

# 從伊萬里瓷器〈青花柳葉鳥紋盤〉 談製瓷原料與技術問題

■ 陳東和

大阪市立東洋陶磁美術館所藏之江戶時期（1603-1867）伊萬里瓷器〈青花柳葉鳥紋盤〉自 2015 年 12 月 28 日起於國立故宮博物院南部院區的「揚帆萬里——日本伊萬里瓷器特展」陳列室中展出。2017 年 7 月 18 日上午，此件青花盤被發現在無任何外力介入下自然破裂。究竟是哪些因素，導致伊萬里瓷器斷裂？本文主要藉由此瓷盤展出期間自然破損事件，討論製瓷原料及相關技術問題。

伊萬里瓷器〈青花柳葉鳥紋盤〉（圖 1）於展櫃內自發斷裂（圖 2～4）事件發生後，隔天即由大阪市立東洋陶磁美術館專家前來檢視瓷盤破裂狀況，初步判定應該是瓷盤胎體結構脆弱，無法承受自身重量，導致盤子斷裂。瓷器結構脆弱，自然就易碎，但此〈青花柳葉鳥紋盤〉，是特殊個案嗎？

伊萬里瓷器十七世紀初開始燒造。1644 年中國明清交替，改朝換代初始，內亂頻仍，1655 年後清政府多次發布海禁令，使得原本由景德鎮輸出海外的貿易瓷受到影響。在中國陶瓷貨源短缺的情況下，歐洲一方面模仿中國的青花，燒造白釉藍彩陶瓷，一方面也因為日本已能燒造瓷器，因此便轉而向日本伊萬里發出訂單。十七世紀中葉以後一直到十八世紀中葉大約一百年間，正是伊萬里瓷器透過荷蘭東印度公司（Vereenigde Oostindische Compagnie，簡稱 VOC）熱絡銷往歐洲的時期，而我們從荷蘭東印度公司的貿易紀錄中也知道荷蘭人經常抱怨伊萬里瓷器常見破損的情況，但對中國的陶

瓷卻未見有此類評價。<sup>1</sup> 從這樣的紀錄中，大約可以知道在當時，相對於景德鎮瓷器，伊萬里瓷器整體而言是比較脆弱的。但是什麼樣的因素，使得伊萬里瓷器較易破損碎裂？是材料配方？還是燒造技術的問題？

爲了瞭解〈青花柳葉鳥紋盤〉盤體結構與斷裂相關問題，在進行其修復工作<sup>2</sup>之前，國立故宮博物院的文物科學研究檢測實驗室對此件鳥紋盤進行一系列的科學檢測研究工作，<sup>3</sup> 其中包括以光學顯微鏡檢視盤子破裂的斷面、以 X 光螢光光譜技術（XRF）分析其化學組成等。除了探究瓷盤破裂原因之外，也希望同時了解燒造技術的問題，並和有田地區出土的江戶時期之青花殘片（圖 5）以及中國景德鎮出土之十七世紀末期左右之民窯青花殘片（圖 6）進行比較研究，<sup>4</sup> 討論坯料和釉料來源問題，以及燒製過程的各種技術問題。不過由於整個檢測研究計畫所觸及的範圍較廣，完整的檢測報告將另文撰寫。本文中筆者僅藉由此青花瓷盤斷裂案例初步討論製瓷原料配方與相關技術問題。



