
国際リニアコライダー(ILC)計画に関する規制・リスク等調査分析 報告書の要点

2018年8月20日

株式会社野村総合研究所
コンサルティング事業本部

業務の概要

1. 調査・分析業務の概要

- 仮に国内にILC計画を建設・運用する際に検討すべき法的な規制や、それ以外に法令の観点から当然に必要な事柄、過去の事例を参照しつつ想定される様々なリスク及びそのマネジメントについて調査分析を実施する。

2. 調査・分析業務の内容

(1) ILCの建設・運用に係る法的規制等に関する調査分析

- 事例調査を通じ、その際に課題となった法的規制等に係る事項を調査し、その課題にどのように取り組み、解決したかを調査するとともに、ILCの建設・運用の際に関係する法的規制等について調査分析し、その内容をとりまとめる。

(2) ILCの建設・運用に係るリスクに関する調査分析

- 事例調査を通じ、リスクとその解決方法について調査するとともに、ILC計画について考えられるリスクについて調査分析する。

(3) ILCの建設・運用に係るリスクのマネジメントに関する調査分析

- 事例調査を通じ、諸課題についてどのようにリスクマネジメントしながら建設し、また完成後の実験段階において運用されるのが適切か、そのマネジメント方法について調査分析する。

3. 業務の留意事項

- 想定されるILC計画の前提については、「技術設計報告書 (INTERNATIONAL LINEAR COLLIDER Technical Design Report 2013); TDR」、
「プロジェクト実施計画 (Revised ILC Project Implementation Planning Revision C) (2015年7月 リニアコライダー国際推進委員会); PIP」、
国際リニアコライダー (ILC) に関する有識者会議にかかる資料等を参考としている。
- 上記においては、建設地点が特定されておらず、候補地における詳細な地質調査が実施されてはいない状況であり、本調査では、割れ目や不連続面が比較的少ない硬岩の花崗岩体に地下空間を構築することを前提とした。
- このため、建設地点が特定され、現地において地形や地質調査が実施されて分かる特殊な地質 (割れ目や不連続面や貫入岩、地下水状況など) や環境条件、さらに、地域特有の地殻変動に伴う地震特性や地圧変化などは考慮されていない。

検討委員会の設置

	氏名(敬称略)	所属・役職名
委員	大熊 春夫	公益財団法人高輝度光科学研究センター(JASRI/SPring-8) 光源基盤部門 特別嘱託
委員	北村 倫夫	北海道大学大学院 国際広報メディア・観光学院 メディア・コミュニケーション研究院 教授
委員	倉持 秀明	パシフィックコンサルタンツ株式会社 交通基盤事業本部 インフラエンジニアリング部 山岳トンネル室
委員	小磯 晴代	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 加速器研究施設 教授
委員	武内 邦文	株式会社大林組 土木本部 営業推進第二部長
委員長	近久 博志	株式会社地盤システム研究所 所長
委員	徳宿 克夫	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 素粒子原子核研究所 所長
委員	福田 和寛	清水建設株式会社 土木技術本部 地下空間統括部 担当部長
委員	三谷 泰浩	九州大学大学院 教授 / 工学研究院 附属アジア防災研究センター 地盤学講座
委員	渡邊 公一郎	九州大学 工学研究院 教授

対象とした海外事例

	実施主体	概要及び調査対象とした理由	建設時期	施設規模	プロジェクト 建設費
LHC (Large Hadron Collider)					
	CERN	<ul style="list-style-type: none"> フランスとスイスの国境地域にLEPのトンネルを活用し世界最大のハドロン衝突型加速器を建設。 計画されているILCと同様、加速器が地下に設置され、放射線防護の対応が必要とされることから選定。 	1994～2008 ※LEP(1981～1989)	トンネル長: 27km	約5,000億円 (LEPを除き、トンネル以外も含む)
EUROPEAN XFEL (European XFEL GmbH、DESY研究所)					
	DESY、EUROPEAN XFEL GmbH	<ul style="list-style-type: none"> ドイツハンブルグのDESYキャンパスを中心としてX線自由電子レーザー施設を建設。 計画されているILCと同様、加速器が地下に設置され、放射線防護の対応が必要とされることから選定。 	2009～2017	トンネル長: 3.4km	約1,200億円
LNGS (Laboratori Nazionali del GranSasso)					
	National Institute for Nuclear Physics (INFN)	<ul style="list-style-type: none"> イタリアアペニン山脈の山頂下1,400mに高速道路をアクセス道路とした素粒子物理学研究施設を建設。 新たに地下トンネルを掘削し、放射線防護の対応が必要となる施設が整備されたことから選定。 	1982～1987	施設面積: 180,000m ²	約374億円

対象とした国内事例

	実施主体	概要及び調査対象とした理由	建設時期	施設規模	プロジェクト建設費
SPring-8					
	日本原子力研究所、 理化学研究所、 公益財団法人高輝度光 科学研究センター	<ul style="list-style-type: none"> 兵庫県から土地の譲渡を受け、播磨科学公園都市内に大型放射光研究施設を建設。 新たに用地を取得し、放射線防護の対応が必要となる施設が整備されたことから選定。 	1991～1997	リング直径： 約500m	1,100億円
KEK-B					
	高エネルギー加速器研究 機構	<ul style="list-style-type: none"> 茨城県つくば市のKEK内において、1995年に実験が完了したトリスタン実験装置のトンネルが再利用され、電子・陽電子非対称エネルギーの円形衝突加速器施設を建設。 計画されているILCと同様、加速器が地下に設置され、放射線防護の対応が必要とされることから選定。 	1994～1998	リング周長： 約3km	378億円
アクアライン					
	東京湾横断道路株式会 社、日本道路公団	<ul style="list-style-type: none"> 東京湾の中央部を横断し、千葉県の木更津と神奈川県のカラス崎を結ぶ海上・海底に自動車専用の有料道路を建設。 長大な地下トンネルを建設し、地下トンネル内に人が出入りするため、安全性への対応が必要とされることから選定。 	1987～1997	15.1km	約1兆4,400億 円
青函トンネル					
	日本鉄道建設公団	<ul style="list-style-type: none"> 青森県東津軽郡と北海道上磯郡を結ぶ海底に、在来線(津軽海峡線)・北海道新幹線共用のトンネルを建設。 長大な地下トンネルを建設し、地下トンネル内に人が出入りするため、安全性への対応が必要とされることから選定。 	1964～1985	53.85km (海底部分 23.3km)	約6,900億円
スーパーカミオカンデ					
	東京大学宇宙線研究所	<ul style="list-style-type: none"> 岐阜県神岡鉱山の地下1,000m地点に、世界最大の水チェレンコフ宇宙素粒子観測装置を建設。 地下トンネル・空洞を建設し、実験施設を地下に設置するため、安全性への対応が必要とされることから選定。 	1990～1995	検出器 直径39.3m 高さ41.4m	約104億円

ILCの建設・運用に係るリスクの整理とマネジメント

◆ 地下空間施設

✓ 加速器トンネル	.....	6
✓ 衝突実験ホール	.....	9
✓ アクセストンネル・立坑	.....	10
✓ 放射線防護	.....	11
✓ 地震	.....	12
✓ その他自然災害・防災	.....	13
✓ 環境	.....	14

◆ 地上施設	16
--------	-------	----

◆ 今後検討が必要な事項	18
--------------	-------	----

ILC計画への示唆

地下空間施設 - 加速器トンネル -

■ ILC計画の想定

● 主線形加速器

- 主線形加速器(Main Linac:以下ML)は、電子ライナックと陽電子ライナックの二つの線形加速器で構成される。これらの加速器トンネルは、ビーム軸方向上での直線性を厳密に要求される。中でも、電子・陽電子の二つのMLトンネルは、地球のジオイド面に沿った水平性が求められる。これは、ビームライン全長に渡って設置されるクライオモジュールに内蔵する冷却用ヘリウム配管内の液面の水平性を確保するためである。また、ML から衝突点に向かうトンネル部(BDS)は、平面的にも縦断的にも厳密な直線性(レーザーストレート)が要求される。
- MLトンネルの標準断面は断面中央部に3.5m厚のコンクリート隔壁を設置し、ビームライン部と高周波装置部の二つの空間に区画される。この隔壁は、ビーム運転に伴う放射線の遮へいを目的とするほか、火災やヘリウムガス漏洩などの非常時には、煙の遮断によって片側のトンネルが避難路となり防災上の冗長性を確保することができる。また、底盤コンクリート(床版)の下部には、周辺からの地下水(湧水)を集めて坑外に排出するための導・排水用トレンチが付設される。
- MLトンネルは、縦断勾配がほとんどない状態になるため、トレンチ内に集められた湧水は自然流下しないため、ポンプリレーなどによって坑外まで搬出できるようにする必要がある。このとき、放射化が懸念される加速器側の湧水と放射化の問題が少ないサービストンネル側の湧水を混合して、坑外へ搬出するかどうかを検討する必要がある。

