

I H調理器対応型陶磁器製調理器具の開発

寺崎 信・吉田秀治

I H調理器対応型陶磁器製調理器具用発熱膜の作製を銀製薄膜転写により試みた。その結果、比較的発熱効率が高く、均一に発熱する I H調理器対応型陶磁器製調理器具用銀製発熱膜を開発することができた。

また、開発した I H調理器対応型陶磁器製調理器具用銀製発熱膜の水熱反応試験、食器洗浄抵抗性および熱衝撃試験などの物性評価を行った結果、実用可能であることが明らかとなった。

1. はじめに

近年の生活様式の変化の中で家庭用電気器具も進歩が著しく、それに対する周辺物品の対応が求められている。特に最近では、I H調理器が業務用ならびに一般家庭において普及しつつあり、近い将来、I H調理器は火を使わない安全な調理器具として、急速に普及していくであろうと予測されている。しかし、将来的に I H調理器の普及に伴い大きな市場となる可能性があるにもかかわらず、I H調理器に対応した陶磁器製の調理器具の開発・普及はほとんど進んでいない。したがって、本研究では、I H調理器に対応した陶磁器製の調理器具の開発を行った。

2. 実験方法

2.1 試料素地用陶土の調製

試料素地用陶土は、表 1 に示した組成となるよう原料を配合し、粉碎して所定の粒度に調製した。

表1 試料素地用陶土(PGA)配合組成(wt.%)

	ベタライト	蛙目粘土(1級)	アルミナ
PGA	55	35	10

2.2 試料釉薬の調製

試料釉薬は、表 2 に示した組成となるように配合し、粉碎して所定の粒度に調製した。

表2 試料釉薬配合組成(wt.%)

ベタライト	蛙目粘土(1級)	仮焼カオリン	垂鉛華	石灰
70	5	10	5	10

2.3 I H調理器用銀製発熱膜の作製

2.3.1 I H調理器用銀製発熱膜転写紙の作製

I H調理器用銀製発熱膜転写紙は、図 1 に示した寸法形状および構造となるように作製した。なお、銀ペーストは、昭栄化学(株)社製 H4804 および H5698 を使用した。また、絵具層は、市販の耐酸有鉛絵具を使用し、透明フリット層は、(有)エクセル製無鉛フリット 030 を使用した。

2.3.2 I H調理器用銀製発熱膜試料の作成

銀製発熱膜の貼付用試験体として、2.1 で調製した陶土により、耐熱性の鍋を 24 φ×5.4H (cm) の寸法形状となるように成形し、2.2 で調製した釉薬を施釉して電気炉で均熱温度 1250℃、均熱時間 1 時間

の条件で焼成して作製した。その試験体に 2.3.1 で作製した I H 調理器用銀製発熱膜転写紙を貼付して電気炉により 700℃～900℃で焼成して発熱試験の試料とした。また、上記の陶土と釉薬で作製した 50 (mm) 角の陶板状試験体に I H 調理器用銀製発熱膜転写紙を 1/8 に切断して貼付し、電気炉により 700℃～900℃で焼成して水熱反応試験および食器洗浄抵抗性などの物性評価用の試料とした。

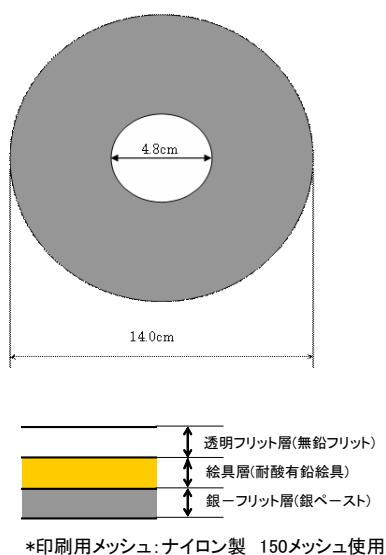


図1 I H 調理器用銀製発熱膜転写紙の寸法形状および構造

2.4 I H 発熱膜の水熱反応試験

水熱反応試験は、(株)栗原製作所社製のオートクレーブにより 180℃、14 気圧で所定の回数繰り返し試験を行い、試験毎に発熱膜表面の変化を日本電色工業(株)社製の光沢度計で測定して評価した。

