

ILC 誘致を円滑に推進するための AAA・CIVIL 部会における検討(その 2)

STUDY ON CIVIL-RELATED WORKS BY AAA・CIVIL SUBCOMMITTEE TO SMOOTHLY HOST ILC (NO.2)

武内邦文^{#, A)}, 大西有三^{B)}, 吉岡正和^{C)}, 関根一郎^{D)}, 河上清和^{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)}, Kiyokazu Kawakami^{E)}, Hirofumi Hamajima^{F)}, Kazuhiro Fukuda^{G)}, Takafumi Shimogochi^{H)}, Yasuo Kawabata^{I)}, Hiroo Ohyama^{J)}, Hideki Hirai^{K)}

^{A)}Obayashi Corporation, ^{B)}Kansai University,

^{C)}Tohoku University・Iwate University, ^{D)}Toda Corporation, ^{E)}Penta-Ocean Construction Co.,Ltd., ^{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 2015 to smoothly host ILC Project. 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 in fiscal year 2015, mainly focusing on the pre-geological investigations at Kitakami candidate site, the recent trend on variations of public work contracts, the venture incubation examples in Japan, and the utilization concept of waste heat from ILC facilities.

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状態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かと期待されている。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ーによりグローバルな設計活動が進められ、2013年に技術設計報告書^[1]（以下、TDR、Technical Design Report という）が発表された後、2013年8月にはわが国に立地する場合のサイト候補地としては岩手県の良い花崗岩帯が分布する北上山地が科学技術的には最適であると科学コミュニティーが推薦した^[2]。大規模地下施設である ILC の主な特徴は、Figure 1 に示すように、全長約 31km（I 期計画）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、約 3km 延長のダンピングリングトンネル、そして、アクセスホールとアクセストンネル等からなる。

2008年に設立された先端加速器科学技術推進協議会^[4]（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ある。AAA は 2014 年に一般社団法人として改組、その際 CIVIL 部会も設置され、参加募集を経て、部会長と 2 名のアドバイザーのもと、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 企業で実務的な調査検討を実施している。具体的な検討は、幹事長のもと以下に示す 4WG に分かれ、各 WG には 2 名の幹事を置き、WG 間の調整を取りながら進めている。

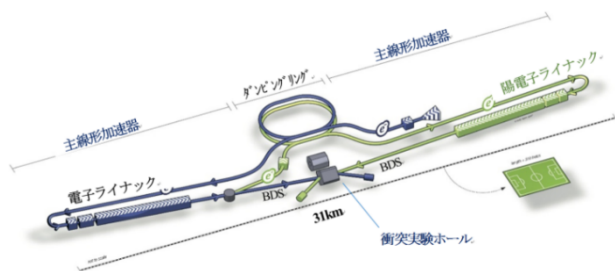


Figure 1: Concept of ILC main facility (Phase I)^[3].

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

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）

本稿では、AAA の CIVIL 部会で調査検討した平成 27 年度の成果を報告する。

2. ILC 施設の概要

Figure 2 は ILC 施設のうち地下に設置される加速器トンネルのイメージ図であり、Figure 3 は衝突実験空洞の概念図である。なお、衝突実験空洞は TDR では斜坑アクセスのみであったが、最新の検討としては斜坑アクセスとともに空洞天端部に内径約 18m の立坑とユーティティー立坑が計画されている。施設全体としてのトンネルや地下空洞群は Table 1 に示すようなものであるが、わが国に立地する案では、これらは基本的には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。わが国の計画は Figure 4 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、そして自然排水が可能な排水トンネルが必要と考えられている。

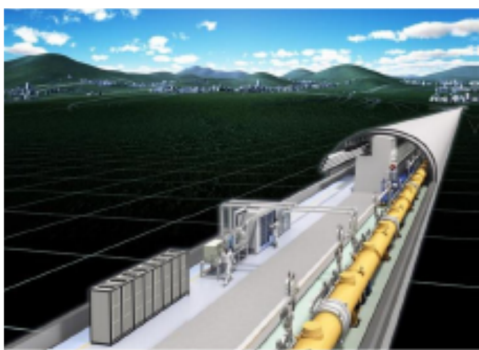


Figure 2: Concept of ILC acceleration tunnel^[3].

