

女川原子力発電所 2 号機の安全性に関する検討会 論点一覧 への考察

REV2 : 2015 年 2 月 2 日

山梨地方自治研究所 理事 工学博士
渡辺敦雄

第1章 緒言

本書は、2014 年 11 月 11 日（第 1 回）、12 月 24 日（第 2 回）にわたって実施された首記検討会に関し、主として「論点一覧」（第 2 回検討会の、資料—1）に関する、見解書である。本書の構成は以下のとおりである。

第 2 章：全体にかかわる意見

第 3 章：第 2 回安全性検討会 資料—1（論点一覧）に対する意見

第 4 章：「東北電力の新規性基準適合性審査に係る申請の概要」に対する批判
（第 1 回安全性検討委員会資料、資料 3）

第2章 全体にかかわる意見

2. 1 地震対策は、断層対策で無ければならない

(1) 原発の耐震設計では、断層は考慮していない。

これゆえ、活断層上には原発は立地できない。(原発立地指針)

断層に対してはどのような対応策を講じても健全性を100%維持できる原子力発電所はありえない。

(2) 断層を想定した場合の問題

断層が生じると、以下の問題が生じる。この対策は打てない。

- ① 建屋間の配管やケーブル破断：水源、電源確保が困難
- ② 構内道路の寸断：「大容量送水ポンプ車」、「電源車」、「可搬型熱交換器」など緊急車両の通行が不可能になったらどうするのか。

東北電力は近傍には活断層は無いと否定するが、島村(注1)は、表1-1に示す近年の日本の大地震はすべて、その時点で活断層と認められていなかったところで起きた、と論じている。

2011年の東北地方太平洋沖地震も、3連動地震と言う地震学者の誰もが予想しない巨大地震であった。

西暦年	地震名
2000	鳥取県西部地震
2004	新潟県中越地震
2005	福岡県西方沖地震
2005	千葉県北西部地震
2007	能登半島地震
2008	岩手・宮城内陸地震

表1-1 近年の日本の大地震

日本には約2000の活断層が存在し、政府の調査はその5%、110箇所に過ぎない。日本の地震は断層の場所も、大きさも予測ができないと言わざるを得ない。

(注1) 島村英紀「地震国日本、活断層だけを注視した動きは危ない」『エネルギーレビュー』2013年10月号、p.11

(3) 1F 事故の地震波と余震回数を反映すべきである

- ・東北地方太平洋沖地震（以下 F 地震）の地震波は、約 180 秒続き、余震は数百回を超えた。（下図）
- ・構造物の健全性解析では、この地震波の長さと、余震をすべて考慮すべきである。
- ・具体的には以下。
 - ① 70 秒の地震予想波が 5 回以上連続して続くことを仮定した、疲労解析をするべきである。
 - ② また、4033gal（国内観測最大）の加速度と約 180 秒の長期地震波（国内観測最大）を組み合わせるべきである。

・3月11日14時46分ごろ、東北地方の東方沖でマグニチュード(M)9.0の地震が発生
 ・震源(地下の断層運動の出発点)は宮城県牡鹿半島の東南東約130kmの深さ24kni付近であるが、断層運動は北方及び南方に拡大し、震源断層面は南北の長さ約450km、東西の幅約200km
 ・時間は約180秒に及び、その間中、地震波を放出した。
 ・東電のGPS灘量等によると敷地全体が約60cm沈降した

