

# 福島第一原発事故

Fukushima -NPS Accident

~炉心溶融・原子炉破損・  
格納容器破損~

2011年3月29日

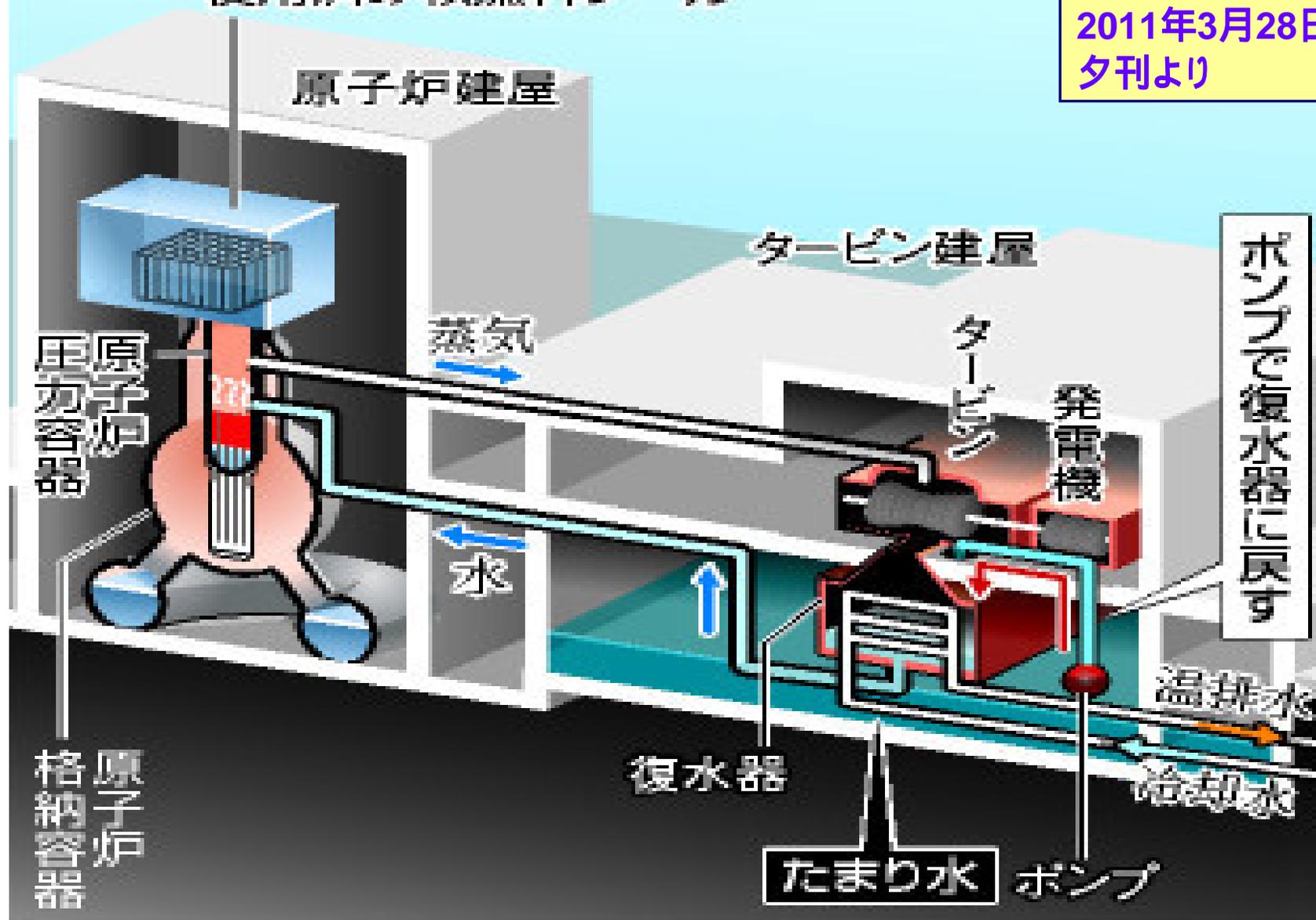
後藤 政志

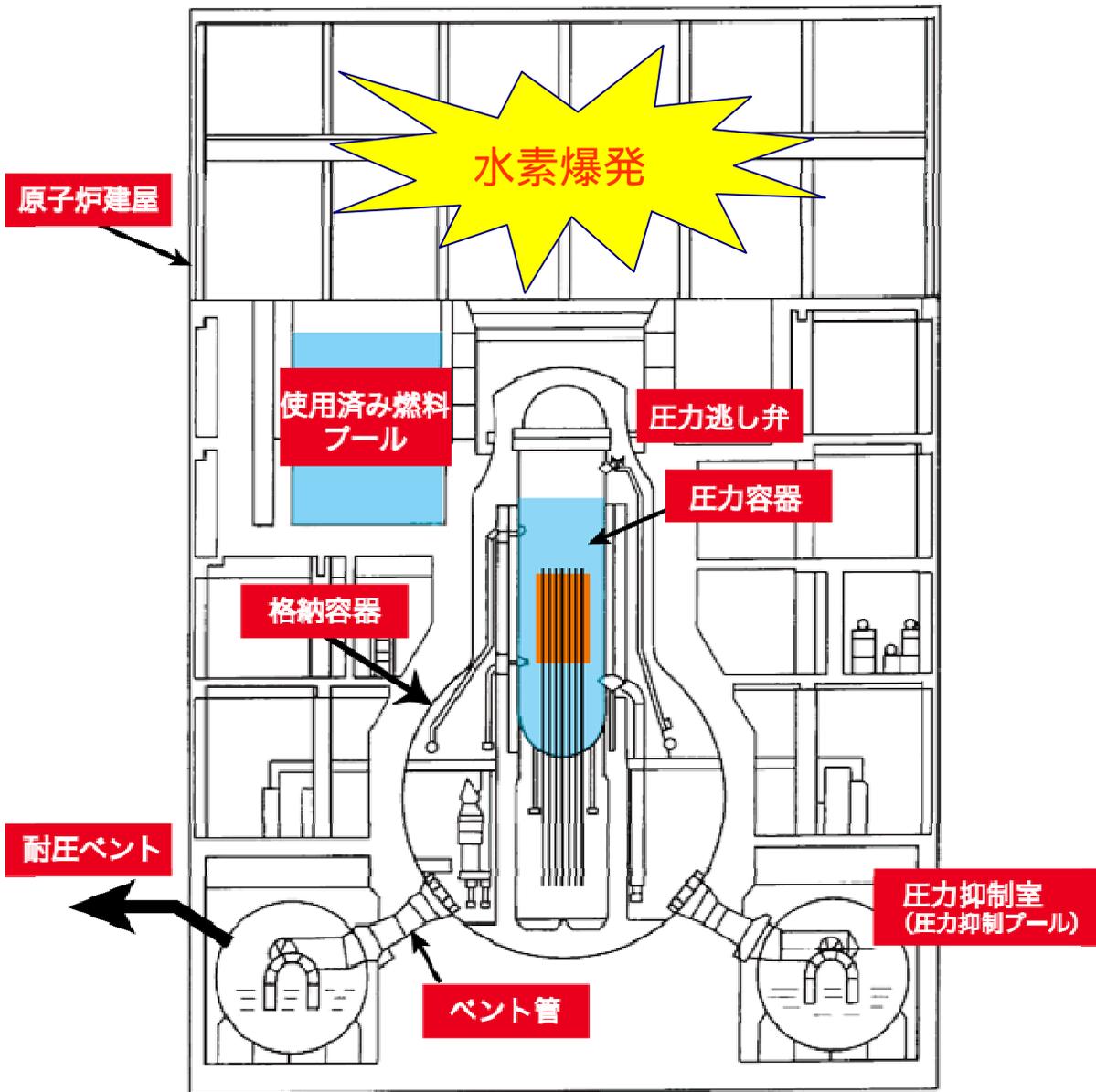
# たまり水の場所

使用済み核燃料プール