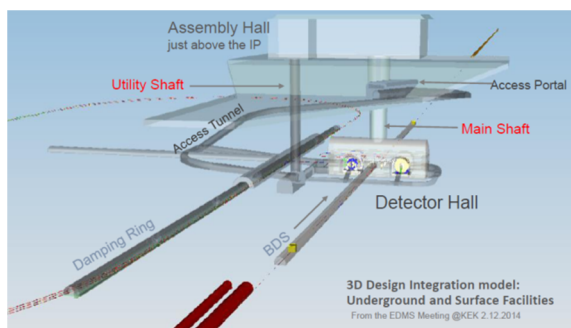


Figure 3: Concept of ILC detector hall cavern^[5].

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)

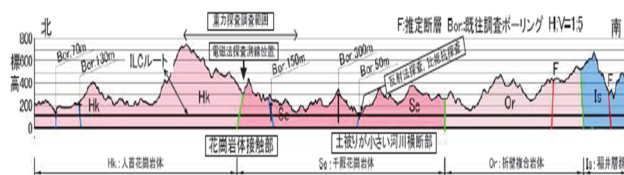


Figure 4: Longitudinal profile of mountain candidate site^[6].

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ヤードになる。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計画であり、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。

3. 平成 27 年度の CIVIL 部会の検討成果

3.1 重要課題 WG の検討成果

平成 26 年度の重要課題 WG の主要な成果としては、国際的な科学技術プロジェクトの先行類似事例として、沖縄科学技術大学院大学（以下、OIST という）を現地調査し、以下のような主要知見を得た。

①初期の地質調査・測量が重要

OIST 整備機構発足前の初期段階では十分な調査ができなかったため、着工後のコスト増要因となった。やはり、早めの予算確保と効果的な調査が重要である。

②環境アセスメントが重要

環境アセスの結果が施設計画の重大変更要因となり、具体的には生態系に配慮して橋梁が 7 本必要となる等でコストが増大した。

平成 27 年度の活動としては、地質調査に関する事項が重要課題であるとの認識のもと、わが国における ILC 立地候補地として最適とされた北上山地への現地調査ヒアリングを実施した。具体的には、東北大学、岩手県、一関市等の方々の協力を頂いて、地質情報等の概要説明ヒアリング、現地地質等の環境条件視察、コア観察、気仙沼港調査、そして、江刺地球潮汐観測施設を視察調査した。

Table 2 は北上候補地を対象として現時点までに実施してきた地質調査のリストであり、各年度の調査は解決が必要な課題を持った調査ではあったが、後で振り返ってみれば設計等につながる体系的な調査ではなく必要性に迫られた調査となってしまったようである。また、水文調査に関しては重要とは認識していたが、現時点まではほとんど調査していない

とのことである。

Table 3 は北上候補地の自然環境に関する基礎資料を得ることを目的として岩手県が主体として実施してきた環境影響評価のリストである。環境アセスの調査は通常 3 年程度は必要であるが、猛禽類の調査を 2 繁殖期実施するものの、調査としては 2 年に短縮する予定である。

Table 2: List of Geological Investigations at Kitakami

実施年	調査項目	調査内容
2009	地表地質踏査、弾性波探査、放射線探査	「くびれ部」の調査
2010	地表踏査、弾性波探査、電磁探査、ボーリング調査	人首花崗岩体・千厩花崗岩体の性状調査、河川横断部の調査
2011	地表地質踏査	早麻山、稲井層群の概略調査
2012	航空レーザー測量	地形測量
	地表踏査、弾性波探査、電磁探査、ボーリング調査	衝突点候補地付近の地質の状況調査、地質境界部の調査
	リニアメント調査	活断層の可能性についてリニアメントを調査
2014	地表地質踏査	坑口候補地の概略調査

