

加圧水型原子力発電プラント向け 蒸気発生器の気水分離器

Moisture Separator of Steam Generator for Pressurized Water Reactor Plant

山 本 弘^{*1} 水 谷 敏 行^{*2} 西 田 憲 司^{*2}
鈴 田 忠 彦^{*3} 近 藤 喜 之^{*3} 平 尾 康 彦^{*4}



1. はじめに

加圧水型原子力発電プラントの蒸気発生器（Steam Generator：SG）は発生した蒸気から湿分を取り除くための気水分離器を内蔵しているが、新設プラント大容量化や既設プラント出力アップに伴う蒸気流量増加に対応するための高性能型気水分離器が必要となっていた〔目標性能：高蒸気流速でSG出口湿分0.10%以下（従来性能0.25%）〕。

本報では、実寸大モックアップを用いた実機環境下での試験（実圧試験：高温・高圧条件での試験）を通じて開発した高性能型の気水分離器の開発成果を紹介する。

2. 気水分離器の構造

SGは一次側水室部、U字型伝熱管部、二次側気水分離部より構成される（図1）。二次側気水分離部は、水と蒸気の粗分離を行う気水分離器と、粗分離された蒸気中の湿分を更に分離するための湿分分離器から構成される。小型気水分離器を採用するSGでは、SG 1基に気水分離器が複数個（10個以上）配置される。

気水分離器は入口湿分約80%の蒸気と水の混合物である

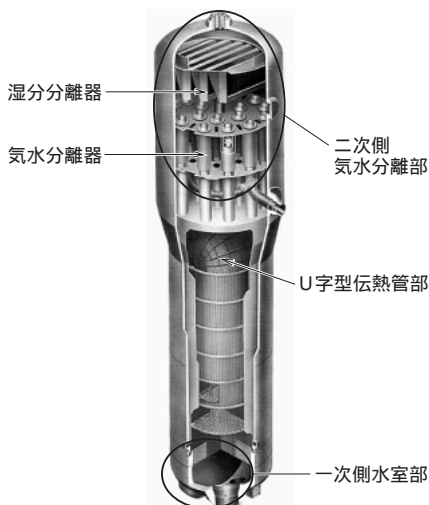


図1 蒸気発生器の構造

気液二相流から水と蒸気を分離し、湿分約10%まで低減する装置である（図2）。伝熱管部で加熱された二相流はライザーパレル内を上昇し、旋回羽根で旋回力を与えられる。水は遠心力によりライザーパレル内壁を附着しながら上昇し、デッキプレート下部で下方方向に向きを変え、ライザーパレルとダウンカムパレル間のアニュラス部（ダウンカム部）を下降する。一方、旋回羽根を通過した蒸気の大部分はライザーパレル中央部を上昇し、オリフィスを通過して湿分分離器へ導かれる。また、水と同伴してダウンカム部に流入した蒸気は、ダウンカム上部の切り欠き（スロット）からダウンカム外へ放出され、ベント穴を通過して、オリフィスを通過した蒸気と合流して上昇する。

3. 高性能気水分離器の特徴

今回の高性能気水分離器の開発に際しては、主に以下のポイントに注目して改良を行った（図2）。

(1) 旋回羽根の旋回力向上

旋回羽根の旋回力を大きくすることで、水と蒸気の違い性を高めることができる。しかし、旋回力の増加に伴い旋回羽根の圧損が大きくなるとSG器内水の循環が不安定

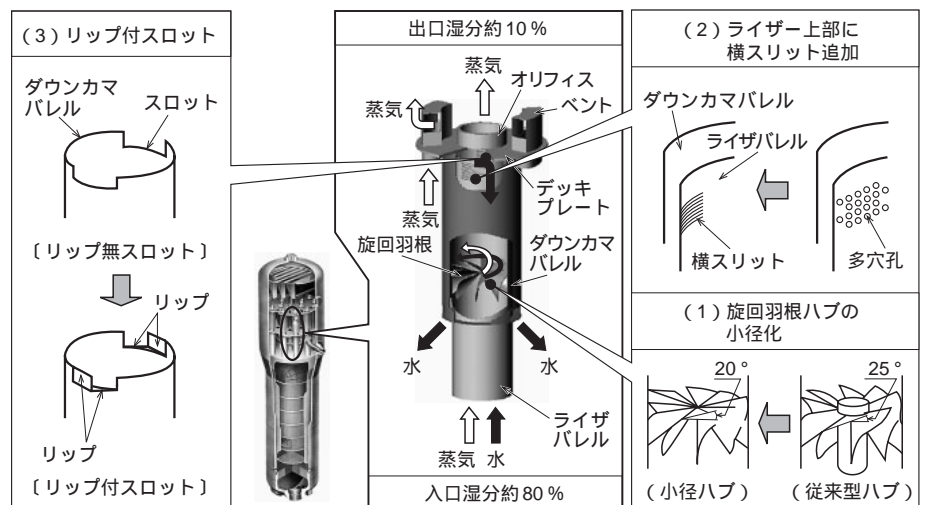


図2 高性能気水分離器の構造と特徴

^{*1}神戸造船所原子力機器設計部蒸気発生器設計課長

^{*2}神戸造船所原子力機器設計部蒸気発生器設計課

^{*3}高砂研究所燃焼・伝熱研究室

^{*4}高菱エンジニアリング株式会社第一実験部長

になるという悪影響を与えるため、圧損を大きくしない工夫が必要になる。そこで、巡回羽根を中央で束ねているハブを小径化することにより圧損を低減し、その低減分だけ羽根角度を小さくすることで巡回力を高める設計を採用した。これにより、巡回羽根部分の圧損を従来と同等に保ちつつ巡回力を高めることが可能となった。

