

## 助剤でこんなに変わるセラミックス (増補 2013 年改訂版)

定価 3,1500 円 (税込)

2013 年 07 月 01 日 第 6 版第 1 刷発行

ファインセラミックスの用途が広がるにつれて、品質とコストへの要求が厳しくなり、各製造工程の細部にまで種々の検討が進められています。その一つ、成形に関しては、要求される製品により近い寸法、精度で成形できれば、それだけ後加工や無駄な材料の使用が減り、納期短縮やコスト低減につながるものと重要視されています。原料粉末を成形可能にし、その形状維持に必要な強度を与え、焼成後に不純物や欠陥を残さないために各種有機化合物が助剤として添加されます。この助剤には結合剤 (バインダー)、可塑剤のほか、分散剤、潤滑剤などの働きが要求されます。その種類も多岐にわたるので、使用原料、成形方法、焼結体の特性等に応じてこれらを選択し、添加方法まで考慮する必要があります。

そのため、添加剤の選択や混合の基本となる一般則はまだ確立されず、ケースバイケースで対応することが多く、この種添加剤の高度の活用を図るために、系統的な情報整理の必要性が高まっています。月刊誌「ニューセラミックス」および「マテリアルインテグレーション」では、この有機添加剤についてしばしば紹介してきました。これらを再編集し、新しい資料を加えて年に「成形用有機添加剤一助剤でこんなに変わるセラミックス」として出版し、幸いに好評を頂きました。その後、成型用添加剤や、新しい成形技術、環境配慮したプロセス等に関する記事がさらに蓄積されてきたので、前版とその後の関連記事や新資料を合わせて編集しなおし、増補 2013 年改訂版を発行することにいたしました。

セラミックスに関連した調査、企画、研究開発、製造などの多くの分野の方々にご活用頂ければ幸いです。

### 執筆者一覧 (50 音順) 肩書は執筆当時

明渡 純 (独)産業技術総合研究所 機械プロセス研究部門 プロセスメカニズム研究グループ長 (セラミックス研究部門 粒子配列制御研究グループ 併任)  
飯島 高志 (独)産業技術総合研究所 水素材料先端科学研究センター  
今井 逸郎 共栄社化学(株)  
植松 敬三 長岡技術科学大学 化学系 教授  
内村 勝次 新東 V セラックス(株) 取締役 応用技術部長  
内海 和明 NEC 材料開発試作センター 第二開発部長  
梅屋 薫 東北大学名誉教授  
大塚 寛治 (株)日立製作所 デバイス開発センター  
岡本 秀樹 岐阜大学 工学部 応用化学科  
小田 喜一 名古屋工業技術試験所 セラミックス応用部 主任研究官  
梶川 正博 武田薬品工業(株) フード・ビタミンカンパニーフード ビタミン研究開発部 主席研究員  
寒川 喜光 京都市工業試験場 有機材料研究室  
菅野 隆志 ファインセラミックス国際標準化推進協議会 ISO/TC206 国際幹事  
岸 証 理学電機(株)  
木村 敏夫 慶應義塾大学理工学研究科 総合デザイン工学専攻 教授  
清原 正勝 東陶機器(株) 総合研究所 基礎研究部長  
小池 昌義 工業技術院計量研究所計測システム部計測数理研究室長  
後藤 昭博 (独)産業技術総合研究所 セラミックス研究部門 粒子配列制御研究グループ長  
西郷 恒和 住友特殊金属(株) 研究開発部  
斎藤 勝義 京都市工業試験場 応用化学部 部長  
坂井 雄一 富山県工業技術センター 機械電子研究所 電子技術課 研究員  
坂本 渉 名古屋大学・エコトピア科学研究所  
佐藤 公泰 (独)産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門  
佐藤 茂樹 TDK(株) 基礎材料研究所 研究主任  
佐野 三郎 (独)産業技術総合研究所 セラミックス研究部門 粒子配列制御研究グループ 主任研究員  
芝崎 靖雄 名古屋工業技術試験所 研究企画官  
島田 忠 岐阜県陶磁器試験所  
鈴木 宏 新東 V セラックス(株) 取締役 成形技術部長  
千田 哲也 理学電機(株)  
田里伊佐雄 岡山大学 工学部 精密応用化学科 教授  
高橋 実 名古屋工業大学工学部 セラミックス研究施設 教授  
竹内 辰郎 武田薬品工業(株) 応用技術研究所 プロジェクト・マネージャー  
武田 真一 岡山大学 工学部 精密応用化学科 助手  
竹本 紀明 岐阜県陶磁器試験所  
谷 俊彦 (株)豊田中央研究所 無機材料研究室 主任研究員  
津越 敬寿 (独)産業技術総合研究所  
都築 明博 (独)産業技術総合研究所 セラミックス研究部門 粒子配列制御研究グループ 主任研究員  
長岡 孝明 (独)産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門

