

(第 6 号様式)

## 学位論文審査の結果の要旨

氏 名	丹下 和樹			
審査委員	主 査	野村 信福		
	副 査	豊田 洋通		
	副 査	向笠 忍		
	副 査	中原 真也		

論 文 名

Organic Matter Decomposition by In-liquid Plasma

審査結果の要旨

本研究は、ナノ材料合成や表面改質、殺菌などに応用されている液中プラズマ技術をバイオマスや廃溶剤の分解に適用し、分解効率や生成される副生物の観点からその有用性を詳細に検討した結果をまとめたものである。マテリアル利用がほとんどされていない林地残材の主成分であるセルロースとリグニン、有機溶剤として利用されることの多いアセトン分解対象としている。プラズマの発光分光とプラズマ温度の計算結果を考慮し、反応速度論のデータベースを参照することで分解のメカニズムを考察している。

本論文は以下の 6 章から構成されている。

第 1 章は序論であり、液中プラズマの特性とその応用に関する研究について概説している。また、世界の資源需要と地球の再生能力から、バイオマスや廃溶剤をエネルギー資源として利用することの必要性を述べている。

第 2 章では、液中プラズマを用いたセルロース分解による水素生成について述べている。液中にセルロースを分散させた溶液にプラズマを発生させることで、生成される気体の種類と生成速度の結果をまとめている。溶液を電解質にすることで気体の生成速度が上昇することが判明し、気体に含まれる炭素原子の数も増加したことから、セルロースの分解が効率よく進んだことが示唆されている。

第 3 章では、セルロース分解について電解質濃度による影響を調べ、プラズマのサイズや温度と気体生成速度の関係についてまとめている。純水と電解質溶液をそれぞれセルロースの分散液として使用した結果、プラズマの温度は電解質濃度に依存することはなかったが、プラズマのサイズが電解質濃度によって増加することが判明し、気体生成速度の増加のメカニズムを示している。また、プラズマ照射後の過酸化水素濃度の測定を行うことで、OH ラジカルがセルロース分解反応に寄与していることを考察している。実験後の溶液を GCMS で分析したところ有機物は検出されず、セルロースが熱分解、ラジカル反応により無機ガスまで分解が進んでいることを明らかにしている。

第 4 章では、リグニンをメタノールに溶解させた溶液を液中プラズマで分解することで、合成ガスの生成と同時に芳香族炭化水素の生成を試みている。この結果、主成分が水素と一酸化炭素

である気体とベンゼンやトルエンなどの芳香族炭化水素の生成に成功した。溶液中のリグニン濃度によって芳香族炭化水素の生成速度は増加するが、水素や一酸化炭素の生成速度は減少することが見いだされた。分解しきれなかったリグニンが電極の付着物として確認されたことから、これが放電を妨害していることが明らかにしている。また、メタノールとベンゼンの混合溶液をプラズマで分解し、リグニン溶液での結果と比較することで、トルエンとフェノールの生成経路を明らかにしている。

第5章では、廃溶剤のモデルとしたアセトンを経中プラズマで分解することで、合成ガスの生成とカーボン材料の同時生成を試みている。生成されたガスの成分は水素、一酸化炭素が約70%、炭化水素系のガスが約30%であった。二酸化炭素の生成割合は最大で0.25%であり、従来の燃焼法での処理に比べ低い値となっている。無機ガス以外に蒸発したアセトンを含む9種類の有機物が排出された。これらの物質は人体や環境にとって悪影響を与えるものが含まれており、回収方法の必要性についても述べられている。プラズマ分解により電極先端部から縦に伸びる棒状の固体と溶液中に分散される粉末状の固体が生成された。元素分析、ラマン分光測定により、物性が異なる炭素物質であることを明らかにしている。液中プラズマの急激な温度勾配と黒鉛化が進む温度によって、それぞれの炭素生成メカニズムを明らかにしている。炭素材料としての活用が可能であり、今後の発展が見込まれている。放電電力を増加させることで、電極先端から生成される気泡が安定し電子密度が増加することから、アセトン分解のエネルギー効率が増加することを明らかにしている。また、プラズマの発光分光の結果をもとに反応速度論のデータベースを参照することで分解のメカニズムを考察している。

最後に第6章の結論では、本研究で得られた結果と知見をまとめ、実用化にあたっての課題と今後の研究の展望について論じている。

本論文の成果は、これまで、液中プラズマ技術をバイオマスや廃溶剤の分解に適用し、複雑なプラズマ反応場内での化学プロセス分解の基本メカニズムを明らかにした。本成果は今後の液中プラズマの実証実験へ展開において、有用な知見を提供している。

以上の結果により、審査員全員一致して本学学位論文が博士（工学）を授与するに値する論文であると評価した。