

# BWR配管における混合ガス(水素・酸素)の燃焼による配管損傷防止に関するガイドライン

## Design Guideline to Prevent the Pipe Rupture Accident due to Combustion of Radiolysis Gas in BWR Steam Piping

(原子力部 運営G)

2001年、国内外BWRプラントで発生した混合ガスの急速燃焼による配管の破断・損傷事例により、配管への混合ガスの蓄積、燃焼防止といった新たな課題への取り組みが望まれてきた。この要望に対し、(社)火力原子力発電技術協会は、2003年10月から、BWR配管における混合ガス蓄積防止に関するガイドラインを取りまとめる活動を行い、2005年10月に初版が発行された。その後も混合ガスの燃焼に関する知見の収集を行い、2007年3月に改訂版が発行されたのでここで紹介する。本ガイドラインを用いることにより、混合ガスの蓄積を防止する設計評価が可能になった。

(Operations and Maintenance Group, Nuclear Power Department)

In late 2001, pipe rupture accidents due to fast combustion of radiolysis gas occurred in Japan and elsewhere's BWR power plants. TENPES began to set up the guideline as action to such a new problem to prevent accumulation and combustion of radiolysis gas in BWR steam piping. And then, the first edition of guideline was published in October 2005. Afterwards, the experimental study about combustion / detonation of radiolysis gas have been continued. And in March 2007, TENPES published a revised edition of the guideline. This is the report of the revised edition of that guideline. According to this guideline, it became possible to design BWR's steam piping to prevent accumulation of radiolysis gas.

### 1 緒言

2001年の浜岡1号機の配管内における混合ガス(水素・酸素)の燃焼による配管破断事故を契機に、水素関連の技術指針の整備が求められた。

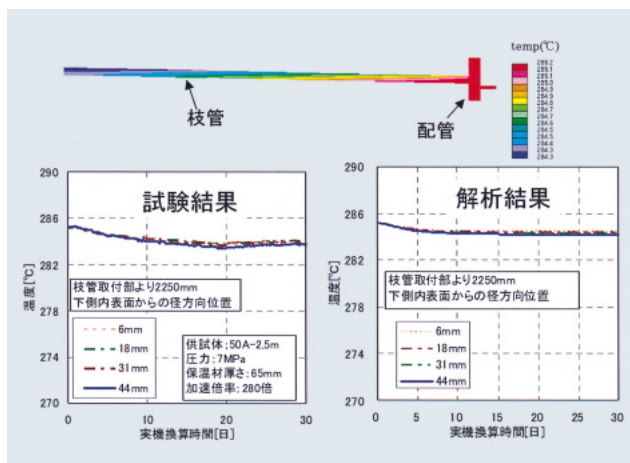
当社は、幹事会社となり、BWR電力各社が参加した電力共同研究を立ち上げ、混合ガスの蓄積・燃焼に関する試験、解析等を実施し、得られた知見を技術指針の検討に提案した。

ここでは、研究の成果を取り入れ、平成19年に発行されたガイドラインの概要について紹介する。

### 2 研究により得られた知見

#### (1) 蓄積解析手法の確立

枝管内の混合ガス蓄積試験解析結果と試験結果から、蒸気中における混合ガスの蓄積挙動を良好に解析できる手法を確立した。



第1図 枝管内温度分布の時間変化(7MPa)

#### (2) 不燃限界濃度

BWR運転条件下で混合ガスが蓄積する場合に、着火しない限界濃度であり、この濃度以下では、混合ガスに外部から着火エネルギーを付与しても着火しない濃度であることを実験で確認した。

第1表 BWR配管の代表圧力における不燃限界濃度

圧力 (MPa)	0.4	1.3	3.0	7.0
不燃限界濃度 (モル%)	21.8	21.6	20.1	16.6

#### (3) 不燃限界長さ

水平枝管(上り勾配)内で混合ガスが不燃限界濃度以上に蓄積しない限界の長さであり、枝管先端の濃度が不燃限界濃度を超えない長さを枝管内の蓄積解析により求めた。

第2表 不燃限界長さの判定値

圧力 (MPa)	口径	不燃限界長さ(ℓ') / 枝管内径(d)	圧力 (MPa)	口径	不燃限界長さ(ℓ') / 枝管内径(d)
0.4	20A	10	3	20A	40
	25A	10		25A	60
	40A	20		40A	80
	50A	30		50A	90
	100A	50		100A	100
1.3未満	350A	80	7未満	350A	100
	650A	70		650A	100
	20A	20		20A	70
1.3	25A	30	7以上	25A	90
	40A	50		40A	100
	50A	60		50A	120
	100A	90		100A	120
	350A	90		350A	100
3未満	650A	80	650A	100	

