

令和 3 年 6 月 3 日現在

機関番号：11101

研究種目：挑戦的研究（萌芽）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K18928

研究課題名（和文）透明ガラス磁石の実現

研究課題名（英文）Fabrication of transparent oxide glass magnet

研究代表者

増野 敦信（Masuno, Atsunobu）

弘前大学・理工学研究科・准教授

研究者番号：00378879

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 4,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の目的は、無容器法で合成した高充填密度ガラスに高温高圧処理を施すことで、ガラスでは決して発現しないとされている強磁性を示すガラス、「透明ガラス磁石」を創り出すことであった。研究期間内にガラスにおける強磁性の確認までは至らなかったが、数多くの磁性ガラスの合成には成功した。これらの中で一部の希土類高含有ホウ酸塩ガラスは、光アイソレータに使われているTb₃Ga₅O₁₂結晶よりも大きな磁気光学効果を示した。様々な構造解析手法を駆使することで、これらのガラス構造とガラス形成能などの物性との相関を明らかにすることができた。さらに高圧印加は、局所構造の制御に有効であることを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

無容器法によって希土類高含有ホウ酸塩ガラスについて網羅的に調べた結果、希土類のイオン半径が、物性や構造に強い影響を与えていることがわかった。一般的なガラスにはあるネットワーク構造が、希土類高含有ホウ酸塩ガラスでは存在しない。このような高充填密度ガラスについて、初めて高圧印加の影響を明らかにした。本研究で合成した希土類高含有ホウ酸塩ガラスは、市販の結晶材料を遙かに凌駕する磁気光学効果を示した。製造方法を工夫したり、永久高密度化することによって、市販材料の置き換えや、あらたな需要が生み出されると期待される。

研究成果の概要（英文）：Purpose of this project is to create transparent oxide glass magnet which exhibits ferromagnetic property at room temperature. A levitation technique was applied to fabricate rare-earth-rich oxide glasses that are possible materials to have large magnetization. Many kinds of rare-earth-rich borate glasses were successfully prepared, and some of them exhibited magneto-optical effect much larger than Tb₃Ga₅O₁₂ crystal used for a commercially available optical isolator. The correlation between glass structure, glass forming ability and physical properties were revealed by using a variety of structural analyses methods. Furthermore, it was found that a high pressure affected local structure of the borate glasses, which will show the possibility of enhancing magnetic properties of glasses.

研究分野：固体化学

キーワード：無容器法 希土類酸化物 磁性 磁気光学効果

1. 研究開始当初の背景

一般にガラスとは、 SiO_2 や B_2O_3 などの網目形成酸化物によって形成される、隙間の多い三次元不規則網目構造を有する非晶質材料であると認識されている。一方で近年我々は、無容器法を用いることで、網目形成酸化物を含まない組成でもガラス化に成功している。これら特異なガラス中では、構成イオンが数 nm の範囲において最密充填構造に類似した極めて充填密度の高い状態（準秩序構造）となっていることがわかってきた。我々はすでにこれらが従来のガラスの常識では想定できないほど優れた光学特性、誘電特性、機械特性を示すことを見出している。本研究課題では、新たなターゲットとして強磁性の発現を提案した。ガラスは結晶ではないため、並進対称性に基づく完全な長距離秩序は生じえない。この物質科学の基盤は揺るぎないものであり、だからこそ長距離磁気秩序である強磁性は決して現れないと考えられている。一方で、準秩序構造という特異な原子配列を有するガラスに、適切な磁性イオン、例えば希土類イオンを大量に導入すれば、結晶の磁性に近づくことができると期待される。そしてこうしたガラスをさらに高密度化させて強制的に磁性イオン間での相互作用を大きくすることができれば、結晶のような並進対称性がなくても磁気秩序が発現するかもしれない。我々はすでに最近その候補となり得る組成系をいくつか見出していた。中でも無容器法で合成した $60\text{Gd}_2\text{O}_3\text{-}40\text{B}_2\text{O}_3$ ガラスは無色透明であり磁石につく (Figure 1)。このガラスは室温で常磁性であるため自発磁化はなく、強い磁性をもつとは言えないが、本研究において強磁性化を試みることにした。