朝日新聞

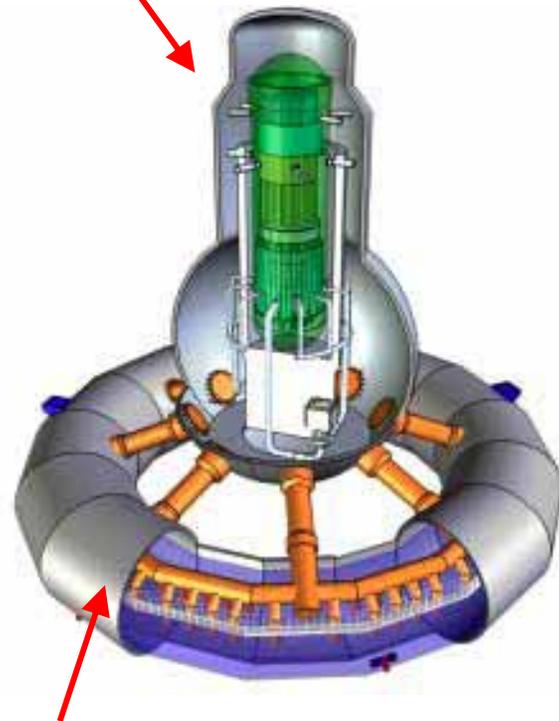
2011年3月28日  
夕刊より



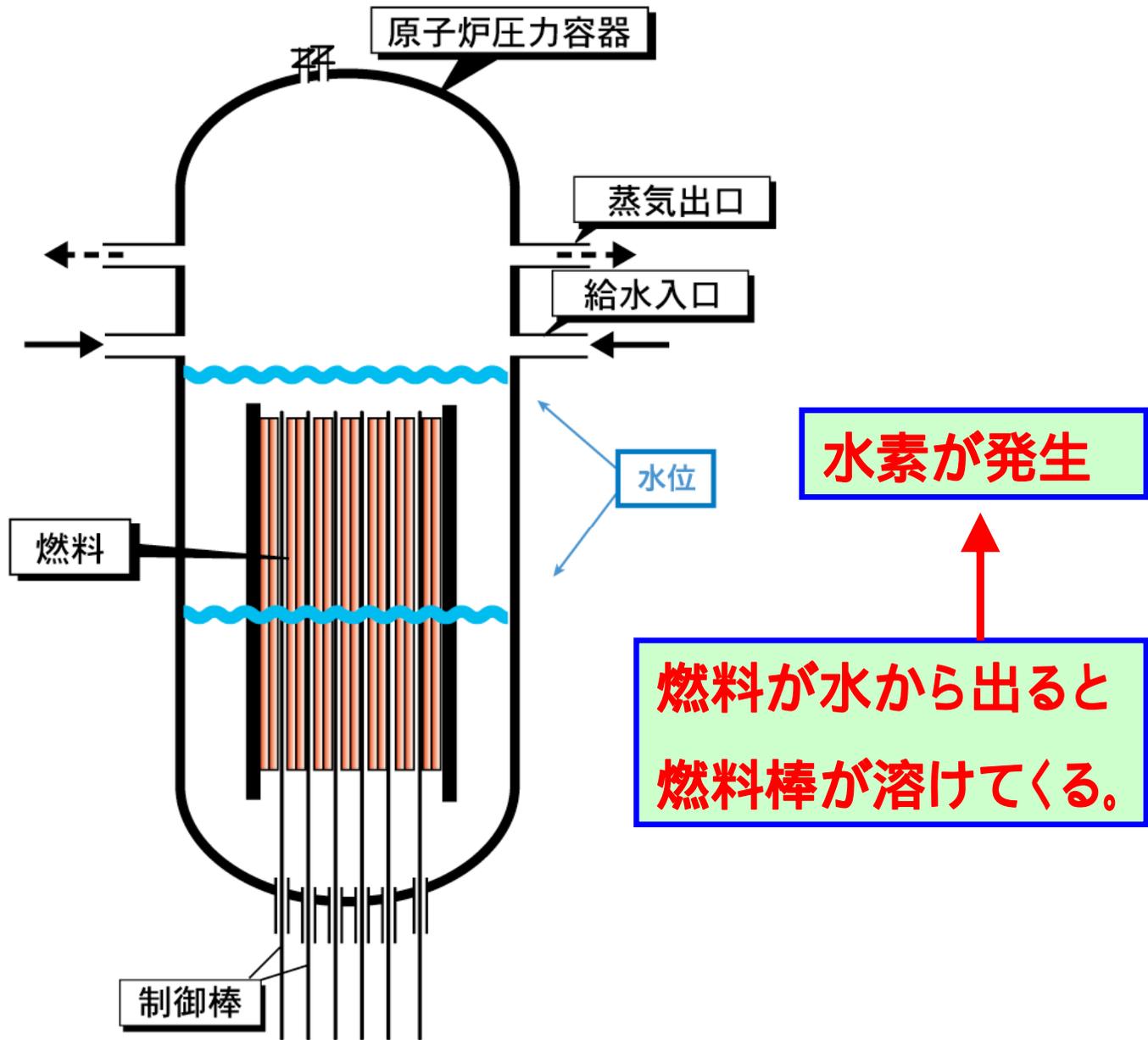


Mark-I 型格納容器

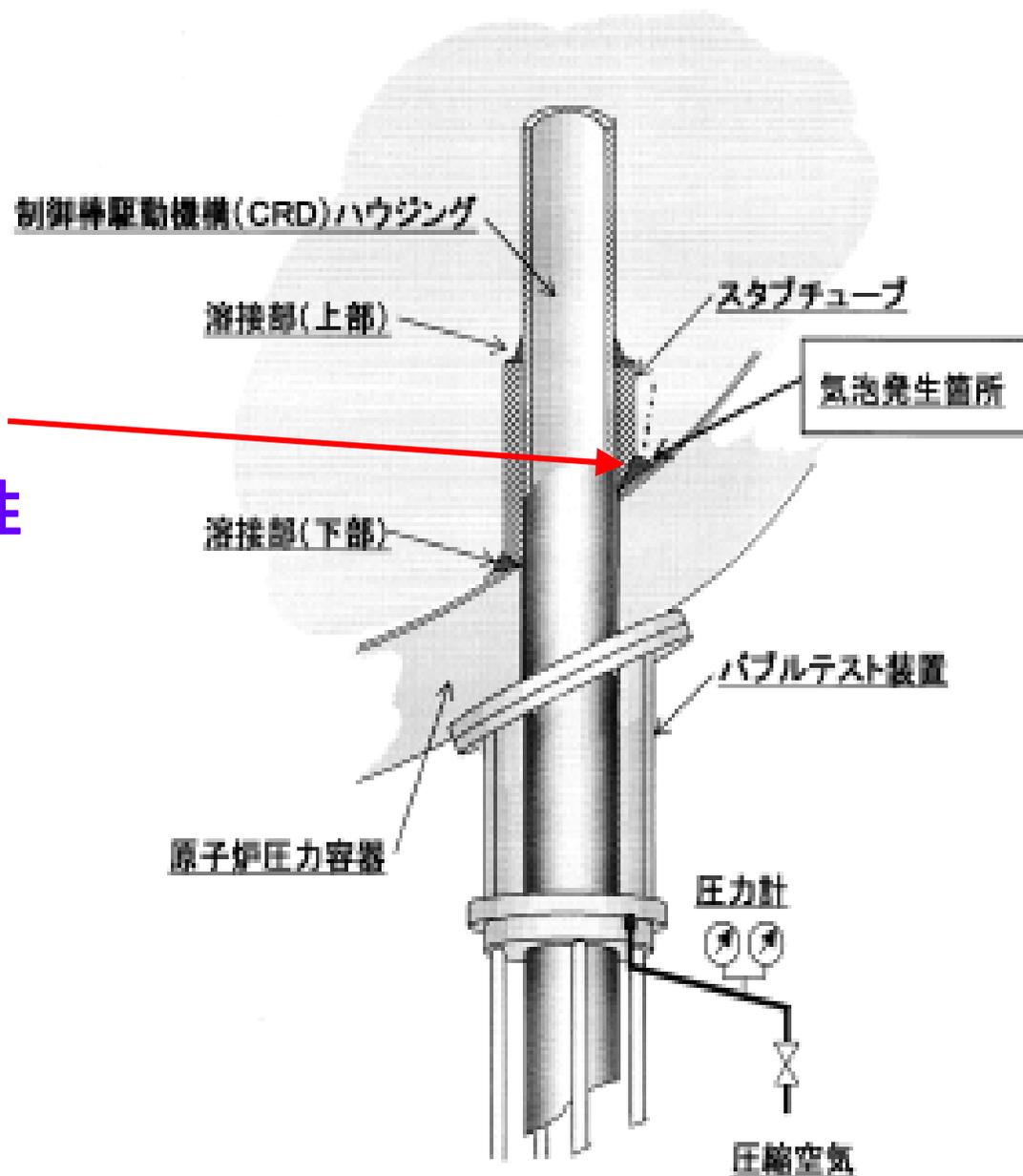
原子炉格納容器  
(ドライウェル)



