

平成21年度戦略的基盤技術高度化支援事業

「酸化亜鉛単結晶ナノチューブの低廉な量産技術の開発」

成 果 報 告 書
(概 要 版)

平成22年 3月

委託者 中部経済産業局

委託先 財団法人 名古屋産業科学研究所

目 次

第1章 研究開発の概要	1
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標	
1-2 研究体制	
1-3 成果概要	
1-4 当該研究開発の連絡窓口	
第2章 酸化亜鉛単結晶ナノチューブ製造技術の開発	7
2-1 ラボ結果の確認テスト	
2-2 ヒーティングバスによるスケールアップ試験	
2-3 試験装置による酸化亜鉛単結晶ナノチューブの試作	
2-4 まとめ	
第3章 酸化亜鉛ナノ粒子合成装置の設計開発	9
3-1 合成装置の設計	
3-2 加圧ろ過器の設計	
3-3 乾燥・粒子成長装置 の設計	
3-4 試験装置の製作	
3-5 まとめ	
第4章 酸化亜鉛単結晶ナノチューブの基礎技術面の充実	12
4-1 基礎測定評価と性能改善に関する研究	
4-2 分散技術の分析 分散剤および分散条件の調査	
4-3 まとめ	
第5章 全体総括	16
5-1 成果の総括	
5-2 工業所有権の取得状況及び対外発表等の状況	
5-3 今後の事業化に向けた取り組み	

第1章 研究開発の概要

カラーハードコピーの高画質化、高画像保存性の時代的ニーズによりインクの高性能化が求められている。顔料系インクは画質の面で劣るとされるが、対策として顔料粒子の微細化とそれによる凝集化を防ぐためマイクロカプセル化が有効とされている。さらに画質をあげる手段として、粒子間を透明粒子で埋めることにより光沢性を改善し、さらには弱点である擦過性の改善により、高保存性が確保される。酸化亜鉛単結晶ナノチューブは、このニーズに対し最適の特性を有する。

本研究開発では実験室規模の装置を製作し、この装置による試作研究を通じて、酸化亜鉛単結晶ナノチューブの廉価な量産プロセスを完成させる。

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

デジタルカメラの普及とともに高画質化の要求が高まり、また屋外用途への広がり等で画質の保存性に対するニーズが強まっている。

こういったニーズへの対応には、プリンター、メディア（紙）の改善が必要であるのは勿論であるが、インクの高機能化なくしては達成不可能である。

インクは、染料系インクと顔料系インクに大別される。

顔料系インクの画質を向上には顔料粒子の微細化が必要であるが、ある程度むと凝集化しやすくなり、画質改善が進まない。この対策としてマイクロカプセル化が有効な手段とされ、また粒子間を透明粒子で埋めることで光沢性が向上し、画質が改善される。さらに弱点である擦過摩耗性が改善され高保存性が確保される。

酸化亜鉛単結晶ナノチューブは、容易にカプセル化が可能であり、また薄片化により、透明な薄膜コーティング材とすることができるため、顔料系インクの高画質化、高画像保存性のニーズに対し最適の特性を有している。

現在、酸化亜鉛の微粉末粒子として、以下の競合プロセスがある。

(1) ZnO 焼成粉碎法

特徴：多結晶粉末であり、工程が長く、歩留も低いため高コストである。

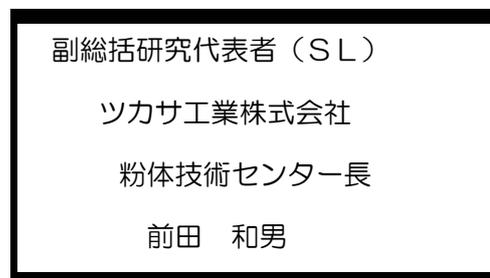
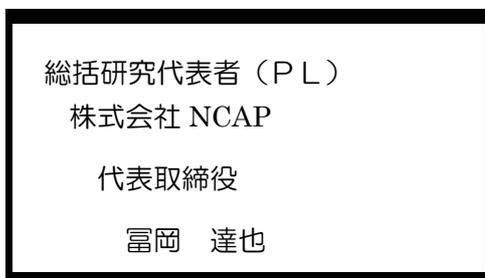
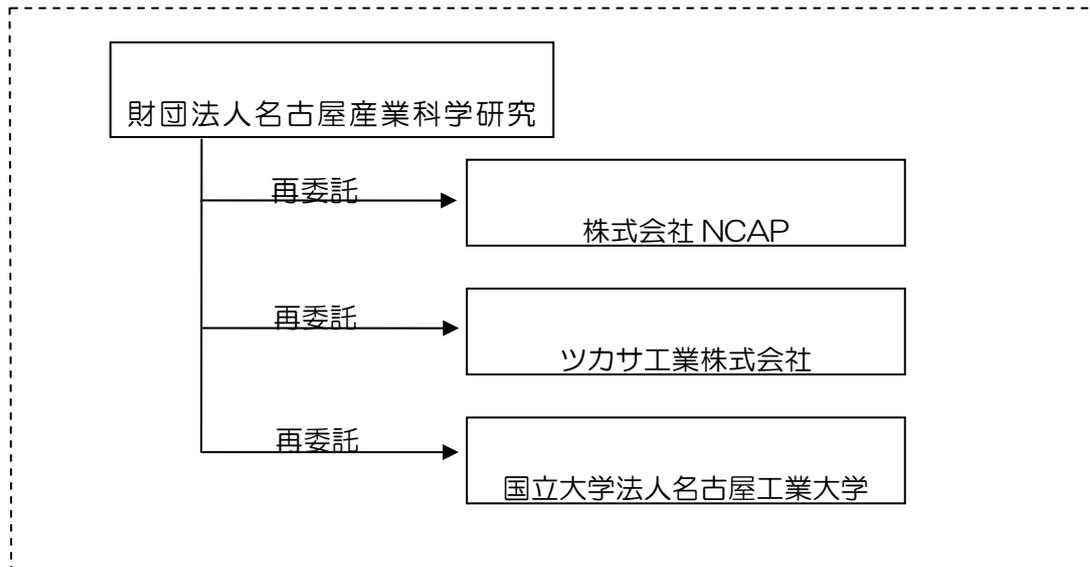
(2) 水溶液反応による ZnO 沈殿法

