

福島事故における日本の現状

2012年1月30日

岡本孝司(東京大学)
okamoto@n.t.u-tokyo.ac.jp

日本国内の動向(1)

- 事故調査
 - 政府事故調査委員会(12月26日中間報告書)
 - 国会事故調査委員会(6月頃報告書予定)
 - 東京電力(12月2日中間報告書)
 - 原子力安全保安院(3月頃報告書予定)
 - など
- 規制システムの見直し
 - 環境省原子力安全庁設立(4月1日)
 - 原子力基本法など法令改正(10月頃)

日本国内の動向(2)

- 除染・環境修復
 - モニタリング
 - 除染作業(国、自治体、学会など)
 - 汚染土の中間貯蔵
 - 環境影響評価
 - など
- 廃止措置
 - 工程表策定
 - 技術開発

IAEA Safety Fundamentals (SF-1)

基本安全目的は、**人及び環境**を電離放射線の有害な影響から防護することである

原則1: 安全に対する責任

原則2: 政府の役割

原則3: 安全に対するリーダーシップとマネジメント

原則4: 施設と活動の正当化

原則5: 防護の最適化

原則6: 個人のリスクの制限

原則7: 現在及び将来の世代の防護

原則8: 事故の防止

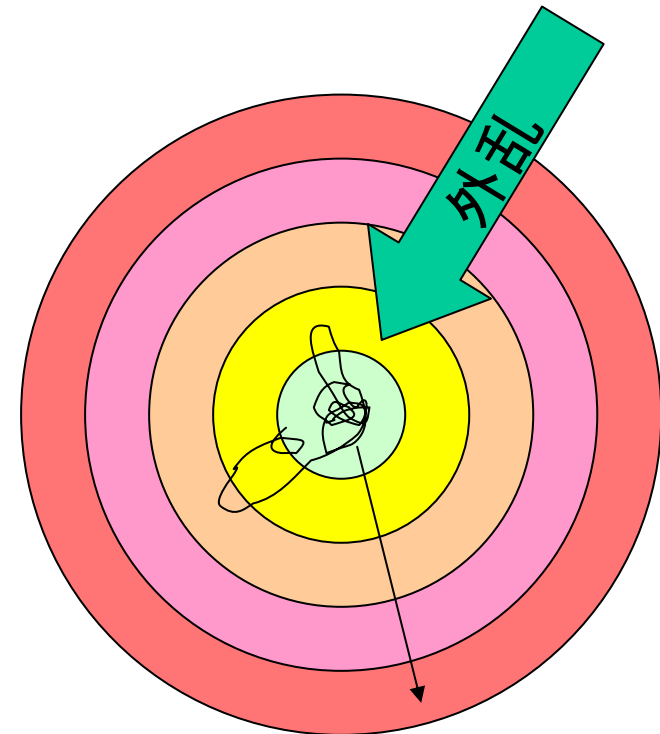
原則9: 緊急時の準備と対応

原則10: 現存又は規制されていない放射線リスクの低減
のための防護対策

IAEA Safety of Nuclear Power Plant (NS-R-1)

深層防護 (Defense-in-Depth)

1. 異常の発生を防止する
2. 異常が発生しても、その拡大を防止する
3. 異常が拡大しても、その影響を緩和し過酷事故に至らせない
4. 異常が緩和できず、過酷事故に至っても、対応できるようにする
5. 異常に対応できなくても、人を守る



5層の深層防護

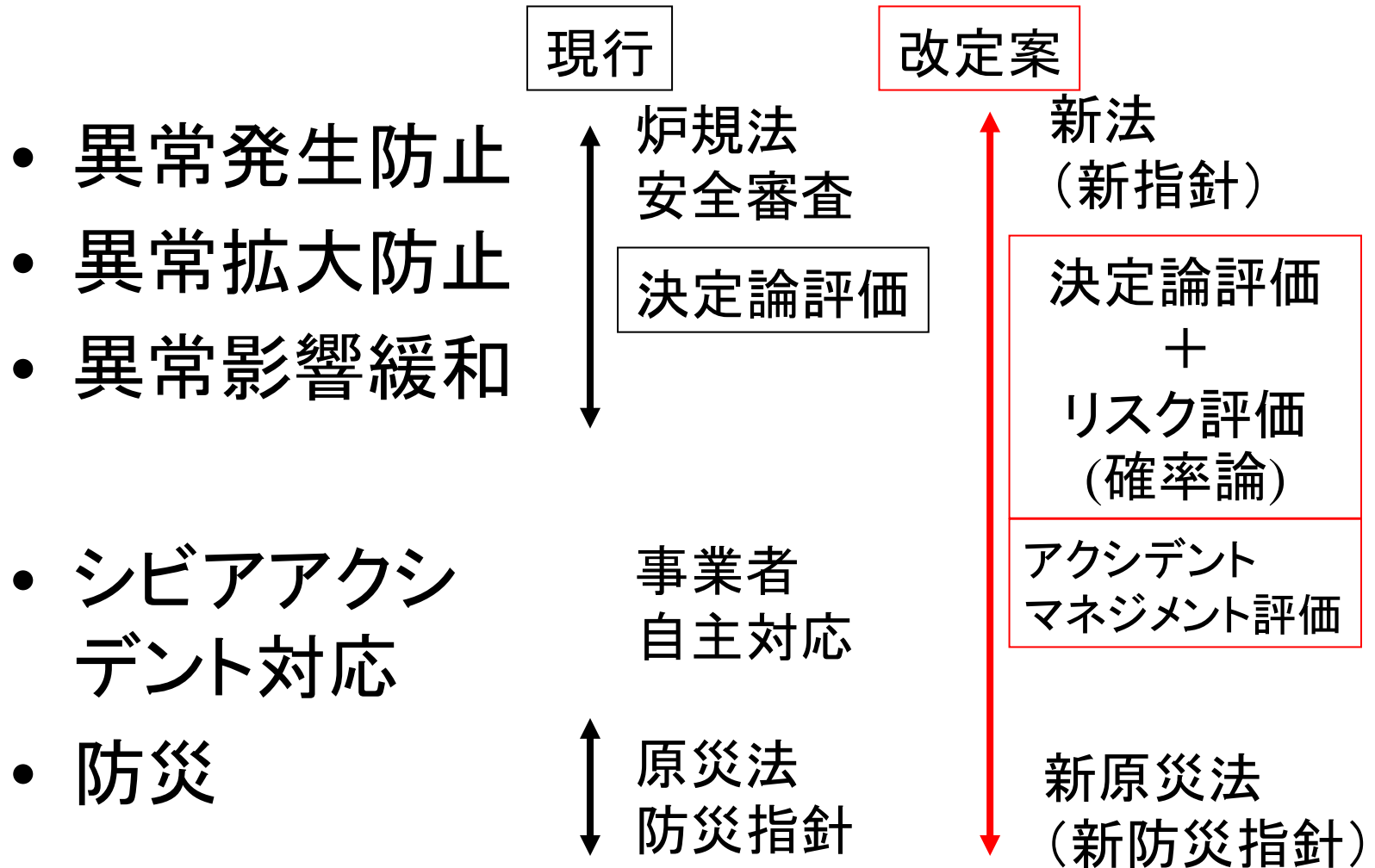
深層防護思想は機能したのか

- 深層防護思想は、福島事故後であっても原子力安全の基本的概念である。
- インパクトが比較的小さかった福島第二は第4層が機能して、安全が保たれた
- 直流を含む全ての電源が使えなくなる事象を含め、リスクに応じた対応策を、あらかじめ考えておくことが必須である。
- 炉心損傷が起こることを前提とした、影響緩和策を充実する事が必須である。

