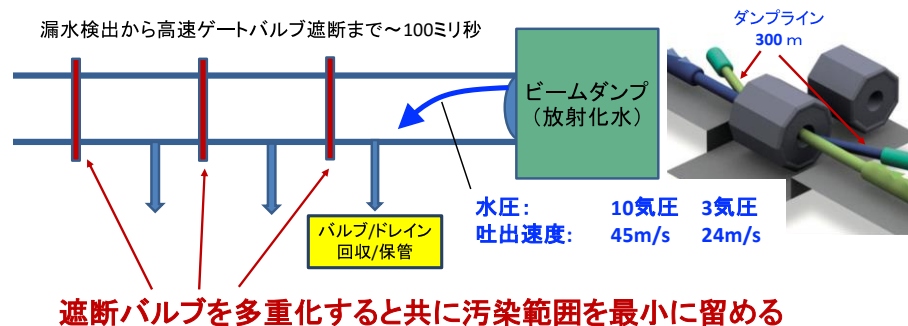


# トリチウム等放射性物質を含む一次冷却水の漏水が起こった場合の対処法

- ビーム窓破損の際には一次冷却水はビームパイプ中に漏れ、上流側に多重化されたゲートバルブで遮断する(9/13分科会資料P.7)。
- ビームダンプ循環水施設室の一次冷却水を取り扱う区域には堰を設け、万一漏水が起こった場合にも、一次冷却水が堰の中に留まるようにする。
- 一次冷却水は回収し、保管する。室内空気の放射能濃度が高い場合は除湿器により回収し、立ち入り前のモニタリングで安全を確保する(9/13分科会資料P.8)。

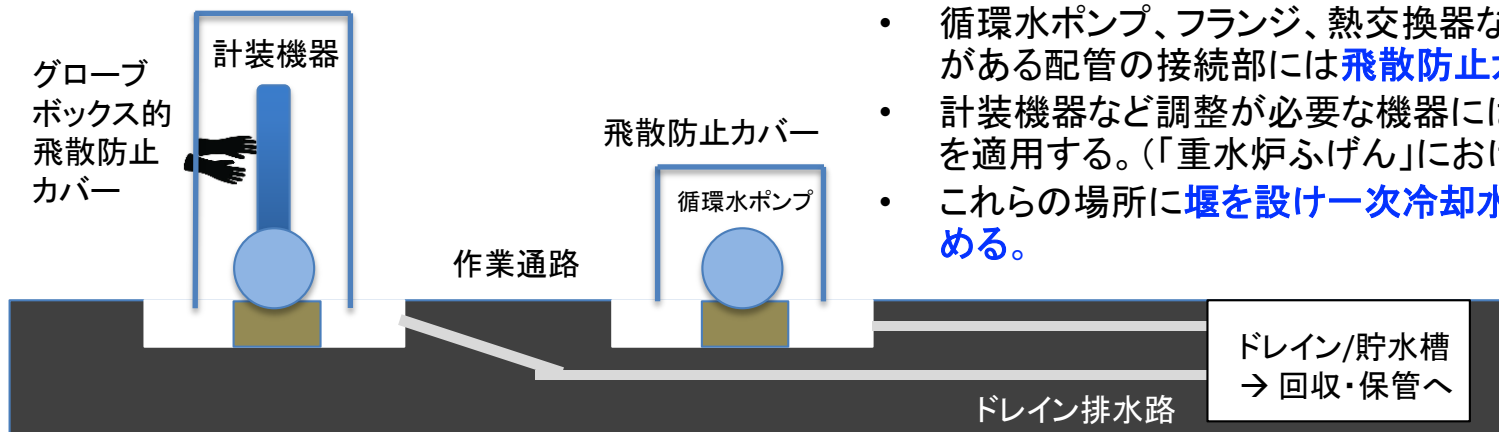


## ビーム窓漏水対策

- 多重化した高速ゲートバルブで漏水の拡散を遮断。(9/13分科会資料P.7)

## ビームダンプ循環水施設

- 循環水ポンプ、フランジ、熱交換器など、漏水の可能性がある配管の接続部には**飛散防止カバー**を付ける。
- 計装機器など調整が必要な機器にはグローブボックスを適用する。(「重水炉ふげん」における対策)
- これらの場所に**堰を設け一次冷却水の拡散を最小に留める**。