Figure 1. 磁石につく $60\text{Gd}_2\text{O}_3\text{-}40\text{B}_2\text{O}_3$ ガラス。

2. 研究の目的

本研究の目的は、無容器法で合成した高充填密度ガラスに高温高压処理を施すことで、ガラスでは決して発現しないとされている強磁性を示すガラス、「透明ガラス磁石」を創り出すことである。透明ガラス磁石の実現は、「結晶における並進対称性に起因する物性は、ガラスのような非晶質材料では発現しない」という常識から、ガラスを解き放つものであり、物質科学の体系を変革し転換させる。また、強い磁気光学効果により高性能光アイソレータとしての応用に繋がることから通信分野に革新をももたらすことになる。

3. 研究の方法

本研究ではガラスを合成するために無容器法を利用する。無容器法とは、試料を浮遊させた状態でレーザーにより熔融、凝固させる手法である。冷却時、容器壁面由来の不均一核生成がないため、融点以下極めて深い過冷却度まで液体のまま維持できる。我々は、この手法を用いれば、従来ガラス化しないと思われていた組成の物質でも結晶化せずに凝固させる、すなわちガラス化させられることに着目し、数多くの新ガラスを創り出してきた^[1-4]。

無容器法には当研究室に設置されたガス浮遊炉を用いる (Figure 2)。希土類イオンを多量に含有させられる系として、ホウ酸塩ガラスを選択した。

合成したガラスについては、ガラス転移温度や結晶化温度、密度、充填密度、紫外から赤外での光透過率などの基礎物性値の取得を行った。両面光学研磨したガラスを用いて、可視から赤外までの波長に対する磁場下でのファラデー回転角を測定し、ベルデ定数を決定した。ガラスの構造解析には、Raman 散乱, FT-IR, ^{11}B MAS NMR (11.7 T)、高エネルギーX線回折 (SPring-8 BL04B2) を利用した。ガラスをさらに高密度化させるため、ダイヤモンドアンビルセル (DAC) による高压処理を行った。高压処理による局所構造の変化は、in situ Raman 散乱分光によって調べた。

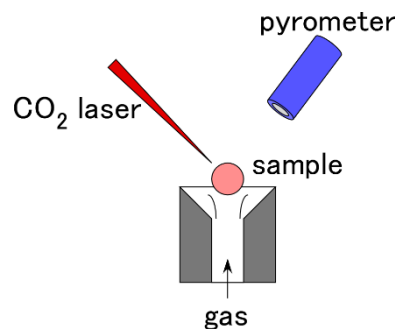


Figure 2. ガス浮遊炉。

4. 研究成果^[1]

Figure 3 に $\text{R}_2\text{O}_3\text{-B}_2\text{O}_3$ 二元系 (R は希土類元素) におけるガラス化範囲を示す。横軸は 8 配位 R^{3+} のイオン半径とした。Ce ではレーザー照射と同時に揮発がみられ、安定な熔融は困難であった。るつぼを使った通常の熔融急冷法では R_2O_3 は 25 mol% 程度しか入れられないが、無容器法によりガラス化範囲は大幅に拡張された。 R_2O_3 含有量の上限は Lu では 35 mol% であったものの、

イオン半径が大きいほど増加する傾向がみられ、La, Pr, Nd では 63 mol%にまで達した。La, Pr では B_2O_3 -rich な組成域 ($x = 30, 35$) と R_2O_3 -rich な組成域 ($x = 50 \sim 63$) に分かれてガラス化範囲が存在していたが、このほかの組成ではその間も含めた連続したガラス化範囲が得られた。 R^{3+} の種類に応じて、ガラス、結晶およびメルトの間の構造の違い、または類似性が、ガラス形成能に影響を与えていると考えられる。

Figure 4(a)に、 $50R_2O_3$ - $50B_2O_3$ ガラスについてガラス転移温度 T_g 、結晶化温度 T_x をプロットしたグラフを示す。横軸はイオン半径である。 T_g はイオン半径の減少に従って増加する傾向がみられるが、 T_x に明確な組成依存性はない。ただし軽希土系では T_x は約 800°C であるのに対して、重希土系では明らかに数十度高くなっている。ガラスから析出する結晶構造の違いが原因であると考えられる。Figure 4(b)には結晶化に対する安定性の指標である $\Delta T (= T_x - T_g)$ を示す。すべての組成において ΔT が 100°C を下回っており、ガラスの熱的安定性は低いことがわかる。

