



# 福島第一原子力発電所の 不測事態シナリオの素描

---

平成23年3月25日  
近藤 駿介



# 目的

事故が起きている福島第一原子力発電所においては、今後新たな事象が発生して不測の事態に至る恐れがないとは言えない。

この資料はこの不測の事態の概略の姿を示すものである。

## 資料の構成

- 想定する新たな事象
- それぞれの事象の未然防止策、連鎖防止策
- 不測の事態：事象の連鎖
- 緊急時対策の範囲
- 土壌汚染
- 海洋汚染

# 想定する新たな事象

## 事象の発生施設

	1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	共用 プール	5号炉	6号炉
原子炉	○	○	○	—	—	○	○
使用済燃料 プール	○	○	○	○	○	○	○

## 事象の内容

### ○原子炉

- ・ 炉心損傷に伴って水蒸気爆発が発生し、放射性物質を放出
- ・ 水素爆発によって冷却機能が失われ、過温破損
- ・ 冷却機能が失われ、過温・過圧破損

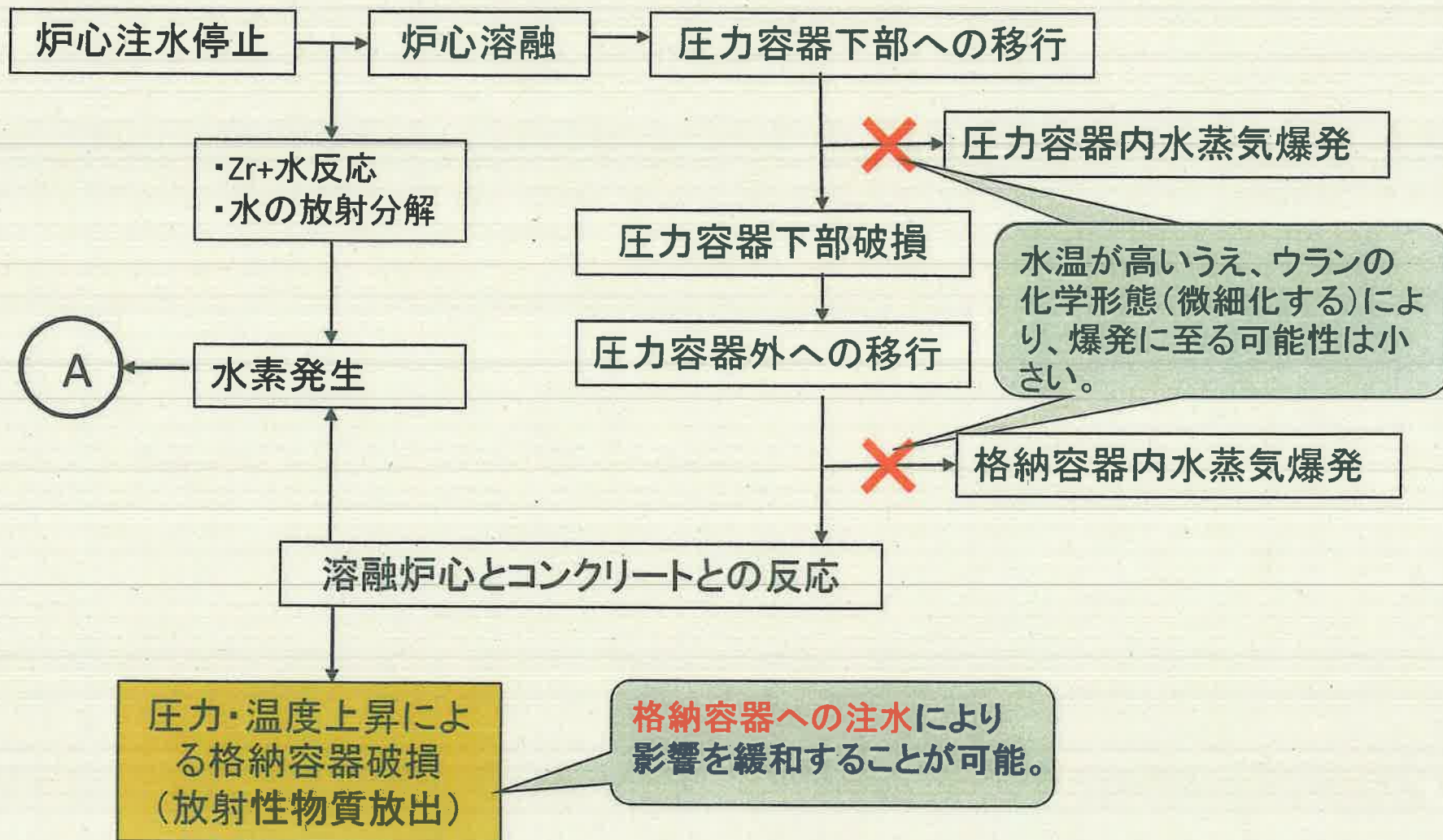
### ○使用済燃料プール

- ・ 冷却不足に伴うギャップ放射能\*1放出の開始。  
メルトダウン後、溶融炉心とコンクリート相互作用により床コンクリートが抜けて、コリウム\*2が下層階に落下していく過程

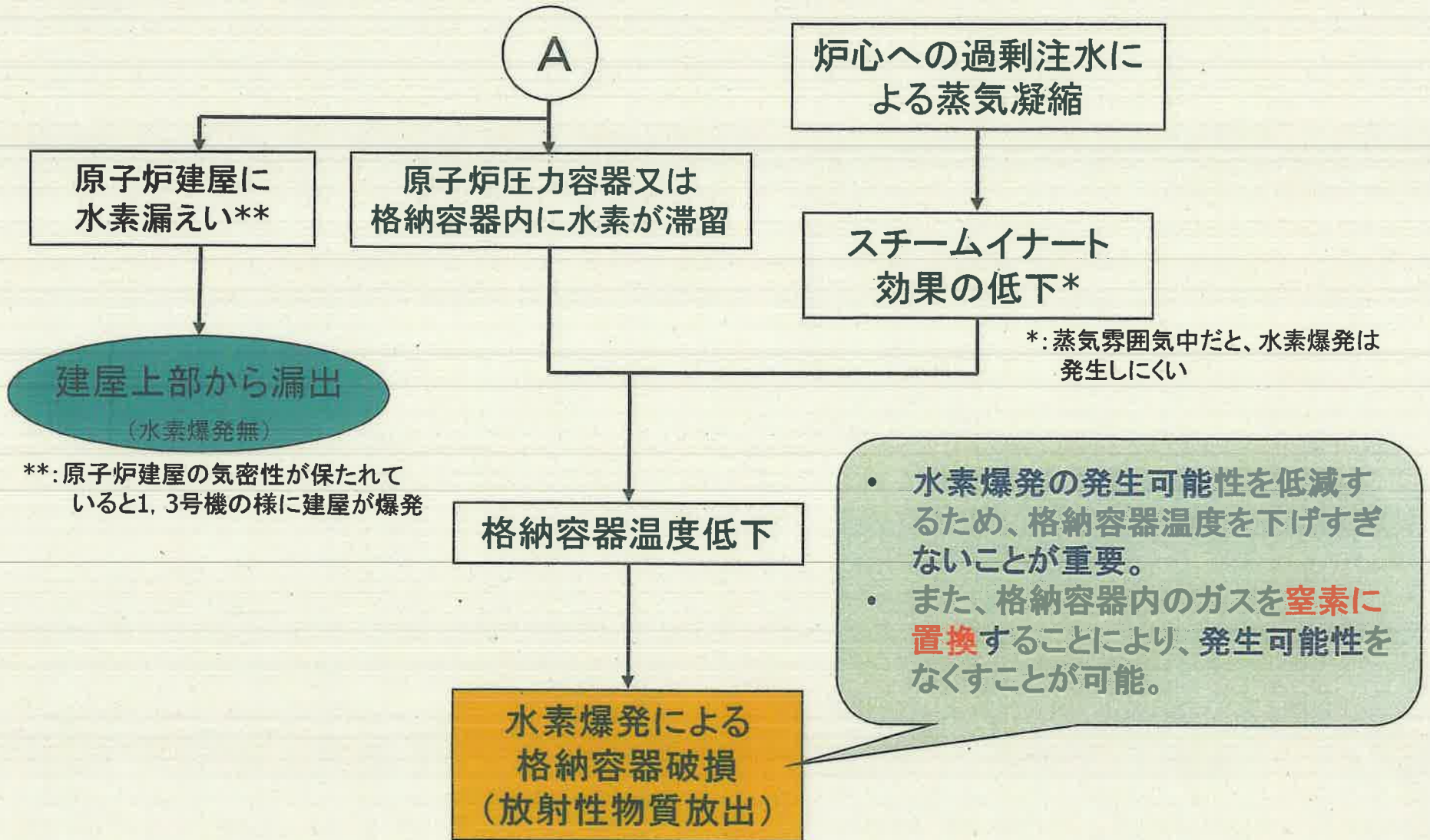
\*1: 燃料と被覆管のギャップに内包された放射性物質(希ガスなど)

