

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	カプセル化球殻構造を有する表面制御機能性酸化物に関する研究
Title(English)	Study on Surface-controlled Functional Oxides with Encapsulated Spherical Shell Structures
著者(和文)	松田リック隆磨
Author(English)	Ryuma Malik Matsuda
出典(和文)	学位:博士(工学), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第10184号, 授与年月日:2016年3月26日, 学位の種別:課程博士, 審査員:小田原 修,和田 裕之,吉本 護,近藤 道雄,中村 一隆
Citation(English)	Degree:., Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第10184号, Conferred date:2016/3/26, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻： Department of	物質科学創造	専攻	申請学位 (専攻分野)： 博士 (工学) Academic Degree Requested	Doctor of Engineering
学生氏名： Student's Name	松田 マリック隆磨		指導教員 (主)： Academic Advisor(main)	小田原 修 教授
			指導教員 (副)： Academic Advisor(sub)	和田 裕之 准教授

### 要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters )

本論文は「Study on Surface-controlled Functional Oxides with Encapsulated Spherical Shell Structures (カプセル化球殻構造を有する表面制御機能性酸化物に関する研究)」と題して英文で書かれ、全 5 章より構成されている。本論文では、液体の微小状態維持と殻材との共存による反応性向上に期待できる液体カプセル、および微粒子の高表面活性の維持と取り扱い向上に期待できる中空カプセルに着目し、カプセル化形成過程および構造制御性の明確化と殻構造とその表面への機能性付与に取り組み、簡便で迅速なカプセル化技術のさらなる応用を目的とした。

第 1 章 “General introduction” ではカプセル化技術を概観するとともに、カプセル化球殻状体の構造、応用、作製方法を紹介し問題点を明確にし、本研究の目的と意義を明確にした。

第 2 章 “Encapsulation of solutions for controlling heat transfer” では、Dry water 法によって液体カプセルを作製し、カプセルの特性を系統的に調べるとともに、液体と液体カプセルとの熱輸送における特性変化を調べ、液体カプセルによる熱輸送制御の応用の可能性を論じた。熱安定性が高く疎水化処理されたシリカ粉末を殻材に、加熱時の温度変化が視覚的に観測できるヨウ素でんぷん溶液を内包液とした。これらを所定条件で攪拌することで、液滴が粉末で覆われた構造の液体カプセルを得た。液体含有量 98 wt. から 90 wt. % の範囲で、カプセル平均径が 60 % 変動し、液体含有量が少ないほど平均径の小さい液体カプセルが得られた。これは、疎水性シリカ粉末による液滴の細分化と細分化された液滴の高い形状安定性に起因していると考察した。そして、液体カプセルを入れた管を下部から加熱し、熱電対を等間隔で設置することで位置による温度の時間変化を調べた。その結果、液体カプセルは位置による温度変化に時間差が生じ、下部から上部に向かう色の変化が見られたことから一方向性の熱移動が確認でき、液体をカプセル化することで熱輸送制御が可能であると結論付けた。また、カプセル平均径が小さい液体カプセルは温度上昇に関わる速度定数が大きく、比熱の大きな水の含有量が少ないことで加熱に必要な熱量が小さいことが影響していると考察した。

第 3 章 “Effect of sintering temperature on the characteristics of hollow capsules produced by sacrificial template technique” では、鋳型除去法によって中空カプセルを作製し、焼結温度による中空カプセル形状および殻構造について調べ、殻構造の多孔状態の制御性を明らかにした。磁性特性による応用拡大に着目し、殻材としてストロンチウムフェライトの粉末を選択し、球状の発泡ポリスチレンを鋳型に、ポリビニルアルコールを粉末結合に重要なバインダとしてコーティング粒子を作製した。その後コーティング粒子を 773 K で加熱し、有機物成分の除去に加え粉末間同士を繋ぎ、1,373 ~ 1,523 K の温度範囲で焼結処理した。その結果、各温度で焼結した中空カプセルは、焼結温度の上昇につれて中空カプセルの平均直径が 14 %、殻の厚み 18 %、表面空隙が占める面積割合が 9.2 倍、比表面積と全細孔容積がそれぞれ 60 % が減少した。すなわち、焼結温度の上昇により、中空カプセルはその中心方向への萎縮と殻内部構造の緻密化が促進され、中空球形状を保持して殻構造の多孔状態が制御できると結論付けた。

