

# 論文内容要旨 (和文)

平成16年度入学 大学院博士後期課程 システム情報工学専攻 エレクトロニカル講座

学生番号 04522405

氏名 穴戸 道明



(英文の場合は、その和訳を ( ) を付して併記すること。)

論文題目 天然素材の有効利用を目指したRHSカーボンの開発とその応用

我が国における籾がらの産出量は概ね260万トンといわれ、その内の170万トンが各種用途に活用され、残りは農業廃棄物となっている。現在、この廃棄処分のほとんどは焼却等の自然還元に頼っている。この籾殻は、天然の多孔質構造とミネラル成分としてケイ素を多く含む有数の天然由来資源として再評価することが可能である。

もみがら焼成材料・RHSカーボン (Rice Hull Silica Carbon) は、山形の地域農業系資源である「もみがら」を、産学官が連携して開発してきた多孔質炭素材料である。RHSカーボンは水環境・クリーン環境における摺動案内要素をはじめ、補強性や導電性フィラーとしての用途が想定される。

本研究では、これまで当研究グループが着目してきたこの特性を活かして、高耐水性で経時変化の無い摩擦摺動性を持つ機械要素デバイスとして、また高分子とのハイブリッド化による機能性材料として商品開発に結びつける。商品化の暁には、これまで農業廃棄物だったもみがらが工業資源化し、産業の発展に伴い新たな農業収入として貢献することが期待できる。

このように、本研究は新規市場開拓の可能性が期待できる将来性豊かな独創的研究課題であり、以下の章立てに示す研究を進めてきた。これらの研究成果を通し、RHSカーボンの有する潜在的な基礎特性の明確化を図ることにより、コア・コンピタンスの確立と、市場性の評価および分析を可能にした。

各章で論じた概要を以下に記す。

## 第1章 序論・・・・・・・・・・・・・・・・研究背景やこれまでの取り組み

バイオマス工業材料やエコマテリアルとしてのキーコンセプトを持つ「RHSカーボン」の開発にあたり、農業廃棄物を有効利用することの必要性・有意性や籾殻の物質的組成および他の農業系廃棄物における有効利用の取り組みの現状をふまえ、植物由来の天然多孔質構造を有するユニークな機能性材料開発に至るまでの研究背景について論じる。

## 第2章 RHSカーボンの構造と力学特性・・・・・・・・強度 (圧縮, 曲げ, 靱性), 耐水性

籾殻の製造工程と最適製造条件の分析を行った。そして、最適な製造条件下で得られた籾殻焼成材の基本的な強度特性と耐水性を評価した。籾殻を粉碎・樹脂混合・炭化する事により得られる籾殻焼成材は、有機成分約70%、無機成分約30%で構成される。有機成分はガラス状炭素、無機成分の95%はシリカとなり、籾殻が有する約10 $\mu$ m程度の天然多孔質構造を保持したセル構造体となる。この籾殻焼成材の強度特性は、圧縮試験、曲げ試験および破壊靱性試験により評価した。耐水性は水中浸漬後の圧縮強度の変化、膨潤性について評価を行った。これらの試験結果から、籾殻焼成材は高強度・高

耐水性・無潤滑下で低摩擦であるなどの特性を明らかにした。

### 第3章 空隙制御と樹脂含浸法による

#### RHSカーボンの特性改善・・・空隙制御，樹脂含浸の向上

珪殻焼成材がオン・デマンド高機能材料になりうるための、物性制御を行い、評価した。とくに、組織内の空隙率を意図的に形成させる空隙制御と、製造における珪殻への均一な樹脂含浸を促進し、組織を均一化するための樹脂含浸法の工程改善に取り組んだ。珪殻一次焼成粉体に生珪殻粉体を添加して成型することにより、成形体の空隙を制御できる。また、生珪殻の予備粉砕を施すことにより、天然の珪殻が有する外皮の珪酸皮質層が破壊され、破損確率の指標であるワイブル係数が向上し、実用的なセラミックに求められる程度のばらつき抑制が図れた。

### 第4章 RHSカーボンの摺動特性・・・摩擦，摩耗特性

珪殻焼成材は、炭素由来の摺動特性やセル構造を有することから、摩擦摺動部材への応用が期待される。摩擦特性は、動摩擦係数 $\mu=0.15$ であり、汎用的に用いられているセラミック ( $\mu=0.2\sim0.8$ ) より優れている。摩耗特性は、現状では摩耗量が最大で $0.3\text{mm}/24\text{h}$ である。これは、二次焼成時にバインダーとして使われるフェノール樹脂より生成されたガラス状炭素から珪殻焼成粉体が剥離している事に起因すると考えられる。純ガラス状炭素の摩耗量は $0.05\text{mm}/24\text{h}$ であることから、摩耗特性は物性改善による効果が期待される。

### 第5章 RHSカーボンの補強性

#### および摺動性フィラーとしての応用・・・補強性，摺動性の付与

RHSカーボンを、フィラー用途で用いた際の効果について論ずる。とくに母材への補強性や摺動性付与を目的とし、汎用エンジニアリングプラスチックに添加した際の補強性と摺動性について評価した。RHSC粉体の添加量により機能改善効果は向上することが確認され、フィラーとして母材に機能付与ができる。補強性フィラーとして用いる際は、粒径や母材への分散性および母材と粉体との界面密着性が機能付与の因子である。

