

令和 5 年 5 月 30 日現在

機関番号：11101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02429

研究課題名(和文) ネットワーク断片化がもたらす酸化物ガラスの特異な物性と構造

研究課題名(英文) Characteristic structural and physical properties of oxide glasses without network formation

研究代表者

増野 敦信 (Atsunobu, Masuno)

弘前大学・理工学研究科・教授

研究者番号：00378879

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では無容器法を用いることで、SiO₂やB₂O₃などの網目形成酸化物が少ない様々な組成系において、ネットワークが断片化されたガラスの新規合成に成功した。多様な実験と計算を併用した構造解析によって、これらのガラス中には、一般的なガラス中では頂点共有ネットワークを形成している成分が、完全に断片化され孤立化していることを確認した。結晶構造との類似性から、これらのガラス形成は、最密充填構造からのわずかな「ずれ」に起因していると提案した。一般的なガラスを凌駕する優れた特性(赤外透過性、高熱伝導率、高弾性率、大きな磁気光学効果)を示すガラスも多く見出すことができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究において多種多様なネットワーク断片化ガラスの合成に成功したことは、こうしたガラスが特殊な例外ではなく、一般的な従来型ネットワークガラスの組成を拡張した領域に存在することを示している。ネットワークが断片化されたことで、より結晶に近い原子配列をとりやすくなったが、逆にガラス形成能が上がったという結果から、結晶のような最密充填構造からのずれが、長距離秩序を失わせ、ガラス形成に至ったという新たなメカニズムを提案した。ネットワーク断片化ガラスで見られた高い弾性率、熱伝導率、赤外透過性、磁気光学効果は、従来型のガラスでは想定できないレベルであり、基礎だけでなく応用の観点からも重要な成果が得られた。

研究成果の概要(英文)：In this study, we have succeeded in synthesizing new glasses without network formation in various compositions with few network-forming oxides such as SiO₂ and B₂O₃ by using a levitation technique. The structural analysis using a combination of various experimental and computational methods has confirmed that the components that form a corner-sharing network in conventional glasses are completely fragmented and isolated in these glasses. Based on the similarity to the crystal structure, we proposed that the formation of these glasses is due to a slight deviation from the densely packed atomic arrangements. We found many glasses with excellent properties (infrared transparency, high thermal conductivity, high elastic modulus, and large magneto-optical effect) that outperform conventional network glasses.

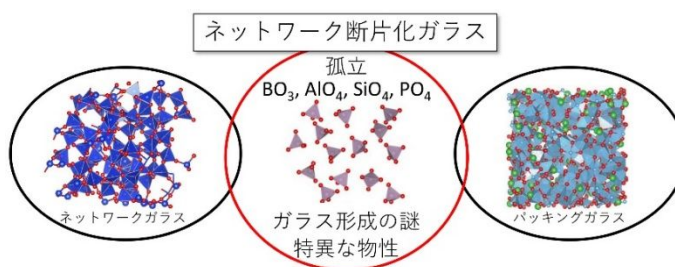
研究分野：ガラス科学

キーワード：無容器法 高弾性率 高屈折率 熱伝導率 磁気光学効果 赤外透過 ガラス構造解析

1. 研究開始当初の背景

酸化ガラスとは一般に、カチオン M^{n+} と酸化物イオン O^{2-} からなる MO_4 四面体が、頂点共有して繋がった三次元ランダムネットワークを構成している物質群と認識されている。ネットワークを形成しうる成分は、 SiO_2 や B_2O_3 、 P_2O_5 などのいわゆる網目形成酸化物に限られており、これらが少ない組成ではネットワークが繋がらないのでガラス化しない。ガラスの科学には、組成選択というスタートの時点で厳しい領域制限があると言える。

我々は2006年頃から、網目形成酸化物を含まない組成であっても、無容器法を用いることでガラス化できることを報告してきた。これらのガラス系で見いだされた高屈折率、高硬度、高誘電率などの優れた特性や、高充填密度に起因する特異なガラス構造などは、従来の網目形成酸化物を主体とするガラス科学の常識を覆し、その枠組みを大きく広げる成果として評価されている。そして近年、網目形成酸化物を含む組成系に対しても無容器法を適用したところ、既知のガラス化範囲とは離れた組成域で、新たにガラスの合成に成功した。網目形成酸化物を含んでいるにもかかわらず、その量が少ないためにそれらがガラス中で連結せずに孤立しているのは、ガラス形成の観点から非常に興味深い。さらに特筆すべきなのは、これらのガラスにおいて、ネットワーク断片化が引き起こしたと考えられる特異な物性が次々と見つかっていることである。本研究開始当初は、組成、物性、構造の観点から、ネットワーク断片化ガラスについて幅広い、そして詳細な研究が進められる段階にあった。

