

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2010-195605

(P2010-195605A)

(43) 公開日 平成22年9月9日(2010.9.9)

(51) Int.Cl.
C01B 13/18 (2006.01)

F1
C01B 13/18

テーマコード (参考)
4G042

審査請求 有 請求項の数 5 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2009-39447 (P2009-39447)
(22) 出願日 平成21年2月23日 (2009.2.23)

(71) 出願人 505374783
独立行政法人 日本原子力研究開発機構
茨城県那珂郡東海村村松4番地49
(74) 代理人 100139114
弁理士 田中 貞嗣
(74) 代理人 100092495
弁理士 蛭川 昌信
(74) 代理人 100139103
弁理士 小山 卓志
(74) 代理人 100095980
弁理士 菅井 英雄
(74) 代理人 100094787
弁理士 青木 健二
(74) 代理人 100097777
弁理士 葦澤 弘

最終頁に続く

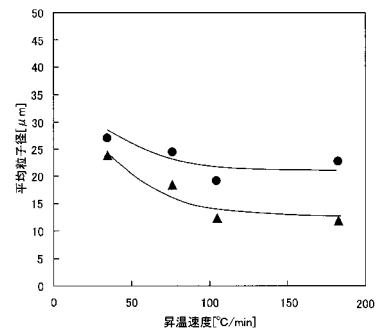
(54) 【発明の名称】 金属酸化物粒子の製造方法

(57) 【要約】

【課題】生成される金属酸化物粒子の平均粒子径の制御を行うことが可能な金属酸化物粒子の製造方法を提供する。

【解決手段】本発明の金属酸化物粒子の製造方法は、金属酸化物前駆体として、金属硝酸塩又は酸化金属硝酸塩の溶液を調整する調整工程と、前記溶液を加熱する加熱工程と、を有する金属酸化物粒子の製造方法において、前記加熱工程では、昇温速度が一定となるように制御することを特徴とする。

【選択図】 図7



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

金属酸化物前駆体として、金属硝酸塩又は酸化金属硝酸塩の溶液を調整する調整工程と、前記溶液を加熱する加熱工程と、を有する金属酸化物粒子の製造方法において、前記加熱工程では、昇温速度が一定となるように制御することを特徴とする金属酸化物粒子の製造方法。

【請求項 2】

金属酸化物前駆体として、金属硝酸塩又は酸化金属硝酸塩の溶液を調整する調整工程と、前記溶液を加熱する加熱工程と、を有する金属酸化物粒子の製造方法において、前記加熱工程では、前記加熱工程中の所定温度からの昇温速度が一定となるように制御することを特徴とする金属酸化物粒子の製造方法。

10

【請求項 3】

前記所定温度が 100 であることを特徴とする請求項 2 に記載の金属酸化物粒子の製造方法。

【請求項 4】

前記所定温度が脱硝反応温度域より低い温度であることを特徴とする請求項 2 に記載の金属酸化物粒子の製造方法。

【請求項 5】

前記金属酸化物における金属が Li、Cu、Zn、Al、Mg、Co、Sr、Ba、Al、Y、In、Ce、Si、Ti、Zr、Sn、Nb、Sb、Ta、Bi、Cr、W、Mn、Fe、Ni、Ru、U、Pu、Np、Am、Cm から選ばれる 1 種類の金属であることを特徴とする請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか 1 項に記載の金属酸化物粒子の製造方法。

20

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、セラミックス原料をはじめ各種用途に使用される金属酸化物粒子の製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

