

若手研究者インターナショナルトレーニングプログラム報告書

氏名：	本多沢雄
身分：	助教・特任助教・ポスドク（ ）・その他（ ）
所属専攻・領域：	・ おもひ 領域
派遣先・国名：	フランス国立セラミックス工科大学・フランス
研究テーマ：	セラミック多孔体特性と微構造に関する研究
派遣期間：	2012年 8月 ～2012年11月 (80日間)
派遣先担当教員：	ディビット・スミス 教授
<p>具体的な研究内容：</p> <p><目的></p> <p>さまざまな気孔形態（気孔径気孔率等）を変化させたガス分離膜基材用セラミック多孔体について、ガス透過特性および強度、耐熱衝撃性を評価し、これらが共に優れる多孔体の構造設計について検討を行っている。その研究の中で多孔体物性粒子径や粒子間結合の度合の寄与が重要であることが分かってきたが、これらを考慮した研究はほとんど行われていない。フランス国立セラミックス工科大学（ENSCI）スミス教授は、多孔体物性への粒子間結合の影響を実験的および理論的に評価した優れた研究を行っている。申請者はスミス教授の研究室において多孔体実験解析評価技術の習得を希望し、さらに申請者が持つ多孔体作製技術を基にした国際共同研究を構築することを目指している。分離膜用セラミック多孔体は、ガス透過量が高いことと強度、耐熱衝撃性に優れることが求められる。しかし一般的に前者は気孔量が多いほど、後者は少ないほど高くなる二律背反の特性であり、両者をもとに高めることができる新たな気孔構造の設計が必要である。申請者らは、粒子間の結合や配向性を高めることで、両特性が共に優れる多孔体が作製できる可能性を見いだした。そこで派遣先において、申請者らが作製した気孔構造、粒子配向構造などの微構造を制御した多孔体を使用して、物性測定および微構造観察を行う。また Smith 教授らが開発した解析方法を用いて粒子間結合度や配向度の多孔体物性への寄与について定量的に評価を行う。</p> <p>本申請の派遣を経験することで、自身の多孔体物性の研究について理論的な解析や考察が可能となり、研究結果の方向性の明確化や報告論文のレベルが向上することが期待できる。ENSCI とはすでに大学間連携事業が盛んに行われているが、申請者はスミス教授とのコラボレーションを基に、連名の論文発表や国際共同研究の構築を達成することで、さらに連携を強化することに活かしていく。</p> <p><実験結果></p>	

本実験では、さまざまな気孔率気孔径をもつアルミナ多孔体について、微構造と熱伝導率についての関連を評価した。まずアルミナ多孔体の熱伝導率測定においてレーザーフラッシュ装置での測定の妥当性について検討した。図1ではレーザーフラッシュ法および一般的に多孔体熱伝導率測定に用いられるホットディスク法で測定したアルミナ多孔体の熱伝導率を示した。測定結果より両者の値はほぼ一致しておりレーザーフラッシュ法測定の妥当性が確認された。次に図2に示すようにさまざまな気孔率気孔径をもつアルミナ多孔体について、その熱伝導率の温度依存性を室温から 1000℃の範囲でそれぞれ真空中にて測定を行った。図1, 2より気孔径 0.70 ミクロンの多孔体 (d070) は 0.17 ミクロン (d017) と比較して同じ気孔率において高い熱伝導率を示した。この原因について調査するため、アルミナ多孔体の微構造を走査型電子顕微鏡 (SEM) により観察を行った。図3に示した SEM 画像より、それぞれの多孔体中のアルミナ粒子の粒径および粒子間結合の状態について評価した。熱伝導率の高い気孔径 0.70 ミクロンの多孔体は 0.17 ミクロンのものより粒径が大きく粒子間架橋も大きいことがわかった。熱伝導率の温度依存性データおよび SEM 観察による粒径測定結果から粒子間熱抵抗を解析する手法を用いて、粒子間架橋サイズが熱伝導率におよぼす影響について定量的に評価することができた。