圖1 1660-1670 青花柳葉鳥紋盤 大阪市立東洋陶磁美術館藏 國立故宮博物院影像紀錄



圖2 〈青花柳葉鳥紋盤〉展示中 翁宇雯攝

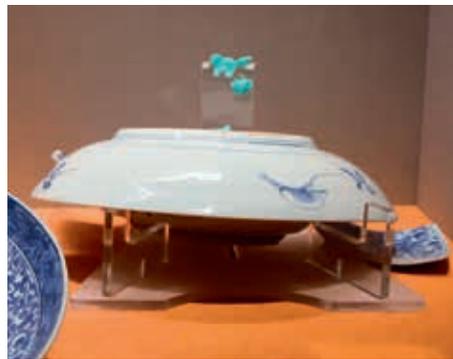


圖3 〈青花柳葉鳥紋盤〉自發破裂情形 翁宇雯攝



圖4 〈青花柳葉鳥紋盤〉斷裂後 國立故宮博物院文物科學實驗室紀錄

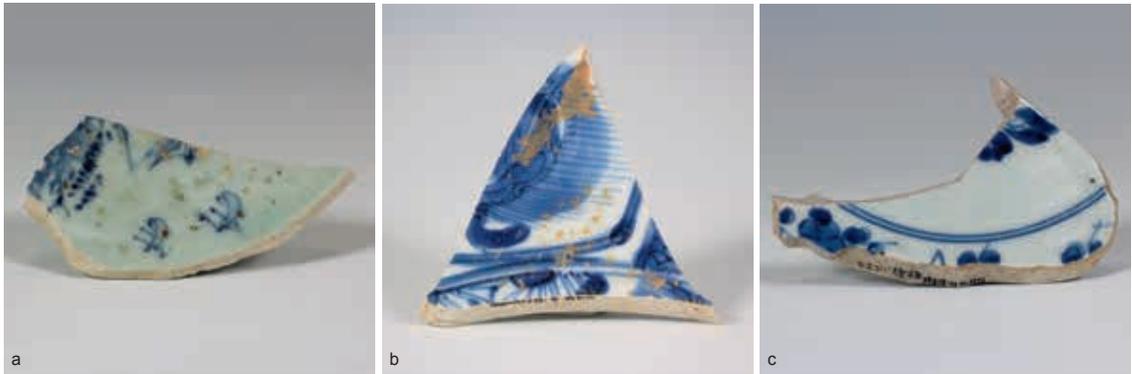


圖5 a：十七世紀上半葉，有田山小屋遺跡出土青花殘片（'86 No.005）；b：十七世紀下半葉，有田中白川遺跡出土青花殘片（'89 No.001）；c：十八世紀上半葉，有田稗古場遺跡出土青花殘片（'58 No.042）。有田町教育委員會藏 國立故宮博物院文物科學實驗室紀錄



圖6 十七世紀下半葉，景德鎮出土民窯青花殘片：a. BW003；b. BW004；c. BW009；d. BW011；e. BW018；f. BW022。國立故宮博物院研究品文物科學實驗室影像紀錄

### 〈青花柳葉鳥紋盤〉胎體的顯微影像及化學組成

從〈青花柳葉鳥紋盤〉斷裂面的光學放大影像中（圖7），可以明顯看出瓷盤之胎體中有許多孔隙缺陷。除了孔洞外，也可見有異質性

的雜質顆粒混於胎體中。電子顯微鏡（SEM）的影像也顯示，同樣的放大倍率，可以非常清楚地看出江戶時期有田的青花瓷殘片胎體中有許多較大的孔隙瑕疵（圖8、9），但景德鎮民窯青花殘片胎中孔隙相對較小。（圖10、11）

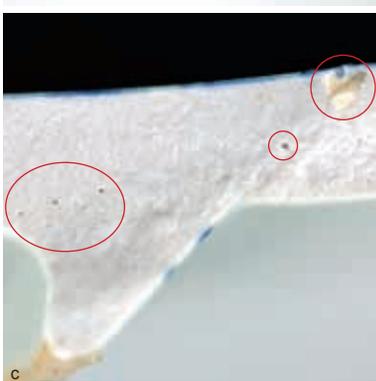
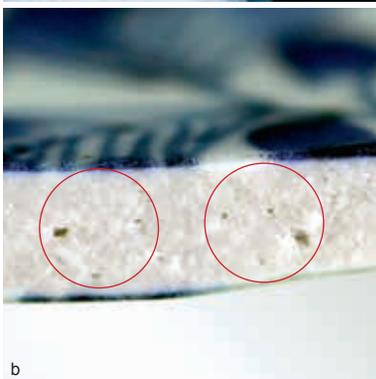


