第1.2.1.c-3-4表 (1/3)　原子炉補助建屋(A/B)の水平方向ＮＳの建屋応答係数

係数	F_{SS}	F_{δ}	F_{M}	F_{SR}
中央値	1.12	0.99	1.00	1.10
β_{R}	0.00	0.08	0.00	0.08
β_{U}	0.00	0.00	0.15	0.15

第1.2.1.c-3-4表 (2/3)　原子炉補助建屋(A/B)の水平方向ＥＷの建屋応答係数

係数	F_{SS}	F_{δ}	F_{M}	F_{SR}
中央値	1.04	0.99	1.00	1.03
β_{R}	0.00	0.08	0.00	0.08
β_{U}	0.00	0.00	0.15	0.15

第1.2.1.c-3-4表 (3/3)　原子炉補助建屋(A/B)の鉛直方向の建屋応答係数

係数	F_{SS}	F_{δ}	F_{M}	F_{SR}
中央値	0.92	0.99	1.03	0.94
β_{R}	0.00	0.06	0.01	0.06
β_{U}	0.00	0.00	0.15	0.15

第1.2.1.d-1表　起因事象の条件付き発生確率

起因事象	加速度レベル（G）				
	0.2～0.4	0.4～0.6	0.6～0.8	0.8～1.0	1.0～1.2
格納容器バイパス	－	2.65E-06	3.20E-04	5.87E-03	3.75E-02
直接炉心損傷に至る事象（Excess LOCA）	－	6.86E-07	1.08E-04	2.79E-03	2.51E-02
直接炉心損傷に至る事象（原子炉補助建屋損傷）	1.53E-08	1.05E-05	3.76E-04	3.59E-03	1.65E-02
直接炉心損傷に至る事象（原子炉補機冷却機能喪失）	1.54E-08	4.46E-06	1.01E-04	7.72E-04	3.27E-03
直接炉心損傷に至る事象（過渡事象）	2.79E-07	1.60E-04	5.52E-03	4.93E-02	2.10E-01
直接炉心損傷に至る事象（ATWS）	1.84E-05	1.86E-03	2.13E-02	8.72E-02	2.10E-01
大破断LOCA	4.87E-08	9.53E-06	2.16E-04	1.83E-03	8.63E-03
中破断LOCA	1.73E-08	5.41E-06	1.30E-04	1.02E-03	4.38E-03
小破断LOCA	9.50E-08	8.93E-05	4.17E-03	4.06E-02	1.62E-01
２次冷却系の破断	－	1.02E-05	9.09E-04	1.32E-02	6.99E-02
主給水流量喪失	1.0E+00				

第1.2.1.d-2表　起因事象別炉心損傷頻度

起因事象	事故シーケンス	炉心損傷頻度 (／炉年)	起因事象別 炉心損傷頻度 (／炉年)	寄与割合 (%)
大破断LOCA	大破断LOCA＋低圧注入失敗	1.2E-08	1.4E-08	0.1未満
	大破断LOCA＋蓄圧注入失敗	ε		
	大破断LOCA＋低圧再循環失敗	1.4E-09		
中破断LOCA	中破断LOCA＋高圧注入失敗	6.2E-09	7.8E-09	0.1未満
	中破断LOCA＋蓄圧注入失敗	ε		
	中破断LOCA＋格納容器スプレイ注入失敗	ε		
	中破断LOCA＋低圧再循環失敗	7.8E-10		
	中破断LOCA＋高圧再循環失敗	7.8E-10		
	中破断LOCA＋格納容器スプレイ再循環失敗	ε		
小破断LOCA	小破断LOCA＋補助給水失敗	1.0E-10	3.4E-07	1.1
	小破断LOCA＋高圧注入失敗	3.0E-07		
	小破断LOCA＋格納容器スプレイ注入失敗	ε		
	小破断LOCA＋低圧再循環失敗	2.0E-08		
	小破断LOCA＋高圧再循環失敗	2.0E-08		
	小破断LOCA＋格納容器スプレイ再循環失敗	ε		
２次冷却系の破断	２次冷却系の破断＋主蒸気隔離失敗	8.5E-08	9.0E-08	0.3
	２次冷却系の破断＋補助給水失敗	4.7E-09		
主給水流量喪失	主給水流量喪失＋補助給水失敗	2.3E-08	2.3E-08	0.1未満
外部電源喪失	外部電源喪失＋非常用所内交流電源喪失	2.9E-05	2.9E-05	92.7
	外部電源喪失＋補助給水失敗	4.1E-08		
原子炉補機冷却機能喪失	原子炉補機冷却機能喪失＋RCPシールLOCA	2.3E-08	2.3E-08	0.1未満
	原子炉補機冷却機能喪失＋加圧器逃がし弁／安全弁LOCA	ε		
	原子炉補機冷却機能喪失＋補助給水失敗	ε		
直接炉心損傷に至る事象	Excess LOCA	3.5E-08	1.7E-06	5.5
	複数の信号系損傷	2.3E-07		
	原子炉補助建屋損傷	3.6E-08		
	炉内構造物損傷	3.1E-07		
	地震によるAT＋制御棒挿入不能（ATWS）	1.1E-06		
	原子炉建屋損傷	2.7E-11		
	原子炉格納容器損傷	3.3E-09		
格納容器バイパス	蒸気発生器伝熱管破損（複数本破損）	7.0E-08	7.3E-08	0.2
合　計		3.1E-05		－

ε ：1.0E-11未満

第1.2.1.d-3表　加速度区分別炉心損傷頻度評価結果

加速度区分	炉心損傷頻度（／炉年）	寄与割合（%）
区分１（0.2G～0.4G）	1.7E-06	5.5
区分２（0.4G～0.6G）	1.1E-05	35.9
区分３（0.6G～0.8G）	1.3E-05	41.8
区分４（0.8G～1.0G）	4.1E-06	13.0
区分５（1.0G～1.2G）	1.2E-06	3.8
合計	3.1E-05	100

第1.2.1.d-4表　建屋・機器ごとのFV重要度評価結果

建屋・機器 ＼ ケース		ベースケース（炉心損傷頻度：3.1E-05／炉年）		
		中央値（G）	HCLPF（G）	FV重要度
1. 中央制御室空調ユニット	構造損傷	0.73	0.48	0.11
2. 空調用冷水膨張タンク	構造損傷	0.75	0.49	0.09
3. SWGR室空調系逆止弁	機能損傷	0.99	0.43	0.08
4. 空調用冷水設備逆止弁	機能損傷	0.99	0.43	0.08
5. 空調用冷水設備隔離弁	機能損傷	0.99	0.43	0.08
6. 空調用冷水設備流量調整弁	機能損傷	0.99	0.43	0.08
7. ディーゼル発電機室給気ファン	機能損傷	0.90	0.60	0.01
8. SWGR室空調系ダクト	構造損傷	1.71	0.59	0.01

注.(1) FV重要度の評価範囲は、加速度区分0.2G～1.2Gとした。

(2) FV重要度が0.01以上のSSCのみ記載した。

第1.2.1.d-5表　事故シーケンスグループごとのFV重要度評価結果

事故シーケンス グループ	事故シーケンス		CDF (/炉年)	全CDF に対する 寄与割合	FV重要度上位の機器	HCLPF	FV 重要度
ECCS注水機能喪失	①	小破断LOCA＋高圧注入失敗	3.0E-07	1.0%	原子炉容器（空気抜管台）	0.77	0.78
					加圧器（スプレイライン用管台セーフエンド）	0.90	0.20
					ディーゼル発電機室給気ファン	0.60	0.06
					中央制御室空調ユニット	0.48	0.03
					空調用冷水膨張タンク	0.49	0.03
					安全補機開閉器室空調系逆止弁	0.43	0.02
２次系からの除熱機能喪失	②	過渡事象＋補助給水失敗 （原子炉盤等の損傷）	5.4E-07	1.7%	炉内構造物	0.78	0.58
					原子炉保護系計器ラック（鉛直）	0.76	0.16
					ケーブルトレイ	0.99	0.07
					逆止弁	1.07	0.03
					１次系補助リレーラック	1.12	0.02
全交流動力電源喪失	③	外部電源喪失＋非常用所内交流電源喪失（空調用冷水設備の喪失／安全補機開閉器室空調系の喪失）	2.8E-05	92.6%	中央制御室空調ユニット	0.48	0.14
					空調用冷水膨張タンク	0.49	0.10
					安全補機開閉器室空調系逆止弁	0.43	0.09
原子炉停止機能喪失	④	地震によるAT＋制御棒挿入不能	1.1E-06	3.5%	燃料集合体	0.61	0.98
					制御棒クラスタ	1.10	0.01

第1.2.1.d-6表　不確実さ解析結果

不確実さ	全CDF
95%上限値	8.4E-05（／炉年）
平均値	3.2E-05（／炉年）
中央値	2.3E-05（／炉年）
5%下限値	5.2E-06（／炉年）
点推定値	3.1E-05（／炉年）
エラーファクタ	4.0

第1.2.1.d-7表　川内サイト地震ハザードデータ

		m=1	m=2	m=3	m=4	m=5	m=6	m=7	m=8	m=9	m=10
G	平均	min～10%	10～20%	20～30%	30～40%	40～50%	50～60%	60～70%	70～80%	80～90%	90%～max
0.01	1.95E-01	1.39E-01	1.40E-01	1.55E-01	1.65E-01	1.66E-01	2.19E-01	2.20E-01	2.40E-01	2.56E-01	2.58E-01
0.02	7.59E-02	5.16E-02	5.22E-02	5.71E-02	6.05E-02	6.15E-02	8.72E-02	8.80E-02	9.66E-02	1.03E-01	1.05E-01
0.03	4.09E-02	2.74E-02	2.79E-02	2.99E-02	3.14E-02	3.21E-02	4.77E-02	4.85E-02	5.27E-02	5.61E-02	5.70E-02
0.04	2.56E-02	1.70E-02	1.75E-02	1.83E-02	1.90E-02	1.95E-02	3.04E-02	3.11E-02	3.34E-02	3.52E-02	3.60E-02
0.05	1.75E-02	1.16E-02	1.19E-02	1.22E-02	1.25E-02	1.29E-02	2.12E-02	2.17E-02	2.30E-02	2.41E-02	2.47E-02
0.06	1.26E-02	8.26E-03	8.43E-03	8.61E-03	8.76E-03	9.01E-03	1.56E-02	1.61E-02	1.68E-02	1.74E-02	1.79E-02
0.07	9.47E-03	6.08E-03	6.21E-03	6.30E-03	6.46E-03	6.60E-03	1.19E-02	1.23E-02	1.27E-02	1.30E-02	1.34E-02
0.08	7.29E-03	4.55E-03	4.69E-03	4.74E-03	4.88E-03	5.01E-03	9.32E-03	9.63E-03	9.89E-03	1.00E-02	1.04E-02
0.09	5.74E-03	3.51E-03	3.59E-03	3.67E-03	3.76E-03	3.91E-03	7.47E-03	7.65E-03	7.81E-03	7.97E-03	8.17E-03
0.10	4.59E-03	2.75E-03	2.80E-03	2.90E-03	2.96E-03	3.10E-03	6.05E-03	6.21E-03	6.30E-03	6.46E-03	6.60E-03
0.11	3.73E-03	2.16E-03	2.22E-03	2.30E-03	2.36E-03	2.49E-03	4.94E-03	5.10E-03	5.15E-03	5.31E-03	5.43E-03
0.12	3.07E-03	1.72E-03	1.79E-03	1.86E-03	1.92E-03	2.04E-03	4.07E-03	4.20E-03	4.27E-03	4.38E-03	4.53E-03
0.13	2.55E-03	1.40E-03	1.46E-03	1.53E-03	1.57E-03	1.69E-03	3.40E-03	3.49E-03	3.58E-03	3.67E-03	3.81E-03
0.14	2.14E-03	1.14E-03	1.20E-03	1.26E-03	1.30E-03	1.41E-03	2.86E-03	2.93E-03	3.03E-03	3.10E-03	3.24E-03
0.15	1.81E-03	9.44E-04	9.96E-04	1.05E-03	1.09E-03	1.19E-03	2.40E-03	2.49E-03	2.56E-03	2.64E-03	2.77E-03
0.16	1.54E-03	7.86E-04	8.33E-04	8.80E-04	9.18E-04	1.01E-03	2.04E-03	2.12E-03	2.20E-03	2.26E-03	2.39E-03
0.17	1.32E-03	6.61E-04	7.02E-04	7.44E-04	7.79E-04	8.59E-04	1.74E-03	1.83E-03	1.90E-03	1.96E-03	2.08E-03
0.18	1.14E-03	5.56E-04	5.94E-04	6.33E-04	6.65E-04	7.37E-04	1.50E-03	1.58E-03	1.65E-03	1.70E-03	1.82E-03
0.19	9.87E-04	4.71E-04	5.05E-04	5.41E-04	5.71E-04	6.35E-04	1.30E-03	1.37E-03	1.44E-03	1.49E-03	1.60E-03
0.20	8.60E-04	4.02E-04	4.33E-04	4.65E-04	4.92E-04	5.50E-04	1.13E-03	1.20E-03	1.26E-03	1.30E-03	1.41E-03
0.21	7.53E-04	3.43E-04	3.73E-04	4.01E-04	4.26E-04	4.79E-04	9.84E-04	1.05E-03	1.11E-03	1.15E-03	1.25E-03
0.22	6.62E-04	2.95E-04	3.23E-04	3.48E-04	3.72E-04	4.19E-04	8.64E-04	9.23E-04	9.75E-04	1.02E-03	1.11E-03
0.23	5.84E-04	2.56E-04	2.80E-04	3.03E-04	3.25E-04	3.68E-04	7.61E-04	8.16E-04	8.64E-04	9.03E-04	9.88E-04
0.24	5.17E-04	2.21E-04	2.45E-04	2.65E-04	2.85E-04	3.23E-04	6.73E-04	7.24E-04	7.68E-04	8.05E-04	8.85E-04
0.25	4.59E-04	1.93E-04	2.15E-04	2.32E-04	2.50E-04	2.85E-04	5.97E-04	6.44E-04	6.85E-04	7.19E-04	7.94E-04
0.27	4.09E-04	1.69E-04	1.88E-04	2.04E-04	2.20E-04	2.52E-04	5.29E-04	5.73E-04	6.12E-04	6.44E-04	7.14E-04
0.28	3.65E-04	1.48E-04	1.65E-04	1.80E-04	1.95E-04	2.24E-04	4.70E-04	5.11E-04	5.49E-04	5.79E-04	6.43E-04
0.29	3.27E-04	1.30E-04	1.46E-04	1.59E-04	1.73E-04	2.00E-04	4.21E-04	4.59E-04	4.92E-04	5.21E-04	5.81E-04
0.30	2.93E-04	1.15E-04	1.29E-04	1.41E-04	1.53E-04	1.78E-04	3.75E-04	4.11E-04	4.43E-04	4.71E-04	5.26E-04
0.31	2.64E-04	1.01E-04	1.14E-04	1.25E-04	1.36E-04	1.59E-04	3.37E-04	3.72E-04	4.00E-04	4.26E-04	4.78E-04
0.32	2.38E-04	8.93E-05	1.01E-04	1.11E-04	1.21E-04	1.42E-04	3.04E-04	3.36E-04	3.62E-04	3.87E-04	4.35E-04
0.33	2.15E-04	7.92E-05	8.98E-05	9.90E-05	1.08E-04	1.28E-04	2.73E-04	3.04E-04	3.29E-04	3.52E-04	3.97E-04
0.34	1.94E-04	7.05E-05	8.01E-05	8.82E-05	9.67E-05	1.15E-04	2.47E-04	2.76E-04	2.98E-04	3.20E-04	3.62E-04
0.35	1.76E-04	6.29E-05	7.14E-05	7.89E-05	8.67E-05	1.03E-04	2.23E-04	2.50E-04	2.72E-04	2.92E-04	3.31E-04
0.36	1.60E-04	5.59E-05	6.39E-05	7.05E-05	7.78E-05	9.30E-05	2.02E-04	2.28E-04	2.48E-04	2.66E-04	3.03E-04
0.37	1.46E-04	5.00E-05	5.72E-05	6.33E-05	7.01E-05	8.40E-05	1.84E-04	2.08E-04	2.26E-04	2.43E-04	2.78E-04
0.38	1.33E-04	4.47E-05	5.15E-05	5.71E-05	6.32E-05	7.60E-05	1.67E-04	1.90E-04	2.07E-04	2.23E-04	2.55E-04
0.39	1.21E-04	4.01E-05	4.63E-05	5.15E-05	5.71E-05	6.88E-05	1.52E-04	1.74E-04	1.89E-04	2.04E-04	2.35E-04
0.40	1.10E-04	3.60E-05	4.17E-05	4.64E-05	5.16E-05	6.24E-05	1.39E-04	1.59E-04	1.73E-04	1.88E-04	2.16E-04
0.41	1.01E-04	3.24E-05	3.76E-05	4.19E-05	4.67E-05	5.66E-05	1.27E-04	1.45E-04	1.59E-04	1.72E-04	1.99E-04
0.42	9.26E-05	2.92E-05	3.40E-05	3.79E-05	4.24E-05	5.15E-05	1.16E-04	1.33E-04	1.46E-04	1.59E-04	1.84E-04
0.43	8.49E-05	2.63E-05	3.07E-05	3.44E-05	3.85E-05	4.68E-05	1.06E-04	1.22E-04	1.34E-04	1.46E-04	1.70E-04
0.44	7.79E-05	2.38E-05	2.78E-05	3.12E-05	3.50E-05	4.27E-05	9.70E-05	1.12E-04	1.23E-04	1.34E-04	1.57E-04
0.45	7.16E-05	2.15E-05	2.52E-05	2.83E-05	3.18E-05	3.89E-05	8.90E-05	1.03E-04	1.14E-04	1.24E-04	1.45E-04
0.46	6.59E-05	1.95E-05	2.29E-05	2.57E-05	2.89E-05	3.55E-05	8.17E-05	9.48E-05	1.05E-04	1.15E-04	1.34E-04
0.47	6.06E-05	1.77E-05	2.08E-05	2.33E-05	2.63E-05	3.24E-05	7.51E-05	8.74E-05	9.66E-05	1.06E-04	1.25E-04
0.48	5.59E-05	1.60E-05	1.89E-05	2.11E-05	2.40E-05	2.97E-05	6.90E-05	8.06E-05	8.92E-05	9.77E-05	1.16E-04
0.49	5.16E-05	1.46E-05	1.72E-05	1.93E-05	2.19E-05	2.72E-05	6.34E-05	7.42E-05	8.23E-05	9.04E-05	1.07E-04
0.50	4.78E-05	1.35E-05	1.57E-05	1.76E-05	2.00E-05	2.49E-05	5.84E-05	6.86E-05	7.62E-05	8.38E-05	9.98E-05
0.51	4.40E-05	1.21E-05	1.43E-05	1.61E-05	1.83E-05	2.28E-05	5.39E-05	6.35E-05	7.04E-05	7.77E-05	9.28E-05
0.56	3.01E-05	7.60E-06	9.15E-06	1.04E-05	1.19E-05	1.49E-05	3.65E-05	4.37E-05	4.87E-05	5.41E-05	6.53E-05
0.61	2.09E-05	4.95E-06	5.98E-06	6.82E-06	7.86E-06	9.99E-06	2.52E-05	3.05E-05	3.43E-05	3.83E-05	4.66E-05
0.66	1.48E-05	3.29E-06	4.00E-06	4.58E-06	5.31E-06	6.80E-06	1.77E-05	2.17E-05	2.44E-05	2.75E-05	3.39E-05
0.71	1.06E-05	2.22E-06	2.71E-06	3.12E-06	3.63E-06	4.70E-06	1.26E-05	1.56E-05	1.76E-05	2.00E-05	2.48E-05
0.76	7.70E-06	1.52E-06	1.86E-06	2.15E-06	2.52E-06	3.29E-06	9.06E-06	1.13E-05	1.29E-05	1.47E-05	1.84E-05
0.82	5.66E-06	1.05E-06	1.29E-06	1.50E-06	1.77E-06	2.33E-06	6.61E-06	8.36E-06	9.48E-06	1.09E-05	1.37E-05
0.87	4.20E-06	7.47E-07	9.14E-07	1.06E-06	1.26E-06	1.67E-06	4.88E-06	6.22E-06	7.09E-06	8.16E-06	1.04E-05
0.92	3.15E-06	5.29E-07	6.54E-07	7.65E-07	9.03E-07	1.21E-06	3.63E-06	4.67E-06	5.36E-06	6.19E-06	7.89E-06
0.97	2.38E-06	3.81E-07	4.73E-07	5.54E-07	6.55E-07	8.87E-07	2.73E-06	3.52E-06	4.06E-06	4.72E-06	6.06E-06
1.02	1.82E-06	2.77E-07	3.45E-07	4.05E-07	4.80E-07	6.56E-07	2.07E-06	2.69E-06	3.10E-06	3.62E-06	4.68E-06
1.07	1.40E-06	2.03E-07	2.55E-07	3.00E-07	3.56E-07	4.89E-07	1.58E-06	2.07E-06	2.40E-06	2.80E-06	3.64E-06
1.12	1.08E-06	1.51E-07	1.89E-07	2.24E-07	2.66E-07	3.67E-07	1.22E-06	1.60E-06	1.86E-06	2.17E-06	2.85E-06
1.17	8.41E-07	1.13E-07	1.42E-07	1.68E-07	2.00E-07	2.78E-07	9.46E-07	1.24E-06	1.45E-06	1.70E-06	2.25E-06
1.22	6.60E-07	8.49E-08	1.08E-07	1.27E-07	1.51E-07	2.12E-07	7.44E-07	9.74E-07	1.14E-06	1.34E-06	1.78E-06

第1.2.1.d-8表　全CDFの不確実さと地震特有のシーケンスの不確実さによる比の確認

不確実さ	全CDF	地震特有のシーケンス							
		① 過渡事象 ＋補助給水失敗 （炉内構造物等の損傷）	全CDFとの比	② 外部電源喪失 ＋非常用所内交流電源喪失 （原子炉補助建屋損傷）	全CDFとの比	③ SGTR （複数本破断）	全CDFとの比	④ Excess LOCA	全CDFとの比
95%上限値	8.4E-05	2.4E-06	(0.028)	1.5E-07	(0.002)	3.3E-07	(0.004)	1.6E-07	(0.002)
平均値	3.2E-05	5.5E-07	(0.018)	3.7E-08	(0.001)	7.0E-08	(0.002)	3.9E-08	(0.001)
中央値	2.3E-05	1.6E-07	(0.007)	1.1E-08	(0.001未満)	1.4E-08	(0.001)	5.8E-09	(0.001未満)
5%下限値	5.2E-06	6.9E-09	(0.001)	6.5E-10	(0.001未満)	2.8E-10	(0.001未満)	1.6E-10	(0.001未満)
エラーファクタ	4.0	18.4	－	15.4	－	34.2	－	32.0	－
点推定値	3.1E-05	5.4E-07	(0.017)	3.6E-08	(0.001)	7.0E-08	(0.002)	3.8E-08	(0.001)

全CDFとの比：同じ不確実さパラメータ（95%上限値、平均値、中央値、又は5%下限値）における、（地震特有のシーケンスのCDF／全CDF）

第1.2.1.d-9表　相関性を設定した冗長設備の条件付き損傷確率（完全相関の場合）

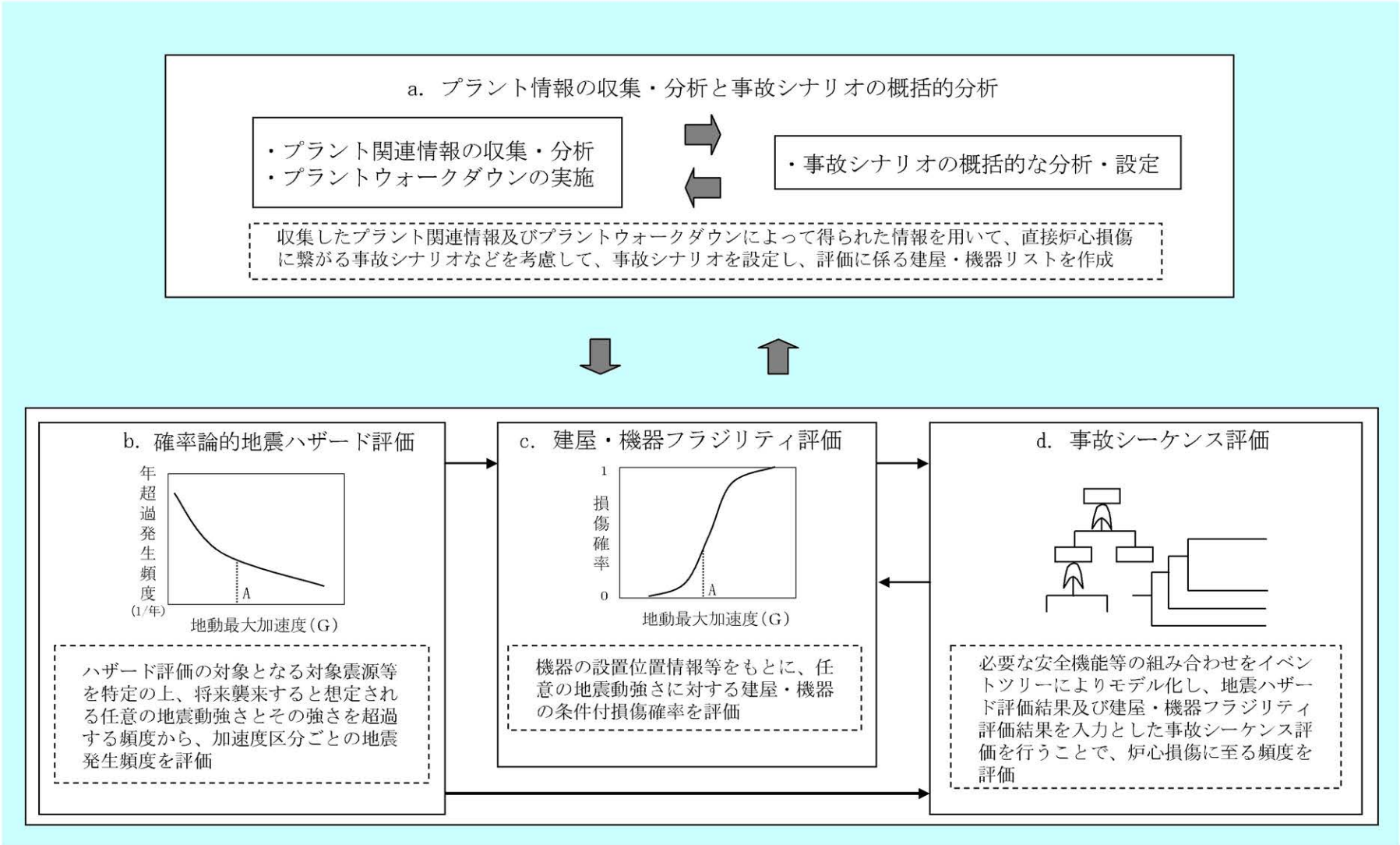
イベントツリー頂上事象	地震評価用機器		加速度中央値(G)	β_R	β_U	加速度レベル（G）				
起因事象	機　器	損傷モード				0.2～0.4	0.4～0.6	0.6～0.8	0.8～1.0	1.0～1.2
6.6kV非常用電源DG	ディーゼル発電機室給気ファン（冗長４基　完全相関）	機能損傷	0.90	0.09	0.15	3.32E-08	8.49E-04	6.79E-03	4.45E-01	8.43E-01
空調用冷水設備	逆止弁（冗長４基　完全相関）	機能損傷	0.99	0.25	0.25	4.00E-04	2.21E-02	1.45E-01	3.68E-01	5.97E-01
	空調用冷水膨張タンク（冗長２基　完全相関）	構造損傷	0.75	0.08	0.17	1.17E-05	1.66E-02	3.01E-01	7.86E-01	9.70E-01
	隔離弁（冗長２基　完全相関）	機能損傷	0.99	0.25	0.25	4.00E-04	2.21E-02	1.45E-01	3.68E-01	5.97E-01
	流量調整弁（冗長２基　完全相関）	機能損傷	0.99	0.25	0.25	4.00E-04	2.21E-02	1.45E-01	3.68E-01	5.97E-01
	中央制御室空調ユニット（冗長２基　完全相関）	構造損傷	0.73	0.08	0.17	2.02E-05	2.24E-02	3.48E-01	8.23E-01	9.78E-01
安全補機開閉器室空調系	逆止弁（冗長２基　完全相関）	機能損傷	0.99	0.25	0.25	4.00E-04	2.21E-02	1.45E-01	3.68E-01	5.97E-01

第1.2.1.d-10表　相関性を設定した冗長設備の条件付き損傷確率（独立の場合）

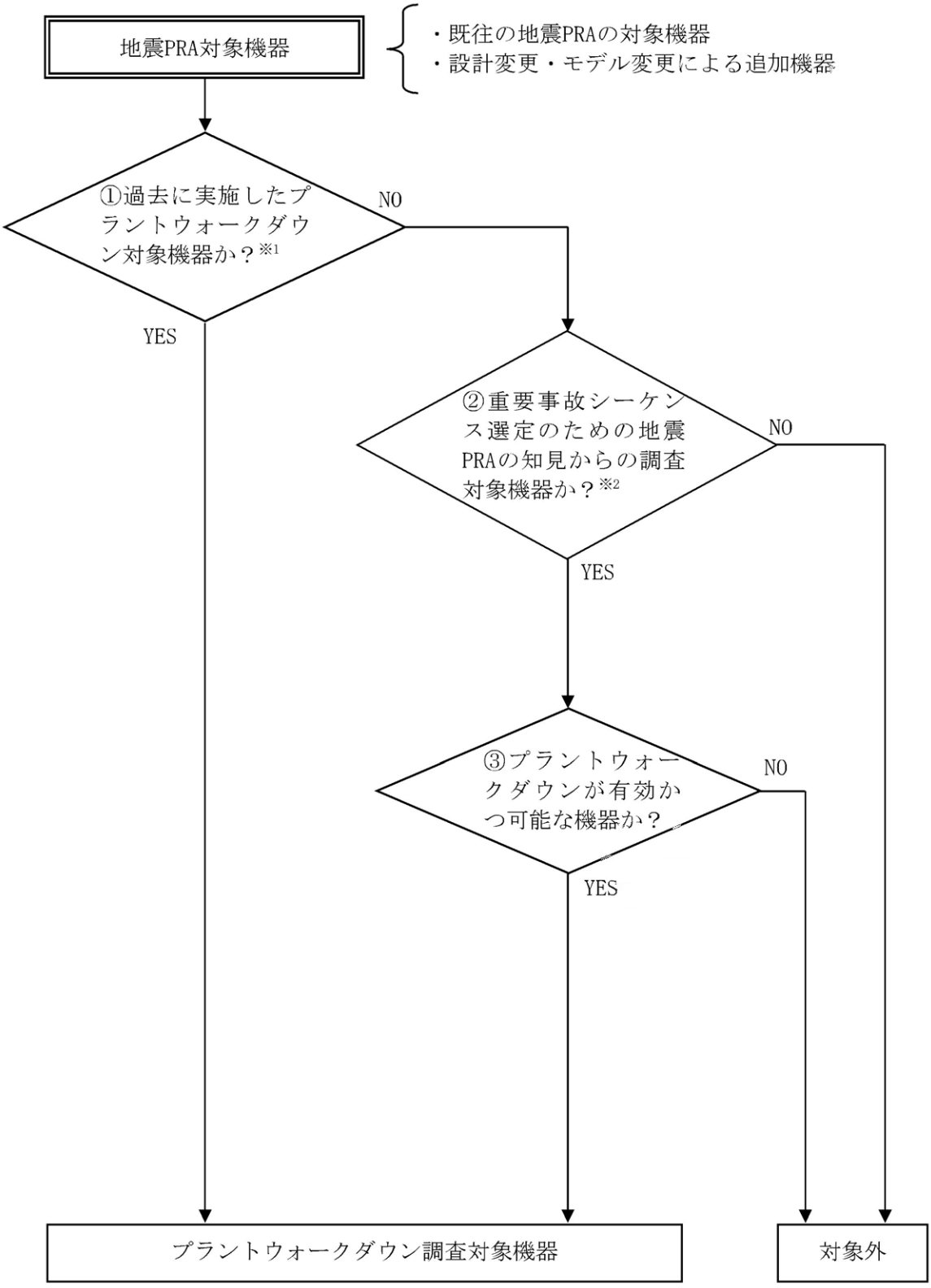
イベントツリー頂上事象	地震評価用機器		加速度中央値(G)	β_R	β_U	加速度レベル（G）				
起因事象	機　器	損傷モード				0.2～0.4	0.4～0.6	0.6～0.8	0.8～1.0	1.0～1.2
6.6kV非常用電源DG	ディーゼル発電機室給気ファン（冗長４基　独立）	機能損傷	0.90	0.09	0.15	1.21E-30	5.20E-13	2.13E-05	3.92E-02	5.05E-01
空調用冷水設備	逆止弁（冗長４基　独立）	機能損傷	0.99	0.25	0.25	2.56E-14	2.39E-07	4.42E-04	1.83E-02	1.27E-01
	空調用冷水膨張タンク（冗長２基　独立）	構造損傷	0.75	0.08	0.17	1.37E-10	2.76E-04	9.06E-02	6.18E-01	9.41E-01
	隔離弁（冗長２基　独立）	機能損傷	0.99	0.25	0.25	1.60E-07	4.88E-04	2.10E-02	1.35E-01	3.56E-01
	流量調整弁（冗長２基　独立）	機能損傷	0.99	0.25	0.25	1.60E-07	4.88E-04	2.10E-02	1.35E-01	3.56E-01
	中央制御室空調ユニット（冗長２基　独立）	構造損傷	0.73	0.08	0.17	4.08E-10	5.02E-04	1.21E-01	6.77E-01	9.56E-01
安全補機開閉器室空調系	逆止弁（冗長２基　独立）	機能損傷	0.99	0.25	0.25	1.60E-07	4.88E-04	2.10E-02	1.35E-01	3.56E-01

