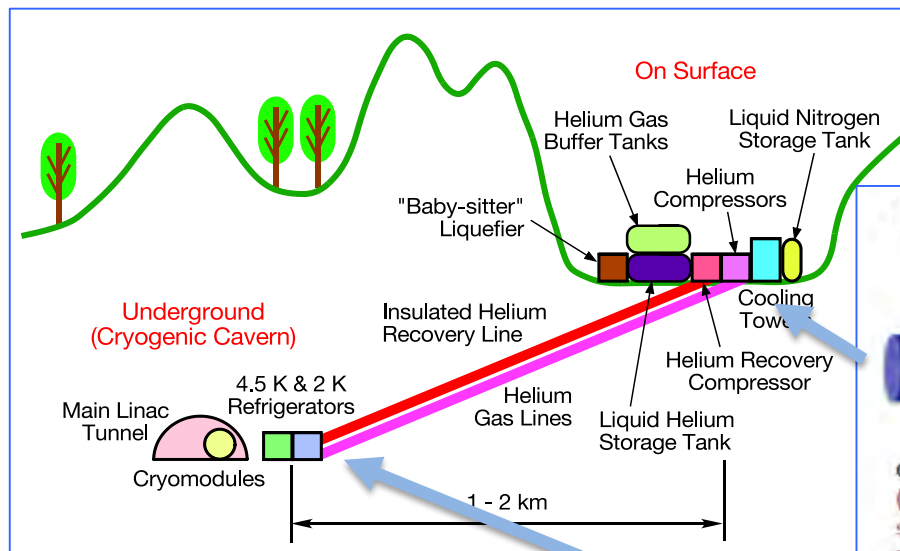
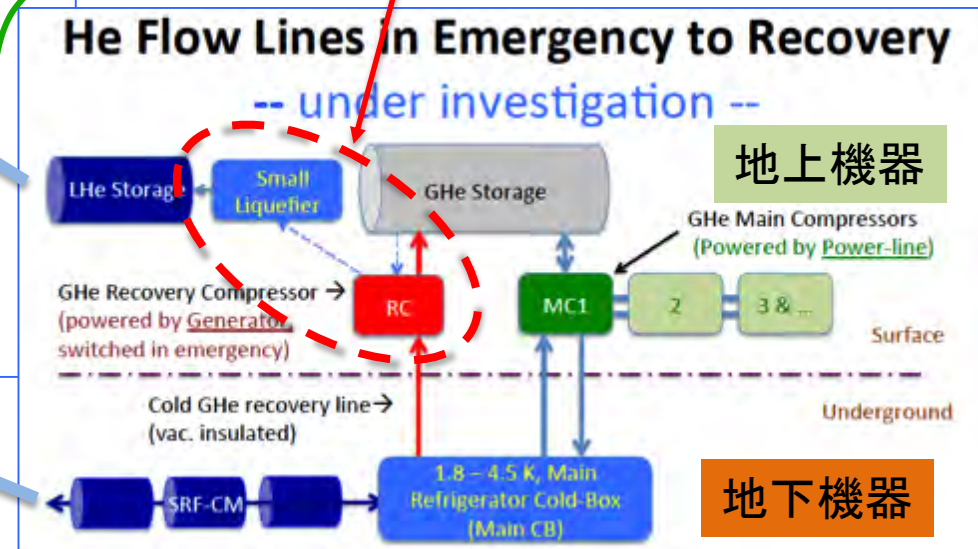


# ILC 超伝導加速器・冷却システム

## 地上・地下機器配置及び全停電時非常対応に必要な機器



全停電時、非常電源が必要な機器  
・He回収圧縮機、小型He 液化機



地上・地下に配置された冷凍機、超伝導加速器システム

# 停電・地震の影響事例

(停電) 瞬時電圧低下が及ぼす事業中断リスク(NKSJ-RFレポート)

[http://www.sjnk-rm.co.jp/publications/pdf/101229\\_report.pdf](http://www.sjnk-rm.co.jp/publications/pdf/101229_report.pdf)