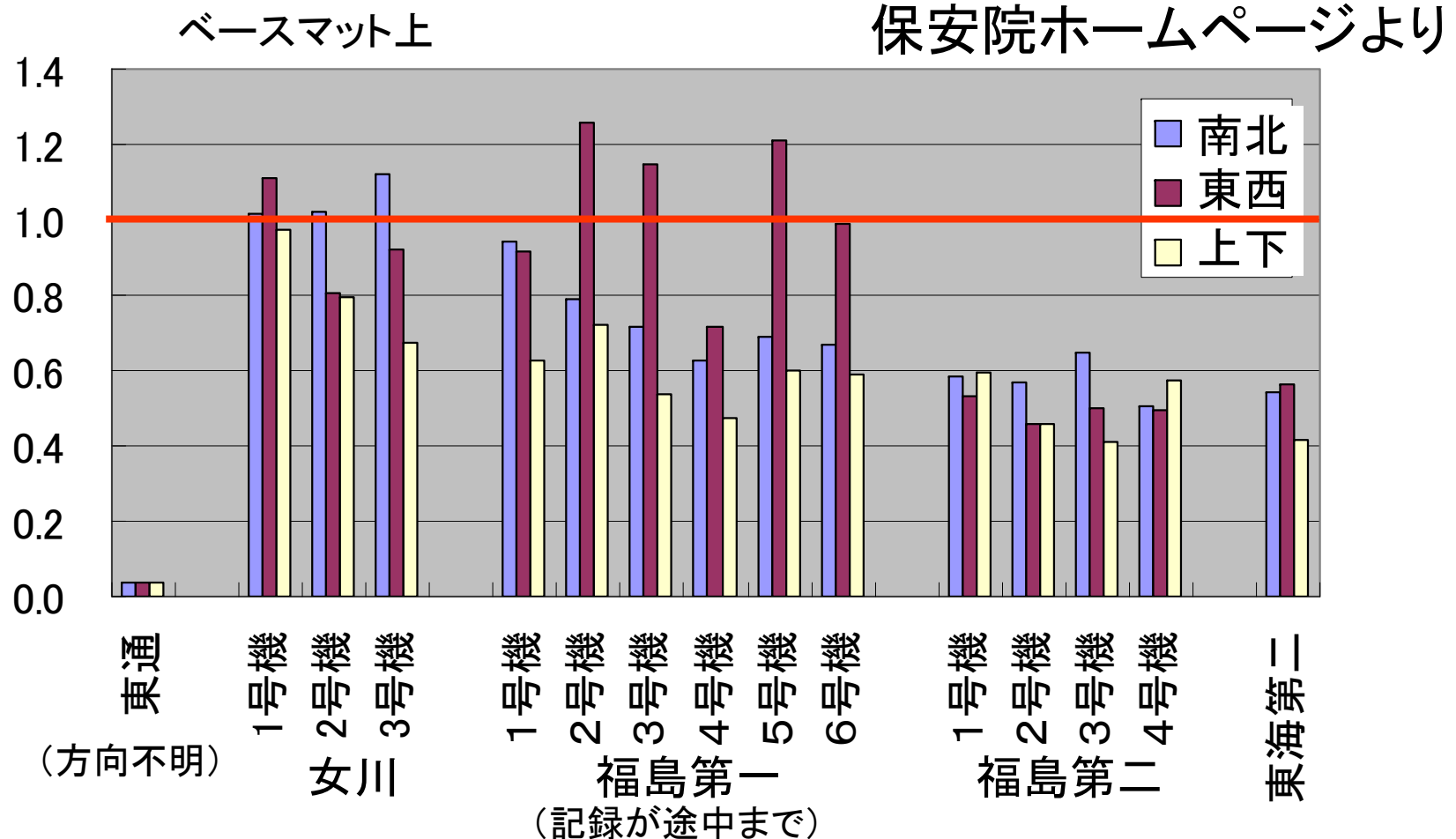
深層防護思想を拡充する事が重要である

原子力安全の考え方

(IAEA / 5層の深層防護)



