

バイオマスの流動層ガス化反応におけるガス化剤酸素濃度の影響

環境システムコース エネルギー環境学分野

46740 歌田祐樹

1. 緒言

バイオマスは、再生可能であり、カーボンニュートラル、さらに、その他の自然エネルギーと比較して安定供給が可能であるというメリットを有し、欧米では活発に導入利用されている。日本においても、法的に位置付けられ、積極利用を図ることが明確化された。

バイオマス資源からエネルギーへの変換プロセスについては、原料の特性に応じて多種多様な選択肢がある。その中でも、ガス化は実用化に近い有望なプロセスであり、エネルギー生産や化学原料の確保、さらにはリサイクル社会の実現に大きな役割を果たすことができる技術として期待されている。固定床炉および流動床炉の場合、固体燃料の滞留時間が十分確保できガス化反応時間を長くとれるといったメリットがあるが、ガス化温度が低いためタールが発生する。さらに、灰が溶融固化されないために灰の処理が必要となる。一方、噴流床の場合は、ガス化温度を上げることでタルの排出は抑制できるが、固体燃料を微粉碎する手間がかかるため、バイオマスのガス化には不向きである。そのため、近年の木質バイオマスにおけるガス化炉の開発例では流動床方式が多い²⁾。本研究でも、流動床反応炉を用いて実験を行う。

2. 目的

2-1 実験装置

実験データは独立法人産業技術総合研究所エネルギー利用研究部門クリーン燃料研究グループで行われている実験に参加し、得た。実験装置の概略図を Fig.1 に示す。

2-2 実験条件

以下に実験条件を示す。

試料：一般的な木質バイオマスであるスギを試料として用いた。試料サイズは微粉（直径 50 μm 以下）とし、投入量は約 0.5g とした。

反応時間：1, 2, 5, 10, 20, 50 秒

反応雰囲気：窒素+空気

炉内温度：800

炉内圧力：常圧

分析法：GC(TCD、FID)及び GS/MS

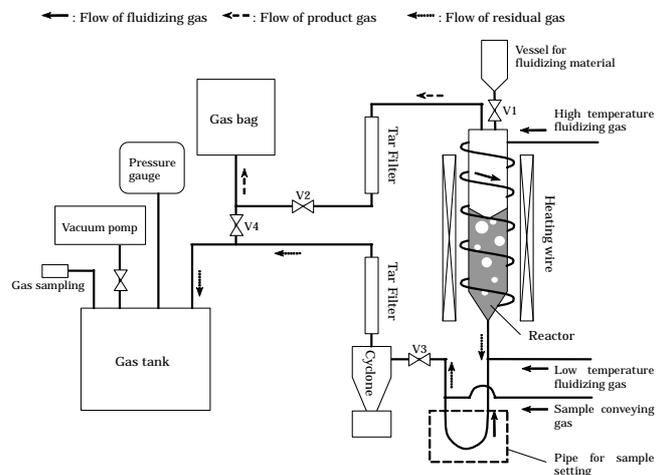


Fig.1 瞬間反応停止型流動層熱分解試験装置

2-3 実験手順

反応開始前：反応管を反応温度に加熱

し、流動媒体を窒素により流動させ、ガスは系外に排出する。生成ガス瞬時回収用の貯槽は真空にしておく。試料を反応管下部に位置する試料管内に静置し、室温に保持する。

反応開始：試料送入用の加圧ガスをバルブの解放により試料管に送り、試料を瞬時に反応管に導入する。反応中の生成ガスはガスバッグに導き、液状生成物はフィルターで捕捉する。

反応停止：所定の反応時間経過後ガスバッグへの気体の導入を停止すると同時に反応管底部から生成ガスを流動媒体と共に貯槽に向けて吸引する。固体(生成物、流動媒体)はサイクロンで、液状生成物はフィルターで分離する。

