

“Post-大飯” 関西電力殿に期待したい 安全対策の着眼点

2012年7月6日

佐藤 暁

キー・ワード

- **安全対策のインターチェンジャビリティ**
 - 火災防護 ⇔ 津波対策
 - テロ対策 ⇔ 外部事象
- **安全対策のバック・フィット**
- **設計寿命40年に例外なしとすることの意味**

地震、津波だけではなく！ (例えば)火災は重大な懸念

- 1975年3月22日に米国でBrowns Ferry 1号機で発生した火災は、**TMI-2 に次ぐ危険な事象**。(CCDP = 0.2と評価)
- その後、新たに制定された厳格な火災防護の要件を全フロントに**バックフィット**。
- 1979年1月1日以前に運転開始した発電所に対しては、**10CFR50, Appendix-R**の要件を適用。同一の火災エリア(3時間耐火壁で区画されたバウンダリ)にある安全停止系(A)と(B)に対し、次の物理的分離要件を適用。(III.G.2項)
 - a. 3時間の耐火障壁で隔てられていること。
 - b. 6.1m以上の水平距離で隔てられ、中間に延焼を仲介する可燃物がなく、火災報知器と自動消火設備が設置されていること。
 - c. 1時間の耐火障壁で隔てられ、火災報知器と自動消火設備が設置されていること。

3

such systems only when it is not feasible to provide the required protection for redundant safe-shutdown systems, such as in the main control room. Similarly, when practical, reliance on operator manual actions should be avoided.

Unless specifically noted otherwise, the guidance in this regulatory guide applies to the FPP for new reactor plants. Regulatory Guide 1.206, “Combined License Applications for Nuclear Power Plants (LWR Edition)” (Ref. 127), provides guidance regarding the scope and content of the COL application for new reactors.

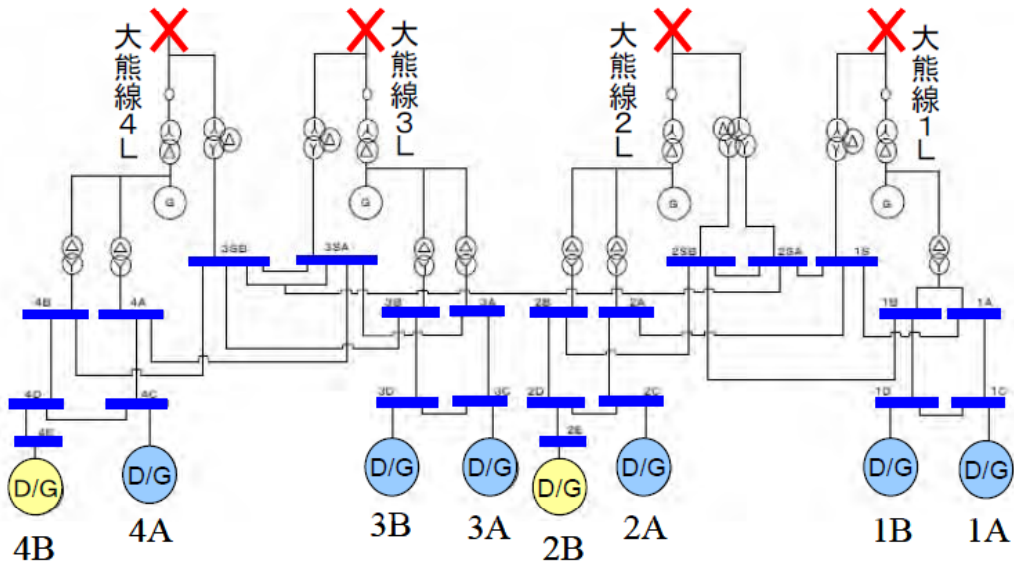
8.2 Enhanced Fire Protection Criteria

New reactor designs should ensure that safe shutdown can be achieved by assuming that all equipment in any one fire area will be rendered inoperable by fire and that reentry into the fire area for repairs and operator actions is not possible. Because of its physical configuration, the control room is excluded from this approach, provided that the design includes an independent alternative shutdown capability that is physically and electrically independent of the control room. The control room should be evaluated to ensure that the effects of fire do not adversely affect the ability to achieve and maintain safe shutdown. New reactors should provide fire protection for redundant shutdown systems in the reactor containment building that will ensure, to the extent practicable, that one shutdown division will be free of fire damage. Additionally, new reactor designs should ensure that smoke, hot gases, or the fire suppressant will not migrate into other fire areas to the extent that they could adversely affect safe-shutdown capabilities, including operator actions.