- 2010年12月8日に中部電力四日市火力発電所で生じた瞬時電圧低下(～50%、0.07秒)
- 東芝四日市工場(半導体製造工場):クリーンルームの空調設備が止まり一部の生産ラインが停止。12月10日に復帰したが、2011年1-2月の出荷は最大二割減る恐れ(月額100億円程度の減収とみられる。)

(停電) 中央日報日本語版 [https://japanese.joins.com/article/j\\_article.php?aid=239631](https://japanese.joins.com/article/j_article.php?aid=239631)

- 2018年3月9日にサムスン電子平沢(ピョンテク)工場で40分停電した。
- クリーンルームの清浄真空状態を維持できなくなった。半導体に蒸着装置に入っていた製品も使用できなくなった。約50億円の損失。

(地震) 松山大学論集第29 巻第4号(2017年10月) 伊東維年 熊本地震に伴う大手半導体メーカーの被害状況と復旧過程

- 半導体製造工程は、ナノメートルレベルのパターン形成を行っているため振動に弱い。また、不純物を防ぐためのクリーンルームが必要。
- ルネサスセミコンダクタ:4月14日の地震後、5月22日に震災前の生産能力に復旧。(修繕費等の損失～90億円)
- ソニーセミコンダクタ:復旧まで3.5か月。(損失～160億円)

# ハドロン加速器と電子加速器

## ハドロン加速器と電子加速器の違いについて

### 【回答】

陽子などのハドロン加速器の場合は、物質に入射した際の原子核との相互作用により核子が放出される。

電子加速器の場合は、物質に入射した際の制動放射により発生する光子(ガンマ線)が放射化の要因。

### 1.1 ハドロン加速器

高エネルギーの陽子や重イオンが物質に入射すると原子核内の核子との相互作用により核子を原子核外に放出し(核内カスケード)、放出された核子が再び原子核と相互作用をしながら個々の粒子のエネルギーを下げながら粒子数を増やしていく現象を「核外カスケード」と呼ぶ。核内カスケードでは高いエネルギーの核子を放出した後、蒸発過程によりエネルギーの陽子や中性子が放出される。高エネルギー

### 2. 機器や構造体の放射化

機器や構造体の放射化では、核内カスケードの残留核が最も重要であるが、材質によっては速中性子( $\text{Al}(n, \alpha)^{24}\text{Na}$ )や、熱中性子による反応( $^{23}\text{Na}(n, \gamma)^{24}\text{Na}$ )も考慮する必要がある。

<http://accwww2.kek.jp/oho/OHOTxt2.html>

1999年 高エネルギー加速器セミナー  
4A 加速器施設における放射線シミュレーション  
平山英夫(KEK)

### 1.2 電子加速器

高エネルギーの電子が物質に入射すると制動放射により高エネルギーの光子を生成する。高エネルギーの光子は、電子対生成により、電子と陽電子を生成し、生成した電子と陽電子がまた制動放射により光子を生成していく。この様に制動放射と電子対生成の繰り返しによって電子・陽電子及び光子がエネルギーを失いながら数を増やしていく現象を「電磁カスケード」と呼ぶ。光子のエネルギーが高い場合には、主として電子対生成が起きるが、エネルギーが下がっていくに従ってコンプトン散乱や光電吸収の割合が増加し、最終的には光電吸収により吸収される。断面積は小さいが光核反応や光中間子生成反応と呼ばれる反応によって中性子が生成される。第1.1

### 3. 放射化

電子加速器における機器や構造体の放射化は制動放射により生成した光子の核反応により生じる。一般的に、ハドロン加速器に較べると同じパワー当たりでは、電子加速器施設の放射化の程度は二桁以上小さい。

