

# 福島第一原子力発電所 原子炉事故の現状と今後の対策を 検討するための素案

**=DRAFT=**

佐藤 暁

+81-90-5534-8684

satoshi.sato@iacdc.com

International Access Corporation

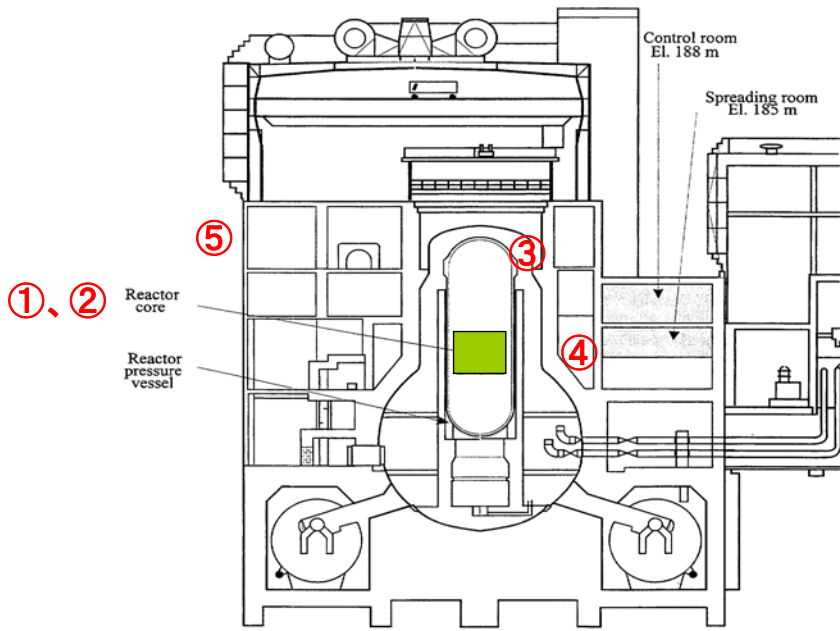
March 28, 2011



## 「5つの壁」

- 第一の壁 燃料ペレット
- 第二の壁 燃料被覆管
- 第三の壁 原子炉圧力容器
- 第四の壁 格納容器
- 第五の壁 原子炉建屋

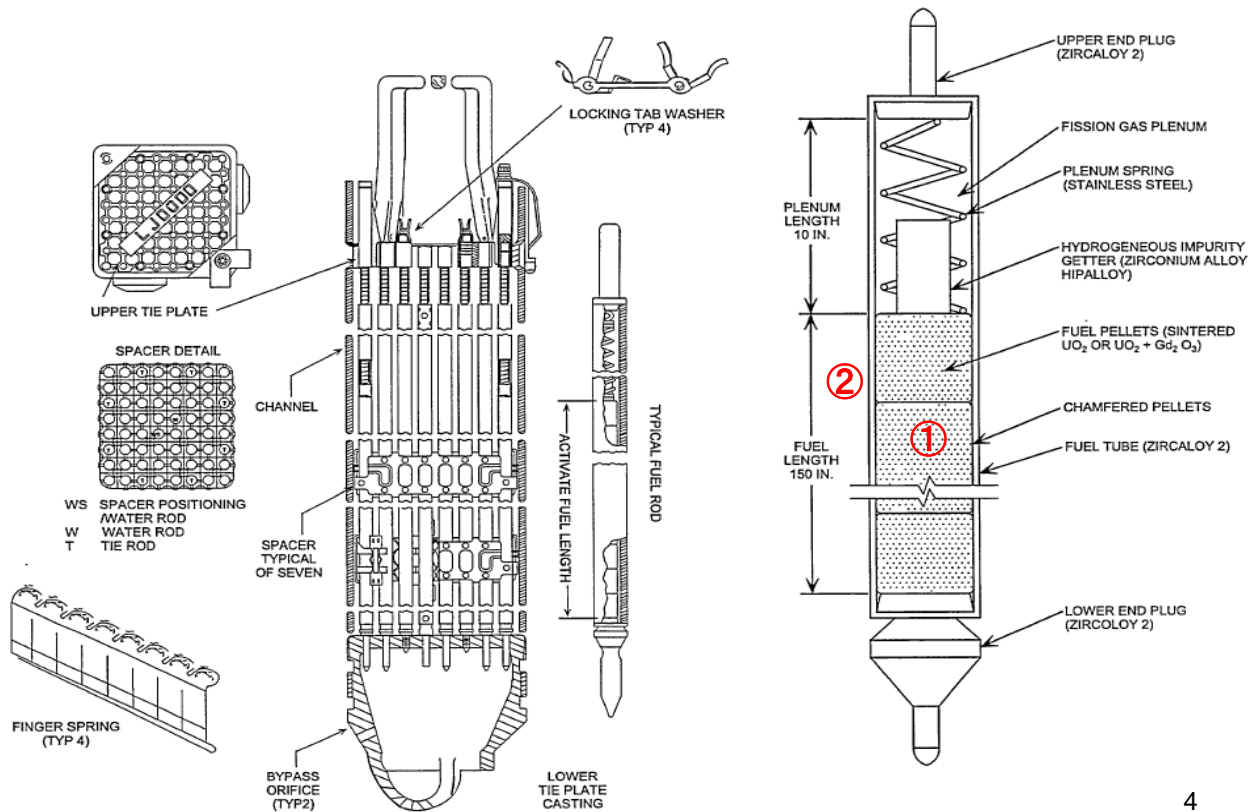
### 第三、四、五の壁



但し、第五の壁は、非常用ガス処理系が作動しない場合には、無効であり、電源喪失時には、この場合に当たる。

3

### 第一、第二の壁

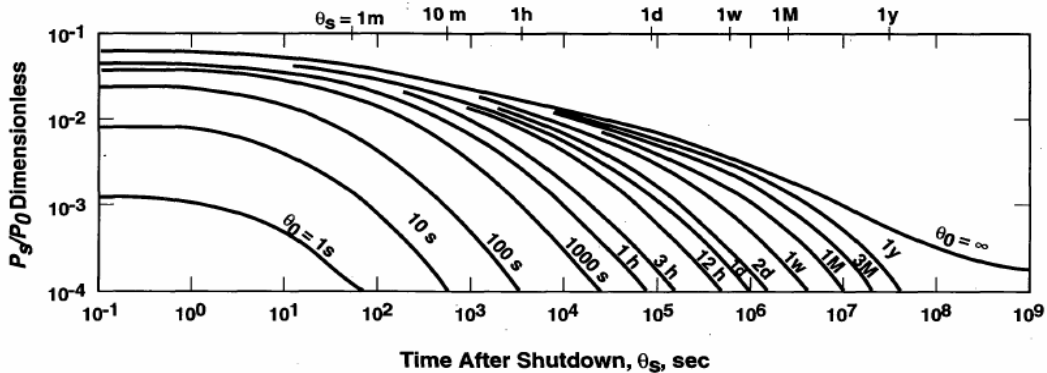


4

# 使用済核燃料の怖さ(熱)

## • 残留熱

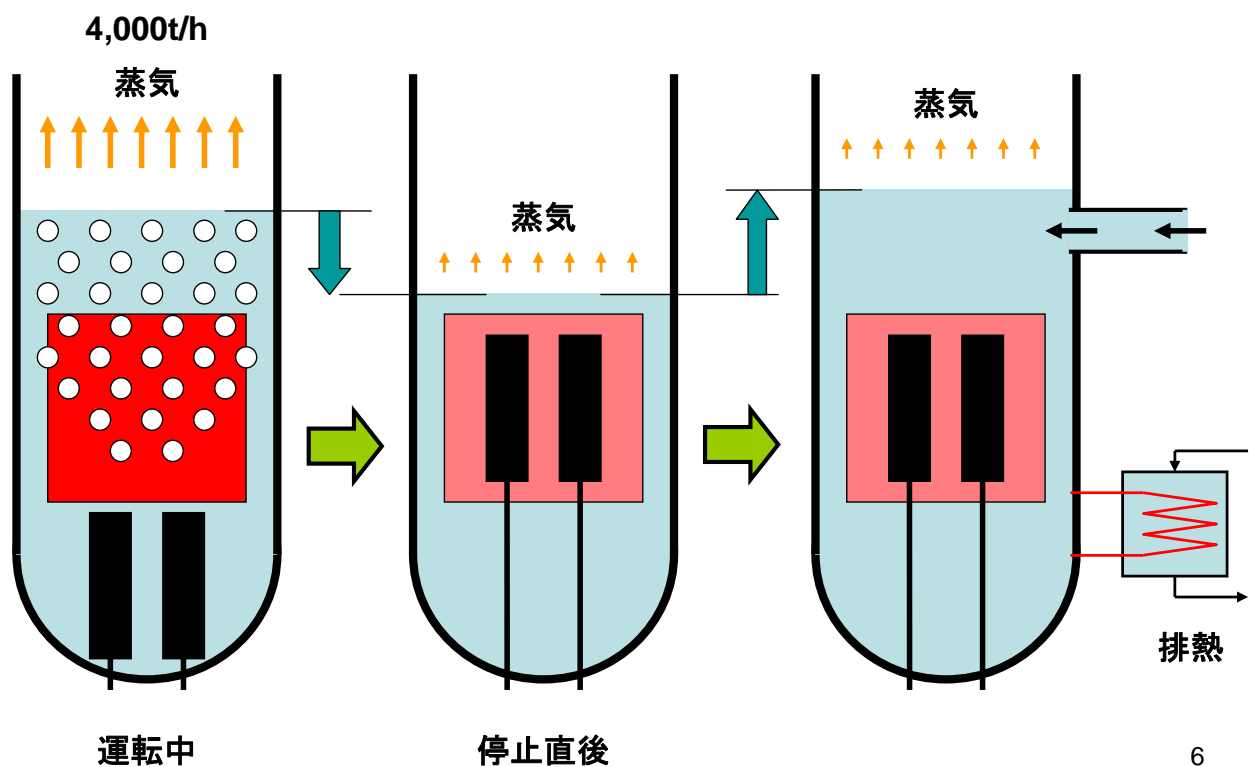
- 定格出力で運転中は、毎時、数千トンの蒸気を発生。
- 停止直後でも～5%。
- 「原子炉停止」は、照明のスイッチとは異なる。



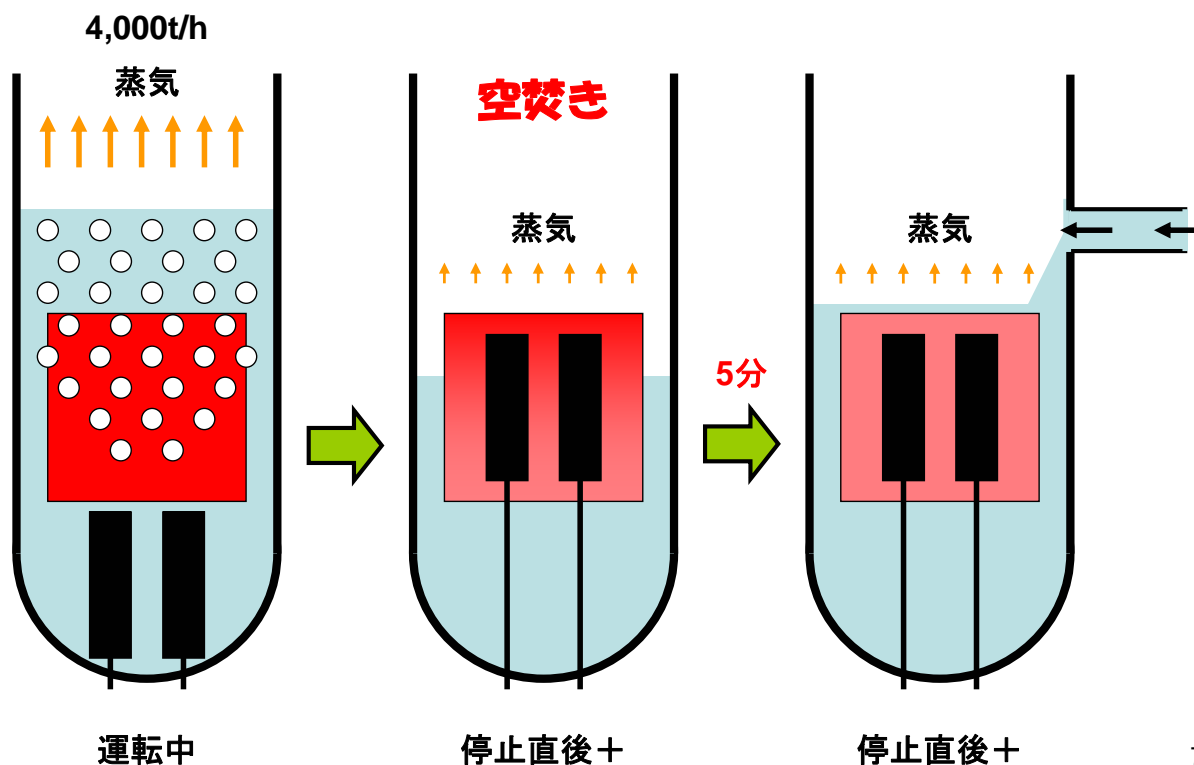
5

## 原子炉緊急停止(スクラム)

概念図

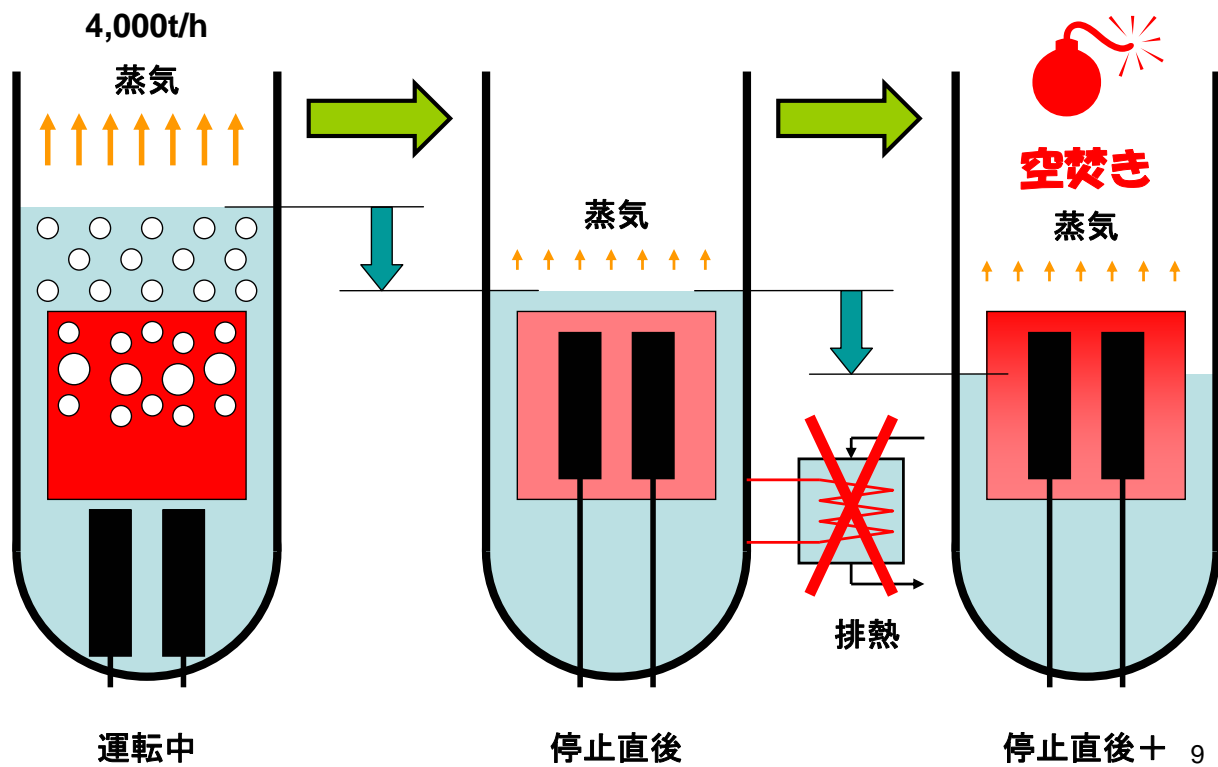


6



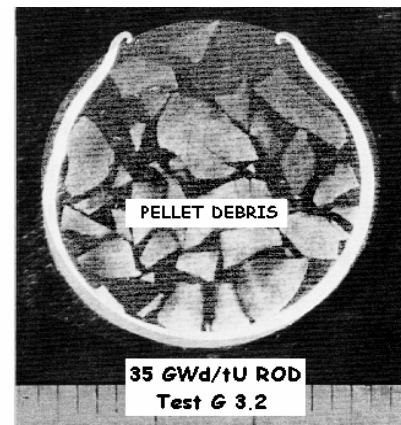
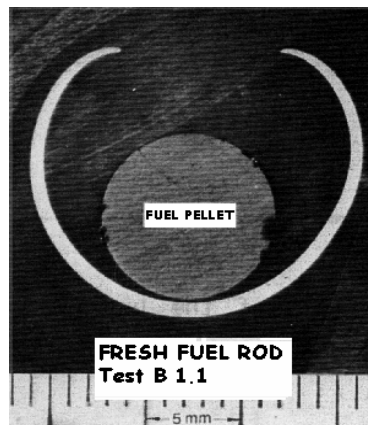
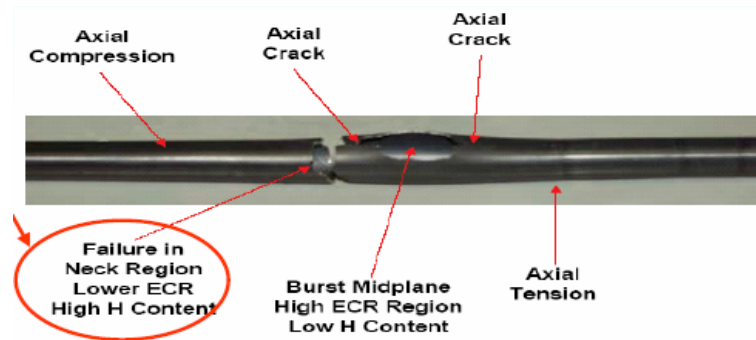
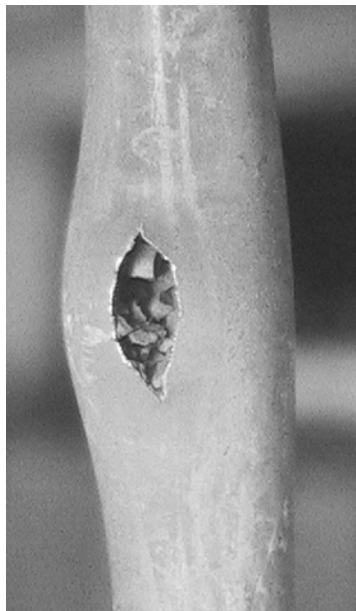
原子炉冷却材喪失事故(LOCA)後の原子炉水位回復