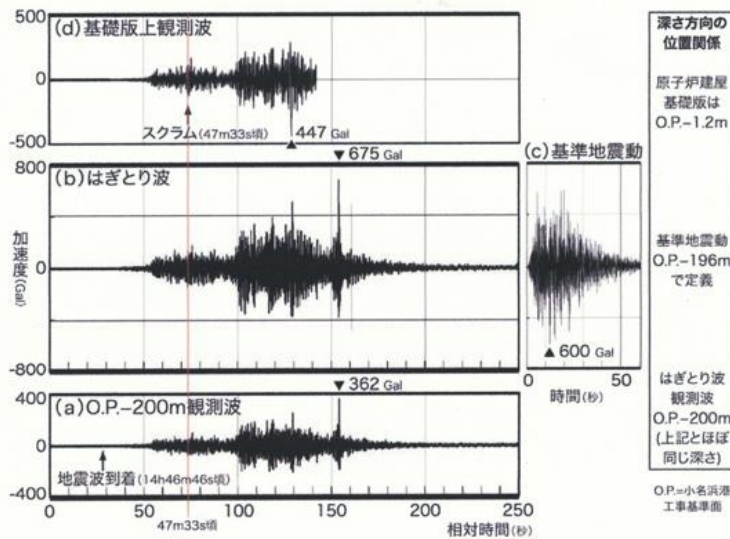


図2.2.1-1 東北地方太平洋沖地震による福島第一原発の揺れと基準地震動の加速度時刻歴波形（一

2. 2 大飯原発 3, 4 号機運転指止訴訟に関する福井地裁の判決（以下判決）を尊重しなければならない

（1）判決では、その地方で想定される最大地震動ではなく、日本の過去に生じた最大地震動（具体的には、2008 年 6 月 14 日に発震した、岩手・宮城内陸地震の最大過速度=4022gal）で評価すべきである、としている。「『トランポリン効果』（観測点が断層の真上にあつたため表層付近の地盤が大加速度で部分的に粒状体的な振る舞い）」との主張にたいしては「例外も考慮せよ」と排斥。

（2）今回の東北電力の想定値、地震最大加速度が東日本大震災時=575.5gal、今回の想定=Ss-1=640gal、Ss-2=1000gal、では不十分。

（津波高さ=23.1mの根拠となった地震のマグニチュードは不明）

（3）浜岡原発では、規制委員会はマグニチュード 9.6 を要求している（注：文献 2=原子力規制委員会編、参考資料 1 3 - 3 基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド（案）現時点（平成 25 年 6 月 6 日）での修正案。）。女川原発もそのときの加速度および津波高さの想定値を考慮しなければならない。

[参考]

文献 2（2） プレート間地震に起因する津波の波源設定の対象領域の例示

日本周辺海域における既往津波の発生の有無に捉われることなく、日本周辺のプレート構造及び国内外で発生した Mw9 クラスの巨大地震による津波を考慮すると、プレート間地震に起因する津波波源の設定は、解説図 1 に示す 3 つの領域が対象となる。各領域範囲を津波波源とした場合の地震規模を以下に示す。（地震規模は参考値である。）

- ① 千島海溝から日本海溝沿いの領域（最大 Mw9.6 程度）
- ② 伊豆・小笠原海溝沿いの領域（最大 Mw9.2 程度）
- ③ 南海トラフから南西諸島海溝沿いの領域（最大 Mw9.6 程度）

2. 3 複合災害の考察不足

(1) テロの具体性、隕石、航空機の衝突などの考察

テロの具体性があいまいであり対応策が提示できていない。

さらに、「予想される自然現象」として「敷地の自然環境を基に、洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山噴火の影響、生物学的事象、森林火災、隕石等」を重畳させなければならない。

超巨大火山噴火（注）への考察もない。「過去の実績から自然現象を重畳」とあるが、そもそも予測できない自然現象は「組み合わせる必要がない」という断定は誤っていると考えられる。

超巨大火山噴火の過去最大の降灰量を予測し、同時に雨天の場合、緊急車両が構内を通行できない（灰と雨で、車は通行ができないと思われる）場合、冷却材喪失事故が生じたら冷却機能のバックアップができない、といった、事象考察が必要である。

（注）①2万5千年前：始良火山→日本中に火山灰、②7千5百年前：鬼界カルデラ大噴火→東日本にも火山灰、③洞爺カルデラ：約11万年前]に巨大な噴火。この大規模な噴火による火山灰は北海道から東北にかけての広い範囲の地層に見られる。

