

「福島第一原子力発電所第1～4号機に対する  
「中期的安全確保の考え方」に基づく施設運営  
計画に係る報告書」のうち使用済燃料乾式キャ  
スク仮保管設備の構造強度及び耐震性評価に  
おける入力データの誤りへの対応について  
(報告)

2012年9月28日  
東京電力株式会社

# コンクリートモジュールの構造強度及び耐震性評価における入力データの誤りについて(1)

## コンクリートモジュールの構造強度評価及び耐震性評価

ひさしの張り出しが100mmのところを0mmと入力

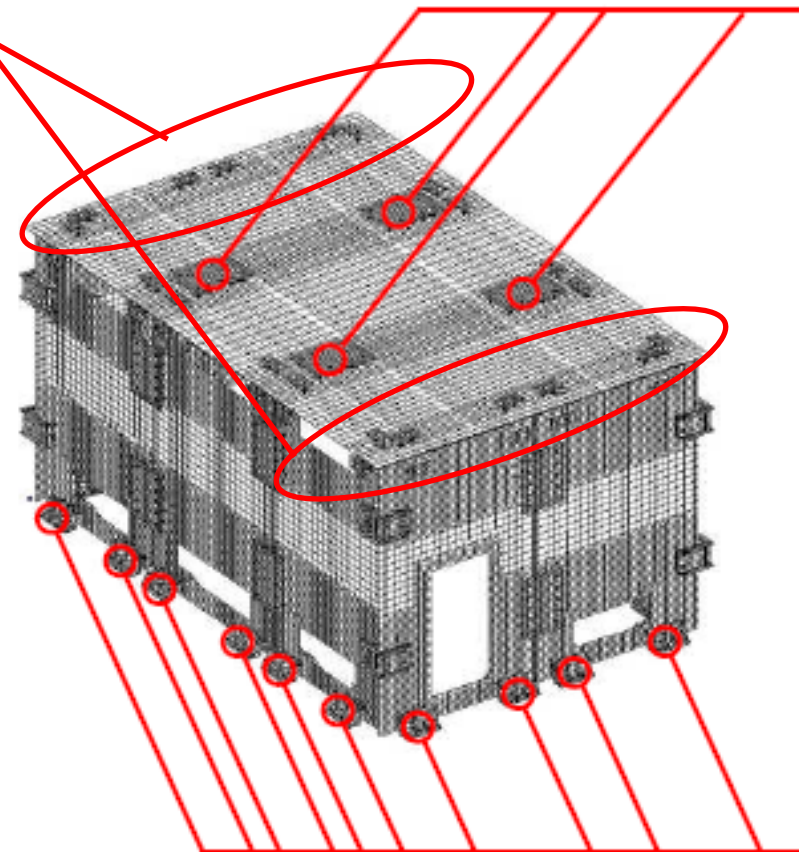
接合金物の厚みが6mmのところを9mmと入力

三次元FEMモデルによる応力評価

↑  
入力データに誤り

評価結果

- ・コンクリートにかかる応力
- ・ボルトにかかる応力
- ・プレートにかかる応力



金物ベースの厚みが19mmのところを22mmと入力

# コンクリートモジュールの構造強度及び耐震性評価における入力データの誤りについて(2)

## コンクリートモジュールの構造強度及び耐震性評価における評価結果

### 構造強度評価

表 3.5.3-3 評価結果

	項目	計算値	許容値	評価結果
①	天板パネル	7.98kNm	16.2kNm	OK
②	側板パネル	6.79kNm	16.6kNm	OK

### 耐震性評価

表 3.6.4-7 評価結果

	項目	計算値	許容値	評価結果
①-a)	アンカーボルト	28.1kN	57.5kN	OK
①-b)	側板アンカーボルト	58.9kN	111kN	OK
①-c)	側板接合ボルト	40.8kN	59.3kN	OK
①-d)	天板接合ボルト	22.3kN	38.0kN	OK
①-e)	コーナーボルト	32.7kN	59.3kN	OK
②	ベースプレート (引張時)	117 N/mm <sup>2</sup>	235 N/mm <sup>2</sup>	OK
②	ベースプレート (圧縮時)	84.6 N/mm <sup>2</sup>	235 N/mm <sup>2</sup>	OK
③	側板アンカー部はしあき	56.4kN	82.4kN	OK
④	天板PC板	9.63kNm	24.5kNm	OK
⑤	側板PC板	17.2kNm	25.1kNm	OK
⑥	側板、天板接合プレート	17.9 N/mm <sup>2</sup>	235 N/mm <sup>2</sup>	OK
⑦	側板、天板コーナー接合プレート	69.4 N/mm <sup>2</sup>	235 N/mm <sup>2</sup>	OK

評価結果が異なる箇所

# クレーンの基準地震動 $S_s$ に対する波及的影響の評価における 転記の誤りについて

## クレーンの耐震性評価

入力条件

地表面時刻歴データ  
