

平成30年度土木学会 地震工学委員会 第2回研究会

平成30年9月11日
土木学会講堂

(株)電力計算センター
當麻 純一

JSCE 土木学会 平成30年度 定時総会



Hotel Metropolitan
Edmont Tokyo

當麻(当麻)の略歴

- 1979年3月 早稲田大学修士課程修了
(シールドトンネルに関わる研究)
- 1979年4月 電力中央研究所 地盤耐震部
- 2005年7月 同 地球工学研究所長
- 2010年4月 同 知的財産センター所長
- 2014年6月 株式会社電力計算センター
現在に至る

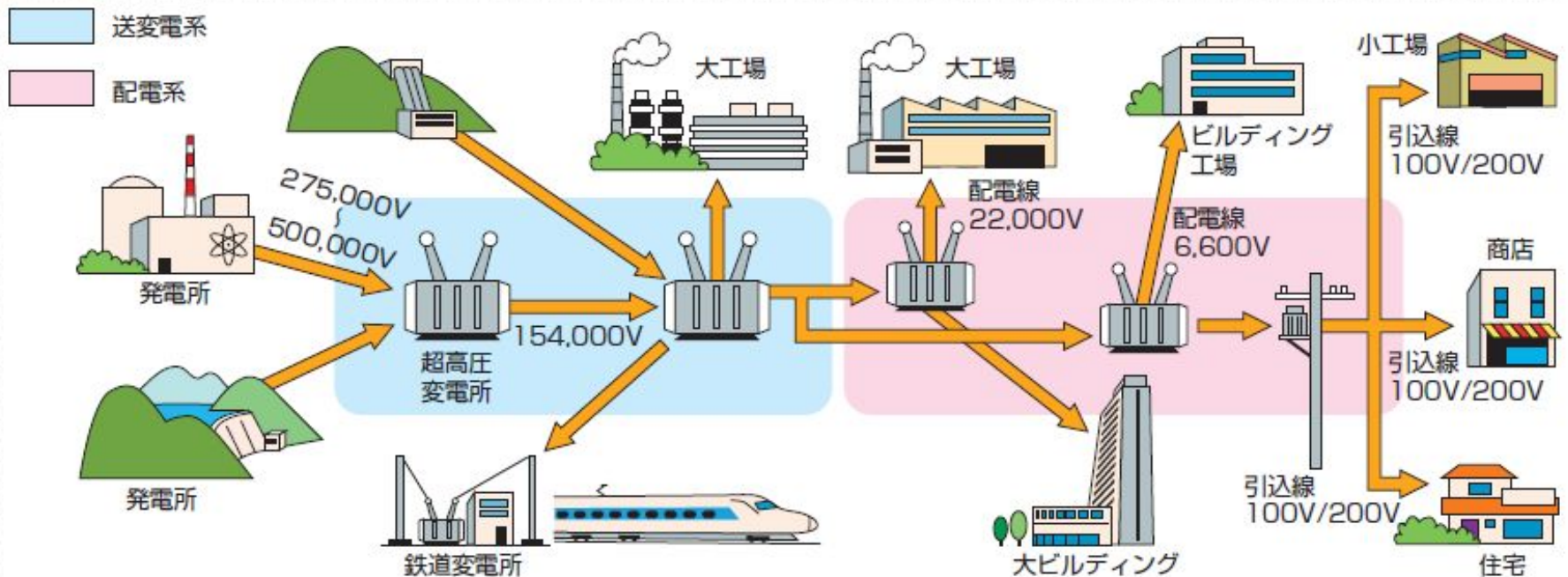