ビームダンプ循環水施設における漏水対策のイメージ。ドレインへの排水路は側溝やパイプなどを想定。

## 【さらに確認すべき点】周囲の地下水の放射化の可能性とその対策

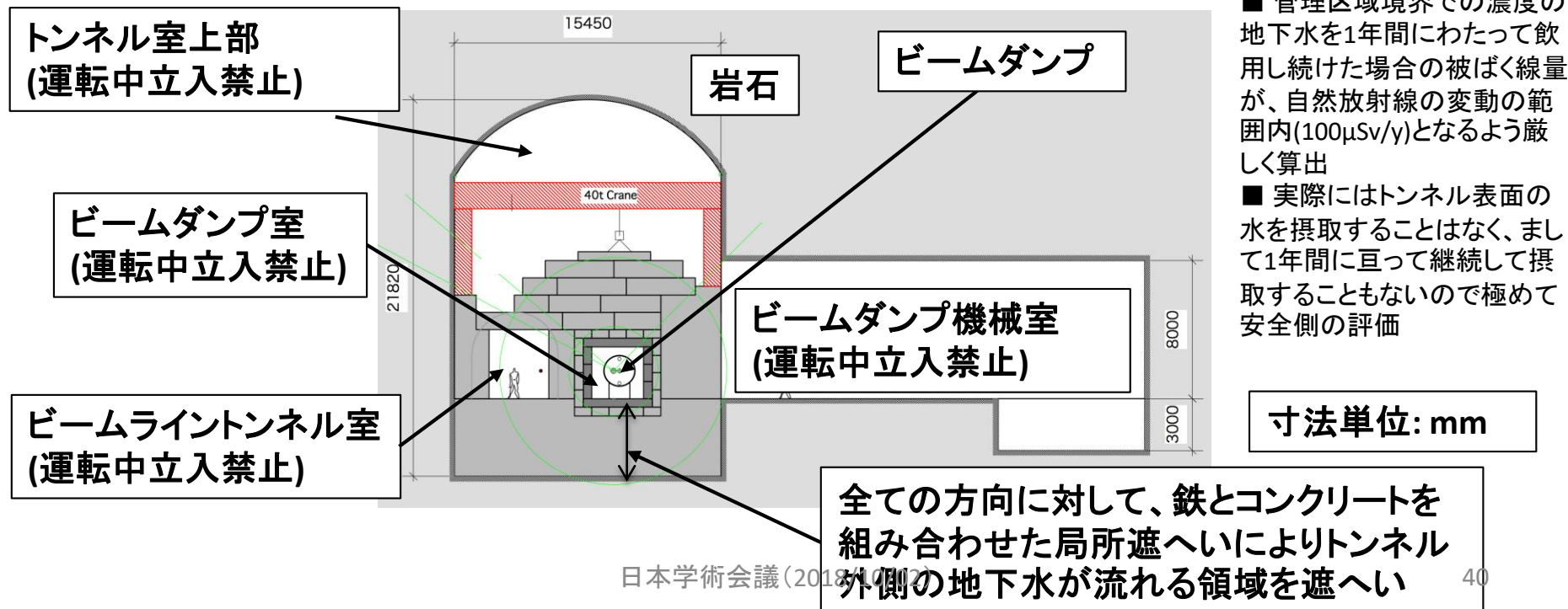
周囲の地下水の放射能濃度が、放射線障害防止法で定められている排水中濃度限度を十分下回るように設計される(9/13分科会資料P.10)。ビームロスが大きい部分(ビームダンプ等)には局所遮蔽を施す。加速器の大部分を占める主線形加速器では、暗電流を考慮に加えても排水中濃度限度より十分低いレベルにある(9/13分科会資料P.42)。

## 周囲の地下水の放射化の可能性とその対策

- 周囲の地下水中の放射能濃度が、放射線障害防止法で定められている排水中濃度限度を十分下回るように、設計される(9/13分科会資料P.10)。
- ビームロスが大きい部分(ビームダンプ等)は局所遮蔽が施される。
- 加速器の大部分を占める主線形加速器では、暗電流を考慮に加えても排水中濃度限度より十分低いレベルにある(9/13分科会資料P.42)。