地表面加速度応力スペクトル  
固有周期

設計用加速度

各部位の発生応力

数値の記載ミス

表 3.6.5-3 クレーンの設計用加速度

加振方向	走行方向 (EW方向)	横行方向 (NS方向)	鉛直方向 (UD方向)
設計用加速度 (G)	0.15 <sup>注1</sup>	2.464 0.15 <sup>注2</sup>	1.483 <sup>注3</sup> 1.312 <sup>注4</sup>

記載の誤りが  
あったデータ

表 3.6.5-4 クレーン各部応力の評価結果

	材料	応力の種類	算出応力 (N/mm <sup>2</sup> )	許容応力 (N/mm <sup>2</sup> )	評価結果
本体ガード	SM490A	曲げ	139.6	343	0.K.
		せん断	48.8	198	0.K.
		組合せ	141	343	0.K.
剛脚 (上部)	SS400	曲げ	115.6	280	0.K.
		圧縮	73	246	0.K.
剛脚 (下部)	SS400	曲げ	175.1	280	0.K.
		圧縮	73	246	0.K.

# 入力条件の誤り及び転記の誤りに係る評価結果への影響について(1)

## コンクリートモジュールの構造強度評価及び耐震性評価

### 構造強度評価

表 3.5.3-3 評価結果

	項目	計算値	許容値	評価結果
①	天板パネル	7.98kNm	16.2kNm	OK
②	側板パネル	6.79kNm	16.6kNm	OK

### 再評価結果

計算値	評価結果
8.11kNm	OK
7.23kNm	OK

### 耐震性評価

表 3.6.4-7 評価結果

	項目	計算値	許容値	評価結果
①-a)	アンカーボルト	28.1kN	57.5kN	OK
①-b)	側板アンカーボルト	58.9kN	111kN	OK
①-c)	側板接合ボルト	40.8kN	59.3kN	OK
①-d)	天板接合ボルト	22.3kN	38.0kN	OK
①-e)	コーナーボルト	32.7kN	59.3kN	OK
②	ベースプレート (引張時)	117 N/mm <sup>2</sup>	235 N/mm <sup>2</sup>	OK
②	ベースプレート (圧縮時)	84.6 N/mm <sup>2</sup>	235 N/mm <sup>2</sup>	OK
③	側板アンカー部はしあき	56.4kN	82.4kN	OK
④	天板PC板	9.63kNm	24.5kNm	OK
⑤	側板PC板	17.2kNm	25.1kNm	OK
⑥	側板、天板接合プレート	17.9 N/mm <sup>2</sup>	235 N/mm <sup>2</sup>	OK
⑦	側板、天板コーナー接合プレート	69.4 N/mm <sup>2</sup>	235 N/mm <sup>2</sup>	OK

