

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 3)

STUDY ON CIVIL-RELATED WORKS BY AAA・CIVIL SUBCOMMITTEE TO SMOOTHLY HOST ILC (NO.3)

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)}, 福田和人^{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 Corporation, ^{J)}Kajima Corporation, ^{K)}Maeda Corporation

Abstract

AAA is the industry-government-academic incorporated association established in 2008 to enhance the development of the most advanced accelerator 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 2016, mainly focusing on the preliminary geological investigations at Kitakami candidate site, laws and regulations on negotiating land ownership et.al on the same underground project in Japan, and the proposals regarding automatic driving car system and the utilization project 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。

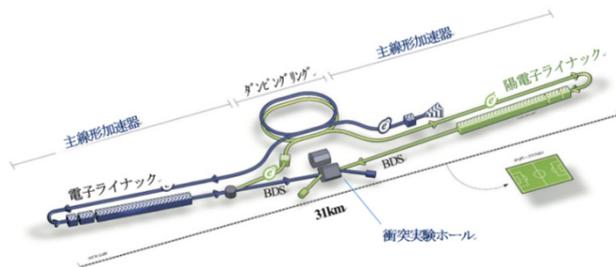


Figure 1: Concept of ILC Main Facility (Phase I) [3].

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 施設建設に係わる法規制と権利関係に関する調査（以下、法規制・権利関係 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 28 年度の成果を報告する。

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

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 10m の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り、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(50km まで延長の場合)、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。

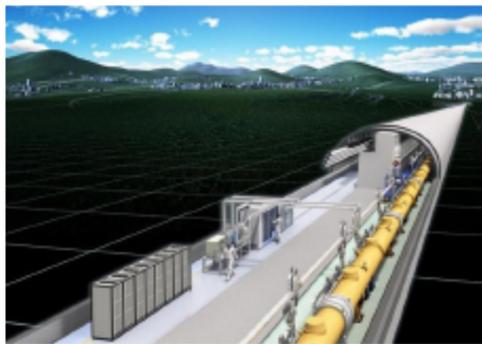


Figure 2: Concept of ILC Accelerator Tunnel [3].

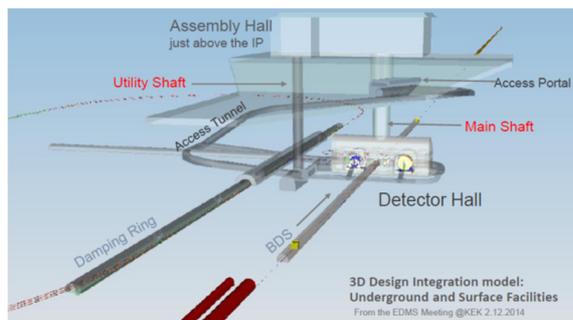


Figure 3: Concept of ILC Detector Hall Cavern [5].

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)

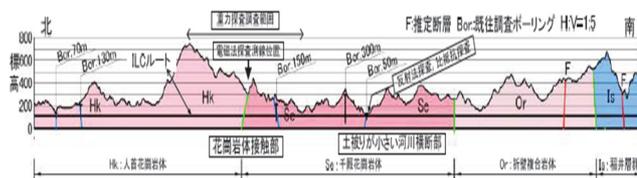


Figure 4: Longitudinal Profile of Mountain Candidate Site [6].

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 28 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 28 年度の活動としては、前年度に調査した 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を踏まえて、主に ILC プロジェクトの誘致フェーズである現時点でのトンネル等地下施設の戦略的な地質調査について検討した。具体的には、ILC プロジェクトの大工程と各フェーズの目標設定、そして各フェーズにおける設計の定義と目標達成要件を検討したので、その成果を Table 2 に示す。また、参考までに、各フェーズにおける設計の定義を以下にまとめる。

