佐賀県窯業技術センター 平成27年度 研究報告書・支援事業報告書

佐賀県窯業技術センター

平成 27 年度 研究報告書・支援事業報告書

目 次

経常研究	
積層印刷技術を利用した機能性陶磁器の研究	1
バイオガス系メタン燃料直接改質燃料電池セルの開発	5
セラミックス粒子を配向制御したヒートシンク材料の開発	12
調査研究	
有田西部(外山)地区で採取された灰白色堆積粘土の特性	19
支援事業	
低品位泉山陶石を活用した加飾材の製造技術の開発支援	24
住宅向屋外製品開発支援 庭に向けた製品開発	28
小児用分野食器製品に対する開発支援	31
プロジェクトチーム型ものづくり研究会運営事業	33
産地外クリエーターとのコミュニケーションツール開発	37
磁器製造方法のイノベーションによる新商品及び市場開拓支援	40
有田焼創業 400 年事業 「ARITA 400project」 国際見本市「メゾン・エ・オブジェ」出展支援報告	43

積層印刷技術を利用した機能性陶磁器の研究

堤 靖幸 佐賀県窯業技術センター

釉薬による高機能化や意匠性の向上を目的として、転写印刷技術を活用した釉薬シールを作製した。この釉薬シールは水性高分子を形成助剤とすることを特徴とし、多孔質面への貼付を可能にした。この釉薬シールを用いた釉薬の積層による応力向上効果は確認できなかったが、釉薬装飾で細かい図柄を鮮明に表現できることを確認した。今後、この技術を活用した新しい釉薬表現の商品開発が期待される。

Study of functional ceramics by using laminated printing technology

Yasuyuki TSUTSUMI Saga Ceramics Research Laboratory

New glaze seal using the transfer printing technology was developed for enhancing the functionality and design quality of porcelain. The glaze seal prepared by using aqueous polymer as forming agent could adhere with biscuit body. Effect of residual stress enhancement in the glaze layer on the bending strength by lamination was not observed. On the other hand, a precise design pattern was printed successfully by using this new glaze seal. This glaze seal printing technique is very useful in decoration of porcelain, and it will contribute to develop new and novel porcelains.

1. はじめに

国内の陶磁器産業の売上高は長期間にわたり減少が 続いている。売上高回復のために、より高い機能性や意 匠性を持った商品が渇望されている。陶磁器には素地と 釉薬との間の急激な熱膨張差が原因で貫入、剥離、製品 の割れや変形などの欠点が発生することがあり、焼成工 程での歩留まりの低下や使用中の破損などの問題を引き 起こす。そのため素地により使える釉薬が制限される。釉 層中で熱膨張差を段階的に変えることができれば、使用 できる釉薬の幅が広がり、表面の圧縮応力増加による強 度向上や、熱膨張の違いにより上絵付けが難しかった製 品への上絵加飾など付加価値向上が期待できると考え た。

本研究では組成の異なる釉薬を積層した釉薬転写シールを作製し、素地と釉薬との熱膨張差に起因する欠点を解消することで高付加価値製品の生産に寄与することを目指す。さらに図柄を印刷した釉薬シールを作製することで作業工程が煩雑なため敬遠されていた窓絵や掛け分けなどの釉薬装飾を容易にし、新しい意匠の商品創作

に寄与することを目的とする。

2. 実験方法

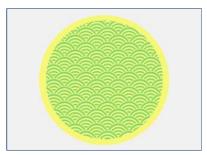
2.1 釉薬転写シールの作製

陶磁器加飾に使われる上絵転写紙は図1に示すようにスキージーオイルで溶いた上絵具を台紙上に印刷して表層にカバーコートを施している。これをプラモデルにシールを貼る要領で転写紙ごと水に浸して台紙から剥がし、釉面に貼り付ける。図2に上絵転写の断面構造と貼付方法を示す。同様の方法で釉薬をスキージーオイルで溶いて釉薬転写シールを作製しても多孔質で吸水性が大きい素焼き素地には貼付できない。そこで油性のスキージーオイルに代わる成形助剤として接着性の高い水溶性高分子に着目し、ポリビニルアルコール(以下PVA)、ポリ酢酸ビニル(以下PVAc)、カルボキシルメチルセルロースナトリウム(以下CMC)を用いた。PVAは和光純薬工業製(重合度約2000)を10mass%水溶液に、CMCは和光純薬工業製を2mass%水溶液にそれぞれ調製し、PVAcはコニシ製(酢酸ビニル樹脂41mass%、水59mass%)を

用いた。他に消泡剤として 2-プロパノールやブタノール などのアルコール類を添加した。



1. 台紙に絵具を印刷する



2. 絵具の上にカバーコートを印刷する

図1 上絵転写紙の作成手順.

これらと釉薬を印刷に適した流動性を持つような割合で調合し、三本ローラーで混練してペースト状とした。通常の転写台紙に水性のペーストを印刷すると台紙に皺が生じるため、予めカバーコートを被膜した転写台紙を用い、テフロン製70メッシュのスクリーンで積層印刷した。

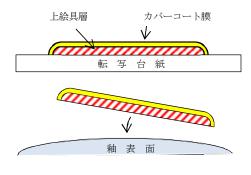


図2 上絵転写の断面構造と貼付方法.

図 3 に釉薬転写の断面構造と貼付方法を示す。これを水に浸して素焼き素地に貼付できるか試した。貼付した試料は電気炉もしくはガス窯を使い 1300℃で焼成した。釉薬の種類として、中心粒径が 5.8 μm(粒度分析装置/マイクロメリティクス製セディグラフ 5120)の天草磁器用の石

灰釉を用いた。

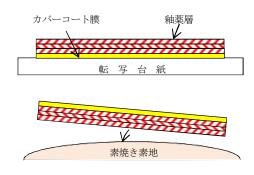


図3 釉薬転写シールの断面構造と貼付方

2.2 釉の積層による高強度化

熱膨張が異なる釉薬を積層した釉薬転写シールを素焼き素地に貼付し、ガス窯で1300℃還元焼成して曲げ強度および釉中応力の観察の試験体とした。釉薬は一般的な石灰釉(釉薬M)と低熱膨張釉(釉薬L)を使用した。それぞれのゼーゲル式と熱膨張係数は以下のとおりである。

釉薬L 熱膨張係数5.00×10⁻⁶/K(30-700℃)

0.20 KNaO 0.30 MgO 0.40 ZnO 0.10 CaO 5.0 SiO₂

釉薬M 熱膨張係数6.66×10⁻⁶/K(30-700℃)

 $\begin{array}{cccc} 0.40 & \text{KNaO} \\ 0.60 & \text{CaO} \end{array} \qquad \begin{array}{cccc} 0.54 & \text{Al}_2\text{O}_3 \end{array} \qquad \quad 4.6 & \text{SiO}_2 \end{array}$

釉薬の積層数は6層とし素地側の3層に釉薬M、表面側の3層に釉薬Lとなるよう作製した。比較のため、6層単一釉薬の試験体も作製した。素焼き素地は天草撰上陶土を10×5×90mmの角柱状に鋳込み成形し、920℃で焼成したものを用いた。熱膨張係数の測定はTMA4000SA(ネッチ・ジャパン社製)により昇温速度10℃/minの条件で行った。曲げ強度はオートグラフAG-X10kN(島津製作所製)によりスパン30mm、クロスヘッドスピード0.5mm/minの条件で三点曲げ試験法で測定した。釉中応力は試験体を長さ2cm程度に粗切りした後、ステップカッターMC-170MY(マルトー製)で厚さ0.21mmに切り出し、偏光顕微鏡BHA-751P(オリンパス社製)を用いて稲田の

方法1)により観察した。

2.3 釉薬転写シールを用いた釉薬装飾

釉薬加飾として の可能性を探るために図柄の入った 釉薬転写シール (図 4)を作製し、それを貼付した焼成品でどの程度の細かい図柄表現ができるのかを試した。また曲面への貼付についても試験した。



図4 釉薬転写シール.

3. 結果と考察

3.1 釉薬転写シールの作製

成形助剤として用いた水性高分子はシールの柔軟性と 強度、素地との接着性、釉の融着状態の4項目で評価した。それぞれの水性高分子を形成助剤として単独で使用 したときの評価を表1に示す。 ②は優れている、 〇は良好、 △は若干難あり、×は不可を表す。

表1 成形助剤の評価.

	PVA	PVAc	CMC
シールの柔軟性	0	0	×
シールの強度	Δ	0	×
素地との接着性	0	0	×
釉の融着状態	0	Δ	×

PVAとPVAcはどちらも釉薬転写シールの成形助剤として適していると判断した。PVAとPVAcを併用した組成では乾燥重量比で釉薬 100 に対してPVA4.5~11.0、PVA c16.0~31.0 の範囲で単独の成形助剤を用いたものより素地との接着性や釉の融着状態が優れている釉薬転写シールを作製できた。釉薬転写シール組成が乾燥重量比で釉薬100に対してPVA10、PVAc27.3の時の積層数とシール厚みの関係を図 5 に示す。積層数とシール厚みはほぼ直線的に相関しており、6 層積層したシール厚みは 200 μ m程度であり、焼成後の釉層の厚みは約 100 μ

mであった。一般的な釉の厚みを得るには 6 層程度の積 層が必要であることが判った。

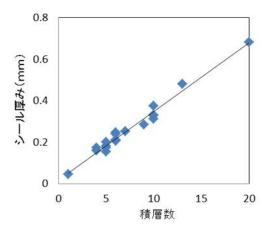


図5 シール厚みと積層数の関係

3.2 釉の積層による高強度化

図6に曲げ強度のワイブルプロットを示す。Mは釉薬Mを6層積層した試験体、M-Lは素地側の3層に釉薬M、表面側の3層に釉薬Lを積層した試験体である。表面層に低熱膨張釉を用いた試験体の強度が向上した。図7に偏光顕微鏡を用いた釉中の応力観察の様子を示す。石英楔上に試料を置いて観察した。図8に釉中応力の観察写真を示す。釉層の上の色縞は石英楔で発生する色相差であり、これと釉層中の色縞の位置がずれていれば釉薬中に応力があることを示す。釉薬Mでは釉中の色縞は左方向にずれていて応力があることが確認できるが、釉薬Mと釉薬Lとの積層では釉層の透光性が低く色相差が明確に観察できなかったため、強度向上が釉中応力の向上によるものかどうかは確認できなかった。

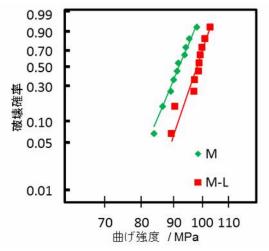


図6 単一釉と異種釉の曲げ強度.



図7 偏光顕微鏡による観察

釉薬M



釉薬Mと釉薬Lとの積層



図8 釉中の応力観察写真.

3.3 釉薬転写シールを用いた釉薬加飾

図 9 に釉薬シールを貼付した焼成品とその拡大写真を示す。複雑な意匠でも焼成後も細部まで表現できているのが確認できる。平面であれば直径 20cm程度の大きさのシールでも貼付可能であった。曲面への貼付については図 10 に示すような部分的な装飾は可能であった。このような形状のものを 1 枚のシールで貼付することはできないが、釉薬シールは切り貼りが可能なため、立体を展開して数枚のシールに分けて貼付することで全面の釉薬装飾ができると考えられる。

4. まとめ

成形助剤としての水性高分子の種類と割合を工夫することで素焼き素地に貼付可能で焼成後の融着性のよい釉薬転写シールを開発した。熱膨張の異なる釉の積層による応力向上については釉の透光性が低く確認できなかった。釉薬装飾については繊細な表現が可能であり、これまでにない新たな装飾技法として利用が期待される。

参考文献

1) 稲田博, 窯業協会誌, Vol.85, No.10, 487-496 (1997).





図 9 釉薬シールを添付した焼成品.



図10 曲面に添付した焼成品

バイオガス系メタン燃料直接改質燃料電池セルの開発

古田 祥知子¹、白鳥 祐介²
¹ 佐賀県窯業技術センター
² 九州大学大学院工学研究院機械工学部門

バイオガスを直接供給する SOFC では、ガス改質に伴う吸熱反応で温度勾配が生じ、セルが破壊するという問題がある。本研究ではバイオガス直接改質 SOFC において、NiO-YSZ アノードの表面に、ガス改質反応に不活性な層のコーティングを試み、バイオガス供給時の温度分布を平準化することができた。また、電極表面に占めるコーティング面積の割合を変化させることで、セル全体の温度が制御できる可能性を見出した。コーティングを施したセルは、模擬バイオガス供給下で100 時間の定電流運転が可能であった。

Development of direct internal reforming SOFC running on methane fuel derived from biogas

Sachiko FURUTA¹, Yusuke SHIRATORI²

¹ Saga Ceramics Research Laboratory

In the direct feeding of biogas to SOFC system, endothermic reaction of gas reforming causes strong temperature gradient, which results in fracture of the cell. In this study, we investigated the effect to reduce temperature gradient by coating inert layer for the reforming reaction on NiO-YSZ anode in the direct internal reforming SOFC running on biogas. Temperature gradient of the cell was reduced by coating of inert layer with several patterns. And it is found that temperature control of the entire cell can be performed by changing the proportion of coating area occupied on the anode surface. Constant current operation using the cell coated with inert layer succeeded for 100 hours under supplying simulated biogas.

1. はじめに

再生可能エネルギーであるバイオマス資源の利用手 段のひとつとしてバイオガス利用燃料電池への活用は有 望である。 バイオガスを直接燃料とするには、アノード 側において燃料ガスが水素へ改質される必要がある。

水素燃料と異なり、バイオガスを燃料とした場合、燃料ガスの内部改質による吸熱反応が起こるためセルに大きな温度勾配が生じ、熱応力によるセルの変形・破壊が起こるという問題がある。当センターでは以前より九州大学と共同で、バイオガスを直接燃料に用いることが可能な新しい SOFC の開発を行っている。

これまでの研究 ¹⁾で、燃料ガスの流れを制御するためのアノード表面への流路形成を試み、温度勾配緩和については一定の効果を得ることができたが、集電性能が低

下し発電時の電圧低下が大きくなるという問題が残った。 また、アノード表面の燃料ガス流路側に、燃料ガスの改質 に不活性な層(以下、改質反応抑制層)を、ガス入口側か ら出口側に向けて傾斜的にコーティングし、吸熱反応で ある燃料ガス改質反応の発生部位を分散させることでセ ル内温度勾配の緩和が可能であるという知見を得た²⁾。

本研究ではさらに改質反応抑制層のパターンや材質を変えて温度分布の評価を行うとともに、改質反応抑制層を有したセルの発電特性についても検討した。

2. 実験方法

2.1 改質反応抑制層を有するハーフセルの作製

バイオガス直接供給時の温度勾配緩和のため、図1に 示すような改質反応抑制層を有する構造を設計した。

² Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering Science, Kyushu University

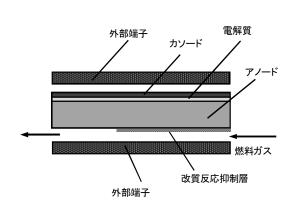


図1 改質反応抑制層を有する SOFC 単セルの構造.