評価結果が異なる箇所

### 再評価結果

計算値	評価結果
25.5kN	OK
54.0kN	OK
45.3kN	OK
21.9kN	OK
35.6kN	OK
107N/mm <sup>2</sup>	OK
78.6N/mm <sup>2</sup>	OK
50.7kN	OK
9.79kNm	OK
20.1kNm	OK
23.9N/mm <sup>2</sup>	OK
69.5N/mm <sup>2</sup>	OK

# 入力条件の誤り及び転記の誤りに係る評価結果への影響について ( 2 )

## クレーンの基準地震動 S s に対する波及的影響の評価

表 3. 6. 5-3 クレーンの設計用加速度

加振方向	走行方向 (EW方向)	横行方向 (NS方向)	鉛直方向 (UD方向)
設計用加速度 ( G )	0. 15 <sup>注1</sup>	2. 464 0. 15 <sup>注2</sup>	1. 483 <sup>注3</sup> 1. 312 <sup>注4</sup>

正しい転記の値

2.464	2.43	1.483	1.60
		1.312	1.38

記載の誤りが  
あったデータ

表 3. 6. 5-4 クレーン各部応力の評価結果

	材料	応力の種類	算出応力 (N/mm <sup>2</sup> )	許容応力 (N/mm <sup>2</sup> )	評価結果
本体ガード	SM490A	曲げ	139. 6	343	O. K.
		せん断	48. 8	198	O. K.
		組合せ	141	343	O. K.
剛脚 (上部)	SS400	曲げ	115. 6	280	O. K.
		圧縮	73	246	O. K.
剛脚 (下部)	SS400	曲げ	175. 1	280	O. K.
		圧縮	73	246	O. K.

正しい転記の値

139.6	146	115.6	115
48.8	51	73	76
141	148	175.1	174
		73	76

## 再点検の結果について（概要）

---

### 再点検の結果

- （１）表計算ソフトにおける入力計算式の誤りについて
- （２）出力データから受注メーカー作成の評価書への転記の誤りについて
- （３）引用図書から報告書への転記の誤りについて
- （４）手計算の誤りについて

➤なお、入力計算式の誤りについては再計算を、その他の誤りについては正しい記載内容の確認を行った結果、いずれも当該評価結果に影響するものでないことを確認した。

# 再点検の結果について ( 1 )

## ( 1 ) 表計算ソフトにおける入力計算式の誤りについて

### コンクリートモジュールの耐震性

表 3.6.4-7 評価結果

	項目	計算値	許容値	評価結果
①-a)	アンカーボルト	25.5kN	57.5kN	OK
①-b)	側板アンカーボルト	54.0kN	111kN	OK
①-c)	側板接合ボルト	45.3kN	59.3kN	OK
①-d)	天板接合ボルト	21.9kN	38.0kN	OK
①-e)	コーナーボルト	35.6kN	59.3kN	OK
②	ベースプレート (引張時)	107 N/mm <sup>2</sup>	235 N/mm <sup>2</sup>	OK
②	ベースプレート (圧縮時)	78.6 N/mm <sup>2</sup>	235 N/mm <sup>2</sup>	OK
③	側板アンカー部はしあき	50.7kN	82.4kN	OK
④	天板PC板	9.79kNm	24.5kNm	OK
⑤	側板PC板	20.1kNm	25.1kNm	OK
⑥	側板、天板接合プレート	23.9 N/mm <sup>2</sup>	235 N/mm <sup>2</sup>	OK
⑦	側板、天板コーナー接合プレート	69.5 N/mm <sup>2</sup>	235 N/mm <sup>2</sup>	OK

誤りのあった記載

正しい計算の値

54.0	67.0
45.3	47.5
21.9	20.7
35.6	36.7
50.7	64.4

### < 表計算ソフトによる計算範囲の誤り箇所 >

ボルトNo.	節点	長期							
		X方向力 (kN)	Y方向力 (kN)	Z方向力 (kN)	X方向力 (kN)	Y方向力 (kN)	Z方向力 (kN)	せん断力 (kN)	軸力 (kN)
229	60016	-26.1	122.5	3967.5	0.2	0.9	13.5	13.5	0.2
	60008	241.2	-442.5	5461.7					
	60576	-113.9	190.4	1322.5					
	60035	101.4	1065.1	2765.2					