財団法人 電力中央研究所 昭和54年(1979)就職



平成30年6月現在

発送電、変電、配電に関する研究

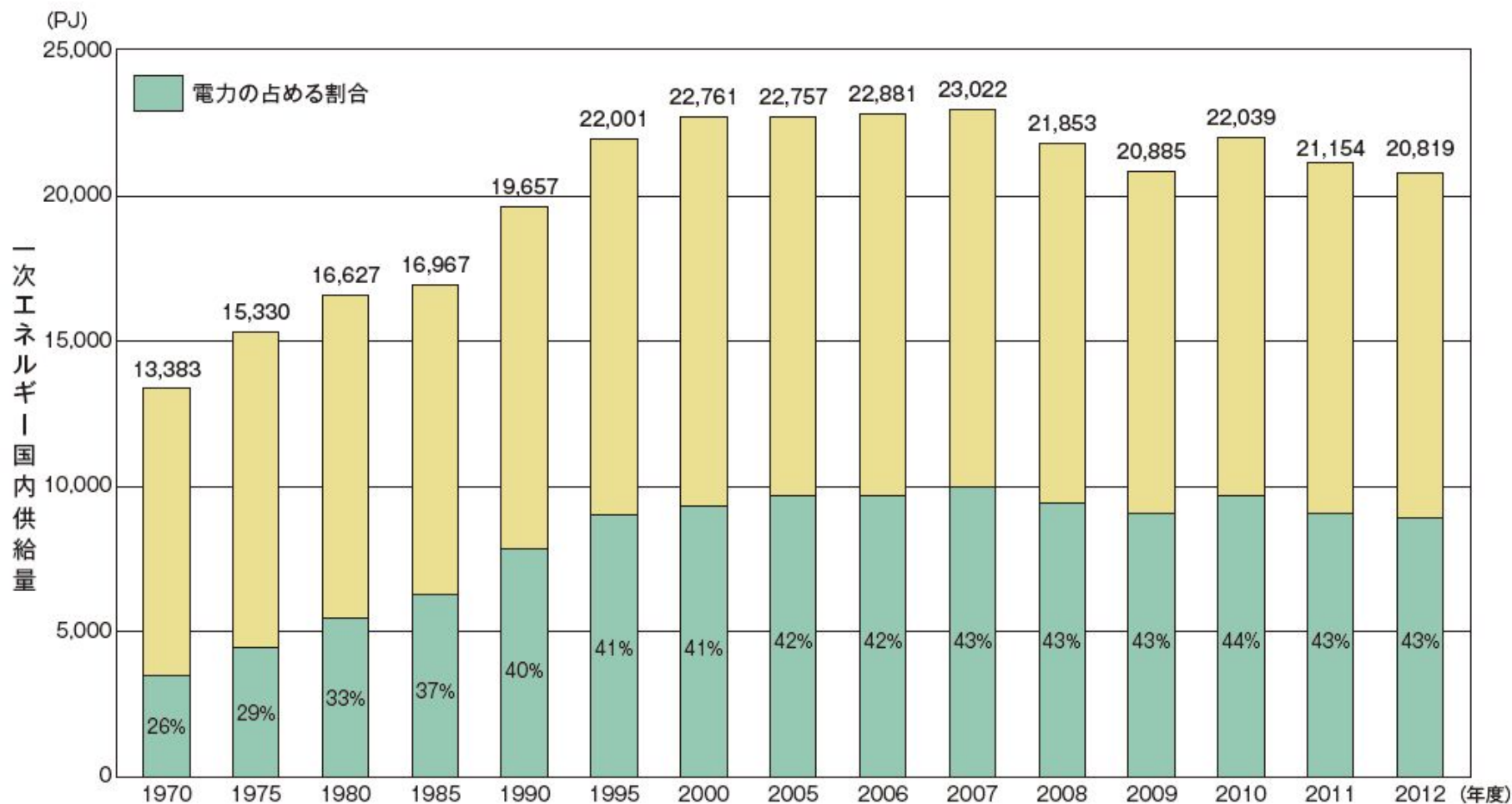
電力流通ネットワーク ～発電所から電力需要地へ～



主な担当研究課題

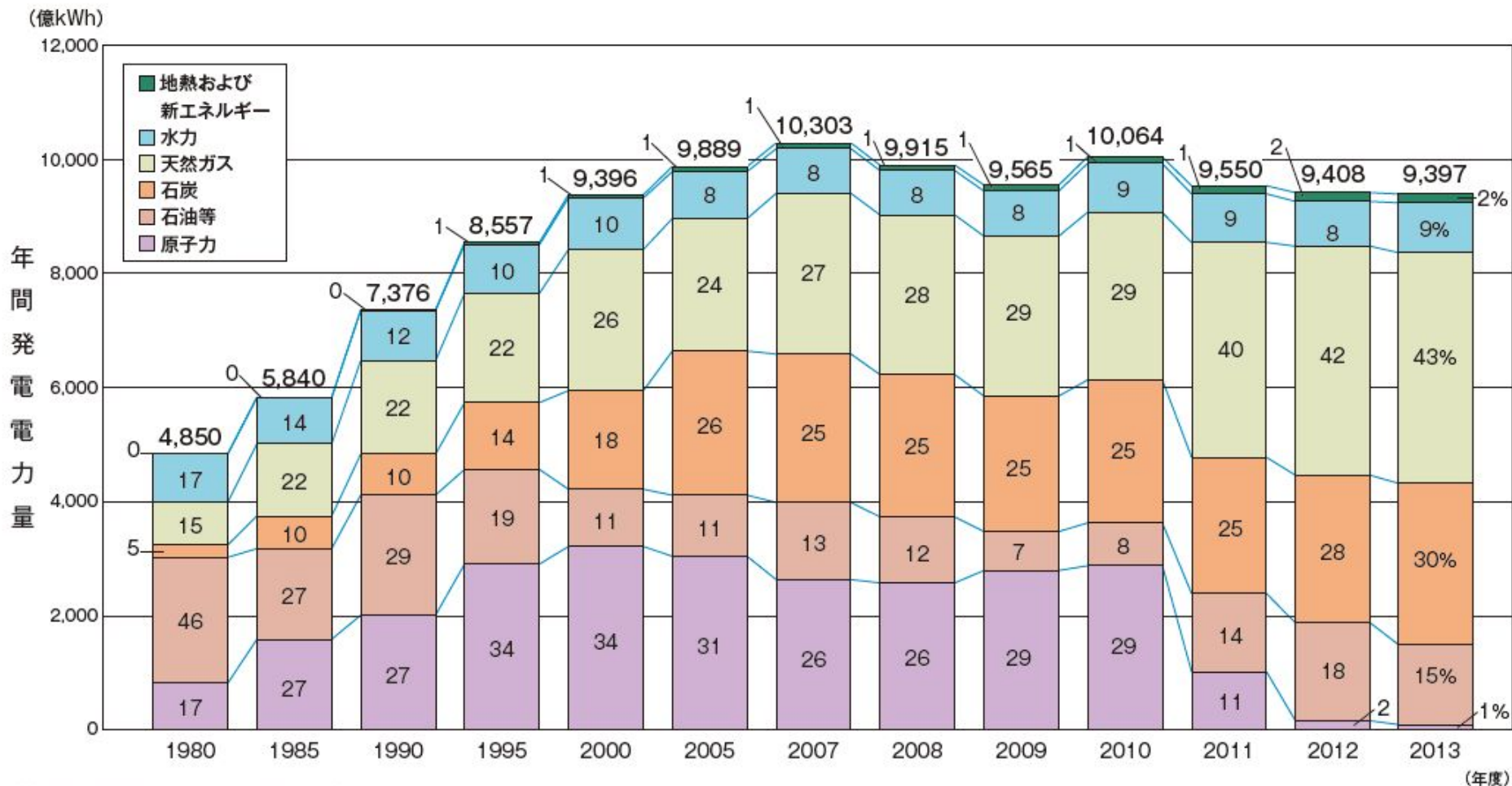
- 原子力土木(非常用取水設備)
- 地中線土木(洞道、埋設管)

一次エネルギーに占める電力の比率（電力化率）

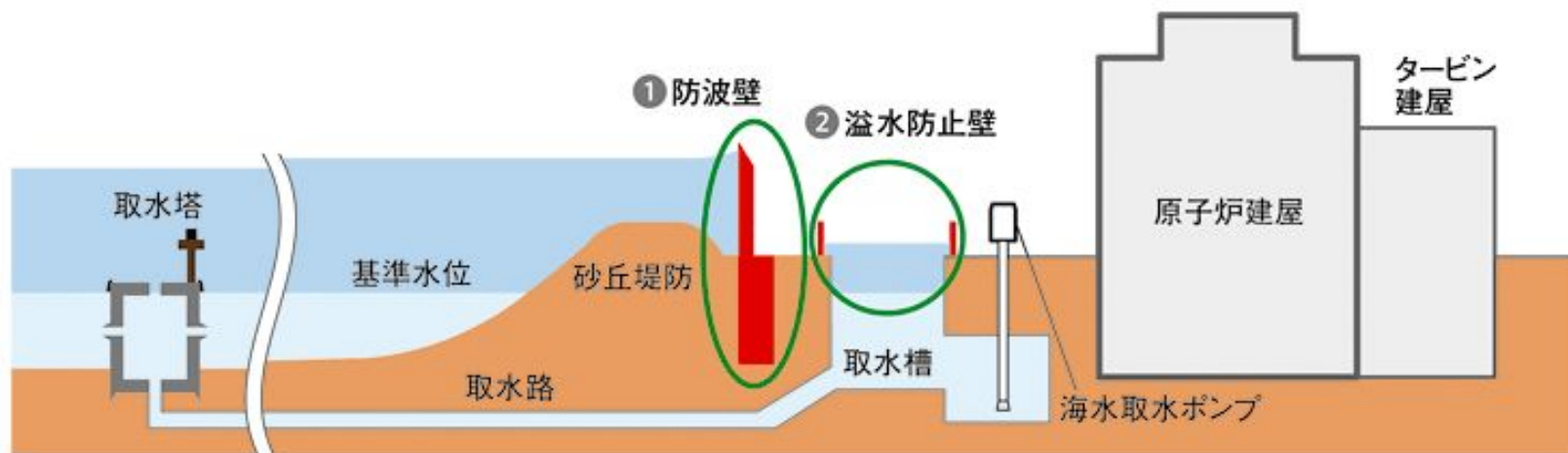


(注) 1PJ(=10¹⁵J)は原油約25,800kℓの熱量に相当(PJ:ペタジュール)