Table 3: List of Environmental Investigations at Kitakami

年度	調査項目・調査内容
2013	既存資料の調査、植生図の作成、学識者ヒアリング
2013~2014	猛禽類1繁殖期の調査

上記の調査結果を踏まえ、ILC 実現に向けた重要課題としては以下のような項目が抽出された。

- ① トンネル等の戦略的な地質調査
- ② ILC 施設建設・運転管理のための戦略的な水文調査
- ③ 常時微動および加速器アライメントの調査

特に重要な課題としては、①のトンネル等の建設実現に向けた戦略的な地質調査で、具体的には、ILC プロジェクトのフェーズ（予備準備期間約 2 年、正式誘致決定後の本準備期間約 4 年、その後の建設期間約 9 年）を十分に考慮してどのような地質調査を実施しておくべきかが重要であると認識できた。

3.2 マネジメント WG の検討成果

平成 27 年度のマネジメント WG の活動としては、ILC 施設の設計・施工を効率的に進めるための方策を調査する目的で、具体的には、以下の事項を調査した。

1. ILC 施設建設に最適な建設マネジメント方式（入札・契約方式等）
2. ILC 施設運用時のライフサイクルマネジメント（維持・管理・補修）

上記の 1. については、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 5 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。

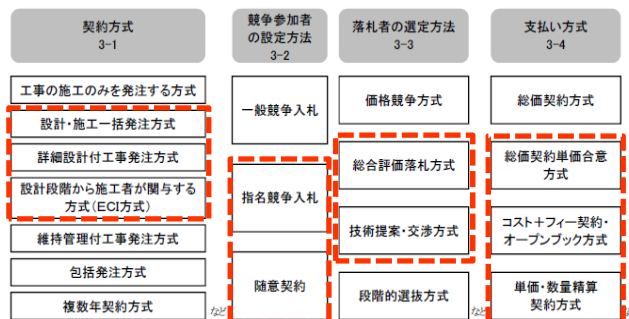


Figure 5: Variations of public work contracts [7].

ILC 施設のように正式誘致決定から短期間で建設を完了する必要がある場合には、また、トンネル工事のように施工者の技術ノウハウを設計に取り入れる必要性が高い場合には、Figure 6 に示す図の中で設計・施工一括発注方式、詳細設計付工事発注方式（以下、DB 方式という）、設計段階から施工者が関与する方式（以下、ECI 方式という）の適用が考えられる。DB 方式では施工者の技術ノウハウを活用した合理的な設計が可能で、発注業務が軽減されるため期間短縮効果があるが、会計法の原則である設計・施工分離の方式とは言えない。それに対して、設計・施工分離である ECI 方式の特徴は、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、そして、設計段階から施工計画の検討を実施することができる。

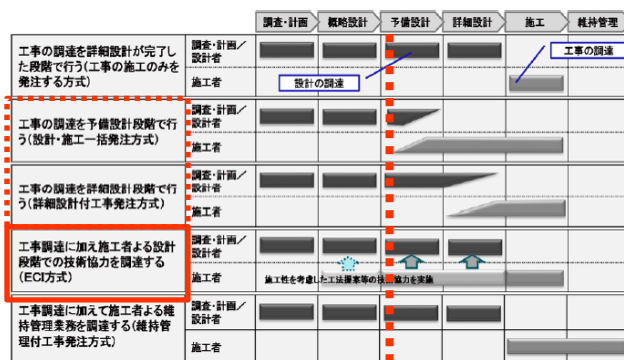


Figure 6: Processes of DB and ECI contracts [7].

