[III-17] 9月13日　分科会資料1「検討されているリスクについて」（抜粋）

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

日本学術会議 2018/9/13　2

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体を設ける。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、陽電子標的）
- **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

検討されているリスク　–加速器土木–

項目		リスク	回答	引用
加速器土木	1	停電時の対応はどのようになっているか。	停電時には、緊急避難を含む防災機能維持、地下水の地上への排水、地下部のHeガス対応を想定しており、それに必要な非常電源を準備する。	別資料
加速器土木	2	環境アセスメント	モデル候補地域においては、地域の自主努力として予備環境調査が実施されており、検討を深めている。	
加速器土木	3	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。	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事態をできる限り未然に回避する努力が大切。突発的な湧水については、止水剤注入工事、水抜きボーリングなどの対策が考えられる。	別資料
加速器土木	4	トンネル形状に余裕がないのではないか。	LHCのトンネルはILCより一回り小さいトンネルとなっていて、空きスペースを考えてもILCのものの方が余裕がある。	別資料
加速器土木	5	掘削工事で発生する土砂・ズリの中に自然由来の重金属が含まれていた場合にどのように対応するのか。	事前調査に基づいてリスクを評価し、環境への影響を避けるための対策を実施する。	別資料

日本学術会議 2018/9/13　14

非常電源

加速器土木1

・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。

日本学術会議 2018/9/13　16

地震対策

加速器土木10

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

日本学術会議 2018/9/13　70

[III-18] 10月16日　委員会資料2「10月11日付け追加質問に対する回答」p.5

(5) 必要人員について

KEKのILCアクションプランでは日本で加速器人員を122名にする想定で、毎年15-20名程度の人員増に相当する。KEKでは1980年代に毎年50名規模で職員数が増加していた。

「*KEKのILCアクションプランでは日本で加速器人員を122名にする想定で、毎年15-20名程度の人員増に相当する。*」というのはどういう意味か分かりませんでした。ILCの実施の際には、1980年代のような大幅人員増を前提としているのでしょうか。

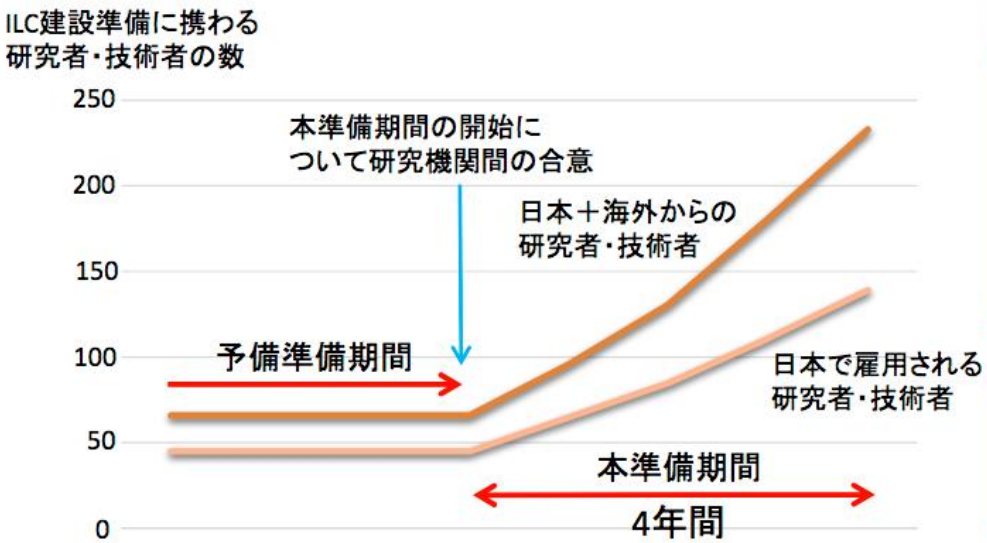
KEKアクションプランでは、加速器研究者・技術者について現有の42名から徐々に増やして準備期間の4年目には122名とする、すなわち計80名の増員を図る提案となっている。この増加分のうち50-60名はKEKにおける現行の高エネルギー物理学研究プロジェクトから段階的に移行してくることが可能で、残る20-30名は新規雇用、企業への業務委託などによる増員が必要である。（10月1日山内参考人説明資料３－１ P.16参照）