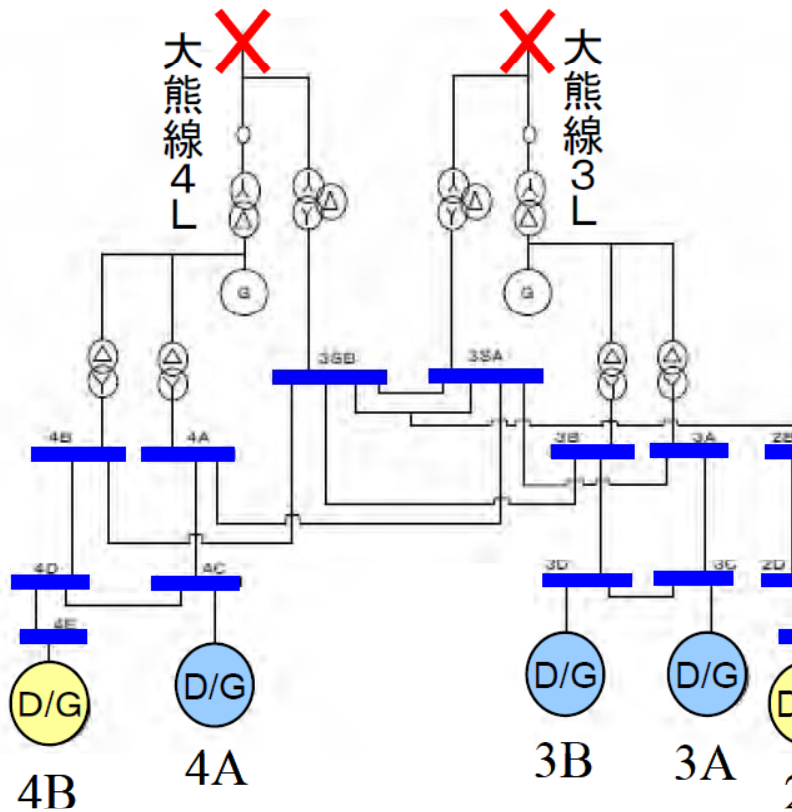
新たに設置される原子炉に対しては、指針(RG 1.189)により、同一火災区域内の機器について全てが消失し、その後の復旧のための入域が不可能と想定した上で、安全停止操作が可能となるよう設計する。