第一稀元素製イットリア安定化ジルコニア $(8\text{mol}\%Y_2O_3$ $-92\text{mol}\%ZrO_2$,以下 YSZ と略記)と関東化学製特級酸化ニッケル (NiO)を重量比 56:44 で 24 時間ポットミル混合し、アノード材料とした (以下、NiO-YSZ と略記)。電解質材料には同じく第一稀元素製の YSZ 及びセリア安定化ジルコニア $(12\text{mol}\%CeO_2-88\text{mol}\%ZrO_2$,以下 CEZ と略記)を用いた。

NiO-YSZ 粉末に対して気孔形成材(綜研化学製アクリルパウダーMX-150)15mass%、成形助剤(ユケン工業製バインダーYB-154)12mass%、水 20.5mass%を加えて坏土を作製し、既報 ^{1,2)}と同様、宮崎鉄工(株)の協力を受け、押出成形で厚さ 1.2mm、のアノードシートを成形した。

乾燥後、65×65mm にカットしたアノードシートに、NiO-YSZ 粉末と互応化学製プリンティングオイルOS-4530 を重量比 1:2 で配合して調製したアノード活性層ペーストをスクリーン印刷し、1050℃で仮焼を行った。次に YSZ と互応化学製プリンティングオイル OS-4530 を重量比 1:2 で配合して調製した電解質ペーストをスクリーン印刷で積層させ、1000℃で仮焼した。

電解質層とは反対側の面には、ガス入口側から出口側に向けて改質触媒であるNiの割合が増加していく構造を形成するため、改質反応抑制層を図2に示すパターン①~⑤でスクリーン印刷した。改質反応抑制層の材料としてはガス改質に対して触媒活性のない YSZ、SeSZ、GDC(Ce_{1-x}Gd_xO_{2-y})を用いた。コーティングを施したシートは、1400~1450℃で焼成し、切削によりサイズを微調整して50×50mm、厚さ0.9mmのハーフセルとした。

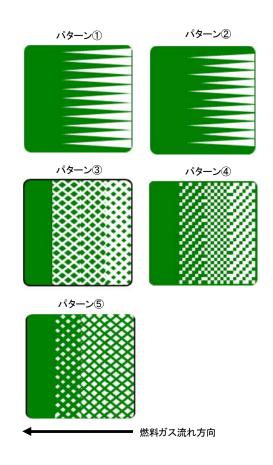


図 2 改質反応抑制層のコーティングパターン①~⑤. (白い部分がコーティングエリア)

2.2 ハーフセルの物性評価

作製したハーフセルは、FE-SEM(日本電子製、 JSM-6700FSS)で断面及び電解質表面を観察するととも に、水銀ポロシメータ(島津製作所/Micromeritics 製、オートポアIV9520)でアノード部分の気孔特性を評価した。

2.3 ハーフセルの温度分布測定

ハーフセル上部から熱画像カメラ(NEC-Avio 製、TVS-8500)で温度分布を観察できる評価装置(図 3)を用いてハーフセルの温度分布を計測した。燃料ガスはセルホルダの右側の管から供給され、アノード下面の通路を通りながら多孔質アノード内に拡散し、左側から管を通って排出される構造となっている。

パターン①~⑤の試作セルを、電解質面を上にしてセルホルダに装着した。セルホルダを炉内にセットして、SOFC 作動温度である 800° Cまで昇温した。 N_2 ガス $150 \text{cm}^3/\text{min}$ を約 15 分間パージしたのち、 800° Cでキープ

したまま H_2 ガス20cm 3 /min、 N_2 ガス150cm 3 /minを15時間 供給することで、アノード中のNiOをNi に還元処理した。その後、供給ガスを模擬バイオガス (CH_4 / CO_2 =1.5、 CH_4 -60cm 3 /min、 CO_2 -40cm 3 /min)に切り替えて温度分布を計測し、既報 11 で示した平板セルにおける模擬バイオガス供給時の温度分布(図4)と比較した。

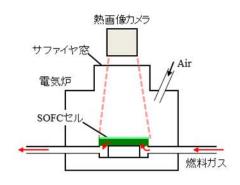


図3 温度分布評価装置.

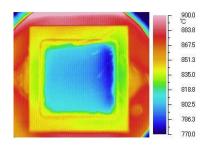


図4 平板セルへの模擬バイオガス供給時の温度分布. 運転温度:800°C.

2.4 改質反応抑制層を有する SOFC の発電特性評価

パターン③~⑤のコーティングを施したセルとコーティング無しのセルで単セル状態での発電特性を比較した。カソードは活性層と集電体の2層構造とした。カソード活性層材料には、NexTech 社製(La_{0.8}Sr_{0.2})0.98MnO₃(以下、LSM と略記)と YSZ を重量比 50:50 で配合したものを、カソード集電体材料にはNexTech 社製LSMを用いた。ハーフセルの電解質面にカソード活性層と集電体の層をスクリーン印刷し、1200℃で焼成してアノード支持型 SOFC 単セルとした。

白金メッシュに白金線を接合した集電体をカソード側に、ニッケルメッシュに白金線を接合した集電体をアノード側

に装着し、 50×50 mm 角単セル用セルホルダにセットした。 800°Cにおいて模擬バイオガス($CH_4/CO_2=1.0$)を供給し、 改質反応抑制層を有する角型 SOFC の発電特性評価を 行った。

3. 結果と考察

3.1 ハーフセルの物性評価

図5に、電解質にYSZを用い1400℃で作製したハーフセルの断面及び電解質表面の FE-SEM 写真を示す。断面写真では、アノード支持体の層は気孔形成材の効果によって球形の気孔が支持体全体に分散した多孔質構造になっており、その上に活性層と電解質層の緻密層が積層していることが観察された。支持体層と活性層、電解質層の密着性は良好でクラックなどは観察されなかった。電解質表面の焼結状態は良好で、緻密な電解質が形成されていることが確認された。水銀ポロシメータで計測したアノード支持体の気孔直径は約1.0μm、気孔率は約32%で、これは市販の標準的なNiO-YSZハーフセルとほぼ同等の物性であった。

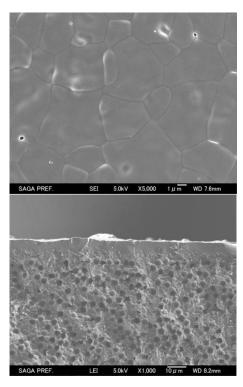


図 5 1400°Cで作製したアノード支持型ハーフセル (アノード:NiO-YSZ, 電解質:YSZ). 上:表面,下:断面.

一方、図 6 は、電解質に CEZ を用い、1450℃で焼成したハーフセルの断面及び電解質表面である。アノード支持体層と活性層、電解質層の密着性は問題なかったが、電解質表面の観察では、1450℃焼成においても表面に気孔が存在し、焼結状態は不十分であった。緻密な電解質を得るためにはさらに焼成温度を上げる必要があるが、水銀ポロシメータで計測したアノード支持体の気孔直径は約 0.9 μm、気孔率は約 24%で、標準的な NiO-YSZ ハーフセルより低い値となっており、焼成温度を上げることはさらなる気孔率の低下を招くこととなる。CEZ は YSZ より 靭性に優れ、長期耐久性が求められる SOFC において有効な材料であるが、高い焼結温度を要するため、アノード支持体の気孔率を確保するためには気孔形成材を増量するなど配合条件の検討が必要である。

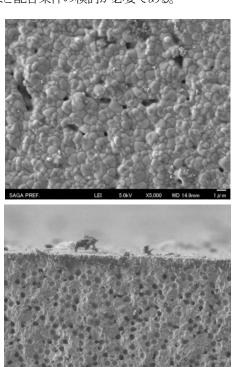


図 6 1450°Cで作製したアノード支持型ハーフセル (アノード:NiO-YSZ, 電解質:CEZ). 上:表面,下:断面.

図7のFE-SEM 写真は、アノード面への改質反応抑制 層(YSZ)のコーティングの有無を比較したものである。コーティング無しのアノード面には気孔が多く存在しているが、コーティング面は緻密層で覆われ、燃料ガスがアノード内部に拡散しない構造になっているのが確認された。なお、コーティング層の厚みは約10μmであった。

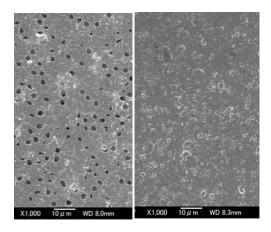


図 7 アノード表面への改質反応抑制層(YSZ)コーティングの有無. 左:コーティングなし, 右:コーティングあり.

3.2 ハーフセルの温度分布特性

コーティングパターン①~⑤の試作セルにおける模擬バイオガス($CH_4/CO_2=1.5$)供給時の温度分布を図8に示す。標準的な平板セルの場合、図4に示したように燃料入り口側に大きな温度低下が起こる。一方、活性反応抑制層をコーティングしたセルでは、①~⑤のいずれのパターンでも温度分布が均一化していることが観察された。

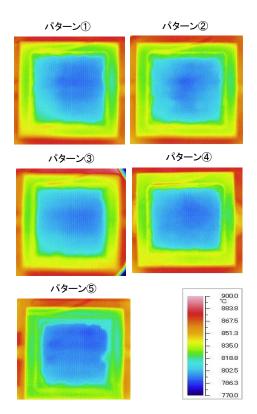


図 8 改質反応抑制層(YSZ, パターン①~⑤)をコーティング したセルへの模擬バイオガス供給時の温度分布. 運転温度:800°C.

既報 ²では、活性反応抑制層のコーティングエリアとコーティングされていないエリアが大きく分かれているパターンでは温度分布均一化の効果が小さいという結果であったが、今回は①、②のようにコーティング部の幅がガスの流れ方向に減少していくパターン及び、③~⑤のようにコーティング部分とコーティング無しの部分が細かく入り混じっているパターンとも温度勾配の解消に効果的であるということが確認された。

また、図 9 に示すように、活性反応抑制層として ScSZ、GDC を用いた場合でも、同様に温度分布を平準化する効果が見られた。

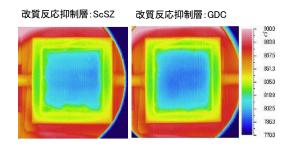


図 9 改質反応抑制層(ScSZ, GDC, パターン④)をコーティング したセルへの模擬バイオガス供給時の温度分布. 運転温度:800℃.

コーティングパターン③~⑤で、アノード面における活性反応抑制層の被覆率に着目し、セル温度の比較を行った。図 10 に、パターン③~⑤における、アノード面各エリアの活性反応抑制層の被覆率を示す。燃料ガスの流通方向に沿って被覆面積が次第に小さくなっていることは共通しているが、アノード面に占める被覆率には大きな差がある。

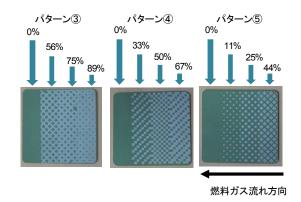
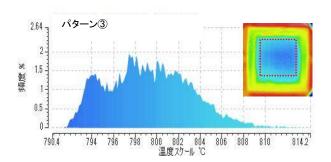
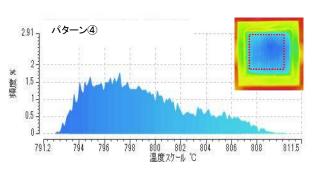


図 10 活性反応抑制層によるアノード面の被覆率.

図11に、模擬バイオガス流通時のパターン③~⑤各セルにおける赤点線枠エリア内の温度分布計測結果を、表1にエリア内の計測温度を示す。





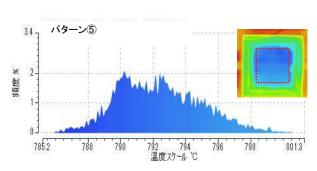


図11 パターン③~⑤のセルにおけるバイオガス流通時の温度分布計測(赤点線エリア内).

表 1 図パターン③~⑤のセルにおけるバイオガス流通時の 温度計測(図 11 赤点線エリア内)

	パターン	最低温度 (°C)	平均温度 (°C)	最高温度 (°C)
	3	791.5	799.3	813.1
	4	792.1	799.0	810.6
Ī	(5)	785.9	792.4	800.6

パターン③と④では大きな違いは見られなかったが、 パターン⑤は他の2つと比べてセルの温度が低く、特に 低温領域が占める割合が大きいことが観察された。これ は、パターン⑤では活性反応抑制層で被覆されている割 合が、図 10 に示すどのエリアでも 50%未満と小さく、アノード面での燃料の改質反応、即ち吸熱反応が③、④のパターンより起こりやすかったためではないかと考えられる。このように、コーティング面積の割合を変えることによって、セル全体の温度をコントロールできる可能性が示唆された。今後、さらに検証し、スタックセルの積層方向の温度制御に利用可能かどうかについても検討していく予定である。

次に、コーティングパターン④のハーフセルを用い、模 擬バイオガス供給時の長時間の運転を試みた。800℃で 4 日間の連続運転を行った後も、セルの温度分布にほと んど変化は見られなかった(図 12)。 図 13 は 800℃で 4 日間の運転後、取り外したハーフセルの写真である。運 転時の還元処理によってNi-YSZサーメットのアノードとなっているため、緑色から濃灰色に変化しているが、運転 後、割れや変形はなく、バイオガスを燃料に用いた場合 に問題となる炭素析出も全く見られなかった。

このように、改質反応抑制層をアノード表面に施した構造は、バイオガスのみを燃料として供給した連続運転において、ガス改質による吸熱反応を分散させ、温度分布を平準化することができ、セルの耐久性向上に大きく寄与することが明らかになった。

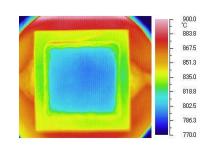


図12 模擬バイオガス供給下、800℃で4日間連続運転 した後のコーティングパターン④のセル温度分布.



図 13 模擬バイオガス供給下、800°Cで4日間連続運転 した後のコーティングパターン④のセル.

3.3 改質反応抑制層を有する SOFC の発電特性

YSZ 改質反応抑制層をパターン③~⑤でコーティング したアノード支持型セルを用い、800℃において、模擬バ イオガス $(CH_4/CO_2 = 1)$ を供給した際の電流-電圧特性を 図 14 に示す。改質反応抑制層のコーティングは温度分 布の均一化に有効である一方で発電特性低下の可能性 が懸念されたが、アノード表面に電子伝導性をもたない YSZコーティングを施したセルでも、コーティングしていな い標準セルと比べて発電性能の大きな低下はなかった。 この理由としては以下のことが考えられる。Ni/YSZ サーメ ットの導電率は Ni の含有量に依存し、Ni 体積比 30%付近 で導電率が急激に増大することが知られている3。今回 使用したアノード材料は、原料配合比から算出される Ni 含有量が体積割合で約40%であることから、十分な電子伝 導性を有しているとみなすことができる。そのため、電子 伝導性のない YSZ がアノード表面にコーティングされて いても、コーティングのない部分から集電が良好に行わ れ、発電特性の低下には繋がらなかったと考えられる。さ らには、コーティングしたYSZ層の厚みが約10μmと小さ かったため、集電体とNi/YSZ サーメットの接触を大きく妨 げることが無かったことも理由として考えられる。この結果 は、活性反応抑制層として YSZ をコーティングしたセルが、 発電性能の確保と温度分布均一化を両立させることがで きる構造であるということを示している。

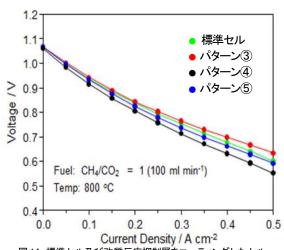


図 14 標準セル及び改質反応抑制層をコーティングしたセル (パターン③~⑤)への模擬バイオガス(CH₄/CO₂ = 1) 直接供給時の 800 °Cでの発電試験.

パターン④のコーティングセルに模擬バイオガス (CH4/CO2 = 1)を直接供給し800℃で行った定電流試験 の結果を図 15 に示す。図のように、模擬バイオガスの直 接供給でも電圧が大きく低下することなく、安定して 100 時間の発電が可能であることが示され、改質反応抑制層 を形成したセル構造の効果が確認された。

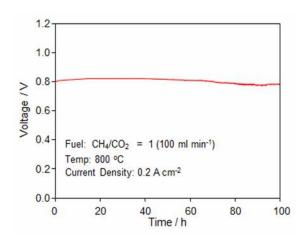


図 15 パターン④のセルを用いた 800℃における模擬バイオ ガス(CH₄/CO₂=1)直接供給時の定電流試験.

4. まとめ

バイオガス直接改質 SOFC において、NiO-YSZ アノードの表面に、ガス改質反応に不活性な層のコーティングを行い、バイオガス供給時の温度分布を平準化することが可能となった。また電極表面に占めるコーティング面積の割合を変化させることで、セル全体の温度が制御できる可能性を見出した。さらに、コーティングを施したセルは、模擬バイオガス供給下で100時間の定電流運転が可能であった。これまでの成果を踏まえ、今後は改質反応抑制層を施したセルのショートスタック試験への適用を検討し、将来的なバイオガス直接供給 SOFC のシステム化に繋げていく予定である。

謝辞

本研究の一部は、「水素・燃料電池関連産業創出事業 (佐賀県)」の中で九州大学大学院工学研究院白鳥祐介 准教授により実施されたものです。本研究を行うにあたり、 多大なご指導、ご助言をいただきました白鳥准教授に厚 く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 古田祥知子他, 佐賀県窯業技術センター平成 24 年度 研究報告書, 1-5 (2013).
- 2) 古田祥知子他, 佐賀県窯業技術センター平成25年度 研究報告書, 49-54 (2014).
- 3) 田川博章, "固体酸化物燃料電池と地球環境", アグネ承風社, 180-181 (1998).