トンネル外側の地下水 = 法で規制している排水中濃度限度を十分下回る

ビームダンプの局所遮への設計例 (排水中濃度限度の1/10を基準とした場合)



【さらに確認すべき点】ILCを他の用途にも使うということをどの程度本気で考えているか。廃止措置経費も国際分担としないのか。

廃止措置については、4年間をかけて行うことを考えている(8/23分科会資料1P.102)。一般的には、現物供与されたものは、所有権の移転(また寄付)手続きがされない限り、貢献者(国)に帰属する。このため、保守・維持および撤去についても、所有者の責務となる。ただし、実質的には、貢献(納入)後に、貢献国・ホスト国の協議に基づき負担を話し合い、定めることになる。ILC後について、現時点で見通しを示すのは困難だが加速器施設の有効利用はオプションとして検討すべきである。

# 廃止措置

## 作業方針:

- 再利用可能機器をILC地下施設から搬出し、地上建屋に保管し、再利用待機。
- 放射化物(ダンプ等)は、国の基準に沿って処理する。
- 地下トンネル構造は現況封止。将来の再利用の可能性に備え維持。

## 作業プロセス:

- TDRで想定する組込・据付作業の逆プロセスをとり、機器の再利用を想定した作業を行う。作業期間は、インストレーション期間と同様の4年間を想定。放射化物の搬出は、最後のプロセスとする。

## 作業内容見積もり:

- 物件費: インストレーション時の運搬据付機器・治工具および保管場所
- 人件費: インストレーション時の同様の人件費(4年間合計)を見込む
- 費用の国際分担については、今後の検討・交渉課題。

## 【さらに確認すべき点】巨大総合システムとしてのILC全体を俯瞰する指導的人材。

30年以上前からリニアコライダーに関わっている研究者だけでなく、40代、50代の研究者として経験豊富な人材も多い。ILC建設にあたっては、過去のLC研究をリードしてきた方々から研究を引き継ぎ、これらの研究者が中核を担うことができる。さらにILC運転に向けては、SuperKEKBなどでの実務経験を経た20代、30代の研究者・技術者を育成していくことが重要である。また、外国からもLHC, 欧州XFEL, 米国LCLS-IIなどで、経験を重ねた中堅、若手研究者が、指導的な役割を担う人材として、参画することが十分に想定される。

## 【さらに確認すべき点】予算計上に含まれていない項目およびその必要額のリストアップ

TDRで具体的な経費が算定されていないものは、土地取得経費、海外研究者の生活環境の整備、アクセス道路、建設廃棄物処理、湧水処理設備、電力引込みや受変電設備のES事業化、低圧電源設備、ライフライン等のインフラ、物理解析用計算機センター等の経費である。(8/20分科会資料7P.21)

(「国際リニアコライダー(ILC)に関する有識者会議ILC計画の見直しを受けたこれまでの議論のまとめ」P.44)

# CFS関連 予算計上に含まれていない事項

## 主としてサイト条件に依存する検討課題

### 1. 土木・建築

#### 1.1 掘削ズリ処理

- 最終処分費(暫定措置;坑口エリアでの仮置き)

#### 1.2 湧水最終処分

- 湧水(地下水)の最終処分(河川への放流施設)

### 2. 電気設備

#### 2.2 低圧電源設備

- 加速器への低圧電力供給設備 (TDR/6 kV⇒400V)

#### 2.1 ES事業化

- ES事業の可能性を検討(特高受電トランスの削減)

- ES(エネルギーサービス)事業: 施設が必要とする電力等のエネルギーについて、施設整備及びその後の運転管理を外部委託する事業。初期導入費用の低減、所要経費の平準化を図ることができる。

### 3. 機械設備

#### 3.1 井水供給設備

- 冷却塔補給水用の井水設備(湧水利用のバックアップ設備)

#### 3.2 冷却水設備

- 冷却水設定温度の検討( $\Delta t$ 設定変更によるコスト削減)

## 【さらに確認すべき点】コンティンジェンシーの考え方

予期せぬ出費のための予備費である。国際プロジェクト建設において、予備費は、各参加国・機関における予算システム、技術状況に応じ、夫々の責任において個別に定めるべきものである。特に、現物出資（インカインド）を主体とした国際協力・貢献において留意すべきである。コンティンジェンシーについてはILC-PIP\*に記載されている。

