

目 次

研究報告

- | | | |
|---------------------------------------|---------|----|
| 1 . 廃食器粉碎物を用いたエコ食器の製造技術開発 (第3報) | ・ ・ ・ ・ | 1 |
| 2 . 白色磁器屑粉碎物を原料としたクリスタライト強化磁器の開発 | ・ ・ ・ ・ | 5 |
| 3 . CFRP 加工用複合砥粒の作製 | ・ ・ ・ ・ | 8 |
| 4 . Al_2TiO_5 を用いたアルミニウム鑄造部材のマイクロ波焼 | ・ ・ ・ ・ | 11 |
| 5 . マイクロ波焼成によるチタン酸アルミニウムの合成 | ・ ・ ・ ・ | 14 |
| 6 . 人に優しい陶磁器製品の開発とその評価技術 (第1報) | ・ ・ ・ ・ | 18 |
| 7 . 陶磁器製品のブランド化研究 (第2報) | ・ ・ ・ ・ | 21 |

調査報告

- | | | |
|-----------------------------|---------|----|
| 1 . 岐陶試 精炔器製品に影響を与えた情報源について | ・ ・ ・ ・ | 24 |
| 2 . 精炔器の素地開発を先導した黄色スクラッチタイル | ・ ・ ・ ・ | 27 |
| カラー写真 | ・ ・ ・ ・ | 30 |

廃食器粉砕物を用いたエコ食器の製造技術開発(第3報)

立石 賢司・小林 拓也・加藤 弘二・水野 正敏

Development of the Ecology Tableware using Recycled Ceramic Material (III)

Kenji TATEISHI, Takuya KOBAYASHI, Koji KATO and Masatoshi MIZUNO

低温焼成(1150℃)で使用可能なリサイクル食器用の低熱膨張の透明釉について検討し、ガラス転移温度(635℃)における熱膨張係数が $4.9 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ (基準温度40℃)の釉を開発した。廃食器粉砕物を50%配合した低温焼成用素地への施釉後の曲げ強度は149MPaで、無釉にくらべて約30%増加した。また、安価な原料を用いた素地2種について検討し、曲げ強度がそれぞれ119MPa、122MPa、施釉後の曲げ強度がそれぞれ126MPa、142MPaの素地の開発に成功した。

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21年度は、廃食器粉砕物50%配合の素地および珪藻土を用いた釉薬の開発を行い、焼成温度1150℃、吸水率0%、曲げ強度131MPa(施釉)を達成した²⁾⁻³⁾。しかしながら、珪藻土を用いた釉はFe元素を多く含むため黄色に呈色し、製品展開が難しい課題があった。そこで本年度については1150℃で使用可能な低熱膨張透明釉について検討した。また、素地の更なる低コスト化を図るため、原料の選定、配合試験を行った。

2. 実験方法

低温焼成用低熱膨張釉薬の原料として、珪石、ニュージーランドカオリン、珪灰石、ペタライト、福島長石、ホウ酸亜鉛、ネフェリン、コレマナイト、酸化亜鉛を用いた。各原料を種々の割合で混合し、湿式粉砕により釉薬の粒径を調製した。釉の特性評価は熱膨張、曲げ強度(施釉後の強度)の測定、釉性状の評価は熔融性、光沢および透明性により行った。熱膨張の測定は、あらかじめ1150℃で熔融(昇温速度100℃/h、1時間保持)させた長さ約50mmの試料を用いた。曲げ強度は、廃食器粉砕物を50%配合したリサイクル素地²⁾に施釉、電気炉により1150℃(昇温速度100℃/h、1時間保持)で酸化焼成、試料幅6mm、厚み5mmの試験片に調製し、3点曲げ試験により測定した。

素地の低コスト化については、平成21年度に作製した素地⁵⁾の天草陶石(皿山)を低級品に代替した素地⁷⁾、および廃食器粉砕物(50%)、本山木節粘土、藻珪の3成分とする素地⁸⁾の2種を作製した。

3. 結果及び考察

3-1 低温焼成用低熱膨張透明釉薬の開発

SiO₂量が釉の熱膨張に与える影響を調べるため、出発原料として、福島長石、ペタライト、鼠石灰、ニュージーランドカオリン、珪石、ホウ酸亜鉛を用い、ゼーゲル式がほぼ式となるように釉薬を調製した。

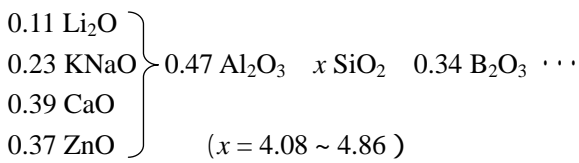
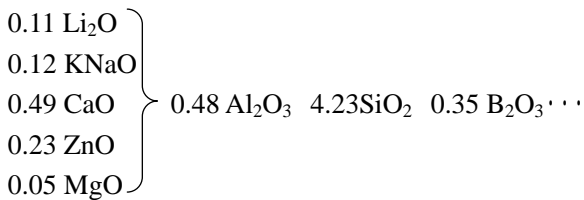
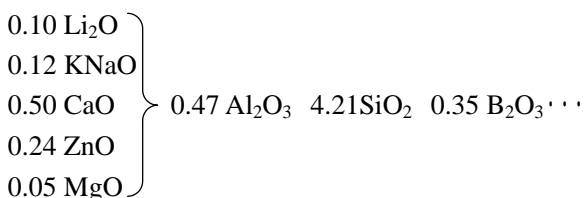


図1に基準温度を40としたときの各温度における釉の熱膨張係数の温度依存性、図2にSiO₂量が釉の熱膨張係数(40-200)に与える影響を示す。図1から、SiO₂量が4.47以上になると、200付近にクリストバライトの転移に起因する熱膨張係数の増加が観測されること、また図2から、SiO₂量が4.2付近で熱膨張係数が最小になることが分かった。光沢や透明性はいずれも比較的良好であった。

次に、熔融性の向上のため出発原料である鼠石灰を珪灰石に置換(Ca成分の置換)し、ゼーゲル式において、釉の熱膨張と透明性は同程度で光沢が向上する釉組成を見出した。

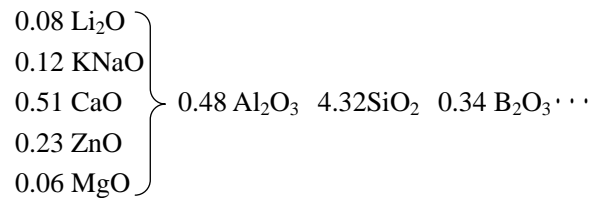


ゼーゲル式の組成近傍で、出発原料である熔融性の向上のため福島長石をネフェリンに置換(Na、K成分の置換)することで置換量の最適化を行った。図3にネフェリン置換量が釉の熱膨張係数に与える影響を示す。置換量100%になると熱膨張係数が増加するが、熱膨張係数の温度依存性からはクリストバライトの生成が確認されており、これが熱膨張増加の原因であることが分かった。熱膨張係数の最も小さい釉組成を示す。光沢と透明度は良好であったが、ネフェリン置換量が増えると光沢が失われる傾向があった。



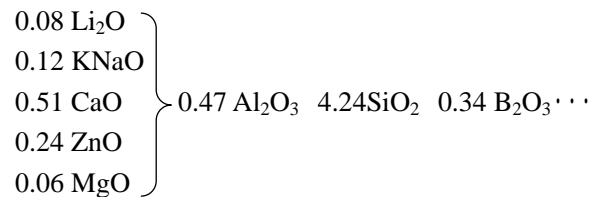
ゼーゲル式の組成近傍において、Li₂O量は釉中のクリストバライト生成量に影響を与えるためLi₂O量の最適化を行った(図4)。Li₂Oが0.06から0.08の間では、出発原料であるペタライト量の

増加により熱膨張係数の減少が観測された。しかしながら、0.10になるとクリストバライト生成量が多くなり(熱膨張係数の温度依存性により確認)熱膨張係数の増加の原因になることが分かった。光沢や透明性はいずれも比較的良好であった。



ゼーゲル式の組成近傍で、熱膨張、光沢、透明性の許容点を調べるため出発原料であるホウ酸亜鉛をコレマナイトに置換(B成分の置換)することで置換量の最適化を行った(図5)。その結果、コレマナイト置換量が増加するに従って、クリストバライトの生成による熱膨張係数の増加が観測された(熱膨張係数の温度依存性から確認)。光沢や透明性はいずれも比較的良好であった。

本研究により最適化された釉組成をゼーゲル式に示す。



ゼーゲル式の釉および平成21年度に開発した廃食器粉砕物を50%配合した素地³⁾(以下「素地5」とする)の熱膨張曲線を図6に示す。釉の転移温度は635で、転移温度における熱膨張係数は $4.9 \times 10^{-6}/$ (基準温度40)であり、この値は素地5の熱膨張係数に比べて約 $1.1 \times 10^{-6}/$ 低い。また1150焼成で十分に熔融し、釉表面に光沢が見られた。曲げ強度を表1に示す。施釉後の曲げ強度は149MPa(素地5)で素地に比べて強度が増加し、素地に適合していることが分かった。

表1 曲げ強度 (単位: MPa)

	無釉	施釉
素地5	114	149
素地7	119	126
素地8	122	142

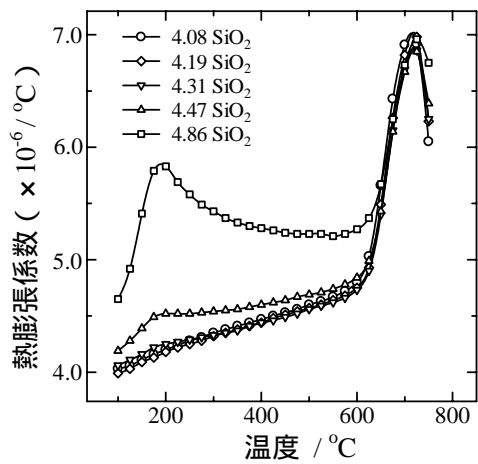


図1 熱膨張係数の温度依存性

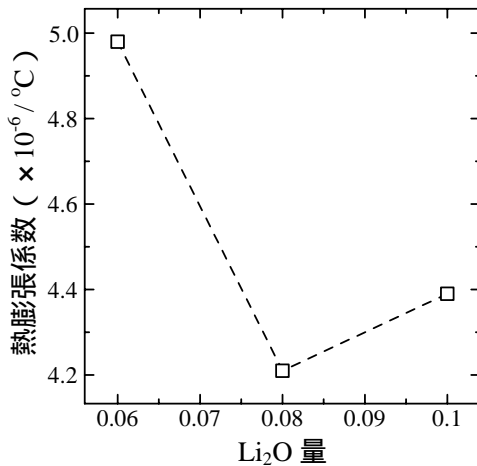


図4 Li_2O 量が釉の熱膨張係数 (40 200) に与える影響

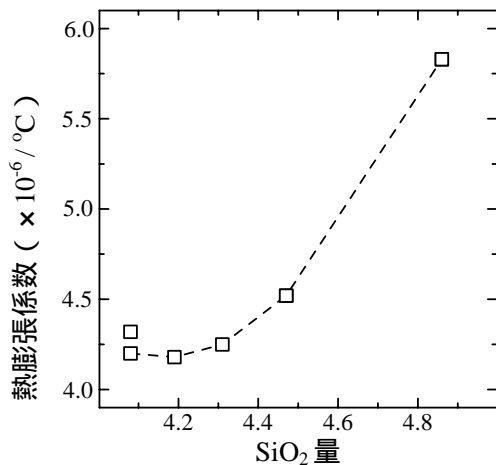


図2 SiO_2 量が釉の熱膨張係数 (40 200) に与える影響

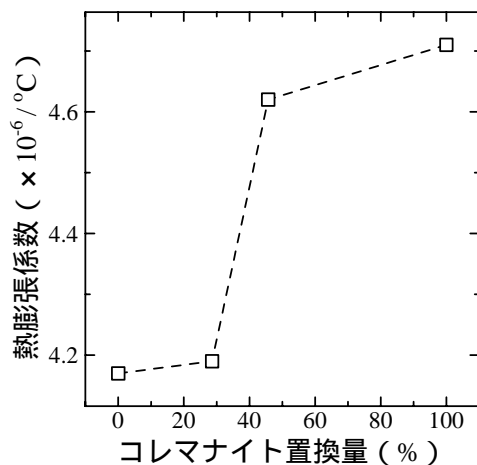


図5 コレマナイト置換量が釉の熱膨張係数 (40 200) に与える影響

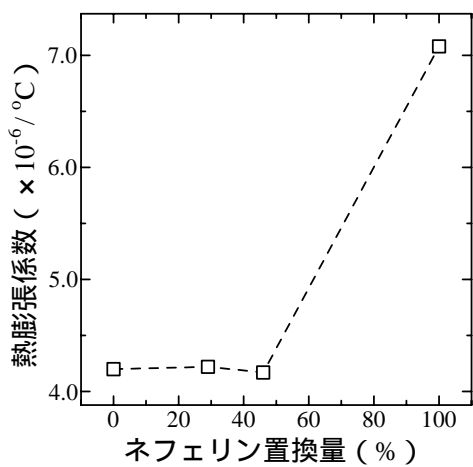


図3 ネフェリン置換量が釉の熱膨張係数 (40 200) に与える影響

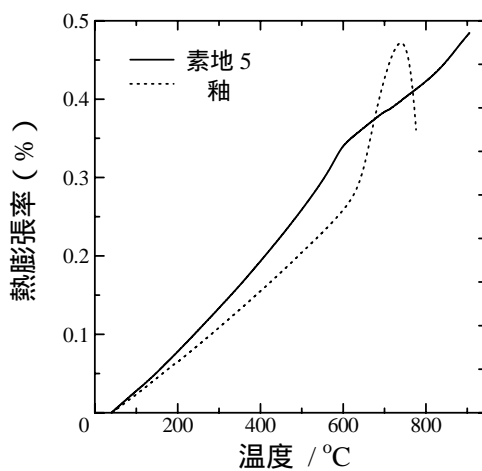


図6 釉および素地の熱膨張曲線

表2 素地の鉱物組成および1150 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%)	ムライト (mass%)	長石+ガラス (mass%)	膨張係数 40-900 (10 ⁻⁶)
素地7	23.6	2.6	14.0	15.7	6.5	51.5	5.8
素地8	27.5	0.0	13.5	15.0	6.5	51.0	5.5