2-4 実験の特徴

本実験装置は、流動層場での反応時間を任意に設定できる。同じ試料についてさまざまな反応時間の実験を行うことにより、時間を追った反応挙動を考察する。

3. 実験結果図

以下に実験結果図を示す。

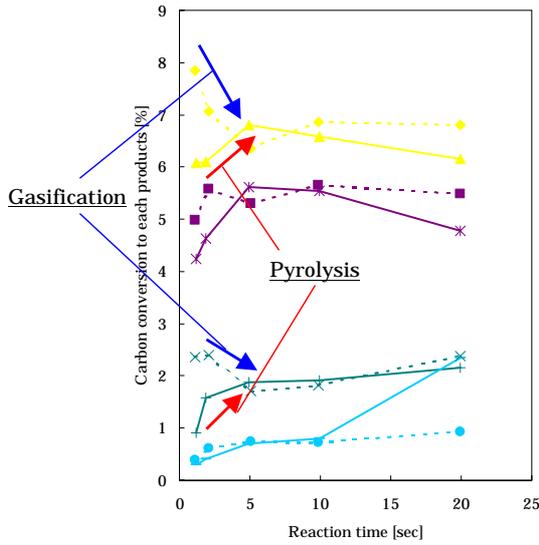


Fig.2 Carbon conversion to C₁ ~ C₄ hydro carbon

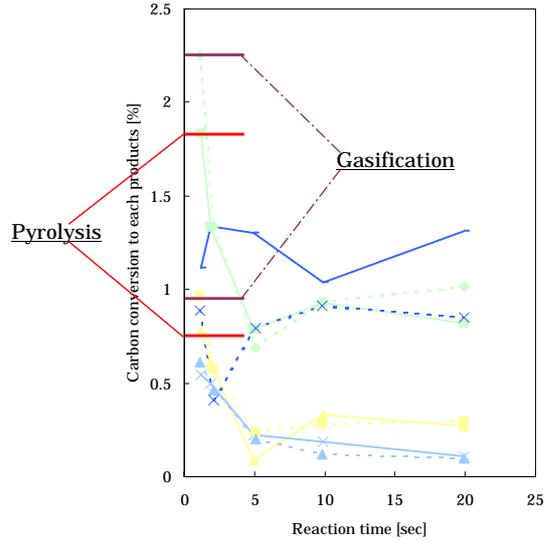


Fig.3 Carbon conversion to BTX

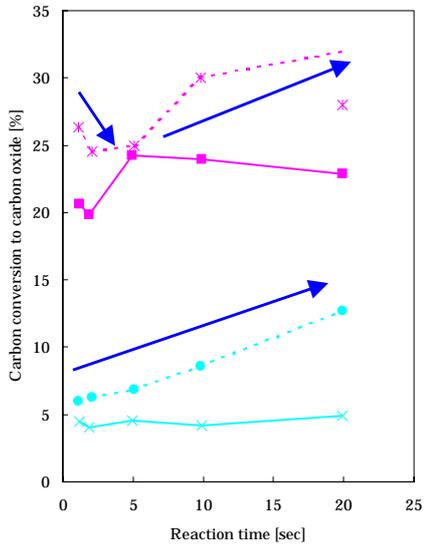


Fig.4 Carbon conversion to carbon oxide

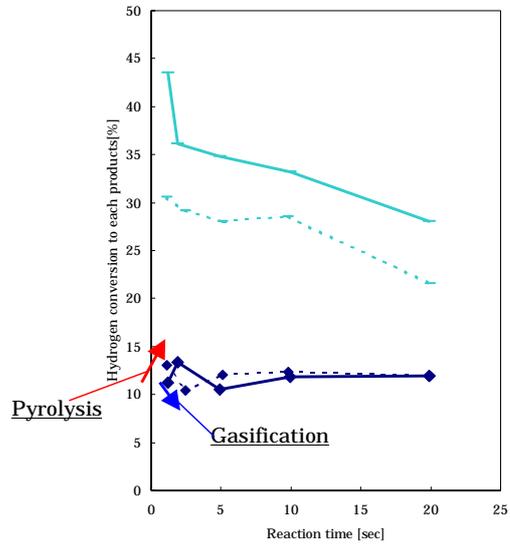


Fig.5 Hydrogen conversion to H₂ and H₂O

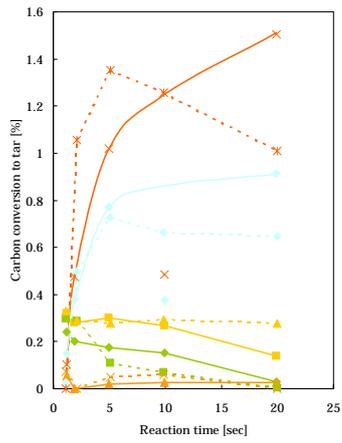


Fig.6 Carbon conversion to tar

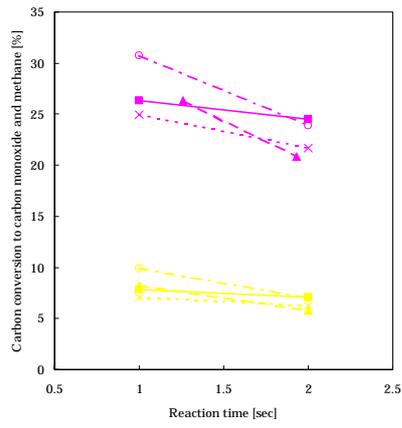


Fig.7 Carbon conversion to carbon monoxide and methane

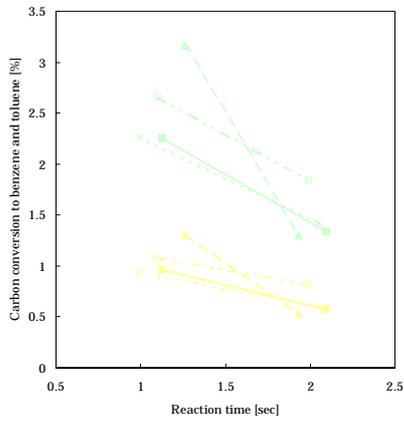


Fig.8 Carbon conversion to benzene and toluene

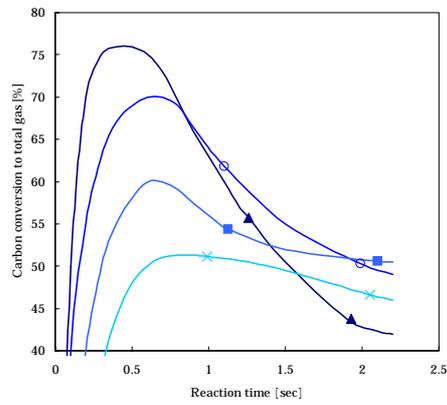


Fig.9 Carbon conversion to total gas and estimation previous to 1 sec

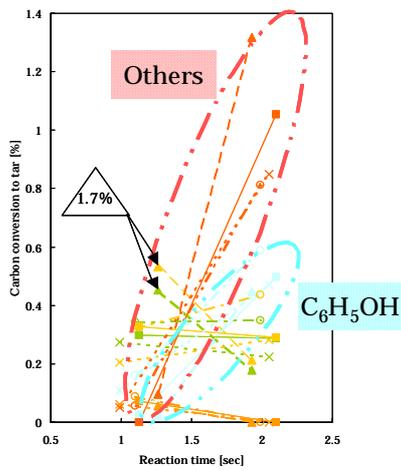


Fig.10 Carbon conversion to tar

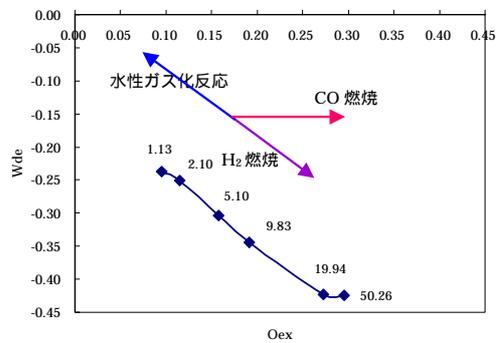


Fig 11 Wde/ Oex