# トンネル関係

# 工事中の突発事態への対応

山岳トンネル工事中に遭遇する突発的な事態にどのように対応するのか。

【回答】 ILC施設は、工事開始後に計画ラインの修正が出来ない特性(直線性)から、工事中に遭遇する可能性のある下記の事態をできる限り未然に回避する努力が大切。

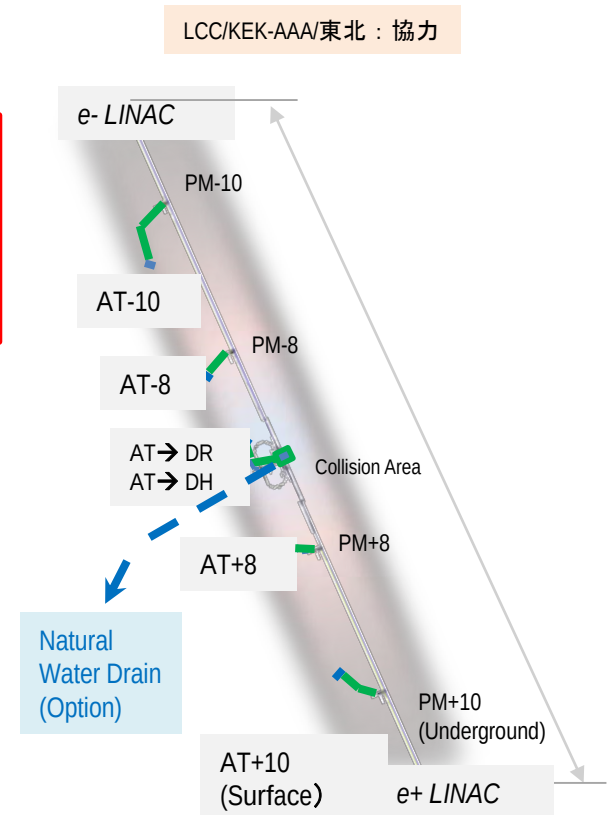
1. 突発的、局所的な大量湧水の発生
  2. 事前調査で掌握していない脆弱地層帯(破砕帯など)への遭遇
- 地質調査等における対応:
    - ・ 設計段階までに取得した地質・岩盤調査の入念な総合解析の実施。
    - ・ 施工段階での、坑内からの長尺水平ボーリングによる前方探査の実施
    - ・ 近傍および類似施設でのデータを活用した湧水量の予測
  - 工事履行中に突発的事態に遭遇した場合の対応(事例):
    - ・ 突発的、局所的な大量湧水が発生:
      - 本坑又は補助作業坑からの止水注入工事や水抜きボーリングの実施
    - ・ 破砕帯などの脆弱部に遭遇:
      - 本坑内から、支保工やロックボルト等で地盤補強。
      - 迂回作業坑からの地盤補強や本坑トンネルに対するサポート工事。

# ILC加速器トンネルの基本設計パラメータ

|                   | 断面形状          |                                                                                     | 内面寸法<br>[m]         | 外壁<br>[m]   | 長さ<br>[km] | 空調  |
|-------------------|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------|------------|-----|
| RTML<br>-Acc      | 薄鋸型<br>+中央壁   |    | 9.5 (w)<br>x5.5 (h) | 0.3         | 5.0        | 有り  |
| ML<br>-Acc.       | 薄鋸型<br>+中央壁   |    | 9.5(w)<br>x5.5 (h)  | 0.3         | 9.7        | 有り  |
| BDS<br>-Acc.      | 薄鋸型<br>(+中央壁) |    | 9.5(w)<br>x5.5 (h)  | 0.3         | 5.9        | 有り  |
| ML<br>-Access     | 円天井<br>(勾配付)  |    | 8 (w)<br>X7.5 (h)*  | n/a<br>(吹付) | 3.4        | 無し  |
| DR, DH<br>-Access | 円天井<br>(勾配付)  |    | 小断面<br>可能           | n/a<br>(吹付) | 1.5        | 無し  |
| Water<br>Drain**  | 円<br>(勾配付)    |  | 3 (dia.)            | ---         | 4.3        | --- |

