

# 原子力発電所の再起動問題

## 安全性についての 公正な議論を始めるための条件

2012年4月24日

佐藤 暁

原子力コンサルタント

## 概要(1)

### 30項目の対策について

- 四大臣連名で発行された「**…再起動にあたっての安全性に関する判断基準**」が技術的根拠とする 30項目の対策 の原典である原子力安全・保安院による「**…技術的知見について**」は、それ自体は入念な調査結果に基づくもので、有益な情報を含んだもの。但し、
- 過酷事故の防止策に偏重気味で、一旦過酷事故に至ってからの緩和と緊急対応の領域が不十分。
- 国外の権威ある機関からの提言が活かされていない。
- 福島事故から汲み取るべき多くの教訓が言及されておらず、将来に活かされないまま忘却されてしまう懸念がある。
- 国による国民に対する安全の押し付けと事業者に対する再起動のプレッシャーが感じられる。

## 概要(2)

### ストレス・テストについて

- ストレス・テストは、一次、二次に拘らず、原子力安全のフルスコープ評価ではない。
- IAEA が掲げている安全目標の“グローバル・スタンダード”に対する諸対策実施前後の適合状況が定量的に示されていないため、実施された諸対策が、どれだけ安全性の向上として寄与したのかが分からない。
- 地震に対する従来の設計基準が非保守的であるため超過が頻発。そのように設定された設計基準と比較してのストレス・テストでは、計算結果の尤度に定量的な意味を見出し難い。
- 津波に対する設計基準の確率論的根拠が不明であり、そのような設計基準と比較してのストレス・テストでは、計算結果の尤度に定量的な意味を見出し難い。

3

## 概要(3)

- 設計基準は、国際的に認められた最新の確率論的ハザード評価に基づいて設定されるべきで、これをストレス・テストの二次評価の出発点とすべき。定量性のない設計基準では、二次評価の実施が不可能。
- 本来は、予め対象項目を選択したストレス・テストではなく、リスク全般の評価を網羅する IPE/IPEEE のアプローチが望ましかった。
- 現行の取組み方では、安全対策への投資と安全性の向上との関係が不明。単に世論に対する迎合性を優先してしまっている可能性がある。真の安全性の向上に重点を置くべき。

4

# 概要(4)

## 再起動の議論を始めるための条件(17項目)

- 事業者に対する条件(9項目)
- 国に対する条件(9項目)
- 必ずしも全てが解決している必要はない。但し、解決のための明確な方針と期限に関するコミットメントが必要で、当面の弱点を補完するための有効な代替措置が必要。
- 深刻な国の不作為によって犠牲を強いられるのは、周辺住民だけでなく、電力会社も同じ。是正のために一緒に立ち上がろう。欠陥行政の片棒を担ぐべきではない。
- 今が是正のためのラスト・チャンス。

5

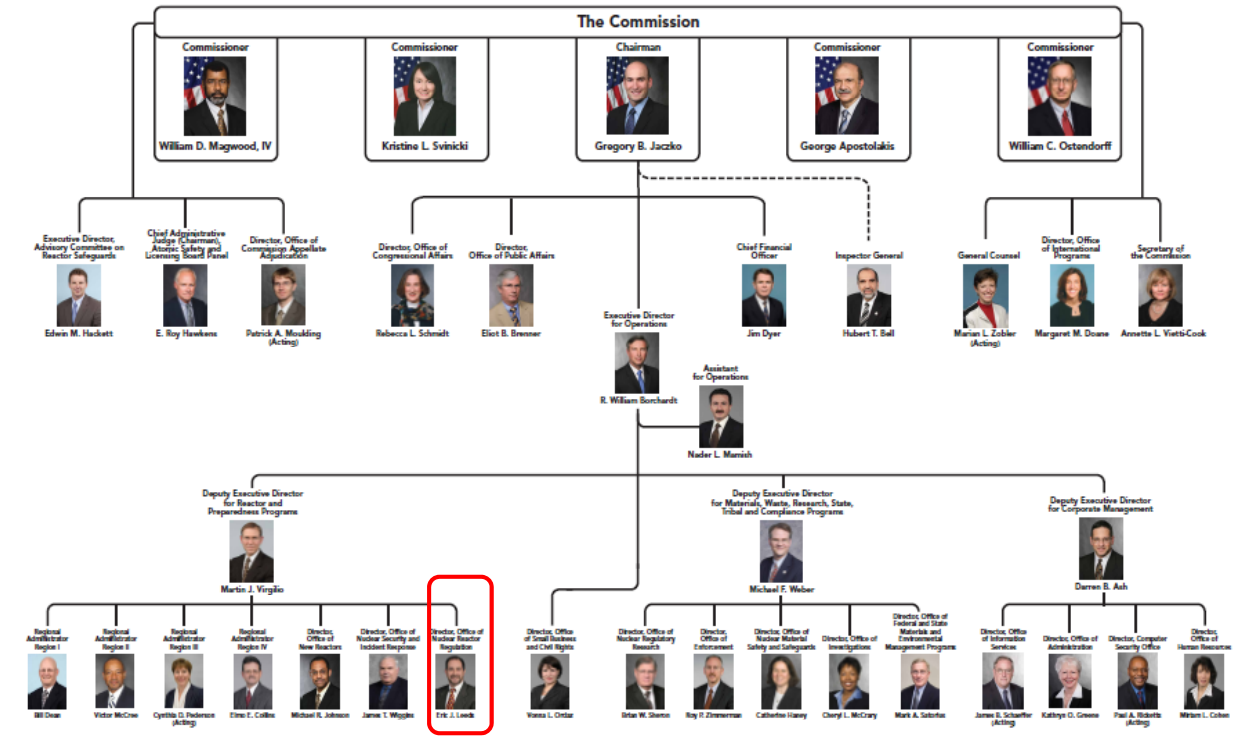
## 「原子力発電所の再起動にあたっての安全性に関する判断基準」(平成24年4月6日)

内閣総理大臣、内閣官房長官、  
経済産業大臣、内閣府特命担当大臣

### 米国(NRC)の場合

- 既設原子炉の運転認可証の更新(現行の40年間の運転認可期間に対して20年間の延長を審査し承認するプロセス)
  - 承認者: 原子炉規制局長(スタッフ最高責任者から2ランク下。保安院における職位の場合の「課長」に相当。)
- 新設原子炉の設置・運転許可証の発行(ジョージア州、ヴォーグル原子力発電所 3/4 号機)
  - 承認者: NRC 委員長(保安院における職位の場合の「保安院長」に相当。)
- 「再起動」は、本来は、認可更新よりも遥かにレベルの低い規制対象事項。到底ホワイトハウスの関与する事項ではない。

6



原子炉規制局長

7

## 「再起動」

- 米国： 本来は、認可更新よりも遥かにレベルの低い規制対象事項。NRC スタッフの局長以下の判断事項。ホワイトハウスの関与する事項ではない。
- 日本： 四大臣連名の文書。  $(大臣) \times 4 < (局長) \times 1$  ??

## 安全文化の観点からの意味

- 原子力安全の議論に異論を挟ませない強権発動。
  - 沈黙の原子力委員会、原子力安全委員会。
- 「原子力安全の議論に職位の障害なし」の原則への重大チャレンジ。
- 「安全文化の推進は最高経営者の率先垂範から」への逆行。
- 「安全第一」を掲げつつ実際には利益を優先させる企業経営と同じ考え方。将来の安全文化の醸成の悪例。
- 世論の反対(反感)の背景では？

## 「安全性に関する判断基準」の特徴

- ストレス・テスト(一次評価)、「東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故の技術的知見について」(平成24年3月28日付け)を技術的根拠とする論理。
- 基準(1)  
30項目の「技術的知見について」のうち、優先項目として指定した15項目の達成度に基づいて評価。
- 基準(2)  
「最新の知見に基づいて適切と考えられる」基準地震動と「15mの津波、あるいは、各発電所の想定津波高さより9.5m以上の高さの津波」に対して耐え、炉心及び使用済燃料ピット(プール)の冷却を維持。
- 基準(3)  
30項目の「技術的知見について」の全項目に対する事業者の自主的な対応のコミットメントを確認。

