

# 運転状態を踏まえたBWRにおける 可燃性ガスへの対応

電気事業連合会  
平成22年1月19日

1

## 可燃性ガス発生形態

- 軽水炉(BWR)において考慮すべき可燃性ガスの発生形態は、
  - 水-ジルコニウム反応による水素
  - 水の放射線分解による水素、酸素の二通り
- 水-ジルコニウム反応は、事故時に燃料被覆管が過熱することによりZrの酸化が進むことで発生
- 一方、水の放射線分解による水素・酸素は、事故時のみならず、通常運転中にも大量に発生
- BWRでは、これらのガスを処理する系統（気体廃棄物処理系(常用系)）も備えている。

2

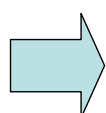
## 運転状態による可燃性ガス発生と対処方法

運転状態	可燃性ガスの発生	現状の対応
通常運転	炉心部(定格出力):水の放射線分解	気体廃棄物処理系により処理
運転時の異常な過渡変化	炉心部(崩壊熱):水の放射線分解	冷温停止で発生停止
事故	炉心部(被覆管過熱):0.0058mmの厚さの金属が水と反応した場合に相当する量 炉心部、S/P(崩壊熱):水の放射線分解 (評価期間を30日とし、よう素の再結合阻害効果を考慮)	格納容器内不活性化 +FCS
BDBE	炉心部(被覆管過熱):大量のM-W反応 炉心部、S/P(崩壊熱):水の放射線分解	格納容器内不活性化 (+FCS)

3

## BDBE時に発生する可燃性ガスへの対応

- 可燃性ガス(特に酸素)が可燃限界を超え、爆ごうに至る事故シーケンスは限定的
- また、その時間も早急な対応が必要となるようなものではない(ex.24時間以降)
- 以下のWGでの議論により、不活性化した格納容器ではFCSは不要
- 燃料が損傷しない事故シーケンスでは、可燃性ガスの発生は限定的
- ECCS等による注水が完全にできなくなるような事故シーケンスでは、可燃性ガスが蓄積する前にPCVが機能喪失



したがって、格納容器破損のリスクへの寄与は小さい

- ただし、長期にわたる蓄積水素は、事故後復旧操作の中で対応(格納容器ベントなど)

4

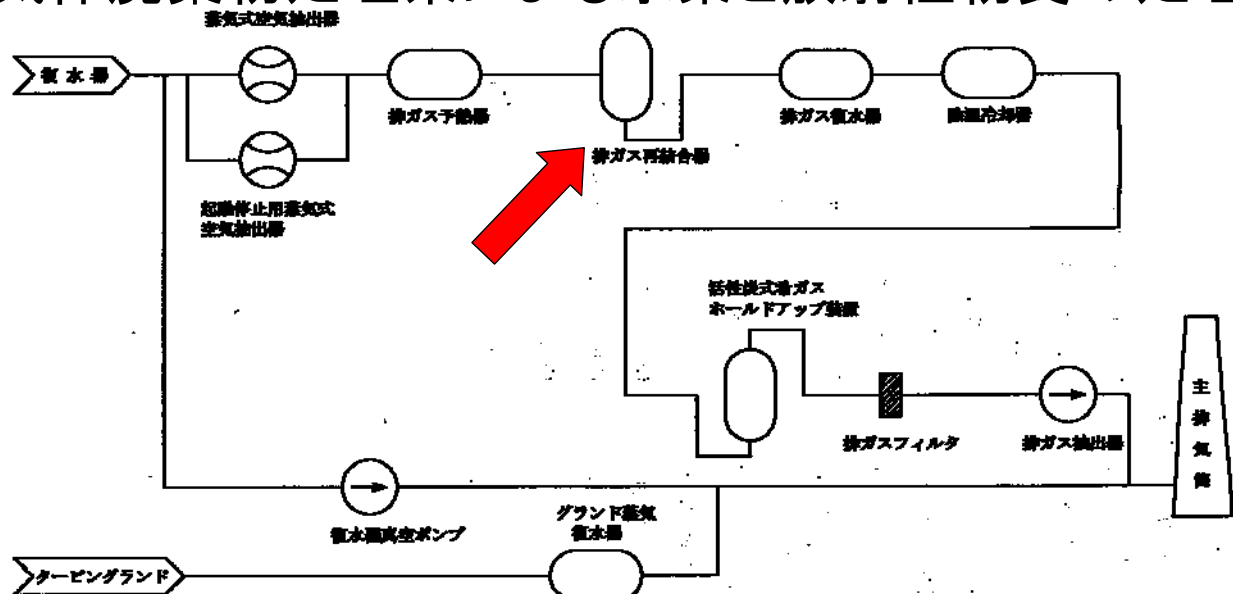
# 設計基準LOCAに基づく可燃性ガスの発生評価

## ○可燃性ガス発生シナリオ

- 水-ジルコニウム反応による水素
  - 被覆管の過熱は小さく、短時間であり、水素発生は無視できる程度
- 水の放射線分解による水素・酸素
  - よう素の再結合阻害効果が無ければ、沸騰の有無が水素の発生量に大きな影響
    - 事故後数日で炉心部はサブクール状態に  
⇒水の放射線分解による可燃性ガス発生は、実質的に停止
- 設計基準LOCA評価の評価結果にかかわらず、a prioriに沸騰継続を仮定すると、通常運転時に発生する可燃性ガスと同等なメカニズムにより、20日程度で可燃限界に到達  
(格納WG1-2-1 P19 国内ノミナル条件2を採用)

