

日本伝統の磁器素地と京焼磁器について

京都府中小企業特別技術指導員の今井寛治氏に上記テーマで寄稿いただきました。

■はじめに

日本の陶磁器産業は、世界に類を見ない優れた可塑性原料（蛙目粘土や木節粘土）と磁器原料である陶石を利用することで大きく発展してきました。

京焼には大きく2つの流れがあり、京焼の祖といわれる野々村仁清が完成させた色絵陶器（栗田焼）と奥田穎川が完成させた磁器となります。

本紙では、中国、欧州の磁器や日本の磁器産地の原料や化学組成の差異を確認し、日本伝統の磁器素地の特徴や磁器化過程について解説します。

■磁器のはじまり

世界最初に完成した中国では、唐代末には青花磁器が誕生しており、明代に官窯となる景德鎮窯は、近くで産出する瓷石と高嶺土（カオリン）で製造された。

欧州では、1710年錬金術師ヨハン・F・ベトガーがザクセンのカオリン鉱床を発見、それを使用したカオリン質磁器を発明、その後「王立ザクセン磁器工場」（現国立マイセン磁器製作所）を設立している。

日本では、1616年朝鮮の陶工李参平が有田泉山にて白磁鉱（陶石）を発見、白川天狗谷で始めて磁器を作成、1600年後半には東インド会社を通し伊万里焼として欧州に大量に輸出される。1800年初頭には、加藤民吉（瀬戸）が染付白磁を、ほぼ同時期に奥田穎川が五条坂に開窯、京焼で本格的に磁器製造が始まる。1906年（明39）には、名古屋森村組の大倉孫兵衛・和親がカオリン質硬質磁器（洋陶器）を開発している。

■磁器素地の化学組成による分類

京都に設置された国立陶磁器試験所（大8～昭27）において、「磁器素地に関する研究（1～3報）」赤塚幹也（陶磁器試験所報告6～9号）の詳細な報告がある。この研究は、わが国伝統の陶石立素地と新しく開発された輸出向洋食器素地（カオリン・長石-珪石-可塑性粘土配合）について、素地調合、粒度の影響、加熱軟化、透光性、曲げ強度などが詳細に試験検討された貴重な古典的研究である。

後に、元工業技術院名古屋工業技術試験所（国立陶磁器試験所を再編）加藤悦三博士が内容を再検討され、「日本の磁器について」の論説の中で、素地の Al_2O_3 / SiO_2 化学組成（モル比）による分類（図1）から欧州、中国および日本の磁器産地の組成に明瞭な差異が認められると論じられている。

- I アルミナ質素地： $Al_2O_3 / SiO_2 > 0.28$
マイセン磁器、セーブル磁器
- II 中間素地/欧州型： $0.28 > Al_2O_3 / SiO_2 > 0.20$
ベルリン磁器、リモージュ磁器、景德鎮磁器（清代）
- III 中間素地/東洋型： $0.20 > Al_2O_3 / SiO_2 > 0.156$
景德鎮磁器（元代、明代）、京都磁器
- IV 珪酸質素地： $0.156 > Al_2O_3 / SiO_2$