3-2 素地の低コスト化

平成21年度に作製した素地5³⁾は高価な天草陶石(皿山)を使用している。リサイクル食器をより広く普及させるためには原料コストの低減が必要であり、低級の天草陶石を使用した素地7を作製した。また、更なる低コスト化を図るため、使用原料を廃食器粉碎物(50%)、本山木節粘土、藻珪の3成分とする素地8を作製した。素地の鉱物組成を表2に示す。

素地7および8の熱膨張係数(40-900)の焼成温度依存性を図7に示す。素地の熱膨張係数は素地5と類似しており³⁾、焼成温度の増加に伴い減少する傾向にあった。また、素地の吸水率は目標とする焼成温度1150 でほぼゼロと緻密化しており、曲げ強度はそれぞれ119MPa、122MPaであった(図8)。ゼーゲル式の釉を施釉した結果はそれぞれ126MPa、142MPaの曲げ強度が得られた(表1)。

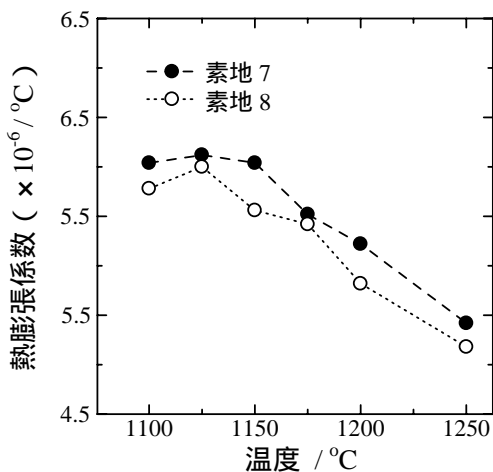


図7 素地の熱膨張係数の焼成温度依存性

4.まとめ

低温焼成(1150)で使用可能な低熱膨張の透明釉の開発に成功した。釉のガラス転移温度は635 で、この温度における釉の熱膨張係数は、

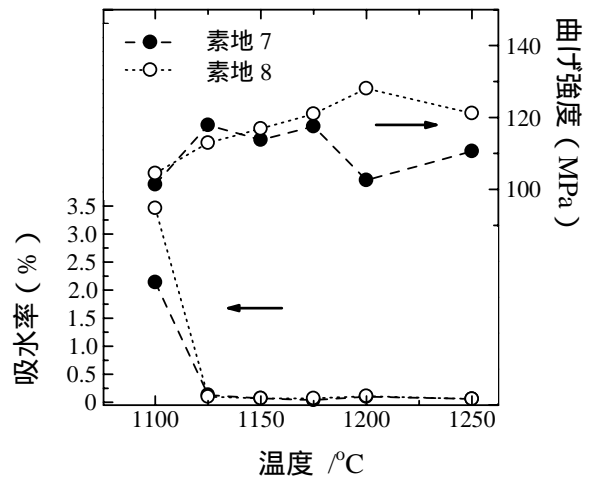


図8 素地の吸水率および曲げ強度

4.9×10^{-6} (基準温度40)、施釉後の曲げ強度は149MPaであった。また、低コスト化した素地2種を作製した。素地の曲げ強度はそれぞれ、119MPa、122MPaで施釉後の曲げ強度は126MPa、142MPaであった。

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地域イノベーションクラスタープログラム(都市エリア型)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) 立石賢司ら、岐阜県セラミックス研究所研究報告, p1 (2010)

白色磁器屑粉砕物を原料とした クリストバライト強化磁器の開発

岩田芳幸・小栗信介*

Development of Cristobalite-Strengthened Porcelain using Crushed Wasted Porecelain

Yoshiyuki IWATA and Shinsuke OGURI*

白色磁器屑粉砕物を原料に用いた強化磁器の検討を行った。今回行ったすべての調合で、かさ比重 2.5 以下、曲げ強度は 150MPa 以上を示し、白色磁器屑粉砕品を原料に使用しても、クリストバライト強化磁器が得られることがわかった。釉薬のテストをおこなったところ、貫入やシバリングも認められず、素地と釉のマッチングは良好であった。

1. 緒言

近年の県内の陶磁器業界を取り巻く情勢は、不況による消費低迷に加え、中国等からの輸入品の急増で、かつてない苦境にたたさされており、新しい製品開発が必要である。一方、高齢化社会が急速に進む中、高齢者を対象とした商品市場は、今後、急速に多様化し拡大すると予測されている。こうした状況を受け、高齢者の感覚や身体特性に合った快適性や利便性のある軽量性、断熱性を有する軽量磁器の開発が望まれている。

従来の強化磁器は、アルミナを混入して強度を出しているが、アルミナは比重が高く、製品も重くなるという欠点がある。一方、クリストバライトを含むクリストバライト磁器もプレストレス効果により高い機械的強度を持ち、高压碍子の素地として長年利用されている。そこで本研究では、白色磁器屑粉砕物を原料に用いたクリストバライト強化磁器により軽くて断熱性に優れた強化磁器の検討を行った。

2. 実験方法

表 1 に本研究で使用した原料の化学組成を示し、図 1 に白色磁器屑粉砕品の X 線回折図形を示す。

実験方法を図 2 に、配合組成を表 2 に示す。分散材として SN ディスパーサント 5040 (ポリカルボン酸ナトリウム塩: サンノブコ株式会社製) を使用して、水分 30% の鑄込成形用のスラリー - を作

製し真空脱泡の後、5×10×70mm の角柱状試験片と 5×50×50mm の板状試験片を作製した。成形した試験片は、乾燥し、800 で 1 時間仮焼した。その後、ローラーハースキルンにより、焼成温度 1308 、焼成時間 260min、ブタンガスを用いて、CO 濃度約 4% の還元焼成を行った。かさ比重は水中で真空脱気した後、アルキメデス法により測定した。曲げ強度については上記の角柱状試験片をオリエンテック製 UCT-5T により 3 点曲げによりスパン長 30mm、クロスヘッドスピード 5mm/min の条件で測定した。微細構造観察については研磨した試料を 10%HF 溶液に 50 秒浸漬させてエッチングした後日立製作所製 S-2400 で SEM 観察を行った。X 線回折については、焼成体を粉砕してリガク製、Ultimate で測定した。熱膨張測定については、長さ約 50mm の試料を用いてマックサイエンス社製 TD5110S で測定した。

3. 結果及び考察

表 2 に、かさ比重と曲げ強度を示す。すべての調合で、かさ比重 2.5 以下で、曲げ強度は 150MPa

表 1 原料の化学組成

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Loss
本山水泥	52.0	32.4	1.14	0.66	0.12	0.28	1.47	0.17	11.46
石英	99.3	0.61							0.46
立川地質研究所	72.63	18.96	0.66	0.24	0.67	0.39	3.95	1.29	0.11

* 株式会社丸小セラミック

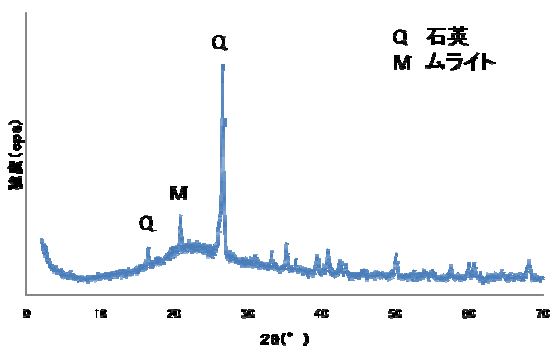


図1 白色磁器屑粉碎品のX線回折図形

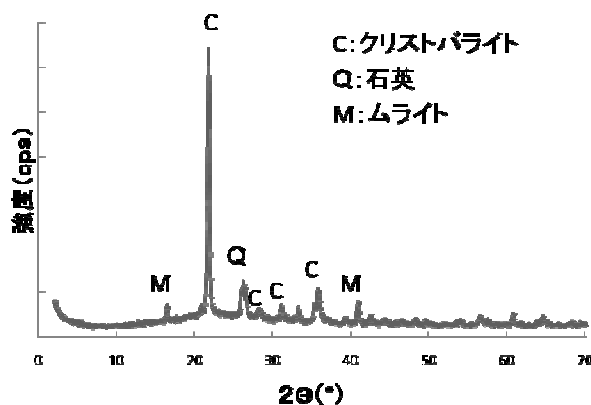


図3 配合組成No.4のX線回折図

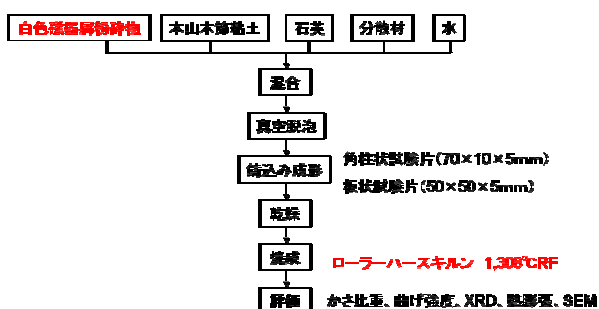


図2 実験方法

表2 配合組成と焼成体のかさ比重と曲げ強度

	No.1	No.2	No.3	No.4	No.5	No.6
白色磁器屑粉碎物	40	40	45	45	50	50
本山本節粘土	30	40	35	40	30	40
石英	30	20	20	15	20	10
かさ比重	2.41	2.44	2.44	2.46	2.43	2.46
曲げ強度(MPa)	185	170	201	191	174	150

以上を示し、白色磁器屑粉碎品を使用しても、アルミナ強化磁器より軽く、150MPa以上の強度が得られることがわかった。各試料についてX線回折により結晶相の同定を行ったところクリストバライトのピークが認められ、原料の石英がクリストバライト化していることが確認された。図3に配合No.4のX線回折図を示す。クリストバライト結晶の析出により、クリストバライトの周囲のガラスには、熱膨張差によって圧縮応力が発生し、ガラス相が強化される。その結果、構造全体の強度が向上し、曲げ強度が150MPa以上と高い値を示したと思われる。図4に各試料の熱膨張を示す。各試料