セラミックス粒子を配向制御したヒートシンク材料の開発

川原昭彦 佐賀県窯業技術センター

電子デバイスにおける発熱問題に対して放熱材料の研究が活発化する中、樹脂に熱伝導率が高いセラミックスフィラーを混合した複合材料は有望である。本研究では柔軟性を有するシリコーン樹脂中に鱗片状の窒化ホウ素粒子(h-BN)を配向させる手段としてポッティング法や自公転混合の流動特性を利用した新しいシート成形法を提案し、熱伝導率向上へつながる簡易成形法の可能性を検討した。自公転ミキサーの材料流動特性を応用した成形法では、希釈剤の添加でペーストの流動性を高め、2種類のフィラーを配合して高充填とすることで窒化ホウ素フィラー60%の混合が可能となり、熱伝導率が3W/m・K以上の放熱シートを得ることができた。

Development of the heat sink materials with the oriented ceramic perticles.

Akihiko KAWAHARA Saga Ceramics Research Laboratory

The composite materials produced by mixing of a resin and oriented ceramics filler are expected to solve some thermal issues derived from heat in the electronic device. In this study, two new mixing methods to orient ceramic filler in a resin were proposed and investigated using a scale-like boron nitride (h-BN) and silicone. One is a potting method and second is a rotation and revolution method based on the good flow property of silicone. In the case of a rotation and revolution method, 60% of h-BN filler could be incorporated in silicone by the addition of a diluent, and the orientation of filler was improved. The thermal conductivity of the composite reached around $3W/m \cdot K$.

1. はじめに

近年における各種産業のハイパワー化、関連機器の小 型薄型化、高速集積化に伴い、電子デバイスの発熱量は 増え続けており、この影響によって生じる電子部品の機能 低下や寿命低下などは「熱問題」として深刻化している。 そのため、これらの発生熱に対する放熱技術は現在大き な話題となっており、各種放熱部材に関する研究開発が 盛んに行われている10。ヒートシンクをはじめとした放熱部 材の中でも発熱源に密着させて利用する放熱シートは発 熱部材との柔軟性、密着性という点で樹脂材料を中心とし た製品が数多く実用化されているが、近年では更なる放 熱効果向上のために熱伝導性が高いセラミックスフィラー を混合・充填した有機無機複合の材料開発が注目されて いる 2-4。 熱伝導率が高いセラミックス材料としては酸化物 や窒化物など様々なフィラーがあり、それぞれの用途に 応じた有機無機複合材料の開発がなされているが、これ ら材料の中には熱伝導率に関して配向特性を有するもの もある。中でも電気絶縁性が大きく、アルミナの2~3倍の 熱伝導率を有する六方晶窒化ホウ素(h-BN)は、このようなフィラー粒子の配向特性を制御することで製品の更なる熱伝導率の向上が期待される材料であり、これまでにも様々な成形手段により高熱伝導率を有する放熱シートの報告がなされている 5-60。しかしながら、これらのシート成形手段は複雑かつコスト高となるものが多いため、汎用性という点ではフィラー配向が簡易的に制御でき且つ熱伝導率向上につながる成形方法が期待されている。

本研究では、放熱部材の中でも柔軟性があり弾性力を 必要とする放熱シートの作成を目的とする中で、その樹 脂材料としてシリコーンゴムを選択し、樹脂が混合あるい は成形中に流動する過程で窒化ホウ素フィラーの配向が 期待できる簡易的な2つの成形方法を提案する。

一つはフィラー混合樹脂をディスペンサーにより細い 針状ノズルを通過させることでフィラーを配向させるという 考えから台紙上に垂直にポッティングさせ、これを密に集 合させて面状とするシート成形法(以下、「ポッティング法」 と記す)である。 もう一つは自公転ミキサー特有の遠心 力撹拌により生じる材料の高速な流動を利用してフィラーを配向させる成形法(以下、「遠心流動法」と記す)である。 双方とも材料の流動による力のみで結晶の配向性を制御する簡易成形法であり、本研究では、この2つのシート成形法について様々な作成条件を検討し、シート成形におけるフィラー配向制御の可能性を探ることにした。

2. 実験方法

2.1 原料及びペーストの調製方法

放熱シートの母材となる樹脂材料は柔軟性と弾性力を有する点から2 液型の加熱硬化タイプのシリコーンゴム(KE-106, KE-1283,信越化学工業製)を用いた。また熱伝導性向上のためのセラミックスフィラーは六方晶窒化ホウ素(UHP-2:平均粒子径(d50)=11 μ m, UHP-2S:平均粒子径(d50)=0.5 μ m, 昭和電工製)(以下 h-BN と略記)を用いた。 なお使用する h-BN フィラーは混合する樹脂との親和性や密着性(ぬれ性)を向上させるために、あらかじめ湿式法によりシランカップリング処理したものを用いた。ペースト調製はシリコーンゴムに対してh-BNフィラーを内割で40~70wt%配合し自公転ミキサー(M-50型:キーエンス製)で均一混合及び脱泡を行った。調製したペーストの特性評価はコーン型ローターを用いた高粘性用の粘度計(RE-85R型, 東機産業製)で粘度測定を行った。

2.2 フィラー混合シートの作成方法 2.2.1 ポッティング法によるシート作成

ポッティングによるシート作成は、まずシリコーンゴムと h-BN を混合して調製したペーストを専用シリンジに適量 封入し、ディスペンサー及び卓上型ロボット(ML-5000X II, SM200 Q-3A, 武蔵エンジニアリング製)を用いて各種プログラムパターン(CAD システム)により台紙(ポリプロピレンシート)上に自動成形を行った。塗布形状はディスペンサーの吐出圧力(0.40~0.45MPa)、吐出時間、ロボットによる吐出点の位置合わせ(3 軸:X、Y、Z 軸)及び移動速度(0.5~10.0mm/sec)を制御することでポッティング状、及びシート状の成形体を得た。乾燥後、パターン塗布印刷した成形体は80~150℃で120分加熱することでゴム化させた。また、フィラー配向制御の効果を探るため、ポッティング吐出口先端に形状が異なる数種類のSUS製

ノズル(内径:0.51~1.52mm φ、長さ:12.7~38.1mm)を装着して同様のシート作成を行った。

2.2.2 遠心流動法によるシート作成

上記同様に調製したペーストを更に遠心力で流動させるために成形用の円筒状シリンジに封入し、自公転ミキサーにより3~5分間、高速回転(公転2000rpm、自転800rpm)させた。シリンジ容器はそのままの状態で自然乾燥させ、その後、脱型、加熱硬化(80~150℃×120分)させて円筒状のバルク体を得た。ゴム化して硬化した成形体は超音波カッターで円面方向にスライスしてシートを得た。

2.3 成形体の特性評価

得られたゴム成形体は目視による成形状態の観察及び FE-SEM (JSM-6700FSS, 日本電子製)による微構造観察を行った。また、フィラー粒子の配向特性はX線回折装置(X'pert PRO, PANalytical 社製)を用いて結晶面のピーク強度比により評価した。また熱伝導率はレーザーフラッシュ法熱伝導率測定装置(NETZSCH 製, LFA457 型)で測定した。

3. 結果と考察

3.1 熱伝導率向上のための粒子配向の考え方

h-BN は六方晶の結晶構造であり、熱伝導において a 軸方向に大きな異方性を有する (λ a-axis:100~200W/m·K, λ c-axis:1~2W/m·K)鱗片状の結晶である (図 1)⁷⁾。すなわち放熱シートにおいて面外方向(面に対して垂直方向)に放熱させようとする場合、高い熱伝導率を得るためには鱗片状の結晶を面に対して垂直方向に配向させることがポイントとなる。

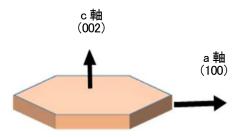


図1 六方晶窒化ホウ素(h-BN)の結晶構造.

3.2 ポッティング法による成形体の特性評価

3.2.1 ペースト調製とシート成形条件

熱伝導率の向上という目的において、ペースト調製に おける樹脂とフィラーの混合割合はできるだけフィラーを 多く混合することが基本である。しかしながら、ポッティン グ法ではペーストの中でフィラーが流動しやすいことが必 須であり、調製するペーストは比較的低い粘度にする必 要がある。今回、シリコーンゴム(KE-106)とh-BNフィラー (UHP-2)を用いた試験においてフィラー混合量を内割で 30~50%を検討した結果、45%以上ではペーストの流動 性が全くなく均一混合が非常に困難であった。したがって 今回は、内割で 40%混合したペーストを用いた。なお調 製したペーストは粘度測定時にチクソ性が見られたが、 測定開始直後の値では非常に柔らかく、約40Pa·sの粘性 であった。ポッティング法によるシート成形ではペースト の粘性に加えて吐出ノズルの形状、吐出圧力、吐出時間、 及びノズルの移動速度や位置合わせなども重要である。 今回のシート成形ではノズル内径 1.52mm ø、吐出圧力 0.4MPa、吐出時間 0.7sec の条件で 3.5mm 間隔の 6 点×6 点のポッティングパターンを塗布し、その後同じパターン を1.75mm ずつ X,Y 軸及び斜め方向にずらして4回重ね

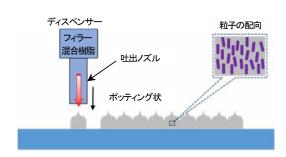


図2 ディスペンサーから吐出されるポッティングのイメージ.

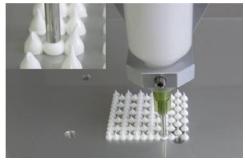


図3 ポッティングによるシート作成の様子.

塗布印刷することでポッティング間の隙間をなくしたシートを作成した。ディスペンサーから吐出されるポッティングの集合体としてシートを成形する本方法のイメージを図 2 に、また実際に成形している様子を図 3 に示す。

3.2.2 ポッティング 1 滴内における粒子の配向

本提案のシート成形は独立した1滴のポッティングを敷き詰めて面とするものであるが、基本となるポッティング 1 滴における内部構造を観察した。図4はペーストを1滴ポッティングした時のフィラーの配向イメージと実際にh-BN40%混合ペーストをポッティングし、その内部2カ所の垂直断面をSEMで観察したものである。

底面の下部断面(Point A)では基板となる台紙上に押し付けられたためか粒子がシート面に平行に配向しているように見える。また中央部断面(Point B)では鱗片状の広く大きな粒子面が比較的多く見られ、フィラーが縦方向(面に垂直)に配向していることが確認できた。当初、本成形方法におけるペースト内部のフィラーは吐出ノズルを通過する過程では縦方向に配向され、そのまま台紙上に接着することで内部のフィラーほとんどが台紙面に対して垂直に配置できるものと予想していた。しかしながら、実際のペーストは比較的粘度が低く柔らかいため、吐出時の圧力や自重により台紙面と平行な方向に動いてしまい、その結果、フィラー粒子もペーストの動きとともに台紙面に平行な方向に動いたものと思われる。

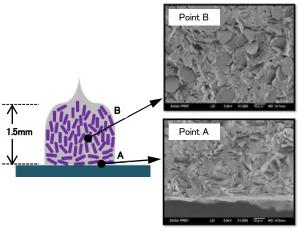


図4 ポッティング1滴内のフィラー配向イメージ(左)と実際の内部 構造写真。

3.2.3 ノズル形状及び吐出高(ギャップ)がポッティングに 及ぼす影響

ポッティングにおいて、ノズル形状が成形状態に及ぼす影響としてノズルの長さの違いによる吐出量の違いを比較検討した。結果を図5に示す。ノズル内径1.52mm φ、吐出圧力0.40MPa、吐出時間0.7secとした時のポッティング1滴の吐出量は短ノズル(12.7mm)で10.3mg、中ノズル(25.4mm)で8.8mg、長ノズル(38.1mm)で5.2mgとノズルが長くなるにしたがって少なくなっていることが分かった。これはノズルが長くなることで押し出されるまでに大きな圧力が必要となり、結果として吐出量が少なくなったためと思われる。この傾向は吐出圧力が0.45MPaの時でも同じく確認された。次に、ペーストが吐出されるノズル高さ(ギャップ)やペーストの粘性がポッティングやシート形状に及ぼす影響を検討した。

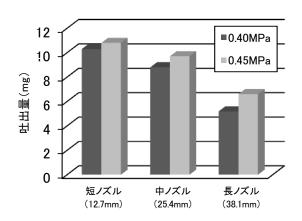


図5 吐出ノズル形状の違いによるポッティング1滴の吐出量

図6はポッティング1滴の吐出量は同じで吐出高(ギャップ:ノズル先端と台紙との距離)が異なる条件でポッティングされた様子を示す。吐出高が極端に低くなる(ギャップが狭くなる)とポッティングされた1滴の形状が潰れてしまう様子(右図)がよく分かる。実際に吐出高を0.2mmずつ変化させた実験として、シリコーンゴム(KE-1283)にh-BN フィラー(UHP-2)を40%混合したペーストを内径0.51mm ø、長さ38.1mmのノズルを用いて、吐出圧力0.4MPa、吐出時間0.7secでポッティングして作成したシートを図7に示す。このようにペーストを吐出する高さが異なればシートとしての表面も全く異なった状態となっており、このことは吐出高が樹脂内部のフィラー配向にも当然大きく影響しているものと思われる。

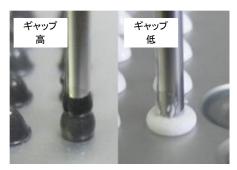


図 6 ノズルの吐出高やペースト粘性違いによる ポッティング1滴の形状変化.







図7 ポッティングのノズルの吐出高が異なる条件で作成したシート.

3.2.4 フィラー粒子の配向特性に関する評価

作成したシート内部のフィラー配向特性を確認するためにシート内部をスライスした上面のX線回折測定を行った。X線回折パターンより結晶の配向特性を評価する場合はh-BN結晶のc軸方向に対応する(002)ピークとa軸に対応する(100)ピークの強度比を平行面と垂直面から求める「I-O.P. 8 (The Index of Orientation Performance)」(1)式が指標として用いられることが一般的であるが、今回は一方向からのX線回折の結果のみしか得ることができなかったため、単純に (002) 面と (100) 面の強度比 (2) 式より求めて評価を行った。

配向度(I.O.P.)=
$$(I_{(100)}/I_{(002)})_{per}/(I_{(100)}/I_{(002)})_{perp}$$
・・・(1)
配向度 = $I_{(002)}/I_{(100)}$ ・・・(2)

(2)式において h-BN 結晶が無配向である場合の(002)面と(100)面の理論強度比は 100/15 ≒ 6.7 である ⁹⁾ため、配向度が 6.7 以上であれば c 軸に配向し、それ以下であれば a 軸に配向しているものと考えられる。図 8 に針長が 38.1mmの長ノズルを用いてポッティング法により作成したシート表面の X 線回折測定結果を示す。なお比較参考として、台紙に対して平行にディスペンスして作成したシート(以下、ライン法 ¹⁰⁾と記す)についても併せて測定した。

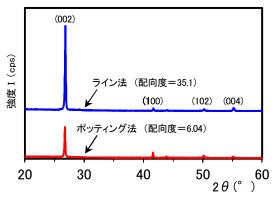


図8 シート内部断面(シート面に平行な面)のX線回折 パターン.

シート表面に対して粒子が平行に配向しているライン 法の配向度は35.1 という予想通りの非常に高い値であっ たのに対して、ポッティング法では(002)と(100)のピーク 強度比が明らかに異なっており、配向度は6.04であった。 このことは h-BN 粒子がシート表面に対して若干ではある が垂直方向に配向していることを示す数値であり、ポッティング法によるシート作成がセラミックス粒子の配向制御 に有効であることを示すものである。しかしながら、今回 のポッティング法におけるh-BN の混合量は40%が限界 であり、熱伝導率を向上させるためのフィラーの熱伝導パスは十分に得られていない。したがって、本方法を追求 するのであれば更なるフィラー混合量の増加についての 対策を検討する必要があると思われる。

3.3 遠心流動法による成形体の特性評価

3.3.1 自公転による流動原理と粒子配向の評価

ペーストなどの均一混合でよく用いられる自公転ミキサーは自転と公転の大きな遠心力を連続的に発生させて材料の混合・攪拌を行う装置であり、内部材料は上下対流を繰り返しながら捻りトルクにより渦巻き状に流動する。したがって、アスペクト比が大きいフィラーはこのような流動によって配向する可能性は十分に考えられるため、次は攪拌容器(シリンジ)と成形型を兼用し、そのまま加熱硬化させた成形体を円面に沿ってスライスすることでシートを得た。図 9 に自公転混合の原理及び内部対流によるフィラー配向のイメージを示す。

実際にシリコーン樹脂にh-BNフィラーを40%混合したペーストを用いて、自公転により攪拌混合することで円筒状のバルク体を成形・固化させ、これを輪切りに横スライ

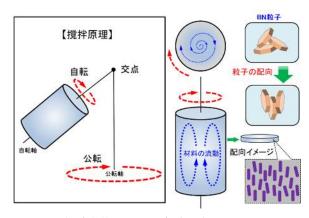


図 9 自公転撹拌の原理および内部対流によるフィラーの 配向イメージ.