従来、セラミックス原料、着色原料等に使用される金属酸化物微粒子の製造方法は、出発相によって CVD やガス中蒸発法などの気相法、沈殿法や噴霧法などの液相法、機械的粉砕法などの固相法に分類される。また、これらは、機械的粉砕法に代表される、バルク材を微細化することで得られるいわゆるブレイクダウン方式、分子レベルから成長させることによって得られるビルドアップ方式に分類されるが、ブレイクダウン方式は機械的粉砕による微細化に限界があること、粉砕機器からの不純物の混入があることから、高純度な微粒子の製造には主としてビルドアップ方式が適用されている。ここでその代表的なものとして液相法を例にとると、金属塩の水溶液にアルカリ等の pH 調整剤を加えて水酸化物等を沈殿させ、かかる水酸化物等を 500 ~ 700 程度に昇温し、分解することによって所望の金属酸化物微粒子を得ることができる。その具体例として、例えば特許文献 1 ではカルボン酸化合物を分散等させた水溶液中に、金属塩の水溶液と中和剤の水溶液とを同時に添加して、上記金属の水酸化物等の微粒子を生成させ、得られた微粒子を焼成する微粒子状金属酸化物の製造方法が開示されている。

30

40

【特許文献 1】特開平 5 - 139704 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0003】

金属酸化物微粒子を製造する場合、前記液相法の適用によって効率よく金属酸化物微粒子を製造する方法が検討されており、その製造工程においては通常水酸化物等の生成を経た後、熱処理炉等で加熱分解することで酸化物を得ており、液相法での反応工程に加えて、高温まで昇温し処理する工程を必要とする。例えば酸化銅の製造では、水酸化銅、硝酸

50

銅、炭酸銅などを700程度で加熱分解することで酸化銅を得ており、この高温処理が製造工程の簡略化を阻害していた。また、塩化第二銅などの銅化合物の溶液を加温しつつ、アルカリ溶液を添加することによって酸化銅などの銅酸化物を生成させ、水洗、乾燥後、粉碎する直接湿式法等によって直接銅酸化物を生成させることも可能であるが、このような方法では銅酸化物の生成の反応プロセスが急激に起こるため、粒子径の制御が困難であり、均一な微粒子を得ることが困難という問題があった。

【課題を解決するための手段】

【0004】

上記のような問題点を解決するために、請求項1に係る発明は、金属酸化物前駆体として、金属硝酸塩又は酸化金属硝酸塩の溶液を調整する調整工程と、前記溶液を加熱する加熱工程と、を有する金属酸化物粒子の製造方法において、前記加熱工程では、昇温速度が一定となるように制御することを特徴とする。

10

【0005】

また、請求項2に係る発明は、金属酸化物前駆体として、金属硝酸塩又は酸化金属硝酸塩の溶液を調整する調整工程と、前記溶液を加熱する加熱工程と、を有する金属酸化物粒子の製造方法において、前記加熱工程では、前記加熱工程中の所定温度からの昇温速度が一定となるように制御することを特徴とする。

【0006】

また、請求項3に係る発明は、請求項2に記載の金属酸化物粒子の製造方法において、前記所定温度が100であることを特徴とする。

20

【0007】

また、請求項4に係る発明は、請求項2に記載の金属酸化物粒子の製造方法において、前記所定温度が脱硝反応温度域より低い温度であることを特徴とする。

【0008】

また、請求項5に係る発明は、請求項1乃至請求項3のいずれか1項に記載の金属酸化物粒子の製造方法において、前記金属酸化物における金属がLi、Cu、Zn、Al、Mg、Co、Sr、Ba、Al、Y、In、Ce、Si、Ti、Zr、Sn、Nb、Sb、Ta、Bi、Cr、W、Mn、Fe、Ni、Ru、U、Pu、Np、Am、Cmから選ばれる1種類の金属であることを特徴とする。

【発明の効果】

30

【0009】

本発明の金属酸化物粒子の製造方法によれば、加熱工程では、昇温速度が一定となるように制御するので、金属酸化物粒子の生成の反応プロセスをコントロールでき、生成される金属酸化物粒子の平均粒子径の制御を行うことが可能となる。

【0010】

また、本発明の金属酸化物粒子の製造方法によれば、加熱工程では、昇温速度が一定となるように制御するので、金属酸化物粒子の生成の反応プロセスをコントロールでき、生成される金属酸化物粒子の平均粒子径の制御を行うことが可能となり、さらにこの金属酸化物粒子を原料とした焼結体の密度を、焼結体の粒径を変えることでコントロールできる可能性があるため、焼結体製造分野での原料粉調整工程への応用も可能である。

