

論文 / 著書情報
Article / Book Information

題目(和文)	受動的な崩壊熱除去のための小型高温ガス炉の設計パラメータ
Title(English)	Design parameters in small high temperature gas-cooled reactor for passive decay heat removal
著者(和文)	SambuuOdmaa
Author(English)	Odmaa Sambuu
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9987号, 授与年月日:2015年9月25日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小原 徹,井頭 政之,高橋 実,千葉 敏,加藤 之貴
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第9987号, Conferred date:2015/9/25, 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

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	Sambuu Odmaa	
論文審査 審査員		氏名	職名	氏名	職名
	主査	小原 徹	教授	加藤之貴	教授
	審査員	井頭政之	教授		
		高橋 実	教授		
千葉 敏		教授			

論文審査の要旨 (2000 字程度)

本論文は、「Design Parameters in Small High Temperature Gas-Cooled Reactor for Passive Decay Heat Removal (受動的な崩壊熱除去のための小型高温ガス炉の設計パラメータ)」と題し、5章より構成されている。

第1章「Introduction」では、高温ガス炉の安全性能について概観し、小型高温ガス炉は原子炉停止後の崩壊熱の受動的除去に優れていることを述べた上で、崩壊熱の受動的な除去により安全性が確保できるかどうかは炉心寸法、出力、炉心内の出力分布、運転中の炉心温度に大きく依存するものの、プリズム型及びペブルベッド型高温ガス炉において受動的崩壊熱除去を可能とするこれらのパラメータの定量的な関係は明らかになっていないことを指摘している。これを踏まえ、もっとも過酷な条件を想定して、崩壊熱を放射及び熱伝導のみで原子炉建屋外壁より外部へ放出する場合、設計上の安全条件を満たしつつ原子炉停止後の崩壊熱除去が可能となるパラメータの関係を定量的に明らかにするという本研究の目的を述べている。

第2章「Condition of successful decay heat removal without circulation of coolant of prismatic HTGR」では、プリズム型高温ガス炉を地上あるいは地下に設置した場合について、停止後の炉心最高温度が安全上の制限内となる条件を数値解析で求め、炉心最高温度条件を満たしつつ崩壊熱の受動的な除去を行うためには運転中の原子炉の出力が高い場合には運転中の炉心温度を低くする必要がある一方、原子炉の出力が低ければ原子炉の運転温度を高くできるという関係を定量的に明らかにしている。さらに、解析により原子炉建屋外壁の最高温度を求め、その結果より、原子炉建屋の最高温度は建屋寸法に依存すること、原子炉を地上に設置した場合は、運転中の温度が運転停止後の建屋外壁の最高温度にもっとも影響を与え、また原子炉を地下に設置した場合は、運転中の原子炉出力が建屋外壁の最高温度にもっとも影響をあたえることを明らかにして、これらの結果をもとに炉心寸法、原子炉出力、運転中炉心温度、原子炉建屋寸法が満たすべき定量的な関係を明らかにしている。さらに、原子炉運転期間1年の場合と無限時間の場合の結果についても比較を行い、原子炉の連続運転期間が長い場合においては原子炉の運転出力を小さくする必要のあることを明らかにし、また炉心の出力分布と運転停止後の炉心最高温度の関係についても解析を行い、炉心の出力分布をより平坦にすることで停止後の炉心最高温度を低くできることを明らかにしている。

第3章「Performance of prismatic HTGR design for passive decay heat removal」では、第3章で求めた停止後に崩壊熱の受動的除去が可能となる条件を満たしつつ、小型で長寿命の高温ガス炉が設計可能であるかについて核的及び熱的解析を行い検討している。解析では、原子炉熱出力 100MW、最高出力密度 3W/cm³とし、さらに運転中の余剰反応度を小さくするため B₄C と Gd₂O₃ からなる 2 種類の粒子状可燃性毒物を用い、炉心領域ごとに可燃性毒物の密度を変え、同時にウラン濃縮度も領域ごとに 16% から 20% に変えて解析を行い、その結果可燃性毒物を用いず濃縮度の最適化も行わない場合、運転期間は 25 年となるものの最大余剰反応度が 0.327Δk/k と非常に大きい値となるが、可燃性毒物及び濃縮度の最適化を行うことで、運転期間は 20 年と短くなるものの、最大余剰反応度は 0.078Δk/k となり運転中の大部分の期間で余剰反応度は 1\$以下で制御棒全引抜事故等により即発超臨界となる反応度事故の可能性がないこと明らかにしている。また、炉心の出力ピーク係数も低減出来ることを明らかにしている。さらに、シングルチャンネルの定常熱流動解析を行い、定常運転中の燃料最高温度が安全上の制限以下となることを明らかにしている。これらの解析により、原子炉停止後の崩壊熱除去を受動的に行うことが可能となる設計条件を満たしつつ、同時に長寿命で運転中の大部分の期間において制御棒誤引抜等の事故によっても即発超臨界となる可能性のない小型高温ガス炉の設計が可能であることを明らかにしている。

第4章「Comparison between conditions of successful decay heat removal of prismatic and pebble bed type of HTGRs」では、ペブルベッド型高温ガス炉の受動的崩壊熱除去が可能となる設計条件を求め、プリズム型炉の場合の条件と比較を行っている。プリズム型炉での解析と同様な手法でペブルベッド型炉に対して解析を行い、炉心最高温度、建屋外壁最高温度の条件を満たす原子炉出力、原子炉寸法、運転時炉心温度、建屋寸法の関係を定量的に求め、炉心の熱伝達特性の違いから定量的にはプリズム型炉と条件は異なるものの、定性的には類似の傾向を示すことを明らかにし、さらに炉心出力密度分布を平坦化した場合にはプリズム型炉の方がより停止後の炉心最高温度を低くできることを明らかにしている。

第5章「Conclusion」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、本論文は高温ガス炉において運転停止後の炉心からの崩壊熱除去を熱伝導及び放射伝熱のみで行った場合の安全上の条件を満たす設計条件を明らかにしたうえで、この条件を満たす小型長寿命炉の設計が可能であることを明らかにしており、工学上およ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。

注意:「論文審査の要旨及び審査員」は、東工大リサーチポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。