スして得たシートと縦スライスして得たシートの X 線回折パターンを図 10 に示す。図からも分かるように 26.8° 付近の(002)面と41.6° 付近の(100)面のピーク強度比を比較した場合、明らかに輪切りに横スライスしたシートの方が大きく、配向度も 2.68 という a 軸配向を示唆する値であった。このことは、自公転攪拌に伴う流動がフィラー粒子の配向制御に有効であることを示すものである。

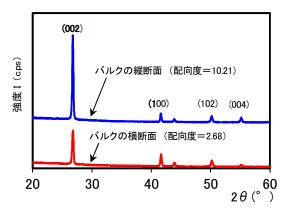


図 10 自公転混合で成形したバルク成形体の各断面(横スライス、 縦スライス)の X 線回折パターン.

3.3.2 異粒子径のフィラー混合による充填率の向上

本成形法ではペーストの中でフィラーが流動しながら配向することを理想としており、フィラー配向の自由度を大きくするためにはペースト自体の粘性をできるだけ低くした方が良い。そこで調製中のペーストに希釈溶剤としてトルエンを適量添加し、ペーストの粘性を低くすることでh-BN フィラー混合量の増量化を試みた。希釈溶剤の添加はフィラー混合の増加には非常に有効であるが、添加量が多すぎると乾燥・加熱硬化時に溶剤が蒸発し、これによる成形体の収縮や割れ、空隙等が生じるため、添加

量については加熱乾燥後の状態を観察しながら調整を 行った。

希釈溶剤を用いない場合のペーストはフィラーの混合が 45%の時に既に粘度が 300Pa・s 以上あり、ペーストとしての流動性がほとんどなかった。しかしながら希釈溶剤を添加することでペーストの粘性は大幅に低くなり、混合量は 55%まで可能となった。また、複合材料の高熱伝導化においては幾つかのモデル式で提案されているように更なる無機材料の高充填化が不可欠である $^{11-13}$)。そこで 60%以上の混合でも最密充填が可能となるように、粒子径が異なる 2 種類のフィラーを用い、それぞれの配合比を変えた条件により追加試験を行った。細粒(平均粒子径:0.5 μ m)と粗粒(平均粒子径:11 μ m)を 0:10, 3:7, 5:5, 7:3 の割合で配合し、トータルの混合率を 60%及び 70%としたバルク状成形体の状態を表 1 に示す。

表 1 異粒子径の配合比と h-BN フィラー混合率を 60%及び 70%としたバルク状の成形体.

異粒子径の	フィラーの	
配合比 (細粒:粗粒)	60%	70%
0:10	-	A
3:7		1 1
5:5		
7:3	3	* ****** **

フィラー60%混合の場合、粗粒だけを用いた配合条件 (細粒:粗粒=0:10)の成形体はパサパサ状態であり、バルクとして得ることはできなかったが、細粒を一部配合したものはすべて形として成形体を得ることができた。特に細粒と粗粒を3:7で配合した成形体は型崩れもない良好なバルク体を得ることができ、またゴムとしての柔軟性も有していた。

図11にはフィラー60%混合で(細粒:粗粒)の配合比を (0:10)及び(3:7)とした成形体の SEM 断面写真を示す。 双方とも h-BN 粒子の板状面が比較的確認でき、縦方向 に配向しているような様子が伺える。しかしながら配合比 (0:10)の成形体は粗粒だけであるため表面に凹凸があり、 樹脂の充填も不十分のように見える。そのためフィラー同 士の密着性が弱く、成形体として形が得られなかったもの と思われる。これに対して配合比(3:7)の成形体はフィラ 一粒子の間に樹脂が隙間なく入り込んで密着している様 子が明確であり、これらの樹脂が強固に付着して加熱固 化されることで成形体としての形を得ることができたものと 思われる。なおフィラー70%混合については、どの条件 においても成形体を得ることはできなかった。

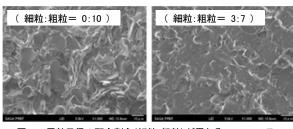


図 11 異粒子径の配合割合(細粒:粗粒)が異なる h-BN フィラー 60%混合のシート成形体の断面写真.

3.3.2 シート成形体のフィラー配向度と熱伝導率

表2にはフィラー60%混合で粒子径が異なる2種類の フィラーの配合比を変えた 4 調合(細粒:粗粒=0:10, 3:7, 5:5, 7:3)のシート成形体及びそれぞれのフィラー配 向度と熱伝導率を示す。フィラー配向度は細粒子を配合 した3種類すべてにおいて6.7(無配向の値)以下であっ た。このことはフィラーが若干ではあるが a 軸に配向して いることを示しており、また粗粒の配合割合が多いほど a 軸配向の傾向が大きい(配向度は小さい)ということが分か った。特に細粒と粗粒を3:7で配合した成形体は4.63と いう良好なa軸配向度であり、熱伝導率も3.04W/m・Kと 比較的良好な値を得ることができた。最密充填された中 では結晶のアスペクト比が大きいほど熱伝導率が高くな る傾向があるという報告 40もあり、今回も粒子径が大きい フィラーが多い方が良い結果を得ることができたが、あま り多すぎると最密充填になりにくくなり、成形体としての強 度が弱くなってしまう。逆に配合比(細粒:粗粒=7:3)のよ うに粒子径が小さいフィラーが多くなると熱伝導パスが複 雑になり熱伝導率の向上も期待できにくくなる。このような ことから、今回の実験ではフィラー60%混合でそのフィラ 一内訳として細粒と粗粒を 3:7 で配合した成形体が最適 な混合条件であるという結果を得た。なお、このシート成 形体は柔軟性もよく、ゴムとしての弾力性も良好であった (図 12)。

表 2	h-BN フィラー60%混合で粒子径が異なる2種類のフィラーの
	配合比を変えたシート成形体及びフィラー配向度と熱伝導率

異粒子径の 配合比 一	フィラー60%混合							
(細粒:粗粒) (0.5:11) μm	シート 成形体	配向度 (I ₍₀₀₂₎ /I ₍₁₀₀₎)	熱伝導率 (W/m⋅K)					
0:10	× 成形不可	× 測定不可	× 測定不可					
3:7		4.63	3.04 w/m·k					
5:5	0	5.03	2.27 w/m·					
7:3		6.32	2.12 W/m·K					

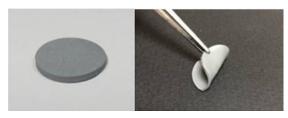


図 12 粒子径が異なる 2 種のフィラーを配合(細粒:粗粒=3:7) した h-BN60%混合のシート成形体.

4. まとめ

柔軟性を有するシリコーン樹脂中に鱗片状の窒化ホウ素粒子(h-BN)を配向させる手段としてポッティング法と自公転混合を利用した遠心流動法を提案し、簡易成形法としての可能性を検討した。ポッティング法ではフィラー粒子の混合は40%が限界であり熱伝導性を得ることができなかったが、遠心流動法では希釈剤の添加でペーストの流動性を高め、細粒(平均粒子径:0.5 μ m)と粗粒(平均粒子径:11 μ m)の2種類のフィラーを3:7で配合することでフィラー60%混合の放熱シートを作成することができた。シートの熱伝導率は3.04W/m・Kであり、更なる特性向上やシート形状の拡大、耐久性などの課題も残っているが、放熱性ゴムシートの簡易成形法としての可能性を見出すことはできた。今後はこれらの基礎的技術と得られた知見を十分に見直しながら、放熱部材や関連技術の開発分野に役立てていく予定である。

参考文献

- 竹澤由高監修, 熱伝導性コンポジット材料, シーエムシー出版(2011).
- Sang-Kee Lee, H. Horibe, I. Yamada, S. Kume, K. Watari, K. Mitsuishi, J. Soc. Inor. Mater. Jpan, 14, 429-436(2007).
- N. Tsutsumi, J. Polym. Sci., Pert B, Polym Phys., 29, 1085(1991).
- Y. Nagai, G. C. Lai, J. Ceram. Soc. Japan, 105, No.3, 197–200(1997).
- G. W. Lee, M. Park, L. k. Kim, J. I, Lee, H. G. Yoon, Composites: Part A, 37, 727–734(2006).
- H. Ishida, S. Rimdusit, Thermochim. Acta, 320, 117
 -186(1998).
- A. Simpson and A. D. Stuckes, J. Phys. C: Solid State Phys., 4, 1710(1971).
- 8) C. E. Lowell, J. Amer. Ceram. Soc., 50(1967)142–144.
- 9) 「ICDD 粉末回折データベース」No.034-0421[BN]参 昭.
- 10) 川原昭彦, 佐賀県窯業技術センター平成25年度研究報告書,9-13(2014).
- 11) D. A. G Bruggeman, Ann. Phys., 24, 636-679(1935).
- Y. Agari, A. Ueda, M. Tanaka, S. Nagai, J. Appl. Polym. Sci., 40, 929(1990).
- 13) K. Wakashima, et. Al., Matarials Science and Engineering A, 146, 291–316(1991).
- Y. Agari, A. Ueda, S. Nagai, J. Appl. Polym. Sci., 49, 1625–1634(1993).

有田西部(外山)地区で採取された灰白色堆積粘土の特性

勝木 宏昭 佐賀県農林水産商工本部

本研究では、有田西部地区の地表から約 1m の深さより採取した灰白色堆積粘土の鉱物組成、化学成分、粒度分布、焼成特性を検討した。採取した粘土を水中で分散・水簸処理することにより、平均粒子径 $2.6\,\mu$ mの灰白色粘土と $30\sim380\,\mu$ mの石英、長石の粗粒子に分別できた。粘土の回収率は 44%であった。粘土中の Fe_2O_3 と TiO_2 の含有率は $1.1\sim1.4$ 、 $0.6\sim0.7$ mass%で、石英(38.2)、板状のカオリン(20.8)、Na-長石(12.2)、マシコバイト(28.8mass%)から構成されていた。この粘土は板状結晶のカオリンとマシコバイトを多く含むので可塑性は良好であり、ロクロ成形が可能であった。粘土中の Na_2O+K_2O の含有量が高いため、成形体を 1250 C以上で焼成すると幾分軟化変形を示した。

Properties of gray-white colored sedimentary clay mined at a western Arita(Sotoyama) area

Hiroaki KATSUKI

Agriculture, Forestry, Fisheries & Commerce Head Office, Saga Pref. Gov.

In this paper, mineral and chemical composition, particle size and sintering properties of sedimentary clay with gray-white color mined from around one meter of depth at a western Arita was investigated. Fine clay powder of $2.6\,\mu$ m of average particle size and coarse particles with quartz and feldspar of 30 - $380\,\mu$ m were collected by using a conventional elutriation in water. Collection yield of fine clay powder was 44%. Amount of Fe₂O₃ and TiO₂ in the clay was 1.1-1.4 and 0.6-0.7mass%, and the clay was composed of quartz(38.2), platy kaolin(20.8), Na-feldspar(12.2)muscovite(28.8mass%), respectively. The clay with kaolin and muscovite had a high plasticity and made a potter's wheel formation easy. The formed clay product was partially deformed over 1250° C firing due to the higher content of Na₂O+K₂O in the clay.

1. はじめに

有田の西部地域(外山地区)で1600~1630年代に開窯されたと言われている山辺田、小溝上、迎ノ原、原明、清六、天神森、小物成等の古窯では、唐津系の陶器と染付けの白磁が同時に製造されている」。図1は小溝上窯跡から出土した陶器と磁器が融着した古陶片で、同じ窯で陶器と磁器を同時に併焼していたことが推察される。また、染付け陶片には中国様式の絵柄もあり、有田磁器の創始期(1600~1610年代)には朝鮮半島由来の唐津焼系の陶器製造技術と中国様式の白磁製造技術が混在していたと考えられる。図1の様な陶器、白磁器をどの様な鉱物原料を用いて製造したのかは不明である。小溝上窯跡が存在する南原、黒牟田エリアは、泥岩、砂岩、礫岩、頁岩等の軟らかい堆積岩が複雑に混在した地質層からなり、泉山の硬い流紋岩の地質層とは異なる。

本研究では、有田町南原地区の道路工事箇所(町道

小溝原ー穂波ノ尾線から採取した灰白色堆積粘土の特性を調べた。また小溝上窯からの出土陶片も評価した。

2. 実験方法

2.1 灰白色堆積粘土の採取

図2に町道工事現場(平成28年1月現在)と粘土の堆



図1 小溝上窯跡から出土した陶片(有田町教育委員会提供)





図2 有田町道(小溝原ー穂波ノ尾線)の工事現場).

積状況を示す。本研究には、A 地点の側溝工事部より灰 白色粘土を約40kg採取した。工事面の表層部(厚さ約1m) は黄色の水酸化物状の堆積粘土と微細な砂の混合層で 覆われ、この層の下に灰白色粘土が道路側溝工事部の 上方から下部に向かって厚さ 50~70cm の層で幅広く存 在している。道路上方部の工事法面(B)には図3の様な灰 色の堆積砂岩質の層が幅広く露出しており、この砂岩が 長期間の風化作用により粘土化して流出し、A 地点で粘 土層として順次堆積したものと推察される。図 4 は採取し た灰白色の原粘土の外観である。黄色の堆積物が微量 共存し、また腐敗した木質の黒色残存物も共存していた。 原粘土を水中で分散させ、30分間静置後、水簸処理を繰 り返して微粒子と粗粒子を分別した。図5は乾燥後の微粒 子と粗粒子の外観を示す。また、図 6 には粗粒子の光学 顕微鏡(100 倍)写真を示す。 粗粒子部分には 0.4mm 以上 の粗粒子はほとんど含まれていなかった。道路下方の法 面には、有色の頁岩や砂岩も残存し比較的柔らかい岩質 の地層が存在していた。



図3 図1のB地点で採取された堆積岩.



図4 図1のA地点で採取された堆積岩.



図5 粘土を水簸・乾燥した後の微粒粘土(左)と粗粒子(右).



図6 水簸後の 粗粒子の光学顕微鏡写真. 石英と長石粒子が混在 (**_____** 500 μ m)

2.2 灰白色堆積粘土の評価方法

水簸後の微粒の灰白色粘土の化学成分、鉱物組成は 蛍光 X 線分析と X 線回折測定で評価した。水分含有率 が26.4mass%の灰白色粘土を石膏型による押し型成形とロ クロで成形し、1070~1290℃の電気炉と 1300℃の還元ガ ス炉で焼成した。収縮率、水中置換法によるカサ密度、 XRD により結晶構造を評価した。

2.3 小溝上窯跡付近より出土した陶器及び白磁の評価

古陶器片3点、古染付白磁片点の無釉部分を切断機で切り出して、XRFとXRDにより化学成分と結晶構造を評価した。

3. 結果と考察

3.1 灰白色堆積粘土の特性

図5に示した水簸後の灰白色の微粒粘土の化学組成は SiO_2 (65.79)、 Al_2O_3 (20.54)、 Fe_2O_3 (1.43)、 TiO_2 (0.77)、 CaO(0.24)、MgO(0.87)、 Na_2O (1.37)、 K_2O (3.24)、強熱量 (5.49mass%)であり、現在の白磁陶土に比べて Fe_2O_3 、 TiO_2 の含有が多く認められた。

図7に灰白色微粒粘土のXRD図を示すが、石英、Na-長石、マシコバイト、カオリン(カオリナイト)で構成された。 化学分析値のノルム計算から各鉱物の含有量は石英 (38.19)、マシコバイト(28.79)、Na-長石(12.20)、カオリン (20.82mass%)であり、天草陶土、泉山陶土に比べて石英が 比較的少なく板状結晶のマシコバイトとカオリンの含有量

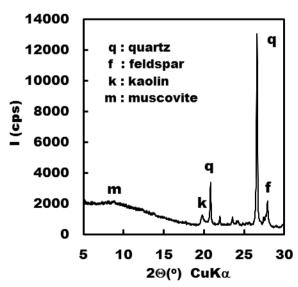


図7 水簸後の微粒灰白色粘土の XRD 図.