● ダンピングリング

- ダンピングリングは、レーストラック型の平面形状で、電子リングと陽電子リングが同じトンネル内に2層に設置され、電子ビームと陽電子ビームが反対方向に周回するシステムである。なお、リング部のトンネル断面は比較的小さな断面であるが、高周波機器・電源が設置される直線部はMLと同じ大断面トンネルで計画されている。

● ビームデリバリーシステム

- ビームデリバリーシステム区間には、単にビームを輸送する機能だけではなく、電子源、陽電子源、ビームダンプが配置される他、ビーム診断セクション、ビームコリメーション、最終収束ビームライン等の多岐に渡るビームラインが配置される。このように、BDSは極めて多種多様な機能や機器群が配置されるため、TDR日本案では各々内空幅8.0mおよび4.5mの二つのトンネルが並行するツイントンネル構造で計画されている。なお、現状で、シングルトンネル案への変更を求める要望が出され、議論と技術検討が継続されている。

出典 ILC施設設計の現状/宮原正信、山本明、佐貫智之/2015



地下空間施設 - 加速器トンネル - (つづき)

⇒規制に関わるリスクの整理と対応策【加速器トンネルほか地下空間全般】

- 地下空洞の耐震設計に関して、明確に規定されている法・規制等は存在していない。しかし、常時一般による入退場がなされる施設となるため、地上建築構造物に適用されている建設基準法等に即した耐震設計が求められる可能性がある。また、適用されない場合においても、管轄自治体との協議結果によっては、同等の基準類が適用される可能性がある。
- また、建設地点全域にわたって、掘削深度や地上施設の状況に応じた地上権や区分地上権を設定して、土地の所有者との具体的な協議が必要となる。
- 加速器トンネルは、地下空間になるため、地上施設に比べて、環境影響評価法に規定されている環境アセスメントの適用範囲が狭くなる可能性がある。他方で、ILC施設は、建設や運用面で環境に与える影響が大きく、また、近年の管轄自治体や地域住民の環境に対する関心が高まっていることから、独自に環境アセスメントの実施や自主規制を設けて、社会への説明責任を果たすことが重要となる。

⇒予算や工期への影響が懸念される点と対応策【加速器トンネルほか地下空間全般】

- 加速器トンネルの掘削に際して、予期せぬ断層破碎帯の出現や大量湧水、異常出水による掘削工事への影響が挙げられる。これらの掘削作業中に遭遇する事項については、事前調査でも十分に明らかにされることが難しい。このため、掘削作業への影響を少ない程度の方地質調査手法を組み込むと共に、変状現象に遭遇したときには迅速な対応が取れるように、可能な範囲で事前準備を整えておくことが重要となる。
- また、掘削工事においては、大量の掘削残土が発生することになるため、できる限り早い段階に有効利用を含めた処理方法や処理場所の確保をしておく必要がある。特に、一部区間の掘削残土に重金属等が含まれる可能性があるため、その処理方法等についても検討し、関連機関との事前協議を進めておく必要がある。

■ 調査対象事例から抽出された事項については、以下の通り。

[LHCにおける設計図面の不備による工事への影響]

- ・ LHCでは、ケーブル敷設について3Dの設計図が用意されていなかったことにより、敷設を委託された2つの事業者で、敷設現場にて混乱が発生している。また、大量の汎用ケーブルの発注で、品質のばらつきが発生した。これらは、全て現場で対応がなされたが、工期の遅れに繋がりがねない事象である。

[LHCにおける予期せぬ断層等の出現による工事への影響]

- ・ 事前の地質調査では確認されていないLHCでも地下空洞を支える柱建設中の断層の出現などが発生しており、その都度、コストの上昇と工期への影響が発生している。

[LHCにおけるトンネル内工事での遅延等による工期等への影響]

- ・ トンネル内への設備等の設置においては、ヘリウム配管で仕様を守らない敷設が実施され、適切に機能しなかったり、冷却ケーブルの敷設で受託者側の技術的な見通しが不十分で設置できないという事象、さらに、狭いトンネル内での作業のため、机上で想定した設置速度に到達しないなど、トンネル内の一つの作業の遅れが連鎖的に工期全体を遅らせるような事例も発生している。狭いトンネル内で、設置待ちの装置や設備の置き場所等についても苦慮している。

地下空間施設 - 衝突実験ホール -

■ ILC計画の想定

- 実験ホールは、電子と陽電子ビームラインの交点(ビーム衝突点)を中心点とし、ビームライン軸と直行方向に配置される地下空洞である。空洞は幅25m高さ42mの弾頭型(アーチ+垂直壁)断面を有し、全長142mに及ぶ大空洞である。この実験ホールには、二つの測定器(ILD、SiD)が配置され、プッシュプル方式で交互にビームライン上に移動して衝突実験に供用する計画である。

出典 ILC施設設計の現状/宮原正信、山本明、佐貫智之/2015

⇒ 予算や工期への影響が懸念される点と対応策

- 現時点では、ILCの構造仕様や建設サイトが確定されていないが、地下空間の建築地点における地形・地質・環境の調査や試験を実施して、その結果に基づいて基本・実施設計や詳細設計を行う必要がある。特に、衝突実験ホールでは、岩盤の実質部や破砕帯や貫入岩の有無だけでなく、岩盤の割れ目の頻度・連続性、その性状等を把握し、掘削後だけでなく地震時の空洞の安定性についても検討する必要がある。

地下空間施設 -アクセストンネル・立坑-

■ ILC計画の想定

- アクセス用トンネル
 - 加速器トンネルや実験ホールに主要機器を搬送するためのアクセストンネルは、搬送機器の種類やサイズに応じて加速器用と実験ホール用の2種の断面で計画されている。また加速器用アクセストンネルはクライオモジュールの搬送条件からトンネルの最大勾配は10%以下に制限される。また、実験ホール用アクセストンネルは、大型測定器の搬送条件から7%以下と計画されている。
 - 現在、ディテクターは、地上で組み立てられた後に、実験ホールの直上に設けられた立坑から入搬出する計画になっている。
- 実験ホールへのアクセス施設(立坑導入)
 - 衝突実験ホールに設置される超大型の二つの測定器(ILD/約15,000t、SiD/約10,000t)を、地下実験ホールに設置するための搬送経路や手法に係る検討が継続しており、衝突点を移動することによって、立坑設置の長所・短所を総合的に検証し、立坑導入を前提にした変更計画案を提示するに至った。

出典 ILC施設設計の現状/宮原正信、山本明、佐貫智之/2015

⇒予算や工期への影響が懸念される点と対応策

- 坑口部は、地表部分に造ることになるため、工事中や運用中に周辺環境に与える影響は大きい。そのため、工事対象となる坑口周辺や掘削残土の捨て場等において、事前の環境調査を適切に行い、法面崩壊や土砂災害の対策を行う必要がある。
- 地上施設が計画されている場所に関しては、活用の方法や期間を考慮して、借地・買収などの方法を検討することになる。

■ 調査対象事例から抽出された事項については、以下の通り。

[LHCにおける予期せぬ断層等の出現による工事への影響]

- LHCではCMSメインシャフトでの大規模出水などが発生しており、その都度、コストの上昇と工期への影響が発生している。

地下空間施設 -放射線防護-

■ ILC計画の想定

- ILCの加速器トンネル内は加速器の運転中に、電子線の加速に伴い、X線等の放射線が放出されるため、放射線管理区域として管理される。
- ILCの施設から放射性物質が漏洩する可能性としては、放射化により発生した放射性物質(放射加水等)が管理区域外へ放出される場合が想定されている。日本におけるILC 加速器トンネルは、深い地下に設置され、必ず、長いアクセストンネルまたは排気ダクトを経由することになる。この間に排気空気のモニター、フィルター等を設置することで、外部／一般大気への汚染空気の排気を防止する。また、冷却水は閉じた経路で管理区域内を循環させることで、管理区域外へ漏えいを防止する。

出典 国際リニアコライダー計画/Advanced Accelerator Associationホームページ
(<https://aaa-sentan.org/ILC/about-ilc/faq/>)

⇒規制に関わるリスクの整理と対応策

- 放射線障害防止法といった関連法規制を遵守し、放射線管理区域の設定等の諸対応を行うことが求められる。
- 放射線障害防止法で規定されていない事項についても、放射線に関連するリスクイベントの顕在化が地域社会に与える影響は大きいため、独自の規制や規定を設定しておく必要がある。

