

学位申請論文

物性から探る古代鉛釉陶器および鉛ガラスの国内生産へ向けた技術的要件

総合研究大学院大学 文化科学研究科
日本歴史研究専攻

降幡 順子
博士（学術）

平成 26 年度
（ 2 0 1 4 ）

はじめに

釉薬は、陶磁器の表面に形成するガラス質の層のことを示している。釉薬およびガラスの製作技法は、原料や融解方法などについて同様な知識と技術を要するもので、材料科学的には同じものである。また、着色材料としての遷移金属元素の種類も、鉄、コバルト、マンガン、銅を用いる点が類似しているなど、両者には技術的にも材料科学的にも共通点が多い。古代の釉薬・ガラスの材質は、鉛ケイ酸塩とアルカリケイ酸塩に大きく分類することができる。本論文では鉛ケイ酸塩である鉛釉陶器に着目していくが、上記のように鉛釉と鉛ガラスは生産技術において共通点があり、また鉛ガラスは鉛釉の原材料にもなり得ることから、研究対象に含めている。さらに瓦・磚に鉛釉を施している鉛釉瓦・鉛釉磚も、その造瓦技術は鉛釉陶器と共通点が多く、幡枝栗栖野瓦窯(京都市埋蔵文化財研究所;1993)や吉志部瓦窯(吹田市教育委員会;2004)では緑釉瓦とともに少量の緑釉陶器も焼成していたとされる痕跡が認められ、鉛釉陶器との密接な関連が考えられることから研究対象に含めている。古代において鉛ケイ酸塩を使用している考古遺物をその主原料により分類すると、(1)ケイ酸と鉛が主成分である釉を施した鉛釉陶器・鉛釉瓦・鉛釉磚、鉛ガラス、(2)ケイ酸・鉛・バリウムが主成分である鉛バリウムガラス、(3)ケイ酸・鉛・カリウムが主成分であるカリウム鉛ガラスに大別することができる。

鉛ケイ酸塩を釉薬とした陶器は、西アジア・東アジアともにみられる。紀元前1世紀頃のローマ帝国内タルススから出土した資料の分析結果(Caleyら;1947, Tekkökら;2009)は、窯跡出土鉛釉陶器のものであり、ローマ時代の鉛釉陶器生産が確認できる。前漢時代の紀元前2世紀中頃と考えられる新安機磚廠漢墓(西安)出土の褐釉壺が中国では最も古い発掘調査での出土例である(鄭;1990)。移築・修復されたペルガモンのイシュタル門の施釉タイルは紀元前6世紀まで遡ると考えられており、ネルソン・アトキンス美術館蔵の伝洛陽金村古墓出土緑釉蟠螭文壺や、東京国立博物館蔵彩釉壺などは中国戦国時代と考えられている。このように、鉛釉陶器は古代世界に共通する考古遺物として注目されているものであり、東西交流による技術伝播の影響をうけながら発展してきたことが考えられる。同様に、日本の鉛釉陶器の発展についても二段階論(檜崎;1977)が唱えられるように中国・朝鮮半島の影響が推測される。考古資料の型式学的な手法により産地や技術的系譜の研究事例が積み重ねられていることから、これらの成果とともに、自然科学的調査を用いて考古遺物のもつ情報をさらに引き出すことは新たな成果が期待される。

本研究は古代の鉛釉陶器の生産技術に関する技術的な要件として、主に自然科学的な手法を用いて、新たに出現する7世紀の緑釉陶器、8世紀の奈良三彩、11世紀のカリウム鉛ガラスの初期段階の資料の化学的特徴を明確にし、日本における国産化に向けた製作技術や原料の供給体制を明らかにしていくことである。鉛釉陶器の製作技術がどのように伝播するのかなどを解明することにより、どの地域の文化的・政治的な影響が強いのか、技術継承の母体となる担い手なども考察していく。

目次

第1章	研究背景と目的	1
1-1	日本における鉛ケイ酸塩ガラスの出現	1
1-2	日本における鉛釉の出現	1
1-3	科学的分析手法による鉛ケイ酸塩資料に対する先行研究	7
1-4	本研究の目的	8
第2章	鉛釉陶器・鉛ケイ酸塩ガラスの調査方法	11
2-1	材料・産地推定の分析方法	11
	・ 蛍光X線分析による胎土分析の方法	11
	・ 蛍光X線分析による釉薬・ガラス部分の化学組成の測定方法	12
	・ 鉛同位体比分析による産地推定の方法	13
	・ 高輝度放射光による胎土の微量元素の測定方法	14
2-2	製作技法の分析方法	14
	・ X線回折法による焼成温度の推定方法	14
	・ 熱分析によるガラス転移温度の推定方法	15
第3章	鉛釉陶器・鉛ケイ酸塩ガラスの材質・構造・物性の分析結果	17
3-1	鉛釉技術の導入期にあたる鉛釉陶器の調査	17
3-2	奈良三彩の技術導入期にあたる鉛釉陶器の調査	29
3-3	カリウム鉛ガラス生産関連遺跡出土資料の調査	37
3-4	緑釉陶器窯跡出土資料の調査	54
	・ 猿投地域(亀ヶ洞1号窯跡・熊ノ前窯跡)	54
	・ 丹波地域	60
	・ 近江地域	63
	・ 東海地域(二川古窯跡群)	69
3-5	中国唐三彩の窯跡出土資料の調査	75
3-6	消費地遺跡の実例	87
	・ 祭祀遺跡出土鉛釉陶器	87
	・ 消費地遺跡出土鉛釉陶器	92
	・ 古代の鉛ガラス資料の調査	98
3-7	施釉瓦・磚資料の調査	103
3-8	渤海地域出土資料の調査	111

第4章	古代の鉛釉陶器・鉛ケイ酸塩ガラスの原材料の流通とその生産技術	
	(考察まとめ)	126
4-1	飛鳥・藤原京跡および平城京跡出土資料	
	(7 世紀から 8 世紀の都城およびその周辺における生産)	126
4-2	窯跡およびガラス生産関連遺跡出土資料	
	(8 世紀末から 12 世紀頃の生産)	143
4-3	東アジアの中での日本の鉛釉陶器の特徴	149
第5章	総括	155
謝辞		158
参考文献		159

第1章 研究背景と目的

1-1 日本における鉛ケイ酸塩ガラスの出現

日本における鉛ケイ酸塩ガラスの出現は弥生時代であると考えられている。ここでいう鉛ケイ酸塩ガラスとは、主成分が鉛と石英である鉛ガラスと、鉛と石英にさらにバリウムが含まれる鉛バリウムガラスを指すものとする。弥生時代の出土ガラスは風化が著しい資料が多いため、ガラスそのものの定量分析は困難な資料が多い。したがって定性分析によりバリウムまたは鉛が検出されるかどうかで分類することが多い。同時期の鉛釉陶器の国内出土例は未だ報告されていないためガラス資料について述べる。鉛を含むガラスの出土例は、佐賀県東山田一本杉遺跡や岩手県前大日向遺跡などが挙げられ、弥生時代前期頃からみられる（藤田;1994, 1996）。化学分析により確認されている鉛バリウムガラスの出土例は、福岡県須久岡本遺跡や三雲南小路1号甕棺、佐賀県宇木汲田106号甕棺などから出土した管玉や釧、勾玉などであり、弥生時代中期頃から確認されている（山崎;1977, 江本;1983, 山崎;1982）。鉛ガラスは、それとほぼ同時期かやや遅れて弥生時代後期頃の福岡県前原町二塚遺跡、島根県西谷二号墓などで確認されている（藤田;1994, 奈良文化財研究所;2006）。

これらの報告によると、弥生時代の鉛バリウムガラスの化学組成は、二酸化ケイ素(SiO_2) 約40~60wt%、酸化鉛(PbO) 約30~50wt%、酸化バリウム(BaO)10数wt%、酸化ナトリウム(Na_2O) 数wt%である。着色料としては、緑色の場合は酸化銅(CuO)を1~2wt%含有する(肥塚;1995)。鉛ガラスの化学組成は、 SiO_2 約30~40wt%、 PbO 約60~70wt%の高鉛ガラスであるといえる。これらのガラスは風化の影響により著しく PbO や BaO が減少するため化学組成には注意を要する(Liら;1986)。

鉛バリウムガラスは中国で大量に出土すること、西アジアにはみられない化学組成を持つこと、鉛鉱石とバリウム鉱石が共存している河南省や湖南省周辺で多く出土している(Shi;1987)こと、鉛同位体比分析結果から鉛鉱石が中国産と考えられることから、中国で生産されたものであるといわれている(Brillら;1979, 山崎;1987)。したがって国内で出土する鉛バリウムガラスは、中国から製品が持ち込まれたか、または原料としてガラスを輸入して国内で加工したと考えられている。鉛ケイ酸塩ガラスの流入はこののちいったん途絶え、代わって古墳時代にはアルカリガラスが主流となるが、古墳時代後期後半頃になると再び鉛ガラスの出土例が報告されるようになる(肥塚;1997)。

1-2 日本における鉛釉の出現

鉛ガラスの流通が再び確認されるのは、鉛釉陶器とほぼ同時期であり古墳時代後期後半である。化学分析により確認されている6世紀後半頃に比定される遺跡からの、鉛ガラス出土例として愛知県高蔵第1号古墳の緑色ガラス丸玉が挙げられる(山崎;1987)。7世紀の鉛ガラスの出土例は6世紀よりも増加し、福岡県鳥越古墳出土緑色ガラス小玉、和歌山県泣澤女古墳出土緑色ガラス小玉、千葉県白山1号墳出土緑色ガラス丸玉、京都府高山古墳

3号墳出土緑色ガラス丸玉、福岡県宮地嶽神社奥院古墳出土緑色ガラス丸玉・緑色ガラス板、大阪府塚廻古墳出土緑色丸玉・淡緑色丸玉、阿武山古墳出土緑色小玉などの遺跡から確認されている（山崎;1987, 肥塚;1997, 小田;1969）。鉛ガラスの化学組成は、 SiO_2 約 30～40wt%、 PbO 約 50～70wt%であり、着色料は緑色では CuO を約 0.1～2.0wt%、黄色では酸化鉄（ Fe_2O_3 ）を約 0.1～0.3wt%含有する（山崎;1987, 肥塚;1997）。化学組成では組成範囲にばらつきが大きく、詳細を議論することは難しいが、弥生時代の資料と報告されている分析値に大きな相異は見られない。この時期の鉛ガラスの鉛同位体比分析の結果から、6世紀の高蔵第1号古墳出土ガラス丸玉と宮地嶽神社奥院古墳出土ガラス玉の内1点は、後漢鏡の範囲に入り中国産の鉛であるとの指摘がある（山崎;1987）。また塚廻古墳出土緑色ガラス玉は、馬淵らの朝鮮半島系のライン上（馬淵ら;1982a）にのることが報告された（山崎ら;1999）。

工房跡遺跡である7世紀後半から8世紀初頭の奈良県飛鳥池遺跡から出土した埴埴付着ガラスの化学組成の分析から、これらは鉛ガラスであり、さらに埴埴付着ガラス、方鉛鉱の鉛同位体比分析結果から国内産の鉛鉱石を使用していたことが報告された（肥塚ら;1993, 肥塚;1997）。ガラスの生産工程は、原料からガラス素材を作る一次生産と、ガラス素材（もしくはガラス製品）を再溶解し、製品に加工する二次生産がある。飛鳥池遺跡では、鉛ガラスが付着した埴埴、未溶解の鉛鉱石が残存している埴埴、未成品とみられるガラス片が出土しており、埴埴付着ガラス質部分の鉛同位体比分析から国内産の鉛原材料の使用が確認され、原料から鉛ガラスの素材までに至る一次生産がおこなわれていたことが明らかとなった（肥塚ら;1992）。これにより7世紀後半から8世紀初頭には、国内産の鉛鉱石を使用した鉛ガラスが存在することが確認された。鉛ガラスは主成分である化学組成に大きな相違が見られないことから、主成分の化学組成で資料の特徴を示すことは困難であり、効果的な識別手段は鉛同位体比であることも明らかになった。

一方鉛釉陶器は、土器の形式による分類や編年、産地別の特徴の抽出などが可能であり、多方面から検討されているといえる。ここでいう鉛釉陶器とは素地の上にケイ酸と鉛が主成分である釉薬を施した陶器のことであり、三彩陶器とはその中で特に釉薬の色調が3色以上あるものを指す。二彩陶器とは残存している資料片に2色が確認できる資料であるが、これらが三彩である可能性を否定するものではない。また7世紀に出現する単彩緑釉・褐釉陶器は白鳳緑釉・褐釉陶器、平安時代以降の単彩緑釉陶器は平安緑釉陶器と呼称することとする。

国内の遺跡から出土する古代の鉛釉陶器は、東北地方から九州地方の遺跡でその出土例が報告されており、2300か所以上が数えられている（井上;1998）。その中で、最も古いと考えられるわが国における鉛釉陶器の出現は、6世紀後半頃と考えられている双六古墳出土白釉緑彩陶器が挙げられ、これは考古学的な見解から北齊製と考えられている（壱岐市教

育委員会;2006)。次いで 7 世紀の鉛釉陶器の出土例は、7 世紀前半から中頃の豊浦寺跡出土緑釉印文長頸瓶片（飛鳥藤原宮跡発掘調査部;1986）、三ツ池遺跡出土緑釉長頸壺（村杜;2001）、7 世紀中頃のアカハゲ古墳出土黄褐色釉円面硯（河南町誌編纂委員会;1967）、7 世紀中頃から後半の塚廻古墳出土緑釉棺台（河南町誌編纂委員会;1967）、川原寺遺跡出土緑釉水破文磚（奈良国立文化財研究所;1960）、橘寺跡出土白釉印文壺（橿原考古学研究所附属博物館;1984）、藤原京左京六条三坊出土緑釉獸脚円面硯（巽;1998b）、石神遺跡出土緑釉杯（飛鳥藤原宮跡発掘調査部;1993）、大官大寺下層遺跡出土緑釉瓶（奈良国立文化財研究所;1976）、大阪城三の丸遺跡出土緑釉硯蓋（鋤柄ら;1992）、大阪市東中学校跡地遺跡出土緑釉長頸壺（伊藤;1991）、大阪府小山遺跡出土緑釉壺（大阪府文化財調査研究センター;1998）、京都府久世廃寺跡出土緑釉硯蓋（城陽市教育委員会;1981）、千葉県野々間古墳出土緑釉印文蓋付長頸瓶（君津都市文化財センター;1987）、竜田御坊山三号墳出土二彩硯（奈良県立橿原考古学研究所;1977）、牽牛子塚古墳出土七宝飾金具（明日香村教育委員会;1982）、飛鳥池遺跡出土白釉片・緑釉壺（巽;1998b）、雷廃寺跡出土緑釉壺（巽;1998b）が挙げられる。藤原京成立前夜にあたる 7 世紀中頃から後期には飛鳥を中心とする畿内地方に多くの鉛釉陶器の存在が確認される（巽;1998b）。

国内遺跡出土の唐三彩の出現は、7 世紀後半と考えられる藤原京右京二条三坊東南坪出土三彩俑片（橿原考古学研究所附属博物館;1991）、7 世紀末に創建されたと考えられている縄生廃寺塔心礎出土三彩舍利容器（朝日町教育委員会;1988）、7 世紀末から 8 世紀前半と考えられる多田山 12 号墳出土三彩陶枕、藤原京右京五条四坊出土二彩円面硯（橿原市教育委員会;1995）などが挙げられる。なお竜田御坊山三号墳出土二彩硯を唐三彩とする説（亀井;2003）と朝鮮半島の百濟産とする説（白井;2000）がある。また縄生廃寺の創建は、山田寺式・川原寺式軒丸瓦が 8 世紀に下る事例もあるため必ずしも 7 世紀代に限定はできないとする説がある（尾野;2001）。

上記のうち、飛鳥池遺跡出土鉛釉片・緑釉壺、川原寺跡出土緑釉水破文磚は国内産の可能性が指摘されている資料である（巽;1998a）。飛鳥池遺跡の緑釉壺は形態が特殊とされ、新羅産とされていたが類例は見られない（西口・渡辺;2000）。これが日本製であるならば飛鳥池遺跡では、国内原料を使用した鉛ガラスの生産とともに、鉛釉陶器生産も行っていたことを示す上で重要な資料といえる。またその形態からも朝鮮半島からの技術導入の可能性を示すものとなるとの指摘がある（高橋;2006）。川原寺出土緑釉磚は、川原寺裏山遺跡出土資料とともに、形態（半肉彫水波文、線刻水波文）により 2 時期に分離できることが指摘されている（高橋;2006）。この場合、創建時（7 世紀後半）の緑釉磚と考えられるのは半肉彫水波文磚であり、線刻水波文磚は 7 世紀末から 8 世紀中頃に比定されている。現在報告されている鉛同位体比值は、国内産の範囲を示しているが、どちらの形態か明記されていない。しかし資料写真から線刻水波文磚であると思われる。川原寺出土緑釉磚の

形態による原材料の相違があるかどうかは明確にする必要がある。豊浦寺跡出土緑釉印文長頸瓶片、三ツ池遺跡出土緑釉長頸壺などは、文様などから新羅産と考えられている（千田;2003）。さらに藤原京左京六条三坊出土緑釉獣脚円面硯、アカハゲ古墳出土黄褐色釉円面硯、久世廃寺跡出土緑釉硯蓋、大阪城三の丸遺跡出土緑釉硯蓋は、統一新羅産とする見解と百済産とする見解がある（愛知県陶磁資料館;1998，千田;2003）。

これらのうちアカハゲ古墳出土黄褐色釉円面硯および塚廻古墳出土緑釉については、山崎により釉薬・胎土の化学組成および鉛同位体比分析、胎土の焼成温度に関する分析がおこなわれた（山崎ら;1999，高橋;2001a）。釉薬の PbO は約 52～58wt%であり、胎土の焼成温度は、塚廻古墳出土緑釉が約 1000℃、アカハゲ古墳出土黄褐色釉円面硯が約 1100℃と報告されている。釉薬の鉛同位体比分析結果から朝鮮半島産の鉛が用いられていると報告された（山崎ら;1999）。塚廻古墳出土緑釉陶棺は、この分析結果から朝鮮半島産であるとの推論もあるが（榎崎;1998）持ち込まれた鉛原料を用いて日本において製作された可能性も指摘されている（高橋;2001a）。宮地嶽神社奥院古墳出土緑色ガラス板は朝鮮半島産といわれており、このような鉛ガラスが原材料として使用されることは考えられる。このことから、6世紀後半から7世紀の鉛釉陶器は朝鮮半島産の製品、もしくはその影響下において国内で製作されたと考えられている（榎崎;1998，檀原考古学研究所;1977，河南町誌編纂委員会;1967，奈良国立文化財研究所;1979）。また、高橋は国内産の鉛原料を使用した鉛釉陶器生産が開始されていたならば、仮説として、百済の滅亡に伴い日本に渡来した技術者が鉛釉技術をもたらした可能性を示唆している（高橋;2001a）。また巽は埴埴の形状の類似性を指摘し、朝鮮半島、特に百済の影響があることを指摘している（巽;1998a）。

飛鳥池遺跡出土ガラス埴埴内には方鉛鉱が残存していると報告されている（肥塚;1995）。奈良時代の鉛釉陶器・鉛ガラスは、興福寺西金堂の造営に関する「造仏所作物帳」と称する文書断簡から、金属鉛から鉛丹を生成し、その鉛丹と石英・着色材料などを混和して用いていたと考えられている（福山;1943）。この相異は、釉の発色の安定に影響を与えると考えられている（高橋;2001a）。さらに方鉛鉱の融点は 1114℃であるのに対し、鉛丹は約 500℃で分解し炭酸鉛となり、その融点は 888℃であることから融点自体を下げることも考えられる。また8世紀以降の窯跡からは、滋賀県中畑遺跡出土ガラス埴埴（滋賀県教育委員会ら;2005）、熊ノ前窯跡出土ガラス埴埴、篠大谷3号窯出土ガラス埴埴（大阪大学大学院考古学研究室;2012）、石作窯出土ガラス埴埴（愛知県陶磁資料館;1998）、小塩5号窯跡出土ガラス埴埴（古代の土器研究会;2003）など、鉛ケイ酸塩の付着した埴埴が緑釉陶器の生産地において出土している。これらは緑釉の元となるガラスフリットを作るために使用されたと考えられる。埴埴は飛鳥池遺跡出土埴埴と同様な砲弾形をしており、この時期の鉛ガラス・鉛釉に共通の形式と考えられる。飛鳥池遺跡以外の遺跡から出土した埴埴の内側からは方鉛鉱は見つかっていない。

8世紀の鉛ガラスとしては、薬師寺金堂本尊台座内出土緑色・黄色ガラス片、正倉院宝物、

山田寺出土緑色ガラス片、安倍寺遺跡出土淡緑色ガラス片、興福寺金堂鎮壇具内緑色・黄色ガラス玉、元興寺塔址出土緑色・黄色ガラス玉・とんぼ玉・捺玉、法隆寺献納宝物緑色・黄色・赤色・白色ガラス玉、平城京跡、大飛鳥祭祀遺跡出土緑色ガラス片などの遺跡から確認されている（山崎;1987, 肥塚;1997, 清水;1990, 小田;1967）。鉛同位体比分析から国内産鉛原料の使用が確認された事例としては、正倉院宝物ガラス玉（8世紀）薬師寺本尊台座内ガラス破片（8世紀）大飛鳥祭祀遺跡のガラス片などが挙げられる（山崎;1987）。奈良時代から平安時代にかけて、化学的な分析から明らかに鉛ガラスと確認されている資料は多くなく、11世紀中頃の平等院阿弥陀如来坐像台座華盤納入品ガラス玉（中井ら;2012）伝香寺碧瑠璃舍利瓶（朝比奈ら;1953b）が挙げられる。上記以外で所属時期が明確なものは、清凉寺釈迦像胎内納入ガラス瓶（10世紀）があるが、これは中国産の鉛が使用されており、さらに化学組成がカリウム鉛ガラスであることが確認されている（山崎;1987）。この新たな材質であるカリウム鉛ガラスは中国では宋代から確認されている（Brillら;1979）。カリウム鉛ガラスは、11世紀中頃の平等院阿弥陀如来坐像台座華盤納入品ガラス玉（白瀧ら;2011, 中井ら;2012）12世紀半ばの中尊寺金色堂基壇納入ガラス玉（朝比奈ら;1953a）12世紀から13世紀の博多遺跡出土埴埦内付着ガラス（山崎ら;1995a）兵庫県上脇遺跡出土緑色ガラス（山崎ら;1995b）宮崎県東霧島神社境内遺跡出土緑～淡青緑ガラス玉・緑色ガラス玉（山崎ら;1995b）12世紀後半の大宰府市条坊19-71次調査出土淡青色ガラス壺・緑色ガラス玉、13世紀後半の緑色ガラス塊（山崎ら;1995b）などで確認されており、国内では11世紀以降に主に流通するガラスといえる。博多遺跡群は、ガラス製品やガラス質が内部に付着した埴埦が出土するなど、中世においてカリウム鉛ガラス生産関連遺物が最も多く出土している遺跡である（山崎ら;1993a, 1995a, 1996a, 1996b, 1996c）。このように10世紀以降になるとカリウム鉛ガラスが主に流通することが確認されている。この新たな材質であるカリウム鉛ガラスが、国内で生産されていく導入期を議論するには、これまでの鉛ケイ酸塩とはどのような相違があり、またどのような特徴を有しているのか明らかにする必要がある。

奈良三彩として年代が確実に押さえられる最古の資料は729年の小治田安万呂墓出土三彩容器（奈良国立文化財研究所飛鳥資料館;1977）である。奈良三彩といわれているが、実際には三彩よりも二彩のほうが量的には多く、単彩釉も存在している（榎崎;1971）。平城京跡では、8世紀前半の溝から出土した奈良三彩（奈良国立文化財研究所;1974）や、奈良時代初頭の土器と共伴する緑釉椀が出土しており（奈良国立文化財研究所;1989）これらは上述の資料よりも古い可能性があるとされている。奈良三彩の生産技術を考察する上で、初現期の奈良三彩資料として示せる資料を明確にする必要がある。正倉院宝物として緑釉三彩、二彩の陶器が伝世している。大安寺など数百点出土する遺跡もある（奈良国立文化財研究所;1967, 奈良市教育委員会;1997）。鉛釉陶器の技術的系譜として現在考えられている

のは、中国や朝鮮半島から製品として持ち込まれていたものが、7世紀後半から8世紀前半にかけて、次第に国内での生産が開始され、また唐三彩による多彩釉への変化や鉛丹の利用など日本における生産技術も大きく変化していったと考えられている（高橋;2001a）。国内産鉛釉陶器に対する中国や朝鮮半島からの技術的影響については、例えば7世紀後半から8世紀初頭の単彩釉陶器は朝鮮半島の技術が導入された可能性が考えられ、また奈良三彩については、中国からの渡来人による直接的な関わりというよりも、技術のみの導入や遣唐使による技術習得の可能性が指摘されている（榎崎;1973・1990,高橋;2002,高橋;2006, 巽 1998a, 高橋;2001a）。奈良時代の段階までは、官営工房のような公的な機関での画一的な生産体制下での生産というものが、漠然と考えられている（田中琢;1974）。

最後に平安緑釉について概観する。8世紀末以降、鉛釉陶器の生産に変化がみられる。それは多彩釉から単彩釉へと色調に変化が見られ、生産量も増大する（高橋;1994b）。都城が平城京から長岡京、平安京へと移り変わることに連動し、平安京周辺に生産地が分布し、8世紀末から9世紀にかけて大阪府の岸部窯跡群、左京区の洛北窯跡群、9世紀中頃以降西京区洛西窯跡群、9世紀末から亀岡市の篠窯跡群などが平安京への緑釉陶器の供給地として挙げられている。9世紀初頃から畿内周辺から東海・防長でも新たに生産が始まる（高橋;1993, 古代の土器研究会;2003）。これは10世紀に編纂された『延喜式』の、民部省式の中に雑料雑器として「瓷器」の朝貢についての記載があり、尾張と長門が書かれていることからわかる。尾張猿投窯跡群において9世紀後半に稼働していたと考えられる緑釉陶器の焼成窯に熊ノ前窯と亀ヶ洞窯がある（名古屋考古学会;1984）。東海地域では、胎土素地を焼成する一次焼成と施釉のための二次焼成窯が分かれていたことがわかっている（古代の土器研究会;2003）。熊ノ前窯、亀ヶ洞窯は一次焼成も行っていた可能性もあるが、周辺地域で一次焼成された素地を集積し、施釉および二次焼成をした窯であると考えられている。長門・周防地域の緑釉生産は、窯構造自体は未検出であるが、窯道具が見つまっている（古代の土器研究会;2003）。この時期には、東日本の緑釉陶器は東海産、畿内には畿内産、西部西日本には防長産など、生産と流通に類例化がされていく。そののち9世紀後半から10世紀頃には亀岡市の篠窯跡群、東濃多治見窯跡群、岐阜県恵那窯跡群、愛知県二川窯、近江地域などへも拡散する（古代の土器研究会;2003）。10世紀後半には畿内産に代わり近江産が西日本で多数を占めるようになることから、近江地域では大量生産がおこなわれていたことが推測されている。また技術的な伝播には、平安緑釉においては私的経済活動体である院への供給が想定されている（尾野;2013）。これは淳和院と記された窯道具が存在していることから、官営工房以外での緑釉陶器生産の存在が推測されているためである。国内生産の技術的伝播を考える上で、奈良三彩の生産体制、量産化体制下での材料の供給体制なども明らかにする必要がある。

1-3 科学的分析手法による鉛ケイ酸塩資料に対する先行研究

日本のガラスについて初めて科学的な考察をしたのは古谷清である（古谷;1911）。ここではガラスには鉛ガラスとアルカリガラスとの区別があること、古墳出土ガラスの定性分析値を報告するとともに、正倉院文書の「造仏所作物帳」のガラス製造の記述の重要性を初めて説いた。次いで中尾萬三はガラスと釉薬の原料を論じている。（中尾;1931）

鉛ケイ酸塩に関する自然科学的な側面から行われた先行研究としては、まず正倉院宝物中のガラス容器、ガラス玉、鉛釉陶器の特別調査が挙げられる（正倉院事務所;1965,1971）。ここでは、鉛釉陶器の調査では、沃化メチレン法による比重測定、ケイ酸塩分析法および発行分光分析法による胎土の化学組成、X線回折法による鉱物成分の同定、原子吸光分析法による鉛の定量分析、ベータ後方散乱法による鉛含有量の測定色、見本との対照による色彩の調査がおこなわれた。緑釉1点、ガラス玉11点の化学組成は、 PbO が66.0~73.6wt%、 CuO は0.2~2.0wt%、 Fe_2O_3 は0.1~2.0wt%であると報告されている。鉛釉陶器については、形態や数量に関する報告とともに、日本産であること、火だすきの存在から素焼きを行っていること、化粧土がないこと、彩釉は筆で塗り分けられていること、施釉の順序、焼成温度が800~850℃と推定するなど、技術的な面にも触れている。

また Brill により鉛同位体比の測定によって産地の推定が可能であることが報告された（Brill ら;1967）。これを受けて山崎らは日本と中国ガラスの鉛同位体比分析をおこなった（Brill ら;1979）。正倉院のガラス資料も分析され、鉛同位体比から国内産の鉛原料を使用していることが示された（Brill ら;1979）。その後も鉛同位体比分析は鉛ガラス・鉛釉陶器の有効な分析手法として、その結果が報告されている（Brill ら;1979, 山崎;1990, 山崎ら;1980, 1995b, 1996a, 1999, 肥塚;2001, 齋藤;2001b）。また齋藤らにより消費地遺跡・窯跡出土資料の鉛同位体比分析結果から8世紀から11世紀の鉛ケイ酸塩の鉛同位体比の値は比較的まとまりを示すことがわかり、それは長登鉱山・蔵目喜鉱山周辺の鉛原料を使用したのではないかと報告され（齋藤;2001b）、奈良時代に特徴的な値としている。

その後、山崎による鉛ガラス・鉛釉の化学分析、胎土の化学分析、鉛同位体比分析などの総合的な調査研究が進められ、分析資料数は増加していく（山崎;1974a, 1974b, 1987）。韓国では王宮里遺跡・弥勒寺跡から出土した鉛ガラス、埴埴付着ガラス、緑釉瓦を対象に分析結果が報告されている（国立扶餘文化財研究所;2007, 平尾ら編;2001, 魯;2010）。中国では唐三彩の鉛釉を対象とした分析結果が報告されている（崔ら;2011, 奈良文化財研究所ら;2011）。

8世紀から11世紀の鉛釉陶器の化学組成に関する自然科学的な側面から行われた先行研究としては、東海地域の窯跡資料を対象とした報告がある（愛知県教育委員会;1958）。化学組成とともに焼成温度に関する分析を行っている報告としては、遺跡出土資料および窯跡出土資料に対して、釉薬と胎土の化学組成、焼成温度に関する調査が行われた（山崎;1974a, 1987）。鉛の分析法は、初期は湿式の重量分析法であったが最後には原子吸光法が用いられ、胎土の分析方法もケイ酸塩分析法から誘導結合型プラズマ発光分光分析法

(ICP-AES法)が用いられている。また三辻は、蛍光X線分析法をもちいて、胎土の微量元素であるストロンチウム、ルビジウムの存在量が産地推定に利用できることを報告し(三辻;1981)、9世紀後半の洛西の灰方1・2号窯、洛北の尼吹ノ谷1・2号窯、来栖野3号窯跡出土の緑釉陶器素地と須恵器の胎土分析をおこない、窯による胎土の相異を示した(三辻;2010)。そのほか東海地域の窯跡出土資料の緑釉の化学組成(吉村;1982)、大安寺旧境内出土陶枕資料に関する胎土分析(沢田ら;1984)などが報告され、胎土分析による産地推定が試みられた。また山崎は、渤海三彩を対象とした蛍光X線分析およびX線回折分析から、唐三彩との違いを示している(山崎;1993b)。唐三彩窯跡出土資料と平城京出土奈良三彩の比較については、胎土と釉薬の蛍光X線分析、胎土のX線回折分析、透過X線撮影(CR法)、示差熱・熱重量同時分析などの報告(Furihataら;2009)、蛍光X線分析による新薬師寺旧境内出土奈良三彩の胎土分析から黄冶窯出土三彩と比較している(青木ら;2012)ものがある。出土陶片の熱ルミネッセンスによる年代測定をおこない、唐三彩の7世紀後半から8世紀の年代を示した(青木ら;2008)。そのほか、神野は罹災による表面が焼け、文様が不明瞭な資料について透過X線撮影(CR法)を用いて観察を試み、文様構成を明らかにした(神野;2010)。高橋、田中らは、丹波の篠窯について胎土分析と釉薬の色調について分光測色計による測定をしている(大阪大学大学院考古学研究室;2012、田中;2012)。

1-4. 本研究の目的

本研究の目的は古代の鉛ケイ酸塩の生産技術について、主に自然科学的な手法を用いて、新たに出現する7世紀の緑釉陶器、8世紀の奈良三彩、11世紀のカリウム鉛ガラスの初現期段階の資料の化学的特徴を調べ、日本における国産化(一次生産)に向けた製作技術や原料の供給体制を明らかにしていくことである。

鉛釉陶器や奈良三彩、カリウム鉛ガラスの出現の画期となる遺跡を中心として、初現期段階の出土資料を、新たに分析資料に供し、化学的な特徴を明らかにするとともに従来の考古学的な知見との比較検討していく。7世紀から8世紀の出土資料については、これまでに詳細な分析事例がなかった時期・資料であるため、これらの化学的特徴を示すことは、この時期の一次生産を考える上で非常に重要であるといえる。

画期として本論文では上記の3時期に着目していくことから、下記にそれぞれの時期について目的を記す。

(1) 7世紀の鉛釉陶器・鉛ガラスの国産化について

(2) 8世紀前半の三彩陶器の国産化について

(3) 11世紀以降に新たに出現するカリウム鉛ガラスの国産化について

(1)の時期については生産遺跡としては7世紀後半から8世紀初頭に比定される飛鳥池遺跡の出土資料があげられる。鉛ケイ酸塩が付着する埴埴、ガラス玉の鋳型、鉛ケイ酸塩の原料となる石英、閃亜鉛鉱などの鉱石が出土し、これらの鉛同位体比分析から国産原料

を用いた鉛ガラスの一次生産をしていたことがわかった（肥塚ら；1992）。鉛釉陶器は、淡緑～白色粉末の釉薬釉の付着した生焼けの陶器片の他、緑釉陶器が出土している（巽；2005）。しかし鉛釉陶器の出土事例があるものの、瓦窯以外の窯跡が検出されていないことから、鉛釉陶器の生産については不明のままである。そこで、出土資料の化学的な特徴から、飛鳥池遺跡における鉛釉陶器の国産化の可能性についてアプローチをおこなう。さらに周辺遺跡から出土した同時期の鉛釉陶器の調査から、7世紀における鉛釉陶器と比較する。これまでの自然科学的な分析結果には7世紀に比定される国内で生産された鉛釉陶器は報告されておらず、国内産の原料で生産された可能性のある資料は川原寺出土磚以外の報告はない。周囲の遺跡から出土し、考古学的な所見から新羅・百済系といわれている鉛釉陶器との相違についても検討し、国産化の際の技術的系統についても考えていきたい。また川原寺出土水波文磚については、従来の調査では国産鉛であったが、水波文の形態により時期の異なる可能性がある。施釉磚・瓦は、胎土の上に鉛ケイ酸塩が掛かっているという鉛釉陶器との類似性から、鉛釉陶器の初現に深くかかわるといえる。水波文の形態が異なる資料の鉛原料について明らかにするため、これらも資料としていく。

（2）の時期については、考古学的な所見から初現期の奈良三彩と考えられている出土資料の分析をおこない、初期奈良三彩といわれている資料をまず確定し、その化学的特徴を示す必要がある。奈良三彩の初現期と考えられる奈良三彩は分析調査が実施されていないことからその詳細は不明であった。奈良三彩の初現期資料の特徴を明確にすることにより、それ以外の鉛釉陶器と比較検討することが可能となる。特に(1)にあたる白鳳緑釉や唐三彩と技術的な共通はあるのか、原料の供給元は画一的であったのかなど、当時の技術的系譜を考えるうえで重要である。こののちの平安緑釉との比較検討をおこなう上でも、初期奈良三彩を明確にすることは重要である。またこの時期の奈良三彩を焼成した窯跡は検出されていない。いっぽうで、奈良時代の施釉瓦素地片が出土した奈良県歌姫西窯跡、および平城宮・京内から出土した施釉瓦を調査し、参考とすることは窯跡の出土事例のない奈良三彩の焼成技術について傍証となると考える。施釉された磚を含む瓦生産と土器生産は、胎土の上に鉛ケイ酸塩が掛かっているという鉛釉陶器との類似性からも、その技術的な由来について考察する必要があると考える。鉛釉陶器の国内生産を論じるためには、初期段階にあたる7世紀の緑釉陶器、奈良三彩の初現期資料および施釉瓦資料を分析することにより、技術導入期にあたる国産資料を明確にし、その化学的特徴を明らかにする必要がある。さらに生産地（窯跡）の操業編年による差異や、消費地（都城・寺院など）による特徴、容器と瓦など製品の違いにも新たに着目することにより、地域性や器種の違いなどによる技術的変遷も明らかにすることができるのではないかと考えた。これらとすでに報告されている9世紀から10世紀の緑釉陶器と比較することにより、生産技術の継続性や当時の原料供給地、材料の違いを解明していくことが可能となると考えた。また生産技術の伝播に対しては、国内の伝播のみならず、中国、朝鮮半島など東アジア地域などの資料も重要である。7世紀に生産されていた鉛ケイ酸塩は朝鮮半島の影響により生産されたと考

えられて、7世紀末ころからの唐三彩の輸入により奈良三彩の生産が開始されたといわれているからである。また8世紀から10世紀には渤海地域でも三彩陶器が生産されていたと考えられており、これらと比較する必要もある。このため、唐三彩の生産地のひとつである河南省の窯跡出土資料、渤海地域から出土した鉛釉陶器の調査も必要となる。

(3)の時期については、新たなガラス素材であるカリウム鉛ガラスの工房跡が出土している博多遺跡群の埴塙資料を主に調査対象とし、カリウム鉛ガラスが日本に流通し始めた時期の原材料の供給などに考察する。博多遺跡群から出土したガラス埴塙は対州鉾山産の鉛鉾石が使用されていることが確認されている。しかし近年埴塙が分類できることがわかってきたため、その分類と所属時期による調査をおこない、カリウム鉛ガラスの出現期の時期的な変遷について考察していく。

鉛釉陶器の釉調のターニングポイントとしては、7世紀中頃から後半の単彩釉陶器の出現、8世紀前半の多彩釉陶器（奈良三彩）出現、8世紀末の単彩釉（緑釉陶器）へのシフトが挙げられる。釉調は変化するものの鉛釉陶器自体の生産は継続していく。このような変遷の中で、ガラス・釉薬の製作技術や原料産地は、どのように影響し、また反映されていくのか。本論文の目的は、原料などの化学的特徴を明確にし、古代ガラス・釉薬の製作技術的な発展を考える上での焼成温度や原料の供給体制などの知見を得ることにより、緑釉陶器・奈良三彩・カリウム鉛ガラスの国産化に向けた製作技術や、それに原料の供給がどのように関わっているのかを明らかにしていくことである。

鉛ガラス・鉛釉の出現には中国・朝鮮半島の影響が考えられている。ガラスや釉薬の製作技術がどのように伝播するのかなどを解明することは、どの地域の文化的・政治的影響が強いのかなど、考古学や産業・技術史の分野の興味も大きく、さらにガラス・釉薬の流通およびその生産地などを明らかにすることは、日本国内の流通のみならずアジア地域の交易などに関する研究にも利用できるため学際的な効果が期待できる。

第2章 鉛釉陶器・鉛ケイ酸塩ガラスの調査方法

緑釉陶器を含む陶磁器には、地域的な地質の特徴などを反映して様々な化学組成の胎土が使われている。胎土分析は胎土に含まれる鉱物や特徴を科学的な分析手法により明らかにすることであり、形式などの考古学的な特徴や製作技術、遺構年代などの検討とともに、胎土分析結果を合わせて議論することにより土器や陶磁器の産地を推定できることがわかっていく。釉薬については、ガラスカレット（ガラス素材）として流通しうするため、化学組成からだけでは、産地については難しいことが考えられる。さらに釉薬の化学組成は、風化の影響から製作された当初とは異なっていることが一般的であり鉛釉陶器はその傾向が特に見られる点が、産地推定や製作技術の解明に大きな影響を与えると云わざるを得ない。そこで鉛釉陶器については鉛同位体比分析による産地の研究が主流となっているが、その分析資料数は多いとはいえない。また鉛同位体比分析では、鉛原料の供給地がわかるのみであり、緑釉陶器製作地とは、必ずしも一致しない点に注意が必要である。

胎土分析の手法として、内部に含まれる鉱物の種類を検討する偏光顕微鏡を用いた薄片資料の観察や走査型電子顕微鏡（SEM）を用いた鉱物の観察と、粘土の化学組成を求める方法が一般的におこなわれている。化学組成を求める分析手法としては、蛍光X線分析、誘導結合型プラズマ発光分光分析（ICP）、粒子線励起X線分光分析（PIXE）などがあげられる。また胎土の色調との関連も研究されており、色調については分光測色計が用いられている。色調の変化に大きく影響を与える鉄イオンについてはメスバウアー分光分析法による鉄の2価と3価の測定が行われている。また胎土の焼成温度についてはX線回折法による胎土中の鉱物組成から推定されている。

鉛釉の分析としては、釉薬の化学組成を求める方法が一般的である。分析手法は胎土分析と同様に蛍光X線法、PIXE、SEM - EDX、釉薬中の鉄の状態はメスバウアー分光分析法で分析された例が挙げられる。また鉛釉の主成分のひとつである鉛については、鉛同位体比分析法による産地推定が行われている。

本論文では、鉛釉陶器と鉛ケイ酸塩ガラスの生産を材料学的な視点からみた際に、原料の流通はどのような変遷を遂げているのか、時期や形式などの考古学的な知見とともに解明していく。今回用いた手法は、胎土分析は、蛍光X線分析法による化学組成、X線回折法により焼成温度の推定、高輝度放射光蛍光X線分析による微量元素の検出である。ガラス・釉薬については蛍光X線分析法による化学組成、釉中に含まれる不純物の種類、鉛同位体比分析による鉛原料の産地推定、参考試料の作成とそれを用いた作業温度範囲の推定をおこなった。

2-1 材料・産地推定の分析方法

2-1-1 蛍光X線分析による胎土分析の方法

鉛釉陶器の胎土の化学組成はこれまでに様々な方法で測定されてきた。正倉院特別調査では、主成分元素の化学組成は湿式化学分析法などによって、また微量元素は原子吸光分

析法によって分析されている。そのなかで、非破壊による分析が可能であるエネルギー分散型蛍光 X 線分析法による胎土分析結果が、近年は多く報告されている。主成分元素の化学組成の相違による産地推定の可能性などを検討した事例が多い。

本論文では、胎土の化学組成は蛍光 X 線分析法にて求めた。使用した装置は EDAX 製蛍光 X 線分析装置 EAGLE である。測定は、胎土部 1mm × 1mm の範囲をできるだけ平滑に研磨し、その中の 3 ヲ所を分析して平均値をとった。測定条件は、管電圧 20kV、電流 100 μ A、測定時間 300 秒、X 線照射径 50 μ m、真空雰囲気中である。測定は胎土全体ではなく、マトリックス部で実施したため、その部分の特徴があらわれているとみなした方がよい。分析誤差を少なくするため産業技術総合研究所地質調査総合センターの岩石標準試料 (JB-1a、JF-1、JF-2、JG-1a、JG-3、JGb-2、JR-1) および窯業協会標準試料 (R701) の 8 点を標準試料とし、検出元素の各酸化物の合計が 100wt% になるよう規格化して、FP (ファンダメンタルパラメータ) 法により定量値を求めた。

2-1-2 蛍光 X 線分析による釉薬・ガラス部分の化学組成の測定方法

釉薬・ガラス部分の化学組成も、蛍光 X 線分析法によって求めた。表層から非破壊分析をおこなっているため、釉薬・ガラスは、風化の程度によって得られる分析値がさまざまに変動する。そのため得られる数値はあくまで参考値となるが、ガラスの種別はある程度判断できる。本論文では、ガラス表面の風化層を研削して内部を測定した山崎ら (山崎ら; 1993a) の結果を参考にし、表面風化による変質の程度が少ない部分による測定をおこなった資料も存在する。それ以外の資料でも、風化の程度ができるだけ少ない部分を選んで測定をおこなっているが、表面風化の影響による組成の変動はあるものとする。また鉛釉陶器の非破壊分析で、釉層に十分な厚さがいない場合は、下にある胎土の影響が含まれている可能性がある。したがってその場合は化学組成の差異をあまり細かく議論することは出来ないため、大まかな傾向を捉えるに留める。

測定は EDAX 製 EAGLE を使用し、測定条件は、管電圧 20kV、管電流 200 μ A、コリメータ径 50 μ m、測定時間 300 秒、真空雰囲気中とした。定量分析の標準試料には、NIST (National Institute of Standards and Technology) 発行の 89、620、1412、BAS (Bureau of Analysed Samples Ltd.) 発行の STG-7、8、コーニングガラス博物館標準試料 CMG-A、B、C、および産業技術総合研究所地質調査総合センター岩石標準試料 JB-1a、JGb-2 を用い、検出元素の各酸化物の合計が 100wt% になるよう規格化し FP (ファンダメンタル・パラメーター) 法により定量値を求めた。測定はひとつの資料について 3 回おこない平均値をとった。錫の濃度だけは、管電圧 40kV、管電流 30 μ A、コリメータ径 50 μ m、測定時間 300 秒、真空雰囲気中で測定をおこなった。参考値としてノンスタンダードによる FP 法により定量値を算出した。多彩釉の場合は異なる釉色ごとに測定している。

2-1-3 鉛同位体比分析による産地推定の方法

鉛同位体比値が鉱山や地域によって異なることを利用し、鉛を含有する考古遺物の原料の産地を推定するのが、鉛同位体比分析法である。1965年にBrillらによって歴史資料に導入され(Brillら;1967)、日本の青銅製品については山崎らが1976年に、鉛釉陶器・鉛ガラスについては1979年に報告している(山崎ら;1976, Brillら;1979)。その後も多くの分析値が報告され、データの蓄積がおこなわれている。鉛釉および鉛ケイ酸塩ガラスに含まれる鉛の同位体比を分析することによって、異なる資料間の関係を考察し、鉛の産地を推定することが可能である。

鉛同位体比分析では、釉層を約1mm×1mm採取し分析試料とした。鉛の分離は高周波加熱分離法によりおこなった(齋藤;2001b)。分析装置は表面電離型質量分析装置Finningan MAT-262を使用し、鉛200ng相当量の試料溶液を分取し、テフロン容器内で蒸発乾固したのち微量の希硝酸で溶解し、レニウムシングルフィラメント上にリン酸・シリカゲルとともに塗布して測定に供した。測定条件はフィラメント温度1200度とし、同一条件で測定した標準試料(NIST発行SRM-981)のデータを用いて質量分別効果の補正をおこなった。

鉛には ^{204}Pb 、 ^{206}Pb 、 ^{207}Pb 、 ^{208}Pb の4種類の同位体比が存在し、地球の形成時には、地球上のどこであっても同じ値を示していた。しかし岩石中のウラン(U)やトリウム(Th)の放射壊変により、 ^{238}U は ^{206}Pb 、 ^{235}U は ^{207}Pb 、 ^{232}Th は ^{208}Pb へ時間とともに変化した。その後、鉛鉱床が形成されると、鉛はウランとトリウムから切り離されて影響を受けなくなるため、それ以降は鉛同位体比が固定される。したがって、鉛鉱床に含まれる鉛同位体比は、その鉱床ができる前の岩石中にあったウランやトリウムの量や、鉱床の形成時期により異なる値を示すことになり、産地推定が可能となる。

図示する際には、a式図として $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比と $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比の関係を、b式図として $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比と $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比の関係をを用いる。測定結果の表示には通常a式図が使用されることが多く、それだけでは識別が困難な場合などには必要に応じてb式図が併用される。本論文では、総合的に判断する必要があるため両図を示している。図中には従来の青銅器の研究報告から同位体比をグループ分けした範囲も示す(馬淵ら;1982a, 1982b, 1983, 1987)。グループとして、Aは日本国内で出土した前漢鏡の範囲(中国華北の鉛)で弥生時代の国産青銅器の多くのがここに入る。Bは後漢・三国時代の舶載鏡の範囲(中国華中～華南の鉛)で、古墳出土の青銅鏡の大部分はここに入る。Cは日本産の鉛鉱石の範囲、Dは弥生時代に招来された多紐細文鏡・細形銅剣など朝鮮半島系の遺物が位置するラインである。C領域内には、奈良・平安時代の青銅製品や緑釉に頻出する数値範囲を中心とする集中領域(グループ)があり、山口県長登鉱山・蔵目喜鉱山周辺が原材料の供給地と推定される(齋藤;2001a, 2001b)。このほか現代の鉛鉱石のうち朝鮮半島南東部産の範囲をD₂、韓国全羅北道の益山王宮里遺跡および弥勒寺址出土のガラスや釉薬の分析から得られた数値の範囲をPとして記載した。王宮里遺跡は百濟時代末から高麗時代まで存続した遺跡であるが、ガラスなどが出土した遺構は百濟時代末期のものと考えられている。弥勒寺址は百

済時代から朝鮮時代にかけての遺物が出土しているが、ガラスなどの工房址と瓦窯と推測される遺構は百済時代のもと考えられている。これらのグループは、あくまで数値を読み取る際の目安であり、すべてがこの範囲に存在することを意味するものではない。測定誤差（標準偏差）は、2 にして、 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ と $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ については <0.01%、 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ と $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ については <0.02%である。

2-1-4 高輝度放射光による胎土の微量元素の測定方法

胎土とガラス、釉薬の分析に使用した蛍光 X 線分析装置（EDAX 製 EAGLE）で高精度検出が難しい重元素については、播磨の高輝度光科学研究センターSPRING-8 の BL08W で測定をおこなった。500×500 μm ビームサイズの 116keV 高エネルギー X 線を、厚さ 6 μm のポリプロピレンフィルムで包装した胎土のサンプルに照射して、発生する蛍光 X 線をゲルマニウム半導体検出器で検出した。また一部資料は粉末にせず固体のままホルダに固定して測定をおこなった。測定時間は 600 秒である。考古資料に先立ち、ディスク状に成形した化学組成既知の岩石標準試料 8 点（JB -1a、JF-1、JF-2、JG-1a、JG-3、JGb-2、JR-1、窯業協会標準試料(R701)）の測定をおこない、検量線法による半定量分析を検討した。胎土試料は XY ステージ上に保持し胎土部分に X 線が照射するように接着テープで固定した。得られたスペクトルは各元素の蛍光 X 線の理論強度比と自己吸収効果による強度比のズレ、検出器の分解能などを考慮したピーク分離をおこない、各ピークの積分面積強度を算出した。データを解析しながら、胎土の差別化が可能と考えられる重元素を探し、統計的手法を導入して産地ごとの化学組成の特徴を示した。

2-2 製作技法の分析方法

2-2-1 X 線回折法による焼成温度の推定方法

X 線回折分析法では、胎土中に生成している鉱物の同定結果に基づき、およそその焼成温度を推定した。胎土の蛍光 X 線分析時の研磨の際に回収した胎土粉末を用いて測定した。測定装置は、RIGAKU 製 X 線回折装置 MiniFlex である。測定条件は管電圧 30kV、管電流 15mA、ターゲットは銅、モノクロメータ使用、測定幅 0.01 度、走査速度毎分 0.5 度である。焼成前の胎土には主に粘土鉱物、長石類、石英(Quartz; SiO_2)が含まれているが、粘土鉱物は脱水・分解後に約 1000 °C 以上でムライト(Mullite; $\text{Al}_6\text{O}_{13}\text{Si}_2$)を生成し、長石類は約 1100 °C 以上で融解（ガラス化）が開始され、石英は約 1200 °C 以上で一部がクリストバライト(Cristobalite; SiO_2)へ変化する(Klein ら; 1985) (図 2-2-1)。焼成時の温度と生成する鉱物は、焼成時間や焼成時における窯内の位置、胎土の化学組成により一概にはいえないが、本論文では以下のように焼成温度を推定した。すなわち、検出される鉱物が「長石類+石英」ならば、推定焼成温度は約 1000 °C 以下、「ムライト+長石類+石英」ならば約 1100 °C、「ムライト+石英」ならば約 1200 °C、「クリストバライト+ムライト+石英」ならば約 1200 °C 以上である。なお一旦焼成したのちにそれよりも低い温度でもう一度焼成しても新たな鉱物は生

成されないため、陶器が受けた最高温度の影響が示されることになる。

2-2-2 熱分析によるガラス転移温度の推定方法

ガラスの温度依存性を調査するためには、軟化点、徐冷点、流動温度、作業温度範囲が重要となる。しかし現象が高温かつ不均一の場合で進行するため、たとえ少量のサンプリング調査が可能な場合であっても、出土資料に対して温度依存性に関する実験を行うことは、その形状・分量から困難である。そこで、これまでの研究報告の結果を参考にして、古代ガラス・釉薬と類似した化学組成の試料（以下、ガラス参考試料とよぶ）を製作することにより、実験に要する形状およびサンプル量に関わる問題を回避することとした。ガラス参考試料の組成は表 2-2-1 に示したとおりである。各種測定をおこないクロスチェックをおこなったため、測定装置、条件は複数となっている。

まずガラス転移温度の測定は示差熱分析法（DTA）によりおこなった。ガラス転移温度とは、高温で液体状態であるガラスなどの物質が、温度を下げていくと、急激に粘性を増し、流動性を失い非結晶固体になる温度のことである。ガラス転移温度付近では温度変化に対して顕著な吸熱ピークを示す。測定は、リガク製熱分析装置 TAS100 を使用し、測定条件は昇温速度 10 /分、測定雰囲気は大気中、測定温度域は室温～700 である。

膨張係数・屈伏点の測定は熱機械分析法（TMA）によって推測している。屈伏点とは、TMA で熱膨張を測定した際に、ガラス試料の軟化により膨張曲線が急激に下降に転じる温度のことである。参考試料 2 点には RIGAKU 製熱分析装置 TAS100 を使用し、昇温速度 5 /分、測定雰囲気は大気中、測定温度域は室温～屈服点までで測定をおこなった。50 度ごとの膨張量、膨張率、膨張係数を算出した。また参考試料 4 点には BrukerAXS 製 TNA4000 型を使用し、昇温速度は 5 /分、測定雰囲気は大気中、測定温度域は室温～軟化点、測定荷重は 10gf、検出棒は 5mm で測定をおこなった。



図 2-2-1 相変化の概略

示差熱量分析法（DSC）では、セイコー電子工業製 DSC210 を使用し、昇温速度 10 /分、測定雰囲気は大気中、測定温度域は室温～600 で測定をおこなった。

ガラスの粘性測定は、引き下げ法により求めた。試料調製は 1150 と 1550 にて 3 時間熔融し、泡抜きをおこなった。測定装置は日本板硝子製試料引き下げ式自動粘度測定装置を用いた。

表 2-2-1 ガラス参考試料の化学組成 (wt%, tr;微量)

No.	SiO ₂	PbO	Al ₂ O ₃	CaO	K ₂ O
1	44	51	2	1	1
2	40	56	2	2	1
3	35	60	2	2	1
4	32	63	3	1	1
5	28	71	tr	tr	tr
6	52	39	5	1	tr
7	29	64	1	tr	7
8	56	29	tr	tr	14

第3章 鉛釉陶器・鉛ケイ酸塩ガラスの材質・構造・物性の分析結果

鉛釉陶器は、鉛ケイ酸塩の釉薬を胎土上に施している陶器である。ここでは国内の7世紀から12世紀に比定される遺跡から出土した鉛釉陶器、鉛釉が付着している土器(埴埴を含む)、東アジアの7世紀から10世紀に比定される鉛釉陶器、鉛釉の原材料となり得る共通性をもった鉛ケイ酸塩ガラスの分析結果を報告する。

日本における鉛釉陶器の生産は、当初は中国や朝鮮半島の製品やその影響下で、国内で製作されたと考えられるものが、塚廻古墳出土緑釉棺台・ガラス(7世紀)などにおいてみられる(檜崎;1998, 河南町誌編纂委員会;1967, 奈良国立文化財研究所;1979)。釉薬の色調からみると、日本で出土する鉛釉陶器は7世紀に単彩釉、8世紀に多彩釉(奈良三彩)が出現し、そののちに8世紀末頃以降は再び単彩釉が主流となるという変遷をたどる(檜崎;1979)。ここでは、鉛釉陶器の出土例が増加しはじめることから、その導入期とも考えられている7世紀の遺跡から出土した資料、多彩釉(奈良三彩)の出現初期段階にあたる資料、鉛ケイ酸塩に新たな化学組成が登場する平安時代にあたる遺跡から出土した資料など、画期にあたるものの分析をおこない、さらにそれらの継続性などを考えるために、消費地遺跡や窯跡出土資料を時期や地域ごとに分類し、それぞれの化学的特徴を示していく。

3-1 鉛釉技術の導入期にあたる鉛釉陶器の調査

(飛鳥・藤原京跡から出土した鉛釉陶器の調査)

鉛釉陶器は、7世紀頃に中国や朝鮮半島から日本に導入され、その後、7世紀後半から8世紀前半にかけて、次第に国内での生産が開始され、またその生産技術も大きく変化していった。したがって、この時期に国内の遺跡から出土する鉛釉陶器には、中国産のもの、朝鮮半島産のもの、中国・朝鮮半島からの技術的影響のもとに国内で作られたもの、国内で独自に発展した技術で作られたものなど、さまざまな生産地や製作技法のものが共存していることが考えられる。国内産鉛釉陶器に対する中国や朝鮮半島からの技術的影響については、例えば7世紀後半から8世紀初頭の単彩釉陶器は朝鮮半島からの渡来人による直接的な技術導入が、また奈良三彩は、中国からの渡来人による直接的な関わりというよりも、技術のみの導入や遣唐使による技術習得の可能性が指摘されている(檜崎;1973・1990, 高橋;2002, 高橋;2006, 巽;1998a, 高橋;2001a)。

そこで7世紀から8世紀初頭に政治・文化の中心であり、舶載品など多彩な様相を示す資料がまとまっている出土している飛鳥・藤原京跡に着目し、形式・文様など考古学的な観点からみて中国産・朝鮮半島産・国内産と考えられる鉛釉陶器を対象として、胎土の化学組成と鉱物組成、釉薬の化学組成と鉛同位体比の分析をおこなった。釉薬の鉛同位体比からわかるのは原料の産地であり、本来は鉛釉陶器そのものの生産地と分けて考えなければならない。しかし、青銅器の鉛同位体比の分析例から、この時期には国産鉛の使用が開始されていたことがわかっている。したがって、鉛釉陶器についても、釉薬の原料の産地のみではなく、それぞれの資料の生産地を考察するのに有用な情報であるといつてよい。また胎土の鉱物組成からは焼成温度を推定することができる。

表 3-1 資料詳細

No.	出土遺跡	器種・部位	所属時期	詳細
1	飛鳥池遺跡	壺底部	7世紀後半～8世紀初頭	内面に施釉されているが、釉は風化し白色となっている。釉の残存状態は全体に良好ではない。胎土は軟質で赤褐色を呈す。資料23と同一個体と考えられる。
2	飛鳥池遺跡	壺	7世紀後半	釉は淡緑色、胎土は硬質で灰白色を呈す。資料22と類似している。
3	飛鳥池遺跡	壺口縁	7世紀後半～8世紀初頭	濃緑色釉で、胎土はやや軟質で赤褐色を呈す。
4	飛鳥池遺跡	壺口縁または壺脚部	7世紀後半～8世紀初頭	釉は風化し白色を呈している。胎土は硬質で淡青灰色を呈す。
5	飛鳥池遺跡	杯	7世紀後半～8世紀初頭	釉は淡緑色を呈し、胎土は硬質で淡青灰色を呈す。
6	飛鳥池遺跡	蓋 (色見カ)	7世紀後半～8世紀初頭	一部に緑釉が残存している。土師質の蓋を色見として再利用した可能性も考えられる。胎土は軟質で赤褐色を呈す。
7	坂田寺跡	大盤底	8世紀(*)	褐釉、緑釉が流れている。一部釉の風化が著しく、亀甲状に亀裂し剥離している。胎土は軟質で灰白色を呈する。
8	坂田寺跡	大盤口縁	8世紀(*)	玉縁口縁部に褐色釉を濃淡で塗り分けている。風化が著しい箇所がある。一部で緑釉が観察できる。胎土は硬質で黄白色を呈する。
9	坂田寺跡	大盤口縁	8世紀(*)	褐色釉が施されているが風化している。一部で緑釉が観察できる。胎土はやや硬質で黄白色を呈する。
10	坂田寺跡	壺	8世紀(*)	胴の上下に2本の凸帯を有する。内面には淡緑色釉が薄く施され、外面は釉が流れ不鮮明である。胎土は硬質で白色を呈する。資料11と接合する。
11	坂田寺跡	壺	8世紀(*)	胴の上下に2本の凸帯を有する。内面には淡緑色釉が薄く施され、外面は釉が流れ不鮮明である。胎土は硬質で白色を呈する。資料10と接合する。
12	坂田寺跡	壺	8世紀(*)	緑釉で塗布された部分は白色部より盛り上がっているところがある。胎土は硬質で白色を呈する。
13	坂田寺跡	皿カ	8世紀(*)	内面のみが遺存する。皿もしくは壺と考えられる。淡緑釉が薄く施されている。胎土は硬質で白色を呈する。
14	坂田寺跡	陶枕	8世紀	白釉、緑釉、褐釉が塗り分けられ、花紋の輪郭部では沈線に赤褐色粘土が確認できる。胎土は硬質で白色を呈する。
15	坂田寺跡	碗	8世紀	褐釉と緑釉に白釉の点描がある。器形および文様は型押しである。胎土は軟質で、やや赤みを帯びた白色を呈する。
16	坂田寺跡	獣脚部	8世紀	三足壺または火舎の脚部と考えられる。濃褐色釉で、胎土はやや硬質で黄白色を呈す。
17	豊浦寺跡	壺(瓶)	7世紀前半～7世紀中頃	表面に印花文が施され、新羅土器の特徴を有している。釉は部分的に残存し淡緑色を呈している。胎土は軟質で赤褐色を呈す。
18	石神遺跡	碗	7世紀後半～8世紀初頭	釉が発砲し表面は荒れている。口縁部内面は赤褐色を呈し、外面は緑釉が掛けられているが変色している。体部に2重の凹線と3条の小突起列がめくる。ガラスあるいは金銀器の碗(または高杯)との関連が考えられる。胎土は硬質で、灰白色を呈している。火を受けている。
19	石神遺跡	碗	7世紀後半～8世紀初頭	釉が発砲している。緑色釉が施されている。体部に凹線と3条の小突起列がめくる。ガラス碗あるいは金銀器との関連が考えられる。胎土は硬質で灰白色を呈す。
20	大官大寺跡	壺	7世紀後半 (670年代)	暗緑色の釉が施される。胎土は軟質で赤褐色を呈す。
21	雷麿寺跡	壺	7世紀後半力	凹状の二重圈線が施される。淡緑釉である。胎土は軟質で、黄白色を呈す。表探資料である。
22	飛鳥池遺跡	壺カ	7世紀後半	釉はやや淡緑色、胎土は硬質で灰白色を呈す。資料2と類似している。
23	飛鳥池遺跡	壺	7世紀後半～8世紀初頭	表面には薄く白色部が残存している。表面には鉛釉の施された長方形・楕円形土製品の装飾が付していたと考えられる資料である。胎土は軟質で赤褐色を呈す。鉛釉の分析は楕円形土製品でおこなった。資料1と同一個体と考えられる。

本論文では、これらの分析結果を総合し、考古学的な所見とあわせることで、この時期における中国・朝鮮半島・日本のそれぞれで生産された鉛釉陶器がどのような化学的特徴をもち、またそれらの差異がどのような技術的系譜によってもたらされたのかを考察していく。

分析に供した資料は、飛鳥・藤原京跡から出土した7世紀前半から8世紀に製作されたと考えられる鉛釉陶器23点(附図1)で、その内訳は三彩7点、二彩2点、単彩13点、無釉1点である。資料詳細は表3-1に示す。

3-1-1 胎土の化学組成

胎土の分析結果を表3-2に示す。なおNo.5は復元・接合されているため、胎土の測定をおこなっていない。予測では、胎土色の違いは酸化鉄含有量(Fe_2O_3 換算)の差異や、焼成時の酸化還元雰囲気によると考えられた。分析の結果によると、赤褐色系胎土での酸化鉄含有量の平均値が5.4wt%、淡褐灰色系胎土は3.5wt%、灰白色系胎土は2.7wt%、白色系胎土は1.6wt%となっており、個々の微妙な色調の差異に酸化還元雰囲気の影響は考えられるが、胎土色が赤褐色系から白色系になっていくほど酸化鉄含有量が少なくなるという相関が認められた。

酸化鉄と酸化アルミニウムの化学組成から、唐三彩と奈良三彩の分類がある程度は可能であるといわれている(青木ら;2012)。本資料では、酸化アルミニウム含有量は図3-1に示すように、18~30wt%と幅がある。これらのうち3点の資料で、酸化鉄含有量が約1wt%以下と少なく酸化アルミニウム含有量が約25~30wt%と多いため、化学組成上の特徴から、唐三彩の特徴を示していると考えられる。

No.14の沈線(凹部)(図3-2)に施された赤褐色粘土が含む元素の種類は、胎土の白色部との間で違いはみられない。ただし、酸化鉄含有量が、前者で3.5wt%、後者で0.68wt%となっており、沈線に酸化鉄の多く含まれている点が異なっている。

3-1-2 胎土の推定焼成温度

X線回折測定によって、胎土中に生成した鉱物種から焼成温度の推定をおこなった結果を表3-3に示す。ただし、焼成時における窯内の位置や胎土の化学組成の不均一性などの影響から、これらが被熱した代表温度ではない可能性はある。分析結果をみると、ムライトの生成が確認できるNo.7、11、12、14、15、18、19、21の8点が約1100℃で焼成されたと推定される。鉛釉の場合、施釉後の焼成温度は800~900℃程度と考えられるため、これらの資料は、素地を一旦焼成した後に施釉する、二度焼きをおこなっていることがわかる。他の資料(No.1、2、3、5、6、8、9、10、13、16、17、20、22、23)からは石英と長石類が検出されたため、焼成温度が約1000℃以下であると推定される。これらの資料は二度焼きがおこなわれたかどうかは不明である。これまでに焼成温度が推定されている報告例では、7世紀出土遺物のアカハゲ古墳陶硯、8世紀出土遺物の平城宮跡出土破片F(淡緑)、大阪市四天王寺講堂出土壺破片(濃緑)が、X線回折分析結果から約1100℃とされている(山崎;1987)。約1000℃以下の報告例としては、塚廻古墳出土陶棺台(7世紀)、川原寺出土磚G0008(8世紀)、正倉院緑釉碗(8世紀)、興福寺一乗院址出土破片A~G(8世紀)、平城宮

跡出土破片 E(8 世紀)、大阪府鳥坂寺出土破片(8 世紀)、岡山県大飛島出土破片(8 世紀後半)がある(山崎;1987)。本研究の結果はこれと同様の焼成温度を示した。なお唐三彩の推定焼成温度は約 1200 、渤海三彩は約 1000 以下との事例報告がある(山崎;1988,1993b)。

表 3-2 胎土の化学組成(wt% ;未測定)

No.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O
1	63.5	20.6	6.9	1.0	1.8	0.49	0.04	3.1	2.5
2	64.1	23.8	3.2	1.0	2.5	0.47	0.02	1.9	3.1
3	69.7	19.1	3.4	0.80	1.6	0.60	0.04	1.2	3.5
4	74.3	19.4	2.3	0.72	1.0	0.28	0.03	0.67	1.3
5									
6	60.4	22.8	6.4	1.1	1.8	0.75	0.04	3.4	3.3
7	67.9	24.1	1.9	0.44	0.62	0.94	0.03	0.81	3.4
8	67.6	22.6	3.7	0.76	0.53	1.6	0.07	0.50	2.7
9	65.8	26.3	2.4	1.2	0.40	1.1	0.02	0.72	2.1
10	62.9	28.2	2.6	0.73	0.73	0.77	0.05	0.76	3.2
11	65.4	26.2	2.7	0.48	0.63	0.59	0.05	0.72	3.2
12	69.0	25.5	0.58	0.89	0.82	0.29	0.01	0.64	2.3
13	64.9	27.4	1.9	0.54	0.62	0.58	0.03	0.80	3.3
14	66.6	27.8	0.67	0.93	0.79	0.25	0.01	0.73	2.2
15	62.5	30.7	0.89	1.6	1.4	0.19	0.01	0.94	1.1
16	64.7	22.8	3.8	1.3	1.1	1.1	0.04	1.6	3.4
17	67.3	19.4	5.3	1.6	1.8	0.32	0.05	2.0	2.1
18	68.5	20.1	3.1	2.1	1.7	0.38	0.03	1.0	3.2
19	73.5	19.9	2.0	1.3	0.60	0.23	0.01	0.80	1.6
20	68.5	18.4	5.5	1.7	1.9	0.29	0.02	1.9	1.7
21	67.2	20.5	4.1	1.4	2.3	0.40	0.03	2.1	1.9
22	65.5	22.2	3.3	1.2	2.3	0.54	0.02	1.8	3.3
23	69.0	20.2	4.6	0.62	0.90	0.66	0.04	1.5	2.5

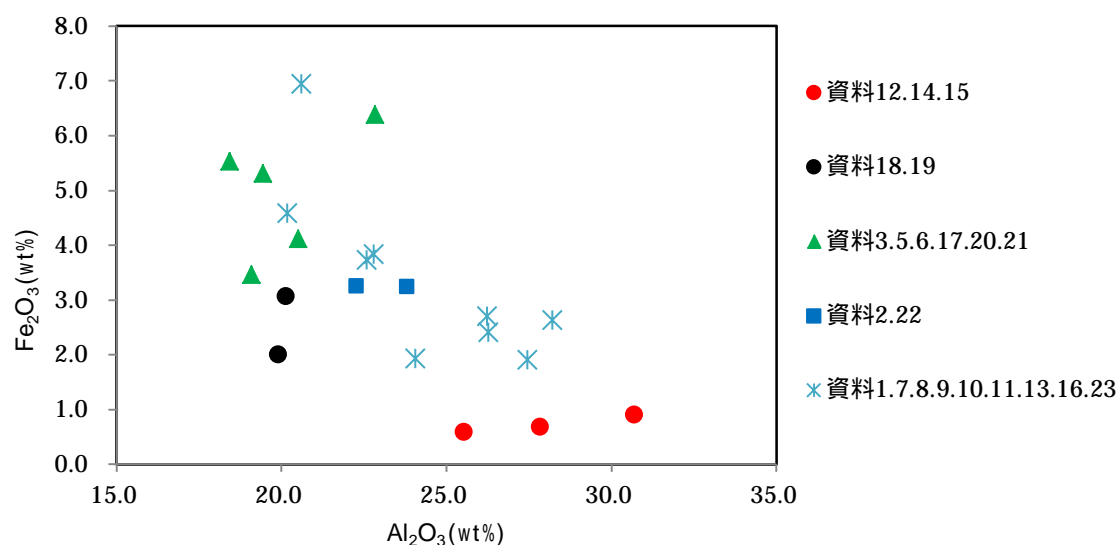


図 3-1 酸化アルミニウム含有量と酸化鉄含有量による比較



図 3-2 No.14 輪郭線の破断面写真と透過 X 線画像

No.14 の沈線(凹部)に施された赤褐色粘土(図 3-2 の輪郭線)では、石英とムライト、僅かに長石類が検出された。土器に使用される事例の多い赤色鉱物である酸化第二鉄(Fe_2O_3 、Hematite、ベンガラ)は顕著に検出されなかった。以上の結果から、この赤褐色沈線(凹部)部には、ベンガラなどの赤色顔料ではなく、鉄分が多く含まれる赤色粘土が使用されている。また検出した鉱物組成からみて、白色胎土部とほぼ同様の焼成温度であることから、成形後に赤褐色粘土が施され、一緒に素焼きされたものと判断される。

表 3-3 X 線回折による胎土中の鉱物(; 検出、× ; 検出限界以下、- ; 未測定)

No.	ムライト	長石類	推定焼成温度
1	×		約1000 以下
2	×		約1000 以下
3	×		約1000 以下
4			
5	×		約1000 以下
6	×		約1000 以下
7			約1100
8	×		約1000 以下
9	×		約1000 以下
10	×		約1000 以下
11			約1100
12			約1100

No.	ムライト	長石類	推定焼成温度
13	×		約1000 以下
14			約1100
15			約1100
16	×		約1000 以下
17	×		約1000 以下
18			約1100
19			約1100
20	×		約1000 以下
21			約1100
22	×		約1000 以下
23	×		約1000 以下

3-1-3 釉薬の化学組成

測定結果を表 3-4 に示す。釉層表面からの測定であるため、風化に伴って化学組成が元の釉薬のそれとは変化してしまっていると考えられる。また釉層に十分な厚さがない場合は、下にある胎土の影響が含まれている可能性がある。したがってここでは化学組成の差異をあまり細かく議論することは出来ないため、大まかな傾向を捉えるに留める。

山崎によれば、正倉院文書のうち『造仏所作物帳』中巻と推定された部分の後半に瓷器製造用と考えられる材料が示されており(福山; 1943)、その化学組成を計算すると鉛釉の酸化鉛含有量は、白色基礎釉で 56wt%、緑釉で 54wt%、褐釉で 55.8wt%といずれも 50wt%を越えている。着色料は、緑釉は銅、褐釉は鉄であり、化学組成の計算値は、緑釉の酸化銅含有量が 3wt%、褐釉の

酸化鉄含有量が 0.3wt% となった(山崎; 1987)。また実際に日本で出土した 8 世紀の緑釉を分析した結果では、酸化鉛含有量 50 ~ 60wt% のものが最も多く、大部分は 40 ~ 70wt% の間に含まれていた(山崎; 1987, 1988)。酸化銅含有量については多くは 0.1 ~ 2.5wt% の間に含まれ、分析値の記載されている 18 点中 3 点は 3wt% を越えており、最も酸化銅含有量が多いものは 4.3wt% と報告されている(山崎; 1987, 1988)。

本研究の結果でも酸化鉛含有量は測定資料 23 点中 13 点が 50wt% 以上であったが、いっぽうで 10 ~ 30wt% と低い資料も 6 点含まれていた。No.1、23 など、風化の進行が顕著なものは酸化鉛含有量が低くなっている。このことから、他の酸化鉛含有量が低い資料についても、風化の影響が考えられる。

表 3-4 釉薬の化学組成(wt%, nd; 検出限界以下)

No.	釉色	SiO ₂	PbO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	MnO	CuO	ZnO	Na ₂ O	K ₂ O
1	風化(緑)	21.2	53.7	10.6	5.6	0.40	1.7	2.2	0.08	0.11	nd	0.46	0.71
	風化(白)	47.5	22.5	3.8	12	0.61	9.4	0.82	0.13	0.39	nd	0.67	1.3
2	緑色	49.3	25.8	16.9	1.2	0.44	0.89	0.23	0.04	0.07	nd	0.44	4.6
3	緑色	27.7	61.6	5.4	1.6	0.28	0.46	1.1	0.09	0.58	nd	0.52	0.68
4	透明	73.7	tr	7.6	2.4	0.51	0.84	0.85	0.03	0.06	0.05	1.7	12
5	緑色	53.9	34.9	6.0	1.4	0.19	0.29	1.1	0.05	0.26	0.25	1.0	0.68
6	緑色	31.2	61.5	2.1	1.8	0.12	0.38	0.40	0.08	0.75	0.03	0.62	0.19
7	緑色	50.4	42.3	3.5	1.1	0.06	0.22	0.46	0.06	1.5	0.03	0.32	0.17
	褐色	40.1	52.5	1.7	3.3	0.09	0.28	0.48	0.09	0.20	nd	0.88	0.25
8	緑色	38.4	54.1	3.1	1.7	0.07	0.11	0.30	0.07	1.3	nd	0.52	0.34
	褐色	33.1	59.9	1.3	3.9	0.04	0.14	0.44	0.10	0.20	nd	0.59	0.31
9	緑色	38.3	51.3	4.4	1.8	0.13	0.22	0.39	0.07	2.1	nd	0.53	0.74
	褐色	36.1	56.5	2.5	3.0	0.08	0.12	0.17	0.09	0.17	nd	0.67	0.66
10	緑色	61.1	24.3	8.7	1.4	0.23	1.0	0.79	0.06	0.45	0.22	0.93	0.82
	赤色	69.2	15.7	9.4	0.96	0.20	1.2	1.1	0.05	0.42	0.30	0.82	0.62
11	白色	67.5	21.7	7.8	0.60	0.12	0.74	0.74	0.03	0.05	nd	0.28	0.33
	緑色	58.2	33.8	4.1	1.5	0.12	0.46	0.32	0.05	0.25	0.14	0.76	0.24
	褐色	66.8	24.1	5.3	1.0	0.09	0.41	0.82	0.05	0.24	0.15	0.48	0.33
12	白色	46.2	46.6	3.6	0.43	0.15	0.39	0.50	0.06	0.17	nd	0.96	0.59
	緑色	34.5	53.8	3.4	0.68	0.20	0.30	0.95	0.09	4.0	nd	1.3	0.44
13	緑色	68.1	23.3	4.6	0.43	0.09	0.63	0.97	0.03	0.73	0.18	0.77	0.15
14	白色	44.0	49.0	3.6	0.34	0.20	0.59	0.23	0.07	0.10	nd	1.0	0.50
	緑色	37.7	49.8	3.4	1.5	0.20	0.53	0.36	0.07	4.6	nd	0.88	0.45
	褐色	35.8	48.4	6.6	4.3	0.44	0.83	0.60	0.09	0.29	nd	1.3	0.86
15	白色	39.9	52.6	4.2	0.32	0.22	0.24	0.52	0.08	0.35	nd	0.89	0.23
	緑色	37.3	51.7	3.3	0.58	0.19	0.31	0.49	0.08	4.4	nd	1.0	0.23
	褐色	32.3	56.6	3.4	5.2	0.22	0.22	0.48	0.10	0.24	nd	0.67	0.20
16	褐色	41.8	52.2	3.2	5.7	0.17	0.46	0.47	0.11	0.23	nd	0.94	0.47
17	黄緑色	33.4	52.8	8.0	1.1	0.27	0.59	0.59	0.08	1.2	nd	0.64	0.69
18	緑色	52.4	34.0	7.6	0.68	0.38	0.46	1.3	0.05	0.15	nd	1.0	1.7
	赤色	41.6	46.8	6.6	0.94	0.42	0.40	0.59	0.08	0.61	nd	0.78	0.89
19	緑色	42.8	42.7	7.5	0.76	0.38	0.89	0.99	0.07	0.13	nd	0.99	2.6
20	緑色	32.1	56.7	5.5	1.2	0.28	0.42	0.61	0.07	0.75	nd	1.1	0.80
21	緑色	30.4	57.5	6.0	1.1	0.30	0.62	0.56	0.10	1.4	nd	1.0	0.57
22	緑色	31.3	57.4	5.9	1.5	0.22	0.50	0.41	0.06	0.16	nd	1.1	0.70
23	風化(白)	67.0	13.2	7.5	5.6	0.45	2.0	1.2	0.06	0.15	0.04	0.71	1.9

緑釉の酸化銅含有量は概ね 0.1～2wt%程度で、4wt%以上の資料も3点含まれており、既報告と整合する結果である。このほか緑釉部では、No.1からはヒ素が、No.5、10、11、13からは亜鉛が検出されている。

褐釉が施されている資料は、7世紀後半から8世紀初頭以降の7点(No.7、8、9、11、14、15、16)であり、No.11の1.0wt%を除くと、酸化鉄含有量が3.0～5.7wt%と他色の釉よりも多く、鉄が着色料となっていることを裏付けている。

3-1-4 釉薬の鉛同位体比分析

鉛同位体比分析結果を表3-5に示す。また $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比と $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比の関係(a式図)および $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比と $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比の関係(b式図)を図3-3に示す。

図3-3より資料を大きく6グループに分類できることがわかった。本論文ではこれらを -a～-c、
、 -a～-bと呼称する。

-a: No.2、22(飛鳥池遺跡出土)

-b: No.18、19(石神遺跡出土)

-c: No.12、14、15(坂田寺跡出土)

: No.7～11、13、16(坂田寺跡出土)、No.1、(4)、23(飛鳥池遺跡出土)

-a: No.3、5、6(飛鳥池遺跡出土)

-b: No.17(豊浦寺跡出土)、No.20(大官大寺跡出土)、No.21(雷廃寺跡出土)

グループ -aに属する資料はa式図、b式図ともに百濟時代末の遺物が示すP領域の分布線上にある。この2点は胎土と釉薬の類似性から同一個体である可能性が考えられていたが、鉛同位体比の測定値でもほぼ同一の値を示しており、それと整合する結果である。既報告資料としては、塚廻古墳出土の緑釉、宮地嶽古墳出土緑色ガラス板などがP領域の分布線上およびその近傍の数値を示している(山崎ら;1999)。

グループ -bに属する資料は、a式図ではA領域から外れているが、遼寧省の青城子と錦西鉞山を結ぶ範囲の周辺に分布し(平尾編;2001)、またb式図ではA'領域に存在するため中国北部の鉛とみてよいであろう。2点のデータは一致していないものの近似した値を示しており、同じ地域から原料がもたらされた可能性が高い。

グループ -cに属する資料はa式図、b式図ともにB領域の端部に位置しており、中国華中～華南産鉛と判断される。No.14、15は文様などから唐三彩と考えられており、中国の原料で製作された唐三彩が製品として日本にもたらされたとみられる。これら3点の資料は比較的近接する値を示しており、同じ地域産の原料が使用されている可能性が高い。

グループ に属する資料はいずれもC領域に含まれ、日本産原料と判断される。No.1と23は数値がよく一致し、また奈良・平安時代の青銅製品や緑釉に頻出する数値範囲を中心とする領域(グループ)で、山口県長登銅山や蔵目喜鉞山が原材料供給地ではないかと推定される範囲内にある(齋藤;2001a, 齋藤ら;2002, 高橋;2001b)。図3-4にC領域付近の拡大図を示す。No.7以外はその範囲の周辺に数値が分布しているが、多少ばらつきがみられる。数値がやや離れたところ

に位置している No.7 の鉛同位体比は、博多遺跡群第 59 次・第 62 次・第 71 次・第 88 次調査出土 緑色カリウム鉛ガラス 3 点、長崎県対馬の対州鉾山産鉛鉱石の値と近似している(山崎ら;1993a, 1995a, 1996a, 1996c)。これらからみて、国内でも複数の原材料産地からの供給があったと推定される。これまでに報告されている飛鳥池遺跡出土の埴内内のガラスや鉛塊はグループ と同様の値を示している(肥塚ら;1993, 肥塚;2001)。

グループ -a、 -b に属する資料は、D および D₂ 領域の周辺に分布している。D 領域は朝鮮半島から日本に持ち込まれた遺物の測定値から設定されたものであり、原料自体の産地はまだわかっていない。D₂ 領域は朝鮮半島南東部の鉛鉱石の範囲であることから、いずれにしても朝鮮半島からもたらされた素材が使用されていると判断される。

以上の分析をもとに調査対象としたそれぞれの資料について、遺構や共伴する遺物による所属時期と鉛同位体比分析で分類したグループによってまとめると以下ようになる(奈良国立文化財研究所;1986, 1991, 1993, 西口ら;2000, 2001)。

- 7 世紀前半～7 世紀中頃 (No.17)、 -b
- 7 世紀後半 (No.2, 20, 21, 22)、 a・ -b
- 7 世紀後半～8 世紀初頭 (No.1, 3, (4), 5, 6, 18, 19, 23)、 -b・ -a
- 8 世紀 (No.14, 15, 16)、 -c
- 8 世紀頃(遺構は7世紀後半～10 世紀後半) (No.7, 8, 9, 10, 11, 12, 13)、

以下、これらと釉薬および胎土の分析結果との対応について検討していくことにする(表 3-6)。

まず鉛釉の原料産地の大まかな変遷をみると、 の時期には -a・ -b の朝鮮半島系の鉛が使用されている。その後 の時期では -b・ -a と朝鮮半島系、中国産のほか国産原料が見られるようになり、複数産地の原材料が使用されている。 の時期になると -c と中国産と国産原料が使用されている。ただし の No.14, 15 のように国外の製品も含まれている。

胎土の化学組成と鉛同位体比分析の結果とを対比させてみると、次のようにある程度の対応性が見られた。まずグループ に属する資料はすべて白色～灰白色の胎土であり、 c (No.12, 14, 15) は酸化鉄含有量が 0.58～0.89wt% と少なく、やや多い a・ b (No.2, 22 および No.18, 19) でも 2.0～3.3wt% であった。グループ に属する資料は白色・灰白色・黄白色・赤褐色の胎土であり、これらのうち白色・黄白色の酸化鉄含有量は 1.9～3.8wt% と、 a・ b に近い値である。グループ a・ b に属する資料 (No.3, 5, 6 および No.17, 20, 21) は、胎土色が赤褐色・黄白色・淡青灰色で、酸化鉄含有量は 3.4～6.4wt% と、他のグループに属する資料よりも多い。グループ のうち赤褐色胎土のものは 4.6～6.9wt% であり、 a・ b に近い値である。全体としてみると、これらの一群の資料の胎土は、時期が下るにつれて酸化鉄含有量が少なくなっていく傾向があり、白色系のものが主流となっていくことを示している。

次に釉薬の化学組成と鉛同位体比分析結果とを対比させてみる。平均値で酸化鉛含有量をみると、グループ a・ b はそれぞれ 42wt%、41wt%、 c は 51wt%、 に属する資料は最も少な

く平均値 36wt%、 a・ bはそれぞれ 53wt%、56wt%であった。ただしグループ の場合は、風化の著しい白色部を除くと酸化鉛含有量の平均値が 44wt%となり、過去の報告例と同程度になる。No.10、11、13 は酸化鉛含有量の値が小さい理由については、風化、釉の薄さによる下層の胎土の影響、他の資料にはみられない亜鉛を検出することから釉そのもののものの特徴といったいくつかの可能性が考えられる。

緑釉および多彩釉の緑釉部分の酸化銅含有量の平均値は、 a・ bは極めて少なくいずれも 0.1wt%、 cが最も含有量が多く 4.3wt%、 は 1.1wt%、 aが 0.5wt%、 bが 1.1wt%である。

a・ bの資料で酸化銅含有量が小さい理由については、胎土が白色～灰白色であるために、それでも淡緑色として十分な効果が得られたか、緑釉ではなく黄釉もしくは黄緑釉を意図して作られたのではないかということが考えられる。

表 3-5 鉛同位体比分析結果

No.	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
1	0.8477	2.0926	18.418	15.613	38.542
2	0.8829	2.1990	17.715	15.640	38.955
3	0.8298	2.0753	19.084	15.837	39.605
4	0.8444	2.0897	18.460	15.587	38.577
5	0.8334	2.0826	18.982	15.819	39.531
6	0.8372	2.0918	18.896	15.820	39.526
7	0.8477	2.1070	18.459	15.647	38.894
8	0.8476	2.0958	18.422	15.614	38.610
9	0.8474	2.0950	18.421	15.609	38.591
10	0.8473	2.0989	18.436	15.622	38.695
11	0.8473	2.0998	18.448	15.632	38.738
12	0.8639	2.1268	18.049	15.593	38.387
13	0.8474	2.0989	18.430	15.617	38.684
14	0.8651	2.1302	18.021	15.590	38.389
15	0.8637	2.1264	18.049	15.588	38.379
16	0.8474	2.0956	18.420	15.609	38.601
17	0.8293	2.0658	18.994	15.750	39.237
18	0.8786	2.1481	17.716	15.565	38.054
19	0.8775	2.1462	17.735	15.563	38.062
20	0.8291	2.0584	18.993	15.747	39.095
21	0.8288	2.0538	19.025	15.767	39.073
22	0.8828	2.2002	17.713	15.637	38.971
23	0.8476	2.0926	18.399	15.596	38.502

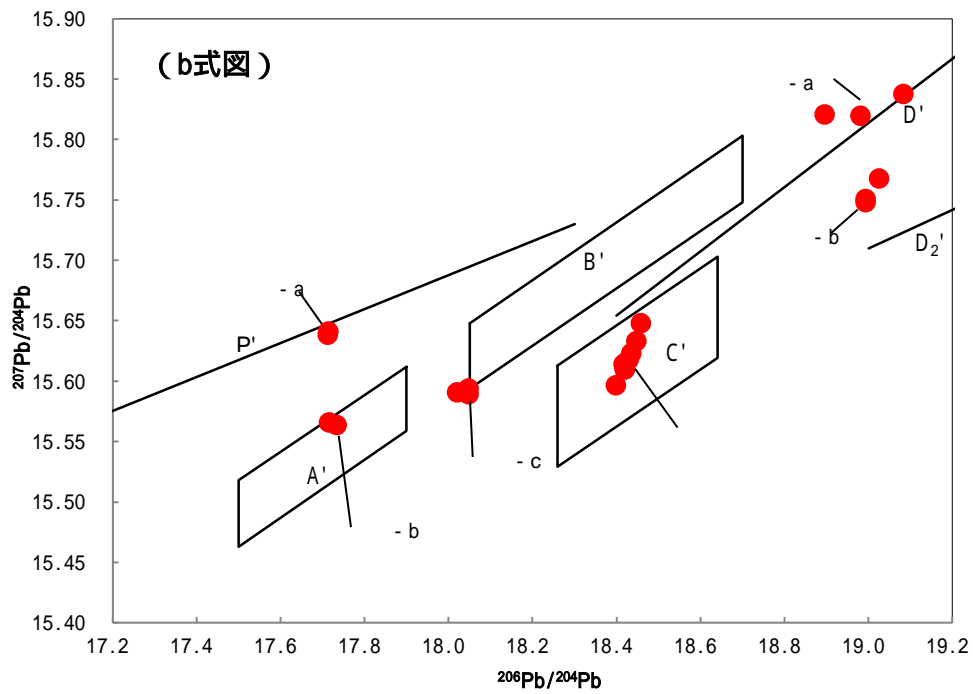
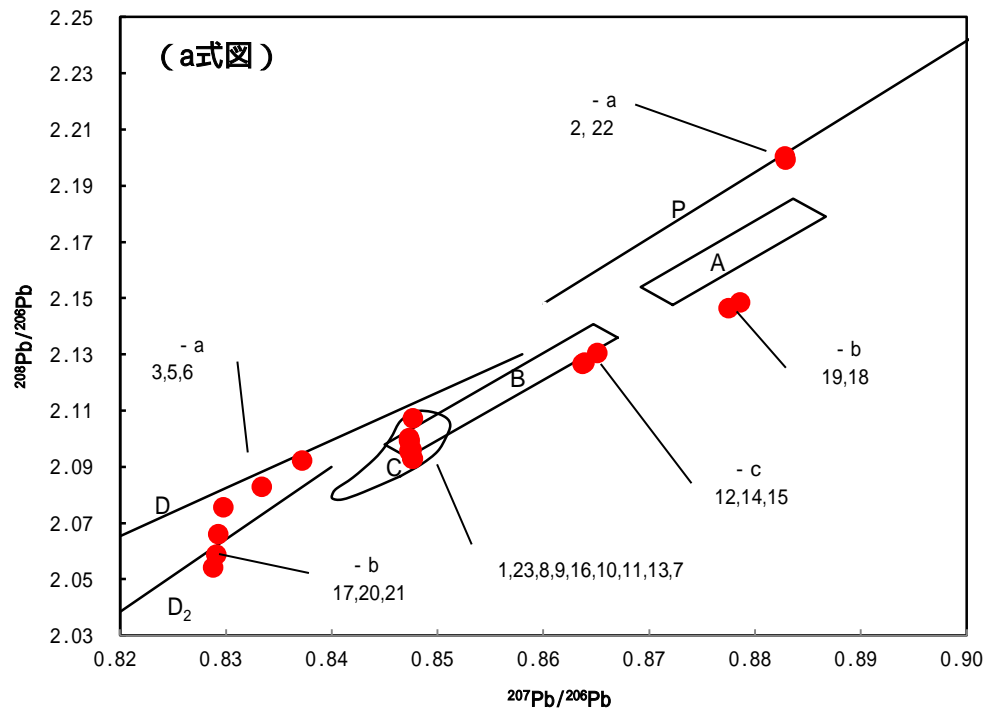