電源別発電電力量の実績



(注) 石油等にはLPG、その他ガスおよび瀝青質混合物を含む
 四捨五入の関係で合計値が合わない場合がある
 発電電力量は10電力会社の合計値(受電を含む)
 グラフ内の数値は構成比(%)



中部電力 浜岡原子力発電所

地中RC構造物の崩壊



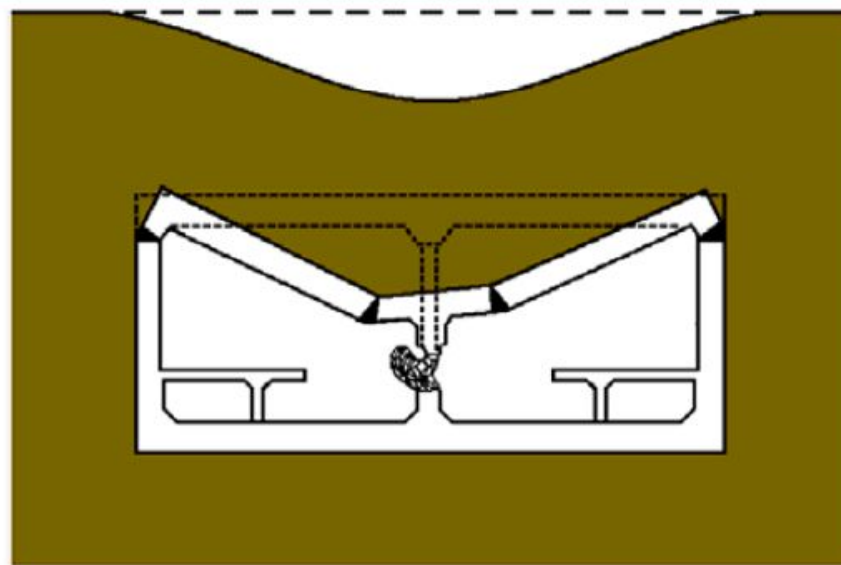
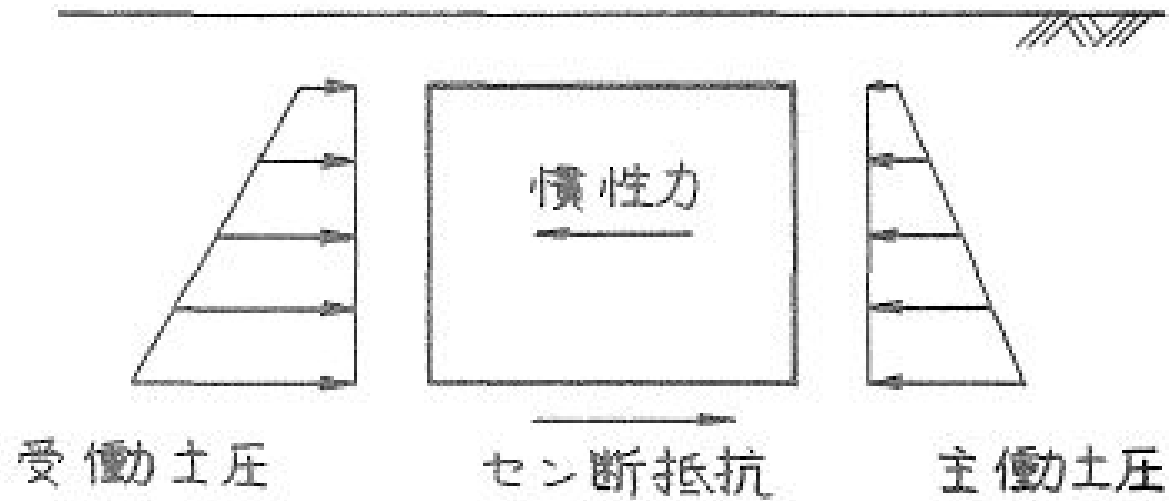


図7) 阪神・淡路大震災後の地下鉄大開駅の被害状況 (出典：阪神・淡路大震災調査報告書 土木学会)



震度法によった慣用設計



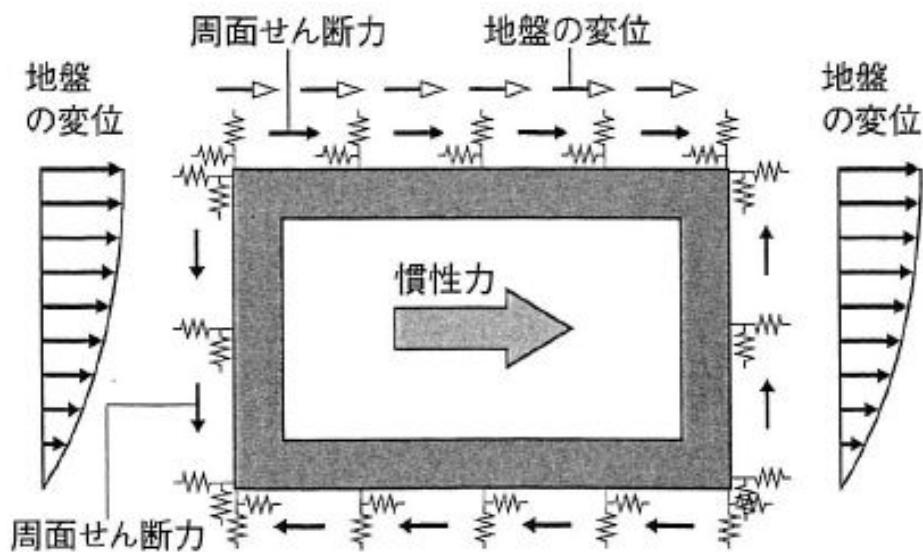
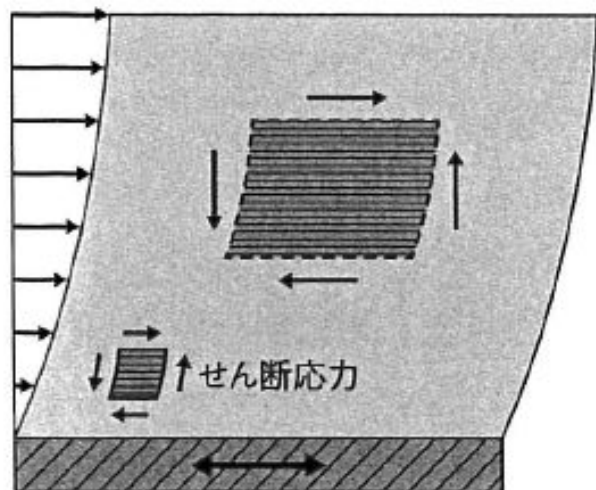