⇒予算や工期への影響が懸念される点と対応策

- 放射化した地下水が、広域に移動することがないように、適切な対応策を実施し、その効果を長期間に渡って継続的にモニタリングを行う必要がある。
- 現時点のILC計画は、実験終了時の施設の取扱いについての検討が深まっていないが、今後、ビームダンプ装置をはじめとする実験装置や空洞について、実験終了後も含めた長期にわたる維持管理方法の検討が極めて重要になる。

地下空間施設 -地震-

■ ILC計画の想定

- ILC 施設の土木工事に関するガイドラインでは、加速器トンネルと実験ホールについて、レベル1(当該地点における過去の事象から想定される供用期間中に一回は起こるであろう地震動)とレベル2(当該地点において起こったであろうもしくは起こるであろう最大の地震動)の地震を想定した耐震性を備えた地下空洞の設計法の考え方を示している。
- ILC 施設は、常時機器設置やメンテナンス作業に多数の人が長時間従事することや、供用開始後も関係者が随時アクセスすることなどに着目し、地震時における安定性の確保を最重要課題と位置付け、通常の岩盤地下空洞とは違って、建築基準法に準じるような高い耐震性能の確保が求められている。

出典 ILC 施設の土木工事に関するガイドライン策定/宮原正信/2014

⇒規制に関わるリスクの整理と対応策

- 地下空洞の耐震設計に関して、明確に規定されている法・規制等は存在していない。しかし、常時一般による入退場がなされる施設となるため、地上建築構造物に適用されている建設基準法等に即した耐震設計が求められる可能性がある。また、適用されない場合においても、管轄自治体との協議結果によっては、同等の基準類が適用される可能性がある。(本調査では調査対象プロジェクトではないが、J-PARCにおいても、主事(県知事)との協議の結果、地上構造物と地下施設が一体の施設であるとの判断がなされ、地下施設に対しても建築基準法が適用されたケースがある)
- 特に、衝突実験ホールとその周辺は、掘削断面が大規模になるだけでなく、様々な断面の空洞やトンネルが錯綜することになる。また、一般見学者の出入りだけでなく、大型のディテクタなどの実験装置が設置されることになるために、入念な耐震設計が必要とされることになる。

■ 調査対象事例から抽出された事項については、以下の通り。

[ILCの実験ホールにおける建築基準法に準拠した耐震設計の必要性の検討・協議]

- 一般的に地下空間は地震の影響が少ないとされているため、地下空洞設計において、耐震設計が導入されている例は少ないが、長期にわたって研究者が滞在する実験ホールについては、建築基準法令及び構造物設置基準等の対象となる可能性がある。そのため関係行政機関等との協議が必要である。

[高山祭りミュージアムにおける建築基準法への準拠による工期への影響]

- 高山祭りミュージアムは、国内で始めて地下大空洞に本格的に不特定多数の一般観客が入場する施設であったことから、安全管理面に十分配慮する必要があり、建築基準法に準拠した設計が求められた。前例がなかったため、特に入念に特定行政庁との事前協議や審査・認定等を行った。

地下空間施設 -その他自然災害・防災-

■ ILC計画の想定

- ・加速器トンネル(MLトンネル)の標準断面は、断面中央部に3.5m厚のコンクリート隔壁を設置し、ビームライン部と高周波装置部の二つの空間に区画される。この隔壁は、ビーム運転に伴う放射線の遮へいを目的とするほか、火災やヘリウムガス漏洩などの非常時には、空気の遮断によって片側のトンネルが避難路となり防災上の冗長性を確保することができる。

出典 ILC施設設計の現状/宮原正信、山本明、佐貴智之/2015

⇒規制に関わるリスクの整理と対応策

- ・ 消防法等の関連法・規制に加え、自治体によっては、地域防災に関わる条例がその対象となる。
- ・ ILC計画では、協定等に基づいた国際機関が設置されることになっているため、さまざまな参加国の研究者や技術者が当該施設で活動することに留意して、普遍性をもった防災体制の確立が求められる。
- ・ また、地域社会と一体となった防災体制の導入が必要となる。つまり、防災に関しては、国際機関として独立した取り組みではなく、地域社会との連携が不可欠になるため、地域社会と密に連携した、継続的な防災体制の構築と地域社会との情報共有やコミュニケーションが重要となる。

■ 調査対象事例から抽出された事項については、以下の通り。

[消防法に関連したILC研究所内及び対外機関との連携に係る組織・体制作り及びその運用]

- ・ ILC計画は多くの地上施設で消防法の防火対象物としての適用を受けると考えられ、また、放射線を伴う地下施設については、地域の消防との関係が不可欠になると考えられる。
- ・ CERNに見られるように、所長(Director General)をトップとした組織のヒエラルキーに沿った指示・命令系統を備えた体制の構築、規定を策定し日常・平時も含めた防災活動を推進することが重要となる。例えば、外部の機関と連携した所長直轄組織の設置、様々な国の人々が理解し行動することができるISO等の運用及びその文書管理等を行う電子システムの構築などが必要になると考えら、コスト及び時間の双方で十分な明確な準備期間を設ける必要がある。

[防災関連条例に適用するための組織作り等に係る工期への影響]

- ・ ILC計画では、新たな都市が形成されることとなり、自主的な防災組織の設置が求められる場合がある。
- ・ 例えば、岩手県では「みんなで取り組む防災活動促進条例」において「自主防災組織等及び事業者の責務」が規定されており、ILC事業者にも、組織作り
に留まらず、地域の防災のための仕組みや機器の導入など、新たに作り出す都市の風土と規模に見合った積極的な参加が求められることとなる。

地下空間施設 - 環境 -

■ ILC計画の想定

- ILCでは、その他の環境への影響について、「候補地が決定し次第、環境影響評価を実施」とする以外で具体的な想定は無い。
- 環境影響評価については、仮に日本にて検討が進む場合、“ILC建設において、ILC（地下施設建設）については、環境影響評価法の規定において、①研究施設用途は対象外、②開発面積が100haを越えない、という理由から、環境アセスメントの義務を負わない可能性がある”とされている。
- 現状で、環境影響評価の義務を負わないが、任意で実施すべきとの議論が大勢を占めている。
- 仮に任意的な環境影響評価が実施される場合は、右表でまとめた環境要素毎の調査、分析が必要となる。

出典 国際リニアコライダープロジェクト立地に関わる調査検討 報告書/平成25年9月/大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構、野村総合研究所、福山コンサルタント

環境要素の区分			影響要因の区分の例	
			工事の実施	存在・供用
環境の自然的構成要素の良好な状態の保持	大気環境	大気質（NO _x 、SPM、粉じんなど）	<ul style="list-style-type: none"> 建設機械の稼働、資機材の輸送 掘削土の処理に伴う粉じんの発生 化学反応に由来する有毒ガスの発生 	自動車の走行、換気所の供用
		騒音・振動・低周波音	<ul style="list-style-type: none"> 建設機械・工所用機械の稼働、資機材の輸送 	換気所からの騒音、低周波音の発生
	水環境	水質（水の汚れ、水の濁り）	<ul style="list-style-type: none"> 汚泥処理からの濁水の発生 	雨水排水、冷却水などの放流
		地下水（水位、水質）	<ul style="list-style-type: none"> 掘削工事・トンネル工事による地下水位変動・流動阻害 掘削工事・トンネル工事による地下水水質の酸性化 	
	土壌に掛かる環境、その他の環境	地形及び地質	<ul style="list-style-type: none"> 湧水・埋蔵文化財の消滅など 化学反応に由来する地盤の発熱及び強度低下 	
		地盤沈下	<ul style="list-style-type: none"> 掘削工事・トンネル工事による地盤沈下 	
生物の多様性の確保及び自然環境の体系的保全	動物・植物・生態系		<ul style="list-style-type: none"> 改変による動物・植物・生態系へ影響 	地上施設による動物・植物・生態系の変化
人と自然の豊かなふれあい	景観			地上施設による景観阻害
	人と自然とのふれあい活動の場		<ul style="list-style-type: none"> 湧水・埋蔵文化財の消滅など 工事による通信阻害など 	通勤車両による渋滞発生など
	廃棄物		<ul style="list-style-type: none"> 掘削土の発生 掘削汚泥の発生 	廃棄物の発生 <ul style="list-style-type: none"> 岩盤掘削に伴う大量ズリの活用策を検討 面的開発(中央キャンパス)を含めた活用策(盛土・骨材等) 建設発生土利用技術マニュアル(独法 土木研究所)による例示 産業廃棄物処理検討 <ul style="list-style-type: none"> 建設時の廃棄物は副産物としてリサイクル 実験装置等の建設における廃棄物を明らかにして処理
環境への負荷	日照阻害・電波障害			地上施設による影響 ※山岳部では、ほぼ対象とならない

