

## 建屋及び機器解析モデリングに関するデータ提供の計画と現状

渡辺 愛

東京電力株式会社 原子力設備管理部  
新潟県中越沖地震対策センター 機器耐震技術グループ  
〒100-8560 東京都千代田区内幸町 1-1-3  
[watanabe.ai@tepcoco.jp](mailto:watanabe.ai@tepcoco.jp)

2007年7月16日に発生した新潟県中越沖地震により柏崎刈羽原子力発電所が被災し、現在は全号機が停止した。しかしながら、地震発生時に運転および起動中だった4プラントはいずれも安全に停止することができ、現在は全号機が冷温停止状態にある。また、原子力安全にとって最も重要な機能である「止める」「冷やす」「閉じ込める」の機能は確保されており、地震後のウォークダウン点検によっても、安全上重要なAs・Aクラスの設備に損傷は確認されていない。

2008年12月現在、柏崎刈羽原子力発電所では「点検・評価計画書」に基づき、プラント内の重要設備について点検および解析を実施中である。新潟県中越沖地震観測波を用いた解析による評価では、建設時に想定されていた基準地震動S2を一部で上回るものだったにもかかわらず、現在までに実施した7号機地震応答解析による機器・配管系の評価では、地震により発生した応力はいずれも評価基準値以下であることが確認されている。今後は、新たに基準地震動Ssを策定し柏崎刈羽原子力発電所の耐震安全性の再評価が進められる予定だが、解析評価により確認された設備の健全性をいかに「見える化」し、かつ現行の耐震解析が有する保守性を明確にすることで、設備が本来持つ地震力に対する余裕を明らかにすることが大きな課題である。

本研究は、地盤・建屋等の非常に大きな系から、炉内機器の応答や熱流動・核熱反応までを3次元FEMにより直接解析することを目指したものであることから、成果は解析結果の「見える化」とともに前述の設備が有する余裕の明確化にも大きく貢献し、将来においては、耐震設計の合理化に資するものであることが期待できる。

しかしながら、本研究は実施期間として5年間を予定してはいるものの、実プラントの建設時においても解析評価に要する工数は膨大なものであり、さらに詳細な解析を行うシミュレータを研究実施期間内に構築して解析を試行するのは大きな挑戦である。そこで、電力事業者としてデータ提供を担当する当社においては、プラント挙動のシミュレーションにおいて一定の評価が可能で、かつ比較的簡易に扱える適切なデータを提供することが求められる。

これらの状況を鑑み、現在当社では提供可能なデータの分類・整理と提供の準備に着手している。本日は、データ提供の計画と現状について報告する。

CREST研究チームによる原子力プラントの地震体力予測シミュレーションへの挑戦  
**建屋及び機器解析モデリングに関するデータ提供の  
計画と現状**

平成20年12月3日  
**渡辺 愛**  
原子力設備管理部  
新潟県中越沖地震対策センター  
機器耐震技術グループ



**東京電力**

---

## 概要

---

- はじめに
  - 当社の現状
  - 本研究に対して当社が期待する成果
  
- データ提供の計画と現状
  - 研究計画
  - データ提供の基本的考え方
  - データ提供の計画
  
- まとめ

# はじめに

## ■ 当社の現状

- 2007年7月16日に発生した新潟県中越沖地震により柏崎刈羽原子力発電所の全号機が運転を停止  
設備点検および地震応答解析によるプラント健全性評価を実施中

## ■ 本研究に対して当社が期待する成果

- 実形状を模擬したモデルを用いた連成解析により、**現行の設計が持つ保守性を明らかにすること**；
  - ◆ 保守的な荷重の組合せ
  - ◆ 地盤物性、建屋剛性等の不確実性の考慮
  - ◆ 保守的な減衰定数の採用
  - ◆ 保守的な許容値の採用、等
- 現行の設計が持つ保守性を明らかにすることにより、**将来の耐震設計の合理化に資すること**