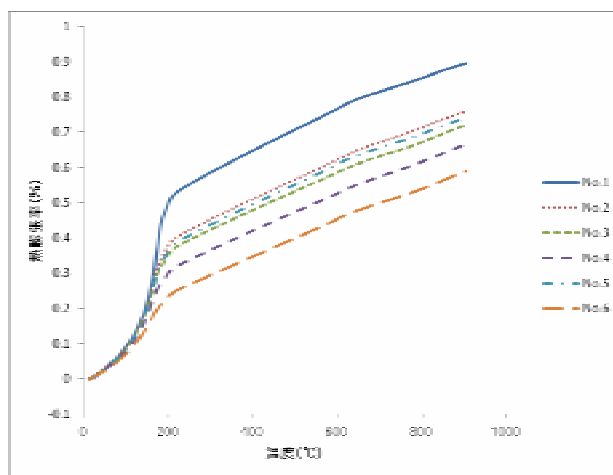
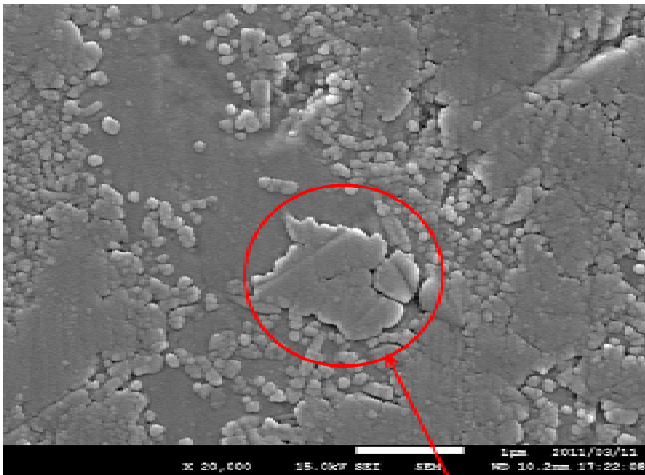


図4 焼成体の熱膨張曲線

とも200 付近にクリストバライトの α から β への相転移による異常熱膨張が観察されており、熱膨張の結果からもクリストバライトが生成していることがわかる。石英の添加量が10mass%、15mass%、20mass%、30mass%と増加するに伴い、熱膨張率が大きくなっている。石英の添加量を増減させることによりクリストバライト析出量の制御が可能であると考えられる。図5にNo.4の焼成体のSEM写真を示す。クリストバライトが析出した微細な組織形態を示しており、破壊起点となる大きな欠陥も見当たらないため高い強度が得られたと考えられる。

本研究で使用した釉薬のゼーゲル式および熱膨張曲線を図6および図7に示す。この釉薬をNo.4の素地に施釉した後、前記の条件で焼成を行った。その結果、貫入やシバリングも認められず、素地と釉のマッチングは良好であった。図8に鑄込み成



クリストバライト

図5 配合組成No.4のSEM写真

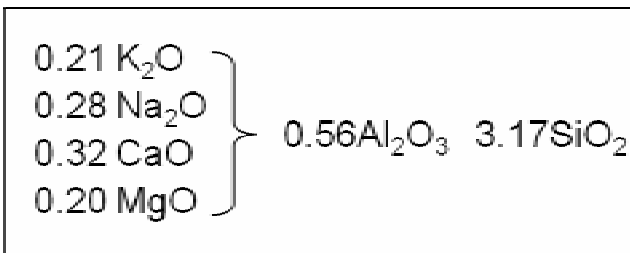


図6 釉薬のゼーゲル式

形したフリーカップの試作品を示す。

4.まとめ

白色磁器屑粉碎物を原料に用いた強化磁器の検討を行った。今回行ったすべての調合で、かさ比重 2.5 以下、曲げ強度は 150MPa 以上を示し、白色磁器屑粉碎品を原料に使用しても、クリストバライト強化磁器が得られることがわかった。

釉薬試験の結果、貫入やシバリングも認められ

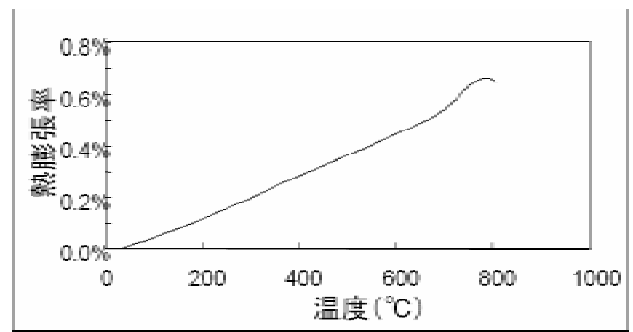


図7 釉薬の熱膨張曲線



図8 試作品

ない、クリストバライト素地にマッチングした釉組成を得ることができた。

謝辞：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地域イノベーションクラスタープログラム（都市エリア型）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。

CFRP 加工用複合砥粒の作製

倉知一正・横山久範・安達直己・茨木靖浩・山神成正*・柘植英明*・佐藤丈士*

Preparation of Composite Abrasive for Machining CFRP

Kazumasa KURACHI, Hisanori YOKOYAMA, Naoki ADACHI, Yasuhiro IBARAKI
Narumasa YAMAGAMI*, Hideaki TUGE* and Johji SATO*

ダイヤモンド砥石に変わる砥粒として、SiC 砥粒に粒子複合化の技術を使いナノサイズのダイヤモンドを複合化させた複合砥粒を検討した。本複合砥粒でメタル砥石を作製し、CFRP の加工実験を行った結果、SiC 砥粒のみの加工に比べ加工面粗さにおいて良好な結果が得られた。

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 of CFRP 穴開け加工は超硬エンドミルにより行われているが、耐久性が低く、加工により発生するバリ等を取り除く二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。昨年度までは、母材となる金属粒子にナノサイズのダイヤとを複合化させることによって、砥石中にナノダイヤを均一に分散させた砥石の開発を行った^{1), 2)}。しかし、CFRP の加工実験の結果、目詰まりなどの影響で加工性能が良くないことが分かった。一方、平均粒径 150 μm の比較的大きなダイヤモンド砥粒を使い、放電プラズマ焼結 (SPS) で銅を基材として作製した砥石で CFRP の加工実験を行ったところ、良好な加工特性であることが分かった。そこで、粒子複合化の技術を使い、SiC などの一般的に使用されている安価な砥粒の表面に細かいダイヤを複合化させ、疑似ダイヤ砥粒とすることで、ローコストで高性能な CFRP 加工用砥粒の開発を目標とした。

2. 実験方法

2.1 複合砥粒の作製

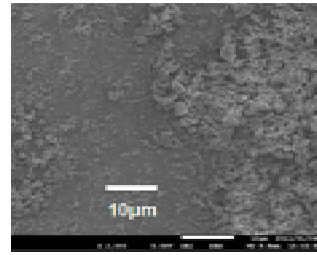
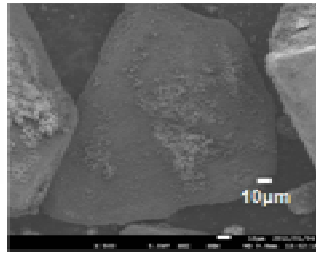
粒子の複合化はホソカワミクロン (株) 製メカノフュージョンを使い、SiC 砥粒 GC#100:130g、トーマイダイヤ (株) 製ダイヤモンド砥粒:6g、ボンド材:3g の調合で回転負荷が 0.5kw となるよう回転速度を設定し 15 分間行った。その後アルミナるつぽに入れ炭素中に埋め込み、強還元雰囲気中で 1200 $^{\circ}\text{C}$ で焼成を行い、ダイヤモンド砥粒を固定化した。ボンド材は非晶質シリカ化合物のトクシール NP とトクシール PR (共に (株) トクヤマ製) を使用した。砥石は名古屋工業大学で放電プラズマ焼結 (SPS) により作製し、CFRP の加工実験は岐阜県機械材料研究所が開発したジャイロ式穴開け加工機を用いた。

2.2 ボンド材の分散性とダイヤモンド砥粒保持力

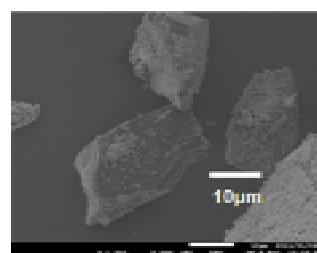
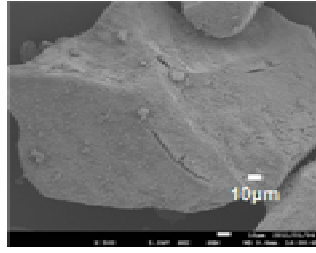
複合砥粒の複合化を評価するため、ボンド材の分散性と砥粒保持力を検討した。サンプルは、GC#100 : 130g、ダイヤモンド 0-1/4 : 3g、ボンド材:3g をメカノフュージョン (ホソカワミクロン (株) 製 AM-15F) で 15 分間複合化を行った後、炭素中に埋め込み 1200 $^{\circ}\text{C}$ で焼成を行ったものとした。粒子の分散性は SEM (JED-2300 : 日本電子製) 観察により行った。ダイヤモンド砥粒保持力の評価は、複合砥粒 4.5g と蒸留水 100ml をポリビーカーに入れ、30 分間超音波洗浄を行い、超音波洗浄処理前と洗浄処理後の BET 比表面積 (ユアサイオニックス (株) 製 NOVA4200e) を比較することで評価した。

* : 岐阜県機械材料研究所

GC#100 130g
 ダイヤ0-1/4 3g
 トクシールNP 3g



GC#100 130g
 ダイヤ20-30 3g
 トクシールNP 3g



GC#100 130g
 ダイヤ0-1/4 3g
 トクシールPR 3g

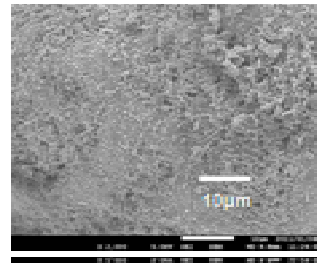
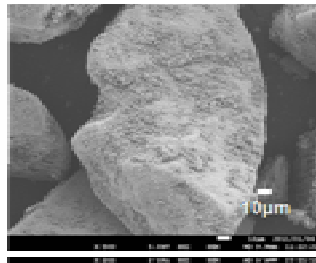


図1 複合化粒子のSEM写真

3. 結果及び考察

3-1 粒子複合化条件

メカノフュージョンでの粒子複合化で、ダイヤモンド粒径を変えたときの複合化と、ボンド材を変えての複合化を行った。図1に複合化粒子のSEM写真を示す。調査は図に示すとおりである。ダイヤ20-30での複合化ではSiC粒子のGC#100とダイヤ粒子の複合化は起こっておらず、複合化には粒径の限界があることが分かる。ダイヤ0-1/4で、ボンド材を変えての複合化では、トクシールNPは砥粒表面の一部に固まって付着しているのに対し、トクシールPRは砥粒表面全体に分散し付着しており、分散性が良いことが分かる。ダイヤモンド保持力の比較をするため、表1に超音波洗浄後の砥石の比表面積を示す。粒子が複合化された状態では表面積は小さく、超音波洗浄により複合化された粒子が離脱すると表面積が大きくなる。トクシールNPは超音波洗浄処理前と処理後では

表1 ボンド材によるダイヤモンド保持力

ボンド材	処理前 比表面積	処理後 比表面積
トクシール	0.438 m ² /g	0.442 m ² /g
トクシールPR	0.304 m ² /g	0.383 m ² /g

ほとんど表面積が変わっておらず、砥粒からの離脱が少なくダイヤモンドの保持力も高いと考えられる。一方、トクシールPRでは表面積の変化が大きく、砥粒からの離脱粒子が多く、保持力も弱かった。今回の実験ではボンド材の分散性はトクシールPRの方が優れていたが、砥石の保持力は低いという結果となった。今後、分散性・保持力に優れたボンド材の選定を行う必要があることがわかった。

3-2 CFRP加工結果

表2に銅を基材として作製したSPS砥石のCFRP加工による変化を示す。表2に示す3種類の砥粒を

表2 SPS 砥石のCFRP加工による変化

砥粒	加工長 [m]	砥石重量 [g]	砥石摩耗量 [g]	砥石径 [mm]	砥石対角径 [mm]
ダイヤモンド 粒径150µm	0	9.3621	-	28.85	28.26
	0.003	9.3534	-0.0087	28.84	28.25
	0.015	9.3494	-0.0127	28.84	28.24
SiC-ダイヤ複合 GC#100 130g Dia: 0-1/4 6g	0	9.6198	-	28.82	28.27
	0.005	9.6037	-0.0161	28.82	28.26
	0.025	9.5847	-0.0351	28.82	28.26
SiC: GC#100	0.05	9.5699	-0.0499	28.82	28.25
	0	9.6784	-	28.85	28.27
	0.005	9.6658	-0.0126	28.85	28.27
	0.025	9.6472	-0.0312	28.85	28.27
	0.05	9.6219	-0.0565	28.83	28.26

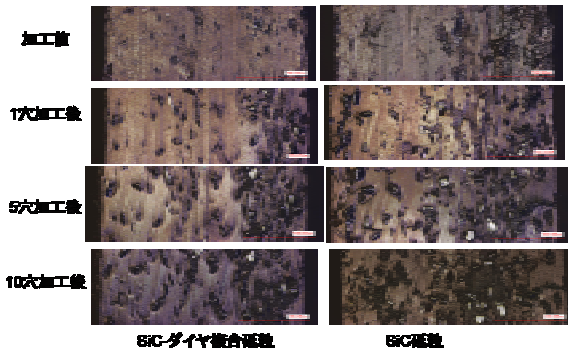


図2 SPS 砥石の表面観察

使った砥石を比較すると、径・対角径について砥粒による際は認められなかった。一方、砥石摩耗量はダイヤモンド砥粒に比べ、GC-ダイヤモンド複合砥粒とGC砥粒ではわずかに大きくなった。

