

検討されているリスク -放射線・安全-

項目	リスク	回答	引用
放射線・安全	1システム異常時の停止	機器の異常を検出した場合、Machine Protection System (MPS) に通知されビームは停止する。	野村・技術的実現可能性P.124
放射線・安全	2 ILC加速器での主な放射化	加速された電子が機器に当たり発生した二次粒子により放射化が生じる。ビームダンプのダンプ水が放射化水となるが密閉管理される。その他の機器の放射化は素材元素の放射化であり、素材の内部に留まる。	
放射線・安全	3放射線安全対策	状態を監視し、異常時はビーム停止。直接ビームが当たる機器は密閉構造。停電時はビームは停止し新たな放射化は生じない。	
放射線・安全	4加速器の安全性は担保されているのか。	加速器は放射線発生装置として原子力規制委員会に申請され、安全系を含めて審議される。実際の運転の前にも安全ロジックの実地検査など厳しき審査を受ける。	コミッションング資料参照
放射線・安全	5ハドロン加速器と電子加速器の違いについて	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。	別資料

日本学術会議 2018/9/13

9

検討されているリスク -放射線・安全-

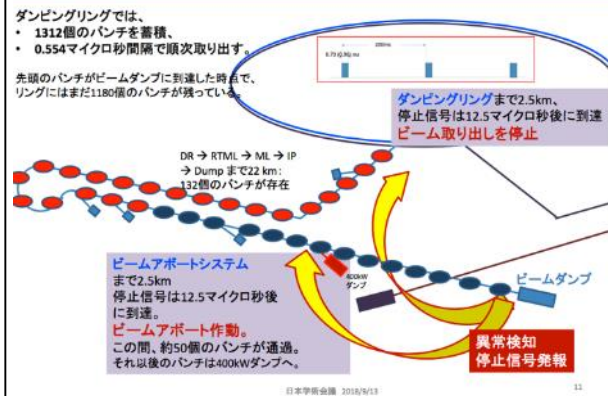
項目	リスク	回答	引用
放射線・安全	6放射線安全についてのリスクはないか。	MLトンネルなど放射線レベルの低いエリアのトンネル構造(外周コンクリート)は、一般的な土木構造物としての標準設計で十分な遮蔽となる。陽電子源やビームダンプ部等、放射線レベルが高いエリアでは追加の局所遮蔽を行うことで放射線レベルを規制基準未満に留めることができる。	別資料
放射線・安全	7地下水などの放射化は検討されているか。	ビームロスなどから仮定する地下水中のトリチウム濃度は、法で規制している値80ベクレル/ccを十分下回るように設計される。	別資料
放射線・安全	8 J-PARC事故のような問題はないか？	J-PARC(東海村)の事故では、ビーム制御機器の異常により、ビーム様の損傷が生じ、これが密閉されていないために放射性物質が放射線管理区域(実験ホール)に飛散した。これにより放射線管理区域内にいた研究者(放射線作業従事者)が被曝した。またこの一部が排風ファンの運転により意図せず外部に漏洩した。ILCでの事故と同様なことが起こらないように、安全に係わる制御機器を多重化するとともに、ビームダンプなどの冷却水は密閉された容器に収めて、これらを地下トンネルの区切られた部屋に供給して排気管理するなど、予め外部への飛散が無いように設計されている。	別資料
放射線・安全	9火事に対する対応	万が一、片側のトンネルで火災が発生したと想定すると、反対側のトンネル部が避難路となる。煙感知機が作動して、両トンネル間にある二重の防火扉が閉鎖される(当然ながら、避難には避難ドアとして使用)。	野村・技術的実現可能性P.154
放射線・安全	10ヘリウムに対する安全対策	酸素濃度が監視レベル以下になると緊急措置がとられ、警報音が野村・技術的実現可能性P.154より外部に排出される。	野村・技術的実現可能性P.154

