

ILC 誘致を円滑に推進するための AAA・CIVIL 部会における検討

STUDY ON CIVIL-RELATED WORKS BY AAA・CIVIL SUBCOMMITTEE TO SMOOTHLY HOST ILC

武内邦文^{#,A)}, 大西有三^{B)}, 吉岡正和^{C)}, 関根一郎^{D)}, 道下勲^{E)},
濱嶋博文^{F)}, 福田和寛^{G)}, 下河内隆文^{H)}, 川端康夫^{I)}, 大山寛夫^{J)}, 平井秀樹^{K)}
Kunifumi Takeuchi^{#,A)}, Yuzo Ohnishi^{B)}, Masakazu Yoshioka^{C)}, Ichiro Sekine^{D)}, Isao Michishita^{E)}, Hirofumi
Hamashima^{F)}, Kazuhiro Fukuda^{G)}, Takafumi Shimogochi^{H)}, Yasuo Kawabata^{I)}, Hiroo Ohyama^{J)}, Hideki Hirai^{K)}
^{A)}Obayashi Corporation
^{B)}Kansai University, ^{C)}KEK, ^{D)}Toda Corporation, ^{E)}Penta-Ocean Construction, ^{F)}Taisei Corporation, ^{G)}Shimizu
Corporation, ^{H)}Takenaka Corporation, ^{I)}Tobishima Construction, ^{J)}Kajima Corporation, ^{K)}Maeda Construction

Abstract

AAA is the industry-government-university incorporated association established in 2008 to enhance the development of the most advanced acceleration projects in Japan and the CIVIL subcommittee was newly set in last year to smoothly host ILC. Regarding civil-related works for the ILC facilities, four WGs have been working (WG1: Important issues, WG2: Management, WG3: City concept, WG4: Investigation). This paper presents the latest outcomes of WG activities, mainly focusing the OIST in Okinawa as a similar precedent example. As a result, in the initial stage of the similar project, the following are the critical issues: the proper organization for preparing facilities, assess-related works, rock mass investigations, and city concept to enhance public-private collaborations.

1. はじめに

国際リニアコライダー（以下、ILC、International Linear Collider という）計画とは、線形加速器により高エネルギーで電子と陽電子の衝突実験を行うもので、質量の起源とされるヒッグス粒子の詳細な性質解明や標準理論を超える新たな粒子の発見により、宇宙創成の謎の解明につながると期待されている。この計画については、素粒子物理学、および加速器科学分野の国際コミュニティによりグローバルな設計活動が進められ、2012年12月に技術設計報告書^[1]（以下、TDR、Technical Design Report という）が発表された。ILC 施設の主な特徴は、全長約31kmにおよぶ線形加速器等を収容する加速器トンネル、その中央部分で粒子を衝突させ観測を行う大規模な衝突実験空洞、ダンピングリングトンネル、アクセスホールとアクセストンネル等からなる。アジア候補地であるわが国への立地検討案では、基本的に、良好な花崗岩地山中にこれらのトンネルや空洞群が設置されることになる。

2008年に設立された先端加速器科学技術推進協議会^[2]（以下、AAA、Advanced Accelerator Association Promoting Science & Technology という）とは、政・官・産・学が連携して最先端の量子加速器開発により人類の知を広げると共に、医療・エネルギー・環境問題など世界規模の課題への新しい対応を目指すもので、次の活動を展開するものである。

- 先端加速器技術の可能性や意義を広く国内外に発信

[#]takeuchi.kunifumi@obayashi.co.jp

- ILC をモデルとした技術開発の方向性を検討し、関連組織への提言等を実施
- 幅広い産業分野のものづくり技術の結集により、革新的科学技術を創出

AAA は 2012 年に一般社団法人として改組され、その組織体制としては、会長、理事会があり、その下で技術部会、広報部会、大型プロジェクト研究部会、および、CIVIL 部会の 4 つの部会が設置され、それぞれのテーマに沿って積極的な活動が展開されている。なお、CIVIL 部会は昨年改組時に設置が承認され活動を開始したもので、本稿では短期間ながらもこれまでに AAA の CIVIL 部会として活動した検討結果を報告する。