ボルトNo.	節点	X方向地震							
		X方向力 (kN)	Y方向力 (kN)	Z方向力 (kN)	X方向力 (kN)	Y方向力 (kN)	Z方向力 (kN)	せん断力 (kN)	軸力 (kN)
229	60016	-1545.9	391.9	4059.8	-2.5	2.8	14.7	14.9	-2.5
	60008	-2192.1	265.4	6011.4					
	60576	496.9	347.0	1265.6					
	60035	716.0	1826.2	3332.5					

ボルトNo.	節点	Y方向地震							
		X方向力 (kN)	Y方向力 (kN)	Z方向力 (kN)	X方向力 (kN)	Y方向力 (kN)	Z方向力 (kN)	せん断力 (kN)	軸力 (kN)
229	60016	395.9	-3147.7	14408.0	1.1	-17.5	48.2	51.3	1.1
	60008	961.8	-10329.3	20391.8					
	60576	-334.2	-1800.2	4930.4					
	60035	56.0	-2189.5	8602.9					

ボルトNo.	節点	Z方向地震							
		X方向力 (kN)	Y方向力 (kN)	Z方向力 (kN)	X方向力 (kN)	Y方向力 (kN)	Z方向力 (kN)	せん断力 (kN)	軸力 (kN)
229	60016	31.4	-147.5	-4773.9	-0.2	-1.1	-16.3	16.3	-0.2
	60008	-280.2	532.5	-6571.8					
	60576	137.1	-229.0	-1581.3					
	60035	-122.0	-1281.6	-3327.3					

ボルトNo.	節点	SRSS Y+			
		X方向力 (kN)	Y方向力 (kN)	Z方向力 (kN)	せん断力 (kN)
229	1.3	17.7	51.1	54.0	1.3

正しい計算式

$$= +\sqrt{2^2 + 2^2} = +\sqrt{2^2 + 2^2}$$

$$= +\sqrt{2^2 + 2^2} = +\sqrt{2^2 + 2^2}$$

又  $=\sqrt{2^2 + 2^2}$  のため、 の数値を報告書に記載したため誤りが発生した。



# 再点検の結果について(2)

(2) 出力データから受注メーカー作成の評価書への転記の誤りについて

## コンクリート基礎の構造強度及び耐震性評価

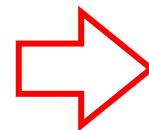
表 3.5.4-19 断面検討結果 (NS 方向基礎)

項目	記号	単位	スラブA	スラブB	スラブC	
部材幅	b	(mm)	8300	8300	8300	
部材高	h	(mm)	1650	850	850	
1段目	位置	d	350	350	100	
	鉄筋		D25	D25	D25	
	本数	(本)	19	67	83	
	鉄筋量	$A_s$	( $\text{cm}^2$ )	99.65	422.25	157.00
	位置	d	(mm)	1540	740	540
2段目	鉄筋		D37	D25	D37	
	本数	(本)	29	200	48	
	鉄筋量	$A_s$	( $\text{cm}^2$ )	231.91	245.92	304.97
せん断	鉄筋		D18	D18	D18	
	ピッチ	(mm)	600	600	600	
	鉄筋本数	(本)	27	473	13	
	配置間隔	$S_w$	(mm)	900	600	600

(転記ミスの例)

