

目 次

1 . 廃食器粉碎物を用いたエコ食器の製造技術開発 (第2報)	・ ・ ・ ・ 1
2 . 砥粒 - 金属粒子の複合化 (第2報)	・ ・ ・ ・ 7
3 . アルミニウム鋳造用部材の開発	・ ・ ・ ・ 10
4 . 使い勝手の良い陶磁器製品の開発 (第3報)	・ ・ ・ ・ 13
5 . 陶磁器表面の防滑性に関する研究 - 使い勝手の良い陶磁器製品の開発 -	・ ・ ・ ・ 16
6 . 強化磁器食器の加飾による強度低下防止技術に関する研究	・ ・ ・ ・ 18
7 . 陶磁器筆絵付けロボットの開発 (第6報)	・ ・ ・ ・ 20
8 . 陶磁器製品のブランド化研究 (第1報) - 花器、植木鉢 + の製品 -	・ ・ ・ ・ 23
カラー写真	・ ・ ・ ・ 26

廃食器粉砕物を用いたエコ食器の製造技術開発(第2報)

立石賢司・加藤弘二・水野正敏

Development of the ecology tableware using recycled ceramic material (II)

Kenji TATEISHI, Koji KATO and Masatoshi MIZUNO

廃食器粉砕物を50%配合した素地について、素地の熱膨張と残留する石英量との相関について検討した。その結果、廃食器粉砕物を50%配合した素地では、焼成温度の増加(1125~1250℃)に伴い石英量は減少し、素地の熱膨張は約17~22%低下することが分かった。また、焼成温度1150℃において、吸水率はほぼ0%、曲げ強度129MPaの素地が作製でき、施釉後の曲げ強度が131MPaを示す釉薬の開発に成功した(平均線熱膨張係数 $4.7\sim 5.5\times 10^{-6}/\text{℃}$)。

1. 緒言

近年の地球環境保全に対する意識の高まりに伴い、産業活動を維持・発展させるためには、CO₂排出量の削減等の環境課題解決に向けた取り組みが陶磁器業界としても重要である。当地域では、グリーンライフ21プロジェクト¹⁾が、廃食器粉砕物を20%配合し、従来の陶磁器食器とほぼ同等の品質を有する「再生食器」を製造・販売しており、陶磁器の環境負荷低減に積極的に取り組んでいる。しかしながら、グリーン購入市場等で競合する他素材のエコ製品に対抗するためには、さらに環境負荷低減を実現させた高品質な製品が必要である。環境負荷低減には、廃食器粉砕物の高配合化と低温焼成が有効であるが、その技術的な課題は多い。

本研究では、廃食器粉砕物の配合量50%(現状の2.5倍)以上、焼成温度1150℃(現状より100℃以上の低減)、曲げ強度120MPa(現状の1.5倍)以上のエコ食器の開発を目的としている。平成20年度については、廃食器粉砕物70%、枝下木節粘土15%、ニュージーランドカオリン15%の配合で、焼成温度1150℃、曲げ強度115MPaの素地を作製することに成功した²⁾。本年度は、廃食器粉砕物を70%配合した素地の改良および特性評価を行った。また、廃食器粉砕物の配合量を50%に低減させ、粘土成分および石英を加えることでそれぞれ、ロクロ成形(量産化)のための可塑性付与、釉との熱膨張の適合を試みた。素地と適合し1150℃で使用可能な低熱膨張釉薬についても検討した。

2. 実験方法

廃食器粉砕物を50~70%配合した素地を作製した。原料として、廃食器粉砕物(一般陶磁器、強化磁器)、本山木節粘土、枝下木節粘土、龍岩カオリン、ニュージーランドカオリン、天草陶石、大平長石、インド長石を使用した。表1に素地の鉱物組成を示す。鉱物組成の計算には、表2に示す値を仮定した。

廃食器粉砕物を70%配合した素地については、10kg 磁性ミルにて湿式粉砕して得た平均粒径約7 μm の廃食器粉砕物を使用した。原料粉末1500g、水約500g、分散剤(SN ディスパーサント5040:サンノプロ製)約3g、アルミナ玉石2.5kgをボールミルで2時間混合し、得られた泥漿を鑄込み成形により成形体を作製した。これらを電気炉を用いて、酸化雰囲気にて100℃/hで昇温し所定温度で1時間保持する条件で焼成した。

廃食器粉砕物を50%配合した素地については、300kg ミルにてハイ土を作製し、いずれも平均粒径が4 μm 以下になるまで粉砕した。ハイ土中の粉末に対して水分が重量比約27.5~28.5%、分散剤約0.2~0.3%の泥漿を調整し、鑄込み成形により成形体を作製した。これらを電気炉により、酸化雰囲気にて100℃/hで昇温し所定温度で1時間保持する条件で焼成した。

得られた焼成体の吸水率、かさ密度は真空脱泡装置を用い、アルキメデス法にて測定した。曲げ強度は試料幅6mm、厚み5mmの試料を用いて3点曲げ試験により測定した。熱膨張については、長さ約50mmの試料を用いて測定した。X線回折

表 1 素地の鉱物組成および 1200 焼成体の熱膨張係数

		カオリン (mass%)	セリサイト (mass%)	長石 (mass%)	石英 (mass%)	ガラス (mass%)	ムライト (mass%)	アルミナ (mass%)	長石+ ガラス (mass%)	膨張係数 40-900 ($10^{-6}/$)
70%配合	調合 1	26.7	0.0	1.5	10.2	52.5	9.1	0.0	54.0	4.6
	調合 2	25.8	0.0	2.8	9.8	52.5	9.1	0.0	55.3	4.7
	調合 3	26.0	0.0	2.7	9.7	52.5	9.1	0.0	55.2	4.7
50%配合	調合 4	22.1	4.3	13.7	16.3	37.5	6.5	0.0	51.2	5.5
	調合 5	23.5	2.5	14.0	16.3	37.5	6.5	0.0	51.5	5.3
	調合 6	29.8	1.8	16.4	6.5	28.7	4.9	12.0	45.1	5.5

表 2 使用した原料の鉱物組成 (仮定)

	ガラス (mass%)	石英 (mass%)	ムライト (mass%)	アルミナ (mass%)
一般磁器	75	13	12	-
強化磁器	53	9	8	30

	カオリン (mass%)	セリサイト (mass%)	長石 (mass%)	石英 (mass%)
本山木節粘土	89	-	5	6
枝下木節粘土	80	-	18	2
龍岩カオリン	75	18	1	6
NZカオリン	93	-	-	7
天草陶石	12	25	-	65
大平長石	-	-	85	15
インド長石	-	-	100	-

については、焼成体を粉砕して測定した。

成形性の評価については、種々の水分量で真空練土したのち、製陶メーカーにて機械ロクロにより評価した。

表 3 釉薬の調合表 (単位:g)

	インド 長石	鼠石灰	亜鉛華	本山 木節	珪藻土
釉薬 1	11.5	4.1	3.4	2.6	28.5
釉薬 2	12.3	4.4	3.6	2.8	26.9
釉薬 3	12.3	4.4	3.6	2.8	24.0
釉薬 4	12.3	4.4	3.6	2.8	21.0
釉薬 5	12.3	4.4	3.6	2.8	18.0

素地に適合する低熱膨張釉薬については、原料としてインド長石、鼠石灰、亜鉛華、本山木節粘土、珪藻土を用い、表 3 の配合で調整した。

3. 結果及び考察

3-1 素地の低温焼結・特性向上

廃食器粉砕物を 70%配合した素地 (調合 1~3) を目標温度である 1150 で焼成したところ、吸水率はそれぞれ、5.2、5.0、3.7%であった。焼成温度 1200 では、吸水率はいずれも 0.1%以下となり磁器化した。熱膨張の測定は磁器化した 1200 焼成体を用いた。熱膨張係数を表 1 に示す。廃食器粉砕物を 70%配合した素地の熱膨張係数は、 $4.6 \sim 4.7 \times 10^{-6}/$ と小さく、釉薬との適合が難しいことが分かった。

そこで、素地の熱膨張を大きくすることを目的に、廃食器粉砕物の配合量を 50%とし、熱膨張の大きい石英成分を多く含む天草陶石 (調合 4 および 5) またはアルミナ (調合 6) を加えることで熱膨張の増加を試みた。その結果、1200 焼成体平均線熱膨張係数は、それぞれ 5.5 、 5.3 、 $5.5 \times 10^{-6}/$ と 70%配合の素地に比べて増加した。

更に、廃食器粉砕物を 50%配合した素地の特性を調べるために、1125~1250 での焼成体について、熱膨張測定、X 線回折の測定を行った。図 1 に調合 4 の平均線熱膨張係数の焼成温度依存性を示す。調合 4 の平均線熱膨張係数は、1125 で $6.1 \times 10^{-6}/$ であるのに対し 1250 では $5.0 \times 10^{-6}/$ となり、温度差 125 で約 17%低下することが分かった。図 2 に調合 4 の X 線回折図形の温度依存性を示す。X 線回折図形から焼成温度の上昇に伴い、素地中に残留する石英量が減少し、生成する

ムライト量が増加することが分かる。石英の(100)反射のピーク強度(図1左軸)は、焼成温度の上昇に伴い減少しており、これは平均熱膨張係数の減少と整合している。従って、調合4の焼成温度の増加に伴う平均線熱膨張係数の低下は、素地中の残留石英量の影響であると考えられる。

図3に調合5の平均線熱膨張係数、石英およびムライトのX線回折強度の温度依存性、図4にX線回折図形の温度依存性を示す。調合5は、調合4と同様の特性を示し、温度差125で平均線熱膨張係数が約22%低下することが分かった。

図5に調合6の平均線熱膨張係数、石英、アルミナ、ムライトのX線回折強度の温度依存性、図6にX線回折図形の温度依存性を示す。調合6については、出発原料中の石英量は6.5%と調合4および調合5の16.3%に比べて少ない。そのため、残留石英による影響を受けにくく、平均熱膨張係数は温度差125で約5.4%の低下に抑制されることが分かった。また、熱膨張の大きいアルミナを添加し、アルミナ量は焼成温度による影響を受けないため、出発原料中の石英量が70%配合(9.7~10.2%)より少ないにも関わらず、平均線熱膨張係数は70%配合の素地に比べて13%以上大きいことが分かった。

廃食器粉砕物を50%配合した調合4~調合6の吸水率は1150焼成でいずれもほぼ0%、曲げ強度(表4)はそれぞれ131、129、139MPaであり、目標とする1150で磁器化していることが分かった。

成形性については、製陶メーカーの機械ロクロ成形機(成形→1次乾燥→仕上げ→2次乾燥までの全自動成形機、および試験機の2機種を使用)により行った。調合4については可塑性不足でロクロ成形に不向きであるとの評価を得た。調合5(水分22.9~24.2%、硬度12.5~10.5)および調合6(水分23.0~25.5%、硬度13.0~10.0)については、水分量を調整した練土について内コテ、外コテを用いて成形性の評価を行った結果、水分量24%程度、硬度11~12程度であれば、条件等の検討により成形可能(従来品と同等の歩留まり)との評価を得た。