基準地震動 (Ss)と観測された地震動の比

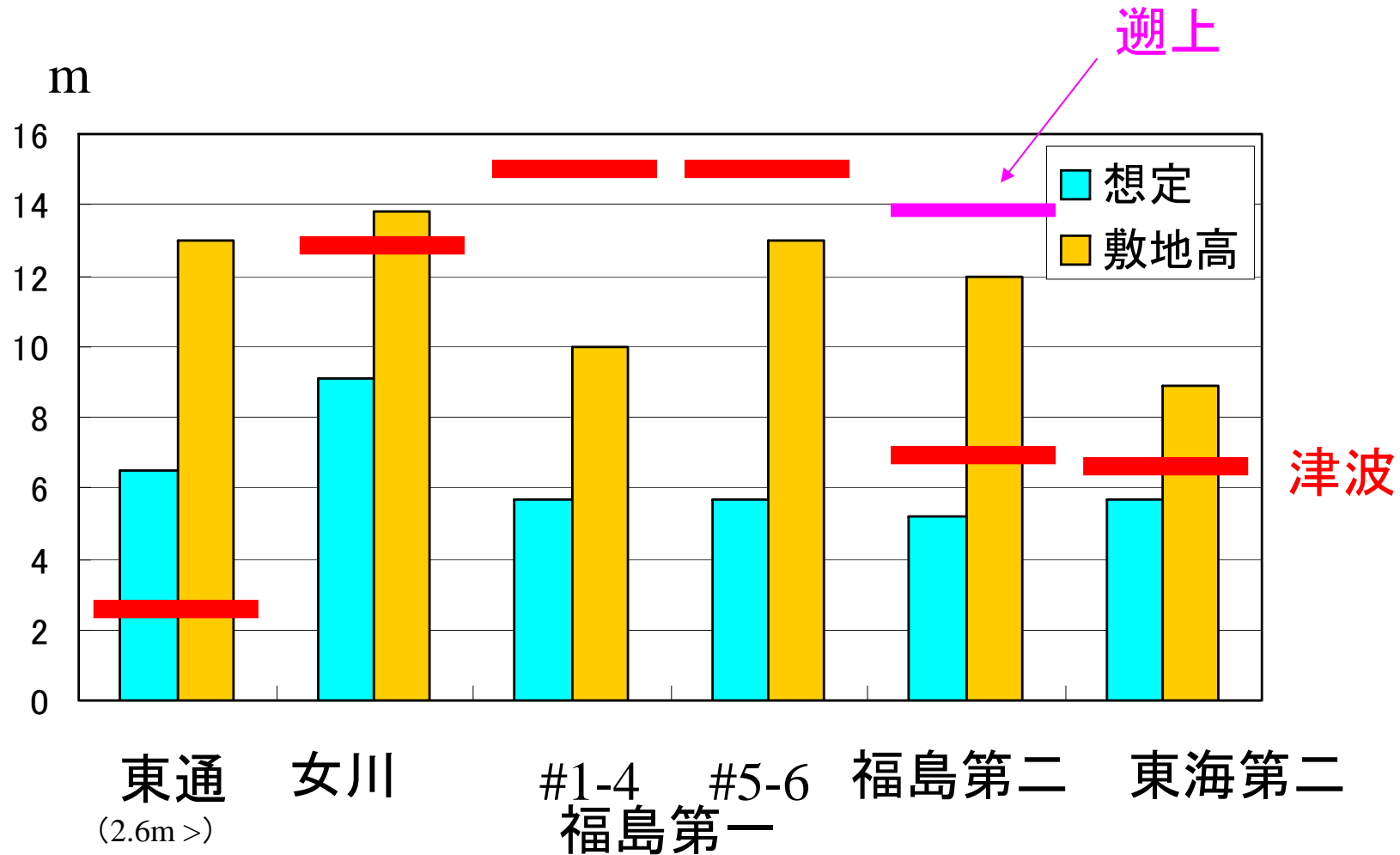


安全上重要な機器は損傷していない
 現状の知見によれば耐震設計は機能したと言える

地震後の原子カプラント状況

	Operation	DiD1	DiD2	
女川	#1	100%出力	炉停止	常用系 M/C 火災
	#2	起動中	炉停止	
	#3	100%出力	炉停止	
福島第一	#1	100%出力	炉停止	外部電源喪失
	#2	100%出力	炉停止	外部電源喪失
	#3	100%出力	炉停止	外部電源喪失
	#4	停止		外部電源喪失
	#5	停止		外部電源喪失
	#6	停止		外部電源喪失
福島第二	#1	100%出力	炉停止	
	#2	100%出力	炉停止	
	#3	100%出力	炉停止	
	#4	100%出力	炉停止	
東海第二		100%出力	炉停止	外部電源喪失

津波高さ



津波に対する設計が失敗, 事故に繋がった

津波直後のプラント状態

DiD3 DiD4(AM) DiD5(Emergency)

女川	#1			
	#2	2D/G ×		
	#3			
福島第一	#1		SBO, LUHS	炉心損傷、水素爆発
	#2		SBO, LUHS	炉心損傷
	#3		SBO, LUHS	炉心損傷、水素爆発
	#4		SBO, LUHS	水素爆発
	#5		SBO, LUHS	
	#6		LUHS	
福島第二	#1		LUHS	
	#2		LUHS	
	#3			
	#4		LUHS	
東海第二		1D/G ×		

SBO: 全交流電源喪失、LUHS: 最終熱逃場喪失

津波後の福島第一発電所 と 福島第二発電所

	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#1	#2	#3	#4
外部電源	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○
非常用D/G	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
A: 空冷	×	×	×	×	×	○	×	×	○	×
*: 冷却ポンプ損傷		A		A		A				
M/C (非常用)	×	×	×	×	×	3/3	1/3	○	○	○
M/C (常用)	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○
P/C (非常用)	×	2/3	×	2/3	×	3/3	1/3	2/3	2/3	2/3
P/C (常用)	×	2/4	×	2/2	2/4	×	6/7	4/5	7/7	4/5
直流電源	×	×	○	×	○	○	○	○	○	○
海水冷却ポンプ	×	×	×	×	×	×	×	×	1/2	×

台湾 第3(馬鞍山)発電所 全交流電源喪失事象 2001年3月18日

0:45 外部電源2系統喪失
A系母線損傷
B系非常用D/G起動失敗

0:57 蒸気駆動ポンプ起動(炉心冷却)