图 3-3 鉛同位体比分析結果 (上 a 式図、下 b 式図)

緑釉の中から、銅ほかに亜鉛を検出する資料（No.5、10、11、13）が確認された。これらはグループ a に属する No.5 を除きいずれもグループ 、すなわち国産鉛原料が使用されたと推定されるグループに属している。ただしグループ の中でも、これら 4 点以外のものでは亜鉛を顕著に検出していない。このことと、鉛同位体比測定結果が長登銅山・平原遺跡などの数値範囲から多少ばらつきを示していることから、銅を主成分とする着色料が複数存在し、混合されていた可能性も考えられる。

また奈良時代の壁画や平安時代の絵画などの顔料調査によって、緑色顔料部から銅とともに亜鉛が検出されることが報告されている(降幡ら;2009, 早川;2009)ことと、本研究で緑釉以外からは亜鉛が検出されていないことから、亜鉛の起源は鉛鉱石ではなく銅鉱石であり、緑釉の着色料には緑色顔料と共通する素材が用いられていた可能性がある。奈良時代に鉛釉・鉛ガラスの材料が方鉛鉱から鉛丹となっていく過程(高橋;2006)と同様に、緑釉の着色料についても亜鉛の含有の有無などの変化に今後着目していく必要がある。なお中国河南省黄冶窯出土資料でも一部資料の緑釉から亜鉛が検出されている(Furihata ら;2009)。

また No.1 の緑釉からはヒ素が僅かに検出された。奈良時代の青銅器にはヒ素が数 wt % 程度含まれていることが多く、これは長登鉱山産銅鉱石を使用した際の不純物と考えられるので(齋藤ら;2002)、鉛同位体比測定結果と整合するものである。

本研究で調査対象とした資料の中で、時期が最も古いと考えられる豊浦寺跡出土 No.17

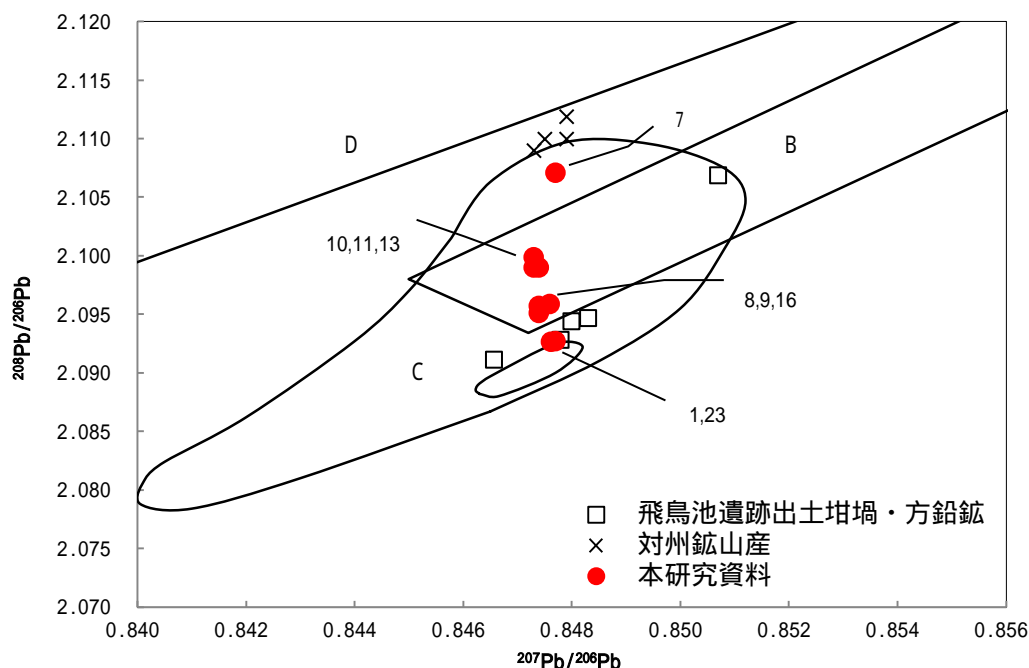


図 3-4 a 式図の C 領域周辺の拡大図

は、考古学的な考察によると印花文の手法などから7世紀の新羅土器(356~935)の可能性があると考えられている資料である(安田;2002)。鉛同位体比分析結果によれば、詳細な地域までは分からないが朝鮮半島系と推定され、その点では整合的な結果である。これと同じ - b のグループに属する資料として、大官大寺跡出土 No.20、雷廃寺跡表採 No.21 があり、いずれも所属時期は7世紀後半である。これらの胎土は赤褐色、黄白色を呈し軟質である。しかしこれらと同時期と考えられる No.2、22 (飛鳥池遺跡出土、これらは同一個体の可能性が示唆されている) の胎土は灰白色で硬質と異なっており、また鉛同位体比のグループとしても、百済時代の遺跡で検出されたものと同様の数値範囲を示す a に属しており、釉薬の原料産地が異なっている。このことから、7世紀後半には少なくとも2つの産地のものがもたらされていたと考えられる。

飛鳥池遺跡出土資料についてみると、No.1、23 は長登鉦山・平原遺跡などの集中領域(齋藤ら;2002)の値とほぼ同じグループに含まれ、胎土色は赤褐色を呈し軟質、推定焼成温度は約 1000 以下である。これまでの研究で、青銅器のほかガラスの分析結果からも、7世紀後半から8世紀初頭には国内産の鉛が使用され始めていることが明らかになっている(齋藤ら;2002, 肥塚ら;1993)。飛鳥池遺跡では緑釉陶器の窯跡が検出されていないが、本研究により同遺跡出土鉛釉陶器に国内産の鉛を用いた資料が含まれていたことから、鉛釉陶器の製作が行われていたことを支持する結果が得られた。このほかの飛鳥池遺跡出土資料のうち No.3、5、6 は朝鮮半島系の鉛原料と推定されるグループ a に属している。No.6 は色見ではないかとも考えられており、これらは、資料そのものが輸入されたのではなく、輸入した鉛原料を使用して飛鳥池遺跡で生産された可能性がある。飛鳥池遺跡からは上述したようにグループ a に属する資料も出土しているので、a、a と少なくとも三グループの鉛原料産地があることになる。しかし時期で確認されたグループ

b に属するような、朝鮮半島南東部の鉛鉦床のライン D₂ の周辺に分布する資料は、本研究では検出されていない。飛鳥池遺跡は百済系工人の影響が指摘されている(高橋;2002, 巽;2005)ことから、a、a に属する資料についてはそのような工人の持ち込んだ材料が使用されたとも考えられる。この点で、a の領域が百済時代の遺跡で出土した資料の数値範囲(国立扶餘文化財研究所;2007)であること、b が新羅系と考えられる印花文土器の釉原材料であることは、飛鳥池遺跡での操業期間前半には百済系、途中からは新羅系へと鉛原料の由来が変化したとも考えられる。

石神遺跡出土の No.18、19 は、その器形からガラス製碗あるいは金銀器を模倣した可能性が示唆されている(奈良国立文化財研究所;1993)。7世紀後半から7世紀末の土器と伴出しているため、唐または新羅産という見解や、近年の発掘成果から北斉から隋代の可能性も考えられており(巽;1998a, 2010, 趙;2009)、北斉との関連を考える場合は資料の所属時期が遡る可能性もある。鉛同位体比分析測定結果によると、前漢鏡および後漢・三国時代の舶載鏡の領域とは一致せず、また多紐細文鏡・細形銅剣などの範囲および百済時代の遺跡で出土した資料の範囲などとも異なる値を示すため、別の鉛の産地を想定する必要がある

が、遼寧省の青城子鉍山と錦西鉍山資料とを結ぶ線上の範囲周辺に分布している点は(平尾編;2001)、北齊の領土との位置関係からも重要なデータであるといえる。

坂田寺跡出土資料のうち、No.14、15 は伴出している土師器が奈良時代前半から平安時代にかけてのものが多いため、8 世紀の唐三彩と考えられている(檜崎;2000)。胎土は白色を呈し硬質である。No.7~13 は 8 世紀と考えられているが、包含層からの出土であるため、7 世紀後半から回廊が倒壊したと考えられる 10 世紀後半までと広い年代幅も考えられる(奈良国立文化財研究所;1991)。No.12、13 は、No.14、15 との釉調の類似性から唐三彩、No.8~11、16 は渤海(698~926)産との見解がある(檜崎;2000)。鉛同位体比測定結果によれば、唐三彩と考えられている No.12~15 のうち、No.12、14、15 はグループ c に属し華中~華南産の鉛を用いたと推定される。いっぽう No.13 は、No.10、11 と同様の数値を示し、国産の原料と考えられるグループ の範囲に存在する。X 線回折測定による推定焼成温度の結果によれば、No.12、14、15 は約 1100 であるのに対し、No.13 は約 1000 以下で焼成されたと推定される。さらに、胎土に含まれる酸化鉄含有量に前者 3 点(0.58~0.89wt%)と後者 1 点(1.9wt%)とでは差異が認められることから、両者の製作地が異なっていたと考えられる。No.12、14、15 は従来からの見解通り唐三彩であると判断されるが(檜崎;2000)、No.13 は鉛釉の鉛同位体比測定結果からみて国内産の可能性が高い。類例が他にみられないことから渤海産との見解がある No.8、9、10、11、16 は、鉛同位体比測定結果からはグループ に属しており、また No.8、9、16 および No.10、11、13 はそれぞれ数値が近似しているため、同一産地あるいは同一地域の原料が使用されていたと判断される。渤海産原料の鉛同位体比データの蓄積を含めて総合的に検討する必要があるが、これらの結果でみると国内産の可能性も考えられる。

3-1-5 小結

7 世紀から 8 世紀初頭の日本の遺跡から出土する鉛釉陶器について、製作地として想定されるのは、唐・新羅・百済・高句麗(含北方系)、そして日本国内である。朝鮮半島では 7 世紀に唐・新羅と百済の争いがあり、百済の滅亡とそれに伴う百済人の日本への亡命がおこなわれた。こうした背景のなか、日本でも百済末の土器様式が新たに採用されていくなど(巽;1998a, 2005)、百済による影響は大きく、飛鳥池遺跡にもそれが及んでいたと考えられている。また 7 世紀から 8 世紀初頭における唐の文物や技術の日本への伝播は、遣唐使が中断されていた天智八年(669)から大宝二年(702)までは、統一新羅や百済・高句麗亡命者の手を経て、また大宝二年以降は、唐より直接伝わったルートが考えられている(高橋;2001a)。同様に原材料についても、百済や統一新羅から、または、それらを経由して、あるいは直接的に唐からも持ち込まれていた可能性を考えることができる。本章では鉛同位体比分析と胎土・釉薬の化学組成および胎土の構成鉍物のデータから、所属時期が 7 世紀から 8 世紀と考えられる鉛釉陶器について検討をおこなった。特に 7 世紀の鉛釉陶器の化学的な分析結果をある程度まとめた点数報告した論文はこれが初めてであり、多彩な様相を示す鉛

釉陶器の化学的特徴と産地についての手がかりを示すことができた。しかし、もともとの出土点数が少ないこともあり、本研究では各分類に属する資料が2～3点ずつに留まってしまっている。全体像を把握するためには、他地域の事例を含め、今後できるだけ調査対象資料を増やしていく必要がある。

表 3-6 分析結果と対応関係

所属時期	出土遺跡 資料番号	鉛原料推定産地	推定焼成温度	胎土色調、 酸化鉄含有量 (wt%)	釉薬 (酸化鉛含有量、 酸化銅含有量 (緑釉) の平均値 (wt%)、 砒素・亜鉛を検出した 資料番号
7世紀前半～中頃	豊浦寺跡 17	-b 朝鮮半島	約1000 以下	赤褐色、5.6%	52.8%、1.2%
7世紀後半	大宮大寺跡・ 雷庵寺跡 20,21	-b 朝鮮半島	約1000 以下	赤褐色・黄灰色、 4.1～5.5%	57.1%、1.1%
	飛鳥池遺跡 2,22	-a 朝鮮半島	約1000 以下	灰白色、3.2～3.3%	40.0%、0.12%
7世紀後半～ 8世紀初頭	石神遺跡 18,19	-b 華北	約1100	灰白色、2.0～3.1%	40.4%、0.14%
	飛鳥池遺跡 1,23	国内	約1000 以下	赤褐色、4.6～6.9%	33.5%、0.25%、 砒素 (1)
	飛鳥池遺跡 3,5,6	-a 朝鮮半島	約1000 以下	赤褐色・淡青灰色 (5) 3.4～6.4%	52.7%・0.53%、 亜鉛 (5)
8世紀	坂田寺跡	国内	* ; 約1100	* ; 灰白色、1.9%	* ; 42.3%、1.5%
	* ; 7		** ; 約1100 (11)	** ; 白色、1.9～2.7%	** ; 23.8%、0.46%、
	** ; 10,11,13		約1000 以下	*** ; 黄白色、	亜鉛 (10,11,13)
	*** ; 8,9,16		*** ; 約1000 以下	1.9～3.8%	*** ; 54.8%、1.7%
	坂田寺跡 12,14,15	-c 華中・華南	約1100	白色、0.58～0.89%	51.1%、4.3%

3-2 奈良三彩の技術導入期にあたる鉛釉陶器の調査

8世紀前半には、国内での奈良三彩の生産と流行が確立されている。しかし、そのいっぽうで中国や朝鮮半島からの製品の移動もあったのがこの時期の特徴であり、国内の遺跡から出土する三彩陶器には、中原地域の唐三彩や渤海産と考えられる三彩などの舶来品と、国産品が共存している。国内産鉛釉陶器に対する中国や朝鮮半島からの技術的影響の議論は、飛鳥池遺跡での発掘成果によって大きく進展することとなった。すなわち、7世紀後半から8世紀初頭の単彩釉陶器の製作に、朝鮮半島の技術が導入された可能性が指摘されたのである。高橋照彦氏はこれを「白鳳緑釉」と呼び、その前段階として朝鮮半島の鉛を原材料として輸入し、製作をおこなった可能性を指摘した(高橋;2001a)。その後の奈良三彩では唐三彩を模倣した多彩陶が製作されるようになるが、そこでは中国からの渡来人による直接的な関わりというよりも、単なる模倣か、技術のみの導入や遣唐使による技術習得の可能性の有無が議論の焦点になってきている(檜崎;1973・1990, 巽;1998a, 高橋;2001a, 2002, 2006, 降幡ら;2012b)。

本章では、奈良三彩の初現期と考えられている平城京跡出土の椀・鉢・蓋等を主な対象とし、そのほかに坂田寺跡(奈良県明日香村)と大安寺旧境内(奈良市)出土の陶枕、坂田寺跡と平城宮跡から出土した三足壺または火舎の獣脚と考えられる資料など、藤原京跡・平城宮跡からの出土遺物のなかで状態のよい資料を用いて自然科学的な分析をおこなった。目的は、初現期の鉛釉陶器を平城宮跡・藤原京跡出土資料と比較することにより、それらの化学的特徴を捉えることである。

分析対象資料は、大安寺旧境内より出土した陶枕3点、坂田寺跡出土陶枕1点、平城宮跡と坂田寺跡出土の獣脚各1点、平城宮土器(720年代)に比定されている溝・土坑から出土した黄釉椀・三彩蓋・鉢(不明片含む)4点である(表3-2-1)。釉の種類としては、緑釉、褐釉、三彩、二彩が含まれている(附図2)。これらの文様や型式分類などの考古学的な所見を整理しつつ、この時期の鉛釉陶器の化学的特徴と併せて示していくこととする。

大安寺の陶枕は、延喜11年(911)の焼失時の廃棄と考えられているが、類例品が墓誌を伴う唐墓へ副葬されており(洛陽市博物館;1980)、これら陶枕が作られた年代は初唐～盛唐期に比定されている。ここで対象としたのは、唐三彩に類例が確認でき、これまでも中国産とされてきた陶枕片2点と、これらと一緒に出土しながら、明らかに厚手で、唐三彩を模倣した国産品の可能性が指摘されてきた陶枕片1点である。

また坂田寺跡出土の陶枕1点は、群馬県多田山12号墳から出土している陶枕と同様の宝相華紋をもつ資料で、胎土・釉調などから唐三彩の可能性が高いものの、中国国内では類例の出土が見いだせないため研究者達の関心を集めてきた資料である。坂田寺跡からは壺あるいは火舎の獣脚も出土している。この獣脚は渤海産との可能性も指摘されており(西口ら;2000)、陶枕と合わせてその由来が関心を集めている資料である。これらの比較対照資料として、明らかに奈良三彩と考えられており、また伴出した土器の型式から平城宮土器(720年代)に比定されている溝SD485から出土した三彩・二彩資料3点と、同じく平城

表 3-2-1 資料詳細

No.	出土遺跡	器種・部位	詳細	
1	大安寺旧境内	陶枕	白釉、緑釉、褐釉が塗り分けられ、花卉紋の輪郭部は沈線に赤褐色粘土が確認できる。凹状である。胎土は硬質で白色を呈する。（素弁三裂四弁紋小型a類）	唐三彩
2	大安寺旧境内	陶枕	外面は白釉、緑釉、褐釉、藍釉を塗り分ける。花卉紋の輪郭部は凹状である。胎土は硬質で白色を呈する。（素弁三裂四弁紋中型a類）	唐三彩
3	大安寺旧境内	陶枕	外面に白釉、緑釉、褐釉を塗り分ける。表面は融着した砂などが付着。胎土は厚手で淡赤色を呈する。	奈良三彩カ
4	坂田寺跡	陶枕	外面に白釉、緑釉、褐釉を塗り分ける。花紋の輪郭部では沈線に赤褐色粘土を確認。胎土は硬質で白色を呈する。	中国産カ
5	坂田寺跡	三足壺または火舎の獣脚部	三足壺または火舎の脚部と考えられる。外面に濃褐色釉。胎土はやや硬質で黄白色を呈する。	渤海産カ
6	平城京左京一条二坊	三足壺または火舎の獣脚部	三足壺または火舎の脚部と考えられる。風化により黒化するも一部に緑色釉が残存。胎土はやや硬質で白色を呈する。	奈良三彩
7	平城京左京一条三坊十五・十六坪（SD485）	不明	外面に白釉、緑釉を塗り分ける。胎土はやや軟質で淡褐色を呈する。	奈良三彩（二彩）
8	平城京左京一条三坊十五・十六坪（SD485）	鉢	外面に白釉、緑釉、褐釉を塗り分ける。内面にも白色釉。胎土はやや軟質で淡褐色を呈する。	奈良三彩
9	平城京左京一条三坊十五・十六坪（SD485）	蓋	外面に白釉、緑釉、褐釉を塗り分ける。内面にも白色釉。胎土はやや軟質で淡褐色を呈する。	奈良三彩
10	平城京右京八条一坊十四坪（SK1947）	椀	黄釉が内外面に筆塗り。底部は内外面とも露胎。胎土は硬質で淡褐色を呈する。	奈良三彩カ

表 3-2-2 胎土の化学組成(wt%)

No.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
1	64.0	30.1	0.71	1.2	0.65	0.48	0.77	2.0
2	63.1	31.7	0.93	0.90	0.68	0.35	0.68	1.7
3	63.6	27.4	4.6	1.1	0.72	0.28	0.67	1.6
4	66.6	27.8	0.67	0.93	0.79	0.25	0.73	2.2
5	64.7	22.8	3.8	1.3	1.1	1.1	1.6	3.4
6	72.2	20.5	2.5	1.3	0.56	0.18	0.69	2.1
7	70.2	23.0	3.2	1.4	0.49	0.13	0.45	1.2
8	72.3	20.2	3.4	1.2	0.44	0.15	0.55	1.7
9	70.5	22.7	2.7	1.1	0.54	0.16	0.67	1.6
10	65.9	22.8	4.9	1.5	2.10	1.40	0.84	2.1

宮土器の土器が出土した SK1947 の黄釉椀 1 点を分析に供した。さらに平城宮跡から出土した獣脚は、類例品中では最も釉層の残存状態のよいものである。これらは、年代がある程度押さえられる初現期の奈良三彩資料である。また黄釉椀は胎土や施釉方法、釉薬の発色などから一般的な奈良三彩とは異なる様相を呈し、比較的古い時期に属することから舶来品の可能性も考えられてきた資料である。

3-2-1 胎土の化学組成

蛍光 X 線分析による測定結果を表 3-2-2 に示す。また酸化アルミニウム含有量と酸化鉄含有量に関するグラフを図 3-2-1 に示す。本研究の結果では、奈良三彩 (No.6、7、8、9) は唐三彩 (No.1、2) よりも酸化アルミニウム含有量が少なく、酸化鉄含有量が多い。産地不明の No.3 は、やや値がはなれるものの酸化鉄含有量が多く、唐三彩とは異なる。No.4 は唐三彩、No.5 は奈良三彩、No.10 は奈良三彩と同様の傾向を示す結果となった。これまでも蛍光 X 線分析による胎土の研究はおこなわれているが (青木ら;2008)、以上の結果から胎土の主成分である酸化鉄含有量と酸化アルミニウム含有量に着目することにより中国産と初期奈良三彩とを分類できることが本研究でも確認できた。

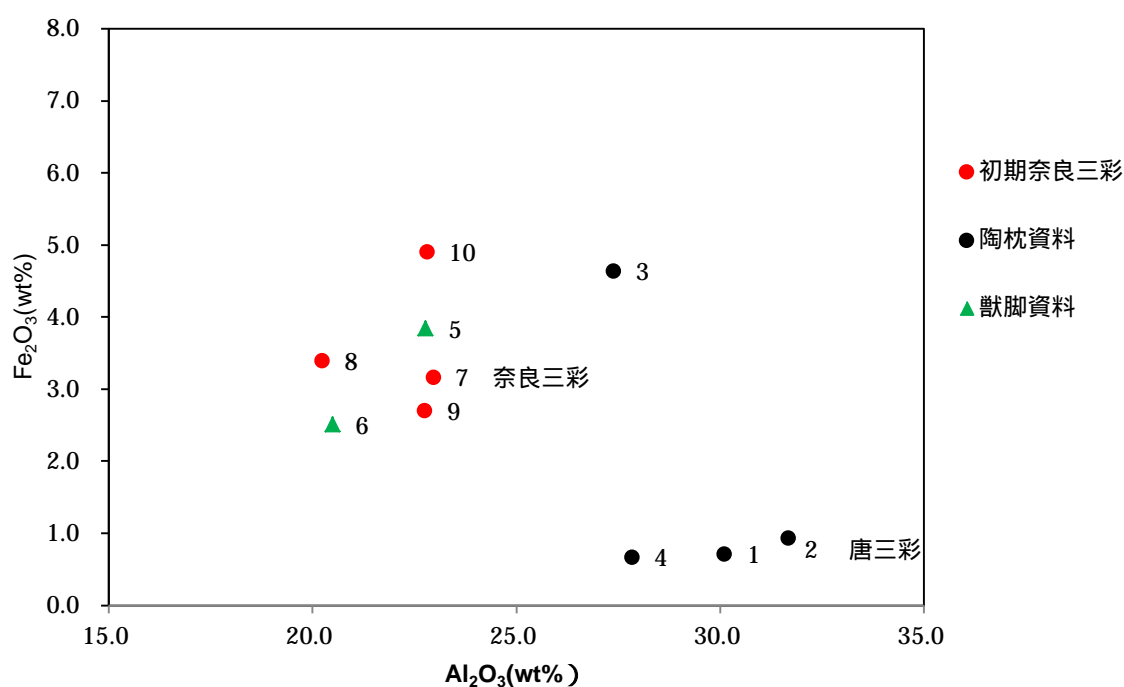


図 3-2-1 酸化アルミニウム含有量と酸化鉄含有量による比較

3-2-2 胎土の推定焼成温度

X線回折測定から得られた結果を表3-2-3に示す。No.1、2、4の3点は約1100℃で焼成されたと推定される。鉛釉の場合、施釉後の焼成温度は800～900℃程度と考えられるため、これらの資料は素地を焼成した後に施釉する二度焼きをおこなっていることになる。他の資料（No.3,5,6,7,8,9）では石英と長石類を検出したため、焼成温度は約1000℃以下であると推定される。これらの資料が二度焼きであるかは不明である。これまでに8世紀の鉛釉陶器について焼成温度が推定されている報告例としては、平城宮跡出土破片F（淡緑）、大阪市四天王寺講堂出土壺破片（濃緑）で、約1100℃とされている（山崎;1987）。約1000℃以下の報告例としては、川原寺出土磚G0008、正倉院緑釉椀、興福寺一乗院址出土破片A～G、平城宮跡出土破片E、大阪府鳥坂寺出土破片、岡山県大飛島出土破片がある（山崎;1987）。また中国の事例として、河南省鞏義黃冶窯出土唐三彩で約1100～1200℃以上（降幡ら;2007）、渤海三彩で約1000℃以下との事例報告がある（山崎;1988）。これらの埴坑研究の結果をあてはめると、本研究の結果のうち、No.1,2,4は約1100℃で焼成されているため中国産、No.3,5,6,7,8,9は約1000℃程度のため国内産または渤海産ということになる。

表 3-2-3 X線回折による粘土中の鉱物（○;検出、×;検出限界以下）

No.	ムライト	長石類	推定される焼成温度
1			約1100
2			約1100
3	×		約1000℃以下
4			約1100
5	×		約1000℃以下
6	×		約1000℃以下
7	×		約1000℃以下
8	×		約1000℃以下
9	×		約1000℃以下
10	×		約1000℃以下

3-2-3 釉薬の化学組成

釉薬の化学組成の測定結果を表 3-2-4 に示す。風化の影響や下層の胎土の影響が含まれている可能性があるため、ここでは化学組成の差異をあまり細かく議論せず、大まかな傾向を捉えるに留める。

三彩資料の釉色（緑釉・褐釉・白釉（透明釉））と酸化鉛含有量との関係に着目すると、No.1、2、9 では、白釉の酸化鉛含有量が、他の釉色よりも少ない傾向がみられた。いっぽう、No.3 は釉色による差異は、みられない。No.3 は国産と考えられている陶枕、No.9 は奈良三彩であることから、初現期において器と陶枕には白釉の施釉方法に何らかの違いがあった可能性がある。

緑釉の酸化銅含有量は 1.4～4.8wt% で、平均すると約 3.2wt% であり、「造仏所作物帳」から山崎が計算した酸化銅含有量 3wt% と整合する結果である（山崎;1987）。

No.10 は、肉眼観察から黄釉といわれている。しかし白釉の鉄分が発色した結果として淡黄色であるのか、はじめから淡黄釉を意識していたのかは、目視では判断できない。色料の含有量に着目すると、酸化鉄含有量は 0.83wt% であり、褐釉よりもかなり少ないことから褐釉の色斑とはいえない。白釉の酸化鉄含有量は 0.23～0.57wt% で、平均値は 0.43wt% であ

表 3-2-4 釉薬の化学組成 (wt%, tr;微量, nd;検出限界以下)

No.	釉色	SiO ₂	PbO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	MnO	CuO	ZnO	Na ₂ O	K ₂ O
1	緑色	37.0	52.0	5.3	0.28	0.18	0.24	0.32	0.05	3.1	tr	0.81	0.69
	褐色	28.7	59.9	4.4	4.3	0.20	0.20	0.88	0.09	0.30	nd	0.57	0.47
	白色	49.6	42.2	4.9	0.23	0.16	0.31	0.81	0.06	0.10	nd	0.66	0.95
2	緑色	32.2	56.2	5.0	0.58	0.25	0.32	0.80	0.06	3.6	0.07	0.50	0.34
	褐色	29.8	58.0	6.4	3.9	0.19	0.17	0.63	0.07	0.10	nd	0.46	0.29
	白色	45.4	47.4	4.3	0.36	0.22	0.27	1.3	0.05	0.10	nd	0.32	0.31
	紺色	41.4	55.0	2.0	0.19	0.10	0.15	0.32	0.07	tr	nd	0.37	0.42
3	緑色	33.8	57.7	2.5	0.70	0.13	0.24	0.30	0.05	3.6	tr	0.61	0.29
	褐色	33.5	58.4	2.9	3.5	0.12	0.18	0.27	0.10	0.28	nd	0.50	0.23
	白色	39.2	56.2	2.4	0.57	0.10	0.22	0.42	0.07	0.18	nd	0.45	0.16
4	緑色	37.7	49.8	3.4	1.5	0.20	0.53	0.36	0.07	4.6	nd	0.88	0.45
	褐色	35.8	48.4	6.6	4.3	0.44	0.83	0.60	0.09	0.29	nd	1.3	0.86
	白色	44.0	49.0	3.6	0.34	0.20	0.59	0.23	0.07	0.10	nd	1.0	0.50
5	褐色	41.8	52.2	3.2	5.7	0.17	0.46	0.47	0.11	0.23	nd	0.94	0.47
6	緑色	21.9	63.6	3.3	2.7	0.14	0.81	1.2	0.26	4.8	0.21	0.77	0.34
7	緑色	44.0	44.8	6.0	1.4	0.10	0.36	0.30	0.05	2.4	0.08	0.48	0.18
	白色	38.7	53.3	5.6	0.56	0.12	0.21	0.35	0.06	0.43	nd	0.38	0.23
8	緑色	66.2	24.8	5.5	0.41	0.15	0.57	0.37	tr	1.4	nd	0.30	0.18
	褐色	33.7	58.5	2.1	4.1	0.08	0.31	0.18	0.11	0.23	nd	0.42	0.14
9	緑色	36.4	51.6	3.5	1.6	0.13	0.32	2.2	0.12	3.4	0.09	0.50	0.22
	褐色	32.0	60.9	1.6	4.9	0.07	0.14	0.14	0.07	0.25	nd	0.40	0.13
	白色	64.9	30.2	3.1	0.42	0.08	0.28	0.20	tr	0.24	nd	0.36	0.13
10	白色	35.5	53.4	8.2	0.83	0.22	0.32	0.33	0.06	0.25	nd	0.53	0.37

り、酸化銅含有量は0.10～0.43wt%、平均値は0.21wt%である。No.10の酸化鉄含有量は0.83wt%、酸化銅含有量は0.25wt%であることから、酸化銅含有量は白釉とほぼ同様であるが、酸化鉄含有量はやや多い。このため白釉の鉄分が発色した結果というよりも、酸化鉄による淡黄釉といったほうがよい。

このほか緑釉から、No.6では亜鉛を顕著に検出し、No.2、7、8からもわずかに検出した。

3-2-4 釉薬の鉛同位体比分析

分析結果を表 3-2-5 に示す。また $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比と $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比の関係 (a 式図) および $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比と $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比の関係 (b 式図) を図 3-2-2 に示す(馬淵ら;1982a,1982b,1983,1987)。

鉛同位体比分析の結果から、資料は大きく 3 グループに分類できることがわかった。まず No.1 は a 式図、b 式図ともに A 領域の端部に位置している。No.1 の素弁三裂四弁紋小型 a 類は、河南省白河窯跡など中国で複数の出土例が報告されている文様である(河南省文物考古研究所;2009)。このことから中国での生産、おそらく中原地域の産品と考えられている資料であり、鉛同位体比分析の結果と矛盾しない。A 領域は鉛の原料産地が中国華北産と考えられている領域であるが、陝西省黄堡窯出土資料 1 点で鉛同位体比の値がほぼ同じものが報告されている(崔ら;2011)。

次に No.2、4 は a 式図、b 式図ともに B 領域の端部に位置している。No.2 と文様の類似する陶枕の出土例が西安・禮泉坊窯跡で報告されている(陝西省考古研究院;2008)。No.2 と No.4 は比較的近接する値を示しており、同一地域産の鉛原料が使用されていると判断される。河南省鞏義窯出土資料でほぼ同じ鉛同位体比の値を示すものが報告されている(崔ら;2011)。

最後に No.3、5、6、7、8、9、10 はいずれも C 領域に含まれ国産の原料であると考えられる。No.7、8、9、10 は値がよく一致しており、同一の原料供給地であるみてよい(図 3-2-3)。

表 3-2-5 鉛同位体比分析結果

No.	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
1	0.8839	2.1689	17.534	15.498	38.030
2	0.8643	2.1294	18.050	15.601	38.436
3	0.8473	2.0917	18.410	15.599	38.507
4	0.8651	2.1302	18.021	15.590	38.389
5	0.8474	2.0956	18.420	15.609	38.601
6	0.8480	2.0930	18.416	15.609	38.539
7	0.8472	2.0893	18.398	15.586	38.439
8	0.8471	2.0890	18.395	15.583	38.428
9	0.8472	2.0895	18.398	15.586	38.443
10	0.8472	2.0895	18.402	15.591	38.456

No.3、5、6はNo.7、8、9、10とはやや異なる値をとっている。No.3、6の値は山口県長登銅山産ではないかと推定される数値範囲を中心とする領域に分布する(平尾ら;1999, 齋藤ら;2002, 高橋;2001b, 齋藤;2001b)。No.7、8、9、10は馬淵らが報告している桜郷鉾山や蔵目喜鉾山の値がより近い(馬淵ら;1983)。

陶枕について、文様と鉛同位体比分析の結果を検討する。まず、大安寺旧境内出土素弁三裂四弁紋中型 a 類 (No.2) と坂田寺出土大型八弁紋 (No.4) は同一の鉛原料産地と考えられ、素弁三裂四弁紋小型 a 類 (No.1) とは原料の産地が異なっている。素弁三裂四弁紋小型 a 類は陝西省黄堡窯と、素弁三裂四弁紋中型 a 類は河南省鞏義窯と、それぞれ値が近似している。ただし、釉薬の鉛同位体比からは原料の産地に関する情報が得られるが、鉛釉陶器の生産地と分けて考えなければならない点は注意を要する。鞏義黄冶窯で採取した唐三彩資料を分析したところ、同じ鞏義黄冶窯であっても複数の地域からもたらされた可能性の高い鉛原材料を用いていたことが確認されている(奈良文化財研究所ら;2011)。

二大唐三彩生産地である洛陽と西安にはそれぞれ複数の鉛供給地があったと予想されるため、鉛同位体比分析の結果のみの産地推定は難しい。これら中原地域の製品については、考古学的研究と照らし合わせることで、今後鉛原材料の供給・消費と鉛釉陶器の生産について細かなデータを蓄積していきたい。

本研究によって、考古資料として類例を認められない坂田寺跡出土陶枕 No.4(奈良文化財研究所ら;2011)が中原地域の唐三彩であることが確認できた。このように、他に出土例がほとんど見出せず考古学的観察だけで生産地の推定が困難な場合、鉛同位体比分析の手法は有効である。

上述した素弁三裂四弁紋中型 a 類(No.1)の陶枕と坂田寺跡出土陶枕 (No.4) のほかに、坂田寺出土三彩碗および皿類の鉛同位体比の値もこれらと近似する値を示しており(降幡ら;2012b)、同一の鉛原料産地と判断される。したがって、坂田寺には同一の鉛原料産地の製品が少なくとも 3 資料は持ち込まれていたことになる。いっぽう大安寺出土資料は、本研究で測定した3資料の鉛原料産地はすべて異なり、No.1は華北産領域(陝西省黄堡窯)、No.2は華中から華南産領域(河南省鞏義窯)、No.3は国内産と考えられる。大安寺の陶枕は様々な産品を収集して持ち帰った可能性が指摘されており(神野;2010)、西安のものと洛陽のものが混在することが確実となれば、陶枕の入手先や遣唐使の関与などが次の問題になるであろう。

No.3は胎土の作りが厚手であるため、舶載した唐三彩を模して、比較的初期に国内で作られた陶枕であると考えられている(巽;1984, 神野;2012)。したがって、奈良時代に国内生産された三彩陶枕には、初期段階から長登銅山周辺の鉛が用いられていたことになる。

次に国内産鉛釉陶器の鉛同位体比の結果を検討する。No.7、8、9、10は、時期が平城宮土器に比定されている遺構から出土した初現期の奈良三彩である。いずれもC領域に分布し、値が近接していることから、国内の同一産地の鉛原料が使用されていると考えてよ

い。これらの値は、興福寺一乗院・平城京出土緑釉および和同開珎、坂部遺跡出土鉛塊（蔵目喜鉱山）など、8世紀の緑釉、皇朝十二銭などが分布する範囲内である。しかし、これら4点と同じく初現期にあたると考えられる三彩の陶枕（No.3）の化学的な特徴は、胎土・釉薬ともに重ならない。またNo.5のようにやや離れた値を示す資料もある。そこで、これまでに報告されている8世紀の都城・寺院跡出土・伝世資料の緑釉と鉛ガラス資料の鉛同位体比を集成してみたところ、近い数値を示すものが、いくつかのグループにまとまることになった（図3-2-4）。No.5は渤海産の可能性も指摘されている獣脚であるが、本研究の結果からは、国内産の領域に分布し、また坂田寺跡出土資料や薬師寺本尊台座内から発見されたガラス資料とほぼ同じ値を示すなど、国内産の可能性が高い。

3-2-5 小結

分析結果との対応関係を表3-2-6に示す。鉛同位体比値の国内産領域内でのばらつきからは、No.5のように長登鉱山・蔵目喜鉱山周辺ではない資料も新たに確認できた。奈良三彩は、いままでは一か所で集約的に生産され、また長登鉱山周辺の鉛が一元的に使用されていたと考えられてきたが、本研究の結果からみると、他の鉛の供給元も短期的に存在していたことや、また未知の鉱山で採掘された原料や再利用された原料の混入などの可能性も考えられることがわかった。

表 3-2-6 分析結果との対応関係

所属時期	出土遺跡 資料番号	No.	鉛原料推定産地	推定焼成温度	胎土色調、 酸化鉄含有量（wt%）	釉薬（酸化鉛・酸化銅含有量 （緑釉）の平均値（wt%）、 亜鉛の検出の有無
8世紀 （初唐～盛唐）	大安寺旧境内	1	A領域（華北産）	約1100	白色、0.71%	51.4%、3.1%
		2	B領域（華中～華南産）	約1100	白色、0.93%	54.2%、3.6%、亜鉛
		3	C領域（日本産）	約1000 以下	淡赤色、4.6%	57.4%、3.6%
8世紀	坂田寺跡	4	B領域（華中～華南産）	約1100	白色、0.67%	49.1%、4.6%
		5	C領域（日本産）	約1000 以下	黄白色、3.8%	41.8%
8世紀	平城京跡	6	C領域（日本産）	約1000 以下	白色、2.5%	63.6%、4.8%、亜鉛
8世紀 （720年代）	平城京跡	7	C領域（日本産）	約1000 以下	淡褐色、3.2%	49.1%、2.4%、亜鉛
		8	C領域（日本産）	約1000 以下	淡褐色、3.4%	41.7%、1.4%
		9	C領域（日本産）	約1000 以下	淡褐色、2.7%	47.6%、3.4%、亜鉛
		10	C領域（日本産）	約1000 以下	淡褐色、4.9%	53.4%

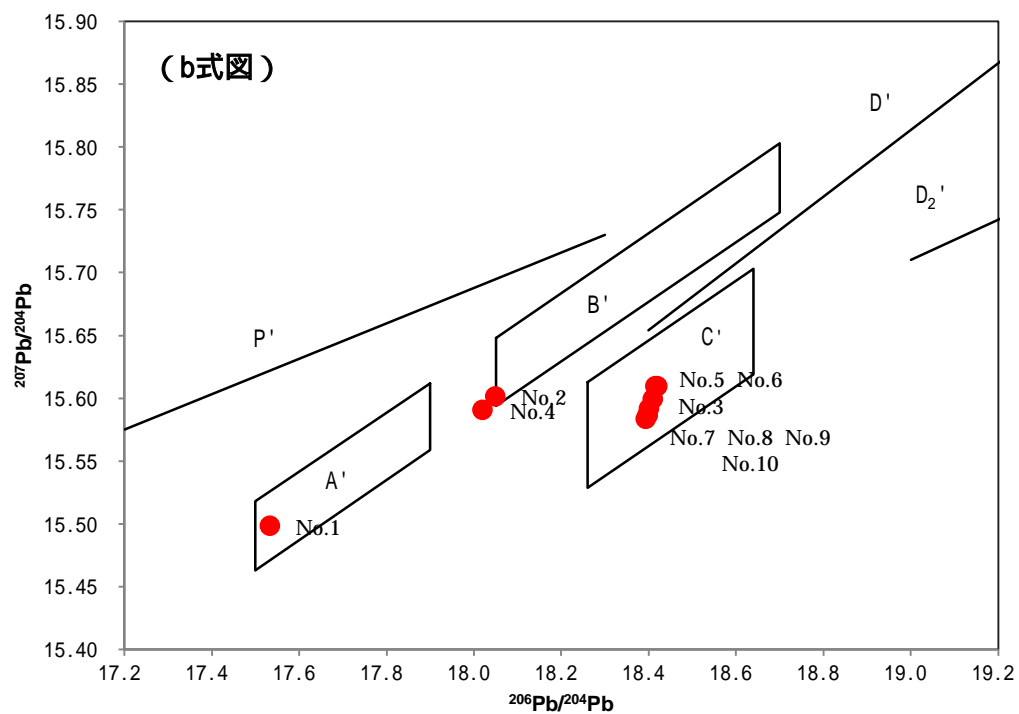
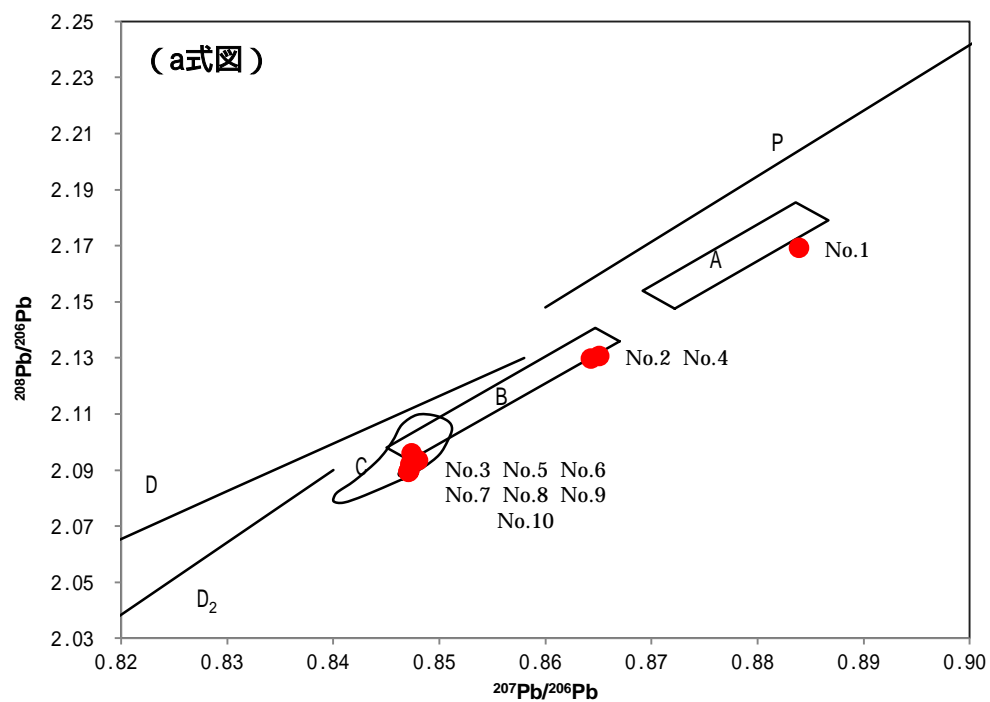


图 3-2-2 鉛同位体比分析結果 (上 a 式図、下 b 式図)

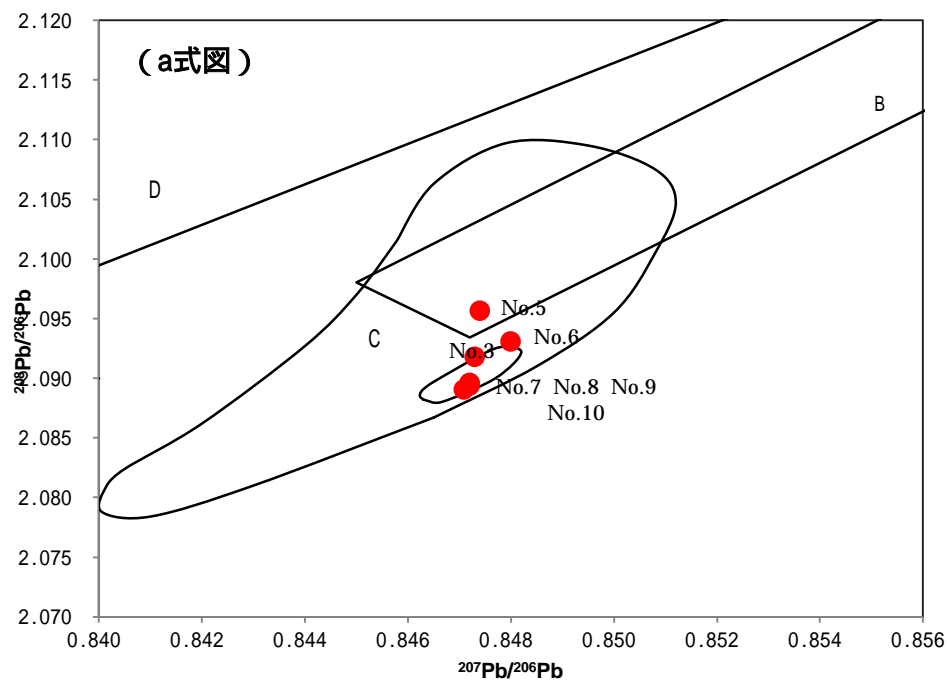


図 3-2-3 a 式図のC領域付近の拡大図

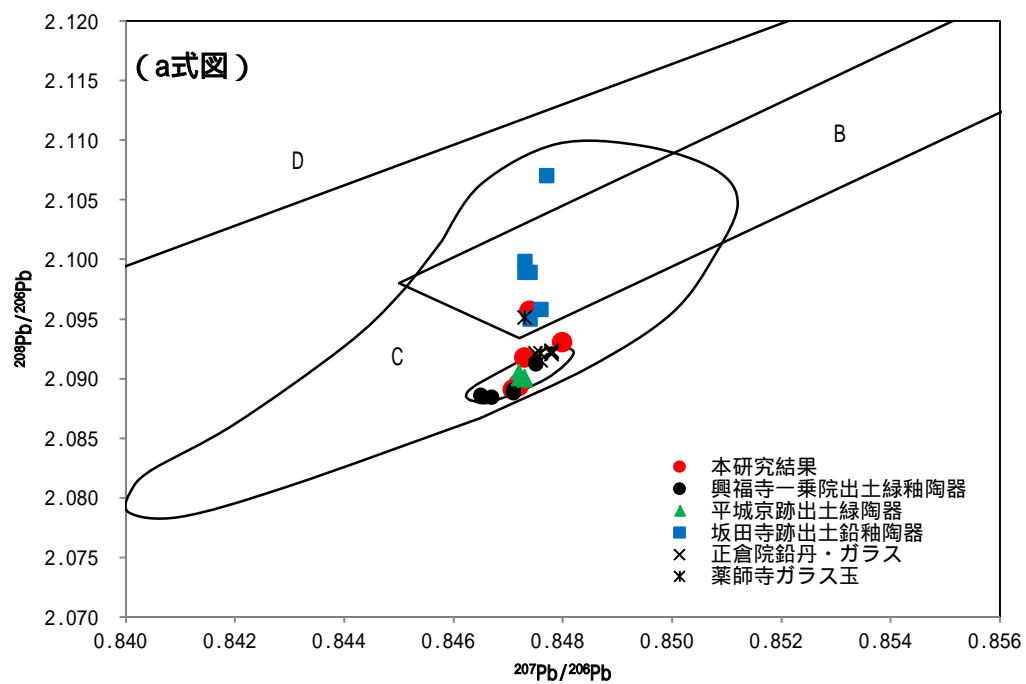


図 3-2-4 a 式図のC領域周辺の拡大図 2

3-3 カリウム鉛ガラス生産関連遺跡出土資料の調査

本章では、福岡県博多遺跡群を中心に取り上げ、平安時代に日本に出現する、新たな化学組成のガラスであるカリウム鉛ガラスの、生産関連遺跡出土品について考察する。奈良時代と確認できるガラス製品の調査事例は僅かではあるが、正倉院宝物のガラス、薬師寺本尊台座中のガラス玉、興福寺鎮壇具などにみられ、化学組成からみて鉛ガラスであること、国内産の鉛を用いていることがそれぞれ報告されているが（山崎;1987, 小田;1967）都城以外での出土例や分析事例はまだ確認されていない。したがって奈良時代のガラス製品については不明な点が多いが、これまでの事例からみると、鉛ガラスの生産は都城周辺において小規模に継続していたのではないかと考えられる。平安時代以降になると、カリウム鉛ガラスの分析事例は、よく知られている奥州平泉中尊寺金色堂ガラス製品、宇治平等院阿弥陀如来坐像台華盤ガラス製品など複数認められる（朝比奈ら;1953a, 白瀧ら;2011, 中村;2011, 越田;2012, 中井ら;2012）。これらの新たなガラス生産と、それまでの鉛ガラス生産との間に関連があったとすれば、材料などの供給手段も踏襲されていた可能性がある。しかし奈良時代の生産関連遺跡は未検出であり、カリウム鉛ガラスの生産関連遺跡も平安時代以降に比定される博多遺跡群、室町時代の一乗谷朝倉氏遺跡に報告事例が認められるが希薄であると言わざるを得ない。以上のように、考察対象となる資料が十分とはいえない状況ではあるが、ここでは、平安時代の生産関連遺跡と消費地遺跡のそれぞれから出土するガラス製品を比較することによって、現状でわかる範囲で、国内生産について検討を加えていくことにする。

ガラス製品の製作について、原料からガラス素材を作る工程を一次生産、ガラス素材もしくはガラス製品を溶融し、製品に加工する工程を二次生産と本稿では呼称する。ガラス素材を利用する工程を一次生産、ガラス製品を再利用する工程を二次生産とする意見もあるが、本稿では鉱石等の原料からの製品をつくるまでの一連の工程を総合的に追いかけているため、前述のように定義することとした。ここでは一次生産について着目する。

7世紀後半から8世紀初頭の奈良県飛鳥池遺跡では、鉛鉱石の付着した埴塼が出土しており、鉛同位体比から国内産原料の使用が確認されたことから、ここで一次生産のおこなわれていたことがまず明らかとなった（肥塚ら;1992）。その後、同じく飛鳥池遺跡から出土した鉛釉陶器に、国内産の鉛原料が使用されていることがわかり、同時期に鉛釉も生産されていたことが明かとなった（降幡ら;2012b）。鉛釉陶器はその後の奈良三彩を経て、緑釉陶器として平安時代を通じて生産されている。10世紀後半になると京都府清凉寺釈迦像胎内納入ガラス瓶のように、宋から輸入された新たな材質であるカリウム鉛ガラスが出現する（Brillら;1979）。

本研究で対象とした福岡県博多遺跡群は、1977年から継続して発掘調査がおこなわれ、多くの遺構と遺物が発見され注目されている（大庭ら編;2008, 大庭;2009）。ガラス製品や、ガラス質資料が内部に付着した壺（本稿では埴塼とする）が出土するなど、中世におけるカリウム鉛ガラス生産関連遺物が最も多く出土している遺跡である（比佐;2008）。博多遺

跡群は、大宰府鴻臚館が11世紀後半頃に衰退し博多に貿易の拠点が移った頃から、遺構・遺物が激増する。本研究の対象資料と時期が重なる11世紀から13世紀半ばころまでは、宋の商人を主体とした貿易が栄え、日宋貿易の一大拠点であった。また博多遺跡群からは、ガラスや鉄・銅、骨などの工房跡や関連遺物が出土しており、様々な生産がおこなわれていたことが明らかとなっている。

これまで、博多遺跡群出土ガラス関連遺物の自然科学的な調査は、まず第59次、第62次、第71次の調査で出土した白磁片・坩堝付着ガラス質資料9点、緑色ガラス製品2点に対して、ガラスの化学組成や鉛同位体比、X線回折分析による坩堝胎土の焼成温度推定などが実施されている（山崎ら；1993a, 1995a, 1996a, 1996b, 1996c）。

鉛同位体比分析の結果からは、白磁片・坩堝付着ガラス質資料のうち3点が対馬の対州鉾山産、緑色ガラス製品の2点がいずれも中国産の原料であることがわかった。また坩堝

表 3-3-1 資料詳細

No.	資料	坩堝分類	所属時期		発掘回数
1	坩堝資料	-a類	11世紀後半～12世紀前半	前期	博多遺跡62次
2		-a類	11世紀後半～12世紀前半	前期	博多遺跡62次
3		-a類	11世紀後半～12世紀前半	前期	博多遺跡62次
4		類	11世紀代～12世紀	前期	博多遺跡62次
5		-a類	12世紀後半	中期	博多遺跡147次
6		-b類	12世紀後半	中期	博多遺跡115次
7		類	12世紀後半	中期	博多遺跡50次
8		類	12世紀後半	中期	博多遺跡50次
9		類	13世紀後半～14世紀前半	後期	博多遺跡62次
10		類	13世紀後半～14世紀前半	後期	博多遺跡62次
11		類	時期不明		博多遺跡4次
12		-a類(転用無)	11世紀代～12世紀	前期	博多遺跡35次
13		-b類(転用無)	11世紀代～12世紀	前期	博多遺跡100次

No.	資料	形状	所属時期		発掘回数
14	ガラス製品	淡緑色容器片	12世紀前半	前期	博多遺跡107次
15		乳白色璧	12世紀後半～12世紀末	中期	博多遺跡35次
16		青色ガラス塊	12世紀後半～12世紀末	中期	博多遺跡115次
17		淡青色容器蓋片	12世紀後半～12世紀末	中期	博多遺跡115次
18		乳白色容器片	13世紀代 _カ	後期	博多遺跡71次

No.	資料	器種	所属時期		出土遺跡
19	緑釉陶器	椀	11世紀中頃	前期	吉塚祝町遺跡
20		椀	13世紀後半～14世紀	後期	吉塚祝町遺跡
21		椀	10世紀・12世紀前半	前期	吉塚祝町遺跡
22		椀	古代～15世紀後半	後期	吉塚祝町遺跡
23		椀	時期不明		吉塚祝町遺跡
24		椀	時期不明		吉塚祝町遺跡

胎土のX線回折分析から、第59次調査出土坩堝は1000～1200 程度で焼成されたものと推定された。第62次調査出土坩堝は推定焼成温度が約1200 の資料4点、約1200 だが高温に保たれていた時間が短いと考えられる資料1点、ムライトが生成されクリストバライトが生成されていない推定焼成温度が約1000 の資料2点、長石が残存し、ムライトが生成されていない推定焼成温度が約1000 の資料1点が報告されている。これらの坩堝は胎土が緻密ではなく耐火度が不十分とみられるため、他所で製造されたガラスをこれらの中で再度溶融して、鋳型などに注入し、製品を作るのに使われたのではないかと述べられている。第71次調査出土坩堝は、1200 以上で焼成された上、ガラスの融解に使われたのであろうと報告されている（山崎ら;1993a,1995a,1996a,1996b,1996c）。

さらに、ガラス玉、容器片、ガラス塊、坩堝付着ガラス質などを含む124点に対して定性分析が実施されている（比佐;2009,比佐ら;2010）。それらによれば、資料は青～緑色系統の色調が多く、カリウム鉛ガラスが多数を占めている。また資料数は多くないが、鉛が検出されず、カルシウム・カリウムが多く検出される資料も見られ、カリウム石灰ガラスである可能性が指摘されている。

近年の研究（比佐;2008）によって、博多遺跡群出土坩堝が分類できることがわかってきたため、本研究ではそれを踏まえ、坩堝の内部に付着したガラス質資料（以下、坩堝付着ガラス質資料とよぶ）の鉛同位体比分析をおこなった。また、ガラス製品と坩堝付着ガラス質資料との関連性を調べるために、同遺跡群出土のガラス製品についても同様の調査をおこなった。さらに、周辺にある吉塚祝町遺跡から出土した防長産と考えられる緑釉陶器の鉛同位体比分析もおこない、少なくとも9世紀頃には流通していることが知られている対州鉾山産とみられる鉛が（高橋;2001b）カリウム鉛ガラス以外にも用いられているかどうか、調査をおこなった。

分析に供した資料は、博多遺跡群出土の坩堝付着ガラス質資料11点（No.1～11）、坩堝と同じ 類（詳細は次段落に記載）であるが、転用痕跡のない（ガラスが付着していない）無釉の壺または水注2点（No.12、13）、ガラス製品5点（No.14～18）、吉塚祝町遺跡出土緑釉陶器6点（No.19～24）である（附図3）。転用痕跡のない無釉の壺または水注を追加した理由は、1200 程度の被熱が土器自体の焼成温度なのかどうかを明らかにするためである。資料No.1～11、No.14～18のガラス質資料・ガラス製品は、化学組成の分析、資料No.1～11、No.14～24のガラス質・ガラス製品・緑釉は、鉛同位体比分析、No.1～13では焼成温度に関する分析を行った。

新たに提示された坩堝の分類は以下のとおりである（比佐;2008）。資料詳細は表3-3-1に示す。いずれも博多遺跡群出土資料である。

- ・ -a 類：中国福建省産の無釉の壺または水注を坩堝へ転用したもの
- ・ -b 類：中国福建省産の褐釉の壺または水注を坩堝へ転用したもの
- ・ 類： -a 類を模して坩堝専用として国内で生産されたと考えられるもの
- ・ -a・ -b 類は器壁が薄く、胎土の粒子が微細であり、把手があるなどの特徴を有する

のに対し、Ⅱ類は器壁が厚く、粗粒の胎土が用いられており、把手の機能がみられないなどの違いがみられる。またⅡ-b類よりもⅡ-a類の出土例が多い。埴埴資料の遺構年代の詳細は表1に示す。ここでは大きく3時期に分類し、前期として11世紀から12世紀前半、中期として12世紀後半、後期として13世紀以降とした。本研究の調査に供したものは、前期として埴埴Ⅱ-a類3点、埴埴Ⅱ類1点、転用痕跡のない壺または水注2点、中期として埴埴Ⅱ-a類1点、埴埴Ⅱ-b類1点、埴埴Ⅱ類2点、後期として埴埴Ⅱ類2点、時期不明資料1点である。この埴埴付着ガラス質は風化などの影響が少ない箇所では青色～緑色の寒色系を呈している。

本研究で調査対象とした埴埴の器形は、今のところ博多遺跡群からの出土例が最も多く、なかでも集中する地点として御供所町西端、冷泉町、祇園町中央部の3か所があるが、明確な遺構は発見されておらず工房の詳細は不明である（比佐;2009）。博多遺跡群以外でも周辺の箱崎や吉塚祝町といった遺跡や大宰府などでは類例があるものの、他地域では報告されていないため、当時のカリウム鉛ガラス用の埴埴として一般的な器形であったかどうかは不明である。いっぽう7世紀後半の飛鳥池遺跡出土のガラス埴埴は砲弾形をしており、類似資料として藤原京右京一条二坊（奈良国立文化財研究所;1992）、奈良時代の平城京左京七条一坊（奈良国立文化財研究所;1997）および滋賀県中畑遺跡（滋賀県教育委員会・滋賀県文化財保護協会;2005）など、タタキや底部の相違はあるものの他の地域や遺跡でも複数確認できるため、ある一定期間、鉛ガラスの埴埴として使用された一般的な器形であったといえる。またこれらの器形の埴埴付着ガラス質について一部は鉛同位体比分析がおこなわれており（肥塚ら;1993）、長登鉾山や蔵目喜銅山産の可能性が指摘されている。

分析対象としたガラス製品は、吹きガラス製（井上;2011）と考えられる青色～緑色を呈する容器片1点・容器蓋片1点、乳白色不透明を呈する厚手の容器片1点・壁1点、青色を呈するガラス塊1点である（表3-3-1）。博多遺跡群では青色～緑色のガラス製品の出土例が多く、埴埴付着ガラスは青色～緑色を呈しているものが多いため、ガラス素材として利用した候補のひとつとなる。しかし、現状では鉾石や埴埴以外に成形のための道具類などが確認されていないため、色調と材質から推測するしかない。本研究では、色調が青色～緑色の資料で、材質がカリウム鉛ガラスの資料を選択し、それらの鉛原料に着目することにした。淡褐色～乳白色を呈するガラス付着物が残存している埴埴は、風化の影響により本来の色調を失ったものとみられているが、確認のため、同系色のガラス製品（前期1点、中期3点、後期1点）を選択して比較をおこなった。第115次調査では、青色～緑色の埴埴付着ガラス質資料と、同系色のガラス塊、容器蓋片が出土しているため、これらも分析資料に加えた。

比較資料として、博多遺跡群から約2km離れた地点にある吉塚祝町遺跡から出土した緑釉陶器6点も分析に供した（表3-3-1）。考古学的な所見から、長門・周防に生産地のあった資料（ここでは防長産と呼称する）と判断されているものである。所属時期と点数は、前期2点、後期2点、時期不明2点である。

緑釉陶器は、長門では9世紀前半頃から10世紀頃、周防では10世紀頃から11世紀頃に生産していたと考えられているため、これらの緑釉陶器は、博多遺跡群から出土した資料の前期と同時期、もしくはやや古い時期の資料と考えられる。吉塚祝町遺跡からも博多遺跡群出土資料と同様のカリウム鉛ガラスの埴塼1点が出土している。緑釉の鉛原料は鉛同位体比分析から長登鉱山・蔵目喜銅山周辺のもものが使用されていると考えられているが(齋藤努;2001b) 対州鉱山と考えられる鉛同位体比と近い値を示す鉛釉陶器が確認された事例もあるため(降幡;2012c) カリウム鉛ガラス以外の資料にも用いられているかどうかに着目した。

3-3-1 ガラス・釉薬の蛍光X線分析

分析結果を表3-3-2に示す。表面から測定しているため、埴塼付着ガラス質資料は、風化の程度によって得られる分析値がさまざまに変動する。そこで、ガラス表面の風化層を研削して内部を測定した山崎らの結果(山崎ら;1993a)と比較し、表面風化による変質の程度が少ない資料の抽出を試みた。

山崎らの報告によれば、表面層で二酸化ケイ素45.6wt%、酸化鉛42.6wt%、酸化カリウム約1.8wt%の数値だったものが、0.5mm~1mm研削した結果、二酸化ケイ素35.5~36.5wt%、酸化鉛51.9~49.9wt%、酸化カリウム11.4~12.4wt%となった。このことから、酸化カリウムは風化の影響を特に強く受け、表面層と内部とで数値が大きく変化することがわかる。本研究における埴塼付着ガラス質資料1点(No.5)と製品3点(No.14、15、18)の分析値(表3-3-2)は、二酸化ケイ素約36~46wt%、酸化鉛約37~49wt%、酸化カリウム約11~14wt%であった。これらは酸化カリウムの値が山崎ら(山崎ら;1993a)による研削後の数値に近い。そこで風化の程度が小さく、本来のガラス組成により近いものと判断した。これら4点の資料の値を比較すると、酸化カルシウム含有量に僅かな差異があるものの、全体とし

表 3-3-2 埴塼付着ガラス質・ガラス製品の化学組成(wt%)

No.	資料	分類・形状	色調	SiO ₂	PbO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	CuO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
1	埴塼付着 ガラス質	-a類	淡緑色	68.9	21.7	3.4	0.69	0.26	0.88	0.37	0.20	2.5	1.0
2		-a類	淡緑色	54.5	35.3	2.3	0.20	0.14	0.58	0.11	0.35	2.2	4.3
3		-a類	淡緑色風化	43.9	43.2	1.1	0.19	0.21	2.5	0.43	0.56	1.1	6.9
4		類	淡褐色風化	24.1	69.4	0.48	0.21	0.12	0.42	0.13	0.43	0.19	4.5
5		-a類	青緑色	37.9	48.5	0.74	0.11	0.14	0.09	0.12	0.50	11.4	0.56
6		-b類	青緑色	44.5	44.0	0.91	0.23	0.11	0.19	0.67	0.43	8.4	0.55
7		類	淡緑色	59.5	22.6	6.7	1.4	0.20	1.4	1.1	0.33	1.8	4.8
8		類	淡緑色	48.7	39.6	2.5	0.99	0.61	3.0	1.1	0.64	0.20	1.4
9		類	淡褐色風化	8.3	60.5	1.0	0.36	0.13	9.4	0.12	0.51	0.18	19.4
10		類	淡褐色風化	58.5	17.2	4.7	2.5	0.17	4.4	0.09	0.54	3.8	6.6
11		類	淡褐色風化	8.8	53.1	2.2	0.67	0.37	15.5	0.34	0.72	0.25	18.1
14	ガラス製 品	容器片	淡緑色風化	36.4	49.2	0.74	0.15	0.10	0.13	0.09	0.49	12.2	0.48
15		壁	乳白色	43.5	40.1	0.66	0.11	0.12	0.32	0.06	0.64	14.2	0.35
16		ガラス塊	青色	39.2	50.0	0.91	0.16	0.10	0.03	0.62	0.31	8.1	0.64
17		容器蓋片	淡青色	39.3	48.1	0.79	0.28	0.11	0.08	0.70	0.52	9.5	0.66
18		容器片	乳白色	45.6	36.9	0.79	0.16	0.11	1.6	0.06	0.63	13.8	0.37

て化学組成に顕著な違いはみられなかった。このことから、異なる時期である前期 (No.14)・中期 (No.15)・後期 (No.18) のガラス製品相互や、同時期である中期の埴埴付着ガラス質資料 (No.5) とガラス製品 (No.15) との比較では、化学組成にはほとんど相違がないと判断した。

これに対し、表面が白色層で覆われ風化の程度が大きい可能性が考えられた資料 (No.3、4、9、10、11；表 3-3-2 参照) は、酸化カルシウム・酸化リン含有量が多く、化学組成が他の資料とは大きく異なっていた。これらについて山崎ら (山崎ら;1960) は、動物・人体の遺体や排泄物などの影響により、風化によって組成が変化したのではないかと考察している。本研究の分析結果でも、酸化カルシウムとともに酸化リン・酸化鉛が高濃度で検出されている。このうち酸化鉛は、カリウム鉛ガラスの表面に、炭酸鉛などの風化の影響による生成物が付着したものと考えられ、またリンを含む塩化トリス(燐酸)五鉛 ($\text{Pb}_5\text{Cl}(\text{PO}_4)_3$) も確認されている (山崎ら;1993a)。カルシウムとリンについては、山崎ら (山崎ら;1995a) の考察に従えば遺体等からの影響によるリン酸カルシウム等の付着が考えられる。博多遺跡群は都市遺跡であるため、人々の生活に関わる墓地や動物の遺骸、解体痕のある動物骨など、原因となり得る遺構や遺物が比較的高い頻度で出土する。ただし、埴埴出土地点において、遺体や排泄物等との関係を明確に認められる遺構や遺物が検出されているわけではなく、本資料との直接的な影響の有無を明言することは難しい。

11 世紀中ごろの平等院本尊阿弥陀如来坐像台座華盤納入品のガラス玉 (以下、華盤納入ガラス玉と略す) の調査では、酸化鉛 67~74wt%、二酸化ケイ素 16~26wt%、酸化カリウム 0.3~2.1wt%を含む鉛ガラスが検出された (白瀧ら;2011)。この坐像と時期が重なっていることから、本研究で分析に供した資料の中にも鉛ガラスが含まれている可能性がある。その点について、以下に検討してみることにする。

華盤納入ガラス玉では、酸化カリウム含有量が多い資料で 1.0wt%以下であった。そこで、本研究の資料についても、酸化カリウム 1.0wt%以下の資料 4 点 (資料 No.4、8、9、11) に着目することにした。これらのうち、資料 No.9、11 は酸化リンがそれぞれ 19.4 wt%、18.1 wt%、酸化カルシウムがそれぞれ 9.4 wt%、15.5 wt%と濃度が高いことから、風化の程度が著しいことがわかる。前述した山崎ら (山崎ら;1993a) の報告でみられるように、酸化カリウムは風化による濃度への影響が大きい元素であるので、その濃度が低いのは、もともとの組成が低かったわけではなく、風化によって濃度が低下したものと考えた。資料 No.4 は、ほとんどの元素で白瀧ら (白瀧ら;2011) の報告している鉛ガラスと濃度は近いが、酸化リンの濃度がきわめて高くなっており、風化の影響があるものと考えられる。華盤納入ガラス玉とは異なり、資料 No.4 は表面層が白色化するほど風化が著しく進んでいることが、目視によっても認められる。資料 No.8 は、二酸化ケイ素、酸化鉛含有量が山崎ら (山崎ら;1993a) の報告している風化した表面層の数値に近い。このことから、酸化カリウム含有量が少ないのは、カリウム鉛ガラスの風化によってカリウムが溶出したためであると考えられる。以上の点から、本研究で分析に供した資料に鉛ガラスは含まれず、いずれもカ

リウム鉛ガラスであると判断される。

資料 No.8 からはヒ素が検出された。平等院本尊阿弥陀如来坐像台座華盤納入品のガラス玉とガラス片（白瀧ら;2011、中井ら;2012）からヒ素を含む資料が 9 点報告されている。それらの基礎ガラスにはカリウム鉛ガラスと鉛ガラスの両方があり、色調も多様である。ガラスへヒ素を混入には、清澄剤や消色剤としての効果が期待できる。少量の清澄剤を添加することによってガラス中の気泡が取り除かれることが知られており、現代の鉛クリスタルガラスの場合、約 0.3～0.5wt%のヒ素が、アルカリ硝酸塩（硝石と考えられる）とともに添加されている（田中;1999a）。消色効果としては、鉛ガラスに含まれる鉄（ Fe^{2+} ）の酸化剤のひとつとしてヒ素が挙げられ、鉄の濃度に応じた分量が添加される（立和名;1999）。ただし、本研究で対象とした資料 10 点のうち、ヒ素が検出されたのは資料 No.8 の 1 点のみであり、また濃度も約 1.0wt%とやや高めであるため、意図的に添加したものではなく、不純物の可能性も考えられる。

3-3-2 ガラス・釉薬の鉛同位体比分析

分析結果を表 3-3-3 に示す。また $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比と $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比の関係（a 式図）および $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比と $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比の関係（b 式図）を図 3-3-1～図 3-3-5 に示す。

坩堝付着ガラス質資料の測定結果を図 3-3-2 に示す。前期に分類される坩堝 4 点（No.1～No.4）は、値にばらつきはあるが C 領域に 3 点、D₂ 領域に 1 点（No.1）が分布し、複数産地の鉛が使用されていることがわかった。No.1 については、b 式図では D₂′ 領域からやや外れているがその延長上にあり、また a 式図でも D₂ 領域にあるので、このように判断した。No.3 は対州鉱山（図 3-3-2、馬淵ら;1987,1990）の数値に近いがやや外れた位置にあることから、対州鉱山産原料に他の産地の原料が混合されている可能性がある。

中期に分類される坩堝 4 点（資料 No.5～8；図 3-3-3）は -a 類・ -b 類、 類の区別なく、すべて対州鉱山と一致する値を示した。さらに、後期に分類される 類と時期不明坩堝 3 点（資料 No.9～11）についても対州鉱山と一致する値を示した。以上から、カリウム鉛ガラスの鉛原料は、12 世紀前半までは一部に朝鮮半島南東部産原料も含む複数産地のものが使用されていたが、12 世紀後半以降は、日本産の原料のみとなり、さらにそれは対馬の対州鉱山の鉛原料であると判断される。

次にガラス製品の結果を図 3-3-4 に示す。1 点（No.16）が C 領域、2 点（No.14、15）が B 領域の数値を示し、1 点（No.17）は B 領域と C 領域の中間に位置し、1 点（No.18）は a 式図では D 領域、b 式図では B′ 領域に位置している。C 領域に含まれる資料（No.16）は、対州鉱山と一致する値を示した。この資料は、博多遺跡群 115 次調査において坩堝（No.6）と供出している資料であり、同じ産地の鉛原料であることがわかった。No.17 の吹きガラス製容器蓋片は同じ 115 次調査においてこれらと供出している資料だが、No.6、16 とは異なる鉛同位体比値を示す結果となった。ガラス製品は、B 領域に値が分布しているものの、値のばらつきが大きく、複数の産地の可能性が考えられる。また初期の製品である No.14

は、データとしては中国華中～華南産とされているB領域にあるが、朝鮮半島産原料の可能性のあることが指摘されたグループGBの可能性も考えられる(齋藤ら;2009)。乳白色の厚手のガラス No.15、18 は、淡褐色～乳白色を呈する坩堝附着ガラス質(資料 No.9～11)の鉛同位体比值とは一致しなかったことから、坩堝で乳白色ガラスを溶融したというよりも、風化の影響により本来の色調を失ったものであるという従来の見解と矛盾しない。No.15～18 は、坩堝の中期・後期に対応しており、これは坩堝附着ガラス質資料では国産の鉛原料のみが検出された時期にあたる。そのためガラス素材としてではなく、すでにできあがった製品として持ち込まれた可能性が高い。このように博多遺跡群からは、複数産地の鉛原料を用いた坩堝附着ガラス質資料およびガラス製品が認められる。中国陶磁の出土量からだけではなく鉛同位体比分析結果からも、博多と中国・朝鮮半島との貿易の関係の深さをうかがわせる結果となった。平尾(平尾;2008)、石川ら(石川ら;2008)は11世紀から12世紀の紀年銘をもつ経筒の鉛同位体比分析をおこない、それまで国産原料だったものが、12世紀後半になると中国華中～華南産原料になると報告している。そして、その理由として、国内で銅の生産が停滞したため、宋銭を輸入して青銅原料として使用したのではないかと推定している。国内における銅の産出減が要因として挙げられているものの、ここで注意すべきことは、同位体比分析の対象となっているのは銅ではなく、青銅の中に含まれている鉛だという点である。したがって、経筒の原料の一つである鉛は、はじめから青銅として混合された形で中国から日本へ輸入されており、青銅に用いられている鉛は、銅と同じ供給体制によって調達されていたことになる。

これに対し、本論文の結果では、12世紀後半に属する坩堝附着ガラス資料のNo.5～8とガラス製品No.16は、鉛同位体比が対州鉱山の数値と重なっており、日本産の鉛原料が使用されている。このことは、カリウム鉛ガラスの原料、特に鉛は、青銅製品のそれとは異なる供給体制によって調達されていたことを意味している。

吉塚祝町遺跡から出土した緑釉陶器の鉛同位体比分析結果を図3-3-5に示す。すべての資料の値はC領域内に含まれるが、カリウム鉛ガラスが多く分布する対州鉱山の値とは異なる範囲に測定値が集中している。これは緑釉、皇朝十二銭などの青銅製品が数多く分布し、山口県長登銅山や蔵目喜銅山産原料の可能性が指摘されている領域(グループ)である(齋藤;2001a, 2001b)。このことから、博多遺跡群に最も近い地域で生産された緑釉陶器であるにも関わらず、カリウム鉛ガラスとは異なる原料が使われていることがわかる。また、産地こそ異なっているものの、上述の博多遺跡群出土坩堝附着ガラス質資料と同様に日本産原料を使用しているものであり、青銅製品の原料との相違が認められる。陶器の釉薬とカリウム鉛ガラスの生産に共通の材料が用いられていないことから、供給体制による差異とも考えられるし、所属時期が、本資料の緑釉のほうがやや古くなるため、11世紀から12世紀にかけ鉛原材料の供給元が変化したことも考えられる。

表 3-3-3 坩堝付着ガラス質・ガラス製品・緑釉の鉛同位体比

No.	資料	分類・形状・器種	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
1	坩堝付着 ガラス質	-a類	0.8355	2.0806	18.791	15.699	39.097
2		-a類	0.8463	2.1001	18.528	15.681	38.910
3		-a類	0.8490	2.1092	18.439	15.655	38.891
4		類	0.8479	2.1103	18.470	15.660	38.977
5		-a類	0.8478	2.1100	18.470	15.658	38.973
6		-b類	0.8473	2.1079	18.474	15.653	38.941
7		類	0.8476	2.1088	18.460	15.646	38.929
8		類	0.8480	2.1104	18.465	15.658	38.967
9		類	0.8480	2.1099	18.466	15.659	38.961
10		類	0.8478	2.1099	18.463	15.653	38.954
11		類	0.8475	2.1083	18.456	15.641	38.911
14	ガラス製品	容器片	0.8608	2.1215	18.150	15.624	38.506
15		壁	0.8649	2.1397	18.094	15.649	38.716
16		ガラス塊	0.8476	2.1089	18.463	15.650	38.936
17		容器蓋片	0.8514	2.1082	18.389	15.656	38.769
18		容器片	0.8486	2.1129	18.524	15.720	39.140
19	緑釉陶器	椀	0.8475	2.0923	18.413	15.606	38.527
20		椀	0.8474	2.0904	18.405	15.595	38.472
21		椀	0.8472	2.0896	18.401	15.590	38.451
22		椀	0.8472	2.0897	18.401	15.590	38.451
23		椀	0.8474	2.0901	18.401	15.593	38.460
24		椀	0.8475	2.0922	18.412	15.604	38.521

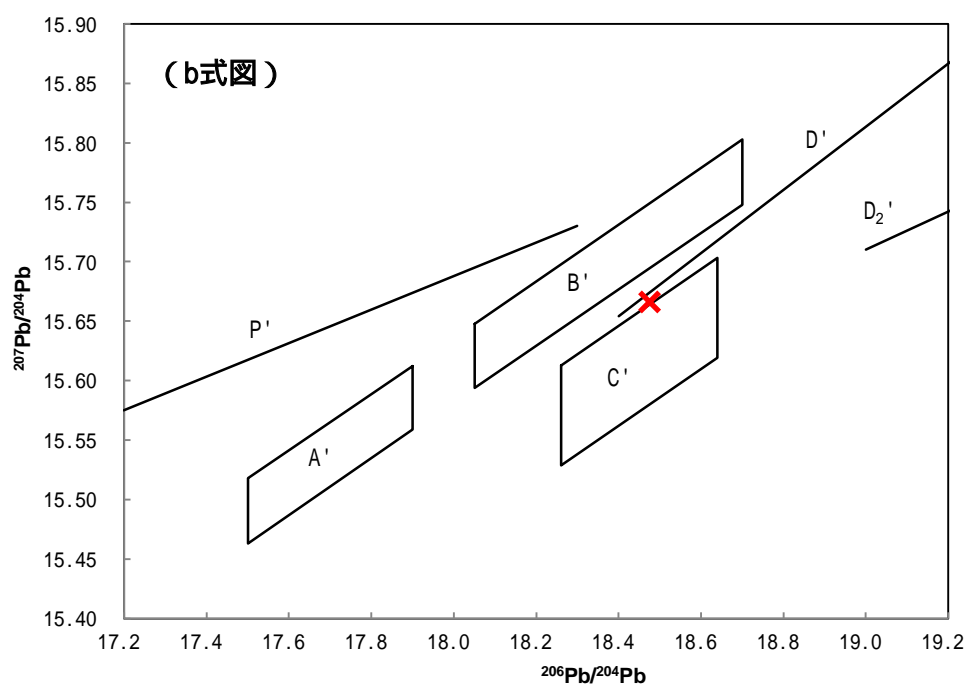
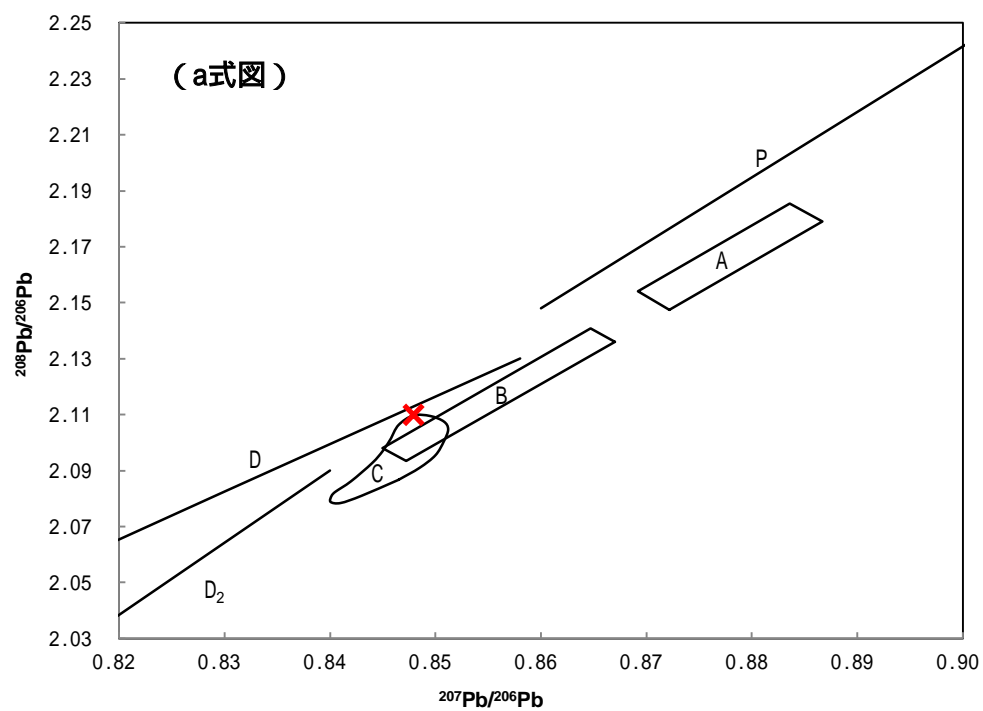


図 3-3-1 対州鉱山の鉛同位体比分析結果 (上:a 式図、下:b 式図)

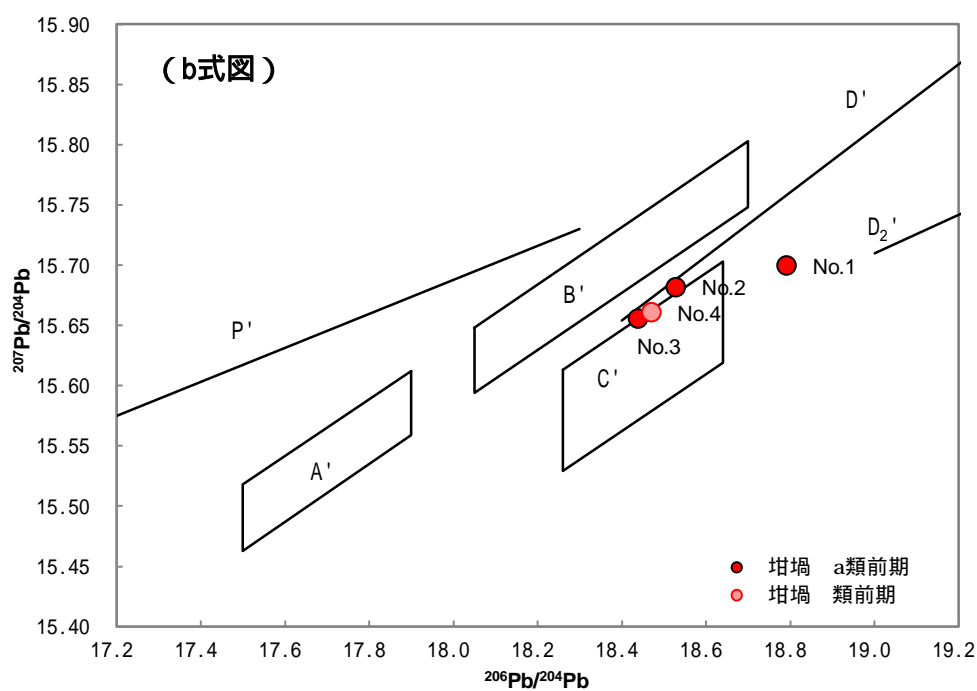
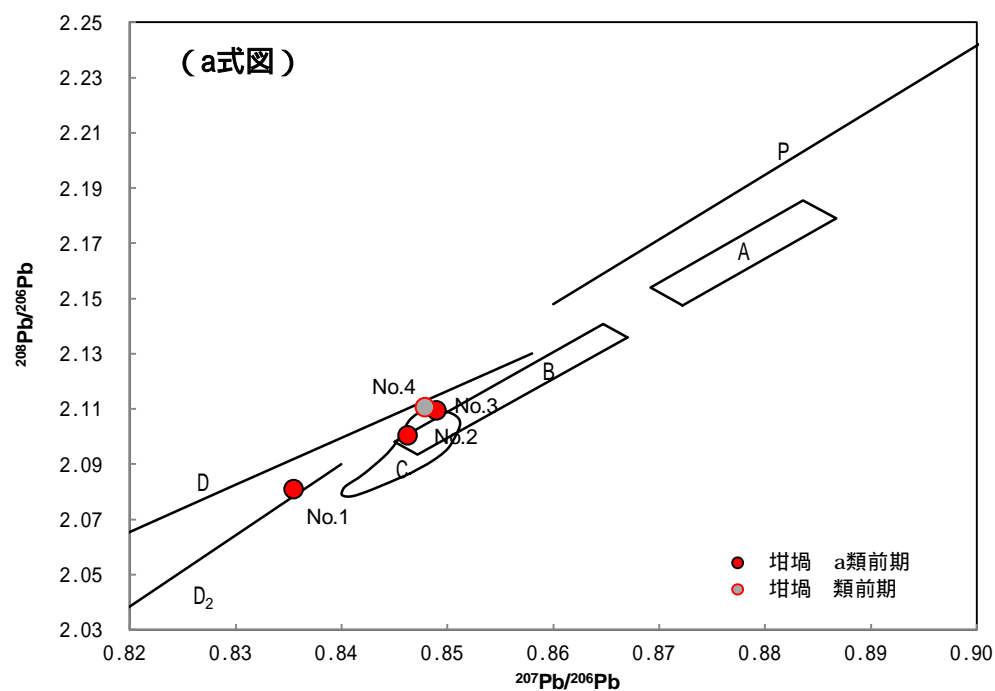


図 3-3-2 坩埚付着ガラス質資料(前期)の鉛同位体比分析結果(上:a式図、下:b式図)

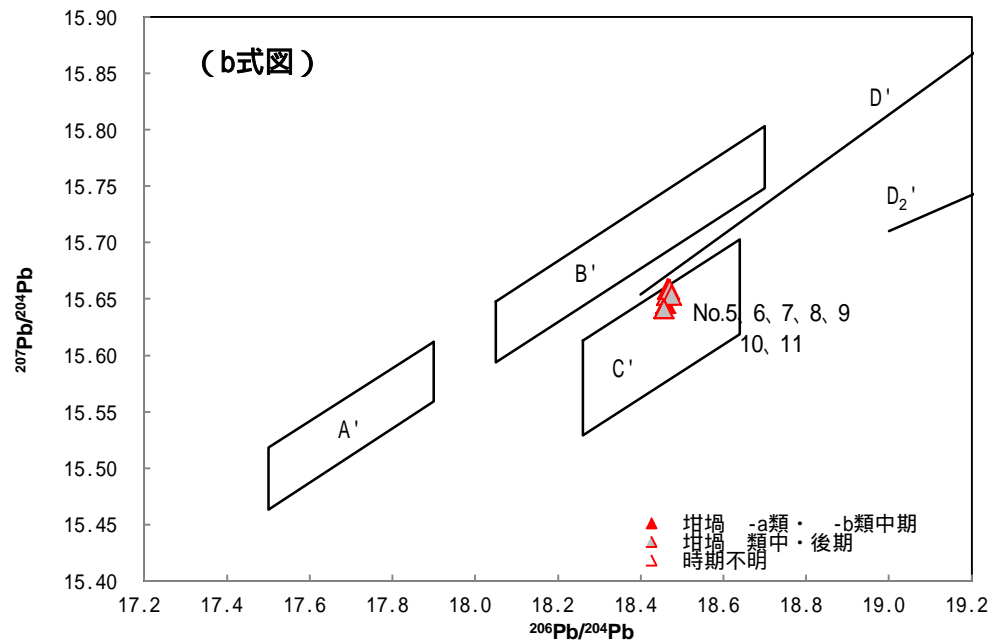
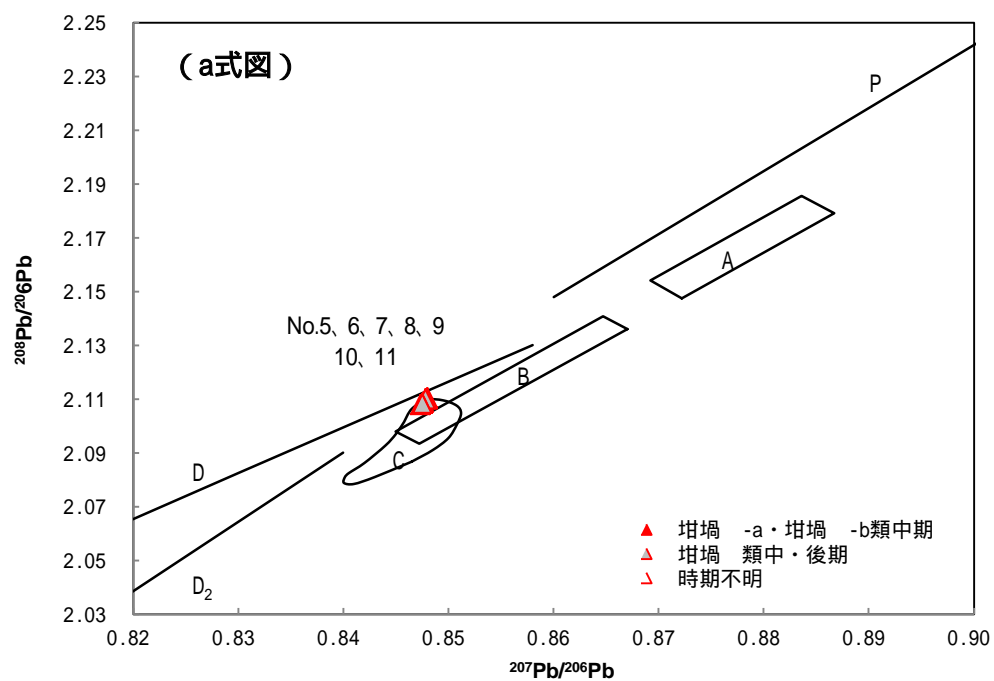


図 3-3-3 坩堝附着ガラス質資料(中期・後期)の鉛同位体比分析結果(上:a 式図、下:b 式図)

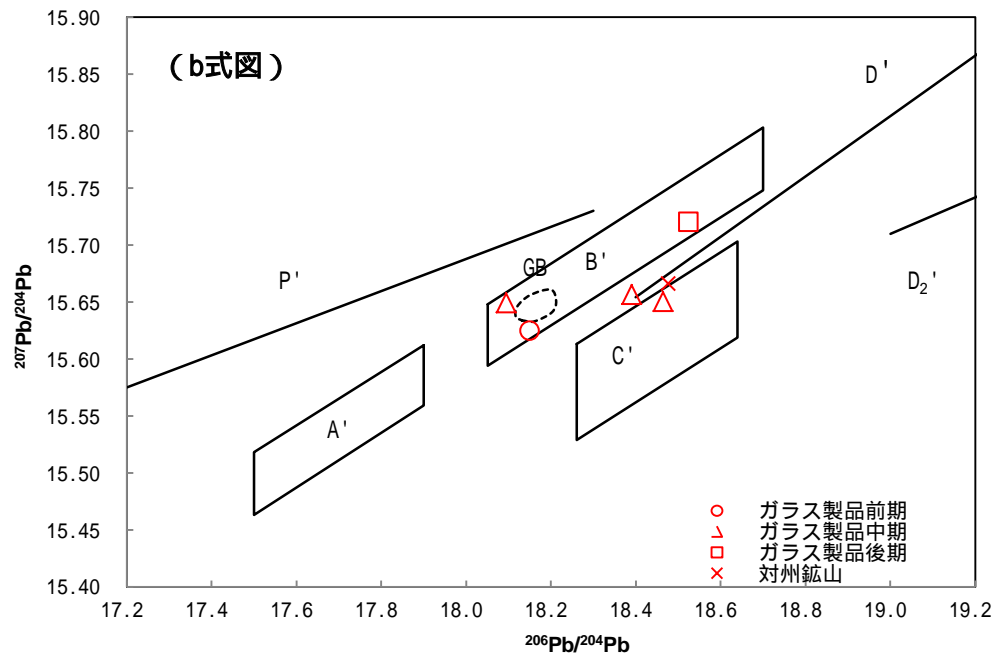
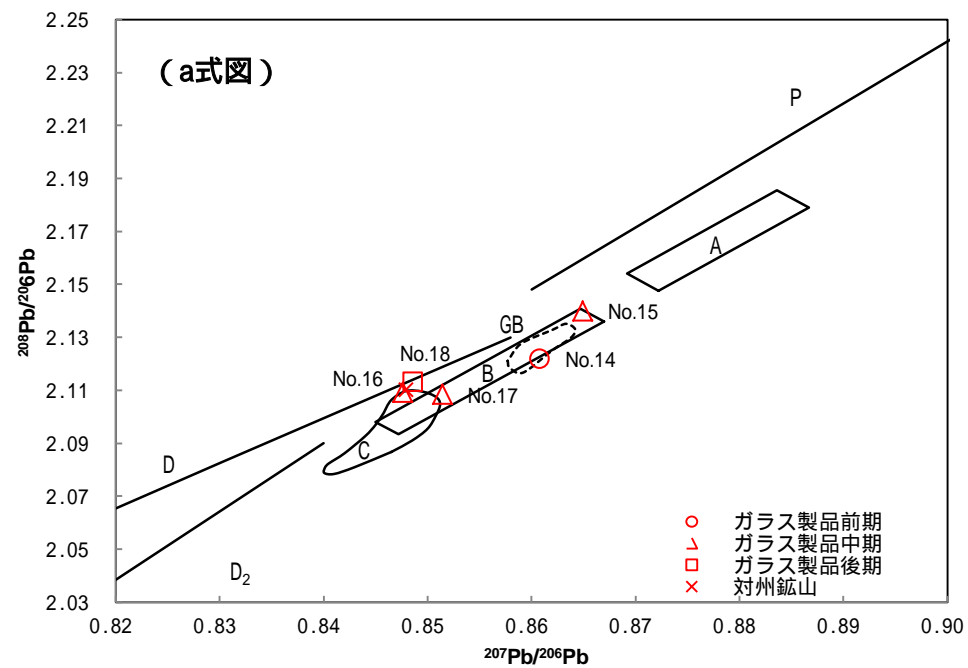