が多い粘土であることが分かった。

3.2 灰白色堆積粘土の焼成特性

水分含有量が 26.4mass%の灰白色粘土を石膏型により 板状(43x43x6 mm)に押し型成形し、80℃-12h の乾燥後、1070~1290℃の電気炉で焼成した。各温度まで 100℃/h で昇温し 1h 保持した。乾燥後の平均収縮率は約 7%であった。図 8 に 1070、1210、1250℃で酸化焼成した後の板状試験体の外観写真を示す。1070℃ではやや薄黄色の 呈色であったが、1210℃以上では薄灰白色の素地となった。また、図9にロクロ成形試作体を1300℃の還元ガス炉で焼成した試料の外観を示す。電気炉焼成後の板状成形体の線収縮率(成形後の生寸法を基準として)は 1070、1210、1250、1290℃で 15.3、16.4、14.3、13.1%であった。



図8 電気炉で焼成した成形体の外観 左より1070、1210、1250°C-1 時間焼成





図9 1300°C-還元ガス炉による試験体 左側がいずれも無釉の試験体

試料には粘土成分(カオリン)の含有が比較的多いために 焼結が進みにくく、カサ密度は $2.0\sim2.2\mathrm{g/cm^3}$ 程度であっ た。また $1290^\circ\mathrm{C}$ では $\mathrm{Fe_2O_3}$ の含有量と $\mathrm{Na_2O+K_2O}$ の含有 量に起因すると推察される bloating 化が幾分認められた。 本研究で利用した灰白色粘土は、 $\mathrm{Fe_2O_3}$ と $\mathrm{TiO_2}$ の含有量 が多いため、還元焼成後は白磁よりも薄暗い青白磁様の 色合いであった。

図10に1070と1250℃の電気炉で焼成した試料のXRD 図を示す。1070℃焼成ではムライトの生成が認められたが生成は少ない。一方、1250℃焼成ではカオリンやマシコバイトの分解とムライト化が促進されムライトのXRDピークが著しく増大した。図10(b)の様に、天草陶石や泉山陶石からの陶土を1250℃で焼成した試料のXRDピークとは回折強度比(ムライト/石英)が大きく異なった。

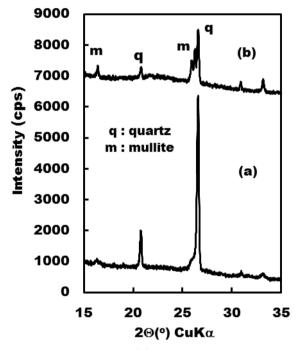


図 10 1070、1250°Cで焼成した灰白色粘土の XRD 図. (a)1070、(b)1250°C酸化焼成

3.3 小溝上窯出土陶片の分析事例

図11に示す小溝上窯跡付近より出土($1600\sim1610$ 年頃に製造)した唐津焼系陶器及び白磁の評価を行った。表 1と図 12 に化学組成と XRD 図を示す。白磁と陶器中の Fe_2O_3 含有量はそれぞれ $0.7\sim1.2$ mass%、約 $1.5\sim1.7$ mass%であった。17 世紀初頭の小溝上窯では唐津系の陶器の場合は Fe_2O_3 と TiO_2 含有量が多い原料が使用されており、これは唐津市の近郊で16世紀末に製造されて





図 11 小溝上窯跡から出土した古陶片. (上: 白磁染付、下: 唐津焼系)

いた古唐津系陶片の場合とFe₂O₃とTiO₂の含有量が類似していることが分かった²⁻⁵。一方、小溝上窯跡から出土した白磁の場合には、TiO₂の含有量が 1mass%以下であった。有田町南西部の古窯跡(1600~1630 年代に稼働したと推定されている天神森、山辺田、向ノ原、小物成窯)から出土した多数の陶片素地の分析を堤が行っているが⁶、いずれの陶片の場合も TiO₂の含有量は 0.1mass%以下と微量である。陶石を原料とする天草陶土、泉山陶土中のTiO₂含有量は一般的に0.1mass%以下と微量であり⁷、また17世紀中期以降に有田町内の山辺田窯、多々良ノ元窯、天狗谷窯などで泉山陶石を原料として製造されたと推定

表 1 小溝上窯跡から出土した白磁、陶器質試料の化学組成 (mass%).

Oxides	白磁-1	白磁−2	白磁-3	陶器-1	陶器-2	陶器−3
L.O.I	0.21	0.21	0.15	0.29	0.35	0.34
SiO ₂	73.76	76.23	75.96	74.55	73.79	75.43
Al_2O_3	19.29	16.17	16.61	16.88	17.96	16.5
Fe ₂ O ₃	1.21	0.75	0.74	1.54	1.47	1.67
TiO ₂	0.06	0.04	0.05	0.58	0.68	0.61
CaO	0.16	0.21	0.46	0.52	0.34	0.43
MgO	0.17	0.1	0.12	0.68	0.72	0.63
K_2O	4.18	4.96	4.67	3.04	3.03	2.69
Na ₂ O	0.62	1.1	0.98	1.67	1.36	1.44

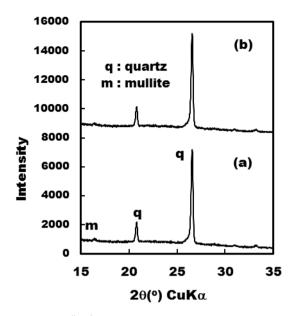


図 12 小溝上窯跡から出土した(a)染付、(b)白磁の XRD 図.

されている白磁、染付、青磁素地中の TiO₂ 含有量も 0.1mass%と低い 8。以上の結果から、1600~1610 年頃に 小溝上窯で製造された白磁、染付の磁器製品は、TiO₂ の 含有が多い堆積粘土原料を利用した可能性は低く泉山 陶石類似の鉱物を利用していたと推察される。

4. まとめ

本研究では、有田西部地区の地表から約 1m の深さから 採取された灰白色堆積粘土中の鉱物組成、化学成分、粒 度分布、焼結性を検討した。

(1)採取した粘土を水中で分散・水簸処理することにより、 平均粒子径 $2.6\,\mu$ m の灰白色陶土と $30\sim380\,\mu$ m の石英、 長石の粗粒子を分別できた。

(2)灰白色粘土中の Fe₂O₃の含有率は 1.1~1.4mass%で、 石英(38.2)、板状のカオリン(20.8)、Na-長石(12.2)、マシコ バイト(28.8mass%)から構成されていた。この粘土はTiO₂を 0.7~0.8mass%と多く含有していた。灰白色粘土は板状結 晶のカオリンとマシコバイトを多く含むので粘土の可塑性 は良好であり、ロクロ成形が可能であった。

(3)粘土中の Na₂O と K₂O の含有量が多いため、成形体を 1250℃以上で焼成すると幾分軟化変形を示した。

(4)小溝上窯跡から出土した白磁、唐津焼系陶片の素地 分析を行った。白磁中のTiO2含有量は0.1mass%以下と低 く、唐津焼系陶器の場合は 0.6~0.7mass%であった。1600 ~1610 年代に稼働していたと言われている小溝上窯跡 では、堆積粘土ではなく陶石質の鉱物が白磁系磁器の原料として利用されていたと推察した。

謝辞

本研究は2016年が有田焼創業400年を迎えるにあたり、 調査研究事業として有田町役場建設課、有田歴史民俗資料館のご厚意、ご支援によって行った。また、多数の粘土 原料、古陶片の分析、成形・焼成及び議論は、当センター 職員 川原昭彦氏、堤 靖幸氏(現 窯業大学校)、白石敦則、桑田和文氏、蒲地信明氏、釘島裕洋氏、山田有紀氏から多大なる支援と協力受けた。ここに深く感謝いたします。

参考文献

- 1)「有田の古窯」、一町内古窯跡群詳細分布調査報告書 第11集一(1998年)、有田町教育委員会.
- 勝木宏昭、佐賀県窯業技術センター 平成 26 年度研 究報告書、p.p.25-30(2015).
- 3) 古唐津分析集、佐賀大学「ひと・もの作り唐津」プロジェクト、田中、山崎(編集)、2013年3月発行.
- H.Katsuki, N.Kamochi, A.Kawahara, J. Ceram. Soc. of Japan, 121(9), pp.863–866(2013).
- H.Katsuki, A.Kawahara, N.Kamochi, J. Ceram. Soc. of Japan, 122(8),pp.642-644(2014).
- 6) 堤靖幸、佐賀県窯業技術センター 平成 11 年度研究 報告書、pp.78-82(1997).
- 7) 田賀井秀夫、"入門 やきものの科学"、p.70(1974) 共立出版株式会社.
- H.Katsuki, N.Kamochi, A.Shiraishi, J. Ceram. Soc. of Japan, 119(8), pp.672–676(2011).

低品位泉山陶石を活用した加飾材の製造技術の開発支援

藤 靖之、白石 敦則、吉田 秀治 佐賀県窯業技術センター

未利用低品位泉山陶石の酸処理物を用い、陶磁器用加飾材原料としての開発を行った。今年度は、低品位泉山陶石中の鉄成分を化学的に抽出し、上絵具の赤及び縁錆の開発を行いった。合成した Fe2O3 粒子が十分に加飾材として、使用できることが分かった。

Development of manufacturing technology of materials for decoration by using low grade Izumiyama pottery stone

Yasuyuki FUJI, Atsunori SHIRAISHI, Shuji YOSHIDA Saga Ceramics Research Laboratory

Materials for decoration of porcelain were developed from low grade Izumiyama pottery stone. Iron component for Fe2O3 was chemically extracted from an low grade Izumiyama pottery stone. The synthesized Fe2O3 powders were used for a new red pigment of overglaze. And overglaze material prepared with iron component in Izumiyama pottery stone was available.

1. はじめに

有田では、2016年に有田焼創業400年を迎えたが、陶磁器業界は依然厳しい状況にある。このような中、有田町をはじめ有田焼業界では産地振興を目指し、有田焼創業時の磁器原料である泉山陶石を用いた磁器を復刻したいという動きがある。

泉山磁石場組合や伝統工芸士会等では泉山陶石を使用し、付加価値をつけた磁器の開発が計画されており、 陶磁器生産量・販売量の増加を図るため、当センターに 強い協力要請が来ている。また、白川釉石の枯渇により、 代替原料の必要性も出てきている。

泉山陶石には、耐火度が低く、硫化鉄を多く含む低品 位陶石が多量にある。これらに含まれている硫化鉄をは じめとする鉄成分は、陶土、釉薬を作る際、悪影響を及ぼ す。そこで、酸処理などの化学処理により、低品位の泉山 陶石から硫化鉄など鉄成分を溶出させ、鉄成分分離後の 陶石を釉薬原料として利用することを目指す。一方、分離 した鉄成分についても、水熱合成法等により弁柄を合成 し、呉須や上絵具、縁錆、錆釉等の材料として活用するた めの製造プロセスを開発することを目的とする。

2. 支援内容

2.1 低品位泉山陶石の改質技術の開発

低品位泉山陶石をジョークラッシャー及びロールクラッシャーで 3mm 程度に粉砕したものを、6%塩酸で、72 時間、 40° で浸漬した。この時の浸漬後の浸漬液は弁柄合成における水熱合成法及び中和沈殿法による鉄原料として使用した。浸漬後の陶石は、水洗い後、20kgボールミルで 20 時間乾式粉砕を行い釉薬原料とした。さらに、それらの一部は、水簸し、呉須および縁錆の母材として使用した。ここで用いた泉山陶石の化学分析値を表 1 に示す。なお、粒度分析による平均粒径は、酸処理陶石 $3.4\,\mu$ m、水簸物 $1.0\,\mu$ mであった。

表1 泉山陶石の化学分析値.

	LOI	SiO2	Al2O3	Fe2O3	TiO2	CaO	MgO	Na ₂ O	K20	Total
低品位泉山陶石	2.98	75.59	14.22	0.96	0.05	0.06	0.05	0.16	5.59	99.66
酸処理陶石	2.00	79.80	12.49	0.23	0.05	0.06	0.05	0.13	4.73	99.54
水簸物	4.29	62.08	24.01	0.28	0.08	0.05	0.09	0.17	8.52	99.57
水簸残渣	1.69	83.20	9.99	0.29	0.04	0.03	0.02	0.16	4.35	99.77
水簸低品位陶石	5.32	59.34	26.78	0.49	0.10	0.07	0.21	0.12	7.12	99.55

2.2 酸処理溶液からの弁柄抽出法の開発

(1)水熱合成法による弁柄抽出

泉山酸処理溶液に水酸化ナトリウムを加え、pH が 4 程 度より沈殿物を生成が始まり、pH が7程度になるまで加え、 これを水洗し、乾燥させて酸化鉄が主成分の泉山陶石酸 処理廃液抽出生成物を得た。

この泉山陶石酸処理廃液抽出生成物がすべて酸化鉄であると仮定し、これが全て硝酸鉄になる量の硝酸(3N)を加え、ホットプレートで加熱して完全に溶液化させ0.05mol/Lの濃度になるまで蒸留水で希釈し水熱合成用水溶液を調製した。

この水溶液をテフロン製耐圧容器に入れ、乾燥機で100℃-18hr 加熱し水熱合成を行った。冷却後、アルカリ(アンモニア水溶液)で中和、沈殿させ、蒸留水を用い水洗した後に沈殿物を乾燥させ「酸処理抽出水熱弁柄」を得た。得られた弁柄の粒子は非常に細かく約30nmの大きさであった。(図1)この微粒子弁柄は、上絵の赤色の原料として使用した。

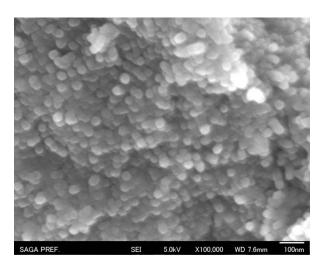


図1 酸処理抽出水熱弁柄.

(2)中和沈殿法による弁柄抽出

泉山酸処理溶液にアンモニア水を加え、沈殿物を生成させた。水熱合成法に比べ、簡単に生成物を得ることができるが、水熱合成法に比べ、粒子の大きさが一定でなく、また粗い粒子も多いため(図 2)、水簸により 3 段階に分け粗粒は縁錆、錆釉の色基として使用した。(約 100nm から数 μ m の間)微細及び中細粒子の弁柄は、上絵の赤原料

として使用した。

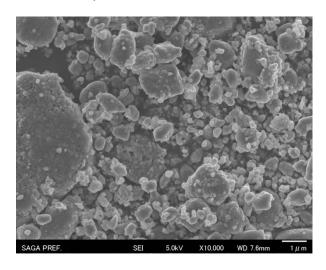


図2 中和沈殿法による弁柄.

2.3 赤上絵具の開発

市販赤用無鉛フリットを用い、前記で得た「酸処理抽出 水熱合成法と中和沈殿法の微細、中細弁柄を用い赤上 絵具を作製した。フリット 100 に対し各弁柄 20 を加え、 擂潰機で 80 時間粉砕後、膠、水を加えて絵付けを行い、 800℃で焼成を行った。結果を図 3,4,5 に示す。



図3 水熱合成法で得た弁柄を用いた赤上絵具.



図 4 中和沈殿法で得た微細弁柄を用いた赤絵具



図5 中和沈殿法で得た中細弁柄を用いた赤絵具.

粒子が微細になると、オレンジ色になり、赤絵具としては単味では使用が難しい。しかし、中細粒子と混合して使用すれば、オレンジ味がかった赤色を出すことは可能であると考える。

2.4 縁錆及び錆釉の開発

弁柄原料として、中和沈殿法で得た粒子の粗いものを 使用し、泉山陶石の水簸物と混合し、粉砕混合後、縁錆、 錆釉とし本焼き焼成を行った。(図 6、7))

使用原料及び使用量:

泉山陶石水簸物50~95%天然有田 8 号灰0~30%中和法弁柄5~25%上記範囲で、35 種類調合を行った。調合例

①泉山陶石水簸物天然有田 8 号灰中和法弁柄10%



図 6 薄茶色を呈した縁錆、錆釉.

②泉山陶石水簸物53%天然有田 8 号灰23%中和法弁柄25%



図7 赤茶色を呈した縁錆、錆釉.

