

BWR 配管内の混合ガス燃焼に関するガイドラインの整備

The development of the guideline to prevent combustion of radiolysis gas in
BWR piping

中部電力(株)	稻垣 哲彦	Tetsuhiko INAGAKI	Member
中部電力(株)	西川 覚	Akira NISHIKAWA	Member
東京電力(株)	坂下 彰浩	Akihiro SAKASHITA	Member
日本原子力発電(株)	堂崎 浩二	Koji DOZAKI	Member
(株)東芝	曾根 孝浩	Takahiro SONE	Member
日立 GE ニュークリア・エナジー(株)	日高 章隆	Akitaka HIDAKA	Member

Abstract

The pipe rupture accidents due to combustion of radiolysis gas in BWR piping occurred in 2001. TENPES and JANTI got "The design guideline to prevent pipe rupture accident due to combustion of radiolysis gas in BWR piping" ready and proposed about ideal method of the piping placement design to BWR.

This report is the summary of the method to evaluate the possibility of accumulation of radiolysis gas in BWR piping which is mentioned in the guideline.

Keywords: BWR, branched piping, hydrogen, accumulation, combustion, detonation, design guideline

1. はじめに

2001 年の沸騰水型原子炉 (BWR) の配管内における混合ガス (水素、酸素) の蓄積及び燃焼による配管の破断・損傷事例を契機に、(社) 火力原子力発電技術協会は、2005 年 10 月に「BWR 配管における混合ガス (水素・酸素) 蓄積防止に関するガイドライン」^[1]を取り纏め、2007 年 3 月に、第 2 版^[2]を、2010 年 3 月に (社) 日本原子力技術協会より第 3 版となる「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 3 版)」^[3] (以下、「ガイドライン」という。) を発行した。

このガイドラインにより混合ガスの蓄積及び燃焼による配管損傷を未然に防ぐ方法として、混合ガスの蓄積の有無を評価することが可能になったので、ここで紹介する。

2. ガイドラインの概要

2.1 目的

BWR 新規プラントの設置や既設プラントの改造等に係わる設計の際に、主蒸気中の混合ガスの燃焼による配管の損傷を防止することを目的に、混合ガスを燃焼する濃度 (以下、「不燃限界濃度」という。) まで蓄積させない方法等を定めたものである。

連絡先: 稲垣哲彦, 〒461-8680 名古屋市東区東新町 1 番地, 中部電力(株)原子力部運営グループ,
電話 : 052-951-8211,
E-mail: inagaki.tetsuhiko@chuden.co.jp

2.2 適用範囲

BWR 原子炉内の水の放射線分解によって生成され、主蒸気中に移行する混合ガスの蓄積及び燃焼現象を対象とし、主蒸気を内包する配管から分岐し、他端が弁等で閉止されている配管 (以下、「枝管」という。) を対象とする。

2.3 評価

評価は、以下の手順で行う。

<ステップ 1> : 混合ガスが滞留する可能性がある箇所を抽出する。

<ステップ 2> : 混合ガスの濃度が燃焼する濃度を超えて蓄積する箇所を抽出する。

<ステップ 3> : 個別評価により蓄積の可能性や配管の構造強度を評価する。

<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分岐し、他端まで距離があり、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。ここで、下向き枝管や水平枝管 (下り勾配) は水封され、混合ガスが蓄積しないと判定する。

<ステップ 2>

混合ガスが蓄積・滞留する箇所として、水平枝管 (上り勾配)、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、その長さが表 1 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、主蒸気流れのある母管に接続する上向き枝管及び斜め上向き枝管

のうち、図1の枝管内の換気流れがある範囲（以下、「換気限界長さ」という。）のものは、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、0.8MPaを超える場合は、ドレン水に混合ガスが溶解し排出されるため、混合ガスが不燃限界濃度以上に蓄積しないと判定する。