⇒規制に関わるリスクの整理と対応策

- ILC実験施設は、大部分が地下空間になるため、地上施設に比べて、環境影響評価法に規定されている環境アセスメントの適用範囲が狭くなる可能性がある。他方で、ILC施設は、建設や運用面で環境に与える影響が大きく、また、近年の管轄自治体や地域住民の環境に対する関心が高まっていることから、独自に環境アセスメントの実施や自主規制を設けて、社会への説明責任を果たすことが重要となる。
- 例えば、AAAがまとめた” ILC 誘致を円滑に推進するためのAAA・CIVIL 部会における検討(その2)/2016”においては、沖縄科学技術大学院大学の現地調査を通じて、” ②環境アセスメントが重要 環境アセスの結果が施設計画の重大変更要因となり、具体的には生態系に配慮して橋梁が7本必要となる等でコストが増大した。”と記述し、現在候補地を含む自治体で実施されている環境影響評価について触れている(2013年度:基礎資料の精査、植生図の作成、学識者ヒアリング、2013年度～2014年度:猛禽類1繁殖期の調査)。

⇒予算や工期への影響が懸念される点と対応策

- 上述の環境アセスメントとも関連するが、建設における掘削工事等によって発生する廃棄物の処理について計画されている処理場や処理方法等についても、周辺自治体や住民の関心が高いことから、事前調査・対策実施を行う等の対応が求められる。
- また、地下空間の建設によって、周辺の地下水を集めることになり、地質条件によっては、広範囲に渡って地下水が低下するような現象が生じる可能性がある。このため、工事の前後(場合によっては、途中段階も)、植生や生態系や小川・沢の水量などを入念に調査して、工事の影響を把握する必要がある。さらに、工事の影響が認められる場合は、速やかに対応策が実施できるような体制を整えておく必要がある。

ILC計画への示唆

地上施設

■ ILC計画の想定

- 山間地域では、本来なら地上にあるべき施設を地下に設置しなければならないこともある。表11.4 は地上設備の床面積の概要である。この2つのサイトは、どちらも既存の加速器施設とはかけ離れているので、表 11.4の総計の約半分に相当する多目的建屋用の規定を定める必要がある。残りの地上施設の床面積は、米州のサイトの約60%である。

Accelerator section	Qty	Area (m ²)
e ⁻ source	0	-
e ⁺ source	0	-
Damping Ring	0	-
RTML	0	-
Main Linac	65	22,375
BDS	10	3,650
IR	28	65,250
TOTAL	103	91,275

表 11.4 アジアサイトの地上施設。IR地上施設には多目的建屋も含まれる。

出典 The International Linear Collider Technical Design Report 2013/ International Linear ColliderからNRI仮訳

- ILCの地上施設は、中央キャンパスやキャンパス外居住地区に設置される研究業務施設、実験・研究施設、会議・交流施設、滞在・居住施設、サービス施設、水や電気等の供給・廃棄物の処理施設、拠点間の道路、坑口施設などとなる。
- ILCの建設工事時期から数千人規模(ピーク時約7,700人が想定されている)が勤務、生活する場を提供する必要がある、運用時の全人口は20年目に約6,300人と推定されている。

出典 国際リニアコライダープロジェクト立地に関わる調査検討 報告書/平成25年9月/大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構、野村総合研究所、福山コンサルタント

機能・施設分類	立地想定施設		
	ILC中央キャンパス	ILC加速器実験サイト	
研究業務機能	オフィス系施設 ILC国際研究所HQオフィス 実験参加研究機関オフィス	ILC国際研究所サテライトオフィス 実験参加研究機関サテライトオフィス	
実験・研究機能	コントロール施設 実験(加速器)コントロールセンター コンピューターセンター	測定器オペレーションセンター 加速器メンテナンスセンター	
	計測実験施設	実験ホール 測定器(ILD,SiD)	
	加工組立施設	アSEMBリーホール(実験準備、試験開発実験用) 測定器組立施設 加速器オンサイト組立施設	
	実験支援施設	超伝導・低温・真空実験研究施設 設備・機器工作施設(ワークショップ) 保管・貯蔵施設 オンサイト工作施設	
会議・交流機能	講堂(ホール) 会議施設	講堂(ホール) 大会議室 中・小会議室	
	交流機能	ラウンジ レセプション/パーティ施設 展示施設(ビジターセンター)	
	滞在居住機能	宿泊施設 ビジター宿泊施設(集合住宅タイプ) ビジター宿泊施設(タウンハウスタイプ)	簡易宿泊施設
サービス機能	情報・展示施設	レセプション施設(受付) 展示施設(ビジターセンター) 図書・情報センター	
	福利厚生施設	カフェテリア 医療・保健施設 保育施設 娯楽・スポーツ施設	カフェテリア
	生活支援施設	ユーザーサービスセンター(銀行、ATM、郵便局、旅行代理店等) 売店(コンビニ)	ユーザーサービスセンター 売店(コンビニ)
交通機能	駐車場施設	平面・立体駐車場 平面駐車場	
供給処理機能	供給処理機能	電気室、機械室 防災コントロール室 廃棄物処理施設	特高受変電施設 熱エネルギー処理施設 ヘリウム冷凍プラント

⇒規制に関わるリスクの整理と対応策

- 地上施設については、特に電力や水、熱の供給、廃棄物や下水の処理等、インフラに関わる設備を設置する場合には、当該規制に準じた取り組みが必要となる。
- ILC計画では、ヘリウム供給に係る冷凍設備の設置、実験のための大電力の供給など、一般の都市開発とは異なるインフラの整備が必要となる。そして、受変電のみならず発電までも行う場合、電気事業法の適用を受けることになる。電気設備の設置については、土木や建設工事の全体工程を踏まえつつ適切に実施されなければならない。
- また、他の大型プロジェクトに見られるように、当該地域にこれまでに無かったような大規模な実験設備やビルが出現することになる。このため、周辺の景観との調和を図るだけでなく、地域住民等とのコンセンサス作りが必要となる。このとき、テーマによっては合意形成に多くの時間が必要となるだけでなく、その対策に係る予算措置が必要となる場合もある。
- 大規模な施設建設に伴う数々の工事車両の通行が、地域住民の日常生活に及ぼす影響は大きく、留意すべき事項となる。このため、周辺住民の建設工事への理解を得るだけでなく、発生するいろいろな問題を初期段階で解消できるように、関連団体や地域住民と密なコミュニケーションができる体制や発生した課題を早期に解消できる組織を作る必要がある。
- 中央キャンパス等の地上施設においては、土地の取得は建設予定地所在の地方自治体によって行われる予定になっており、地方自治体による土地提供プロセスに支障が生じない限り、大きな影響は無いと考えられる。

■ 調査対象事例から抽出された事項については、以下の通り。

[景観条例に準拠した地上施設の検討に伴う住民等との折衝に要する工期及び予算への影響]

- LHCでは、景観に対する配慮も実施され、特定の地域の住民の要請に応じて、騒音を減らす、または構造物を隠すため、木や茂みを植え、建物や冷却塔をできるだけ低く設計したり、地元の窪みに建てるなどが実施された。およそ1,000本の苗木を約5年間栽培し、アクセスエリアに移植して、地表の建物と景観を調和させることまで実施した。

今後検討が必要な事項

◆ 規制、リスクおよびその対応策

- ILC施設の加速器や地下空洞の計画や製作・施工は、既存の法規制等の適用外の部分が多くある。
- 他方で、社会的な影響が大きい施設となることから、法規制の適用外であっても自主的にILC施設専用の基準や規制を作り、運用することが重要となる。
- このため、事業主体や現地の特殊性等を加味した適切な基準や規制を制定し、適切に運用する必要がある。

◆ 予算や工期への影響が懸念される点と対応策

- 現在、ILC施設の仕様や建設サイトの詳細が明確に決まっていない中でILC計画の技術的な検討がなされているが、特に、地下空間に関しては、地形・地質・環境等の現地調査や試験を実施して、その結果を基にして具体的な基本・実施設計や詳細設計を行う必要がある。
- 特に、衝突実験ホールでは、岩盤の実質部や割れ目の頻度・連続性、その性状等を把握し、掘削後だけでなく地震時の空洞の安定性についても検討する必要がある。
- 空洞掘削時に遭遇する地山状況は事前の調査では把握しきれないことも多い。このため、調査・設計段階で把握し切れなかった岩盤剥落や大量湧水などの変状現象に施工中に遭遇した場合の対応策は、建設工事の費用や工期に大きく影響することがある。こうした影響を最小限に止め、経済的で、合理的な施工を実施するために、手法や工法の採用を検討する必要がある。
- 現在、ILC施設の運用終了後の維持管理方法についての検討が深まっていない。特に、ビームダンプ装置をはじめとする実験装置や空洞について、実験終了後も含めた長期にわたる維持管理方法や高度に放射化された施設や装置や資機材の処分方法等については社会的な関心も高くなることが想定されることから、事前に、運転終了後の処分方法や方針を入念に検討する必要がある。