\*2: 溶融燃料、溶融被覆管、コンクリートなどの混合体

# 水蒸気爆発と過温破損



# 水素爆発



\*\*：原子炉建屋の気密性が保たれていると1, 3号機のように建屋が爆発

- 水素爆発の発生可能性を低減するため、格納容器温度を下げすぎないことが重要。
- また、格納容器内のガスを窒素に置換することにより、発生可能性をなくすことが可能。

# 事象連鎖の防止策と効果(1)

新たな事象が発生した場合に1～4号機に事象が連鎖することを防止するため、予めとることが効果的な策

	予めとることが効果的な策
原子炉側	<ul style="list-style-type: none"> <li>早急な炉心冷却機能の回復               <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ヒートシンクの回復(代替海水ポンプなど)</li> <li>✓ 注水手段の多様化</li> </ul> </li> <li>淡水注入への切替えと水源確保*1</li> <li>注水した汚染海水の排水と処理</li> </ul>
使用済燃料プール側	<ul style="list-style-type: none"> <li>淡水注入への切替えと水源確保*1</li> <li>作業員のアクセス性確保(被ばく低減対策含む)と遠隔操作可能な注水設備の設置*2</li> <li>注水手段の多重化</li> </ul>

\*1:必要注水量:1号機原子炉 約4ton/h

2号機原子炉 約6ton/h

3号機原子炉 約6ton/h 原子炉側合計 16ton/h=384ton/日

1～4号機プール、合計160ton/日(実績)

**合計約560ton/日 以上**

\*2:不測の事態が水素爆発による場合、原子炉の炉心が大気に晒され、オンサイトの線量条件は極めて厳しく(1Sv/hr)、ヘリコプターによる投入はほぼ不可能。

予め「キリン」を各号機に配置して、不測の事態に備える必要がある。(防衛省、消防庁の協力が必要)

上記の策を講じても、事象の進展が収まらない場合の最終手段として、「砂と水の混合物による遮へい」が最も有効(必要量 1100トン/基)

## 事象連鎖の防止策と効果(2)

1～4号機で新たな事象が発生した際に、5, 6号機に事象が連鎖することを防止するため、作業員が退避する際にとるべき策及び予めとることが効果的な策は、下記のとおりである。

	対 策	効 果
退避時の策	<ul style="list-style-type: none"> <li>機器ウエルの水張り+プールとのゲート開(プールの冷却材保有量増加+格納容器上部の外部からの冷却)</li> <li>原子炉圧力容器の圧力逃がし安全弁の開操作</li> </ul>	<p>外部電源喪失または機器の故障がなければ、健全性は継続。            なお、外部電源喪失または機器の故障があつた場合でも機器ウエルの水張り策により、半月程度*の健全性の延長が可能。            * 使用済燃料プールからの放出を約1ヶ月から約1.5ヶ月に延長できる。</p>
予めとることが効果的な策	<ul style="list-style-type: none"> <li>海水冷却系の多重化</li> <li>プラント監視の遠隔化とアクセス手段の確保 (遮へい機能を備えた移動車両等の確保)</li> </ul>	<p>軽微な機器の故障を検知でき、故障機器の修復が可能。</p>