図 6-8 応答変位法による設計例

濱田正則ほか
「原子力耐震工学」鹿島出版会

地盤耐震屋とコンクリート屋のコラボ

- 荷重をください??
- 実験(振動台実験、静的加力実験)
- 数値解析(フレームばねモデル、FEMモデル)
- 震度法(地震時土圧法)に替わる設計法へ

電中研の耐震実験システム

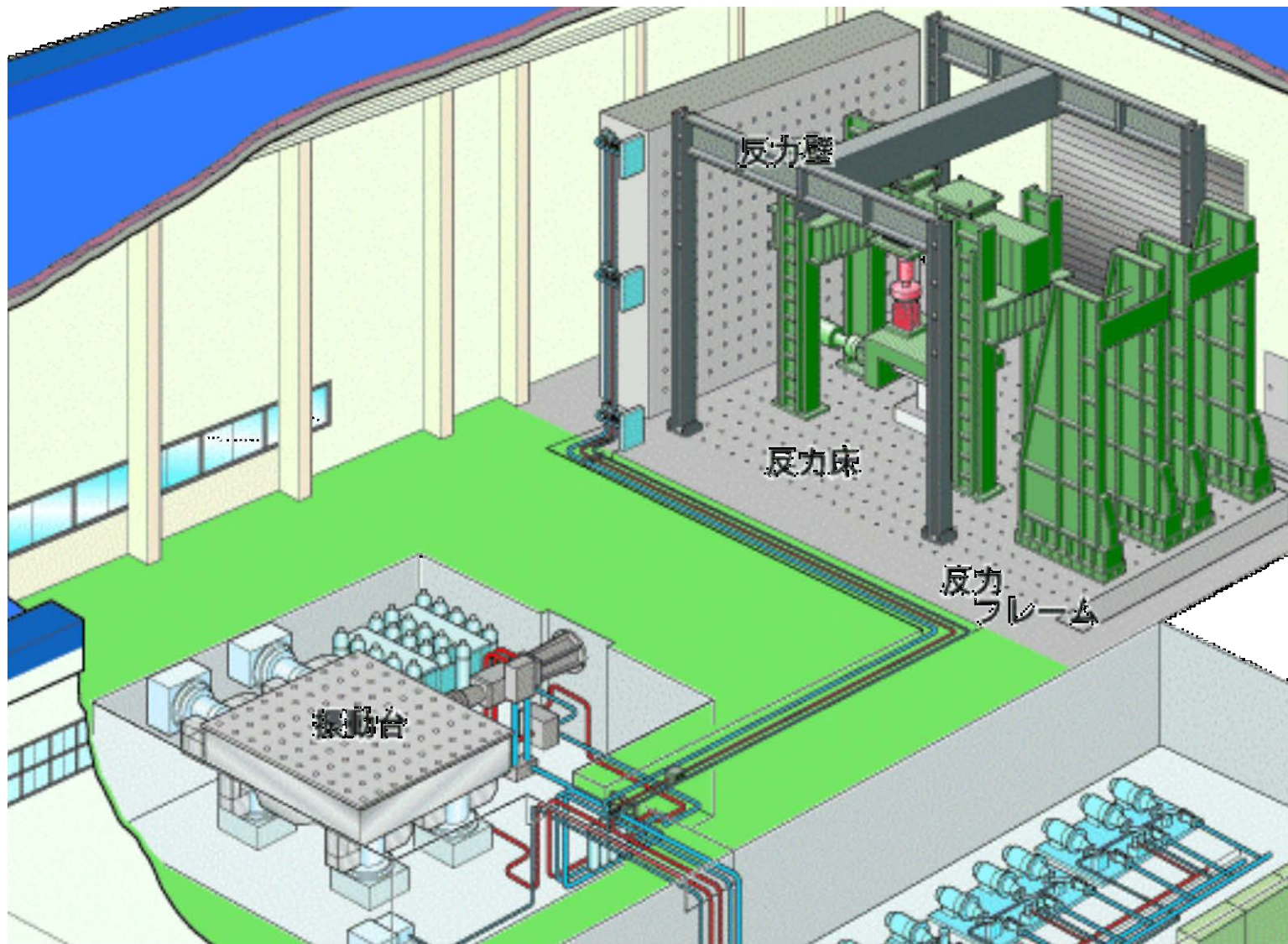
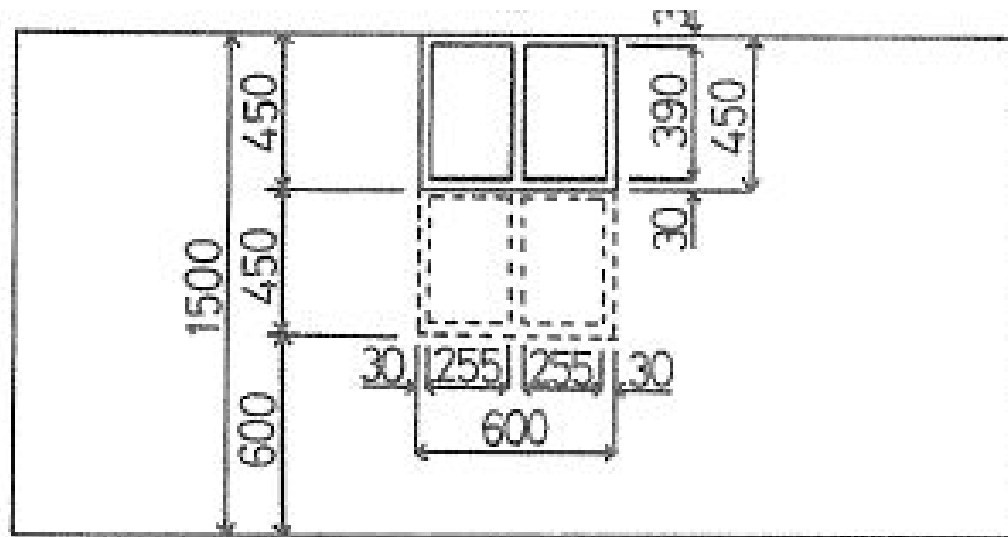




図-3 大型せん断土槽

((財) 電力中央研究所 所有設備)

地盤耐震屋による実験



単位 (mm)

図 2 - 10 ダクト寸法及び埋設位置 (mm)