第1.2.1.d-11表　感度解析結果

加速度区分	ベースケース		感度解析	
	CDF (／炉年)	寄与割合 (%)	CDF (／炉年)	寄与割合 (%)
区分1 (0.2G～0.4G)	1.7E-06	5	4.0E-07	3
区分2 (0.4G～0.6G)	1.1E-05	36	1.1E-06	9
区分3 (0.6G～0.8G)	1.3E-05	42	5.6E-06	46
区分4 (0.8G～1.0G)	4.1E-06	13	3.9E-06	32
区分5 (1.0G～1.2G)	1.2E-06	4	1.2E-06	10
全炉心損傷頻度	3.1E-05	100	1.2E-05	100

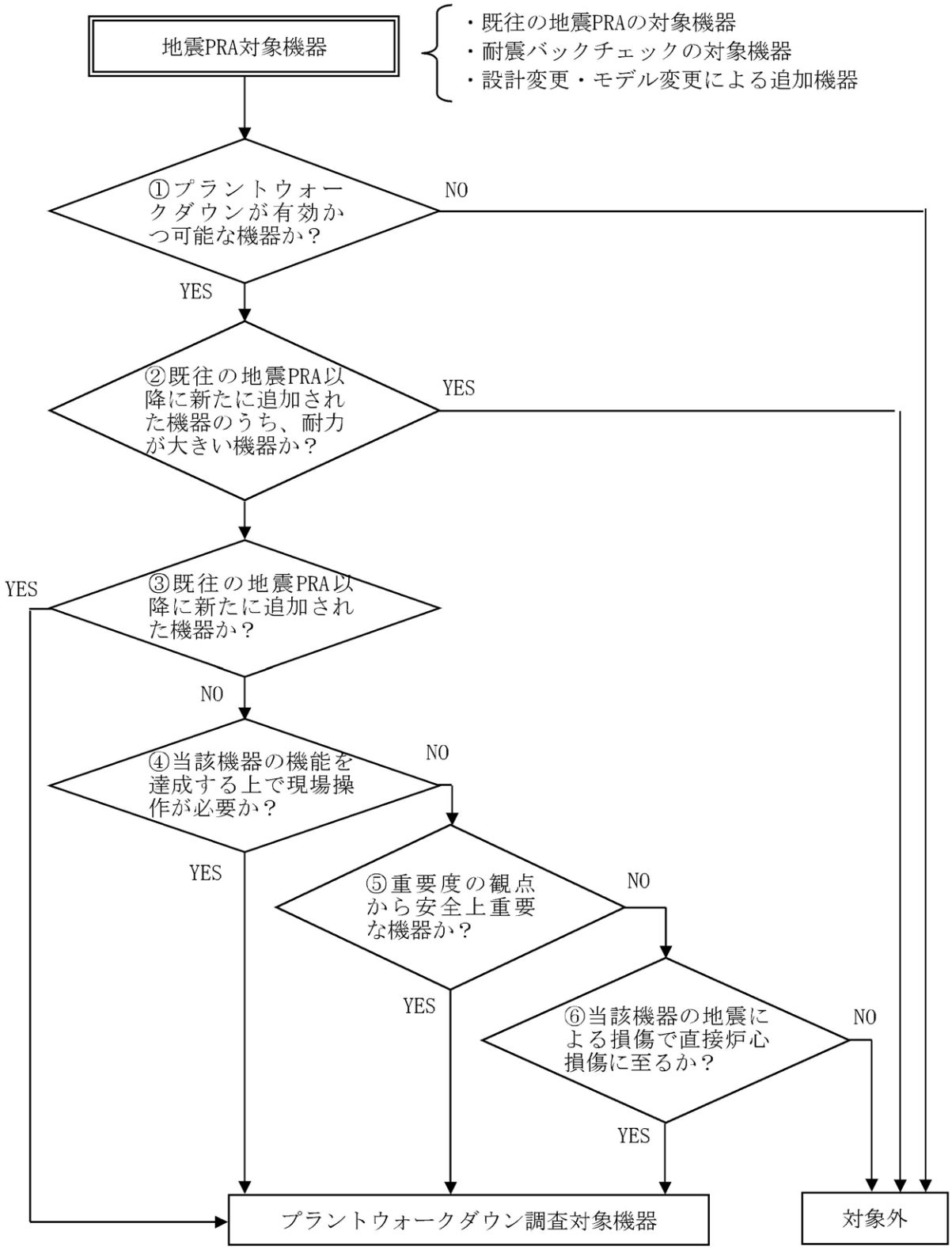


第1.2.1-1図　地震レベル1PRAの評価フロー



※ 1：次ページ参照。
※ 2：耐震クラスＢ、Ｃ（安全補機開閉器室空調系ファン、空調用冷水ポンプ等）であるが、安全上重要な設備のサポート系として選定。

第1.2.1.a-1図　プラントウォークダウン調査機器の選定フロー(1/2)



第1.2.1.a-1図　プラントウォークダウン調査機器の選定フロー(2/2)

川内原子力発電所　１号機　プラントウォークダウンチェックシート(地震)

機器名称：　原子炉ソレノイド用直流分電盤

機器ＩＤ：　1A1SD, 1A2SD, 1A3SD, 1B1SD, 1B2SD, 1B3SD,　　耐震クラス：　S

1C1SD, 1C2SD, 1C3SD, 1C4SD, 1C5SD

建屋：　C/B　　床ＥＬ：　EL. 20. 3m

形状：　壁掛盤　　支持タイプ：　基礎ボルト

二次的影響を考慮する設備：　―

アクセス性（ルート：　―　）

モデル化の前提条件（リカバリー条件の概要）／ロジック
条件① 条件② ・ ・ ・

［チェック対象項目］

A）耐震安全性の確認（二次的影響の確認）　☑

B）リカバリー操作の確認　☑

C）モデル化の前提条件の確認　☐

備考
・特記事項なし

実施日：　Ｈ２５年　８月２０日

実施者：　[redacted]

第1.2.1.a-2図　プラントウォークダウン結果（1/5）

機器ＩＤ：　1A1SD, 1A2SD, 1A3SD, 1B1SD, 1B2SD, 1B3SD, 1C1SD, 1C2SD, 1C3SD, 1C4SD, 1C5SD

A）耐震安全性の確認

対象機器本体の評価

	Y	N	U	N／A
1．対象機器の図面（外形図・耐震計算書等）と外見上相違点は無い	☑	☐	☐	☐
2．対象機器と支持構造物との接合部に外見上の異常（腐食・亀裂等）は無い	☑	☐	☐	☐
3．配管接合部と図面に外見上の相違点は無い	☐	☐	☐	☑
4．配管接合部に外見上の異常（腐食・亀裂等）は無い	☐	☐	☐	☑

アンカーボルト評価

	Y	N	U	N／A
1．図面（外形図・耐震計算書等）と外見上の相違は無い	☑	☐	☐	☐
2．外見上の異常（腐食・亀裂等）は無い	☑	☐	☐	☐
3．締め付け強度は適切に管理されている（管理要領書等で確認）	☑	☐	☐	☐

二次的影響について

	Y	N	U	N／A
1．周辺の耐震クラスが低い機器の倒壊により被害を受けない	☑	☐	☐	☐
2．倒壊により被害を与えうる周辺の機器の耐震性は問題ない（対象機器本体の評価に準じた評価）	☑	☐	☐	☐
3．無筋のブロック壁が近傍にない	☑	☐	☐	☐
4．周辺機器の損傷時、周辺機器の保有水による影響はない	☑	☐	☐	☐
5．周辺に仮置の火災源はない	☑	☐	☐	☐

二次的影響についての気づき事項を記載
・

（記号の説明）　Y：YES,　N：NO,　U：調査不可,　N／A：対象外

第1.2.1.a-2図　プラントウォークダウン結果（2/5）

機器ＩＤ：　1A1SD, 1A2SD, 1A3SD, 1B1SD, 1B2SD, 1B3SD, 1C1SD, 1C2SD, 1C3SD, 1C4SD, 1C5SD

B）リカバリー操作の確認

アクセス性

	Y	N	U	N／A
1．対象機器の識別が可能である	☑	☐	☐	☐
2．周辺設備からの被害を受けない	☑	☐	☐	☐
3．可動部分のある器具は存在しない	☑	☐	☐	☐
4．近傍の設備の倒壊によりアクセスルートが塞がれる可能性はない	☑	☐	☐	☐

現場操作性

	Y	N	U	N／A
1．現場での操作が可能である	☑	☐	☐	☐
2．操作のための場所が確保できる	☑	☐	☐	☐
3．機器の作動状態が確認できる	☑	☐	☐	☐

C）モデル化の前提条件の確認

	Y	N	U	N／A
1．モデル化の前提条件①が適切である	☐	☐	☐	☑
2．モデル化の前提条件①が適切でない場合、モデルの変更を行う	☐	☐	☐	☑
3．モデル化の前提条件②が適切である	☐	☐	☐	☑
4．モデル化の前提条件②が適切でない場合、モデルの変更を行う	☐	☐	☐	☑