9

## 「安全性に関する判断基準」の問題点

- 基準(1)
  - 30項目からの15項目の選択は適正か？(例:指揮所の整備の後回りは問題ないのか)
  - 達成出来ているとの判定は適切か？(例:外部からの給電、使用済燃料プールの冷却、非常事態への対応の構築は十分か)
- 基準(2)
  - 設計基準設定の問題点。
- 基準(3)
  - 30項目の内容は適切か、抽出漏れはないのか。
- 事業者への一方的押し付け。課題は、事業者にとってだけなのか？ そもそも、国(政府、保安院、原子力安全委員会、法令)にとっての課題、教訓も多かったはず。
- 福島事故で露呈した問題点の多くについて未着手。

10

# 「技術的所見について」に対する所見

- 概して、福島事故に対する入念な技術的な考察と、海外の動静の情報収集に基づくかなり正確で充実した内容。
- 但し、幾つかの問題点あり。
  - 事故の防止(P)にかなり注力。(但し、逆に偏重気味。)
  - 事故の発生を仮定したその後の緩和策(M)が不十分。
  - 緊急対応(ER)の領域が不十分。
- 多くの「技術的所見」以外の領域の問題が放置されたまま……。

11

## ○外部電源対策

P: 防止、M: 緩和、ER: 緊急対応

対策	内容	P	M	ER
1	外部電源システムの信頼性向上	○		
2	変電所設備の耐震性向上	○		
3	開閉所設備の耐震性向上	○		
4	外部電源設備の迅速な復旧	○		

## ①所内電気設備対策

対策	内容	P	M	ER
5	所内電気設備の位置的な分散	○		
6	浸水対策の強化	○		
7	非常用交流電源の多重化と多様性の強化	○		
8	非常用直流電源の強化		○	
9	個別専用電源の設置		○	
10	外部からの給電の容易化		○	
11	電気設備関係予備品の備蓄		○	

赤字: 優先度高(基準1として指定) 下線: 主にBWRを対象

12

## ②冷却・注水設備対策

P:防止、M:緩和、ER:緊急対応

対策	内容	コメント	P	M	ER
12	事故時の判断能力の向上	②	○		○
13	冷却設備の耐浸水性確保・位置的分散		○		
14	事故後の最終ヒートシンクの強化			○	
15	隔離弁・SRVの動作確実性の向上		○		コメント③
16	代替注水機能の強化			○	
17	使用済燃料プールの冷却・給水機能の信頼性向上			○	コメント④

赤字：優先度高(基準1として指定) 下線：主にBWRを対象

13

## ③格納容器破損・水素爆発対策

P:防止、M:緩和、ER:緊急対応

対策	内容	P	M	ER
18	格納容器の除熱機能の多様化	コメント⑤	○	
19	格納容器トップヘッドフランジの過温破損防止対策		○	コメント③
20	低圧代替注入への確実な移行		○	
21	ベントの確実性・操作性の向上		○	コメント⑥
22	ベントによる外部環境への影響の低減		○	
23	ベント配管の独立性確保		○	
24	水素爆発の防止(濃度管理及び適切な放出)		○	

赤字：優先度高(基準1として指定) 下線：主にBWRを対象

14

④管理・計装設備対策

P:防止、M:緩和、ER:緊急対応

対策	内容	コメント	ER
25	事故時の指揮所の確保・整備	⑦	○
26	事故時の通信機能の確保	⑧	○
27	事故時における計装設備の信頼性確保	○	
28	プラント状態の監視機能の強化	○	
29	事故時モニタリング機能の強化		○
30	非常事態への対応体制の構築・訓練の実施	○	

赤字: 優先度高(基準1として指定) 下線: 主にBWRを対象

## コメント ①

- ・ 対策7 非常用交流電源の多重性と多様性の強化
- ・ 対策10 外部からの給電の容易化
- ・ 全交流電源喪失 (SBO) が発生した場合に、迅速に非常用電源盤に給電するバックアップ電源 (SBO電源) に対する要件としては、米国では、10CFR50.63 において「10分以内」が言及されている。
- ・ 現状は、電源設備が設置されている場所までの操作員の到達時間、コネクタの接続作業、起動スイッチの投入、建屋内での専用受電盤から非常用電源盤への送電作業などに長時間 (1時間以上) を要しており、SBO電源としての要件を満足していない。
- ・ 最終ヒートシンクの動力としては有用であるが、ECCSの動力としては現状不十分。
- ・ (浸水などによる) 電源盤の喪失があった場合には、ケースバイケースのケーブル布設作業が追加で発生し、作業量が激増。



(2) *Alternate ac source*: The alternate ac power source(s), as defined in § 50.2, will constitute acceptable capability to withstand station blackout provided an analysis is performed which demonstrates that the plant has this capability from onset of the station blackout until the alternate ac source(s) and required shutdown equipment are started and lined up to operate. The time required for startup and alignment of the alternate ac power source(s) and this equipment shall be demonstrated by test. Alternate ac source(s) serving a multiple unit site where onsite emergency ac sources are not shared between units must have, as a minimum, the capacity and capability for coping with a station blackout in any of the units. At sites where onsite emergency ac sources are shared between units, the alternate ac source(s) must have the capacity and capability as required to ensure that all units can be brought to and maintained in safe shutdown (non-DBA) as defined in § 50.2. **If the alternate ac source(s) meets the above requirements and can be demonstrated by test to be available to power the shutdown buses within 10 minutes of the onset of station blackout, then no coping analysis is required.**

## コメント ②

- ・ **対策12 事故時の判断能力の向上**
- ・ 実際に最も重要で困難が予想されるのは、寸暇を争う事故発生後の進展予測とそれを緩和するための対応に関する判断能力。及び、環境への影響が避けられない場合の近隣自治体に対する避難行動に関するアドバイス。
- ・ 意思決定を早め、議論をするときの基本認識を共有するため、事故の進展解析コード（MAAP、MELCOR/SNAPなど）と環境への影響、近隣住民の被曝評価のコード（MACCSなど）を予め関係各所に配備し、十分に使いこなせる専門家を養成。
- ・ 我が国の SPEEDI と他の国々の機能（例：米国の RASCAL や MACCS）との比較による改善検討。

## コメント ③

- ・ **対策16 代替注入機能の強化**
- ・ **対策20 低圧代替注入への確実な移行**
- ・ 現実に福島第一原子力発電所で発生した事象（電源盤の水没による直流電源、及び全交流電源の喪失）を考慮していない。
  - 主蒸気逃し安全弁（SRV）による減圧操作不能。
- ・ 福島第一よりも更に過酷な条件も有り得る。
  - 直流電源喪失が、RCIC（HPCI）起動よりも先行していた場合。
  - BWR/5 における HPCS は起動不可能。
- ・ そのような場合、炉心損傷までの猶予時間が著しく短時間になる。
- ・ バックアップの直流電源があっても容量（電流）不足によりSRVが動作しない恐れ。実証による確認要。
- ・ 対応が遅れ環境が悪化した場合、SRV 操作用の電磁弁が故障する可能性もある。

19

- ・ PWRフラントの場合にも同等の状況は有り得る。
- ・ **高圧代替注入の必要性についても要検討。**
  - ・ 航空機墜落時影響評価（AIA）対策として米国ABWR向けに追加されている補助給水注入系（AFI）が有効。
  - ・ PWRフラントに対しては、NEI提唱の FLEX にも含まれている。

