

技術的成立性及びコスト見積もりの妥当性 (土木及び環境・安全対策)

資料「ILC計画に関する主な課題について(2021.7.19a)」の補足説明

KEK加速器研究施設 応用超伝導加速器センター(CASA)

照沼信浩

ILC計画の諸課題の進捗状況の確認の視点

○ 前回報告書取りまとめ以降、土木工事及び環境・安全対策に関する技術的課題の解決に向けてどのような取組が進められたか。また、土木工事及び環境・安全対策に進展はあったか。(現地調査を行う前に解決すべき課題の状況等)

○ 準備段階で解決すべき土木・環境関連の課題について、解決に向けた取組の計画が妥当であるか。

○ 現状について、土木工事及び環境・安全対策に関する技術的課題の解決の見通しが明確であると言える状況にあるか。

※ 「5.コスト見積もりの妥当性」にも関連

※ 立地については、場所を特定しない範囲での確認を行う。

第1回有識者会議での委員からの指摘事項

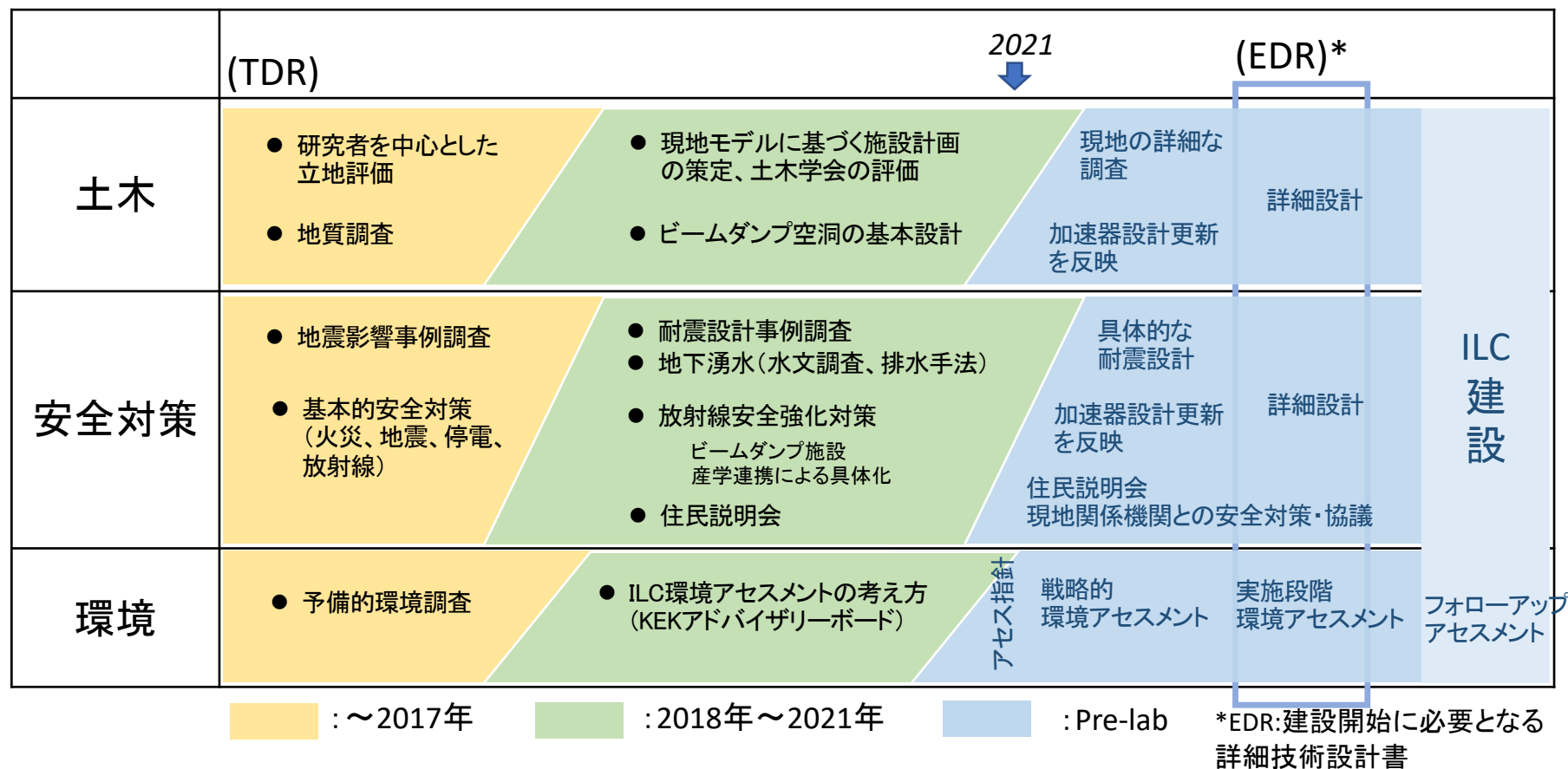
○放射線対策や環境・安全対策に関するリスクへの対応について、国民への説明を含めたしっかりとした体制が検討されているか。

土木及び環境・安全対策 準備状況

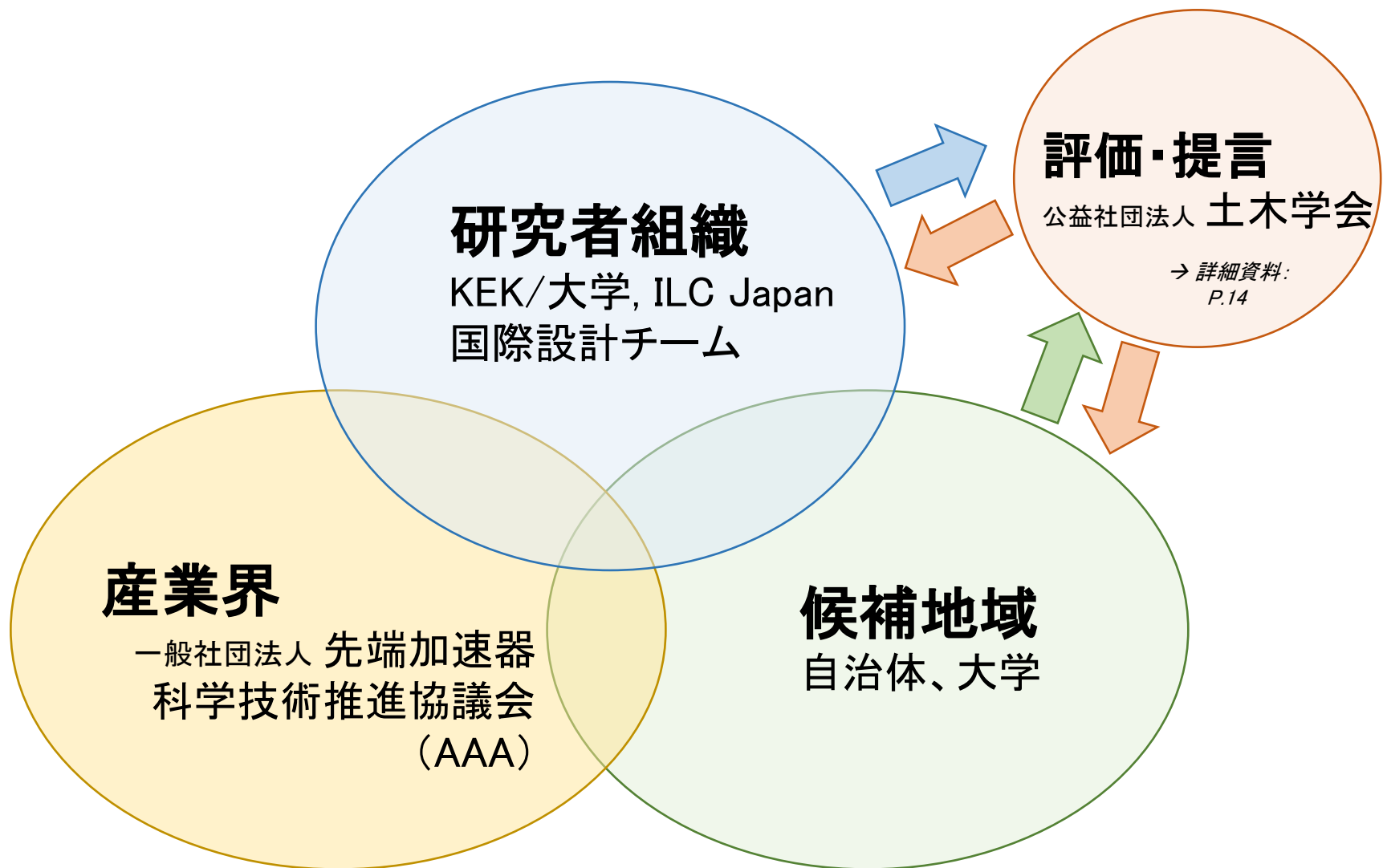
現在までに、想定する地域における地質調査に基づいて(基本的)施設計画を策定、概算工事費を積算している。

次の段階は、土木施設の詳細設計、関連する具体的な安全対策設計であり、そのためには現地の詳細な地形・地質調査が必須である。また、環境アセスメントに着手する必要もある。

これらの詳細な調査・設計には、新たな経費による対応が必要となる。



土木・環境・安全対策の設計・検討体制

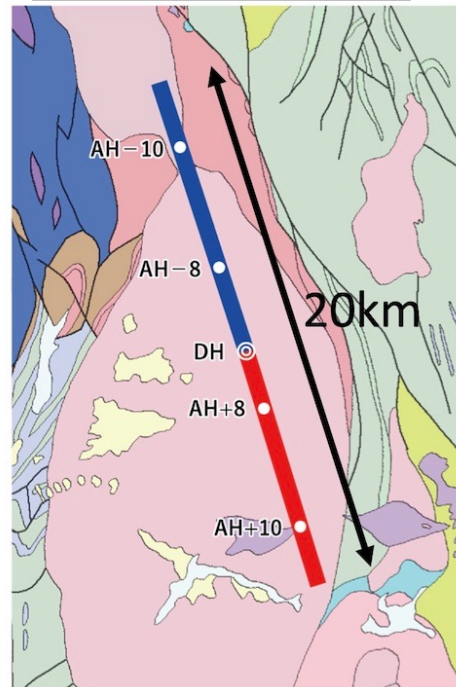
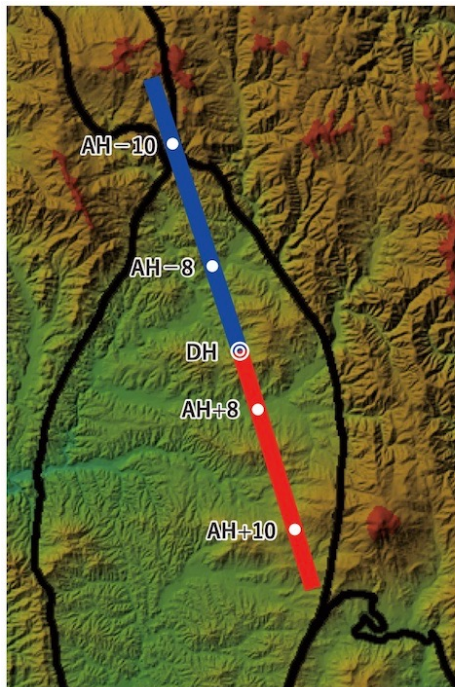


ILCの土木設計で想定する地形・地質

→ 詳細資料:
P.15, 16

- 50 km の長距離に渡って概ね一様な岩盤
- 地盤振動の影響を受けにくい堅固な岩盤帯
- 活断層の可能性が予見される“既知の断層が横切らない”

花崗岩帯を選定



ILCは、建設に最適な地質
を選定して候補地を評価



大量湧水等の
土木およびコストのリスク
を低減

道路トンネル等の工事では、始点終点の
条件から地質の悪い場所も通過しうる。
ILCでは地質条件を優先した候補地を選
定、あらかじめ軟弱な地盤は避けている。

- **弾性波探査**(総延長30km)、**電磁探査**(総延長13km)、**ボーリング調査**(7本)を実施した。
- 加速器トンネルの領域には、硬く、割れ目の少ない花崗岩が広く分布すると考えられる。

トンネル・空洞の耐震設計

→ 詳細資料:
P.17-19

■ 近年の大規模地震によるトンネル損傷事例調査

兵庫県南部地震(1995)～熊本地震(2016)

■ 硬岩体の地下における地震振幅の減衰例

強震観測網(防災科研): 地上および地下の測定

国立天文台 江刺地球潮汐観測所の事例:

(ガラス製の精緻な観測機器が東北地方太平洋沖地震でも無傷であった)

被害が出るのは弱層部(坑口等)である

ILC地下施設において特に注意する箇所

- 小土被り区間(坑口)
- 立坑部
- 地質不良部
- 断面急変部(立坑と空洞の接続部等)

(AAA CIVIL部会)

