ノート

複合樹脂の特性評価と樹脂のナノ複合化による高機能性複合樹脂の開発

岡田　英樹[*]　櫻井　貴文[*]　笠原　勝次[*]　五十嵐　晃[*]　佐藤　健[*]
石井　治彦[**]　森田　渉[**]　磯部　錦平[***]　永井　直人[***]

Evaluation of Properties of Nanocomposites Fabricated by High Shear Processing

OKADA Hideki[*], SAKURAI Takafumi[*], KASAHARA Katsuji[*], IKARASHI Akira[*], SATO Takeshi[*]
ISHII Haruhiko[**], MORITA Wataru[**], ISOBE Kohei[***] and NAGAI Naoto[***]

1. 緒　　言

自動車の軽量ボディ，水力・風力発電機の堅牢ギア，高い光透過性を持つ封止材など，高機能プラスチック部品が，将来の省エネルギーを実現するキーデバイスになると期待されている。しかし，分子構造設計による新しいプラスチック材料の開発は停滞しており，ここしばらくはほとんど誕生していない。そこで，既存のプラスチック材料をブレンドして新しい機能や目的の機能を付与したプラスチック材料の開発が進むようになってきた。しかしながら，プラスチック材料同士は簡単には混ざり合わず，ブレンドするためには相溶化剤を添加する，混合時に反応させるといった工夫が必要であった。

そのような中，2009 年に（株）ニイガタマシンテクノが（国研）産業技術総合研究所と共同で開発した高せん断成形加工装置を発表し，相溶化剤を使用することなく，非相溶系ポリマーアロイの相溶化が可能になった[1)]。この装置は，特殊な形状のスクリューによって強いせん断をプラスチック材料に与えることで，ナノレベルまで分散,混合することが特徴である。さらに，プラスチック材料同士だけではなく，プラスチック材料に金属やガラス，セラミックスといった無機材料なども分散・混合することができる可能性がある。ただし，この装置の原理を開発した清水氏は，非平衡状態下で非相溶系ポリマーアロイの相溶化がなぜ起こるのかということと，この方法で作製された微細構造はなぜ緩和しないのか，については理論的にわかっていないため，その解明が必要であるとしている[2)]。

そこで,（公財）にいがた産業創造機構の市場開拓技術構築事業の一環として，高せん断成形加工装置による混合や分散のメカニズムを解明し，特性向上を目指した「新材料」の開発を目指した。開発した新材料の用途として，当面は材料の量が少なくても高い付加価値を付与でき，最終製品としての特性評価が可能な歯科材料の開発を行った。また，高せん断加工によるナノ分散のメカニズム解明のため，高せん断加工が材料特性に及ぼす影響について検討した。

ここでは本事業で得られた知見の一部であるポリカーボネート(以下 PC)と微粒子シリカ(以下 SiO_2）のブレンドについて報告する。

*　研究開発センター
**　下越技術支援センター
***　県央技術支援センター

2. 結　　果

2.1 実験方法

PC に SiO_2 を重量比で 10%ブレンドした。な

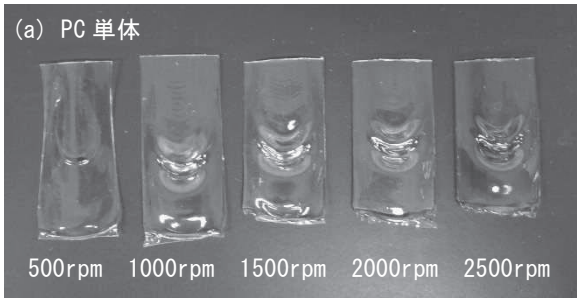
お，PC はブレンド前に真空乾燥機で 80℃，4h 以上乾燥させ，SiO_2 は 900℃で 3h 以上強熱したものを使用した。

高せん断加工は高せん断成形加工装置 NHSS8-28（(株）ニイガタマシンテクノ製）を使用した。加工条件として，高せん断スクリューの回転数を 500～2500rpm，高せん断を付与する時間を 10 秒とした。

加工した材料の評価は，マルテンス硬さ HM と破断面観察による SiO_2 の分散状態評価によって行った。HM の測定は微小硬さ試験機 PICODENTOR HM500（(株）フィッシャー・インストルメンツ製）を用い，押込み荷重 100mN，荷重負荷時間 20s，保持時間 5s，除荷時間 20s で測定した。破断面観察は，電界放出形走査電子顕微鏡 JSM-6330F（日本電子（株）製）を用いた。