正しい転記の値

引張鉄筋	項目	記号	単位	長期			短期		
				スラブA	スラブB	スラブC	スラブA	スラブB	スラブC
上側	決定ケース			ケース5	ケース3	ケース18	ケース24	ケース23	ケース31
	弯げモーメント	Md	(kN-m)	-884	-2182	-1265	-1764	-1154	-1060
	軸力	Nd	(kN)	-118	-104	192	-265	-462	-116
	せん断力	Vd	(kN)	649	36	7	32	33	59
	決定ケース			ケース18	ケース13	ケース17	ケース20	ケース23	ケース37
下側	弯げモーメント	Md	(kN-m)	3537	2708	2343	3565	2294	1991
	軸力	Nd	(kN)	128	82	33	-388	-737	-478
	せん断力	Vd	(kN)	628	391	1008	754	519	1076
	決定ケース			ケース9	ケース11	ケース16	ケース29	ケース27	ケース36
	せん断力	Vd	(kN)	928	913	1060	952	991	1109



引張鉄筋	項目	記号	単位	長期			短期		
				スラブA	スラブB	スラブC	スラブA	スラブB	スラブC
上側	決定ケース			ケース5	ケース3	ケース18	ケース24	ケース23	ケース31
	弯げモーメント	Md	(kN-m)	-884	-1351	-1265	-779	-1154	-1060
	軸力	Nd	(kN)	-118	52	192	-300	-462	-116
	せん断力	Vd	(kN)	649	49	7	606	33	59
	決定ケース			ケース18	ケース13	ケース17	ケース20	ケース23	ケース37
下側	弯げモーメント	Md	(kN-m)	3537	2708	2343	3565	2294	1991
	軸力	Nd	(kN)	128	82	33	-388	-737	-478
	せん断力	Vd	(kN)	628	391	1008	754	519	1076
	決定ケース			ケース9	ケース11	ケース16	ケース29	ケース27	ケース36
	せん断力	Vd	(kN)	928	913	1060	952	991	1109

引張鉄筋	項目	記号	単位	長期			短期		
				スラブA	スラブB	スラブC	スラブA	スラブB	スラブC
上側	圧縮応力度	$\sigma_c$	( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	0.19	4.18	3.74	0.71	3.38	0.00
	引張応力度	$\sigma_s$	( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	9.00	9.00	9.00	13.50	13.50	13.50
	$\sigma_c / \sigma_{ca} \leq 1.0$			0.02	0.46	0.42	0.05	0.25	0.00
	判定			OK	OK	OK	OK	OK	OK
	引張応力度	$\sigma_s$	( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	14	143	157	82	112	0
下側	圧縮応力度	$\sigma_c$	( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	1.78	4.69	5.05	1.86	3.97	4.74
	引張応力度	$\sigma_s$	( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	9.00	9.00	9.00	13.50	13.50	13.50
	$\sigma_c / \sigma_{ca} \leq 1.0$			0.20	0.52	0.63	0.14	0.29	0.35
	判定			OK	OK	OK	OK	OK	OK
	引張応力度	$\sigma_s$	( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	103	152	162	115	140	146
せん断	せん断応力度	$\tau$	( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	0.08	0.17	0.27	0.09	0.18	0.28
	せん断力	$V$	(kN)	0.45	0.45	0.45	0.68	0.68	0.68
	$\tau / \tau_{sa} \leq 1.0$			0.18	0.38	0.60	0.13	0.26	0.41
	判定			OK	OK	OK	OK	OK	OK