### 第6章 RHSカーボンの

#### 導電性フィラーとしての応用・・・体積抵抗率，表面抵抗率等の導電性の把握

RHSC粉体は、市販の導電フィラーのように母材への添加量に対し急激な体積固有抵抗率の変化（パーコレーション現象）を発現せず、導電特性は緩やかに低下する。RHSC粉体の導電特性は、粒径、絶縁物質（無機成分）含有量、および焼成温度などに左右される。有機成分がガラス状炭素で構成されているRHSC粉体の導電性制御は、現段階では焼成温度条件が支配的である。

### 第7章 RHSカーボンの市場展開・・・環境収支，市場の把握

ハイパフォーマンス機能材料を目指し、かつ市場ニーズ分析と価値を享受し生かせる産業および用途をリサーチし、普及拡大を促進する。このために環境側面からの分析と市場調査および分析を行った。

### 第8章 結論・・・まとめ

本研究より得られた成果と、この成果から明確化された今後の素材開発に対する課題を述べる。

学位論文の審査及び最終試験の結果の要旨

平成20年2月18日

理工学研究科長 殿

課程博士論文審査委員会

主査 飯塚 博

副査 石川 優

副査 鵜沼 英郎

副査 高橋 辰宏



学位論文の審査及び最終試験の結果を下記のとおり報告します。

記

1. 論文申請者

専攻名 システム情報工学 専攻  
氏名 宍戸 道明

2. 論文題目

天然素材の有効利用を目指したRHSカーボンの開発とその応用

3. 審査年月日

論文審査 平成20年 1月23日 ~ 平成20年 2月 1日  
論文公聴会 平成20年 2月 1日  
場所 山形大学工学部5号館301号室  
最終試験 平成20年 2月 1日

4. 学位論文の審査及び最終試験の結果

- (1) 学位論文審査 合格
- (2) 最終試験 合格

5. 学位論文の審査結果の要旨 (1,200字程度)

別紙のとおり

6. 最終試験の結果の要旨

別紙のとおり

## 別紙

専攻名	システム情報工学専攻	氏名	宍戸 道明
学位論文の審査結果の要旨			
<p>本学位論文の研究内容は、農作物の非食部として発生し農業廃棄物として取り扱われている天然素材を工業材料として有効利用する取組みとして位置づけられる。とくに、我が国において年間 260 万トン程度発生する籾殻に着目し、籾殻を焼成した多孔質炭素材料（RHSカーボン）の開発とその応用について検討している。そして、新規市場開拓の可能性が期待できる将来性豊かな独創的研究に育て上げている。本論文は以下の章立てにより構成されている。これらの研究成果を通し、RHSカーボンの有する基礎特性を明確にし、さらに、市場性の分析と評価を行っている。</p> <p>第1章の序論では、バイオマス工業材料やエコマテリアルとしてのキーコンセプトを持つRHSカーボンの開発にあたり、農業廃棄物を有効利用することの必要性・有意性について、近年の環境・循環型社会の構築等の社会情勢と絡めて解説している。第2章ではRHSカーボンの構造と力学特性について取り上げ、籾殻の製造工程と最適製造条件について検討し、最適な製造条件下で得られた殻焼成材の基本的な特性を明らかにしている。第3章では空隙制御と樹脂含浸法によるRHSカーボンの特性改善について取り上げ、籾殻焼成材がオン・デマンドな高機能材料になりうるための物性制御について検討している。第4章では、RHSカーボンの成形体を摺動部材として利用することを念頭に、動摩擦係数や摩耗特性の測定を行い、摺動材料としての可能性と課題について検討している。そして、第5章ではRHSカーボンをプラスチックやゴムへの補強材としての可能性について検討し、とくに摺動特性が改善できることを示している。</p> <p>また、第6章ではRHSカーボンの導電性フィラーとしての応用について検討し、RHSC粉体をプラスチックやゴムに添加しても、電気抵抗が急激に低下するパーコレーション現象を発生せず、粉体の製造条件と添加量を適宜制御することで帯電防止材等への応用が可能であることを示している。第7章ではRHSカーボンを市場展開することを目指し、市場ニーズの分析や開発戦略について検討している。そして、第8章では本研究より得られた成果および明確化された今後の素材開発に対する課題を述べている。</p> <p>本博士論文の内容については、日本材料学会、日本MRSおよび日本機械学会等の分野にて3編の論文掲載、1件の国際会議発表、6件の国内学会口頭発表を行い、このうち1件の学会発表では最優秀賞を受賞しており、本研究成果の客観的評価が得られている。</p> <p>以上に示すとおり、本論文で得られた知見は科学のおよび工学的に有益であり、学協会および産業界においても高い評価を得ている。よって、これらの研究業績により、学位審査委員会は本論文の内容は学位論文として十分に評価できるものと認め、博士（工学）の授与に値するものと判定し、合格とした。</p>			
最終試験の結果の要旨			
<p>学位論文公聴会の後、機械的、化学的、さらには市場性に至る広い領域の口頭試問を行った。これらの内容から、審査委員会としては申請者の社会貢献への取組み姿勢、専門分野における学力および研究能力に関し、博士としての十分な教養と能力を有すると認め、合格と判定した。</p>			