\*「プロジェクト実施計画(Revised ILC Project Implementation Planning, Revision C)」  
(2015年7月LCB)

## 【さらに確認すべき点】地下水の出水とその対策

トンネル外周部は、掘削した岩盤表面にコンクリート吹付けで一次止水処理後、防水シートを貼り付け、その内側に鉄筋コンクリート躯体が構築される。地下水は床下に設けた排水トレンチに集水し、揚水ポンプでリレーし地上に送水するシステムである。揚水ポンプは予備機を設置すると共に、停電時には非常電源でバックアップされる。

# ILC地下構造物の地下水処理

## <参考資料> 国内トンネルの湧水量実績例

岩種別トンネル湧水量一覧(工事中) /統計的予測 -日本トンネル技術協会調査1982y

| 岩種    | 坑口最大湧水量<br>(t/min) | 貫通時の比湧水量<br>(t/min/km) | 比湧水量の平均値<br>(t/min/km) |
|-------|--------------------|------------------------|------------------------|
| 火山岩   | 9.0                | 1.7                    | 0.6                    |
| 深成岩   | 4.1                | 1.5                    | 0.6                    |
| 中・古成層 | 2.0                | 3.2                    | 1.2                    |
| 泥岩・砂岩 | 1.1                | 61.0                   | 0.3                    |
| 砂礫    | 0.6                | 1.4                    | -                      |

- ILCサイト(花崗岩+堆積岩)での湧水量は、上表の工事中湧水量を参考にしつつ、土木学会等で推奨されている0.5t/min/kmに安全率2を乗じ、1t/min/kmと仮定し算出した。

主なトンネルでの工事中と恒常的湧水量の比較事例 /鉄道トンネル事例 -JR調査

| 線区             | 延長<br>(m) | 貫通時期<br>(年・月) | 工事中湧水量<br>(t/min/km) | 恒常的な湧水量<br>(t/min/km) |
|----------------|-----------|---------------|----------------------|-----------------------|
| 津軽海峡線 (青函トンネル) | 53,850    | S60.3         | 0.93                 | 0.37                  |
| 東北新幹線 (八戸-新青森) | 26,455    | H17.2         | 1.66                 | 0.60                  |
| 東北新幹線 (盛岡-八戸間) | 25,808    | H12.6         | 0.59                 | 0.24                  |
| 北陸新幹線 (長野-金沢間) | 22,251    | H19.12        | 1.15                 | 0.62                  |

約1/2に減

# 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

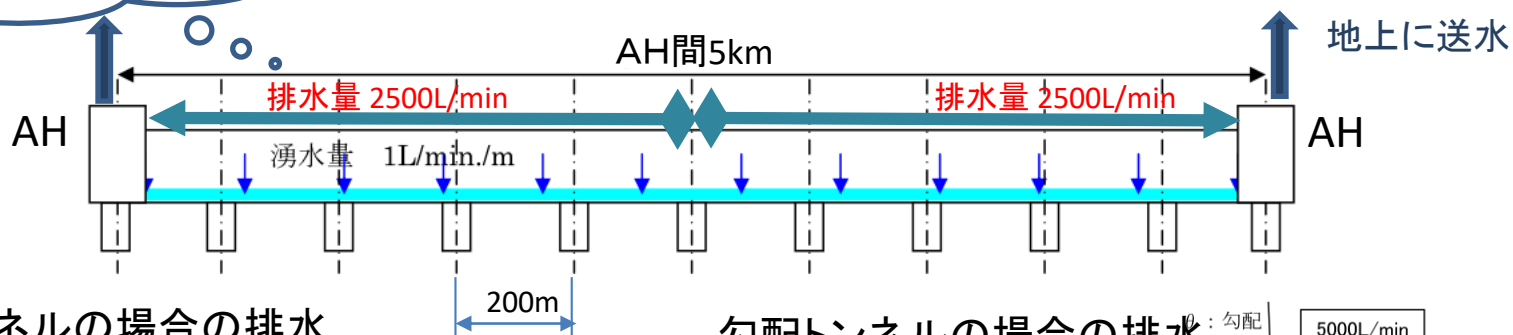
- ・ 1km当たり: 1,440 t/day/km
- ・ 1AH当たり: 7,200 t/day/P (Max)