航空機の衝突時の対応が、主要建屋からはなれた場所に予備電源など設置と言う、対症的な方法しかせず、不十分である。

(2) 依然として「単一故障基準＋多重防護」＋確率論的安全評価

福島第一原子力発電所事故（以下1F事故）ですでに設計哲学として破綻した、「単一故障基準＋多重防護」の設計概念が依然として適用されている。

1F事故で実際に生じた共通原因故障（多重系が、いろんな原因で同時故障）に学ばなければならない。

2. 4 確率論的リスク評価（以下 PRA）あるいはイベントツリー解析、の考察

（1）重大事故定義

原発において、重大事故とは、理由のいかんに関わらず、「市民の放射線被曝」である。これをトップ事象とした、PRA をすべきである。このとき、以下の考慮が必要である。

① トップ事象を誘引する理由となる下位の事象には、「ばかげている」と思われる事象でも考察し、その事象原因を排除する（対策を打たない）場合は根拠を市民に示さなければならない。

② 例えば、「隕石落下」「テロ」「航空機の衝突」など

（2）イベントツリー（注）の否定的見解

・イベントツリー解析が有効であるためには、①「事象を余すことなく取り上げる」②「技術的に有効な対策があること」③「その対策が実施可能なこと」が必須。

・事態が深刻であるほど、混乱と焦燥の中で従業員に適切、迅速な措置を取ることは求めることができない。→ヒューマンエラーの認定

・「事故時の事象の把握が困難」な例として、国会事故調が指摘している「小配管破断」を例示した。

（注）イベントツリー解析（Event Tree Analysis：ETA）は、定量的な安全性解析手法。システム最小単位（弁、配管、ポンプなど）の故障を初期事象として、これが最終的な事故事象になる過程を、樹木の枝分かれ状に展開して解析するもの。初期事象の発生確率から次の事象に分岐する確率が分かれば、中最終の事故確率が解析可能。

（3）安全余裕の否定

判決は、基準を超えれば設備の安全は確保できない、とした。

（4）イベントツリーの否定的見解

筆者はイベントツリーは「あらゆる事象の可能性」を考えるためのツールとしては有効であると認識している。しかし、福井地裁は、「イベントツリー有効3原則」のうち「事象を余すことなく取り上げる」ことが、関西電力ではなされていないことを見抜いた。

・電力会社側の論理は、「対処できる事象のみ」採用している。その結果、例えば、川内原発で問題視されている「超巨大火山の噴火との複合震災」や、「地震と配管破断の同じ事象およびそれに基づく水力学的動荷重」を考慮することがない。このことを指弾しているのである。

・事故時の人間の振る舞いを「操作を誤ることを前提とする」すなわち、ヒューマンエラーを考慮せよと言っていることも注目すべきである。

・現状の電力会社のすべては、以下の前提で対策案を立てている。この前提こそ対策案の不完全性であるとしている。

- ① 事故時に所員やリーダーが発電所にいる
- ② 所員は誤らずに作業をする
- ③ 道路はどんな地震でも健全である

人格権を放射性物質の危険から守るとの観点からみると、「安全技術と設備は、確たる根拠のない楽観的な見通しの下に初めて成り立つ脆弱（ぜいじゃく）なもの」と判決では断定している。その前提である安全余裕は、ないと考えるべきである。

2. 5 原子炉格納容器（以下 PCV）の圧力抑制装置（以下 SC）の水力学的動荷重の考察

（詳しくは文献1、渡辺敦雄、水素爆発をもたらしたものは何か、（Mark I 型原子炉格納容器の圧力抑制室に関する水力学的動荷重問題）、科学、岩波書店、Dec.2011,Vol.81 No.12, pp1239 ~1245、参照）