2. ILC 施設の概要と AAA・CIVIL 部会

ILC 施設のうち地下に設置されるトンネルや地下空洞群は、Figure 1、2 および Table 1 に示すようなものであるが、そのうち本体工事である主たる施設の特徴としては、I 期計画で全長約 31km（将来的には 50km に延伸）におよぶ直線の加速器トンネル、中央部で大規模な観測機器を収容する衝突実験空洞、そして、周長約 3km のダンピングリングトンネルで構成される。わが国に立地する案では、これらはいずれも良好な花崗岩中に設置され、土被り 100m 程度の長大トンネルと大規模空洞となるため、その建設に際しては調査、設計、施工を綿密に進めていくことが肝要である。また、この案は Figure 3 に示す縦断線形図のように、欧米の案と比較して山岳地形案(Mountain Topography)と呼ばれており、したがって、その地形上の制約から、アクセストンネルは基

本として重機が通行可能な斜度の斜坑案として約 10 本程度必要と考えられている。

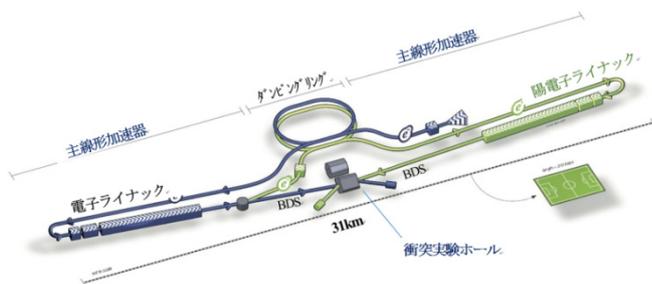


Figure 1: Concept of ILC main facility (Phase I) [3].



Figure 2: Concept of ILC acceleration tunnel [3].

Table 1: List of Underground Main Facilities (Phase I) [3]

電子ライナック部	中央部	陽電子ライナック部
メインライナックトンネル (約11km)	実験ホール空洞 (L=142m)	メインライナックトンネル (約11km)
RTMLループトンネル (約2km)	BDSトンネル (約5km)	RTMLループトンネル (約2km)
アクセスホール (3箇所)	ダンピングリングトンネル (周長約3km)	アクセスホール (3箇所)
アクセストンネル (4本)	アクセストンネル (2本)	アクセストンネル (4本)

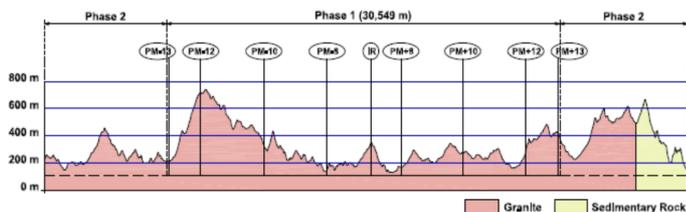


Figure 3: Longitudinal Profile of Mountain Candidate Site [1].

地上部には、アクセストンネル坑口部が建設中の基地となり地下へアクセスするヤードが設置され、これは建設完了後には地下での実験を支える各種の補助施設やエネルギー供給のための設備を設置することになる。また、衝突実験空洞へのアクセストンネルの坑口の近傍には、実験の研究者や技術者等が働くためのサテライトキャンパスが、そして、交通のアクセスが良好な地点に3,000人程度の研究者や技術者が活動するメインキャンパスが建設される。そ

の周辺には道路等のインフラ整備とともに、住居等の生活インフラ施設が必要となる。Figure 4は、メインキャンパスの事例としてのイメージの例示としてのCERNのMeyrinサイトの航空写真である。

AAA の CIVIL 部会は、平成 26 年 12 月に設置が承認され、部会長に大西有三 AAA 理事が就任し、会員企業への CIVIL 部会への参加募集を経て、平成 27 年 1 月に活動を開始した。その CIVIL 部会設立の趣旨を以下に示す。