測定された土圧は、地震時土圧式による値や分布とは異なる

コンクリート屋による実験

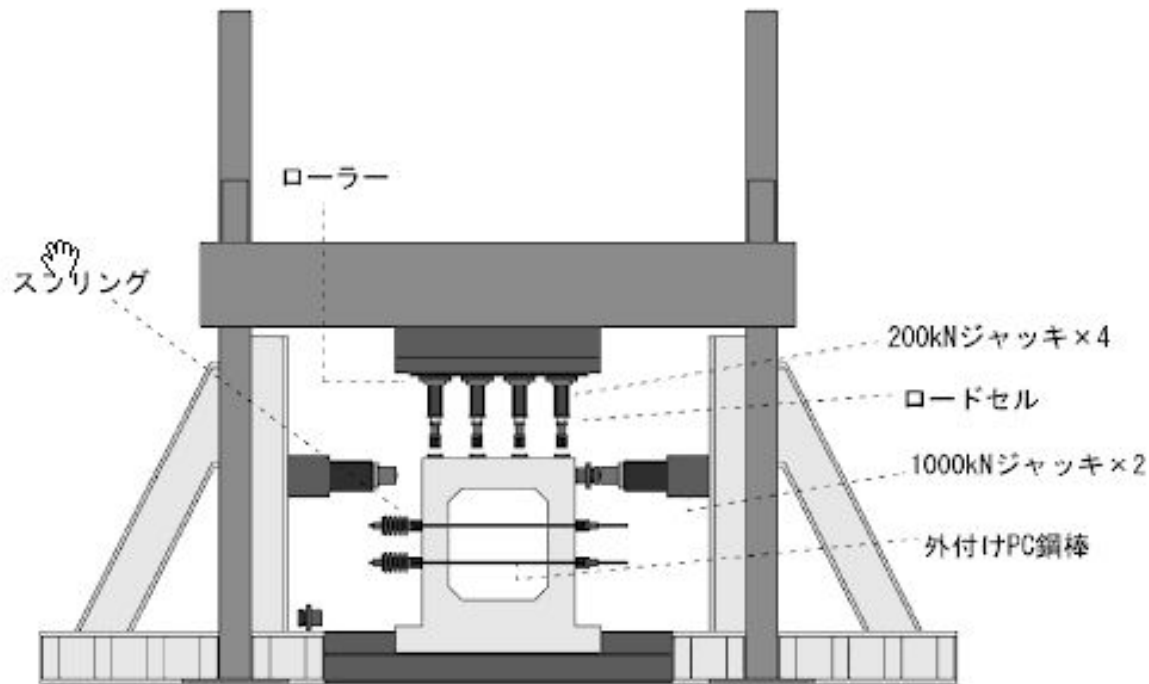


図 3-3 実験装置の概要

集中荷重と分布荷重の違い → せん断耐力への影響？
梁・柱部材と面部材との違い

両分野共同の実験

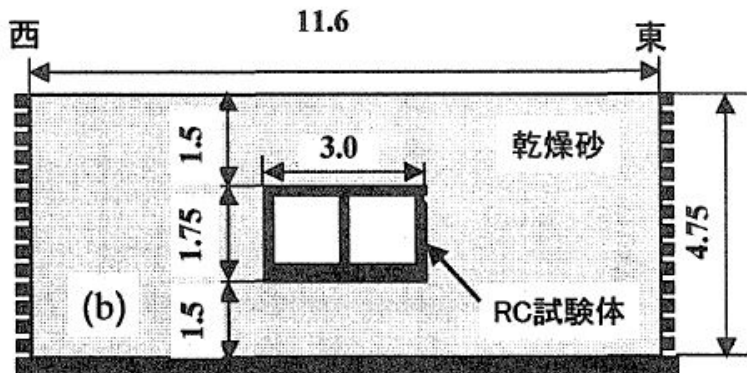
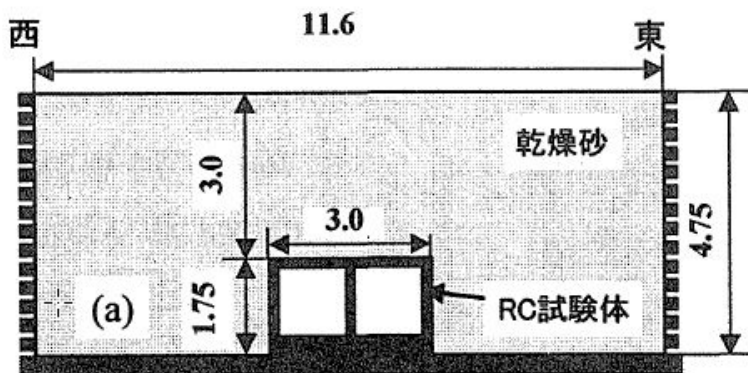


