

## Detailed chemical kinetic modeling study on gas phase partial oxidation and steam reforming of species released during biomass pyrolysis

ティムトン, ナルモン

<https://doi.org/10.15017/1544007>

---

出版情報：九州大学, 2015, 博士（工学）, 課程博士  
バージョン：  
権利関係：全文ファイル公表済

氏 名 : Narumon Thimthong

論文題名 : Detailed chemical kinetic modeling study on gas phase partial oxidation and steam reforming of species released during biomass pyrolysis  
(バイオマス熱分解生成物の気相部分酸化および水蒸気改質の詳細化学反応速度モデリングに関する研究)

区 分 : 甲

## 論 文 内 容 の 要 旨

化石燃料使用に伴う、エネルギー枯渇や地球温暖化をはじめとする環境問題に対する関心が高まっており、持続可能な社会に向けた再生可能エネルギーの活用が求められている。バイオマスは、太陽エネルギーを蓄積した、古来より最も人類に使用されてきた再生可能エネルギーである。バイオマスは、世界のエネルギー需要の 10- 14% を賄うポテンシャルを持っており、その活用は環境的・経済的に有益である。熱化学的転換である熱分解およびガス化は、バイオマスを燃料や化成品原料に転換可能であり、持続可能な社会の構築に大きな役割を果たすことが期待されている。

バイオマス熱化学的転換の生成物は、主要成分である合成ガス、軽質炭化水素ガス、そして微量成分である硫化水素、塩化水素、タールおよび微粒子のススで構成されている。ここで、タールは微量ながらガス化装置に問題を起こす成分であり、効率的かつ連続的なプロセス運用の妨げとなるため、その生成抑制および除去が求められる。無触媒の部分酸化・水蒸気改質は、タールや硫黄・塩素含有成分による活性低下なしにタールを効果的に除去可能である。しかしながらバイオマス熱分解ガスの無触媒改質はほぼ無数の化学反応が関与する非常に複雑なプロセスであり、その理解は実験による解析のみでは非常に困難である。このような複雑なプロセスの特性を理解するには速度論に基づく数値解析の援用が効果的であり、プロセス条件最適化や反応器のスケールアップなどの検討に有用なツールの開発が求められている。

そこで本研究では、複雑な化学反応機構が関わるバイオマス熱化学的転換プロセスの反応器内現象に適用可能な数値解析手法の確立を目的に、リグノセルロース系バイオマスの熱分解および熱分解ガス改質のプロセスを数値的・実験的に解析した。スギの部分酸化改質実験を実施し、実験結果を再現可能な数値解析手法を構築した。そし

て、その解析手法を水蒸気改質にも適用できるように拡張し、さらにはスギ以外のバイオマス種への適用可能性も確認した。本論文はこれらの結果をまとめたものであり、全六章から構成される。

第一章の緒論では、既往の研究や高効率なバイオマスの熱化学的転換に向けて克服すべき課題について述べ、本研究の位置づけと意義を明らかにした。

第二章では、リグノセルロース系バイオマスの一つであるスギに由来する熱分解生成ガスの、700°Cおよび800°Cにおける迅速熱分解ガスの部分酸化改質について数値的・実験的に検討した。熱分解部と改質部の二段階で構成された反応器を用いた部分酸化改質実験を実施し、その結果を500以上の化学種および8000以上の素反応から構成される詳細化学反応モデルに基づき数値模擬した。数値模擬の境界条件である熱分解ガスの初期組成は、別途実施された熱分解実験により求めた。熱分解ガスの初期組成のうち検出できなかった未定義成分については、改質ガス主要成分の収率における実験結果と詳細化学反応モデルに基づく計算結果との差異に基づき総括反応を決定し、その転換を考慮した。詳細化学反応モデルおよび総括反応モデルをプラグ流反応器モデルと連成する手法により、温度およびバイオマス供給量に対する酸素供給量の比が改質特性に及ぼす影響を、主要成分のみならずタールの前駆体となる微量な芳香族化合物についても再現できた。

第三章では、750°Cの熱分解炉と900°Cの改質炉との二つを備える反応装置を用いたスギチップ熱分解ガスの水蒸気改質および部分酸化改質の実験を数値解析した。第二章で構築した、詳細化学反応モデルおよび未定義成分の転換を考慮する総括反応モデルをプラグ流モデルと連成した手法に、さらにススの水蒸気改質反応モデルを追加することにより、水蒸気改質に適用することができた。本手法により、改質剤である水蒸気および酸素の添加量が、改質ガス主要成分である水素、一酸化炭素の生成傾向および、タールの残存率へ及ぼす影響を再現できた。

第四章では、第三章までに構築した熱分解ガス改質特性予測手法の、スギ以外のバイオマス種への適用可能性を調査するために、空果房（EFB）およびサトウキビ絞りかすであるバガスの熱分解ガス部分酸化改質実験の数値解析を実施した。計算結果は、チューニングパラメータなしに650°Cの熱分解部分および700/800/900°Cの改質部分に分けられた反応器を用いた実験結果を再現しており、本研究の解析手法がスギ以外のバイオマス種へも適用可能なことが確認された。

第五章では、本論文を総括した。