また、図2に示す加工後の砥石表面の観察でも、GC#100-ダイヤモンドの複合砥粒とGC#100砥粒単身のSPS砥石での違いも認められないことから、複合させたダイヤモンドが、加工中の砥石の割れや、異常摩耗のような弊害を起こすものでないことが確認できる。図3にそれぞれの砥石を使いジャイロ加工機でCFRPの穴開け加工を行ったときの加工面粗さを示す。横軸の加工長は3～5mm厚の板状のCFRPに穴開け加工を行ったときの加工穴数を示している。ダイヤモンド砥粒での加工面粗さは、最初に大きな値となっているが、これは、ドレッシングが不十分であったためと考える。その後は他の砥粒と比べ低い値となっており、加工長として15mmまでしか行っていないがCFRPの加工性能が高いことが予測される。複合砥粒とGC#100砥粒の比較では、複合砥粒の方が面粗さがわずかに低くなっており、粒子複合化によるCFRPの加工性能が向上した。

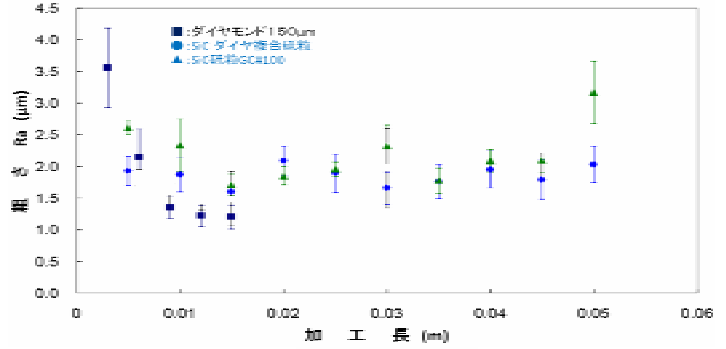


図3 SPS 砥石加工によるの加工面粗さ

4.まとめ

CFRP 加工用砥石の作製のため、安価で高性能な砥粒開発を目的に粒子複合化を行った。CFRPの加工実験では、SiC 砥粒とナノダイヤモンドを複合させた複合砥粒の比較で、複合砥粒の方が加工性能に優れることが分かった。また、ボンド材により複合時の分散性やダイヤモンド保持力に差が大きいことが分かり、今後、ボンド材の選定を行う必要がある。

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地域イノベーションクラスタープログラム（グローバル型）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) 横山久範ら、岐阜県セラミックス研究所研究報告, p8 (2009)
- 2) 倉知一正ら、岐阜県セラミックス研究所研究報告, p7 (2010)

Al₂TiO₅を用いたアルミニウム鋳造部材のマイクロ波焼成

茨木靖浩・横山久範・安達直己

Fabrication of Al₂TiO₅ Ladles for Die-casting by Microwave Sintering Technique

Yasuhiro IBARAKI, Hisanori YOKOYAMA and Naoki ADACHI

Al₂TiO₅ スラリーを調製し、小型ラドルを鋳込み成形した。成形体をマイクロ波炉で急速焼成するために、発熱壁はアルミナに炭酸ナトリウムを 0.25mol% 添加した焼成体で構成した。昇温速度 300°C/h を行った結果、クラックや変形のない良好な焼成体を得ることに成功した。また、熱膨張特性を評価した結果、電気炉で焼成した場合と同程度の低熱膨張特性を示した。

1. 緒言

航空機を代表とする輸送機器の燃費向上に有効な手段として機器の軽量化が有効であることから、機器を構成する部品をアルミニウムに置き換えることが進められている。アルミニウム合金からなる部品の多くは鋳造によって製造されている。その製造方法はアルミニウム溶液をラドルで掬い、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。ここで使用されるラドルやルツボなどの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うる熱衝撃性に優れ、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、これらに替わる材質が求められている¹⁾。Al₂TiO₅ (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応用できる。アルミニウム使用量の増加に伴い鋳造部材の需要もますます増大していくことが予想されており、チタン酸アルミニウムからなる鋳造部材を短期間で製造するプロセスの開発が必要である。本研究は Al₂TiO₅ 鋳造部材をマイクロ波炉を用いて急速焼成することが目的である。昨年度まで、Al₂TiO₅ ラドルの成形やマイクロ波吸収特性について試験を行った²⁾。本年度は、Al₂TiO₅ 製鋳造部材（ラドル）をマイクロ波炉で急速焼成することを目的とした。

2. 実験方法

2-1 ラドルの成形

ラドルの形状は直径約 95 mm、高さ約 100 mm であり（従来使用されているラドルの 2/3 のサイズ）、アルミニウム溶液を流すための湯口がついた形状である。この成形には圧力鋳込み成形を用いた。AT 原料には丸ス釉薬製の高純度品 (WTA) を用いた。AT 粉末に Y₂O₃ を 2.5mol% 添加し、適量の水と分散剤 (D-305 : 中京油脂製) によってスラリーを調製した。Y₂O₃ 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³⁾。スラリーにバインダー (バインドセラム WA310 : 三井化学製) を 1.5% 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。

2-2 ラドルのマイクロ波焼成

図 1 にマイクロ波炉内の構造を示す。発熱壁はアルミナ粉末に 0.25mol% の炭酸ナトリウム粉末を添加した焼成体を使用した⁴⁾。従来、発熱壁には被焼成体と同程度のマイクロ波吸収を有する素材が最適であるが、発熱壁に AT 焼成体を用いた場合、1500 (AT の焼成温度) まで加熱すると発熱壁自体が変形するという問題が発生した。この問題を避けるため、1500 で変形が発生しない存在を検討した。アルミナに Na を添加することによりマイクロ波を強く吸収する本素材は 1500 においても変形が発生しないことから、これを発熱壁として利用し、発熱壁内にチタン酸アルミニウムラドルの成形体を設置した。発熱壁の熱が外部に逃げることを抑制するために、断熱材

で囲んだ。図2は予備試験として発熱壁内に成形体を設置せずにマイクロ波を照射した場合の発熱壁内の温度特性である。温度が低い領域ほど、温度の上昇が早いことがわかる。また、チタン酸アルミニウムの焼成温度である 1500°C まで発熱が可能であることを確認した。この発熱壁を用いて出力制御を行いながら急速焼成を行った。

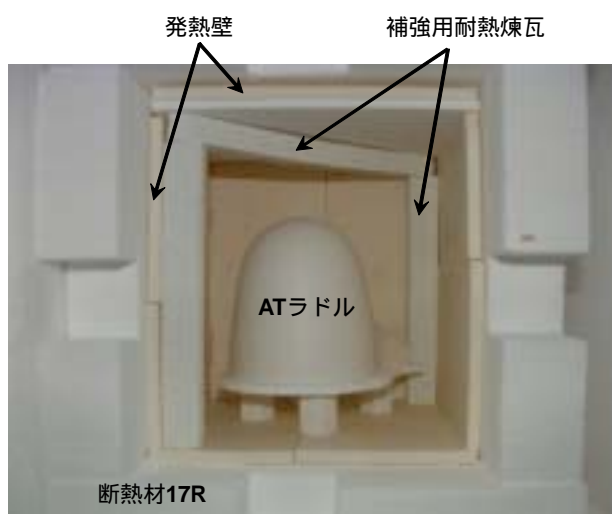


図1 マイクロ波焼成炉内の構造

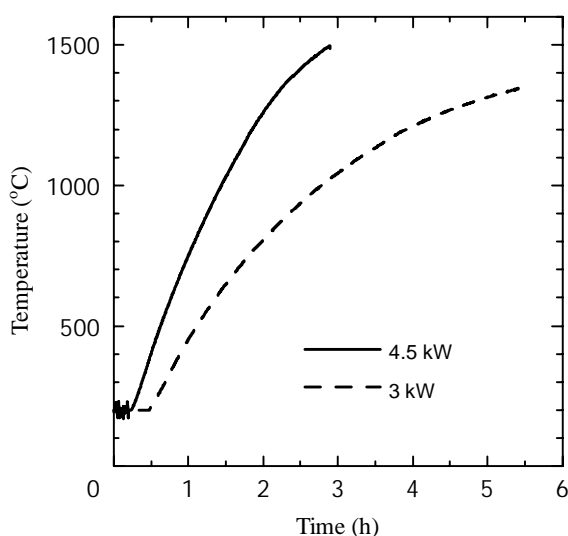


図2 発熱壁の温度特性

3. 結果及び考察

3-1 ラドルの成形

約2時間着肉させることによって、ハンドリング可能な成形体を得ることができた。しかしながら、図3に示すようなクラックが湯口付近に発生した。これは写真中の の部分が乾燥によって矢印方向に収縮するのに対し、 の部分があるために収縮が抑制され、 の部分に引っ張り応力が発生したためと考えられる。この問題を解決するために、成形する際に予め石膏型の の部分に粘土を充填させ、 の部分が着肉しない構造にしたところ、クラックが発生しない成形体を得ることができた。



図3 成形時に発生したクラック

3-2 ラドルのマイクロ波焼成

図4に約 300°C/h の昇温速度でマイクロ波焼成した場合の温度と出力の関係を示す。図2に示すように出力により昇温速度が異なるため、出力を段階的に上昇させ、目的の昇温速度になるように調節し、1500°C で 15min 保持した。同様に昇温速度を 200、250 /h となるように出力を調整した。また、図5は、それぞれ昇温速度を 200、250、300°C/h として焼成したラドルの外観図である。クラックや変形を伴わない良好な焼成体を得ることに成功した。

電気炉およびマイクロ波で焼成したラドルの一部を切り出して熱膨張特性を測定した結果を図6に示す。両者とも昇温に伴い膨張率が減少し、降温時には約 600°C まで膨張が減少し、それ以下の温度では増加するというヒステリシスが観測され

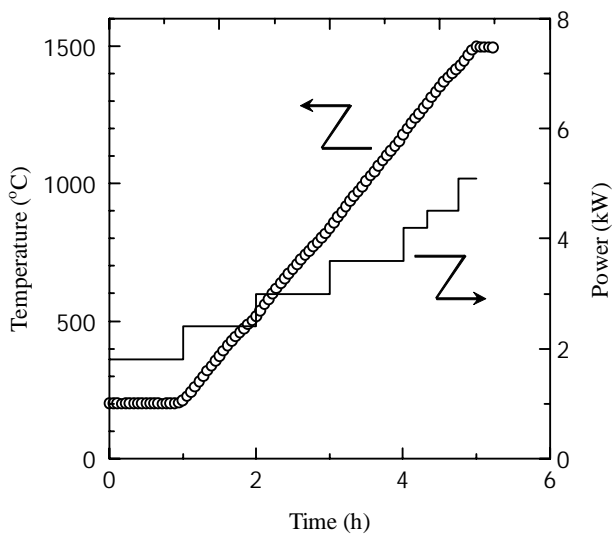


図4 マイクロ波焼成時における温度と出力の関係

た。これは、チタン酸アルミニウムの粒内に存在するマイクロクラックが昇温時には塞がり、冷却時には、粒が特定の温度まで収縮し、その後マイクロクラックの発生により空隙が増加したためと推察できる¹⁾。マイクロ波と電気炉で焼成した場合とを比較したところ、ほぼ同等の特性を示した。以上の結果から、マイクロ波焼成によりチタン酸アルミニウム製小型ラドルの急速焼成を達成することができた。