上野 正夫 株式会社康井精機 営業技術部  
 中里 匡志 株式会社康井精機 営業技術部  
 塗師 幸夫 岐阜大学 工学部 応用化学科 教授  
 能見 正夫 住友特殊金属(株) 研究開発部  
 野崎 佳彦 元名古屋工業技術試験所 金属部 主任研究官  
 野村 武史 TDK(株) 基礎材料研究所 研究所長  
 橋場 稔 岐阜大学 工学部 応用化学科 助教授  
 羽田 憲司 (株)ヒラノテクシード 化工機械部 部長  
 早川 和久 信越化学工業(株) 合成技術研究所  
 平野 眞一 名古屋大学 総長  
 平松 宏一 岐阜大学 工学部 応用化学科 教授  
 藤原 徳仁 新東Vセラックス(株) 成形技術部 主任技術員  
 二口 友昭 富山県工業技術センター 中央研究所 評価技術課 課長  
 榎田 顕 住友特殊金属(株) 研究開発部 副主任研究員  
 松重 敏明 サンノプロ(株) 研究第1部長  
 松田 次郎 工業技術院計量研究所 計測システム部 計量数理研究室  
 丸山 眞一 日研化学(株) 研究開発室用途開発課  
 水田 博之 元名古屋工業技術試験所 主任研究官  
 宮本 大樹 大阪府立産業技術総合研究所 材料技術部 新素材研究室長  
 宗像 義人 (株)坂本技研  
 望月 昭一 (独)産業技術総合研究所 セラミックス研究部門 粒子配列制御研究グループ 主任研究員  
 藪内 庸介 日本ゼオン株式会社 総合開発センター高機能材料第2研究所  
 山下 治 住友特殊金属(株) 研究開発部 主任研究員  
 山野 隆男 (株)ヒラノテクシード 化工機械部 技術課長  
 吉松 英之 岡山県工業技術センター 研究員 (現在 岡山セラミックス技術振興財団へ出向)  
 渡利 広司 (独)産業技術総合研究所 先進製造プロセス研究部門 先進焼結技術研究グループ長

## 目 次

### 第1章 総論

#### 第1節 ニューセラミックス成形技術

- 1 粉体の表面活性
- 2 水和構造
- 3 二重水膜構造
- 4 懸濁系の流動特性
- 5 粉体系の圧密特性
- 6 CIP 圧密
- 7 乾式圧密並びに CIP 圧密の限界
- 8 シャープカットの問題
- 9 微細化の効果 (I) —セラミックスの脆性の改善
- 10 微細化の効果 (II) —マシーナブルセラミックス
- 11 微細化の効果 (II) —土器における効果
- 12 エピローグ

### 第2章 成形用有機添加剤の基礎

#### 第1節 有機添加剤の概要

- 1 結合剤
  - 1.1 水系結合剤
  - 1.2 非水系結合剤
  - 1.3 熱可塑性結合剤
- 2 可塑剤
- 3 分散剤
- 4 潤滑剤
- 5 その他
  - 5.1 湿潤剤
  - 5.2 消泡剤
- 6 特許の概要
  - 6.1 顆粒製造
  - 6.2 押出・塑性成形
  - 6.3 射出成形
  - 6.4 鋳込成形

