

— 経常研究 —

新陶土による軽量食器の開発 — トリジマイト量産化技術の基礎的検討 —

研究開発科 山口典男・武内浩一
陶磁器科 河野将明

要 約

トリジマイトの商業的合成を目的とし、ロータリーキルン焼成を想定した短時間焼成実験を行ない、トリジマイトの最適合成条件を検討した。急加熱短時間焼成において、炭酸カリウムが7.5mass%のとき、1400℃でトリジマイトの生成割合が最も高く約53mass%となった。また、徐熱短時間焼成を行なうことにより、トリジマイトの生成割合を約80mass%まで高めることができた。この結果からロータリーキルン焼成によるトリジマイトの量産化の可能性が示唆された。

キーワード：トリジマイト、炭酸カリウム、ロータリーキルン、軽量食器、徐熱

1. はじめに

近年、陶磁器産業(和飲食器)は全国的に販売額の落ち込みが激しく、平成22年度は約236億円で平成15年度のおよそ半分となっている¹⁾。このような状況において、売れ筋の商品として機能性食器があるが、「軽量食器」もそのひとつであり、超高齢社会を反映した消費者ニーズに適合した商品である。従来の軽量食器には、高温焼成でも変形しにくい磁器を薄造りにしたものや、気孔形成により軽量化したものなどがある。しかしながら、一般磁器と比べ衝撃強度が低いことが課題となっている。

一方、長崎県セラミックス研究会が、従来陶土にトリジマイトを配合した陶土(新陶土)を開発し、その新陶土を用いて作製した磁器が従来磁器の約2倍の強度を有していることを明らかにした²⁾。この素材を利用することで、薄造りをしても、一般磁器と同程度の強度を維持できることが見込まれる。一般的に、トリジマイトは石英などのシリカ鉱物に炭酸カリウム等を鉱化剤として混合し、長時間電気炉で焼成することで合成できることが知られている³⁾。しかしながら、トリジマイトの量産技術が開発されていないため、トリジマイト磁器の製造には至っていない。そこで、本研究は、新陶土による軽量食器の量産化技術の確立を目標とした。平成22年度は、無機原料の商業的製造プロセスであるロータリーキ

ルンによるトリジマイトの製造を想定した合成条件について検討した。

2. 実験方法

2.1 トリジマイトの合成

使用するロータリーキルンの最高温度(焼点)での保持時間が20~30minであるため、短時間焼成における焼成温度と鉱化剤の量の影響について検討した。アモルファスシリカ粉末に鉱化剤として炭酸カリウムを外割りで7.5、10.0、12.5mass%加え、ボールミルを用いて乾式混合した。混合粉末を直径20mmの円板状にプレス成形したものを所定温度(1350~1500℃)に設定した炉中に入れ、30min後に炉から取出し大気中で急冷した。

2.2 合成サンプルのキャラクタリゼーション

焼成サンプルの生成相の確認およびトリジマイトの生成量を定量するために、粉末X線回折(XRD)測定を行なった。トリジマイトの生成量は、トリジマイトの(112)面(20.50°)およびクリストバライトの(101)面(21.99°)のピーク面積比から検量線を用いて算出した。

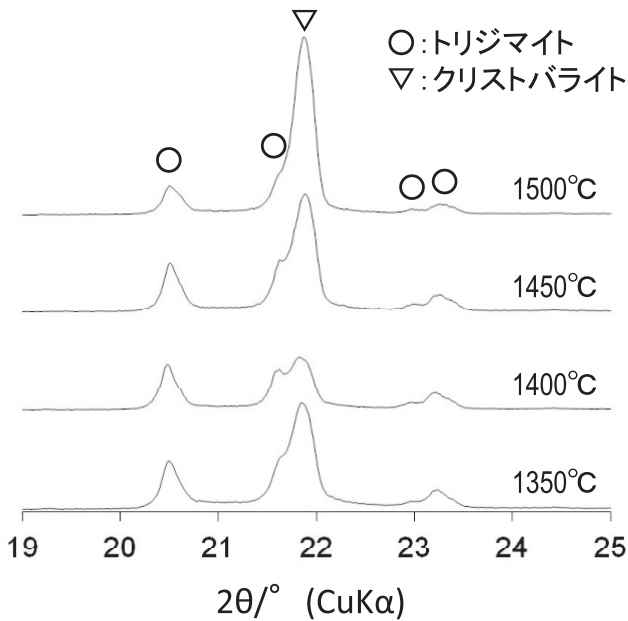


図1 各温度で焼成したサンプルのXRDパターン
(焼成時間:30min、炭酸カリウム:7.5mass%)

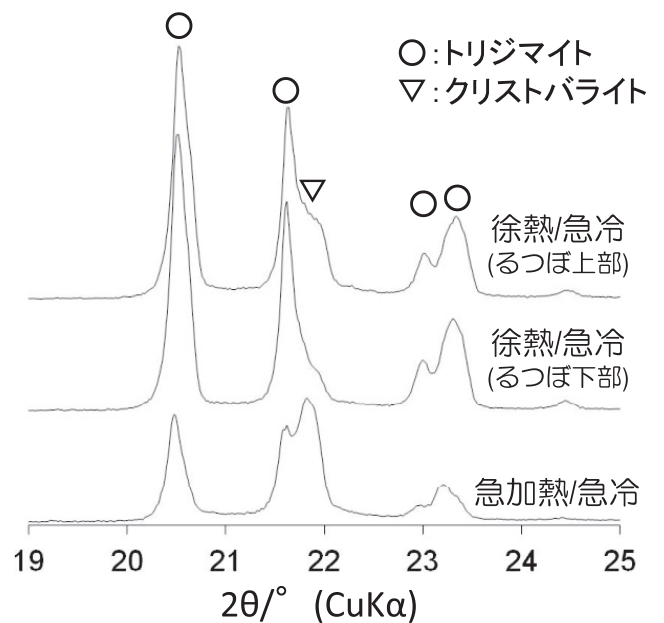


図3 徐熱および急加熱した試料のXRDパターン
(焼成温度:1400°C, 保持時間:30min)