福島第二原子力発電所においては、高線量下においても運転員が発電所内へアクセス可能なように準備しておくことで、波及を防止できる。

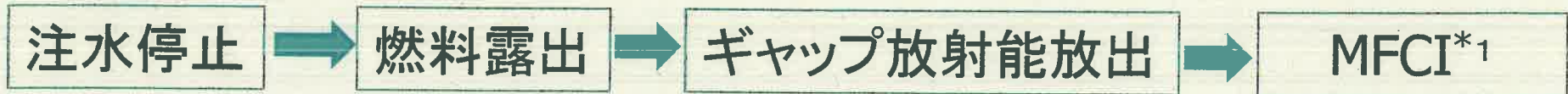


## 事故連鎖の考え方

- ① 発生リスクが比較的高い1号機の原子炉容器内或いは格納容器内で水素爆発が発生し、放射性物質放出。1号機は注水不能となり、格納容器破損に進展
- ② 線量上昇により、作業員総退避。
- ③ 2, 3号機原子炉への注水／冷却不能、4号使用済燃料プールへの注水不能
- ④ 4号使用済燃料プールの燃料が露出し、燃料破損、溶融。その後、溶融した燃料とコンクリートの相互反応(MFCI)に至り、放射性物質放出。(次頁に使用済燃料プールの破損進展を示す)
- ⑤ 2, 3号機の格納容器破損し、放射性物質放出。
- ⑥ 1, 2, 3号機の使用済燃料プールの燃料破損、溶融。その後、MFCIに至り、放射性物質放出。



# 使用済燃料プールの冷却不足



- 東京電力の19日時点での評価を基にした事象進展。ただし、使用済燃料プールに構造的な問題が発生して水の漏えいがある場合には、事象はもっと早く進展する。  
なお、3号炉、4号炉については、使用済燃料プール冷却浄化系(本設)を通じて海水を注入中

	1号炉	2号炉	3号炉	4号炉	共用	5号炉	6号炉
ギャップ放射能放出開始(日)*2	172	35	14[3]*4	6	46	21	27
MFCI開始(日)*3	294	58	67[56]*4	14	72	34	44
MFCI停止(日)	354	69	93[82]*4	18	85	40	52