KEK
High Energy Accelerator Research Organization

KEKからILCへの人材供給

表 3'. ILC-250 加速器・準備期間に必要な人材案（FTE）[1]　　2016年1月　KEK ILCアクションプランより

	予備期間 [2]	本準備期間 [3]				ILC250 建設期間 [4]		付記
	現在	P1	P2	P3	P4	C1	C2	
加速器：日 ：外国	42 ≥ 20	54 28	74 41	98 65	122 89	160	305	日：特に SRF 量産化技術実証・習熟要 [5] 欧米：量産化技術は経験済み [6]
施設：日 ：外国	3 1	11 3	11 5	13 5	17 5	50	60	日：中心的に推進。アウトソーシング活用 外国：専門的協力
共通：日 ：外国	2 1	7 3	10 4	13 6	14 7	100	110	日：中心的に推進 外国：専門的協力 [7]
管理：日 ：外国	5 3	8 4	10 6	14 8	18 10	75	135	日：中心的に推進 外国：専門的協力。各地域での事務管理 [8]
合計	≥ 77	118	161	222	282	385	610	



プレ研究所の人員計画

本準備期間に、KEKの加速器研究者・技術者190名（定年制職員のみ）のうち、50－60名が段階的にプレ研究所に参加することが可能。さらに20－30名の研究員の雇用、業務委託によって本準備期間の遂行に必要な日本側人員140名の確保が可能。

ILC国際研究所の人員計画

ILC建設においてはさらに多くの人員が必要。雇用形態、人件費の分担等々を本準備期間のうちに国際協議によって決める。

〈人材〉

・　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。

[説明]

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Euro-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。

〈波及効果〉（分）

○　技術波及効果

加速器技術が多方面に応用されていることは事実であるが、 ILC計画の実施に伴う技術波及効果を論ずるうえでは、 「ILCプロパー」技術の応用と「加速器一般」技術の応用とを明確に区別した形で社会に伝えるべきである。後者は、ILC計画が実施されるか否かとは無関係である。 「加速器」や「超伝導」に関わる技術を見境なく「技術的波及効果」にカウントするような言説は慎むべきである。

ILC計画における超伝導加速器技術は特殊性が高く、一般の民生分野への応用にはハードルが高い。大きな波及効果を期待しないほうが良いだろう。そもそもILCで使用される諸技術は建設開始段階で成熟したものである必要があり、 ILC建設過程で技術的イノベーションを想定する開発研究に依存するようなシナリオでは計画自体が成り立たない。また、要素機器の量産が民間の新たな技術開発を誘発する要素も少ないと考えられる。

[説明]

「ILCプロパー」な技術と「加速器一般」の技術の間に明確な境界線を引くことは困難である。特定の目的で開発された技術が汎用性を持ち当初目的以外に応用され成功した事例は数多く知られている。素粒子物理学のために米国SLACで開発されたSバンド加速管は、その後、全世界の様々な目的の加速器に応用され普及した。また、SACLAに採用されたCバンド加速管も、欧州Euro-XFELのLバンド超伝導加速管も、リニアコライダーのため技術開発の成果であるが、それ以前の加速器科学の積み上げの成果でもある。いずれも総体としての加速器科学への投資による技術の波及効果である。ILCの実現は、より高いエネルギーを目指すより高勾配の加速空洞開発のインセンティブとなり、加速器科学全体を前進させ、新たな応用の道を開くと考える。

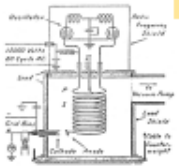
[III-22]　8月29日　委員会資料4「国際リニアコライダー、関係者ヒアリング」p.15, 16

加速器技術の波及効果の例

特定の加速器への投資は、別の分野の加速器に波及する

加速器

高エネ→医療用加速器



1-MV X-ray tube(1935)

バークレーで発明、
サンフランシスコの病院に設置

E.O. Lawrence は母親の
がん治療にこれを用いた。

「原爆を作った科学者たち」（岩波）

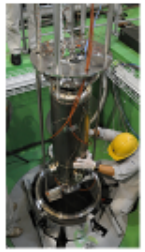
高エネ→放射光加速器

N_2-dopeによるニオブ表面抵抗の改善（2012）
→ 超伝導空洞のQ値が2-3倍に

冷凍機プラント(Jefferson Lab.)
(4.6kW@2K, 消費電力 5.5 MW)