# 研究計画(概要)

## ■ 研究題目：実プラントデータの提供及びシミュレーション結果の評価

### 主な実施事項

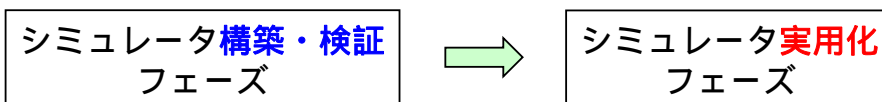
- 原子力発電所を運用する事業者として、地盤・建屋・機器モデリングに必要なデータを提供すること
- 耐力シミュレーション結果を検証するための評価指標となるデータ(運用データ等)について検討および提供すること

年度	研究計画	プロジェクトスケジュール
H19/下 (終了)	■ プラントデータ作成(着手) ■ 評価指標データの仕様検討	<p>結果のまとめと評価</p> <p>地盤・建屋・機器 モデリング</p> <p>連成モデリングおよび シミュレーション</p>
H20 (実施中)	■ プラントデータ作成(継続) ■ 評価指標データの作成(着手)	
H21	■ プラントデータの作成(継続) ■ 評価指標データの作成(継続)	
H22	■ 耐力シミュレーション結果の評価 シミュレーションへのフィードバック	
H23	■ 耐力シミュレーション結果の評価(継続)	
H24	■ まとめ	

# データ提供の基本的な考え方

- 解析に必要なデータのステータスとメリット/デメリットを考慮

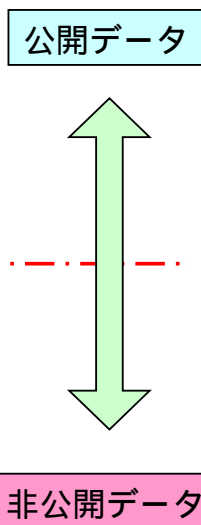
	概略検討用/公開データ	詳細設計用/非公開データ	
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ シミュレータへの適用に際して広く議論いただくことが可能</li> <li>■ プラント/機器メーカーのノウハウは保護される</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 各研究機関と機密保持に関する取り決めの上、当該機関とのみ授受</li> <li>■ プラント/機器メーカーのノウハウ保護について配慮が必要</li> </ul>	デメリット
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 解析モデル構築に必要な条件が全て揃っていない場合がある</li> <li>■ 一部データについては補間や推測が必要</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 解析モデル構築に必要な条件を提示できる</li> <li>■ より実機に近いシミュレーション結果が期待できる</li> </ul>	メリット



(必要に応じて移行)

# データ提供の計画：解析モデル作成に利用可能なデータ

- 原子炉設置(変更)許可申請書
    - 安全審査および原子炉設置許可のために事業者から国に提出
    - 国会図書館、当社原子力情報コーナー等で閲覧可能
  - 工事計画(変更)認可申請書
    - 工事計画認可のために事業者から国に提出
    - 当社原子力情報コーナー等で閲覧可能(一部マスキングあり)
- 
- 設計図書(電力)
    - メーカーから事業者提出される図書類
    - 当社で保有しており、機密保持に関する取り決めにより条件付きで提供について調整可能の見込み
  - 設計図書(メーカー)
    - メーカーで設計時に作成している図書類(図面含む)
    - 当社でも保有しておらず提供には各メーカーとの調整が必要(メーカーノウハウの保護、保安上の配慮等による)



# データ提供の計画：地盤データ(敷地内)

■提供先：東京大学(地震研究所)殿

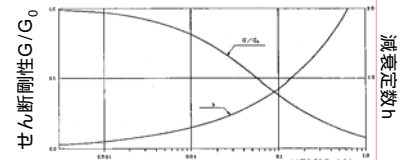
■公開データ

➢原子炉設置(変更)許可申請書

➢工事計画(変更)認可申請書

◆敷地内地盤のボーリング調査に基づく地層モデル(地層高さ・物性値な

深さ [m]	地層	Vs [m/s]	$\rho$ [t/m <sup>3</sup> ]	$G_0$ [t/cm <sup>2</sup> ]	$E_0$ [t/cm <sup>2</sup> ]	地層分層数	
-6.0	表層	300	2.00	0.16	1.64	5.45	
	安田層	310	1.78	0.46	1.75	5.18	
-21.0		490	1.70	0.45	4.17	12.09	
							1
							2
							3
							4
							5
							6
							7
							8
							9
-7.20	西山層	560	1.75	0.44	5.60	18.13	
							10
							11
							12
							13
							14
							15
							16
							17
							18
-11.20		610	1.84	0.43	6.99	19.99	
							19
							20
							21
							22
							23
							24
							25
							26
							27
-14.60	椎谷層	710	2.03	0.42	10.44	29.65	
							34
						(半無限弾性体)	