特徴：ナノサイズ粒子またはロッド状粒子であり、凝集を防ぐために有効なマイクロカプセル化は不可能である。剥離性改善、光沢性改善に有効なナノオーダーのオーバーコート性能は、酸化亜鉛単結晶ナノチューブの薄片化に及ばない。

本プロジェクトの目標は、現状粒子の欠点を解消するため酸化亜鉛ナノチューブの低廉な量産技術を確立し、実用化を図るため合成プロセスにおける諸パラメータを制御可能な装置開発により量産化プロセスとして完成させることにある。

1-2 研究体制

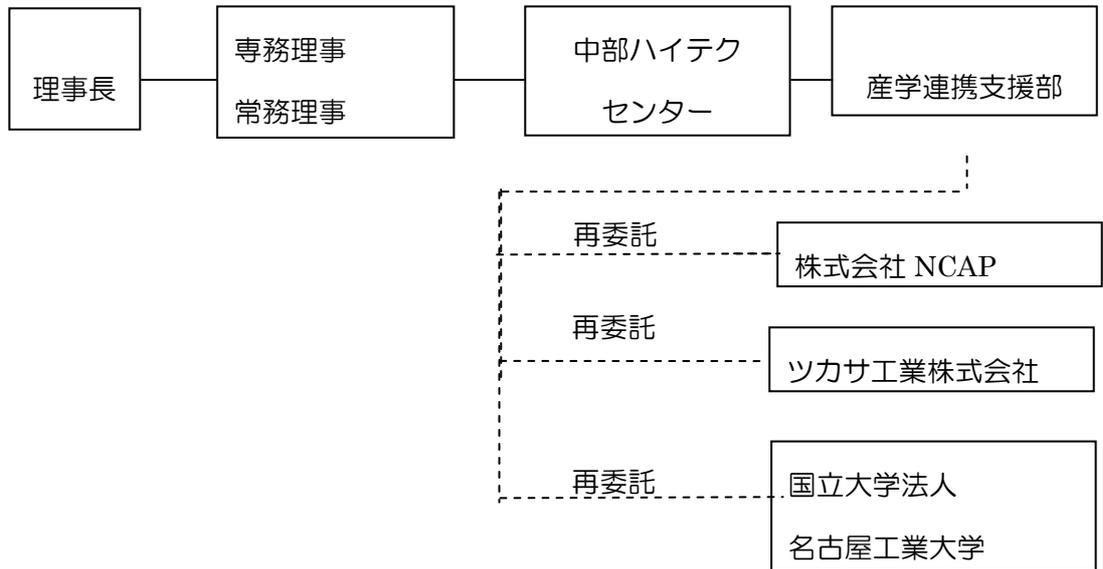
1) 研究体制



2) 管理体制

①事業管理者

財団法人名古屋産業科学研究所

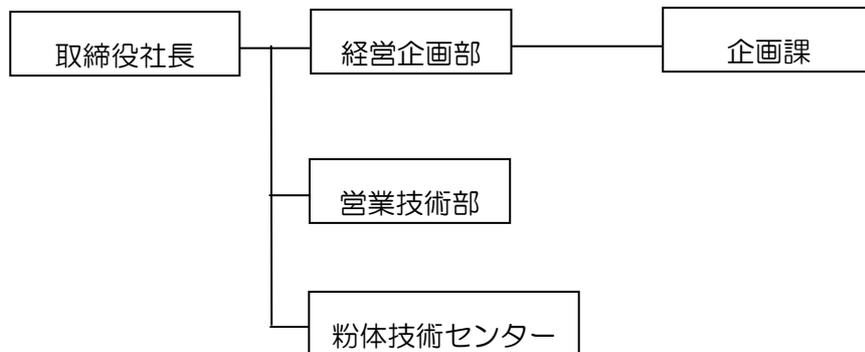


②（再委託先）

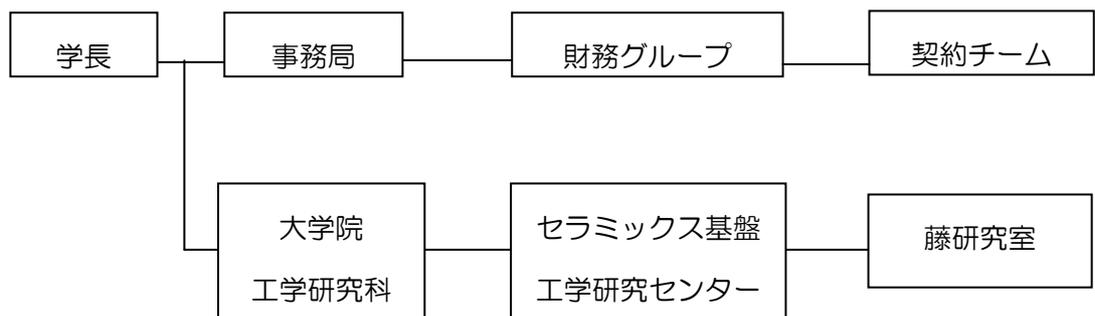
株式会社 NCAP



ツカサ工業株式会社



国立大学法人名古屋工業大学



(2) 管理員及び研究員

【事業管理者】 財団法人名古屋産業科学研究所

管理員

氏名	所属・役職
藤根 道彦	中部ハイテクセンター産学連携支援部長
安部 浩二	中部ハイテクセンター事務局長
祖父江 英夫	中部ハイテクセンター
浅田 節子	中部ハイテクセンター
滝澤 智美	中部ハイテクセンター
蟹江 祥子	中部ハイテクセンター

【再委託先】

研究員

株式会社 NCAP

氏名	所属・役職
富岡 達也	代表取締役
宇津野 光朗	製造技術部長

ツカサ工業株式会社

氏名	所属・役職
前田 和男	粉体技術センター長
田中 博樹	営業技術部
田中 康志	営業技術部
宮地 茂夫	営業技術部
盛田 元之	営業技術部
小林 弘弥	粉体技術センター

国立大学法人名古屋工業大学

氏名	所属・役職
藤 正督	セラミックス基盤工学研究センター教授

1-3 成果概要

酸化亜鉛単結晶ナノチューブの製造プロセスは、単結晶ナノチューブ前駆体の合成プロセスと前駆体を単結晶ナノチューブへ分解・成長させるプロセスからなる。

本プロジェクトでは、酸化亜鉛単結晶ナノチューブを廉価に供給できる量産プロセスの開発を目指すため、装置の開発および本装置を使用して単結晶ナノチューブの製造プロセスを完成させるための技術開発に取り組んだ。