経過時間 (秒)	事象
0	最大口径配管の破断事故が発生。
0	格納容器内の圧力「高」と原子炉圧力容器の水位「低」が発生。 <b>非常用ディーゼル発電機</b> が全基起動。原子炉スクラム。格納容器内の圧力「高」により、HPCI、CS、LPCS系が起動。
3	原子炉水位「低-低」
7	原子炉水位「低-低-低」 主蒸気隔離弁閉止
< 30	HPCI系が注水を開始
< 40	LPCI (RHR系)、CS系が定格流量で注入
230	原子炉水位が、有効燃料長の2/3のレベルで制定し、過熱がピーク。
300	<b>水位が有効燃料長まで回復</b>

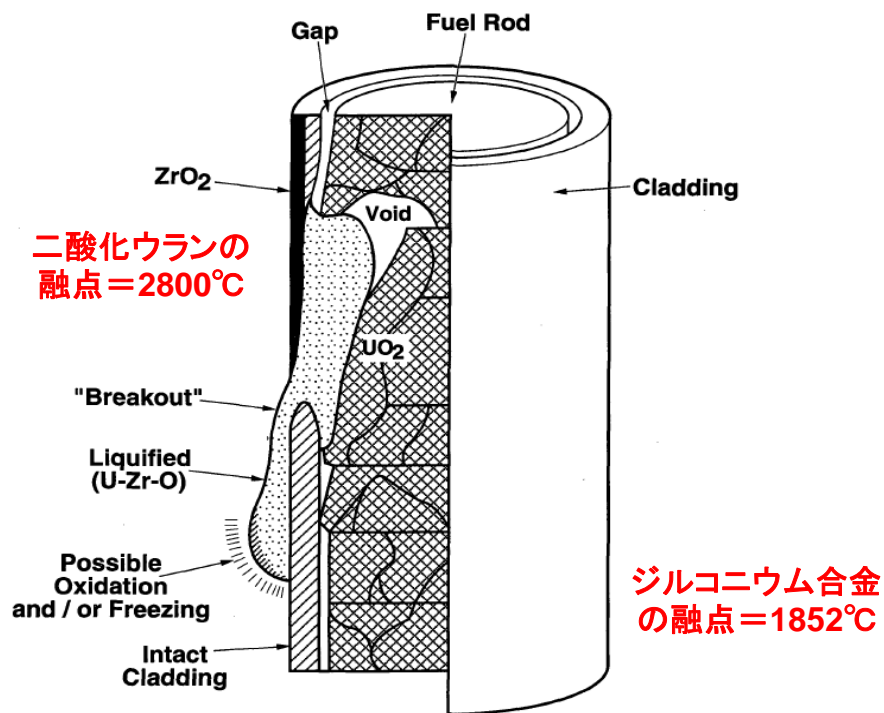


空焚き後の急冷による燃料破損

水素脆化



さもなくば …



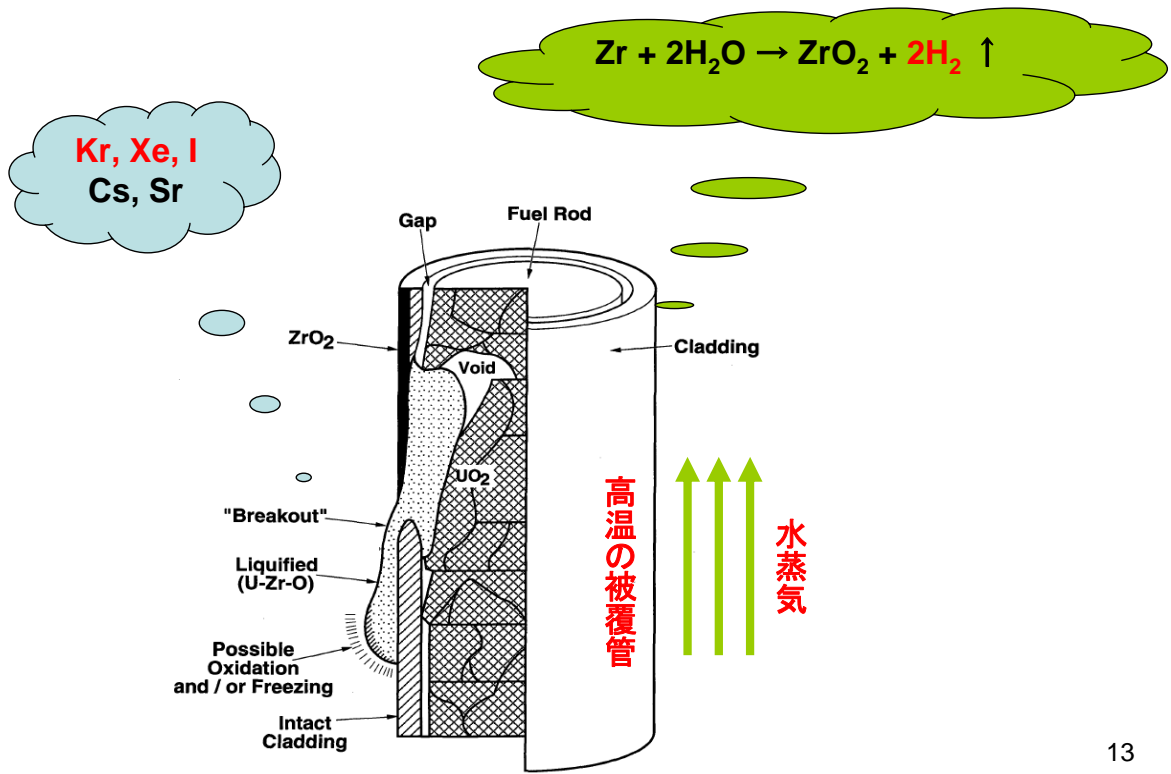
11

## 爆発と放射能

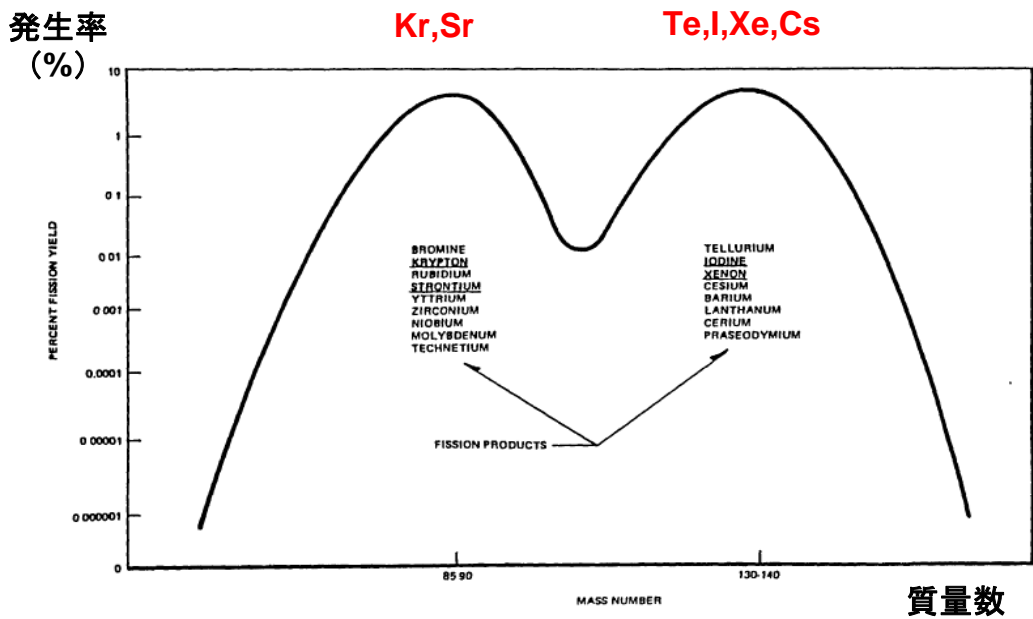
- 爆発性気体 = 水素
- 放射能ガス = キセノン、クリプトン、ヨウ素

12

# 爆発性気体と放射性気体の発生元

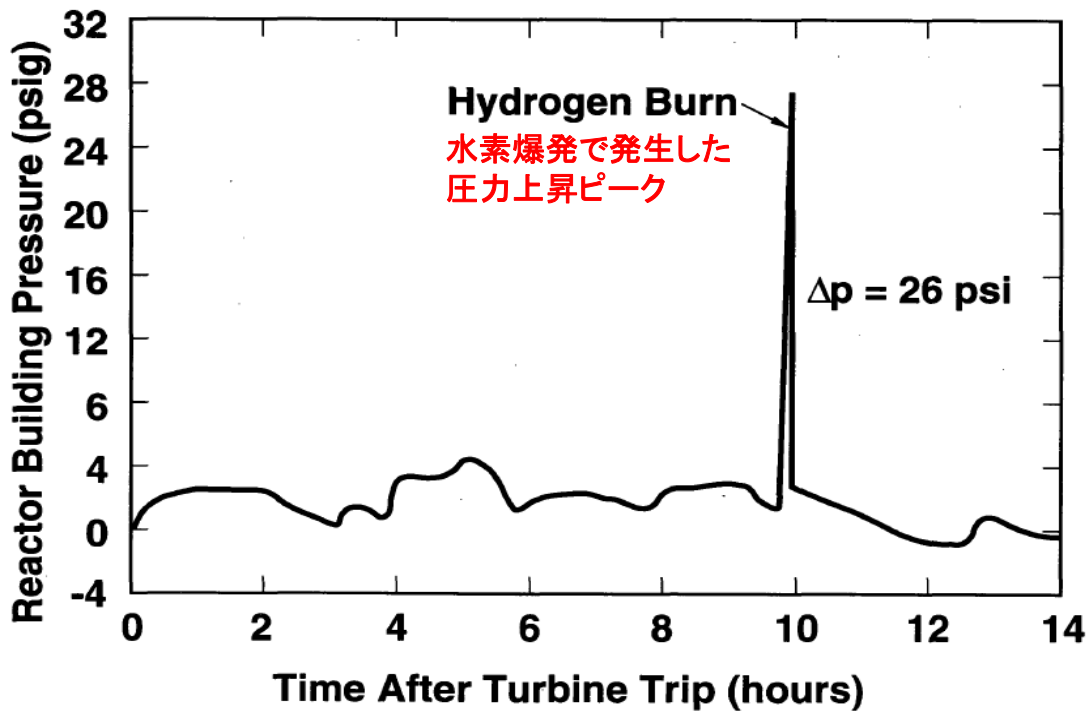


