

博士論文

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—

2010年度

別府大学大学院

文学研究科文化財学専攻

K073923

魯 禎玟

目 次

I. 序説	1頁
II. 分析方法	12頁
1. 蛍光X線分析	12頁
2. 鉛同位体比分析	16頁
2-1. 原理	16頁
2-2. 原産地領域の設定	19頁
2-3. 分析方法	29頁
III. 研究資料と分析結果	31頁
1. 日本出土キリスト教関連製品	33頁
1-1. 原城跡出土資料	33頁
1-2. 天草出土資料	43頁
2. スペイン・バルセロナ所蔵の キリスト教関連製品	59頁
3. 東南アジア出土資料	78頁
3-1. カンボジア・プンスナイ遺跡 出土資料	78頁
3-2. カンボジア・Village10.8遺跡 出土資料	98頁
3-3. タイ出土資料	108頁
4. 韓国出土のガラス資料	123頁

4-1. 武寧王陵出土資料	123頁
4-2. 王宮里遺跡出土資料	132頁
4-3. 弥勒寺址出土資料	143頁
IV. 領域の検討	157頁
1. N領域の検討	159頁
1-1. カンボジア・プンスナイ遺跡出土	
ガラスとの比較からの検討	159頁
1-2. タイ所在の銅鉱山データからの検討	165頁
1-3. タイ所在の鉛鉱山データからの検討	172頁
1-4. 文献記録からの検討	175頁
2. 百済ガラスの領域(仮定)の検討	189頁
3. N領域の原料からみた時期別交流ルート	192頁
V. 総合結論	197頁
附論. 産地推定研究の諸問題	203頁
1. 製錬・鋳造に関連した疑問点	204頁
1-1. 製錬時に同位体は変化するのか	204頁
1-2. 再溶融時、同位体は変化するのか	208頁
2. 分析結果の信頼性	219頁
付録1. これまで分析した日本出土の考古遺物の	
鉛同位体比值	235頁
付録2. これまで分析した韓国出土の考古遺物の	
鉛同位体比值	242頁

付録3. これまで分析したスペイン・カンボジア・タイ	
出土の考古遺物の鉛同位体比值	246頁
引用文献	255頁

写真

写真1. 原城跡出土メダイの一部	35頁
写真2. 原城跡出土十字架の一部	35頁
写真3～24. 天草出土資料1～21	45頁
写真25. スペイン出土の16～17世紀のメダイ	61頁
写真26. スペイン出土の18世紀のメダイ	61頁
写真27. カンボジア・プンスナイ遺跡出土の 青銅製品の一部	81頁
写真28. カンボジア・Village10.8遺跡出土の 青銅製品の一部	100頁
写真29. タイ出土の青銅腕輪	110頁
写真30. タイ出土のLumb	110頁
写真31. タイ出土の足腕	110頁
写真32. タイ出土のSpearpoint	110頁
写真33. タイ出土の鍬	110頁
写真34. 武寧王陵出土の黄色・緑色ガラス	125頁
写真35. 王宮里遺跡出土のガラス片の一部	134頁
写真36. 王宮里遺跡出土の坩堝片の一部	134頁
写真37. 弥勒寺址出土の板状鉛ガラス片	145頁
写真38. 弥勒寺址出土の鉛ガラス用坩堝片	145頁
写真39. 弥勒寺址出土の緑釉橡木瓦	146頁

写真40.	プンスナイ遺跡出土ラピスラズリ1(左)と ガラスビーズ2(右)	161頁
写真41.	プンスナイ遺跡出土ガラスビーズ3(左)と ガラスビーズ4(右)	161頁
写真42.	プンスナイ遺跡出土ガラスビーズ5(左)と ガラスビーズ6(右)	162頁
写真43.	プンスナイ遺跡出土ガラスビーズ7(左)と ガラスビーズ8(右)	162頁
写真44.	プンスナイ遺跡出土ガラスビーズ9(左)と ガラスビーズ10(右)	162頁
写真45.	鉛鉱石	205頁
写真46.	細かくした鉛鉱石	205頁
写真47.	鉛鉱石の製錬中の様子	205頁
写真48.	製錬後に得られた鉛金属	205頁
写真49.	鑄造した青銅板A	209頁
写真50.	鑄造した青銅板B	209頁

表

表1. 原城跡から出土したキリスト教関連遺物の 鉛同位体比值	38頁
表2. 天草本渡歴史民俗資料館所蔵のキリスト教 関連製品の化学組成(%)	54頁
表3. 天草本渡歴史民俗資料館所蔵のキリスト教 関連製品の鉛同位体比值(%)	56頁
表4. スペイン・バルセロナのカタルーニャ美術館が 所蔵する16～17世紀のメダイの化学組成(%)	64頁
表5. スペイン・バルセロナのカタルーニャ美術館が 所蔵する18世紀のメダイの化学組成(%)	65頁
表6. スペイン・バルセロナのカタルーニャ美術館が 所蔵する16～17世紀のメダイの鉛同位体比值	71頁
表7. スペイン・バルセロナのカタルーニャ美術館が 所蔵する18世紀のメダイの鉛同位体比值	71頁
表8. カンボジア・プンスナイ遺跡出土の 青銅製品の化学組成(%)	84頁
表9. カンボジア・プンスナイ遺跡出土の 青銅製品の鉛同位体比值	91頁
表10. カンボジア・Village10.8遺跡出土の 青銅製品の化学組成(%)	103頁

表11. カンボジア・Village10.8遺跡出土の 青銅製品の鉛同位体比值	105頁
表12. タイ出土青銅製品の化学組成(%)	113頁
表13. タイ出土青銅製品の鉛同位体比值	117頁
表14. 武寧王陵出土ガラスの鉛同位体比值	128頁
表15. 既分析された武寧王陵出土ガラスの 鉛同位体比值	128頁
表16. 王宮里遺跡出土鉛ガラスと坩堝の 鉛同位体比值	137頁
表17. 弥勒寺址出土板状鉛ガラスと坩堝の 鉛同位体比值	150頁
表18. 既分析された弥勒寺址出土ガラスの 鉛同位体比值	150頁
表19. 弥勒寺址出土の緑釉橡木瓦の鉛同位体比值	151頁
表20. 日本の宮地嶽古墳出土の板状鉛ガラスの 鉛同位体比值	151頁
表21. カンボジア・プンスナイ遺跡出土 ガラスビーズの鉛同位体比值	163頁
表22. タイのSong Toh鉛鉱山の鉛同位体比值	173頁
表23. シャム産商品の推移	183頁
表24. 青銅板Aの化学組成(%)	214頁
表25. 青銅板Bの化学組成(%)	214頁
表26. 青銅板Aの鉛同位体比值	215頁

表27. 青銅板Bの鉛同位体比值	217頁
表28. 3ヶ所の機関で測定した小銅鐸・珠文鏡の 鉛同位体比值	221頁
表29. 高麗仏の鉛同位体比值	226頁

図

図1. 大友府内町跡から出土したキリスト教関連製品・ 金属製品の鉛同位体比 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	7頁
図2. 大友府内町跡から出土したキリスト教関連製品・ 金属製品の鉛同位体比 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	7頁
図3. 大友府内町跡から出土したキリスト教関連製品と 金属製品の鉛同位体比の比較図 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	8頁
図4. 図3の拡大図($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	8頁
図5. 大友府内町跡から出土したキリスト教関連製品と 金属製品の鉛同位体比の比較図 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	9頁
図6. 図5の拡大図($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	9頁
図7. 蛍光X線の発生原理の模式図	13頁
図8. 蛍光X線分析装置の構造と試料室	15頁
図9. 蛍光X線の分光方式	15頁
図10. 前漢鏡・後漢鏡の鉛同位体比 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	24頁

図11. 前漢鏡・後漢鏡の鉛同位体比 (²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb- ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb)	24頁
図12. 前漢鏡・後漢鏡と中国鉛鉱山の鉛同位体比 (²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb- ²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb)	25頁
図13. 前漢鏡・後漢鏡と中国鉛鉱山の鉛同位体比 (²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb- ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb)	25頁
図14. 多鈕細文鏡・細形銅剣と韓国鉛鉱山の鉛同位体比 (²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb- ²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb)	26頁
図15. 多鈕細文鏡・細形銅剣と韓国鉛鉱山の鉛同位体比 (²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb- ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb)	26頁
図16. 日本の鉛鉱山の鉛同位体比 (²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb- ²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb)	27頁
図17. 日本の鉛鉱山の鉛同位体比 (²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb- ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb)	27頁
図18. 現在設定されている東アジア産鉛の鉛同位体比 (²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb- ²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb)	28頁
図19. 現在設定されている東アジア産鉛の鉛同位体比 (²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb- ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb)	28頁
図20. 原城跡の位置	34頁
図21. 原城跡出土のキリスト教関連製品の鉛同位体比 (²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb- ²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb)	40頁
図22. 原城跡出土のキリスト教関連製品の鉛同位体比 (²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb- ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb)	40頁

図23. 図21の拡大図1	
(²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb- ²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb)	41頁
図24. 図21の拡大図2	
(²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb- ²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb)	41頁
図25. 図22の拡大図1	
(²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb- ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb)	42頁
図26. 図22の拡大図2	
(²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb- ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb)	42頁
図27. 天草本渡歴史民俗資料館の位置	44頁
図28. 天草本渡歴史民俗資料館所蔵のキリスト教関連 製品の鉛同位体比(²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb- ²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb) ...	57頁
図29. 図28の拡大図	
(²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb- ²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb)	57頁
図30. 天草本渡歴史民俗資料館所蔵のキリスト教関連 製品の鉛同位体比(²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb- ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb) ...	58頁
図31. 図30の拡大図	
(²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb- ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb)	58頁
図32. スペイン・カタルーニャ美術館の位置	60頁
図33. スペインの16～17世紀のメダイに含まれている 亜鉛量と資料数	66頁
図34. スペインの18世紀のメダイに含まれている 亜鉛量と資料数	66頁

図35. スペインの16～17世紀のメダイに含まれている 鉛量と資料数	67頁
図36. スペインの18世紀のメダイに含まれている 鉛量と資料数	67頁
図37. スペイン・カタルーニャ美術館所蔵の16～17世紀の メダイの鉛同位体比 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	72頁
図38. 図37の拡大図 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	72頁
図39. スペイン・カタルーニャ美術館所蔵の16～17世紀の メダイの鉛同位体比 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	73頁
図40. 図39の拡大図 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	73頁
図41. スペイン・カタルーニャ美術館所蔵の18世紀の メダイの鉛同位体比 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	74頁
図42. 図41の拡大図 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	74頁
図43. スペイン・カタルーニャ美術館所蔵の18世紀の メダイの鉛同位体比 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	75頁

図44. 図43の拡大図 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	75頁
図45. スペインのメダイと長崎市出土のメダイの 鉛同位体比($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	76頁
図46. スペインのメダイと長崎市出土のメダイの 鉛同位体比($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	76頁
図47. スペインのメダイとスペイン・イタリアの鉛鉱石の 鉛同位体比($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	77頁
図48. スペインのメダイとスペイン・イタリアの鉛鉱石の 鉛同位体比($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	77頁
図49. カンボジア・プンスナイ遺跡の位置	80頁
図50. プンスナイ遺跡出土性銅製品の 化学組成グラフ	83頁
図51. プンスナイ遺跡出土性銅製品の 化学組成別割合	83頁
図52. 遺構別の編年	89頁
図53. プンスナイ遺跡出土性銅製品の鉛同位体比 (出土遺構別)($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	96頁
図54. プンスナイ遺跡出土性銅製品の鉛同位体比 (出土遺構別)($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	96頁
図55. プンスナイ遺跡出土性銅製品の鉛同位体比 (化学組成別)($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	97頁

図56.	プンスナイ遺跡出土性銅製品の鉛同位体比 (化学組成別) ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	97頁
図57.	カンボジア・Village10.8遺跡の位置	99頁
図58.	Village10.8遺跡出土青銅製品の 化学組成グラフ	102頁
図59.	Village10.8遺跡出土青銅製品の 化学組成別割合	102頁
図60.	Village10.8遺跡出土青銅製品の鉛同位体比 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	106頁
図61.	Village10.8遺跡出土青銅製品の鉛同位体比 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	106頁
図62.	Village10.8遺跡出土青銅製品の鉛同位体比 (化学組成別) ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	107頁
図63.	Village10.8遺跡出土青銅製品の鉛同位体比 (化学組成別) ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	107頁
図64.	タイ・Bang Pong Manao遺跡の位置	109頁
図65.	タイ出土青銅製品の化学組成グラフ	112頁
図66.	タイ出土青銅製品の化学組成別割合	112頁
図67.	タイ出土青銅製品の鉛同位体比 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	118頁
図68.	タイ出土青銅製品の鉛同位体比 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	118頁
図69.	図67の拡大図1 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	119頁

図70.	図67の拡大図2 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	……	119頁
図71.	図68の拡大図1 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	……	120頁
図72.	図68の拡大図2 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	……	120頁
図73.	タイ出土青銅製品の鉛同位体比値を原料別に 分けたグループ ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	……	121頁
図74.	タイ出土青銅製品の鉛同位体比値を原料別に 分けたグループ ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	……	121頁
図75.	化学組成別に区分して示したタイ出土青銅製品 の鉛同位体比 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	………	122頁
図76.	化学組成別に区分して示したタイ出土青銅製品 の鉛同位体比 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	………	122頁
図77.	韓国・武寧王陵の位置	………	124頁
図78.	武寧王陵出土ガラスの鉛同位体比 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	………	129頁
図79.	図78の拡大図 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	………	129頁
図80.	武寧王陵出土ガラスの鉛同位体比 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	………	130頁
図81.	図80の拡大図 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	………	130頁
図82.	武寧王陵出土ガラスと既分析された武寧王陵出土 ガラスの鉛同位体比 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	…	131頁
図83.	武寧王陵出土ガラスと既分析された武寧王陵出土 ガラスの鉛同位体比 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	…	131頁
図84.	韓国・王宮里遺跡の位置	………	133頁

図85. 王宮里遺跡出土ガラスと坩堝の鉛同位体比 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	138頁
図86. 図85の拡大図1 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	138頁
図87. 図85の拡大図2 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	139頁
図88. 図85の拡大図3 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	139頁
図89. 図85の拡大図4 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	140頁
図90. 王宮里遺跡出土ガラスと坩堝の鉛同位体比 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	140頁
図91. 図90の拡大図1 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	141頁
図92. 図90の拡大図2 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	141頁
図93. 図90の拡大図3 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	142頁
図94. 図90の拡大図4 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	142頁
図95. 韓国・弥勒寺址の位置	144頁
図96. 弥勒寺址出土ガラスと坩堝の鉛同位体比 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	152頁
図97. 図96の拡大図 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	152頁
図98. 弥勒寺址出土ガラスと坩堝の鉛同位体比 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	153頁
図99. 図98の拡大図 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	153頁
図100. 弥勒寺址出土ガラス・坩堝と宮地嶽古墳出土の ガラスの鉛同位体比 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$) ..	154頁
図101. 弥勒寺址出土ガラス・坩堝と宮地嶽古墳出土の ガラスの鉛同位体比 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$) ..	154頁

図102. 弥勒寺址出土の緑釉椽木瓦の鉛同位体比 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	155頁
図103. 図102の拡大図($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	155頁
図104. 弥勒寺址出土の緑釉椽木瓦の鉛同位体比 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	156頁
図105. 図104の拡大図($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	156頁
図106. プンスナイ遺跡出土の青銅製品・ガラスビーズと タイ出土の銅鉱山・銅製錬関連資料の 鉛同位体比($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	164頁
図107. プンスナイ遺跡出土の青銅製品・ガラスビーズと タイ出土の銅鉱山・銅製錬関連資料の 鉛同位体比($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	164頁
図108. トルコのカマン・カレホユック遺跡出土の銅製品 と鉛製品の鉛同位体比 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	169頁
図109. トルコのカマン・カレホユック遺跡出土の銅製品 と鉛製品の鉛同位体比 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	169頁
図110. タイに所在する銅鉱山の位置	170頁
図111. タイ出土資料とタイの銅鉱山・銅製錬関連資料 の鉛同位体比($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	171頁
図112. タイ出土資料とタイの銅鉱山・銅製錬関連資料 の鉛同位体比($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	171頁

図113. タイSong Toh鉛鉱山の鉛同位体比 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	174頁
図114. タイSong Toh鉛鉱山の鉛同位体比 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	174頁
図115. 百済地域出土のガラスと青銅製品の鉛同位体比 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	191頁
図116. 百済地域出土のガラスと青銅製品の鉛同位体比 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	191頁
図117. 鑄造した鉛鉱石の鉛同位体比 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	206頁
図118. 図117の拡大図($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	206頁
図119. 鑄造した鉛鉱石の鉛同位体比 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	207頁
図120. 図119の拡大図($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	207頁
図121. 繰り返し鑄造した青銅板の質量変化	210頁
図122. 青銅板Aの鉛同位体比 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	212頁
図123. 図122の拡大図($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	212頁
図124. 青銅板Aの鉛同位体比 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)	213頁
図125. 図124の拡大図($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	213頁
図126. 3ヶ所の機関で測定した小銅鐸・珠文鏡の 鉛同位体比($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)	222頁

図127. 図126の拡大図(小銅鐸)	
(²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb- ²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb)	222頁
図128. 図126の拡大図(珠文鏡)	
(²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb- ²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb)	223頁
図129. 3ヶ所の機関で測定した小銅鐸・珠文鏡の	
鉛同位体比(²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb- ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb)	223頁
図130. 図129の拡大図(小銅鐸)	
(²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb- ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb)	224頁
図131. 図129の拡大図(珠文鏡)	
(²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb- ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb)	224頁
図132. 高麗仏(別府大学独自の標準資料)の	
鉛同位体比(²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb- ²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb)	233頁
図133. 図132の拡大図(²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb- ²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb)	233頁
図134. 高麗仏(別府大学独自の標準資料)の	
鉛同位体比(²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb- ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb)	234頁
図135. 図134の拡大図(²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb- ²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb)	234頁

I. 序説

● 研究史

金属の発見と使用は人類の歴史上、画期的な出来事の一つで、人類文明の発展に大きな影響を与えた。人類が金属と最初に出会ったのは紀元前8千年の銅で、その後、天然に産出した金・銀などを装身具として使用したことをはじめ、鉄なども日用品、武器、農耕具として幅広く利用することになった。特に、自然銅は入手しやすく、また、鉱石の製錬も簡単であったため、金属の中でも逸早く利用された。

銅製品を含め、金属製品の生産と技術の発達には社会・経済の両面に大きな影響を与え、歴史上の文明の興亡も金属器の使用と関わっていた。それ故、金属器の生産や製作技術の普及は、地域を統治する際に良い手段となり、地域社会から国家段階に移る基盤となったとも言える¹⁾。

人類が最も早い段階で利用するようになった青銅器の起源に関しては色々な説があるが、銅とスズなどが豊富のアルメニア、コーカサス(カフカス)、イラン高原を結ぶ山岳地帯から発生し、メソポタミアや小アジア、ヨーロッパ、中国などに波及したという理解が一般的である²⁾。東アジアでの青銅器は中国から朝鮮半島へ、また日本へ製品やその製作技術などが渡来し、各国は独自の青銅器文化を成してきた。青銅器のような金属の登場は新たな時代や文化相を開くきっかけになったため、昔から色々な角度からの研究がされてきた。特に、日本の場合、大陸からの影響で金属の使用が始まったため、古代文化を研究する際に中国、朝鮮半島との関係などに関する理解が必須である。各国から出土する青銅器の型式比較や機能、製

作技術などの研究はかなり進んでおり、また最近の科学技術の発達に伴って化学組成の分析、微細構造観察による製作技法の解明なども行われている。このような青銅器の製作に関連した研究と共に、製作のための原料の生産、調達などの問題を扱う研究も行われている。その一つが青銅原料の産地を推定する研究で、鉛同位体比分析法が応用されている。

1965年にアメリカのコーニングガラス博物館のR. H. Brill氏は地球・岩石の年代測定に用いられる鉛同位体比分析法の原理に着目し、考古遺物にも応用できると考えた。すなわち、考古遺物の中に原料として含まれている鉛の同位体比を測定することで、その鉛の母体となる鉛鉱山の区別あるいは判別ができると考えた。そこで、ギリシャ、イギリス、スペイン出土の考古遺物と鉛鉱石を分析し、各地域と鉱山によって鉛同位体比が異なることを確認した。この研究成果は1965年に開催されたボストン美術館におけるApplication of Science in Examination of Works of Artというセミナーで発表され、鉛同位体比分析法を用いた考古遺物の産地推定研究が学界に新たな研究分野として紹介された³⁾。

日本では1967年に山崎一雄がガラスの分析をBrillに依頼したことが初めてで、1974年には山崎一雄、室住正世が室蘭工業大学に設置されている質量分析計で前漢鏡、三角縁神獸鏡などの青銅製品を測定し、日本国内での分析が行われるきっかけとなった。その後、考古遺物に関する鉛同位体比分析は東京国立文化財研究所、国立歴史民俗博物館などで行われ、現在は国立歴史民俗博物館、別府大学などの機関で研究が続いている。

日本において鉛同位体比分析を応用した考古遺物の原料の産地推

定の研究は約40年の歴史を有しており、馬淵久夫、平尾良光、斉藤努らによって継承された。彼らは日本出土の考古遺物や中国の鏡、各地の鉛鉱石などを集中的に分析し、東アジア(中国、韓国、日本)における鉛原料の産地領域を鉛同位体比の図上に設定した。そして、設定した原料の産地領域を基に日本から出土した数多くの考古遺物を分析し、弥生時代から古墳時代にかけての時代の変化と共に鉛原料の産地も変わることを明らかにした。特に、銅鐸の型式の変化に伴って青銅原料も変わることは考古学界に注目され、古代東アジアの交流様相や文化・技術の伝播などを把握する際に新たな研究方法として認められるようになった⁴⁻⁵⁾。現在まで分析された日本出土の考古遺物の数は5000点を超過しており、出土地域あるいは遺物の器種を重視した研究が進んでいる。

一方、鉛同位体比分析による青銅原料の産地推定の研究が進むことに連れ、鉛原料の産地領域の設定や基礎理論に関しての疑問も提起されたことがあるが、これに関しての反駁や反論、説明しようとする努力はあまり行われていない。中井俊一氏は鉛原料の産地推定研究に対する疑問や指摘された問題、異論などの中で、いくつかに対して反論した論文を出しているが⁶⁾、それ以来、疑問や問題点を振る研究はほとんど進んでいないのが現状である。

いくつかの疑問が提起されていることにしても鉛同位体比分析による青銅製品の材料の産地推定研究は、歴史の中で行われた人間・物資の移動や流通などを把握する際に科学的な証拠を提出できる方法として評価されている。

時代が変化してゆくに連れ人間が活動した空間・範囲は時には広がったり、狭くなったりにして変化してきた。その中で人間・物資

がどのように移動したのかはその時の文化の発展や特徴を理解する際に重要な課題である。科学的な方法を利用して物資の原料の産地を確認することは歴史を研究する際に客観的なデータとして活用できる。そのためには各時代と地域を中心とした研究と共にデータの蓄積、比較検討も並行しなければならない。考古遺物に関する原料の産地推定の研究は多様な資料との比較検討で歴史の流れの中での物資・人間・文化の移動、伝播、拡散などに関して客観的な情報を提示することができる。

● 研究経過とN領域の発見

本研究者は2005年から日本・韓国出土の金属製品に関して鉛同位体比分析を行い、材料の産地を推定する研究を進んできた。その中で、大分県に位置する大友府内町跡出土の金属製品に関しても鉛同位体比分析を行い、その内容を修士論文でまとめた。

大友府内町跡はキリシタン大名の大友宗麟の勢力下で府内町として栄えていた遺跡である。遺跡からは中国・朝鮮王朝・ベトナム・タイ・ミャンマーなどの陶磁器と共に多くのキリスト教関連製品、生活道具などが出土した。このことから16世紀後半から末にかけて、大友宗麟の領土であった府内町付近では中国・朝鮮半島・東南アジアなどとの直接的な交易が行われていた可能性を推定することができる⁷⁾。

修士論文では大友府内町跡から出土したキリスト教関連製品のメダイと金属製品の計47点に関して蛍光X線分析と鉛同位体比分析を行い、化学組成と材料の産地を推定した。その中で、鉛同位体比分析の結果から、これまで確認されることがない新たな領域を見つけ、その領域を未知の産地の領域のN領域と仮定した⁸⁾。

それ以来、大友府内町跡から出土した金属製品に関してより資料の数を増やして鉛同位体比分析を行い、計55点(修士論文の資料も含まれる)の金属製品の材料の産地を推定し、その内容を「考古学と自然科学」に投稿した⁹⁻¹³⁾。分析の結果、資料は中国の華南産材料の領域、日本産材料の領域、N領域に分布し、いくつかの資料は朝鮮半島産材料の領域に分布することが分かった(図1-2)。これらの分析結果をキリスト教関連製品と金属製品に分けて、材料の産地を調べた結果、キリスト教関連製品の半分以上はN領域と華南産材料

の領域に分布し、日本産材料は利用されなかったことが分かった。それに対して、金属製品はほとんどが中国の華南産材料の領域および日本産材料の領域に分布し、いくつかの資料がN領域に分布することが分かった(図3-6)。このことから、生活道具などの金属製品には一般的に利用された日本産材料がキリスト教関連製品には利用されず、N領域の材料が主に利用されたことが分かった。

大友府内町跡から出土したキリスト教関連製品・金属製品の製作に用いられた主材料が異なることは、製品の用途によって異なった材料を選択して利用した可能性がある。また、N領域の材料が確認された資料のほとんどがキリスト教関連製品であること、キリスト教の伝来以前にはN領域の材料が確認されないことなどから、N領域がキリスト教と深い関係がある可能性をより高める結果として判断した。そして、その産地としては、日本にキリスト教を伝播するために宣教師および南蛮貿易のために商人達が来航する際に利用した海路のどこかにあると判断した。すなわち、ヨーロッパを出発し、東南アジアを経由して日本に至るまでの海路にN領域の産地がある可能性を指摘した。

しかし、N領域の産地がキリスト教と関わっている可能性を確認したとしても、N領域の産地がどこにあるかに関しては具体的に解明できず、まだ課題に残っている。

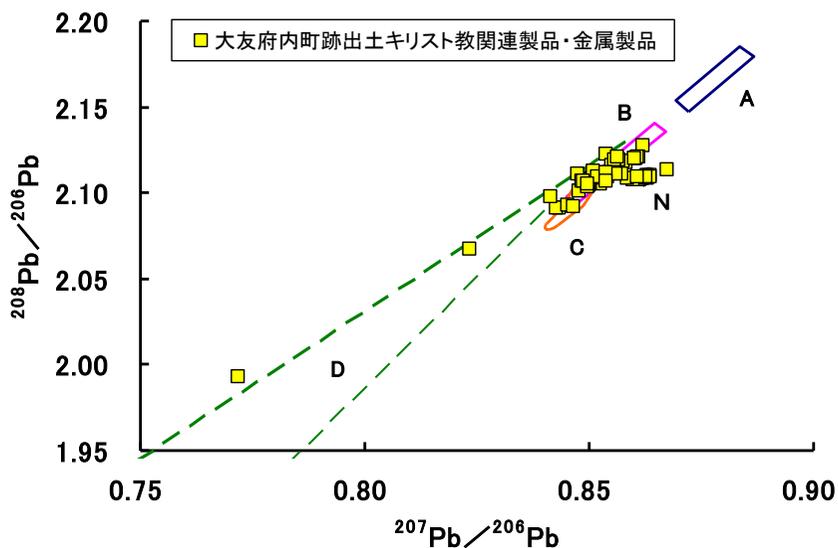


図1 大友府内町跡から出土したキリスト教関連製品・金属製品の鉛同位体比 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)

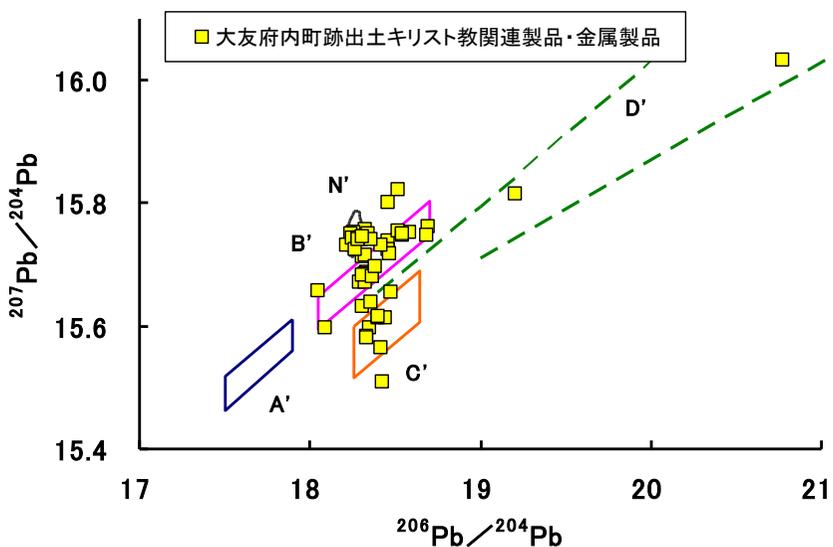


図2 大友府内町跡から出土したキリスト教関連製品・金属製品の鉛同位体比 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)

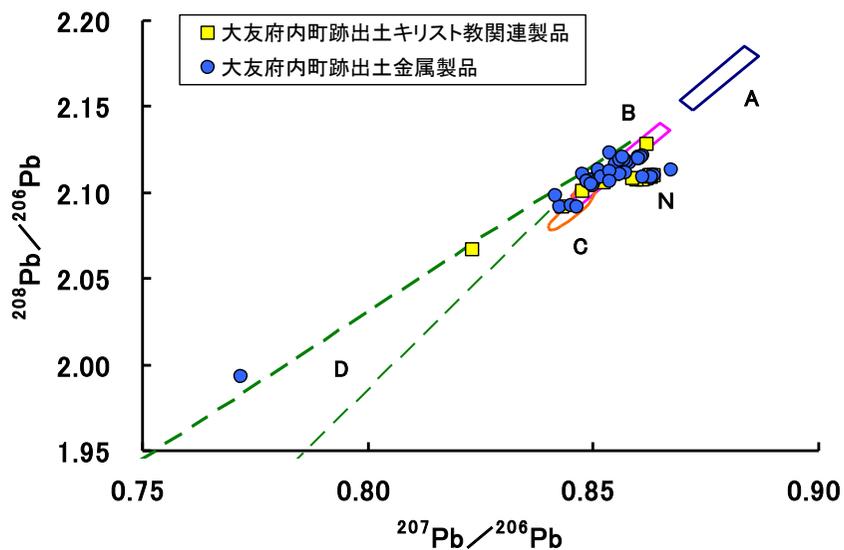


図3 大友府内町跡から出土したキリスト教関連製品と金属製品の鉛同位体比の比較図 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)

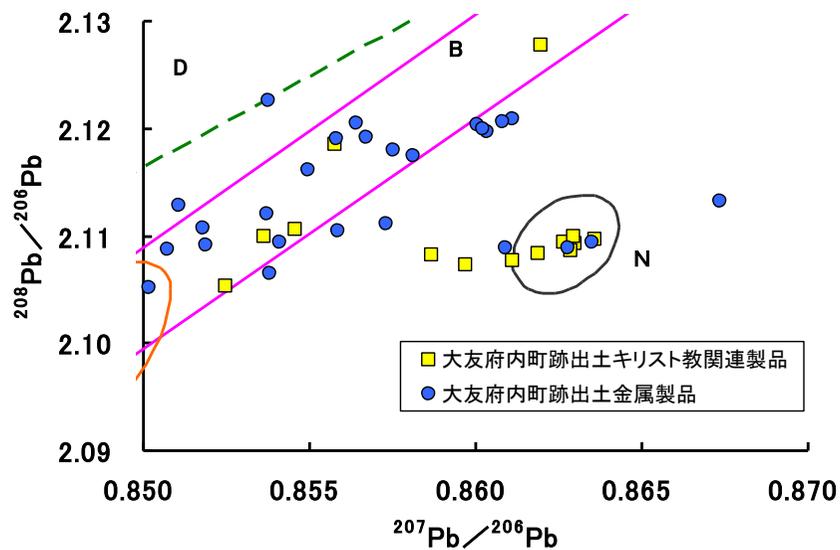


図4 図3の拡大図
($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)

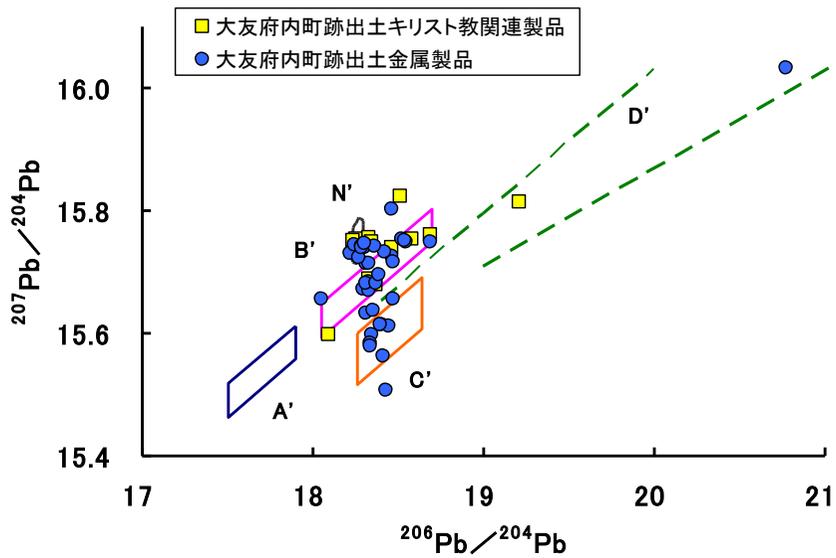


図5 大友府内町跡から出土したキリスト教関連製品と金属製品の鉛同位体比の比較図 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)

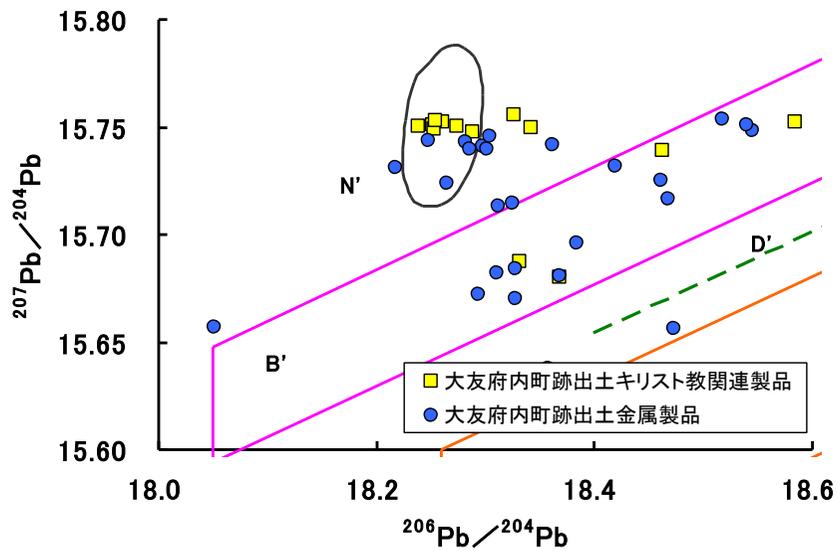


図6 図5の拡大図
($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)

● 研究目的

大友府内町跡から出土したキリスト教関連製品と金属製品に関して鉛同位体比分析を行った結果、N領域の材料は主にキリスト教関連製品に利用されたことが分かった。そして、N領域の産地としてはキリスト教が日本に伝播された海路や南蛮船が利用した海路上にある可能性をより高めた。しかし、N領域の産地の可能性がある地域はヨーロッパから東南アジアまでの広い範囲で、材料の産地を推定する際には限界がある。

このような状況の中で、2007年から2009年までの間に、スペインのバルセロナ、東南アジアのカンボジア、タイに行き、調査をする機会を得た。調査する対象になった資料はスペイン・バルセロナのカタルーニャ美術館が所蔵する16～18世紀のメダイ、紀元前後のカンボジア・タイ出土の青銅製品であり、N領域の産地があると推定されているヨーロッパと東南アジアの資料であった。これらの資料はN領域の産地と推定されている地域から出土した資料で、N領域のより具体的な産地を明らかにする際に良い資料でもあった。

本研究では大友府内町跡から出土したキリスト教関連製品に関する科学的研究の結果、東南アジアあるいはヨーロッパに産地があると推定されたN領域に関して、産地の範囲を絞り、可能性をより高めるために、日本から出土したキリスト教製品、スペイン・バルセロナのキリスト教製品、東南アジアのタイ・カンボジア出土の青銅製品を中心に 蛍光X線分析および鉛同位体比分析を行った。これらの分析結果から、化学組成と材料の産地を推定し、N領域との関連性を検討することにした。

本研究ではN領域と仮定した領域の範囲を絞ることと共に、韓国

のガラス製品について鉛同位体比分析を行い、データの蓄積をも目的とした。韓国のガラス製品については、地域と時代によって古代ガラスの特定と変遷がみられることが科学的な研究で確認されている¹⁴⁻¹⁶⁾。また、いくつかの遺跡でガラス製作が行われたことが明らかになっているが、韓国国内でのガラス製作と原料の供給および流通に関する科学的な研究はあまり行われていない。韓国国内で出土したいくつかのガラスに関しての鉛同位体比分析が行われた例はあるが¹⁷⁾、資料数が少なく、少ない分析結果だけでは国内製作の可能性については科学的な証拠の基で明確な結論を出すことはできなかった。本研究では百濟時代の遺跡から出土したガラスおよびガラス製作関連資料に関して鉛同位体比分析を行い、韓国国内でのガラス製作可能性や原料の供給と流通システムを確認するためのデータを蓄積することにした。

また、本論文では附論として鉛同位体比分析による産地推定研究に関しての疑問を中心に、製錬する際の鉛の同位体比分別の可能性、再熔融時の鉛の同位体比值の変化可能性、得られた同位体比值の信頼性について、実験を行い、疑問点の解明を試みた。鉛の化学変化時における分別の可能性については鉛鉱石の製錬を小規模で行い、製錬前後の鉛同位体比值を比較した。再熔融する際の同位体比值の変化の可能性に関しては青銅板を10回繰り返し鑄造を行い、鉛同位体比值の変化を確認した。分析結果の信頼性問題に関しては、独立した3ヶ所の機関に設置されている質量分析計で同一資料を測り、鉛同位体比值を比較した。

II. 分析方法

1. 蛍光X線分析

蛍光X線分析は非破壊分析法として多様な分野で利用されている化学組成を測定する一つの方法である。蛍光X線分析法は

- 1) 多元素を同時に計測することができる。
- 2) 短時間で測定できる。
- 3) 原理的にベリリウムより原子番号が大きい元素の分析が可能である。
- 4) 資料の状態や大きさ、形態に制限がない。
- 5) 非破壊で測定できるので、資料を採取しなくても良い。
- 6) 測定可能な場所の制限が少ない。
- 7) 数十ppb単位まで測定ができる。

などの利点を持つため、活用される例が増えており、非破壊分析の代表とされている¹⁸⁾。

蛍光X線分析法はX線を物質に放射し、含まれている成分とその量を測る方法である。X線は紫外線より短く、 γ 線より長い波長を持つ光で、このX線のある物質に放射すると、そのX線の一部は物質に吸収され、残りは透過する。その時、吸収されたX線のエネルギーが原子核の周りを周回する電子殻の電子の結合エネルギーより大きいと、電子殻の電子は光電子として外に飛び出す。電子が放出されると原子はイオン化され、不安定な励起状態になる。この状態では放出された電子があった電子殻は空になり、元の安定な状態に戻るために空になった電子殻の外側の電子殻から電子が落ちて入る。空

の電子位置を埋めるために外側の電子殻から電子が落ちてくる時に発生するエネルギーが蛍光X線であり、この蛍光X線のエネルギーは元素によって固有の値が決まっている。このような原理を用いて物質にX線を放射すると、物質に含まれている元素に応じて色々な蛍光X線が発生する(図7)。蛍光X線分析法はこの時に発生する蛍光X線を検出器で測定し、物質の構成成分を把握する。

蛍光X線分析の結果は横軸が蛍光X線のエネルギー、縦軸がX線の数とした蛍光X線スペクトルとして確認できる。横軸の蛍光X線のエネルギーは各元素が持つ固有のエネルギーを意味し、検出されたエネルギーから物質に含まれている元素の種類を把握することが可能である。これが蛍光X線分析による定性分析である。また、縦軸のX線の数は物質にX線を放射する時に発生する蛍光X線の数で、物質中に含まれる原子数に比例する。即ち、蛍光X線の数を測定することで、ある元素の含有量を把握することができる。これが蛍光X線分析による定量分析である。

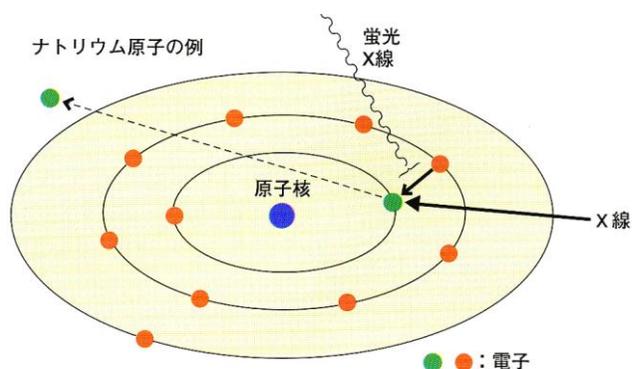


図7 蛍光X線の発生原理の模式図(平尾良光・山岸良二, 1998より)

蛍光X線分析に用いられる蛍光X線分析装置は1948年にH. Friedman

とL. S. Birksによって市販用の波長分散型蛍光X線分析装置が作られて以来、性能や大きさ、価格などの面から発展し、現在は簡単に携帯できるポータブル式の装置も色々な分野で利用されている。

蛍光X線分析装置の原理は同様であるが、蛍光X線を捕らえる検出器の構成によって波長分散型(WDX)とエネルギー分散型(EDS)とに分けられる(図8-9)。波長分散型(WDX)の蛍光X線分析装置は分光結晶によって蛍光X線を分光し、連続波長とX線の強度を測ることで、高分解能のスペクトルが得られる。それ故、複雑な組成をもつ試料も分析でき、BeからUまでの元素が分析可能である。しかし、強力なX線源と結晶分光器が必要であるため、エネルギー分散型(EDS)より大型になる。一方、エネルギー分散型(EDS)の蛍光X線分析装置は蛍光X線をX線源と検出器を試料の近くに設置できるため、微弱なX線でも検出可能で、照射するX線の出力も低く抑えることができるため、試料に与えるダメージが少ない。それ故、機器の小型化も可能である。ただし、機器が持つ分解能は波長分散型(WDX)の蛍光X線分析装置より低いので、スペクトル線の重なりが激しく、結果を理解する際に注意が必要である¹⁹⁻²²⁾。

本研究で用いた蛍光X線分析装置はエネルギー分散型(EDS)の機器であり、SIIナノテクノロジー(株)製のSEA5230Aである。定量法としてはパラメータ法(FPM=Fundamental Parameter Method)を採用した。測定条件として測定時間を300秒、試料室の雰囲気を大気、電圧を50kV、電流を3 μ Aに設定した。

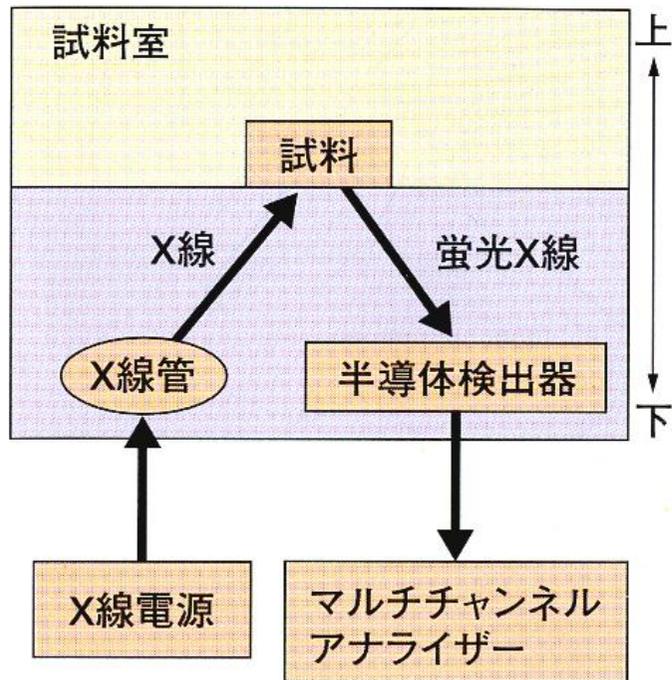


図8 蛍光X線分析装置の構造と試料室
(平尾良光・山岸良二, 1998より)

