

## 1. 研究実施計画

課題名：エネルギー変換材料に用いるマイクロ粒子の生成・形態制御に関する基礎的研究

研究機関名：独立行政法人 産業技術総合研究所

任期付研究員氏名：遠藤 明

### ①研究の意義・目的・必要性

地球温暖化防止問題に代表されるエネルギー・環境分野の技術課題としては、蓄熱、熱輸送、昇温システムなどに用いるエネルギー変換材料の開発は極めて重要な意味を持っている。これらの材料は、従来にはない高機能・新機能を持ちつつ、比較的安価に大量生産可能であることが実用化の必須条件となっており、材料の創製とその製造の一体的なプロセス技術の開発が必要とされている。これまでのところピーカースケールで得られた新しいエネルギー変換材料は、石油化学産業等で用いられている従来型のプロセス技術の部分的な改良による大量生産が検討されているが、これらの新しい機能材料の形成には、ほとんどの場合結晶成長プロセスが含まれているため、従来型のスケールアップ技術をそのまま適用することは困難である。

従ってこれらの高機能・新機能を有するエネルギー変換材料に要求される高度な形態組織を実現しつつ工業規模の製造を可能とするには、新たな材料プロセス工学の確立が必要不可欠である。特に、気相及び液相から固相粒子が生成する際の機構や形態組織の制御方法、物性との関係を明らかにし、複雑で緻密な生成過程を大規模に実現する技術の確立が必要である。

そこで本研究では、クラスレート型蓄熱材、吸着式ケミカルヒートポンプ、燃料電池用固体電解質など、今後我が国のエネルギー利用効率の向上とCO<sub>2</sub>排出量削減等に大きな効果が期待され、エネルギー変換材料の創製・生産の両過程に共通するプロセスである核発生、クラスター、超微粒子などのマイクロ粒子の生成過程の機構を解明（核発生、相転移、自己組織化などを含む）すると共に、構造・形態の制御（粒子サイズ、形状、構造および配列）を工学レベルで可能とし、新規産業の創成にも資する材料創製における基盤的なプロセス技術を確立することを目的とする。

具体的には、上記のエネルギー変換材料における液相での粒子生成や膜成長の過程を外部から容易に操作できる音波、電場、磁場などの振動を加えて反応場を制御することにより、自律的に複層した層状の構造を持つ複合粒子の作製等が可能になるプロセス技術の確立を目指す。

### ②研究の概要

#### (1) マイクロ粒子生成機構の解明

高分解能電子顕微鏡などによるマイクロ粒子初期生成過程の観察やコンピュータシミュレーションによる模擬実験を行うことにより、核発生、相転移、自己組織化などのマイクロ粒子の生成機構を検討する。

#### (2) マイクロ粒子の構造制御プロセスの開発

(1)で行うミクロレベルにおけるマイクロ粒子の生成機構および構造形態と、マクロレベルでの物性の関係を明らかにするとともに、反応場に外部から強制的に振動を加え、製膜や粒子成長を制御することによる構造形態制御技術及びそれによる工業規模の製造プロセスを検討する。