全体湧水量: 30,000 t/day

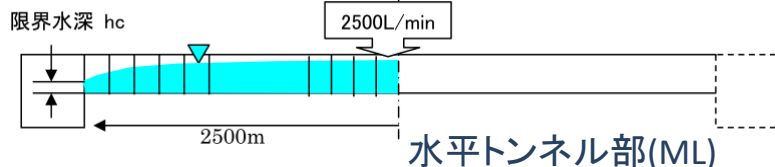
$$26.2\text{km} \times 1,440 \times 0.8 = 30,180 \text{ t}$$

ポンプ槽間隔@200mの  
湧水量 = 200ℓ/min

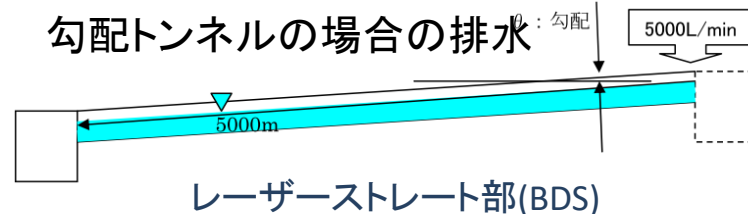
### 水平トンネルにおける湧水処理



### 水平トンネルの場合の排水

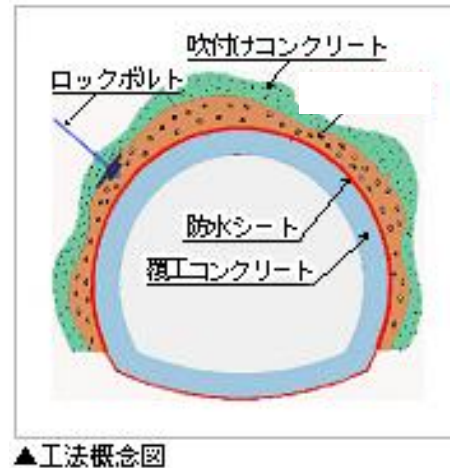


### 勾配トンネルの場合の排水



# 参考資料： 山岳トンネル-防水工法 施工標準

- 1.掘削・ズリ出し
- 2.コンクリート吹付け
- 3.ロックボルト・アンカー工
- 3.防水シート張り
- 4.鉄筋・型枠組立て
- 5.覆工コンクリート打設



## 類似トンネル施設工事状況

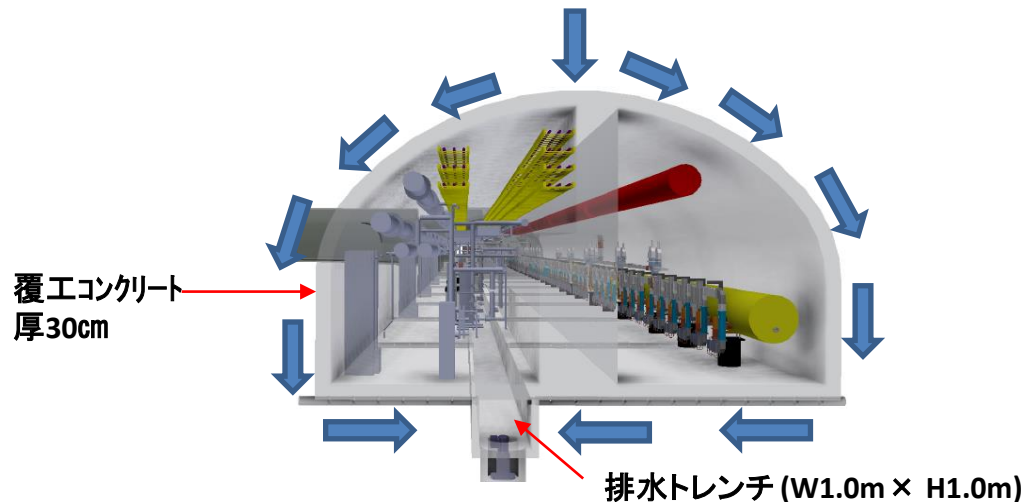
覆工コン打設前

(防水シート・鉄筋)