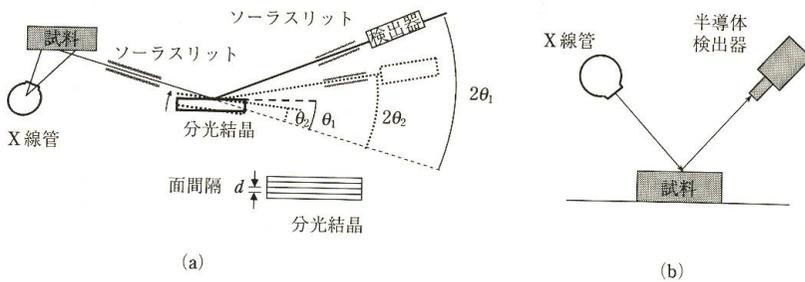


図9 蛍光X線の分光方式((a)はWDX、(b)はEDX)
(中井 泉, 2005より)

2. 鉛同位体比分析

2-1. 原理

金属学分野で青銅は銅とスズの合金を意味するが、一般的に歴史の中で認識されている青銅は銅とスズの合金に鉛が加えられた合金も含んでいる。青銅器の主材料は銅で、展性と延性が良いため、加工しやすい反面、柔らかいので製品化しても実用性は良くない。ただし、銅は他金属と合金を作ると硬くなる性質があり、合金となる成分によって青銅(銅+スズ、銅+スズ+鉛)、黄銅(銅+亜鉛)、赤銅(銅+金)などに分類される²³⁾。考古遺物の場合、純銅製品よりスズあるいは鉛を加えた青銅製品の出土例が多く、実用品あるいは製品としてこれら銅の合金が利用された。純銅にスズあるいは鉛を加えると次のように性質が変わり、実用性がより高まる。

- 1) 銅にスズあるいは鉛を加えることで溶融点を下げることができる。純銅の溶融点は1,084°Cであるが、スズまたは鉛を加えることで融点が1,000°C以下まで下げることができる。
- 2) 銅にスズ、鉛を加えることで、溶解した金属液体が凝固するまでかかる時間が長くなり、その分、流動性が良くなる。
- 3) 銅にスズを加えることで強度を増やすことができる。銅にスズが加えられると強度と硬度は増える。しかし、スズ濃度が20%以上になると硬度が減少し、割れやすくなる。
- 4) 銅にスズを加えることで、多様な青銅の色を出すことができる。銅に添加するスズの濃度を増やすことによって青銅の色は銅赤色から黄色、金色、白色に変化する。それ故、鑄造する時の金属の割合を調節することで、青銅の色相を選択することができる²⁴⁾。

このように、経済的・技術的な理由で青銅製品の製作時に鉛が加えられるが、青銅製品に関して鉛同位体比分析をすることで人為的に添加された鉛の原産地を推定することができる。また、青銅製品に加えられた鉛がどこから入手したのかを調べることで、当時の交易や交流の実態を把握することができる。鉛同位体比分析を用いた青銅製品の原料に関する産地推定の研究は古代の交流史、地域交流などを研究する際に良い方法として応用されているが、その基礎的な原理は次のようである。

地球生成時にすべての元素の同位体比はそれぞれ一定の値に決まっており、その値は地球のどこでも同じであった。しかし、幾つかの元素は時間の経過に伴って同位体比の値が変化した。鉛はその例外的な一つの元素である。

鉛は大きくみて始源鉛(地球生成時に存在した鉛)と放射起源鉛(他元素の壊変によって生成された鉛)で構成されている。これらの鉛には ^{204}Pb 、 ^{206}Pb 、 ^{207}Pb 、 ^{208}Pb の4つの同位体が存在するが、岩石・鉱物中のU(ウラン)、Th(トリウム)は時間の経過に伴って放射壊変して新たな鉛の同位体へと変化する。放射壊変によって ^{238}U は ^{206}Pb に、 ^{235}U は ^{207}Pb に、 ^{232}Th は ^{208}Pb に壊変し、 ^{204}Pb は時間およびU、Thの影響を受けず、地球が生成された時の存在量がそのまま残る²⁵⁾。そして、地殻変動などの影響で鉛が濃縮し、鉛鉱床が生成すると、UとThは排除され、それ以後に同位体比は変化しない。すなわち、岩石中に含まれているPbの量とU、Thの量、共存時間によって鉛の同位体比は地域によって異なる値を示すことになり、それぞれの鉱山の固有値になる^{4, 5, 26-27)}。この時、鉛の同位体量は始源鉛と放射起源鉛として表すことができる。

考古遺物の原料の産地推定研究は以上のような原理を応用し、考古遺物に含まれている鉛の同位体比を測定し、考古遺物を持つ鉛同位体比値を鉛鉱床あるいは産出地域の鉛同位体比と比較して産地を推定する。

2-2. 原産地領域の設定

鉛同位体比分析結果を整理する際に、より良い理解を得るため、同位体比の組み合わせを軸にしてグラフ図を作成する。鉛の同位体比は $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{204}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 、 $^{204}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 、 $^{206}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{207}\text{Pb}$ 、 $^{204}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$ 、 $^{206}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{208}\text{Pb}$ の12通りに表現され、グラフ図の軸は各人の見解に依存する。例え、地学系の人には ^{204}Pb で他の同位体を割った比を、そうでない場合には ^{206}Pb で割った比を利用して分析結果を表す場合が多い。考古遺物に関しての原料の産地推定研究においては横軸が $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 、縦軸が $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ の図と横軸が $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、縦軸が $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ の図を利用して分析結果を判断するのが一般的である。これからは前者をA式図に、後者をB式図にして示す。

先行研究では考古遺物に関して鉛同位体比分析が行われ、これら二つの図式にその値が代入され、いくつかにグルーピングできることが明らかになった。現在は中国、朝鮮半島、日本の東アジアの原産地が領域として設定されている。そして、この領域の設定は実際の考古遺物の分析値で設定されたものである²⁸⁾。

中国の領域は中国で製作されたと考えられる漢鏡の分析結果から設定されている。図10と図11のように、前漢鏡と後漢鏡の分析値はグループに分かれて分布する。これは前漢鏡と後漢鏡に用いられた原料が系統的に異なることを意味する。この時に、これらの漢鏡の原料の産地が中国のどこにあるかは明確には分らないが、いくつかの中国の方鉛鋳の測定結果をみると(図12と図13)、中国北部の方鉛鋳と前漢鏡が、中国中部・南部の方鉛鋳と後漢鏡が類似した分布を表していることがわかる。そこで、前漢鏡が分布するところを中

国華北産原料の領域に、後漢鏡が分布するところを華南産原料の領域と仮定した。

朝鮮半島産原料の領域は韓半島で製作されたと考えられる多鈕細文鏡と細形銅剣の分析結果から設定されている。朝鮮半島産原料の領域の設定にきっかけになったのは、山崎一雄らが測定したいくつかの銅鐸から中国の原料とは異なる値が確認され、中国とは違う地域の鉛の可能性が予測されたことである。そこで、日本から出土した青銅器の中で韓国製作と考えられるいくつかの青銅器を調べた結果、異常値を示す銅鐸と類似した値を表していることが分かった。そこで、その結果と韓国の鉛鉱山の鉛同位体比値を参考にして朝鮮半島産原料の領域(図14と図15)と仮定した。北朝鮮地域にある鉛鉱山の値は中国華北領域より高い値を示したが、それ以外の中南部の鉛鉱山データは直線状に分布する傾向がある。

日本の場合、「続日本記」に7世紀以後から日本の鉛鉱山から銅の製錬をした記録が書かれており、それ以前には銅を製錬した痕跡はまだ見つかっていない。そのため、日本産原料の領域は現代における鉛鉱山を中心にしてその産地の領域を仮定した。神岡鉛鉱山は、他鉛鉱山とは少し離れたところに分布するが、それ以外の鉛鉱山はかなり狭い範囲に集中する。そこで、この範囲を日本産原料の領域とした(図16と図17)^{4-5, 27)}。

以上のように現在では東アジアの中国、韓国、日本産原料の産地が領域として設定されている(図18と図19)。中国華北産原料の領域の中に分布する資料のいくつかは狭い範囲に集中する傾向があり、これは規格化された原料の可能性があるので、その範囲を特定領域‘a’とした。このような原産地の領域は本来ならば、鉛鉱石・方

鉛鉱のデータを中心にして設定すべきであるが、現実的に考古遺物の製作に利用された当時の鉛鉱山をすべて探すのはほぼ不可能であり、現在では閉鉱した鉱山などもある。そのため、遺物に含まれている鉛を中心に産地の領域を設定し、それに鉛鉱山のデータを参考にする方向に研究が進んでいる。現在、行われている鉛同位体比分析による原料の産地推定の研究には上記の領域を利用しているが、今後の研究によって新たな同位体比を示す領域が見つかる可能性も十分ある。

しかし、以上のように設定された領域に反論があるのも事実である。設定されている中国の華北および華南産原料の領域が意味する地理的な範囲が広すぎることや朝鮮半島産原料の領域と実際の方鉛鉱、考古遺物の分布領域が異なり、設定されている朝鮮半島産原料の領域は中国の雲南地方の原料を示唆するのではないかなどの意見がある²⁹⁾。朝鮮半島産原料の領域に関しては他領域より議論が多かったが、現在は領域を設定した頃に比べ、蓄積された鉛同位体比データが増えており、新たな事実も次々と確認されている。朝鮮半島産原料の領域に関する反論の一つとしてはその範囲がどこまで広がるのかという問題と、中国の三星堆遺跡出土の青銅器や雲南省の鉛鉱石が似ている値を示すことから、朝鮮半島産原料というのは中国の雲南地方の原料であるという意見がある。これまで分析された韓国出土の青銅器の鉛同位体比値をみると、A式図では横軸 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ が0.775以上を示す場合がほとんどで、その以下の値を持つ資料は少ない³⁰⁾。それに対して中国雲南省の鉛鉱石や三星堆遺跡の青銅器などは $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ が0.775以下の値を持つ場合が多い³¹⁾。直線状に広がる朝鮮半島産原料の領域がどこまで広がるのかに関してはまだ

解決しなければならない部分が残っているが、現段階では横軸で²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb値の0.775以上の直線に韓国出土の多くの青銅器や一部の鉛鉱石が分布するので、この範囲を中国の雲南地方よりも朝鮮半島産原料の領域としてみた方が良いであろう。

中国の華北産原料の領域Aに関してはこの領域が中国の北部の鉛であることには異論がないが、陝西省の鉱山が類似する値を示しており、分析の精密度は低い遼寧省の青城子鉱山の値が華北領域内に入ることから、華北産原料の領域と設定されているA領域が華北地方を意味すると見ることは問題があるとの意見がある²⁹⁾。しかし、この意見では精密度が低いデータを挙げて話を進めている。この時に精密度が低いデータをどこまで信頼できるのかが問題になる。鉛同位体比分析の場合、誤差が大きくなると鉛同位体比の値にも影響があり、同一資料であっても分析結果の精密度によって同位体比値が変わる。同じ意味で、その鉛同位体比値を推定された原料の産地領域図に記入したとしても精密度によって分布位置が異なる可能性が出てくる。

鉛同位体比分析による原料の産地推定の研究において、考古遺物を製作する当時に採鉱した鉛鉱山を見つけない限り、正確な原料の産地を明らかにすることはできない。そのため、前述したように、考古遺物に含まれている鉛から当時の原産地を推定する方法で研究が行われている。鉛同位体比分析による原料の産地推定研究の結果を理解する際にはこのことを念頭に置く必要がある。

設定された東アジア産材料の領域に関して、新たに分析した弥生時代・古墳時代の青銅製品の鉛同位体比分析値を図中に代入してみると、ほとんどが領域の中に分布し、設定された東アジア産材料の

領域は産地を推定する際には問題なく、使用できることが分かった³²⁻³⁶⁾。今のところ、設定された東アジア産材料の領域は様々な資料から検討した結果、弥生時代の資料だけではなく、古墳時代の資料にも適用できることが確認され、資料の産地を推定する際に利用できることが確認されている。

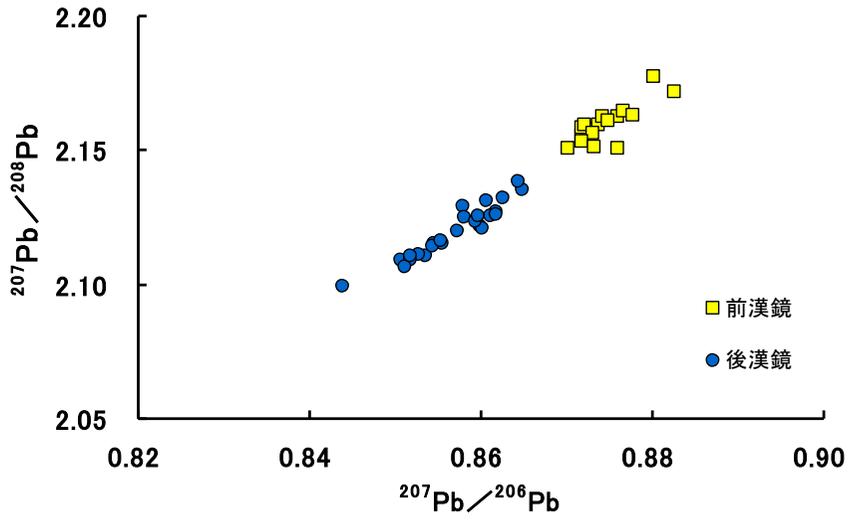


図10 前漢鏡・後漢鏡の鉛同位体比
 $(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})$

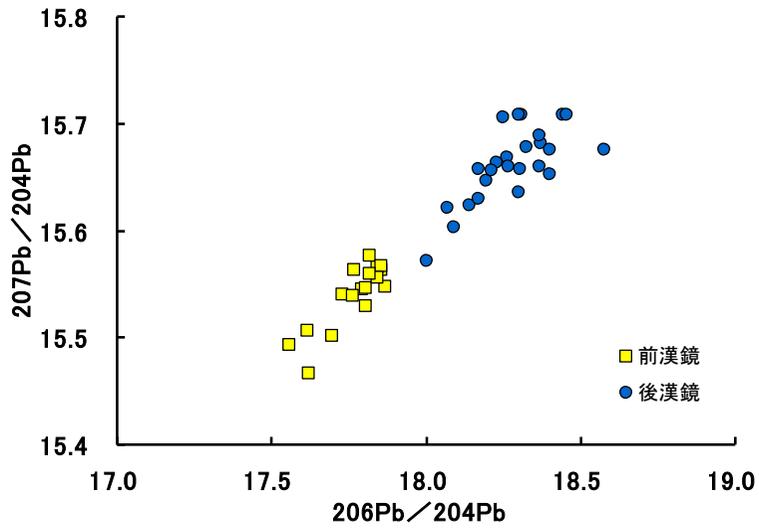


図11 前漢鏡・後漢鏡の鉛同位体比
 $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$

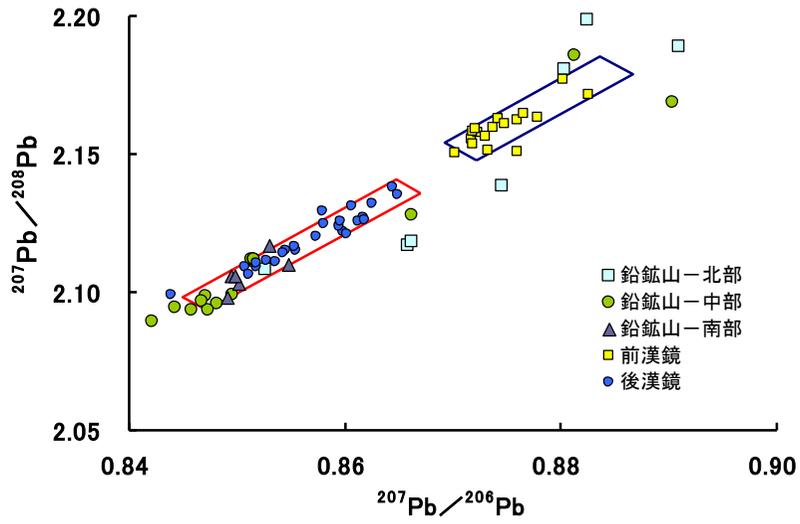


図12 前漢鏡・後漢鏡と中国鉛鉱山の鉛同位体比
 $(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})$

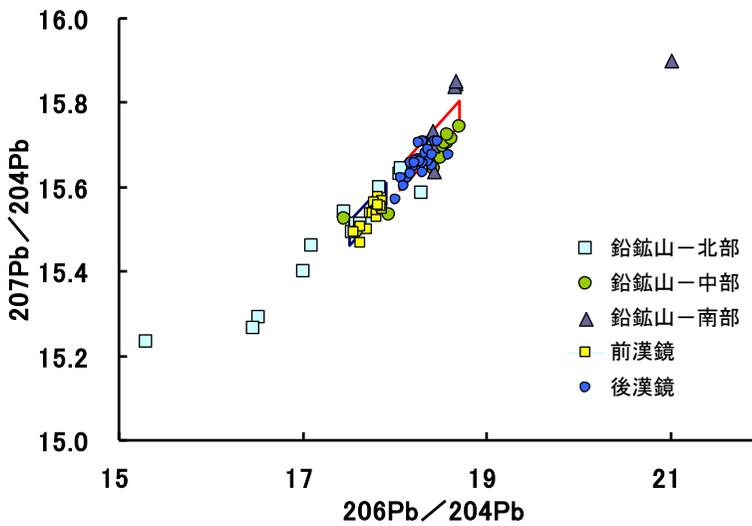


図13 前漢鏡・後漢鏡と中国鉛鉱山の鉛同位体比
 $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$

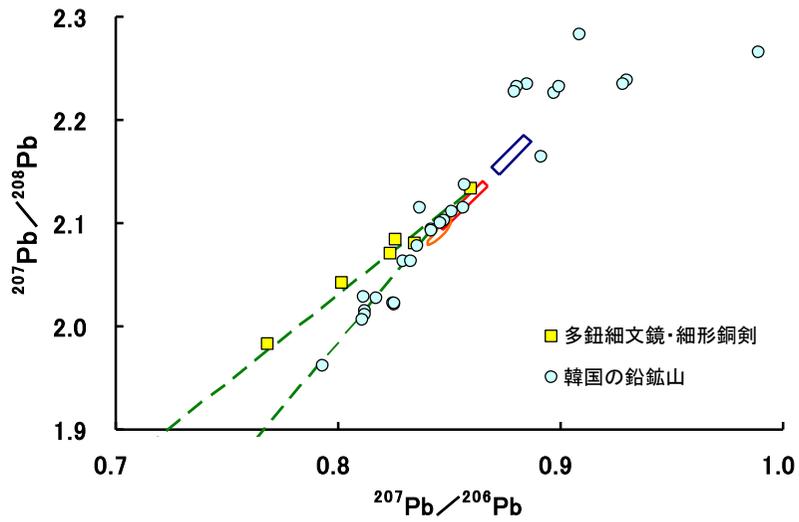


図14 多鈕細文鏡・細形銅剣と韓国鉛鉱山の鉛同位体比

$$({}^{207}\text{Pb}/{}^{206}\text{Pb} - {}^{208}\text{Pb}/{}^{206}\text{Pb})$$

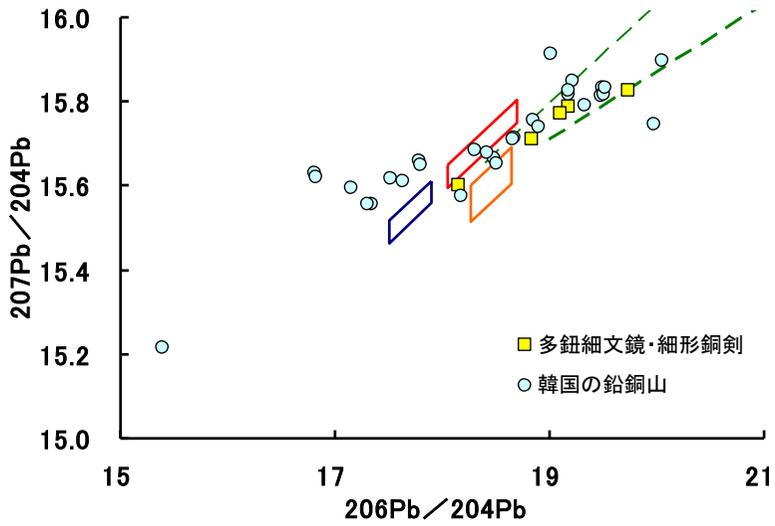


図15 多鈕細文鏡・細形銅剣と韓国鉛銅山の鉛同位体比

$$({}^{206}\text{Pb}/{}^{204}\text{Pb} - {}^{207}\text{Pb}/{}^{204}\text{Pb})$$

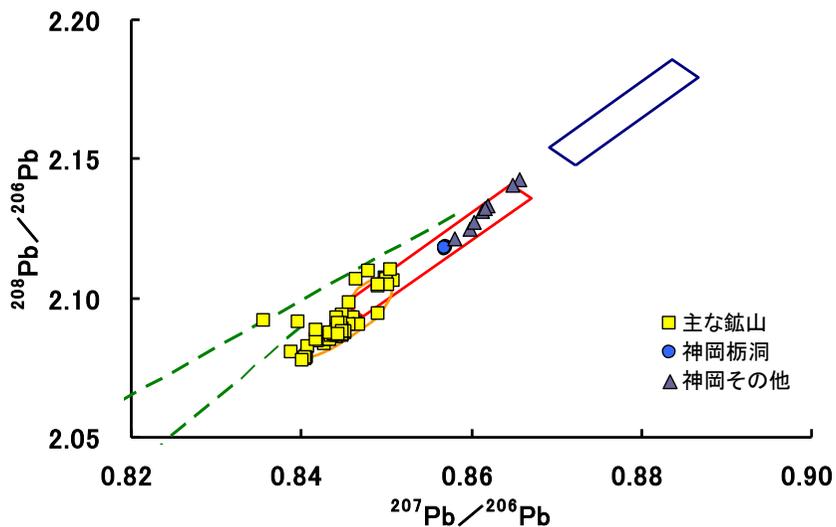


図16 日本の鉛鋅山の鉛同位体比

$$(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})$$

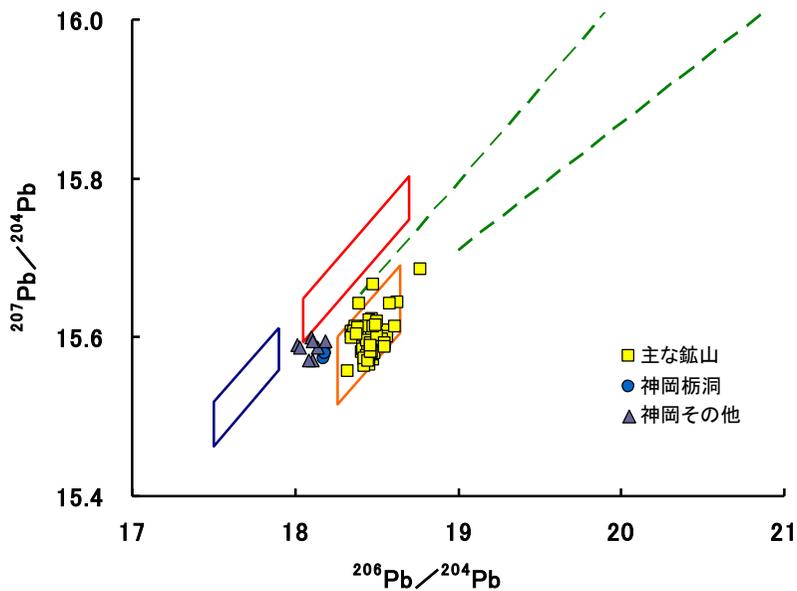


図17 日本の鉛鋅山の鉛同位体比

$$(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$$

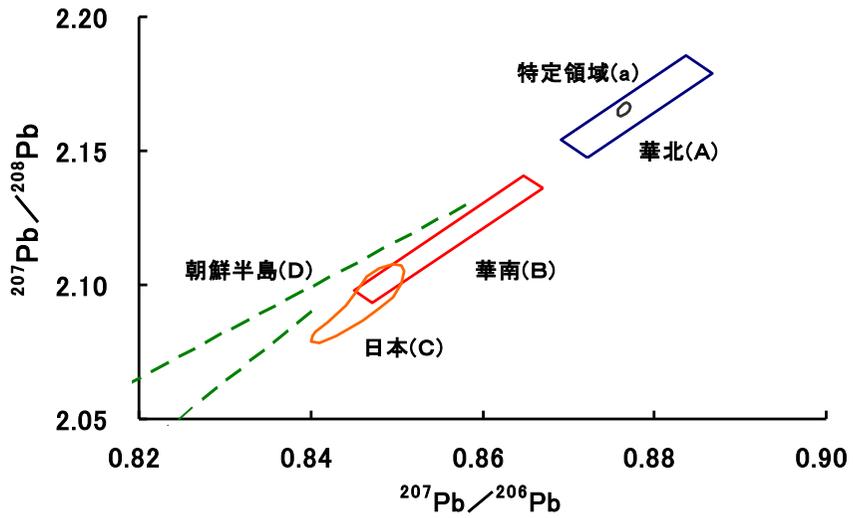


図18 現在設定されている東アジア産鉛の原産地領域
 $(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})$

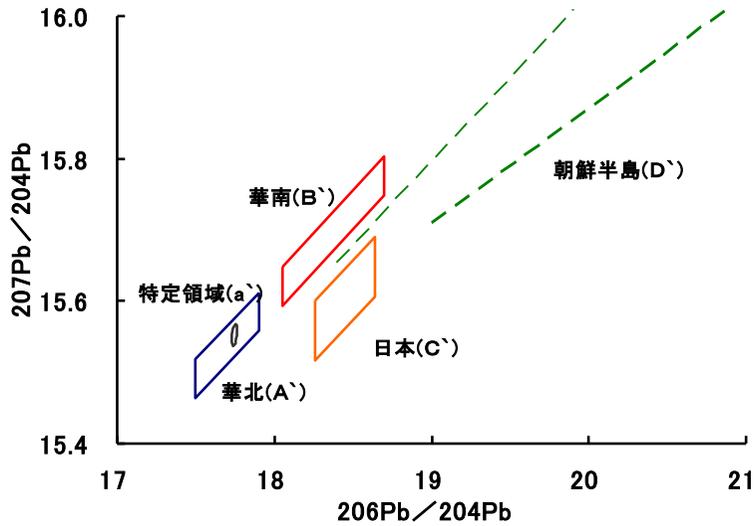


図19 現在設定されている東アジア産鉛の原産地領域
 $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$

2-3. 分析方法

鉛同位体比分析は質量分析計を用いて行われた。質量分析とは原子や分子をイオンとして分離して測定する方法で、分析化学的、同位体科学的、物性論的、技術的などの目的で色々な分野に応用されている。質量分析法は試料の原子、分子などをイオン化し、生成イオンをその質量の差異によって分離して原子および分子の質量を検出する方法で、イオン化する方法によって質量分析計の多様な機種がある。現在、一般的に利用されている質量分析計は表面電離型質量分析計で、多元素について測定ができ、メモリー効果が少なく、 10^{-5} g 以下の極微量の試料も測定できる利点がある³⁷⁾。

本研究の鉛同位体比分析には、研究対象の表面から一部錆を採取して試料とした。青銅製品は石英ビーカーに入れ、硝酸約0.1mlで溶解した後、蒸留水5mlで希釈し、直流2Vで電気分解した。試料によって数時間～1日間にかけて電気分解を続けて鉛を析出させた。一方、ガラス製品はテフロン製ビーカーに試料を入れ、硝酸約0.2mlと弗化水素酸約0.2mlを加えて溶解した。溶解した試料はテフロン製ビーカーに入ったままにホットプレートの上に載せ、硝酸と弗化水素酸を蒸発させた。これにまた硝酸0.1mlを加え、蒸留水5mlで希釈し、直流2Vで電気分解して鉛を析出させた。

電気分解して電極上に析出した二酸化鉛は硝酸約0.1mlと過酸化水素酸約0.1mlで溶解し、蒸留水で希釈し、1次試料溶液とした。この溶液から一定量を取り出し、1000倍希釈して2次試料溶液とした。試料溶液の鉛濃度を確かめるために、2次試料溶液を炭素炉原子吸光分析器に導入し、濃度を確認した。その後、1次試料溶液から0.2 μ gの鉛を分取し、これにリン酸とシリカゲルを加えてレニウムフ

フィラメントの上に乗せた。以上のように準備したフィラメントを本学に設置されている質量分析計(サーモエレクトロン社の表面電離型質量分析計MAT262)の中に装着し、条件を整え、1,200℃まで加熱した。

加熱することによって、鉛の一部は原子状に解離し、さらに電子が取れて鉛イオンになる。鉛イオンは電位差のあるスリットを通過して磁場がかかっている分析管に誘導される。分析管を通過する時に磁場の影響で質量が大きいイオンは大きく曲がり、検出器へ到達する時間も若干遅れる。検出器では分離された鉛イオンを受け、その数を測る⁴⁾。

試料は1,200℃で測り、また同一条件で分析した国際標準鉛試料NBS-SRM981の値で測定値を補正した。

Ⅲ. 研究資料と分析結果

● はじめに

本研究の資料となったのは長崎県原城遺跡・天草出土のキリスト教関連の遺物、スペイン出土のキリスト教関連遺物、タイ・カンボジア出土の青銅遺物、韓国の武寧王陵、王宮里遺跡、弥勒寺址から出土したガラス片とガラス坩堝である。

既研究(大友府内町跡に関する研究)によるとN領域の原料はキリスト教が伝来された時から鎖国政策が行われるまでの時期のみに確認されており、キリスト教伝播および南蛮貿易と深い関わりがあると判断されている。N領域の確認、そしてこの原料とキリスト教伝来・伝播との関係を把握するために本研究では日本国内から出土したキリスト教遺物(大友府内町跡、原城跡、天草出土資料)を分析対象にした。一方、N領域の原料の原産地としてはキリスト教の伝来ルートおよび南蛮貿易海路から東南アジアからヨーロッパまでの寄港地にその産地があると推測されているが、それらの地域出土の資料に関する実際の分析例は今までなかった。そこで、本研究ではタイ・カンボジアのような東南アジア出土の青銅遺物、日本にキリスト教を伝播した国であるスペインのキリスト教遺物をも研究資料として選定し、N領域の原料との関係を明らかにしようとした。

韓国では単発的に鉛同位体比分析による原料の産地推定研究が行われているが、分析された資料数は極めて少ない。鉛同位体比分析が行われた資料もほとんどが青銅製品で、ガラス資料に関しては分析された例が少ない。韓国出土のガラスに関する科学的調査では韓国出土のガラスからは様々な種類のガラスが確認され、一部は外部との交易で輸入されたものと判断されている¹⁶⁾。韓国国内における

ガラス製作の可能性に関しても鉛同位体比分析が行われた例はあるが、その点数が少なく、これらの結果だけでは韓国国内における製作様相などを把握することはできない。韓国国内でのガラスの製作と原料の供給、外部との交易による輸入品などの研究に鉛同位体比分析を応用するためにはまず、韓国出土のガラスに関する鉛同位体比分析値のデータ蓄積が行われる必要がある。そこで、本研究ではその一環として同時期・同地域の遺跡である韓国の武寧王陵、王宮里遺跡、弥勒寺址から出土したガラス製品およびガラス用坩堝などを研究資料とした。

これらの資料について蛍光X線分析および鉛同位体比分析を行い、資料の化学組成と材料の原産地を推定することにした。ただし、日本の原城跡出土の資料の場合は蛍光X線分析は行われず、また、韓国出土のガラス資料は韓国で蛍光X線分析が行われたので、その結果に依存した。また、分析結果の関しても信頼性などに関しては本論文の最後に附論としてまとめた。

1. 日本出土キリスト教関連製品

1-1. 原城遺跡出土資料

● 遺跡および資料の概要

原城遺跡は長崎県島原半島の南部に位置し、1637年に「島原・天草の乱」の舞台となった遺跡である(図20)。島原・天草の乱はキリスト教徒が絡む宗教戦争であり、この事件をきっかけに日本は鎖国政策へ転換したといわれる。その意味で、原城遺跡は日本の歴史の中で非常に重要な遺跡として位置づけられている。

原城遺跡の発掘調査が行われたのは平成4年からで、調査から多数の人骨や火縄銃の一部と銃弾として使われた鉛玉、キリスト教の中心地の一つであったことを示すメダイ、十字架などのキリスト教関連製品が数多く出土した。また、長崎が外交都市であったことやキリスト教の伝来・伝播と南蛮貿易が関わっていることを示すように、遺跡からは中国、朝鮮半島の陶磁器、日常生活にも西洋文化が深く浸透していたことを示すキセルなどが出土し、当時の生活様相や国際貿易などの実態を把握することができる³⁸⁻⁴⁰⁾。

本研究では原城遺跡から出土したメダイ、十字架、ロザリオなどのキリスト教関連遺物42点を選定し、鉛同位体比分析を行った(写真1-2)。これらの資料のほとんどは鉛製品あるいは青銅製品であり、16世紀後半～17世紀初頭にかけて、イエズス会によって輸入あるいはその影響下で製作されたものと推定されている。

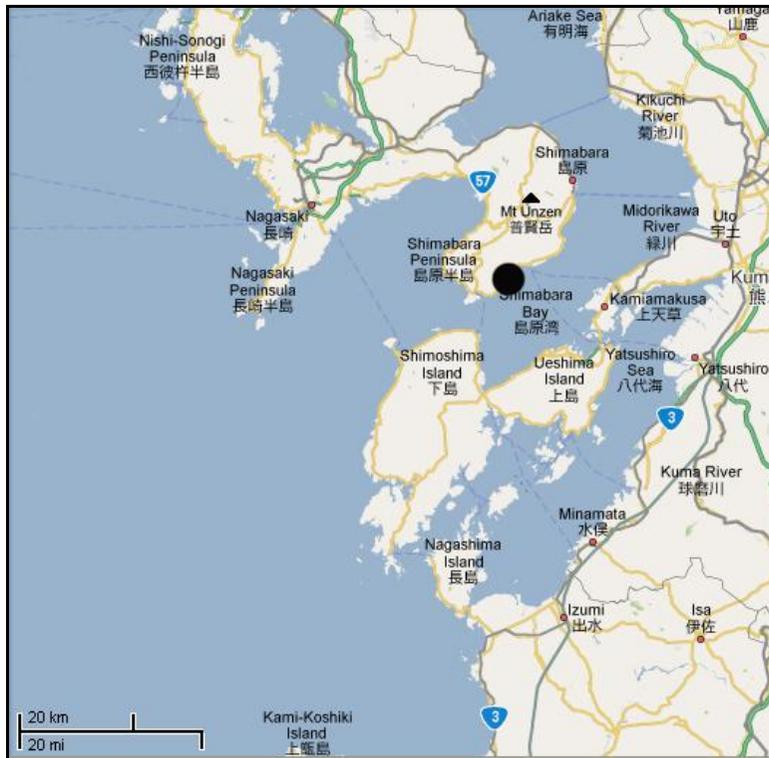


図20 原城跡の位置



写真1 原城跡出土メダイの一部(番号は本資料の番号とは関係なし)



写真2 原城跡出土十字架の一部(番号は本資料の番号とは関係なし)

● 鉛同位体比分析の結果

原城遺跡から出土したメダイおよび十字架など42点に関して鉛同位体比分析を行った結果、42点の資料は日本産原料の領域、中国の華南産原料の領域、N領域に幅広く分布し、これらの産地の原料が使われたことが分かった(表1, 図21-26)⁴¹⁾。

資料の中で日本産原料で製作されたと思われる資料は9点(番号7, 8, 10, 19, 23, 25, 37, 38, 39)で、全体の中で一番多い数を成している。次に多いのはN領域の原料と確認された資料で、7点(番号1, 13, 27, 28, 31, 33, 34)があった。中国華南産原料の領域に分布した資料は6点(番号15, 16, 21, 26, 40, 41)で、朝鮮半島産原料と考えられる資料も1点(番号12)が確認された。それ以外、A式図とB式図の両図で完全には一致しないが、日本産原料の可能性のある資料が2点(番号32, 42)、華南産原料の可能性のある資料が3点(14, 17, 29)あった。

原城遺跡出土の42点の資料の中からは日本、華南、N領域、朝鮮半島産の原料とは異なった原料が存在する可能性も確認された。これらは両図中で異なったところに分布する資料で、A式図では華南産原料の領域の下部に、B式図では華南産原料の領域の境界付近に分布する資料をグループ1とし、A式図で華南産原料の領域の下部に、B式図では華南産原料の領域の中に分布する資料をグループ2とした。グループ1に含まれる資料は6点(番号3, 5, 9, 11, 20, 24)で、グループ2に含まれる資料は3点(番号6, 30, 36)である。グループ1とグループ2はそれぞれ異なった原料を意味する可能性もあるが、いくつかの原料を混合した可能性もある。

それ以外に、両図の中で今までの分布では示されたことのない分布を示す資料も5点(番号2, 4, 18, 22, 35)あり、原料の産地を推定す

ることは不可能である。しかし、その中でも3点(番号18, 22, 35)は直線状に分布するようにもみられ、混合の可能性も考えられる。

原城遺跡から出土した42点の資料は日本産原料が全体の25%、華南産が21%、N領域産が17%、グループ1が14%、グループ2が7%、朝鮮半島産が2%、産地不明が12%であり、様々なところの原料が用いられたことが確認された。このことは当時、島原半島へもたらされた鉛材料が当時いろいろな経路で行われていた海外交流の様相を科学的に示す結果である。また、原城跡出土の資料からはかなりの頻度でN領域の材料が確認されたことは、当時、N領域の材料が一般的に使われた材料の一つであったことを意味している。

表1 原城遺跡から出土したキリスト教関連遺物の鉛同位体比值(1/2)

番号	資料名	出土位置	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号
1	十字架		18.245	15.741	38.515	0.8628	2.1110	BP1289(N)
2	メダイ		18.125	15.634	38.261	0.8626	2.1110	BP1290(X)
3	メダイ	M-12原・本TP30(1995. 11. 29)	18.383	15.680	38.622	0.8530	2.1020	BP12911(●)
4	メダイ	M-14原・本TP39(1996. 12. 26)	18.403	15.666	38.544	0.8513	2.0944	BP1292(X)
5	メダイ	M-1原・本TP17-1(1993. 11. 11)	18.385	15.671	38.543	0.8524	2.0964	BP1293(●)
6	十字架	TP17-2	18.299	15.678	38.573	0.8568	2.1079	BP1294(▲)
7	十字架?	TP17-12	18.545	15.664	38.780	0.8446	2.0911	BP1295(C)
8	十字架?	TP17-15	18.351	15.602	38.641	0.8502	2.1057	BP1296(C)
9	メダイ	TP20-6	18.385	15.667	38.518	0.8522	2.0950	BP1297(●)
10	十字架	TP20-8	18.361	15.609	38.670	0.8501	2.1061	BP1298(C)
11	メダイ	TP22-10	18.385	15.675	38.562	0.8526	2.0975	BP1299(●)
12	十字架	TP30-18	18.700	15.736	39.168	0.8415	2.0957	BP1300(D)
13	十字架	TP30-19	18.252	15.728	38.488	0.8617	2.1087	BP1301(N)
14	十字架	TP38-21	18.379	15.732	38.748	0.8560	2.1083	BP1302(~B)
15		M-3原・本TP20Ⅲ(1993. 11. 29)	18.387	15.712	38.762	0.8545	2.1082	BP1497(B)
16	メダイ	M-5原・本TP20B3(1993. 11. 30)	18.418	15.711	38.804	0.8530	2.1068	BP1498(B)
17	メダイ	M-8原・本TP20A3(1993. 12. 2)	18.409	15.674	38.781	0.8514	2.1067	BP1499(~C)
18	メダイ	M-11原・本TP25(1994. 10. 28)	18.402	15.652	38.603	0.8505	2.0977	BP1759(X)
19	聖骨箱	M-16原・本TP59(2003. 11. 26)	18.415	15.630	38.735	0.8488	2.1034	BP1760(C)
20	メダイ		18.373	15.666	38.524	0.8527	2.0968	BP1761(●)
21	メダイ?		18.487	15.700	38.814	0.8493	2.0995	BP1762(B)
22	十字架		18.422	15.664	38.620	0.8503	2.0965	BP1931(X)
23	十字架		18.346	15.595	38.618	0.8501	2.1050	BP1932(C)
24	十字架		18.379	15.684	38.499	0.8534	2.0947	BP1933(●)
誤差			±0.010	±0.010	±0.030	±0.0003	±0.0006	

表1 原城遺跡から出土したキリスト教関連遺物の鉛同位体比值(2/2)

番号	資料名	出土位置	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号
25	十字架		18.634	15.679	38.820	0.8414	2.0832	BP1934(C)
26	十字架		18.515	15.714	38.900	0.8487	2.1010	BP1935(B)
27	十字架		18.255	15.746	38.521	0.8626	2.1102	BP1936(N)
28	十字架		18.254	15.749	38.504	0.8627	2.1093	BP1937(N)
29	十字架		18.340	15.667	38.599	0.8542	2.1046	BP1938(~B)
30	十字架		18.290	15.685	38.549	0.8576	2.1076	BP1939(▲)
31	十字架	ハラTP20	18.242	15.745	38.481	0.8631	2.1095	BP1940(N)
32	十字架	原・本TP64他2(2007. 02. 05)	18.636	15.702	38.939	0.8426	2.0847	BP1941(~C)
33	十字架	原・本TP64大手門他6(2006. 11. 01)	18.249	15.755	38.509	0.8633	2.1102	BP1942(N)
34	十字架		18.241	15.745	38.476	0.8631	2.1093	BP1943(N)
35	十字架		18.362	15.645	38.564	0.8520	2.1002	BP1944(X)
36	十字架		18.290	15.694	38.555	0.8581	2.1080	BP1945(▲)
37	十字架		18.455	15.651	38.691	0.8480	2.0965	BP1946(C)
38	十字架		18.640	15.682	38.831	0.8413	2.0832	BP1947(C)
39	ガラス1	19トレンチ	18.625	15.685	38.838	0.8422	2.0853	BP1952(C)
40	ガラス2	19トレンチ	18.501	15.694	38.919	0.8483	2.1037	BP1953(B)
41	十字架・聖骨箱		18.467	15.686	38.870	0.8494	2.1048	BP1954(B)
42	十字架		18.556	15.651	38.560	0.8435	2.0781	BP1955(~C)
誤差			±0.010	±0.010	±0.030	±0.0003	±0.0006	

● …グループ1、▲…グループ2、X…不明、B…華南、C…日本、D…朝鮮半島、~B…華南の可能性、
~C…日本の可能性

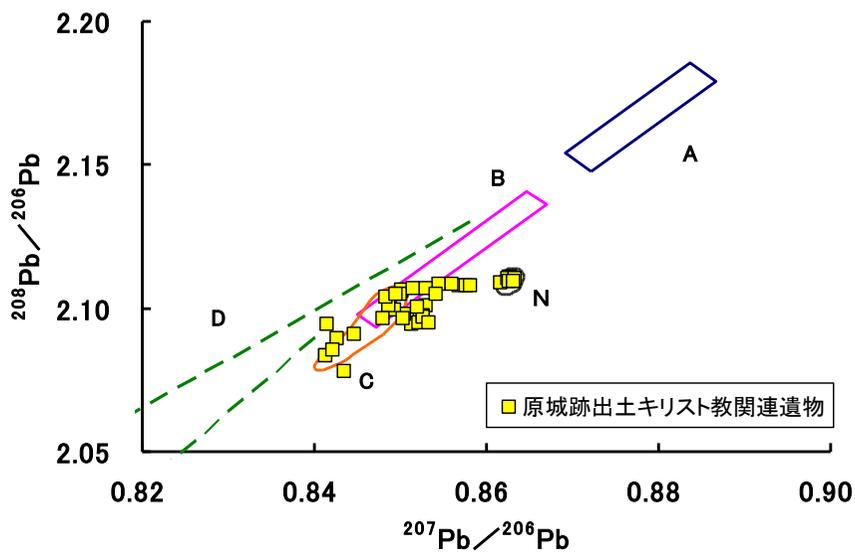


図21 原城遺跡出土のキリスト教関連製品の鉛同位体比
 $(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})$

