

カーボンナノチューブ添加によるセラミック特性の向上

安藤敏夫^{*1}、内田貴光^{*2}

Improvement of Ceramic Characteristic by Adding CNT

Toshio ANDO^{*1} and Takamitsu Uchida^{*2}

Seto Ceramic Research Center, AITEC^{*1*2}

従来のカーボン材料とは異なり優れた導電性、熱伝導性、高弾性率を有するカーボンナノチューブ (CNT) をセラミックスに添加し、機能性の向上を目的にカーボンナノチューブ含有セラミックスの機械的特性について検討した。非常に凝集しやすい CNT をマトリクス中に添加させるためには、CNT の種類に応じた分散剤の選定が必要である。また、CNT による新たな機能性を付与するためには配向、形状の制御が重要であることが明らかとなった。

1. はじめに

カーボンナノチューブ (CNT) とは直径数 nm ~ 100nm 程度、長さ数 nm ~ 数 mm 程度の円筒状の炭素繊維である。アスペクト比、比表面積が大きく従来の炭素繊維と比べ機械的性質、電気的特性に優れており、その分子化学的に特異な性質を有するため多方面での応用展開が期待されている。

本研究ではこのナノ材料である CNT を界面活性剤を用いて分散させ、セラミックスに添加することによって機能性向上や新たな用途開発等の可能性を検討する。

2. 実験方法

2.1 CNT の分散性の検討

界面活性剤 4 種類の 2% 水溶液を作製し、CNT を添加したときの分散状態を電気泳動光散乱光学計で測定した粒度分布から推定した。

2.2 CNT 含有セラミックスの製造方法

CNT を添加するマトリクスとして見掛け気孔率 27% の磁器素地素焼き物を用いた。この素焼きしたマトリクスを界面活性剤を用いて分散させた 0.1%、1% の CNT 溶液に真空中で 1 ~ 3 日間浸漬させた。

焼成は窒素雰囲気下で行い、昇温速度 145 /h、焼成温度 1320 で 30min 保持し焼成した。

2.3 機械的特性試験方法

所定の温度で焼成した試験体を、スパン 50mm、クロスヘッド速度 0.5mm/min の測定条件で三点曲げ強さを測定した。

3. 試験結果及び考察

3.1 CNT の分散性の検討

図 1 に分散させた CNT の粒度分布を示す。CNT の凝集は一般に、van der Waals 力に由来する物理凝集と粒子同士の化学結合に由来する化学凝集に分類される。また CNT はアスペクト比の大きなチューブ状物質であり、チューブ同士が絡まりあった状態で凝集しているため分散させることは容易ではない。

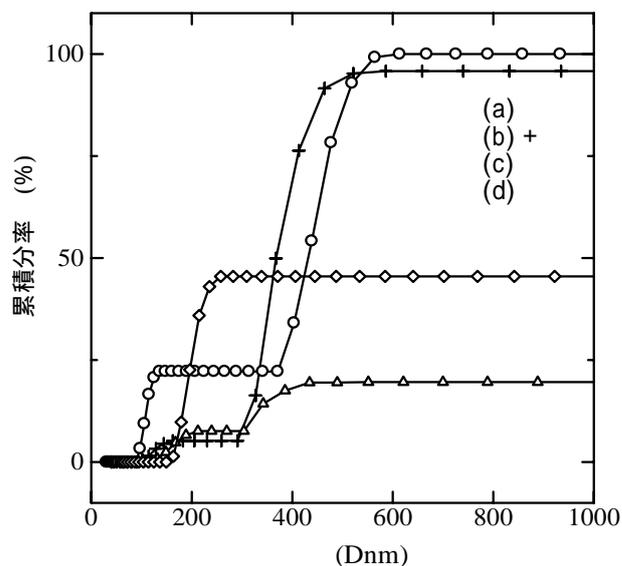


図 1 CNT 粒度分布

- (a) 硫酸エステル型アニオン界面活性剤
- (b) エーテル型ノニオン界面活性剤 (EO=30)
- (c) エーテル型ノニオン界面活性剤 (EO=18)
- (d) スルホン酸型アニオン界面活性剤

CNT は種類や製造履歴により凝集機構が異なるため今回の実験で用いた CNT に最適な分散剤を選定する必要がある。CNT に対する分散剤の分散性を考える場合以下の点を総合的に考慮する必要がある。

