

## — 経常研究 —

## 電子レンジ対応食器の開発

陶磁器科 秋月俊彦・小林孝幸  
山口英次・林 史郎  
研究開発科 久田松 学

## 要 約

本研究は、電子レンジで食品を温めすぎた場合でも、素手で取り出すことができる食器の開発を目的に、素材と形状の両面から研究を行った。まず素材に関しては、一般の天草磁器よりも20%以上マイクロ波による昇温を抑える素材を開発した。さらに、この開発した素材は焼成温度幅が一般の天草磁器よりも広く、しかも低温で緻密化した。また形状に関しては、加熱された食品からの熱の伝導を抑えるため、食器本体に取手を付けた形状とし、本体との境界部にスリットを入れることが有効であった。今回開発した素材と形状を組み合わせ、食器を試作し、電子レンジによる加熱試験を行った結果、開発磁器は天草磁器と比べ、取手部分の温度を約15℃低く抑えることができた。

キーワード：電子レンジ、マイクロ波、スリット、取手

## 1. はじめに

電子レンジは広く国民生活の中に普及し、頻繁に使用されているが、その中で一般磁器食器は、温めすぎると熱くなって素手で持てないことがある。その場合、食器をミトンや布巾で取り出すか、少し冷めるのを待つなどの対応が必要となる。また、最悪の場合には、指先を火傷する危険性なども充分考えられる。このような煩雑さや火傷の危険性をできるだけ少なくするため、電子レンジで食品を温めすぎても、素手で取り出せる磁器食器の開発を目的に、素材と形状の両面から検討を行った。

## 2. 実験方法

## 2.1 素材の開発

MgO-SiO<sub>2</sub>系の素材は、マイクロ波の吸収が小さいことが知られている<sup>1)</sup>。そこで、使用する原料にタルク (3MgO・4SiO<sub>2</sub>・H<sub>2</sub>O)、カオリン、マグネサイトを用いて試験を行った。図1の3成分系において、楕円で示した領域内で、A～F 6種類について坯土を調製し、天草選中陶土と比較検討した。調製した坯土で試験板を成形し、電気炉を用いて焼成温度1200℃～1325℃の範囲で酸化焼成を行った後、得られた焼結体について吸水率、嵩比重、収縮率、

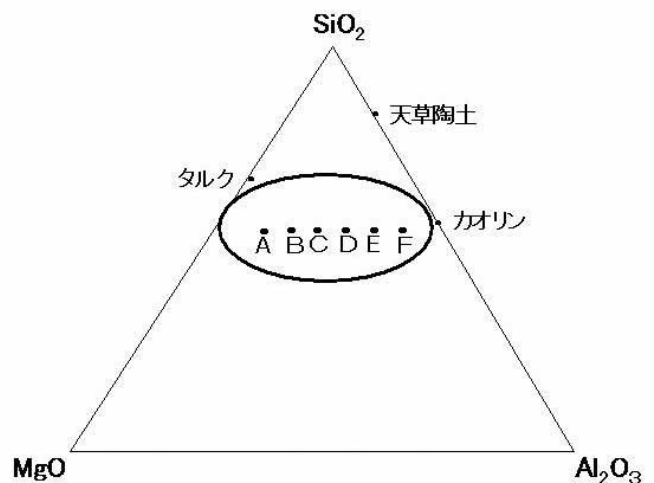


図1 試験坯土の組成領域

湾曲度の測定を行った。さらに、円盤状の成形体をシャトル窯でSK10により還元焼成を行った後、直径55mm、厚み5mmに研削加工した。この試験体を図2に示すように電子レンジの中心部に置き、マイクロ波で加熱し、加熱開始から5min後にサーモグラフで表面温度を測定した。次に、それらの中から最も低温で緻密化した組成領域について、タルク、珪石、アルミナ、カオリン、蛙目粘土を原料として選定し、より低温で緻密化できる配合割合の検討を