\*1: 溶融燃料コンクリート相互作用

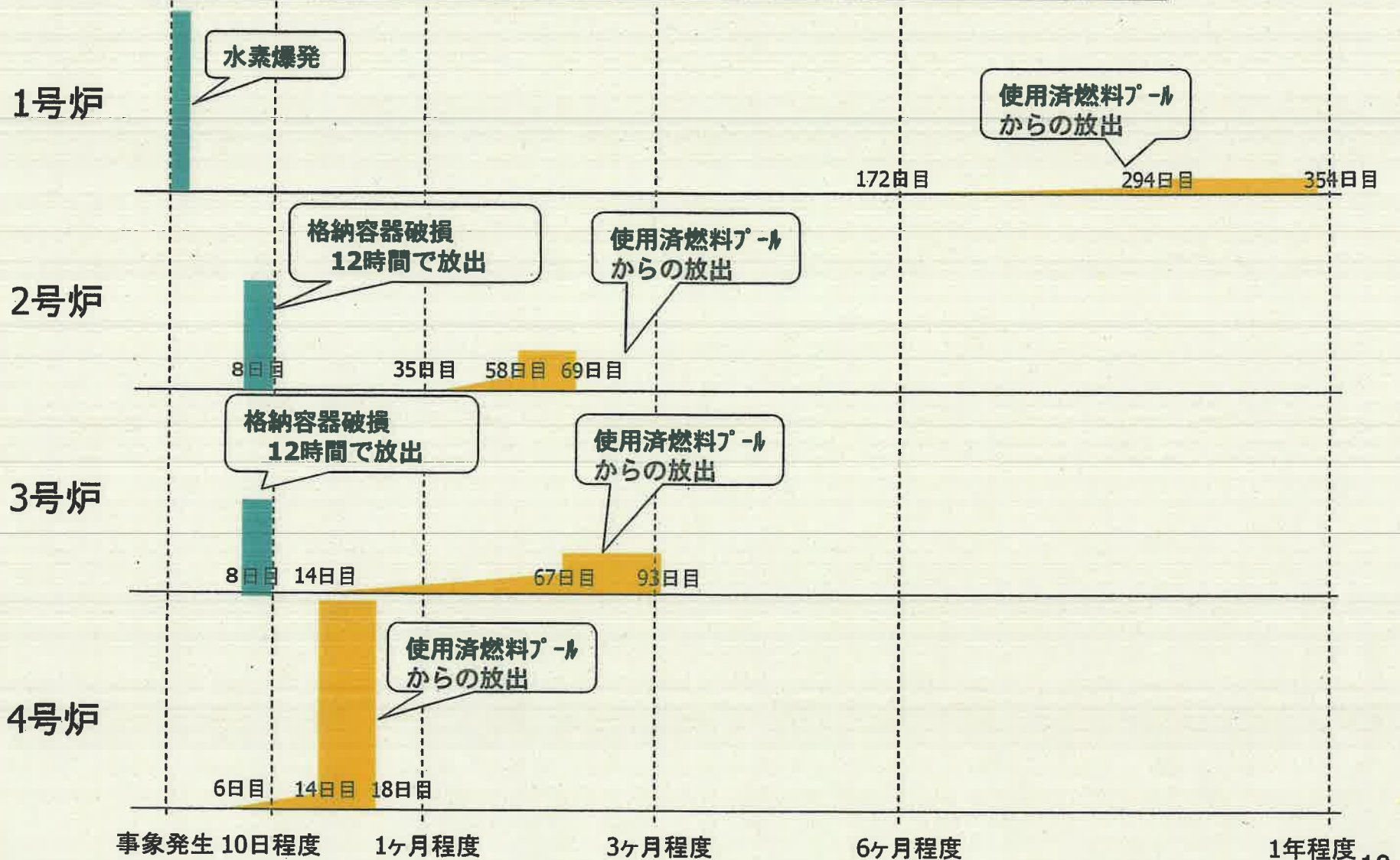
\*2放射能放出開始は、プール水位が燃料頂部に達した時と仮定

\*3:MFCI開始は、プール水位が燃料下端に到達した時と仮定

\*4: 事故後3日後には白煙(水蒸気と思われる)が発生しており、何らかの原因で水位が予想より早く低下していることが想定されるため、早まった11日分を差し引いて評価

# 放出シーケンス

1号炉水素爆発を起因として、全ての作業ができなくなった場合




# 被ばく線量評価結果

想定された事象において指標線量を超える領域の発電所からの範囲

指標線量	水素爆発	格納容器破損	使用済燃料プール (4号)	
			1炉心分	2炉心分
10mSv (屋内退避)	15km	10 km	50 km	70 km
50mSv (避難)	7km	6 km	15 km	18 km
