

研究課題別評価

1.研究課題名 水を変換プロセスに利用した廃ガラスの再資源化

2.研究者氏名 赤井 智子

ポスドク研究員 増井 大二 (研究期間 平成 13 年 1 月～平成 14 年 5 月)

ポスドク研究員 陳 丹平 (研究期間 平成 13 年 3 月～平成 15 年 9 月)

ポスドク研究員 三由 洋 (研究期間 平成 14 年 7 月～平成 15 年 9 月)

3.研究の狙い：

着色廃ガラスは、微量に含まれている着色金属イオンが原因となり再利用することが難しいために、現在、その多くが廃棄されている。複数の成分を含む無機材料から、各成分を脱離して元の成分へ戻す循環型のリサイクル技術は現在未開発の状況である。本研究においては、ガラスの分相、水和というガラス特有の性質を利用して、金属を微量に含むソーダライムシリケート($\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$)ガラスから金属、ナトリウム、カルシウムを取り除き、建材へ利用できるカルシウムシリケートや、多用途に利用できるシリカへ再資源化する技術を開発する。また、核磁気共鳴、顕微ラマンなどを利用して、この再処理過程のガラスの相分離時のナノ構造や、水和時の反応過程などを解明することで、自然なプロセスを利用した新しい材料創製を目指す。

4.研究結果：

(1)ガラスからの脱ナトリウム処理

ガラスからのナトリウムの酸中での脱離が拡散過程に従うことを示し、それに基づき 100 以下の温度で酸処理することによって 90%以上脱離できる粒度を予想した。実際に、予想された5ミクロンまで粒径を細かくすると、90%以上脱離ができることを示した。

(2)超臨界水によるシリカへの再資源化

ソーダライムシリケートガラスを亜臨界水で処理すると層状構造を持つシリケート結晶に変換され、層間に含まれるナトリウムとカルシウムは、酸処理によって取り除かれ、シリカへ変換できることが明らかになった。また、亜臨界水処理により得られるこの結晶は、熱水で洗うとナトリウムが脱離しカルシウムシリケートとなり、水だけで建材に利用できるカルシウムシリケートまで変換できることを明らかにした。

(3)相分離を利用した脱金属、ナトリウムによる再資源化

ソーダライムシリケートガラスにホウ酸などの添加剤を加えて熔融した後、酸処理をすることで、金属、アルカリを脱離し、無色のシリカにまで戻せることを明らかにした。粉体シリカを得た場合は、99.9%以上の純度のものが得られることが明らかとなった。また添加剤の組成を工夫することで、熔融・成型後の形を保ったまま無色透明の多孔質のガラスが得られることが明らかになった。

(4) 新規な蛍光ガラスの発見

上記の多孔質ガラスに、ごく微量金属イオンをドーブし、特殊な条件で焼成すると、発光効率の高いガラスが得られることが明らかになった。またこのガラスは化学的安定性、熱的安定性が高く温度消光などをしにくいなどの特徴を有することも明らかになった。

(5) 紫外透明性の高い多孔質-焼結ガラスの開発

従来、真空紫外領域(波長 200nm 以下)の光を透過しないといわれていた多孔質ガラス-焼結体について、Fe イオンの不均一分布に着目して酸化剤を加えて熔融を行うことで多孔質シリカ中の Fe イオンの濃度を低下させ、真空紫外領域の光を透過するガラスが作製できることを示した。

(6) ガラス中の構造不均一性の核磁気共鳴、ラマンスペクトルによる解析

アルカリホウケイ酸ガラスにおいて、ホウ酸相とシリカ相間の分布が不均一であることを、固体 NMR の緩和時間を利用して証明した。また、多成分ガラス表面からの水による浸出過程の構造変化の表面からの分布観察を行い、浸出の素過程について明らかにした。

5. 自己評価：

ガラス廃材の循環型のケミカルリサイクルを、ガラスの分相・水和・イオン拡散という現象からアプローチし、その技術的な可能性をすべて示せたことは大きな収穫であった。コスト・消費エネルギーなどの観点から非現実的といわれたガラスのケミカルリサイクルに対して実現への可能性を示せたことは本研究の重要な成果であると言える。また、今回得られた新規な蛍光体は従来にない特性を持つものとして産業界から注目されており、実用化への展開が期待されている。また、この材料は従来にない新しいタイプの蛍光材料として基礎から応用研究まで発展していくと考えられる。ガラスの不均一構造中の金属イオンの分布は、基礎的な部分で今後新規材料の作製への展開を見せるものとして期待できる。3年間の研究結果について、リサイクル、新規な材料発見の面については注目すべき成果が得られたと自負しているが、若干アプリケーションに偏りすぎ、十分に基礎的な知見を系統的に整理し論文化できていないところが反省点であり、今後この点を十分に検討したい。

