

液相法 $\text{CaO-P}_2\text{O}_5\text{-Ta}_2\text{O}_5$ ガラスの 構造と溶解性評価

SATテクノロジー・ショーケース2025

■ はじめに

世界的な高齢化に伴う、硬組織疾患患者数増加は大きな社会問題であり、患者の迅速な回復を促す生体材料の開発が求められている。無機イオンは、適切な濃度であれば生理学的活性を促すため、無機イオンを活用することにより生体材料の高機能化が可能になると考えられる。リン酸塩ガラスは、様々な無機元素を導入可能であり、中間酸化物 (TiO_2 , Nb_2O_5 など) を導入し構造を設計することにより容易に無機イオン溶出挙動を制御可能な材料である。ガラスは一般的に原料を溶解し急冷することにより得られる。一方、液相法はリン酸塩水溶液とカルシウム水溶液を混合することにより、常温・常圧にてリン酸塩ガラス作製が可能で省エネルギーのプロセスである。

本研究では、ガラス構造内で中間酸化物として機能し、リン酸塩ガラスの化学的耐久性向上が期待されるタンタル (Ta) を液相法リン酸塩ガラスに導入した。加えて、Taが液相法リン酸塩ガラスの網目構造及び無機イオン溶出挙動に及ぼす影響を評価した。

■ 活動内容

1. $\text{CaO-P}_2\text{O}_5\text{-Ta}_2\text{O}_5$ ガラスの作製

0.2 M $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$ 水溶液 50 mL に、2 M CaCl_2 水溶液 25 mL と TaCl_5 をエタノールに溶解させた溶液 25 mL をそれぞれ滴下した (図)。 TaCl_5 /エタノール溶液は、滴下後の Ta^{5+} イオン濃度 (x) が 0 ~ 0.1 mol/L となるように調整した。得られた懸濁液を吸引ろ過した後、純水とエタノールで洗浄し、200 °C で 1 日乾燥させることでサンプルを得た。(サンプル名: Tax, x = 0 ~ 0.1)。Tax 15 mg を Tris-HCl 緩衝溶液 15 mL に 1 ~ 7 日間浸漬し、ICP-OES にて無機イオン溶出挙動を評価した。

2. $\text{CaO-P}_2\text{O}_5\text{-Ta}_2\text{O}_5$ ガラスの特性評価

● XRD パターン

ハローピークが観察されアモルファスの形成を確認した。一方で、Tax (x > 0) は 5 ~ 10° に Ta_2O_5 由来のブロードなピークが観察された。

● 組成 (XRF)

Ta 添加量増加に伴い、 P_2O_5 及び Ta_2O_5 含有量が増加し、CaO 含有量が減少した。リン酸塩ガラスの網目形成酸化物である P_2O_5 含有量は 50 mol% 以下であるため、Tax はインバート組成である。

● Raman スペクトル

オルトリン酸 (Q_P^0)、ピロリン酸 (Q_P^1) 由来のピークを確認した。加えて、 Ta_2O_5 含有量増加により、P-O-P (Q_P^1) 結合のピークがブルーシフトした。これは、Ta が Ca よりも高い電界強度 (valence/Å²) を持つため、Ta がリン酸塩ユニットの非架橋酸素と強く結合し、P-O 間の結合距離を伸長させたためであると考えられる。

● 密度評価

ガラス網目構造のコンパクトさを表す指標である酸素密度が上昇した。これは、Tax 構造内において、リン酸ユニットの非架橋酸素と Ta が強く結合したことで、ガラス網目構造をコンパクトにしたためであると考えられる。

● ³¹P MAS-NMR スペクトル

Q_P^0 , Q_P^1 由来のピークを確認した。 Ta_2O_5 含有量増加に伴い、 Q_P^0 , Q_P^1 のピーク面積は減少するが、-20 ppm 付近の通常メタリン酸 (Q_P^2) に分類されるピーク面積が上昇した (図)。一方で、Raman スペクトルでは Q_P^2 由来のピークが確認されていない。よって、Ta は Q_P^1 を架橋した「(-O-P-O-P-O-Ta-O-)」鎖状構造を形成していると考えられる。

● 無機イオン溶出挙動評価 (ICP-OES)

Ta0 と比較して Ta0.075, Ta0.1 のリン酸イオンの溶出量が減少した (図)。これは、「(-O-P-O-P-O-Ta-O-)」鎖状構造の形成により、化学的耐久性が向上したことに起因すると考えられる。

以上より、Ta を液相法リン酸塩ガラスに導入することによりガラス網目構造を設計可能であり、加えて Ta 導入量により無機イオン溶出挙動を制御可能であることが明らかとなった。本研究の成果は、機能性無機イオン溶出挙動を制御した生体材料として期待できる。

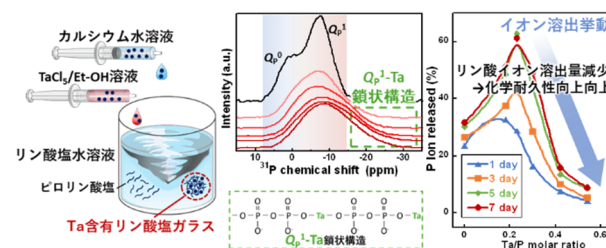


図. 液相法リン酸塩ガラスのプロセスイメージ及び特性

代表発表者 浅野 颯斗(あさの はやと)
所 属 中部大学大学院、産業技術総合研究所
問合せ先 〒463-8560
愛知県名古屋守山区桜坂四丁目 205 番地
TEL: 050-3522-7786
E-mail: sungho.lee@aist.go.jp

■キーワード: (1) リン酸塩ガラス
(2) 液相法
(3) 生体材料

■共同研究者:
(産業技術総合研究所) 李誠鎬*・永田夫久江
(中部大学) 櫻井誠
(名古屋工業大学) 高橋実紀・小幡亜希子