日本学術会議 2018/9/13

10

システム異常時の停止

放射線・安全1



日本学術会議 2018/9/13

11

ILC加速器での主な放射化

放射線・安全2

- 加速された電子がビームラインの機器にあたる。
- 発生した二次粒子により周辺の機器も放射化する。

素材	生成される主な放射性同位元素	留意点
水 (H ₂ O) ・ ビームダンプ循環水 ・ 冷却水	¹⁵ O, ¹³ N, ¹¹ C ⁷ Be ³ H	半減期が2~20分。ビームダンプの飽和濃度でも数時間で減衰できるまで減少。 半減期53.4日。フィルターで除去される。ビームダンプの飽和濃度でも3年ほどで減衰できるまで減少。 半減期12.35年。 最大18.6keVのβ線(空気中5mm、水中6umしか進めない)外部被曝は無視できる。内部被曝に留意。
空気 (O, N, Ar, C)	上記+ ⁴¹ Ar, ...	ビームダンプ室など放射化の強い部屋で放射化した空気はフィルターで処理。放射能濃度を測定後確認の上、排気する。
鉄、ステンレス ・ ビームダンプ容器 ・ ビームパイプほか Fe, Ni, Cr, Mn, Si, ...	⁵⁴ Mn, ⁵⁰ Co, ...	放射能は素材内部に留まり、抜きの恐れは無い。影響が大きいものは ⁵⁰ Co(半減期5.3年、1MeVのγ線)。
チタン合金 (Ti, Al, V) ・ ビームダンプ室 ・ 陽電子機 ...	⁴⁶ Sc, ³⁹ Ar, ⁴¹ Ca, ³⁵ S, ...	直接ビームの照射を受ける。放射能は素材内部に留まる。照射時は冷却が必要であるが、ビーム輸送のために真空チャンバーで覆われているため、万が一の場合でも外部に飛散する恐れは無い。
コンクリート遮蔽体 Ca, Si, O, Al, Fe, ...	⁵⁴ Mn, ⁵¹ Be, ⁷² Na, ⁴⁰ K, ¹³² Ie, ...	放射能は素材内部に留まり、抜きの恐れは無い。表面を塗装し粉塵の発生を防止する。影響が大きいものは ⁵⁰ Co(半減期5.3年、1MeVのγ線)および ¹³² Ie(半減期13.5年、1.4MeVのγ線)。

日本学術会議 2018/9/13

12

放射線安全対策

放射線・安全3

- 放射線遮蔽
 - 地下トンネル外側(岩盤、地下水)の放射化が法令に定められた濃度限度を十分に下回るように遮蔽度を設ける。ビームダンプなどは局所遮蔽。
- 直接ビームを受ける機器(ビームダンプ、陽電子機)
 - 照射部を密閉する構造(万が一の飛散を防止)
 - 多重化管理(冷却水、空気)
- 状態監視 → インターロック → ビーム停止
 - 出入扉の状態(運転時の入室禁止を担保)
 - 非常停止ボタン(閉じ込め時のビーム運転開始の防止)
 - 放射線量
 - ビームの健全性(軌道、強度、エネルギー)
 - 制御機器の健全性(電磁石、高周波、冷却水、空調、...)
- 停電・地震
 - ビームが停止し、新たな放射化は生じない。
 - 使用済み核燃料のように継続的な冷却(崩壊熱の除去)を要するような放射化物は無い。
 - 必要な機器に予備電源を用意する。より安定な停止。
 - 放射化が予想される機器(ダンプ冷却水系も含む)の耐震設計に万全を期す。

日本学術会議 2018/9/13

13

大型加速器システムの安全

資料4

道園真一郎・宮原正信

LCC (Linear Collider Collaboration)

KEK加速器研究施設

- ・ ILC加速器システム
- ・ 放射線管理区域
- ・ 災害対策 (LHCとの対比)

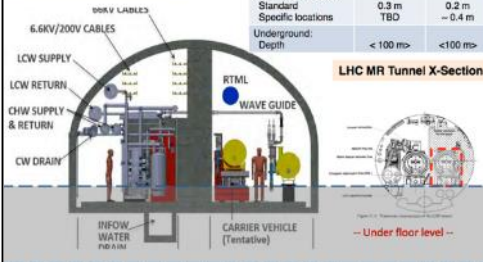
日本学術会議 (2018/10/02)

1

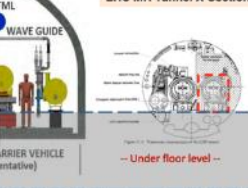
ILC-ML Tunnel compared w/ LHC-MR Tunnel

ILC-ML Tunnel X-Section

- w/ Service & Beam sections



LHC MR Tunnel X-Section



日本学術会議 (2018/10/02)

4

火事の場合の対応

KEKつくばでの火災の際の対応は下記の通りとなっている。
ILCでもこのような区域対応を行う予定である。

KEKでの運用例

	放射線レベル
特別消火区域	通常の消火活動により、被ばくが0.1mSvを超えるか、あるいは放射能汚染の恐れのある区域で、被ばく管理のため機構職員が同道する必要がある区域。
制限消火区域	1) 通常の消火活動により、被ばくが0.1mSvを超える恐れはないが、加速器施設の放射線レベルの高い箇所が点在しているか、あるいは放射性同位元素を使用しているため、機構職員等が同道する必要がある区域。 2) 通常の消火活動により、被ばくは無いが、高圧ガス、高電圧機器、危険物等が使用されているため、機構職員等が同道する必要がある区域。 3) 通常の消火活動により、被ばくは無いが、トンネル内等通路構造になっているため、機構職員等が同道する必要がある区域。