「国際リニアコライダー (ILC) プロジェクトのわが国への誘致活動をさらに推進することを目的に、その施設の建設を円滑に推進するための幅広い調査・検討を行うとともに、その活動内容等を内外に積極的に発信する。」

部会長、2 名のアドバイザーを除いた参加組織は、KEK を除いてメーカー、ゼネコン等建設会社、コンサルタント、地質調査会社の 30 企業で、以下に示す 4WG に分かれて具体的な調査研究を実施している。なお、各 WG にはそれぞれ 2 社の幹事を置き、その上に幹事長を置いて WG 間の調整を取りながら進めている。

WG1: ILC 施設建設プロジェクト推進上の重要課題の抽出とその解決方策の検討 (以下、重要課題 WG という)

WG2: ILC 施設建設マネジメント・ライフサイクルマネジメントの検討 (以下、マネジメント WG という)

WG3: ILC 周辺まちづくりの開発コンセプト案の検討 (以下、まちづくり WG という)

WG4: 上記の検討に必要な調査の実施 (以下、調査 WG という)



Figure 4: Image of main campus (Meyrin at CERN) [6].

3. CIVIL 部会各 WG の検討成果

3.1 重要課題 WG の検討成果

ILC 施設は、最先端の量子加速器開発による宇宙

誕生の謎に迫るべく科学技術の飛躍と新しい世界の発見をもって豊かな社会の実現を目指すもので、わが国に誘致する目的は真の国際研究所を建設しグローバルな社会における世界的な課題への貢献が期待されている。その目的に沿って、CIVIL 部会の重要課題 WG の活動としては、具体的には以下の事項を実施中である。

- ① ILC の現状および TDR の理解促進
- ② ILC と共通点のある類似施設の重要課題の調査
- ③ ILC の重要課題抽出と対応策の検討

ILC 誘致決定から建設開始までに非常に短い期間しかないことや限定された予算制約の中で、国際設計を合理的な建設につなげることを目的に、必要な情報収集や講演を行った結果、以下のような事項が重要であると判明した。

- ・環境アセスメント、許認可対応、および設備と設計仕様の明確化
- ・現地設計の推進と事前地質調査の内容（地震影響、調査コストとリスクの整理を含む）
- ・エンジニアリングスケジュールの明確化と工程短縮方策の立案

まず、ILC の現状としては、現在、平成 25 年 9 月の日本学術会議の所見を受けて、平成 26～27 年度に文部科学省内に設置された ILC に関する有識者会議で諸課題の検討が行われている。従って、わが国としての候補地は明確になっているものの 1 サイトに正式決定されたわけではないため、サイトを特定して環境アセスメントや現地設計等を進めることが困難で、事前調査等についても制約がある。ただ、候補地が自主的に誘致に必要な調査等は進められているのが現状である。

次に、TDR について検討した結果、ILC 施設の検討を行うにはサイトが明確に特定されていないこと、および、加速器や観測機器、遮蔽設備、その周辺設備や設備ユーティリティー（電気、給排水、空調・換気、排水、非常設備等）が明確になっていないためそれらを収容するトンネルや空洞等の検討が概念設計の手前で止まってしまっている状況である。これらの検討は、当然ながら、ILC 施設の工期やコストに大きなインパクトがあるため、TDR 以降の今後とも着実に検討を進めていくことが重要である。

そして、ILC と共通点のある類似施設の調査として、沖縄科学技術大学院大学（以下、OIST という）の施設整備に関する事例調査を実施した。OIST の設立目的は世界最高水準の科学技術に関する研究および教育を実施することにより、沖縄の自立的発展と世界の科学技術の向上に資することで、5 分野 50 研究ユニット、世界トップレベルの研究員約 50 名、研究員 380 名、そして、5 年一貫の博士課程のみの大学院大学である（2014 年 9 月、現在）。Figure 5 に示すように、OIST は沖縄本島の中部に位置する恩納村に設置され、周辺は自然に囲まれた高台を利