弁柄の配合量で薄茶から、褐色、赤茶等の色に変化。 弁柄の量が25%になると、結晶が析出してきた。

※ 泉山単味による陶土製作支援

当センターでは、泉山陶石を利用し、配合による陶土を製作したが、今後原料枯渇等の問題を解消するために、泉山で採れる原料(泉山単味)だけでの陶土製作について泉山磁石場組合より協力依頼がある。そこで泉山単味による陶土製作支援を行った。

泉山陶土は、天草陶土に比べ、可塑性粘土である、 セリサイトの含有量が少ないため、成形性が劣り、乾燥 でのキレが生じやすい。これを解消するため、泉山磁 石場で原料調査を行ったところ、良好なセリサイト質の 粘土を発見し、この粘土を 10%程度加えることにより、 問題点を解消することができた。(図8,9)



図8 泉山単味での糸切成形による皿.



図 9 泉山単味陶土及び未利用泉山陶石を活用した(釉薬、呉須、赤上絵 具)テストピース.

3. まとめ

上絵用の赤原料として、水熱合成法より得た微細弁柄は、 粒子が細くオレンジ発色となった。中和沈殿法で得た10 Onm 程度の粒径の弁柄での発色は良好な鉄赤色の発色 を呈した。色合いに関しては好みもあるが、この両方の弁 柄を組み合わせることにより、オレンジ味のある赤の発色 も得ることができると考える。今後配合を変え、赤の色幅 を検討する予定である。

縁錆、錆釉に関しては、薄茶から赤茶の発色を得ることができ、十分に使用できることが分かった。

未利用泉山陶石を酸処理することにより、原料枯渇の対策及び加飾材としての有効利用が可能であることがわかった。

今後、泉山 100%陶土と、今回開発した釉薬、呉須、赤上絵具、縁錆等を使用し、磁石場組合員や伝統工芸士等による試作を行い、初期伊万里の雰囲気を持ち、また高付加価値のある製品を提案していく。

住宅向屋外製品開発支援

庭に向けた製品開発

藤 靖之、江口 佳孝 佐賀県窯業技術センター 有田エクステリア研究会

ここ数年、エクステリア大手は、半屋外製品に注力しているところである。これらは、居住空間を外へと 広げる取り組みである。新しい空間ができたところで、市場からは庭に向けた製品の展開が要望され ている。この空間に向けた製品の拡充は喫緊の課題である。そこで、有田エクステリア研究会に製品 開発支援を行った。

The support of the development for residential exterior products

The development for the garden products.

Yasuyuki FUJI, Yoshitaka EGUCHI Saga Ceramics Research Laboratory Arita exterior workshop

In recent years, large exterior product manufacturers are focusing on developing semi-outdoor products. This approach spreads living space to outdoor. The market requires new garden products for those new spaces. These development of products are urgent issues. We have supported Arita exterior workshop on garden products development.

1. はじめに

有田エクステリア研究会では、数年来住宅向屋外製品、 主にエントランス周りの景観材等を中心に製品展開の取り 組みを行ってきた。更なる取り組みとして、製品拡充を目 指し庭周りの製品展開に着手したところである。

本支援事業では、主に個人住宅向けの庭周り景観材 製品の開発支援を行った。

2. 支援内容

2.1 製品開発

2.1-1 金魚・蓮文様の転写化

2014 チェルシーフラワーショーに出展した水槽の「金魚・蓮文様」を水回りの製品に展開するために版下の製作・製版をし転写化を行った。手書きでの展開では、コストの面からみても現実的ではないが、転写をすることで価格面からの展開が期待できる。



写真 1 チェルシーフラワーショー出展金魚・蓮文様タイル水槽.



写真2 転写による水鉢への展開.

2.1-2 バードバスの製作

H25~26 において関西地区のガーデンデザイナーに よる助言と意見交換を基にバードバスの試作を行った。

バードバスは、単に小鳥の水浴びということが機能ではなく、庭のアイストップとしてデザイン展開の中に用いられる。更なるバリエーションの拡充が期待されている。



写真3 白磁のバードバス.



写真4 磁芸のバードバス 岩尾磁器工業(株).

2.1-3 メモリアルパーク向け大型レリーフ陶板製作

メモリアルパーク向けに桜のレリーフを施した大型のサインの注文があり、試作および型製作の支援を行った。

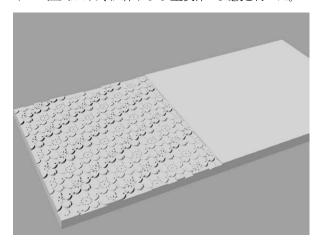


図1 CADによるデザイン 岩尾磁器工業(株).

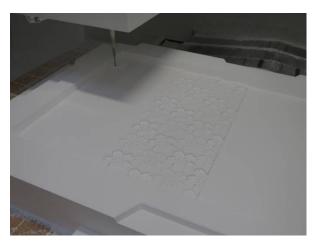


写真5 モデリングマシンによる型切削.



写真6 レリーフ部 焼き上げ.

2.2 展示会 · 見本市出展支援

2.2-1 エクステリアフェア 2015 in 九州

エクステリアフェア 2015 in 九州は、例年 5 月中旬に開催される九州唯一のエクステリア展示会である。プロユーザーからエンドユーザーまで約 10,000 人の来場がある。 商圏は九州・山口、広島まであり、求評から商談まで、幅広く活用している。



写真 7 エクステリアフェア 2015 in 九州.



写真8 有田エクステリア研究会ブース.

2.2-1 関西エクステリアフェア 2015

関西エクステリアフェア2015は、例年6月初旬に開催される関西圏のエクステリア展示会である。九州よりも規模が大きく、商圏は関西を中心とし、中部から中国にまたが

る。

来場者数は、例年20,000人ほどである。

九州での展示を踏まえ、関西バージョン(植栽担当デザイナーの意向に沿った形)で出展する。



写真9 岩尾磁器工業㈱ブース.



写真10 関西向けオリジナルの照明具.

3. まとめ

展示会をとおしたエクステリアの市場からは、更なるアイテムの拡充が望まれている。

そのため、製品開発に向け、技術的な要素およびデザインから製品までの工程の要素において、支援の継続が 要望されている。

小児用分野食器製品に対する開発支援

浜野 貴晴 佐賀県窯業技術センター

近年、共働き夫婦の増加に伴い、保育施設と定員の増加が図られてきており、待機児童解消へ向けた大幅な整備が今後進められることから、こども用とりわけ幼児用食器の需要が見込まれている。また、少子化により、1 人のこどもにかける費用も高くなる傾向があり、より付加価値の高い高額なこども用品・ギフトの製品分野が新たな市場として近年活性化している。特に、こどもの安心・安全への意識は高く、国内製の磁器製品へのニーズが高まっている。加えて、日本独自の食文化とそれに大きく関わりを持つ器文化、食育といった幼児教育・しつけの面からも器に対する関心は増しており、日本の伝統的な食器を幼児期から使わせたいと考える親の声も高まっている。

本支援事業では、既存製品にない付加価値を持つ新たな製品の開発支援を行うことにより、産地製品のこども用食器市場分野での差別化や競争力向上に寄与することを目的とした開発支援を行っている。

Project to support for development of child's eating utensils

Takaharu HAMANO Saga Ceramics Research Laboratory

In recent years, due to the increase in double-income couple, childcare services and the capacity has been increased, from the fact that accelerate enhancement advances for the elimination of children on waiting lists in future, it is expected to demand of tableware for children, especially for infants. In addition, the declining birth rate, there is a tendency that the expense of bringing up for one child is raised to be applied, more value-added expensive Child & Gift product category has been recently activated as a new market. In particular, there is a growing demand for domestic-made porcelain products with high awareness of children's safety and security. Moreover, interest in tableware are growing in terms of Japan's unique food culture and the tableware culture that has a closely related to it, also early childhood education and home discipline such as dietary education. And there's a growing the voice of parents who want to use traditional Japanese tableware from childhood.

In this support operations, by performing the development support of the new value-added product, it is carried out development assistance for the purpose of contributing to the improved differentiation and competitiveness in the Children's tableware market.

1. 背景

1.1 保育施設と定員の増加による市場規模の拡大

近年、共働き夫婦の増加に伴い、その需要の高まりを受け、保育施設と定員の増加が図られてきており市場規模も拡大している。 待機児童解消へ向けた大幅な整備が今後進められることから、小児用とりわけ幼児用食器の需要が見込まれている。

1.2 少子化に伴うこども用品・ギフト市場の活性化

「6ポケット」と表現されるように、少子化により、一人のこ

どもにかける費用も高くなる傾向がある。より付加価値の 高い高額なこども用品・ギフトの製品分野が新たな市場と して近年活性化している。

1.3 食の安全性

こどもの安心・安全への保護者の意識は高く、プラスチック製品には有害物質の溶出、擦傷など耐摩耗性、耐久性、耐熱性等の問題、安価な海外製陶磁器には安全性や品質への懸念があることから、国内製の磁器製品へのニーズが高まっている。

1.4 日本独自の食文化と器文化への注目

和食の世界無形文化遺産登録により、日本独自の食文 化とそれに大きく関わりを持つ器文化、食慣習についても 注目を集めており、日本の伝統的な食器を幼児期から使 わせたいと考える親の声も高まっている。食育といった幼 児教育・しつけの面からも食器に対する関心は増してい る。

2. 目的

本支援事業では、既存製品にない付加価値を持つ新たな小児用分野食器製品の産地内事業者に対する開発支援を行い、差別化や競争力向上に寄与することはもとより、ターゲットユーザーに明確にその価値を伝えるプロモーション戦略に取り組むことにより、産地製品の小児用分野食器製品市場での認知および購買意欲を高めることを目的とする。

産地企業では、この分野に向けた製品への開発支援を強く求めており、産地内の中小企業の開発の道筋を指導するとともに、企画から販路開拓にいたる独り立ちできる事業化の確立のため、本事業による開発支援を行うものとする。

3. 支援内容

本支援事業は、平成26年度よりの3か年の計画としており、その支援内容は、以下の通りとなる。

3.1 デザイン開発要件の検討・抽出

こどもの食に関する特性、アイテムに関する特性、使用 状況の特性の把握

3.2 商品化、事業展開を考えたプロモーション戦略立案支援

大手教育企業などとの連携、専門家からの意見聴取、マ ーケティング

3.3 製品デザイン・技術開発支援

アイテム抽出、デザイン設計、加工等検討、試作、機能 の検討等

3.4 商品化支援、公的審査会への応募・求評、展示会への出展や販路開拓支援

メディアと連携した開発の経緯と新商品価値を伝えるコンテンツ制作、訴求力のあるストーリー展開

4. 現状報告

市場および既存商品の把握と課題抽出を行うとともに、 いかに商品を普及させ、事業として確立させるかを考え、 産地内事業者とビジネスモデルを検討してきた。その結 果、技術担当、販売・プロモーション担当、メディア、幼児 教育の有識者やデザイナーなど産地内外の事業者との 協働にて開発を進めるプロジェクトチーム型の商品開発 手法を行うこととし、チームの構築を図ってきた(図1)。

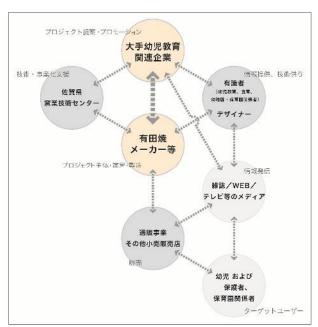


図1 プロジェクトチーム関係図 産地内外の関連事業者が連携し、企画から流通までにいたるプロセスで求められる作業を分担する.

【プロジェクト参加事業者のメリット】

大手幼児教育関連企業 / 自社ブランド商品としての売上げ、PR効果

有田焼メーカー等 / 製造・卸による売上げ、自社商品 開発およびブランド PR

佐賀県窯業技術センター / 産業振興支援 有識者、デザイナー / 研究成果、実績 メディア / コンテンツの取得、通販事業での売り上げ 販売店 / 新規オリジナル商品の確保、販売売り上げ ターゲットユーザー / より良いプロダクトの入手

次年度以降にて、プロジェクト・チームによる具体的商 品化プランの策定へと以降し、商品発売までの支援を継 続していくこととしている。

プロジェクトチーム型ものづくり研究会運営事業 (有田焼創業 400 年事業)

浜野 貴晴 佐賀県窯業技術センター

有田焼産地では、長きにわたり製販分離の構造であることに加え、製造過程においても、細かい分業制の上でものづくりが行われてきた。1つの商品開発および販売の過程において、非常に多くの人の手を経ており、複数の事業体によるチーム体制での活動が常套化している。本事業では、一つの商品開発をプロジェクトと定義し、プロジェクトチーム型のものづくりにおいて重要なことは何かを提示するとともに、プロジェクト・マネジメントを行える人材育成、さらに国内外での新しいものづくりの取り組みの情報提供と意見交換の場を創出し、これからの産地でのものづくりのあり方を構築する。

Project to administrate a session for the study of merchandise development by Project-Team (Projects celebrating the 400th anniversary of Arita porcelain) Takaharu HAMANO

Saga Ceramics Research Laboratory

In addition to the structure of manufacturing and sales has long been separated in the porcelain production areas of Arita, and even the production process has been specialized and divided into several phases work. In the process of one product development and sales, have done by the hands of so many multiple persons, activities as a framework of team of several business entities is usual.

To define one product development as "Project" and to present what is important in the Manufacturing by Project-Team and to cultivate human resources capable of performing project management, furthermore, to create a place for the information providing and opinion exchange about new Manufacturing, and we consider that the way of making porcelains in Arita from now on.

1. 背景

1.1 分業制の生産・販売構造

有田焼産地では、長きにわたり、製造過程において細かい分業制によるものづくりであることに加え、流通においても製販分離の構造を成してきた。分業制においては、各プロセスにおけるスペシャリストの技術の集積に伴う、商品の完成度の高度化と生産性の向上を生み、産地内商社による営業活動によって、日本から遠くヨーロッパまでの販売が行われてきたが、関係者が多いことによる意思の疎通、統率の難しさも同時に生まれる。

1.2 固定概念、保守的な姿勢、過信を生む歴史の弊害

日本初の磁器を生み出し、400年の長きにわたり生産し続けてきた有田焼の産地としての栄華の歴史は、時として

変革の妨げとなる。「伝統」という言葉を隠れ蓑に、慣習化されたこれまでのものづくりや商取引を見直し、新しい取り組みへの挑戦に臆病ともなる。産地の疲弊が叫ばれる中、変革を志す者が現れては、保守的な周囲と対立するという、ネガティブな関係性が、産地としての一体感を喪失させている。

2. 現状課題と目的

有田焼の製造において、1つの製品を生み出し、消費 者まで届けるには、非常に多くの人の手を経なければな らなく、誰が欠けても商品化および事業化は成し遂げら れない。すなわち複数の事業体によるチームの体制での 活動が常套化している。新しい商品を開発し、市場に打 って出ることは、一つのプロジェクトと定義できるが、産地 の体制は、プロジェクトチームとして活動できていない。

プロジェクトチーム型のものづくりにおいて重要なことは、 関係者全員がゴールイメージを共有し、そのゴールに向 かってそれぞれが知恵と技術を出し合い、その上で各々 の役割を果たすことが求められる。

加えて、プロジェクトチームは、個の集合体であるため、 全体をマネジメントし、ゴールへ向かわせるプロデューサーやコーディネーター的な役割も必要となるが、現在の 有田の産地内ではその役割を重要視しておらず、その任 を務められる人材も少ない。

そこで、プロジェクトチーム型のものづくりを実践するための方法、プロデューサー/コーディネーターに必要な能力は何かを学び、遂行できる産地内の人材育成を目指す研究会を組織して活動を行いながら、既成概念に囚われない新しいものづくりについての情報提供を行うものとする。さらにプロジェクトチーム型のものづくりを産地内に定着させていくための施策を考え、その上で窯業技術センターが果たす役割や体制づくりを考える。

3. 支援内容

本支援事業は、平成27年度よりの2か年の計画としている。当センター主催のセミナー・勉強会の開催を通じて、産地内事業者への情報提供、共に考え・交流を図る場の創出、また産地の抱える課題についての参加者とのディスカッションを行う。そうした中から、次世代を担う人材の発掘と集中的な指導を目指す。

- 1. 新しい商品開発手法の情報提供(セミナー形式)
- 2. 産地が抱える課題の抽出とその対応策に関する参加者とのディスカッション
- 3. 個別指導
- 4. 産地に適した商品開発手法の構築とそれを支援するためのセンター機能強化策の検討

4. 活動内容と現状報告

産地内での要望および産地外での新しい試みなどの調査、ヒアリングを行い、3回の商品開発セミナーの開催と個別指導を行った。セミナーでの講演内容および参加者からの感想および意見について以下に列挙する。

4.1 第1回 商品開発セミナー(平成27年12月9日) 「商品開発・デザインの動向およびその手法」

講師 : 浜野 貴晴(窯業技術センター 特別研究員)

- ・本支援事業およびセミナーの開催趣旨の説明
- ・近年の消費動向について
- ・消費者心理について
- ・新しい商品開発手法の事例紹介
- デザイン・プロジェクトのプロセスとその留意点
- 質疑応答、意見交換

参加者数:22名(窯元他製造関係者:9名 商社他販売関係者:8名 その他:5名)



図1 第1回 商品開発セミナーの様子.