放射線以外に、高電圧に関する制限消火区域も設定

日本学術会議 (2018/10/02)

6

ILC 加速器トンネルにおける非常時・緊急安全対応 - LEP/LHC での実績を参考として -

	ILCでの対応(計画)	LEP/LHCでの対応(実績)
停電 (全範囲)	1) <30秒: 蓄電池(制御・モニター機器) 2) >30秒: 非常発電機(照明、移動機器、排水、He回収) (注: He系を<4気圧に保持、迅速な回収が不可欠) 3) <3日間: 復電(非常機燃料確保)	1) <30秒: 蓄電池(制御・モニター機器) 2) >30秒: 非常発電機(照明、移動機器、排水) (注: He系を<20気圧まで加圧可能) 3) <1日: 復電(非常機燃料確保)注: 非常機He系復旧可
火事 (保守時)	1) 隣接型トンネル・非火災側に避難→避難 2) 空室(隣接型トンネル)の移動速度以下に避難 3) 煙より早く避難(距離<2.5km/アークセメントトンネル) 注: ケーブルなど、全て避難性	1) トンネル・非火災側に避難→避難 2) 空室(隣接型トンネル)の移動速度以下に避難 3) 煙より早く避難(距離<3.4km/エレベータ) 注: ケーブルなど、全て避難性
Heガス漏洩 (保守時)	1) 酸素マスクを装着、トンネル底部に近づき (Heはトンネル上部に拡散・溜まる) (液体窒素は地下で発生しない) 2) He濃度計(Cryosense)以外では、通常のHe回収	1) 酸素マスクを装着、トンネル底部に近づき (Heはトンネル上部に拡散・溜まる: 実験機証有り) (液体窒素は地下で発生しない) 2) He濃度計(Cryosense)以外では、通常のHe回収
地震 (保守時)	1) 地震発生と同時に、定常な大型機器が特機。 2) 埋れた避難時に避難。 注: 地震発生は、深さ100mでは、地表の1/10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: 深さ100mでは、地表に安定。
湧水(・確認時) (保守時)	1) 先進的な設備(排水ポンプ)により、排水力増強 2) ビームトンネル(排水ポンプ無し)に避難・避難。外壁からの湧水が溢れた場合は、サービストンネル内経由・中央実験室→安全モータリ乗り上げまたは自然排水。	1) 湧出主の連絡法により湧水防止(CMS立坑設備) 2) 建設完了後のトンネル内への大きな湧水無し。装置の湧水は、組み上げ安全モータリ排水
トンネル入城・ ライセンス 整備	1) 上記についての調査、試験を経てライセンス 2) 入城時設備 ・ライセンス付き、ILC ID ・放射線作業着(トップ・モニター付き) ・ヘルメット(LEDサーチライト付き) ・携帯酸素ボンベ(40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)	1) 上記についての調査、試験を経てライセンス 2) 入城時設備 ・CERN ID (ライセンス登録付き) ・放射線作業着(トップ・モニター付き) ・ヘルメット(LEDサーチライト付き) ・携帯酸素ボンベ(40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)

日本学術会議 (2018/10/02)

8

ILC停電非常時: 電気・機械(排水)設備の対応

段階	時間: 非常・安全対応	コメント
A	<0.2秒: 無停電電源対応	→ 自動復帰
B	<30秒: 無停電電源→受電復帰	→ 加速器運転復帰
C	>30秒: 発電機起動/切替→加速器停止・安全対処	→ 系統復電後、運転復帰
D	<数日: 発電機連続運転可→He回収等安全措置	He地上回収(<6日)
E	>数日: 発電機燃料補給→地下トンネル排水継続	発電機燃料の備蓄増強要
F	>数日: 更に長期に電力供給がないと想定する場合	下流河川への自然放水路 放水トンネル長(4.3km)

ノート:

- 運用時間(0.1~0.2秒)であれば、He冷凍機停止に要する、バツリにより即時運転の連続稼働で、自動的に復帰を想定。
- 停電が30秒以内の場合は、自家発電機を利用せず、He冷凍機的主要電力源である圧縮機は停止、Heガス資源を回収しつつ、安全確保等の所定の準備手順を経て、まず冷凍機運転を順次復帰させ、数時間かけて加速器ビームを復帰させる。
- 30秒程度以上の停電の場合は、自家発電機の電力によりHeガス回収システム、Heシステム・照明・空調等の電力(10MW)を賄う。冗長性のある非常用小容量発電機の分散配置(30秒以内の復旧を想定)、またはコージェネ(CGS)の常時運転により対応。加速器ビーム及び主要機器は全てOFFとなる。系統電力復旧後、30分間の安全確認・復帰作業を行う。
- 数日及び長期停電においては、備蓄燃料による自家発電機の電力で賄う。加速器ビーム主要機器は全て停止し、作業の安全確保、Heの地上回収が必要。
- 超長期での停電が継続する場合、Heの地上回収には、約3日間の自家発電機の連続稼働が必要となる。その後は、排水ポンプの連続稼働となり、必要な電力は賄える。燃料確保については、公共施設での標準的な対応に沿って、1日分の備蓄が見積もりに含まれているが、近年の東北での経験に基づき、3日間以上の稼働に増強する。
- 超長期での停電が継続し、かつ冗長性のある自家発電機も全て作動できなかった場合に備える。メインライナック・サービストンネル(高電圧電源エリア)水平床面に流れ込んだ自然湧水は、水面上昇とともに緩やかに流れ、傾斜を持った物理実験ホールに向かう直線トンネル部分を経由する自然湧水となり、中央実験ホールに設けた貯留槽に溜められる。ここでモニターによる安全確認がなされつつ、より低い下流河川に自然排水することが可能。北上山系(常盤川)では、ヒドリームラインレベルが標高110mの地点にあることから、全停電が長期に継続した場合でも自然排水でも、加速器トンネルの水没がない設計が実現できる。候補地が特定され、自然環境調査を踏まえた上で、現実性のあるバックアップ案となる。

日本学術会議 (2018/10/02)

9

Global Design Effort

日本案防災計画理念

Myshara 15087
日本学術会議

ML断面イメージ

避難用通路

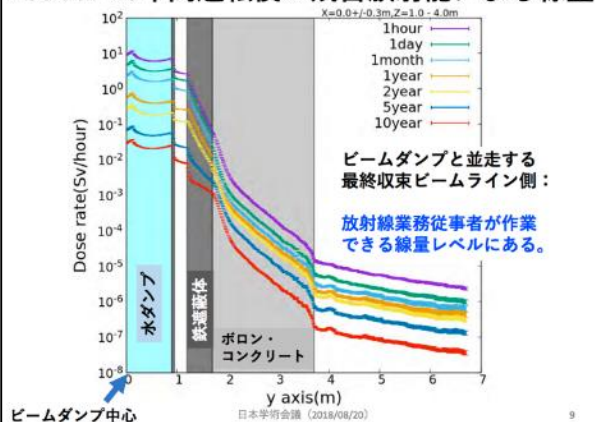
避難路の冗長性イメージ

主加速器トンネル MLT

日本学術会議 (2018/10/02)