今回、ポスドクの参加により研究の幅が広がり、多様性をもつ研究へと発展したことは収穫であった。

6. 研究総括の見解：

本研究はガラスのケミカルリサイクルについて画期的な成果を得ている。研究着手時点では、コスト・消費エネルギーの点で非常な努力を要し、見通しは決して十分ではなかった。しかし日本に輸入される電子部品は重金属を含むガラスを多量に使用しており、その処理を考えてもガラスのケミカルリサイクルは必要と考えられ、テーマとして採択した。研究の過程で相分離を利用する方法など新しい処理法の開発に成功した。さらにそれにとどまらず、得られた高純度多孔質ガラスをマトリックスとする新しい高性能の蛍光ガラスを発見し、紫外透明性の高い多孔質焼結ガラスの開発にも成功した。当初の低コストのリサイクルではなく、高付加価値の材料への変換を実現したものである。今後の発展が期待される成果を得ており、当初の目標とは若

干異なるものの全体として大きな成功であり、高く評価すべきである。

7. 主な論文等：

論文

1. H. Masui, D.Chen, T. Akai and T. Yazawa, “Hydration in alkali silicate glasses studied by two dimensional multi-quantum magic angle spinning NMR”, Z. Naturforsch A, 57a, 473-478 (2002)
 2. T. Akai, T. Akai, “NMR investigation of ion dynamics in inorganic glasses”, in Recent Research Development in Non-Crystalline Solids, 37/661(2), Transworld research network (2002)
 3. D. Chen, H. Masui, T. Akai, and T. Yazawa, “Decoloration of waste colored glass through phase-separation and its mechanism”, J. Aust. Ceram. Soc., 38(2), 130 (2002).
 4. T. Akai, D. Chen, and H. Masui, and T. Yazawa, “Structure change on the surface of leached sodium borosilicate glasses”, Glass Technology, 44(2), 71-74 (2003)
 5. D. Chen, H. Masui, T. Akai, and T. Yazawa, “Influence of Heat Treatment on the Structure of the Soda-Lime-Borosilicate Glass”, Phys. Chem. Glasses, 44 (3) (2003)
 6. T. Akai, D. Chen, K. Kuraoka, T.Yazawa, Y. Yamamoto, T. Shirakami, and K. Urabe “Sodium extraction from the waste glass by acid leaching to obtain silica source for construction materials.”, Ceramic Trans. Environmental Issues & Waste Management Technology in the Ceramic & Nuclear Industry, 143, 39-46 (2003).
 7. D. Chen, H. Masui, T. Akai, and T. Yazawa, “Glass recycling through phase separation”, Ceramic Trans, Environmental Issues & Waste Management Technology in the Ceramic & Nuclear Industry, 143, 23 (2003).
 8. 赤井智子、陳丹平、矢澤哲夫、ナノ相分離を利用した廃ガラスの再資源化 現代化学 東京化学同人 No.393, p.49 (2003).
 9. 赤井智子、廃ガラスから低環境負荷の蛍光ガラス、図解エコマテリアル、2003
 10. 赤井智子、廃ガラスの再資源化技術、日本セラミックス協会 若手フォーラム テキスト
- 他 3 本印刷中、2 本投稿中

特許

1. 赤井智子、陳丹平、増井大二、蔵岡孝治、矢澤哲夫、特願 2001-277147
 2. 赤井智子、陳丹平、矢澤哲夫、特願 2002- 079735 平成 14 年 3 月 20 日
 3. 陳丹平、赤井智子、特願 2002-349153, 平成 14 年 11 月 29 日
- 他 2 件

外国出願

1. 赤井智子、陳丹平、増井大二、蔵岡孝治、矢澤哲夫 PCT/JP02/09268 2002 年 9 月 11 日
- 他 1 件

学会

海外

1. T. Akai et al., “Removal of sodium from the waste glass by acid leaching to obtain silica source

for construction materials ”Am.Ceram. Soc, 104th annual meeting, 2002 年 4 月 28 日

2. D. Chen et al, ‘Influence of heat treatment on the structure of the soda-lime borosilicate lass ’, Forth international Borate glass conference 2002 年 7 月 15 日

他 9 件

国内学会 計 26 件

国内依頼講演 3 件