引張鉄筋	項目	記号	単位	長期			短期		
				スラブA	スラブB	スラブC	スラブA	スラブB	スラブC
上側	圧縮応力度	$\sigma_c$	( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	0.80	4.18	3.74	0.71	3.38	3.14
	引張応力度	$\sigma_s$	( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	9.00	9.00	9.00	13.50	13.50	13.50
	$\sigma_c / \sigma_{ca} \leq 1.0$			0.09	0.46	0.42	0.05	0.25	0.23
	判定			OK	OK	OK	OK	OK	OK
	引張応力度	$\sigma_s$	( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	79.0	143.0	157.0	81.5	112.4	140.3
下側	圧縮応力度	$\sigma_c$	( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	1.78	4.69	5.05	1.86	3.97	4.74
	引張応力度	$\sigma_s$	( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	9.00	9.00	9.00	13.50	13.50	13.50
	$\sigma_c / \sigma_{ca} \leq 1.0$			0.20	0.52	0.63	0.14	0.29	0.35
	判定			OK	OK	OK	OK	OK	OK
	引張応力度	$\sigma_s$	( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	103	152	162	115	140	146
せん断	せん断応力度	$\tau$	( $\text{N}/\text{mm}^2$ )	0.08	0.17	0.27	0.09	0.18	0.28
	せん断力	$V$	(kN)	0.45	0.45	0.45	0.68	0.68	0.68
	$\tau / \tau_{sa} \leq 1.0$			0.18	0.38	0.60	0.13	0.27	0.41
	判定			OK	OK	OK	OK	OK	OK

# 再点検の結果について ( 3 )

## ( 3 ) 引用図書から報告書への転記の誤りについて

### 乾式キャスクの耐震性評価

#### < 設計加速度の記載の誤り > ( 転記ミスの例 )

1 基準地震動  $S_2$   
1-1 乾式貯蔵キャスク 大型 (6号機)

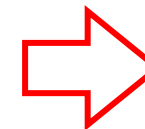
基準地震動 $S_2$	
水平方向 設計加速度	鉛直方向 設計加速度
$C_h=0.72G$	$C_v=0.29G$

出典	福島第一原子力発電所 第6号機工事計画認可申請書及び添付資料 (平成22年10月22日申請、東京電力株式会社) IV-3-2 使用済燃料乾式貯蔵容器の応力計算
----	---

(1) キャスク容器  
(単位:  $N/mm^2$ )

部位	材料	設計事象	一次一般膜応力強さ		余裕率	一次膜+ 一次曲げ応力強さ		余裕率	一次+二次応力		余裕率
			計算値	許容応力		計算値	許容応力		計算値	許容応力	
胴板	GLF1 <sup>1)</sup>	I+S <sub>2</sub>	6	251	41.8	8	377	47.1	12	362	30.2
一次蓋	GLF1 <sup>1)</sup>	I+S <sub>2</sub>	1	251	251.0	27	377	14.0	2	362	181.0
底板	GLF1 <sup>1)</sup>	I+S <sub>2</sub>	2	251	125.5	7	377	53.9	4	362	90.5
貫通孔蓋板	SUS304	I+S <sub>2</sub>	7	276	39.4	49	414	8.4	2	401	200.5
密封シール部	GLF1 <sup>1)</sup>	I+S <sub>2</sub>	11	181	16.5	11	181	16.5	5	181	36.2
ボス溶接部	SUS304L	I+S <sub>2</sub>	5	125	25.0	5	188	37.6	9	168	18.7
ガンマ線遮へい体 取付ボルト 溶接部	SUS304	I+S <sub>2</sub>	3	125	41.7	3	188	62.7	7	181	25.9

