

セッション7

「原子力発電所の耐震・耐津波性能のあるべき姿」

緊急時に備えた地下空間利用 ((一財)エンジニアリング協会の検討)

平成25年3月

清水建設株式会社 樋口義弘



発表の内容

1. 検討の背景・目的

検討体制
検討メンバー、期間
地下収納の優位性
検討対象

2. 検討内容

- ①非常用電源設備
 - ②水供給設備
 - ③緊急時アクセス通路
 - ④オフサイト緊急時対応センター
- 今後の課題

3. さいごに

土木技術者の責任
土木～機電のインターフェイス

エンジニアリング
協会での検討結果

土木技術者に
求められるもの



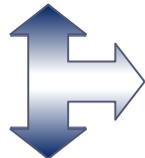
1 a. 検討の背景・目的

3/20

東京電力福島第1原子力発電所事故に起因する
国民の原子力発電所に対する**不安感・不信感**



原子力発電所**再稼働**に対する**消極的・否定的風潮**の顕在化



国民の**信頼感回復**のために
より**安全な原子力利用**に資する
地下空間利用形態を検討

原子力エネルギー利用の重要性

- エネルギー資源の**安定的な確保・多様化**
- CO₂排出抑制**
- 国際的エネルギー資源の**消費抑制**

1 b. 検討体制

4/20

一般財団法人エンジニアリング協会 (ENAA)

社会経済の発展と環境と調和した社会システムの構築を目指すフロントランナーとして、産・学・官の協力のもとエンジニアリングに携わる多くの企業が集結。エンジニアリング能力の向上、技術開発の推進など幅広い事業を行うことを目的に1978年に当時の通商産業大臣の認可を得て発足。2011年にエンジニアリング協会として一般財団法人化。

地下開発利用研究センター (GEC)

地下空間の高度な開発利用に必要なエンジニアリングの研究開発を行うために財団法人エンジニアリング振興協会の付置機関として1989年に設立。地下空間開発利用に関する調査研究・研究開発・技術指導・国際交流の推進等を実施。

発電所重要施設地下収納研究会 ⇒検討主体

原子力発電所の復旧を遅らせた一つの要因が外部電源等の付属重要施設が被災したこととらえ、それらが地下施設であった場合の優位性を検討し、今後の発電所の重要付属施設のあり方を提言する目的で2011年に発足。

1 c. 検討メンバー、期間

5/20

	氏名	所属
リーダー	谷利 信明	鹿島建設(株) 土木管理本部土木技術部
委員	駒田 広也	(財)電力中央研究所 名誉研究アドバイザー
委員	田中 達也	(株)大林組 東京本社 原子力本部環境技術部
委員	松村 修治	(株)熊谷組 土木設計部原子力・エネルギー施設グループ
委員	樋出 和雄	J X 日鉱日石探開株式会社 開発事業部
委員	樋口 義弘	清水建設(株) 土木技術本部バックエンド技術部
委員	真下 秀明	大成建設(株) 原子力本部原子力部
委員	関根 一郎	戸田建設(株) 土木本部岩盤技術部
委員	福永 淳一	日本工営(株) プラント事業部 電気技術部
委員	弘末 文紀	(株)間組 技術・環境本部 環境部
委員	久慈 雅栄	前田建設工業(株) 土木事業本部 土木設計・技術部
委員	奥村 忠彦	(一財)エンジニアリング協会 地下開発利用研究センター 所長
前委員	桑川 貞経	前田建設工業(株) 建築事業本部 建築技術部 技術開発
事務局	三井田英明	(一財)エンジニアリング協会 地下開発利用研究センター 技術開発部 部長
事務局	岡本 達也	(一財)エンジニアリング協会 地下開発利用研究センター 技術開発部 主任研究員
前事務局	吉澤 一雄	(一財)エンジニアリング協会 地下開発利用研究センター 技術開発部 研究主幹

委員
13名
事務局
3名

検討期間：2011年7月～2012年9月

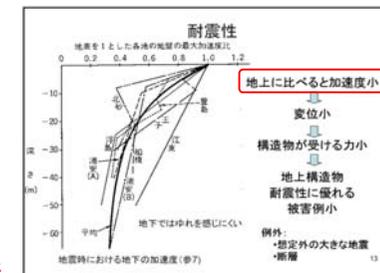
1 d. 地下収納の優位性

6/20

地上方式に比べて、

- 耐震性
 - ・地震時の安定性
 - ・津波に対する抵抗性

- 閉鎖性
 - ・自然災害、航空機事故、テロ等の外的環境からの遮断



出典：地下空間を創造する 竹村次朗



1 e. 検討対象

7/20

福島第1原子力発電所事故を踏まえた安全性向上対策
(電源確保、冷却機能確保の必要性)