図 3-3-4 ガラス製品の鉛同位体比分析結果 (上:a 式図、下:b 式図)

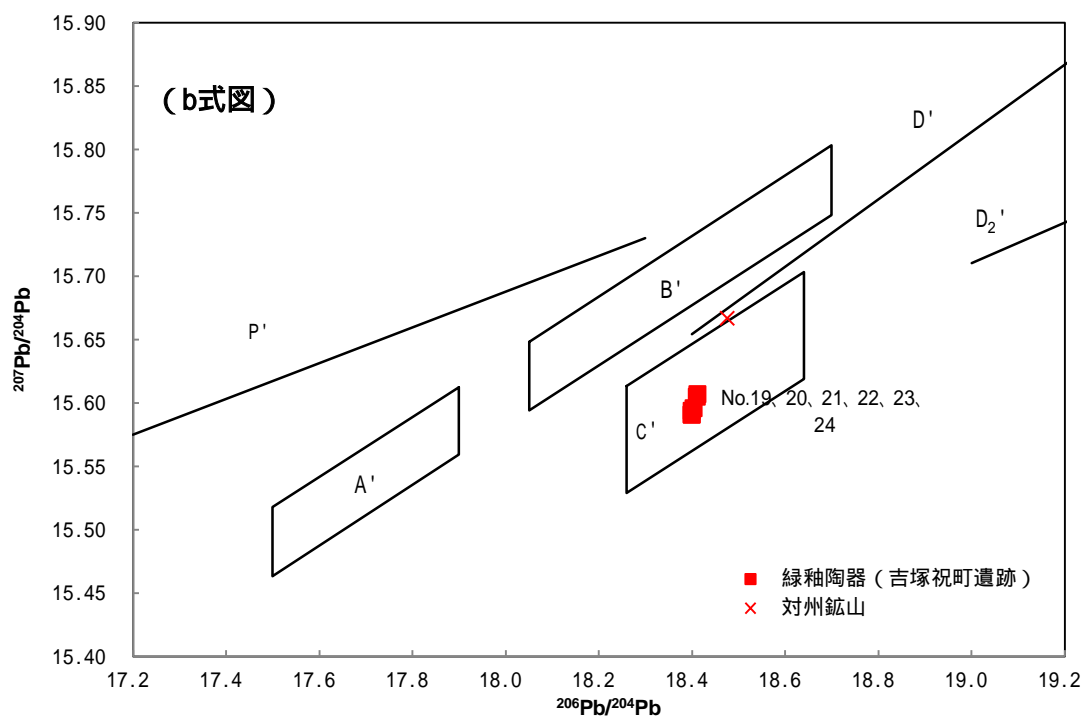
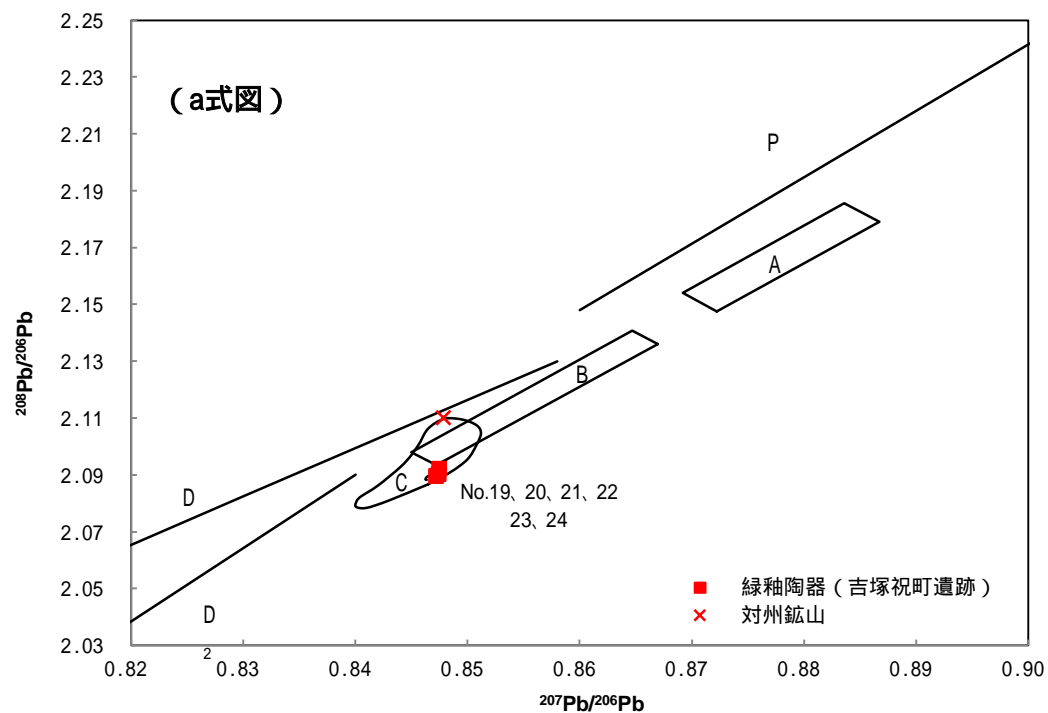


図 3-3-5 緑釉陶器の鉛同位体比分析結果 (上:a 式図、下:b 式図)

3-3-3 胎土の推定焼成温度

一次生産に用いられた坩堝であるか、二次生産に用いられた坩堝であるかを判断する手段のひとつとして坩堝の焼成温度の推定がある。坩堝の分類がおこなわれる以前の博多遺跡群の報告によれば（山崎ら；1993a，1995a，1996a）推定焼成温度が1000～1200 程度の資料1点（第59次調査）約1200 の資料4点、約1200 に達したが高温に保たれていた時間が短いと考えられる資料1点、約1000 の資料3点（第62次調査）と報告されている。そして、胎土が緻密ではなく耐火度が不十分とみられることから、これらのなかで原料を調合して融解し、坩堝として使用したとは考え難いと述べている。第71次調査出土坩堝は、約1200 以上で焼成された上、ガラスの融解に使われたのでであろうと報告されている（山崎ら；1996a）これらの報告を踏まえ、坩堝の一次生産への利用の可能性について検討していきたい。

本研究で対象としたカリウム鉛ガラスの液相温度は約720 と考えられるため（Gellerら；1936）二次生産のためには1200 のような高温は必要ではない。そこで1200 程度の被熱が土器胎土自体の焼成時に受けたものであるのかどうかを明確に示すために、今回は坩堝資料14点とともに、坩堝として転用されていない -a 類・ -b 類と同じ分類の資料2点を加えて調査をおこなった。

表 3-3- 4 坩堝胎土の X 線回折による胎土中の鉱物(; 検出、× 未検出)

No.	坩堝分類	ムライト	長石類	クリストバライト	焼成温度
1	-a類		×		約1200
2	-a類		×	×	約1200
3	-a類			×	約1100
4	類	×		×	約1000 以下
5	-a類		×	×	約1200
6	-b類		×		約1200 以上
7	類	×		×	約1000 以下
8	類	×		×	約1000 以下
9	類	×		×	約1000 以下
10	類	×		×	約1000 以下
11	類			×	約1100
12	-a類転用前		×		約1200 以上
13	-b類転用前		×	×	約1200

胎土から検出された鉱物種とそこから推定される焼成温度を表 3-3-4 に示す。資料は約 1200 もしくは 1200 以上のグループ（高温タイプ）と、約 1000 以下のグループ（低温タイプ）に大別された。中国産の転用坩堝である -a 類・ -b 類、および転用前の土器についてはすべて高温タイプであった。これらの結果から -a 類および -b 類の中国産転用坩堝には、土器自体の焼成時の被熱の履歴が残っている可能性が高い。ただし、1200 以上の被熱履歴を示した坩堝は、この分析手法では、焼成時の温度なのか、ガラスの一次生産時の温度なのか区別はつかないので、この坩堝がガラスの一次生産に使用された可能性を否定するものではない。原料から溶けたガラスを作るためには、鉱物原料の種類、石英粒子の粒径、坩堝内に入れる原料の量、溶融時間など様々な要因が関連する。実際の作業上、調合された原料が完全に溶融させ、泡が完全に無くなるまで保持するためには、溶融温度を液相温度よりも数百度高くしなければならない。温度と石英粒子の粒度が溶融時間に与える影響は大きく、溶融温度が高く、原料粒子が揃っていて細くなるほど溶融時間は短くなるということが確認されている（田中ら;1999b）。 類の坩堝で一次生産がおこなわれたとしても、溶融された鉱物原料の種類と坩堝に入れた原料の量、原料の粒径などが不明であるため、溶融温度と時間の関係はひとつには決まらない。溶融温度を約 1000 にし時間を長くすることにより、固相が消失するガラス化反応は生じることになる。しかし

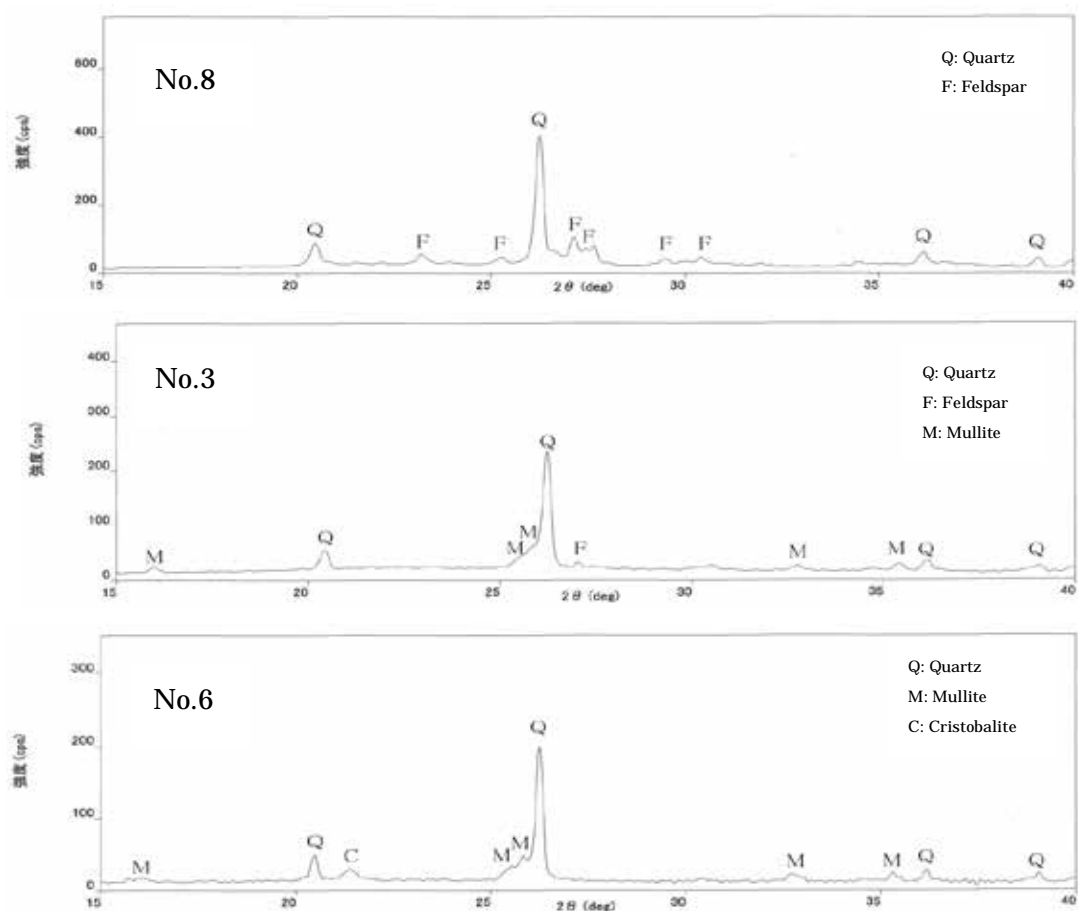


図 3-3-6 X 線回折図の一例

その場合には長時間の加熱による結晶相転移が生じることも考えられるため、ムライトの生成が確認できない 類の坩堝による原料の完全な溶融、脱泡は難しい。 類の坩堝は No.11 を除いてすべて低温タイプであり、二次生産をおこなうために製作された専用の坩堝であるという分類結果と合致している。

ここで、一般的にカリウム鉛ガラスよりも融点が高いとされる鉛ガラスのガラス転移温度および屈伏点、作業温度範囲について述べる。これは、二次生産を想定する場合、ガラスフリットを融解する際には泡切れをするために、屈伏点より少なくとも 100 程度は高温を維持する必要がある、坩堝の温度をさらに高くしなければならず、得られる推定焼成温度にも影響を与えるからである。また一次生産をする際には、原材料から融解するため、ガラスフリットよりも数百度程度は高い温度であることが必要である。これらの温度に関する知見を得るにあたっては、破壊分析であることから、出土遺物を用いることが困難であったため、実験室で製作した参考試料を使用して調査をおこなった。ガラスの加工時には作業温度範囲内での作業が必要である。たとえば鉛ガラスを用いたガラス玉の製作で、一般的に用いられる製作技法として巻き付け法があるが、巻き付けをおこなう実際の作業温度は、その化学組成からある程度推測することができる。ガラスの溶融には屈伏点以上の温度は必要で、また巻き付け法などの玉作りの作業温度はガラス転移温度から屈伏点までの範囲でおこなう。参考試料として製作した鉛ガラス、カリウム鉛ガラスの化学組成を表 3-3-5 に示す。

測定結果を表 3-3-6 に示す。鉛ガラス (No.1~5) のガラス転移温度 T_g は、酸化鉛含有量が多くなるにつれて約 530 から約 460 に、屈伏点は約 600 から 490 に下降していることがわかる。二次生産の際には、約 800 程度の温度が恒常的に必要であることになる。カリウム鉛ガラス No.7 は、酸化鉛含有量が類似する鉛ガラス No.4 を比較すると、ガラス転移温度は約 50 、屈伏点は約 35 低い。二次生産の際には、カリウム鉛ガラスでは約 750 程度の温度が必要であることになる。

実際の作業を考える際、温度域が広い方が作業性は良い。ここでは約 30 から 70 程度あることがわかった。酸化鉛含有量が多くなると融点は低くなり溶けやすいが、作業温度範囲は狭くなるため加工はやりにくくなる。

表 3-3-5 参考試料の化学組成(wt%)

No.	SiO ₂	PbO	Al ₂ O ₃	CaO	K ₂ O	想定資料
1	44	51	2	1	1	鉛ガラス
2	40	56	2	2	1	
3	35	60	2	2	1	
4	32	63	3	1	1	
5	28	71	tr	tr	tr	
6	52	39	5	1	tr	鉛釉
7	29	64	1	tr	7	カリウム鉛ガラス
8	56	29	tr	tr	14	

表 3-3-6 参考試料の温度依存性

No.	ガラス転移点 ()	屈伏点 ()	作業温度範囲 ()	膨張係数 ()
1	528	598	70	
2	510	581	71	
3	482	543	61	
4	482	520	38	
5	456	488	32	78.4
6	560	652	92	41.1
7	436	486	50	
8	474	544	70	

3-3-4 小結

考古学的な分類が新たにされた博多遺跡群出土埴塼資料に対して、自然科学的分析を実施し、分類との比較対照をおこなった。

埴塼付着カリウム鉛ガラスの鉛同位体比分析結果から、埴塼の分類、所属時期に対して鉛原料の産地に違いが見いだされた。11 世紀から 12 世紀前半までは、朝鮮半島産・対州鉾山産、およびそれらが混合された可能性を含む、複数の産地の鉛が使用されていたのに対し、12 世紀後半以降はむしろ日本産の鉛のほうが多く、対州鉾山産の原料のみによる生産へと収斂していることがわかった（表 3-3-7）。このようにガラス製品としては依然として中国で生産されたものがみられはするものの、国内で加工された中世のガラス原料は、時期により産地が異なっていたことが明らかとなった。さらに 12 世紀以降には、日本産の鉛原料のほうが多いことから、国内においてカリウム鉛ガラスの一次生産がおこなわれていた可能性が高い。博多遺跡群で再加工されているガラス素材（ガラス製品）が、どこで一次生産されたものであるかは今後の課題である。本研究ではガラス塊のみが埴塼付着ガ

表 3-3-7 埴塼資料の分析結果

所属時期	埴塼分類	推定される鉛原材料産地	推定焼成温度
前期 11世紀後半 12世紀前半	類; 中国産埴塼	華中・華南、朝鮮半島、国内産	1100 、1200
	類; 国産埴塼	対州鉾山	1000 以下
中期 12世紀後半	類; 中国産埴塼	対州鉾山	1200 、1200 以上
	類; 国産埴塼	対州鉾山	1000 以下
後期 13世紀以降	類; 国産埴塼	対州鉾山	1000 以下、1100
11世紀-12世紀	中国産; 転用無	-	1200 、1200 以上

ラス質資料と同様の対州産鉛鉱石であることが確認でき、吹きガラス製容器などの製品では対州産鉛鉱石は検出できなかった。今後同時期に相当する青色～緑色系ガラス製品について分析点数を増やしていきたい。

ここで対象とした時期、青銅製品、緑釉とカリウム鉛ガラスの生産には必ずしも共通の鉛原料は用いられていないことがわかった。その理由としては、11 世紀から 12 世紀にかけて鉛原料の供給元が変化したことや、生産体制の差異などを想定することができる。

3-4 緑釉陶器窯跡出土資料の調査

生産の主流が、多彩釉である奈良三彩から単彩の緑釉へと移り変わるのは、およそ8世紀末と考えられている（高橋;2002）。この画期は製作過程に起因するものではなく、当時の輸入磁器による趣向の変化であり（高橋;1997）奈良三彩の系統のものから、単彩中心の生産を経由して、中国磁器の形を模倣した緑釉陶器が量産されていくようになったと考えられている（古代の土器研究会;2003）。生産技術的な要件としては器種構成の違いを挙げられるが、胎土や釉薬の化学組成、鉛同位体比分析などについては、一部の窯跡の報告事例（山崎;1987, 齋藤ら;2002, 三辻;2010 など）はあるものの、各地域の窯跡出土資料に対して化学組成、鉛同位体比、推定焼成温度などを一体的に調査した例はない。

本研究では、8世紀末から9世紀に稼働していたと考えられる、当時の主な生産地のひとつである尾張地域の猿投窯鳴滝地区で、最も早くから緑釉陶器生産が行われていた亀ヶ洞窯1号窯跡および熊ノ前窯跡から出土した緑釉陶器破片について調査を実施し、この時期の緑釉陶器と奈良三彩の材料や生産技術の相違に関わる化学的特徴を検討した。また、9世紀後半から10世紀になると、平安京近郊や尾張地域以外へも生産地域は拡散し、尾北、東濃、防長、丹波、近江、二川などでも生産がおこなわれるようになる。本研究では、その中から、近年窯跡が検出されたものとして、京都府丹波の篠古窯跡群の大谷3号窯、滋賀県近江の春日北窯、現状で生産地の東限である愛知県豊橋市の二川窯などの生産遺跡から出土した資料の調査もおこなっている。本節では、両者を比較することによって、原材料や粘土、焼成温度などの生産技術に関わる化学的特徴の地域による相違を明らかにし、既報告との比較検討もおこなっていく。

3-4-1 猿投地域（亀ヶ洞窯1号跡・熊ノ前窯跡）

古墳時代から奈良時代にかけて、猿投窯では須恵器の生産がおこなわれていた。東海地域に緑釉生産の技術が伝播したのは9世紀前半（古代の土器研究会;1994, 尾野;2013）と考えられており、9世紀の尾張地域においては、緑釉陶器の素地は多くの窯で生産されたが、施釉時の焼成（二次焼成）は亀ヶ洞1号窯および熊ノ前窯に集中しているという特徴がある。このような生産形態は9世紀末までは継続していたようである。このため本研究ではこれらの窯跡出土資料を特に選択して分析・検討をおこなうこととした。

本研究で分析に供した緑釉陶器は9世紀から10世紀初頭に比定されている資料である。尾張での生産は、延喜式にも記述があり、また弘仁6年の尾張の工人の記述などから、畿内で技術習得をしたものが、810～840年には生産を開始したようである（古代の土器研究会;2001）。そのため、技術的には畿内の官営工房の系譜を受け継いでいると推測される。

調査対象とした資料は、亀ヶ洞窯1号跡から出土した資料として緑釉陶器8点・窯道具2点、熊ノ前窯跡から出土した資料として緑釉陶器17点・窯道具2点の計28点である（附図4）。詳細は表3-4-1-1に示す。

緑釉陶器の胎土は、考古学的な考察により分類された硬質胎土と軟質胎土に分けて分析

した。

3-4-1-1 胎土の化学組成

胎土の蛍光X線分析結果を表3-4-1-2に示す。図3-4-1-1は酸化アルミニウム(Al_2O_3)含有量と酸化鉄(Fe_2O_3)含有量を表示したものである。値にばらつきはあるが、亀ヶ洞窯跡出土資料に着目すると、酸化アルミニウム含有量によって、20wt%以下、20～25wt%、25wt%以上に大別できる。このうち25wt%以上に分布する資料は、奈良三彩のうち初期の陶枕資料、平城京出土施釉瓦・磚資料でもみられる。20～25wt%の範囲は、奈良三彩や奈良時代後期の平城京東院地区出土瓦・磚資料などと同様な範囲である。20wt%以下では、9世紀以降の緑釉陶器で数多くみられる範囲である。

表 3-4-1-1 亀ヶ洞1号窯跡・熊ノ前窯跡出土緑釉陶器・窯道具の資料詳細

No.	出土窯跡	出土地点		器種	注記	胎土	所属時期
1	亀ヶ洞窯跡01			椀		硬質	9世紀
2	亀ヶ洞窯跡02			椀			
3	亀ヶ洞窯跡03			椀			
4	亀ヶ洞窯跡04			椀			
5	亀ヶ洞窯跡05			椀			
6	亀ヶ洞窯跡06			椀		軟質	
7	亀ヶ洞窯跡07			椀			
8	亀ヶ洞窯跡08			椀			
9	亀ヶ洞窯跡09			トチン			
10	亀ヶ洞窯跡10			トチン			
11	熊ノ前窯跡01	第一地区	k-1	稜椀		軟質	9世紀第4四半期
12	熊ノ前窯跡02		k-1	皿	1tr西灰坑	硬質	
13	熊ノ前窯跡03		k-1	段皿	1tr西灰坑	軟質	
14	熊ノ前窯跡04		k-179	稜椀		軟質	
15	熊ノ前窯跡05		k-132	椀	報図3-2	軟質	
16	熊ノ前窯跡06		k-141	段皿	報図4-1	硬質	
17	熊ノ前窯跡07	第三地区	k-3	椀		硬質	9世紀第3四半期
18	熊ノ前窯跡08		NN285	椀		軟質	
19	熊ノ前窯跡09		1042	椀		軟質	
20	熊ノ前窯跡10		1047	三叉トチン		軟質	
21	熊ノ前窯跡11		1162	椀		軟質	
22	熊ノ前窯跡12		1253	椀		軟質	
23	熊ノ前窯跡13	第四地区	k-4	椀		硬質	9世紀末～10世紀初頭
24	熊ノ前窯跡14		k-4	線刻椀		軟質	
25	熊ノ前窯跡15		k-4	稜椀		硬質	
26	熊ノ前窯跡16		k-4	唾壺		硬質	
27	熊ノ前窯跡17		k-4	稜椀		硬質	
28	熊ノ前窯跡18		k-4	三叉トチン		軟質	

表 3-4-1-2 胎土の化学組成(wt%)

No.	出土窯跡	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	胎土	胎土色
1	亀ヶ洞窯跡01	73.6	21.5	1.6	0.96	0.61	0.12	0.57	0.98	硬質	黄白色
2	亀ヶ洞窯跡02	72.6	22.4	1.7	0.90	0.53	0.17	0.53	1.1		灰青色
3	亀ヶ洞窯跡03	76.6	17.2	2.0	0.89	0.49	0.22	0.88	1.7		黄白色
4	亀ヶ洞窯跡04	75.7	18.0	2.2	0.88	0.54	0.19	0.75	1.7		黄白色
5	亀ヶ洞窯跡05	68.7	24.6	2.7	1.0	0.77	0.29	0.68	1.3		黄白色
6	亀ヶ洞窯跡06	73.4	20.8	2.1	0.77	0.56	0.14	0.67	1.5	軟質	黄白色
7	亀ヶ洞窯跡07	66.1	28.3	2.4	0.81	0.63	0.08	0.50	1.1		灰白色
8	亀ヶ洞窯跡08	72.6	21.2	2.3	0.83	0.62	0.19	0.60	1.7		白色
9	亀ヶ洞窯跡09	65.7	28.2	2.2	1.3	0.78	0.13	0.60	1.1	トチン	白色
10	亀ヶ洞窯跡10	68.9	24.5	2.3	1.2	0.67	0.21	0.52	1.7		白色
11	熊ノ前窯跡01	72.9	20.4	2.4	1.2	0.61	0.27	0.54	1.7	軟質	黄白色
12	熊ノ前窯跡02	77.7	16.6	1.8	0.93	0.49	0.18	0.60	1.7	硬質	灰青色
13	熊ノ前窯跡03	69.3	22.5	3.1	1.1	0.76	0.26	0.82	2.1	軟質	淡褐色
14	熊ノ前窯跡04	71.7	22.1	2.6	1.0	0.49	0.17	0.53	1.4	軟質	淡褐色
15	熊ノ前窯跡05	76.7	18.6	1.5	1.1	0.54	0.09	0.54	0.86	軟質	灰白色
16	熊ノ前窯跡06	71.3	22.3	2.5	1.0	0.60	0.18	0.65	1.5	硬質	灰青色
17	熊ノ前窯跡07	76.4	17.3	1.9	0.88	0.54	0.23	0.80	1.9	硬質	灰青色
18	熊ノ前窯跡08	67.5	25.0	2.9	0.81	0.92	0.28	0.72	1.9	軟質	灰白色
19	熊ノ前窯跡09	75.4	19.2	2.0	0.86	0.67	0.14	0.61	1.1	軟質	灰白色
20	熊ノ前窯跡10	75.8	18.1	1.8	0.89	0.61	0.16	0.72	1.9	トチン	灰白色
21	熊ノ前窯跡11	69.8	23.3	3.2	1.1	0.79	0.14	0.68	0.93	軟質	黄白色
22	熊ノ前窯跡12	68.7	24.2	2.8	1.1	0.69	0.21	0.66	1.7	軟質	淡褐色
23	熊ノ前窯跡13	76.3	17.6	2.1	0.84	0.51	0.17	0.77	1.7	硬質	灰青色
24	熊ノ前窯跡14	71.9	22.0	2.0	0.92	0.65	0.08	0.73	1.7	軟質	黄白色
25	熊ノ前窯跡15	75.5	18.5	2.0	0.83	0.56	0.11	0.88	1.6	硬質	灰青色
26	熊ノ前窯跡16	75.6	18.0	2.2	0.92	0.48	0.20	0.78	1.8	硬質	黄白色
27	熊ノ前窯跡17	72.6	21.2	2.2	0.78	0.62	0.29	0.67	1.7	硬質	黄白色
28	熊ノ前窯跡18	75.0	19.3	2.0	0.97	0.48	0.10	0.61	1.6	トチン	淡褐色

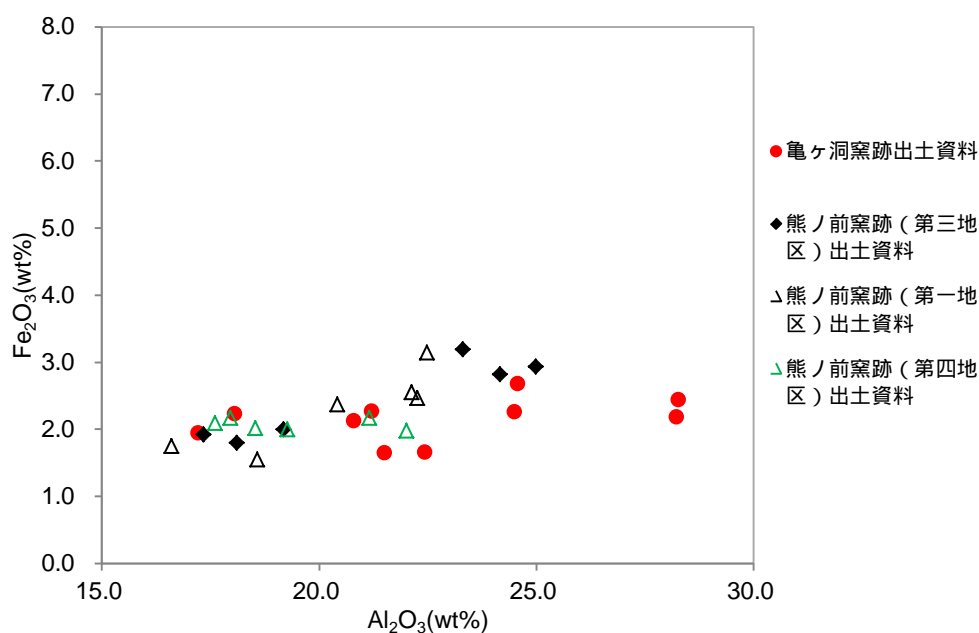


図 3-4-1-1 酸化アルミニウム含有量と酸化鉄含有量による比較

熊ノ前窯跡出土資料は、もっとも所属時期が早い第三地区資料では、20～25wt%と20wt%以下にわかれる。第一地区と第四地区も同様にわかれるが、その差異は少ない。また、酸化アルミニウム含有量が多いと、酸化鉄含有量も多い傾向がみられる。硬質で灰青色を呈す胎土の酸化鉄含有量は1.5～2.1wt%と少なく、軟質で淡褐色を呈する胎土のそれは2.6～3.1wt%であり、いずれも奈良時代に生産された陶器の胎土より全体として酸化鉄含有量が少なく、ばらつきが少ない。

猿投地域での緑釉陶器生産は、素地焼成窯と緑釉焼成窯で分業がおこなわれていたため、緑釉焼成窯の出土品には複数の素地生産窯から集められたのものが存在している。したがって第三地区出土資料の胎土の中にみられる化学組成上の相違は、緑釉陶器の素地を焼成した窯の違いによるものであり、胎土には複数の種類のものが使用されているとみてよい。

3-4-1-2 胎土の推定焼成温度

胎土のX線回折測定結果を表3-4-1-3に示す。まず亀ヶ洞窯資料は、硬質胎土と軟質胎土で推定焼成温度に差異が認められた。硬質胎土資料のすべてからクリストバライトが検出されたことから、約1200もしくは1200以上の高温で焼成されたと推定される。いっぽう、軟質胎土資料には、長石類が残存し、ムライトの生成が確認できない資料もあり、硬質胎土資料よりも焼成温度が明らかに低い。化学組成には顕著な差異が認められなかったため、この焼成温度の違いが、窯詰めの際の位置などによる被熱の差異によるものか、

一次焼成窯が異なっていたものかということとは不明である。なお、二次焼成時に用いられたとみられる釉薬の付着した窯道具の焼成温度が 1000 以下と推定されたため、二次焼成窯の焼成温度が 1000 以下であることを改めて確認することができた。いっぽう、熊ノ前窯の資料では、硬質・軟質資料ともにムライトの生成が確認され、いずれにもクリストバライトを検出した資料が含まれる。したがって、硬質・軟質に顕著な差異はみられず、約 1100 以上で二次焼成されていたと考えられる。特に硬質の資料は、すべてが約 1200 もしくは 1200 以上であり、また胎土の色調は青灰色、黄白色を呈している。

表 3-4-1-3 X 線回折による胎土中の鉱物

No	出土窯跡		器種	胎土	ムライト	長石類	クリストバライト	推定焼成温度
1	亀ヶ洞窯跡		椀	硬質				約1200
2			椀					約1200
3			椀					約1200
4			椀			×		約1200 以上
5			椀					約1200
6			椀	軟質			×	約1000～1100
7			椀				×	約1100
8			椀		×		×	約1000 以下
9			三叉トチン		×		×	約1000 以下
10			三叉トチン		×		×	約1000 以下
11	熊ノ前窯跡	第一地区	稜椀	軟質		×		約1200 以上
12			皿	硬質		×		約1200 以上
13			段皿	軟質		×		約1200 以上
14			稜椀	軟質		×		約1200 以上
15			椀	軟質		×		約1200 以上
16			段皿	硬質				約1200
17		第三地区	椀	硬質		×		約1200 以上
18			椀	軟質			×	約1100
19			椀	軟質			×	約1100
20			三叉トチン	軟質				約1200
21			椀	軟質				約1200
22			椀	軟質		×	×	約1200
23		第四地区	椀	硬質		×		約1200
24			線刻椀	軟質			×	約1100
25			稜椀	硬質		×		約1200 以上
26			唾壺	硬質		×		約1200 以上
27			稜椀	硬質		×	×	約1200
28			三叉トチン	軟質				約1200

9世紀に比定される猿投地域において、二次焼成を集約的にこなっていた亀ヶ洞窯と熊ノ前窯で、軟質胎土の焼成温度に違いが認められたことは、異なる様々な窯で一次焼成された器体が、これらの二次焼成窯に持ち込まれていたことの傍証とも考えられる。また奈良三彩では、推定焼成温度から二度焼きの有無が明確にはならなかったことに対し、猿投地域では明らかに二度焼きを実施しており、奈良三彩の焼成技術がそのまま導入されてはいないことがわかる。

3-4-1-3 釉薬の化学組成

釉薬の蛍光X線結果を表3-4-1-4に示す。熊ノ前窯跡資料では、地区による化学組成の相違はみられない。酸化鉛含有量の値は36～61wt%と値がばらついているが、これは風化の影響によるものであろう。肉眼観察では、釉色には緑色の濃淡が認められる。それぞれの酸化銅含有量は、平均して、淡緑色で約0.2wt%、緑色は0.5wt%、濃緑色で約2.3wt%と対応関係がみられた。また顕微鏡観察では、淡緑色の釉のなかに淡黄～黄緑色を呈する箇所がある。これらの箇所では、酸化銅含有量が約0.1wt%と、淡緑色よりもさらに少ない。ただし、酸化鉄の含有量が約1.5wt%と、他の緑釉における含有量が、釉白に関わらず約0.8wt%であることと比較して、約2倍も含まれている。酸化鉄も着色剤として働くことから、こ

表3-4-1-4 釉薬の化学組成(wt%) (tr;微量, nd;検出限界以下)

No.	出土窯跡	釉色	SiO ₂	PbO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	MnO	CuO	ZnO	Na ₂ O	K ₂ O
1	亀ヶ洞窯跡01	淡緑	46.2	44.2	7.1	0.44	0.20	0.53	0.18	0.06	0.13	nd	0.50	0.46
2	亀ヶ洞窯跡02	淡緑	34.4	55.1	7.1	0.94	0.24	0.87	0.19	0.06	0.19	nd	0.36	0.57
3	亀ヶ洞窯跡03	緑	51.8	36.3	7.7	1.0	0.34	0.29	0.31	0.06	0.41	0.05	0.55	1.2
4	亀ヶ洞窯跡04	緑	49.1	38.3	8.4	1.2	0.31	0.34	0.16	0.05	0.24	nd	0.53	1.4
5	亀ヶ洞窯跡05	淡緑	37.4	52.8	6.5	0.79	0.23	0.45	0.20	0.06	0.37	nd	0.40	0.75
6	亀ヶ洞窯跡06	淡緑	35.4	57.4	5.0	0.44	0.15	0.25	0.17	0.07	0.20	nd	0.25	0.57
7	亀ヶ洞窯跡07	緑	36.2	53.1	6.7	1.1	0.19	0.58	0.26	0.06	0.53	nd	0.44	0.78
8	亀ヶ洞窯跡08	淡緑	29.6	61.0	6.4	0.95	0.23	0.39	0.33	0.07	tr	nd	0.51	0.43
9	亀ヶ洞窯跡09	濃緑	31.7	56.8	6.9	0.58	0.21	0.73	0.43	0.09	1.5	nd	0.52	0.53
10	亀ヶ洞窯跡10	濃緑	40.6	49.3	5.8	0.49	0.21	0.93	1.1	0.09	0.65	nd	0.34	0.43
11	熊ノ前窯跡01	淡緑	46.6	40.4	8.2	1.0	0.32	0.53	0.46	0.10	0.22	nd	0.64	1.5
		濃緑	40.7	36.8	6.0	1.2	0.27	0.89	0.96	0.14	4.9	4.8	2.4	0.93
12	熊ノ前窯跡02	淡緑	36.0	53.8	6.1	0.81	0.30	0.62	0.98	0.09	0.13	nd	0.52	0.71
13	熊ノ前窯跡03	黄	41.6	44.4	8.3	1.4	0.26	0.56	1.4	0.11	0.06	nd	0.57	1.3
14	熊ノ前窯跡04	淡緑	46.0	41.1	8.1	0.93	0.33	0.34	0.27	0.05	0.10	nd	0.34	2.4
15	熊ノ前窯跡05	淡緑	41.8	50.4	4.8	0.92	0.25	0.29	0.44	0.09	0.16	nd	0.39	0.50
16	熊ノ前窯跡06	緑	34.7	56.2	6.0	0.68	0.28	0.49	0.22	0.08	0.36	nd	0.48	0.47
17	熊ノ前窯跡07	緑	33.5	57.2	6.1	0.64	0.21	0.73	0.21	0.06	0.38	nd	0.43	0.53
18	熊ノ前窯跡08	淡緑	40.8	46.6	8.6	0.92	0.21	0.73	0.30	0.05	0.24	nd	0.52	1.1
19	熊ノ前窯跡09	緑	39.9	49.3	6.2	1.5	0.30	0.72	0.39	0.11	0.34	nd	0.56	0.70
20	熊ノ前窯跡10	淡緑	47.3	38.9	9.5	0.99	0.32	0.55	0.45	0.07	0.07	nd	0.45	1.4
21	熊ノ前窯跡11	緑	34.7	56.5	5.3	0.63	0.19	0.52	0.26	0.07	0.93	nd	0.45	0.51
22	熊ノ前窯跡12	緑	36.1	54.6	5.9	0.66	0.22	0.51	0.18	0.06	0.36	nd	0.51	0.80
23	熊ノ前窯跡13	緑	49.4	39.3	8.1	0.52	0.20	0.51	0.21	0.05	0.57	nd	0.53	0.64
24	熊ノ前窯跡14	淡緑	32.5	60.5	4.4	0.48	0.15	0.54	0.32	0.08	0.25	nd	0.41	0.45
25	熊ノ前窯跡15	緑	32.3	58.5	4.7	0.78	0.19	1.2	0.20	0.07	1.2	nd	0.50	0.34
26	熊ノ前窯跡16	緑	45.0	41.5	5.9	0.94	0.25	0.65	2.4	0.12	0.56	nd	0.56	2.1
27	熊ノ前窯跡17	黄緑	45.0	42.0	8.0	1.6	0.81	0.57	0.22	0.08	0.15	nd	0.47	1.1
28	熊ノ前窯跡18	緑	32.2	57.7	6.8	0.75	0.28	0.64	0.32	0.08	0.40	nd	0.34	0.54

の箇所における色調の違いは、釉原料の相違か、淡黄色～黄緑色を出すため意図的に化学組成を変えている可能性も考えられる。

熊ノ前窯の No.11 の濃緑色釉から、亜鉛が顕著に検出されたことから、猿投窯においても、緑色顔料として亜鉛を含むものと含まないものの２種類が、奈良時代と同様に流通していたことがわかる。

3-4-1-4 釉薬の鉛同位体比分析

鉛同位体比分析結果を表 3-4-1-5、a 式図および b 式図を図 3-4-1-2 に示す。亀ヶ洞窯跡・熊ノ前窯跡出土料はすべて、C 領域内にある集中領域(グループ)の範囲に分布した。熊ノ前窯跡出土資料はグループ 内でややばらつきがあり、また $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 値の小さい資料が多い傾向がみられた。既報告(齋藤ら；2002)の猿投・尾北・東濃における鉛同位体比分析結果を図 3-4-1-3 に示す。同じくグループ 内に分布することから、9 世紀から 10 世紀初頭の猿投窯では、奈良時代と同じか、非常に近接した地域の鉛原料を使用していると判断される。さらに、尾北および東濃地域で出土した資料の鉛同位体比にも、奈良時代のものとは相違がみられず、同じ地域の鉛原料を使用しているといっていよい。

表 3-4-1-5 鉛同位体比分析結果

No	遺跡名	器種	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
1	亀ヶ洞1号窯	緑釉	0.8474	2.0908	18.409	15.599	38.49
2	亀ヶ洞1号窯	緑釉	0.847	2.0887	18.392	15.578	38.416
3	亀ヶ洞1号窯	線刻	0.8473	2.0900	18.402	15.591	38.459
4	亀ヶ洞1号窯	圈線	0.8474	2.091	18.411	15.602	38.497
5	亀ヶ洞1号窯	線刻	0.8471	2.0893	18.391	15.579	38.423
6	亀ヶ洞1号窯	緑釉	0.8474	2.0908	18.408	15.598	38.487
7	亀ヶ洞1号窯	緑釉	0.8475	2.0912	18.414	15.605	38.508
8	亀ヶ洞1号窯	緑釉	0.8471	2.0895	18.401	15.588	38.449
9	亀ヶ洞1号窯	三叉トチン	0.8473	2.0904	18.407	15.596	38.477
10	亀ヶ洞1号窯	三叉トチン	0.8473	2.0902	18.404	15.593	38.467
11	熊ノ前遺跡 01	稜椀	0.8473	2.0912	18.403	15.593	38.484
12	熊ノ前遺跡 02	皿	0.8473	2.0902	18.405	15.595	38.471
13	熊ノ前遺跡 03	段皿	0.8473	2.0900	18.402	15.592	38.459
14	熊ノ前遺跡 04	稜椀	0.8476	2.0902	18.383	15.581	38.424
15	熊ノ前遺跡 05	椀	0.8472	2.0896	18.399	15.589	38.447
16	熊ノ前遺跡 06	段皿	0.8472	2.0896	18.399	15.588	38.447
17	熊ノ前遺跡 07	椀	0.8473	2.0896	18.395	15.586	38.439
18	熊ノ前遺跡 08	椀	0.8471	2.0890	18.393	15.581	38.424
19	熊ノ前遺跡 09	椀	0.8472	2.0892	18.395	15.583	38.431
20	熊ノ前遺跡 10	三叉トチン	0.8471	2.0884	18.382	15.571	38.389
21	熊ノ前遺跡 11	椀	0.8473	2.0900	18.403	15.593	38.462
22	熊ノ前遺跡 12	椀	0.8470	2.0886	18.391	15.578	38.411
23	熊ノ前遺跡 13	椀	0.8473	2.0900	18.404	15.595	38.464
24	熊ノ前遺跡 14	線刻椀	0.8473	2.0903	18.407	15.596	38.477
25	熊ノ前遺跡 15	稜椀	0.8470	2.0883	18.391	15.576	38.404
26	熊ノ前遺跡 16	唾壺	0.8472	2.0895	18.402	15.591	38.452
27	熊ノ前遺跡 17	稜椀	0.8470	2.0884	18.388	15.574	38.402
28	熊ノ前遺跡 18	三叉トチン	0.8471	2.0887	18.391	15.579	38.414

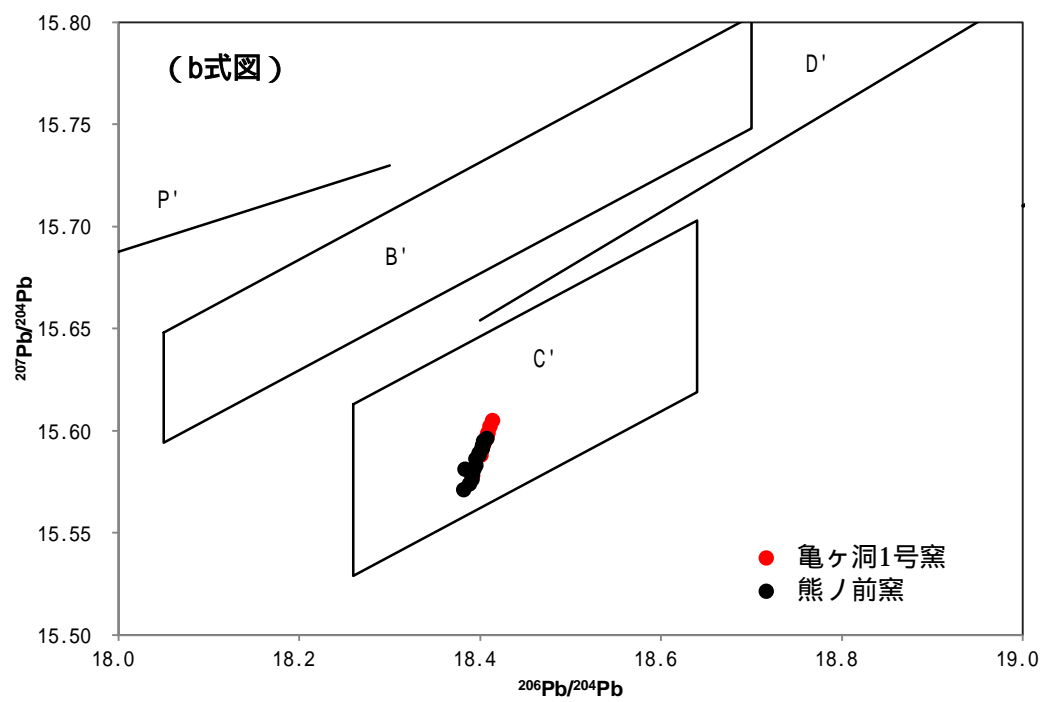
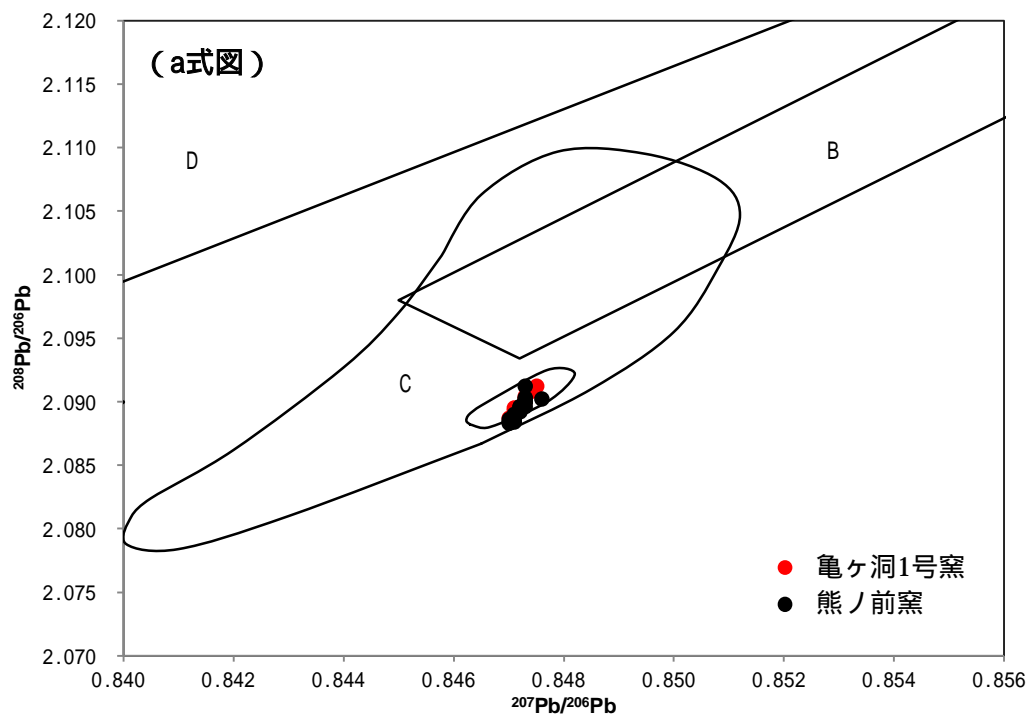


図 3-4-1-2 鉛同位体比分析結果(上 a 式図、下 b 式図) C 領域周辺の拡大図

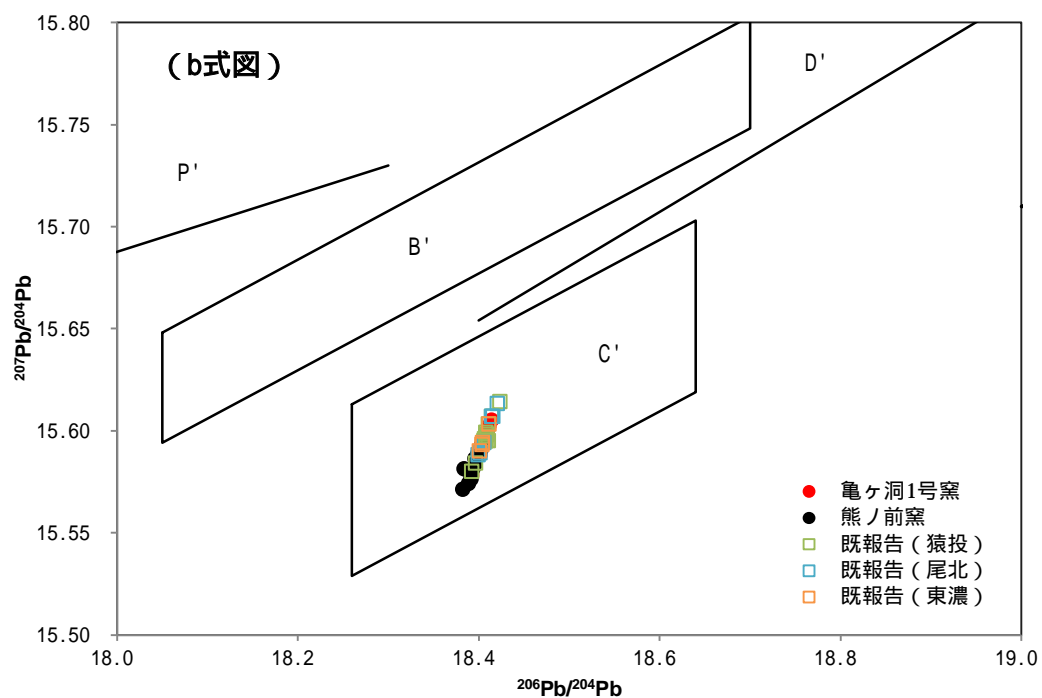
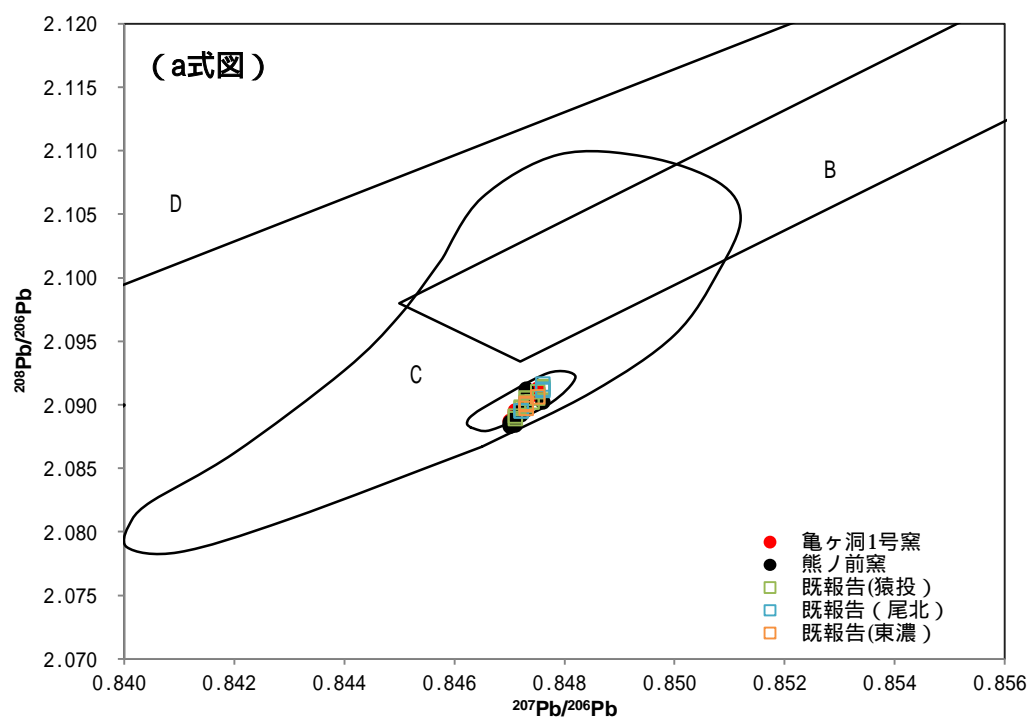


図 3-4-1-3 鉛同位体比分析結果(上 a 式図、下 b 式図) 既報告資料を含む

3-4-2 丹波地域

京都府亀岡市に所在する篠窯跡群は、平安京へ供給していたと考えられる須恵器、瓦、緑釉陶器の生産がおこなわれ、洛西地域の緑釉陶器生産との技術的な関連が注目されている（大阪大学大学院考古学研究室；2012）。本研究で調査対象とした大谷3号窯は、9世紀末頃に比定される窯跡遺跡であり、胎土の色調が異なる緑釉陶器が出土しているため、それらの色調の差異に基づいて陶器片の分析調査をおこなった。対象とした資料は、目視によって3分類した黄白色系6点、褐色系2点、青灰色系3点の計11点である。胎土分析では若干の資料採取を伴うことから、分析に供する資料数は最小限に留められた（附図5）。また釉薬の化学組成および鉛同位体比分析には、これらとは別の資料10点を用いた（附図5）。

3-4-2-1 胎土の化学組成

分析結果を表3-4-2-1に示す。図3-4-2-1は酸化アルミニウム（ Al_2O_3 ）含有量と酸化鉄（ Fe_2O_3 ）含有量を表示したものである。酸化鉄含有量は、全体に前述の猿投地域のものよりも多い傾向があり、黄白色系の胎土であっても酸化鉄含有量の多い胎土が用いられている資料がある。黄白色系の胎土の酸化アルミニウム含有量が20～25wt%であるのに対し、褐色系と青灰色系の胎土のそれは20wt%以下であり、胎土の化学組成に異なる傾向がみられる。胎土が使い分けられていた可能性が考えられる。

表 3-4-2-1 胎土の化学組成(wt%)

番号	注記	胎土色調	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
1	OT4-132-40	黄白色系	70.2	21.4	3.2	1.1	0.81	0.23	1.1	2.0
2	OT3-419-1		67.9	23.5	3.5	1.2	1.1	0.20	0.94	1.8
3	OT3-294-19		67.6	24.0	3.7	1.1	1.1	0.05	0.92	1.6
4	OT4-423-22		70.7	21.4	3.1	1.0	1.0	0.19	1.0	1.7
5	OT3-240-5		66.5	24.5	4.6	1.3	0.96	0.06	0.73	1.4
6	OT3-271		66.2	24.7	4.6	1.3	0.99	0.09	0.70	1.5
7	OT2-613-4	青灰色系	72.5	19.3	3.0	0.94	0.82	0.21	1.2	2.0
8	OT2-627-1		68.1	20.9	5.9	0.89	0.82	0.09	0.84	2.4
9	OT3-217		69.4	19.0	5.4	0.70	1.5	0.28	1.8	1.9
10	OT3-346-1	褐色系	70.0	18.3	5.2	0.77	1.1	0.33	1.6	2.7
11	OT3-613-12		73.3	19.0	2.5	0.81	0.83	0.24	1.3	2.0

3-4-2-2 胎土の推定焼成温度

胎土のX線回折結果をまとめたものを表3-4-2-2に示す。本調査には、胎土の化学組成を測定した資料11点の他に、さらに16点を追加して測定をおこなった。測定資料27点のなかで、焼成温度が約1200もしくはそれ以上と推定されるものは10点、焼成温度が約1100と推定されるものが8点、焼成温度が約1000以下と推定されるものは9点であった。推定焼成温度が約1000以下の資料は、胎土の色調がすべて黄白色であり、他の色調を示すものはなかった。青灰色系のものは、推定焼成温度がすべて約1100以上であり、

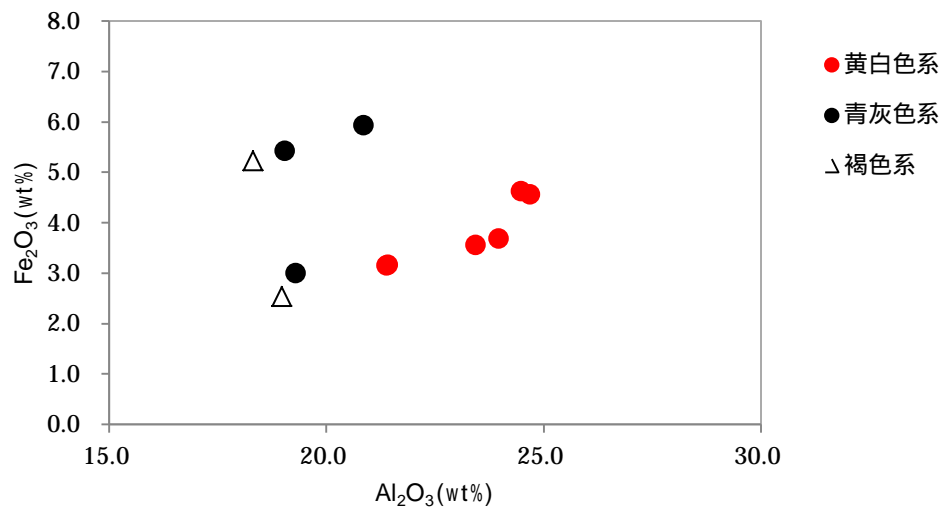


図 3-4-2-1 酸化アルミニウム含有量と酸化鉄含有量による比較

約 1200 もしくはそれ以上の焼成温度のものが多い(表 3-4-2-3)。黄白色胎土のなかに 2 点だけ、1200 で焼成されたと推定される資料が含まれているが、これらは酸化鉄含有量が 5～6wt%と多く、他の黄白色資料とは異なる化学組成である。したがって、これら 2 点を例外とみなすと、黄白色系の胎土は推定焼成温度が全体として低く、焼成温度によって色調が異なる傾向を示すといつてよい。また、黄白色系の胎土のうち、約 1000 以下の資料では明確ではないが、それ以外のものでは二度焼きをしていることを支持する結果が得られた。

3-4-2-3 釉薬の化学組成

胎土分析に供したのとは別の資料を用いて、釉薬の化学組成と鉛同位体比分析を行った結果を表 3-4-2-4 に示す。風化などの影響も考慮する必要があるが、緑色系釉の酸化鉛含有量は、黄色系釉よりも多い傾向を示している。濃緑色釉と濃黄色釉とでは、着色剤である酸化銅含有量と酸化鉄含有量が異なることから、意識的に釉の色調を変えていることも考えられる。濃緑色資料のなかの 1 点から亜鉛 (Zn) が検出されており、緑色顔料に 2 種類のもが使用されていることが、大谷 3 号窯でも確認できる。

3-4-2-4 釉薬の鉛同位体比分析

分析結果を表 3-4-2-5 に示す。また $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比と $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比の関係 (a 式図) および $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比と $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比の関係 (b 式図) を図 3-4-2-2 に示す。

測定結果から、本研究の資料はいずれも C 領域に含まれ日本産原料と判断される。C 領域内の集中領域 (グループ) に分布し、山口県長登鉾山・蔵目喜鉾山周辺が原材料の供

給地と推定される。各資料の値がよく一致しているが、No.8 はやや値が離れている。

表 3-4-2-2 X線回折による胎土中の鉱物

No.	注記	胎土色	ムライト	長石類	クリストバライト	推定焼成温度
1	OT4-132-40	黄白色	×		×	約1000 以下
2	OT3-419-1	黄白色	×		×	約1000 以下
3	OT3-294-19	黄白色			×	約1100
4	OT4-423-22	黄白色			×	約1100
5	OT3-240-5	黄白色		×		約1200 以上
6	OT3-271	黄白色		×		約1200 以上
7	OT2-627-1	青灰色		×		約1200 以上
8	OT2-613-4	青灰色		×		約1200 以上
9	OT3-217-2	青灰色			×	約1100
10	OT3-346-1	褐色			×	約1100
11	OT2-613-12	褐色			×	約1100
12	OT3-215-6	黄白色	×		×	約1000 以下
13	O T 4-392-16	黄白色	×		×	約1000 以下
14	O T 4-392-9	黄白色	×		×	約1000 以下
15	OT2-487-1	黄白色	×		×	約1000 以下
16	OT3-294-5	黄白色	×		×	約1000 以下
17	O T 3-294-4	黄白色	×		×	約1000 以下
18	OT3-215-2	黄白色	×		×	約1000 以下
19	OT3-176-1	黄白色			×	約1100
20	OT4-418-19	黄白色			×	約1100
21	OT3-294-2	青灰色			×	約1100
22	OT4-418-10	青灰色				約1200
23	OT4-454-7	青灰色				約1200
24	OT4-249-13	青灰色				約1200
25	OT4-400-4	青灰色				約1200
26	OT4-249-14	青灰色		×		約1200 以上
27	OT3-294-7	青灰色		×		約1200 以上

表 3-4-2-3 胎土の推定焼成温度(色調別の資料数)

推定焼成温度	資料数(点)	黄白色系胎土(点)	青灰色系胎土(点)	褐色系胎土(点)
約1000 以下	9	9	0	0
約1100	8	4	2	2
約1200 、1200 以上	10	2	8	0

表 3-4-2-4 釉薬の化学組成(wt%, nd; 検出限界以下)

No	注記	釉色	SiO ₂	PbO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	MnO	CuO	ZnO	Na ₂ O	K ₂ O
28	OT3-294-2	濃緑色	36.5	55.6	4.4	0.52	0.13	0.55	0.13	0.06	1.4	nd	0.42	0.27
29	OT4-418-10		34.3	57.7	4.4	0.67	0.27	0.59	0.17	0.09	0.75	nd	0.65	0.36
30	OT4-418-19		31.3	60.6	4.2	0.51	0.17	0.91	0.10	0.07	1.3	nd	0.42	0.31
31	249-14		40.6	50.3	4.5	0.98	0.17	0.25	0.49	0.10	1.4	0.14	0.47	0.54
12	OT3-215-6		70.5	22.2	5.3	0.35	0.15	0.50	0.36	0.04	0.23	nd	0.21	0.07
32	OT2-487-1	淡緑色	41.7	48.3	5.8	0.92	0.21	1.3	0.14	0.07	0.65	nd	0.50	0.37
33	OT4-392-8		40.5	50.2	6.0	0.68	0.21	0.77	0.18	0.06	0.45	nd	0.62	0.29
34	OT4-454-7		38.8	54.3	4.4	0.65	0.17	0.20	0.13	0.06	0.47	nd	0.48	0.30
35	OT3-294-4	明黄色	49.9	38.4	7.2	0.68	0.19	0.50	0.32	0.06	1.0	nd	0.67	1.0
36	OT3-294-5		45.0	43.6	7.0	1.2	0.26	0.51	0.30	0.09	0.56	nd	0.70	0.70
5	OT3-240-5	濃黄色	44.3	43.4	7.8	1.4	0.34	0.48	0.12	0.05	0.62	nd	0.66	0.74
37	OT3-294-19		45.3	42.5	8.2	1.2	0.26	0.37	0.08	0.05	0.74	nd	0.40	0.83

表 3-4-2-5 鉛同位体比分析結果

No.	注記	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	釉色
28	OT3-294-2	0.8473	2.0901	18.404	15.594	38.467	濃緑釉
29	OT4-418-10	0.8474	2.0904	18.405	15.597	38.474	濃緑釉
30	OT4-418-19	0.8473	2.0901	18.405	15.595	38.467	濃緑釉
12	OT3-215-6	0.8474	2.0904	18.406	15.597	38.476	濃緑釉
32	OT2-487-1	0.8472	2.0897	18.401	15.590	38.452	淡緑釉
33	OT4-392-8	0.8473	2.0900	18.403	15.593	38.462	淡緑釉
34	OT4-454-7	0.8474	2.0903	18.405	15.597	38.473	淡緑釉
35	OT3-294-4	0.8471	2.0889	18.394	15.582	38.425	明黄釉
36	OT3-294-5	0.8472	2.0897	18.397	15.587	38.445	明黄釉
5	OT3-240-5	0.8472	2.0897	18.395	15.585	38.439	濃黄釉
37	OT3-294-19	0.8473	2.0900	18.407	15.596	38.471	濃黄釉

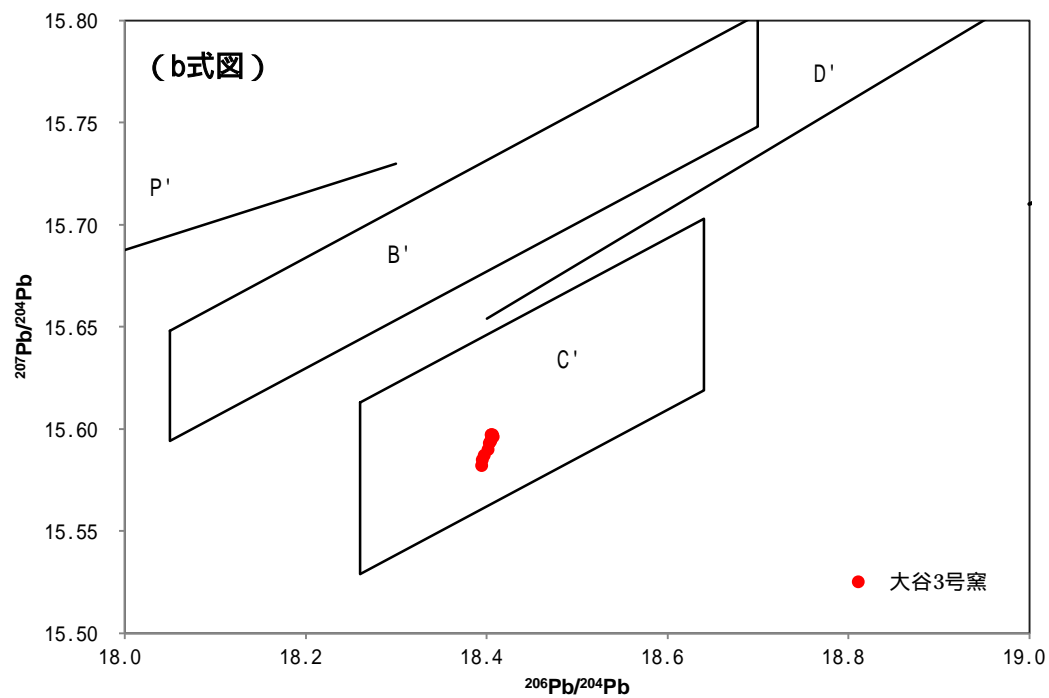
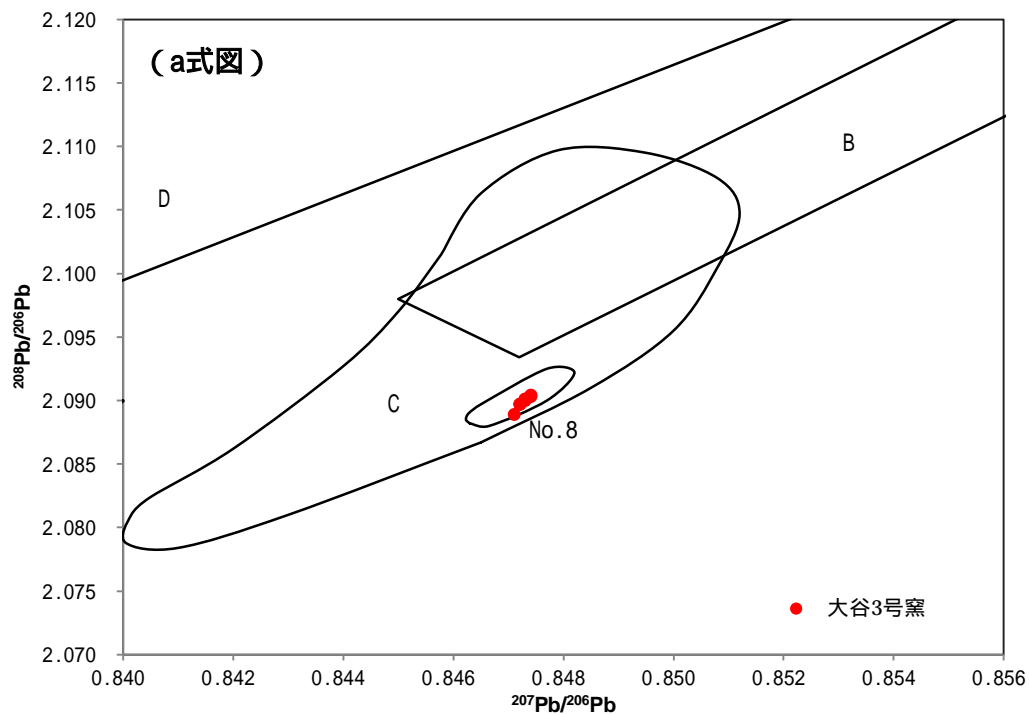


図 3-4-2-2 鉛同位体比分析結果(上 a 式図、下 b 式図) C 領域周辺の拡大図

3-4-3 近江地域

近江は、奈良時代以降の主な緑釉陶器生産地のひとつとして挙げられるが、これまでに発掘調査された緑釉陶器の窯跡遺跡は 10 世紀後葉に比定される作谷窯のみであった。したがって 10 世紀前葉における近江での生産体制は明らかではなかった。そこで本論文では、新たに発掘調査された、10 世紀前葉から後葉に稼働していた春日北 1～6 号窯跡に着目した。その理由は、近江における緑釉生産の初期にあたる窯跡を含み、さらに近江産緑釉が大量に流通した時期までの窯跡を確認することができるためである。

これまでの研究から、近江の緑釉陶器生産の技術的系譜は、陶器の器形や釉調、三叉トチンと馬爪形焼台の使用などから東海地域との関連が指摘されている（高橋;1994a）。近江と京都・篠地域とでは小型三角窯で有床式平窯という共通性があるのに対し、猿投地域では穴窯がみられるという窯構造の違いから、京都洛西や篠窯との関連も考えられたが、そのいっぽうで、窯道具などの様相は異なっていることが指摘されている（高橋;1994a）。近江産の緑釉陶器は、当初、平安京への供給を主体とするにとどまっていたが、10 世紀後半になると、畿内以西で近江産が大半を占めるようになるため（高橋;1995）、その時期には量産可能な生産体制がとられていたと考えられる。本節では、10 世紀前葉の生産開始時から 10 世紀後半の量産体制までに至る、近江産緑釉陶器の化学的特徴を把握することを目的とし、さらに東海地域と篠窯の生産との相違について、原材料や焼成技術などの側面から検討していく。

本節で分析に供した資料は、春日北遺跡 1 号窯・3～6 号窯跡出土の緑釉陶器 25 点、焼台 4 点、壁体 2 点、春日北 2 号窯出土の灰釉陶器 5 点の計 36 点である（附図 6, 表 3-4-3-1）。10 世紀初頭から前葉に比定される 2 号窯からは、緑釉陶器素地、灰釉陶器は出土しているものの、緑釉陶器自体は検出されていない。考古学的所見から、各窯の変遷は、2 号窯（10 世紀初頭から前葉）、6 号窯（10 世紀前葉）、5 号窯（10 世紀前葉から中葉）、1 号窯・3 号窯・4 号窯（10 世紀中葉から後葉）と考えられている（滋賀県教育委員会ら;2012）。

3-4-3-1 胎土の化学組成

胎土分析結果を表 3-4-3-2 に示す。図 3-4-3-1 は酸化アルミニウム（ Al_2O_3 ）含有量と酸化鉄（ Fe_2O_3 ）含有量を表示したものである。胎土の化学組成から、春日北 1・3・4 号窯資料の酸化アルミニウム含有量は 20～25wt% の範囲にあり、さらに約 20wt% と約 25wt% のそれぞれを中心とする分布に大別できる。春日北 5・6 号窯には約 20wt% 以下の資料も存在しており、特に春日北 6 号窯では、約 25wt% のものは検出されず、約 20wt% と 20wt% 以下の資料のみとなっている。また、春日北 2 号窯の灰釉陶器の分析結果は約 20wt% 以下のものが多い。

以上のことからみると、10 世紀前葉の 6 号窯での生産の段階では、灰釉陶器と同じ胎土が緑釉陶器にも使用されていたが、前葉から中葉にかかる時期である 5 号窯になると、緑釉陶器の胎土に灰釉陶器とは異なるものが使用され始め、10 世紀後葉の 1・3・4 号窯では、その緑釉陶器の胎土が主として使われるようになっていったことがわかる。つまり、灰釉

表 3-4-3-1 近江産 春日北遺跡出土緑釉陶器・窯壁体・焼台の資料詳細

No.	分類	窯	資料	注記
1	緑釉陶器	1号窯	KK1-1	窯後部
2			KK1-2	窯後部
3			KK1-3	SK4 SW10～20
4			KK1-4	SK4 NE
5			KK1-5	SK5 ガク18・19・21層
6		3号窯	KK3-1	灰原 ア-5-6
7			KK3-2	灰原 ア-5-6
8			KK3-3	燃焼部 ア-5-3 炭化物層（下層）
9			KK3-4	県道下 窯体内検出
10			KK3-5	県道直下 灰原 黒褐色土
11		4号窯	KK4-1	灰原 ア-6-16
12			KK4-2	灰原 ア-6-16
13			KK4-3	灰原 イ-6-16
14			KK4-4	灰原 イ-6-10セク
15			KK4-5	灰原 ア-6-10セク
16		5号窯	KK5-1	灰原 イ7-24
17			KK5-2	灰原 ア6-15セク
18			KK5-3	灰原 ア7-25
19			KK5-4	灰原 ア7-24セク
20			KK5-5	灰原 イ7-25
21		6号窯	KK6-1	東灰原 ア-8
22			KK6-2	灰原 ア8-33セク
23			KK6-3	灰原 イ7-42セク
24			KK6-4	灰原 イ7-34
25			KK6-5	東灰原 ア8-35
26	灰釉陶器	2号窯	KK2A-1	A12 ガク下
27			KK2A-2	A12 ガク下
28			KK2A-3	A12 ガク下
29			KK2A-4	A12 ガク下
30			KK2A-5	A12 ガク下
31	焼台	1号窯		窯内
32				焼成室前部床材
33		6号窯		灰原イ-8-35
34		-		焼成室窯内
35	壁体	1号窯		西壁1
36				西壁2

表 3-4-3-2 胎土の化学組成(wt%)

No	資料	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO
1	KK1-1	64.3	23.4	6.3	2.3	0.88	0.19	0.78	1.8	tr
2	KK1-2	65.5	23.6	4.9	1.7	1.0	0.27	1.2	1.8	0.06
3	KK1-3	69.9	20.0	4.1	1.5	0.85	0.23	1.0	2.3	0.05
4	KK1-4	66.1	24.1	3.8	1.7	1.1	0.21	0.76	2.2	tr
5	KK1-5	71.6	19.9	3.4	1.1	0.89	0.17	0.91	1.9	tr
6	KK3-1	62.7	20.0	5.3	1.2	0.93	6.9	1.1	1.7	0.09
7	KK3-2	67.9	23.0	4.6	1.5	1.1	0.13	0.60	1.1	tr
8	KK3-3	70.2	20.5	4.3	1.3	0.84	0.19	0.86	1.7	0.07
9	KK3-4	69.3	19.3	5.4	1.7	0.83	0.27	1.0	2.1	0.05
10	KK3-5	64.8	23.7	6.0	2.1	1.1	0.17	0.83	1.2	0.06
11	KK4-1	69.5	20.8	4.1	1.7	0.93	0.24	0.90	1.8	tr
12	KK4-2	71.2	21.6	2.4	1.0	0.95	0.21	0.95	1.7	tr
13	KK4-3	65.9	22.7	5.5	1.5	1.2	0.21	0.83	2.1	tr
14	KK4-4	65.2	24.9	4.9	1.5	1.1	0.14	0.92	1.4	tr
15	KK4-5	70.7	21.7	2.8	1.3	0.97	0.17	0.75	1.5	tr
16	KK5-1	75.9	15.6	3.1	1.1	0.66	0.24	0.99	2.3	tr
17	KK5-2	67.4	23.1	4.6	1.7	1.1	0.13	0.85	1.1	tr
18	KK5-3	69.0	20.6	5.1	1.5	0.97	0.20	0.87	1.7	0.05
19	KK5-4	64.3	23.5	5.6	1.4	1.2	0.25	0.77	2.9	0.06
20	KK5-5	65.4	24.5	4.7	1.6	1.1	0.22	0.70	1.7	tr
21	KK6-1	69.8	20.6	4.2	1.5	0.80	0.19	1.2	1.7	tr
22	KK6-2	71.0	19.6	3.6	1.3	0.80	0.22	0.98	2.5	0.05
23	KK6-3	70.2	20.1	4.3	1.3	0.90	0.22	1.0	1.8	0.05
24	KK6-4	73.6	17.5	3.9	1.1	0.72	0.23	0.94	1.9	tr
25	KK6-5	72.9	17.4	4.3	1.4	0.73	0.27	0.93	2.1	0.05

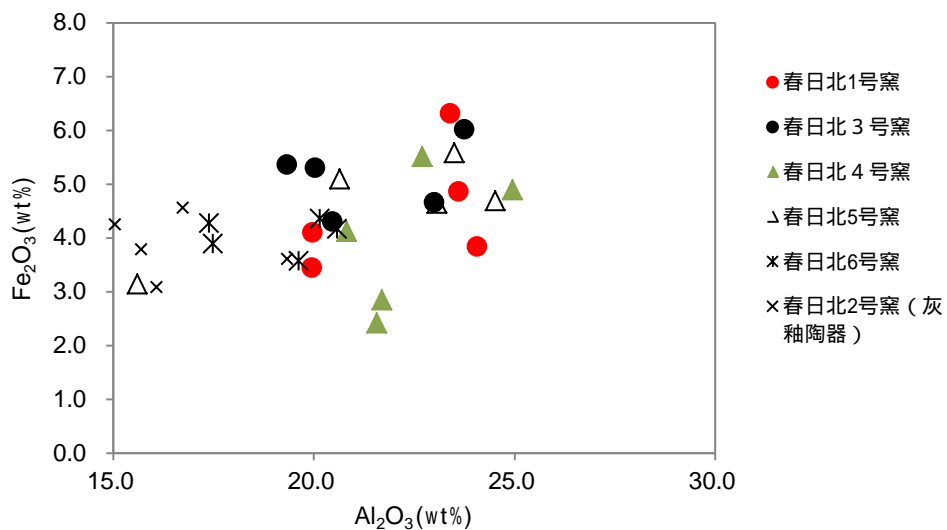


図 3-4-3-1 酸化アルミニウム含有量と酸化鉄含有量による比較

陶器と緑釉陶器の胎土には、使い分けが生じており、春日北 5・6 号窯では灰釉陶器と緑釉陶器が併焼されており、春日北 1・3・4 号窯は緑釉陶器の専用窯であるという考古学的な調査による所見が裏付けられる結果となっている。。また 4 号窯の緑釉陶器の胎土には、猿投地域でみられたような酸化鉄含有量の少ないものが一部に使用されている。他の窯では酸化鉄含有量が多く、大谷 3 号窯のそれに類似している。青灰色を呈する胎土はすべて硬質であり、黄白色・灰白色を呈する胎土は軟質である。酸化アルミニウム含有量によって胎土色は異なっており、黄白色・灰白色の資料では約 25wt% 近傍のもののみが認められる。

3-4-3-2 胎土の推定焼成温度

X 線回折測定から得られた結果を表 3-4-3-3 に示す。緑釉陶器では、胎土色調に関わらず、推定焼成温度が約 1100 のものが最も多い。青白色胎土は約 1200 もしくはそれ以上の焼成温度を示したものが多く、灰釉陶器もすべて 1200 以上であった（表 3-4-3-4）。奈良三彩と類似する軟質で灰白色の胎土は、酸化鉄含有量が約 5.1wt% と多く、推定焼成温度は約 1100 以下である。還元的な雰囲気での焼成であったと考えられる。春日北 5・6 号窯の淡褐色を呈する胎土の推定焼成温度は約 1100、酸化鉄含有量は約 4.7wt% であり、こちらは酸化的な雰囲気での焼成であったと考えられる。

同じ窯跡から出土した資料のなかに、推定焼成温度が 1200 以上と 1000 以下のものの両方が含まれていることから、それぞれ異なる焼成条件によって生産が行なわれていたことがわかる。

黄白色胎土の資料では、推定焼成温度が約 1000 以下～約 1200 以上と広い範囲にわたっていた。また推定焼成温度からみて、それが約 1000 以下の 4 点を除き、いずれからも二度焼きであることを支持する結果が得られた。

3-4-3-3 釉薬の化学組成

測定結果を表 3-4-3-5 に示す。二酸化ケイ素含有量は 23wt%～50wt%、酸化鉛含有量は 34wt%～67wt% と数値にばらつきがあることからみると、風化に伴って化学組成が元の釉薬から変化してしまっているようである。したがって、ここでは化学組成の差異をあまり細かく議論することはせず、大まかな傾向を捉えるに留める。

春日北 5 号窯、6 号窯からは、酸化カリウム含有量が明らかに多い資料が検出された。これは灰釉との兼焼のため、釉原料における緑釉と灰釉との使い分けがまだ明確ではないか、あるいは混合されて使用されることがあったかもしれない。

緑釉部分から亜鉛を検出したものが 25 資料中 11 点と、これまで調査した窯跡資料の中では、その割合が最も高い結果となった。1 号窯、3 号窯～6 号窯のすべての窯跡から検出されており、稼働時期によらず 2 種類の緑色顔料が使用されていたと判断される。

猿投地区および篠窯、春日北遺跡の酸化銅含有量を表 3-4-3-6 に示す。春日北遺跡の資料には酸化銅含有量が多いという特徴があることがわかる。亜鉛の検出された資料の数が

表 3-4-3-3 X線回折による胎土中の鉱物

No.		資料	ムライト	長石類	クリストバライト	推定焼成温度
1	緑釉陶器	KK1-1	×		×	約1000 以下
2		KK1-2		×	×	約1200
3		KK1-3		×	×	約1200
4		KK1-4			×	約1100
5		KK1-5			×	約1100
6		KK3-1	×		×	約1000 以下
7		KK3-2			×	約1100
8		KK3-3			×	約1100
9		KK3-4			×	約1100
10		KK3-5			×	約1100
11		KK4-1			×	約1100
12		KK4-2		×	×	約1200
13		KK4-3	×		×	約1000 以下
14		KK4-4			×	約1100
15		KK4-5		×	×	約1200
16		KK5-1		×	×	約1200
17		KK5-2			×	約1100
18		KK5-3			×	約1100
19		KK5-4			×	約1100
20		KK5-5	×		×	約1000 以下
21		KK6-1			×	約1100
22		KK6-2		×	×	約1200
23		KK6-3		×	×	約1200
24		KK6-4		×	×	約1200
25		KK6-5		×	×	約1200
26	焼台	1号窯内			×	約1100
27		1号窯焼成室				約1200 以上
28		6号窯		×		約1200 以上
29		-				約1100 -1200
30	壁体	1号窯西壁1			×	約1100
31		1号窯西壁2			×	約1100

表 3-4-3-4 胎土の推定焼成温度(色調別の資料数)

推定焼成温度	青灰色	黄白色	灰白色	淡褐色
1000 以下	0	2	2	0
1100	2	3	5	2
1200 以上	8	1	0	0

多い理由として、銅の含有量が多いことに伴い、それに不純物として含まれている亜鉛が検出しやすくなったという側面もあるのかもしれない。

亜鉛の有無に応じた緑色顔料の使い分けがあるとすると、それは色調に関わるものであった可能性も考えられる。そこで緑釉部分から亜鉛が検出された資料 11 点と、検出されなかった資料 14 点について、分光測色計によって緑釉部の測色をおこなった。分光スペクトルおよび L*a*b*表色による比較では、亜鉛の有無による色調の差異は検出できなかった。このことから、この 2 種類の緑色顔料は色調に応じて意図的に使い分けられたのではなく、供給体制の違いによるものである可能性のほうが高い。

表 3-4-3-5 釉薬の化学組成(wt%, tr;微量)

No.	窯跡	資料	釉色	SiO ₂	PbO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	MnO	CuO	ZnO	Na ₂ O	K ₂ O
1	1号窯	KK1-1	緑色	23.1	67.3	4.1	0.96	0.20	1.2	0.16	0.08	2.2	tr	0.33	0.29
2		KK1-2	緑色	24.8	63.8	4.5	1.4	0.26	0.46	0.33	0.09	3.4	tr	0.57	0.35
3		KK1-3	緑色	29.4	55.9	5.6	1.6	0.33	0.72	0.25	0.08	4.9	0.05	0.73	0.47
4		KK1-4	緑色	33.4	52.9	4.5	1.5	0.27	0.93	0.90	0.14	3.9	tr	0.78	0.71
5		KK1-5	緑色	35.7	48.0	5.3	1.6	0.35	0.67	1.0	0.20	5.8	0.12	0.81	0.50
6	3号窯	KK3-1	緑色	26.3	64.2	4.1	1.1	0.20	0.56	0.32	0.09	2.3	tr	0.45	0.21
7		KK3-2	緑色	41.4	44.6	6.5	1.7	0.32	0.35	0.56	0.11	3.1	0.05	0.62	0.71
8		KK3-3	緑色	31.1	54.1	6.0	1.3	0.32	0.27	0.49	0.10	4.3	0.20	0.91	0.98
9		KK3-4	緑色	33.2	53.8	5.2	0.99	0.23	0.34	0.28	0.10	4.8	0.06	0.58	0.53
10		KK3-5	緑色	31.1	57.0	5.3	1.2	0.28	0.59	0.33	0.08	3.2	tr	0.54	0.32
11	4号窯	KK4-1	緑色	28.0	62.9	3.8	1.2	0.20	0.73	0.28	0.09	2.0	tr	0.46	0.27
12		KK4-2	緑色	40.9	47.9	5.9	0.84	0.59	1.1	0.21	0.07	1.9	tr	0.40	0.24
13		KK4-3	緑色	29.9	56.2	4.7	1.8	0.24	0.57	0.26	0.09	5.2	0.10	0.60	0.39
14		KK4-4	緑色	30.1	59.3	5.1	1.7	0.30	0.87	0.23	0.10	1.4	tr	0.51	0.35
15		KK4-5	緑色	31.0	59.3	4.5	1.2	0.18	1.6	0.27	0.08	1.2	tr	0.37	0.37
16	5号窯	KK5-1	緑色	37.0	49.4	4.7	1.5	0.33	0.33	0.67	0.12	3.3	0.16	0.94	1.6
17		KK5-2	暗緑色	35.4	54.2	4.0	2.5	0.21	0.25	0.36	0.13	1.7	0.11	0.74	0.46
18		KK5-3	緑色	29.7	59.8	4.2	1.4	0.21	0.95	0.24	0.07	2.8	tr	0.37	0.35
19		KK5-4	緑色	33.4	48.5	6.6	1.8	0.28	0.61	0.27	0.09	1.5	tr	0.39	6.33
20		KK5-5	暗緑色	40.6	42.9	6.9	2.2	0.33	0.49	0.59	0.12	3.9	0.21	0.66	1.1
21	6号窯	KK6-1	緑色	27.3	62.5	3.9	1.2	0.24	1.1	0.34	0.09	2.7	tr	0.49	0.20
22		KK6-2	暗緑色	35.6	47.6	6.6	2.2	0.34	0.56	0.40	0.10	5.1	0.10	0.82	0.55
23		KK6-3	緑色	35.9	46.9	4.2	1.8	0.29	0.55	2.5	0.36	4.4	0.12	1.0	2.0
24		KK6-4	緑色	32.0	56.3	5.9	1.4	0.32	0.71	0.38	0.09	1.8	tr	0.61	0.45
25		KK6-5	暗緑色	50.6	34.2	8.9	2.5	0.41	0.46	0.30	0.09	0.38	tr	0.65	1.5

表 3-4-3-6 各窯跡出土資料の緑釉部の亜鉛を検出した資料数および酸化銅含有量

	亜鉛を検出した資料点数 (全資料に占める割合%)	緑色部の酸化銅含有量 (平均、wt%)
亀ヶ洞窯	1点 (10%)	0.47
熊ノ前窯	1点 (6%)	0.60
大谷3号窯	1点 (8%)	0.80
春日北遺跡	11点 (44%)	3.1
二川窯	2点 (20%)	1.5

(第3-4-4章(二川窯)の結果を含む)

3-4-3-4 釉薬の鉛同位体比分析

分析結果を表3-4-3-7に示す。また $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比と $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比の関係 (a式図) および $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比と $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比の関係 (b式図) を図3-4-3-2に示す。

測定値はいずれもC領域に含まれ、日本産原料と判断される。C領域内の集中領域(グループ)にほとんどの資料が分布し、山口県長登鉱山・蔵目喜鉱山周辺が原材料の供給地と推定される。操業期間を通じて、同一の産地から供給されていた鉛原料が使用されていたとみられる。

6点の値が集中領域(グループ)から離れて分布している。そのうちの3点は特に離れた位置にあり、これまでの窯跡出土資料から検出されているものとは異なる産地の鉛原料が使用されていると推定される。春日北4・6号窯資料(KK4-2、KK6-3)は、グループからはやや離れた範囲に分布している。春日北6号窯は10世紀前葉、春日北4号窯は10世紀中葉～後葉に稼働したと考えられるため、10世紀にはグループのものとは異なる産地の鉛原料も使用されていた可能性が高い。これらの数値は、奈良時代の緑釉・ガラス製品の一部資料にも確認できるが、200年近く時期が異なることから、ガラス製品の再利用などや、鉛原料の他産地との混合、鉱山の短期間の再稼働なども考えられる。

春日北3号窯資料KK3-4の値は、集中領域とは明らかに異なる範囲に分布した。この値近傍には、第3-1章で示した坂田寺跡出土資料3点がある。これも上記資料と同様に200年近く時期が異なることから、鉛原料の他産地との混合、鉱山の短期間の再稼働、短期間供給された未知の鉛鉱山などの鉛原料の可能性も考えられる。

表 3-4-3-7 鉛同位体比分析結果

No.	資料	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
1	KK1-1	0.8473	2.0901	18.406	15.596	38.470
2	KK1-2	0.8472	2.0910	18.406	15.594	38.486
3	KK1-3	0.8473	2.0915	18.408	15.597	38.499
4	KK1-4	0.8473	2.0902	18.398	15.589	38.456
6	KK3-1	0.8477	2.0923	18.425	15.618	38.549
7	KK3-2	0.8473	2.0899	18.403	15.593	38.461
8	KK3-3	0.8474	2.0917	18.411	15.601	38.509
9	KK3-4	0.8474	2.1003	18.432	15.619	38.714
10	KK3-5	0.8471	2.089	18.396	15.583	38.429
11	KK4-1	0.8473	2.0904	18.407	15.597	38.479
12	KK4-2	0.8473	2.0938	18.418	15.606	38.564
13	KK4-3	0.8473	2.0903	18.408	15.597	38.477
14	KK4-4	0.8474	2.0924	18.416	15.607	38.534
15	KK4-5	0.8474	2.0927	18.423	15.612	38.554
16	KK5-1	0.8472	2.0904	18.416	15.601	38.496
17	KK5-2	0.8473	2.0904	18.410	15.599	38.484
18	KK5-3	0.8474	2.0924	18.419	15.609	38.539
19	KK5-4	0.8472	2.0902	18.405	15.593	38.470
20	KK5-5	0.8473	2.0913	18.407	15.596	38.496
21	KK6-1	0.8475	2.0912	18.417	15.608	38.513
22	KK6-2	0.8474	2.0907	18.410	15.600	38.490
23	KK6-3	0.8474	2.0948	18.420	15.609	38.587
24	KK6-4	0.8473	2.0922	18.411	15.600	38.520

