

第 3 部門 A の研究活動に関する報告

(平成 22 年度)

研究課題名：マイクロ波加熱による未利用廃棄物の炭化プロセスの開発

行本正雄，上野 薫

Keywords：間伐材の有効利用，マイクロ波，炭化，燃料

1. 研究目的

最近，バイオマス利用として，未利用廃棄物（間伐材，廃プラ等）の有効利用を可能とするマイクロ波利用による高効率な炭化システムを開発し，代替コークス燃料，活性炭（土壌改良材）を製造することが注目されている．

一方，マイクロ波は 2003 年にネーチャー誌で「21 世紀のブンゼンバーナー」と紹介されて以来，新しい加熱法として注目されている．しかしながら高価な電気エネルギーをマイクロ波にいったん転換した後に熱エネルギーとして利用するために経済性が低く，ごく少数の事例を除いて実際の工業プロセスとしては実用化されていない．

本研究では，間伐材の発生調査・現材の収集および収集材のチップ化・炭化とその利用用途開発に関して調査し，マイクロ波加熱を用いた間伐材の炭化実験を行う．

2. 研究計画と分担

行本正雄（機械工学科）：間伐材の切り出し，サンプル収集，チップ化，マイクロ波加熱による炭化実験，マイクロ波加熱技術調査，総括

上野 薫（環境生物科学科）：間伐材の収集，チップと炭の評価，地域との協働体制の確立・システム設計

3. 調査結果 1 地域との協働体制の確立

3. 1 森の健康診断への参加

岐阜県恵那市の夕立山を源流とした流域周辺では，2005 年より“土岐川・庄内川源流 森の健康診断”が毎年 1 回官・学・民協働で実施されている人工林の現状把握のためのボランティア活動である．人工林の植生状況や洪水抑制機能を調査し，源流域の人工林の現状を多点的に把握し，人工林の管理促進対策へと繋げるための基礎情報の収集と公表を行っている．

本研究では、中部大学研修センターが位置する本地域で問題になっている間伐材を材料として、これを有効利用する技術開発が課題となっている。初年度である本年度は、対象地域における間伐材提供者に本意義を提示し、森の健康診断の次なる方向性としての本基礎研究を開始するための材料調達を最大の課題とした。

そのため、本学工学部行本研究室の4年生1名は、2010年度の森の健康診断プログラムに座学および当日調査の全過程について参加し、現地における人工林の問題を直接ヒアリングおよび調査による現場の状況を把握した上で、間伐材調達の現場選定に至った。

3.2 間伐材の収集作業

研究材料である間伐材は、森の健康診断の実行委員でもある地元の間伐ボランティアグループの協力の下、2010年9月に工学部行本研究室4年生1名および応用生物学部上野研究室4年生2名および教員2名の参加のもと、実際に現地山林より切り出した。対象種はヒノキであり、切り出した間伐材は、現場にて50cmの丸太に切り分け、チップ化のために皮を剥ぎ、実験室内日陰にてゆっくり乾燥させた。この丸太のチップ化は、企業に現在委託中であり、このチップ化作業に時間を要しているが、1月末には納品予定である。



図1 実験材料の切り出し作業

本年度の分担課題としては、この間伐材チップを材料としてマイクロ波により炭化した試料と、炭化前の試料の物性を把握することとなっているが、上記理由より、本稿作成時点ではまだ実施できていない。チップが届き次第、実験を行い、来年度の水質浄化機能等の炭化物利用のための基礎データを得たい。

3.3 恵那地元での会議・交流

間伐材を実際に切り出す過程で協力いただいた森の健康診断実行委員と、恵那地域における間伐材の利用促進につなげるための課題について意見交換を行う機会を得た。現場で間伐が進まない理由には様々あるが、間伐材の価値が労力と釣り合わない点が最も大きい要因である。本研究の主旨の一つも、間伐材の価値や利用度を高める技術に繋げることにあることを伝えたところ、可能性は広く考えたいとのことであった。本研究の展開のため、今後も地元との情報交換の機会を随時設けていく予定である。