1) 酸化亜鉛単結晶ナノチューブ製造技術の開発

- ① 第1ステップとして名古屋工業大学において見出した酸化亜鉛単結晶ナノチューブの生成条件について再現性テストを行い、装置のスケールアップに必要な設計製作の基本仕様を確認した。
- ② 第2ステップとしてヒーティングバスを使用し、スケールアップによって生ずる合成条件の変化を調査した。

これらの諸試験を通して、スケールアップに際しても酸化亜鉛単結晶ナノチューブの合成は実験室における条件により再現可能であることを確認した。

2) 酸化亜鉛単結晶ナノチューブ製造装置の設計、製作

スケールアップに必要なプロセスデータが採取可能であり、市場開拓に必要なサンプルワークが可能となる規模の合成装置の設計製作を行った。

- ① サンプル量として200g以上が確保できる規模の前駆体合成装置を設計製作した。当初目標通りの酸化亜鉛単結晶ナノチューブの前駆体の合成が可能となった。
本装置の稼働により、ろ過後の溶液中に未回収のZnイオンが残存していることも判明、溶液を簡易処理することにより、酸化亜鉛単結晶ナノチューブの前駆体として回収可能であり、大幅な歩留まりupを見込めることが分かった。
- ② 前駆体を単結晶ナノチューブへと成長させるには、ろ過により回収された前駆体ケーキを次工程の乾燥・粒成長過程でチューブへ成長させることが必要である。乾燥・粒成長工程は、長時間の加熱温度と雰囲気制御が重要である。

良好な単結晶チューブを得るためには、非常に多くの試験条件について細かく調査を行う必要がある。長時間処理の効率化をはかるため、大型熱処理炉内に独自に温度調整機能をもつボックスを複数セットできる構造とし、多数のロットを同時処理可能な安価な熱処理設備とすることができた。

3) 酸化亜鉛単結晶ナノチューブの基礎技術面の研究

酸化亜鉛単結晶ナノチューブの生成機構については、これまで必ずしも明確になっていない。単結晶ナノチューブとしての品質改善、機能性向上のためには基礎研究の面から補強が不可欠であり、製品化の面からは光学的特性の評価、および粒子の分散性の評価は不可欠であり、これらの調査研究を行った。

① 酸化亜鉛単結晶ナノチューブの生成機構の解明

ア 前駆体の構造不安定性により、熱処理によって前駆体からチューブ状粒子へと形状変化が起きることがわかった。

イ. 乾燥初期過程において、チューブ状粒子が多く確認された。

このため、乾燥時の前駆体粒子の経時変化を追跡し、チューブ状粒子の生成挙動を詳細に調べた。

③ ZnO 薄膜成形条件の調査及びその光学特性の評価

および ZnO チューブから作製した薄膜は、不定形の ZnO (試薬) と比較し、可視光および紫外領域で透過性が高いことを確認した。また、粒子形状および分散状態の制御で光透過性を制御できることが分かった。紫外線遮蔽では適度な凝集状態もしくは板状形状が良く、透明コート用途には、チューブ形状で高い分散状態とすることなど、用途によって、適正な粒子を供給可能となる。

④ 分散技術

酸化亜鉛単結晶ナノチューブの有機溶剤への分散を想定し、ステアリン酸による改質を試みた。改質に使われているステアリン酸の程度は TG により確認した。表面疎水化も処理後サンプルの水への浮遊により定性的に確認し、酸化亜鉛単結晶ナノチューブの有機溶剤中への分散方法の一つとして、ステアリン酸による改質が有効であることが分かった。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

所属	氏名	Tel & Fax	E-mail
財団法人 名古屋産業科学研究所	藤根 道彦	052-223-6639 052-211-6224	fujine@nisri.jp

第2章 酸化亜鉛単結晶ナノチューブ製造技術の開発

本プロセスは、単結晶ナノチューブとなるべき前駆体の合成とチューブへの粒子成長プロセスよりなる。本計画では、それに必要な合成装置の設計製作を行ない、その装置を使用して単結晶ナノチューブの製造技術を完成させるための試験研究を行なった。

