

別紙1-1

## 論文審査の結果の要旨および担当者

報告番号	※ 甲 第 11598 号
------	---------------

氏名 樋本 伊織

### 論文題目

非酸化物系ケイ素基セラミックス多孔体の開発とその応用に関する研究

(Study for Development of Non-oxide Silicon-based Porous Ceramics and the Applications)

### 論文審査担当者

主査	名古屋大学	教授	北 英紀
委員	名古屋大学	教授	薩摩 篤
委員	名古屋大学	教授	小橋 真
委員	名古屋大学	准教授	山本 徹也

## 論文審査の結果の要旨

樋本伊織君提出の論文、「非酸化物系ケイ素基セラミックス多孔体の開発とその応用に関する研究」は、元素戦略をふまえつつ、省エネルギーに資することを目指して開発した新規な非酸化物系ケイ素基セラミックス、ならびにその熱部材への適用に関する研究成果を纏めたものである。本論文は6章で構成され、各章の概要は以下の通りである。

### 第1章 緒論

本研究の背景、目的ならびに意義を述べた。

### 第2章 中空構造を有するSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>多孔体の開発

焼結助剤として希少元素の酸化物であるY<sub>2</sub>O<sub>3</sub>を使用せず、普遍的な元素であるSiおよびAlで構成されるムライト ( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ) やアルミナ ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) を用いて1450°C程度の低温焼成による反応焼結法により気孔率18%程度の多孔質Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>セラミックスを開発した。アルミ溶湯搬送容器の内壁部への応用を目的とし、中空構造を有するSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>製ユニット（中空ユニット）をスリップキャスト法によりニアネットで作製した。また、作製したSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>製中空ユニットを構成単位として高精度に組み上げて一体化する製法により、実用のアルミ溶湯搬送容器の1/4スケールの球状の高温断熱部材を作製し、断熱性の評価を行った。

### 第3章 中空構造を有するSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>多孔体の破壊挙動の解析

第2章で開発した熱制御構造を有するSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>製中空ユニットを組み上げて直径250 mm程度の球状断熱部材を設計し、アルミ溶湯搬送の容器へ応用した場合を想定して伝熱解析に基づき中空ユニットに発生する熱応力を解析し、球状断熱部材の信頼性の評価を行った。またSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>に比べ、高熱反射性および低熱伝導性を有し、断熱性に優れる反面、低強度なチタン酸アルミニウムを用いて同ユニットを作製した。それぞれ熱特性および機械的特性の異なる二種類の中空ユニットの組み合わせによる球状断熱部材を設計し、伝熱解析に基づき、部材の信頼性向上ならびに保温性の向上を試みた。

### 第4章 異方性三次元網目構造を有するSi-SiC多孔体の開発

1550°C程度の低温焼成による反応焼結法および溶融Si含浸法により気孔率70~95%程度の高気孔率な多孔質Si-SiCセラミックスを開発した。小型電子部品焼成用の薄肉の敷板（セッター）への応用を目的とし、異方性三次元網目構造を有するSi-SiC製セッターをレプリカ法、ゲルキャスト法および熱プレスによる一軸加圧製法によりニアネットで作製した。

### 第5章 異方性三次元網目構造を有するSi-SiC多孔体の破壊挙動の解析

第4章で作製したSi-SiC多孔体について曲げ強さ試験を行い、強度データの統計的解析を行い、強度・信頼性の評価を行った。また、ハイスピードカメラやX線CTを用いて曲げ強さ試験における破壊挙動のその場観察や内部構造の非破壊検査を行った。その結果、気孔率70~95%程度の高気孔率材料における離散的な破壊挙動を明らかにし、荷重変位曲線とワイブルプロットに基づく統計的信頼性評価方法が適用できる可能性を見出した。

### 第6章 結論

本論文の全体を総括し、得られた成果に関する結論ならびに本研究開発についての今後の課題について述べた。

以上のように本論文では、ケイ素等の普遍的な元素のみを原料として使用し、ニアネット成形ならびに固体間の反応を利用した低温焼結技術により、新たな高機能多孔質セラミックスを開発するとともに、シミュレーションならびに破壊挙動に関する詳細な検討を実施し、設計の指針を示した。また開発材を用いてモデル部材を試作し、熱部材としての有用性を示している。これらの技術と知見は、省資源・省エネルギーに向けたセラミックスの有効利用を図るうえで極めて重要であり、工学の発展に寄与するところが大きい。よって、本論文の提出者である樋本伊織君は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格があると判断した。