2.5 I H 発熱膜の食器洗浄抵抗性試験

食器洗浄抵抗性試験は、ホシザキ電機(株)社製の業務用食器洗浄機により洗浄を 800 回を行い、洗浄 200 回毎に発熱膜表面の変化を光沢度計で測定して評価した。

2.6 I H 発熱膜の発熱試験

発熱膜の発熱試験は、200V 仕様の(株)日立社製 HTW-4GE 型 I H 調理器を用い、試料表面温度を(株)チノー社製 CPA-8200 サーモグラフィーで測定して評価した。

また、I H 調理器の出力を 3KW とし、試料を加熱中の交流電流をクランプメーターにより測定して消費電力を求めた。

3. 結果および考察

3.1 I H 発熱膜の水熱反応試験

鍋素地試料に焼き付けた発熱膜の水熱反応に対する試験の結果を表3および表4に示した。H4804の銀ペーストを使用し、800℃と 850℃で焼成した発熱膜は、オートクレーブにより 180℃、14 気圧で水熱処理を 3 回繰り返しても、発熱膜表面の光沢度はほとんど変化しないことが明らかとなった。このことにより、H4804 の銀ペーストを使用した発熱膜は、水熱反応に対し高い耐久性を有しているものと考えられる。一方、750℃で発熱膜を焼き付けたものは、180℃、14 気圧で水熱処理を 2 回繰り返すと発熱膜表面の光沢度が減少しはじめ、3 回繰り返したものは発熱膜表面の光沢度が大きく減少した。これは、発熱膜の焼付け温度が低いための焼成不足に起因すると考えられる。また、900℃で発熱膜を焼き付けたものは、1 回の水熱処理により発熱膜表面の光沢度が大きく減少した。これは、発熱膜の焼付け温度が高すぎたための過焼によるものと考えられる。したがって、H4804 の銀ペーストを使用した発熱膜の水熱反応に対して最も優れた抵抗性を示す焼成温度は、800℃と 850℃であると考えられる。

H5698 の銀ペーストを使用し、750℃と

800℃で焼成した発熱膜は、オートクレーブにより 180℃、14 気圧で水熱処理を 3 回繰り返しても、発熱膜表面の光沢度の減少が比較的小さくある程度の耐久性は有していることが明らかとなった。しかし、700℃で焼成した発熱膜は 1 回の水熱処理で発熱膜表面の光沢が著しく減少し、水熱反応に対する抵抗性が極めて低いと考えられる。これは、発熱膜の焼付け温度が低いための焼成不足に起因すると考えられる。一方、850℃で発熱膜を焼き付けたものは、水熱処理を 2 回繰り返すと発熱膜表面の光沢度が減少しはじめ、3 回繰り返したものは発熱膜表面の光沢度が大きく減少した。これは、発熱膜の焼付け温度が高すぎたための過焼によるものと考えられる。したがって、H5698 の銀ペーストを使用した発熱膜の水熱反応に対して最も優れた抵抗性を示す焼成温度は、750℃と 800℃であると考えられる。

表3 銀ペーストH4804を使用した発熱膜の水熱反応による光沢度の変化

焼成温度(℃) 処理回数(回)	750	800	850	900
0	105.3	101.1	117.4	110.8
1	102.2	115.0	115.8	44.2
2	98.7	105.0	108.4	33.3
3	63.9	101.5	100.0	35.6

表4 銀ペーストH5698を使用した発熱膜の水熱反応による光沢度の変化

焼成温度(℃) 処理回数(回)	700	750	800	850
0	84.3	108.7	116.3	107.8
1	16.0	97.0	108.2	103.1
2	12.4	81.6	101.0	98.4
3	19.0	72.5	94.7	26.6

3.2 I H発熱膜の食器洗浄抵抗性試験

鍋素地試料に焼き付けた発熱膜の洗浄に対する抵抗性の結果を表5および表6に示し

た。H4804 の銀ペーストを使用し 750℃と 800℃で焼成したものは600回洗浄後まで発熱膜表面の光沢度は大きく減少しなかった。しかし、850℃と 900℃で焼成したものは、400 回洗浄後まで発熱膜表面の光沢度は大きく減少しなかった。一方、750℃と 800℃で焼成した発熱膜の洗浄前の光沢を比較すると 800℃で焼成したほうが大きな光沢度を示すことが明らかとなった。このことより、焼成温度が 750℃であると若干焼成不足であると考えられる。したがって、H4804 の銀ペーストを使用した発熱膜の洗浄に対して最も優れた抵抗性を示す焼成温度は、800℃であると考えられる。