40

【図面の簡単な説明】

【0011】

【図1】金属酸化物粒子の試料を作成するために用いられた装置の概略を説明する図である。

【図2】実施例で使用した各試料を説明する図である。

【図3】 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ の加熱工程を示す図である。

【図4】加熱工程中の各温度にサンプリングした試料をXRDにて分析した結果を示す図である。

【図5】熱天秤にて $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ のTGを取得した結果を示す図である。

【図6】 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ の加熱工程におけるヒーター12の温度変化を示す図

50

である。

【図 7】加熱工程における昇温速度と生成された粒子の平均粒子径との関係を示す図である。

【図 8】 $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ の加熱工程におけるヒーター 12 の温度変化を示す図である。

【図 9】加熱工程における昇温速度と生成された粒子の平均粒子径との関係を示す図である。

【図 10】 $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ の加熱工程におけるヒーター 12 の温度変化を示す図である。

【図 11】加熱工程における昇温速度と生成された粒子の平均粒子径との関係を示す図である。

10

【発明を実施するための形態】

【0012】

以下、本発明の金属酸化物粒子の製造方法について適宜図面を参照しつつ説明する。本発明の金属酸化物粒子の製造方法によって製造される金属酸化物における金属とは Li、Cu、Zn、Al、Mg、Co、Sr、Ba、Al、Y、In、Ce、Si、Ti、Zr、Sn、Nb、Sb、Ta、Bi、Cr、W、Mn、Fe、Ni、Ru、U、Pu、Np、Am、Cm から選ばれる 1 種類の金属であり、本発明の製造方法では、製造されるこれら金属酸化物の平均の粒子径をコントロールすることをその目的としていている。本発明の金属酸化物粒子の製造方法では、まず金属酸化物前駆体として、これらの金属の金属硝酸塩又は酸化金属硝酸塩の溶液を調整する。そして、次に、調整された前記の溶液を加熱することによって、脱硝して金属酸化物を得るが、この加熱工程においては昇温速度が一定となるように制御することを特徴としている。本発明では、加熱工程で昇温速度を一定とするが、この昇温速度を速くすると製造される金属酸化物の平均粒子径を小さくすることができ、昇温速度を遅くすると製造される金属酸化物の平均粒子径を大きくすることができる。

20

【0013】

以上のように本発明の金属酸化物粒子の製造方法によれば、加熱工程では、昇温速度が一定となるように制御するので、金属酸化物粒子の生成の反応プロセスをコントロールでき、生成される金属酸化物粒子の平均粒子径の制御を行うことが可能となる。

30

【0014】

また、本実施形態によれば、生成される金属酸化物粒子の平均粒子径の制御を行うことが可能となるので、さらにこの金属酸化物粒子を原料とした焼結体の密度を、焼結体の粒径を変えることでコントロールできる可能性があるため、焼結体製造分野での原料粉調整工程への応用も可能である。

【0015】

また、加熱工程において、上記のように製造される金属酸化物の平均粒子径を決定する上で重要な温度領域であるのが、金属硝酸塩又は酸化金属硝酸塩の溶液が脱硝され、金属酸化物が析出する温度域であり、この温度域より低い温度までの昇温速度は、金属酸化物の平均粒子径をコントロールする上では重要ではない。そこで、本発明の金属酸化物粒子の製造方法では、加熱工程中の所定温度からの昇温速度が一定となるように制御することとも特徴点とするものである。このような、加熱工程によれば、前記所定温度までは素早く昇温させて、所定温度からの昇温速度を一定とするように制御することで、金属酸化物の平均粒子径をコントロールすることが可能となる共に、金属酸化物を製造する時間の総和を短縮することができ、生産性を向上させることが可能となる。前記所定温度としては、水の沸点である 100 を第 1 の例として挙げることができ、また、脱硝反応温度域より低い温度を第 2 の例として挙げることでできる。

40

(実施例)