- 景德鎮磁器（唐代、宋代）、有田磁器
- V アルカリ質素地： Al_2O_3, SiO_2 値の低い所
瀬戸・東濃の砂婆（さば）立て磁器

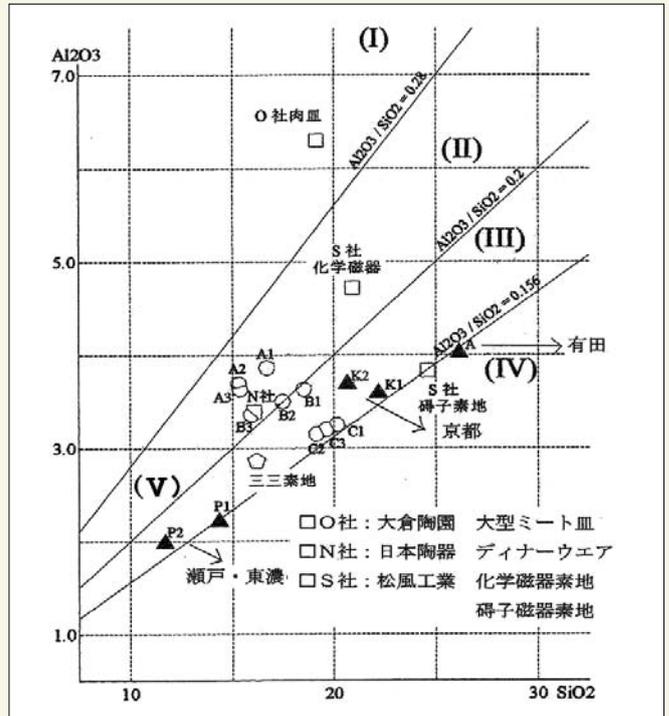


図1 磁器素地の化学組成による分類

■日本伝統の磁器素地について

日本の磁器の大産地である有田、京都、美濃瀬戸では、地場で入手しやすい陶石や可塑性粘土を配合することにより産地毎の特徴ある素地を作ってきた。

- ア. 有田磁器素地A（図1分類IV珪酸質素地）
⇒ $0.20 \text{ KNaO} / 0.99 \text{ Al}_2\text{O}_3 / 8.05 \text{ SiO}_2$
陶石水簸（すいひ）物単味による素地
陶石中の主鉱物は珪石（Quartz）、絹雲母（Serците）、カオリナイト（Kaolinite）であり、有田焼では古くは泉山陶石、現在は天草陶石（熊本県）を使用している。
- イ. 京都磁器素地K（図1分類III中間素地/東洋型）
⇒ $0.32 \text{ KNaO} \cdot 0.07 \text{ RO} / 0.97 \text{ Al}_2\text{O}_3 / 7.13 \text{ SiO}_2$
陶石に可塑性粘土、長石を配合した素地
出石陶石（兵庫県）や天草陶石を使用しており、出石陶石には上記鉱物の他混合層粘土 Tosudite（Al-Chlorite / Montmorillonite）を含むことで、天草陶石に比べ可塑性が良好となり明治大正期には大物ろくろ成形品が製造されている。
- ウ. 美濃瀬戸磁器素地P（図1分類Vアルカリ質素地）
⇒ $0.37 \text{ KNaO} \cdot 0.07 \text{ RO} / 0.98 \text{ Al}_2\text{O}_3 / 5.56 \text{ SiO}_2$
砂婆（地場で大量に産出する風化花崗岩）と蛙目粘土・木節粘土を配合した素地

■ 磁器素地の焼き締めり(磁器化過程)

磁器製品は吸水性がなくなるまで焼き締められる。この磁器化過程は前項に示す素地配合に基づく鉱物組成、化学組成が大きく影響する。

また素地粒度分布の差異により焼結状態や素地強度にも影響する。有田焼素地と京焼素地では、粘土粒子が主となる3 μm 以下の含有量には大差ないが、20 μm 以上の粗粒部では有田焼素地は15wt%以上多い配合となっている(紙面制約により粒度分布図は省略)。これは産地毎の粉碎方法が異なるため、有田は杵と臼によるスタンプ粉碎、京はボールミル粉碎を行うことにより有田素地は粗粒珪石が多く存在する。

焼結素地中に粗粒珪石が残存すると、石英結晶相とガラス相との応力差や微細亀裂により曲げ強度の低下を引き起こす。当産地では粗粒部が少なくなる粒度分布となるよう改善の取組みがなされている。

珪酸質磁器碍子素地の物性変化を図2に示す。素地が磁器化する前後に曲げ強さ、軟化変形、熱膨張率、かさ比重、焼成収縮率、気孔率の物性の他に、素地呈色、白色度、透光度なども変化する。

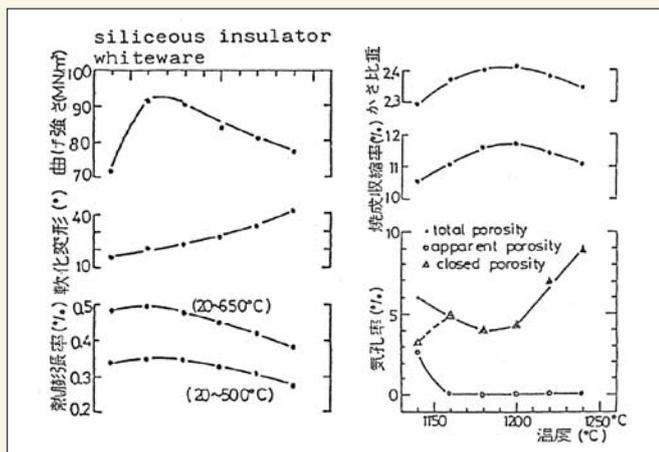


図2 磁器碍子素地の物性変化

■ 磁器素地焼成体の評価

素地磁器化過程を検討する時、磁器化温度のみで比較するのは不十分であり、素地組成や粒度分布により焼成体結晶相やガラス相の量、粘性などの差異により磁器化状態は異なってくる。A.W.Norrisは以下に示す方法¹⁾により磁器焼成体を評価している(図3参照)。

