

本資料のうち、枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉

免震重要棟及び防潮堤の
審査対応の問題とその原因と対策

平成29年2月

東京電力ホールディングス株式会社

目次

I.	緊急時対策所の審査対応の問題.....	1
1.	事象の概要.....	1
2.	時系列の整理.....	1
3.	問題点の抽出.....	5
	2015年2月 審査会合.....	5
	2017年2月14日審査会合.....	5
4.	原因の分析.....	5
	2015年2月の審査会合.....	5
	2017年2月の審査会合.....	6
	【参考】 免震重要棟の設計について.....	7
1.	はじめに.....	7
2.	建屋概要.....	8
3.	設計概要.....	9
4.	設計に用いた地震波.....	10
5.	新潟県中越沖地震に対する耐震性について.....	11
6.	2013年（審査対応用解析）および2014年（補強検討用解析）の解析モデルについて.....	12
II.	防潮堤の審査対応の問題.....	13
1.	事象の概要.....	13
2.	時系列の整理.....	13
3.	問題点の抽出.....	14
4.	原因の分析.....	14
III.	対策.....	16
1.	これまでの技術面での許認可対応組織の変遷.....	16
2.	良好な連携が図れる組織へ.....	17
3.	コンフィグレーション・マネージメントの導入とシステム・エンジニアの育成.....	19
4.	対策の有効性評価とその公表.....	20

I. 緊急時対策所の審査対応の問題

1. 事象の概要

柏崎刈羽 6・7 号炉の設置変更許可申請時には、免震重要棟を緊急時対策所としていた。その後、審査の過程において免震重要棟だけで許可を取得することは困難と判断し、剛構造の構築物である原子炉建屋内に緊急時対策所を追加設置することとした。

原子炉建屋内に緊急時対策所を設けることとなったとはいえ、免震重要棟は新潟県中越沖地震相当の地震には十分に耐える設備であること、また地震以外の原因で発生した原子力災害に対しては緊急時対策所として有効に活用できることから、条件に応じた免震重要棟の活用方法について審査を受ける方針であった。

しかしながら、本年 2 月 14 日の審査会合において、免震重要棟が新潟県中越沖地震に対して耐えること、過去の免震重要棟の耐震解析の有効性についての的確な説明を行うことができなかったことから、免震重要棟の耐震性と当社の説明の信頼性に大きな疑義を持たれることとなった。

2. 時系列の整理

問題に至った時系列は以下の通り。

2007 年 7 月 16 日 新潟県中越沖地震発生

2008 年 1 月 免震重要棟の設計開始：建設部構造技術 G

- 当時、免震重要棟は建築基準法に準拠して設計
- 建築基準法上要求される各種地震動の 1.5 倍を用いて設計
- 新潟県中越沖地震で観測された地表面の加速度を用いて、許容変位内に収まることを確認

2008 年 8 月 免震重要棟の大臣認定取得

2008 年 10 月 建築確認済証交付

2008 年 10 月 免震重要棟着工

2009 年 12 月 免震重要棟竣工

2010 年 免震重要棟竣工（福島第一、福島第二）

2011 年 3 月 東北地方太平洋沖地震が発生、福島第一原子力発電所にて事故が発生

2013 年 7 月 新規制基準発効

2013 年 9 月 6・7 号炉設置変更許可申請：建築耐震 G

- 耐震設計に適用する基準地震動 Ss-1～7 を定めてこれらを記載。
- 原子力発電設備は、これら基準地震動に耐える設計とする方針を記載。
- ただし、免震重要棟は基準地震動 Ss-1～7 に基づく評価ではなく、「免震機能により十分な耐震性を確保する」と記載。設置変更許可申請書への記載内容は下記の通り。

(緊急時対策所)

第三十四条 (略)

適合のための設計方針

本原子炉施設について、一次冷却系統に係る発電用原子炉施設の損壊その他の異常が発生した場合に中央制御室以外の場所からも必要な対策指令又は連絡を行うため、発電所敷地内に緊急時対策所を設ける。

具体的には、第六十一条への適合のための設計方針に記載のとおりである。

(緊急時対策所)

第六十一条 (略)

適合のための設計方針

1 及び 2 について

(1) 耐震性・耐津波性

緊急時対策所を設置する事務建屋免震重要棟は、免震機能により十分な耐震性を確保するとともに、津波による浸水影響を受けない場所に設置する。

12.10 緊急時対策所

12.10.2 設計方針

緊急時対策所は、重大事故等が発生した場合において中央制御室以外の場所からも必要な対策指令又は連絡を行うことができるよう、次に示す設計とする。

(1) 耐震性・耐津波性

免震機能により十分な耐震性を確保するとともに、津波による浸水影響を受けない場所に設置する。

2013 年 12 月 基準地震動による解析を実施 (以下、「2013 年審査対応用解析」と呼ぶ)

(Ss1~5 : 柏崎刈羽原子力発電所建築 (第一) G, Ss6, 7 : 建築耐震 G)

- 基準地震動 Ss-1~7 を免震重要棟建屋基礎下に直接入力して評価。
- 短周期が卓越した Ss-2,3 には許容変位量(75cm)を下回り、大きな長周期成分を持つ Ss-1,4,5,6,7 では許容変位量(75cm)を超えることを確認。
- これらの結果を、建築耐震グループマネージャが、原子力設備管理部長に報告。

2014 年 2 月 社内にて 3 号炉へ緊急時対策所の追設を決定 : 原子力設備管理部長が意思決定。

原子力・立地本部長が承認。

- 他電力発電所の適合性審査会合での議論を鑑みると、建屋の耐震性、収納機器の耐震性能双方への適合性説明について当社説明が受け入れられないと判断。
- このため、3 号炉原子炉建屋内に緊急時対策所を追加設置することとした。

2014 年 4 月 免震重要棟の耐震性を向上させることを目的に、地盤改良やダンパーの追加設置等の補強検討解析を実施 (以下、「2014 年補強検討用解析」と呼ぶ) (柏崎刈羽原子力発電所建築 (第一) G)

- 発電所所長から「免震重要棟の耐震性を確保するように」との指示を柏崎刈羽原子力発電所建築 (第一) G が受け、補強検討を実施。
- 建屋基礎下の地盤改良を含む耐震補強策の検討のため、解放基盤表面を仮定して、基