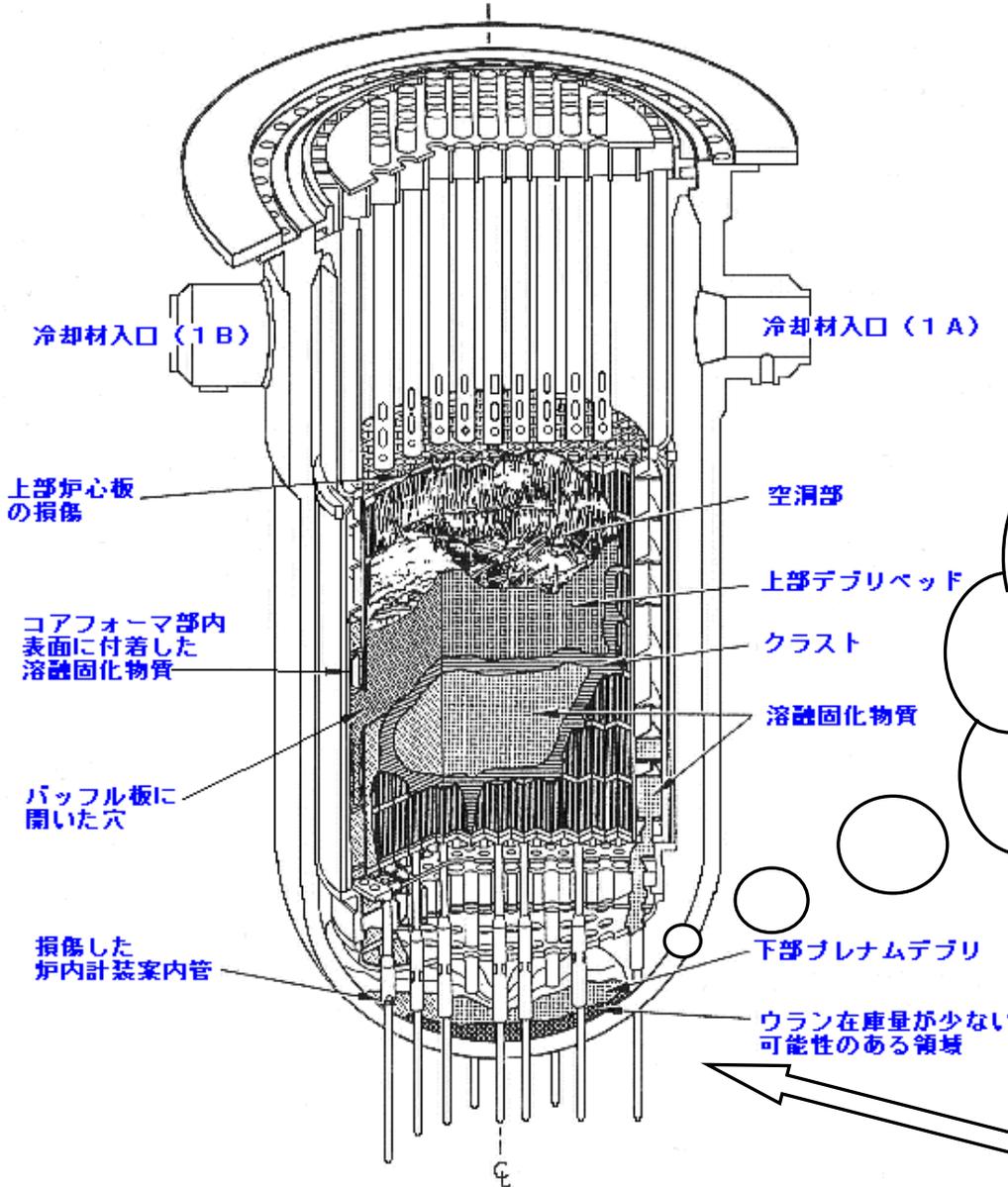
原子炉格納容器  
(ウエットウェル)



压力容器  
破損の可能性  
(溶接部)



\* 下記解説コメントは筆者が追記した。



原子炉容器下部は溶けてメルトダウン寸前だったが奇跡的冷却に成功し溶融が止まった。もし、炉容器が破れれば大災害になった。

水蒸気爆発の可能性  
高温の溶融デブリと水が接触すると急激な体積膨張の連鎖により大規模な爆発が起きる可能性があった。

### TMI-2 炉容器内の最終状況

(炉心物質の約45%(62t)が溶融し、この内約20tが下部プレナムに落下した。)

[出典] J.M.Broughton, et al.: A Scenario of the Three Mile Island Unit 2 accident, Nuclear Technology, Vol.87, No.1, p.35, 1989

## 福島第一原発の圧力容器・格納容器の設計条件

	原子炉 (PLANT)	N01	N02	N03	N04	N05	N06
	出力 Electric Power	46.0	78.4	78.4	78.4	78.4	110.0
格納容器 PCV	圧力 (Pressure) (kgf/cm <sup>2</sup> )	4.35	3.92	3.92	3.92	3.92	2.85
	温度 (Temp) (°C)	138	138	138	138	138	171
	漏えい率 (Leak rate) (volume% / day)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
	全高 (Height) (m)	32	33	34.1	34.1	34.1	48.0
	断面直径 (Diameter) (m)	8.08	9.0	8.9	8.9	8.9	(29)
	容積DW+V (m <sup>3</sup> )	3410	4240	4240	4240	4240	5700
	容積S/C (m <sup>3</sup> )	2620	3160	3160	3160	3160	4100
圧力容器 RPV	圧力P (kgf/cm <sup>2</sup> )	87.9	87.9	87.9	87.9	87.9	87.9
	温度T (°C)	302	302	302	302	302	302
	全高H (m)	19	22	22	22	22	23
	内径D (m)	4.8	5.5	5.5	5.5	5.5	6.4

# 原子炉格納容器の形式

## (Type of Containment Vessel)

沸騰水型 (BWR) …… 圧力抑制プール

(Pressure suppression pool)

蒸気を圧力抑制プールで凝縮し、圧力・温度を低減。  
小型化が可能。

プール水が沸騰すると格納容器の圧力・温度が上昇し、破壊する。

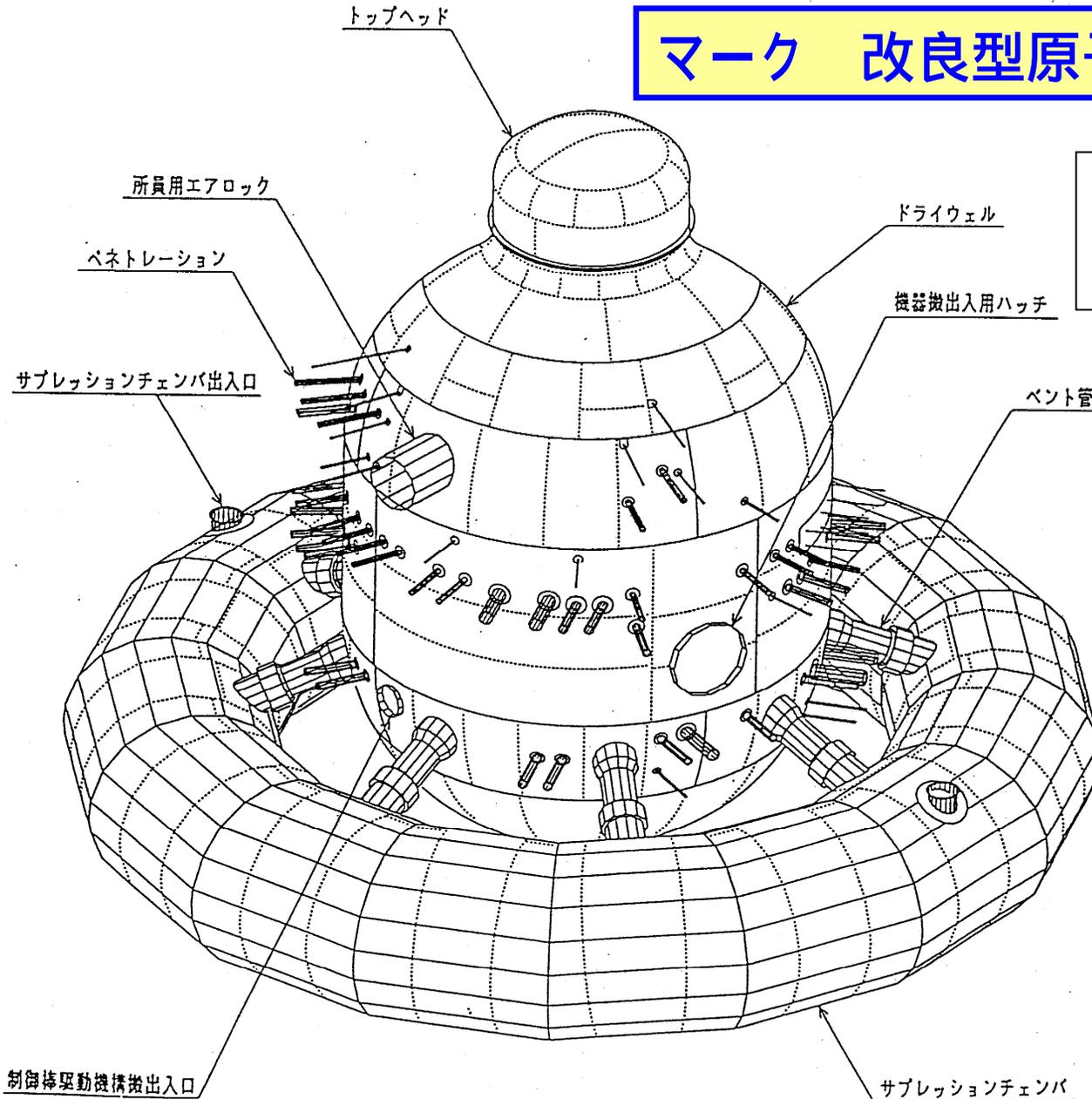
加圧水型 (PWR) …… 大型ドライウェル

(Large Drywell)