10

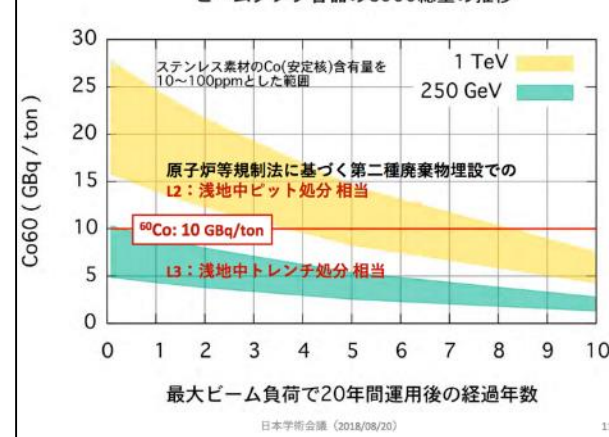
250GeV 20年間運転後の残留放射能による線量



原子炉等規制法での廃棄物埋設基準を採用した場合の検討



ビームダンプ容器のCo60総量の推移



トリチウム
 ^3H 半減期12.3年 β 崩壊 18.6 keV(最大値) 電子を放出

ILC メインダンプ (水吸収体) では、 ^{16}O の核破砕反応により生成される

地下トンネル外環境 (地下水など) の放射化を規制限度以下とするため、ダンプ
周辺には十分な厚みのコンクリート遮蔽体を設置する。

施設	トリチウム総量	
ILC メインダンプ	100 兆ベクレル (飽和) e^+, e^- 合計 $0.3\text{g}(^3\text{H})/100\text{t}$ (循環水) $=0.003 \text{ wppm}$	2.6 MW で 5,000 時間の運転 - 地下100mのビームラインに設置。 - 一次水: 閉鎖循環, $100 \text{ m}^3(\text{e}^+, \text{e}^- \text{合計})$
J-PARC 水銀ターゲット	92 兆ベクレル (飽和)	1MW で 5,000 時間の運転 - 水銀: 閉鎖循環, 1.4 m^3 JAEA-Technology 2009-010
福島第一原発 炉内、タンク、トレンチ (汚染水)	2500 兆ベクレル	2016.9.22時点 (東京電力) 2016.11.11東京電力資料

日本学術会議 (2018/08/20)

ビームダンプの冗長化 (案)

不慮の故障に対応

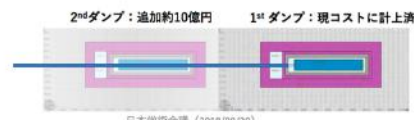
- 「放射化による復旧作業の制限=数年の停止」を回避

経験を積んで高度化する

- 信頼性の向上、17MW(1TeV)等への技術確認

ダンプラインに直列配置

- e^+e^- ビーム衝突で生じるBeamstrahlung光子 (直進) をビームダンプで受けるため。
- 2ndダンプは1stの直前に後から設置する。床工事等はあらかじめ必要。冷却水施設は共用 (再利用) 可能。



まとめ

- ビームダンプは2.2MWビームダンプの設計者による設計。
 - 仕様17MWに対して、250GeV ILCでは2.6MWで尤度がある。
 - ビームダンプの周辺にはシールドが置かれ冷却水は循環系で構成される。万が一ビームダンプの不具合や水漏れが起きた場合も放射性物質の散逸を避ける構造となっている。
 - シミュレーションの結果、20年間の運転後もビームダンプ本体の放射化は原子炉等規制法のL3(浅地中トレンチ処分)相当。
 - トリチウムの発生量は2台で100兆ベクレル(20年の運転後の飽和値)で、J-PARCの中性子発生用水銀ターゲットと同程度のレベル。
 - 解体時には、国の基準に従って処理される。
- 日本学術会議 (2018/08/20)

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。

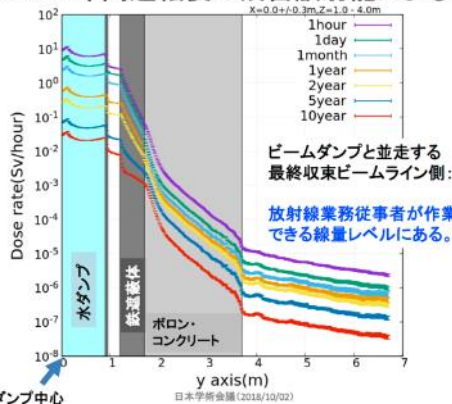
作業内容見積もり:

- ・ 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。

日本学術会議(2018/10/02)

62

250GeV 20年間運転後の残留放射能による線量



日本学術会議(2018/10/02)

62

【さらに確認すべき点】放射化物の生成とその処理法

ビームダンプ循環水については、 ^{15}O 、 ^{13}N 、 ^{12}C の半減期が2~20分で数時間で無視できるまで減少する。 ^3H については、循環水として閉鎖循環とする。その他、鉄、ステンレス、コンクリート遮蔽体等については、放射化しても素材内部にとどまり拡散の恐れはない。(9/13分科会資料1P.12)再利用がむづかしいもののうち、放射化が認められるものは、国で計画されている「研究施設等廃棄物の埋設事業」が扱う低レベル放射性廃棄物の中でも、低いレベルの廃棄物だけを収める施設(上記埋設事業の第一期事業で計画されている施設)に処分する。(8/20分科会資料1P.16)

日本学術会議(2018/10/02)

60

ILC加速器での主な放射化

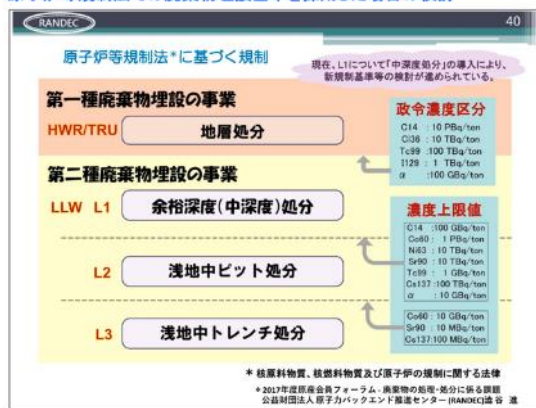
- 加速された電子がビームラインの機器にあたる。
- 発生した二次粒子により周辺の機器も放射化する。