準地震動 Ss-1～7 を入力し評価。

- 基準地震動 Ss-1～7 の全てについて、許容変位を上回る結果を得た。
- 西山層以深の地盤データは近接する 1 号炉原子炉建屋下のデータであった。

2014 年 11 月 第 159 回審査会合にて、今後の緊急時対策所について以下の通り説明

- 3 号炉原子炉建屋内緊急時対策所を設置すること。
- 施設の内容は、緊急時対策所の審査会合にて説明すると原子力設備管理部長が報告。

2015 年 2 月 第 193 回審査会合にて、3 号炉の緊急時対策所及び免震重要棟の耐震性を緊急時対策所プロジェクトマネージャが説明

- 免震構造は、発電施設に大きな影響が生じる可能性がある短周期地震に対して優位性を持っていること。
 - 非常に大きな長周期地震動に対して、一部の基準地震動に対しては通常免震設計のクライテリアを満足しない。
 - 免震重要棟は建築基準法告示で規定されている地震動の 1.5 倍の地震力に相当した耐震性を持っている設計だが、短周期地震に対しては高い耐震性を有している。
- なお、審査会合資料には下記のような記載がある。

6. 8 免震重要棟内緊急時対策所の耐震性について

免震重要棟は建築基準法告示で規定される地震動を 1.5 倍した地震力に対応した耐震設計がなされている。そのため、原子炉建屋等発電設備に大きな影響が生じる可能性がある短周期地震に対しては高い耐震性を有していると言える一方、非常に大きな長周期成分を含む一部の基準地震動に対する評価としては通常免震設計クライテリアを満足しない場合があり、その際には構造物・設備の損傷が発生する可能性があるとして想定される。

具体的には、概略評価として基準地震動を免震重要棟基礎面に直接入力した評価を行い、免震装置（積層ゴム）の設計目標値（75cm）を超える変位が発生し、建屋上屋側面と基礎部分が干渉（クリアランスは 85cm）すると評価している。

- この記載が「2013 年審査対応用解析」の結果を基礎とした記述となっているのは、「2014 年補強検討用解析」は、①免震重要棟には西山層以深の地盤データが無く近接する 1 号炉原子炉建屋のデータを流用したものであること、②地盤と建屋の相対変形が 4m を超えており、解析コードの適用限界を超えていると解釈したことなど、その解析の精度や信頼性が劣ると考えたためである。つまり、「2013 年審査対応用解析」と「2014 年補強検討用解析」について、その精度や信頼性などを総合的に考慮した結果、上記の記載としたもの。緊急時対策所プロジェクトマネージャが原案を作成し、建築技術グループマネージャが確認。
- なお、審査においては 2013 年審査対応用解析、2014 年補強検討用解析の具体的な結果は提出していない。
- この時に、免震重要棟だけで新規制基準を満たすことは難しいことから、3 号炉原子炉建屋内に緊急時対策所を追加設置し、免震重要棟と多様化を併用する案を緊急時対策所プロジェクトマネージャが提案。

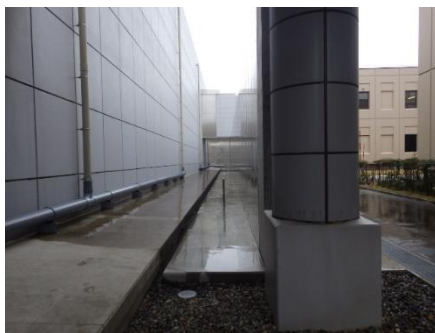
2016 年 10 月 緊急時対策所を 3 号炉から 5 号炉に変更：原子力・立地本部長が意思決定

2016年12月 第422回審査会合にて、免震重要棟の使用可否判断について説明

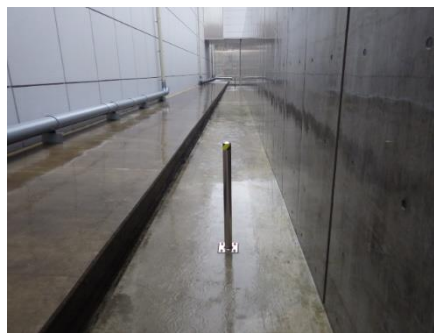
- 免震重要棟の使用条件として、変位量識別用ポール（75cm）と免震重要棟基礎部地震計の震度が7未満であることを防災安全G課長が、説明。

2017年2月14日 第442回審査会合にて、緊急時対策所の位置付けについて、原子炉安全技術Gメンバが説明

- 免震重要棟と5号炉緊急時対策所の2箇所で一つの緊急時対策所の機能を満足するとの方針を議論していただいた。
- 議論では、次の2点を説明。
 - 免震重要棟だけでは新規制基準を満たすことは難しいこと
 - 緊急時対策所の使い分けの判断基準として、免震重要棟の使用条件「免震重要棟の変位量識別用ポール（75cm）に損傷なし、もしくは、免震重要棟の地震計が震度7未満」を提示。（原子炉安全技術Gメンバ）



変位量識別ポールの設置状況



変位量識別ポール

- これらの説明の中で、2013年審査対応用解析と2014年補強検討用解析について具体的に建築技術グループマネージャが解説。
- これまでの「一部の基準地震動に対する評価としては通常の免震設計クライテリアを満足しない場合があり、その際には構造物・設備の損傷が発生する可能性がある」と想定される」という説明と異なるので、事実関係と審査対応で今後同様の問題を生じないための原因と対策を提出するように指示を受ける。

3. 問題点の抽出

時系列の整理から、2015年と2017年の審査会合の問題点を抽出した。

2015年2月 審査会合	<ul style="list-style-type: none">● 「一部の基準地震動に対して・・・満足しない」との表現を用いて、他の基準地震動に対しては新規制基準に適合するかのよ うな説明となった。● 「2014年補強検討用解析」結果を示さなかった。
2017年2月14日 審査会合	<ul style="list-style-type: none">● 2015年の説明に用いなかった「2014年補強検討用解析」を、 適切な説明もなく提示した。● 免震重要棟が新潟県中越沖地震レベルの地震に耐えることを 端的に説明できなかった。● 他の関係者が問題を防ぐことができなかった原因。

4. 原因の分析

以下、問題の原因とその背後要因を分析した。

2015年2月の審査会合

「一部の基準地震動に対して・・・満足しない」との表現を用いて、他の基準地震動に対しては新規制基準に適合するかのよ
うな説明となった原因。

建築技術グループマネージャは、緊急時対策所プロジェクトマネージャが原案を作成した説明資料を確認する際に、当初の申請内容を改めて原子炉建屋内に緊急時対策所を設置する理由を説明する目的の資料であるため、基準地震動のいくつかに対して免震重要棟が許容変位を超えることを説明すれば、追設の必要性を説明する理由として十分であると考えていた。