せん断ひずみ  
物性値(例)

地盤モデル(例)

# データ提供の計画：地盤～建屋連成

■提供先：東京大学殿

■公開データ

➢原子炉設置(変更)許可申請書

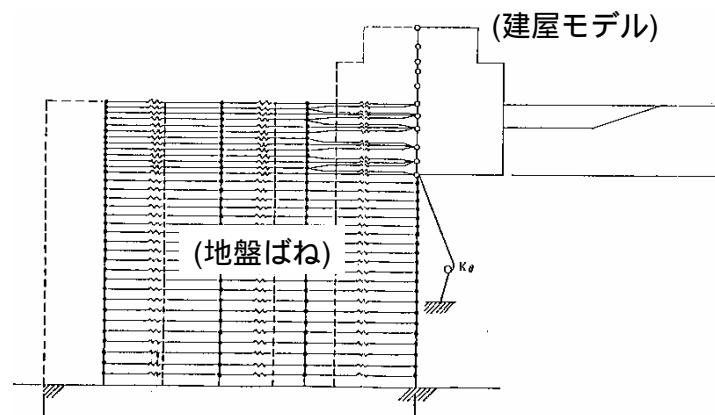
◆敷地内地盤のボーリング調査結果 地層高さ・物性値など

➢工事計画(変更)認可申請書(一部マスキングあり)

◆動的解析に必要な剛性・減衰等

■非公開データ

➢設計図書(土木・建築)



地盤-建屋連成解析モデル(イメージ)

## データ提供の計画：原子炉建屋

■提供先：東京大学殿

■公開データ

➢工事計画(変更)認可申請書  
(一部マスキングあり)

- ◆建屋概略寸法
- ◆動的解析に必要な質量・剛性

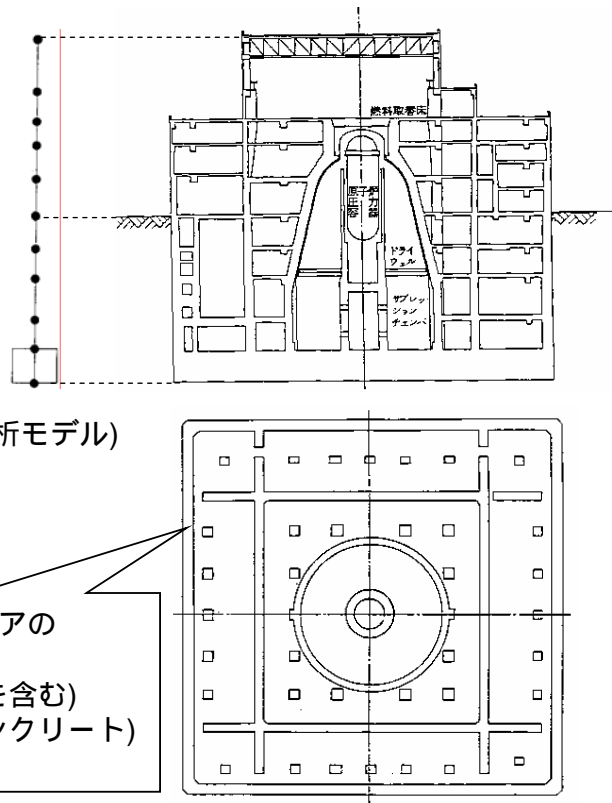
➢原子力発電所耐震設計技術指針  
(JEAG4601-1987・1991追補版)

- ◆建屋(コンクリート)モデル (解析モデル)

