

熱処理による木材の用途開発

—環境調和型資材への変換—

本 間 千 晶

キーワード：熱処理、イオン交換、触媒、液化、吸着

はじめに

未利用木材、工場廃木材の高付加価値化と同時に、環境への負荷低減を目指した技術として注目すべきものに熱処理があります。木材は熱処理条件を制御することで、吸着性能を向上させたり、水をはじくような性質を付与することが出来ます。このような性質を利用することで、いろいろな用途が期待できます。一般には燃料木炭としての用途が良く知られているかもしれませんが、それ以外に土壌改良材、電磁波遮蔽材、油吸着材等多くの用途が提案されています。

一方近年、VOC規制、資源リサイクル法の施行、CO₂排出削減など環境への負荷低減を求める機運が高まっています。5～10年前とくらべ状況は一変し、製品開発に際しユーザーの健康、廃棄時の処理、リサイクル等への配慮がより重要視されています。“熱”を利用した木材の処理技術は、化学薬品を使用せずに有用な性質を付与でき、炭素の固定に役立つ上、付与される性質についても環境への負荷低減という方向に沿った木質材化学加工技術といえます。

ただ高い温度で長時間処理するのでは、エネルギー消費量も多くなりますし、製造装置の材質、仕様も単純ではなくなります。ここでは300℃付近という木炭製造条件より数百℃低い温度領域、また2～3時間程度という短時間の熱処理による木材の諸性質の変化とその環境浄化への利用（アンモニア吸着材料、イオン交換材料、触媒）、液化する性質を利用した生分解性材料への変換の試みについて紹介します。

アンモニア吸着材料

アンモニアは主に人やペットのトイレ、生ゴミ処理機、畜舎から生じる悪臭の主要成分で、工場等で排出する場合には規制対象となる物質です。そのため、アンモニアを除去する様々な吸着剤が市販されています。

木材を熱処理して吸着剤にする技術は、木炭の利用

技術としても知られています。木炭には吸着のほか電磁波遮蔽、導電性等の性質も知られていますが、これらの性質は全ての木炭に備わっているものではなく、それぞれ異なる熱処理条件で付与されます。すなわち処理温度、時間、雰囲気^{しやへい}の精密な制御が、熱処理による木質新素材開発の鍵となります。

これまでに木材を様々な条件で熱処理し、処理後の化学的性質、物理的性質等を調べました。その結果、空気雰囲気下300℃付近の温度域で熱処理することにより、木炭で見られたような小さな孔は見られなかったものの、多量の活性官能基（カルボキシル基、ラク톤等）が生成することがわかりました¹⁾。小さな孔は無くても多量の活性官能基を持つ材料では、化学的な性質で吸着剤としての性能を発揮します。そこで各種のガスに対する吸着性能評価を行った結果、アンモニアやアミン等に対し活性炭を上回る高い吸着性能が認められました。

図1にアンモニア吸着試験結果の一例を示します。アンモニア濃度を約100ppmに調製したガラス容器中に吸

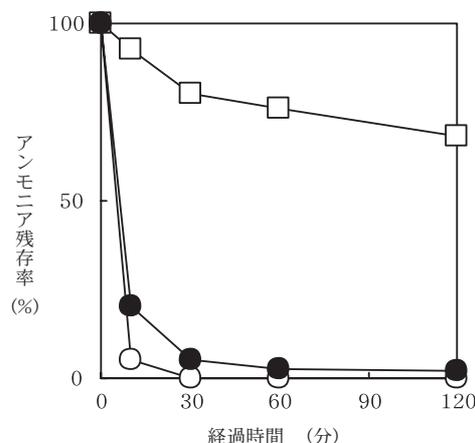


図1 トドマツ材炭化物のアンモニア吸着試験結果
凡例) □: トドマツ材
○: トドマツ材 300℃・空気雰囲気
●: 活性炭

着剤を入れ、アンモニア残存率を経時的に測定しました。その結果、原料として用いた木材（トドマツ材）にも若干の吸着効果がみられ、対照として用いた市販活性炭では、試験開始30分の残存率が約5.5%で、4時間経過後ようやく約1%となりました。一方、トドマツ材を空気雰囲気下300℃で処理した材料では吸着性能が劇的に向上し、試験開始30分でアンモニア残存率は1%以下となりました。

イオン交換材料

アンモニア吸着材料の項で、木材を空気雰囲気下300℃付近の温度域で熱処理することにより、多量の活性官能基が生成することを説明しましたが、この性質はアンモニアの吸着だけでなくイオン交換材料としても有用です。イオン交換材料は、水の浄化・精製など工業用等に用いられています。そこでトドマツ材の空気雰囲気下300℃処理材料の酸性官能基量を測定した結果、市販のイオン交換樹脂と同等でした。酸性官能基は金属イオンの吸着に有効で、また脱着処理により吸着した金属イオンをこの材料から引き離すことができ、吸着剤として再利用できることを確認しました^{2, 3)}。したがって、木材の熱処理によってもイオン交換材料を製造しうると考えられます。

現在樹脂製のイオン交換材料等は使用後の廃棄方法が重大な問題となっています。植物由来の材料では、廃棄時の処理がより容易と思われることから、イオン交換樹脂代替材料となりうるものと期待されます。

NOxの低減効果

熱処理木材は吸着材として有害物質を低減させる機能の他に、触媒としての機能も有しています。300℃で処理した木材の触媒としての機能には、イオン交換材料の項で述べた固体酸触媒だけでなく還元能が期待されます。還元能の一例として、木質炭化物が窒素酸化物(NOx)を低減させる性質を持つことが知られています⁴⁾。すなわち有害なNOxが無害なN₂に変換されると言われています。吸着による除去では、いったん吸着したNOxを排出してしまったり、限界に達した場合は吸着剤を廃棄しなければならないという問題を解決できます。これは、環境浄化だけでなくエネルギーや資源の節減にも寄与できます。