（1）女川原子力発電所第2号機は、PCVはMark I改良型である。

1974年～5年当時GE社員ブライデンボー氏はMark IIなどの開発を進行中に、Mark IのLOCA時のSC構造物の健全性に関し重大な疑問を呈し発表した。

（2）SCに関する水力学的動荷重

水力学的動荷重は概略以下の5種の要因により発生する、SCのプール壁面、ベント管系、リングヘッダーおよびダウンカマなど各構造物への水力または気体によるドラッグ荷重（抗力）や推力などの時系列動的荷重である。

- ① 破断発生直後に生じる圧力波により、プール壁面に加わる荷重（ F_w ）
 - ② LOCAによって生じるDW内の非凝縮性圧縮窒素、およびDWからSC内に移動し凝縮されるはずの蒸気による、SC各構造物へのジェットインピンジメント（ジェット衝突）力（ F_j ）
 - ③ Mark IのLOCA時に発生するプールのスエリング現象による動的荷重（ F_p ）
 - ④ SC内に移動し凝縮中に生じるチャギング現象による動的荷重（ F_c ）
- 地震時にSC内に貯留された水が揺動し、SC各構造物へ与える衝撃力、即ち
- ④ スロッシング現象（地震によって固有値を有するプール水の、共振現象）による動的荷重（ F_s ）

1F1では、ダウンカマの空間露出が、水素爆発を引き起こした要因の一つであると考え、ダウンカマの空間露出から水素爆発に至るプロセスを以下のように推定した。要するに地震が事故による住民の被ばく不安の原因であった可能性を否定できない。

- ① ダウンカマの空間露出
- ② 未凝縮蒸気のSCへの漏えい
- ③ SCの圧力上昇
- ④ 真空破壊弁により、DW/SCの圧力平衡
- ⑤ DW/SCの圧力上昇→0.7MPa
- ⑥ PCVからの、水素および放射能漏えい→PCV機能喪失
- ⑦ 水素爆発による周辺地域への放射能漏えい

（3）「地震荷重+水力学的動荷重」を考慮せよ

以上のすべての水力学的動荷重と地震荷重を加えた構造解析をすべきである。

第3章 第2回安全性検討会 資料—1（論点一覧）に対する見解

3. 1 見解と追加して検討すべき項目を表1に示す。

No. 注1	見解	補記
10	<p>Mark I 改良型は、原子炉格納容器（以下 PCV）としては複雑な形状をしている。特に以下の継手等形状変更部分の健全性を評価すべきである。</p> <p>（1）ベント管、（2）ベントベローズ、 （3）ベントヘッダー及びダウンカマー、（4）真空破壊弁、マンホール （5）Tクエンチャーなどの主蒸気逃し安全弁蒸気噴出部 （6）圧力抑制室（以下 SC）</p>	<p>「地震荷重＋水力学的動荷重」で評価すること</p>
34	<p>・第2章2. 1の（3）の疲労解析をすべきである。 この項目は、地震後の健全性評価だから、今後の健全性を評価する場合に疲労破壊を考慮すること。</p>	
40	<p>SC内のすべての構造物（注2図、およびNo.10に示した構造物参照）を検証すべきである。</p>	
44	<p>なぜ4033galを採用しないのか。</p>	<p>福井地裁判決参照</p>
52	<p>マグニチュード9.6の地震時は、津波高さはどうなるか</p>	
56	<p>始良火山、鬼界カルデラ、洞爺カルデラなどの同規模噴火時の降灰量予測と雨天時の冷却材喪失事故（降灰＋雨＋LOCA）の同時事象での緊急車両の運行不可能についての考察</p>	
58	<p>地震（断層＋配管破断＋ケーブル破断＋道路亀裂や沈降・隆起など）＋火山降灰＋雨＋LOCA＋テロ＋自然災害＋人的ミス、などのすべての事象の同時事象による対策はあるのか。 考慮しないなら、その根拠は何か。</p>	
69	<p>PSA(確率論的安全評価)を採用するなら、2.4で論じた考察をすべきである。つまり、トップ事象（最大想定事故）にいたるすべての家庭が含まれているかを評価しなければならない。</p>	
76	<p>公衆の被曝評価</p> <p>（1）仮に福島事故並みの放射能放出（ヨウ素換算＝10^{18}Bq）があった場合、フィルタベント系が有効に作用したとしても、10^{15}Bqと予測される。</p> <p>（2）10^{15}Bqがどのように、環境に拡散されるのか。</p> <p>（3）聴覚障害者への事故初動告知は非常に困難と予測されるが可能か。</p>	