表1 不燃限界長さの判定値

圧力 (MPa)	口径	不燃限界長さ (mm)	圧力 (MPa)	口径	不燃限界長さ (mm)
0.4	20A	1.94E+02	3	20A	7.76E+02
	25A	2.50E+02		25A	1.50E+03
	40A	7.68E+02		40A	3.07E+03
	50A	1.49E+03		50A	4.46E+03
	100A	4.86E+03		100A	9.71E+03
	350A	2.54E+04		350A	3.18E+04
	650A	4.15E+04		650A	5.92E+04
1.3	20A	3.88E+02	7	20A	1.54E+03
	25A	7.50E+02		25A	2.25E+03
	40A	1.92E+03		40A	3.84E+03
	50A	2.97E+03		50A	5.94E+03
	100A	8.74E+03		100A	1.17E+04
	350A	2.86E+04		350A	3.18E+04
	650A	4.74E+04		650A	5.92E+04

（注）：本表は、1/50以下の勾配、配管肉厚sch80以下及び保温材表面からの平均放散熱量209W/m²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。

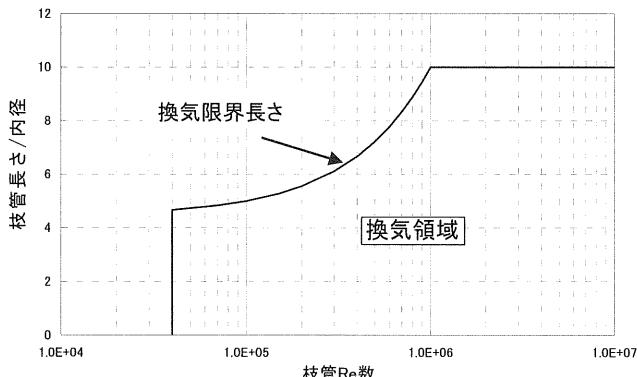


図1 換気限界長さ

<ステップ3>

ステップ2において、混合ガスが不燃限界濃度を超えて蓄積する可能性があると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。

2.4 対応措置

2.3 節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、運転操作又は設計変更等による対応措置を講ずる。

1) 混合ガスを燃焼させないための対応措置

- 定期的に混合ガスを抜く操作等による対応措置

- 不燃限界濃度を超える蓄積を防止するための設計変更
- 着火を防止する等による対応措置

2) 混合ガスの燃焼による配管損傷を防止するための対応措置

- 配管の厚肉化による補強
- 許容応力が高い材質への変更
- 発生圧力による配管強度への影響低減を目的とした、閉止端や各構成要素の位置変更

3. おわりに

2001年に発生したBWR配管内の混合ガスの蓄積・燃焼による配管損傷事例を契機に、水素燃焼に関する設計又は設計変更の際に基準とするべき具体的な技術指針の整備が求められ、(社)火力原子力発電技術協会および(社)日本原子力技術協会にてガイドラインを策定してきた。

これにより、混合ガスの蓄積及び燃焼による配管損傷を未然に防ぐ方法の一つとして、混合ガスの蓄積の有無を評価することが可能になった。また、混合ガス燃焼時の配管健全性を具体的に確認することが可能になっている。

今後は、日本機械学会にて規格化の検討を行っていく予定である。

謝辞

本報告は、(社)火力原子力発電技術協会で検討を進めた、「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3版）」のうち、主に混合ガスの蓄積評価の概要について紹介したものである。

本ガイドライン策定にあたり、ご協力いただきました学識経験者、電力各社、メーカー各社、(社)火力原子力発電技術協会、(社)日本原子力技術協会の方々等、関係各位に深く感謝いたします。

参考文献

- [1] (社)火力原子力発電技術協会, “BWR配管における混合ガス（水素・酸素）蓄積防止に関するガイドライン”, JBWR-NCG-01, (平成17年10月)
- [2] (社)火力原子力発電技術協会, “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）”, JBWR-NCG-01-第2版, (平成19年3月)
- [3] (社)日本原子力技術協会, “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3版）”, JANTI-NCG-01-第3版, (平成22年3月)