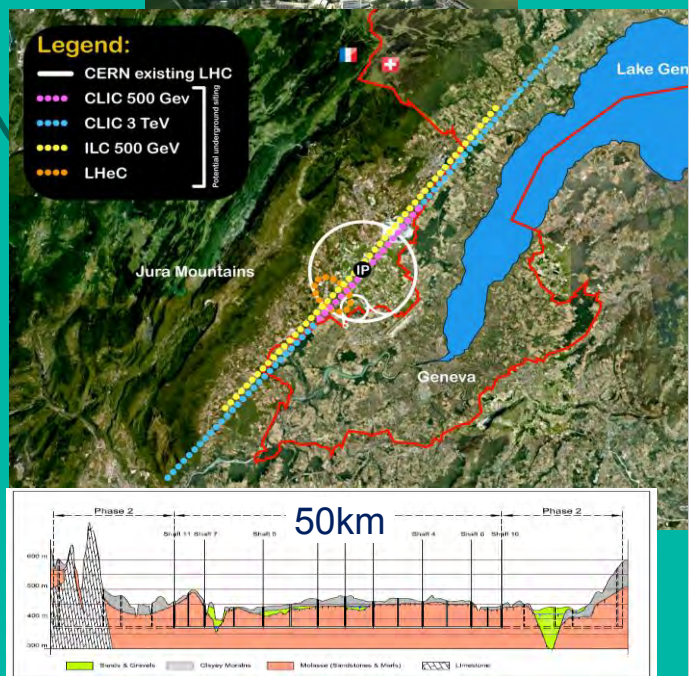


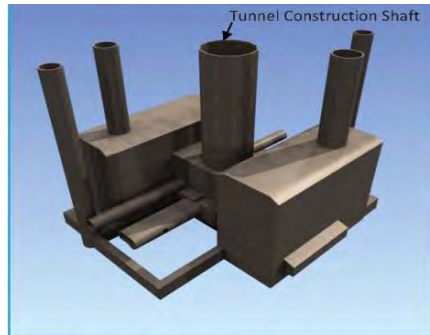
世界のLC建設候補地 ~2013年当時



■ 日本と海外のサイト特性比較

Europe & America	比較項目	Asia = JAPAN
Feature	Subject	Feature
平坦地	地形	山岳地形
堆積岩(軟岩)	地質	花崗岩(硬岩)
TBM 工法 (円形)	工法	NATM工法 (山岳トンネル)
100m ~ 150m	深度	40m ~ 400m
立坑(クレーン)	搬入	アクセストンネル(車両)
立坑(階段・EV)	避難	アクセストンネル(車両・歩行)