3-2 低熱膨張釉薬の開発

珪藻土(SiO₂が主成分)を用いた釉薬の開発を行い、平均線熱膨張係数が4.7~5.5×10⁻⁶/

(40-600)の釉薬を得た(図7)。また、釉薬中のSiO₂量(ゼーゲル式の値)と熱膨張との関係

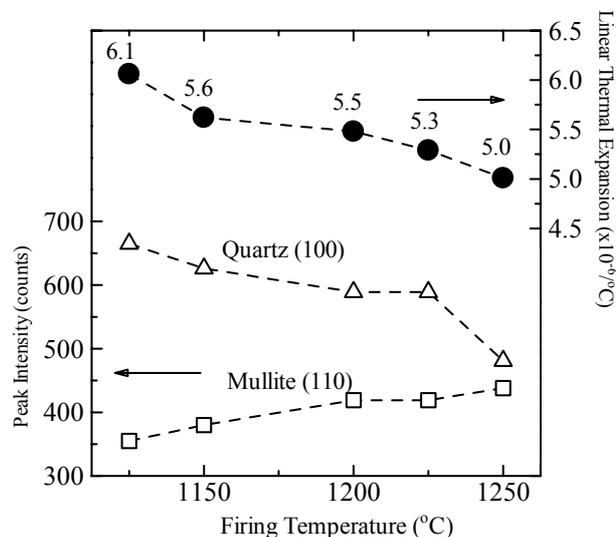


図1 焼成温度が素地(調合4)の熱膨張係数、残留石英量、生成ムライト量に与える影響

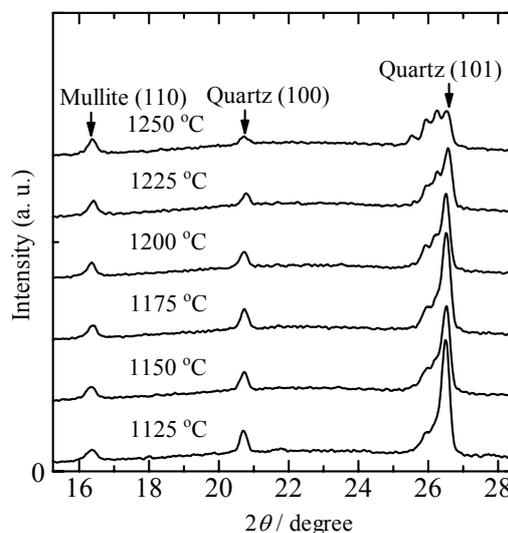


図2 調合4のX線回折図形の温度依存性

について検討した。図8に珪藻土、SiO₂量が4.78(1150焼成、釉薬1)および4.15の釉(1150焼成、釉薬3)のX線回折図形を示す。SiO₂量が4.78の釉1には、クリストバライトのピークが観測された。一方、SiO₂量が4.15の釉3ではクリストバライトのピークは観測されなかった。

残留したクリストバライトは198~240での

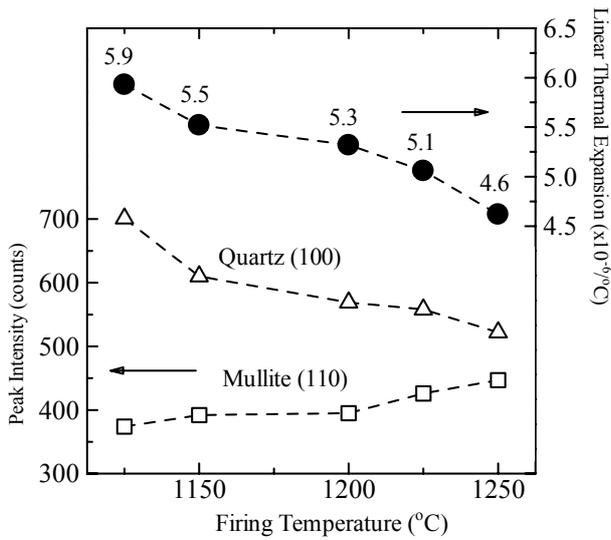


図3 焼成温度が素地(調合5)の熱膨張係数、残留石英量、生成ムライト量に与える影響

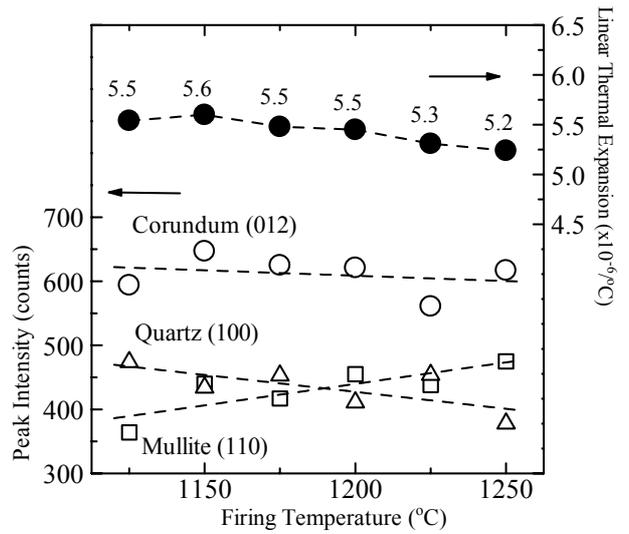


図5 焼成温度が素地(調合6)の熱膨張係数、残留石英量、生成ムライト量に与える影響

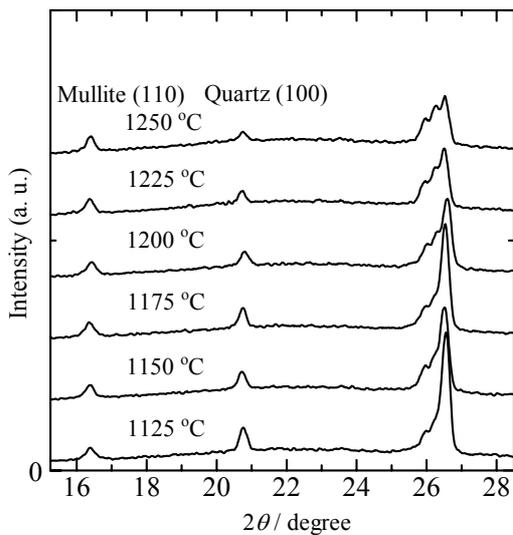


図4 調合5のX線回折図形の温度依存性

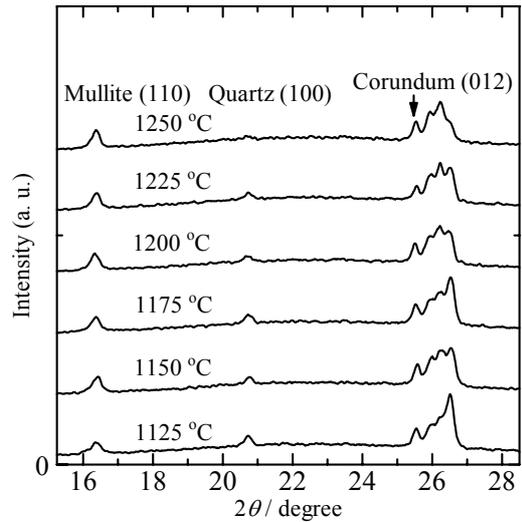


図6 調合6のX線回折図形の温度依存性

α - β 転移により釉の熱膨張を増加させる。図7に SiO_2 量と熱膨張の相関を示す。 SiO_2 量が4.15から4.78に増加するに従って熱膨張は増加している。同時に、X線回折におけるクリストバライトのピーク強度も増加しており、熱膨張の増加が残留しているクリストバライトの影響を受けていることがわかる。一方、 SiO_2 量が3.52(釉薬5)から4.15の間では熱膨張が減少しており、これはガラス中のシリカ成分の増加による熱膨張の減少であると

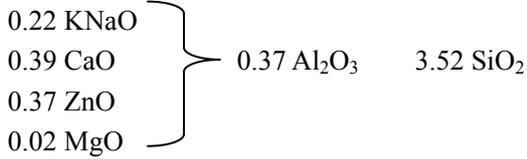
表4 曲げ強度 (単位: MPa)

	調合4	調合5	調合6
無釉	131	129	139
施釉	122	131	95

考えられた。

釉薬 5 を用いて、素地 (調合 4 ~ 6) と釉との適合化試験をおこなった。

ゼーゲル式 (釉薬 5)



1150 で焼成した試験体の曲げ強度を表 4 に示す。調合 4 および調合 6 の素地では、施釉によって曲げ強度が低下した。調合 5 については、施釉後も曲げ強度を維持しており、目標である 120MPa 以上の施釉強度を達成できた。

調合 5 および釉薬 5 を用いて、焼成温度 1150 、酸化雰囲気にて製品試作を行った。(図 9、1150 、酸化焼成)。本研究で開発した釉薬は黄色を呈している。そこで、製品展開が多い白色の試作も行った。素地は広い温度域で使用可能である調合 6 を用い、鑄込み成形による製品試作を行った。釉薬については市販品を用い、1320 の還元で焼成した (図 10)。

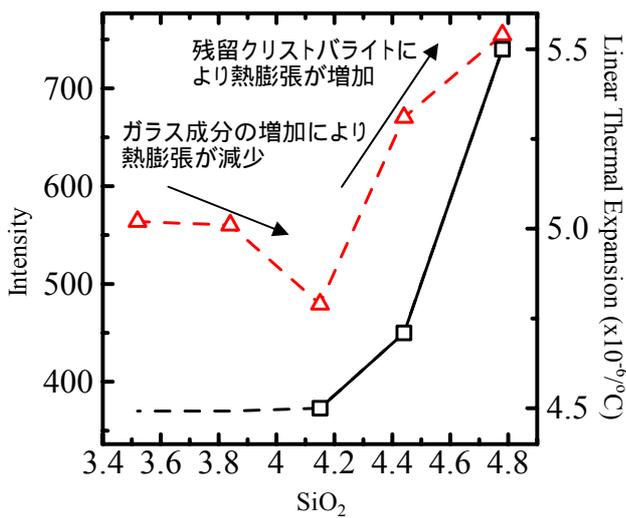


図 7 熱膨張係数 (右) とクリストバライトの (111) X 線回折強度 (左)

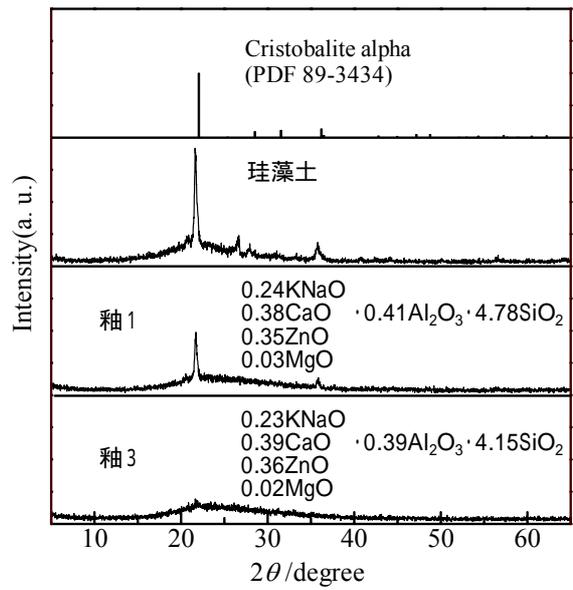


図 8 珪藻土および釉の X 線回折図形



図 9 試作品 (1150 、酸化)



図 10 試作品 (1320 、還元)

4.まとめ

廃食器粉砕物 50%以上の配合を検討し、50%の調合において、焼成温度 1150、吸水率 0%、曲げ強度 129MPa の素地を作製することができた。また、素地に適合する低熱膨張釉薬を作製し、施釉での曲げ強度 131MPa を達成した。