20

# AIA を踏まえて ABWR の設計に追加された AFI 系

Rev. 3

ABWR-STP AIA Amendment

Design Control Document/Tier 2

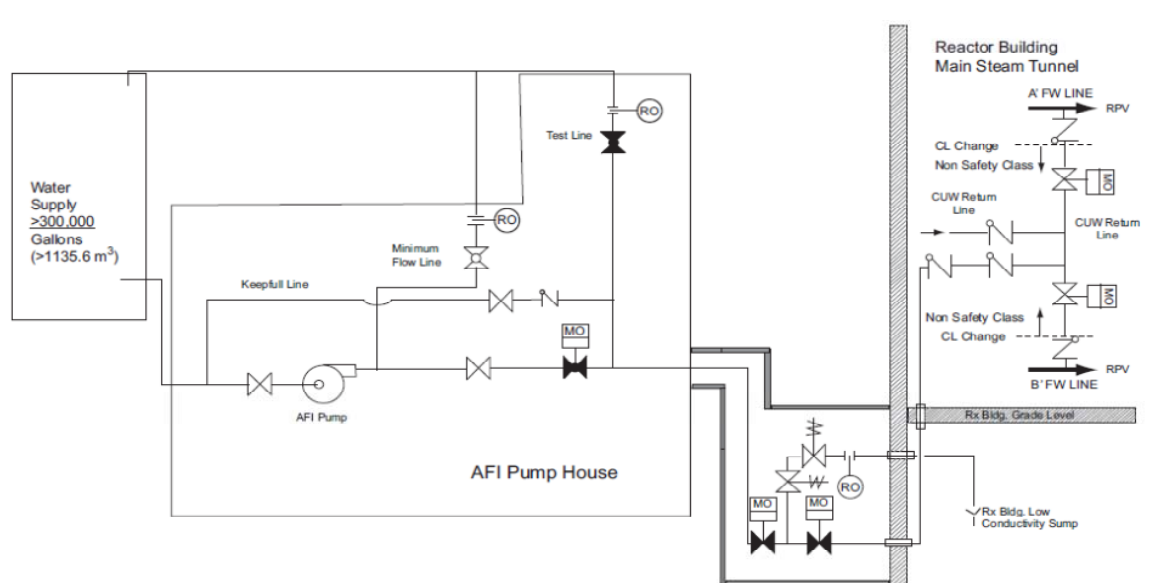


Figure 9.5-6 Alternate Feedwater Injection System Schematic

21

## コメント ④

- ・ **対策17 使用済燃料プールの冷却・給水機能の信頼性向上**
- ・ 使用済燃料プールの損傷により、既にある程度の水位低下が発生してしまった場合、プール内の比較的上部に保管されている高線量機器（使用済制御棒、交換 LPRM/ドライチューブなど）の影響により、作業のための接近が困難になる可能性がある。
- ・ 使用済燃料プールが損壊し、外部からの給水が間に合わず、最悪、保管されている使用済燃料が水面から露出する場合も有り得る。
- ・ 米国においては、B. 5. b項として対応。（NEI 06-12, Rev. 2）  
（200gpm〔毎時約50m<sup>3</sup>〕以上の流量によるスプレー水の散水。）

22

## コメント ⑤

- ・ **対策19 格納容器トップヘッドフランジの過温破壊防止対策**
- ・ 現実的に採用可能な対策が考案される見通しが低い。
- ・ 格納容器からの漏洩は、トップヘッドフランジ以外の箇所からもあった可能性がある。（貫通部からの漏洩）

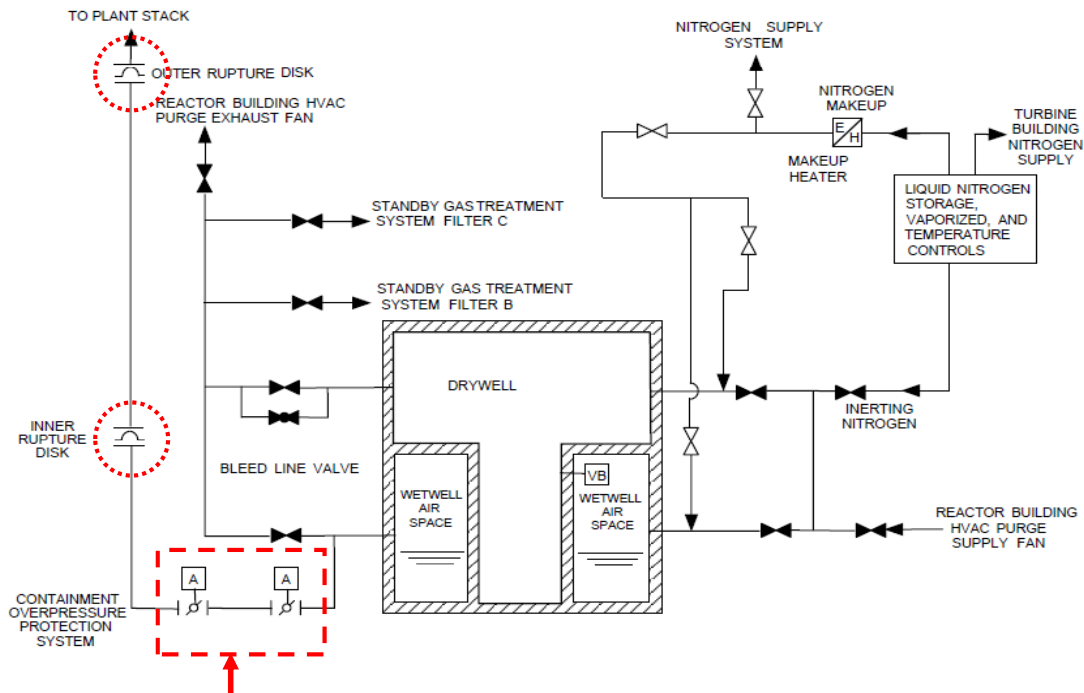
23

## コメント ⑥

- ・ **対策21 ベントの确实性・操作性の向上。**
- ・ 米国 ABWR の設計では、「通常閉」ではなく「通常開」を採用。背系思想の統一を図る必要がある。（米国 ABWR においては、地震によって IA 配管が圧迫された場合や破断した場合に「閉」のままでは操作不能になるため、予め「通常開」にするというもの。）

24

# 米国ABWRのベント設計



ベント弁(通常開): ラプチャー・ディスク作動後、運転員が閉止。

## US-ABWR, DCD Tier 2 から

Because of the inclusion of a rupture disk in the ABWR design as an ultimate means of containment heat removal, and because an earthquake would not prevent rupture of the disk, failure of containment heat removal is not modeled in the seismic margins analysis. (There are no Class II sequences in the analysis.) There are two valves in line with the rupture disk; however, these valves are left in an open position, and the earthquake would not cause these valves to close.

There are several operator actions included in the seismic margins analysis. These operator actions are discussed in Subsection 19D.7.4.

### 19.4.3.4 Results of the Analysis

The results of the convolution analysis are shown on the event trees of Subsection 19I.3 and in Table 19I-2 in terms of HCLPF values for the accident sequences, with and

常時「開」は、地震によって「閉」になり、その後操作不能とならないように考慮。

## コメント ⑦

- ・ **対策25 事故時の指揮所の確保・整備**
- ・ 原点は、TMI-2 事故後の対策として米国の事業者に設置が義務化（10CFR50, Appendix E）された TSC（技術支援センター）、OSC（運転支援センター）、EOF（緊急対応施設）だったが、我が国は、これらを全て一か所に統合した施設となった。
- ・ 我が国の場合この他に、当該事業者の本社、オフサイトセンター、原子力災害対策本部、同現地対策本部が存在することから、指揮統制が複雑で混乱。簡素化と所掌の明確化が必要。
- ・ 我が国には、大規模災害に備えた専門機関（米国の FEMA に相当した機関）が存在せず、対応が場当たりの。

27

- ・ TSC の仕様に対するアップグレードの検討が必要。
  - 耐震（免震）性。
  - 専用電源（フラントが SBO に陥った場合でも機能するための電源設備。）の確保。
  - チャコール・フィルター付き給気、内部正圧の空調機。
  - 環境悪化により既設が使えなくなるためのバックアップ。
    - ・ ホールボディ・カウンター
    - ・ カウンティング・ルーム（放射線分析装置）
    - ・ 自給式呼吸保護具の空気ボンベ再充填設備
    - ・ 除染シャワー、各種除染剤
  - 長期対応能力（飲料水・食料確保、居住性）
    - ・ ～300人が寝食可能な収容スペース

28

## コメント ⑧

- ・ **対策26 事故時の通信機能**
- ・ **多ユニットで同時に事故が発生した場合の対応能力の確認。従来の通信手段に比べたより最近の通信技術との比較。**
  - モテム式 vs. VPN 式
  - 有線通信 vs. 衛星通信
  - 専用電源

29

## コメント ⑨

- ・ **対策30 非常事態への対応体制の構築・訓練の実施**  
**「シビアアクシデントへの対応も含めて、あらゆる状況を想定した上で、幅広い事態に対応したマニュアル」**
- ・ **過去に実際に発生したことのある事象例（福島第一を除く）**
  - 直流電源喪失（ヒューマンエラー）
  - 全交流電源喪失〔SBO〕（自然現象+故障）
  - 電源盤喪失（火災）
  - 安全弁（SRV）の開固着（故障）
  - 蒸気発生器細管破断〔SGTR〕（故障）
  - スクラム失敗〔ATWS〕（故障）