蒸気をそのまま格納容器内へ出すため、  
大型だが、故障しにくい。

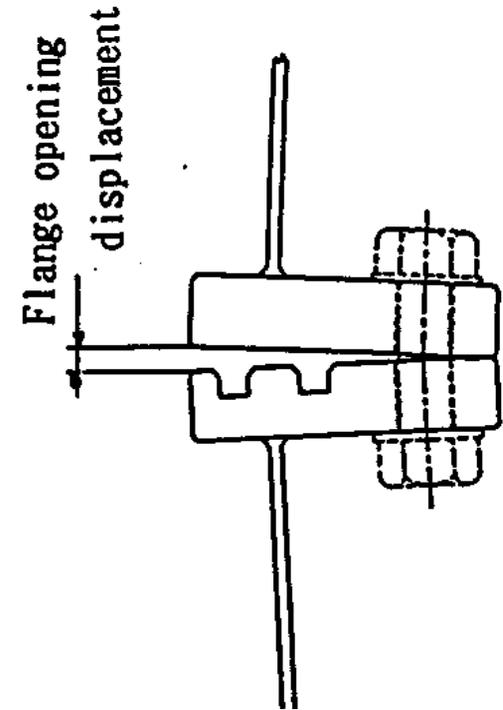
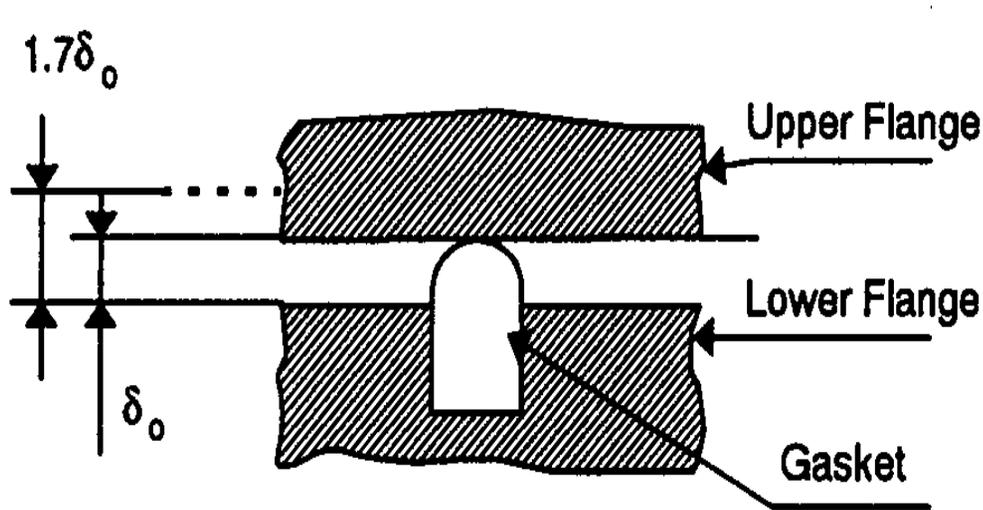
# マーク 改良型原子炉格納容器

## Improved-Mark PCV



- リーク想定箇所
- トップヘッドフランジ
- 機器ハッチ
- 所員用エアロック
- 電気配線貫通部

# フランジリーク (Leakage through Flange)



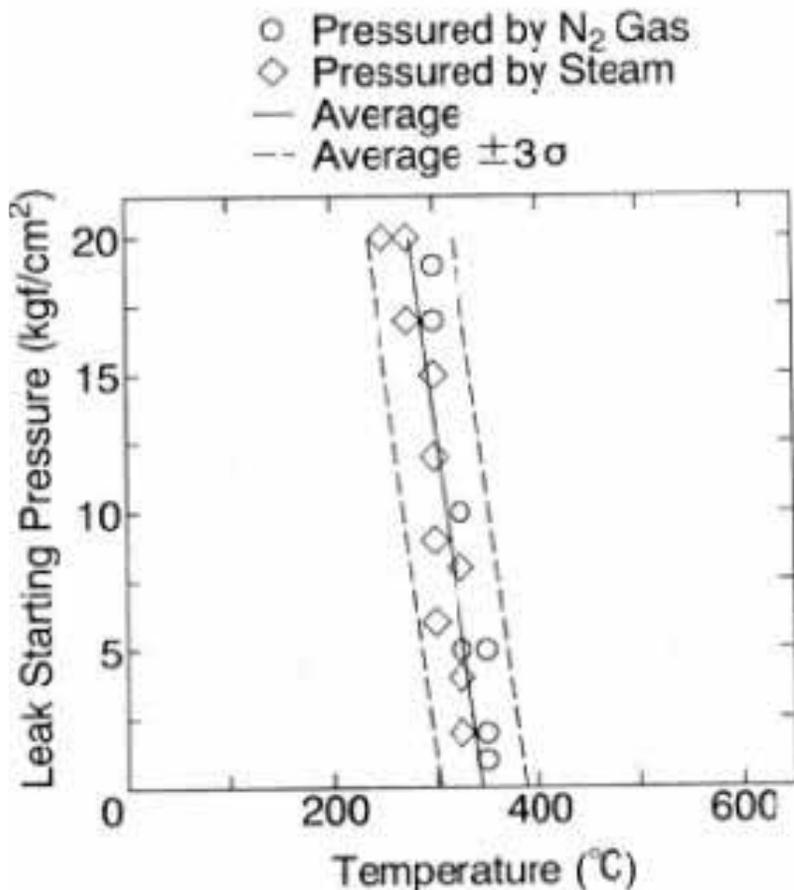
$\delta_0$  : Lowest Leak Criteria

$1.7\delta_0$  : upper Leak Criteria

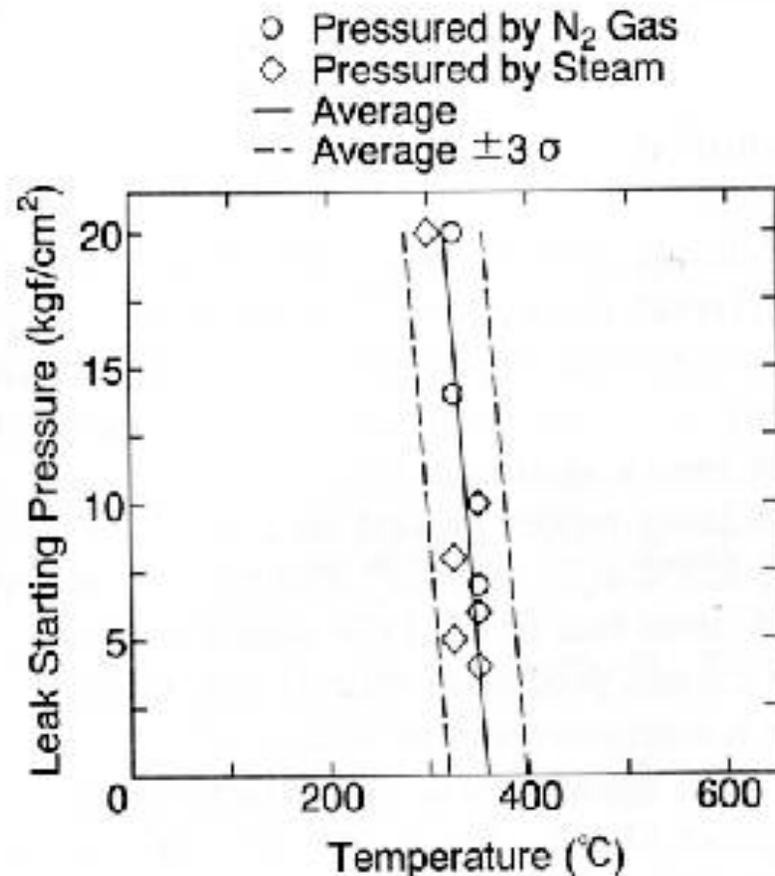
フランジ開口量とリーク  
クライテリアの関係

フランジ傾斜とフランジ  
開口量の関係

# フランジ高温リーク試験結果



甲丸型



グループ&タング型

フランジガスケットの温度圧カリーク 特性

# 格納容器のリーク限界

## 【圧力限界】 Limit Pressure

最高使用圧力 4.35 ~ 3.92kgf/cm<sup>2</sup>

最高使用圧力の約2 ~ 3倍を超えるとトップヘッドフランジかハッチからリークの可能性

さらに圧力が上がると、格納容器シェルが破壊する可能性  
(加圧破損をすると格納容器は爆発的に破壊する可能性有)