- ・分散剤が CNT に対してどれくらい多く吸着するのか
- ・分散剤の疎水基の吸着の強さ
- ・分散剤が吸着した CNT 同士の反発の強さ

これらのことが総合的に良好であったのが図 1 に示すように硫酸エステル型アニオン界面活性剤であり、他の界面活性剤に比べ分散性が良かった。

3.2 CNT 含有セラミックスの機械的特性

図 2 に示ように 1% の CNT 溶液に浸漬させたものは図 3 の 0.1% の CNT 溶液に浸漬させたものと比べ、曲げ強さが多少だが低下している。これは 1% という非常に高濃度の状態で CNT が存在しているため凝集物が形成しやすくなり、浸漬させたマトリックス中の表面付近に不均一な状態で CNT が存在しているため曲げ強さが低下したと考えられる。一方 0.1% の CNT 溶液では濃度が低いいため均一に分散し、マトリックス中全体に CNT が存在しているため曲げ強さが低下しなかったと考えられる。

また違う見方をすると図 2 に示すように CNT の凝集物をマトリックス中に添加しても曲げ強さが大きくは低下していないともいえる。これは CNT が分子化学的に特異な性質を有しているため母材特性を損なわないというひとつの結果である。マトリックス中に CNT を添加し導電性を付与するという研究報告¹¹²⁾がいくつか見られるが、加えて母材特性を損なわないということは大きなメリットである。

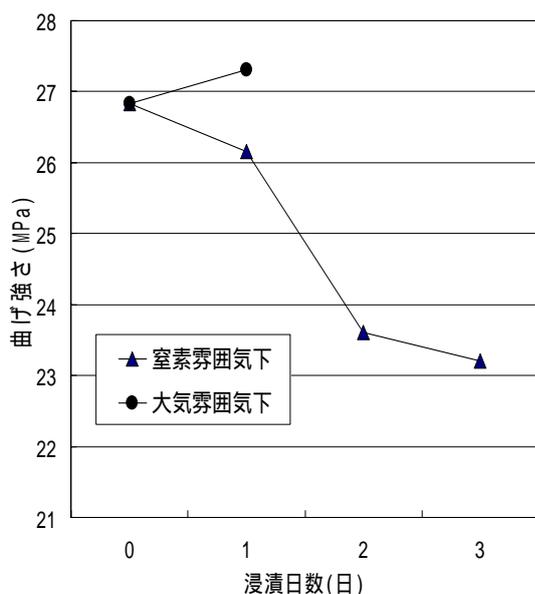


図 2 1% CNT 溶液の浸漬時間の変化と曲げ強さ

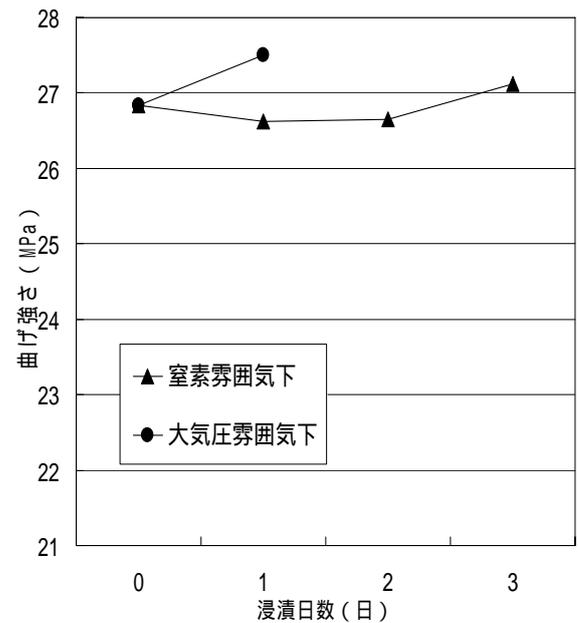


図 3 0.1% CNT 溶液の浸漬時間の変化と曲げ強さ

ファイバーを添加し機械特性を向上させるためには配向性の制御、ファイバーの長さ、母材との濡れ性が重要である。今回用いた浸漬という方法では成型形状に制約はなく簡単な方法で CNT を添加できる利点があるが、CNT がランダムに配列してしまい配向を制御することまでは困難である。また現状の CNT は cm、m 単位での長繊維化はできておらず、濡れ性を向上させるための加工も行っていない。そのために機械特性を向上させることはできなかった。

4. 結び

CNT を界面活性剤を用いて分散させ、セラミックスに添加することによって CNT 含有セラミックスを製作した。種類や製造履歴により凝集機構が異なるため用いる CNT により最適な分散剤を選定する必要があり、今回用いた CNT では硫酸エステル型アニオン界面活性剤の分散性が良好であった。また CNT をマトリックス中に添加し機能性を向上させるためには分散させた状態での粒度、配向性を制御することが必要であり、CNT を少量添加する程度であれば母材特性を損なわないことがわかった。

文献

- 1) 角田裕三：第 32 回フラーレン・ナノチューブ総合シンポジウム, P5 (2007)
- 2) 吉尾ほか：第 19 回日本セラミック協会秋季シンポジウム, P160 (2006)