①焼成温度の異なる試料の吸水率曲線、かさ比重曲線を描く。

吸水率が0となる温度が磁器化温度 T_v 。

②かさ比重曲線の磁器化温度 T_v で再交差する温度の差又は最大かさ比重より少し低い値(例えば0.02~0.03)での温度差を焼成巾(firing range)とする。

③かさ比重曲線の磁器化温度

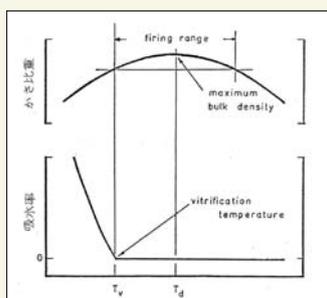


図3 磁器化状態の変化

近辺の曲線傾きの緩急により磁器化状態の安定性が判断可能。

本方法に準じ、素地配合の異なるA~Cの素地について磁器化温度 T_v 、焼成巾などを比較した。

A. 陶石-粘土-長石系(京焼素地)

B. 陶石(水簸)-カオリン系

C. 陶石(水簸)系(有田焼素地)

かさ比重、吸水率曲線を図4

に示す。これより求めた磁器化

温度 T_v 、焼成巾、最大かさ

比重温度などを表1に示す。これ

らの結果より各素地の磁器化

状態の差異は明瞭である。

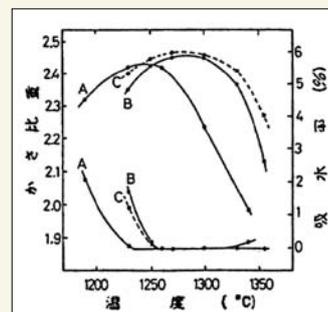


図4 素地磁器化状態の比較

表1 素地磁器化温度、焼成巾等の比較

試料	磁器化温度 (°C)	焼成巾*	最大かさ比重温度 (°C)	最大かさ比重
A	1235	37	1250	2.43
B	1260	48	1285	2.46
C	1255	58	1285	2.47

*焼成巾は最大かさ比重より0.02低い値での温度差とした

一般に液相が多く生成される磁器素地では、磁器化温度以降焼成巾の温度域で曲げ強さ、軟化変形、かさ比重などの物性は良好な状態を維持できるが、磁器化温度では磁器の特徴である透光性は十分でなく、最大かさ比重温度近辺まで焼き込む必要がある。この温度では製品寸法のばらつきのない良品が得られる。

今はインターネットや物流の発達により種々産地の素地を容易に入手することが可能であるが、本方法により素地焼成温度を的確に判断する事が可能となる。但し本紙では、素地と釉薬との相互作用(磁器透明釉は圧縮応力とする)については記述できなかった。

素地に不適切な釉薬を使用すると釉質が入るなど欠陥品となるため製土、釉薬メーカーから十分な情報を得る必要がある。

1) A.W.Norris Trans.J.Brit.Ceram.Soc. 78 102 (1979)

[本稿は平成24年10月実施の京都陶磁器釉薬セミナーを要約したものです]



今井 寛治氏 プロフィール

'77年京都工芸繊維大学大学院無機材料工学専攻修了、同年京都市工業試験場窯業技術研究室入所、'03年(社)日本セラミックス協会賞功績賞受賞、'06年京都市産業技術研究所研究部長、'12年同所定年退職、在職中は京焼業界への陶磁器製造の技術支援を行う。現在同所伝統産業技術者研修陶磁器コース特別講師、京都府中小企業特別技術指導員

お問い合わせ先

京都府中小企業技術センター 基盤技術課 材料・機能評価担当 TEL: 075-315-8633 FAX: 075-315-9497 E-mail: kiban@mtc.pref.kyoto.lg.jp