H5698 の銀ペーストを使用したものは 850℃で焼成したものは 600 回洗浄後まで発熱膜表面の光沢度は大きく減少しなかった。しかし、800℃以下で焼成したものは、400 回洗浄程度で発熱膜表面の光沢度は大きく減少した。したがって、H5698 の銀ペーストを使用発熱膜の洗浄に対して最も優れた抵抗性を示す焼成温度は、850℃であると考えられる。

表5 銀ペーストH4804を使用した発熱膜の洗浄による光沢度の変化

焼成温度(℃) 洗浄回数(回)	750	800	850	900
0	93.5	110.3	110.8	112.3
200	96.2	114.0	115.4	115.2
400	87.9	105.4	102.8	99.8
600	69.0	79.1	42.8	56.4
800	39.0	36.8	18.1	17.1

表6 銀ペーストH5698を使用した発熱膜の洗浄による光沢度の変化

焼成温度(℃) 洗浄回数(回)	700	750	800	850
0	70.8	107.9	110.5	109.2
200	70.1	68.9	106.4	112.8
400	13.6	16.7	67.9	101.4
600	5.3	3.4	34.5	70.1
800	2.2	2.1	8.9	32.3

3.3 IH発熱膜の加熱効率

H5698 を使用した発熱膜と H4804 を使用した発熱膜を焼き付けた耐熱試料鍋、市販のIH用ステンレス鍋およびIH調理器用土鍋により、200ml の水をIH調理器で加熱する試験を行い、沸騰するまでの加熱時間と水温を測定した。また、比較試験として市販の直火用土鍋およびステンレス鍋により、200ml の水をガス調理器で加熱し同様の試験を行った。これらの水の加熱挙動を測定した結果を図2に示した。また、IH調理器で加熱する試験では、消費電力の測定の結果を表7に示した。

図2より、H4804 を使用した発熱膜は、H5698 を使用した発熱膜に比べ水が沸騰するのに要する時間が短く、加熱効率が高いことが明らかとなった。これは、表7に示したように、発熱膜単位面積あたりの消費電力がH4804 を使用した発熱膜が H5698 を使用した発熱膜に比べ大きいことに起因すると考えられる。

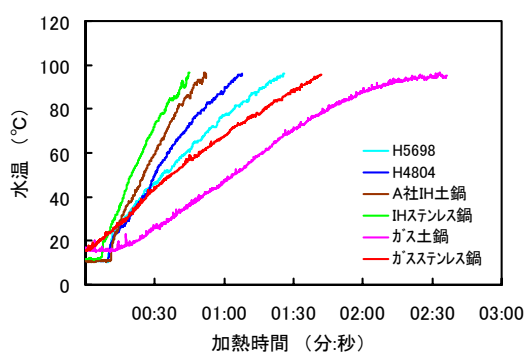


図2 200mlの水を加熱したときの水温変化

また、市販のIH調理器用土鍋に貼付されている発熱膜と H4804 発熱膜の単位面積あたりの消費電力を比較すると、市販のIH調理器用土鍋に貼付されている発熱膜が 0.27 ~ 0.30 (kW) に対し、H4804 発熱膜は、0.28 (kW) であった。このことより、H4804 発熱膜

は、市販のIH調理器用土鍋に貼付されている発熱膜と同程度の加熱効率を有することが明らかとなった。

一方、IH用ステンレス鍋単位面積あたりの消費電力と銀製のIH発熱膜の単位面積あたりの消費電力では、IH用ステンレス鍋が 0.19 (kW) に対し銀製のIH発熱膜 H4804 が 0.28 (kW)、H5698 が 0.25 (kW) であった。このことから、IH用ステンレス鍋の加熱効率より銀製のIH発熱膜の加熱効率のほうが大きいことが明らかとなった。これは、発熱素材であるステンレスと銀の電磁気的な物理的性質の差によるものと考えられる。