圖7 《青花柳葉鳥紋盤》斷面顯微影像 胎體中含有雜質，且有許多大小不一的孔隙瑕疵。  
國立故宮博物院文物科學實驗室紀錄

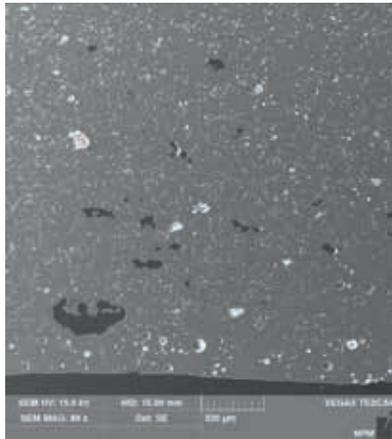


圖8 有田山小屋遺跡出土青花殘片（'86 No.005）SEM影像 國立故宮博物院文物科學實驗室紀錄

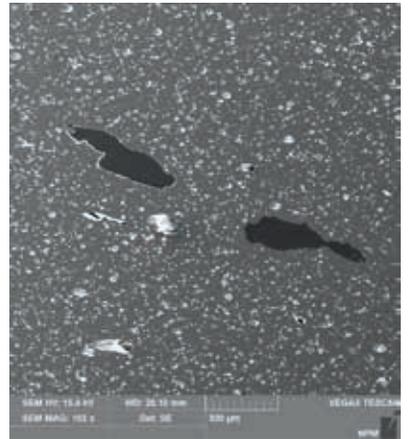


圖9 有田稗古場遺跡出土青花殘片（'58 No.042）SEM影像 國立故宮博物院文物科學實驗室紀錄

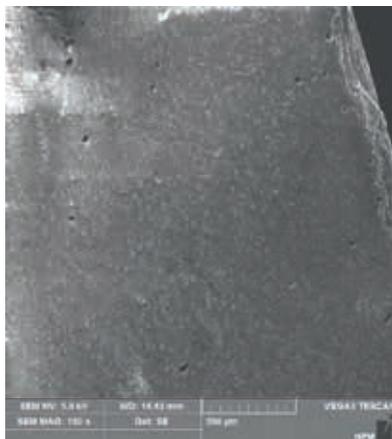


圖10 景德鎮出土民窯青花殘片（BW018）SEM影像 國立故宮博物院文物科學實驗室紀錄

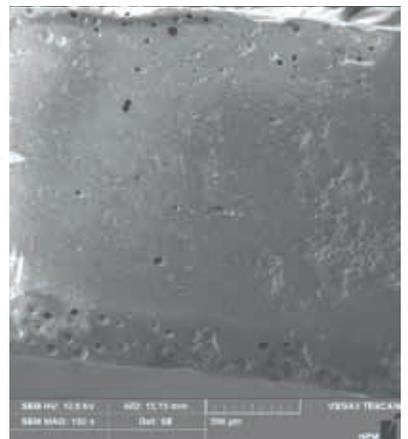


圖11 景德鎮出土民窯青花殘片（BW022）SEM影像 國立故宮博物院文物科學實驗室紀錄

經統計量測之結果，有田青花殘片胎中一般孔隙大小介於 10-40  $\mu\text{m}$ ，較大之缺陷或瑕疵孔隙約 100-1000  $\mu\text{m}$ ；景德鎮民窯青花殘片一般孔隙介於 10-20  $\mu\text{m}$ ，較大的缺陷孔隙多小於 500  $\mu\text{m}$ 。另外，透過秤重及排水法量測殘片體積估算青花殘片密度，結果顯示有田青花瓷密度介於 1.9-2.2  $\text{g}/\text{cm}^3$ ，略低於景德鎮民窯青花密度，其約介於 2.0-2.5  $\text{g}/\text{cm}^3$ 。

就胎體的平均緻密度而言，伊萬里青花瓷整體的結構顯然相對較為鬆散，而胎中的孔隙瑕疵與雜質明顯會降低胎的結構強度，相對於景德鎮青花瓷，較容易碎裂。不過需要一提的是，景德鎮民窯青花其結構雖然平均較緻密，燒造精良

者也少有瑕疵孔隙，但少部分燒造較差者則仍可看到胎中有較大的孔洞缺陷。

在材料組成方面，表一為利用 XRF 分析〈青花柳葉鳥紋盤〉及部份青花殘片胎體的化學組成之結果。鳥紋盤其胎的氧化矽 (SiO<sub>2</sub>) 約佔 71.4 wt% (重量百分比)，氧化鋁 (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 則約佔 20.7 wt%，氧化鉀 (K<sub>2</sub>O) 約 5.2 wt%，氧化鐵 (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 約 0.9 wt%，其他成分的含量都是在 1 wt% 以下。從分析結果來看，鳥紋盤與有田町內山地區出土殘片胎之主要化學組成 (SiO<sub>2</sub> : 68.9-72.6 wt% ; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : 19.2-22.8 wt% ; K<sub>2</sub>O : 5.1-6.6 wt%) 差異不大，但和景德鎮出土的民窯青花之胎成份 (SiO<sub>2</sub> : 65.9-71.8 wt% ; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : 21.5-27.1 wt% ; K<sub>2</sub>O : 3.5-4.3 wt%) 略有差異。

景德鎮民窯青花的胎中氧化鋁的含量明顯較高，氧化矽成份則相對較低；另外，鳥紋盤和有田地區青花胎中所含的氧化鉀成分較高。

值得注意的是，在胎中所含微量元素部分，景德鎮民窯青花皆未測出氧化鋇，但有田青花則含有約 180-340 ppm 的氧化鋇；景德鎮民窯青花中銣 (Rb) 的含量明顯高於有田青花。由於礦物中的微量元素的相對含量可作為原料產地的參考指標，因此，前述結果可提供區別有田窯伊萬里瓷和景德鎮燒製仿伊萬里瓷之參考。<sup>5</sup>