- 6.5 シート成形
- 6.6 光学的成形
- 第2節 焼結粉末用成形剤の特性
  - 1 はじめに
  - 2 高分子分散剤の作用機構
  - 3 脱脂過程と変形発生の機構
  - 4 塑剤による圧力分散作用
  - 5 おわりに
- 第3節 ビオポリマー：天然に見いだされた有効なバインダー
  - 1 はじめに
  - 2 粘土の有機物
  - 3 カードラン
  - 4 ビオポリマー
    - 4.1 ビオポリマー P の分析値例
    - 4.2 ビオポリマー水分分散液の粘性挙動
    - 4.3 ビオポリマーの保水性
    - 4.4 熱分解-TG-DTA 曲線
  - 5 ビオポリマーを用いた成形
    - 5.1 押出成形
    - 5.2 ローラー成形
    - 5.3 湿式プレス成形
  - 6 おわりに
- 第4節 バイオポリマー「バイオポリマー P」を用いたセラミックス成形例
  - 1 はじめに 60
  - 2 「バイオポリマーP」の開発経緯
    - 2.1 天然粘土中の有機物の抽出
    - 2.2 土壌微生物と多糖類
    - 2.3 多糖類の可塑性付与効果
  - 3 バイオバインダー「バイオポリマー P」について
    - 3.1 由来
    - 3.2 一般的性質
    - 3.3 応用範囲
  - 4 「バイオポリマーP」を用いた成形例
    - 4.1 アルミナの練土でロクロ成形が可能となった
    - 4.2 湿式プレス成形法への応用
    - 4.3 水系ドクターブレード成形法への応用
    - 4.4 押出し成形法への応用
    - 4.5 その他の応用例
  - 5 おわりに
- 第5節 分散剤の役割と選び方
  - 1 はじめに
  - 2 分散剤の役割
  - 3 分散剤の選び方
- 第6節 ポリビニルアセタール樹脂系セラミックバインダー
  - 1 はじめに
  - 2 ポリビニルアセタール樹脂の概要
  - 3 ポリビニルアセタール樹脂（有機溶剤系；商品名 エスレック B）
  - 4 水溶性ポリビニルアセタール樹脂（水系；商品名 エスレック KW）
  - 5 おわりに
- 第7節 セラミックス用バインダー「メトローズ」
- 第8節 Liイオン二次電池用バインダー材料
  - 1 はじめに
  - 2 負極用バインダー
    - 2.1 負極用バインダーの変遷
  - 3 スラリー作製上の留意点
    - 3.1 負極用バインダーの特徴
  - 4 正極用バインダー
    - 4.1 新規正極活物質への対応
    - 4.2 水系バインダーの分散性

- 4.3 水系正極バインダーを用いた電池の性能
- 5 まとめ
- 第3章 押出成形
  - 第1節 セラミック押出成形用バインダー
    - 1 緒言 97
    - 2 メチルセルロースとその特徴
    - 3 メチルセルロースの保水性機能
    - 4 メチルセルロースの潤滑性と保形性
    - 5 乾燥中のクラック発生防止機能
    - 6 メチルセルロースの機能発現のメカニズム
    - 7 おわりに
  - 第2節 セラミックス押出成形の基礎と新しい応用
    - 1 はじめに
    - 2 工程と成形挙動
      - 2.1 原料調製と評価
      - 2.2 装置および工程
      - 2.3 ペーストのレオロジーと成形挙動
      - 2.4 成形体の欠陥
    - 3 新しい応用
      - 3.1 粒子配向品の成形
      - 3.2 積層品の成形
      - 3.3 凝集粒子の解砕
      - 3.4 その他
    - 4 おわりに
  - 第3節 押出成形，射出成形坯土の混練とそのレオロジー的解析
    - 1 はじめに 123
    - 2 粉体-高分子系の混練
      - 2.1 混練性評価装置
      - 2.2 粒子濃度の影響
      - 2.3 可塑剤添加量の影響
    - 3 粉体-高分子系のレオロジー的性質
      - 3.1 レオロジー測定装置
    - 4 温度の影響
      - 4.1 可塑剤添加量の影響
    - 5 おわりに
- 第4章 射出成形
  - 第1節 ニューセラミックスの射出成形法
    - 1 はじめに
    - 2 成形プロセス
    - 3 使用粉体
    - 4 バインダ類
    - 5 混練
    - 6 組成物（コンパウンド）の流動性と成形性
    - 7 成形機と成形条件
    - 8 金型
    - 9 脱脂
      - 9.1 常圧脱脂
      - 9.2 加圧脱脂
      - 9.3 減圧脱脂
      - 9.4 抽出脱脂
      - 9.5 触媒化学反応脱脂
      - 9.6 真空脱脂
      - 9.7 超臨界ガス脱脂
      - 9.8 欠陥と脱脂機構
    - 10 焼結
    - 11 非破壊検査
    - 12 応用製品
  - 第2節 粉末冶金の立場からセラミックス射出を見る
    - 1 まえがき