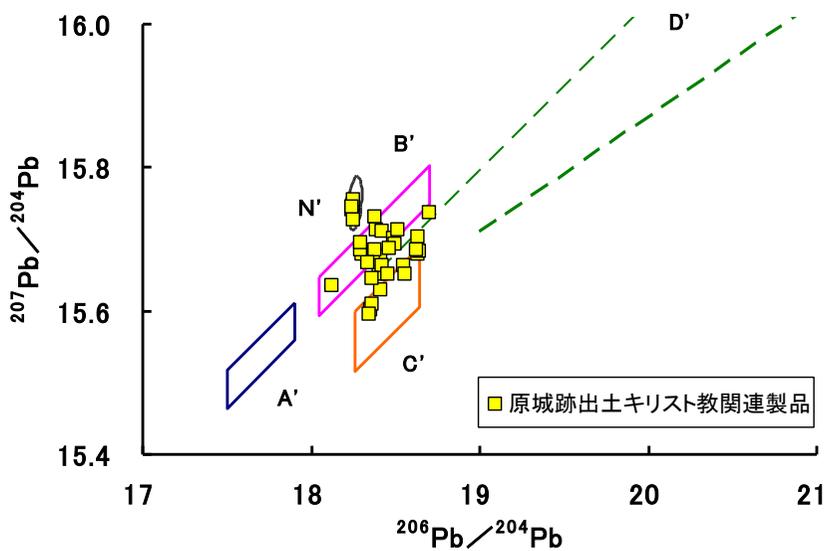


図22 原城遺跡出土のキリスト教関連製品の鉛同位体比
 $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$

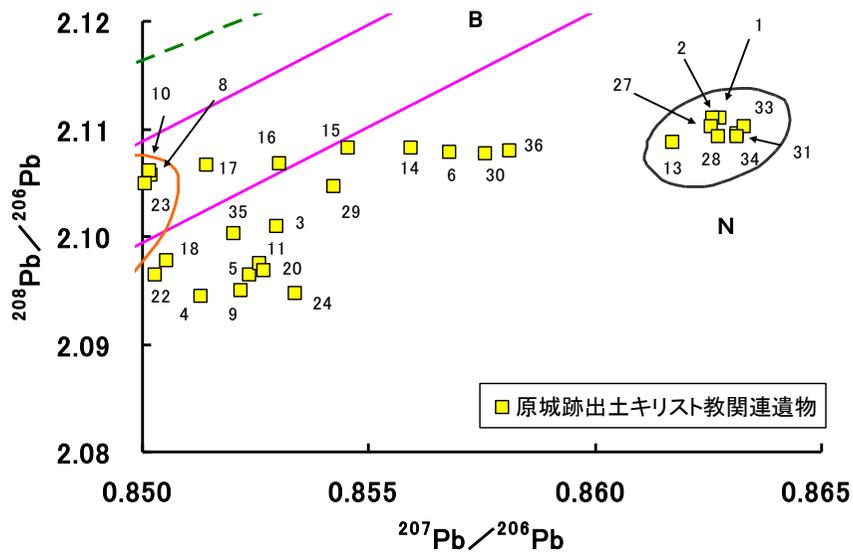


図23 図21の拡大図1

($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)

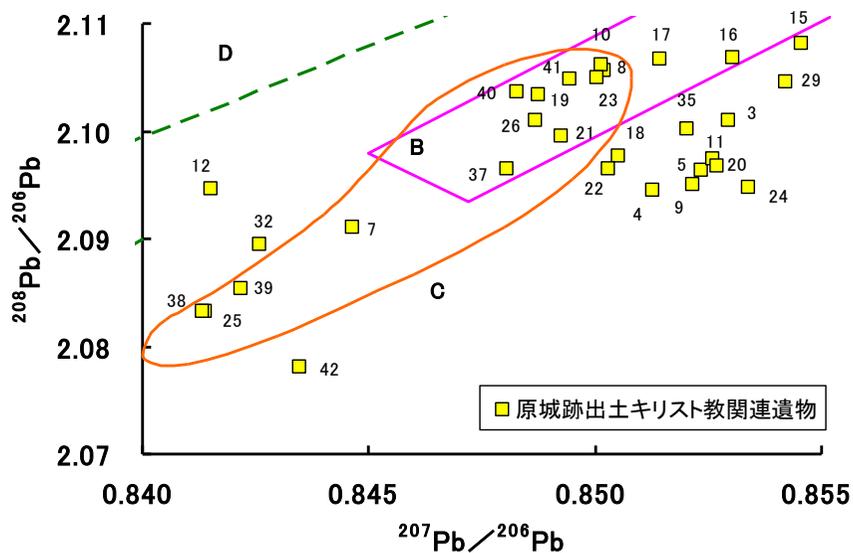


図24 図21の拡大図2

($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)

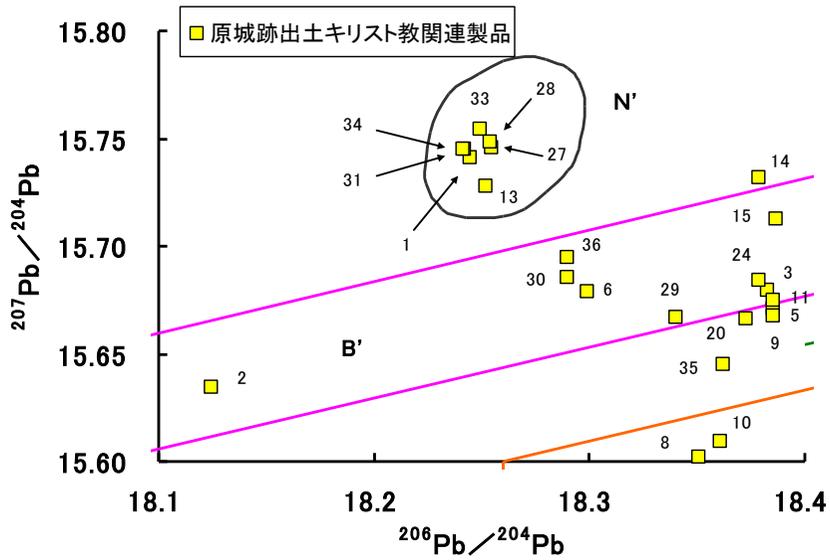


図25 図22の拡大図1
 $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$

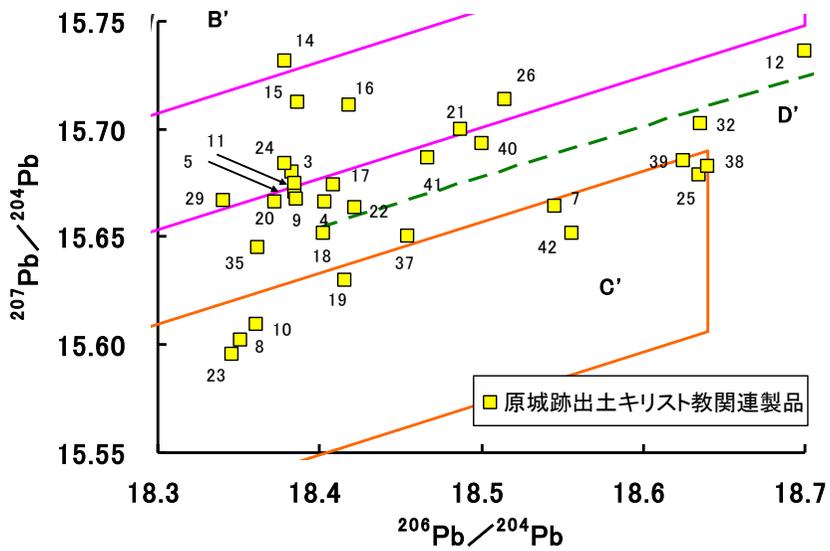


図26 図22の拡大図2
 $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$

1-2. 天草出土資料

● 遺跡および資料の概要

フランシスコザビエルによって鹿児島にキリスト教が伝えられたのは1549年で、1566年には天草にもキリスト教が伝えられた。他地域と同じく、天草でも始めは外国貿易による政治的・経済的な利益を目的にキリスト教の布教が許可されたが、大名をはじめ、領住民も次々とキリシタンに改宗し、日本におけるキリスト教の中心地の一つとなった。16世紀は天草でのキリスト教の全盛期で、コレジオやセミナリオなどの教育機関、教会などが次々と建てられた。しかし、キリシタンの弾圧に反発して起きた1637年の島原・天草の乱が江戸幕府によって鎮圧された後にはキリスト教信者は隠れキリシタンとして信仰を続けた⁴²⁾。

中世のキリスト教中心地の一つであった天草にはキリスト教関連の建物や信仰道具が多く残っている。それらは隠れキリシタンによって伝世されたり、発掘調査によって発見されたりしたものである。

本論文では天草本渡歴史民俗資料館のご協力を得て、天草本渡歴史民俗資料館が所蔵するキリスト教関連製品22点に関して蛍光X線分析を行い、その中で8点を選び、鉛同位体比分析を行った(図27, 写真3-24)。これらの資料の時代は16～17世紀初頭(資料番号1～4と18, 5は17世紀の可能性有り、22は布教期の16～17世紀の可能性?)、江戸時代(資料番号8, 9, 19, 20)、19世紀以後(資料番号6, 7, 10-17, 21)である。

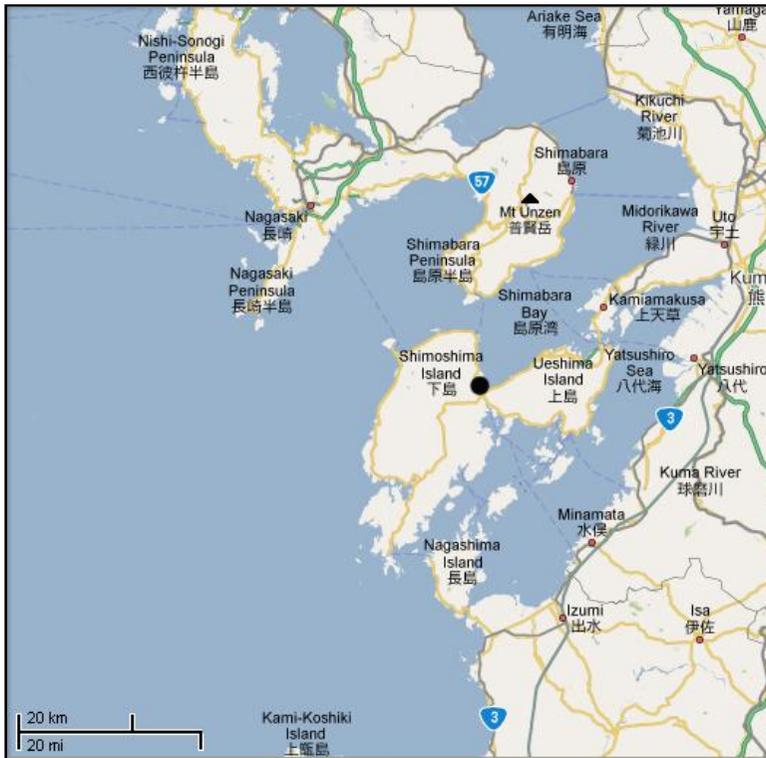


図27 天草本渡歴史民俗資料館の位置



写真3 天草資料の番号1



写真4 天草資料の番号2



写真5 天草資料の番号3



写真6 天草資料の番号4



写真7 天草資料の番号5

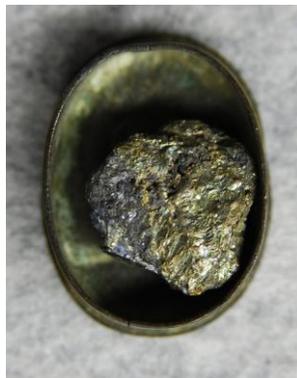


写真8 天草資料の番号6



写真9 天草資料の番号7



写真10 天草資料の番号8

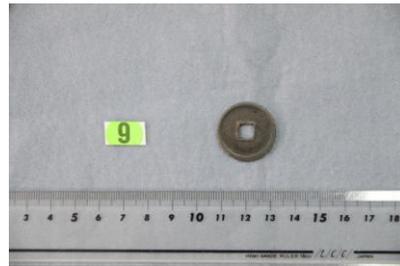


写真11 天草資料の番号9



写真12 天草資料の番号10



写真13 天草資料の番号11



写真14 天草資料の番号12



写真15 天草資料の番号13



写真16 天草資料の番号14



写真17 天草資料の番号15



写真18 天草資料の番号16



写真19 天草資料の番号17



写真20 天草資料の番号18



写真21 天草資料の番号19



写真22 天草資料の番号20



写真23 天草資料の番号21



写真24 天草資料の番号21

● 蛍光X線分析結果

天草本渡歴史民俗資料館所蔵のキリスト教関連製品22点に関して化学組成を調べた結果を表2にまとめた⁴³⁾。使用した機械は別府大学歴史文化総合研究センターに設置されているSIIナノテクノロジー(株)製微小部蛍光X線分析計SEA5230Aである。

天草資料からは多様な化学組成がみられたが、全体的に銅と亜鉛・銀の含有量が多く検出されたことが特徴的である。一番多かったのは銅と亜鉛の合金である真鍮製品で、22点の中で7点(番号4, 12, 14, 15, 16, 17, 21)があった。純銅製品は3点(番号5, 6-1, 19)で、中には少量の亜鉛が含まれている。鉛と錫の合金は4点(番号1, 2, 3, 18)が確認された。銅と亜鉛と銀の合金は3点(番号10, 11, 13)が確認されたが、これらは銀の含有量が40%以上であることが注目される。また、銅と鉛あるいは銅と鉛とスズの合金である青銅製品が4点(番号7, 8, 9, 22)、銅と亜鉛と鉛の合金(鉛入り真鍮)が1点(番号6-2)、金と銀と銅の合金が2点(番号20-1, 20-2)確認された。

番号6-2は聖骨箱(番号6-1)の中に入っていた金属の塊で、化学組成の結果をみると、鉄の含有量が多く、鉄と銅が主成分であるとみられる。しかし、金属工学的にみると、鉄と銅を同時に熔融して金属を製作しても鉄と銅の合金とはならないと考えられるため⁴⁴⁾、番号6-2は鉄が多く検出されたとしても鉄と銅の合金と判断しにくい。検出された鉄は表面観察から判断して不純物として表面に付着された結果とみたほうが良い。それ故、この塊は銅と亜鉛と鉛の合金であろう。

また、番号20は化学組成の結果では金とヒ素が主成分として検出されたが、これは金と銀と銅の合金の可能性もある。蛍光X線分析

を行う際に金のピークとヒ素のピークの一部は重なり、定量する時に注意が必要である。この資料にヒ素が多く含まれている結果になったが、これは機器が定量計算を行う際に、金のピークの一部をヒ素のピークとして認識した結果で、ヒ素を除去すると、金の含有量は80%を超える。

表2 天草本渡歴史民俗資料館所蔵のキリスト教関連製品の
化学組成(%)

番号	資料名	Cu	Zn	As	Sn	Fe	Pb	備考
1	メダイ	0.4	<0.1	0.7	33.4	0.1	65.4	PbIR
2	メダイ	0.3	<0.1	0.6	48.3	0.1	50.6	PbIR
3	メダイ	0.3	<0.1	0.4	53.9	0.2	45.2	PbIR
4	メダイ	81.4	11.9	<0.1	1.8	0.5	4.4	-
5	バッジ	96.5	2.1	<0.1	<0.1	<0.1	1.4	-
6-1	聖骨箱	95.8	1.9	1.4	<0.1	<0.1	0.8	-
6-2	金属塊	45.8	9.6	<0.1	<0.1	34.9	9.8	-
7	不明	76.4	1.7	5.0	5.8	0.6	10.5	-
8	銅銭	41.9	1.0	0.3	4.2	1.6	50.9	PbIR
9	銅銭	56.4	1.0	1.1	26.0	5.2	10.3	PbIR
10	メダイ	40.7	7.7	0.8	<0.1	0.2	<0.1	Ag50.7
11	メダイ	48.7	8.1	1.4	<0.1	0.2	<0.1	Ag41.6
12	メダイ	70.4	29.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	PbIR
13	メダイ	53.2	4.8	0.1	<0.1	<0.1	<0.1	Ag41.9
14	メダイ	65.6	32.8	1.5	<0.1	<0.1	<0.1	-
15	メダイ	70.6	28.4	<0.1	<0.1	0.1	0.8	-
16	メダイ	66.0	33.9	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	-
17	メダイ	67.6	29.8	<0.1	0.8	0.1	1.7	-
18	メダリオン	0.3	<0.1	0.4	65.3	0.2	33.9	PbIR
19	小柄	98.0	1.9	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	-
20-1	小柄	6.2	-	(29.6)	<0.1	0.4	<0.1	Ag4.1 Au59.7
20-2	小柄	9.4	1.2	-	<0.1	0.6	0.7	Ag5.3 Au82.9
21	踏み絵	67.9	31.1	<0.1	<0.1	0.1	0.9	-
22	十字架	78.2	6.2	<0.1	6.0	0.5	9.1	PbIR

(PbIR・・鉛同位体比分析を行った資料)

● 鉛同位体比分析結果

天草の資料22点の中で8点(番号1, 2, 3, 8, 9, 12, 18, 22)に関して鉛同位体比分析を行い、得られた値を表3と図28-31にまとめた。資料番号12は鉛の含有量がほとんどなかったため、測定はできなかった⁴⁴⁾。

分析の結果、3点(番号9, 18, 22)は中国の華南産原料、1点(番号8)は日本産原料の可能性があった。また、両図での分布位置は一致しないが、番号1, 2は朝鮮半島産原料の可能性が、番号3は朝鮮半島か華南産原料の可能性がある。天草の資料からはN領域の原料は確認されなかった。

その中で、キリスト教の布教期の可能性のある資料5点(資料番号1-3, 18, 22)は、朝鮮半島産材料あるいは中国華南産材料を利用して製作された可能性があり、すべてが鉛とスズの合金であった。一般的に日本国内で製作されたキリスト教資料は鉛製が多く、ヨーロッパからの資料には真鍮製品が多いと言われている⁴⁶⁻⁴⁷⁾。この定説に従うと、天草資料は日本国内で製作された可能性はあるが、原料は朝鮮半島あるいは中国から調達した可能性が高い。

表3 天草本渡歴史民俗資料館所蔵のキリスト教関連資料の鉛同位体比值

番号	資料名	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号
1	メダイ	18.723	15.780	39.322	0.8428	2.1002	BP1489(D)
2	メダイ	18.755	15.769	39.481	0.8408	2.0977	BP1882(D)
3	メダイ	18.552	15.727	39.121	0.8477	2.1087	BP1490(D,B)
8	銅銭	18.435	15.578	38.520	0.8450	2.0895	BP1883(C)
9	銅銭	18.330	15.676	38.797	0.8552	2.1166	BP1884(B)
12	メダイ			測定不可能			BP1885
18	メダリオン	18.489	15.742	38.857	0.8514	2.1016	BP1491(B)
22	十字架	18.464	15.698	38.830	0.8502	2.1030	BP1886(B)
	誤差	± 0.010	± 0.010	± 0.030	± 0.0003	± 0.0006	

(D…朝鮮半島、C…日本、B…華南)

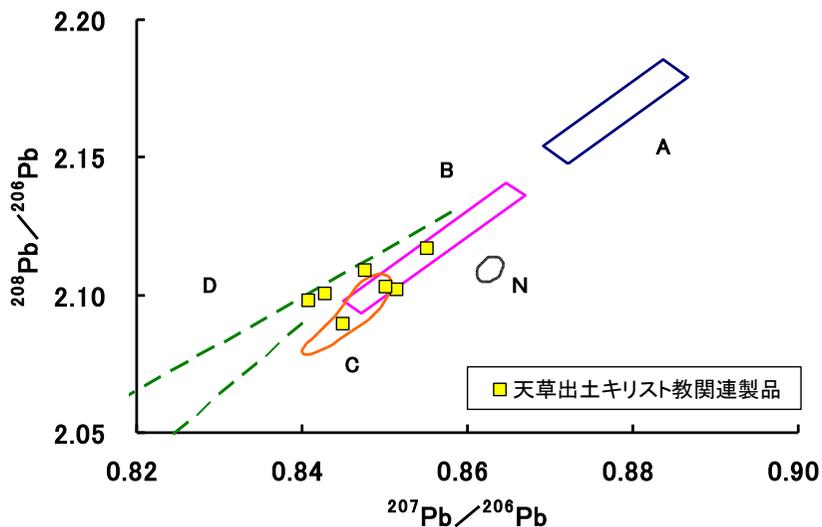


図28 天草本渡歴史民俗資料館所蔵のキリスト教関連資料の鉛同位体比值 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)

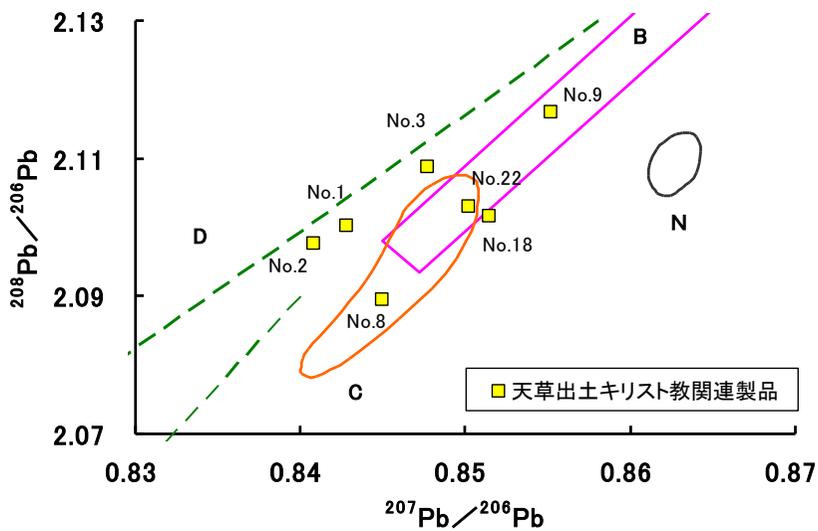


図29 図28の拡大図
($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)

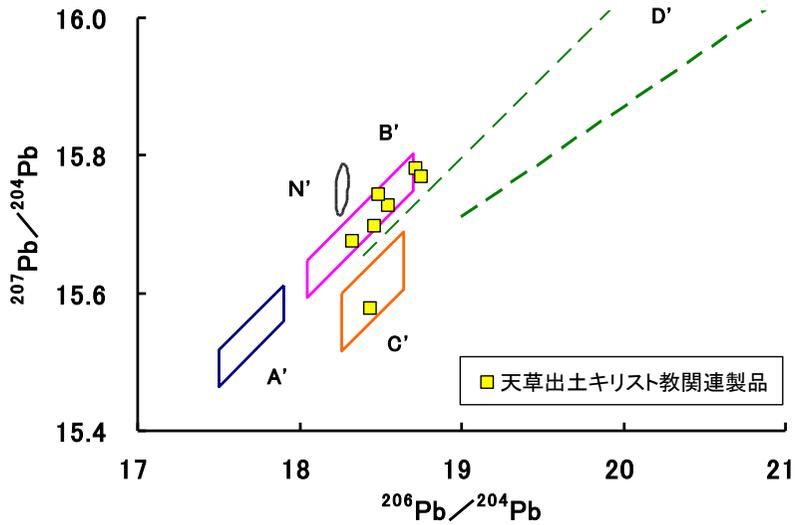


図30 天草本渡歴史民俗資料館所蔵のキリスト教関連資料の鉛同位体比值 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)

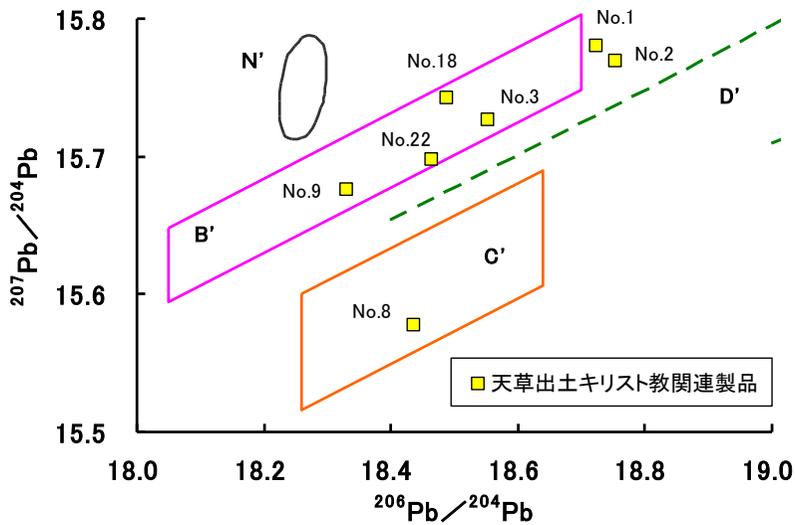


図31 図30の拡大図
($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)

2. スペイン・バルセロナ所蔵のキリスト教 関連製品

● 遺跡および資料の概要

日本でN領域の原料が確認された例はキリスト教あるいは南蛮貿易と関連した遺物であることから、その原産地としてヨーロッパを出発し、東南アジアを経由して日本に至るまでの海路上のどこかの可能性が指摘されている。

本研究ではヨーロッパにその原料の産地がある可能性をより明らかにするために、日本にキリスト教を伝播した主な国の一つであるスペインから出土したキリスト教関連遺物を分析資料とした。資料としたのはスペイン・バルセロナの国立カタルーニャ美術館が所蔵している16世紀～18世紀のメダイ43点である（図32，写真25-26）。これらのメダイはバルセロナ地域から出土・伝世されたもので、ローマで製作された資料といわれている。保存状態は非常に良好で、形態も円形から楕円形、六角形など多様であり、表裏には聖者かイエズス会関連文句などが彫られている。また、資料番号94001のメダイには1625年、94100のメダイには1750年の製作年代が彫られており、その時代の基準資料にすることができる。

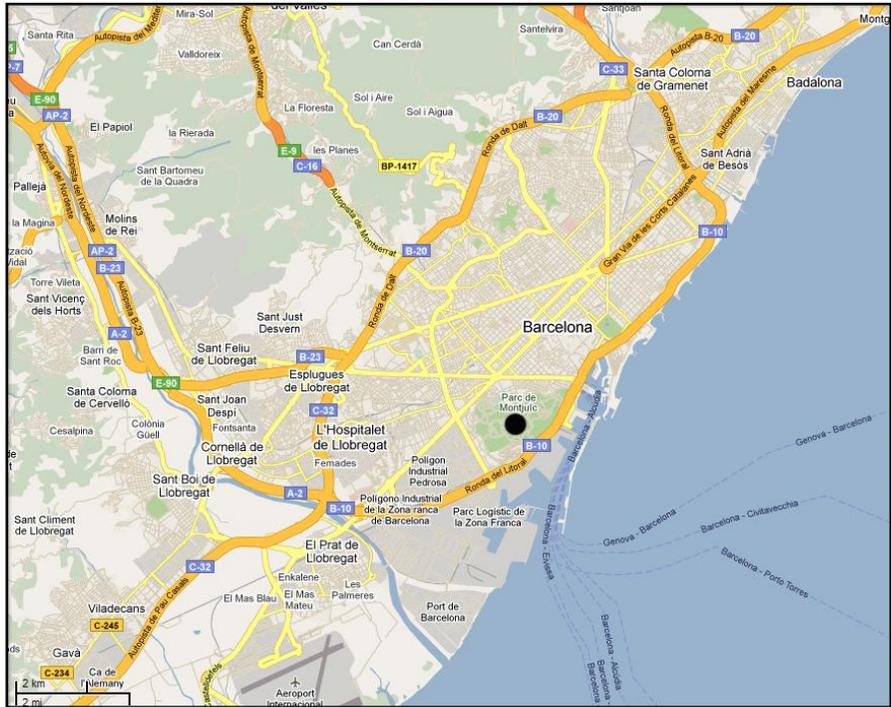


図32 スペイン・カタルーニャ美術館の位置

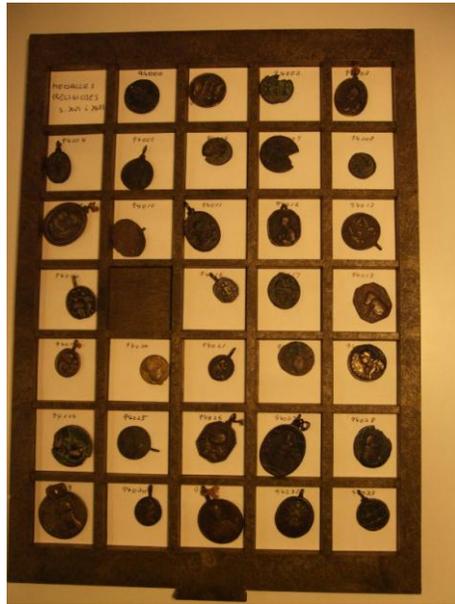


写真25 スペイン出土の16～17世紀のメダイ



写真26 スペイン出土の18世紀のメダイ

● 蛍光X線分析結果

スペインのバルセロナの国立カタルーニャ美術館が所蔵している16～17世紀のメダイ23点と18世紀のメダイ20点に関して化学組成と鉛同位体比の測定を行った。この調査は現地へ赴き、微量の試料を測定のために採取し、日本へ持ち帰った。これら資料に関して蛍光X線分析法による化学組成の測定を行った。使用した機械は別府大学歴史文化総合研究センターに設置されているSIIナノテクノロジー(株)製微小部蛍光X線分析計SEA5230Aである。化学組成を調べた結果を表4-5にまとめた⁴⁵⁾。16～17世紀のメダイ23点と18世紀のメダイ20点はすべての資料から銅と亜鉛が検出され、真鍮製品であることが確認された。

図33-34は含まれた亜鉛の量ごとに資料数を示したグラフである。16～17世紀のメダイの場合、亜鉛が10～15%含まれている場合がほぼ半分で、残りの半分は亜鉛の量が15～20%程度を成している。しかし、18世紀のメダイは20%以上の亜鉛が含まれた資料が半分以上で、16～17世紀のメダイに比べ、亜鉛の含有量が高いことがわかった。金属製品に含まれている亜鉛の量は色や強度に関係があり、亜鉛量が10～15%の場合は赤金色で、25～30%になると金色に近い色を出す。このことから、16～17世紀のスペインのメダイは赤金色、18世紀のメダイは金色を成していたことが明らかになった。

図35-36はメダイに含まれた鉛の量ごとに資料数を示したグラフである。全体的に鉛の含有量は少なく、16～17世紀のメダイには鉛の含有量が10～15%の資料もいくつかあったが、18世紀のメダイには鉛量が10%以上を含む例はなかった。全体的に亜鉛の含有量は高く、鉛の含有量は少ないが、亜鉛と鉛の含有量の間に関連性はみら

れなかった。

一般的にヨーロッパで製作されたメダイは真鍮製品が多く、日本国内で製作された製品は鉛かスズ製品、あるいは鉛とスズの合金であると言われている⁴⁶⁻⁴⁷⁾。実際に東京国立博物館が所蔵している約300点のメダイの中で約99%は真鍮製品で、残りは鉛とスズの合金であるという⁴⁸⁾。東京国立博物館図録によると、残りの鉛とスズの合金のメダイは国内産の可能性があると書かれている。1576(77)年8月20日付のフロイス師書簡には「…洗礼後は祈祷を覚えるに従って彼らに十字架や錫製の影像を分け与え…」と「キリシタンのためにコンタツを作らせるため都から挽物師を呼び寄せた…」のような記録が残っており、国内でキリシタンのための製品を都からの挽物師が鉛、スズおよび鉛とスズの合金を用いて製作したことがわかる⁴⁶⁾。また、大分県に所在する大友府内町跡からは鉛製のメダイが出土した地点の周辺から分銅の製作が行われていた状況が確認されており、また未完成の分銅も出土していることなどから、遺跡内で分銅の製作者によってメダイも製作されたと推定されている⁴⁸⁾。このような状況から判断すると、日本国内で製作されたとみられるメダイなどのキリスト教製品は鉛製および鉛とスズの合金製が多く確認されている。スペイン・バルセロナのカタルーニャ美術館が所蔵するメダイが真鍮製品のみであることは、日本で確認されているメダイの多くが宣教師の来日と共に海外から持ち込まれたとの定説、そして海外から持ち込まれた製品は真鍮製が多く、国内の製品は鉛か鉛とスズの合金との定説に一致する結果である。

表4 スペイン・バルセロナのカタルーニャ美術館が所蔵する
16～17世紀のメダイの化学組成(%)

番号	資料名	Cu	Zn	Fe	As	Sn	Pb	Ag	測定番号
1	94000	76.8	19.2	0.1	0.2	0.1	3.6	<0.1	BP1831
2	94001	76.0	18.4	0.3	<0.1	1.3	4.0	<0.1	BP1832
3	94002	82.6	10.3	0.7	0.1	1.9	4.4	0.1	BP1833
4	94003	79.8	11.6	0.5	0.1	2.8	5.2	<0.1	BP1834
5	94004	81.0	13.2	1.5	0.1	0.6	3.7	<0.1	BP1835
6	94006	70.1	13.5	1.7	<0.1	0.6	14.0	<0.1	BP1836
7	94007	77.0	15.4	1.3	0.3	0.9	5.1	0.1	BP1837
8	94008	85.2	8.5	0.4	0.1	1.2	4.6	<0.1	BP1838
9	94010	88.5	3.7	0.5	<0.1	2.7	4.7	<0.1	BP1839
10	94011	76.1	13.0	0.4	0.1	4.3	6.1	<0.1	BP1840
11	94012	79.4	14.0	0.2	0.1	2.2	4.2	<0.1	BP1841
12	94014	77.2	14.8	1.4	0.1	2.0	4.6	<0.1	BP1842
13	94015	72.6	16.3	0.4	<0.1	2.9	7.8	<0.1	BP1843
14	94017	70.2	11.7	0.6	0.1	3.3	14.2	<0.1	BP1844
15	94024	68.6	15.2	5.3	0.1	2.5	8.3	<0.1	BP1845
16	94025	78.3	20.0	0.3	0.2	0.1	1.1	<0.1	BP1846
17	94026	72.9	20.3	0.2	0.1	2.4	4.0	<0.1	BP1847
18	94028	64.6	9.1	3.0	0.1	11.1	12.1	<0.1	BP1848
19	94033	75.0	16.8	0.3	0.1	0.9	6.9	<0.1	BP1849
20	94043	79.1	11.3	0.6	0.1	1.0	7.8	<0.1	BP1850
21	94046	71.9	14.7	0.9	<0.1	0.1	12.4	<0.1	BP1851
22	94047	73.7	6.5	1.0	0.3	5.5	12.9	<0.1	BP1852
23	94048	76.3	21.4	0.1	<0.1	0.4	1.8	<0.1	BP1853

表5 スペイン・バルセロナのカタルーニャ美術館が所蔵する

18世紀のメダイの化学組成(%)

番号	資料名	Cu	Zn	Fe	As	Sn	Pb	Ag	測定番号
1	94100	74.6	21.4	0.6	0.1	0.5	2.8	<0.1	BP1855
2	94103	62.1	32.5	0.8	0.1	0.1	4.3	<0.1	BP1856
3	94106	73.6	20.8	0.5	0.2	1.9	3.0	<0.1	BP1857
4	94114	79.5	8.3	0.8	<0.1	4.1	7.3	<0.1	BP1858
5	94115	78.8	10.3	0.8	<0.1	2.2	7.9	<0.1	BP1859
6	94117	80.0	7.4	0.6	0.1	5.6	6.4	<0.1	BP1860
7	94119	78.5	9.0	0.5	<0.1	4.9	7.1	<0.1	BP1861
8	94123	79.4	10.8	0.6	0.1	3.6	5.5	0.1	BP1862
9	94138	64.8	29.1	0.4	<0.1	2.5	3.2	<0.1	BP1863
10	94144	62.1	31.0	0.2	0.1	0.1	6.4	<0.1	BP1864
11	94153	67.3	27.0	0.7	0.1	0.1	4.9	<0.1	BP1865
12	94157	75.2	18.4	1.0	0.1	0.4	4.8	<0.1	BP1866
13	94167	66.2	27.9	2.8	0.1	0.1	2.9	<0.1	BP1867
14	94191	77.4	9.2	0.6	0.5	3.7	8.6	<0.1	BP1868
15	94227	72.7	20.4	0.3	0.1	1.8	4.6	0.1	BP1869
16	94242	78.5	16.2	0.4	0.2	1.7	3.1	<0.1	BP1870
17	94247	65.7	32.4	0.3	0.1	0.6	0.9	<0.1	BP1871
18	94256	69.2	25.0	0.3	0.1	1.7	3.7	<0.1	BP1872
19	94267	68.2	25.9	3.5	0.1	0.2	2.2	<0.1	BP1873
20	94354	64.1	31.1	0.3	<0.1	0.3	4.2	<0.1	BP1874

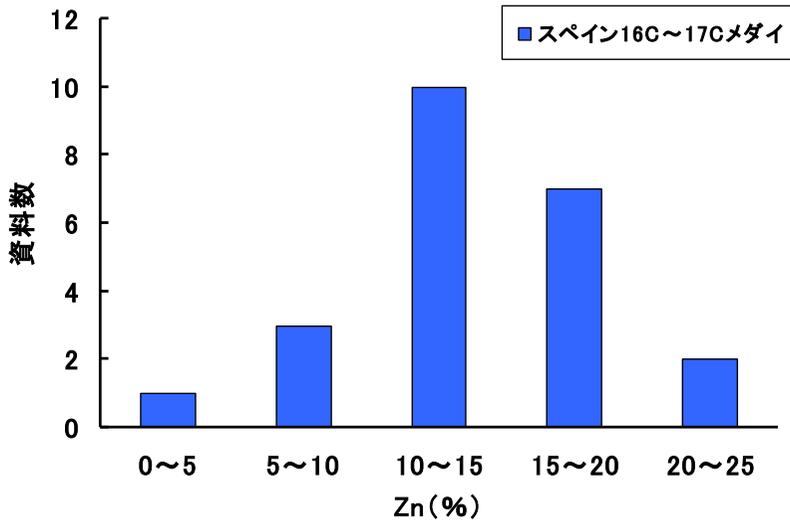


図33 スペインの16～17世紀のメダイに含まれている
亜鉛濃度と資料数

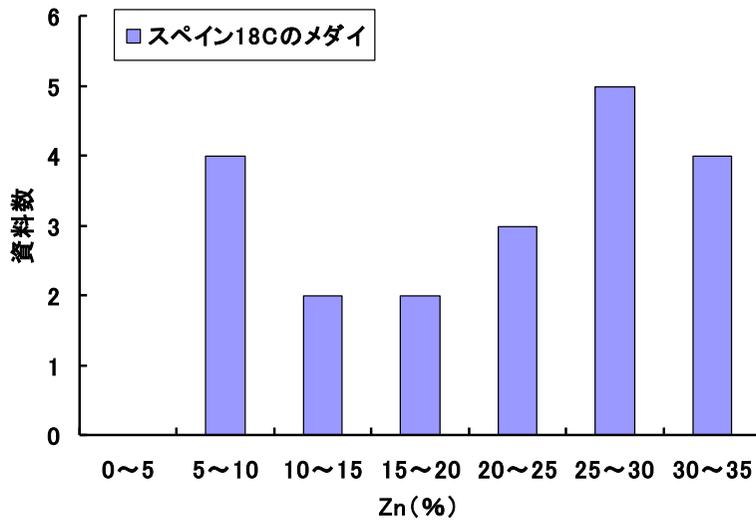


図34 スペインの18世紀のメダイに含まれている亜鉛濃度と資料数

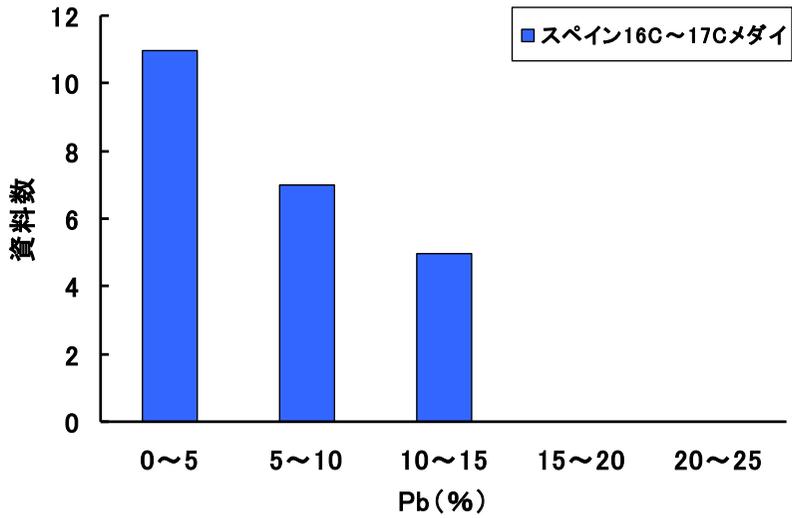


図35 スペインの16～17世紀のメダイに含まれている鉛濃度と資料数

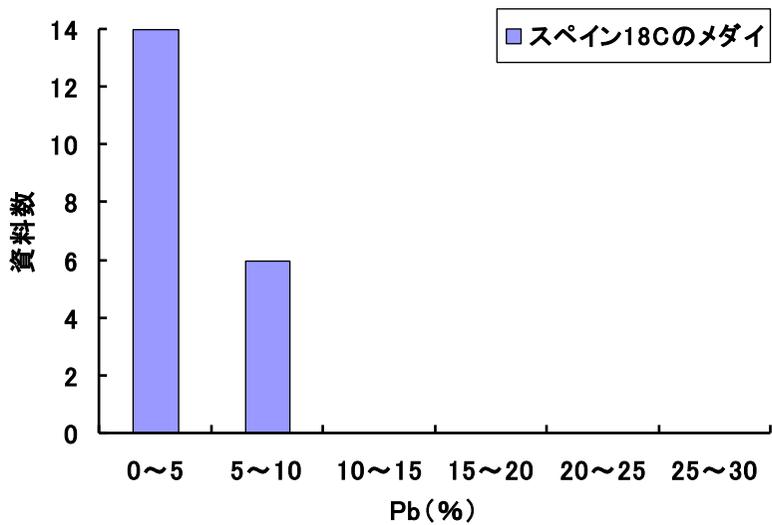


図36 スペインの18世紀のメダイに含まれている鉛濃度と資料数

● 鉛同位体比分析結果

スペイン・バルセロナのカタルーニャ美術館所蔵の16～17世紀のメダイ23点と18世紀のメダイ20点に関して鉛同位体比分析を行った結果を表6-7と図37-44に示した⁴⁵⁾。全体的に16～18世紀にかけての資料はかなり狭い範囲に重なって分布することが分かった。このことは少なくともこれらのメダイは同一の地域あるいは鉱山からの原料を利用した可能性を示している。16～17世紀と18世紀のメダイの化学組成には若干の違いは見られたが、原料にはそのような違いは確認されず、同一あるいは類似した原料とみて良いであろう。ただし、16～17世紀のメダイ1点(番号94025)は他資料とは異なるところに離れて分布したことが注目される。このことは他資料とは原料が異なることを意味する。

スペインのメダイが示す結果と類似した結果は長崎市から出土した十字架や聖骨箱などの鉛同位体比分析結果から確認できる(図45-46)。長崎市出土の資料は青銅製品および純銅製品がほとんどであるが、いくつかは真鍮製品であることが蛍光X線分析結果から明らかになっている。製作技術が精巧なことからヨーロッパで製作された製品が宣教師によって日本に持ち込まれたものと推定されている。鉛同位体比分析の結果、ほとんどは中国華南産辺りの原料であったが、1点のみがスペインのメダイと重なって分布し、同一あるいは類似した原料であることがわかった⁷⁻⁸⁾。この1点のメダイがスペインのメダイと同一の原料で製作されたならば、宣教師がメダイをヨーロッパから来日する際に持ち込んだことを証明する科学的な証拠になるであろう。