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（調査・設計・施工

一括+CM アットリスク方式)は、発注者のマンパワーや技術者不足を受けて導入されたものである。Figure 7 に示すように、市町村等から委託を受けた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、1 回の発注で複数地区の契約が可能、設計のできたところから工事に着手、そして CMR からの支払額をオープンブックで開示しながら第三者がチェックしながら効率的に工事を進めることが可能なものである。

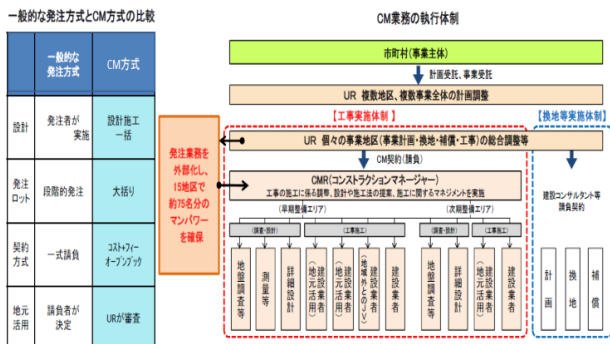


Figure 7: CM contract for Tohoku restoration projects [8].

次に、2. のライフサイクルマネジメントについては、既存のトンネル施設の調査として、鉄道・道路トンネル、水力地下構造物、および加速器施設の維持・管理・補修実績を調査した。これらの調査結果から得られた知見等を以下にまとめる。

- ILC トンネル等の点検としては、通常のトンネル等と同じく、5年に一度程度の近接目視と打音検査
- ILC トンネルの点検費用の目安は、道路トンネル実績から 2,000 万円/km/5年とすれば、1年あたりの費用概算は 1.36 億円
- ILC トンネルの修繕費の目安は、新幹線等の実績から 200 万円/km/年とすれば、1年あたりの費用概算は 6,800 万円/年

3.3 まちづくり WG の検討成果

まちづくり WG の目的は、ILC 研究所周辺の全体まちづくりについて、地域の自然環境、社会環境、文化的背景等を考慮したコンセプトを提示し、地域全体としてのまちづくり推進方策を提言することである。そのため、平成 27 年度のまちづくり WG の活動は、主として以下の事項を調査検討した。

- ①ベンチャーインキュベート (以下、VI という) の事例調査
- ②排熱を利用したエネルギーマネジメントの事例調査
- ③ILC 施設周辺の交通問題とその解決策へのアプローチ

④既存施設 (社会資本) の有効活用の事例調査

①の VI に関する先行事例として、北上候補地周辺の環境条件とは大きく異なるが、Figure 8 に示すかながわサイエンスパーク (以下、KSP という) の現地調査と横須賀リサーチパークに関する情報を得た。KSP は、神奈川県や川崎市の主導で、1970 年代からの産業構造の変化に産官学の英知を結集したプロジェクトで、1986 年に民活法第一号となり川崎市の溝の口に誕生したものである。収益の 9 割は不動産賃貸収入で、その安定した事業基盤を活用して、目標である VI 育成を実施してきている。現在、インキュベーション企業が 40 社で、総額 50 億円の投資事業組合を立ち上げた実績を有する。

KSP 調査結果からの有用な知見として、ILC については、政府機関と連携した旗印のもと加速器産業の発展を目指した企業集積を目指す、地域の一次産業や観光業と連動した地域密着型の VI 事業を構想すべき、そして、世界的な科学技術の拠点を目指しつつも、地域起こしの核となる産業振興的な活動をセットすべきとのことであった。



Figure 8: Photo of KSP [9].

②の ILC 施設からの排熱利用方策の検討成果としては、Figure 9 のように、ILC 施設からの有効利用可能な排熱そのままでは限定的であるため、熱供給を伴った発電設備を導入すべきである。

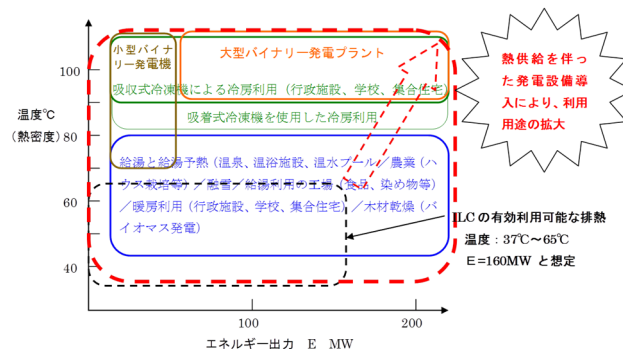


Figure 9: Utilization of ILC waste heat and its upgrade.