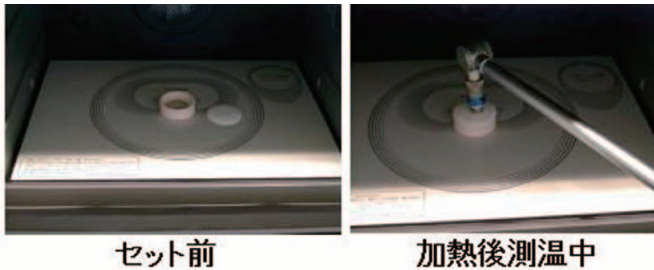


図2 電子レンジによる加熱試験状況

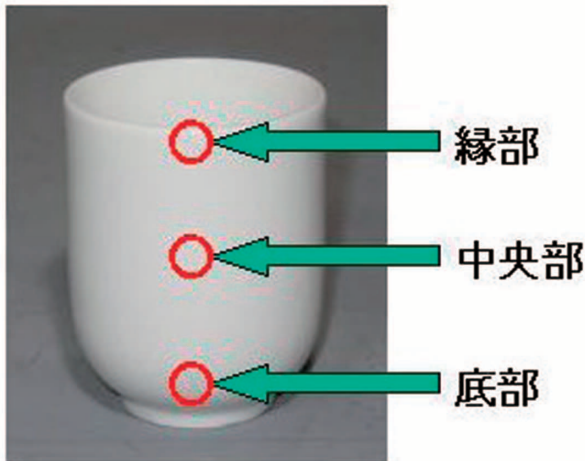


図3 試験体形状と測温部位

行った。調製した開発坯土で試験板を成形し、電気炉を用いて焼成温度1200℃～1325℃の範囲で酸化焼成し、得られた焼結体について吸水率、嵩比重、湾曲度の測定を行った。さらにその開発坯土と、比較用の天草選中陶土を用い、直径67mm×高さ85mmの湯呑み形状の試験体を成形し、これらを1300℃で還元焼成した後、電子レンジによる加熱試験を行った。加熱試験条件は、まず湯呑みに何も入れない空の状態で行った。電子レンジの出力を1000Wに設定し、2minと5min加熱させた。その時の湯呑みの表面温度について、縁部、中央部、底部3ヶ所（図3）の表面温度をサーモグラフで測定した。次に、湯呑みに8分目まで水を入れ、電子レンジの出力を1000W設定で加熱し、沸騰直後の縁部、中央部、底部3ヶ所の表面温度を測定した。

## 2.2 形状の開発

食品からの熱の伝導を抑える縁形状について検討するため、湯呑み（直径67mm×高さ85mm）を基本形状に、天草磁器の試験体を作製し150cm<sup>3</sup>の水を入れ、レンジ出力500Wで2min加熱を行った。加熱直後の容器の温度分布を、サーモグラフで測定し

て、形状の違いによる温度上昇の違いを観察した。

また、縁部分に溝や穴を施した形状による温度分布の変化について、構造解析ソフトStress Check 7.0（アプライド・デザイン株式会社製）を用いて、シミュレーションを行い、熱の伝導を抑える効果的な形状についてもさらに検討を行った。

## 2.3 試作品の特性評価

これまで検討を行った素材と形状をもとに試作品の作製を行うと共に、比較用として天草磁器でも同形状のものを作製した。これらの試作品の中から、深鉢について水を500cm<sup>3</sup>入れ、電子レンジ1000Wで加熱を行い、沸騰直後の表面温度をサーモグラフで測定した。

## 3. 結果及び考察

### 3.1 焼結体特性

酸化焼成によって得られた焼結体の吸水率、嵩比重、焼成収縮率および湾曲度の測定結果を、それぞれ図4～図7に示す。図4の吸水率の測定結果より、A～Fの試料はいずれも天草磁器よりも高温で緻密化することが分かった。これらの中では試料Fが比較的低温で緻密化し、しかも収縮率が天草磁器に比べて1%ほど大きいものの、嵩比重や湾曲度は天草磁器よりも小さく良好な特性を持つことが分かった。

次に、SK10で還元焼成を行った円盤状の各試験体について、電子レンジによる加熱試験を行った結果を図8に示す。A～Fいずれの試験体も、天草磁器と比較し、20～35%程度表面温度が低く、電子レンジで昇温しにくい素材であった。

そこでさらに、原料にタルク、珪石、アルミナ、カオリン、蛙目粘土を用い、試料Fの組成領域になるよう調合を行った開発坯土について、成形後、焼成し得られた焼結体について、吸水率、嵩比重、湾曲度の測定を行った。その結果をそれぞれ図9～図11に示す。図9より、開発磁器は、天草磁器よりも低温で緻密化した。しかも図10、図11より、嵩比重は天草磁器とほぼ等しく、湾曲度は天草磁器よりも小さく、焼成により変形しにくいものと考えられる。そこで次に、1300℃で還元焼成した、湯呑み形状の開発磁器と比較用の天草磁器を用いて、電子レンジによる加熱試験を行った。まず湯呑みに、何も入れない空の状態、電子レンジ1000Wで2minと5min加熱直後の縁部、中央部、底部3ヶ所の