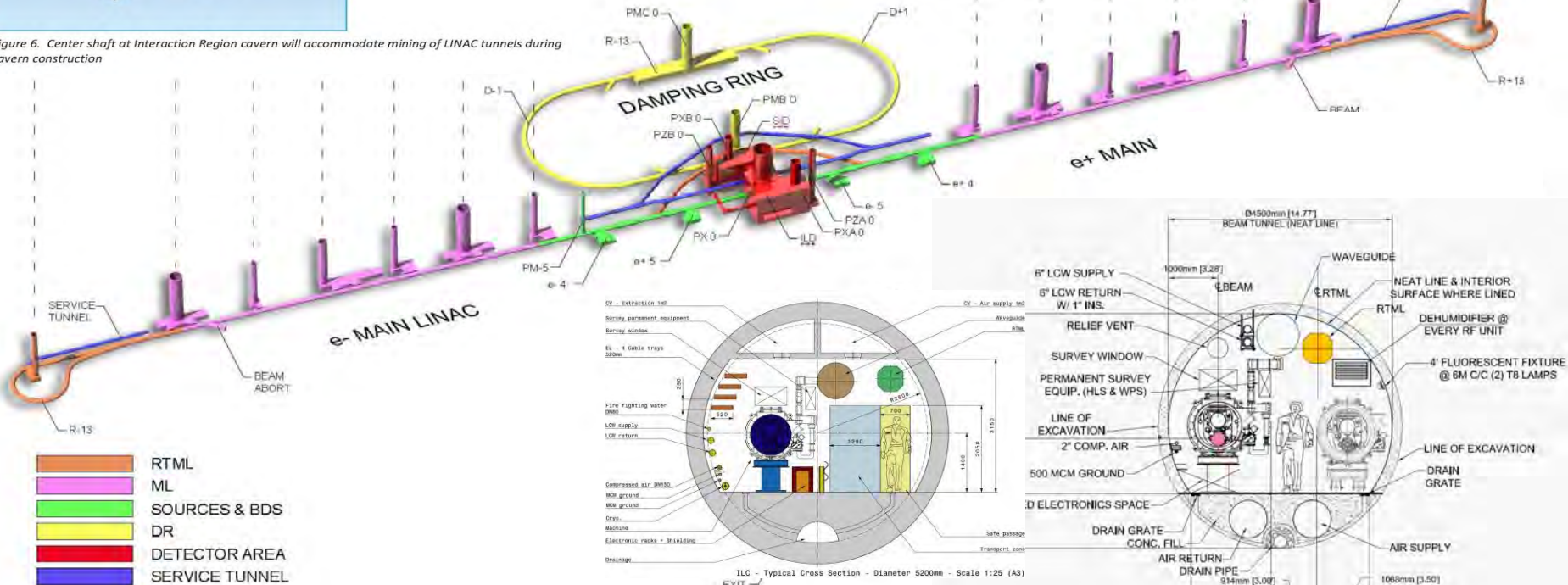
米・欧候補サイトでの計画案 TDR



米・欧ともフラットな
地形サイトに立地

立坑からのアクセスと搬入

Figure 6. Center shaft at Interaction Region cavern will accommodate mining of LINAC tunnels during cavern construction