Table 2: Milestones of ILC and Phase Objectives

項目	フェーズ1 予備準備期間		フェーズ2 本準備期間				フェーズ3 建設期間(地下施設)				
	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	2025年度	2026年度
大工程 (マイルストーン)	概略設計 (TDR後)		基本設計 (本体・アクセス)				着工 (工事契約) 建設 (地下施設)				
フェーズ 目標	誘致正式決定の準備が万端 正式決定後速やかに基本設計に移行		約4年後に工事契約し着工(アクセストンネル含む) 自主環境アクセス含む各種許可可、地権者交渉(坑口、土捨場等)の完了				詳細設計を含め約5年で主要土木工事に目途				
目標達成 要件	①概略設計の確定(本体地下施設のレイアウト確定含む) ②工程・コストの概算(遅延、コスト増大なきことの確認) ③アクセストンネルの有カルートがほぼ確定		①基本設計の確定(アクセストンネル基本設計、地下施設全体の施工手順、機器・設備の調整等を含む) ②工程・予算の精算確定(詳細設計付入札の予算限度額等を含む) ③坑口・土捨場等の地上施設の基本設計確定				①詳細設計の早期確定(地質等追加調査、機器・設備との調整等含む)				

- (1) ILC 地下施設建設に係る各種法令等に関する調査
- (2) ILC 地下施設建設に係る各種権利関係と補償等に関する調査

【概略設計（フェーズ1）】
予備準備期間の設計で、予算確保のための設計も含めて誘致正式決定の準備が万端であることを示すための設計

【基本設計（フェーズ2）】
正式誘致後の本準備期間の設計で、約4年後の地下施設本体工事着工に向けて、環境アセス、許可可、地権者交渉等を実施するために必要な設計

【詳細設計（フェーズ3）】
建設期間の設計で、約5年程度の地下施設本体工事の完了を目指して、地質等の追加調査、機器・設備の詳細確定情報を受けた設計

予備準備期間における加速器トンネルの戦略的な地質調査について、概略設計の定義、着目点、そして実施すべき調査につきまとめた成果を Table 3 に示す。具体的には、現時点において実施すべき主な調査としては、トンネル全線の地表踏査、弾性波調査を主体とした物理探査、そして、必要に応じた一部のボーリング調査である。

Table3: Geological Investigations to be done for ML Tunnels in Preliminary Preparation Phase

分類	概略設計の定義	予備準備期間調査の着目点	予備準備期間に実施すべき調査
加速器トンネル	レイアウト決定のためのコントロール条件整理とルート比較→平面線形、縦断線形の決定 標準断面、支保工の決定 影響大な設計・施工要因の確定	レイアウト検討に資する網羅的な地質・岩盤・地下水情報 高土被り部の破砕帯の有無 低土被り部の未固結層厚さ、風化深度 破砕帯・変質帯など地質変化部の位置と概略性状 コントロールポイントとなる岩体接触位置、河川・鉄道・道路横断位置の地形・地質、地下水情報	地表踏査、物理探査を組み合わせた地盤情報を収集 <具体的調査法> (全線、一部ボーリングによる花崗岩確認、地形、地質、岩盤性状、未固結層の分布) 物理探査 (電磁探査、弾性波探査→支保工決定に必要) キャパシティのボーリング 特に、破砕帯等に着目した地下水分布、水理試験
その他トンネルおよびアクセスホール	トンネルやアクセスホール施工法を考慮したレイアウト決定 標準断面、支保工の決定と大断面設計基準の決定		

予備準備期間における衝突実験空洞の戦略的な地質調査について、同様の事項をまとめた成果を Table 4 に示す。具体的には、現時点において実施すべき主な調査としては、空洞センターと長軸両端のボーリング調査、孔内初期応力測定、そして孔内載荷試験であり、立坑計画に対してはセンターボーリングとともにトモグラフィーで岩盤特性を把握すべきである。

3.2 法規制・権利関係 WG の検討成果

平成 28 年度の法規制・権利関係 WG の活動としては、ILC 施設建設に際し、地域条件に関係して適用される法令や ILC 事業における権利関係の協議・調整等の内容と実施時期を明らかにするために、以下の事項を調査した。