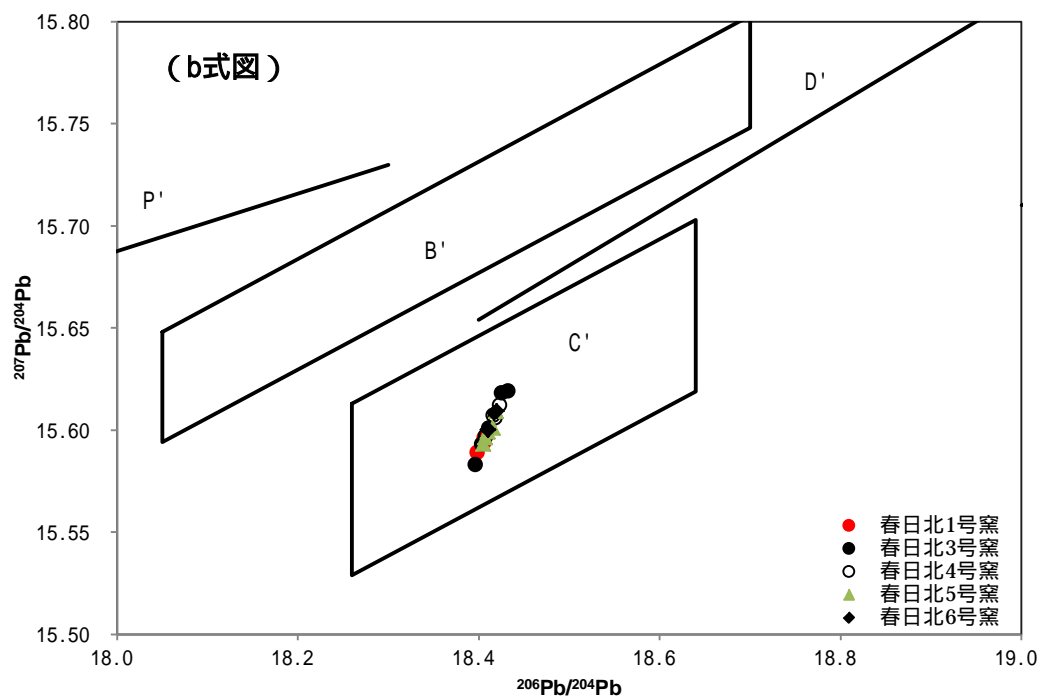
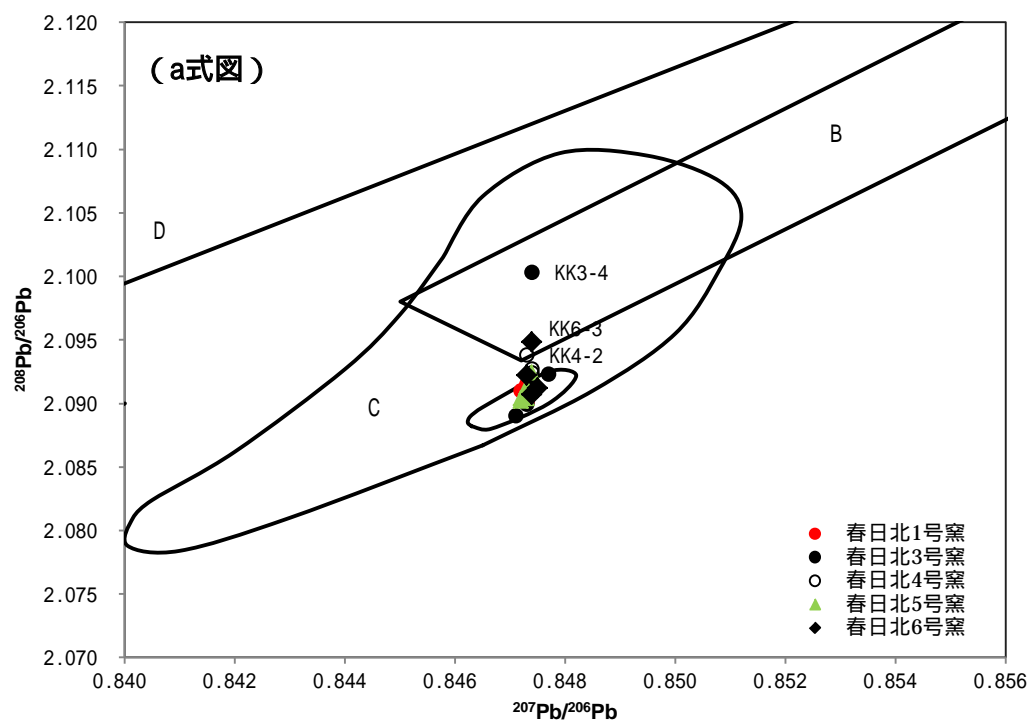


図 3-4-3-2 鉛同位体比分析結果(上 a 式図、下 b 式図) C 領域周辺の拡大図

3-4-4 東海地域（二川古窯跡群）

10 世紀における東海地域の操業地としては、二川古窯跡群（以下、二川窯と呼ぶ）がある。二川窯は、9 世紀第 2 四半期頃に、猿投地域からの技術移入により灰釉陶器が生産された（豊橋市教育委員会；2000，2002）。苗畑窯、大沢窯などでは、わずかではあるが緑釉陶器、窯道具類も出土しており、緑釉陶器の生産が、灰釉陶器、須恵器とならんでおこなわれていたことがわかる。そこで本節では、東海地域からの技術移入があったと考えられる二つの産地、近江の窯跡と二川窯の資料とを比較し、それらの化学的な特徴の相違点を明確にしていくことにする。

本研究では、苗畑 10 号窯跡出土資料 1 点、大沢 A - 2 号窯跡出土資料 6 点、本郷遺跡出土資料 3 点（うち色見 1 点、埴塙 1 点）の分析をおこなった。資料の詳細を表 3-4-4-1 に示す（附図 7）。これらの資料は、本研究では鉛同位体比分析は本郷遺跡出土資料のみおこなっているが、大沢 A - 2 号窯のうち 4 点はすでに実施され報告されている（齋藤；2003）。このため胎土と釉薬の化学組成を新たに分析し、既報告の鉛同位体比と併せて検討するにした。

表 3-4-4-1 資料詳細

No.	出土遺跡	器種	遺物番号	胎土	所属時期
1	苗畑10号窯	緑釉椀	1259	硬質	9世紀末から10世紀初頭
2	大沢A-2号窯	緑釉皿	384	硬質	10世紀から11世紀
3		緑釉椀	385	軟質	
4		緑釉椀	386	軟質	
5		緑釉椀	388	硬質	
6		緑釉段皿	389	硬質	
7		緑釉椀	390	軟質	
8	本郷遺跡	緑釉稜椀	17	硬質	10世紀頃
9		色見	210	硬質	
10		埴塙	153	軟質	

3-4-4-1 胎土の化学組成

胎土の分析結果を表 3-4-4-2 に示す。図 3-4-4-1 は酸化アルミニウム（ Al_2O_3 ）含有量と酸化鉄（ Fe_2O_3 ）含有量を表示したものである。胎土の化学組成から、大沢 A - 2 号窯出土資料 1 点と本郷遺跡出土資料 1 点を除くと、酸化アルミニウム含有量は 20～25wt% の範囲にある。猿投地区の出土資料や、須恵器もしくは灰釉陶器との併焼窯で検出された、酸化アルミニウム含有量が約 20wt% 以下のものは、本節の資料からは確認されていない。これらの結果から、二川窯では緑釉陶器の胎土粘土として、須恵器や灰釉陶器の胎土は用いられておらず、使い分けがおこなわれていることがわかる。また本郷遺跡の緑釉稜椀は、酸化カル

シウム含有量が多い特徴を持つ。このような値をもつ資料は他にはないため、胎土に何らかのカルシウム分の多いものが混在したことが考えられるが、詳細については今後の類例調査が必要であろう。

3-4-4-2 胎土の推定焼成温度

X線回折測定から得られた結果を表3-4-4-3に示す。分析結果から、苗畑10号窯出土資料と本郷遺跡出土資料の推定焼成温度は約1100もしくは約1000～1100で、二度焼きであるとみなすことができる。大沢A-2号窯出土資料の一部資料は、約1000以下であり、これらは二度焼きであるかは不明であるが、それ以外の資料は二度焼きであるとみてよい。大沢A-2号窯資料の胎土は、淡褐色を呈しているが、酸化鉄含有量は約3.7wt%であるため、焼成温度の高低に関わらず、焼成時には酸化的な雰囲気が強かったと考えられる。これは、苗畑10号窯および本郷遺跡出土緑釉陶器とは異なる特徴である。

表3-4-4-2 胎土の化学組成(wt%)

No.	出土遺跡	色調	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	胎土
1	苗畑10号窯	灰青色	71.2	21.0	3.6	1.1	0.58	0.27	0.70	1.6	硬質
2	大沢A-2号窯	淡褐色	67.2	22.2	4.8	1.1	1.0	0.40	1.2	2.1	硬質
3		淡褐色	60.5	31.4	4.4	1.1	0.96	0.18	0.54	0.88	軟質
4		淡褐色	70.4	23.0	3.0	1.1	0.93	0.15	0.51	1.0	軟質
5		淡褐色	69.8	23.2	3.4	0.98	0.88	0.11	0.60	1.0	硬質
6		淡褐色	63.3	28.9	4.1	1.1	0.99	0.13	0.50	0.92	硬質
7		淡褐色	69.5	22.5	3.3	1.4	1.1	0.15	0.81	1.2	軟質
8	本郷遺跡	灰青色	63.6	26.1	4.5	1.1	0.93	2.3	0.45	1.0	硬質
9		淡褐色	72.8	20.1	2.0	0.6	0.65	0.32	1.10	2.3	色見
10		淡褐色	61.5	30.6	4.0	1.1	1.1	0.17	0.44	1.0	坩堝

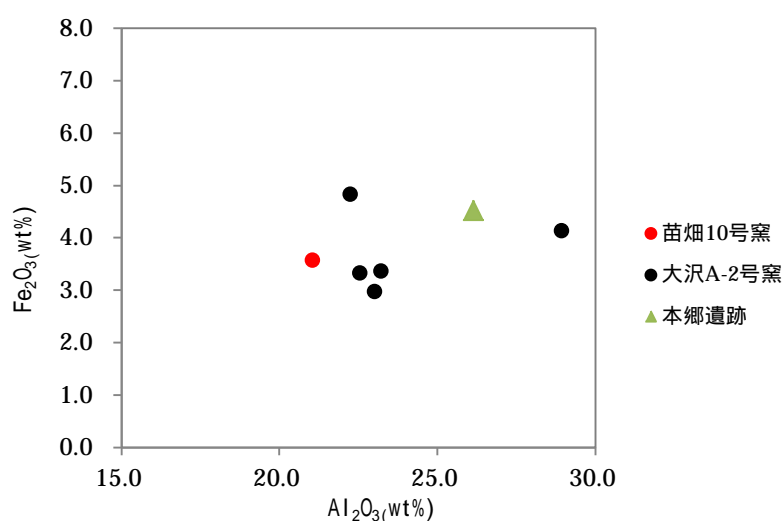


図3-4-4-1 酸化アルミニウム含有量と酸化鉄含有量による比較(緑釉碗・皿のみ)

表 3-4-4-3 X線回折による胎土中の鉱物

No	出土遺跡	ムライト	長石類	クリストバライト	推定焼成温度	色調
1	苗畑10号窯			×	約1100	灰青色
2	大沢A-2号窯	×		×	約1000 以下	淡褐色
3		×		×	約1000 以下	淡褐色
4				×	約1000～1100	淡褐色
5				×	約1000～1100	淡褐色
6				×	約1100	淡褐色
7		×		×	約1000 以下	淡褐色
8	本郷遺跡			×	約1000～1100	灰青色
9				×	約1100	淡褐色
10				×	約1100	淡褐色

3-4-4-3 釉薬の化学組成

釉薬の測定結果を表 3-4-4-4 に示す。二酸化ケイ素含有量は 23wt%～66wt%、酸化鉛含有量は 17wt%～67wt%と数値にばらつきがあることからみると、風化に伴って化学組成が元の釉薬から変化してしまっているようである。したがって、ここでは化学組成の差異をあまり細かく議論することはせず、大まかな傾向を捉えるに留める。

No.4・5 は、緑釉よりも黄色が強い釉調であるが、化学組成からみても他の資料より酸化鉄含有量が多く、酸化銅が少ない。このことから、見た目との整合性はあるといえ、さらに色調を変えるために意識的に異なる化学組成にした可能性も考えられる。

緑釉からは、苗畑 10 号窯と大沢 A -2 号窯で各 1 点ずつ亜鉛 (Zn) が含まれる資料を検出したことから、二川窯でも二種類の緑色顔料が使用されていたと判断される。

表 3-4-4-4 釉薬の化学組成(wt%, tr;微量)

No.	出土遺跡	器種	釉色	SiO ₂	PbO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	MnO	CuO	ZnO	Na ₂ O	K ₂ O
1	苗畑10号窯	緑釉椀	緑色	23.6	64.2	5.4	0.77	0.24	1.1	0.87	0.08	2.8	0.05	0.53	0.36
2		緑釉皿	緑色	24.7	64.6	3.9	1.1	0.19	1.5	0.25	0.08	2.8	0.05	0.50	0.31
3		緑釉椀	緑色	23.1	66.5	5.8	0.85	0.15	0.72	0.18	0.07	1.7	tr	0.42	0.51
4		緑釉椀	黄緑色	54.3	31.1	9.0	1.6	0.34	0.64	0.63	0.08	0.10	tr	0.33	1.9
5		緑釉椀	黄緑色	66.2	16.9	10.6	1.3	0.35	0.46	0.76	0.07	0.08	tr	0.56	2.7
6		緑釉段皿	緑色	27.6	62.7	5.6	0.75	0.27	0.85	0.75	0.08	0.67	tr	0.38	0.35
7		緑釉椀	緑色	28.8	59.9	6.0	1.3	0.24	0.54	0.20	0.07	2.0	tr	0.46	0.36
8	本郷遺跡	緑釉稜椀	緑色	30.0	58.3	6.2	1.2	0.24	1.2	0.20	0.06	1.5	tr	0.57	0.46
9		色見	緑色	31.3	59.0	4.6	0.98	0.18	0.82	0.76	0.11	0.80	tr	0.53	0.89
			褐色	38.9	51.1	4.9	0.84	0.15	0.67	1.1	0.14	0.68	tr	0.74	0.74
10		坩堝	緑色	42.7	43.4	9.2	0.68	0.22	0.70	0.82	0.06	1.1	tr	0.49	0.61
			褐色	34.1	57.1	4.2	0.70	0.13	0.38	0.50	0.08	1.6	tr	0.54	0.76

3-4-4-4 釉薬の鉛同位体比分析

大沢 A-2 号窯の 4 点については、すでに齋藤(齋藤;2003)が分析をおこなっているため、その結果と本郷遺跡出土資料の結果を併せて表 3-4-4-5 に示す。また $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比と $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比の関係 (a 式図) および $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比と $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比の関係 (b 式図) を図 3-4-4-2 に示す。大沢 A-2 号窯資料はいずれも C 領域に含まれ、日本産原料であり、同一産地の原材料であると報告されている。

図 3-4-4-3 に C 領域周辺の拡大を示す。本論文では、No.7 は集中領域 (グループ) の範囲からは離れた位置にあると判断している。このような数値は、春日北遺跡出土資料のものと類似している。10 世紀には近江だけではなく二川窯においても、グループ とは異なる産地に由来する鉛原料の使用が確認できた。また奈良時代の緑釉・ガラス製品の一部資料にも確認される数値であるが、200 年近く時期が異なることから、ガラス製品の再利用などの可能性や、鉛原料の他産地との混合、鉱山の短期間の再稼働などが考えられる。

C 領域ではなく中国華北産の領域に近い No.9 は、所属時期が中世まで下る資料の可能性も考えられる。

表 3-4-4-5 鉛同位体比分析結果(齋藤;2003 の結果を含む)

No.	出土遺跡	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
2	大沢A-2号窯	0.8475	2.0921	18.423	15.614	38.543
3		0.8475	2.0908	18.425	15.615	38.523
6		0.8475	2.0910	18.423	15.614	38.521
7		0.8472	2.0946	18.412	15.599	38.568
8	本郷遺跡	0.8474	2.0906	18.408	15.599	38.483
9		0.8714	2.1347	17.883	15.583	38.174
10		0.8474	2.0905	18.410	15.602	38.486

3-4-5 胎土の微量元素分析

窯跡出土資料のうち、亀ヶ洞窯 10 点、大谷 2 号窯 2 点、春日北 1・3～6 号窯資料 25 点、二川窯 10 点の計 47 点について、高輝度放射光による胎土の微量元素分析をおこなった。その結果と前節まで (「3-4-1-1」・「3-4-2-1」・「3-4-3-1」・「3-4-4-1」) で述べた蛍光 X 線分析結果をあわせて、クラスター分析をおこなった結果を図 3-4-4-4 に示す。蛍光 X 線分析結果のみによる結果を、さらに細かく検討することが可能になった。

亀ヶ洞窯出土資料と春日北遺跡出土資料は、二つの異なるグループにわかれた。このことから、おそらくそれぞれの窯近傍から緑釉陶器のための胎土を得ていたと推定される。大沢 A-2 号窯資料は、いくつかの群に分散し、ばらつきが大きい結果となった。また大谷 A-2 号窯と春日北遺跡資料で分離したものは、今回の手法では分類できない。統計処理をおこなうには資料数も問題になるため、今後資料数を増やして検討する必要がある。

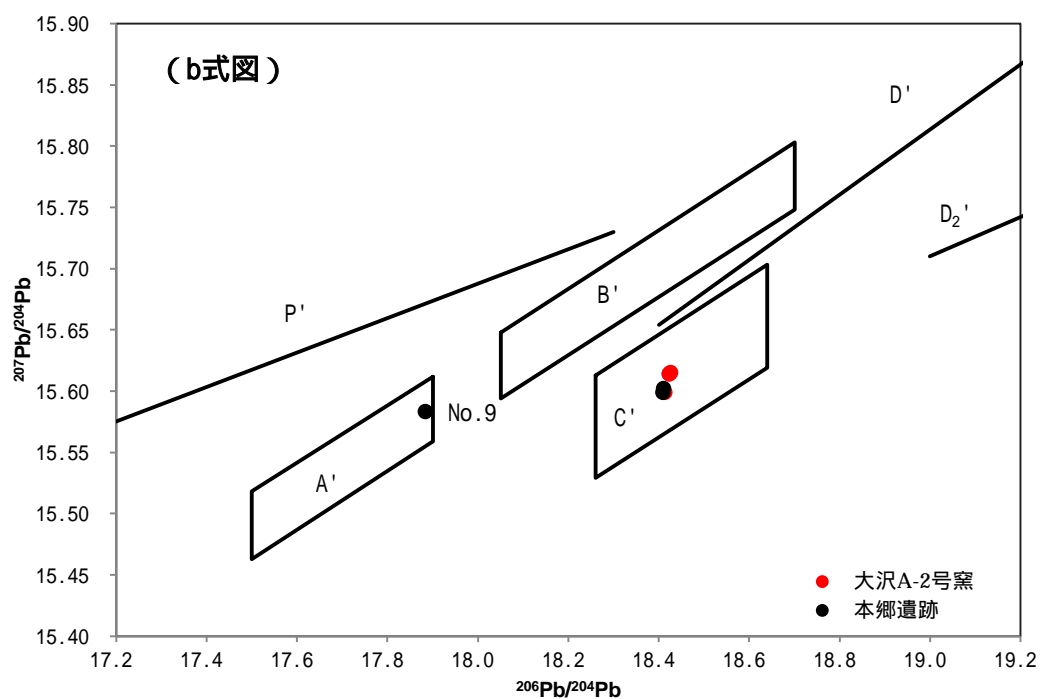
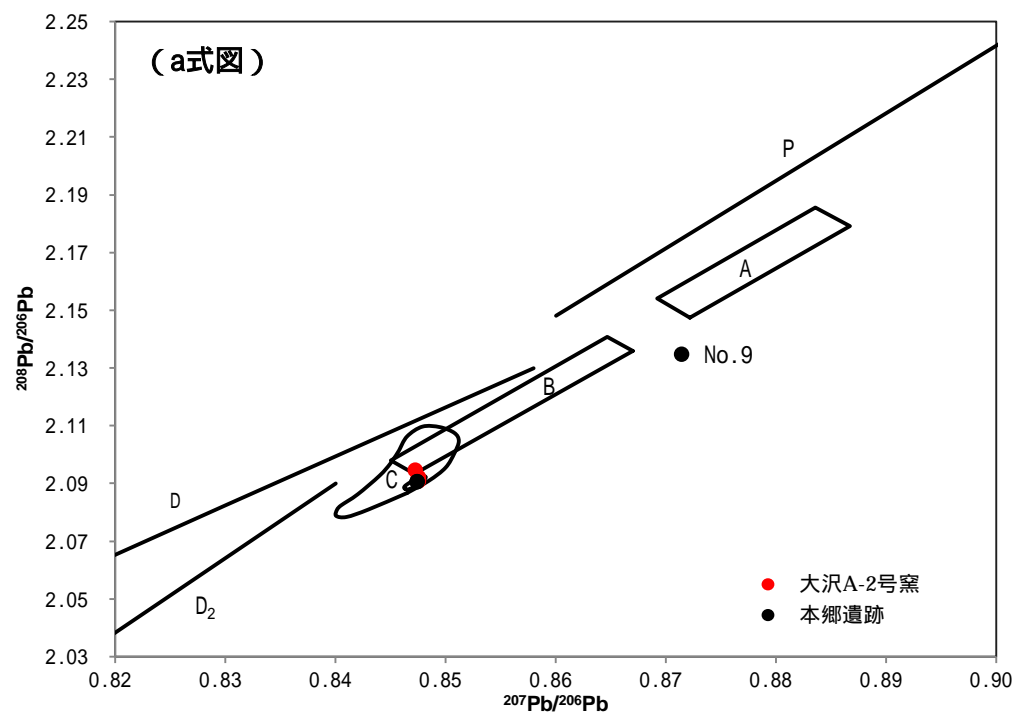


図 3-4-4-2 鉛同位体比分析結果(上 a 式図、下 b 式図)

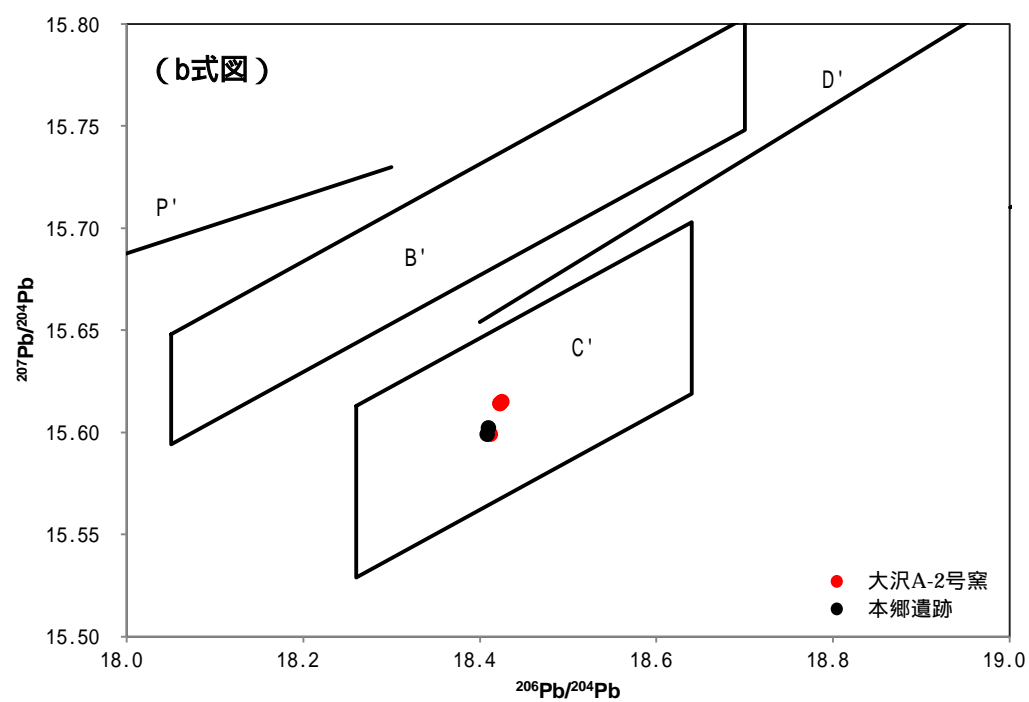
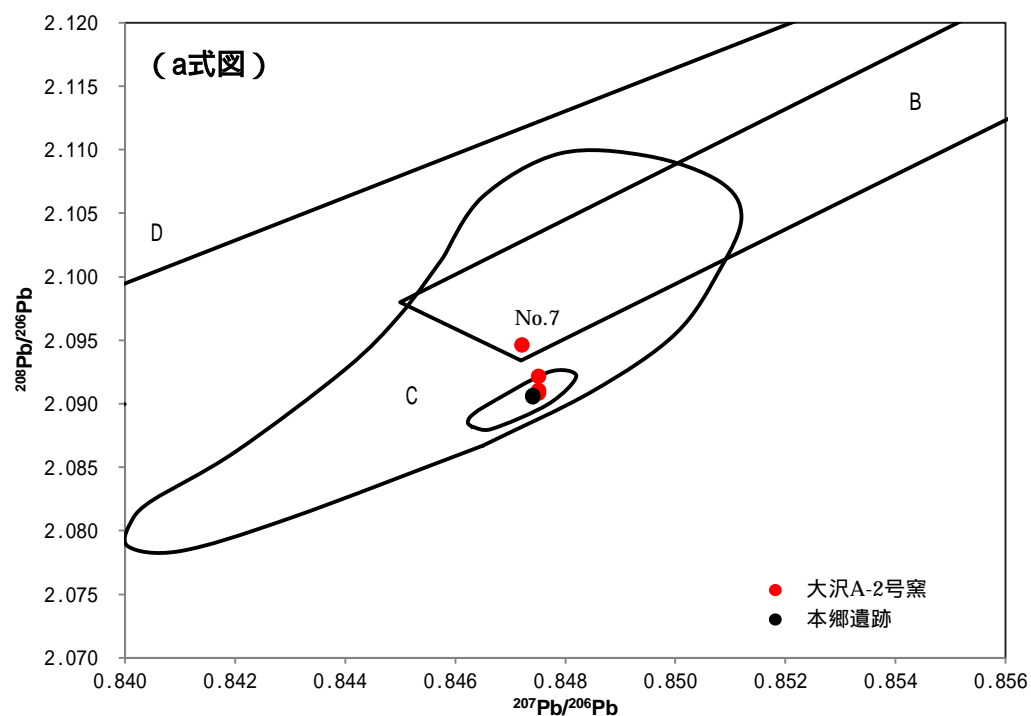


図 3-4-4-3 C 領域周辺の拡大図(上 a 式図、下 b 式図)

Species/Location	Number of Individuals
亀が洞1	2
亀が洞2	4
大沢A-2号窯3	5
大沢A-2号窯4	8
亀が洞7	2
亀が洞9	2
大沢A-2号窯2	14
大沢A-2号窯5	2
亀が洞3	3
亀が洞4	4
亀が洞6	5
亀が洞8	3
亀が洞10	5
亀が洞5	2
苗畑10号窯2	3
北4-2	2
北4-5	2
北1-1	2
北3-5	5
北4-1	7
北5-2	7
北3-2	10
北4-4	2
大沢A-2号窯6	4
大谷3号窯5	2
大谷3号窯3	2
春井1-2	3
春井1-3	2
春井3-4	2
春井6-5	7
春井3-3	3
春井6-3	2
春井5-3	2
春井6-1	2
春井1-5	2
春井5-1	4
春井6-4	2
春井6-2	2
春井1-4	2
春井4-3	2
春井5-5	3
大沢A-2号窯1	5

3-4-6 小結

都城周辺と猿投地域の相違は、胎土の化学組成、色調、推定焼成温度にはみられるが、釉薬では顕著に認められなかった。

猿投地域、丹波地域、近江地域、東海地域（二川窯）のそれぞれにおいて、緑釉陶器専用窯と、緑釉陶器と灰釉陶器の併焼窯とを比較すると、後者の推定焼成温度が高く、酸化アルミニウム含有量が少ないことがわかり、それは地域に関係なくみられる特徴であった。さらに、猿投地域と近江地域の胎土は、微量元素の特徴によって大別できる可能性が高い。緑色顔料から亜鉛が検出される資料は地域によらず存在するが、近江地域が最も資料の割合が多く、この地域の特徴とも考えられる。これは、近江地域の緑釉の酸化銅含有量が最も多いこととも関係があるのかもしれない。

89

じ地域産の鉛原料が主に使用されている。

3-5 中国唐三彩の窯跡出土資料の調査

日本国内での唐三彩の出現は 7 世紀末頃と考えられている。多田山古墳や縄生廃寺などからの出土資料は、諸説はあるものの 7 世紀末まで遡ることも考えられており、初期の唐三彩であることは間違いない。その後再開された遣唐使によって、もたらされたといわれる唐三彩は、8 世紀代に出土例が増加する。国内の多彩釉（奈良三彩）は、これら舶来品である唐三彩の影響を受けていることは間違いない。唐三彩の技術と奈良三彩の技術の相違を検討するためには、唐三彩の化学的特徴を調べておく必要がある。そこで、大安寺旧境内跡などから出土したものと同一文様の押し型や、同一文様の器種が出土している河南省黄冶窯跡出土資料、白河窯跡出土資料について調査をおこなった。唐三彩の生産は、中原では唐の衰退とともに減少し、地方へとその技術が移転されたとされているため、北宋代の鉛釉陶器として清凉寺窯跡出土資料についても検討をおこなった。なお、白河窯の資料では、できるだけ同じ器種の資料を選択することにより、器種の違いによる差の影響を軽減することを考えて資料を選択している。さらに大安寺旧境内跡などから出土した陶枕との比較を試みるために、黄冶窯出土陶枕資料を選択した。

本研究に供した資料は、1976 年に河南省文物考古研究所が鞏義市小黄冶窯跡で実施した試掘調査で出土した皿・壺の等の資料 7 点、白河窯出土の腹部資料 6 点および斂口鉢口縁部資料 2 点、黄冶窯出土三彩陶枕 1 点、比較資料として同省宝豊清凉寺窯出土資料 3 点の計 19 点である（附図 8）。詳細を表 3-5-1 に示す。表面の釉色は、緑釉単彩 1 点、黄（褐）釉単彩 4 点、三彩 11 点、二彩 3 点である。所属時期は、白河窯・黄冶窯は唐代、清凉寺窯は北宋代と考えられている。中国窯跡資料については、鉛同位体比分析に使用する釉薬以外は非破壊での分析調査である。No.1～8 が白河窯の出土品（唐代）、No.9～16 が黄冶窯の出土品（唐代）、No.17～19 が清凉寺窯の出土品（北宋代）である。No.1・4・10・11・13・17 が口縁部、No.9 が陶枕の縁部分である以外は、全て四周が割れた破片資料である。

No.10 には、釉の上に半透明の白色部が帯状に残存している箇所がある（図 3-5-1）。これは色釉と色釉の隙間のみで観察できることから、本資料に意図して塗布されていた可能性が高い。その場合釉薬が混ざらないようにするため、もしくは白色（胎土色）を出すために塗布されたものと考えられ、焼成中に溶融しきれなかったことが想定される。いっぽう他の陶器の釉薬や窯壁、窯道具が溶着したことも考えられる。そこで、この白色部については非破壊で X 線回折測定による結晶構造の同定をおこなった。検出した結晶は、石英およびクリストバライトであった。鉛釉の場合、施釉後の焼成温度は灰釉などと比較すると低く、クリストバライトが生成されるほどの高温焼成はしないことから、焼成中に他の陶器の釉薬が溶着したものとは考えられない。窯道具および窯壁の場合は、釉薬表面に付着し得ることから可能性は残るが、半透明であること、色釉の間に帯状に複数箇所付着していること、粘土成分が全く検出されないことなどの疑問が残る。当初よりクリストバライトを含む釉薬を使用したと考えれば、周囲の釉薬よりも溶融温度が高くなることから、

境界部分の色釉が混ざりにくくはなるであろう。白色（胎土色）を出すために塗布されたと考えることもできるが、白色部の下層に色釉が存在している箇所もあるため、可能性としては低そうである。いずれにしても、まだ資料数が十分ではないので、このような手法が他の三彩でも観察できるかどうか、さらなる調査が必要であろう。

釉薬掛けの順序であるが、No.10 の観察結果から、緑釉・褐釉を掛け、最後に白釉で隙間を埋めていることがわかる。1962 年からおこなわれた正倉院三彩の調査でも、緑釉・黄釉を掛け、最後に白釉で隙間を埋めていると報告されている（正倉院事務所;1971）。正倉院三彩は日本で生産されたものであるが、施釉法に大きな差異はなく、唐三彩と同様な方法であったことになる。

No.12 には、胎土中に密度の高い部分が透過 X 線画像で観察できる（図 3-5-2）。顕微鏡観察によれば約 1-2mm の大きな空洞が胎土断面にあり、その周囲は透明や緑色のガラス状を呈していることが観察できる（図 3-5-3）。この部分からは、蛍光 X 線分析によって鉛が検出されている。これらからみて、成形中に釉の成分が何らかの原因で胎土内に混入した可能性が高い。日本の尾張猿投窯のように素地成形と施釉が別々の場所（工程）で行われていたというよりも、胎土に釉薬が混入することが可能な、非常に近接した作業場所（工程）であったことが考えられる。

3-5-1 胎土の化学組成

胎土の蛍光 X 線分析結果を表 3-5-2 に示す。酸化アルミニウム含有量と酸化鉄含有量の相関を表したものを図 3-5-4 に示す。唐三彩資料はほとんどの資料で酸化鉄含有量は約 1.4wt%以下である。No.16 のみ酸化鉄含有量が 1.9wt%と多く、これは胎土の化学組成が異なる、もしくは埋土がわずかに残存していた可能性も考えられる。北宋代の清凉寺窯資料と唐代の白河窯・黄冶窯の胎土の違いは、清凉寺窯のほうが白色であっても酸化鉄含有量が約 2wt%以上と唐代のそれよりも多い点であり、また酸化カリウムはやや少ないといえる。酸化アルミニウム含有量はすべての資料で 27~31wt%と、奈良三彩よりも多い。唐三彩



図 3-5-1 No.10 釉上の半透明部



図 3-5-2 No.12 の透過 X 線画像



図 3-5-3 No.12 の破面で観察できる密度が高い部分

陶枕資料 No.9 と大安寺旧境内から出土した唐三彩陶枕資料の胎土の化学組成を比べると、酸化鉄含有量が少なく、酸化アルミニウム含有量が多いことなど、特に顕著な相違は見られない。本研究の分析に供した資料では、器種による顕著な差異はみられないといえる。

表 3-5-1 資料詳細

No	時代	出土窯跡	注記	詳細
1	唐	白河窯	T1606H34-C1	三彩斂口鉢の口縁部。外面は褐釉地に緑釉・白釉を点彩する。内面は露胎で、胎土は白色を呈する。
2			T1606H34-C2	三彩破片。壺の胴部と考えられる。外面に緑釉・褐釉・白釉がかかる。内面は露胎で、胎土は黄白色を呈する。
3			T1606H34-C3	三彩破片。壺の胴部と考えられる。外面に黄釉・褐釉がかかり、露胎の部分がある。内面は露胎。胎土は白色を呈する。
4			T1508H40-C1	三彩斂口鉢の口縁部。口縁端部が露胎で、一条の沈線がめぐる。外面は褐釉地に緑釉・白釉を点彩する。内面は露胎。胎土は白色を呈する。
5			T1508H40-C2	黄釉破片。壺の胴部と考えられる。外面全面に黄釉がかかる。内面は露胎。胎土は白色を呈する。
6			T1508H40-C3	三彩破片。壺の胴部と考えられる。外面には褐釉・緑釉がかかり、一部が露胎である。内面は露胎。胎土は白色を呈する。
7			T1508H40-C4	褐釉破片。壺の胴部と考えられる。外面に褐釉がかかり、一部が露胎である。内面は露胎。胎土は白色を呈する。
8			T1508H40-C5	三彩破片。壺の胴部と考えられる。外面に褐釉・緑釉・白釉がかかる。内面は露胎。胎土は白色である。
9		黄冶窯	GXHDT6H10-15	三彩陶枕。枕面の一部と側面との接合部付近である。枕面にはスタンプ文が一部残るが、文様は不明である。枕面と側面とは白色の泥土で貼り合わせている。枕面には緑釉を塗布し、スタンプ文の内側に褐釉を点彩している。側面には黄釉がかかり、白釉を点彩している。内面は露胎で、胎土は白色を呈する。
13		黄冶窯 (試掘)	No138	三彩鉢の口縁部で、濃緑釉・藍釉・黄釉に白釉で点彩をする。胎土は淡紅色を呈する。
14			No65	三彩豆皿の口縁部。黄釉とともに口縁部と胴下部のみに緑釉を掛ける。内面は口縁部付近のみ緑釉が掛かる。胎土は白色を呈する。
15			ラベルなし	三彩炉の腹部で圈線が3本ある。裏面は露胎で胎土は白色を呈する。
16			No122	三彩鉢の口縁部で、緑釉・黄釉に白色で点彩や縦縞状の文様を表す。内面は口縁付近のみ褐釉が掛かる。胎土は白色を呈する。
17			No146	二彩の小型壺で、藍釉に白色で点彩する。白化粧が腹部の途中まで掛けられている。内面は一部白釉が掛けられている。胎土は淡赤色である。
18			No198	褐釉の執壺で、内面は薄く白色の釉が掛けられている。胎土は黒色の斑点状物質を含む淡赤色を呈する。
19			No34	緑釉の小型壺で外面は緑釉がかかり、内面は露胎である。胎土は淡紅色を呈する。
10	北宋	清凉寺窯		三彩破片。壺の胴部かと思われ、型押しの花文が残る。表面には緑釉・白釉・褐釉を施釉する。胎土は白色を呈する。
11				三彩破片。口縁部の破片で、外面に花文の一部が残り、口縁部にかけて緑釉を施す。内面は褐釉のみで、胎土は黄白色を呈する。
12				器種不明の三彩。外面に褐釉・白釉・緑釉を、内面には褐釉を施釉する。胎土は白色を呈する。

表 3-5-2 胎土の化学組成(wt%)

No.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
1	66.3	27.7	1.1	1.0	0.69	0.78	0.87	1.6
2	66.5	27.4	1.2	1.1	0.65	0.77	0.75	1.7
3	62.2	30.1	1.4	1.1	0.75	1.0	1.1	2.4
4	63.2	29.4	1.3	1.1	0.73	1.5	0.73	2.0
5	64.2	29.7	1.0	1.2	0.74	0.68	0.76	1.8
6	65.4	28.4	1.1	1.0	0.67	0.57	0.81	2.0
7	66.0	28.0	1.2	1.1	0.68	0.58	0.77	1.8
8	65.2	27.7	1.3	1.1	0.69	1.2	0.78	2.0
9	64.5	29.9	0.77	1.0	0.71	0.55	0.83	1.7
10	63.4	29.6	1.4	1.1	0.77	0.78	0.80	2.2
11	63.6	30.4	1.0	1.01	0.77	0.45	0.87	1.8
12	63.6	29.8	1.2	0.90	0.68	0.98	0.69	2.1
13	61.9	31.3	1.4	0.98	0.81	0.90	0.61	2.2
14	64.7	28.9	1.0	0.92	0.83	0.74	0.79	2.0
15	65.2	28.7	1.4	0.87	0.65	0.50	0.77	2.0
16	62.8	29.1	1.9	1.2	0.83	0.99	0.95	1.9
17	63.4	28.6	2.9	1.1	0.74	0.87	0.62	1.7
18	63.7	29.4	2.2	1.3	0.72	0.68	0.65	1.4
19	64.6	28.5	2.4	1.2	0.68	0.89	0.45	1.3

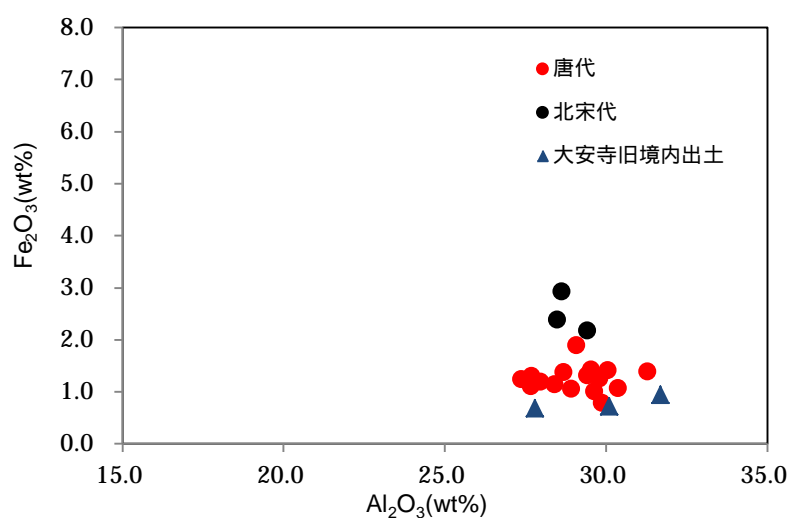


図 3-5-4 酸化アルミニウムと酸化鉄の化学組成による比較

3-5-2 胎土の推定焼成温度

資料の分析結果を表 3-5-3 に示す。No.17 を除く 18 点の資料すべてに、石英およびムライトが生成している。また No.1、2、15 ではクリストバライトも生成していた。これらは他の資料よりも被熱量が多く、約 1200 以上で焼成されたと推定される。No.4、7、18 を除く他の資料は石英とムライトのみが生成し、長石類が顕著に検出されないことから、長石類の分解がほぼ終了していると考え、焼成温度は約 1200 と推定される。李知宴らによる唐三彩の分析によれば、生活用具などは 1050 の高温で、俑などはそれより僅かに低い温度で焼成されたと報告している（李ら、1987a）。本研究で得られた結果は、これと同程度もしくはやや高い焼成温度となっている。また素焼きののちに施釉している二度焼きがおこなわれていることが確認できた。

No.17 は石英の他には顕著な回折ピークを得られなかったが、ムライトを検出していないことから焼成温度は低いと考えた。No.4、7 は、アルミニウムの含水ケイ酸塩鉱物である葉蠟石（pyrophyllite, $\text{Al}_2\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ）に類似する回折ピークを検出している。葉蠟石はカオリナイトなどの粘土鉱物と共存し、また肉眼での区別は難しいといわれている粘土であるため、粘土として一緒に用いられた可能性が考えられる。耐火材として使用され、熱膨張を抑制する効果が期待できる鉱石である。胎土に混在する粘土の種類から、胎土の供給元は複数あったことが伺える。No.4、7 は後述する釉薬の鉛同位体比値は異なることから、どちらも白河窯の製品であるが、原材料は胎土、釉薬ともに複数のものが使用されているといえる。

従来から、唐三彩の焼成温度は高いといわれている。しかし、北宋三彩の中に焼成温度が低い資料が含まれていることが明かとなった。窯跡出土資料のため焼成不良で破棄された資料の可能性もあり、これが北宋期の特徴によるものか、窯によるものかは今後の研究が必要であるが、俑以外の唐三彩は高温焼成のみであるという判別には今後注意を要する。さらに耐火材が使用された胎土の存在など、鉱物組成のデータの蓄積も必要になってくるであろう。

いっぽう、日本で生産された鉛釉陶器で、焼成温度が約 1000～1200 と推定されたものは、考古学的に推測される帰属時期としては 7 世から 10 世紀までと幅広い。また、焼成温度が約 1200 以上と報告されている例は 10 世紀代の資料が多い。ムライトが検出できないため焼成温度が約 800～1000 と推定される資料は、7～8 世紀の資料が中心であることから、日本では時代とともに焼成温度が高くなる傾向があると指摘できるだろう。奈良三彩と平安緑釉とを比較しても、時期が下るとともに焼成温度が高くなる傾向がある。

表 3-5-3 X線回折による胎土中の鉱物

N o	出土窯跡	ムライト	長石類	クリストバライト	推定温度	
1	白河窯	+		+	約1200 以上	葉蠟石カ
2		+		+	約1200 以上	
3		+			約1200	
4					約1100-1200	
5		+			約1200	
6		+			約1200	
7					約1100-1200	
8		+			約1200	
9	黄冶窯	+			約1200	葉蠟石カ
10		+			約1200	
11		+			約1200	
12		+			約1200	
13		+			約1200	
14		+			約1200	
15		+		+	約1200 以上	
16		+			約1200	
17	清凉寺窯				約1000 以下	石英顕著
18					約1100-1200	
19		+			約1200	

3-5-3 釉薬の化学組成

蛍光X線分析結果を表 3-5-4 に示す。中国窯跡資料では3点の藍彩を含んでいる。紺色の色料であるコバルトは、中国と西アジアでは不純物として含まれる酸化マンガン(MnO)や酸化鉄含有量が異なると報告されている(除ら;1982, 李ら;1987a, 張;1987)。そこで、酸化マンガ含有量・酸化鉄含有量と酸化コバルト(CoO)含有量の比をとり相対値を求めたものを図 3-5-5 に示す。結果をみると、酸化マンガ含有量・酸化鉄含有量が少なく、中国南方産とは異なると考えられることから、西アジアから持ち込まれたコバルト鉱もしくは紺色顔料である可能性が高いことがわかる。また唐代の低火度釉の酸化コバルトと酸化銅の含有量は、李固偵(李ら;1987b)、張福康(張;1987)によれば酸化コバルトは約1.1wt%、酸化銅は約3~4wt%であると報告されている。本研究の分析結果によれば、藍釉では酸化コバルト含有量は0.58~1.2wt%の範囲にあり、平均値は0.92wt%、酸化銅含有量は1.2~5.9wt%でその平均値は3.1wt%と、既報告の結果と類似する結果を示している。

山崎の報告によれば、酸化鉛含有量に応じて、比較的多いもの(PbO70wt%前後)とやや少ないもの(50~60wt%)に分類している(山崎;1987)。本研究の資料では、同一個体であっても色調の異なる部分で測定すると値が異なる。これについては、風化の影響や、白色釉(透明釉)では色釉部よりも石英・クリストバライト含有量を多くし、熔融温度を変え

ている可能性も考えられることから、比較する際には少なくとも白色釉は分けて議論する必要があるだろう。なお白色釉では、釉層の厚さが十分ではない場合などは、下層にある胎土の成分を検出してしまい、鉛より石英の含有量が多くなる場合があることも考えられる。本研究の資料では No.10、12 の白色釉と色釉の厚さに大きな差異が認められず、胎土からの影響が少ないと考えられるためこれらを比較した（図 3-5-6）。No.12 は白色釉と色釉による差異はみられないが、No.10 は白色釉と色釉の組成が顕著に異なっている。この結果から、白色釉には、二酸化ケイ素が他の色釉よりも多く含まれるものが存在することを確認した。

図 3-5-7 に酸化鉛含有量を示す。本研究で測定を行った結果、白色釉では、酸化鉛含有量 50wt% 以下のものが 8 点、50～60wt% のものが 4 点で、60wt% 以上のものは見出されなかった。また色釉では、酸化鉛含有量 50wt% 以下のものが 11 点、50～60wt% のものが 6 点、60wt% 以上のものは 1 点であった。酸化鉛含有量 50wt% 以下のものが約半数を占めており、日本で出土した資料よりも酸化鉛含有量が少ない傾向がある。これらを酸化鉛含有量に基づいて分類すると、40%前後と 60%前後という 2 つのグループに分かれる。資料数は前者が 9 点、後者が 7 点である。色釉ごとにみると、紺色と白色では両グループが明確に分かれるが、緑釉と褐釉（黄色釉）ではやや不明確である。

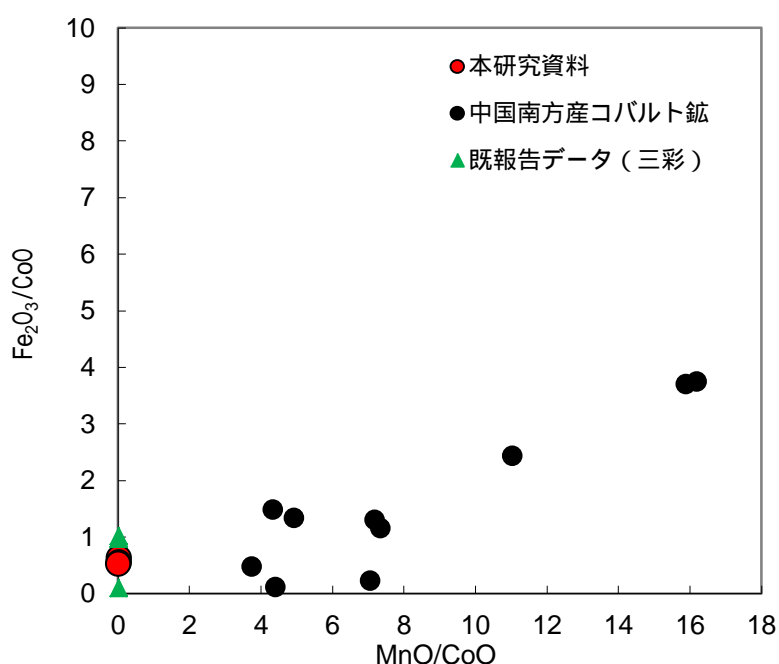


図 3-5-5 紺色顔料(酸化コバルト)の比較

表 3-5-4 釉薬の化学組成(wt%, tr; 微量, nd; 検出限界以下)

No.	色調	SiO ₂	PbO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	MnO	CoO	CuO	ZnO	Na ₂ O	K ₂ O
1	緑色	38.8	47.0	7.0	0.55	0.27	0.33	1.6	0.06	nd	2.7	tr	0.56	0.99
	褐色	34.2	51.7	6.3	5.1	0.23	0.21	0.9	0.09	nd	0.10	nd	0.55	0.62
	白色	50.3	42.0	5.1	0.34	0.15	0.22	0.68	0.06	nd	0.11	nd	0.46	0.66
2	緑色	33.6	41.1	5.6	0.66	0.16	0.58	1.6	0.05	nd	2.0	tr	0.54	0.81
	褐色	30.5	55.4	4.5	5.5	0.19	0.36	2.4	0.10	nd	0.14	nd	0.33	0.56
	白色	46.5	44.1	5.3	0.56	0.17	0.42	1.6	0.06	nd	0.09	nd	0.33	0.89
3	褐色	49.5	28.6	12.3	2.4	0.37	0.57	2.2	0.06	nd	0.74	nd	0.53	2.7
	淡褐色	52.9	31.4	9.2	1.0	0.28	0.33	0.97	tr	nd	0.48	nd	0.61	2.7
4	緑色	36.2	50.9	5.3	0.65	0.17	0.40	1.6	0.07	nd	3.8	0.18	0.61	0.23
	褐色	26.4	61.4	4.6	3.8	0.21	0.44	1.7	0.10	nd	0.37	nd	0.42	0.59
	白色	36.0	57.0	4.2	0.46	0.14	0.23	0.75	0.07	nd	0.38	nd	0.45	0.23
5	褐色	47.3	35.2	10.1	4.1	0.31	0.33	0.65	0.05	nd	0.06	nd	0.49	1.3
6	褐色	44.5	36.0	8.6	2.3	0.32	0.59	4.0	0.06	nd	0.67	0.08	0.51	2.4
	白色	49.3	32.0	9.3	1.0	0.32	0.74	3.9	0.06	nd	0.75	0.08	0.71	1.8
7	褐色	31.8	54.3	8.3	3.0	0.26	0.21	0.69	0.07	nd	0.14	nd	0.59	0.62
8	緑色	35.5	53.5	6.6	0.48	0.21	0.27	1.0	0.05	nd	1.2	nd	0.59	0.58
	褐色	31.3	54.4	6.0	2.5	0.27	0.59	3.1	0.08	nd	0.66	nd	0.42	0.63
	白色	39.4	51.5	4.8	0.33	0.15	0.40	2.1	0.05	nd	0.26	nd	0.38	0.63
9	緑色	31.8	59.0	3.7	0.63	0.11	0.31	0.62	0.07	nd	2.8	0.07	0.63	0.31
	褐色	27.6	61.8	5.9	2.6	0.21	0.27	0.45	0.08	nd	0.08	nd	0.55	0.32
	白色	34.6	56.7	5.9	1.1	0.19	0.11	0.30	0.07	nd	0.07	nd	0.40	0.59
10	緑色	37.3	44.3	6.8	1.7	0.30	0.51	0.81	0.10	0.06	5.9	0.27	0.80	0.60
	褐色	37.8	46.7	6.4	5.0	0.28	0.28	0.73	0.08	0.13	0.32	nd	0.98	0.68
	白色	66.7	27.4	3.5	0.27	0.14	0.28	0.38	tr	nd	0.14	nd	0.35	0.48
	藍色	49.6	40.6	4.7	0.70	0.21	0.37	0.50	0.05	1.2	0.43	nd	0.51	0.59
11	緑色	44.7	37.5	7.90	0.78	0.34	0.46	0.8	0.07	nd	4.0	0.20	0.90	1.9
	褐色	44.2	36.3	10.0	3.2	0.36	0.46	1.4	0.06	nd	0.24	0.09	0.69	2.6
	白色	65.9	23.3	5.7	0.31	0.23	0.30	0.80	tr	nd	0.10	0.05	0.45	2.6
12	褐色	31.7	57.9	4.1	3.1	0.20	0.18	0.86	0.08	nd	0.08	nd	0.47	0.39
	白色	34.8	58.3	4.0	0.26	0.18	0.20	0.25	0.07	nd	0.09	nd	0.57	0.49
	藍色	36.4	55.5	4.0	0.41	0.19	0.26	0.40	0.06	0.58	0.28	nd	0.66	0.62
13	緑色	39.8	46.2	6.4	0.87	0.34	0.33	0.36	0.07	nd	3.6	0.12	0.84	0.55
	褐色	37.7	46.8	6.9	5.0	0.30	0.23	0.93	0.08	nd	0.59	nd	0.41	0.46
	白色	56.5	33.5	4.9	0.72	0.24	0.29	2.0	tr	nd	0.36	0.05	0.35	0.74
14	白色	49.3	45.2	2.5	0.21	0.13	0.37	0.80	0.05	nd	0.15	nd	0.41	0.28
	藍色	36.5	55.4	3.6	0.62	0.22	0.29	0.47	0.06	0.97	0.39	nd	0.41	0.32
15	褐色	30.3	54.8	5.9	4.0	0.24	0.33	1.6	0.09	nd	0.22	nd	0.54	1.2
16	緑色	28.4	59.4	5.1	0.76	0.32	0.27	0.57	0.06	nd	3.0	tr	0.91	0.67
17	緑色	37.7	46.0	5.7	0.73	0.23	0.34	5.6	0.11	nd	2.2	0.06	0.56	0.82
	褐色	33.3	50.2	5.0	3.9	0.20	0.33	5.5	0.16	nd	0.28	nd	0.45	0.80
	白色	42.9	44.2	5.1	0.63	0.22	0.93	4.7	0.09	nd	0.26	nd	0.32	0.56
18	緑色	35.6	47.9	6.1	0.94	0.23	0.46	5.4	0.11	nd	2.4	tr	0.56	0.30
	褐色	32.6	50.8	6.3	3.8	0.25	0.39	4.0	0.14	nd	0.51	nd	0.56	0.60
19	緑色	42.9	41.0	5.9	1.1	0.27	0.55	4.8	0.12	nd	2.0	0.07	0.51	0.78
	褐色	38.7	43.8	6.9	3.6	0.29	0.38	4.4	0.14	nd	0.38	nd	0.43	0.87

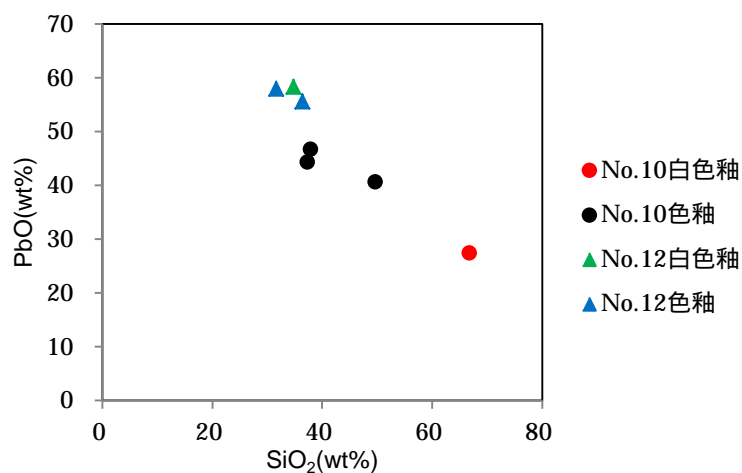


図 3-5-6 釉色別の二酸化ケイ素と酸化鉛の比較

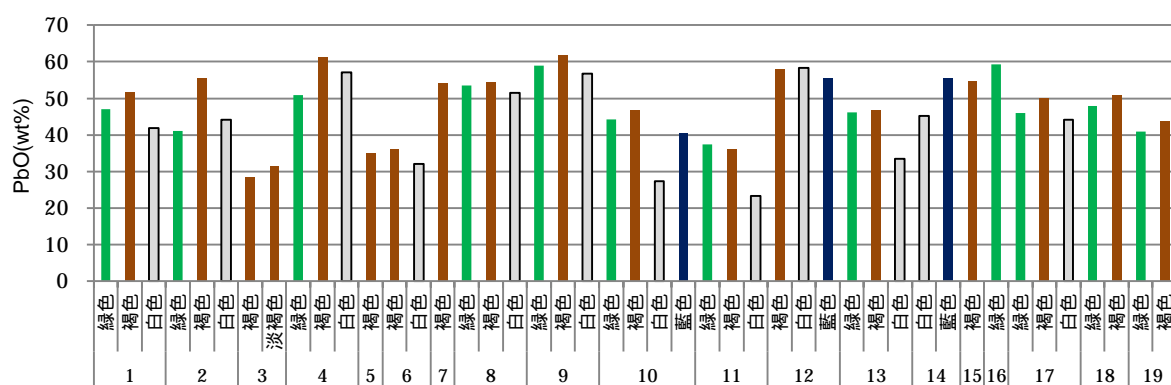


図 3-5-7 資料の酸化鉛含有量

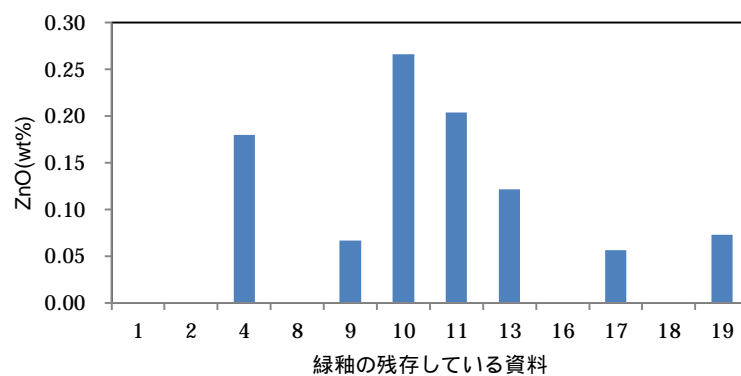


図 3-5-8 緑釉の酸化亜鉛含有量

緑釉には、酸化銅のみが検出されるものと、酸化銅とともに亜鉛が検出されるものがあることが、これまでの調査でわかっている。図 3-5-8 に、本研究で測定した緑釉中の酸化亜鉛含有量を示した。緑釉の存在が観察できる資料 12 点中 7 点から亜鉛が検出されている。No.4、10、11、13 の酸化亜鉛含有量は、ここで調査対象とした資料の中でも特に多い。亜鉛の有無と、生産された窯、器種などとの間には関係性がみられないため、亜鉛を含む緑色顔料の流通は一般的なものであり、それが含まれていない顔料との使い分けはおこなわれていなかったことが窺える。また No.6 は、緑釉のない褐釉と白釉の二彩資料あるが、この資料からも亜鉛がわずかに検出された。このことは、これまで緑釉でのみ亜鉛が検出され、白色釉（透明釉）や褐色からは検出されていなかった事例とは異なり、鉛釉そのものに亜鉛が含まれていることになる。したがって、亜鉛の含有には大きく二つの起源が考えられる。すなわち、一つは緑色顔料の原料である銅鉱石の不純物として含まれるもの（タイプⅠ）、もう一つは鉛釉の原料である鉛鉱石自体に、不純物として亜鉛を含んでいるもの（タイプⅡ）である。いままでに報告されている分析資料では、圧倒的にタイプⅠが多いことになる。酸化銅含有量に対する酸化亜鉛含有量の割合を比較すると、緑釉では同程度であり、緑色顔料の原料が類似するものである可能性が考えられる（表 3-5-5）のに対し、透明釉ではその割合が異なっている。

No.3、5、6、7、11 には酸化アルミニウム含有量が、No.3、5、6、11、15 には酸化カリウム含有量が、No.6、17、18、19 には酸化カルシウム含有量が多い特徴がみられた。酸化アルミニウム含有量の多い資料では、釉薬のアルカリ成分の原材料として、長石類の使用が想定され、特に No.3、11 ではカリ長石などのカリウムを多く含む長石類が使用された可能性が高いと考えられる。酸化カルシウム含有量は、No.17、18、19 でも多い特徴があるが、酸化アルミニウムや酸化カリウム成分の含有量には大きな差異がみられないことから、石灰岩などが原料として混入されたとも考えられる。以上のように、釉薬の化学組成から、白河窯・黄冶窯の資料と、清涼寺窯の資料を比較すると、清涼寺窯資料は釉薬の酸化カルシウム含有量が多く、組成が異なることが明らかとなった。また No.3、7、8（褐釉、二彩）は酸化カリウムが多く、No.1、2、10、11 は透明釉の石英成分が多い。

表 3-5-5 銅に対する亜鉛の相対値

No.	4	9	10	11	13	17	19	6(褐)	6(白)
ZnO/CuO	0.05	0.02	0.04	0.05	0.03	0.03	0.04	0.11	0.11

3-5-4 釉薬の鉛同位体比分析

釉薬の鉛同位体比分析結果を表 3-5-6 に、 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比と $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比の関係（a 式図）および $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比と $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比の関係（b 式図）を図 3-5-9 に示す。分析値から、資料は大きく 5 つに分類できる。

- グループ (No.4、6、8)・・・A領域の範囲内に分布する
- グループ (No.16、17、18、19)・・・上記から直線状に分布する
- グループ (No.10、11、13、14、15)・・・グループ の延長線上に分布する
- グループ (No.3、9、12)・・・B領域の範囲内・その近傍に分布する
- グループ (No.1、2、5、7)・・・D、D₂領域に近い範囲に分布する

B領域の端部に位置するNo.9、12の値が分布する領域には、黄冶窯出土資料の値が集中している。また北宋代の清凉寺窯資料(No.17、18、19)は、直線状に分布しているように見えるため、一つのグループとして捉えることも可能かもしれない。グループ は、いままでに唐三彩資料で報告された鉛同位体比のなかでは、近似する値がみいだせない領域である。新しい鉛原料の産地を示す領域の可能性が考えられる。

No.1～8は同一器形であっても分布には違いがあり、鉛原料の産地が複数存在していることがわかる。しかしいっぽうで、資料は数点ずつグループをつくる傾向を示しているため、鉛原料の由来は複数ではあるけれども、ある程度まとまった地域からもたらされたものであり、当時の流通状況、製作時期等により使い分け、もしくは原料産地の変遷などの考察にも活用できるデータではないかと考える。

3-5-5 胎土の微量成分分析

高輝度放射光を利用して、「2-1-1」で述べた蛍光X線分析法では検出が難しい微量成分について測定をおこなった(図3-5-10)。得られた組成データを解析しながら、胎土の差別化が可能と考えられる重元素を探した結果、特にセリウムとバリウムが有効であると判断された。それぞれの含有量を図3-5-11に示す。また、希土類元素を用いて差別化を試みたところ、所属時期の異なる資料の一部で、胎土粘土の違いが反映されていることがわかった。白河窯資料のうちNo.3は他と値が離れており、清凉寺窯資料のものと近似している。また清凉寺窯のうち資No.18は他と異なる傾向を示した。黄冶窯陶枕資料No.9と白河窯資料No.17、19の値は比較的まとまって分布している。これらから胎土に用いた粘土は複数のものがあると考えられる。

上記の資料で、胎土の化学組成の差異を「2-1-1」で述べた蛍光X線分析法で明確にすることは困難であったが、高輝度放射光を用いた蛍光X線分析による重元素の化学組成データを三彩陶器へ適用し、産地推定の可能性が示されたことは大きな成果といえる。

白河窯出土資料のうち同一器形でありながら、釉薬の鉛同位体の値が1点のみ異なるNo.3は、胎土の微量成分元素も他資料とは異なっている。胎土粘土と鉛釉の鉛原料の両方が他とは異なることから、同じ窯跡から出土した同じ器形の資料であっても、複数産地の胎土粘土、鉛原料を使用していることになる。

表 3-5-6 鉛同位体比分析結果

資料No	出土窯跡	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
1	白河窯	0.7964	2.0590	19.808	15.774	40.786
2		0.7966	2.0609	19.823	15.792	40.853
3		0.8557	2.1107	18.215	15.586	38.447
4		0.8807	2.1700	17.626	15.524	38.248
5		0.7962	2.0588	19.800	15.765	40.764
6		0.8775	2.1757	17.693	15.527	38.495
7		0.8021	2.0684	19.660	15.769	40.666
8		0.8766	2.1703	17.719	15.532	38.457
9	黄冶窯	0.8645	2.1294	18.063	15.615	38.464
10		0.8712	2.1834	17.837	15.539	38.946
11		0.8702	2.1974	17.855	15.537	39.235
12		0.8641	2.1286	18.049	15.596	38.420
13		0.8551	2.1655	18.199	15.563	39.411
14		0.8615	2.1701	18.069	15.567	39.211
15		0.8788	2.2054	17.656	15.515	38.937
16		0.8983	2.2136	17.223	15.472	38.126
17	清凉寺窯	0.8887	2.2002	17.419	15.479	38.326
18		0.9019	2.2211	17.126	15.445	38.038
19		0.8812	2.1797	17.586	15.497	38.332

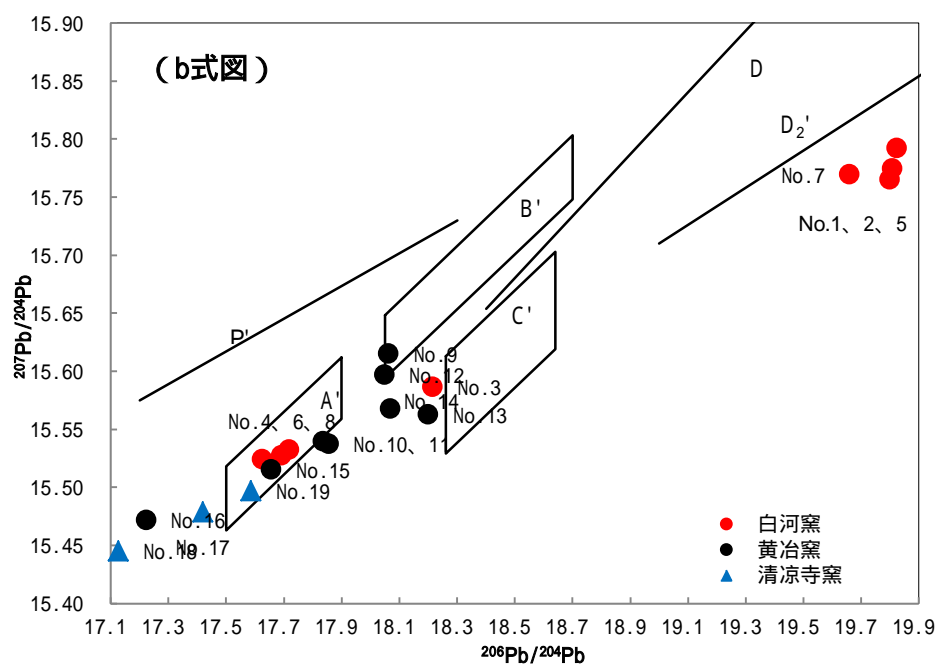
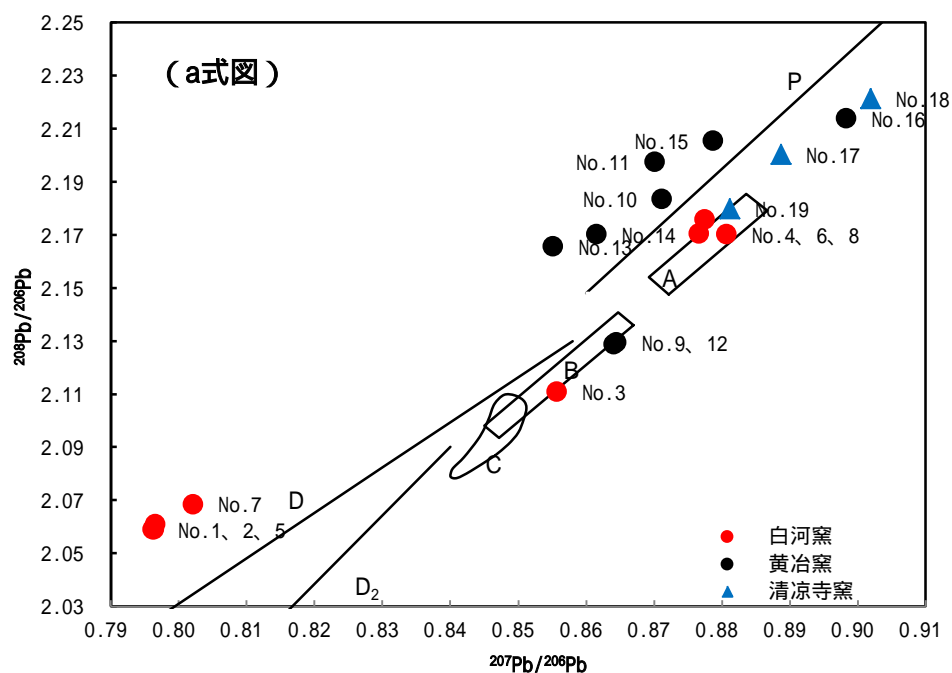


図 3-5-9 鉛同位体比分析結果(上;a式図、下;b式図)

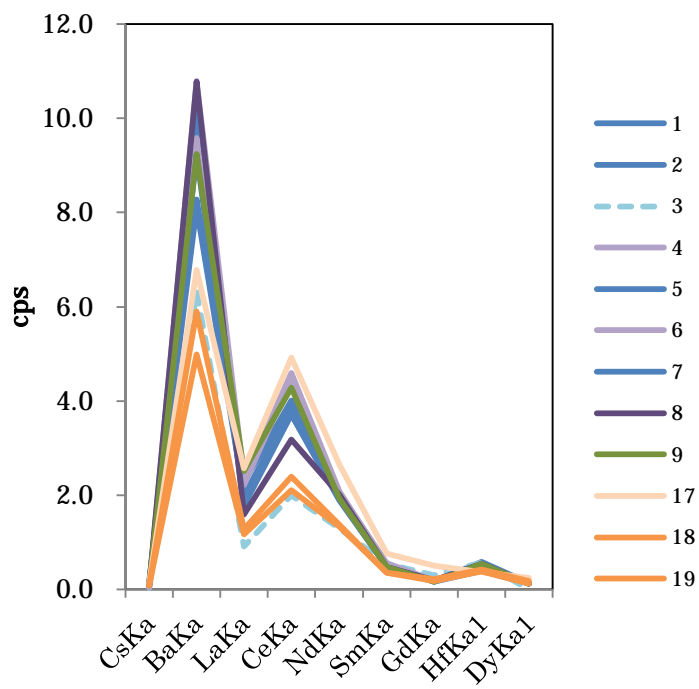


図 3-5-10 微量成分分析の結果

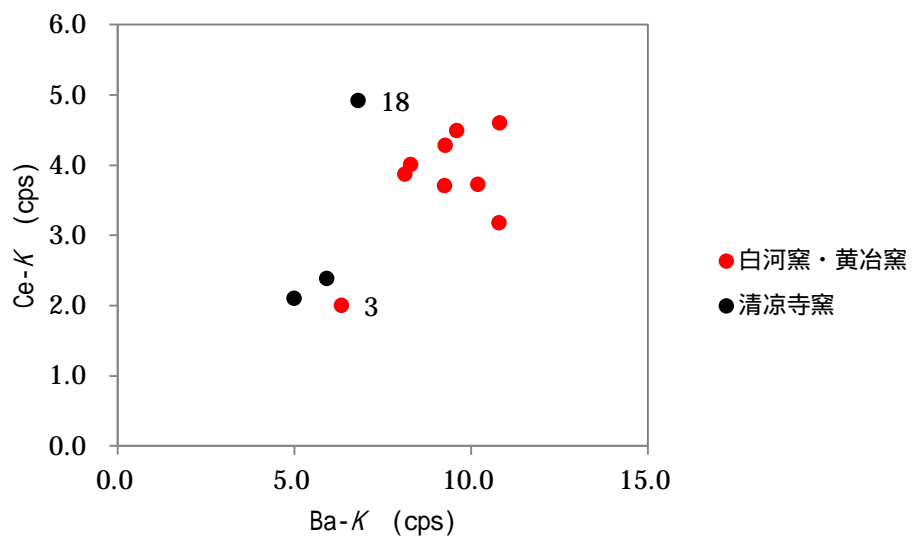


図 3-5-11 希土類元素の相対強度

3-5-6 小結

河南省の3か所の窯跡、黄冶窯・白河窯・清凉寺窯跡から出土した資料について、胎土の化学組成、推定焼成温度、釉薬の化学組成、鉛同位体比分析、胎土の微量成分分析などの分析結果を示した。河南省白河窯出土資料については、可能な限り同一器形の資料を取り上げ、その中での化学的特徴を明確にした。また、陶枕資料として黄冶窯出土陶枕に着目し、従来の分析結果との比較検討をおこなった。所属時期が北宋代となる窯跡資料としては、清凉寺窯跡出土三彩片を対象とし、唐代と北宋代による時期的な変遷について検討した。非破壊調査の部分も多いものの、釉の化学組成や胎土の焼成温度などについて、比較検討が可能なデータを示すことができたのではないかと考えている。

これらの結果、新たな鉛同位体比値の分布範囲が異なる資料の存在が明らかとなり、複数産地の鉛原料を用いていることがわかった。さらに時期や器形に即して詳細に検討した結果、同一器形であっても原材料には差異が認められ、また清凉寺窯は、黄冶窯・白河窯とは釉薬・胎土ともに相違が認められた。白河窯と黄冶窯は近接した窯であるが、鉛原料の供給をみると、白河窯はグループ と が多く、黄冶窯はグループ と が多い。これから近接した窯であっても原料はそれぞれ別々の流通、供給体制であったことがわかる。

今後、より多くの資料からの試料採取が可能となれば、他の分析手法による結果も加えた、唐三彩と渤海三彩、日本出土の三彩のより詳細な検討がおこなえるものと考えている。

3-6 消費地遺跡の実例

第3章4では国内の窯跡出土資料について論じてきたが、本節では消費地遺跡から出土した鉛釉陶器に着目する。原材料と流通を考える上で、窯跡出土資料は大変重要であり、通常は、まず窯跡出土資料を精査した後に、消費地遺跡出土遺物と比較検討することが一般的である。しかし奈良三彩や防長産鉛釉陶器のように窯跡が検出されていない例もあり、すべての窯跡の発掘調査や、窯跡出土資料の分析調査が行なわれているわけではない。これまで、消費地から出土した資料は、その考古学的な所見から産地が推定されてきた。本節では、消費地遺跡出土資料の化学的特徴を明らかにし、第3章4で得られた窯跡出土資料のデータと比較し、それらと考古学的所見とを併せることによって、総合的に生産地の推定をおこなっていく。窯跡が未検出な時期の消費地遺跡出土資料として、本論文ではすでに、白鳳緑釉については第3章1で、初現期の奈良三彩については第3章2で検討してきた。また胎土の上に鉛釉を掛けるという鉛釉陶器との類似性から、8世紀の施釉瓦・磚についても第3章7で検討している。ここでは、都城以外の遺跡から出土した奈良三彩および緑釉陶器資料に着目する。

本節では、祭祀遺跡としての特徴を有する福岡県大島御嶽山遺跡出土の奈良三彩資料をまず対象とした。つぎに防長産資料は、主に九州でその出土例が確認できることから、福岡県大宰府遺跡や吉塚祝町遺跡、元岡遺跡から出土した防長産とされる緑釉資料を調査した。最後に猿投地域・二川窯を含む東海産の緑釉陶器は、静岡県内出土資料、千葉県内出土資料を対象に分析をおこなった。また、7世紀の七宝資料を含む古代ガラスについても、若干検討を加えている。

3-6-1 祭祀遺跡出土鉛釉陶器

福岡県大島御嶽山遺跡出土の三彩陶器・緑釉陶器の釉薬の化学組成および鉛同位体比分析、胎土部のX線回折測定による焼成温度の推定をおこなった。大島御嶽山遺跡は、航海に関する祭祀遺跡である。海上交通の要所であり、各地の産品が集合していた場所であり、また祭祀に用いる産品という特殊性など、その由来は当時の鉛釉陶器の流通を知る上で非常に興味深い。

今回分析に供した資料は、小壺高台部破片5点、小壺蓋破片8点、小壺銅破片12点の計25点である(表3-6-1-1)。器種は小壺とその蓋であり、多彩釉の小壺は、岡山県大飛島や福岡県沖ノ島などの祭祀遺跡からの出土例が多い(檜崎;1974)。所属時期は8世紀から9世紀と考えられている。資料写真を附図9に示す。釉薬の鉛同位体比分析用の試料採取を除き、分析はすべて非破壊でおこなった。

3-6-1-1 胎土の化学組成

胎土の蛍光X線分析結果を表3-6-1-2に示す。分析は非破壊で実施したため、形状などの都合から全資料の測定はおこなっていない。図3-6-1-1には酸化アルミニウム含有量と

酸化鉄含有量を比較した結果を示す。非破壊での分析結果であるため、値はあくまで参考値であり、本論文の他資料の胎土分析値と同等には扱えないが、小壺の身と壺蓋を比較すると、その化学組成に明らかな相違が認められた。また壺の身は、酸化アルミニウム含有量により二つに大別でき、No.2、3、19は、酸化アルミニウム含有量が少ない資料群である。小壺蓋 No.7 は他の小壺蓋とはやや化学組成が異なっている。No.11（小壺蓋）は、No.1、17（小壺の身）と胎土の化学組成が近似していることから、同一のセット関係とも考えられる。小壺蓋と身で化学組成が異なる理由としては、8世紀には小壺に蓋が付属するものが見られるが、9世紀になると蓋が必ずしも付属していないため、この時期差による可能性もある。

表 3-6-1-1 大島御嶽山遺跡出土資料詳細

No	器種・部位	胎土色	釉	トレンチ	注記
1	小壺高台部	黄白色	緑釉	2Tr-	地上直上/P-180
2	小壺高台部	淡褐色	風化	Tr1-	見済
3	小壺高台部	淡褐色	二彩	2Tr-	3層/P-165
4	小壺高台部	淡褐色	二彩	第1Tr	段上排土/ふるい
5	小壺高台部	淡褐色	二彩	第2Tr	P-66
6	小壺蓋	淡褐色	三彩	第2Tr	P-65
7	小壺蓋	黄白色	二彩	第2Tr	段上排土/ふるい
8	小壺蓋	黄白色	二彩	2Tr-	3層/S-156
9	小壺蓋	黄白色	二彩(釉汚れ)		段落ち崩落土/ふるい
10	小壺蓋	黄白色	二彩(釉汚れ)	Tr2-	
11	小壺蓋	淡褐色	緑釉	第1Tr	段上排土/ふるい
12	小壺蓋	黄白色	緑釉	Tr	P-88
13	小壺蓋	淡褐色	二彩	2Tr-	地上直上/両面施釉
14	小壺胴	淡褐色	緑釉	Tr2-付近	表採
15	小壺胴	淡褐色	緑釉	第2Tr-	P65付近
16	小壺胴	淡褐色	緑釉	第2Tr	
17	小壺胴	黄白色	緑釉	第2Tr	段上排土/ふるい
18	小壺胴	淡褐色	二彩	Tr2	
19	小壺胴	黄白色	緑釉	2Tr-	3層
20	小壺胴	淡褐色	二彩	第2Tr	地上直上
21	小壺胴	淡褐色	二彩	第2Tr	段上排土/ふるい
22	小壺胴	淡褐色	二彩	第2Tr	段上排土/ふるい
23	小壺胴	黄白色	二彩	第2Tr	段上排土/ふるい
24	小壺胴	淡褐色	二彩	第2Tr	段上排土/ふるい
25	小壺胴	淡褐色	緑釉	第2Tr	段上排土/ふるい

表 3-6-1-2 胎土の化学組成(wt%, -;未測定)

No.	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	胎土色
1	64.3	27.6	2.9	0.90	1.4	0.23	0.68	1.9	黄白色
2	75.1	17.5	2.4	0.92	0.76	0.35	0.55	2.4	淡褐色
3	75.7	17.3	1.7	1.0	0.55	0.15	0.85	2.7	淡褐色
4	63.6	25.8	4.9	1.5	0.60	0.40	0.66	2.6	淡褐色
5	66.0	24.2	4.1	1.1	1.2	0.33	0.70	2.3	淡褐色
6	58.2	32.5	3.7	1.1	1.5	0.35	0.83	1.8	淡褐色
7	68.4	23.7	2.2	1.2	0.67	0.47	0.65	2.7	黄白色
8	54.5	37.4	2.5	1.1	1.4	0.31	0.85	1.8	黄白色
9	60.9	30.5	2.0	1.2	0.71	0.49	0.57	3.5	黄白色
10	59.0	32.3	2.8	1.1	0.66	0.18	0.57	3.3	黄白色
11	61.7	28.6	2.9	1.3	1.4	0.36	0.60	3.1	淡褐色
12	59.6	31.0	3.4	1.2	1.5	0.28	0.67	2.5	黄白色
13									淡褐色
14									淡褐色
15	72.5	19.0	3.1	1.0	0.94	0.34	0.76	2.3	淡褐色
16									淡褐色
17	62.4	27.9	3.1	1.8	0.62	0.20	0.47	3.5	黄白色
18	63.2	27.4	3.7	1.2	1.3	0.22	0.68	2.2	淡褐色
19	64.4	26.5	3.4	1.8	0.57	0.16	0.65	2.5	黄白色
20									淡褐色
21									淡褐色
22									淡褐色
23									黄白色
24									淡褐色
25									淡褐色

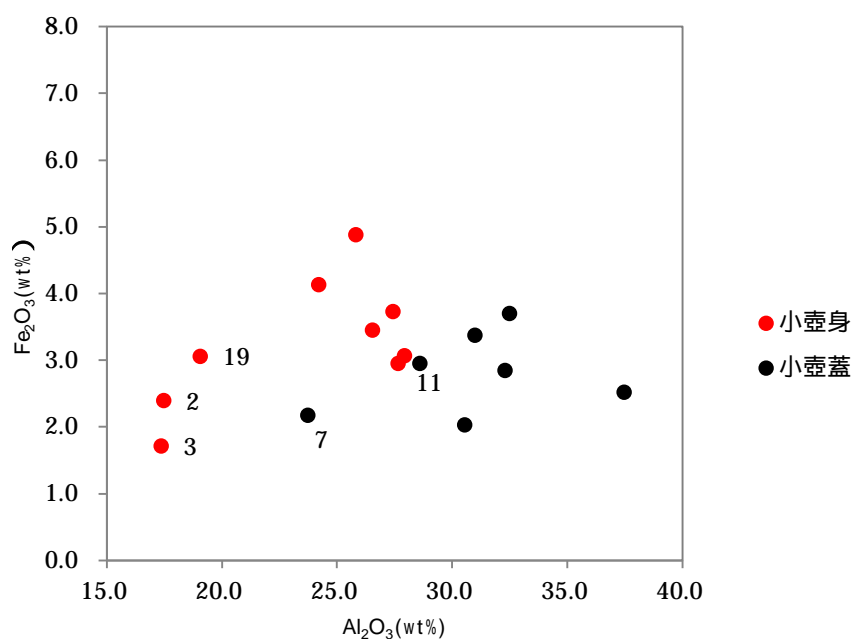


図 3-6-1-1 酸化アルミニウム含有量と酸化鉄含有量による比較(参考値)

3-6-1-2 胎土の推定焼成温度

胎土のX線回折測定から得られた結果を表 3-6-1-3 に示す。これらの結果から、大島御嶽山遺跡出土資料は、推定される焼成温度が約 1100 のものが 6 点、約 1000 度以下が 18 点という結果となった。本研究で分析した資料の胎土色調は黄白色～淡褐色系であり、青灰色系の胎土は含まれていない。今までの調査から、黄白色の資料は青灰色にものより焼成温度が低く、一部に約 1100 の資料も認められるものの、約 1000 以下の資料が多い傾向が認められている。これは、本研究の測定結果とも矛盾しない。また、推定焼成温度から約 1100 の資料は二度焼きであると考えられるが、約 1000 以下の資料については、二度焼きであるかは本結果のみからはわからない。

3-6-1-3 釉薬の化学組成

測定結果を表 3-6-1-4 に示す。酸化鉛含有量は 23wt%～74wt%とばらつきが大きいので、釉層下の胎土や風化に伴い化学組成が元の釉薬のそれとは変化してしまっていることが考えられる。したがってここでは大まかな傾向を捉えるに留める。また No.2 は風化の程度が大きいので測定をおこなっていない。

39 カ所で分析をおこなった結果、8 カ所で酸化鉛含有量が 50wt%以上を示し、全体の平均値は約 39wt%であった。酸化鉛含有量が低いものは風化の影響によるものと考えられる。

表 3-6-1-3 X線回折による胎土中の鉱物

No.	釉	ムライト	クリストパライト	長石類	推定焼成温度
1	緑釉	×	×		1000 以下
2	風化	×	×		1000 以下
3	二彩	×	×		1000 以下
4	二彩	×	×		1000 以下
5	二彩	×	×		1000 以下
6	三彩	×	×		1000 以下
7	二彩	×	×		1000 以下
8	二彩		×		1100
9	二彩（白釉緑彩カ）	×	×		1000 以下
10	二彩（白釉緑彩カ）		×		1100
11	緑釉	×	×		1000 以下
12	緑釉	×	×		1000 以下
13	二彩（白釉緑彩カ）		×		1100
14	緑釉	×	×		1000 以下
15	緑釉	×	×		1000 以下
16	緑釉		×		1100
17	緑釉		×		1100
18	二彩	×	×		1000 以下
19	緑釉		×		1100
20	二彩	×	×		1000 以下
21	二彩	×	×		1000 以下
22	二彩	×	×		1000 以下
23	二彩	×	×		1000 以下
24	二彩				
25	緑釉	×	×		1000 以下

緑釉の酸化銅含有量は 1.3～5.5wt%程度で、平均値は 2.9wt%であった。

緑釉が残存している資料は 25 点中 22 点あり、そのうちの 20 点から、亜鉛が検出された。これは他遺跡出土資料と比較すると、亜鉛を含む緑色顔料の使用されている割合が非常に多い。

緑白二彩資料のうち、緑釉と白釉の両方を分析できた 12 点では、それぞれに亜鉛が含まれているかどうかを調べた。測定結果から、12 点のうち、緑釉・白釉の両方から亜鉛を検出しなかったものは No.21、24 の 2 点、緑釉のみから検出されたものは No.13、18、20 の 3 点であった。また緑釉と白釉の両方から亜鉛が検出された資料では、酸化亜鉛含有量が同

程度だったものは No. 4、22 の 2 点、緑釉の酸化亜鉛含有量のほうが多いものは No. 3、6、7、8、23 の 5 点であった。これらのうち、緑釉のみから亜鉛が検出された資料 3 点は、着色料の銅を含む緑色顔料に由来するとみてよい。含有量の比はさまざまであるが、緑釉と白釉の両方から検出されているものは、両者に共通する基礎釉（透明釉）に由来するものであろう。この場合は、亜鉛と鉛が伴って産する代表的な鉱物である方鉛鉱（Galena, PbS）、閃亜鉛鉱（Sphalerite, ZnS）などを原材料として使用し、亜鉛が残存していたことが想定される。

以上のように、緑釉の着色料として用いられた緑色顔料には、少なくとも、亜鉛を含むものと、含まないものの二種類が用いられている。また緑釉顔料由来ではなく基礎釉由来であるタイプがあることも確認した。なお、後者のタイプは唐三彩でも 1 点確認している。

3-6-1-4 釉薬の鉛同位体比分析

分析結果を表 3-6-1-5 に示し、図 3-6-1-2 に a 式図および b 式図を示す。分析値がいずれも C 領域に含まれることから、日本産原料と判断される。奈良・平安時代の青銅製品や緑釉に頻出する数値範囲を中心とする集中領域（グループ）の範囲に No. 7 以外はすべて分布している。このグループは山口県長登鉱山や蔵目喜鉱山が原材料供給地ではないかと推定される範囲内である。ただし、資料のなかでも値が非常に近接しているものと、やや離れた位置に分布するものがある。なかでも No. 21、24 は鉛同位体比値が非常に近接し、さらに、資料にはナデ痕跡がみられ、緑色釉の酸化亜鉛が少ないなど共通の特徴が認められるため、生産体制が同一もしくは類似するなどの可能性が高い。

また、a 式図では No. 7、b 式図では No. 4 の値がグループとは異なる位置に分布している。これはグループの鉛原料と他産地原料との混合などの可能性も考えられる。

表 3-6-1-4 釉薬の化学組成(wt%, tr;微量、-;未測定)

No.	器種・部位	釉色	SiO ₂	PbO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	MnO	CuO	ZnO	Na ₂ O	K ₂ O
1	小壺高台部	緑色	36.1	54.1	3.7	0.87	0.14	0.38	0.22	0.07	3.0	0.24	0.67	0.60
2	小壺高台部	風化												
3	小壺高台部	緑色	69.8	17.2	7.1	0.49	0.19	2.6	0.31	0.04	1.3	0.20	0.26	0.53
		白色	51.1	38.3	6.2	0.94	0.28	1.0	0.40	0.07	0.21	0.07	0.55	0.76
4	小壺高台部	緑色	50.9	37.9	4.4	1.2	0.16	0.94	0.34	0.05	2.9	0.06	0.78	0.49
		白色	62.8	21.4	10.8	1.1	0.21	0.58	0.29	0.11	0.79	0.08	0.51	1.2
5	小壺高台部	緑色	32.0	54.6	6.2	1.3	0.23	0.57	0.30	0.06	2.6	0.29	0.55	1.2
6	小壺高台部	緑色	29.6	57.9	4.6	0.86	0.14	0.90	0.67	0.23	3.6	0.35	0.64	0.57
		白色	52.0	37.5	7.0	0.86	0.24	0.57	0.20	0.05	0.27	0.05	0.36	1.0
7	小壺蓋	緑色	55.5	32.4	5.0	0.72	0.13	2.0	0.74	0.07	2.5	0.45	0.19	0.48
		白色	39.5	41.5	12.1	1.4	0.52	0.82	0.63	0.06	0.49	0.08	0.55	2.4
8	小壺蓋	緑色	43.0	39.5	9.9	0.95	0.23	0.76	0.27	0.07	3.6	0.17	0.62	0.98
		白色	61.1	31.4	4.8	0.53	0.13	0.44	0.30	0.07	0.19	0.06	0.57	0.40
9	小壺蓋	白色	49.4	43.1	3.7	0.94	0.17	0.97	0.40	0.07	0.23	0.06	0.55	0.45
10	小壺蓋	白色(釉汚れ)	39.0	42.7	10.8	2.2	0.72	1.4	0.29	0.10	0.31	0.09	0.74	1.7
11	小壺蓋	緑色	28.9	56.7	5.3	0.93	0.32	1.3	0.45	0.08	3.9	0.07	0.81	1.2
12	小壺蓋	緑色	23.1	62.8	5.6	1.4	0.28	1.1	0.35	0.08	3.1	0.27	1.1	0.70
13	小壺蓋	緑色	42.1	43.0	8.1	0.93	0.23	0.51	0.34	0.07	3.0	0.05	0.95	0.73
		白色	74.4	19.7	4.0	0.33	0.14	0.44	0.43	0.02	0.10	tr	0.24	0.13
14	小壺胴	暗緑色	41.4	43.7	6.6	1.2	0.22	0.77	0.44	0.08	3.5	0.29	0.76	1.0
15	小壺胴	緑色	31.2	54.3	7.1	1.4	0.29	0.67	0.37	0.06	2.5	0.28	0.77	1.0
16	小壺胴	暗緑色	47.2	34.9	6.1	1.6	0.25	0.59	0.43	0.06	5.5	0.36	1.2	1.8
17	小壺胴	緑色	37.9	46.1	8.9	1.3	0.39	0.68	0.30	0.06	2.4	0.24	0.44	1.3
18	小壺胴	緑色	43.0	42.7	8.1	0.71	0.25	0.76	0.38	0.07	2.8	0.10	0.59	0.50
		白色	70.8	21.6	4.6	0.34	0.11	1.2	0.40	tr	0.29	tr	0.40	0.18
19	小壺胴	緑色	28.2	61.1	3.9	1.0	0.27	0.47	0.40	0.10	3.0	0.23	0.84	0.45
20	小壺胴	緑色	38.4	51.5	4.3	0.65	0.13	0.58	0.37	0.08	2.7	0.05	0.94	0.26
		白色	68.4	23.1	5.6	0.34	0.12	1.0	0.46	tr	0.29	tr	0.47	0.21
21	小壺胴	緑色	52.8	35.4	4.2	1.2	0.50	1.9	1.1	0.05	1.6	tr	0.69	0.52
		白色	60.8	30.6	3.0	0.97	0.29	2.3	0.80	tr	0.29	tr	0.50	0.35
22	小壺胴	緑色	46.4	40.9	4.0	1.3	0.21	2.7	0.42	tr	3.3	0.05	0.48	0.24
		白色	58.2	32.2	2.4	1.2	0.39	2.0	0.91	0.06	1.8	0.05	0.45	0.34
23	小壺胴	緑色	55.7	33.9	4.1	0.53	0.20	1.3	0.80	0.06	2.1	0.21	0.49	0.59
		白色	39.2	45.9	7.5	1.1	0.49	1.3	1.3	0.08	0.13	tr	0.71	2.3
24	小壺胴	緑色	59.1	28.6	4.5	1.3	0.34	2.6	1.0	tr	1.7	tr	0.49	0.25
		白色	62.3	29.2	3.8	0.76	0.43	1.8	0.91	r	0.21	tr	0.45	0.17
25	小壺胴	緑色	47.6	37.8	5.7	1.5	0.40	2.4	0.62	0.05	2.9	0.05	0.49	0.53