“特に注意する箇所”: 類似の既存地下施設の事例調査を実施、耐震設計の方針を確認

立坑・大空洞など地下構造物の耐震設計事例調査

(AAAプロジェクト推進部会 安全・防災 WG)

- ・ 高山祭屋台美術館
- ・ 天ヶ瀬ダム放水路トンネル立坑
- ・ 幌延深地層研究施設
- ・ 首都圏外郭放水路
- ・ 波方国家石油ガス備蓄基地



施設計画段階における耐震検討事例調査

- ・ 地層処分施設 (NUMO)

立坑・水平坑交差部の構造解析(軟岩モデル)の評価結果を調査した。

一般的な耐震設計にて十分対応可能

である、との見解を得た。

(必要に応じて調査事例の対策を準用する)

今後の詳細設計における対応

- 地表との接続部の耐震設計に留意する。
 - ・ 設備配管等について影響を軽減する設計
- 地下設備の耐震設計
 - ・ 地上に準ずる耐震設計
 - ・ 電気・空調・冷却水
 - ・ ビームダンプ(遮蔽体構造、ダンプ水循環装置)
 - ・ ヘリウム系は高圧ガス法に基づく基準

地下湧水の自然排水の検討(2019~2020)

→ 詳細資料:
P.21, 22

・様々な場合を想定した、機械的手段に頼らない地下水排水等の検討・対策【学】

地下湧水の排水

- 平常時(強制排水):

水平トンネルの湧水は、アクセストンネルを経由して、ポンプによる地上への強制排水。

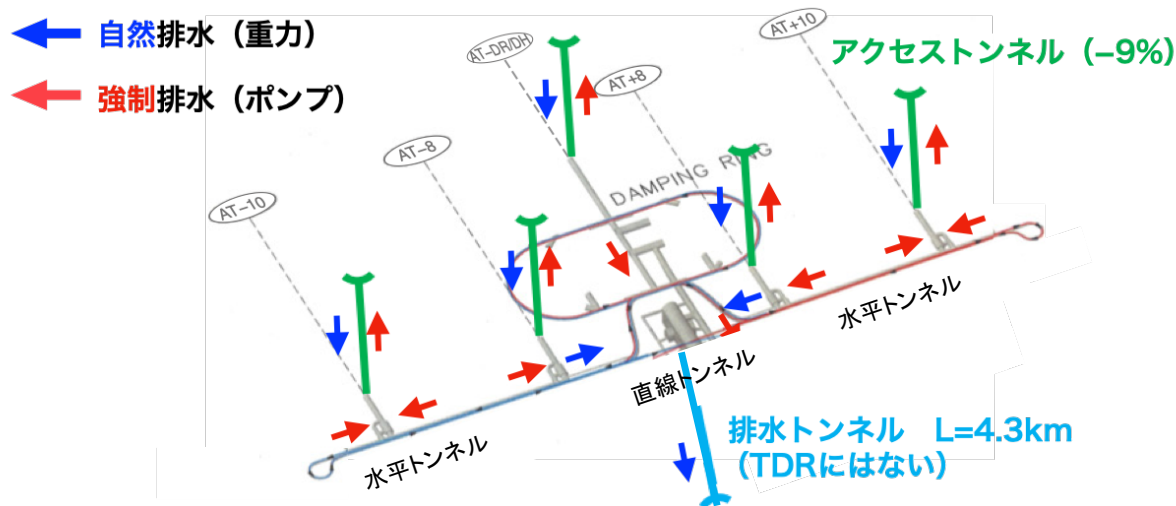
- 停電時(強制排水):

外部受電の停電時は、備蓄燃料を用いた非常用発電機で排水に必要な電力を賄う。

- 長期の停電(自然排水):

「トンネル床下導水路と排水トンネルによる自然排水方式」を検討、水理計算により十分に機能することを確認した。

(AAAプロジェクト推進部会 安全・防災 WG)



湧水量:

水文地質学的手法から
 $0.8\text{m}^3/\text{min.}/\text{km}$ と想定。

排水トンネル:

中央の検出器ホール周辺に接続。
接続口は標高100m程であり、より
標高の低い河川への自然排水が
可能である。

掘削残土処理および重金属対策(2018年以降の進展)

→ 詳細資料:
P.23-26

ボーリング調査サンプルの分析 → 重金属等は検出されなかった。



重金属含有量評価

- 蛍光X線分析
- 溶出量試験(2021年8月完了)

- 同花崗岩帯における二ヶ所の道路トンネル工事でも溶出基準値を下回った

選定されている地形・地質の状況から、重金属が含まれる掘削残土が大量に出る可能性は低いと見込む。

■ 良質の花崗岩

● 建設建材としての有効利用

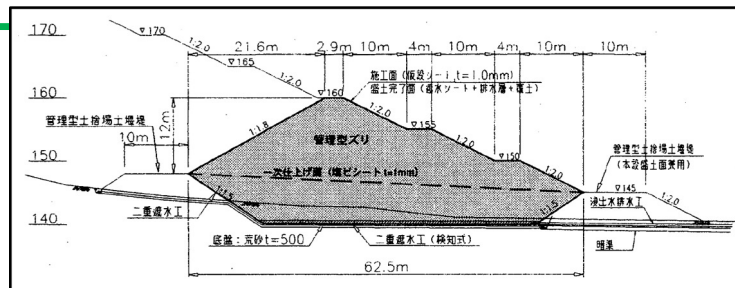
- 仮置き場に関する調査 → 複数の有望な候補地
- 残土輸送(坑口から仮置き場)を想定 → 施設計画(コスト・工期)

掘削残土に重金属等が含まれていた場合 → 実績のある手法に従って管理する。

- 一般的に採用されている遮水シートを用いる場合、管理型ずり捨て場にかかる概算工事費の例: 1m³あたり4,500円(捨て場造成工等の一般土木工事費を除いた直接工事費。排水工, 保護層設置工, 遮水シート設置工, 保護マット設置工, 舗装工を含む。)

(「現場技術者のための重金属を含むずり処理に関するQ&A」ジオフロンテ研究会環境対応WG, 2013年3月14日)

- 国交省 新技術情報システムで紹介されている「吸着層工法」では、残土処理費用は1m³あたり3,291円とされている。 <https://www.netis.mlit.go.jp/netis/pubsearch/details?regNo=HK-150010%20>

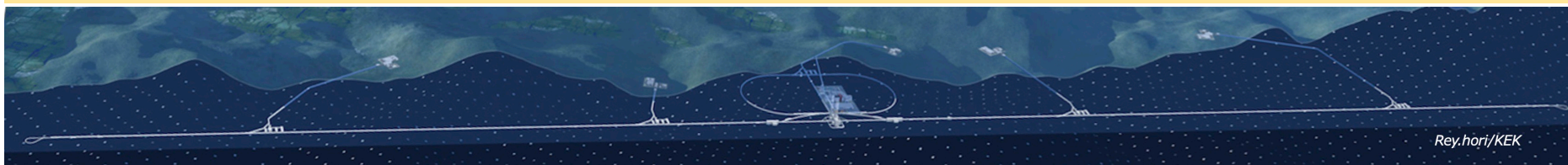


鉾山地域における掘削ずり処理と土捨て場構造
服部修一・佐々木裕・夢沼慶正
トンネル工学・研究論文報告集,
第12巻, 2002年11月報告(58)

候補地モデルに基づいた施設計画・概算工事費

→ 詳細資料:
P.14, 20, 27, 28

想定する地域の地形・地質調査を踏まえた土木設計に基づき、施工計画を立案し、概算工事費を積算した。これらを「東北ILC施設計画」として取りまとめた。



地形・地質に基づく施設計画

(公益社団法人 地盤工学会による支援)

● 加速器トンネル・空洞

- 加速器の設計+安全設計により基本的長さ・断面が決まる
- 土木工事の大部分。工事費は積算基準などから一義的に決まる

● 地上～地下へのアクセス

- 坑口位置で、アクセストンネルの長さが変わる(最大勾配10%)
- 建設地に依存した工事費の違い

TDRではアクセストンネル長を各1kmと仮定していた。想定する地域の計画では場所により増減するが、平均して1km程であり、大きな違いは無い。

「東北ILC施設計画」 <https://tipdc.org/document/ilc>

岩盤力学・工学の視点による技術的成立性の評価

土木学会 岩盤力学委員会「ILC施設評価検討小委員会」
委員長 大西有三(京都大学名誉教授)

“「東北 ILC 施設計画」は技術的成立性を担保しているものと評価、その内容は妥当であると結論する。” (2020年3月)

http://www.rock-jsce.org/index.php?ILC_subcommittee_2th

概算工事費

- 国土交通省等から公表されている基準に準拠して積算している。(設計が決まれば一義的に決まる)

- 1) 地形・地質調査に基づく土木設計(標準断面、補強設計)
- 2) 土木工事積算基準に準拠した施工計画の立案
- 3) 機械損料, 材料単価, および労務単価に基づいて積算

Pre-labでは、必要な地形・地質調査を実施して詳細設計を行い、土木の施工設計を完了させる予定である。

候補地モデルによる土木工事費の概算(億円)「東北ILC施設計画」

部位	全長 20.5km	
	諸元	工事価格
アクセス トンネル	AT:5 本, 延長 5,662m AH:5 か所, 248,354m ³ AS ヤード造成:18,193m ² ×5 ケ所	247
加速器 トンネル	かまぼこ型, 延長 20.5km 隔壁:現地製作, 延長 15.3km DR, 端部ループ, BDS(ビーム・サービス), 他	644
測定器 ホール	大空洞, 立坑, 周辺トンネル AT-DH/AT-DR 坑口共用 ヤード造成:78,500m ²	134
排水設備	トンネル, 貯留槽, 暗渠, 総延長 4,335m 坑内横断排水, 坑外設備	73 30
合計		1,127

- いままで提示している土木コストとほぼ同じ
- ※排水トンネル(案)を含む。中央キャンパス建築を除く。

サイト調査・土木施設検討の現状

土木学会の示すトンネル工事手順で見た場合、

現段階

- 施工へ向けた設計に必要な計画と調査を終える段階

従って、次の段階は、

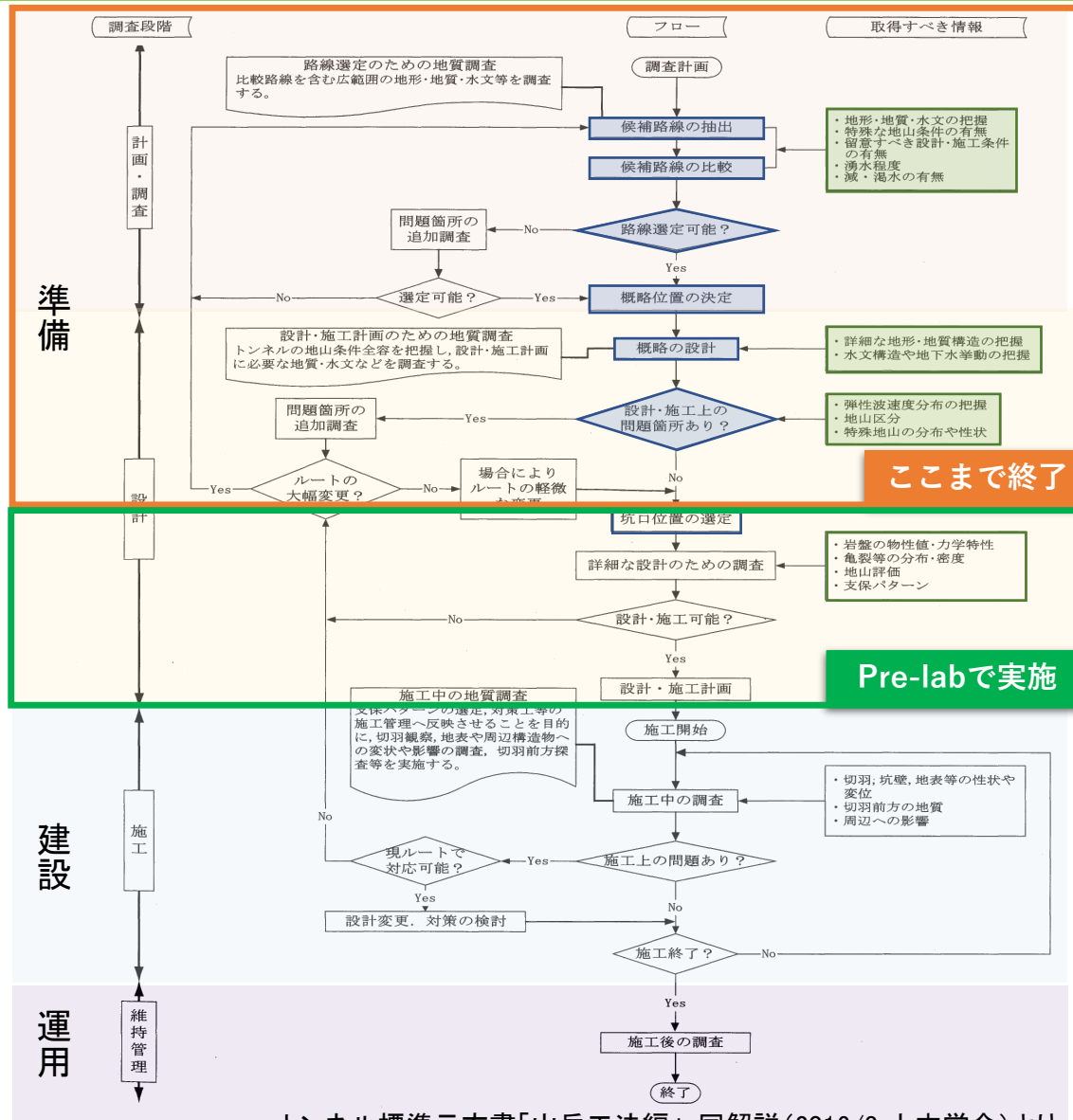
- 詳細な設計のための調査の実施
- 設計・施工計画の策定とするのが自然である。