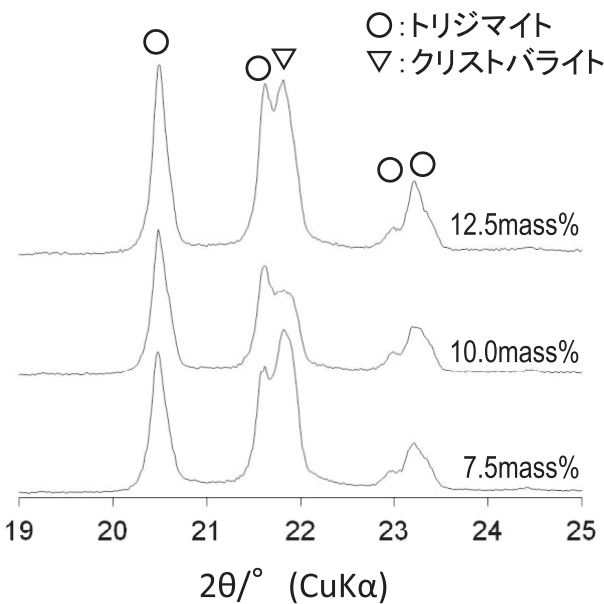


図2 鉱化剤(炭酸カリウム)の量の異なるサンプルのXRDパターン
(焼成温度:1400°C, 焼成時間:30min)

表1 各温度におけるトリジマイトの生成割合

焼成温度 (°C)	1350	1400	1450	1500
生成割合 (mass%)	38.8	52.9	37.3	21.9

3. 結果及び考察

3.1 合成条件によるトリジマイトの生成割合への影響

図1に各温度で焼成したサンプルのXRDパターンを示す。焼成温度1400°Cまではクリストバライトのピーク強度が低下しているが、1450°C以上でクリストバライトのピークが著しく高くなっており、1450°C以上の高温では、クリストバライトが生成しやすくなることが分かった。図2に炭酸カリウム混合量の異なるサンプルのXRDパターンを示す。炭酸カリウムの混合量が増えても、トリジマイトとクリストバライトのピーク強度比は、図1と比べて著しく変化せず、トリジマイト合成への影響は少ないと考えられる。炭酸カリウムは高価な原料であり、混合量はできるだけ少なくすることが望ましいことから、炭酸カリウムの混合量は7.5mass%でよいと判断した。

炭酸カリウムの混合量が7.5mass%において、XRDパターンのピーク面積を基に検量線より算出したトリジマイトの生成割合を表1に示す。トリジマイトの生成割合は1400°Cで約53mass%、1500°Cでは約22mass%となっており、焼成温度が100°C上昇するだけで、トリジマイトの生成割合は半分以下になっていることが明らかとなった。

このことから、化学反応を促進するために焼成温度を上げることはトリジマイトの生成においては適切ではなく、最適焼成温度が1400℃であることが明らかとなった。

3.2 トリジマイトの生成に及ぼす徐熱効果

3.1で行なった焼成実験では、急加熱・急冷のため、正味の加熱時間が30minであった。実際のロータリーキルンでは、最高温度(焼点)に至るまで平均昇温速度5~10℃/minで加熱される。そこで、昇温速度10℃/min、1400℃、30min保持の条件で焼成し、徐熱の効果を検討した。このとき、ロータリーキルンで用いる原料と同様に直径約10mmに造粒した原料を用い、直径約8cm、高さ約10cmのアルミナるつぼに充填した。焼成後、降温途中の1300℃付近で試料を取出し急冷した。徐熱および急加熱した試料のXRDパターンを図3に示す。急加熱・急冷のサンプルではトリジマイトの生成割合が約53mass%であるのに対し、徐熱サンプルではるつぼ上部で約78mass%、るつぼ下部では約86mass%の生成割合を示した。このことから、ロータリーキルンでもトリジマイトの生成割合が80mass%程度のサンプルを得ることができ、量産化することが可能であると推測される。

4. まとめ

アモルファスシリカを原料に炭酸カリウムを鉱化剤として用い、ロータリーキルン焼成を想定したトリジマイトの短時間焼成実験を行なった結果、以下の知見を得た。

- (1) 急加熱短時間焼成において、炭酸カリウムが7.5mass%のとき、1400℃でトリジマイトの生成割合が最も高く、約50mass%となった。
- (2) 徐熱短時間焼成を行なうことにより、トリジマイトの生成割合を約80mass%まで高めることができた。
- (3) ロータリーキルンにおける量産が可能であることが示唆された。

5. 今後の方針

平成23年度は、ロータリーキルンを用いて、炭酸カリウム7.5mass%、1400℃の条件でトリジマイトの大量合成実験を行なう。また、製造したトリジマイトを用いて、新陶土の量産化を確立し、陶

磁器製品製造プロセスにおける歩留まり評価等を行なう予定である。

参考文献

- 1) 経済産業省生産動態統計(H22年窯業・建材統計年報)、経済産業省ホームページ(http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/seidou/result/ichiran/04_yogyo.html#menu2).
- 2) 松尾勝美、渡邊一行、軽量強化磁器の製造法(特開2002-362963).
- 3) M.Higuchi and Y.Azuma, J.Ceram.Soc. Jpn, 105(5), 385-390(1997).