- 2 粉末冶金とセラミックスの相違
- 3 ODS と金属間化合物と射出成形
- 4 粉末を用いた射出成形
  - 4.1 結合剤
  - 4.2 射出原料の製作
  - 4.3 射出成形事例（ブレード形状）
- 5 脱脂及び焼結
- 6 おわりに
- 第3節 高圧射出成形法におけるバインダの選び方
  - 1 はじめに
  - 2 バインダの種類
  - 3 バインダ類の選択方法
    - 3.1 成形面からみたバインダ類の選択
    - 3.2 脱脂工程からみたバインダの選択
- 第4節 ジルコニアの射出成形
  - 1 はじめに
  - 2 セラミック粉体の射出成形プロセス
  - 3 ジルコニア粉末における抽出脱脂の効果及び実例
    - 3.1 実験方法
    - 3.2 結果及び考察
- 第5節 吸水性高分子のセラミックス成形への応用
  - 1 はじめに
  - 2 吸水性高分子
  - 3 セラミックスの成形への応用
  - 4 おわりに
- 第6節 ファインセラミックス射出成形技術の品質工学的アプローチ 181
  - 1 はじめに
  - 2 実験の目的
  - 3 実験の計画
    - 3.1 制御因子
    - 3.2 信号因子
    - 3.3 誤差因子
  - 4 実験用金型
  - 5 データ解析
    - 5.1 解析の考え方
  - 6 焼結品の寸法の解析
    - 6.1 焼結品寸法の最適条件の推定
  - 7 確認実験
  - 8 まとめ
- 第5章 シート成形
  - 第1節 積層セラミック技術グリーンシート法
    - 1 はじめに
    - 2 積層セラミックコンデンサ
      - 2.1 構造
      - 2.2 プロセス
    - 3 グリーンシート法応用例
      - 3.1 積層チップバリスタ
      - 3.2 積層セラミックアクチュエータ
      - 3.3 多層セラミック基板
      - 3.4 複合基板
    - 4 おわりに
  - 第2節 ドクターブレード法
    - 1 はじめに
    - 2 積層形電子セラミック部品
    - 3 シート成形技術
      - 3.1 セラミックコンデンサの製造方法プロセス
      - 3.2 厚膜成形技術の分類
      - 3.3 ドクターブレードを用いたシート成形機の構造
      - 3.4 ドクターブレードの構造