100mSv	5km	4 km	9 km	10 km

線量は7日間の放射性雲からの外部被ばく、地表沈着からの外部被ばく及び吸入による内部被ばくによる実効線量の合計



# チェルノブイリ事故に際して設けられた 土壌汚染に伴う移転勧告、自主移転容認区域(1)

**Cs-137** の地表汚染濃度が指標\*を超える領域の範囲  
(\*数値はチェルノブイリ事故の場合)

<b>Cs-137</b> 地表汚染濃度の指標	1炉心分	2炉心分
1480 kBq/m <sup>2</sup> (強制移転)	110 km	170 km
555 kBq/m <sup>2</sup> (任意移転)	200 km	250 km

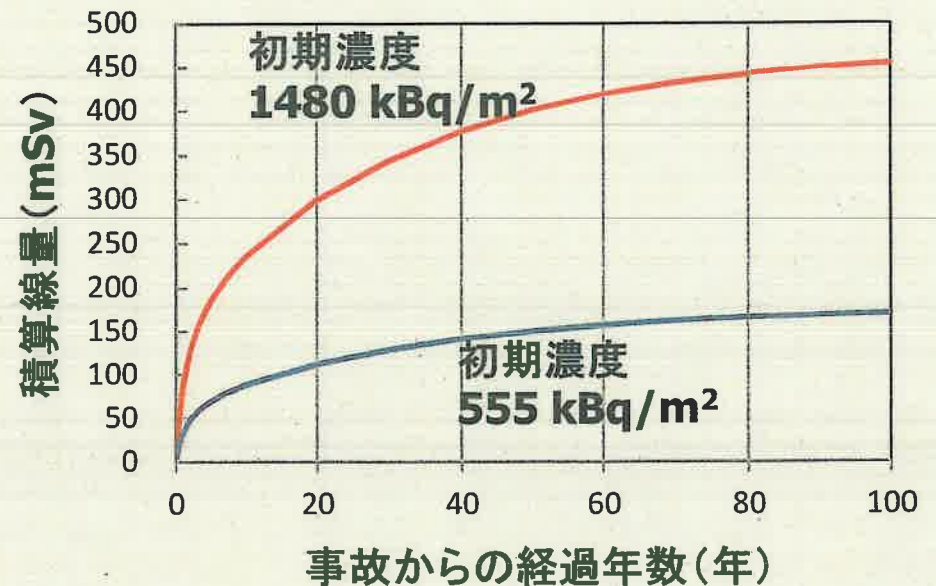
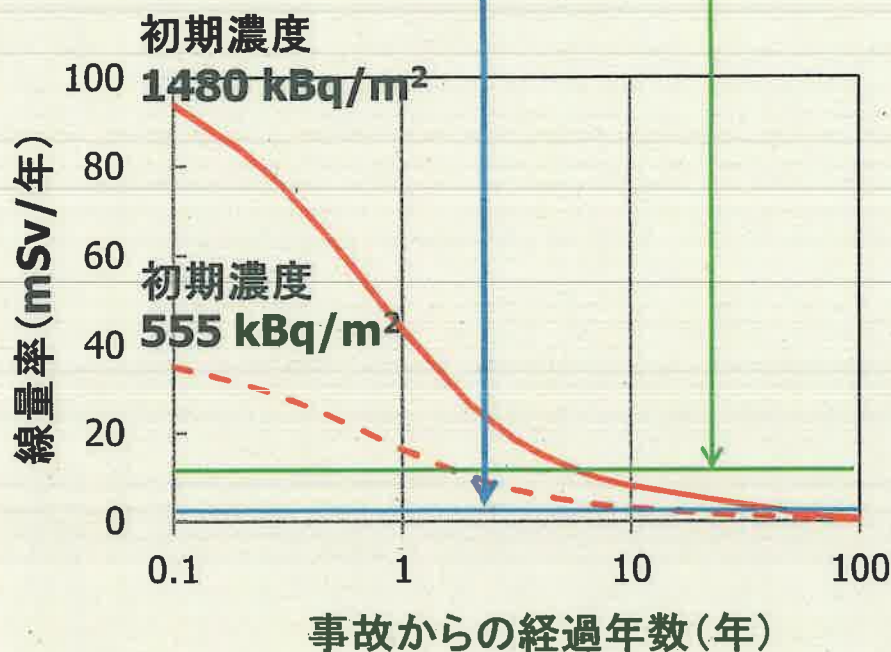
# チェルノブイリ事故に際して設けられた 土壌汚染に伴う移転勧告、自主移転容認区域(2)