・
・
・

（記号の説明）　Ｙ：YES,　Ｎ：NO,　Ｕ：調査不可,　Ｎ／Ａ：対象外

第1.2.1.a-2図　プラントウォークダウン結果（3/5）



原子炉ソレノイド用直流分電盤（外観）



原子炉ソレノイド用直流分電盤（銘板）

第1.2.1.a-2図　プラントウォークダウン結果（4/5）

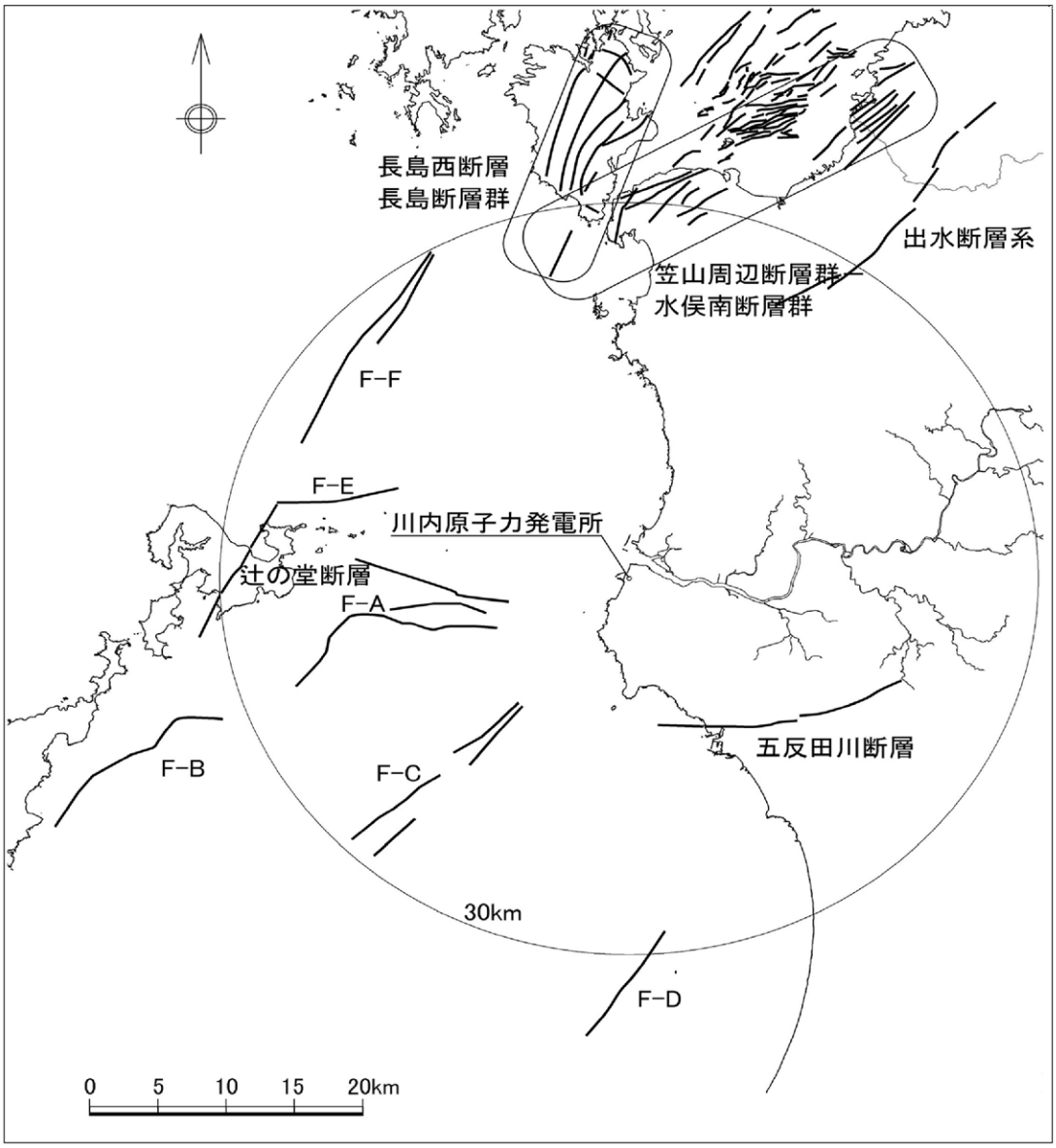


原子炉ソレノイド用直流分電盤（基礎ボルト）

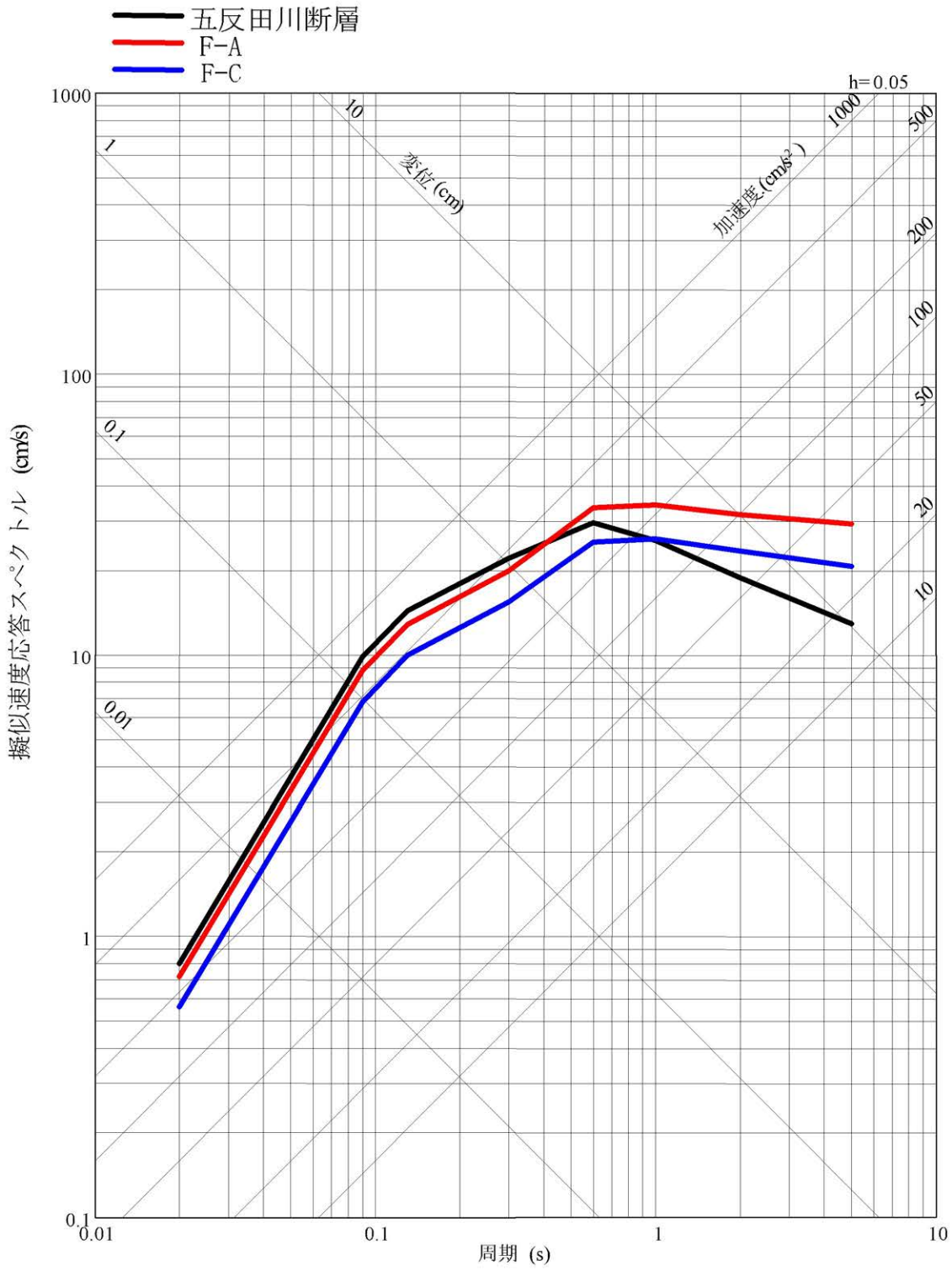


原子炉ソレノイド用直流分電盤（基礎ボルト）

第1.2.1.a-2図　プラントウォークダウン結果（5/5）

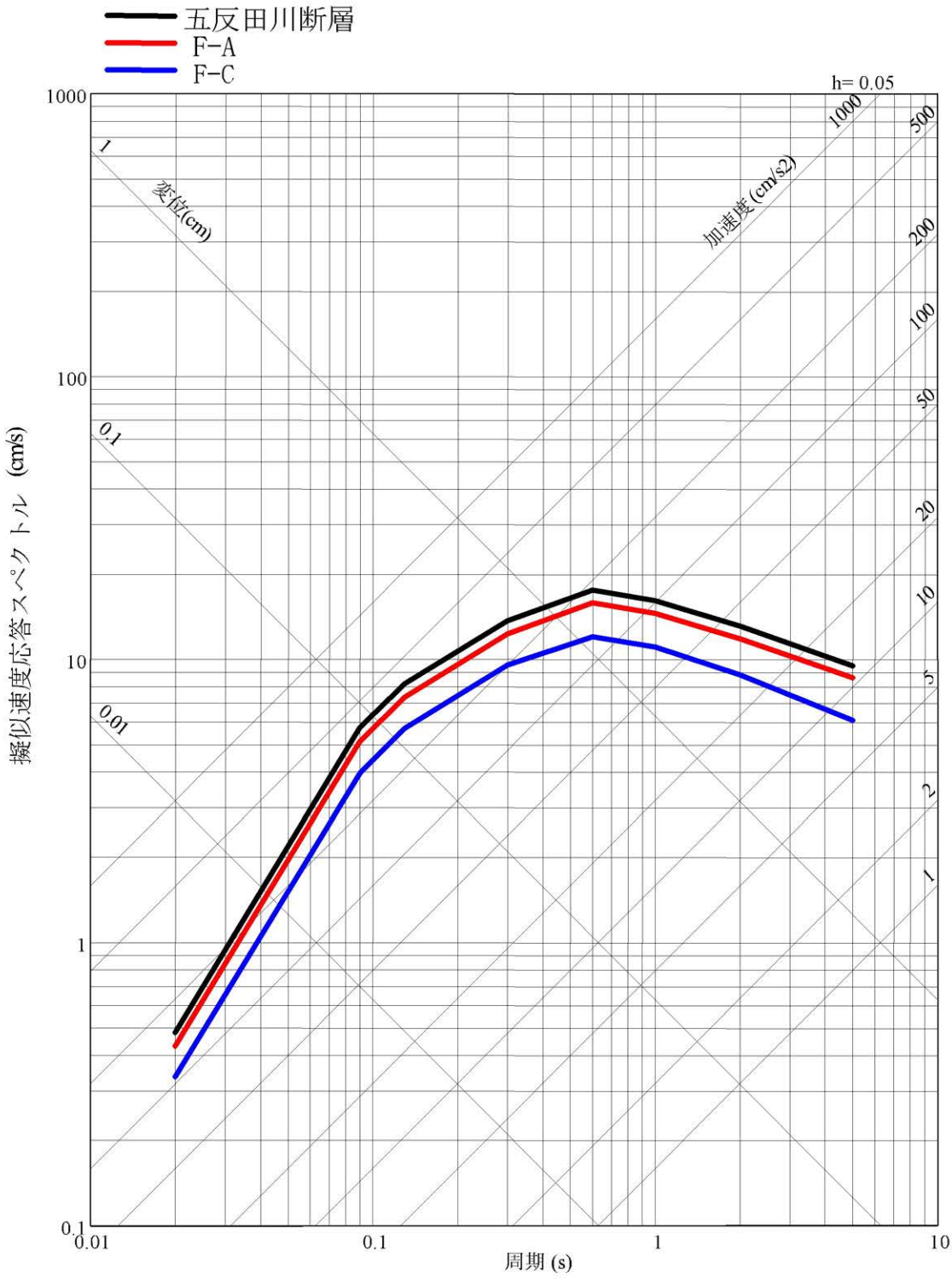


第1.2.1.b-1図　敷地周辺の主な活断層



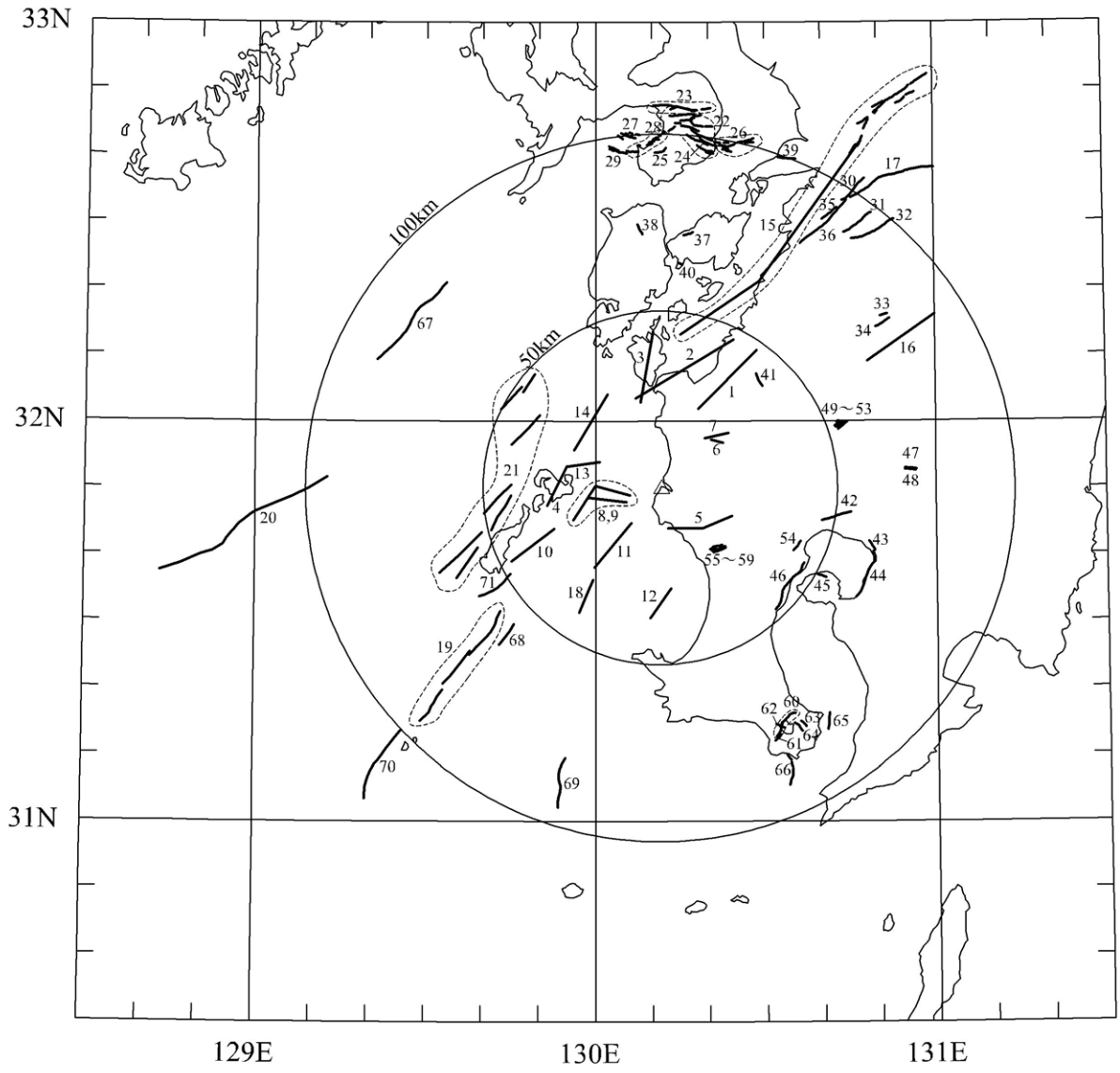
（水平方向）

第1.2.1.b-2図　代表断層の応答スペクトル（1/2）

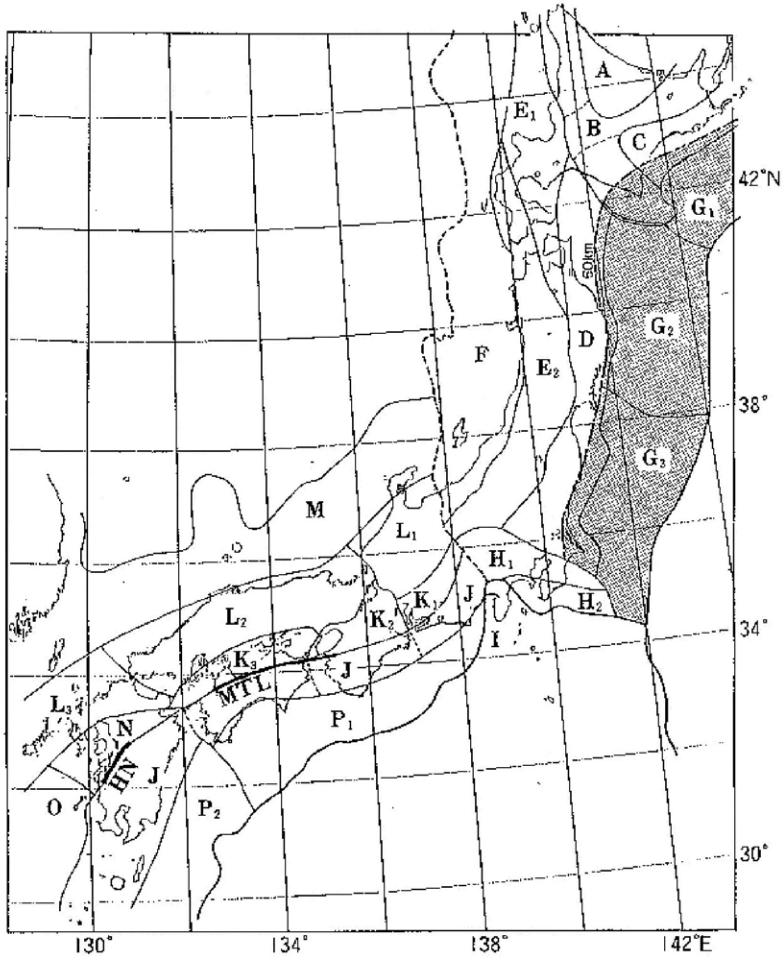


（鉛直方向）

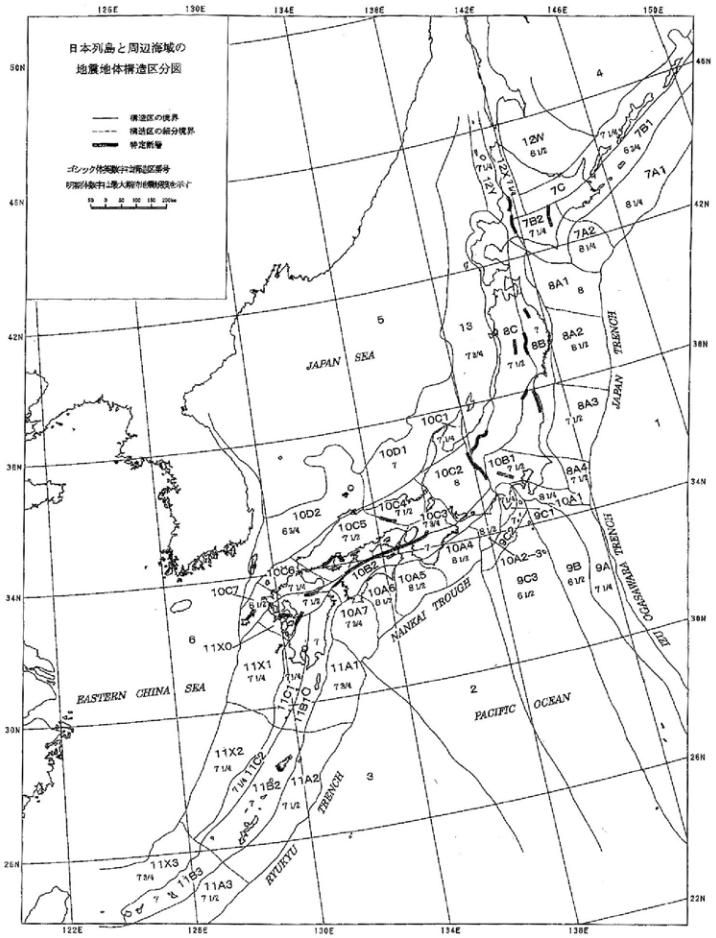
第1.2.1.b-2図　代表断層の応答スペクトル（2/2）



第1.2.1.b-3図　その他の活断層

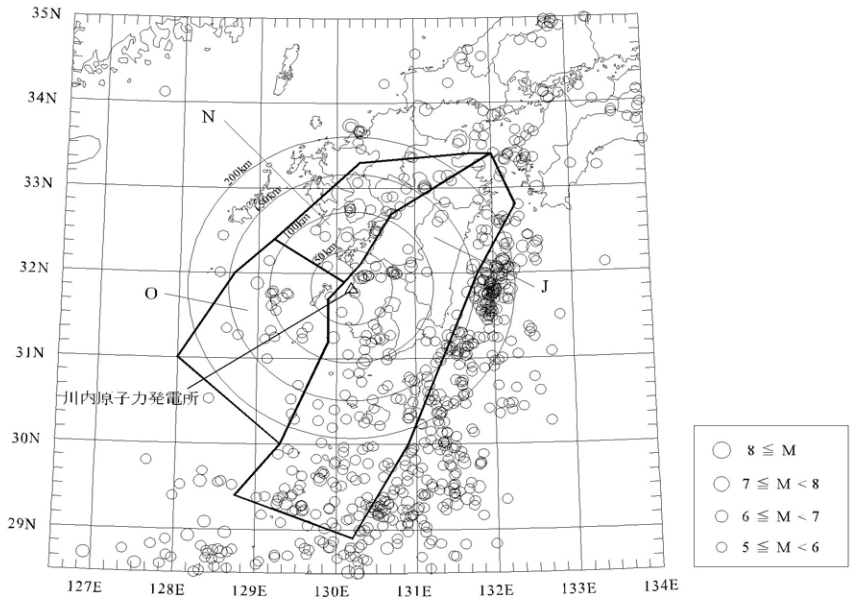


萩原（1991）の地震地体構造区分

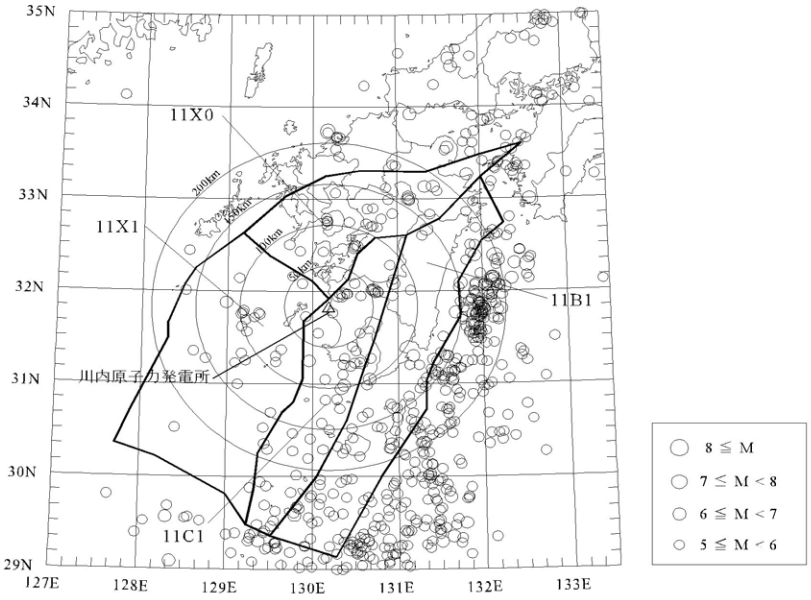


垣見ほか（2003）の地震地体構造区分

第1.2.1.b-4図　萩原（1991）及び垣見ほか（2003）による領域区分

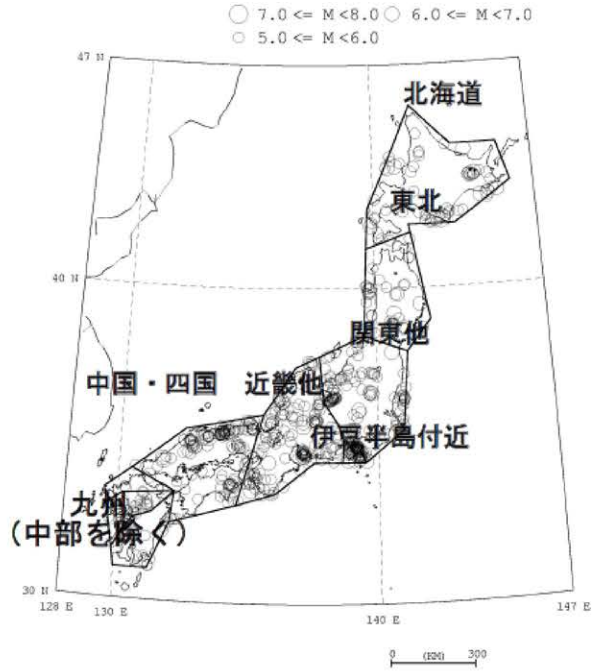


萩原（1991）の地震地体構造区分

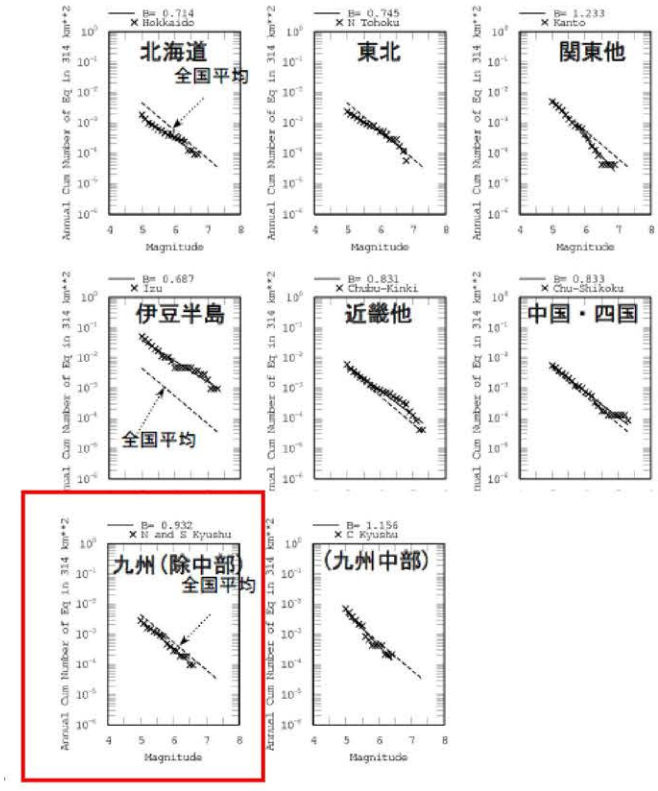


垣見ほか（2003）の地震地体構造区分

第1.2.1.b-5図　川内原子力発電所から100km以内の領域をモデル化した結果及び
1926年～2008年12月までの200km以浅でM5.0以上の震央分布



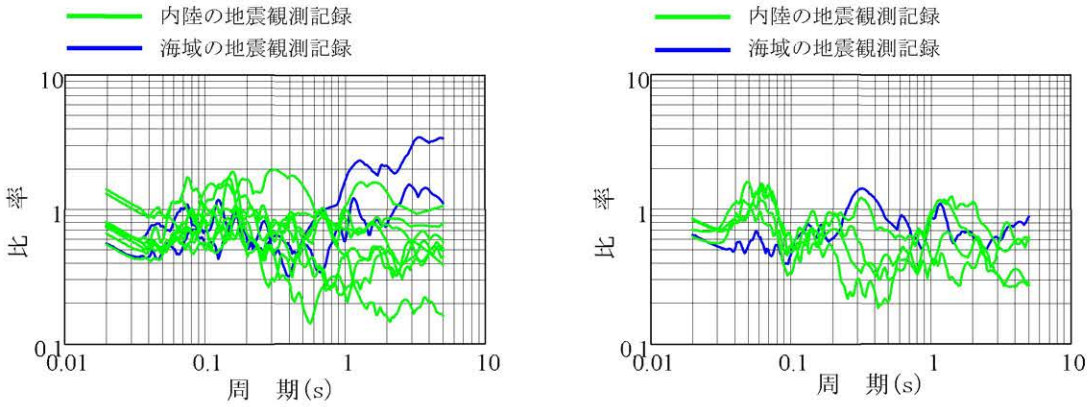
日本列島の地域分割（8地域）



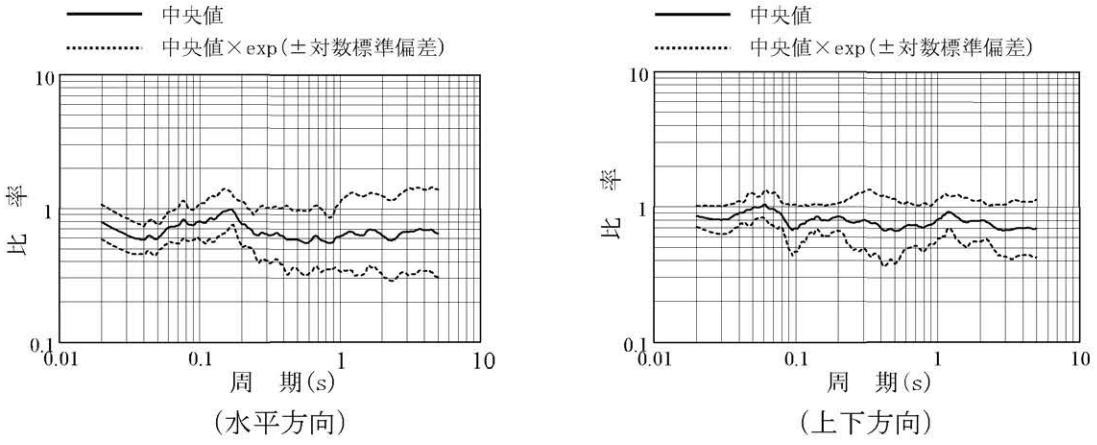
各地域の地震規模別発生頻度

参考：震源を特定し難い地震による地震動の超過確率別スペクトルの検討
平成21年8月24日独立行政法人原子力安全基盤機構　に加筆

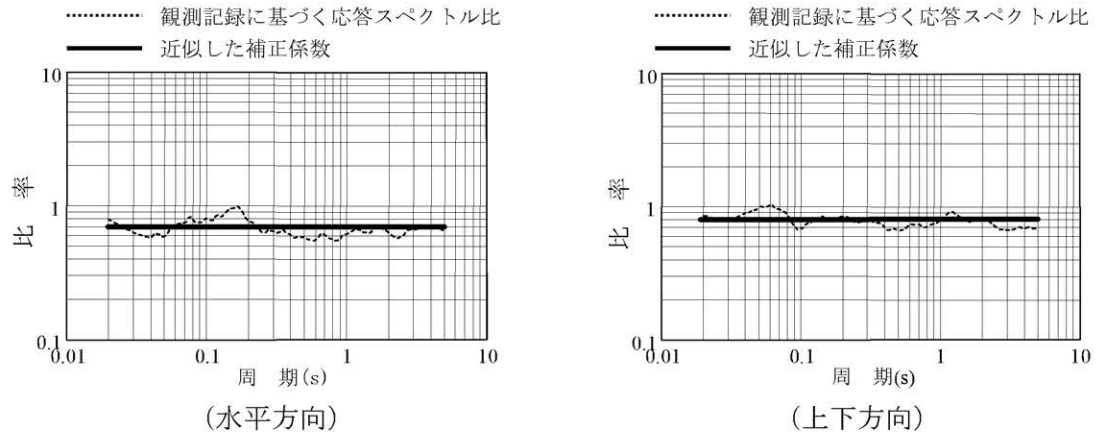
第1.2.1.b-6図　地域ごとの地震規模別発生頻度の評価



(a) 各観測記録の残差スペクトル

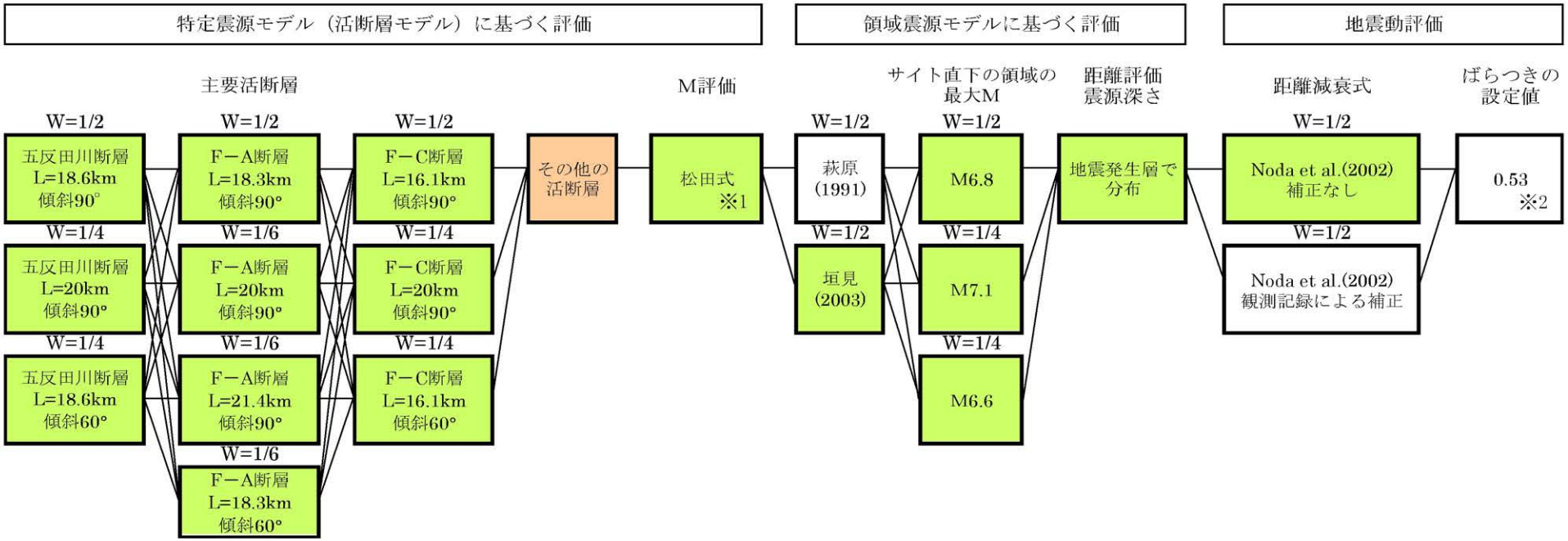


(b) 残差スペクトルの平均と標準偏差



(c) 補正係数の設定

第1.2.1.b-7図　観測記録による補正



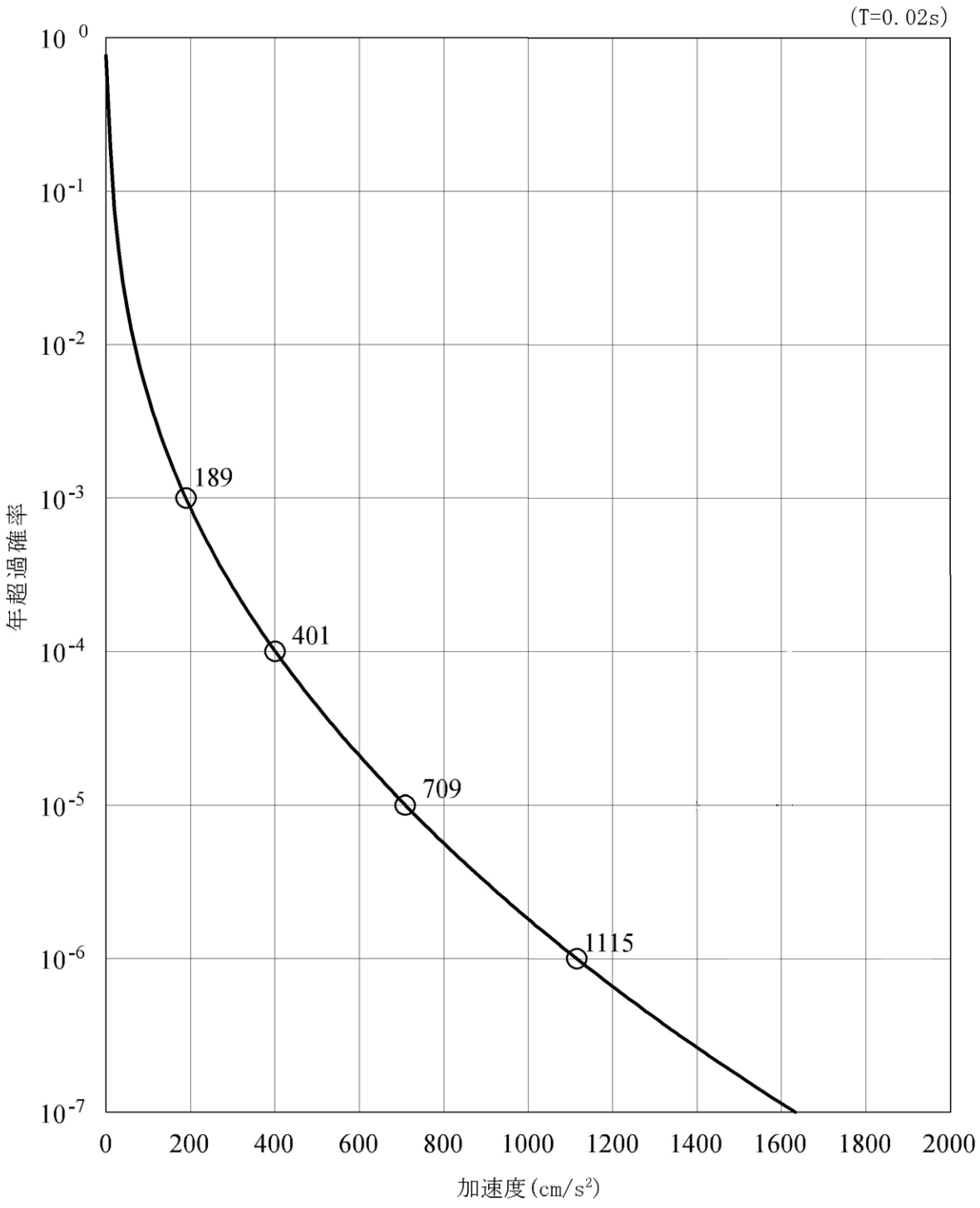
■部は基準地震動策定と共通

■部は基準地震動策定と一部共通

※1　松田式：$\log_{10}L=0.6M-2.9$

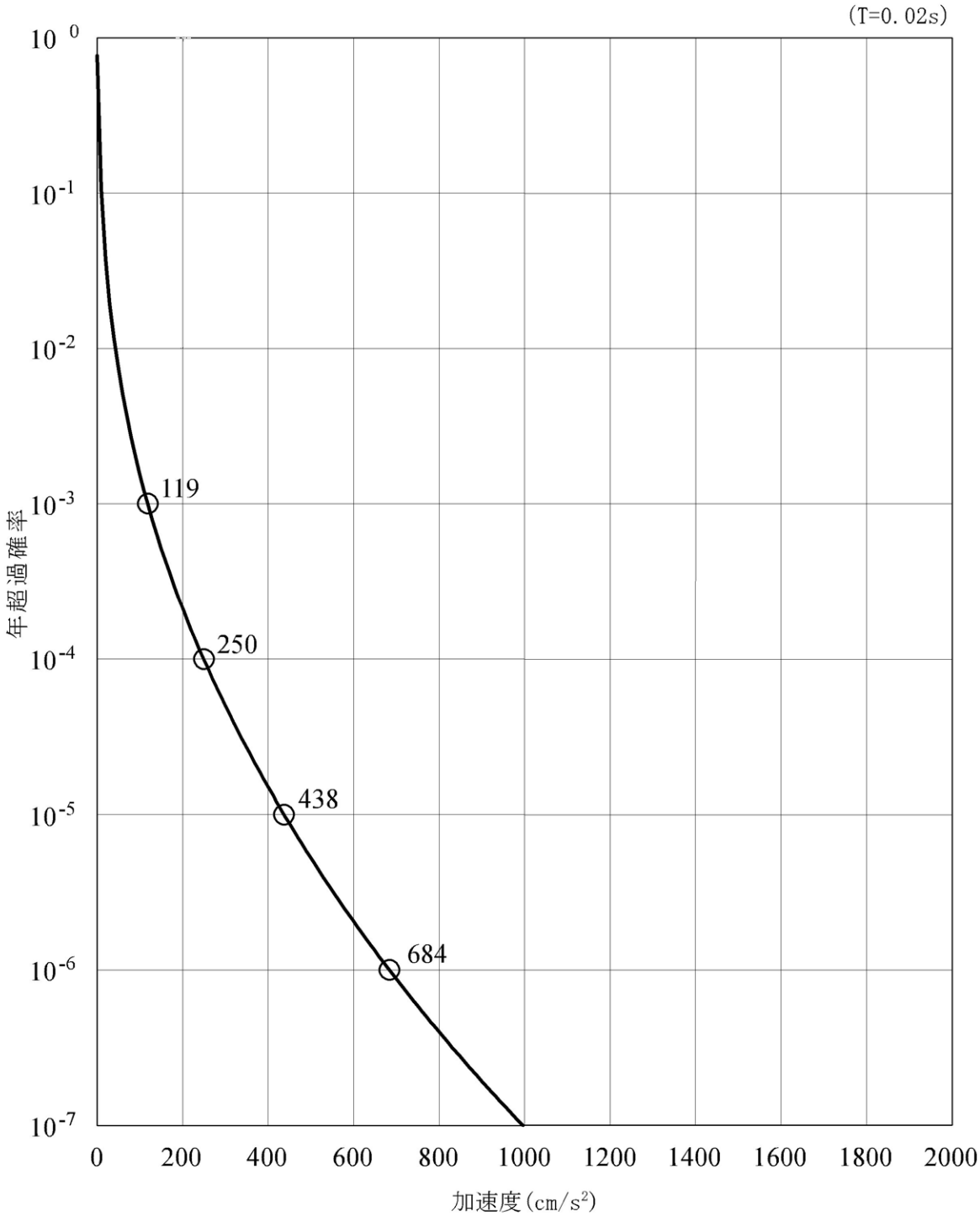
※2　ばらつきの設定値は、Noda et al(2002)の評価式とそのデータベースとした地震観測記録とのばらつき幅（全周期帯で平均した自然対数標準偏差）
ばらつきの打ち切りは行わない

第1.2.1.b-8図　設定したロジックツリー



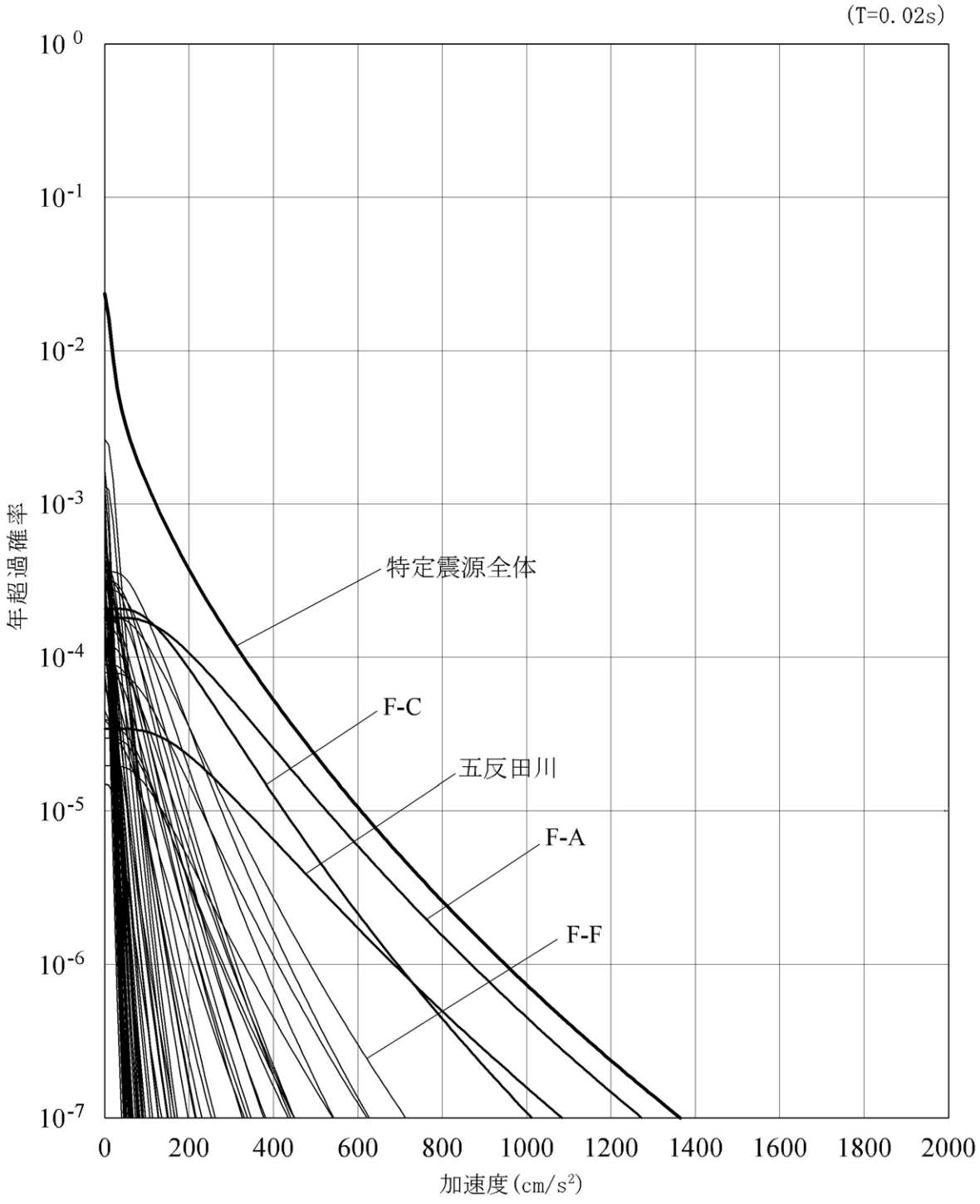
(水平方向)

第1.2.1.b-9図　平均地震ハザード曲線 (1/2)

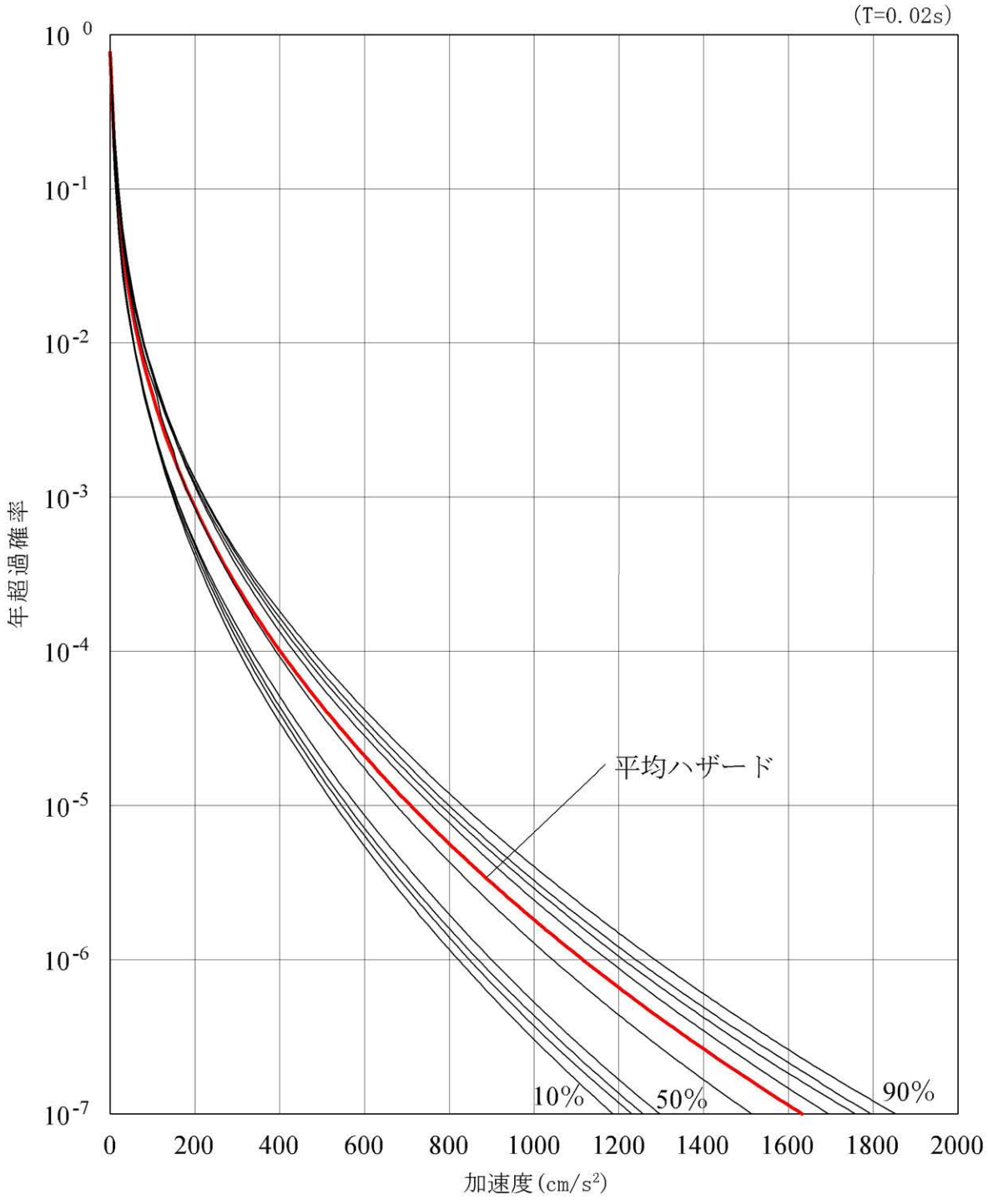


(鉛直方向)

第1.2.1.b-9図　平均地震ハザード曲線 (2/2)

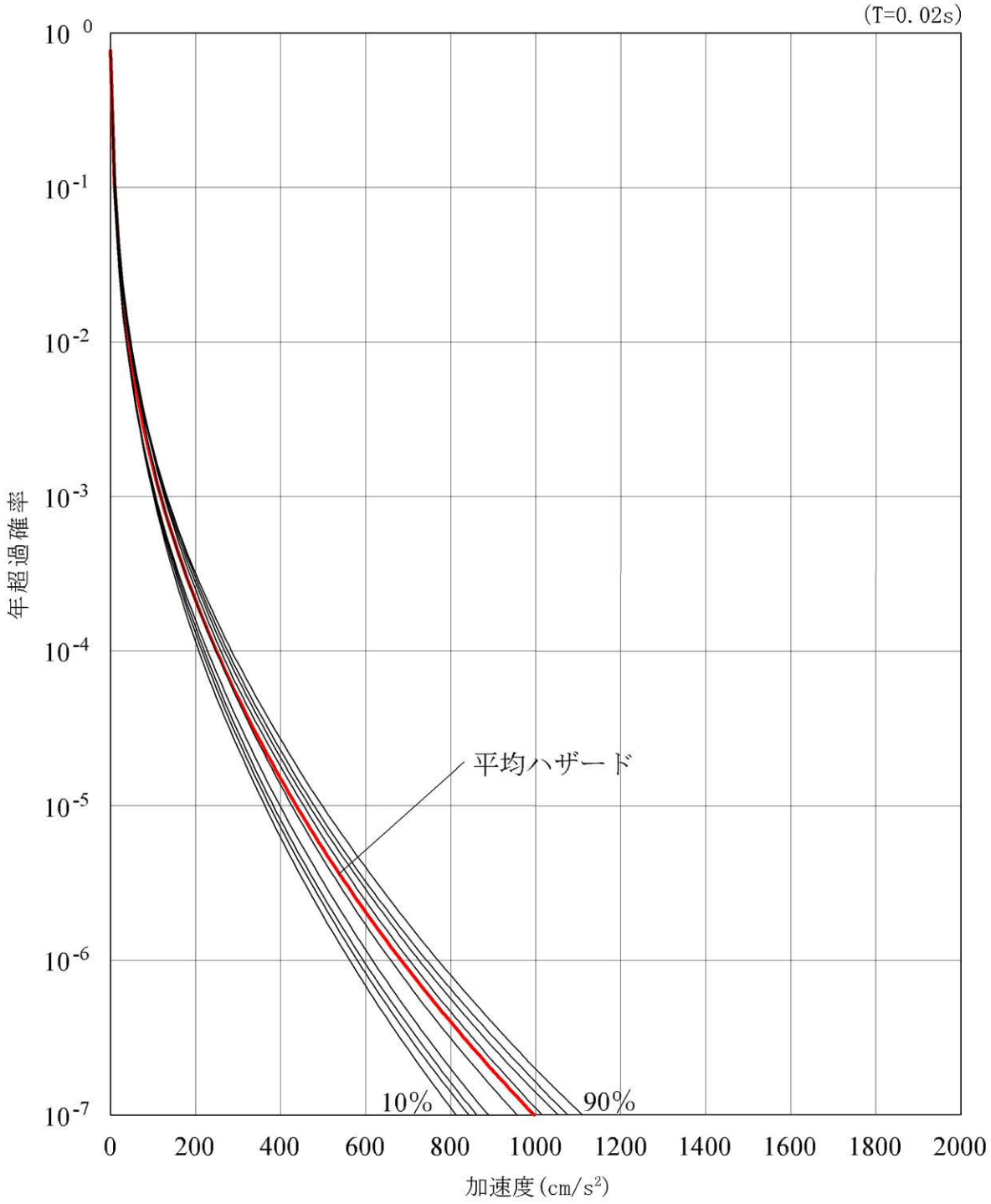


第1.2.1.b-10図　特定震源モデルによる確率論的地震ハザードの内訳



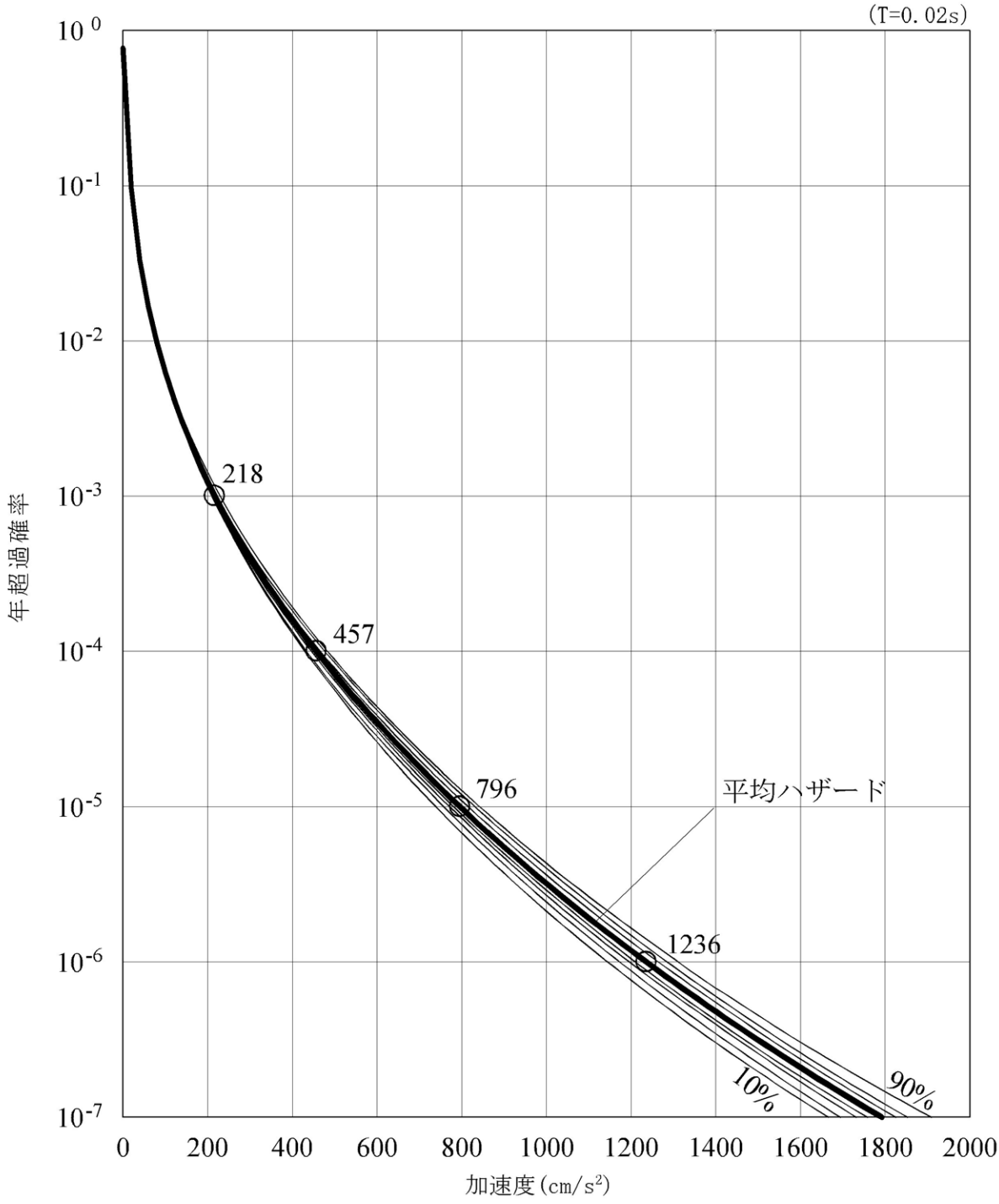
(水平方向)

