

氏名(本籍)	こ がわ ひろ ゆき 粉 川 広 行 (茨 城 県)		
学位の種類	博 士 (工 学)		
学位記番号	博 乙 第 1821 号		
学位授与年月日	平成 14 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当		
審査研究科	システム情報工学研究科		
学位論文題目	水銀ターゲット容器の衝撃挙動に関する研究		
主査	筑波大学教授	工学博士	齊 藤 正 克
副査	筑波大学教授	工学博士	成 合 英 樹
副査	筑波大学教授	工学博士	渡 部 修
副査	筑波大学助教授	工学博士	寺 本 徳 郎
副査	日本原子力研究所大洗研究所長	工学博士	数 土 幸 夫

論 文 の 内 容 の 要 旨

大強度陽子加速器計画において原研で検討中の水銀ターゲットは陽子ビームが入射するターゲットビーム窓部でターゲット容器の中を水銀が、陽子ビーム入射方向と直交するように流れる。ターゲット容器はSUS316L製である。水銀ターゲットには、パルス幅 $1\mu\text{s}$ 、25Hzの1MWのパルス陽子ビームが入射し、時間平均の最大発熱密度は水銀で 508MW/m^3 となり、ターゲット容器で 255MW/m^3 となる。

パルス陽子ビーム入射によって、水銀及びターゲットビーム窓は、瞬時に熱膨張して、水銀中には圧力波が、ターゲットビーム窓には熱衝撃による応力波が発生する。水銀中に発生した圧力波は、水銀中を伝ばして、ターゲット容器に動的負荷を与える。水銀ターゲットでは、ターゲットビーム窓の熱衝撃による応力波や、水銀中に発生した圧力波による動的負荷に対するターゲット容器の健全性の確保が重要な課題である。

水銀ターゲットでは、ターゲット容器の構造健全性を確保するうえで重要な力学的因子として、ビーム窓部での熱衝撃による応力波、及び液体水銀中の圧力波の伝ば挙動、及び液体と構造体の連成挙動が挙げられる。本研究では、ターゲット容器の健全性を確保するうえで重要な力学的因子をモデル化して現象を高精度に再現することを目的とした。

第1章「序論」では、本研究の背景と本研究での対象とするターゲット容器の構造健全性を確保するうえで重要な力学的因子を抽出し、従来の研究を概観し、本研究の目的、及び本論文の構成について述べた。

第2章「ルビーレーザーを用いた熱衝撃試験」では、構造体に熱衝撃により発生する応力波の伝ば挙動について、ターゲット容器候補材であるSUS316Lに、パルス幅50nsのルビーレーザーを用いた熱衝撃試験を実施し、解析モデルの妥当性を検証した。また、熱衝撃によって固体材料中に発生する応力波の伝ば挙動を実験及び解析により明らかにした。

第3章「平面ひずみ波入射実験による水銀の動特性」では、水銀中を伝ばする圧力波について、液体水銀に平面ひずみ波入射実験を行い、圧力波の伝ばに対する水銀の動特性を明らかにし、それを基にして、水銀の動特性に対する水銀の粘性の影響、及び水銀の閉じ込め方法の影響を解析的に明らかにした。さらに、圧力波の伝ばに対する水銀のモデル化手法を明確にした。

第4章「ターゲット容器構造を模擬した圧力波伝ば試験」では、液体と容器の連成挙動について、水を試料液

体としてターゲット容器を模擬した圧力波伝ば試験を行い、薄肉構造であるターゲットビーム窓に圧力波が伝ばするときの、ターゲットビーム窓の挙動と、ターゲットビーム窓近傍での圧力挙動を実験的に明らかにした。それを基にして、有限要素法による解析を行い、液体と容器の連成挙動を解析する際に不可欠な界面での挙動を評価するうえで妥当なモデルを明らかにした。

第5章では、水銀と固体材料の界面に発生するキャビテーション気泡の崩壊に起因する損傷（ピット）の挙動を詳細に調べるため、平面ひずみ波入射実験を行い、ターゲット容器内壁の表面改質等が損傷の抑制に有効であることを示した。

第6章では、第2章から第4章の結果を基に、水銀ターゲットの1MW出力のパルス陽子ビーム入射による熱衝撃及び圧力波による動的応力に対する構造健全性を解析的に評価した。

第7章「結論」では、本研究で得られた多角的な成果に基づいて水銀ターゲット容器の構造健全性が十分に確保できることを示した。

本研究により、パルス陽子ビーム入射による熱衝撃、及び圧力波による動的負荷に対して、水銀ターゲット容器の構造健全性は十分に確保できることが明らかとなった。これにより1MWの核破砕中性子源用の水銀ターゲットを実現できる見通しを得た。

審 査 の 結 果 の 要 旨

大強度陽子加速器計画ではターゲット材を閉じ込めるターゲット容器の構造健全性の確保が極めて重要である。本研究ではターゲット容器の構造健全性に影響する力学的因子を整理し、その評価モデルの妥当性を実験及び解析的に明確にしてターゲット容器の構造健全性の評価を行っている。これにより1MWの核破砕中性子原子の水銀ターゲットを実現できる見通しが得られたことは高く評価される。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。