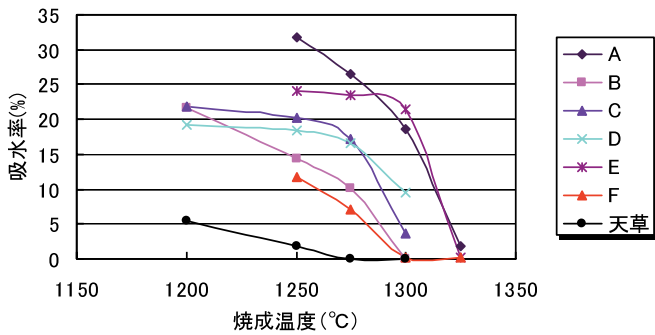


図4 各種焼結体の焼成温度と吸水率の関係

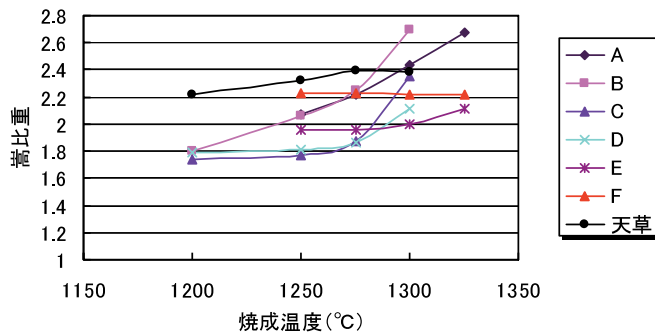


図5 各種焼結体の焼成温度と嵩比重の関係

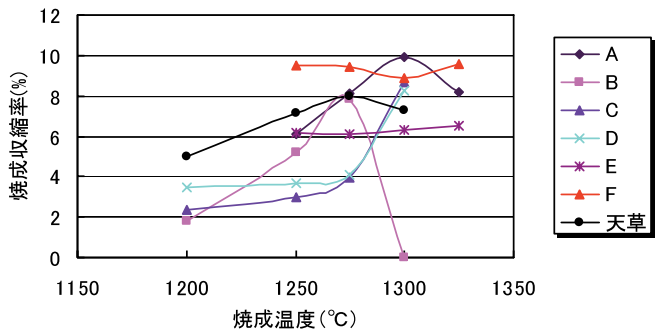


図6 各種焼結体の焼成温度と収縮率の関係

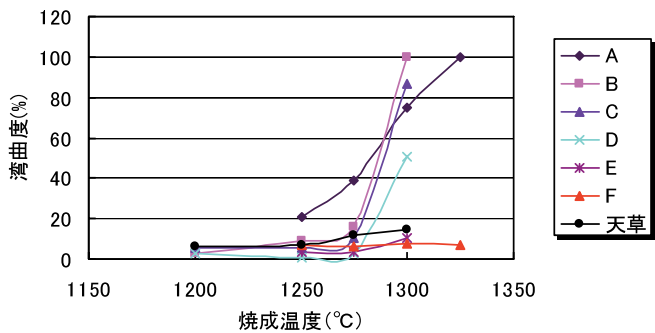


図7 各種焼結体の焼成温度と湾曲度の関係

表面温度をサーモグラフで測定した結果を図12に示す。いずれの測定部分も、天草磁器に比べ、開発磁器が20~30%程度表面温度が低く、高温になるほど、その差は大きくなる傾向を示した。一方、湯呑

