

## 各種粘土を用いた陶器の食洗機耐久性に関する研究

山ノ井 翼\* 吉葉 光雄\* 塚本 準一\*

Study on dishwasher-durability of the pottery made of various clay  
Tsubasa YAMANOI, Mitsuo YOSHIBA and Junichi TSUKAMOTO

現代社会においては、飲食店や一般家庭における食洗機の普及が進み、対応する食器には一定の強度が求められる。さらに近年の陶磁器業界の海外進出に伴い、製品輸出の際に食洗機対応が重要な項目となっている。そこで、本研究では益子強化土及び県内陶磁器業界でよく使用される粘土を用いて製作した陶器について、業務用食洗機を用いた繰り返し洗浄による耐久性の評価を行った。その結果、陶器の材料や形状によらず、いずれの陶器も500回洗浄に対する耐久性を有することが分かった。

Key words : 食洗機, 強度, 陶磁器, 耐久性

### 1 はじめに

現代社会においては、飲食店や一般家庭における食洗機の普及が進み、対応する食器には一定の強度が求められる。さらに近年の陶磁器業界の海外進出に伴い、製品輸出の際に食洗機対応が重要な項目となっている一方、国内では食洗機耐久性に関する標準試験方法が定められておらず、各企業において独自の評価試験を行っているのが現状である。県内陶磁器業界においても、各窯元、作陶家の基準で「家庭用食洗機は対応可」として売られている商品が多く見受けられるが、業務用食洗機については「対応不可」もしくは言及しないものが多く、統一された基準の確立が求められている。こうした中、2015年から（国研）産業技術総合研究所中部センターで食洗機耐久性試験の標準化に関する研究を実施しており、標準試験方法の確立に向けた動きも見られる。

そこで、本研究では益子町の給食食器にも使用されている、一般的な益子の粘土の3倍程度の強度をもつ<sup>1)</sup>益子強化土及び県内陶磁器業界でよく使用されている粘土を用いて製作した陶器について、家庭用食洗機より高温・高水圧の条件で洗浄が行われる業務用食洗機を用いた繰り返し洗浄による耐久性の評価を行うこととした。

### 2 研究の方法

#### 2.1 各種粘土の基礎的物性評価

本研究に用いる粘土は、前述の益子強化土及び県内陶磁器業界でよく使用されている益子水簸土と益子赤土の3種類（いずれも益子焼協同組合で製造）とした。

#### 2.1.1 化学組成及び鉱物組成

化学組成については、105℃、24時間処理後、乳鉢で粉碎したものを試料とし、蛍光X線分析装置（株式会社島津製作所 EDX-8000）を用いて分析した。また、試料を105℃、24時間処理後、1050℃で処理することで、Ig-Loss（強熱減量）を求めた。

鉱物組成については、105℃、24時間処理した試料を仮焼前、1000℃処理した試料を仮焼後とし、それぞれ乳鉢で粉碎後、X線回折装置（リガク株式会社UltimaIV）を用いて分析した。

#### 2.1.2 収縮率、吸水率、曲げ強度

30mm×60mm×5mmの金型を用いて試験体を作製した。

収縮率は、試験体5個について全収縮率（成形直後から焼成後の収縮）を測定し、その平均値とした。

吸水率は、JIS A 5208の試験方法に準拠し、焼成試験体5個についてその平均値を求めた。

曲げ強度は、JIS A 1509-4の試験方法に準拠し、焼成試験体5個について曲げ試験機（株式会社島津製作所 AGS-10kNX、3点曲げ治具付）を用いて測定し、その平均値とした。また、釉薬による強度への影響を確認するため、並白釉を全体に施釉した試験体についても同様に測定した。

なお、試験体の焼成には超高速昇温電気炉（株式会社モトヤマ SC-2035D）を用い、1280℃で酸化焼成した。

#### 2.2 食洗機耐久試験用陶器の製作

真空土練機（株式会社林田鉄工 WONDER20）で5分間処理した粘土を用いて、電動ロクロ（日本電産シンポ株式会社RK-3D）で平物（大皿、小皿）、碗物（飯碗）、筒物（フリーカップ）の4種類を成形し、電気窯（橋本電炉工業株式会社HTE-15）

\* 栃木県産業技術センター窯業技術支援センター

を用いて焼成したものを試験用陶器とした。表1に製作条件を、図1に製作した陶器を示す。

表1 食洗機試験用陶器製作条件

形状	平物	大皿(8寸)、小皿(5寸) ※リム付
	碗物	飯碗(4寸:内径12cm、内高5cm)
	筒物	フリーカップ(内径8cm、内高10cm)
厚み	3mm(フチ部分) ※釉薬厚み含む	
釉薬	並白釉	
焼成条件	SK9(1280℃)、酸化	

※サイズは焼き上がり寸法



図1 食洗機耐久性試験用陶器  
(左から益子水簸土, 益子赤土, 益子強化土)

### 2. 3 繰り返し洗浄試験

2. 2で製作した試験用陶器12個(粘土3種×形状4種)を業務用食洗機(ホシザキ(株)JWE-400TB3)の専用ラックに配置し(図2), 図3に示す手順で500回の繰り返し洗浄試験を行った。洗浄した陶器は、目視(1回ごと)及びフチを指で叩く打音検査(10回ごと)で状態を確認した。