根據胎體顯微結構觀察與化學組成分析，伊萬里青花和景德鎮民窯青花顯然有所差異。〈青花柳葉鳥紋盤〉燒製原料的來源為何？有何特色？

表一 〈青花柳葉鳥紋盤〉及部份青花殘片胎體化學組成

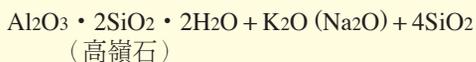
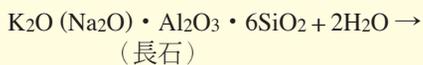
陳韻婕整理

wt%	青花柳葉 鳥紋盤 (1660-1670)	有田青花殘片 (17-18 世紀)			景德鎮民窯青花殘片樣品 (約 17 世紀下半葉)						
		'86 No. 005 (17 c. 上半)	'89 No. 001 (17 c. 下半)	'58 No. 042 (18 c. 上半)	BW003	BW004	BW009	BW011	BW018	BW022	
SiO <sub>2</sub>	71.38	72.61	71.48	68.96	67.56	65.98	68.38	66.56	69.47	71.86	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20.68	19.86	20.81	22.75	24.21	26.89	24.44	27.09	23.29	21.50	
K <sub>2</sub> O	5.17	5.18	5.55	6.29	3.91	3.97	3.99	3.56	4.35	3.97	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.87	0.86	0.88	1.14	1.19	0.87	1.12	0.92	0.88	0.90	
TiO <sub>2</sub>	0.06	0.07	0.06	0.05	0.10	0.08	0.11	0.08	0.09	0.10	
CaO	0.40	0.24	0.21	0.05	1.71	0.46	0.39	0.24	0.43	0.29	
Na <sub>2</sub> O	0.79	0.55	0.42	0.13	0.78	0.99	0.93	0.91	0.78	0.47	
MgO	0.55	0.49	0.46	0.51	0.27	0.58	0.49	0.46	0.54	0.69	
MnO	0.03	0.01	0.02	0.03	0.11	0.08	0.06	0.10	0.05	0.07	
SO <sub>3</sub>	-	0.08	0.03	0.05	0.04	0.02	-	-	0.04	0.07	
ppm											
ZnO	200	69	101	88	276	138	144	149	125	126	
Rb <sub>2</sub> O	149	175	180	209	720	597	429	518	450	476	
SrO	47	26	21	4	69	-	50	56	-	-	
ZrO <sub>2</sub>	221	204	184	203	222	143	190	122	176	134	
BaO	185	240	332	337	-	-	-	-	-	-	

## 製瓷原料

在進一步討論伊萬里青花與景德鎮青花胎體組成與結構何以不同之前，此處先概略介紹製瓷原料。燒造陶瓷所需原料可分為三大類，包括具可塑性的黏土類原料、具非可塑系的石英類原料，以及熔劑類原料（通常為長石類），其中黏土是主要關鍵性原料。黏土礦物的成份一般主要為高嶺石（kaolinite）、多水高嶺石、蒙脫石（montmorillonite）、和水雲母（hydromica，即伊利石 illite 類礦物），以及其他伴生礦物如石英、長石、方解石等。由於黏土的種類繁多，其組成及特性有所差異，因此礦物學上也有不同的名稱。就陶瓷工藝的角度而言，其分類較為單純，通常將用來燒製陶器的黏土稱之為陶土，而製瓷用的黏土則稱之為瓷土。陶土和瓷土的差別，在於陶土中助熔劑含量較高，燒成的溫度一般低於 1000 °C，而瓷土中助熔劑含量相對較低，燒成溫度較高，可在 1200 °C 以上燒結成瓷。

若黏土（或瓷土）主要由高嶺石組成，則此類較為純淨的黏土稱為高嶺土。（圖 12）「高嶺」（kaolin）這個名稱的由來，主要即是因為這種製瓷用的白色黏土最早發現於中國江西省景德鎮高嶺村的一座小山，因此就以高嶺土稱呼這類黏土。至於高嶺土如何生成呢？它是長石類岩石或暫穩態矽酸鋁礦物經長期風化分解或熱液換質所形成，其反應式大致可表示如下：



除了瓷土外，用來製瓷用的石質原料，則稱為瓷石。（圖 13）瓷石是花崗岩類岩石長期受熱液作用與風化作用而形成。一般瓷石中的主要成分為石英、絹雲母（sericite），而依產地