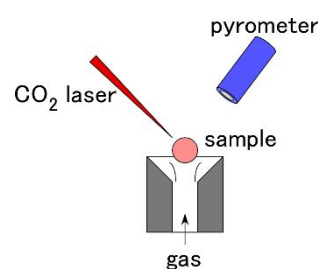


2. 研究の目的

本研究の当初の目的は、(1) ネットワークが断片化する組成域で新規ガラス合成を行うこと、(2) それらのガラス構造を短距離だけでなく中距離まで包含する階層的視点から理解し、ガラス形成メカニズムを解明すること、(3) 各種物性を支配する構造学的特徴を抽出し、ネットワーク断片化を積極的に利用するための材料設計指針を確立すること、とした。

3. 研究の方法

ガラスを作製する手法として無容器法を用いた。無容器法とは、試料を浮遊させた状態で、レーザー等の非接触加熱により溶融、凝固させる手法である。容器との接触界面が無いので、通常の溶融急冷法では冷却時にしばしば生じる容器壁面からの不均一核生成が極限まで抑制される。これにより、従来ガラス化しないと思われていた物質でもガラス化させることが可能となる。本研究では右図に示すガス浮遊炉を用いて、無容器溶融を実現した。ノズル上にセットした試料を下から吹き付けるガス流によって浮遊させ、レーザーで溶融する自作の装置である。得られるガラスの大きさは直径 1~5 mm 程度の球である。ガラス球が一つあれば、本研究で行うほぼすべての物性測定が可能である。



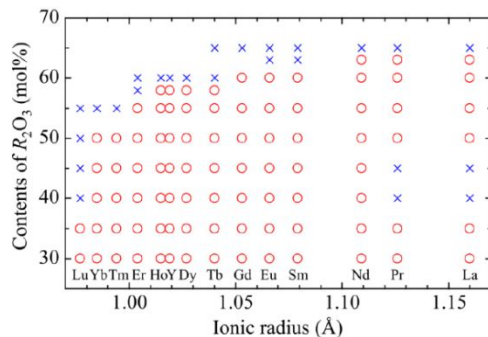
ガラスの構造解析は、おもに分光学的手法と回折実験によって行った。B、Al、Si、Pの酸素配位数の分布や Q^n 種の割合 (n は配位多面体一つあたりの架橋酸素の数) は、MAS NMR によって求めた。NMR が有効ではない元素の局所構造は、XAFS によって調べた。ラマン散乱と FT-IR スペクトルからは、カチオン-酸素結合の振動モード、配位多面体の形状、結合様式などを議論した。高エネルギー X 線や中性子線による回折実験から全相関関数を求め、第一~第二配位圏の情報を得た。これらの実験データを再現するような構造モデルを、分子動力学シミュレーションによって作製し、ここからネットワーク断片化ガラスの構造の特異性について、原子レベルで明らかにすることを試みた。

4. 研究成果

(1) $R_2O_3-B_2O_3$ 系 (R は希土類元素)

これまでに $La_2O_3-B_2O_3$ 系では La-rich 組成でガラス化すること、そして赤外域に新しい透過領域が出現することを見だしていた。本研究で $R_2O_3-B_2O_3$ 系 (R は希土類元素) のガラス化範囲を調べた結果、無容器法を用いることで、Ce を除くすべての R に対して希土類が多い組成側にガラス化範囲を大きく拡張することができた。組成を $xR_2O_3-(100-x)B_2O_3$ とすると、 $R = La, Pr,$

Nd で x の最大値は 63 にまで達した。ただし、 x の最大値は R の種類に依存しており、 R^{3+} のイオン半径が小さくなるにつれて減少していた。これらの結果を右図にまとめた。



合成に成功してしばらくは、 R -rich ガラス中の B は全て孤立 BO_3 として存在していると推定していた。しかしその後の NMR による詳細な分析から、 R^{3+} のイオン半径が小さくなるほど孤立 BO_3 以外の孤立種、すなわち孤立 BO_4 の存在割合が増加することを見出した。孤立 BO_4 は結晶中では見られるものの、従来のガラス科学では想定し得ない局所構造である。