スペイン・バルセロナのカタルーニャ美術館が所蔵するこれらの

メダイはローマで製作されたといわれている。ローマで製作された他メダイに関しても同様な分析が行われると、今回のメダイとの相関性がより明らかになるであろう。しかし、今のところ、今回のメダイ以外には確実にヨーロッパで製作されたメダイに関する研究が行われた例はない。ただし、イタリアとスペインに所在するいくつかの鉛鉱山の鉛鉱石に関しては鉛同位体比分析が行われているので、参考になる⁴⁹⁾ (図47-48)。

鉛同位体比分析が行われた4点のスペインの鉛鉱石はそれぞれの鉛鉱山の鉱石で、カタルーニャ美術館所蔵のメダイとは異なった分布を示した。この結果だけから考えると、カタルーニャ美術館所蔵のメダイ43点はスペイン産の原料で製作されなかったことを意味し、これらのメダイがローマで製作されたと言われていることを考えると、このような結果は当然なことであろう。しかし、スペインにあるすべての鉛鉱山の鉱石が分析されたのではなく、4ヶ所の鉱山の鉱石が分析されただけなので、断定はできない。

イタリア所在の鉛鉱山の場合、14ヶ所の鉱石が鉛同位体比分析が行われている。分析されたイタリアの鉛鉱山の鉱石はスペインのメダイとは異なったところに分布し、原料的な相関性は確認できなかった。ただし、Sardinia島のPoni山の鉛鉱石2点の内、1点がスペインのメダイとかなり近接したところに分布することが注目される。

Sardinia島Poni山の鉛鉱石の鉛同位体比値の一部がスペインのメダイと類似した値を出したことは確実であるが、異なった値もあり、この結果だけではスペインのメダイがイタリアの中でもSardinia島のPoni山から原料を調達し、製作されたとは言えない。また、同じ鉱山の鉱石なのに鉛同位体比値が大きく異なっている値があること

から、これらの鉱山のデータに関しては再測定などが行われ、分析結果の信憑性を高める必要があると考えられる。

以上のことから、スペイン・バルセロナのカタルーニャ美術館所蔵の43点のメダイはN領域の原料とは異なった原料を用いたことが明らかになった。以前の研究ではN領域の原料の産地がスペインあるいはポルトガルのどこかか、東南アジアのどこかにあると推定していたが、この分析結果はN領域の産地はスペインではまだ見つからなかったということを示している。

表6 スペインのカタルーニャ美術館が所蔵するメダイ (16~17世紀) の鉛同位体比值

番号	資料名	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号
1	94000	18.378	15.660	38.516	0.8521	2.0958	BP1831
2	94001	18.371	15.662	38.514	0.8525	2.0965	BP1832
3	94002	18.390	15.638	38.460	0.8503	2.0913	BP1833
4	94003	18.418	15.648	38.494	0.8496	2.0901	BP1834
5	94004	18.378	15.627	38.396	0.8503	2.0893	BP1835
6	94006	18.425	15.647	38.501	0.8492	2.0897	BP1836
7	94007	18.371	15.649	38.474	0.8518	2.0943	BP1837
8	94008	18.388	15.638	38.437	0.8504	2.0903	BP1838
9	94010	18.441	15.654	38.556	0.8489	2.0908	BP1839
10	94011	18.394	15.647	38.479	0.8507	2.0919	BP1840
11	94012	18.409	15.649	38.495	0.8501	2.0911	BP1841
12	94014	18.405	15.652	38.508	0.8504	2.0922	BP1842
13	94015	18.386	15.642	38.444	0.8508	2.0909	BP1843
14	94017	18.426	15.642	38.485	0.8489	2.0887	BP1844
15	94024	18.429	15.669	38.569	0.8503	2.0929	BP1845
16	94025	18.139	15.601	38.138	0.8601	2.1025	BP1846
17	94026	18.380	15.655	38.500	0.8517	2.0947	BP1847
18	94028	18.432	15.641	38.485	0.8486	2.0879	BP1848
19	94033	18.409	15.651	38.502	0.8502	2.0915	BP1849
20	94043	18.405	15.629	38.417	0.8491	2.0873	BP1850
21	94046	18.410	15.638	38.475	0.8495	2.0900	BP1851
22	94047	18.429	15.646	38.503	0.8490	2.0893	BP1852
23	94048	18.334	15.647	38.422	0.8535	2.0957	BP1853
誤差		± 0.010	± 0.010	± 0.030	± 0.0003	± 0.0006	

表7 スペインのカタルーニャ美術館が所蔵するメダイ (18世紀) の鉛同位体比值

番号	資料名	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号
1	94100	18.410	15.639	38.463	0.8495	2.0892	BP1855
2	94103	18.412	15.642	38.476	0.8495	2.0897	BP1856
3	94106	18.411	15.644	38.490	0.8497	2.0906	BP1857
4	94114	18.451	15.643	38.524	0.8478	2.0879	BP1858
5	94115	18.438	15.645	38.517	0.8485	2.0890	BP1859
6	94117	18.441	15.640	38.496	0.8482	2.0875	BP1860
7	94119	18.438	15.639	38.478	0.8482	2.0869	BP1861
8	94123	18.356	15.637	38.410	0.8519	2.0925	BP1862
9	94138	18.373	15.661	38.523	0.8524	2.0967	BP1863
10	94144	18.361	15.664	38.516	0.8531	2.0977	BP1864
11	94153	18.382	15.668	38.540	0.8524	2.0967	BP1865
12	94157	18.404	15.635	38.456	0.8496	2.0895	BP1866
13	94167	18.382	15.670	38.535	0.8525	2.0964	BP1867
14	94191	18.437	15.665	38.572	0.8496	2.0920	BP1868
15	94227	18.417	15.642	38.509	0.8493	2.0909	BP1869
16	94242	18.443	15.647	38.508	0.8484	2.0897	BP1870
17	94247	18.353	15.675	38.563	0.8541	2.1012	BP1871
18	94256	18.378	15.624	38.384	0.8501	2.0886	BP1872
19	94267	18.387	15.673	38.551	0.8524	2.0966	BP1873
20	94354	18.402	15.688	38.599	0.8525	2.0975	BP1874
誤差		± 0.010	± 0.010	± 0.030	± 0.0003	± 0.0006	

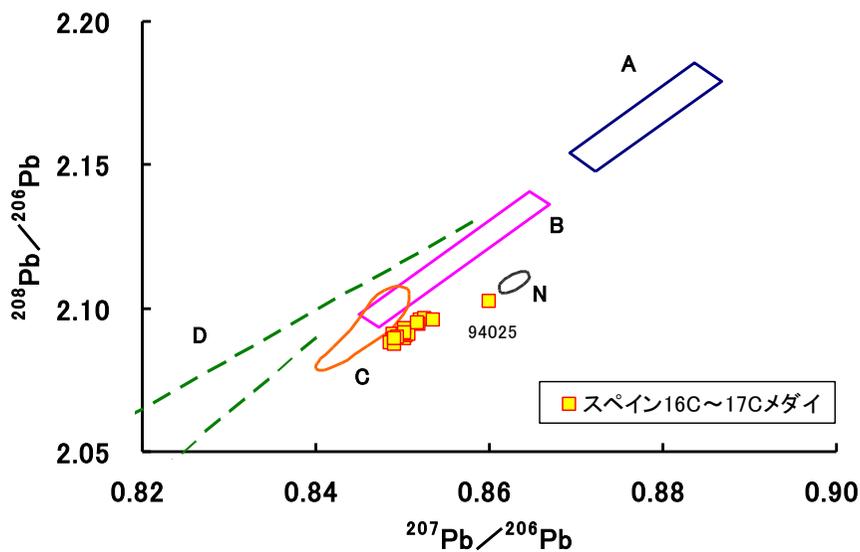


図37 スペイン・バルセロナのカタルーニャ美術館所蔵の16～17世紀のメダイの鉛同位体比值 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)

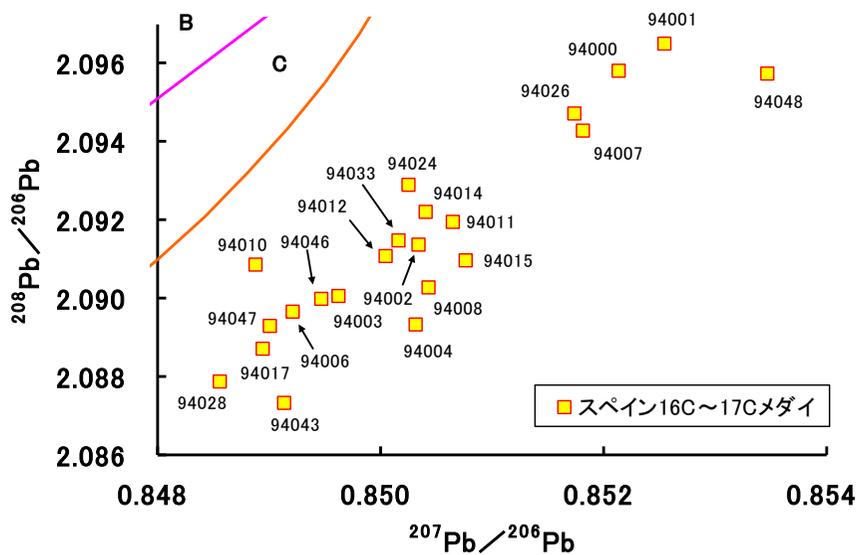


図38 図37の拡大図 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)

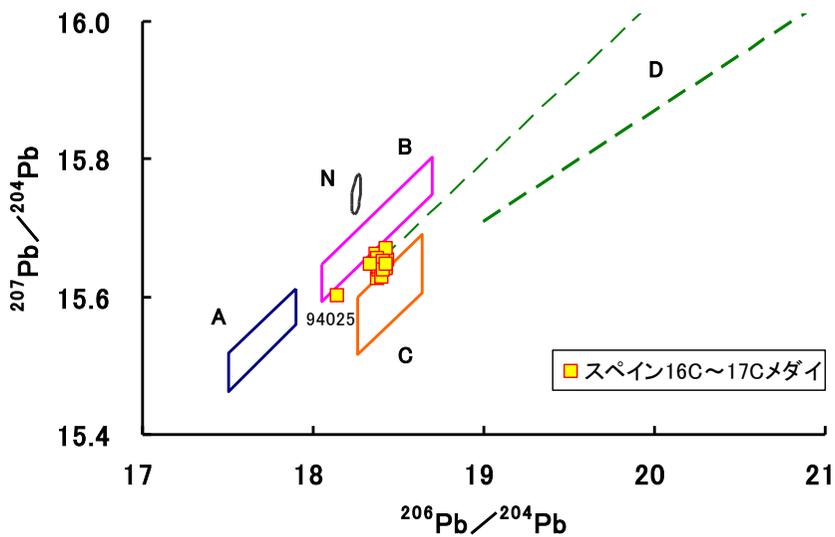


図39 スペイン・バルセロナのカタルーニャ美術館所蔵の16~17世紀のメダイの鉛同位体比值 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)

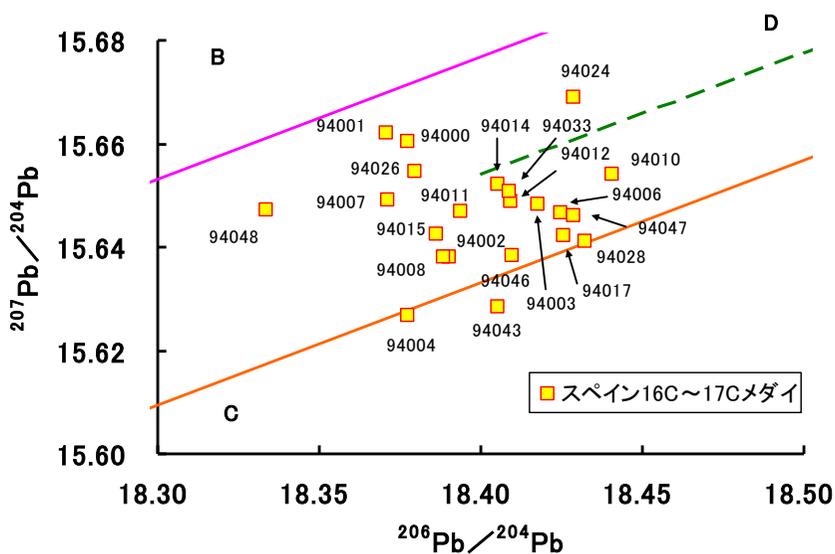


図40 図39の拡大図 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)

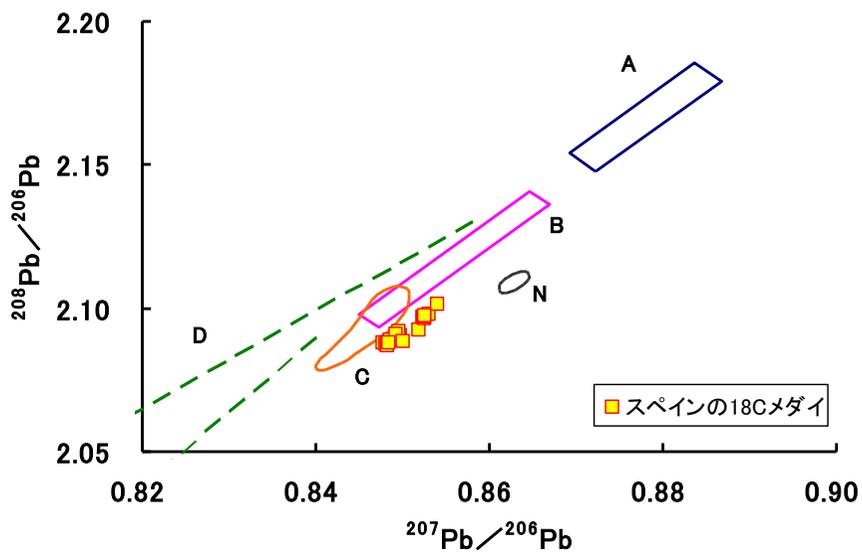


図41 スペイン・バルセロナのカタルーニャ美術館所蔵の18世紀のメダイの鉛同位体比值 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)

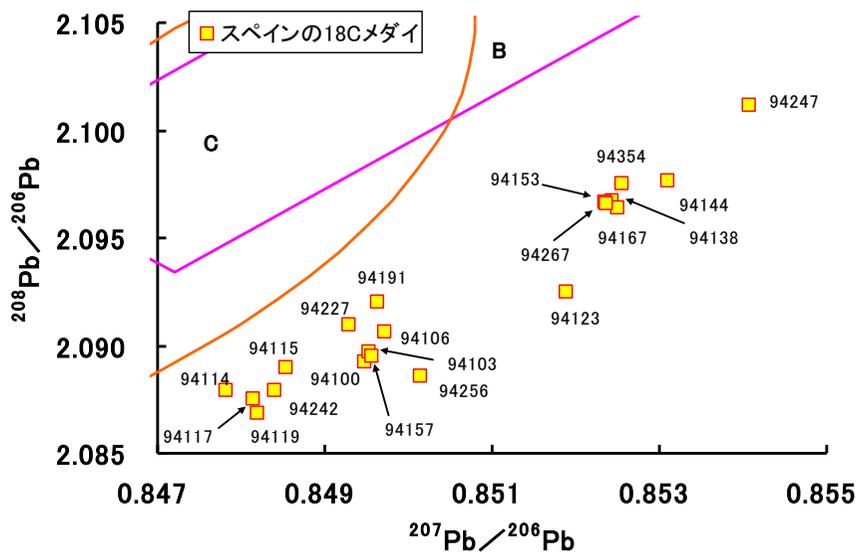


図42 図41の拡大図 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)

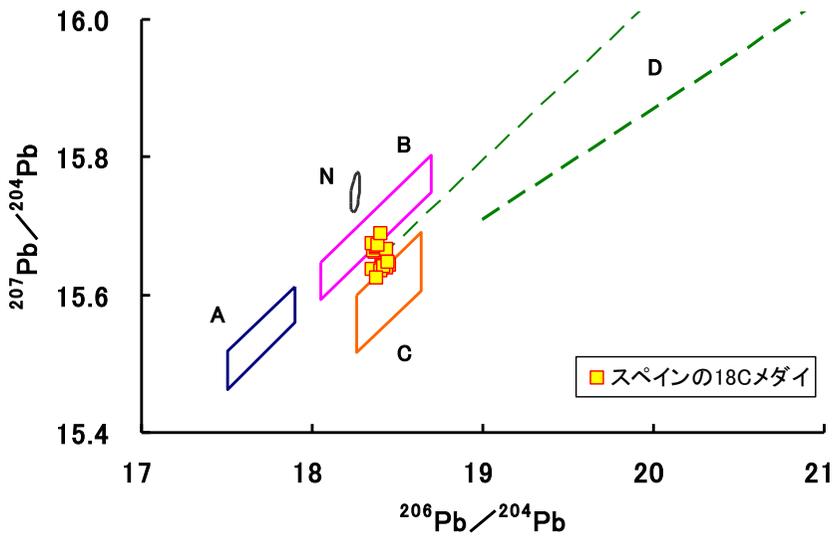


図43 スペイン・バルセロナのカタルーニャ美術館所蔵の
18世紀のメダイの鉛同位体比值 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)

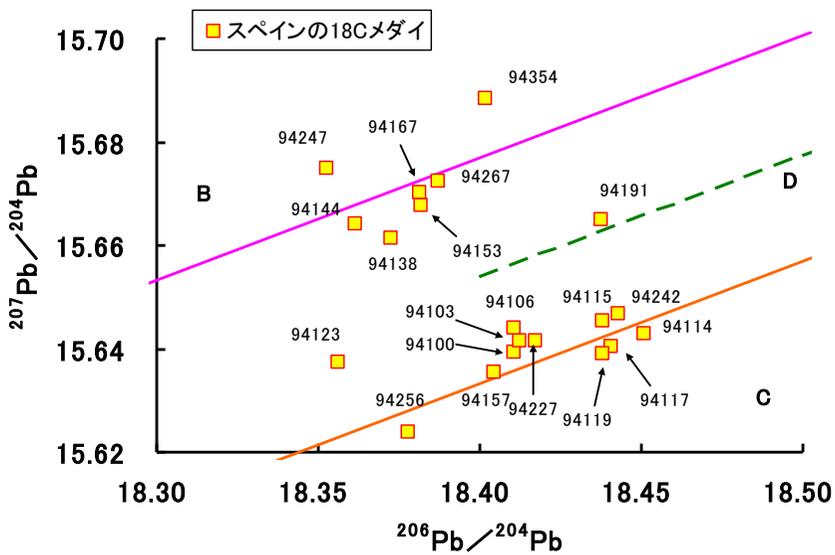


図44 図43の拡大図 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)

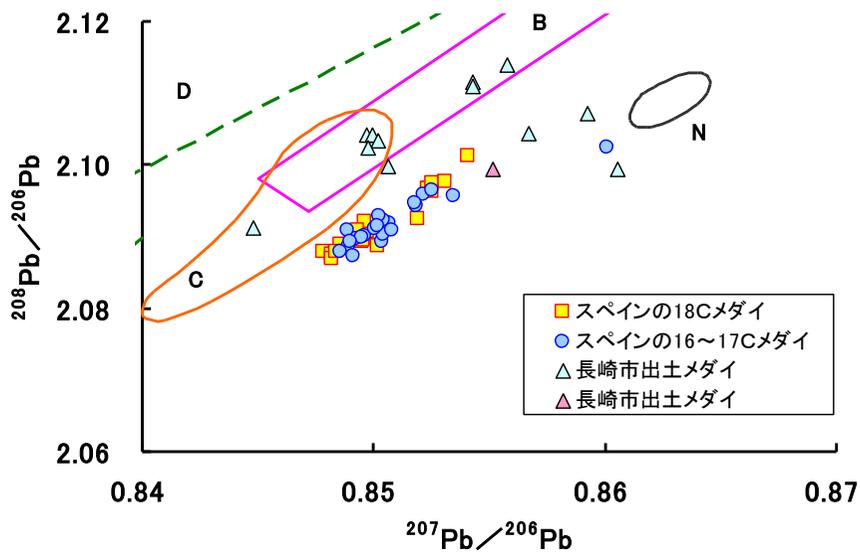


図45 スペインのメダイと長崎市出土のメダイの鉛同位体比值
 $(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})$

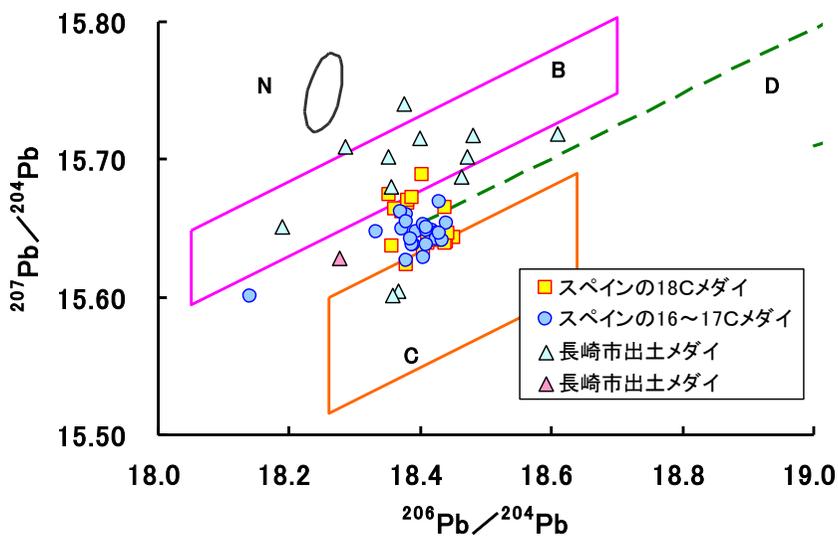


図46 スペインのメダイと長崎市出土のメダイの鉛同位体比值
 $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$

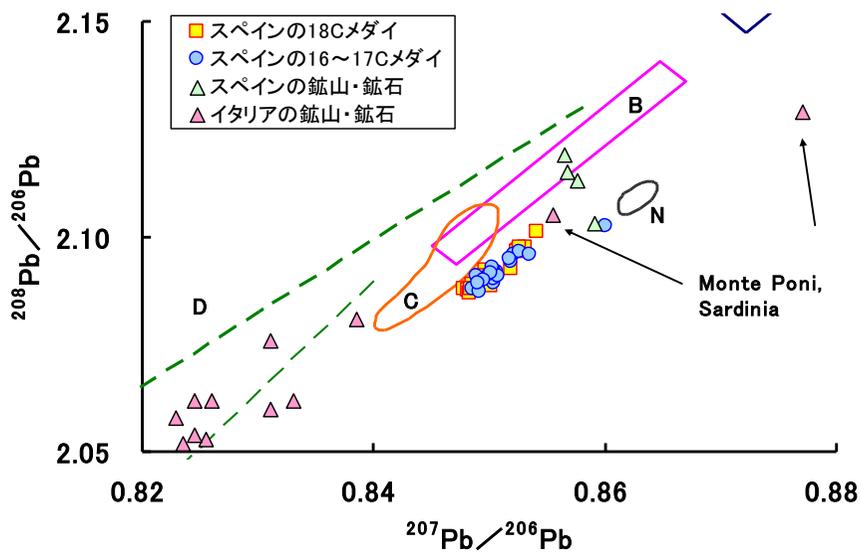


図47 スペインのメダイとスペイン・イタリアの鉛鋳石の鉛同位体比 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)

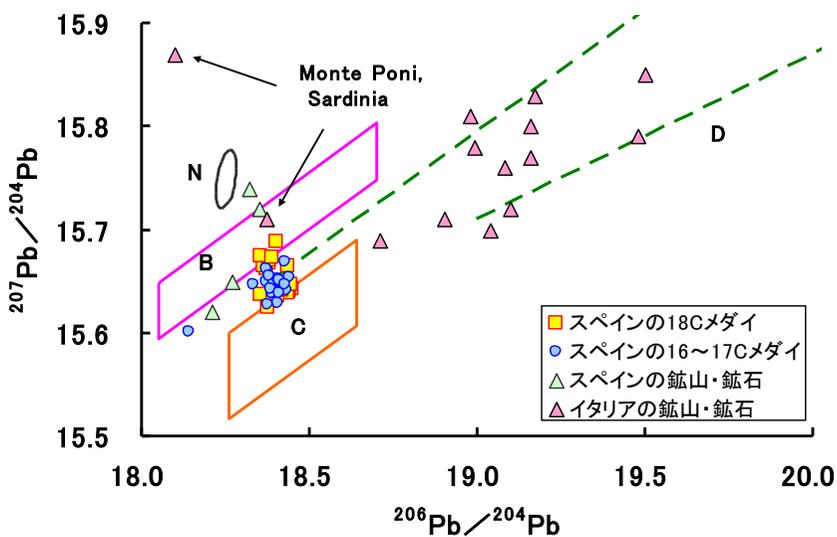


図48 スペインのメダイとスペイン・イタリアの鉛鋳石の鉛同位体比 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)

3. 東南アジア出土資料

3-1. カンボジア・プンスナイ遺跡出土資料

● 遺跡および資料の概要

世界の歴史を遡ってみると、何回かの気候変動があったことが花粉分析や堆積有機物分析、死海の年縞分析などから明らかになっている。そして、急激な気候変化は文明の興亡や人類の移動などを惹起し、全世界に強い影響を与えてきた。

3,500年前にはじまり、3,200年前に極限に達する気候悪化期、そして紀元後240年頃の気候悪化の時に東南アジアでは北方から稲作民および牧畜民の侵入があった。多くの難民が雲南省や貴州省、福建省、日本列島、さらにメコン川や紅河、イラワジ川を下って東南アジアへ逃げる大移動であった。そして、中国大陸からの難民たちは現在の漢民族である北方あるいは西方から侵入した人々とは異なって、抜歯の風習を堅持していた⁵⁰⁾。

中国からの難民の中でメコン川を下って東南アジアに逃げた人たちの中でその一部はカンボジアのトンレサップ湖畔に発展したプンスナイ(遺跡)を拠点としたようである(図49)。プンスナイ(Phun Snay)遺跡は1999年に道路工事によって発見された遺跡で、発見の後、数回の盗掘が行われていた遺跡である。2001年から2003年までニュージーランドのオタゴ大学によって調査され、2007年からは、国際日本文化研究センターによって発掘調査が行われている。今までの調査の結果からみると、プンスナイ遺跡は紀元前後から紀元後5世紀までの文化様相が明らかになっている。プンスナイ遺跡には抜歯の風習をもつ中国からの南下した人と見られる人骨がいくつか確認

され、土着のカンボジア人と共に暮らしていたことが分かった。これを証明するように、プンスナイ遺跡では中国の影響を強く受けたと思われる遺物も多く出土しており、Red Slipというタイで流行した土器も確認されている⁵¹⁾。

本研究ではプンスナイ遺跡から出土した青銅製品110点に関して蛍光X線分析を、111点に関して鉛同位体比分析を行った(写真27)。資料は2007年～2009年1月まで採取し、分析を行った資料で、資料には腕輪群が数多く含まれている。

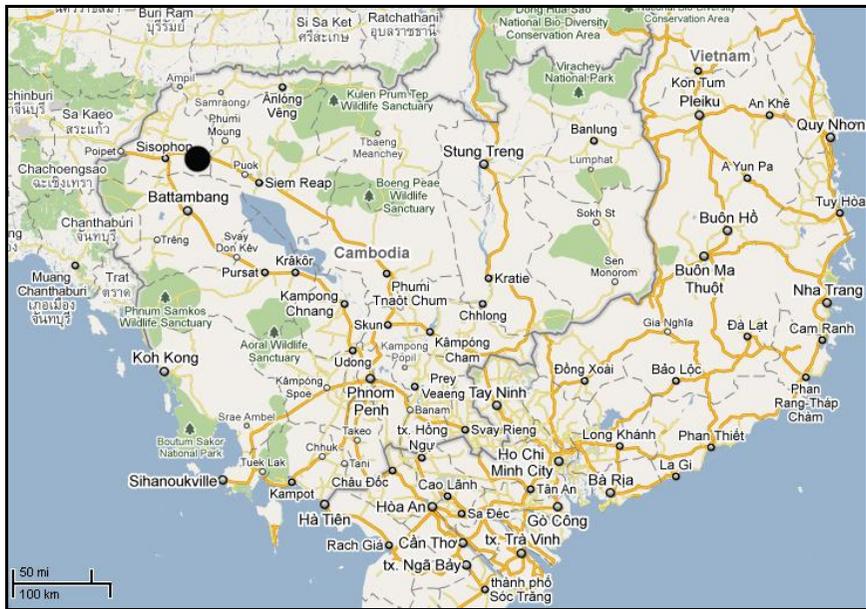


図49 カンボジア・プンスナイ遺跡の位置

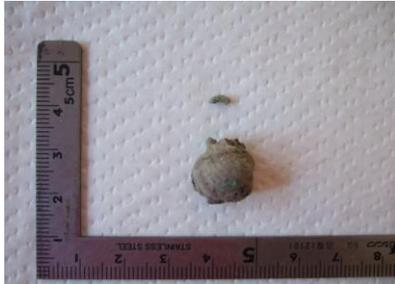


写真27 カンボジア・プンスナイ遺跡出土の青銅製品の一部

● 蛍光X線分析結果

蛍光X線分析を行った資料は2007年に測定した68点、2008年の17点、2009年の25点で、計110点である(全体資料数117点の内、7点は化学組成分析は行われていない)。資料には多くの腕輪が含まれており、これらはいくつかの腕輪群に分けられる。化学組成を判断する際には2%を基準にして、ある元素が2%以上含まれていない場合は不純物として含まれたと判断した。また、化学組成は資料の鍍面で測った値で、本来の金属の化学組成とは異なる可能性がある。

プンスナイ遺跡出土の110点の青銅製品からは純銅製品、銅と鉛の合金、銅と鉛と錫の合金、銅と錫の合金が確認された(表8, 図50-51)⁵²⁻⁵³⁾。その中で、純銅製品は1点(番号24)、銅と鉛の合金は2点(番号60, 68)、銅と鉛と錫の合金は14点(番号58, 59, 62, 65, 66, 67, 71, 72, 73, 88, 89, 90, 91, 117)で、残りは93点は銅と錫の合金であった。すなわち、純銅製品は全体の約1%、銅と鉛の合金は約2%、銅と鉛と錫の合金は約13%、銅と錫の合金は約84%であった。このことはプンスナイが活動していた主な時代には主に銅と錫の合金が利用され、銅に鉛を加える製作技術は一般的ではなかった可能性を示す。

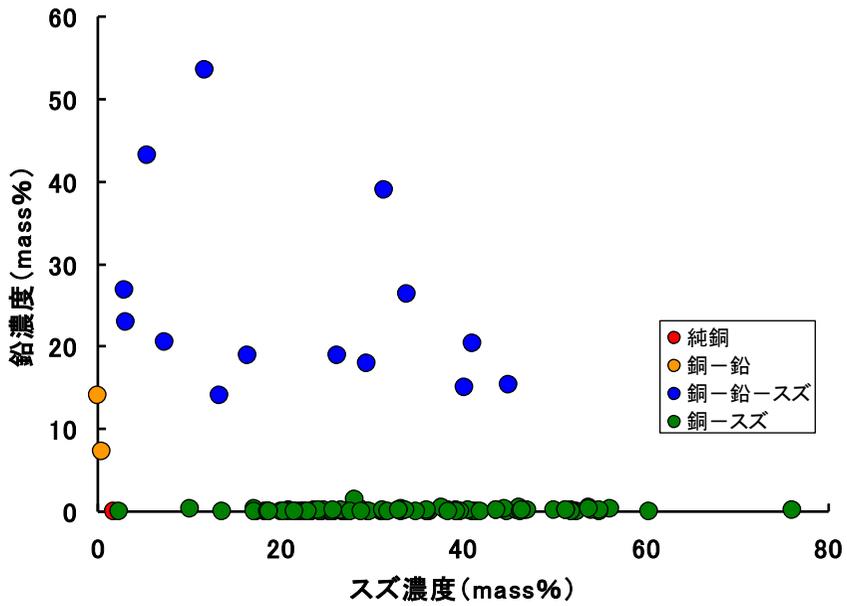


図50 プンスナイ遺跡出土青銅製品の化学組成グラフ

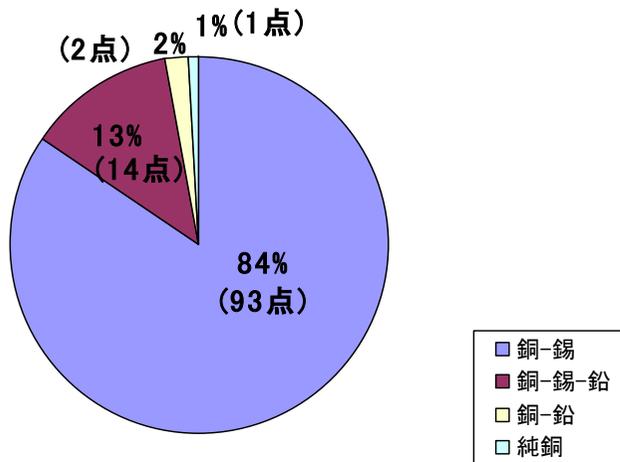


図51 プンスナイ遺跡出土青銅製品の化学組成別割合

表8 カンボジア・プンスナイ遺跡出土の青銅製品の化学組成(%) (2007年～2009年までの測定資料) (1/5)

番号	資料名	出土位置	Cu	Sn	Pb	Fe	As	Ag	Sb	測定番号
1	L. Bangle	Location E. Burial 11 Left Arm	46.3	52.5	<0.1	0.9	0.1	<0.1	0.1	BP2220
2	Bowl?	Location E. Burial 11 #21	60.3	33.2	<0.1	6.3	0.2	<0.1	<0.1	BP2221
3	R. Bangle	Location E. Burial 11 Right Arm	69.6	29.6	<0.1	0.5	0.1	0.1	0.1	BP2222
4	L. Bangle	Location E. Burial 12 Left Arm(Sample3)	44.2	51.9	0.1	3.6	0.1	<0.1	0.1	BP2227
5	L. Bangle	Location E. Burial 12 Left Arm1	77.0	22.7	<0.1	<0.1	0.2	<0.1	0.1	BP2243
6	L. Bangle	Location E. Burial 12 Left Arm2	74.9	23.8	0.1	1.2	0.1	<0.1	0.1	BP2244
7	L. Bangle	Location E. Burial 12 Left Arm3	60.8	36.4	<0.1	2.8	<0.1	<0.1	<0.1	BP2245
8	L. Bangle	Location E. Burial 12 Left Arm4	60.6	38.1	0.1	0.9	0.2	<0.1	0.1	BP2246
9	L. Bangle	Location E. Burial 12 Left Arm5	71.0	26.8	<0.1	2.2	<0.1	<0.1	0.1	BP2247
10	L. Bangle	Location E. Burial 12 Left Arm6	72.0	25.4	<0.1	2.4	0.1	<0.1	0.1	BP2248
11	L. Bangle	Location E. Burial 12 Left Arm7	50.5	46.7	0.1	3.1	<0.1	<0.1	0.1	BP2249
12	L. Bangle	Location E. Burial 12 Left Arm8	57.4	38.4	0.1	3.9	0.1	<0.1	0.2	BP2250
13	R. Bangle	Location E. Burial 12 UnitB Layer2 Right Arm	54.0	44.8	<0.1	0.6	0.2	0.2	0.3	BP2223
14	R. Bangle	Location E. Burial 12 UnitB Layer3 Right Arm9	67.3	31.1	<0.1	1.3	0.2	<0.1	0.1	BP2251
15	R. Bangle	Location E. Burial 12 UnitB Layer3 Right Arm10	65.3	33.6	0.1	0.7	0.1	<0.1	0.2	BP2252
16	R. Bangle	Location E. Burial 12 UnitB Layer3 Right Arm11	63.6	36.0	<0.1	<0.1	0.3	<0.1	0.1	BP2253
17	R. Bangle	Location E. Burial 12 UnitB Layer3 Right Arm12	70.8	27.1	<0.1	1.9	<0.1	<0.1	0.1	BP2254
18	R. Bangle	Location E. Burial 12 UnitB Layer3 Right Arm13	80.6	18.3	<0.1	1.0	<0.1	<0.1	<0.1	BP2255
19	R. Bangle	Location E. Burial 12 UnitB Layer3 Right Arm14	59.0	39.2	0.1	1.1	0.4	<0.1	0.2	BP2256
20	R. Bangle	Location E. Burial 12 UnitB Layer3 Right Arm15	70.6	26.0	<0.1	3.4	<0.1	<0.1	<0.1	BP2257
21	L. Bangle	Location E. Burial 12 Left Leg16	78.8	17.5	<0.1	3.5	0.1	<0.1	0.1	BP2258
22	L. Bangle	Location E. Burial 12 Left Leg17	75.1	24.6	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1	BP2259
23	L. Bangle	Location E. Burial 12 Left Leg18	77.7	22.3	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	BP2260
24	L. Bangle	Location E. Burial 12 Left Leg19	93.4	1.8	<0.1	4.7	0.1	<0.1	<0.1	BP2261

表8 カンボジア・プンスナイ遺跡出土の青銅製品の化学組成(%) (2007年～2009年までの測定資料) (2/5)

番号	資料名	出土位置	Cu	Sn	Pb	Fe	As	Ag	Sb	測定番号
25	L. Bangle	Location E. Burial 12 Left Leg20	72.1	27.5	0.1	<0.1	0.2	<0.1	0.1	BP2262
26	L. Bangle	Location E. Burial 12 Left Leg21	72.8	23.5	<0.1	3.7	<0.1	<0.1	0.1	BP2263
27	R. Bangle	Location E. Burial 12 Right Leg	37.2	60.4	<0.1	1.7	0.1	0.2	0.4	BP2226
28	R. Bangle	Location E. Burial 12 Right Leg22	76.2	23.5	<0.1	<0.1	0.2	<0.1	0.1	BP2264
29	R. Bangle	Location E. Burial 12 Right Leg23	54.7	43.6	0.1	1.3	0.1	0.1	<0.1	BP2265
30	R. Bangle	Location E. Burial 12 Right Leg24	74.3	22.6	<0.1	3.0	0.1	<0.1	<0.1	BP2266
31	R. Bangle	Location E. Burial 12 Right Leg25	76.5	21.9	<0.1	1.5	0.1	<0.1	0.1	BP2267
32	R. Bangle	Location E. Burial 12 Right Leg26	94.4	2.4	<0.1	3.2	<0.1	<0.1	<0.1	BP2268
33	Helmet?	Location E. Burial 14 Head	-	-	-	-	-	-	-	BP2230
34	Helmet?	Location E. Burial 14 Head27	54.2	39.5	<0.1	6.1	0.1	<0.1	0.1	BP2269
35	Helmet?	Location E. Burial 14 Head28	65.8	31.3	<0.1	2.9	<0.1	<0.1	<0.1	BP2270
36	Helmet?	Location E. Burial 14 Head29	48.2	45.9	0.1	5.6	0.2	<0.1	0.1	BP2271
37	Helmet?	Location E. Burial 14 Head30	63.3	27.4	<0.1	9.3	<0.1	<0.1	<0.1	BP2272
38	L. Bangle	Location E. Burial 14 Left Arm	22.6	76.0	0.1	0.3	0.3	0.2	0.5	BP2228
39	L. Bangle	Location E. Burial 14 Left Arm31	60.5	37.7	0.5	1.0	0.2	<0.1	0.1	BP2273
40	L. Bangle	Location E. Burial 14 Left Arm32	65.0	26.6	0.1	8.3	<0.1	0.1	<0.1	BP2274
41	L. Bangle	Location E. Burial 14 Left Arm33	80.0	17.1	0.4	2.4	0.1	<0.1	<0.1	BP2275
42	L. Bangle	Location E. Burial 14 Left Arm34	74.7	24.7	0.2	0.3	0.1	<0.1	0.1	BP2276
43	L. Bangle	Location E. Burial 14 Left Arm35	40.5	56.1	0.4	2.8	0.1	<0.1	0.1	BP2277
44	R. Bangle	Location E. Burial 14 Right Arm	58.5	41.0	<0.1	<0.1	0.2	0.2	0.1	BP2229
45	R. Bangle	Location E. Burial 14 Right Arm36	70.3	28.7	0.3	0.3	0.3	<0.1	0.1	BP2278
46	R. Bangle	Location E. Burial 14 Right Arm37	87.5	10.1	0.3	2.0	0.1	<0.1	<0.1	BP2279
47	R. Bangle	Location E. Burial 14 Right Arm38	78.5	21.0	0.1	0.2	0.2	<0.1	<0.1	BP2280
48	R. Bangle	Location E. Burial 14 Right Arm39	44.6	53.8	0.5	0.7	0.2	<0.1	0.2	BP2281
49	R. Bangle	Location E. Burial 17 Right Arm	43.8	55.0	<0.1	0.6	0.1	0.1	0.3	BP2231

表8 カンボジア・プンスナイ遺跡出土の青銅製品の化学組成(%) (2007年～2009年までの測定資料) (3/5)

番号	資料名	出土位置	Cu	Sn	Pb	Fe	As	Ag	Sb	測定番号
50	R. Bangle	Location E. Burial 17 Right Arm40	65.7	29.7	<0.1	4.4	<0.1	<0.1	0.1	BP2282
51	R. Bangle	Location E. Burial 17 Right Arm50	64.4	31.2	0.1	4.1	<0.1	<0.1	0.2	BP2293
52	L. Bangle	Location E. Burial 17 Left Arm	57.6	41.4	<0.1	0.7	0.1	0.1	0.2	BP2232
53	L. Bangle	Location E. Burial 17 Left Arm41	62.2	36.1	0.1	1.6	<0.1	0.1	<0.1	BP2283
54	L. Bangle	Location E. Burial 17 Left Arm42	75.8	20.1	<0.1	4.1	<0.1	<0.1	<0.1	BP2284
55	L. Bangle	Location E. Burial 17 Left Arm43	82.5	17.2	<0.1	0.2	<0.1	<0.1	<0.1	BP2285
56	L. Bangle	Location E. Burial 17 Left Arm44	55.5	40.6	0.1	3.4	0.3	<0.1	0.1	BP2286
57	L. Bangle	Location E. Burial 17 Left Arm45	78.2	21.0	<0.1	0.7	<0.1	0.1	<0.1	BP2287
58	Bangle	Location Db. Burial 01 #02 Layer4 Unit. A	71.7	13.4	14.0	0.3	0.5	<0.1	0.1	BP2288
59	Ring1	Location Db. Burial 01 #03 Layer4 Unit. A	20.9	11.7	53.6	13.2	0.2	<0.1	0.4	BP2289
60	Ring2	Location Db. Burial 01 #03 Layer4 Unit. A	78.7	0.5	7.3	13.3	0.1	<0.1	0.2	BP2290
61	Bangle	Location F. B3 20.12.07	49.8	46.2	0.5	3.5	<0.1	<0.1	<0.1	BP2300
62	Bangle	Location F. Unit. B-2 07.12.24	63.4	16.4	19.0	0.9	0.3	<0.1	<0.1	BP2301
63	Bangle	Location F. Unit. C-4 Burial 01#1 07.12.15	51.2	44.5	0.3	3.2	0.8	<0.1	<0.1	BP2302
64	Bangle	Location D. Unit. D-1 07.12.27	81.3	18.6	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	BP2303
65	Spoon -1	Location F. Burial02 #4 07.12.28	37.9	45.0	15.3	1.0	0.8	<0.1	<0.1	BP2304-1
66	Spoon -2	Location F. Burial02 #4 07.12.28	40.8	40.2	15.1	2.8	1.2	<0.1	<0.1	BP2304-2
67	Bell	Location F. B-2 07.12.26	57.0	7.3	20.6	14.9	0.1	<0.1	<0.1	BP2305
68	Bell	Location F. Pit03 (sx-01)07.12.27	85.0	<0.1	14.1	0.8	<0.1	<0.1	0.1	BP2306
69	不明青銅品	Location E. Unit. F 210207 N=198	56.5	39.7	<0.1	2.9	0.7	-	-	BP2297
70	Bowl	Location E. Burial 12	77.6	20.4	<0.1	<0.1	1.9	<0.1	0.1	BP2502
71	Bracelet	Location E. Burial 26	73.1	3.1	22.9	0.1	0.7	<0.1	0.1	BP2503
72	Bracelet	Location E. Burial 16-275	26.0	31.3	39.0	1.6	2.1	<0.1	0.1	BP2504
73	Ring	Location E. Burial 16-275	52.6	26.3	19.0	<0.1	2.0	<0.1	0.1	BP2505