4

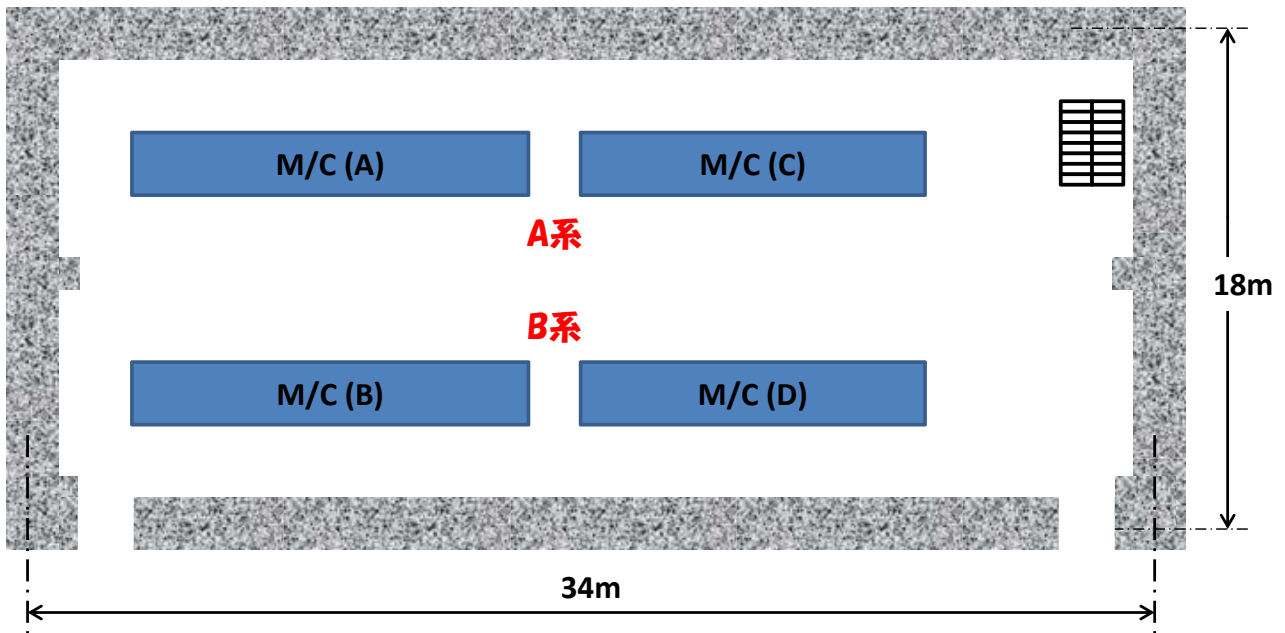
福島第一 1～4号機の電源系津波被害



東京電力中間報告書(添付7-3)より抜粋

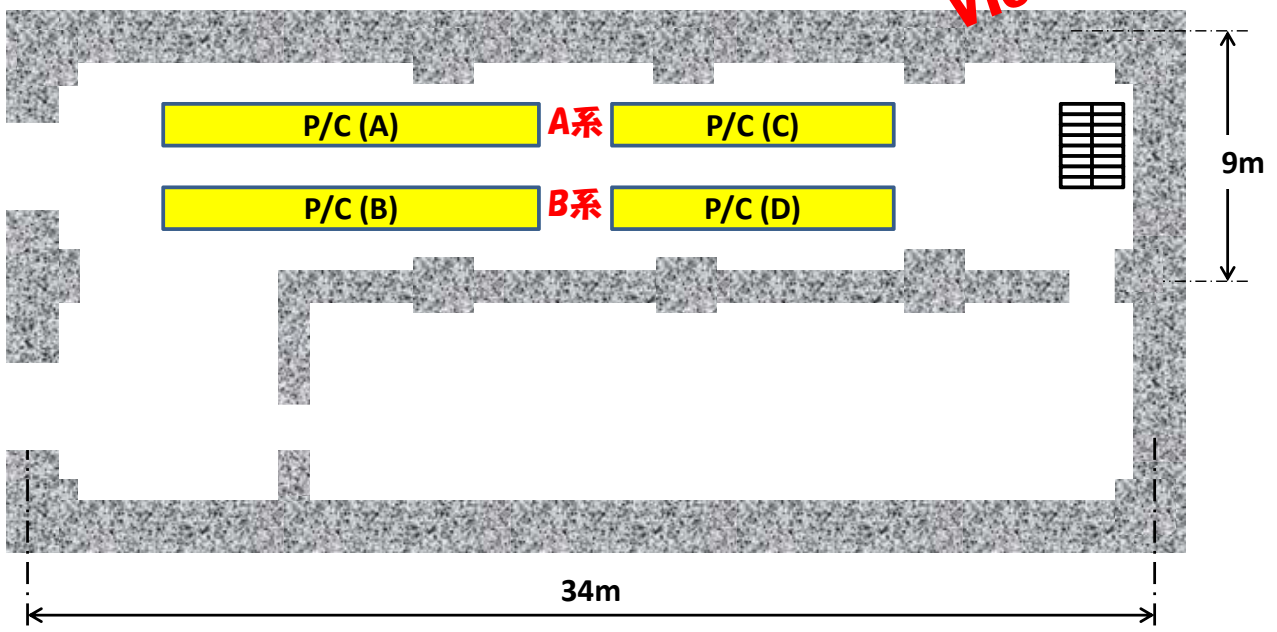


福島第一原子力発電所4号機 タービン建屋地階



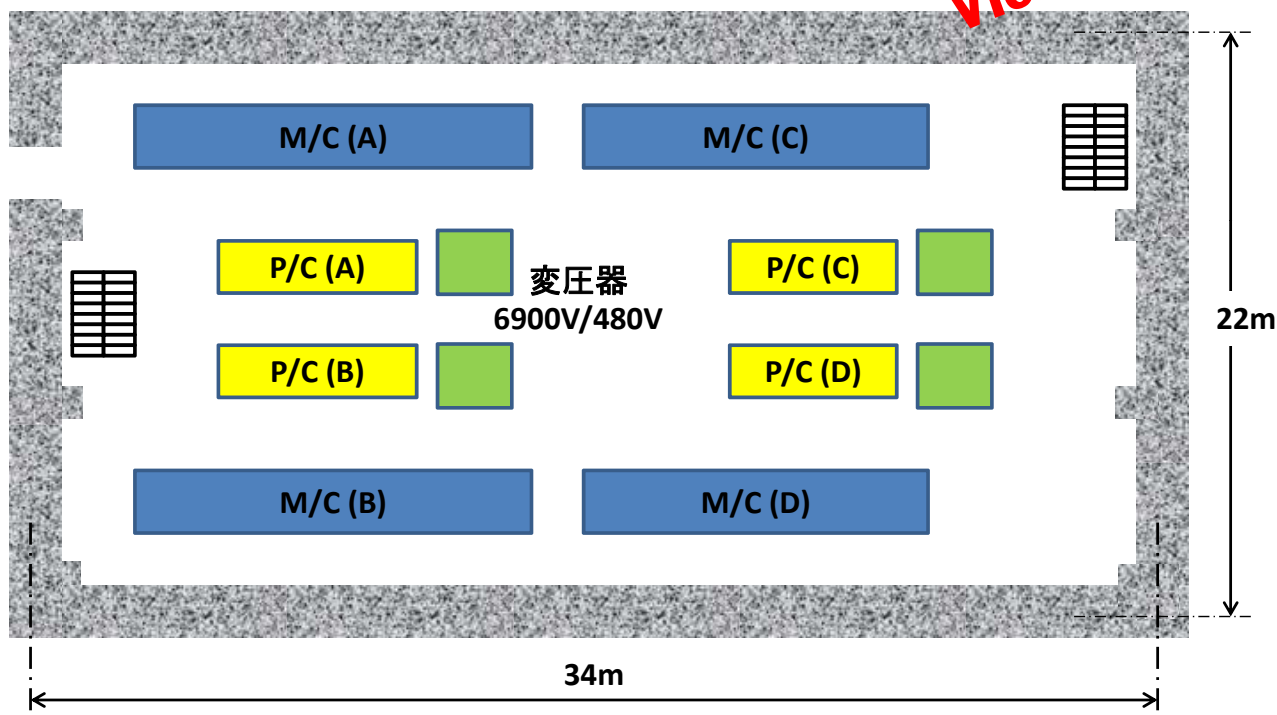
7

福島第一原子力発電所4号機 タービン建屋1階



8

Violation!



9

もし、米国の火災防護の規制要件(安全停止系のA系とB系の分離要件)がわが国にも適用され、運用されていたら、福島津波による影響はどうだったか？

物理的な分離によって、安全停止系の全滅が回避された可能性がある。(火災防護の対策を講じることにより、同時に津波対策にもない得る。安全対策のインターチェンジャビリティ。)

Question:

なぜ、そのような安全対策が講じられなかったのか？

10

Question

「9-11テロ対策」に関するNRC の命令書
(2002年)“B.5.b項” が運用されていれば？

B.5.b

- Phase-1: 高発熱の使用済燃料を市松模様に配置することで、使用済燃料プールの水が抜けて冷却出来なくなった場合の発火(ジルコニウム火災)を防ぐ。
- Phase-2: 使用済燃料プールの水が漏洩する場合に備え、電源に依存しない注水系統と散水系統を設置する。
- Phase-3: 略