77	自動車利用が厳しい住民（例えば、高齢者や身体障害者など）への自動車派遣があるのか。また、その運転手の確保は可能なのか。	
80	テロの具体例。例えば、原子炉へのミサイル攻撃、非常用冷却海水系への手りゅう弾攻撃	
その他	PCV 内が高圧になった場合、主蒸気逃がし安全弁は、必ず作動するか。 (注3)	1F 事故では不 作動であった

表 1 論点一覧に関し見解と追加して検討していただきたい項目

注 1：論点一覧の No.同順

注 2：下図

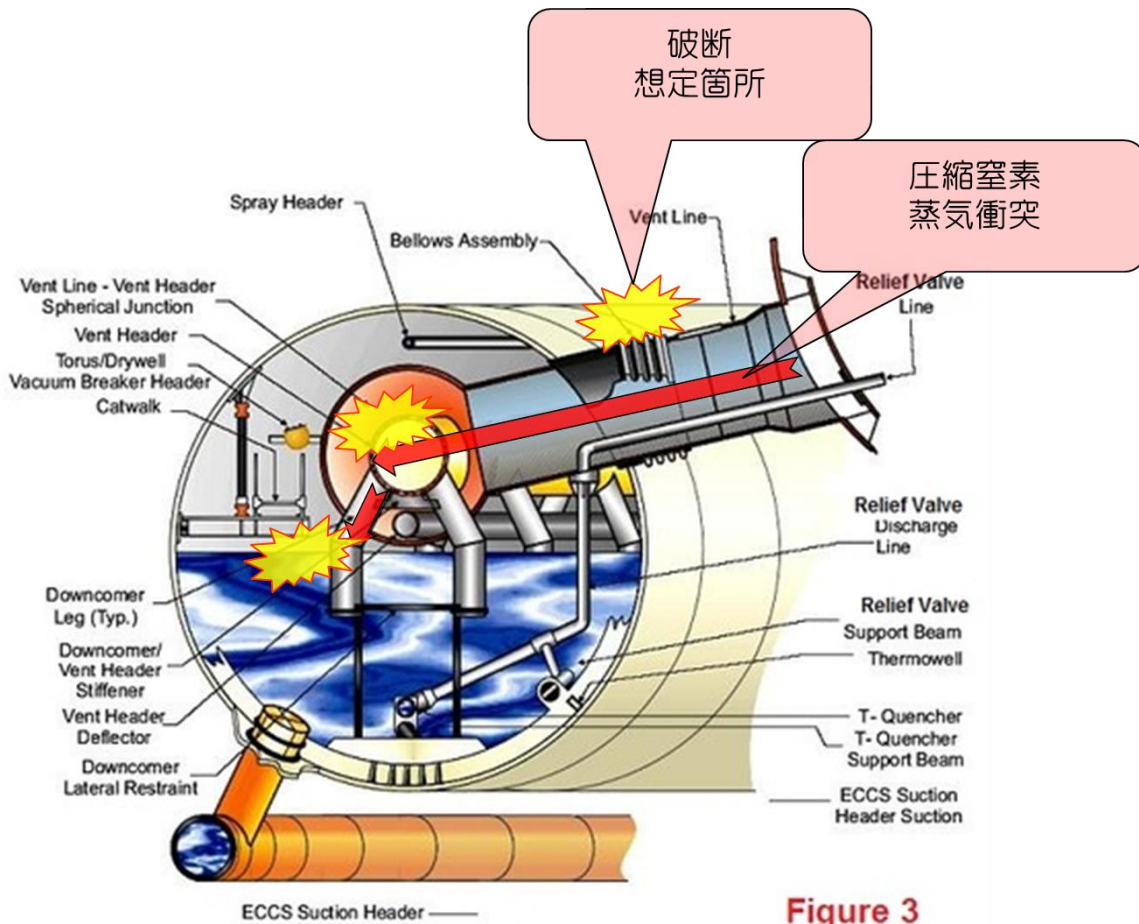
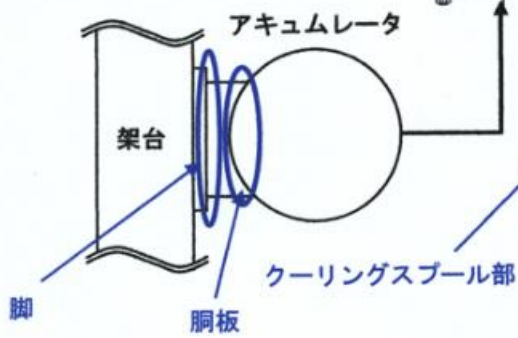


