



Title	レーザー核融合炉のシステム設計と経済性評価に関する研究
Author(s)	神前, 康次
Citation	大阪大学, 2003, 博士論文
Version Type	
URL	<a href="https://hdl.handle.net/11094/44638">https://hdl.handle.net/11094/44638</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">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

氏 名	神 前 康 次
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 18174 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 15 年 9 月 30 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	レーザー核融合炉のシステム設計と経済性評価に関する研究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 田中 和夫 (副査) 教 授 西川 雅弘    教 授 三間 罔興    教 授 堀池 寛 教 授 飯田 敏行    教 授 西原 功修    教 授 栗津 邦男 教 授 朝日 一

### 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、レーザー核融合炉のシステム設計と経済性評価に関する研究についてまとめたものである。第 1 章では、本論文の目的が、レーザー核融合炉固有の特徴を活かし、整合性があり、かつ経済性が高い炉概念を構築するためのシステム設計方法、及び経済性解析モデルの開発とレーザー核融合炉の経済性評価であることを述べている。第 2 章では、レーザー核融合炉の主要設計変数の関係式、及び設計領域の制約条件を示し、ゲインカーブ上で、核融合パルスエネルギー、レーザーエネルギーを、レーザーと炉のパルス繰り返し率、及び炉モジュール数の制約条件下で選択する方法を述べている。炉チェンバーの条件については、固体壁方式ではパルス熱負荷の許容条件、液体壁方式では、液体壁のアブレーションと金属蒸気の排気条件を示している。第 3 章では、レーザー核融合炉のシステム設計に基づき、具体的な炉の概念設計を、 $D^3He$  レーザー核融合炉、及び  $DT$  レーザー核融合炉（光陽）について行った結果を述べている。また中心点火方式及び高速点火方式により、発電プラントが成立する設計領域と、その技術的な制約条件をまとめている。第 4 章では、軽水炉のコストモデルに基づいて開発した、トカマク型核融合炉の物量ベースのコスト積算モデル、及びそれによる定常トカマク型炉の経済性評価を行った結果を示している。第 5 章では、第 2 章のシステム設計方法、及び第 4 章のコスト積算モデルに基づいて、レーザー核融合炉のコストモデルを開発した結果を示し、主要設計変数がプラントコストを支配していることを明らかにしている。第 6 章では、レーザー核融合モジュール発電プラント「光陽」の経済性を評価し、軽水炉、トカマク型核融合炉と比較し、光陽が軽水炉と競合できる可能性とその条件を示している。またゲインカーブ、LD 単価等に関する感度解析を行い、レーザー核融合炉が経済的なエネルギー源として成立する条件と可能性を明らかにしている。

### 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、レーザー核融合炉の設計が成立する設計領域とその制約条件を示し、その設計領域での経済性を評価する一般的な方法を開発して、具体的なレーザー核融合炉の概念設計研究を通じて、方法論としての有効性を確認している。また最新のレーザー核融合の研究成果を取入れて、中心点火方式、及び高速点火方式による発電プラントのシステム設計を行っており、今後の概念設計を方向づける基本的な設計フレームになるものとして評価される。

経済性の評価では、既存発電プラントとの比較評価を可能にする方法を開発しており、軽水炉、トカマク型炉、レーザー核融合炉について、共通の方法論、コストデータベースで、独自にコストモデルを開発した成果を総合するものとして評価される。本論文で最も重要な成果は、システム設計の方法と経済性評価を結びつけて、一般性が高いレーザー核融合炉の設計と評価の方法論を提案し、また開発の可能性があるレーザー核融合発電プラントの設計領域を、その実現に必要な条件と共に示していることにある。本論文の具体的な成果には次のようなものがある。

1) レーザー核融合発電プラントの設計を決める主要設計変数、及びその満足すべき関係式を明らかにし、ゲインカーブ及びパルス繰り返し率の制約条件に基づいて、設計変数を選択する方法を示している。特にレーザー核融合炉固有の特徴を活かすために、モジュラープラントの概念を提案し、光陽の概念設計を通じてその成立性を示している。さらに、小出力の高速点火炉による発電プラントの実現においては、ニーズに適合し、且つ制約条件を緩和するために、モジュラープラントにより、炉パルス繰り返し率と炉出力を低くし、レーザーのパルス繰り返し率を高くすることができ、余裕がある設計が可能になることを示している。

2) 炉チェンバーの設計条件について、固体壁方式におけるパルス熱負荷の許容条件、液体壁方式における、液体壁のアブレーションと金属蒸気の排気条件を、独自にシミュレーションコードを開発することにより解析し、チェンバー概念設計の基本的な条件を明確にしている。特に直接ロスする $\alpha$ 粒子を考慮した温度上昇、アブレーションの評価、液体壁で蒸発した金属プラズマでのパルスイオンエネルギーの吸収を考慮したモデルは、明確な根拠の下に評価できることを示したものと評価される。

3) 軽水炉、トカマク型核融合炉、及びレーザー核融合炉のコスト解析モデルを、共通のコスト計算方法、統一的な設備スケール則、体系的なコストデータベースに基づいて、独自に開発している。このような異なるタイプの発電プラントの経済性を、客観的に相互比較するため、単に共通の計算方法を採用するだけでなく、物量ベースの積算根拠と、統一的なデータの根拠を明確にしていることに価値がある。

また、この経済解析方法を、具体的な炉概念に適用し、レーザー核融合炉が軽水炉、トカマク型核融合炉、他のエネルギー源と比較してどのような可能性を持つかを、具体的な条件とともに定量的に明確に示しており、この結果は評価方法の一般性と、相互比較が可能な客観性という観点から価値あるものである。

4) レーザー核融合炉の経済解析モデルを、システム設計方法とリンクすることにより、主要設計変数に関する経済解析を一般的な形で可能にしている。これによりゲインカーブ、LD 単価などの不確実な要因に対して、経済性が変化する幅を明確にしておき、また炉、レーザーのパルス繰り返し率の制約条件による最適な設計領域の変化を明らかにしている。特に、レーザー核融合炉の経済性を左右する要因として、ゲインカーブと LD の単価について感度解析を行った結果は、LD 単価がかなり高いケースでも、高速点火方式では、軽水炉と競合できる可能性を示すものである。

以上のように、本論文は、独自に開発したレーザー核融合炉のシステム設計方法、及び経済性評価方法が有効であり、また具体的な概念設計研究への適用を通じて、レーザー核融合炉が経済的なエネルギー源として成立する可能性があること、及びその成立の技術的条件を示すものとして意義がある。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。