実際には、(多寡の差はあるが)あらゆる種類(核種)の放射性元素(核分裂生成物)が放出される。



1979年 実際にスリーマイル・アイランド 2号機 で発生した水素爆発

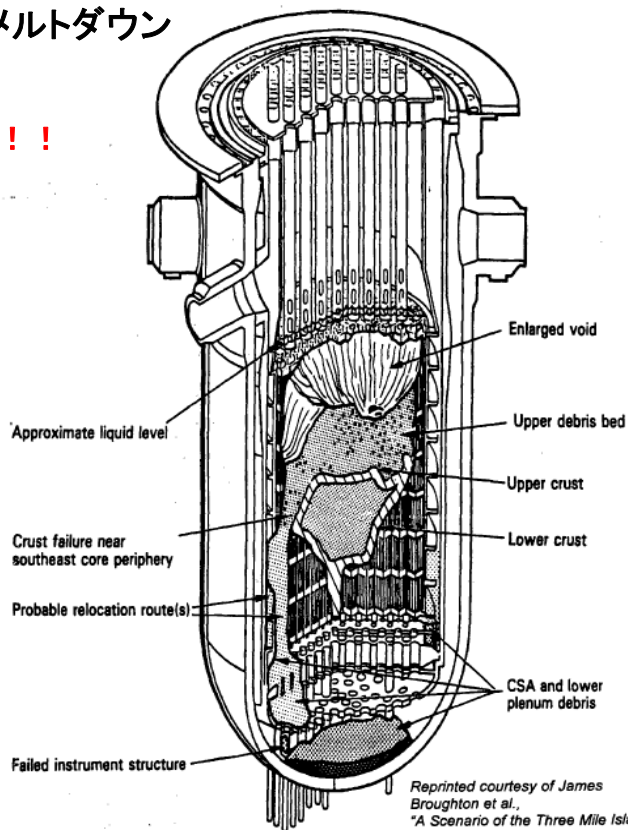
仮想の現象ではない！！



15

実際に TMI-2 で発生したメルトダウン

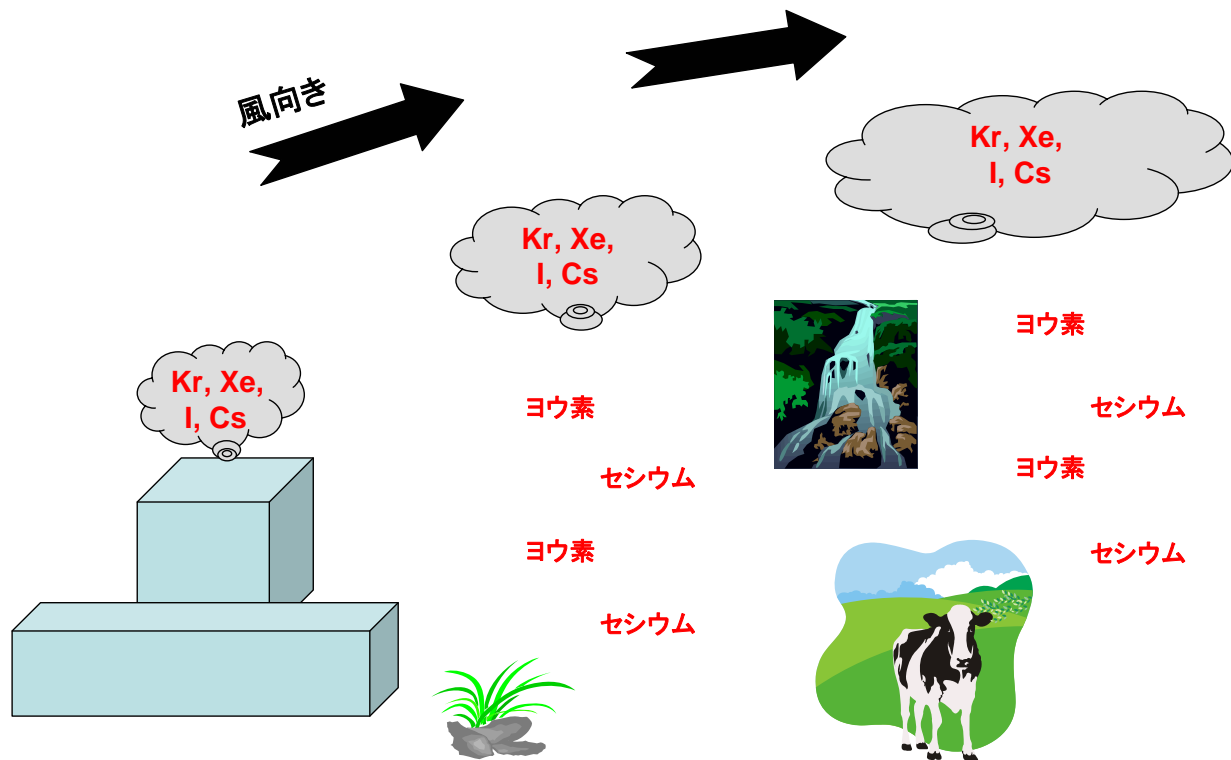
大袈裟な表現ではない！！



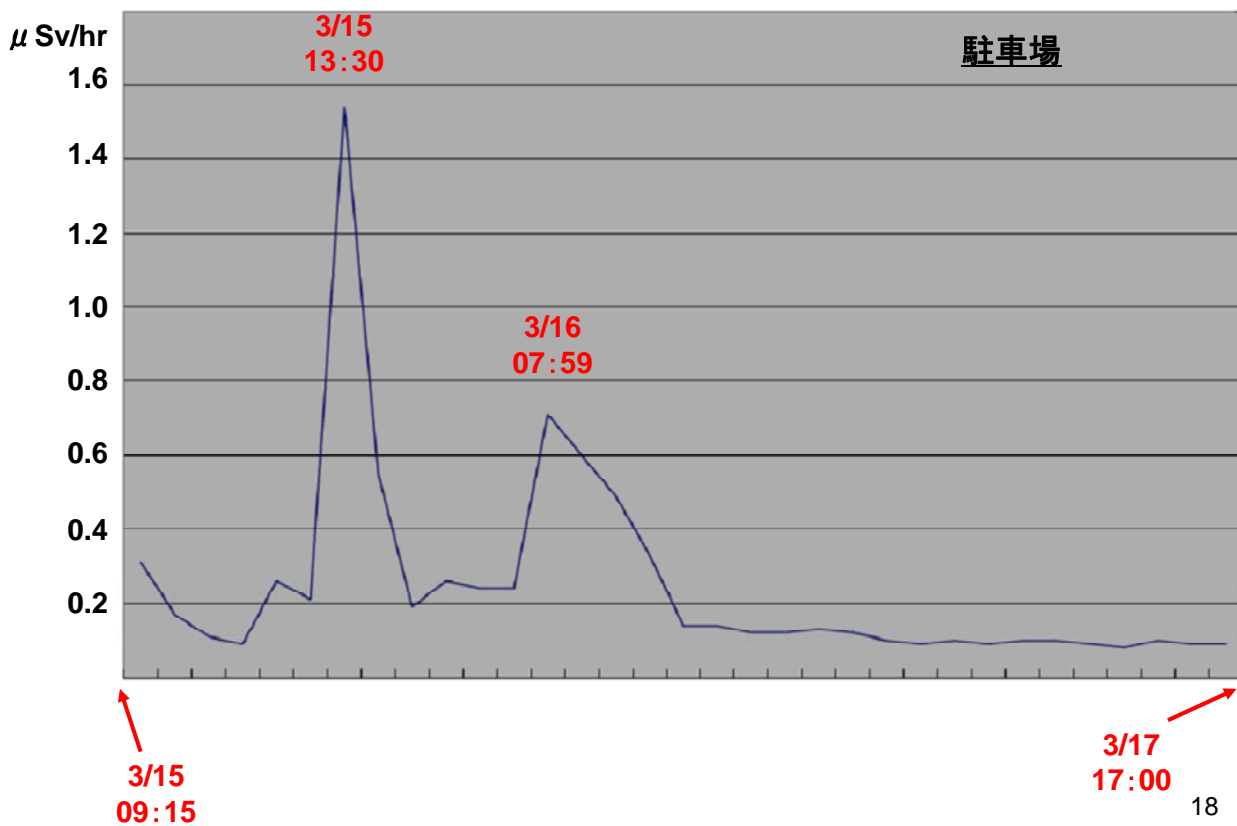
Reprinted courtesy of James Broughton et al., "A Scenario of the Three Mile Island Unit 2 Accident," Nuclear Technology, 87, August 1989.

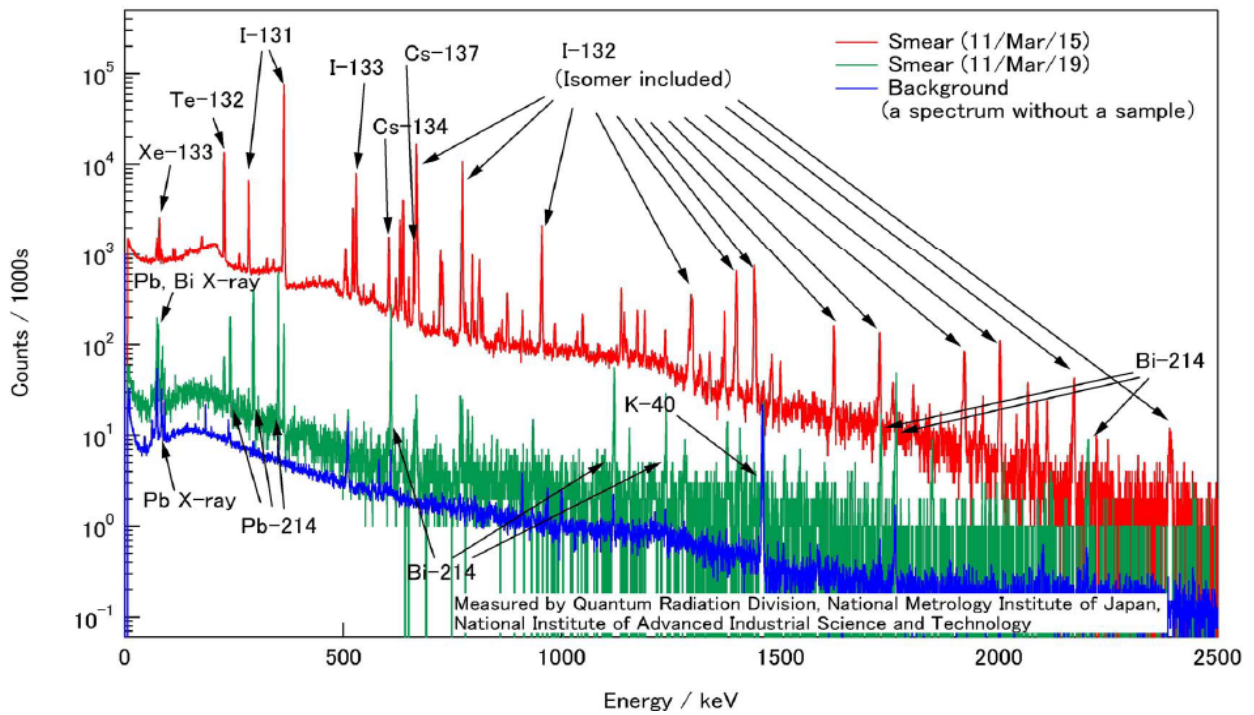
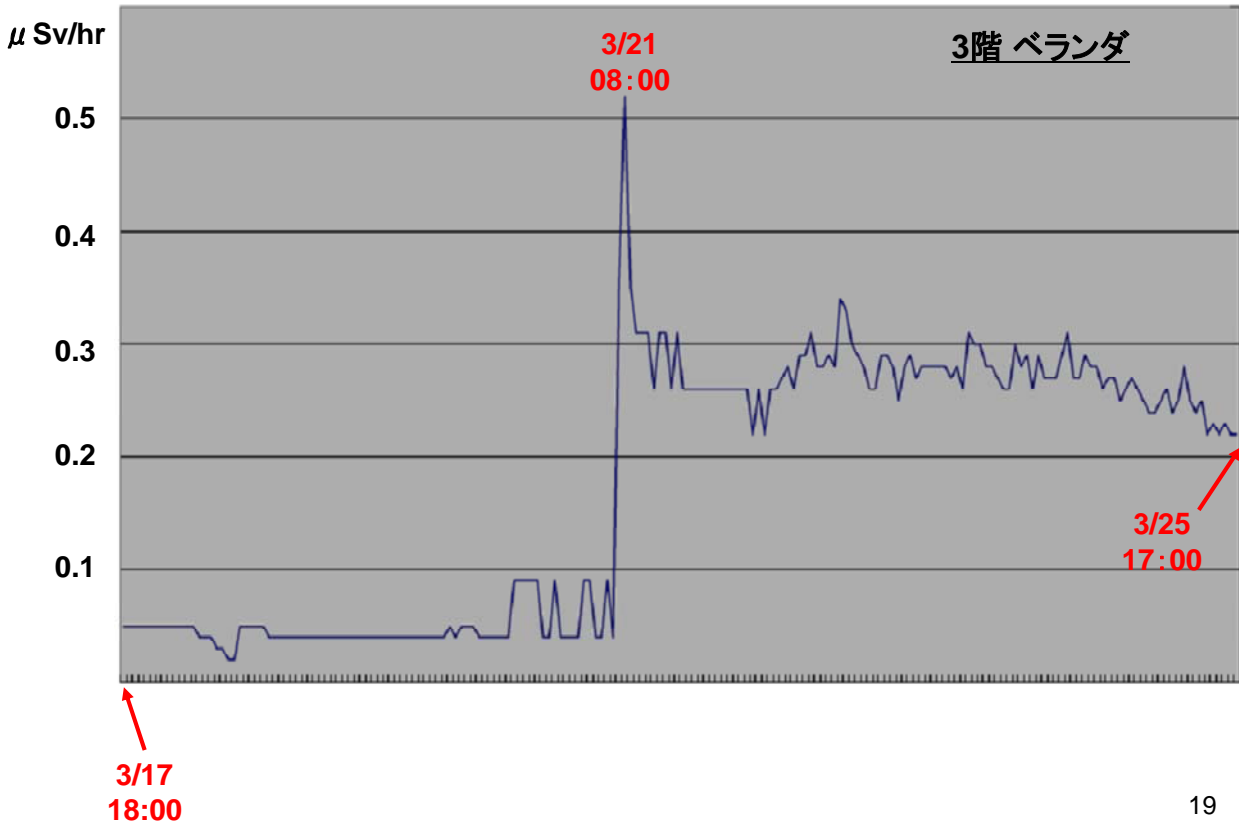
16



