

審査の結果の要旨

論文提出者氏名 神津 直

本論文は、「エネルギー物質の高圧高温下での挙動に関する研究」と題し、レーザーによる衝撃圧縮技術および高精度の計測技術を開発することにより、従来の手法では解明が困難であったエネルギー物質の衝撃圧縮下での分子レベルの反応挙動の解明手法に関する知見を得ることを目的として行った研究の成果をまとめたもので、7章から成る。

第1章は序論であり、本論文の研究の背景および既往の研究を概説し、本論文の研究の目的と方針について述べている。

第2章は、エネルギー物質のモデル物質として用いるニトロベンゼンに関し、レーザーを用いた新たな衝撃圧縮技術を利用する上で必要となる衝撃圧縮曲線を、一般的な衝撃圧縮手法である爆薬を用いた平面衝撃波発生装置を利用して測定した結果について論じている。ニトロベンゼンの衝撃圧縮曲線は、15 GPa 以上の衝撃圧縮下でニトロベンゼンの状態が変化することを示しており、爆轟特性値計算により予測される爆轟生成物の衝撃圧縮曲線とよく一致することから、この範囲で爆轟反応が起こる可能性を示している。

第3章では、ダイヤモンド・アンビル・セルを用いたニトロベンゼンの静的圧縮実験を行い、その結果得られた固相の等温圧縮曲線と衝撃圧縮曲線の比較から、静的圧縮下と衝撃圧縮下では状態が異なり、ニトロベンゼンは衝撃圧縮下では液相である可能性を示している。また、ニトロベンゼンは静的圧縮により 5–7 GPa 以上で重合反応を起こすことを示している。

第4章は、パルスレーザーの集光により発生する飛翔体の加速履歴を、光学的速度干渉計 VISAR (Velocity Interferometer System for Any Reflector) を用いた速度測定実験と一次元流体力学シミュレーションにより検討し、レーザー衝撃波の発生技術について論じている。レーザーのパルス巾と用いる金属箔の厚さにより、飛翔体の加速過程に差異が現れることを示しており、Nd:YAG レーザー (波長 1064nm, パルス巾 10ns, 出力 <400mJ) を厚さ 25 μ m のアルミニウム箔に集光した場合、温度上昇の少ないならかな加速が得られることから、飛翔体が駆動板である金属箔に衝突した際に発生する衝撃波を利用する飛翔体加速法に有効であることを示している。また、同レーザーを厚さ 50 および 100 μ m のアルミニウム箔に集光した場合、箔内部で衝撃波が形成されることから、金属箔内部に発生する衝撃波を直接試料に導入する直接法として有効であることを示している。

第5章は、第4章で検討したレーザー衝撃波により、エネルギー物質の衝撃圧縮下の状態を測定する手法の開発について述べている。VISAR に空間分解能を持たせた線上集

光 ORVIS (Optically Recording Velocity Interferometer System) を用いることにより、数%の精度で粒子速度の測定を可能にしている。駆動板の自由表面速度と駆動板と試料の界面の速度を同時に測定することによって、ニトロベンゼンの衝撃圧縮時の状態点を測定し、それが第2章で得た衝撃圧縮曲線と一致することを確認している。その結果、この装置により、エネルギー物質についてレーザーを用いて衝撃圧縮した際の圧縮状態を知ることができることを示している。

第6章では、レーザー衝撃圧縮下の試料に対し、ラマン分光測定を行う装置の開発について論じている。Nd:YAG レーザーのパルスを手鏡により分割し、一つを基本波のまま衝撃波の発生に、他を第二高調波としてラマン分光のプロブ光に用いている。この方法では光路差によりタイミングを同期するため、精度の良い時間分解を行うことが可能となっている。第5章で開発した線集光 ORVIS および流体力学シミュレーションにより試料の圧縮状態を把握し、衝撃圧縮下のラマンスペクトルを取得している。また、分解能をさらにあげることにより、衝撃圧縮された試料の分子状態の詳細を把握することが可能となることを示している。このレーザー衝撃波を利用したシステムは、同一条件の衝撃圧縮を容易に行うことができ、これまで取得の困難であったエネルギー物質の衝撃圧縮下での反応時のスペクトルも積算により取得可能であり、衝撃起爆反応の解明に大きく貢献する可能性があることを示している。

第7章は総括であり、本論文の研究の成果をまとめている。

以上要するに、本論文はエネルギー物質の高圧高温下での反応挙動を分子レベルで研究するためのレーザー衝撃波を用いた手法を確立したもので、エネルギー物質化学ならびに化学システム工学の発展に貢献するところが少なくない。

よって、本論文は博士(工学)の学位請求論文として合格と認められる。