土木計画

トンネルはILCの大部分を占めており、従って土木学会の『トンネル標準示方書』の手順に従い準備・計画を進めることが妥当である。

現在の状況

- 示方書の「計画・調査」段階は終了
- 地下に設置する加速器トンネルについては、「基本設計」もほぼ終了
- 地表と地下を結ぶアクセストンネルについては、建設位置(坑口位置)の評価を進めている。



トンネル標準示方書「山岳工法編」・同解説(2016/8 土木学会)より

放射線安全および地域住民の理解

→ 詳細資料:
P.29-33

放射線安全に関する施設設計 (放射線防護および放射化物の長期維持管理)

● KEK および世界の大型加速器の実績

✓より放射化の厳しい陽子加速器での実績
(ビームダンプ窓や陽電子標的の素材選定)

● シミュレーションによる安全性評価

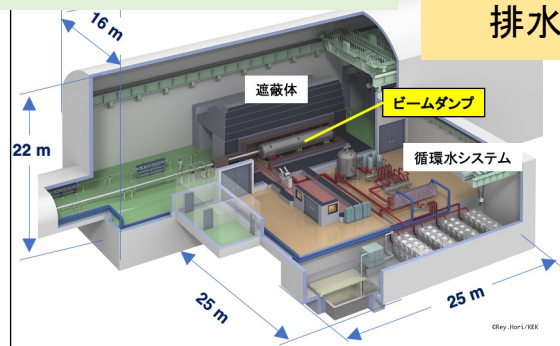
● ビームダンプなど、安全に運用可能であると判断している

● 放射線遮蔽の構造、放射化した機器の保守方法、ビームダンプ水の漏洩対策、放射化物の長期維持管理など、安全を追求した最終設計を KEK を中心に国際協力で進めている。

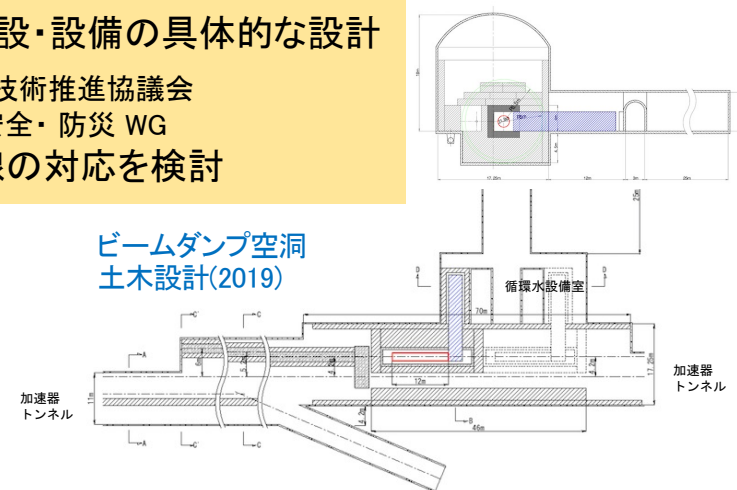
● 産学連携による施設・設備の具体的な設計

(一社)先端加速器科学技術推進協議会
プロジェクト推進部会 安全・防災 WG

排水・地震・放射線の対応を検討



ビームダンプ空洞
土木設計(2019)



地域住民の理解促進のための説明会

KEK, 地域大学
および自治体

- 安全管理・環境影響対策を中心に説明
- 地域住民の幅広い参加を得るために地域の交流センターなど11会場で開催、延べ673名の参加を得ている。
- 説明会での質問や地域住民から寄せられた疑問や不安に対する回答を取りまとめ、ホームページで公表している。

<https://tipdc.org/inquiries#qa>



環境関係の取り組み (2018年以降)

→ 詳細資料:
P.34-38

■ 環境影響評価方針の検討

外部専門家による「ILC環境アセスメント評価アドバイザリーボード」を設立 (2019)

座長: 柳憲一郎 (明大名誉教授) 東京オリンピック・パラリンピック環境アセスメント評価委員会 会長

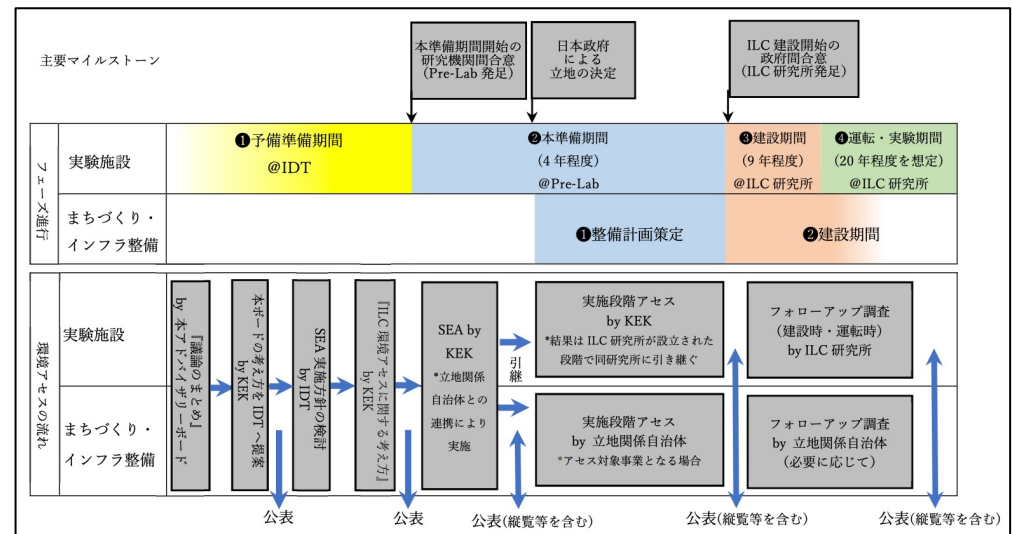
● ILCの事業特性を踏まえた検討

- アセスメントの基本指針、
- 実施体制、プロセス、
- 手法や評価対象

(環境的影響、社会・経済的影響)

「議論のまとめ」2020年12月

https://www2.kek.jp/ilc/ja/contents/docs/Strategic_Environmental_Assessment_of_the_ILC_Project_Summary_of_the_Discussion_japanese.pdf



ILC 計画に係る環境アセスメントの流れ(想定)

■ 環境に配慮した「グリーンILC」の検討

(一社)先端加速器科学技術推進協議会 技術部会 グリーンILC WGほか

<https://tipdc.org/assets/uploads/2020/12/guideline03.pdf>

<https://tipdc.org/assets/uploads/2020/12/guideline04.pdf>

- エネルギー対策: バイオマス、Power-GRID、廃熱利用
- 資源の活用: 地元木材のILC関連施設への活用、トンネル掘削時に出る良質の花崗岩の利用

まとめ

■ 土木

想定する地域の地形・地質調査および水文調査に基づいた施設設計を進めた。

- 耐震設計について、類似の既存土木施設の事例調査を実施し、これらと同様の一般的な耐震設計にて対応可能であるとの見解を得た。
- 地下湧水について、自然勾配の排水トンネルを用いた機械的手段によらない排水方式が成立することを確認した。
- 掘削残土処理は建設地に強く依存する。候補地域の大学および自治体による調査・検討では、その仮置き場の候補地を挙げるとともに、残土輸送を考慮した施工計画を立案した。
- これらの施設設計とその概算工事費を取りまとめた「東北ILC施設計画」を策定、岩盤力学・工学の視点から土木学会に評価を依頼、技術的に妥当であるとの評価を得た。

■ 環境・安全対策

- 放射線防護と放射化物の維持管理の方策について、安全を追求した設計を国際協力を進めると共に、産学連携による施設・設備設計を進めた。
- 地域住民の理解促進のため、ILCの安全管理・環境影響対策について説明会を実施した。
- 外部専門家による「ILC環境アセスメント評価アドバイザリーボード」を立ち上げ、基本指針、実施体制、プロセス、手法や評価対象を整理し、環境影響評価の方針を取りまとめた。

- 次の段階は、詳細な設計のための地形・地質調査の実施、環境影響調査の着手であり、それらに基づいて最終的な施設設計・施工計画・安全対策の実装を策定する。

詳細資料

土木学会による技術提言・評価

→ 関連:
P.3, 8

『 加速器建設の土木技術に関する調査研究報告書 』

(2008年3月)

2006-2008 土木学会 岩盤力学委員会・トンネル工学委員会「リニアコライダー土木技術研究小委員会」

委員長 清水 則一 山口大学 工学部 社会建設工学科

①計画・マネジメントWG ②調査・試験・環境アセスWG ③設計・環境設計WG ④施工・メンテナンスWG ⑤海外情報調査WG

- ILC研究施設を日本に誘致する場合の課題と可能性のある対応策について、整理・検討した。

<https://www.jsce.or.jp/committee/rm/ILC/ILC-index.html>

『 国際リニアコライダー施設(ILC)の土木工事に関するガイドライン 』 (2014年3月)

2010-2013 土木学会 岩盤力学委員会

「国際リニアコライダー施設(ILC)の土木工事に関する標準示方書策定小委員会」

委員長 近久 博志 (株)地盤システム研究所

①計画調査部会 ②大空洞部会 ③水平坑部会 ④特殊坑部会 ⑤防災部会

- ILC研究施設に対して、経済的で高品質な施設建設が可能になるように、これまでの施工経験を通じて培ってきた我が国の地下空間構築のノウハウや知見を集約させて、ガイドラインとしてまとめた。

<http://www.rock-jsce.org/index.php?国際リニアコライダー施設の土木工事に関する指針策定委員会>

『 東北ILC施設計画 』の技術的成立性を評価

(2020年3月)

2019-2020 土木学会 岩盤力学委員会「ILC施設計画評価小委員会」

委員長 大西 有三 京都大学名誉教授

- 地質・地形の条件を踏まえたILC施設計画について、岩盤力学・工学の視点から技術的成立性を評価した。

”「東北 ILC 施設計画」は技術的成立性を担保しているものと評価、その内容は妥当であると結論する ”

<https://tipdc.org/document/ilc>

建設適地選定の経緯

→ 関連: P.4

- 建設地(始点・終点)が決められている道路トンネル・鉄道トンネルと異なり、**建設地を特定せずに地盤・地質・地形の条件から建設の適地を検討した。**
- 建設時のコスト・工期の増大を防止するため、建設に係るリスク(断層, 地層境界等)に注目した。