(注): 本表は、1/50以下の勾配、配管肉厚Sch80以下および保温材表面からの平均放散熱量209W/m<sup>2</sup>以下の水平枝管に適用する。

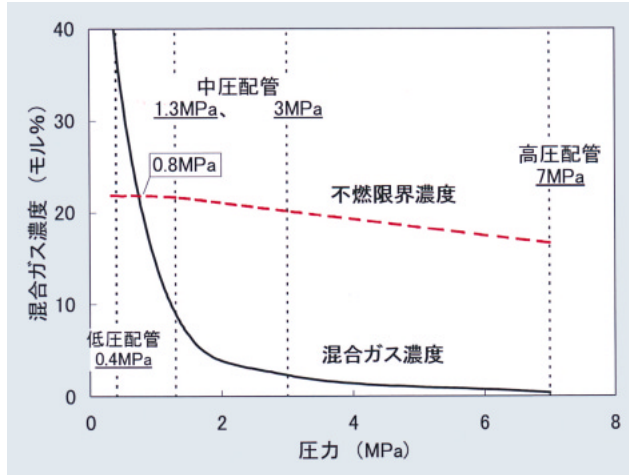
: 配管口径あるいは肉厚が異なる場合は保守的になる不燃限界長さを採用する。

#### (4) ドレントラップ内の混合ガスの挙動

ドレントラップに接続する下向き枝管内に蓄積した混合ガスがヘンリー則に従ってドレン水に溶解込むことを

実験的に確認した。

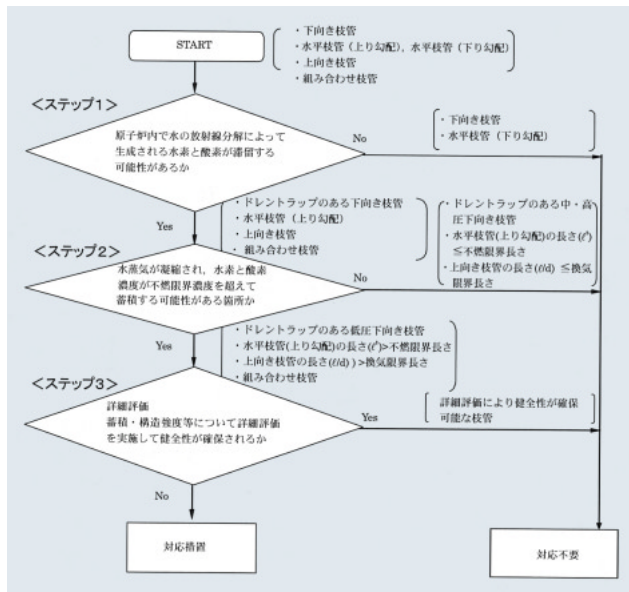
また、混合ガス濃度が不燃限界濃度以下になる条件を明確にした。



第2図 凝縮水の排出が無い場合のヘンリー則から換算される混合ガス濃度と圧力の関係

### 3 ガイドラインへの反映

混合ガスが蓄積する可能性がある箇所を抽出し、対策の要否を評価するために、研究により得られた成果を下記の評価のための判定基準に反映した。



第3図 評価フロー

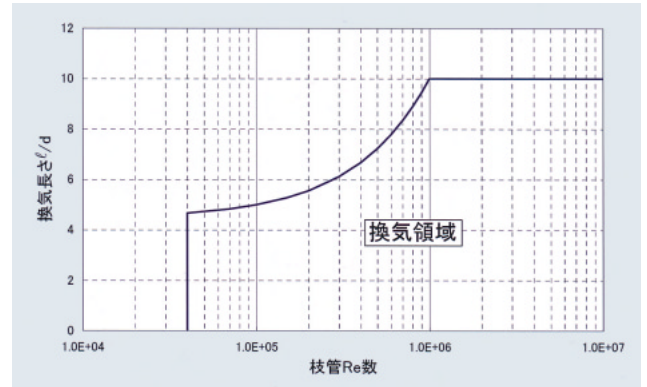
#### <ステップ1>

混合ガスが蓄積する可能性がある箇所として、主蒸気を内包する配管から枝管端部まで距離があり、放熱による混合ガスの蓄積が懸念される配管を選定する。

#### <ステップ2>

混合ガスが蓄積・滞留する可能性がある箇所として、水平枝管(上り勾配)及び上向き枝管及びドレントラップに接続する下向き枝管を評価対象として抽出する。ここで、水平枝管(上り勾配)のうち、その長さが第2表に

示す不燃限界長さ以下の枝管は混合ガスが蓄積しないと判定する。また、上向き枝管、斜め上向き枝管のうち、第4図(既往研究成果)を満足するものについては、枝管内に換気流れが発生するため、混合ガスが蓄積しないと判定する。ドレントラップに接続する下向き枝管は、第2図に示すように、0.8MPaを超える場合は、混合ガスが不燃限界濃度以上に蓄積しないと判定する。



第4図 換気可能な枝管長さ

#### <ステップ3>

ステップ2において、混合ガスが蓄積する可能性があるとして評価された枝管でも、個別に換気領域や蓄積濃度を評価することができる。また、混合ガスの急速燃焼時においても枝管の健全性が確保できる場合は許容できるものとする。

#### <対応措置>

ステップ1からステップ3までの評価により混合ガスの蓄積による影響があると評価された場合、運転操作又は設備変更等による対応措置を講ずる。

## 4 結言

本ガイドラインを用いることにより、BWRプラントの配管設計又は設計変更の際に、混合ガスの蓄積による設計評価が可能となった。

なお、本ガイドラインは、検討の場を有限責任中間法人日本原子力技術協会へ移し、更なる改訂を進めている。

## 5 謝辞

本ガイドラインの制定にあたりご協力頂きました学識経験者、電力各社、(社)火力原子力発電技術協会等、関係各位に深く感謝いたします。

#### [参考文献]

「BWR配管における混合ガス(水素・酸素)の燃焼による配管損傷防止に関するガイドライン(第2版)(平成19年3月)」  
(JBWR-NCG-01-第2版)(社)火力原子力発電技術協会



執筆者 / 稲垣哲彦