European Section

American Section

日本のILC建設候補地公表 - 北上サイト

8.23 高エネルギー物理コミュニティーの合意

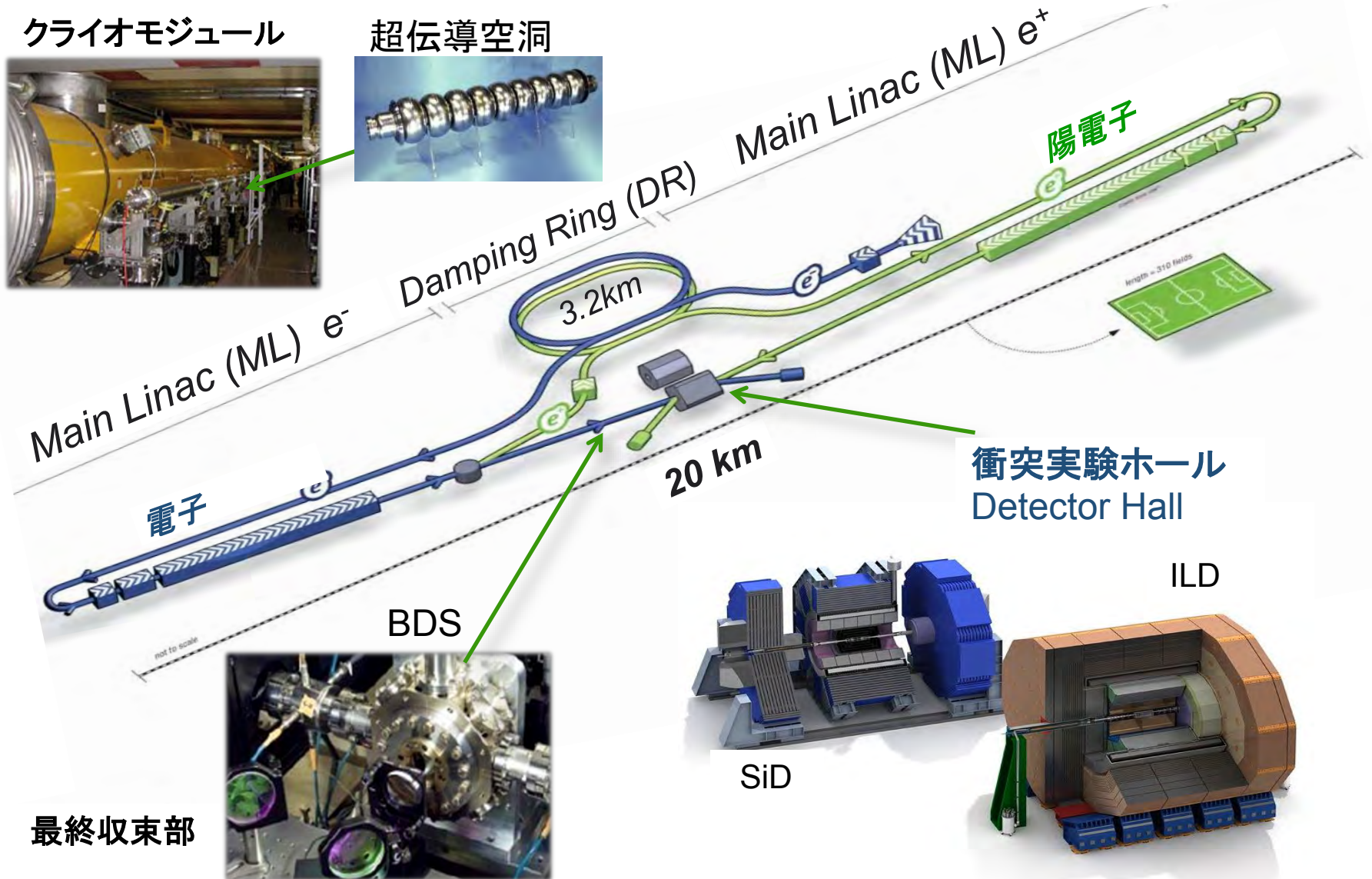
4



2. 施設設計に関する技術概要

- 設計概要・・・・・・設計基準等
- 地震対策・・・・・・耐震設計
- 地下水対策・・・湧水処理
- 環境対策・・・・・・環境アセスメント

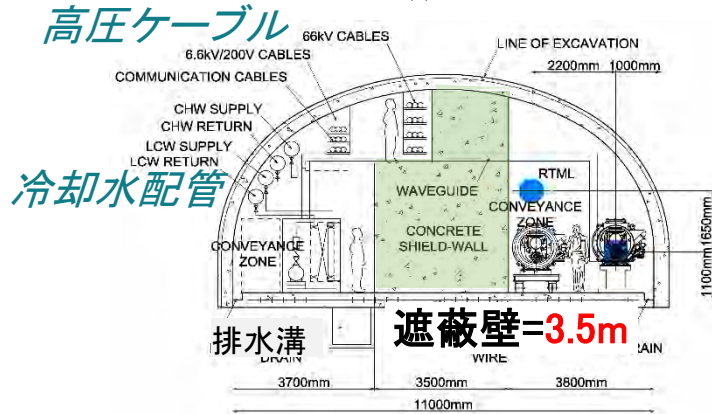
