

本研究は、 $\text{La}_4\text{Ti}_9\text{O}_{24}$ ガラスを出発材料とし、屈折率 n_d が 2.2 より高く、Abbe 数 v_d を幅広く変化させる組成範囲を持つ新しいガラスを創造することを目的に行ったものである。ガラス形成機構の考察を踏まえ、ガラス化範囲を拡張し、多様な組成においてガラスを得ることから、高い屈折率 n_d を有し、広範な Abbe 数 v_d を持つガラス創製を行った。また、本ガラスの応用としてカメラレンズを視野にいれ、ガス浮遊炉を用いて、直径 6 mm 以上の大型化試料の作製装置を考案し、現在 7 mm ほどの試料の製造に成功している。 $\text{LaO}_{3/2}\text{-TiO}_2$ 二元系ガラスでは、組成比 $\text{LaO}_{3/2}:\text{TiO}_2$ とする TiO_2 66.7 mol% から 76.2 mol% までが $\text{LaO}_{3/2}\text{-TiO}_2$ 二元系のガラス化範囲であると判明した。 $\text{LaO}_{3/2}\text{-TiO}_2$ 二元系ガラスは約 10 mol% の幅でガラス化が可能なおよびガラス形成酸化物を含まない TiO_2 系ガラスとしては、ガラス形成能が高いことを明らかにした。

光学物性の向上を見据えて、 $\text{LaO}_{3/2}\text{-TiO}_2$ 二元系から $\text{LaO}_{3/2}\text{-TiO}_2\text{-ZrO}_2$ 三元系へとガラス組成を拡張した。第三成分の ZrO_2 は、 $\text{LaO}_{3/2}\text{-TiO}_2$ ガラスが持つガラス形成能、および、屈折率を低下させないことを条件に、イオン間結合に着目したガラス形成を考慮した。

屈折率に関して、分子屈折 R_m と分子容 V_m を用いた概算から、 $\text{LaO}_{3/2}\text{-TiO}_2\text{-ZrO}_2$ 三元系にすることで低下するものの、その程度は小さいことが予測できた。また、屈折率の波長分散性に影響する紫外吸収波長 λ_0 を考慮に入れると、 ZrO_2 添加が Abbe 数 v_d の増加に貢献する可能性が予測できた。

結果として、 LaTiO 二元系ガラスでは n_d, v_d の分布はそれぞれ、屈折率 2.29 ~ 2.31, Abbe 数 17 ~ 18 であったのに対して、 LaTiZrO 三元系ガラスでは、屈折率 2.27 ~ 2.32, Abbe 数 17 ~ 21 まで、組成により制御できることを明らかとした。

この高屈折率ガラスを実利用するとすればある程度の大きさが必要となる。カメラレンズでは最低 6 mm 程の大きさとなる。一般のガス浮遊であると試料は最大 3 mm 直径程である。このため、6 mm 直径以上の試料を製造するために、新たな装置を考案した。ガス浮遊炉は、試料下部から吹き上げるガスにより試料を浮遊し、レーザーにより溶融／凝固させる。大型試料になると多量のガスを必要とし、流速が増えることから不安定性が生じて、試料位置の制御が出来なくなる。考案した点は、試料上部にも空気の圧力が存在しており、これを低減することから大きな試料でも浮遊位置制御できる。まず、数値計算を行い、空気の乱流レイノルズ数 (2200 程度) 以下で、8 mm 程の試料浮遊が試料上部で 0.007 MPa 程度で達成できる事を確かめた。これに基づき、装置を作製し現在 7 mm 程の酸化ガラス (BaTiO , LaTiZrO 系) の製造が可能となっている。