2:54 第5D/GをB系母線に繋ぎこむ

全交流電源喪失

約2時間

復旧

電源喪失は、D/G起動失敗だけではなく、
電源盤損傷、母線損傷などでも起こりうる。
盤や母線が損傷すると、電源があっても電気供給不可

本事象は、日本の安全性向上に反映されたか不明

SBOの分類

確率

外部電源	非常用D/G	M/C & BUS	直流電源
×	×	○	○
×	×	×	○
×	×	×	×

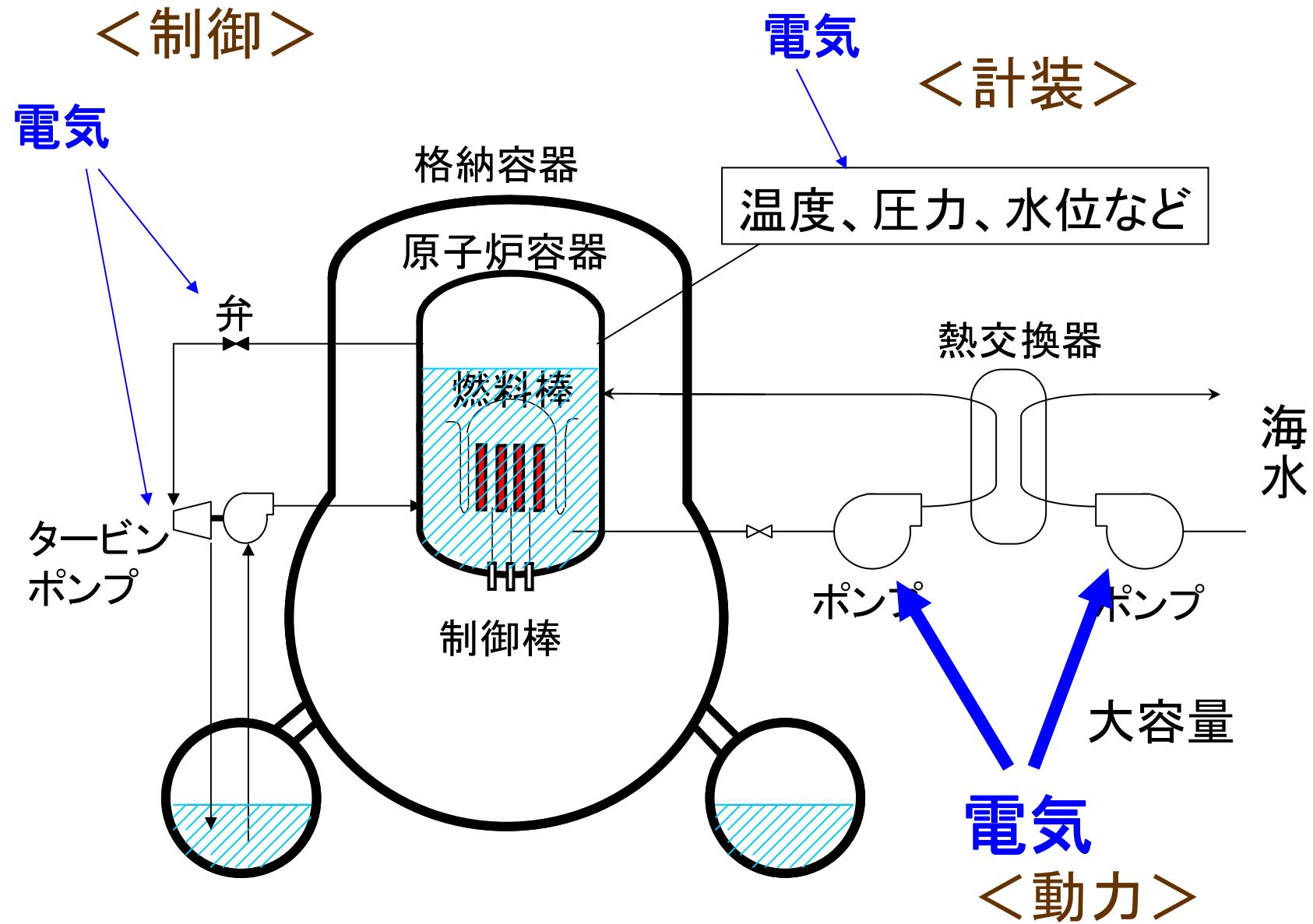
対策

代替直流電源
(Swing D/G)

代替 M/C
蓄電池充電器
仮設ケーブル

後備直流電源
後備充電器
後備計測系

Accident Management Design Basis

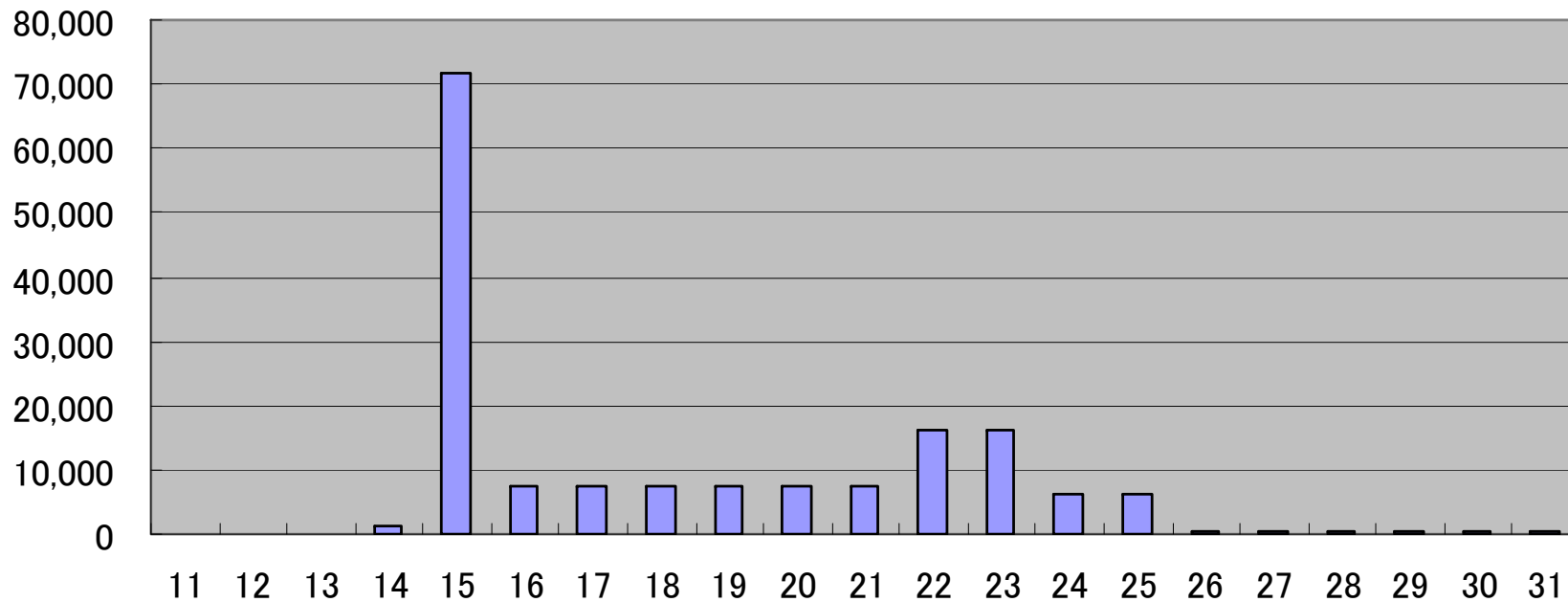


全電源喪失のまとめ

1. 非常用電源系は、多重性、多様性、独立性が重要
2. 単純な全交流電源喪失は、設計基準事象として考慮する。
SBOのリスク提言のため代替直流電源を準備する
3. 母線喪失や直流喪失は、設計超過事象として考慮する
事が必要である
4. 計装系は電源容量が動力に比べて小さい
後備直流電源がAM対策としては有効であろう
5. 電源系の共通要因故障を防ぐために、水密性を確実に
実施する事が必要であろう

ヨウ素131の放出量

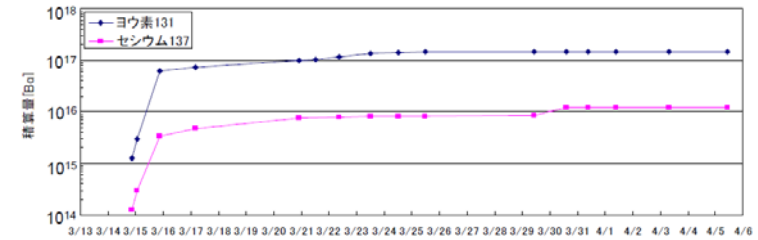
TBq/日



↑
1号機水素爆発

↑
3号機水素爆発

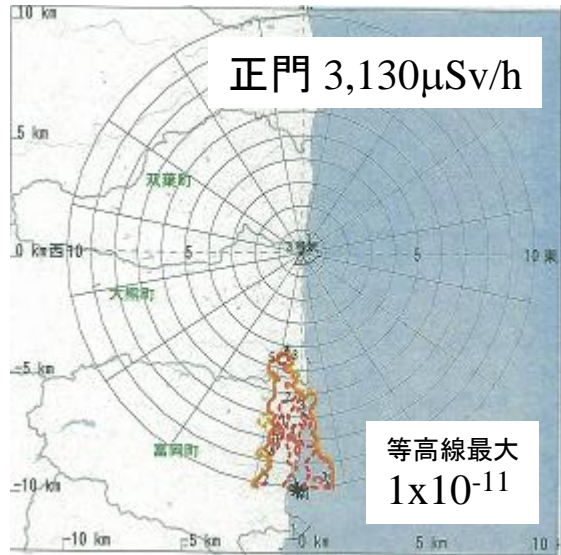
↑
2号機爆発?