1997: 国内全域で立地可能なサイト調査開始

地盤, 地質, 地形を重視し, 全国から条件に当てはまる土地を絞り込んだ

2006: **土木学会との連携開始**

2006: リニアコライダー土木技術研究小委員会

2010: 国際リニアコライダー施設(ILC)の土木工事に関する標準示方書策定小委員会



2010: 日本物理学会領域シンポジウムにおいて2候補地を公表

2010: 地元大学・自治体による調査開始

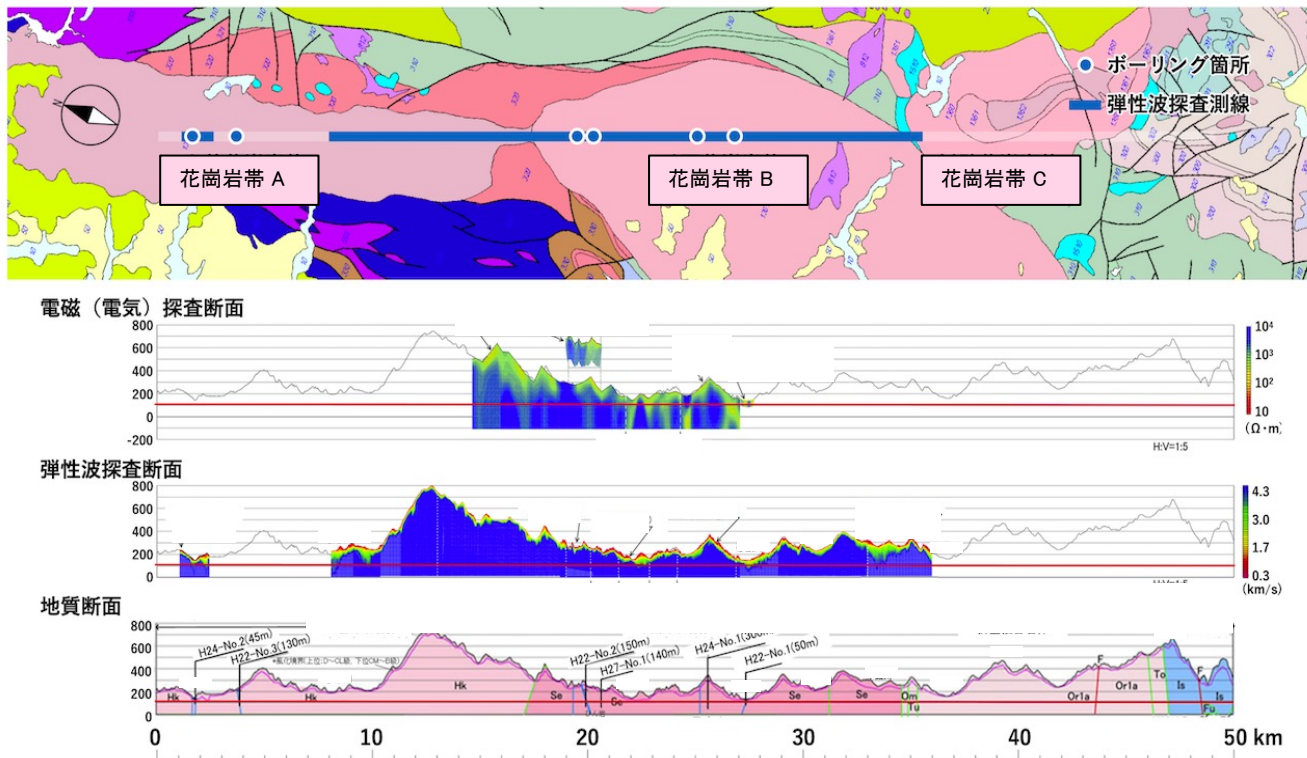
2012: 国の予算による2候補地点に於ける地質調査

2013: ILCコミュニティにより, 北上サイトを最適と評価

想定する花崗岩帯の地質調査

→ 関連: P.4

- **弾性波探査**(総延長30km)、**電磁探査**(総延長13km)、**ボーリング**(7本)を実施した。
- 加速器トンネルの領域には、硬く、割れ目の少ない花崗岩が広く分布すると考えられる。



- 風化は地表付近に限られる (弾性波探査)
- 水文地質学的手法による恒常湧水量の推定は 0.8m³/min./km 程度

ア. 様々な場合を想定した地下水浸水対策、耐震設計を含めた地震や火災など不測の事態への対策についての経費算定も含めた計画【有・学】

→ 関連: P.5

- ・メインライナックトンネル等の地震時安定性確保や基本的機能の維持
- ・近年の大規模地震によるトンネル損傷事例も踏まえた耐震補強対策
- ・耐震性能の具体的検討に至っていない施設設備の詳細な検討
- ・地下の実験ホールとその周辺の耐震設計
- ・地震や火災などの不測の事態への対策についての経費算定も含めた計画立案

地震対策：法令を遵守する

- 地上施設
 - ・ 建築基準法を遵守する
- 地下施設
 - ・ 建築基準法に対応する法令はない
 - ・ 『トンネル標準示方書〔共通編〕・同解説／〔山岳工法編〕・同解説（土木学会トンネル工学委員会、2016年8月）』に「地山が良好なトンネルについては一般に地震の影響は考慮する必要はない」とある
 - ・ 近年の大規模地震の事例を参考にする

2018年以降の進展

- ・ 近年の大規模地震の際のトンネル損傷事例調査から、トンネル全線にわたって被害が発生している事例はなく、比較的狭い範囲に限定的に発生していることを確認できた。
- ・ 土木研究所から示された耐震工法の検討フローと、ILC建設候補地の地質条件や東北地方太平洋沖地震時の被害状況を考え合わせると、耐震設計が必要になるのは坑口付近となる。
- ・ 土木施設の検討結果をまとめた『東北ILC施設計画』の内容は、土木学会 岩盤力学委員会 ILC施設評価検討小委員会（委員長：大西有三 京都大学名誉教授）による評価を受け、「「東北 ILC 施設計画」は技術的成立性を担保しているものと評価、その内容は妥当であると結論する。」との評価を受けた。

ILC-Prelabで行うこと（設計・開発から実証へ）

- ・ 坑口位置を決定した後に詳細な地質調査を実施し、調査データに基づいて適切な耐震設計とする。

近年の大規模地震によるトンネル被害事例調査

→ 関連: P.5

トンネルの地震被害 事例調査

- ・熊本地震 2016年 4月16日
- ・東北地方太平洋沖地震 2011年 3月11日
- ・岩手・宮城内陸地震 2008年 6月14日
- ・新潟県中越沖地震 2007年 7月16日
- ・新潟県中越地震 2004年 10月23日
- ・兵庫県南部地震 1995年 1月17日

- 多数のトンネルがある中で、損傷を受けたものはごく一部である。



- トンネル全線にわたって被害が発生している事例はなく、比較的狭い範囲に限定的に発生している。

被害原因の推定

- 地質的な要因
 - ・断層、破碎帯、弱層部、地層境界
- トンネルの構造的な要因
 - ・覆工コンクリートの巻厚不足
 - ・地質的な要因がある場所で、適切な床コンクリート(インバート)の施工が無い場合など

(AAA CIVIL部会)

地震による山岳トンネルの被害 I

【地震名】 発生日時、震源、深さ、規模(M)	【被害トンネル】 延長、竣工年、仕様、立地条件	トンネル被害状況と被災原因の推定	トンネル復旧状況	文献
①【熊本地震】 ◆前震 発生日時: 2016.4.14 21:26 震源: 熊本県熊本地方 深さ: 11km M: 6.5 発震機構: 北北西-南南東方向に張力軸を持つ横ずれ断層型(日奈久断層帯) ◆本震 発生日時: 2016.4.16 1:25 震源: 熊本県熊本地方 深さ: 10km M: 7.3 発震機構: 南北方向に張力軸を持つ横ずれ断層型(布田川断層)	【県道 28 号俵山トンネル】 延長: 2,057m、竣工: 2002 年 仕様: NATM、2 車線道路 立地条件: 活動したと思われる布田川断層と俵山トンネルの熊本側坑口は近接している。	【熊本坑口から TD=1650m】 覆工 1 スパン (L=10.5m) の半断面 (1/2 ~ 1/3) 程度が崩落 (写真-4.2.1) し、前後のスパンも覆工コンクリートにひび割れが発生した。インバートは 30 ~ 40cm の盤ぶくれによりコンクリートに 10cm 程度の段差やひび割れが発生した。 ●被災原因の推定: 設計時や建設時に覆工剥落部付近に断層を確認。断層(弱層)に影響している可能性あり。	【TD=1650m 付近】 ・支保工 (約 23m): 縫返し (D I → DIII)、ロックボルト増打 ・覆工 (4 スパン): 打ち換え (厚: 300mm → 350mm) ・インバート (4 スパン): 打ち換え (厚: 450mm → 500mm) ・再構築した覆工、インバートのコンクリートは単鉄筋補強	地震 1) 被害 2) 3)
	 写真-4.2.1	【熊本坑口から TD=115m】 覆工スパン間の目地でトンネル全周、幅 1m にわたり圧縮崩壊が生じ、覆工コンクリートの崩落 (写真-4.2.2) や盤ぶくれによるインバートコンクリートの段差が発生した。 ●被災原因の推定: 建設時の地質縦断面では安山岩で構成されていたが、流れ目と差し目が相互に分布する地山の変化部であった。流れ目の層は非常に脆い。	【TD=115m 付近】 ・支保工: 既設を利用 ・覆工 (2 スパン): 打ち換え (厚: 設計厚) ・インバート (2 スパン): 打ち換え (厚: 設計厚) ・再構築した覆工およびインバートのコンクリートは単鉄筋補強	地震 1) 被害 2) 3)
	 写真-4.2.2	【熊本坑口から TD=40m】 覆工の斜め方向にひび割れが発生し、コンクリート片の剥落がみられた。支保パターンが DIIIa であったため、補強鉄筋の効果により大規模な覆工コンクリートの剥落はない。 ●被災原因の推定: 建設時に地層境界の存在を確認しており、古期崖錐性堆積物の地層境界付近で変状発生。	【TD=40m 付近】 ・支保工: 既設を利用 ・覆工 (2 スパン): 打ち換え (厚、鉄筋: 設計通り) ・インバート (2 スパン): 打ち換え (厚、鉄筋: 設計通り)	地震 1) 被害 2) 3)

調査例

- 現在のトンネル工法(NATM)と適切な耐震補強で十分対応可能。
- ILC施設において耐震設計が必要な箇所として、
 - ・小土被り区間(坑口)、
 - ・地質不良部、
 - ・立坑部、
 - ・断面急変部(立坑と空洞の接続部等)を挙げる。

地震の振幅は、地上に比べ 地下では1/2～1/4 になる

→ 関連: P.5

■ 地下では地震に対する尤度が高まる。

(独)防災科学技術研究所の強震観測網 (KIK-net) の地震計データでは、東日本大震災での地下 100 m の測定は、地表に比べて 0.13～0.29 倍であった。

(福岡・西方沖地震でも同様の減衰が観測されている)

■ 同じ深度では花崗岩類の方が加速度の減衰が大きい

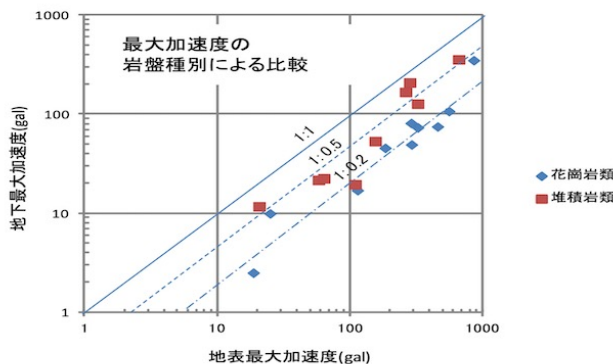
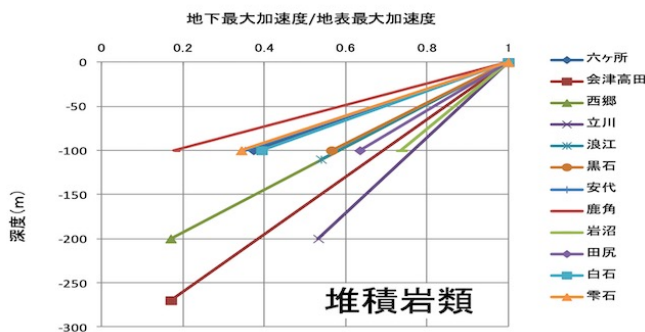
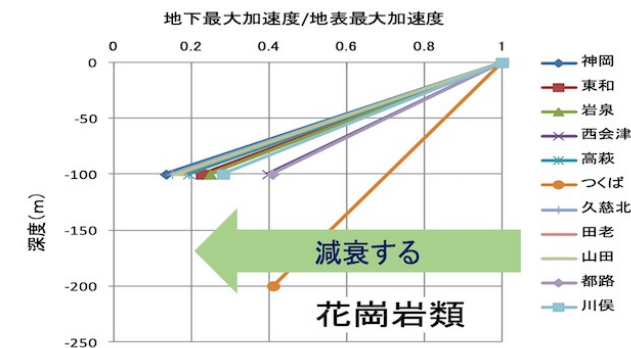
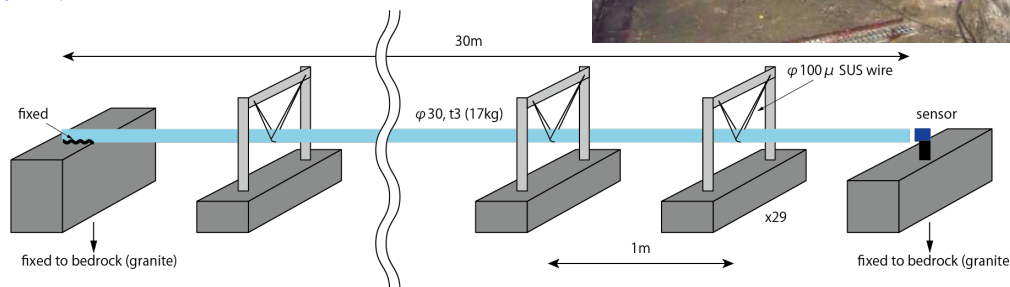
■ 地震に対する影響は地表付近が大きい。

