



Title	沸騰水型原子炉用気水分離器と蒸気乾燥器内の気液分離現象および気水分離器の圧力損失低減に関する研究
Author(s)	中尾, 俊次
Citation	大阪大学, 2007, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/48641">https://hdl.handle.net/11094/48641</a>
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed</a> 大阪大学の博士論文について

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏名	なか お とし づく
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	第 21503 号
学位授与年月日	平成19年6月27日
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位論文名	沸騰水型原子炉用気水分離器と蒸気乾燥器内の気液分離現象および気水分離器の圧力損失低減に関する研究
論文審査委員	(主査) 教授 片岡 熱 (副査) 教授 武石賢一郎 教授 田中 敏嗣 准教授 大川 富雄 特任准教授 吉田 憲司

### 論文内容の要旨

原子力発電設備では、出力の増加が経済性向上の最も有効な手段である。出力の増加に対応して炉心流量の増加は必須であり、炉内機器の圧力損失の低減は重要な課題である。本研究の対象としている沸騰水型原子炉(BWR)用気水分離器と蒸気乾燥器の機能は、乾燥した蒸気をタービンへ送るために炉心を出た水・蒸気二相流に含まれる水分を除去することである。これらの機器の性能は従来、BWR運転条件を模擬した実規模実験で実証されてきたが、圧力損失や気液分離性能の予測手法は確立されていない。本研究の目的は、気水分離器内の気液分離現象の解明、キャリーオーバー要求10%以下の条件を満たした気水分離器の圧力損失低減、および蒸気乾燥器内の蒸気流束の増加に伴い出口キャリーオーバーが急激に増加するブレークスルー現象の解明である。

気水分離器内の二相流解析およびBWR運転条件の遠心力とクオリティを一致させた空気・水模擬実験の結果に基づき、模擬実験による第一段排水率とキャリーオーバーの関係に数値解析による第一段排水率を適用すれば、キャリーオーバーの合否を精度よく判定できることを明らかにした。

気水分離器の圧力損失を低減する方法として、旋回羽根の出口角度を小さくする場合とハブ直径を小さくする場合、キャリーオーバーの低減方法としてバレル直径を下段のピックオフリング直径に等しくする高旋回型について、二相流解析と空気・水実験の結果に基づきBWR運転条件下の気液分離性能を評価した。その結果、小径ハブのスワラーと第三段高旋回型を組み合わせた場合、現行気水分離器と同等の低キャリーオーバーになった。圧力損失は、キャリーオーバー目標を満足する場合で55%低減し、低キャリーオーバーを達成する場合で40%低減することを示した。

蒸気乾燥器内の液滴の挙動を解析した結果、キャリーオーバーは液滴の慣性力と気流が液滴に作用する抗力の比をBWR運転条件と一致させた空気・水実験の結果と20%以内で一致し、液滴付着特性を噴霧流解析で予測できる見通しを得た。さらに、位相ドップラ法を用いて液滴径分布を計測した結果、波板入口で観察されない直径 $10\mu\text{m}$ 以下の微小な液滴が出口から放出されていることが分った。

BWR運転条件のウエーバー数を模擬した蒸気乾燥器の空気・水実験の結果、波板出口でのキャリーオーバーとブレークスルー限界気相流束は、液膜からの液滴発生量モデルで評価できることを明らかにした。さらに、波板における液滴付着と液膜の形成、液膜からの液滴飛散および下流の波板での再付着を考慮した解析モデルを開発し、ブレークスルー現象を予測できることを明らかにした。

## 論文審査の結果の要旨

本論文は、沸騰水型原子炉（BWR）の性能を向上させる上で不可欠となる高機能の気水分離器と蒸気乾燥器の開発とそれに関連した気水分離器内の気液分離現象や蒸気乾燥器内部における液滴流動現象について明らかにしたものであり、その主要な成果は以下の通りである。

- (1) 気水分離器内の二相流解析およびBWR運転条件の遠心力とクオリティを一致させた空気・水模擬実験の結果に基づき、模擬実験による第一段排水率とキャリーオーバーの関係に数値解析による第一段排水率を適用すれば、キャリーオーバーの合否を精度よく判定できることを明らかにした。
- (2) 気水分離器の圧力損失を低減する方法として、旋回羽根の出口角度を小さくする場合とハブ直径を小さくする場合、キャリーオーバーの低減方法としてバレル直径を下段のピックオフリング直径に等しくする高旋回型について、二相流解析と空気・水実験の結果に基づきBWR運転条件下の気液分離性能を評価した。その結果、小径ハブのスワラーと第三段高旋回型を組み合せた場合、現行気水分離器と同等の低キャリーオーバーになった。圧力損失は、キャリーオーバー目標を満足する場合で55%低減し、低キャリーオーバーを達成する場合で40%低減することを示した。
- (3) 蒸気乾燥器内の液滴の挙動を解析した結果、キャリーオーバーは液滴の慣性力と気流が液滴に作用する抗力の比をBWR運転条件と一致させた空気・水実験の結果と20%以内で一致し、液滴付着特性を噴霧流解析で予測できる見通しを得た。さらに、位相ドップラ法を用いて液滴径分布を計測した結果、波板入口で観察されない直径 $10\mu\text{m}$ 以下の微小な液滴が出口から放出されていることを明らかにした。
- (4) BWR運転条件のウェーバー数を模擬した蒸気乾燥器の空気・水実験の結果、波板出口でのキャリーオーバーとブレークスルー限界気相流束は、液膜からの液滴発生量モデルで評価できることを明らかにした。さらに、波板における液滴付着と液膜の形成、液膜からの液滴飛散および下流の波板での再付着を考慮した解析モデルを開発し、ブレークスルー現象を予測できることを明らかにした。

以上のように、本論文は、沸騰水型原子炉内の複雑な体系における気液二相流の流動伝熱現象を明らかにし、その解析手法を構築して原子炉の性能向上に応用したものであり、学術的な価値も大きく、その応用により社会的に貢献するところも大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。