第1.2.1.b-11図　フラクタイル地震ハザード曲線 (1/2)



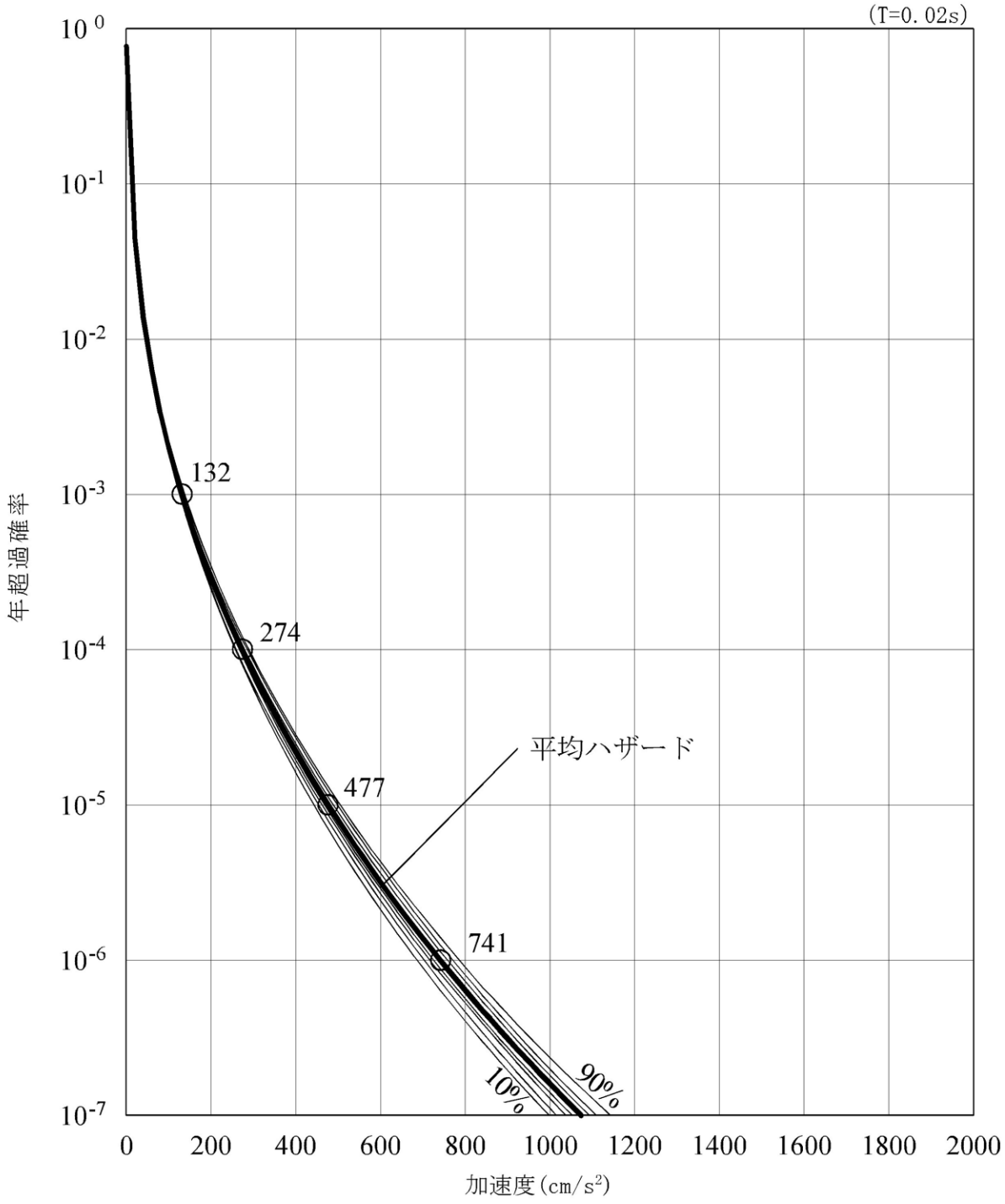
(鉛直方向)

第1.2.1.b-11図　フラクタイル地震ハザード曲線 (2/2)



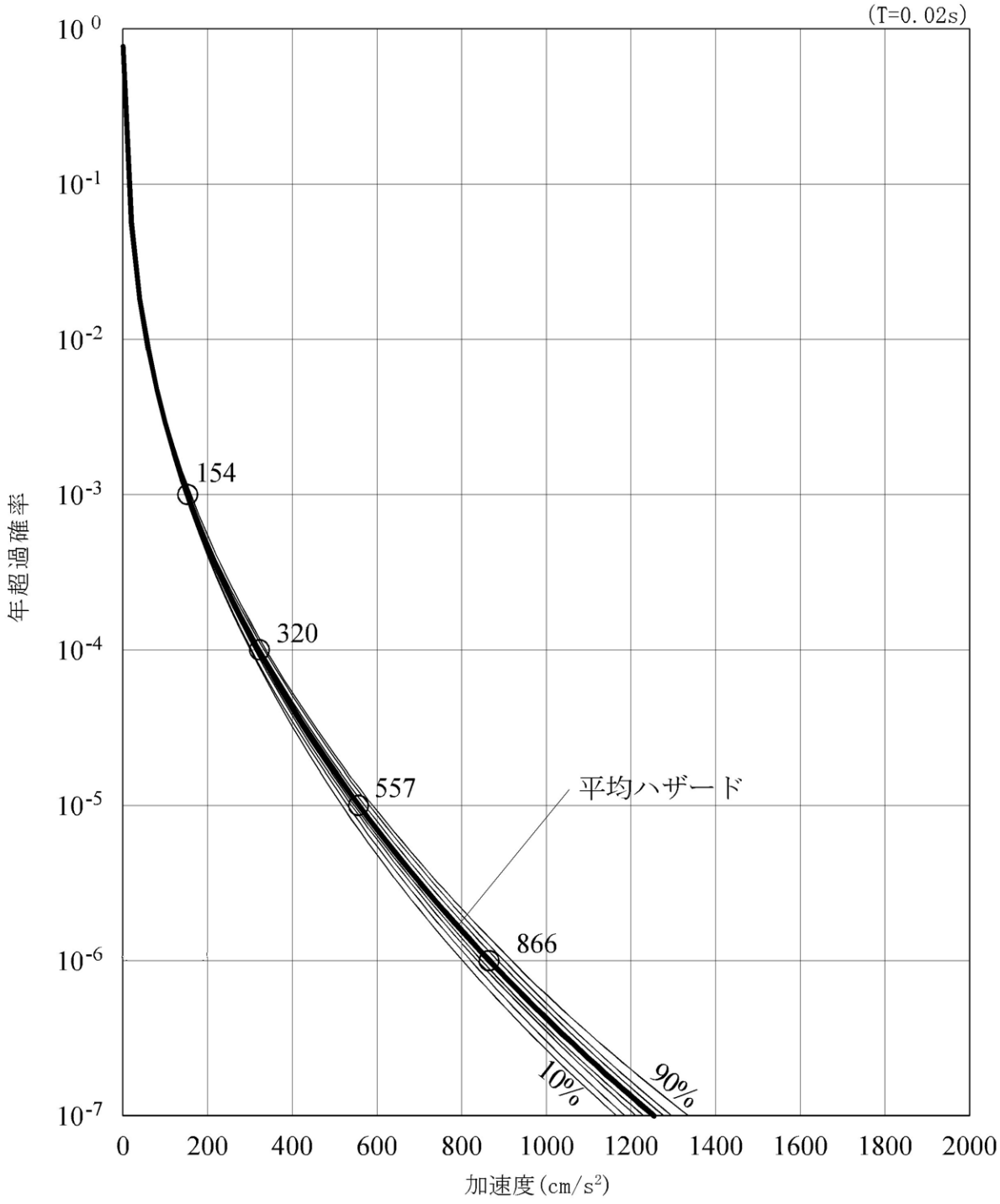
(水平方向)

第1.2.1.b-12図　川内原子力発電所のフラクタイルハザード
距離減衰式の補正なし (1/2)



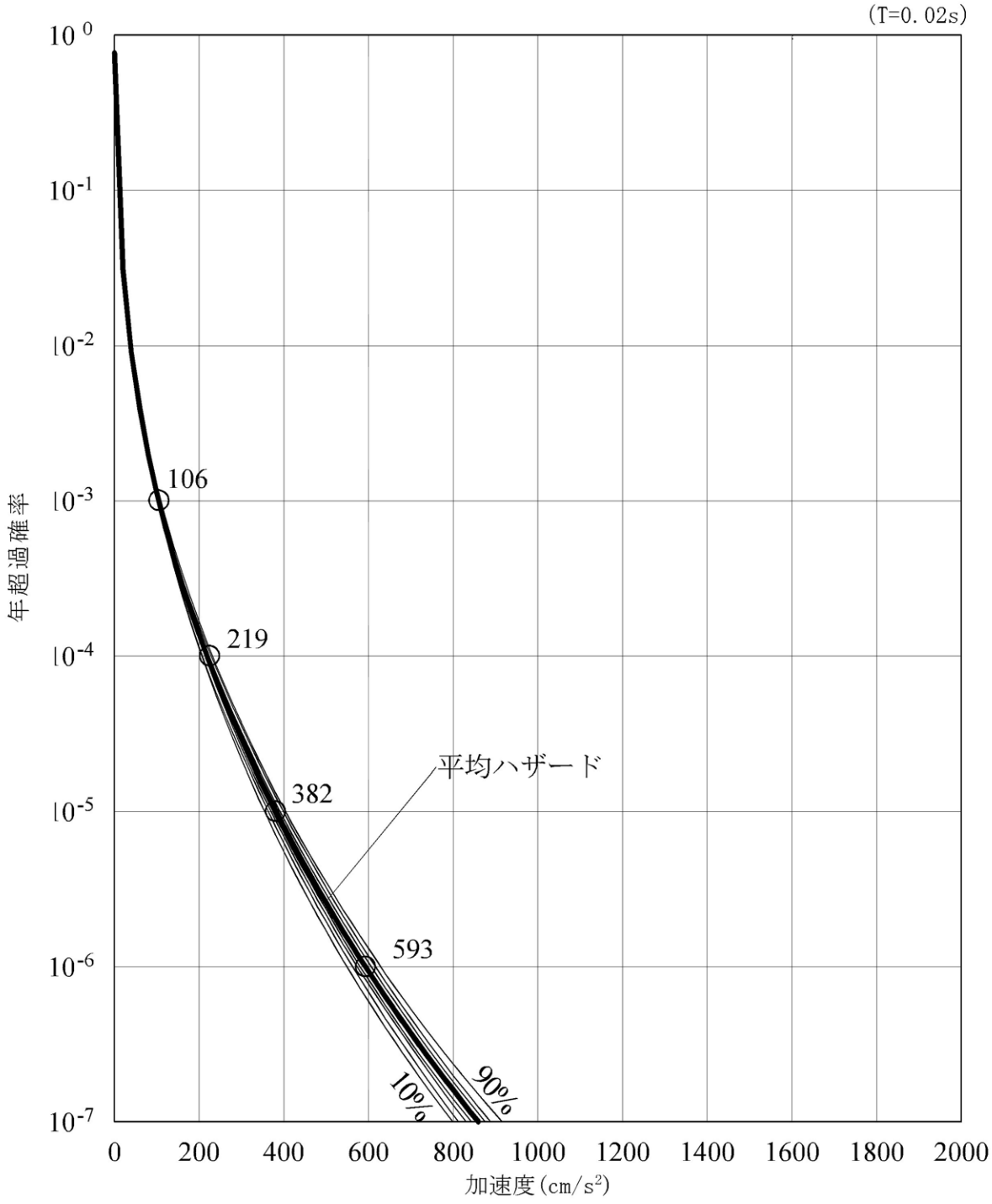
(鉛直方向)

第1.2.1.b-12図　川内原子力発電所のフラクタイルハザード
距離減衰式の補正なし (2/2)



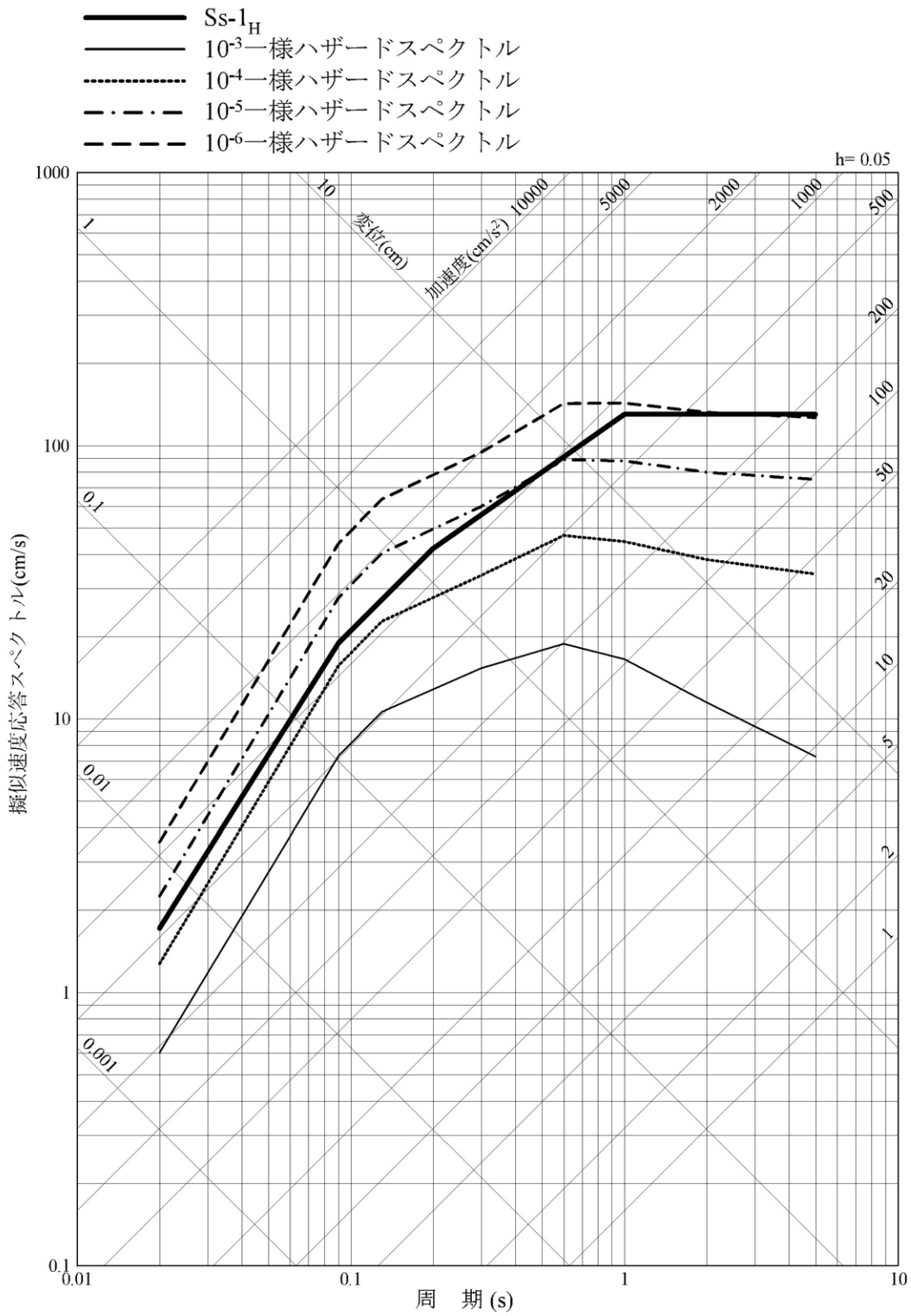
(水平方向)

第1.2.1.b-13図　川内原子力発電所のフラクタイルハザード
距離減衰式の補正あり (1/2)



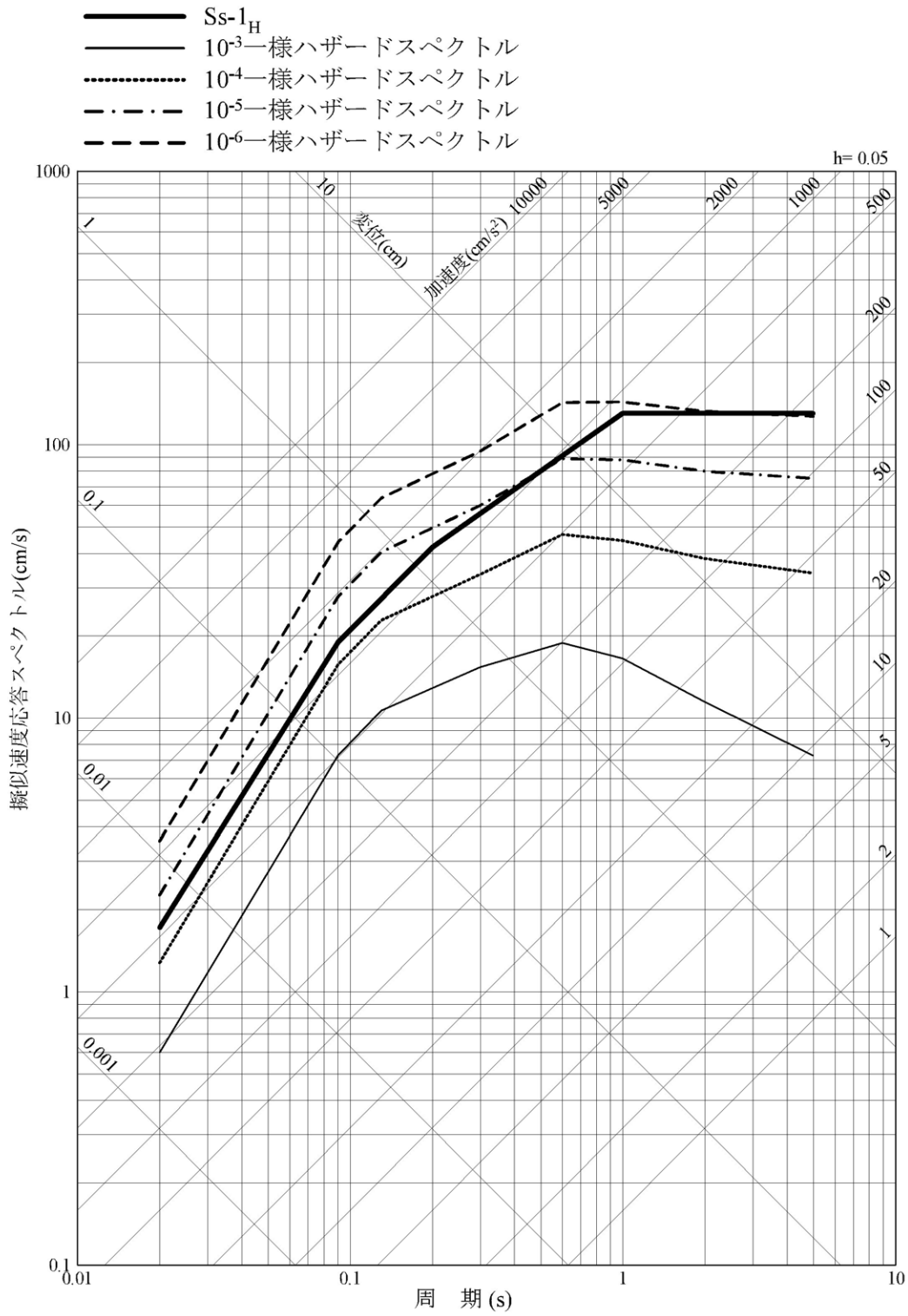
(鉛直方向)

第1.2.1.b-13図　川内原子力発電所のフラクタイルハザード
距離減衰式の補正あり (2/2)



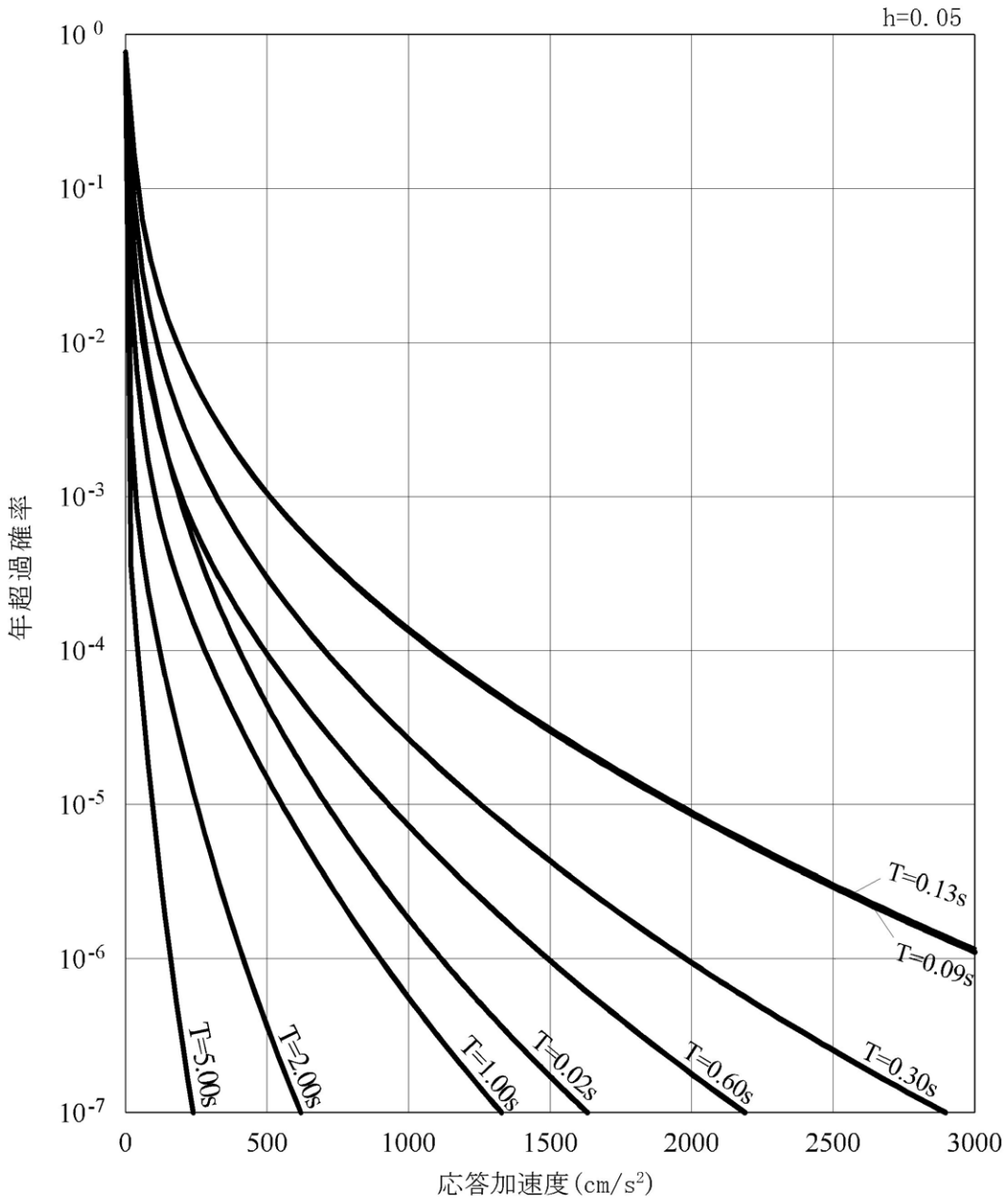
（水平方向）

第1.2.1.b-14図　一様ハザードスペクトルと基準地震動の応答スペクトルの比較（1/2）



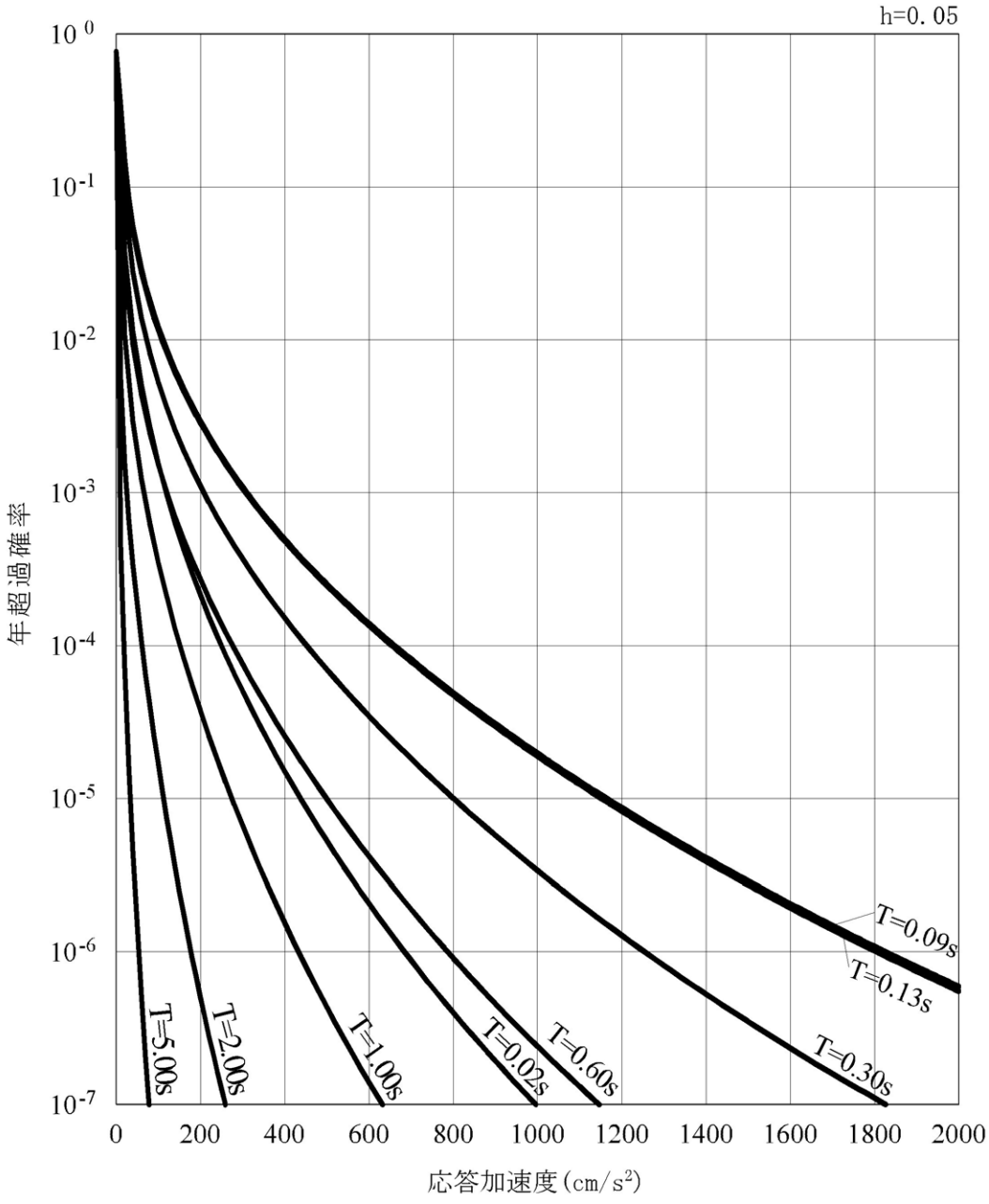
（鉛直方向）

第1.2.1.b-14図　一様ハザードスペクトルと基準地震動の応答スペクトルの比較（2/2）



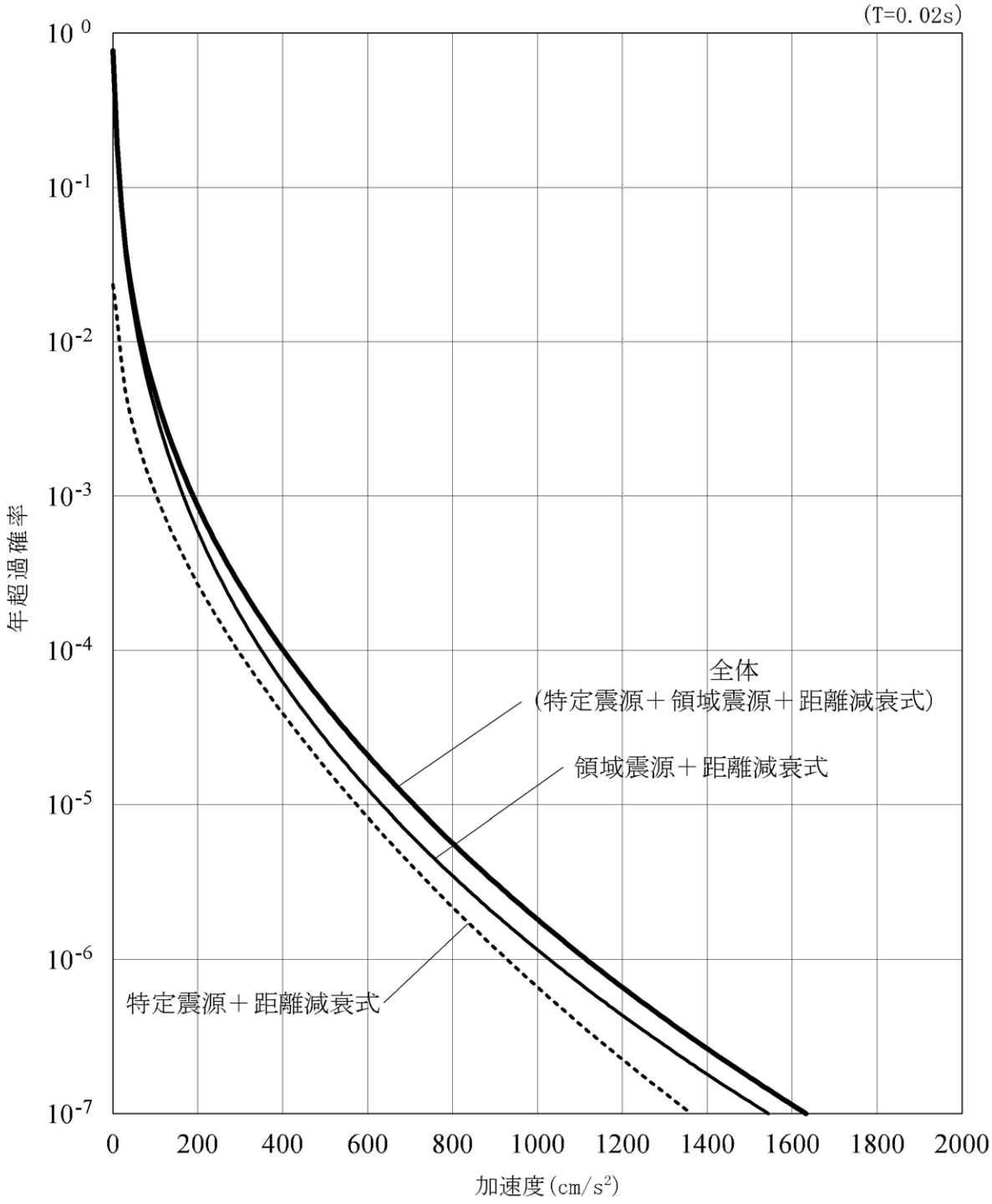
（水平方向）

第1.2.1.b-15図　周波数ごとの平均ハザード曲線　(1/2)