\* MLアクセストンネルには、He冷凍機本体(直径6m) の搬入、ユーティティー経路の両機能が必要。

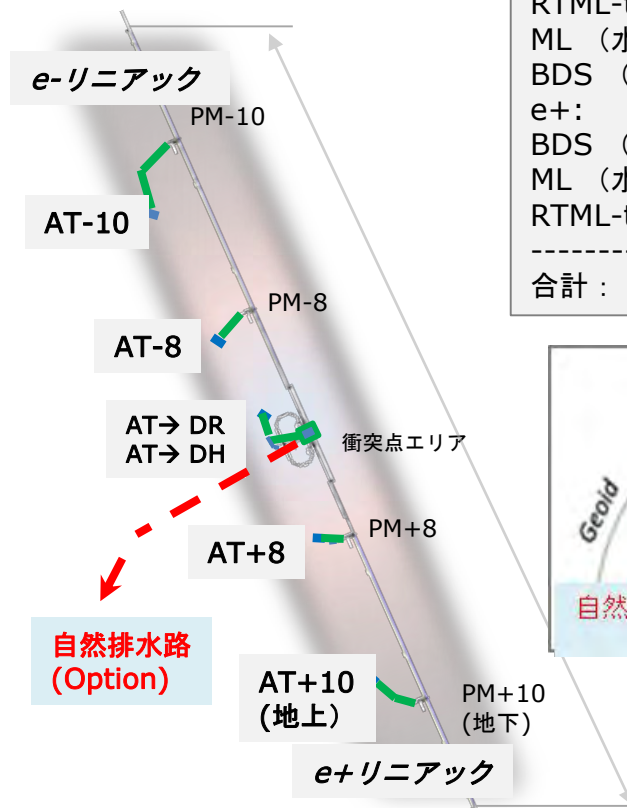
\*\* AAAおよび東北グループによる検討



# ILC加速器およびアクセストンネルの検討

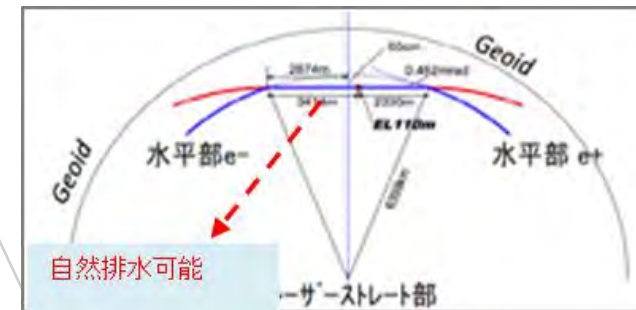
LCC/KEK-AAA/東北：協力

| 斜坑トンネル                | 長さ (m)  |
|-----------------------|---------|
| アクセストンネル*：            |         |
| - 幅: 8 m, 高さ: 7 m     |         |
| - 勾配: < 10 %          |         |
| AT-10                 | 1,503   |
| AT-8                  | 691     |
| AT→DR                 | 763     |
| AT→DH                 | 693     |
| AT+8                  | 283     |
| AT+10                 | 943     |
| {Total Length}        | {4,876} |
| 自然排水路(Option)         | 4,335   |
| - 直径: 3 m             |         |
| - 勾配: 0.13%           |         |
| 注：                    |         |
| *アクセストンネル位置の最適化：      |         |
| ・ 良質な岩盤・地質            |         |
| ・ アクセストンネル長を最少化       |         |
| ・ 一般道路へのアクセス長を最小化     |         |
| ・ 自然排水が可能             |         |
| - トンネル最適化プログラム(TOT)   |         |
| による最適化                |         |
| (TOT開発：CERN-KEK-東北協力) |         |