- 3.5 積層セラミックコンデンサに要求されるシート性状
- 4 シート成膜状態に影響を及ぼす因子
  - 4.1 塗料粘度の影響
  - 4.2 塗料とシートの性状の関係
  - 4.3 キャスト条件の影響
- 5 おわりに 217
- 第3節 ドクターブレード法によるグリーンシートの成形
  - 1 はじめに
  - 2 成形機の装置の構成
  - 3 各部の構造
    - 3.1 PET フィルム巻出
    - 3.2 塗工部
    - 3.3 乾燥部
    - 3.4 フィルム巻取
    - 3.5 製品スリッター巻取（又はカッター積載）
  - 4 おわりに
- 第4節 シート法におけるバインダーの選び方
  - 1 はじめに
  - 2 シート加工の概要
  - 3 有機バインダーの接着と強度
  - 4 粉体の凝集と分散
  - 5 シート加工の原理
  - 6 有機バインダーを分解飛散
  - 7 おわりに
- 第5節 水系スラリーを用いる誘電体セラミックスシートのプロセッシング
  - 1 はじめに
  - 2 水系 BaTiO<sub>3</sub> スラリーに関する挙動調査とシート作製
    - 2.1 水溶液中での BaTiO<sub>3</sub> 粒子の分散挙動（分散剤分子の吸着効果）
    - 2.2 水系 BaTiO<sub>3</sub> スラリーによるセラミックシート作製と問題点
  - 3 水系プロセスによる PZT セラミックシートの作製と評価
    - 3.1 水系 PZT スラリーに関する挙動解析
    - 3.2 水系 PZT スラリーにより調製したセラミックシートと微構造・電気的特性
  - 4 まとめ
- 第6章 厚膜成形の新展開
  - 第1節 RTGG プロセスで設計する配向圧電セラミックス
    - 1 はじめに
    - 2 圧電セラミックスへの結晶配向付与の要請
    - 3 RTGG 前史：結晶配向セラミックスの作製法
    - 4 RTGG 法による圧電セラミックスの作製
    - 5 配向度と緻密化に影響を与える因子
    - 6 配向度
    - 7 緻密化挙動
    - 8 まとめ
  - 第2節 次世代シート成形技術の動向スロットダイ及びマイクログラビア工法
    - 1 はじめに
    - 2 スロットダイ工法
      - 2.1 スロットダイ
      - 2.2 オフ・ロールとオン・ロール方式
      - 2.3 リップの形状
      - 2.4 成膜速度と粘度
      - 2.5 薄膜成形の条件
    - 3 マイクログラビア工法
      - 3.1 装置の概要
      - 3.2 マイクログラビア方式の特徴
      - 3.3 塗工面の安定性
      - 3.4 塗工面の平滑性
      - 3.5 塗工膜厚の調整
    - 4 おわりに 281
  - 第3節 インクジェット法によるチタン酸バリウム厚膜の作製

- 1 はじめに
- 2 インクジェット技術
  - 2.1 インクジェット技術の特徴
  - 2.2 各種インクジェット方式
- 3 水系インクを用いた BaTiO<sub>3</sub> 厚膜の作製
  - 3.1 水系インクの作製と飛翔形状の観察
  - 3.2 パターン印刷と基板の処理
  - 3.3 厚膜の作製
- 4 おわりに
- 第4節 化学溶液法を用いたジルコン酸チタン酸鉛厚膜の作製とその圧電特性評価
  - 1 はじめに
  - 2 化学溶液法を用いた PZT 膜の作製
  - 3 PZT 膜の微細加工
  - 4 PZT 膜の圧電特性評価
    - 4.1 微小変位測定による圧電特性評価
    - 4.2 電氣的インピーダンス測定による圧電特性評価
  - 5 まとめ
- 第5節 エアロゾルデポジション法によるセラミック厚膜形成技術について
  - 1 はじめに
  - 2 エアロゾルデポジション法について
    - 2.1 エアロゾルデポジション法とは
    - 2.2 AD 法製膜体の特徴について
    - 2.3 AD 法の製膜性について
  - 3 AD 法製膜体の実用性の検証
    - 3.1 耐摩耗部材
    - 3.2 ウェハー吸着用静電チャックへの応用
    - 3.3 半導体製造装置用のぞき窓への応用
  - 4 まとめ
- 第7章 スリップキャスト成形
  - 第1節 セラミックスのスリップキャスト成形
    - 1 はじめに
    - 2 スリップキャスト成形によるセラミックスの作製
    - 3 スリップキャスト成形の新しい展開
    - 4 おわりに
  - 第2節 水溶液中におけるセラミック粉体の界面化学
    - 1 はじめに
    - 2 表面反応と帯電機構
    - 3 等電点（等酸点）から離れた pH 域で
    - 4 最近のζ-電位測定法と界面反応
      - 4.1 電気泳動法
      - 4.2 流動電位法
      - 4.3 超音波振動電位法
    - 5 おわりに
  - 第3節 水で形をつくる --- 鋳込泥漿における分散剤と水のバランスと流動性 ---
    - 1 緒言
    - 2 アルミナ、ジルコニアの鋳込成形
    - 3 鋳込泥漿の濃厚化の極限、泥漿の水は流動性を保ちつつどこまで減らせるか
    - 4 流動点に極小を与える分散剤濃度における泥漿の流動性
    - 5 結論 346
  - 第4節 真空・加圧鋳込成形法を用いた高密度・高強度アルミナ焼結体の作製
    - 1 はじめに
    - 2 高純度アルミナ泥漿の調整と問題点
      - 2.1 高純度アルミナ原料粉体
      - 2.2 泥漿鋳込型材
      - 2.3 泥漿の調整と問題点
      - 2.4 分散剤と結合剤
    - 3 真空・加圧鋳込成形
      - 3.1 真空・加圧鋳込成形装置と多孔質型の特徴
      - 3.2 真空・加圧鋳込成形用高純度アルミナ泥漿