Figure 3

注3

外圧が高いと作動しない？

②中央制御室からの手動操作により、アキュムレータから窒素ガスが主蒸気逃がし安全弁のアクチュエータに供給され、弁が開放する。



主蒸気逃がし安全弁

アクチュエータ

バネ

ボンネットボルト

排気

原子炉圧力

①原子炉圧力が上昇し、主蒸気逃がし安全弁に組み込まれているバネ圧を超えると弁が開放し、バネ圧を下回ると閉鎖する。

第4章 「東北電力の新規性基準適合性審査に係る申請の概要」に対する批判
(第1回安全性検討委員会資料、資料3)

首記資料3のP23のコピーを検討番号を付記して図1に示す。

朱記した番号同順で意見を表2に記す。

朱記番号	意見
1	全国で最大の地震加速度 4033gal の採用
2	同上の荷重条件+地震波の長さ、180秒+余震での疲労解析と、フルスケール耐震実験データの提示
3	Mt = 9.6 での津波予測
4	建屋貫通孔、特にケーブル貫通孔の水密性のデータ
5	「降灰+雨」の構内道路状況
6	—
7	ケーブル貫通孔の水密性
8	送電線の鉄塔倒壊対策
9	—
10	発電機電線の破断対策、電源者の「降灰+雨」または、「道路の断層寸断」対策
11	淡水貯槽への接続配管破断の場合は？、可搬方注水設備の「降灰+雨」または、「道路の断層寸断」対策
12	同上
13	同上
14	作動するか、ヒューマンエラーのとき
15	「降灰+雨」または、「道路の断層寸断」対策、
16	—
17	—
18	水蒸気爆発の危険性評価は？、サンドクッション部の異材継ぎ手の熱膨張差による、亀裂の可能性評価
19	シルトフェンスは、放射能の完全封鎖は不可能。シルトフェンスの底部から外洋への拡散
20	内圧が上昇すると、PCV 電気貫通孔から水素が漏洩する
21	—
22	現場に行ったときの被曝推定、ヒューマンエラーなど

2 3	そもそも非番の運転員などが、発電所外部から、構内に入れるのか（自身や津波での道路の寸断と交通手段の確保が可能か）
2 4	燃料プールの再臨界防止対策（使用済み燃料の形状管理）はどうか。