30

- ・ 以下の組合せを想定した場合の対応可否評価。
  - SBO + 直流電源喪失
  - SBO + 直流電源喪失（電源盤の火災、水没、破壊による場合）
  - SRVの開固着 + SBO
  - SGTR + SBO
  - SGTR + 直流電源喪失
- ・ 海外との情報交換。
  - SAMG（過酷事故）
  - EDMG（テロ活動による破壊を受けた場合の対応）

31

## ストレス・テストの問題点

- ・ **それ自体がフルスコアの安全評価ではなく選択的。** 従前の安全評価・対策に十分取り組んできたプラントには意味があるが、そうでなければ「付け焼刃」。
  - 台風、火災、内部溢水、地震の誘発事象（タービン・ミサイル、電気部品への影響〔リレーのチャタリングなど〕）、デジタル・コンピューターの共通故障事象、テロ（サイバー・テロ含む）など、原子力発電所に対する脅威は多種。
  - 複雑な相互作用、不可知な現象もある。
- ・ 不統一な評価方法もある。
  - 地震に対する尤度の評価が、Gal で統一されていない。
  - Gal、MPa、Von Mises 応力？（蓄電池）、「すべり安全率」（崖）
  - 経年劣化の考慮が不明。
- ・ 地震、津波の設計基準が曖昧。「**確率論的ハザード解析**」が世界的に導入されている標準手法。（スロベニアのレポートにも言及。）

32



日本の原子力安全の現状 対応済  未対応

防護 \ 脅威	内部要因	外部要因	破壊工作
発生防止	対応済	対応済	未対応
進展緩和	対応済	対応済	未対応
公衆保護 緊急対応	対応済	対応済	未対応
損害賠償	未対応	未対応	未対応

防護 \ 脅威	内部要因	外部要因	破壊工作
発生防止	対応済	対応済	未対応
進展緩和	対応済	対応済	未対応
公衆保護 緊急対応	対応済	対応済	未対応

ストレス  
テスト

# 大飯原子力発電所3、4号機

## 一次評価結果概要

	クリフエッジ 評価の指標	クリフエッジ 下段:対象となる設備	緊急安全対策前 下段:対象となる設備	安全確保対策の 効果*1	
地震 (津波との重畳も同じ)	基準地震動Ss (700gal)との比較	1.80倍(1260gal相当) 高電圧用開閉装置	1.75倍(1225gal相当) 原子炉補機冷却水ポンプ*	約3%向上	
津波 (地震との重畳も同じ)	設計津波高さ (2.85m)との比較	約4.0倍(11.4m) タービン動補助給水ポンプ*	約1.6倍(4.65m) 海水ポンプ*	約145%向上	
全交流電源喪失 (SBO)	外部からの支援がない 条件で、燃料の冷却 手段が確保できな くなるまでの時間	炉心	約16日後*2 水源補給用消防ポンプガリン	約5時間後*1 蓄電池	約76倍向上
		使用済 燃料	約10日後(停止中)*2 ピット水補給用消防ポンプガリン	約12時間後*1(停止中) (水温が100°C到達時点)	約20倍向上
炉心		約16日後*2 水源補給用消防ポンプガリン	約6日後 蒸気発生器給水用水源	約2.6倍向上	
使用済 燃料		約10日後(停止中)*2 ピット水補給用消防ポンプガリン	約12時間後*1(停止中) (水温が100°C到達時点)	約20倍向上	
最終ヒートシンク 喪失 (LUHS)					

\*1:手順が整備されていない対策などについては、実行できる可能性があるものでも期待しないこととし、極めて保守的な条件で評価した。  
\*2:外部からの支援なしとした評価結果。外部からの支援を期待するに十分な時間余裕であり、クリフエッジは回避できる。

どれだけ長く運転出来るかではなく、どれだけ迅速に対応出来るかが重要なはず。

電源確保=76分(1.3時間)  
給水確保=268分(4.5時間)

# 大飯原子力発電所3、4号機

小破断LOCA	加圧器安全弁配管	C/V	S	構造損傷	MPa	202	464	2.29
	加圧器逃がし弁配管						464	2.29
	1次冷却材圧力バウンダリ接続小口径						464	2.03
格納容器バイパス	蒸気発生器(内部構造物)	C/V	S	構造損傷	MPa	213	471	2.21
炉心損傷直結	原子炉建屋	-	-	構造損傷	2×Ssに対して地震応答解析を実施し、許容値と比較			2

減肉をどの程度考慮し、内外差圧はどのように仮定したのか?

非常用所内電源	蓄電池	C/B	S	構造損傷 (組合せ応力)	G	0.25	1	4.00
	ディーゼル発電機コントロールセンタ	E/B	S	機能損傷	G	0.68	3.00	4.41
	ディーゼル発電機制御盤	E/B	S	機能損傷	G	2.10	5.20	2.47
	内燃機関(ディーゼル機関)	E/B	S	機能損傷	G	0.51	1.0	1.96
	燃料油サービスタンク	E/B	S	構造損傷	MPa	6	236	39.33
	起動空気だめ(始動空気だめ)	E/B	S	構造損傷	MPa	104	261	2.50
	DG出力電圧指示計	C/B	S	機能損傷	G	1.72	15.80	9.18
	DG関連配管(燃料油配管等)	E/B	S	構造損傷	MPa	108	279	2.58

Gal 値とどのような相関があるのか?(線形、非線形?)

# 安全性についての 正しい議論を始めるための条件 & 未反映の 福島事故の教訓

37

## 条件1

所掌: 事業者

IAEA の安全目標をクリアしていることを示し、  
一連の対策の効果を定量的に示すこと。

- 「法令に適合」、「ストレス・テストをクリア」、「安全性に関する判断基準に概ね適合」とは言っても、グローバル・スタンダードの安全目標に適合しているのか否か不明。
  - 炉心損傷頻度 10,000年に1回 ( $10^{-4}$ /炉年)
  - 早期大量放射能放出頻度 100,000年に1回 ( $10^{-5}$ /炉年)

たとえばこのような形で示せないのか？

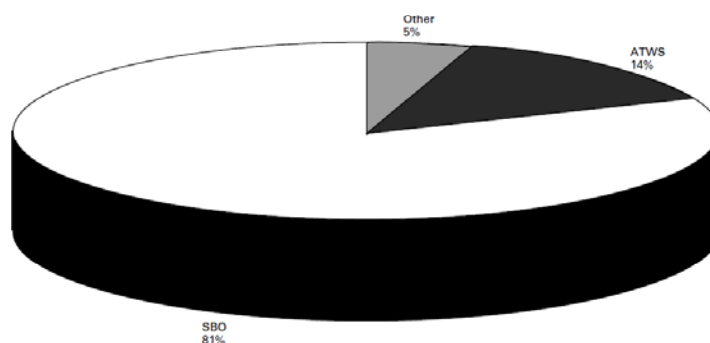
	対策実施前	対策実施後	改善効果
大飯3号機	$3.4 \times 10^{-5}$	$5.2 \times 10^{-6}$	6.5
大飯4号機	$4.8 \times 10^{-5}$	$2.8 \times 10^{-6}$	17.1

38

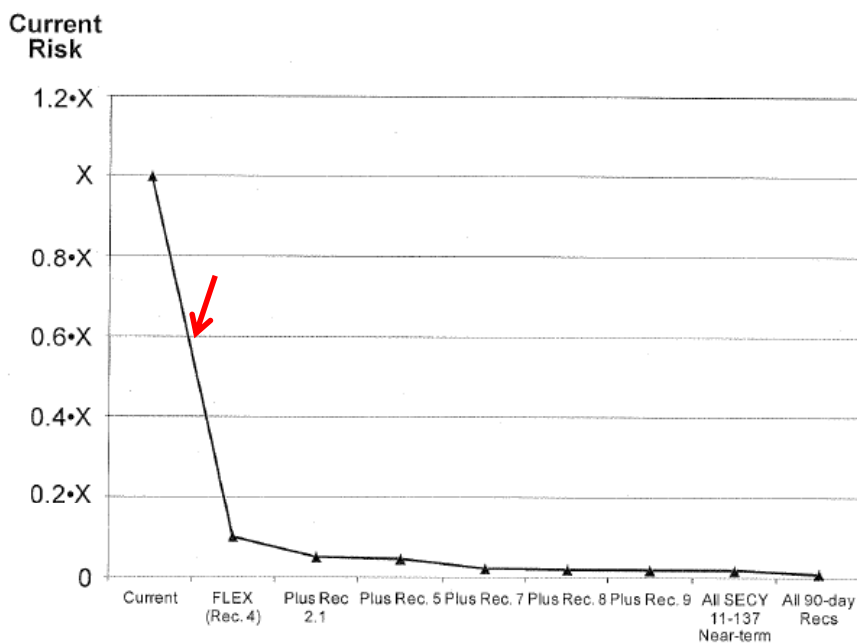
龍門原子力発電所(台湾 ABWR)  
における炉心損傷頻度の内訳

	Power Operation
Internal Events	2.25E-7
External Events	
Seismic	3.14E-6
Fire	6.14E-8
Flooding	2.3E-8
Typhoon	6.3E-10
<b>Total</b>	<b>3.45E-6</b>

