

# 導電性材料によるフラット発熱体の技術開発

小松崎 和久\* 児玉 弘人\* 富田 玄隆\*

## 1. はじめに

フラットヒータは、床暖房等の汎用的なものから半導体製造に至る様々な分野で用いられており、使用温度も数 10 から 800 以上と広い温度域をカバーしている。しかし、今日の資源・環境に関する社会的な取り組みの中で、ヒータにおいては汎用的なものに限ってみても、資源の再利用等を考慮した生産活動は一部の企業にみられるものの、全体的にあまり進んでいるとはいえない。

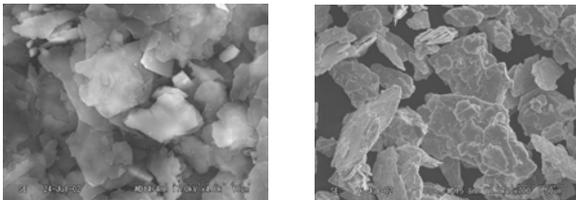
今回、ヒータ発熱部への廃材利用として、使用済み湯中のニッケルを廃セラサイト粒子にコーティングした複合粒子の適用を試みたので報告する。

## 2. ニッケルコーティングセラサイト粒子

ニッケルコーティングセラサイト粒子（以下、ニッケル-セラサイト複合粒子）は、鱗片状の積層鉱物であるセラサイト粉末の表面に無電解めっき法によりニッケル皮膜を施すことにより得られる。ここでは、セラサイト粉末には化粧品とするには粒度が粗く、通常、廃棄処理されるものを、また、皮膜となるニッケルには使用済み湯中のものを用いた。

このようにして得られる導電体粒子は、無電解めっきの条件により導電率を多様に変えることができる。

今回、発熱材料として用いたセラサイト粒子の平均粒径は 5 $\mu\text{m}$  程度、ニッケルめっき皮膜の厚みは 0.2 $\mu\text{m}$  程度であった。図-1(a)にセラサイト粉末の、図-1(b)にニッケル-セラサイト複合粒子のSEM写真を示す。



(a) セリサイト粉末 (x4000) (b) ニッケル-セラサイト複合粒子 (x700)

図-1 セリサイト粉末およびニッケル-セラサイト複合粒子のSEM写真

## 3. ニッケル-セラサイト複合粒子のバルク化

発熱体作成にあたり、ニッケル-セラサイト複合材料のバルク化を行った。

図-2の模式図に示すようにバルク化されたニッケル-セラサイト複合材料中のニッケルが抵抗発熱体となり、電流は接するニッケル面に沿って流れる。バ

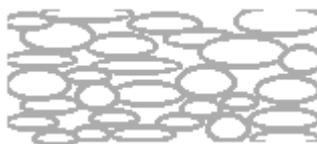


図-2 ニッケル-セラサイト複合材料発熱体の模式図

ルク化には、ヒータ作成上必要となる発熱部（ニッケル-セラサイト複合粒子）と絶縁部（絶縁性セラミックス）の接合を考慮し、焼結時間が極めて短く、異種材の接合に有利なパルス通電焼結法（図-3にパルス通電焼結機の構成を示す）を用いた。パルス通電による焼結手順は、まず、ニッケル-セラサイト複合粒子をカーボン製の焼結型（外径 50mm、内径 20mm または外径 70mm、内径 30mm）に充填し、一軸方向の荷重を加え、真空引きをした後、パルス電流を通電することにより行う。焼結接合の場合は、絶縁性セラミックスとニッケル-セラサイト複合粒子をカーボン製の焼結型内に層状となるように充填し、前述と同様の操作を行う。

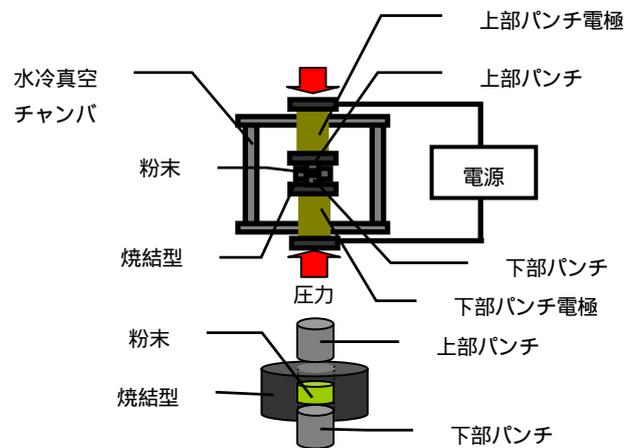


図-3 パルス通電焼結機の構成と焼結型の説明図

## 4. 実験結果と考察

### 4.1. ニッケル-セラサイト複合焼結バルク体

ニッケル-セラサイト複合材料のバルク化最適焼結条件は、昇温速度 100 /min、保持温度 1000、保持時間 5min で、得られた焼結バルク体は、直径 20mm、厚さ 1.2mm の円盤状であった。

### 4.2. ニッケル-セラサイト複合材料層と絶縁性セラミックス層の焼結接合

ニッケル-セラサイトと種々の絶縁性セラミックスのパルス通電焼結法による接合を行った。絶縁性セラミックスには、セラサイト、マグネシア、アルミナ、ジルコニアの 4 種を選んだ。

