

ニセアカシアを原料とした活性炭の物性に関する研究

Properties of activated carbon made from acacia

廣瀬 孝*, 芝田 遼*, 東 真央*

Takashi HIROS*, Ryou SHIBATA*, Mao AZUMA*

石川 璃久*, 柴田 涼*, 山岸 将也*

Riku ISHIKAWA*, Ryou SHIBATA*, Syouya YAMAGISHI*

概要

本稿では、ニセアカシアを原料とし、その成分分析やそれより作製された活性炭物性を評価、複数の収率にて作製したりんご剪定枝活性炭の物性と比較した。その結果、ニセアカシアペレットから炭素化物の過程で、直径は約30%小さくなり、炭素化物から活性炭の過程で約10%小さくなった。また、ペレットから活性炭を比較すると約40%小さくなった。ニセアカシア活性炭の細孔物性は、比表面積が $1053.4\text{ m}^2/\text{g}$ 、マイクロ孔容積が $0.44\text{ cm}^3/\text{g}$ で15.3%のりんご剪定枝活性炭とほぼ同等の値となった。一方メソ孔容積は $0.22\text{ cm}^3/\text{g}$ であり、12.2%よりも高い値を示した。更に、ニセアカシア活性炭は 0.7 nm にピークを有し、13.6%のりんご剪定枝活性炭に近い曲線であることが分かった。一方、メソ孔分布は、りんご剪定枝活性炭の曲線と形状は近かったが、全体的に値は高かった。

キーワード：ニセアカシア、活性炭、成分、かさ密度、比表面積

はじめに

既往の研究において、高速道路の整備時に排出される間伐材を新たな活性炭の原料として用いることを想定し、異なる時期や収集地等の3種類（以下、それぞれをNo.1, No.2, No.3と称す）より活性炭を作製、強熱残分や細孔等の物性を比較検討することで、実用化を想定した再現性を確認した。その結果、直径やかさ密度は、各試料で大きな違いは確認されなかったが、強熱残分は他と比較してNo.3が低い値を示した。また、比表面積、マイクロ孔容積、メソ孔容積はNo.1とNo.2がほぼ同等だったが、No.3は若干小さい値を示した。更に、マイクロ孔分布およびメソ孔分布はNo.1とNo.2がほぼ同等だったが、No.3は異なる分布を示した¹⁾。上記の3種類の間伐材は、ニセアカシアが中心だったが、高速道路の整備時に排出される間伐材として得られた木材を分別なしで用いた。そのため、間伐材全体としての評価は行うことができたものの、ニセアカシア単体

での成分分析や活性炭物性の評価に関しては、行うことができていない。

そこで本稿では、ニセアカシア単体を原料とし、その成分分析やそれより作製された活性炭物性を評価、複数の収率にて作製したりんご剪定枝活性炭の物性と比較した。

実験方法

1.1 試料の作製

2.1.1 ペレットの作製

ペレットの原料として、高速道路の整備時に得られた直径50mm以上のニセアカシア (*Robinia pseudoacacia*) をハンマークラッシャーでチップ化し、ふるいをかけた10mm以下のものを用いた。ペレットは、ペレタイザー（アースエンジニアリング社製、EF-BS-150）を用いて、目標直径を6mmとして作製した。

* 弘前大学教育学部技術教育講座

Department of Technology Education, Faculty of Education, Hirosaki University

2.1.2成分分析

ニセアカシアの成分分析は、サイクロンサンプルミル（静岡製機社製，CSM-S1）を用いて粉末化し，粒度分布測定装置（マイクロトラックベル社製，MT3300）を用いて体積平均径 $186.5\mu\text{m}$ ，加熱乾燥式水分計（A & D社製，MS-70）を用いて含水率2.15%と計測された粉末を出発原料とした。マトリクス多糖： C_1 (mg) の定量は，始めに試料100mgを2Mトリフルオロ酢酸溶液5mLに懸濁し， 121°C で1時間酸加水分解した。放冷後ろ過し，ろ液中の全糖量をフェノール硫酸法で測定した3試料の結果を平均した。結晶性セルロース： C_2 (mg) の定量は，始めにマトリクス多糖加水分解残渣を72% (w/w) 硫酸2mLに懸濁し，常温で3時間処理した。次に3% (w/w) 硫酸となるようイオン交換水を加え， 100°C で2時間酸加水分解後，放冷後吸引ろ過し，液中の全糖量をフェノール硫酸法で測定した3試料の結果を平均した。Klason リグニン： C_3 (mg) の定量は，前記2回の酸加水分解を経て得られた酸不溶性残渣の乾燥質量を定量し，3試料の結果を平均した。各成分の含有率： M_x (%) は，それぞれの含有量： C_x ($C_1\sim C_3$) (g) から以下の(1)式より算出した。