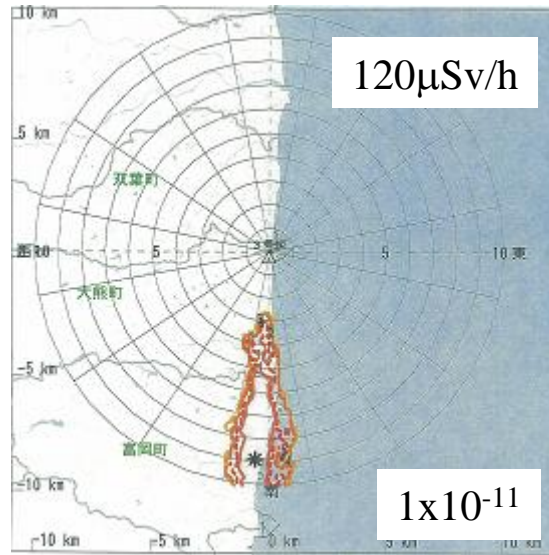
原子力安全委員会HPデータ

注記: 上記原子力安全委員会データより推定したもの

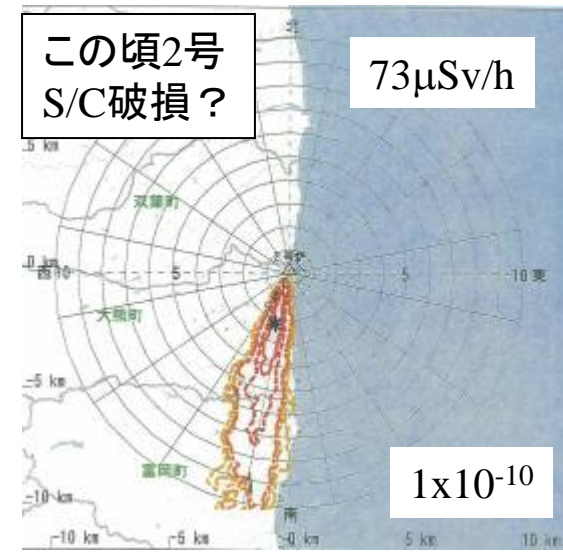
14日22:00-23:00 北北西5.8m/s



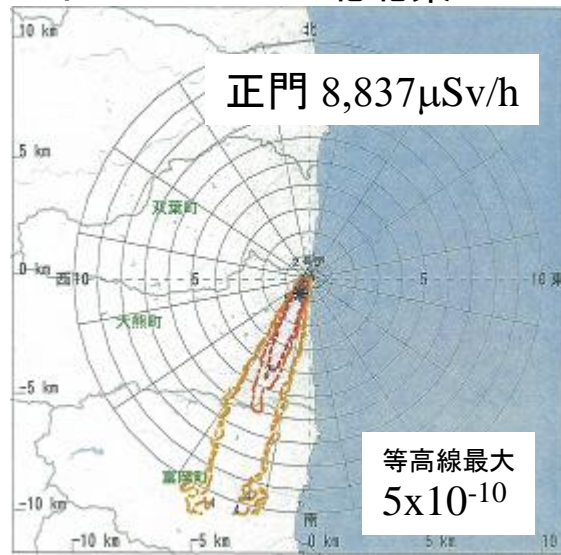
15日2:00-3:00 北6.6m/s



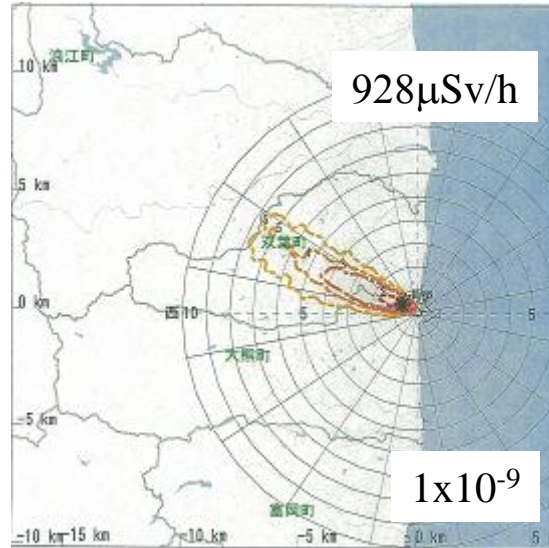
15日6:00-7:00 北北東5.4m/s



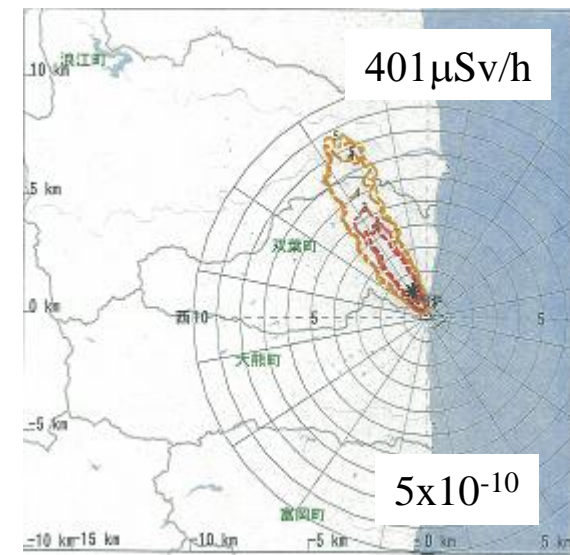
15日10:00-11:00 北北東5.4m/s



15日14:00-15:00 東南東2.4m/s