次に、本発明の金属酸化物粒子の製造方法を実施例に基づいてより詳しく説明する。図 1 は本発明の金属酸化物粒子の製造方法で試料を作成するために用いられた装置の概略を

50

説明する図である。図 1 において、11 は制御部、12 はヒーター、13 は温度検出部、14 は反応炉、15 は試料容器をそれぞれ示している。

【0016】

図 1 において、加熱のために用いるヒーター 12 としては、温度の制御が比較的容易であり、早い昇温速度も設定できるという観点から、赤外線集光炉 (I.R. 炉と略記) を採用した。I.R. 炉 (アルバック理工社製 RHL-E210P (楕円反射面型赤外線ゴールドイメージ炉) は、赤熱管から発振された赤外線を反射させて集光し、管状炉の中芯部に設置されたポート上の試料を強力に加熱するものである。このヒーター 12 によつての反応炉 14 内の試料容器 15 内の試料を加熱することで、本発明に係る加熱工程を実現することができた。

10

【0017】

試料容器 15 内の試料には、熱電対などの温度検出部 13 がセットされ、試料の温度を計測するようになっている。この計測値は制御部 11 に入力され、試料の温度に対応してヒーター 12 の出力を制御する。制御部 11 は、ヒーター 12 の出力を制御する PID コントローラなどである。

【0018】

反応炉 14 は円管状であり、その両端 In-Out がガス配管に接続されている。In 側からは、不図示の圧縮空気供給システムによつて、160 ml/sec で圧縮空気を流入させて、Out 側からは脱硝反応で生じた H₂O や N 成分ガスが排出される。

【0019】

不図示の排ガス処理システムでは、Out 側から排出されるガスを分析する。この排ガス処理システムにおいて、排出された H₂O をコンデンサにて完全に凝縮させ重量を計測した。また、N 成分ガスは水洗瓶にて吸収させ、pH を計測後に全 N が硝酸となったと仮定して N 成分ガスの発生量を逆算した。

20

【0020】

また、各サンプルの同定には XRD (Rigaku 社製 RINT-2000) を用い、熱天秤 (Shimadzu 社製 TGA-50) による TG (10 /min、空気雰囲気) と併せて反応式を推定した。生じた脱硝体の粒子径測定にはヘキサメタリン酸ナトリウム水溶液に試料を分散させて、超音波分散を施した後に、レーザー散乱式粒度分布測定機 (HORIBA 社製 LA-920) で測定した。なお、超音波分散を 2 分、30 分とし、それぞれを 2 次粒子、1 次粒子として評価した。

30

【0021】

実施例で使用した各試料を図 2 に示す。試料は、Cu、Ni 及び Fe を選定した。各金属硝酸塩水和物 6 g を水 4.5 ml に溶解させたものを反応炉 14 内の試料容器 15 に注入して、本発明における加熱工程を実施した。

【0022】

加熱工程における加熱のプロファイルを理論的に検討するためには、脱硝反応プロセスを特定する必要がある。よつて、温度、発生した水分量及び N 成分ガス量の経時変化を測定・図示し、続いて到達温度の異なるサンプルを数点取得し、XRD にて物質を同定することで、ある温度域における反応式を推定した。

40

【0023】

また、反応プロセスから、粒子径に影響を与えていると考えられる温度域において加熱プロファイルに関する予備試験を実施し、粒子径と加熱プロファイルとの関係を把握した。

【0024】

ここで、脱硝のプロセスについて検討する。代表サンプルとして Cu(NO₃)₂·3H₂O の加熱工程を図 3 に示す。図 3 の横軸には経過時間がとられ、縦軸の一方に温度が、また他方にはサンプルから発生した N 成分ガスの全量が、回収された水中で HNO₃ となったと仮定した時の HNO₃ の発生速度がとられている。図 3 において、実線が温度変化を示し、点線が HNO₃ の発生速度を示している。

50

【0025】

また、120、180、200、250及び300の時点でサンプリングした試料をXRDにて分析した結果を図4に示す。180～320付近にNO_xの発生ピークが存在し、200付近から最終生成物のCuOが発生し始めていることが示された。