■非公開データ

➢設備図書・設計図書  
(建築)

動的解析には各フロアの  
有効(せん断)面積  
質量(機器・配管を含む)  
剛性(主としてコンクリート)  
等が必要



## データ提供の計画：格納容器

■提供先：東京大学殿

■公開データ

➢工事計画(変更)認可申請書  
(一部マスキングあり)

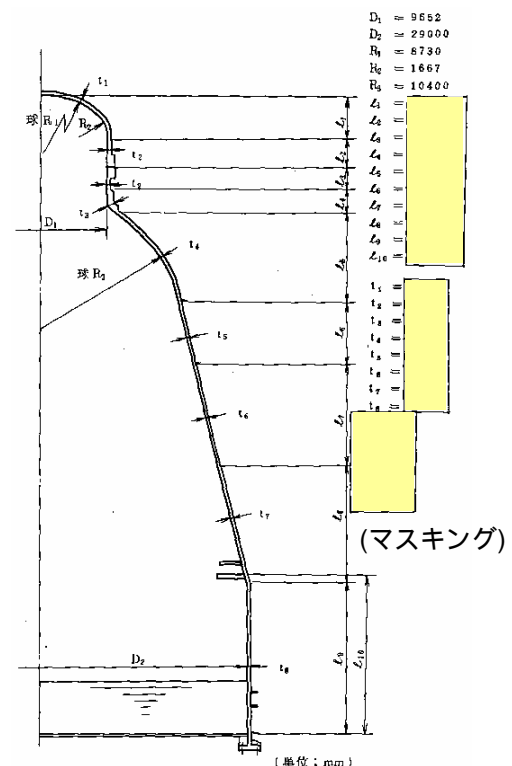
- ◆寸法・材料
- ◆動的解析に必要な質量・剛性

➢(独)原子力安全基盤機構(SSレポート)  
「原子力施設等の耐震性評価技術に関する  
試験および調査 - 耐震基準類調査のうち耐  
震実証試験の解析評価に係る報告書」

- ◆BWR原子炉格納容器耐震実証試験(昭和58年～63年)についての詳細な分析が公開されているもの

■非公開データ

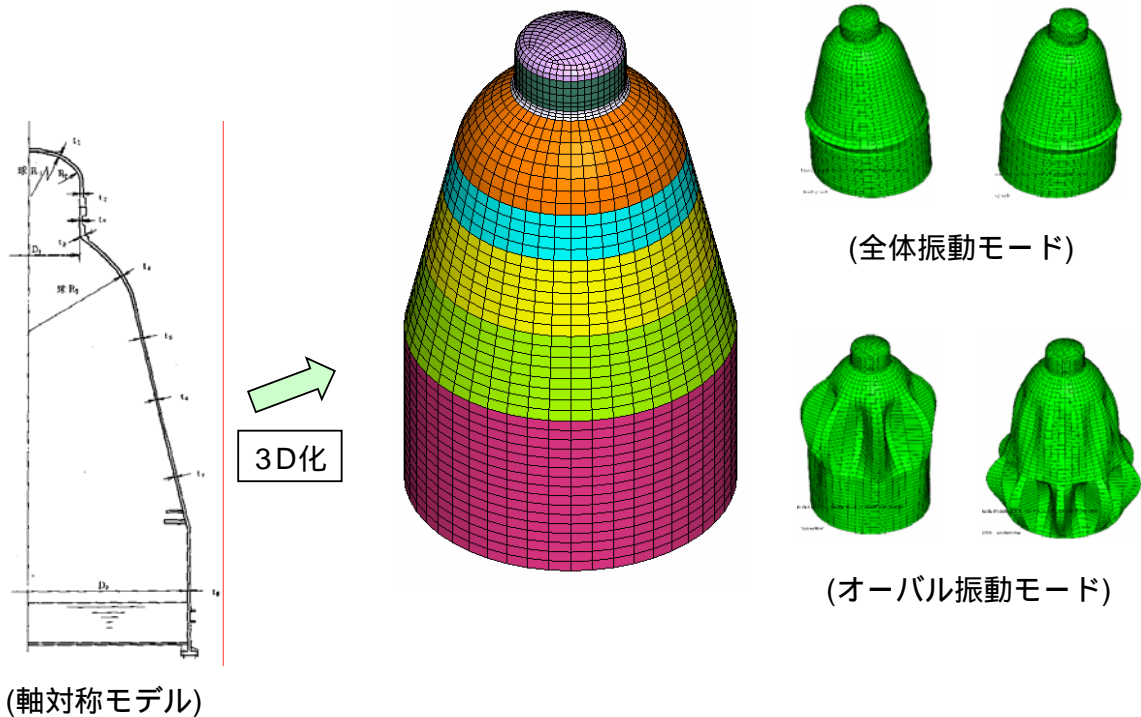
➢設計図書(機械)(電力/メーカー)