第 4 章 “Material compatibility of voids embedded hollow capsule under methane and carbon dioxide gases flow condition” では、中空カプセルの殻構造に触媒を固定化し、メタンと二酸化炭素に暴露した際の触媒反応性と結晶構造を調べ、種々の触媒との共存性を評価することで中空カプセルの殻表面性状への触媒機能性付与可能なことを明らかにした。これらの気体は改質反応により合成ガスへの生成原料となる水素と一酸化炭素を生成することができ、地球温暖化ガスの有効利用として昨今注目されている。触媒には、ニッケル-コバルト酸化物系とマグネシウム-アルミニウム-鉄酸化物系を母体とした 6 つの異なる触媒を選択した。第 3 章と同様の方法で、1,373 K で焼結した中空カプセルを、ポリビニルアルコール、硝酸金属塩溶液および尿素からなる溶液に含浸し、773K で 10 分間加熱することで合成物質を部分的に殻表面に固定した。この合成法は溶液燃焼合成法を基にしており、短時間に大きな反応熱が発生するものの、中空カプセルにさらに焼結処理を与えない利点がある。さらに、原料が液中に分子レベルで分散していることや、反応時に気体生成物が拡散することによって微粒子が合成でき、中空カプセルのサイズに対応してその殻表面に触媒を固定化可能である。結果的に、合成した触媒は殻表面やその空隙内部に部分的に固定化されていた。そして、中空カプセルをメタンと二酸化炭素の気流中におき、気体暴露前後の試料の結晶構造を調べ、暴露前に存在した触媒と中空カプセルの殻材の結晶構造が、メタンと二酸化炭素の反応によって生成した水素や一酸化炭素の還元作用によって金属単体や異なる結晶構造をもつ酸化物へ変化するを明らかにした。触媒機能は活性中心となる金属と吸着中心や活性保持を担う酸化物によって促進されたと考察し、中空カプセルの結晶構造は変化したもののその形状は保たれていたことから触媒担体としての活用が有効であると結論付けた。

第 5 章 “General conclusions” では本研究での一連の成果をまとめ、カプセル化球殻構造体の展望について述べた。

以上を要するに、本論文は、構造制御性を有するカプセル化球殻構造体を用いた液体の熱輸送制御性および殻表面の触媒機能化を示すことで、液体カプセルと中空カプセルのさらなる応用について研究開発し、工業上及び工学上多大に貢献したといえる。

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)  
Doctoral Program

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

専攻 : Department of	物質科学創造	専攻	申請学位 (専攻分野) : Academic Degree Requested	博士 (工学) Doctor of Engineering
学生氏名 : Student's Name	松田 マリック隆磨		指導教員 (主) : Academic Advisor(main)	小田原 修 教授
			指導教員 (副) : Academic Advisor(sub)	和田 裕之 准教授

要旨 (英文 300 語程度)

Thesis Summary (approx.300 English Words )

Title of this dissertation is "Study on Surface-controlled Functional Oxides with Encapsulated Spherical Shell Structures". This dissertation consists of 5 chapters in total as follows.

In first chapter, "General introduction", the overview of encapsulated spherical shell structures, modern applications, encapsulation techniques, point aimed and objectives are described. The liquid and hollow core capsules, which are expected to improve the reactivity of liquid in the retention of the fine droplets with solid shell, and improve the handling of fine particles having high surface activity by embedding in the hollow core capsule shell, are focused on. The encapsulation process and structure controllability are elucidated and the functionalization of shell structure is carried out in order to broaden a technical approach with encapsulated spherical structures produced by encapsulation techniques in simple and a few steps.

In second chapter, "Encapsulation of solutions for controlling heat transfer", the thermochromic solution was encapsulated by Dry water method and the encapsulation process was systematically investigated. The heat transfer through the encapsulated solution was dominated by thermal conduction while the heat convection in the solution was suppressed due to the isolation of liquid into small area.

In third chapter, "Effect of sintering temperature on the characteristics of hollow capsules produced by sacrificial template method", the hollow core capsules were produced by sacrificial template method and the effect of sintering temperature on the structural characteristics was investigated. The intensive shrinking of hollow core capsule and closing of voids or pores on the shell were caused by higher temperature sintering while the spherical hollow shape was retained.

In forth chapter, "Material compatibility of voids embedded hollow capsule under methane and carbon dioxide gases flow condition", the shell surface of hollow core capsule were partially covered with fine catalysts powder produced by solution combustion synthesis. The catalytic performance was successfully given to the hollow core capsule in combination with catalysts.

In fifth chapter, "General conclusions", the conclusions obtained in the study are summarized, and the perspectives in the encapsulated spherical shell structures are described.

This study made a great contribution to industry and engineering, therefore, it has great worth as the doctoral dissertation (engineering).

備考 : 論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意 : 論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).