

米ぬかを原料とする新素材「RBセラミックス」の開発 - 産学官連携による新産業の創出を目指して -

Development of New Materials "RB Ceramics" from Rice Bran - Toward Production of New Industry Based on Collaborated Research Projects -



堀切川一男*
Prof. Kazuo HOKKIRIGAWA

The author has been doing research works on the development of new hard porous carbon materials "RB ceramics" from defatted rice bran. RB ceramics show several advantages as new tribo-materials such as low friction, high wear resistance, etc. In this paper, development of RB ceramics and their applications for a linear dry sliding bearing and a high grip shoe sole are explained.

Key Words: tribo-material, RB ceramics, hard porous carbon, dry sliding bearing, high grip shoe sole

1. はじめに

東北大学大学院工学研究科の堀切川研究室では、脱脂した米ぬかを原料とする新しい硬質多孔性炭素材料「RBセラミックス」の開発とさまざまな応用に向けた研究を行っている。「RB」は、米ぬかの英単語Rice Branの頭文字をとったものである。

RBセラミックスは、環境に優しい多機能・高性能材料であり、新しいトライボマテリアルとしてさまざまな特徴を有している。それらの特徴を活かした各種製品の実用化を目指し、ひいては東北地方を拠点とする新産業の創出を目指して、産学官の連携により研究開発を進めてきている。最近では、RBセラミックスを用いて、完全無潤滑直動すべり軸受や滑りにくい靴を商品化するなど、実用製品への応用例も出始めている。ここでは、RBセラミックスの開発の概要についてご紹介したい。

2. 産学官連携による研究開発の意義

戦後55年余りの日本の産業構造の変遷を振り返ってみると、製造業の中でもいわゆる基幹産業と呼ばれる大黒柱が日本を引っ張ってきたといえる。ただし基幹産業といっても、その顔ぶれは、図1に示されるように、繊維、鉄鋼、造船、自動車、電子、のように時とともに順次主役が交替してきた。現在では、情報通信産業（IT産業）がそ

の役割を担いつつある。しかし、ここ一年の現状を鑑みると、情報通信産業の爆発的成長の時代も終焉を迎えつつあるように思える。

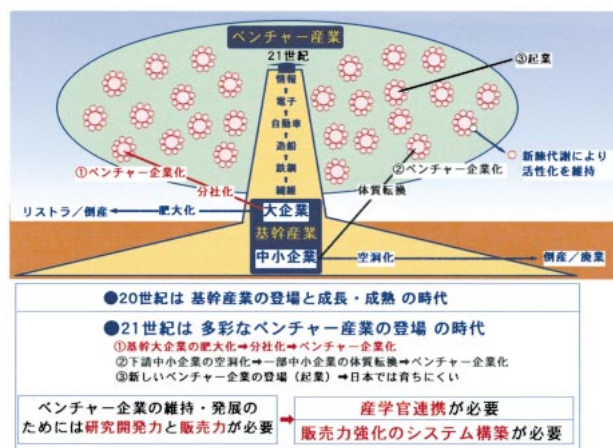


図1 我が国の産業構造の変遷とこれからの産業の予測
Change of Japanese industry

基幹産業とは、その言葉通り、植物でいえば太い「幹」といえる産業であり、日本経済全体を支える存在である。実際にもの作りを担当したのは、主として下請けの中小企業だった。つまり幹を外から見ると大企業が構えているようでも、内部は専門性の強い中堅企業や多数の中小企業が密集した構造をしている。しかし、このもの作りの役割が、東南アジア諸国に急速にシフトしつつある今、産業の空洞化に歯止めがかからないのが現状である。

*東北大学大学院 工学研究科 機械知能工学専攻 教授 工学博士

従来は、一つの基幹産業が終わりを迎える頃には、次の幹たるべき産業が生まれ、バトンタッチが行われることで日本経済が発展し続けてきた。しかし、「情報通信産業の次を担う基幹産業は？」と考えると、なかなか見当たらない。