- ① 非常用発電設備
- ② 水供給設備

出典：北海道電力HP

事故後の対策支援における経験
(発電所施設への安全なアクセスの必要性)

- ③ 緊急時アクセス通路



出典：東京電力HP

2 a. 検討内容 ①非常用発電設備

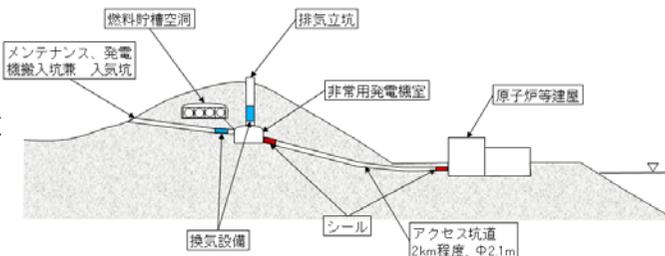
8/20

■基本仕様

- ・発電所サイトから独立した外部電力を供給
- ・点検時の稼働停止、災害時被災に対する冗長性を勘案
- ・道路、石化設備の被災による燃料供給途絶を考慮

供給能力：5000kVA (概ね100万kW相当、2000kVA×3基)
燃料容量：1200kL (概ね4週間稼働分、100kL×12基)

■配置

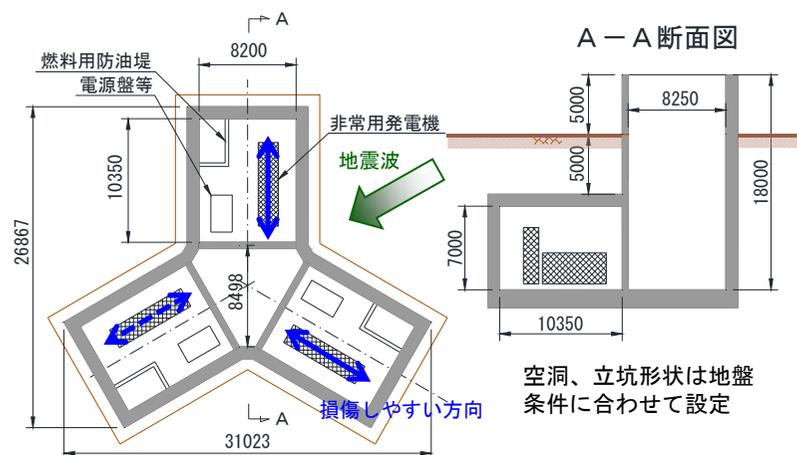


発電所背後の地下空間に発電機室、燃料貯槽、地中線他を整備

2b. 検討内容 ①非常用発電設備

9/20

■非常用発電設備イメージ

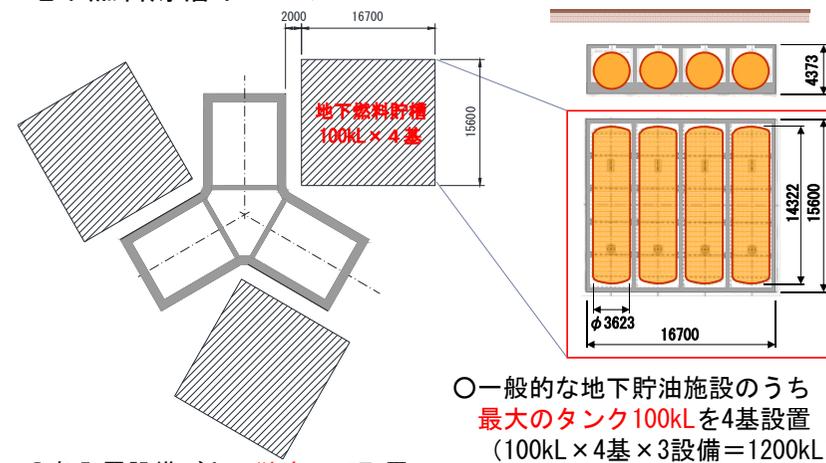


- 2000KVA × 3台に分散 ⇒ 冗長性確保
- 発電機を放射状に配置 ⇒ 地震による被災確率の低減

2c. 検討内容 ①非常用発電設備

10/20

■地下燃料貯槽イメージ



- 各発電設備ごとに独立して配置 ⇒ 冗長性確保