2-1 ラボ結果の確認テスト

試験装置の設計に入るに当たり、最初に合成装置に必要な各機器の具備すべき諸条件を確認するため、名工大の実験室において得られた、実験室条件の再現試験を行った。

酸化亜鉛単結晶ナノチューブの適正な合成プロセスおよび条件は Fig 2-1 の通りである。

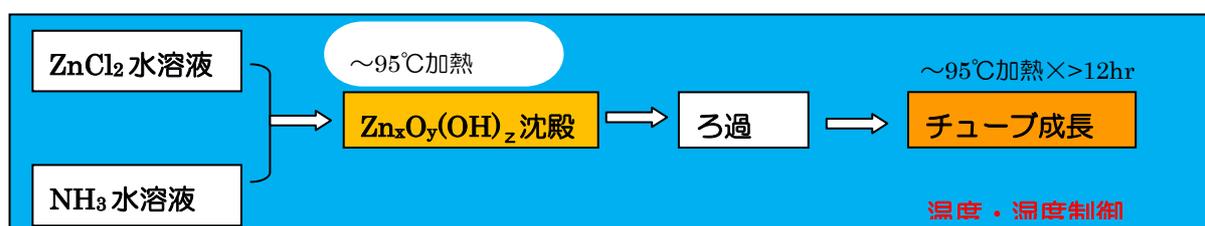


Fig 2-1 酸化亜鉛単結晶ナノチューブの合成プロセス

この時の機器条件、作業フローを詳細に分析することにより、合成装置および付帯設備の仕様を決定し合成装置の設計製作に入った。

2-2 ヒーティングバスによるスケールアップ試験

成果の概要で既に述べたように、本研究における試験装置の容量は、サンプル量にして200g以上のサンプル量の確保を目標としている。

設計した試験装置による合成試験の開始に先立ち、中間段階として、41のヒーティングバスを購入し、これにより合成試験を実施した。

この時得られた析出物を、乾燥処理した結果は、Fig2-2のとおりである。

この結果、ラボ試験から10倍スケールアップしたヒーティングバスによる試験でも、ほぼ同じ条件で酸化亜鉛単結晶ナノチューブが合成できることを確認することができた。

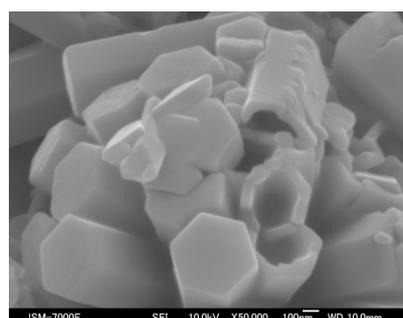


Fig 2-2 ヒーティングバスで合成した析出物の90°C×20h乾燥処理後の組織

2-3 試験装置による酸化亜鉛単結晶ナノチューブの試作

ヒーティングバスによる試験の結果、スケールアップしても、酸化亜鉛単結晶ナノチューブの合成条件は、大きく変動する心配のないことが確認された。

このため、第3章で設計製作した試験装置の完成に伴い、合成試験を開始した。

実験のフローをFig2-3に示す。

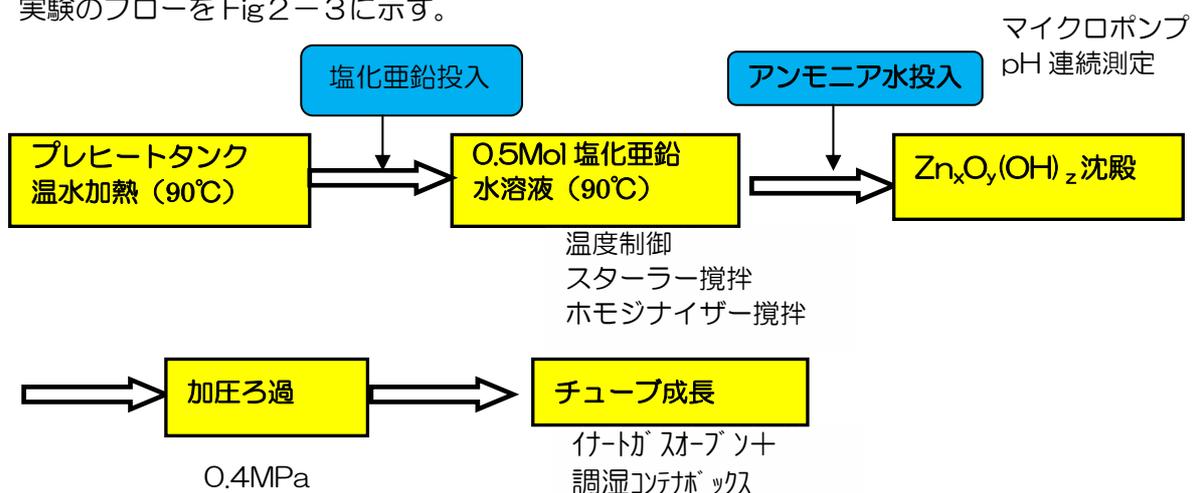


Fig2-3 試験装置による酸化亜鉛単結晶ナノチューブの製造プロセス

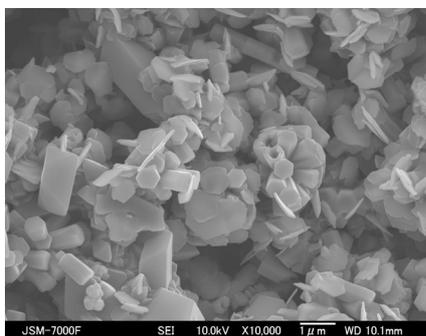


Fig2-4 試験装置で合成した析出物の
90°C×20h熱処理後の組織

ろ過に要した時間は、10分でありほぼ目標通りのろ過能力であった。

得られたケーキをイナートガスオーブン中で熱処理した。まだ Fig2-4 のとおり完全な単結晶ナノチューブまでにはなっていないが部分的に酸化亜鉛のチューブ結晶が得られた。

この結果、開発した試験製造装置は、当初目標の機能を有することが確認できた。

2-4 まとめ

- ・ラボ試験の再現テストを実施、機器条件、作業フローを詳細に分析することにより、合成装置および付帯設備の仕様を決定し合成装置の設計製作を行った。
- ・試作した試験製造装置の稼働に先立ち、ラボの10倍スケールのヒーティングバスで試験を行い、ほぼ同じ条件で酸化亜鉛単結晶ナノチューブが合成できることを確認した。
- ・設計製作した装置の稼働により、酸化亜鉛単結晶ナノチューブの前駆体の合成を実施、導入し

たイナーガスオープンによる熱処理で酸化亜鉛の結晶成長までを確認した。

第3章 酸化亜鉛ナノ粒子合成装置の設計開発

ラボ試験の再現テストを行い、この結果を分析して機器条件、作業フローを詳細に分析することにより、合成装置および付帯設備の仕様を決定し合成装置の設計製作に入った。

3-1 合成装置の設計

1) 反応容器の主な仕様

合成装置の主な仕様は以下のとおりである。

- ・容量：1回の試作で 乾粉200g以上の確保を目標とする。
- ・材質：常用 pH4.5～7.5。材質は SUS316L し内面はバフ仕上げとする。
- ・使用温度：Max 98℃
- ・加熱速度：25℃から 95℃までを 15分で昇温可能な能力を有すること。
- ・アンモニア水供給：アンモニア水の供給機能は、1～3 l/min で送液量可能なポンプ。
- ・pH および温度センサー：pH 変化を追跡可能なシステムとすること。同時に反応時の溶液温度も測定しデータを一括処理可能なものであること。

- 3) 操作盤：原料溶液供給～合成～ろ過までの各工程を操作盤上で操作できるものとする。
また標準外作業を可能とするため手動による操作が可能なこと。

3-2. 加圧ろ過器の設計

- 1) ろ過方式は、従来のメンブレンフィルターによる加圧ろ過方式を採用する。

- 2) 主な仕様は、以下のとおりとした。

- ・ろ過能力：酸化亜鉛ナノ粒子合成装置の溶液を10分以内にろ過可能なこと。
- ・材質は SUS316L とする。
- ・0.4MPa 以上の加圧に耐える材こと。

3-3 乾燥・粒子成長装置の設計

乾燥・粒成長工程は、長時間にわたる加熱温度と雰囲気制御が極めて重要である。長時間処理を効率よく行うため大型熱処理炉内に温度機能をもつコンテナを複数セットし、多数のロットを同時処理可能な熱処理設備とすることにした。