11

「9-11テロ対策」に関するNRC の命令書
(2002年)“B.5.b項” が運用されていれば？

Answer

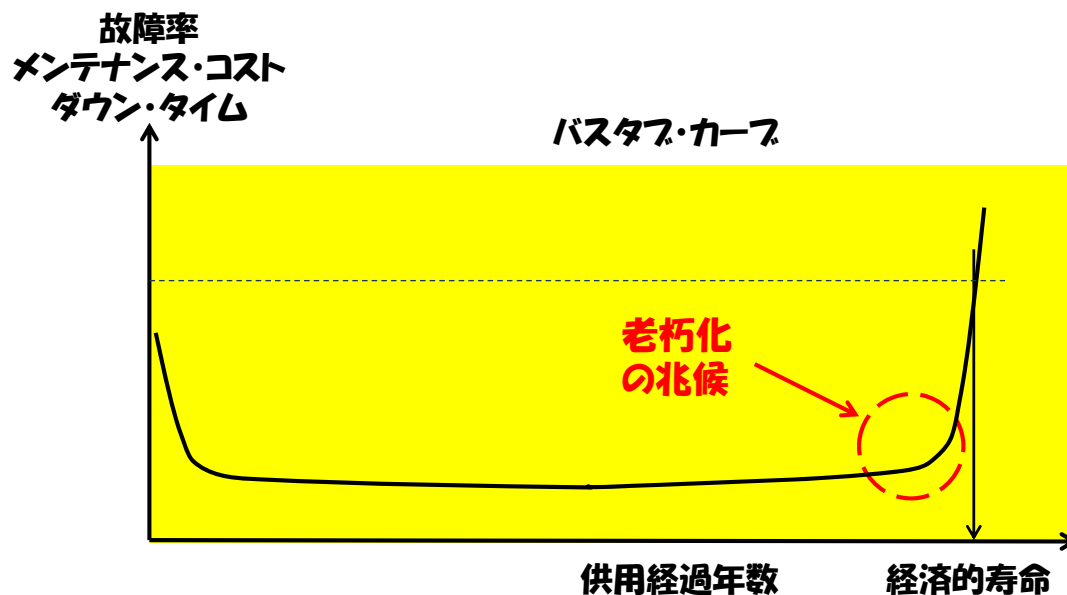
- 米国の「50マイル退避」の騒動はなかった。
- 「首都圏全滅説」の騒動(但し、当時は関係者だけの間に伏せられており、後日発覚。)はなかった。
- 自衛隊ヘリによる「海水投下作戦」は不要だった。
- しかし、現在もわが国では B.5.b が運用されていないまま。
- テロ対策が過酷事故対策にもない得るインターチェンジャビリティが認識されていない。

12

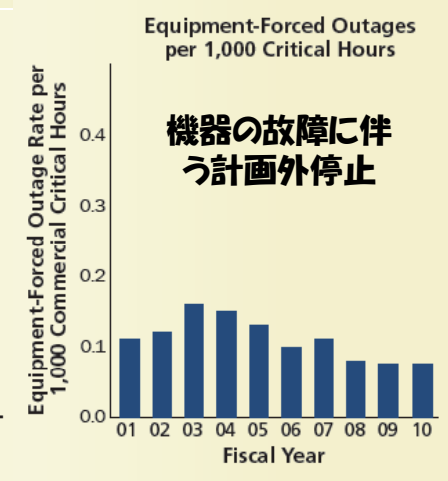
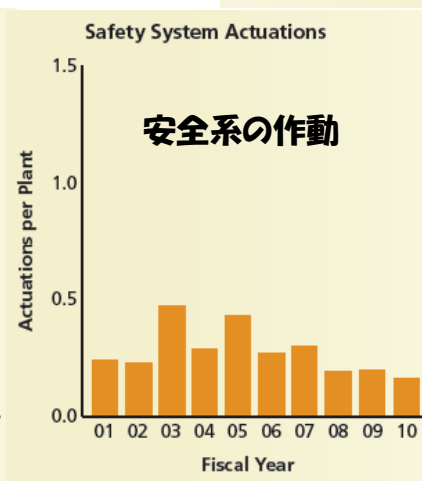
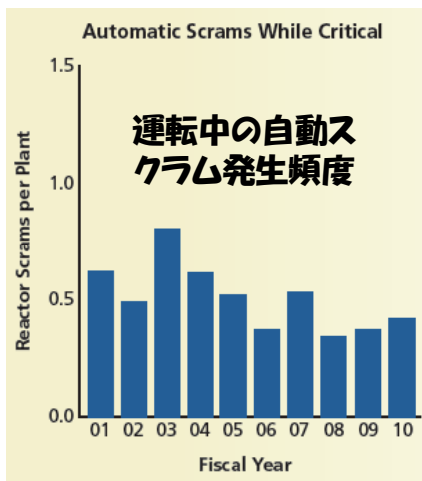
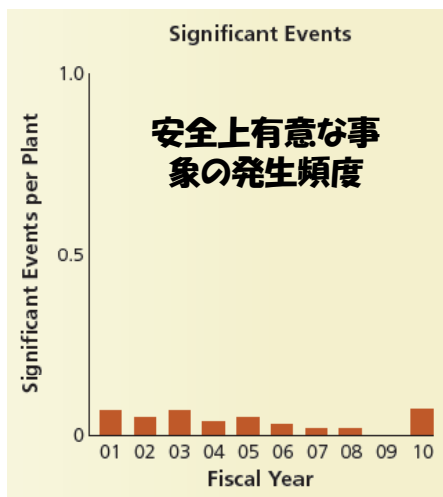
原子力発電所の 老朽化 老旧化