### ③研究目標

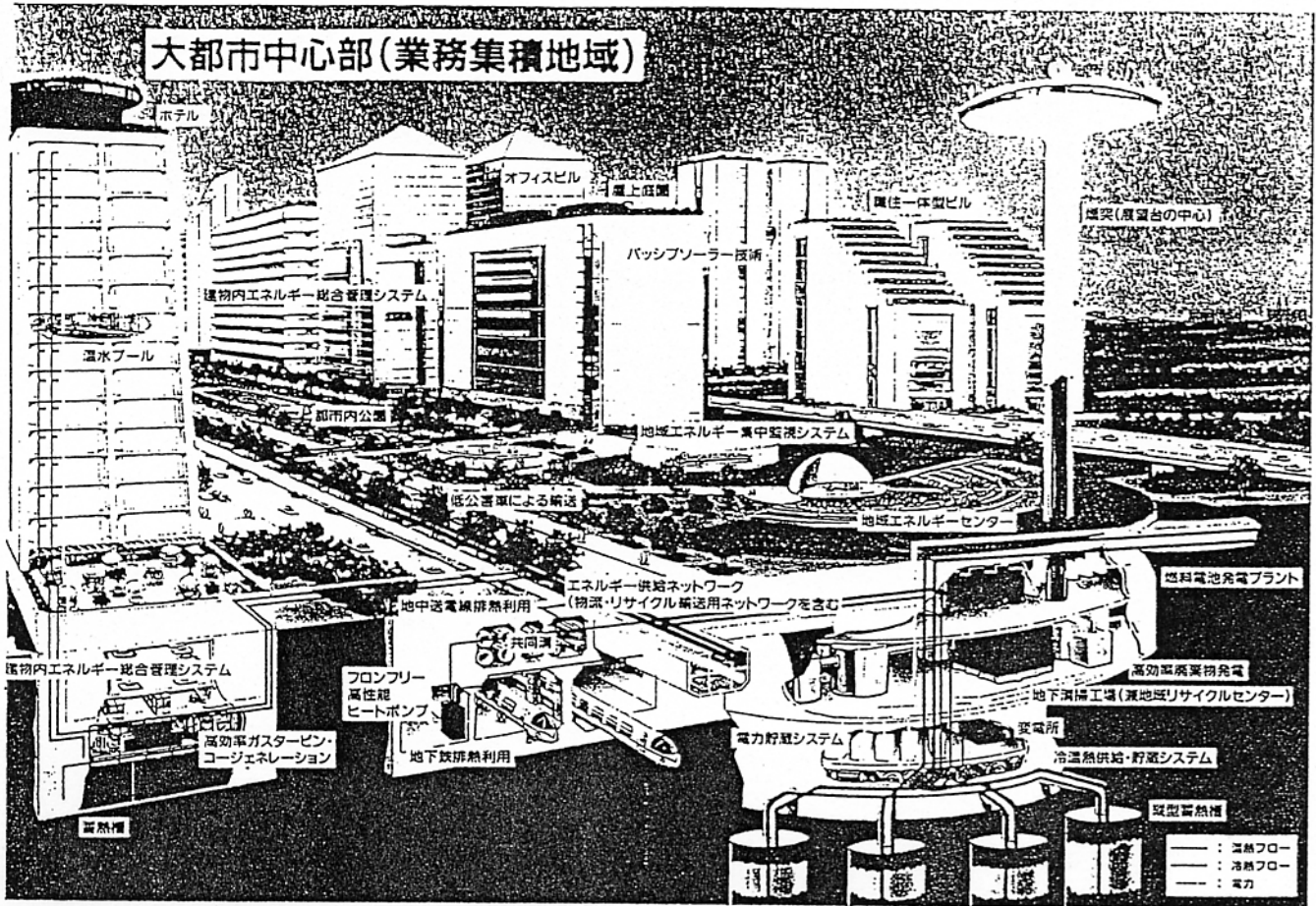
#### (1) マイクロ粒子生成機構の解明

マイクロ粒子生成の初期過程を支配している因子を明らかにし、それらが生成する物質の構造形態にどのように影響しているかを明らかにする。

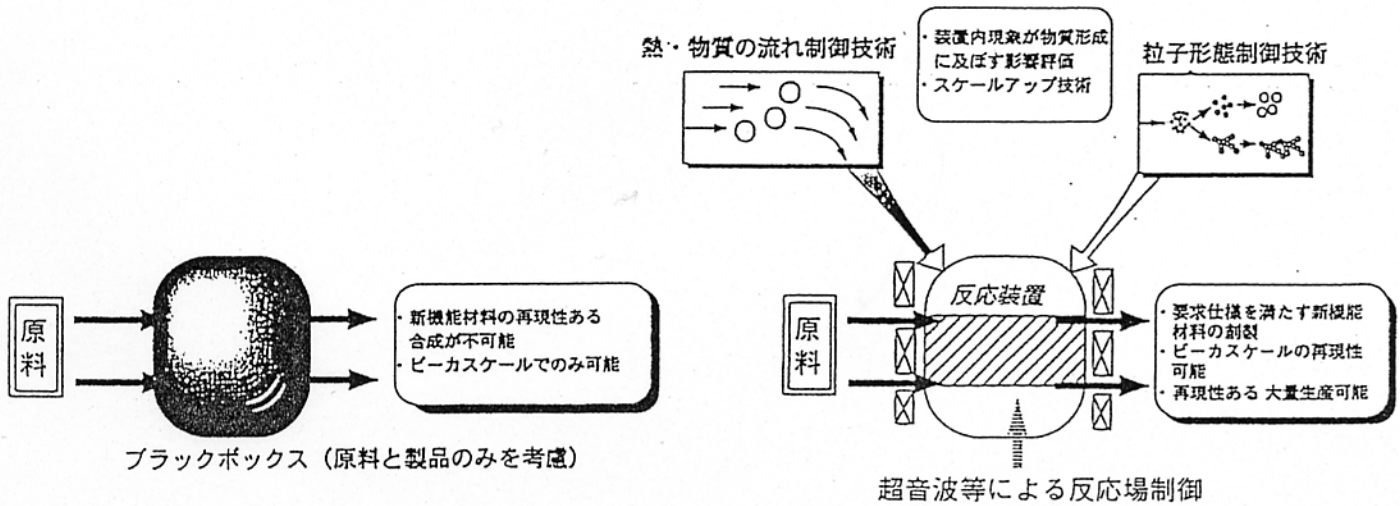
#### (2) マイクロ粒子の構造制御プロセスの開発

マイクロ粒子生成機構で明らかになった知見をもとに、高機能・新機能を有する材料の構造を制御し、最適な製造プロセスを検討する。熱・物質・運動量の移動現象まで考慮して工業規模の反応装置スケールまで拡大した新プロセス技術を確立する。

### ④研究概要図（別紙のとおり）



大都市等におけるエネルギー利用効率の向上には、高機能・低コストで大量に供給可能なエネルギー変換材料が必要である。



従来プロセス技術では大型装置による大量生産は困難

マイクロ粒子制御による新しいプロセス技術

## 2. 研究成果の概要

### ①研究成果

#### (1) メソポーラスシリカの構造形成メカニズムと形態制御

ゾルゲル法によるメソポーラスシリカの構造形成のメカニズムに関する知見を得、薄膜おけるナノ構造の制御、従来困難であったサブミリメートル厚でのナノ構造形成などを行った。スピンコーティングフィルムにおいては、原料ゾル液の組成をコントロールすることでナノ構造配列を制御できることを示し、また溶媒揮発法を導入することによりサブミクロンからサブミリメートルの範囲でのメソポーラスシリカフィルム（自立膜を含む）の合成に成功した。