参考資料

✓ LHC (Large Hadron Collider)	.....	20
✓ EUROPEAN XFEL	.....	22
✓ Laboratori Nazionali del GranSasso (LNGS)	.....	24
✓ SPring-8	.....	26
✓ KEK-B	.....	29
✓ 東京湾アクアライン	.....	31
✓ 青函トンネル	.....	33
✓ スーパーカミオカンデ	.....	35

事例調査の結果

LHC(Large Hadron Collider)

■ 法規制等への対応

- CERNは、スイスとフランスの国境を跨り設置されている機関であり、LHCについても同様に、トンネルや実験設備等も国境を跨いでいる。
- このことから、CERNにおける放射線防護を含む労働者(研究者を含む)の安全及び環境保護に係る基準は、CERNとスイス及びフランスとの三者間の取り決めに基づき、CERNが設定している。
- 三者間の取り決めの範囲は、労働者等の安全及び環境保護に係る基準、放射線防護等、プロジェクトのライフサイクル全般に関わる取り組みとされており、土木や建設工事の実施については、当該工事が実施されるスイス及びフランスの関係機関からの許可が別途、必要とされている。

■ 安全リスクとマネジメント

- CERNにおける安全リスクへの対応は、所長(Director General)をトップとして、基本的に組織のヒエラルキーに沿った体制が構築され、職務に係る様々な指示・命令系統と同一の体制が敷かれている。
- 所長の直轄として、健康・安全・環境の専門組織(HSEユニット)が組織され、この組織が中心となり安全全般に係る規定(放射線防護から職員の日々の健康管理まで)や文書の管理・公開が進められている。
- LHC計画を含むCERNで実施される全てのプロジェクトは、CERN安全方針(CERN SAFETY POLICY)に基づくCERN安全規定(CERN SAFETY REGULATION)により管理・運営がなされ、これらは基本的にISO等の国際基準に準拠した構成とされており、国際機関として参加各研究機関がなじみやすい規定づくりに配慮されている。

■ 契約/調達リスクとマネジメント

- CERNでは、膨大な調達に対して、効率的にコストを算出し、スムーズな契約に結びつけるため、コスト試算に関わる経験の蓄積(経験的ラーニングカーブ(Experimental learning curves)の活用など)を進めている。
- また、建設中の技術的な困難やコストアップ、スケジュールの遅延等に対応するため、固定価格での契約や経年に渡る素材等の価格変動を踏まえた柔軟な契約といった手法の導入、CERN内に様々な機器の開発や製造が可能な”CERN Factory“を設置し、専門家を招集、チームアップする仕組みも整えている。
- 建設のピークに対応するため、世界の研究機関から優れた研究者を期間限定で確保するプロジェクト・アソシエート制度を導入し、研究機関に在籍しながらCERNで先端のプロジェクトに従事することができる仕組みを導入している。
- CERNでは、リスクを管理しつつコストを抑制する競争を軸とした調達戦略に基づく取り組みを進めている(作るか買うか、性能発注か仕様発注かななどを調達毎に検討)。

事例調査の結果

LHC(Large Hadron Collider)_(つづき)

■ 主な予算や工期に影響を及ぼした事象と採られた対応策

プロジェクトの段階		予算や工期に影響を及ぼした主な事象	採られた対応策
設計		設計された当時に3Dでの設計書が作成されなかったため、2つの業者に委託したケーブル敷設で混乱が発生した。	現場対応が実施された。
契約		大量の汎用ケーブル(4,500km分)の発注で、品質問題を抱えた。	現場対応で品質の確認が進められた。
工事建設	土木	地下空洞を支える柱建設中に予期せぬ岩盤が出現、柱の位置の移動に係る再設計実施、鉄骨梁の設置で鉄骨及びコンクリート補強分のコストが上昇した。	再設計の実施等に措置されていた予算が用いられた。
		CMSメインシャフトで大規模出水発生、新たな契約を締結し、地中凍結を実施した。	新たな契約の締結等に措置されていた予算が用いられた。
装置製造	製造	受託事業者の破産による磁石クライオスタットの供給が停止した。	CERN内に生産工場を設置し、現地の労働者を活用し生産再開、予備費が用いられた。
設置		ヘリウム配管の敷設で受託業者が仕様を守らず、適切に機能しなかった。	CERNの専門家チームを組成し、受注業者と協力して解決策を見いだした。
		水冷・電力ケーブルの設置で受託業者の機械的な展望が未熟で設置できないという事象が発生した。	CERNの専門家チームを組成し、受注業者と協力して解決策を見いだした。
		超伝導磁石の電流コイルのケーブル結線部の1カ所で、不適切な溶接作業により発熱アークに至り、結果ヘリウム容器に穴があき、冷却用液体ヘリウムが漏出した。	修理及びスペア磁石の活用、事象再発防止策を策定した。
		狭いトンネル内での設置のため、机上で想定した設置速度になかなか達しなかった。	経験により徐々に想定設置速度に達した。
		狭いトンネル内での設置のため、一つの機器の設置の遅れが全体のスケジュールを遅らせ、また、搬入機器の置き場に苦慮した。	後行程の見直しやいくつかのテストをキャンセルするなどに対応が図られた。
マネジメント 体制	体制	CERN最大出資国のドイツの東西ドイツ統一、及び他の出資国でのEU設立に係る国家財政の切迫により建設費不足となった。	完成時期延期と銀行ローン活用で建設を開始した。
		土木工事期間中のフランス労働法の変更により、労働時間が短縮し工期及びコストが増加した。	固定価格契約制度導入を検討(一部、実現)した。
	仕組み	研究員の多くが派遣先研究機関の雇用を維持したままLHC計画に参加することで、処遇の不公平さが顕在化した。	福利厚生の一部を共有する等の配慮を実施した。

事例調査の結果

EUROPEAN XFEL

■ 法規制等への対応

- EUROPEAN XFELは、ドイツハンブルグに建設された施設であり、基本的にドイツ連邦、ハンブルク州、隣接するシュレースウィヒホルシュタイン州等の規定を遵守している。

■ 安全リスクとマネジメント

- EUROPEAN XFELは、DESYが主導しつつ、建設から運営に至るまで非営利の会社組織であるEUROPEAN XFEL GmbHが実施している。
- EUROPEAN XFEL GmbHでは、建設・運営に関わる取り組みをプロジェクトとして細分し、スケジュールやコスト、安全に関わる責任をプロジェクトリーダーが担うこととなっており、プロジェクトリーダーは、組織運営のボードメンバー等により構成される経営委員会に対する報告義務を負い、一方で、スケジュールやコストの管理、安全の遵守についてプロジェクトチームを動機づける義務も負っている。
- 安全性については、一般的な労働安全等に関する規定 (General Safety) と放射線防護に係る規定、安全な機器の開発・調達に係る規定の3つの部門に分けた規定により管理している。
- トンネルという閉鎖空間での工事が主となることから、火災に対する備えが徹底されており、インターロックシステムの導入や安全地帯の確保、事象発生時のコミュニケーション手段の徹底などが導入されている。

■ 契約/調達リスクとマネジメント

- EUROPEAN XFEL GmbHは民間組織として、マネジメントボードは、少なくとも年2回の定期的なプロジェクトのアップデートを行っている。
- アップデートの対象はプロジェクトの組織(プロジェクトの進捗に応じた柔軟な組織変更を実施)、プロジェクトのスケジュール、プロジェクトのファイナンス(コスト管理のみならず、資金調達を含む)、人材の4つの部門に対して行われている。
- プロジェクトの管理には、物理や科学に精通したDESYが積極的に関与しており、DESYの専門家チームがプロジェクトの効率的かつ効果的なアップデートの実施に貢献している。
- 特にEUROPEAN XFELはIn-Kindでの貢献が多く、In-Kindの技術的な精査やその提供機関の状況など、物理や科学的な面と経営面での両面からの評価が不可欠であり、民間組織としてのEUROPEAN XFEL GmbHと研究機関としてのDESYの協力は良い連携を生み出している。

事例調査の結果

EUROPEAN XFEL(つづき)