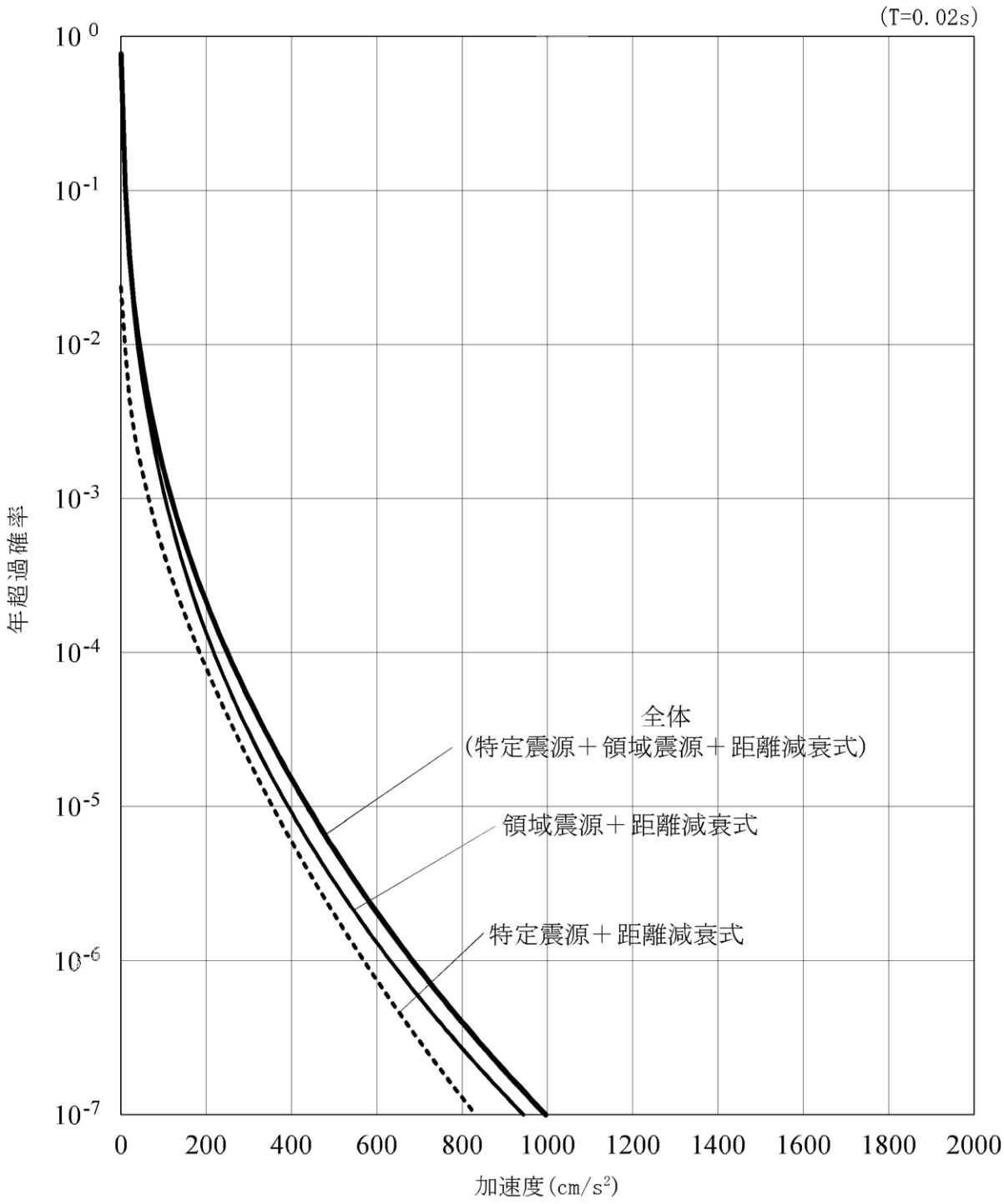
（鉛直方向）

第1.2.1.b-15図　周波数ごとの平均ハザード曲線　(2/2)



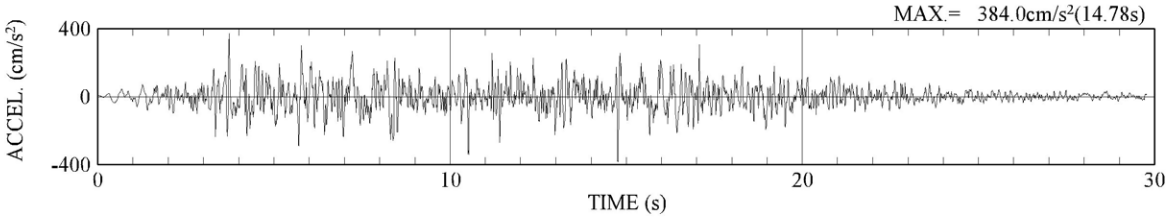
(水平方向)

第1.2.1.b-16図　川内原子力発電所の震源別平均ハザード　(1/2)

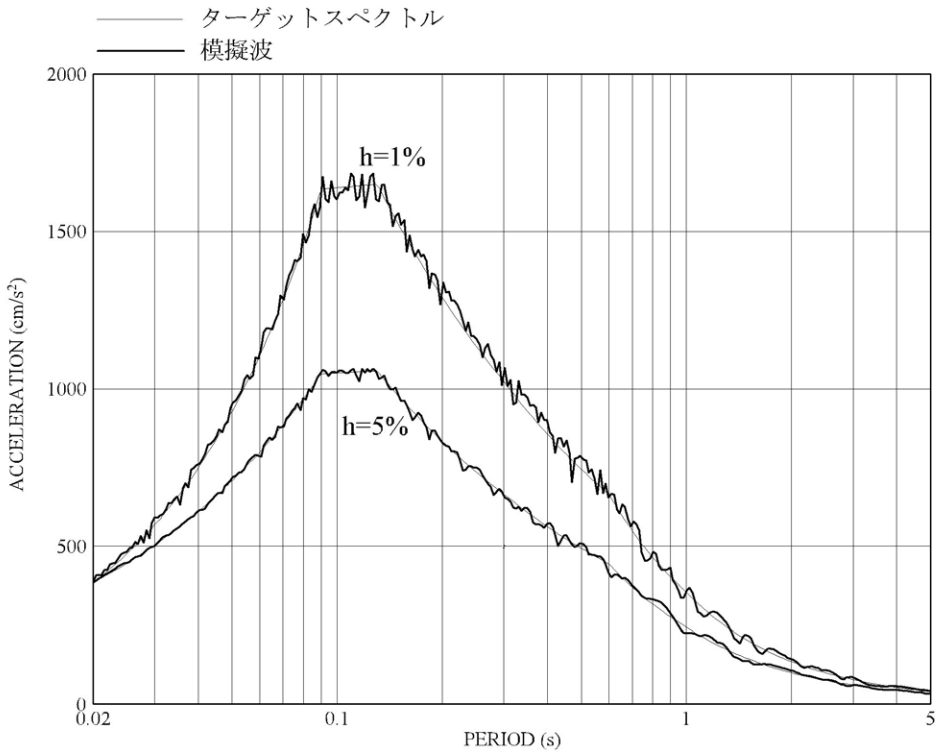


(鉛直方向)

第1.2.1.b-16図　川内原子力発電所の震源別平均ハザード　(2/2)

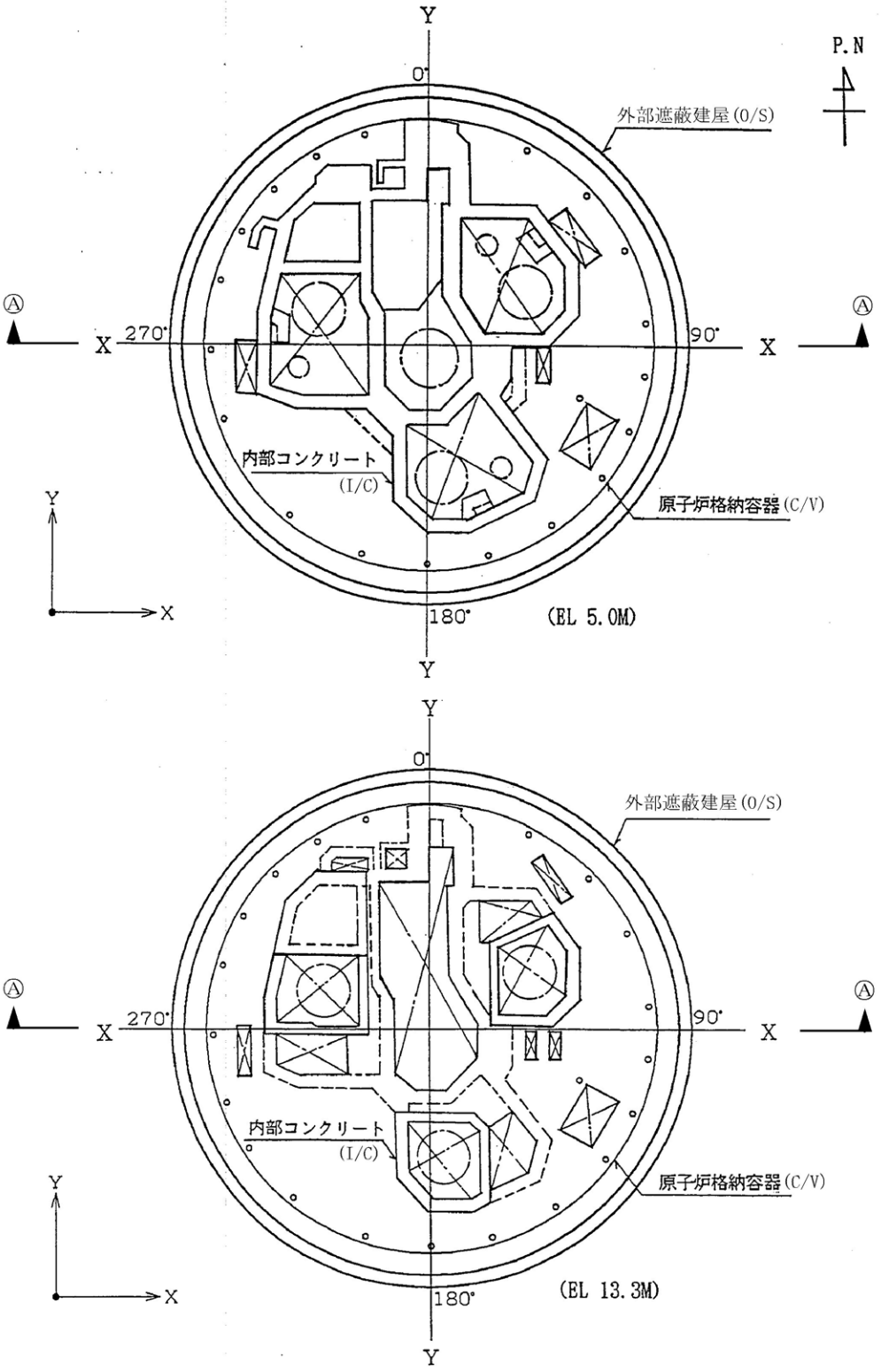


(1) 加速度時刻歴波形

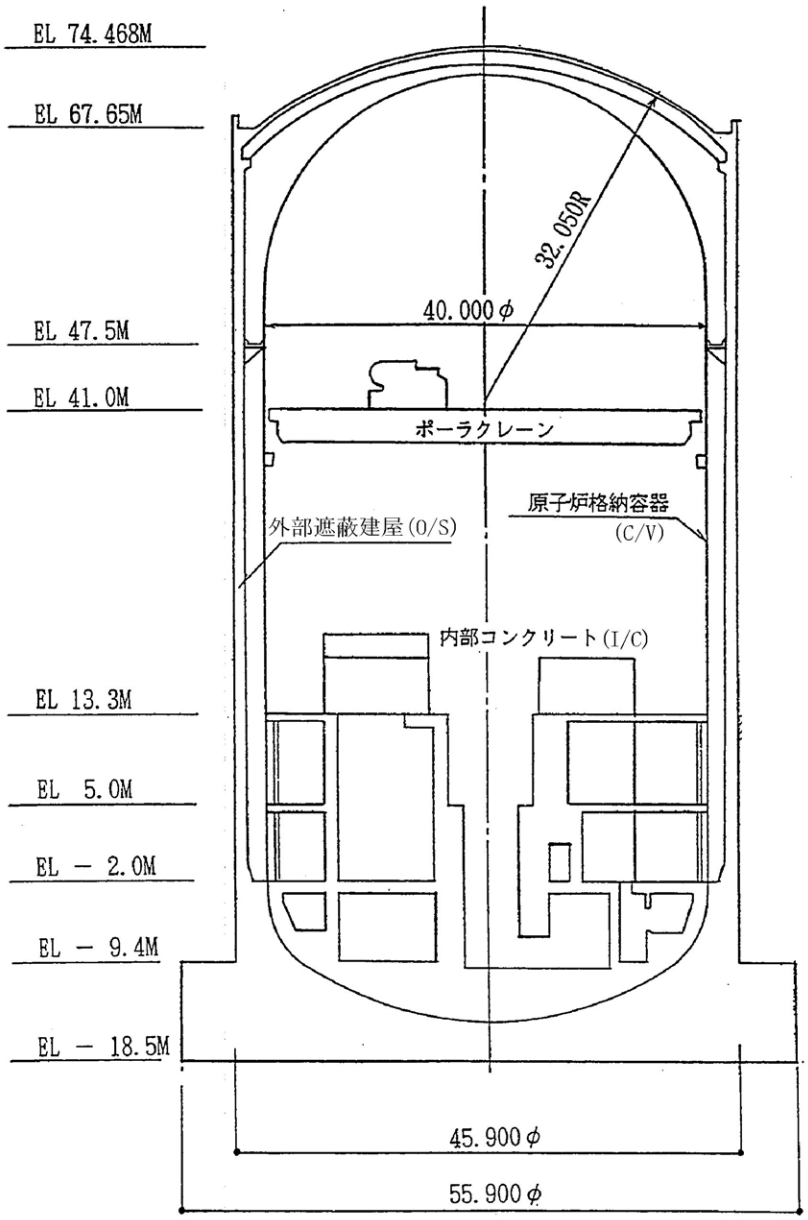


(2) 応答スペクトル

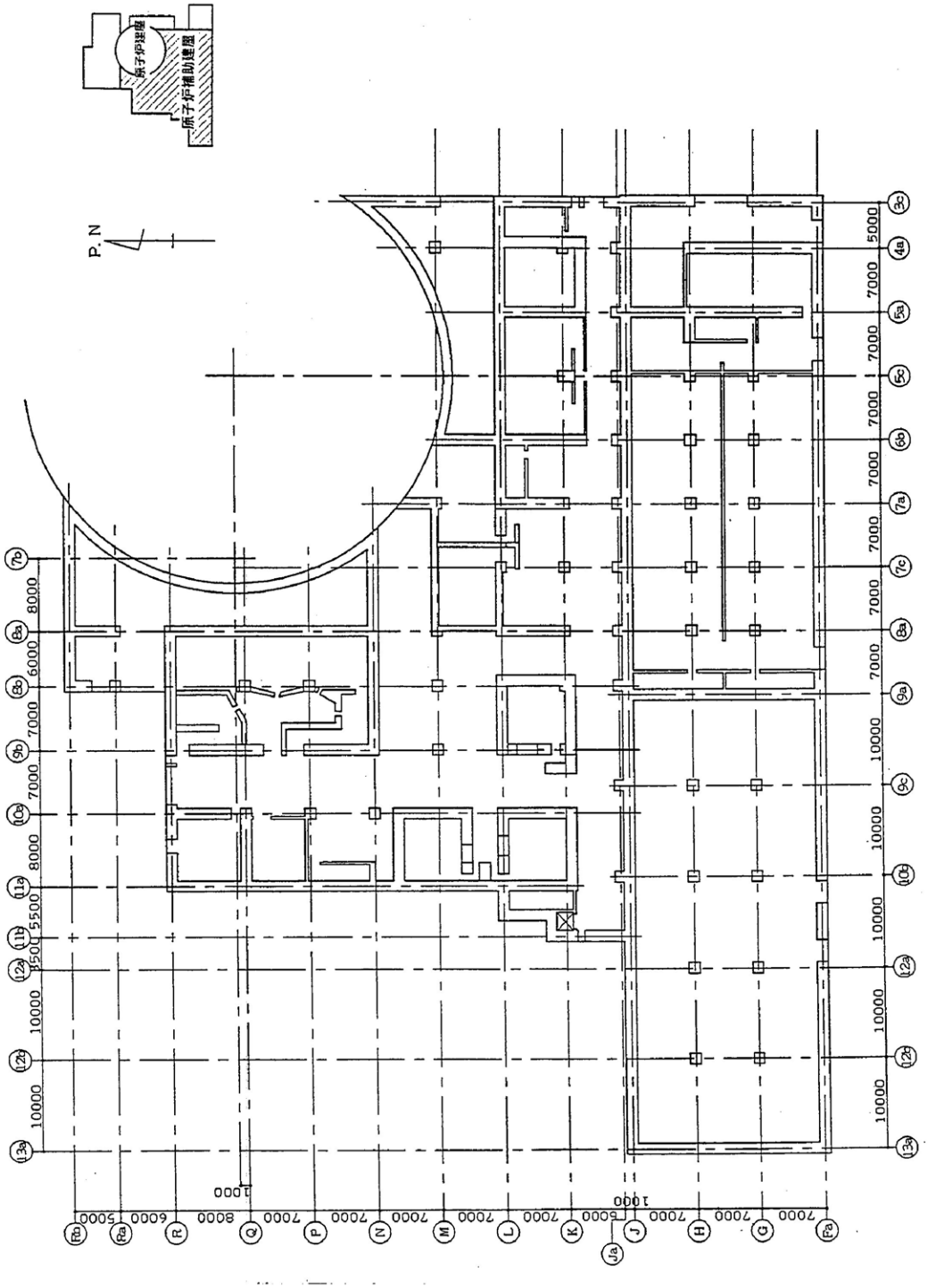
第1.2.1.b-17図　年超過確率10^{-4}一様ハザードスペクトル適合模擬波



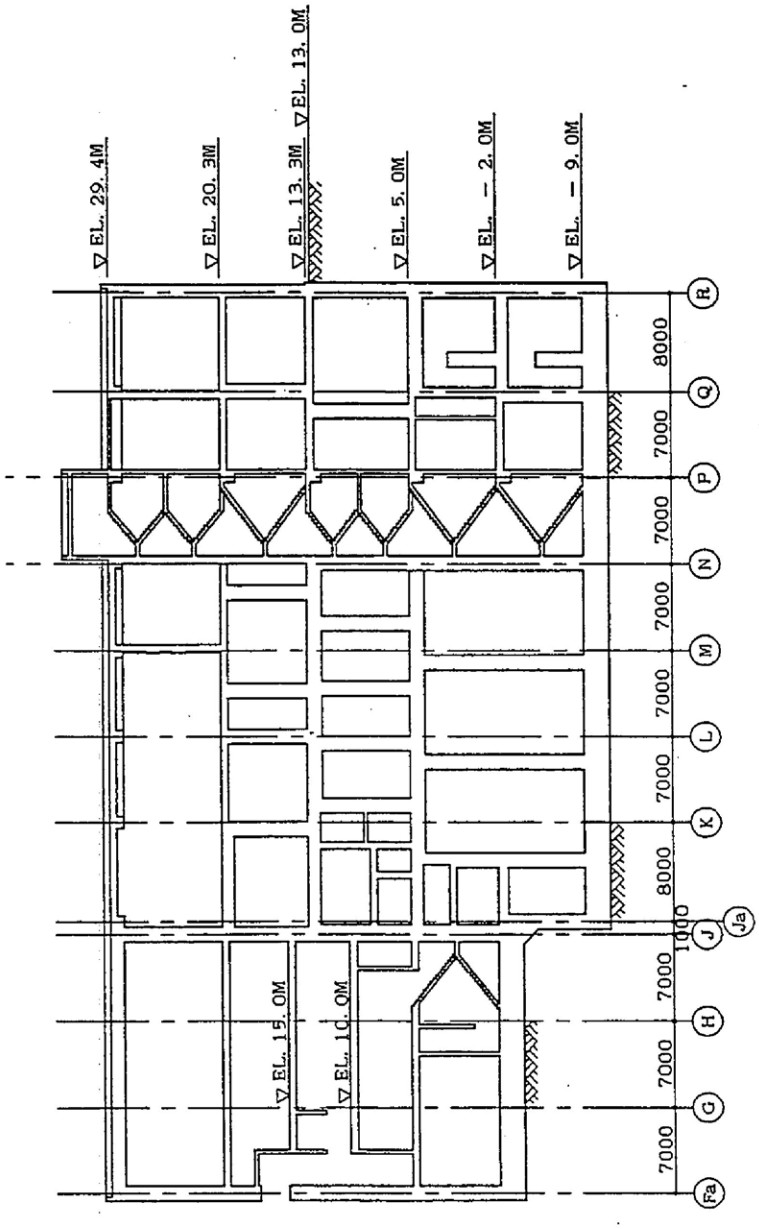
第1.2.1.c-1-1図　原子炉建屋の概略平面図(EL.5.0m、13.3m)



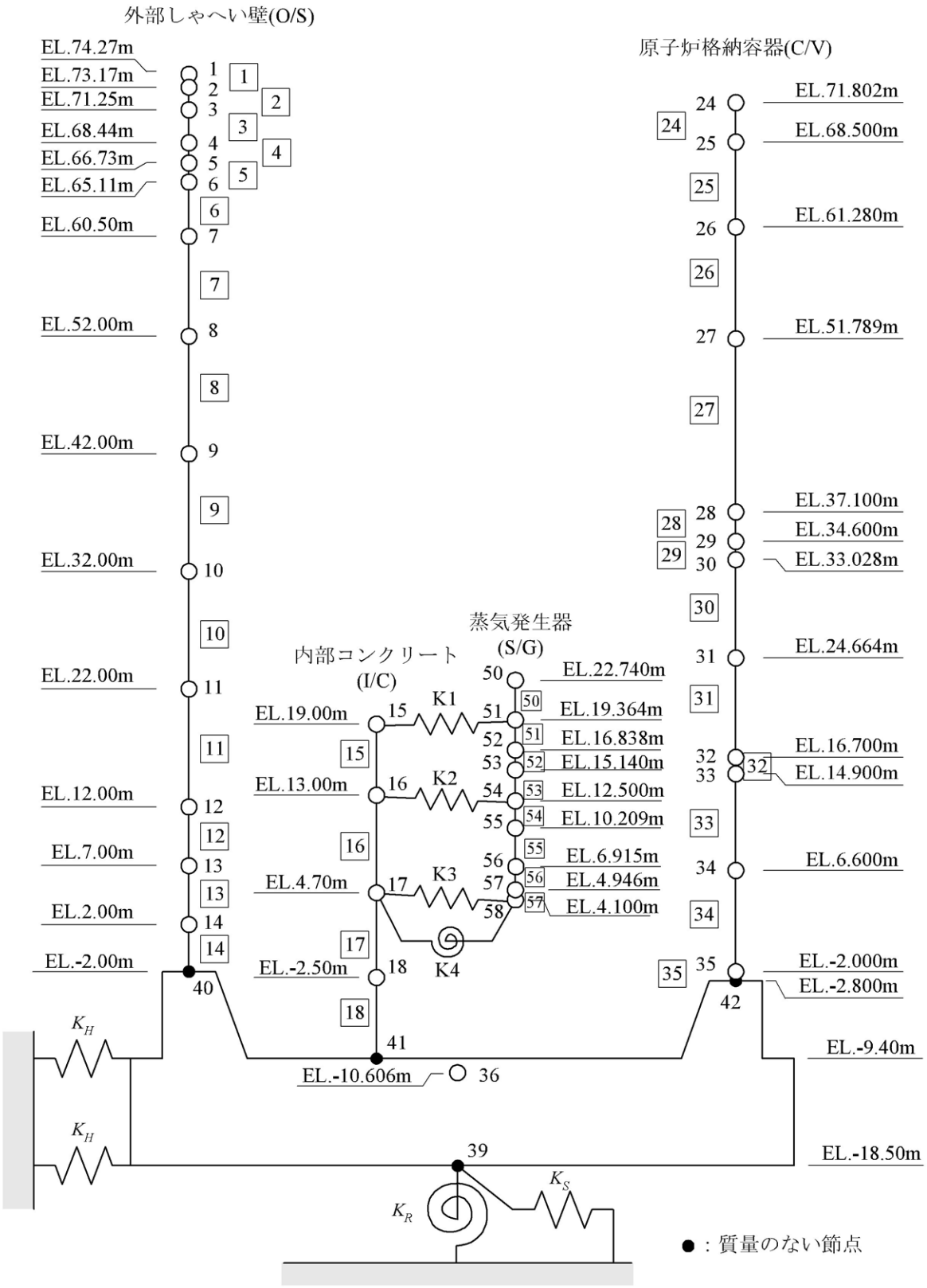
第1.2.1.c-1-2図　原子炉建屋の概略断面図（Ⓐ－Ⓐ断面）



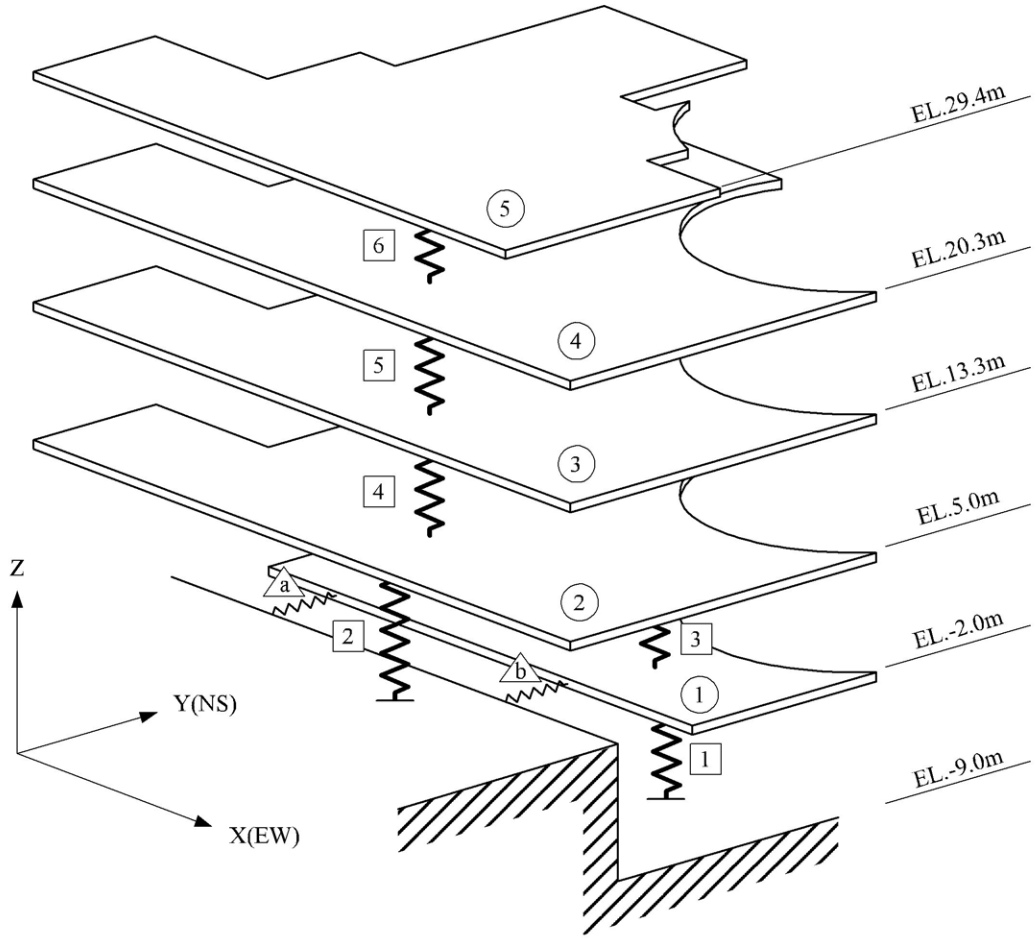
第1.2.1.c-1-3図　原子炉補助建屋の概略平面図(EL.13.3m)



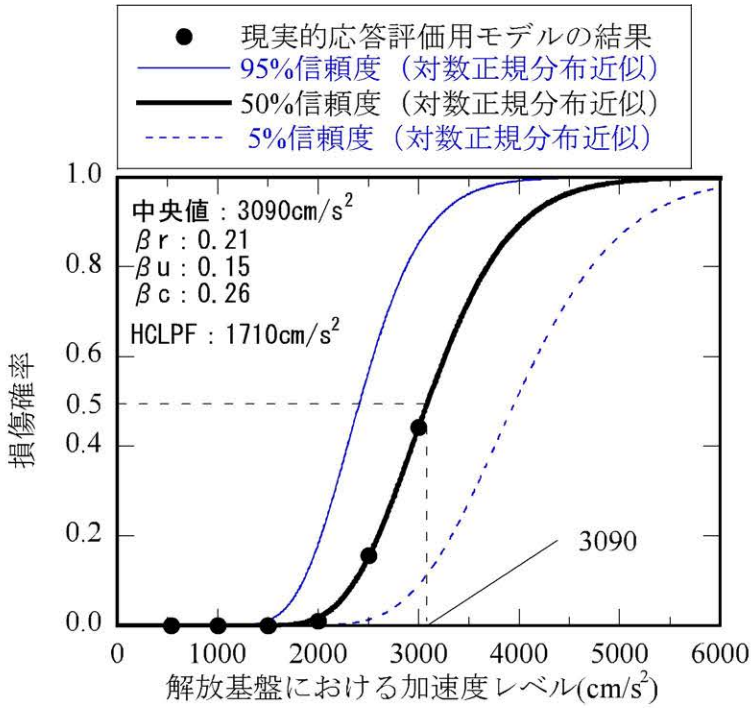
第1.2.1.c-1-4図　原子炉補助建屋の概略断面図



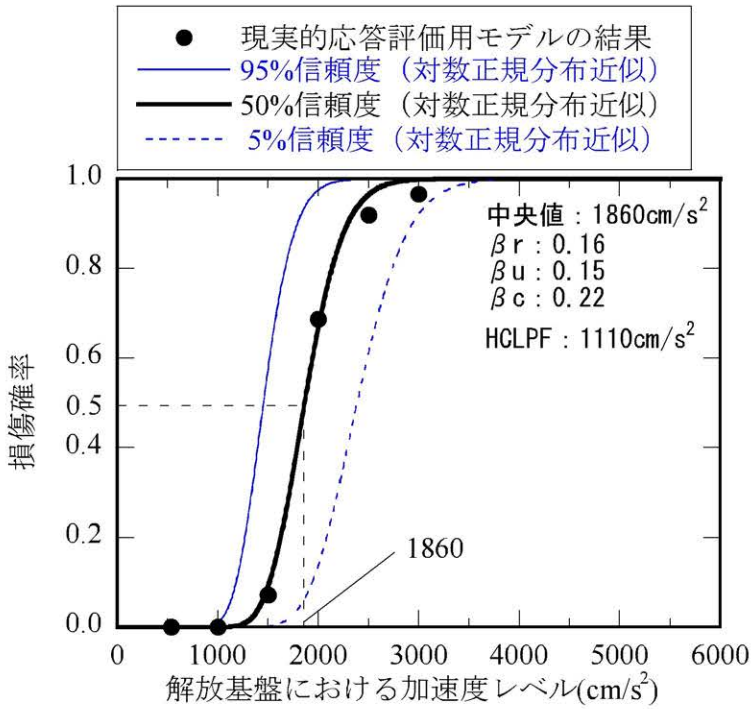
第1.2.1.c-1-5図　川内１号炉原子炉建屋地震応答解析モデル（水平方向）



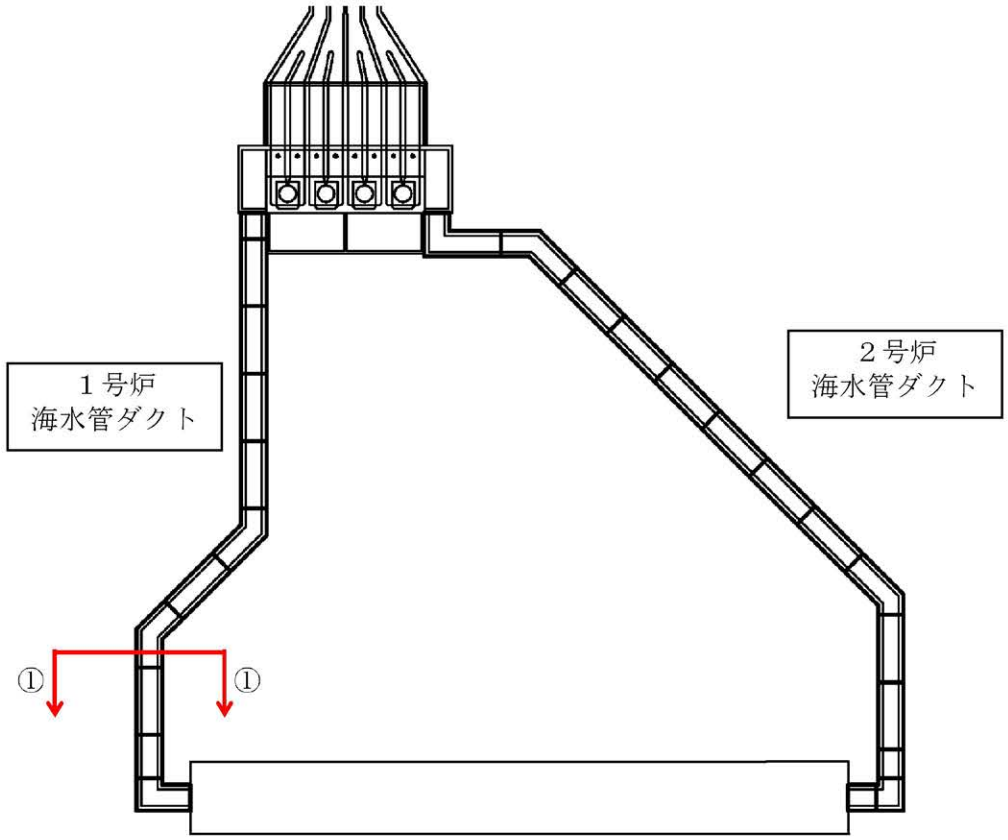
第1.2.1.c-1-6図　川内１号炉原子炉補助建屋地震応答解析モデル（水平方向）