高エネルギー X 線回折の結果から、ガラス構造は高温型 $NdBO_3$ 結晶の構造に類似していることがわかった。このことは、 $x = 50$ 付近では、融液、ガラス、結晶の構造の類似性がガラス形成能に強く影響していることを示唆している。ここから、 $B-O$ ネットワークが存在しない状況でのガラス化は、結晶構造に見られる最密充填構造からの「ずれ」によるものとするメカニズムを提案するに至った。

R -rich 組成のガラスが有する特異的に大きな充填密度に注目して、硬さや弾性率を計測したところ、従来のガラス系でよく用いられている Makishima-Mackenzie 式による予測値よりもおよそ 2 倍の値を示すことがわかった。Makishima-Mackenzie 式では想定されていない孤立 BO_n 種が、ガラスの機械特性に強い影響を及ぼすことを示唆している。さらに、 f 電子を持つ 3 価の希土類イオンが多く含まれることから、例えば $Tb_2O_3-B_2O_3$ ガラスなどにおいて、実用化されている結晶材料を凌駕する非常に大きな磁気光学効果が確認された。

(2) $CaO-Al_2O_3-P_2O_5$ 系

CaO 高含有 $CaO-Al_2O_3-P_2O_5$ ガラスの合成に成功した。70 $CaO-25Al_2O_3-5P_2O_5$ ガラスの熱拡散率は、70 $CaO-30Al_2O_3$ と比較して小さかった。これは P_2O_5 成分がネットワークを形成せずに、孤立 PO_4 四面体として存在していることが影響した結果である。また孤立 PO_4 を含むガラスでは、赤外域で新たな透過領域が現れた。ネットワークによるフォノン散乱が低減された結果であると考えられる。

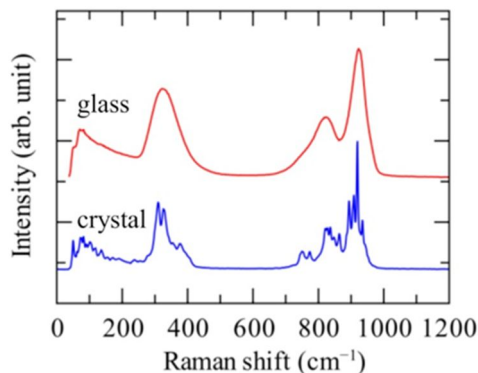
(3) $AO-SiO_2$ 系 (A はアルカリ土類金属元素)

$MgO-SiO_2$ 二元系において、通常の溶融急冷法では MgO は 50 mol% までしかガラスにならないが、無容器法を用いれば 67 mol% MgO のガラスを合成することができる。Raman 散乱スペクトルや NMR から、67 MgO では SiO_4 四面体の頂点共有ネットワークはほとんど切断されている。ガラス中の熱は主にフォノンによって運ばれることを考えると、ネットワークの切断は、熱輸送特性を大きく低下させると予想できる。そこで本研究では $MgO-SiO_2$ 二元系ガラスにおいて幅広い組成範囲で熱拡散率、比熱、熱伝導率を求めた。当初の予想に反して、 MgO が多くなるほど各輸送特性は増大していた。MD シミュレーションで作製した構造モデルから計算した熱伝導率の組成依存性も、実験結果と定性的に合致していた。これらの結果は、 MgO が多い組成では、確かに SiO_4 ネットワークは断片化するが、それに代わって MgO_n-MgO_n ネットワークが形成され、熱をよく輸送するようになったことを示唆している。

修飾酸化物として MgO と CaO を混合することで、単純二元系では見られなかった孤立 SiO_4 のみで構成されるガラスの合成に成功した。これらのガラスは、通常のネットワーク系ガラスよりも高硬度、高弾性率を有していたが、これはネットワークの断片化にともなって、充填密度が大幅に増加したことに起因すると思われる。修飾酸化物の混合がネットワークの断片化を促進させるという点は、今後の材料設計に生かすことができる。