● アクセストンネル坑口付近

山岳道路トンネルなどの実績から大きな問題は無いと考えるが、**地下と地上を繋ぐ設備配管**には十分な注意を要する。

江刺地球潮汐観測施設の例

北上山地・阿原山中腹の延長250mのトンネルに設置された国立天文台江刺地球潮汐観測施設の**石英ガラス製の石英管ひずみ計**は、東日本大震災でも全く**損傷を受けなかった**。



東日本大震災で観測された最大加速度と地盤

ILC 加速器トンネルにおける非常時・緊急安全対応

－ 地下100mの大型加速器LHC を参考として －

→ 関連: P.8, 17

	ILC での対応(計画)	LHC での対応(実績)
地下からの避難	・ アクセストンネル(傾斜10度の斜坑)および立坑(中央部)	・ 立坑(深さ100m、エレベーター)、(加圧待機室で救助待ち)
停電 (全期間)	<30秒: 蓄電池(制御・モニター機器) >30秒: 非常発電機(照明、移動機器、排水、He回収) (注: He系を<+1気圧に保持。迅速な回収が不可欠) <3日間: 復電(発電機燃料備蓄)	<30秒: 蓄電池(制御・モニター機器) >30秒: 非常発電機(照明、移動機器、排水) (注: He 全系、20気圧まで加圧可) ～1日: 復電(発電機燃料備蓄)注: 復電後He系復旧可
火事 (保守時)	1) 蒲鉾型トンネル・非火災側に退避→ 避難 2) 中央遮蔽壁は防火壁・防煙壁を兼ねる。中央遮蔽壁には避難経路を400～500m毎に設ける。 3) 空調循環速度を人の移動速度以下に制御。 煙より早く避難(距離:< 2.5 km+ アクセストンネル) 注: ケーブルなど、全て難燃性	1) 単トンネル・非火災側に退避→ 避難 2) 空調循環速度を人の移動速度以下に制御。 煙より早く避難(距離: <3.4 km+エレベータ) 注: ケーブルなど、全て難燃性
Heガス漏洩 (保守時)	1) 酸素マスクを装着、トンネル底部に沿って退避 (He はトンネル上部に拡散・留まる) (液体窒素は地下で使用しない) 2) He 漏洩箇所 (Cryo-unit) 以外は、通常のHe 回収	1) 酸素マスクを装着、トンネル底部に沿って退避 (He はトンネル上部に拡散・留まる: 実験検証有り) (液体窒素は地下で使用しない) 1) He 漏洩箇所 (Cryo-unit) 以外は、通常 回収
地震 (保守時)	1) 地震発生と同時に、安定な大型機器横で待機。 2) 揺れの減衰時に避難。 注: 地震振動は、深度100m では、地表の～1/4 レベルまで緩和	1) この地域で、これまで大規模地震経験無し。 2) 特別な指針無し。 注: 深度100 mでは、さらに安定。
湧水(・建設時) (・保守時)	・ 先進坑などでの事前察知、排水力増強 ・ トンネル床下導水路およびアクセストンネルで地上に排水。トンネルに湧水が漏れた場合は、安全をモニターして排水。	・ 周辺土壌の凍結法により湧水防止(CMS立坑建設時) ・ 立坑経由で地上に排水。建設完了後のトンネル内への大きな湧水無し。微量の湧水は、組み上げ→安全モニタ→ 排水
トンネル 入域対応	1) 講習・試験を経て入域ライセンス発行(ID管理) 2) 入域時装備: ・放射線線量計 ・安全装備(ヘルメット、ライト等) ・携帯酸素(< 30分)、酸素濃度計(アラーム付き) ・自転車、電動作業車(オプション) ・個人位置情報・避難誘導システム(J-PARCで使用開始)	1) 講習・試験を経て入域ライセンス発行(ID管理) 2) 入域時装備: ・放射線線量計 ・安全装備(ヘルメット、ライト等) ・携帯酸素(< 30分)、酸素濃度計(アラーム付き) ・自転車、電動作業車(オプション)

ア. 様々な場合を想定した地下水浸水対策，耐震設計を含めた地震や火災など不測の事態への対策についての経費算定も含めた計画【有・学】

→ 関連: P.6

- ・ 様々な場合を想定した、機械的手段に頼らない地下水排水等の検討・対策

2018年までの達成状況

- ・ 東北地域の検討では、長期に亘る電源喪失の際でも排水を可能にするため、自然流下によって排水するための排水トンネルを計画した。

2018年以降の進展

- ・ 排水トンネルを含む地下水浸水対策の実装計画およびコストについては、東北ILC事業推進センターが公表した『東北ILC施設計画（2020）』[29](10.2節)の中で示されており、その「施設計画」は土木学会 岩盤力学委員会 ILC施設計画評価小委員会によって技術的成立性・コスト・工期の面から適切な計画であると評価された。
- ・ （一社）先端加速器科学技術推進協議会の下にプロジェクト推進部会 安全・防災WGを設置し、動力を用いない排水方式が機能することを水理計算によって確認した。

ILC-Prelabで行うこと（エンジニアリングデザイン）

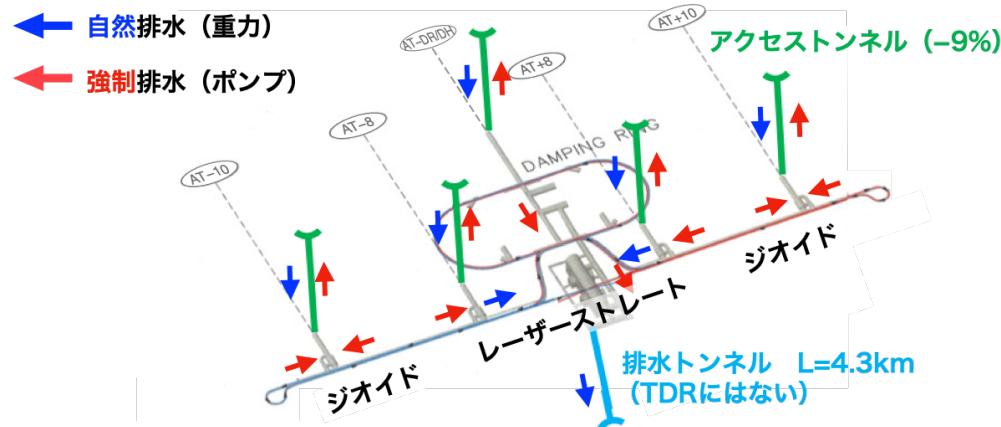
- ・ 建設地において詳細な地質調査・水文調査を実施し、データに基づいた合理的な設計を行う。

地下湧水の自然排水の検討(2019~2020)

→ 関連: P.6

「トンネル床下導水路と排水トンネルによる自然排水方式」を検討、水理計算により十分に機能することを確認した。

(AAAプロジェクト推進部会 安全・防災 WG)



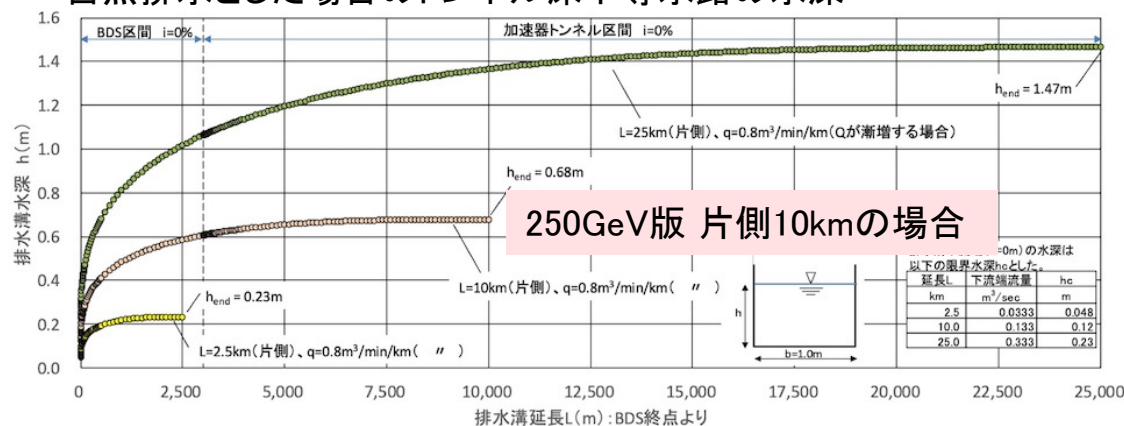
平常時:

水平トンネルの湧水は、アクセストンネルからポンプで地上に送り、冷却塔に利用、排水する。
 中央直線トンネル部では、排水トンネルを経由する排水も可能である。

長期の停電:

全ての湧水はILC中央部に自然流下が可能であり、排水トンネルにより排水が可能となる。

自然排水とした場合のトンネル床下導水路の水深



250GeV版 片側10kmの場合

- 水文地質学的手法から恒常湧水量を想定
- 片側10kmの場合、最大水深は約70cmである。
- 想定規模のトンネル床下導水路と排水トンネルで自然排水が可能である。

トンネル延長の可能性に対しては、(1)あらかじめ排水路を大きくする、(2)延長分の排水は別系統にするなどを検討。

イ. 大量の掘削残土の処理方法や処分場所の確保【有】

→ 関連: P.7

- ・ 残土に重金属等が含まれる場合の処理方法等の検討と関連機関との事前協議 等

2018年までの検討状況

- ・ 残土に重金属等が含まれる場合の処理方法については、平成22年3月に国土交通省から公開された『建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル（暫定版）』に示されている。
- ・ 平成27年に土木研究所と土木研究センターから『建設工事で発生する自然由来重金属等含有土対応ハンドブック』が刊行され、岩石掘削ずりなどの適正処分について詳しく述べられている。

2018年以降の進展

- ・ 東北地域において掘削残土の仮置き場に関する調査を実施し、複数の有望な候補地を挙げる事ができた。
- ・ 坑口から仮置き場までの平均的な距離を用いた施工計画を立案し、コスト・工期とともに『東北ILC施設計画（2020）』[29](7.2節)に示した。
- ・ 2021年度は、これらの調査を継続しており、掘削残土の具体的な仮置き場候補と運搬経路を調査し、概算費用を算定する予定である。
- ・ ボーリング調査で得た岩石の分析を実施し、重金属等は検出されなかった。

掘削残土処理に関する方針

- ・ 分析の結果からは重金属が含まれる掘削残土が大量に出る可能性は低いですが、対応が必要となった場合には、『建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル（暫定版）』『建設工事で発生する自然由来重金属等含有土対応ハンドブック』に示された処理方法を準用する。

ウ. 大量湧水があった場合の工事費用や工期への影響の検討と対策【有】

→ 関連: P.7

- ・ 変状現象に遭遇した場合の工事費用や工期への影響のリスク
 - ・ 湧水に重金属等が含まれる場合の処理設備やそのコストへの留意
 - ・ 局所的な水量増に対応するための処理設備とそのコスト発生リスク 等
-
- ・ 局所的な水量増が見られた際には、濁水処理機を増設する。濁水処理機増設は標準品であり、必要が生じた時点ですぐに設置が可能である。従って、工期への影響は少ない。
 - ・ 標準的な 60 m³/時の処理能力を持つ汚濁水処理設備の概算費用は、設置・撤去費：約¥7,00000/1ヶ所、使用料：約¥200,000/日 である。（2014年）
 - ・ 一般的に自然由来重金属等を含有する排水の場合、重金属等はSS（懸濁物質）に付着していることが多く、工事の濁水処理で通常行われる凝集沈殿処理だけで排水基準を満足する場合が多い。（『建設工事で発生する自然由来重金属等含有土対応ハンドブック』（土木研究所・土木研究センター，平成27年））従って、湧水に重金属が含まれる場合であっても、一般的な濁水処理設備で対応可能である。

2018年以降の進展

- ・ 含有量試験・湧出試験・酸性化可能性試験のいずれの結果も、リスク対策は不要であることを示している。
- ・ ILC建設想定地域と同一の花崗岩体内で掘削されたトンネルの事例を調査し、掘削中の湧水が少なかったこと、また重金属は見られなかったことが分かった。

ILC-Prelabで行うこと（エンジニアリングデザインへ）

- ・ 建設地が確定した後、詳細な調査・試験を実施し、得られたデータを元にリスクの評価と対応策案を作成する。

エ. 抗口周辺や掘削残土の捨て場等の環境調査や土砂災害対策【有】

→ 関連: P.7

2018年までの達成状況

- 東北地域においては、地元大学・自治体を中心となって掘削残土の仮置き場を検討し、有望な候補地が見つかった。
- 碎石場跡地は、環境・土砂災害対策がすでになされているという点で有利と考えている。