13

老朽化は**たぶんまだ**起こっていない
老朽化には手が打てる



14

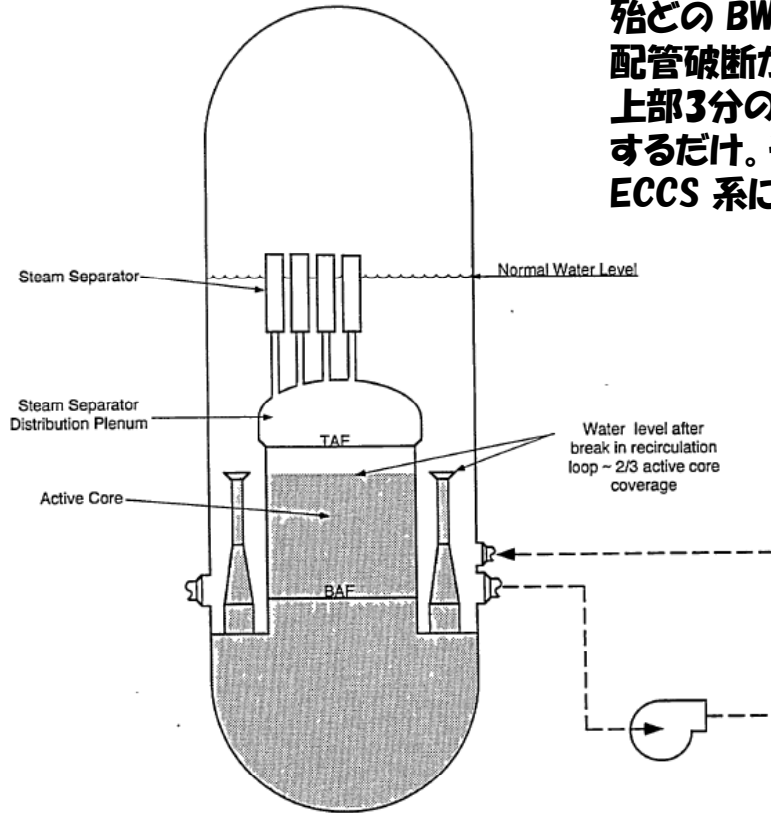


しかし、 老**旧**化の対策は容易ではない

例えば・・・

- Mark-I 型格納容器を Mark-II 型に改造することは出来ない。
- 旧式の原子炉の交換は出来ない。
- 機器の配置、ケーブル布設ルートの変更も一般にはかからない困難。

