

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Study on Optimization of Start-up in OTTO Cycle Pebble Bed Reactors
著者(和文)	TOPANSETIADIPURA
Author(English)	Topan Setiadipura
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第9592号, 授与年月日:2014年6月30日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小原 徹,井頭 政之,千葉 敏,赤塚 洋,加藤 之貴
Citation(English)	Degree:Doctor (Engineering), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9592号, Conferred date:2014/6/30, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	審査の要旨
Type(English)	Exam Summary

(博士課程)

論文審査の要旨及び審査員

報告番号	甲第	号	学位申請者氏名	Topan Setiadipura		
論文審査 審査員		氏名	職名		氏名	職名
	主査	小原 徹	教授	審査員	加藤之貴	准教授
	審査員	井頭政之	教授			
		千葉 敏	教授			
赤塚 洋		准教授				

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「Study on Optimization of Start-up in OTTO Cycle Pebble Bed Reactors (OTTO サイクルペブルベッド型原子炉の起動の最適化に関する研究)」と題し、5 章より構成されている。

第 1 章「Introduction」では、はじめにペブルベッド型高温ガス炉の構造と特徴について概観した後、ペブルベッド型炉でのワンスルーサイクル燃料装荷法(OTTO サイクル)とその特長について述べている。その上で本原子炉の初期炉心の燃料装荷方法の最適化が原子炉起動から平衡燃焼に至るまでの燃料の利用効率の向上と安全性の観点から重要であることを述べ、同時に本原子炉の起動から平衡燃焼状態に至るまでの燃焼解析が可能な解析コードの開発の重要性を述べている。これらを踏まえ、OTTO サイクルペブルベッド型炉の起動から平衡燃焼状態に至るまでの燃焼解析コードの開発と運転初期の燃焼特性を向上させるための初期炉心の燃料装荷方法の最適化という本論文の目的を述べている。

第 2 章「Development of Monte Carlo-based Pebble Bed Reactor Fuel Management Code」では、中性子輸送モンテカルロコードをベースにした OTTO サイクルペブルベッド型原子炉の燃焼解析コードの開発とその検証について述べている。はじめにペブルベッド型原子炉解析コードの現状について概観し、その問題点について述べた上で、その解決方法として中性子輸送モンテカルロコードをベースとした解析コードによる解析について述べている。この解析コードでは、炉内をいくつかの領域にわけある一定時間ごとに燃料が下部の領域へ移動することで炉内の燃料の連続的移動を模擬し、中性子輸送モンテカルロコードの採用により炉心上部のボイドの効果を正確に模擬できることを述べた上で、連続エネルギーモンテカルロコード MVP 及び燃焼解析コード MVP-BURN をベースに本手法による MCPBR コードを開発し、参照ケースについて従来の解析コードである VSOP コード及び PEBBED コードとの比較解析を行ったことを述べている。比較解析の結果それぞれの解析コードによる結果の差異は核データライブラリーの違いによるものよりも小さいことを示し、本コードによる解析結果が妥当であることを明らかにしている。さらに、ペブルベッド型炉特有の炉心上部に空洞を有する体系での解析を行い本解析コードでこのような体系を忠実に模擬した解析が可能であることを明らかにしている。

第 3 章「Optimization of Start-up Fuel Management for 10 MWt OTTO Cycle Pebble Bed Reactors」では、ペブルベッド型実験炉 HTR-10 を模擬した出力 10MWt の小型炉での最適初期炉心組成の検討結果について述べている。初期炉心の組成として、炉心上部に燃料ペブル、炉心下部に黒鉛ペブルを装荷する場合 (Top-bottom 法) と燃料ペブルと黒鉛ペブルを均質に混ぜる場合 (Mix 法) の 2 つの方法について燃料ペブルと黒鉛ペブルの比率を変え、本研究で開発した MCPBR コードを用いて解析を行った結果、平衡燃焼時に最大燃焼度 69MWd/kg-HM が期待できる燃料組成(ペブル当たりの重金属重量:2.1g、濃縮度:20wt%)及び燃料移動速度(0.5cm/day)の場合には Top-bottom 法を用いて燃料ペブルの割合を 0.7 とした場合にもっとも燃料の消費を小さくでき、燃料ペブルだけで初期炉心を構成した場合に必要な重金属重量 56.6kg に対し 39.6kg と必要となる重金属重量を 17kg 減少させることが可能でかつ出力ピーキングの条件も満たすことを明らかにしている。

第 4 章「Optimization of Start-up Fuel Management for Modular 200MWt OTTO Cycle Pebble Bed Reactors」では、ペブルベッド型モジュラー炉として、出力 200MWt の小型ペブルベッド型炉の炉概念を示し、この炉での最適な初期炉心組成の検討結果について述べている。平衡燃焼時に出力ピーキングの条件を満たし最も高い燃焼度 62MWd/kg-HM が期待できる燃料組成(ペブル当たりの重金属重量:17g、濃縮度:20wt%)に対して解析を行った結果、Mix 法を用いて燃料ペブル割合 0.5 としたときに出力ピーキングの条件を満たしつつ初期炉心での燃料使用量を最小とすることができることを明らかにしている。またこの場合、減速材割合が多い炉心のほうが燃焼度は向上するものの、出力ピーキングの条件を満たすためには減速材割合を小さくする必要があり、これにより炉心がアンダーモデレートとなることを見出している。さらに、炉内での燃料の移動速度を変えて解析を行い最適な初期炉心の検討結果について述べ、平衡燃焼時の出力ピーキングの条件を満たし燃焼度が最大となる炉心が減速材の割合が多いオーバーモデレートの炉心では初期炉心の燃料装荷方法に Top-bottom 法を用いることが適切であり、また減速材の割合が少ないアンダーモデレートの炉心では初期炉心の燃料装荷方法は Mix 法を用いることが適切であることを明らかにしている。

第 5 章「Conclusions」では、以上の各章で得られた成果を総括し、結論を述べている。

これを要するに、本論文は中性子輸送モンテカルロコードをベースにした OTTO サイクルペブルベッド型原子炉の燃焼解析コードを開発し、開発したコードを用いて安全上の要件を満たしつつ原子炉の起動から平衡燃焼状態に至るまでの燃焼特性を向上させるための初期燃料の炉心装荷方法を明らかにしており、工学上及び工業上貢献するところが大きい。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として十分価値あるものと認められる。