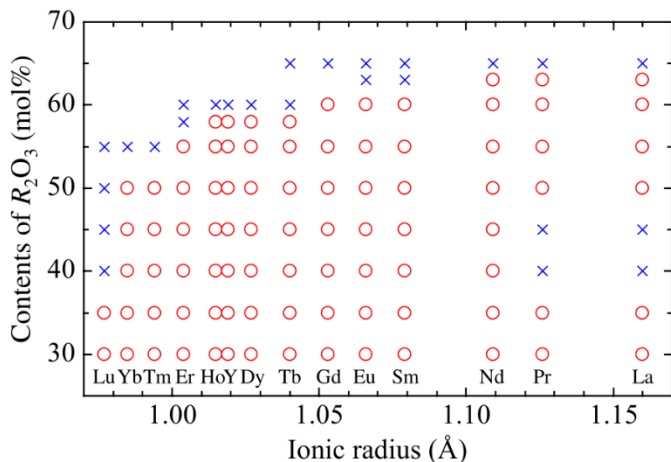


Figure 3. R_2O_3 - B_2O_3 二元系のガラス化範囲。

Figure 5 に示すとおり、 $50R_2O_3$ - $50B_2O_3$ ガラスのラマン散乱スペクトルは、 R の種類にかかわらずほぼ同一であった。 La_2O_3 - B_2O_3 ガラスの結果^[2]をもとに考察すると、全ての $50R_2O_3$ - $50B_2O_3$ ガラスにおいて B は孤立 BO_3 としてのみ存在すると結論づけられる。約 930 cm^{-1} のピークは孤立 BO_3 の対称伸縮振動に由来するものであるが、希土類の種類によってわずかにシフトする。 $B-O$ の結合距離が希土類イオンの大きさに影響を受けていると考えられる。高エネルギー X 線回折によって導出した全相関関数 $T(r)$ からは、 R^{3+} のイオン半径増加に伴って各相関長が長くなっていることが確認された。一方で $T(r)$ の形状にはほとんど差が見られなかったことから、全ての R に対して同様のガラス構造となっていると判断できる。 $50R_2O_3$ - $50B_2O_3$ ガラスと同組成の RBO_3 結晶相は R により様々な構造をとるが、その中で $NdBO_3$ の高温相が、 $R-O$ の第一配位圏のみならず、より広い範囲の相関まで類似していた。

可視域で測定したファラデー回転角 θ_F から、以下の式を用いてベルデ定数 V を算出した。

$$\theta_F = VHI$$

ここで H は外部磁場 (1.5 T)、 I は試料の厚さである。 $55R_2O_3$ - $45B_2O_3$ ガラスのベルデ定数の波長依存性を Figure 6 に示す。測定した波長範囲において Pr, Nd, Eu, Tb, Dy のベルデ定数は負の値となり、波長が短くなるほど絶対値は増加していた。Pr と Nd については急激にベルデ定数が減少する波長領域がみられるが、これはそれぞれの希土類イオンに固有の $f-f$ 遷移に由来する吸収によるものである。本来ベルデ定数は吸収には依存しないパラメーターであるが、強い吸収により透過光強度が非常に弱くな