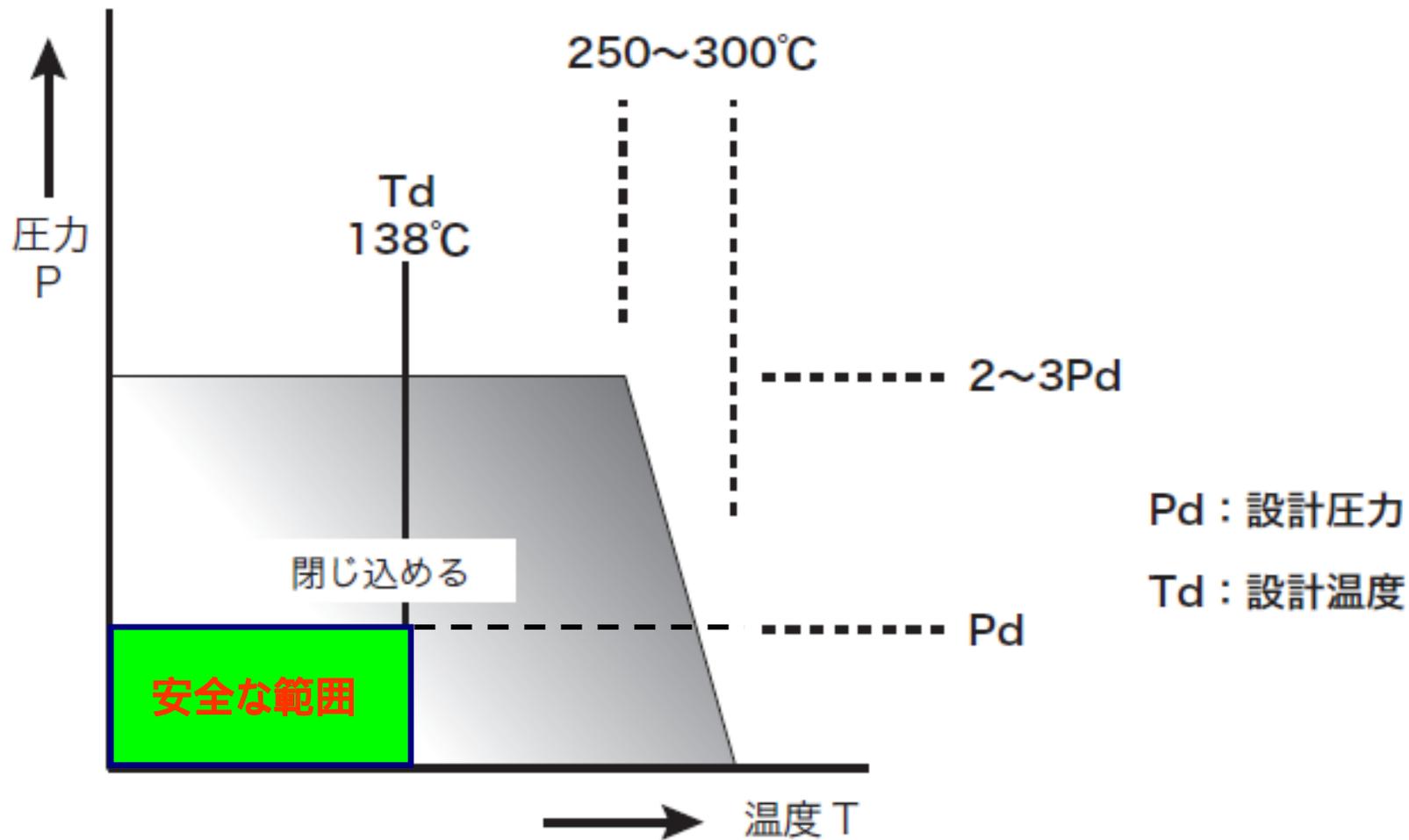
## 【温度限界】 Limit Temperature

最高使用温度 138

リーク限界 約300 でリークする可能性が高い

リーク箇所 : トップフランジガスケット / 機器ハッチ

所員用エアロック / 電気配線貫通部(電気ペネ)等



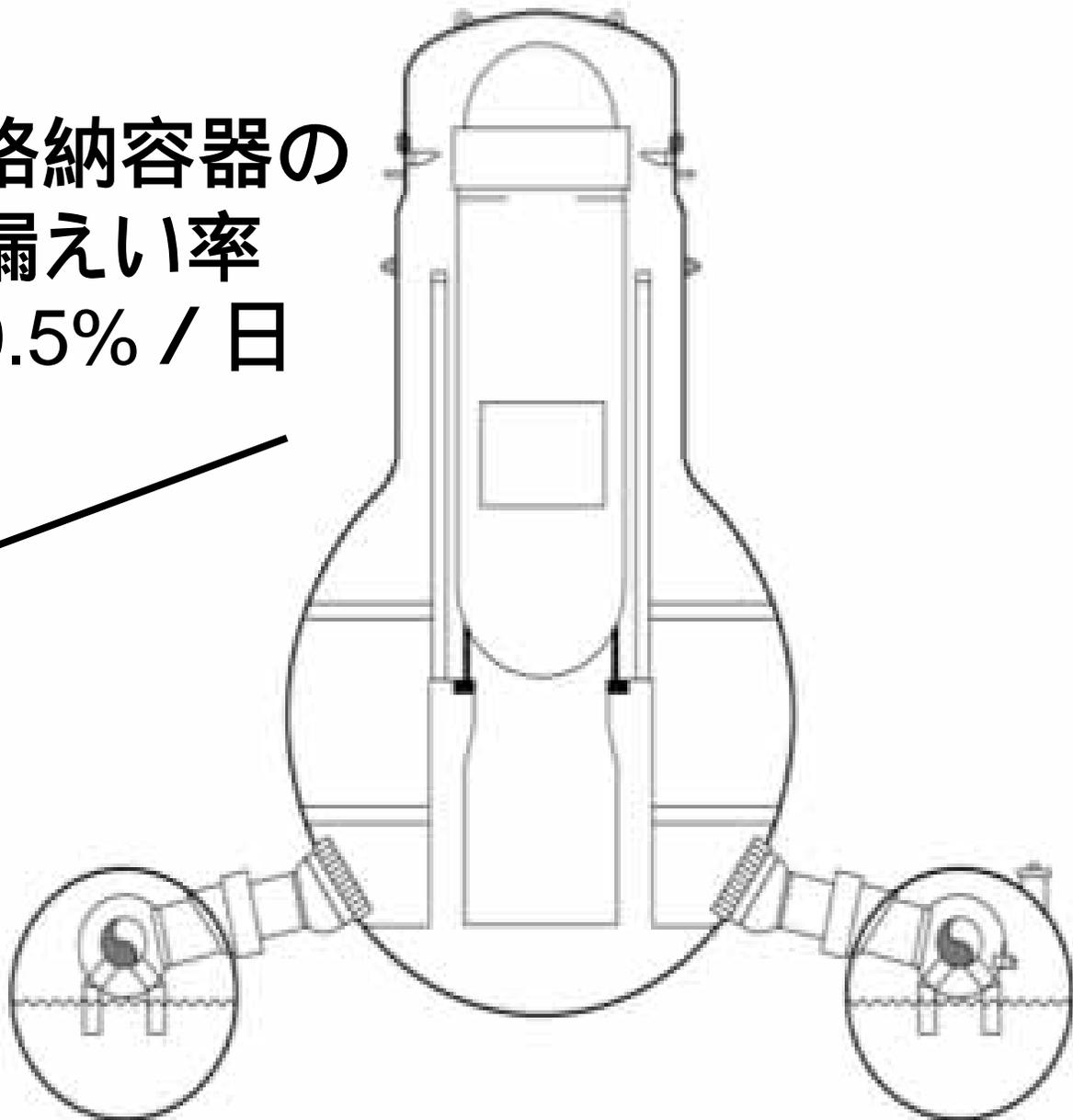
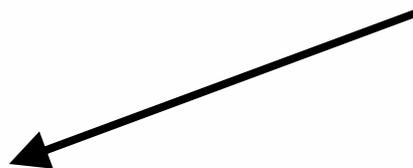
## 格納容器の強度