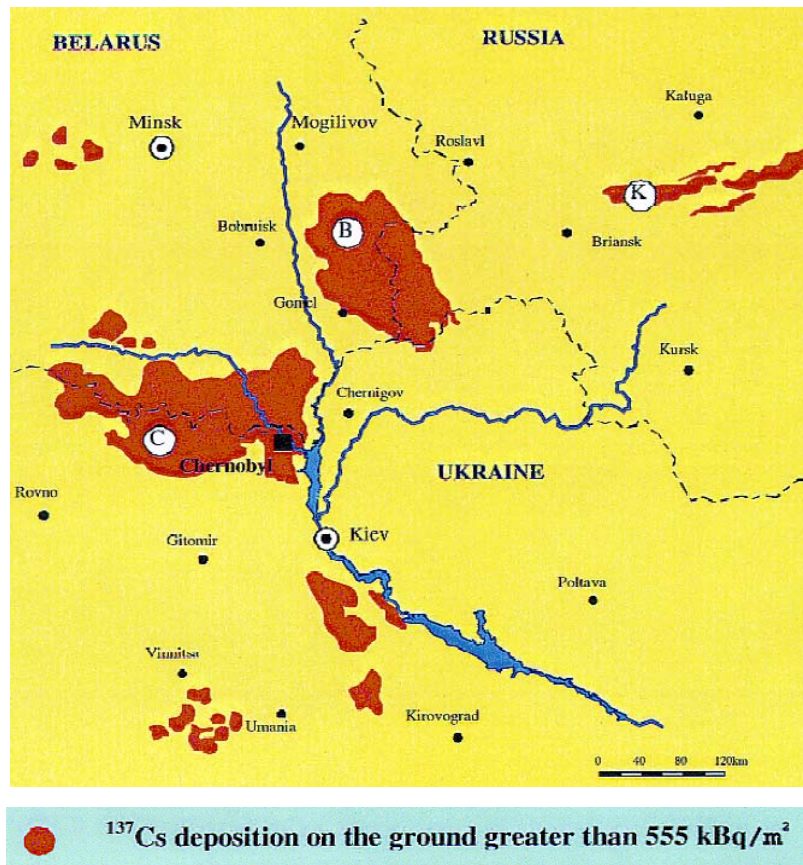


(独)産業技術総合研究所 つくばセンター



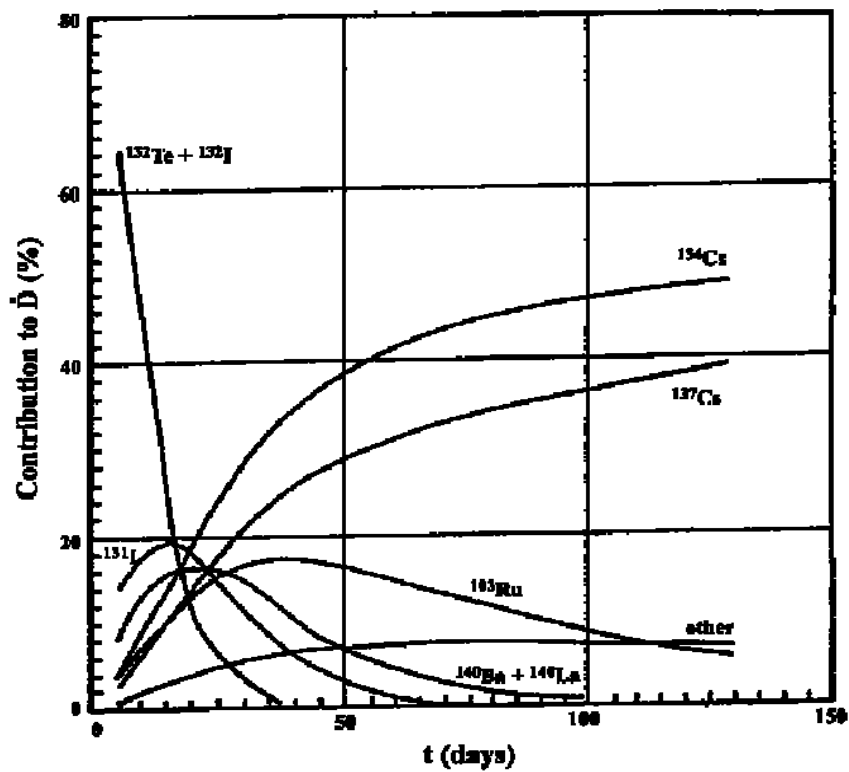


放射能汚染のレベルは斑模様、遠近の相関は少ない。



21

最終的には、減衰によって、主にセシウムだけとなる。但し、他の核種が全くない訳ではない。



22

# 1、2、3号機の原子炉は崩壊しています。(100%確実)

- 原子炉は、数時間もの空焚きには、**絶対に**耐えられない。
  - 水素の発生
  - 放射能の放出
  - 燃料ペレットの破砕、溶融

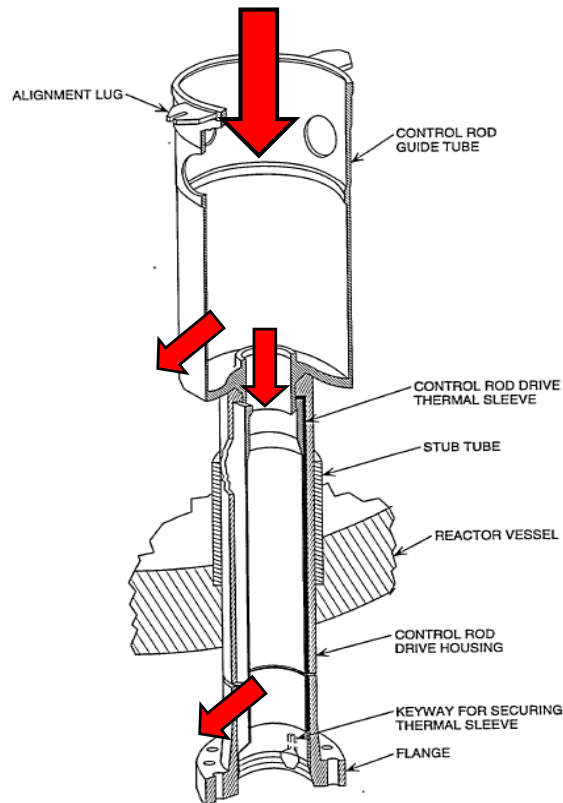
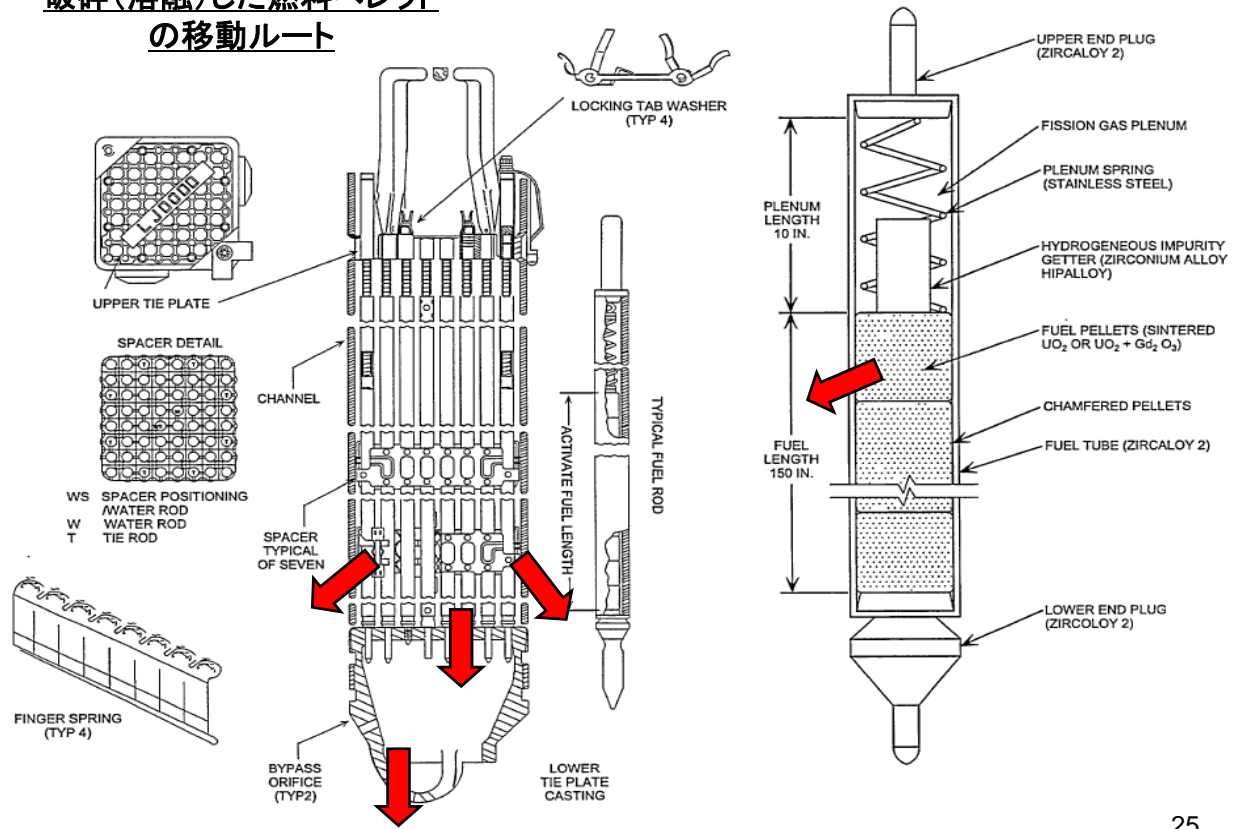
23

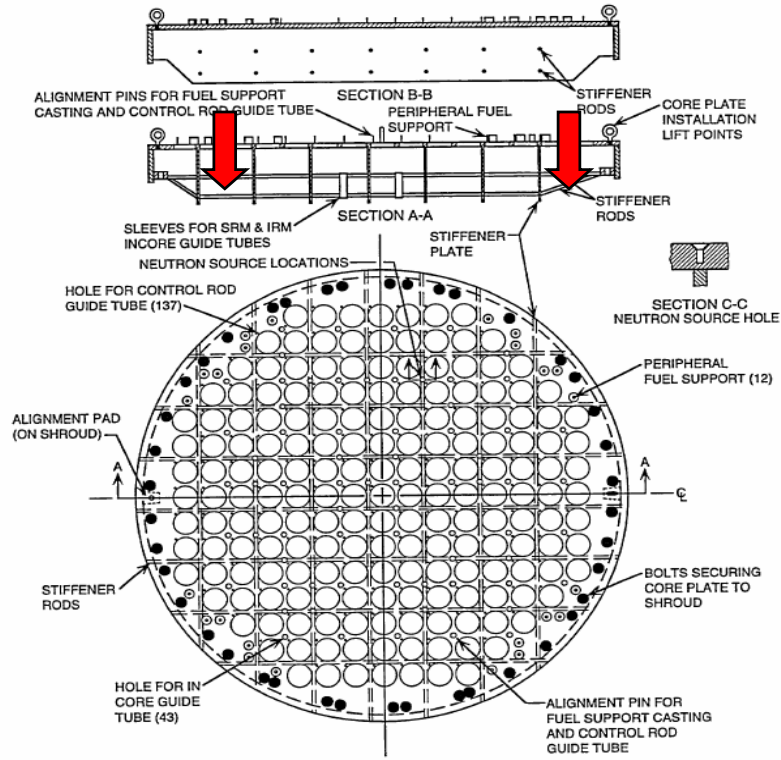
# 1、2、3号機の原子炉压力容器(3つめの壁)も壊れています。

- BWRの原子炉压力容器は、PWR よりも薄い。
- BWRの原子炉压力容器の底部には、多数の貫通部があり、損傷が発生し易い部分が多い。
  - 底部の最下点付近にはドレン配管(口径2インチ)

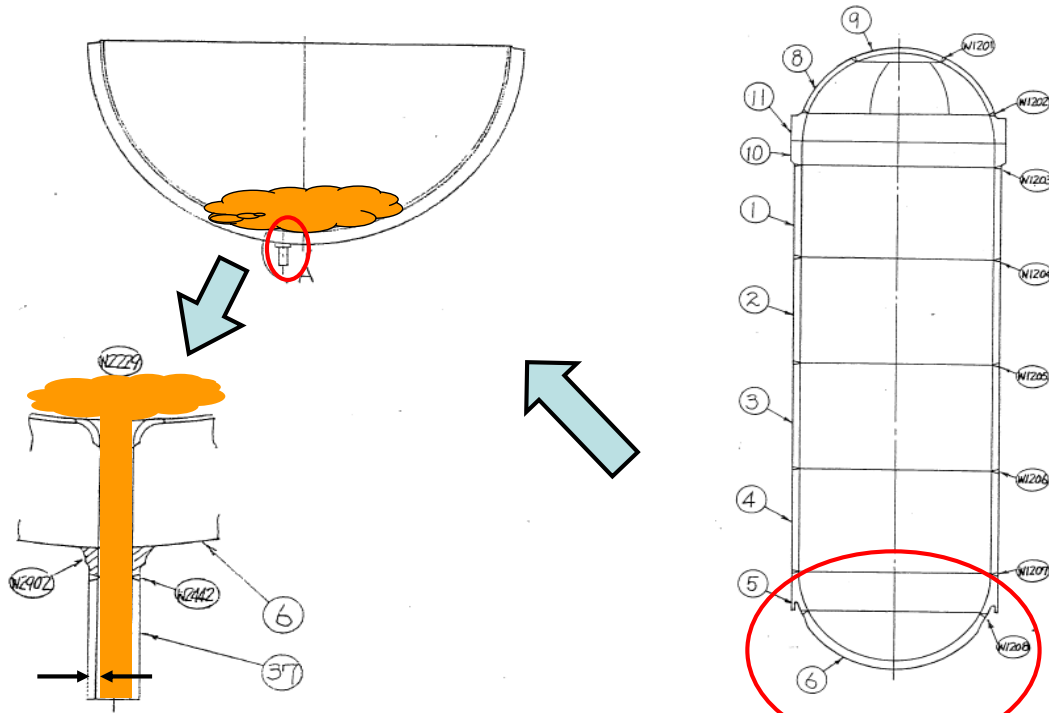
24

# 破碎(溶融)した燃料ペレット の移動ルート

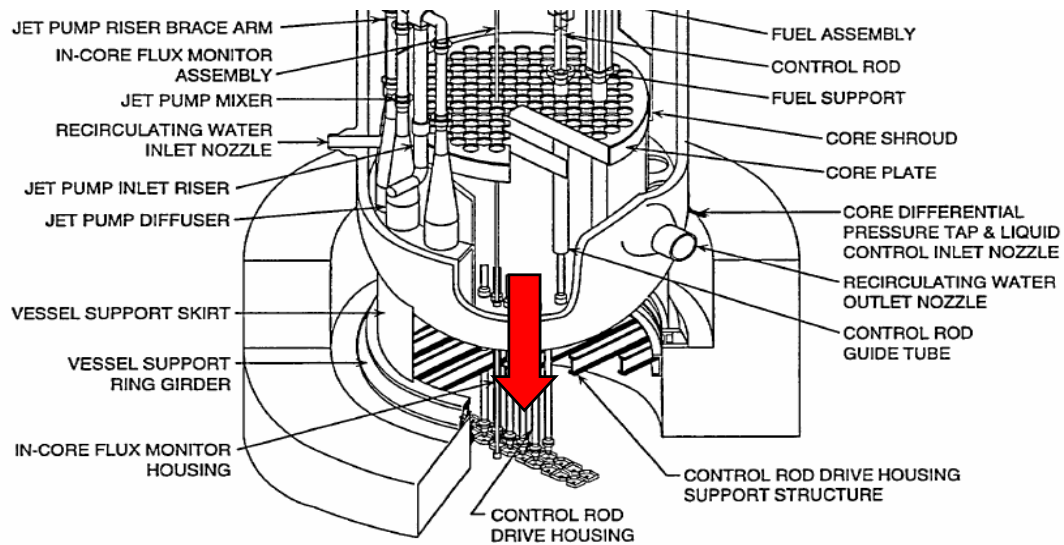




**Vessel Drain (RWCU) Nozzle of RPV Bottom Head**



厚さ 8.7mm  
(Sch.160)



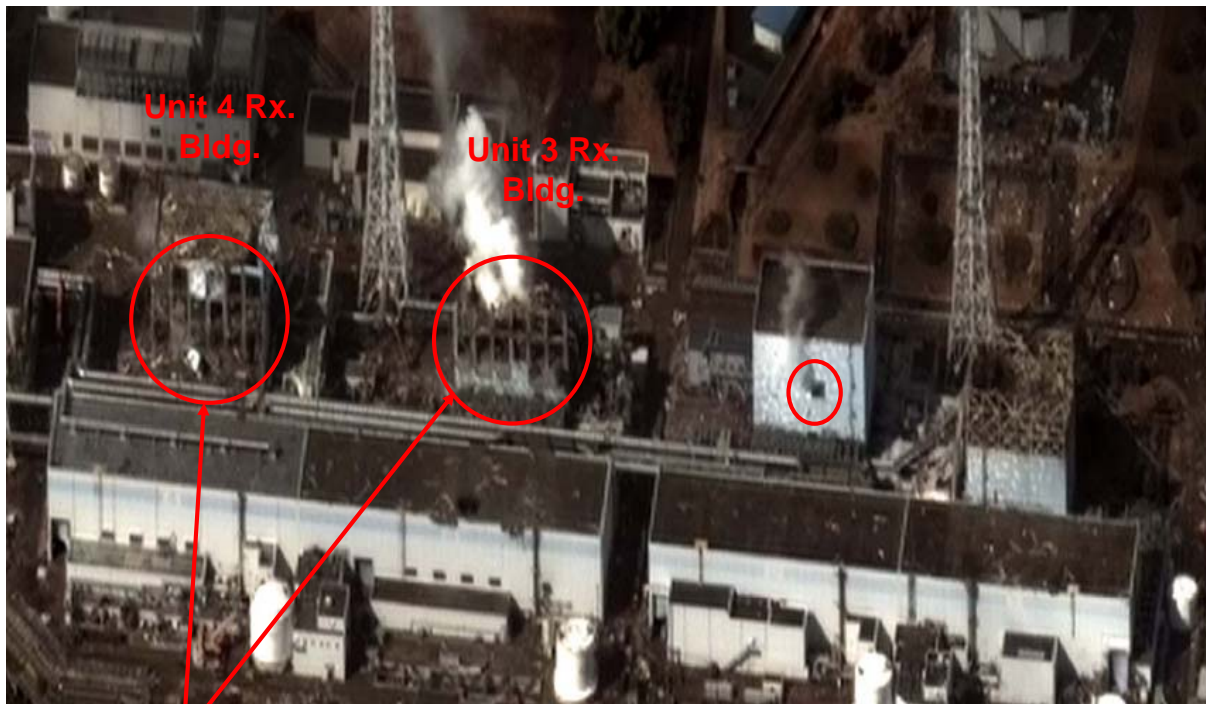
29

## 3、4号機の使用済燃料プールは、3月16日までには大破しています。

### 4号機のケース

- 3月15日 爆発発生
- 3月16日 原子炉建屋東壁が崩落

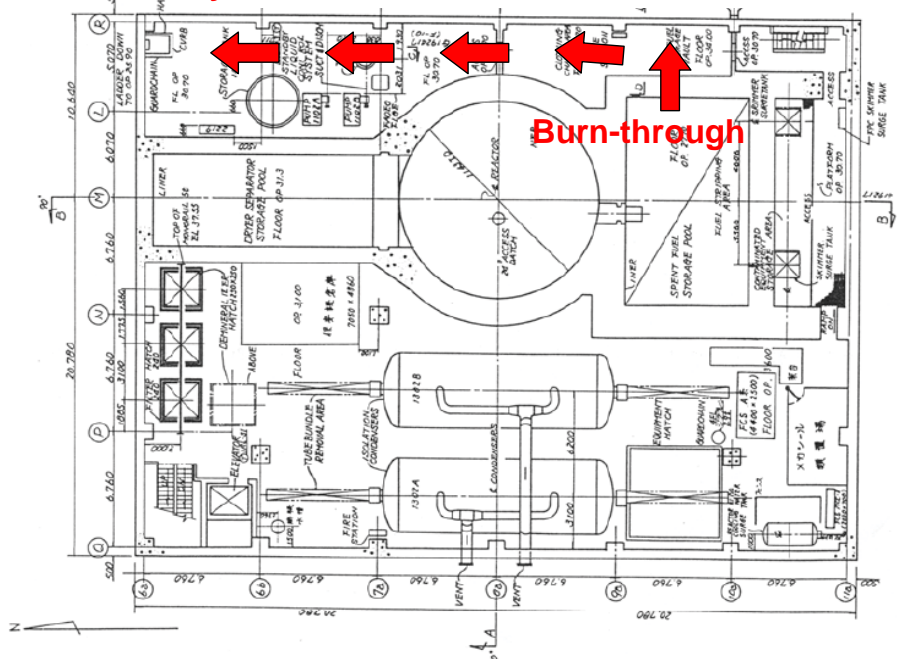
30



東側の壁の塗装が焼け、壁面のコンクリートが崩落



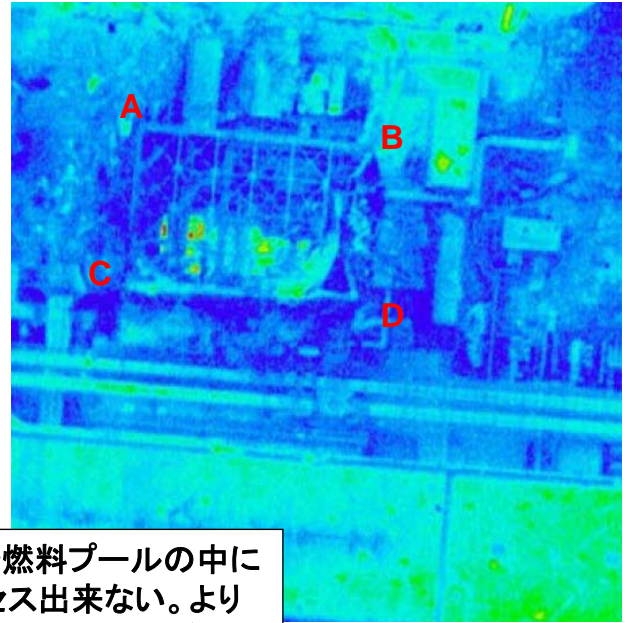
Pyroclastic or Molten Core Debris Flow





## 4号機

面 A-B-C-D は天井



この角度からでは、使用済燃料プールの中にある使用済燃料にはアクセス出来ない。より真上から直下を見下ろし撮影する必要がある。

33

## ジェット燃料91m<sup>3</sup>の火勢



23,900 Gallons (91m<sup>3</sup>) of kerosene

Additional Energy ( $E_{\text{kinetic}}$ ) = 3,658MJ

• M = 127ton (Boeing 967-400)