謝辞：本研究を進めるにあたって、神明リフラックス(株)、小田陶器(株)、ヤマカ陶料(株)、山津製陶(株)を初めとする多くの陶磁器産業界より様々なご意見を頂きました。ここに深く感謝申し上げます。

また、本研究は財団法人岐阜県研究開発財団が文部科学省との間に締結した都市エリア産学官連携促進事業に関わる委託契約に基づく研究開発業務の一部として行ったものである。

【参考文献】

- 1) <http://www.gl21.org/>
- 2) 加藤弘二ら，岐阜県セラミックス研究所研究報告，p5(2009)
- 3) 水野正敏ら，岐阜県セラミックス研究所研究報告，p39(2007)

砥粒 - 金属粒子の複合化 (第2報)

倉知一正・横山久範・安達直己・茨木靖浩

Preparing of Composing Particle with Abrasive and Metal Powder()

Kazumasa KURACHI, Hisanori YOKOYAMA, Naoki ADACHI and Yasuhiro IBARAKI

CFRP 用加工用砥石の製造方法として研究を進めている遠心鑄造法に適した金属 ナノダイヤ複合砥粒の検討を行った。その結果、金属 - ナノダイヤ複合粒子に再度金属粒子を複合させる2回複合の方法を考案し、表面の金属層が遠心鑄造時に熔融層となる複合粒子を得ることができた。

1. 緒言

近年の原油高騰の影響により、CFRP は航空機産業を中心とした輸送機産業で注目されている素材であるが、複合材料であるため穴開けなどの加工が非常に難しい材料である。従来の CFRP 穴開け加工はダイヤモンドコーティングエンドミルやダイヤモンド焼結体ドリルにより行われているが^{1),2)}、耐久性が低く、加工により発生するバリや層間剥離等を取り除く2次加工も必要となり、より安価で加工安定性に優れた工具や加工技術が求められている。そこで、2008 年度より「東海広域ナノテクものづくりクラスター」において名古屋工業大学、岐阜県機械材料研究所と共同で CFRP の加工用砥石と加工技術の開発に着手した。本年度も昨年に引き続き、名古屋工業大学が開発した遠心鑄造法による砥石の作製に適した金属-ナノダイヤ複合粒子の作製を行った。

2. 実験方法

金属粒子とナノサイズのダイヤモンド砥粒を粒子複合化装置(ノビルタNOB-130:ホソカワミクロン製)により複合化を行った。図1、2に示すように金属粒子(アルミニウム)とナノダイヤを複合化すると表面をダイヤモンドが覆ったような状態となる。この状態の粒子で遠心鑄造を行うと母剤である金属が熔融しにくく、鑄造物の複合粒子部分が非常に脆いことがわかった。そこで、この複合粒子に更に金属粒子を複合させ、表面に金属の熔融層を作製する2回複合の方法を考案した。表1に金属と砥粒(ダイヤモンド)の複合化条件を示す。複合化時間は前報³⁾を参考に3分と



図1 複合粒子のSEM像

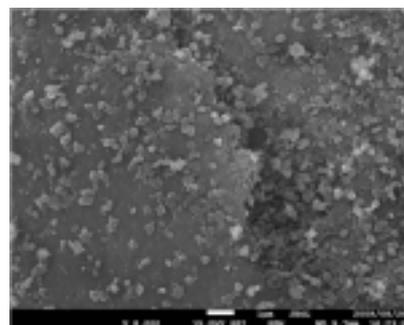


図2 複合粒子の表面

表1 2回複合化実験

	1回目複合時 使用金属粒子	2回目複合時 使用金属粒子	回転数 rpm
A150-20	Al 150 μ mpass	Al 20 μ mpass	2000
A300-20	Al 300 μ mpass	Al 20 μ mpass	2000
A20-20	Al 20 μ mpass	Al 20 μ mpass	2000
A150-150	Al 150 μ mpass	Al 150 μ mpass	2000
Cu75-5	Cu 75-150 μ m	Cu 5 μ m	1300

した。実験に使用した金属粒子は(株)高純度化学研究所製、砥粒ダイヤモンドはトーメイダイヤ(株)製である。1回目複合は、金属粒子を95mass%とナノダイヤを0-1/4 5mass%をノビルタで3分間複合化処理を行った。その複合砥粒を80mass%と2回目複合時使用金属粒子20mass%を同様に3分間複合化処理を行い、2回複合粒子を作製した。複合化した複合砥粒はSEMにより観察した。また、複合砥粒をエポキシ樹脂に埋め込んだ後、断面試料作製装置 (SM-09010 : 日本電子製) によりアルゴンガス中で6時間エッチングして粒子の断面を作製しその断面をEDX (JED-2300 : 日本電子製) により分析した。

3 . 結果及び考察

図3、4にA150-20、図5にA300-20の2回複合粒子のSEM像を示す。表面に小さなアルミ粒子が複合化しているのがわかる。A150-20 2回複合粒子の断面を図6に示す。左図はSEM像、中と右図はEDX分析像で、右図の背景はエポキシ樹脂からの炭素となる。SEM像、EDX像とも粒子縁から数ミクロン内側に帯状の層が確認できる。この層が1回目の処理によりアルミ表面に複合化したダイヤモンドである。その外側に2回目の処理で複合化したアルミ粒子による層が形成されていることがわかる。この複合化の方法により、ナノサイズダイヤを均一に分散させ、粒子表面は金属層となる複合粒子の作製が可能であることが確認できた。この表面の金属層が遠心鑄造時に溶融層となることが期待できる。図7と8にA20-20の、図9と10にA150-150の1回複合と2回複合粒子のSEM像を示す。どの粒子表面にもダイヤモンド粒子があり、金属層に覆われていないが、ダイヤモンド

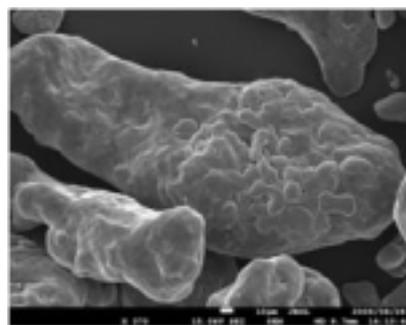


図3 A150-20 2回複合粒子のSEM像

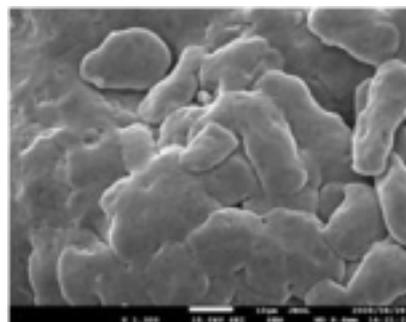


図4 A150-20 2回複合粒子の表面

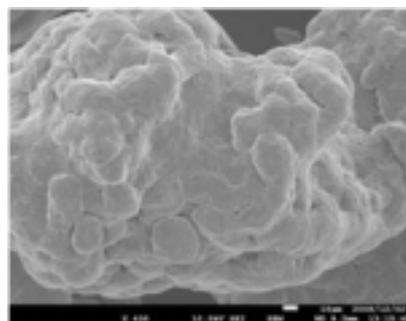


図5 A300-20 2回複合粒子

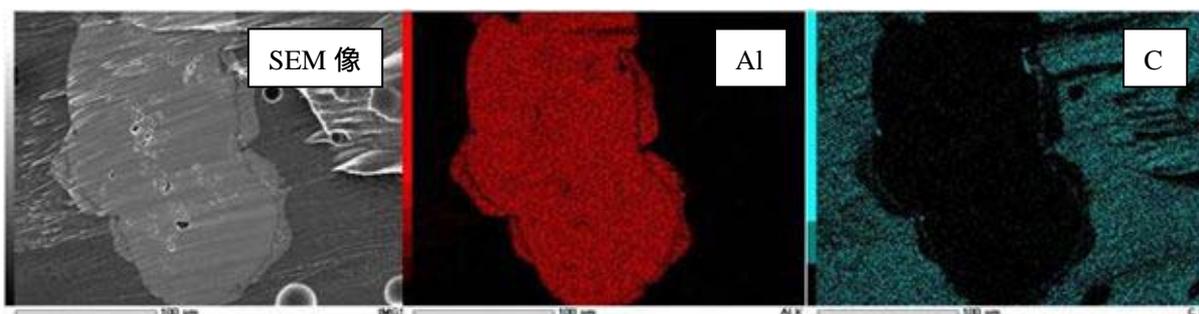


図6 2回複合粒子の断面

量は2回目の方が少なくなっている。また、表面にダイヤモンドが複合していない粒子も確認できない。このことから、2回目複合時の粒子が、1回目に複合したダイヤモンドが複合化において追加したアルミに移るのではないかと考える。複合粒子同士の複合も確認することができるが、同サイズ同士の粒子複合は確認できないことから、ノビルタでの粒子複合にはある程度の粒子径の差が必要であると思われる。

一方、銅で行った2回複合(Cu75-5)の実験で、ノビルタでの回転数がアルミと比べ低くなっているのは、銅の粒子形状が球状で、装置内への充填率が高く、ノビルタの回転数を上げていったときに負荷がかかりすぎたため、負荷を装置設定負荷の最適値といわれている3kwに設定したためである。Cu75-5の2回複合粒子のSEM像を図11に示す。銅とダイヤモンドの複合は確認できるが、銅粒子同士の複合が全く起こっていない。この原因として銅の粒子形状や硬さ、融点関係していることが考えられる。

4.まとめ

遠心鑄造法による砥石の作製のため、遠心鑄造に適した金属-砥粒複合粒子の開発を行った。その結果、母材のアルミにナノダイヤモンド砥粒を複合化後、再度アルミを複合化させる2回複合粒子を得ることができた。しかし、母材を銅とした場合、2回複合は困難であった。

謝辞：本研究は財団法人科学技術交流財団が文部科学省との間に契約した知的クラスター事業に関わる委託契約に基づく研究開発の一部として行ったものである。

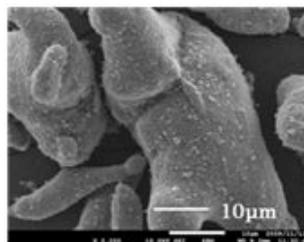


図7 A20の1回複合粒子



図8 A20の2回複合粒子

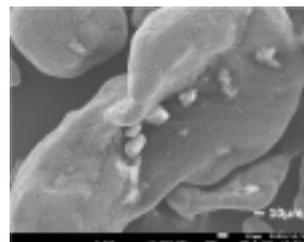


図9 A150の1回複合粒子

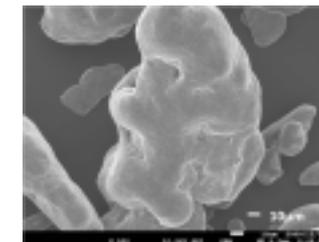


図10 A150の2回複合粒子

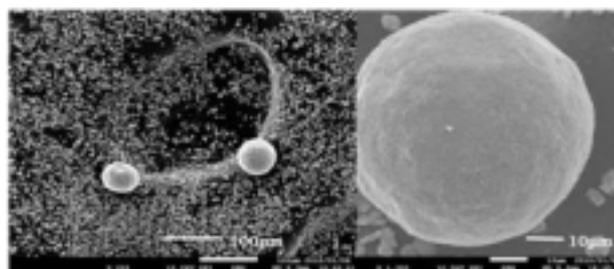


図11 Cu75-5の2回複合粒子

【参考文献】

- 1) 滝川義寛ら，機械と工具，p10-19(2009.3)
- 2) 長山和樹ら，機械と工具，p18-22.p50-53(2009.5)
- 3) 横山久範ら 岐阜県セラミックス研究所研究報告，p8-11(2009)