表 3-6-1-5 鉛同位体比分析結果

No	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
1	0.8470	2.0896	18.408	15.593	38.466
3	0.8474	2.0903	18.406	15.596	38.473
4	0.8476	2.0904	18.342	15.546	38.342
5	0.8471	2.0892	18.397	15.585	38.435
6	0.8471	2.0891	18.396	15.583	38.431
7	0.8473	2.0944	18.414	15.602	38.566
8	0.8471	2.0893	18.403	15.589	38.449
9	0.8473	2.0900	18.403	15.593	38.462
10	0.8472	2.0898	18.404	15.592	38.460
11	0.8469	2.0887	18.398	15.582	38.427
12	0.8472	2.0897	18.402	15.590	38.454
13	0.8472	2.0902	18.398	15.587	38.456
14	0.8471	2.0898	18.406	15.591	38.465
15	0.8468	2.0890	18.406	15.587	38.449
16	0.8472	2.0910	18.409	15.597	38.493
17	0.8471	2.0894	18.399	15.585	38.444
18	0.8472	2.0897	18.401	15.589	38.452
19	0.8469	2.0888	18.395	15.578	38.422
20	0.8472	2.0896	18.399	15.588	38.448
21	0.8472	2.0897	18.400	15.588	38.449
22	0.8472	2.0897	18.401	15.589	38.452
23	0.8471	2.0891	18.397	15.583	38.433
24	0.8472	2.0897	18.400	15.589	38.451
25	0.8474	2.0909	18.412	15.603	38.498

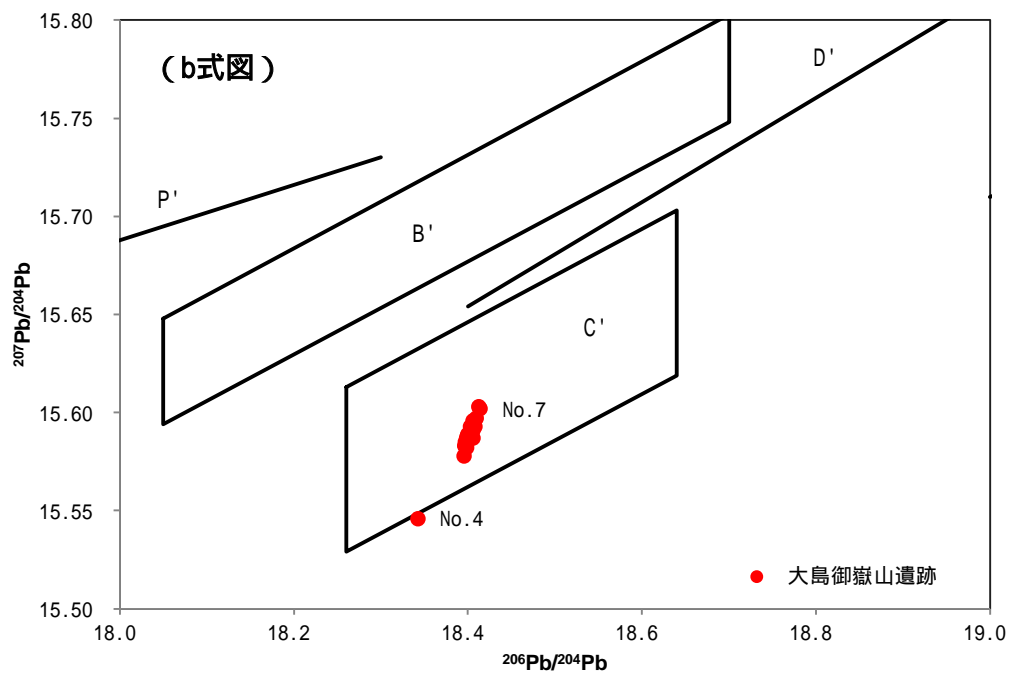
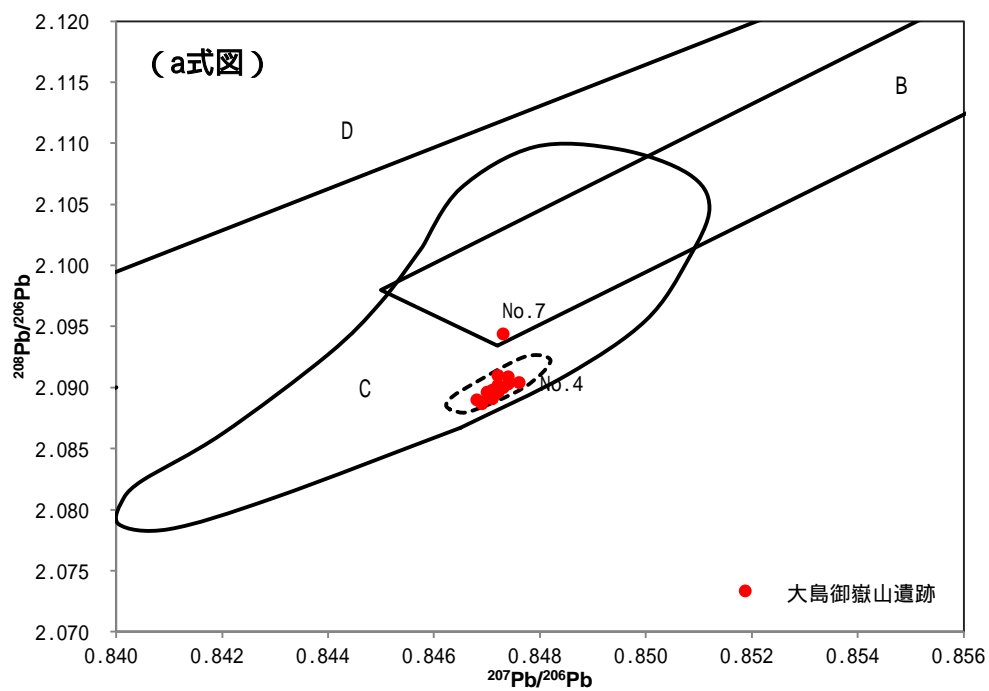


図 3-6-1-2 鉛同位体比分析結果（上 a 式図、下 b 式図） C 領域周辺の拡大図

3-6-2 消費地遺跡出土鉛釉陶器

福岡県太宰府条坊跡第 227 次調査で出土した二彩資料 1 点、千葉県富里市駒詰遺跡出土資料 2 点、千葉県酒々井町尾上木見津遺跡出土資料 1 点、高岡大山遺跡出土資料 6 点、千葉県佐倉市臼井南遺跡出土資料 1 点、静岡県三島市出土資料 10 点、静岡県千本遺跡出土資料 4 点、上ノ段遺跡出土資料 7 点、静岡県御所之内遺跡出土資料 10 点、福岡県福岡市元岡遺跡出土資料 5 点、福岡県福岡市吉塚祝町遺跡出土資料 4 点を分析した。資料詳細は表 3-6-2-1 に示し、資料写真は附図 10 に示す。

3-6-2-1 胎土の化学組成

各資料の分析結果を表 3-6-2-2 に示す。No.5 の涌田遺跡 1 と No.41 の臼井南遺跡資料は、胎土の試料採取ができなかったことから、胎土分析はおこなっていない。図 3-6-2-1 に、酸化アルミニウム含有量と酸化鉄含有量の相関を、考古学的な所見から推定された産地別に示す。中国産と考えられる上ノ段遺跡 4 陶枕 No.28 は、唐三彩の窯跡出土資料と類似する化学組成であり、中原産の唐三彩の可能性が高い。時期不明だが朝鮮半島産と考えられる No.46 は、酸化鉄含有量が多いという特徴を示す。朝鮮半島産の鉛釉陶器の分析結果はこれまで報告されていないので、貴重なデータといえる。猿投地域および東海地方と推定された資料群は酸化アルミニウム含有量が 20wt%以下であるが、一部の京都産や防長産の試料も同じ範囲に分布するため、酸化アルミニウムと酸化鉄の含有量を比較しただけでは、明確にはならない。そのため、一部の資料に対して微量元素分析を実施した。

3-6-2-2 胎土の推定焼成温度

胎土の X 線回折測定結果を表 3-6-2-3 に示す。千葉県内出土資料の推定焼成温度はすべて約 1000 以下であった。福岡県内出土資料の推定焼成温度は、No.42、50、51 の 3 点が約 1000 以下であるが、他は約 1100 以上であり二度焼きをしていたといっていよい。中国産とされる No.28 は約 1100 程度であり、窯跡資料と矛盾しないことがわかる。しかし同じく中国産の可能性が考えられる No.12 は約 1000 以下と低い。これは、中原産の資料ではこれまで確認できていない特徴を持つ資料である。

3-6-2-3 釉薬の化学組成

釉薬の分析結果を表 3-6-2-4 に示す。また、緑釉の亜鉛の有無について図 3-6-2-2 に示す。緑釉から亜鉛が顕著に検出された資料は 23 点確認できた。No.28、51 は、緑釉からは亜鉛が検出されたが、白釉または褐釉からは亜鉛が検出されないため、亜鉛の由来は緑色顔料とみなしてよいであろう。また No.32、47 の 2 点で褐釉から亜鉛が検出された。他の色釉がないため比較による確認ができないが、「3-6-1-3」の結果をふまえると、この亜鉛の由来は透明釉の原料である鉛に由来することも考えられる。

千葉県内出土資料は、すべての資料で酸化ナトリウム含有量が多い傾向が認められた。

No.38 は酸化鉛含有量が約 9wt%とかなり少ない。さらに釉からは、4 点 (No.32、34、36、37)で釉からヒ素を検出するなど、他資料にはない特徴がみられた。ヒ素は中原産唐三彩の透明釉から 1 点検出されているため、透明釉に由来することも考えられる。

3-6-2-4 釉薬の鉛同位体比分析

鉛同位体比分析結果を表 3-6-2-5 に示し、a 式図・b 式図を図 3-6-2-3 に、C 領域周辺の拡大図を図 3-6-2-4 に示す。a 式図・b 式図ともに、C 領域以外に分布しているのは、御所之内遺跡資料 (No.12、15、18) 3 点、上ノ段遺跡資料 (No.28) 1 点である。No.28 は胎土の化学組成が中原産唐三彩と類似し、釉の鉛同位体比も鞆義窯資料と重複する範囲に分布していることから、鞆義窯の製品である可能性が高い。No.12、15 は中国産の可能性が指摘され、No.18 は生産地不明とされる資料である。鉛同位体比分析値からは、これらは華中～華南産の領域に分布し、鉛同位体比値が非常に近いことなどから、同一産地の鉛原料を用いているとみられる。この結果は No.12、15 の考古学的な見解と矛盾しておらず、また生産地不明とされる No.18 も同じく中国産とみなすことができる。これら 3 点は、胎土の化学組成でも顕著な違いがないこと、鉛同位体比値が非常に近いことなどから、同一の窯で生産された可能性もある。

つぎに、C 領域内に分布する資料について詳細に検討する。多くの資料がグループ 内にあることから、長登鉾山・蔵目喜鉾山周辺の鉛原料が使用されていると考えられる。朝鮮半島で生産された可能性が指摘されている No.46 は、a 式図、b 式図とも C 領域内にあるが、集中領域からは外れている。また No.39 は a 式図でも C 領域から外れており、いずれも、グループ とは異なる産地の鉛原料とみなすことはできるが、採掘地は不明である。No.3、6 は対州鉾山産の値と同じ数値を示している。この 2 点は、考古学的所見からは窯跡が不明であり、9 世紀末から 10 世紀頃に比定されている資料である。この時期には、すでに窯跡出土資料において、対州鉾山産の鉛が使用されている緑釉陶器の存在が確認されているが、本研究によって消費地遺跡出土資料からも見出されたことになる。

3-6-2-5 胎土の微量元素分析

御所之内遺跡出土資料 2 点、千本遺跡出土資料 4 点、上ノ段遺跡出土資料 6 点、吉塚祝町遺跡出土資料 2 点の計 14 点について、高輝度放射光を利用して胎土の微量元素分析をおこなった。これらと「3-6-2-1」で述べた蛍光 X 線分析結果をあわせて、クラスター分析をおこなった結果を図 3-6-2-5 に示す。これによって、表 3-6-2-2 で示した蛍光 X 線分析結果を、さらに細かく検討することが可能となった。

考古学的な所見から猿投地域および東海産とされる資料は、「3-6-2-1」による蛍光 X 線分析結果では値にばらつきがあり、明確な差異がわかりにくかったが、クラスター分析によって異なるグループに分かれた。また鞆義窯産と考えられる No.28 は 1 資料のみのグループとなったが、「中国産カ」とされた No.12、15 は京都産もしくは東海または畿内とされ

る資料と近く、これらとの大きな差異は検出できなかった。以上のように、高輝度放射光を用いた微量成分分析と蛍光X線分析結果から、猿投地域・東海地方の資料、畿内産資料などを大別できる可能性を示すことができた。

表 3-6-2-1 消費地遺跡出土資料詳細

No.	所在地	遺跡名	器種	所属時期	注記	考古学的な所見による産地
1	静岡県三島市	多呂ノ前遺跡1	緑釉椀	9～10世紀カ	E5	不明
2		多呂ノ前遺跡2	緑釉椀	不明	E5-81	不明
3		三嶋大社境内遺跡	緑釉椀	9世紀末～10世紀	大社34	不明
4		長伏六反田遺跡	緑釉椀	10世紀前半	N六-589 14住-7	二川窯カ
5		桶田遺跡1	緑釉椀	9世紀末	4住-4	猿投地域
6		桶田遺跡2	緑釉椀	9世紀末～10世紀カ	桶田2溝	不明
7		安久・箱根田遺跡1	緑釉椀カ	9世紀末	箱根田1891	東海地方
8		安久・箱根田遺跡2	緑釉椀	9世紀末	箱根田3334	京都または尾張
9		上才塚遺跡	緑釉椀	不明	上才塚3G2	不明
10		寺町田C遺跡	緑釉椀	9世紀末～10世紀初頭		不明
11	静岡県伊豆の国市	御所之内遺跡1	緑釉椀	9世紀	13次51-17G 3層(整理No164)	猿投地域
12		御所之内遺跡2	緑釉盤	9世紀～10世紀	13次??1TH5.4.19(整理No165)	中国産カ
13		御所之内遺跡3	緑釉椀カ	不明	13次3区表土(整理No166 報3区-162)	東海地方
14		御所之内遺跡4	緑釉皿カ	9世紀～10世紀	13次4区 1083(整理No167)	東海地方
15		御所之内遺跡5	緑釉片	9世紀後半～10世紀	13次丁 13一括(整理No168)	中国産カ
16		御所之内遺跡6	緑釉椀カ	9世紀～10世紀	29次49-18G 4層	東海地方
17		御所之内遺跡7	緑釉椀カ	9世紀末～10世紀初頭	29次SD2930 50-18G 50層	東海地方カ
18		御所之内遺跡8	緑釉椀カ	9世紀後半～10世紀	29次51-17G 3層	不明
19		御所之内遺跡9	緑釉椀	9世紀末～10世紀初頭	29次51-18G 2層	東海地方カ
20		御所之内遺跡10	緑釉椀	9世紀末～10世紀初頭	29次51-19G 4層	東海地方カ
21	静岡県沼津市	千本遺跡1	緑釉椀	9世紀	報告書12号住51図-20	京都(山科)
22		千本遺跡2	緑釉椀	9世紀末～10世紀初頭	報告書遺構外133図-104	東海地方または畿内
23		千本遺跡3	緑釉椀	9世紀末～10世紀初頭	報告書8号住42図-11	東海地方カ
24		千本遺跡4	緑釉椀	9世紀末～10世紀初頭	千P1477	東海地方カ
25		上ノ段遺跡1	緑釉椀	9世紀	報告書82図-1	猿投地域
26		上ノ段遺跡2	緑釉椀または皿	9世紀後半	報告書82図-3	猿投地域
27		上ノ段遺跡3	緑釉皿	9世紀後半	報告書82図-4	猿投地域
28		上ノ段遺跡4	三彩陶枕	不明	報告書82図-6	中国産
29		上ノ段遺跡5	緑釉椀	10世紀	4913	不明
30		上ノ段遺跡6	緑釉椀	9世紀末～10世紀初頭	12上B12005	東海地方
31		上ノ段遺跡7	緑釉椀	9世紀末	13上51/16	猿投地域
32	千葉県佐倉市	駒詰遺跡1	陶枕(褐釉)	8世紀末～9世紀前半	第2地点 1溝	猿投地域
33		駒詰遺跡2	緑釉皿	8世紀末～9世紀前半	第5地点 3号住	不明
34		尾上木見津遺跡	二彩椀	8世紀末～9世紀前半	第2地点 2号住	不明
35		高岡大山遺跡1	緑釉椀	9世紀第4四半期	16住(仮No1)	不明
36		高岡大山遺跡2	緑釉椀	9世紀末～10世紀初頭	94住(仮No3)	猿投地域
37		高岡大山遺跡3	黄釉椀	不明	407住(仮No18)	不明
38		高岡大山遺跡4	緑釉椀	不明	81土(仮No24)	不明
39		高岡大山遺跡5	緑釉椀	10世紀	斜面(仮No38)	不明
40		高岡大山遺跡6	緑釉椀	10世紀	遺構外(仮No45)	不明
41		臼井南遺跡	緑釉瓶	9世紀第3四半期	渡戸A-2号住居	京都または尾張
42	福岡県福岡市	元岡遺跡1	緑釉椀	不明	10287	防長
43		元岡遺跡2	緑釉椀	不明	10288	京都
44		元岡遺跡3	緑釉椀	不明	10290	防長
45		元岡遺跡6	緑釉椀	不明	10295	京都カ
46		元岡遺跡7	緑釉椀	不明	11630	朝鮮半島カ
47		吉塚祝町遺跡1	褐釉椀	不明	167	近江カ
48		吉塚祝町遺跡2	緑釉椀	不明	553	東海地方または近江
49		吉塚祝町遺跡3	緑釉椀	不明	1114	東海地方または近江
50		吉塚祝町遺跡4	緑釉椀	不明	1115	畿内カ
51	福岡県太宰府市	太宰府条坊跡第277次	二彩片	不明		不明

表 3-6-2-2 胎土の化学組成(wt%, - ; 未測定)

No.	遺跡名	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O
1	多呂ノ前遺跡1	73.2	20.9	2.4	0.89	0.58	0.26	0.50	1.3
2	多呂ノ前遺跡2	71.5	22.5	2.5	0.91	0.66	0.24	0.61	1.1
3	三嶋大社境内遺跡	75.2	17.9	2.8	0.81	0.60	0.28	0.96	1.5
4	長伏六反田遺跡	70.5	23.1	2.5	1.0	0.62	0.36	0.57	1.3
5	桶田遺跡 1								
6	桶田遺跡 2	69.6	21.4	3.3	1.0	0.91	0.33	1.4	2.1
7	安久・箱根田遺跡 1	70.5	23.9	1.8	0.86	0.63	0.45	0.83	0.98
8	安久・箱根田遺跡 2	69.4	21.7	5.3	0.98	0.61	0.27	0.72	1.1
9	上才塚遺跡	74.7	18.1	2.9	0.87	0.51	0.35	0.78	1.7
10	壱町田C遺跡	72.8	20.9	2.8	0.90	0.59	0.22	0.50	1.2
11	御所之内遺跡1	75.7	18.5	2.0	0.91	0.54	0.18	0.60	1.6
12	御所之内遺跡2	66.2	25.5	3.6	0.63	0.61	0.30	0.66	2.4
13	御所之内遺跡3	77.3	16.2	2.0	0.91	0.56	0.21	0.85	1.9
14	御所之内遺跡4	76.0	17.1	2.5	0.83	0.62	0.21	0.75	1.9
15	御所之内遺跡5	69.4	23.1	2.8	0.56	0.61	0.24	0.79	2.5
16	御所之内遺跡6	75.6	17.7	2.4	0.86	0.61	0.24	0.76	1.8
17	御所之内遺跡7	75.8	17.9	2.2	0.90	0.55	0.21	0.62	1.7
18	御所之内遺跡8	65.1	26.5	3.5	0.72	0.71	0.27	0.75	2.3
19	御所之内遺跡9	75.8	17.8	2.3	0.91	0.55	0.20	0.61	1.8
20	御所之内遺跡10	75.1	18.7	2.2	0.93	0.60	0.18	0.67	1.6
21	千本遺跡1	69.9	22.3	2.7	1.2	1.1	0.31	0.82	1.7
22	千本遺跡2	69.2	23.2	2.3	0.92	1.1	0.36	0.64	2.1
23	千本遺跡3	75.6	18.9	1.7	0.86	0.56	0.13	0.52	1.8
24	千本遺跡4	74.9	19.6	1.8	0.80	0.61	0.13	0.52	1.7
25	上ノ段遺跡1	74.5	19.6	1.7	0.92	0.58	0.23	0.84	1.6
26	上ノ段遺跡2	75.6	18.3	1.9	0.90	0.55	0.26	0.73	1.8
27	上ノ段遺跡3	75.8	18.5	2.1	0.88	0.56	0.24	0.72	1.1
28	上ノ段遺跡4	62.8	30.4	1.2	1.3	0.74	0.42	1.0	2.2
29	上ノ段遺跡5	70.8	20.2	3.9	1.2	0.94	0.26	0.98	1.7
30	上ノ段遺跡6	75.7	18.0	1.8	0.88	0.53	0.50	1.1	1.5
31	上ノ段遺跡7	75.3	18.2	2.3	0.94	0.50	0.50	0.84	1.3
32	駒詰遺跡1	72.2	20.2	2.8	1.2	0.57	0.29	0.97	1.8
33	駒詰遺跡2	71.8	20.6	2.3	1.5	0.61	0.34	0.92	1.9
34	尾上木見津遺跡	69.9	21.6	3.3	1.3	0.63	0.27	1.0	2.0
35	高岡大山遺跡1	71.4	21.1	2.6	1.1	0.88	0.31	0.66	1.9
36	高岡大山遺跡2	77.1	15.7	2.2	1.2	0.53	0.28	0.94	2.0
37	高岡大山遺跡3	78.9	14.4	2.1	1.4	0.63	0.31	0.79	1.5
38	高岡大山遺跡4	75.7	17.6	2.1	1.1	0.73	0.30	0.96	1.6
39	高岡大山遺跡5	76.5	16.0	2.5	1.0	0.52	0.33	1.1	2.0
40	高岡大山遺跡6	75.9	16.8	2.8	0.94	0.55	0.32	0.79	1.9
41	臼井南遺跡								
42	元岡遺跡1	74.7	18.8	1.8	1.13	0.84	0.15	0.88	1.7
43	元岡遺跡2	73.9	18.2	2.7	0.85	0.88	0.21	1.45	1.8
44	元岡遺跡3	71.1	20.7	2.6	0.97	0.97	0.29	1.47	1.8
45	元岡遺跡6	72.4	19.0	3.2	1.18	0.97	0.24	1.16	1.8
46	元岡遺跡7	67.8	21.5	4.9	0.92	1.23	0.27	1.48	1.9
47	吉塚祝町遺跡1	64.2	26.2	3.0	0.89	0.81	0.58	1.4	2.6
48	吉塚祝町遺跡2	69.8	20.9	3.4	1.1	0.95	0.22	1.3	2.4
49	吉塚祝町遺跡3	70.9	19.5	3.7	1.1	0.88	0.22	1.1	2.5
50	吉塚祝町遺跡4	60.3	28.3	3.6	1.6	1.3	0.53	0.81	2.8
51	太宰府条坊跡第277次	68.0	23.7	2.3	0.73	0.71	0.35	1.3	2.9

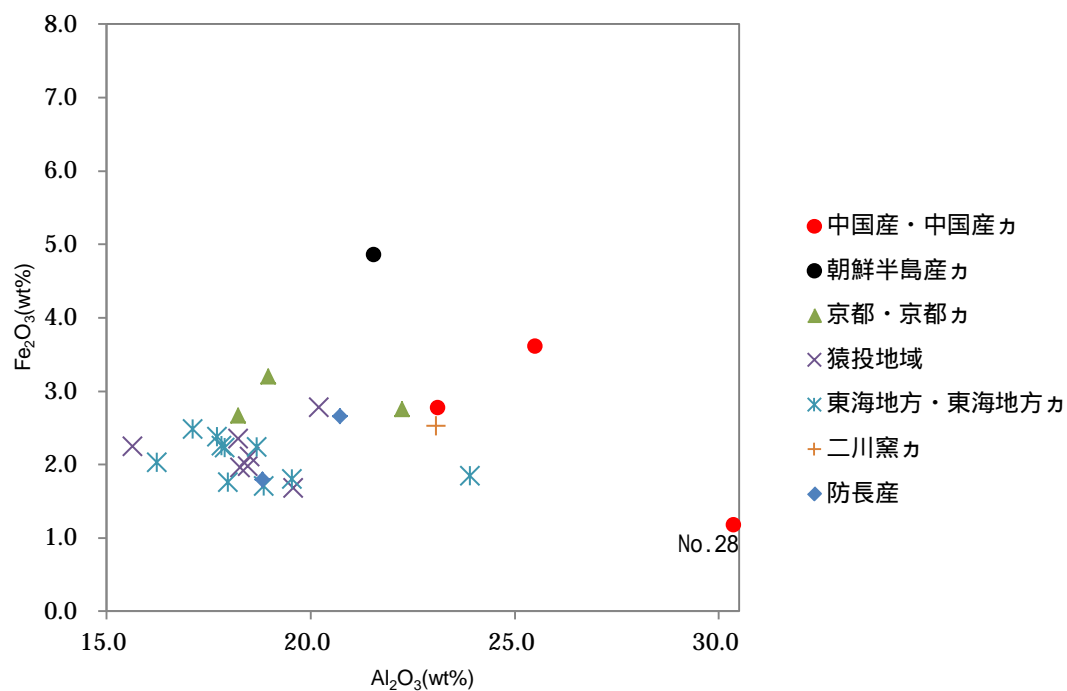


図 3-6-2-1 酸化アルミニウム含有量と酸化鉄含有量による比較

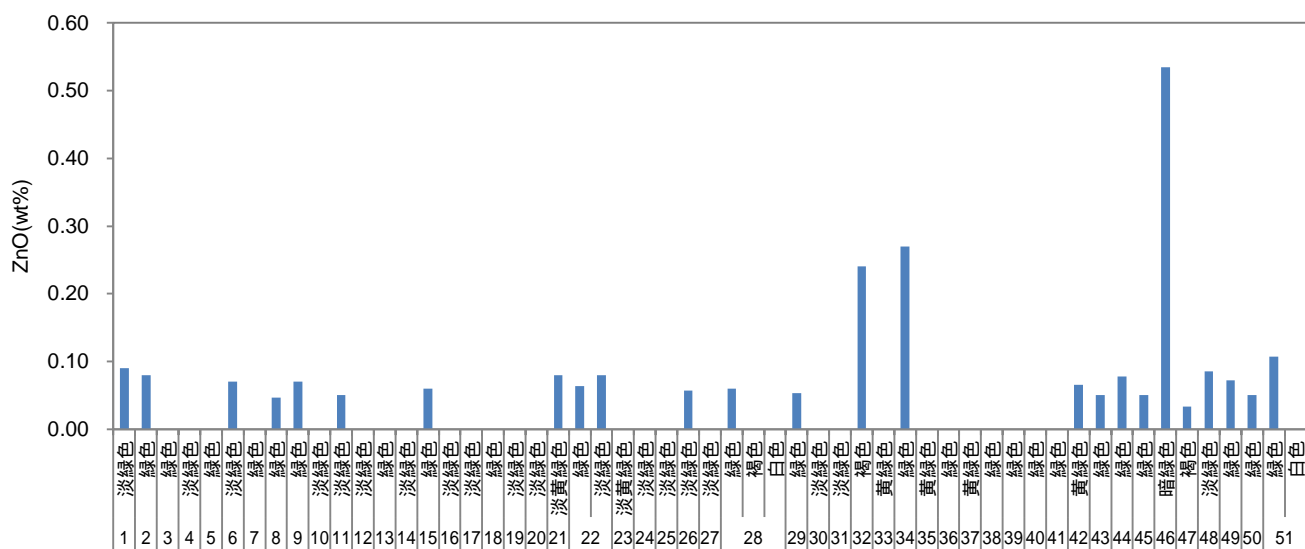


図 3-6-2-2 緑釉の酸化亜鉛含有量

表 3-6-2-3 X線回折による胎土中の鉱物

No.	遺跡名	ムライト	長石類	クリストバライト	推定焼成温度
1	多呂ノ前遺跡1				約1200 以上
2	多呂ノ前遺跡2				約1200 以上
3	三嶋大社境内遺跡				約1200
4	長伏六反田遺跡				約1200
5	橘田遺跡1				
6	橘田遺跡2			×	約1100
7	安久・箱根田遺跡1				約1200 以上
8	安久・箱根田遺跡2				約1200 以上
9	上才塚遺跡				約1200 以上
10	壱町田C遺跡				約1200 以上
11	御所之内遺跡1			×	約1100
12	御所之内遺跡2	×		×	約1000 以下
13	御所之内遺跡3	×	×	×	約1000 以下
14	御所之内遺跡4			×	約1100
15	御所之内遺跡5			×	約1100
16	御所之内遺跡6				約1200
17	御所之内遺跡7		×		約1200
18	御所之内遺跡8	×		×	約1000 以下
19	御所之内遺跡9			×	約1100 ～ 1200
20	御所之内遺跡10			×	約1100 ～ 1200
21	千本遺跡1			×	約1100
22	千本遺跡2			×	約1000 -1100
23	千本遺跡3		×		約1200 以上
24	千本遺跡4		×		約1200 以上
25	上ノ段遺跡1				約1200
26	上ノ段遺跡2				約1200
27	上ノ段遺跡3				約1200
28	上ノ段遺跡4			×	約1100 ～ 1200
29	上ノ段遺跡5		×		約1200 以上
30	上ノ段遺跡6		×		約1200 以上
31	上ノ段遺跡7		×		約1200 以上
32	駒詰遺跡	×		×	約1000 以下
33	駒詰遺跡	×		×	約1000 以下
34	尾上木見津遺跡	×		×	約1000 以下
35	高岡大山遺跡1	×		×	約1000 以下
36	高岡大山遺跡2	×		×	約1000 以下
37	高岡大山遺跡3	×		×	約1000 以下
38	高岡大山遺跡4	×		×	約1000 以下
39	高岡大山遺跡5	×		×	約1000 以下
40	高岡大山遺跡6	×		×	約1000 以下
41	臼井南遺跡				
42	元岡遺跡1	×		×	約1000 以下
43	元岡遺跡2		×	×	約1100 ～ 1200
44	元岡遺跡3	×		×	約1100
45	元岡遺跡6			×	約1100
46	元岡遺跡7			×	約1100
47	吉塚祝町遺跡1				約1100
48	吉塚祝町遺跡2			×	約1100
49	吉塚祝町遺跡3			×	約1100
50	吉塚祝町遺跡4	×		×	約1000 以下
51	太宰府条坊跡第277次	×		×	約1000 以下

表 3-6-2-4 釉薬の化学組成(wt%、tr;微量)

No.	遺跡名	釉色	SiO ₂	PbO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	MnO	CuO	ZnO	Na ₂ O	K ₂ O
1	多呂ノ前遺跡1	淡緑色	52.0	35.1	8.0	1.3	0.30	0.26	0.43	0.10	0.89	0.09	0.75	0.79
2	多呂ノ前遺跡2	緑色	31.9	57.0	5.6	0.89	0.22	0.58	0.90	0.18	1.6	0.08	0.63	0.42
3	三嶋大社境内遺跡	緑色	32.6	56.3	6.4	0.89	0.27	0.67	0.42	0.08	1.4	tr	0.60	0.34
4	長伏六反田遺跡	淡緑色	43.0	44.9	7.5	0.65	0.23	1.5	0.98	0.06	0.47	tr	0.35	0.42
5	桶田遺跡1	緑色	29.9	63.5	3.6	0.46	0.15	0.42	0.26	0.08	0.68	tr	0.62	0.25
6	桶田遺跡2	淡緑色	28.2	62.6	5.1	0.83	0.22	0.60	0.34	0.12	0.93	0.07	0.72	0.26
7	安久・箱根田遺跡1	緑色	29.0	60.9	5.6	0.60	0.17	1.1	0.39	0.07	1.4	tr	0.50	0.28
8	安久・箱根田遺跡2	緑色	28.6	61.2	5.2	0.90	0.24	1.1	0.47	0.12	1.1	0.05	0.63	0.38
9	上才塚遺跡	緑色	38.3	51.5	5.5	1.1	0.27	0.34	0.69	0.09	1.1	0.07	0.45	0.56
10	寺町田C遺跡	淡緑色	26.4	65.6	4.7	0.59	0.22	0.55	0.54	0.13	0.39	tr	0.49	0.28
11	御所之内遺跡1	淡緑色	34.8	57.3	5.1	0.64	0.19	0.24	0.22	0.09	0.61	0.05	0.46	0.31
12	御所之内遺跡2	淡緑色	74.7	11.9	8.8	0.29	0.22	0.55	2.6	0.02	0.42	tr	0.26	0.32
13	御所之内遺跡3	緑色	30.3	60.1	4.3	0.67	0.23	0.57	0.13	0.08	2.6	tr	0.51	0.47
14	御所之内遺跡4	淡緑色	35.1	55.9	5.7	0.54	0.19	0.34	0.37	0.08	0.82	tr	0.49	0.44
15	御所之内遺跡5	緑色	53.8	30.0	9.8	0.73	0.17	0.58	1.6	0.07	1.7	0.06	0.62	0.84
16	御所之内遺跡6	淡緑色	31.3	61.8	4.2	0.63	0.23	0.29	0.26	0.08	0.56	tr	0.36	0.26
17	御所之内遺跡7	淡緑色	31.8	60.3	4.7	0.66	0.23	0.46	0.25	0.09	0.80	tr	0.38	0.33
18	御所之内遺跡8	緑色	56.0	35.3	5.1	0.78	0.10	0.35	0.52	0.06	1.3	tr	0.30	0.10
19	御所之内遺跡9	淡緑色	35.4	55.8	6.0	0.61	0.20	0.41	0.17	0.06	0.51	tr	0.52	0.27
20	御所之内遺跡10	淡緑色	32.3	59.9	4.8	0.61	0.18	0.27	0.29	0.10	0.62	tr	0.62	0.30
21	千本遺跡1	淡黄緑色	31.6	54.2	8.3	1.1	0.48	1.8	0.74	0.13	0.35	0.08	0.59	0.63
22	千本遺跡2	緑色	32.8	56.4	5.0	0.72	0.23	0.65	0.31	0.08	2.4	0.06	0.80	0.47
		淡緑色	58.2	24.0	11.1	1.5	0.36	0.69	0.74	0.10	0.48	0.08	0.77	2.0
23	千本遺跡3	淡黄緑色	36.9	53.9	5.6	0.70	0.20	0.48	0.70	0.08	0.17	tr	0.69	0.53
24	千本遺跡4	淡緑色	34.2	59.2	4.3	0.41	0.17	0.43	0.23	0.08	0.13	tr	0.40	0.45
25	上ノ段遺跡1	淡緑色	34.9	55.0	5.7	0.80	0.24	1.0	0.34	0.07	0.77	tr	0.49	0.56
26	上ノ段遺跡2	淡緑色	38.4	51.4	6.4	0.65	0.30	0.76	0.22	0.09	0.26	0.06	0.68	0.76
27	上ノ段遺跡3	淡緑色	32.4	60.1	4.9	0.64	0.24	0.40	0.17	0.07	0.32	tr	0.48	0.29
28	上ノ段遺跡4	緑色	32.0	55.4	5.3	0.74	0.24	1.2	1.1	0.08	2.8	0.06	0.59	0.46
		褐色	31.8	54.9	5.4	2.9	0.27	2.4	0.79	0.08	0.53	tr	0.42	0.46
		白色	42.7	51.2	2.6	0.31	0.15	0.84	0.55	0.07	0.08	tr	0.54	0.81
29	上ノ段遺跡5	緑色	32.2	57.5	5.2	1.1	0.24	0.70	0.20	0.07	1.8	0.05	0.68	0.34
30	上ノ段遺跡6	淡緑色	60.5	26.1	8.1	0.68	0.27	0.84	1.9	tr	0.63	tr	0.39	0.55
31	上ノ段遺跡7	淡緑色	31.4	61.2	4.2	0.45	0.15	0.46	0.29	0.08	0.66	tr	0.71	0.33
32	富里市駒詰遺跡1	褐色	32.6	41.4	5.9	3.1	0.31	3.4	1.7	0.11	2.7	0.24	4.0	1.4
33	富里市駒詰遺跡2	黄緑色	32.5	51.7	6.1	1.2	0.50	1.8	0.61	0.10	0.72	tr	4.2	0.44
34	尾上木見津遺跡	緑色	20.4	50.4	6.6	1.7	0.35	2.6	6.1	0.13	3.4	0.27	1.8	1.6
35	高岡大山遺跡1	黄緑色	48.6	35.5	7.6	0.56	0.31	2.4	0.70	tr	0.17	tr	2.9	0.13
36	高岡大山遺跡2	緑色	30.6	58.5	3.7	0.86	0.35	0.98	0.26	0.07	1.5	tr	2.9	0.34
37	高岡大山遺跡3	黄緑色	32.8	53.9	3.8	0.75	0.42	2.3	0.30	0.06	0.31	tr	3.5	0.28
38	高岡大山遺跡4	緑色	62.8	9.1	15.9	2.6	1.3	2.1	0.42	tr	tr	tr	3.3	2.4
39	高岡大山遺跡5	緑色	29.8	57.8	3.9	1.1	0.30	1.0	0.30	0.08	1.5	tr	3.8	0.29
40	高岡大山遺跡6	緑色	27.7	58.1	4.3	1.2	0.29	1.6	0.88	0.17	1.3	tr	2.9	0.43
41	臼井南遺跡	緑色	41.5	41.0	9.9	0.35	0.39	1.1	0.17	tr	1.2	tr	2.5	1.9
42	元岡遺跡1	黄緑色	35.6	55.1	4.8	1.7	0.20	0.60	0.28	0.09	0.91	0.07	0.44	0.28
43	元岡遺跡2	緑色	35.7	52.1	5.6	1.3	0.21	1.4	0.28	0.06	2.1	0.05	0.63	0.63
44	元岡遺跡3	緑色	33.5	56.6	4.2	1.1	0.20	1.2	0.23	0.10	1.9	0.08	0.61	0.32
45	元岡遺跡6	緑色	38.8	53.3	4.2	0.79	0.21	0.33	0.43	0.11	1.1	0.05	0.47	0.26
46	元岡遺跡7	暗緑色	30.0	55.3	7.2	2.3	0.32	0.36	0.53	0.08	2.0	0.54	0.84	0.71
47	吉塚祝町遺跡1	褐色	57.0	22.1	8.0	2.5	0.22	0.72	5.1	0.09	0.33	0.03	0.58	3.3
48	吉塚祝町遺跡2	淡緑色	41.1	44.5	8.6	0.92	0.31	0.54	0.57	0.14	0.84	0.09	0.72	1.6
49	吉塚祝町遺跡3	緑色	31.9	54.2	6.3	2.2	0.47	0.49	0.35	0.12	2.2	0.07	0.68	1.0
50	吉塚祝町遺跡4	緑色	29.9	60.3	4.9	0.55	0.21	1.3	0.22	0.08	1.7	0.05	0.45	0.45
51	太宰府条坊跡第277次	緑色	45.0	42.1	4.6	0.78	0.13	0.43	0.75	0.06	5.0	0.11	0.69	0.36
		白色	50.6	43.6	3.2	0.24	0.09	0.47	0.78	0.05	0.37	tr	0.34	0.31

表 3-6-2-5 鉛同位体比分析結果

No.	遺跡名	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
1	多呂ノ前遺跡1	0.8474	2.0903	18.400	15.592	38.460
2	多呂ノ前遺跡2	0.8473	2.0902	18.403	15.594	38.466
3	三嶋大社境内遺跡	0.8472	2.1057	18.454	15.633	38.859
4	長伏六反田遺跡	0.8472	2.0897	18.404	15.592	38.460
5	桶田遺跡1	0.8473	2.0897	18.403	15.593	38.458
6	桶田遺跡2	0.8476	2.1047	18.466	15.653	38.866
7	安久・箱根田遺跡1	0.8474	2.0908	18.410	15.601	38.493
8	安久・箱根田遺跡2	0.8472	2.0896	18.400	15.588	38.450
9	上才塚遺跡	0.8474	2.0903	18.405	15.596	38.472
10	壱町田C遺跡	0.8473	2.0901	18.406	15.595	38.469
11	御所之内遺跡1	0.8474	2.0904	18.409	15.599	38.481
12	御所之内遺跡2	0.8614	2.1278	18.133	15.620	38.585
13	御所之内遺跡3	0.8471	2.0899	18.412	15.597	38.479
14	御所之内遺跡4	0.8474	2.0907	18.408	15.599	38.484
15	御所之内遺跡5	0.8609	2.1273	18.153	15.627	38.616
16	御所之内遺跡6	0.8474	2.0903	18.406	15.597	38.473
17	御所之内遺跡7	0.8474	2.0905	18.405	15.597	38.476
18	御所之内遺跡8	0.8615	2.1282	18.131	15.620	38.585
19	御所之内遺跡9	0.8473	2.0902	18.405	15.595	38.470
20	御所之内遺跡10	0.8471	2.0897	18.413	15.598	38.479
21	千本遺跡1	0.8475	2.0912	18.413	15.605	38.506
22	千本遺跡2	0.8477	2.0922	18.426	15.620	38.550
23	千本遺跡3	0.8474	2.0911	18.419	15.609	38.516
24	千本遺跡4	0.8472	2.0901	18.409	15.597	38.476
25	上ノ段遺跡1	0.8473	2.0899	18.401	15.590	38.456
26	上ノ段遺跡2	0.8473	2.0900	18.404	15.594	38.465
27	上ノ段遺跡3	0.8472	2.0896	18.400	15.589	38.450
28	上ノ段遺跡4	0.8635	2.1269	18.066	15.600	38.425
29	上ノ段遺跡5	0.8476	2.0914	18.414	15.607	38.510
30	上ノ段遺跡6	0.8473	2.0900	18.406	15.595	38.468
31	上ノ段遺跡7	0.8474	2.0905	18.410	15.600	38.487
32	富里市駒詰遺跡1	0.8473	2.0907	18.406	15.594	38.481
33	富里市駒詰遺跡2	0.8479	2.0918	18.396	15.598	38.480
34	尾上木見津遺跡	0.8472	2.0907	18.404	15.592	38.478
35	高岡大山遺跡1	0.8427	2.0898	18.401	15.590	38.454
36	高岡大山遺跡2	0.8473	2.0901	18.404	15.594	38.467
37	高岡大山遺跡3	0.8473	2.0898	18.400	15.590	38.454
38	高岡大山遺跡4	0.8473	2.0902	18.403	15.594	38.467
39	高岡大山遺跡5	0.8499	2.0540	18.328	15.577	38.404
40	高岡大山遺跡6	0.8474	2.0902	18.398	15.591	38.456
41	臼井南遺跡	0.8473	2.0903	18.407	15.596	38.475
42	元岡遺跡1	0.8473	2.0897	18.399	15.589	38.448
43	元岡遺跡2	0.8472	2.0904	18.409	15.596	38.481
44	元岡遺跡3	0.8472	2.0896	18.401	15.590	38.452
45	元岡遺跡6	0.8472	2.0892	18.396	15.585	38.433
46	元岡遺跡7	0.8510	2.0981	18.305	15.578	38.406
47	吉塚祝町遺跡1	0.8477	2.0909	18.412	15.608	38.499
48	吉塚祝町遺跡2	0.8472	2.0898	18.402	15.591	38.455
49	吉塚祝町遺跡3	0.8472	2.0896	18.402	15.590	38.453
50	吉塚祝町遺跡4	0.8470	2.0903	18.413	15.596	38.487
51	太宰府第227次	0.8474	2.0909	18.416	15.605	38.506

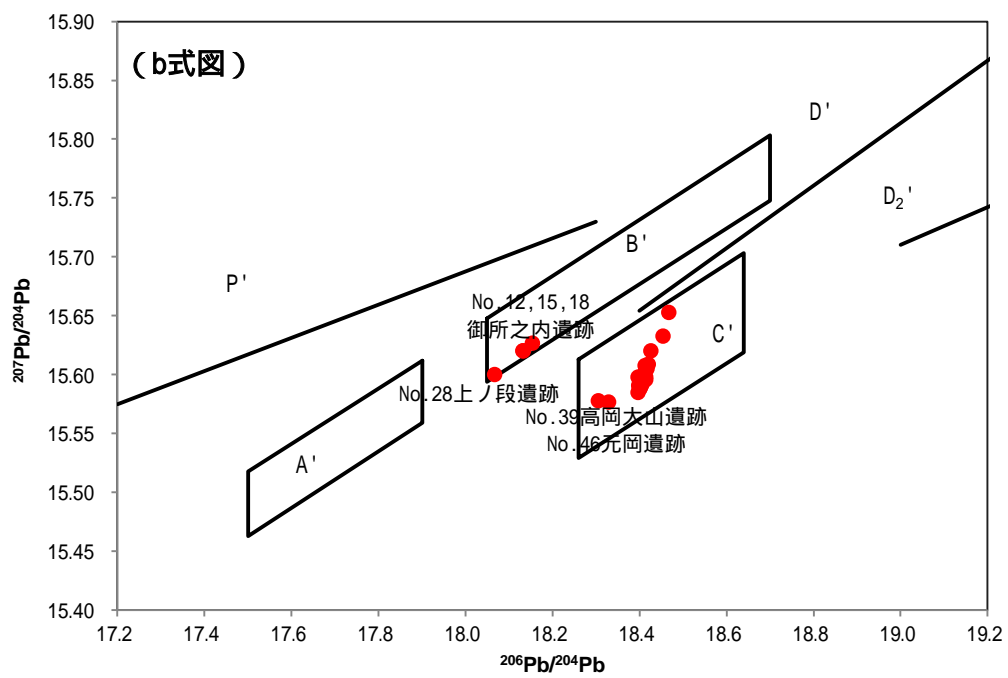
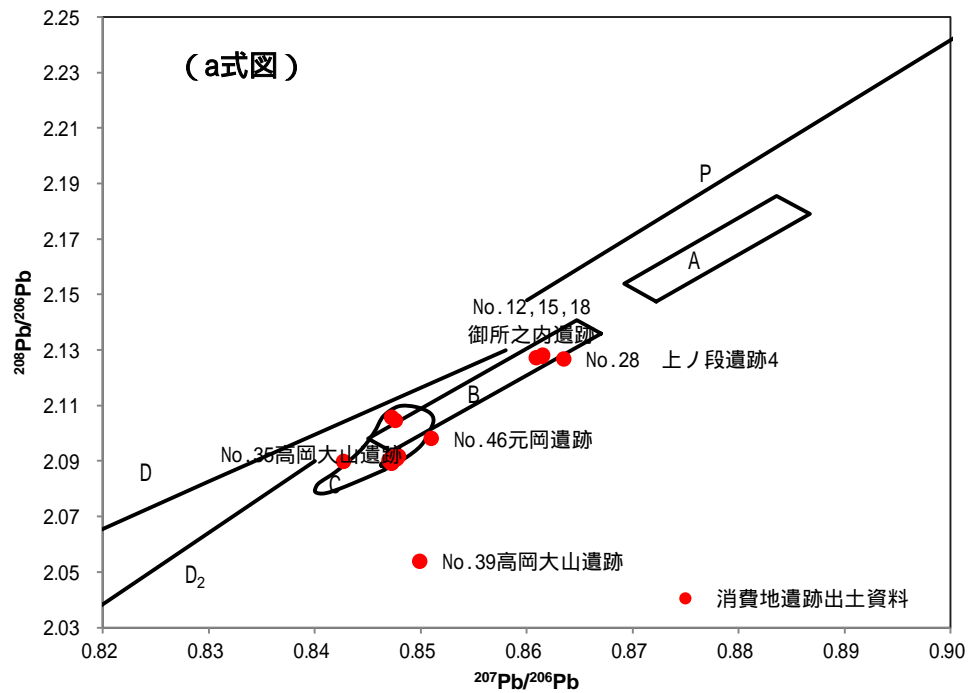


図 3-6-2-3 鉛同位体比分析結果(上:a式図、下b式図)

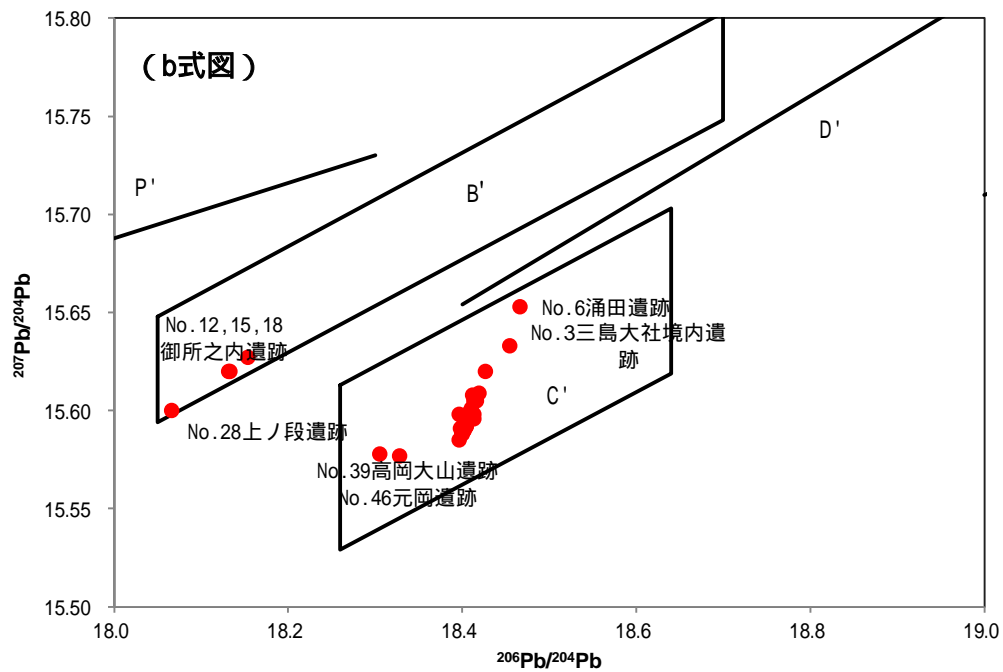
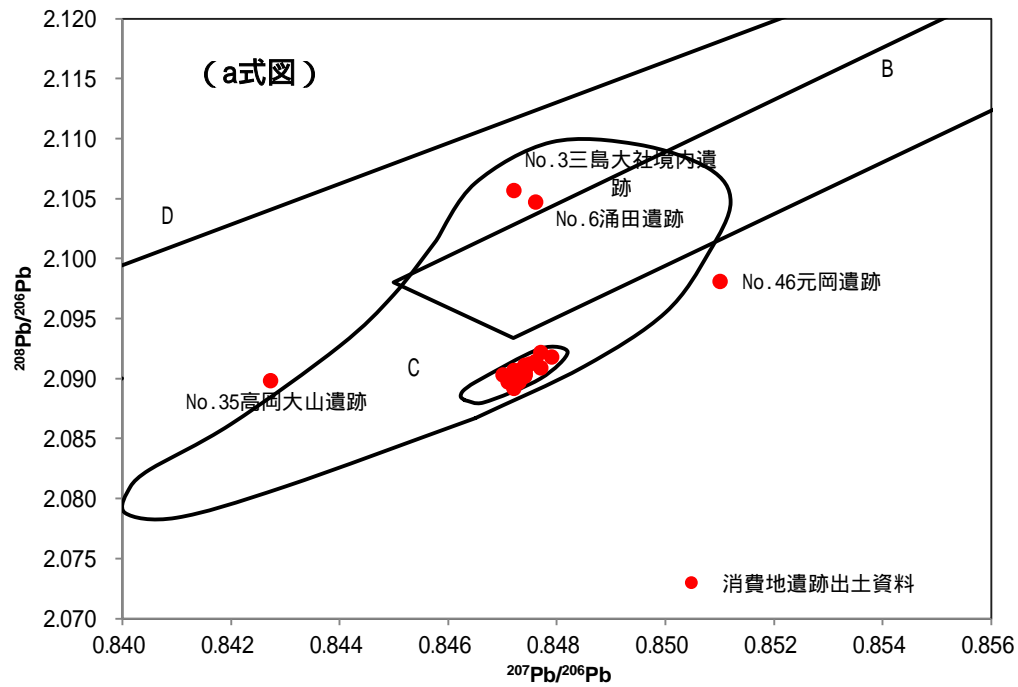


図 3-6-2-4 C 領域周辺の拡大図(上:a 式図、下 b 式図)

樹形図(距離計算:基準化されたユークリッドの距離、合併後の距離計算:ワード法)

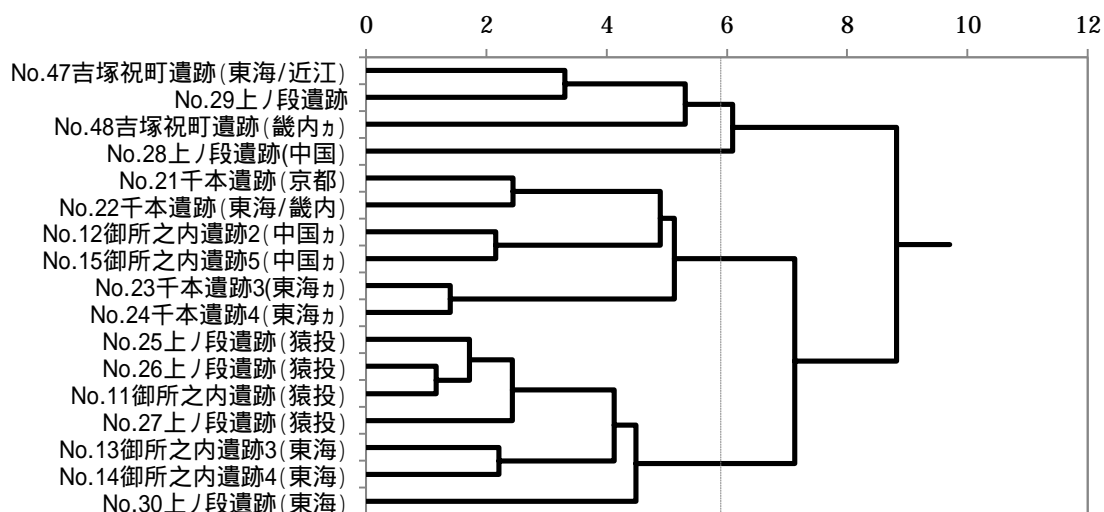


図 3-6-2-5 クラスター分析結果

3-6-3 古代の鉛ガラス資料の調査

これまでは鉛釉陶器の分析に触れたが、本節では、鉛ガラス・鉛バリウムガラスに触れる。鉛ガラスと鉛釉のほぼ同じ原料でできており、使用している原料の供給や生産技術に類似性がある。また、鉛ガラス自体が鉛釉の原料となる、または再利用されることも考えられるため、本研究では、鉛ガラスと鉛釉の化学組成と鉛同位体比から、原料の産地と流通について検討を加えた。

日本における鉛バリウムガラスは弥生時代前期末頃からみられ、勾玉の鑄型が出土していることから(山口県埋蔵文化財センター; 1989) ガラス素材からの加工がおこなわれていたことがあきらかとなっている。鉛同位体比の結果から、それらの素材は中国から製品または原料ガラスを輸入されて使われたと考えられる(山崎ら; 1987)。弥生時代以降になると、日本国内の遺跡からは鉛ガラス・鉛バリウムガラスが検出されなくなり、流通がいったん途絶えたと考えられるが、古墳時代後期頃になると、再び鉛ガラスの出土例が報告されるようになる。この時期の遺跡である愛知県高蔵公園内第 1 号古墳、福岡県宮地嶽古墳などから出土した鉛ガラスの鉛同位体比は、日本産鉛鉱石とは異なる値を示している(山崎; 1987)。

ここでは、弥生時代および古墳時代終末期の鉛ガラス・鉛バリウムガラスについて調査をおこなった。資料は、弥生時代後期から古墳時代後期初頭に比定される鳥取県青谷上寺地遺跡出土ガラス管玉 3 点、7 世紀前半から中葉に比定される京都府高山 3 号墳出土ガラス玉 2 点、7 世紀第 3 四半期に比定される奈良県牽牛子塚古墳から出土した七宝飾金具 1 点である。詳細は表 3-6-3-1 に示す。資料写真は附図 11 に示す。

青谷上寺地遺跡から出土した管玉は、淡青色を呈する資料 1 点と、表面の風化が進行しているものの緑色・灰青色を呈する部分が残存している資料 2 点である。後者はほぼ同じ層位から出土している（鳥取県教育文化財団；2002）。

高山 3 号墳から出土したガラス玉は淡緑色を呈している資料 2 点である。7 世紀に属するガラス資料で化学的な分析が行なわれた事例はすくないので、鉛釉陶器との比較をおこなう上で、貴重なデータが追加されたといっていよいであろう。表面は亀甲状に風化が進行しており、剥落していた小破片をもちいて分析をおこなった。そのため、化学組成の数値には風化の影響があらわれていると考えられるが、鉛同位体比の結果は問題ないとみてよい。牽牛子塚古墳から出土した七宝飾金具（明日香村教育委員会；2013）は、金属の器胎上にガラス質の釉薬を熔着させたもので、鉛ガラスや鉛釉陶器の技術と類似している。7 世紀には、ほかの七宝製品の出土例が他に報告されていないため、その製作技術が注目される資料である。この時期には、鉛ガラスはすでに出現しており、飛鳥池遺跡で国産の鉛原料を用いた鉛ガラス付着埴塼や鉛釉陶器が確認されている。七宝飾金具に用いられた釉薬の由来としては、製品そのものが舶来品である可能性、原料またはガラス素材が国外から持ち込まれ製造は国内でおこなわれた可能性などが考えられる。分析に供した資料は、風化により白色粉末状になった釉薬部分を筆で採取したものである。

3-6-3-1 ガラスの化学組成

分析結果を表 3-6-3-2 に示す。非破壊分析のため、表面風化の影響や七宝の金属器胎の緑青サビの影響を含んだ測定値となり化学組成の変動は大きいものとする。

鳥取県青谷上寺地遺跡出土ガラス管玉 2 点（No.1、No.2）は、鉛バリウムガラスである。No.3 についても風化の影響によって酸化バリウム含有量は極めて少なくなっているものの、スペクトル上では明らかにピークが確認できたことから、鉛バリウムガラスであると判断した。7 世紀以降に比定される牽牛子塚古墳の資料は、すべて鉛ガラスである。高山古墳 3 号墳から出土したものは、風化によって、資料ごとに二酸化ケイ素含有量と酸化鉛含有量が異なる結果になった。七宝飾金具に用いられた釉薬は、黄褐色と褐色を呈する部分で酸化鉄含有量に違いがあるため、色調の濃淡を決めていたのであろう。緑色部では、部位ごとに酸化鉛含有量には差異があるものの、周囲を仕切る銅線からのサビの影響のため、酸化銅含有量による色調の濃淡は明確でない。化学組成から推測すると、花紋とその周囲の色調として、少なくとも黄色・褐色、緑色系は存在していた可能性がある。

表 3-6-3-3 に本節の結果と、前節の緑釉陶器および既報告ガラス分析データ（山崎；1987）のうち、緑色部についての平均値を示す。釉薬とガラスとで差異がみられるのは、酸化鉛、酸化アルミニウム、酸化カリウム含有量である。ただし、酸化鉛や酸化カリウムは風化によって含有量が変化しやすい成分であり、ここで対象とした資料には風化の影響が少なからずあるものと考えられるので、これらの差異が、もともとの組成の違いであるのか、風化による変化を反映したものなのかは判断できない。七宝飾金具についても同様である。

表 3-6-3-1 資料詳細

No.	遺跡名		色調	所属時期
1	青谷上寺地 遺跡	管玉2	青色	弥生時代後期
2		管玉3	緑色	弥生時代後期～古墳時代後期初頭
3		管玉4	灰青色（風化）	
4	高山古墳群 3号墳	TY-3 27	緑色	7世紀前半～中葉
5		TY-3 28	緑色	
6	牽牛子塚古墳	七宝飾金具	黄褐色	7世紀第3四半期
7			黄褐色	
8			褐色	
9			褐色	
10			褐色	
11			淡緑色	
12			褐色	
13			褐色	
14			淡緑色	
15			淡緑色	

3-6-3-2 ガラスの鉛同位体比分析

鉛同位体比分析結果を表 3-6-3-4 に、a 式図、b 式図を図 3-6-3-1 に示す。分析結果から青谷上寺地遺跡出土資料は、A 領域（中国華北産）近傍に分布する資料 2 点と、それとは明らかに異なる分布を示す 1 点が確認できる。No.2、3 の調査区は異なるものの、ほぼ同じ層位から出土していることから、弥生時代後期～古墳時代前期初頭に、複数産地の鉛原料から製作された管玉が搬入されていたことになる。

高山古墳群 3 号墳出土資料は 2 点ともに P 領域（百済産）に分布し、その鉛同位体比值から同一の鉛原料が使用されていると判断してよい。すなわち、弥生時代とは異なる産地の鉛原料が使用されており、またこれまでのところ、7 世紀のガラス資料で、弥生時代の鉛ガラス・鉛バリウムガラスを再溶解してガラス製品とした事例は報告されていない。

牽牛子塚古墳出土資料の結果は、a 式図では D 領域、b 式図では D₂′ 領域の近傍に位置している。既報告のものの中には、これに近い値を示す資料はみられないが、朝鮮半島系の鉛原料が用いられていると考えられる。少なくとも C 領域（国内産）の鉛原料ではないため、七宝飾金具そのものが朝鮮半島からの舶来品、または七宝に用いた釉薬の材料である鉛鉱石もしくはガラス素材を持ち込み、国内で製品化したといつてよい。銅製の器体または仕切り線は鉛同位体比分析を実施していないため、その原材料の由来は不明である。

表 3-6-3-2 釉薬の化学組成 (wt%, tr; 微量, nd; 検出限界以下)

No.	遺跡名		色調	SiO ₂	PbO	BaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	CuO	Na ₂ O	K ₂ O
1	青谷上寺地遺跡	管玉2	青色	38.2	40.5	15.4	1.4	0.30	0.17	0.78	0.37	2.8	tr
2		管玉3	緑色	44.1	39.0	10.7	1.6	0.29	0.15	0.96	0.24	3.0	0.07
3		管玉4	灰青色 (風化)	77.2	14.6	tr	3.4	2.93	0.20	0.26	0.52	0.57	0.12
4	高山古墳群3号墳	TY-3 27	緑色	55.9	41.3	nd	1.8	0.19	0.18	0.06	0.22	0.26	0.05
5		TY-3 28	緑色	71.8	25.5	nd	1.6	0.17	0.29	0.09	0.16	0.26	0.05
6	牽牛子塚古墳	七宝飾金具	黄褐色	40.8	50.7	nd	3.4	0.95	0.71	1.4	0.63	1.1	0.41
7			黄褐色	39.7	52.0	nd	4.0	1.1	0.53	1.1	0.43	0.69	0.36
8			褐色	24.1	63.1	nd	5.5	2.9	0.74	1.7	0.34	0.81	0.53
9			褐色	22.0	65.8	nd	4.9	2.6	0.86	1.8	0.21	0.99	0.61
10			褐色	39.0	48.4	nd	5.0	2.6	0.83	1.2	0.92	1.5	0.26
11			淡緑色	26.7	69.0	nd	1.0	0.25	0.15	0.90	1.0	0.70	0.25
12			褐色	20.4	66.6	nd	4.6	2.9	0.79	2.3	0.31	0.93	0.83
13			褐色	25.8	58.1	nd	6.5	4.9	0.32	2.1	0.99	0.57	0.23
14			淡緑色	48.8	44.9	nd	4.1	0.24	0.18	0.62	0.57	0.24	0.34
15			淡緑色	52.2	43.2	nd	2.8	0.19	0.19	0.49	0.53	0.23	0.20

表 3-6-3-3 既報告データとの比較 (緑色部) (wt%, nd; 検出限界以下)

	SiO ₂	PbO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	CuO	Na ₂ O	K ₂ O	BaO	色調
青谷上寺地遺跡	44.1	39.0	1.6	0.29	0.15	1.0	0.24	3.0	0.07	10.7	緑色
高山古墳群3号墳	63.8	33.4	1.7	0.18	0.24	0.07	0.19	0.26	0.05	nd	緑色
牽牛子塚七宝釉	42.6	52.3	2.6	0.23	0.17	0.67	0.70	0.39	0.26	nd	緑色
7世紀ガラス (N=12)	29.5	69.3	0.24	0.11	0.11	0.07	0.45	0.16	0.11	nd	緑色
7世紀釉薬 (N=8)	37.6	50.4	6.8	1.4	0.46	0.57	0.90	0.70	1.1	nd	緑色

表 3-6-3-4 鉛同位体比分析結果

No.	遺跡名	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb
1	青谷上寺地遺跡管玉2	0.8865	2.1787	17.464	15.482	38.048
2	青谷上寺地遺跡管玉3	0.8889	2.1935	17.408	15.474	38.186
3	青谷上寺地遺跡管玉4	0.8451	2.0939	18.578	15.701	38.900
4	高山古墳群3号墳27	0.8873	2.2099	17.608	15.624	38.913
5	高山古墳群3号墳28	0.8875	2.2103	17.599	15.620	38.900
6	牽牛子塚古墳七宝飾金具釉薬	0.8270	2.0932	18.983	15.699	39.736

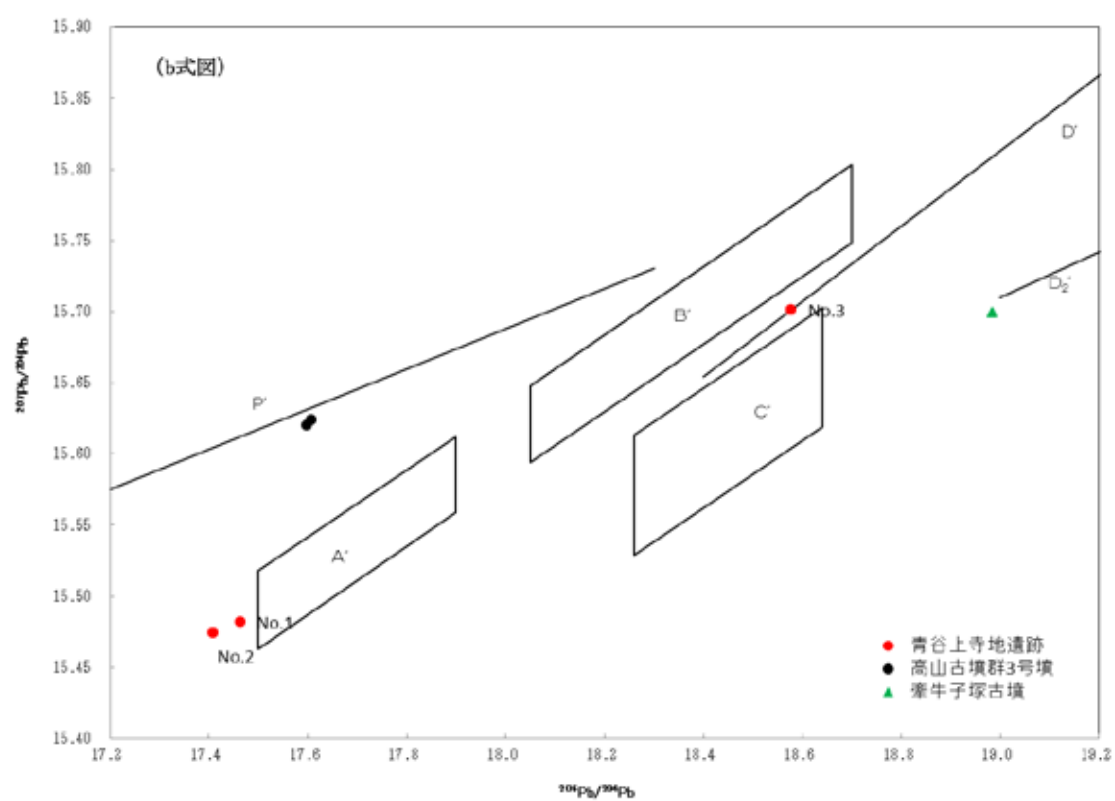
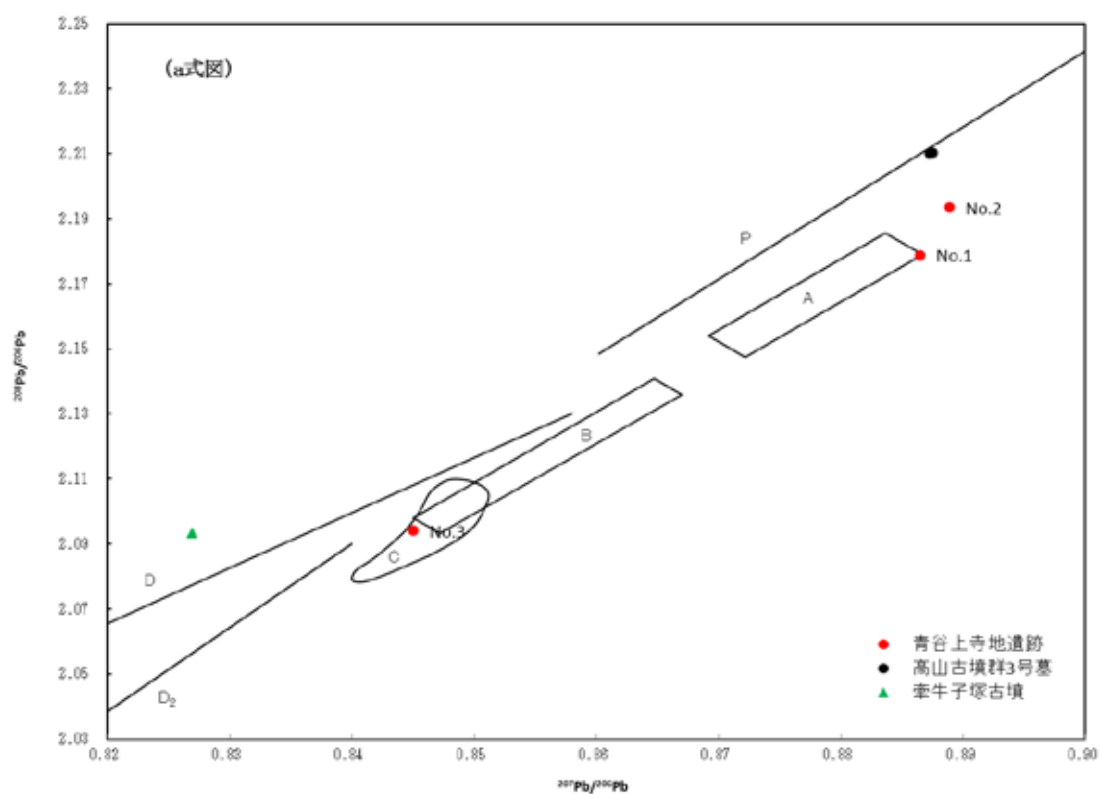


図 3-6-3-1 鉛同位体比分析結果(上; a 式図、下; b 式図)

3-6-3 小結

祭祀遺跡から出土した三彩陶器の釉薬の原材料は、鉛同位体比分析からすべて日本産であることがわかった。小壺の身と蓋は、胎土の化学組成の違いからみて、時期差がある資料群が含まれていることがわかった。

消費地遺跡から出土した資料のうち、考古学的な所見によって東海地域・猿投地域の産品に分類されたものと畿内・京都の産品に分類されたものは、胎土の化学組成の特徴によっても分けられることがわかった。酸化アルミニウム含有量が 20wt%以下の資料数が多く、これは 9 世紀末から 10 世紀の窯跡出土資料にみられる特徴と同じである。釉薬の鉛同位体比分析から、生産地不明資料 1 点が中国鞏義窯の製品である可能性が高いことを示すことができた。

鉛同位体比分析から、弥生時代の鉛バリウムガラスは中国産、7 世紀の鉛ガラスは百済産の鉛原料が用いられていたと考えられる。7 世紀の七宝飾金具の原材料は、鉛ガラスとは異なる産地ではあるが、朝鮮半島産の鉛原料の値を示した。このように、鉛原料の産地は、弥生時代には中国、古墳時代終末期には朝鮮半島と、変化している。また 7 世紀において、鉛ガラスと七宝ではその原材料の産地が異なり、複数の鉛原料が日本に持ち込まれていたことがわかる。

3-7 施釉瓦・磚資料の調査

これまで、緑釉陶器の鉛同位体比は、すべて C 領域中の狭い範囲内（グループ ）に集中すると報告されてきた。しかし、本論文でこれまでみてきたとおり、白鳳緑釉、初現期奈良三彩の緑釉の中には、その範囲外に分布する資料の存在することがわかった。この結果は、従来、これらの資料は一元的な生産を行っていたと考えられていたものが、実際には複数の産地から原料が供給され、生産が必ずしも一元的ではなかった可能性があることを示唆している。

本章では、それらの施釉陶器との比較のために、焼成した粘土の上に釉薬をかけているという点で共通性のある、施釉瓦・磚の特徴について検討を加える。対象とする資料は、出土事例として国内最古である川原寺跡出土磚（線刻・半肉彫）と、出土量の多い平城京跡の施釉瓦・磚であり、それらの分析結果を奈良三彩のそれと比較した。ただし、平城宮内から出土した瓦・磚は官営工房などで生産されたものであり、一方、寺院跡から出土した磚は、それぞれの寺院による生産・購入であると想定される（厳密に言えば、瓦の出土地と使用場所が同じとは限らない場合もあるので、注意を要する）。そこで、両者では異なる生産体制や原料の入手経路などが検出できる可能性があるので、寺院跡の資料と平城宮跡のそれとはわけて考察を加えることにした。

奈良時代の前半と後半の出土状況を比較すると後半の方の出土量が多いことから、原料の供給も後半の方が多かったと考えられる。このとき、供給地を奈良時代前半と同じところに保ったままで量のみが増加したのか、それとも他の供給地からの原料が付け加わって混合されたのかという点を、鉛釉陶器との関連の有無も視野に入れながら、以下に検討していく。

また川原寺跡から出土した水波文磚について、文様の半肉彫と線彫の違いに着目し、川原寺創建時から使用された磚であるのかどうか、化学的な特徴から考察する。

対象資料は、遺構の所属時期などから奈良時代前半、後半に属すると考えられる資料 36 点である（附図 12、表 3-7-1）。内訳は、川原寺跡出土磚 4 点、平城京左京二条二坊十五坪（法華寺前身である藤原不比等邸もしくは皇后宮跡）出土資料 5 点、平城宮内出土資料 4 点、施釉瓦 6667D の素地（無釉）である歌姫西瓦窯出土資料 1 点、平城宮東院地区出土資料 7 点、平城京内（法華寺阿弥陀浄土院とその近傍、西大寺跡）出土資料 14 点である。奈良時代前半の資料としては 6667D 型式を選択している。試料採取ができないものも含まれているが、奈良時代前半・後半、平城宮・寺院跡出土の資料のうち、少なくとも数点ずつは高エネルギー放射光蛍光 X 線分析や鉛同位体比分析を行った。

3-7-1 胎土の化学組成

前述の通り、化学組成は、胎土全体ではなく、主にマトリックス部分の特徴を示していると考えられる。測定結果を表 3-7-2 に、酸化アルミニウム含有量と酸化鉄含有量の関係について図 3-7-1 に示す。

奈良時代前半の平城京左京二条二坊十五坪出土資料の化学組成は、数値がまとまりをみせ、また施釉瓦の素地と考えられている歌姫西瓦窯出土資料とも類似する。平城宮内出土資料の化学組成が左京二条二坊十五坪出土資料のそれとは異なることから、平城宮の宮殿と平城京は、瓦の型式上は同一の 6667D を使用するなどの交流を持ちながらも、それぞれ異なる造瓦の体制が展開されていたことがわかる。これらの瓦の酸化アルミニウム含有量がおおよそ 25wt%以上であるのに対し、初現期の奈良三彩は 25wt%以下と、胎土の特徴は異なっている。また、製作技法からみて初現期の陶枕とも考えられる大安寺旧境内出土陶枕は、平城京資料と類似する化学組成を示した。このことは、初現期の陶枕が、皿・碗などの容器よりも瓦に近い製作工程で作られてことを示唆している。

奈良時代後半の平城宮の宮内出土資料は、奈良時代前半とは化学組成上の相違が認められず、酸化アルミニウム含有量がやや多めの特徴をもつ。しかし、奈良時代の後半の平城宮でも、東院地区出土資料の値とは相違がみられることから、宮殿の造営と東院地区とでは異なる造瓦展開のあったことがうかがえる。

平城京出土資料は、東院地区出土資料と同様に酸化アルミニウム含有量が 25wt%以下であった。西大寺出土資料は、瓦資料はすべて酸化アルミニウム含有量が 25wt%以上であったが、磚資料はばらつきが大きい。これらからわかるように、奈良時代後半の資料では、出土地によって胎土の特徴が異なっている。

また、奈良三彩資料では確認された酸化アルミニウム含有量 25wt%以下を示す瓦は、奈良時代前半には含まれていなかったが、奈良時代後半の瓦資料の中には見出された。このことから、奈良時代後半になると、陶器と瓦とで酸化アルミニウム含有量の特徴が類似するものが増加していくことがわかる。全体としてみると、奈良時代の前半と後半とでは、瓦・磚などの酸化鉄含有量が異なる傾向をみせている。

奈良時代後半の同一型式の瓦を比較すると、酸化アルミニウム含有量は 25wt%以下であるが、酸化鉄含有量にはばらつきがある。

3-7-2 胎土の推定焼成温度

資料のうち 25 点について、X線回折測定から得られた結果を表 3-7-3 に示す。これをみると、ムライトの生成が僅かに確認できる No.3 の 1 点が約 1100 で焼成されたと推定される以外は、石英と長石類を検出し、ムライトを検出しないことから、焼成温度は約 1000 以下であると推定される。歌姫西瓦窯出土資料が施釉前の素地であるとする、二度焼きをしていることになり、その温度はどちらも約 1000 以下であるといえる。

川原寺跡から出土した磚についても、同様の測定をおこない、ムライトを検出した。ただし、これらの磚は火災によっても被熱しているため、ムライトの生成がいずれの段階で生成したものであるかは判断できない。

表 3-7-1 資料詳細

No	所属時期	出土地	遺跡名	種類	型式	色調
1	奈良時代前半	平城宮	第一次大極殿院外東南	軒平	6667D	緑釉
2		平城京	歌姫西瓦窯奈良山	無釉	6667D	釉なし
3			平城京左京 二条二坊十五坪	軒平	6667D	三彩
4				軒平	6667D	褐釉(風化)
5				軒平	6667D	褐釉(風化)
6				軒平	6667D	二彩
7				丸瓦	×	三彩
8	奈良時代後半	平城宮	宮内	鬼瓦	平城宮跡6	三彩
9				塼	×	緑釉
10				塼	×	緑釉
11			東院地区	軒丸	×	緑釉
12				平瓦	×	緑釉
13				軒丸	6151Aa	緑釉
14				熨斗瓦	×	緑釉(黒化)
15				平瓦	×	緑釉
16				軒丸瓦	6151Aa	緑釉
17		平城京	法華寺阿弥陀浄土院	平瓦	×	三彩
18				平瓦or熨斗瓦	×	緑釉
19			京内	丸瓦	×	三彩
20				軒丸(風化)	6146A	三彩
21				軒平	6760A	緑釉
22				軒平瓦	6760A	緑釉
23			西大寺境内	垂木先	×	緑釉
24				軒丸	×	緑釉
25				塼	×	緑釉
26				塼(水波文?)	×	淡緑釉
27				塼	×	褐釉
28				塼	×	緑釉
29				塼	×	緑釉
30				塼	×	緑釉
31				塼	×	緑釉
32		飛鳥	川原寺跡	水波文塼(半肉彫)	×	緑釉(焼)
33				水波文塼(線彫)	×	緑釉
34				水波文塼(半肉彫)	×	緑釉(焼)
35				水波文塼(半肉彫)	×	風化

表 3-7-2 胎土の化学組成 (wt%, tr; 微量)

No	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O
1	58.7	33.0	4.1	1.3	0.70	0.09	tr	0.57	1.5
2	63.6	27.0	5.2	1.1	0.78	0.26	tr	0.59	1.4
3	65.6	27.1	3.2	1.1	0.67	0.08	tr	0.62	1.5
4	64.3	26.8	4.6	1.4	0.76	0.16	tr	0.61	1.4
5	65.6	26.7	3.5	1.4	0.65	0.09	tr	0.61	1.4
6	65.2	26.6	3.4	1.6	0.53	0.24	tr	0.53	1.8
7	64.7	27.4	3.2	1.3	0.69	0.17	tr	0.77	1.7
8	58.5	33.8	3.6	1.5	0.78	0.16	tr	0.54	1.1
9	59.3	33.2	3.3	1.4	0.85	0.08	tr	0.57	1.3
10	56.5	35.3	4.0	1.4	0.81	0.14	tr	0.72	0.99
11	67.4	21.8	4.9	0.95	0.78	0.36	0.05	1.3	2.5
12	71.5	21.0	3.0	0.74	0.57	0.16	tr	0.91	2.0
13	73.6	19.6	2.4	1.1	0.42	0.36	tr	0.73	1.8
14	71.8	19.7	2.9	0.97	0.52	0.40	tr	1.2	2.6
15	69.1	21.2	4.0	1.1	0.63	0.39	tr	1.2	2.4
16	71.7	19.2	3.3	1.0	0.72	0.52	tr	1.5	2.1
17	65.3	26.8	2.9	1.6	0.47	0.21	tr	0.55	2.1
18	61.0	31.6	3.1	1.3	0.76	0.11	tr	0.67	1.4
19	68.8	22.3	3.0	1.2	0.56	0.27	tr	1.3	2.6
20	67.0	23.7	3.8	1.1	0.51	0.51	tr	1.1	2.3
21	68.4	23.4	3.6	0.83	0.61	0.19	tr	0.85	2.1
22	65.3	22.1	6.8	1.0	0.67	0.65	tr	1.3	2.2
23	62.1	30.0	3.5	1.2	0.77	0.23	0.04	0.80	1.2
24	64.7	27.1	3.6	1.0	0.54	0.21	tr	0.69	2.1
25	63.8	27.2	4.5	1.4	0.61	0.13	tr	0.86	1.5
26	68.1	23.0	3.3	1.2	0.48	0.45	tr	0.80	2.7
27	65.7	24.5	5.2	1.1	0.64	0.19	tr	0.75	1.8
28	66.4	24.2	4.2	1.7	0.66	0.16	tr	0.68	1.9
29	63.0	26.5	5.5	1.2	0.68	0.29	tr	0.81	1.9
30	68.4	22.7	3.3	0.82	0.58	0.25	tr	0.93	3.0
31	69.1	21.9	3.2	1.3	0.62	0.27	tr	1.1	2.4
32	69.0	21.3	5.3	1.0	0.72	0.68	tr	0.95	1.0
33	68.2	25.5	2.4	1.3	0.37	0.27	tr	0.41	1.6
34	70.8	22.0	2.8	1.0	0.62	0.87	tr	0.81	1.0
35	70.0	21.3	4.0	1.1	0.69	0.70	tr	0.98	1.1

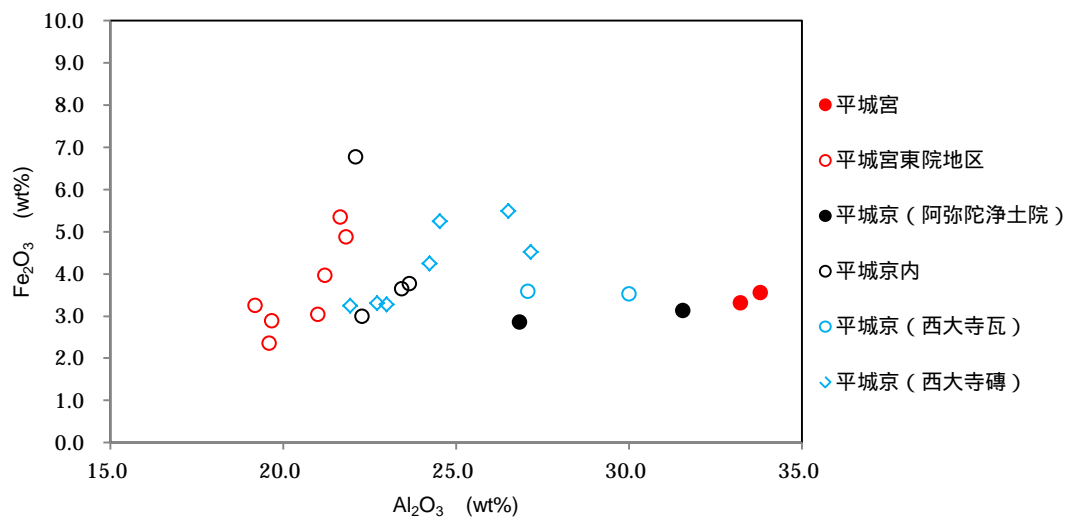
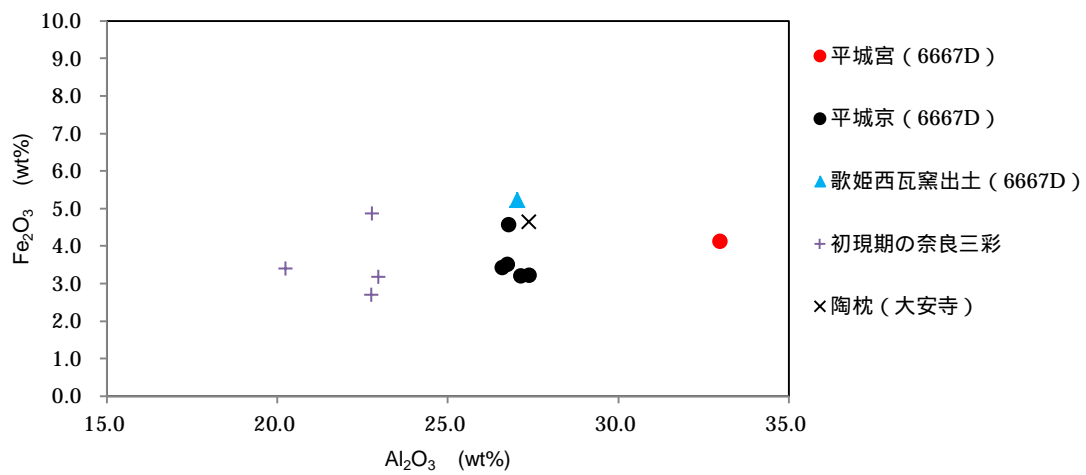


図 3-7-1 酸化アルミニウム含有量と酸化鉄含有量による比較
(上; 奈良時代前半、下; 奈良時代後半)

表 3-7-3 X線回折による胎土中の鉱物(-;未測定)

No.	所属時期	出土地	遺跡名	種類	ムライト	長石類	クリストバライト	推定温度
1	奈良時代前半	平城宮	第一次大極殿院外東南	軒平	×		×	約1000 以下
2		平城京	歌姫西瓦窯奈良山	無釉	×		×	約1000 以下
3			平城京左京 二条二坊十五坪	軒平			×	約1100
4				軒平	×		×	約1000 以下
5				軒平	×		×	約1000 以下
6				軒平	×	×	×	約1000 以下
7				丸瓦				
8	奈良時代後半	平城宮	宮内	鬼瓦	×		×	約1000 以下
9				埴	×		×	約1000 以下
10				埴	×		×	約1000 以下
11			東院地区	軒丸	×		×	約1000 以下
12				平瓦	×		×	約1000 以下
13				軒丸	×		×	約1000 以下
14				熨斗瓦	×		×	約1000 以下
15				平瓦	×		×	約1000 以下
16				軒丸瓦				
17		平城京	法華寺阿弥陀浄土院	平瓦	×		×	約1000 以下
18				平瓦or熨斗瓦	×		×	約1000 以下
19			京内	丸瓦	×		×	約1000 以下
20				軒丸(風化)	×		×	約1000 以下
21				軒平	×		×	約1000 以下
22				軒平瓦				
23			西大寺境内	垂木先	×		×	約1000 以下
24				軒丸	×		×	約1000 以下
25				埴	×		×	約1000 以下
26				埴(水波文?)	×		×	約1000 以下
27				埴			×	約1100
28				埴				
29				埴				
30				埴				
31				埴				
32		飛鳥	川原寺	水波文埴(半肉彫)				
33				水波文埴(線彫)				
34				水波文埴(半肉彫)			×	火災
35				水波文埴(半肉彫)			×	火災

3-7-3 釉薬の化学組成

釉薬の測定結果を表 3-7-4 に示す。ここでは、緑釉に含まれる亜鉛に着目した。緑釉に用いられる緑色顔料には、亜鉛を含有するものと、しないものがあることが、本論文の調査からわかってきた。そこで、本章で調査対象としている釉薬のうち、緑釉の残存している 24 点の資料について亜鉛の有無を調べた。

その結果、24 点の資料中 9 点から亜鉛が検出された。これらのうち三彩である No.20 をみると、緑釉部分からは検出されるものの、褐色部分からは検出されないことから、亜鉛は緑色顔料に含まれているといってよい。したがって鉛釉陶器と同様に施釉瓦でも、緑色顔料が 2 系統存在していることが判明した(図 3-7-2)。また風化した褐釉単彩 2 点(No.4、

5) から亜鉛を検出した。これらの資料の場合は、透明釉に不純物として亜鉛が含まれていた可能性が高い。このように、鉛釉陶器でみられた亜鉛の存在は、施釉瓦・磚でも同様の状況であり、釉薬の原材料に差異は認められず、非常に類似していることがわかった。

表 3-7-4 釉薬の化学組成(wt%) (は未測定)