(4) $La_2O_3-MoO_3$ 系

無容器法を用いて $La_2O_3-MoO_3$ 二元系ガラスの合成に成功した。組成を $(100-x)La_2O_3-xMoO_3$ としたとき、 $x = 75$ と 80 において、直径 2 mm 程度の茶色で透明なガラスが容易に得られた。右図は 25 $La_2O_3-75MoO_3$ ガラスと、同組成の結晶相 $La_2Mo_3O_{12}$ の Raman 散乱スペクトルである。結晶のスペクトルの方が複数の鋭いピークに分裂しているとはいえ、ピーク位置や相対強度など、ガラスと結晶とでほぼ同一のスペクトル形状となっている。Mo K -edge EXAFS にもガラスと結晶とでほとんど違いは見られなかった。したがって、25 $La_2O_3-75MoO_3$ ガラスの原子配列は、孤立 MoO_4^{2-} 四面体で構成されている $La_2Mo_3O_{12}$ と極めて類似しており、 $Mo-O-Mo$ のネットワークは存在していないことが明らかになった。一般的なガラス中の Mo はネットワークの一部を担う



ことと比較すると、 $\text{La}_2\text{O}_3\text{-MoO}_3$ 二元系ガラスは新しいネットワーク断片化ガラスであると言える。

本研究は、我々が近年独自に進めてきた無容器法によるニューガラス開発研究の一つの到達点である。ネットワークが断片化されたことで、より結晶に近い原子配列をとりやすくなったが、そのことが逆にガラス形成能を上げるという結果をもたらした。これに対しては、結晶のような最密充填構造からのわずかな「ずれ」が、長距離秩序を失わせ、ガラスを形成するに至ったという新たなメカニズムを提案した。本研究ではそれが一部の特殊な例外ではなく、様々な系でも実現しうることを実験的に示した。ネットワーク断片化ガラスで特異的に見られた高い弾性率、熱伝導率、赤外透過性は、従来型のガラスでは想定できないレベルである。今後もネットワークが断片化したことに由来する興味深い物性を示すようなガラスの合成が期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計17件（うち査読付論文 17件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 9件）

1. 著者名 H. Inoue, Y. Watanabe, J. Chung, K. Kizaki, A. Masuno	4. 巻 13
2. 論文標題 Recovery of Se, Zr, Pd, and Cs from simulated high-level radioactive waste glass through phase separation	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 International Journal of Applied Glass Science	6. 最初と最後の頁 501-513
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/ijag.16600	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 A. Masuno	4. 巻 130
2. 論文標題 Functionalities in unconventional oxide glasses prepared using a levitation technique	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Ceramic Society of Japan	6. 最初と最後の頁 563-574
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2109/jcersj2.22073	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 A. Masuno	4. 巻 91
2. 論文標題 Structure of Densely Packed Oxide Glasses Prepared Using a Levitation Technique	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of the Physical Society of Japan	6. 最初と最後の頁 91003
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSJ.91.091003	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 H. Masai, H. Kimura, N. Kitamura, Y. Ikemoto, S. Kohara, A. Masuno, Y. Fujii, T. Miyazaki, T. Yanagida	4. 巻 12
2. 論文標題 Densification in transparent SiO ₂ glasses prepared by spark plasma sintering	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 14761
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-022-18892-4	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 S. Sasaki, A. Masuno	4. 巻 130
2. 論文標題 Composition dependence of the local structure and transparency of Gd2O3-B2O3 binary glasses prepared via aerodynamic levitation	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Ceramic Society of Japan	6. 最初と最後の頁 60-64
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2109/jcersj2.21124	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 H. Inoue, Y. Yanaba, Y. Watanabe, A. Masuno	4. 巻 62
2. 論文標題 Structure of AlPO4.AIF3.CaF2.BaF2 fluorophosphate glass	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Physics and Chemistry of Glasses - European Journal of Glass Science and Technology Part B	6. 最初と最後の頁 105-112
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.13036/17533562.62.4.04	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 J. Chung, H. Inoue, K. Yoshimoto, A. Masuno, Y. Watanabe	4. 巻 104
2. 論文標題 Optical properties of novel oxyfluoride glasses on the systems of LaF3-LaO3/2-NbO5/2 and LaF3-LaO3/2-NbO5/2-AlO3/2	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the American Ceramic Society	6. 最初と最後の頁 3963-3972
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/jace.17795	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 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) 10.1063/5.0038060	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 Onodera Yohei, Kohara Shinji, Salmon Philip S., Hirata Akihiko, Nishiyama Norimasa, Kitani Suguru, Zeidler Anita, Shiga Motoki, Masuno Atsunobu, Inoue Hiroyuki, et. al.	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 オープンアクセスとしている (また、その予定である)	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 La203-Ga203 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.jpcc.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 C. Koyama, S. Tahara, S. Kohara, Y. Onodera, D. R. Smabraton, S. M. Selbach, J. Akola, T. Ishikawa, A. Masuno, A. Mizuno, J. T. Okada, Y. Watanabe, et. al.	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 Liao Kunyen, Haruta Mitsutaka, Masuno Atsunobu, Inoue Hiroyuki, Kurata Hiroki, Mizoguchi Teruyasu	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 -

