The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	パワーレーザーを用いた低エントロピー圧縮法に関する研究
Author(s)	宮西, 宏併
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://doi.org/10.18910/61760
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

様式３

論　文　内　容　の　要　旨

氏　名　（　宮西宏併　）	
論文題名	パワーレーザーを用いた低エントロピー圧縮法に関する研究

論文内容の要旨

本論文は、パワーレーザーを用いた低エントロピー圧縮法に関する研究成果を記したものである。

第1章は、本論文の導入部であり高圧物性研究のための高圧実験手法の現状について述べた。既存の動圧縮法と静圧縮法の特徴および課題について説明し、課題を解決する手法としてパワーレーザーを用いた低エントロピー動圧縮法の必要性を述べ、本論文の目的を提示した。

第2章では、圧縮状態を記述する理論モデル、低エントロピー圧縮法及び計測法の原理について説明し、これらを用いて低エントロピー圧縮状態を実験的に決定する方法論について述べた。

第3章では、低エントロピー圧縮状態を実現するための有効な手段のひとつである多段衝撃圧縮に不可欠な動圧縮窓材の光学特性研究について述べた。既存の動圧縮窓材は衝撃圧力200 GPa以上では光学的に不透明となり、窓を通した光学計測ができないという課題を解決するため、新しい動圧縮窓材として酸化マグネシウムを提案し、衝撃圧縮下における酸化マグネシウムの光吸収係数と光屈折率の調査を行った。衝撃圧力180 GPaから410 GPaでは酸化マグネシウムが部分的に透明であり、圧力に対して光吸収係数が指数関数的に増加することを明らかにした。この結果から空間スケール数10μm、時間スケール数nsの実験では、動圧縮圧力410 GPaまで酸化マグネシウムが窓材として有用であることを示した。さらに衝撃圧縮下における光屈折率を決定し、酸化マグネシウムのB1-B2相境界である衝撃圧力280 GPaと410 GPaの間に光屈折率の不連続な変化があることを明らかにした。

第4章では、エントロピー上昇を十分抑えることができるランプ圧縮波による準等エントロピー圧縮法の開発及び原理実証について述べた。膨張プラズマ法及びテーラードパルス法を用いた準等エントロピー圧縮法の開発を行い、ランプ圧縮波の生成を確認した。実験から得られた白金の圧力80 GPaまでの圧力-密度関係は既存の状態方程式テーブルから計算した等エントロピー線と良い一致を示た。内部エネルギーの増分は衝撃圧縮状態の0.4倍であり低エントロピー圧縮状態の生成が確認できた。この結果からパワーレーザーを用いた準等エントロピー圧縮法が高圧低温状態生成のために有用であることを示している。

第5章では、低エントロピー圧縮状態診断のための高速温度計測法の開発について述べた。広帯域赤外放射輝度温度計測法を開発し、計測下限を既存の約5000 Kから1800 Kまで拡張可能であることを示した。さらに相補的である光反射率温度計測法を提案、実証実験を行い、歪み速度約4×10^{7} s^{-1}にて圧力50 GPaまでランプ圧縮された金箔が最大650 Kまで加熱された可能性があることがわかった。計測性能の評価を行い、金試料の場合、計測限界が500 Kであることを明らかにした。この結果は開発を行った高速温度計測法が既存の計測下限を大きく拡張し、低エントロピー圧縮状態診断に有用であることを示している。

第6章は本論文のまとめであり、本研究において得られた研究成果を総括した。

本論文は、既存の圧縮法では実現できない高圧低温状態を実現可能なパワーレーザーを用いた低エントロピー動圧縮法および低エントロピー圧縮状態の診断方法の開発について述べており、超高圧の新しい固体物質状態を実現する可能性を示している。本研究の成果は高エネルギー密度科学、高圧科学、物質科学などにおいて新たな研究の可能性を広げるものである。