素材	生成される主な放射性同位元素	留意点
水 (H_2O) ・ ビームダンプ循環水 ・ 冷却水	^{15}O , ^{13}N , ^{12}C ^7Be ^3H	半減期が2~20分。ビームダンプの飽和温度でも数時間で無視できるまで減少。 半減期53.4日。フィルターで除去される。ビームダンプの飽和温度でも3年ほどで無視できるまで減少。 半減期12.35年。最大18.6MeVのβ線(空気中5mm、水中4μmしか進めない)外部被曝は無視できる。内部被曝に留意。
空気 (O , N , Ar , C)	上記+ ^{41}Ar , ...	ビームダンプなど放射化の強い領域で放射化した空気はフィルターで処理。放射線濃度を測定確認の上、排気する。
鉄、ステンレス ・ ビームダンプ容器 ・ ビームパイプほか Fe, Ni, Cr, Mn, Si, ...	^{54}Mn , ^{59}Co , ...	放射能は素材内部に蓄まり、拡散の恐れは無い。影響が大きいものは ^{60}Co (半減期: 5.3年、1MeVのγ線)。
タン合金 (Ti , Al , V) ・ ビームダンプ室 ・ 電子導管	^{46}Sc , ^{50}Ar , ^{41}Ca , ^{35}S , ...	直接ビームの照射を受ける。放射能は素材内部に蓄まり、照射時は冷却が必要であるが、ビーム搬送のために真空中で稼働しているため、ガスの場合でも内部に滞留する恐れは無い。
コンクリート遮蔽体 Ca, Si, O, Al, Fe, ...	^{54}Mn , ^3H , ^7Be , ^{22}Na , ^{60}Co , ^{152}Eu , ...	放射能は素材内部に蓄まり、拡散の恐れは無い。表層を被覆し物質の発生を防止する。影響が大きいものは ^{60}Co (半減期: 5.3年、1MeVのγ線)および ^{152}Eu (半減期13.5年、1.4MeVのγ線)。

日本学術会議(2018/10/02)

61

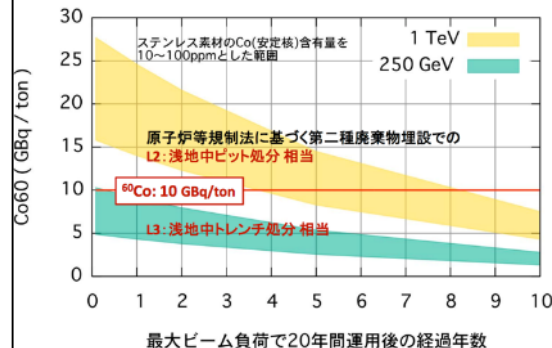
原子炉等規制法での廃棄物埋設基準を採用した場合の検討



日本学術会議(2018/10/02)

63

ビームダンプ容器のCo60総量の推移



日本学術会議(2018/10/02)

64

トリチウム

^3H 半減期12.3年 β崩壊 18.6 keV(最大値)電子を放出

ILCメインダンプ(水吸収体)では、 ^{16}O の核破砕反応により生成される

地下トンネル外環境(地下水など)の放射化を規制限度以下とするため、ダンプ周辺には十分な厚みのコンクリート遮蔽体を設置する。

施設	トリチウム総量	
ILC メインダンプ	100 兆ベクレル (飽和) $\text{e}^+ \cdot \text{e}^-$ 合計 $0.3\text{g}(\text{H}_2\text{O}/100\text{g}(\text{循環水}))$ $\approx 0.003 \text{ wppm}$	・ 2.6 MW で 5,000 時間の運転 ・ 地下100mのビームラインに設置。 ・ 一次水: 閉鎖循環, 100 m^3 ($\text{e}^+ \cdot \text{e}^-$ 合計)
J-PARC 水銀ターゲット	92 兆ベクレル (飽和)	・ 1MW で 5,000 時間の運転 ・ 水銀: 閉鎖循環, 1.4 m^3 JAEA-Technology 2008-010
福島第一原発 炉内、タンク、トレンチ (汚染水)	2500 兆ベクレル	・ 2016.9.22時点(東京電力) 2016.11.11東京電力資料

日本学術会議(2018/10/02)