用して施設群が環境に調和するように分散配置されている。Figure 6 はその施設の写真であり、大学とは思えないほどデザイン性に優れた施設群が建設され、研究・教育に供されている。その下には、OIST の主な沿革を示す。

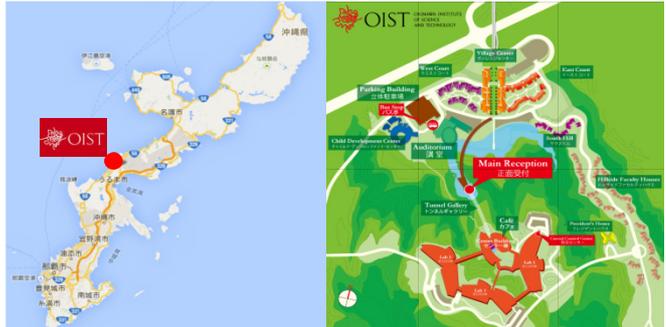


Figure 5: OIST map and facility layout [7].



Figure 6: Photos of OIST [7].

- 2001 年 大学院大学構想の提唱（尾身大臣）
- 2003 年 建設地として恩納村を選定
- 2005 年 沖縄科学技術研究基盤整備機構発足
- 2007 年 造成工事着工
- 2011 年 沖縄科学技術大学院大学学園設立
- 2012 年 博士課程開設

類似事例としての OIST の調査結果として、重要事項として認識された知見を以下に示す。

- ・初期の地質調査・測量が重要
- ・環境アセスメントが重要

2005 年の整備機構発足前から基本計画を始めているが、地形測量と地質調査が十分でなく、具体的な調査の後に設計変更が発生したようである。また自主アセスは文科省により行われており、基本計画時点から建築・土木設計に反映されている。複雑で規模の大きいプロジェクトはアセスを含めて事前に具体的な調査を可能な限り詳細に行うことが重要である。

3.2 マネジメント WG の検討成果

ILC は短期間で誘致決定から施設の設計・施工を効率的に進める必要があり、そのためには合理的な契約方式の検討等も含む建設マネジメントが重要となる。そこで、CIVIL 部会のマネジメント WG の活動としては、具体的には以下の事項を実施中である。

- ① ILC 施設に最適なマネジメント方式
- ② 多様な建設マネジメント方式の理解促進
- ③ ILC 運用時のライフサイクルマネジメント

上記の①については、具体的には、最近公表された公共工事の入札契約方式のガイドラインには Figure 7 のように個別の事業特性に応じた契約方式、競争方式、落札者選定、支払い方式等がまとめられている。これらの契約方式の選択に際しては、事業・工事の複雑度、施工の制約度、設計の細部事項の確定度、工事価格の確定度、その他発注者の体制・工事の性格等を適切に考慮しなければならない。その中の 1 つに設計段階から施工者が関与する方式（以下、ECI 方式という）の特徴は、設計段階から施工者が関与することで、発注時に詳細仕様の確定が困難な事業に対する方式で、以下の効果があるとされる。

- ・ 施工者の早期参画により種々の代替案の検討が可能
- ・ 施工者の観点からの提案等により施工段階での設計変更発生リスクが減少
- ・ 設計段階から施工計画の検討を実施

契約方式 3-1	競争参加者の設定方法 3-2	落札者の選定方法 3-3	支払い方式 3-4
工事の施工のみを発注する方式	一般競争入札	価格競争方式	総価契約方式
設計・施工一括発注方式	指名競争入札	総合評価落札方式	総価契約単価合意方式
詳細設計付工事発注方式		技術提案・交渉方式	コスト＋フィー契約・オープンブック方式
設計段階から施工者が関与する方式 (ECI方式)			
維持管理付工事発注方式	随意契約	段階的選抜方式	単価・数量精算契約方式
包括発注方式			
複数年契約方式			

Figure 7: Variations of public work contracts [4].