注1) GLF1 相当材は GLF1 として表記する。



正しい転記の値

0.72	0.55
0.29	0.23

# 再点検の結果について（４）

## （４）手計算の誤りについて

### 耐震設計方針

< 地盤定数の記載の誤り >

表 3.6.1-2 解析用地盤定数

地層名	層標高		各地層厚 (m)	層間密度 $\rho$ (t/m <sup>3</sup> )	せん断弾性 係数 Gs (kN/m <sup>2</sup> )	せん断波 速度 Vs (m/sec)	強度特性	
	上端	下端					C (kN/m <sup>2</sup> )	$\phi$ (°)
	0 <sup>th</sup> (m)	0 <sup>th</sup> (m)						
コンクリート基礎	38.800	38.800	1.000	2.731	10,420,000	1972	-	-
埋戻し土	39.700	35.800	3.900	1.8	72,600	201	0	30
改良地盤	38.800	35.800	3.000	1.8	380,000	459	-	-
段丘堆積物	35.800	29.026	6.774	1.39	138,000	315	0.039	24.7
T3 部層 中粒砂岩層	29.026	25.215	3.811	1.84	210,000	338	0.098	38.6
T3 部層 泥質部	25.215	18.837	6.378	1.71	427,000	500	1.5	0
T3 部層 五層部	18.837	8.694	10.143	1.70	302,000	414	0.098	38.6
T3 部層 泥質部	8.694	6.109	2.585	1.71	427,000	500	1.5	0
T3 部層 中粒砂岩層	6.109	4.754	1.355	1.84	210,000	338	0.098	38.6
T3 部層 泥質部	4.754	1.693	3.061	1.71	427,000	500	1.5	0
T3 部層 粗粒砂岩層	1.693	1.128	0.565	1.84	210,000	338	0.098	38.6
T3 部層 泥質部	1.128	-24.980	26.108	1.71	427,000	500	1.5	0
T2 部層	-24.980	-118.400	93.420	深度依存 1.76~ 1.80	深度依存 334,000~ 635,000	深度依存 436~504	深度依存 1.131~ 1.839	0
T1 部層	-118.400	-185.880	67.480	1.79	667,000	610	1.02	0
先富岡層	-185.880	-196.000	10.120	1.88	954,000	712	1.8	0
解放基盤面	-196.000		-	1.88	954,000	712	1.8	0

正しい転記の値

2.731 2.679

# 原因分析

---

## ( 1 ) 当社について

- ・ 当社は、受注メーカーとの契約上、許認可解析業務の実施状況の報告等を要求事項に含めていたが、当社自ら受注メーカーに対し解析業務実施状況の調査を行わなかったために、受注メーカー及び調達先企業において、実施状況が適切でないことを確認した上で是正を指示することができなかった。
- ・ 当社は、報告書記載の確認において、他の図書から転記している記載箇所に対してエビデンス資料と照らし合わせた確認を、また手計算を行っている箇所について手計算結果の確認を行っていなかったために、今回の報告書記載の誤りを確認することができなかった。
- ・ 上記要因が発生した背後要因としては、本来実施すべき許認可解析業務の実施状況調査や報告書記載内容の確認を怠った担当部所の許認可業務に対する認識の誤りが介在していると考えられる。

## ( 2 ) 受注メーカー・調達先企業について

- ・ 背後要因としては、受注メーカー及び調達先企業の許認可解析業務に対する認識の誤りが介在していると考えられる。受注メーカー及び調達先企業については、近年当社において原子炉設置（変更）許可申請書や工事計画認可申請書等の許認可解析業務に携わった実績が殆どなかったため、許認可解析業務に対するこれまでの経緯、重要性等に対する認識が低かったものと考えられる。

# 再発防止対策

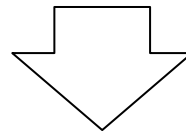
---

## ( 1 ) 当社における再発防止対策

原因分析の結果から、再発防止のためには、許認可解析業務の実施状況調査の徹底、報告書記載事項の確認の徹底、契約要求事項の明確化が必要なことから、以下対策を講ずることとする。

## ( 2 ) 受注メーカー・調達先企業における再発防止対策

原因分析の結果から、再発防止のためには、データ授受に係る変更管理の徹底、解析データ・転記記載事項の確認の徹底、新規性を鑑みた業務計画立案の是正、許認可解析業務に対する認識の是正が必要であるため、以下対策を講ずることとする。



再発防止対策として、以下の事項を実施する。

- 受注メーカー、調達先企業におけるデータの変更管理、解析データの確認、転記記載事項の確認の徹底
- 受注メーカーの調達先企業に対する解析実施状況調査の徹底
- 当社の受注メーカーに対する解析実施状況調査の徹底
- 当社の報告書記載事項の確認の徹底