覆工コン型枠



## ILCTトンネルML標準断面



## 【さらに確認すべき点】活断層や破砕帯など工事困難箇所遭遇した場合の対策と追加費用

活断層や破砕帯を有しないサイトが選定されている。その経過は東北で検討された参考資料に詳細にまとめられている。ILC施設は全長20kmに及ぶ長大な線状構造物であるため、着工後に脆弱な地質部に遭遇した場合には、止水注入や地盤補強などの対策工事を臨機応変に行うことになる。トンネル工事費の算定では、このような不良地質部分が一定の割合で分布することも見込み計上されているが、想定を超えた追加コスト、契約方法については現在検討中である。

## 【さらに確認すべき点】ILCのトンネルには、通常のトンネル工事より厳しい仕様 が求められる点がないか

ILCトンネルは道路・鉄道等の一般トンネルに比べ、止水性・防水性の確保が厳しく求められる。加速器装置や電源機器を防護する観点から、トンネル上部からの漏水・滴水を防止する必要がある。加速器機器据付の際に位置調整を行うため、トンネルの幾何学的な配置は10cm程度ずれても問題ない。

# CFS関連 トンネル建設上の技術課題

ILC加速器トンネルに要求されるトンネル線形(直線性)及び所要断面に関して一般社会基盤トンネル(道路・鉄道など)と比較した場合の技術的課題の有無等についての考察。

- 要求される直線性確保に関する技術課題

- ・ 隣接するトンネル工区の会合精度の確保は**測量技術・精度に依存**されるが、ILCの場合は、直線性であることから高い測量精度の確保が可能となる。
- ・ 現行の道路・鉄道用トンネルでの施工精度の実績; 5cm以下に収束
- ・ ILCトンネルで可能な精度の想定; 1~2cm程度(軸線状の水平精度)

(加速器機器据付の際に位置調整するため、トンネル位置は10cm程度ずれても問題ない。)

- 内空断面の確保に関する技術課題

- ・ 加速器装置などのビームライン機器は、掘削トンネル床面上に敷設される鉄筋コンクリート造の床版(現場施工)に据え付けられる。
- ・ 歩床コンクリートは、隣接するトンネル掘削が完了後、掘削床面のレベル測量に基づいて基準高さを設定し構築される。(施工誤差の目標;  $\pm 1\text{cm}$ 以内)
- ・ トンネル内空の所要断面を確実に確保するため、設定された床面レベルを基準にして、**躯体コンクリートの上げ越し**(必要高さ+余裕高)を決定して施工される。(参考; 複線の新幹線トンネルにおける上げ越し量は通常5cmと規定されている)

- ILC加速器の技術的課題としては、直線性を確保すること自体よりも、直線であるが故に避けがたい地質条件の入念な**事前調査**での掌握に加え、及び施工段階での**前方地質探査技術**を駆使した柔軟な施工計画が求められることが上げられる。

## 【さらに確認すべき点】電源喪失が生じた場合の対策。非常用電源の持続時間

停電時はビームは停止し、新たな放射化は生じない。また、継続的な冷却を要する放射化物もない(9/13分科会資料P.13)。非常電源が分散配置され、緊急避難、地下水排水、ヘリウムの回収に充てられる(9/13分科会資料P.16)。また、特に重要な機器(ビームダンプなど)では局所な停電に備えた非常電源も検討している(9/13分科会資料P.8)。非常電源は東日本大震災での停電経験から72時間を想定している。

# 非常電源

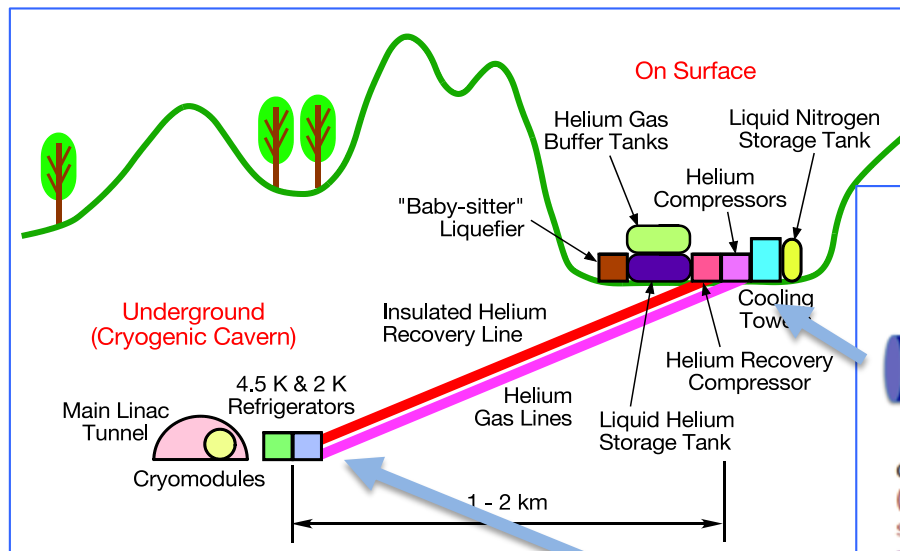
- ・東北太平洋沖地震時のような電源喪失という事態が起きた場合に、大半が地下施設となるILC実験施設では、非常電源についてどのような計画・想定をされているか