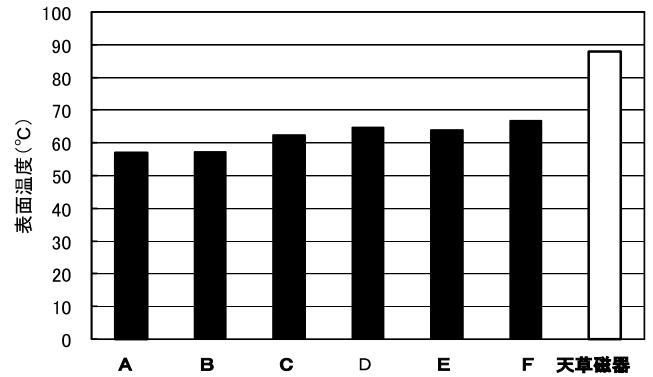


図8 各種焼結体を電子レンジ1000Wで5min加熱した直後の表面温度

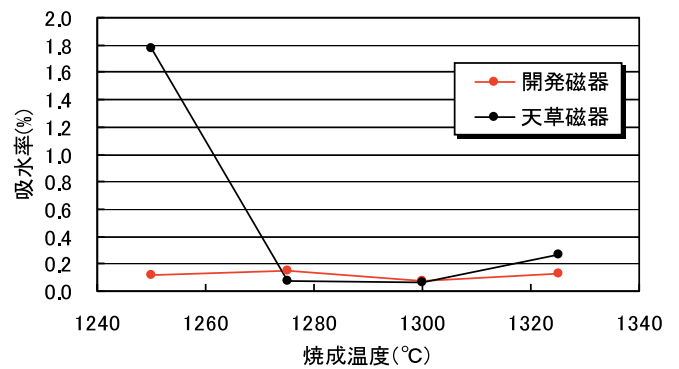


図9 焼成温度と吸水率の関係

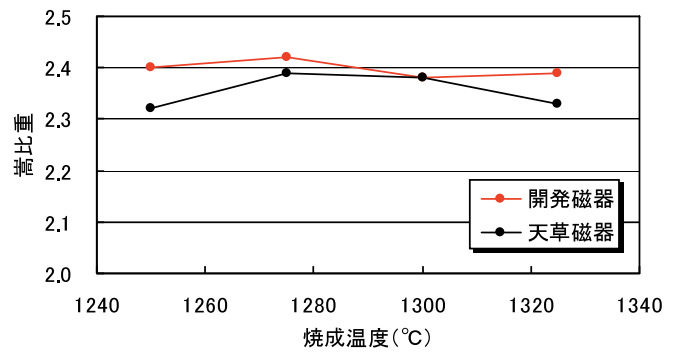


図10 焼成温度と嵩比重の関係

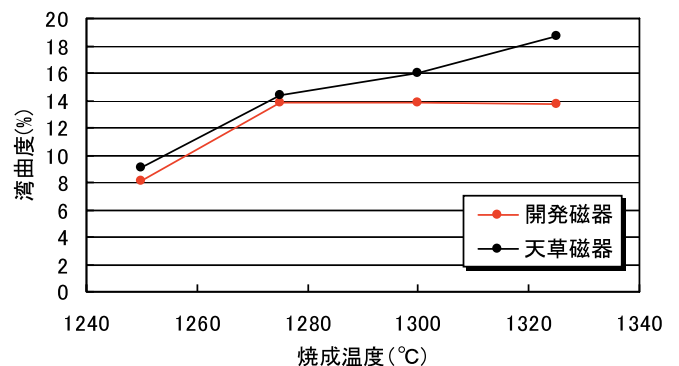


図11 開発品の焼成温度と湾曲度の関係

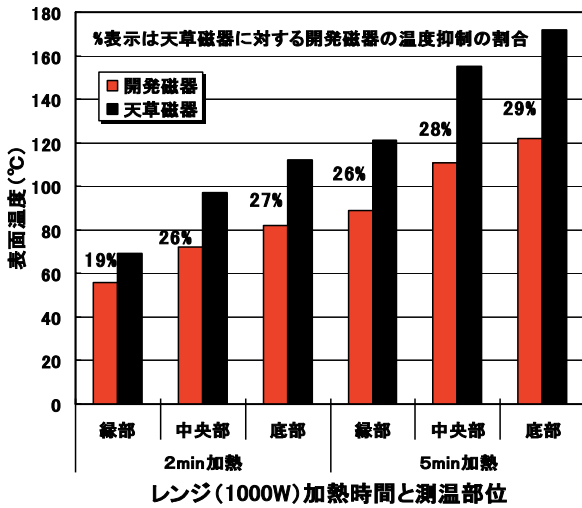
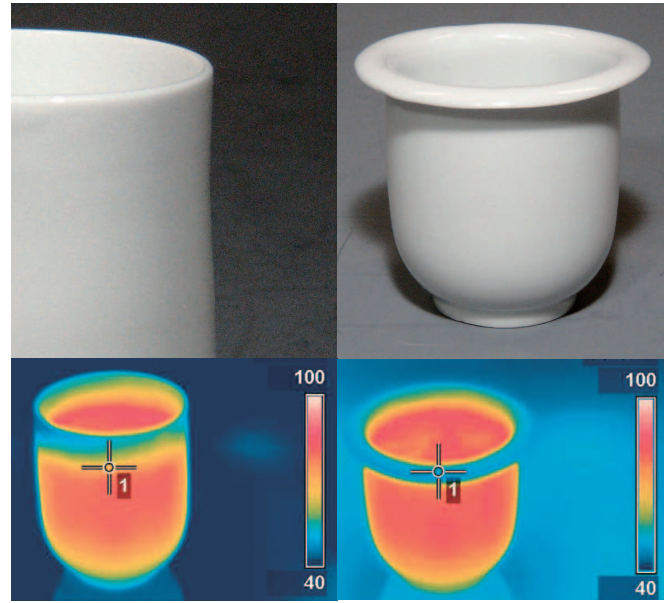