ILC-250 地下構造物の設計概要



MLトンネル断面の縮小

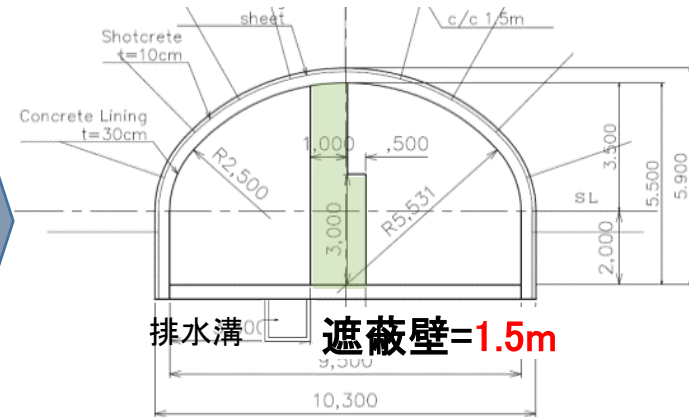
TDR Baseline

11.0m × 5.5m



TDR' & ILC-250 GeV

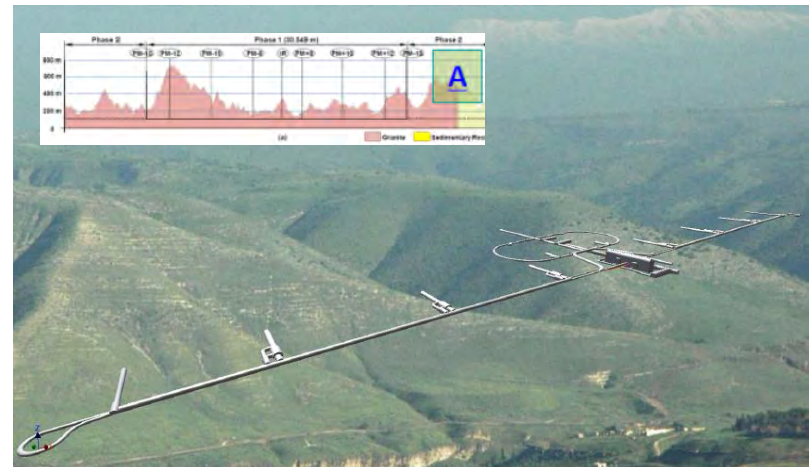
9.5m × 5.5m



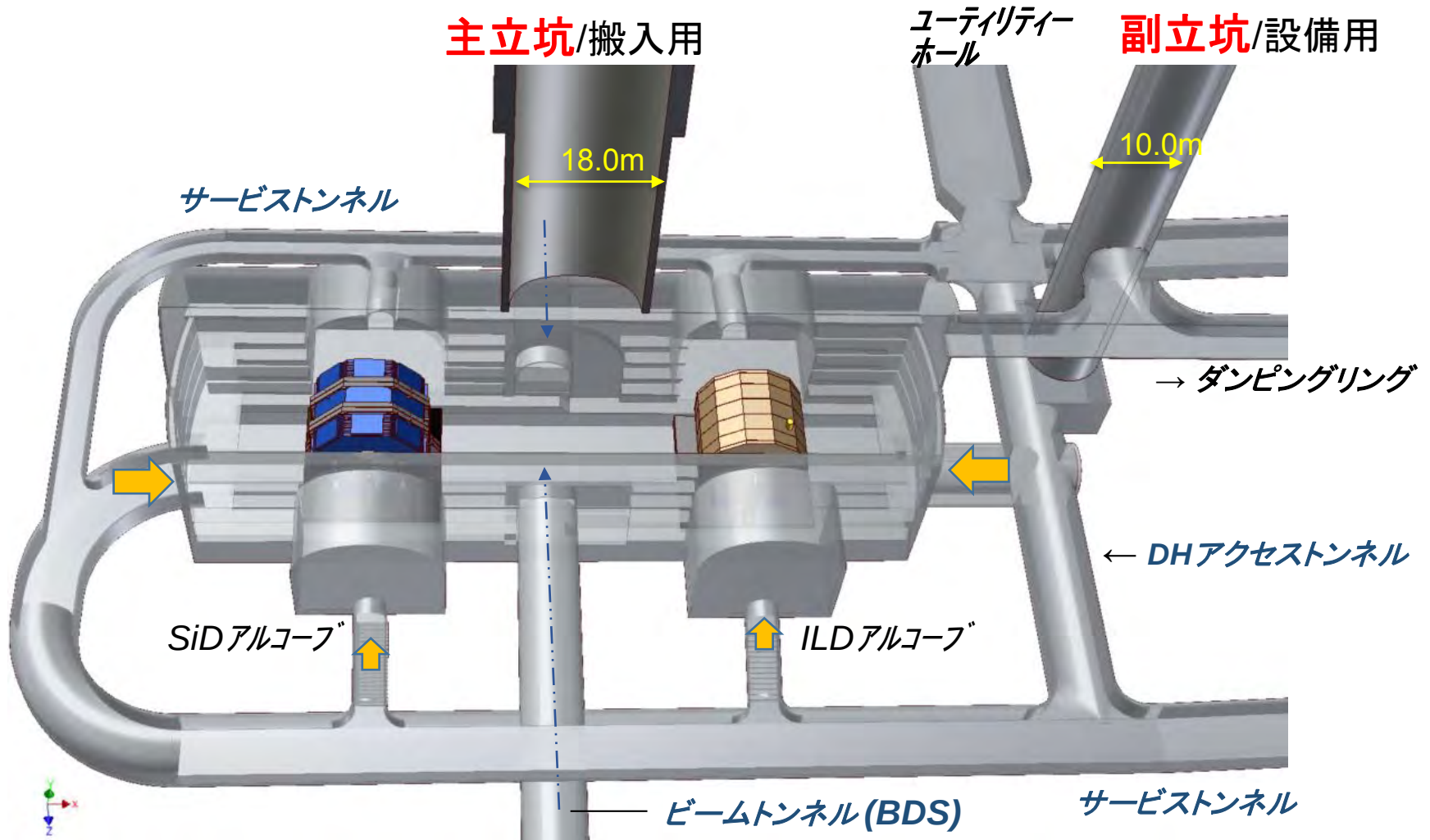
◆ 山岳トンネル工法(NATM)によるカマボコ型断面

留意点:

- 開削工法による従来の加速器トンネルとは**根本的に異なる概念**
- 山岳トンネル; **地山が支える構造**
- トンネル線形:
ジオイド水平部 & レーザー直線部



検出器ホール・立坑アクセス変更設計



ILC施設の設計等に関する法基準・規制

想定される設計基準・施工基準など

国内の基準例

対象施設	設計に適用される法基準		
	設計基準	耐震基準	その他規制
地上施設(建築・工作物)	建築基準法	建築基準法	
トンネル構造物(加速器)	適用基準なし	適用基準なし	放射線障防法
トンネル構造物(アクセス用)	同上	同上	
地下空洞(実験ホール)	類似施設に準拠 *	類似施設に準拠 *	放射線障防法

- 構造・防災等の安全審査の方法や適用基準は、申請段階での特定行政庁の判断に依存。
- ILCは国際協力事業であり、施設設計や管理運営等は国際的な合意形成に基づいて実施される。

◆トンネル構造物の設計で活用すべき基準など:

- **土木学会ILC土木工事ガイドライン**:2014年(土木学会示方書に準拠)
- 消防法、放射線障害防止法、高圧ガス保安法などに留意

◆衝突実験ホール空洞の設計で準拠すべき類似施設 * :

- **地下発電所**(電気事業法)
- **地下石油備蓄基地**(消防法)
- **LPG地下備蓄基地**(高圧ガス保安法)

MLトンネル工事工程の概要

着工

インストール



発破・掘削

ズリ出し

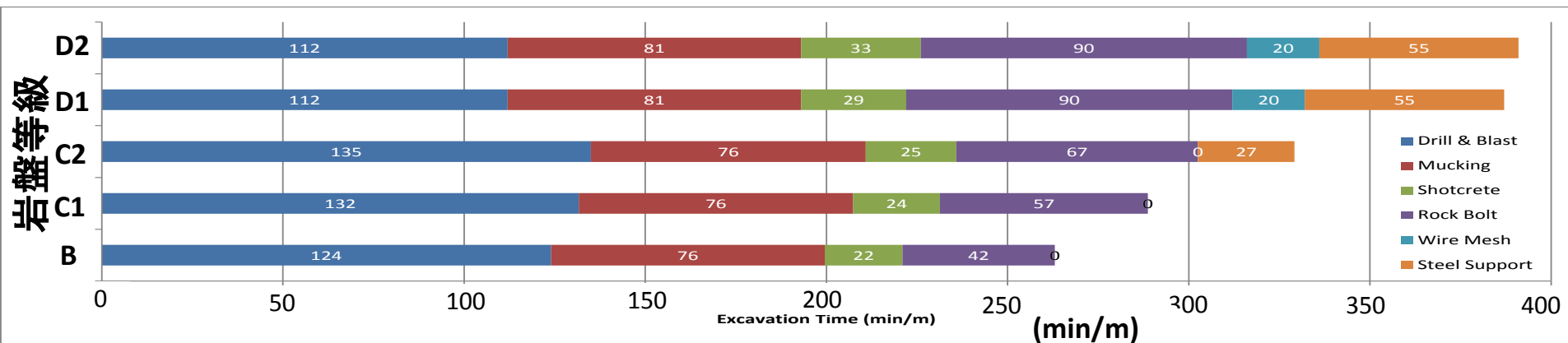
コンクリート吹付

ロックボルト

鋼製サポート



岩盤性状による工事期間への影響度



地震対策

ILC地下構造物の地震対策(1)

土木学会 / ILC土木工事に関するガイドライン

トンネル構造物の耐震設計概念：

トンネルは、周辺地山と一体になって挙動するため、地表の構造物に比べて地震の影響が少なく、耐震性の高い構造物である。従って、地山が良好なトンネルについては、一般に地震の影響を考慮する必要はない。但し、断層破碎帯や地層の急変部等において、覆工コンクリートのアーチ肩部にひび割れ等の変状が発生した例もある。



加速器トンネル等、加速器が接される区間で断層破碎帯等の脆弱部がある場合には、トンネル損傷に起因する加速器への影響を防止するために、鉄筋や炭素繊維等による覆工コンクリートやインバートを有する断面などの補強対策を検討する必要がある。

- ◆ ILC施設は、路線上を**活断層が横断しないサイト**選定を行い、堅固な岩盤帯に建設することを前提条件としており、原則として耐震性の検討を要しない。

ILC地下構造物の地震対策(2)