圖12 高嶺土 作者攝於景德鎮古窯



圖13 瓷石 作者攝於景德鎮古窯

及風化程度不同，會有含量不一的其他不同礦物，如長石、高嶺石，其中絹雲母具片狀結構，在瓷器燒造中主要扮演助熔劑的角色。瓷石是中國南方最重要的製瓷原料，由於其含有製備瓷胎所需的各種成份，因此能單獨使用，燒結溫度約在 1200 °C 左右。

## 有田泉山瓷石的發現與伊萬里瓷器的創燒

關於日本瓷器燒造的年代，一般認為始於 1610 年代，在此之前，日本各地窯場主要燒造陶器。而有關燒瓷始祖，最常被提到的主要的關鍵人物是朝鮮陶工李參平（?-1655），他在 1616 年於有田泉山發現瓷石（圖 14）後，利用這些瓷石成功地燒製了初期伊萬里時期首批瓷器。



圖14 有田泉山瓷石礦場 取自匠株式會社網站<http://www.takumikk.com/publics/index/20/>，檢索日期：2018年10月16日。

李參平的日文名字為「金ヶ江三兵衛」，而有關其生平以及其在有田燒製瓷器的經過，主要根據作於承應二年（1653）的《皿山金ヶ江三兵衛高麗より罷越候書立》（載錄於《多久家文書》）以及李參平過世約一百五十年後（江戶後期）其子孫所作的《金ヶ江家文書》中。根據記載，李參平是朝鮮忠清道金江人，在豐臣秀吉（1536-1598）向朝鮮發動的文祿・慶長之役（1592-1598）時，為佐賀藩鍋島直茂的家臣多久安順的嚮導，於戰爭後由鍋島軍帶回日本。李參平歸化日本之初，主要與其他朝鮮陶工燒製唐津風陶器，後為了燒製瓷器，於佐賀藩內四處尋找適當的原料，終在元和二年（1616）於有田泉山發現瓷石，後與十八名族人隨多久家遷赴有田皿山，在上白川天狗谷設窯，從此展開了瓷器的燒造。<sup>6</sup>

雖然上述有關李參平因發現泉山瓷石，於1616年開啓了日本瓷器燒造的說法常被提及，但從考古發掘的資料來看，天狗谷窯瓷器始燒當早於1616年。<sup>7</sup>另外，根據大橋康二的研究，認為以「天狗谷為最早的古窯的可能性不大，而應該是位於有田町西部的西有田町地區分佈的唐津燒陶器窯中開始燒成瓷器。總之，瓷器的出現

是唐津陶器窯不斷試製的結果，逐漸成熟」。<sup>8</sup>

不論伊萬里瓷器始燒於哪一年，江戶時期有田地區燒造瓷器的主要原料來源為泉山瓷石是確定的。那麼泉山瓷石有何特色？

泉山礦床主要由流紋岩（rhyolite）經熱液換質作用所形成。流紋岩是一種火山噴出岩，化學成分與花崗岩相類。泉山礦床大致上可分成四個類型：第一類為絹雲母帶，瓷石中主要由絹雲母和石英組成；第二類為絹雲母—高嶺石帶，瓷石中的礦物包括石英、絹雲母和高嶺石；第三及第四類為弱蝕變帶Ⅰ型及Ⅱ型，主要為石英和殘留鉀長石類，及含量不一的絹雲母與高嶺石和其他礦物。<sup>9</sup>

前面提及這一類主要由石英、絹雲母，以及含量不一的高嶺石和長石組成的瓷石，本身就含有製備瓷胎所需的各種成份，能單獨用來燒造瓷胎，因此才能成功地燒造出瓷器。

雖然泉山瓷石是江戶時期有田地區製瓷原料的來源，但需要一提的是，九州地區另外一個製瓷原料來源為熊本縣的天草瓷石。位於江戶幕府直轄地，天草瓷石於十八世紀時也用於有田之外的許多肥前窯場，其他如吉田燒、志田燒、平戶燒、波佐見燒等也使用天草瓷石。而有田窯一直要到明治時期以後，才開始使用天草瓷石。<sup>10</sup>

〈青花柳葉鳥紋盤〉燒製於十七世紀後半葉，基本上應該也是使用泉山瓷石燒造。從前面有關其瓷胎化學組成分析的結果來看，和景德鎮民窯的瓷胎略有差異，在主要組成方面，主要是景德鎮青花瓷胎其氧化鋁含量較高。究竟伊萬里青花和景德鎮青花製瓷原料有何不同？