4. 調査結果2 マイクロ波加熱技術

4.1 マイクロ波の原理と効果

物質の加熱には、電気ヒータ、ガスの炎、蒸気、熱風などの熱源から放射された遠赤外線を含む赤外線を対流、伝導、放射によって熱移動させて物質の外表面から加熱する方法が最も利用されており、物質はそれ自身の熱伝導及び対流（液体・気体の場合）によって内部まで温度上昇する、外部加熱方式が一般的である。マイクロ波加熱は、誘電加熱の原理により被加熱物自身(誘電体)が発熱体となる内部加熱方式である。この加熱原理は、マイクロ波の電界の中では、被加熱物を構成している分子（永久双極子）が電波（電界）の力を受け、電氣的に中性状態であった永久双極子を変位、分極させ、その周波数に応じ激しく振動させる。この時、各分子間で摩擦熱が発生し誘電体全体が発熱し、昇温する。

4.2 木材の炭化技術への応用

活性炭は石炭などの炭化物を水蒸気や炭酸ガスの部分酸化反応により、nmクラスの小さい細孔が無数に生成したものである。この細孔生成の反応を賦活と呼んでおり、賦活反応は非常に高温の反応であ

りかつ吸熱反応であることから、大量の熱を必要とする。また、細孔の形成につながる均一な反応の進行に留意し細孔の形成につながらない無駄な炭素のガス化は避けなければならない。この反応を左右する温度、賦活ガス濃度、賦活時間などの製造条件の緻密な制御が必要であるので、従来の外部加熱方法は必ずしも最善の方法ではなかった。

これに対しマイクロ波加熱による炭化・賦活反応は系全体が反応温度まで一気に昇温することによって伝熱過程で生ずる目的温度外での副反応を阻止できる可能性がある。発生した揮発物は内部より圧力の低い低温導管を通過して外部に出るため、高次分解は抑制される。また、炭化物の細孔は木タールなどの揮発物との接触が少ないことから汚染のないクリーンな状態と推定できる。

5. 実験結果

市販の電子レンジを用いて予備実験を行った。前述した恵那里山から切り出した間伐材の一部を 3cm 角材にし、マイクロ波を照射した。200℃以上の温度から摩擦熱の他に熱分解による発熱反応が発生し、この反応熱が断熱状態で加わるため 300℃近辺から水蒸気や白煙が噴出した。完全に白煙の発生が終了した時点で、試料を回収し、その断面を走査型電子顕微鏡で観察した。図 2 は 1000 倍で観察した結果、20 ミクロン程度の細孔が観察され、副反応による閉鎖も観察されなかった。

マイクロ波加熱による炭化・賦活反応は一気に昇温することにより、伝熱過程での目的温度外での副反応が阻止できる。この結果は木材からの高性能活性炭製造ばかりでなく、VOC や不純物で汚染された活性炭再生にも適していることを示唆している。

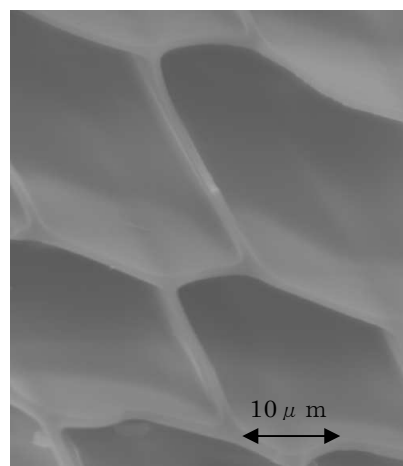


図 2 マイクロ波加熱による炭化

6. 今後の予定

今年度は以下の研究課題を残しており、2ヶ月で完了したい。

- ①マイクロ波加熱による炭化実験と炭の評価（継続中）
- ②システム設計（地域での収集、運搬、前処理、製品化）

さらに、来年度には、

- ①キルン式マイクロ波炉の設計、実用化検討及び間伐材でのオンサイト実験（マイクロ波照射と炭化物収率、伝熱モデル計算、エネルギー収支）
- ②土壌改良材、生体適合・医療品などの環境適合製品の検討
- ③地域モデル事業への展開（農水省バイオマスタウン、経産省地域コンソ事業など）を計画している。

参考文献

初歩から学ぶマイクロ波応用技術，工業調査会，p137～145
廃棄物の炭化処理と有効技術，NTS 出版，p281～296