$$M_x = C_x / (C_1 + C_2 + C_3) \times 100 \quad (1)$$

2.1.3活性炭の作製

活性炭の原料として，2.1.1で作製したニセアカシアを原料としたペレットを用いた。炭素化処理は，活性炭製造実験機（MET社製）を用いて，キルン容器にペレット7000gを投入し，そこに室温 20°C で10kPaの窒素ガス100L/minを流通させながら，最高到達温度 850°C ，保持時間0.5時間の条件で行った。賦活処理は，炭素化と同じく活性炭製造実験機（MET社製）を用いて，キルン容器に炭素化物2800gを投入し，そこに室温 20°C で10kPaの窒素ガス150L/minを流通，キルン容器内が 850°C に達した段階で，同じく室温 20°C で水12m L/minを注入，目標収率15%で賦活し，活性炭を作製した。

2.2基本物性の評価

直径はノギスを使用し，任意に選んだ3粒の中央付近を測定，その平均より求めた。かさ密度： B_d (g/cm^3) は，JIS Z 7302²⁾ に準じ，空の測定容器の質量： m_0 (g)，試料を満たした測定容器の質量： m_1 (g)，測定容器の容積： V (cm^3) から以下の式(2)より算出，同試料の3回試験した結果の平均より求めた。

$$B_d = (m_1 - m_0) / V \quad (2)$$

2.3細孔構造の評価

比表面積，細孔容積は，比表面積/細孔分布測定装置（日本ベル社製，BELSORP-mini II）を用いて 250°C ，5時間脱気後に -196°C での窒素吸脱着等温線を測定し，BET法により比表面積： S_N (m^2/g)，BJH法によりMP法によりミクロ孔容積： V_{IN} (cm^3/g) およびミクロ孔分布，メソ孔容積： V_{IN} (cm^3/g) およびメソ孔分布を算出した。併せて，りんご剪定枝を原料とし，収率12.2%，13.6%，15.7%で作製した活性炭とミクロ孔分布およびメソ孔分布を比較した。

結果および考察

3.1 基本物性

図1に各試料の直径を示した。ペレットの直径は6.1mmとほぼ目標直径と同等の値で作製することができた。ペレットから炭素化物の過程で直径は約30%小さくなり，炭素化物から活性炭の過程で約10%小さくなった。また，ペレットから活性炭を比較すると約40%小さくなった。図2に各試料のかさ密度を示した。かさ密度はチップからペレットに加工すると約2.1倍大きくなり，ペレットから炭素化物，活性炭と工程が進むにつれて小さくなり，ペレットから活性炭で約40%小さくなった。