2018年以降の進展

- 2021年度は、掘削残土の具体的な仮置き場候補と運搬経路を調査し、概算費用を算定する予定である。

ILC-Prelabで行うこと（エンジニアリングデザインへ）

- 掘削残土の扱いについては建設地に強く依存することから、ILC準備研究所で掘削残土の処理方法と処分場所を確定する。
- 確定した後に、残土処理に係る環境調査を実施し、適切な災害対策を行う。

掘削残土に重金属が含まれている場合の処理

→ 関連:
P.7

候補地のボーリング調査・サンプル分析から、重金属が含まれる掘削残土が大量に出る可能性は低い、国土交通省等[#]で示されている処理方法を準用するなど、必要な対応を想定する。

[#]『建設工事における自然由来重金属等含有岩石・土壌への対応マニュアル(暫定版)』

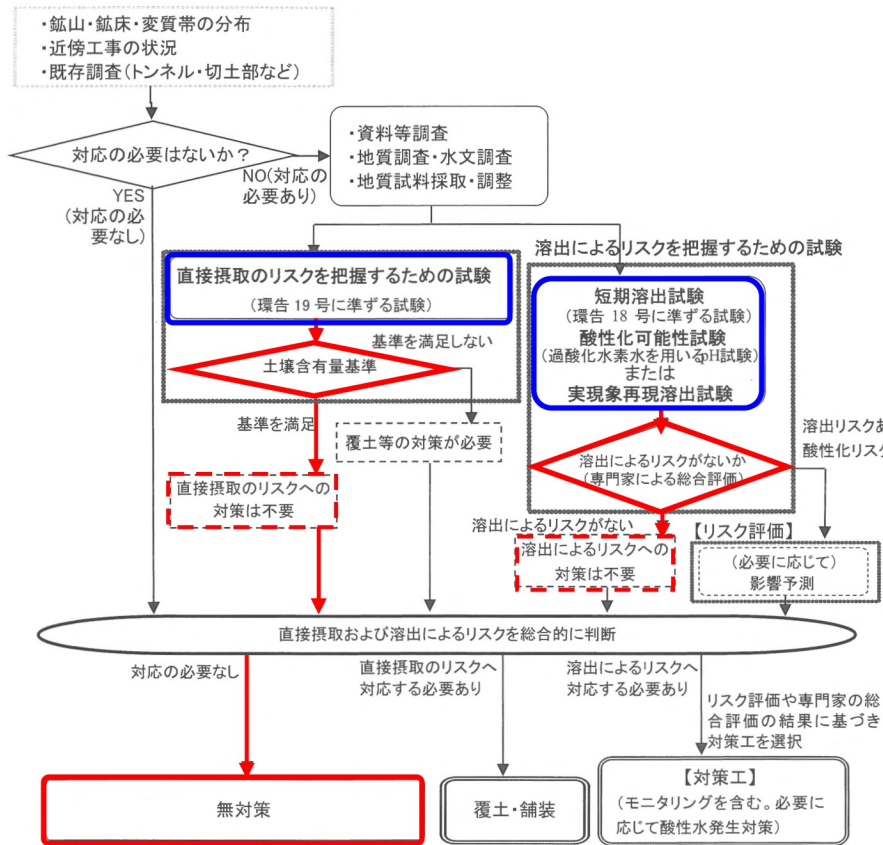


図 3.2 一般的な判断の流れ

『建設工事で発生する事前由来重金属等含有土対応ハンドブック』
(独立行政法人土木研究所・一般社団法人土木研究センター地盤汚染対応技術検討委員会)

候補地選定における検討項目

- 鉱山・鉱床・変質帯など重金属等が含まれる可能性の高い地域を避けて候補地の評価が行われた。
- 地層境界通過を避け、花崗岩体が広がる地域を選定している。
- 評価された候補地域において、旧鉱山はILCの想定ラインから離れた地層境界に集中しており、重金属処理が大きな問題となる可能性は低いと考えられている。

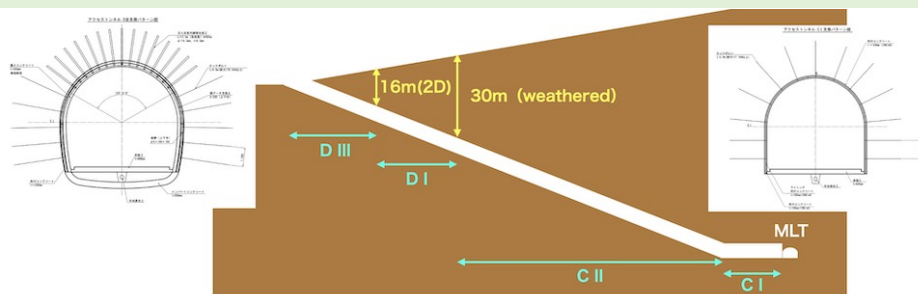
『建設工事で発生する事前由来重金属等含有土対応ハンドブック』(左図)による検討

- 候補地のボーリング試料による含有量試験・湧出試験・酸性化可能性試験の結果は、いずれも対策の必要がないことを示している。
- この「一般的な判断の流れ」に従えば、重金属処理の対応が必要となる可能性は低い。

候補地モデルに基づいた施設設計画・概算工事費

地質調査に基づいて検討した施設設計

- 実施した地質調査から岩区分を想定、掘削断面積に応じて標準断面図・補強設計(支保パターン)を設定



岩区分の想定(もろい岩盤～固い岩盤)

- アクセストンネル(左図): 地表付近から段階的に固い岩盤区分に推移すると想定。(地山等級 DIII から CI)
- 加速器トンネル: 深さにかかわらず地山等級 CI で共通とした
- 検出器ホールは: 深度100m以上ある。地山等級 B～CH と想定

概算工事費

岩区分及び掘削断面積に応じた標準断面図, 補強設計(支保パターン)を設定

- 地下の加速器トンネル・空洞の長さ・形状は現地地形にはよらない。加速器設計・安全対策で決まる。
- アクセストンネルの長さは、現地地形の影響を受ける。
 - トンネルの最大斜度は10度、坑口標高に従いトンネル長が変わる。モデル地域では(TDRの仮定と同じ)平均1km。
- これらの設計に「国土交通省土木工事積算基準」等を適用し概算工事費を算出

概算工事費の積算

施工計画: 平成26年度版国土交通省土木工事積算基準に準拠

- 一部のトンネルでは、同基準と同等の日本道路協会道路トンネル技術基準に準拠
- 立坑: 東日本・中日本・西日本高速道路株式会社設計要領及び日本道路協会道路トンネル技術基準に準拠

機械損料等: 建設機械等損料表(平成26年度版)に準拠

材料単価: 建設物価及び積算資料(平成26年度8月)に準拠

労務単価: 平成26年度公共工事設計労務単価に準拠

部位	全長 20.5km	
	諸元	工事価格
アクセストンネル	AT:5本, 延長 5,662m AH:5 箇所, 248,354m ³ AS ヤード造成:18,193m ² ×5 箇所	247
加速器トンネル	かまぼこ型, 延長 20.5km 隔壁:現地製作, 延長 15.3km DR, 端部ループ, BDS(ビーム・サービス), 他	644
測定器ホール	大空洞, 立坑, 周辺トンネル AT-DH/AT-DR 坑口共用 ヤード造成:78,500m ²	134
排水設備	トンネル, 貯留槽, 暗渠, 総延長 4,335m	73
	坑内横断排水, 坑外設備	30
合計		1,127

候補地モデルによる土木工事費の概算

- いままで提示している土木コストとほぼ同じ
- ※排水トンネル(案)を含む。中央キャンパス建築を除く。

「東北ILC施設計画」より(億円)

2014積算単価に基づく

4. コスト見積もりの妥当性

(ア)現時点での未計上の経費の算定や経費負担のあり方【学】

→ 関連: P.8

現時点で建設費に未計上の経費

建設地及び施設配置に依存する経費については、東北ILC事業推進センターと周辺自治体によって概算経費が試算された。

- ILC加速器の配置計画案(『東北ILC施設計画(2020)』)および想定するキャンパス候補地案をもとに検討、これらの経費負担のあり方はまだ決まっていない。

- 土地取得費、造成費

- 電力引込み線・受電変電設備

- 取付道路整備費

- トンネル掘削土の対処経費

- 上下水道整備費

- 環境保全経費

(イ)追加経費発生リスク(技術、工期延長、市場等)への十分な留意【有】

- 土木における技術リスク

土木学会による「東北ILC施設計画」の評価で、詳細な地質調査と設計検討が必要とされた場所

- 坑口付近

- トンネルと実験ホールの接続部分

- 河川横断部

準備期間において詳細な調査を実施し、結果に基づき合理的な設計を行う。

オ.放射線防護対策，放射化物の長期維持管理の検討及び地域住民の理解【有・学】

- ・ 加速器や制御システムの信頼性の向上や信頼性の高いビーム損失モニタの装備
- ・ ビームダンプ等の放射化された実験装置や空洞等の実験終了後の維持管理方法の検討
- ・ 放射性廃棄物の処理を含めた科学的な説明と地域住民の理解
- ・ 発生源と核種及び量を明らかにした放射化物の影響と対策の検討
- ・ 実験遂行に支障を来たさないための実験室内の放射能汚染への万全の対策
- ・ 放射性物質が環境の地下水系に混入する可能性と対策についての入念な調査と十分な配慮等

2018年以降の取り組み

→ 関連: P.10

- 施設全体の放射線防護および放射化物の長期維持管理の基本設計を取りまとめた。
 - ・ 世界の高出力ビーム標的・ビームダンプ専門家の協力を得て、ILCビームダンプ基本設計の検証を進めた。ビーム窓およびダンプ本体の構造解析による安全性の評価、ビーム相互作用シミュレーションによる放射化の評価を行い、設計の妥当性を確認した。
 - ・ 一般社団法人 先端加速器科学技術推進協議会の協力の下、ビームダンプ、陽電子標的部について、排水・放射線の課題を踏まえた土木・地下施設設計を進めた。
- 地域住民との対話による理解を目的に説明会を計11回実施した。
 - ・ 地域住民の幅広い参加を得るために地域の交流センターなど11会場で実施、延べ673名の参加を得た。

今後の取り組み

- ・ **ビームダンプ窓交換装置およびビームダンプ水循環系**の主要部品の試作・試験を行い、耐震設計を含む**システムの詳細設計**を完了させる。
- ・ これら装置の詳細設計を踏まえた**ビームダンプ地下空洞の土木設計**を完成させる。
- ・ **地域住民との対話を通じた説明会**を引き続き実施し、安全対策等、地域住民の理解を得る努力を継続する。

ビームダンプの進展

→ 関連: P.10

～2017

2018～2021

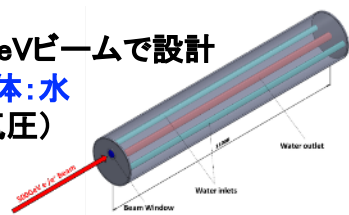
2022～

技術設計
(欧米研究者が担当/取りまとめ)

設計再検証・設備設計の具体化
(KEKが中心となって実施)

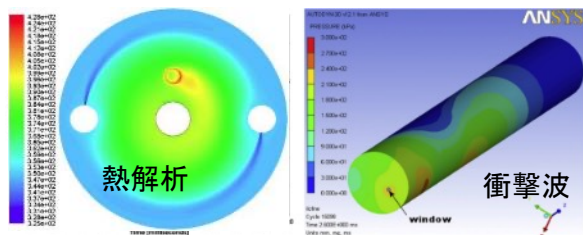
遠隔保守設計
詳細設計

500GeVビームで設計
吸収体:水
(10気圧)



シミュレーションによる安全性の確認

- ビーム窓の熱・応力、ダンプ水の熱・衝撃波
- 放射化・遮蔽体の評価



ILCの枠を越えた世界のビーム標的/ダンプ
専門家との協議

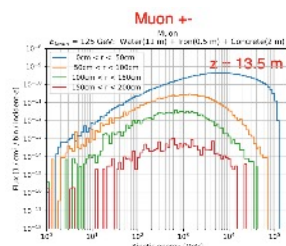
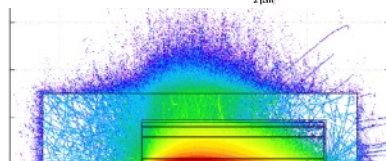
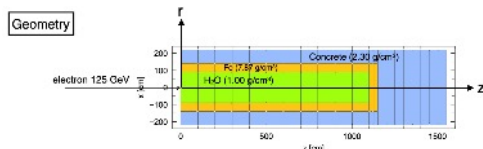