熱エネルギー活用事例として、盛岡駅西口地区、最上グリーンファーム、青森県弘前市等を調査した結果、Figure 10 に示すように、ILC の排熱活用構想としては、施設の近場で災害対応も含めた LNG 発電等の自立電源を保有し、安定的な電気・熱供給事業を実施すべきである。

ILC まちづくり求められるエネルギー活用(案)

- ① 熱導管敷設コストが高いため、ILC 排熱は近場で有効活用
- ② LNG 発電等の自立電源を保有し、災害に強いグリッドを形成
キャンパス(クラスター)単位で、安定的な電気・熱供給事業を実施
- ③ 電力事業は、自立電源と商用電源のベストミックスを行う新電力事業とする

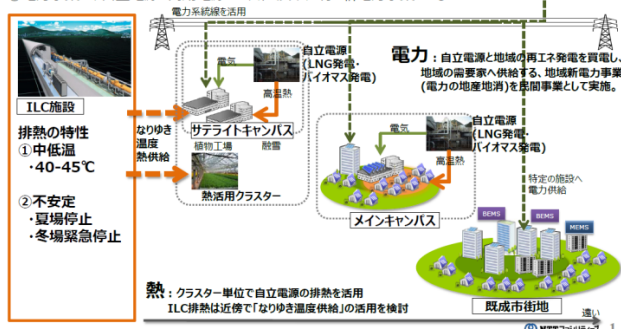


Figure 10: Utilization concept of ILC waste heat.

次に、③の交通問題と解決アプローチについては、平成 27 年度は BRT や LRT の導入、バス路線の再編、カーシェアリング、および、自動運転技術の動向等につき調査し、ILC 周辺の交通問題の解決に向けて今後は自動運転技術の技術動向を注視しながら、ILC 施設周辺に適した交通体系について提言を行っていく予定である。

そして、既存施設の有効活用として、平成 27 年度は既存の事例研究として、愛媛県上島町の保育園、広島県広島市の小学校、岡山県岡山病院、東京都ひばりが丘団地等の有効活用事例を調査した。

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、今年も活動を継続している。本稿では、平成 27 年度の調査結果として得られた有用な調査結果や知見等を、3 つの WG 活動としてまとめたものである。

ILC 施設については、わが国への誘致が正式に決定した後に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。

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] ILC 戦略会議：国際リニアコライダー国内候補地の立地評価会議の結果について，2013，<http://ilc-str.jp/topics/2013/08231145/>
- [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] 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>
- [5] ILC PAC Meeting, LAL Orsay, 2015.9.28, <https://ilc.kek.jp/LCoffice/OfficeAdmin/ADIJ/20150928/Miyahara150928.pdf#search=ILC+PAC+Meeting+LAL+Orsay>
- [6] 坂下他：ILC 建設地点としての北上サイトの物理探査による岩盤特性，土木学会第 43 回岩盤力学に関するシンポジウム講演集，2015 年 1 月。
- [7] 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。
- [8] 国土交通省土地・建設産業局建設業課，第 7 回「復旧・復興事業の施工確保に関する連絡協議会」資料 8 CM 方式を活用した復興まちづくりモデル事業の効果の検証について，平成 25 年 9 月 12 日。
- [9] かながわサイエンスパーク (KSP) HP，<http://www.ksp.or.jp/sciencepark/about/>

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、調査先関係者様、そして、東京大学の山下了様、東北大学の佐賀智行様に深く謝意を申し上げます。