さらに、IH調理器とガス調理器の加熱特性をステンレス鍋で比較すると、IH調理器の方がガス調理器よりも水の加熱速度が速いことが明らかとなった。このことより、IH調理器の方がガス調理器よりも加熱効率が優れていると考えられる。

表7 200mlの水を煮沸させたときの加熱時間と消費電力(10~95°C)

	焼成温度 (°C)	時間 (秒)	電流値 (A)	消費電力:P (kW)	発熱膜面積:A (cm ²)	P/A (kW/cm ²)
H5698	750°C	86	8.5	1.8	7.23	0.25
	800°C	91	8.6	1.8		0.25
	850°C	88	8.6	1.8		0.25
H4804	750°C	71	9.7	2.0		0.28
	800°C	68	9.8	2.1		0.28
	850°C	73	9.7	2.0		0.28
市販発熱膜	850°C	68	9.4	2.0	7.07	0.28
ステンレス鍋		44	13.2	2.8	14.29	0.19
市販土鍋		152				
ステンレス鍋		101				
A社IH土鍋		52	14.1	3.0	10.84	0.27
B社IH土鍋		76	12.2	2.6	8.64	0.30

3.4 調理器具の加熱時における温度分布

サーモグラフィーにより水が沸騰している間の調理器具の加熱時における表面温度を測定した結果を図3に示した。ガス調理器によって加熱した既製土鍋の表面温度は、ガス燃焼上昇炎のため土鍋本体に 200°C 以

上に達する部分があり、取っ手の部分では160℃にも達していた。これに対し、IH調理器によって加熱したIH発熱膜を貼付した鍋では、底面付近の除く本体および取っ手部分も50℃以下であることが明らかとなった。このことより、IH調理器によって加熱したIH発熱膜を貼付した鍋は、安全に取り扱いができると考えられる。

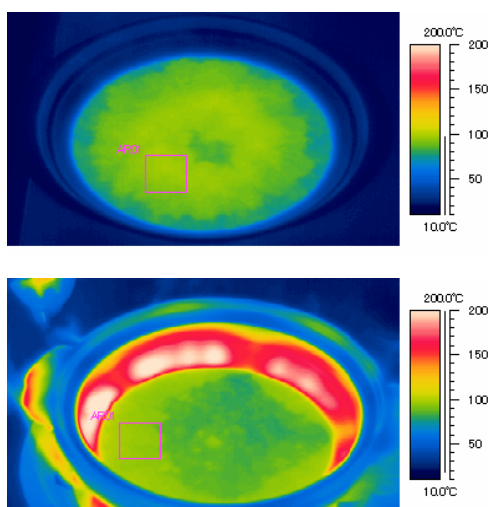


図3 煮沸中のH4804発熱膜貼付土鍋(上)とガス加熱の土鍋(下)

IH発熱膜を貼付した試料鍋裏底の加熱直後における温度分布を図4に示した。この図より、IH発熱膜は同心円状にほぼ均一な温度を示しており、試料鍋底面が均一に加熱されていることが明らかとなった。

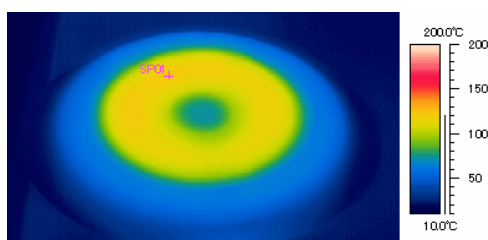


図4 加熱後のH4804発熱膜貼付土鍋裏底の温度分布

4.まとめ

H4804 と H5698 銀ペーストを使用しIH発熱膜を試作し、科学的耐久性および加熱特性を評価した結果、試作したIH発熱膜は、アルカリ(洗浄抵抗性)や水蒸気(水熱反応)との反応に対し比較的優れた抵抗性を有していることを明らかにした。

また、加熱特性を評価した結果、加熱効率、市販されているIH調理器具用土鍋と同等以上の効率を示すことを明らかにした。さらに、発熱特性は、部分的な異常発熱は起こさず、比較的均一な加熱ができることを明らかにした。

参考文献

- 1) 吉田秀治、寺崎信、平成15年度佐賀県窯業技術センター業務報告書、P44-50