地震リスクの内訳



**米国産業界の対応の場合**  
NRC タスクフォースによる勧告を実行する前に、  
産業界としての改善提案 (FLEX) を実行した方が  
即効性が高いことを説明しているNEI の資料。



FLEX Can Be Implemented Expediently

## FLEX 実行のために 配備する機器リスト

First Phase of Procurement of FLEX Equipment -- Industry February 17, 2012 Initiative

COMPONENT DESCRIPTION	PWR FUNCTION	BWR FUNCTION
High capacity pump (Diesel driven)	SG makeup SFP makeup CST refill	RPV makeup SFP makeup CST refill
Suction, discharge hose, suction strainers, fittings	Connection to water source and injection points	Connection to water source and injection points
Portable Diesel Generator sets	Control room lighting Communications gear Emergency response Portable ventilation loads	Control room lighting Communications gear Emergency response Portable ventilation loads
One or more 120/240v DG (Diesel or gasoline fueled)		
Cables for connecting portable generators	Connection to loads	Connection to loads
Portable air compressor or nitrogen bottles & regulators	AOVs (S/G Atm Dump Valve if required)	AOVs (SRVs and containment vent valves)
Portable ventilation fans	Maintain habitable conditions Battery room H2 control Equipment operability	Maintain habitable conditions Battery room H2 control Equipment operability
Diesel Generator fuel transfer pump & hoses to ensure transfer capability of site fuel to portable equipment	Resupply of portable generators and pumps	Resupply of portable generators and pumps
Communications gear—satellite phones, radios	Offsite & onsite communications	Offsite & onsite communications
Emergency responder support materials	Food, water and other supplies for emergency response personnel	Food, water and other supplies for emergency response personnel

Analyses on Following Equipment to Commence on NRC Endorsement of Industry Guidance on FLEX Implementation

COMPONENT DESCRIPTION	PWR FUNCTION	BWR FUNCTION
High pressure pump (Diesel driven)	RPV makeup & boron injection	Not needed
DC power supplies	Critical instruments AOV operation (if required)	AOV operation (SRVs and containment vent valves) Critical instruments

41

## 条件2

所掌: 事業者

地震加速度と津波高さの設計基準値に対するハザード解析に基づいた根拠が示されること。

- 大飯原子力発電所の“700gal”、“2.85m”の確率論的適正さが不明。柏崎・刈羽原子力発電所(1~4号機)は、2007年の地震で一気に約5倍に引き上げている。(2,280gal)
- 米国原子力規制委員会(NRC)のタスクフォースによる勧告(第2.1項):
  - 確率論的地震ハザードの解析に基づいた設計基準値の設定。
  - 確率論的津波ハザードの解析に基づいた設計基準値の設定。
- 欧州のストレス・テスト報告書でも言及。(例: スロベニア)
  - 地震: 50,000年に1回の頻度に相当する規模を設計基準値。
  - 洪水: 10,000年に1回の頻度に相当する規模を設計基準値。
- 米国原子力学会(ANS)の見解。
  - 「1,000年に1回ほどの高頻度の洪水について除外して良いはずはなかった。」

42

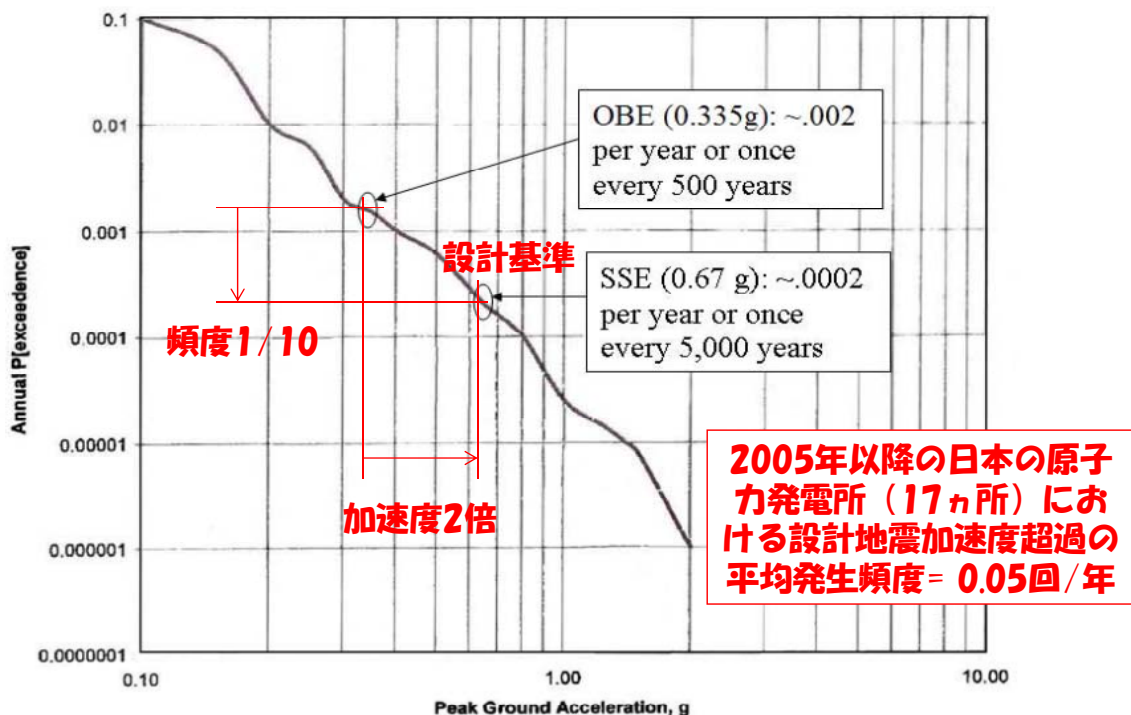
## Hazards from Extreme Natural Phenomena

The tsunami design bases for the Fukushima NPPs were inadequate. If the return period for a tsunami of the magnitude experienced in Japan was as short as reported (once every 1000 years), a risk-informed regulatory approach would have identified the existing design bases as deficient. Although addressing low-probability events is very difficult, a risk-informed treatment for natural-phenomenon hazards is necessary.

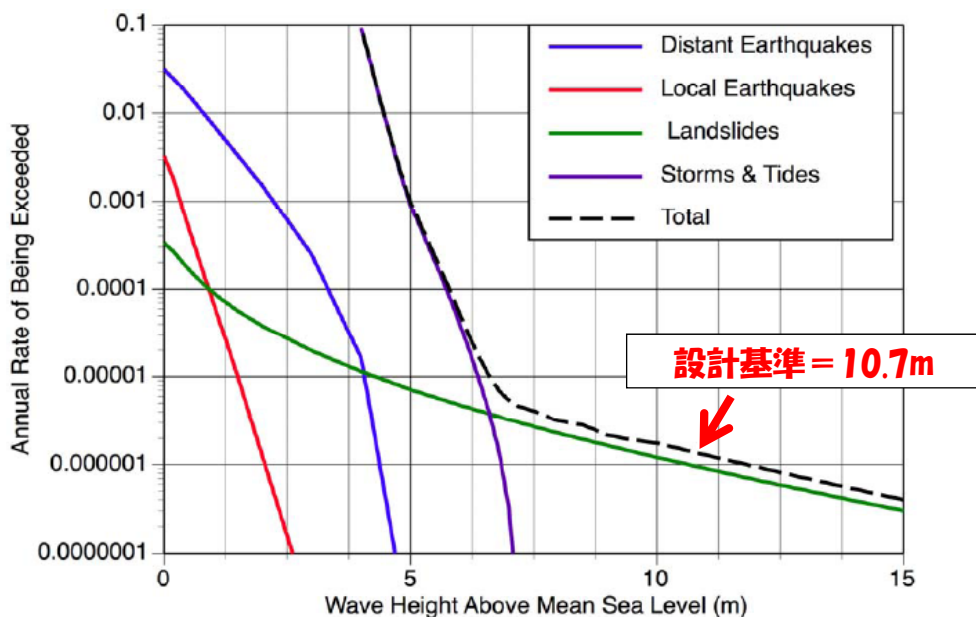
## V.B. Hazards from Extreme Natural Phenomena

The tsunami design bases for the Fukushima NPPs were not consistent with the level of protection required for NPPs. If the return period for a tsunami of the magnitude experienced in Japan is as short as reported (once every 1000 years), a risk-informed regulatory approach would have identified the existing design bases as inadequate.