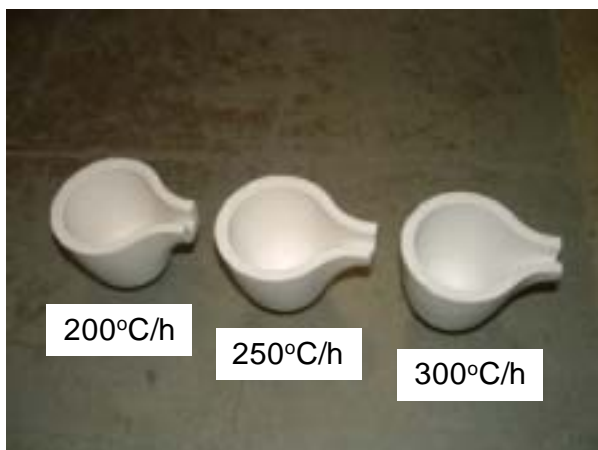


図5 マイクロ波焼成したラドル

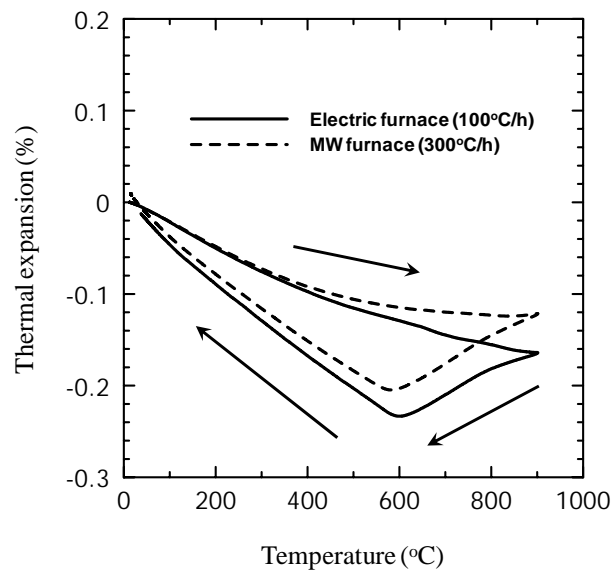


図6 電気炉およびマイクロ波で焼成したラドルの熱膨張特性

4.まとめ

Na を添加したアルミナ焼成体の板を等温発熱壁に用いる構造により、チタン酸アルミニウム製小型ラドルのマイクロ波急速焼成に成功した。また、焼成した部材は電気炉で焼成したものと同等の低熱膨張特性を示した。

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地域イノベーションクラスタープログラム（グローバル型）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, 94, p665-670 (1986) .
- 2) 茨木靖浩, 横山久範, 安達直己, 岐阜県セラミックス研究所研究報告, p10-12 (2010)
- 3) 茨木靖浩, 横山久範, 安達直己, 岐阜県セラミックス研究所研究報告, p12-14 (2009)
- 4) 立石賢司, 茨木靖浩, 伊藤正剛, 水野正敏, 岐阜県セラミックス研究所研究報告, p19-21 (2007)

マイクロ波焼成によるチタン酸アルミニウム焼成体の作製

安達直己・立石賢司・伊藤正剛・茨木靖浩

Synthesis of Aluminum Titanate from Alumina and Titania by Microwave Heating

Naoki ADACHI, Kenji TATEISHI, Sadataka ITO and Yasuhiro IBARAKI

酸化チタン(アナターゼ型)と酸化アルミニウムの原料を等モル混合し、鑄込み成形法にて成形体の作製を行った。この成形体を、ナトリウムを少量添加した酸化アルミニウムで作製した発熱壁を用いて、マイクロ波焼成を行った。その結果、昇温速度 700°C/h で 1500°C にて 10 分間保持することで、チタン酸アルミニウム焼成体を作製することができた。

1. 緒言

従来、焼成プロセスはガス窯や電気炉を用いることで行われてきた。しかし近年では、これまでの焼成技術とは全く異なったマイクロ波を用いたセラミックスへの加熱方法が開発され、応用化・実用化されつつある¹⁾⁻³⁾。

従来の加熱方法では、被焼成体の表面が外部より加熱され、その後に熱伝導によって内部が加熱される(外部加熱)焼成方法であった。しかし、マイクロ波焼成では被焼成体自体が発熱する(内部加熱)ため、熱伝導によらず加熱することができる。したがって、マイクロ波による加熱は、「均一に加熱が可能である」、「短時間での焼成が可能である」、「高温での焼成が可能である」、「選択的に加熱することが可能である(選択加熱)」などの特徴を有している。

チタン酸アルミニウムは、1820°C から 1860°C で安定な高温型(α 型)と 1300°C から 1820°C で安定な低温型(β 型)が存在し、c 軸方向で負の膨張を示すことから結晶粒内や粒界に無数のマイクロクラックが発生することで、ほぼ 0 に近い低熱膨張を示すことが知られている⁴⁾。チタン酸アルミニウムは、1860°C と高い融点、マイクロクラックによる低熱膨張性、高い耐熱衝撃性、熔融金属と反応しないなどの特徴を有しており、近年ではディーゼルエンジンの粒子フィルタに用いるハニカムやアルミニウム、亜鉛の溶湯部材などの工業用製品に用いられている。一般的なチタン酸アルミニウムの原料は、750°C から 1300°C で酸化チタンと酸化アルミニウムに分解しやすい性質を有するため長石や酸化鉄を添加し合成することが

多く⁵⁾、不純物を含んでいることが多い。一方、チタン酸アルミニウム焼成体の作製方法は、あらかじめ酸化アルミニウムと酸化チタンに助剤を添加し、加熱合成を行うことでチタン酸アルミニウム原料を得て、それを用いて成形し、焼成体を作製される⁵⁾。このような、複数の工程を用いることで多くのエネルギーが必要となる。そこで、本研究では、酸化チタンと酸化アルミニウムを用いてマイクロ波焼成を行い、成形体からそのまま焼成体を作製するプロセスの検討を行った。これにより、従来の方法であるチタン酸アルミニウムの合成・粉砕のプロセスを短縮することが可能となる。

酸化チタンは、準安定型のアナターゼ型と安定型のルチル型、その他にブルッカイト型の異なる結晶系がある。伊熊ら⁶⁾はマイクロ波による酸化チタンの急速昇温焼結に関する研究を行った。結果、2.45GHz のシングルモードマイクロ波を照射した時に、アナターゼ型が急速な発熱を起こすのに対してルチル型ではあまり発熱しないと報告している。本研究では、このアナターゼ型の酸化チタンと酸化アルミニウムからチタン酸アルミニウムの合成を試みた。

2. 実験方法

酸化チタン原料には、アナターゼ(関東化学製、純度 98.5%)を使用し、酸化アルミニウム原料には、コランダム(住友化学工業製、AKP-20、純度 99.99%)を使用した。酸化アルミニウムには、分散剤としてセルナ D-305(中京油脂製)を重量に対して 0.6 wt% 添加し、イオン交換水にて濃度が 80 wt% となるようにし、24 時間ボールミリングす

ること泥漿を調製した。また、アナターゼに関しては、分散剤 D-305 では良好な分散が得られなかったためテトラメチルアンモニウムオキシド（キシダ化学製、TMAH）を分散剤として添加し、同様の方法で 75 wt% の泥漿を調製した。次に、酸化チタン泥漿と酸化アルミニウム泥漿をチタンとアルミニウムのモル比が 1:1 となるように混合し泥漿を混合した。この泥漿を真空脱泡した後、石膏型に流し込み縦 50mm × 横 50mm × 厚 6mm に成形した。

マイクロ波による発熱試験は、2.45 GHz マルチモードで 1.5 kW のマグネトロン発信機が 4 台配置された計 6.0 kW の最大出力を有するマイクロ波焼成炉（美濃窯業製）にて行った。成形体をアルミナファイバー製の断熱ボックス内に入れ、マイクロ波照射を行い成形体の温度が所定の温度になるまで加熱し、その発熱挙動を調べた。温度測定は成形体表面に対して高温型放射温度計を用いて 400 °C から測定した。この際の成形体と焼成体の結晶構造は、粉末 X 線回折（MXP3VA、マックスサイエンス製）により同定した。

また、これらの結果をもとに酸化チタンと酸化アルミニウムからチタン酸アルミニウムを短時間で合成し、同時に焼成体の作製を試みるべく当所で開発したボックスを用いてマイクロ波焼成を試みた⁷⁾。発熱壁として、酸化物としてナトリウムを 0.5 mol% 含んだ酸化アルミニウム焼成板を用いた。これまでの研究で、酸化アルミニウムにナトリウムを添加することで、発熱速度が飛躍的に増大することが明らかとなっており、ナトリウム

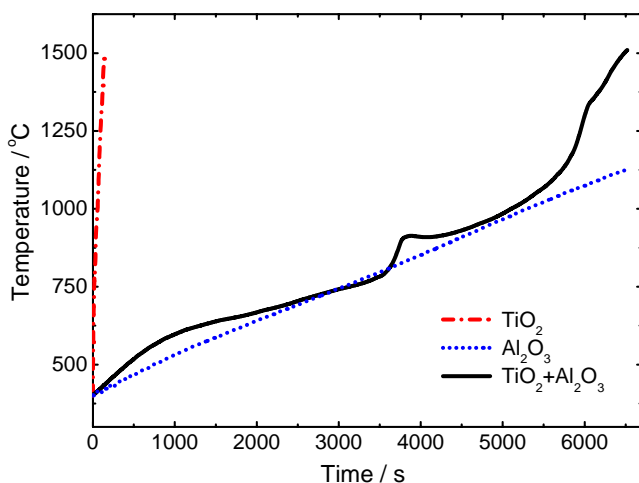


図 1 酸化チタンと酸化アルミニウムのマイクロ波焼成による発熱挙動

の添加量を制御することで発熱速度を制御することが可能である。また、この発熱壁はマイクロ波の出力によっても発熱速度が可能である。

さらに、鑄込み成形法にて小型のルツボを作製し、マイクロ波による合成と焼成を試みた。

3. 結果及び考察

3-1 マイクロ波照射による酸化チタン-酸化アルミニウムの発熱挙動

酸化チタンと酸化アルミニウムのモル比が 1:1 である成形体を用いて、6 kW のマイクロ波照射による発熱実験を行った。実験では、発熱壁を使用せず成形体のみでの昇温挙動を調べた。その結果を図 1 に示し、比較として酸化チタンおよび酸化アルミニウムのみの昇温曲線もあわせて示す。酸化チタンは、急激に発熱し、わずか 150 秒ほどで 400 °C から 1500 °C に達した。一方、酸化アルミニウムは、ほぼ一定の速度で発熱し、1100 °C まで 6000 秒を要した。酸化チタン-酸化アルミニウムの成形体では、750 °C 付近から 900 °C まで急速な温度上昇を示したが、300 秒間程度 900 °C 付近で一定になった後、再度ゆるやかに昇温し、1100 °C 付近から昇温速度が増大した。この成形体では、400 °C から 1500 °C まで達するのに約 6500 秒間必

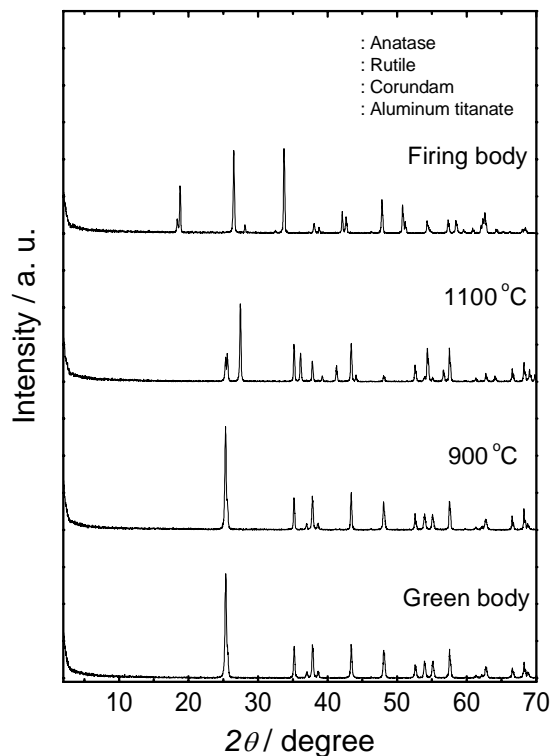


図 2 マイクロ波焼成前後の X 線回折ピーク

要であった。

図2には、酸化チタン-酸化アルミニウム混合系の成形体のマイクロ波昇温実験前後のX線回折ピークを示す。900℃まで昇温させ試料は成形体と同様に、アナターゼとコランダムとのピークを示し、この温度でのアナターゼからルチルへの転移は観察されなかった。一方、急な昇温が観察された1100℃の試料では、ルチルのピークが同定され、この温度付近でアナターゼがルチルに転移していると考えられる。この結果から、酸化チタン-酸化アルミニウム混合系では、アナターゼが直接酸化アルミニウムと反応してチタン酸アルミニウムを生成するのではなく、アナターゼが一度ルチルに転移し、その後の反応によりチタン酸アルミニウムを合成していることが明らかとなった。1500℃まで焼成して得られた試料のX線回折ピークは、チタン酸アルミニウムのピークのみであり、マイクロ波焼成により酸化チタンと酸化アルミニウムを混合した成形体からチタン酸アルミニウムの合成が可能であることが明らかとなった。しかし、これら焼成体には、焼成後に多数のクラックが確認された。