【0026】

上記の試験とは別に、熱天秤にてCu(NO₃)₂・3H₂OのTGを取得した結果を図5に示す。200付近になだらかな変曲がみられ、反応が2段階以上あることを示唆している。図4の結果と併せて考えると、それぞれの温度域における反応は次のような経路を取ると考えられる。

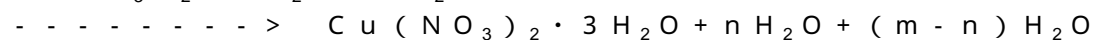
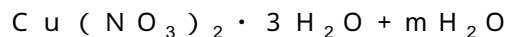
【0027】

まず、水の沸点である100付近までは溶媒のH₂Oが蒸発・沸騰により排出される。180付近では水和水が離脱してCu(NO₃)₂・2.5H₂Oが生成し、さらに硝酸根NO₃の一部が脱硝されて中間体であるCu₂(NO₃)(OH)₃が生成する。200付近では完全な脱硝体である最終生成物のCuOが発生し始め、300付近で完全脱硝に至って反応が終了すると考えられる。

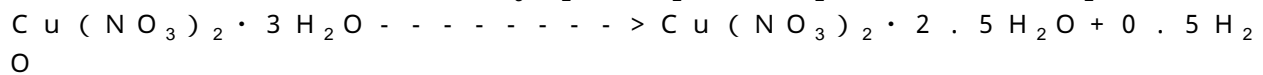
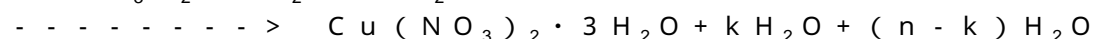
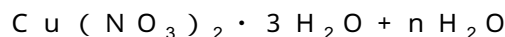
【0028】

これらの反応経路を化学反応式で記述すると以下の通りとなる。

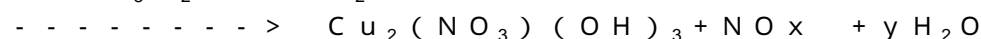
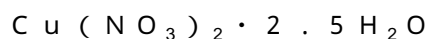
[~120]



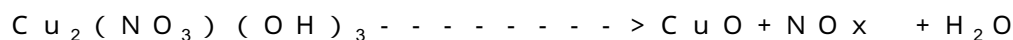
[120 ~ 180 付近]



[180 ~ 250 付近]



[250 付近 ~]



以上から、(1)溶媒H₂Oの蒸発、(2)水和水の脱離、(3)中間体Cu₂(NO₃)(OH)₃への脱硝反応及び中間体の脱硝反応によるCuO発生の3つの過程にて脱硝が進行することが示された。

【0029】

次に、酸化金属粉末の粒子径と加熱工程における昇温速度の関係について検討する。前述の(1)～(3)の反応過程と、粒成長の関係を考えると、(1)は溶媒H₂Oの蒸発・沸騰現象を示しているに過ぎず、(2)についても水和水の脱離現象が液相で生じているにすぎない。よって、この過程の加熱方法の変更が、固相であるCuO粒子径に影響を与えようとは考えにくい。よって(3)の酸化反応領域である180付近～の温度操作が最もCuO粒子の粒成長に寄与している可能性が高いと考えられる。なお、本発明においては、図5に示すようなCuOが生成し始める温度以上(180付近～)の温度域を脱硝反応温度域として定義し、これに基づいて特許請求の範囲が表現されている。

【0030】

次に、昇温速度と平均粒子径の関係について説明する。まず、Cu系の金属硝酸塩の溶液を調整して、これを加熱した場合について説明する。図6はこのときの昇温プロフィールを示す図であり、Cu(NO₃)₂・3H₂Oの加熱工程におけるヒーター12の温度変化を示す図である。実施例では制御部11によって、装置の最高出力(100%)を基準として、100、70、30、25%の4種の出力によって昇温速度を4段階に変化させて加熱工程を実施して金属酸化物粒子を生成した。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 1 】