(2) ダウンカムを通じて下方に排出される水の排出力向上

巡回羽根により巡回力を受けた水は液膜を形成しながらライザーバレル内壁を上昇するので、ライザーバレルにダウンカムバレルへのバイパス流路を設けることで、水のダウンカムへの排出力を向上させることができる。従来型気水分離器^(注)ではバイパス流路として多孔穴を設けていたが、高性能型では、水の巡回力を利用して有効に排出するために、横スリットを採用した。

(3) オリフィス・ベントを通じて上昇する蒸気への水の同伴低減

ダウンカム部を下降する水に同伴する蒸気を分離し、上方へ導くために、ダウンカムバレル上部にスロットを設置しているが、スロットで水と蒸気がぶつかり合って分離効率が低下する可能性がある。そこで、効率良く分離するためにスロットにリップを設けた。本開発形状はリップを極力小さくし、SG器内に複数個配置される気水分離器の配置への影響、及び各々の気水分離器スロットから排出される蒸気がぶつかり合う影響を極力抑えたものとしている。

4. 性能確認

高性能気水分離器の開発に際しては、最終的には実圧試験が必要であるが、実圧試験は試験規模も大規模になり費用もかかる。効率的に開発を進めるため、水・空気試験（大気圧試験）及び流動解析により各形状要素の性能向上度合いを確認の後、最終形状について実圧試験により性能を確認する方式で開発を進めた。

実圧試験はイタリア SIET 社（Sociea 'Informazioni Esperienze Termoidrauliche）の保有する大型熱流動試験装置を使用した。実寸大の気水分離器 1 個及び、気水分離器 1 個分に相当する入口面積を有する湿水分離器を供試体として耐圧容器に格納し、実機で想定される水流量・蒸気流量を供給して実圧条件下で試験を実施した。高性能型気水分離器の試験結果を図 3 に従来型と比較して示す。横軸は蒸気流量の指標となるように蒸気動圧を表面張力の 0.5 乗で割ったものであり、縦軸は気水分離器出口湿分を示す。図に示すように、高性能型は従来型に比べて気水分離効果が高まっていることが確認される。

上述の実圧試験結果を用いて、国内新設大容量プラント（敦賀 3，4 号機）の SG 出口湿分を評価した例を紹介する。

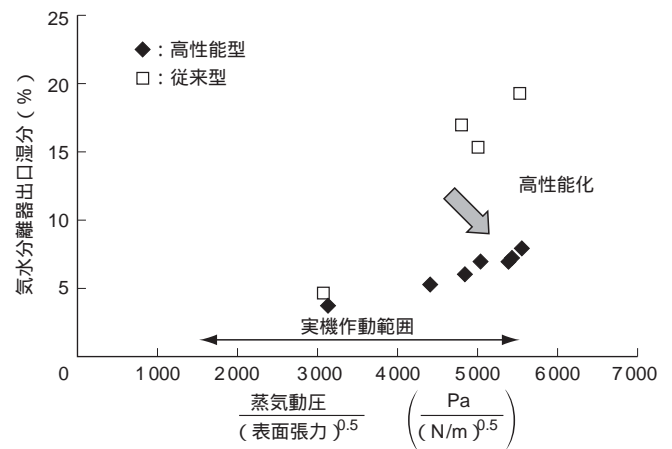


図 3 実圧条件下での試験による気水分離性能比較（高性能型と従来型）

実機では複数個の気水分離器が配置され、供給される蒸気量・水量が各々の気水分離器で異なるため、各々の流量を熱流動解析により求めた上で、湿水分離器と組み合わせた実圧試験結果と合わせて評価したものである。解析評価上は SG 出口湿分が 0.01 % となっており、目標性能 0.1 % 未満を十分満足することが確認された。

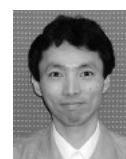
5. ま と め

実寸大モックアップを用いた実圧試験を通じて、高性能型気水分離器を開発した。この成果は新設大容量プラントや輸出向け取替 SG に適用していく計画である。

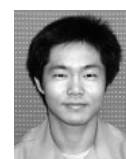
(注) 日本原子力発電（株）、北海道電力（株）、関西電力（株）、四国電力（株）、九州電力（株）及び三菱重工業（株）の共同研究“蒸気発生器高性能気水分離器の確認に関する研究”（平成 10 年 1 月～平成 11 年 3 月）にて開発した気水分離器



山本弘



水谷敏行



西田憲司



鈴田忠彦



近藤喜之



平尾康彦