

半磁器・ペタライト系陶土の耐熱衝撃性

伊濱啓一*

Thermal Shock Resistance of Semi Porcelain Body and Pottery Body Containing Petalite

Keiichi IHAMA

1. はじめに

四日市萬古焼業界において、半磁器製品とペタライト系耐熱製品が2大主力製品となっている。

半磁器製品はその耐熱衝撃特性から、磁器製品に比べオープン・電子レンジへの対応性が高い。また、陶土の幅広い成形性から様々な形状が可能であり、さらに酸化焼成による暖かみと柔らかさが創出出来る特徴がある。しかし、半磁器製品は吸水性を持った陶器であることから、貫入の発生やカビ、汚れの問題が生じやすいのが欠点である。

一方、ペタライト系耐熱製品は、直火使用が可能な耐熱衝撃特性を有することから、土鍋をはじめとした直火用耐熱陶器として生産されている。近年では土鍋料理以外の調理機能や形状を持った調理器具として様々な企画開発がなされ、生産されている。

直火又は天火に使用する卓上・厨房用の陶磁器製耐熱食器の品質は、JIS S 2400:2000 で熱衝撃強さなどについて規定されており、実用上の支障発生の一目安とされている。しかし、陶磁器製耐熱食器の耐熱衝撃性は、素材の熱膨張係数、機械的強度、吸水率(気孔分布・量)、形状、サイズ、成形条件の適否などの物性要素が複雑に関係している。そのため陶磁器製耐熱食器の耐熱性能の明確な判断基準は確定されていない。

従来から四日市萬古焼の半磁器・ペタライト系耐熱製品はこのJIS品質基準を十分満たしているとの認識できた。ところが近年、様々な製品の企画開発の中で、販売ルート先からのJIS S 2400:2000による品質保証要求に対して、製品の形状・意匠設計

* 窯業研究室

によってはこの基準を満たしがたいものがあることが、依頼試験、技術指導結果などからわかってきた。

耐熱衝撃性の物性要素のうち、熱膨張係数については陶土製造企業において日常的に管理されており問題がないと考えられる。そこで近年企画開発された特徴的な形状、サイズに原因があると考えられ、それら製品に関して、その鑄込み成形条件と吸水率に大きく寄与する焼成温度に着目して、耐熱衝撃性の確認試験を実施したので報告する。

2. 実験方法

2.1 半磁器製品の圧力鑄込み成形条件・焼成温度と熱衝撃強さ

半磁器製品、特に圧力鑄込み成形品において、鑄込み口設計などの成形条件と成形工程の適否で熱衝撃強さが大きく異なると言われている。また、焼成温度によっても熱衝撃強さが変わることも知られているが、製品形状での試験はなされていない。

そこで、業界で最も使用されている半磁器陶土を用いて、種々の圧力鑄込み成形条件にて試験素地を作製した。焼成温度に適合した透明釉を施釉後、焼成した試験品の熱衝撃試験(急冷試験:設定された温度の炉内から水中に試料を投下して急冷する)を実施した。なお、圧力鑄込み条件は、鑄込み口位置を高台、肩口、及びベタ底の3種類とし、鑄込み圧力を1.6kg/cm²と2.3kg/cm²とした。また、焼成温度はSK4a~SK8(三窯試験²⁾旧三重県窯業試験場製)の5条件とした。

なお、熱衝撃試験はJIS S 2400:2000に規定されている天火用試験温度差150で実施した。また、焼

成温度の低下による貫入の発生状況も合わせて確認した。

表 1 JIS S 2400 : 2000 陶磁器製耐熱食器

- 適用範囲 直火用又は天火用に使用する卓上・厨房用の陶磁器製耐熱食器について規定する。
- 食器種類 使用区分によって以下の表による。

種類	使用区分	熱衝撃強さ
直火用 (高耐熱)	加熱調理などの目的で直接火炎に当てて用いるもので、急激な加熱及び冷却に耐えるもの。	350 以上
直火用	加熱調理などの目的で直接火炎に当てて用いるもの。	150 以上
天火用 (300 以下)	加熱調理などの目的で直接火炎を当てない用途に用いるもので 300 以下の天火での調理に耐えるもの。	150 以上
天火用 (200 以下)	加熱調理などの目的で直接火炎を当てない用途に用いるもので 200 以下の天火での調理に耐えるもの。	120 以上