### 景德鎮的二元配方：瓷石與高嶺土

景德鎮自元、明代以來即為中國主要的製

瓷中心，但其所使用的原料具有獨特性，不是使用一般常見的黏土—石英—長石三大原料（三元組成長石質瓷），而是使用當地與鄰近地區所產的瓷石與高嶺土製胎，以釉石（或釉果）和釉灰製釉，即是水雲母質瓷。前文提到，瓷石可單獨用來製胎，而在元代以前，景德鎮主要也以瓷石為單一配方製瓷，不過元代以後，便在原來的瓷石配方中加入高嶺土，成為瓷石—高嶺土二元配方。

明代宋應星（1587-約1666）在《天工開物·陶埴》篇中，提到景德鎮製瓷白土的產地：「土出婺源、祁門兩山。一名高梁山，出粳米土，其性堅硬；一名開化山，出糯米土，其性柔軟。兩土和合，瓷器方成。」高梁山即高嶺，在現今江西景德鎮市浮梁縣高嶺村。<sup>11</sup>開化山即祁門開化山，又稱祁山，在現今安徽省祁門縣。從宋應星的記載中，可以知道製瓷需用兩種土，其中產於高梁山的粳米土即為高嶺土；產於開化山的糯米土則是瓷石。此「兩土和合，瓷器方成」。這是關於景德鎮製瓷使用高嶺土和瓷石二元配方的重要歷史文獻。

有關景德鎮高嶺土的來源，在明代開始使用高嶺村的高嶺土以前，元代便已經使用麻倉土（圖15）加瓷石製瓷，而麻倉土亦是高嶺土的一種。一直到明嘉靖、萬曆期間麻倉土開採困難後，才開始大量以高嶺村的高嶺土加入瓷石作為製瓷原料。高嶺村品質精良的高嶺土稱為明砂高嶺（圖16），此也為高嶺山高嶺土的統稱。其他高嶺土的產地有星子、臨川、撫州、貴溪、馬鞍山等。

在瓷石產地方面，中國南方盛產瓷石，根據文獻與現況，景德鎮周邊及鄰近地區亦有許多瓷石礦區，除了著名的祁門瓷石（圖17）外，南港（圖18）、三寶蓮、進坑、嶺背、湖坑及界田等地亦皆產瓷石。<sup>12</sup>

除了製胎用的瓷石外，尚有製釉的瓷石，一般稱為釉石或釉果，其礦物組成與製胎瓷石相近，但



圖15 麻倉土原礦及精泥 作者攝於景德鎮皇窯



圖16 明砂高嶺土原礦及精泥 作者攝於景德鎮皇窯



圖17 祁門瓷石 作者攝於景德鎮皇窯

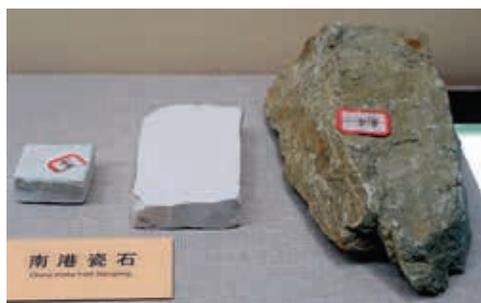


圖18 南港瓷石 作者攝於景德鎮皇窯

含有較多的助熔劑（鈉、鉀含量較高），因此熔融溫度較低，適合製釉。

那麼瓷石中加入高嶺土製瓷，與單獨使用瓷石製胎有何差異？就化學組成而言，首先會提高胎中氧化鋁的含量。以祁門瓷石精泥和明砂高嶺土精泥組成為例，瓷石中的二氧化矽（ $\text{SiO}_2$ ）含量約為 69.9-72.9 wt%，氧化鋁（ $\text{Al}_2\text{O}_3$ ）含量介於 17.6-18.4 wt% 之間；高嶺土中的二氧化矽含量約為 47.7-53.6 wt%，氧化鋁含量約為 36.0-40.5 wt%，<sup>13</sup> 亦即高嶺土中氧化鋁的成分比例是比較高的。因此，如果將高嶺土精泥和瓷石精泥混合，則氧化鋁在整體製瓷原料中的比例將較單獨使用瓷石的比例高，至於提高多少則與瓷石和高嶺土兩者之間的配比有關。從既有的組成分析數據來看，元、明時期加入的高嶺土量較少，到清康熙、雍正以後，青花瓷胎中的氧化鋁含量達 26-29 wt%，估算二元配方中高嶺土的含量要達 40 wt% 以上。