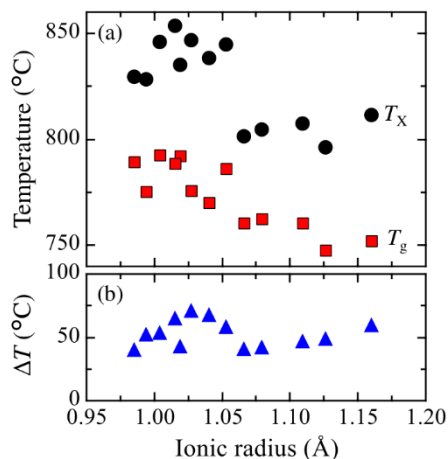


Figure 4. $50R_2O_3$ - $50B_2O_3$ ガラスの熱特性。

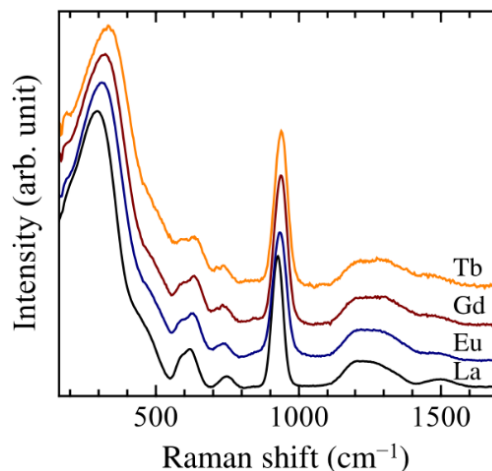


Figure 5. $50R_2O_3$ - $50B_2O_3$ ガラスの Raman 散乱スペクトル。

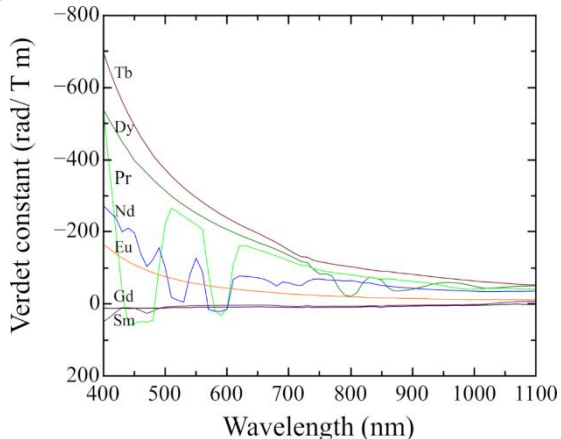


Figure 6. $55R_2O_3$ - $45B_2O_3$ ガラスのベルデ定数。

ってしまったため、正しい測定が行えなかったと考えられる。Pr, Tb, Dy については、現在市販品に使用されている $Tb_3Ga_5O_{12}$ 結晶よりも、大きなベルデ定数であったことから、 R_2O_3 -rich ホウ酸塩ガラスは、磁気光学材料としての応用が期待できる。

R_2O_3 -rich ホウ酸塩ガラスは、ガラスとしては極めて大きい磁気光学効果を示すことがわかったが、いずれの組成のガラスでもその磁性は室温で常磁性であった。磁氣的相関を強めるためには高圧印加が有効である。その第一歩として、 R_2O_3 -rich ホウ酸塩ガラスの局所構造に対する高圧印加の影響を調べた。Figure 7 は DAC に封入した $60La_2O_3-40B_2O_3$ ガラスについて、常圧と 4.5 GPa 印加中の Raman 散乱スペクトルである。* で示したピークは、圧媒体として使った有機溶剤によるものである。常圧時、約 930 cm^{-1} に見えていた孤立 BO_3 の対称伸縮振動ピークは、4.5 GPa 印加によって高波数側にシフトしていた。現時点で、高圧印加によって B-O 結合距離が短くなったのか、あるいは短くなった R-O 距離が B-O 振動に影響を与えたのかは判断できない。しかしながら数 GPa 程度の圧力によって、局所構造に大きな変化を及ぼすことは確かである。今後はさらに圧力をかけ、DAC に封入したまま磁気光学効果を測定する予定である。

研究期間内に、極めてチャレンジングな課題である「ガラスにおける強磁性」の確認までは至らなかったが、無容器法によって非常に多くの磁性ガラスの合成には成功した。様々な構造解析手法を駆逐することで、 R_2O_3 -rich ホウ酸塩ガラスの構造とガラス形成能などの物性との相関を明らかにすることができた。また DAC による高圧印加は、局所構造の制御に有効であることを確認した。今後の物性その場計測によって新しい現象が見いだされると期待される。

参考文献

- [1] S. Sasaki *et al.*, *Inorganic Chemistry* **59**, 13942-13951 (2020).
- [2] A. Masuno *et al.*, *Dalton Transactions* **48**, 10804-10811 (2019).