建築技術グループマネージャは、説明の根拠としていた「2013年審査対応用解析」は、基礎下に直接地震動を入力しており、規制要件に準拠した手法ではなかったが、免震重要棟がクライテリア(変位が75cm以下に収まること)を満足しないことを示すためには使用できると考えた。

更に、新規制基準では、すべての地震動に対し要求される基準を満足することが必要であり、一部の基準地震動に対して要求される基準を満たしたとしても緊急時対策所としては認められないことも承知していた。

このため、「一部の基準値地震動に対して・・・満足しない」との表現が、社内のプラント系技術者の多くに、一部の基準地震動に対しては新規制基準を満足している評価が完了しているかの様な誤解を与えていることに気付かなかった。

「2014年補強検討用解析」結果を示さなかった原因

建築技術グループマネージャは、解析が以下の理由により、計算自体が正しい結果を示していないことから、お伝えするには適切ではないと考えた。

- 西山層以深の地盤データは近接する 1 号炉原子炉建屋下のデータであり、実際の地盤データとは異なるものを使用している。
- 変形が 4 m 以上と、極端に大きな結果となっており、解析の信頼性が劣ると考えた。

2017 年 2 月の審査会合

⇒2015 年の説明に用いなかった「2014 年補強検討用解析」を、適切な説明もなく提示した原因

2016 年夏に建築技術グループマネージャを引き継いだ者は、今回の審査会合では、部分的ではあっても、基準地震動への適合性が論点になると認識していたため、これまでに得られていた解析結果を提示すべきと考えた。建築技術グループマネージャは、「2014 年補強検討用解析」の妥当性について十分な吟味をしなかった。このため、組織内に「2014 年補強検討用解析」の結果に技術的に問題があるとの認識が共有されないまま、解析結果の存在だけが認識され、結果がある以上提示すべきと考えた。

免震重要棟が新潟県中越沖地震レベルの地震に耐えることを端的に説明できなかった原因

建築技術グループマネージャは、免震重要棟が設計時に通常の建築基準法の要求以上の厳しい条件に対して評価していることは承知していたが、新潟県中越沖地震レベルに対して耐えるというためには、それだけでは不十分と考え、回答を逡巡した。

実際には、設計時に新潟県中越沖地震の観測記録を用いて評価しており、耐えることを確認していたが、建築技術グループマネージャは過去のこの評価結果を知らなかった。

他の関係者が問題を防ぐことができなかった原因

当社関係者の中には、「2014 年補強検討用解析」を採用していなかった理由を説明する必要性に気付いた者もいた。しかし、「2014 年補強検討用解析」は説明の参考情報でしかなかったことから、資料を準備したのが審査会合の直前であった。そのため、問題を事前に共有して説明を準備することができなかった。

新潟県中越沖地震の質問の回答でも、審査会合に同席した者の中には、担当者が質問の意図を取り違えていることに気付いた者もいた。例えば本部長の姉川は、担当者の回答に疑問を感じていた。しかし、専門家の担当者が説明していること、他にも修正の発言が出来る技術者がいることから、何らかの理由があるのかも知れないと考え、発言を逡巡した。

【参考】 免震重要棟の設計について

1. はじめに

新潟県中越沖地震発災時に~~おいて~~柏崎刈羽原子力発電所の緊急時対策拠点であった事務本館については、躯体に大きな損傷はなかったものの、天井、間仕切り壁、天井垂れ壁等の非構造部材や給排水・空調設備が損傷し、復旧活動や業務継続に、少なからず支障を生じることとなった。

柏崎刈羽原子力発電所の免震重要棟は、この経験を踏まえ、地震をはじめとした災害発災時に、緊急時対策拠点として活用する事を期待して設置した建物である。

一方で、東北地方太平洋沖地震発災時には、新潟県中越沖地震の経験も踏まえ、福島第一原子力発電所及び福島第二原子力発電所の緊急時対策所として~~は、中越沖地震の経験も踏まえ~~、それぞれ免震重要棟が整備されていたため、原子力事故を起こし未曾有の復旧作業にあたる必要があった福島第一原子力発電所~~では~~、余震におびえる事なく、復旧作業に専念することが可能となり、本日に至るまでの廃炉作業につなげる事ができたと考える。

柏崎刈羽原子力発電所においては、こうした福島第一、福島第二で経験した教訓を活かし、免震重要棟及び 5 号炉緊急時対策所を緊急時対策拠点として併用して整備することで、多重性・多様性をもった緊急時対応が可能となると判断し、これまで種々の説明をしてきた。

以降に、柏崎刈羽原子力発電所免震重要棟の概要を説明する。

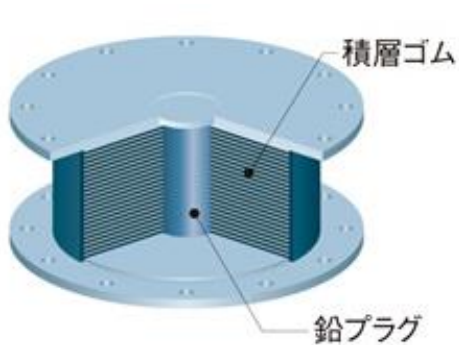
2. 建屋概要



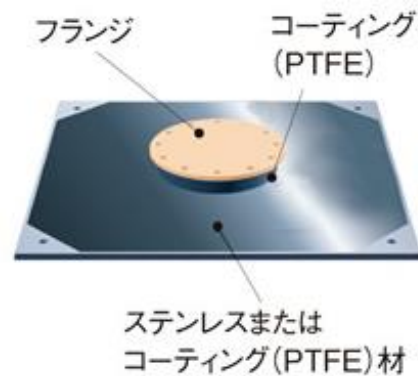
免震重要棟外観パース

【免震重要棟概要】

- ・延床面積：3,970 m² 地上2階
- ・構造種別：S R C造（一部S造）
- ・入力地震動（設計用）：告示基盤波、既往波、サイト観測波（①、②）
 - ①1号炉基礎マット観測記録に基づく検討
 - ②観測小屋の観測記録に基づく検討
- ・免震装置目標変形量：75cm以下
- ・免震層クリアランス：85cm
- ・免震装置：鉛プラグ入り積層ゴム 1,500φ×8基、剛すべり支承 32基