No.	釉色	SiO ₂	PbO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	MnO	CuO	ZnO	Na ₂ O	K ₂ O
1	緑色	43.3	47.1	5.6	0.75	0.20	0.25	0.33	0.13	1.1	0.08	0.71	0.48
2	無釉												
3	緑色	72.4	18.5	4.6	0.37	0.15	0.39	0.75	tr	1.5	tr	0.41	0.83
	褐色	37.0	53.2	4.5	3.8	0.15	0.16	0.24	0.11	0.39	tr	0.35	0.19
4	褐色(風化)	73.2	15.3	5.5	1.5	0.10	0.25	2.4	0.13	0.32	0.10	0.65	0.58
5	褐色(風化)	55.7	31.6	8.4	2.2	0.10	0.34	0.29	0.08	0.08	0.05	0.64	0.51
6	緑色	46.0	39.4	8.7	0.55	0.15	0.19	0.45	0.05	3.4	tr	0.38	0.59
	白色	70.2	19.3	7.3	0.46	0.18	0.46	0.96	0.06	0.08	tr	0.32	0.60
7	緑色	70.7	20.3	4.6	0.48	0.29	0.44	0.76	tr	1.6	tr	0.39	0.42
	褐色	42.8	51.4	2.0	2.4	0.06	0.10	0.17	0.08	0.50	tr	0.38	0.14
	白色	49.2	44.8	3.5	0.46	0.10	0.18	0.76	0.07	0.32	tr	0.40	0.19
8	緑色	70.3	18.4	6.5	0.68	0.19	0.39	1.2	0.00	1.5	tr	0.22	0.48
	褐色	70.5	18.8	6.2	1.4	0.38	0.38	1.4	0.07	0.14	tr	0.28	0.48
	白色	67.2	24.2	5.5	0.89	0.22	0.46	0.82	0.05	0.19	tr	0.28	0.27
9	緑色	62.5	29.2	3.6	0.46	0.14	0.43	1.2	tr	1.8	tr	0.42	0.15
10	緑色	58.7	29.4	6.3	0.62	0.18	0.38	0.55	0.05	3.2	tr	0.38	0.25
11	緑色	70.4	21.5	4.7	0.45	0.09	0.47	0.41	tr	1.1	tr	0.50	0.33
12	緑色	42.6	47.0	3.3	1.2	0.26	0.33	0.34	0.08	3.6	0.12	0.88	0.28
13	淡緑色	68.2	23.8	4.8	0.50	0.14	0.58	0.67	tr	0.95	tr	0.20	0.13
14	緑色(風化)	64.93	27.1	2.4	0.79	0.05	0.51	0.59	tr	2.4	tr	0.49	0.13
	黒色(風化)	30.3	60.8	2.2	3.6	0.09	0.23	0.76	0.06	0.09	tr	0.28	0.49
15	緑色	64.82	27.2	1.8	0.68	0.07	0.72	0.30	0.03	3.1	0.12	0.48	0.12
16	緑色												
17	緑色	67.6	23.4	4.4	0.64	0.17	0.28	0.59	tr	2.4	tr	0.41	0.11
	褐色	65.3	26.1	5.5	1.1	0.15	0.24	0.50	0.06	0.46	tr	0.40	0.23
18	緑色	69.7	20.7	4.9	0.59	0.28	0.30	0.68	tr	2.1	tr	0.43	0.21
19	緑色	75.2	14.5	5.9	0.71	0.17	0.56	0.90	tr	1.6	tr	0.22	0.23
	褐色	46.6	44.7	4.9	1.9	0.10	0.28	0.52	0.08	0.11	tr	0.55	0.22
	白色	64.8	29.2	3.8	0.49	0.11	0.33	0.66	0.08	0.07	tr	0.43	0.08
20	緑色	42.7	46.9	4.5	0.72	0.18	0.40	0.50	0.07	2.6	0.12	0.81	0.44
	褐色	36.7	52.6	5.3	3.3	0.13	0.16	0.23	0.07	0.39	tr	0.60	0.40
21	緑色	44.8	42.1	4.6	1.0	0.14	0.61	0.33	0.06	4.9	0.05	1.1	0.36
22	緑色												
23	緑色	57.3	32.7	3.7	0.77	0.19	1.05	0.99	0.05	2.2	tr	0.16	0.33
	白色	66.17	25.81	4.52	0.55	0.13	1.03	0.65	tr	0.09	tr	0.16	0.37
24	緑色												
25	緑色	71.0	22.1	3.4	0.47	0.10	0.33	0.63	tr	0.94	0.12	0.35	0.22
26	緑色	61.5	28.6	4.3	0.68	0.23	1.01	1.10	tr	1.5	tr	0.10	0.41
27	褐色	39.9	50.1	3.0	3.8	0.13	0.24	0.15	0.17	0.24	tr	0.59	0.75
28	緑色												
29	緑色												
30	緑色												
31	緑色												
32	緑色	45.0	42.0	3.6	1.5	0.17	0.43	0.79	tr	4.5	0.09	0.59	0.55
33	緑色	65.8	15.9	10.9	1.7	0.20	1.1	2.0	tr	1.4	0.06	0.20	0.74
34	緑色	29.5	53.4	4.3	2.6	0.25	0.66	0.79	0.08	6.1	0.26	1.2	0.87
35	緑色												

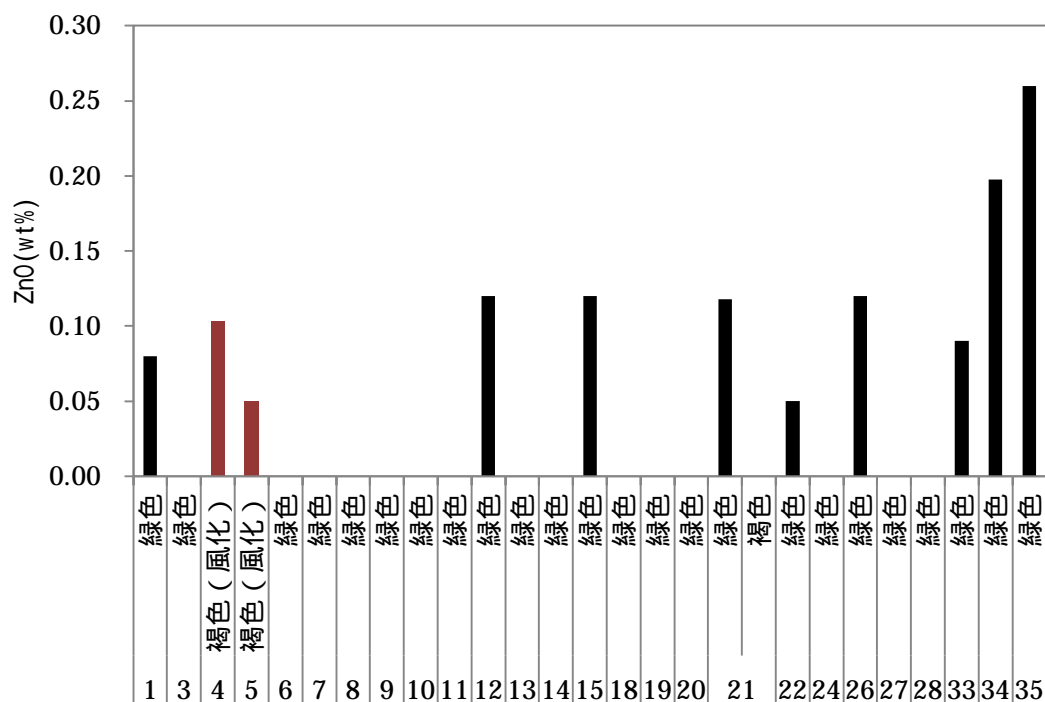


図 3-7-2 緑釉の亜鉛を検出する資料

3-7-4 釉薬の鉛同位体比分析

釉薬の鉛同位体比分析結果 (a 式図) を図 3-7-3 に示す。資料はすべて国内産 (C 領域) の範囲内にあり、さらにほとんどの資料は集中領域(グループ)内に含まれる。また、奈良時代前半の資料についてみると、集中領域内でさらに2つに細分できそうである。すなわち、平城宮資料と左京二条二坊十五坪出土資料1点、川原寺線彫水波文磚資料は、集中領域の端部 (a 式図で上部) に位置し、それ以外の資料は中央部付近に値が密集している。奈良時代後半の資料は、東院地区出土資料には、鉛同位体比值にばらつきがみられる資料があるものの、多くの資料は奈良時代前半と同様に、集中領域の中央部付近にまとまる傾向を示した。この理由としては、奈良時代前半は、集中領域を示す鉱山と考えられている長登鉱山やその周辺鉱山から、複数の供給元があるため値にばらつきがみられ、奈良時代後半にかけて、さらに鉛原料の産地が集約されていったことが想定される。東院地区の鉛同位体比值にばらつきがみられる要因として、複数の産地から集められた鉛の使用に求めるならば、造営時に、工人・材料の導入が幅広く行われた可能性もある。

川原寺跡出土水波紋磚は2種類あると報告されており、考古学的な所見からは、これらが創建当初から使用されていたのかどうか不明であった。鉛同位体比分析から国内産の鉛が使用されているという既報告 (koezuka ら;1995) では、分析した資料がどちらの磚であるかの記載がないが、掲載されている写真(肥塚;1997)からみると、線彫水波文磚のようである。今回、半肉彫水波文磚および線彫水波文磚の資料を各1点ずつ分析した(図 3-7-4)。

半肉彫水波紋磚資料は、胎土は灰褐色を呈し、鉛原料はP領域の延長線上に分布することがわかった。一方、線彫水波文磚資料は、胎土は白色を呈し、鉛原料は既報告と同様に国内産の集中領域（グループ ）に分布した。これらの結果から、半肉彫水波文磚と線彫水波文磚では、釉薬の鉛原料産地が異なり、製作時期の違いが反映されている可能性が出てきた。そこで、胎土についてさらに調査することとした。

表 3-7-5 鉛同位体比分析結果

No	所属時期	出土地	遺跡名	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
1	奈良時代前半	平城宮	第一次大極殿院外東南	0.8478	2.0933	18.425	15.621	38.568
2		平城京	歌姫西瓦窯奈良山					
3			平城京左京 二条二坊十五坪	0.8472	2.0899	18.405	15.593	38.464
4				0.8476	2.0915	18.418	15.61	38.52
5				0.8474	2.0902	18.405	15.596	38.47
6				0.8473	2.0901	18.405	15.595	38.47
7				0.8472	2.0894	18.401	15.588	38.447
8	奈良時代後半	平城宮	宮内	0.8473	2.0903	18.405	15.595	38.471
9				0.8473	2.0904	18.406	15.595	38.476
10				0.8472	2.0902	18.409	15.596	38.477
11			東院地区	0.8471	2.0892	18.392	15.581	38.425
12				0.8472	2.0914	18.408	15.596	38.498
13				0.8475	2.0938	18.416	15.607	38.560
14				0.8475	2.0910	18.413	15.605	38.502
15				0.8472	2.0903	18.407	15.594	38.476
16				0.8471	2.0893	18.398	15.586	38.439
17		平城京	法華寺阿弥陀浄土院	0.8473	2.0900	18.401	15.591	38.458
18				0.8472	2.0898	18.402	15.590	38.456
19			京内	0.8473	2.0902	18.403	15.593	38.465
20				0.8472	2.0897	18.403	15.590	38.457
21				0.8471	2.0893	18.398	15.586	38.439
22				0.8472	2.0897	18.403	15.590	38.457
23			西大寺境内	0.8473	2.0902	18.406	15.595	38.471
24				0.8472	2.0902	18.409	15.596	38.477
25				0.8472	2.0914	18.408	15.596	38.498
26				0.8472	2.0897	18.402	15.590	38.453
27				0.8475	2.0908	18.408	15.600	38.487
28				0.8474	2.0903	18.408	15.598	38.479
29								
30								
31								
32		飛鳥	川原寺	0.8564	2.1384	18.381	15.741	39.305
33				0.8477	2.0920	18.423	15.616	38.540
34								
35								

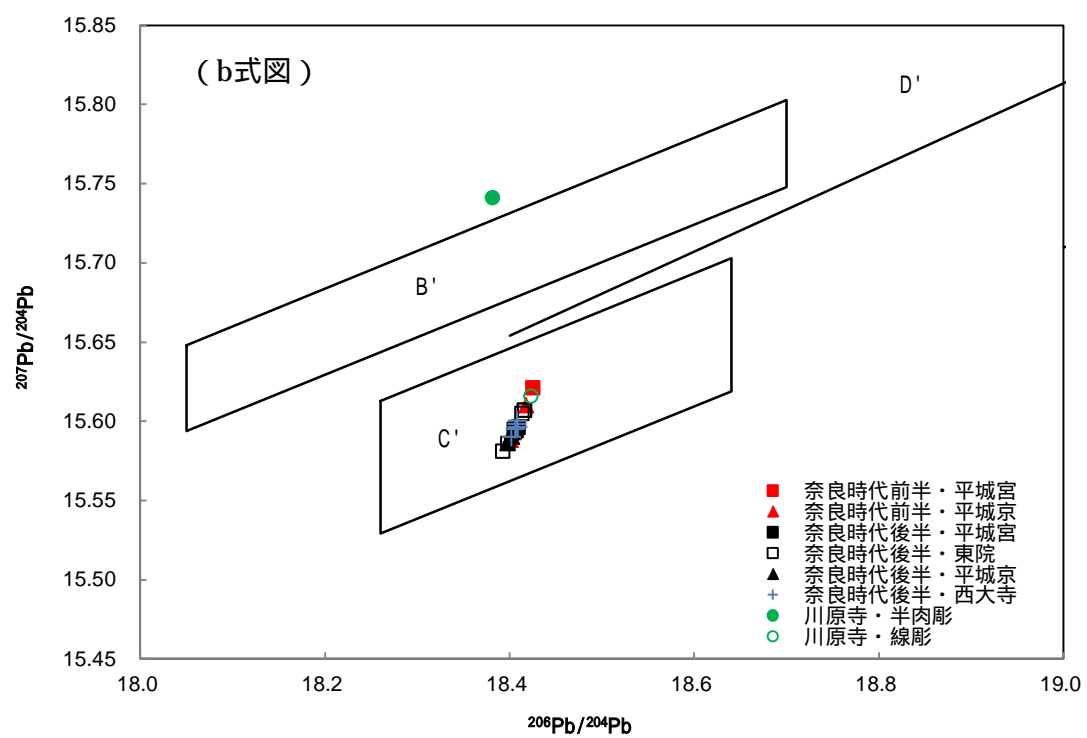
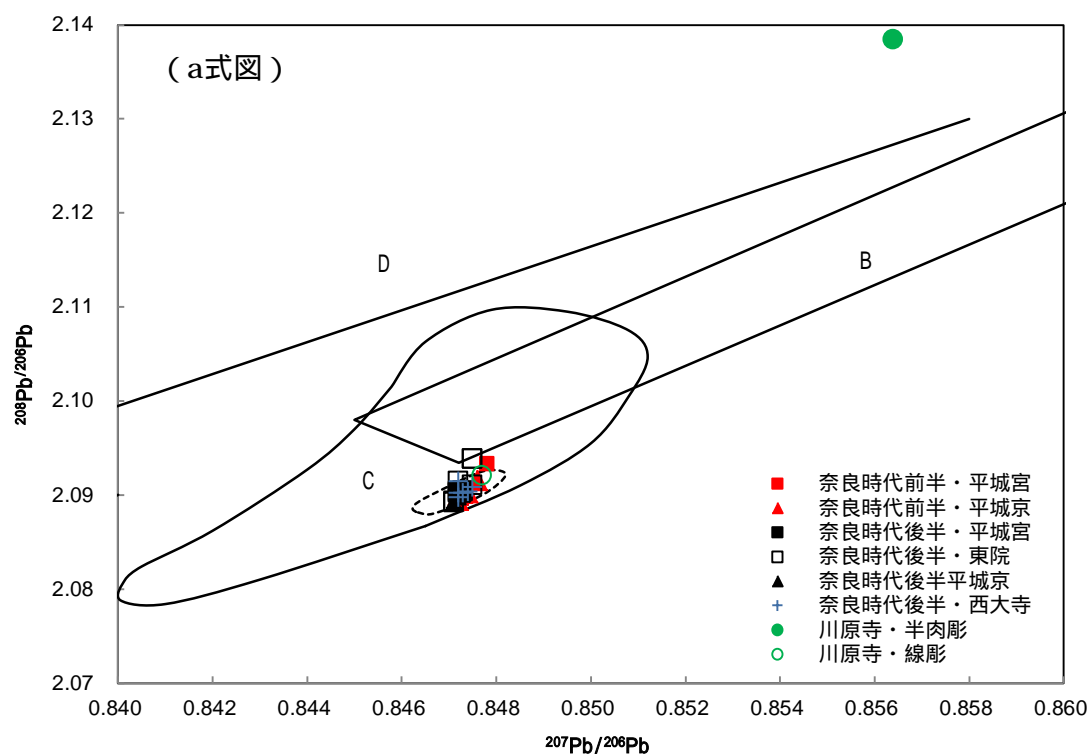


図 3-7-3 鉛同位体比分析結果(上;a式図、下;b式図) C領域周辺の拡大図

3-7-5 川原寺跡出土資料の胎土分析

ここで、上述の川原寺跡出土半肉彫水波文磚（No.32、34、35）と線彫水波文磚（No.33、）に、比較のため新たに資料を3点（資料36～38）追加して分析した結果を表3-7-6に示す。

胎土では、酸化鉄含有量の差異がみられ、灰褐色を呈する胎土では、1点を除き約4～5wt%、白色を呈する胎土は約2～3wt%であった。国内産の鉛原料を使用し、かつ白色の胎土であるのは線彫水波文磚である。7世紀後半から8世紀初頭では、時代が下ると白色の胎土が多くなり、かつ朝鮮半島産の鉛原料がみられなくなることから、半肉彫水波紋磚は、線彫水波文磚よりは古い特徴をもっていると考えられる。鉛釉陶器の初現期資料に認められる特徴とも類似しているといえる。したがって、半肉彫水波文磚は、川原寺の創建当初から使用している磚である可能性が高いことが考えらえる。

表 3-7-6 川原寺出土磚資料の胎土の分析結果

No	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	種類	胎土色		注記
32	69.0	21.3	5.3	1.0	0.72	0.68	0.95	1.0	半肉水波文磚	灰褐色	焼損	昇降口予定地第2tr
33	68.2	25.5	2.4	1.3	0.37	0.27	0.41	1.6	線彫水波文磚	白色	風化	裏山表採
34	70.8	22.0	2.8	1.0	0.62	0.87	0.81	1.0	半肉水波文磚	灰褐色	焼損	16
35	70.0	21.3	4.0	1.1	0.69	0.70	0.98	1.1	半肉水波文磚	灰褐色	風化	R-007
36	70.7	18.9	5.5	1.1	0.84	0.75	1.31	0.95	半肉水波文磚	灰褐色	風化	R-22
37	69.8	22.2	3.0	1.3	0.52	0.28	1.1	1.9	線彫水波文磚	白色	風化	注記無
38	74.5	18.5	1.9	1.3	0.51	1.4	0.77	2.1	線彫水波文磚	白色	風化	TD23焼土小ピット

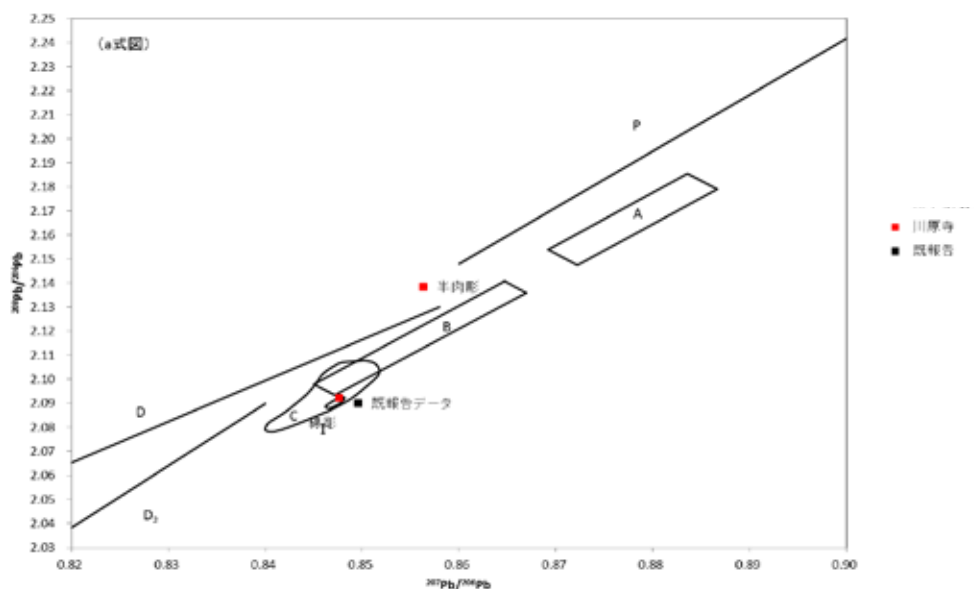


図 3-7-4 川原寺出土磚の鉛同位体比分析結果(a 式図)

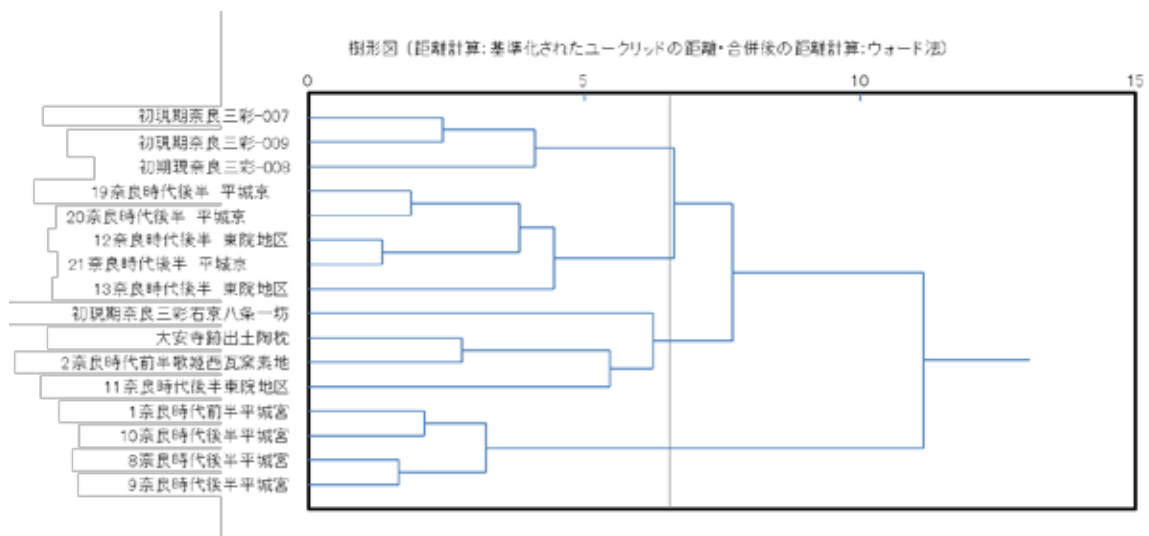


図 3-7-5 クラスター分析結果

3-7-6 胎土の微量元素分析

資料のうち施釉瓦・磚資料 11 点、初現期の奈良三彩資料および陶枕資料 6 点について、胎土を高輝度放射光を用いて微量元素分析をおこない、表 3-7-2 で示した蛍光 X 線分析結果を詳細に検討する。図 3-7-5 に、前述の蛍光 X 線分析の結果と併せてクラスター分析をおこなった結果を示す。

初現期の奈良三彩と奈良時代後半の瓦・磚資料は、蛍光 X 線分析結果では、値にばらつきがあり、明確な差異が得られなかった。しかし、クラスター分析結果から、奈良時代後半の施釉瓦・磚資料と初現期の奈良三彩資料の胎土は明らかに異なるグループといえる。また初現期の奈良三彩のうち、奈良三彩とは施釉方法が異なる右京八条一坊出土資料と、施釉方法が同じである、初現期奈良三彩 7、8、9 資料とを比較すると、胎土は異なるグループとなった。したがって初現期の奈良三彩には、複数の化学的特徴を示す胎土が存在することがわかった。また右京八条一坊出土陶枕資料は、奈良時代前半の大安寺出土陶枕資料、歌姫西瓦窯出土素地とグループが近いといえる。平城宮内出土資料は、クラスター分析結果から同じグループ、平城京および東院地区出土資料はそれとは異なるグループとなり、蛍光 X 線分析結果を補強する結果となった。また東院地区出土資料はひとつにまとまらない。

これらから資料群を大別すると、平城宮出土施釉瓦・磚資料、初現期の奈良三彩資料、右京八条一坊出土陶枕資料・大安寺陶枕資料、歌姫西瓦窯素地、奈良時代後半の施釉瓦・磚資料と大きく 4 つに大別できるといえる。それぞれ、ある程度同質の胎土が用いられていると考えられるため、生産された窯の違いを示している可能性が高い。のように、瓦・陶枕・瓦と器種が異なるにも関わらず、同じグループにまとまる資料について

は、各工人が同一の生産体制下で生産していた可能性も考えられる。

3-7-7 小結

施釉瓦の胎土は、出土地により異なる傾向がみられた。これは施釉瓦を生産した窯により、異なる胎土が用いられていたとすると、その違いを検出している可能性がある。施釉瓦の窯跡は未検出であるため、無釉の瓦窯資料などの調査と併せて今後の詳細な比較が可能となるデータである。奈良時代を通して胎土の特徴に変化がみられないのは平城宮内から出土した資料である。これは宮の造営に関わる造宮司などが一貫して同じ窯もしくは胎土を使用していた可能性が高い。

釉薬の鉛同位体比は、C領域の集中領域内に多くの資料が分布する。出土地が、宮内、京、寺院という違いによらず、長登鉱山やその周辺鉱山の鉛原料が使用されている。さらに、奈良時代後半にかけて、鉛同位体比は集中領域の中央部付近にまとまる傾向を示すことから、鉛原料の産地が集約されていったことが想定される。

川原寺跡出土水波紋磚は、2種類の文様形態により、胎土および釉薬の化学的特徴が異なることを示すことができた。この違いを時期差として捉えると、半肉彫水波紋磚は川原寺創建当初に使用されていた可能性がある。国内で最古の施釉磚であるが、半肉彫水波紋磚の鉛原料は国内産ではないため、鉛原料を輸入し国内で生産した可能性を指摘できる。

3-8 渤海地域出土資料の調査

渤海国は 698 年に大祚榮が興した振国（震国）を基礎として誕生した。唐の冊封体制に組み込まれる過程で「渤海」を名乗り、最盛期には「海東盛国」と呼ばれるほどの繁栄を誇っていた。その領域は現在の中国東北地方（黒龍江省と吉林省一帯、遼寧省の一部）、ロシア沿海地方南部、朝鮮半島北部に広がり、8 世紀半ば以降 926 年に滅亡するまでの大半の期間首都が置かれた上京龍泉府以外に、中京顯徳府、東京龍原府、西京鴨緑府、南京南海府という副都をもつ五京制を施行していたことが知られている。

東亜考古学会による 1933 年及び 1934 年の上京龍泉府遺跡の発掘調査（東亜考古学会；1939）で三彩陶片が発見されて以降、現在に至るまで、渤海国産の三彩、すなわち渤海三彩について、その存否や特徴、性格について様々な議論が生じてきた。器種や器形、胎土、白化粧の有無、釉調などの肉眼観察による既存の研究では、渤海遺跡出土の三彩製品には、搬入された唐三彩と自国生産品である渤海三彩の両方が混在するという考えが主流をなしている（中国社会科学院考古研究所；1997，亀井；1999，2014，馮；1999，王；2006，彭；2007，唐；2012 等）。しかし、唐三彩か渤海三彩かを断定できない資料も多く、さらには肉眼観察には少なからず観察者の主観が含まれるため、渤海三彩の実態解明にはより客観的な化学分析データの増加が待ち望まれている。

渤海遺跡出土の三彩を含む鉛釉陶製品の分析は、山崎一雄による上京龍泉府遺跡採集品の分析にはじまる（山崎；1993c）。山崎は三彩碗の破片 1 点と緑釉瓦 1 点の胎土と釉薬の分析を行い、唐三彩の分析データとの違いから、渤海三彩の存在及びその特質を明らかにした。しかし、渤海三彩・唐三彩ともに分析資料数が限られていたため、両者の分析値の違いは唐三彩の産地の違いを示すという反駁をまねいた（李；1995）。近年では、渤海初期の王族墓がある六頂山渤海墓群で出土した絞胎杯と三彩壺の破片の分析が行われ、両者の釉薬の鉛同位体比が近似値を示すため、同じ鉱山から採掘した鉛鉱石を使用し、同じ窯で生産した製品であるという見解が示された。さらには胎土の成分分析から、両者が唐三彩の産地である黄冶窯で焼かれた可能性があるとしている（崔ら；2012）。これらの資料のうち三彩壺のような横向きの橋梁状の把手を付した壺は、唐三彩には類例品が知られていないため、既存の研究では渤海三彩と考えられていた。そのため、この研究成果は渤海三彩器の存否やその実態に関する従来の理解の根底を大きく揺らがせることとなった。いっぽうで、三彩製品を一部含む鉛釉陶製の建築部材は、上京遺跡や中京に比定される西古城遺跡、東京に比定される八連城遺跡などで膨大な量が出土している。これらすべてを唐からの搬入品と考えることにも無理があり、渤海境域内での三彩器焼造窯探索が重要課題とされている（趙ら；2013）。

著者らはこれまでに河南省黄冶窯や白河窯といった窯跡出土の唐三彩や、北宋期の清凉寺窯跡から出土した鉛釉陶器などを対象として、胎土および釉薬の化学組成、胎土の推定焼成温度、釉薬の鉛同位体比分析を実施し、その科学的特徴を提示してきた（降幡ら；2007，Furihata ら；2009，奈良文化財研究所・河南省文物考古研究所；2011，降幡ら；2014）。

本研究ではロシア沿海地域の渤海遺跡で出土した鉛釉陶片について、自然科学的な観点から、中原産の唐三彩や宋三彩との相違について比較検討する。

なお、陶片が出土した遺跡の調査所見(Gelman;2011)や、中澤寛将(2012)の研究に従えば、ロシア沿海地方出土の鉛釉陶器は 8 世紀末から 9 世紀の年代が与えられている。いっぽうで、渤海境域内で出土する三彩のうち最も古いものは上述の六頂山墓地で出土するものであり、この墓地については造営時期を 7 世紀末から 8 世紀第 3 四半期頃とする研究者もいるため(田村;2014)、両者の間には長ければ 100 年近くの開きがある。当然、およそ 230 年続く渤海の歴史の中で、「渤海三彩」の内容が変化した可能性もある。そこで本研究では、渤海の境域の中で王族墓や都城以外の地方都市にまで三彩器が普及した時期の「渤海三彩」がどのようなものであるか、その一端を明らかにすることを目的とする。

本研究で扱う資料は、ロシア沿海地方の渤海遺跡で出土した三彩を含む鉛釉陶片であり、その大半がクラスキノ城址から出土した。この城は渤海からの使節が海路日本に向かう所謂「日本道」の出発地点に位置し、東京管轄下の塩州治址に比定されている(;1968)。ロシア沿海地方出土の渤海時代の鉛釉陶器については、過去にゲルマンが、釉薬及び胎土の化学組成分析をおこなったが、当時は比較検討する資料が不足していたこともあり、釉薬などの原料の産地といった問題については言及しなかった(;1999)。その後、クラスキノ城址における継続的な発掘調査によって、遺構の新旧関係が明らかになり、出土鉛釉陶片も増加した(Gelman;2011)。今回分析に供した鉛釉陶器資料は、クラスキノ城址出土品 21 点とゴルバトカ城址出土品 1 点の計 22 点であり、上述のようにおよそ 9 世紀から 10 世紀前半の資料である。いずれもロシア科学アカデミー極東支部人民民俗学考古学歴史学研究所が所蔵している。詳細は表 3-8-1、資料写真は附図 13 に示す。

3-8-1 胎土の化学組成

胎土分析は、微量のサンプリングをして実施した。そのため胎土全体の化学組成ではなく、主に胎土のマトリックス部の特徴を示している。分析結果を表 3-8-2、胎土の蛍光 X 線分析結果を図 3-8-1 に示す。胎土は肉眼観察から、やや硬質～軟質の緻密で、胎土色は灰白色～黄灰色を呈し、若干量の微粒有色鉱物を含む A 群、やや硬質で胎土色は灰白色～黄灰色を呈し、A 群よりも有色鉱物を多く含む B 群、軟質で胎土色は淡紅色を呈し、有色鉱物を最も多く含み、特に赤色粒子が特徴的である C 群に大別した。

A 群の資料のうち、軟質な胎土のものは酸化アルミニウム含有量が 21.2～24.2wt%程度であり、やや硬質な胎土のものは、30.3～34.6wt%と、軟質と硬質では胎土の酸化アルミニウム含有量が異なっていた。B 群の酸化アルミニウム含有量は A 群の硬質と軟質の中間程度、C 群は A 群の軟質タイプと類似している。No.2、15 は肉眼観察では B 群としたが、他の B 群資料とは酸化アルミニウム含有量が異なることから、これらの資料群を B2 群として区別することにする。

表 3-8-1 資料詳細

No.	遺跡名	器種	詳細	層位	Body
1	クラスキノ城址	小壺蓋	三彩（褐釉二彩）。灰白色胎土。内面は無釉。	（ 850 ～ 890 ）	B
2		壺底部	緑釉二彩、灰白色胎土。底面に釉垂れ痕跡	（ 890 ～ 930 ）	B
3		壺口縁部カ	褐釉（乳濁）。灰白色胎土。内面は無釉。	（ 890 ～ 930 ）	B
4		壺胴部カ	褐釉二彩（三彩（緑・褐彩）。灰白色胎土（軟質）。内面は無釉。	（ 890 ～ 930 ）	A
5		口縁部	三彩。灰白色胎土（軟質）。内面は無釉。	（ 810 ～ 850 ）	A
6		壺カ	三彩（緑・褐彩）。灰白色胎土。内面は無釉。	（ 890 ～ 930 ）	B
7		壺頸部下カ	三彩（緑・褐彩）。淡黄灰色胎土。一部乳濁釉。内面緑釉。	（ 890 ～ 930 ）	A
8		小壺カ	緑釉。灰白色（淡黄色）胎土。内面緑釉。	（ 890 ～ 930 ）	B
9		壺胴部カ	三彩（緑・褐彩）。淡黄灰色胎土。内面緑釉。	（ 850 ～ 890 ）	A
10		不明	三彩（緑・褐彩）。淡黄灰色胎土。内面乳濁淡褐釉。	～ （ 810 ～ 890 ）	A
11		貼花の一部	三彩（緑・褐彩）。灰白色胎土（軟質）。	不明	A
12		不明	褐釉。淡紅色胎土。内面無釉。	（ 890 ～ 930 ）	C
13		蓋	三彩（緑・褐彩）。淡黄灰色胎土。内面薄施釉。	（ 850 ～ 890 ）	A
14		蓋	褐釉。淡紅色胎土。内面無釉。	（ 890 ～ 930 ）	C
15		壺カ	三彩（緑・褐彩）。淡黄灰色胎土。内面無釉（釉垂れあり）。	不明	B
16		壺カ	三彩（緑・褐彩）。淡黄灰色胎土。内面淡緑釉。	（ 850 ～ 890 ）	A
17		不明	褐釉。淡紅色胎土。内面無釉。（軟質）	（ 890 ～ 930 ）	C
18		不明	緑釉？（風化）。紅色胎土。内面無釉。	（ 890 ～ 930 ）	C
19		小壺蓋	褐釉。淡紅色胎土。内面無釉。	（ 890 ～ 930 ）	C
20		口縁部	三彩（緑・褐彩）。淡黄灰色胎土。内面緑釉。	（ 850 ～ 890 ）	A
21		不明	緑釉。淡黄灰色胎土。内面無釉。	（ 890 ～ 930 ）	B
22	ゴルバトカ城址	不明	三彩。灰白色胎土。内面淡褐色失透釉。	不明	A

表 3-8-2 胎土の化学組成 (wt%, tr;微量)

遺跡名	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O
クラスキノ 城址	67.0	26.5	2.2	1.5	0.58	0.26	0.05	0.61	1.3
	72.1	19.5	3.3	0.90	0.76	0.47	0.09	0.82	2.0
	66.0	26.5	3.4	1.6	0.47	0.29	tr	0.54	1.3
	71.8	21.4	2.8	1.2	0.70	0.17	tr	0.63	1.2
	70.5	21.2	3.0	1.4	0.51	0.28	tr	0.45	2.7
	64.5	28.7	2.4	1.1	0.66	0.27	tr	0.97	1.4
	59.7	30.9	3.4	1.2	0.92	0.60	tr	0.92	2.3
	61.7	29.0	4.7	1.5	0.78	0.46	tr	0.41	1.4
	59.2	31.5	3.8	1.4	0.81	0.45	tr	0.78	2.1
	59.1	32.1	3.6	1.1	0.92	0.44	tr	0.82	1.9
	67.6	24.2	3.3	1.8	0.54	0.27	0.06	0.39	1.8
	67.8	23.0	3.9	1.1	0.71	0.42	tr	0.68	2.3
	60.5	31.0	3.4	1.9	0.42	0.87	tr	0.57	1.3
	67.6	22.9	4.1	0.98	0.81	0.50	tr	0.83	2.3
	68.5	20.2	4.8	1.6	0.69	0.39	0.05	1.0	2.8
	58.2	34.6	2.5	1.6	0.54	0.51	tr	0.61	1.5
	66.9	23.6	4.4	1.1	0.74	0.34	tr	0.71	2.1
	64.1	24.0	5.5	1.5	0.51	0.25	0.06	0.59	3.5
	68.0	21.0	4.3	1.4	0.59	0.42	tr	0.91	3.3
	57.1	31.0	5.0	1.1	1.0	0.52	tr	0.67	3.5
	59.9	27.8	6.8	1.5	0.92	0.46	tr	0.70	1.9
ゴルバトカ 城址	61.5	30.3	2.4	1.1	0.78	0.45	tr	0.67	2.7

図 3-8-2 に著者らの中原産の唐三彩窯跡出土資料の調査事例および遼三彩・六頂山渤海墓の報告例（李；1989，崔ら；2012）を示す。

唐三彩の酸化アルミニウム含有量はおよそ 25～32wt%、酸化鉄含有量が 1.5wt%以下の資料がほとんどを占めている。本研究で対象としている資料のうちの、A 群の硬質胎土の酸化アルミニウム含有量は唐三彩のそれよりもやや多く、酸化鉄含有量は 2.2～6.8wt%と唐三彩のそれよりも多い。同じく B 群は、酸化アルミニウム含有量は唐三彩と類似しているが、やはり酸化鉄含有量が多いため、中原産の胎土とは異なっている。C 群では酸化アルミニウム・酸化鉄ともに含有量が中原産の唐三彩とは異なっている。これらの結果から、いずれも唐三彩の胎土とは考えにくく、少なくとも本研究で調査対象としている資料群が中原産の唐三彩と同じ胎土を用いているとはいえない。

清凉寺窯・遼三彩の胎土は、B 群が最も類似している。時代が 7 世紀末から 8 世紀に比定されている六頂山渤海墓出土三彩陶器の胎土も値がややばらつきを示している。報告書ではこれらの資料は鉛同位体比分析結果から、黄冶窯産と結論づけている。鉛同位体比値は黄冶窯資料と同じ分布をしていることから、同一産地の鉛原料であることが考えられるが、中原産の唐三彩胎土については、酸化鉄を多く含む資料群の存在の有無、また存在した場合にはその時期と生産地などを再検討する必要があるのではないかと考える。

3-8-2 胎土の推定焼成温度

X 線回折測定による焼成温度の推定をおこなった。その結果を表 3-8-3 に示す。すべての資料で焼成温度は約 1000℃以下であると推定される。なお中原産の唐三彩窯跡出土資料の推定焼成温度は約 1100～1200℃以上、奈良三彩は約 1000℃以下（降幡ら；2007）、渤海三彩は約 1000℃以下との事例報告がある（山崎；1988）。本研究の結果は上記の報告を参考にすると、約 1000℃以下であることから、中原産の唐三彩というよりも奈良三彩や上述の渤海産の特徴に近い。

胎土の化学組成および推定される焼成温度から、本資料群は少なくとも中原で生産された唐三彩とは異なる特徴を持っている。まず想定されるのはクラスキノ城址内で生産されたことであるが、渤海国内での鉛釉陶器の生産遺跡は未確認であるため、中原周縁部などの別の場所で生産されたものが持ち込まれた可能性も否定できない。その場合であっても、胎土の焼成方法は唐三彩に認められる 1100～1200℃で素地を焼成し 1000℃以下で施釉する二度焼成ではなく、1000℃以下の低火度焼成である。

3-8-3 釉薬の化学組成

釉薬の蛍光 X 線分析結果を釉色別に表 3-8-4 に示す。これまでの調査（本研究の前節）から唐三彩、奈良三彩、平安緑釉の緑釉から亜鉛を検出する資料があることを確認している。そこで渤海地域から出土した鉛釉陶器にも亜鉛が含まれているかどうかに着目した。緑釉が残存している資料は 22 点中 15 点あり、そのうちの 5 点から亜鉛を検出している（図

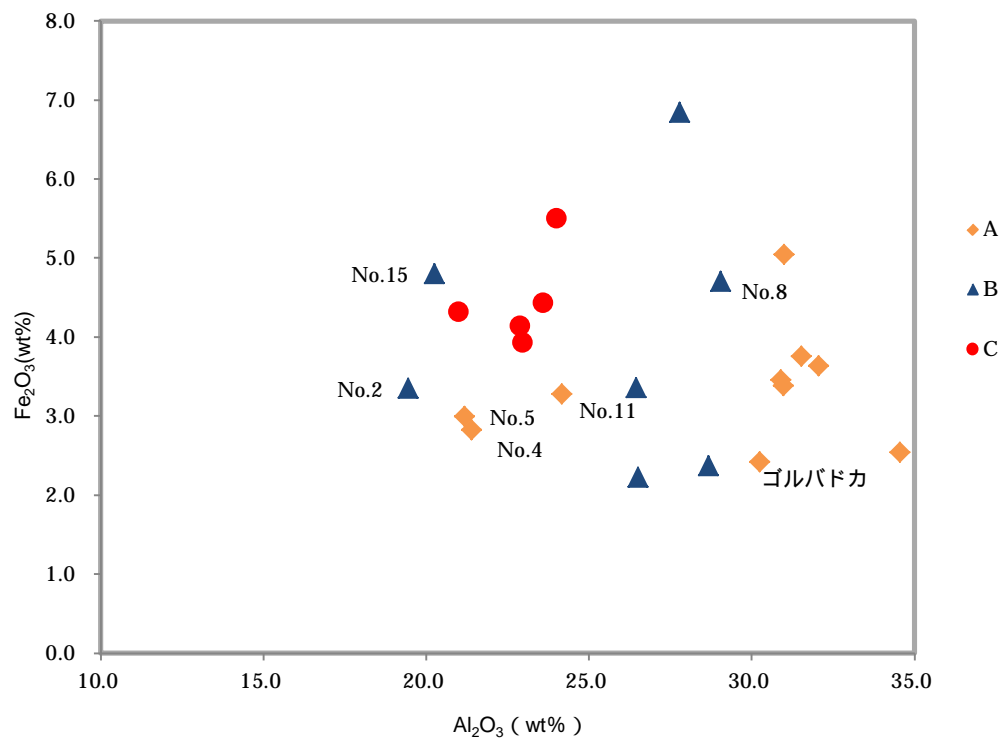


図 3-8-1 酸化アルミニウム含有量と酸化鉄含有量による比較

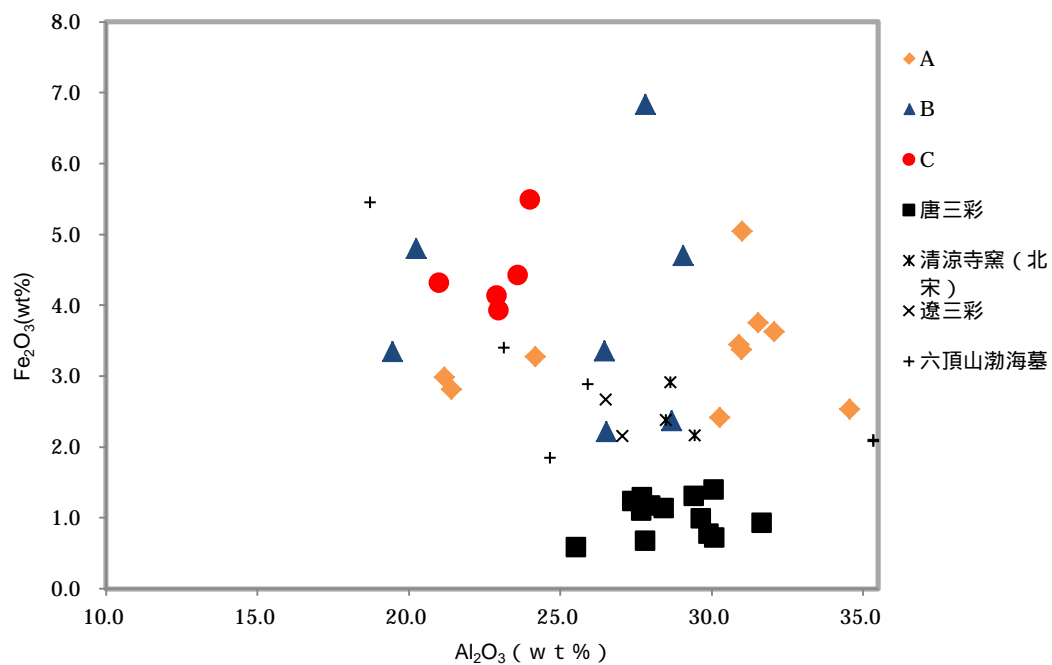


図 3-8-2 酸化アルミニウム含有量と酸化鉄含有量による比較(中原産唐三彩資料等を追加)

表 3-8-3 X線回折による胎土中の鉱物

No.	ムライト	長石類	クリストバライト	推定焼成温度
1	×		×	約1000
2	×		×	約1000
3	×		×	約1000
4	×		×	約1000
5	×		×	約1000
6	×		×	約1000
7	×		×	約1000
8	×		×	約1000
9	×		×	約1000
10	×		×	約1000
11	×		×	約1000
12	×		×	約1000
13	×		×	約1000
14	×		×	約1000
15	×		×	約1000
16	×		×	約1000
17	×		×	約1000
18	×		×	約1000
19	×		×	約1000
20	×		×	約1000
21	×		×	約1000
22	×		×	約1000

表 3-8-4 釉薬の化学組成 (wt%, nd;検出限界以下)

No.	釉色	SiO ₂	PbO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	CuO	Na ₂ O	K ₂ O	ZnO	P ₂ O ₅
1	白（透明）釉	43.8	48.0	4.9	0.55	0.18	0.39	0.83	0.08	0.37	0.92	nd	nd
	褐釉	35.8	54.0	5.3	2.8	0.22	0.29	0.44	0.08	0.43	0.47	nd	nd
2	緑釉	32.3	54.2	6.4	1.5	0.32	0.49	1.5	1.0	0.76	1.3	nd	nd
3	褐釉	56.6	30.6	7.6	2.7	0.21	0.67	0.55	0.14	0.40	0.37	nd	nd
4	褐釉	28.1	62.7	5.2	1.8	0.21	0.22	0.35	0.54	0.46	0.39	nd	nd
5	緑釉	24.8	67.4	4.8	0.85	0.14	0.20	0.21	0.75	0.44	0.32	nd	nd
	褐釉	55.1	28.6	10.0	2.7	0.50	0.38	1.4	0.81	0.36	0.10	nd	nd
6	緑釉	31.7	62.0	3.7	0.41	0.10	0.15	0.29	0.86	0.53	0.22	nd	nd
	褐釉	42.9	47.9	6.2	1.1	0.20	0.29	0.69	0.11	0.43	0.27	nd	nd
7	緑釉	26.7	61.5	5.8	1.0	0.18	0.63	0.86	1.6	0.77	0.76	nd	nd
	褐釉	32.3	57.1	7.3	0.78	0.19	0.35	0.35	0.36	0.60	0.60	nd	nd
8	緑釉	29.4	62.2	5.9	0.85	0.19	0.24	0.18	0.25	0.55	0.28	nd	nd
9	緑釉	28.0	61.4	6.1	1.2	0.17	0.24	0.67	1.2	0.40	0.49	0.13	nd
	褐釉	26.4	61.9	7.0	1.5	0.25	0.34	0.68	0.88	0.40	0.51	0.10	nd
10	緑釉	29.2	61.1	6.6	0.76	0.18	0.27	0.40	0.56	0.45	0.45	0.08	nd
	褐釉	25.2	64.3	6.1	1.4	0.21	0.30	0.80	0.71	0.50	0.35	0.12	nd
	乳白部	31.5	56.6	6.0	0.70	0.20	0.17	0.15	0.14	0.78	3.7	nd	nd
11	緑釉	29.4	59.7	5.3	1.5	0.21	0.43	1.4	1.2	0.49	0.32	0.11	nd
12	褐釉	50.3	40.6	5.5	1.9	0.12	0.44	0.36	0.08	0.34	0.24	nd	nd
13	緑釉	32.4	58.4	6.0	0.53	0.15	0.20	0.55	0.98	0.54	0.16	nd	nd
	褐釉	15.6	23.1	25.4	9.3	1.5	0.31	0.33	0.07	0.55	0.44	nd	23.3
14	褐釉	57.0	33.8	5.5	1.9	0.14	0.43	0.46	0.07	0.34	0.26	nd	nd
15	緑釉	29.2	61.1	4.7	1.2	0.17	0.25	0.39	1.3	0.80	0.77	nd	nd
	褐釉	48.5	40.1	7.4	1.6	0.16	0.45	0.34	0.34	0.52	0.59	nd	nd
16	緑釉	25.3	64.1	6.3	0.63	0.16	0.19	0.49	1.6	0.52	0.56	nd	nd
	褐釉	9.7	15.2	25.7	8.2	1.7	0.26	0.73	0.10	0.73	0.28	nd	37.3
17	褐釉	43.7	46.9	4.2	3.6	0.10	0.39	0.34	0.10	0.48	0.16	nd	nd
18	緑釉	38.1	49.4	9.2	0.95	0.23	0.38	0.48	0.09	0.50	0.55	nd	nd
19	褐釉	57.2	29.2	8.5	2.8	0.30	0.72	0.57	0.07	0.31	0.39	nd	nd
20	緑釉	57.7	32.5	6.7	1.3	0.13	0.48	0.42	0.15	0.32	0.36	nd	nd
	褐釉	49.7	6.2	17.4	8.4	0.84	1.8	3.8	0.13	0.71	2.1	nd	8.6
21	緑釉	61.2	25.7	8.9	1.5	0.31	0.52	0.43	0.86	0.25	0.25	nd	nd
22	緑釉	34.7	54.1	4.3	1.3	0.14	0.27	0.64	2.8	0.60	0.86	0.19	nd
	褐釉	33.8	62.3	1.6	0.95	0.05	0.19	0.29	0.24	0.44	0.10	nd	nd

表 3-8-5 酸化銅含有量に対する酸化亜鉛含有量の相対値

No	7		11	22	
釉	緑釉	褐釉	緑釉	緑釉	褐釉
ZnO/CuO	0.08	0.00	0.09	0.07	0.00

9		10	
緑色	褐色	緑色	褐色
0.11	0.11	0.14	0.16

表 3-8-6 釉薬の平均値(wt%)

平均値	SiO ₂	PbO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MgO	CaO	CuO	Na ₂ O	K ₂ O	ZnO	MnO
緑釉	34.6	55.2	6.0	1.0	0.18	0.33	0.61	0.96	0.52	0.54	0.14	0.07
褐釉	42.4	47.1	6.2	2.0	0.20	0.39	0.54	0.32	0.43	0.34	0.11	0.07

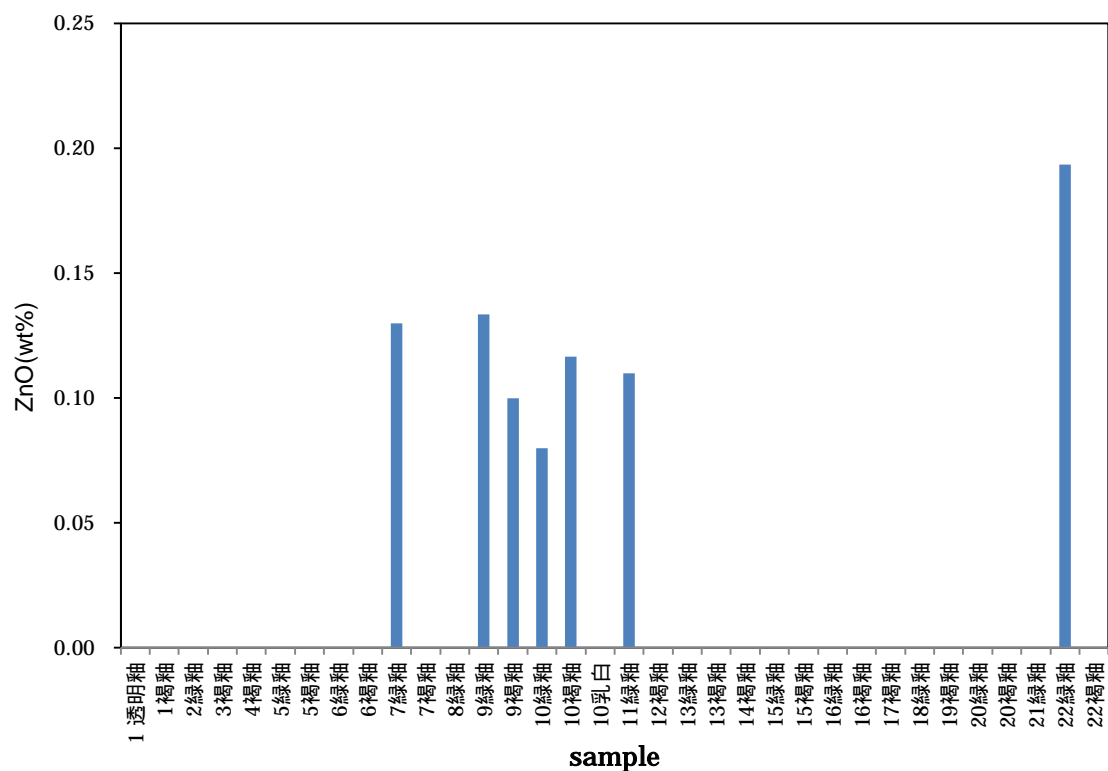


図 3-8-3 油薬の酸化亜鉛含有量

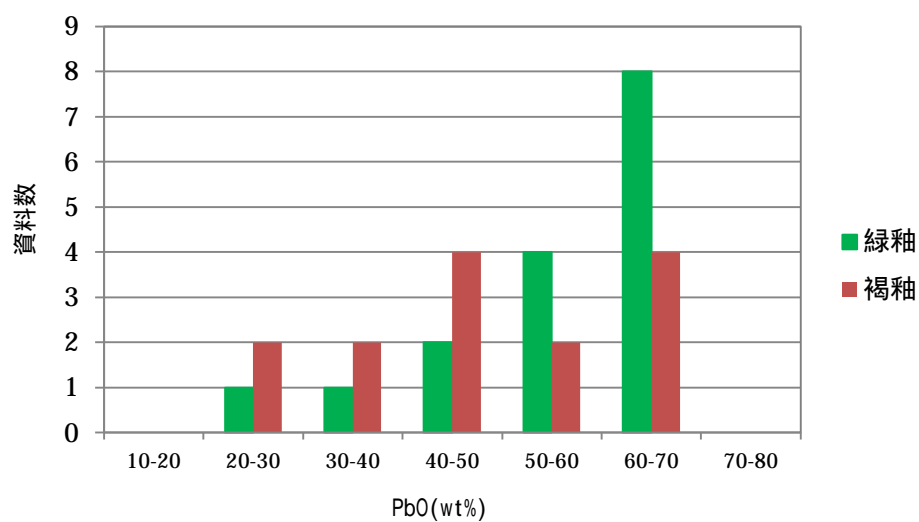


図 3-8-4 油色による酸化鉛含有量と資料数

3-8-3)。これらの資料のうち、No.9、10 は、いずれの緑釉・褐釉に共通して亜鉛が検出されたため、着色料の鉄（褐釉）および銅（緑釉）に亜鉛が含まれているというよりも、共通する基礎釉（透明釉）に由来する可能性が高い。したがって亜鉛と鉛が伴って産する代表的な鉱物である方鉛鉱（Galena, PbS）、閃亜鉛鉱（Sphalerite, ZnS）などを原材料として使用し、亜鉛が残存していた可能性が考えられる。いっぽうで No.7、22 は、緑釉部のみで亜鉛が検出され、同一個体の褐釉からは検出されていない。No.11 は緑釉のみの分析であるが、同じく緑釉から亜鉛を検出している。これらは、緑釉の着色料である銅を含む緑色顔料自身に由来する可能性が高い。表 3-8-5 に酸化銅含有量に対する酸化亜鉛含有量の相対値を示す。亜鉛の由来が緑色顔料である可能性が考えられる No.7、11、22（No.11 は緑釉のみ）の相対値には、それぞれに大きな違いがみられないことから、同一由来の緑色顔料が使用されていることも考えられる。No.9 は緑釉・褐釉ともに値が同じであることから、基礎釉由来であることを支持する結果となっている。

これらの結果から、緑釉の着色料として用いられた緑色顔料には、亜鉛を含むものと含まないものの、少なくとも2種類が用いられていたことになる。中原産の唐三彩や日本の奈良三彩、緑釉陶器のほかに、渤海地域出土資料でも確認できたことから、当時はどちらも区別なく広く使用されていた可能性が高い。

No.13、16、20 の褐釉からは、リンが検出されている。これらの箇所は、酸化アルミニウムおよび酸化鉄含有量が他の資料や分析箇所よりも多い。日本ではリンとともにカルシウムが顕著に検出され、動物遺体との関連を指摘する事例があるが、本資料の場合カルシウムは顕著に検出されていない。詳細な理由は不明であり今後の課題としたいが、褐釉でのみ検出されていることから、土中のリンが、吸着しやすい鉄やアルミニウムと結合し、難溶性になって表面に存在している可能性も考えられる。

表 3-8-6 にはこれらを除いた資料の緑釉と褐釉の平均値を示す。酸化鉛含有量は 25.7～67.4wt%で、緑釉の平均値は 55.2wt%、褐釉の平均値は 47.1wt%である。緑釉の着色料である酸化銅含有量は約 1wt%、褐釉の酸化鉄含有量は約 2wt%であった。緑釉と褐釉の差異は、着色料以外では二酸化ケイ素と酸化鉛があげられるが、他の元素では顕著な相違は認められない。風化の影響による数値の変動については、本研究で分析した資料の酸化鉛含有量は、緑釉は 60wt%以上 70wt%未満の資料数が最も多く、酸化鉛が 50wt%以上では全体の3分の4を占めているため（図 3-8-4）、影響があるとしても議論の大筋を左右するものではないと考えられる。いっぽう褐釉は酸化鉛含有量が全体としてやや少なく、値もばらつく傾向を示しており、緑釉よりも風化の影響が及んでいる可能性がある。

3-8-4 釉薬の鉛同位体比分析

釉薬の鉛同位体比分析結果を表 3-8-7 に、 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比と $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比の関係（a 式図）および $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比と $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比の関係（b 式図）を図 3-8-5 に示す。本研究の測定結果では、総合的に判断する必要があるため両図を示している。図 3-8-5 より資料を大きく 4

グループに分類できることがわかった。本節では便宜上グループ ~ とする。

グループ	No.4、5、7、9、10、11、13、16、20、22	: C領域内もしくはその近傍に分布
グループ	No.1、3、6、21	: B領域近傍からやや離れ、近接して分布
グループ	No.12、14、17、18、19	: A領域内に分布
グループ	No. 2、8、15	: グループ 近傍に分布するも値はややばらつく

グループ に属する資料は10点で、No.4以外はいずれもa・b式図ともに日本産原料(C領域)の範囲内に分布している。No.4、16以外は値が集中していることから、同じ地域産の鉛原料が使われている可能性が高い。No.4はa式図ではD₂領域の近傍に分布し、b式図ではC領域に分布する結果となり、他の資料とは異なる鉛原料であることがわかる。値がやや離れるNo.16は、鉛原料の混合や別の鉱山の可能性も考えられる。C領域は通常日本産の鉛鉱石の範囲である。これらの資料が日本産の鉛原料であるとした時、どの鉱山の値が最も近いのかを既報告(馬淵ら;1983)データと比較してみると、兵庫県の生野鉱山・明延鉱山の鉛同位体比値がグループ の近傍に分布していた(図3-8-6)。伝承では東大寺大仏鑄造との関連が伝えられている鉱山もあるが、9世紀までこれらの鉱山から採掘していたかどうかは不明である。また日本産以外の鉱石についても、既報告の中国・北朝鮮・韓国産鉱石をみると、中国産では雲南省金頂、湖南省水口山、浙江省黄岩五郎、韓国産鉱石では慶尚北道將軍、漆谷の資料がa式図、b式図ともにグループ の近傍にあるものの、日本の生野・明延鉱山のほうがより値としては近似している。既報告では渤海により近い遼寧省・北朝鮮の値も記載されているが、これらの値は、本研究で得られた渤海出土資料の鉛同位体比値の分布とは異なっている。渤海地域の鉛鉱石または9世紀から10世紀頃の渤海領域で生産された金属製品などの鉛同位体比値がこの範囲に分布するのかどうか確認する必要がある。グループ は単彩資料ではなく三彩資料が多くを占めており、日本産であるとすれば奈良時代(8世紀)に生産されたものと考えられる。この資料は、渤海での所属時期が9世紀となることから伝世品である可能性もあるが、奈良時代の遺物の値が集中する集中領域(グループ)ではない点が注目される(齋藤;2001b)。さらに、当時日本産の鉛鉱石、鉛ガラス素材が日本から輸出された可能性は否定できないが、日本から渤海への公的な「回賜品」には鉛鉱石やガラスの記載はみられず、8世紀から9世紀の日本の出土遺物からこの範囲の値を示す結果はいまのところ確認されていない。今後渤海国周辺における鉱石や当該時期の青銅製品などの分析が実施されればより詳細な議論が可能になるであろう。

グループ に属する資料は4点あり、比較的まとまった値を示すことから、同じ地域産の鉛原料を用いている可能性が高い。

グループ に属する資料は5点で、a式図、b式図ともに華北産原料(A領域)の範囲内に分布している。No.18以外は値が集中することから同一の鉛原料が使用された可能性が高

い。No.18 は同じ A 領域内ではあるが、他資料とは分布が異なるため、産地が異なっていたと考えられる。このグループに属する資料は、銀化が顕著な No18 以外はすべて褐釉単彩陶器であった。

グループ としての資料は 3 点である。華中～華南産鉛原料 (B 領域) 近傍に分布し、グループ と比較的隣接しているが、値はややばらつく資料である。グループ とは関連があるのかもしれない。

既報告の唐三彩窯跡出土資料の鉛同位体比分析結果と比較すると (図 3-8-7) グループ は唐三彩資料ではいまのところ確認されていない値といえる。グループ は黄冶窯資料 1 点の値が近接している。グループ は唐三彩のなかに類似した鉛同位体比を示す資料が確認できる。

これらの結果、クラスキノ城址・ゴルバトカ城址から出土した鉛釉陶器の鉛原料の由来は複数存在していることがわかった。いっぽうで、数点ずつまとまる傾向を示す資料もあることから、鉛原料はある程度限定された複数の鉱山に由来するものであり、今後、当時の鉛原料の流通状況等にも活用できるデータが得られたのではないかと考える。

3-8-5 小結

これまでの研究で、坂田寺跡から出土した資料は渤海産の可能性があると指摘されていた。それらの資料と、クラスキノ城址出土資料の鉛同位体比值を比較したところ (図 3-8-8) C 領域に分布する資料もあるものの、a 式図、b 式図ともにその分布が異なっている。本研究で対象とした資料群のみが渤海産というわけではないため注意を要するが、少なくともクラスキノ城址で出土した資料とは、鉛同位体比值は一致しない。

表 3-8-8 は、本研究で分析した資料について、鉛同位体比分析と胎土分析結果をまとめたものである。従来おこなわれてきた生産地の推定は、肉眼観察によって、釉調、胎土および器形に基づいて渤海産もしくは中原産であるかを議論してきた。しかし本研究の資料群は、小破片のため器形による議論は難しいことから、ここでは、胎土中に含まれる粒子による分類と胎土の化学組成分析、釉薬の原料産地推定からのアプローチを試みた。

鉛同位体比分析の結果と胎土の肉眼観察の対比から、グループ の資料は A 群、グループ は B1 群、グループ は C 群、グループ は B2 群と大別することができた。この大別に基づいて、本研究で分析したクラスキノ城址の資料の時期変遷をみていく (図 3-8-9)。

まず 9 世紀前半に比定されている No.5 が最も年代が古い資料で、鉛同位体比はグループ 、胎土は A 群である。7 世紀から 8 世紀の六頂山渤海墓出土三彩陶器と、胎土の酸化アルミニウムと酸化鉄の分布がこれと類似している。

9 世紀後半になると、鉛同位体比はグループ 、胎土は A 群ではあるが、酸化アルミニウム含有量が多い傾向を示すものが増えていく。これらは三彩資料である。このほかに鉛同位体比がグループ 、胎土が B 群である資料が確認されるようになる。

9 世紀末から 10 世紀前半になると、9 世紀前半・後半で確認できたグループ 資料のほ

かに、鉛同位体比がグループ で胎土がB群である資料は割合が増加し、新たに、鉛同位体比がグループ 、胎土がC群の資料が出現している。これらの資料はすべて褐釉であり、胎土の酸化アルミニウムと酸化鉄の分布と鉛同位体比値の分布どちらも非常に近接していることから、同一の産地で生産された可能性が高い。

渤海三彩はその生産地（窯跡）は不明であり、自然科学的に分析がおこなわれた資料の数も多くはないため不明な点も多い。グループ は、渤海周辺の鉛原料である可能性とともに、既報告の値からみると日本産も候補となり得るため、今後の渤海周辺の鉛釉陶器の焼成窯や窯道具などの生産地遺跡の出土遺物の分析、および新羅三彩の分析結果を待ちたい。クラスキノ城址出土資料が渤海産鉛釉陶器を代表しているというわけではないので、今回の結果のみで渤海三彩に関する結論を得ることは困難であるが、既報告データと比較することで今後の研究の一助になれば幸いである。

表 3-8-7 鉛同位体比分析結果

No.	出土遺跡	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
1	クラスキノ城址	0.8590	2.1426	18.178	15.614	38.948
2		0.8665	2.1414	17.989	15.587	38.521
3		0.8578	2.1417	18.218	15.628	39.018
4		0.8410	2.0909	18.560	15.609	38.808
5		0.8495	2.1023	18.393	15.625	38.668
6		0.8573	2.1419	18.221	15.621	39.029
7		0.8493	2.1014	18.373	15.604	38.608
8		0.8675	2.1396	17.977	15.595	36.666
9		0.8493	2.1015	18.375	15.607	38.616
10		0.8494	2.1022	18.381	15.614	38.641
11		0.8494	2.1019	18.378	15.610	38.628
12		0.8826	2.1725	17.549	15.488	38.125
13		0.8497	2.1024	18.381	15.618	38.644
14		0.8826	2.1728	17.548	15.489	38.130
15		0.8629	2.1383	18.083	15.603	38.667
16		0.8512	2.1050	18.326	15.599	38.576
17		0.8827	2.1730	17.547	15.489	38.130
18		0.8768	2.1673	17.709	15.527	38.380
19		0.8829	2.1730	17.539	15.485	38.113
20		0.8498	2.1032	18.394	15.631	38.686
21		0.8571	2.1411	18.214	15.611	38.998
22	ゴルバトカ城址	0.8493	2.1012	18.373	15.604	38.605

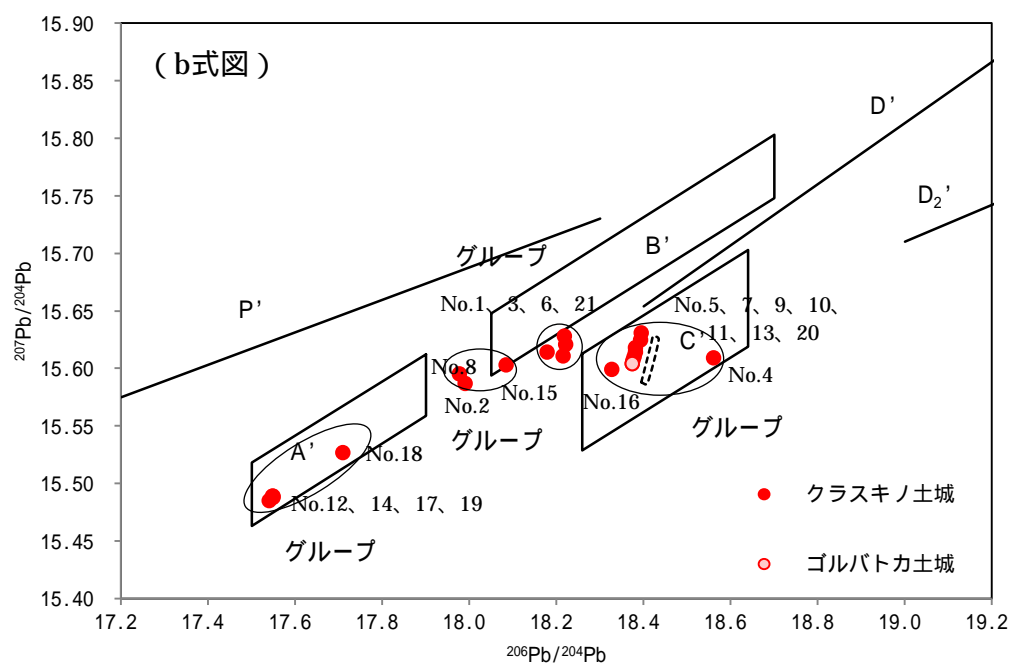
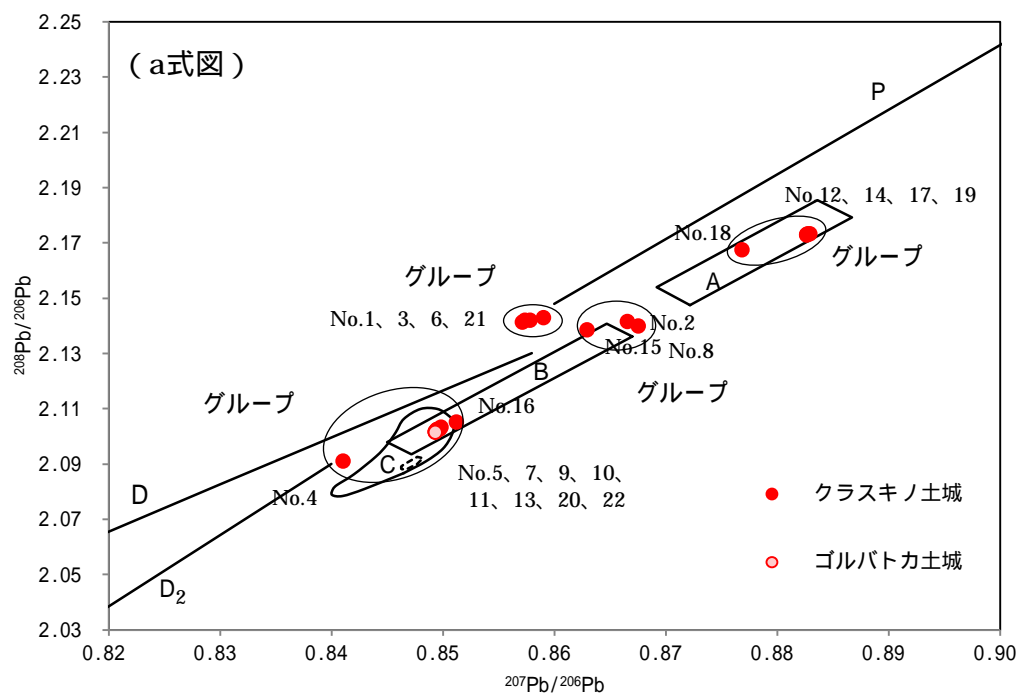


図 3-8-5 鉛同位体比分析結果 (上;a 式図、下;b 式図)

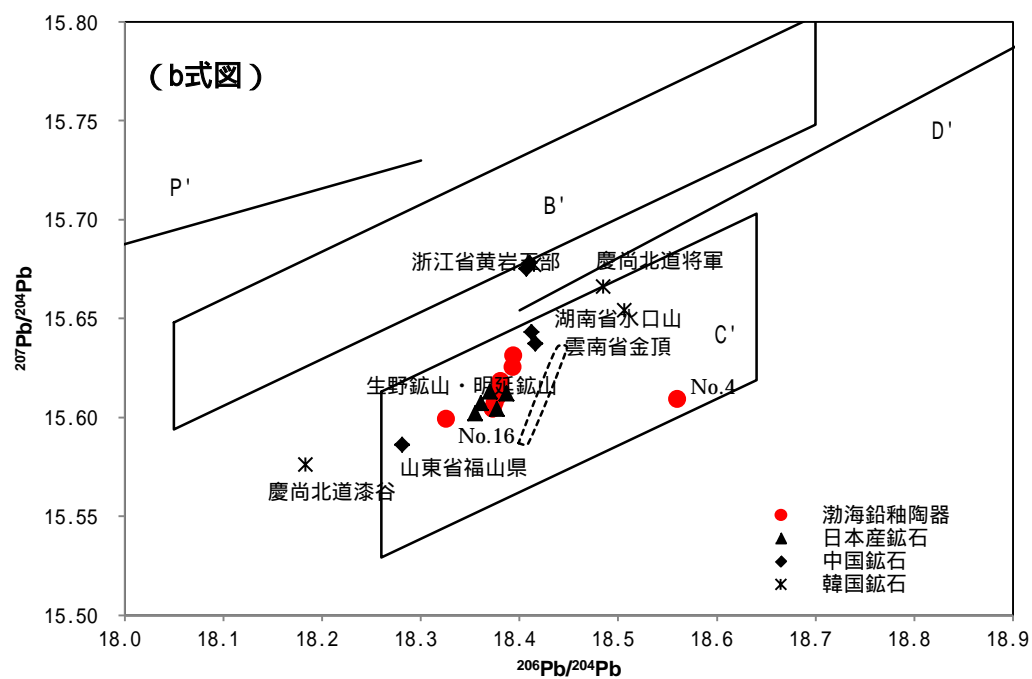
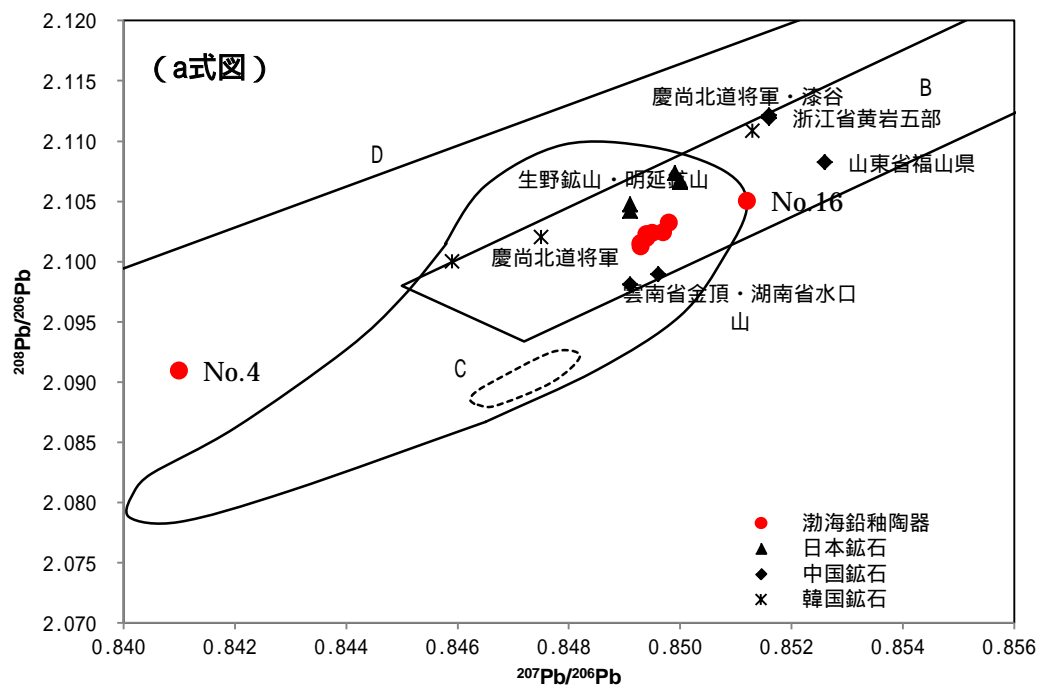


図 3-8-6 分析資料と鉛鉍石との比較 (上;a 式図、下;b 式図) C 領域周辺の拡大図

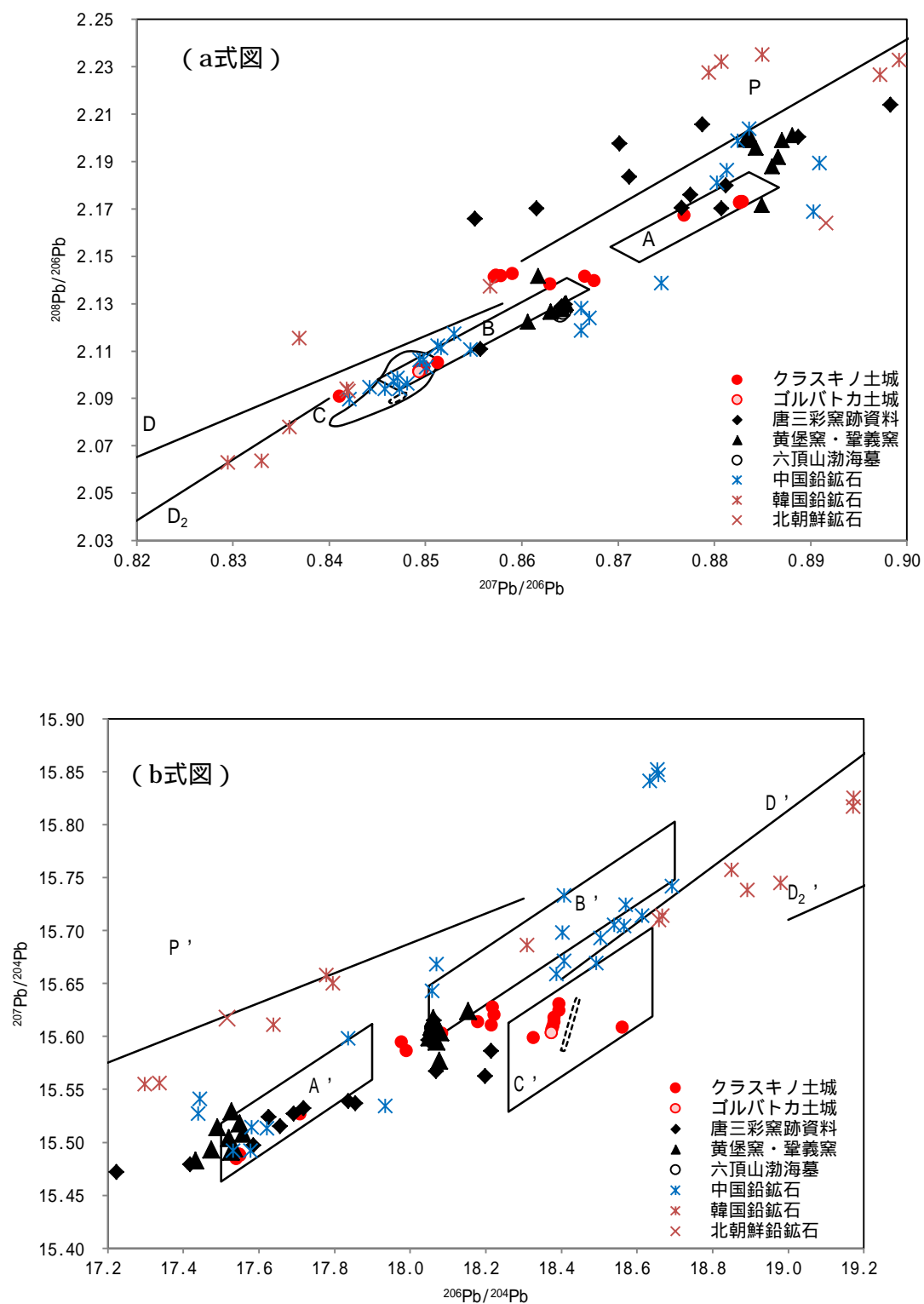


図 3-8-7 唐三彩との比較(上;a式図、下;b式図)

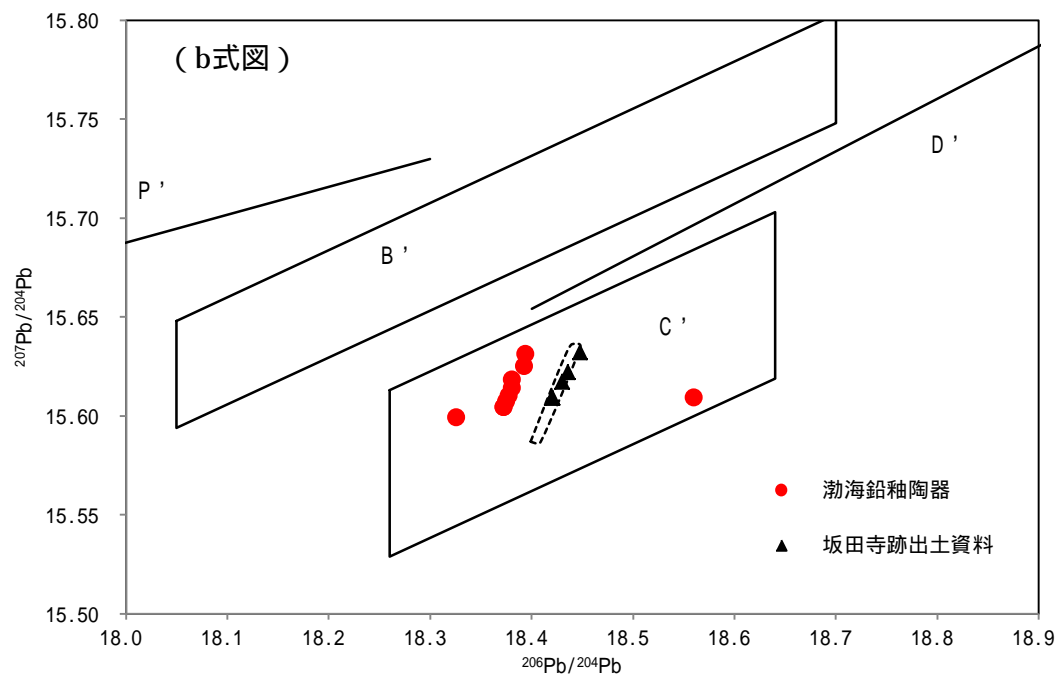
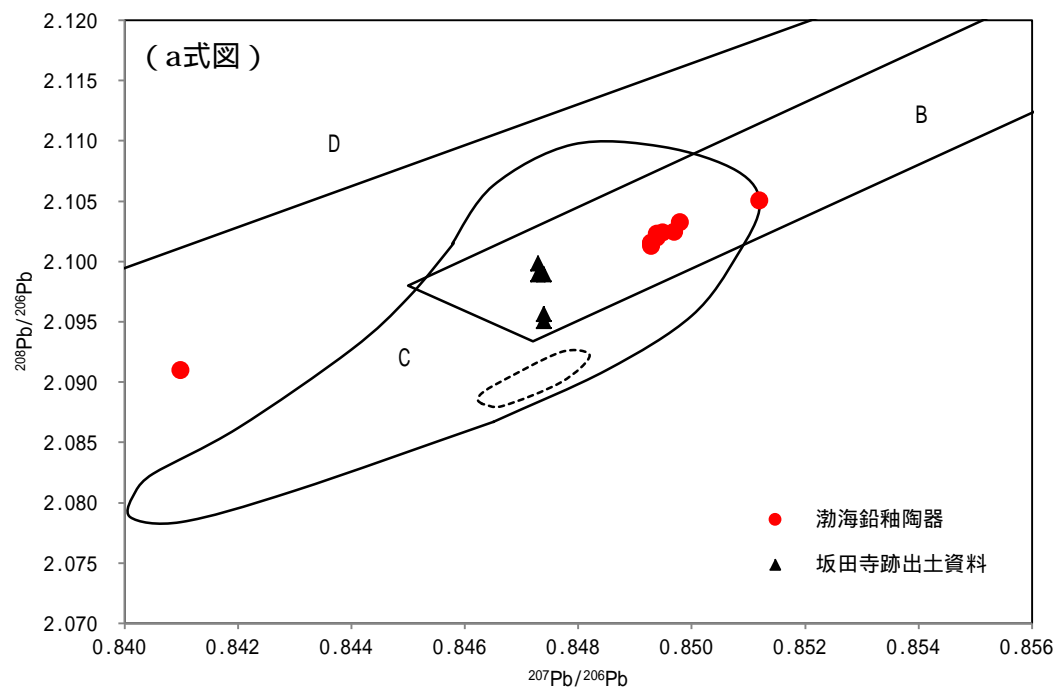


図3-8-8 分析資料と坂田寺跡出土資料との比較 (上;a式図、下;b式図)C領域周辺の拡大図

表 3-8-8 分析結果との対応関係

所属時期	胎土観察	鉛同位体比	資料数	資料No.
(9世紀前半)	A	グループ	1	No.5
(9世紀後半)	A	グループ	5	No.9、10、13、16、20
	B1	グループ	1	No.1
(9世紀末から10世紀前半)	A	グループ	1	No.7
		不明	1	No.4
	B1	グループ	4	No.3、6、8、21
	B2	グループ	1	No.2
	C	グループ	5	No.12、14、17、18、19
時期不明	A	グループ	2	No.11、22
	B2	グループ	1	No.15

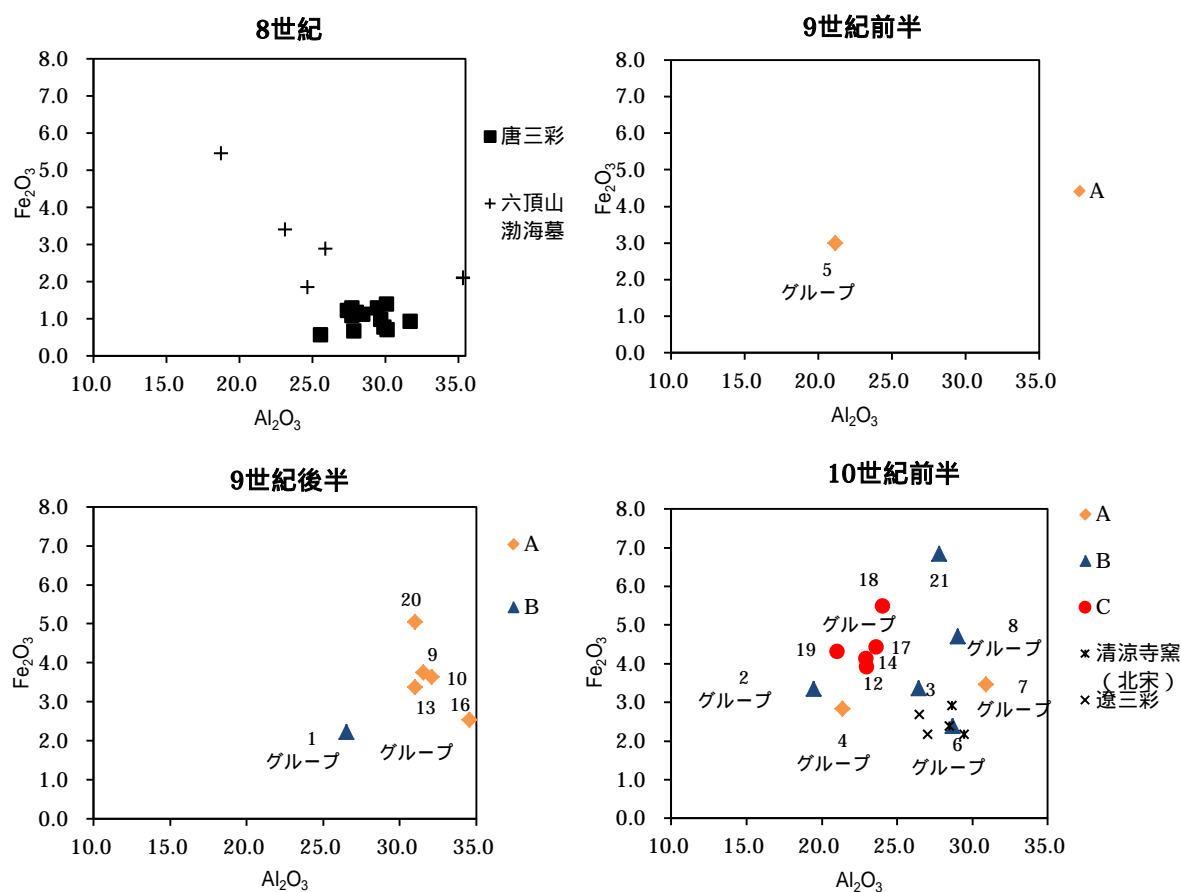


図 3-8-9 時期変遷と胎土分析結果および鉛同位体比分析結果

第4章 古代の鉛釉陶器・鉛ケイ酸塩ガラスの原材料の流通とその生産技術(考察まとめ)

4-1 飛鳥・藤原京跡および平城京跡出土資料

(7世紀から8世紀の都城およびその周辺における生産)

都城である飛鳥・藤原京跡および平城京跡から出土した鉛釉陶器は多くの点数にのぼるため、鉛釉陶器の生産と流通を考える上で必要不可欠な資料であるといつてよい。前章では、7世紀から8世紀に位置づけられる飛鳥・藤原京地域から出土した鉛釉陶器について、初めて詳細な化学分析をおこないその特徴を明らかにした。特に生産関連遺跡として、7世紀後半から8世紀初頭に比定される飛鳥池遺跡の出土資料に着目し、未製品と考えられる資料から国内産(C領域)の鉛原料が検出されたことから、自然科学的な側面からみても、飛鳥池遺跡において鉛釉陶器生産がおこなわれていた可能性が高いことがわかった。さらに平城京内出土鉛釉陶器の遺構の所属時期からみて初現期の鉛釉陶器ではないかとの推定がおこなわれていた資料の鉛同位体比分析をおこなったところ、国内産の鉛原料が用いられていたことから、これらが、初現期の奈良三彩であることが確定し、またその化学的特徴をも示すことができた。国内産鉛釉陶器の釉調の画期としては、7世紀中頃から後半の単彩釉陶器の出現、8世紀前半の多彩釉陶器(奈良三彩)出現、8世紀末の単彩釉(緑釉陶器)

表 4-1 7世紀から8世紀の鉛釉陶器の分析結果

所属時期	出土遺跡 資料番号	鉛原料推定産地	推定焼成温度	胎土色調、酸化鉄含有量 (wt%)	釉薬(酸化鉛含有量、酸化銅含有量(緑釉)の平均値(wt%)、砒素・亜鉛を検出した資料番号)
7世紀前半～中頃	豊浦寺跡 17	朝鮮半島(D ₂ 領域)	約1000 以下	赤褐色、5.6%	52.8%、1.2%
7世紀後半	大官大寺跡・ 雷麿寺跡	朝鮮半島(D ₂ 領域)	約1000 以下	赤褐色・黄灰色、 4.1～5.5%	57.1%、1.1%
	飛鳥池遺跡 2,22	朝鮮半島(P領域)	約1000 以下	灰白色、3.2～3.3%	40.0%、0.12%
7世紀後半～8世紀 初頭	石神遺跡 18,19	華北	約1100	灰白色、2.0～3.1%	40.4%、0.14%
	飛鳥池遺跡 1,23	国内	約1000 以下	赤褐色、4.6～6.9%	33.5%、0.25%、 砒素(1)
	飛鳥池遺跡 3,5,6	朝鮮半島(D領域)	約1000 以下	赤褐色・淡青灰色(5) 3.4～6.4%	52.7%・0.53%、 亜鉛(5)
7世紀後半～8世紀 前半	川原寺跡 半肉彫り水波紋埴	朝鮮半島(P領域)	約1000 以下	赤褐色、5.3%	19.5%、1.4%
	川原寺跡 線彫り水波紋埴	国内	約1000 以下	白色、2.4%	53.4%、6.1% 亜鉛
8世紀	坂田寺跡 *; 7 ** ; 10,11,13 *** ; 8,9,16	国内	* ; 約1100 ** ; 約1100 (11) 約1000 以下 *** ; 約1000 以下	* ; 灰白色、1.9% ** ; 白色、1.9～2.7% *** ; 黄白色、1.9～ 3.8%	* ; 42.3%、1.5% ** ; 23.8%、0.46%、 亜鉛(10,11,13) *** ; 54.8%、1.7%
	坂田寺跡 12,14,15	華中・華南	約1100	白色、0.58～0.89%	51.1%、4.3%
	大安寺旧境内 陶枕1	華北	約1100	白色、0.71%	52.2%、3.1%
	大安寺旧境内 陶枕2	華中・華南	約1100	白色、0.91%	56.2%、3.6%
	大安寺旧境内 陶枕3	国内	約1000 以下	淡赤色、4.16%	57.8%、3.6%
	平城京跡 6,7,8,9,10	国内	約1000 以下	6; 白色、2.5% 7,8,9,10; 淡褐色、3.6%	6 ; 63.6%、4.8% 亜鉛 43.7%、2.3%(7,8,9の平均値)