高嶺土加入製瓷胎，由於氧化鋁含量增高，熔融溫度提高，在陶瓷生成過程中，高嶺土進行熱分解，形成莫來石（mullite， $3\text{Al}_2\text{O}_3-2\text{SiO}_2$  或  $\text{Al}_6\text{Si}_2\text{O}_{13}$ ），提升了陶瓷胎體結構強度、熱與化學穩定性。不過由於明砂高嶺土為原生高嶺土，結合性和可塑性較差，如果加入過多，不利瓷胎塑形。

從伊萬里〈青花柳葉鳥紋盤〉與景德鎮民窯青花殘片胎分析的結果來看，景德鎮民窯青花瓷胎氧化鋁含量較高，應該是瓷胎原料中加入高嶺土的關係。不過值得注意的是，有田青花瓷胎氧化鋁成份約佔 19.2-22.8 wt%，雖然平均較本文中所分析的景德鎮民窯瓷胎中氧化鋁含量稍低，莫來石的含量略少，其瓷胎強度或許因此稍弱些，但相去不算太遠。那麼，還有其他因素影響了伊萬里瓷器的結構強度嗎？

## 瓷胎孔隙瑕疵與製土練泥

影響瓷胎結構強度的因素除了原料配方之外，也與製瓷技術有關。青花瓷製造過程其步驟包括製土、成形、裝飾、陰乾、素燒、釉下彩、施釉、燒製。以本文中伊萬里青花瓷為例，胎中有許多較大的孔隙瑕疵，應該和製土技術有關。製土過程包括將製瓷原料碾碎、淘洗、練土及揉泥。這些步驟主要是將原料中，特別是石質原料之粗顆粒碾細、去掉雜質、去除坯料中的氣體、增加可塑性和結合性等。

明清時期，景德鎮陶瓷燒造技術已累積數百年，製瓷的技術相當成熟，許多文獻也記載陶瓷製作的相關步驟與作法，如明代宋應星的《天工開物》，清代唐英的《陶冶圖說》、朱琰的《陶說》、藍浦的《景德鎮陶錄》等。就以練泥為例，《景德鎮陶錄》中詳細記載：「造瓷首需練泥，必以精純為上。其法以缸浸泥，用木鈹攪翻漂渣沉過，以馬尾細羅再澄夾層細絹袋過泥匣內，俾水滲漿稠，複以無底木匣下鋪磚，細布緊包，更以磚壓之。水乾成泥，用鐵鈹翻撲結實。若釉水必煉灰配合。灰出邑南鄉。幅中以曲木貫小鐵鍋耳者，調釉者也；以鈹翻撲者，練泥者也。」可以知道練泥步驟的細緻工法。值得一提的是，景德鎮坯泥由瓷石和高嶺土組成，由於南方的高嶺土屬原生高嶺土，坯泥中的腐植質和有機質少，可塑性不好，通常需要透過長時間陳腐來改善其可塑性。

相較於景德鎮發展已數百年、較為成熟的製瓷技術，伊萬里瓷器十七世紀初期才開始燒造，到十八世紀初期也不過百年，製瓷歷史不算太長，從當時荷蘭人常抱怨其易碎的情況可知其工藝技術未臻完美。〈青花柳葉鳥紋盤〉與有田出土青花殘片，其胎中孔隙多，有可能是練土揉泥工序尚不夠細緻，所以有氣泡殘留，

以致於燒成時形成較大的孔隙缺陷；鳥紋盤瓷胎中有雜質，也可能是掏洗過程未完全濾除所致。由於這些孔隙瑕疵與雜質，大大降低了盤體結構強度，而其重達 2.1 公斤的重量，在長期展出中造成胎體材料的疲勞破壞，最後只有走向斷裂一途了。

## 小結

本文主要藉由〈青花柳葉鳥紋盤〉展覽中自發破裂之案例，討論比較有關十七、十八世紀伊萬里青花與景德鎮青花製瓷原料與技術問題。從分析的結果來看，景德鎮民窯青花殘片之瓷胎中氧化鋁含量略高於伊萬里青花，主要原因是景德鎮的製坯採瓷石—高嶺土二元配方，而江戶時期有田青花瓷器一般所知是使用泉山瓷石單一配方製坯。不過，由於兩者差異不大，影響胎體結構強度的關鍵因素應該和陶瓷製作過程中的製土技術有關。相較於景德鎮累積數百來成熟的製瓷技術，伊萬里瓷器或在一些技術工序上尚不夠細緻。在製土過程中，可能因為原料掏洗與練泥不甚精細，導致有雜質與氣泡殘留，燒成後形成胎中的缺陷與瑕疵，降低胎體結構強度，以至於展出中無法負荷其本身的重量而破損。