鉛プラグ入り積層ゴム図



剛すべり支承図

3. 設計概要

免震重要棟は、設計当時最大規模の積層ゴムを採用するなど、日本でもトップクラスの耐震性能を有している。

また、免震建屋の性能の一つでもある許容水平変位も 75cm と大きく、一般の免震建屋に比べても高い耐震性能を有している設計となっている。

一方、地震時の居住性は、国が定める「建築基準法告示波」の 1.5 倍の地震動に対しても、上部構造の応答加速度が 1/3～1/4 となっている。



免震重要棟 東西方向断面図

枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。

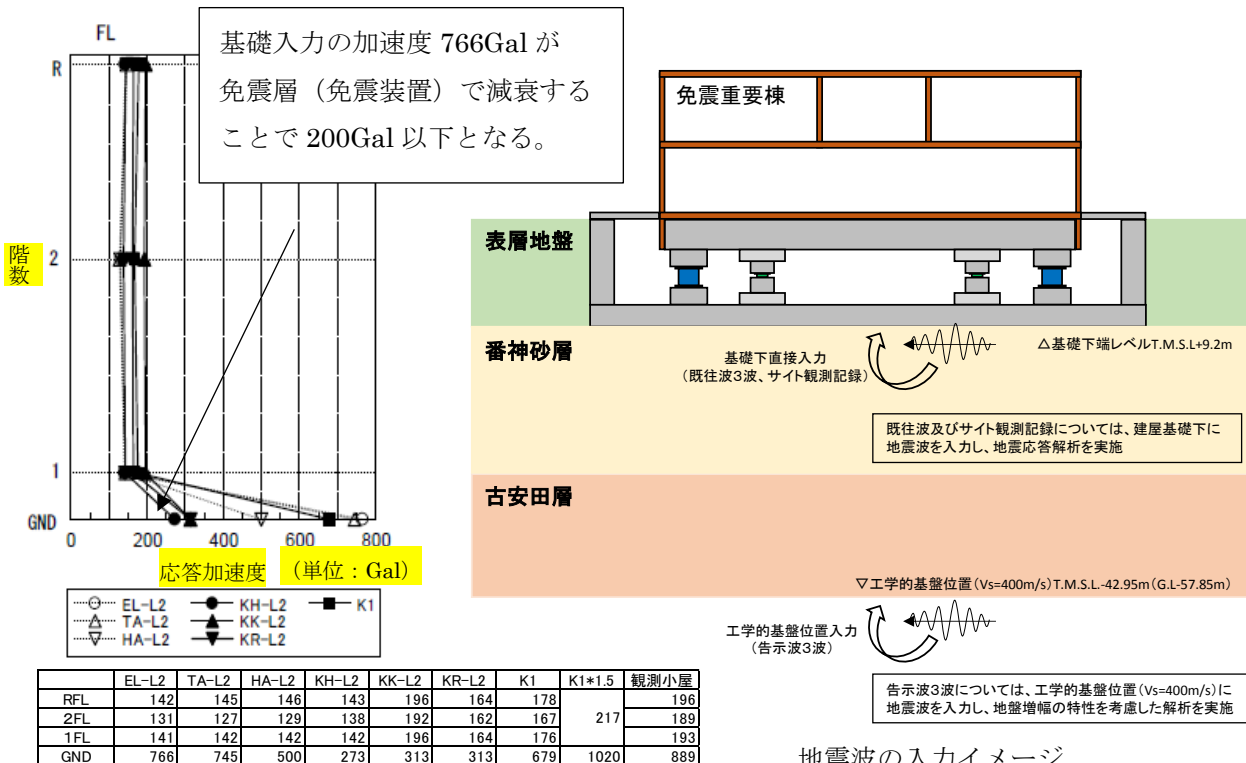
4. 設計に用いた地震波

採用地震波については様々な地震の特性に対応した設計とするため、告示基盤波3波及び既往波3波を採用した。

加えて、2007年新潟県中越沖地震における柏崎刈羽原子力発電所1号炉の基礎マット上の観測記録波及び基礎マット上の観測記録の1.5倍、観測小屋の観測記録についても設計において考慮することで、発電所内で観測された地震波への耐震安全性を確認している。

採用地震波一覧表

採用地震波	継続時間 (s)	レベル1地震動		レベル2地震動		備考	
		最大加速度 (cm/s ²)	最大速度 (cm/s)	最大加速度 (cm/s ²)	最大速度 (cm/s)		
告示基盤波	八戸位相	120	77.0	8.3	577.4	62.0	・レベル1は「極めて稀に発生する地震動」の模擬波×0.2 ・レベル2は「極めて稀に発生する地震動」の模擬波×1.5
	神戸位相	120	76.6	11.6	574.7	86.7	
	ランダム位相	120	76.1	8.3	570.4	62.6	
既往波	EL CENTRO 1940(NS)	53	255.4	25.0	766.2	75.0	・レベル1は最大速度を25.0cm/sに補正・規準化したもの ・レベル2は最大速度を75.0cm/sに補正・規準化したもの
	TAFT 1952(EW)	54	248.3		744.9		
	HACHINOHE 1968(NS)	51	166.7		500.1		
柏崎刈羽原子力発電所 1号炉基礎マット観測記録(K1)	20	-	-	679.9	85.4	・震度6弱相当 ・免震装置検討用に1.5倍の入力に対する変形量の確認等を行っている。	
柏崎刈羽原子力発電所 観測小屋観測記録(追加検討)	20	-	-	890	136	・震度7相当	
免震装置の 目標最大層間変形(cm)	-	30cm以下		75cm以下			



最大応答加速度 (単位:Gal)

免震層の最大水平変位- (単位:cm)

	EL-L2	TA-L2	HA-L2	KH-L2	KK-L2	KR-L2	K1	K1 * 1.5	観測小屋
免震層の変位	24.0	22.0	22.9	29.0	57.6	41.2	43.0	70.1	55.9

地震波の入力イメージ

5. 新潟県中越沖地震に対する耐震性について

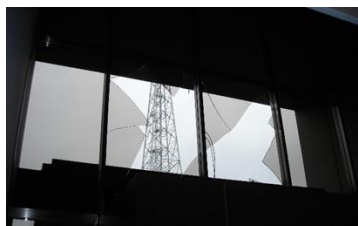
免震重要棟の耐震安全性について、先ず、一般の事務所本館が新潟県中越沖地震の時に一部損傷したものの、構造物としては揺れに耐えた。そのため、事務所本館を上回る耐震性を持つ免震重要棟は、新潟県中越沖地震クラスには十分な耐震性を有していると判断している。