図-1 振動台実験の概要 (a)岩着 (土かぶり3m), (b)非岩着 (土かぶり1.5m) 単位: m

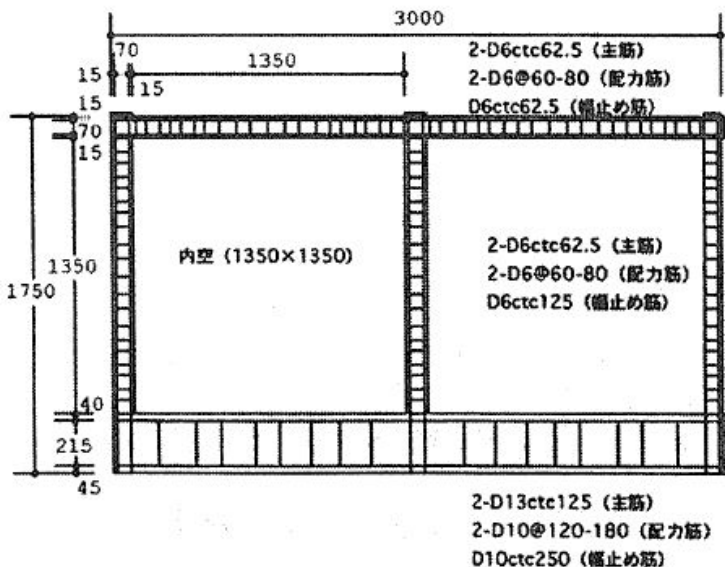


図-2 試験体の寸法と正面配筋 単位: mm

大友敬三ほか
鉄筋コンクリート製地中構造物の耐震
性能照査法の高度化
電力中央研究所研究報告2002.2

地震応答解析

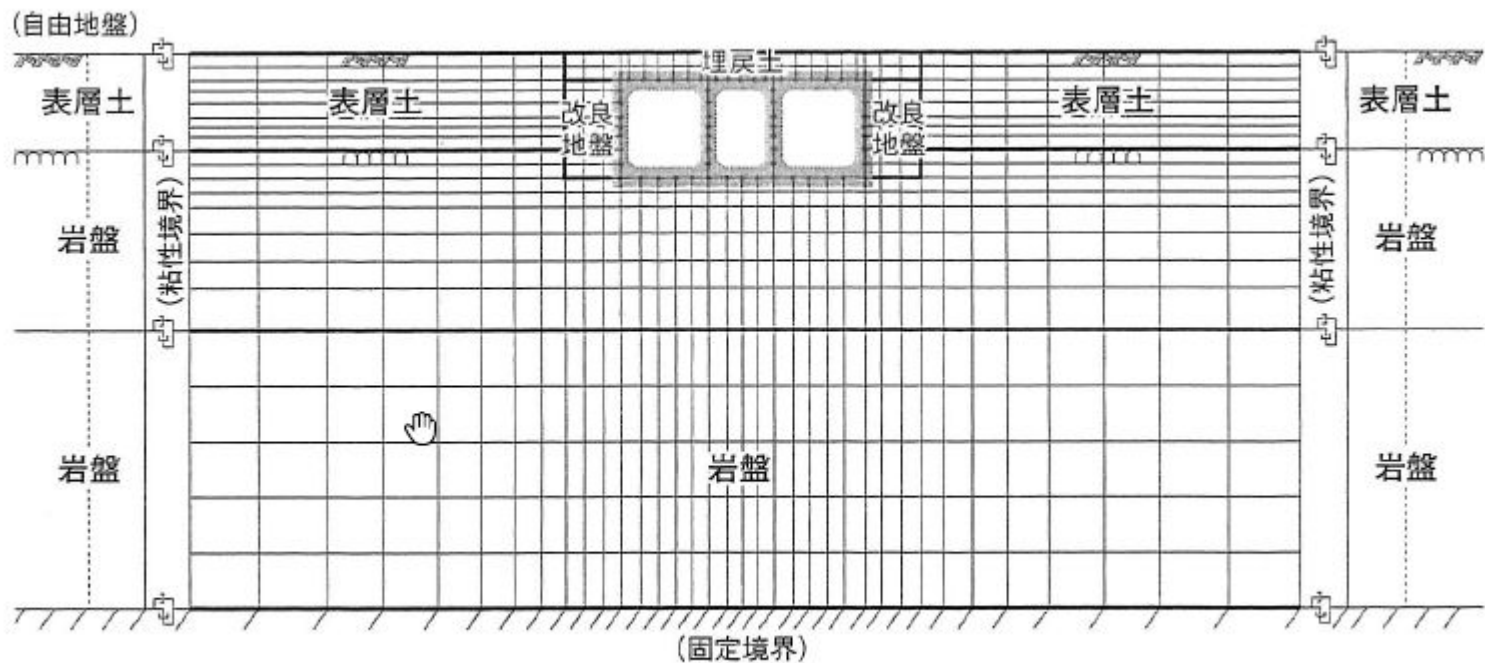


図 6-6 地震応答解析モデル例

濱田正則ほか
「原子力耐震工学」鹿島出版会

地盤中での構造物の終局状態を探る

- 地盤材料の非線形性
- 構造物の非線形性(部材レベル材料レベル)
- 地盤・構造物接触面の不連続性
- 構造物が最大耐力に至らないことを照査
→耐震性能(通水機能)を担保

原子力発電所屋外重要土木構造物の
耐震設計に関する
安全性審査マニュアル

図記年月日

土木学会
原子力土木委員会

今から振り返れば...

- 所与の設計地震動に対しての照査に限定
- 地震動自体の議論は別
- 設計地震動を超える地震動→思考停止

設計用限界地震S₂

- 1978年に定められた「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針」(旧指針)
- 地震学的見地に立脚し設計用最強地震を上回る地震であり、
- 敷地に影響を与える最も大きな地震

米国で研究(1985年から1年間)