表8 カンボジア・プンスナイ遺跡出土の青銅製品の化学組成(%) (2007年～2009年までの測定資料) (4/5)

番号	資料名	出土位置		Cu	Sn	Pb	Fe	As	Ag	Sb	測定番号
74	Metal	Location E.	Unit. F	69.7	28.1	1.5	0.1	0.5	<0.1	<0.1	BP2506
75	L. Bangle	Location F.	Burial 06 Left Arm	70.0	27.7	<0.1	<0.1	2.1	<0.1	<0.1	BP2511
76	L. Bangle	Location F.	Burial 06 Left Arm	68.4	28.8	<0.1	0.1	2.6	<0.1	0.1	BP2512
77	L. Bangle	Location F.	Burial 06 Left Arm	55.6	41.9	<0.1	<0.1	2.4	<0.1	0.1	BP2513
78	L. Bangle	Location F.	Burial 06 Left Arm	57.6	39.2	<0.1	<0.1	3.1	<0.1	<0.1	BP2514
79	L. Bangle	Location F.	Burial 06 Left Arm	84.5	13.6	<0.1	0.1	1.7	<0.1	0.1	BP2515
80	L. Bangle	Location F.	Burial 06 Left Arm	74.4	24.3	<0.1	<0.1	1.3	<0.1	<0.1	BP2516
81	L. Bangle	Location F.	Burial 06 Left Arm	61.5	34.8	<0.1	<0.1	3.7	<0.1	0.1	BP2517
82	L. Bangle	Location F.	Burial 06 Left Arm	64.6	31.8	<0.1	<0.1	3.5	<0.1	0.1	BP2518
83	L. Bangle	Location F.	Burial 06 Left Arm	-	-	-	-	-	-	-	BP2519
84	L. Bangle	Location F.	Burial 06 Left Arm	-	-	-	-	-	-	-	BP2520
85	L. Bangle	Location F.	Burial 06 Left Arm	-	-	-	-	-	-	-	BP2521
86	L. Bangle	Location F.	Burial 06 Left Arm	-	-	-	-	-	-	-	BP2522
87	L. Bangle	Location F.	Burial 06 Left Arm	-	-	-	-	-	-	-	BP2523
88	R. Bangle	Location F.	Burial 06 Right Arm	30.2	41.0	20.3	<0.1	8.5	<0.1	0.1	BP2524
89	R. Bangle	Location F.	Burial 06 Right Arm	34.8	33.8	26.4	<0.1	5.0	<0.1	<0.1	BP2525
90	R. Bangle	Location F.	Burial 06 Right Arm	51.6	29.5	18.0	<0.1	0.8	<0.1	0.1	BP2526
91	R. Bangle	Location F.	Burial 06	68.8	2.9	26.9	0.2	1.2	<0.1	0.1	BP2527
92	Bangle F.1	Location F.	Burial 07 Right Arm	50.5	46.3	<0.1	3.2	<0.1	<0.1	<0.1	BP2574
93	Bangle F.2	Location F.	Burial 07 Right Arm	73.3	25.6	<0.1	1.0	<0.1	<0.1	<0.1	BP2575
94	Bangle F.3	Location F.	Burial 07 Right Arm	63.3	33.2	0.3	2.4	0.6	0.1	0.1	BP5400
95	Bangle F.4	Location F.	Burial 07 Right Arm	73.2	24.2	0.2	2.0	0.4	<0.1	<0.1	BP2578
96	Bangle F.5	Location F.	Burial 07 Right Arm	76.4	23.0	<0.1	0.6	<0.1	<0.1	<0.1	BP2579
97	Bangle F.6	Location F.	Burial 07 Right Arm	50.6	47.0	0.1	2.3	<0.1	<0.1	<0.1	BP2581

表8 カンボジア・プンスナイ遺跡出土の青銅製品の化学組成(%) (2007年～2009年までの測定資料) (5/5)

番号	資料名	出土位置	Cu	Sn	Pb	Fe	As	Ag	Sb	測定番号
98	Bangle F.7	Location F. Burial 07 Right Arm	59.8	38.4	<0.1	1.7	0.1	<0.1	<0.1	BP2582
99	Bangle F.8	Location F. Burial 07 Right Arm	39.3	54.0	0.1	6.5	0.1	<0.1	<0.1	BP2583
100	Bangle F.9	Location F. Burial 07 Right Arm	47.5	50.0	0.1	2.3	0.1	<0.1	<0.1	BP2584
101	Bangle F.10	Location F. Burial 07 Right Arm	44.0	51.8	<0.1	4.2	<0.1	<0.1	<0.1	BP2588
102	Bangle F.11	Location F. Burial 07 Right Arm	42.0	54.9	0.1	2.8	0.2	<0.1	<0.1	BP2589
103	Bangle F.12	Location F. Burial 07 Right Arm	65.6	33.7	0.2	0.5	<0.1	<0.1	<0.1	BP5401
104	Bangle F.13	Location F. Burial 07 Right Arm	77.5	21.5	<0.1	1.0	<0.1	<0.1	<0.1	BP2592
105	Bangle F.14	Location F. Burial 07 Right Arm	37.2	53.7	0.4	8.1	0.5	0.1	0.1	BP2595
106	Bangle F.15	Location F. Burial 07 Right Arm	52.7	43.6	0.2	3.3	0.2	<0.1	<0.1	BP2596
107	Bangle F.16	Location F. Burial 07 Right Arm	72.1	25.8	0.2	1.8	0.1	<0.1	<0.1	BP2597
108	Bangle F.17	Location F. Burial 07 Right Arm	50.8	46.5	0.1	2.6	<0.1	<0.1	<0.1	BP2598
109	Bangle F.18-1	Location F. Burial 07 Right Arm	66.9	32.9	0.1	0.1	0.1	<0.1	<0.1	BP5402
110	Bangle F.18-2	Location F. Burial 07 Right Arm	45.9	51.3	0.2	2.4	0.2	0.1	<0.1	BP2603
111	Bangle F.18-3	Location F. Burial 07 Right Arm	79.9	18.7	<0.1	1.2	<0.1	<0.1	<0.1	BP2604
112	Bangle F.21	Location F. Burial 07 Right Arm	-	-	-	-	-	-	-	BP2605
113	Bangle F.22	Location F. Burial 07 Right Arm	50.8	46.5	0.1	2.6	<0.1	<0.1	<0.1	BP2606
114	Bangle F.23	Location F. Burial 07 Right Arm	66.9	32.9	0.1	0.1	0.1	<0.1	<0.1	BP2607
115	Bangle F.24	Location F. Burial 07 Right Arm	45.9	51.3	0.2	2.4	0.2	0.1	<0.1	BP2609
116	Bangle F.25	Location F. Burial 07 Right Arm	79.9	18.7	<0.1	1.2	<0.1	<0.1	<0.1	BP2610
117	Bell	Location F. LayerIII	35.3	5.4	43.2	15.2	0.6	<0.1	0.3	BP2608

● 鉛同位体比分析結果

カンボジアのプンスナイ遺跡から出土した青銅製品17点の内、111点に関して鉛同位体比分析を行い、得られた値を表9にまとめ、図53～図54に示した⁵²⁻⁵³⁾。資料は出土した遺構によって推定される年代が微妙に異なる。Location Db. Burial 01から時代は新しくなり、Location F. Burial 02, 06, Pit03を基準にして紀元後になる⁵¹⁾。

Location Db. Burial01	B. C. 800
Location E. Burial12, 14, 17	B. C. 400
Location F. Burial07	B. C. 200
Location F. Burial02, 06, Pit03 ...	0
Location E. Burial16-275	A. D. 400
Location E. Burial11	

図52 遺構別の編年

本研究の資料の半分以上はLocation E. Burial 12, 14, 17から出土した資料である。

プンスナイ遺跡から出土した青銅製品は中国の華南領域の中央付近にほとんどの資料が分布し、原料的に中国との深い関係があったことが想定される。また、一部の資料からはN領域の原料が確認された。これらの資料はLocation E. Burial 14から出土した左右腕輪群で、すべてがN領域の原料であった。他遺構では中国華南との関係が強く考えられることに対して、Location E. Burial 14出土の資料は中国とは別の原料産地が想定され、これらの腕輪を着用した人物は特定の身分を持っていた可能性や他地域から移住してきた可能性などが考えられる。

Location E. 12, 14, 17は腕輪群であり、そのほとんどは密集して

分布し、同一の原料であることやその製作時期もかなり近接したことがわかる。Location F. Burial07とLocation F. Burial02, 06, Pit03の腕輪群資料もかなり集まって分布し、原料や製作時期などの共通性を現している。

図55と図56はプンスナイ遺跡出土の資料を化学組成別に分けて示した図である。N領域に分布した資料はすべてが銅と錫の合金で、残りの銅と錫の合金はほとんどが中国華南領域に分布した。純銅製品も華南領域に分布した。しかし、銅と錫と鉛の合金、銅と鉛の合金は両図で華南かその付近に一本の直線上に幅広く分布するようになられた。

鉛同位体比を判断する際に留意しなければならない点は純銅製品と銅と錫の合金は銅鉱石に含まれている不純物としての鉛の同位体比を測定していることである。一方、銅と錫と鉛の合金、銅と鉛の合金は主成分として含まれている鉛、すなわち銅とは別の鉛鉱山から採取してきた鉛を測定していることである。それ故、化学組成別に原料の産地を区分してみた結果、鉛が含まれている資料は鉛が含まれていない資料に比べ、A式図ではより高い値を、B式図ではより低い値を表した。このことは銅と錫の合金でN領域に含まれた資料の鉛は銅鉱石に不純物として含まれていた鉛を意味し、銅鉱山の値を意味する可能性がある。すなわち、N領域に分布する銅と錫の合金はLocation E. Burial14から出土した腕輪群で、他の銅と錫の合金とは原料となった銅鉱石が異なる可能性があり、外来系の原料の可能性や地元の原料の可能性などが考えられる。

表9 カンボジア・プンスナイ遺跡出土の青銅製品の鉛同位体比值(1/5)

番号	資料名	出土位置	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号
1	L. Bangle	Location E. Burial 11 Left Arm	18.388	15.713	38.897	0.8545	2.1154	BP2220
2	Bowl?	Location E. Burial 11 #21	18.326	15.737	38.530	0.8587	2.1025	BP2221
3	R. Bangle	Location E. Burial 11 Right Arm	18.370	15.704	38.904	0.8549	2.1178	BP2222
4	L. Bangle	Location E. Burial 12 Left Arm(Sample3)	18.720	15.663	38.985	0.8367	2.0826	BP2227
5	L. Bangle	Location E. Burial 12 Left Arm1	18.362	15.692	38.893	0.8546	2.1181	BP2243
6	L. Bangle	Location E. Burial 12 Left Arm2	18.362	15.689	38.850	0.8544	2.1158	BP2244
7	L. Bangle	Location E. Burial 12 Left Arm3	18.364	15.696	38.904	0.8547	2.1185	BP2245
8	L. Bangle	Location E. Burial 12 Left Arm4	18.364	15.695	38.897	0.8547	2.1181	BP2246
9	L. Bangle	Location E. Burial 12 Left Arm5	18.355	15.683	38.873	0.8544	2.1179	BP2247
10	L. Bangle	Location E. Burial 12 Left Arm6	18.362	15.690	38.890	0.8545	2.1179	BP2248
11	L. Bangle	Location E. Burial 12 Left Arm7	18.366	15.696	38.906	0.8546	2.1184	BP2249
12	L. Bangle	Location E. Burial 12 Left Arm8	18.348	15.676	38.851	0.8544	2.1174	BP2250
13	R. Bangle	Location E. Burial 12 UnitB Layer2 Right Arm	18.336	15.687	38.829	0.8555	2.1176	BP2223
14	R. Bangle	Location E. Burial 12 UnitB Layer3 Right Arm9	18.357	15.684	38.853	0.8544	2.1165	BP2251
15	R. Bangle	Location E. Burial 12 UnitB Layer3 Right Arm10	18.357	15.688	38.876	0.8546	2.1178	BP2252
16	R. Bangle	Location E. Burial 12 UnitB Layer3 Right Arm11	18.339	15.674	38.803	0.8547	2.1158	BP2253
17	R. Bangle	Location E. Burial 12 UnitB Layer3 Right Arm12	18.270	15.657	38.681	0.8570	2.1172	BP2254
18	R. Bangle	Location E. Burial 12 UnitB Layer3 Right Arm13	18.297	15.669	38.741	0.8564	2.1173	BP2255
19	R. Bangle	Location E. Burial 12 UnitB Layer3 Right Arm14	18.290	15.661	38.715	0.8563	2.1167	BP2256
20	R. Bangle	Location E. Burial 12 UnitB Layer3 Right Arm15	18.353	15.678	38.827	0.8542	2.1156	BP2257
21	L. Bangle	Location E. Burial 12 Left Leg16	18.300	15.693	38.661	0.8575	2.1126	BP2258
22	L. Bangle	Location E. Burial 12 Left Leg17	18.299	15.691	38.655	0.8575	2.1125	BP2259
23	L. Bangle	Location E. Burial 12 Left Leg18	18.302	15.696	38.671	0.8576	2.1129	BP2260
24	L. Bangle	Location E. Burial 12 Left Leg19	18.323	15.673	38.778	0.8554	2.1164	BP2261
誤差			±0.010	±0.010	±0.030	±0.0003	±0.0006	

表9 カンボジア・プンスナイ遺跡出土の青銅製品の鉛同位体比值(2/5)

番号	資料名	出土位置		$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号
25	L. Bangle	Location E.	Burial 12 Left Leg20	18.304	15.700	38.686	0.8577	2.1135	BP2262
26	L. Bangle	Location E.	Burial 12 Left Leg21	18.325	15.675	38.786	0.8554	2.1165	BP2263
27	R. Bangle	Location E.	Burial 12 Right Leg	18.332	15.678	38.803	0.8552	2.1167	BP2226
28	R. Bangle	Location E.	Burial 12 Right Leg22	18.330	15.678	38.799	0.8553	2.1167	BP2264
29	R. Bangle	Location E.	Burial 12 Right Leg23	18.303	15.697	38.678	0.8576	2.1132	BP2265
30	R. Bangle	Location E.	Burial 12 Right Leg24	18.314	15.687	38.719	0.8565	2.1142	BP2266
31	R. Bangle	Location E.	Burial 12 Right Leg25	18.331	15.679	38.802	0.8553	2.1167	BP2267
32	R. Bangle	Location E.	Burial 12 Right Leg26	18.311	15.704	38.700	0.8577	2.1136	BP2268
33	Helmet?	Location E.	Burial 14 Head	18.306	15.651	38.728	0.8550	2.1156	BP2230
34	Helmet?	Location E.	Burial 14 Head27	18.317	15.662	38.763	0.8550	2.1162	BP2269
35	Helmet?	Location E.	Burial 14 Head28	18.307	15.656	38.735	0.8552	2.1158	BP2270
36	Helmet?	Location E.	Burial 14 Head29	18.312	15.665	38.766	0.8555	2.1170	BP2271
37	Helmet?	Location E.	Burial 14 Head30	18.304	15.649	38.716	0.8550	2.1152	BP2272
38	L. Bangle	Location E.	Burial 14 Left Arm	18.256	15.738	38.525	0.8621	2.1103	BP2228
39	L. Bangle	Location E.	Burial 14 Left Arm31	18.255	15.731	38.526	0.8617	2.1104	BP2273
40	L. Bangle	Location E.	Burial 14 Left Arm32	18.263	15.744	38.551	0.8621	2.1109	BP2274
41	L. Bangle	Location E.	Burial 14 Left Arm33	18.253	15.734	38.518	0.8620	2.1102	BP2275
42	L. Bangle	Location E.	Burial 14 Left Arm34	18.257	15.733	38.526	0.8618	2.1102	BP2276
43	L. Bangle	Location E.	Burial 14 Left Arm35	18.262	15.745	38.549	0.8622	2.1109	BP2277
44	R. Bangle	Location E.	Burial 14 Right Arm	18.253	15.736	38.534	0.8621	2.1112	BP2229
45	R. Bangle	Location E.	Burial 14 Right Arm36	18.251	15.731	38.521	0.8620	2.1107	BP2278
46	R. Bangle	Location E.	Burial 14 Right Arm37	18.259	15.743	38.543	0.8622	2.1109	BP2279
47	R. Bangle	Location E.	Burial 14 Right Arm38	18.254	15.736	38.156	0.8620	2.1100	BP2280
48	R. Bangle	Location E.	Burial 14 Right Arm39	18.259	15.741	38.535	0.8621	2.1105	BP2281
誤差				±0.010	±0.010	±0.030	±0.0003	±0.0006	

表9 カンボジア・プンスナイ遺跡出土の青銅製品の鉛同位体比值(3/5)

番号	資料名	出土位置	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号
49	R. Bangle	Location E. Burial 17 Right Arm	18.327	15.676	38.810	0.8554	2.1176	BP2231
50	R. Bangle	Location E. Burial 17 Right Arm40	18.332	15.678	38.819	0.8552	2.1175	BP2282
51	R. Bangle	Location E. Burial 17 Right Arm50	18.336	15.681	38.829	0.8552	2.1177	BP2293
52	L. Bangle	Location E. Burial 17 Left Arm	18.334	15.682	38.830	0.8553	2.1179	BP2232
53	L. Bangle	Location E. Burial 17 Left Arm41	-	-	-	-	-	BP2283
54	L. Bangle	Location E. Burial 17 Left Arm42	18.329	15.681	38.819	0.8555	2.1179	BP2284
55	L. Bangle	Location E. Burial 17 Left Arm43	18.324	15.667	38.782	0.8550	2.1165	BP2285
56	L. Bangle	Location E. Burial 17 Left Arm44	18.331	15.679	38.820	0.8554	2.1178	BP2286
57	L. Bangle	Location E. Burial 17 Left Arm45	18.323	15.674	38.802	0.8554	2.1176	BP2287
58	Bangle	Location Db. Burial 01 #02 Layer4 Unit. A	18.405	15.683	38.894	0.8521	2.1133	BP2288
59	Ring1	Location Db. Burial 01 #03 Layer4 Unit. A	18.201	15.642	38.801	0.8594	2.1318	BP2289
60	Ring2	Location Db. Burial 01 #03 Layer4 Unit. A	18.237	15.650	38.776	0.8581	2.1262	BP2290
61	Bangle	Location F. B3 20.12.07	18.469	15.730	38.909	0.8517	2.1068	BP2300
62	Bangle	Location F. Unit. B-2 07.12.24	18.218	15.654	38.820	0.8593	2.1309	BP2301
63	Bangle	Location F. Unit. C-4 Burial 01#1 07.12.15	18.378	15.700	38.906	0.8543	2.1170	BP2302
64	Bangle	Location D. Unit. D-1 07.12.27	18.402	15.698	38.847	0.8531	2.1110	BP2303
65	Spoon	Location F. Burial02 #4 07.12.28	18.370	15.690	38.924	0.8541	2.1189	BP2304-1
66	Spoon	Location F. Burial02 #4 07.12.28	18.377	15.699	38.952	0.8543	2.1196	BP2304-2
67	Bell	Location F. B-2 07.12.26	18.304	15.667	38.860	0.8559	2.1230	BP2305
68	Bell	Location F. Pit03 (sx-01)07.12.27	18.162	15.640	38.780	0.8612	2.1353	BP2306
69	不明青銅品	Location E. Unit. F 210207 N=198	-	-	-	-	-	BP2297
70	Bowl	Location E. Burial 12	18.307	15.691	38.463	0.8571	2.1010	BP2502
71	Bracelet	Location E. Burial 26	18.404	15.705	38.980	0.8533	2.1180	BP2503
72	Bracelet	Location E. Burial 16-275	18.477	15.710	38.995	0.8503	2.1105	BP2504
誤差			±0.010	±0.010	±0.030	±0.0003	±0.0006	

表9 カンボジア・プンスナイ遺跡出土の青銅製品の鉛同位体比值(4/5)

番号	資料名	出土位置		$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号
73	Ring	Location E.	Burial 16-275	18.289	15.673	38.868	0.8569	2.1252	BP2505
74	Metal	Location E.	Unit.F	-	-	-	-	-	BP2506
75	L. Bangle	Location F.	Burial 06 Left Arm	18.153	15.641	38.668	0.8616	2.1301	BP2511
76	L. Bangle	Location F.	Burial 06 Left Arm	18.355	15.694	38.865	0.8554	2.1174	BP2512
77	L. Bangle	Location F.	Burial 06 Left Arm	18.229	15.677	38.783	0.8600	2.1276	BP2513
78	L. Bangle	Location F.	Burial 06 Left Arm	18.338	15.716	38.723	0.8569	2.1114	BP2514
79	L. Bangle	Location F.	Burial 06 Left Arm	18.347	15.687	38.852	0.8550	2.1170	BP2515
80	L. Bangle	Location F.	Burial 06 Left Arm	18.207	15.646	38.686	0.8594	2.1249	BP2516
81	L. Bangle	Location F.	Burial 06 Left Arm	18.362	15.669	38.761	0.8536	2.1109	BP2517
82	L. Bangle	Location F.	Burial 06 Left Arm	18.182	15.642	38.687	0.8603	2.1278	BP2518
83	L. Bangle	Location F.	Burial 06 Left Arm	18.361	15.682	38.846	0.8541	2.1157	BP2519
84	L. Bangle	Location F.	Burial 06 Left Arm	18.349	15.690	38.799	0.8549	2.1145	BP2520
85	L. Bangle	Location F.	Burial 06 Left Arm	18.183	15.648	38.725	0.8606	2.1296	BP2521
86	L. Bangle	Location F.	Burial 06 Left Arm	18.239	15.663	38.731	0.8587	2.1235	BP2522
87	L. Bangle	Location F.	Burial 06 Left Arm	18.348	15.687	38.850	0.8549	2.1174	BP2523
88	R. Bangle	Location F.	Burial 06 Right Arm	18.377	15.687	38.939	0.8536	2.1190	BP2524
89	R. Bangle	Location F.	Burial 06 Right Arm	18.353	15.681	38.918	0.8544	2.1205	BP2525
90	R. Bangle	Location F.	Burial 06 Right Arm	18.336	15.681	38.917	0.8552	2.1224	BP2526
91	R. Bangle	Location F.	Burial 06	18.408	15.699	38.983	0.8529	2.1178	BP2527
92	Bangle F.1	Location F.	Burial 07 Right Arm	18.469	15.716	38.799	0.8510	2.1008	BP2574
93	Bangle F.2	Location F.	Burial 07 Right Arm	18.424	15.688	38.807	0.8515	2.1063	BP2575
94	Bangle F.3	Location F.	Burial 07 Right Arm	18.450	15.736	38.812	0.8529	2.1036	BP5400
95	Bangle F.4	Location F.	Burial 07 Right Arm	18.466	15.718	38.773	0.8512	2.0997	BP2578
96	Bangle F.5	Location F.	Burial 07 Right Arm	18.470	15.723	38.782	0.8513	2.0997	BP2579
誤差				±0.010	±0.010	±0.030	±0.0003	±0.0006	

表9 カンボジア・プンスナイ遺跡出土の青銅製品の鉛同位体比值(5/5)

番号	資料名	出土位置	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号
97	Bangle F.6	Location F. Burial 07 Right Arm	18.417	15.729	38.786	0.8541	2.1060	BP2581
98	Bangle F.7	Location F. Burial 07 Right Arm	18.467	15.712	38.770	0.8508	2.0995	BP2582
99	Bangle F.8	Location F. Burial 07 Right Arm	18.466	15.735	38.875	0.8521	2.1052	BP2583
100	Bangle F.9	Location F. Burial 07 Right Arm	18.441	15.701	38.772	0.8514	2.1025	BP2584
101	Bangle F.10	Location F. Burial 07 Right Arm	18.428	15.696	38.771	0.8517	2.1039	BP2588
102	Bangle F.11	Location F. Burial 07 Right Arm	18.441	15.704	38.777	0.8516	2.1027	BP2589
103	Bangle F.12	Location F. Burial 07 Right Arm	18.478	15.704	39.012	0.8499	2.1112	BP5401
104	Bangle F.13	Location F. Burial 07 Right Arm	18.468	15.707	38.751	0.8505	2.0983	BP2592
105	Bangle F.14	Location F. Burial 07 Right Arm	18.489	15.738	38.851	0.8512	2.1014	BP2595
106	Bangle F.15	Location F. Burial 07 Right Arm	18.477	15.723	38.803	0.8510	2.1001	BP2596
107	Bangle F.16	Location F. Burial 07 Right Arm	18.391	15.712	38.706	0.8543	2.1046	BP2597
108	Bangle F.17	Location F. Burial 07 Right Arm	18.410	15.731	38.789	0.8545	2.1069	BP2598
109	Bangle F.18-1	Location F. Burial 07 Right Arm	18.471	15.716	38.792	0.8508	2.1001	BP5402
110	Bangle F.18-2	Location F. Burial 07 Right Arm	18.426	15.704	38.710	0.8523	2.1008	BP2603
111	Bangle F.18-3	Location F. Burial 07 Right Arm	18.447	15.717	38.758	0.8520	2.1011	BP2604
112	Bangle F.21	Location F. Burial 07 Right Arm	18.506	15.731	38.808	0.8500	2.0970	BP2605
113	Bangle F.22	Location F. Burial 07 Right Arm	-	-	-	-	-	BP2606
114	Bangle F.23	Location F. Burial 07 Right Arm	-	-	-	-	-	BP2607
115	Bangle F.24	Location F. Burial 07 Right Arm	-	-	-	-	-	BP2609
116	Bangle F.25	Location F. Burial 07 Right Arm	-	-	-	-	-	BP2610
117	Bell	Location F. LayerIII	-	-	-	-	-	BP2608
誤差			±0.010	±0.010	±0.030	±0.0003	±0.0006	

(L. Bangle…Left Bangle, R. Bangle…Right Bangle)

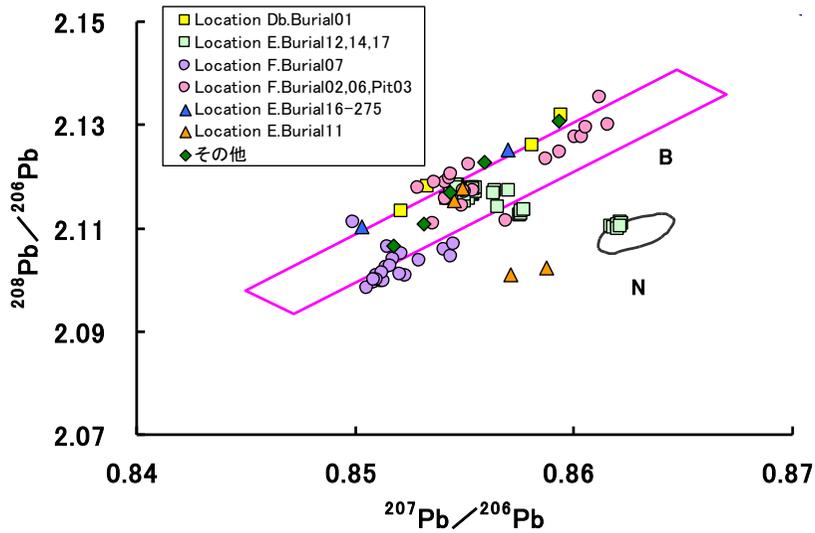


図53 プンスナイ遺跡出土青銅製品の鉛同位体比（出土遺構別）
 $(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})$

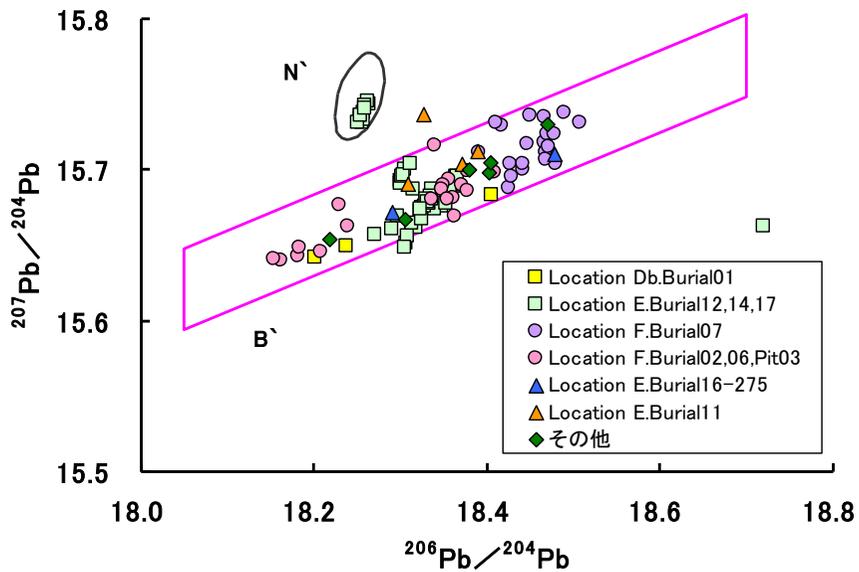


図54 プンスナイ遺跡出土青銅製品の鉛同位体比（出土遺構別）
 $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$

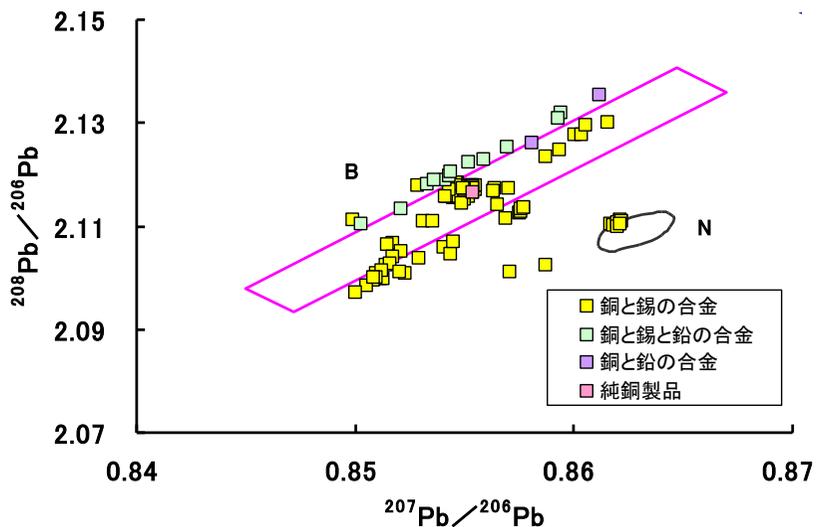


図55 プンスナイ遺跡出土青銅製品の鉛同位体比（化学組成別）
 $(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})$

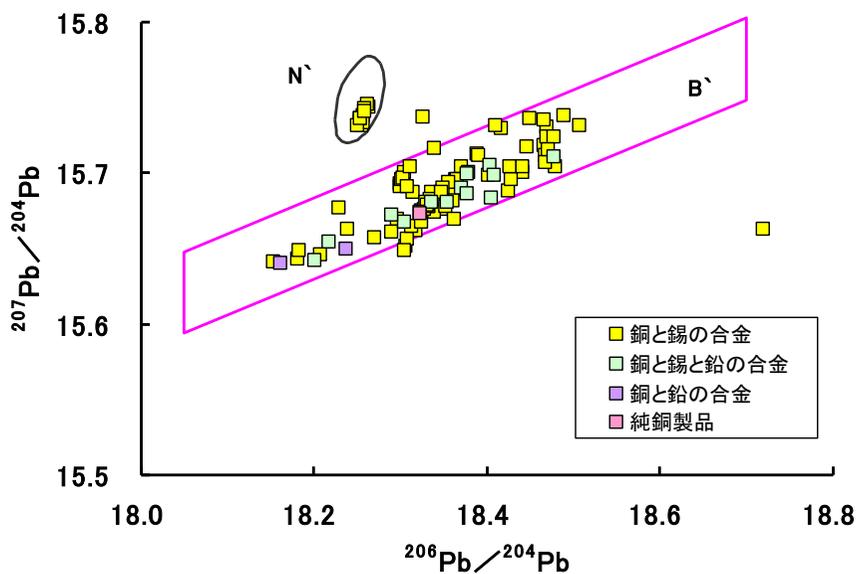


図56 プンスナイ遺跡出土青銅製品の鉛同位体比（化学組成別）
 $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$

3-2. カンボジア・Village10.8遺跡出土資料

● 遺跡および資料の概要

プンスナイ遺跡出土の遺物と共にVillage10.8遺跡から出土した青銅製品も研究対象に加えた。Village10.8遺跡はベトナムに近いKompong Cham地方に所在する遺跡で、メコン川の東側のRed Hill地域に位置する(図57)。この遺跡は土の耕作をする際に偶然に発見され、2001年、2002年、2004年、2005年に発掘調査が行われた。調査の結果、土器、ガラスビーズ、青銅製品、鉄器、ドンソンスタイルの銅鼓などが出土した。特に、ビーズのような遺物はベトナム、遠くはインドなどの他地域との交流を示唆している資料と判断され、あまり知られていない東南アジア地域の先史時代を理解する際に重要な遺跡として評価されている。炭素年代測定法の分析結果から紀元前3世紀から紀元後1世紀の遺跡として理解されている⁵⁴⁾。

本研究ではVillage10.8から出土した青銅製品40点を研究資料としたが、ほとんどの資料が腕輪群(bangle)である(写真28)。

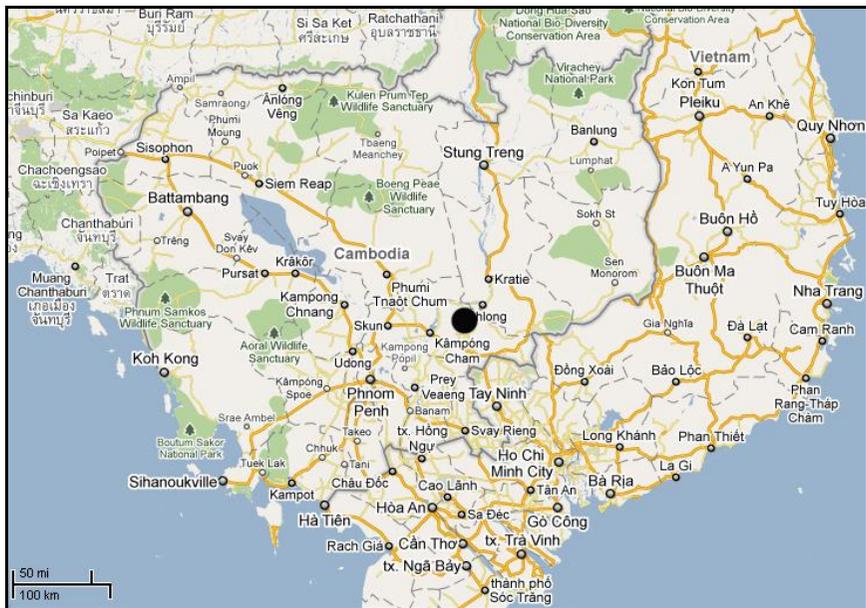


図57 カンボジア・Village10.8遺跡の位置



写真28 カンボジア・Village10.8遺跡出土の青銅製品の一部

● 蛍光X線分析結果

Village10.8遺跡出土の青銅製品19点に関して蛍光X線分析を行い、得られた化学組成を表10と図58-59にまとめた⁵³⁾。資料は19点あり、ほとんどの資料は腕輪群である。腕輪群は2～7個の腕輪で構成されているので、実際に分析した資料の数は40点である。Village10.8遺跡出土の資料は銅と鉛と錫の合金、銅と錫の合金であり、銅と鉛の合金あるいは純銅製品は確認されなかった。40点の中で銅と鉛と錫の合金は28点、銅と錫の合金は12点で、銅と鉛と錫の合金が全体の70%を成している。カンボジアのプンスナイ遺跡出土の青銅製品は全体の85%以上が銅と錫の合金であることと対比される結果である。

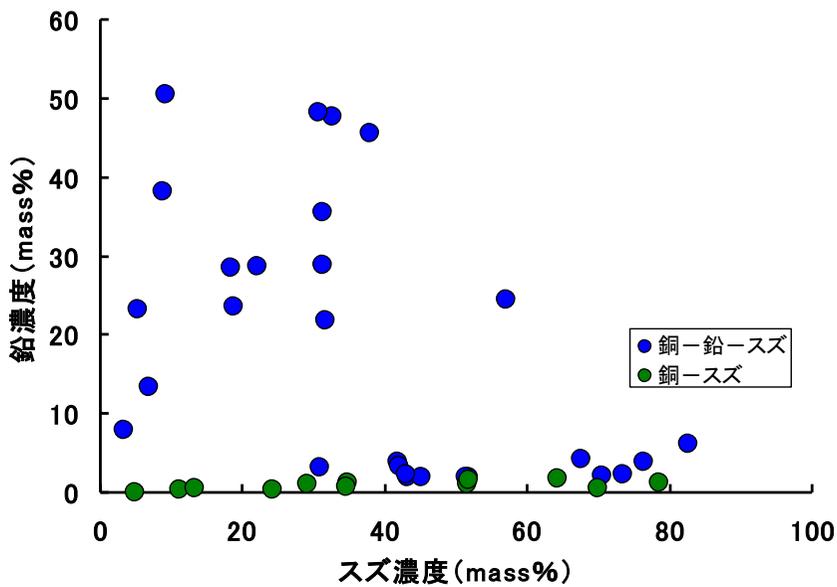


図58 Village10.8遺跡出土青銅製品の化学組成グラフ

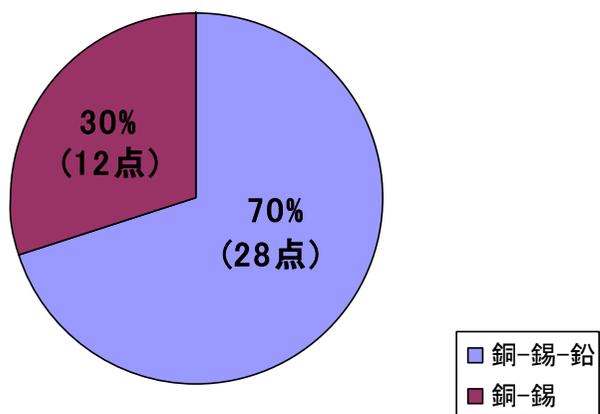


図59 Village10.8遺跡出土青銅製品の化学組成別割合

表10 Village10.8遺跡出土青銅製品の化学組成(%)

番号	資料名	Cu	Sn	Pb	Fe	As	Ag	Sb
1	Pipe?	62.2	24.2	0.4	13.1	<0.1	<0.1	0.1
2	Bell	50.1	43.1	2.0	4.7	<0.1	<0.1	0.1
3-1	Bangle	33.5	9.2	50.5	6.5	0.2	<0.1	0.1
3-2	Bangle	52.9	8.7	38.1	0.2	<0.1	<0.1	0.1
4-1	Bangle	79.4	11.2	0.3	9.0	0.1	<0.1	0.1
4-2	Bangle	76.2	13.2	0.5	9.9	0.1	<0.1	0.1
4-3	Bangle	91.1	4.9	<0.1	3.8	0.1	<0.1	0.1
5-1	Bangle	43.8	22.0	28.7	1.4	2.2	1.2	0.8
5-2	Bangle	71.0	5.3	23.3	0.1	<0.1	0.1	0.1
5-3	Bangle	77.8	6.8	13.4	1.2	0.5	0.3	0.1
6	Bangle	56.3	18.7	23.5	0.3	1.1	<0.1	0.1
7-1	Bangle	25.0	67.5	4.2	3.2	<0.1	<0.1	0.1
7-2	Bangle	14.3	76.3	3.8	5.1	0.4	<0.1	<0.1
7-3	Bangle	47.5	45.1	2.0	4.9	0.5	<0.1	<0.1
8	Small Bell	14.8	78.5	1.3	5.4	<0.1	<0.1	<0.1
9-1	Bangle	52.5	18.3	28.5	0.4	0.1	0.1	0.1
9-2	Bangle	42.6	31.7	21.9	2.1	1.1	0.7	0.1
10	Bangle	17.2	32.6	47.7	0.6	1.0	0.8	0.1
11	Bangle	84.1	3.4	7.9	3.4	1.0	0.1	0.1
12-1	Bangle	15.9	37.9	45.5	0.5	<0.1	0.1	0.1
12-2	Bangle	19.7	30.6	48.2	1.0	0.5	<0.1	<0.1
13	Bangle	34.9	31.3	28.8	0.1	2.3	1.2	1.5
14-1	Bangle	19.6	70.6	2.1	7.7	<0.1	<0.1	<0.1
14-2	Bangle	7.4	73.4	2.3	16.9	<0.1	<0.1	<0.1
14-3	Bangle	20.4	51.7	2.0	25.8	<0.1	<0.1	0.1
14-4	Bangle	46.6	34.8	1.2	17.3	0.1	<0.1	<0.1
14-5	Bangle	46.9	29.1	1.0	22.8	0.2	0.1	0.1
14-6	Bangle	52.9	34.6	0.7	11.7	0.1	<0.1	<0.1
14-7	Bangle	22.4	70.0	0.6	6.1	1.0	<0.1	0.1
15	Mirror	9.6	82.7	6.2	1.4	<0.1	<0.1	<0.1
16-1	Bangle	42.9	51.6	1.0	4.3	<0.1	<0.1	0.1
16-2	Bangle	45.0	51.7	1.5	1.8	<0.1	<0.1	<0.1
16-3	Bangle	32.7	64.3	1.8	1.1	0.1	<0.1	<0.1
16-4	Bangle	49.7	41.7	3.8	1.0	<0.1	<0.1	0.9
16-5	Bangle	63.2	30.8	3.1	2.1	<0.1	<0.1	<0.1
16-6	Bangle	42.8	51.3	2.0	3.9	<0.1	<0.1	<0.1
16-7	Bangle	52.5	41.9	3.4	2.1	0.1	<0.1	<0.1
17	Bangle	24.6	31.3	35.5	6.4	2.1	0.1	0.1
18	Bangle	16.6	57.0	24.4	0.6	0.7	0.5	0.1
19	Bangle	51.1	42.9	2.3	3.7	<0.1	<0.1	<0.1

● 鉛同位体比分析結果

40点の資料に関して鉛同位体比分析を行った結果、全体的に中国華南領域かその付近に分布することがわかった(表11, 図60-61)⁵³⁾。Village10.8遺跡出土の資料のほとんどは6連、7連の腕輪群および2, 3点の腕輪が重なった状態のものである。2連以上の腕輪が重なった今回の資料は同じ群の腕輪の場合、かなり狭い範囲に集まって分布し、原料の類似性が確認された。しかし、同一の腕輪群であってもいくつかは異なった鉛同位体比値を示す資料も確認された。7連の腕輪群である資料14の場合、資料14-5だけが、また資料16の16-1, 16-2が異なる鉛同位体比値を示しており、製作時期や年代などが異なる可能性が考えられる。

図62と図63はVillage10.8遺跡から出土した資料の鉛同位体比分析の結果を化学組成別に区分した図である。銅と鉛と錫の合金は華南産原料の領域あるいはその付近に広く分布したことに対して、銅と錫の合金はより狭い範囲に分布する傾向が現れた。このことは青銅製品を製作する時に利用した鉛鉱石と銅鉱石による結果である。すなわち、銅と鉛と錫の合金の鉛同位体比値を持つ鉛鉱石と、銅と錫の合金の鉛同位体比値(不純物として含まれている鉛の同位体比値)を持つ銅鉱石の分布を意味する。そのため、一部の資料は銅と鉛と錫の合金と銅と錫の合金が重なって分布しても、同一の原料とみることはできない。