上記の根拠を a, b に示す。

- a) 柏崎刈羽原子力発電所の事務所本館は、新潟県中越沖地震により、天井、間仕切り壁、天井垂れ壁等の非構造部材や給排水・空調設備が損傷し、復旧活動や業務継続にあたり、少なからず支障を生じたものの、躯体に大きな損傷は無かった。
- b) 柏崎刈羽原子力発電所の免震重要棟は、新潟県中越沖地震の経験を踏まえ、一般に免震建物等に求められる地震動の 1.5 倍及び新潟県中越沖地震の観測記録を想定地震動として設計を行っており、新潟県中越沖地震で非構造部材の損傷を受け、緊急時対策所としての機能が一部損なわれた教訓を踏まえて計画されているため、事務所本館より耐震安全性が高い。



発災直後の事務所本館建物



窓ガラスの破損



天井材の落下

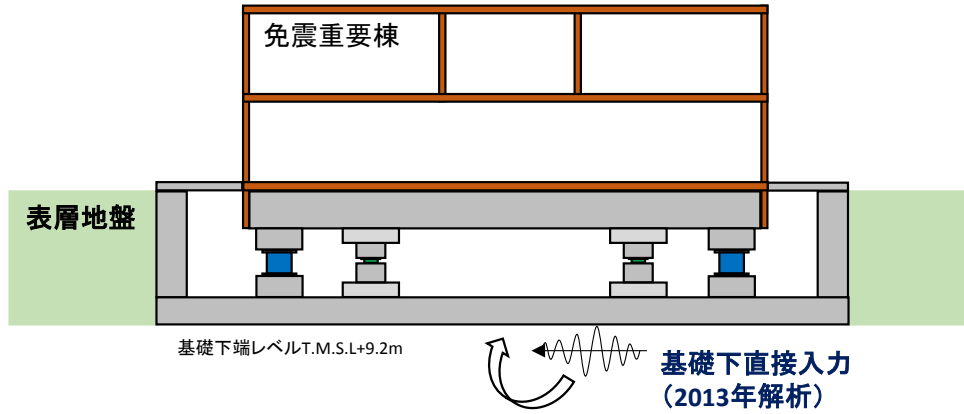


什器の転倒（2階事務室）

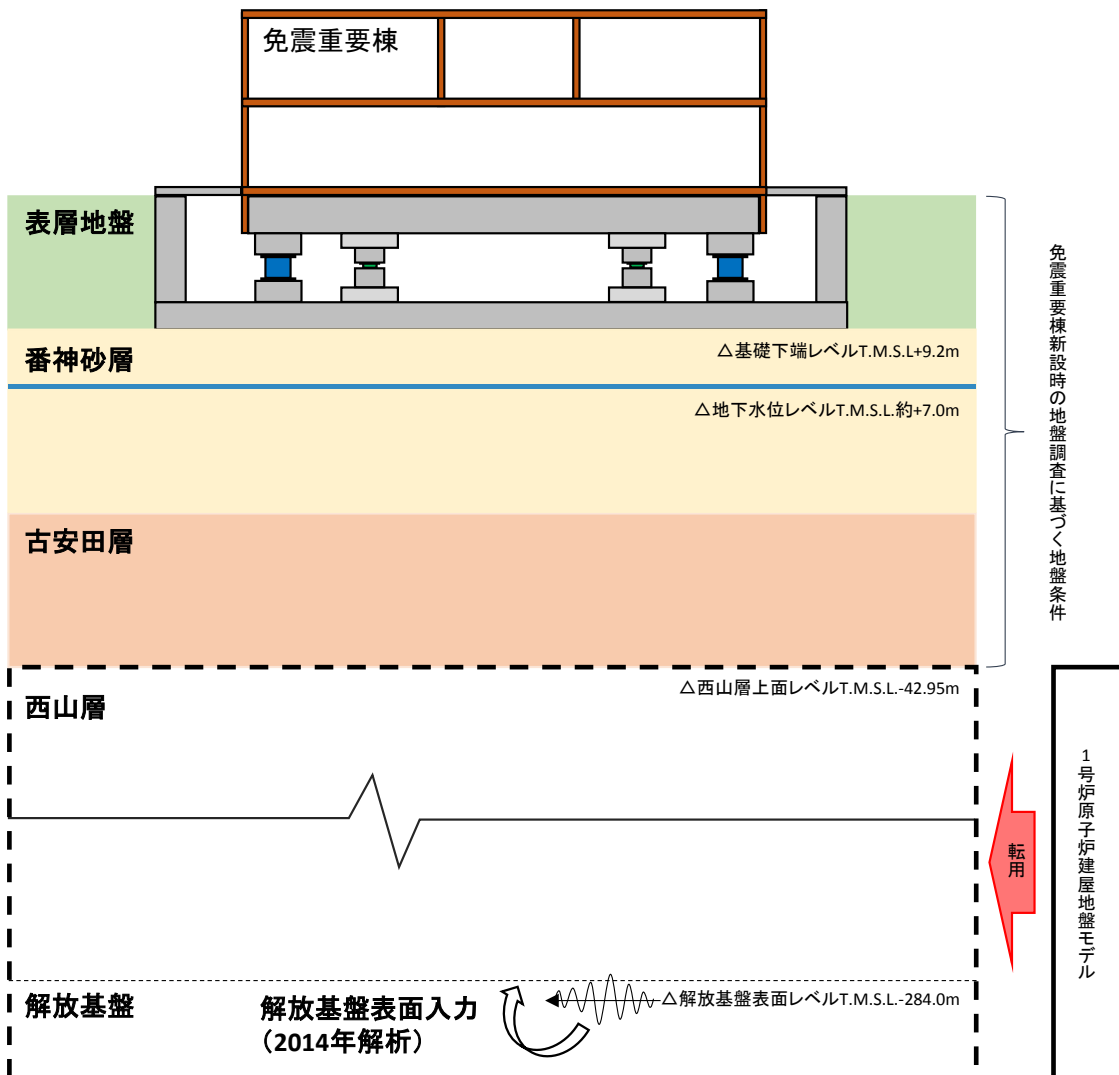
6. 2013年（審査対応用解析）および2014年（補強検討用解析）の解析モデルについて