土木学会 / ILC土木工事に関するガイドライン

地下空洞の耐震設計概念： 実験ホール、アクセスホール等

岩盤空洞は、堅固な岩盤内に設置され、岩盤そのものを主たる構造体としているため、地震に対しては安全であるという判断から、一般的に耐震設計は行われていない。



実際の空洞において地震観測が行われ、観測調査結果やシミュレーションによって、**地下空洞は地上構造物と比較して耐震性に優れていることが確認されている。**

- 事例1:「水封式燃料地下貯蔵施設技術指針」（電磁連編）
- 事例2:「地下貯油施設技術指針(案)」（土木学会編）

堅固な岩盤層に建設する貯油槽については、**掘削による岩盤の安定性に問題が無ければ、耐震設計検討は省略して良い。**但し、貯油槽近傍の岩盤に顕著な**不連続面**や**破碎帯**がある場合には、耐震性を検討する。

- ◆ ILC施設は大規模な断層のないサイト選定を行い、土被りが深く新鮮堅固な岩盤に空洞をレイアウトすることで、耐震性の検討を要しない。

ILC施設に求められる耐震性能 (1)

- TDRでは、ILCプロジェクトの社会的使命の大きさを考慮し、自主的に所定の耐震性能確保を目指す基本方針を定め、設計段階で対応することとしている。

土木学会提案 / ILC土木工事に関するガイドライン

対象	地震動	性能レベル	適用および備考
加速器トンネル	L1地震動	性能レベルⅠ 無補修で機能維持	- 避難路となるアクセストンネルが崩壊しない。 - クライオモジュール等の基幹装置に損傷を与える剥落等を防止
	L2地震動	性能レベルⅡ 早期に機能が回復	
実験ホール	L1地震動	性能レベルⅠ 無補修で機能維持	- 実験ホール空洞天井部岩塊の剥落による人命と検出器の防護 - 岩盤変位による実験機能・性能への致命的な影響防止
	L2地震動	性能レベルⅡ 早期に機能が回復	

山岳トンネル覆工に要求される耐震性能 / 土木学会トンネル標準示方書

耐震性能	定義	適用および備考
性能レベルⅠ	地震後にも補修せずに機能を維持でき、かつ過大な変形を生じない	地震後の構造物の損傷が十分に小さい範囲にとどまり、かつ地震後に実験機能に影響を及ぼすような変位を生じない
性能レベルⅡ	地震後に補修を必要とするが、早期に機能を回復できる	補修に困難が伴う構造物の残留変形や部材の損傷が許容限度内におさまる
性能レベルⅢ	地震によって構造物全体系が崩壊しない	修復不可能となったとしても、土圧等によって崩壊することはない

地震対策のまとめ

■ 地下構造物の耐震性能:

- 土木学会特別委員会による「ILC土木工事のガイドライン-2014年」では、ILC計画のトンネルや空洞等の地下構造物は、安定した岩盤に建設する場合には、特別な耐震設計は必要ないとされている。
- ILC施設設計では、施設の重要性や社会的責務を考慮し、阪神神戸での内陸直下型地震、および東北太平洋地震のようなプレート型巨大地震などの「巨大地震に見舞われたとしても、構造物の致命的な損壊を防ぐ」とともに、「小規模の補修工事によって実験機能を維持できる耐震性能」の確保を目指すことを基本方針としている。
- 具体的な設計手法については、建設サイト決定後の設計段階で、過去の地震履歴に基づいた当該地域での最大地震動(L2地震動)の予測を行い、適切な解析手法を用いて具体的な耐震補強策を検討する。

地下水対策

地下構造物の地下水対策

TDRの検討・基本概念

土木学会/ILCの土木工事
に関するガイドライン
平成26年3月

覆工背面の防水工は、一般的な道路トンネルや鉄道トンネルと同様の防水工で対応可能であり、土木学会トンネル標準示方書・山岳トンネル工法・同解説・第3編＜設計＞・第6章＜防水工および排水工等の設計＞「通常のトンネル」の場合が適用できる。