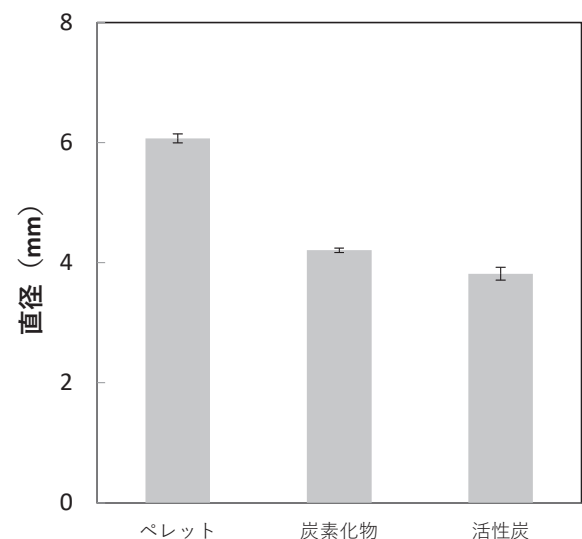


図1 各試料の直径

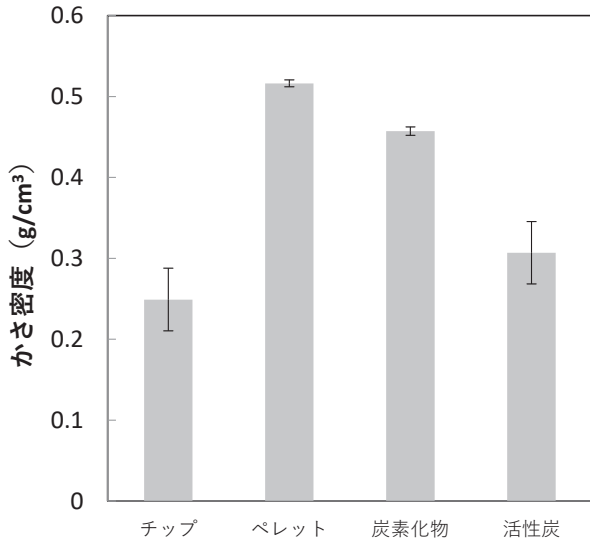


図2 各試料のかさ密度

3.2 細孔物性

図3にニセアカシア活性炭の窒素吸脱着等温線を示した。IUPACの分類³⁾より、図4の曲線は、I型の吸脱着等温線を示した。これはミクロ孔を多数有していることを意味しており、ミクロ孔を主な構成細孔とする活性炭であることが分かった。また、ヒステリシスを示したが、これはメソ孔が存在する³⁾ことを意味しており、メソ孔を有している活性炭であることが分かった。また、ニセアカシア活性炭の細孔物性は、比表面積が1053.4m²/g、ミクロ孔容積が0.44cm³/gで15.3%のりんご剪定枝活性炭とほぼ同等の値となった。一方メソ孔容積は0.22cm³/gであり、12.2%よりも高い値を示した。

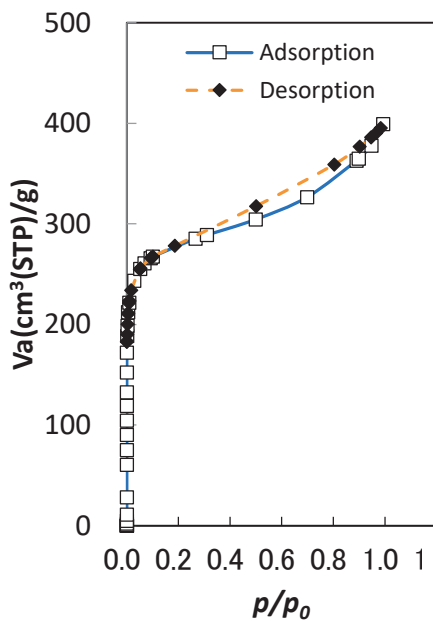


図3 窒素吸脱着等温線

図4、図5に各試料のミクロ孔分布を示した。りんご剪定枝活性炭は、0.6nmにおいて15.7%のピークが大きく、13.6%にかけてピークは0.6nmから0.7nmにシフトし、12.2%と収率が小さくなるに従って、そのピークは大きくなった。一方、ニセアカシア活性炭は0.7nmにピークを有し、13.6%に近い曲線であることが分かった。

図6に各試料のメソ孔分布を示した。りんご剪定枝活性炭微分メソ孔容積は、全体的として、収率が小さくなるに従って大きくなった。一方、ニセアカシア活性炭はりんご剪定枝活性炭の曲線と形状は近かったが、全体的に値は高かった。