■ 主な予算や工期に影響を及ぼした事象と採られた対応策

プロジェクトの段階		予算や工期に影響を及ぼした主な事象	採られた対応策
契約		加速器の組立や試運転はフランスサクレ研究所での実施となっていたが、ドイツとフランス間の頻繁な物流によるコストを当初契約に見込み切れておらず、負担が増した。	結果としてドイツ側で物流費を負担することとした。
工事建設	土木	トンネル掘削時に地層の変化に掘削機のモーターが対応できず、圧力が高まり暴発、衝撃波が近隣に届き、警察や消防に連絡が入り、メディアが取り上げる事態となった。	原因の究明とその後の暴発箇所での対処、地域とのコミュニケーションを通じて工事に支障はなかった。
		防空壕と思われる地下空間がトンネル掘削の振動により陥没、当該地点が家庭の庭で丁度、子どもが遊んでいたが大事には至らなかった。	安全性確保に係る近隣住民及び関係政府機関との対話が進められたが工事に支障はなかった。
装置製造	製造	ロシアの貢献は当初25%程度が考えられていたが、装置に使用する素材等の安全性基準がEUと異なる点(EU基準での安全性が確認できない)、単一供給主体(軍需関連企業)で有事の際の対応が不明瞭なこと(供給の安定性が担保できない)、以上2点の理由から結果的に20%程度の貢献となった。	プロジェクトマネジメントの観点から、調達リスクを管理する目的で、個別機器の供給可能性を素材及び企業経営を対象として確認し、In-Kindの比率を減らした。

事例調査の結果

Laboratori Nazionali del GranSasso (LNGS)

■ 法規制等への対応

- Laboratori Nazionali del GranSasso (LNGS)は、イタリアのラクイラ市とテーラモ市の間に位置するアペニン山脈の山頂下約1,400mに設置されている研究所であり、基本的に同国法律等の規制を遵守している。

■ 安全リスクとマネジメント

- National Institute for Nuclear Physics (INFN)が建設から運用に至るまでの各プロセスを主導しており、施設の安全性については、一般的な労働安全等に関する規定により管理がなされている。特に、一般車両も走行する高速道路と地下空間において連結していることから、消防にかかる体制やシステムについては、厳しい規定により管理・運用がなされている。
- また、同施設が所在する一帯が強固な岩盤地帯であることから、特別な覆工等の補強をしていない素掘りトンネルの箇所が多くなっている。ただし、トンネルという閉鎖空間での工事が主となることから、火災に対する備えが徹底されており、インターロックシステムの導入や安全地帯の確保等が導入されている。

■ 契約/調達リスクとマネジメント

- プロジェクトの管理には、INFNが積極的に関与しており、INFNの専門家チームがプロジェクトの効率的かつ効果的なアップデートの実施に貢献している。
- 高速道路をアクセス道路として使用する構造となっていることから、設備等の搬入や研究員の移動時に車両による地下施設アクセスが可能となっている。

事例調査の結果

Laboratori Nazionali del GranSasso (LNGS)_(つづき)

■ 主な予算や工期に影響を及ぼした事象と採られた対応策

プロジェクトの段階		予算や工期に影響を及ぼした主な事象	採られた対応策
土地取得		研究施設建設にあたって、アクセスが容易で強固な地盤を有するサイトを選定する必要があった	強固な地盤を有し、高速道路トンネル整備が進められ、直接車両にて地下研究施設にアクセス可能なサイトを選定
工事建設	土木	地下研究施設建設のサイト検討において、既存の高速道路の地下トンネルを活用した施設整備と新たな地下掘削を伴う地下研究施設整備といった複数オプションから方針を決定する必要があった	コストや地盤状況、環境への影響、労働力の有効活用等の観点から検証が行われ、既存の高速道路の地下トンネルを活用した施設建設計画を採用
運転		近隣の自然公園が国立公園として認定されたことで、国立公園に影響を与えないような環境対策が必要となった	排水等のモニタリングの強化及び公表を実施

事例調査の結果

SPring-8

■ 法規制等への対応

- SPring-8は、1991年から日本原子力研究所(原研)と理化学研究所が共同で兵庫県播磨科学公園都市に建設を開始し、1997年より物理運転を開始した大型放射光研究施設であり、日本国内の法律、兵庫県の条例等の規制を遵守している。
- 科学技術庁(当時)傘下の研究所が建設する研究施設は自らの研究を実施することが原則だったことから、国内外の研究者や産業界のユーザーとへの開放を目的とするSPring-8の共用を明確にし、施設の運営に対する国の責務および原研、理研、民間の責務を規定するため、1994年に「特定放射光施設の共用の促進に関する法律」が可決された。
- これにより、JASRI(公益財団法人高輝度光科学研究センター)が放射光利用研究促進機構として指定され、3者で施設計画を推進したが、効率的な運営を目的に、2005年10月に原研が撤退した。現在は、理化学研究所が施設者として包括的運営を行っており、SPring-8の運転・維持管理については理化学研究所から委託を受けたJASRIが行っている。

■ 安全リスクとマネジメント

- SPring-8では、様々な大学や研究機関等から来所した多数のユーザーにより、多様な分野にわたる実験が行われていることから、SPring-8の運転・維持管理を行うJASRIによって、実験分野に応じて安全衛生委員会、事故調査委員会、放射線安全委員会等、合計9つの各種委員会が設置されている。また、ユーザーに対しては、「SPring-8安全の手引」の配布がなされている。
- 放射線安全関連の書類手続き等については、理化学研究所によって設置されている安全管理室がその業務を担っている。
- SPring-8では安全性の観点から法令で規定された以上の放射線遮蔽設計を行うとともに、集中管理方式により、安全管理室に専任の放射線管理チームを置き、法令の限度基準を十分下回るよう厳重に放射線安全管理が行われている。
- SPring-8 施設の維持、法律で定められた受電設備の点検、ビーム性能の高度化を実現する加速器システムおよびビームラインの改善等の為、夏期、冬期、年度末に1ヶ月から2ヶ月程度の点検調整期間が設定されている。

■ 契約/調達リスクとマネジメント

- SPring-8 は周辺市町村の水源地の一角に位置していることもあり、サイト内の化学物資の使用についての管理を行うとともに、排水の水質モニタリング等の対応を実施している。
- 施設所有者である理化学研究所が作成している環境報告書において、Spring-8についても環境に関する取組み等の情報発信が行われている。

事例調査の結果

SPring-8(つづき)

■ 主な予算や工期に影響を及ぼした事象と採られた対応策

プロジェクトの段階		予算や工期に影響を及ぼした主な事象	採られた対応策
土地取得		兵庫県から建設母体に対して土地の提供方法が検討されたが、地方財政特例法に日本原子力研究所が指定機関として明記されていたことから、自治体から原研への土地の無償譲渡は不可能であった。	兵庫県が理研に土地を現物出資(評価額314億円)したうえで、理研から原研に対して土地を無償貸与した。
設計	土木	140ヘクタールの敷地には、強固な岩盤の「切り土」部分とその土砂で埋め立てた「盛り土」部分が存在した。	地盤変化による影響を軽減させるため、加速器は全て「切り土」部分に建設するレイアウトを採用した。
		設計場所に山(三原栗山)が存在したことから、それを踏まえた設計をする必要があった。また、強固な岩盤を有する三原栗山において、加速器施設を設置する下部岩盤を壊さずに、上部の岩盤を掘削しやすいよう破壊するのは相当高い技術が必要であり、大量のダイナマイトを使用する必要があった。	三原栗山も切り崩す予定であったが、経費節減のため切り崩さず、蓄積リングを、三原栗山を取り巻いて設置し、リングの内側への入射器の建設を断念した。
		設置場所の播磨科学公園都市は山崎断層に近く、施設に影響が生じる可能性があった。	一般的な調査に加えて常微振動測定、ボーリング調査、標準貫入試験等の特別な地盤調査を実施した。
	建設	蓄積リング棟を切り出した岩盤上に直接建てることから地盤の影響を低減させる必要があった。	2カ所あった地盤の弱い破碎帯に対して盛土などの地盤改良による補強を実施。
装置	原研と理研の両法人が共同で建設を行うことから、機器やシステム等のすり合わせが必要となった。	製造設備やシステム等の標準化・規格の統一化を実施した。	
	当初関西6GeV計画(想定コスト:623億円)を引き継いで設計がなされたが、8GeVの計画(同:約1,050億円)に変更することが検討された。	8GeVで建設する事により、~100keVのX線を無理なく発生することが出来るという理由を大蔵省(当時)に説明し、詳細設計及び見積もりを行ったうえで約1,089億円の予算承認を獲得。	
契約(建設分担)		予算要求に際して、理研と原研との間で大型放射光施設の建設分担を決定しなければならなかったが二法人間では決められなかった。	科学技術庁が仲介役となって協議を進め、両研究所の実績や経験を考慮して、入射器(線型加速器、シンクロトロン)は原研が担当し、蓄積リングは理研が担当するという建設分担の大枠を決めた。
工事、建設		建設資材等の輸送路に使用される一般道路において、夜間の資材輸送、輸送車両が原因の騒音等の交通障害が発生し、周辺住民から苦情が寄せられた	騒音対策として、工事時間帯を1時間短縮するとともに、輸送車両に対して速度制限を課した。