カリフォルニア州 サン・オノフレ原子力発電所の地震ハザード曲線



## カリフォルニア州 ディアブロ・キャニオン原子力発電所の津波ハザード曲線



45

所掌: 事業者

### 条件3

#### (福島事故の教訓)

#### ① 燃料プールに水位計を設置

- NRCタスクフォースからの勧告(第7.1項)
- 福島第一4号機の使用済燃料プールの水位が確認出来なかったことで、最悪の可能性(ジルコニウム火災、溶融燃料とコンクリートの反応に伴う大量の放射能エアロゾルの放散)を懸念したことで世界がパニック。(米国の「50マイル避難」の直接理由。)
- 燃料頂部までの水位低下を監視することが出来る水位計が必要。

46

## 条件4

### (福島事故の教訓)

#### ② 事故対応のための解析ツールの整備

- ANS の報告書でも指摘。
- 炉心損傷事故の進展解析: MAAP、MELCOR/SNAP
- 周辺環境への放射能の拡散と周辺住民の被曝予想: RASCAL、MACCS (SPEEDI の機能では不十分?)
- 事故発生から周辺住民の避難活動までの総合解析パッケージ: SOARCA (MELCOR/MACCS)

47

福島事故対応における指揮統制の問題を指摘している  
ANSの報告書(2012年3月発行)

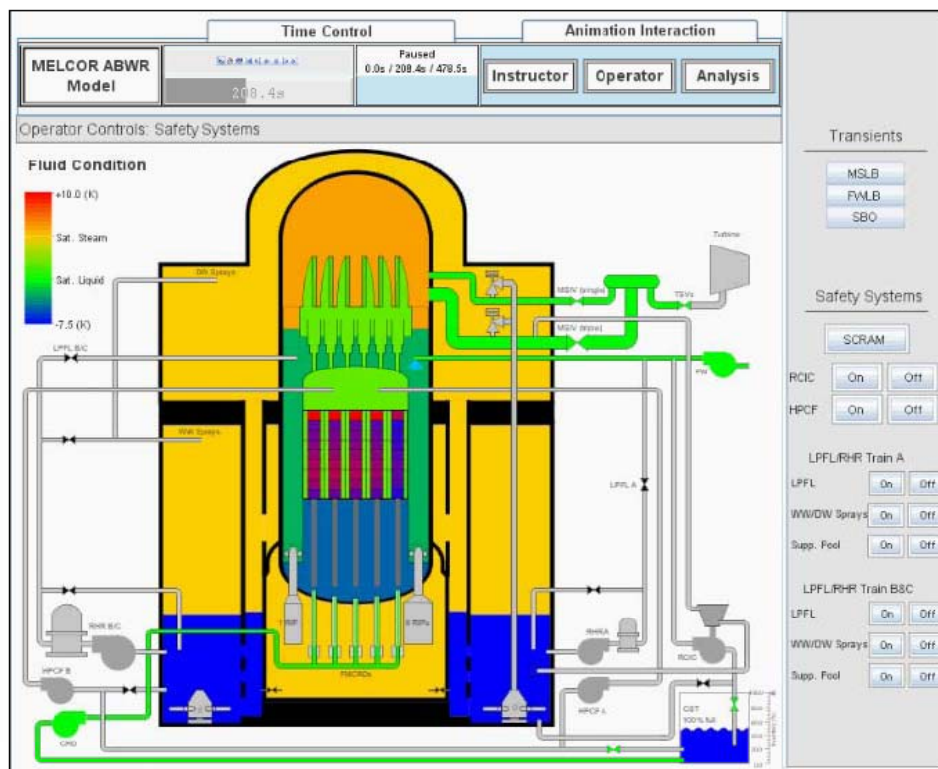
#### Accident Diagnostics Tool

To provide the operators with information regarding the progression of an accident, an accident diagnostics tool, which could help identify the most effective strategy to manage a prolonged station blackout or other sequence, should be developed. This information might be provided in the form of pre-prepared charts or generated for the actual conditions of the NPP by a faster-than-real-time simulator that can predict the gross behavior of the essential NPP subsystems under beyond-design-basis conditions, especially before substantial core damage occurs, so that core damage can actually be prevented.

48



## MELCOR/SNAP コードによる解析



Animating analysis results using SNAP

49

所掌: 事業者

### 条件5

(福島事故の教訓)

## ③ 地震による誘発事象の分析、対応

他の事象との相乗効果

- **NRC タスクフォースによる勧告(第3項)**
- 発電機冷却用水素の火災、爆発
- 消火用水配管破断による内部溢水
- 圧縮空気配管の破断による空気作動弁の操作性喪失
- 道路の遮断

50

## 条件6

### (福島事故の教訓)

#### ④ 同時複数ユニットの事故への対応

- ユニット間の複雑な相互作用に対する考慮。
- 優先順位、意思決定の複雑化に対する考慮。
- 必要資機材、リソースの確保。
  - NRCタスクフォースからの勧告(第4.2項)

## 条件7

### (福島事故の教訓)

#### ⑤ 耐SBO能力の強化(代替電源への切替)

- 仮設電源能力の大規模なアップグレードは評価。
- 但し、既設設備の脆弱性も随所にある。
- 米国のSBO規制(10CFR50.63)では10分以内での通電完了が要求。
  - LOCA + SBO への対応
  - SGTR + SBO への対応
- 電源盤で喪失が起こった場合の対応。

## 条件8

### (福島事故の教訓)

#### ⑥ 交流電源＋直流電源喪失への対応

- 喪失を防止するための対応はかなり強化しているが、万一喪失した場合の影響分析と対応計画が不十分。
- 東京電力が実際に直面した事態は、遥かにより深刻。
  - 浸水により電源バス(M/C、P/C)を喪失。単なる電源喪失ではない。
  - 生き残りの電源バスを特定し、一部は電源車からの電源も使い、直接、UHS ポンプのモーターまで電源ケーブルを布設して端子に直結し(熟練技能が必要)、保護機能のインターロックなしで、電流測定、潤滑油分析、サーモグラフィによって確認しながら運転。
  - 交流電源喪失と直流電源喪失の組合せ。