此次分析中也發現一個問題，就是有田青花瓷胎中氧化鋁含量（19.2-22.8 wt%）比泉山瓷石原料之氧化鋁含量（約 14 wt% 上下或更低）高，是否在製瓷過程中有混入黏土或其他原料，或是其他燒製因素造成，未來仍值得進一步探討。

作者任職於本院登錄保存處

## 註釋

1. T. Volker, *The Japanese Porcelain Trade of the Dutch East India Company after 1683* (Leiden: E. J. Brill, 1959); 熊寰, 〈中日古瓷國際競市研究——以景德鎮和肥前瓷器為例〉, 《中山大學學報(社會科學版)》, 2012年52卷1期, 頁108-123。
2. 林永欽、翁宇雯、高璋, 〈圓滿再現——〈青花柳葉鳥紋盤〉修復紀實〉, 《故宮文物月刊》, 425期(2018.8), 頁28-33。
3. 〈青花柳葉鳥紋盤〉的科學檢測工作主要在國立故宮博物院的文物科學檢測研究實驗室進行, 檢測團隊成員除筆者外, 尚包括實驗室兩位研究助理陳韻婕、黃千奇, 以及東洋陶磁美術館小林仁先生。此外, 國立故宮博物院南院處翁宇雯助理研究員則提供相關的行政協助。筆者在此一併誌謝。
4. 江戶時期有田地區窯址出土青花殘片六片主要由日本有田町教育委員會出借給東洋陶磁美術館, 提供本院作為科學分析比較研究用; 景德鎮民窯青花則為國立故宮博物院器物處收藏之研究品。
5. 有關此原料來源不同之具指標性微量元素(鋇[Ba]及鉀[Rb])分析結果, 大致與有關文獻吻合, 如: 河島達郎, 〈粘土鉍物の放射化分析〉, 《粘土科学》, 32卷4號(1993), 頁230-238。
6. 永竹威, 〈肥前磁業史總論〉, 收入座右實刊行會編集, 《世界陶磁全集8・江戶(三)》(東京: 小学館, 1978), 頁123-141; 矢部良明, 〈初期伊萬里染付の起源と展開〉, 收入座右實刊行會編集, 《世界陶磁全集8・江戶(三)》(東京: 小学館, 1978), 頁149-183; 宮田幸太郎, 《有田町史・陶業篇1》(有田: 有田町, 1988); 謝明良, 〈記故宮博物院所藏的伊萬里瓷器〉, 《故宮學術季刊》, 14卷3期(1977秋), 頁83-128。
7. 三上次男, 《有田天狗谷古窯——白川天狗谷古窯址發掘調查報告書》(有田: 有田町教育委員會, 1972)。
8. 大橋康二, 《古伊萬里的文様——初期肥前磁器を中心に》(東京: 理工学社, 2006), 頁19。譯文引自: 熊寰, 〈日本瓷器初期發展研究〉, 《故宮博物院院刊》, 2013年6期, 頁88-89。
9. Masaharu Nakagawa, "Clay mineral associations and mineralogical properties of quartz in some pottery stones of western Kyushu, Japan," *Applied Clay Science* 8 (1994): 331-347; 中川昌治等, 〈佐賀県泉山陶石鉱床における熱水変質作用〉, 《粘土科学》, 35卷1號(1995), 頁1-14。
10. 鈴田由紀夫, 〈伊萬里瓷器的歷史與特徵〉, 收入翁宇雯主編, 《揚帆萬里——日本伊萬里瓷器特展》(臺北: 國立故宮博物院, 2015), 頁309-317。
11. 景德鎮與浮梁縣的隸屬關係, 現今與歷代不同。從唐代到1949年之前, 景德鎮一直屬浮梁縣管轄; 1949年後景德鎮從浮梁縣分立出來, 1953年成為江西省的省轄市, 起初名為景德市, 後依慣用名改為景德鎮市。1960年浮梁縣撤銷, 原轄區併入景德鎮市。1988年恢復浮梁縣制, 屬景德鎮市管轄。現今景德鎮市共管轄四個行政區: 昌平區、珠山區、樂平市及浮梁縣。
12. 李家治主編, 《中國科學技術史——陶瓷卷》(北京: 科學出版社, 1998); 李家駒主編, 《陶瓷工藝學》(北京: 中國輕工業出版社, 2009)。
13. 李家治主編, 《中國科學技術史——陶瓷卷》, 頁323。