• V = 240 m/s

34



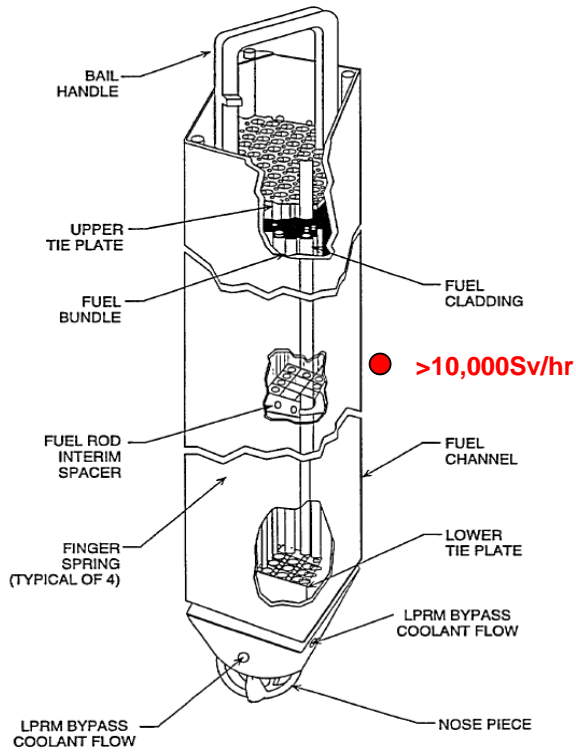
使用済燃料の破碎片(溶融物)は、3月16日の時点で、既に地中に潜っている可能性がある。この瓦礫の山には、使用済燃料の破碎片(溶融固化物)が混在している可能性があり、その場合、自衛隊の戦車を遮蔽にしたとしても接近は不可能である。そう言えば、あの戦車隊の話はどこに行ってしまったのか？

35

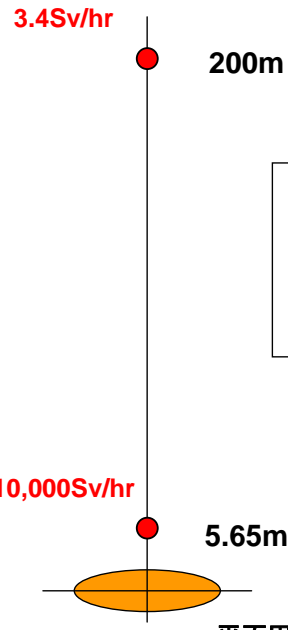
## 使用済燃料の怖さ(放射線)

- 使用済燃料(及び、その破碎片)からは、短時間で致死量に相当する強い放射線が放射されます。

36

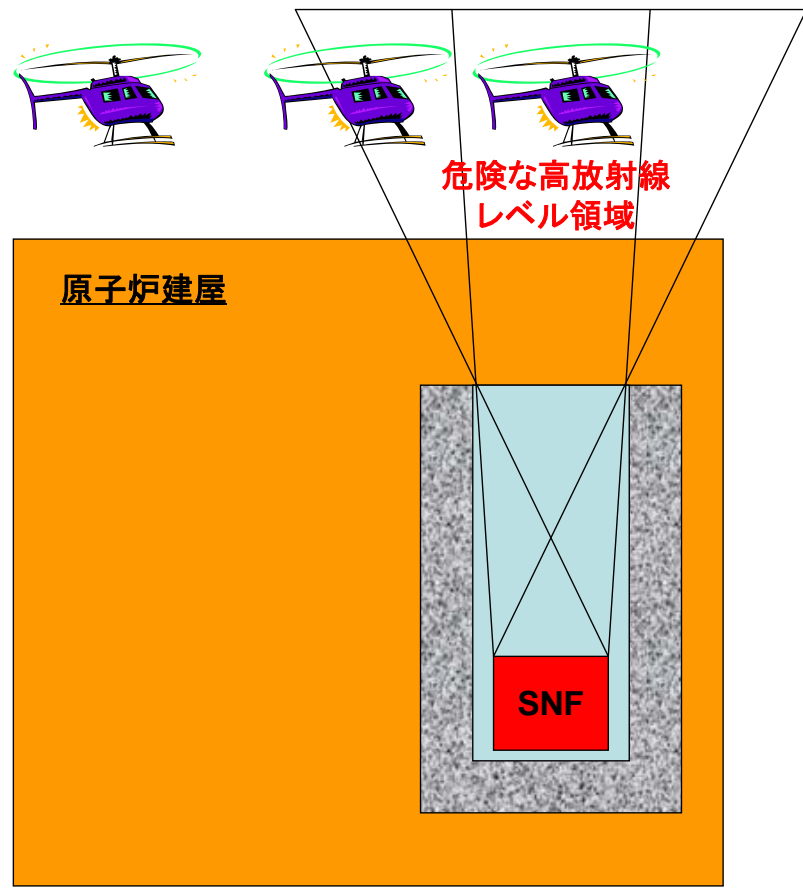


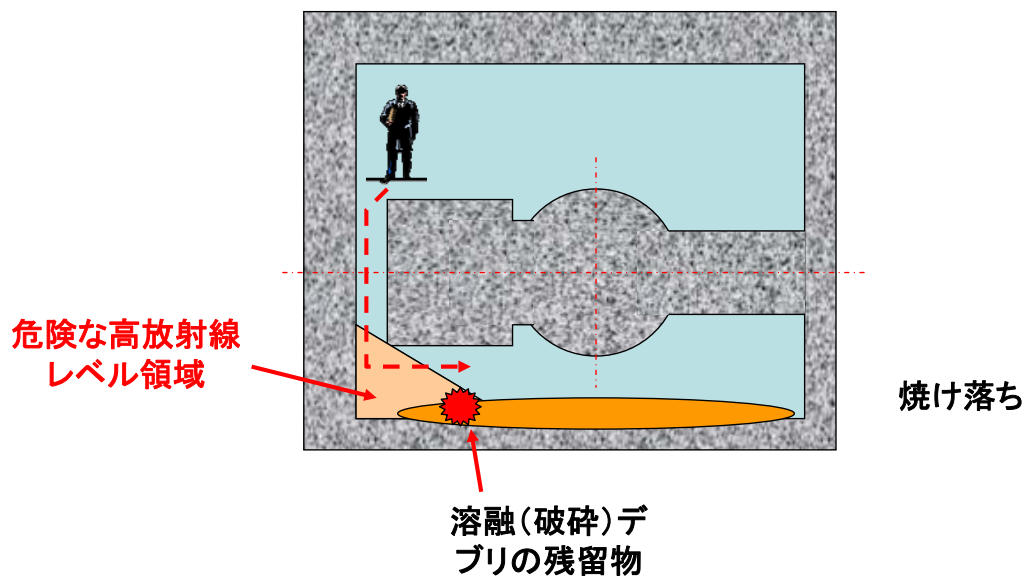
緊急時の許容被曝線量  
= 0.12Sv  
半致死線量 = 3.5Sv



空気による遮蔽  
効果 = 1/4  
スカイシャイン  
効果は無視

平面円盤線源  
(100m<sup>2</sup>)





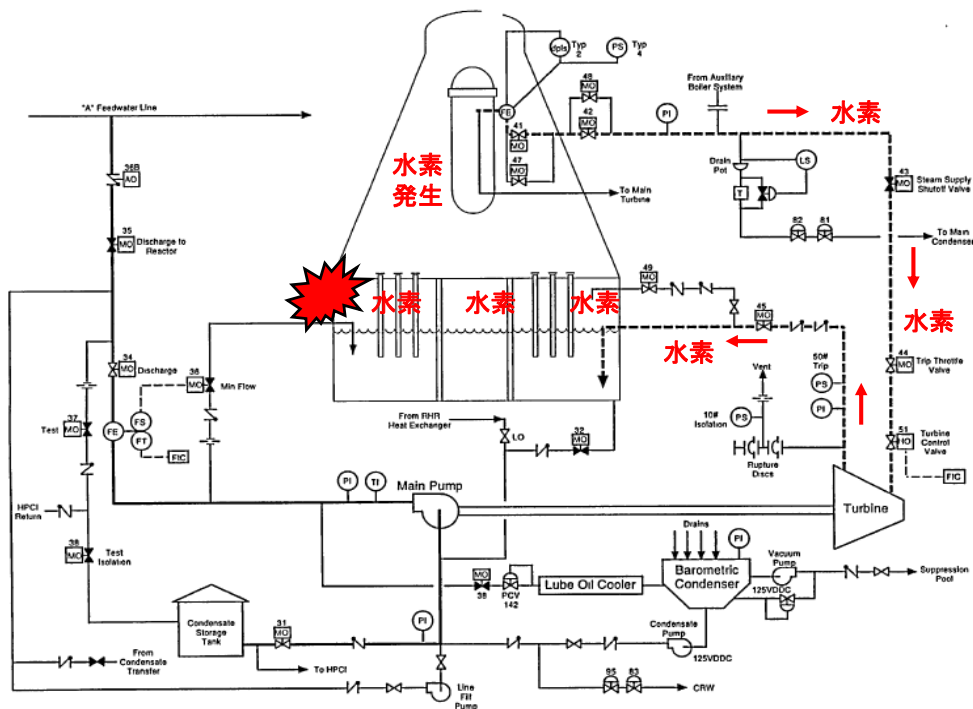
39

**2号機の格納容器圧力抑制室は大破し、大量の放射能を放出させました。  
「第4の壁」は存在していません。**

- 3月15日の水素爆発で、バーストの可能性。

40

## RCIC (原子炉隔離時冷却系) 簡略系統図



本図は、マークII型格納容器の場合を示しているが、2号機の場合の系統も基本的には同じ。

41

**散水は、塵埃の拡散抑制に一時的には効果がありますが、海洋汚染、地下水汚染を悪化させます。**

- 現場の作業環境も著しく悪化し、危険増大。
- 高レベルの線源が流動し、変動的。
- 地下の構造(不透水層の透過性、傾斜)も把握しないでの垂れ流しは、拡散の予測を困難にしています。

42

# 非難した原発労働者の汚染の実態

## 原発労働者(X氏)の場合

- 3月12日(土) 家族の避難のため、石川県(能登半島)から福島県川内村まで移動。14時到着。
- 同日、17時30分、自動車に家族を乗せて川内村を出発。
- 同日、19時00分、郡山市に到着(一泊)。
- 3月13日(日) 国道4号線を南下し、埼玉県に避難。
- その後、作業に復帰するため、志賀原子力発電所に戻り、3月23日、入所手続きのため、ホール・ボディ・カウンター(WBC)を受検。
  - Ch.A      グロス 5,829cpm                      BG 2,884cpm      Net 2,945cpm
  - Ch.B      グロス 774cpm                              BG 550cpm      Net
- 上記、大幅にスクリーニング・レベル(グロス 1,500cpm)を超過していたため、3月25日、再測定。
  - Ch.A      グロス 3,428cpm                      BG 2,981cpm      Net 447cpm
  - Ch.B      グロス 703cpm                              BG 591cpm      Net

43

## その他、3月24日までに把握した情報

- 原発労働者(Y氏)の場合
  - 福島県いわき市から避難
  - 12,000cpm
- 原発労働者(Z氏)の場合
  - 茨城県北茨木市に家族の安否確認に行き、敦賀原子力発電所での作業に従事するためにWBCを受検。
  - 1,700cpm
- 原発労働者(M氏)の場合
  - 福島第一原子力発電所周辺から移動して新潟県の東京電力柏崎・刈羽原子力発電所でWBCを受検。
  - 160,000cpm
- その他、福島県の近隣から移動して原子力発電所に入域登録をしている多くの労働者が、明らかに異常な数値を呈しています。
- **このような計測を受ける機会のなかった住民(妊婦、幼児も含む)も、かなり大量のヨウ素への曝露があったと考えられます。**

44

## 復旧のブルー・プリント

- 当該発電所の対応(即時)
- 汚染拡大の実態把握
- 当該発電所の対応(短期、恒久)
- 汚染対策
  - 海洋汚染、地下水汚染の対策
  - 土壌汚染の回復
  - 飲料水対策
- 避難民への対応
- 現在運転中の原子力発電所の運転を継続するための条件
- 現在停止中、及び、次回計画停止した原子力発電所を再起動する場合の条件
- 国内の原子力施設に対する対策
- 今回の教訓に基づく世界の原子力発電所、IAEA、OECE/NEA、WANOなどの国際機関への推奨
- 我が国の今後の課題

# 当該発電所の対応(即時)

- **注水の中止**
- 不要、危険な作業の中止
- 米国専門家との意見交換、コンセンサス
  - NRC(RES)-DOE
  - NEI/EPRI/INPO

## 復旧作業のための放射線防護

- 作業員への適切な装備の供給
- 放射線レベル、汚染レベル測定の高テク技術

47

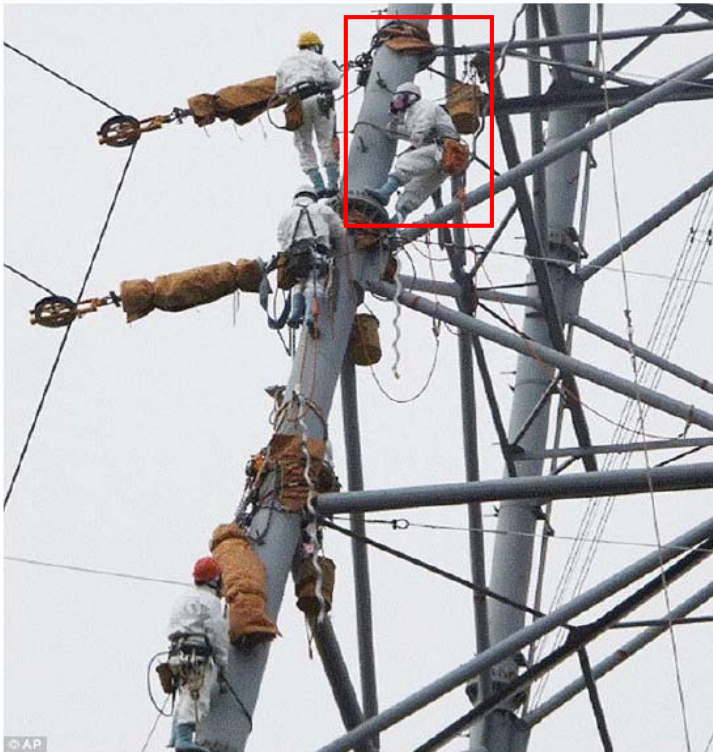
## 復旧作業のための放射線防護

- 防護装備
  - 呼吸保護具(Delta Protection MURUROA)
  - 遮蔽(タングステン分散シリコンゴム)  
ANO(事業者Entergy)が開発した新しい遮蔽材で、ANSより表彰。シリコンゴムにタングステンと鉄の粉末を分散させたもので、耐熱性に優れ、ハサミやナイフで簡単に裁断し、目的の形状に加工して使用。内部に磁石を埋め込むことで取付けを容易にし、プラント内の様々な機器の放射線の遮蔽に使われる。着衣(ベスト)用としても加工出来、作業員の被曝低減に活用可能。
- 汚染密度の画像化装置(カナダ)
- ガンマ・カメラ(フランス)

48



**危険！**



Aiming high: Workers in protective suits work on a transmission tower to restore electricity to Units 5 and 6

**危険！**



Teamwork: Outside the men connect transmission lines to restore electric power supply to Unit 3 and Unit 4