#### (2) 吸着式ケミカルヒートポンプ用吸着材の開発

アルコールを冷媒に用いたノンフロン型吸着式ヒートポンプ用吸着材としてのメソポーラスシリカの評価と細孔径制御（とくに1~2 nmの範囲）を行った。吸着用ヒートポンプ用吸着材としては、限られた操作圧力範囲において大きな吸着量を示すものが望ましく、研究の過程で合成することに成功した細孔径1.5~2nmのメソポーラスシリカが優れた特性を有していることが判明した。

#### (3) メソポーラスシリカのナノ細孔構造評価

細孔径1~2nmの範囲（メソ孔とマイクロ孔の境界領域）の細孔径評価は通常のケルビン式を用いた解析では不可能なため、新しい細孔径解析法が必要となったため、従来のケルビン式を修正し、かつきわめて簡単な方法で上記範囲の細孔径を評価する方法を確立した。（現在論文投稿準備中のためこの成果については未発表である。）

### ②波及効果、発展方向、改善点等

今後の波及効果、発展方向としては、吸着式ヒートポンプ用吸着材としてのより詳細な検討と大量生産方法の確立（企業と共同研究を予定）と、ナノ細孔内の表面物性等の制御による新機能の発現を目指す研究の2方向に進んでいくと考えている。すでに複数の企業からの共同研究の依頼があり、現在検討中である。