5

## 気体廃棄物処理系による水素と放射性物質の処理

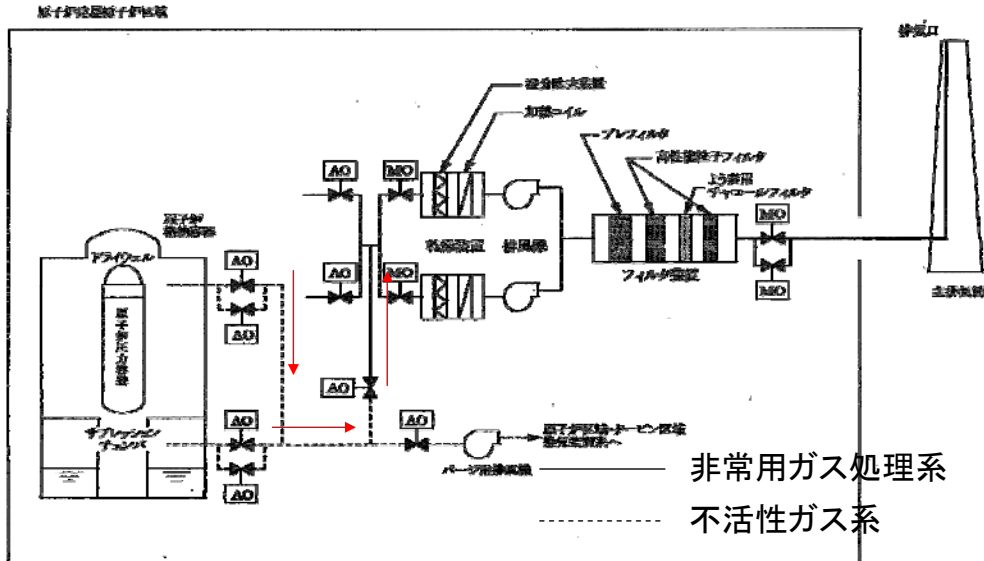


- 原子炉で発生する非凝縮性ガスは復水器から空気抽出器により抽出される。
- 非凝縮性ガス中に存在する水素・酸素は排ガス再結合器で結合される。
- 抽出気体中に存在する放射性物質(希ガス)は、活性炭式希ガスホールドアップ装置に滞在中(キセノン約30日間、クリプトン約40時間)に放射能が減衰し、その後主排気筒から放出される。

設計基準LOCA発生後でも、適切な手順により気体廃棄物処理系を使用すれば、減衰の時間が確保できるため、被ばくへの影響を小さくすることができる

6

# 非常用ガス処理系による 可燃性ガスと放射性物質の処理



- 不活性ガス系のパージ用ラインから、非常用ガス処理系へ導き、放射性物質を処理することが可能(ただし、可燃性ガスと希ガスはそのまま放出される)
  - 放出が遅ければ遅いほど、放射性物質は減衰するため被ばく量は小さくなる
- ➡ 可燃性ガス放出の影響を確認するために  
非常用ガス処理系を用いる場合の被ばく評価を実施