参加者からの意見

- ・今後の商品開発に取り組む際のヒントをたくさん得られた。
- ・ 商品やものづくりを「伝える」ことの大切さと大変さを理解した。
- ・コンセプトが商品にとって、いかに大事かということを 理解した。
- これまでのものづくりや商取引にとらわれずに挑戦していかなければならないと思った。
- ・ 企画から流通までの一貫したものづくりを進めなけれ ばならないことを理解した。
- ・商品開発の企画があるので、ぜひ相談したい。

4.2 第2回 商品開発セミナー(平成28年2月18日) 「伝統、職人、産業との関係から見直す地域ブランド」 講師: 印南 比呂志 氏(滋賀県立大学 人間文化学部 生活デザイン学科 教授)

- ・地域資源としての産業
- デザインの果たすべき役割
- ・滋賀県の取り組み「MUSUBU SHIGA」
- ・大学での教育手法の事例紹介「近江楽座」
- その他海外の事例紹介
- 今後の事業継承と人材育成
- 質疑応答、意見交換

参加者数:20名(窯元他製造関係者:7名 商社他販売関係者:7名 その他:6名)



図2 第2回 商品開発セミナーの様子.

参加者からの意見

- ・商品に対する考え方、売り方を改めて考えるよい機会 となった。
- ・違う見方で商売をする姿勢が大切だと感じた。
- ・他の産地や事業者が、どのような取り組みをしている のかを知ることができ、参考になった。
- ・歴史と価値を安売りしない「もったいつける」という言葉が響いた。
- ・「文化」からの商品開発、ものづくりという考え方が興 味深かった。

- ・付加価値の高め方、伝え方と売り方、巻込み方について考えさせられた。
- ・「産地の生活のおすそわけ」=「消費地の生活者にとっての非日常、憧れを体験」=「観光」として考えることに、ヒントを感じた。

4.3 第3回 商品開発セミナー(平成 28 年 3 月 14 日) 「プロジェクト・アウトのものづくりと『伝えるカ』」

講師 : 永田 宙郷 氏(EXS Inc.代表 / ててて協働組合 共同代表)

- ・「ててて見本市」など、これまでの活動実績の紹介
- プロデュースという仕事
- ・企画立案における留意点
- 「ものづくりをつくる」「答えより問いを探る」
- ・「arita する」を考える
- 質疑応答、意見交換

参加者数:20名(窯元他製造関係者:7名 商社他販売関係者:7名 その他:6名)



図3 第3回 商品開発セミナーの様子.

参加者からの意見

- ・「作り手」「使い手」をつなぐ「伝え手」の存在の重要性 を認識した。
- ものづくりの発案、プロジェクトの進め方が勉強になった。

- クライアントへの「問い」を考え、「答え」を導く方法をこれから考えていきたい。
- ・「arita する」と動詞化することで、客観視できるという発 想がとてもユニークであり、有益だと思った。
- ・商品開発をプロジェクトとして考えることの大切さを納得した。
- ・焼き物に対する固定概念を取り払うことをポジティブ に考え、実行したい。
- 「器の産地」から「焼き物の産地」へ戻るという考えに 共感した。
- ・参加者とのディスカッション形式での話題の進め方が わかりやすかった。

5. 成果と課題

支援事業での新しい試みに対し、以下のような成果および課題が見られた。

5.1 製造、販売における固定概念からの脱却と自由な取り組み

長年にわたり慣習化された、これまでの生産・販売体制が当然のことである産地内において、新しい取り組みに挑むことが、決して悪いことではないことの理解を促した。また他産地や他分野における新しい取り組みを紹介し、参考事例の情報提供が行えた。

一方、限られた時間内での講演であるため、個別事例を 深堀するのは難しく、概念的な話が多くなったため、より 詳細な事例紹介を求める声も多く上がった。

5.2 事業化を見据えた商品開発の重要性

分業型の生産・販売体制において、企画から流通までを考えたものづくりを行うことは難しい。「良いものであっても売れない」時代に直面しているからこそ、事業化全体を見据えた一貫性のあるものづくりとプロモーション戦略が必要であり、そのための方法論の理解を促した。商品開発の一部を担う担当者のみの判断で開発を進めるのではなく、事業化全体のゴールを関係者全員で共通認識すること、そしてそのゴールに向かって各担当者が努力し成果を出す、プロジェクト全体のマネジメントが重要であることの理解も促した。

また、具体的に有田焼の商品開発において、どのように 運用していったらいいのかがわからないという声も聞かれ た。

6. 今後の取り組み

次年度以降も継続して、複数回のセミナーを開催し、国内外で行われている新しいものづくりの取り組みについて情報提供を行うとともに、参加者と共に考え、議論する場の創出を目指したい。さらにより具体的な事例を挙げ、参加者との意見交換の時間を多くとっていくと共に参加者からの産地の課題の問題提起を促したい。

参加者の顔ぶれの固定化、参加者数の一定化に対し、 セミナー事業の告知方法を検討し、参加者を増やす試み を検討する。

プロジェクトを産地内でマネジメントする人材「クリエイティブ・ファシリテーター(プロデューサー型、コーディネーター型)」の育成を目的に、窯業技術センターや県・組合の職員の参加もより促し、事業化支援のための仕事の仕方と第一線で活躍している外部講師とのネットワーク形成を図っていきたい。

産地外クリエーターとのコミュニケーションツール開発 (有田焼創業 400 年事業)

浜野 貴晴 佐賀県窯業技術センター

近年、国内外の多くのデザイナー、アーティストといった産地外クリエーターや、伊万里・有田焼等での新商品開発を希望するプロデューサー、マーケッターなどが、有田焼創業 400 年事業をはじめとする様々な開発プロジェクトで来訪している。しかし陶磁器の商品開発に必要な専門知識はもちろん、伊万里・有田焼等についての情報すら有していないことも多く見受けられる。これまでにない発想の商品開発や新規市場開拓により産業の活性化が期待できるこうした外部のクリエーター等とのコラボレーションによるものづくりを進めるためには、伊万里・有田焼等の特徴や産地の技術、表現手法といった磁器の特性の理解を促すサンプルを産地が持っていることが有効である。本事業では、見て触ることができ、身近に置いてもらい、モノづくりの発想を支援するアイテムの開発を行い、外部に提供するための施策を構築し、産地と外部クリエーター等とのコミュニケーションツールを提案する。

Development project of the tools to promote communication with external creators of Arita

(Projects celebrating the 400th anniversary of Arita porcelain)

Takaharu HAMANO

Saga Ceramics Research Laboratory

In recent years, a number of external creators such as designers and artists, and producers, marketers who wish to develop new products in Imari and Arita have visited a variety of development projects, including projects celebrating the 400th anniversary of Arita porcelain. It is regretted, however, many of them do not have not only the expert knowledge necessary for product development of porcelain but even the information about Arita and Imari porcelain. Revitalization of porcelain industries can be expected through product development and exploitation of new markets with unprecedented idea which is brought about by the collaboration with external creator, etc.. And it is valid to promote the collaboration that we have porcelain samples to explain the special features of Imari-Arita porcelain, the molding and expression techniques in this porcelain production area. In this project, we would like to present to promote communication between external creators and Arita, through the development of the seeable and touchable porcelain samples within a creator's reach to support idea generation, the composing of the method to provide them to the external creators.

1. 背景

1.1 外部からの視点の活用

有田焼産地では、長年、窯元・商社を起点とするプロダクトアウトな商品開発が行われ、産地から消費地に向け新商品を提案するという図式が一般的である。慣習化されたこれまでのものづくりや商取引を見直すことで、新たなビジネスモデルが生まれることもあるが、産地内の固定概念が変革の妨げとなる。より客観的に俯瞰した立場で、産地

を見る新たな視点を外部に求めることの有用性は言うに 及ばない。

1.2 デザインを基軸にした商品開発の可能性

デザインとは、狭義にはプロダクトの形や色といった外見 的特徴を生み出すことであるが、広義には、商品開発を 通じて、新たな価値を創出し、普及させることでより豊かな 生活を導くものでもある。この両面のデザイン的な取り組 みを有田焼の開発に積極的に取り入れていくことで、魅力的な商品が生まれる可能性も高まる。

2. 現状課題と目的

消費地の第一線で活躍するクリエーターや企業は、モノの使い手にもっとも近く、市場のニーズやシーズに関する情報収集能力に長けている。そうした産地外事業者に、開発当初からプロジェクトに参画してもらうことで、消費者が求めるもの、市場動向に関する情報を得やすくなる。

有田焼創業 400 年事業では産業基盤整備として、有田の地に世界で活躍するクリエーターが集う"ものづくりの 聖地"となるためのプラットフォーム形成を目指し、外部からの視点を積極的に取り入れていくことを推進してきた。

有田焼産地の持てる技術や磁器の特性、製造上の長所や課題を認識してもらうためのアイテムを持ち、提供できることが、商品開発時における外部クリエーターとのコミュニケーションの円滑化を導くと考えられる。

さらにこうしたデザインに対する積極的な姿勢を示す、 一連の活動自体を広く内外に告知することで、有田焼産 地には外部とコラボレートする意思と環境(プラットフォーム)があることを認知してもらい、新しいものづくりやデザインの要望に応える精神的・技術的なバックグランドを有していることのアピールを目的とする。

3. 事業内容

本事業は、平成27 年度より2か年の計画としている。産 地外のクリエーターが、伊万里・有田焼をどのように認識 し、コラボレーションを行う上で、どのような情報を得たい と考えているか、ヒアリング等の調査を行い、以下の内容 について検討、開発を行う。

- 1. 産地外のクリエーターや企業が求める伊万里・有田 焼についての情報とコラボレートする上で必要とさ れる機能についての調査
- 2. 伊万里·有田焼の磁器の特徴調査およびサンプル 開発要件の検討·抽出
- 3. サンプル開発(企画立案、デザイン、設計、技術的 検討、試作、機能の検証等)
- 4. 提供方法の検討、産地外クリエーターとのコミュニケーション手法の検討

4. 本年度の活動内容と現状報告

4.1 クリエーターが求める情報と機能

外部クリエーター等との意見交換や実務を通じて、有田 焼での商品開発を発想するに役立つ情報とは何か、どの ような機能が産地側にあることで「繋がり」が生まれるかと いったことを調査し、以下のように情報の提供と機能の必 要性を整理した。

(1)窓口の確立

東京などの大消費地で活動しているデザイナー等のクリエーター、企業等からは、有田焼産地と協働しての商品開発を求める声も聞かれるが、コネクションがないため、具体的にどこを訪ねたらいいのかわからないという声も多い。特に有田は窯元、商社が多く、さらに商品バリエーションも多岐に渡るため、希望する技術を持った事業者にたどり着けなかったという話もある。消費地に開発需要があり、有田を開発委託候補にしたいと考えてくれているにも関わらず、案件を取り損なっている。まずは、有田に商品開発を受け付ける相談窓口を確立することが急務である。他産地・業界の実情を参考とすれば、その窓口業務を担っているのは、以下のような例がある。

- ・消費地にショールームを持つなどして、繋がりの創出 に努めている産地商社やメーカー
- ・工業組合などの業界団体
- ・地方公共団体のプロモーション支援事務所や産業支 援機関
- ・自社企画を進め、産地内に OEM 先を持つ販社
- ・イベント、出版、広告などの企画会社、制作会社
- 自らコラボレーターを探すデザイナー

こうした窓口は多岐に渡ることが有効であり、有田においては、事業化支援として窯業技術センターが窓口となることも検討できる。

(2)有田焼の特徴

伊万里・有田焼等での新商品開発を希望し、来訪する 産地外クリエーターであっても、陶磁器の商品開発に必 要な専門知識についてはもちろん、伊万里・有田焼の特 徴すらわからないという声も多く聞かれる。過去の名品を 見ても、多岐にわたる商品群の中で、短期間に有田焼を 理解することは難しい。クリエーターから多く寄せられる知 りたい情報には、素材、色、製造/加工技術、精度、生産 性、歴史的経緯や産地の風土といったものがある。

クリエーターにとって、有田や有田焼をイメージできることが、新しいものづくりの構想に繋がる。こうした情報を整理し、わかりやすく伝える手段を持つことが重要である。

(3)磁器の素材特性

磁器の製造においては、形状において乾燥や焼成時に おける「収縮」や重力の影響による「変形」という要素が大きく、そのプロセスを経験したことがないクリエーターにとっては、製造可能な形状を導き出すことが難しい。

(4)製造工程

- ・天然物である陶石からの陶土の精製
- ・形状や量産性などを検討した上での生地の製造方法
- ・ 下絵付け、上絵付けの伝統的技法やプリント、パッド 印刷などの最新の加飾技法による表現の多様性
- ・焼成に伴う釉薬等の表面処理の方法

それぞれの製造工程では、形状や表現に制限を伴う。 どこまで自由な造形が可能なのかを、クリエーターは知り たい。定型化した方法から脱却し、作業を加減することか らも新しいものづくりが生まれる。そのために、クリエータ ーはより深く工程を理解しようと努め、その作業の効果を 図りたいと望む。固定概念のない外部からの視点である からこそ、革新的な発想につながる可能性も秘めている。

(5)デザインの通訳

製造担当者と未経験のクリエーターとが協働にて一つの 商品開発を進めるにあたって、そのコミュニケーションをと ることは、簡単ではない。

- ・技術的に可能なこと、不可能なこと
- ・事業的に可能なこと、不可能なこと
- コンセプト、デザインの重要点
- ・後戻りしないように前もって検討しておくべきこと

これらを両者の間で意見調整しながら、開発を進行する べき役割を担う人材が必要であり、専門用語の異なる両 者の言葉の橋渡しも担わなければならない。

4.2 サンプル集開発

クリエーターが知りたい情報を整理した上で、伊万里・ 有田焼の特徴や焼成変形などの製造工程から発生する 事象を抽出し、有田焼の焼成品の「サンプル集」の制作を 考え、デザイン案を考案した。サンプルを見ながら話のき っかけを生むような「コミュニケーションツール」として機能 することを目的とする。

サンプル集のデザインコンセプトは以下の通りとする。

- ・産地外のクリエーターが伊万里・有田焼の特徴を理解 し、表現の多様性から創作のイメージを膨らませられ るアイテム集。
- ・手元に置いて、見て、触れるサイズ感。
- ・クリエーターのワークスペースに置かれても自然なデ ザイン・コンシャス性。
- ・詳細を説明するのではなく、直感的に概要がわかるもの。

サンプル集の構成内容は以下を検討する。

- ・有田焼・伊万里焼の色
- 下絵付け(呉須)の色とトーン
- ・陽刻/印刻による表現
- ・乾燥・焼成による収縮
- ・空焼き・マット釉・透明釉・ブラスト
- · 透光性陶土(機能性陶土)
- ・下絵付け(ダミ、ハンコ、炭はじき、転写) + 上絵付け (洋絵具、和絵具、スプレー吹き、箔)
- ・パッド印刷

さらにそれぞれのサンプルを説明するリーフレットを用 意し、セットで提供することを検討する。

5. 今後の取り組み

次年度以降も継続して検討を続け、サンプル集およびリーフレットの試作品開発を行う。その上で、サンプル集の 試作を用いて、クリエーターと意見交換を行い、その使い 勝手や機能性について検証を行いたい。

また、サンプル集の量産化および産地での活用方法、 外部のクリエーターや企業など有田焼産地とのコラボレーターへの提供方法を検討し、県や産地組合、事業者と 意見交換を行っていく。

さらに、こうしたクリエーターとのコミュニケーションツールを有田焼産地が持ち、積極的なコラボレーションを促進しようとする試みや窯業技術センターの新しい事業化支援の施策、さらに有田焼創業400年事業での成果をまとめ、公知に努めることで、有田焼産地が推進するデザインに対する姿勢をPRしていきたい。

磁器製造方法のイノベーションによる新商品及び市場開拓支援

浜野 貴晴 佐賀県窯業技術センター

消費者心理をとらえずしてプロダクトアウトな商品の事業化は立ち行かなくなってきている。消費者が一つの商品を購入するまでに求める多くの要望に応える商品に仕上げるためには、消費動向に即する情報収集と情報発信能力が重要となる。

企画からデザイン、製造、流通に至るまで、一貫したプロジェクトとして商品開発を行う手法の構築が 急務であり、流通を巻き込み、消費動向を見据えた積極的な商品開発支援が求められる。

産地内事業者を主体とした、具体的な商品開発の支援を通じ、新しいものづくりを試し、その効果と課題を整理することで、実証的に有田焼産地に適した商品開発手法を考える。

Project to support for development of new product and market by the innovation of porcelain production method

Takaharu HAMANO Saga Ceramics Research Laboratory

Commercialization of products based on "product-out" concept is hardly to be a success without taking account of the consumer's psychology. In order to complete the products that is responded to consumer's many requests until the consumer deciding to purchase one product, the ability to collect information about consumption trends and to provide of information is important.

