

資源ケミカル戦略:「Si」

高純度シリカ(SiO₂)粉末および超高純度炭化ケイ素(SiC)粉末の開発

太平洋セメント株式会社 資源事業部営業企画グループ 中西 博
太平洋セメント株式会社 中央研究所資源材料研究部資源VCチームリーダー 増田 賢太

1 はじめに(資源ケミカル戦略:「Si」)

当社は、日本全国に鉱山を保有し、自然環境に配慮しながら、天然資源を有効活用し、その恩恵を享受することによって、産業活動を営んでいる。当社の事業の柱であるセメントは、自然災害から国民を守り、豊かな生活や社会活動の安心・安全の提供と社会基盤の形成には欠かすことができない素材である。しかし、近年の長引く不況による経済・社会活動の停滞や政権交代など、様々な影響により、最盛期に比べ、その需要量は大きく低下している。今後についても、一定の需要は確保されると思われるものの、大幅な増加は望めないのが現状である。今後、当社が産業活動を継続する中、更なる発展を遂げるには、当社が保有する多くの天然資源の有効利用および高付加価値化を実現することが、非常に重要である。そこで、当事業部では、セメントの主要成分であり、天然資源として豊富に存在するカルシウム(Ca)やケイ素(Si)に着目し、これら資源の有効活用や更なる高付加価値化を探索し、資源ケミカル戦略として、中央研究所と連携して新規事業の研究開発を進めてきた。本報では、『資源ケミカル戦略:「Si」』として、高純度シリカ(SiO₂)粉末を開発し、その用途として超高純度炭化ケイ素(SiC)粉末の製造成功について紹介する。

2 高純度シリカ(SiO₂)粉末の開発

2.1 シリカとは

シリカとは、二酸化珪素(SiO₂)のことであり、天然品、合成品さらには、結晶性、非晶質性とその種類は多い。シリカの

一般的な分類を図-1に示す。合成シリカは、白色で、粉末状、または顆粒状の固体が一般的であり、機能性フィラー材として様々な分野で活用されている。主な用途としては、シリコンゴムや合成ゴムの物性改善用の添加剤、複写機トナーや印刷インキ、塗料などの流動性、転写性やつや消しなどの用途、研磨剤や化粧品が挙げられる。特に、99.99%(4N)以上の高純度のシリカは、半導体分野やファインセラミックス等、今後成長が期待される分野で利用されている。

2.2 当社開発の高純度シリカ粉末の特徴

当社の開発した高純度シリカ粉末は、純度:99.99%(4N)以上の合成非晶質シリカ(図-1)である。鉱物組成はSiO₂・nH₂Oで示され、シリカの複水塩である。本製品の外観を写真-1に、不純物の化学成分分析結果の一例を表-1に示す。写真-1に示した本製品の粒度は2mm以下のものであるが、用途に応じて、様々な粒度に調製可能である。

現在、当事業部において、本製品の用途先として、高純度石英原料や坩堝原料、炭化ケイ素原料および太陽電池向けシリコン原料等への活用を検討している。以降、高純度シリカ粉末を原料として開発に成功した超高純度炭化ケイ素(SiC)粉末について述べる。

3 超高純度炭化ケイ素(SiC)の開発

3.1 開発に至る社会的背景

本年3月に発生した東日本大震災による原子力発電所の事故は、広く国民に今後のエネルギーに対する考え方を改めさせる契機となり、再生可能エネルギーへの期待、節電・省エネ意識が急速に高まってきている。これら意識改革に対するアプローチとしては、自然エネルギーの有効活用や限られたエネルギーを、より効率的に使用する技術(省エネ技術)開発がますます重要になると思われる。

現在、電気エネルギーの効率的な利用・制御および効率的な動力への変換・

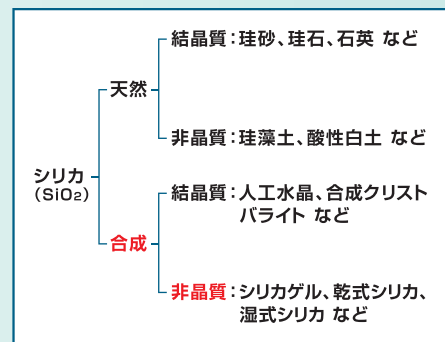


図-1 シリカの分類



写真-1 高純度シリカの外観

表-1 高純度シリカの不純物成分分析結果の一例(ppm)