アルミニウム鋳造用部材の開発

茨木靖浩・横山久範・安達直己

Development of Aluminum Die-casting Component

Yasuhiro IBARAKI, Hisanori YOKOYAMA and Naoki ADACHI

アルミニウム鋳造時において、アルミニウム溶液を金型まで運搬するための部材には低熱膨張特性とアルミニウム溶液に腐食されないという特性が求められる。そこで本研究では、これらの特性の向上が期待できる Y_2O_3 を添加した Al_2TiO_5 からなるアルミニウム鋳造用ラドルを作製した。また、 Al_2TiO_5 製鋳造部材の量産化を視野に入れ、急速焼成が可能とされるマイクロ波焼成について検討した。等温発熱壁を用いた構造を利用することにより、短時間で焼成できることが示された。

1. 緒言

ダイカストを代表とする鋳造現場においてはアルミニウム溶液を掬い、金型まで運搬して流し込むという工程が連続で行われている。したがってアルミニウム溶液と接する部材には、急熱急冷という過酷な状態に耐える熱衝撃性に優れ、さらにアルミニウム溶液に濡れない（腐食されない）材質が必要とされる。従来は、鋳造用部材として鋳鉄やサイアロンなどが利用されていたが、コストやメンテナンス頻度の点で課題を有しており、これらに替わる安価な材質が求められていた。

Al_2TiO_5 (AT) は負の熱膨張特性に起因した耐熱衝撃性を有することから、アルミニウム鋳造部材としての応用が期待されているが強度や耐腐食性の向上が課題となっている¹⁾。当所は昨年度、ATに Y_2O_3 を添加することにより、これらの特性を向上させることに成功した²⁾。今年度は、実用サイズのアルミニウム鋳造用ラドル（溶融アルミニウムを運搬するための部材）の試作を検討した。また、AT 製鋳造部材の量産化を考慮にいれ、低環境負荷を目指した製造プロセスの実現のためにATのマイクロ波焼成技術について検討した。

2. 実験方法

2-1 ラドルの試作

ラドルの形状は直径約 170 mm、高さ約 170 mm にアルミニウム溶液を流すための湯口がついた形状であり、この成形には圧力鋳込みを用いた。AT 原料には丸ス釉薬製の高純度品 (WTA) を用いた。

AT 粉末に Y_2O_3 を 2.5mol% 添加し、適量の水と分散剤によってスラリーを調製した。 Y_2O_3 の添加量は低熱膨張と強度がバランスする添加量として 2.5mol% を選定した。スラリーにバインダーを添加し、1.5 気圧でスラリーを石膏型に注入した。1 ~ 3 時間経過後、脱型し、自然乾燥させた。ラドルの焼成は電気炉で行い、75 /h の昇温速度で 1500 、1 時間保持し炉冷した。

2-2 マイクロ波焼成

2-2-1 マイクロ波吸収特性の評価

マイクロ波吸収特性に関する試験片は 50 mm × 50 mm × 6 mm であり、固形鋳込みで作製した。成形体および 1500 で焼成した試料をマイクロ波焼成炉内に配置し、6 kW の出力を照射した際の試験片の温度変化を測定した。温度は放射温度計を用いて測定した。また、マイクロ波焼成した試験片の熱膨張特性 (Rigaku, ThermoPlus TMA8310) を測定した。

2-2-2 等温発熱壁を用いた焼成

Y_2O_3 を 2.5 mol% 添加した AT 焼成体の板を等温発熱壁として用いて図 1 のような箱を構成した。箱の中に AT 成形体を配置し、マイクロ波焼成を行った。1500 に到達するまではマイクロ波出力 6 kW とし、その後は出力を制御しながら 30 min 保持した。

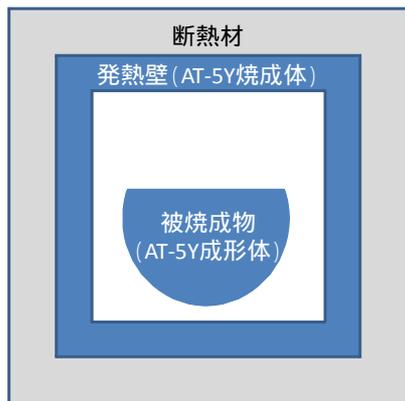


図1 マイクロ波焼成の構造図

3. 結果及び考察

3-1 ラドルの試作

着肉時間を变化させた際における脱型時の成形体の様子を観察した結果、1時間の着肉の場合は、成形体が水分を多く含んでおり変形する状態であった。2時間の着肉においては、クラックや変形を伴わないハンドリングも良好な成形体を得られた。しかしながら、3時間の着肉を行うと割れが発生した。これは、乾燥収縮に起因して、成形体に引っ張り応力が発生したことに関係していると考えられる。

図2は2時間の着肉を行った成形体を電気炉で焼成したラドルの写真である。クラックや変形の発生しない焼成体を得ることができた。



図2 焼成したAT製ラドル

3-2-1 マイクロ波吸収特性

図3に Y_2O_3 を0と5mol%添加した場合の成形体におけるマイクロ波吸収特性を示す。放射温度計の性能上、室温から200までの温度は200と表示される。いずれの試料においてもほぼ同様の吸収特性を示した。約1000を超えると、急激な

発熱を示した。ATは約1000以上で Al_2O_3 と TiO_2 に分解し、1350付近以上で再度ATに合成される。1000以上での急激な発熱は誘電率が比較的大きい TiO_2 がマイクロ波を吸収したことに関係していると考えられる。また、マイクロ波焼成でATの焼結温度である1500まで到達することがわかった。

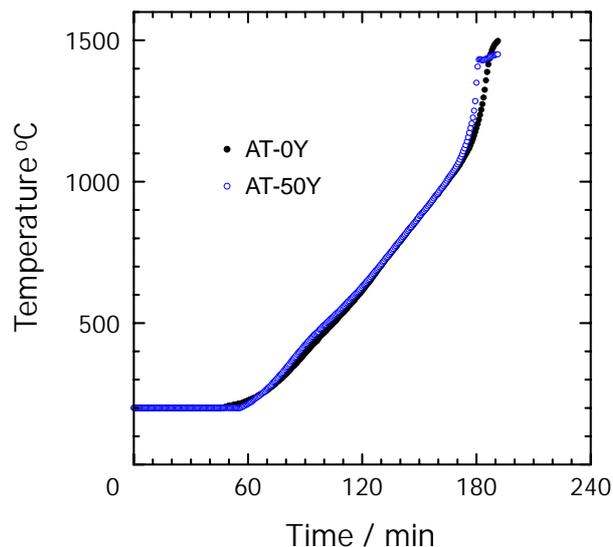


図3 AT成形体のマイクロ波吸収特性

図4は、 Y_2O_3 を0~5mol%添加した場合の焼成体におけるマイクロ波吸収特性である。焼成体も成形体と同様に比較的短時間で1500まで到達した。無添加(AT-0Y)の場合、700まで急激に増加し、その後は他の試験片と同様の振る舞いを

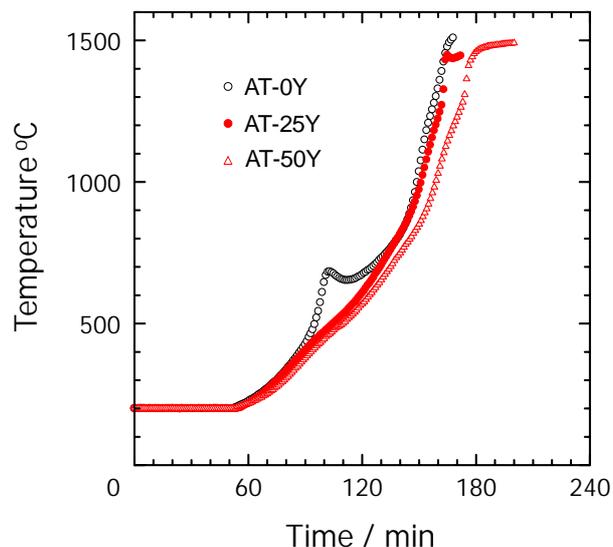


図4 AT焼成体のマイクロ波吸収特性

示した。成形体と焼成体を比較した場合、焼成体の方が発熱速度は高いことが分かった。等温発熱壁を用いたマイクロ波焼成を考慮した場合、AT 焼成体を等温発熱壁に用い、マイクロ波出力によって発熱壁の温度を制御することによって AT 成形体を自在に焼成できることを示唆している。

図 5 は電気炉およびマイクロ波焼成した試験片の熱膨張特性である。いずれの試料においても低熱膨張特性を示し、AT 独特のヒステリシスを示した。また、マイクロ波で焼成した場合の方が低い熱膨張を示した。これはマイクロ波焼成中における温度測定で放射温度計の放射率を 1.0 としており、実際の温度は放射温度計の示す数値よりも大きく、焼成体を構成する粒が電気炉の場合よりも大きいことに関係していると思われる。この試験により、マイクロ波焼成した試料においても電気炉と同等の性能を示す焼成体が得られることがわかった。

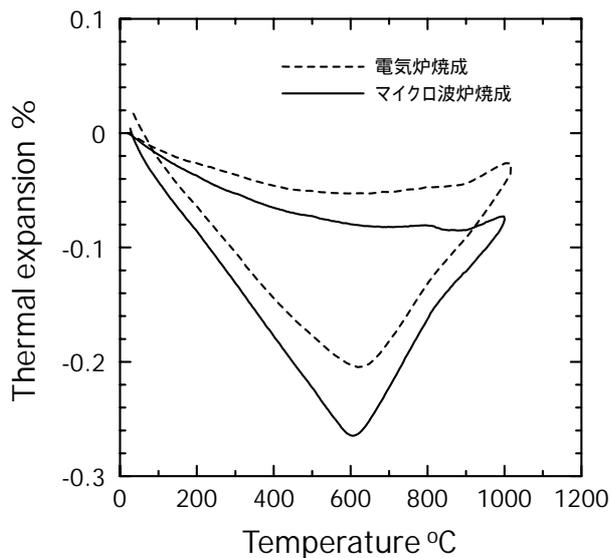


図 5 熱膨張曲線

3 - 2 - 2 等温発熱壁を用いた焼成

図 6 は、AT ルツボ焼成時における温度プロフィールである。テストピースにおける実験(図 4)と比較して、マイクロ波エネルギーが等温発熱壁

や断熱材に吸収されるため試験体ルツボの発熱速度は小さくなった。焼成後のルツボを観察したところクラックが発生せず良好な焼成体を得ることができた。

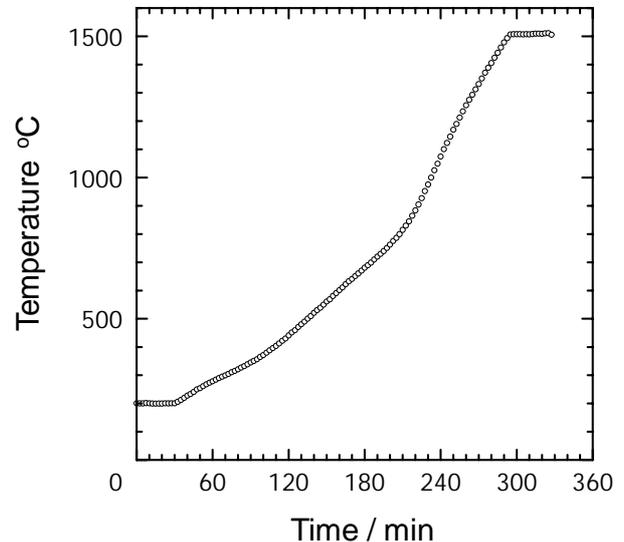


図 6 ルツボ焼成時の温度プロフィール

4.まとめ

Y_2O_3 を添加した Al_2TiO_5 からなるアルミニウム鑄造用ラドルを作製した。また、 Al_2TiO_5 のマイクロ波焼成について検討した。等温発熱壁を用いた構造を利用することにより、急速焼成が可能であることが分かった。