〔学会発表〕 計41件 (うち招待講演 9件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 増野敦信
2. 発表標題 無容器浮遊法が拓く新しいガラスの科学
3. 学会等名 大阪大学大学院基礎工学研究科物性物理工学領域 固体物理セミナー (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 増野敦信
2. 発表標題 無容器法で合成した高充填密度ガラスの機能と構造
3. 学会等名 応用物理学会 極限的励起状態の形成と量子エネルギー変換研究グループ 第7回研究会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 A. Masuno
2. 発表標題 Functionalities in unconventional oxide glasses prepared using a levitation technique
3. 学会等名 化学系学協会東北大会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐々木俊太, 増野敦信
2. 発表標題 無容器法で合成した希土類高含有 La2O3-Y2O3-B2O3三元系ガラスの構造と機械特性
3. 学会等名 科研費学術変革領域研究(A)「超秩序構造が創造する物性科学」 第2回若手の学校
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 波多野昇平, 増野敦信, 築場豊, 井上博之, 正井博和
2. 発表標題 CaO高含有 CaO-Al2O3-P2O5系ガラスの合成と物性
3. 学会等名 科研費学術変革領域研究(A)「超秩序構造が創造する物性科学」 第2回若手の学校
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐々木遥菜, 増野敦信, 築場豊, 井上博之
2. 発表標題 Mn添加により青色を呈するアルミネートガラスの合成
3. 学会等名 日本セラミックス協会第35回秋季シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐々木俊太, 増野敦信, 井上博之, 築場豊
2. 発表標題 Lu2O3-SiO2二元系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35回秋季シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 増野敦信
2. 発表標題 高充填密度ガラスの物性と構造
3. 学会等名 科研費学術変革領域研究(A)「超秩序構造が創造する物性科学」 第4回成果報告会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐々木俊太, 増野敦信
2. 発表標題 Lu203-SiO2二元系ガラスの物性と構造
3. 学会等名 科研費学術変革領域研究(A)「超秩序構造が創造する物性科学」 第4回成果報告会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 阿保健太, 増野敦信
2. 発表標題 MgO-SiO2系ガラスの熱伝導特性
3. 学会等名 令和4年度 日本セラミックス協会 東北北海道支部研究発表
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 本間貴大, 増野敦信
2. 発表標題 結晶とガラスの構造と光触媒活性比較
3. 学会等名 令和4年度 日本セラミックス協会 東北北海道支部研究発表
4. 発表年 2022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 固体NMRによるLa203およびY203含有ポレートガラスのB周囲の局所構造解析
3. 学会等名 日本セラミックス協会第63回ガラスおよびフォトニクス材料討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 棟方咲衣, 増野敦信, 築場豊, 井上博之
2. 発表標題 無容器法で合成したLa203-Mo03系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63回ガラスおよびフォトニクス材料討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 増野敦信
2. 発表標題 構造解析に関する分析法
3. 学会等名 日本セラミックス協会2023年年会(招待講演)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 竹淵優馬, 増野敦信, 加藤匠, 中内大介, 河口範明, 柳田健之
2. 発表標題 無容器法によって作製した Tb407-Al203ガラスの放射線応答特性
3. 学会等名 日本セラミックス協会2023年年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 小田桐汐里, 増野敦信
2. 発表標題 放電プラズマ焼結による Al ₂ O ₃ -SiO ₂ 二元系セラミックスの作製
3. 学会等名 日本セラミックス協会2023年年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 福嶋宏之, 中内大介, 加藤匠, 河口範明, 柳田健之, 増野敦信
2. 発表標題 Ce 添加 xLu ₂ O ₃ -(100-x)SiO ₂ (x = 35, 40, 45) ガラスの放射線誘起蛍光特性評価
3. 学会等名 日本セラミックス協会2023年年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 正井博和, 小原真司, 脇原徹, 柴崎裕樹, 小野寺陽平, 増野敦信, 助永壮平, 尾原幸治, 酒井雄樹, 東正樹
2. 発表標題 Siliceous zeolite における室温圧縮による高密度化と構造緩和
3. 学会等名 日本セラミックス協会2023年年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 佐藤宇應, 増野敦信, 築場豊, 井上博之
2. 発表標題 ZrO ₂ または MgO を添加した三元系ムライ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2023年年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 波多野昇平, 増野敦信, 築場豊, 井上博之
2. 発表標題 La203-Ga203-Al203 系ガラスの構造と物性
3. 学会等名 日本セラミックス協会2023年年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 増野敦信
2. 発表標題 無容器浮遊法が広げるガラスの科学
3. 学会等名 第52回日本セラミックス協会ガラス部会夏季若手セミナー (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 A. Masuno