事例調査の結果

SPring-8(つづき)

■ 主な予算や工期に影響を及ぼした事象と採られた対応策(つづき)

プロジェクトの段階	予算や工期に影響を及ぼした主な事象	採られた対応策
装置製造	補正予算により「15ヶ月予算」として追加承認されたビームライン建設を短期間で、かつ共用運転と並行してのビームライン建設は困難が予想された	「共同チーム」による建設であったことから、事前に標準化・規格化を進めていたことで、仕様に応じた効率的な製造が可能となり納期を遵守した
運転	SPring-8サイト内にある兵庫県立大学のニュースバル(中型放射光施設)における火災発生(入射電磁石の焼損)により、SPring-8本体に対する影響懸念及び対策の必要が生じた。	高度産業科学技術研究所と高輝度光科学研究センターによる「原因調査委員会」の立上げ、火災原因の解明、施設復旧を実施した。
	台風により、建屋の屋根の一部に上部破損が発生し、雨水が浸入した	施設の運転停止期間中につき安全上の問題はなかったが、被害原因に関する調査・修繕等の対策実施及び結果公表した。(工事費用は約6億6000万円)
	実験用低温容器(クライオスタット)の中に入っている金属ベリリウム製試験容器が破損し、その破片が飛び散り、近くにいた研究者2名が負傷した。	JASRIは、類似の実験用低温容器の使用者に対し、装置の緊急点検等の対策を講じさせるとともに事故調査の実施、調査結果を公表した。
マネジメント体制	理研・原研の二法人が共同で建設を行ったことから、二法人間の経営スタンスの違い、研究開発・建設の取り組み方の違い、発注方式の違い等により、迅速な意思決定に支障が生じた。	大型放射光施設計画の推進に関する責任は両法人が分担して負うこととし、共同プロジェクトチームを設置して一体的に推進した。
	科学技術庁傘下の研究所が建設する研究施設は、原則として自らの研究を推進するためのものであるが、SPring-8は共同利用施設として国内外の研究者や産業界に開放して科学技術の振興に役立てることを計画しており、SPring-8を共同利用に供する仕組みと条件及びその運営のあり方を定義する必要が生じていた。	「特定先端大型研究施設の共用の促進に関する法律」を制定し、同法律に基づき、共用業務及び支援業務を行う放射光利用研究促進機構として、JASRI)が指定された。
マネジメント体制	「特定放射光施設の共用の促進に関する法律」が改正され、維持・管理等の発注スキーム等の再考を迫られた。	改正後の同法に準拠し、これまでの指定機関制度から登録機関制度へ移行、運営・維持管理業務は一般競争入札へ移行がなされた。

事例調査の結果

KEK-B

■ 法規制等への対応

- KEK-Bは、1998年度に高エネルギー加速器研究機構によって茨城県つくば市に建設された、電子・陽電子非対称エネルギーの円形衝突加速器であり、日本国内の法律、茨城県、つくば市の条例等の規制を遵守している。

■ 安全リスクとマネジメント

- KEK-BはKEK施設内に設置されていることから、KEKによって、具体的な安全の取り扱いを定めた危害予防規程や関係法令等に基づき、各種取扱主任者や安全責任者等が選任され、配置されている。
- また、KEKでは、KEK-Bを含む実験設備の安全管理に関して、機構長のもとの安全・環境・衛生管理推進室、担当理事のもとの同実施室、安全委員会、放射線安全審議委員会、安全衛生推進室等が設置され、安全確保のための調査が行われ、施策が講じられている。
- これらの組織と現場担当者は、常に連携し、講習、危険事象の情報共有、安全巡視、安全訓練等を実施している。なお、2013年にKEKが運用しているJ-PARCにおいて放射能漏洩事故が発生した際に、同施設に導入された労働安全コンサルタントによる調査がKEK-Bに対しても試験導入された。

■ 契約/調達リスクとマネジメント

- KEK-Bは、環境影響評価法の対象外のプロジェクトであるが、環境リスクの低減や自治体・周辺住民への説明責任を担保するため、独自に環境アセスメントを実施した。
- 自然保護に関する対応については、工事の着手前に独自に調査を実施し、自然保護への影響が限定的、或いは皆無といったことを証明し、自治体や地域住民への理解を得る取組みがなされた。
- 地下水の浄化、給排水処理については、専門家や工事現場担当者から構成されるワーキングチームが設立され、国が制定している各種法(水道法など)に加えて、つくば市の地域条例に則って処理がなされている。
- 施設所有者であるKEKが作成している環境報告書において、KEK-Bについても環境に関する取組み等の情報発信が行われている。

事例調査の結果

KEK-B(つづき)

■ 主な予算や工期に影響を及ぼした事象と採られた対応策(つづき)

プロジェクトの段階		予算や工期に影響を及ぼした主な事象	採られた対応策
事前調査		事前調査におけるトンネル掘削時に地下水を汲み上げたことで周辺住民の生活用水の供給に影響が出た。	専門家や工事現場担当者から構成されるワーキングチームを設立し、対応した。
工事建設	建築	関東ローム層であり非常に軟らかい土壌に対して支柱の強度を保つ必要があった。	施設部分において最低30m程度のパイルを打って対応した。
運転		2011年に運転中の加速器試験装置の電源装置から出火した事象があった。	火災のあった電源モジュールの設置場所は、加速器トンネル外で、火災の発生と同時に装置の運転は停止していたことから問題とならなかった。
マネジメント体制	体制	2004年に大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構として法人化されたことで、法人格としての規制に遵守すべき事項が生じた。	労働安全衛生法をはじめ、法人に適用される法律を遵守した。
	仕組み	2013年にKEKが運用しているJ-PARCにおいて放射能漏洩事故が発生した際、KEKの他施設に対しても安全対策強化の動きが広がり、対応をする必要が生じた。	J-PARCに導入された労働安全コンサルタントによる調査がKEK-Bに対しても試験導入された。

事例調査の結果

東京湾アクアライン

■ 法規制等への対応

- アクアラインは、東京湾横断道路株式会社が建設し、1997年に開通した千葉県の本更津と神奈川県の本川崎を結ぶ自動車専用の有料道路であり、日本国内の法律、東京都・千葉県・神奈川県・横浜市・川崎市の条例等の規制を遵守している。
- 東京湾横断道路の建設に関する特別措置法(1987年)が制定され、この法律に基づき、日本道路公団と東京湾横断道路(株)の間に「東京湾横断道路の建設に関する協定」が締結されたことによって、東京湾アクアラインの建設工事を東京湾横断道路(株)が担う事が決定した。

■ 安全リスクとマネジメント

- 東京湾アクアラインでは、作業現場で複数のJVが同時に作業すること、厳しい気象条件下での工事であること等を考慮し、工事災害の防止を徹底するために、発注者である東京湾横断道路(株)が工事安全対策本部および事故・災害対策本部を設置し、JVの自主的安全管理組織と相互に協力して安全管理を行った。
- 東京湾は船舶交通がきわめて輻輳し、また多目的に利用されている海域であり、大規模かつ長期のアクアライン建設工事がこの海域の海上交通に与える影響が大きいことが想定されたため、航行安全センターを設置する等、航行安全対策を策定・実施した。
- 当時においては前例が少ない工事(川島人工島の建設工事・シールドトンネル建設工事・軟弱地盤の改良工事等)が多く含まれていたため、東京湾横断道路(株)と施工者のJVが一体となって主要危険項目の抽出及び対策の検討・危険項目の影響評価等を行い、安全施工に努めた。

■ 契約/調達リスクとマネジメント

- 東京湾アクアライン建設が東京湾の環境に及ぼす影響が事前調査当初から懸念され、種々の環境調査が進められた。
- 1976年からは専門家の協力を得て委員会を設置し、水質・海洋生物・大気質などの現況解析及び影響予測を行った。1984年からは環境影響評価に関連する大気質・騒音・潮流・水質・生物などの現況調査と予測調査を実施した。

事例調査の結果

東京湾アクアライン(つづき)

■ 主な予算や工期に影響を及ぼした事象と採られた対応策(つづき)