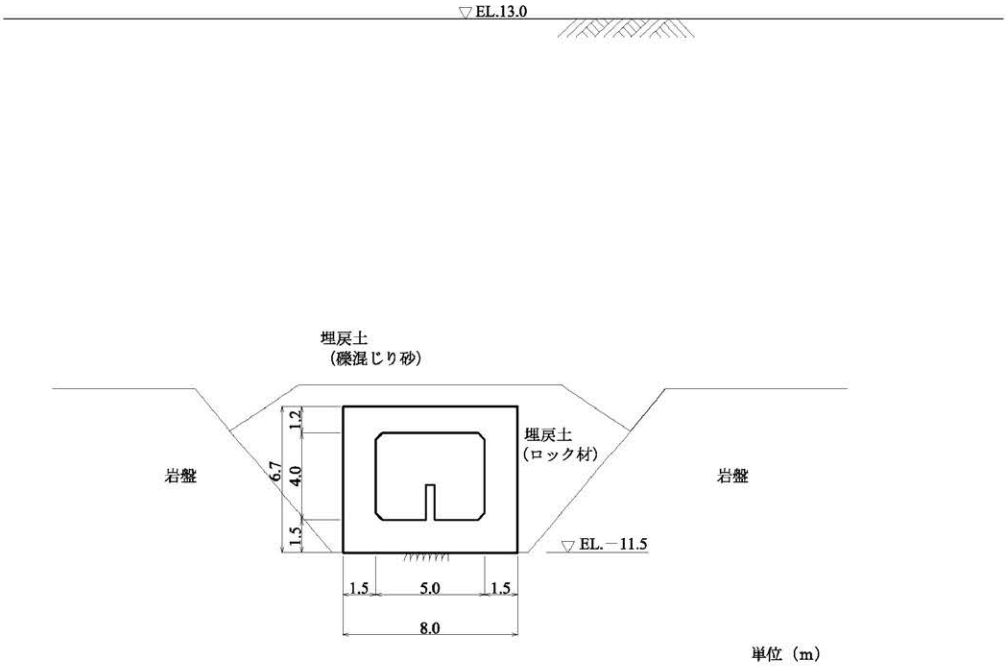
第1.2.1.c-1-7図　川内１号炉原子炉建屋フラジリティ曲線とHCLPF（I/C、 NS）



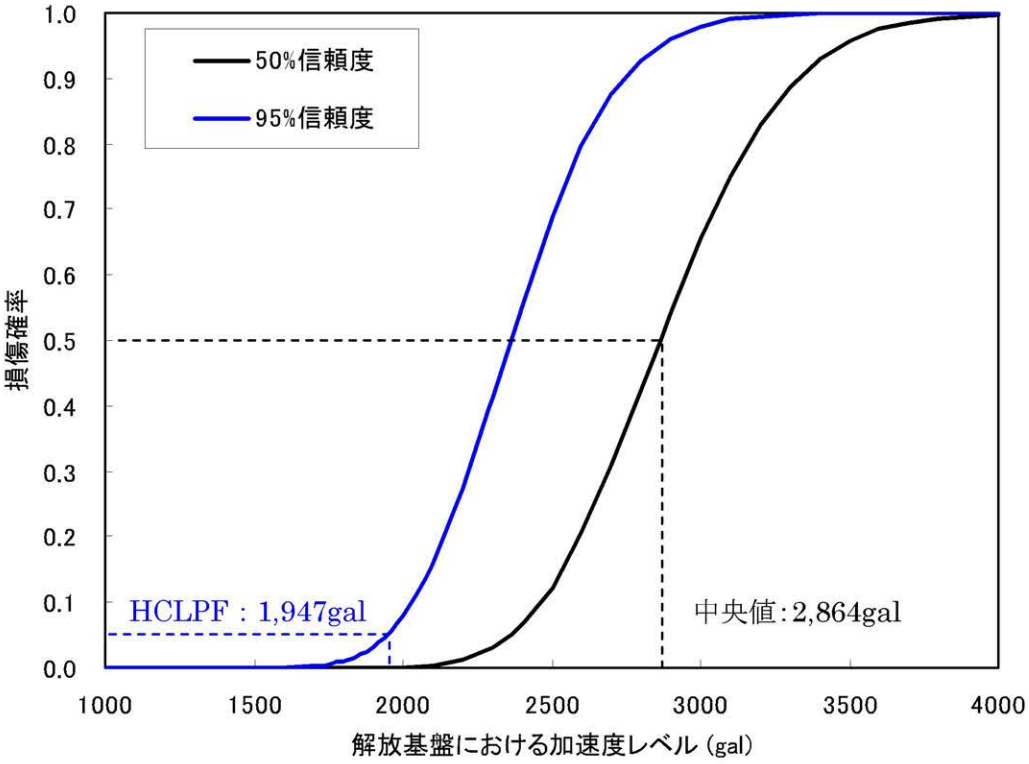
第1.2.1.c-1-8図　川内１号炉原子炉補助建屋フラジリティ曲線とHCLPF（A/B、 EW）