また、図 7 は加熱工程における昇温速度と生成された粒子の平均粒子径との関係を示す図である。ここで、図 7 における、昇温速度は図 6 に示す昇温プロフィールにおける Cu 系の反応温度域 (1 8 0 - 3 2 0) に基づいて計算されている。図 7 に示すように、2 次粒子、1 次粒子は共に、昇温速度が小さくなるにつれて、生成される粒子の平均粒子径が大きくなる傾向があることがわかる。

【 0 0 3 2 】

次に、Ni 系の金属硝酸塩の溶液を調整して、これを加熱した場合について説明する。図 8 はこのときの昇温プロフィールを示す図であり、 $Ni(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ の加熱工程におけるヒーター 1 2 の温度変化を示す図である。実施例では制御部 1 1 によって、装置の最高出力 (1 0 0 %) を基準として、5 0、3 0、2 5、2 2 % の 4 種の出力によって昇温速度を 4 段階に変化させて加熱工程を実施して金属酸化物粒子を生成した。

10

【 0 0 3 3 】

また、図 9 は加熱工程における昇温速度と生成された粒子の平均粒子径との関係を示す図である。ここで、図 9 における、昇温速度は図 8 に示す昇温プロフィールにおける Ni 系の反応温度域 (2 5 0 - 3 2 0) に基づいて計算されている。Cu 系の場合と同様に、図 9 に示すように、2 次粒子、1 次粒子は共に、昇温速度が小さくなるにつれて、生成される粒子の平均粒子径が大きくなる傾向があることがわかる。

【 0 0 3 4 】

次に、Fe 系の金属硝酸塩の溶液を調整して、これを加熱した場合について説明する。図 1 0 はこのときの昇温プロフィールを示す図であり、 $Fe(NO_3)_2 \cdot 9H_2O$ の加熱工程におけるヒーター 1 2 の温度変化を示す図である。実施例では制御部 1 1 によって、装置の最高出力 (1 0 0 %) を基準として、5 0、3 0、2 5、2 2 % の 4 種の出力によって昇温速度を 4 段階に変化させて加熱工程を実施して金属酸化物粒子を生成した。

20

【 0 0 3 5 】

また、図 1 1 は加熱工程における昇温速度と生成された粒子の平均粒子径との関係を示す図である。ここで、図 1 1 における、昇温速度は図 1 0 に示す昇温プロフィールにおける Fe 系の反応温度域 (1 3 0 - 1 7 0) に基づいて計算されている。Cu 系、Ni 系の場合と同様に、図 1 1 に示すように、2 次粒子、1 次粒子は共に、昇温速度が小さくなるにつれて、生成される粒子の平均粒子径が大きくなる傾向があることがわかる。

30

【 0 0 3 6 】

以上のような実施例から、脱硝反応が起こる温度域の昇温速度を変更することで、粒子径を制御できることがわかった。また、脱硝反応が生じる温度域において、加熱出力を抑えて昇温速度を減少させると、粒子径が大きくなる傾向があることがわかった。

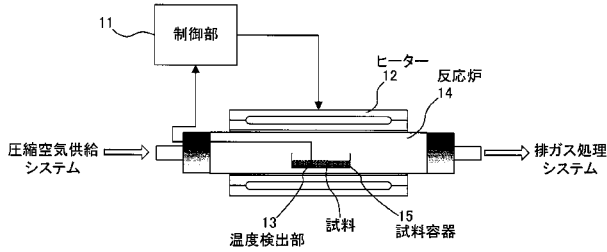
【 符号の説明 】

【 0 0 3 7 】

- 1 1 . . . 制御部
- 1 2 . . . ヒーター
- 1 3 . . . 温度検出部
- 1 4 . . . 反応炉
- 1 5 . . . 試料容器