# 格納容器の設計

敷地境界の  
被曝線量



格納容器の  
漏えい率  
0.5% / 日



# 格納容器の状態

## 温度

格納容器温度データがない

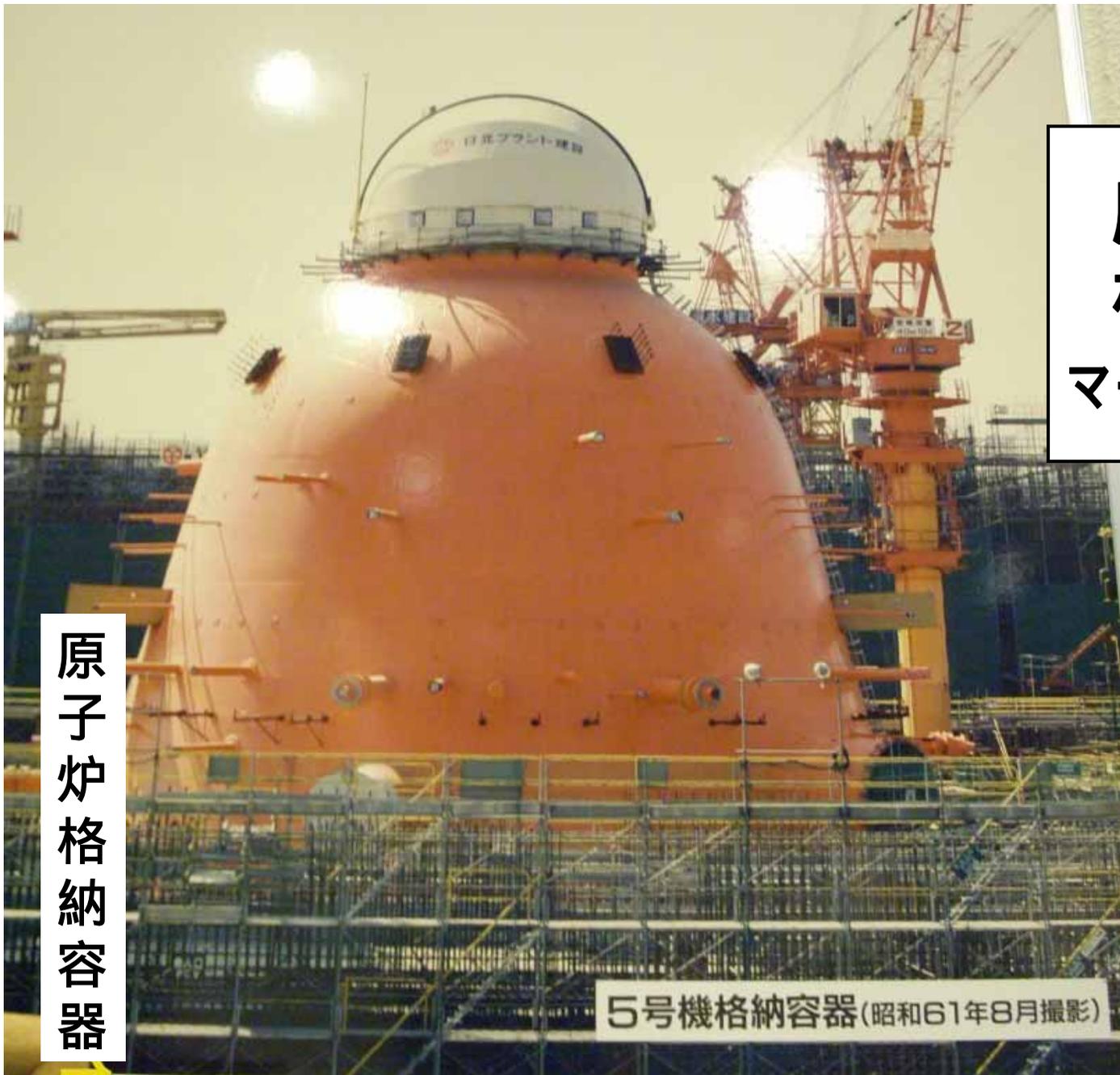
## 圧力

最高使用圧力の2倍近くになると格納容器ベントする。

『白煙が出たが、また止まった』

格納容器からリークした可能性もある

トップヘッドフランジやエアロック、電気ペネからのリークか？



原子炉  
格納容器  
マーク 改良型

原子炉  
格納容器

5号機格納容器(昭和61年8月撮影)

# どのように考えるべきか

炉心は、長期にわたって水面から出ているのでかなり損傷していると思われる

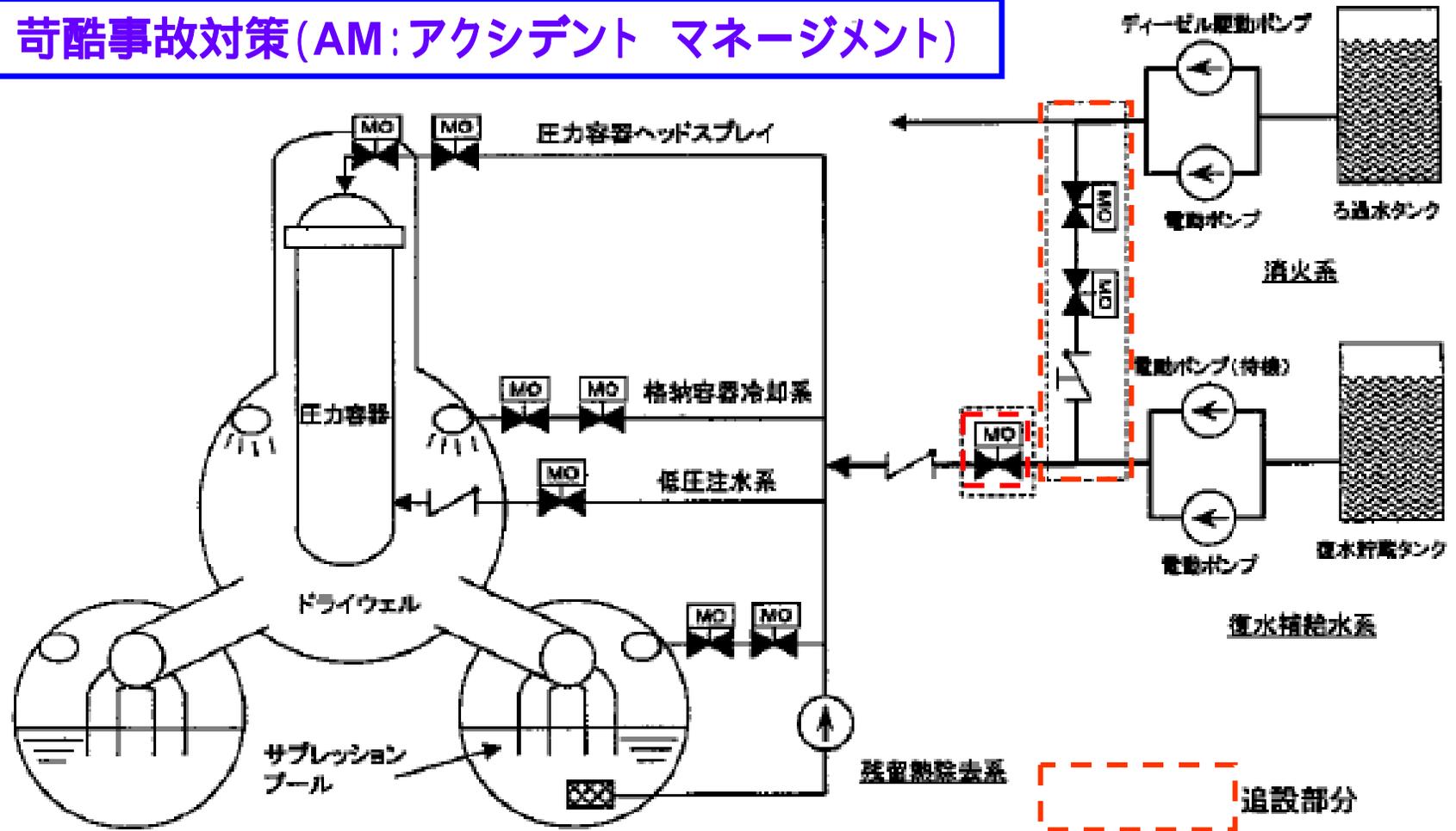
特に1号機は原子炉の温度上昇と圧力上昇を繰り返しており、格納容器の温度・圧力の監視が重要

格納容器は設計条件 ( $3.92\text{kgf/cm}^2$ 、 $138$  ) を超えている可能性がある。特に温度条件が重要

格納容器は、設計条件の3倍程度の圧力あるいは  $250 \sim 300$  の温度でリークする。

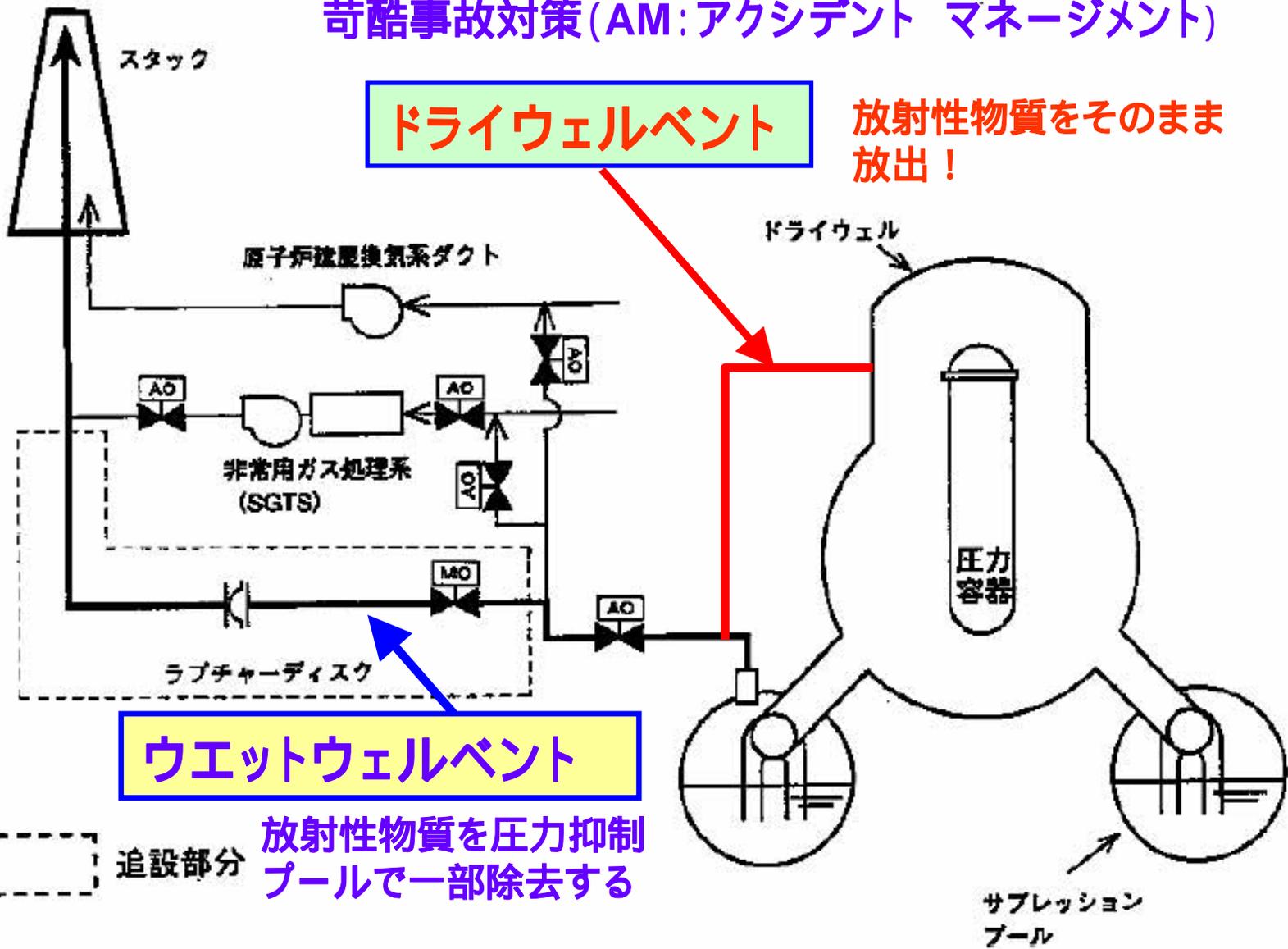
圧力抑制プールのプール水温が上がって  $100$  を超えると、圧力抑制機能を失う