Village10.8遺跡ではN領域の原料は確認されなかった。

表11 Village10.8遺跡出土の青銅製品の鉛同位体比值

番号	資料名	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号
1	Pipe?	18.509	15.766	39.046	0.8518	2.1093	BP2507
2	Bell	18.419	15.723	38.948	0.8536	2.1146	BP2508
3-1	Bangle	18.092	15.626	38.703	0.8637	2.1393	BP2509
3-2	Bangle	18.112	15.667	38.733	0.8630	2.1386	BP2510
4-1	Bangle	18.408	15.709	38.933	0.8533	2.1149	BP2528
4-2	Bangle	18.417	15.737	38.998	0.8545	2.1174	BP2529
4-3	Bangle	18.399	15.716	38.931	0.8542	2.1159	BP2530
5-1	Bangle	18.161	15.641	38.750	0.8612	2.1336	BP2531
5-2	Bangle	17.968	15.596	38.586	0.8680	2.1475	BP2532
5-3	Bangle	17.982	15.600	38.621	0.8676	2.1478	BP2533
6	Bangle	18.233	15.662	38.849	0.8590	2.1307	BP2534
7-1	Bangle	18.431	15.743	38.949	0.8542	2.1133	BP2535
7-2	Bangle	18.427	15.740	38.943	0.8542	2.1134	BP2536
7-3	Bangle	18.431	15.745	38.959	0.8542	2.1137	BP2537
8	Small Bell	18.456	15.739	38.905	0.8528	2.1080	BP2538
9-1	Bangle	18.219	15.663	38.764	0.8597	2.1277	BP2539
9-2	Bangle	18.276	15.673	38.890	0.8576	2.1278	BP2540
10	Bangle	17.946	15.595	38.609	0.8690	2.1514	BP2541
11	Bangle	18.203	15.655	38.801	0.8600	2.1316	BP2542
12-1	Bangle	18.405	15.697	38.996	0.8528	2.1187	BP2543
12-2	Bangle	18.396	15.686	38.962	0.8527	2.1179	BP2544
13	Bangle	18.012	15.613	38.665	0.8668	2.1466	BP2545
14-1	Bangle	18.498	15.752	39.037	0.8516	2.1104	BP2546
14-2	Bangle	18.502	15.761	39.074	0.8518	2.1119	BP2547
14-3	Bangle	18.501	15.756	39.045	0.8516	2.1103	BP2548
14-4	Bangle	18.496	15.740	39.037	0.8510	2.1105	BP2549
14-5	Bangle	18.546	15.755	39.057	0.8495	2.1059	BP2550
14-6	Bangle	18.496	15.746	39.015	0.8513	2.1093	BP2551
14-7	Bangle	18.502	15.749	39.024	0.8512	2.1092	BP2552
15	Mirror	18.594	15.754	39.067	0.8473	2.1011	BP2553
16-1	Bangle	18.519	15.748	39.038	0.8504	2.1080	BP2554
16-2	Bangle	18.500	15.705	38.912	0.8488	2.1032	BP2555
16-3	Bangle	18.563	15.749	39.041	0.8484	2.1032	BP2556
16-4	Bangle	18.569	15.757	39.064	0.8485	2.1037	BP2557
16-5	Bangle	18.570	15.748	39.041	0.8480	2.1023	BP2558
16-6	Bangle	18.554	15.756	39.054	0.8492	2.1049	BP2559
16-7	Bangle	18.562	15.748	39.036	0.8484	2.1030	BP2560
17	Bangle	18.322	15.676	38.901	0.8556	2.1237	BP2561
18	Bangle	18.030	15.609	38.660	0.8657	2.1443	BP2562
19	Bangle	18.520	15.749	39.014	0.8504	2.1066	BP2563
	誤差	± 0.010	± 0.010	± 0.030	± 0.0003	± 0.0006	

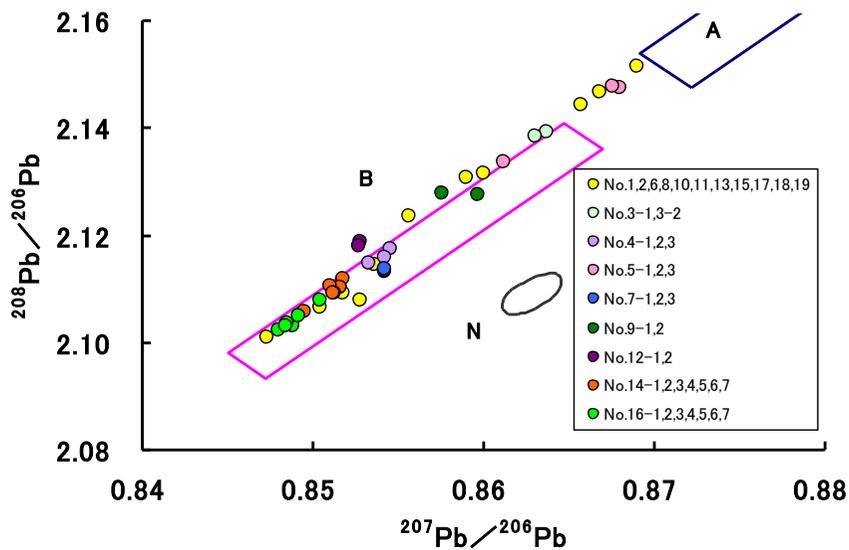


図60 Village10.8遺跡出土青銅製品の鉛同位体比
 $(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})$

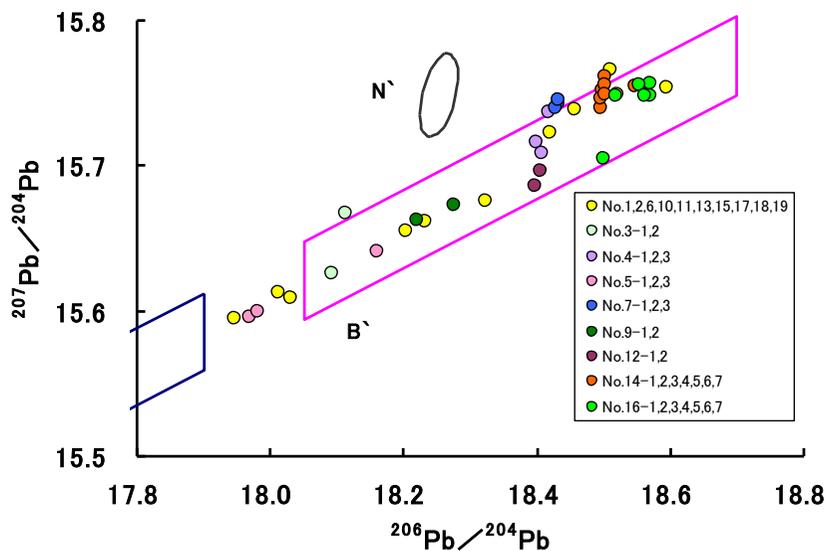


図61 Village10.8遺跡出土青銅製品の鉛同位体比
 $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$

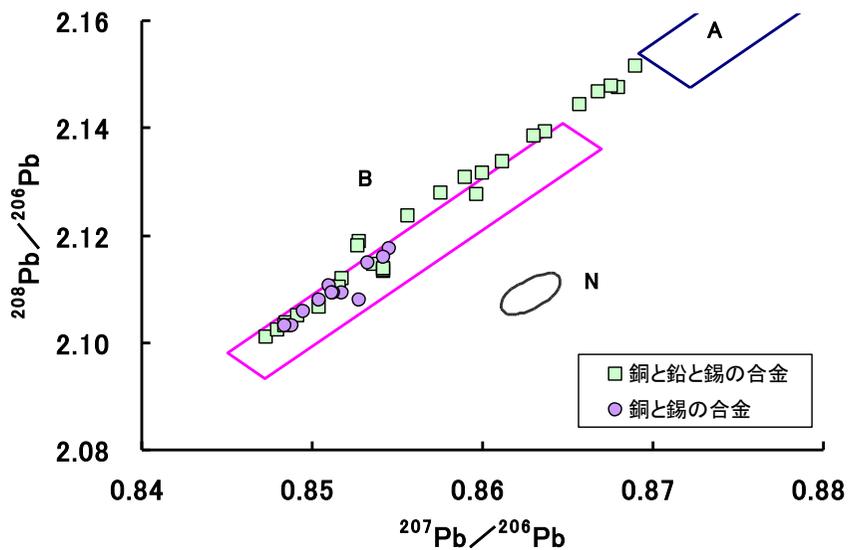


図62 Village10.8遺跡出土青銅製品の鉛同位体比（化学組成別）
 $(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})$

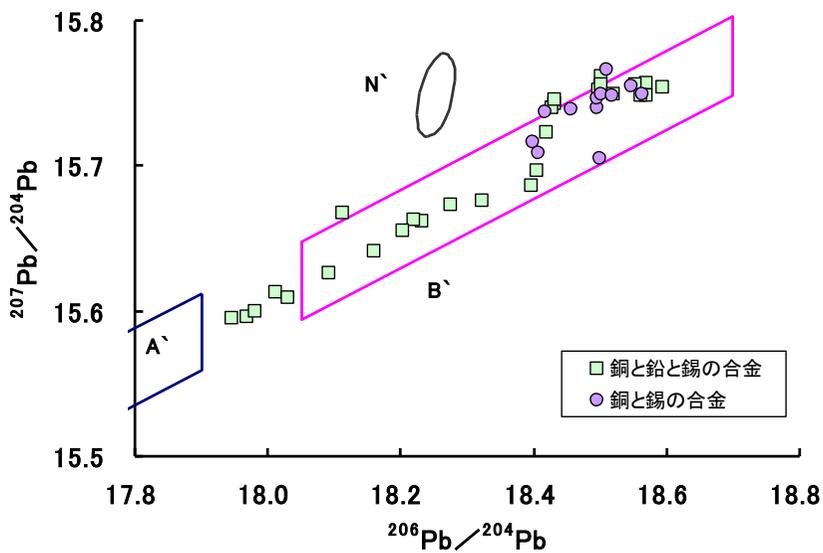


図63 Village10.8遺跡出土青銅製品の鉛同位体比（化学組成別）
 $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$

3-3. タイ出土資料

● 遺跡および資料の概要

タイの考古学研究は他開発途上国家のように経済的な面と直接関係がないものとして認識されたため、発掘のための資金が足りなく、それに伴って体系的な研究もそれ程進んでいない。しかし、観光収入や入場料などによる経済的な利益が増えるようになり、遺跡の維持や保存のための資金が増えてきた。考古学分野においても関心が徐々に高くなっている。

タイの考古学はまだ体系的に行われた研究が不足しているのが現状であり、青銅の出現時期に関しても論争が続いているが、専門家達はB. C2000年頃には青銅を使用したことに意見を合わせている。また、中国・西欧の1～2世紀の記録によると先史時代が終え、原始時代になってからタイは中国、インド、中東などの地域との交流を行ったことが明らかになっている。また、タイから出土した青銅遺物は武器類より装飾品が多く、農耕を基盤にした社会として生存するために青銅器は必須ではなかったと推測されている⁵⁵⁻⁵⁶⁾。

本研究では主としてタイのBang Pong Manao遺跡から出土した青銅製品とBang Mai Chaimong Khon遺跡、Ban Chiang遺跡、Khok Sam rong遺跡から出土した青銅製品に関して科学的な調査を進めた(図64)。資料は30点であるが、鉛同位体比分析のために同一の資料の何ヶ所から試料採取した例もあり、総分析した数は32点である(写真29-33)。これらの遺跡の年代はB. C350～A. D350年とされているが、地層や土器編年などによる年代区分ではない。

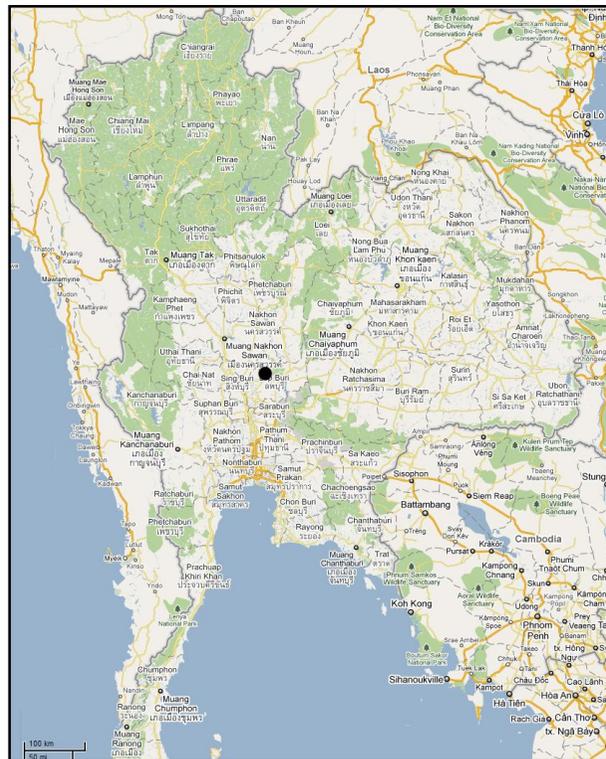


図64 タイ・Ban Pong Manao遺跡の位置



写真29 タイ・バンポンマナオ出土の青銅腕輪



写真30 バンポンマナオ出土のlumb

写真31 バンポンマナオ出土の足輪



写真32 バンポンマナオ出土のspearpoint

写真33 バンポンマナオ出土の鏃

● 蛍光X線分析結果

タイのBang Pong Manao遺跡等から出土した青銅製品29点に関して蛍光X線分析を行い、得られた化学組成を表12と図65-66にまとめた⁵³⁾。タイ資料の化学組成は大きく4つのグループに区分される。グループ1は純銅製品で4点(番号3, 4, 11, 16)が含まれる。グループ2は銅と鉛の合金で7点(番号2-1, 2-2, 9-1, 9-24, 9-25, 9-26, 22)、グループ3は銅と鉛とスズの合金で9点(番号1, 5-1, 5-2, 6, 8, 15, 17, 18, 19)、グループ4は銅とスズの合金で9点(番号7, 10, 13, 14-1, 14-2, 20, 21-1, 21-16, 23)が含まれる。純銅製品は全体の約14%を、銅と鉛の合金は約24%、銅と鉛とスズの合金は約31%、銅とスズの合金は約31%を成しており、4種類の化学組成が比較的均一に含まれていることが分かる。このことはカンボジア出土の資料のほとんどが銅とスズの合金、あるいは銅と鉛とスズの合金であることとは異なる結果である。

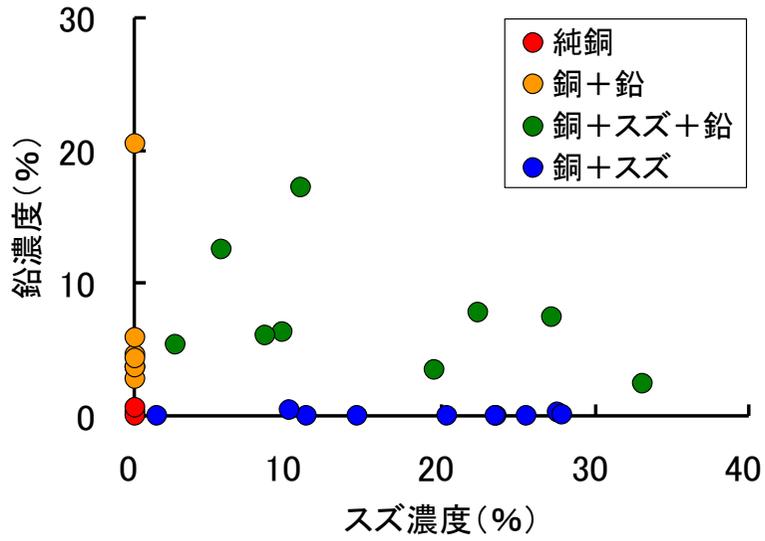


図65 タイ出土青銅製品の化学組成グラフ

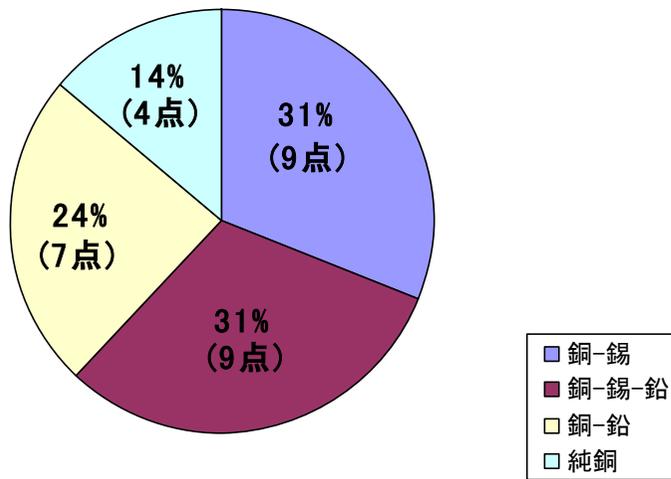


図66 タイ出土青銅製品の化学組成別割合

表12 タイ出土青銅製品の化学組成(%)

番号	遺跡	資料名	Cu	Sn	Pb	Fe	As	Ag	Sb
1	BPM	Spearpoint	82.3	9.7	6.3	1.6	0.1	<0.1	0.1
2-1	BPM	Bracelet	95.7	0.1	3.6	0.4	0.1	<0.1	0.1
2-2	BPM	Bracelet	94.2	0.1	4.6	0.9	0.1	<0.1	0.1
3	BPM	Lumb	95.0	<0.1	0.3	4.5	0.1	<0.1	0.1
4	BPM	Arrowhead	99.2	0.1	<0.1	0.6	0.1	0.1	0.1
5-1	BPM	Earing	81.6	5.7	12.5	<0.1	0.1	0.1	0.1
5-2	BPM	Earing	91.8	2.7	5.4	<0.1	0.1	<0.1	0.1
6	BPM	Bell	71.5	10.9	17.2	0.4	<0.1	<0.1	0.1
7	BPM	Bowl	80.5	14.5	<0.1	4.9	0.1	<0.1	0.1
8	BPM	Foot Ring	69.7	22.4	7.8	<0.1	0.1	<0.1	0.1
9-1	BPM	Bracelet	93.2	0.1	5.9	0.6	0.1	<0.1	0.1
9-24	BPM	Bracelet	96.8	0.1	2.8	0.2	0.1	<0.1	0.1
9-25	BPM	Bracelet	95.6	<0.1	3.6	0.5	0.1	0.1	0.1
9-26	BPM	Bracelet	78.6	0.1	20.5	0.6	0.1	<0.1	0.1
10	BMC	Plate	88.6	11.2	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.1
11	BMC	Ax	98.3	1.5	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	<0.1
13	KS	Ax	89.3	10.1	0.4	<0.1	0.1	<0.1	0.1
14-1	BPM	Bracelet	79.5	20.4	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1
14-2	BPM	Bracelet	76.2	23.6	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.1
15	BPM	Bell	75.6	19.6	3.5	1.1	0.1	0.1	0.1
16	BPM	Arrowhead	92.3	<0.1	0.6	6.8	0.1	0.1	0.1
17	BPM	Bracelet	64.3	33.1	2.4	0.2	<0.1	<0.1	0.1
18	BPM	Ring	64.5	27.2	7.4	0.8	0.1	<0.1	0.1
19	BC	Spearpoint	84.6	8.5	6.0	0.6	0.1	0.1	0.1
20	BMC	Lumb	76.4	23.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.1
21-1	BPM	Bracelet	71.7	27.5	0.3	0.3	0.1	<0.1	0.1
21-16	BPM	Bracelet	73.8	25.6	<0.1	0.6	0.1	<0.1	0.1
22	BPM	Bracelet	95.0	0.1	4.3	0.4	0.1	<0.1	0.1
23	BPM	Ring	71.9	27.9	0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.1

BPM-Ban Pong Manao

KS-Khok Samrong

BC-Ban Chiang

BMC-Ban Chaigmong Khon

● 鉛同位体比分析結果

タイ出土の青銅製品の中で鉛同位体比分析を行った資料は32点で、資料9-23と21-2, 21-10, 21-15は化学組成の分析は行わず、化学組成を行った9-1と9-24, 9-25, 9-26および21-1, 21-16と同一の合金組成と仮定した。得られた鉛同位体比値を表13にまとめ、図67～図72に図化した⁵³⁾。資料16は鉛の量が少ないため、鉛同位体比分析ができなかった。また、図式の中で、理解を良くするために朝鮮半島産原料の領域と日本産原料の領域は示さなかった。

タイ出土の資料は中国の華南産原料の領域とN領域に広く分布したが、これらの領域から離れたところに分布した資料もある。タイ出土の資料は原料の類似性を中心に大きくみて6つのグループに分けられる。グループ1は華南産原料で4点(資料2-2, 8, 9-24, 13)があるが、資料9-24と資料13は華南産原料の中でも異なった産地を持つ可能性がある。グループ2はA式図では華南領域の上部および境界線に分布し、B式図では華南領域かその付近に分布する資料で8点(資料1, 2-1, 6, 9-1, 9-23, 9-25, 15, 18)が、グループ3はA式図では華南の下部および境界線に、B式図では華南かその付近に分布する資料で9点(資料7, 17, 21-1, 21-2, 21-6, 21-9, 21-10, 21-15, 23)があり、資料17と資料23は別のグループに含まれる可能性もある。グループ4はグループ3のようにA式図では華南の下部に、B式図では華南に分布する資料で2点(資料14-1, 14-2)があり、グループ3の分布とは傾向が異なる。この2点は華南産原料の可能性はあるが、別の原料の可能性もある。グループ5はN領域の原料で4点(資料5-1, 5-2, 9-26, 22)が確認された。グループ6は両図式で分布がバラバラで、4点(資料3, 4, 10, 11)が含まれる。グループ1～グループ4は中国華南産原料との関

係が想定されており、このことは中国との深い関係があったことを示唆している結果である。しかし、グループ4はグループ1に含まれる可能性がある、また、グループ3は他グループとは異なる原料の可能性もある。

資料の中で資料9は人骨の腕に装着された状態の26本の腕輪で、その腕輪群から5つの資料(9-1, 9-23, 9-24, 9-25, 9-26)に関して、鉛同位体比分析を行った。その結果、資料9-26はグループ5のN領域の原料であり、資料9-24はグループ1に、残りの3点はグループ2に含まれ、原料的に中国華南との強い関係があったことを示している。資料21も腕輪群であり、その中から6本の腕輪(21-1, 21-2, 21-9, 21-10, 21-15, 21-16)に関して鉛同位体比分析を行ったが、すべてがグループ3に含まれ、同一の原料で製作されたことが推測できる。

タイ出土の青銅製品には主に中国華南産原料との相関性が強くみられたが、その中でもいくつかのグループに分けられ、当時、タイでは多様な原料が用いられた可能性を示している。

図73～図74は資料を原料のグループ別に分けて示したグラフで、図75～図76は化学組成別に分けて示したグラフである。グループ6は設定された領域から離れている資料が含まれ、すべてが純銅製品であることが確認できた。グループ1とグループ2は原料的にみて中国の華南との関係が想定されており、銅と鉛の合金、銅と鉛と錫の合金である。他グループとは異なる可能性があったグループ3はすべてが銅と錫の合金である。グループ4は銅と錫の合金で、華南産原料の可能性もある。グループ5のN領域の原料の可能性もある資料は銅と鉛の合金、銅と鉛と錫の合金であることがわかった。すなわち、純銅製品の場合は原料の産地を推定することは不可能であるが、

銅と鉛の合金、銅と鉛と錫の合金は中国華南あるいはN領域の原料と深い関係があることが分かった。また、2点(資料14-1, 14-2)を除いての銅と錫の合金はグループ3であり、他グループの原料とは異なる可能性が確認された。

この結果だけで化学組成と原料の産地との関係を断定できないが、タイでは多様な化学組成と共に原料においても様々な原料が利用された可能性がある。化学組成と原料の違いは時代による結果である可能性も考えられるが、このためにはタイ出土の青銅製品に関する詳しい編年作業が行われる必要がある。

表13 タイ出土青銅製品の鉛同位体比值

番号	資料名	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号
1	Spearpoint	18.456	15.722	39.017	0.8519	2.1141	BP1763
2-1	Bracelet	18.411	15.729	38.966	0.8544	2.1165	BP1764
2-2	Bracelet	18.383	15.664	38.852	0.8521	2.1135	BP1765
3	Lumb	18.447	15.599	38.340	0.8456	2.0784	BP1766
4	Arrowhead	18.573	15.680	38.725	0.8443	2.0850	BP1767
5-1	Earing	18.225	15.721	38.419	0.8626	2.1080	BP1768
5-2	Earing	18.280	15.772	38.576	0.8629	2.1103	BP1769
6	Bell	18.441	15.718	39.060	0.8524	2.1180	BP1770
7	Bowl	18.491	15.754	38.777	0.8520	2.0971	BP1773
8	Foot Ring	18.410	15.677	38.900	0.8516	2.1130	BP1774
9-1	Bracelet	18.431	15.708	39.024	0.8523	2.1173	BP1775
9-23	Bracelet	18.498	15.722	39.023	0.8500	2.1096	BP1776
9-24	Bracelet	18.121	15.661	38.715	0.8643	2.1365	BP1777
9-25	Bracelet	18.398	15.716	38.981	0.8543	2.1188	BP1778
9-26	Bracelet	18.272	15.762	38.589	0.8628	2.1119	BP1779
10	Plate	18.058	15.577	38.154	0.8627	2.1128	BP1780
11	Ax	18.003	15.531	37.949	0.8627	2.1080	BP1794
13	Ax	18.569	15.735	38.844	0.8475	2.0919	BP1795
14-1	Bracelet	18.634	15.756	38.970	0.8457	2.0914	BP1796
14-2	Bracelet	18.701	15.759	38.980	0.8428	2.0844	BP1797
15	Bell	18.398	15.695	38.934	0.8532	2.1162	BP1798
16	Arrowhead	Could not be measured					BP1799
17	Bracelet	18.359	15.720	38.797	0.8564	2.1133	BP1800
18	Ring	18.433	15.703	38.990	0.8519	2.1152	BP1801
21-1	Bracelet	18.399	15.723	38.657	0.8546	2.1010	BP1802
21-2	Bracelet	18.377	15.715	38.607	0.8551	2.1008	BP1803
21-9	Bracelet	18.359	15.709	38.600	0.8555	2.1025	BP1804
21-10	Bracelet	18.348	15.735	38.687	0.8575	2.1085	BP1805
21-15	Bracelet	18.362	15.705	38.591	0.8553	2.1017	BP1806
21-16	Bracelet	18.351	15.742	38.719	0.8578	2.1099	BP1807
22	Bracelet	18.255	15.725	38.526	0.8614	2.1105	BP1808
23	Ring	18.406	15.740	38.819	0.8552	2.1090	BP1809
誤差		±0.010	±0.010	±0.030	±0.0003	±0.0006	

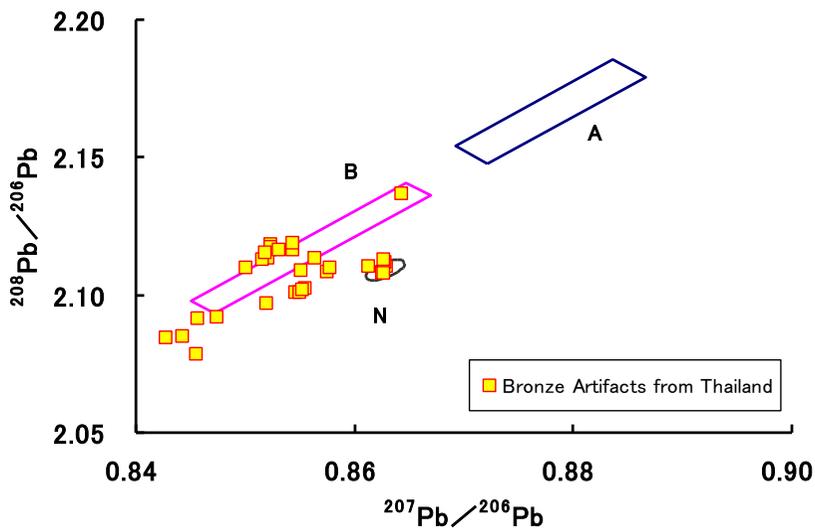


図67 タイ出土青銅製品の鉛同位体比
 $(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})$

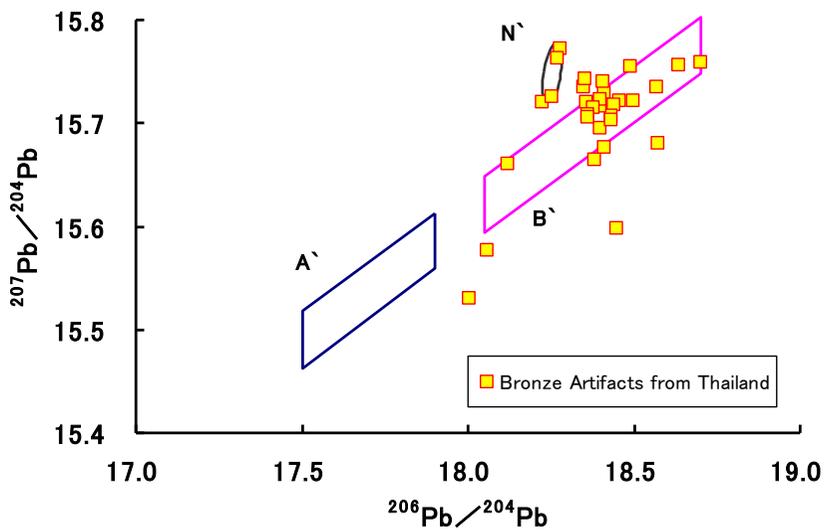


図68 タイ出土青銅製品の鉛同位体比 $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$

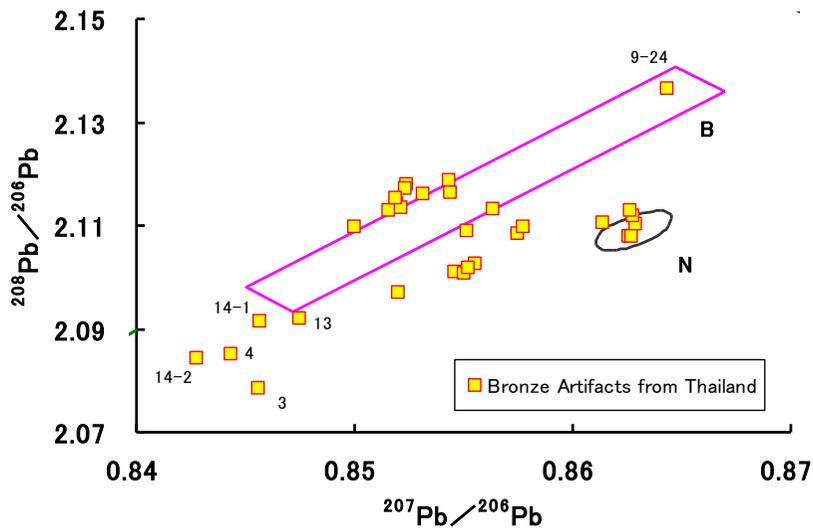


図69 図67の拡大図1

($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)

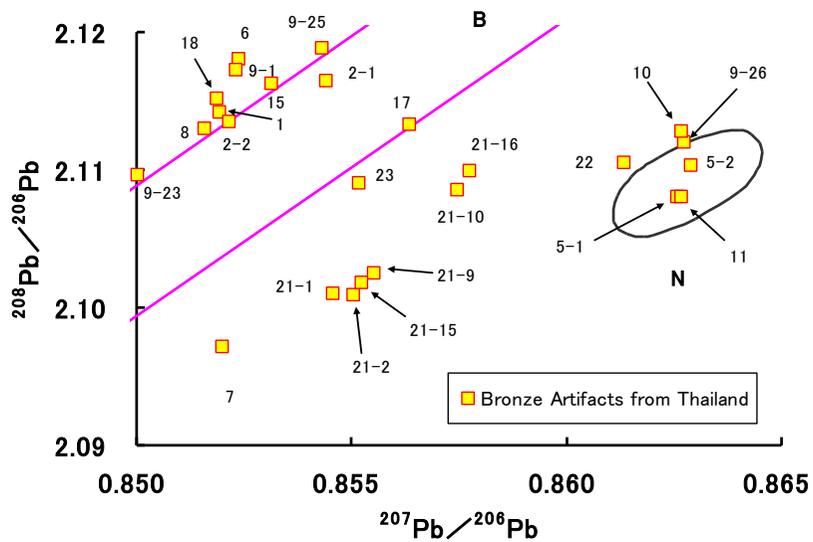


図70 図67の拡大図2

($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)

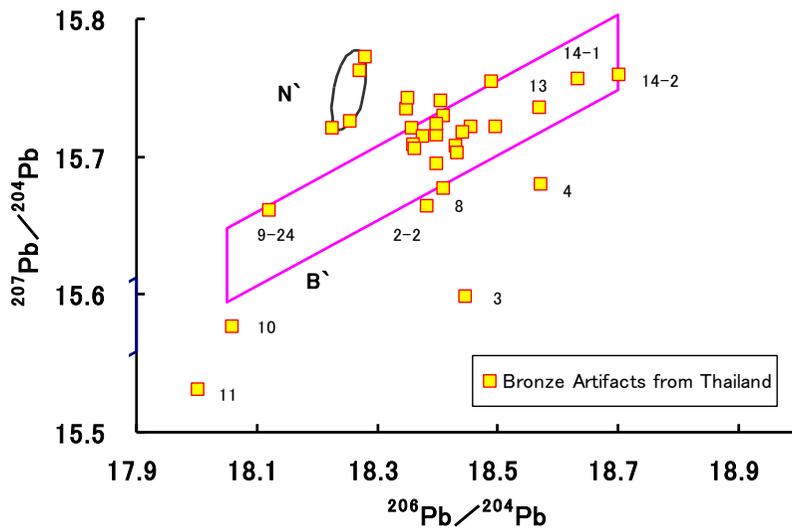


図71 図68の拡大図1

($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)

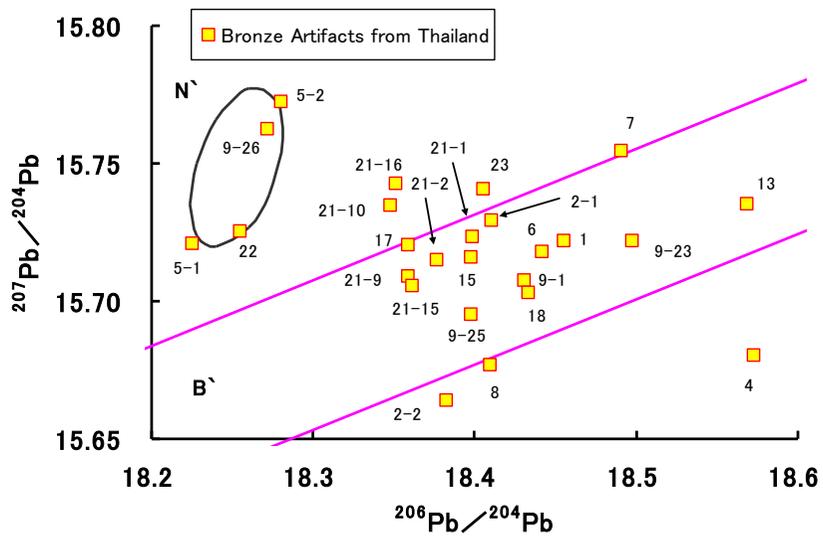


図72 図68の拡大図2 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)

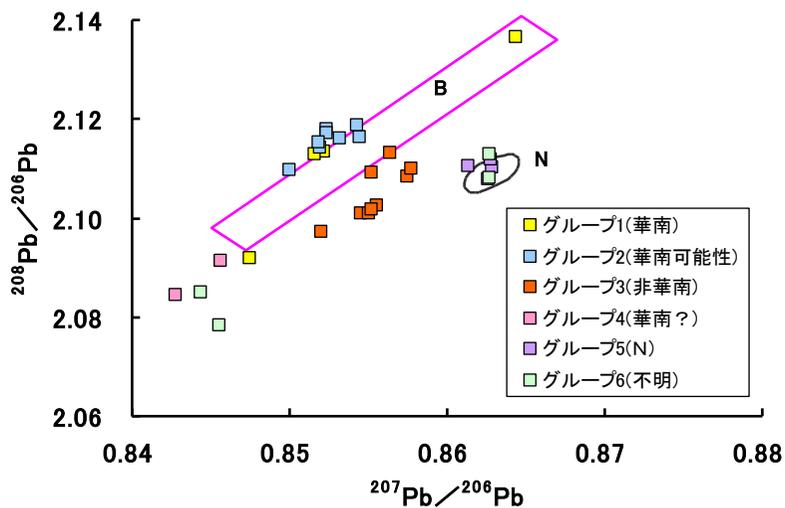


図73 タイ出土青銅製品の鉛同位体比値を原料別に分けたグループ ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)

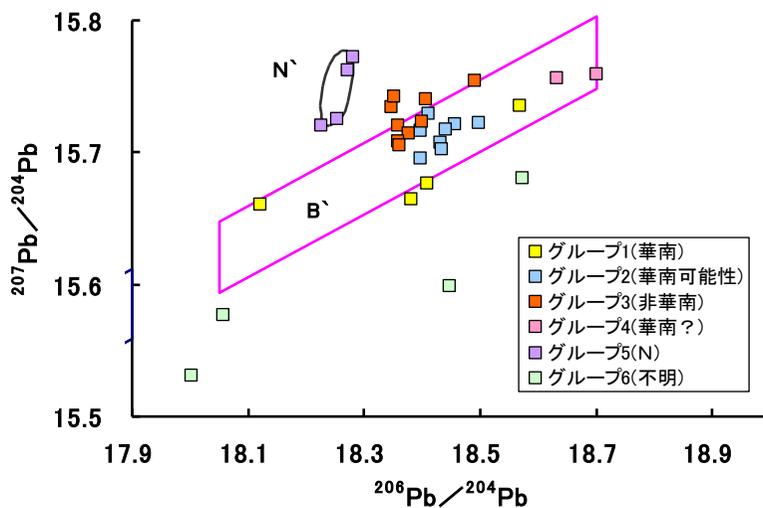


図74 タイ出土青銅製品の鉛同位体比値を原料別に分けたグループ ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)

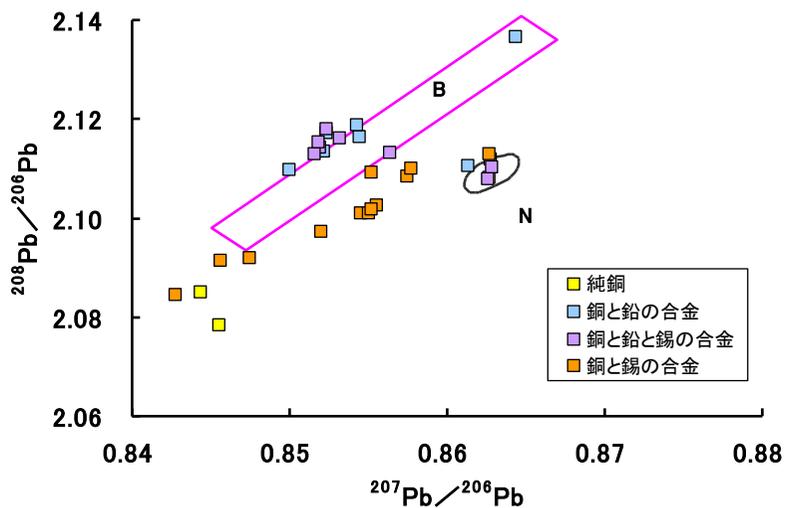


図75 化学組成別に区分して示したタイ出土青銅製品の鉛同位体比值 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)

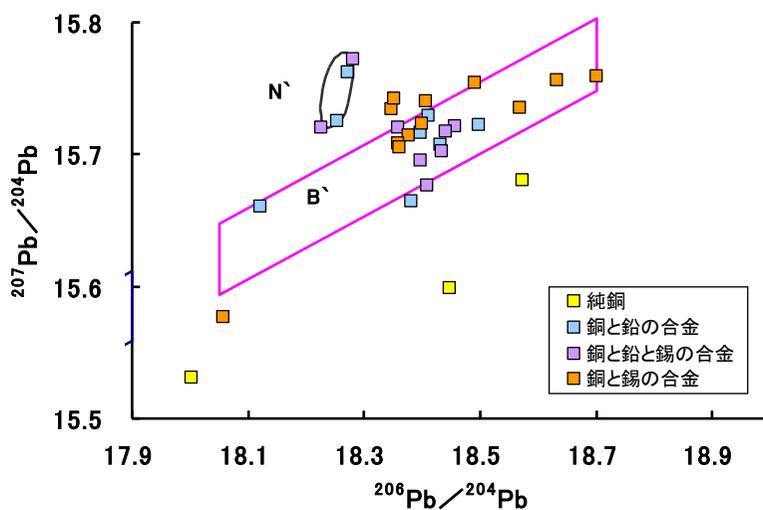


図76 化学組成別に区分して示したタイ出土青銅製品の鉛同位体比值 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)

4. 韓国出土のガラス資料

4-1. 武寧王陵出土資料

● 遺跡および資料の概要

忠清南道公州市に位置する武寧王陵は百濟時代の古墳で、被葬者の身分が確認された唯一の三国時代の王陵である。誌石が確認されたことで、武寧王と王妃が被葬されたことが明らかになり、誌石に書かれた内容は史書である「三国史記」の内容と一致する部分が多く、東アジア史研究において非常に重要な遺跡として位置付けられている。

武寧王陵からは約100余種の3000余点の遺物が出土し、確認されたガラスおよび玉も数多く、その形態や色相なども豊富であり、古代ガラス研究において重要な資料となっている。一部のガラスおよび玉は東南アジアで流行した製品の可能性が指摘されており、百濟の対外文化交流の様相を示唆している⁵⁷⁾。

古代ガラスはその化学組成を調べることで製作時期、製作地域などが異なり、古代ガラスの特性を理解することができる。2005年と2007年には武寧王陵から出土したガラスの一部に関して化学組成分析が行われ、ほとんどがソーダガラスであることが明らかになっている⁵⁸⁻⁵⁹⁾。

本研究ではこれらのソーダガラスの中で緑色ガラス6点と黄色ガラス6点を対象として、鉛同位体比分析を行い、原料の産地を調べることにした(図77, 写真34)。



图77 韩国・武寧王陵の位置

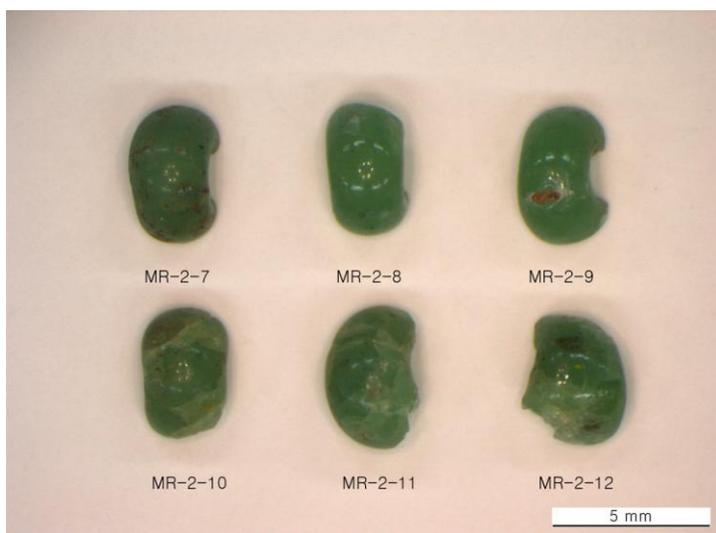


写真34 武寧王陵出土の黄色・緑色ガラス

● 鉛同位体比分析結果

武寧王陵出土のガラスに関しては2007年韓国の国立公州博物館がSEM-EDSによるガラスの組成分析を行い、古代ガラスの系統的な特性を考察した例がある。その研究結果によると、本研究の資料である緑色ガラス片6点と黄色ガラス片6点は融剤成分の Na_2O が16%以上のソーダガラスである。着色剤としては鉄、鉛、錫、銅などが利用されている⁵⁹⁾。

本研究ではこれらのガラス片に着色剤として含まれた鉛に対して鉛同位体比分析を実施した。測定の結果、武寧王陵出土の12点のソーダガラス片は設定された東アジア領域ではなく、N領域の中かその付近に分布した(表14, 図79-81)。このことは武寧王陵から出土したこれらのガラスが東南アジアの原料を用いたことや東南アジアで製作されたことなどの可能性を示唆する結果であった。これら12点のソーダガラス片は誤差範囲内に重なって分布しているが、色相によって鉛同位体比値の分布が区分できた。これは原料が同一であっても、ガラスに含まれている微量成分の違いによる結果と考えられる。