【謝辞】本研究は財団法人科学技術交流財団が文部科学省との間に契約した知的クラスター事業に関わる委託契約に基づく研究開発の一部として行ったものである。

【参考文献】

- 1) 大矢豊, 浜野健也, 中川善兵衛, 窯業協会誌, p94, p665-670(1986)
- 2) 茨木靖浩ら, 岐阜県セラミックス研究所研究報告, p12-14(2009)

使い勝手の良い陶磁器製品の開発（第3報）

伊藤正剛・小稲彩人・林亜希美・岩田靖三

Development of the Friendly Pottery ()

Sadataka ITO, Ayato KOINE, Akemi HAYASHI and Seizo IWATA

高齢化社会を迎える中、高齢者の感覚や身体特性を考慮した使い勝手の良い陶磁器製品の開発を目指し、本年度は、これまでの実験結果をもとに精度ある割れ誘導線を成形体に施すこと、そして、破損時の破片数を減らすことについて検討した。その結果、飯碗原型は CAD ソフトによりモデリングし、NC 切削機を用いて作製することによって制御された割れ誘導線を施すことができた。また、縦方向の割れ誘導線の本数を 16 本から 12 本とすることにより、破片数が大幅に減少した。

1. 緒言

2010 年 1 月に発表された総務省統計調査結果では 65 歳以上の高齢者人口は 2889 万人、総人口に占める割合は 22.7% と 5 人に 1 人は高齢者という状況となっている。これを前年と比べても、人口、割合とも過去最高を更新し続けている。

このような状況においても、一般の家庭で使用されている食器は、デザインの変遷はあるが、基本的には数十年間変化がない。そのため、高齢者の感覚や身体特性を考慮した高齢者に使い勝手の良い陶磁器製品が求められている。

特に、断熱性や軽量化の要望が多く、他にも、運びやすさ、持ちやすさ、滑りにくさ、そして、デザインに関するものまで、素材のみならず人間工学的な視点も求められている。

昨年度は、割れても後片付けしやすい食器の開発を目的に飯碗の試作品について落下試験を行った結果、ある程度割れを制御できる割れ誘導線を見出した¹⁾。

そこで、本年度は、精度ある割れ誘導線を施した成形体を作製し、破損時の破片数を減らすための検討を行った。

2. 実験方法

2 - 1 原型製作

割れ誘導線を施した飯碗の原型は、瑞浪市窯業技術研究所の協力により作製した。CAD ソフト (Rhino 4.0) によりモデリングし、NC 切削機

(Roland 社製 MDX-650A) を用いてケミカルウッド (三洋化成工業製 サンモジュール) を切削して作製した。

2 - 2 試作品作製

圧力鑄込みで成形した飯碗の成形体を素焼きした後石灰釉を施釉し、昇温速度 100 /h にて、1250 で 30 分間保持の酸化焼成を行った。ただし、割れ誘導線は無釉とした。

2 - 3 落下試験

飯碗を高さ 70cm の位置から、コンクリートの上に厚さ 3mm のベニヤ板を敷いた床に落下させて試験をした。この時、飯碗の縁が打点となるように、45° の傾斜をつけ落下させた。そして、割れた破片数と飛散状況を計測し、破片の大きさが 2mm から 1cm 未満までのものを小破片、1cm 以上のものを大破片としてカウントした。

2 - 4 衝撃試験

インパクト試験機は、リサーチアシスト有限会社製の RA-112 型を使用した。

3. 結果及び考察

3 - 1 原型製作

CAD ソフトを使って縦方向の割れ誘導線の本数が 16 本ある飯碗原型をモデリングした結果を図 1 に示す。これは、昨年度落下試験を行い、ある程度割れを制御できる割れ誘導線を見出したモデルである。これまでの彫刻刀で彫って試作していた割れ誘導線幅は 5mm 程度であったが、デザ

イン性を考慮して誘導線幅は 3mm でモデリングした。

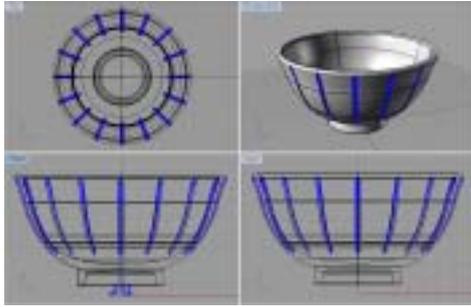


図 1 割れ誘導線 16 本モデルの CAD 表示画面



図 2 割れ誘導線 16 本モデルの原型

NC 切削機で切削した原型を図 2 に示す。同様に、割れ誘導線 12 本モデルについても原型を作製した。

3 - 2 試作品の落下試験

割れ誘導線 16 本モデルについて、落下試験を 5 回づつ行った結果を表 1 に、割れ誘導線 12 本モデルについて落下試験を同様に行った結果を表 2 に示す。また、それぞれの代表的な割れ方の写真を図 3 に示す。

表 1 割れ誘導線 16 本モデルの落下試験

Run No.		飛散距離			破片数
		~0.5m	0.5~1m	1m~	
1	大破片	15	1	0	16
	小破片	8	1	1	10
2	大破片	10	3	0	13
	小破片	4	1	0	5
3	大破片	12	4	1	17
	小破片	3	2	0	5
4	大破片	12	2	1	15
	小破片	2	1	0	3
5	大破片	9	7	0	16
	小破片	2	2	0	4

表 2 割れ誘導線 12 本モデルの落下試験

Run No.		飛散距離			破片数
		~0.5m	0.5~1m	1m~	
1	大破片	9	1	0	10
	小破片	3	1	0	4
2	大破片	8	1	0	9
	小破片	5	0	0	5
3	大破片	7	1	0	8
	小破片	6	0	0	6
4	大破片	5	3	0	8
	小破片	5	1	0	6
5	大破片	8	4	0	12
	小破片	6	0	1	7

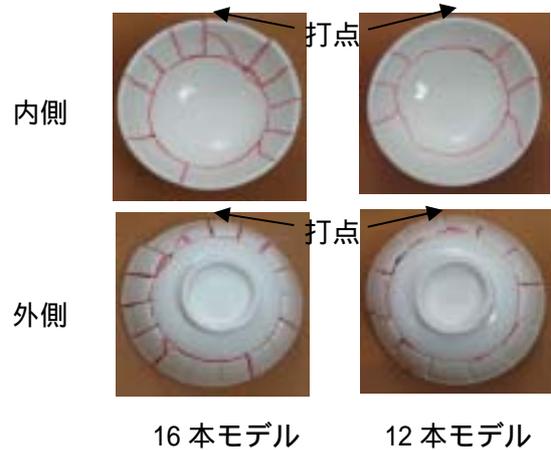


図 3 落下試験後の割れ状況

割れ誘導線 16 本モデルは、ある程度誘導線に沿って割れており、破片数も昨年度の手彫りによって割れ誘導線を施した試作品とほぼ同じ値となった。しかし、傾向として落下打点付近は、誘導線とは異なる割れ方をした。一方、割れ誘導線 12 本モデルは、小破片数は割れ誘導線 16 本モデルとほぼ変わらなかったが、大破片数は大幅に減少した。しかしながら、割れ状況を観察すると、割れは誘導線から少し外れているものが多かった。このことから、縦方向の割れ誘導線の本数を減らすことによって、破片数を減らすことができたが、その間隔が広がることによって割れ制御が難しくなることがわかった。

割れ誘導線 12 本モデルについて、落下打点をこれまでの飯碗の縁から高台部分になるように傾斜をつけず落下試験を行った。その結果、数回落下

させても割れなかった。

3 - 3 試作品の衝撃試験

割れ誘導線 16 本モデルと割れ誘導線 12 本モデルについて衝撃試験を 5 回ずつ行った。この時、試験体の打点が割れ誘導線上になるように設置した。また、比較のために、割れ誘導線を施していないモデルについても衝撃試験を 5 回ずつ行った。その結果、割れ誘導線の無いモデルは、平均衝撃エネルギーが 0.21J であったのに対し、割れ誘導線 16 本モデルは 0.08J、割れ誘導線 12 本モデルは 0.07J であった。割れ誘導線を施すことによって衝撃強度は約 1/3 となったが、その強度は陶器製飯碗とほぼ同等であることがわかった。衝撃試験による代表的な割れ方の写真を図 4 に示す。割れ誘導線を施したモデルは、どれも誘導線に沿ってきれいに割れており、小破片は発生しなかった。

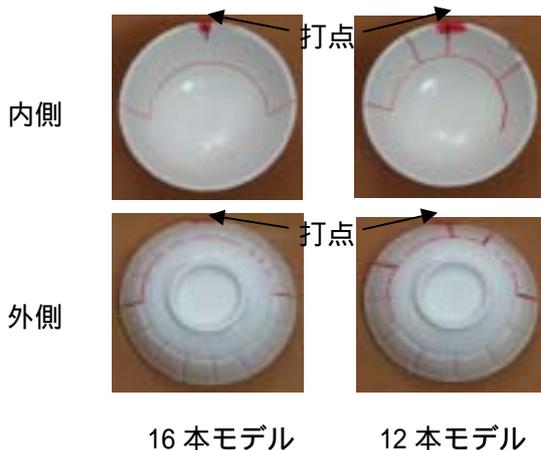


図 4 衝撃試験後の割れ状況

3 - 4 試作品

割れ誘導線 16 本モデルと割れ誘導線 12 本モデルについて、上絵付けを行った試作品を作製した。

図 5 に試作した飯碗を示す。割れ誘導線が目立たないように誘導線に挟まれたブロックに絵付けを行った。



16 本モデル

12 本モデル

図 5 絵付けをした試作品

実際にこの試作品を落下させて割ってみると、絵付けによって破片を認識しやすくなり、破片の回収にはこのような絵付けを施すことは効果があると思われる。

4. ま と め

CAD ソフトによりモデリングし、NC 切削機を使用することによって、精度ある割れ誘導線を施した飯碗原型を作製することができた。また、その原型から試作品を作製し落下試験を行った結果、縦方向の割れ誘導線の本数を 16 本から 12 本にすることにより、破片数が大幅に減少した。

謝辞：CAD ソフト及び NC 切削機の使用に際し、瑞浪市窯業技術研究所 安齋久嗣氏にご指導とご協力を得ました。ここに御礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) 伊藤正剛, 小稲彩人, 林亜希美, 岩田靖三, 岐阜県セラミックス研究所研究報告, p15-18(2008)