図12 空状態での電子レンジ加熱による表面温度



基本形状 縁反り

図14 加熱直後の容器の温度分布

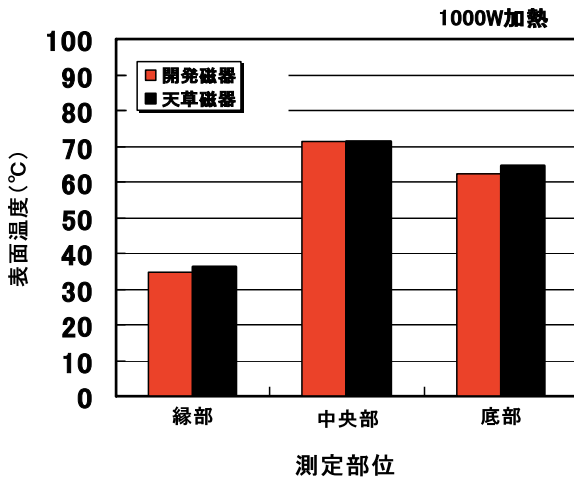


図13 水を入れた状態での電子レンジ加熱による表面温度

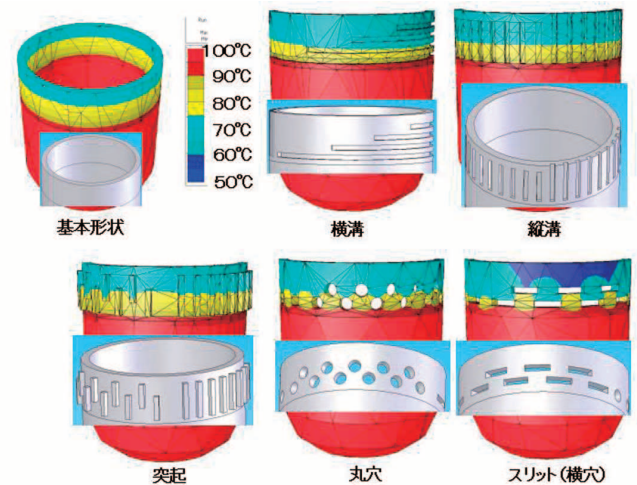


図15 縁形状による温度分布のシミュレーション

みに水を8分目まで入れた状態で、電子レンジ加熱を行ったところ、図13に示すように、縁部と底部で開発磁器がわずかに数度低い程度であった。これは、電子レンジのマイクロ波が、磁器本体よりも水に吸収されやすいため、水が優先的に加熱され、磁器素材の違いによる影響は割合として小さくなったためと考えられる。

### 3.2 形状による表面の温度分布

基本形状と縁を反らせた形状の天草磁器の湯呑みを作製し、その中に水を入れ電子レンジ加熱した直後のサーモグラフによる表面温度の状態を図14に示す。縁を反らせることで、その部分の青色が基本

形状のものに比べ濃くなっており、温度が低いことが分かる。さらにシミュレーションにより、温度が低くなる縁形状について検討した結果を図15に示す。溝や突起は温度低下に及ぼす効果が少ないが、スリット（横穴）はその効果が大きいことが予想される結果となった。

### 3.3 試作品による加熱特性評価

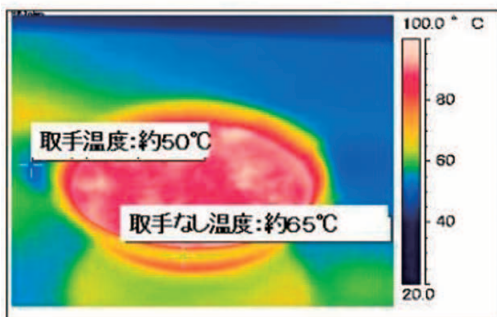
これまで検討してきた素材と形状を組み合わせ電子レンジで熱くなりにくい食器を試作した（図16）。従来の食器に比べ、どの程度熱くなりにくいのかを確認するため、天草磁器でも同形状のものを作製し、比較試験を行った。