65

大型加速器システムの安全

資料4

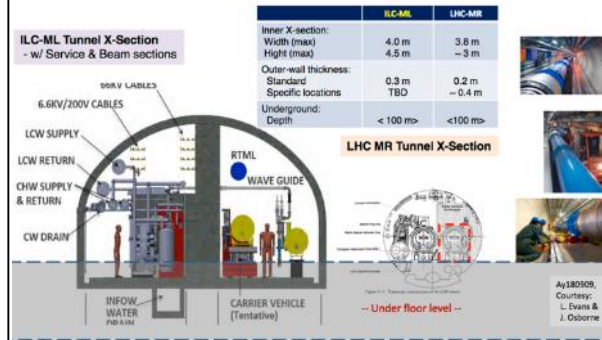
道園真一郎・宮原正信
LCC (Linear Collider Collaboration)
KEK加速器研究施設

- ILC加速器システム
- 放射線管理区域
- 災害対策(LHCとの対比)

日本学術会議(2018/10/02)

3

ILC-ML Tunnel compared w/ LHC-MR Tunnel



日本学術会議(2018/10/02)

4

火事の場合の対応

KEKつくばでの火災の際の対応は下記の通りとなっている。
ILCでもこのような区域対応を行う予定である。

KEKでの運用例

	放射線レベル
特別消火区域	通常の消火活動により、被ばくが0.1mSvを超えるか、あるいは放射線汚染の恐れのある区域で、被ばく管理のため機構職員等が同道する必要がある区域。
制限消火区域	1) 通常の消火活動により、被ばくが0.1mSvを超える恐れはないが、加速器施設の放射線レベルの高い箇所が点在しているか、あるいは放射性同位元素を使用しているため、機構職員等が同道する必要がある区域。 2) 通常の消火活動により、被ばくの恐れはないが、高圧ガス、高電圧機器、危険物等が使用されているため、機構職員等が同道する必要がある区域。 3) 通常の消火活動により、被ばくの恐れはないが、トンネル内等通路構造になっているため、機構職員等が同道する必要がある区域。

放射線以外に、高電圧に関する制限消火区域も設定

日本学術会議(2018/10/02)

5

ILC 加速器トンネルにおける非常時・緊急安全対応 - LEP/LHC での実績を参考として -

	ILC での対応(計画)	LEP/LHC での対応(実績)
停電 (全範囲)	1) <30秒: 蓄電池(制御・モニター機器) 2) >30秒: 非常発電機(照明、移動機器、排水、He回収) (注: He系を<1分以内に確保、迅速な回収が不可欠) 3) <1分間: 復電(高電圧機器は除外)	1) <30秒: 蓄電池(制御・モニター機器) 2) >30秒: 非常発電機(照明、移動機器、排水、He回収) (注: He系を<1分以内に確保、迅速な回収が不可欠) 3) <1分間: 復電(高電圧機器は除外)
火事 (保守時)	1) 避難経路・消火活動に迅速に避難 2) 空調機稼働速度を人の移動速度以下に制御。 煙より早く避難(距離<2.5km: アクセストンネル) 注: ケーブルなど、全て避難性	1) トンネル・消火活動に迅速に避難 2) 空調機稼働速度を人の移動速度以下に制御。 煙より早く避難(距離<4.4km: アクセストンネル) 注: ケーブルなど、全て避難性
Heガス漏洩 (保守時)	1) 警報システムを起動、トンネル底部に到達して避難 (液体窒素は地下で使用しない) 2) He 漏洩箇所(Cryostat) 以外では、通常のHe 回収	1) 警報システムを起動、トンネル底部に到達して避難 (液体窒素は地下で使用しない) 2) He 漏洩箇所(Cryostat) 以外では、通常のHe 回収
地震 (保守時)	1) 地震発生と同時に、安全な大型機器移動で待機。 2) 揺れの減衰時に避難。 注: 地震震動は、深さ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) 特別な対策無し。 注: 深さ100mでは、さらに安定。
湧水(建設時) (保守時)	1) 先進地などの事前調査、排水力増強 2) ビームトンネル側(排水ポンプ無し)に迅速に避難。外敷地からの湧水が溢れれば場合は、サービストンネル内経由・中央実験室安全室へ避難し、必要に応じて自然排水。	1) 湧出土壌の漏洩防止により湧水防止(CMS立坑建設時) 2) 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、組み上げ安全室へ排水
トンネル入域 ライセンス 設備	1) 上記についての講習、試験を経てライセンス 入域時設備: ・ライセンス付き、ILC ID ・放射線作業票(モニター付き) ・ヘルメット(LEDサーチライト付き) ・携帯酸素ボンベ(30分) ・緊急退避計画(アプリアン) ・自転車、電動作業車(オプション)	1) 上記についての講習、試験を経てライセンス 入域時設備: ・CERN ID (ライセンス登録付き) ・放射線作業票(モニター付き) ・ヘルメット(LEDサーチライト付き) ・携帯酸素ボンベ(30分) ・緊急退避計画(アプリアン) ・自転車、電動作業車(オプション)

