

## ZrO<sub>2</sub>ナノ微粒子含有熱硬化性および熱可塑性ハイブリッド光学材料の創製

榎本航之\*・菊地守也\*\*・鳴海 敦\*\*\*・川口正剛\*\*\*†

\*山形大学大学院理工学研究科 山形県米沢市城南4-3-16 (〒992-8510)

\*\*山形大学工学部 山形県米沢市城南4-3-16 (〒992-8510)

\*\*\*山形大学大学院有機材料システム研究科 山形県米沢市城南4-3-16 (〒992-8510)

† Corresponding Author, E-mail: skawagu@yz.yamagata-u.ac.jp

(2016年10月27日受付, 2016年12月1日受理)

### 要 旨

水中に分散している平均粒子径約4～6 nmのジルコニアナノ微粒子を、少量の表面処理剤を用いた溶媒置換法により凝集することなくトルエン相へ相移動させるその場疎水手法を開発した(溶媒置換法)。本手法で表面処理されたジルコニア微粒子は、乾燥後も種々の有機媒体に再ナノ分散可能であった。ビニル基修飾ジルコニアと汎用ビニルモノマーとの共重合によりジルコニアナノ微粒子を架橋点とした高透明かつ高屈折率な熱硬化性ハイブリッドバルク材料が得られた。また、連鎖移動剤修飾ジルコニアを用いると、高透明かつ高屈折率な熱可塑性ハイブリッドバルク材料が得られた。本ハイブリッド手法は、アッベ数をそれほど低下させることなく屈折率を増加させることができる興味深い方法である。

キーワード：有機-無機ナノハイブリッド, ジルコニア, 無機微粒子, 屈折率制御, 光学樹脂, 熱硬化性, 熱可塑性

### 1. はじめに

屈折率は光学材料において最も重要な物性値である。屈折率は光の速度や進路を操作するため、屈折率の制御は光学材料において最も重要な課題の一つである。そのような理由から現在においてもなお、高および低屈折率材料の追及、波長分散の目安であるアッベ数(屈折率の波長依存性)、複屈折(屈折率の異方性)の制御など、さまざまな観点から光学材料の開発が活発に研究されている。高屈折率材料は小さな曲率でも光の進路をより大きく曲げることができるため、レンズの薄肉化、高解像度化を可能にする。従来の光学部品においては、ガラスやセラミックスなど屈折率を制御できる範囲が広い無機材料が多用されてきた。近年では、軽量化、成形加工性の容易さ、低価格化へのニーズの高まりによって、多くの用途において無機材料から樹脂材料への置き換わりが進んでいる。しかし、樹脂材料は無機材料に比べて屈折率を制御できる範囲が狭いという本質的な弱点がある<sup>1-3)</sup>。

樹脂材料の高屈折率化に向けた分子設計戦略として、密度または分極率を高めるアプローチがある。密度を高める方法として、分子容積の小さい環構造、分岐構造<sup>4)</sup>などの導入や分子

間水素結合の利用がある。分極率を高める方法として、ハロゲン(Cl, Br, I)、硫黄、芳香環、重金属原子などを鎖中に導入する方法がある。これらの方法を用いて屈折率が1.8を超える有機材料が報告されている<sup>5,6)</sup>。しかし一方で、吸収波長の長波長化によるアッベ数の低下や着色などを引き起こすため、透明材料を設計するうえでは限界がある。また、酸化による耐熱着色性の悪化、吸水性の上昇、さらに用途においては光学素子への悪影響など別の問題も引き起こすことが指摘されている。

有機物と無機物をナノレベルで複合化させる有機無機ナノハイブリッド化法が多くの分野で盛んに研究されている。これは、当該手法によりそれぞれ単体ではなし得ない特性あるいは物性を体现できると考えられているためである。この手法と従来のコンポジット材料との決定的な違いは、複合化するレベルにある。ナノスケール、分子レベル、強いては元素レベルで複合化できるハイブリッド材料は、透明性の制御や光学特性、電気特性、熱特性および機械特性を向上させることができると期待されている。しかしながら、異種の物質同士を混合することは界面のエネルギーを増加させ、熱力学的不安定化を引き起こす。したがって一般に有機物と無機物を単純に相溶させることは困難であり、たとえば発熱反応をともなう有機物と無機物との間で共有結合、水素結合、静電相互作用、 $\pi$ - $\pi$ 相互作用等の相互作用を利用するなどの工夫が必要となる。

ハイブリッド材料の透明性は以下のLambert-Beerの法則式(1)とレイリー散乱式(2)の組み合わせにより予測できる。

$$I(t) = I_0 \exp(-at) \dots \dots \dots (1)$$



【氏名】 えのもと かずし  
 【現職】 山形大学大学院理工学研究科有機材料工学専攻博士後期課程2年生, 日本学術振興会特別研究員 DC2, 山形大学大学院リーディングプログラムフロンティア有機材料システム創成フレックス大学院4年生  
 【趣味】 カメラ, お酒を嗜むこと, ドライブ  
 【略歴】 2013年山形大学大学院理工学研究科機能高分子工学専攻博士前期課程入学, 同大学院博士後期課程進学, 現在に至る。2016年より日本学術振興会特別研究員 DC2, 専門は有機無機ハイブリッド材料。