基準地震動 S_s に対する 2013年および2014年解析の評価モデルを以下に示す。

◆2013年解析（建屋基礎下に基準地震動 S_s を直接入力したケース）



◆2014年解析（解放基盤表面から基準地震動 S_s を入力したケース）



II. 防潮堤の審査対応の問題

柏崎刈羽 6・7 号炉の新規制基準適合性審査における地盤の液状化評価方針の審査は 2016 年 2 月に開始されたが、審査の進捗に伴い、液状化評価の際に参照していた道路橋示方書を適用対象となる 20m 以浅の層だけでなく、それより深い古安田層も評価対象にすることが必要になった。このため、荒浜側防潮堤直下の地盤を強化する方策について、2016 年 8 月から 9 月に検討したが、液状化特性等に関わる十分なデータが無かったこともあり、強化策が合理性を欠くと判断し、3 号炉原子炉建屋内に設置を計画していた緊急時対策所を、5 号炉原子炉建屋内に変更する方針を 10 月に決定した。道路橋示方書の適用に関する問題を早く予見し、リスクを組織内で共有することができていれば、地盤強化策以外の対策により早い段階で方針転換できたと考えられる。

2. 時系列の整理

問題に至った事象を時系列に整理すると、次になる

- | | |
|-------------|--|
| 2011 年 10 月 | 柏崎刈羽原子力発電所において、荒浜側防潮堤の設計条件に関する意思決定（技術検討書の承認）技術検討書の作成は、柏崎刈羽原子力発電所土木（第一）G、土木（第二）G、建築（第一）G。
設計条件は、基準地震動及び津波波力（津波浸水高（T.P.+15m）×3 倍の静水圧）に対して終局限界状態（塑性耐力）で機能を維持するという限界状態設計法を採用。 |
| 2013 年 7 月 | 新規制基準の制定
防潮堤などの津波防護施設は、「耐震 S クラス」に分類され、許容限界は「終局耐力時の変形に対して十分な余裕を有すること。ただし、地震・津波後の再使用性にも留意すること」を要求。 |
| 2015 年 7 月 | 新規制基準の具体的運用の明確化
関西電力高浜地点の審査において、液状化強度は試験結果の「下限値相当」、津波防護施設の許容限界は「弾性」という保守的な設定で構造物への液状化影響を検討することが明確化。
関西電力は、津波防護施設等の埋戻土層について地盤改良などの追加対策工事を実施。 |
| 2016 年 2 月 | 土木耐震グループマネージャは、審査ガイドに引用されている道路橋示方書に基づき、20m 以浅が液状化検討の対象層と考えてきたが、ヒアリングで規制庁から 20m より深い層についても検討して説明することが求められる。
なお、道路橋示方書によらず、20m より深い層が審査対象となったのは、柏崎刈羽が初めて。 |
| 2016 年 5 月 | 当社（土木耐震グループマネージャ）は、液状化試験結果に基づき、古安田層が液状化しないことを説明したが、判断根拠について規格・基準類を用い |

- て説明することが求められる。以降、液状化評価方針に関する審査が継続。
- 2016年8月 土木耐震グループマネージャは、古安田層の液状化を考慮した場合における荒浜側防潮堤直下の地盤強化策について、8月4日から、ケーススタディを開始（原子力設備管理部長に適宜進捗報告をしつつ、9月末まで継続）。
- 2016年9月 当社（土木耐震グループマネージャ）は、古安田層についても液状化を考慮した評価を行う方針を審査会合にて表明。
- 2016年9月28日～10月3日 土木耐震グループマネージャが地盤強化策の検討結果を、原子力設備管理部長、原子力・立地本部長に報告。
- 2016年10月4日 原子力・立地本部長が、対策案が合理性を欠くと判断し、当社（原子力設備管理部長代理、緊急時対策所プロジェクトマネージャ、土木耐震グループマネージャ他）は、防潮堤を自主設備として、3号炉に計画していた緊急時対策所を5号炉に移す検討を開始。原子力・立地本部長が意思決定。
- 2016年10月13日 当社（緊急時対策所プロジェクトマネージャ）は、審査会合にて、防潮堤を自主設備とすることと、3号炉に計画していた緊急時対策所を5号炉に移すことを表明。
- 2016年10月27日 当社（土木耐震グループマネージャ）は、地盤強化策を行わないという条件で、荒浜側防潮堤の基礎杭の支持性能が液状化の影響により不足するという計算結果を、審査会合で説明。

3. 問題点の抽出

時系列の整理から、問題点を抽出した。

2016年5月	審査会合において、道路橋示方書に基づいた評価方針が認められない可能性を認識した段階で、評価方針変更に伴うリスクを関係者間で共有できていれば、早期に、防潮堤の補強策や3号炉から5号炉に緊急時対策所を変更する判断をすることができた。
---------	--

4. 原因の分析

上記の問題点について、問題の原因とその背後要因を分析した。

2016年5月の審査会合において、道路橋示方書に基づいた評価方針が認められない可能性を認識した段階で、評価方針変更に伴うリスクを関係者間で共有できなかった原因

関係者に聞き取り調査を行った結果、以下の2つの理由から、評価方針変更に伴うリスクは小さいと考えていたからであった。

新潟県中越沖地震後に実施した液状化強度試験結果は、「深部の地層では液状化はしない」というものであり、審査ガイドで参考規格・基準類とされる道路橋示方書の液状化対象層は埋戻土層のみの考え方と同様であり、説明を重ねることで、道路橋示方書に基づく評価方針は認められると考えていた。

また、前述の液状化強度試験結果から、柏崎刈羽地点では、地盤改良などの追加対策を実施する場合にも、浅部に分布する埋戻土層のみが対象となり、防潮堤直下の埋戻土層については、一定の厚さを地盤改良済みであった。

しかしながら、リスクシナリオとして、防潮堤に対する大規模な追加工事が必要となる場合を認識していれば、本部長への報告が行われ、関係者間で代替案の検討が開始されたと考えられ、9月8日の審査会合における影響評価方針の確定に併せて、緊急時対策所移設の方針を打ち出すことも可能だった。

III. 対策

1. これまでの技術面での許認可対応組織の変遷

2007年4月 原子力設備管理部を設置

- 効率的な技術検討、許認可対応を行うために、設備に関する設計管理を一元化した。
- 原子力設備管理部内に、土木、建築関係のグループを配置。

2007年10月 新潟県中越沖地震対策センターを設置

- 新潟県中越沖地震を受けて、迅速に地震対策を強化するため、原子力設備管理部内に新潟県中越沖地震対策センターを設置。耐震関係の技術対応力を強化。
- センター長は機械系エンジニアが就任。
- センター内には、地質・地質構造の分析、地震動評価、建築物の耐震評価、機器の耐震評価のグループを設置。
- 一般の土木、建築関係の業務は、**原子力**設備管理部内に土木、建築グループを残して対応。