## 地下・加速トンネル長

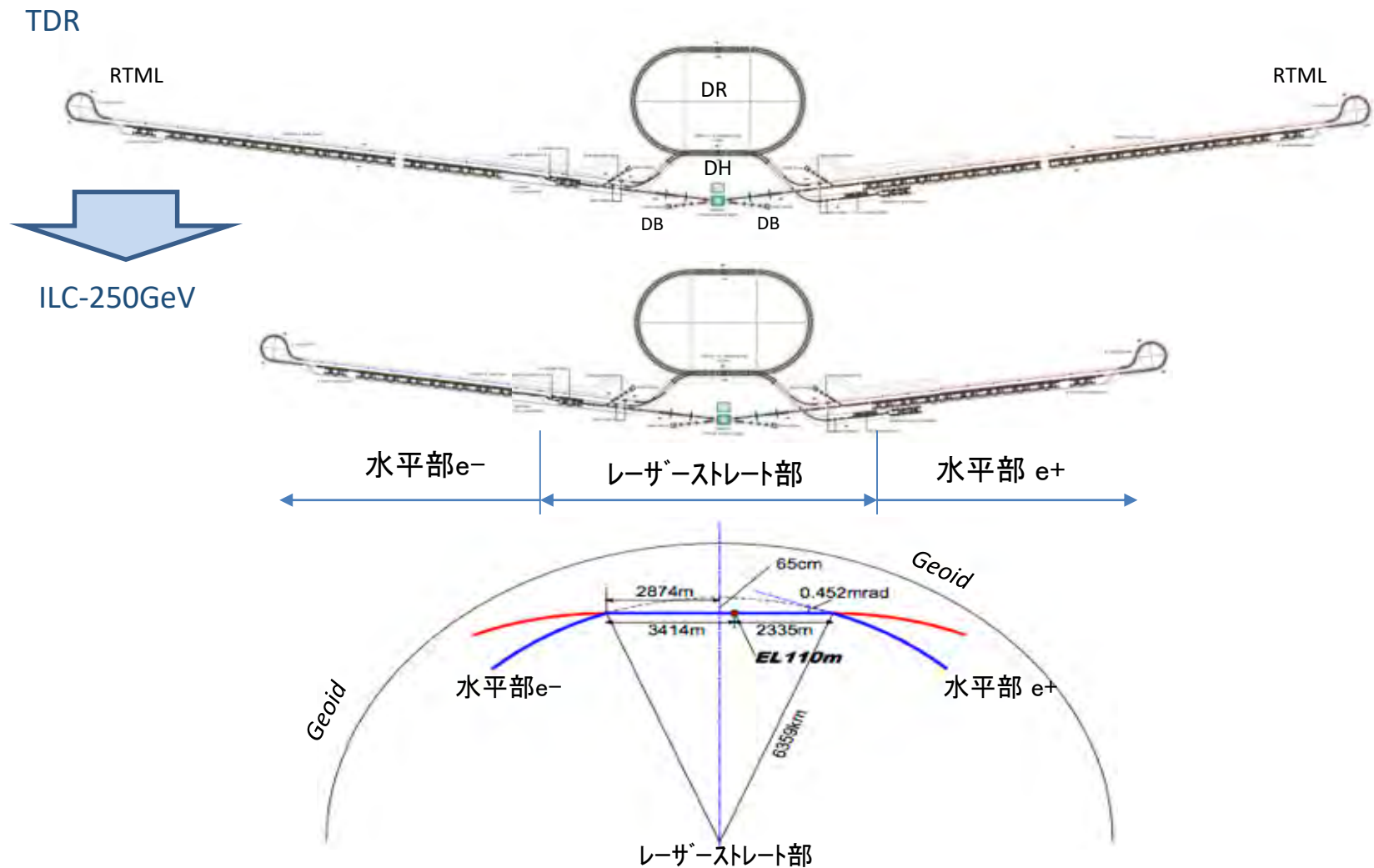
|                  |          |
|------------------|----------|
| e-:              |          |
| RTML-turn (水平) : | 2.438 km |
| ML (水平) :        | 4.950    |
| BDS (勾配) :       | 3.489    |
| e+:              |          |
| BDS (勾配) :       | 2,361    |
| ML (水平) :        | 4.795    |
| RTML-turn (水平) : | 2.516    |
| 合計 :             | 20.5 km  |