なお、この ECI 方式と類似しているが設計・施工（以下、DB 方式という）の違いを Figure 8 に示す。DB 方式と比較して ECI 方式とは実施設計段階で施工者が協力はするが、基本的には設計と施工は分離しているものである。

また、東日本大震災からの復興事業を迅速に推進するために導入された CM 方式は、発注者のマンパワー不足や技術者不足を受けて導入されたもので、Figure 9 に示すように、UR 都市機構が CMR（調査、設計、施工会社 JV からなるコンストラクションマネージャー）を選定し、事業を迅速かつ効率的に実施するものである。



Figure 8: Differences of DB and ECI contracts.

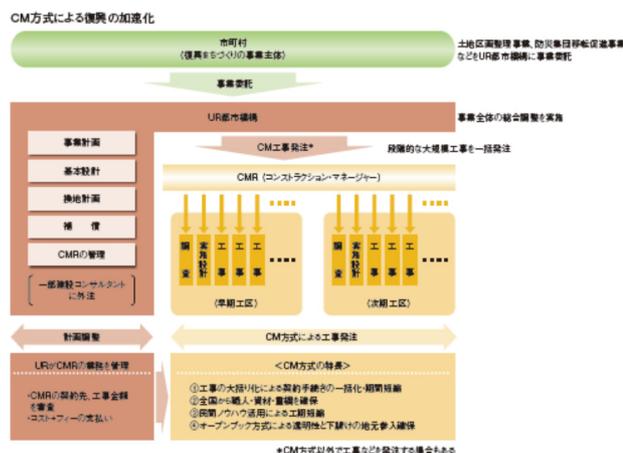


Figure 9: CM contract for Tohoku restoration projects [5].

マネジメント WG としても OIST の先行事例を調査し、その結果得られた知見を以下にまとめる。

- ・ 予算措置の確立が重要
- ・ 整備機構の体制が重要
- ・ 合理的な発注契約方式の選定が重要

OIST プロジェクトの施設整備では整備機構発足前に建設地の選定、予備的な基本計画に基づくコストとスケジュール等が決まったようである。また施設整備のキープレイヤーも文科省、内閣府と変遷している。事前調査と基本計画に十分な時間が取れない状況であったために、適切な予算確保ができなかったようである。また短期スケジュール、複雑な立地条件、複雑な施設整備であることから、プロジェクトマネージャーを委託し、設計と工事を進めているが、PM 受託会社も類似実績が十分でないことから、必ずしも役割を遂行することができなかったようである。工事監理も委託したが、工事中の設計変更の調整等に課題が多かったと聞いた。従って、ILC プロジェクトについては、適切なプロジェクトマネジメントシステム、予算システム、合理的な

発注契約方式の確立が重要である。

3.3 まちづくり WG の検討成果

ILC 施設の本体構造としては、良好な岩盤中に設置される地下施設群の規模が大きいが、メインキャンパスやサテライトキャンパスを中核として周辺に整備されるまちづくりの検討も国際研究学園都市としては重要な課題である。そこで、CIVIL 部会のまちづくり WG の活動としては、具体的には以下の事項を実施中である。

- ①国内外先行事例調査
- ②ILC 周辺のまちづくりコンセプトの理解促進

国内先行事例の調査として、OIST に関し当時の担当者へのヒアリングや現地調査をして有用な知見を得た内容を以下にまとめる。

- ・OIST は環境保全を主テーマに検討され、地形特有さの取込み、地域色の反映、子供たちの教育の仕組み、まちづくりにおける PFI あるいは PPP 等が重要
- ・一流の研究者を招聘するため、十分に環境に配慮した施設整備、家族のための住宅、医療、教育等の整備が重要
- ・住宅整備には税金投入できないため PPP で事業を実施、民間事業者が進出しやすい方式整備が重要