へのシフトが挙げられる。釉調は変化するものの鉛釉陶器自体の生産は継続していく。本章では、その中で、釉薬・鉛ガラスの製作技術がどのように変化し、または継承されていたのかということについて、胎土・釉薬の化学組成、胎土の焼成温度、釉原料の鉛同位体比などにに基づき、鉛釉陶器・鉛ガラスなどの国産化に向けた生産体制、特に原材料の供給に関して検討していく。表 4-1 に、前章で実施した 7 世紀から 8 世紀の鉛釉陶器の分析結果についてまとめたものを示す。

4-1-1 鉛ガラスの国内生産の開始までの状況

ここで、前章の分析結果および既報告事例（山崎；1987，肥塚；1997）を含めた、鉛原料についての考察をおこなう。まず、図 4-1-1 に 6 世紀後半から 7 世紀の鉛ガラスの鉛同位体比分析結果を示す。弥生時代に出現した鉛ガラス・鉛バリウムガラスは一旦流通が途絶え、6 世紀後半以降に、再び鉛ガラスとして国内での出土例が報告されるようになる。ここでは、6 世紀後半から 7 世紀の鉛ガラスと弥生時代の鉛ガラス・鉛バリウムガラス原料の相違から、それらの流入経路を考察する。

6 世紀後半から 7 世紀の鉛ガラス資料が示す鉛同位体比は、飛鳥池遺跡のものを除き、多くは百済時代の出土遺物が集中する P 領域に分布している。ただし、胎土に鉛釉が施されている棺台が出土した塚廻古墳のガラス資料は、同一遺跡から出土しているにもかかわらず鉛同位体比値が多様である。a 式図では中国の A 領域（華北産）B 領域（華南産）および P 領域にそれぞれ分布しているように見えるが、b 式図では、これらのいずれの領域からも外れている（山崎はこれらを中国産、朝鮮半島産としている。山崎ら；1999）。したがってその産地の詳細は不明ではあるが、少なくとも、複数地域の鉛原料が使用されているとみてよい。宮地嶽神社奥院古墳出土玉 a、高蔵 1 号墳出土資料は、a 式図では朝鮮半島産 D 領域の近傍に分布するが、b 式図では D 領域ではなく、どちらかという百済産を示す P 領域の延長線上に位置している。したがって飛鳥池遺跡および塚廻古墳を除くと、鉛ガラスは朝鮮半島産、さらにいえば百済産の鉛が使用されている資料の数が最も多く、中国産は、塚廻古墳資料が該当するならばそのみということになる。これらの資料の中では高蔵 1 号墳出土資料が最も時代の遡るものとみられるが、その鉛同位体比も P 領域に分布し、百済産原料が使用されていたと推定される。国内産鉛原料の使用は飛鳥池遺跡のガラス資料まで認められないことから、7 世紀には朝鮮半島産原料の鉛ガラスが主流であり、可能性としては、その地域から製品として持ち込まれたか、原料鉱石が持ち込まれて国内で一次生産された、もしくはガラス素材が持ち込まれ国内で再融解して製品を生産（二次生産）していたことが考えられる。

6 世紀後半から 7 世紀の鉛ガラスとの比較のために、弥生時代の鉛ガラス・鉛バリウムガラスの鉛同位体比分析結果を図 4-1-2 に示す。値が大きく異なる立岩 28 号甕棺出土資料を除くと、B 領域（華中～華南産）に含まれる資料群と、A 領域（華北産）近傍に分布する資料群、および前原二塚遺跡・赤坂今井古墳のように a 式図では P 領域近傍のやや離れた

分布を示す資料群がある。青谷上寺地遺跡は、出土している複数の管玉の鉛同位体比値の分布がそれぞれ異なっており、複数産地の鉛原料が使用されている。これらからみると、遺跡によって原料の入手経路などは異なっていることがわかる。すなわち、弥生時代の鉛ガラス・鉛バリウムガラスには、鉛原料としてP領域やD領域を示すものはほとんど認められず、中国産領域の鉛原料が主流であることから、中国で生産されたものが中国から搬入された、もしくは中国で生産されたものが朝鮮半島を経由して搬入されたことがうかがえる。したがって弥生時代の鉛ガラスと6世紀以降に再び出現した鉛ガラスとでは、その鉛原料の産地や流入経路は異なっている。6世紀後半以降7世紀に日本国内で流通している鉛ガラスは朝鮮半島産原料のものであり、分析結果からみると、その中でも百済産のものが多い。

鉛ガラスの国内生産が開始される飛鳥池遺跡でも、出土した埴塼の形状から百済の影響が指摘されている（巽;1998b）。以上のことから7世紀の鉛ガラスの生産には、原料・生産技術ともに百済の影響が大きいと考えられる。

次に、鉛釉陶器の原料・生産技術に対する百済の影響はどうであったのか。前章の結果によれば、鉛ガラスとは化学組成や鉛同位体比などに相違している点もあるので、既報告事例も含めて次節で考察をおこなうことにする。

4-1-2 国産原料の利用による鉛釉陶器の生産開始までの状況

図4-1-3に、6世紀後半から8世紀初頭の鉛釉陶器・鉛釉製品（以下鉛釉陶器とする）の鉛同位体比について、前章の分析結果および既報告事例を加えたものを示す。

6世紀後半から7世紀の鉛ガラスと比較すると、原料として、鉛ガラスと同様のP領域（百済産）に分布するものの他にも、さまざまな鉛同位体比を示すものがあり、産地がより多様であることがわかる。所属時期が8世紀初頭までとなっている多田山12号墳、飛鳥池遺跡を除いたとしても、P領域の他に、A領域（華北産）近傍の資料や、鉛ガラスでは全く見られなかったD領域・D₂領域（朝鮮半島産）に分布する資料がある。これは、鉛釉陶器のほうが、より多くの地域から、製品として、もしくは鉛原料や釉薬素材（ガラスカレット）として持ち込まれていたことを表している。前述したように、鉛ガラスでは、百済産のガラス製品もしくは鉛原料・ガラス素材が大きな割合を占めているので、鉛ガラスと鉛釉陶器では、生産地や流通経路に相違があったといっていよい。

P領域は、百済の弥勒里寺、武寧王陵、王宮里遺跡などで出土した鉛ガラス、埴塼、施釉瓦、施釉磚の分析結果から得られた領域である。すなわち、百済の官営工房に供給されていた鉛原料の範囲であり、画一的な体制で生産が行われていたと考えられる。ただし、官営工房以外でこれと同じ鉛原料が用いられていたかどうかについて、韓国国内の他の遺跡から出土した遺物のデータは報告されていない。

以下、鉛釉陶器が製品として日本に持ち込まれたのか、鉛原料・ガラスカレットが持ち込まれて加工されたのかということについて、考察を行っていく。

はじめに、鉛釉陶器が製品として日本に持ち込まれたとする。鉛同位体比分析結果からみると、鉛釉陶器は百済の官営工房に供給された鉛原料のみではなく、朝鮮半島内の他の地域などに由来する複数の鉛原料も用いて生産されていた。国内に持ち込まれた鉛ガラスには百済産原料のものの割合が多いことから、鉛ガラスは、百済を主な交易相手として国内に持ち込まれていたと考えられる。いっぽう鉛釉陶器は、百済の官営工房以外の製品の可能性、すなわち高句麗や新羅など百済以外の国との交易によって持ち込まれた可能性もあるため、流通経路が鉛ガラスと同じとは言い難いことになる。したがって、鉛釉陶器が製品として搬入されていた場合、その生産・流通の状況は鉛ガラスとは異なっていたと考えた方がよい。

次に鉛原料・ガラスカレットとして持ち込まれていたとする。その場合、なぜ鉛ガラスには百済産原料が主に使用されて他の産地のものがあまり使われていなかったのに、鉛釉には複数産地の原料が使用されたのかという点が問題となる。その理由として可能性の一つとしてまず考えられるのは、製作集団の違いが原材料に反映されているのではないかとすることである。また原料や素材の流通段階から何らかの使い分けがなされていたとすると、流通していた鉛原材料が、鉛鉱石のままか、鉛丹のような顔料など何らかの化合物かの違いに依存していた可能性もある。

ここで塚廻古墳出土の棺台の事例について考える。この棺台の緑釉の鉛同位体比分析は山崎によっておこなわれ（山崎；1987）、鉛同位体比値はP領域に含まれていた。この棺台は、嵩張っていて重量のある資料であることから、百済地域で製作されて国内に持ち込まれたというよりも、釉薬の原料として鉛原料・ガラスカレットが持ち込まれ、それを使用して国内で生産されたのではないかとの説がある（山崎ら；1999）。この説が正しければ、百済産の鉛原料・ガラスカレット自体が持ち込まれた事例といえるのであるが、いっぽうで、棺台全体が百済で製作されて持ち込まれたという説も唱えられている。これらからわかるように、製品として国内に持ち込まれたのか、鉛原料・ガラスカレットが持ち込まれ国内で製品とされたのかを釉薬のみで識別することは難しい。そこで、釉薬のほかに胎土の分析結果を併せて検討することによってそれを判断するために、国内生産の初現期にあたると考えられる、本論文で調査対象とした飛鳥池遺跡出土資料や川原寺施釉磚の釉薬と胎土の分析結果を検討する。

塚廻古墳出土の棺台の胎土色は白色で、酸化鉄含有量は約4.3wt%、酸化アルミニウム含有量は約19wt%と報告されている（山崎ら；1999）。いっぽう、飛鳥池遺跡から出土した資料は以下の4種類に大別できる（表4-1-1）。すなわち、まず、1）遺構の所属時期の古い層位（最下層；7世紀後半）から出土した、胎土が灰白色（酸化鉄含有量は約3.3wt%、酸化アルミニウム含有量約23wt%）で釉薬の鉛同位体比がP領域（百済産）の鉛釉陶器。また最下層以外（7世紀後半から8世紀初頭）から出土した資料として、2）胎土が赤褐色（酸化鉄含有量約5.8wt%、酸化アルミニウム含有量約20wt%）で釉薬の鉛同位体比がC領域（国内産）のもの、3）胎土が赤褐色（酸化鉄含有量約4.9wt%、酸化アルミニウム含有量約21wt%）で

釉薬の鉛同位体比がD領域（朝鮮半島産）のもの、4）胎土が淡青灰色（復元してあり試料採取できないため測定していない）で釉薬の鉛同位体比がD領域（朝鮮半島産）のものである。いずれも推定焼成温度は約 1000 以下（測定していない淡青灰色胎土は除く）であった。3）の資料のなかには、土師質の蓋を色見として再利用したと考えられる資料があるが、その胎土が飛鳥池遺跡もしくは国内で作られたとすると、国産の赤褐色の胎土に朝鮮半島産の鉛原料の釉薬を使用していることになり、国内で朝鮮半島産の鉛原料・ガラスカレットが流通していた可能性を示す事例である。

1）に属する資料が、飛鳥池遺跡で生産された鉛釉陶器とすると、初期の段階から白色の胎土で生産することが可能であったことになる。飛鳥池遺跡最下層から、白色胎土・百済産鉛原料のものは、この資料以外に確認されておらず、赤褐色胎土のほうが多い。初期に、白色胎土での生産が可能であったにもかかわらず赤褐色の胎土のほうが多く、8世紀に再び主流が白色胎土のものになるという流れも、一般的な技術的変遷には合致していない。したがって、この資料は飛鳥池遺跡で生産されたものというよりも、飛鳥池遺跡へ見本、または製品として外部から持ち込まれたものであると考える方が自然である。

これまでみてきたように、飛鳥池遺跡で生産されたと考えられる鉛釉陶器には、当初、国内産・朝鮮半島産を含む複数産地の鉛原料が用いられ、胎土は一般的には赤褐色を呈していた。そして時代が下るとともに、国内産の鉛原料、三彩下地としての白色胎土へと移り変わっていった。

ここで川原寺跡出土水波紋磚について考察する。川原寺跡出土水波紋磚には2種類あると報告されているが、考古学的な所見からは両者が創建当初から使用されていたものかどうか不明であった。川原寺跡出土水波紋磚のひとつは半肉彫であり、胎土は赤褐色を呈し（酸化鉄含有量約 4.7wt%）、推定焼成温度は約 1000 以下、鉛同位体比はP領域の延長線上に分布している。他方は線彫であり、胎土は白色を呈し（酸化鉄含有量約 2.6wt%）、推定焼成温度約 1000 以下、鉛同位体比はC領域の集中領域（グループ ）に分布している。鉛釉陶器と施釉磚では細部に違いはあるが、ここでは、胎土の上に鉛釉を施すという共通性からみてそのまま議論を試みる。半肉彫水波紋磚は、本論文の結果からみると飛鳥池遺跡の鉛釉陶器と同様の化学的な特徴を示し、線彫水波紋磚は、それよりも時代の下る資料にみられる特徴を有するという時期差がみられる。これらの特徴との比較からみて、川原寺跡出土の半肉彫水波紋磚は、鉛釉陶器の初期、つまり7世紀後半頃のものであり、創建時に使用された磚である可能性が高い。さらに線彫水波紋磚が時期的に下ることは、8世紀と考えられている他遺跡から出土している線彫水波紋磚の胎土が白色を呈していることとも矛盾しない。

次に焼成技術について考察する。鉛釉陶器生産において、国内産の鉛原料が用いられた初期の遺跡である飛鳥池遺跡出土の胎土は赤褐色を呈している。赤褐色となる主要な化学的因子は、全鉄含有量（酸化鉄含有量）と、鉄（ ）含有量と鉄（ ）含有量との比率であるので、それらに基づいて考えることにする。初期の飛鳥池遺跡出土の赤褐色胎土の酸

化鉄含有量は約 3～7wt%である。いっぽう、塚廻古墳棺台・飛鳥池遺跡出土の白色胎土資料の酸化鉄含有量は約 3～4wt%で、これは、焼成時に酸化雰囲気であれば淡褐色から赤褐色を呈する濃度である。したがって、これらの資料が白色の胎土になっているということは、焼成温度を低くしたり、焼成時の雰囲気を酸化的ではなく中性から還元的雰囲気にしたりして、 Fe_2O_3 （鉄（ Ⅲ ））が少ない状態にしていたことを表している。なお、二酸化炭素と炭素、一酸化炭素の反応（ブドワール反応）は 900 程度で一酸化炭素の活性が高まると仮定し、鉛釉陶器の還元的な雰囲気での焼成には 900～1000 程度を想定した。他の化学組成、石英・酸化アルミニウムの含有量には大きな差異がみられないことから、国内生産の初期（例えば飛鳥池遺跡の資料 1）と川原寺跡出土資料が赤褐色を呈しているのは、鉄含有量が多く、焼成雰囲気が酸化状態であったためであろう。

ここで、これらの資料に先行する時期の焼成技術の中から、低火度焼成（鉛釉陶器は 800～900 程度の焼成温度である）や、酸化鉄を約 3～4wt%含みながら白色となる胎土を作る手法をもったものがあるかどうかについて検討する。先行技術としては、須恵器、土師器、瓦の生産が挙げられる。

7 世紀に生産が始まっていた土器のうち、須恵器は、一般的に還元雰囲気下ではあるが、1100 以上の高温で焼成されている（三辻ら；1976）のでこの条件に合わない。土師器は、焼成温度は 600～900 程度であるが、一般的に酸化雰囲気下で焼成される（前田ら；1977、大沢ら；1978）。したがって、赤褐色胎土であれば、土師器の焼成技術のほうがより近い。白色胎土を作るためには、須恵器であれば低温の約 900 程度まで焼成温度を下げる、土師器であれば窯を密封するなどの還元的な雰囲気にする必要があり、どちらもそのままの焼成技術では達成できない。

前章の分析結果から同時期の中国の技術を見ると、中国産の唐三彩はムライトの生成が確認できるので、およそ 1100 以上の高温焼成後に、施釉し、約 800～900 程度で二度焼きする焼成方法とみられる。唐三彩以前では、白色胎土・高温焼成の鉛釉陶器は、北魏時代の技術を発展させ、北斉時代には胎土全体を白色にできる段階になっていた（巽；2013）。しかし、初現期における日本の鉛釉陶器の生産には、これらのような、白色胎土を作る中国の工人集団の技術は取り入れられていない。飛鳥池遺跡最下層で検出された百済産の鉛原料を使用した灰白色胎土資料は、酸化鉄含有量が約 3%である。中性から還元雰囲気に近い焼成をおこなうことによって Fe_2O_3 （鉄（ Ⅲ ））の比率を小さくしていたと考えられるが、この時期の土師器の焼成技術では再現できなかったであろう。

ただし、7 世紀末と考えられる藤原宮所用瓦（無釉）の胎土色には、青灰色、灰白色、褐色のものがある。酸化鉄含有量は 3wt%～12wt%程度と陶器よりも値の幅が広く、そのうち灰白色胎土のものは酸化鉄含有量が約 3～6wt%である（降幡ら；2014）。藤原宮造営期の推定近江産の瓦資料と、奈良県五條市牧代瓦窯出土資料の一部には白色の胎土がみられ、そのような資料の焼成が可能であったことがわかる。一般に、酸化鉄が 3～6wt%程度含まれていると、酸化雰囲気での焼成では白色にはならず、淡褐色から赤褐色になってしまう。したが

って、これらの資料で胎土の色が白色となっているのは、酸化鉄含有量の違いではなく、焼成時の温度や時間、還元雰囲気などの条件によるものと考えられる。

以上からみると、推定 660 年の塚廻古墳棺台の製作が国内とすると、白色胎土を焼成する技術をもった工人集団の関連も考えられる。陶棺の出土例は、6 世紀末葉から 7 世紀中頃にかけてみられ、その生産についても、和泉陶邑周辺や豊中市桜井谷窯跡、豊中市周辺の窯跡などから、土師質、須恵質の資料が出土している（大阪府教育委員会;1976, 奈良県立橿原考古学研究所;1977, 豊中市史編纂委員会;1961）。胎土分析等の報告事例はまだないものの、造墓や造瓦などでは、7 世紀後半から藤原宮所用瓦が生産された時期までに、白色の胎土の生産は可能になったと想定することはできるであろう。ただし、飛鳥池遺跡から出土している国産鉛釉陶器の胎土は赤褐色であり、藤原宮近傍ある所用瓦専用の焼成窯で生産された瓦資料の胎土も、酸化鉄含有量の多い酸化的な雰囲気での焼成と考えられる赤褐色を呈する胎土であるため、白色胎土の資料は限られた窯での生産であったと考えられる。白色胎土の焼成技術は、三彩（多彩釉）の白色下地として必須である。8 世紀の奈良三彩・施釉瓦・磚の技術として、7 世紀後半から 8 世紀初頭の白色胎土、もしくは飛鳥池遺跡で出土した白色胎土と百済産の鉛同位体比をもつ釉がセットとなっている陶器の焼成技術が継承されてきた可能性も考えられる。

鉛同位体比分析の結果からみると、6 世紀後半から 8 世紀初頭の鉛釉陶器・鉛ガラスでは、国内産・中国産の鉛原料も確認はできるものの、百済産、朝鮮半島産原料の割合の方が多く、また鉛釉陶器では複数産地の鉛原料が用いられていることが明らかとなった。このことは、のちの 8 世紀の出土資料で、国内産と中国産の原料が大きな割合を占め、百済産・朝鮮半島産資料がほとんどみられないことと、大きな対比を示している。

次に、6 世紀後半から 8 世紀初頭の資料のうち、C 領域（国内産）の範囲に分布する資料についてみていくことにする。飛鳥池遺跡出土鉛ガラスの鉛同位体比は、長登銅山・蔵目喜鉾山産原料と考えられている集中領域（グループ ）に値に近い。同じ飛鳥池遺跡から出土した鉛釉陶器は、C 領域内ではあるがこの集中領域にはない。これは、この時期には長登銅山などがまだ必ずしも十分に稼働時期しておらず、ここだけから供給が行われていたわけではないことを示している。当時稼働していた可能性のある鉾山から考えると、於福鉾山や香春岳鉾山、対馬の対州鉾山などの原料との混合などが想定される。

7 世紀の古墳から出土するアルカリガラスは、分析結果から百済地域から出土するガラスに類似するもののほか、小玉を張り付けたトンボ玉など新羅地域から出土するガラス玉と類似する資料も含まれており、新羅・百済から搬入されたと考えられている。しかし、鉛ガラスになると百済からの搬入が主になり、両者では流通経路が異なっていたとみなすことができる。

以上、鉛ガラスと鉛釉陶器に適用されている技術は全く同じとはいえないことを鉛原料の産地の相違などから考察した。これによって、鉛ガラスと鉛釉陶器とでは原料の入手経路が異なっており、また、鉛ガラスの生産には百済の技術的影響が大きい一っぽうで、鉛

釉陶器では、従来の瓦生産もしくは土師器に用いられたような酸化雰囲気下での焼成技術と、百済のみではない他の地域も含めた朝鮮半島の影響を広く受けて、鉛釉には複数産地から供給された鉛原料と施釉技術が適用されて生産が開始されていったことがわかった。さらに8世紀の奈良三彩の焼成技術として、7世紀後半から8世紀初頭の白色胎土の瓦生産、もしくは飛鳥池遺跡で出土した白色胎土と百済産の鉛同位体比をもつ資料の焼成技術が継承されていた可能性を示した。

表 4-1-1 飛鳥池遺跡出土資料

	所属時期	胎土色調	鉛同位体比分析結果	酸化酸化鉄含有量
1	7 世紀後半	灰白色	P 領域	3.3wt%
2	7 世紀後半～8 世紀初頭	赤褐色	C 領域	5.8wt%
3		赤褐色	D 領域	4.9wt%
4		淡青灰色	D 領域	-

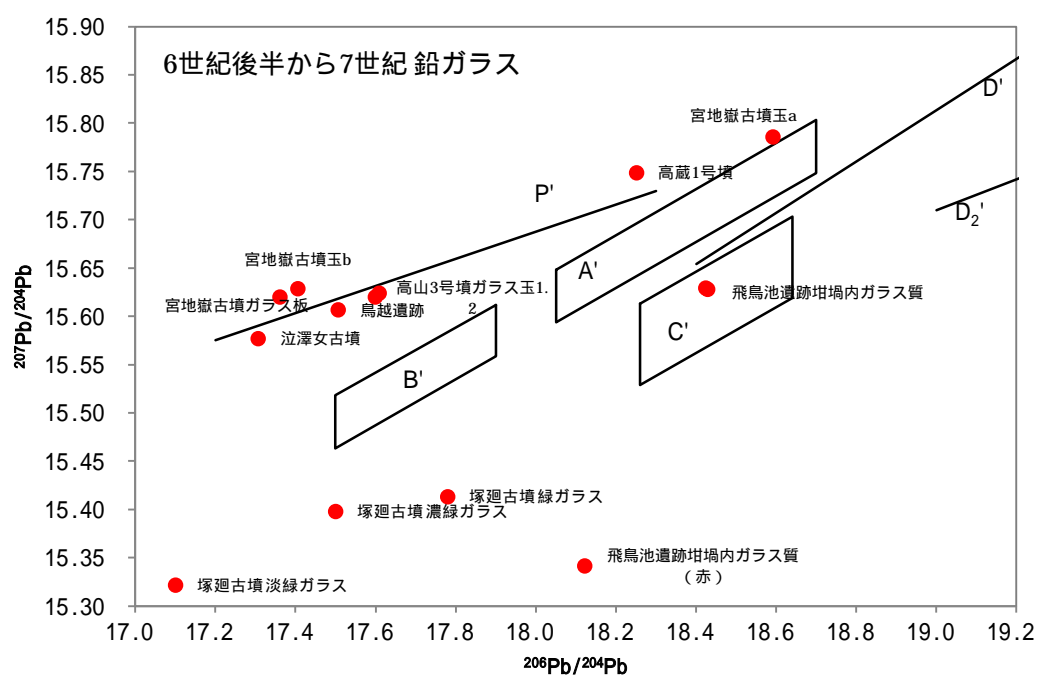
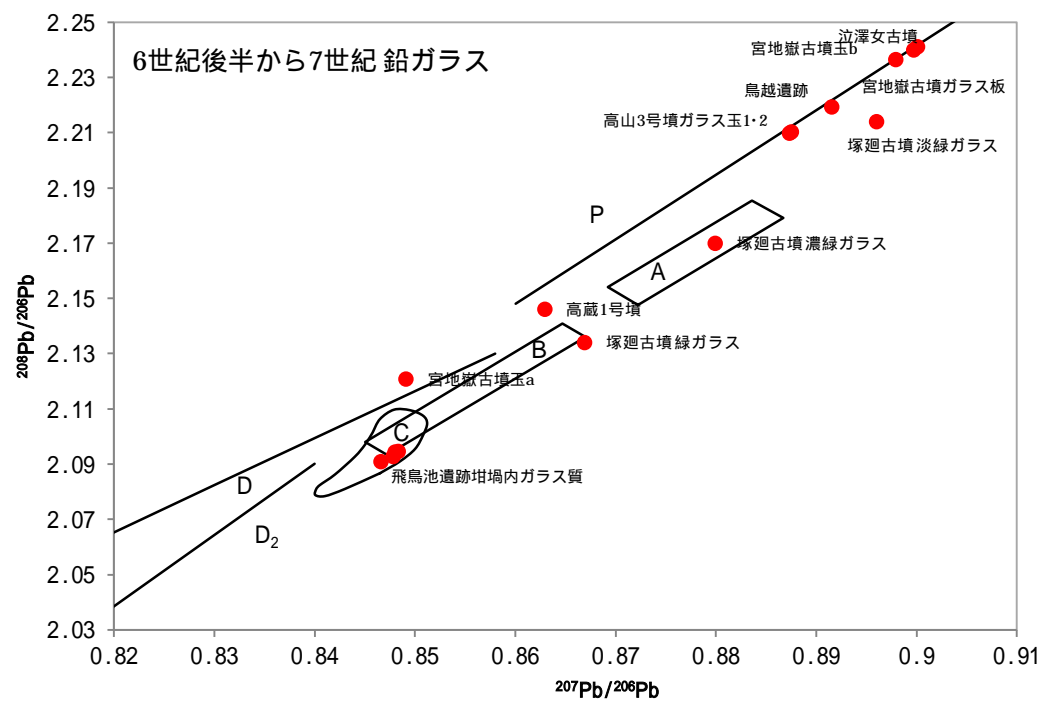


図 4-1-1 6 世紀後半から 7 世紀鉛ガラスの鉛同位体比(上;a 式図、下;b 式図)

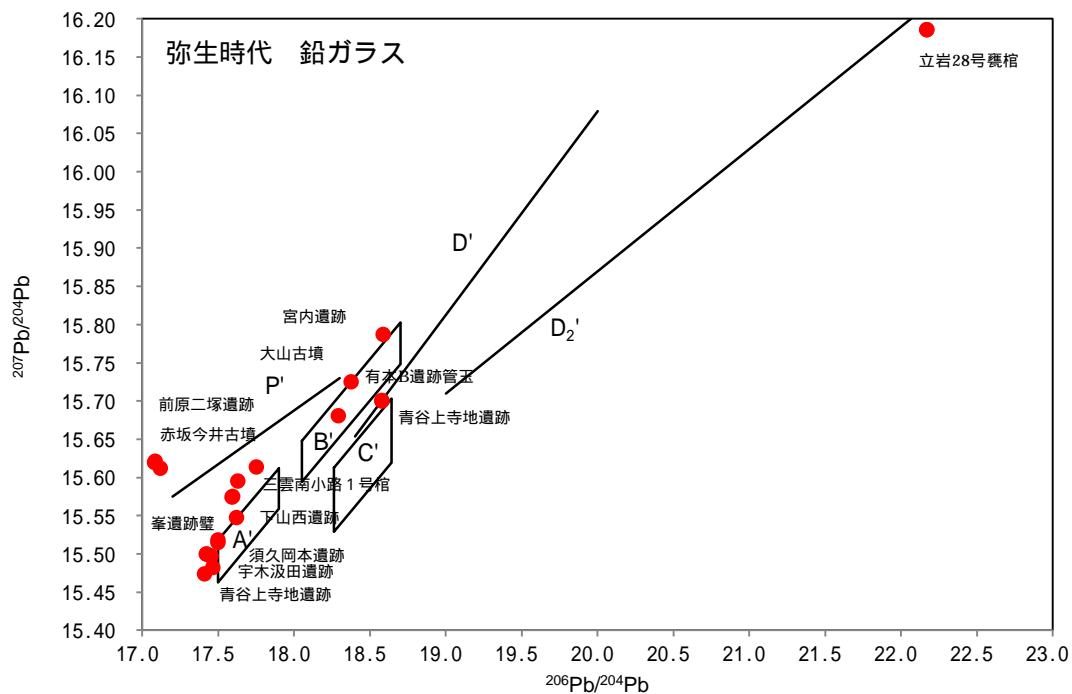
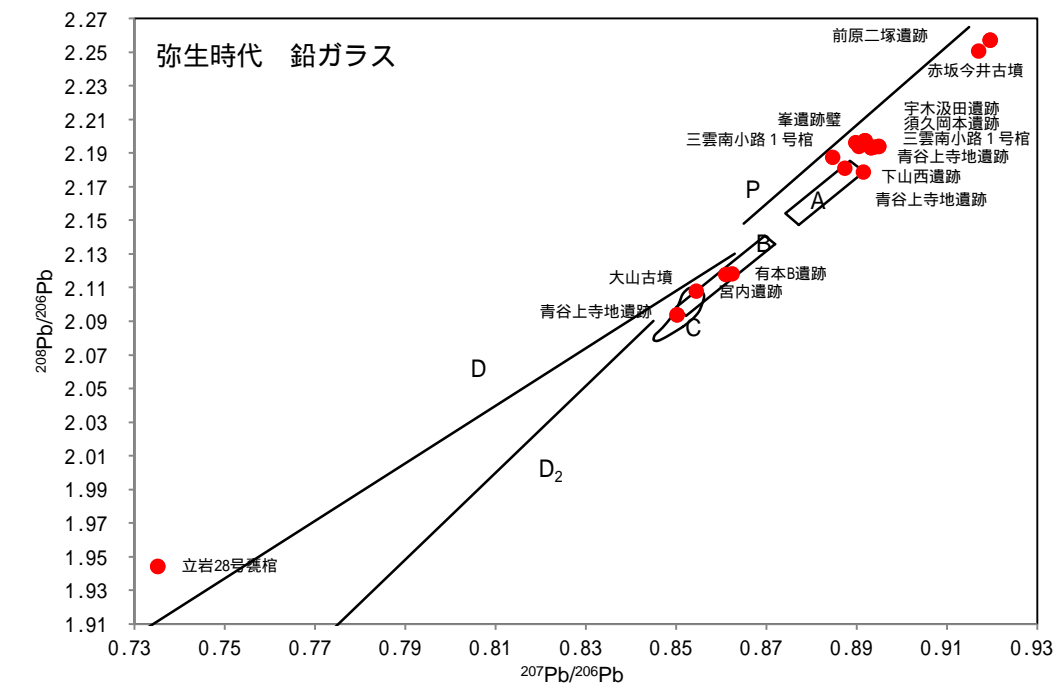


図 4-1-2 弥生時代の鉛ガラスの鉛同位体比(上;a 式図、下;b 式図)

4-1-3 奈良三彩と施釉瓦・磚の生産

7世紀後半から8世紀初頭にかけての鉛釉陶器は、朝鮮半島で作られた鉛釉陶器が将来されていることから、朝鮮半島の技術的な影響のもとに生産されるようになったとみるのが妥当である。そこで、次に問題となるのは、鉛釉陶器と奈良三彩との関係である。奈良三彩の生産に関わる窯跡遺跡は未だ検出されていないので、それに代わるものとして消費地遺跡出土資料を調査対象とし、出土地や所属時期などに着目して考察していくことにする。特に、後述する唐三彩の化学的特徴との比較検討をおこなっていききたい。

7世紀末から8世紀初頭の藤原宮跡では三彩陶器片が出土しておらず、その生産はおこなわれていなかったと考えられる。したがって、奈良三彩の規範となった唐三彩の将来は、遣唐使の往来が再開された大宝2年(702)に派遣された第7回遣唐使による可能性がある(巽;1998a)。将来された時期については諸説あるが、初期に将来されたものとして、竜田御坊山3号墳出土二彩陶硯や壱岐双六古墳出土二彩杯などが挙げられるであろう。

8世紀の平城宮、平城京跡、寺院跡などから出土した鉛ガラスおよび鉛釉陶器・施釉瓦について、前章の分析結果およびこれまでの報告事例(山崎;1987, 齋藤;2001b)を含めたものを、それぞれ図4-1-4、4-1-5に示す。

まず鉛ガラスの鉛同位体比値は、6世紀後半から7世紀の資料と異なり、ほとんどが国内産領域(C領域)に分布する。さらに集中領域(グループ)内に分布する資料が多く、そこから外れる資料は、薬師寺本尊台座内から発見された緑色ガラス玉のみである。また中国華中～華南産領域を示す資料が平城京左京七条出土埴塼内のガラス質資料で1点確認されたため、平城京内で、中国産の原料鉛石またはガラス素材を用いた二次生産も行われていたことがわかる。

次に8世紀の鉛釉陶器・施釉瓦の鉛同位体比値は、初現期の奈良三彩とそれより時期が下る奈良三彩資料との間で大きな差異は認められず、集中領域(グループ)内にほとんどの資料が分布している。図4-1-6にC領域の拡大図を示した。C領域内の分布を詳細にみると、鉛ガラスではグループ の上限付近と中央付近の両方に数値が集中するが、鉛釉陶器は中央付近のみに集中している。いっぽう、興福寺一乗院出土資料の一部にみられるように、その分布がグループ の下限あたりにまとまる傾向を示すものや、坂田寺跡出土資料のように、グループ の外に、数点ずつのまとまりをもって分布し、複数産地の鉛原料が用いられている可能性があるなど、C領域の中でも、その分布にそれぞれ異なる特徴を持つ資料が存在していることがわかった。鉛同位体比値が集中する各資料群は、それぞれ短期間の生産や、寺院ごとの体制による生産、一元管理下の生産による原料供給の特徴を示していると考えられる。坂田寺は、平城京にある大寺とは異なるが、8世紀中頃には藤原京周辺の寺院としては大きな勢力を持っていたため、寺院ごとの生産体制を想定する上で重要な資料であるといつてよい。

鉛釉陶器の鉛原料で、グループ 以外の資料が複数検出されたことは、本研究で新たに判明した点である。このような資料は、平城京周辺以外の飛鳥地域にある坂田寺跡出土資

料だけではなく、平城宮東院地区出土瓦のような奈良時代後半の宮内資料からも見出されている。坂田寺跡出土資料にみられるような、グループ と対州鉾山産原料の値とを結ぶ直線の上に分布するデータは、これらの原料が混合された可能性も示唆している。坂田寺跡出土の鉛釉陶器と、鉛ガラスである薬師寺本尊台座内ガラス資料の両方から、グループ と対州鉾山産原料の値とを結ぶ直線の上に分布するデータが確認された。このような鉛原料が、短期間だけ供給されたものなのか、両産地の原料を混合したものなのかは不明である。このように、グループ 以外の箇所に少数分布している資料の存在は、官営工房による一元管理によるものとは異なる生産体制のあった可能性が考えられる。

なお、これらの 8 世紀の鉛釉陶器のなかで、鉛原料の産地が他と異なるという特徴をもつ坂田寺跡出土資料は、国内ではなく渤海で生産されたという説もあるため(植崎; 2000)、後述する第 4 章の 3 節において、渤海地域から出土した鉛釉陶器の鉛同位体比とも比較をおこなっている。

以上みてきたとおり、7 世紀後半から 8 世紀初頭における鉛釉陶器の鉛原料の特徴は、ほとんどがグループ 内にまとまっており、その中でも下方に集中する資料として興福寺一乗院跡出土資料、グループ からやや外れるものとして、奈良時代前半の資料では平城宮出土瓦(6667D)、奈良時代後半の資料では、平城宮東院地区出土資料、また C 領域内ではあるがグループ から大きく外れるものとして坂田寺跡出土資料がある。

次に、胎土の特徴について述べる。平城宮内出土瓦資料(東院地区は除く)は、奈良時代の前半・後半で顕著な相違はなく、白色胎土で、酸化鉄含有量約 3.8wt%、酸化アルミニウム含有量 33~35wt%である。奈良時代前半の平城京左京二条二坊出土瓦資料は、酸化鉄含有量約 3.6wt%、酸化アルミニウム含有量 26~27wt%である。平城京左京一条三坊から出土した初現期の奈良三彩資料は、白色~淡黄色を呈する胎土で、酸化鉄含有量約 3.7wt%、酸化アルミニウム含有量は 20~23wt%であり、瓦資料よりも酸化アルミニウム含有量が少ない傾向を示す。正倉院緑釉陶器破片の胎土分析結果は、酸化鉄含有量 3.7wt%、酸化アルミニウム含有量 27.3wt%(山崎; 1987)と報告されており、左京二条二坊出土資料および歌姫西瓦窯の胎土と非常に類似している。初現期の奈良三彩と正倉院緑釉陶片の胎土組成が異なる点、正倉院緑釉陶片と藤原氏との関連があると考えられる平城京左京二条二坊から出土した瓦資料が非常に類似している点、平城宮出土瓦がそれらと異なる点などは、生産体制を考える上で重要である。また酸化鉄含有量は異なるが、酸化アルミニウム含有量が 25~30wt%以上の資料が多い点は中原産の唐三彩の特徴と一致している。

奈良時代前半の平城宮内出土資料のような、胎土に酸化アルミニウム含有量が多い資料は、飛鳥池遺跡出土資料や藤原宮所要瓦ではみられず、これらとは異なる胎土が使用されていることがわかる。これらの資料は、唐三彩と酸化アルミニウム含有量が類似しているが、鉄含有量や焼成温度に相違がある。

これに対し、初現期の奈良三彩と、飛鳥池遺跡出土の白色胎土・百済産鉛原料釉の資料とは、酸化鉄・酸化アルミニウム含有量ともに類似している。この点からみると、前段に

において、藤原宮造営期の瓦もしくは百済系鉛原料を用いた鉛釉陶器の焼成技術の、奈良三彩への継承について指摘したが、初現期の奈良三彩の焼成技術には後者が受け継がれていた可能性が高い。

平城宮内出土瓦では、奈良時代の前半と後半で原材料に顕著な差異は認められず、一元管理のもとに行われた生産体制であると考えられる。これに対し、平城宮以外では、奈良時代後半の施釉瓦・磚資料は、胎土色が白色～灰白色で、酸化鉄含有量 2～4wt%、酸化アルミニウム含有量 15～25wt%の資料が多く、化学組成の値が分散しており、奈良三彩との差異が、奈良時代前半ほど明確でなくなる傾向を示す。

平城宮所用瓦の生産には平城宮近くの平城山の粘土が、奈良三彩は交野などの粘土が使用されたといわれている（福山;1943）。奈良時代前半の化学組成の相違や、奈良時代後半の胎土のばらつきは、胎土の採取地の相違や、それらの粘土の混合などに要因を求めることができるかも知れない。

出土地の違いによる分析結果の相違について、阿弥陀浄土院の胎土は異なっていたが、釉薬の鉛同位体比には顕著な差異がみられなかった。また西大寺旧境内と東院地区で、胎土にはばらつきがあるものの全体として顕著な相違は見られないが、東院地区資料の釉薬でグループ 以外の鉛同位体比值をもつものがあった。既報告資料である興福寺一乗院跡出土緑釉瓦は、胎土分析はおこなわれていないが、鉛同位体比值がグループ の範囲内でもやや異なる位置に分布している。ただし、坂田寺跡出土資料の釉薬の鉛同位体比や、平城宮内出土資料、阿弥陀浄土院出土資料の胎土の化学組成のような、他と比較して顕著な相違があるとはいえないため、同じ原料供給地におけるわずかな差異や、異なる地域産の原材料が少量混合されたことなどが考えられる。これらが奈良時代後半のなかにおける生産時期の違いを反映しているのかどうかは、本資料の所属時期の細分がこれ以上は難しいため、今後の精査に期待したい。しかし、胎土のばらつきが大きくなることは、奈良時代後半の生産増加に伴い、より多くの胎土が必要となり、その採取地も増えていったことを反映しているのではないかと考える。

田中は、奈良三彩は常時生産されていたのではなく、必要に応じて官の直営にかかる工房で生産されたものであると論じている（田中;1974）。興福寺西金堂造営に関する造仏所作物帳には、官が原材料をすべてそろえていることがわかる。

8 世紀になると、国内産以外では華南産原料の釉薬をもつ資料が検出されるようになり、7 世紀とは流通経路が異なることが鉛原料からも明らかとなった。これには遣唐使の中止と再開の影響が大きいと考えられる。唐三彩の搬入時期やその生産技術は、奈良三彩の出現との関連を考える上で重要であるため、唐三彩の窯跡出土資料を分析し、奈良三彩との相違について検討する必要がある。また、奈良時代の鉛釉陶器は、9 世紀頃に畿内および尾張・長門地域へ、10 世紀頃に近江・東海地域へ生産が拡散する。奈良時代の生産体制が、一元的に管理されたままであれば、鉛釉の原材料、焼成技術等は継承されていくことが考えられ、生産地が異なる場合でも、同一器種・同時期の資料であれば、化学的特徴に大きな差

異がないことが予想される。そこで、次節では9世紀から10世紀の鉛釉陶器について、資料の胎土の化学的特徴、鉛釉の原材料について検討する。

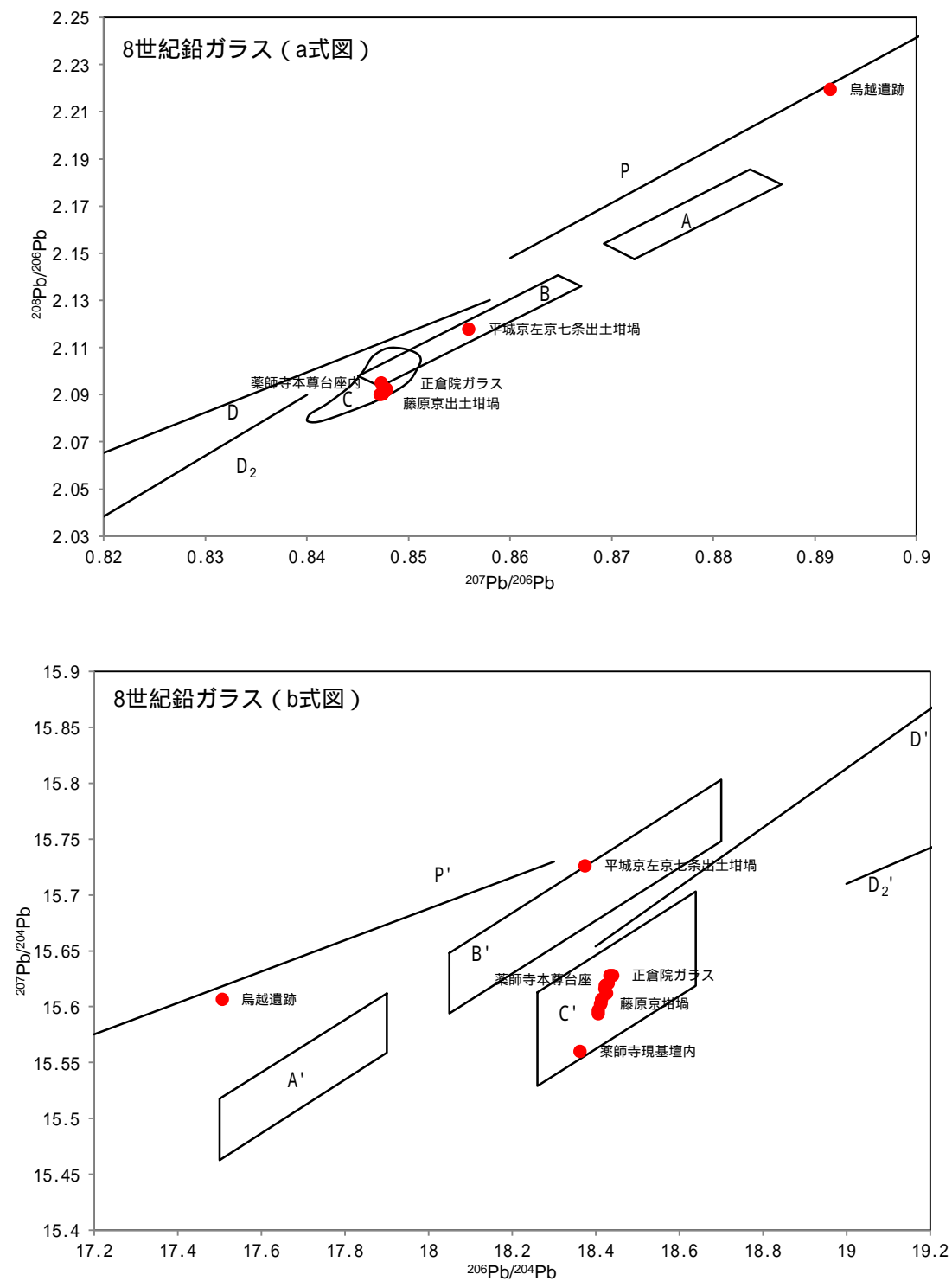


図 4-1-4 8世紀の鉛ガラスの鉛釉陶器の鉛同位体比(上;a式図、下;b式図)

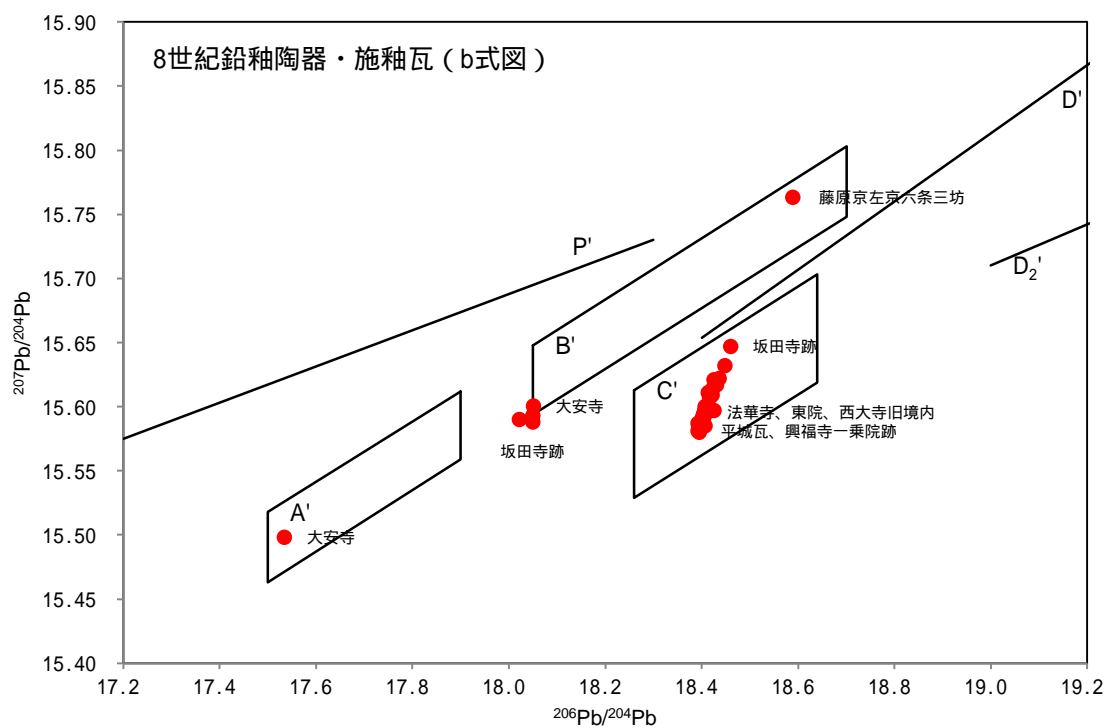
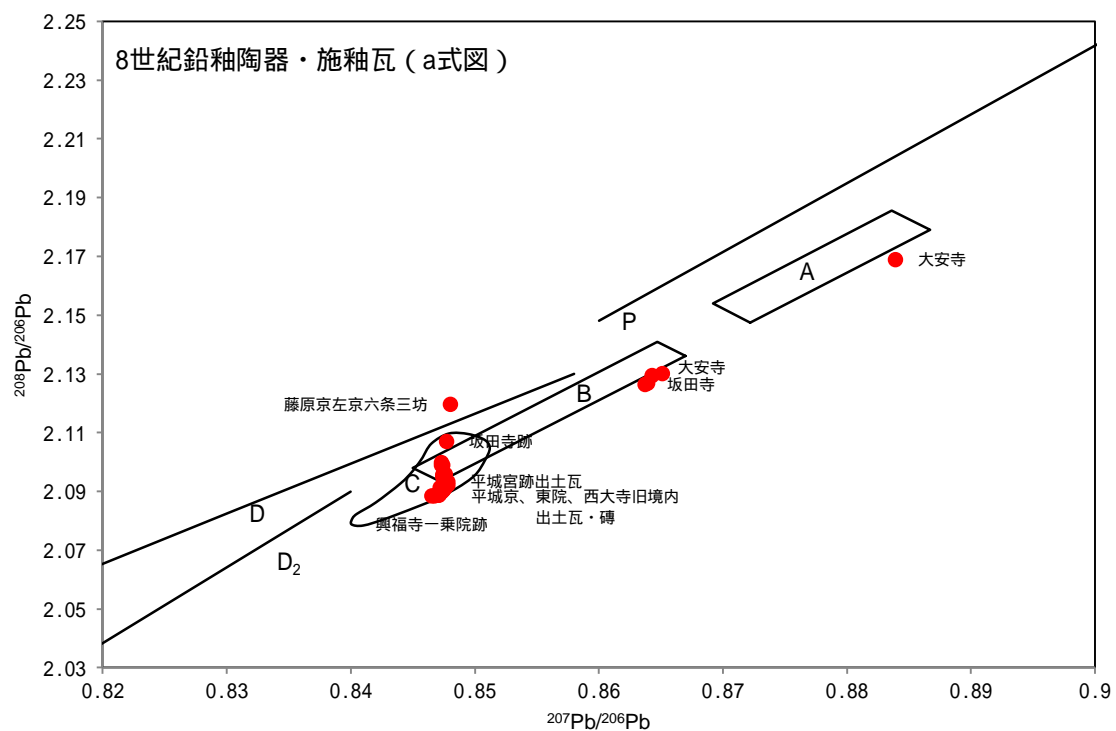


図 4-1-5 8世紀の都城周辺から出土した鉛釉陶器、施釉瓦・磚の鉛同位体比
（上;a式図、下;b式図）

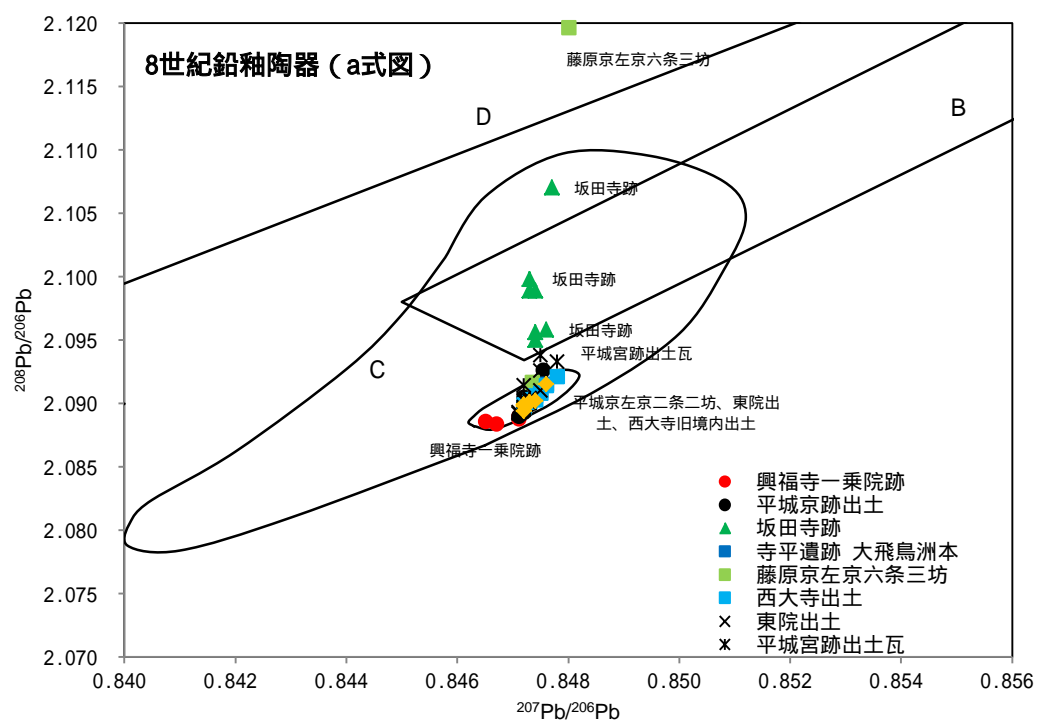
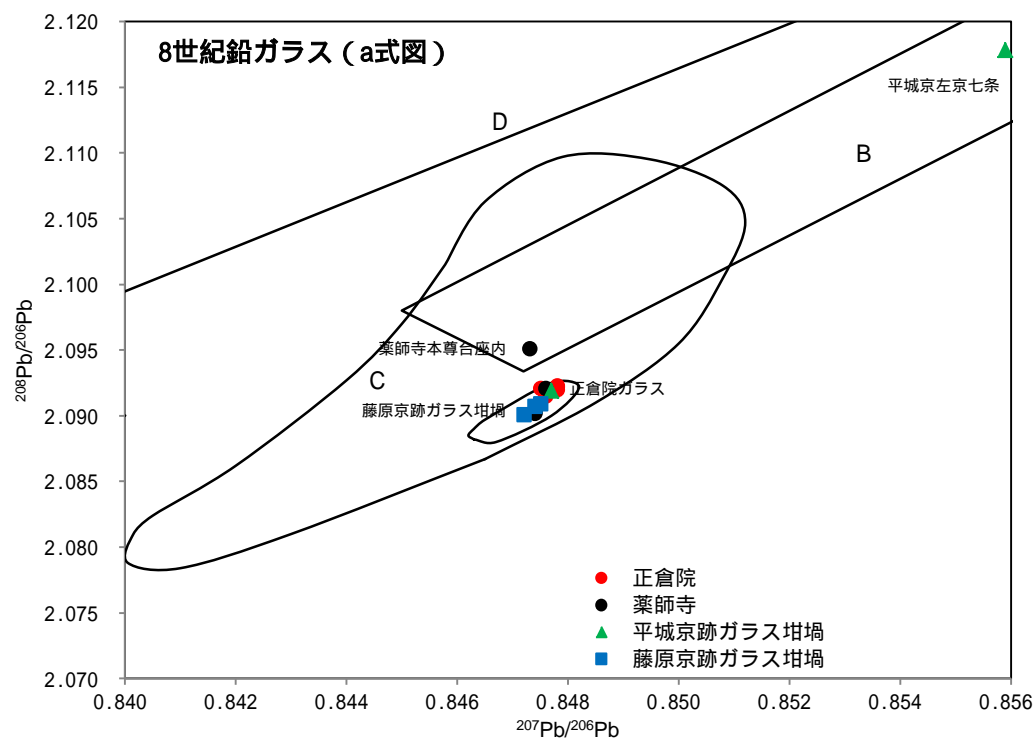


図 4-1-6 C領域周辺の拡大図

4-2 窯跡およびガラス生産関連遺跡出土資料

(8世紀末から12世紀頃の生産)

消費地遺跡ではなく生産地遺跡(窯跡)からの出土資料は、当時の生産と流通を押さえる上で重要である。都城周辺では緑釉陶器の窯跡が検出しておらず、飛鳥池遺跡を除くと瓦窯や素地生産など非常にわずかな痕跡が出土しているのみである。そこで、都城周辺以外で早くから緑釉陶器生産が開始された尾張猿投窯における生産体制について、従来いわれているような中央による一元管理体制下にあったのかどうか、原材料の化学的特徴から検討をおこなった。さらに平安時代末の博多遺跡群は、時期は下るものの明らかにカリウム鉛ガラスの生産に関連する遺跡である。鉛ケイ酸塩の新しい素材の出現時に、どのように原材料を供給し、国内での生産をおこなっていたのかを検討した。

4-2-1 鉛ガラスとカリウム鉛ガラスの出現

まず8世紀末以降の鉛ガラス資料の分析結果についてまとめる。鉛ガラスについては、カリウム鉛ガラス以前の生産体制は明確ではなく、また資料数、分析事例ともに多くはない。既報告の鉛同位体比分析結果(山崎ら;1993a, 1993b, 1995a, 1995b, 1996a, 1996b, 1996c)を図4-2-1に示す。北九州地方の遺跡が多いため、この結果から国内全体でのガラス生産を検討することは難しいが、少なくともこの地方では、対州鉱山の範囲に多くの資料が分布している。また中国華中～華南産領域に分布する資料もみられるため、中国産の鉛原料、鉛ガラス素材が使用されていることがわかる。国内でカリウム鉛ガラスが初めて確認できる事例は、京都府清涼寺釈迦如来立像内納入品(985年銘)であるが、このガラス製品の鉛同位体比は、中国華中～華南産領域に分布すると報告されている(山崎;1987)。したがって10世紀後半には中国でカリウム鉛ガラスの生産がおこなわれていたことになる。カリウム鉛ガラスは、11世紀中頃の平等院本尊阿弥陀如来坐像台座華盤納入品でも確認されている(白瀧ら;2011)。さらに福岡県博多遺跡群からは、カリウム鉛ガラスが付着した埴塼が出土している。

博多遺跡群出土埴塼付着カリウム鉛ガラスの分析によって得られる、所属時期に対応した結果は以下の通りである。まず、11世紀から12世紀前半までは朝鮮半島産・対州鉱山産、およびそれらが混合された可能性を含む、複数の産地の鉛が使用されていたことがわかっている。国内では、11世紀から12世紀前半にはカリウム鉛ガラスの二次生産が開始されていた。12世紀後半以降は、一次生産関連遺物は検出されていないが、鉛同位体比からみて対州鉱山産の原料のみによる生産へと収斂していることから、この時期になると国内においてカリウム鉛ガラスの一次生産がおこなわれていた可能性が高い。

平安時代に比定されるガラス資料は、地域に偏りがあるため、より広い地域の分析調査が必要であると考えるが、少なくとも北九州では鉛ガラス・カリウム鉛ガラスの生産に、対州鉱山の鉛原料が一般的に用いられていたと考えられ、これは8世紀の鉛ガラス、鉛釉陶器とは明らかに異なっている。

以上からみると、新しい材料が導入されるにあたって、まずはじめは外国産原料にわずかな国内産原料を混ぜたもので始まったが、すぐに国内産原料を主とするものへと変わっていったことわかる。これは、飛鳥池遺跡における 7 世紀の緑釉陶器の生産時にも、同様の傾向がみられる。古代の技術移転の実態を考える上で興味深い事例である。唐三彩を模倣して生産が始まった、初現期の奈良三彩には、このような外国産原料から国内産原料への移行段階がみられない。

これは、唐三彩が、まったく新たに導入された陶器というよりも、多彩釉のような、新しい彩色の表現の導入を目指していたためであろう。前述したように、この表現方法のために必要であった白色胎土は、8 世紀初頭までに散見される、国内で継承されてきた白色胎土の焼成技術を適用したものであって、新しい手法として唐三彩の胎土焼成技術が導入されたわけではないと考える。もしくは、唐三彩の焼成技術の移転が必ずしも成功しなかったのかもしれない。奈良時代前半の施釉瓦は、酸化アルミニウム含有量が多いという点で唐三彩の胎土と類似する。これが唐三彩の粘土を意識していたものとする、施釉瓦の酸化鉄含有量が多いのは、水簸の技術が異なっていたためかも知れない(清水;2002)。

4-2-2 緑釉陶器の窯跡出土資料

鉛釉陶器の生産に関わる窯跡は、8 世紀のものはいまだ見つかっていないが、9 世紀以降は、各地で緑釉を生産した窯跡が検出されている。9 世紀初頭から緑釉陶器の生産を開始していた地域は、山城国洛北、摂津、尾張である。平安宮所用瓦を生産した洛北地域、摂津は官窯であると考えられている。本節では、平安京周辺以外での生産が早くからおこなわれた窯跡のひとつである尾張猿投地域の窯跡出土資料を検討し、8 世紀の出土資料と鉛原料および胎土の相違について検討する。さらにその後、各地に拡大する生産地について、地域や時期差による相違などについて同様に検討をおこなっていく。

平安時代初期以降の緑釉陶器の特徴は、胎土がこれまでの奈良三彩とは異なる資料が多くなる点である。奈良三彩や唐三彩は、白色の胎土に多彩釉・透明釉を使用しているため、胎土色で白色を表現している。しかし、緑釉陶器では、越州窯などの中国陶磁である青磁に近づけるため、釉色は単彩の緑色釉のみとなり、胎土が白色である必要性はなくなり、また胎土も硬質のものが主流となる。これは 8 世紀の奈良三彩の胎土、焼成技術とは大きな違いである。しかし従来の軟質の白色胎土も、全くなかったわけではなく、数は少ないものの存在している。

まず釉薬の原材料について検討する。既報告の分析結果(齋藤ら;2002, 齋藤;2012)と本論文の成果を合わせた窯跡出土資料の鉛同位体比を図 4-2-2 に示す。資料の多くは集中領域(グループ)に分布し、しかもグループ の中心部分に集中している。窯跡出土資料からみると、一貫して同じ鉛原料を使用していることがうかがえ、鉛原料の供給には大きな変化がないことが結論付けられた。グループ 内での分布をみると、猿投窯資料は、グループ の範囲の下限付近に多く分布し、一乗院跡出土資料と類似している。同じ原料

が長期間にわたって使用されるということは、緑釉に使用された鉛原料の供給元や流通体制が変わっていないといえる。しかし着色料である銅を主成分とする緑色顔料は、亜鉛の含有の有無により 2 種類が使用されていることから、同じ釉薬の原材料であっても、鉛原料と緑色顔料の供給は別々におこなわれていたということになる。

緑釉陶器の窯跡から鉛ガラス質が内面に付着している埴塼の出土例が、洛西の石作窯や大谷 3 号窯などいくつかある。これらは、釉薬を原料のまま泥漿に混合して使用するのではなく、埴塼内でいったん溶融し、ガラスフリットとしてから、釉薬として使用している。窯元ですべての釉薬用フリットを溶融していたとすると、釉薬の原料である珪石や長石類もしくは粘土と緑色顔料を混合して釉薬のガラスフリットを作っていたことになる。それらの原材料のうち、少なくとも鉛原料は 8 世紀と同じ流通体制にあるものが供給されている。また、大谷 3 号窯でみられる濃黄釉と緑釉とを作り分けるためには、一元管理された透明釉のフリットが供給され、窯元で、希望する色調の顔料を追加して埴塼内で溶融したとも考えられる。なお、大谷 3 号窯出土資料からは、釉に亜鉛を含む資料が検出されているが、報告書では埴塼の化学組成に亜鉛が記載されていないため、この埴塼の中で亜鉛を含む緑色顔料は用いられなかったようである。

国内産の範囲でグループ 以外に分布する資料も数点確認できる。9 世紀末の篠窯大谷 3 号窯出土資料、10 世紀の近江産である春日北遺跡出土資料および東海産の二川窯と考えられている大沢 A-2 号窯跡出土資料である。9 世紀後半～10 世紀中頃の小塩窯跡出土資料は、朝鮮半島産の鉛に近い鉛同位体比を示している。薬師寺基壇出土ガラスや坂田寺跡出土鉛釉陶器と同じ範囲に分布する資料もあるが、時期差として 200 年の隔たりがあることから、奈良時代の鉛ガラス玉や平安時代の対州鉾山産鉛ガラスの再利用や混合などが考えられる。集中領域以外の鉛原料は、10 世紀頃になると各地で散見されるようになる。このような現象が、鉛原料の供給が不安定である場合に生じるとすると、長登鉾山や蔵目喜鉾山の操業の衰退や原料採取量の減少（齋藤ら；2002）を示す傍証となる。

また一方で釉の鉛原料の差は、一元管理体制、つまり中央からの原材料の支給の変化を示しているとみられる。一元的に生産が管理されているとすると、同一時期の產品には同じ原材料が使用される可能性が高くなる。グループ 以外に分布する資料は点数が少ないことから、一元管理体制下において支給された原料とは考えにくい。律令体制が崩壊し、国司層によって、中央へ納入する製品以外にも生産や流通が行われていたとすれば、それらの資料が検出されたともみることができる。これには、国衙・院宮王臣家の関与（尾野；2002a）などの影響も考えられるであろう。

胎土の焼成技術からみると、須恵器窯や瓦窯の一部で緑釉の生産がおこなわれるなど、鉛釉陶器専用ではなく併焼が多い傾向が認められる。須恵器窯の場合、胎土の焼成温度は、従来の鉛釉陶器でみられる約 1000 以下ではなく、須恵器と同様の 1100 以上の資料が多く、また二度焼きであることは明らかである。猿投窯でも、陶器の焼成温度は 1000 以上と高く、奈良三彩とは異なっている。胎土色調は黄灰色が多く、化学組成は酸化アルミニ

ウム含有量 25wt%以下で、酸化鉄含有量約 2～3wt%とばらつきが少ない。ただし、9 世紀末に比定される大谷 3 号窯の黄白色胎土は 1000 以下と低い焼成温度で、胎土の化学組成も奈良三彩に近いなど、時期差というよりも窯によって異なる傾向がある。

鉛釉陶器は、常時生産しているわけではなく。受注生産の方式が増加していったと考えられている（尾野;2013）。釉薬の原材料の鉛同位体比が数点を除いてグループ に集中しているのに対し、胎土の化学組成は須恵器のものと類似してばらつきの大きいものが多い。これは、釉薬は一元管理されたものが供給されているのに対して、胎土には在地の粘土を利用していたためであろう。また、11 世紀まで下る可能性が考えられる近江産の緑釉陶器の、生産の最末期と考えられる資料の鉛同位体比が同じくグループ 内に分布することから（大阪大学大学院考古学研究室;2012）、緑釉陶器の生産には、基本的に、グループ の鉛原料が、長期にわたって供給されていることがわかる。ただし、10 世紀以降にはグループ 以外の鉛原料も散見され、対州鉱山の鉛原料と混合していると思われる場合もある。

博多遺跡群のカリウム鉛ガラスは、11 世紀後半から 12 世紀前半には、グループ 以外の複数産地の鉛原料で生産されている。また、緑釉陶器でも、11～12 世紀に比定される緑釉土塔は、対州鉱山の鉛原料が用いられている（大阪大学大学院考古学研究室;2012）。これらの事例をみると、11 世紀から 12 世紀にかけて鉛原料の供給元に変化が生じたことが推測できる。

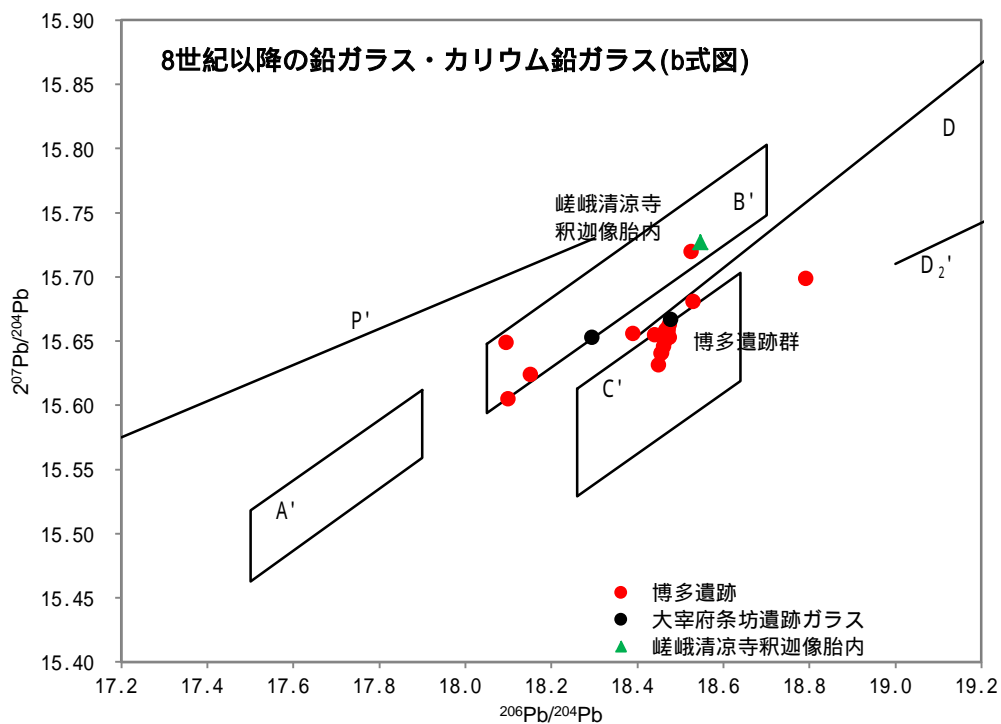
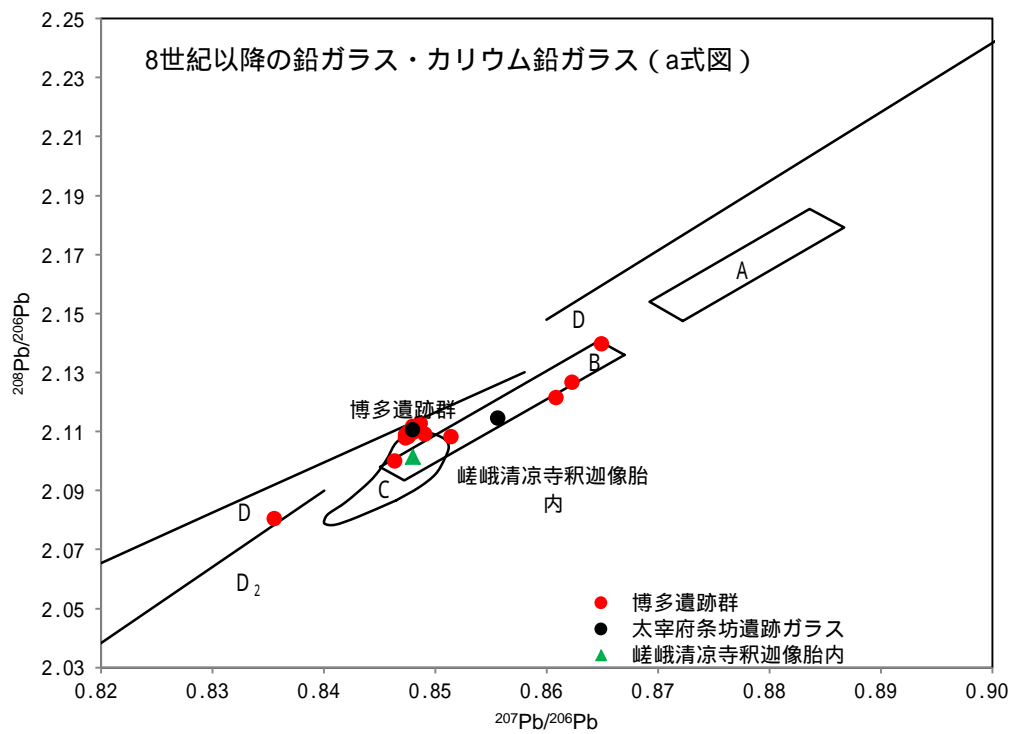


図 4-2-1 8 世紀末から 12 世紀頃の鉛ガラスの鉛釉陶器の鉛同位体比

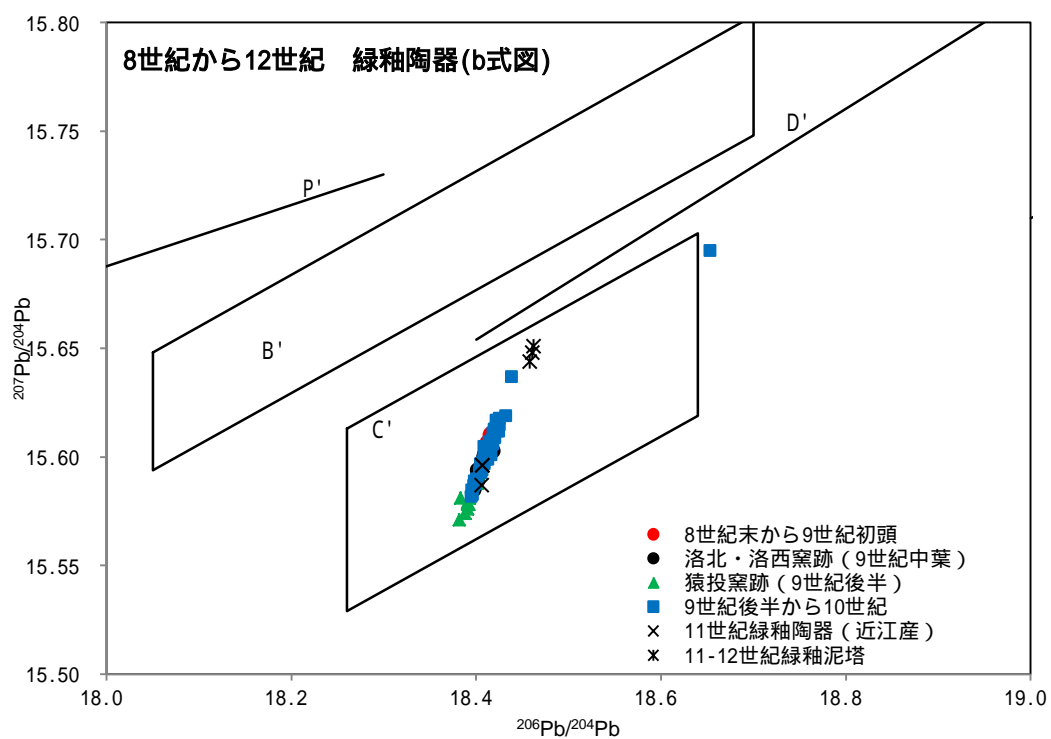
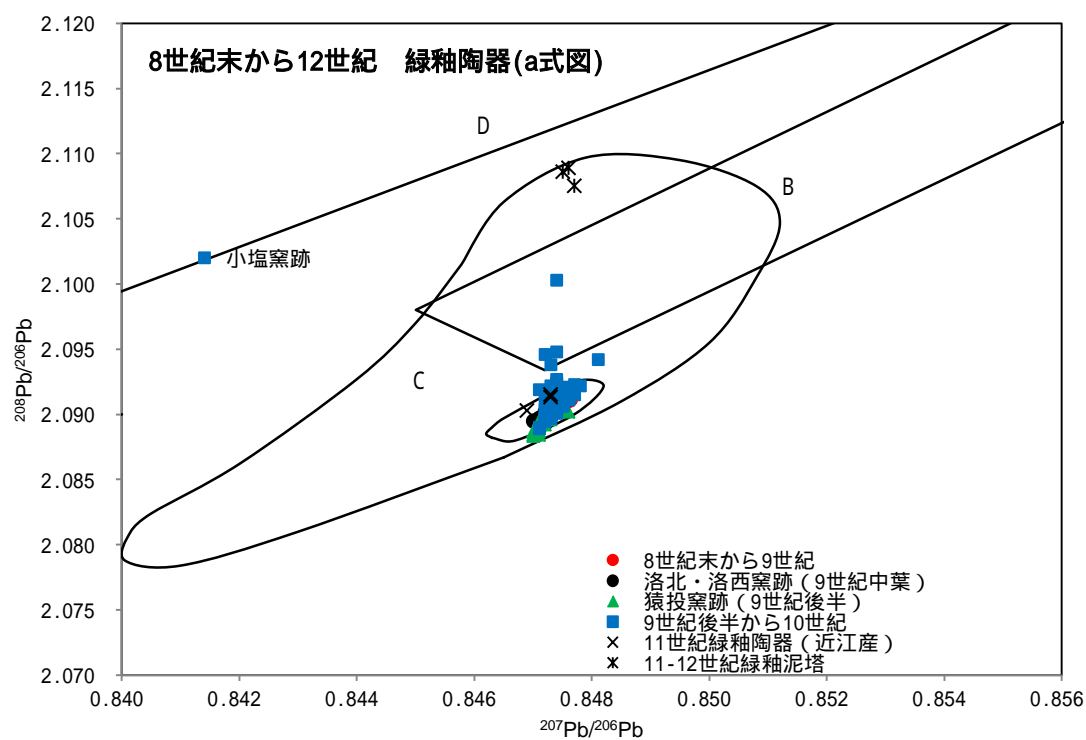


図 4-2-2 8 世紀末から 12 世紀頃の鉛釉陶器の鉛同位体比(上;a 式図、下;b 式図)

4-3 東アジアの中での日本の鉛釉陶器の特徴

7世紀には鉛ガラス・鉛釉陶器の出土例が多くなるが、これらは朝鮮半島産の鉛原料が多く用いられている。8世紀には朝鮮半島産はほとんど見られず、国内産のほかには中国華中～華南産の鉛原料が検出される。ここまでは、日本で出土した鉛釉陶器について考察してきたが、本節では、比較のために、中国の中原や渤海地域から出土した資料を取り上げる。中国中原の窯跡から出土した資料については、奈良三彩との相違を検討する。またロシアのクラスキノ土城から出土した資料については、坂田寺跡出土資料の一部が考古学的な所見から渤海産といわれていることから、渤海地域の遺跡から出土した資料の特徴と比較検討をおこない、渤海産であるかどうかの可能性について述べる。

4-3-1 中原産唐三彩の窯跡出土資料と奈良三彩

中国で最古の唐三彩の容器類は、陝西省鄭仁泰墓出土品（664）といわれている。哀皇后陵（676）出土資料のなかには、胎土色が淡赤褐色の三彩陶器もあり、初期には化粧土のないもの、胎土が白色ではないものも若干は存在している。

朝鮮半島では百済の錦城山廃寺や東南里廃寺、弥勒寺跡、新羅の月城路1号墳、慶州北方の法光寺などから緑釉陶器・施釉磚が出土しているものの、それらは三彩陶器ではない。したがって、日本への伝来経路として考えられるのは、7世紀の朝鮮半島では三彩陶器出土例が少ないこと、日本国内で主に出土する朝鮮半島産の資料も鉛釉陶器（三彩ではない）・鉛原料であることから、唐三彩は朝鮮半島をいったん経由してというよりも、8世紀初頭の遣唐使再開以降に中国から直接伝来したのではないかと考える。この時期の唐三彩の生産地は、河南省鞏義黄冶、同白河窯、陝西省輝県銅川黄堡窯、同長安醴泉坊窯跡、河北省内丘刑窯などが挙げられる。本研究では、これらのひとつである河南省鞏義黄冶窯、白河窯跡出土資料と奈良三彩とを比較した。

8世紀に比定される資料の鉛同位体比についてみると、奈良三彩の特徴である低火度焼成された胎土を持つ器体では、釉薬に中国産の鉛原料が用いられている事例は、現状では報告されていない。

本論文の第3章9節に示した窯跡出土資料の胎土の化学組成から、これらの唐三彩は酸化アルミニウム含有量が25wt%～32wt%であり、約25wt%以下の奈良三彩よりも多いという特徴をもつことがわかる。さらに酸化鉄含有量は唐三彩のほうが少なく、白色胎土では約1.5wt%以下であった。本論文資料と既報告資料の胎土分析結果を図4-3-1に示す。北宋代の資料になると、酸化アルミニウム含有量は奈良三彩と同様な値であるが、酸化鉄含有量は増加する傾向があるといえそうである。また、石英のほかに耐火粘土が検出される資料もあるが、これは奈良三彩では未だ確認されていない。胎土からみると、中原産の唐三彩よりも、飛鳥池遺跡から出土した、白色胎土・百済産鉛原料の資料のほうが奈良三彩と類似している。

焼成温度は、唐三彩では、胎土中の鉍物にムライトを検出し、約 1100 以上の二度焼成であり、従来の報告と矛盾しない。これに対して奈良三彩では、ムライトを検出せず、長石類が残存している資料がほとんどである。このため焼成温度は約 1000 以下、もしくは 1000 を少し超える程度の温度であり、焼成技術も異なる。

このように、奈良三彩は当初より国内産鉛原料を使用し、また胎土粘土の化学組成、焼成温度も唐三彩とは異なっている。前述したように、色彩の表現方法は模倣したが、新しい焼成技術の導入は認められない。これは唐三彩の焼成技術の移転は、必ずしも成功しなかった、もしくは必要なかったということを示しているのかもしれない。しかし、三彩釉を施す技法からみて、8 世紀初頭までには、白色胎土の焼成をおこなっていた工人集団との係わり、技術移転などがあったとみられる。

4-3-2 渤海地域出土資料との比較

最後に坂田寺跡出土資料について検討する。これらは考古学的な見解から渤海産の可能性が指摘されているが、前章の鉛同位体比分析結果から釉薬の原材料が国内産領域に分布することがわかった。比較対照資料が出土した渤海地域では、8 世紀から 10 世紀に三彩陶器を生産していたといわれているが、窯跡などの生産遺跡はみつかっていない。これまでの化学的な分析結果も少なく、比較検討に十分なデータがなかった。さらに渤海産の三彩と奈良三彩の間で、焼成温度や胎土色などに顕著な差が見いだせていなかったため、それらを判断基準として坂田寺跡出土資料に対して判定を下すこともできなかった。

本論文では、渤海地域から出土した鉛釉陶器資料を分析し、坂田寺跡出土資料と比較をおこなった。分析した渤海地域の資料は、9 世紀前半から 10 世紀前半のものである。坂田寺跡の時期は 8 世紀から 10 世紀とされているが、坂田寺跡出土資料を奈良三彩として 8 世紀に比定するのであれば、時期差が生じることに注意が必要である。

この坂田寺跡出土資料を分析した結果、釉薬の鉛同位体比が C 領域に分布することがわかった。(図 4-3-2) そこで、渤海地域から出土した資料の釉薬に対して鉛同位体比分析を行い、C 領域に分布する資料があるかどうかを調べることによって、これが日本産であるのかどうかの可否を検証することにした。

鉛同位体比の値は、どちらも C 領域内には含まれているが、8 世紀の奈良三彩や 9 世紀以降の緑釉陶器が集中するグループとは異なっている。さらに渤海地域出土資料と坂田寺跡出土資料の鉛同位体比は、C 領域のなかでも異なる位置に分布しているため、同じ鉛原料ではない。

胎土の化学組成では、9 世紀前半の No.5、時期不明の No.11 では奈良三彩との違いがみられず、坂田寺跡出土 No.8、16 と類似する値を示す(図 4-3-3)。9 世紀後半資料は、酸化アルミニウム含有量が 30wt%以上となり、これらは奈良三彩資料にはみられず、渤海地域資料に特徴的な数値である。また、どちらかといえば、宋三彩や遼三彩などと類似している。坂田寺跡出土資料のうち、No.9、10、11、13 は酸化アルミニウム含有量が多いが、25～30wt%

であり、渤海地域の資料とは異なる。むしろ奈良時代の施釉瓦資料や国産陶枕資料にみられる値と類似している。

以上のように、坂田寺跡出土資料の胎土は、奈良三彩もしくは奈良時代の施釉瓦等と矛盾しない値を示し、さらに鉛同位体比値は、グループ の範囲ではないが、日本産原料の範囲内にあり、渤海産地域出土資料とは異なる数値を示している。したがって、資料そのものの生産も日本の中で行われたと考えてよい。渤海地域から出土した資料の化学的特徴については第3章 9 節で述べたが、釉薬の鉛原料は複数の産地のものが使用されている（図 4-3-4）。渤海地域出土資料の一部で、鉛同位体比が日本産領域に分布することの背景を考えるためには、渤海地域から出土する坩堝や金属滓など生産関連遺物の調査の蓄積が必要である。今回の結果のみで渤海三彩に関する結論を得ることは困難であるが、データの蓄積という意味では重要な結果である。

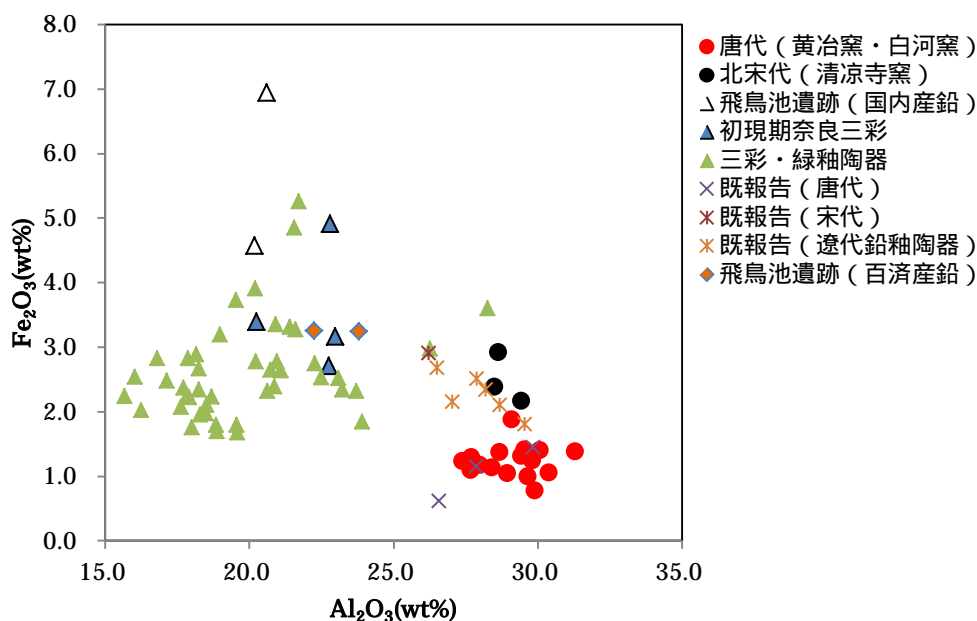


図 4-3-1 酸化アルミニウム含有量と酸化鉄含有量による比較

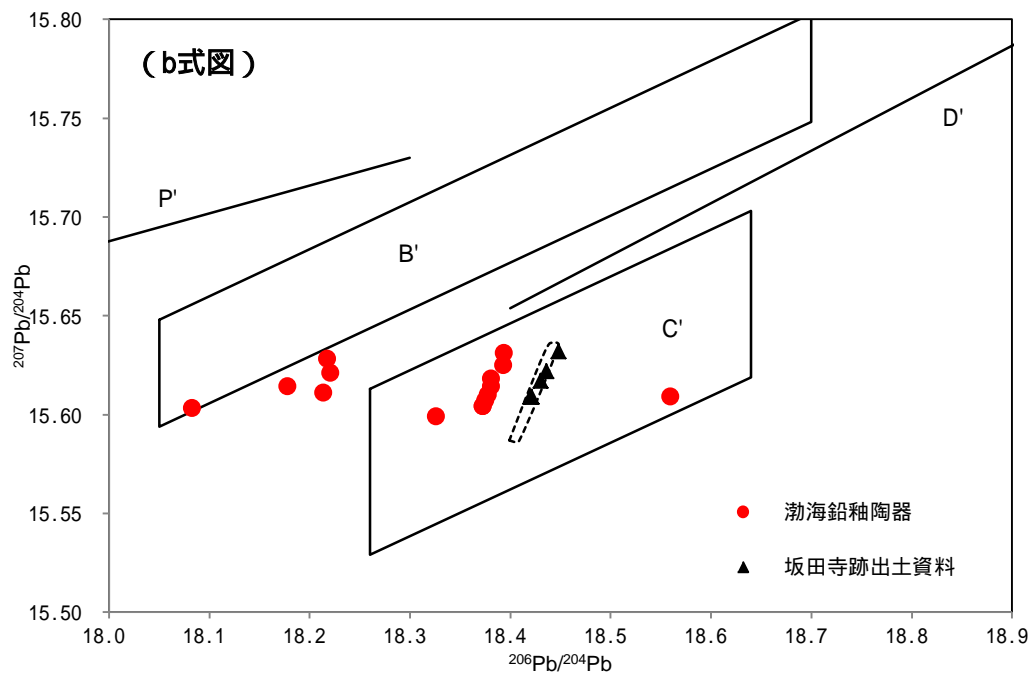
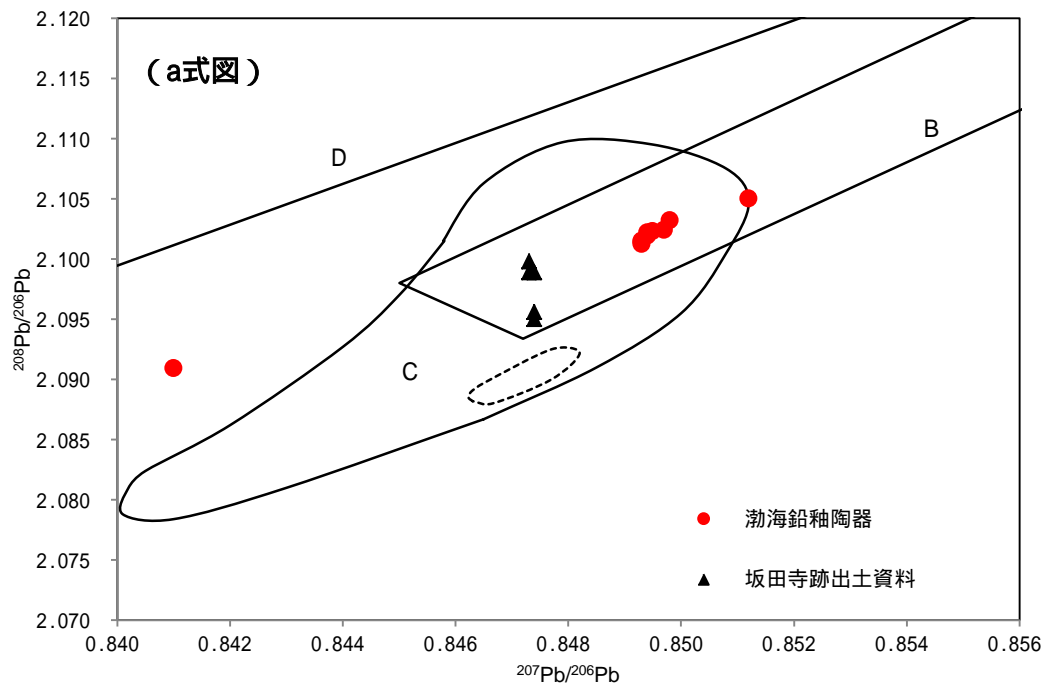


図 4-3-2 坂田寺跡出土資料・渤海地域出土資料の鉛同位体比(上;a式図、下;b式図)