表 2 朱記した番号同順での意見

参考② 新規制基準で求められる主な対策

新規制基準の構成		規制要求内容	主な対策内容		
設計基準対象施設(強化)	自然現象に対する対策	地震	敷地で発生する可能性のある地震動として、適切な基準地震動が策定されていること	3.11地震等で得られた知見を踏まえ、地震発生様式毎に敷地周辺で起こりうる想定地震の再評価を行い、基準地震動を策定	↓
			基準地震動による地震力に対して、安全機能が損なわれるおそれがないものであること	耐震工事の実施	2
		津波	最新の知見を踏まえ、適切な基準津波が策定されていること	3.11地震等で得られた知見を踏まえ、地震発生様式を踏まえた基準断層モデルを用いて想定津波の再評価を行い、基準津波を策定	3
	基準津波に対して、安全機能が損なわれるおそれがないものであること		防潮堤・防潮壁の設置、建屋扉の水密化 他	4	
	その他自然現象(竜巻・火山活動等)	竜巻、火山等により安全性が損なわれないこと	[竜巻対策]屋外配置の資機材の固縛 他 [火山灰対策]空調フィルタの予備品準備 他	5	
	火災防護対策	火災により安全性が損なわれないこと	難燃ケーブルの使用、自動消火設備の設置、防火壁の設置 他	6	
	内部漏水対策	漏水により安全性が損なわれないこと	貫通部の止水処理、扉の水密化、配管の耐震性向上 他 → ケーブルは	7	
その他(外部電源対策等)	電気系統の信頼性確保	送電線回線の物理的分離などの信頼性確保 他	8		
重大事故等対処施設(新規)	炉心損傷防止対策	停止	原子炉緊急停止失敗の場合の対策	代替制御棒挿入機能、代替原子炉再循環ポンプトリップ機能の設置 他	9
		電源	必要な電源の確保	ガスタービン発電機の設置、電源車の追加配備、可搬型代替直流電源設備の配備 他	10
		冷却・減圧	必要な水源の確保	淡水貯水槽の設置、可搬型の注水設備は海水利用可能な設計 他	11
			原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時の対策	可搬型代替直流電源設備による原子炉隔離時冷却系への給電、高圧代替注水系の設置 他	12
			原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時の対策	低圧代替注水系(常設)の設置、大容量送水ポンプ車の配備 他	13
			原子炉冷却材圧力バウンダリの減圧対策	主蒸気逃し安全弁駆動用ポンプの増配備 他	14
	最終ヒートシンク(最終的な熱の逃がし場)確保	可搬型熱交換器の配備、格納容器圧力逃がし装置(フィルタベント系)の設置 他	15		
	事故後の影響緩和対策	格納容器損傷防止	格納容器内雰囲気冷却、減圧	格納容器代替スプレイ冷却系の設置 他	16
			格納容器の過圧破損防止	格納容器圧力逃がし装置(フィルタベント系)や格納容器頂部注水系の設置 他	17
			格納容器下部に落下した溶融炉心の冷却	格納容器下部注水(ペDESTAL)系の設置 他	18
		放射性物質の拡散抑制	格納容器破損時等の放射性物質の拡散抑制	放水砲の配備、シルトフェンスの配備 他	19
	格納容器内の水素爆発防止		格納容器圧力逃がし装置(フィルタベント系)の設置 他	20	
	基盤整備	中央制御室	原子炉建屋内の水素爆発防止	静的触媒式水素再結合装置の設置 他	21
			重大事故が発生した場合において運転員がとどまるための必要な設備の設置	空調、照明等への代替交流電源設備からの給電、運転員への重大事故時に求められる被ばく基準を満足するための換気および遮へい設計 他	22
	緊急時対策所	重大事故等に対処	代替緊急時対策所の設置(3号機の原子炉建屋内)。これに加え、更なる信頼性向上の観点から、新たに建設する免震重要棟内へ「緊急時対策所」を設置(その時点で代替緊急時対策所は廃止)	23	
使用済燃料プール(冷却)	使用済燃料プールの冷却	燃料プール代替注水系、燃料プールスプレイ系の設置 他	24		

図1 資料3のP23のコピーを検討番号を付記(朱記)