図2 試験用陶器の配置

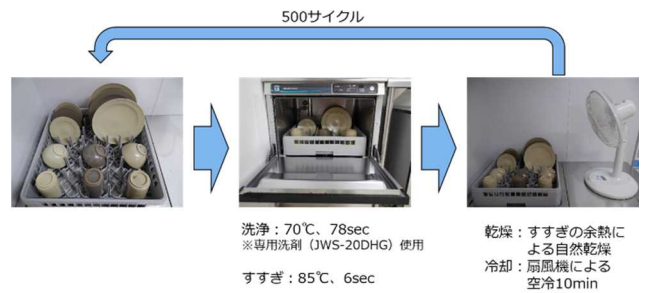


図3 繰り返し洗浄試験フローチャート

## 3 結果及び考察

### 3. 1 各種粘土の基礎的物性

#### 3. 1. 1 化学組成及び鉱物組成

使用した粘土について、表2に化学組成、図4に鉱物組成の分析結果を示す。化学組成において、益子赤土に鉄成分が多いこと、鉱物組成において、粘土分を表すカオリナイトのピークが仮焼により消失すること、といったそれぞれの粘土の性質を確認することができた。

表2 粘土の化学組成

	Components[wt%]									
	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MgO	CaO	SO <sub>3</sub>	Others	Ig. Loss
益子強化土	61.9	23.4	2.95	2.21	1.14	0.37	0.39	0.33	0.23	7.08
益子水簸土	63.5	21.2	3.49	2.88	1.28	0.52	0.47	0.49	0.11	6.06
益子赤土	61.8	20.7	3.16	6.18	1.25	0.46	0.37	0.10	0.23	5.75

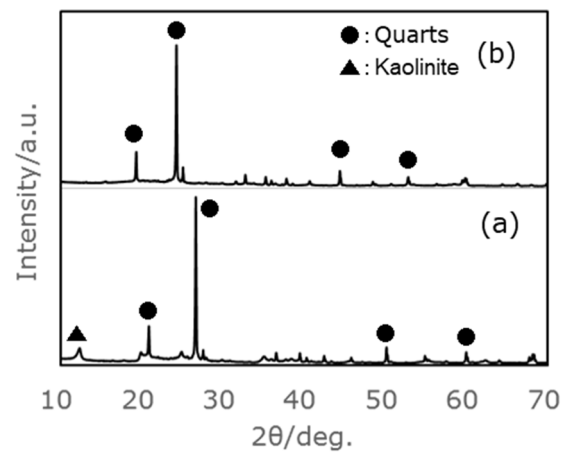


図4 粘土の鉱物組成(益子強化土)  
(a): 仮焼前 (b): 仮焼後(1000℃)

#### 3. 1. 2 収縮率, 吸水率, 曲げ強度

表3に各種粘土の収縮率, 吸水率, 曲げ強度の結果を示す。

曲げ強度の結果について、当初の想定とは異なり、益子赤土が益子強化土と同等程度の高い値を示した。このことは、益子赤土の粒度が細かいことや鉄成分が多い等の要因により焼締まりが良くなることで、強度が増加し

表3 収縮率，吸水率，曲げ強度

	収縮率[%]	吸水率[%]	曲げ強度[MPa]	
			無釉	施釉
益子強化土	12.5	2.28	33.0	29.2
益子水臙土	12.0	1.88	24.6	21.1
益子赤土	12.1	1.66	31.7	30.8

たと考えられる。また、施釉試験体の曲げ強度が無釉試験体よりも低い値を示した。一般的に、施釉することで強度が増加すると考えられるが、今回施釉した並白釉は貫入が多く入る釉薬であることから、貫入による影響で強度が低下したと考えられる。

### 3. 2 食洗機耐久性評価

2. 3 に示した方法で食洗機耐久性試験を行った結果、陶器の材料や形状によらず全ての試験用陶器(12種)において破損は見られず、500回繰り返し洗浄に対する耐久性を示した。

なお、今回の評価方法は目視及び指での打音検査という人的な手法によるものであった。このような打音検査は、外観検査では判断できない素地内部の亀裂等を判断する簡易的な検査方法として、陶磁器の製造現場で用いられている<sup>2)</sup>。しかしながら、微妙な音の違いを聞き分ける経験が必要であることや定量的な評価が困難であることから、評価の手法について今後検討していく必要があると考えられる。

## 4 おわりに

益子強化土及び県内陶磁器業界でよく使用されている粘土を用いて製作した陶器について、業務用食洗機による耐久性試験を行った。その結果、陶器の材料や形状によらず、全ての陶器において500回繰り返し洗浄の耐久性を示した。

ただし、本研究の結果は未使用の陶器という限られた条件のものであり、実際は料理を乗せ、食事をするといった使用を重ねていくにつれて、耐久性が低下する可能性も思慮される。今後は一定期間使用した陶器についても検証していく必要があると考えられる。

### 参考文献

- 1) 小口武雄ら：“栃木県工業試験研究機関研究集録VOL.14”，146-151，(1999)
- 2) 桑原田聡ら：“鹿児島県工業技術センター研究報告No.27”，35-39，(2013)