2. 発表標題 Structure of Hard Oxide Glasses prepared by a levitation technique
3. 学会等名 Thermec'2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 増野敦信
2. 発表標題 浮かせて作る超秩序構造ガラス
3. 学会等名 学術変革領域研究 (A) 「超秩序構造が創造する物性科学」 第1回若手の学校 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 波多野昇平, 増野敦信, 築場豊, 井上博之, 正井博和
2. 発表標題 CaO高含有 CaO-Al ₂ O ₃ -P ₂ O ₅ 系ガラスの合成と物性
3. 学会等名 日本セラミックス協会2022年年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐々木俊太, 増野敦信, 井上博之, 築場豊
2. 発表標題 無容器法で合成した希土類高含有 La ₂ O ₃ -Y ₂ O ₃ -B ₂ O ₃ 三元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2022年年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小林紘宇, 増野敦信, 築場豊, 井上博之
2. 発表標題 Cr ₂ O ₃ を添加したアルカリ土類高含有リン酸塩ガラスの合成と化学的耐久性
3. 学会等名 日本セラミックス協会2022年年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 増野敦信, 佐々木俊太, 築場豊, 井上博之
2. 発表標題 アルミノボロシリケートガラスの構造解析
3. 学会等名 日本セラミックス協会ガラス部会放射性廃棄物分科会 第3回放射性廃棄物固化体討論
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 A. Masuno, Y. Mikami, Y. Yanaba, S. Sasaki, H. Inoue
2. 発表標題 Structural and Mechanical properties of ZrO ₂ -Al ₂ O ₃ -SiO ₂ glasses prepared by a levitation technique
3. 学会等名 14th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology (PACRIM14) including Glass & Optical Materials Division 2021 Annual Meeting (GOMD2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 S. Sasaki, A. Masuno, Y. Yanaba, K. Ohara, H. Inoue, Y. Watanabe
2. 発表標題 Physical and structural properties of rare-earth-rich borate glasses
3. 学会等名 14th Pacific Rim Conference on Ceramic and Glass Technology (PACRIM14) including Glass & Optical Materials Division 2021 Annual Meeting (GOMD2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田健太, 増野敦信, 佐々木俊太, 築場豊, 井上博之
2. 発表標題 R ₂ O ₃ -SiO ₂ (R = Sc, Y, La)二元系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62回ガラスおよびフォトニクス材料討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 増野敦信, 三上優希, 築場豊, 井上博之
2. 発表標題 無容器法で合成した Al ₂ O ₃ -SiO ₂ -ZrO ₂ ガラスの機械特性と構造解析
3. 学会等名 日本セラミックス協会第34回秋季シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 吉田健太, 増野敦信, 谷口博基, 築場豊, 井上博之
2. 発表標題 Bi203-SiO2ガラスの第三成分添加による構造と誘電特性
3. 学会等名 日本セラミックス協会第34回秋季シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 佐々木俊太, 増野敦信, 井上博之, 築場豊
2. 発表標題 Gd203-B203および Y203-B203二元系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34回秋季シンポジウム
4. 発表年 2021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物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 A. Masuno
2. 発表標題 Structural analyses of nuclear waste glasses in Japan
3. 学会等名 Glass Meeting 2020 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 増野敦信, 三浦吉幸, 兼平憲男, 岡本芳浩, 築場豊, 井上博之
2. 発表標題 亜鉛を含む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 希土類ポ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

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 ガラス材	発明者 増野敦信, 鈴木太志, 佐藤史雄	権利者 弘前大学, 日本電気硝子株式会社
産業財産権の種類、番号 特許、特開2023-044094	出願年 2021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 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/ 【プレスリリース】世界一構造秩序のあるガラスの合成と構造解析に成功 https://www.hirosaki-u.ac.jp/53218.html 【プレスリリース】アモルファス構造の解明に一步前進 ~原子の配位数を可視化~ https://www.hirosaki-u.ac.jp/52240.html

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			
デンマーク	Aalborg University			