B	P	Al	Fe	Ca	V	Ti
0.1以下	0.1以下	0.5以下	1.0以下	1.0以下	0.5以下	1.0以下

制御を実施するために、半導体からなるパワーデバイスをを用いた電力制御・変換技術が活用されている。今後、先に述べた自然エネルギーの有効利用や省エネルギー技術の利用による低炭素・省エネルギー社会の実現には、このパワーデバイスの更なる性能向上が非常に重要であると考えられる。

3.2 パワーデバイスの現状と技術革新

パワーデバイスに使われる半導体は、現在シリコン(Si)製の基板を用いたものが主流である。しかし、Si半導体では大電力を制御するパワー半導体としての大幅な性能の向上は望めず、更なる省エネルギー化は困難であると言われている。炭化ケイ素(SiC)は、前述したSiに比べ、バンドギャップが約3倍、絶縁破壊電界強度が約10倍、電子飽和速度が約2倍、熱伝導度が約3倍というパワー半導体材料として優れた電気特性値を有し、次世代のパワー半導体用の材料として注目されている。しかし、SiC製パワー半導体は、半導体の工業生産に不可欠な大径のSiC単結晶・ウエハ製造の難しさから、なかなか実用化が進んでいなかった。近年になって、SiC単結晶・ウエハ製造技術が格段に進み、4~6 inch(10~15cm程度)の大径のSiC単結晶・ウエハ製造技術が確立されつつあり、電機メーカーや半導体メーカーのSiCを基板としたパワー半導体の実用化に関する研究・開発も盛んに行われている。そして、一部では製品化され、我々の身近な製品への導入が始まっている。近い将来では、図-2に示すとおり、携帯電話の基地局への導入や電気自動車、省エネ家電の更なる普及、電車等への導入が加速され、より我々の身近な存在となり、様々な恩恵を与えてくれるものになると思われる。

3.3 超高純度炭化ケイ素(SiC)粉末の開発

上記のSiC製パワー半導体は、単結晶メーカーが低純度のSiC粉末から、導体



図-2 次世代パワーデバイスの用途先例

となりうる金属元素などの不純物を極力低減するように、単結晶を製造・ウエハ加工を行い、デバイス製造メーカーに供給することで製造される。前述したように、当社は、資源ケミカル戦略:「Si」の一環として、パワー半導体用単結晶原料に使用できる超高純度炭化ケイ素(SiC)粉末を、グループ会社である屋久島電工(株)と共同で開発した。具体的には、前項で記載した、当社が開発した高純度シリカ粉末を主原料とし、国内で唯一、インゴットから炭化ケイ素の製造・販売を手掛けている屋久島電工の資源・技術を活用して、純度:99.9%(3N)以上であり、不純物含有量(表-2)を大幅に低減した超高純度炭化ケイ素(SiC)粉末(写真-2)の開発に成功した。半導体向け基板用の炭化ケイ素の単結晶には、基板性能を制御する際に、特定の元素を添加するため、導体となりうる金属元素などの不純物を極力低減することが求められている。本開発品は、半導体基板向けの単結晶用原料として要求されるスペックを十分満足するものである。

本製品は、今後、急速に需要が増大することが予想される電子機器向けの炭化ケイ素(SiC)単結晶を製造するメー

表-2 超高純度炭化ケイ素(SiC)粉末の不純物成分分析結果の一例(ppm)

B	P	Al	Fe
0.1以下	0.1以下	1.0以下	1.0以下



写真-2 超高純度炭化ケイ素(SiC)粉末の外観

カー(SiC単結晶製造・ウエハ加工)各社に提供することにより、高品質な炭化ケイ素基板用ウエハの製造を可能とし、省エネ・低炭素社会の実現に大きく貢献できると期待されている。現在は、複数のSiC単結晶製造・ウエハ加工メーカーにサンプル提供を開始し、併せて市場動向を調査して、来年度以降の本格製造・販売に向け、鋭意検討を進めている。

4 おわりに

本報では紙面の都合上、高純度シリカ粉末の用途先を超高純度炭化ケイ素(SiC)粉末製造に限定して記載した。また、高純度シリカを原料として製造した超高純度炭化ケイ素(SiC)粉末についても、パワー半導体基板向けに限定して記載したが、この他にも精密機器用の焼結体治具製造や太陽電池向けシリコン(Si)製造など、様々な用途に適用可能と思われ、省エネ・低炭素社会の実現に大きく貢献する製品等への応用が広く期待できるものである。