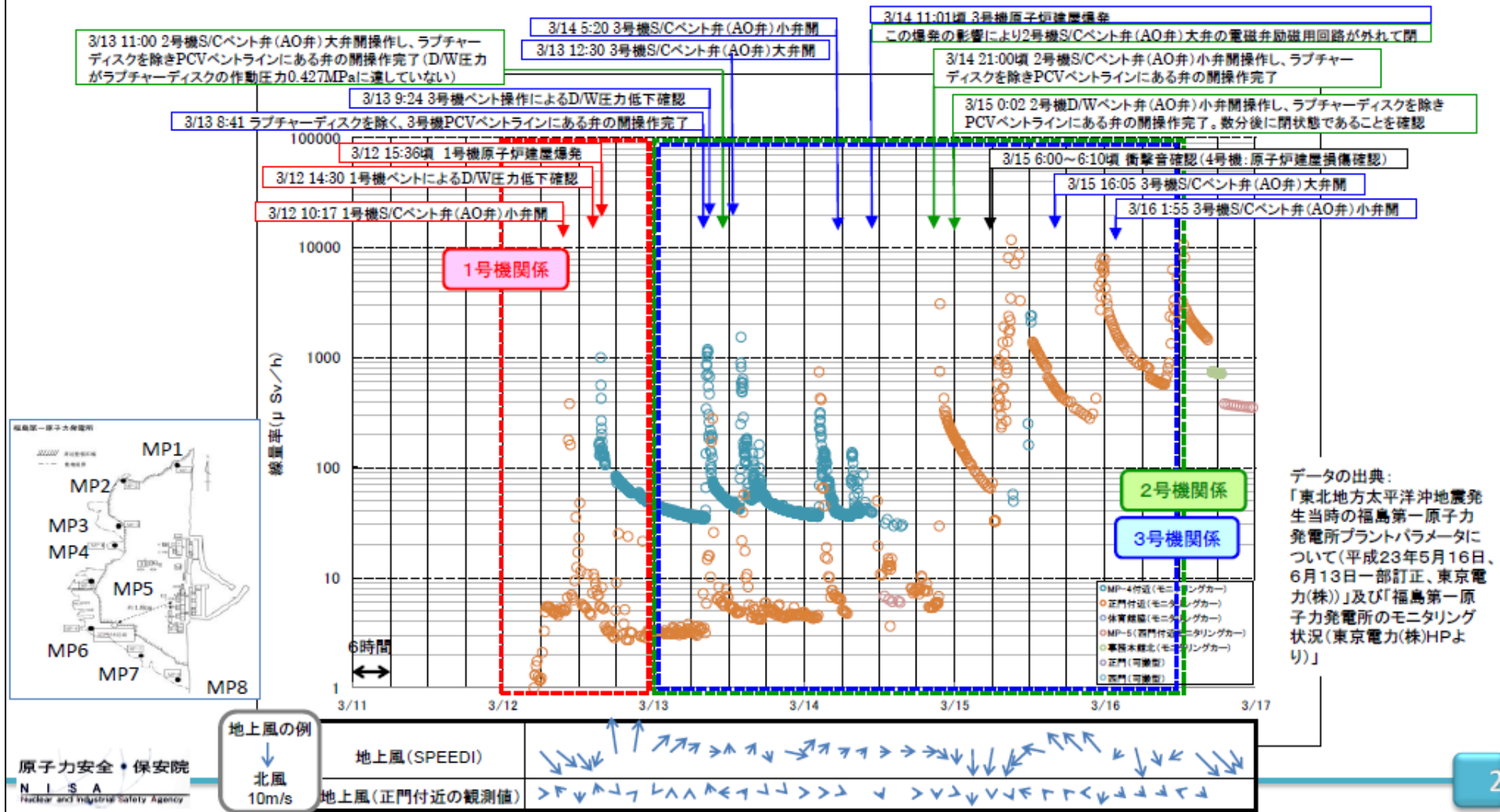
15日18:00-19:00 南東8.1m/s



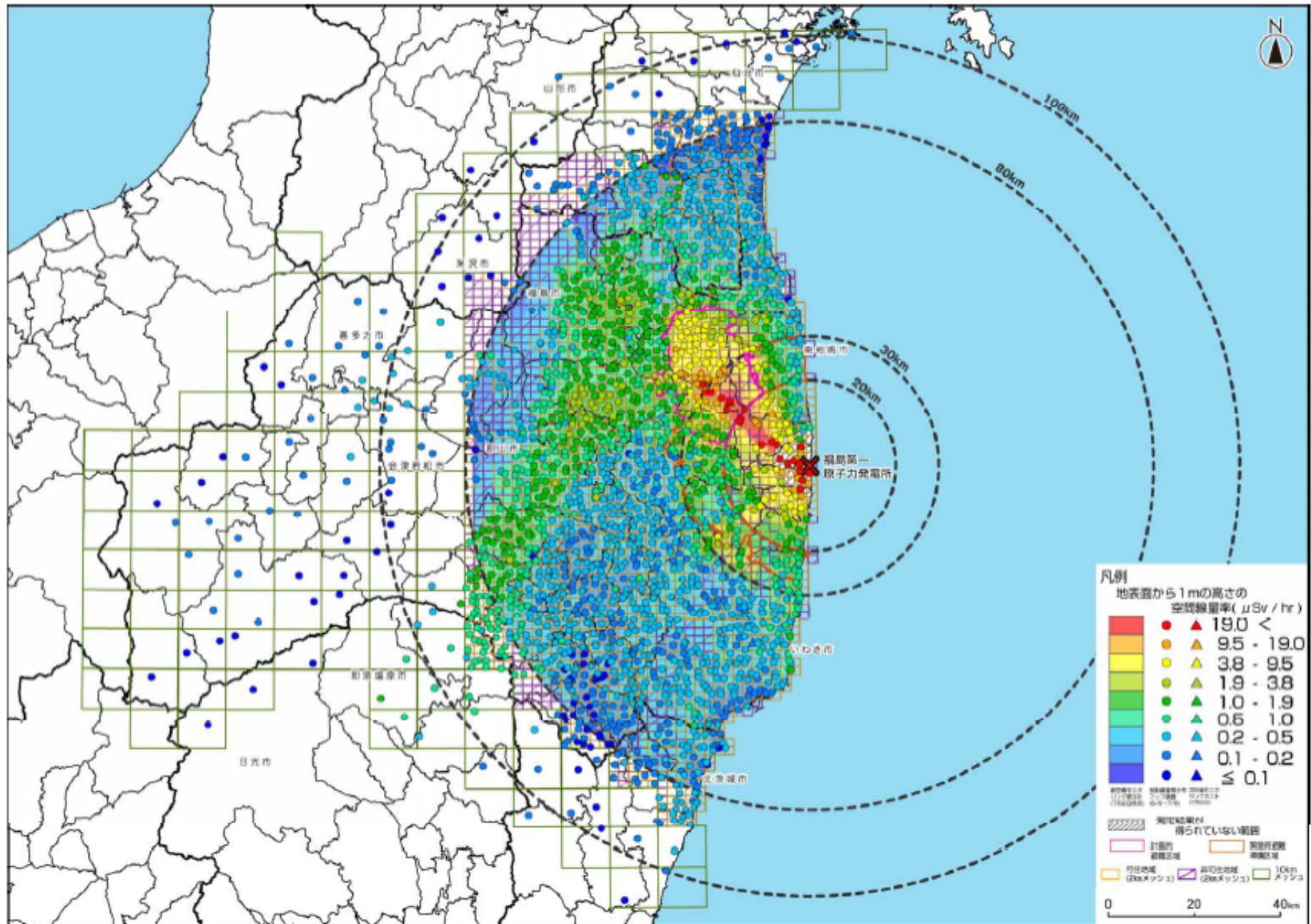
1. 格納容器からの漏えい

1-0. モニタリングデータからの放射性物質の放出時期の考察

- 3月12日は2号機及び3号機がRCICの作動により原子炉が冷却されている一方、1号機でベント操作の実施及び建屋爆発があった。
- 3月13日は3号機で複数回にわたりベント操作が実施され、さらに3月14日には3号機で建屋爆発があった。
- 3月14日21時以降は、2号機及び3号機でベント操作の実施があり、それまでよりも高い線量率が確認されている。
- さらに各号機のPCV圧力の挙動を踏まえて、線量率の上昇の原因、放射性物質の放出時期について次ページ以降で考察する。