土木学会
トンネル標準示方書
山岳トンネル工法編・同解説

第3編＜設計＞・第6章＜防水工および排水工等の設計＞
「通常のトンネル」の場合：

第65条(略)：防水工は地山条件、使用目的に応じて適切に設計しなければならない。

山岳トンネルの防水層；品質のばらつきが少なく信頼性の大きいシート防水工法が多用されている。

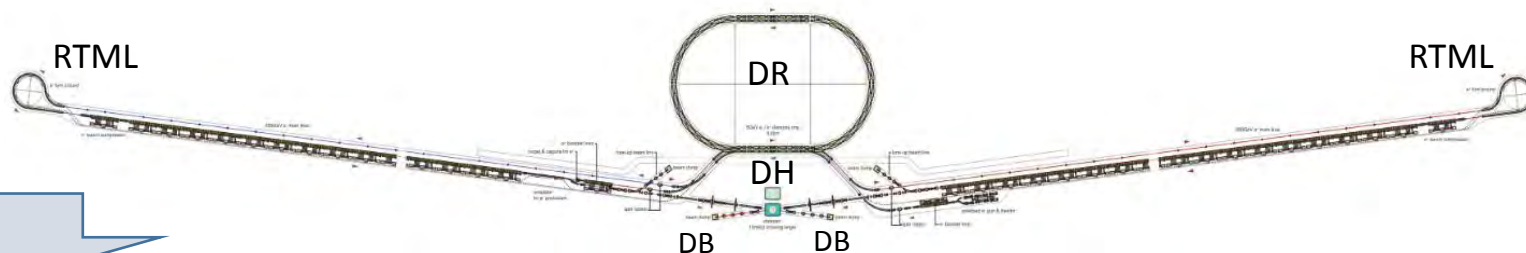
第66条(略)：排水工は、湧水を円滑に導・排水できるように適切に設計しなければならない。排水設備の断面形状の設定に際しては、トンネル全体の湧水量および集中的な湧水箇所について十分な検討が必要である。

- TDRおよびILC-250では、本ガイドラインおよび土木学会基準等に基づいた防水工・排水設備計画を行い、当該工事費が積算計上されている。

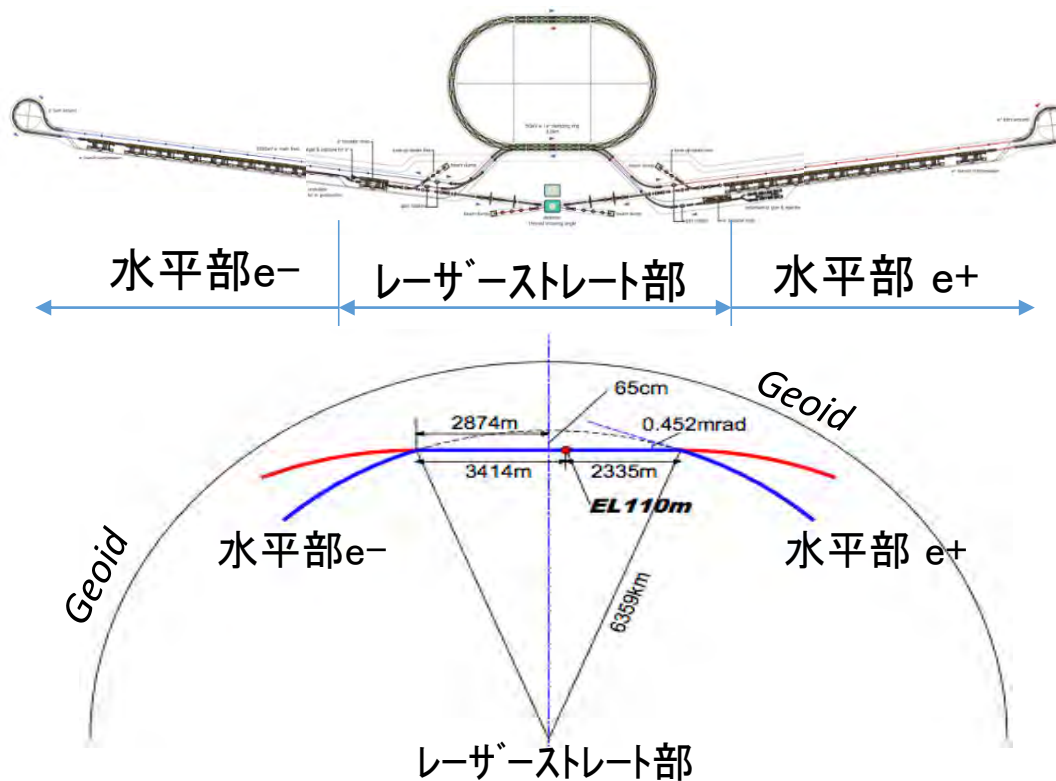
ILC地下構造物の地下水処理

ビームライン勾配・湧水処理

TDR



ILC-250GeV



ILC地下構造物の地下水排水処理

排水システムの概念

湧水量の想定

- ・ 1km当たり: 1.0 t/min/km
- ・ 1AH当たり: 5.0 t/min/P (Max)