様式 7

論文審査の結果の要旨及び担当者

氏　名　（　宮西　宏併　）			
論文審査担当者		（職）	氏　名
	主 査	教　授	兒玉　了祐
	副 査	教　授	上田　良夫
	副 査	教　授	村上　匡且
	副 査	教　授	吉村　政志
	副 査	准教授	尾崎　典雅

論文審査の結果の要旨

本論文は、パワーレーザーを用いた低エントロピー圧縮法に関する研究成果を記している。

第 1 章は、本論文の導入部であり高圧物性研究のための高圧実験手法の現状をまとめている。既存の動圧縮法と静圧縮法の特徴および課題について説明し、課題を解決する手法としてパワーレーザーを用いた低エントロピー動圧縮法の必要性を述べ、本論文の目的を提示している。

第 2 章では、圧縮状態を記述する理論モデル、低エントロピー圧縮法及び計測法の原理について説明し、これらを用いて低エントロピー圧縮状態を実験的に決定する方法論について述べている。

第 3 章では、低エントロピー圧縮状態を実現するための有効な手段のひとつである多段衝撃圧縮に不可欠な動圧縮窓材の光学特性研究について述べている。既存の動圧縮窓材は衝撃圧力 200 GPa 以上では光学的に不透明となり、窓を通した光学計測ができないという課題を解決するため、新しい動圧縮窓材として酸化マグネシウムを提案し、衝撃圧縮下における酸化マグネシウムの光吸収係数と光屈折率の調査を行っている。衝撃圧力 180 GPa から 410 GPa では酸化マグネシウムが部分的に透明であり、圧力に対して光吸収係数が指数関数的に増加することを明らかにしている。この結果から空間スケール数 10μm、時間スケール数 ns の実験では、動圧縮圧力 410 GPa まで酸化マグネシウムが窓材として有用であることを示している。さらに衝撃圧縮下における光屈折率を決定し、酸化マグネシウムの B1-B2 相境界である衝撃圧力 280 GPa と 410 GPa の間に光屈折率の不連続な変化があることを明らかにしている。

第 4 章では、エントロピー上昇を十分抑えることができるランプ圧縮波による準等エントロピー圧縮法の開発及び原理実証について述べている。膨張プラズマ法及びテーラードパルス法を用いた準等エントロピー圧縮法の開発を行い、ランプ圧縮波の生成を確認している。実験から得られた白金の圧力 80 GPa までの圧力-密度関係は既存の状態方程式テーブルから計算した等エントロピー線と良い一致を示している。この結果からパワーレーザーを用いた準等エントロピー圧縮法が高圧低温状態生成のために有用であることを示している。

第 5 章では、低エントロピー圧縮状態診断のための高速温度計測法の開発について述べている。広帯域赤外放射輝度温度計測法を開発し、計測下限を既存の約 5000 K から 1800 K まで拡張可能であることを示している。さらに相補的である光反射率温度計測法を提案、実証実験を行い、歪み速度約 $4\times10^{7}\ s^{-1}$ にて圧力 50 GPa までランプ圧縮された金箔が最大 650 K まで加熱された可能性があることがわかった。計測性能の評価を行い、金試料の場合、計測限界が 500 K であることを明らかにしている。この結果は開発を行った高速温度計測法が既存の計測下限を大きく拡張し、低エントロピー圧縮状態診断に有用であることを示している。

第 6 章は本論文のまとめであり、本研究において得られた研究成果を総括している。

以上のように本論文は、既存の圧縮法では実現できない高圧低温状態を実現可能なパワーレーザーを用いた低エントロピー動圧縮法および低エントロピー圧縮状態の診断方法の開発について述べており、超高圧の新しい固体物質状態を実現する可能性を示している。本研究の成果は高エネルギー密度科学、高圧科学、物質科学などにおいて新たな研究の可能性を広げるものである。

よって本論文は博士学位論文として価値あるものと認める。