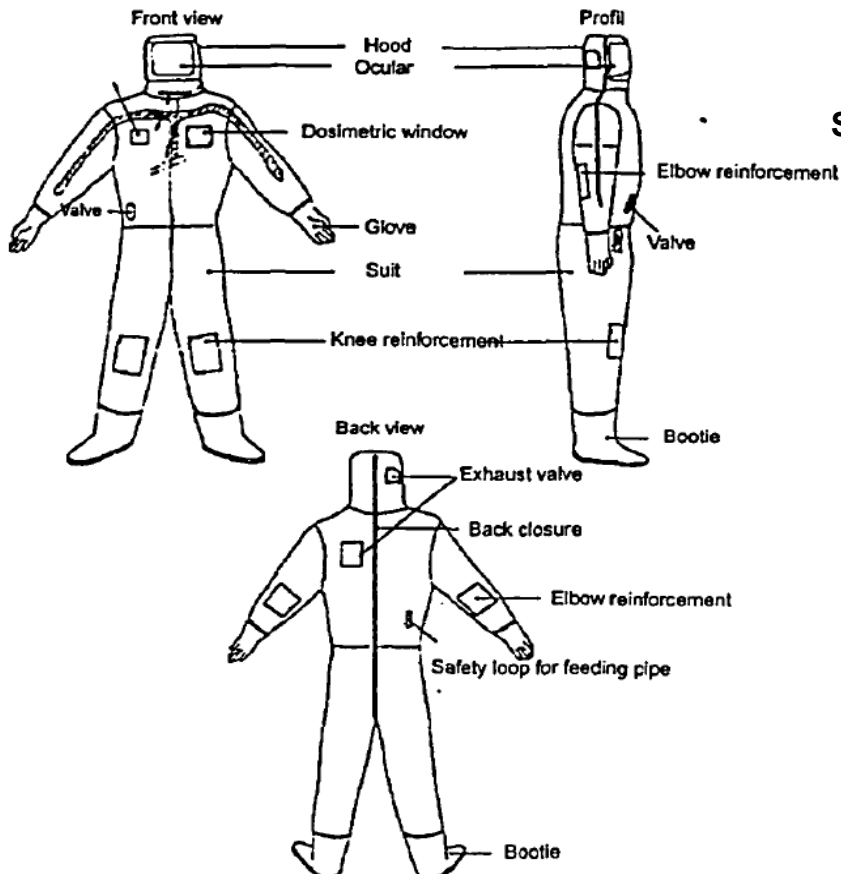
推奨	現在使用
難燃性	可燃性(ポリ酢酸ビニル)
全身包囲	上衣と下衣別々
給気装置付き	チャコール・フィルター(呼吸の負担大)



### Key Features

- Mururoa MTH2 & V4F1: High protection factor whole body: 100 000 (class 5 according to EN 1073-1)
- High comfort thanks to integral air distribution and exhaust valves.
- Fully encapsulated suit including welded gloves and overshoes
- Undressing strip for preventing contamination accident
- Safety strip in case of air network loss
- Wide visual vision
- Adjustable air flow
- Also available in self fed mode with a Blowing unit (600l/mn 20 000 protection factor).

51

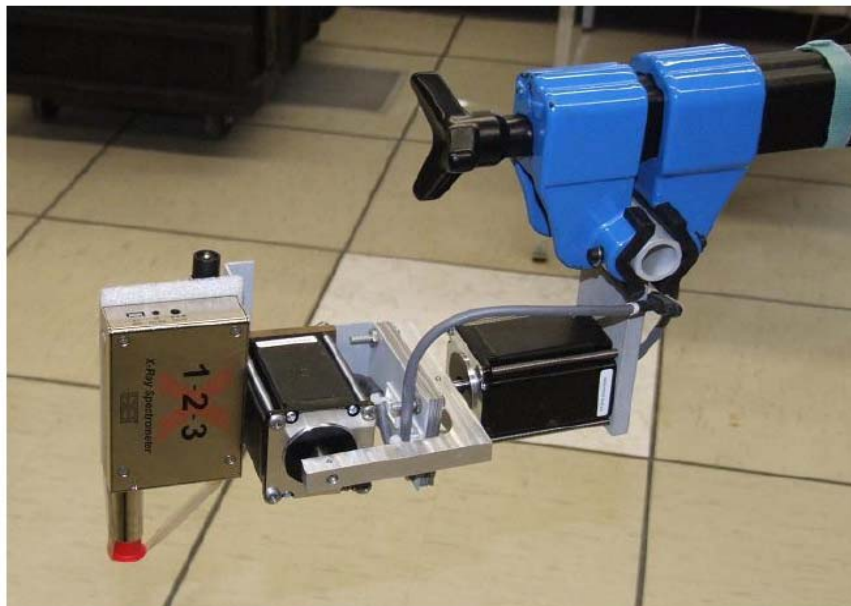


### MURUROA V4 Fully Enclosed Suit Delta Protection

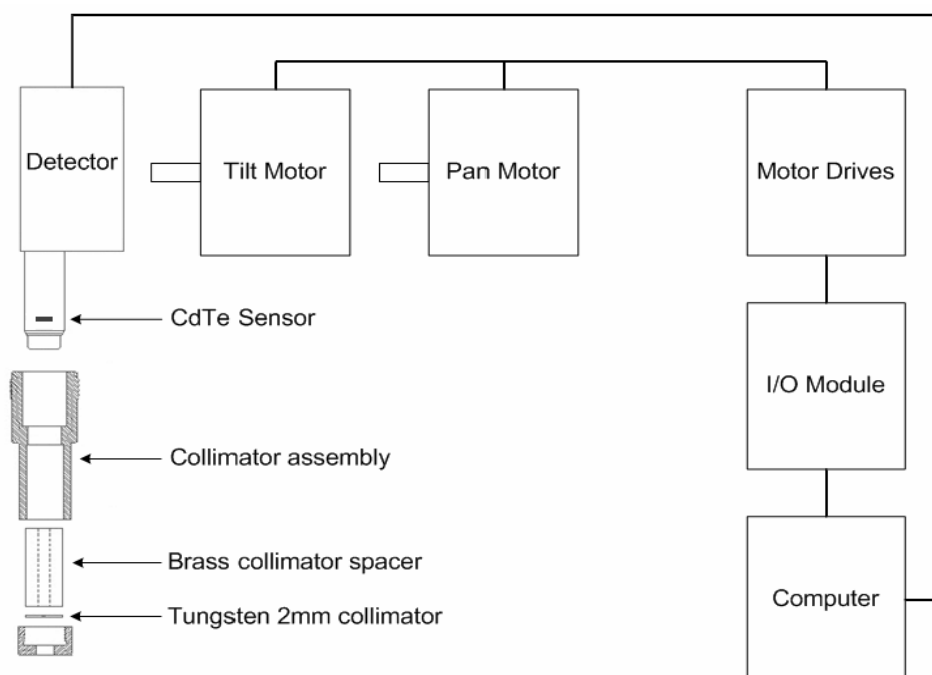
52

- AECL 汚染分布の画像化装置

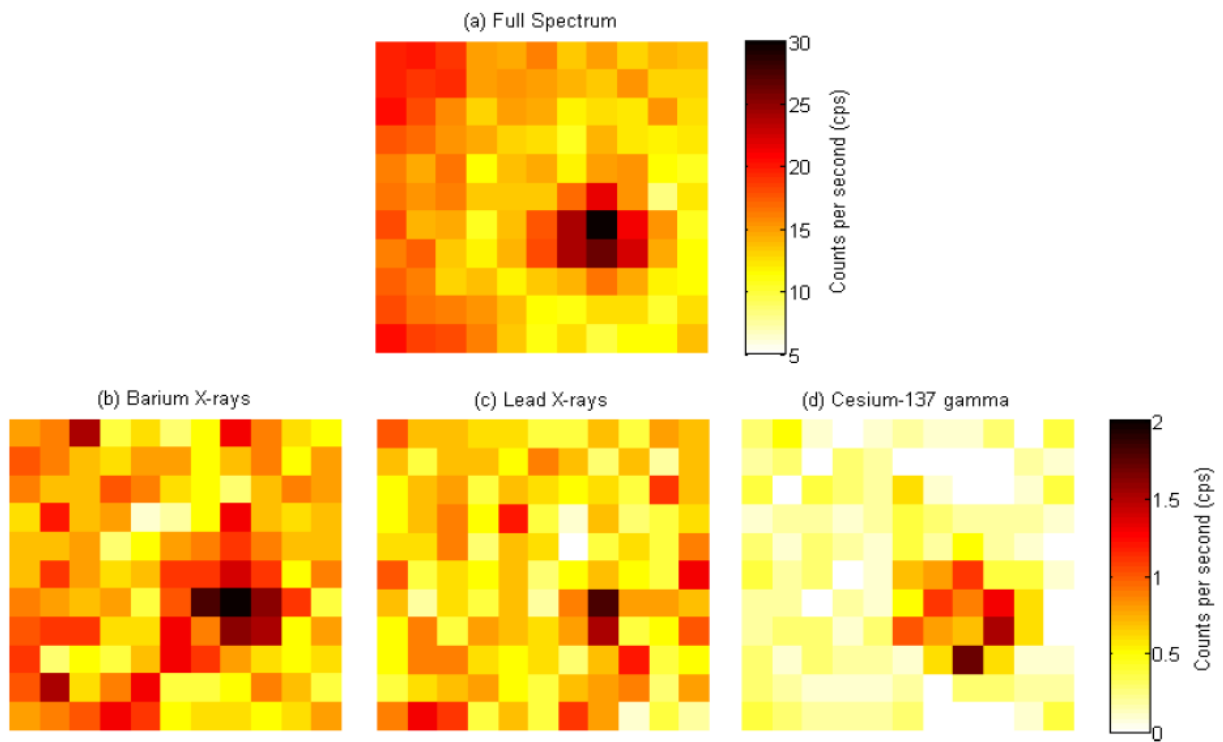
- CRL(チョーク・リバー研究所)で発生した放射性廃棄物を輸送する際の遮蔽容器の汚染を遠隔測定するために開発。
- 測定器の表面での放射線レベルが 0.06Gy/h 以上の高汚染でなければ使用不適。 原子力発電所の汚染管理には不向き。



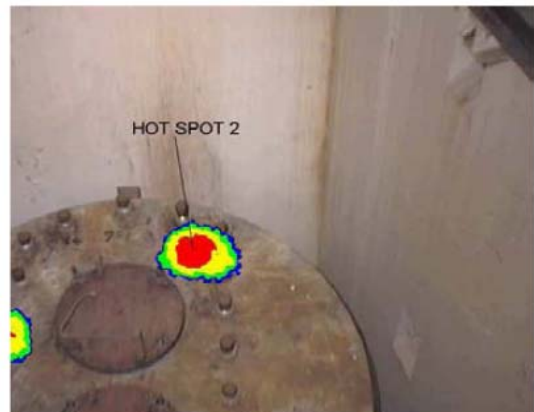
53



54



- ガンマ・カメラ CANBERRA (AREVA)
  - 通常画像に放射線レベルの測定を重ね合わせることで、高線量スポットの位置を図示。



# 汚染拡大の実態把握

- 環境汚染の把握
  - 解析による場合
    - 正確なソース・タームの把握が必要です。
    - 正確な放出時刻のデータが必要です。
    - 以上は、保安院からの不実発表により、実態が把握出来なくなりました。
    - 気象データが必要です。
  - 実測による場合
    - 上空からのハイテク技術(米国/DOD、DOE)
    - 土壌サンプリング

57

## Entombment (石棺)

- 環境汚染の把握
  - 解析による場合
    - 正確なソース・タームの把握が必要です。
    - 正確な放出時刻のデータが必要です。
    - 以上は、保安院からの不実発表により、実態が把握出来なくなりました。
    - 気象データが必要です。
  - 実測による場合
    - 上空からのハイテク技術(米国/DOD、DOE)
    - 土壌サンプリング

58

- 環境汚染の把握(続)

- 実測による場合(続)

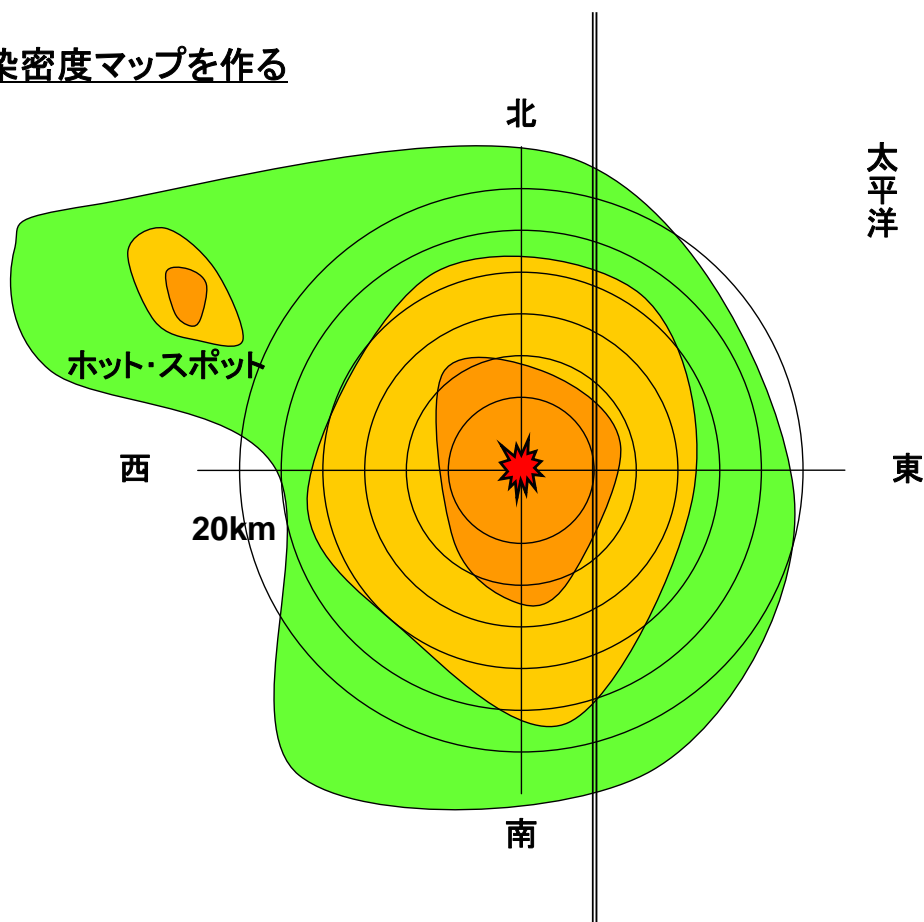
- サンプルング井戸の掘削(地下水への影響)
    - 海産物の採取(モニタリング計画においては、海流の情報も必要)

- 大型カウンティング・センターの設置

- 施設の設計、建設
    - 必要な計測器の調達
    - 人員の確保

59

等汚染密度マップを作る



60

- **住民の内部被曝の実態把握**
  - 移動式ホール・ボディカウンター車の準備
    - 測定対象者を最大100,000人とし、1ヵ月以内に測定を完了するために必要な台数を計算する。
    - 予め必要な、NaI/プラスチック・シンチレータを製造
  - 測定優先順位
    - 避難対象者、屋内退避者、近隣者の順
    - 妊婦、乳児、幼児、子供、大人の順
  - 測定実施の前に、高被曝者の出現を予測し、どのように情報を伝えるか準備
  - ヨウ素剤の調達、輸入

61

## 当該発電所の対応(短期、恒久)

- **米国からの助力**
  - NRC(RES)-DOE の支援
  - NEI/EPRI/INPO からの支援
- **素案の説明**
  - 米国関係者との意見の刷り合わせ
- **短期的処理、恒久処理**
  - 米国側専門家のコンセンサス