二十世紀後半の「基幹産業の登場の時代」に代わって、これからは、小さな「ミニ産業」が多数生まれてくる、と私は考えている。新しい有望な企業が1つ出ると、それをサポートする形でいくつかの企業が芽を出し、小グループが誕生する。小グループは基幹産業になるまでには発展しないけれど、ミニ産業くらいには育つことができる。そして、ミニ産業が多数できてくると、全体で見ると従来の基幹産業に匹敵する経済力・雇用吸収力をもつのである。こうしたミニ産業を「ベンチャー産業」と呼ぶなら、これからの時代は、「多彩なベンチャー産業の登場の時代」である。さまざまなベンチャー産業が多数集積し、それが日本を牽引するようになる、というのが私の予測である。

逆にいえば、ベンチャー産業を数多く生み出すようにしない限り、日本は急速に閉塞していくだろう。新産業を創造することで雇用の創出を図ることが急務の課題である。そのためには、図2に示されるように、大企業、中小企業いずれにおいても、産、学、官、が連携した研究開発が有効である。

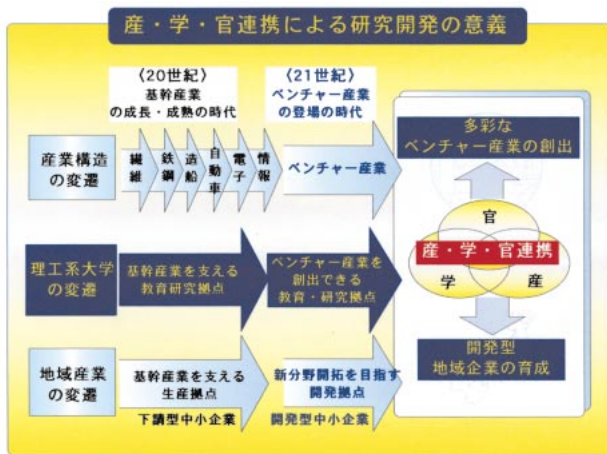


図2 産学官連携による研究開発の意義

Collaboration between university, company and government

3. 本研究開発の背景

近代の材料科学は、より高品質・高機能の材料開発という産業界の要請のもとで、専門分野を多方面に細分化させながら発展を遂げてきた。しかし、地球環境問題という大きな課題に直面した現代の材料科学は、異なる専門分野を融合させなが

ら、従来の枠組みを越えた新たな視点に基づく発展の方向を模索しはじめている。すなわち、大量の石油系資源の消費、リサイクルの困難さ、大量の産業廃棄物の発生を伴う材料開発から、より地球環境に優しい材料やリサイクル可能な材料の開発の方向への大きな転換である。一つの機能だけに着目し、改善・改良してゆくような従来型の材料開発だけでは、21世紀の新しい材料科学は開けてこないのである。

一方、世界の米の生産量は、年間およそ5億トンといわれている。米からは、副産物として大量のもみ殻や米ぬか(糠)が発生する。米ぬかは、世界で年間およそ3300万トン発生すると推測されている。我が国でも、図3に示すように、年間1000万トン以上の米が生産され、年間およそ90万トンの米ぬかが発生している。一方、工業材料の中心である鉄鋼の我が国の生産量は、年間およそ1億トンである。したがって、米ぬかは、重量では鉄鋼の1%程度であるが、体積では鉄鋼のおよそ15%にも相当する。このように、資源の乏しい我が国においては、米ぬかは極めて豊富な植物系資源であるといえる。米ぬかには、約20wt%の脂肪分が含まれている。現在、我が国では約40万トンの米ぬかが米ぬか油やワックスの製造に利用され、ほかは飼料、キノコ培地、漬け物などに使われている。搾油後のぬか(脱脂ぬか)は、我が国で年間約30万トン以上発生している。脱脂ぬかは、飼料化あるいは肥料化により農業用資材に活用されている程度で、何らかの有効な利用法が強く望まれている。