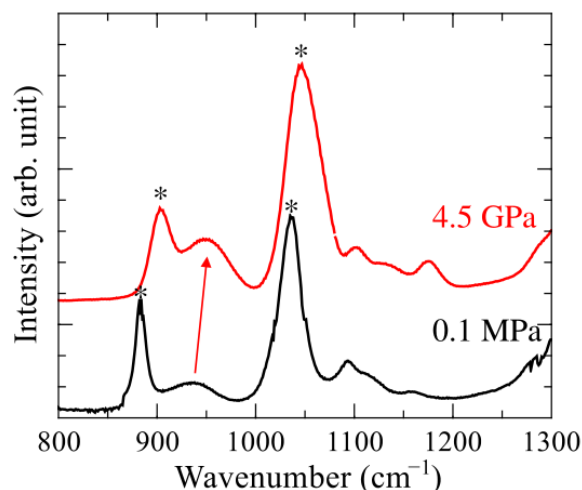


Figure 7. DAC に封入した $60La_2O_3-40B_2O_3$ ガラスの Raman 散乱スペクトル。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計20件（うち査読付論文 19件／うち国際共著 4件／うちオープンアクセス 7件）

1. 著者名 Choe Yoong-Kee, Tsuchida Eiji, Tokuda Kazuya, Otsuka Jun, Saito Yoshihiro, Masuno Atsunobu, Inoue Hiroyuki	4. 巻 11
2. 論文標題 First-principles molecular dynamics simulation study on Ti4+ ion in aqueous sulfuric acid	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 AIP Advances	6. 最初と最後の頁 035224 ~ 035224
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1063/5.0038061	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Y. Onodera, S. Kohara, P. S. Salmon, A. Hirata, N. Nishiyama, S. Kitani, A. Zeidler, M. Shiga, A. Masuno	4. 巻 12
2. 論文標題 Structure and properties of densified silica glass: characterizing the order within disorder	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 NPG Asia Materials	6. 最初と最後の頁 85
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1038/s41427-020-00262-z	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する
1. 著者名 Liao Kunyen, Masuno Atsunobu, Taguchi Ayako, Moriwake Hiroki, Inoue Hiroyuki, Mizoguchi Teruyasu	4. 巻 11
2. 論文標題 Revealing Spatial Distribution of Al-Coordinated Species in a Phase-Separated Aluminosilicate Glass by STEM-EELS	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry Letters	6. 最初と最後の頁 9637 ~ 9642
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1021/acs.jpcllett.0c02687	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Watanabe Yasuhiro, Masuno Atsunobu, Inoue Hiroyuki, Yanaba Yutaka, Kato Katsuyoshi	4. 巻 22
2. 論文標題 Influence of modifier cations on the local environment of aluminum in La2O3-Al2O3 and Y2O3-Al2O3 binary glasses	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Chemistry Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 19592 ~ 19599
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1039/D0CP02778B	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sasaki Shunta, Masuno Atsunobu, Ohara Koji, Yanaba Yutaka, Inoue Hiroyuki, Watanabe Yasuhiro, Kohara Shinji	4. 巻 59
2. 論文標題 Structural Origin of Additional Infrared Transparency and Enhanced Glass-Forming Ability in Rare-Earth-Rich Borate Glasses without B-O Networks	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Inorganic Chemistry	6. 最初と最後の頁 13942 ~ 13951
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.inorgchem.0c01567	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yoshimoto Kohei, Masuno Atsunobu, Sato Itaru, Ezura Yoshinobu, Inoue Hiroyuki, Ueda Motoi, Mizuguchi Masafumi, Yanaba Yutaka, Kawashima Tatsunori, Oya Tomoki, Onodera Yohei, Kohara Shinji, Ohara Koji	4. 巻 124
2. 論文標題 Principal Vibration Modes of the La2O3-Ga2O3 Binary Glass Originated from Diverse Coordination Environments of Oxygen Atoms	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry B	6. 最初と最後の頁 5056 ~ 5066
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpccb.0c02147	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Koyama Chihiro, Tahara Shuta, Kohara Shinji, Onodera Yohei, Smabraton Didrik R., Selbach Sverre M., Akola Jaakko, Ishikawa Takehiko, Masuno Atsunobu, Mizuno Akitoshi, Okada Junpei T., Watanabe Yuki, Nakata Yui, Ohara Koji, Tamaru Haruka, Oda Hirohisa, Obayashi Ippei, Hiraoka Yasuyuki, Sakata Osami	4. 巻 12
2. 論文標題 Very sharp diffraction peak in nonglass-forming liquid with the formation of distorted tetraclusters	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 NPG Asia Materials	6. 最初と最後の頁 43
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41427-020-0220-0	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 K. Liao, M. Haruta, A. Masuno, H. Inoue, H. Kurata, T. Mizoguchi	4. 巻 3
2. 論文標題 Real-Space Mapping of Oxygen Coordination in Phase-Separated Aluminosilicate Glass: Implication for Glass Stability	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ACS Applied Nano Materials	6. 最初と最後の頁 5053 ~ 5060
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acsnm.0c00196	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 INOUE Hiroyuki, MASUNO Atsunobu, SAITO Atsuki, WATANABE Yasuhiro, TOKUDA Kazuya, SAITO Yoshihiro, IIHARA Junji	4. 巻 128
2. 論文標題 An XAFS study of the local structure of Eu ³⁺ ions in glasses prepared by a levitation technique	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Ceramic Society of Japan	6. 最初と最後の頁 279 ~ 283
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2109/jcersj2.20043	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 K. Ohara, Y. Onodera, S. Kohara, C. Koyama, A. Masuno, A. Mizuno, J. T. Okada, S. Tahara, Y. Watanabe, H. Oda, Y. Nakata, H. Tamaru, T. Ishikawa, O. Sakata	4. 巻 37