62

# 原子炉の封じ込め(Entombment 石棺)

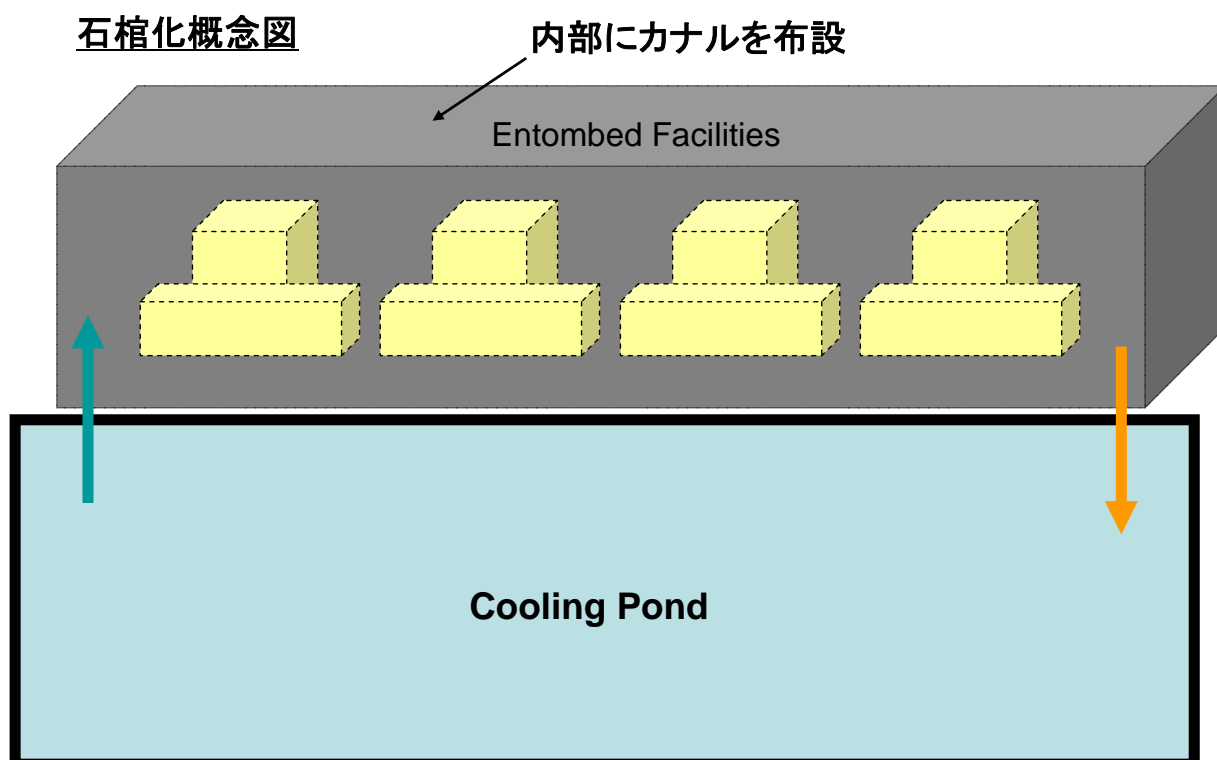
## 建屋解体

- 要否の検討
  - Rx. Bldg. Tb. Bldg. RW Bldg. 制御建屋  
サービス建屋
- 必要な場合の解体技術
  - 爆破技術を含む様々なオプションの検討

## 封じ込めの技術的オプション(例)

- コンクリート
- ベントナイト(水分で膨潤し密封)による内装との組合せ
- 空冷 or 水冷(クーリング・ポンドとの再循環)

63



太平洋

64



# 建屋の解体技術

- (例) 爆破技術の検討

例えば、Maine Yankee 原子力発電所の廃炉(解体)において2004年に採用。(9月17日)

65



## 格納容器の爆破計画

- サーベイ完了(NRC、メイン州確認)
- 掘削基礎部を砂で埋め戻し
- 開口部(H22.5m x 9箇所)完了
- 柱に爆薬充填口穿孔
- 破片飛翔防止ネット取付け
- 立入り禁止区域(直径300m)設定
- 9月17日 爆破

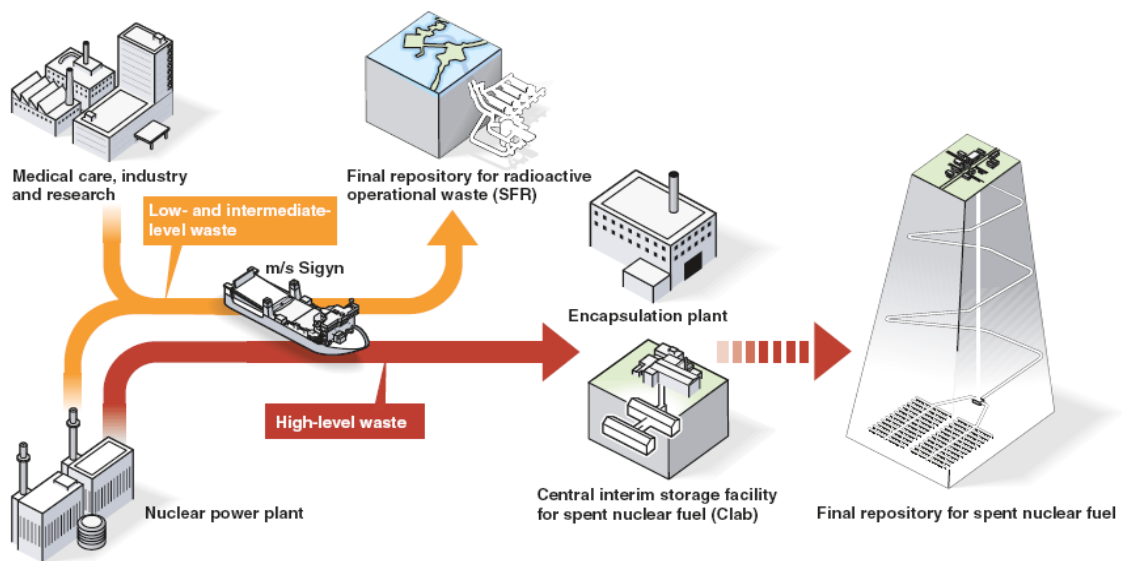
66



2004年9月17日 爆破決行



## 参考技術



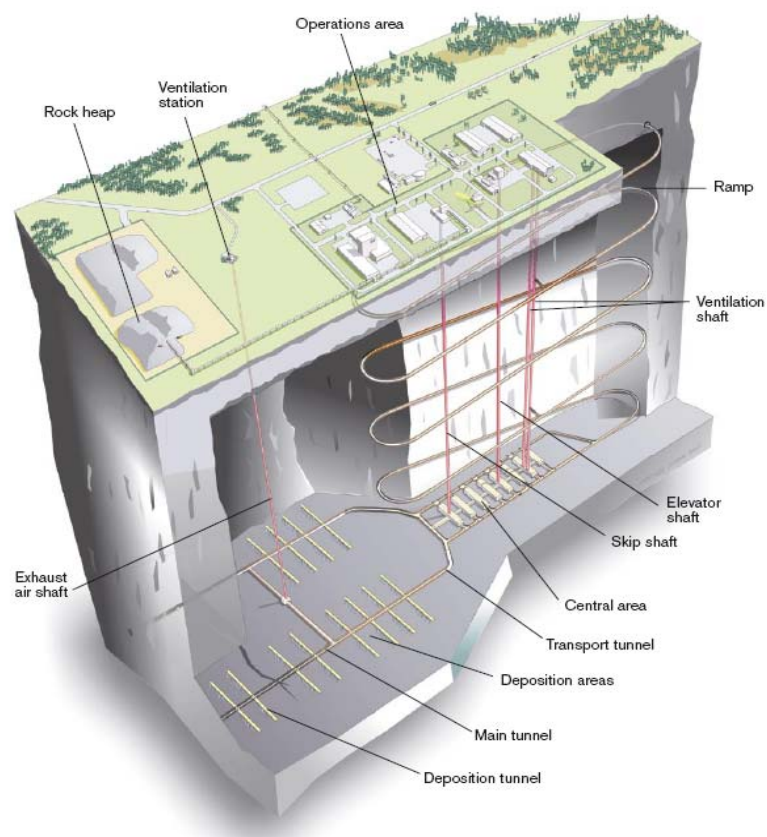
## スウェーデン・モデルによる 廃棄物処理

- LLW の処理： 低レベル、短寿命の放射性廃棄物は、バルト海の海底 50m の玄武岩層に設けられた最終埋設処理施設 (SFR) に貯蔵される。SFR は、海岸から沖 60m に位置し、Forsmark 原子力発電所と地下トンネルで連絡している。1988年から操業中。放射能が十分減衰するまで 500年間 貯蔵される。
- SNF と HLW の処理： SNF は、原子力発電所で 1年間 冷却したあと、国の中間貯蔵施設 (CLAB) に移される。この施設は Oskarshamn にあり、SNF は、地下の岩窟にある貯蔵プールの中で 30年間 冷却される。現在、拡張工事が行われている。
- 深部地下埋設処理施設： CLAB で中間貯蔵を行った後、SNF は銅製のキャニスターに入れられて玄武岩層の深部 (500m) 地下埋設処理場に移される。キャニスターは、ベントナイトと呼ばれる特殊な粘土で包まれる。この粘土は地下水によって膨潤し、キャニスターを隔離する。

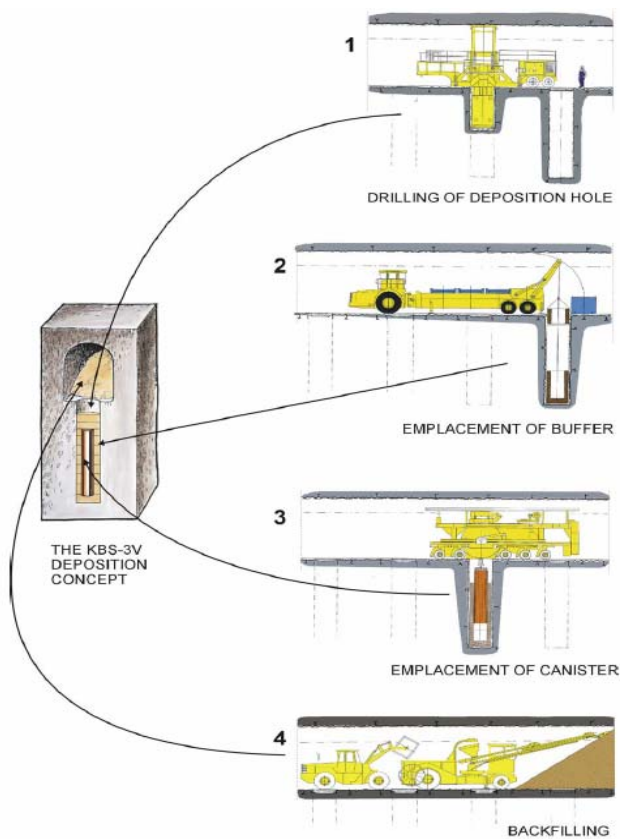
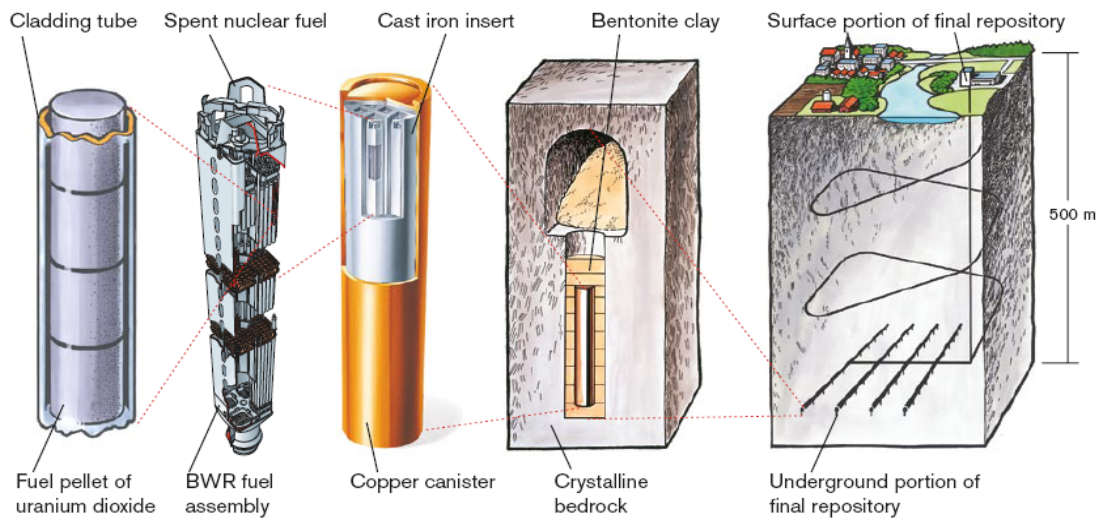
このような恵まれた安定岩層はどこにでもあるわけではない。

69

## 深部地下埋設処理施設 - 全体配置図



70



*The deposition tunnels will be filled with blocks and pellets made of bentonite clay.*

# 海洋汚染の隔離(参考概念)

- 区画(水密フェンスによる包囲)
  - 干満を考慮
- 生育の早い海生物(海草、藻など)の栽培、採取、焼却のサイクルによる放射能の抽出

73

外海から完全に隔離し、残留熱を除去するためのクーリング・ポンドとして使用

内部には、藻、海草を養殖し、放射能を除去



74

# 土壤汚染の除去(参考概念)

- 区画(フェンスによる包囲)
- 排煙処理(放射能除去)付きの大型焼却炉の建設
- 低レベル放射性廃棄物処理(埋設)施設の建設
- 森林、家屋、家畜などの処分
- 生育の早い植物(草、根菜など)の栽培、採取、焼却のサイクルによる放射能の抽出

75

# 飲料水対策

- 不透水層下からの地下水
- 深層水
- 伏流水
  
- 浄化法の有効性？
  - 活性炭
  - イオン交換樹脂

76

注目しなければならない放射性核種は、I-131 だけではありません。

例えば、I-129

Iodine-129 半減期=1570万年

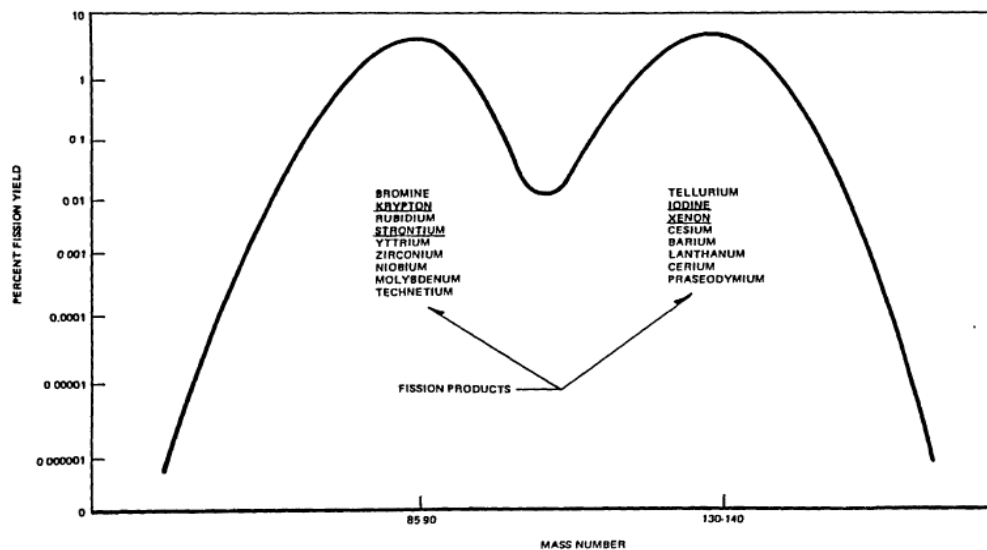
Atomic No.	Radionuclide	Class	Table 1 Occupational Values			Table 2 Effluent Concentrations		Table 3 Releases to Sewers
			Col. 1	Col. 2	Col. 3	Col. 1	Col. 2	Monthly Average Concentration (μCi/ml)
			Oral Ingestion ALI (μCi)	Inhalation		Air (μCi/ml)	Water (μCi/ml)	
53	Iodine-129	D, all compounds		5E+0 Thyroid	9E+0 Thyroid			4E-9
			(2E+1)	(3E+1)	-	4E-11	2E-7	2E-6