地表面から1mの高さの空間線量率(μSv/h) 文部科学省HPより





12月11日現在空間線量率
(文部科学省HPより)

最も重要な教訓

格納容器破損を避けること
放射性物質放出を避けること

福島第一原子力発電所

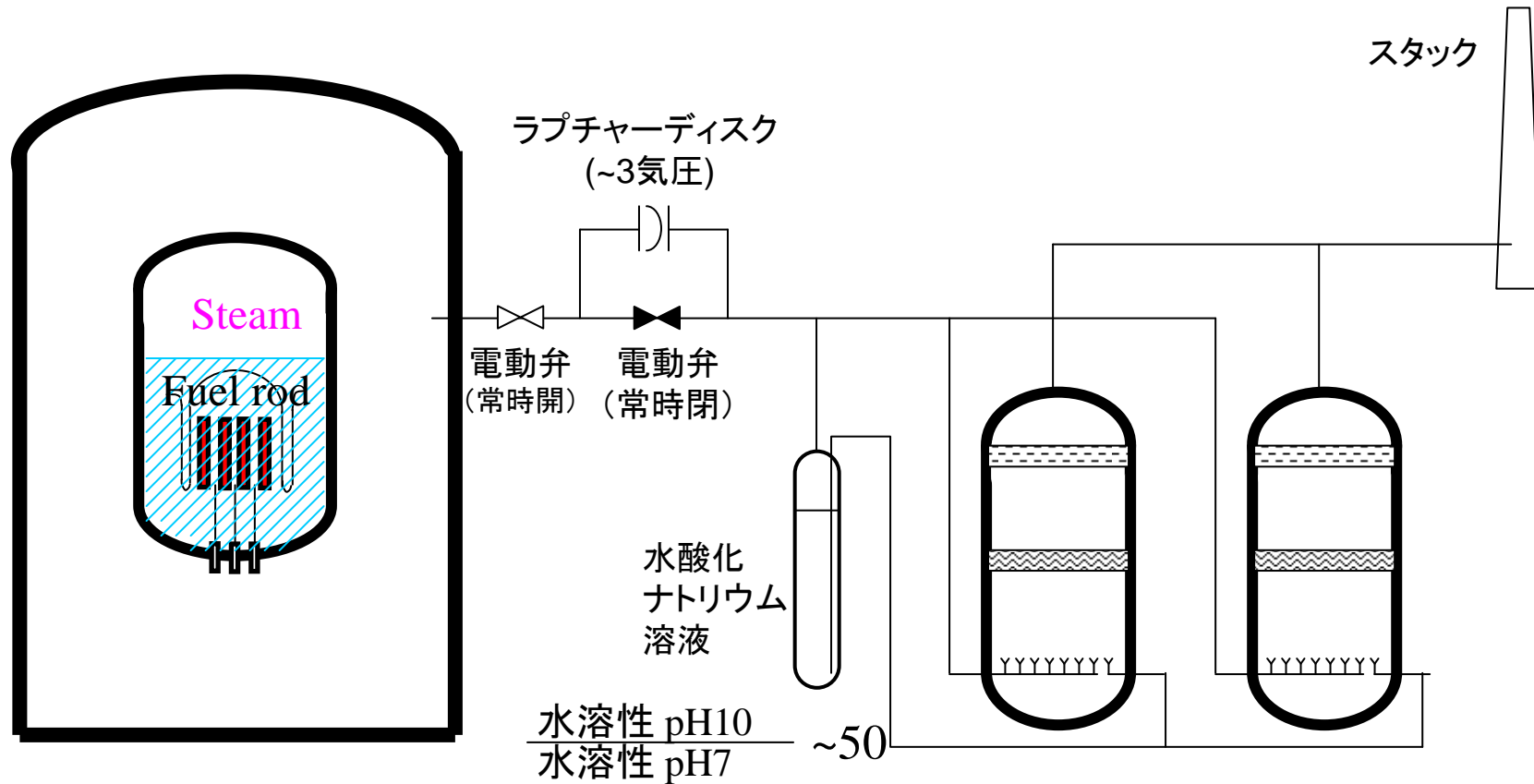
#1	格納容器 7bar + ベント + 水素爆発	~1day
#2	格納容器 7bar + 格納容器破損(ベント失敗)	~3.5day
#3	格納容器 6bar + ベント + 水素爆発	~3day

格納容器過圧破損防止 + 放射性物質放出防止
→ フィルターベントシステム (FCVS)

格納容器過温破損防止 + 水素、放射性物質放出防止
→ 特別緊急時熱除去システム (SEHR)

FCVS (格納容器フィルター付ベントシステム)

1992年に後付設置 (深層防護第4層 過酷事故影響緩和)



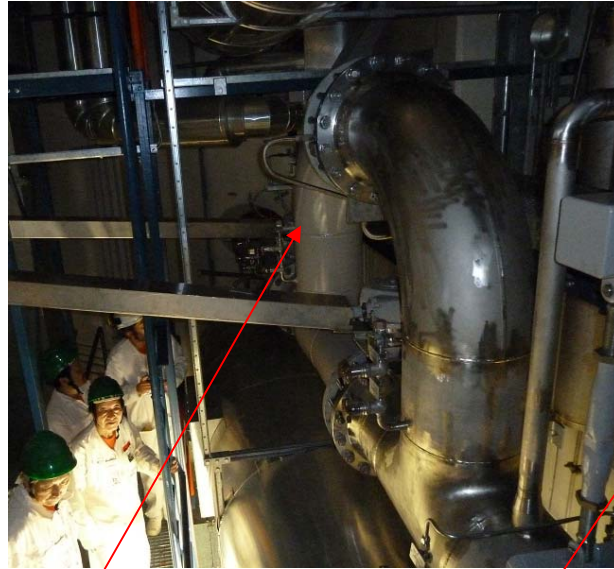
格納容器過圧破損防止
放射性物質除去
全電源喪失、全冷却喪失時の蒸気放出冷却

除染係数 > 1000 (エアロゾル)
> 100 (ヨウ素)

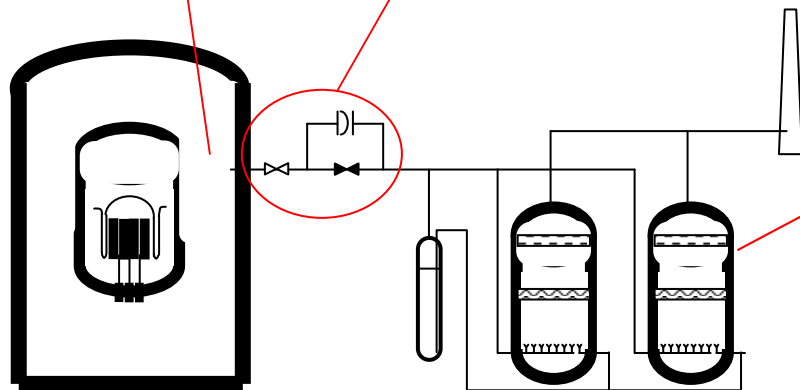
FCVS (格納容器フィルター付ベントシステム)