陶磁器表面の防滑性に関する研究

使い勝手の良い陶磁器製品の開発

林亜希美・伊藤正剛・小稲彩人・岩田靖三

Study of Porcelain Nonslip Surface -Development of the Friendly Pottery-

Akemi HAYASHI, Sadataka ITO, Ayato KOINE and Seizo IWATA

手で持ったときに滑りにくい食器の検討を行った。種々の粒径の砥粒を食器表面に貼り付けを行い、微小な凹凸を付与した。砥粒のサイズや焼成温度を変えることにより種々の微小な凹凸をもつ食器を作製出来た。

1. 緒言

2010年1月に発表された総務省統計調査結果では、65歳以上の高齢者人口は2889万人、総人口に占める割合は22.7%となり、5人に1人は高齢者という状況となっている。2030年には30%を超える予想もされている。高齢化社会を迎える中、一般家庭で使用されている食器は、デザインの変遷はあれど、基本的には数十年間変化がない。今後、高齢者を対象とした商品市場は急速に多様化し拡大すると予測されている。「高齢者の感覚や身体特性」を考慮した高齢者に使い勝手の良い陶磁器製品が求められている。使い勝手の良い陶磁器製品に求められる項目は断熱性、軽量化、滑りにくさ、運びやすさ、持ちやすさなど様々である。

本研究では滑りにくさに着目し、食器の表面に細かな凹凸や大きな凹凸を付けることにより、滑りにくい表面をもつ食器を検討した。

2. 実験方法

2-1 試作

滑りにくさを付加する材料として#320、#400、#600のアルミナ砥粒（昭和電工製）を用いて、転写紙を作製した。それぞれの平均粒径は $49\mu\text{m}$ 、 $37\mu\text{m}$ 、 $26\mu\text{m}$ である。滑りの評価がしやすい様に、手で持った時に故意に持ちにくい形状にするために、図1に示す円錐形のピッチャーを試作形状とした。このピッチャーに石灰釉（ $0.2\text{KNaO} \cdot 0.8\text{CaO} \cdot 0.52\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3.9\text{SiO}_2$ ）を施釉し1250℃で焼成を行った。後のピッチャー中央部に#320、#400、#600の転写紙を貼り付け、1150℃、1200℃で焼成した。

2-2 アンケート調査

作製した6種類のピッチャーを2009年11月に岐阜市で開催されたモノづくりテクノフェアにおいて展示を行い、来場者に実際に触ってもらった感想についてアンケートを実施した。

2-3 表面観察

レーザー顕微鏡（KEYENCE製、VK-9700/9710）を用いて、表面形状の観察と表面粗さの測定を行った。表面観察に用いた試料は100mm×100mm×10mmサイズの素地にピッチャーに使用したものと同一釉薬を施釉した後、1250℃で焼成を行った。その後、転写紙を貼り付け1100℃、1150℃、1200℃で焼成した。

3. 結果及び考察

3-1 試作品

図(a)に四角領域に砥粒を貼り付けたピッチャーを、(b)に砥粒を花柄に配置したピッチャーを示す。図(b)の試作品では少量の呉須を砥粒に混合し柄がわかりやすいように加飾した。

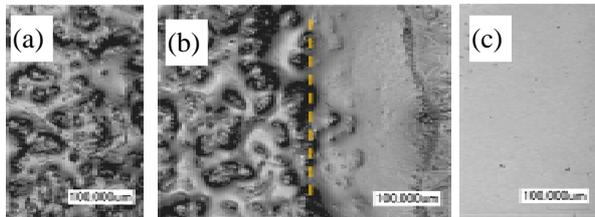


(a)四角領域に砥粒を貼付 (b)花柄領域に砥粒を貼付

図1 試作したピッチャー

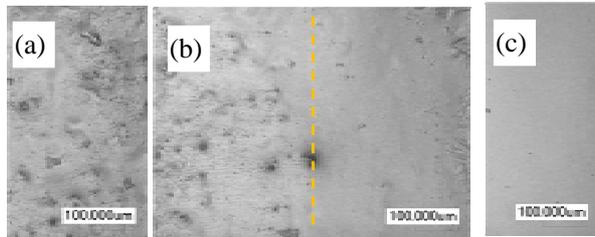
3 - 2 表面観察

図2~4に表面観察結果を示す。図2は1100焼成した。#320砥粒貼り付け試料の表面写真である。(a)にみられるように、砥粒がある部分では凹凸がはっきりと観察でき、砥粒がない釉表面(c)と比べて大きな凹凸になっていることがわかる。この砥粒貼り付け部分の平均表面粗さ(Ra)は72 μm 、釉面と砥粒貼り付け面の境界部(b)は約80 μm の高低差がついていた。図3に示す1150焼成では釉表面よりは荒れているものの1100焼成に比べると凹凸が小さく、Raは23 μm となった。さらに1200焼成ではRaは1 μm となり凹凸がほとんどなくなった。焼成温度が高くなるに従い、釉薬に砥粒が沈みこんでいくために凹凸が減少したと考えられる。



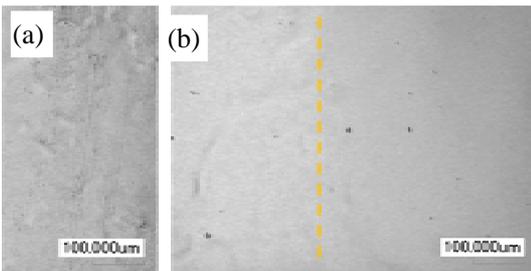
(a) 砥粒貼り付け部分 (b) 砥粒貼り付け部分との境界 (c) 釉層表面

図2 1100 焼成 #320の表面写真



(a) 砥粒貼り付け部分 (b) 砥粒貼り付け部分との境界 (c) 釉層表面

図3 1150 焼成 #400の表面写真



(a) 砥粒貼り付け部分 (b) 砥粒貼り付け部分との境界

図4 1200 焼成 #320の表面写真

3 - 3 アンケート結果

アンケートには粒度の異なる砥粒を貼り付けた(b)のピッチャーを使用した。アンケート回答者の性別割合は男性75%、女性25%であり、年齢割合は20代6%、30代14%、40代35%、50代23%、60代22%であった。図2にアンケート結果を示す。滑りにくいと感じるのは平均粒径49 μm の砥粒を用いた場合であり、砥粒径が大きい方が多くの人が滑りにくいと感じる事がわかった。

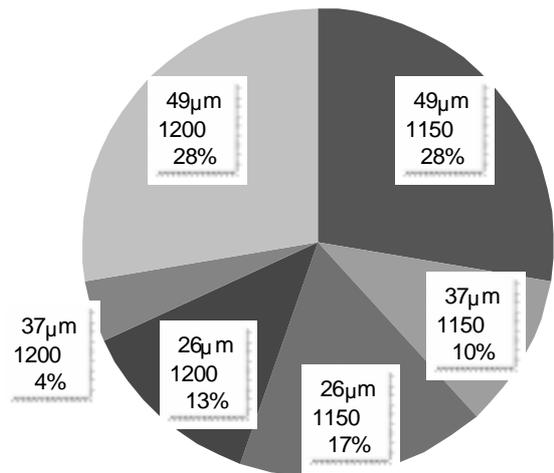


図5 アンケート結果

質問事項:滑りにくいと感じるピッチャーはどれですか?

4.まとめ

アルミナ砥粒を用いて、食器表面に細かな凹凸を付け、滑り止め効果を検討した。

焼成温度や砥粒の粒径を変化させる事により、種々の凹凸を付けることが出来た。

試作品では顔料を混ぜ、凹凸部分を模様として使用することを提案した。

強化磁器食器の加飾による強度低下防止技術に関する研究

林亜希美・横山久範・高橋良夫*

*山津製陶株式会社

Prevention of Strength Fall Caused by Decoration of Strengthened Porcelain

Akemi HAYASHI, Hisanori YOKOYAMA and Yoshio TAKAHASHI*

YAMATSU SEITO CO., LTD.*

種々のピンク系顔料、種々のフリットを用いて強化磁器食器の加飾による強度低下防止技術について検討を行った。その結果、フリットのみを用いて線引きを行った場合にはフリットの特性が異なっても強度に影響を及ぼさないが、顔料とフリットを混合して線引きを行った場合にはフリットの種類によって強度低下の割合が異なることがわかった。

1. 緒言

陶磁器製品では様々な絵付けを施して付加価値を高めているが、強化磁器食器に一部のピンク色などの赤系の彩色を行うと曲げ強度および衝撃強度が低下することが課題となっている。赤系の加飾は今後強化磁器食器を福祉施設や業務用としてさらなる販路拡大を図るためには、必要不可欠であり、こうした加飾による強度低下の原因究明が求められている。防止技術の開発が急務である。強化磁器食器の加飾は通常、下絵付けやイングレースによって行われ、赤系の加飾では鮮やかさを強調するためイングレース加飾方法が用いられる。

本研究では熱膨張係数の異なるフリットを用いた場合の強度に対する影響等について研究を行った。

2. 実験方法

2-1 使用顔料及びフリット

表1に示す7種類のフリット（東罐マテリアルテクノロジー株式会社製）を使用した。図1に示す色の11種類の顔料を用いた。

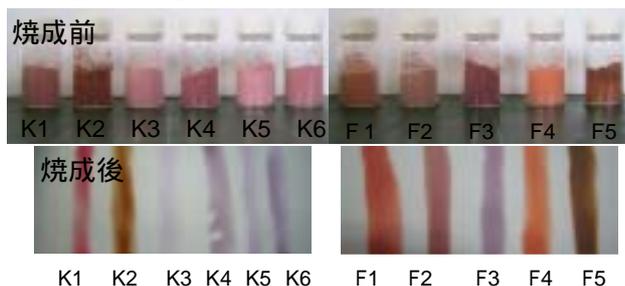


図1 顔料の焼成前、焼成後の発色

表1 用いたフリットの特性

フリット	熱膨張係数 (10^{-6})	軟化点()	ガラス 転移点()
T1	3.7 《20-530度》	683.2	547.4
T2	6.0 《20-620度》	728.0	629.9
T3	6.0 《20-560度》	651.2	596.7
T4	7.1 《20-500度》	580.0	525.1
T5	9.3 《20-470度》	571.3	501.3
T6	9.4 《20-530度》	590.8	543.7
T7	10.9 《20-470度》	554.0	497.0

2-2 曲げ強度測定用試料の作製

熱膨張率の異なるフリット(30g)を水(25ml)と混合し強化磁器食器に線引きした後、焼成し曲げ強度測定試料とした。K1-K6, F1-F5の顔料にフリットT1を1:2の割合で混合し、強化磁器食器に線引きし1230で焼成し曲げ強度測定試料とした。顔料K1と各フリットを1:2の割合(重量)で混合し、線引き後焼成し曲げ強度測定試料とした。

2-3 測定

熱膨張はRigaku製Thermo Plus TMA8310により測定した。曲げ強さはオリエンテック製UCT 5Tにより三点曲げ試験を行った。曲げ試験片はJCRS203-1996の切り出し試験方法によって作製した。加飾面に引っ張り応力がかかるように加飾面を下向きにして曲げ試験を行った。