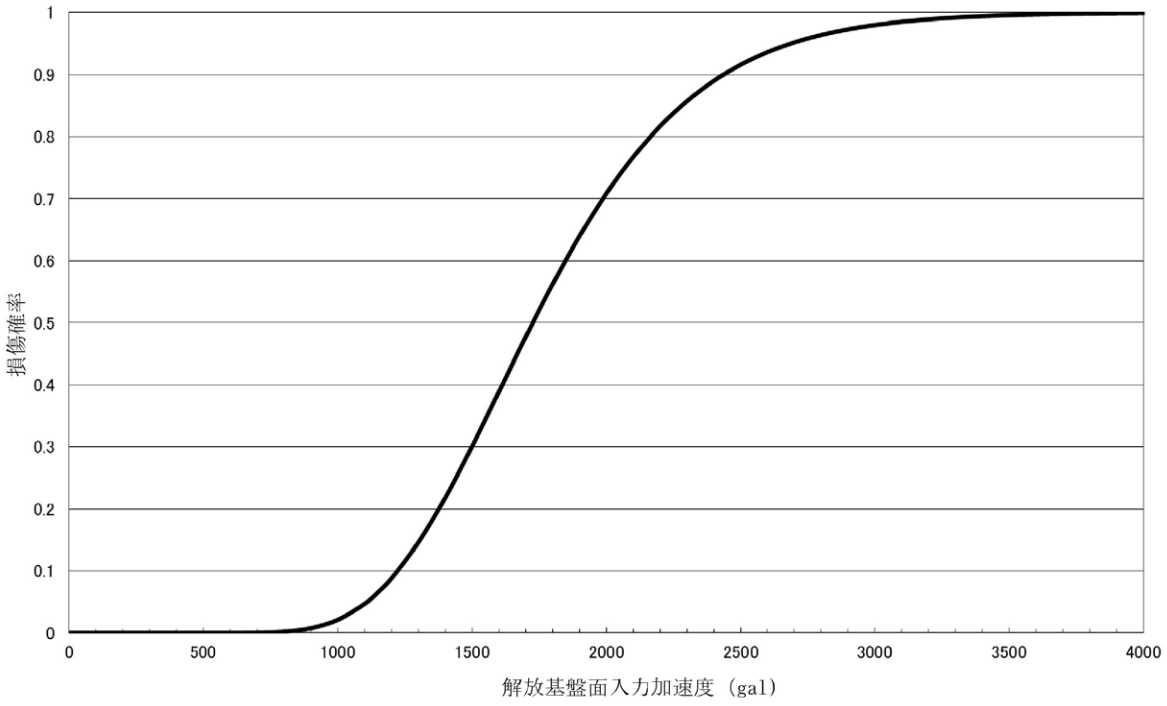
第1.2.1.c-2-1図　海水管ダクト平面図



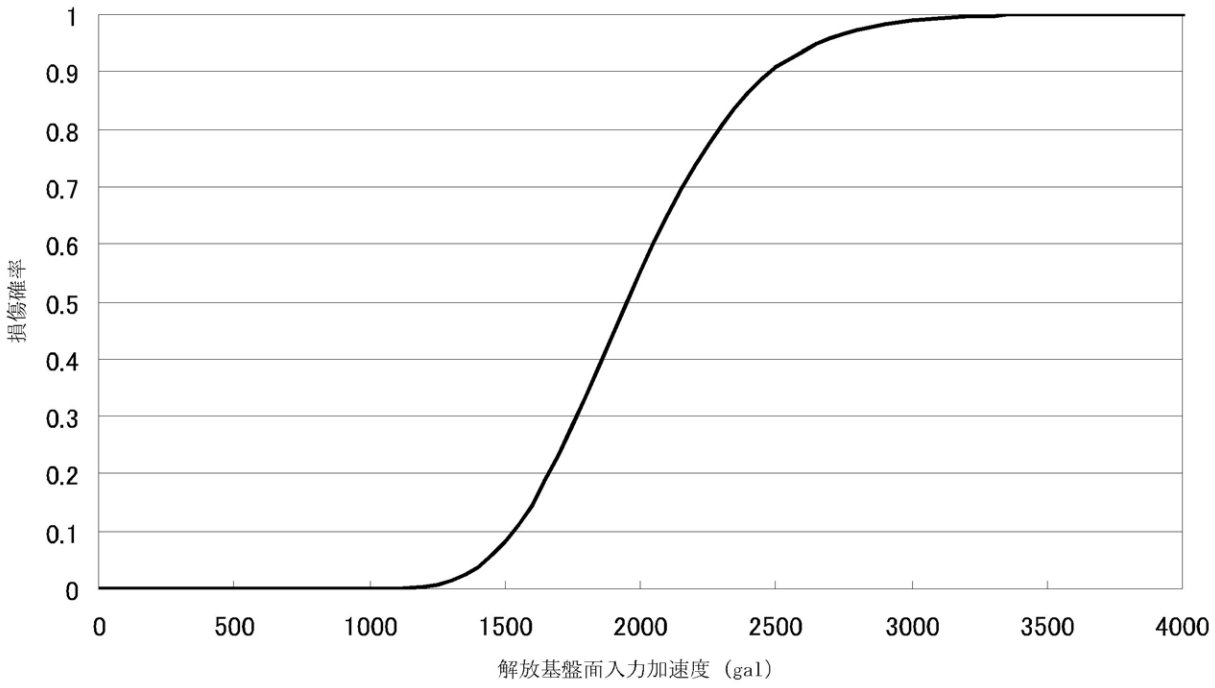
第1.2.1.c-2-2図　海水管ダクト断面図（①－①断面）



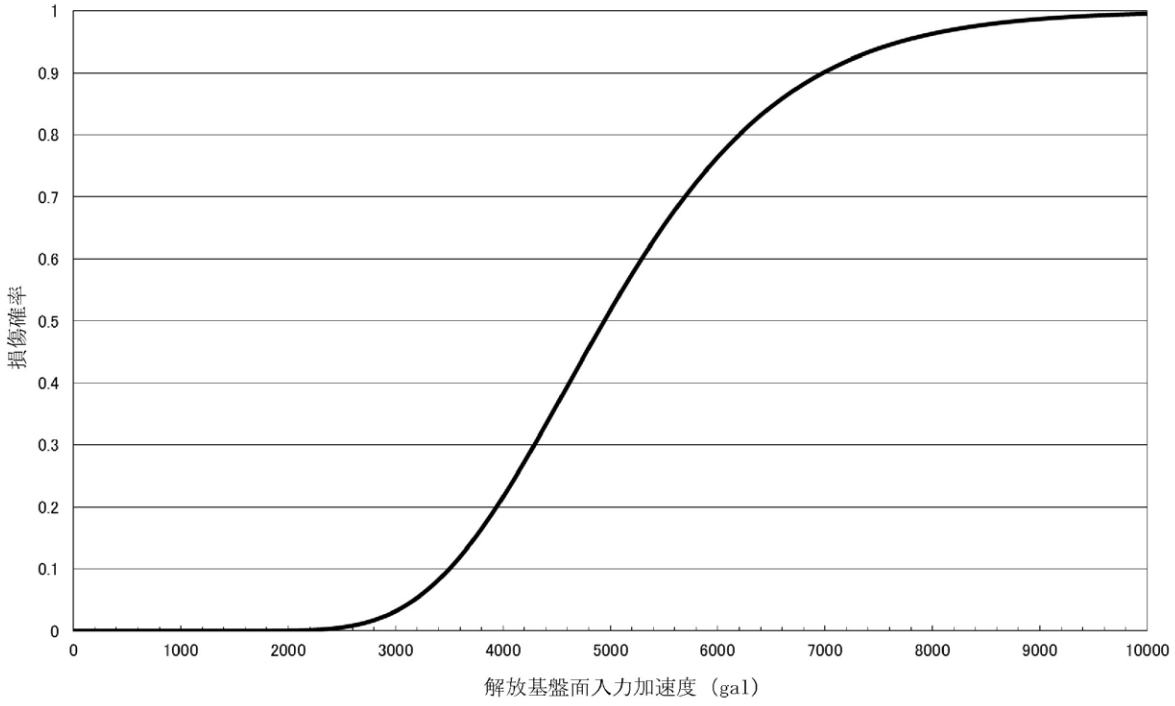
第1.2.1.c-2-3図　海水管ダクト　フラジリティ曲線



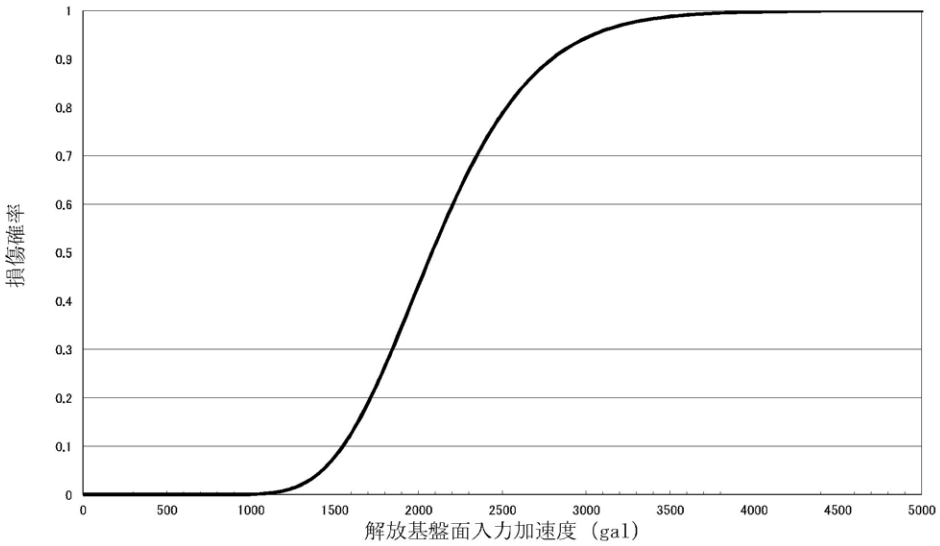
第1.2.1.c-3-1図　蒸気発生器　フラジリティ曲線



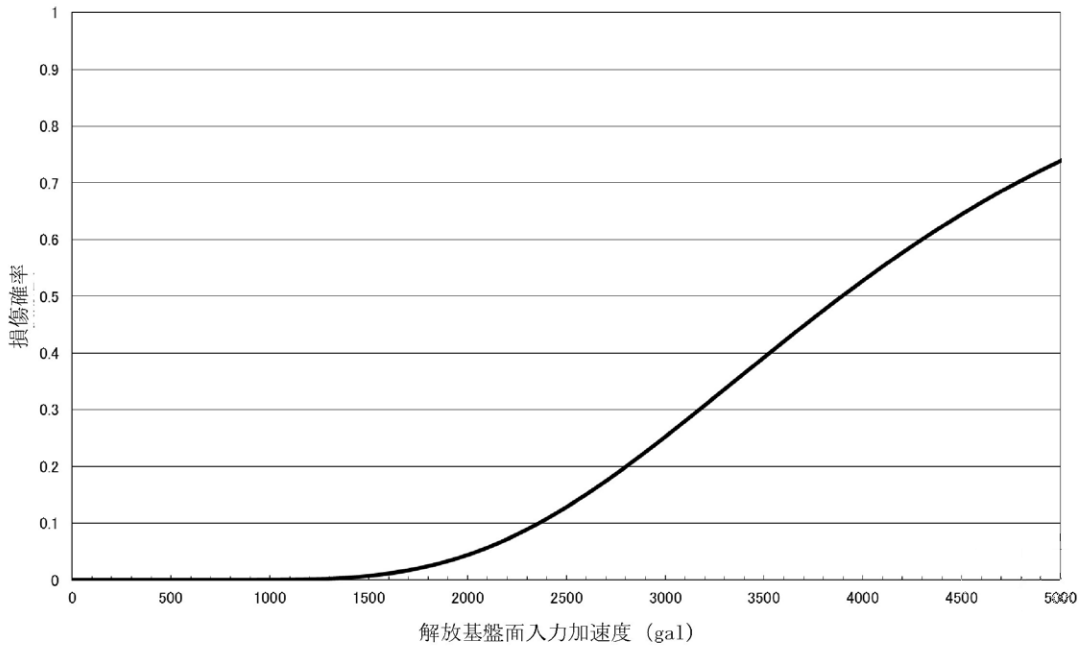
第1.2.1.c-3-2図　余熱除去冷却器　フラジリティ曲線



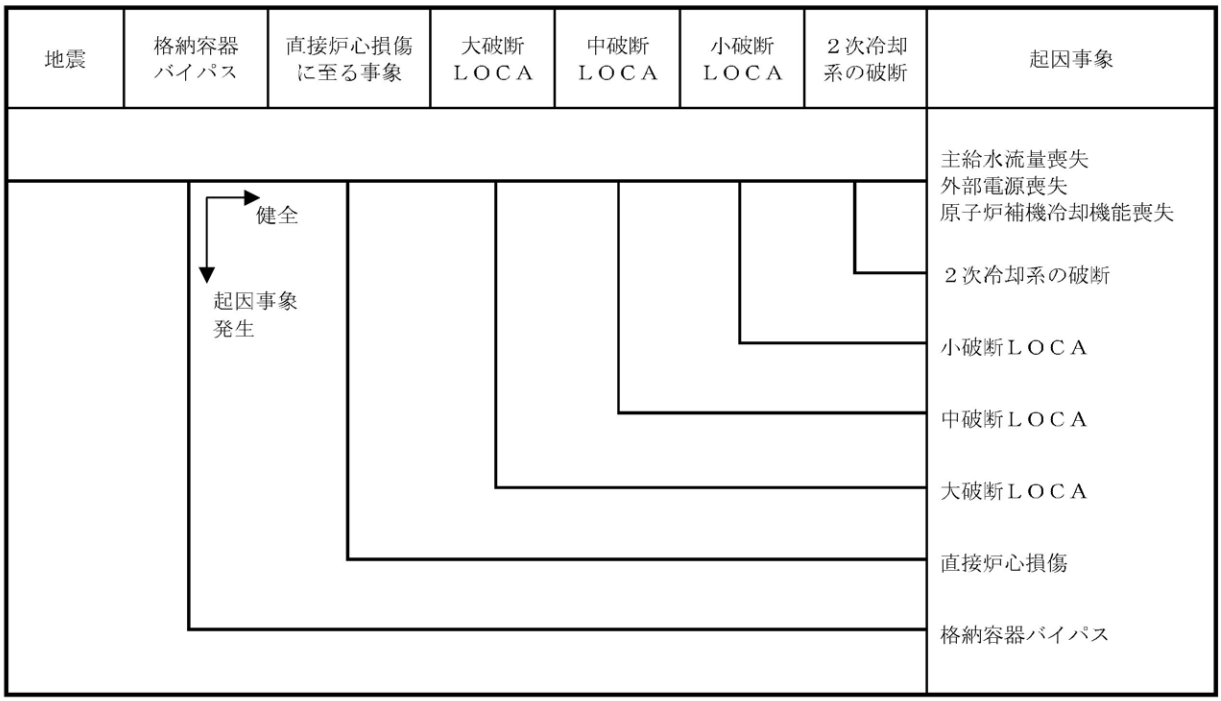
第1.2.1.c-3-3図　原子炉ソレノイド用直流分電盤　フラジリティ曲線



第1.2.1.c-3-4図　内燃機関(ディーゼル発電機)　フラジリティ曲線



第1.2.1.c-3-5図　炉内計装引出管　フラジリティ曲線



【直接炉心損傷に至る事象】

➢Excess LOCA

➢原子炉補助建屋損傷

➢炉内構造物損傷

➢複数の信号系損傷

➢ATWS（地震によるAT＋制御棒挿入不能）

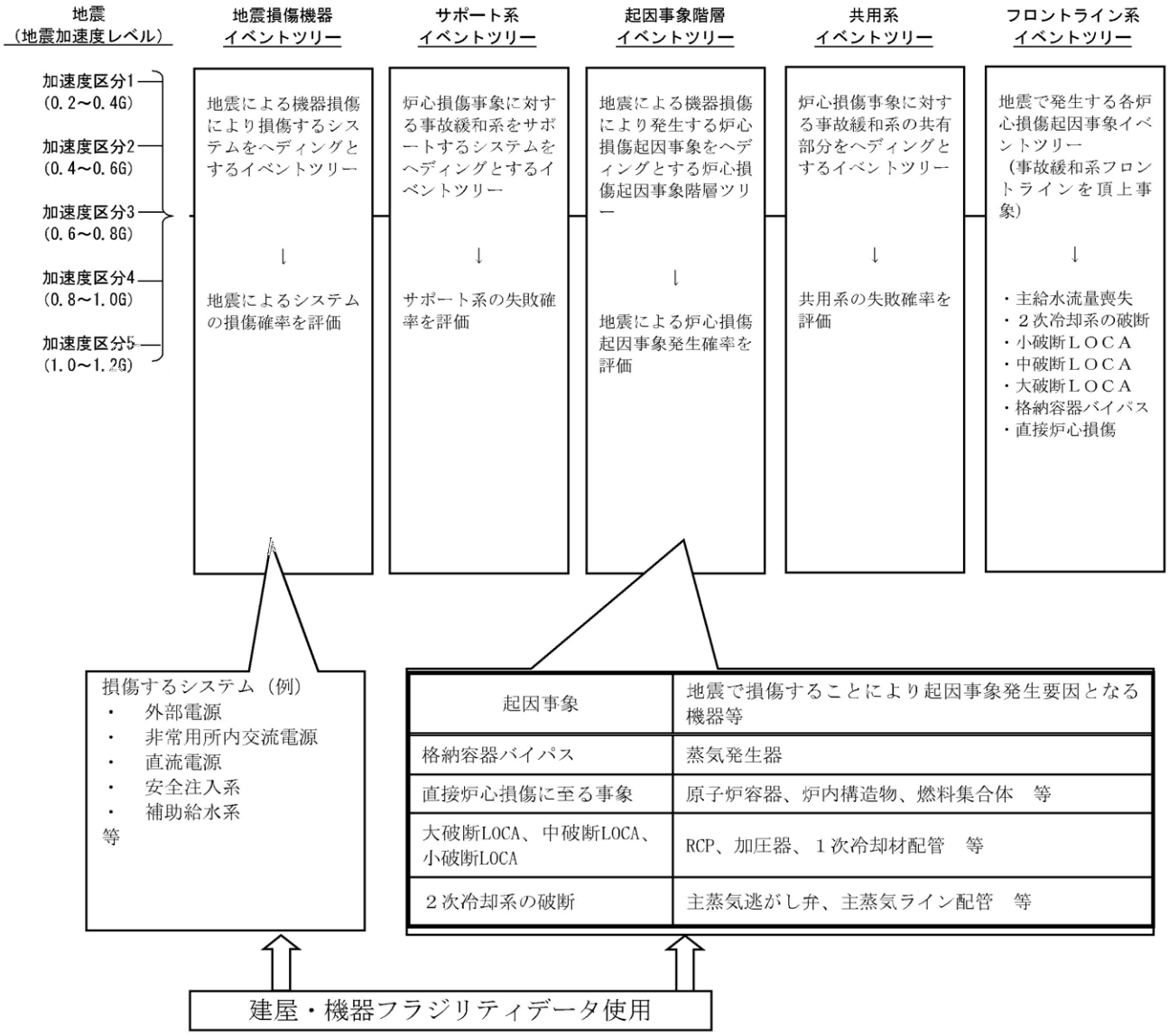
➢原子炉格納容器損傷

➢原子炉建屋損傷

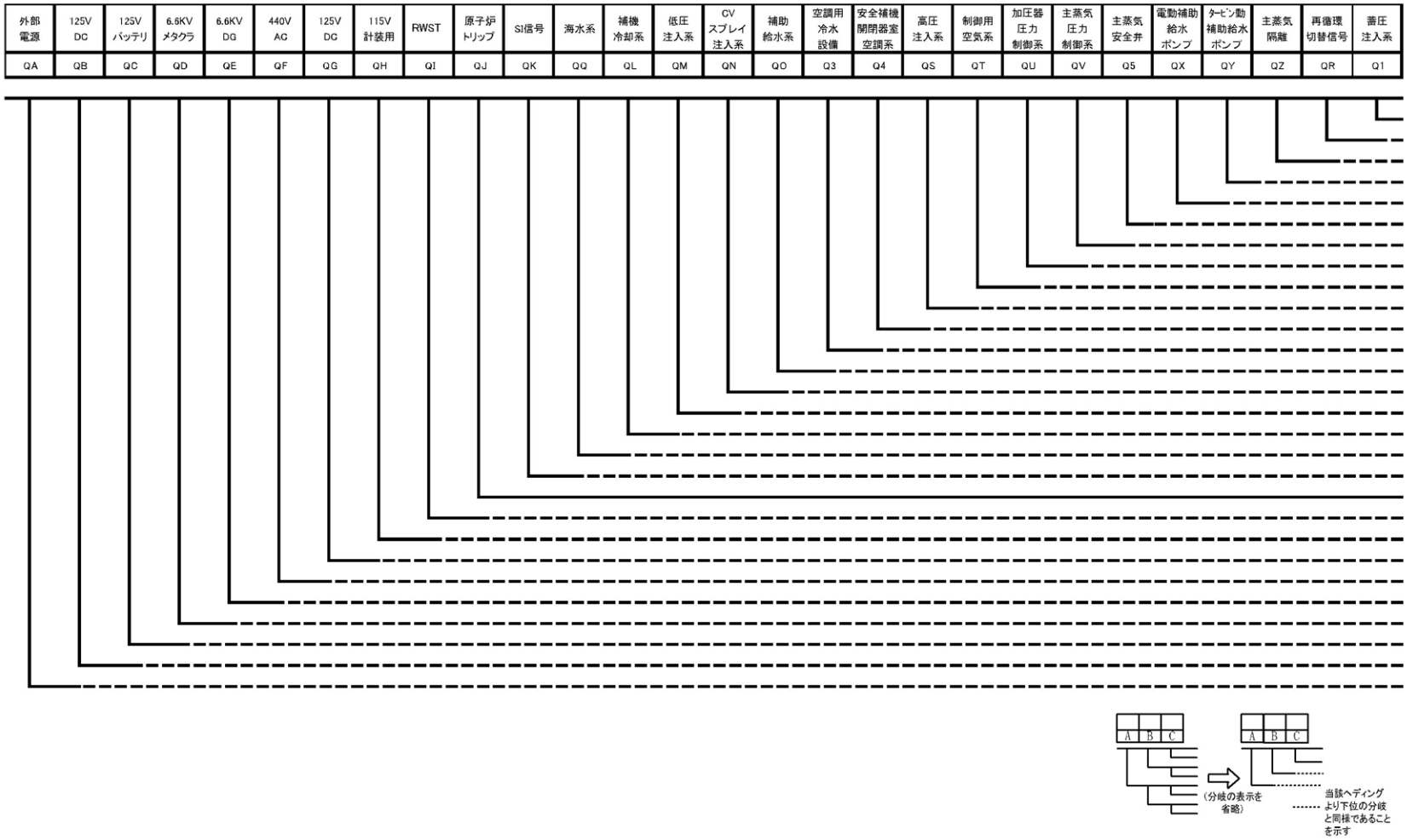
【格納容器バイパス】

➢蒸気発生器伝熱管破損（複数本破損）

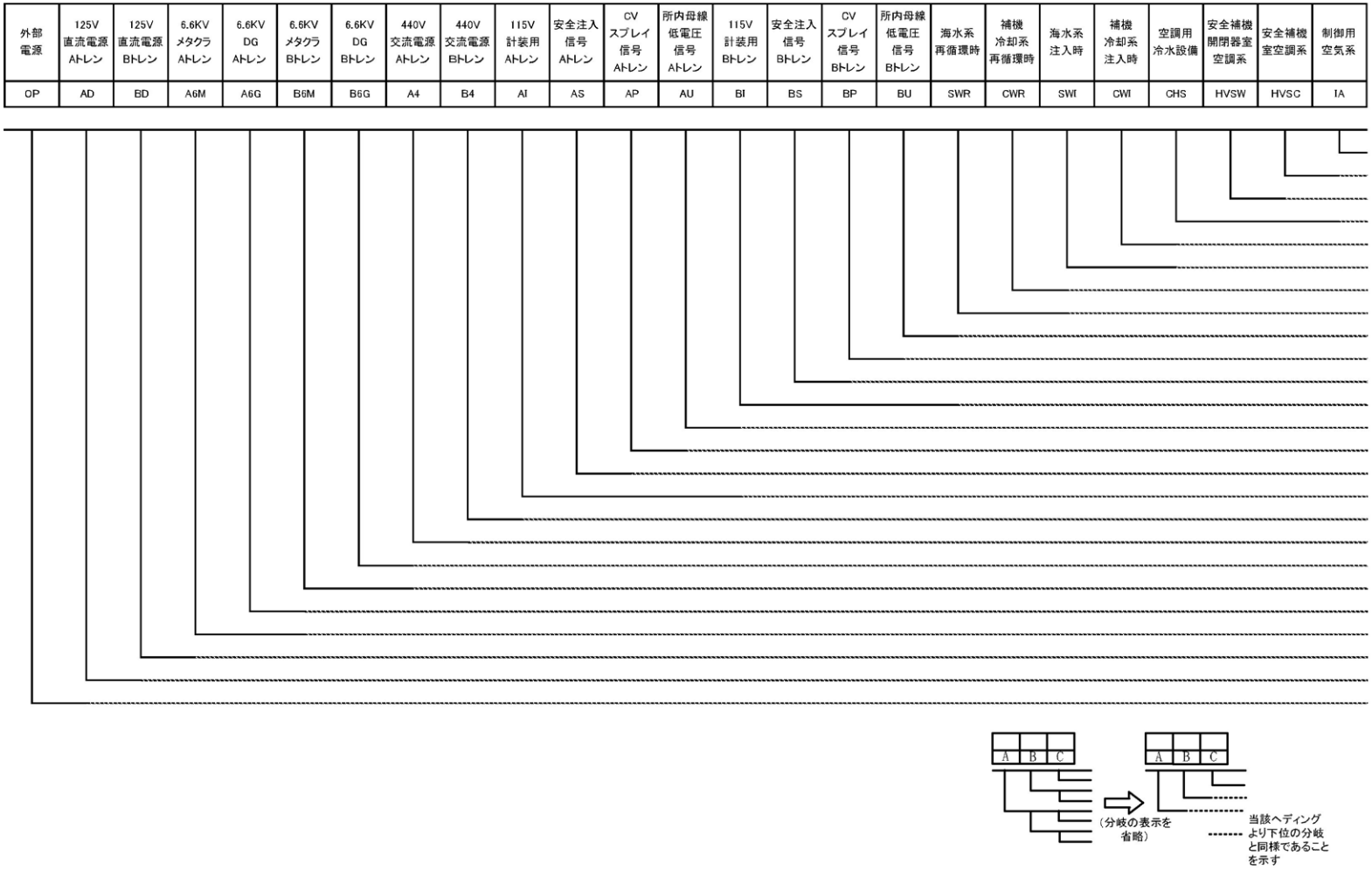
第1.2.1.d-1図　地震PRA階層イベントツリー



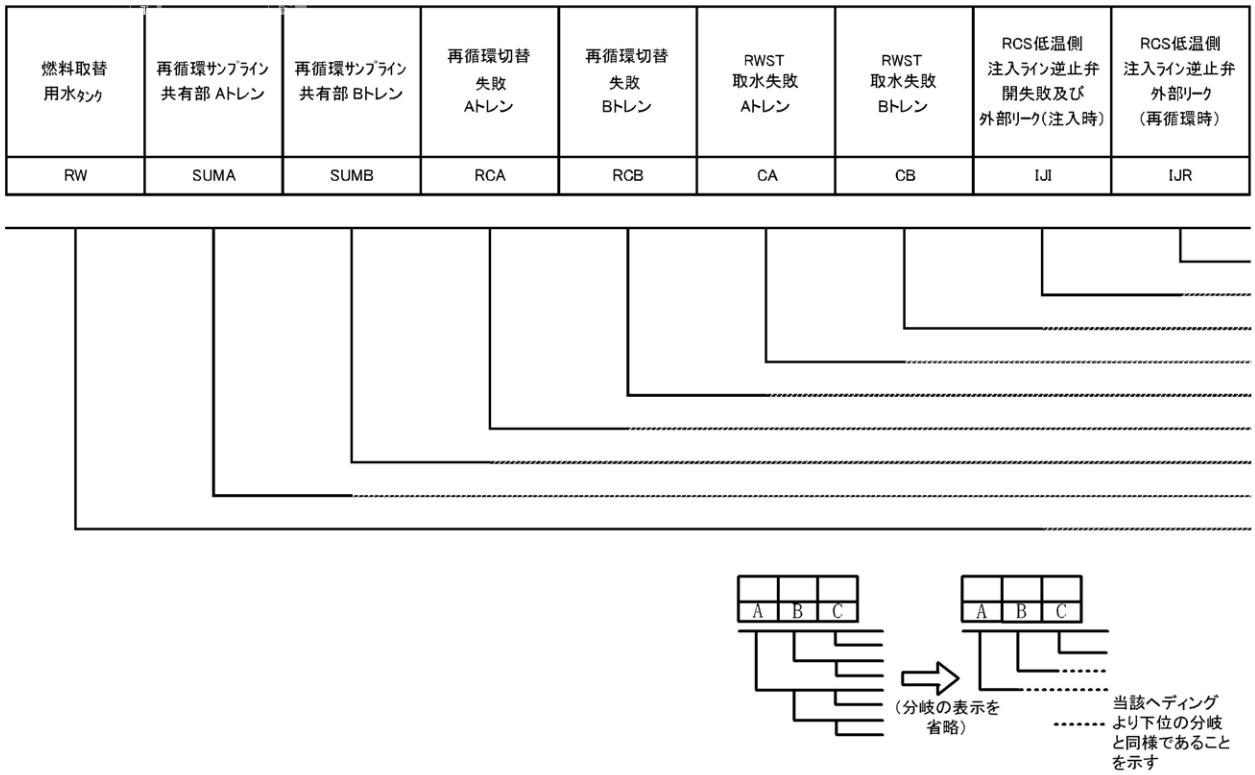
第1.2.1.d-2図　地震システム解析モデル（大イベントツリー）



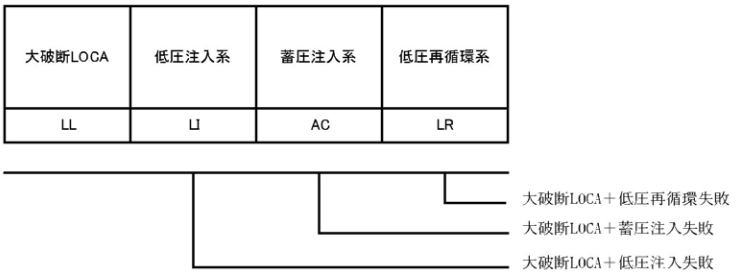
第1.2.1.d-3図　地震損傷機器イベントツリー



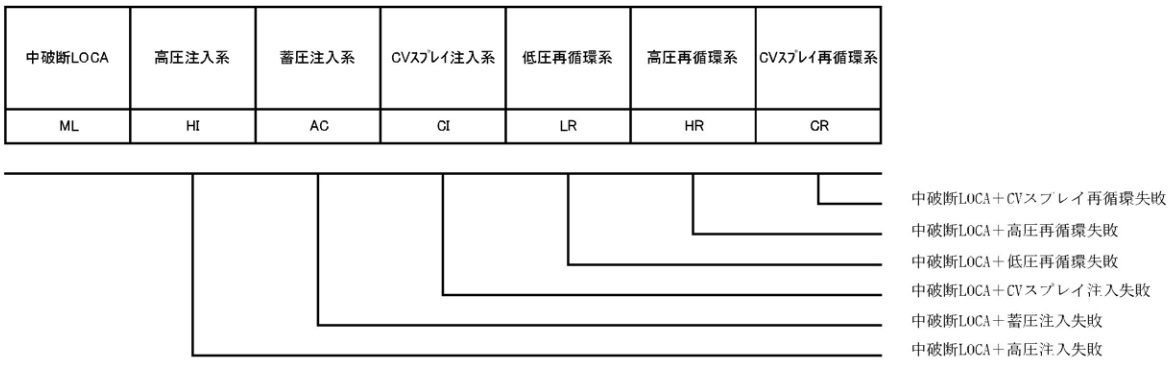
第1.2.1.d-4図　サポート系イベントツリー



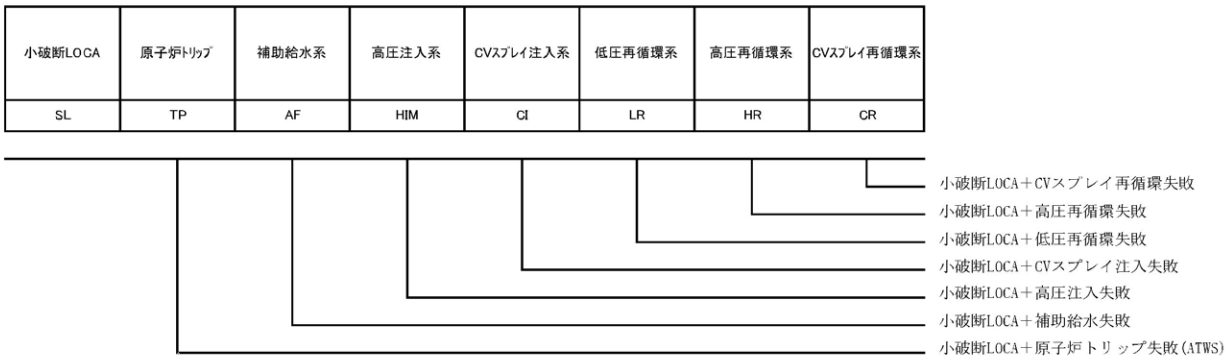
第1.2.1.d-5図　共用系イベントツリー



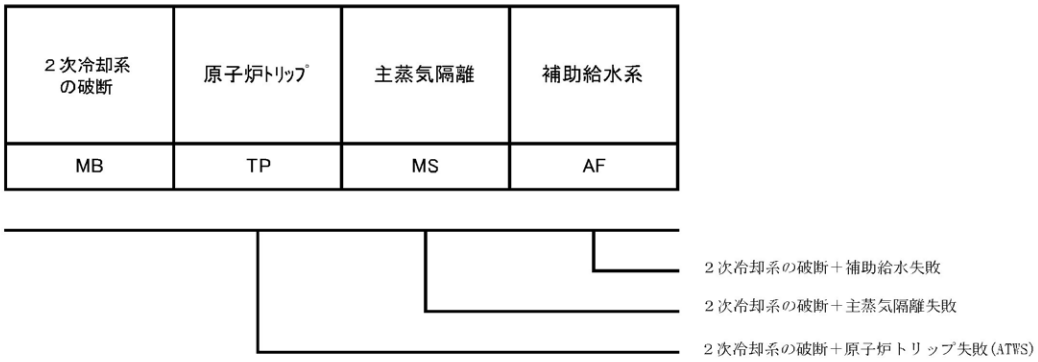
第1.2.1.d-6図(a)　大破断LOCAイベントツリー



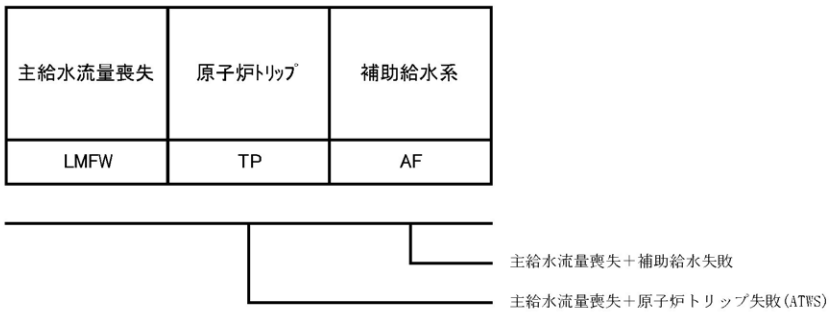
第1.2.1.d-6図(b)　中破断LOCAイベントツリー



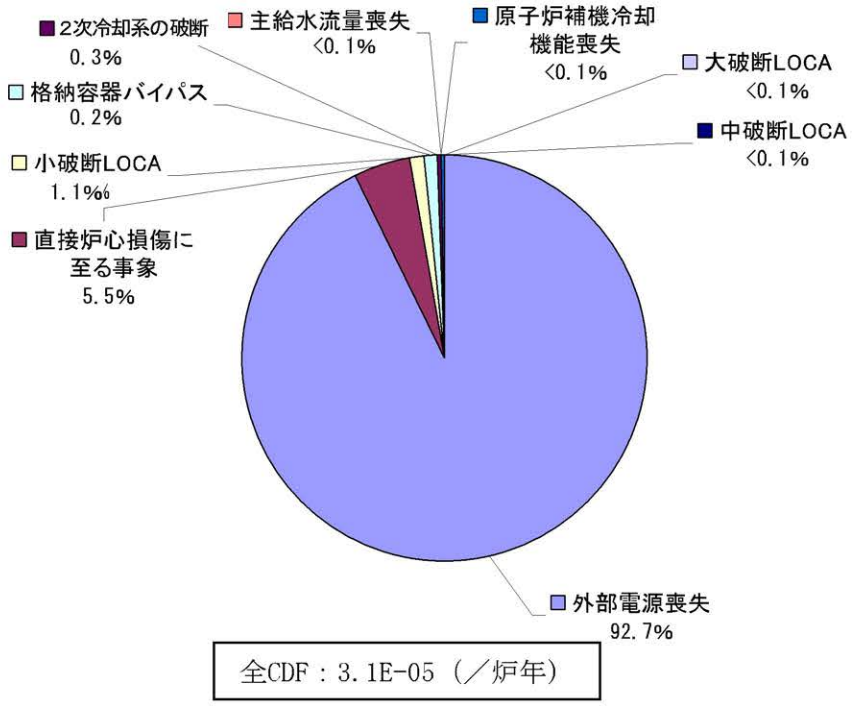
第1.2.1.d-6図(c)　小破断LOCAイベントツリー



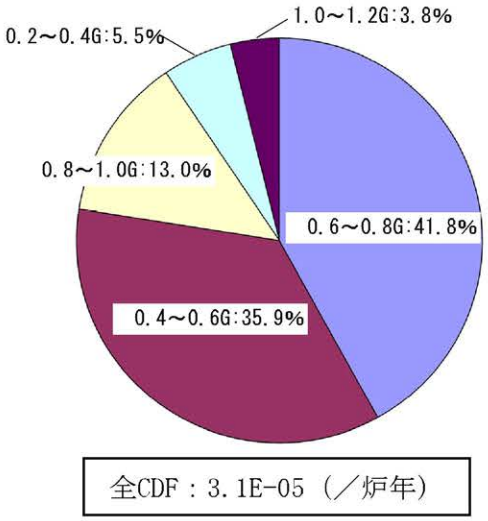
第1.2.1.d-6図(d)　２次冷却系の破断イベントツリー



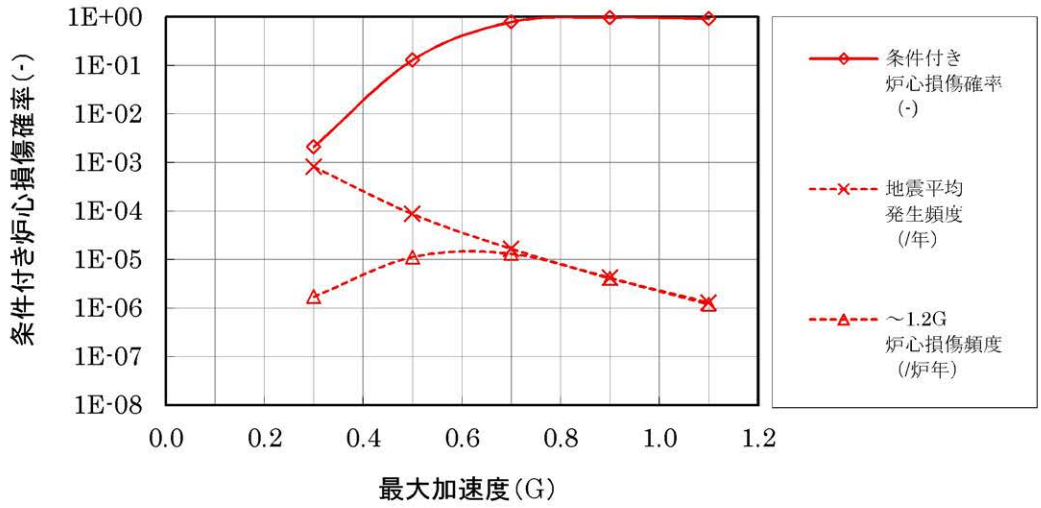
第1.2.1.d-6図(e)　主給水流量喪失イベントツリー



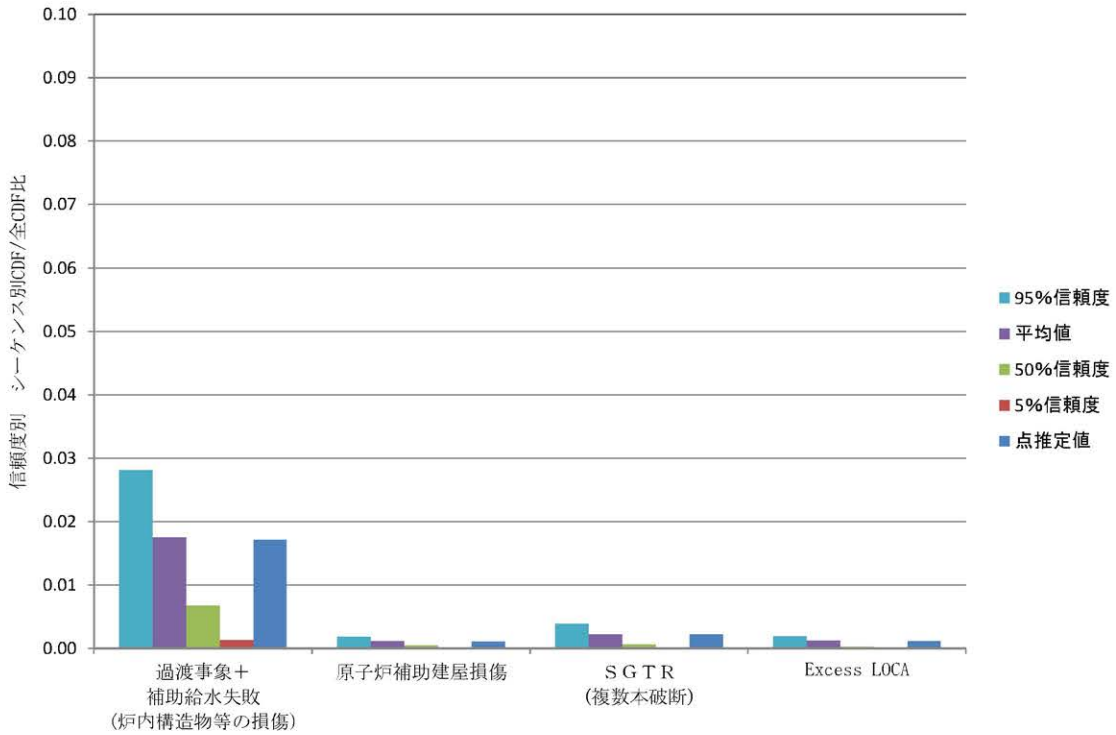
第1.2.1.d-7図　起因事象別炉心損傷頻度　寄与割合



第1.2.1.d-8図　加速度区分ごとの炉心損傷頻度



第1.2.1.d-9図　加速度区分ごとの条件付き炉心損傷確率



第1.2.1.d-10図　シーケンスごとの不確実さ解析結果

1.2.2 津波PRA

津波PRAは、一般社団法人　日本原子力学会が発行した「原子力発電所に対する津波を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準：2011（以下「津波PRA学会標準」という。）を参考に評価を実施し、各実施項目については「PRAの説明における参照事項」（原子力規制庁 平成25年9月）の記載事項への適合性を確認した。評価フローを第1.2.2-1図に示す。なお、今回の津波PRAでは、津波単独の影響のみを評価しており、地震随伴に伴う津波（重畳事象）等は対象としていない。

1.2.2.a　対象プラントと事故シナリオ

①　評価対象プラントについて

(1) 機器・系統の配置及び形状・設備容量

主要な機器・系統の配置及び形状・設備容量は「1.1　内部事象PRA」での記載と同様である。また、第1.2.2.a-1図に津波PRAの中で考慮する設備配置を記載したプラント概要図、第1.2.2.a-1表に評価に必要な情報及び主な情報源を示す。

(2) プラントウォークダウンについて

ａ．プラントウォークダウンの実施手順

津波PRAでは、機器の設置高さや建屋開口部の高さをもとに津波シナリオを想定しており、机上検討では確認が難しいプラント情報の取得及び検討したシナリオの妥当性確認のために、プラントウォークダウン対象機器抽出の考え方や調査すべき要件をまとめたチェックシート等を含めた要領書を作成し、その要領書に従ってプラントウォークダウンを実施した。プラントウォークダウンでは主に以下の観点について問題がないことを確認した。

・津波影響の確認

・間接的被害の可能性の確認

・津波伝ぱ経路及び建屋開口部の確認

ｂ．プラントウォークダウン対象機器の選定

津波PRA対象機器からプラントウォークダウン調査対象機器を選定するフローを第1.2.2.a-2図に示す。津波PRAの対象設備として、建屋開口部とそれ以外に分類し、このフローを使用してスクリーニングを行い、調査対象機器を選定した。

ｃ．プラントウォークダウン結果

チェックシートに基づき、対象機器のチェックを行った。例として海水ポンプのチェックシート及び現場写真のサンプルを第1.2.2.a-3図及び第1.2.2.a-4図に示す。

プラントウォークダウンの結果（チェックシートの一覧）を第1.2.2.a-2表に示す。プラントウォークダウンの結果、津波PRA上問題となる箇所は特に見当たらなかった。

(3) 今回実施した津波PRAの前提条件等について

今回実施した津波PRAについて、主に留意すべき点について以下に示す。

- 評価の前提条件
  - 地震が建屋、機器及び津波影響軽減機能に及ぼす影響は考慮せず、津波の影響のみ評価する。
  - 上記により、地震の重畳を考慮しないため各建屋地下開口部におけるシール部は健全であり、当該部からの浸水はないものと仮定する（なお、主要な開口部はプラントウォークダウン等で確認)。
  - 余震による荷重と津波による荷重の荷重組合せは考慮しない。
  - 機器の設置高さまで浸水することにより、当該機器が機能損傷すると仮定する。
  - 建屋内の止水対策は考慮しない。したがって、建屋外部の開口部から津波が流入した場合は、同一建屋の同一フロア以下全体が同時に浸水すると仮定する。
  - AM策や、緊急安全対策で実施した各対策については評価対象外とする。
- 評価対象機器抽出の考え方・方針

I. 内部事象レベル1PRA評価において、当該系統・機器が損傷することで炉心損傷に至る恐れのある系統・設備を抽出しているため、それらすべてを検討対象とする。

II. Ⅰでは対象外だったもののうち、津波により損傷することで起因事象が発生するもの（主給水系、循環水系等）や津波による影響として特有な設備（電気盤、建屋、取水構造物など）を機器配置図やプロットプラン等の図面により抽出する。

III. Ⅰ、Ⅱで抽出した設備について、津波により損傷・機能喪失するか又はその可能性が無視できるほど小さいかを検討し、損傷・機能喪失する可能性のある設備をフラジリティ評価対象として選定する。

IV. プラントウォークダウンにより、間接的被害を受ける可能性のある機器を追加し、機器リストを作成する。

- 津波ハザードについて
  - 今回の津波PRA評価で使用した津波ハザードは、平成25年７月８日の原子炉設置変更許可申請で使用しているものである。

② 津波により炉心損傷に至る事故シナリオと分析

(1) 事故シナリオの概括的な分析・設定

評価対象とすべき機器を選定すると共に、その影響（起因事象の発生、緩和設備への影響）を整理した。また、津波PRAで対象とする起因事象を選定し、津波シナリオを作成した。

ａ．機器の損傷・機能喪失原因となる津波の影響

津波による損傷・機能喪失要因の対象となる建物・構築物、システム、機器（以下、「SSC*1」という。）を整理したものを第1.2.2.a-3表に示す。

＊１：Structure, System and Component

機器の損傷・機能喪失要因について、以下の２つの観点から、今回の津波PRAでのフラジ

リティ評価対象外となるものを選定した（第1.2.2.a-4表参照）。

Ⅰ　津波PRA学会標準に準拠したスクリーニングが可能か否か

Ⅱ　重要事故シーケンス確認を目的とした津波PRAに対する有意な影響の有無

まず、Ⅰの観点から検討した結果、以下の損傷・機能喪失要因については、津波PRA学会標準の記載に基づき、評価対象外とする。

➢　海底砂移動及び洗掘

海底砂移動については、津波により海底にある砂が移動させられる現象であり、海水取水口では、海底砂移動により、取水障害が発生し、海水ポンプ、循環水ポンプ等に影響する可能性がある。また、津波の遡上により運ばれた砂利が現場操作に影響する可能性もある。

洗掘については、激しい川の流れや波浪などにより、堤防の表法面の土が削り取られる現象であり、防潮堤・防波堤・海水取水口等のコンクリート構築物の表面の土が削られ、破壊される可能性がある。（ただし防潮堤・防波堤は今回の評価対象外である。）しかしいずれの損傷・機能喪失要因についても、その諸元が特定できず、評価が現時点では困難であると判断されるため、津波PRA学会標準6.2項の記載に準じて対象外とする。

（津波PRA学会標準6.2項抜粋部）

“炉心損傷に至るまでの事象進展が不明確，あるいは評価技術が十分でないと判断される事故シナリオについては，定性的なスクリーニングに比重をおいて判断せざるを得ないことに留意する。

スクリーニングで除外されない事故シナリオを，9.事故シーケンス評価の対象とするか，又は，留意事項として報告書に記載する等，評価技術の成熟度を考慮した取扱いとする。”

次に、Ⅱの観点から検討した結果、『引き津波による水位低下』については、今回の目的のためには必須ではないと判断し評価対象外とする。

➢　引き津波による水位低下

『引き津波による水位低下』では、海水の潮位が低下して、海水を水源とするポンプ（海水ポンプ及び循環水ポンプ）の取水障害が発生し、キャビテーションでポンプが機能喪失することとなる。その後の事象進展は、押し津波により海水ポンプ又は循環水ポンプが損傷して発生するシナリオと同じであり、事故シーケンス抽出の観点においては押し津波の評価で包絡できると考え、対象外とする。

なお、引き津波の場合、サイト内の他の設備・機器が津波により損傷していないこと、引き津波の発生に気付き、ポンプを停止することができれば、水位が回復した後に、ポンプを再起動することも可能である。このため、事象発生後のシナリオは、押

し津波により海水ポンプや循環水ポンプが損傷した場合に比べ、炉心損傷に至る可能性は小さいと考えられる。

(2) 起因事象の選定

内部事象PRAで選定した起因事象について、津波の影響により直接的に発生するかどうかを検討し、津波により誘発される起因事象を選定した。選定の際の検討内容及び結果を第1.2.2.a-5表及び第1.2.2.a-5図に示す。起因事象として選定したのは以下の５事象である。

- ➢ 原子炉補機冷却機能喪失
- ➢ 外部電源喪失
- ➢ 主給水流量喪失
- ➢ 過渡事象
- ➢ 直接炉心損傷に至る事象

(3) 津波シナリオの作成

「起因事象を誘発させる機器の損傷高さ*2」と「緩和設備の損傷高さ*2」から津波高さごとにシナリオを区分した。第1.2.2.a-6表に津波シナリオ区分を示す。また、以下に各津波シナリオの特徴を記載する。なお、本評価での「水没」とは、海水が機器の設置高さに到達した時点をいう。

＊２：「機器の設置高さ」と「浸水口高さ」を比較し、高い方を「機器の損傷高さ」という。

・津波シナリオ区分１（津波高さ6.13m以上 ～ 13.3m未満）

本シナリオ区分では、屋外に設置されている海水ポンプ及び循環水ポンプの水没により起因事象「原子炉補機冷却機能喪失」及び「過渡事象」が発生する。また、従属的に「主給水流量喪失」も発生する。

・津波シナリオ区分２（津波高さ13.3m以上 ～ 13.8m未満）

本シナリオ区分では、主変圧器等の外部電源が水没し、起因事象「外部電源喪失」も発生するとともに、中間建屋、原子炉補助建屋、ディーゼル建屋等及び原子炉周辺建屋の開口部から浸水が始まり、13.8m未満に設置されている機器がすべて水没する。そのため、ディーゼル発電機も水没し、全交流動力電源喪失に至る。

・津波シナリオ区分３（津波高さ13.8m以上）

本シナリオ区分では、メタルクラッド開閉装置、パワーセンタ等の炉心損傷防止に必要な複数の電気盤が津波により水没し、プラントの制御ができなくなるため「直接炉心損傷に至る事象」となる。

(4) 建屋・機器リストの作成

重要事故シーケンス確認のための津波PRAにおいては、下記の３つの前提条件を考慮して、同一建屋の同一フロアを一つの津波浸水区画（ある浸水口からの津波の流入によって、同時に浸水すると考えられる区画）として設定する。

・建屋内の壁・床・扉等の止水対策を考慮しないものとする。したがって、建屋外部の開

口部から津波が流入した場合には、同一建屋の同一フロア以下全体が同時に浸水する。

・地下階の開口部から建屋への浸水はないものと仮定する。

・原子炉格納容器は密閉構造であることから、原子炉格納容器内には津波が流入しない。

また、津波によりプラントに影響を及ぼす代表的な機器を選定した機器リストの一部抜粋を第1.2.2.a-7表に示す。

1.2.2.b　確率論的津波ハザード

①　確率論的津波ハザード評価の方法

基準津波の超過確率の算出に用いた確率論的津波ハザード評価を行うに当たっては、津波PRA学会標準及び「確率論的津波ハザード解析の方法（土木学会2011)」を参考に実施した。

②　確率論的津波ハザード評価に当たっての主要な仮定

津波発生モデルとしては、以下に記す波源を想定し、検討を実施した。

・海域の活断層の地震に伴う津波

・背景的領域の地震に伴う津波

・遠地（南米沖）の地震に伴う津波

・南海トラフの地震に伴う津波

・日本海溝の地震に伴う津波

南海トラフに関しては、内閣府の南海トラフの巨大地震モデル検討会で提案されたモデル（Mw9.1）を考慮した場合においても、確率論的津波ハザード評価への影響はほとんどない。日本海溝に関しては、2011年東北地方太平洋沖地震津波の水位が小さい（鹿児島県・阿久根50cm）ことから、確率論的津波ハザード評価への影響はほとんどない。したがって、海域の活断層の地震に伴う津波、背景的領域の地震に伴う津波、遠地（南米沖）の地震に伴う津波を確率論的津波ハザード評価に用いた。

各波源の位置を第1.2.2.b-1図、第1.2.2.b-2図及び第1.2.2.b-3図に、ロジックツリーを第1.2.2.b-4図、第1.2.2.b-5図、第1.2.2.b-6図、第1.2.2.b-7図、第1.2.2.b-8図及び第1.2.2.b-9図に示す。

③　確率論的津波ハザード評価結果

津波PRAで使用したハザード曲線を第1.2.2.b-10図に示す。

今回の津波PRAでは、機器の設置高さや事故シナリオを検討した結果、津波PRA対象機器の中で最も低い津波高さで海水ポンプが機能喪失し、影響の大きい「原子炉補機冷却機能喪失」が発生するという観点で、取水口地点を選定した。

1.2.2.c　建屋・機器のフラジリティ

①　評価対象と損傷モードの決定

津波PRA学会標準では、屋外・屋内それぞれの評価対象物について考慮すべき損傷モードに関して記載されており、フラジリティ評価対象の検討を行った。結果として動的・電気的なSSCに対する「被水・没水」による機能損傷を評価対象とした（第1.2.2.a-4表参照）。

②　フラジリティ評価について

前項の検討を受けて、動的・電気的なSSCに対する「被水・没水」の損傷モードでは、津波水位が各機器の設置高さに到達した時点で、当該機器が確率1.0で損傷すると仮定した。結果、機器フラジリティは第1.2.2.c-1図に示すようにステップ状となる。また、対象機器の設置高さもしくは建屋の津波侵入口高さのうち、高い方を「機器の損傷高さ」としており、不確実さを考慮していない。

1.2.2.d　事故シーケンス

内部事象PRAのシステムモデルを基とし、内部事象PRAの評価条件の適用性及び津波PRA特有の評価条件の追加について検討した。

①　起因事象

(1) 評価対象とした起因事象について

前述のとおり、今回の津波PRAで選定した起因事象は以下の５つである。

- ➢ 原子炉補機冷却機能喪失
- ➢ 外部電源喪失
- ➢ 主給水流量喪失
- ➢ 過渡事象
- ➢ 直接炉心損傷に至る事象

各機器の損傷高さまで浸水した時点で、確率1.0で機能喪失すると評価していることから、起因事象発生頻度は第1.2.2.d-1表に示す津波発生頻度と同じである。

上述した「直接炉心損傷に至る事象」として津波シナリオ区分３（津波高さ13.8m以上）で発生する「複数の信号系損傷」が津波固有の事象である。

(2) 階層イベントツリーについて

選定した起因事象を基に、津波により発生する起因事象の影響の大きさを考慮して階層化して評価を行う。以下の方針に基づき津波PRA階層イベントツリー（ET）を作成する。第1.2.2.d-1図に津波PRA起因事象階層ETを示す。

- ➢ 津波による起因事象発生時の影響の大きさを考慮して、津波PRA階層ETのヘディングの順番を決定する。
  - ◇　建屋全体に津波が浸水して、重要な設備・機器（制御・保護機能で重要な電気盤

等）が複数損傷した場合には直接炉心損傷となる。また、津波の影響により全交流動力電源喪失が発生した場合にも、直接炉心損傷に至ることから、これらを最も重大な影響を及ぼすものとして最初のヘディングに設定する。

◇ 原子炉補機冷却水系が機能喪失した場合、外部電源及び補助給水に期待できる可能性がある一方、RCPシールLOCAの発生確率を1.0としており、ECCS注入系や格納容器スプレイ系等複数の緩和設備が機能喪失するため、炉心損傷に至る。したがって、影響の大きさから直接炉心損傷に至る事象の次のヘディングに設定する。

◇ 外部電源喪失は、非常用所内交流電源系（ディーゼル発電機の運転）に失敗すれば全交流動力電源喪失となるが、成功した場合には補助給水系による１次系の減温・減圧により炉心損傷とならない。したがって、原子炉補機冷却機能喪失の次に設定する。

◇ 主給水流量喪失と過渡事象では必要とする緩和設備は同じである。しかしながら、主給水流量喪失では、蒸気発生器による１次系の冷却が喪失するため事象進展が厳しい。したがって、外部電源喪失の次に設定する。

◇ 過渡事象は、主給水流量喪失より事故進展が緩やかな自動トリップ事象をまとめて扱うこととし、本階層ETの最後に設定する。

なお、原子炉補機冷却機能喪失及び主給水流量喪失又は過渡事象が発生した場合は、事象進展に対する緩和設備が原子炉補機冷却機能喪失の緩和設備で代表できること、また、原子炉補機冷却機能喪失に伴い従属的に主給水流量喪失及び過渡事象が発生することから、原子炉補機冷却機能喪失を代表して評価する。