3-2 発熱壁を用いた酸化チタン-酸化アルミニウムのマイクロ波焼成

3-1で示したように、加熱した試料には、多くのクラックが発生したため、前述の発熱壁で構成したマイクロ波焼成ボックス内に作製した成形体を入れて、マイクロ波焼成を1500℃で10分間保持する条件で行った。この際のマイクロ波の出力は2~3kWに設定した。これは、3kW以上の出力で加熱を行うと、発熱壁の発熱昇温が速すぎる

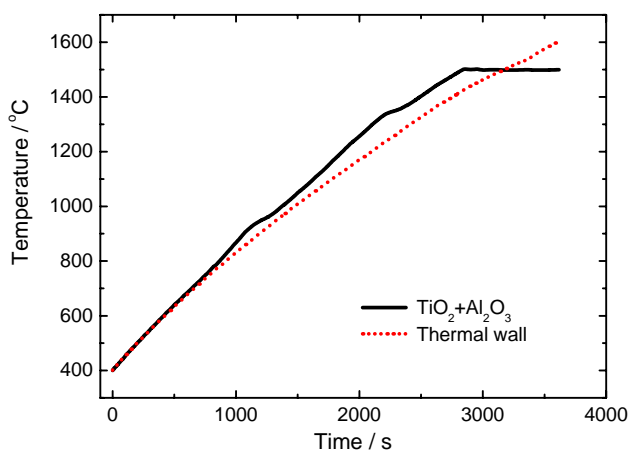


図3 発熱壁を用いたマイクロ波加熱のヒートカーブ

ために、成形体表面と内部に温度差が生じるために割れてしまう現象が起こったためである。3kWの出力でマイクロ波焼成を行った際の昇温曲線を図3に示す。合わせて発熱壁のみの昇温曲線も示す。図3から成形体は750℃付近から発熱壁よりも高い温度となり、この温度付近で成形体内部の自己発熱が発熱壁よりも大きくなったことがわかる。また、発熱壁を用いることで半分のマイクロ波出力であるにもかかわらず、図2で示した場合に比べ、より短い約3000秒間で試料温度が1500℃に達した。このことから発熱壁を利用することで、より短時間かつ省エネルギーで焼成することが可能であることがわかる。この発熱壁を用いてマイクロ波焼成し、作製したチタン酸アルミニウムではクラックの発生は、確認されなかった。

この焼成体は、密度2.7g/cm³、線熱膨張率が $-1.1 \times 10^{-6}/K$ (700℃)であり、従来の電気炉焼成と比較して密度の低い焼成体となった。この焼成体と成形体をX線回折にて同定した結果を図4に示す。図4から焼成体は、チタン酸アルミニウムのピークのみであり、形状を保持したままのチタン酸アルミニウムの合成が可能であることが示された。この結果をもとに、マイクロ波出力を2~3kWで調整し、1500℃で焼成した小型のルツボ(外径60mm×高さ45mm)を図5に示す。クラックが発生することなく、成形した形を保持したまま焼成体を作製することができた。一方、電気炉で同じ成形体を昇温速度が100℃/hで1500℃、2時間焼成した場合、成形体の形状を保持することなく粉々となった。電気炉焼成で形状が保持できなかったのは、外部加熱のため成形体内部で温度差が

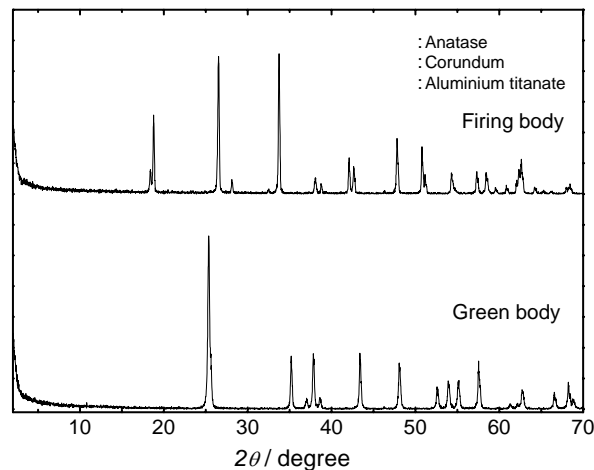


図4 マイクロ波焼成前後でのX線回折の結果



図5 マイクロ波焼成で作製したルツボ

生じ、チタン酸アルミニウムの合成反応が均一に起こらなかったためと考えられる。それに対して、発熱壁を使用したマイクロ波焼成ではチタン酸アルミニウムが合成する 1100 °C 以上の温度では、自己発熱によって成形体内部の温度が均一になるため、形状保持が可能であったと考えられる。このように、マイクロ波焼成の利点を生かすことでプロセスの短縮やエネルギーコストの削減などが可能であることがわかった。

4. ま と め

酸化チタンと酸化アルミニウムの混合泥漿から作製した成形体を用いて、マイクロ波焼成により、チタン酸アルミニウムの合成を試みた。ナトリウ

ムを含む酸化アルミニウムで作製した発熱壁を使用し、マイクロ波焼成することで短時間にチタン酸アルミニウムを合成することが可能であった。さらにこの焼成体は、もとの成形体の形状を保持することが可能であった。

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地域イノベーションクラスタープログラム（グローバル型）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) Jiping Cheng, et al., *Mater. Lett.*, 56, p587-592 (2002)
- 2) J. Cheng et al., *Mater. Lett.*, 37, p215-220 (1998)
- 3) M. Sato et al., *Ceram Trans.*, 111, p277-285 (2001)
- 4) W. R. Buessem et al., *Ceram. Age.*, 60, p38-40 (1952)
- 5) 山口明良 監修, 「アルミナ系耐火物 -現状と今後-」, 岡山セラミックス技術振興財団 (2007)
- 6) 伊熊泰郎ら, *J. Ceram. Soc. Japan*, 101, p900-904 (1993)
- 7) 安達直己ら, 岐阜県セラミックス研究所研究報告, p27-29 (2009)

人に優しい陶磁器製品の開発とその評価技術（第1報）

伊藤正剛・小稲彩人

Development and Evaluation of the Friendly Pottery ()

Sadataka ITO, Ayato KOINE

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人に優しい陶磁器製品の開発を目指し、本年度は、これまでに見出した割れ誘導線の縦方向本数を減らすことによる種々の影響について検討した。その結果、縦方向の本数が10本になると、これまでの16本や12本の時と比較して破片数が増加し、割れ誘導が難しくなることを確認できた。

1. 緒言

2011年2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2939万人、総人口に占める割合は23.1%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。

昨年度までの研究で、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、縦方向の割れ誘導線の本数を減らし、割れ等に与える影響について検討を行った。

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、CADソフト(Rhinoceros 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

圧力鋳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、割れ誘導線の部分は無釉とした。

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る試験を行った。この時、飯碗の縁が床での打点となるように、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

衝撃試験機(リサーチアシスト(有)製 RA-112型)を用いて、飯碗の縁及び腹部を打点する方法により衝撃強度を測定した。

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10本ある飯碗原型をモデリングした結果を図1に示す。昨年度までの研究で見出した割れ誘導線の幅や深さなどは変更せず、縦方向の本数をこれまでの16本や12本よりも減らし10本とした。また、NC切削機で切削した原型を図2に示す。

3-2 試作品の落下試験

割れ誘導線10本モデルについて、落下試験を5回行った結果を表1に示す。また、代表的な割れ方の写真を図3に示す。これまでの割れ誘導線16

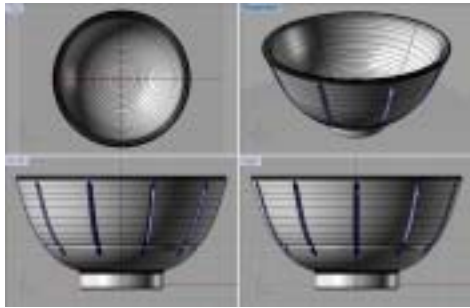


図1 割れ誘導線 10本モデルの CAD 表示画面



図2 割れ誘導線 10本モデルの原型

本モデルは、ある程度誘導線に沿って割れていたが、10本モデルは誘導線に沿らず割れている個所が多くなった。破片数も、16本モデルと比較して大破片、小破片ともに若干多くなった。昨年度の実験では、縦方向の割れ誘導線の本数を16本から12本に減らすと、破片数が減る傾向が見出されている。このことから、縦方向の誘導線の本数を10本まで減らすと、割れ誘導線間の間隔が大きく広がるため、亀裂の進展を割れ誘導線に導くことが難しくなり、その結果、誘導線に沿らず割れる箇所が増え破片数が増加したものと考えられる。

表1 割れ誘導線 10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	20	0	0	20
	小破片	4	1	0	5
2	大破片	13	1	0	14
	小破片	5	2	0	7
3	大破片	12	0	0	12
	小破片	3	4	0	7
4	大破片	16	0	2	18
	小破片	3	2	0	5
5	大破片	15	0	1	16
	小破片	7	0	1	8

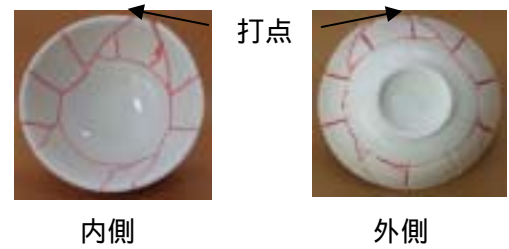


図3 10本モデルの落下試験後の割れ状況

3-3 試作品の衝撃試験

割れ誘導線 10本モデルについて飯碗縁部の衝撃試験を5回行った。この時、試験体はハンマーの打点が割れ誘導線上になるように設置した。その結果、平均衝撃強度は0.11Jであった。これまでの16本モデルと12本モデルの平均衝撃強度は、それぞれ0.08J、0.07Jであることから、縦方向の誘導線の本数を10本まで減らすと若干飯碗縁部の衝撃強度が増加することが確認できた。

次に、飯碗腹部の衝撃試験を5回行った。この時、ハンマーの打点が円周状の割れ誘導線にあり、かつ縦方向の誘導線と交わる位置になるように試験体を設置した。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飯碗腹部の衝撃試験を5回行った。その結果、割れ誘導線の無いモデルの平均衝撃強度が0.14Jであったのに対し、割れ誘導線16本モデルは0.07J、割れ誘導線10本モデルは0.05Jであった。腹部の割れ誘導線を施すことによって、衝撃強度は約1/2となったが、縦方向の誘導線の本数が16本から10本に減っても腹部の衝撃強度はほとんど変わらないことが分かった。

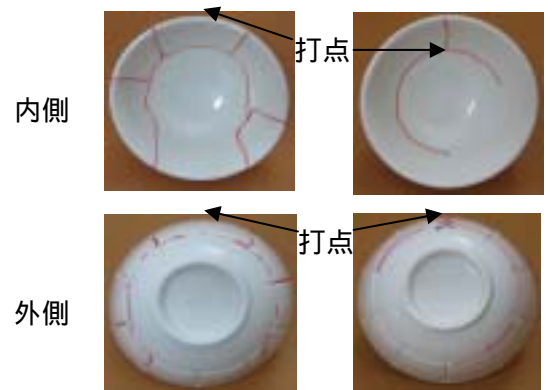


図4 10本モデルの衝撃試験後の割れ状況

以上のことから、割れ誘導線を施した飯碗の衝撃強度を増加させるためには、縦方向の誘導線の本数ではなく、誘導線の断面形状等の他の要因を検討する必要があることが示唆された。図4に縁部及び腹部に対する衝撃試験による代表的な割れ方の写真を示す。いず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。このことは、落下試験において、割れ誘導線に沿らない割れや小破片が生じる理由として、落下による打点位置が必ずしも割れ誘導線上でないことを示唆するものである（衝撃試験のハンマー打点は割れ誘導線上）。すなわち、衝撃試験によるハンマーの打点位置を変えることによって、落下試験の状態を再現できる可能性があり、今後両方法を比較し、より精度を高めた実験を行っていきたいと考えている。

4.まとめ

縦方向の割れ誘導線の本数を10本にしたモデルについて落下試験を行った結果、これまでの16本のモデルや12本のモデルと比較して、破片数が増加した。

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, p13-15 (2010)

陶磁器製品のブランド化研究（第2報）

- 花器 + の製品 -

小稲彩人

Development of Artistic Ceramic Designs for New Mino Brand ()

-The trial manufacture of a pot-

Ayato KOINE

陶磁器業界は近年の景気低迷の影響により食器関連製品の売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ため、食器にとらわれず花器に新しい価値を加えるなど、潜在的ニーズの発掘を行う事が必要である。