4.結論

(1) 熱分解反応とガス化反応の相違

5秒より短い時間において、熱分解反応による生成物(メタン・プロピレン・一酸化炭素・水素)は増加の傾向を示すのに対して、ガス化反応による生成物(熱分解に同じ)は減少の傾向を示すことが確認された。これより、メタン・プロピレン・一酸化炭素・水素はガス化剤の影響が顕著であることが示唆された。(Fig.2,3,4,5)

(2) ガス化剤の濃度によるガス生成過程の推定

ガス化剤の濃度を酸素比 1.7%, 1.3%, 0.8%, 0.6%に設定し、行った実験において、ガス化剤の濃度が高いほど1秒から2秒への炭素転換率の傾きが大きいという傾向が得られた。これより、一酸化炭素・メタン・ベンゼン・トルエンおよび全てのガスの合計に関して、1秒以前のガス生成を推定した。ガス化剤の濃度が高いほど1秒以前のピークは高く、より早い時間に現れると推測された。ガス化剤の濃度が高いほど供給された原料の分解が急速であり、この点を考慮して原料滞留時間を設定する必要がある。(Fig.7, 8,9)

(3) タールの生成速度

フェノールとその他のタールは、ナフタレンやインデンに比べて生成速度が遅いことが実験において示された。スギはリグニン含有量が比較的多く、リグニンは高分子のフェノール性化合物であり、難分解性である。フェノールとその他のタールは、リグニン由来の生成物と考えられ、800 という高温場においてもリグニンの分解には時間を要することがフェノール・その他のタールとナフタレン・インデンの生成速度の差の原因の一つだと示唆された。(Fig.6, 10)

(4) ガス化過程の解析計算

ガス化過程の解析計算を行った結果、水素燃焼、一酸化炭素燃焼に反応が進行していることが示唆された。これは、商業価値の高いガスである水素・一酸化炭素が燃焼により水蒸気・二酸化炭素になってしまうことを意味しており、揮発分が多いバイオマスでは原料滞留時間は非常に短く設定しなければならない。(Fig.11)

木原正樹「流動層熱分解・ガス化におけるプラスチックの混合影響におけに関する研究」
藤原啓「流動層ガス化における初期熱分解反応の検討」
楠哲「廃棄物熱分解・ガス化に関するシミュレーション」