- 1) 乾燥・粒成長装置本体：

- ・本体内容積：500W×500D×50H。
- ・使用温度範囲：常温～200℃を±0.5℃でコントロール可能なこと。
- ・プログラム制御可能とし、処理温度まで昇温が1hrで可能なこと。

- ・雰囲気、アルゴンもしくはN₂で処理可能なこと

2) 乾燥用コンテナの製作仕様

長時間を要する処理を効率よく行うため、温度調整機能付コンテナを製作し、乾燥・粒成長装置本体内にセットして使用することにした。

- ・材質および形状：SUS316L、400L×400W×100H

粉体接触部はテフロン加工

- ・加熱能力 max 150℃とし温度記録が可能であること
- ・圧上昇に備えリーク圧を変えられるよう可変リークバルブを設置すること。

3-4 試験装置の製作

1) 粒子合成装置

前項の仕様に基づき、機器設計を行なった。Fig3-1に完成した合成装置の写真を示す。またFig3-2に装置のフローシートを示す。

2). 乾燥・粒子成長装置

Fig3-3に乾燥・粒子成長熱処理炉および炉内にセットしたコンテナボックスの様子を示す。



Fig3-1 完成した合成装置



Fig3-3 粒子成長熱処理炉とセットしたコンテナボックス

3-5 まとめ

- 1) スケールアップに必要なプロセスデータが採取可能であり、市場開拓に必要なサンプルワークが可能となる規模の合成装置の設計製作を行った。
 - ・装置容量サンプル量として200g以上が確保できる規模の前駆体合成装置を設計製作した。
 - ・長時間処理の効率化をはかるため、大型熱処理炉内に独自に温度調整機能をもつコンテナボックスを複数セットできる構造とし、多数のロットを同時処理可能な安価な熱処理設備とする

ことができた。

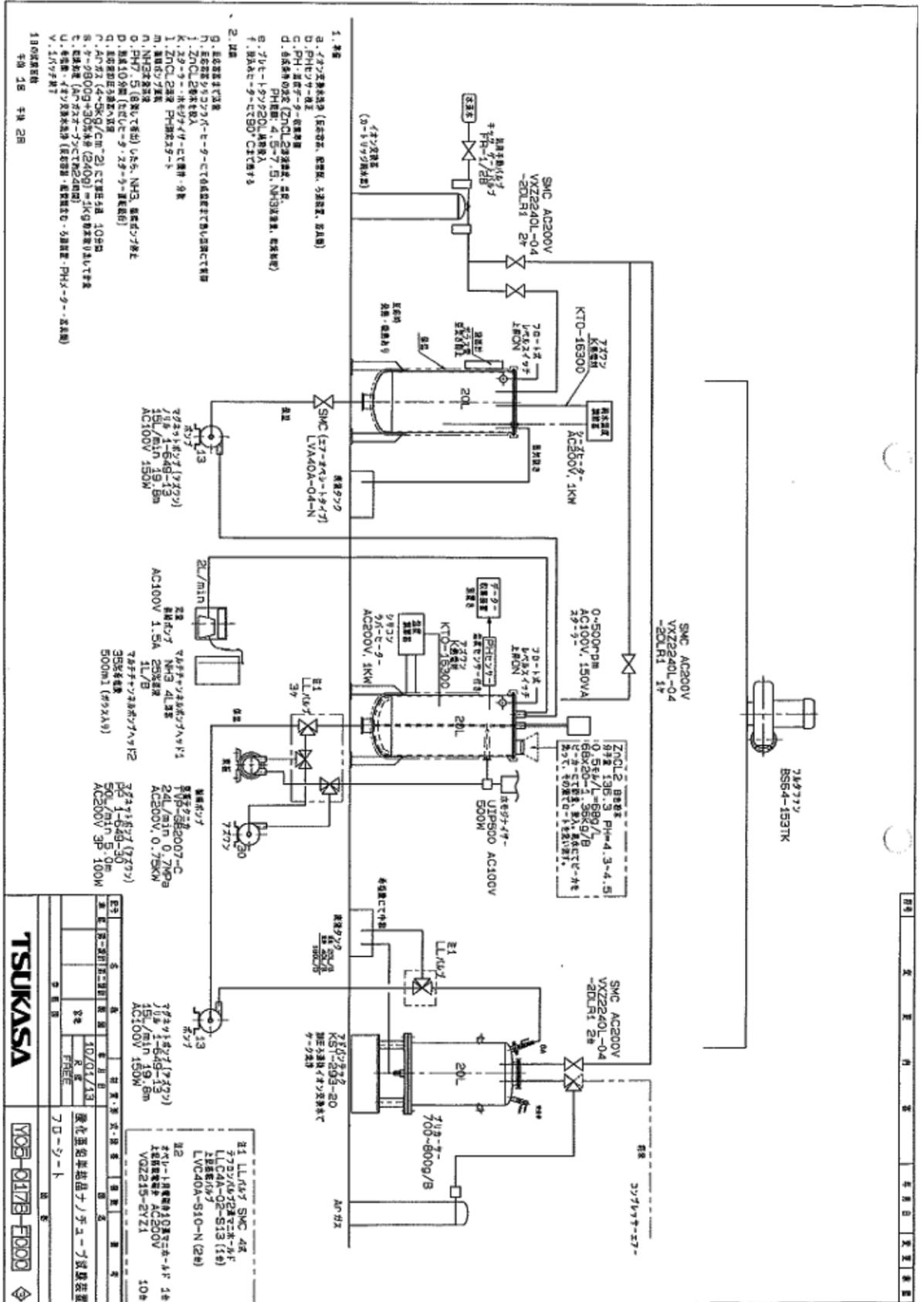


Fig. 3-2 酸化亜鉛単結晶ナノチューブ合成装置

第4章 酸化亜鉛単結晶ナノチューブの基礎技術面の充実

4-1 基礎測定評価と性能改善に関する研究

本節では酸化亜鉛単結晶ナノチューブの簡易試験装置による合成条件の確立（2-1）、チューブ成長プロセスと乾燥プロセスの最適組み合わせ条件の確立（2-2）の結果の解析とラボ試験による形状コントロール技術の理論的裏付けを目的とする。つぎに、酸化亜鉛チューブの紫外線遮蔽やインクへの応用で重要な光学特性を評価することが目的である。