Table 4: Geological Investigations to be done for DH Cavern in Preliminary Preparation Phase

空洞部位	概略設計の定義	予備準備期間調査の着目点	予備準備期間に実施すべき調査
空洞一般断面部	空洞位置、断面、レイアウト、仕様確定→基本設計へ 標準断面と支保工の確定 良好な花崗岩盤中の建設工程、コスト増大の回避確認 突発湧水の回避、排水設計→湧水量想定	熱変質帯、破砕帯、深層風化の概略を把握 空洞の地質・地山区分の把握 空洞周辺の地下水状態の把握(透水性、水圧、滞水部検出、地下水流動、亀裂開口)	空洞(立坑)センターと長軸両端のボーリング(岩盤物性、風化層確認) 孔内初期応力測定、孔内載荷試験 透水試験、透水圧試験、電気核査、フローメータ、ポアホールテレビ
立坑一般断面部	表層部支保工の概略設計→基本設計へ 良好な花崗岩盤部の標準断面と支保工構造→NATM支保工と覆工の明確化	立坑の地質・地山区分の概要把握 立坑周辺の地下水状態の把握	空洞(立坑)センターボーリング(岩盤物性) 孔内載荷、各種孔内検査 地下水関係試験(同)
空洞と内径18m立坑、アルコーブ接続部	実績のない大規模接続部の支保工設計→解析的手法により立坑建設実現性の検討・コスト増大を回避 接続部概略設計書の立案→合理的施工手順の検討	立坑、アルコーブ接続部の岩盤物性の概略を把握	立坑接続部付近の岩盤特性調査(トモグラフィ等)、岩盤物性試験

具体的な成果としては、ILC と同様の大規模な地下プロジェクトである既往の地下揚水発電所建設工事における各種法令・権利関係と補償等に関する調査結果を踏まえて、ILC 事業における協議・調整等に係る内容・時期をまとめたものが Table 5 である。また、Table 6 は、ILC 地下施設候補地における工事を規制する主な法規をまとめたものであり、この成果は一応の1次スクリーニングとして活用はできるが、今後は具体的に当該地点における規制官庁等と交渉を進めていく必要がある。

Table 5: Negotiation Items and Timing for ILC Project

Event	年度					
	1年目	2年目	3年目	4年目	5年目	6年目
	予備準備期間		準備期間			建設期間
		調査結果報告 立坑可能性調査開始 標準断面決定実施 標準断面決定実施 標準断面決定実施	建設計画の基本概要書 立坑可能性調査開始 標準断面決定実施 標準断面決定実施 標準断面決定実施	基本設計書 標準断面決定実施 標準断面決定実施 標準断面決定実施 標準断面決定実施	建設計画決定(立坑) 建設計画決定(立坑) 建設計画決定(立坑) 建設計画決定(立坑) 建設計画決定(立坑)	建設計画決定(立坑) 建設計画決定(立坑) 建設計画決定(立坑) 建設計画決定(立坑) 建設計画決定(立坑)
立地自治体	村計画・村議員と表 建設地の立地可能性 建設地の立地可能性 建設地の立地可能性	詳細立地可能性調査 建設地の立地可能性 建設地の立地可能性	基本計画決定(村計画) 建設地の立地可能性 建設地の立地可能性	基本計画決定(村計画) 建設地の立地可能性 建設地の立地可能性	基本計画決定(村計画) 建設地の立地可能性 建設地の立地可能性	基本計画決定(村計画) 建設地の立地可能性 建設地の立地可能性
岩盤地		工業計画説明を開始 工業計画説明を開始 工業計画説明を開始	工業計画説明を開始 工業計画説明を開始 工業計画説明を開始	工業計画説明を開始 工業計画説明を開始 工業計画説明を開始	工業計画説明を開始 工業計画説明を開始 工業計画説明を開始	工業計画説明を開始 工業計画説明を開始 工業計画説明を開始
県建設事務所(河川・道路課)	地点調査に関する説明					

