

審査の結果の要旨

氏名 菊池 圭祐

本論文は、環境保護や資源確保の観点から活用が求められている未利用植物バイオマスのうちコーヒーかす (Spent Coffee Grounds, SCG) と竹を対象として、これらの炭化特性をふまえて、電気二重層キャパシタ (Electric Double Layer Capacitor, EDLC) 用活性炭に適した作製方法を提案したものである。バイオマスはもともと絶乾重量にして半分が炭素から構成されており、多孔質炭素材料 (活性炭) の原料となり得る。しかし各分野の用途 (例えば空気浄化、水処理など) に合わせた細孔構造の設計には、個々の植物バイオマス原料の熱分解に際する特徴を捉えたうえで相応しい方法を提案することが必要である。本論文ではとりわけ将来有望なエネルギーデバイスとして注目される EDLC を対象とした。

第1、2章では序論として、SCG とタケの植物体としての特徴、および資源利用の現状について述べている。生産量・廃棄量・廃棄過程などの現状をもとに、質・量の安定した供給の可能性、資源への転換の潜在性が論じられ、未利用植物バイオマスの中でも特にこれらに着目すべき理由が示されている。また、バイオマスを原料とした活性炭の作製方法と特徴的に発現する特性、EDLC 用活性炭の一般的な製造方法とその性能を左右する細孔構造、EDLC 性能評価の方法と原理について、既往の研究が紹介され詳細に述べられている。この章は、以降の章で展開される試行の前提となるものである。

第3章では、まず SCG の活性炭加工への展開の基礎となる、炭化挙動について明らかにされている。SCG の場合、単純な炭化では細孔の発達那不十分であることが示された。これを踏まえて、第4、5章では細孔を発達させる処理として知られる2方法 (水蒸気賦活、KOH 賦活) が炭化に加えて適用し、比表面積・細孔径等の物性値、および蓄電容量・急速充放電の性能値が比較した。その結果、水蒸気賦活した場合の性能値は KOH 賦活品にやや劣るものの実用に堪え得る範囲内にあることが示された。水蒸気賦活は製造工程の生産性・安全性の面からは、KOH 賦活よりも利がある。第6章では実用化を企図して kg 単位にスケールアップした水蒸気賦活による積層ラミネート型 EDLC の試作について述べている。これにより SCG を原料に 75 F/g 以上の容量をもつ EDLC が集電極への塗工性・密着性に支障なく安定して作製できることが実証された。植物バイオマスを原料として、簡易性の高い水蒸気賦活により EDLC を製作し、実用化する可能

性を示すものである。

第7、8章では、EDLC性能のさらなる向上をめざして、SCGを原料段階で前処理する方法が検討されている。予め堆肥化（発酵）したSCGにより作製した活性炭は、急速充放電に有利な広径のメソ孔をもつことが明らかにされた。堆肥化過程で有機物が一部分解気化することで含有灰分が濃縮されて、より強力に水蒸気賦活を触媒するためと考察された。予め酸処理したSCGにより作製した活性炭では広径のメソ孔の発達に加え、炭化収率も増大し、長時間にわたる水蒸気賦活に耐えやすく表面積の向上をもたらした。SCGへの酸による前処理は、急速充放電・蓄電容量の性能値を増大させるのに効果的な工程であることが判った。

以上のSCG活性炭に関する検討結果を踏まえて、植物種が持つ灰分が、広径のメソ孔形成に寄与している可能性に着目した。第9、10章では、灰分を比較的多く含む植物種として知られる竹を用い、水蒸気賦活を適用することでEDLC用活性炭の作製を試みている。竹活性炭は電解液イオンの吸脱着性に寄与するメソ孔に富んだ細孔構造を有し、一般的なEDLC用市販活性炭よりも急速充放電に優れていた。さらに数種の異なる条件下で竹活性炭を製造し比較することで、賦活工程における灰分の作用機構について考察している。

以上、本研究は植物バイオマスの特性を活かしつつ、EDLC性能に寄与する構造特性へ導く活性炭作製の方法を提案しており、これらの研究成果は、学術上応用上寄与するところが少なくない。よって、審査委員一同は本論文が博士（農学）の学位論文として価値あるものと認めた。