武寧王陵出土ガラスに関しては2001年に緑色ガラス片1点と黄色ガラス片1点が鉛同位体比分析された例があるが、本研究資料のガラス12点と類似した原料であることが資料の比較検討からわかった(表15, 図82-83)。分布状況を細かくみると、本研究資料の12点のガラスとは少し分布がずれるようにもみえるが、これは分析装置と前処理の方法が異なることによる結果と考えられ、このことを勘案すると、同一の原料である可能性が非常に高い⁶⁰⁾。

武寧王陵はその源流が中国の南朝の専築墳にあると言われており、

中国の最上級の陶磁器、日本九州地域の高野槇(金松) (*Sciadopitys Verticillata*) で作られた木管、タイのような東南アジアで流行した技法で製作された様々なガラス玉などは当時の百済の対外交流の様相を示唆している。本研究での分析結果はガラスの原料が東アジアではなく、東南アジアにその産地がある可能性を示しており、既研究に加えて百済の対外交流および国際的な活動を証明する結果になった⁶¹⁾。

表14 武寧王陵出土ガラスの鉛同位体比值

番号	資料名	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号
1	MR2-1	18.213	15.729	38.415	0.8636	2.1092	BP1270
2	MR2-2	18.254	15.745	38.506	0.8626	2.1094	BP1271
3	MR2-3	18.248	15.736	38.479	0.8624	2.1087	BP1272
4	MR2-4	18.248	15.737	38.478	0.8624	2.1086	BP1273
5	MR2-5	18.256	15.748	38.513	0.8626	2.1096	BP1274
6	MR2-6	18.273	15.769	38.583	0.8630	2.1115	BP1275
7	MR2-7	18.251	15.732	38.461	0.8620	2.1074	BP1276
8	MR2-8	18.250	15.729	38.454	0.8618	2.1070	BP1277
9	MR2-9	18.249	15.726	38.446	0.8618	2.1068	BP1278
10	MR2-10	18.254	15.733	38.467	0.8619	2.1074	BP1279
11	MR2-11	18.264	15.747	38.514	0.8622	2.1087	BP1280
12	MR2-12	18.254	15.732	38.465	0.8619	2.1072	BP1281
13	MR2-20	17.424	15.503	38.039	0.8897	2.1831	BP1282
14	MR2-21	17.418	15.494	38.010	0.8896	2.1823	BP1283
	誤差	± 0.010	± 0.010	± 0.030	± 0.0003	± 0.0006	

表15 既分析された武寧王陵出土ガラスの鉛同位体比值

番号	資料名	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号
1	1-3	18.218	15.699	38.332	0.8617	2.1041	—
2	4-2	18.213	15.676	38.263	0.8607	2.1008	—
	誤差	± 0.010	± 0.010	± 0.030	± 0.0003	± 0.0006	

(兪惠仙・姜炯台, 2001)

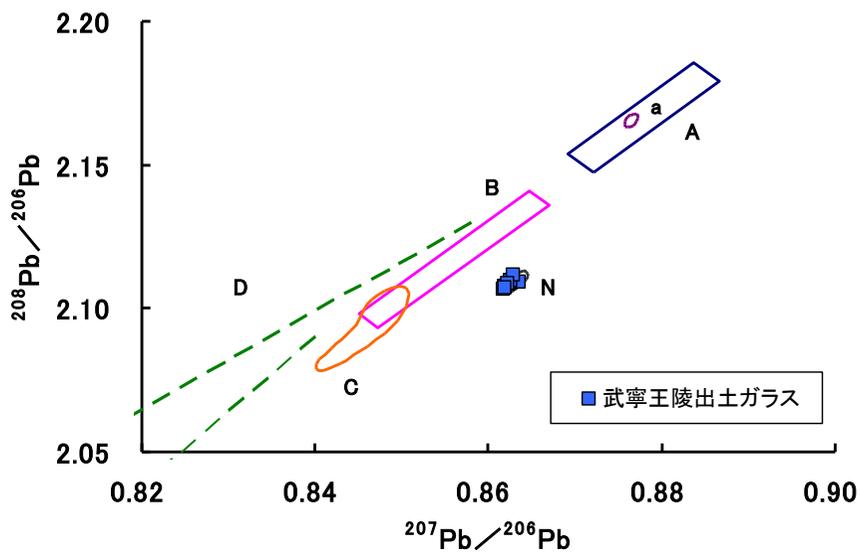


図78 武寧王陵出土ガラスの鉛同位体比
 $(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})$

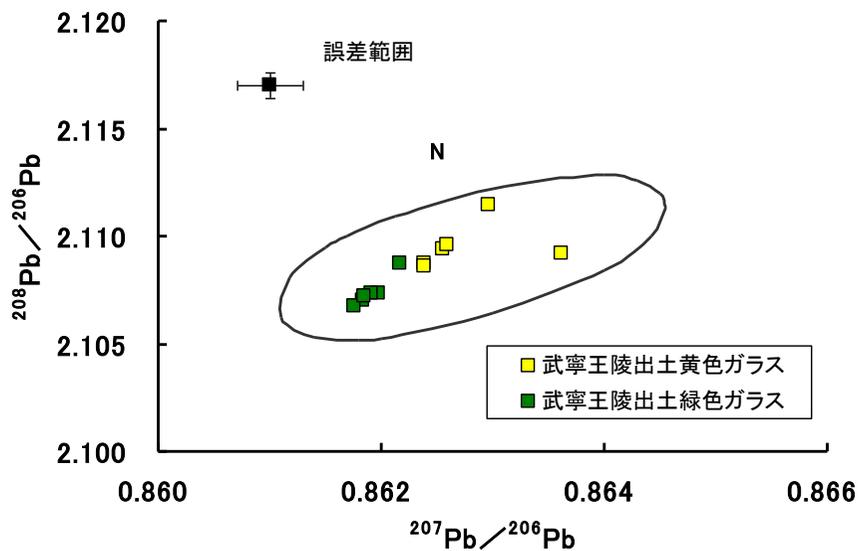


図79 図78の拡大図
 $(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})$

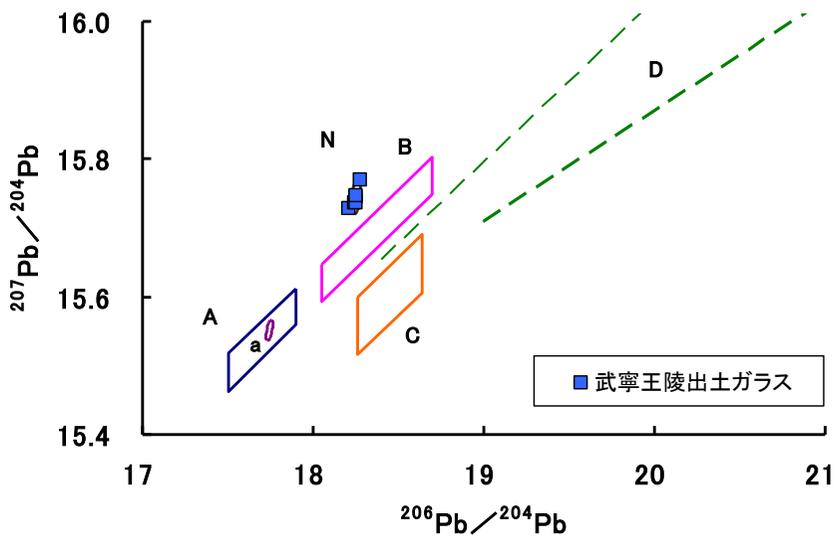


図80 武寧王陵出土ガラスの鉛同位体比
 $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$

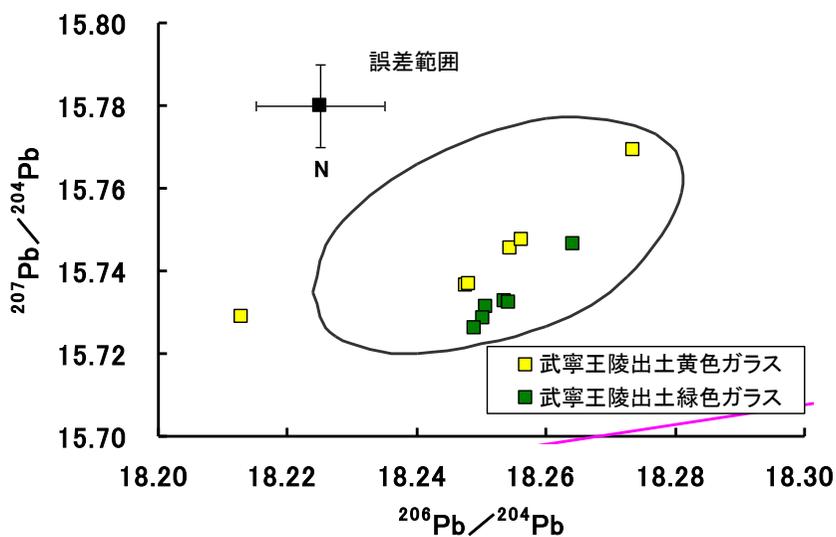


図81 図80の拡大図
 $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$

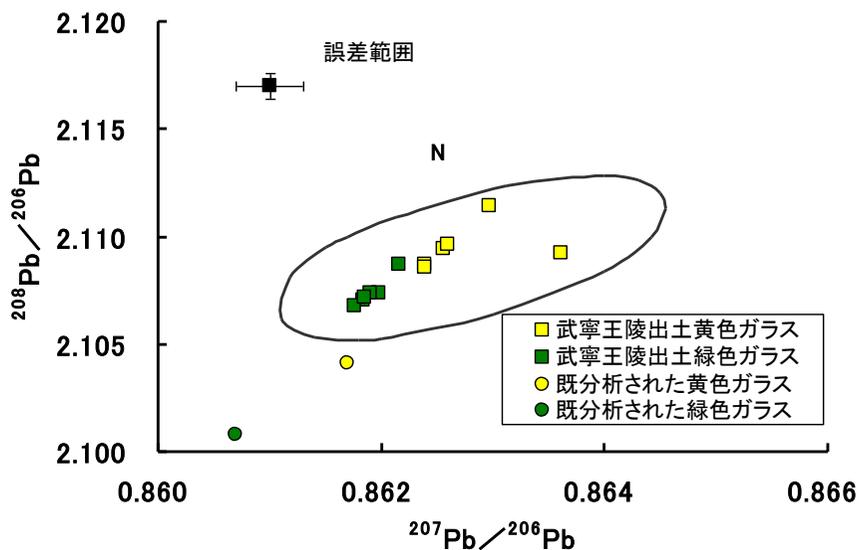


図82 武寧王陵出土ガラスと既分析された武寧王陵出土ガラスの鉛同位体比 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)

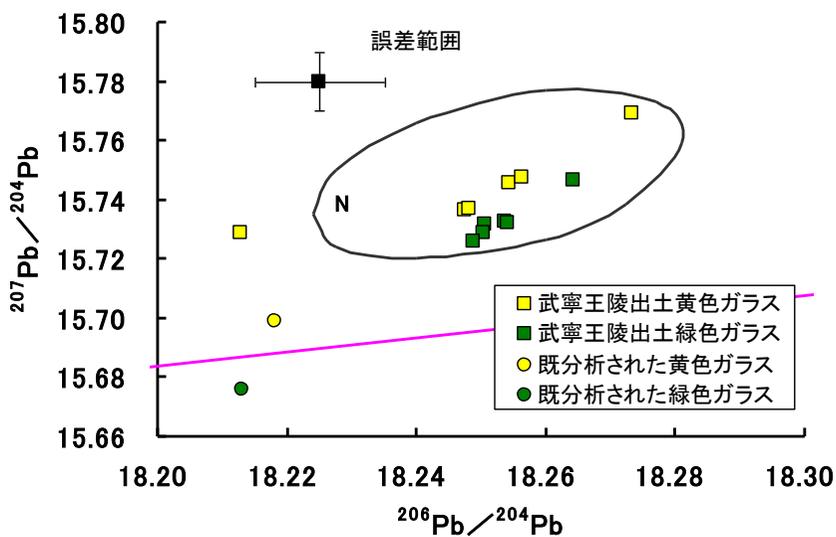


図83 武寧王陵出土ガラスと既分析された武寧王陵出土ガラスの鉛同位体比 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)

4-2. 王宮里遺跡出土資料

● 遺跡および資料の概要

韓国百濟時代の王宮跡とされる王宮里遺跡は1989年から年次発掘調査が行われている遺跡である。調査の結果、遺跡の正確な性格は分からないが、百濟時代の末期頃から統一新羅末期まで存続した遺跡であることが確認されており、宮城関連施設から寺院関連施設に変わって運営されたことが明らかになった⁶²⁾。

2001年から実施された調査からは工房と関連した遺構が確認されており、金・銀・金属・ガラスなどの破片および埴塼片なども出土した。これらの事実から、地方の支配階層に金・銀・銅製品などを供給するための施設が存在したと推定されている⁶³⁾。

本研究では王宮里遺跡から出土した鉛ガラス片19点とガラス用埴塼の中に付着したガラス質11点の総30点の資料に関して鉛同位体比分析を行った。一部の資料からは鉛同位体比の再現性を比較するために2ヶ所か3ヶ所で試料採取を行った。そのために、分析対象は30点であるが実際に分析した資料は38点である(図84, 写真35-36)。



図84 韓国・王宮里遺跡の位置



写真35 王宮里遺跡出土のガラス片の一部



写真36 王宮里遺跡出土の埴塼片の一部

● 鉛同位体比分析結果

王宮里遺跡出土の鉛ガラス片19点と鉛ガラスの製作に用いられた坩堝に付着したガラス質11点の計30点に関して鉛同位体比分析を行った。一部資料では2～3ヶ所から試料採取を行い、実際に分析を行った資料数は38点である。

分析の結果、王宮里遺跡出土の資料はほぼ一直線上に分布した(表16, 図85-94)。このことは2種類の材料を混合して鉛ガラスを製作したことが強く示唆される⁶⁴⁾。この直線分布を詳しく調べてみると8つのグループに細分することができる。グループ1には鉛ガラス9点(YG7, 8, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17)と坩堝6点(YG36, 38, 40, 43, 44, 45)が含まれ、一番多くの資料が分布するグループである。鉛ガラスのYG11, 15と坩堝のYG36, 38, 40は2～3ヶ所から試料採取を行ったが、誤差範囲内に重なって分布した。グループ2は鉛ガラス2点(YG3, 18)と坩堝1点(YG35)であり、3ヶ所から試料採取した坩堝のYG35は誤差範囲内に分布した。グループ3には鉛ガラス1点(YG4)が、グループ4には鉛ガラス2点(YG1, 5)と坩堝1点(YG39)、グループ5には鉛ガラス1点(YG13)が含まれた。グループ6は鉛ガラス1点(YG19)、グループ7は鉛ガラス3点(YG2, 3, 9)と坩堝1点(YG37)、グループ8は坩堝2点(YG41, 42)である。

各グループに含まれる鉛ガラスと坩堝は相互関連性が高い。すなわち、鉛ガラスは同じグループに含まれている坩堝で製作された可能性があり、また、それらの坩堝は個別の坩堝あるいは同一の坩堝の一部分の可能性が考えられる。グループ3、グループ5、グループ6には各々鉛ガラス1点が含まれ、類似した鉛同位体比値を示す坩堝は同一のグループにないため、ガラス製品と生産関連資料との相関

関係は把握できないが、他グループの一部として含まれる可能性もある。

鉛同位体比分析を行った結果、王宮里遺跡出土の資料は8つのグループに分かれて分布することが分かったが、グループ3, 5, 6のように鉛ガラス1点のみのグループが他グループに含まれる可能性があることを考慮すると、原料的に類似性を持つグループは5つになる。5つのグループには鉛ガラスと坩堝が含まれており、製品と生産関連資料との間には深い関係があることを示している。

表16 王宮里遺跡出土鉛ガラスと坩堝の鉛同位体比值

番号	資料名	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号
1	YG1	17.569	15.635	38.984	0.8899	2.2189	BP1095
2	YG2	17.815	15.662	39.070	0.8792	2.1931	BP1096
3	YG3	17.802	15.656	39.051	0.8794	2.1936	BP1097
4	YG4	17.482	15.603	38.874	0.8925	2.2237	BP1098
5	YG5	17.544	15.631	38.968	0.8909	2.2211	BP1099
6	YG6	17.397	15.601	38.867	0.8967	2.2341	BP1100
7	YG7	17.341	15.595	38.848	0.8993	2.2402	BP1111
8	YG8	17.345	15.585	38.815	0.8985	2.2378	BP1112
9	YG9	17.820	15.659	39.056	0.8787	2.1917	BP1113
10	YG10	17.339	15.593	38.843	0.8993	2.2401	BP1114
11	YG11-1	17.346	15.604	38.879	0.8996	2.2414	BP1115
12	YG11-2	17.340	15.594	38.847	0.8993	2.2403	BP1116
13	YG12	17.344	15.597	38.856	0.8993	2.2403	BP1117
14	YG13	17.590	15.610	38.736	0.8874	2.2022	BP1118
15	YG14	17.344	15.601	38.870	0.8995	2.2411	BP1119
16	YG15-1	17.353	15.608	38.894	0.8994	2.2413	BP1120
17	YG15-2	17.346	15.597	38.858	0.8992	2.2402	BP1121
18	YG16	17.338	15.593	38.843	0.8993	2.2403	BP1122
19	YG17	17.340	15.594	38.848	0.8993	2.2403	BP1123
20	YG18	17.444	15.612	38.906	0.8950	2.2303	BP1124
21	YG19	17.747	15.642	39.072	0.8814	2.2016	BP1125
22	YG35-1	17.424	15.609	38.892	0.8958	2.2321	BP1126
23	YG35-2	17.421	15.609	38.897	0.8960	2.2328	BP1127
24	YG35-3	17.417	15.605	38.880	0.8959	2.2323	BP1128
25	YG36-1	17.344	15.596	38.847	0.8992	2.2398	BP1129
26	YG36-2	17.355	15.613	38.909	0.8996	2.2420	BP1130
27	YG37	17.847	15.669	39.092	0.8780	2.1904	BP1131
28	YG38-1	17.339	15.594	38.847	0.8993	2.2404	BP1132
29	YG38-2	17.336	15.590	38.834	0.8993	2.2400	BP1133
30	YG38-3	17.338	15.589	38.825	0.8991	2.2393	BP1134
31	YG39	17.586	15.632	38.847	0.8889	2.2152	BP1135
32	YG40-1	17.340	15.593	38.834	0.8993	2.2401	BP1136
33	YG40-2	17.340	15.595	38.825	0.8994	2.2404	BP1137
34	YG41	18.108	15.704	38.957	0.8673	2.1651	BP1138
35	YG42	18.111	15.699	38.843	0.8668	2.1637	BP1139
36	YG43	17.353	15.600	37.543	0.8990	2.2397	BP1140
37	YG44	17.345	15.601	39.180	0.8994	2.2408	BP1141
38	YG45	17.343	15.590	39.187	0.8989	2.2391	BP1142
誤差		±0.010	±0.010	±0.030	±0.0003	±0.0006	

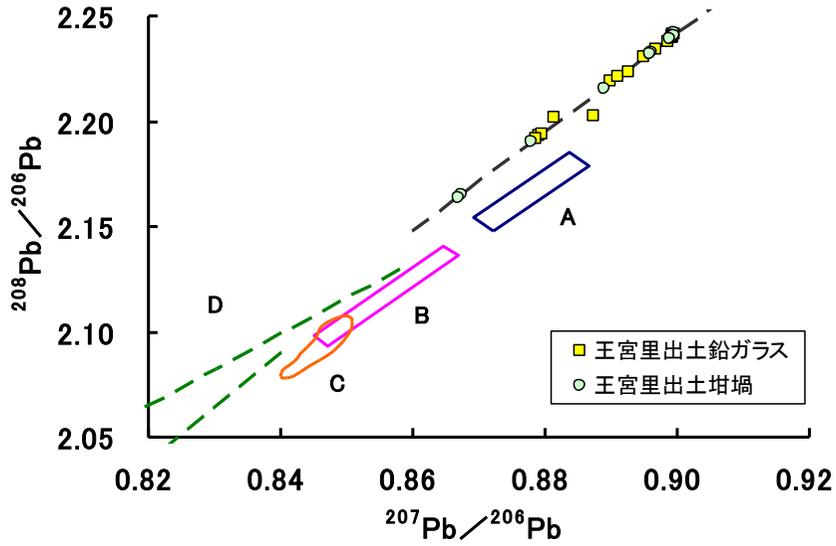


図85 王宮里遺跡出土ガラスと埴塼の鉛同位体比值
 $(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})$

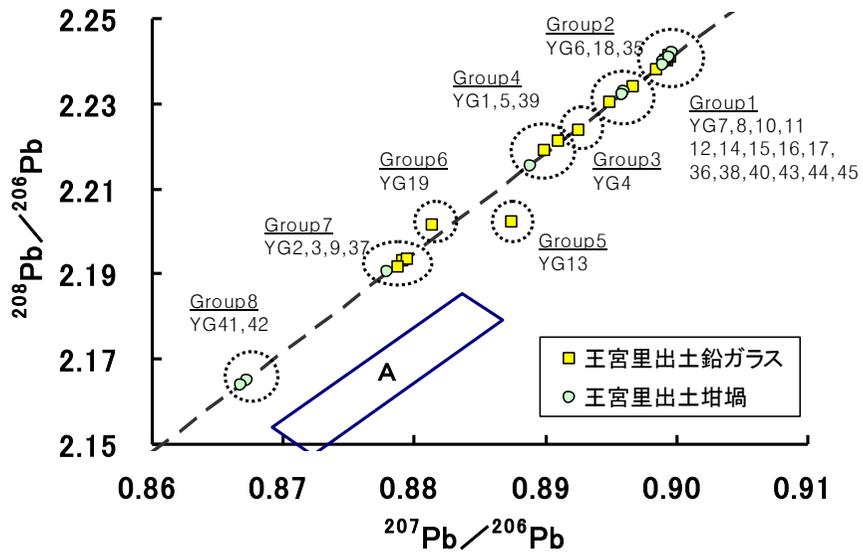


図86 図85の拡大図1 $(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})$

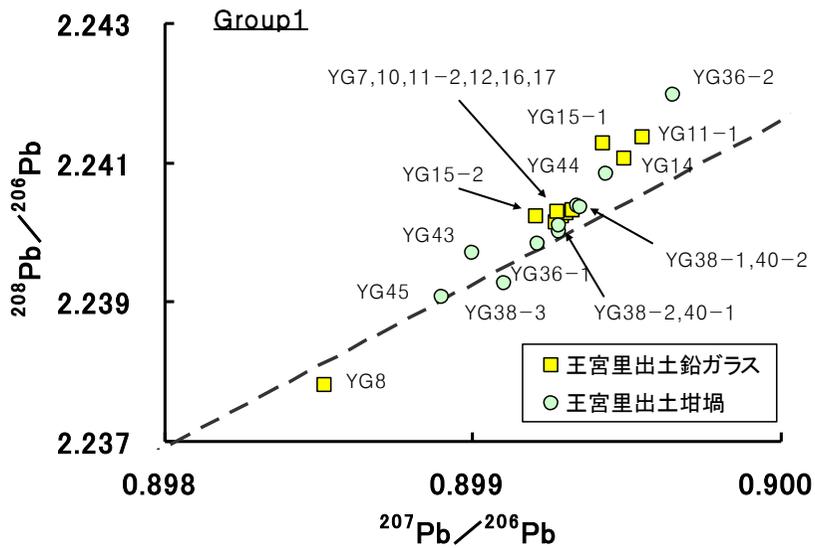


図87 図85の拡大図2(グループ1)

($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)

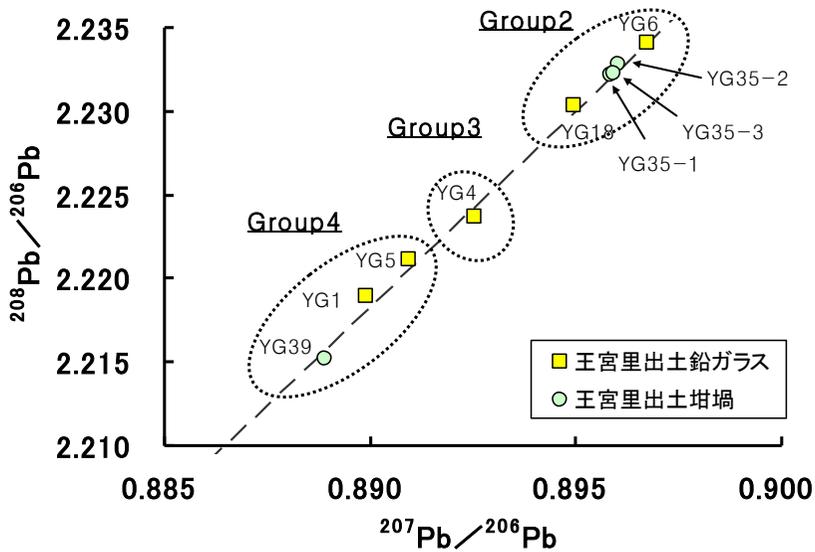


図88 図85の拡大図3(グループ2~4)

($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)

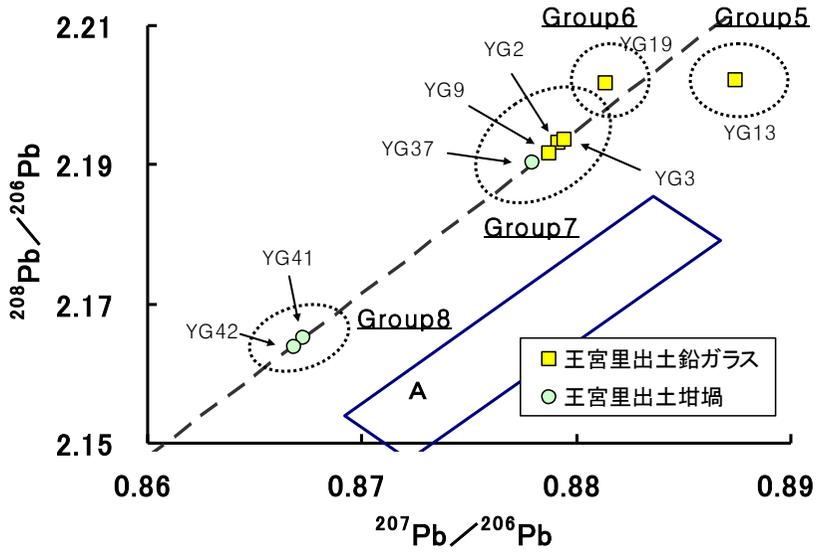


図89 図85の拡大図4(グループ5~8)
 $(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})$

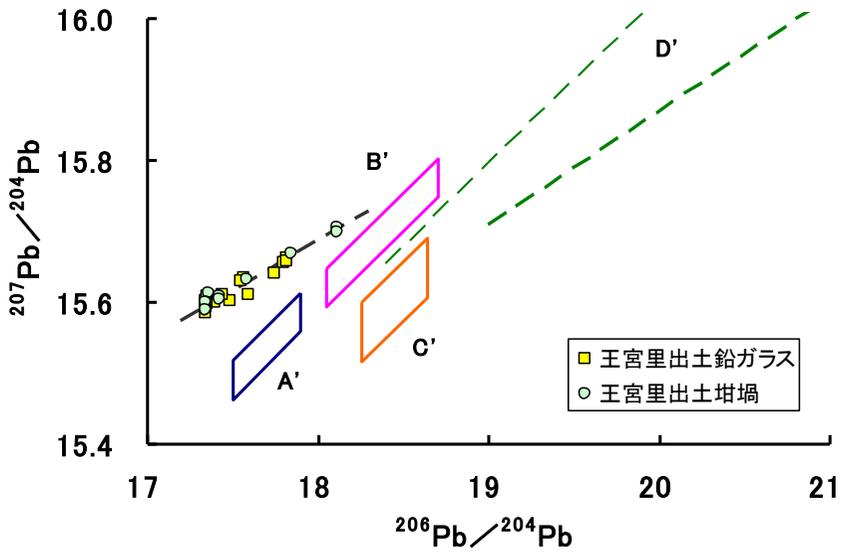


図90 王宮里遺跡出土鉛ガラスと埴塼の鉛同位体比值
 $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$

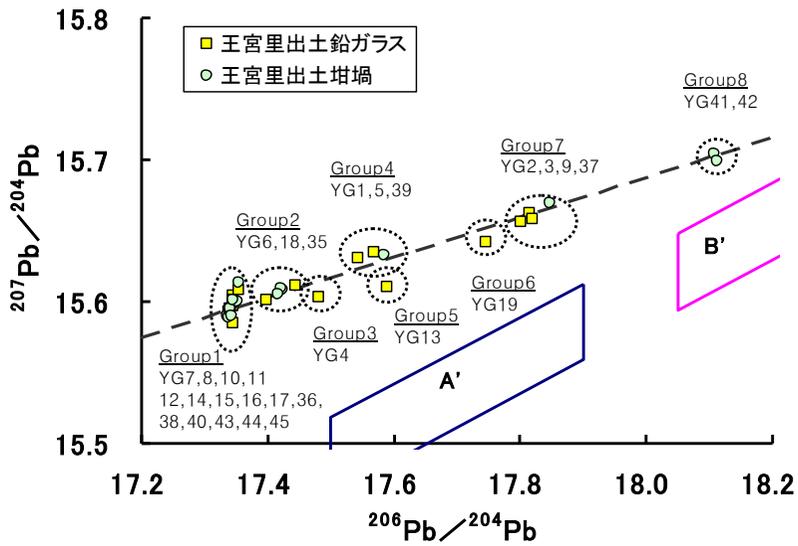


図91 図90の拡大図1

($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)

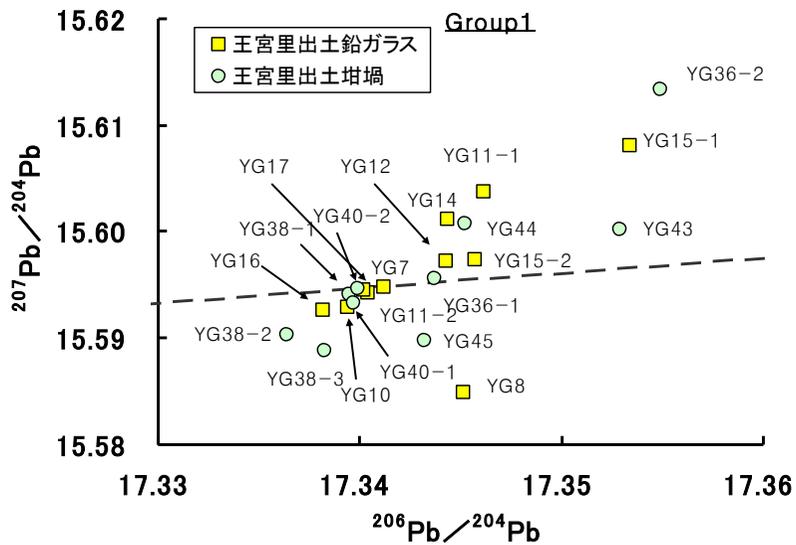


図92 図90の拡大図2(グループ1)

($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)

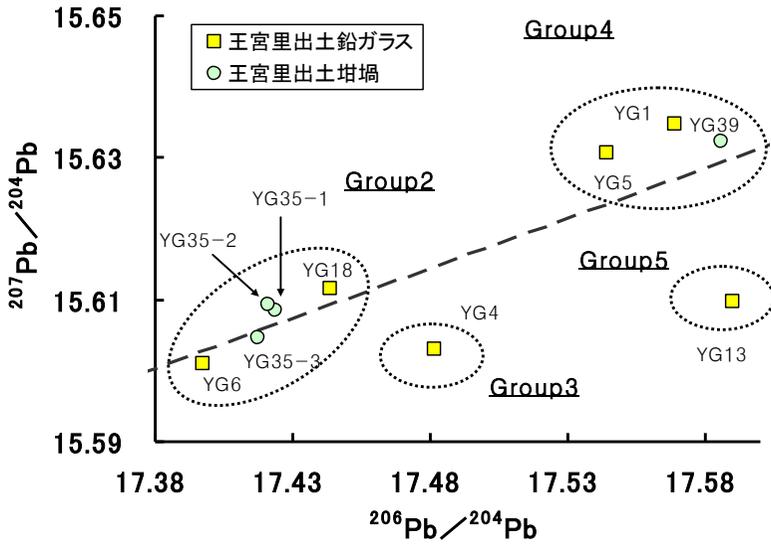


図93 図90の拡大図3 (グループ2~5)
 $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$

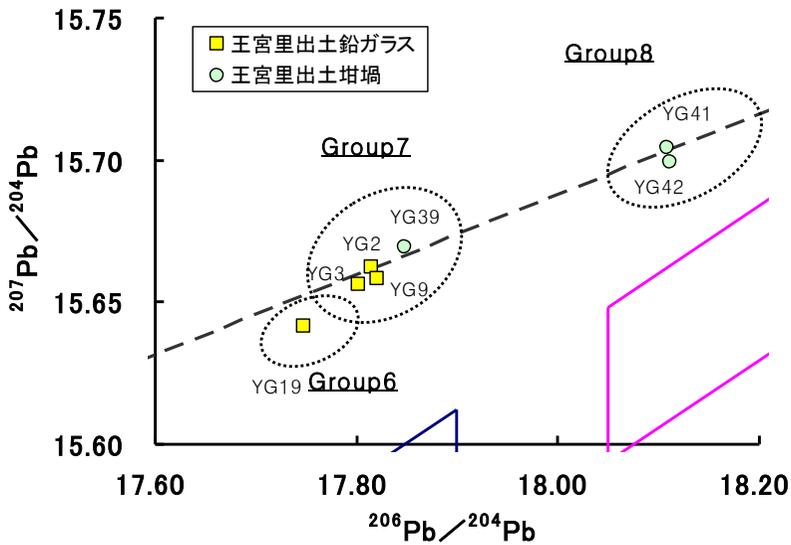


図94 図90の拡大図4 (グループ6~8)
 $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$

4-3. 弥勒寺址出土資料

● 遺跡および資料の概要

弥勒寺址は百済の第30代武王と深い関係がある遺跡で、「三国遺事」の記録と発掘調査の内容が一致することで大変重要な遺跡として評価されている。発掘調査の結果、弥勒寺址からは百済時代から朝鮮時代にかけての瓦、土器、金属製品、ガラス製品など多様な遺物が出土した。百済時代の遺構からは工房址や瓦の炉施設と推定される生産施設などが確認され、当時の弥勒寺址で必要な物品を生産・供給したことが理解できる良い手掛かりとなっている。このように、遺跡内での生産施設の確認は当時の生産体系や流通構造などを把握する際に大変重要な情報を与えてくれる⁶⁵⁻⁶⁷。

本研究では弥勒寺址から出土した板状の鉛ガラス片7点、鉛ガラス用の坩堝に付着したガラス質3点、緑釉瓦の釉8点の総18点に関して鉛同位体比分析を行い、使用された原料の特性を比較し、これを基に原料の流通と製品の供給を理解しようとした(図95, 写真37-39)。

試料採取は破片の部分から原形に変化がないように0.1mg程、最小量に限って行った。また、鉛同位体比分析値の再現性のために、いくつかの資料からは数ヶ所から試料を採取し、比較検討した。



図95 韓国・弥勒寺址の位置



MR1

MR2

MR3



MR4

MR5



MR6

MR7

図37 弥勒寺址出土の板状鉛ガラス片



MR8

MR9



MR10

MR11

図38 弥勒寺址出土の鉛ガラス用坩堝



MR2109

MR2337



MR4102

MR9021



MR9553

MR9566



MR9840

MR10079

図39 弥勒寺址出土の緑釉瓦

● 鉛同位体比分析結果

弥勒寺址から出土した板状鉛ガラス片7点と鉛ガラス用の坩堝に附着していたガラス質3点、そして緑釉椽木瓦の釉薬8点に関して鉛同位体比分析を行った。これらの資料は緑色を成しており、一部の資料からは分析の正確性や資料の再現性のために複数箇所から試料の採取を行った。そのため、資料数は18点であるが、実際に分析を行った数は21点である。

鉛同位体比分析の結果、弥勒寺址出土の板状鉛ガラスは百済王宮里遺跡出土ガラスと同一の直線上に分布した(表17, 図96-99)。この分布をさらに詳しく調べてみると、4つのグループに区分することができた。グループ1は板状鉛ガラスMR1, 坩堝MR8-1, 8-2, 8-3であり、MR8は3ヶ所から試料採取をしたが、誤差範囲内に重なって分布した。グループ2は板状鉛ガラスMR2, MR6である。グループ3は板状鉛ガラスMR3, MR4, MR7と坩堝MR10, MR11で、一番多くの資料が分布するグループである。グループ4は板状鉛ガラスMR5で、独立して分布し、他資料とは異なった鉛同位体比値を示している。各グループに含まれる資料は相互関連性が高いと考えられる。すなわち、グループ1の板状ガラスMR1は坩堝MR8で製作された可能性が、グループ3の板状ガラスMR3, MR4, MR7は坩堝MR10, MR11で製作された可能性があり、MR10とMR11は同一坩堝の一部である可能性も考えられる^{64, 68)}。

これら資料が王宮里遺跡出土の資料と同一の一本の直線上に分布したことは当時、王宮里遺跡および弥勒寺址が位置する益山地域を含む百済地域ではガラス製作のための規格化された原料が流通していた可能性を強く示唆する。この原料が今のところ、王宮里遺跡出土資料と弥勒寺址出土の資料のような百済地域から出土した百済時

代のガラスのみで確認されていることから、鉛同位体比図式でこの原料の直線を百済ガラスの領域と仮定した。

弥勒寺址出土のガラスに関しては2001年にも10点に関して鉛同位体比分析が行われたことがある¹⁷⁾。その分析結果と本研究資料の分析結果を比較してみると、完全に両者とも直線上に分布することがわかる(表18, 図100-101)。このことは弥勒寺址内では同一の原料を利用してのガラスの製作が行われたことを意味する。

この結果について注目すべきの研究が日本でも行われたことがある。日本の福岡県に所在する宮地嶽古墳は弥勒寺址とほぼ同じ時期の遺跡で、中からは弥勒寺址出土の資料と同様な板状鉛ガラスが出土した⁶⁹⁾。この板状鉛ガラスに関して鉛同位体比分析が行われたが、それらの資料は百済ガラスの原料を意味する直線に載って分布した(表20, 図100-101)。この結果は当時、日本の九州地方と韓国の百済地方の間で行われた対外交流を科学的に証明することになり、古代日韓交流史の研究において非常に重要なデータとして評価できる。宮地嶽古墳では百済系の遺物あるいは百済の影響を受けた遺物が出土し、百済との密接な関係を示したが、鉛同位体比分析の結果はこの事実を後押しする証拠である。

緑釉椽木瓦の場合、MR9021からは2ヶ所で試料採取を行ったため、資料数は8点であるが、実際に鉛同位体比分析を行ったのは9点である。鉛同位体比分析を行った結果、緑釉椽木瓦は2つのグループに分けることができる(表19, 図102-105)^{64, 68)}。グループ1はMR2337, MR4102で、グループ2にはMR2109, MR9021-1, MR9021-2, MR9553, MR9566, MR9840, MR10079が含まれる。そして、同じグループに含まれる資料は相互関連性が高く、各グループに含まれる資料は同一の原料で

製作された可能性が高い。緑釉椽木瓦が分布する領域は板状鉛ガラスと坩堝が分布する直線上で、百済ガラスの原料の領域と仮定した領域に分布した。この結果は少なくとも弥勒寺址内で製作されたガラス製品およびガラス質の釉薬などには規格化された原料が用いられたことを意味する証拠になれる。

表17 弥勒寺址出土の板状鉛ガラス片と埴塙の鉛同位体比

番号	資料名	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号
1	MR1	17.720	15.636	38.986	0.8824	2.2001	BP1143
2	MR2	17.538	15.626	38.954	0.8910	2.2211	BP1144
3	MR3	17.456	15.610	38.899	0.8942	2.2284	BP1145
4	MR4	17.450	15.615	38.908	0.8949	2.2297	BP1146
5	MR5	17.340	15.594	38.849	0.8994	2.2404	BP1147
6	MR6	17.521	15.613	38.907	0.8911	2.2206	BP1148
7	MR7	17.450	15.605	38.880	0.8942	2.2281	BP1149
8	MR8-1	17.699	15.637	38.987	0.8835	2.2028	BP1150
9	MR8-2	17.700	15.643	39.005	0.8838	2.2037	BP1151
10	MR8-3	17.703	15.642	39.005	0.8836	2.2033	BP1152
11	MR10	17.433	15.599	38.860	0.8948	2.2291	BP1153
12	MR11	17.441	15.614	38.913	0.8952	2.2311	BP1154
	誤差	± 0.010	± 0.010	± 0.030	± 0.0003	± 0.0006	

表18 既分析された弥勒寺址出土ガラスの鉛同位体比值

番号	資料名	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号
1	ガラス	17.455	15.610	38.816	0.8943	2.2238	-
2	6162	17.594	15.641	39.001	0.8890	2.2167	-
3	MR1	17.436	15.612	38.886	0.8954	2.2302	KP1875
4	MR2	17.745	15.655	39.027	0.8822	2.1993	KP1876
5	MR3	17.349	15.598	38.841	0.8991	2.2388	KP1877
6	MR4	17.454	15.616	38.903	0.8947	2.2289	KP1878
7	MR5	17.350	15.606	38.873	0.8995	2.2405	KP1879
8	MR6	17.528	15.619	38.910	0.8911	2.2199	KP1880
9	MR7	17.443	15.611	38.891	0.8950	2.2296	KP1881
10	MR8	17.438	15.614	38.894	0.8954	2.2304	KP1882
	誤差	± 0.010	± 0.010	± 0.030	± 0.0003	± 0.0006	

(平尾良光、2001)

表19 弥勒寺址出土の緑釉椽木瓦の鉛同位体比値

番号	資料名	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号
1	MR2109	17.415	15.622	38.935	0.8970	2.2357	BP1176
2	MR2337	17.522	15.622	38.939	0.8916	2.2223	BP1177
3	MR4102	17.532	15.629	38.961	0.8915	2.2223	BP1178
4	MR9021-1	17.371	15.612	38.909	0.8988	2.2399	BP1179
5	MR9021-2	17.365	15.604	38.880	0.8986	2.2390	BP1180
6	MR9553	17.409	15.620	38.930	0.8972	2.2362	BP1181
7	MR9566	17.377	15.605	38.881	0.8980	2.2375	BP1182
8	MR9840	17.400	15.621	38.939	0.8978	2.2379	BP1183
9	MR10079	17.408	15.614	38.912	0.8970	2.2353	BP1184
誤差		± 0.010	± 0.010	± 0.030	± 0.0003	± 0.0006	

表20 日本の宮地嶽古墳出土の板状鉛ガラスの鉛同位体比値

番号	資料名	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号
1	ガラス1	18.018	15.703	39.186	0.8715	2.1748	1518
2	ガラス2	17.532	15.628	38.936	0.8914	2.2208	1519
3	ガラス3	17.343	15.600	38.845	0.8995	2.2398	1520
4	ガラス4	18.017	15.700	39.180	0.8714	2.1746	1521
5	ガラス5	17.349	15.600	38.852	0.8992	2.2394	1522
6	ガラス6	17.345	15.600	38.851	0.8994	2.2399	1523
7	ガラス7	17.347	15.602	38.859	0.8994	2.2401	1524
8	ガラス8	17.341	15.596	38.837	0.8994	2.2396	1525
9	ガラス9	17.340	15.596	38.836	0.8994	2.2397	1526
10	ガラス10	17.347	15.602	38.857	0.8994	2.2400	1527
誤差		± 0.010	± 0.010	± 0.030	± 0.0003	± 0.0006	

(平尾良光、2004)

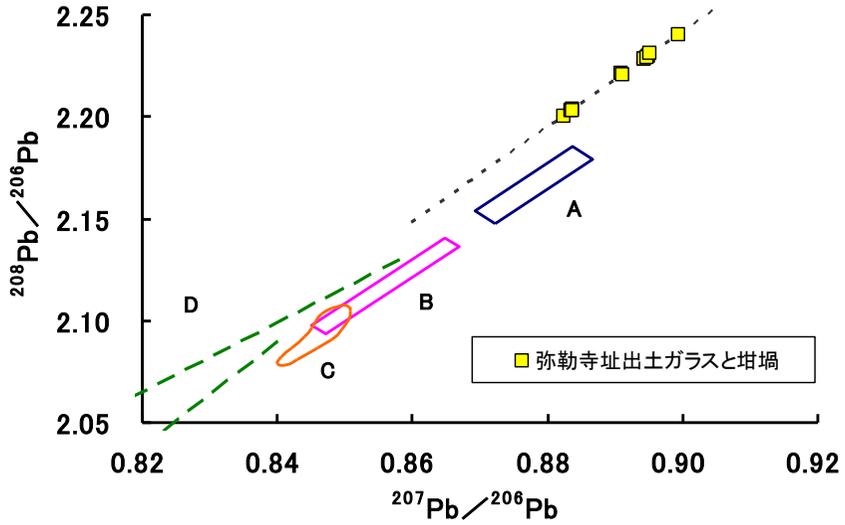


図96 弥勒寺址出土ガラスと埴塼の鉛同位体比值
 $(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})$