1.132ppb

77

全ての放射性核種に対する許容濃度は、米国の NRC/EPA の基準(両者に不一致もある)を参考にすることができます。



78

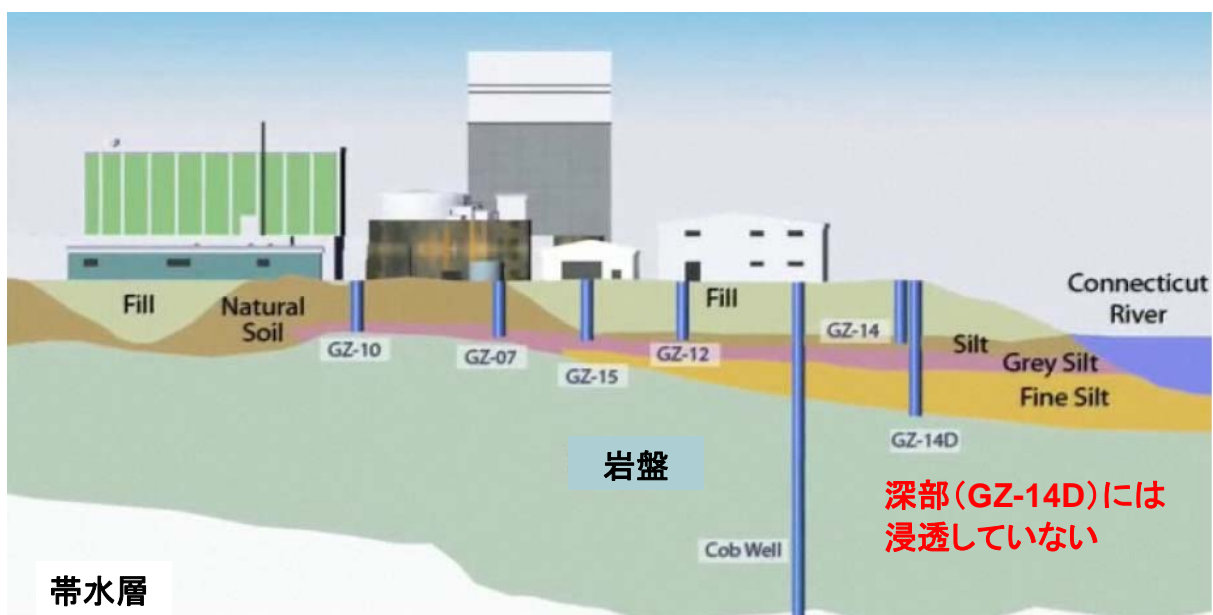
## チェルノブイリ事故で放出された放射能量

Core inventory on 26 April 1986			Total release during the accident	
Nuclide	Half-life	Activity (PBq)	Percent of inventory	Activity (PBq)
<sup>133</sup> Xe	5.3 d	6 500	100	6500
<sup>131</sup> I	8.0 d	3 200	50 - 60	~1760
<sup>134</sup> Cs	2.0 y	180	20 - 40	~54
<sup>137</sup> Cs	30.0 y	280	20 - 40	~85
<sup>132</sup> Te	78.0 h	2 700	25 - 60	~1150
<sup>89</sup> Sr	52.0 d	2 300	4 - 6	~115
<sup>90</sup> Sr	28.0 y	200	4 - 6	~10
<sup>140</sup> Ba	12.8 d	4 800	4 - 6	~240
<sup>95</sup> Zr	1.4 h	5 600	3.5	196
<sup>99</sup> Mo	67.0 h	4 800	>3.5	>168
<sup>103</sup> Ru	39.6 d	4 800	>3.5	>168
<sup>106</sup> Ru	1.0 y	2 100	>3.5	>73
<sup>141</sup> Ce	33.0 d	5 600	3.5	196
<sup>144</sup> Ce	285.0 d	3 300	3.5	~116
<sup>239</sup> Np	2.4 d	27 000	3.5	~95
<sup>238</sup> Pu	86.0 y	1	3.5	0.035
<sup>239</sup> Pu	24 400.0 y	0.85	3.5	0.03
<sup>240</sup> Pu	6 580.0 y	1.2	3.5	0.042
<sup>241</sup> Pu	13.2 y	170	3.5	~6
<sup>242</sup> Cm	163.0 d	26	3.5	~0.9

79

## 不透水層下からの地下水

米国 Vermont Yankee 原子力発電所でトリチウム汚染が発生したときのサンプリング井戸



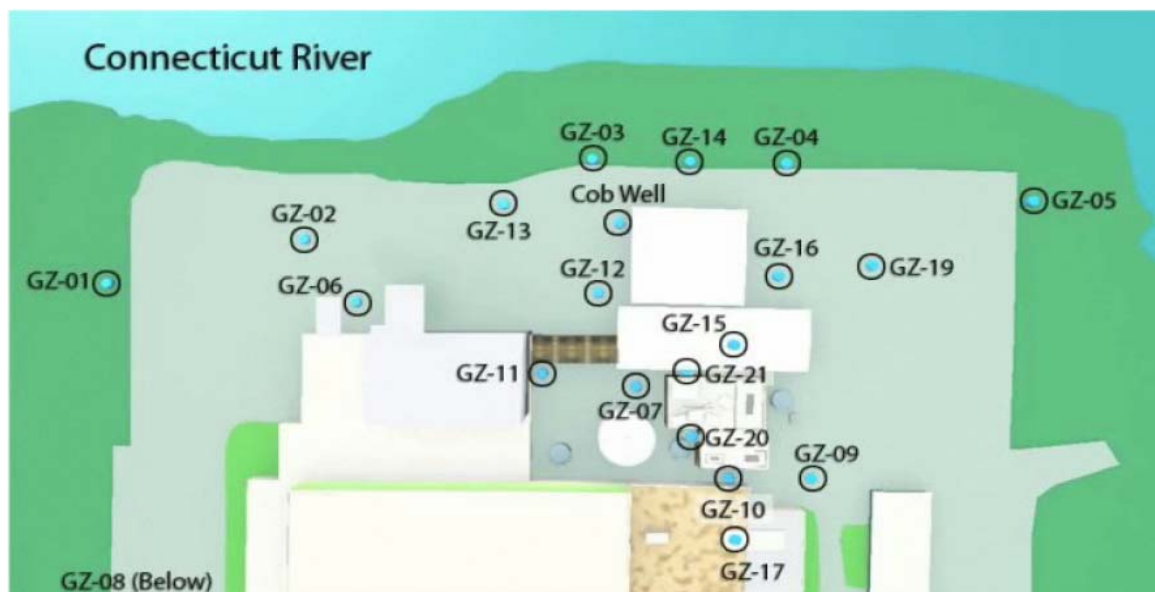
飲料水井戸

80



<u>Monitoring Well</u>	<u>Tritium Concentrations (pCi/L)</u>	<u>Dates</u>
GZ-1	ND	11/07 – 4/10
GZ-2	ND	2/10 – 4/10
GZ-3	ND	11/07 – 8/09
	705 – 71,000	11/09 – 4/10
GZ-4	1,500 – 7,900	1/10 – 4/10
GZ-5	ND	11/07 – 4/10
GZ-6	ND	1/10 – 4/10
GZ-7	740,000 – 1,200,000	2/10 – 4/10
GZ-9	ND	2/10 – 4/10
GZ-10	2,450,000 - <1800	2/10 – 4/10
GZ-11	ND	2/10 – 4/10
GZ-12	15,000 – 270,000	2/10 – 4/10
GZ-13	ND	2/10 – 4/10
GZ-13D	2,000 – 1,000	2/10 – 4/10
GZ-14	63,000 – 280,000	1/10 – 4/10
GZ-14D	ND – 2,300	3/10 – 4/10
GZ-15	170,000 – 760,000	2/10 – 4/10
GZ-16	ND	3/10 – 4/10
GZ-17	ND	3/10 – 4/10
GZ-19	ND	2/10 – 4/10
GZ-19D	ND	2/10 – 4/10
GZ-20	645,000 – 163,000	3/10 – 4/10
GZ-21	1,700,000 – 2,100,000	3/10 – 4/10

ND – indicates no detectable activity



# 現在運転中の原子力発電所の運転を 継続するための条件

- 電源システムの増強(6ヵ月以内)
  - SBO 対策電源の追加(推奨概念)
    - 免震パッドにガスタービン発電機を設置
    - 各発電所の非常用電源バスの 200% 容量
  - ヘリコプターによる空輸が可能な燃料(LNG)の確保
- 過酷事故発生時(原子炉)対応マニュアルの再整備、シミュレータ訓練(6ヵ月以内)
- 発電所当直体制の見直し
  - メンテナンス要員(電気、機械、計装)の 24 時間対応

83

- 使用済燃料プール(SFP)の保護の強化(直ちに)
  - 天井クレーン、燃料交換機のホーム・ポジション(停留所)の変更(SFPの上から移動)
- 国際機関(又は、NRC)による Peer Review の受入れ

84

# 現在停止中、及び、次回計画停止した原子力発電所を再起動する場合の条件

- 電源系統の増強
  - SBO 対策電源の追加(推奨概念)
    - 免震パッドにガスタービン発電機を設置
    - 各発電所の非常用電源バスの 200% 容量
    - 全ユニット間のクロス・タイを設置
    - 所外電源の追加
  - ヘリコプターによる空輸が可能な燃料(LNG)の確保
- 過酷事故発生時(原子炉)対応マニュアルの再整備、シミュレータ訓練

85

- 発電所当直体制の見直し
  - メンテナンス要員(電気、機械、計装)の 24 時間対応
  - 緊急時技術支援センター(TSC)の設置
- 中央制御室の設計の見直し
- 使用済燃料プール(SFP)の保護の強化
  - 天井クレーン、燃料交換機のホーム・ポジション(停留所)の変更(SFPの上から移動)
  - SFP 漏洩検出装置に対するサベイランスの制定と運用
  - パッシブ型の貯水源
    - 天井に貯水タンクを設置
    - 可能である場合には、ダムからの落差(電源不要)
- 国際機関(又は、NRC)による Peer Review の受入れ

86

# 国内の原子力施設に対する対策案

- 使用済燃料プール(SFP)の保護の強化
  - 天井クレーン、燃料交換機のホーム・ポジション(停留所)の変更(SFPの上から移動)
  - SFP 漏洩検出装置に対するサベイランスの制定と運用
  - パッシブ型の貯水源
    - 天井に貯水タンクを設置
    - 可能である場合には、ダムからの落差(電源不要)
- 湿式貯蔵から乾式貯蔵(ドライ・キャスク)への移行

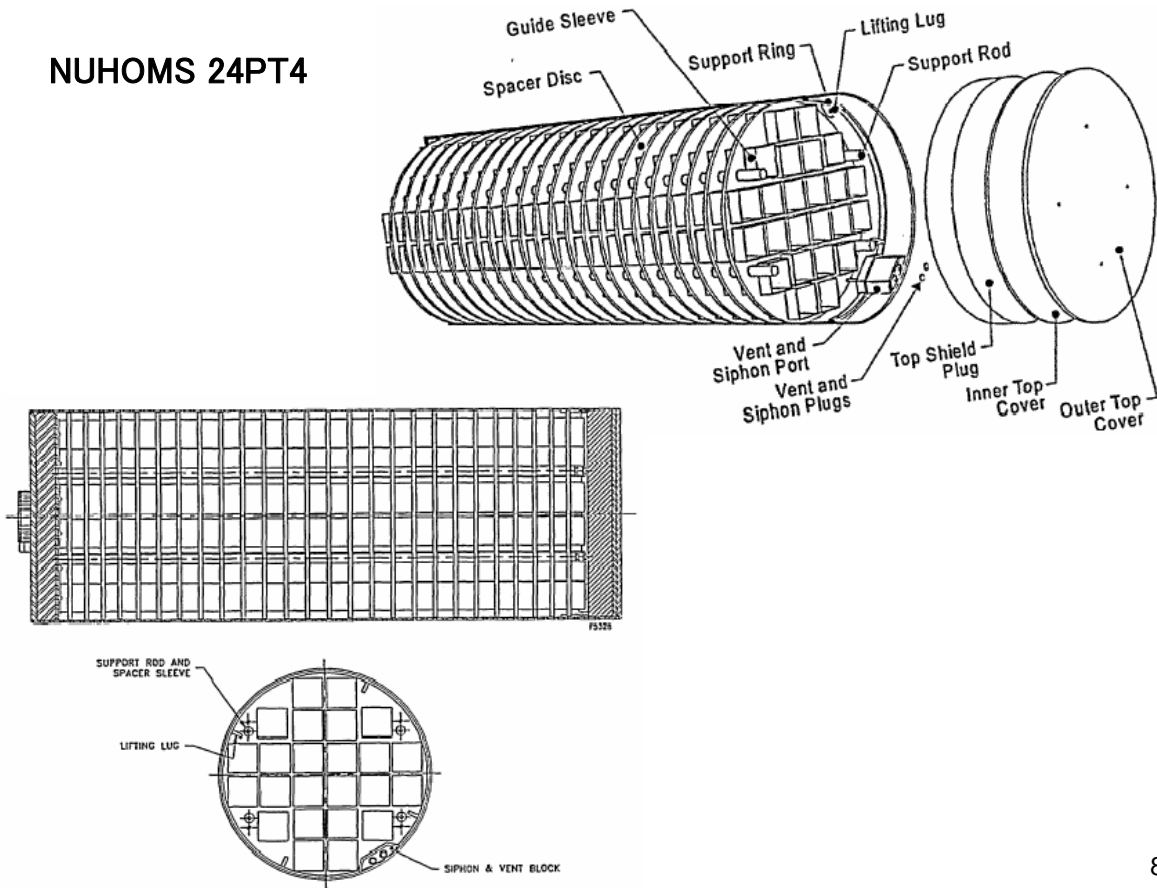
87



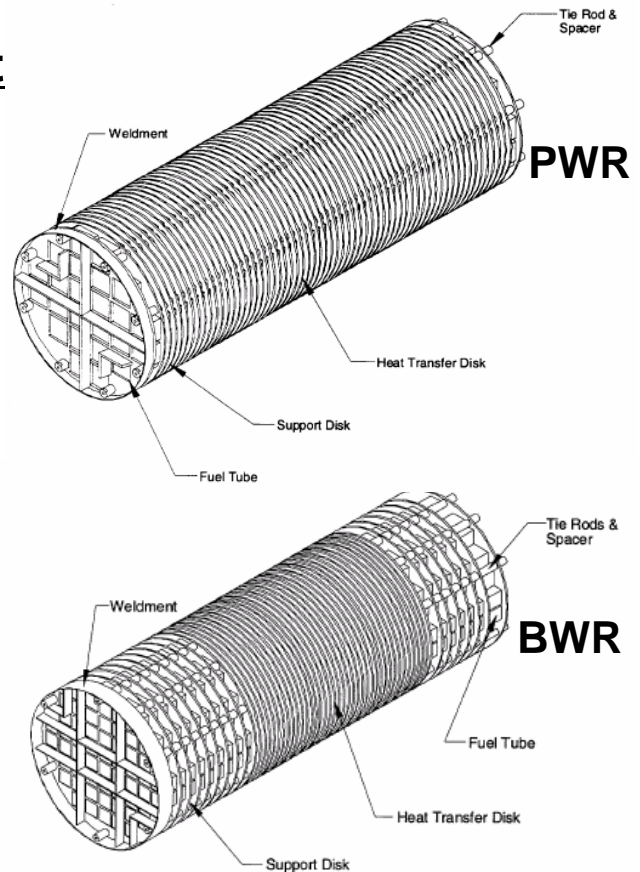
Pennsylvania Power & Light (PPL)  
SUSQUEHANNA  
NUHOMS® 52 B AND 61 BT

88

# NUHOMS 24PT4



# Fuel Assembly Basket



# 国際機関への提案

- 新たに発覚した BWR の脆弱性
  - 原子炉事故と燃料プール事故の連鎖
  - PRA モデルのアップデート
- IAEA への提案

# 我が国の今後の課題

- 規制体制の抜本的見直し
  - 原子力委員会、原子力安全委員会、保安院
  - 委員、職員に対する資質要件の規定
  - 独立性(官・民・学の癒着の断絶)
  - 米国との協力体制の見直し
  - OIG、調査部(米国の NRC/OI に相当)の設置
- プラント運転員の国家資格制度
- PRA の導入と IPEEE の実施
- 原子力損害賠償制度の改善
  - 米国(Price-Anderson Act)の例の導入

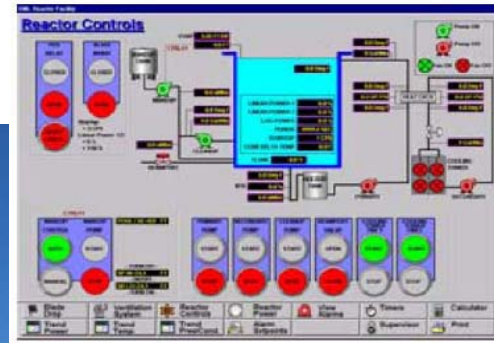
93

## 原子力委員会、原子力安全委員会、保安院、の職員に対する資質要件の規定

- 小型実験・研究炉の知識は、大型商用炉には殆ど役には立ちません。(Toy Car vs. Dump Truck)
- バックグラウンド
  - 原子炉、タービン
  - 電気、計測制御系、コンピューター
  - 建築、機械
  - 水理、地質、気象、地震、火災
  - セキュリティ(サイバー・セキュリティ含む)

94

マサチューセッツ大学の研究炉  
(GE製プール型 1MW)



95

## 米国との協力体制(例)

- 連邦機関(NRC)
  - RES
  - NSIR
- 連邦機関(DOE) 国立研究所
  - ノーベル物理学、化学賞受賞者100人以上輩出
- 民間団体
  - NEI
  - EPRI
  - INPO

96



# U.S. Nuclear Regulatory Commission