3.3 まちづくり WG の検討成果

本 WG の目的は、ILC 研究所周辺の全体まちづくりのコンセプトや具体的な推進方策を提言することであり、平成 28 年度のまちづくり WG の活動成果としては、主として以下の事項を提案した。

1. 地域と共存できる交通システムの提案
2. ILC の排熱を利用したエネルギーマネジメン

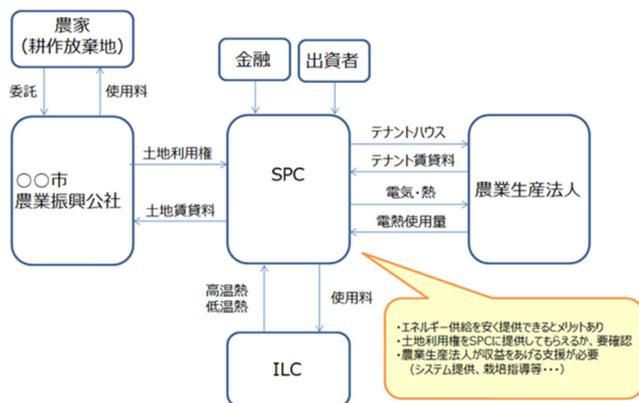


Figure 8: Organization of ILC Waste Heat Utilization Work.

そして、Table 7 は ILC における熱供給事業の育成ロードマップであり、先導モデルの補助事業、実証事業を経て普及展開し、実際の ILC 排熱利用事業へ繋いでいくプロセスを示している。

Table 7: Roadmap of Waste Heat Utilization Project

項目	2017-18(2年)	2018~21(4年)	2022~27 (6年)	2027~
ILC整備	現在~誘致	設計	構築	ILC施設稼働
ILC排熱供給			LNG発電(先行整備)、排熱 トンネル掘削などの建設工事への電力供給(発電設備費用の早期償却)	LNG発電 排熱 【高温水】 ・中央サライト施設空調等 ILC設備 排熱 【低温水】 ・周辺農業利用等
排熱利用農業		農業事業者募集 農地確保	ILC農業団地造成	ILC排熱利用農業団地実施
排熱利用先導モデル実証	「排熱利用農業団地先導モデル実証」 用地確保~建設~生産~流通~販売:各種ノウハウの構築 農地集積手法/栽培適作・適地の選定/栽培・温水利用技術の向上など 先導モデル補助事業化	先導モデル実証事業	先導モデルの普及展開	

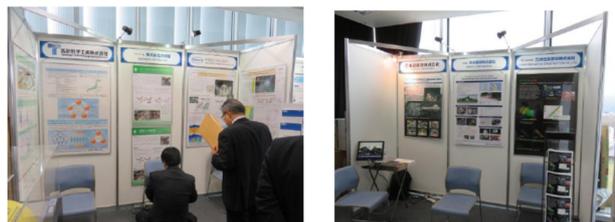


Figure 9: Photos of AAA CIVIL in LCWS2016.

謝辞

本稿を作成するには AAA・CIVIL 部会の関係者の皆様はじめ、調査先関係者様、そして、東京大学の山下様、東北大学の京谷孝史様、佐貫智行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] 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] <http://www.nikkei.com/article/DGXMZO88742400R00C15A700000/>

3.4 LCWS 2016 における CIVIL 部会としての展示

2016 年 12 月に岩手県盛岡市で開催された ILC に関する国際ワークショップ LCWS2016 では、ILC の日本誘致に向けて産官学が意気込みを示す絶好の機会となり、種々の科学論文とともに企業団体等の展示をする機会があった。そこで、AAA の CIVIL 部会としてブースを借り、各社の関連技術を示すことにより、CIVIL 部会の活動を強力にアピールした。具体的な展示の状況を Figure 9 に示す。

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 28 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、LCWS2016 での CIVIL 部会としての展示についてまとめたものである。