図16 電子レンジ対応食器試作品



電子レンジ加熱試験形状

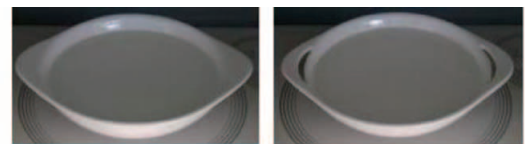


水500cm<sup>3</sup>入れ、1000Wで電子レンジ加熱により沸騰後、サーモグラフによる測温

図17 電子レンジ加熱試験による縁温度の測定

まず、図17に示すように、開発磁器で試作したスリットありの食器に、水を8分目まで入れ、電子レンジにセットし、加熱沸騰直後の状態をサーモグラフで測温した。その結果、水温は沸騰直後であるため、80～100℃と高温であるが、取手部分の温度は急激に低下しており、その温度は約50℃で充分素手で持つことが可能な温度であった。一方、取手のない縁部分は約65℃あり、素手で持つことが困難な温度であった。

次に、開発磁器と天草磁器で作製したスリットな



スリットなし

スリットあり

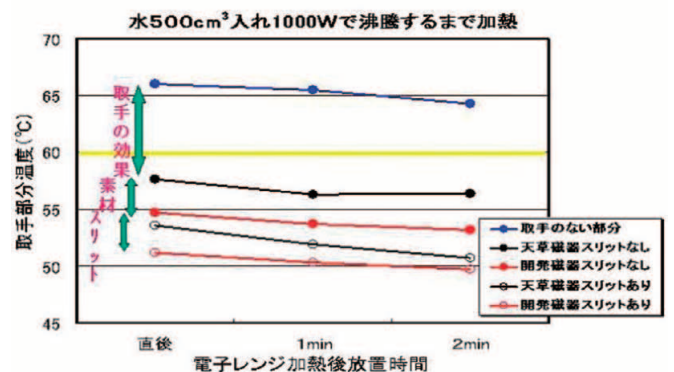


図18 電子レンジ加熱試験における縁温度に及ぼす素材と形状の影響

しとありの食器に水を入れ、電子レンジで沸騰するまで加熱した直後と、そのまま1minと2min放置した時の、取手部分の温度測定結果を図18に示す。

この図からまず、いずれも加熱後放置することで、時間の経過と共に、取手部分の温度は低下していく傾向を示した。そして、天草磁器で作製したもので、取手のない縁部分は65℃以上で、素手で持つことが可能な温度60℃（黄色のラインで示す）を越えていた。それに対し、スリットの無い取手を付けるだけで58℃程度まで低下しており、この温度差は

取手の効果と考えられる。また、開発磁器で同じスリットなし形状においては、55℃付近まで低下しており、この温度差は素材の影響と考えられる。さらに、開発磁器でスリットを入れることで、51℃程度まで低くなり、この差はスリットの影響と考えられる。

このように、今回検討した素材と形状に関しては、形状における取手の効果が最も大きく、素材の効果と、形状におけるスリットの効果は同程度であった。それらの効果を合わせることで、電子レンジで水が沸騰するまで加熱した場合でも、約15℃取手部分の温度が低くなることで、素手でも充分取り出すことが可能となった。

#### 4. まとめ

従来の磁器食器に比べ、電子レンジ加熱により昇温しにくい素材と、加熱された食品からの熱の伝導を抑える形状を持つ電子レンジ対応食器を試作した。本研究で得られた知見は次の通りである。

(1) 今回の開発磁器は水を入れない素材だけの比

較において、従来の天草磁器に比べ約20～30%電子レンジにより昇温しにくい素材であった。また、天草磁器に比べて焼成可能な温度幅が広く、しかも低温で緻密化し、湾曲度も小さい良好な坯土であることが分かった。

(2) 一方、水を入れた状態で、電子レンジ加熱を行った場合、開発磁器と天草磁器の表面温度の違いは小さく、これは、マイクロ波が磁器よりも水の方に優先的に吸収されるためと考えられる。

(3) 縁部分において、加熱された食品からの熱の影響を少なくするには、形状として取手やスリットが効果的であることが分かった。

(4) 今回試作した電子レンジ対応食器は、電子レンジにより水が沸騰する加熱条件において、素材と形状の効果により、取手部分は60℃以下となり、充分素手で取り出せる温度であった。

#### 文 献

- 1) (社)窯業協会編，“窯業工学ハンドブック”，技報堂(1984)，p.1262.