そこで今年度は新しい観点で、従来然とした置き場に捕らわれない花器の製品開発や試作を行った。

1. 緒言

昨年度は、新規分野での陶磁器材料の活用を行うため、従来の食器に加え、インテリア性を重視した鉢や植木鉢を検討し、提案した。今年度は新たな花器の購買を促すために、高いデザイン性を有し、さらに従来然とした花器の置き場である玄関、本棚、壁面のみにとらわれない新規性を感じさせる設置場所の検討や、これまでに無い花器の製品開発を外部のガーデナーにアイデアの一部を提供いただき当所にて試作した。

2. 開発コンセプト

近年、不況により国内の消費趣向は変化している。惣菜や家庭向け缶ビールの販売額が増加したり、外食産業の売り上げが落ち込むなどのさまざまな情報を分析した結果、家庭で過ごす時間が増加していると言われている。しかしながら、家庭での時間の増加による、花きや球根、ガーデニング市場の売り上げに大きな落ち込みはなく、むしろ家庭菜園関連市場の一部では上向き傾向である。この様な背景から、家庭周辺での花の装飾に注目し、新しい需要を開拓するために開発や試作を行った。

現在、市場にある花器は袋状に成形され、一般的に玄関、卓上、本棚、手洗いなどに設置され、その思考はほぼ概念化していると考えられる。従来然とした花器の設置場所にとらわれず新規性や意外性を有す製品開発により、新たな購買を促す

事が出来るよう、外部のガーデナーを迎え、花を活かせる場を家の各所で想定したアイデア構築を行い、以下のコンセプトに基づき試作を行った。

花器の機能+ の機能を持ったデザイン。

既存製品では見かけない花器デザイン。

従来の設置場所は避けること。

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。

3. 試作

3-1 ナイフボックス+花器

キッチンで使用するナイフボックスにハーブを挿せる製品の提案を行った。本製品は陶板の隙間を利用して合計3本の包丁を立てるスペースを確保しており、サイドのポケットには調理に使うハーブを庭からつんで挿すことができる。

5mm厚の陶板計8枚を5mmの隙間を開けてネジで止め、木にとまるフクロウのイメージを形にした。ネジを外して分解して洗浄することが可能である。磁器で成形は排泥鑄込み。ナイフボックスの図面を図1に、外観を図2に示す。

3-2 ネームプレート+花器

ネームプレートと花器を一体化させた提案を行った。最初に目にするネームプレートで訪問者を歓迎できる演出を行った。さらに門燈を近くに設置すれば夜間でも花とネームプレートを観賞する事が出来る。また、製品の材質と成形方法は前項と同様であり、内側にシリコンで水止めを行って

いる。ネームプレートの図面を図3に、外観を図4に示す。



図1 ナイフボックス（図面）



図4 ネームプレート（外観）



図2 ナイフボックス（外観）

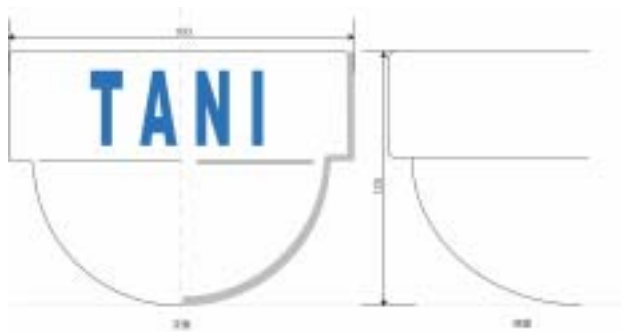


図3 ネームプレート（図面）

3 - 3 柔軟性のある花器

3つ目に、小さな花器を麻紐でつなぎ合わせて、自由に配置方法を変える事が可能な花器の提案を行う。

本製品は設置場所が柱であったり、壁面がコーナーであったりする場合にも、その形に合わせて自由に形を変えて配置する事が可能である。また数も自由に増減が可能であり、花器以外に筆記具などを挿しておくことも出来る。また、製品の材質、成形方法は前項と同様である。柔軟性のある花器の図面を図5に、外観を図6に示す。

各種展示会での反応を受けて製品化の検討を行う予定である。



図5 柔軟性のある花器（図面）



図6 柔軟性のある花器（外観）

4.まとめ

今回は陶磁器製品の ブランド創出のために、

花器の検討を行った。アイデアの創出にはガーデナーに協力を仰ぎ、 ナイフボックス+花器、ネームプレート+花器、柔軟性のある花器など、既存製品には見かけない花器のデザインを考慮し、製品の提案をする事が出来た。また、新規提案を行う場合、異なる分野からの協力により新しいデザイン提案が可能であることが確認できた。

美濃焼の新しいブランド創出には、食器生産を行いつつ、既存製品にはない部分での新規製品の提案により、需要を喚起し、地域の発展に貢献するために必要である。今回の提案は展示会での反響を参考に、さらに検討を行う予定である。

謝辞：試作品の作製にご協力いただいた（有）かたくり工房、阿部容子氏に謝意を表します。

岐陶試 精炔器製品に影響を与えた情報源について

商工省陶磁器試験所の施策と岐陶試複製品デザイン

鶴見栄三・尾石友弘

Originative Product Design Influenced on SEISEKKI-Ware Manufactured Gifu Prefecture
Ceramics Research Institute

Eizo TSURUMI and Tomohiro OISHI

デザイン開発した見本試作品を小売市場で実際に販売して、その商品性を検討するとともに、粗悪品産地のイメージ刷新を目的として、昭和10年から場内の中間工場において飲食器やインテリア用品が製造された。素地には酸化焼成で淡黄色に発色する精炔器が主に用いられ、化粧掛け技法により加飾された。今日もなお感覚的にモダンなそれら製品の、文様や形状デザイン創出の情報源として、商工省陶磁器試験所において昭和6年に発足した「陶磁器試験所陶磁器研究会」及び、その分科会として同年設けられた「日本趣味応用図案研究会」の存在が大きなことが判明した。

1. 緒言

精炔器は昭和3年(1928)、土岐郡駄知町の昭和製陶所で創製された。その後昭和10年頃に、岐阜県陶磁器試験場(現セラミックス研究所、以下岐陶試と略す)で坯土調製及び供給体制の整備や釉薬の改善、さらに加藤一(後の人間国宝 加藤土師萌)らによる新製品の見本試作を行い、これらを一体化して美濃焼業界に技術の普及が図られた。その後、美濃焼の主要産品の一つとして、昭和40年代半ばまで生産が続いた。現在、当所に収蔵されている作品や製品からは、都会的に洗練されたモダンな昭和初期の時代風潮が感じられ、今日でもなお魅力的である。しかし、それらの形状及び加飾デザインに影響を与えたものが何かについては、これまで十分な検討がされてこなかった。

そこで、収蔵品による創立百周年記念展覧会の開催を準備するために収集した資料について、探査し照合作業をするなかで判明したことについて報告する。なお、収蔵されている昭和初期の精炔器は、上述の見本試作及び職員の資質向上のため一品制作的美術品、井深初代場長の意向によって商品化できそうな試作品を選び、場内に設置した中間工場施設(特別会計で運営)で相当数量を複製して、実際に市販した商品で構成されている。また戦時下における金属代用品の見本試作品も、少量ではあるが現存している。

2. 岐陶試の美濃焼振興と加藤一の採用

公立実業学校長・同教諭を兼任中の大正9年(1919)、井深捨吉は「本県陶磁器業の改良方針」¹⁾の中で、先ず

- ・美術的骨董の方面よりも工業的実用的に進歩せしむること
- ・支那、印度、南洋、南米向を主として輸出品に力を注ぐこと
- ・従って工場の共同的経営、機械力の利用を計らしむること

を述べ、改良事項として、陶磁器製造業の近代化や製品開発、労働条件や金融、交通網整備、工業教育など、20項目を列挙している。その中で例えば、2意匠図案の改善については「・・・一般に軽視せる傾向あり。且つ着画方法等も極めて粗雑なるも意匠図案が製品価格及び販路に大関係あるは言を俟たず」と述べている。次に改良事項細目があり、上述の意匠図案の改善については、図案専門技術者を配置して業界の調整依頼に応じることや、図案展示会の開催、図案集の配布、さらに講習会や巡回指導の実施、市場動向調査など10の具体策を述べている。これらの改良方針は大正13年4月、岐阜県陶磁器試験場長に就任するとともに実行に移された。

機械化の進展とともに品質が低下した美濃焼を工芸振興によって立て直すため図案技術者として

大山左中を任用し、図案調製及び図案集（所在確認できず）発行にあたらせた。こうした中で大正15年9月22日、瀬戸陶磁工商同業組合に在籍していた加藤一を商工技手として採用することになり、工芸面から製品の改善向上に本格的に取り組むことになった。

3. 商工省陶磁器試験所のデザイン振興策

商工省陶磁器試験所²⁾は京都市立陶磁器試験場が大正8年（1918）に国に移管され、京都市に創設された農商務省陶磁器試験所が始まりで、大正14年（1925）に農商務省の廃止にともない商工省の所管となった。陶磁器の科学的研究を行うとともに製造部門を設けて、原料から製品試作まで一貫した研究を行った。また、伝習生制度を設けて人材養成（全国から公募）を行い、陶業界や陶芸界に人材を送り出した。

昭和5年（1930）、植田初代所長の退官により平野耕輔が二代所長に就任した。昭和6年3月、平野は所内に「陶磁器試験所陶磁器研究会」を発足させた。研究会は職員の資質向上を目的とし、陶磁器関係の権威を招聘した講演会や、デザイン研究のための公設機関と業界関係者との座談会で構成されていた。同年11月になり研究会の分科会として「日本趣味応用図案研究会」が始まった。第1回研究会の内容を見ると

- ・最新欧米市場の陶磁器収集品 200 点の展示
- ・講演 2 題...うち 1 題は武田五一「欧米視察談」
- ・座談会...「洋食器の日本趣味化の方策」

であった。座談会出席者のうち公設機関関係者は、滋賀窯試、石川工試、佐賀第一窯試、愛工試、兵庫工試、大阪府貿易館、砥部、愛知商品陳列所、

瀬戸窯試、京都市立工研 で、岐陶試からは加藤一が出席している。業界からは香蘭社の水町和三郎、大倉陶園の日野厚、京都ホテル支配人や飲食店などの出席があった。

昭和7年5月の第2回日本趣味応用図案研究会では、出席公設機関のうち9機関から試作品の発表があった。この年、試験所第三部長の福田直一の後任として水町和三郎が就任し、日本的洋食器のデザイン研究は一層、本格化した。

なお水町和三郎について、「岐陶試 備品台帳 標本の部」に昭和7年7月5日付けで、陶片12箱を100円で購入した記述がある。当該品と思われる陶片が現存している。

4. 当所収蔵見本試作品のデザイン創出情報源

当所の収蔵品は標本として購入されたものもあるが、その大半は加藤一が入庁した大正15年以降に制作（製作）されたものである。また戦前に制作（製作）年を限れば、素地は精炔器及び白雲陶器のものが多い。これら見本試作品のデザイン構想においては前述のように、加藤一が参加していた陶磁器研究会及び日本趣味応用図案研究会から得た各種情報が、大きな影響を及ぼしたと考えられる。その形跡がうかがえる資料として図1に示す参考品写真帳が残されており、図2はその中の一部であるが、「以上 独逸ローゼンタール（1932）カタログより 京大吉岡 氏所蔵（2字判読不可）小川写真館複写」との記述があり、1932年版ドイツ ローゼンタール社の商品カタログを借用し複写したことが判る。1932年は昭和7年にあたるが、その当時、陶磁器試験所嘱託で京都大学教授 建築家の武田五一が欧米へ出張するに際



図1 参考品写真帳



図2 1932年ローゼンタール社カタログの写真



図3 色化粧塗分金彩
楓文花挿
(1936, No. 694)



図4 線文台付花挿
(No. 695)



図5 白化粧緑マット
釉線文台付花挿
(No. 699)



図6 鉄化粧掻落草花
文台付花挿
(No. 344)



図7 鉄絵草花文
長角形ケーキ皿揃
(No. 746-2)



図8 鉄絵草花文
コーヒー碗皿
(1935頃, No. 357)



図9 白化粧櫛目笹文
コーヒー碗皿
(1936, No. 371-4)



図10 松竹梅文蓋物
(No. 296-2)

して、試験所長の 平野耕輔から陶磁器製品の収集を委嘱されたのが昭和6年であった。輸出陶磁器振興に資するため、欧州で流行の実用的な陶磁器製品をベルリン及びジュッセルドルフの百貨店で購入³⁾したそれら収集品は同年11月に届き、前述のように研究会で展示された。翌年には一般公開及び写真集の発行もされた。