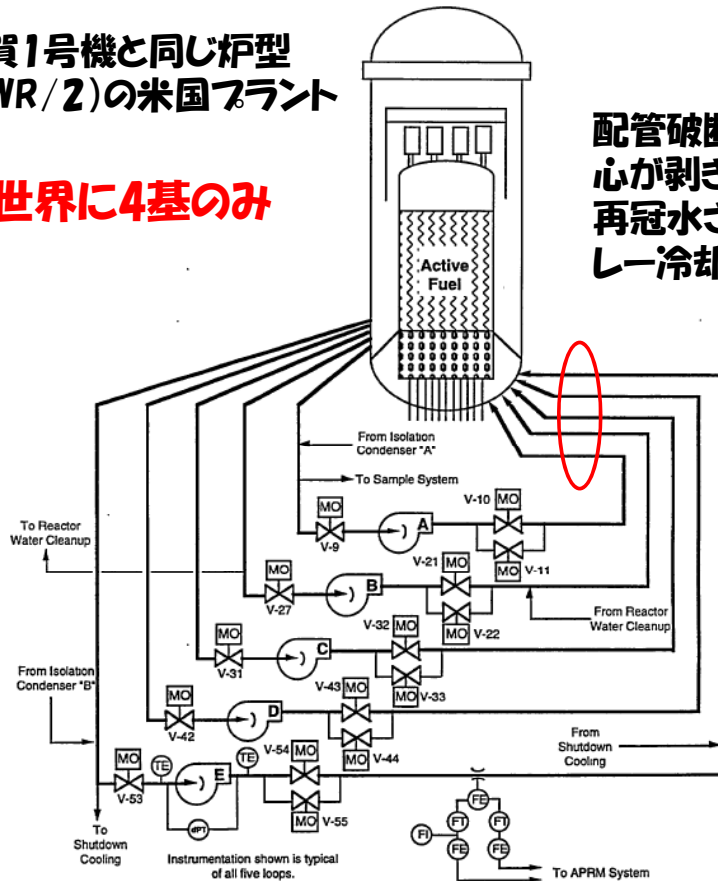
殆どの BWR 原子炉の場合、配管破断が起こっても、炉心の上部3分の1が水面上に露出するだけ。その直後には、ECCS 系によって再冠水される。