3. 品質 (熱衝撃強さ)

熱衝撃強さは、熱衝撃強さを行ったとき、ゆう層の貫入若しくは剥離、又は素地の割れ、切れ、ひび若しくは欠けの欠点が生じてはならない。ただし、貫入の発生は、実用上支障のない限り欠点とみなさない。

4. 試験方法 (熱衝撃試験)

試料をその種類に応じ、それぞれの試験温度差 (加熱温度と水との温度差) になるように恒温器の中に 1 時間保持した後、直ちに 24±3 の水槽中に投入し、試料が水温まで冷えてから取り出して、ゆう層及び素地の欠点の有無を調べる。

半磁器陶土単味の耐熱衝撃性については、約 20 年前に試験されたデータ¹⁾があるので、当時と同様に、熱衝撃試験をしていない試料の曲げ強度と熱衝撃試験を実施した試料の曲げ強度の比較を行い、現在の陶土がどの程度の急冷試験温度差で耐熱衝撃性 (機械的強度としての曲げ強度) が低下するかを測定した。

2. 2 ペタライト系耐熱製品の形状と熱衝撃強さ

ペタライト系耐熱製品において、土鍋以外の異形製品の熱衝撃強さのデータはほとんどない。さらに、近年の企画開発から異形製品 (圧力鋳込み成形品)

を生産することが多くなり、JIS S 2400 : 2000 の熱衝撃試験への適合に苦慮する場合が出てきた。

そこで、市販されているペタライト系陶土を使用して製品化されている中で最も複雑な形状である図 1 の製品の熱衝撃試験を実施した。熱衝撃試験は JIS S 2400 : 2000 に規定されている直火用試験温度差 350 など水中急冷法にて実施した。



図 1 複雑形状のペタライト系陶土製品

3. 結果と考察

3. 1 半磁器製品の圧力鋳込み成形条件・焼成温度と熱衝撃強さ

半磁器鋳込み成形した試験品の熱衝撃試験結果の一部を表 2 に示す。また、図 2 ~ 図 3 に試験結果の写真を示す。

表 2 半磁器試験品熱衝撃試験結果

形状	鋳込口位置・圧力	焼成温度(SK)				
		4a	5a	6a	7	8
楕円 グラ	高台から 1.6kg					×
	高台から 2.3kg					
タン	肩口から 1.6kg					×
	ベタ底 1.6kg					
長角 グラ	高台から 1.6kg			×	×	×
	肩口から 1.6kg			×	×	×
タン	ベタ底 1.6kg					

○ : 試験品数個とも熱衝撃試験 (試験温度差 150) に適合

○ : 試験品数個中、一部が熱衝撃試験 (試験温度差 150) 不適合

× : 試験品すべてが熱衝撃試験 (試験温度差 150) 不適合

試験結果から、鑄込み口位置や鑄込み圧力の差は耐熱衝撃性に大きくは影響せず、意匠設計の中で高台を設定せずベタ底に設計する方が耐熱衝撃性を維持・改善できることがわかった。



図2 楕円グラタン（鑄込み口高台 焼成温度SK8）の熱衝撃試験結果の写真

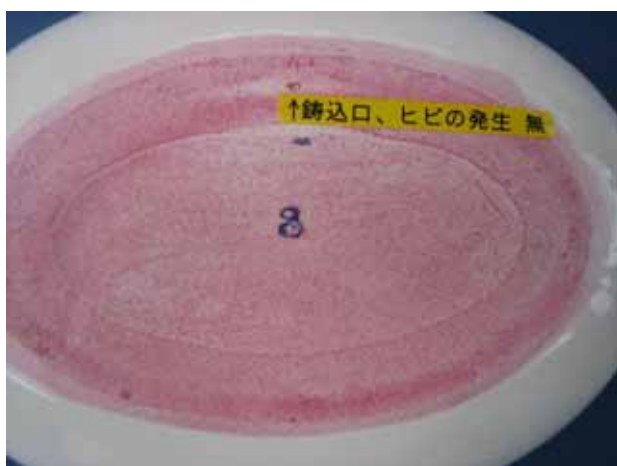
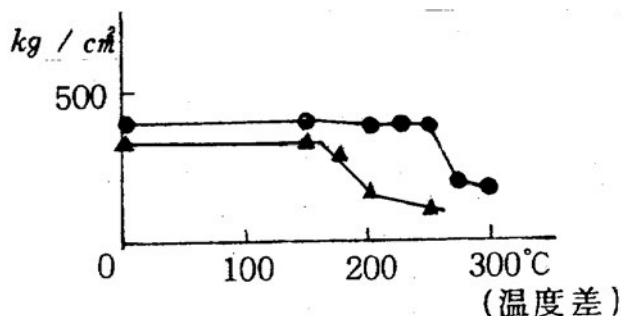