## 【回答】:

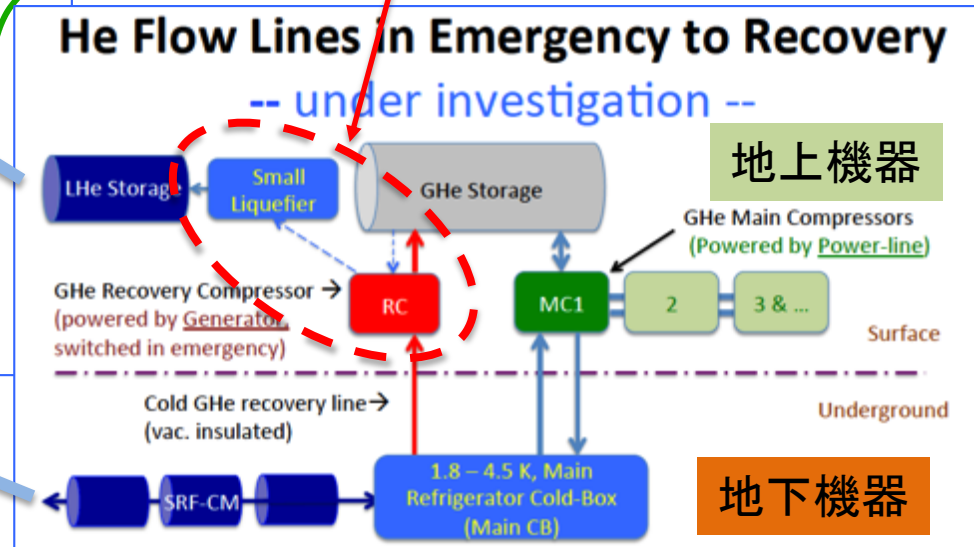
- ・非常電源設備の主たる対応:
    - ・緊急避難を含む防災機能維持に必要な電力(非常照明、警報・通信システムなど)
    - ・地下水の地上への排水システム駆動に必要な電源(揚水ポンプ等)
    - ・低温システムの安全(液体He→ガス回収・備蓄に要する電力)(別資料参照)
  - ・非常電源設備の計画概要:
    - ・全電力の約10%相当の非常電源設備を5箇所のアクセス・サブ変電所に分散設置。
    - ・冗長化設備:蓄電池(< 100 kW, > 15 分)及び非常用発電機(2 MW, 稼働<30秒以内)。
- ◆ モデル候補地域の状況に特化した検討: AAA・地域グループが検討を深めている。

# 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

## 【さらに確認すべき点】電源喪失や誤作動が起こった場合に安全サイドに流れるか

(ヘリウムについて)

ヘリウムは気体容器と液化設備で蓄えられる(9/13分科会資料P.49)が、非常用電源が長期に使えなくなった場合、液化分が少しずつ蒸発することになる。そのガスを資源として循環再利用するため、非常発電機にサポートされた小型液化機を定期的(1週間に1日程度)に稼働し、蒸発ヘリウムガスの液化を行い、貴重な資源を保持する。

(地下水について)

地下水の排水に非常用電源を使う予定であるが、これ以外に、ILC候補地ではILCが海拔100m程度であることから自然排水による排水も可能(オプション)とすべく設計・検討されている。(9/13 分科会資料、ILC 施設・電気設備と非常時安全対策の検討～北上山系をモデルとした検討～)。