日本学術会議(2018/10/02)

8

ILC停電非常時: 電気・機械(排水)設備の対応

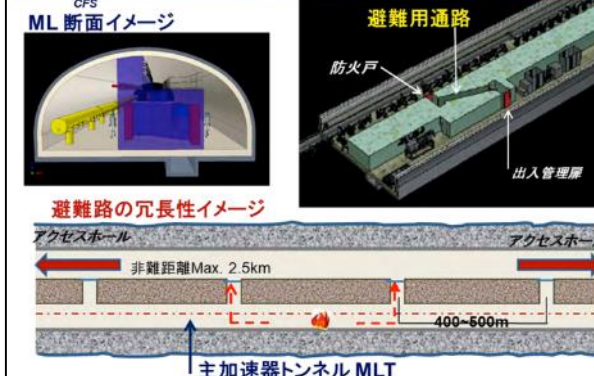
段階	時間: 非常・安全対応	コメント
A	<0.2秒: 無停電電源対応	→ 自動復帰
B	<30秒: 無停電電源→受電復帰	→ 加速器運転復帰
C	>30秒: 発電機起動/切替→加速器停止・安全対応	→ 系統復電後、運転復帰
D	<数日: 発電機連続運転可→He回収等安全措置	He 地上回収(<6日)
E	>数日: 発電機燃料補給→地下トンネル排水継続	発電機燃料の備蓄増強要
F	>数日: 更に長期に電力供給がないと想定する場合 →中央実験ホールから下流河川に自然排水(可)	下流河川への自然放水路 放水トンネル長(4.3km)

ノート:
A) 異常停電(0.1~0.2秒)であれば、He冷凍機停止に至らず、バッテリーにより制御機器の連続稼働で、自動的に復帰を想定。
B) 停電が30秒以内の場合は、自家発電機を利用せずに復帰。He冷凍機的主要電力機器である圧縮機は停止。Heガス資源を回収しつつ、安全確認等の所定の復帰手順を経て、まず冷凍機稼働を順次復帰させ、数時間かけて加速ビームを復帰させる。
C) 30秒程度以上の停電の場合は、自家発電機の電力によりHeガス回収システム、排水システム・照明・空調等の電力(10MW)を確保。冗長性の高い非常用の自家発電機の分散配置(30秒以内の稼働を可能)と、またはコージェネ(CGS)の常時稼働により対応。加速器ビーム及び主要機器は全てOFFとなる。系統電力復旧後、b)同様の安全確認・復帰作業を行う。
D) 数日に及ぶ長期停電においては、備蓄燃料による自家発電機で稼働。加速器ビーム主要機器は全て停止し、作業員の安全確保。Heの安全地上回収、排水ポンプの連続稼働が必要。
E) 延長期間での停電が継続する場合、Heの地上回収は、約3日間の自家発電機の連続稼働が必要となる。その後は、排水ポンプの連続稼働により、必要な電力は削減する。燃料備蓄については、公共施設での標準的な対応に即して、1日分の備蓄が見積りに含まれているが、近年の東北での経験を経た上、3日間以上の備蓄を増強する。
F) 延長期間での停電が継続し、かつ冗長性のある自家発電機も全て作動できなかった場合に相当する。メインライナック・サービストンネル(高電圧電源エリア)水平床面に流れ込んだ自然湧水は、水面よりさらに下に掘削して、傾斜を持った物理実験ホールに向かう避難トンネル部分を確保する自然排水と中央実験室実験ホールに設置する貯留槽に導かれる。ここでもモニターによる安全確認がなされつつ、より標高の低い下流河川に自然排水することが可能。北上山系(飯沼)では、ILCビームラインレベルが標高110mの地点にあることから、全停電が長期に継続した場合でも自然排水でき、加速器トンネルの水没がない設計が実現できる。候補地が特定され、自然環境調査を進めた上で、真実性のあるバックアップ案となる。

日本学術会議(2018/10/02)

9

日本案防災計画理念



日本学術会議(2018/10/02)

10