2010年6月 新潟県中越沖地震対策センター長に建築系エンジニアが就任

2011年2月 原子力耐震技術センターを設置

2011年3月 福島第一原子力発電所事故発生

- 原子力設備管理部が主体となり技術的な面の事故対応を実施。
- 原子力設備管理部長と耐震技術センター長との連携面での懸念を持たれる。

2011年6月 福島第一安定化センターを設置

- 原子力設備管理部長が安定化センターの総合計画部長を兼務。
- その他発電所の設備関連業務は部長代理が代行。

2011年12月 原子力設備管理部長と安定化センター計画部長の兼務を解消

- 原子力設備管理部長に原子力系エンジニアが就任。
- 原子力設備管理部の福島第一関連のエンジニアリング業務支援は継続。

2012年8月 耐震技術センター長に機械系エンジニアが就任

- 耐震技術センターとの連携を改善するため、プラント系エンジニアを選任。

2013年3月 「福島原子力事故の総括および原子力安全改革プラン」公表

- 事故の背景要因として、津波評価担当、安全担当、設備設計担当相互の協働姿勢に課題があったことを指摘（“福島原子力事故の総括および原子力安全改革プラン” P18 参照）。

2013年7月 原子力設備管理部長に機械系エンジニアが就任

- プラント系と耐震技術系の連携をさらに強化するため、原子力設備管理部長が耐震技術センター長を兼務。

2013年8月 原子力耐震技術センターの執務場所の変更

- これまで物理的に距離があった耐震技術センターのオフィスを**原子力**設備管理部本体と同じ場所にして、連携の強化を図った。

2013年9月 柏崎刈羽6、7号炉新規規制基準適合性審査申請

2014年4月 福島第一廃炉推進カンパニー設置

- 廃炉推進カンパニー内にプロジェクト計画部を設置し、廃炉のエンジニアリングの責

任箇所との役割を明確にした。

- 原子力設備管理部は既存原子力発電設備のエンジニアリングに注力。

2016年12月 原子力人材育成センターの設置

- これまで不足していた技術面の体系的な教育の強化を図るため、福島第一を含む全てのサイト共通の教育機関を原子力・立地本部長直轄として設置。

2017年2月 土木、建築部門の総括責任者を指名

- 連携強化を狙い原子力設備管理部長が耐震技術センター長を兼務していたが、土木、建築関連グループ間の連携が弱くなったため、取りまとめ責任者を明確化。

2017年2月 申請書類全般の整合性確認箇所の明確化

- これまで不足していた審査書類全般の整合性確認を、原子力設備管理部長の指揮の下で、原子力設備管理部と柏崎刈羽原子力発電所原子力安全センターが協働で実施することとした。

体制	H19年度				H20年度				H21年度				H22年度				H23年度				H24年度				H25年度				H26年度				H27年度				H28年度											
	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q	1Q	2Q	3Q	4Q												
原子力本部長	a 本部長												b 本部長				c 本部長								姉川 尚史																							
原子力設備管理部長	H19.4				d 部長				H22.6				e 部長				姉川 尚史				H25.6				川村 慎一																							
土木技術GM	H19.4				H19.11				A GM				B GM				H23.7				CGM				H26.7				D GM(土木耐震G兼務)																			
建築技術GM	H19.4				H20.7				EGM				FGM				H21.7				GGM				H23.7				HGM				H26.7				IGM				H28.7				J GM			
新潟県中越沖地震対策センター所長	H19.10				e センター長				H22.6				f センター長																																			
原子力耐震技術センター長																	H23.2				H24.8				H25.6				川村 慎一				川村 慎一(兼務)															
土木耐震GM					H20.7				K GM				H22.7				L GM				H23.7				M GM				H25.7				D GM															
建築耐震GM					H20.7				N GM												H25.7				J GM				H26.7				N GM				H28.7				O GM							

図 1：許認可対応組織と責任者・担当者の変遷

2. 良好な連携が図れる組織へ

緊急時対策所の設計は、本社の原子力設備管理部に在席するプロジェクトマネージャのもとで、図 2 に示す組織が検討にあたってきた。具体的には、原子力設備管理部の原子炉安全技術グループ（事故時の有効性、被ばく評価）、設備技術グループ（居住性確保に関する設備設計）、建築技術グループ（建屋設計）、原子力耐震技術センター建築耐震グループ（建屋耐震評価）、原子力運営管理部の防災安全グループ（緊急時の運用、要員）、放射線管理グループ（放射線管理の手段と手順）、発電所の第一保全部建築（第一）グループ（建屋詳細設計）、原子力安全センター防災安全部防災安全グループ（緊急時の運用、要員の詳細検討）が分担して技術検討をしている。なお、免震重要棟の設計は旧建設部が行い、現在は発電所に引き継がれている。