# ILC地下構造物の地下水処理

ビームライン勾配・湧水処理

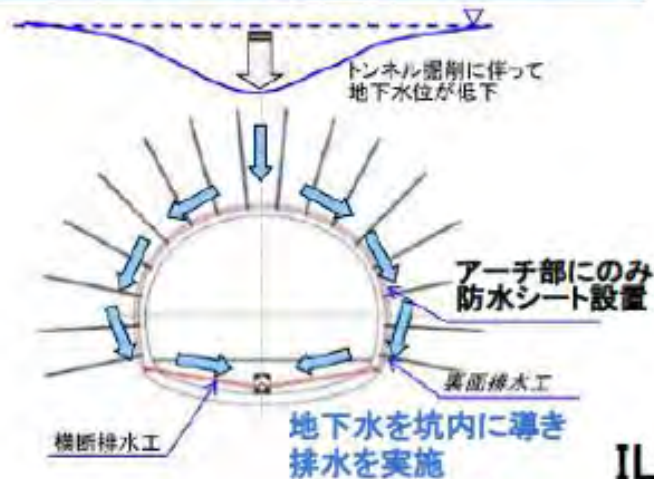




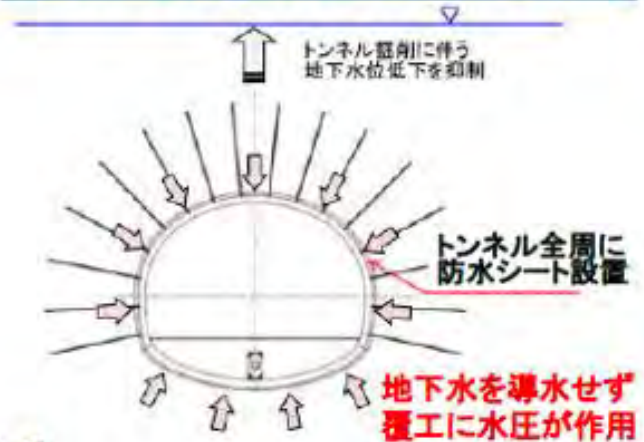
# ILC地下構造物の地下水排水処理 (1)