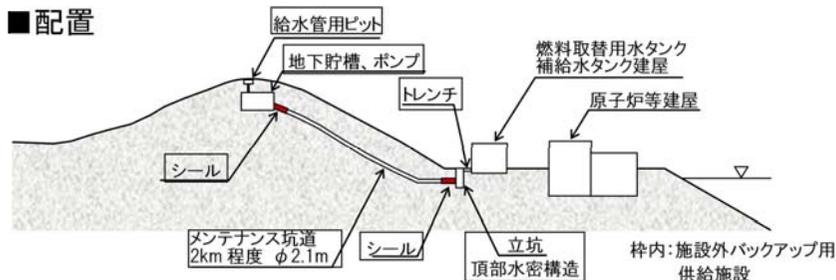
2d. 検討内容 ②水供給設備

11/20

■基本仕様

- ・代表的貯水タンク（燃料取替用タンク、補給水タンク）に給水貯水容量：4000m³（概ね100万kW相当）
- ・給水管はメンテナンス坑道内に敷設
- ・電源車等の電力でポンプ圧送（発電所後背地の高台に設置できれば無電源送水可能）

■配置

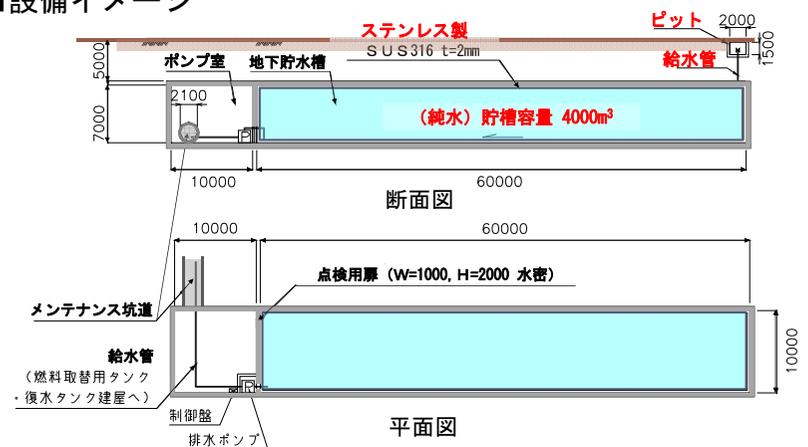


水タンク建屋周辺に立坑を設けて、トレンチでタンクに接続

2e. 検討内容 ②水供給設備

12/20

■設備イメージ



- 純水を貯水⇒貯水槽はステンレス製（or耐腐蝕ライニング等）とする。（定期的に水質監視し、入れ替え実施）
- 純水装置故障等により純水が確保不可⇒工業用水等を給水

2 f. 検討内容 ③緊急時アクセス通路

13/20

■基本仕様

緊急時アクセス通路に期待される機能

- ①緊急時の地下から発電所建屋への**アクセス路**
- ②緊急時の通信線、電線、水配管等の**施設設置スペース**
- ③**地下シェルター**
- ④**緊急対策室**、サテライトオフィス(免震重要棟バックアップ機能含む)
- ⑤緊急対応時の**休憩スペース**
- ⑥**水貯留スペース**
- ⑦放射性汚染物質(ガレキ等)の**貯蔵設備**