LCLS-II （SLACの超伝導XFEL）
同型プラント2機で運用可能に
→ 建設に Go サインが出た
ポイントのひとつ

高エネ→原子力用加速器



イオン加速用超伝導空洞

理研、藤田ImPACT
「核変換による高レベル
放射性廃棄物の大幅な
低減・資源化」

KEKの施設を利用して
性能確認(2016)

15

加速器技術の波及効果の例

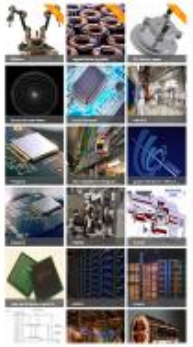
1937年、Varian 兄弟による
クライストロンの発明

80年後

Varian Medical Systems

年間売り上げ $2,700M (2017)

Knowledge Transfer at CERN
https://kt.cern/



CT画像のカラー化

宇宙環境用半導体
（耐放射線特性）

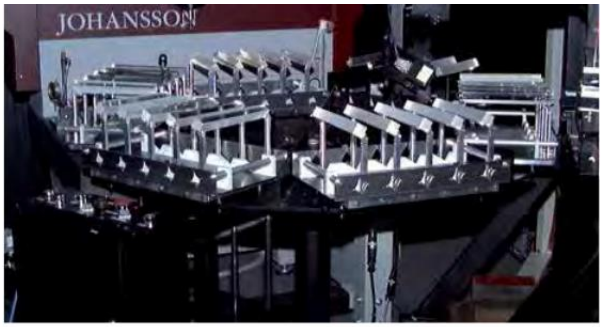
自律ロボット用
ソフトウェア

16

Accelerating science and innovation
Societal benefits of European research in particle physics

科学とイノベーションを加速する
欧州の素粒子物理学研究の社会的恩恵

European Strategy Update



CERMのCMS実験で使われる鉛タングステン結晶。同様の結晶が、PET診断装置で使われている。

医療とライフサイエンス

知識体系：健康に役立てられる素粒子

今日、素粒子物理のテクノロジーは、多くの医療応用において重要な役割を担っている。粒子加速器や測定器の技術が、病気の予防、診断、治療、予後診断といった医療分野でますます活用されている。

エネルギーと環境

大きく考える：省エネ・地球環境再生

今日、もともとは基礎科学研究のために開発された加速器や測定器が、公害の抑制や地球環境のモニターといった幅広い分野で応用されている。それらの技術はまた、エネルギー効率の向上など、思いがけない分野でも活用されている。

LEPのビームパイプ内部。金属のリボンがハエ取り紙のような働きをする。
この技術は、ジュネーブ空港の屋上のソーラーパネルでも使われている。

[III-24]　10月1日　委員会　参考４－３

平成 30 年 9 月 28 日

日本学術会議
　国際リニアコライダー計画の見直し案に関する検討委員会委員長
　日本学術振興会理事　家　泰弘　様

岩手県国際リニアコライダー推進協議会
岩手県商工会議所連合会会長
谷村　邦久

国際リニアコライダー計画の見直し案に関する検討委員会におかれましては、国際リニアコライダー（以下、「ＩＬＣ」）に関わる研究の科学的意義等、精力的に御審議いただいていることに対しまして深く敬意を表します。

この度、貴委員会および分科会からの論点整理のメモが公開されたのを拝見し、地域とＩＬＣの関わりに関して地元としての計画の捉え方、推進の実情などを改めてお伝えしておいた方が良いと強く感じ、ここに簡単ながら書面にてお送りさせていただきたく存じます。

～　中略　～

文部科学省が設置したＩＬＣに関する有識者会議に提出された経済波及効果は、産業連関表による建設・運転などの直接効果や生産誘発額などをベースとしていると承知しております。これらの経済波及効果は、いわゆる消費や製造での効果であり、ＩＬＣの科学技術拠点・国際拠点としての特徴がもたらす本来の効果は一切入っていない即効性の部分だけ取り出した一つの目安であり、地域はその金額に過剰な期待をしているものではありません。特に地域における経済波及効果を最大にするためには、地域への投資を呼び込み、地域内循環につなげる仕組みを構築するなど積極的に行動することにより、それ以上になることもある一方で、何もしなければ単なる建設場所に留まると考えております。