② 成功基準

(1) 成功基準の一覧

炉心損傷防止の成功基準は、内部事象PRAと津波PRAでは相違がないため、内部事象PRAで設定した成功基準を用いる。なお、「直接炉心損傷に至る事象」については、緩和手段がないため成功基準を設定していない。成功基準一覧を第1.2.2.d-2表に示す。

使命時間については内部事象PRAと同様に24時間を考慮し、津波で損傷した機器の修理は期待していない。また、機能喪失した場合に大きな影響を及ぼす可能性のある空調系の室温評価については、福島第一原子力発電所での事故を踏まえ、７日後までに室内の許容温度を超える場合には、室内にある設備が機能喪失するとして、該当設備のモデル化要否について以下のとおり検討した。

・安全補機室空調装置

安全補機室空調装置の空気作動ダンパはフェイル・クローズのため、制御用空気系機能喪失で安全補機室空調装置が機能喪失する。評価対象としている最も低い津波高さで海水ポンプが水没する。海水ポンプの水没により制御用空気系も従属的に機能喪失する

ため、安全補機室空調装置も機能喪失する。したがって、津波PRAでは、安全補機室空調冷却装置のランダム故障のモデル化は不要である。

・電動補助給水ポンプ室換気装置

電動補助給水ポンプ室換気装置は、内部事象PRAにおいて既にモデル化されているため、津波PRAとして新たなモデル化は不要である。

・タービン動補助給水ポンプ室空調装置

評価対象としている最も低い津波高さで海水ポンプ水没による原子炉補機冷却機能喪失が発生する。ここで、水没した機器に対しては、復旧させるのに長時間掛かると考えられるため、タービン動補助給水ポンプ室空調装置喪失によるタービン動補助給水ポンプの機能喪失より先に、封水注入及びサーマルバリアによる冷却が機能喪失してRCPシールLOCAが発生するとともに、復水タンク枯渇により補助給水系による２次冷却系からの除熱機能も喪失する。したがって、タービン動補助給水ポンプ室空調装置のランダム故障のモデル化は不要である。

・制御用空気圧縮機室換気装置

評価対象としている最も低い津波高さで海水ポンプが水没する。海水ポンプの水没により原子炉補機冷却水系が機能喪失するため、制御用空気系も従属的に機能喪失する。したがって、制御用空気圧縮機室換気装置のランダム故障のモデル化は不要である。

・ディーゼル発電機室換気装置

評価対象としている最も低い津波高さで海水ポンプが水没する。海水ポンプの水没によりディーゼル発電機も従属的に機能喪失する。したがって、津波PRAでは、ディーゼル発電機室換気装置のランダム故障のモデル化は不要である。

・中央制御室空調装置

評価対象としている最も低い津波高さで海水ポンプが水没する。海水ポンプの水没により空調用冷水設備も従属的に機能喪失する。その結果、中央制御室空調装置も機能喪失する。したがって、津波PRAでは、中央制御室空調装置のランダム故障のモデル化は不要である。

・安全補機開閉器室空調装置

評価対象としている最も低い津波高さで海水ポンプが水没する。海水ポンプの水没により空調用冷水設備が喪失するため、安全補機開閉器室空調設備も従属的に機能喪失する。したがって、津波PRAでは、安全補機開閉器室空調設備のランダム故障のモデル化は不要である。

・蓄電池室換気装置

蓄電池室換気装置の空気作動ダンパはフェイル・クローズ運用のため、制御用空気系機能喪失で蓄電池室換気装置が機能喪失する。評価対象としている最も低い津波高さで海水ポンプが水没する。海水ポンプの水没により制御用空気系も従属的に機能喪失ため、

蓄電池室換気装置も機能喪失する。したがって、津波PRAでは、蓄電池室換気装置のランダム故障のモデル化は不要である。

③　事故シーケンス

(1) イベントツリー

起因事象の発生要因は津波と内部事象では異なるが、起因事象発生後の緩和設備は内部事象と同様の設備に期待する。そのため、内部事象のET（第1.2.2.d-2図(a)～(e)）を用いた。

④　システム信頼性解析

(1) 評価対象としたシステムとその説明

建屋・機器リストを使って対象範囲を明確にした。各系統の情報や依存性については内部事象と同等である。

(2) 機器損傷に関する機器間の相関の取扱い

基本は内部事象PRAと同じ相関性を考慮する（第1.2.2.d-3表参照）。補機冷却水系統等の冗長設備は基本的に同一フロア高さに設置されるため、機器が水没する場合は、冗長設備すべてが水没し機能喪失するとした。

(3) システム信頼性評価結果

a．フォールトツリーの作成

津波シナリオを基に、津波による機器への影響をフォールトツリーでモデル化する。ここで、以下の前提条件に従いモデル化方法を検討した。

- 建屋内の壁・床・扉等の止水対策を考慮しないものとしている。したがって、建屋外郭の開口部から津波が流入した場合には、同一建屋の同一フロア以下全体が同時に浸水するものとする。
- 同一建屋の同一フロアを１つの津波浸水区画としている。したがって、建屋外郭に浸水口が一つでもあれば、同フロアの津波浸水区画とそれ以下の高さにある浸水区画が同時に浸水する。

上記の前提条件から、本評価では津波シナリオで対象としているすべての機器の影響をモデル化するのではなく、以下の扱いで損傷した機器の影響及び依存関係の包絡性を考慮して、機器をカテゴリー化してモデル化した。

- 同一区画に設置され設置高さが同じ機器は、機器の種類に関係なく同時に損傷するものとして評価する。
- 津波により浸水した区画より下の区画に設置された機器は、機器の種類に関係なく損傷するものとして評価する。

以上を踏まえ、津波による影響をモデル化する機器は以下である。

・海水ポンプ

・電気盤（メタルクラッド開閉装置、パワーセンタ、主変圧器等）

ランダム故障については、内部事象PRAのモデルを活用し、津波による機能損傷を考慮したモデルを作成した。

b．主要なミニマルカットセット

システム信頼性解析の結果について、事故シーケンスごとの主要なミニマルカットセットの評価を実施した。評価結果について、第1.2.2.d-4表に示す。

(4) システム信頼性評価を実施せずに設定した非信頼度とその根拠

津波により海水ポンプが水没し原子炉補機冷却機能喪失が発生すると、機器の復旧には長時間かかると考えられるため、原子炉補機冷却水系の復旧はできず、RCPシールLOCAが必ず発生するとした。

⑤ 人的過誤

(1) 評価対象とした人的過誤及び評価結果

内部事象PRAでは事故前と事故後の人的過誤をTHERP手法を用いて評価している。これを基に津波PRAでの扱いを検討した結果を以下に示す。

a．事故前の人的過誤

内部事象PRAで対象としている事故前の人的過誤は、試験や点検等による戻し忘れであり、事象発生の起因が津波であっても変わることはないと考えられる。そのため、津波PRAでは内部事象PRAの評価対象から津波PRAでの対象範囲のシステムに関連した事故前の人的過誤を選定すると共に、人的過誤率も内部事象PRAの人的過誤率を用いる。津波PRA評価でモデル化した事故前人的過誤は、以下のとおりである。

系統名	運転操作エラー	HEP
原子炉補機冷却系（注入）	原子炉補機冷却水冷却器出口弁戻し忘れ	1.6E-03
海水系（注入）	海水ポンプ出口弁戻し忘れ	1.6E-03
換気空調系（制御用空気圧縮機室）	手動ダンパ戻し忘れ	1.6E-03
換気空調系（電動補助給水ポンプ室）	手動ダンパ戻し忘れ	1.6E-03

b．事故後の人的過誤

津波PRAの事故後の人的過誤は、以下の二つの扱いとする。なお、診断過誤については、津波における起因事象発生後の事象進展及び期待する緩和操作が内部事象PRAと同様であるため、内部事象PRAと同様の診断過誤率を使用するものとする。

・中央制御室による遠隔操作については、プラントへの影響があるレベルの津波が発生する場合、運転員は警報により事前に津波の襲来に備えることができることを考慮して、内部事象PRAと同様のストレスレベル“高”で評価した。よって、内部事象PRAと同じ人的過誤率を使用するものとする。

・現場操作については、運転員のアクセス性を考慮して、各フロアに海水が浸水しない津

波高さの場合は期待し、各フロアに海水が浸水する津波高さの場合は期待しない。

以上を踏まえ、モデル化した事故後の人的過誤は以下のとおりである。

起因事象	運転操作エラー	操作場所	HEP
原子炉補機冷却機能喪失 主給水流量喪失 過渡事象 手動停止	海水ポンプB(D)起動操作失敗	中央制御室	8.6E-04
	換気空調系安全補機風量低　警報読取失敗	中央制御室	8.3E-04
	蓄電池室給気ﾌｧﾝA(1VSF-30A)風量低　読取失敗	中央制御室	8.3E-04
	蓄電池室給気ﾌｧﾝA(1VSF-31A)風量低　読取失敗	中央制御室	8.3E-04
	蓄電池室給気ﾌｧﾝB(1VSF-30B)起動操作失敗	中央制御室	8.6E-04
	蓄電池室給気ﾌｧﾝB(1VSF-31B)起動操作失敗	中央制御室	8.6E-04

⑥　炉心損傷頻度

(1) 炉心損傷頻度の算出に用いた方法

計算コードRisk Spectrumを用いて、階層ETと各起因事象のET及びETのヘディングごとのフォールトツリー（FT）を用いたFT結合法により炉心損傷頻度（CDF）を算出した。

(2) 炉心損傷頻度結果

ａ．評価結果及び事故シナリオの説明

作成した津波PRAモデルを用いてCDFを算出し、以下に評価結果を示す。

(a) 津波シナリオ区分ごとの評価結果

津波シナリオ区分ごとの評価結果を第1.2.2.d-4表に示す。全CDFは3.8E-08（／炉年）となり、津波高さが最も低い津波シナリオ区分１（津波高さ6.13m以上～13.3m未満）がその大半を占める。津波シナリオ区分ごとの評価結果及び事故シナリオの概要を以下に示す。

・津波シナリオ区分１（津波高さ6.13m以上～13.3m未満）

津波シナリオ区分１のCDFは3.8E-08（／炉年）である。

本シナリオ区分では、屋外に設置されている循環水ポンプ及び海水ポンプの水没により起因事象「過渡事象」及び「原子炉補機冷却機能喪失」が発生する。また、従属的に「主給水流量喪失」が発生する。

・津波シナリオ区分２（津波高さ13.3m以上～13.8m未満）

津波シナリオ区分２のCDFは4.9E-12（／炉年）である。

本シナリオ区分では、主変圧器等の外部電源が水没し、起因事象「外部電源喪失」も発生すると共に、中間建屋、原子炉補助建屋、ディーゼル建屋及び原子炉周辺建屋の開口部からの浸水が始まり、13.8m未満に設置されている機器がすべて水没する。そのため、ディーゼル発電機も水没し、全交流動力電源喪失に至る。

・津波シナリオ区分３（津波高さ13.8m以上）

津波シナリオ区分３のCDFは1.2E-11（／炉年）である。

本シナリオ区分では、メタルクラッド開閉装置、パワーセンタ等の炉心損傷防止に

必要な複数の電気盤が水没し、信号系が機能喪失することでプラントの制御ができなくなり、直接炉心損傷に至る。

(b) 起因事象ごとの評価結果

起因事象ごとの評価結果を第1.2.2.d-5表に示す。今回の津波PRAでは起因事象を階層化して評価しており、6.13m以上の津波で発生する原子炉補機冷却機能喪失、13.3m以上の津波で発生する外部電源喪失、13.8m以上の津波で発生する直接炉心損傷に至る事象で代表しているため、主給水流量喪失、過渡事象によるCDFは定量化されない。

(3) 評価結果の分析

起因事象別のCDF寄与割合を示すパイチャートを第1.2.2.d-3図に示す。

海水ポンプはポンプモータ部の高さであるEL.6.13m以上の津波が発生した場合に没水により機能喪失し、「原子炉補機冷却機能喪失」により他の緩和設備の有無に関わらず炉心損傷へ至ることとなる。

この海水ポンプの機能を喪失する高さは、津波PRA対象機器の中で最も低く、津波発生時には最も早期に機能喪失する機器となることから、津波PRA評価においては「原子炉補機冷却機能喪失」が全体の約99.9%と、支配的となる。

なお、残りの0.1%については、EL.13.3m以上の津波の発生により主変圧器やディーゼル発電機等が没水し、「全交流動力電源喪失」に至る事故シーケンスや、EL.13.8m以上の津波の発生により、安全補機開閉器室等へ浸水し、複数の電気盤が機能喪失する事故シーケンスを考慮して「複数の信号系損傷」として整理しているものであるが、この時点で既に「原子炉補機冷却機能喪失」は発生しているため、津波から炉心損傷に至る要因は海水ポンプの機能喪失に起因するものといえる。

(4) 重要度解析、不確実さ解析及び感度解析

a. 重要度解析

i. 解析内容

今回の津波PRAでは、評価開始時点の津波高さで海水ポンプが機能喪失し、緩和手段がなくなり条件付炉心損傷頻度（CCDP）が1.0となってしまい、重要度解析を実施しても有益な結果が得られないため、内部事象や地震PRAのように重要度評価は実施せず、津波シナリオ区分ごとのCDFに対して、重要な設備を整理した。

ii. 解析結果

第1.2.2.d-6表に津波シナリオ区分ごとのシナリオ重要度整理結果を示す。津波シナリオについて重要な設備は海水ポンプであり、その寄与割合（シナリオ重要度）は1.0になった。海水ポンプが津波により水没するということが、CDFにとっていかに支配的であり、この設備に対する対策が重要であるということが分かる。これは、海水ポンプが6.13mの津波で機能を喪失した時点で、その依存関係にある設備も従属的に機能喪失し、緩和手段がなくなるためである。

b．不確実さ解析

ⅰ．解析内容

不確実さ解析は、フラクタイルハザードを10本に縮約したデータを用いて、信頼度ごとの津波発生頻度を津波区分ごとに算出し、全CDF及び事故シーケンス別CDFの5%信頼度値（下限値)、中央値、平均値、及び95%信頼度値（上限値）を評価した。津波フラクタイルハザードを第1.2.2.d-4図に示す。

ⅱ．解析結果

今回の評価における不確実さ解析は、評価対象となる津波高さにおいて、不確実さ幅が最小となる津波シナリオ区分１であっても、エラーファクタ（EF）は87となった。その主要因は津波ハザードの影響である。なお、不確実さを考慮した平均値は、点推定値とほぼ同値である3.8E-08（／炉年）となった。津波シナリオ区分２及び３では、EFが非常に大きくなり、工学的に意味がないものとなっている。これは、津波発生頻度が0.0となる信頼度の範囲（min%～40%）が存在するため、津波ハザードの不確実さ幅が非常に大きくなっており、下限値が非保守的となっているためである（第1.2.2.d-5図)。

したがって、CDFの約99.9%を占める津波シナリオ区分１の不確実さ解析結果が、全CDFに対する不確実さ解析結果と見なす事ができる。

また、津波PRAの不確実さ幅は、内部事象レベル1PRA及び地震PRAに比べれば大きくなるが、津波ハザードの幅が支配的であるということからも、その影響は津波PRAで現れるすべての事故シーケンスに対して一様であり、事故シーケンスごとのCDFの相対関係は変わらないため、重要事故シーケンス選定の観点からは影響がないことがわかった。

c．感度解析

ⅰ．解析内容

最も支配的な事故シーケンス「原子炉補機冷却機能喪失＋RCPシールLOCA」に対して、重大事故対策（移動式大容量ポンプ車による通水等）が整備されているものとした場合の感度解析を実施した。

第1.2.2.d-6図に、重大事故対策を考慮した場合の当該事故シーケンスのシナリオの整理結果を示す。「移動式大容量ポンプ車による通水」及び「原子炉補機冷却機能喪失に対する主要な対策」の非信頼度は、必要とされる運転員操作の詳細さや移動式大容量ポンプ車のように機器故障率データが現状整備されていない機器があるなどの不確実さ要因があることを考慮し、0.1と仮定した。

ⅱ．解析結果

第1.2.2.d-7表及び第1.2.2.d-7図に、感度解析結果を示す。「原子炉補機冷却機能喪失＋RCPシールLOCA」のみに対策を考慮することにより、全CDFは約１桁低減する結果

となった。この結果は、重要度整理の結果と同様に、津波の重要事故シーケンスとしては「原子炉補機冷却機能喪失＋RCPシールLOCA」が非常に支配的であり、様々な事故シーケンスが現れる他事象と違い、「原子炉補機冷却機能喪失」の事故シーケンスグループに対する対策を取ることができれば、全CDFに対してかなりの低減効果があるということを示している。

(5) まとめ

重大事故対策の有効性評価に係る事故シーケンスグループ等の選定に資するために、川内１号炉及び２号炉の津波レベル1PRAを実施した。炉心損傷頻度の平均値は3.8E-08（／炉年）となり、不確実さ解析の結果得られたエラーファクタ（EF）は87であった。津波シナリオとしては、海水ポンプが津波で機能喪失することにより「原子炉補機冷却機能喪失」が発生し、RCPシールLOCAが従属的に発生して炉心損傷に至るシナリオが支配的となった。

また、津波シナリオ区分ごとのCDFに対して重要な設備を整理した。さらに、最も支配的な事故シーケンスに対する対策が整備されているものとした場合の感度解析を実施した。これらの結果、津波シナリオについて重要な設備は海水ポンプであり、海水ポンプ機能喪失により発生する原子炉補機冷却機能喪失＋RCPシールLOCAへの対策を取ることで、全CDFに対してかなりの低減効果があることを確認した。

第1.2.2.a-1表　評価に必要な情報及び主な情報源

	PRA評価作業		情　　報	主な情報源
1	プラントの設計・運転の把握		PRA実施にあたり必要とされる設計、運転管理に関する情報	・内部事象出力時レベル1PRA で使用した設計図書（原子炉設置許可申請書、工事計画認可申請書、配管計装線図、電気系統図、プラント機器配置図、保安規定、運転基準） ・全体機器配置図、海水ポンプウェル全体図、建具配置図、換気空調設備図、構内配置図、海水ポンプ室竣工図、プラントウォークダウン
2	確率論的津波ハザード評価		対象サイトに影響を与え得る津波を発生させる地震発生様式に関する情報	・文献調査結果 ・地質調査結果
3	建屋・機器フラジリティ評価		プラント固有の建屋・機器の耐力評価ならびに応答評価に関する情報	・上記１の情報源
4	事故シーケンス評価	a)事故シナリオの分析と起因事象の分類	津波時に想定されるプラント状態	・上記１の情報源
		b)事故シーケンスの分析 ・成功基準の設定 ・イベントツリーの作成	・安全系などのシステム使用条件 ・システムの現実的な性能 ・運転員による緩和操作	・上記１の情報源 ・既往のPRA情報
		c)システムのモデル化	対象プラントに即した機器故障モード、運転形態	
		d)事故シーケンスの定量化	評価結果の妥当性を確認できる情報	

第1.2.2.a-2表　津波プラントウォークダウン結果

チェック項目 / 機器名称	①影響を受ける可能性のある機器の確認						②津波伝ば経路の確認	③建屋開口部の確認	総合評価（PRA、フラジリティ等の観点）
	①－１　影響を受ける可能性のある機器の確認（屋内設置の機器）		①－２　影響を受ける可能性のある機器の確認（屋外設置の機器）						
	１．対象機器の図面（配置図等）と外見上相違点はないか	２．対象機器の設置室に浸水口があるか	１．図面（配置図・構造図等）と外見上の相違はないか」	２．基礎ボルト（又は設置面溶接部）、及び支持構造物に外見上の異常（腐食・亀裂等）はないか（ボルトの場合は締め付けについても確認）	３．対象機器周辺の配管に外見上の異常（腐食・亀裂等）はないか	４．対象機器周辺に、間接的な影響を及ぼす対象物がないか	１．対象機器の設置区画への津波伝ば経路があるか	１．対象建屋開口部の図面（配置図等）と相違点はないか	
ディーゼル発電機	Y	Y	N／A	N／A	N／A	N／A	Y	N／A	問題箇所見当たらず
燃料油移送ポンプ	Y	Y	N／A	N／A	N／A	N／A	Y	N／A	問題箇所見当たらず
原子炉補機冷却水ポンプ	Y	Y	N／A	N／A	N／A	N／A	Y	N／A	問題箇所見当たらず
電動補助給水ポンプ	Y	Y	N／A	N／A	N／A	N／A	Y	N／A	問題箇所見当たらず
タービン動補助給水ポンプ	Y	Y	N／A	N／A	N／A	N／A	Y	N／A	問題箇所見当たらず
制御用空気圧縮機	Y	Y	N／A	N／A	N／A	N／A	Y	N／A	問題箇所見当たらず
メタルクラッド開閉装置	Y	Y	N／A	N／A	N／A	N／A	Y	N／A	問題箇所見当たらず
パワーセンタ	Y	Y	N／A	N／A	N／A	N／A	Y	N／A	問題箇所見当たらず
空調用冷凍機	Y	Y	N／A	N／A	N／A	N／A	Y	N／A	問題箇所見当たらず
主変圧器	N／A	N／A	Y	Y	Y	Y	N／A	N／A	問題箇所見当たらず
海水ポンプ	N／A	N／A	Y	Y	Y	Y	N／A	N／A	問題箇所見当たらず
機器搬入口室 ⇔ 屋外 境界扉（扉①）	N／A	N／A	N／A	N／A	N／A	N／A	N／A	Y	問題箇所見当たらず
使用済燃料輸送トラックアクセスエリア ⇔ 屋外　境界扉（扉②）	N／A	N／A	N／A	N／A	N／A	N／A	N／A	Y	問題箇所見当たらず
海水管ユリア開口部分	N／A	N／A	N／A	N／A	N／A	N／A	N／A	Y	問題箇所見当たらず
通路 ⇔ ﾀｰﾋﾞﾝ建屋 境界扉（扉③）	N／A	N／A	N／A	N／A	N／A	N／A	N／A	Y	問題箇所見当たらず
制御用空気圧縮機室排気ダクト	N／A	N／A	N／A	N／A	N／A	N／A	N／A	Y	問題箇所見当たらず
安全補機開閉器室 ⇔ ﾀｰﾋﾞﾝ建屋 境界扉（扉④）	N／A	N／A	N／A	N／A	N／A	N／A	N／A	Y	問題箇所見当たらず
D階段室 ⇔ ﾀｰﾋﾞﾝ建屋 境界扉（扉⑤）	N／A	N／A	N／A	N／A	N／A	N／A	N／A	Y	問題箇所見当たらず
通路 ⇔ ﾀｰﾋﾞﾝ建屋 境界扉（扉⑥）	N／A	N／A	N／A	N／A	N／A	N／A	N／A	Y	問題箇所見当たらず
ﾀｰﾋﾞﾝ動補助給水ﾎﾟﾝﾌﾟ室給気ﾌﾟﾗﾘ室 ⇔ 屋外　境界扉（扉⑦）	N／A	N／A	N／A	N／A	N／A	N／A	N／A	Y	問題箇所見当たらず

Y：YES、N：NO、U：調査不可、N／A：対象外

第1.2.2.a-3表　考慮すべき津波による損傷・機能喪失要因及び対象SSCの種類（1/2）

考慮すべき津波による 損傷・機能喪失要因	左記要因の対象となるSSCの種類（主要なSSC）
被水・没水	電気設備（ディーゼル発電機、電気盤、変圧器等） 電動機器（ポンプ、電動弁） タービン駆動ポンプ
津波波力	建物・構築物（海水取水口も含む） 防潮堤・防波堤※1 電気設備（ディーゼル発電機、電気盤、変圧器等） 電動機器（ポンプ、電動弁等） タービン駆動ポンプ 静的機器（配管、タンク等） 建屋開口部建具（扉、シール等の浸水対策を実施した建具等） 水密扉*2
流体力	建物・構築物（海水取水口も含む） 防潮堤・防波堤※1 電気設備（ディーゼル発電機、電気盤、変圧器等） 電動機器（ポンプ、電動弁等） タービン駆動ポンプ 静的機器（配管、タンク等） 建屋開口部建具（扉、シール等の浸水対策を実施した建具等） 水密扉※2
浮力	建物・構築物（海水取水口も含む） 静的機器（空気を保有するタンク等）
引き津波による水位低下	海水を水源とするポンプ

※1：本評価では、防潮堤・防波堤はないものとして評価
※2：本評価では、水密扉はないものとして評価

第1.2.2.a-3表　考慮すべき津波による損傷・機能喪失要因及び対象SSCの種類（2/2）

考慮すべき津波による 損傷・機能喪失要因	左記要因の対象となるSSCの種類（主要なSSC）
漂流物衝撃力	建物・構築物（海水取水口も含む） 電気設備（ディーゼル発電機、電気盤、変圧器等） 電動機器（ポンプ、電動弁等） タービン駆動ポンプ 静的機器（配管、タンク等） 建屋開口部建具（扉、シール等の浸水対策を実施した建具等） 水密扉※1
海底砂移動	建物・構築物（海水取水口も含む）
洗掘	建物・構築物（海水取水口も含む） 防潮堤・防波堤※2

※1：本評価では、水密扉はないものとして評価
※2：本評価では、防潮堤・防波堤はないものとして評価

第1.2.2.a-4表　津波による損傷・機能喪失要因と対象設備

対象となる設備・機器		設置場所	津波による損傷・機能喪失要因	「事故シナリオの概括的な分析・設定」におけるフラジリティ評価対象選定結果 ※津波PRA学会標準では6.1項～6.2項	「建屋・機器フラジリティ評価」における検討結果 ※津波PRA学会標準では8章	本評価における評価対象
動的・電気的なSSC	ポンプ、電動弁、電気盤等	屋内 屋外	被水・没水	フラジリティ評価対象	機器の損傷高さに水位が達した時点で、確率1.0で損傷するステップ状の関数でフラジリティとする。	○
			波力	フラジリティ評価対象	機器の損傷高さに水位が達した時点で機能喪失すると仮定しているため、それ以上の津波高さでしか発生しないこれらの損傷・機能喪失要因は、被水・没水の評価で包含できる。	－
			流体力	フラジリティ評価対象		－
			浮力	フラジリティ評価対象		－
			漂流物衝撃力	フラジリティ評価対象		－
	海水ポンプ、循環水ポンプ等海水を水源とする設備	屋外	海底砂移動及び洗掘	フラジリティ評価対象外 （諸元が特定できず、評価が現時点では困難であると判断されるため、津波PRA学会標準6.2項の記載に準じて対象外とする。）	左記で既にスクリーニング済。	－
			引き津波による水位低下	フラジリティ評価対象外 （今回の目的のためには必須ではないと判断し、対象外とする。）	左記で既にスクリーニング済。	－
静的なSSC	配管、タンク等	屋内 屋外	波力	フラジリティ評価対象	対象となるSSCが他の構築物等に囲まれていることなどにより、津波が直接衝突する位置にないことをウォークダウンや図面等により確認しているため、評価対象外とする。	－
			流体力	フラジリティ評価対象	原子力プラント内のSSCの耐震性の観点（基礎との設置、ボルトの固定）から、影響はないものと想定できるため、損傷・機能喪失要因の評価対象外とする。	－
			浮力	フラジリティ評価対象		－
			漂流物衝撃力	フラジリティ評価対象	波力に関する検討に包絡できるため、評価対象外とする。 （補足：漂流物が対象SSCまで到達する確率、対象SSCの評価対象部位に衝突する確率、及び衝突による損傷確率（フラジリティ）を考慮すると、漂流物がCDFに与える影響は、被水・没水による影響に比べて非常に小さいものと予想される。）	－
	各建屋	屋外	波力 流体力 浮力 漂流物衝撃力	フラジリティ評価対象	PRAで対象となるのは耐震Sクラスの非常に強固な建屋であり、これらのモードにおいて損傷に至ることは考えにくい。 具体的に記載すると、川内１号炉においては波高が13.8mに達した時点で開口部からの浸水によりSBOシナリオが発生する。ここで、GL.が13.0mであるため、建屋に衝突する水位は1m足らずであり、このような津波により耐震Sクラスの建屋が損傷に至ることは考えられない。したがって、建屋そのものに対する津波の影響は、今回の評価結果に影響を与えるものではないと言えるため、対象外とした。 （仮に損傷に至ったとしても建屋が全面的に崩壊するとは考えにくく、浸水による建屋内機器の損傷で包絡されると考えられる。）	－

第1.2.2.a-5表　津波により発生する起因事象の選定（1/2）

起因事象	評価対象 ○：対象 ×：対象外	検　　討　　内　　容
大破断LOCA	×	LOCA事象は、原子炉格納容器内の１次系圧力バウンダリの破損により発生する。原子炉格納容器内への海水の流入は起こらないことと、プラント内部であるため津波波力の影響を受けないことより配管破断は起こりえない。したがって、本事象は対象外となる。
中破断LOCA	×	同上
小破断LOCA	×	制御回路の誤動作により加圧器逃がし弁が誤開して、再閉止できない場合に発生が考えられるが、誤動作を誘発させるRTG主盤用端子盤等が水没する高さ（15.0m）の津波が発生した時には、既に直接炉心損傷に至っている。したがって、直接炉心損傷に至る事象に包絡可能なため対象外とする。
極小LOCA	×	原子炉格納容器内への海水の流入は起こりえないこと、及びプラント内部であるため津波波力の影響を直接的に受けないことから、配管破断は起こりえないため対象外とした。
インターフェイスシステムLOCA	×	制御回路の誤動作により余熱除去隔離弁が誤開した場合に発生が考えられるが、誤動作を誘発させる原子炉コントロールセンタ等が水没する高さ（13.8m）の津波が発生した時には、既に直接炉心損傷に至っている。したがって、直接炉心損傷に至る事象に包絡可能なため対象外とする。
主給水流量喪失	○	タービン建屋が浸水し、主給水ポンプ、復水ポンプあるいは常用系の電源設備等が損傷した場合に主給水系が機能喪失する。
外部電源喪失	○	変圧器等の外部電源設備は屋外に設置されており、津波による浸水で当該設備が損傷した場合には外部電源喪失となる。
２次冷却系の破断	×	２次冷却系の破断は、主給水管や主蒸気管はプラント内部にあるため津波波力の影響を直接的に受けないことから、配管破断は起こりえない。また、制御回路の誤動作により主蒸気逃がし弁が誤開して、再閉止できない場合に発生が考えられるが、主蒸気逃がし弁が水没する高さ（13.3m）以上でのみ、当該電気盤が水没するという関係にあるので、対象外とした。

第1.2.2.a-5表　津波により発生する起因事象の選定（2/2）

起因事象	評価対象 ○：対象 ×：対象外	検　　討　　内　　容
SGTR	×	浸水の影響で蒸気発生器の伝熱管が破損することは考えられないため、本事象は対象外とする。
原子炉補機冷却機能喪失	○	海水ポンプや原子炉補機冷却水ポンプ等が損傷した場合に、原子炉補機冷却機能喪失事象となる。
過渡事象	○	循環水ポンプや復水器真空ポンプ等が損傷した場合に、過渡事象となる。
手動停止※1	×	大津波警報等により運転員が手動停止することも考えられるが、津波によるプラントへの影響がない場合には内部事象PRAの範疇となる。一方、津波によりプラントに影響を与える可能性がある場合には、原子炉は自動トリップする、又は、津波到達までに原子炉を手動停止できる可能性も高く、手動停止後に津波によるプラントへの影響があった場合でも、その影響ごとに起因事象に分類可能なため、対象外とする。
ATWS	×	原子炉の停止機能は要求される使命時間が短いので、実際の津波を想定した場合、「要因となった地震」又は「津波警報を受けての手動停止」として達成される機能と考えられるが、トリップの有無に関わらず、これらの機能喪失シーケンスは内部事象、地震のイベントツリーで代表されることから、津波においては対象外とする。
DC母線１系列喪失	×	直流電源に関連する電気盤は、両トレンとも同じ高さに設置されており、津波の影響でDC母線１系列のみ喪失することはないため、対象外とした。
直接炉心損傷に至る事象	○	津波により建屋全体が浸水して、重要な設備・機器が複数損傷して直接炉心損傷に至る事象である。代表プラントでは制御・保護機能で重要な電気盤の損傷や中央制御室の水没により直接炉心損傷となる。

※１：津波PRA学会標準附属書Nに、

“津波PRAで対象とするような津波来襲時には，以下の理由によって、原子炉が停止している可能性が高いものと考えられる。

・近地津波の場合、津波発生の起因となる地震動を原子炉施設が感知し、自動停止する可能性がある。

・原子炉施設に対して影響が発生する高さ以上の津波警報が発せられた場合、津波到達までに原子炉を手動停止する可能性がある。”

という記載がある。本津波PRA評価では、この記載に則り、検討した結果を上表にまとめた。