3. 結果及び考察

3-1 フリット線引きが強度に与える影響

曲げ試験の結果を図1に示す。熱膨張係数の異なるフリットによる加飾を施してもいずれの焼成体の曲げ強度も 220~250MPa となり強化磁器の曲げ強さ 244MPa とほぼ同等であった。この結果から、1230 で焼成したフリットのみの試料では熱膨張係数が大きくなっても曲げ強さに影響を及ぼさないことが確認された。

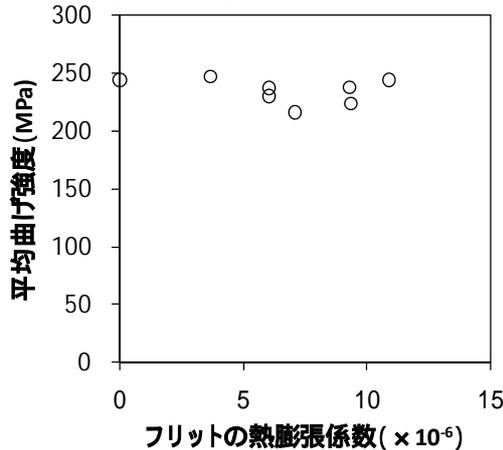


図2 フリットの熱膨張係数に対する平均曲げ強さ

3-2 絵具種類の強度への影響

K1-K6, F1-F5 の顔料にフリット T1 を 1:2 の割合で混合した後線引きし、焼成した試料の曲げ結果を図4に示す。K1、F1、F2、F4の顔料を用いた場合に強度の低下が確認された。これらはピンク系の発色を示す顔料である。一方、紫、茶色を示す顔料では強度の低下は見られなかった。

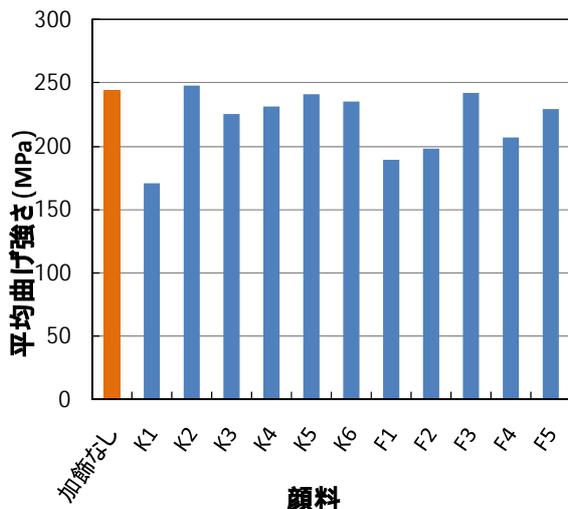


図3 顔料と T1 フリットでの平均曲げ強さ

3-3 顔料とフリット混合した場合の影響

K1の顔料にフリットをそれぞれ顔料:フリット=1:2の割合で混合し線引き後焼成を行った。結果を図4に示す。図では右の方のフリットほどフリット単味の熱膨張係数が大きくなるように並べた。

この場合は先のフリットのみの場合と異なり、熱膨張係数が大きいフリットを混合した場合には強度が大きく低下し、フリットT2混合で最も強度が高くなった。加飾を行わない強化磁器が244MPaであるのに比べるとT5,T6,T7で加飾した場合は1/3程度になることがわかった。絵具を作製するにはフリットの熱膨張が重要になると思われる。今回フリット単味の加飾ではフリットの熱膨張係数が強度低下に影響していないのに対し顔料を加えたえ具による加飾では熱膨張係数が強度に大きく影響していることが示されたこの原因については今後検討していく予定である。

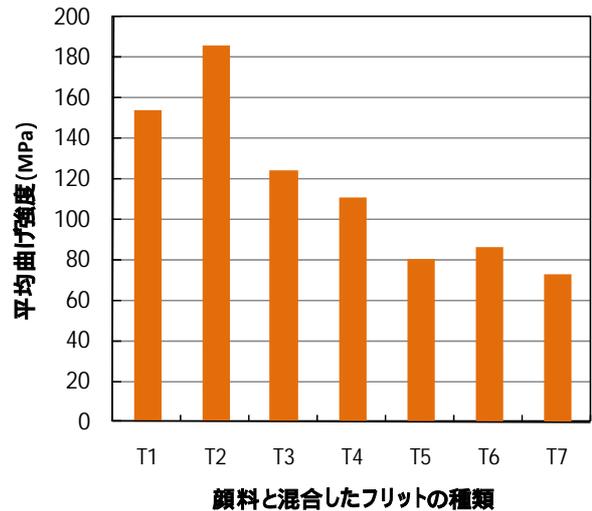


図4 各種フリットに対する平均曲げ強さ

4. まとめ

- 1) 熱膨張係数の異なるフリットを強化磁器食器に線引きした場合には、曲げ強度への影響は見られない。
- 2) フリットと顔料を混合して絵具とした場合には、強度への影響があることがわかった。

謝辞：本研究は独立行政法人科学技術振興機構平成21年度地域ニーズ即応型研究として行ったものである。

陶磁器用筆絵付けロボットの開発（第6報）

横山貴広・小稲彩人

Development of Writing Brush Painter's Robot for Ceramics()

Takahiro YOKOYAMA and Ayato KOINE

昨年度までは、陶磁器製造工程の絵付け作業のロボットシステム化に重点を絞り、陶磁器用筆絵付けロボットの高性能化（多品種、多筆化、多色化）やシステムの安定性に関する研究を継続してきた。その結果、素焼きの陶磁器に絵・模様・線を連続して描くことができるロボットシステムを完成させ¹⁾、ロボットの制御方法を工夫することによって安定したシステムを構築することができた²⁾。本年度は陶磁器の線の描画に特化したロボットシステム開発を実施し、開発したシステムを利用して試作品を作製した。

1. 緒言

陶磁器製品には絵・模様・線などを組み合わせた様々な絵付けが施されている。その中で人が陶磁器に直接絵を描く製品の割合は約1割弱と少なく、大多数はパット印刷や銅版転写などに代表される機械印刷が主流となっている。その一方、特に立物の陶磁器に線を描画する作業は人の手作業で賄われることも多く、その多くは高齢者や熟練技能者である。そのため、技能伝承や後継者不足など様々な問題を抱えている。

昨年度までに、多品種の陶磁器（平物・立物）に対し、ロボットが筆を把持して、絵・模様・線を連続して描けるシステムを作製し完成させた。

本年度は陶磁器の線の描画に特化したロボットシステムを開発した。このロボットシステムは人の筆記教示データを加工することで、人の個性や癖を表現したフリーハンド線、均一な太さと斑を抑えたきれいな線（均一線）以上を簡単に作製でき、これらの線の太さを制御できるシステムを構築することで、線を描画する作業に人の熟練技能を不必要とした。さらに、線を描画する対象物である陶磁器の回転速度を変化させることによって、陶磁器に様々な線で模様（線模様）を描くことができた。この技術を応用して試作品を完成させた。

2. 線の描画

2-1 線引きシステム設計

陶磁器製品に描かれる線は主にフリーハンド線（図1(1)(2)）と均一線(3)に分けることができる。

フリーハンド線は太さが不均一で斑があるが、人の個性や癖を豊かに表現ができる特徴がある。その一方、均一線は太さが均一で斑がないが、人の個性の表現は難しい。

さらに、フリーハンド線の描画はただ単に線を描画するだけならば基本的に経験や熟練技能を必要としない（製品の絵に適合した線を描画する場合はある程度の経験や技能が必要）が、均一線の描画はどのような線を引くにしてもある程度の経験や技能が必要となる。したがって、ロボットを利用して陶磁器にフリーハンド線を描画するには教示データをそのまま用いることが可能であるが、均一線を引くには教示データを均一線用に修正する必要がある。さらに、線には対象となる陶磁器に適合する太さと長さが要求されるため、線の太さと長さも制御できるように考慮して教示データを修正する必要がある。



図1 線の種類

これらの点を考慮して以下の ~ を考案した。

- ・ 均一線を引く場合、筆が陶磁器に接触した時点から手ぶれ補正をする
- ・ 均一線を引く場合、筆と陶磁器が接触する際に接触角度を直線にする
- ・ 線の太さ調整には、ロボットの位置と姿勢を補正する
- ・ 線の長さの調整には、筆と陶磁器の間の接触と解離動作に人の筆記教示データをそのまま利用するのではなく、筆と陶磁器が接触した時から陶磁器の回転角度を制御して解離動作をさせる

以上、 ~ をシステムに組込んだソフトウェアの設計や製作を実施した。

2 - 2 試験結果

フリーハンド線の描画は、直接陶磁器に線を描画する教示データを利用する、筆を陶磁器に押しつける教示データのみを利用し、対象物である陶磁器を回転させる、以上2つの方法が考えられる。両者の共通点は前述のように教示データを加工せずにそのまま用いることができるため、非熟練技能者でも比較的簡単にロボットで線を描画することができる(参考作品は図4)。ただし、線の太さを変更する場合には、ロボットの位置補正が必要となる。

次に、均一線はフリーハンド線の教示データに手ぶれ補正を加え、ロボットで再現する際に位置

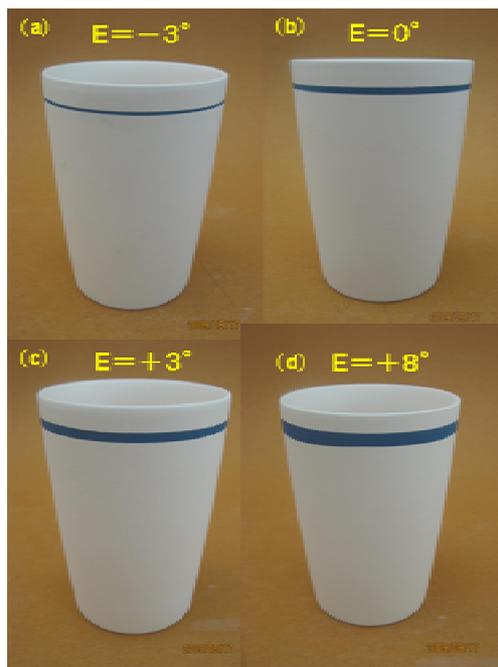


図2 姿勢補正の効果

と姿勢を補正して対応した。また、手ぶれ補正のみでの均一線の描画や、ロボットの位置補正のみで線の太さを変更することも可能である。しかし、描画時における人の癖の影響や、特に形状が複雑な陶磁器では、筆と陶磁器が接触する際に筆が斜めから入ることがあり、両者の接触直後の線のみ太さが太くなったり斑が生じたりする問題が発生する。そのため、ロボットの姿勢補正も考慮して均一線を描画する必要がある。

ロボットの姿勢補正の効果を検討した試験結果を図2(図中のEは姿勢のエレベーション、数値は補正した角度)に示す。なお、手ぶれ補正やロボットの位置や姿勢を補正する前のオリジナル教示データによって描画したフリーハンド線は図1(1)である。

このように、単純な形状の陶磁器では手ぶれ補正を加えただけで均一線を描画できることが分かる(図2(b))。また、線の太さの変更には姿勢の補正も有効である(図2(a)(c)(d))。

なお、平物に関しては姿勢のロール(R)方向を変更することで同様の現象を確認できた。

最後に1つの線を描く同一の教示データを用いて(オリジナル教示データは図1(1))を利用して、立物のカップに10mm間隔で異なる太さの均一線を引いた試験結果を図3に示す。図3より、フリーハンド線の教示データに手ぶれ補正を行い、線を引く箇所に合わせてロボットの位置と姿勢を補正すれば、高さによって直径が異なる立物にも任意の太さの均一線を描画することができる。