It is the urgent need of the hour to composing a method of managing for product development as consistent project from concept planning, designing, manufacturing till distribution. Involving distributor and aggressive product development support with focus on consumption trends will be required.

Through the support on the condition of a private enterprise in Arita taking the initiative in a specific product development, we will attempt new process of manufacturing. By organizing its effects and problems, empirically we consider the methodology of product development that is suitable for Arita.

1. 背景

1.1 モノ余り時代の多様化するライフスタイルに対応した 商品開発の難しさ

多種多様な商品がひしめく市場において、一つの商品 に気を止めさせ、興味を持ってもらい、類似品と比較に勝 ち、購入してもらうことの難しさは、周知のことである。 さら に人々のライフスタイルは多様化し、ターゲットを定めるこ とにも多大な労力を要する。

1.2 消費者心理を読み、消費動向に即するためには

消費者心理をとらえずしてプロダクトアウトな商品の事業 化は立ち行かなくなってきている。消費者が一つの商品 を購入するまでに求める多くの要望に応える商品に仕上 げるためには、情報収集と情報発信能力が重要となる。

1.3 高付加価値化と高価格化での活路

国内外から多くの新商品が大量生産され、流入する現代 において、中小の企業の手工業的な生産が主体となる有 田焼産地の活路は、ハイブランド化、類似品のないニッチ な市場、もしくは高付加価値商品としての価格競争によら ない市場にある。

1.4 職人の高齢化、後継不足による技術継承の危機

有田焼に対する市場での評価は、ハレの器であり、丁寧な仕事、高い技術力、道具としての完成度にある。400 年の長きに渡り培ってきた産地の現状として、特に生地製造環境の悪化に伴う、職人の高齢化、後継不足が顕著であり、手仕事による高い技術の継承が危機的状況にある。

2. 目的

企画からデザイン、製造、流通に至るまで、一貫したプ

ロジェクトとして商品開発を行う手法の構築が急務であり、 流通を巻き込み、消費動向を見据えた積極的な商品開発 支援が求められる。

産地内事業者を主体とした、具体的な商品開発の支援を 通じ、新しいものづくりを試し、その効果と課題を整理する ことで、実証的に有田焼産地に適した商品開発手法を考 える。本支援では、以下のような開発事案を通して、次世 代の商品開発手法の構築と普及を目指す。

- 1 製造方法の革新的技術開発による高度化を目指すことで、これまで磁器で製造困難とされた高付加価値を生む形状や機能を組み込んだ新商品開発
- 2 市場や産地でのシーズ/ニーズに応えた、市場の需要ロスの軽減及び新しい磁器素材の需要掘り起こし

3. 支援内容

本支援事業は、平成27 年度よりの 2 か年の計画として おり、産地内事業者と開発案件を検討し、以下の内容に 準じて、具体的な開発支援を遂行する。

- 1 市場・産地でのシーズ/ニーズの調査と類似品の課題から新商品の優位性考察及び開発要件の検討・抽出
- 2 製造技術開発支援(製造プロセス検討、製造手法/工具/機器開発支援)
- 3 商品開発支援(企画立案、デザイン設計、技術的検討、 試作、機能の検証等)
- 4 事業化支援、プロモーション戦略立案支援、市場/販路開拓支援

得られた知見をもとに、有田焼産地に適した商品開発手 法を研究する。

4. 現状報告

市場調査及び可能性検討を行い、複数のプロジェクトを産地内企業と考案し、産地外企業、クリエイターと協働の上、遂行してきた。商品化した一例を以下に紹介する。

4.1 支援プロジェクトの一例

産地外クリエイター二人との有田焼商品開発プロジェクト

釉薬を駆使しシンプルなスタイルを提案する器作家 イイホシュミュ氏と、動植物を図案化し独自の世界観で描く 陶芸家 鹿児島睦氏という人気作家二人の異色のコラボレーションが企画され、有田焼産地との共同開発が実現

し、少し高めの変形皿にレリーフを施した、3サイズのプレートシリーズ「Floro(フローロ)」が誕生した。(図1)

2015 年6月より開発をスタートし、有田に複数回来訪され、 プロジェクトの進行打ち合わせや原型制作作業、釉薬選 びなどを行った。(図2/図3)開発チームは、山忠(検品、 発送、事務処理)、宝泉窯(施釉、焼成)、陶都肥前ものづ くり協同組合(生地製造、型製作、陶土製造)にて構成、 当センターは、プロジェクト進行管理、デザインアドバイス 及びプロモーション戦略立案、製造技術を支援した。

クリエイターからの要望である厚みが生地成型上困難とされた当初の課題であったが、生地製造、型製作の職人と クリエイターが直接意見を交わし、その場で製造方法を検 討するという、これまであまり行われてこなかった手法を 試み、一つずつ課題を克服し、商品化を達成した。

本年3月に東京都内での新作発表イベントを皮切りに、通 販などを通じて販売が開始されたが、有田の職人の高い 技術があって成立した製品として、好評を博している。



図1 2016 年3月発売の新しい3サイズの有田焼のプレートシリーズ 二人の産地外のクリエイターと共同開発した新商品.



図2 有田に来訪の上、クリエイター自ら型にレリーフを施す等の作業 も行われた。



図3 釉薬選びや商品のディティールについて、クリエイター二人と 何度も打ち合わせが繰り返された.

5. 成果

支援事業での新しい試みに対し、以下のような効果が見られた。

5.1 分業型生産体制におけるパラダイム・シフトの転換

有田焼産地にて一般的な分業型の生産体制において、 有田焼生産の基礎を担う、陶土製造、型製作、生地製造 業の疲弊が課題となっている。商社・窯元を頂点とした元 請け・下請けといったヒエラルキーのある体制(図4)から、 フラットな横並びのプロジェクトチーム型の体制(図5)へ 移行することで、1つの商品を生み出す共同体としての意 識改革が図れる。

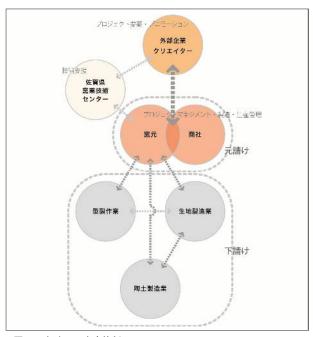


図4 これまでの生産体制.

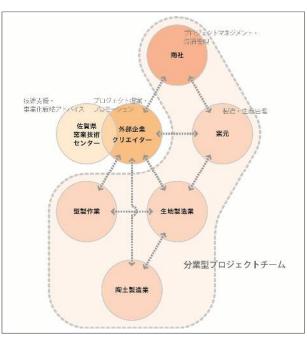


図5 新しいプロジェクトチーム型の分業体制.

5.2 販売力、発信力のある産地外企業・クリエイターとの協働

消費者心理、消費動向をもっとも良く認識しているのは、 消費地の第一線で活躍している事業者であり、そういった 産地外事業者に、開発当初からプロジェクトに参画しても らうことで、消費者が求めるもの、市場動向に関する情報 を得やすくなる。

加えて、大きな販路を持った事業者と組むことで、販売も 見込め、開発投資しやすくなる。

5.3 イノベーティブな商品開発がもたらす効能

ニーズやシーズがあっても、これまで難しいとされてき た形状や機能の実現は、高付加価値化に繋がり、結果と して高価格化をもたらす。

加えて、難題への挑戦は、担当開発者のモチベーションを高め、仕事に対する対価とともに達成感を生み出す。 また他に例を見ない新商品は、高いニュース性があり、有 田焼であることをパブリシティの必須と約束付けておくこと で、有田焼のプロモーションに寄与する。

次年度以降も引き続き、複数のプロジェクトを支援し、開発を通じて、新しいものづくりの手法について効果と課題の検証を続ける。

有田焼創業 400 年事業「ARITA 400project」

国際見本市「メゾン・エ・オブジェ」出展支援報告

浜野 貴晴、蒲地 伸明、松本 奈緒子 佐賀県窯業技術センター

有田焼創業 400 年事業において、欧州の市場開拓と世界でのリブランディングを目指す「ARITA 400project」では、パリで年2回開催される国際見本市「メゾン・エ・オブジェ」に2014年からブースを構え、2016年1月に3年連続の出展を果たした。佐賀県窯業技術センターでは、1回目の出展からプロジェクトの出展支援・開発支援を行ってきた。参加事業者は3回の出展を通してビジネスや商品開発に関して多くのことを学び今後へとつながる成果となった。

"ARITA 400project"

The report of supporting for exhibition

Takaharu HAMANO, Nobuaki KAMOCHI, Naoko MATSUMOTO Saga Ceramics Research Laboratory

Maison & Objet, the world's largest international interior and design trade fair, is held in Paris twice a year. The three-year ARITA 400project for opening the European market and global rebranding first set up its booth in 2014 and in January 2016. We have continued to support to exhibit and develop the product from first exhibition. Members of this project learned a lot about business and creating through 3 times exhibition and it became the result to lead for the future.

1. 3回目のメゾン・エ・オブジェ出展

有田焼創業 400 年事業の一大プロジェクトである ARITA 400project は、2016年1月22日から26日までの5日間開催された「メゾン・エ・オブジェパリ2016」に3回目の出展を果たした。毎年1月と9月にフランスパリにて年2回開催される世界最大級のインテリアやデザインなどの国際見本市「メゾン・エ・オブジェ」は、世界中から家具、装飾品、テーブルウェアなどを扱う3,000 社余りが出展し、80,000 人を超える業界関係者が来場するライフスタイルの世界的なトレンド発信源である。

3回目の出展では、2014年9月展、2015年9月展と過去2回の出展で得た経験と海外での評価をもとに、その集大成として400点におよぶ商品や作品で臨んだ。昨年11月のパリ同時多発テロの影響もあり、来場者は例年よりも若干少なかった。また入場時の手荷物検査など厳戒態勢の元での開催であったなど、過去2回とは異なった部分もあったが、会期中は来場者と感度の高い商談が数多

く交わされた。



図1 Aritaブースの外観



図2 レセプションでスピーチをする山口知事

初日に開催した佐賀県主催のレセプションでは、山口 祥義 佐賀県知事も来場し、400 年の歴史を振り返りなが ら、今なお挑戦し進化を続ける有田焼をアピールした。 「最近、ARITA の名前をよく聞く。皆、いいイメージで捉え ており、ブランディングが進んでいる」といったメディアか らの声や、「伝統を残しつつ、新たなものに挑戦している 姿がよくわかる」といったバイヤーの声など、高く評価され ていた。高級品を扱う世界的なブランドからの長期的な取 引に発展しそうな引き合いもあり、海外での市場開拓に向 けた新たな一歩として、着実な成果を上げてきている。



図3 ブース内の様子.

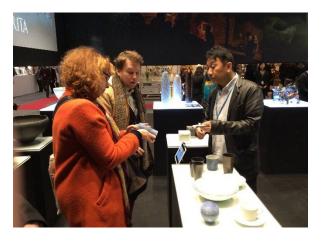


図4 来場者と活発なやりとり.

2. トップクリエイターとのコラボレーションによる特別展示

今回の出展では、当プロジェクトのプロデューサーである奥山清行氏に加え、ビートたけし氏、隈研吾氏、佐藤可士和氏という日本を代表するトップクリエイター3名が、参加8事業者とのコラボレーションによって特別に制作したARITAの作品の特別展示も行われた。制作においては

技術的に難しいデザインも数多くあり、当センターもデジタルデザイン技術などによる支援を行った。展示会2日目に特別展示ブース前で開催されたカンファレンスには、山口祥義 佐賀県知事、奥山清行氏、佐藤可士和氏が登壇した。今回のプロジェクトの目指す姿や作品の意図についてスピーチを行った。来場者からは、海外でも名高いゲストクリエイターとのコラボ作品に対して「どのデザインもエレガントで美しい」といった声が数多く上がり、注目を集める展示となった。

会場での発表にあたり、ゲストクリエイター3 氏からのコメントを以下に紹介する。

ビートたけし氏(コメディアン/映画監督)

「作品を見た人がそれぞれに何か感じてもらえればそれでいいと思う。 異素材の日本の伝統工芸が組み合わさったら? こんな形の磁器があったら面白いのではないか? そういった思いつくままの発想で絵を描いてみた。 たくさん描いた絵を有田の皆さんが見て、絵から感じたままに形にしてもらった。 それぞれの事業者の捉え方が作品に出てくるのが面白い。」



図5 ビートたけし氏 × 畑萬陶苑 の開発商品

隈研吾氏(建築家)

「作品名は、『波』。 土にどこまで軽い表情を持たせられる かが課題であった。 シェル状の器をフレームの集合体に 置換し、器に軽やかさを与えることを目指した。 今回デザ インした器は、 その実現に当たってかなり技術的に難しい ものであったと思うが、コンピュータをベースとした最新技術と、伝統に裏付けられた高い技量が実現に導いてくれた。有田は、長い伝統を持ちながら、常にそれを超える挑戦をしている。」



図 6 隈研吾氏 × 李荘窯業所 の開発商品

佐藤可士和氏(アートディレクター/クリエイティブディレク ター)

「13 の作品群からなる一連のコンセプトは『Dissimilar(差違)』。革新と伝統、偶然と必然、過去と未来、混沌と清寂、永遠と束の間など相反する要素を内包した。今回のコラボレーションにあたっては、有田焼の持つ歴史、伝統、特徴的な技法や色を活かしながら、力強くも繊細で、インパクトのある仕上がりとなるよう、デザイン・バイ・アクシデントとデザイン・バイ・ロジックの相反する方法を取り入れた。」



図7 佐藤可士和氏 × キハラ の開発商品.

3. これまでの出展で得た成果と今後の展開

海外での展示会では、継続して出展していることが信頼につながり、商談へ導くと言われ、一度きりでの出展では、ブランドを覚えてもらうことすら難しい。ARITA 400projectでは3年にわたり出展を重ね、商品や作品を通じて参加事業者が自らのものづくりについて来場者に語り続けてきたことで、回を重ねるごとに来場者の反応に変化が現れていた。初回には有田焼を初めて目にしたという来場者も多かったが、2回目、3回目となると、前回見た商品を目的にバイヤーが早々に取引条件を話し始めるという状況がみられ、来場者の認知度の高まりが着実に商談へと結びついた。

参加事業者も、来場者からのダイレクトな反応を吸収し、パリの地で発表するに適した商品とは何かを考え、過去にとらわれず新しい商品開発を行ってきた。さらに、商品を理解してもらい、覚えてもらうための資料づくり、事後の応対へと繋げるコンタクトシートの改良などの努力も重ねてきた。それらは、実質的な売上という成果に加え、海外へ出展して自らの商品を売り込み、帰国後の対応から受注へとつなげた経験という大きな成果となった。

今後、ARITA 400project では、首都圏および佐賀県内での帰国展も企画しており、さらなる成果の広がりを期待している。

参考

1) 有田焼創業 400 年事業ウェブサイト ARITA EPISODE2 (http://arita-episode2.jp/)

佐賀県窯業技術センター 平成 27 年度 研究報告書・支援事業報告書 平成 28 年 7 月 22 日発行 ISSN 2432-2628

発行:佐賀県窯業技術センター

〒844-0022 佐賀県西松浦郡有田町黒牟田丙 3037-7

TEL 0955-43-2185 FAX 0955-41-1003

URL http://www.scrl.gr.jp/