40

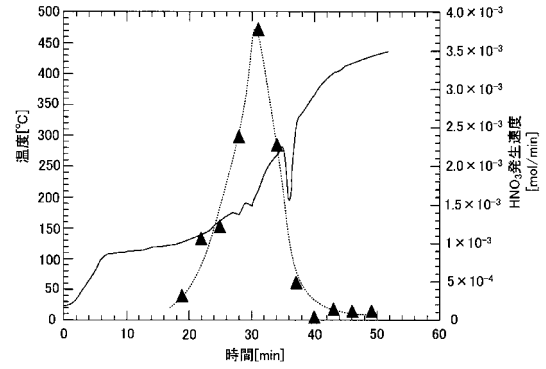
【 図 1 】



【 図 2 】

硝酸水和物	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	$\text{N}(\text{NO}_2)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	$\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$
密度 [kg/m^3]	2.05	2.81	1.68
融点 [$^{\circ}\text{C}$]	114.5	59	47.2
溶解度 [$\text{g}/100\text{g-水}$]	156	119	87.2
酸化物	CuO	NiO	Fe_2O_3

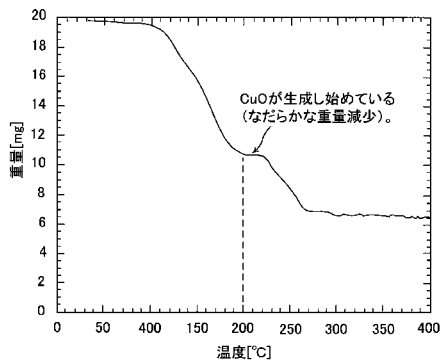
【 図 3 】



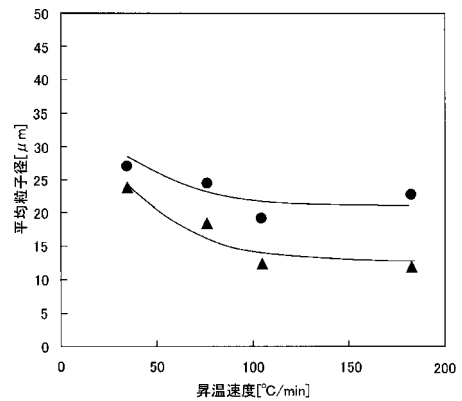
【 図 4 】

	温度	結晶構造
e	300	CuO
d	250	CuO $\text{Cu}_2(\text{NO}_3)(\text{OH})_2$
c	200	CuO $\text{Cu}_2(\text{NO}_3)(\text{OH})_2$ $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2.5\text{H}_2\text{O}$
b	180	$\text{Cu}_2(\text{NO}_3)(\text{OH})_2$ $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2.5\text{H}_2\text{O}$
a	120	$\text{Cu}(\text{NO}_3)_2 \cdot 2.5\text{H}_2\text{O}$