LHCビームダンプ



RADIATEコラボレーション

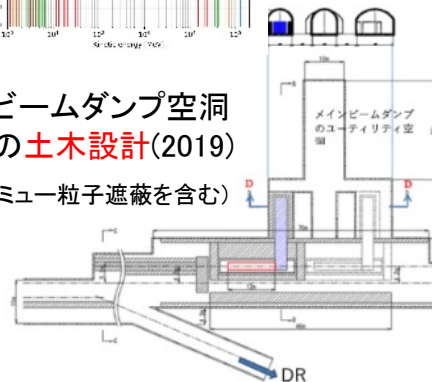
放射線遮蔽の具体的設計



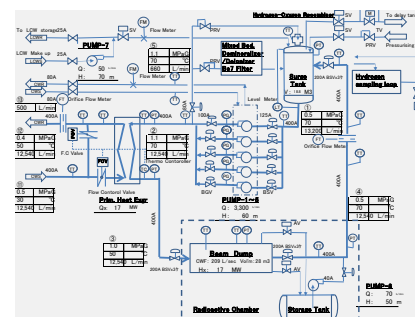
ビームダンプ
で発生する
ミュー粒子の
遮蔽設計

ビームダンプ空洞
の土木設計(2019)

(ミュー粒子遮蔽を含む)

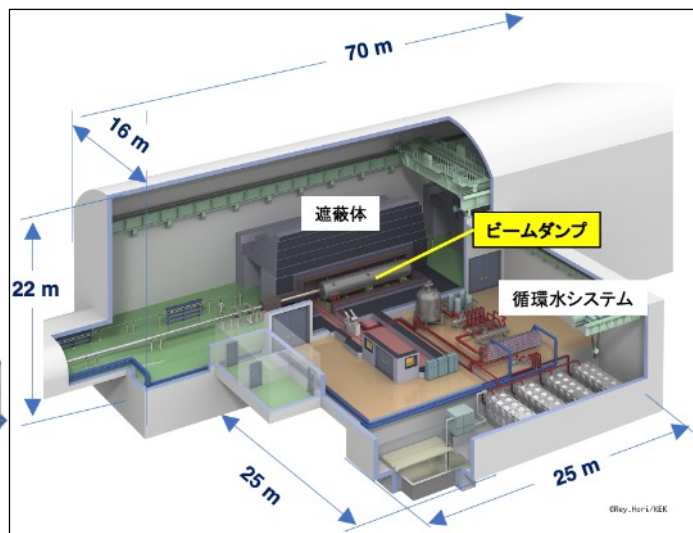


ビームダンプ水
循環システム設計(2020)



- 循環水システム主要
部品の試験
- ビーム窓交換装置
- 放射化するダンプ水
の漏水対策
- 耐震設計

システム詳細設計
(安全設計の追求)



ILCに関する有識者会議 2021/10/18

地域住民への安全に関する説明会

→ 関連: P.10

- 2018年以降、東北ILC準備室とKEKが協力し、**対話形式の説明会**を実施。
- 地域住民の幅広い参加を得るために地域の交流センターなど11会場で開催、延べ673名の参加を得た。今後も実施し、ILCの安全に対する住民の理解促進に努める。
- 加速器における放射化の仕組み、発生する放射性物質の性質、その放射線防護等について、スライド・配付資料を基に説明している。
- 地域住民から頂いた質問(計524件)に回答し、その全てをホームページに公開している。

<https://tipdc.org/document> 「参考資料」欄

<https://tipdc.org/inquiries#qa>



【当日(口頭)】質問への回答一覧(令和2年1月19日「ILC解説セミナー」(一関市及び奥州市))

質問者	No	質問分野	質問内容	回答
一関-1	1	放射線管理	ILCで100兆ベクレルのトリチウムが生じるとのことだが、安全な量なのか。また、生物に影響があるのか。	放射線というと原発事故で問題となったセシウムをイメージする方も多いと思いますが、トリチウムと放射性セシウムでは、放出する放射線の種類が異なり、放射線の種類に応じた管理方法がそれぞれ決められています。具体的には、トリチウムの場合は、エネルギーの低いベータ線(電子)を放出しますが、ベータ線は透過力が弱く、衣服などで放射線が止まるため、外部被ばくの影響はありません。一方、放射性セシウムが放出するガンマ線は透過力が強く、衣服を通過して人体にまで到達し、外部被ばくが生じるおそれがあります。 また、内部被ばくとは、トリチウムを体内に取り込んだ場合に、そのトリチウムから発生する放射線のエネルギーを人体が吸収することです。トリチウムは水素の放射性同位体であることから、水の形態で取り込まれることが多く、環境中から取り込まれたトリチウムは、いずれは体外へ排出されることとなります。ILCのビームダンプの中で生成されるトリチウムは、外部に出さないで、体内に取り込まれることを心配する必要はありません。
一関-2	1	自然環境	ILCトンネルの工事で大量に発生する土砂に雨水が接触して生じた濁水は、最終的に河川に流入するか、地下に浸透することとなるため、約10年の工事期間中、濁水が河川に常時流れ込むおそれがある。 この地域の水道水源は、砂鉄川の伏流水であり、水圧などが変化すれば、水道に対しても徐々に影響が出てくる。また、工事で多くのダンプが通り、道路の埃なども雨によって河川に流れ込む。 一関市東山町では石灰を採掘しており、震災復興事業などのダンプがたぐさん通るため、道路が汚れる。工事関係者は継続して、道路の水洗等を行い、水路に流さない工夫をしているが、20数キロメートルの大きな	ILCトンネルの工事期間中の排水やズリの取扱いについては、一般の道路・鉄道トンネルと大きくは変わりません。県内の最近のトンネル工事としては、国道107号の梁川トンネル(約1キロメートル)や国道106号の新区界トンネル(約5キロメートル)があり、新区界トンネルには避難坑も設けられています。梁川トンネルは地質がILC建設候補地に近いため、梁川トンネルを建設した経験が役に立ちます。 工事規模では、新区界トンネルが掘削量約70万m ³ です。ILCの場合は、1か所で全部工事するのではなく、トンネルを掘削するための坑口を直線部一関市東山町では石灰を採掘しており、震災復興事業などのダンプがたぐさん通るため、道路が汚れる。工事関係者は継続して、道路の水洗等を行い、水路に流さない工夫をしているが、20数キロメートルの大きな(トン)を輸送すると仮定すると、1日当たり10トンダンプ600台、1坑口当たり

ビームダンプ水中にできる放射性物質

- ビームダンプ中にできる放射性物質は、酸素が壊れてできます。作られる放射性物質は、酸素よりも小さなものだけです
- ビームダンプ中にできる放射性物質は、右表の通りです
- 炭素11、窒素13、酸素15は半減期が短く、運転終了後に減衰します
- ベリリウム7はイオン交換樹脂に吸着して除去します
- トリチウムはビームダンプ水中に残るため、厳重に管理します

核種	半減期
炭素11	20.34分
窒素13	9.96分
酸素15	123秒
ベリリウム7	53日
トリチウム	12.3年

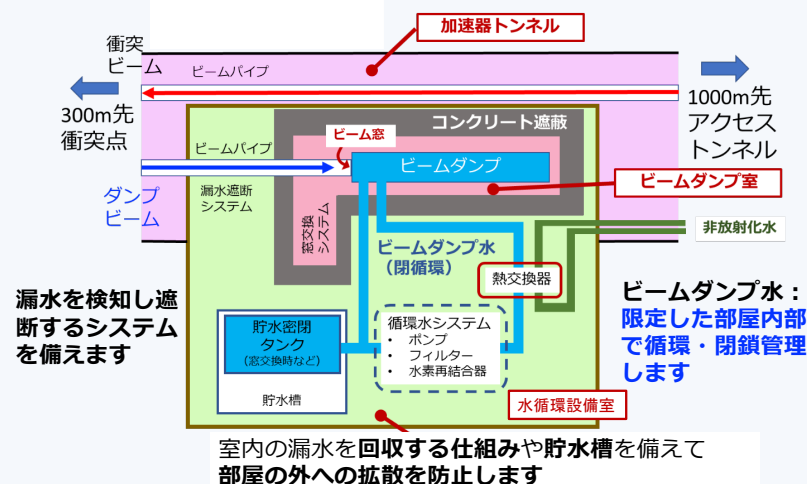
トリチウムの特徴

- β 壊変: 最大 18.6 keVの電子を放出
- 最大飛程: 空気中 5 mm
水中 0.006 mm
- 外部被曝は無視できる
- 内部被曝に留意する
- 水(HTO)またはガス(HT)として存在

2020.02.02 ILC解説セミナー

参考資料 - 12

ビームダンプの水の管理と拡散防止対策



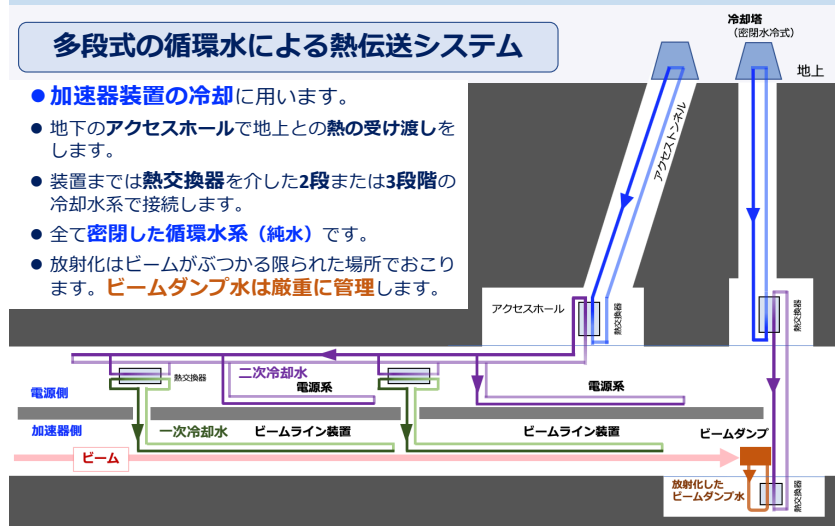
2020.02.02 ILC解説セミナー

参考資料 - 13

冷却水システムの概要

多段式の循環水による熱伝送システム

- 加速器装置の冷却に用います。
- 地下のアクセスホールで地上との熱の受け渡しをします。
- 装置までは熱交換器を介した2段または3段階の冷却水系で接続します。
- 全て密閉した循環水系(純水)です。
- 放射化はビームがぶつかる限られた場所でおこります。ビームダンプ水は厳重に管理します。



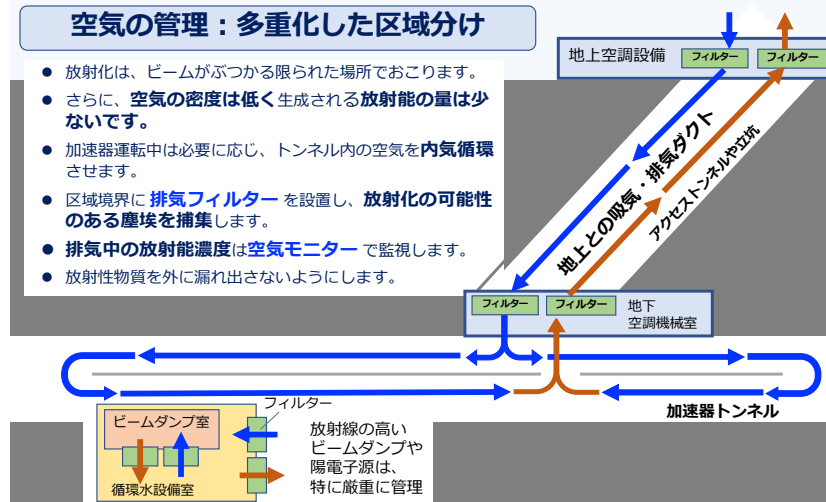
2020.02.02 ILC解説セミナー

参考資料 - 15

換気システムの概要

空気の管理: 多重化した区域分け

- 放射化は、ビームがぶつかる限られた場所でおこります。
- さらに、空気の密度は低く生成される放射能の量は少ないです。
- 加速器運転中は必要に応じ、トンネル内の空気を内気循環させます。
- 区域境界に排気フィルターを設置し、放射化の可能性のある塵埃を捕集します。
- 排気中の放射能濃度は空気モニターで監視します。
- 放射性物質を外に漏れ出さないようにします。



2020.02.02 ILC解説セミナー

参考資料 - 18

- ILC加速器において**放射化する場所は限定的**である。
 - ・ ビームが物質に当たることで放射化が起こる。ビームパワーに依存する。
 - ・ ビームダンプ(2.6MW)、陽電子標的(12kW)など
- **局所的に遮蔽体**で覆い、**トンネル・空洞等の放射化を抑える**。
- 実験終了後は遮蔽体などの放射化物は地下から搬出し、再利用のために法令に則り保管・処分を行う。