格納容器諸元(抜粋)

## データ提供の計画：格納容器(続き)

### ■公開データに基づくモデル化の例



## データ提供の計画：原子炉压力容器および内部構造物

### ■提供先：東京大学殿

### ■公開データ

#### ➢工事計画(変更)認可申請書 (一部マスキングあり)

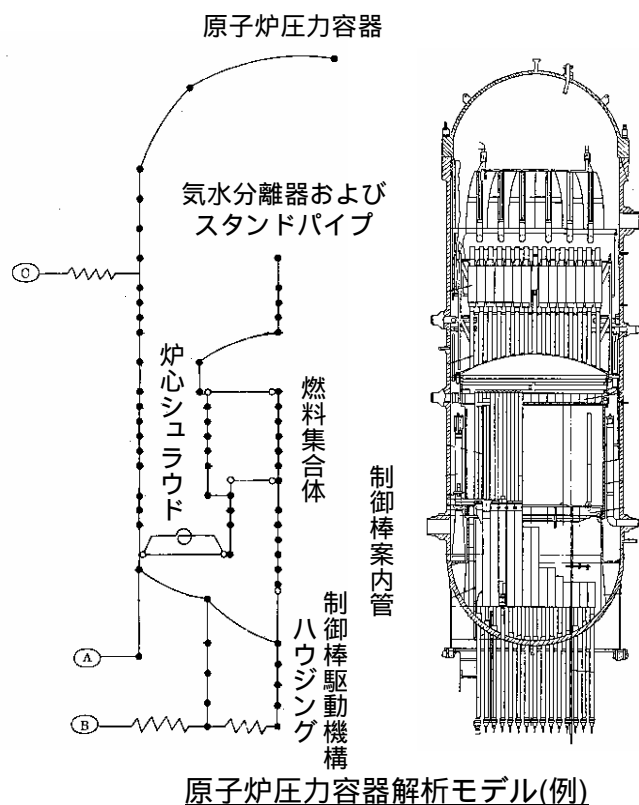
- ◆寸法・材料
- ◆動的解析に必要な質量・剛性

### ■非公開データ

#### ➢設計図書(機械)(電力/メーカー)

### ■その他の利用可能データ

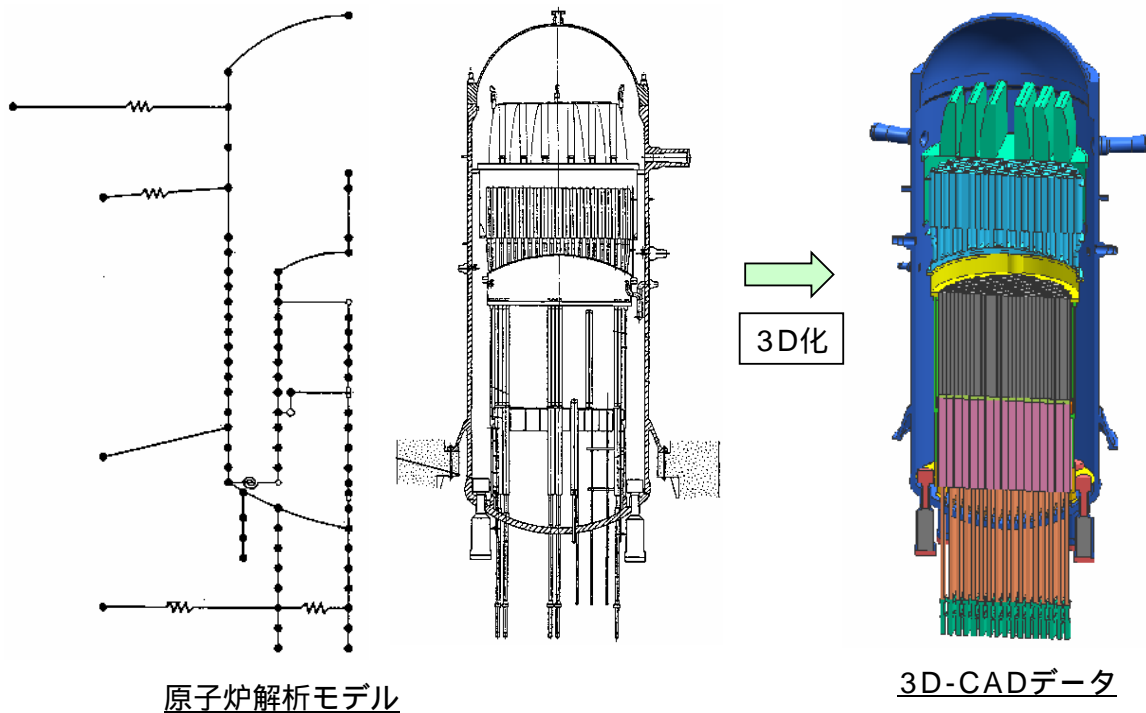
#### ➢Adventureプロジェクトにて実績を有するBWR-5型モデルの解析モデル





## データ提供の計画：原子炉压力容器および内部構造物(続き)

- 設計データに基づくモデル化の例(ABWR原子炉压力容器および炉内構造物)