53

## 条件9

### (福島事故の教訓)

#### ⑦ 事業者の事故対応能力の限界をどのように克服するかに関する議論

- 事故収束のための現地対応
- 住民対応
- 政府、関係省庁対応
- メディア、公衆対応
  
- 事業者間の連携
- 政府の対応支援の必要

54

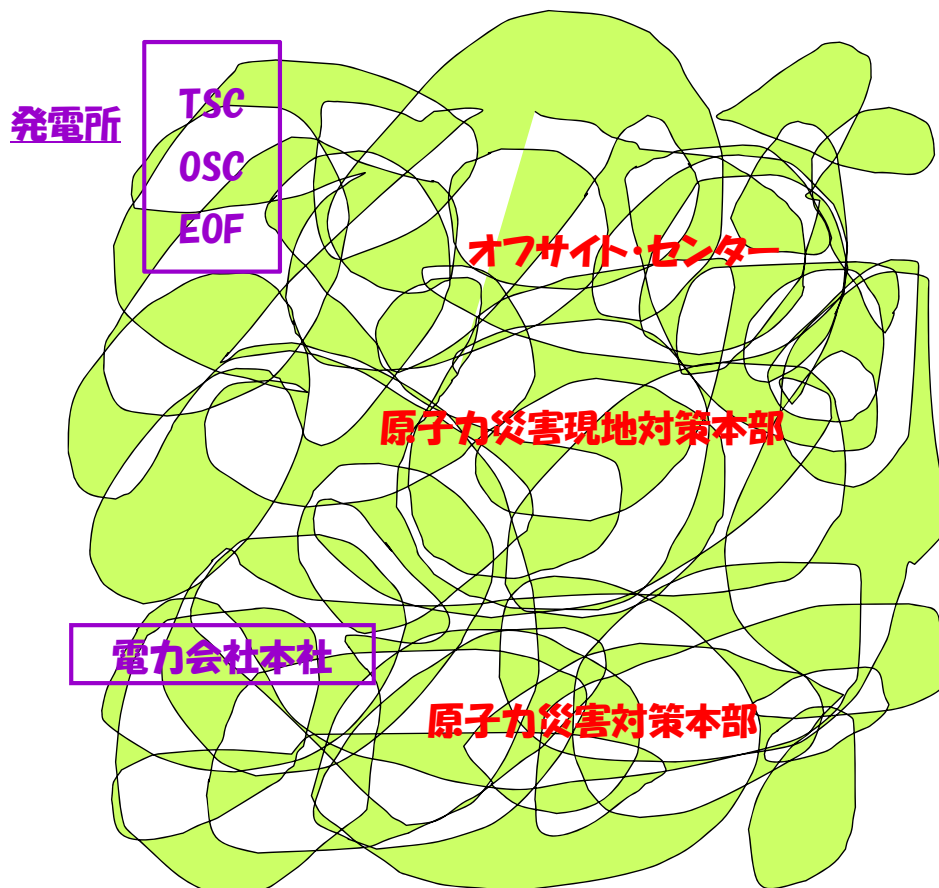
## 条件10

### (福島事故の教訓)

#### ⑧ 指揮統制の見直し検討

- ANS の報告書でも指摘。
- 俄作りの原子力災害対策本部による即時判断は不可能。
  - 東京以外に本社がある電力会社の原子炉事故の対応。
  - 成田空港の放射能汚染による閉鎖。各国航空機の汚染。
  - 東海道新幹線、東名高速道路の遮断。
- オフサイト・センターの役割と設計仕様の見直し。
  - 女川オフサイト・センターは津波で大破。
  - 福島オフサイト・センターは地震による損壊と停電で機能せず放棄。
  - 茨城オフサイト・センターは20時間停電。地震により内部の設備損壊。
- 国際社会への情報発信。

55



56

### Command and Control During a Reactor Accident

The Committee determined that the severity of the Fukushima Daiichi accident was exacerbated by an unclear chain of command. We recommend that the predefined command-and-control system currently employed in the United States for emergency situations at NPPs be reviewed to ensure that necessary accident management decisions can be taken promptly at the proper operational level. The chain of command must be able to react swiftly to an accident and thereby minimize the overall consequences for society.

所掌: 国

## 条件11

### (福島事故の教訓)

#### ⑨ 対テロリスト防衛の強化計画

**福島事故は、原子力発電所の脆弱性に関するヒントを潜在的テロリストに提供してしまった。**

- 欧州 Eurosafe の危機感
  - 防衛力向上のための机上訓練(テーブル・トップ・エクササイズ)
- 米国ブルーリボン委員会の危機感
  - 燃料プールに満杯状態になっている使用済燃料の早期搬出
  - 中間貯蔵施設の確保
- **我が国の状況も安泰ではない！！**
  - 2005年5月 泊原子力発電所敷地内に山菜採り業者30人が侵入して6時間作業(?)。

## Eurosafe 机上演習用(2011年11月)シナリオ

### SCENARIO

Adversaries destroy external power supply transformers

Equipped with assault rifles and explosives, they enter the site of the NPP

Destroy the emergency diesels groups

Take possession of the electrical building

Booby trap accesses of the electrical building

Take employees as hostages

One hostage escapes

Has time to call the central alarm station

Is recaptured

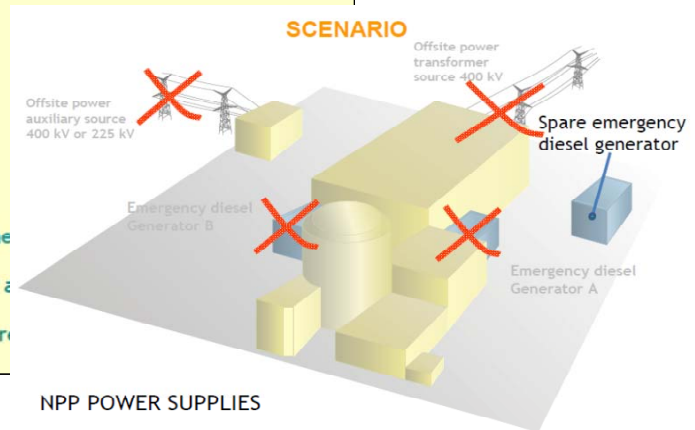
Is injured

The adversaries are hidden with their hostages in the

They control sensitive areas of the NPP and prevent a

They express the threat to blow up essential safety r  
if any response force intervenes

1. 外部電源の破壊
2. 非常用ディーゼル発電機の破壊
3. 電気品室の占拠
4. 発電所員を人質



59

## ブルーリボン委員会

廃棄物処理小委員会から本委員会への中間報告書(2011年5月)  
“Preamble” から

(〔テロリストの攻撃目標になる〕リスクのある使用済燃料の引取りを長年放置し続けてきたことに対して…)  
「福島事故から学ぶべきこととして最初に掲げるものが何であるかと言うならば、それは、対応の遅れや**不作為も作為ほどにそれによるリスクや弊害をもたらす**ということである。」