・前駆体の乾燥過程における粒子形態変化の追跡

本合成プロセスにおいて粒子形態を運命付けるのは、塩化亜鉛とアンモニアの反応による沈殿析出する中間生成物の乾燥時のチューブ状粒子への変化過程である。

このため、まず中間生成物の構造評価を行った。その結果をまとめて Fig.4-2 に示す。沈殿析出反応を低 pH（この図では 6.0）で停止させた場合、Simonkolleite と呼ばれる層状化合物が合成され、これを 90°C で乾燥させてもチューブ形状には変化しないことが分かった。

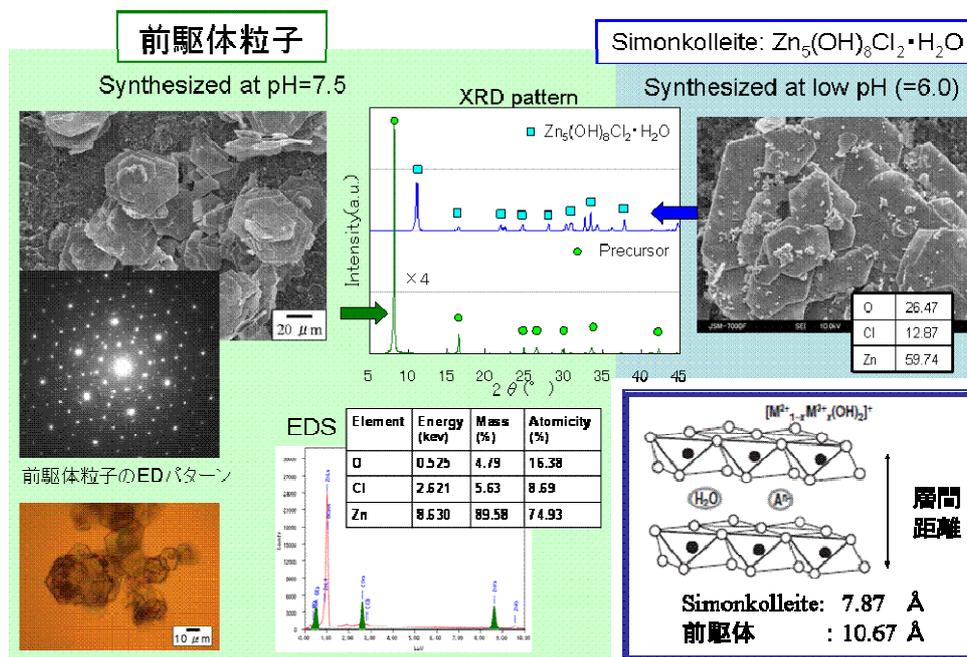


Fig.4-1 中間生成物の構造評価のまとめ

乾燥時前駆体粒子のチューブ状粒子への変化過程をX線回折により追跡した。

その結果を Fig.4-2 に示す。

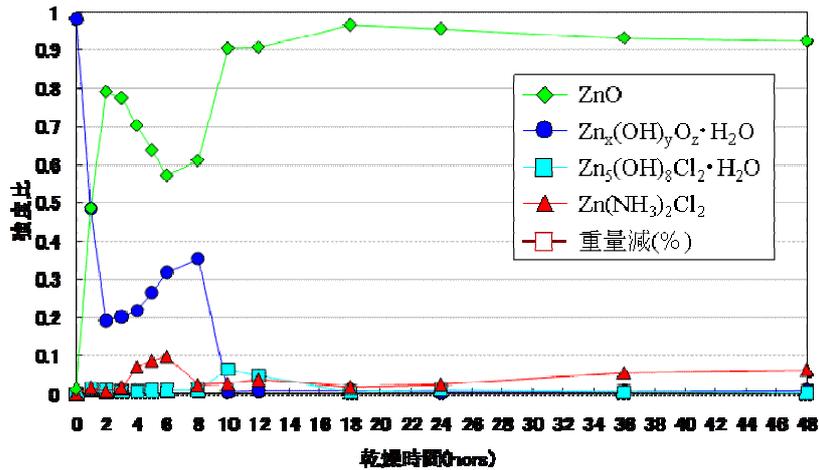


Fig.4-2 XRD における前駆体の経時変化の調査

Fig.4-3は各乾燥時間で取り出したサンプルの室温乾燥後のSEM 観察像である。

Fig4-3から乾燥2～10時間の間で前駆体からチューブ状粒子へ変化していることが分かった。

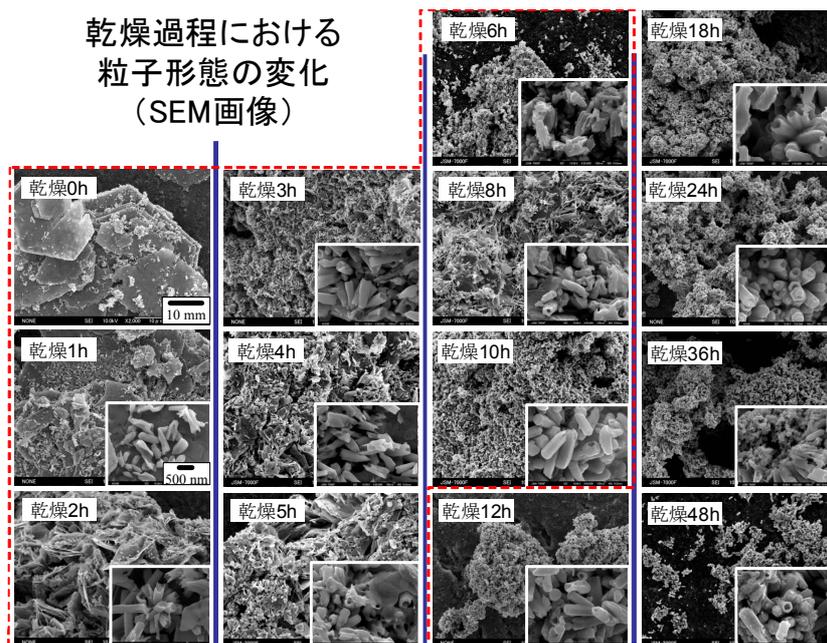


Fig.4-3 各乾燥時間におけるサンプルのSEM 観察像

・ ZnO 薄膜成形と光学特性評価

酸化亜鉛チューブの紫外線遮蔽やインクへの応用で重要な光学特性の評価を行った。

本実験では酸化亜鉛を溶剤と混合し分散させたスラリーを基材（石英ガラス）に塗布し紫外可視分光光度計により透過率を測定した。

ZnO 粒子は極性の低い溶剤（ヘキサン、トルエン）中では分散性が悪く速やかに凝集沈降し

てしまう。一方、極性の高い蒸留水やエタノールに対しては静置1日後においても沈降がほとんど起こらず、比較的良く分散している。

Fig.4-4は粒子質量に対して5wt%のPVA（分子量500）を添加してスラリーを調製し塗工した結果である。

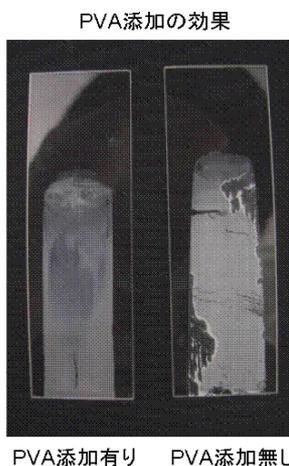


Fig.4-4 ZnO スラリーの塗工試験結果 (PVA 添加の効果)

