

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( 前回報告 )

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。