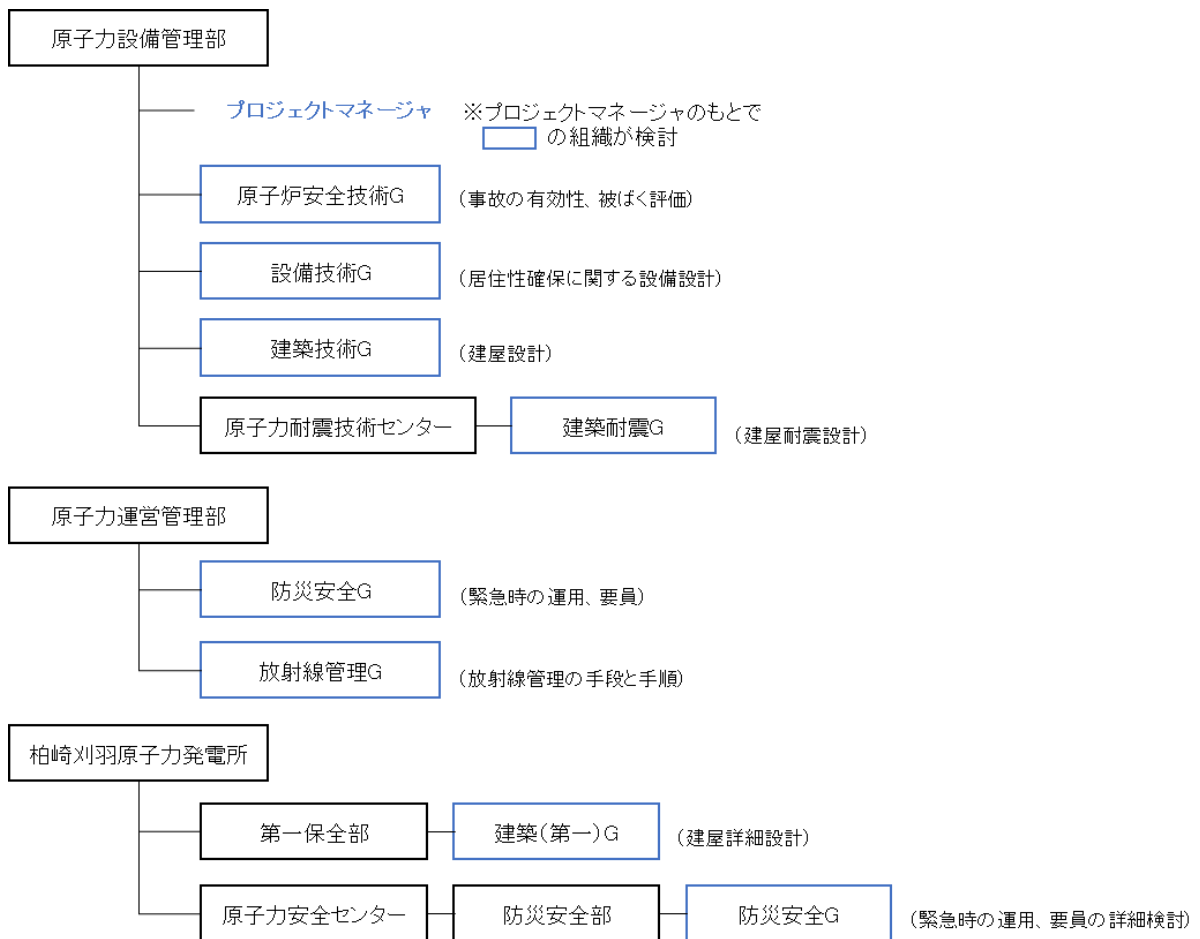


図 2 緊急時対策所の設計にかかわる体制

本社内の複数の部と発電所にまたがり、多数の組織が参加する検討体制であったことから、業務のインターフェースが多く、その連携に齟齬をきたしたことから、各々の責任感が希薄になったことが、本件の問題の直接原因である。さらに、これを生じさせた背後要因としては、①プロジェクトマネージャがグループマネージャ級であり、全体を統括して技術を統合する強い指導力を発揮できなかったこと、②各組織の管理者が細分化された分掌範囲の検討に終始し、全体であるべき姿を追求するという意識に欠けることがあったことがあげられる。防潮堤の審査対応の問題においても、3号炉緊急時対策所の審査に取り組むプラント設備担当者と防潮堤の審査に取り組む土木建築側の担当者のそれぞれが、自らの分掌範囲の検討に終始したことが原因である。

この対策として、①プロジェクトマネージャが、担当案件の技術統合に責任と権限を有することを明確にし、強い指導力を発揮できるようにすること、②安全技術、電気・機械技術、土木、建築技術の単位で本社と発電所を統括する技術統括責任者を明確にし、プロジェクトマネージャの後ろ盾となるとともに、各技術分野内の組織管理者の連携を強化する。また、原子力設備管理部長のもとで技術統括責任者が頻度高く集まり、全体の技術統合のステアリング、審査における質疑応答や他社の先行審査の状況把握等から予見される解決すべき課題とリスクの管理を行うとともに、その状況を原子力・立地本部長に適宜報告することで、原子力部門全体としての連携を強化する。

また、技術統括責任者は、各々の担当する技術分野の観点から、全ての審査書類全般のレビューを実施する。

責任と権限の明確化については、プロジェクトマネージャに限らず、全ての職位において、ジョブディスクリプション（職位記述書）を作成することに既に取り組んでいる。この対策を速やかに実施するとともに、原子力・立地本部長のもとで、品質保証部門、原子力設備管理部長、各技術統括責任者が、下記のマネジメントレビューでの確認が有効に機能するまで、当面は月 1 回以上の頻度で集まって状況をレビューし、改善の効果を確認する。また、この取り組み状況を踏まえて、組織を統合してインターフェースを減らすとともに、技術統括の機能を強化するなどの観点から、エンジニアリングに関わる組織構造を大幅に見直すことも検討する。

技術統括責任者

- 安全技術関係（自然現象、有効性評価等）：柏崎刈羽原子力発電所発電所原子力安全センター長
- 土木関係（地震・地盤・津波・火山等）：原子力設備管理部土木調査担当部長
- 建築関係（建物設備等）：原子力設備管理部建築総括担当部長
- 設備（電気・機械技術）関係（DB、SA、技術的評価等）：原子力設備管理部部長代理（安全技術担当部長）

3. コンフィグレーション・マネージメントの導入とシステム・エンジニアの育成

緊急時対策所の審査対応の問題では試算結果の不適切な取扱いが原因の 1 つになっているが、その背後要因として、試算結果等の管理が個人の、あるいは担当箇所だけの管理に委ねられていることがある。

これを改善するために、設備の設計および許認可の根拠となる仕様値、解析の根拠とその判断、要求条件への適合性の根拠などを、設計基準文書にまとめて、社内で共有するとともに、検討の進捗や新たな知見の追加に対応して、常に最新の状態に維持することにする。これによって、誰が見ても許認可要件へ適合すると判断した根拠が明確になる。

今回のような件がある場合には、試解析が許認可要件への適合根拠ではない参考解析の位置づけであることが設計基準文書から判るため、的確な説明が可能になると考えられる。

同時に、システム・エンジニアの育成も進めている。システム・エンジニアは、電気や機械や、土木や建築などの技術分野や設備別のエンジニアではなく、安全上の重要な系統全体について、設計、許認可、運転、保守等の全分野に精通しているエンジニアを指す。

システム・エンジニアは、緊急時に系統全体の安全を確保することが緊急の目的であったが、平常時には関係する技術分野間の連携や整合を図るという機能もある。そのため、ある技術分野の試験結果等が、別の技術分野で不適切に理解されたり、参照されたり、利用されたりすることも再び起こらなくなる。

4. 対策の有効性評価とその公表

改善の有効性を品質保証規程で定めるマネージメントレビューで確認する。その結果は、四半期毎に公表している原子力安全改革プラン進捗報告で公表する。

以上