プロジェクトの段階		予算や工期に影響を及ぼした主な事象	採られた対応策
アセスメント		建設地が複数の都道府県や市町村にまたがっており、各自治体によって環境影響評価に関する法規制の内容が異なるため、対応・調整の必要性があった。	相違がある箇所については国や自治体等と協議し、各相違点について対応方針を決定した。
設計	建築	初期案(1972)では川崎側と木更津側の両側を橋梁構造とし、中央部を沈埋トンネルとする予定だったが、船舶の航行の障害になる可能性が浮上した。	川崎側の構造を棟梁からトンネルへ変更し、トンネルの構造を沈埋トンネルからシールドトンネル構造に変更した。
設計	建築	大水深・高水圧下、地震多発地帯、軟弱な沖積粘性土が厚く堆積した地盤に建設されるという特徴があったことから、耐震性を強化する必要があった。	当時一般的だった1パターンではなく、2パターンの設計用入力地震動を用いて、より高い耐震設計が実施された。
工事建設	土木	沈埋工法とは異なり、工法変更後のシールドトンネル工事から生じる掘削物は泥状であったため、法律上産業廃棄物扱いになり、廃棄コストが増加した。	シールド工法により泥水に溶かして運搬した土に生石灰を添加して、通常の土の性質に戻す処理を実施した。
マネジメント体制		一般の船舶航行だけでなく、大量の作業船(材料の運搬等)による海上輸送の安全を確保するために航行安全センターを設立し、さらに工事の進捗にあわせ新たに航行安全対策が必要になる場面があった。	関係者の意見を聴取し、海上保安庁や日本道路公団の指示・指導を受け必要な措置を講じた。

事例調査の結果

青函トンネル

■ 法規制等への対応

- 青函トンネルは、日本鉄道建設公団により建設され、1985年に開通した青森県東津軽郡と北海道上磯郡を結ぶ海底トンネルであり、日本国内の法律、青森県や北海道の条例等の規制を遵守している。
- 1929年の洞爺丸事故によりトンネル建設の気運が高まり、日本鉄道建設公団法(1964年)によって設立された日本鉄道建設公団に国鉄から調査が引き継がれ、建設工事が開始された。
- 青函トンネルは、全国新幹線鉄道整備法に基づいて1973年に整備計画が作成された北海道新幹線(新青森～札幌間)の運行が建設当時より考慮されており、新幹線規格での設計・建設が行われた。

■ 安全リスクとマネジメント

- 超大規模建設工事の指定、労働安全衛生法と関連法規の制定等に伴い、工事現場において統括的な安全管理を行うため、労働災害防止関連諸会議を整備し系統的な管理を実施した。また、青函トンネルは長大かつ海底トンネルという前例のない工事であり、事前に多くの問題点を調査・解明する必要があったことから、先進導坑の掘削は日本鉄道建設公団の直轄工事となった。
- 青函トンネル開通後も定期的な追跡調査(内空断面測定、地震防災システムの各種データ収集、湧水化学分析、コンクリート性状試験、止水注入材分析等)を実施し、トンネルの安全性を保っている。

■ 契約/調達リスクとマネジメント

- 海底トンネル掘削に伴う工事排水や異常出水に伴う緊急排水によって、周辺海域を汚濁した際には、漁獲量調査・漁獲影響調査等を実施し収入補填を行った。

事例調査の結果

青函トンネル(つづき)

■ 主な予算や工期に影響を及ぼした事象と採られた対応策(つづき)

プロジェクトの段階		予算や工期に影響を及ぼした主な事象	採られた対応策
土地取得		取得予定用地の所有者との用地協議の難航、所有者の不在等により、用地取得が進まずプロジェクトの進捗が遅れる可能性があった。	効率的かつ円滑に事業を進めるために、土地収用法により公正な第三者の判断を得て、所有者等に適正な補償を行うことで措置を取得可能な土地収用制度を利用した。
契約		最初の工事実施計画を作成した時期から完成までの間に、物価高騰・異常出水等が原因で、実際の工費と当初予算の乖離が発生した。	当初の計画から3回の予算改訂を行い、その都度費用項目ごとの見直し・整理を実施した。
工事建設	土木	工事排水や緊急排水による周辺海域汚染を引き起こし、漁業への被害が発生した。また、工事起因の農業用水・家畜用水の減濁水及び地殻変動・建物の変状が発生した。	「公共用地の取得に伴う損失補償基準要綱(昭和37年閣議決定)」等の考え方を準用し、個別の案件毎に補償金の支払い等により対処した。
		軟弱・不良地質帯であったため、地盤の安定化や前方の地質状況の把握が不可欠な状況であった。	新技術(水平長尺ボーリング技術、吹き付けコンクリート工法)を導入し対処した。
		調査工事中に1回、本工事開始後に3回の合計4回の異常出水が発生(最大70t/min:吉岡作業坑)した。	設備の増強、緊急用資材の収集等によって対応した。
	当初計画では、トンネル内部に流入する湧水は、すべて地上にポンプアップして排水する計画であったが、永年的に運転経費が掛かり、膨大になるとことが懸念された。	止水注入技術を開発して、適用を図ることによって、トンネル内部に流入する湧水量を低減させ、運転維持経費の低減につなげた。	
	建築	トンネル開通後の列車火災に備え、防災設備をより強化する必要がある。	竜飛・吉岡海底部に乗客の避難誘導や消火作業を行うための場所(=定点)を整備した。
運転		開業から10年後の調査において、湿度と空気中の塩分濃度が高いことが原因の一部施設の老朽化が発見された。	国の補助金2/3、JR北海道の負担金1/3により、機能保全のため改修工事を実施した。

事例調査の結果

スーパーカミオカンデ

■ 法規制等への対応

- スーパーカミオカンデは東京大学宇宙線研究所が岐阜県の神岡鉱山内に建設し、1995年に完成、1996年より運転を開始した世界最大の水チェレンコフ宇宙素粒子観測装置であり、日本国内の法律を遵守している。
- スーパーカミオカンデの建設工事においては、鉱山の採掘工事に関する鉱業法・鉱山保安法が適用された。
- また、通常の鉱山採掘とは異なり、研究者の出入りや一般人の見学による出入りがあるため、建設された施設には消防法が適用される。

■ 安全リスクとマネジメント

- 地下 1,000m における巨大な空洞の掘削には崩壊リスクが伴うため、地質が一定の強度を持っていることが建設地選定において非常に重要であり、割れ目や不連続面が少なく片麻岩で構成され強度が十分な神岡鉱山をサイトに選定した。また、地下に実験施設が設置されており、施設内では、研究者や職員の移動を常にモニタリングできるように、入出坑管理システムを導入し、火災時の避難経路の確保のために、通常入坑する跡津通洞に加えて、茂住通洞を整備して、活用できるようにしている。酸素濃度が低下した場合には抗外でも検知できるように、酸素量モニターを整備している。加えて、火災発生時には消防等に迅速に通報できるような体制を構築している。
- その他、坑内における安全管理の情報を、実験グループや鉱山を監視する神岡工業株式会社に共有するための安全協議会を月に 1 度実施している。

■ 契約/調達リスクとマネジメント

- 神岡鉱山は1956～57年頃をピークに発生した公害病のイタイイタイ病の原因となった場所であるという背景があることから環境配慮への意識が強く、掘削残土や坑内水の排出に関する安全管理体制を整備した。さらに、現在は排気ガス対策が施されている低公害バスの入坑のみが認められている。

事例調査の結果

スーパーカミオカンデ (つづき)

■ 主な予算や工期に影響を及ぼした事象と採られた対応策(つづき)

プロジェクトの段階		予算や工期に影響を及ぼした主な事象	採られた対応策
工事建設	土木	地下1,000mにおける建設工事であったため、巨大空洞掘削による崩壊リスクが想定された。	開口割れ目が少なく、強度が高い岩盤が分布する神岡鉱山を建設地に選定した。さらに、掘削後は、鋼製支保工を1m 間隔で建込み、吹き付けコンクリートを施工することにより、掘削面の安定化に努めた。
		発破掘削による掘削面周辺の損傷や緩みの発生が懸念された。	特に、天井ドーム部の安定性の向上を図るために、掘削前にケーブルボルトを施工することによって、地盤の緩みの現象に努めた。
		上部から下部へ空洞の掘削が進むにつれて、掘削面からの湧水が増加し始めたため、その後の掘削工事への影響が懸念された。	湧水量を抑制するため止水グラウト工事を実施した。
運 転		観測開始から5年後の光電子増倍管の交換作業時に、過半数の光電子増倍管が破損した。	事故後しばらくは破損を免れた光電子増倍管に衝撃波防止ケースを取り付け、1つおきに配置し、観測を続けた。 その後完全再建工事を実施し、当初とほぼ同数の光電子増倍管を整備した。