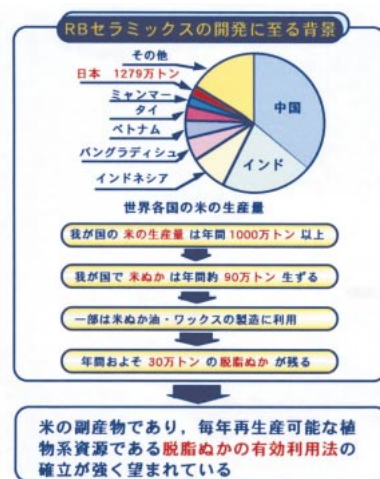


図3 RBセラミックスの開発に至る背景

Background of development of RB ceramics

もしも、脱脂ぬかを工業用の新素材として利用できれば、従来の工業材料とは全く異なる植物系資源を用いたハイテクエコマテリアル(環境適合

性に優れた先端工業材料)として有効活用の道を開くことができる。

以上のような背景のもとで、本研究開発は、米ぬかを工業用の新しい素材として活用する道を開くことを目的として進められてきたものである。

4. 米ぬかを原料とする硬質多孔性炭素材料「RBセラミックス」の開発

堀切川研究室では、山形県の米油メーカーと共同で、平成8年4月に、脱脂ぬかを主原料とする多孔質炭素材料「RBセラミックス」の成形体の試作に成功した。

RBセラミックスとは、図4に示されるように、脱脂ぬかにフェノール樹脂を混ぜ成形・加工した後、窒素ガス雰囲気中で300 ~ 1100 の温度で炭化焼成するという方法によって製造される全く新しい硬質多孔性炭素材料である。RBセラミックスの主成分は、軟質の無定形炭素と、そのまわりを補強している硬質のガラス状炭素である。炭化焼成の際に生ずる多量のガスの一部が内部に残存すると、大きな割れの発生につながる恐れがある。本研究開発では、脱脂ぬかの粒径、フェノール樹脂の含浸率、成形条件、焼成の温度プログラムなどを適切に高精度にコントロールすることによって、割れの発生を抑え、高強度、高硬度の安定した品質を有するRBセラミックス成形体の製造を可能としている。

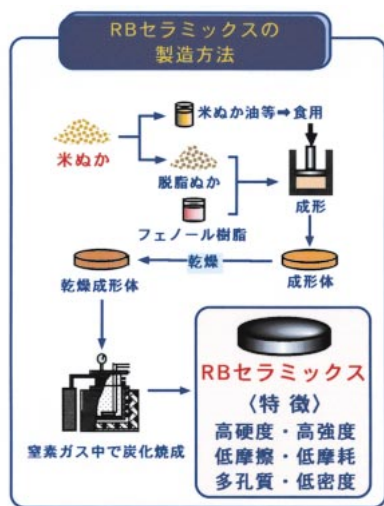


図4 RBセラミックスの製造方法
Making process of RB ceramics

我々は、RBセラミックス成形体の硬さ、強度、摩擦、摩耗などについて良好な性質を確認し、平成8年10月に特許を申請し、11月に新聞に記事が掲載された。その後60社以上の問い合わせがあ

り、サンプル提供を行いながら、応用にむけた研究開発を開始した。その後、米油メーカーでは、RBセラミックス事業を本格化させるために専用工場を立ち上げている。

5. 産学官連携による研究開発体制の確立

科学技術庁(現文部科学省)からRSP(リージョナル・サイエンス・プロモーター)事業の地域指定を受けていた山形県では、山形県テクノポリス財団(現山形県企業振興公社)を拠点に、本研究開発を核の一つとして「未利用資源活用総合研究会」を平成9年2月に発足させ、図5に示されるように、産・学・官一体となった研究体制が整えられた。この研究会の基本的なコンセプトは、「テクノ・マリッジ」である。即ち、「学」、「官」に、農と工という異分野の「産」が融合(マリッジ)することにより、自然と人間の調和のとれた成熟社会のために必要な「新しい産業分野」を創出させることを目指している。



図5 農業と工業の融合と産学官連携による新しい産業分野の創出

Production of new industry based on marriage between agriculture and industry, and based on collaboration between university, company and government

このように、RBセラミックスの開発は、農業、工業という異分野の「産」と、「学」、「官」の連携のもとで進められてきている。バブル経済崩壊後の状況下で、ベンチャー育成による新しい産業構造を構築してゆくためには、このような連携は極めて有効であり、新しい学問分野の構築と新しい産業分野の創出が十分期待できると考えられる。