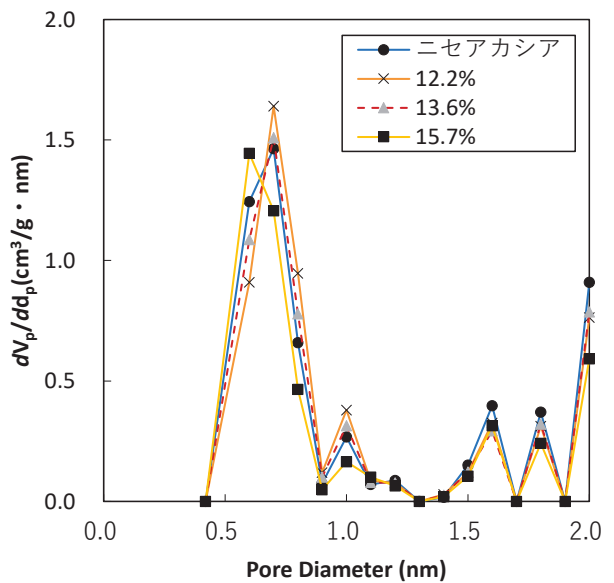


図4 各試料のミクロ孔分布

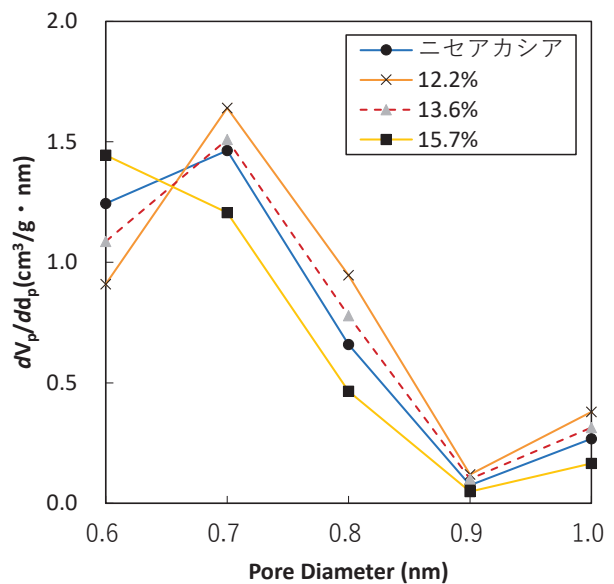


図5 各試料のミクロ孔分布 (0.6~1.0nm)

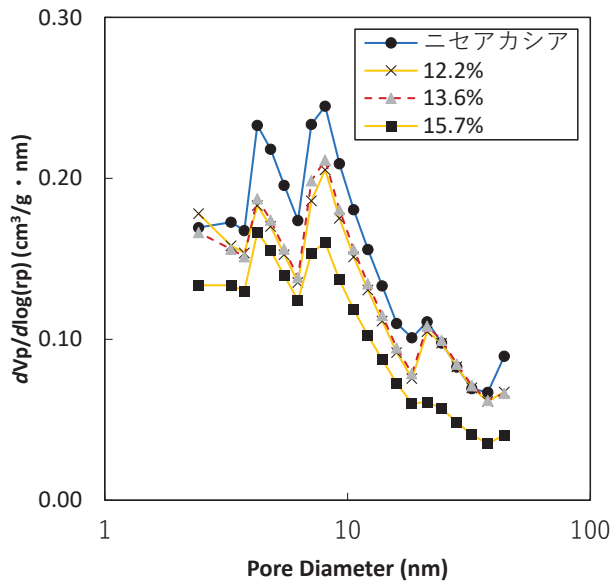


図6 各試料のメソ孔分布

おわりに

本稿では、ニセアカシアを原料とし、その成分分析やそれより作製された活性炭物性を評価、複数の収率にて作製したりんご剪定枝活性炭の物性と比較した。その結果、以下のような知見を得た。

- 1) ニセアカシアペレットから炭素化物の過程で、直径は約30%小さくなり、炭素化物から活性炭の過

程で約10%小さくなった。また、ペレットから活性炭を比較すると約40%小さくなった。

- 2) ニセアカシア活性炭の細孔物性は、比表面積が $1053.4\text{m}^2/\text{g}$ 、ミクロ孔容積が $0.44\text{cm}^3/\text{g}$ で15.3%のりんご剪定枝活性炭とほぼ同等の値となった。一方メソ孔容積は $0.22\text{cm}^3/\text{g}$ であり、12.2%よりも高い値を示した。
- 3) ニセアカシア活性炭は0.7nm にピークを有し、13.6%のりんご剪定枝活性炭に近い曲線であることが分かった。一方、メソ孔分布は、りんご剪定枝活性炭の曲線と形状は近かったが、全体的に値は高かった。

引用文献

- 1) 廣瀬 孝, 高速道路の間伐材を原料としたメソ孔活性炭に関する研究, 弘前大学教育学部紀要, p133-136 (2021)
- 2) JISK1474: 活性炭試験方法. 日本工業規格, 2014
- 3) 吉田弘之: 多孔質吸着材ハンドブック, 初版, フジ・テクノシステム, pp.9-10 (2005)

謝辞

本研究は、令和三年度弘前大学アグリ・ライフ・グリーン分野における地域の特性・資源を活かしたイノベーション創出・人材育成事業の助成を受けたものである。

(2022. 1. 18 受理)