入口



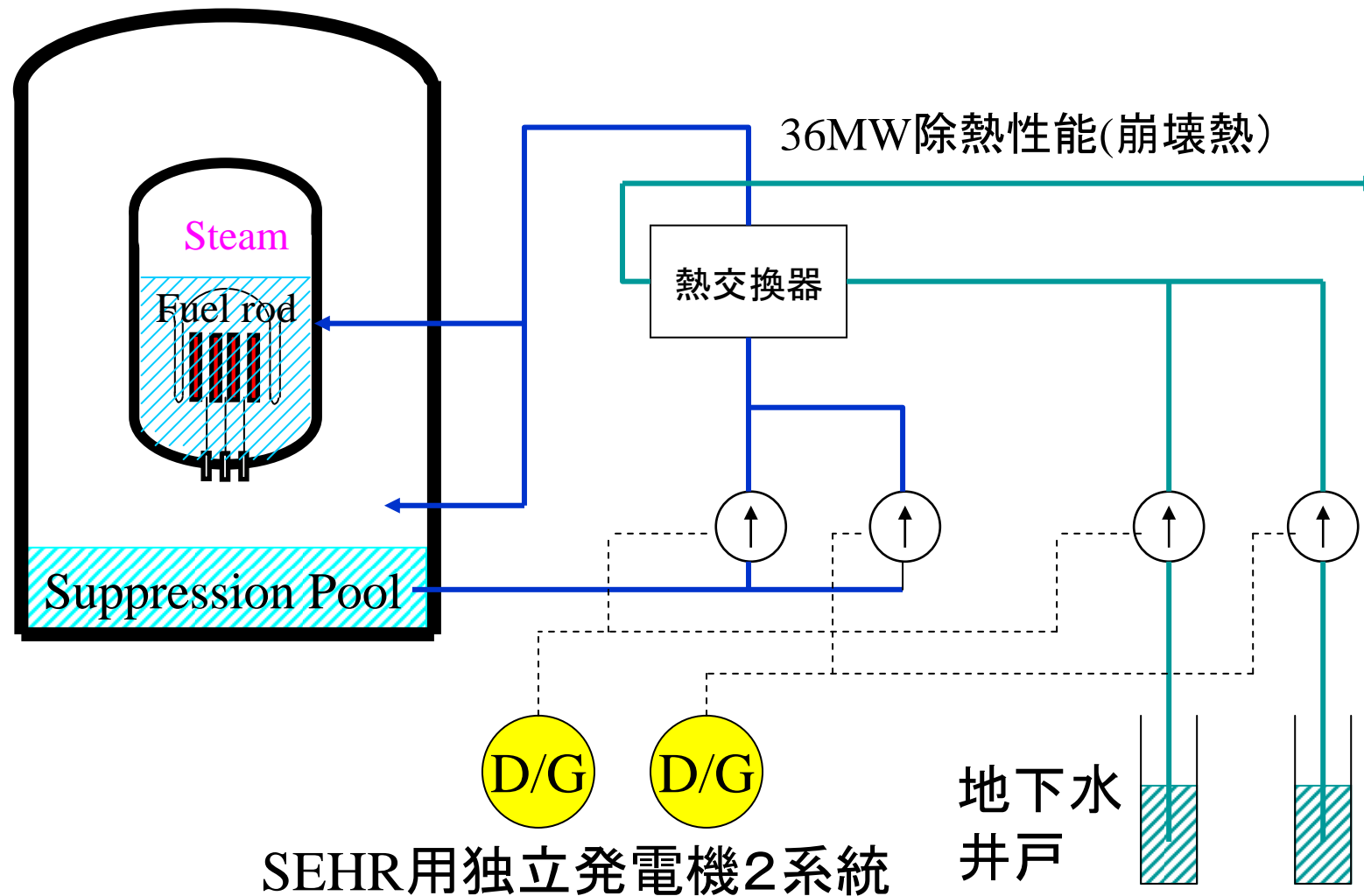
破裂板



JSME visit Leibstadt NPP, Swiss, on Nov.11,2011

SEHR (特別緊急冷却システム)

70年代後半に後付設置 (深層防護第3層 格納容器追加冷却用)
(深層防護第4層 過酷事故影響緩和)



IAEA Safety Fundamentals (SF-1)

原則1: 安全に対する責任

安全のための一義的な責任は、放射線リスクを生じる施設と活動に責任を負う個人または組織が負わなければならない。

原則2: 政府の役割

独立した規制機関を含む安全のための効果的な法令上及び行政上の枠組みが定められ、維持されなければならない。

原則3: 安全に対するリーダーシップとマネジメント

放射線リスクに関係する組織並びに放射線リスクを生じる施設と活動では、安全に対する効果的なリーダーシップとマネジメントが確立され、維持されなければならない。

新知見の反映をしにくい日本の制度

- 民主党マニフェストにある原子力規制委員会が2年間全く動いていなかった
- 立地指針は50年近く改訂されていない
- 阪神淡路地震のあと10年以上経って耐震指針が改定
- 規制側も事業者側も、労力が大変なため、未だに40年前のコードを安全解析で利用
- リスク情報の規制への取り込みが10年以上遅れている
- 安全目標も中間報告のまま10年近く止まっている
- シビアアクシデント規制も時間が掛かっている
- アクシデントマネジメントも10年前と変わっていない

KAIZENが安全を維持するために最も重要

なぜ事故を防げなかったのか

- 国(規制当局)も事業者も、新知見の導入よりは、現状維持を望んだ
- 原子力安全に直接関係のない、品質保証文書を作り、それをチェックすることが安全を見ていると示しやすいので、安易な道に流れた。
- 現場は書類作りで疲弊しており、新知見の導入により、さらなる安全性の劣化を恐れた。
- TMI, チェルノブイリを対岸の火事と考えた。

結果として、原子力安全に対する対策が劣化し、事故を防ぐことが出来なかった

事故からの主な教訓

- 人と環境を放射線の害から守ることが目的である
- 原子力安全は深層防護にのっとり考えること
 - アクシデントマネジメントについて、十分な見直しを行うこと
 - 完全な電源喪失は、いかなる場合においても起こさないこと
 - 代替交流電源、後備直流電源を準備する事が望ましい
 - 冷却系喪失のため、予備機器を準備する事
 - 冷却系多様化のため、空冷装置を考慮する事
 - 環境を守るために、フィルタードベントを考慮する事
 - 水素放出について、再評価を行うこと
 - 使用済み燃料プール冷却は多様性を持たせること
- 原子力安全を維持するためには、改善(KAIZEN)が重要である