6. RBセラミックスの特徴

RBセラミックスの主な特徴は、以下の通りである。

- (1)高硬度(平均ビッカース硬さは4~6GPaと焼入れ鋼並)
- (2)高強度(圧縮強度は70~80MPa)
- (3)強度のばらつきが少ない
- (4)低密度(密度は1.3g/cm³以下であり、極めて軽量)
- (5)多孔質構造(発ガスによる割れを生じず直径200mm以上、厚さ20mm以上の成形体の製造も可能)
- (6)焼成前の成形・加工が容易
- (7)低摩擦(無潤滑下、及び水潤滑下の摩擦係数が0.13~0.17程度と極めて低い値を示す)
- (8)摩擦係数がすべり速度に対してわずかに増加する「正の速度依存性」を有している(そのため、スティック・スリップや摩擦音の発生抑制効果を有する)
- (9)優れた耐摩耗性(無潤滑下における鋼のおよそ1,000倍の極めて優れた耐摩耗性を有している)
- (10)優れた耐食性
- (11)電磁波吸収特性を有する
- (12)電気抵抗の制御が可能(焼成温度の制御により、絶縁体から導電体まで幅広く電気抵抗を変えられる)
- (13)資源の豊富さ(我が国で、90万トンの米ぬかが、米の副産物として、毎年再生産されるため、資源が豊富であり、国内安定供給が可能)
- (14)自然環境に優しい(毎年生ずる農業系植物資源の有効利用を可能にしていること、使用後廃棄しても自然環境に害を与えないこと、などエコロジーの面からも非常に優れた特徴を有している)

7. RBセラミックスを用いた世界初の完全無潤滑タイプの直動すべり軸受の研究開発

堀切川研究室と山形県の機械部品メーカーは、平成10年に、図6に示されるような、RBセラミックスを用いた世界初の完全無潤滑タイプの直動すべり軸受を共同開発し、オイル不要、低騒音、などの性能を確認した。さらに、この軸受を搭載した低騒音の一軸口ポットを開発した。これは、科学技術振興事業団の「平成9年度独創的研究成

果育成事業」及び財団法人山形県テクノポリス財団の「平成9年度地域研究開発促進拠点支援事業」の指定を受けて行われたものである。テレビ、ラジオ、新聞等で幅広く紹介され、現在600社を超える問い合わせがきている。



図6 RBセラミックスを用いた無潤滑直動すべり軸受の概要

Linear dry sliding bearing by using RB ceramics

8. RBセラミックス粉体を利用した複合材料への展開

RBセラミックスは、図7に示されるように、粉体のままでも製造が可能である。そのため、RBセラミックス粉体と各種材料との複合化も可能である。このように種々の材料との複合化により、新たな性質を有する第2段階の材料開発が可能であり、応用の範囲は広いものと考えられる。

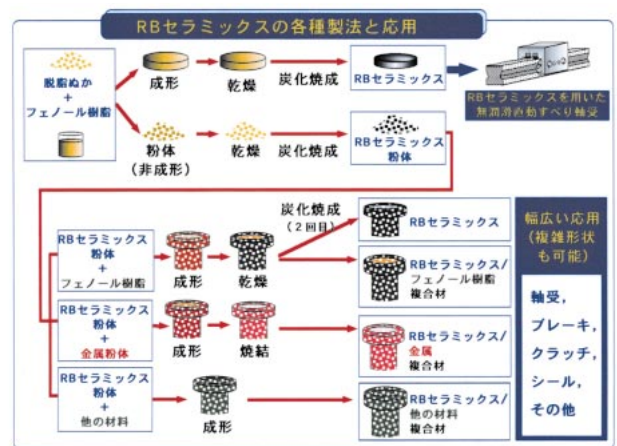


図7 RBセラミックスの製法の多様性

Several making processes of RB ceramics

堀切川研究室は、靴メーカー3社との共同研究により、R Bセラミックス粒子をゴム等に配合した新しい耐滑靴底材料(仮称、アクアグリップー)を開発した。これは、図8に示されるように、水に濡れた路面やアイスバーンなどにおいて耐滑性を向上させたものであり、水に濡れた面に対する摩擦係数が、従来の靴底材料に比べおよそ2倍から5倍と高い値を示す。