2.2 実験結果

図 1 にサンプルの外観を示す。PC 単体を同条件で高せん断加工した場合，回転数が 1500rpm を超えたあたりから着色が目立つようになるが，



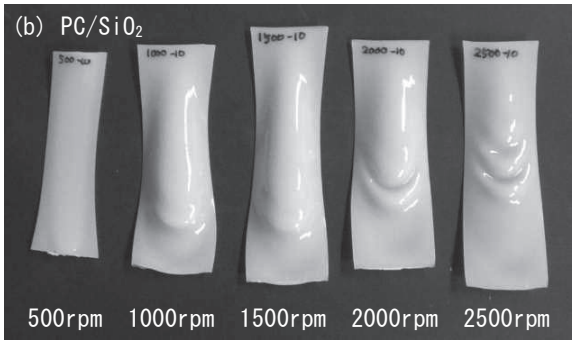


図 1　サンプルの外観

PC と SiO_2 のブレンド材では，着色はほとんど確認することができなかった。

図 2 に HM の測定結果を示す。未添加の PC に比べて，SiO_2 を添加したものは HM が高くなった。また，わずかではあるものの回転数が高くなるとともに HM は上昇した。

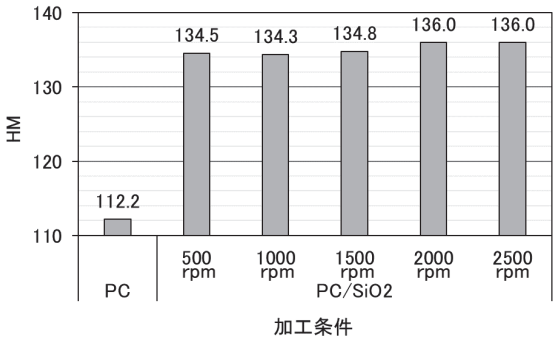
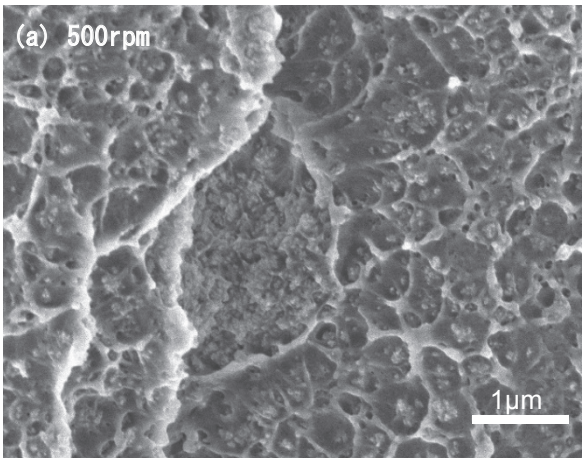


図 2　HM に及ぼす高せん断加工の影響



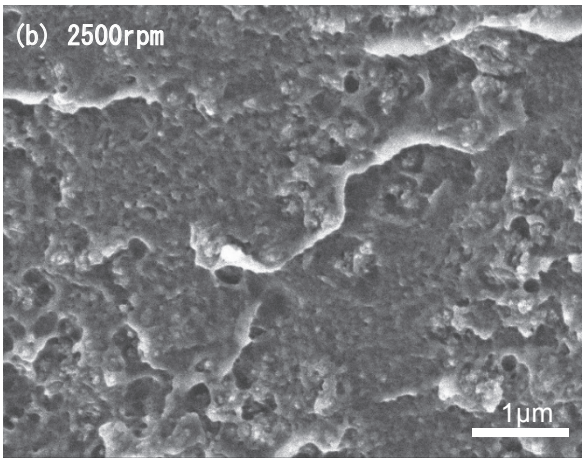


図 3　破断面観察結果

図 3 に高せん断加工の回転数が 500rpm と 2500rpm で加工した材料の破断面の観察結果を示す。500rpm では，数 μm の二次粒子や一次粒子が数個凝集したものが多くみられるのに対し，2500rpm では一次粒子まで解砕している粒子が多数みられ，凝集した粒子はほとんど確認されなかった。SiO_2 は，高せん断加工によって一次粒子まで解砕され，ナノレベルまで分散させることができた。この分散状態の変化によって HM が上昇したものと考えられる。

ナノサイズのフィラーは，少量で大きな効果が得られること，新規物質を開発する必要がないことなどのメリットがある一方で，粒子の凝集力が強いため，効率的に分散させる方法や安定化に課題がある。高せん断加工は，ナノサイズのフィラー分散技術として有望であることが確認された。

3. 結　　言

(1) 高せん断成形加工装置を活用した新材料開発を行うため，歯科材料の開発を進めながら高せん断加工のノウハウとナノ分散化したプラスチック材料の評価技術を蓄積した。

(2) ここでは，PC と SiO_2 のブレンドの結果について報告した。高せん断加工によって SiO_2 が高分散化し，HM が高くなったことが確認された。

(3) 今後は電子材料や自動車用材料など高せん断加工を応用した新材料開発を進める。

参考文献

1)（株）ニイガタマシンテクノ，高せん断技術情報 http://n-mtec.com/publics/index/84/（2018 年 2 月 21 日）

2) 清水博，Yongjin LI，“高せん断成形加工技術により創製した新規ナノコンポジットの構造と物性”，高分子論文集，Vol. 71，No. 3，2013，pp. 69-88.