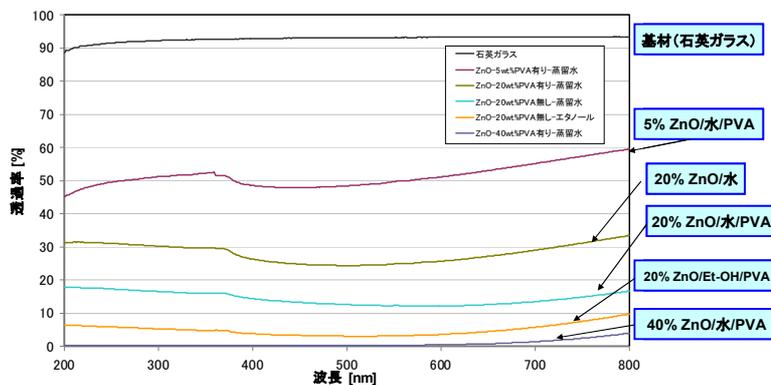


Fig.4-5 ZnO 薄膜の紫外・可視光透過率スペクトル

基材へのスラリー塗布は膜の厚みを精密に制御するため、ロールコーターにより行なった。

Fig.4-5に ZnO 薄膜の紫外・可視光透過スペクトルを示す。PVA 添加の固体濃度 40wt%から成形された薄膜は紫外線透過をほぼ 100%遮蔽することができた。

Fig.4-6に ZnO 薄膜の xy 色度図を示す。これは透過スペクトルを、赤、緑、青を基本とする刺激値に分割して算出される x と y の値により平面色度図化したものである。本実験により得られた ZnO 薄膜は高い白色度を有していることが確認された。

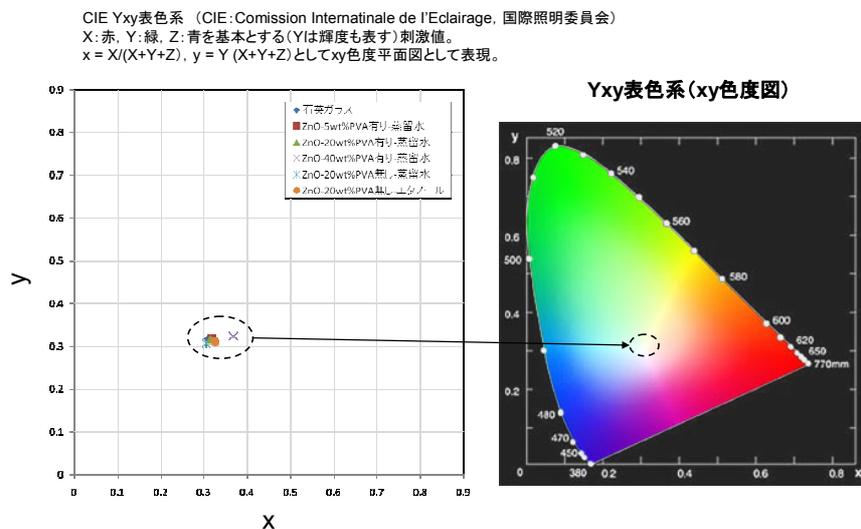


Fig.4-6 ZnO 薄膜の色彩評価 (xy 色度図)

4-2 分散技術の分析 分散剤および分散条件の調査

酸化亜鉛ナノチューブのスラリー製品としての供給する際には、スラリー中の粒子分散性の制御および分散安定性の確保が重要な課題である。

これまでの検討結果では、ZnO 粒子は水およびエタノールといった極性溶剤に対しては超音波処理により比較的良く分散する。また、PVA は薄膜成形時の結合剤としてだけでなく、スラリー中粒子の分散剤として働くことが示された。

・ステアリン酸による粒子表面改質

今回非極性溶剤スラリー中の粒子分散向上を目的として、ステアリン酸による粒子表面改質について検討を行った。

ZnO 粒子とエタノールの混合物に粒子質量に対して 10%のステアリン酸を添加し攪拌・超音波処理したスラリーを簡易オートクレーブ中で 1 時間改質反応させ、遠心分離・エタノール洗浄後、エバポレータにより固液分離し改質粒子を得た。

改質粒子の FT-IR 測定の結果、C=O および CH 結合由来の吸収が認められた。

改質量評価のため、熱重量 (TG) 分析を行った。その結果を Fig.4-7 に示す。

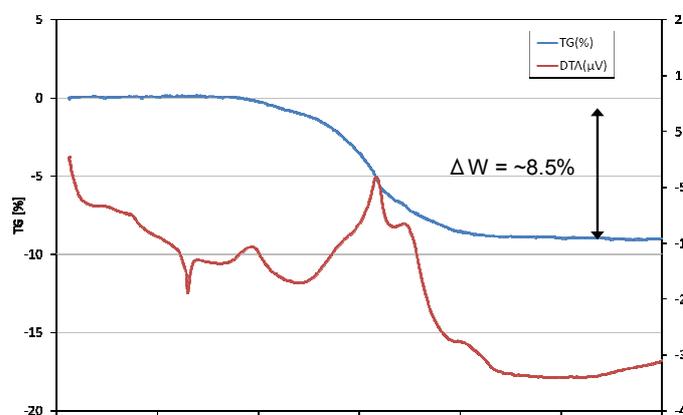


Fig.4-7 ステアリン酸改質 ZnO 粒子の TG/DTA 測定結果
(昇温速度 10°C/min.; 酸素ガスフロー 300 ml/min.)