移転領域 (Cs-137汚染濃度で指定) における線量率(mSv/年)と積算線量(mSv)の経時変化

10 mSv/年  
- ICRP Pub.82で居住上問題ないとされるレベル

1mSv/年 - 一般公衆の線量限度

移転領域に留まった場合の積算線量の意味  
生涯1Sv - ICRPの作業者の線量限度相当  
あるいは、これ以上ではほとんど常に  
永久移転が正当化されるレベル



# 海洋汚染評価

大気中を拡散し海洋上に沈着した放射性物質が一定の水深の領域に一様に分布したとした場合の水中濃度を推定し、そこに生息する海産物を1年間摂取した場合の体内被ばく線量を推定した。



福島第一原子力発電所から  
125 km圏内、水深100mで一様分布

核種	海水中濃度 (Bq/kg)	年間線量 (mSv)
Sr-90	3.2	0.03
Cs-134	15	0.8
Cs-137	15	0.5



# 線量評価結果について

- 水素爆発の発生に伴って追加放出が発生し、それに続いて他の号機からの放出も続くと予想される場合でも、事象のもたらす線量評価結果からは現在の20kmという避難区域の範囲を変える必要はない。
- しかし、続いて4号機プールにおける燃料破損に続くコアコンクリート相互作用が発生して放射性物質の放出が始まると予想されるので、その外側の区域に屋内退避をもとめるのは適切ではない。少なくとも、その発生が本格化する14日後までに、7日間の線量から判断して屋内退避区域とされることになる50kmの範囲では、速やかに避難が行われるべきである。
- その外側の70kmの範囲ではとりあえず屋内退避を求めることになるが、110kmまでの範囲においては、ある程度の範囲に土壤汚染レベルが高いため、移転を求めるべき地域が生じる。また、年間線量が自然放射線レベルを大幅に超えることを理由に移転することを希望する人々にはそれを認めるべき地域が200kmまでに発生する(容認線量に依存)。
- 続いて、他の号機のプールにおいても燃料破損に続いてコアコンクリート相互作用が発生して大量の放射性物質の放出が始まる。この結果、強制移転をもとめるべき地域が170km以遠にも生じる可能性や、年間線量が自然放射線レベルを大幅に超えることをもって移転を希望する場合認めるべき地域が250km以遠にも発生することになる可能性がある。
- これらの範囲は、時間の経過とともに小さくなるが、自然(環境)減衰にのみ任せておけば、上の170km、250kmという地点で数十年を要する。