- 3.3 泥漿の圧力と着肉速度
- 4 成形体及び焼結体の機械的特性
  - 4.1 成形体と焼結体
  - 4.2 低温焼成による高強度化
  - 4.3 高温強度
- 5 おわりに
- 第5節 大型セラミックスのプロセス技術
  - 1 はじめに
  - 2 浸透Vプロセス成形法の概要
    - 2.1 成形原理
    - 2.2 主な特長
  - 3 浸透Vプロセス成形法の開発経緯
    - 3.1 スラリーの選定
    - 3.2 型材の選定
    - 3.3 浸透Vプロセス法で製作したアルミナ材の物性
    - 3.4 大型セラミックスの製作
  - 4 今後の展開について
    - 4.1 適用材質範囲の拡大
    - 4.2 要求形状，寸法への対応
- 第6節 成形への糖アルコール製剤の利用例
  - 1 はじめに
  - 2 セラミック成形助剤
  - 3 セラミック成形助剤・PCシリーズの利用例
    - 3.1 湿式タイル
    - 3.2 泥漿鑄込みの成形
  - 4 ニューセラミックスの成形助剤・FCシリーズの利用例
    - 4.1 低ソーダアルミナの泥漿鑄込みの成形
    - 4.2 高純度アルミナの高压真空鑄込みの泥漿試験
    - 4.3 プレス成形用アルミナ顆粒粉調整
  - 5 おわりに
- 第8章 成形技術の新展開
  - 第1節 セラミックスの粒子配列制御技術
    - 1 はじめに
    - 2 固-液系粒子配列制御技術（固-液分散系を利用したセラミックスの配列制御技術）
    - 3 固-気系粒子配列制御技術（気相法を利用した超微粒子の調製と配列・配向制御技術の開発）
      - 3.1 ナノ粒子の粒子制御技術
      - 3.2 エアロゾルデポジション法（AD法）によるマテリアル・インテグレーション技術
      - 3.3 スパッタリング法による酸化物強誘電体膜の作製
    - 4 マイクロ波・ミリ波材料の開発（粒子配列制御したマイクロ波・ミリ波吸収材料の作製と評価）
    - 5 おわりに
  - 第2節 強磁場中コロイドプロセスを用いた弱磁性セラミックスの異方性制御
    - 1 はじめに
    - 2 強磁場の有用性と粒子の回転
    - 3 コロイドプロセス
    - 4 スリップキャストによる配向
      - 4.1 アルミナ
      - 4.2 チタニア
      - 4.3 酸化亜鉛
    - 5 電気泳動堆積（EPD）法による配向積層体の作製
    - 6 おわりに
  - 第3節 遠心成形技術による傾斜機能材料創製
    - 1 はじめに
    - 2 遠心成形製法
    - 3 粉の調整
    - 4 焼結
    - 5 各種粉の遠心成形結果
    - 6 おわりに
  - 第4節 半固形静水圧成形法を利用した複雑形状部品の作製
    - 1 緒言