4-3 まとめ

○前駆体の乾燥過程で、前駆体からチューブ状粒子へと変化していることが分った。また、乾燥初期過程において、チューブ状粒子が多く形成されることが分った。

○ ZnO スラリーのコントロールコーターによる薄膜成形において、水を溶剤とし PVA を添加することで、粒子濃度 40 wt.%までのスラリーによる薄膜成形が可能であった。得られた薄膜は白色を呈し、ほぼ 100%の紫外線遮蔽が可能であった (40%スラリー)。

○ ZnO の有機溶剤への分散を想定し、その一例としてステアリン酸による改質を試みた。

この結果、表面疎水化も処理後サンプルの水への浮遊により確認され、ZnO チューブの有機溶剤中への分散方法の一つとして、ステアリン酸による改質が有効であると考えられる。

第5章 全体総括

5-1 成果の総括

インク素材である顔料系粒子は、100nm レベルの粒子であるが、カプセル化や透明薄膜のコーティング等により高画質化や高画像保存性が改善される。

酸化亜鉛ナノチューブは、高画質化のためのマイクロカプセルのサイズとして非常に適している。また破碎により均一なナノサイズの厚さを有する微小薄片とし、これを使用することにより光沢改善による高画質化目標を達成できることが期待される。

本研究では、このような市場ニーズにこたえるため、酸化亜鉛単結晶ナノチューブを廉価に供給できる量産プロセスの開発に取り組んだ。本研究は、3年計画で完成させる予定であり、本年度計画目標としては、以下の項目を設定した。

ア. 量産プロセス技術の開発として

実験室規模の装置を製作、本装置により量産化に必要なプロセスデータを収集し、酸化亜鉛結晶が実際に生成できるところまでを確認する。

イ. 基礎技術面からのバックアップ

酸化亜鉛単結晶ナノチューブの品質改善、並びに機能性向上を図るためには単結晶ナノチューブの生成機構に関する基礎面からの解明が重要であり、また用途開発に必要な分散性や特性評価を行う。

以上の目標に対し、今年度の成果として以下のような成果を得た。

- ・目標である合成装置および乾燥・粒子成長装置の設計製作を完了し、試験結果からほぼ当初見込みの前駆体合成能力を有することが確認できた。

本装置の稼働により、ろ過後の溶液中には未回収のZnイオンが残存していることが判明した。簡易処理で前駆体として回収可能であり、大幅な歩留まりupが図れることが分かった。これについては次年度テーマとして是非取り上げたい。

乾燥・粒成長工程は、イの基礎研究の結果から、長時間にわたる加熱時間中の結

晶組織変化の制御が極めて重要であることが判明している。良好な単結晶チューブを得るためには、多くの条件について細かく調査を行う必要があり、大型熱処理炉内に独自に温度調整機能をもつコンテナボックスを複数セットする構造とし、多数のロットを同時処理可能な安価な熱処理設備とすることができた。

- ・酸化亜鉛単結晶ナノチューブの生成機構については、まだ不明確な点がある。
今回の成果として単結晶ナノチューブは、前駆体の構造不安定性により、加熱乾燥過程で前駆体からチューブ状粒子へと変化していることがわかった。
- ・分散性および光透過性について評価を行なった。不定形の ZnO（試薬）に比べ、ZnO チューブから作製した薄膜は、可視光および紫外領域において透過性が高い。さらに粒子形状および分散状態の制御で光透過性を制御可能であることが分かった。

今回の株式会社 NCAP、ツカサ工業株式会社、国立大学法人名古屋工業大学のコラボレーションは、酸化亜鉛単結晶ナノチューブの量産プロセスの開発として非常に良いスキームであったと考えられる。

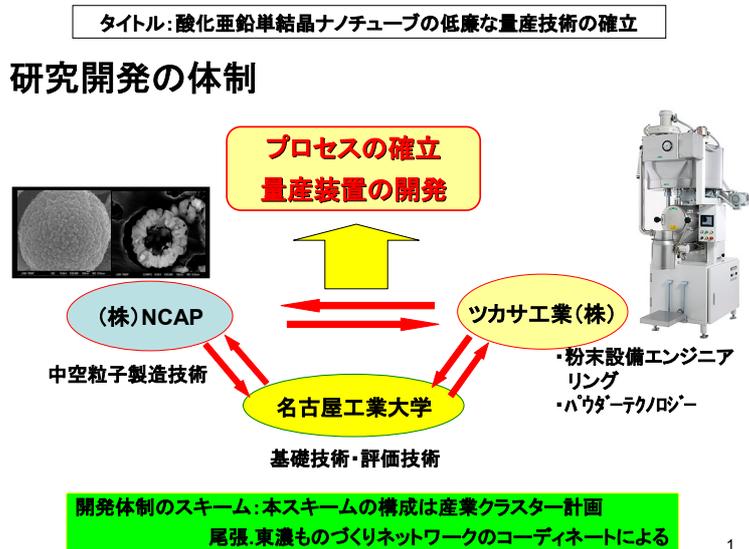
次年度は、さらに高品質の単結晶ナノチューブが生成可能な領域に進めるとともに、ユーザー評価を受けながら商品化に向けて計画の更なる促進を図ってゆきたい。

5-2 工業所有権の取得状況及び対外発表等の状況

なし

5-3 今後の事業化に向けた取り組み

本プロジェクトは、下図に示すとおり、株式会社 NCAP とツカサ工業株式会社が開発実施部門を担当し、名古屋工業大学がこれに必要な技術的バックアップを行なうことにより推進している。



本プロジ

ブの性状および

ユーザーにおける聞き取り調査から次のように設定している。

ア、第1ステップH23年までの達成目標

1) 製品特性目標

- ・ 製品サイズ：壁厚20～50nm、粒径300～700nm、長さ1～2 μm
- ・ 比表面積：10m²/g以上

2) 装置能力

- ・ 終了年度末までに 1kg/ch、5ch/Dの能力を有する装置の開発