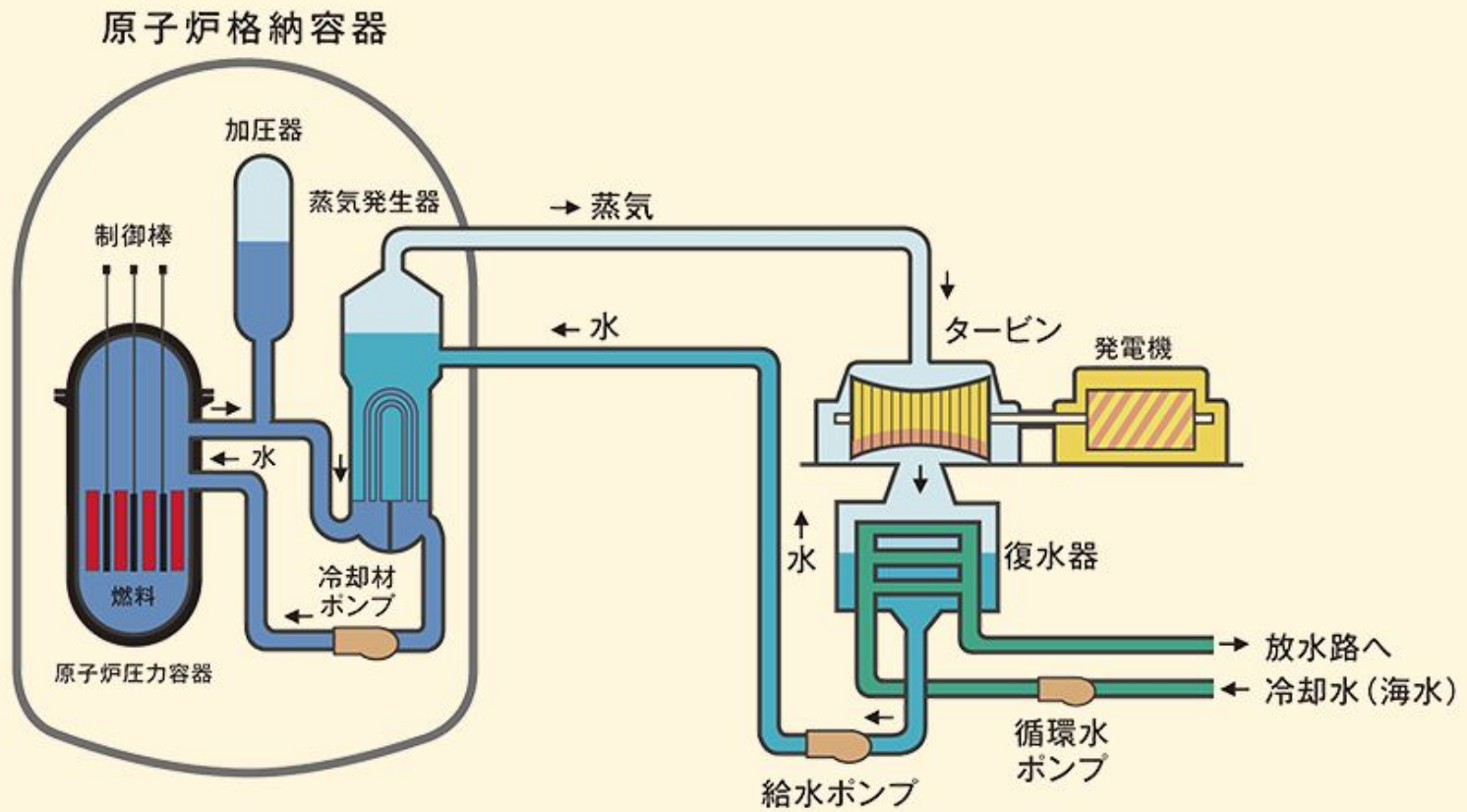
コロンビア大学



ブルックヘブン国立研究所
原子力部 構造解析研究室

設計を超える地震動によるリスク

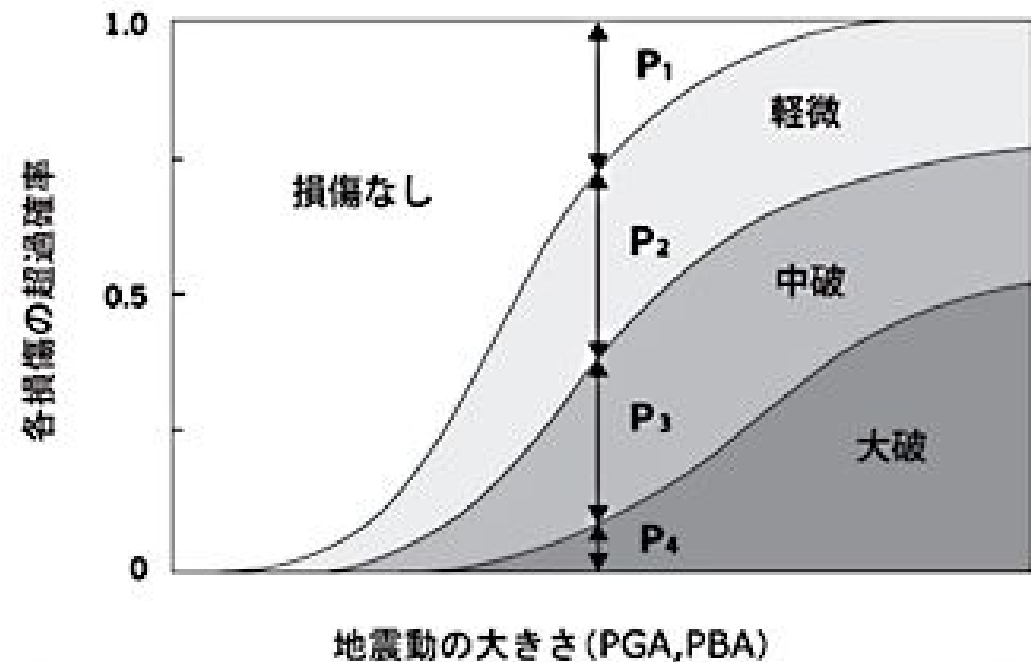
■ 原子力発電所(PWR※)のしくみ

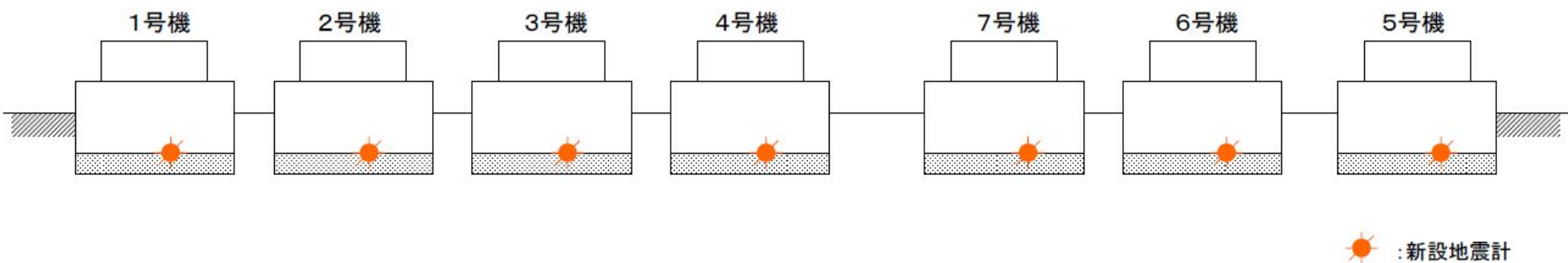


確率論的地震リスク評価



米国に30年遅れ??





観測された最大加速度 (単位:ガル)

観 測 値		南北方向	東西方向	上下方向
○ 1号機	最下階(B5F)	311	680	408
2号機	最下階(B5F)	304	606	282
3号機	最下階(B5F)	308	384	311
4号機	最下階(B5F)	310	492	337
○ 5号機	最下階(B4F)	277	442	205
○ 6号機	最下階(B3F)	271	322	488
7号機	最下階(B3F)	267	356	355

○ 7月16日お知らせ済み(新設地震計による観測記録)

【スクラム設定値】水平方向120ガル、上下方向100ガル

設計時の加速度応答値 (単位:ガル)

設 計 値		南北方向	東西方向	上下方向
○ 1号機	最下階(B5F)	274	273	(235)
2号機	最下階(B5F)	167	167	(235)
3号機	最下階(B5F)	192	193	(235)
4号機	最下階(B5F)	193	194	(235)
○ 5号機	最下階(B4F)	249	254	(235)
○ 6号機	最下階(B3F)	263	263	(235)
7号機	最下階(B3F)	263	263	(235)

※上下方向については、()内の値を静的設計で用いています。

新潟県中越沖地震における柏崎刈羽原子力発電所の地震観測記録

2007.7.16

地震随伴事象に対する考慮

(津波に対する安全性)

施設の供用期間中に極めてまれではあるが発生する可能性があると想定することが適切な津波によっても、施設の安全機能が重大な影響を受けるおそれがないこと。



堤防高さ約10m





(東京電力提供)



東京電力

1分後

福島第一原子力発電所

- 各号機は昭和41年～昭和47年に設置許可を取得。
- 当初、津波に関する明確な基準はなく、既知の津波痕跡を基に設計。
- 小名浜港で観測された既往最大の潮位として昭和35年のチリ地震津波による潮位を設計条件。(O.P. +3.122m)