- 2 圧粉体成形法
- 3 従来の超硬工具作製プロセス
- 4 BIP プロセス
- 5 半固形物質
- 6 プロセスの流れ
  - 6.1 モールド内部へのキャビティ形状の作製
  - 6.2 粉末の充填
  - 6.3 モールドの圧縮
  - 6.4 モールドの除去
- 7 実験方法
- 8 結果および考察
- 9 結言
- 第9章 スプレードライヤー造粒
  - 第1節 スプレードライヤー造粒とバインダー
    - 1 はじめに
    - 2 有機添加剤の種類
    - 3 添加剤の選定プロセス
    - 4 おわりに
  - 第2節 スプレー造粒粉による Nd-Fe-B 磁石の成形技術
    - 1 はじめに
    - 2 磁石中の酸素量のコントロール
      - 2.1 磁石中に許容される酸素量
      - 2.2 スラリー中での原料の酸化抑制
      - 2.3 水素雰囲気での脱バインダー
    - 3 超小型 Nd-Fe-B 磁石の成形
      - 3.1 スプレー造粒粉の配向性
      - 3.2 スプレー造粒粉による成形体の寸法精度
    - 4 ニアネットシェイプ成形への挑戦
- 第10章 環境調和型プロセスへの対応
  - 第1節 セラミックスの低エネルギープロセス技術の最近動向
    - 1 はじめに
    - 2 高効率焼成炉の開発
    - 3 マイクロ波焼成技術
    - 4 エアロゾルデポジション法による非焼結技術
    - 5 バルクセラミックスの低エネルギープロセス技術
    - 6 製造工程全体の消費エネルギー評価
    - 7 おわりに
  - 第2節 環境負荷低減セラミックス製造技術の最近の動向
    - 1 はじめに
    - 2 水系スラリー調製技術
      - 2.1 水系スラリーでの分散制御
      - 2.2 加水分解反応の抑制
      - 2.3 その他の課題への対応
    - 3 バインダー技術
      - 3.1 有機バインダー低減化技術
      - 3.2 無機バインダー技術
        - 粘土鉱物による無機バインダー技術
        - アルミナゾルによる無機バインダー技術
        - 水硬性アルミナによる無機バインダー技術
    - 4 まとめと展望
  - 第3節 セラミックス成形プロセスにおける有機バインダー低減化
    - 1 はじめに
    - 2 新規な成形方法とその効果
    - 3 紫外光以外の反応トリガー
    - 4 まとめと展望
  - 第4節 無機バインダー技術
    - 1 はじめに
    - 2 水硬性アルミナを利用した無機バインダー技術
      - 2.1 水硬性アルミナの水和反応

2.2 水硬性アルミナによる微構造制御

2.3 水硬性アルミナの新たな展開

3 まとめ

## 第 11 章 測定・評価

### 第 1 節 新規成形体評価法—成形法設計実現に向けた

1 緒言

2 成形圧力が成形体構造に及ぼす影響

3 成形体中の欠陥の焼成時の振舞い

4 焼結体中の欠陥とその HIP 処理による変化

### 第 2 節 脱バインダ過程の解析に有効なダイナミック熱天秤

1 はじめに

2 セラミックス, MIM の脱バインダの問題点

3 従来の等速昇温 TG-DTA の問題点

4 ダイナミック熱天秤の概要と特長

5 ダイナミック熱天秤による脱バインダ測定例

5.1 急激な発熱・分解を伴うアルミナ試料の脱バインダコントロール

5.2 発生ガスによる熱天秤のダイナミック温度制御

6 おわりに

### 第 3 節 高温場におけるガス成分の分析・評価法

1 はじめに

2 熱分析について

3 開発装置の構成と原理

3.1 スキマーインターフェース

3.2 イオン付着質量分析

3.3 試作装置

4 熱分解モニタリング

5 おわりに