これは、過去の米国政府の対応に対しての諫言ではあるが、我が国の原子力行政全般に対してもピッタリ当て嵌まる！

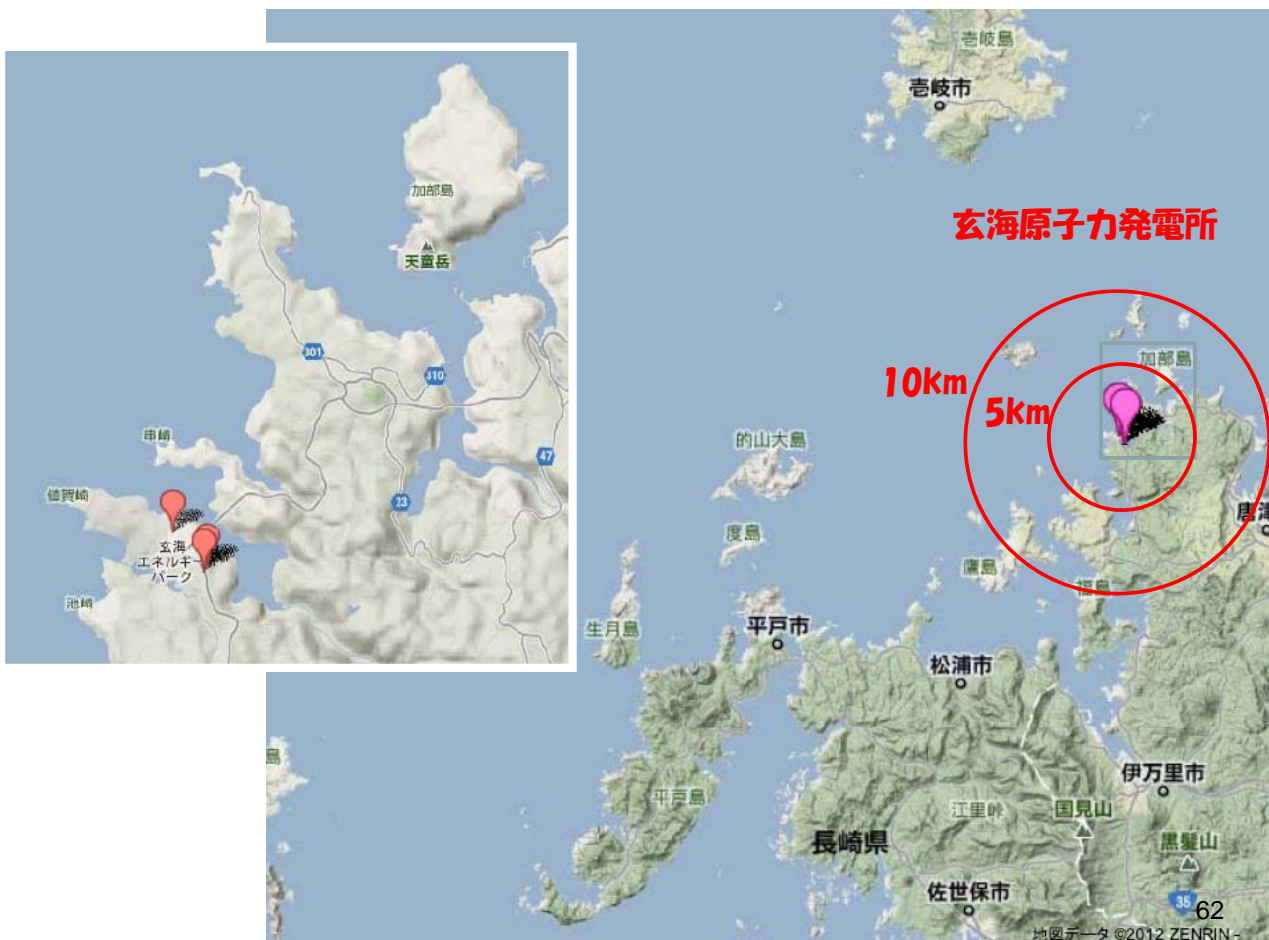
60

## 条件12

### (福島事故の教訓)

#### ⑩ 現行の立地審査指針の見直し検討

- 現状、福島事故の様態を適用した場合、全て(又は、殆ど)の原子炉が指針に適合しない可能性。
  - 事故時の環境への放出計算モデルが著しく非保守的であり、実際には100~1000倍の量の放射性物質が放出。
  - 指針の要件の一つである 20,000人・Sv を超過した可能性。
- **安全な避難手段の確保も要件として追加が必要。**
- 現状、急性障害(大量被曝による死亡)、晩発性障害(癌、白血病)のみ考慮した指針。農業、漁業などの産業への影響、公共サービス(学校、病院など)、重要インフラ(道路、鉄道、飛行場など)への影響を軽減するための要件も追加が必要。



## 条件13

### (福島事故の教訓)

⑪ 緊急時の許容被曝線量、避難・屋内退避の基準、KI服用の基準、飲食物の許容放射能濃度、許容被曝線量、治安管理、除染基準、帰宅許可基準、ペット・家畜の保護に関する議論

- それぞれに対し、抵抗、反発も多く、そのための見直しも発生。
- 再度、コンセンサスの確認プロセスが必要。

63

野生化した牛（富岡町） 撮影2012年3月29日



64



除染のために削除し「一時保管」されている汚染土（富岡町）  
撮影 2012年3月29日



65

所掌: 国

## 条件14

（福島事故の教訓）

### ⑫ 立地自治体以遠の自治体との合意

立地自治体以遠の自治体に対する緊急対応訓練、教育の必要性

- 米国の場合、EPZ には二種類を定義。
  - 放射能雲通過域EPZ(10マイル圏内): 避難、屋内退避。
  - 飲食物汚染EPZ(50マイル圏内): 物流管理、家畜の飼料、農産物に対する汚染対策。
- 我が国も、各EPZ を20km圏、100km圏として設定する必要あり。

立地自治体以遠の自治体との事前の協力、支援に関する合意が必要

- 避難住民を受入れたのは、立地自治体以遠の隣接自治体。
- 校舎、校庭の除染、通学路の除染。(実際には100km 以遠でも発生。)
- 公園の除染、焼却灰の保管。(実際には200km以遠にまで影響。)

66

## 条件15

### (福島事故の教訓)

#### ⑬ 原子力災害に関連した不正、犯罪への対処、パブリックのための教育・実務情報の整備

- 不安に付け込んだ悪徳商売(講演、薬品・機器の販売)などの横行。
- 補償金など制度を巡る悪用、不正。反社会勢力の浸透。
- 盗人、窃盗団の侵入など治安問題。
  
- 正しい原子力、放射線の教育。
  - 原子力災害に関する Q&A 集
  - 放射線に関する Q&A 集
  - 放射線レベル低減、除染のための実務情報

67

## 条件16

### (福島事故の教訓)

#### ⑭ 実効性のある原子力損害賠償制度の創設に関する議論

- 将来も「事業者の一義的責任」と言い続けるのか？  
果たし切れない責任
  - 避難住民は、長期間自費で生活。
  - 風評被害、盗難、自主行動などに対する不定な処理法。
  - 校庭、校舎、通学路の除染、公園などのモニタリング、除染は、各自治体の自主活動として実施。
  
- 実際には、どの電力会社にとっても自力での補償が不可能。
- 新しい制度の創設が必要。

68

## 条件17

### (福島事故の教訓)

#### ⑮ モニタリング用設備の整備計画

- 個人被曝のモニタリング設備の不備。
  - 例: I-131 が減衰してからホールボディカウンターを実施
- 環境モニタリング設備の不備。
  - 例: 次回も米国の支援に依存する訳にはいかない。

69

#### DOEのAMS による空中モニタリング



70

# Plus more ...

71

## 結論(1)

- 原子力の「安全性に関する判断基準」が政府からの下達として示され、その直後に適合性が宣言されるのは、歴史的にも国際的に極めて異例。
- 安全性受入れの押し付けは、**原子力の安全文化の基本に逆行**。もし、電力事業者の経営者が従業員に対して同じ態度で臨んだならば、重大な問題に発展。
- 国による原子力発電所の再起動に対する「ゴー・サイン」は、電力事業者に対する「助け舟」の積りなのか、プレッシャーなのか。**世論の過半がネガティブ**。
- 「ストレス・テスト」の評価報告書は有益な参考情報となり、その一環として実施された対策には一定の効果が望める。但し、原子力安全のフル・スコープに対してではなく、飽く迄選択項目に対する「付け焼刃」として認識されるべき。リスクのポテンシャルはまだまだある。
- 現行の決定論的に設定された設計基準のままでは、**国際的レベルでのリスク評価も(グローバル・スタンダードに対する適合性)判定も不可能**。
- 国自体の所掌範囲についてはほとんど手付かず。**原子力安全のフル・スコープ対応が進展しない主因**。対応の必要性の認識も取組む意思表示もない。
- 全ての懸案の解決を再起動の条件とする必要はないかも知れない。但し、**少なくとも懸案を解決するコミットメントは要望すべき**。

72

# 結論(2)

## (少々エモーショナル?)

- 大飯3、4号機の再起動は、国の不作為のままでの「匍匐前進」を許すきっかけとなる恐れがある。
- 片輪がパンクした状態で走り出してはならない。
- 関西電力は、無責任な国に利用されてはならない。不名誉な「村」からは脱却すべき。
- 電力事業者は、原子力安全文化の精神に対する露骨で強引な国の圧力に対し、国民、メディアと一体になって反旗を翻し、国の不作為の是正を強く促すべき。
- 不作為の是正に対する明確なコミットメントを国から得るまで再起動の検討を無期限で保留にする旨を明言すべき。
- 世界が注目。英断への期待。
- 現場で働く第一線の原子力技術者の思い(不満)にも傾聴すべき。今は従順であっても、将来の求心力が低下してしまう。優秀な技術者にとって魅力ある産業とするための決断が必要。
- **我が国の原子力行政更生のためのラスト・チャンス。**

73

### 米国における国の不作為(バックエンド)に対する電力事業者の法的アクション

Standard contracts	76
Reactors covered by contracts	118
Cases filed through 2010	78
• Second-round	(12)
Claims	\$6.4 billion
Voluntarily withdrawn	7
Settled	23
Separate settlement agreements	21
Reactors covered by settlements	65
Final judgments	24
• Not appealable	(13)
• On appeal	(11)
Pending before the trial court	24
DOJ trials through 2010	30
Litigation costs through 2010 (Experts and support; no DOJ or DOE staff)	\$188 million
DOJ trials expected 2011 through 2012	up to 6
Amount of judgments on appeal	\$509 million
Payments for final judgments and settlements to date	\$2 billion
Estimated total damages (if acceptance starts in 2020)	\$20.8 billion
Estimated increase for each year slippage	Up to \$500 million

**訴訟件数78**  
**請求額64億ドル**

74