実験の結果、セラサイトだけがニッケル-セラサイト複合材料と焼結接合ができ、接合時の最適焼結条件は、昇温速度、保持温度、保持時間ともニッケル-セラサイト複合材料のバルク化と同じであった。接合状態は、図-4に示す接合面のSEM写真からも剥離は認められず、良好であった。これは、セラサイトがニッケル-セラ

\*材料応用部

イト複合材料の構成物質であるため、他の絶縁性セラミックスに比べ、線膨張係数等の物性が近いのだと思われる。

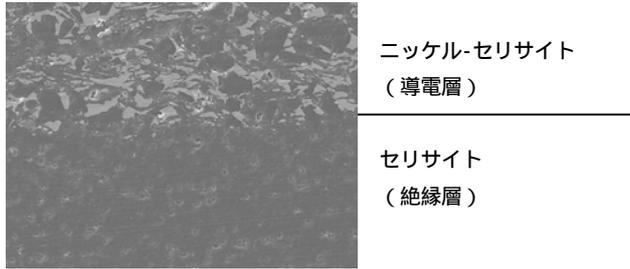


図-4 ニッケル - セリサイト導電層とセラミックス絶縁層接合面のSEM写真

#### 4.3. ニッケル - セリサイト複合材料の発熱特性

一般に、抵抗体を発熱させるには、図 - 5 のように電流のパスを決定したうえで電圧を加える必要がある。今回、前述のパルス通電焼結法により作成したニッケル - セリサイト複合材料とセリサイトの接合体を発熱特性試験に用いるため、サンドブラスト法を用いて、発熱層であるニッケル - セリサイト複合材料の不要部分を削り落として、図 - 6 に示すような電流のパスを作成した。



図-5 ヒータのパターン

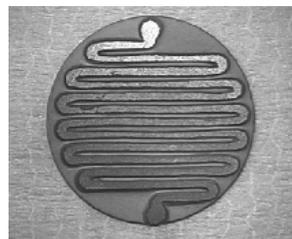


図-6 サンドブラスト法により成形したニッケル - セリサイト複合材料発熱体のサンプル(直径 30mm, 厚さ 2.5mm)

図 - 7 は、各々 6V, 8V の電圧を加え、充分時間が経ったときのニッケル - セリサイト複合材料の温度分布である。また、図 - 8 に示すニッケル - セリサイト複合材料発熱体の昇温特性からは、本実験範囲において発熱温度 400 以上の発熱体となり得ることが確認され、また、図 - 9 からは同じく本実験範囲においては電力密度と発熱温度は直線関係となることが確認された。今回の発熱特性試験の結果、ニッケル - セリサイト複合材料発熱体はさら

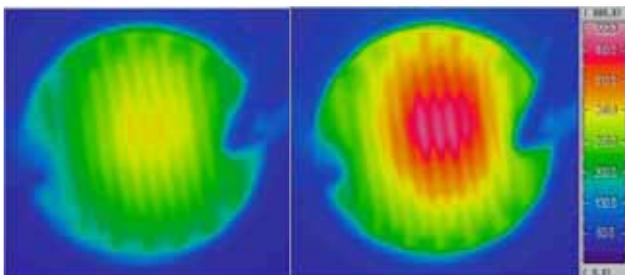


図-7 ニッケル - セリサイト複合材料発熱体の温度分布

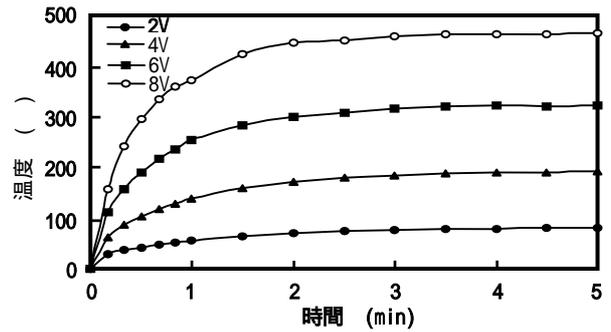


図-8 ニッケル - セリサイト複合材料発熱体の昇温特性

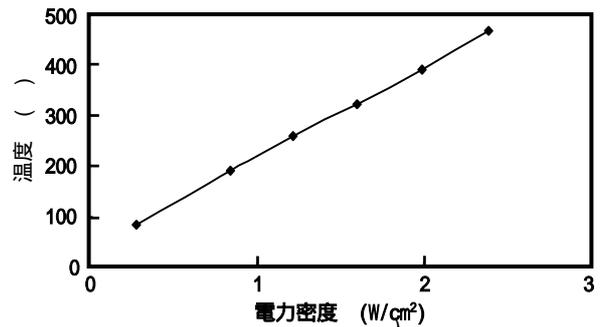


図-9 ニッケル - セリサイト複合材料発熱体の電力密度と温度の関係

に高温の発熱体となる可能性があるため、今後、加える電圧等の条件を変えて試験を行う予定である。

#### 5. まとめ

- ・パルス通電焼結法により、ニッケル - セリサイト複合材料とセリサイトの接合ができ、最適焼結温度は 1000 であった。
- ・廃材を利用したニッケル - セリサイト複合材料は、本実験条件において 400 程度の発熱体となった。条件によっては、さらに高温の発熱体となり得る。