2. 論文標題 Accurate Synchrotron Hard X-ray Diffraction Measurements on High-Temperature Liquid Oxides	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Microgravity Science and Application	6. 最初と最後の頁 370202
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15011/jasma.37.2.370202	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Gaida Nico A., Nishiyama Norimasa, Beermann Oliver, Schurmann Ulrich, Masuno Atsunobu, Giehl Christopher, Niwa Ken, Hasegawa Masashi, Bhat Shrikant, Farla Robert, Kienle Lorenz	4. 巻 2
2. 論文標題 Microstructural effects on hardness and optical transparency of birefringent aluminosilicate nanoceramics	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 International Journal of Ceramic Engineering & Science	6. 最初と最後の頁 76 ~ 82
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/ces2.10036	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 ONODERA Yohei, KOHARA Shinji, TAHARA Shuta, MASUNO Atsunobu, INOUE Hiroyuki, SHIGA Motoki, HIRATA Akihiko, TSUCHIYA Koichi, HIRAOKA Yasuaki, OBAYASHI Ippei, OHARA Koji, MIZUNO Akitoshi, SAKATA Osami	4. 巻 127
2. 論文標題 Understanding diffraction patterns of glassy, liquid and amorphous materials via persistent homology analyses	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Ceramic Society of Japan	6. 最初と最後の頁 853 ~ 863
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2109/jcersj2.19143	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Masuno Atsunobu, Iwata Takashi, Yanaba Yutaka, Sasaki Shunta, Inoue Hiroyuki, Watanabe Yasuhiro	4. 巻 48
2. 論文標題 High refractive index La-rich lanthanum borate glasses composed of isolated B03 units	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Dalton Transactions	6. 最初と最後の頁 10804 ~ 10811
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1039/c9dt01715a	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ohira I., Kono Y., Shibasaki Y., Kenney-Benson C., Masuno A., Shen G.	4. 巻 10
2. 論文標題 Ultrahigh pressure structural changes in a 60 mol. % Al2O3-40 mol. % SiO2 glass	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Geochemical Perspectives Letters	6. 最初と最後の頁 41 ~ 45
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7185/geochemlet.1913	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 井上博之, 馬田拓実, 増野敦信	4. 巻 1
2. 論文標題 第一原理計算からのTiO2を含む結晶とガラスの光学特性	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 NEW GLASS	6. 最初と最後の頁 3 ~ 7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yoshimoto Kohei, Ezura Yoshinobu, Ueda Motoi, Masuno Atsunobu, Inoue Hiroyuki, Mizuguchi Masafumi	4. 巻 44
2. 論文標題 Fluorescence characterization of heavily Eu3+-doped lanthanum gallate glass spheres with high quenching concentration	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Optics Letters	6. 最初と最後の頁 875 ~ 875
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OL.44.000875	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hashimoto Hideki, Sayo Kotaro, Asoh Hidetaka, Fujii Tatsuo, Takano Mikio, Masuno Atsunobu	4. 巻 109
2. 論文標題 Bright greenish-yellow pigments based on Sc ₂ -xFexO ₃ solid solutions with bixbyite structure	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Materials Research Bulletin	6. 最初と最後の頁 190 ~ 194
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.materresbull.2018.09.035	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yamada A., Harada M., Masuno A., Yamanaka K., Higo Y., Yoshida S., Ohta T., Matsuoka J.	4. 巻 499
2. 論文標題 In-situ observation of the structural change in MgO-B ₂ O ₃ -SiO ₂ glass at high pressure and the permanent structural change	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Non-Crystalline Solids	6. 最初と最後の頁 25 ~ 31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.jnoncrysol.2018.07.002	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Rosales-Sosa Gustavo A., Masuno Atsunobu, Higo Yuji, Watanabe Yasuhiro, Inoue Hiroyuki	4. 巻 101
2. 論文標題 Effect of rare-earth ion size on elasticity and crack initiation in rare-earth aluminate glasses	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the American Ceramic Society	6. 最初と最後の頁 5030 ~ 5036
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jace.15760	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tokuda Kazuya, Iihara Junji, Saito Yoshihiro, Masuno Atsunobu, Inoue Hiroyuki	4. 巻 149
2. 論文標題 Structural analysis of sulfuric acid solutions containing Ti and Mn using x-ray diffraction, x-ray absorption fine structure, and molecular dynamics simulation	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 The Journal of Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 014503 ~ 014503
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5024950	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計27件（うち招待講演 7件 / うち国際学会 8件）