## トンネル防水の概念・湧水処理

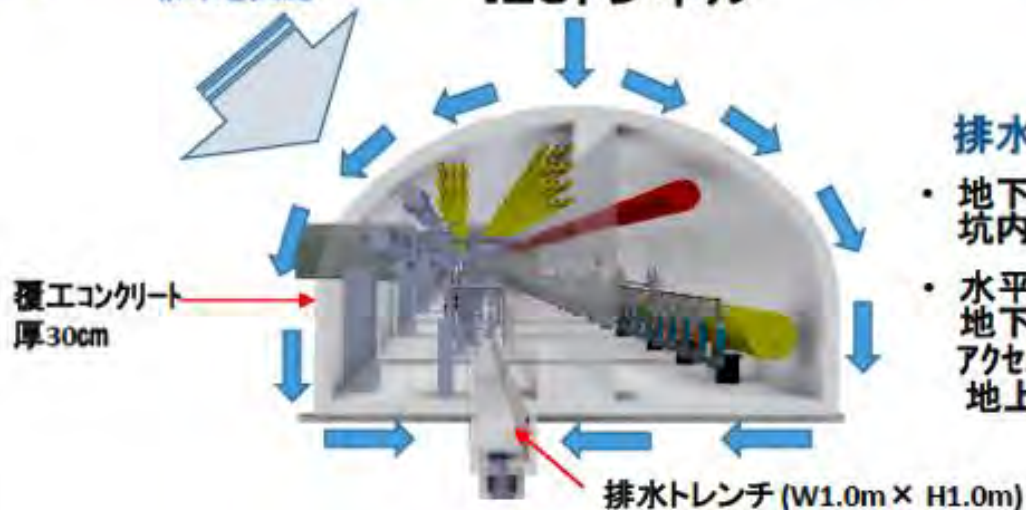
### 標準(排水)型トンネル



### 防水(非排水)型トンネル



### ILCトンネル

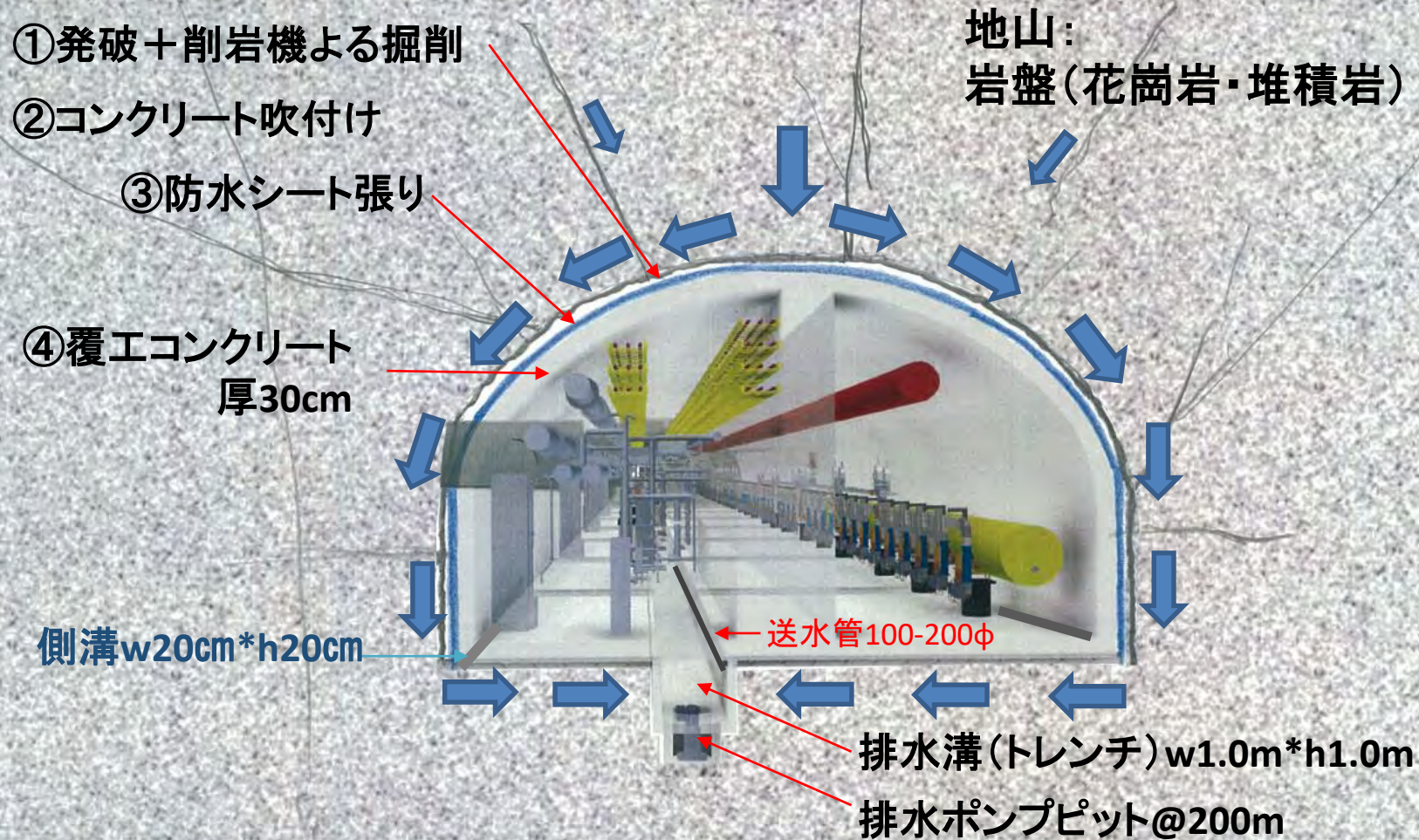


### 排水型トンネル

- 地下水を排水トレンチに導水、坑内への浸水を防止
- 水平勾配の排水トレンチ内の地下水をポンプリレーによりアクセスホール、アクセストンネル経由で地上に揚水



# トンネル建設と排水システム概念図



# 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)

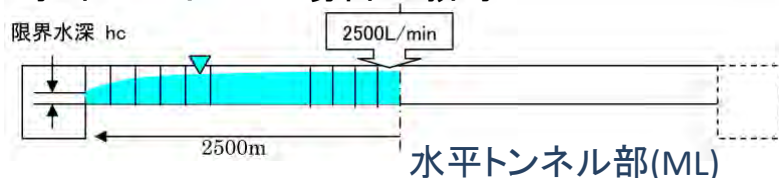
全体湧水量: 30,000 t/day  
 $26.2\text{km} \times 1,440 \times 0.8 = 30,180\text{ t}$

