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 が同道する必要のある区域。
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個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のある区域 2)通常の消火活動により、被ばくの恐れは無いが、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のある区域。 3)通常の消火活動により、被ばくの恐れは無いが、トンネル内等迷路構造になっているため、機構職員等が同道する必要のある区域。

放射線以外に、高電圧に関する制限消火区域も設定

放射線管理区域



KEKでの運用例

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) 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 	 トンネル・非火災側に退避→避難 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) 2) 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~1/5 レベルまで緩和	 この地域で、これまで大規模地震経験無し。 特別な指針無し。 注:深度100m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 ビームトンネル側(排水ポンプ無し)に退避・避難。外地盤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→安全モニタ→組み上げまたは自然排水。 	 周辺土壌の凍結法により湧水防止(CMS立坑建設時) 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・ ライセンス 装備	 1) 上記についての講習、試験を経てライセンス 2) 入域時装備: ・ライセンス付き、ILC-ID ・放射線作業者バッチ(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)、 ・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) 	 1) 上記についての講習、試験を経てライセンス 2) 入域時装備: •CERN-ID(ライセンス登録付き) •放射線作業者バッチ(モニター付き) •ヘルメット(LED サーチライト付き) •携帯酸素マスク・ボンベ(< 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)

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
А	<0.2 秒:無停電電源対応	→自動復帰
В	<30 秒; 無停電電源→受電復帰	→加速器運転復帰
С	>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
	→中央実験ホールから下流河川に自然排水(可)	放水トンネル長(4.3 km)

ノート:

- A) 瞬時停電(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 冷凍機の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、まず冷凍機運転を順次復帰させ、数時間をかけて加速器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)を賄う。<u>冗長性のある非常用小型発電機の分散常備配置(30秒以内の確実な起動)、またはコジェネ(CGS)の常時運転により対応。</u>加速器ビーム及び主要機器は全てOFFとなる。系統電力復帰後、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の電力で賄う。加速器ビーム主要機器は全て停止し、作業者の安全退 避、Heの安全地上回収、排水ポンプの連続稼働が必要。
- E) 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、必要な電力は半減する。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を踏まえ、3日間以上の備蓄に増強する。
- F) 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相当する。メインライナック・サービストンネル (高周波電源エリア)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水流となり中央物理実験ホールに設ける貯留槽に導かれる。ここでモニターによる安全確認がされつ つ、より標高の低い下流河川に自然排水することができる。北上山系(候補地)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 然環境調査を踏まえた上で、現実性のあるバックアップ案となる。



主加速器トンネル MLT

Appendix



大型加速器システム:CERN



Start the protons out here



http://lhc-machine-outreach.web.cern.ch/lhc-machineoutreach/lhc_in_pictures.htm

[,] Linac2: プロトンを50MeVまで加速 → PSBへ入射

PSB(プロトンシンクロトロンブースター): 周回させながら1.4GeVまで加速 → PSB出射してPSへ入射

PS(プロトンシンクロトロン): 周回させながら25GeVまで加速 →PS出射してSPSへ入射

SPS(スーパープロトンシンクロトロン): 周回させながら450GeVまで加速 →SPS出射してLHCへ入射(ここまで~4分)

LHC: 周回しながら6.5TeVまで加速(~20分)

大型加速器システム: J-PARC

http://www.j-parc.jp 速い取り出し	/images/J-PARC_1j.jpg	J-PARC 施設 (日本原子力研究開発機構 2 高エネルギー加速器研究機構 共同事業) 2009年7月16日鳥 2009年7月16日鳥 2009年7月16日鳥 2009年7月16日鳥 2009年7月16日鳥 2009年7月16日鳥 2009年7月16日鳥 2009年7月16日鳥 2009年7月16日鳥	出し:周回ビームを1 出し:2秒程度かけて とんどはMLFに。2.5秒 にハドロン実験のた 中性子・ミューオンの	またして、「「「「「」」」では、「「」」」では、「」、「」、「」、「」、「」、「」、「」、「」、「」、「」、「」、「」、「」、
 平成19年度ビー 平成20年度ビー 2014年11月のパラン https://j-parc.jp/rese 	A	遅い取り出し*	高エネルギーの に応じて自動的 分けられている。 RCS	陽子加速器は目的 に目的の利用に振り
	運転エネルギー	400 Mev	3 GeV	30 GeV
	運転周期	40ミリ秒 (25 Hz)	40ミリ秒 (25 Hz)	2.5 - 6.0秒
	運転時電流	30 mA x 500 µs	90 µA(平均)	8 µA(平均)
	運転時ビームパワー	最 天际营航会 議(2018/10/02)	約300 kW	約240 kW 14