図3~6示す精炔器花挿の形状はカタログ掲載品の強い影響が感じられるが、加飾については精炔器の特徴である化粧掛けの各種技法や、彩色、上絵・下絵などの総体化が見られる。また、日本趣味応用図案研究会に呼応するものとして、図7~10にその一部を示す。()内の西暦は製作年を、No.は収蔵番号を示す。

5. ま と め

当所収蔵の参考品による「岐阜県陶磁器試験場の100年展」(会期:平成23年12月10日~平成24年3月25日、会場:岐阜県現代陶芸美術館)の開催準備のため収蔵品個々の作者、制作年、来

歴などについて各種資料を収集し、探査し照合することとなった。その結果、戦前の見本試作品や中間工場施設で相当量複製され実際に市販された商品が持つ、今日でもなお新鮮なデザイン感覚の理由の一端が明らかとなった。デザインの現場で奮闘した加藤一らの卓越した能力とともに、外貨獲得のため輸出工芸品振興の陣頭にたち地方公設機関を先導し支援した商工省陶磁器試験所(現独立行政法人産業技術総合研究所中部センター)が果たした役割は特筆される。

【参考文献】

- 1) 井深捨吉業績刊行会, 井深捨吉業績 美濃焼とともに, p1-16 (1960)
- 2) 植田哲哉, 名工研陶磁器部門 75年の歩み, 名古屋工業技術研究所, p2-19 (1999)
- 3) 宮田昌俊, 輸出工芸展覧会陶磁器試験所出品図集に見る研究試作品, 愛知県陶磁資料館, 近代デザインの系譜 国立陶磁器試験所の研究と試作, p17-19 (2001)

精炔器の素地開発を先導した黄色スクラッチタイル

鶴見栄三・尾石友弘

Yellow Scratched Tile Leading to Development of SEISEKKI-Ware Body

Eizo TSURUMI and Tomohiro OISHI

精炔器素地は昭和3年(1928)、昭和製陶所で開発された。そして昭和10年頃、岐阜県陶磁器試験場で坯土調製と供給体制の整備及び釉薬の改善を行い、美濃焼業界に技術移転を図った。開発の契機は優良資源の保護や、色素地製品による消費の喚起とされる。しかし、酸化焼成で淡黄色に発色する精炔器素地の特長に着目すると、大正12年(1923)に全館が完成した帝国ホテル日本館に用いられ当時注目の的であった黄色スクラッチタイルに、大きな影響を受けたことが推察される。

1. 緒言

精炔器の美濃焼業界への技術移転は、戦前における岐阜県陶磁器試験場(現セラミックス研究所、以下岐陶試と略す)の特筆される成果と言われながら、当時の業務報告に精炔器に関する記述はない。平成9年(1997)から三ヶ年にわたり行った美濃焼の総体化研究¹⁾において、事例研究として精炔器を取り上げ素地創製に関わる経緯の概要は判明した。しかしながら、素地開発の着想が何によるものかは、十分に解明ができなかった。今回、精炔器を含む当所の収蔵参考品による「岐阜県陶磁器試験場100年展」を開催するため、収集した資料を探索し照合するなかで、帝国ホテル日本館に使用された黄色スクラッチタイルと精炔器の素地開発について考察した。

2. 帝国ホテル日本館の黄色スクラッチタイル

大正12年(1923)、外装が黄色のスクラッチタイル(煉瓦)に装われた帝国ホテル日本館が全館完成した。設計はアメリカ人建築家のF.L.ライトである。昭和6年、設計案の説明の場で示した黄色スクラッチタイル²⁾は、建設コスト面から国産化が課題となったが日本では未知のものであった。幸い関係者の一人が明治42年(1909)、京都市円山公園に黄色タイル(無釉湿式淡黄色タイル)貼りの別荘(現長楽館)を建設しており、このタイルが知多半島内海産出の粘土によることが判明した。図1に長楽館を示す。表1および表2には内海粘土(内福寺地区)の上層採取品および下層採

取品の化学分析値³⁾を示し、表3に帝国ホテル日本館のスクラッチタイルの化学分析値を²⁾を示す。なお、内海粘土の灼熱減量は、上層で7.46%、下層で11.13%との記載がある。また、長楽館以前の黄色タイル貼り建築⁴⁾の例としては明治40年(1907)、名和記念昆虫館(岐阜市、武田五一設計)がある。



図1 長楽館の外観

表1 内海粘土(上層)の化学分析値

(mass%)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
60.2	19.5	7.36	1.42	0.00	0.82	2.33	0.65

表2 内海粘土(下層)の化学分析値

(mass%)							
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
49.9	26.6	8.02	1.92	0.00	0.51	0.75	0.51

表3 帝国ホテル日本館スクラッチタイトルの分析値
(mass%)

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
68.3	23.0	3.0	0.8	0.3	0.8	3.1	0.5

3. 精炔器素地の創製

3-1 昭和製陶所における精炔器

精炔器創製については岐陶試元職員でもあった水野善郎が、関係者の聞き取りをもとに経緯^{5), 6)}を明らかにしている。それによれば、中津川出身で岐阜県土岐郡立陶器工業学校長から東京工業試験所 第3部長となった、熊澤治郎吉の着想と指導によって、昭和3年(1928)に駄知町の昭和製陶所で創製された。当初目指したタイトルの製品化には失敗⁷⁾したが植木鉢や火鉢などを作り、柳川鍋がヒット商品となった。それ以降、花器や飲食器を手掛ける一方、経営者の子息は芸術的才能を開花させ、公募展にしばしば入選してデザイン重視の社風形成に寄与した。

創製を指導した熊澤治郎吉の着想の基が何であったか判然としないが、小資源国の日本であれば「未利用の含鉄粘土を母体とする新規焼物を作り、国を益し業界を利する」ことは持論⁸⁾であった。この当時の岐陶試は駄知町の青年陶工で組織した研究団体に対し、地方研究団体指導事業として工芸研究に関する特別実地指導を行っていることが、業務報告(昭和4年度以降保管)で確認できる。当該事業は美濃焼における工芸品美化の先駆者養成が目的であり、公募展出品作品に対する具体的関与がうかがえる。加藤一の昭和製陶所への出入りも、このような形で行われたと推察される。なお、昭和製陶所で精炔器素地に用いられた含鉄粘土は、山神地区から採掘されたと言われるが、組成などは不明である。

3-2 岐陶試における精炔器

業務報告に精炔器に関する記述はないが井深捨吉は後年、坏土や釉薬の調製データを非公開にし

た理由⁹⁾を

1. 美濃焼業者一般の傾向として、優良品の模倣による粗製乱売に陥り易く、新規製品の育成を阻害する。
2. 粗製品産地のイメージ刷新を図るため、新規工芸品として精炔器を育成する。

と、述べている。その他、精炔器を着想し指導した熊澤治郎吉や創製企業に対する、公設機関としての配慮があったと考えられる。

岐陶試における精炔器の素地開発の契機は、大正15年、優良原料保護に向けて県知事に提出された陶磁器原料調査委員会設置に関する意見書の作成に始まる。昭和4年に岐阜県原料調査会が設置され、8年に「岐阜県東濃地方の粘土」と題する冊子が作成、配布された。これを踏まえて含鉄粘土活用が検討され始めた昭和10年頃、滝呂地内より産出した特異な粘土(俗称ブラオン)を用いて坏土の調製が行われた¹⁰⁾。部外秘とされた調製データを下記に示す。

1. 初期調合-A(黄茶色、優雅な色沢)
 柿野カオリン 30% 滝呂下山風化カオリン 20%
 ブラオン(黄) 32% 柿野長石 2%
 小名田木節 1% 対州カオリン 6%
 瀬戸木節 2%
2. 初期調合-B(黄茶色、優雅な色沢)
 柿野カオリン 20% 滝呂下山風化カオリン 7%
 ブラオン(黄) 23% ブラオン(青) 28%
 釜戸長石 22%
3. 赤味の淡黄茶色
 大畑水簸粘土 70% 釜戸石粉並品 30%
4. 灰味の淡黄色
 駅裏粘土(水簸) 75% 釜戸石粉並品 25%
5. 戦後の黄白色
 駅裏粘土 30% 釜戸石粉上品 40%
 神明カオリン 30%

初期調合-A、-Bが精炔器本来の発色と質感を示す。その化学組成¹¹⁾(焼成素地)を表4に示す。この組成値をもとにノルム計算を行った結果(算出したカオリン値からH₂O分を補正)、鉱物組成はカオリン38%、長石29%、石英30%であった。また素地は1.42%の鉄分(Fe₂O₃換算値)を含有し、素地を黄茶色に発色させる要因の一つと考えられる。

表4 岐陶試初期精炔器の分析値（焼成素地）
（mass%）

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
69.9	21.8	1.42	0.58	0.24	0.45	3.07	1.41

一方、3~5は素地調製の要となるブラオン粘土が入手困難となった以降、市場ニーズに応えるために考案されたと考えられるもので、発色と質感において初期精炔器素地とは異なる。なお、上記の駅裏粘土は金山町（現下呂市）産出の陶石のことで、貨車で多治見駅に搬送されたことによる。

精炔器は従来の炔器素地とは異なり、焼成温度は1150℃と低く省エネであることや、素地の肌理は緻密で磁器のように自由な加飾ができること、さらに特長ある色沢を工芸的に活用すれば新規製品として内外需ともに販路拡大ができると考えられた。このため戦時下における金属代用品あるいは、外貨獲得のための輸出工芸試作品として積極的な活用が図られた。その一端は収蔵参考品で見ることができる

4.まとめ

日比谷公園に面し帝都東京の迎賓館として出現した、黄色のスクラッチタイルで装われたF.L.ライト設計の帝国ホテル旧本館が、人々の話題を独占したことは想像に難くない。当時、東京工業試験所 第三部長の要職にあった熊澤にとっても、心中に思い描いた構想を、実体として見る思いがしたのではないか。それはまた公設機関の長として、優良資源の保護と製品の質的向上に腐心する井深にとっても、確信に似たものが得られたのではないだろうか。そして、精炔器素地を創製した昭和

製陶所が、最初に製品化を目指したものがタイルであったことは興味深い。例えそれが関東大震災の復興支援として、10年間に限り建材に対する助成策もあって、構造物の内外装へのタイル需要の増加がその背景にあったとしても。

【参考文献】

- 1) 鶴見ら, 美濃焼の総体化研究, 岐阜県陶磁器試験場研究報告, p29-32 (1998)
- 2) 帝国ホテルのスクラッチ煉瓦, (株)INAX, 日本のタイル工業史, p153-157 (1991)
- 3) 後藤泰男, 復元してわかったこと, INAX 出版, F.L.ライトがつくった土のデザイン, p41-44 (2007)
- 4) 佐野由佳, スクラッチタイルを作り損ねた男, 久田吉之助, INAX 出版, F.L.ライトがつくった土のデザイン, p26-32 (2007)
- 5) 水野善郎, 熊澤先生と精炔器に就いて, 焼物一代, p127-132 (1975)
- 6) 水野善郎, 熊澤先生と施釉精炔器, 窯業協会誌 66, [751], p260-263 (1958)
- 7) 小川梅明, 昭和製陶の沿革, 東濃企画, 寛庵の古武士 (加藤臯追悼誌), p112-114 (1986)
- 8) 熊澤次郎吉, 陶磁器用諸原料の応用法に就いて, 大日本窯業協会雑誌 37, [442], p407-410 (1929)
- 9) 井深捨吉, 精炔器の創製と普及, 井深捨吉業績刊行会, 井深捨吉業績 美濃焼とともに, p106-108 (1960)
- 10) 一瀬武, パイロメーターと精炔器の創始, 郷土文化研究会, 美濃焼の歴史, p223 (1966)
- 11) 水野ら, 新精炔器素地の調製, 岐阜県セラミックス研究所, 研究報告, p43-46 (2006)



P22 図2 ナイフボックス（外観）



P22 図4 ネームプレート（外観）



P23 図6 柔軟性のある花器（外観）



P25 図1 参考品写真帳



P25 図2 1932年ローゼンタール社カタログ写真



P26 図3 色化粧塗
分金彩楓文花挿
(1936, No. 694)



P26 図4 線文台付花挿
(No. 695)



P26 図5 白化粧緑マツト
釉線文台付花挿
(No. 699)



P26 図6 鉄化粧掻落
草花文台付花挿
(No. 344)



P26 図7 鉄絵草花文
長角形ケーキ皿揃
(No. 746-2)



P26 図8 鉄絵草花文
コーヒー碗皿
(1935 頃, No. 357)



P26 図9 白化粧櫛目
笹文コーヒー碗皿
(1936, No. 371-4)



P26 図10 松竹梅文蓋物
(No. 296-2)



P27 図1 長楽館の外観