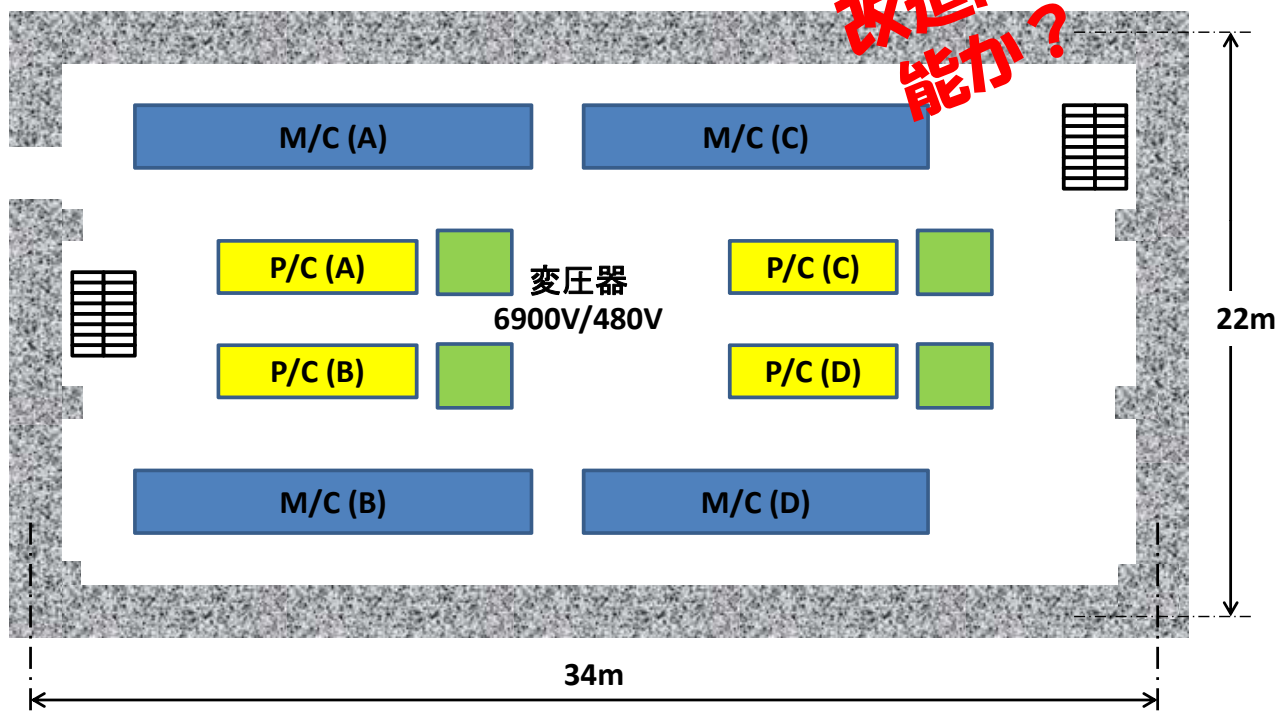
敦賀1号機と同じ炉型 (BWR/2)の米国プラント

世界に4基のみ

配管破断が発生した場合、炉心が剥き出しになる。その後も再冠水されることなく、スプレー冷却が続けられるだけ。



- 日本原子力発電株式会社
- 株式所有率
 - 東京電力 28.23%
 - 関西電力 18.54%



老朽フラントに対する勇退の勧め

- 設計寿命40年は、老朽化対策としてもよいも老朽化対策として重要。
- 知見伝承、部品調達など多岐の問題。

安全文化 安全文化 安全文化

- 原子力安全を最終的に守護するのは、テクノロジーではなく、当事者(発電所の職員)。
- 安全の議論に「解決済み」の言葉はなし。
- 有能な職員は、健全な安全文化の中でのみ育成される。

21

「言うは易し行うは難し」の安全文化の醸成

DEFINITION OF NUCLEAR SAFETY CULTURE

Nuclear safety culture is the core values and behaviors resulting from a collective commitment by leaders and individuals to emphasize safety over competing goals to ensure protection of people and the environment.

US NRC
United States Nuclear Regulatory Commission
Protecting People and the Environment

TRAIT OF A POSITIVE NUCLEAR SAFETY CULTURE

Experience has shown that certain personal and organizational traits are present in a positive safety culture. The following are traits of a positive safety culture:

- Leadership Safety Values and Actions—Leaders demonstrate a commitment to safety in their decisions and behaviors.
- Problem Identification and Resolution—Issues potentially impacting safety are promptly identified, fully evaluated, and promptly addressed and corrected commensurate with their significance.
- Personal Accountability—All individuals take personal responsibility for safety.
- Work Processes—The process of planning and controlling work activities is implemented so that safety is maintained.
- Continuous Learning—Opportunities to learn about ways to ensure safety are sought out and implemented.
- Environment for Raising Concerns—A safety-conscious work environment is maintained where personnel feel free to raise safety concerns without fear of retaliation, intimidation, harassment, or discrimination.
- Effective Safety Communication—Communications maintain a focus on safety.
- Respectful Work Environment—Trust and respect permeate the organization.
- Questioning Attitude—Individuals avoid complacency and continuously challenge existing conditions and activities in order to identify discrepancies that might result in error or inappropriate action.

NRC MISSION

The mission of the NRC is to license and regulate the Nation's civilian use of fissionable, source, and special nuclear materials in order to protect public health and safety, promote the common defense and security, and protect the environment.

SAFETY CULTURE Policy Statement

NUREG/BR-0500
June 2011

TO GET MORE INFORMATION
www.nrc.gov
www.nrc.gov/about-nrc/regulatory/enforcement/safety-culture.html

There may be additional traits not included here that are also important in a positive safety culture. These traits were not developed for inspection purposes.

22

安全問題を臆せず提起できる職場環境

- **Environment for Raising Concerns**—A safety-conscious work environment is maintained where personnel feel free to raise safety concerns without fear of retaliation, intimidation, harassment, or discrimination.
- **Effective Safety Communication**—Communications maintain a focus on safety.
- **Respectful Work Environment**—Trust and respect permeate the organization.
- **Questioning Attitude**—Individuals avoid complacency and continuously challenge existing conditions and activities in order to identify discrepancies that might result in error or inappropriate action.

自己欺瞞を排除し、先達から引き継いだ慣習や既存の状態を無条件で良しとせず、自分なりに納得するまで疑問を追及する。

23

「ストレス・テスト」へのチャレンジ

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 (津波との重量も同じ)	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 ^o	約3%向上
津波 (地震との重量も同じ)	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 ^o	約1.6倍 (4.65m) 海水ポンプ ^o	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5時間後*1 蓄電池	約76倍向上
		使用済燃料	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)	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12時間後*1(停止中) (水温が100°C到達時点)	約20倍向上

*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。

24

RCP シールの問題

最近の米国での議論から...

「PWR フラントにおける SBO 耐久性は、RCS 漏洩率によって支配される。RCP シールからの漏洩によって、SBO から 4 時間後には、RCS インベントリーの 3 分の 1 を喪失する。」
 但し、耐熱シールを採用することにより、漏洩率を 10 分の 1 以下に低減することが可能。