そこでトドマツ材を空気雰囲気下300℃で処理した試料のNOx低減効果についての試験を行いました。結果

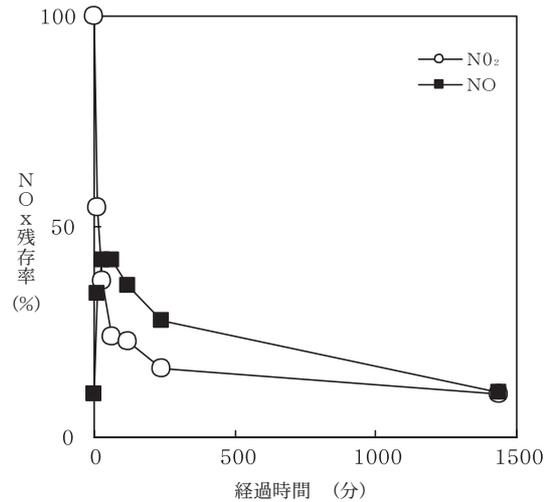


図2 トドマツ材 300℃処理試料のNOx低減効果

を図2に示します。300℃処理材料では、試験開始直後から二酸化窒素濃度が急激に減少すると同時に、一酸化窒素濃度が急激に増大することが観察されました。その後徐々にNOx濃度は減少し、二酸化窒素、一酸化窒素とも残存率約10%程度となりました。

生分解性樹脂材料への変換の試み

上記の機能と共に、空気雰囲気下250～300℃で熱処理した木質材料（写真1）には、所定の化学処理によって液化する性質が認められました^{5, 6)}。これは、熱処理木粉をアミン蒸気存在下で反応させることにより生じるもので、写真2のように黒褐色のペースト状の生成物が得られます。この生成物を水で薄めてろ過した場合ほとんど残さが残らないことから、完全にとけていることも確認されました（図3）。この技術のポイントは、熱処理生成物の化学構造にあります。熱処理した原料は写真1のように黒色で、見た目には燃料として用いる木炭と同じように見えます。液化原料とするためにはどのような性質であるべきか、またそのような性質を付与するためにどのような条件で熱処理すればよいか、ということが重要になります。

木材から直接液化する場合には、一般に酸触媒と液化溶媒、100～200℃程度での加熱が必要になります。この技術では40℃という室温に近い温度で、かつ気相で処理できることが特徴です。液化機構の詳細については現在検討中ですが、得られた液化物は、所定の薬剤との反応により樹脂化する事が可能です。また、その樹脂化成型物が生分解性を有することも示されました。したがって、今後生分解性樹脂原料等としての利



写真1 トドマツ材 275℃処理物



写真2 トドマツ材 275℃処理物液化処理後

用が期待されます。

おわりに

以上のように、木材の空気雰囲気下、300℃付近という比較的低い温度領域、短時間での熱処理により、アンモニア吸着材料、触媒やイオン交換材料といった工業材料として高い性能を持つ材料を薬品等を用いずに製造できることがわかりました。また、薬剤処理は必要となりますが、上記熱処理材料の液化、樹脂化も可能であることがわかりました。

木材の熱処理技術は、今後リサイクル、リユース技術への一層の展開が期待されますが、より低い温度領域での処理技術を開発することで、装置等コスト削減と同時にエネルギー節約にも寄与すると考えられます。

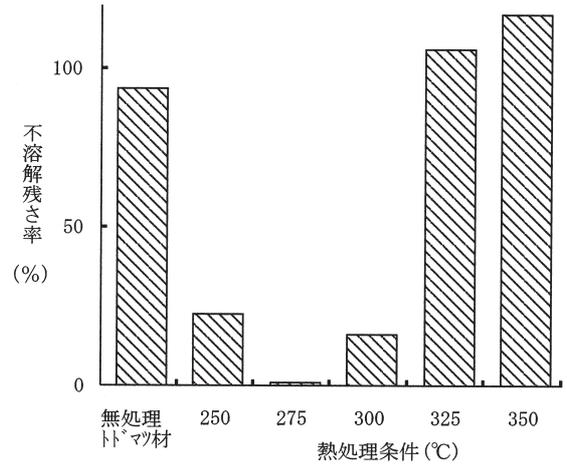


図3 液化処理試料（トドマツ材熱処理物由来）の不溶解残さ率と熱処理条件との関係

参考資料

- 1) 本間千晶, 佐野弥栄子, 窪田実, 梅原勝雄, 駒澤克己: 木材学会誌, **46**(4), 348-354(2000).
- 2) 本間千晶, 窪田実, 梅原勝雄, 佐野弥栄子: 特許第3138749号.
- 3) 本間千晶, 佐野弥栄子, 梅原勝雄, 長谷川祐, 藤本英人: 第11回日本MRS学術シンポジウム要旨集, 33(1999).
- 4) 石原茂久: 残廃木材の高温焼成炭と還移金属元素酸化物の複合によるNOx無害化変換材料の開発, 平成8~9年度文部省科学研究費補助金〔基礎研究(A) (I)〕研究成果報告書(1998).
- 5) 本間千晶, 窪田実, 駒澤克己, 佐野弥栄子: 特許第2987769号.
- 6) 本間千晶, 窪田実, 梅原勝雄, 佐野弥栄子: 第48回日本木材学会講演要旨集, 520(1998).

(林産試験場 化学加工科)