■基本断面案



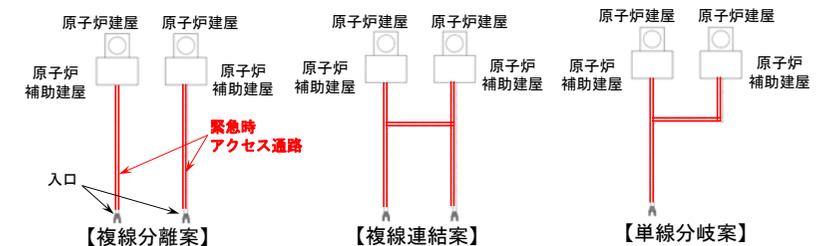
【トンネル形式】 【ボックスカルバート形式】 【シールド形式】

断面形状・洞道の施工方法は現地の地質や環境条件等に応じて選定

2 g. 検討内容 ③緊急時アクセス通路

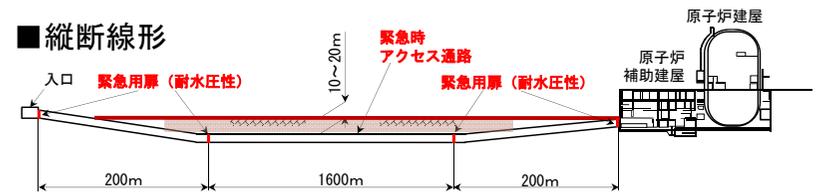
14/20

■平面線形



要求性能や地理的な条件等に応じて適切に選定

■縦断線形



地表面の環境、深部の地質に応じて適切に設定

2 h. 検討内容 ④オフサイト緊急時対応センター

15/20

■考え方

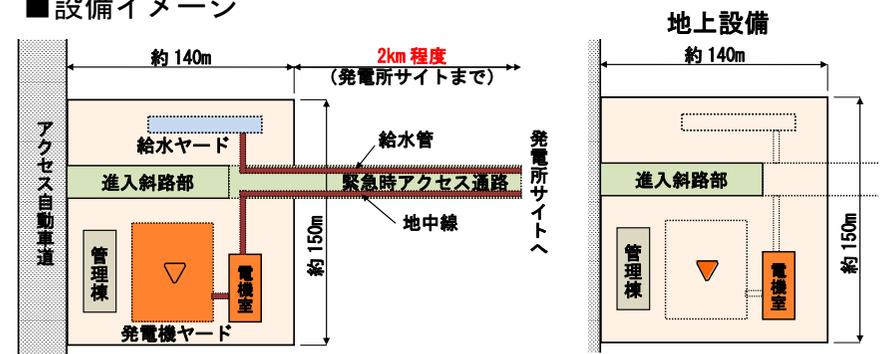
- ①非常用電源設備
 - ②水供給設備
 - ③緊急時アクセス通路
- ⇒ 集約的に整備
オフサイト
緊急時対応センター

- センターと発電所との**離隔を確保**することにより、**2次被災等を抑止**する。
- 設備の集約化**により、
 - ・ **効率的運営管理の実現**をめざす。
 - ・ **建設費用、用地取得費用等の整備コストを縮減**する。
- 用地を機器、資材の集積基地**としての利用を期待する。
(各設備が地下に設置されるため、地表面は大部分空地となる。)

2 i. 検討内容 ④オフサイト緊急時対応センター

16/20

■設備イメージ



- アクセス自動車道**に接して設置
- 非常用発電設備から水供給設備他への**電源供給**
- 給水管、地中線(電力)の**緊急時アクセス通路への共架**

- 地上部は**集積基地**
(機器・資材)として活用

2j. 今後の課題（具体化する場合の検討項目） 17/20

道路整備状況の確認

資機材、人員等の受け入れが円滑である幹線道路に接して建設することを前提としている。

燃料補給物流ルートの確認

外部電源の復旧等が遅れた場合、非常用発電設備に対する燃料の補給も必要となる。
補給ルートが脆弱な場合は、ルート整備等も検討の対象となる。

アクセスルートの確保

原子炉建屋周辺は配管等が輻輳しており、緊急時アクセス通路等のルート確保や原子炉建屋への接続が難しいことが予想される。

耐震重要度の設定

設備の重要性等を踏まえた耐震重要度の設定が必要となる。

設備数の検討

複数炉の場合、設備の規模、整備数も検討事項となる。

3a. さいごに（土木技術者の責任） 18/20

事故前の土木技術者の責任

機電側の設計条件を基に、**壊れない**構造物を作る。
※設計基準の範囲内を対象とするのならそれで良かった。



今回の事故

設計基準を超える事故（**シビアアクシデント**）への対応が求められるようになった。



今後の土木技術者の責任

壊れてもシステム全体として機能維持できる構造物を作る
ことが求められる。
⇒システム全体の中での**土木構造物の果たすべき機能**を理解する必要がある。
設計基準を越えても安全が担保できる知恵を求められている。
⇒**土木の観点での安全確保・向上方策**の発信が求められる。
⇒今回の検討のような発信

3b. さいごに（土木～機電のインターフェイス） 19/20

土木

設計条件の設定

地震動、津波、降雨etc サイトの自然条件を**定量化**

一方通行
(事故前)



双方向
(今後) 設定時の不確実性等の情報共有

機電

機器の計画

全体システム 仕様設定⇒サブシステムの要求性能

↓
サブシステム 仕様設定⇒個別機器の要求性能

↓
個別機器 仕様設定⇒**土木設備の要求性能 (L/D)**

一方通行
(事故前)



双方向
(今後) システム&機器要求性能等の情報共有
耐震・耐津波性能のあるべき姿を踏まえた
配置や仕様等に対する土木からの提案

土木

土木設備の計画

土木設備 仕様設定

ご清聴ありがとうございました。

今回の検討結果の詳細はエンジニアリング協会の下記HPをご参照ください。
<http://www.ena.or.jp/GEC/index.html>