求性能の定常的維持の観点から、性能実証が不十分な構成機器、例えば、ビームダンプや電子源、陽電子源などが見受けられる。これらの構成機器に関し、所期の目標性能を明確化すると共に、目標達成に向けた現実的な研究開発・性能実証の工程表を策定することが必要。

### (3) 建設・運転・マネジメントにおける人材確保に関する課題

- ① 建設時に必要となる技術者の確保方策について見通しを得ることが必要。特に大規模な精密機器の製造では、製作や搬入された個々の部品に多少の不具合があったとしても、中核研究所において適切に対応して所定の性能を有する装置に組み上げることができる高いレベルの技術力を有した人材を多数確保することが必要。
- ② 短期間での要素機器製作プロセスの大規模化に伴う人的・技術的課題の検証が必要。具体的には、加速空洞等の構成品の大量製造に対応可能な多くの人材を確保する見通し（約1万6千個の加速空洞を6~7年で組立てることが必要）、及び建設監督を行う日本の研究者の確保及び育成方策に関する見通しを得ることが必要。
- ③ 調達やシステム組み上げ時に必要な体制が確立できるかについて、十分に明確な見通しが必要。特に各極分担で加速器を製作する際に、中核となる研究所の役割が重要になる。技術開発などの準備段階においても、事務的な協力体制を構築することが必要。
- ④ ILC を加速器システムとして熟知し、実現に向けた研究開発を的確に推進できるプロジェクトリーダーを置くことが必要。国際研究機関の少ない我が国において、国際機関の組織構成や、マネジメント人材をどのように確保するのかの検証が必要。国際機関の組織の在り方を踏まえたマネジメントを行う人材の登用の仕組みについて検討が必要。

## **3. 実施の可否判断における留意点**

### (1) 国際協力のあり方



- ① In Kind による貢献の際、ホスト国の企業が受注できない場合の対応について、検討が必要。
- ② 国際協力の在り方としては、安全面での法規をはじめ、調達の際に遵守する法令や関税の取扱いをホスト国に合わせることにについてあらかじめ合意することが必要。その際、条約による法的枠組みを構築するか、機関間の協定による枠組みを構築するか、さらには国際研究機関を設置するかで必要となる組織が大きく異なることに留意が必要。

## (2) その他

- ① 我が国においては他の学術分野への影響を最小限に抑える観点から我が国の負担額には限度があることに留意すべき。ことに、巨額の経費が必要な長期計画であることに鑑み、現在試算されている総コストがさらに膨らんだ場合の対応に関する枠組みの検討が必要。
- ② 国際的なコミュニティから協力が得られるか、また、ILC を重要課題として積極的に取り組んでいるかに関する各国の動向を見定めることが必要。
- ③ 加速器性能の高度化につながる技術開発の成果を最大限取り入れる努力を継続し、全体システムの合理化を図るとともに、機器の信頼性、安定性を高めることが肝要。

国際リニアコライダー（ILC）に関する有識者会議  
「これまでの議論のまとめ」（H27.6.25 提言部分抜粋）

これまでの作業部会での検討・報告、有識者会議での議論を踏まえ、ILC計画に関して有識者会議として以下を提言する。

**提言 1** ILC計画は巨額の投資が必要であり、一国のみで実現することはできず、国際的な経費分担が必要不可欠な計画である。巨額の投資に見合う科学的成果が得られるべきであるとの観点から、標準理論を超える新展開のために、ヒッグス粒子及びトップクォークの精密測定のみならず、新粒子の発見の可能性についても見通しを得るべき

- ILC計画はヒッグス粒子、トップクォークの精密測定及び新粒子の探索により標準理論を超える物理を探索する計画であり、標準理論を超える物理の発見があった場合、素粒子物理学上の科学的意義は大きい。
- ILC計画が巨額の投資が必要な計画であることに鑑み、その実施の前提として、欧米等の具体的な参画及び経費分担について明確な見通しを得ることが必要不可欠である。
- 巨額の投資に見合う科学的成果が得られるべきとの観点から、標準理論を超える素粒子物理学の新展開のために、ヒッグス粒子及びトップクォークの精密測定のみではなく、暗黒物質の候補となる超対称性粒子などの標準理論を超える新粒子の探索についても、見通しを得ることが必要である。
- 国際協力における経費負担の在り方については、従前のCERNの方式だけでなく、国際熱核融合実験炉（International Thermonuclear Experimental Reactor、ITER）、国際宇宙ステーション（International Space Station、ISS）等のこれまでの国際大型プロジェクトの事例及びILCを巡る国際動向を踏まえて検討を進めることが適当である。

**提言 2** ILCの性能、得られる成果等については、2017年末までの計画として実施されているLHCでの実験結果に基づき見極めることが必要であることから、LHCの動向を注視し、分析・評価すべき。併せて、技術面での課題の解決やコスト面でのリスクの低減について、明確にすることが必要

- ILCの性能や得られる成果等については、2017年末を目途として実施されている13TeV運転によるLHC実験の結果によって異なってくる。特に、新粒子が発見されるか否か、また新粒子が発見された場合はその質量が重要な判断材料となる。
- 作業部会等で指摘された技術面及びコスト面での課題については、その解決に向けた取組により、より明確な見通しを得ることが必要である。
- また、加速器性能の高度化につながる技術開発の成果を最大限取り入れる努力を強化すべきである。

**提言 3** 提言 1 及び提言 2 に関する事項を含めて計画の全体像を明確に示しつつ、国民及び科学コミュニティの理解を得ることが必要

## I L Cに関する日米ディスカッショングループ これまでの経緯

1. 概要 国際リニアコライダー（I L C）計画に関して、国際的にも重要なパートナーである米国エネルギー省（D O E）と行政的事項について意見交換を行うため、平成28年5月にディスカッショングループを設置することに合意。

2. 代表者 文部科学省：大臣官房審議官（研究振興局担当）  
D O E：科学局長

## 3. 検討・調整事項

I L C計画について、以下の事項を軸に検討・調整を行う。特に②について、I L C計画の実現の可能性を高めるためにも大幅なコスト削減を目指すことが重要であり、優先的に検討するとされた。

- ① クリアすべき課題（技術的リスク、科学コミュニティ内のコンセンサス等）
- ② コスト削減に向けた共同研究の可能性
- ③ マネジメントの枠組み
- ④ コスト分担の可能性
- ⑤ L H C実験の結果を踏まえたI L C計画の見直しの必要性が生じる可能性の認識共有（具体的な計画見直しの手順の検討）
- ⑥ その他

## 4. 開催経緯等

平成28年 5月 第1回日米ディスカッショングループ

8月 事務レベル会合

10月 第2回日米ディスカッショングループ

平成29年 4月 コスト削減のための日米共同研究について、高エネルギー加速器研究機構（KEK）及び米国フェルミ国立加速器研究所（FNAL）において実施

- ・低コスト・ニオブ材料の活用による超伝導高周波空洞材料の低価格化
- ・低損失・高電界実現のための超伝導高周波空洞の表面処理

10月 第3回日米ディスカッショングループ