7

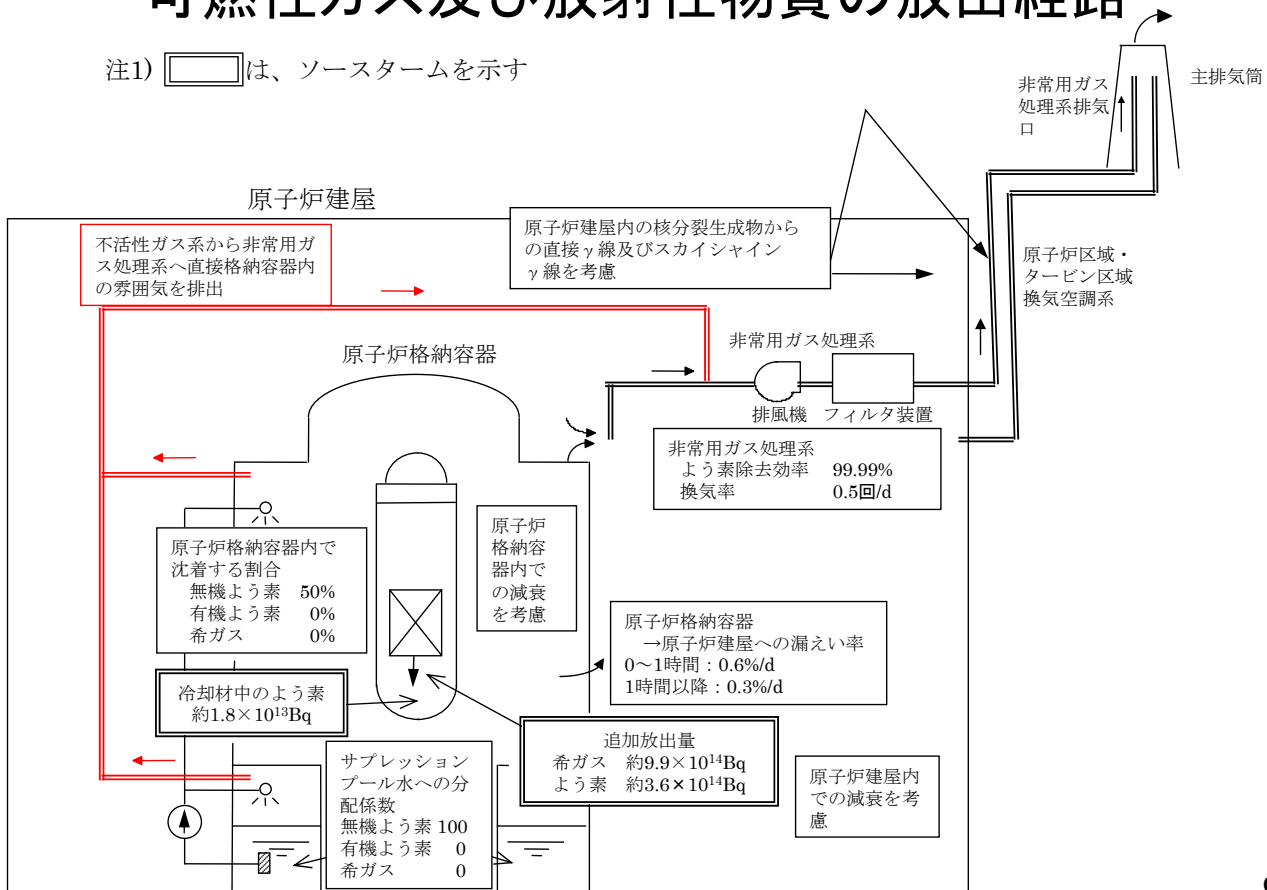
## 可燃性ガス放出による被ばく評価の解析条件

- ソースタームは炉水中の放射性物質と圧力低下後の追加放出により燃料棒から放出される放射性物質  
(DBE評価であり、水の放射線分解を保守的に評価するためのソースターム: 仮想事故相当とは異なる)
- 可燃限界を超える前の時点(20日)で放出すると仮定
- 不活性ガス系による窒素注入による可燃性ガス濃度低下は保守的に考慮しない  
(窒素注入により濃度を低下させられれば、パージ開始時間をさらに遅らせることが可能)
- 通常の格納容器からの漏えいの評価条件は許認可解析と同一
- 20日時点での水素発生量 $0.1\text{m}^3/\text{h}$ 未満に対し、パージ流量は約 $5.5\text{m}^3/\text{h}$  ( $1\%/\text{d}$ )  
(なお、SGTS排風機の容量 $2000\text{m}^3/\text{h}$ に対し、格納容器からのパージ流量を $80\text{m}^3/\text{h}$ 以下に抑えれば、格納容器が100%水素雰囲気であっても可燃限界を超えない)

8

# 可燃性ガス及び放射性物質の放出経路

注1)    は、ソースタームを示す



9

## 可燃性ガス放出による被ばく評価の解析結果 (ABWRプラントの例)

放出放射能量			
よう素放出量[Bq]		希ガス放出量[Bq]	
ページなし	ページあり	ページなし	ページあり
約 $6.4 \times 10^6$	約 $1.0 \times 10^7$ (約1.6倍)	約 $3.5 \times 10^{11}$	約 $4.3 \times 10^{11}$ (約1.2倍)
実効線量当量			
内部被ばく(よう素)[mSv]		外部被ばく(希ガス)[mSv]	
ページなし	ページあり	ページなし	ページあり
約 $4.0 \times 10^{-8}$	約 $6.3 \times 10^{-8}$ (約1.6倍)	約 $1.5 \times 10^{-5}$	約 $1.8 \times 10^{-5}$ (約1.2倍)

(参考) 被ばく評価のうち最も厳しい結果となるのは主蒸気管破断(約 $2 \times 10^{-2}$ mSv)

10

## まとめ

- 設計基準LOCA評価を前提とすれば、可燃性ガス発生は通常運転時にもある水の放射線分解が支配的
- FCSが無い場合でも、複数の手段によって、格納容器内にたまった可燃性ガスを処理・放出することは可能
- 被ばく抑制は信頼性の高い複数の手段あり
- 非常用ガス処理系を使用して可燃性ガスを放出する場合でも、それによる被ばくへの影響は小さく、実効線量は評価指針にいう「周辺の公衆に対し、著しい放射線被ばくのリスクを与えないこと」の具体的判断基準である5mSvに対して十分に小さい