SuperKEKB入射器

KEKB(1998-2009)では、最上流の電子・陽電子入射器から4つのリングにビームを供給している。

このうち、放射光施設、KEKB-ハイエナジーリング、KEKB-ローエナジーリングにはパルスごとにビーム供給を切り替える入射(「同時入射」)が定常的に行われていた。





地震に対する対応

地震に対する対応:

- ・ 震度5強以上の地震が発生した場合、安全確保の上、可能な限り速やかに施設・設備の 点検を行う
- 法令報告の対象となる異常事態が発生した場合には、原子力規制委員会に連絡する (平成30年03月07日 原子力規制庁長官官房 総務課事故対処室 放射線規制部門 事務連絡が準用される)

地震による被害:

- 震度5以下:これまでの経験では、機器の健全性は保持。
- ・ 震度6以上:東日本大震災では東海地区(J-PARC)・つくば地区(KEKB等)も震度6弱のゆれ。
 加速器も真空リーク等の被害が出た。

加速器における地震のリスク:

- ・ 大きな地震が起きると、相対的にビーム位置が変動しインターロックが働く。
 → ビーム運転の停止 → それ以降は新たな放射能は発生しない。
- さらに大きな地震が生じると、各機器のインターロックにより停止。停電が起きると、全加 速器が停止。
 - → 加速器の場合、運転停止後の継続的な冷却は不要。

(配慮するべきは、トンネル内に作業員がいた場合の避難、トンネルの地下水排水、ヘリ ウムの回収) →停電時の対策参照

地震対策

加速器施設の耐震性について:

- ILC加速器のなかで断熱設計のため耐震性がもっとも弱いと考えられるクライオモジュールについてISO3010の加振スペクトラムを用い、筑波地区の地上地盤強度と100年に1度規模の加速度を想定した耐震計算・設計を行なっており、ボルトのサイズアップなどの少しの改造で耐震性に問題がないことをLCC内で共有している。
- その他マグネットなどの加速器機器は海外のものであっても日本の耐震基準にそって設置するので耐震性を持たせる事ができる。
- 地下トンネル内では振動振幅が地上部の1/2から1/5に減少するので、大きな余裕度を持つことになる。地上部に大規模に設置されるヘリウム施設は、高圧ガス設備であり、その設置には耐震設計が義務づけられているので、耐震性をもっている。

測定器等の耐震性について

- 測定器に関しては、現在、有限要素法を用いた解析が行われており、地震の際の検出器の変形、 変位、応力などが調べられている。そのスタディをもとに、設計の最適化がなされる予定である。この解析で用いられている振動の強度としては建築物荷重指針(日本建築学会)およびISO3010に 従い、100年に一度の強い地震のものが用いられている。
- なお、測定器に付随する極低温ヘリウム冷却設備については、上述の有限要素解析結果に基づいて、高圧ガス保安法の許容スパン法などに準拠した設計を行う予定

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。
	L2地震動	性能レベルⅡ 早期に機能が回復	・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
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
	L2地震動	性能レベルⅡ 早期に機能が回復	・岩盤変位による実験機能・性能への 致命的な影響防止

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







測定器補足説明

- 地震による加速度応答スペクトラム
 - 検出器は地下に設置されるが、組立は地上で行われるため、地下、地上、それぞれの加速
 度応答スペクトラムを用いた計算を行う。衝突点の場所が最終的に決定すれば、その地点
 での地盤・地下構造に特化したスペクトラムで最終確認を行う
- 免震機構
 - 検出器を支える脚部や、検出器が設置されるプラットフォームについて、免震機構を持たせることも考えられている
- 検討の現状(一部)
 - 鉄リターンヨークとハドロンカロリーメーターの相対変位(下図右)と、その計算に用いた加速 度応答スペクトラム(下図左)