図3 楕円グラタン（鑄込み口ベタ底 焼成温度SK8）の熱衝撃試験結果の写真

しかしながら、高台の設定をなくしてベタ底の意匠にすることは、ベタ底からの吸水による臭いや汚れの発生原因になりやすいこと、また、デザイン的に不似合いな場合もあるため、高台を設定した形状設計において耐熱衝撃性の維持・改善が必要である。

一方、半磁器陶土単味の耐熱衝撃性（曲げ強度）の試験結果を図4に示す。

この結果より、現在の半磁器陶土単味の耐熱衝撃性が約20年前に比べて50～75程度低下していることがわかった。これは業界では半磁器製品の耐熱衝撃特性は当然のことながら良好との判断があった



：約20年前 ：現在

図4 半磁器陶土単味の熱衝撃特性
（各試験温度差による曲げ強度）

ため試験・管理されてこなかったこと、また、原料事情が悪化する中、貫入発生の最大物性要素である熱膨張係数と白色度の維持・管理に注力した原料配合設計がなされてきたためであろうと考えられる。

3.2 ペタライト系耐熱製品の形状と熱衝撃強さ

市販されているペタライト系陶土を使用した土鍋などの一般的な直火対応耐熱製品では、JIS S 2400：2000に規定されている直火用試験温度差350の条件は余裕を持って対応できることが確認されている。しかしながら、図1の製品においては、試験温度差150程度の対応が限界であった。さらに焼成温度を低下させて吸水率を増大させることにより、試験温度差200程度まで対応できたが直火用試験温度差である350に対応することはできないことがわかった。

このような直火使用を想定した複雑な形状の製品の企画開発においては、陶土の原料配合設計と焼成温度設定を事前に十分試験・検討する必要がある。

4. まとめ

今回の試験によって、半磁器製品の耐熱衝撃性において圧力鑄込み成形条件や焼成温度の管理が重要であることがわかったが、耐熱衝撃性を大きく改善することは出来ないこともわかった。また、業界内に流通している半磁器陶土自体の耐熱衝撃性が20年程度前に比べて明らかに低下していることがわかった。しかし、原料配合、製土条件（加工条件）、及び熱膨張係数などは以前とほぼ同じことから、耐熱衝撃性低下の原因は現在のところ特定できてない。

今後、陶土製造企業と協議して、原因となりうる要素を見だし、改善方法を検討する予定である。

一方、ペタライト系耐熱陶器の耐熱衝撃性については、耐熱衝撃性に最も大きく寄与する熱膨張係数が小さく設計された陶土を用いていることから、主に熱膨張係数と吸水率の管理が重要である。そのため、成形性と焼結度合いに配慮しながら原料配合における低熱膨張性発現材料であるペタライトの添加量を調整することで、熱膨張係数と吸水率の制御を行い、製品品質を管理することが必要である。

また、形状・意匠についても、事前に十分試験・検討する必要がある。

参考文献等

- 1) 服部正明：“アルミナ質せつ器素地への添加物の焼結効果”。三重県窯業試験場年報,19, p 32-38(1985)

- 2) 三窯試錐：旧三重県窯業試験場で製作，検定管理され，現在も三重県科学技術振興センター工業研究部窯業研究室で販売されているゼーゲル錐(一部在庫切れ有)。原料配合調合，粉碎・混練時間等は公表されていない。小型電気炉(0.2M³程度)における各ゼーゲル錐の熔倒条件(昇温速度、最高保持温度・保持時間)は以下のとおり。

SK4a SK5a SK6a SK7 SK8の順に					
900 までの時間	すべて6時間				
1020 までの時間	すべて1時間30分				
最高温度までの時間	2:30	2:55	3:25	4:00	4:30
最高保持温度()	1120	1135	1155	1180	1200
最高温度保持時間	すべて1時間				

(本研究は法人県民税の超過課税を財源としていません)