図3 太さの異なる均一線

3 . 試作品

本ロボットシステムを利用して、線の特徴を活かした様々な試作品を製作した。

図4はフリーハンド線を利用した試作品である。図4左は線の始点と終点をずらした教示を行い、陶磁器を1回転させて線を描画した。図4右は筆を直接陶磁器に一定時間押しつける教示を行い、そのデータをそのまま用いて線を描画した。

次に、図5は線模様を利用した試作品である。両作品はともに、筆を皿の縁から中央へ、中央から縁に戻す教示動作を行った。図5左は、線の始点と終点を一致するように陶磁器を回転させて線模様を作成し、これを3個重ねてベジュエ曲線風の模様を完成させた。図5右は左よりさらに高速回転をさせて線模様を作製している。

図6も左右ともに同じ教示データを使用して製作した作品である。図6左の線模様は本数10本、陶磁器の回転方向が左周り、回転速度を低速にしたのに対し、図6右の線模様は本数6本、陶磁器の回転方向が右周り、回転速度を高速にしている。さらに、模様は図6左と図6右でロボットの姿勢を若干変化させて描いている。

図7はカップの上部から下部へ線（中央付近で右に凸）を描く教示動作を行い、左回転と右回転の線を重ねた線模様である。図7左は左回転と右回転それぞれ同じ速度で線を描画し、図7右は図7左の1/2の左回転速度と図7左の2倍の右回転速度で線模様を作製した。なお、両者はすべて同じ教示データを用いている。

図8は高さ約110mmのコップの内側に等間隔で線を描いた作品である。図8左は内側に10mm間隔で下部から順に9本、図8右は底面に5mm間隔で4本の線を描画した。単純な線ではあるが、ロボットを利用すれば、高さのある立物の内側や底面に、非熟練技能者でも容易に等間隔の線を描画することができる。

このように、線の描画にロボットシステムを用いると非熟練技能者でも簡単に均一線を描くことができ、熟練技能者でも困難な線模様も作製することが可能となる。さらに、同じ教示データを用いてもロボットの位置や姿勢の補正量、陶磁器の回転方向や速度を任意に変更することによって、趣向の異なる試作品を作製できることを確認した。

4.まとめ

- 1) 陶磁器に1本の線を描いた同一教示データで、太さが異なる複数の均一線の描画ができた。
- 2) ロボットの位置や姿勢の補正量、陶磁器の回転方向や速度を変更することで、同一の教示データでも線模様が異なる複数の製品を完成させることができた。
- 3) ロボットシステムを用いることで、人には作製が困難な線模様を描くことができた。



図4 フリーハンド線を利用した試作品

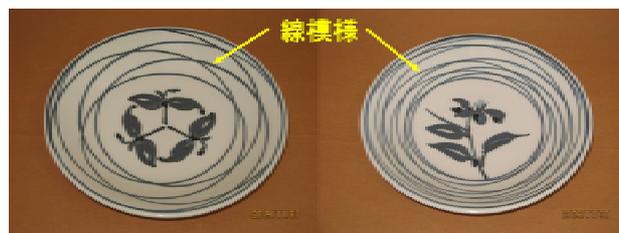


図5 線模様を利用した試作品

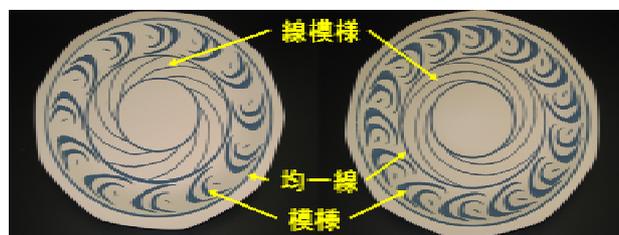


図6 線模様と均一線を利用した試作品(1)

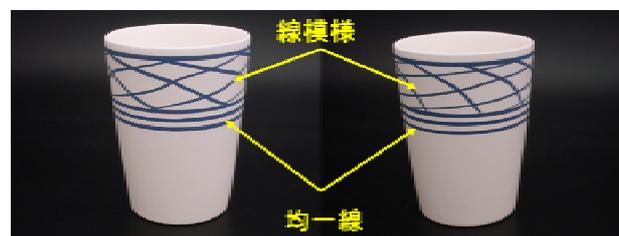


図7 線模様と均一線を利用した試作品(2)



図8 均一線を利用した試作品

【参考文献】

- 1) 横山貴広ら，岐阜県セラミックス研究所研究報告，p1-4（2008）
- 2) 横山貴広ら，岐阜県セラミックス研究所研究報告，p33-37（2009）

陶磁器製品のブランド化研究（第1報）

- 花器、植木鉢 + の製品 -

小稲彩人

Development of Artistic Ceramic Designs for New Mino Brand ()

-The trial manufacture of a pot-

Ayato KOINE

陶磁器業界は食器関連製品の売り上げが年々低下している。この食器関連製品の低迷を補うには、食器にとらわれず鉢や植木鉢などに新しい価値を加えて、潜在的ニーズの発掘を行う必要があると考えられる。

そこで、今年度は企業グループで構成した「Po-陶」（ポットウ）研究会において、高いインテリア性を備えた鉢、植木鉢の試作と展示会を実施した。

1. 緒言

従来の食器に加えて、新しい陶磁器製品で広がりを持たせる場合、食器で培われた製造技術を効率的に食器以外の製品に活かせる事が望ましい。美濃焼には織部、黄瀬戸、志野などに見られる様に、海外製品や他産地との差別化に有効な技法があるので、これらの技法を食器以外への活用を考え、今年度はガーデニング市場をターゲットに美濃焼の特徴を活かした鉢や植木鉢を対象にした「Po-陶」（ポットウ）ブランドを美濃焼メーカー4社と立ち上げ、高いインテリア性を備えた鉢や植木鉢の提案・試作を行った。

2. 開発コンセプト

現在も国内世帯数は増加しており、家庭において園芸などを楽しむ人口は多いことが予想されている。そのため現在の景気感の中でもガーデニング市場には大きな落ち込みもなく、2000億円の市場規模を維持している。これを受け、当研究所では研究会を立ち上げて、ガーデニング業界に対応した新しい需要を開拓するための開発や試作を行った。

現在、市場にある陶磁製の植木鉢や花器は主に機能を重視した傾向にある。比較的簡素な製品が多い中、「Po-陶」研究会では美濃焼の特徴を積極的に活かし、従来の植木鉢や花器には見られない新しい価値を付加する事により、インテリアとしての意外性ある植木鉢や花器を開発し、購買意欲

の向上と繋がるよう、以下のコンセプトに基づき試作を行った。美濃焼の代表的な釉薬を用いること。現代の居住空間で違和感なく使えるインテリア性を持っていること。手工芸的な製品による一品づくり、もしくは中量程度の型生産とし、所有することに価値を感じる製品であること。植木鉢+、花器+の価値をつけることとした。

3. 試作

3-1 デザート容器形植木鉢

従来の植木鉢の概念にはないデザート容器の容器を模した植木鉢の提案を行った。口部を厚く不安定なバランスとしサイズを小さくすることで、なつかしさと、親しみやすさを感じられる形状とした。図1に図面、図2にデザート容器形植木鉢の写真を示す。この容器形植木鉢はダイニングテーブルやワークデスク、窓辺などに配置できるサイズで、本体には上絵を用い果物、花柄などの文様を施した。成形は排泥鑄込でリサイクル坏土を使用した。



図1 デザート容器形植木鉢（図面）



図2 デザート容器形植木鉢（外観）

3 - 2 フリーカップ形植木鉢

フリーカップを模した植木鉢の提案を行った。フリーカップからハンドルを排除したシンプルな形状とし容量は約220ccとした。成形は排泥鑄込を行い、口部は修正を行わず、あえて形状の違いを残した。また水漏れを予防するために内側にシリコンを塗布した。坏土はリサイクル土を使用した。図3に図面、図4にフリーカップ形植木鉢の写真を示す。

研究会参加企業が照明付一輪挿しの提案を行った。壺に見える形状であるが、口部は一輪挿しとなっていて、胴部分には透かし堀り技術を施しており、照明機能を持っている。図5に照明付一輪指の試作品を示す。

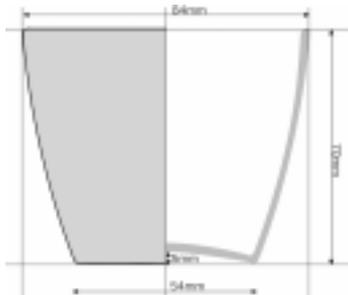


図3 フリーカップ形植木鉢（図面）



図4 フリーカップ形植木鉢（外観）



図5 照明付一輪指（外観）



図6 その他の研究会参加企業の試作品（外観）

3 - 3 その他の研究会参加企業の試作品

上記以外のポットの試作品を図6に示す。これらの試作品は女性用のバッグが花器になっているもの(左上)、カレンダー機能を有する花器(左下)、黄瀬戸を用いた寄せ植え花器(右上)、椅子型苔ポット(右下)である。以上の試作品は平成22年3月上旬のアクティブGアートミュージアムに出展された。展示品を見た来場者の反応は良好で引き合いもあり、コンセプトは妥当であったと言える。

4.まとめ

美濃焼の新ブランド創出のために、ポットに焦点を当て、提案や試作を行った。

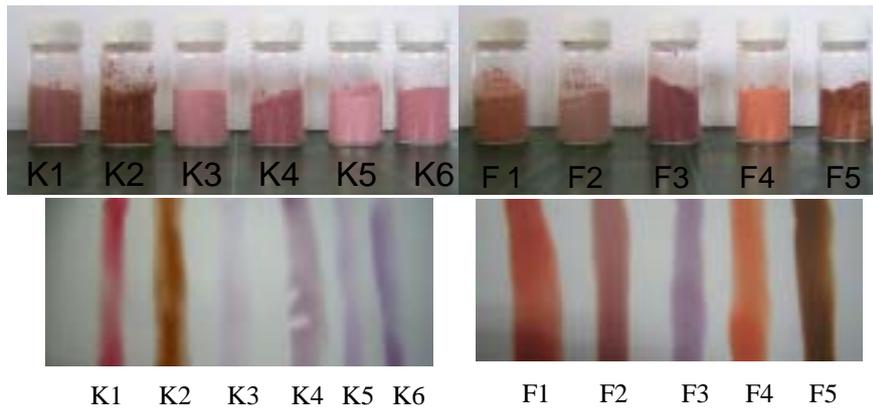
展示会におけるこれら作品の反響は大きく、不

景気と言われる中、消費者の植物に対する高い興味を感じる事ができた。植物を扱う業態は多岐にわたるため、今後はガーデニング、寄せ植え等他分野業界との共同企画などを念頭に置いた展開を図る予定である。

作品をブランドとして成立させるためには複数

の企業で構成する研究会の形式に意義があると考えられ、作品の多品種化にも有効であることが確認できた。

謝辞：試作品の作製にご協力いただいた「Po-陶」研究会のメンバーに心より謝意を表します。



P18 図1 顔料の焼成前、焼成後の発色



P24 図2 デザート容器形植木鉢（外観）



P24 図5 照明付一輪指（外観）



P24 図4 フリーカップ形植木鉢



P24 図6 その他の研究会参加企業の試作品(外観)