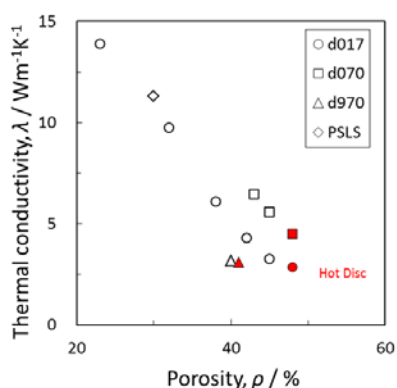


Fig.1 アルミナ多孔体の室温における熱伝導率測定結果

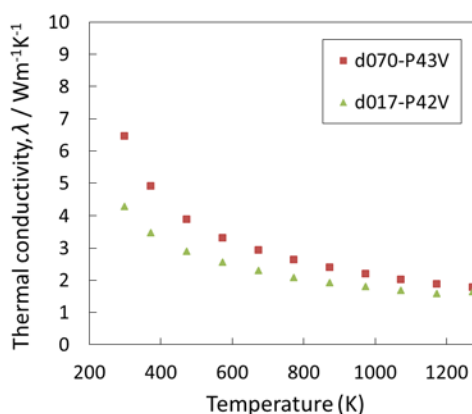


Fig.2 アルミナ多孔体の熱伝導率の温度依存性測定結果

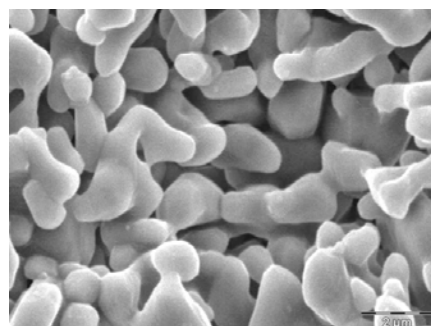
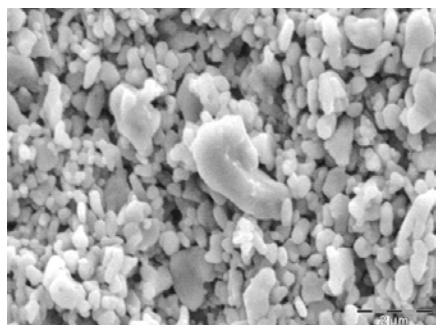


Fig.3 アルミナ多孔体の SEM 観察結果 (左 : d017, 右 : d070)

多孔体中のアルミナ粒子の粒径および粒子間結合の熱伝導率への影響について定量的に評価するために、スミス教授らが開発した熱伝導率温度依存性データの逆数を用いた手法により解析を行った。図4に示したように測定結果はほぼ直線でフィッティングが可能となっており、測定の精度および解析手法との整合性が良い結果となった。さらに本共同研究ではアルミナ粒子径を考慮した手法を用いることでより精度の高い解析が可能となった。図5に粒径を考慮した粒子間熱抵抗の評価結果を示した。気孔率40%以上の多孔体と比較すると、d070はd017と比較して粒界熱抵抗が同等か低い値となった。d070は粒子間架橋サイズが大きいため粒界熱抵抗が低下し、さらに粒径が大きいことから高い熱伝導率を示したことを明らかとした。

耐熱衝撃性の向上を目的としてアルミナ多孔体の熱伝導率を向上させるには、図1に示すように気孔率を小さくして気孔量を減少させればよい。しかし、図6に示すように気孔径が小さくなり気孔量が低下するとアルミナ多孔体の透過率は減少してしまい、分離膜基材用多孔体としての性能を低下させる。本研究結果により、粒子間架橋サイズのみを増大させることで、透過率を低下させずに熱伝導率を向上させることが可能であることを明らかとした。さらに、多孔体熱伝導率への粒径および粒子間架橋サイズの影響について定量的な評価が可能となり、分離膜基材用多孔体の材料設計の新たな指針としての利用が期待できる。

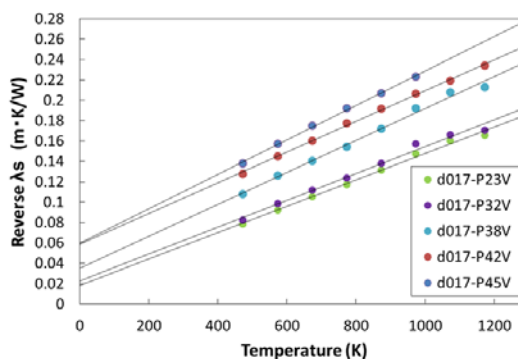


Fig.4 熱伝導率の温度依存性データを用いた粒子間熱抵抗評価の例

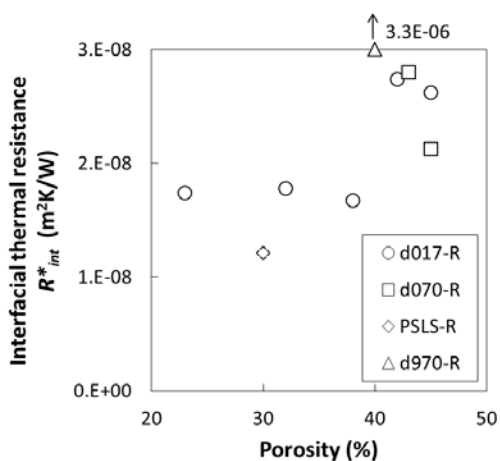


Fig.5 アルミナ多孔体の粒子間熱抵抗の評価結果

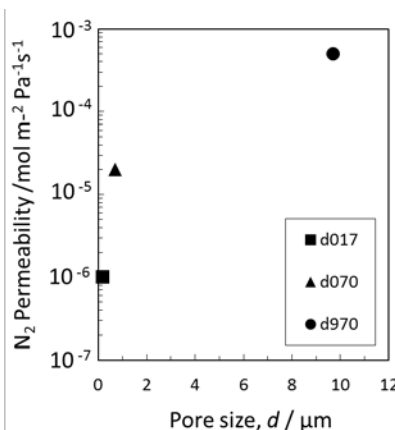


Fig.6 アルミナ多孔体の窒素透過率測定結果

派遣先研究室に関して（担当教授・構成人数・研究活動スタイル）：

ディビット・スミス 教授

アリ・ベノア 准教授

構成人数 15名

今後の抱負：

スミス教授とのコラボレーションを基に、連名の論文発表や国際共同研究の構築を達成することで、さらに連携を強化することに活かしていく。

今後派遣される研究者へのアドバイス・メッセージ：

数ヶ月の短期間の派遣では実験計画、達成度を明確にさせていく必要がある。



スミス教授、ベノア准教授と



研究所外観