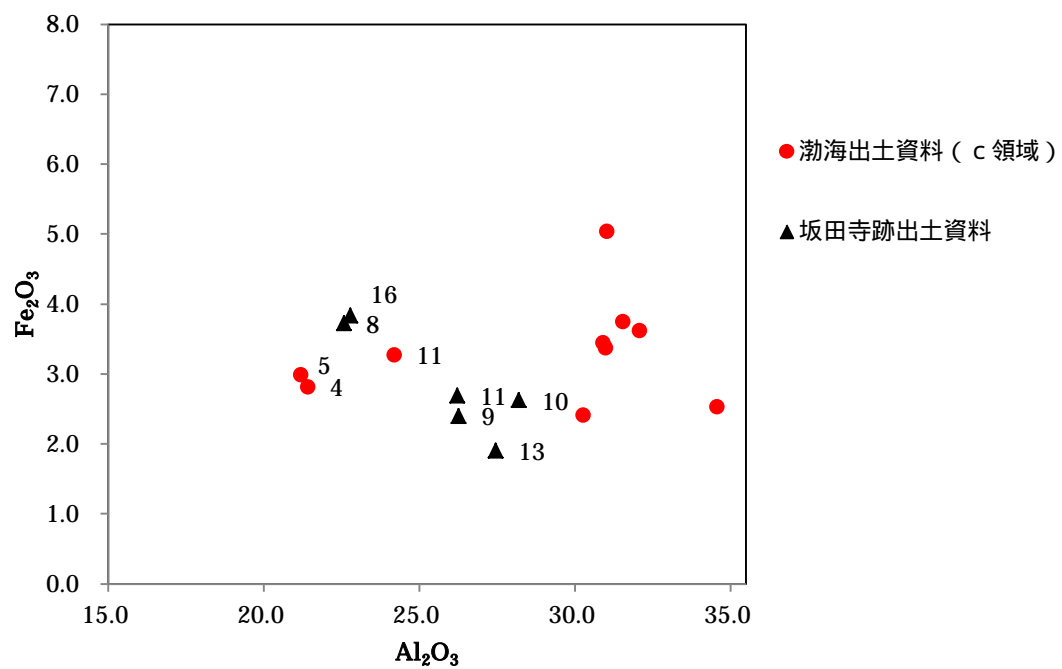


図 4-3-3 坂田寺跡出土資料と渤海地域出土資料の比較

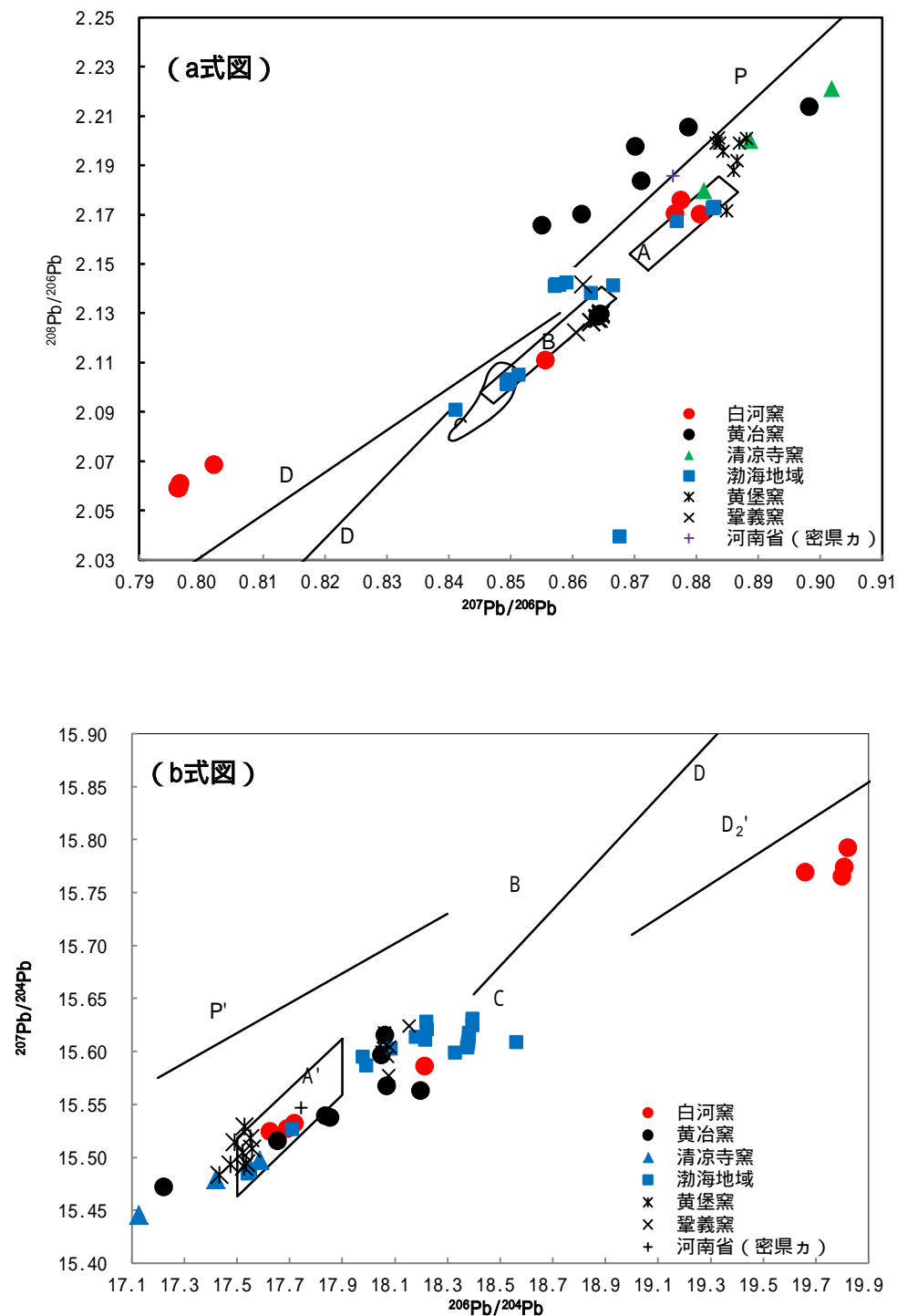


図 4-3-4 唐三彩窯跡・渤海地域出土鉛釉陶器の鉛同位体比(上;a式図、下;b式図)

第5章 総括

本論文の目的は、自然科学的な手法を用いて、日本における鉛釉陶器、鉛ガラス、カリウム鉛ガラスを用いた製品の国産化（一次生産）に関わる製作技術や原料の供給体制を明らかにしていくことである。鉛ガラスの画期は11世紀頃に出現するカリウム鉛ガラスにあり、また鉛釉陶器の釉調には、7世紀中頃から後半の単彩釉陶器の出現、8世紀前半の多彩釉陶器（奈良三彩）の出現、8世紀末以降の単彩釉（緑釉陶器）という変遷がみられる。本論文では、こうした一連の流れの中で、釉薬・鉛ガラスの製作技術はどのように変化し、または継承されていったのかを明らかにするために、資料から得られた考古学的な知見に、胎土・釉薬の化学組成、胎土の推定焼成温度、および釉薬の鉛同位体比などの分析結果を加えることによって、鉛釉陶器・鉛ガラスなどの国産化に向けた生産体制について検討をおこなった。研究対象とした資料は、日本国内にある国産化初期の生産関連遺跡や窯跡からの出土資料、消費地遺跡出土資料、これらと比較対照するための中国中原産の唐三彩窯跡資料および渤海地域出土鉛釉陶器である。

はじめに、これまで詳細な自然科学分析の事例がなかった、奈良三彩以前の単彩陶器（7世紀）を取り上げた。特に生産関連遺跡として、7世紀後半から8世紀初頭に比定される飛鳥池遺跡の出土資料に着目し、周辺遺跡から出土した同時期の鉛釉陶器も併せて調査することによって、飛鳥池遺跡での一次生産の可能性と、どの地域からの影響が強く及んでいるかということについて検討をおこなった。これまでの調査によって、飛鳥池遺跡で鉛ガラスの一次生産がおこなわれていたことは、すでに明らかになっている。いっぽう、鉛釉陶器については、淡緑～白色粉末を呈する釉薬が付着した生焼けと考えられる陶器片の出土事例はあるものの、瓦窯以外の窯跡が検出されていないことから、その一次生産の有無に疑問の声もあった。しかし、本研究で鉛同位体比分析をおこなった結果、生焼けと考えられる資料から日本産（C領域）の鉛原料を確認することができ、飛鳥池遺跡において鉛釉陶器生産もおこなわれていたことが自然科学的に裏付けられた。本研究で対象とした資料のうち、最も古い資料群に属する新羅系の型式を持つものは朝鮮半島系遺物領域（D領域）に、飛鳥池遺跡の最下層から出土した資料が百済産領域（P領域）に分布した。これらは国内産の鉛原料が用いられる以前の鉛釉陶器であるが、中国産の原料は検出されなかった。以上の点からみて、7世紀における鉛釉陶器の国産化にあたって、朝鮮半島系の技術や原料の移入が大きな影響を与えていたことが、自然科学的な側面からも示唆された。

次に、単彩陶器から奈良三彩へ変遷する過程を調べた。その際、第一段階として、考古学的な所見からは唐三彩か初現期の奈良三彩かの識別が困難な資料について、自然科学的な手法によって判定を試み、以下の結論を得た。すなわち、産地不明資料を含む複数の鉛釉陶器は、分析の結果、日本産（C領域）の鉛原料が使用されており、胎土の酸化鉄含有量が多く、かつ推定焼成温度が約1000℃以下と低い資料が含まれていたため、唐三彩とは原

料の特徴、生産技術ともに明らかに異なることから、奈良三彩であると判断された。これらの資料を分析した結果に基づき、9世紀以降の各生産地（窯跡）における操業時期による差異や、消費地（都城・寺院、その他地域など）資料との比較をおこなった。その際、胎土の上に鉛釉を掛けるという鉛釉陶器との類似性から、施釉された磚を含む瓦と土器を対照資料として取り上げた。分析の結果、一部資料を除き、種類や時代によらず鉛同位体比は長登・蔵目喜鉦山産と推定される集中領域（グループ ）内に分布するという、従来と同様の結果が得られたが、詳細にみると、その中でもさらに集中度の高い資料群があることがわかった。これは短期間に生産された資料群を示していると考えられ、たとえば寺院ごとの生産の解明につながっていく可能性がある。いっぽう、グループ 以外の箇所に分布する資料は、国内産の範囲内で数点ずつまとまっていることから、ガラス製品の再利用や他産地原料との混合、短期間のみ供給された原料の可能性が考えられる。これまでは、限定された産地の鉛原料を用いた 1ヶ所での集中的な生産が想定されていたが、本研究の結果によれば、それとは異なる産地から緑釉の原料として供給された鉛があったとみられ、短期的に生産体制が複数であったことが示唆された。また緑釉の緑色顔料として使用されている銅にも、亜鉛の有無によって少なくとも二種類あることが明らかとなった。亜鉛を含む緑色顔料は中国中原産の唐三彩、渤海地域出土資料、7世紀以降の鉛釉陶器、さらに絵画資料などでも確認できることから、東アジアにおいて、少なくとも7世紀から10世紀にかけては流通しており、それが緑釉の着色材としても利用されたといつてよい。

11世紀に新たに出現するカリウム鉛ガラスについては、鉛原料の流通の相違を、緑釉陶器と比較した。カリウム鉛ガラスの工房跡が出土されている博多遺跡群（11世紀後半から13世紀頃）出土埴塼資料を主な調査対象とし、埴塼の所属時期による原料供給の違いについて考察した。分析の結果、前期の埴塼資料群からは朝鮮半島産の鉛をはじめ複数産地の鉛原料が確認され、中期以降の埴塼からは日本産の鉛原料、それも対州鉦山産の鉛原料のみが認められた。8世紀から10世紀の鉛原料の産地が長登・蔵目喜鉦山にほぼ集中していたのに対し、博多遺跡群のカリウム鉛ガラスはそれとは異なる生産体制であったということが出来る。当該期の青銅製品は中国産の鉛同位体比を示す資料が多く、その要因として長登鉦山の操業停止など国内産の銅の不足と中国からの宋銭の輸入が指摘されている。しかし、カリウム鉛ガラスには国内産の鉛原料が継続して使用されていることから、銅と鉛は、原料として異なる供給体制によって調達されていたといつてよい。

8世紀の鉛釉陶器との比較対照のため、中国産資料のうち、唐三彩と渤海地域出土資料も同様の手法で調査した。唐三彩については、奈良三彩の生産に与えた影響の可能性を検討した。また、従来は考古学的な所見から8世紀から10世紀に渤海地域で生産されたといわれてきた坂田寺跡出土資料が、本研究における釉薬の鉛同位体比測定によって日本産（C領域）の範囲内に分布することがわかった。この結果との比較をおこなうため、渤海地域から出土した資料についても同様にデータを取り、新たに検討をおこなった。分析の結果、唐三彩は、生産技術・原料の化学的特徴とも、奈良三彩・渤海産鉛釉陶器とは異なってい

ることがわかった。渤海地域出土資料の鉛同位体比は、中国華北産（A領域）・華南産（B領域）を含む複数産地の値を示し、さらに日本産（C領域）に分布する資料も認められるなど、原料が広い範囲で流通していたことを示した。ただし、渤海地域出土資料の一部で鉛同位体比が日本産領域に分布することの背景を考えるためには、渤海地域から出土する埴埴や金属滓など生産関連遺物の調査の蓄積が必要である。なお、坂田寺跡出土資料は日本産原料の範囲内にあるが、渤海産地域出土資料とは異なる数値を示すことから、資料そのものの生産も日本の中で行われたと考えられる。

本論文では、いままで化学的特徴が調査されていなかった資料、特に7世紀の鉛釉陶器、初期奈良三彩、初期カリウム鉛ガラス、渤海地域の鉛釉陶器などについて、胎土・釉薬の化学組成、胎土の推定焼成温度、釉薬の鉛同位体比を明らかにし、考古学的な所見と併せて検討した。その結果、原料の流通と製作技術の伝播を解明するために必要な知見を得ることができた。

謝辞

本論文を執筆するにあたり、総合研究大学院大学文化科学研究科日本歴史研究専攻（国立歴史民俗博物館）の齋藤努教授、村木二郎准教授には、研究上の適切なご教示を賜り、本論文構想などの各方面に渡って、多大なご指導を仰いでまいりました。お二方をはじめとする日本歴史研究専攻および国立歴史民俗博物館の諸先生方に御礼申し上げます。

京都橘大学の巽淳一郎教授、大阪大学の高橋照彦准教授には、さまざまなご指導を賜りました。奈良文化財研究所の松村恵司所長、玉田芳英副部長、尾野善裕室長、高妻洋成室長、清野孝之室長、今井晃樹主任研究員、神野恵主任研究員、庄田慎也研究員、中村亜希子特別研究員をはじめとする先輩・同僚の皆様には日頃より多くのご教示をいただいてまいりました。

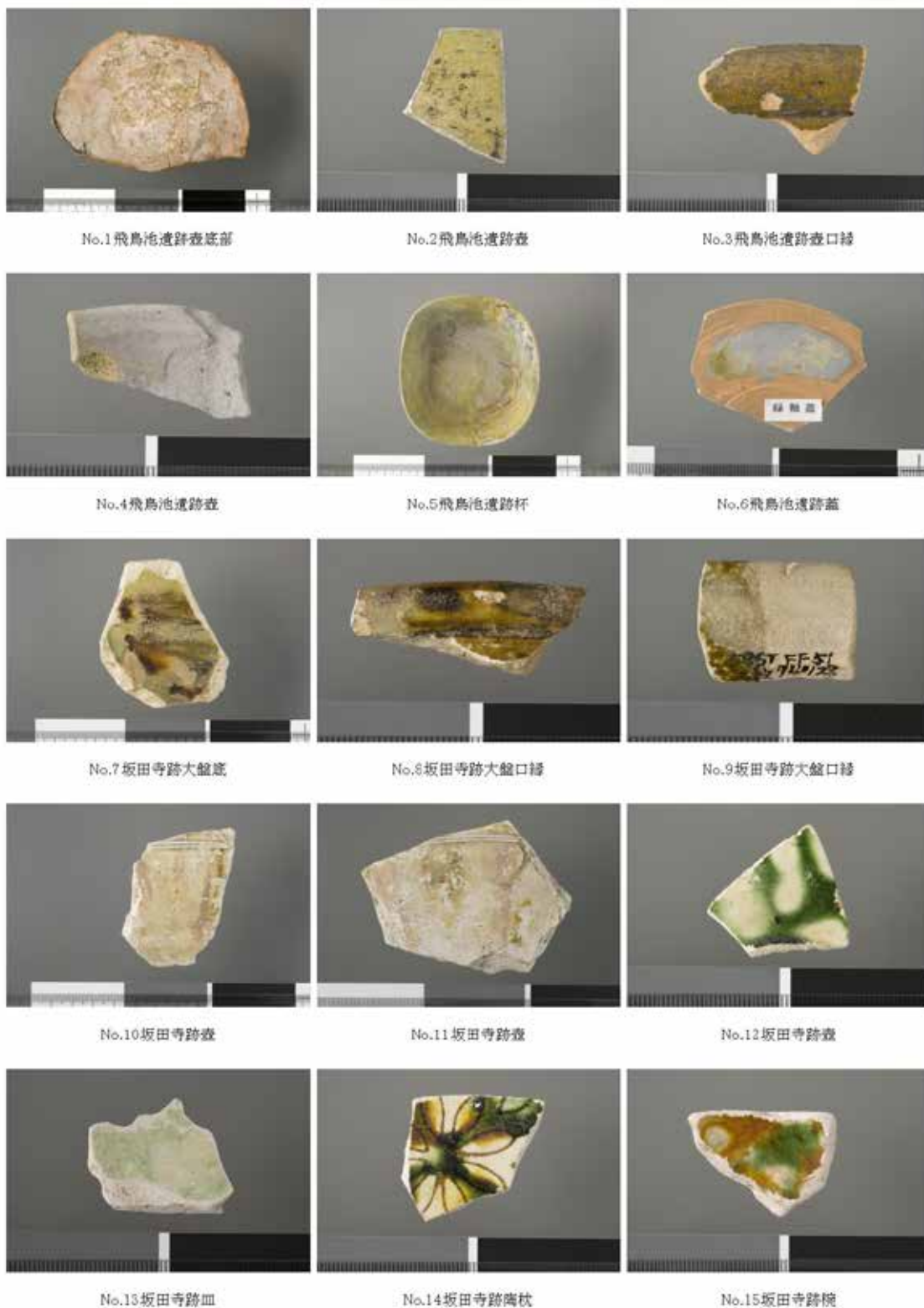
また次の諸先生、諸先輩の方々、および機関の皆様には、様々なご教示や資料提供等を賜りました。記して感謝申し上げます。

（個人）

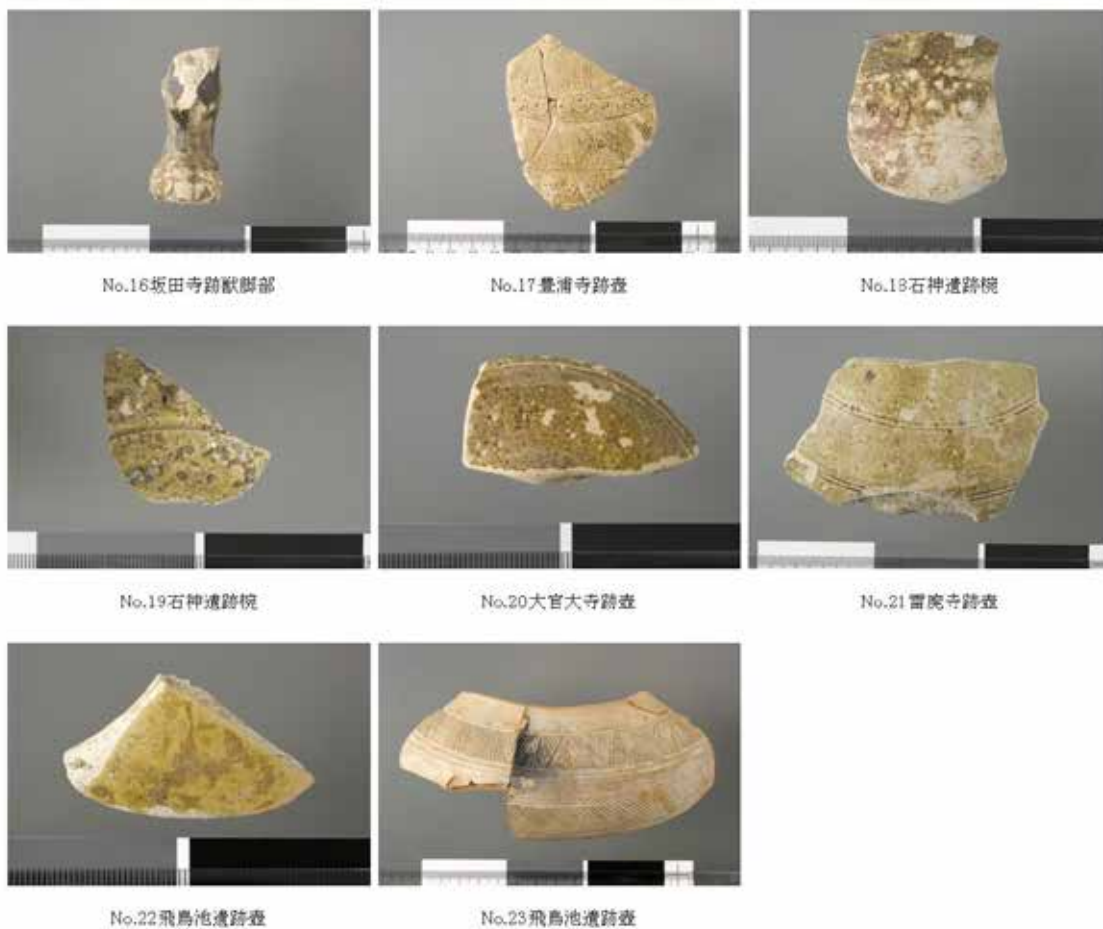
池谷信之氏、池谷初恵氏、池田善文氏、井上曉子氏、井上喜久男氏、木村理恵氏、肥塚隆保氏、小泉寛氏、小嶋芳孝氏、田村哲氏、中井泉氏、比佐洋一郎氏、平尾良光氏、Evgeniya Gelman 氏、Kim GyuHo 氏（50 音順、敬称略）

（機関）

明日香村教育委員会、飛鳥資料館、伊豆の国市観光文化財部文化振興課、印旛郡市文化財センター、大山崎町教育委員会、河南省文物考古研究院、京丹後市教育委会、京丹後市埋蔵文化財センター、高輝度光科学研究センター（JASRI ; BL08W, No. 2011B1460）、佐倉市教育委員会、滋賀県教育委員会、滋賀県文化財保護協会、（株）住友金属テクノロジー、太宰府市教育委員会、鳥取市教育委員会、豊橋市教育委員会、名古屋市博物館、（株）日本板硝子テクノロジー、沼津市文化財センター、福岡市教育委員会、福岡市埋蔵文化財センター、防府市教育委員会、三島市教育委員会、宗像市教育委員会、宗像市市民活動推進課、㈱リガク大阪分析センター、ロシア極東科学アカデミー（50 音順）



附図 1-1



附図 1-2



No.1大安寺旧境内陶枕



No.2大安寺旧境内陶枕



No.3大安寺旧境内陶枕



No.4坂田寺跡陶枕



No.5平城京左京一条二坊堀北脚部



No.6坂田寺跡北脚部



No.7平城京左京一条三坊十五・十六坪SD485



No.8平城京左京一条三坊十五・十六坪SD485鉢



No.9平城京左京一条三坊十五・十六坪SD485蓋

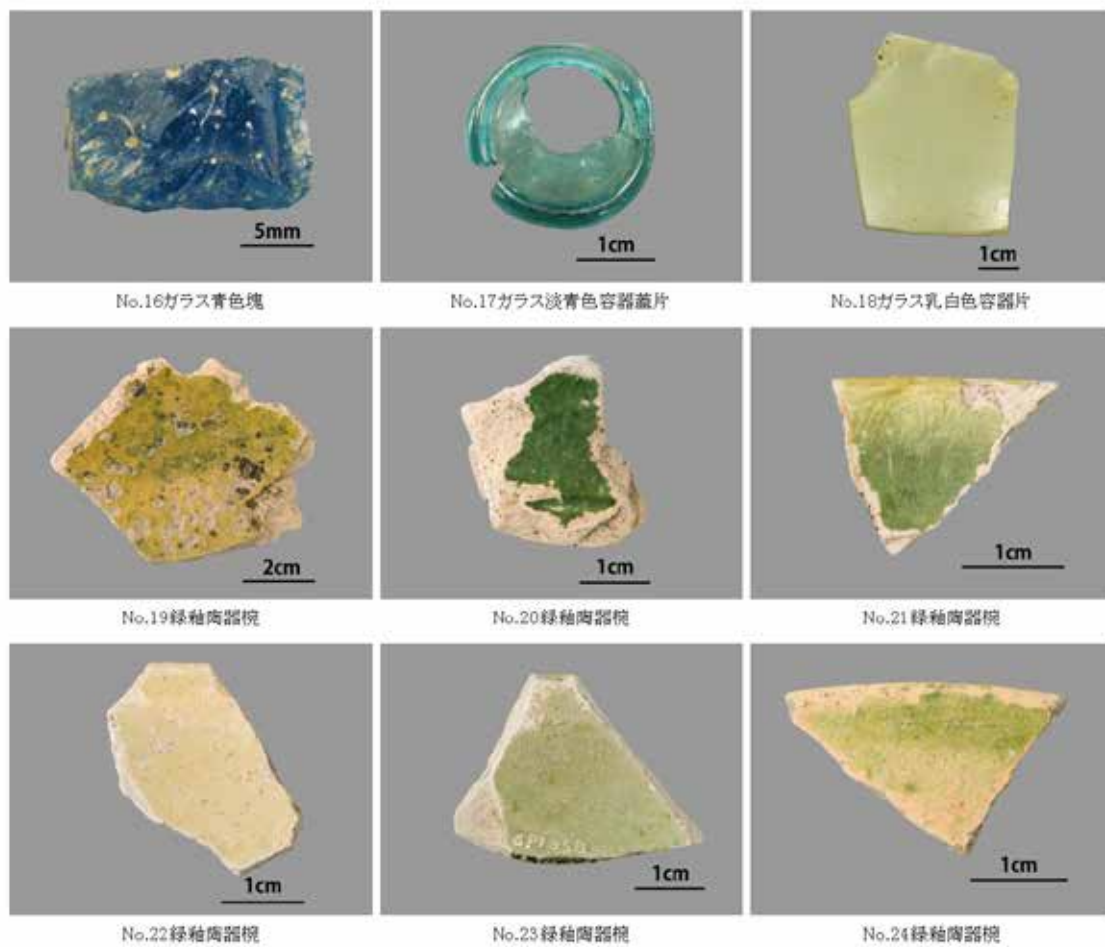


No.10平城京右京八条一坊十四坪SK1947碗

附图 2



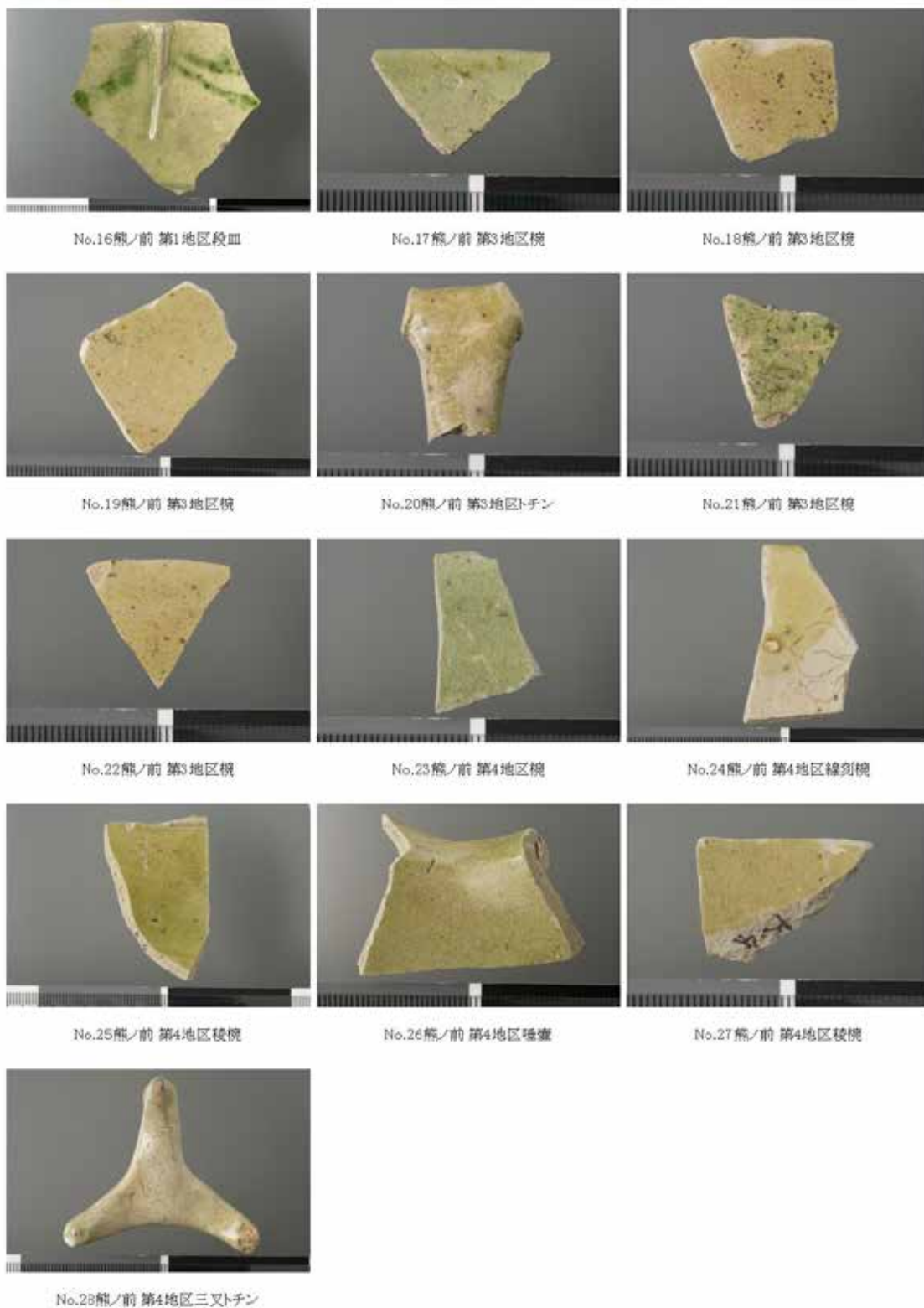
附図 3-1



附図 3-2



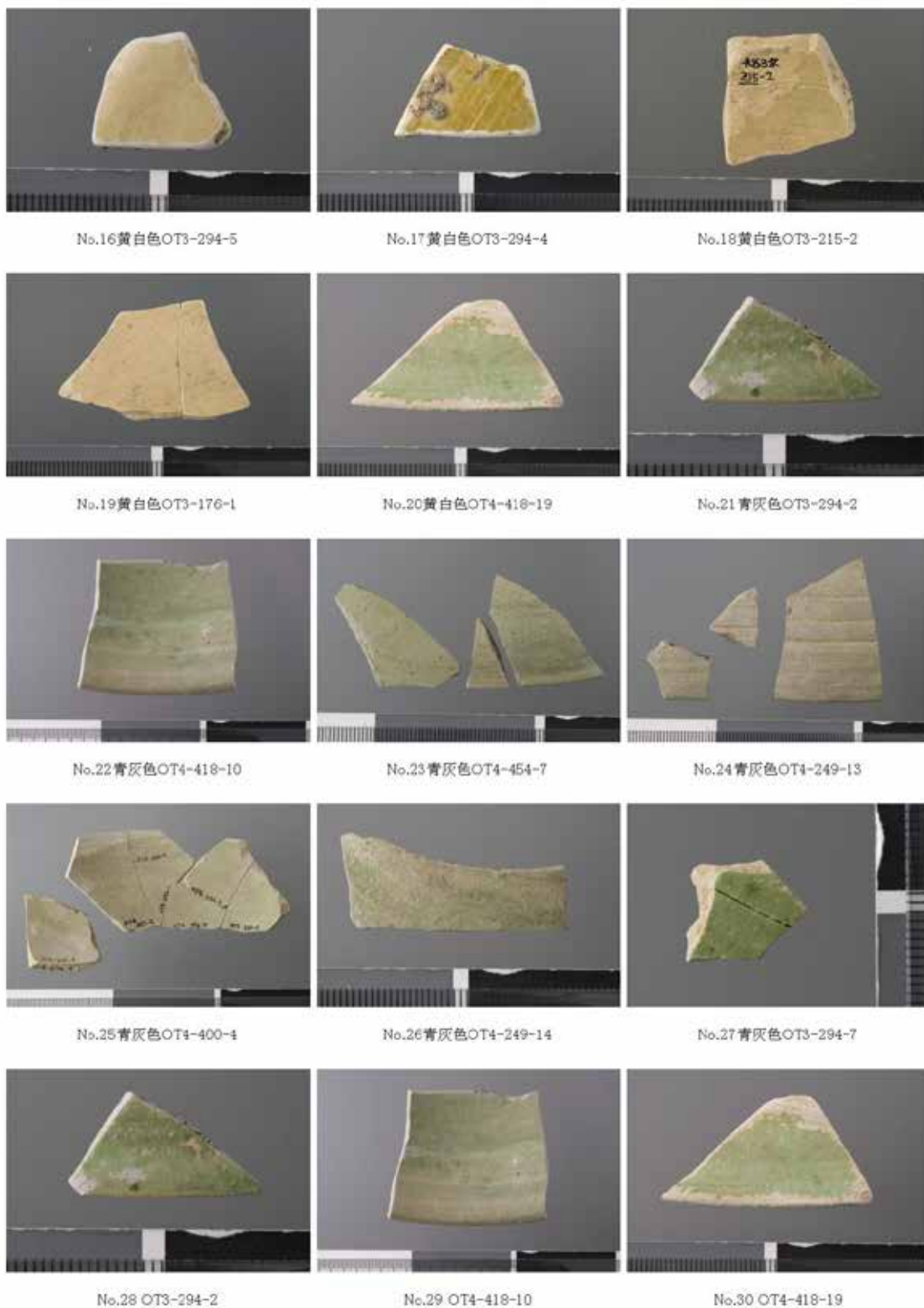
附図 4-1



附図 4-2



附图 5-1



附图 5-2



No.31 OT4-249-14 濃綠色



No.32 OT2-487-1



No.33 OT4-392-8



No.34 OT4-454-7



No.35 OT3-294-4



No.36 OT3-294-5



No.37 OT3-294-19

附圖 5-3



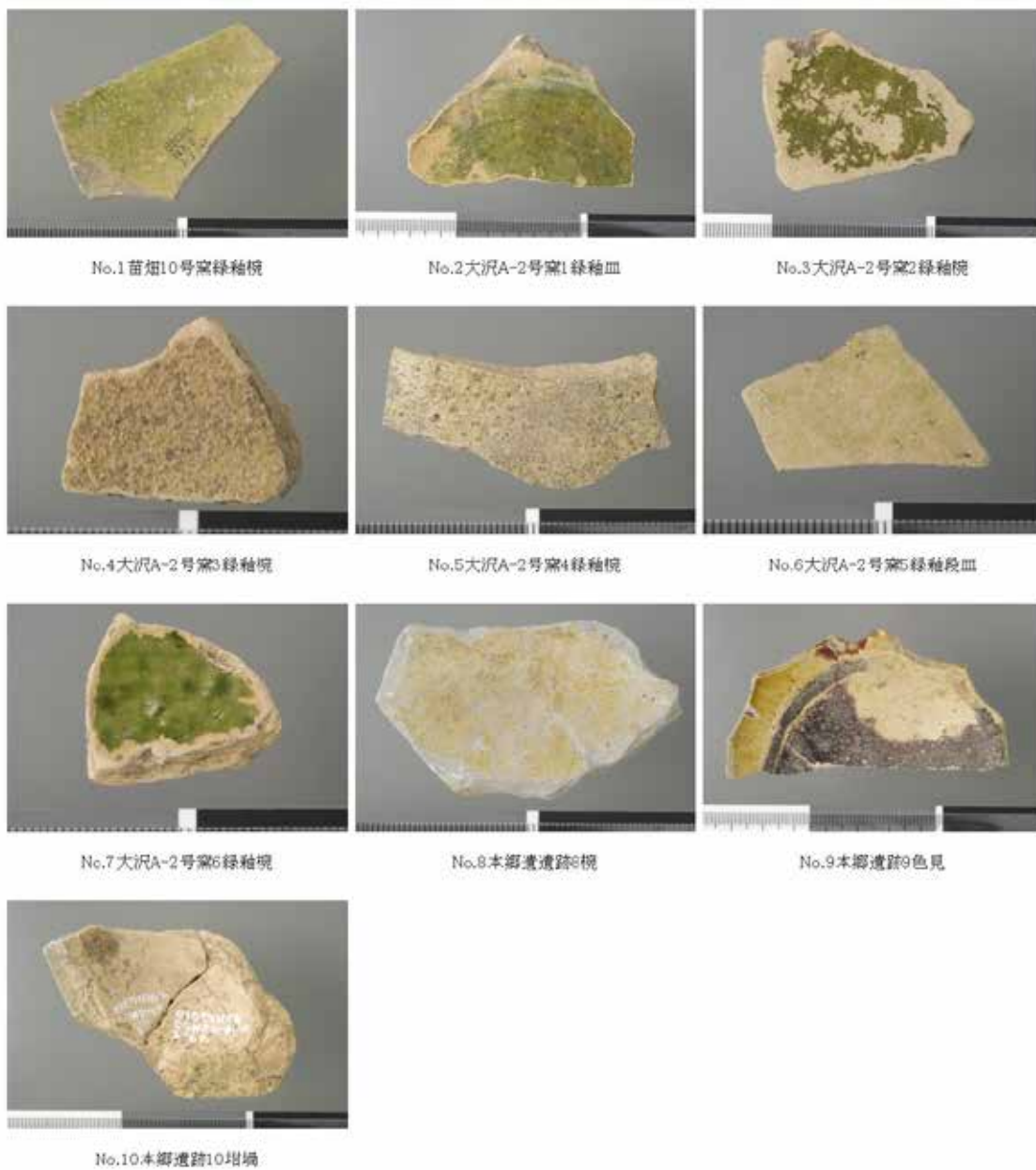
附図 6-1



附図 6-2



附图 6-3



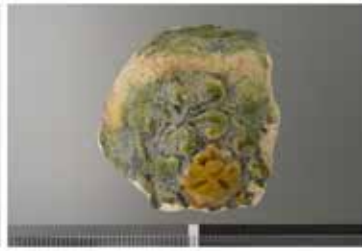
附図 7



附圖 8-1



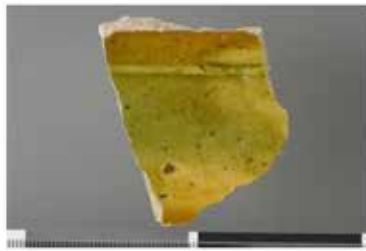
No.16黄冶窑绿釉小型壶



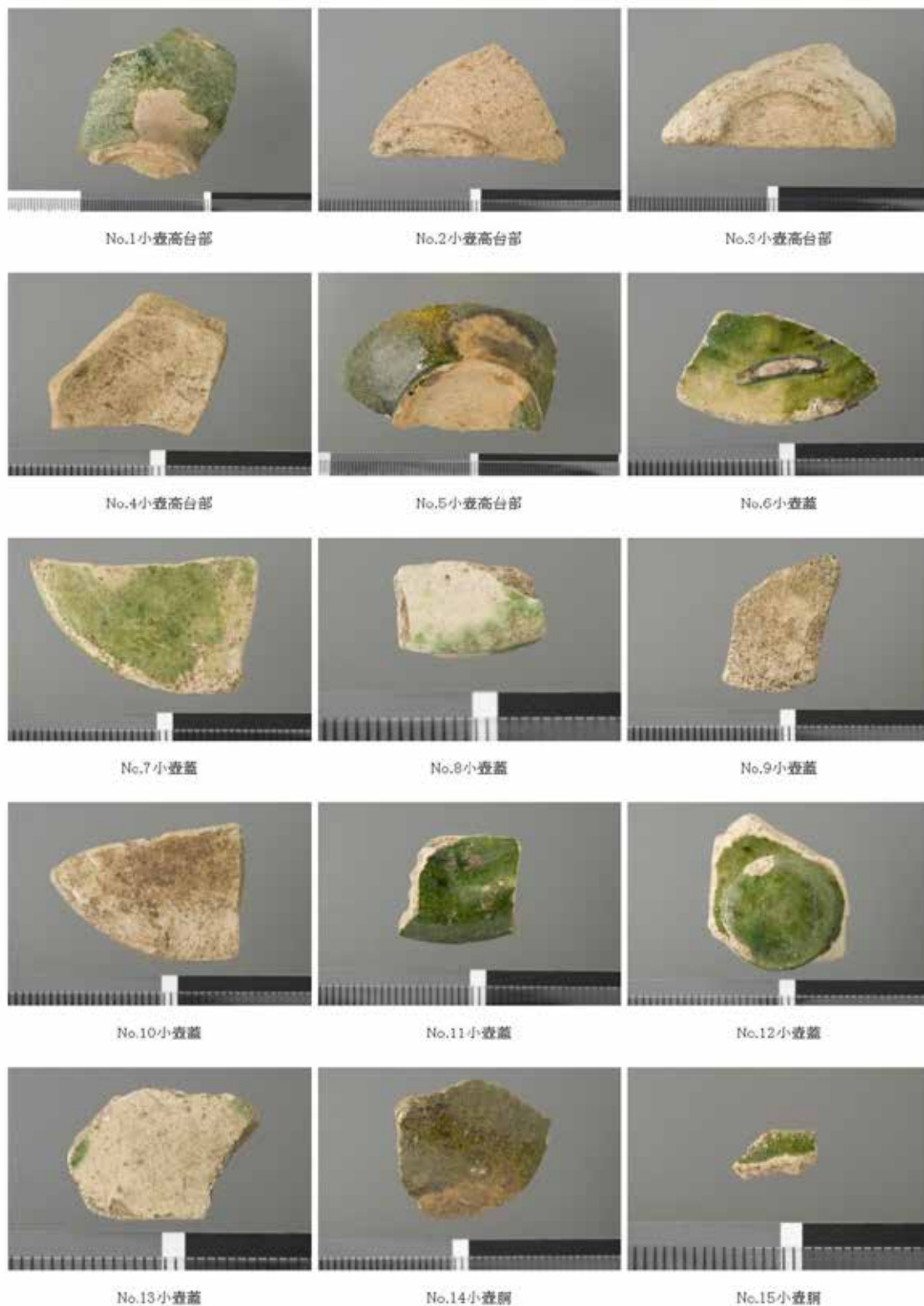
No.17清凉寺窑三彩片



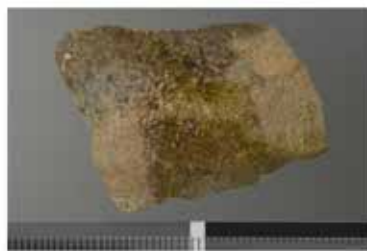
No.18清凉寺窑三彩片



No.19清凉寺窑三彩



附图 9-1



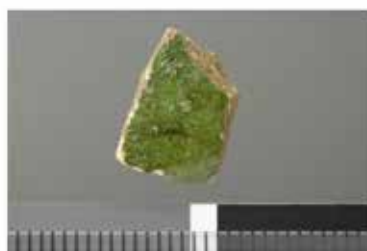
No.16 小查銅



No.17 小查銅



No.18 小查銅



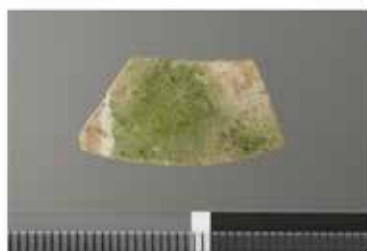
No.19 小查銅



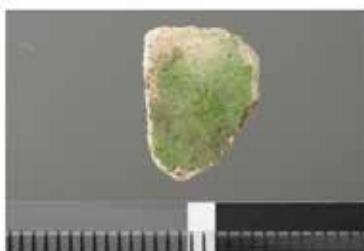
No.20 小查銅



No.21 小查銅



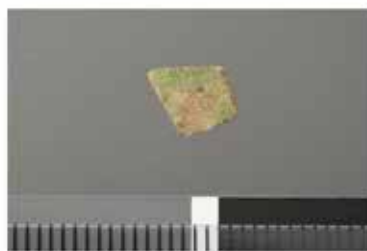
No.22 小查銅



No.23 小查銅

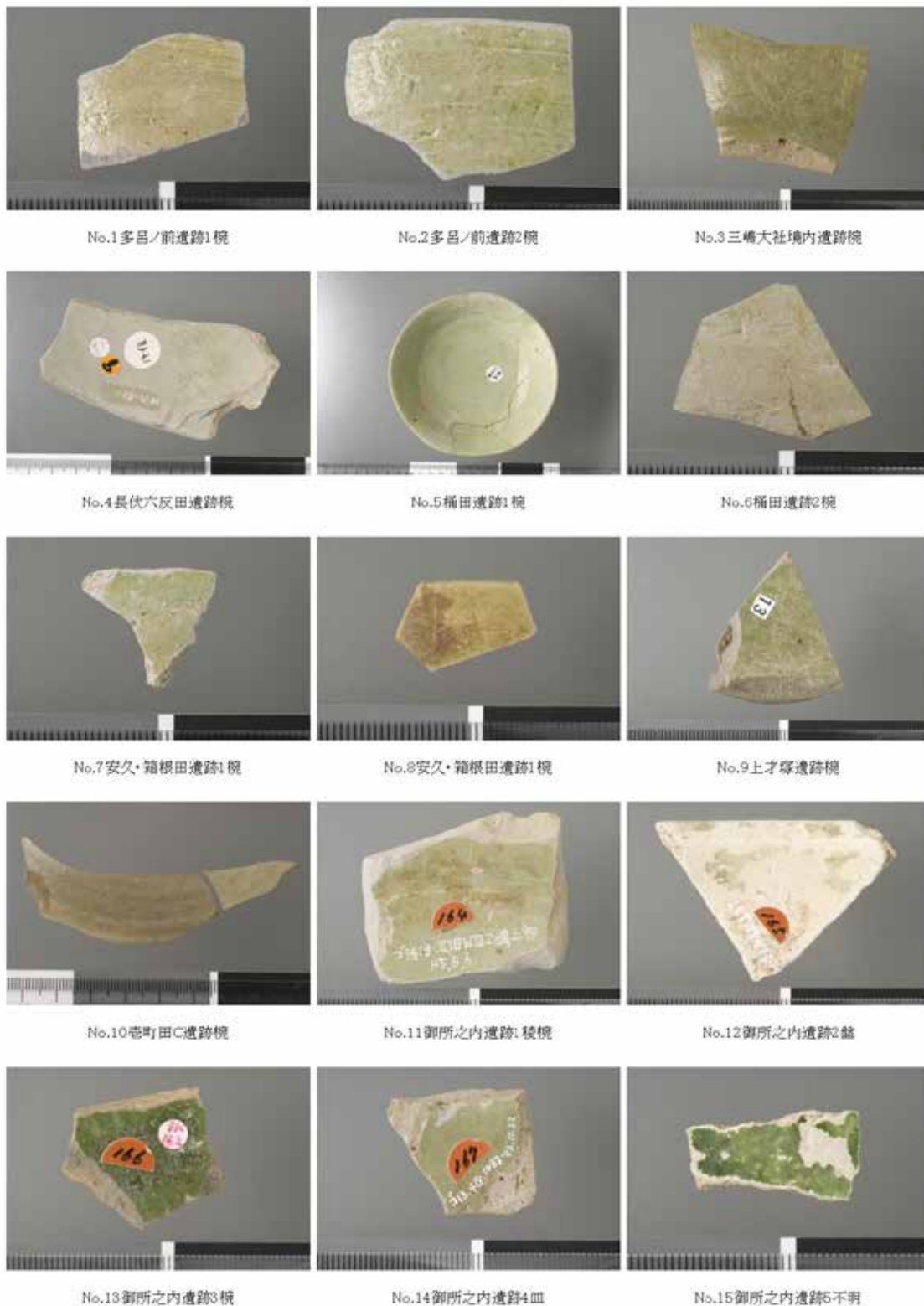


No.24 小查銅

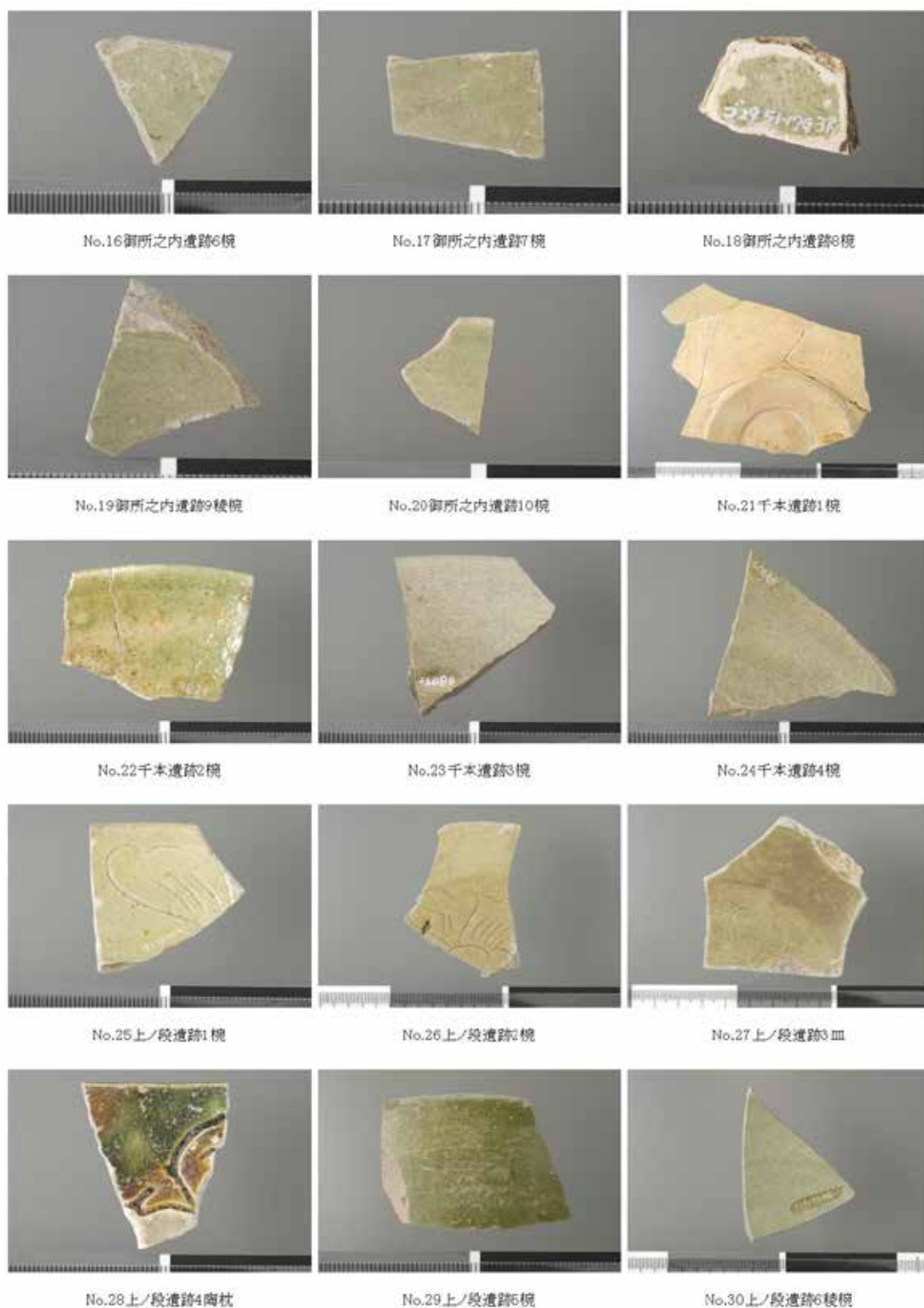


No.25 小查銅

附圖 9-2



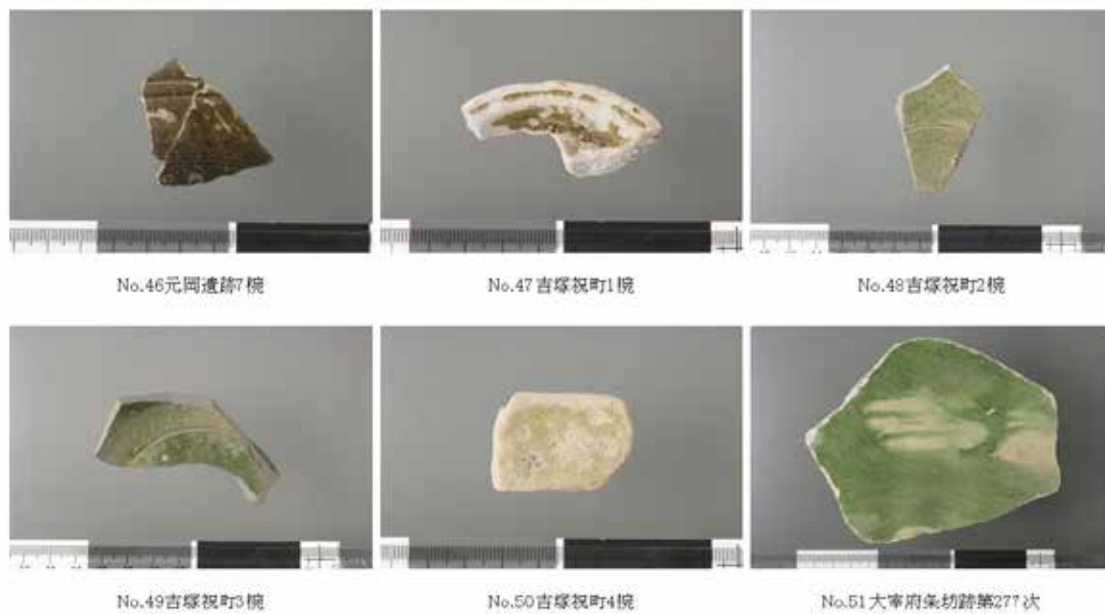
附図 10-1



附圖 10-2



附図 10-3



附図 10-4



No.1 青谷上寺地遺跡 管玉2



No.2 青谷上寺地遺跡 管玉3



No.3 青谷上寺地遺跡 管玉4



No.4 高山古墳群3号墳 玉1



No.5 高山古墳群3号墳 玉2



No.6 羣牛子塚古墳七宝飾金具



附圖 12-1



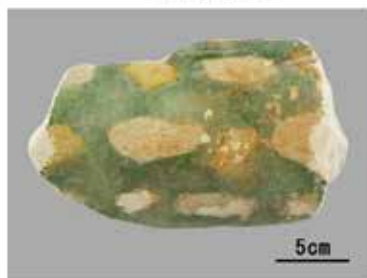
No.16平城宮東院地区



No.17平城京法華寺阿弥陀净土院



No.18平城京法華寺阿弥陀净土院



No.19平城京 京内



No.20平城京 京内



No.21平城京 京内



No.22平城京 京内



No.23平城京西大寺境内



No.24平城京西大寺境内



No.25平城京西大寺境内



No.26平城京西大寺境内



No.27平城京西大寺境内



No.28平城京西大寺境内



No.29平城京西大寺境内



No.30平城京西大寺境内

附图 12-2



No.31平城京西大寺境内



No.32飛鳥川原寺



No.33飛鳥川原寺



No.34飛鳥川原寺



No.35飛鳥川原寺

附図 12-3



No.1 クラスキノ土城1-1



No.2 クラスキノ土城



No.3 クラスキノ土城



No.4 クラスキノ土城



No.5 クラスキノ土城



No.6 クラスキノ土城



No.7 クラスキノ土城



No.8 クラスキノ土城



No.9 クラスキノ土城



No.10 クラスキノ土城



No.11 クラスキノ土城



No.12 クラスキノ土城



No.13 クラスキノ土城

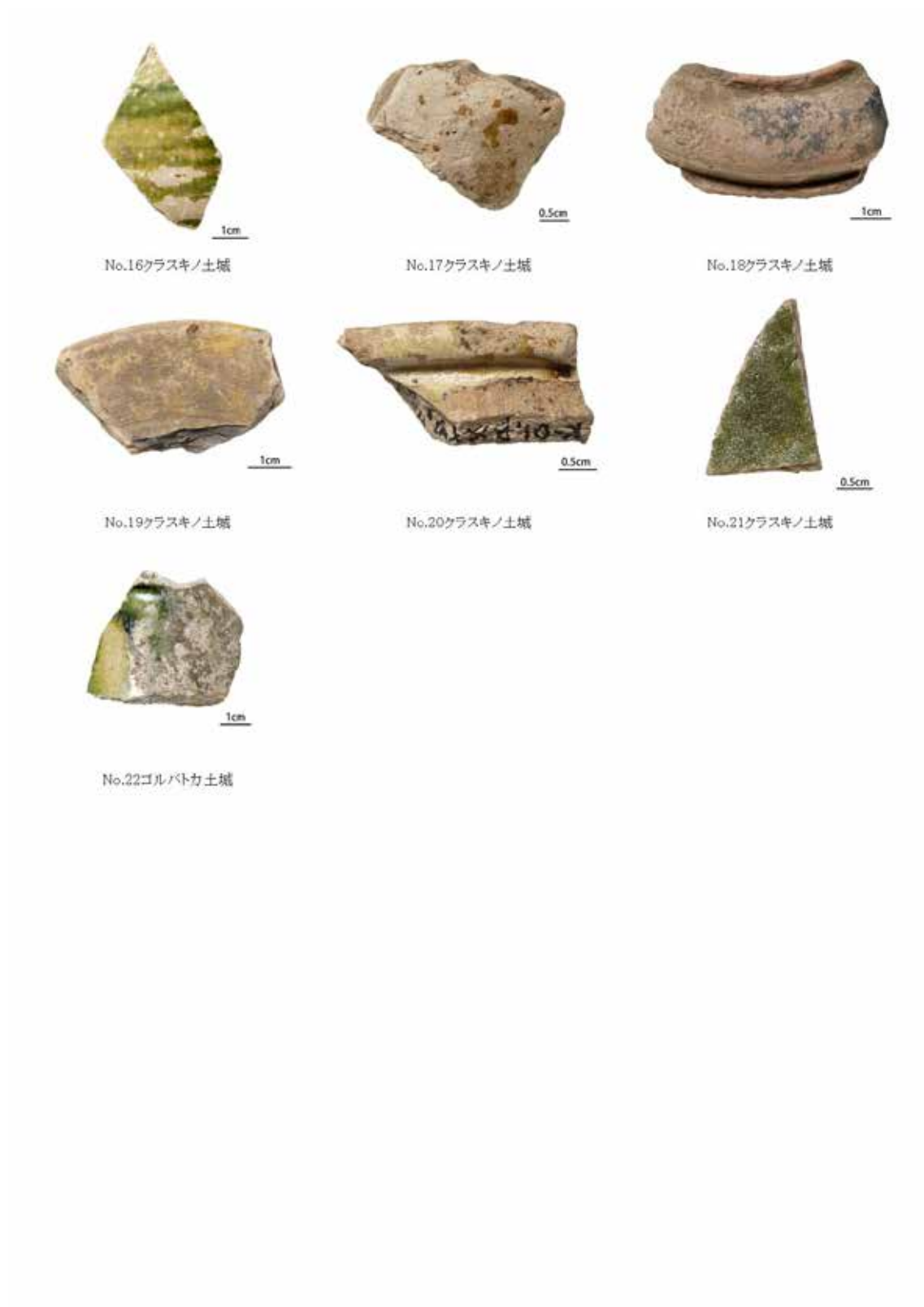


No.14 クラスキノ土城



No.15 クラスキノ土城

附図 13-1



附図 13-2

参考文献

- 愛知県教育委員会 1958『愛知県猿投山西南麓古窯址群』
- 愛知県陶磁資料館 1998『日本の三彩と緑釉-天平に咲いた華』
- 青木智史・出川哲郎・長友恒人 2008「黄治唐三彩窯跡出土陶片の熱ルミネセンス(TL)年代測定」『奈良教育大学紀要 57(2)』 pp.85-91
- 青木智史・小倉頌子 2012「新薬師寺旧境内遺跡出土奈良三彩片の胎土分析」『日本文化財科学会第 29 回大会研究発表要旨集』 pp.264-265
- 朝比奈貞一・會田軍太郎・小田幸子 1953a「中尊寺ガラスの研究と日本の古代ガラスについて」『古文化財の科学 5』 pp.1-6
- 朝比奈貞一・山崎文男・大塚巖・浜田達二・斎藤精宏・小田幸子 1953b「唐招提寺白瑠璃舍利瓶並びに伝香寺碧瑠璃舍利壺について- 線後方散乱によるガラスの鉛含有量測定-」『古文化財の科学 6』 pp.14-18
- 朝日町教育委員会 1988『縄生廃寺跡発掘調査報告』朝日町文化財調査報告書第 1 冊
- 飛鳥藤原宮跡発掘調査部 1986『飛鳥・藤原宮発掘調査概報 16』奈良国立文化財研究所
- 飛鳥藤原宮跡発掘調査部 1993「飛鳥諸宮の調査」『奈良国立文化財研究所年報』奈良国立文化財研究所
- 明日香村教育委員会 1982『史跡牽牛子塚古墳』明日香村教育委員会
- 明日香村教育委員会 2013『牽牛子塚古墳発掘調査報告書』明日香村文化財調査報告書第 10 集
- 伊藤純 1991「スタンプのある土器三例」『葦火 34』大阪市文化財協会 pp.8
- 壱岐市教育委員会 2006『双六古墳』壱岐市教育委員会
- 石川ゆかり・平尾良光 2008「九州出土経筒の鉛同位体比が語るもの」『経筒が語る中世の世界』 思文閣出版 pp.35-42
- 井上暁子 2011「平安時代のガラス関連資料と博多出土ガラス」『GLASS 55』 pp.28-54
- 井上喜久男 1998「畿外遺跡にみる三彩・緑釉陶器」『日本の三彩と緑釉-天平に咲いた華』 pp.28-32
- 江本義理 1983「ガラス製品の材質について」『三雲遺跡』 福岡県文化財調査報告書第 65 集、pp.278-279
- 大阪府教育委員会 1976『陶邑』大阪府文化財調査報告第 28 輯
- 大阪府文化財調査研究センター 1998『発掘速報展大阪 98』大阪府近つ飛鳥博物館
- 大阪大学大学院考古学研究室 2012『篠窯跡群大谷 3 号窯の研究』第 5 冊
- 大沢真澄・幸田恵美子・奥井雅子・二宮修二 1978「土器・古瓦類の鉄含有量 - 特に色との関係について - 」『東京学芸大学紀要 4 部門 30』 pp.151-156
- 大庭康時・佐伯弘次・菅波正人・田上勇一郎編 2008『中世都市博多を掘る』 海鳥社
- 大庭康時 2009『中世日本最大の貿易都市博多遺跡群』 新泉社

- 小田幸子 1967 「奈良時代のガラス玉について 興福寺・元興寺・法隆寺のガラス玉の調査」 MUSEUM 東京国立博物館美術誌 No192 pp.22-28
- 小田幸子 1969 「水神山、高野山、白山古墳出土のガラス玉類の化学的研究」『我孫子古墳群』東京大学文学部考古学研究室編、我孫子町教育委員会 pp.354-356
- 小田富士雄 1974 「西日本の施釉陶-その出土遺跡を中心に-」『日本の三彩と緑釉』五島美術館 pp.197-213
- 尾野善裕 2001 「奈良三彩の起源と唐三彩 技術・意匠の系譜について」美術フォーラム 21-4 pp.58 醍醐書房
- 尾野善裕 2002a 「嵯峨朝の尾張における緑釉陶器生産とその背景 - 平安時代初期の喫茶文化との関わりを通して - 」『古代文化 54』第 11 号 pp.639-646
- 尾野善裕 2002b 「平安時代における緑釉陶器の生産・流通・消費 尾張産を中心に」『国立歴史民俗博物館研究報告第 92 集』 pp.35-57
- 尾野善裕 2003 「古代緑釉陶器生産の終焉 - 院政期の尾張における緑釉陶器・円塔生産の可能性 - 」『考古学雑誌 87』第 1 号 pp.51-63
- 尾野善裕 2013 「古代尾張における施釉陶器生産と歴史的背景」『新修名古屋市史資料編考古 2』 pp.824-845
- 檀原考古学研究所 1977 「竜田御坊山古墳」『奈良県史跡名勝天然記念物調査報告書』 32
- 檀原考古学研究所附属博物館 1984 『奈良・平安の中国磁器 西日本出土品を中心として』奈良県立檀原考古学研究所附属博物館
- 檀原考古学研究所附属博物館 1991 『大和を掘る 1990 年度発掘調査速報』奈良県立檀原考古学研究所附属博物館
- 檀原市教育委員会 1995 『図録檀原市の文化財』檀原市教育委員会
- 河南町誌編纂委員会 1967 「アカハゲ古墳」『河南町誌』附篇一 pp.10-29
- 河南省文物考古研究所 2001 『日中合作発掘・研究唐三彩窯跡』
- 河南省文物考古研究所・中国文化遺産研究所・奈良文化財研究所 2009 『鞏義白河窯考古新発見』大象出版
- 亀井明德 1999 「渤海三彩陶試探」『アジア遊学 6』勉誠出版 pp.82-98
- 亀井明德 2003 「日本出土唐代鉛釉陶の研究」『日本考古学 16』日本考古学協会 pp.129-155
- 亀井明德 2014 「渤海三彩陶の実像」『中国陶瓷史の研究』六一書房 pp.338-354
- 亀岡市史編さん委員会 2000 『新修亀岡市史』資料編第 1 巻、亀岡市
- 君津群市文化財センター 1987 『野々間古墳』君津群市文化財センター
- 京都市埋蔵文化財研究所 1993 『栗栖野瓦窯跡発掘調査概報』
- 肥塚隆保・川越俊一・西口寿生 1992 「飛鳥池遺跡出土遺物の材質」『奈良国立文化財研究所年報』 pp.56-57
- 肥塚隆保・平尾良光・川越俊一・西口寿生 1993 「鉛ガラスの研究-飛鳥池遺跡出土遺物からの検討-」『日本文化財科学会第 10 回大会研究発表要旨集』 pp.100-101

- 肥塚隆保 1995「古代ケイ酸塩ガラスの研究-弥生から奈良時代のガラス材質の変遷」『文化財論叢』 pp.929-967
- 肥塚隆保 1997「日本で出土した古代ガラスの歴史的変遷に関する科学的研究」東京芸術大学博士学位論文
- 肥塚隆保 2001「古代ガラスの材質と鉛同位体比」『国立歴史民俗博物館研究報告第86集』 pp.233-248
- 国立扶餘文化財研究所 2007『王宮の工房 瑠璃篇』
- 越田賢一郎 2012「12世紀前後における奥州藤原氏と北海道の関係について」『平泉文化研究年報第13号』岩手県教育委員会 pp.33-45
- 古代の土器研究会 1994『古代の土器研究第3回シンポジウム 施釉陶器の生産と消費』
- 古代の土器研究会 2001『古代土器研究4 第100回研究会報告』
- 古代の土器研究会 2003『古代の土器研究第7回シンポジウム 平安時代の緑釉陶器』
- 五島美術館 1974『日本の三彩と緑釉』 五島美術館
- 齋藤努 2001a「日本の銭貨の鉛同位体比分析」『国立歴史民俗博物館研究報告第86集』 pp.65-129
- 齋藤努 2001b「三彩・緑釉陶器の鉛同位体比分析」『国立歴史民俗博物館研究報告第86集』 pp.199-207
- 齋藤努・高橋照彦・西川裕一 2002「古代銭貨に関する理化学的研究 皇朝十二銭の鉛同位体比分析および金属組成分析」『IMES Discussion Paper Series』No.2002-J-30 日本銀行金融研究所
- 齋藤努 2003「大沢 A-2 号窯出土緑釉の鉛同位体比分析結果」『豊橋市美術博物館研究紀要』12号、豊橋市美術博物館 pp.24-29
- 齋藤努・土生田純之・亀田修一・福尾正彦・鄭仁盛・高田寛太・風間栄一・藤尾慎一郎・柳昌煥・趙栄濟 2009「鉛同位体比分析による古代朝鮮半島・日本出土青銅器などの原料産地と流通に関する研究」『考古学と自然科学 59』 pp.57-81
- 齋藤努 2012「大谷 3 号窯出土緑釉陶器・埴埴等の理化学的分析-埴埴の成分分析と緑釉陶器等の鉛同位体比分析-」『篠窯跡群大谷 3 号窯の研究』大阪大学考古学研究室篠窯調査団 pp.293-296
- 崔劍鋒・雷勇・黄宝玲 2011「華南鞏義窯和陝西黃堡窯出土唐三彩殘片釉的鉛同位体比素産源研究」『中国鞏義窯』 中国華僑出版社
- 崔劍鋒・刘爽・吴小红 2012「六頂山墓群绞胎、三彩等 品的 分析報告」『六頂山渤海墓葬；2004～2009』文物出版社 pp.266-269
- 沢田正昭・巽淳一郎 1984「大安寺出土陶枕の製作技法と材質」『古文化財に関する保存科学と人文・自然科学』 pp.242-249
- 滋賀県教育委員会・滋賀県文化財保護協会 2005『中畑遺跡 草津市矢倉一丁目』
- 滋賀県教育委員会・滋賀県文化財保護協会 2012『春日北遺跡-甲賀市水口町春日-』

- 正倉院事務所 1965「正倉院のガラス」日本経済新聞社
- 正倉院事務所 1971「正倉院の陶器」日本経済新聞社
- 城陽市教育委員会 1981『城陽市埋蔵文化財調査報告書第10集』城陽市教育委員会
- 陈尧成・郭演儀・張志剛 1982「歴代青花瓷器青花色料的研究」『中国古陶瓷論文集』、中国珪酸塩学会、pp44-59
- 陈尧成・郭演儀・張光林 1989「玉溪、建水窯青花瓷器研究」『古陶瓷科学技術 1(ISAC ' 89)』、上海科学技術文献出版、pp162-170
- 赵哲夫・李陈奇 2013「渤海三彩」『渤海上京城出土釉陶』文物出版社
- 清水眞一 1990「板ガラスの新資料について」古代学研究 120 pp33-36
- 清水芳裕 2002「日本の製陶技術における水簸の採用」『田辺昭三先生古希記念論文集』田辺昭三先生古希記念の会
- 清水芳裕 2010『古代窯業技術の研究』柳原書店
- 白井克也 2000「日本出土の朝鮮産土器・陶器 新石器時代から統一新羅時代まで」『日本出土の舶載磁器』東京国立博物館 pp.111
- 白瀧絢子・中井泉・井上暁子 2011「平等院本尊阿弥陀如来坐像台座華盤納入品のガラス玉について」『鳳翔学叢第7輯』平等院 pp.170-149
- 神野恵 2010「大安寺陶枕再考」『河南省鞏義市黄冶窯跡の発掘調査概報』奈良文化財研究所 pp.49-61
- 神野恵 2012「大安寺陶枕追考」『文化財論叢』奈良文化財研究所 pp.475-490
- 吹田市教育委員会 2004『紫金山公園整備に伴う埋蔵文化財調査報告書 吉志部瓦窯他』
- 鋤柄俊夫・中村淳儀・合田幸美 1992「大阪城跡の発掘調査2」『大阪城発掘調査概要3』大阪文化財センター
- 陝西省考古研究院 2008『唐長安醴泉坊三彩窯跡』文物出版社
- 高橋照彦 1993「防長産緑釉陶器の基礎的研究」『国立歴史民俗博物館研究報告 50』pp.195-238
- 高橋照彦 1994a「近江産緑釉陶器をめぐる諸問題」『国立歴史民俗博物館研究報告 57』pp.313-348
- 高橋照彦 1994b「平安初期における鉛釉陶器生産の変質」『史林 77』(6) pp.63-94
- 高橋照彦 1995「平安期緑釉陶器生産の展開と終焉」『国立歴史民俗博物館研究報告 60』pp.313-348
- 高橋照彦 1997「出土文物からみた平安時代の儀礼の場とその変化」『国立歴史民俗博物館研究報告 74』 pp.63-76
- 高橋照彦 2001a「三彩・緑釉陶器の化学分析結果に関する一考察」『国立歴史民俗博物館研究報告 86』 pp.209-232
- 高橋照彦 2001b「日本における銭貨生産と原料調達」『国立歴史民俗博物館研究報告 86』pp.131-184

- 高橋照彦 2002 「日本古代における三彩・緑釉陶の歴史的特質」『国立歴史民俗博物館研究報告 94』 pp.371-403
- 高橋照彦 2003 「平城京近郊の緑釉陶器生産」『古代の土器研究 平安時代の緑釉陶器-生産地の様相を中心に-』古代の土器研究会第7回シンポジウム pp.5-19
- 高橋照彦 2006 「白鳳緑釉と奈良三彩 古代日本における鉛釉技術の導入過程」『陶磁器の社会史』 pp.3-14
- 巽淳一郎 1984 「大安寺の土器類」『大安寺史・史料』大安寺 pp.935-956
- 巽淳一郎 1998a 「七世紀後葉の海外交渉を物語る焼物」『明日香風 66』 pp.11-17
- 巽淳一郎 1998b 「都城における鉛釉陶器の変遷」『日本の三彩と緑釉』愛知県陶磁資料館 pp.20-27
- 巽淳一郎 2005 「古代施釉陶器の展開」『専門研修陶磁器調査過程資料』 pp.1-27
- 巽淳一郎 2010 「北魏時期の釉陶器生産の特質」『坪井清足先生卒寿紀年論文集』 pp.431-441
- 巽淳一郎 2013 「鉛釉陶器の多彩装飾法とその変遷」『河南省鞏義市白河窯跡の発掘調査概報』奈良文化財研究所研究報告第11冊 pp.57-68
- 田中琢 1974 「鉛釉陶器の生産と官営工房」『日本の三彩と緑釉』五島美術館
- 田中千禾夫 1999a 「清澄とガスの溶解度」『ガラス工学ハンドブック』朝倉書店 pp.226-246
- 田中千禾夫・白石耕一・柴田修一 1999b 「ガラス生成反応」『ガラス工学ハンドブック』朝倉書店 pp.43-49
- 田中由理 2012 「緑釉陶器の色彩学的検討」『篠窯跡群大谷3号窯の研究』大阪大学文学研究科考古学研究報告第5冊 pp.351-388
- 田村晃一 2014 「渤海王陵・貴族墓論(その2)」『青山史学 32』青山学院大学文学部史学科研究室 pp.39-70
- 立和名一雄 1999 「着色ガラス」『ガラス工学ハンドブック』朝倉書店 pp.559-579
- 千田剛道 2003 「日本出土の百濟・新羅緑釉」『奈良文化財研究所紀要 2003』奈良文化財研究所 pp.50-51
- 中国河南省文物考古研究所 2001 「日中合作発掘・研究唐三彩窯跡」
- 中国社会科学院考古研究所 1997 『六頂山与渤海鎮』中国大百科全书出版社 pp.104-106
- 趙文軍 2009 「安陽相州窯的考古発掘と研究」『中国古陶磁研究』15 pp.97-109
- 張福康・張志剛 1982 「中国歴代低温色釉と釉上彩的研究」『中国古陶瓷論文集』中国珪酸塩学会 pp.23-43
- 張福康 1987 「中国伝統釉彩科学組成的演变」『中国古陶瓷研究』中国科学院上海珪酸塩研究所、pp.47-55
- 張志剛・郭演儀・張浦生 1989 「明代永楽青花瓷器」『古陶瓷科学技術 1 (ISAC '89)』上海科学技术文献出版、pp.249-254
- 鄭洪春 1990 「陝西新安機磚廠漢初積炭墓発掘報告」考古興文物 4 期 pp.31-56

- 趙哲夫・李陳奇 2013『渤海三彩 渤海上京城出土釉陶』 前言
- 寺島孝一 1979「京都府石作窯跡」『日本考古学年報』32 pp.173-176
- 東亜考古学会 1939『東京城 渤海国上京龍泉府址の発掘調査』東亜考古学会 pp.68-71
- 唐小軒 2012「渤海三彩的几个问题」『冀北史地 2012.2』冀北史地裏志社 pp.26-29
- 鳥取県教育文化財団 2002『青谷上寺地遺跡4』鳥取県教育文化財団調査報告書 74
- 豊中市史編纂委員会 1961『豊中市史』 豊中市史編纂委員会
- 豊橋市教育委員会 2000『二川古窯址群()』 豊橋市埋蔵文化財調査報告書第 52 集
- 豊橋市教育委員会 2002『二川古窯址群()』 豊橋市埋蔵文化財調査報告書第 61 集
- 中井泉・白瀧絢子・井上暁子 2012「平等院本尊阿弥陀如来坐像台座華盤納入品のガラス片
についての化学分析」『鳳翔学叢第 8 輯』平等院 pp.232-222
- 中尾方三 1931「東洋古代のガラスと釉(其 1)」『考古学雑誌 21』(4) pp.245-268
- 中澤寛将 2012「渤海の食器様式の変遷と地域性」『北東アジア中世考古学の研究』六一書
房 pp.63-89
- 中村和之 2011「中尊寺に残されたガラス玉の非破壊的分析と考察」『平泉文化研究年報第
11 号』岩手県教育委員会 pp.67-78
- 名古屋考古学会 1984『名古屋市熊ノ前古窯址群』
- 榑崎彰一 1971『正倉院の陶器』正倉院事務所、日本経済新聞社
- 榑崎彰一 1973・1990『陶磁大系五 三彩・緑釉・灰釉』平凡社
- 榑崎彰一 1974「日本の三彩と緑釉」『日本の三彩と緑釉』五島美術館 pp.177-184
- 榑崎彰一 1974「畿内および東日本の彩釉陶器」『日本の三彩と緑釉』五島美術館 pp.187-196
- 榑崎彰一 1977『日本陶磁全集 5 三彩・緑釉』中央公論社
- 榑崎彰一 1979「日本の三彩と緑釉陶器」『中国の三彩陶磁』太陽社 pp.139-142
- 榑崎彰一 1998「日本における施釉陶器の成立と展開」『日本の三彩と緑釉-天平に咲いた華
』 pp.6-11
- 榑崎彰一 2000「日本出土の唐三彩とその性格」『瀬戸市埋蔵文化財センター研究紀要』8,
pp.1-14
- 奈良県立橿原考古学研究所 1977『竜田御坊山古墳付平野塚穴山古墳』奈良県教育委員会
- 奈良国立文化財研究所 1960『奈良国立文化財研究所学報第 9 冊 川原寺発掘調査報告』
- 奈良国立文化財研究所 1967『奈良国立文化財研究所年報 1967』
- 奈良国立文化財研究所 1974『奈良国立文化財研究所学報第 23 冊 平城宮発掘調査報告
平城球左京一条三坊の調査』
- 奈良国立文化財研究所 1976「大官大寺第 2 次の調査」『飛鳥・藤原宮発掘調査概報 6』
- 奈良国立文化財研究所 1977『日本古代の墓誌』飛鳥資料館
- 奈良国立文化財研究所 1979『飛鳥時代の古墳』 飛鳥資料館
- 奈良国立文化財研究所 1986『飛鳥・藤原宮発掘調査概報 16』
- 奈良国立文化財研究所 1989『奈良国立文化財研究所学報第 46 冊 平城宮右京八条一坊十

三・十四坪発掘調査報告』

- 奈良国立文化財研究所 1991 『坂田寺第七次調査現地説明会資料』
- 奈良国立文化財研究所 1992 「藤原京右京一条二坊東北坪」 『飛鳥・藤原宮発掘調査概報 22』
- 奈良国立文化財研究所 1993 『奈良国立文化財研究所年報 1993』
- 奈良国立文化財研究所 1997 「平城京左京七条一坊十五・十六坪」 『奈良国立文化財研究所学報第 56 冊』
- 奈良文化財研究所 2006 「西谷 2 号墓出土ガラス遺物の科学調査」 『西谷墳墓群-平成 14 年度～16 年度発掘調査報告書-』 出雲市教育委員会 pp.182-196
- 奈良文化財研究所・河南省文物考古研究所 2011 「関干古代日本・中国鉛釉陶器釉薬の鉛同位体比値測定」 『華夏考古 2011(2)』 pp.148-152
- 奈良市教育委員会 1997 『史跡大安寺旧境内 杉山古墳地区の発掘調査・整備事業報告』
- 西口壽生・渡邊淳子 2000 「飛鳥池遺跡の調査」 『奈良国立文化財研究所年報 2000』 pp.34-35
- 西口壽生・玉田芳英 2001 「大官大寺下層土坑の出土土器」 『奈良文化財研究所紀要 2001』 pp.26-29
- 魯禔玪 2010 『銅・鉛・ガラス製品からみた日本・韓国と東南アジア地域との歴史時代の交流 - 鉛同位体比分析を通して - 』 別府大学大学院博士学位論文
- 八賀晋 1974 「彩釉瓦埴について」 『日本の三彩と緑釉』 五島美術館、pp.215-222
- 早川泰弘 2009 「銅系緑色顔料の多様性とその使用例」 『保存科学』 48 pp.109-117
- 比佐陽一郎 2008 「ガラス」 『中世都市博多を掘る』 海鳥社 pp.207-210
- 比佐陽一郎 2009 「博多遺跡群 1 6 1 次調査で出土したガラス資料と 1 5 6 次調査出土の権について」 『博多 126 博多遺跡群第 1 6 1 次調査報告』 pp.33-44
- 比佐陽一郎・石井千絵理 2010 「博多遺跡群第 172 次調査出土のガラス関連資料について」 『博多 135 博多遺跡群第 172 次調査報告』 pp.264-271
- 平尾良光・榎本淳子 1999 「古代日本青銅器の鉛同位体比」 『古代青銅の流通と鑄造』 鶴山堂 pp.29-162
- 平尾良光編 2001 『古代東アジア青銅の流通』 鶴山堂
- 平尾良光 2008 「材料が語る中世 鉛同位体比測定から見た経筒」 『経筒が語る中世の世界』 思文閣出版 pp.21-34
- 福山敏男 1943 『日本建築史の研究』 桑名文星堂
- 藤田等 1994 「弥生時代のガラス」 『弥生時代のガラスの研究』 名著出版 pp.43-226
- 藤田等 1996 「日本・弥生時代のガラス」 『古代文化 48(8)』 pp.38-46
- 降幡順子・巽淳一郎・陳楓訳 2007 「非破壊分析による黄冶唐三彩の特性」 『華夏考古 2(2)』 pp.142-152
- 降幡順子・脇田草一郎・高妻洋成・肥塚隆保 2009 「彩色色料分析調査編」 『国宝唐招提寺

- 金堂修理工事報告書(彩色調査編)』奈良県教育委員会, pp.1-84
- 降幡順子・巽淳一郎 2010「非破壊分析からみた黄冶唐三彩の特質」『河南省鞏義市黄冶窯跡の発掘調査概報』、奈良文化財研究所研究報告第2冊、pp.35-48
- 降幡順子 2011「山城国府跡出土銅インゴットの自然科学的分析」『大山崎町文化情報 2009』、京都府大山崎町教育委員会、pp.28-33
- 降幡順子・神野恵・齋藤努 2012a「8世紀における都城・寺院跡出土鉛釉陶器の化学分析からみた特徴」『日本文化財科学会第29回大会研究発表要旨集』、pp.128-129
- 降幡順子・玉田芳英・齋藤努 2012b「飛鳥・藤原京跡出土鉛釉陶器に対する化学分析」『東洋陶磁』41、pp.19-34
- 降幡順子 2012c「藤原京・平城京出土鉛釉陶器の化学分析からみた特徴」『奈良文化財研究所学報第92冊文化財論叢』、奈良文化財研究所、pp.1385-1394
- 降幡順子・今井晃樹・齋藤努 2013a「平城京跡出土鉛釉瓦の化学的特徴」『日本文化財科学会第30回研究発表要旨集』、pp.62-63
- 降幡順子・神野恵 2013b「特徴に関する研究ノート(1) 平城宮土器の奈良三彩」『河南省鞏義市白河窯跡の発掘調査概報』奈良文化財研究所研究報告第11冊、pp.107-112
- 降幡順子 2013c「牽牛子塚古墳出土七宝飾金具の分析」『牽牛子塚古墳発掘調査報告書』本文編、明日香村文化財調査報告書第10集、pp.192-200
- 降幡順子 2013d「松原10号墳から出土した青銅製勾玉およびガラス玉の調査」『松原10号墳発掘調査報告書』鳥取市埋蔵文化財センター pp.27-34
- 降幡順子・玉田芳英・除楓訳 2014「河南白河窯、黄冶窯、清凉寺窯出土標本的化学特徴」『華夏考古 2014(3)』 pp.128-135
- 古谷清 1911「本邦上代硝子に関する新研究(3)」『考古学雑誌 2(12)』 pp.24-29
- 彭善国 2007「试析渤海遗址出土的釉陶和瓷器」『边疆考古研究 5』 pp.127-136
- 馬淵久夫・平尾良光 1982a「鉛同位体比からみた銅鐸の原料」『考古学雑誌 68(1)』 pp.42-62
- 馬淵久夫・平尾良光 1982b「鉛同位体比法による漢式鏡の研究」『MUSEUM』370 pp.4-12
- 馬淵久夫・平尾良光 1983「鉛同位体比法による漢式鏡の研究(二)」『MUSEUM』382 pp.16-26
- 馬淵久夫・平尾良光 1987「東アジア鉛鉱石の鉛同位体比 青銅器との関連を中心に」『考古学雑誌』73(2) pp.199-210
- 馬淵久夫・平尾良光 1990「福岡県出土青銅器の鉛同位体比」『考古学雑誌 75(4)』 pp.1-20
- 馮浩璋 1999「唐代渤海国釉陶三彩器初探」『考古』第8期 pp.74-80
- 三辻利一 1976「須恵器産地分析に関する基礎的研究第三報須恵器の化学組成と焼成温度」『古文化財教育研究報告5』 pp.49-61
- 三辻利一 1981「分析化学的手法による古代土器の産地推定とその問題」『考古学研究28』(2) pp.96-109

- 三辻利一 2010「付章1 蛍光X線分析による洛北、洛西の窯跡出土緑釉陶器の相互識別」
『京都市埋蔵文化財研究所発掘調査報告 2010-8 灰方窯跡・灰方の塚跡・南春日町
片山遺跡・勝持寺旧境内』京都市埋蔵文化財研究所 pp.78-84
- 村杜仁史 2001「平群町三ツ池遺跡出土の緑釉印花文陶器」『陶説584』 pp.61-68
- 安田龍太郎 2002「飛鳥藤原地域出土の新羅印花文土器」『奈良国立文化財研究所創立三〇
周年記念論文集文化財論叢』 同朋舎, pp.171-181
- 山崎一雄・斉藤喜彦 1960「X線回折による腐蝕された古代ガラスの研究」『Proc. Japan.
Acad. 36』 pp.503
- 山崎一雄 1965「正倉院のガラス」
- 山崎一雄 1971「奈良・平安時代の緑釉陶器の科学的考察」『正倉院の陶磁』宮内庁正倉院
事務所編、日本経済新聞社刊、pp.147-155
- 山崎一雄 1974a「日本の三彩と緑釉」五島美術館
- 山崎一雄 1974b「本邦出土の彩釉陶器および胎土の科学的研究」東洋陶磁 2 pp.55-63
- 山崎一雄・室住正世 1976「鉛の同位体比による産地分析の試み - 本邦出土の青銅鏡ならび
に古銭について」『考古学と自然科学 9』日本文化財科学会 pp.53-58
- 山崎一雄 1977「飯塚市立岩および春日市須玖岡本関係試料の化学分析」立岩遺跡 河出書
房新社 pp.404-405
- 山崎一雄・室住正世・中村清次・湯浅光秋・渡会素彦 1980「中国および日本の古代ガラス
の鉛同位体比」『日本化学会誌 6』 pp.821-827
- 山崎一雄 1982「宇木汲田遺跡出土の銅釧およびガラス玉の化学分析」末蘆國 六興出版
pp.323-324
- 山崎一雄・沢田正昭 1983「ガラス玉および銅鏝の材質分析」京都府丹後町文化財調査
報告第1集 pp.74-77
- 山崎一雄 1987『古文化財の科学』 思文閣 pp.274-300
- 山崎一雄 1988「緑釉と三彩の材質と技法」『日本の三彩と緑釉-天平に咲いた華』
pp.12-19
- 山崎一雄 1990「大阪府塚廻古墳とアカハゲ古墳出土のガラス玉、緑釉棺と黄褐釉円面硯の
化学成分と鉛同位体比」『古文化財科学研究会第12回大会講演要旨集』 pp.24-25
- 山崎一雄・肥塚隆保 1993a「博多第59次調査ピット0018出土の無釉壺内に付着した緑色
ガラスの化学分析」『博多 36』博多遺跡群第59次調査報告 pp.87-88
- 山崎一雄 1993b「渤海三彩と唐三彩などの釉薬と胎土の比較」『東洋陶磁 19』 pp.29-34
- 山崎一雄・肥塚隆保・白幡浩志 1995a「博多遺跡群第62次調査で出土した無釉壺破片に付
着した緑釉ガラスの化学分析値と鉛同位体比」『博多 48』博多遺跡群第62次調査報
告 pp.239-244
- 山崎一雄・肥塚隆保・大庭康時・白幡浩志 1995b「日本出土の12世紀のカリウム鉛ガラス」
『日本文化財科学会第12回大会発表要旨集』 pp.100-101
- 山崎一雄・肥塚隆保・白幡浩志 1996a「博多遺跡群第71次調査で出土した白磁片とそれに

- 付着した緑釉ガラスなどの化学分析値と鉛同位体比測定」『博多 53』博多遺跡群第 71 次調査報告 pp.79-82
- 山崎一雄・肥塚隆保・白幡浩志 1996b 「博多遺跡群第 79 次調査で出土した緑釉ガラス容器の化学分析と鉛同位体比測定」『博多 50』博多遺跡群第 79 次調査の概要 pp.129-131
- 山崎一雄・肥塚隆保・白幡浩志 1996c 「博多で出土したガラスの材質と産地の推定-特に第 88 次調査出土品を中心として-」『博多研究会誌 45』博多遺跡群研究誌 pp.15-18
- 山崎一雄・室住正世 1999 「大阪府アカハゲ古墳出土の黄褐釉円面硯ならびに同塚廻古墳出土のガラス玉および緑釉棺台の化学成分と鉛同位体比」『考古学と自然科学 38』pp.93-97
- 山口県埋蔵文化財センター 1989 『下七見遺跡』菊川町教育委員会
- 吉村睦志 1981 「緑釉の技法」『考古学研究 110』 pp.115-117
- 吉村睦志 1982 「古代釉の成分と原料」『考古学と自然科学 15』 pp.67-84
- 洛陽市博物館 1980 『洛陽唐三彩』文物出版社
- 李知宴・張福康 1987a 「論唐三彩的製作工藝」『中国古陶瓷研究』、中国科学院上海珪酸塩研究所、pp70-77
- 李固楨・陳乃鴻・邱風娟・曾風琴 1987b 「唐三彩的研究」『中国古陶瓷研究』、中国科学院上海珪酸塩研究所、pp78-83
- 李红军 1995 「渤海遗址和墓葬出土的三彩器研究」『文物研究 10』 pp.196-199
- 李家治・張志剛・鄧澤群・劉新園 1996 「景德鎮元代及明初官窯青花瓷器工藝研究」、鴻禧文物、pp163-173
- 路菁 2002 『遼代陶瓷』 遼寧画報出版社
- 王昀 2006 「唐代渤海国釉陶器的类型及相关问题探讨」『甘肅考古 2006.2』、pp.88-95
- Brill,R.H.,Wampler,L.M. 1967 'Applocation of Science in Examination of Art' *Proceedings of the Seminar 1965*, pp.155-166
- Brill,R.H., Yamasaki,K., Barnes,I.L., Rosman,K.J.R., Diaz,M. 1979 'Lead isotope ratios in some Japanese and Chinese glass' *Arts Orientalis*,11, pp.87-109
- Caley ,E.R. 1947 'Results of a Chemical Examination of Some Specimens of Roman Glaze From Tarusus' *American Journal of Archaeology* ,Vol.51(4), pp.389-393
- Furihata,J., Tatsumi,J. 2009 'Characteristics of Tricolored Earthenware from the Huangye Kiln Site and the Heijo Capital Site Determined by Nondestructive Analysis' *Scientific Research on Historic Asian Ceramic*, Freer Gallery of Art, pp.133 140
- Furihata,J.,NakMura,A.,Shoda,S.,Gelman,E., Saito,T.,Kojima,Y.,2014 'In pursuit of evidences for local production of Bohai tricoloured earthenware: chemical analyses of lead glaze ceramics excavated from Kraskino and Gorbarka in the Russian Maritime Province' 'Asian Archaeology' Vol.3, Research Center for

- Chinese Frontier Archaeology, Jilin University, pp.145-165
- Geller, R.F., Bunting, E.N., Research, J. 1936 'The system $K_2O-PbO-SiO_2$ ' *J. Research of the National Bureau of Standards*, 17(2), pp.277-289
- Gelman, I.E., 2011 「2009 年クラスキノ城址考古学調査の成果」『青山考古 27』青山考古学会、pp.185-204
- Klein, C., Hurlbut Jr., C.S., Dana, J.D. 1985 'Manual of mineralogy (after James D. Dana) 20th ed' John Wiley & Sons
- Koezuka, T., Yamasaki, K. 1995 'Chemical Composition of ancient glasses' *Proceedings of 17th International congress on Glass*, pp.469-474
- Li, J., Chen, X. 1986 'A Study on West Han $PbO-BaO-SiO_2$ Glass and Its Corroded Layer Unearthed at Yang Zhou' *XIV International Congress on Glass*, pp.21-26
- Shi, M., He, O., Zhou, F. 1987 'Investigation on some Chinese Potash Glasses Excavated in Han Dynasty Tombs' *Archaeometry of Glass, International Congress on Glass*, pp.15-20
- Tekkök, B., Akyol, A.A., Kadioğlu, Y.K., Demirci, S. 2009 'The importance of Archaeometric Analysis on Ceramics from Archaeological Excavations: The example of early roman glazed ware from Tarsus and Troia' *International Ceramics, Glass, Porcelain Enamel, Glaze and Pigment Congress*, pp.1-21
- . .1999
- . .58-68.
- . .1968
- . .127 .