## データ提供の計画：炉内流動・核熱解析

- 提供先：日本原子力研究開発機構(JAEA)殿

- 公開データ

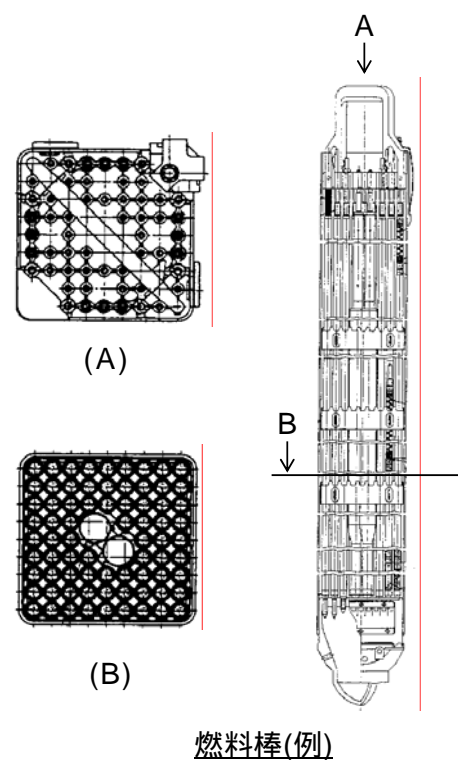
- 原子炉設置(変更)許可申請書
- 工事計画(変更)認可申請書
- (一部マスキングあり)
  - ◆静特性(パラメータ)
  - ◆安定性(解析結果)
  - ◆プラント過渡変化(パラメータ)各種グラフから値を読み取り可能

- 非公開データ

- 設計図書(電力用)(寸法なし)
- 設計図書(メーカー)

- その他利用可能データ

- 過去に検証済のピーチボトム炉タービントリップベンチマーク解析モデル





## まとめ

---

- シミュレータ構築のために研究の各フェーズで適切なデータを提供することを目指す
  - シミュレータ構築・検証フェーズ  
簡易かつプラント挙動を適切に表現しうるデータの提供
  - シミュレータ実用化フェーズ  
シミュレーション結果の評価に耐えるデータの提供