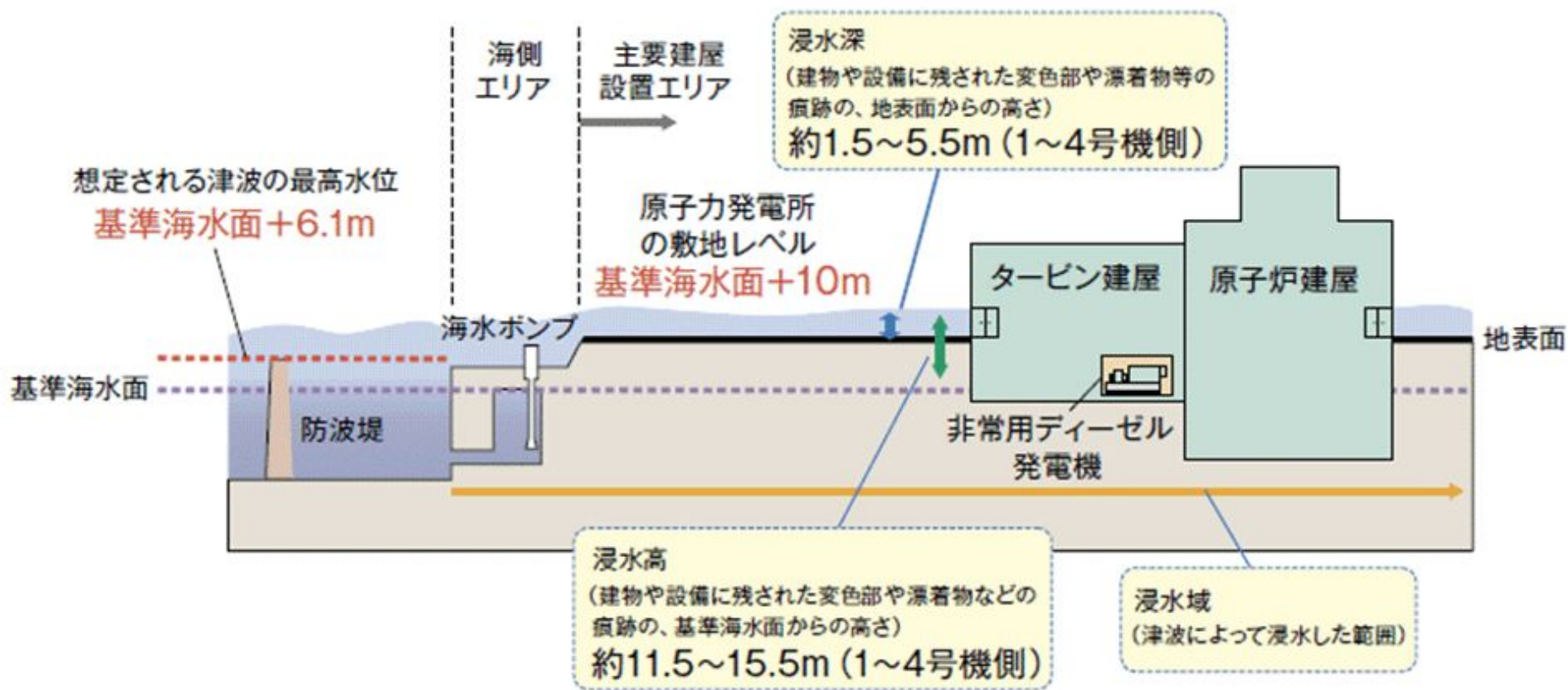


図5 福島第一原発に到着した津波の大きさと浸水状況

[出所] 電気事業連合会:原子力・エネルギー図面集、p.10-2-3、
<http://www.fepc.or.jp/library/pamphlet/zumenshu/pdf/all10.pdf>

問題の所在

- 設計地震動，設計津波を上回る事象に対して，どのような対策が現実的に適切であるかという認識が社会で共有されていなかった.
- 設計地震動，設計津波を上回る事象に対して，発電所敷地内だけでなく，敷地外との関わりを含めた対策が不足していた.

委員の大半は
地震工学委員会
委員

原子力発電所の耐震・耐津波性能のあるべき姿に関する提言
(土木工学からの視点)

平成25年7月

公益社団法人 土木学会

東日本大震災フォローアップ委員会
原子力安全土木技術特定テーマ委員会

・新たな耐震・耐津波
設計およびリスク管理
の枠組み

・安全確保に向けた
周辺地域との関わり

・土木技術者の役
割

原発の耐震技術、土木学会が提言

2013/7/30付

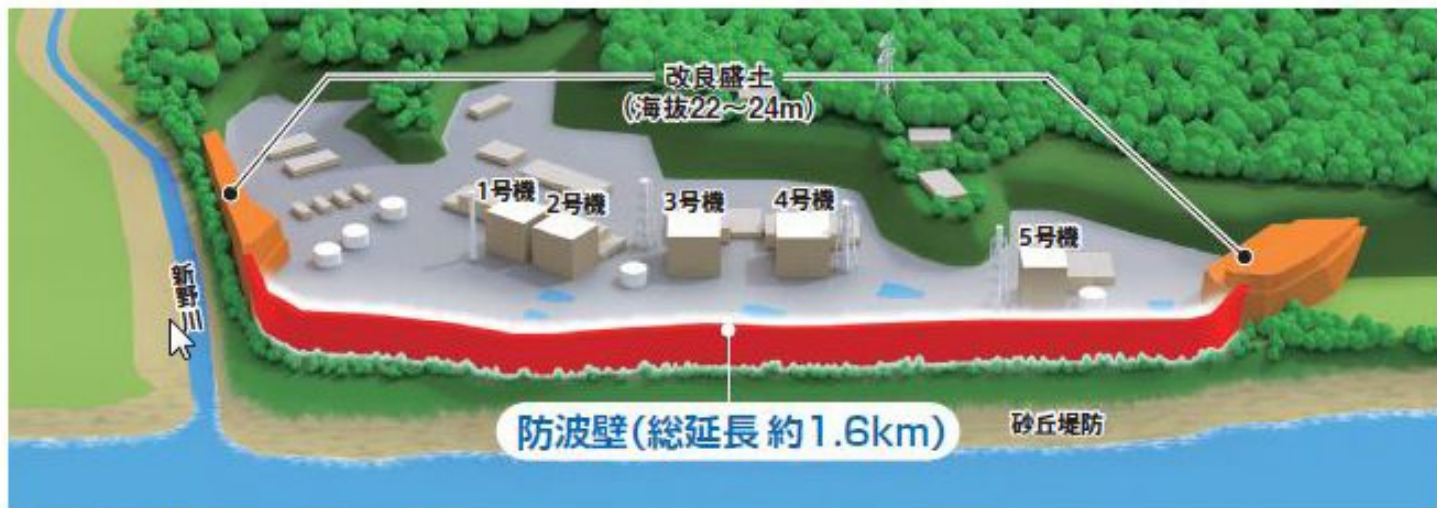
保存 共有 印刷 COMF Twitter Facebook その他▼

土木学会は30日、都内で記者会見し、原子力発電所の耐震技術などのあり方に関する提言を発表した。東京電力福島第1原発事故前は設計基準を超える災害に対する認識の甘さがあったと指摘。今後は、官庁や学会、企業が設計基準を超える災害が起こりえるという認識を共有し、適切な対策を取るべきだと提言した。

同学会原子力安全土木技術特定テーマ委員会の当麻純一委員長は同日の記者会見で、今月8日に施行された原発の新規制基準について「今回の提言と新基準とは（考え方が）大筋で一致している」と述べた。

ただ、再稼働に向けた原子力規制委員会による安全審査について「現在対処できる工学的な知見だけで判断するのではなく、将来の技術的な可能性を審査の手順に入れてほしい」と要望した。

同学会は東日本大震災後に、土木工学者などの有識者を集めて、大地震時の原発施設の安全性をどう確保すべきかを議論してきた。



防波壁や改良盛土の設置イメージ



防波壁



改良盛土



津波氾濫流水路

電力中央研究所

▲ 陸上氾濫津波を3分の1のスケールで再現する「津波・氾濫流水路」



研究成果の測定

- アウトプット

報告書、論文、著書、特許、
データ、ソフトウェア

- アウトカム（社会への影響）

引用、ライセンス、ダウンロード、
設計指針、普及啓発

アウトカムマネジメント