# 苛酷事故対策 (AM: アクシデント マネージメント)



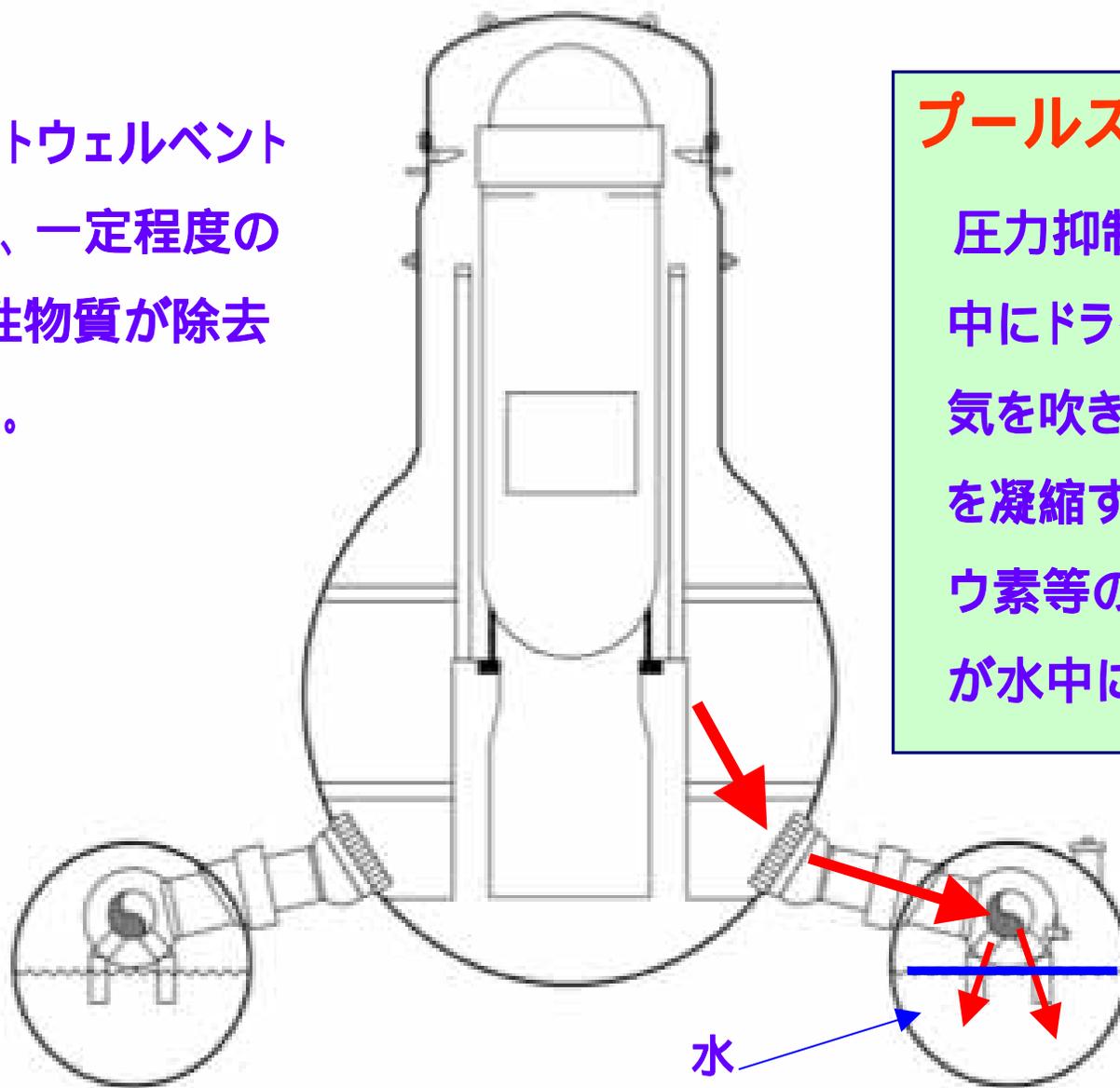
## 代替給水系

# 苛酷事故対策 (AM: アクシデント マネージメント)



## 格納容器 (耐圧) ベント

ウェットウェルベント  
により、一定程度の  
放射性物質が除去  
される。



## プールスクラビング

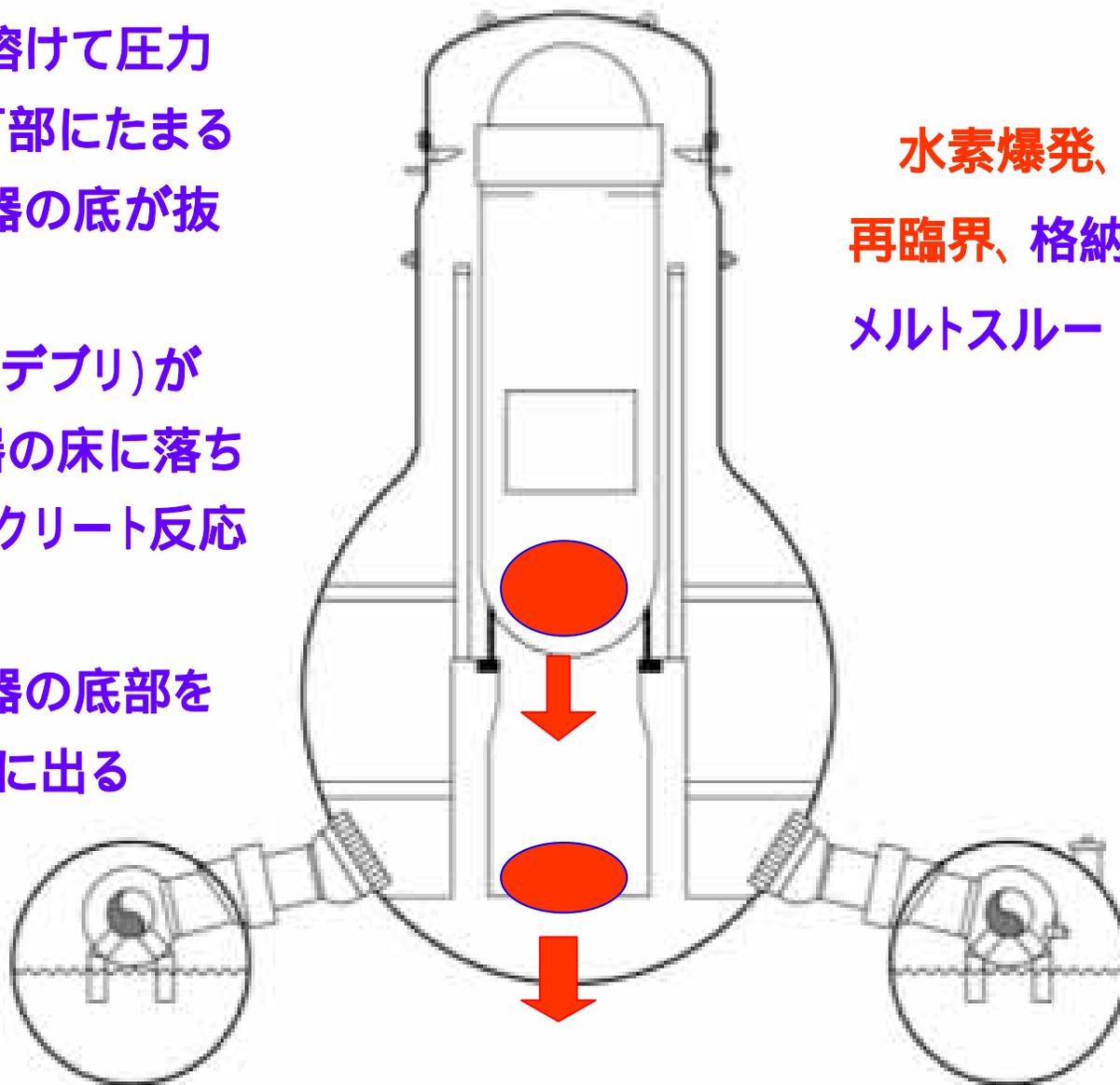
圧力抑制プールの水  
中にドライウェルの蒸  
気を吹き出すと、蒸気  
を凝縮すると共に、ヨ  
ウ素等の放射性物質  
が水中に残留する。