日湧水量の想定

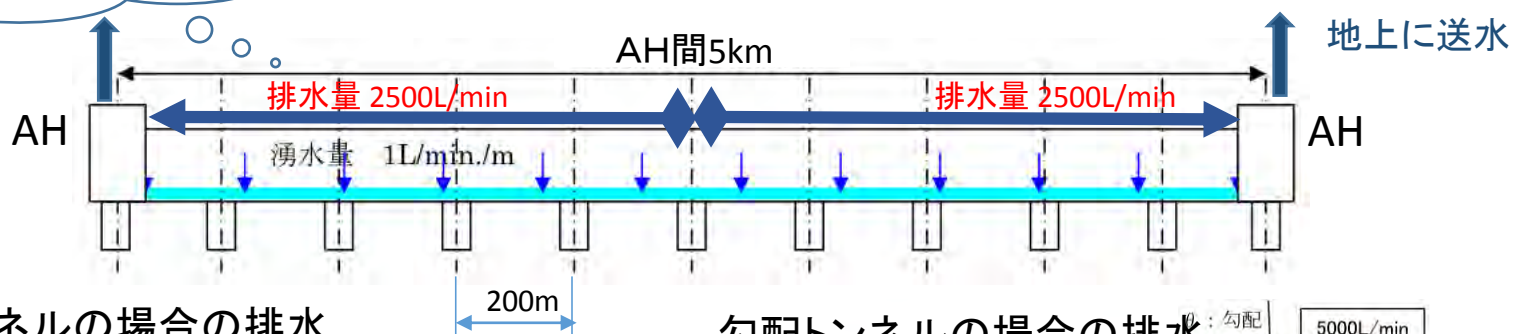
- ・ 1km当たり: 1,440 t/day/km
- ・ 1AH当たり: 7,200 t/day/P (Max)

全体湧水量: 30,000 t/day

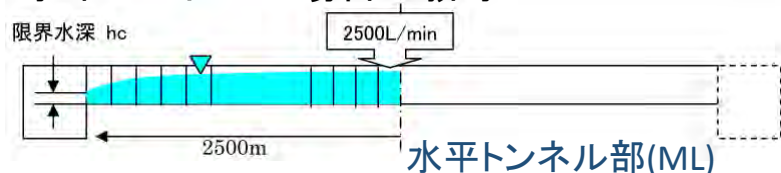
$$26.2\text{km} \times 1,440 \times 0.8 = 30,180 \text{ t}$$

ポンプ槽間隔@200mの
湧水量 = 200ℓ/min

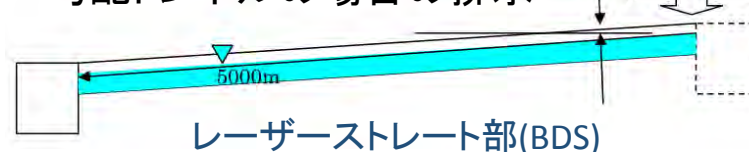
水平トンネルにおける湧水処理



水平トンネルの場合の排水



勾配トンネルの場合の排水



排水処理対策のまとめ

● 排水処理システムの基本概念：

- ・ 土木学会・ILCガイドラインに基づき、通常のトンネル排水工法を採用する。
- ・ 土木学会標準示方書＜山岳トンネル工法編＞防水工・排水工により、覆工裏面排水を行う。
- ・ トンネル床盤下部に排水用トレンチを設けると共に、適切な間隔に設けた揚水ポンプによりアクセスホール経由で地上に送水する。

● 湧水処理の基本方針など：

- ・ 設計段階における湧水量の算定は、土木学会等の標準湧水量を前提条件として、適切な排水処理設備を想定する。
- ・ 突発的な湧水に対しては、工事段階で湧水量を把握した上で、排水溝のサイズやポンプ設備等、排水処理設備の最適化を行い対応する。
- ・ 湧水の最終処理にあたっては、自然由来の重金属等の含有を想定し、適切な汚濁水処理設備を設け環境への影響を防止する。

環境アセスメント

地上施設の開発事業におけるプロセス