1. 発表者名 吉田健太, 増野敦信, 築場豊, 井上博之
2. 発表標題 Bi203-SiO2-Al2O3ガラスの構造と誘電特性
3. 学会等名 日本セラミックス協会2021年年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 熊谷賢人, 増野敦信, 築場豊, 井上博之
2. 発表標題 A3B2Si3O12ガラス(A: アルカリ土類金属, B: 希土類, Sc, Y)の物性と構造
3. 学会等名 日本セラミックス協会2021年年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐々木俊太, 増野敦信, 築場豊, 井上博之
2. 発表標題 希土類ボレートガラスの構造と機械特性
3. 学会等名 日本セラミックス協会2021年年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田健太, 増野敦信, 築場豊, 井上博之
2. 発表標題 Bi203-SiO2-Al2O3ガラスの構造と物性
3. 学会等名 日本セラミックス協会第33回秋季シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐々木俊太, 増野敦信, 尾原幸治
2. 発表標題 無容器法により合成した三次元ネットワークを持たない希土類高含有ボレートガラスの物性と構造
3. 学会等名 日本セラミックス協会第33回秋季シンポジウム
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 増野敦信
2. 発表標題 無容器法で合成した機能性酸化ガラスの物性と構造
3. 学会等名 日本物理学会第76回年次大会共催シンポジウム 多様な物質に潜む「超秩序構造」-構造物性研究の新展開- (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Atsunobu Masuno
2. 発表標題 Crack-resistant and High Elastic Modulus Oxide Glasses Prepared by a Levitation Technique
3. 学会等名 Materials Research Meeting 2019 (MRM 2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大矢智貴, 増野敦信, 小野寺陽平
2. 発表標題 無容器法を用いて合成したLa203-Ga203系ガラスの機械特性, 誘電特性と構造
3. 学会等名 日本セラミックス協会2020年年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松谷朋治, 増野敦信, 築場豊, 井上博之
2. 発表標題 ネットワークが断片化したアルミノリン酸塩ガラスの物性と構造
3. 学会等名 日本セラミックス協会2020年年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 泉智, 増野敦信
2. 発表標題 無容器法によって合成した Ba(Ti _{1-x} Mx)205ガラスの熱処理結晶化過程
3. 学会等名 日本セラミックス協会2020年年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐々木俊太, 増野敦信, 尾原幸治
2. 発表標題 無容器法により合成した希土類ボレートガラスの物性と構造
3. 学会等名 日本セラミックス協会第60回ガラスおよびフォトニクス材料討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三上優希, 増野敦信, 築場豊, 肥後祐司, 井上博之
2. 発表標題 Al ₂ O ₃ -SiO ₂ -ZrO ₂ 系ガラスの構造と機械特性
3. 学会等名 日本セラミックス協会第60回ガラスおよびフォトニクス材料討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 A. Masuno, Y. Okamura, H. Inoue, Y. Watanabe, Y. Yanaba
2. 発表標題 Control of Refractive Index Dispersion of High Refractive Index Glasses Prepared by a Levitation Technique
3. 学会等名 14th International Conference on The Structure of Non-crystalline Materials (NCM14) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y. Mikami, A. Masuno, Y. Yanaba, H. Inoue
2. 発表標題 Mechanical properties of Al ₂ O ₃ -Ta ₂ O ₅ -MxOy (MxOy = Nb ₂ O ₅ , Ga ₂ O ₃ , or Y ₂ O ₃) glasses prepared by a levitation technique
3. 学会等名 The 13th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies (PACRIM13) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 A. Masuno, Y. Yanaba, S. Sasaki, H. Inoue
