


## 学 位 論 文 の 要 旨

ふりがな 氏 名	いとう えいき 伊藤 栄記 
学位論文題目	過熱水蒸気中炭素化による檜炭の細孔制御と その電気二重層キャパシタ性能 〔 Pore structure control in cypress-derived carbons through carbonization under super-heated steam and their performance in electric double layer capacitor 〕
<p>本研究は、森林資源保護ならびに地球環境保全に対して、きわめて重要と考えられる間伐事業を促進するための一環として行った。三河産の檜間伐材を原料に使用し、過熱水蒸気を用いた連続多孔炭製造装置により、付加価値が高く、かつ高機能性を有する電気二重層キャパシタ電極材用多孔炭を製造し、その細孔構造評価ならびに電気二重層容量の評価を行った。</p> <p>得られた檜多孔炭は、高い表面積を有し、灰分量も少なく、電気二重層キャパシタ用電極材として長期耐久性が期待された。通常の水蒸気賦活では、多孔炭を得るために、炭素化と賦活の2工程を必要とするが、過熱水蒸気を用いることにより、1工程での多孔炭の製造を可能とした。また、熱処理中に檜間伐材から発生する分解ガスを使用することにより、省エネルギーも達成した。</p> <p>得られた檜多孔炭を一般的な活性炭と比較したところ、マイクロ孔だけにとどまらず、より大きなメソ孔の存在割合も高く、その結果、高付加価値、かつ高機能性用途への適用が期待された。さらに、マイクロ孔やメソ孔の細孔構造を製造条件によって制御することが可能である事も見出した。</p> <p>今回の検討で得られた檜多孔炭と、市販のヤシガラ活性炭を電気二重層キャパシタ用電極材に使用し、静電容量を比較した結果、低電流密度充放電では市販品にわずかに劣るものの、高電流密度充放電では、同等ないし若干高い値が得られた。また、高電流密度充放電と低電流密度充放電時の静電容量比で表されるレート特性に関しては、市販品と比較して高い値が得られた。この結果は、全表面積が市販活性炭の約 2/3 程度しか有しないにも関わらず、メソ孔の存在割合が高い過熱水蒸気により調製された檜多孔炭の特異な細孔構造に起因しているものと考えられた。</p> <p>電気二重層キャパシタ用炭素電極において、マイクロ孔とメソ孔、すなわち 2 nm を境界としてそれらの有効性が評価されている。本研究では、この評価方法を適用し、さらにいくつかの仮定を設けることにより、1 mol/dm<sup>3</sup> の硫酸を電解質溶液に用いた系では、0.9 nm 前後の細孔径が大きく寄与し、それを境に静電容量の値が変化することを推察した。このことは、容積当たりで静電容量を議論する場合の多孔炭の構造設計に関して、有用な知見になりうると期待した。</p>	

## 学位論文審査結果の要旨

氏名	伊藤 栄記
論文題目	過熱水蒸気中炭素化による檜炭の細孔制御とその電気二重層キャパシタ性能
主査	豊田 昌宏
論文審査委員	飯尾 心
論文審査委員	永岡 勝俊
論文審査委員	津村 朋樹
論文審査委員	稲垣 道夫
審査結果の要旨 (1000字以内)	
<p>本研究は、森林資源保護ならびに地球環境保全に対して、きわめて重要と考えられる間伐事業を促進するための一環として行なわれた。三河産の檜間伐材を原料に使用し、過熱水蒸気を用いた連続多孔炭製造装置により、付加価値が高く、かつ高機能性を有する電気二重層キャパシタ電極材用多孔炭を製造し、その細孔構造評価ならびに電気二重層容量の評価を行った。</p> <p>通常の水蒸気賦活では、炭素化と賦活の2工程を必要とするが、過熱水蒸気を用いることにより、1工程での多孔炭の製造を可能とした。また、熱処理中に檜間伐材から発生する分解ガスを使用することにより、省エネルギーも達成された。これにより得られた檜多孔炭は、ミクロ孔だけにとどまらず、より大きなメソ孔の存在割合も高く、また、比較的大きな表面積を有し、灰分量も少なく、電気二重層キャパシタ用電極材として長期耐久性が期待された。この檜多孔炭と、電気二重層キャパシタ用電極材として使用されている活性炭の特性を比較したところ、静電容量は、低電流密度充放電において、わずかに劣るものの、高電流密度充放電では、同等ないし若干高い値が得られた。また、高電流密度充放電と低電流密度充放電時の静電容量比で表されるレート特性に関しては、市販品と比較して高い値が得られた。この結果は、全表面積が市販活性炭の約2/3程度しか有しないにも関わらず、メソ孔の存在割合が高い過熱水蒸気により調製された檜多孔炭の特異な細孔構造に起因しているものと考えられた。</p> <p>細孔構造の寄与を、ミクロ孔とメソ孔に分けて評価を行ったところ、1 mol/dm<sup>3</sup>の硫酸を電解質溶液に用いた系では、0.9 nm前後の細孔径が大きく寄与し、それを境に静電容量の値が変化することを見出した。このことは、容積当たりで静電容量を議論する場合の多孔炭の構造設計に関して、有用な知見になると期待された。これまでのミクロ孔とメソ孔、すなわち2 nmを境界としたこれまでの知見とは異なる細孔の寄与について議論をおこなった。</p> <p>0.9 nm前後の細孔は、静電容量に寄与するのか、その他の径の細孔の寄与について議論がなされた。0.9 nm以上の細孔では、静電容量の電流密度依存性が確認されなかったものの100mA/g以上の電流密度のときには、0.9 nm前後の細孔径を境に静電容量の値が変化することが明らかにされた。さらに、より小さな電流密度では、より小さい細孔が、静電容量に寄与することについて議論がなされた。</p> <p>口頭試問に於いて、硫酸の様な水系電解質に於いては、寄与があることが確認された。質疑の応答に対して問題はなく、論文としてオリジナリティもあることから、審査の結果合格とした。</p>	