ポンプ槽間隔@200mの  
 湧水量 = 200ℓ/min

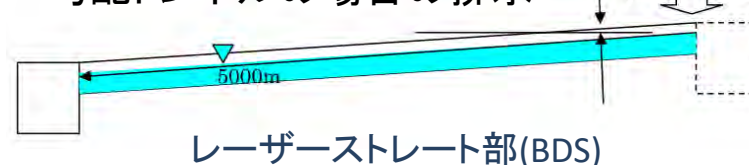
### 水平トンネルにおける湧水処理



### 水平トンネルの場合の排水



### 勾配トンネルの場合の排水





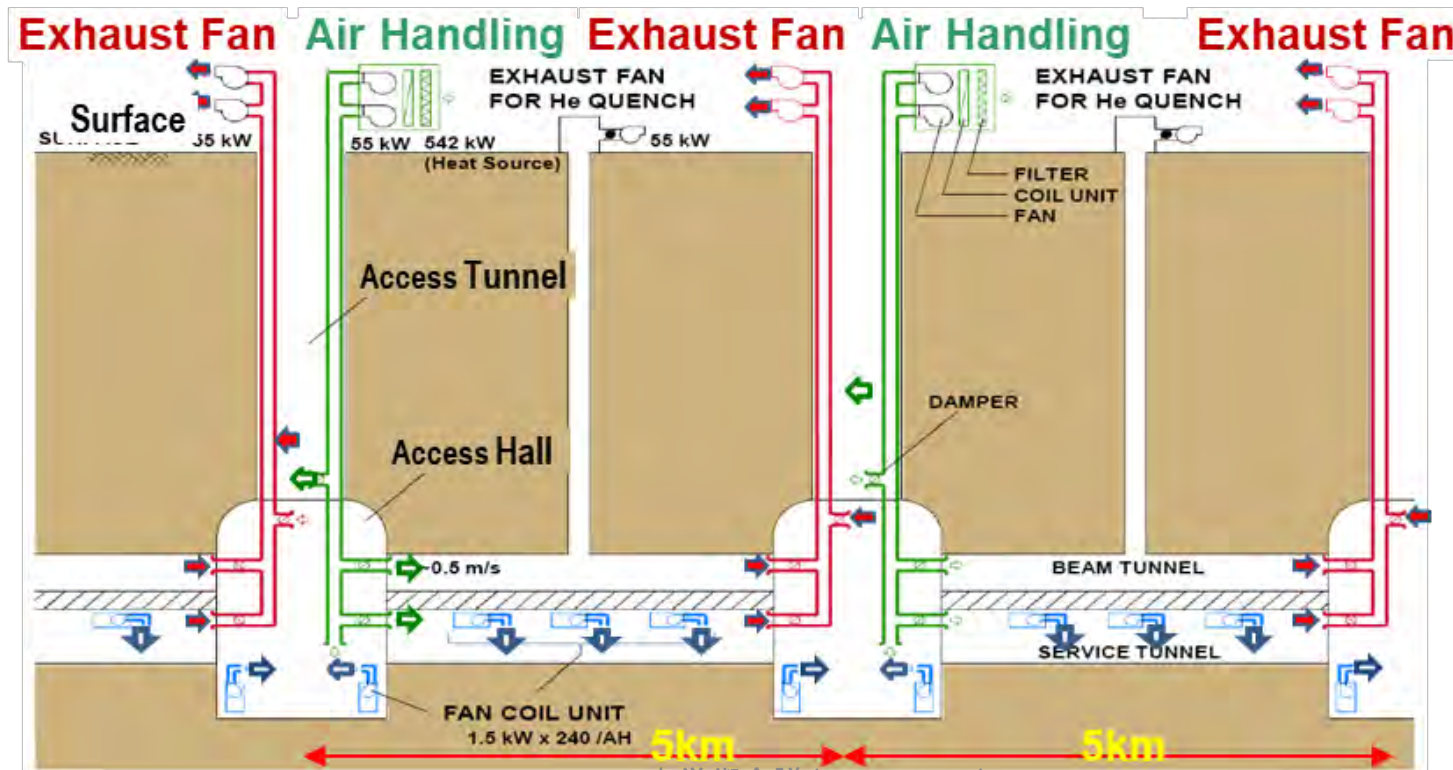
## 空調・換気システム

TDR, ILC500での概念図

ILC-250 では、アクセストンネルは2箇所

- 外気供給システム;地上の空調機で外気を地下空間にダクトで供給  
夏季;冷却除湿 冬季;加熱
- 排気排煙システム;地上の排気ファンでトンネルの排気を行う  
排気量はダンパーで調整、ビームトンネルは負圧制御

### 空調・換気システム概念図(TDR)



# LHC安全対策等