2. 発表標題 High refractive index with low wavelength dispersion of La ₂ O ₃ -rich La ₂ O ₃ -B ₂ O ₃ -Nb ₂ O ₅ glasses prepared by a levitation technique
3. 学会等名 The 13th Pacific Rim Conference of Ceramic Societies (PACRIM13) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 増野敦信, 三上優希
2. 発表標題 無容器法で合成した高硬度アルミネートガラスの物性と構造
3. 学会等名 日本材料学会第5回材料WEEK
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 A. Masuno, S. Sasaki, Y. Yanaba, H. Inoue
2. 発表標題 Physical and structural properties of MgO-SiO ₂ -P ₂ O ₅ /2 invert glasses prepared by a levitation technique
3. 学会等名 25th International Congress on Glass (ICG 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 増野敦信
2. 発表標題 浮遊融液から現れる新規準安定相の機能と構造
3. 学会等名 日本鉄鋼協会東北支部東北地区講演会・若手フォーラム (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 増野敦信
2. 発表標題 超硬ガラス
3. 学会等名 生産開発技術研究所 新材料・新技術利用研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 増野敦信
2. 発表標題 無容器法によって合成した機能性準安定酸化物の物性と構造
3. 学会等名 SPRUC 原子分解能ホログラフィー研究会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 A. Masuno
2. 発表標題 Structural analyses of functional oxide glasses prepared by a levitation technique
3. 学会等名 THERMEC'2018 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 増野敦信
2. 発表標題 無容器溶融技術が拓くガラスの未来
3. 学会等名 ニューガラスフォーラム 第130回若手懇談会 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐々木創, 増野敦信
2. 発表標題 無容器法を用いたMgO-SiO ₂ -P ₂ O ₅ /2三元系ガラスの合成
3. 学会等名 日本セラミックス協会2019年年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三上優希, 増野敦信, 築場豊, 井上博之
2. 発表標題 Al ₂ O ₃ -MxOy-Ta ₂ O ₅ (MxOy = Nb ₂ O ₅ , Ga ₂ O ₃ , Y ₂ O ₃)ガラスの合成と機械特性
3. 学会等名 日本セラミックス協会2019年年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 増野敦信, 三浦吉幸, 兼平憲男, 築場豊, 井上博之
2. 発表標題 模擬ガラス固化体の局所構造解析
3. 学会等名 日本セラミックス協会2019年年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 A. Masuno, Y. Miura, N. Kanehira, Y. Yanaba, H. Inoue
2. 発表標題 Local Structure Analysis of Nuclear Waste Glasses
3. 学会等名 ICG Annual Meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 A. Masuno
2. 発表標題 Masuno Group, Laboratory of Solid State Chemistry, Hirosaki University
3. 学会等名 ICG Annual Meeting 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 ガラス材の製造方法	発明者 増野敦信, 井上博之, 佐藤史雄, 榎本朋子, 小谷修	権利者 同左
産業財産権の種類、番号 特許、JP20180150084	出願年 2018年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

弘前大学理工学部物質創成化学科 増野研究室
<http://www.st.hirosaki-u.ac.jp/~masuno/index.html>

科研費NEWS 2018年度 Vol. 2
https://www.jsps.go.jp/j-grantsinaid/22_letter/e-book/news2018_vol2/index_h5.html#1

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------