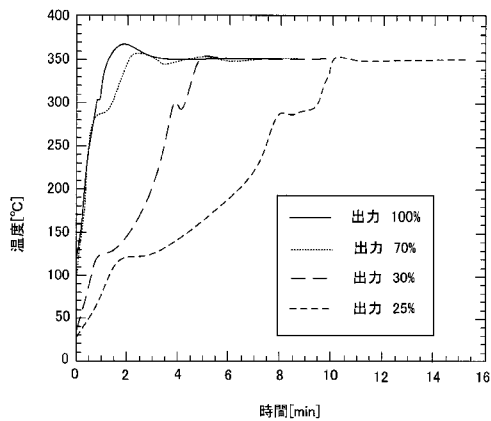
【 図 5 】



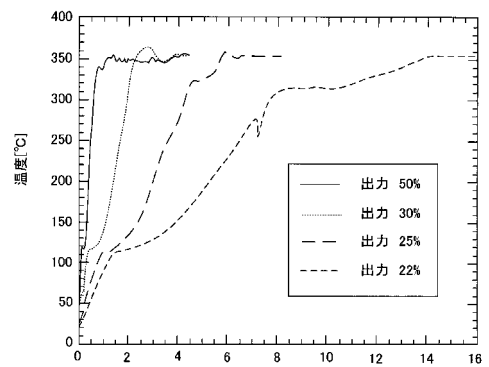
【 図 7 】



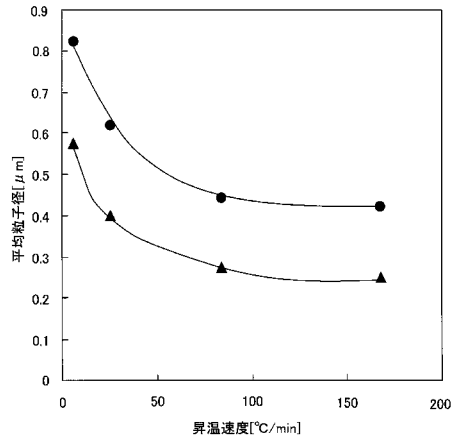
【 図 6 】



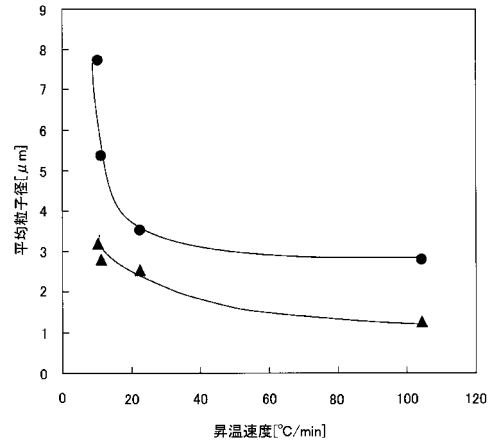
【 図 8 】



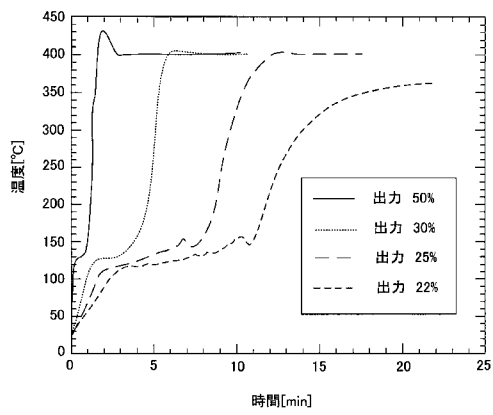
【 図 9 】



【 図 1 1 】



【 図 1 0 】



フロントページの続き

- (74)代理人 100091971
弁理士 米澤 明
- (74)代理人 100109748
弁理士 飯高 勉
- (74)代理人 100119220
弁理士 片寄 武彦
- (72)発明者 山本 琢磨
茨城県那珂郡東海村村松4番地33 独立行政法人日本原子力研究開発機構 東海研究開発センター
－核燃料サイクル工学研究所内
- (72)発明者 鈴木 政浩
茨城県那珂郡東海村村松4番地33 独立行政法人日本原子力研究開発機構 東海研究開発センター
－核燃料サイクル工学研究所内
- (72)発明者 石井 克典
茨城県那珂郡東海村村松4番地33 独立行政法人日本原子力研究開発機構 東海研究開発センター
－核燃料サイクル工学研究所内
- (72)発明者 木原 義之
茨城県那珂郡東海村村松4番地33 独立行政法人日本原子力研究開発機構 東海研究開発センター
－核燃料サイクル工学研究所内
- (72)発明者 藤井 寛一
茨城県那珂郡東海村村松4番地33 独立行政法人日本原子力研究開発機構 東海研究開発センター
－核燃料サイクル工学研究所内
- (72)発明者 栗田 勉
茨城県那珂郡東海村村松4番地33 独立行政法人日本原子力研究開発機構 東海研究開発センター
－核燃料サイクル工学研究所内
- (72)発明者 加藤 良幸
茨城県那珂郡東海村村松4番地33 独立行政法人日本原子力研究開発機構 東海研究開発センター
－核燃料サイクル工学研究所内
- (72)発明者 福井 国博
広島県東広島市鏡山1丁目3番2号 国立大学法人広島大学内
- Fターム(参考) 4G042 DA01 DB10 DB21 DB22 DE06