ILC 施設に関する既往検討事例に関するヒアリングを実施して、例えば、メインキャンパスに関して敷地を 80ha に拡大して施設群を配置した理想型ケースの平面図を Figure 10 に示す。この施設コンセプトは、ILC 運用定常時 (20 年目) の合計人員が約 2,700 人で、圏域における全人口が約 6,300 人と推定されており、そのうち約半分が外国人とされている。

4. まとめと今後の予定

平成 27 年 1 月に活動開始した AAA の CIVIL 部会は、ILC のわが国への誘致を民間の立場から支援するため、ILC 施設建設に係る企業が参加し、今年度も鋭意活動を継続している。本稿では現時点までに得られた有用な調査結果や知見等を速報的にまとめたものであり、3 つの WG 活動で得られた検討結果を報告した。

ILC 施設については、現在、文科省の有識者会議で議論されており、わが国への誘致が正式に決定した後は円滑かつ迅速にプロジェクトを進めるための方策を考えておく必要がある。特に、ILC 施設の土木・建築に係る建設プロジェクトは最初に進めなければならないものであるため、その期間を可能な限り短縮するための方策が重要となる。この観点から、AAA の CIVIL 部会では、今後も ILC 施設の建設に係る諸課題を解決する方策等につき、積極的に

検討を進め、民間側からの提言等としてまとめて発信していく予定である。

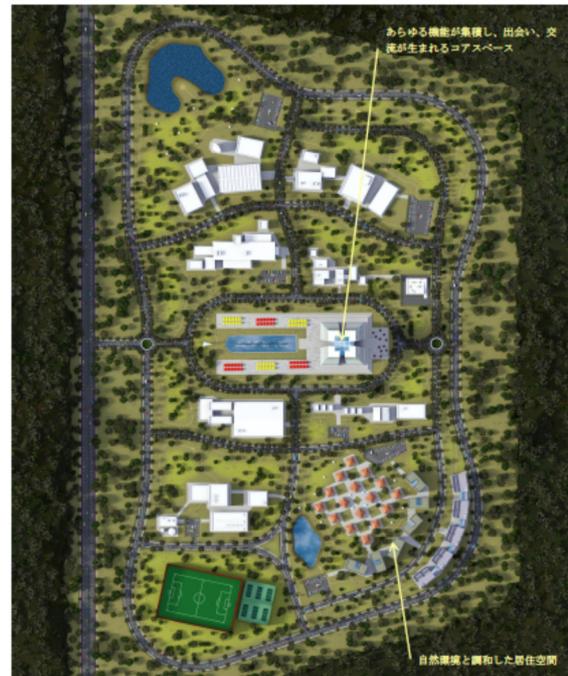


Figure10: Layout example of ILC main campus^[6].

謝辞：本稿を作成する際には AAA・CIVIL 部会の関係者の皆様はじめ、特に、東京大学の山下了様、東北大学の佐貫智行様、OIST の John Dickson 様、日高靖晃様に深く謝意を申し上げます。

参考文献

- [1] Editors T.Behnke, et al., The International Linear Collider Technical Design Report 2013, Volume 1 Executive Summary, ISBN 978-3-935702-74-4, 2013.
- [2] 一般社団法人 先端加速器科学技術推進協議会 HP, <http://aaa-sentan.org/index.html>
- [3] 土木学会岩盤力学委員会 国際リニアコライダー施設の土木工事に関する標準示方書策定小委員会, 国際リニアコライダー (ILC) 施設の土木工事に関するガイドライン (抄録), 平成 26 年 3 月.
- [4] 国土交通省, 公共工事の入札契約方式の適用に関するガイドライン【本編】, 平成 27 年 5 月.
- [5] UR 都市機構 HP, <http://www.ur-net.go.jp/saigai/ayumi/index.html>
- [6] 編者 山本明 他, 国際リニアコライダープロジェクト立地に関わる調査検討報告書, 高エネ研, 2013 年 9 月.
- [7] 沖縄科学技術大学院大学 (OIST) HP, <http://www.oist.jp/ja>