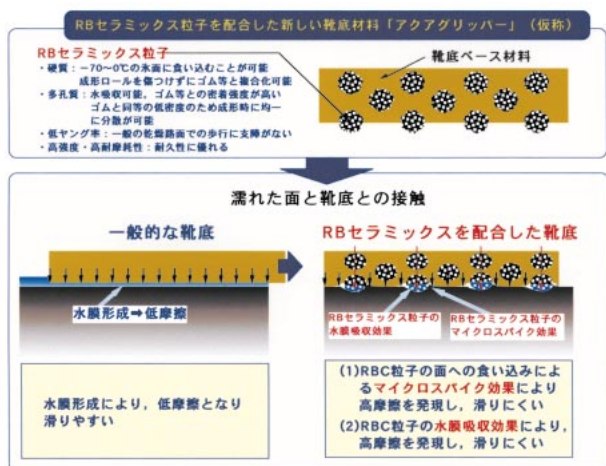


図8 RBセラミックス粒子を配合した滑りにくい靴底の概要

Anti-slip shoe sole by using RB ceramics

平成12年8月に特許を出願し、平成13年1月から、滑りにくい紳士靴の販売が開始されている。また、同様に滑りにくい安全靴についても、販売に向けて準備中である。

9. 新産業創出に向けたR Bセラミックスの将来展望

現在、図9に示されるように、R Bセラミックスの成形体及び粉体を複合化した素材の応用を目指した種々の研究開発が進められている。平成11年7月には、山形県テクノポリス財団主催で、「硬質多孔性炭素材料『R Bセラミックス』の開発動向～農業と工業の融合による新産業の創出に向けて～」と題した新技術フォーラムが開催され、県内外の企業を中心に100名余のご参加をいただいた。今後、新産業の創出に向けて開発を進めてゆきたいと考えている。

我が国は、高い工業技術を有するのみならず、米油を製造する技術では世界のトップクラスであり、脱脂した米ぬかの工業利用において最も可能性を秘めた環境にあるといえる。また現在まで、テレビ、新聞、雑誌等による報道が50件以上あり、新たな用途開発の打診が増えてきている。R Bセ

ラミックスは環境に優しい原料・製法から産みだされた新素材であり、工業製品の環境適合性がより重要となる今後、利用の拡大が十分に期待される。

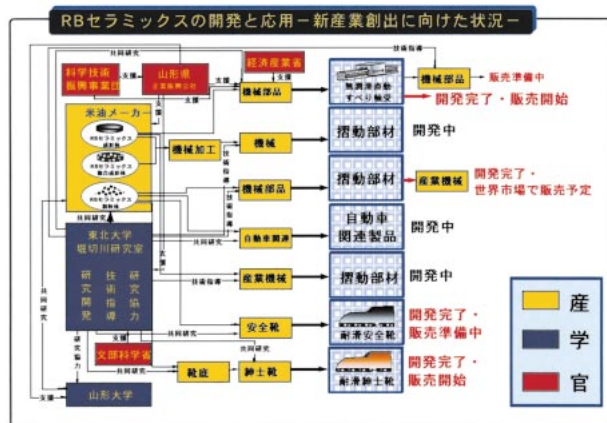


図9 RBセラミックスの応用に向けた研究開発の状況 Present situation of research projects on RB ceramics

10. おわりに

米ぬかを原料とするR Bセラミックスは、米を主食とする我が国ならではのエコマテリアルであるといえる。このような材料開発は、農業分野が工業界に新しい材料を提供するという新しい道を切り開くものである。このことは、農業を単なる食料供給としてだけではなく、工業用素材の供給という新たな社会的位置付けを可能にするものでもあるといえる。

今後、多方面の協力を仰ぎながら、用途にあわせてより好的なR Bセラミックスの材料製造条件を明らかにし、実用化に向けて研究を進めてゆきたいと考えている。