ILCと今までの高エネルギー加速器との比較

- 電子(陽電子)加速器は、同じパワーの陽子加速器と比べて放射化が桁で低い。
- ILCはビームパワーが大きい → **水を吸収体**としたビームダンプ
- **ビームダンプ水(密閉循環水)**
 - **トリチウムが蓄積**するため、**ビームダンプ区域構造の多重化、ビームライン側に遮断バルブ**などの漏水対策を行い、**周辺環境への拡散を防止**する。
 - ビームダンプ2ヶ所で、およそ100トン(石油貨車2台分)の水であり、十分に管理可能な量である。実験終了後は別途容器に移して保管する。
- **ビームダンプ容器や遮蔽体**
 - 放射化するが固体放射化物であり、金属やコンクリート中の**放射性物質が拡散する恐れはない**。
 - 最も放射化するビームダンプ容器でも、数年で地下からの搬出が可能となると評価。実験終了後に撤去できる構造とする。

カ.広範な地下水位低下の可能性も考慮した環境影響評価方針の明確化【有・学】

→ 関連: P.11

- 建設工事の前後や途中段階における植生や生態系、小川・沢等の水量の調査
- 2050年時点における国際的な環境問題の観点からも誇れる施設としての計画と基本的な方向性の明確化
- 大規模トンネル工事の環境アセスメントに対する地域住民の納得
- 環境アセスメントにおける、生態系への影響、放射化物の生成と処理・保管方法、地下水の放射化の可能性とその対策、掘削土砂の保管・再利用法、掘削土砂に基準値以上の重金属等が含まれる場合の処理等の考慮等

2018年までの状況

- 土木・建築、放射線防護、地震対策、湧水対策、環境影響の観点から、想定されるリスクについて洗い出しを行っていた。有識者会議では地域を特定した説明は行わなかったが、**東北地域では自主的に自然環境の予備調査を実施**していた。
 - **自然環境調査(2013-14年度):**トンネル計画ルート(50km)の周辺500mを対象。
 - ①自然環境に係る既存文献の收集整理、
 - ②現地踏査の実施と植生図の作成、
 - ③ILCトンネル建設にあたり配慮すべき事項の整理と自然環境情報マップの作成、
 - ④現地踏査を含む猛禽類調査
 - **水文調査(2016年度):**ILCトンネル計画ルート(50km)の周辺水系の状況を把握。
- さらに、2014年から先端加速器科学技術推進協議会(AAA)の技術部会において、**環境に配慮した「グリーンILC」**ワーキンググループの活動を開始していた。

2018年以降の取り組み

■ 環境影響評価方針の検討

- 外部専門家による「ILC環境アセスメント評価アドバイザリーボード」を設立 (KEK, 2019年9月)

座長: 柳憲一郎 (明大名誉教授) 東京オリンピック・パラリンピック環境アセスメント評価委員会 会長

→ アドバイザリーボード「議論のまとめ」2020年12月

アセスメントの基本指針、実施体制、プロセス、手法や評価対象を整理

“かかる事業特性を鑑みると、ILC 計画の環境アセスメントは、実施段階のアセスメントに先立って、より早期の段階(政策、計画やプログラム段階)における環境配慮を行う仕組みで、**自然環境のみならず、社会的・経済的影響についてもカバーする戦略的環境アセスメント**(Strategic Environmental Assessment)の手法を導入することが円滑かつ着実な計画推進にとって望ましい。”

■ 環境に配慮した「グリーンILC」の検討を継続

- バイオマス、Power-GRID、廃熱利用
- 地元木材資源のILC関連施設への活用
- トンネル掘削時に出る良質の花崗岩の利用

今後の取り組み

- 環境アセスメントの具体的技術指針（評価内容・評価基準を含む）を策定する。
- 準備期間中に**戦略的環境アセスメント、実施段階アセスメント**を段階的に実施する。

ILC環境アセスメント評価アドバイザーボード「議論のまとめ」より抜粋

アセスメントの基本指針、実施体制、プロセス、手法や評価対象を整理

→ 関連: P.11

付表1: ILC 計画の事業特性を踏まえた環境アセスメント整理表

● 戦略的環境アセスメント (SEA)

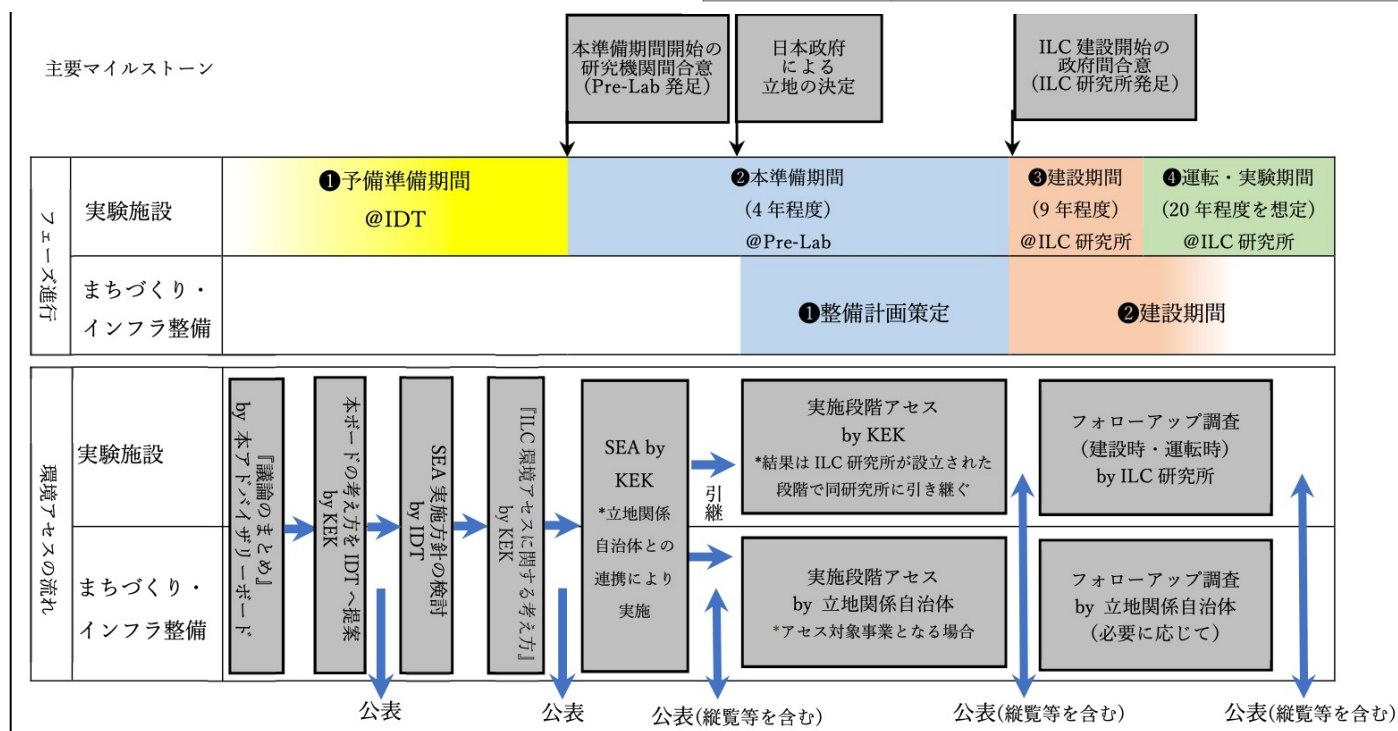
実施時期	Pre-Lab 発足後に開始。
実施主体	Pre-Lab のホスト機関となることが想定される KEK が望ましい。
実施範囲	プロジェクト全体(*)を対象とする。 *実験施設、ILC 研究所、同研究所周辺のまちづくり・インフラ整備
評価項目	自然環境のみならず、社会的・経済的影響もカバーする。
結果の活用	SEA の結果は実施段階アセスメントに引き継ぐ。
立地関係自治体との連携	SEA の実施範囲を鑑み、立地関係自治体との連携により実施する。
実施手順	環境省『戦略的環境アセスメント導入ガイドライン』を参照。
情報交流	環境アセスメント学会『適切な環境配慮を組み込むために「環境アセスメントにおける情報交流の基本」』を参照。

● 実施段階アセスメント及びフォローアップ調査

＞ 実験施設

実施時期	政府による ILC の立地決定後に開始。
実施主体	Pre-Lab ホスト機関となることが想定される KEK が主体となって開始する。ILC 研究所が発足した後、KEK によるアセスメント結果を同研究所に引き継ぐ。
実施要項	ILC は法アセスの対象とならないことが予想されるため、公的な第三者が定める実施要項により実施。この場合の実施要項策定主体は KEK、ILC の所管省庁となることが予想される文部科学省が望ましい。
結果の引継ぎ	ILC 建設開始の政府間合意で、KEK による SEA の結果を踏まえて実施段階アセスに引き継いだものであることを確認しておく。
フォローアップ調査	実施段階アセス実施後のフォローアップとして、建設・運転期間の双方においてフォローアップ調査を実施する。

図2: ILC 計画に係る環境アセスメントの流れ(想定)



ILC環境アセスメント評価アドバイザリーボード「議論のまとめ」より抜粋

付表2 ILC計画におけるSEAの評価項目とその考え方

環境項目	ILC研究所及び周辺施設の建設・運用による環境へのネガティブな影響を最小化し、環境を向上するための項目、地域及び地球環境の持続性を維持し高めることを目的とした項目。 (備考) 環境の持続可能な利用の観点から資源利用の項目を追加。放射性物質の項目も追加。	
	主要環境	生態系
	大気、水、土壌等環境の自然的構成要素の汚染が人の健康(住民、研究者とその家族等)、生活環境及び自然環境に悪影響を及ぼさない水準であることを確実にすることを目的とした項目。 (備考) 悪臭、騒音・振動は、地域特性等から生活環境に対する影響のみと考え、生活環境で取り扱う。	生物多様性、健全な生態系の維持、再生を目的とした項目。
	大気	生物の生育・生息基盤
	水質・水象	水循環
	土壌・地盤	生物・生態系
		緑
		地域住民の生活環境への阻害を極力生じさせないことを目的とした項目。
		騒音
		渋滞
		振動
		悪臭
		通信障害(電波障害)
		日影
		放射線量
		快適で風格ある都市環境を形成することを目的とした項目。
		アメンティ・文化
		景観

環境項目	自然との触れ合い活動の場	
	史跡・文化財	埋蔵文化財の保護・保全及び活用への影響程度を予測する。
		循環型社会の形成を目指して、持続可能な資源利用を促進するための項目。
	水利用	水の効率的利用への取組・貢献の程度を、雨水・再生水利用に着目して予測する。
	廃棄物	廃棄物の削減及び適正処理の推進(焼却及び埋立の削減)、掘削土の適正処理への取組・貢献の程度を予測する。
	エコマテリアル(脱石油)	資源の循環利用を促進するため、再生資源等エコマテリアルの活用程度、これによる資源保全効果を予測する。
		地球温暖化防止を進め、低炭素社会を実現するため、温室効果ガスの削減の程度を予測する。
	温室効果ガス	温室効果ガス削減の程度、取組の効果の程度を、二酸化炭素に着目して予測する。 (備考) 再生可能エネルギーの導入、自動車の燃料対策等の効果は、温室効果ガスの削減で反映。
	エネルギー	温室効果ガスの主要発生要因であるエネルギー使用について、自然エネルギーの導入の程度、削減の程度、取組の効果の程度を予測する。
社会・経済項目	環境面でのサステナビリティ向上の基盤となる、社会経済面でのサステナビリティ向上を目的とする項目。	
	土地利用	地域住民の生活および経済活動の基盤である土地利用への影響を回避し、土地の有効活用の促進を目的とする。
	土地利用	自然地の有効利用
	地域分断	施設整備
	移転	施設設備
	社会活動	文化活動の活性化を目的とする。
	文化活動	ILC実験促進に及
	参加・協働	地域の環境を改善し、持続可能な項目。
	コミュニティ	地域コミュニティのILC関連
	環境への意識	持続可能な取組
	安全・衛生・安心	ILC研究所職員、ILC研究所の安全性や安全・安心な移動の確保、地域の住民の安全確保も考慮
	安全	ILC建設また、予定や、停
	衛生	飲料水の

→ 関連:
P.11

社会・経済項目	交通	消防・防災	ILC研究所サイト等について、少
			震性)の程度について予測する。
		交通渋滞	交通渋滞の程度を予測する。自ら予測するとともに、道路等の基礎による交通流の改善効果を含め
		公共交通へのアクセシビリティ	ILC研究所職員の通勤アクセス
		交通安全	全ての人にとっての安全な移動
	地場産業	農林水産業	生産物の活用の可能性を予測する
		商工業	地元商工業企業の活用可能性
		観光業	ILC研究所のスタッフやその家族立地周辺地域への観光訪問の可
	経済		ILC研究所による適正な経済効果発現を確実にする
		経済波及	ILC研究所による経済波及効果
		雇用	ILC研究所による雇用創出の程度