## 溶融炉心の挙動

炉心が溶けて圧力  
容器の下部にたまる  
圧力容器の底が抜  
ける

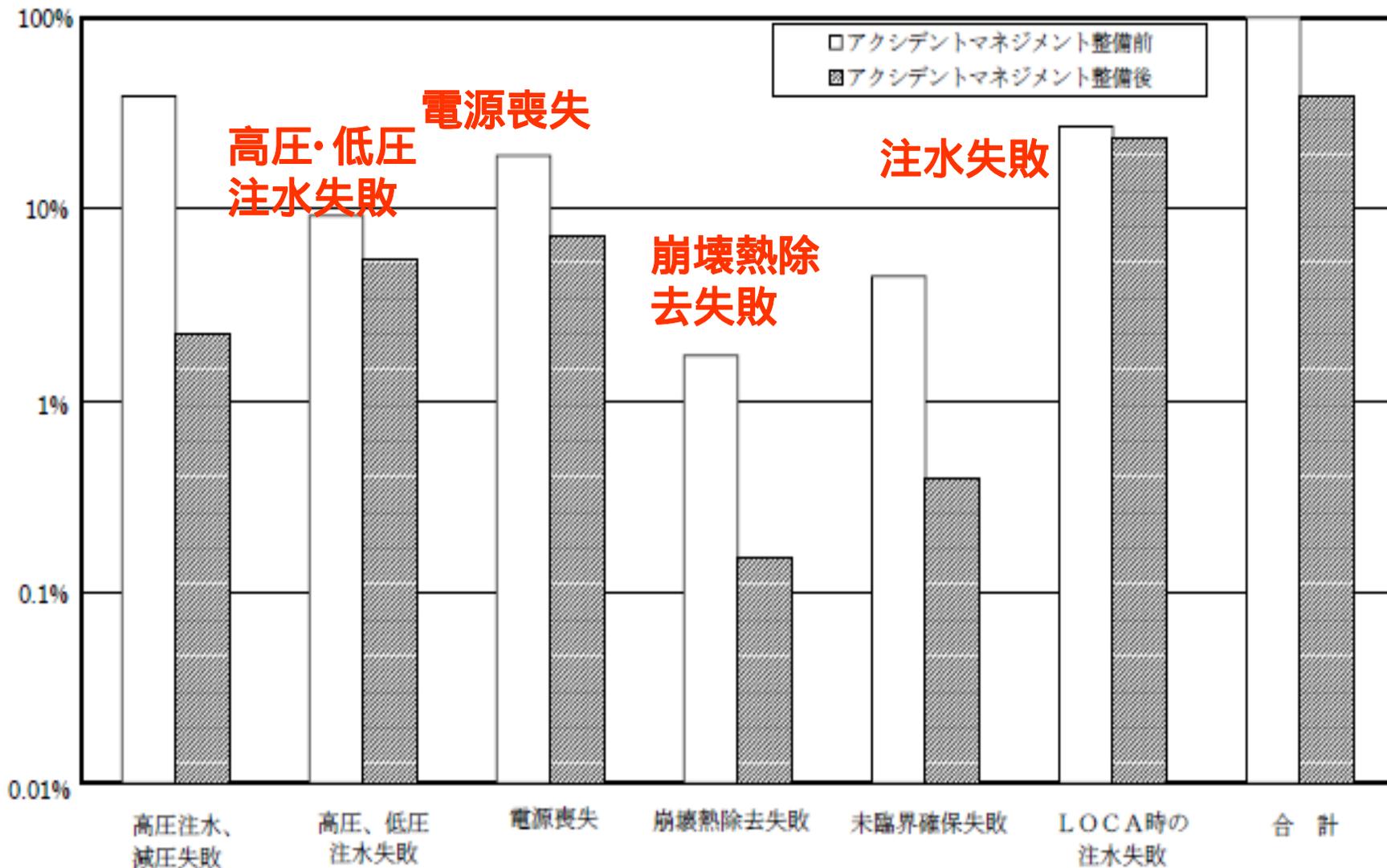
溶融物(デブリ)が  
格納容器の床に落ち  
コア-コンクリート反応  
を起こす

格納容器の底部を  
破って外に出る



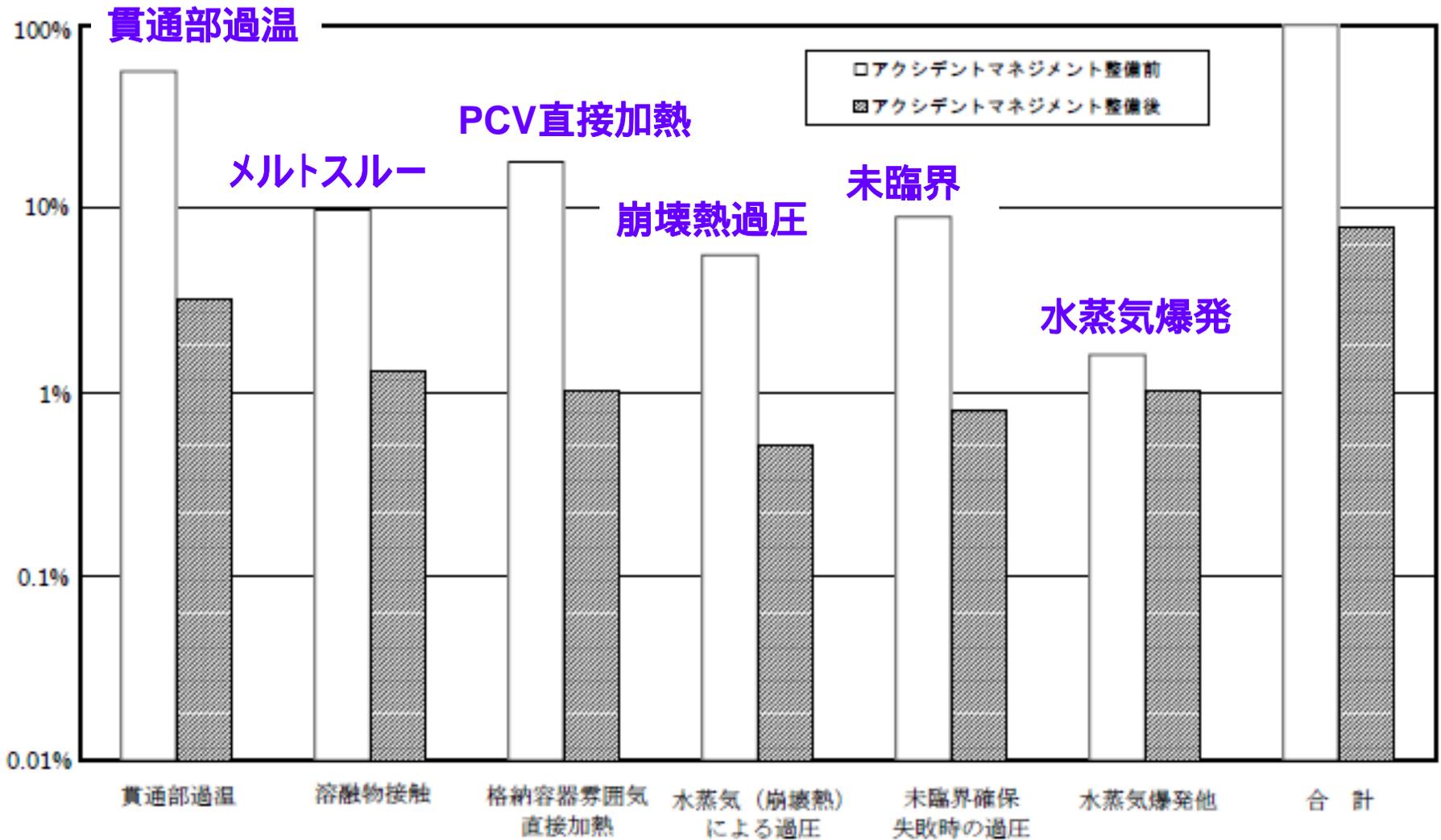
水素爆発、蒸気爆発、  
再臨界、格納容器シェル  
マルチスルー 等

# 3号機の炉心損傷確率



炉心の健全性に関する確率論的安全評価(レベル1PSA)結果 (福島第一3号炉 BWR4)

# 格納容器の条件付破損確率



格納容器の健全性に関する確率論的安全評価(レベル2PSA)結果 (福島第一3号炉 BWR4)

# どのように考えるべきか(つづき)

格納容器の温度データが全く出されていない

格納容器内の圧力・温度がリーク限界または破損限界に達すれば、大量の放射性物質が環境にでる危険性がある。

格納容器ベントは、放射性物質を外部に出すことであり、本来は許されないこと。格納容器が破壊するとより汚染が進むのでやむを得ぬ選択である。

特にドライウェルベントは格納容器内の放射性物質をそのまま外気に出すことになり、さらに汚染を拡大する。

先ほど発表された、自衛隊のヘリコプターから取った映像から見ると、4号機および3号機の使用済み燃料プールが損傷している可能性がある。

炉心の冷却は今後ともしばらくは一進一退を繰り返すと思われる。

1979年米国のスリーマイル島原発事故では、炉心を調べるのに10年以上を要した。福島原発でも、炉心を見ることができるのは7, 8年以上先になるであろう。