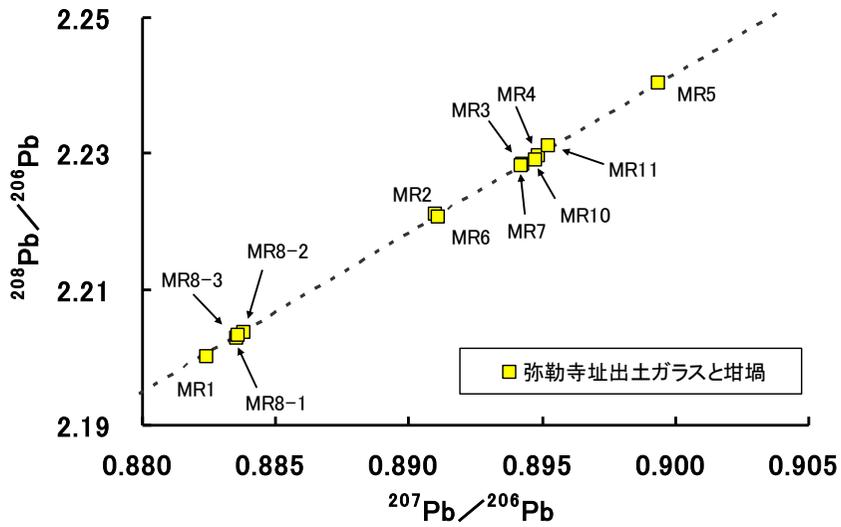


図97 図96の拡大図
 $(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})$

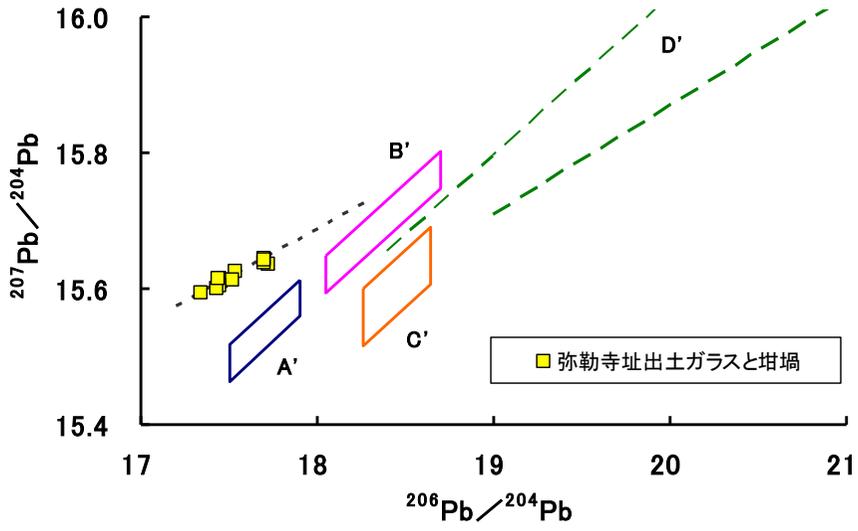


図98 弥勒寺址出土ガラスと埴塼の鉛同位体比值
 $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$

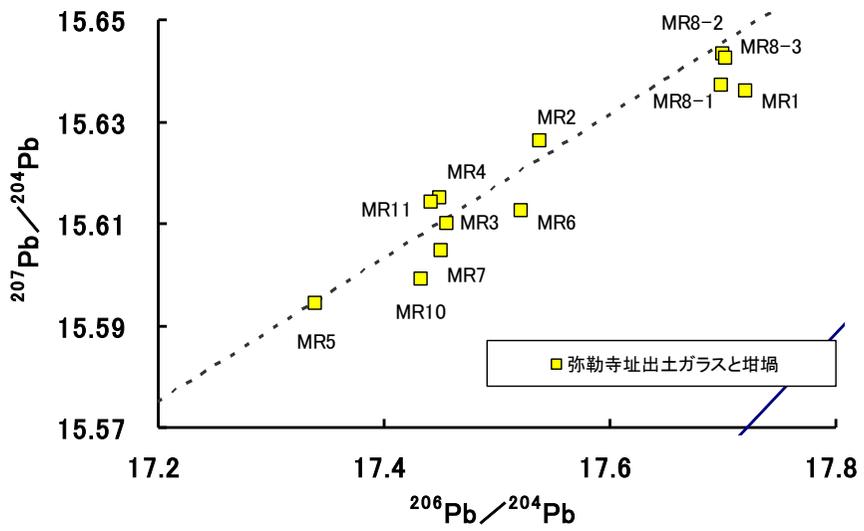


図99 図98の拡大図
 $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$

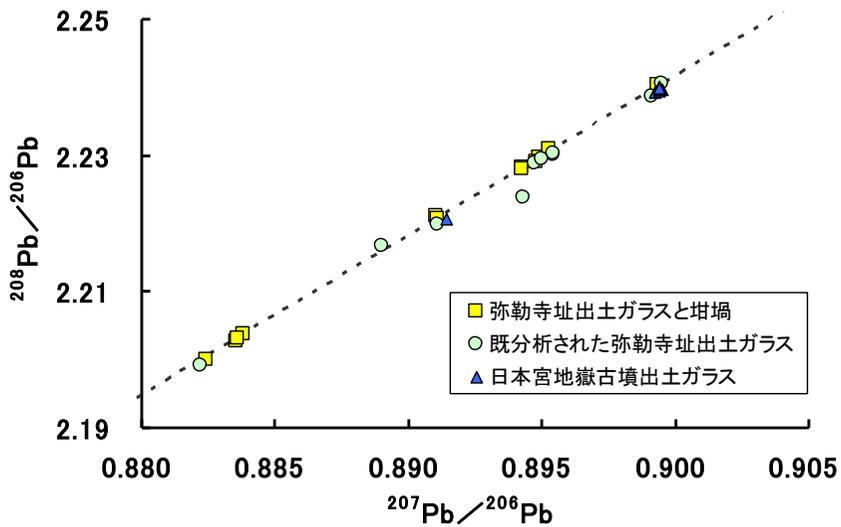


図100 弥勒寺址出土のガラスおよび坩堝と宮地嶽古墳出土のガラスの鉛同位体比 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)

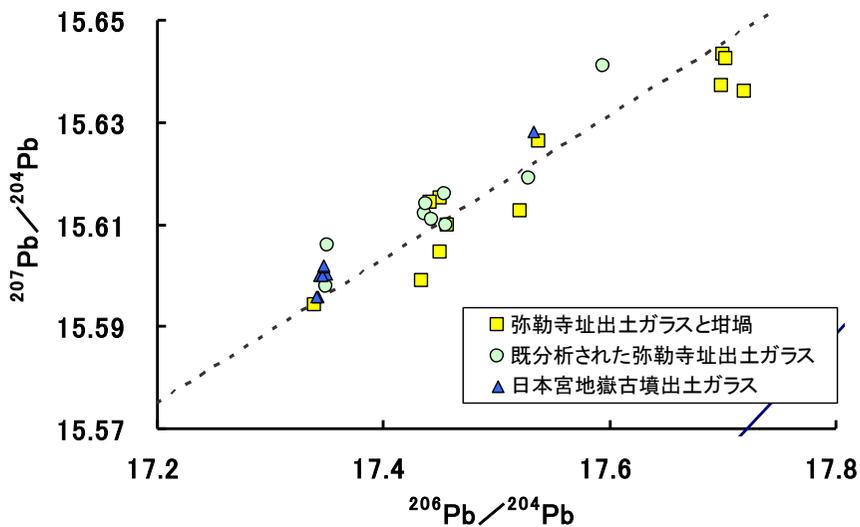


図101 弥勒寺址出土のガラスおよび坩堝と宮地嶽古墳出土のガラスの鉛同位体比 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)

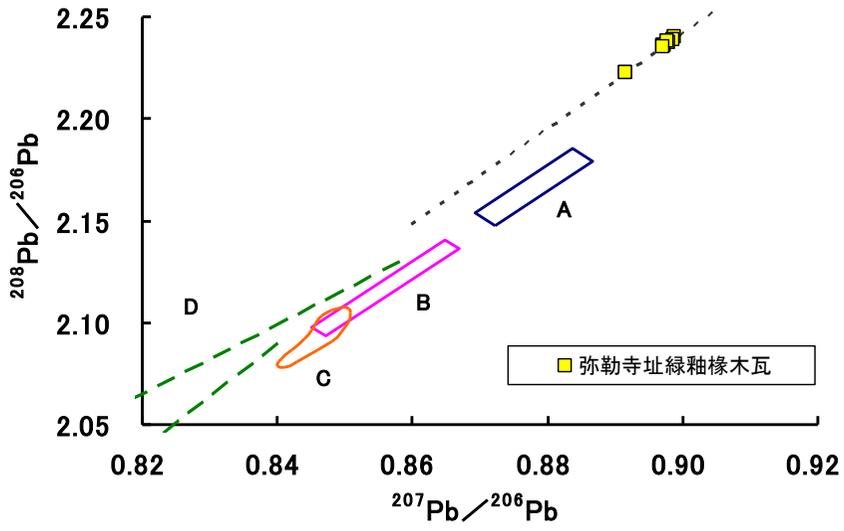


図102 弥勒寺址出土の緑釉椽木瓦の鉛同位体比
 $(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})$

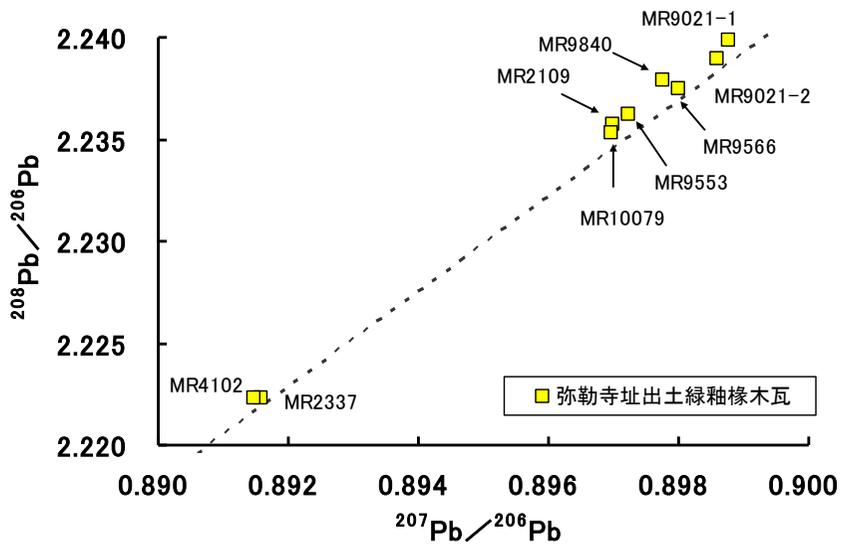


図103 図102の拡大図
 $(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})$

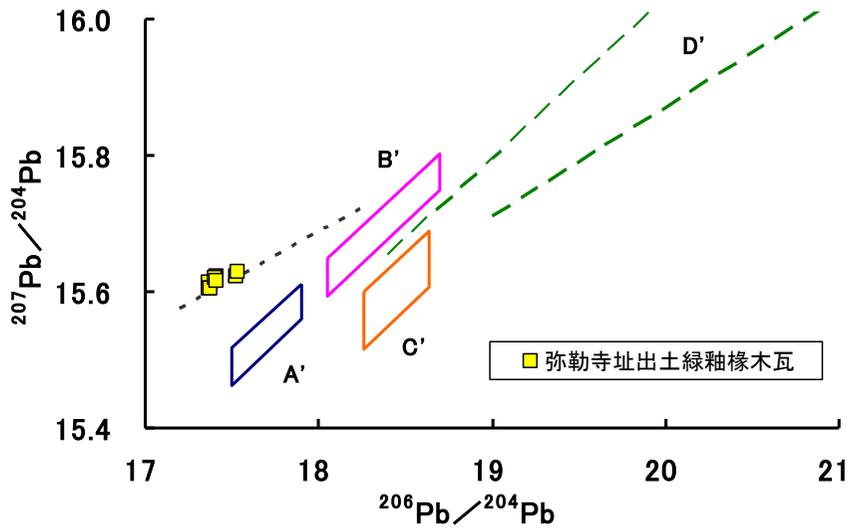


図104 弥勒寺址出土の緑釉椽木瓦の鉛同位体比
 $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$

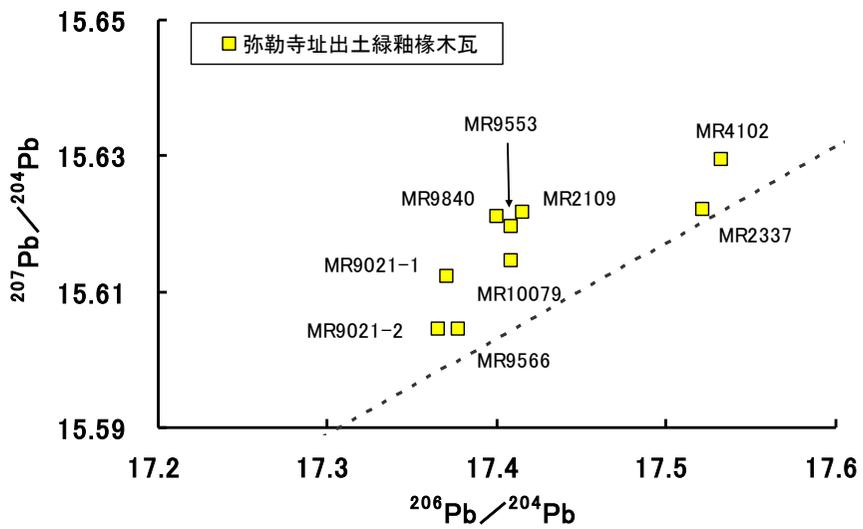


図105 図104の拡大図
 $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$

IV. 領域の検討

● はじめに

前章では東南アジアと推定されるN領域の産地を調べるため、カンボジア・タイ出土の青銅製品と韓国出土のガラス資料など様々な遺跡から出土した資料に関して蛍光X線分析および鉛同位体比分析を行った結果について述べた。N領域の産地を調べるため、スペインに所蔵されているキリスト教メダイを分析し、N領域の原料の産地はスペインのようなヨーロッパではない可能性を挙げた。そして、タイとカンボジア出土の青銅製品からN領域の産地が東南アジアにある可能性を確認した。そして、それと共にタイ、カンボジアにおける青銅製品の70%以上が中国の華南と深い関係があったことを確認したことも一つの成果である。また、東南アジアと何らかの関係があるとみられる日本出土のキリスト教関連資料と韓国出土のガラス資料からもN領域の原料を確認し、N領域の産地が東南アジアにある可能性をより高めた。

一方、韓国出土のガラス資料はほとんど鉛同位体比分析が行われた例がないので今後のためにデータの蓄積を目的として、百済地域で出土したガラスやガラス製作に用いられた坩堝などを分析した。百済地域で出土したガラスのほとんどが鉛同位体比の図の中で特定の分布を示し、規格化された原料が利用されている可能性を確認した。この原料を百済ガラスに用いられた規格化された原料と仮定し、新たな百済ガラスの領域を設定した。

本章では色々な資料で検出されたN領域と百済ガラスとに仮定した領域について検討してみる。まず、カンボジア出土の青銅製品とガラス製品の鉛同位体比分析の結果⁵²⁾を比較し、原料の相関性を調

べた。韓国の武寧王陵出土のガラスからN領域の原料が確認されたが⁵⁹⁾、透き通るガラス製品を製作するためには選別された原料が用いられた可能性が考えられる。カンボジア・プンスナイ遺跡から出土した青銅製品とガラスビーズに関して鉛同位体比分析値を比較し、カンボジアで確認されたN領域の原料がガラス製品からもみられるのかを確認した。また、既研究で示されるタイ所在の銅鉍山および鉛鉍山のデータとの比較でN領域の産地としての可能性を調べた^{70, 89)}。一方、N領域について、大航海時代の日本の貿易に関する記録を中心に検討し^{74~79, 91~92)}、貿易品の中で鉛が輸入品として含まれていたかを調べた。東南アジアから日本へ運ばれた貿易品の中に鉛が含まれていた記録があるのであれば、N領域の産地が東南アジアにある可能性をより高めることができる。

韓国の百済ガラスの原料と仮定した直線領域の場合、百済時代の遺跡から出土した青銅製品の鉛同位体比值との比較から³⁰⁾、原料の相関性を調べた。青銅製品との比較から、百済ガラスの原料と仮定した原料の意味をよりはっきりさせようとした。

ただし、ガラスの場合、他に分析された例はほとんどなく、地域による違いなどを比較することは現在の状況では不可能である。

1. N領域の検討

1-1. カンボジア出土ガラスとの比較からの検討

カンボジア・プンスナイ遺跡出土の青銅資料からは中国の華南産原料と共にN領域の原料も確認されたことを「Ⅲ章. 分析結果」で述べた。分析を行ったカンボジア・プンスナイ遺跡からは青銅製品と共に大量のガラスビーズも出土している。この章ではプンスナイ遺跡出土の青銅製品とガラスビーズの鉛同位体比分析を行い、青銅製品に用いられた原料との相違性を調べた^{52, 88)}。近くのタイの場合、タイの資源調査局のワイヤポット・ボラカノーク博士の話によると、歴史的にタイでは製品を製作する際に方鉛鉱(PbS)を使わず、白鉛鉱(PbCO₃)のみを使用したという⁹⁰⁾。方鉛鉱は黒色で、白鉛鉱は白色を成しており、光が透過する性質を持つガラスの製作においては白鉛鉱がより適当と考えられたからであろう。これに関する文献記録は確認できなかったが、鉛材料に関する現地専門家の話は青銅製品とガラス製品の原料の相違性を調べる上に参考になる。カンボジアでは製品としての青銅とガラスを受けとったかもしれないので、白鉛鉱という原材料を使ったかどうかは分からない。

鉛同位体比分析を行ったカンボジア・プンスナイ遺跡から出土のガラスビーズは9点とラピスラズリ1点である(写真40-44)^{52, 88)}。鉛同位体比分析の結果、10点の資料の中、2点はN領域の中に、3点のN領域の付近に分布し、N領域との関連性を示している(表21, 図106-107)⁵²⁾。他の5点は両図式で設定されている領域から離れたところに分布し、その分布はプンスナイ遺跡出土の青銅製品が示す分布とは異なる。この結果から、ガラス製品にも青銅製品と同様にN領

域の原料が利用されたことが分かった。カンボジア出土の資料の中でN領域の原料が確認されたのは銅と錫の合金であり、この時は銅鉱山の産地を意味する。しかし、銅鉱石と鉛鉱石は近接した鉱山であれば類似した鉛同位体比値を示す場合が多くあり、N領域の産地やガラスと青銅製品に用いられた原料の相関性を考える際に、この結果は資料の製作に用いられた銅鉱石と鉛鉱石の鉱山が近接している可能性を示している。銅鉱石と鉛鉱石の鉛同位体比に関しては次の章で詳しく述べる。

カンボジアのプンスナイ遺跡から出土した青銅製品とガラスビーズの中で両者ともN領域の原料を用いた例が確認されたことは、青銅製品とガラスビーズに用いられた原料が同一産地である可能性を示唆する。すなわち、タイの資源調査局のワイヤポット・ボラカノーク博士が話したように、歴史時代においてタイでは方鉛鉱(PbS)は使わず、白鉛鉱(PbCO₃)だけを利用したことを後押し付ける証拠にもなる。また、カンボジアでもタイと同様に青銅製品およびガラス製品を製作する際に白鉛鉱(PbCO₃)のみを使用した可能性やタイから輸入した青銅やガラスの素材を利用した可能性などが考えられる。

一方、N領域ではないところに分布する5点のガラスに関しても注目すべき結果がある。図106-107では後章で詳しく調べるタイの銅鉱石および銅製錬関連資料(プームンバオ遺跡、プームンバオ小学校遺跡)とプンスナイ出土の青銅製品・ガラス製品の鉛同位体比分析結果も一緒に比較した⁷⁰⁾。プンスナイ遺跡出土のガラスビーズ2点と青銅製品1点がタイのプームンバオ遺跡およびプームンバオ小学校遺跡から出土した銅鉱石・銅製錬関連資料と類似した鉛同位体

比を示している。このことはこれらのガラスビーズと青銅製品がプームンバオ遺跡が位置する地域あるいはその近接した地域から原料を調達した可能性を示唆するが、断定はできない。しかし、原料的にタイと関係があるようにみられる。

すなわち、プンスナイ遺跡出土の青銅製品とガラスビーズを比較した結果、タイの資源調査局のワイヤポット・ボラカノーク博士の話を前提にすると、少なくともガラスビーズには白鉛鉱を産出したいくつかの鉱山の原料を利用したようにみらる。

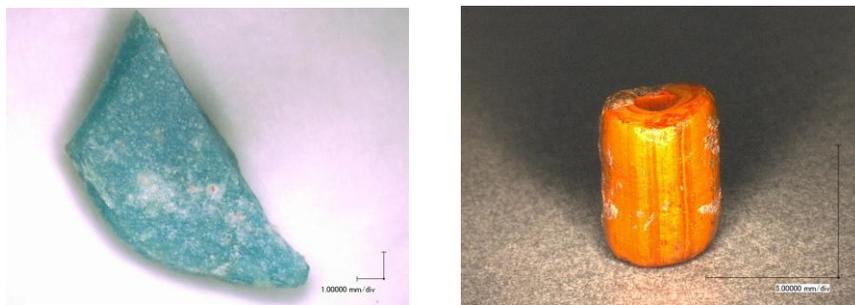


写真40 プンスナイ遺跡出土ラピスラズリ1(左)とガラスビーズ2(右)

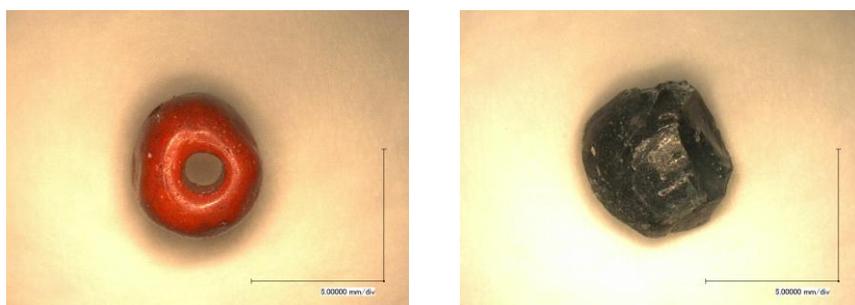


写真41 プンスナイ遺跡出土ガラスビーズ3(左)と4(右)



写真42 プンスナイ遺跡出土ガラスビーズ5(左)と6(右)



写真43 プンスナイ遺跡出土ガラスビーズ7(左)と8(右)



写真44 プンスナイ遺跡出土ガラスビーズ9(左)と10(右)

表21 カンボジア・プンスナイ遺跡出土ガラスビーズの鉛同位体比值^{52, 88)}

番号	資料名	出土位置	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号
1	ラピスラズリ	Location A. Burial11	18.285	15.736	38.562	0.8619	2.1121	BP2233
2	Beads	LocationD. Burial001	18.612	15.672	38.729	0.8421	2.0809	BP2236
3	Beads	LocationE. Burial02B	18.307	15.715	38.498	0.8584	2.1029	BP2237
4	Beads	LocationE. Burial02B	18.175	15.701	38.431	0.8639	2.1095	BP2238
5	Beads	LocationE. Burial02B	18.842	15.686	38.883	0.8325	2.0637	BP2298
6	Beads	LocationE. Burial02B	18.114	15.743	38.342	0.8691	2.1167	BP2299
7	Beads	LocationE. Burial03	18.243	15.745	38.481	0.8630	2.1094	BP2239
8	Beads	LocationE. Burial04	18.182	15.720	38.440	0.8646	2.1142	BP2240
9	Beads	LocationE. Burial16	18.180	15.707	38.358	0.8640	2.1099	BP2241
10	Beads	LocationE. Burial12	18.197	15.714	38.394	0.8636	2.1099	BP2242
誤差			±0.010	±0.010	±0.030	±0.0003	±0.0006	

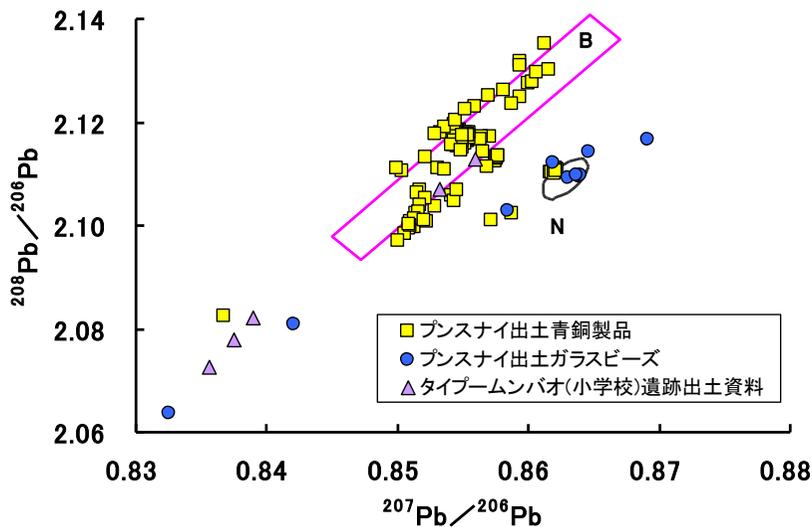


図106 プンスナイ遺跡出土資料の青銅製品・ガラスビーズとタイ出土の銅鉱石・銅製錬関連資料の鉛同位体比 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)

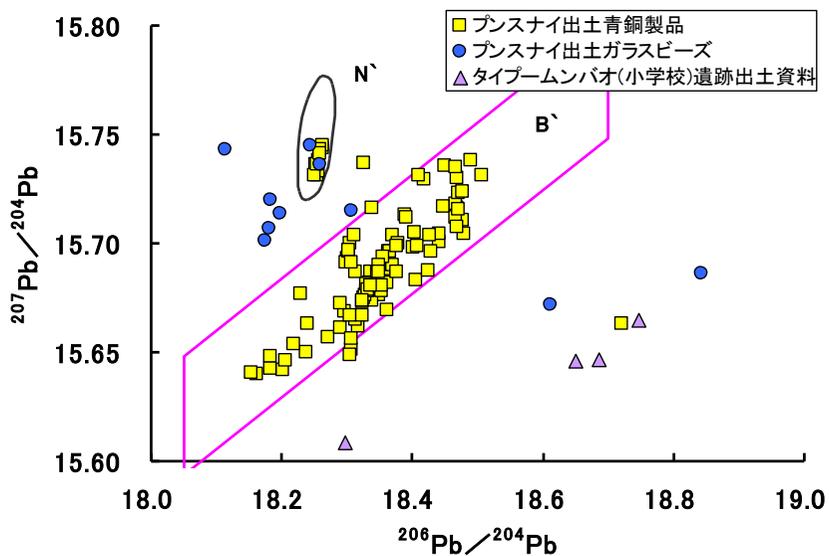


図107 プンスナイ遺跡出土資料の青銅製品・ガラスビーズとタイ出土の銅鉱石・銅製錬関連資料の鉛同位体比 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)

1-2. タイ所在の銅鉱山データからの検討

N領域の産地については鉛同位体比分析の結果から東南アジアにその産地がある可能性が提示されており、大航海時代のヨーロッパ諸国、日本の文献記録では当時、日本は鉛を東南アジアのパタニ、シヤムなどの貿易中心地から輸入したと記されている。すなわち、N領域の産地は東南アジアのパタニ、シヤムなどから輸入した鉛の産地を意味するとみることができる。

タイおよびカンボジアの青銅製品に関して鉛同位体比分析を行った結果、銅と鉛の合金(タイ資料)、銅と錫と鉛の合金(タイ資料)、銅と錫の合金(カンボジア資料)でもN領域の原料が確認された。このことは銅鉱石に不純物として含まれた鉛と鉛鉱石の鉛に関連性があることを意味する。

不純物としての鉛がN領域の原料と同一の鉛同位体比を示すことには二つの可能性が考えられる。一つ目は、銅の製錬と鉛の製錬が同一工房で行われ、銅を製錬する際に、N領域の原料の鉛が不純物として混入した可能性、銅の製錬と鉛の製錬が同一の坩堝を利用して行われ、銅を製錬する際に坩堝の中に微妙に鉛が残存した可能性などである。しかし、今のところ、銅と錫の合金でN領域の原料と判明された資料はカンボジアプンスナイ遺跡のLocation E.Burial14から出土した腕輪群のみで、他のカンボジアおよびタイ出土の銅と錫の合金、純銅製品では確認されないので、可能性は低い。

二つ目の可能性は、同一の地質構造帯に鉛鉱山と銅鉱山が非常に近いところに所在し、類似した鉛同位体比值を示した可能性である。銅鉱山と鉛鉱山は近接する 경우가多く、実際に金属資源情報センターが発行したタイの資源開発環境調査報告書⁷¹⁾の鉱床区調査による

と、タイでは銅と鉛が同一鉱床の構造区で産出されている。鉛が含まれている製品と鉛が含まれていない製品がN領域の鉛原料として一致したことはこのように考えた方が矛盾が少ない。

鉛鉱石の鉛と銅鉱石の不純物としての鉛が同一の鉛同位体比値を示す例は実際の鉛同位体比分析結果からも確認することができる。例として平尾らが測定したトルコ共和国カマン・カレホユック遺跡出土の銅製品と鉛製品に関する鉛同位体比分析結果を図108-109に示した⁷²⁻⁷³⁾。カマン・カレホユック遺跡から出土した資料はヒッタイト時代からフリュギア時代、イスラム時代の資料で出土した層によって時代が異なる。本章では時代による違いから銅製品と鉛製品とに見られる鉛同位体比の分布を調べるのが目的であるため、資料別の時代区分は省略した。図をみると、銅製品と鉛製品の分布がかなり重なることがわかる。このことは銅鉱石に含まれていた不純物としての鉛が示す同位体比値と鉛鉱石の鉛の同位体比値が類似していることを意味する。

このことから、タイおよびカンボジアで出土した鉛入りの資料と鉛が含まれていない資料で同じくN領域の原料が確認された意味が理解できる。N領域の原料と推定される鉛入りの資料と鉛無しの製品は同一あるいは同一鉱床構造帯にある近接地域の鉛鉱山および銅鉱山から採掘した鉱石を原料として利用した可能性が高い。すなわち、カンボジア資料のように、銅と錫の合金からN領域の原料が確認されたことはN領域の鉛と類似した産地の鉛であることが推定される。

銅鉱山と鉛鉱山が近接して存在する可能性や実際の銅製品と鉛製品の鉛同位体比が類似していることを確認した上で、既研究で報告

されたタイの銅鉱山の鉱石の鉛同位体比値を本研究資料のタイ出土青銅製品と比較することにした。この作業は東南アジア、特に文献でも確認できるタイにN領域の原料の産地がある可能性を調べる一歩として意味がある。

タイに所在するいくつかの銅鉱山および銅製錬関連資料に関しては2006年に鹿児島大学の新田栄治教授の研究「メコン流域における金属資源とその利用に関する考古学的研究」の中の一つの課題として鉛同位体比分析が行われた⁷⁰⁾。国連による東南アジア地下資源探査によるとタイにはルーイ県のプートンデン、プーヒンレックフィイ、ノンカイ県のプーロンを大規模銅鉱山があるという。また、ナコンラチャシマ県のチャントウィック、ペチャブン県のノンパイ、コンケン県のプーイイオアン、ウッタラディット県のファクタ、ロブリー県のカオウオンプラチャン渓谷一帯にも銅鉱山がある。新田によって分析された資料はカオタップクワイ、プーロン、ノンパワイなどで採集した銅鉱石と製錬滓19点である。その鉛同位体比分析結果を本論文の資料であるタイ出土の青銅製品と比較し、図111-112に示した。新田らによって分析されたタイの銅鉱石および製錬関連資料は本研究資料のタイ資料とは異なった分布を示している。このことはBan Pong Manao等の遺跡で出土した資料はこれらの銅鉱石などとは異なった材料で、原料的な関連性がないことを意味する。もし、これらの銅鉱石あるいは製錬関連資料がBan Pong Manaoなどから出土した資料と類似した鉛同位体比値を示すのであれば、資料に利用された鉛の産地も銅鉱石を採取した地域にある可能性が高く考えられる。

新田らによって鉛同位体比分析が行われたタイの銅鉱石や製錬関

連資料は本研究のタイ資料とは原料的な関連性は見られなかった。しかし、JOGMEC金属資源情報センターによる報告書には、タイには中部から北部にかけて大規模な銅鉱山が多く存在するという(図104)⁷¹⁾。また、2010年に行った現地調査で聞いたタイの資源調査局のワイヤポット・ボラカノーク博士の話でも、カンチャナブuri県には2000年の歴史と莫大な埋蔵量を持つSong Tohという鉛鉱山が存在するという。現在確認できる大航海時代の文献記録、タイの資源調査結果などを参考にすると、いくつかのタイの銅鉱石からはN領域の材料が確認されなかったが、まだN領域の産地がタイにある可能性は十分あると言えるだろう。

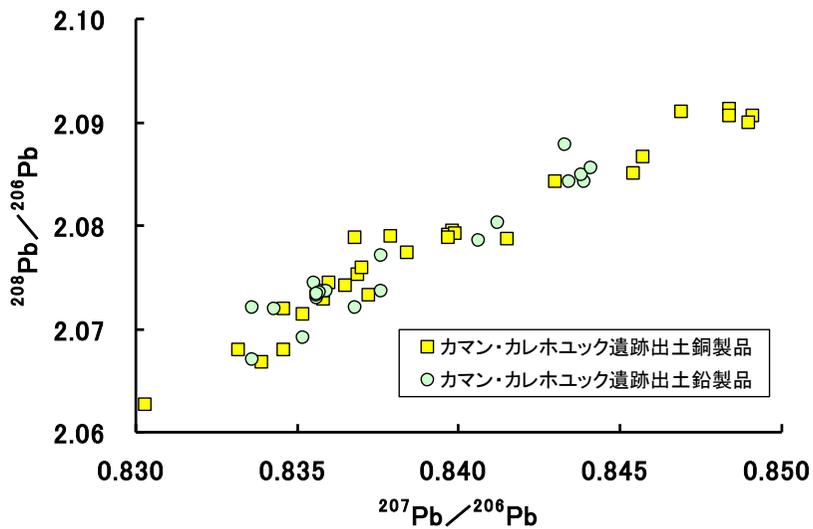


図108 トルコのカマン・カレホユック遺跡出土の銅製品と鉛製品の鉛同位体比 ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)

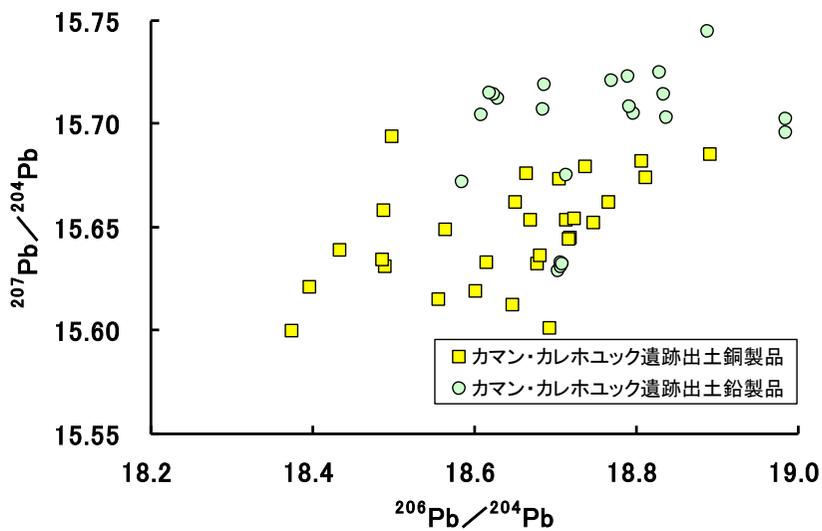


図109 トルコのカマン・カレホユック遺跡出土の銅製品と鉛製品の鉛同位体比 ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$)

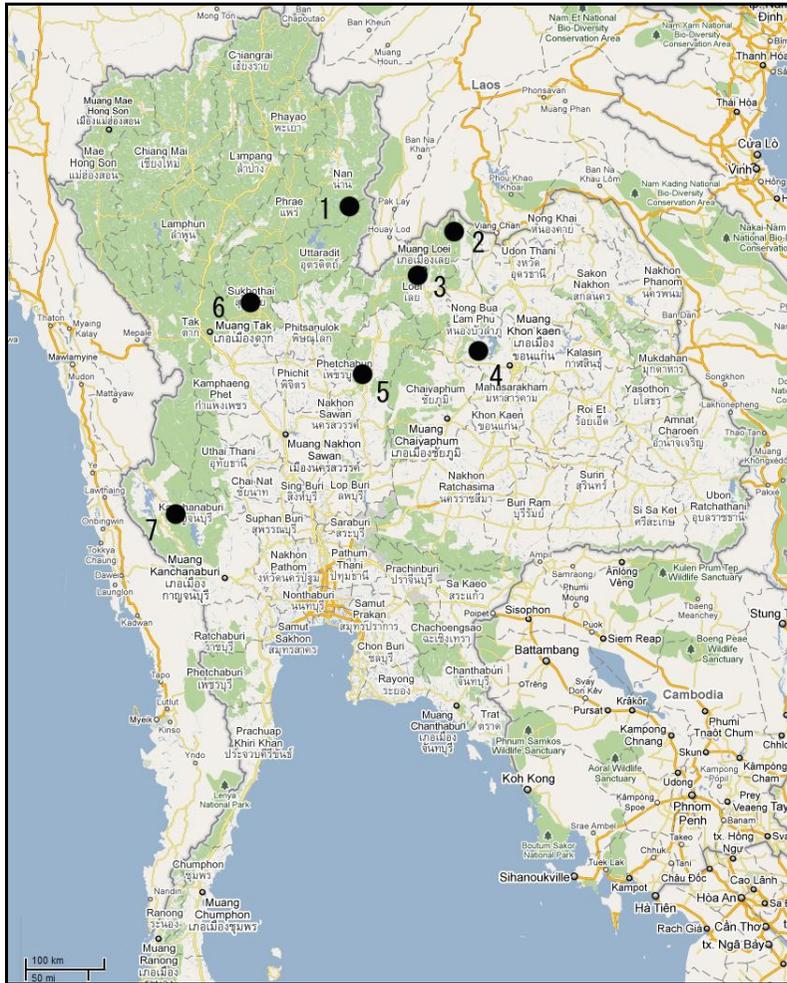


図110 タイに所在する銅鉱山の位置

(1 : ウッタラダイット県ファクタ, 2 : ノンカイ県のプーロン, 3 :
ロエイ県, 4 : コンケン県のプーイオアン, 5 : ペチャブン県のノンパ
イ, 6 : スコータイ県, 7 : カンチャナブリ県)

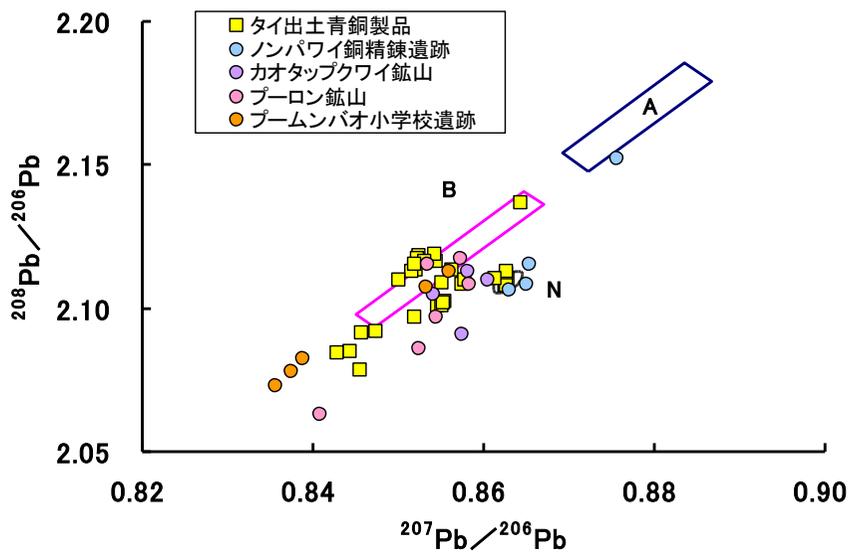


図111 タイ出土資料とタイの銅鉱石・製錬関連資料の鉛同位体比
 $(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})$

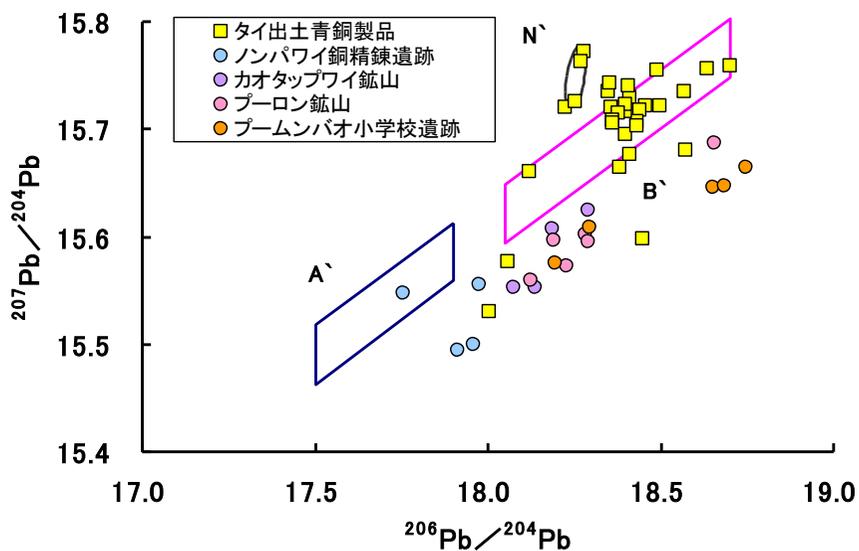


図112 タイ出土資料とタイの銅鉱石・製錬関連資料の鉛同位体比
 $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$

1-3. タイ所在の鉛鋳山データからの検討

考古遺物に関する鉛同位体比分析による産地推定は原則として考古遺物の製作に使われた鉛鋳山の産地を意味する。しかし、鉛が含まれていない考古遺物に関する、銅鋳石に不純物として含まれた鉛の同位体比分析を行うことで、産地を推定できることは前述で調べた。

この章ではタイに所在する鉛鋳山を中心に鉛同位体比分析を行い、N領域の原料の産地がタイにある可能性をより詳しく調べる。タイにはかなり古い時代から鉛を利用した歴史的な証拠が残っているが、特にタイのスコタイ県やカンチャナブリ県などの北部および東部にかけていくつかの比較的規模の大きい鉛鋳山が所在しており、鉛の生産と関連した遺跡や遺物などを確認することができる^{70~71,90)}。カンチャマブリ県に所在するSong Toh鉛鋳山はタイの代表的な鋳山で、タイの首都バンコク市から北西約280kmのところにある。Song Toh鋳山の推定鉛埋蔵量は約850万トンで、現代において年間4万トンの鉛が生産されている⁷¹⁾。

タイに所在する鉛鋳山に関する鉛同位体比分析はほとんど行われていないが、2010年に本研究室の平尾教授研究チームがSong Toh鋳山の鉛鋳石についての分析を行った例がある(表22、図113-114)。Song Toh鋳山の鉛鋳石の鉛同位体比を測定したところ、ちょうどN領域に分布することが分かった。これはN領域の鉛原料がSong Toh鋳山から生産された可能性を強く示唆する結果である⁸⁹⁾。

実際に考古遺物に用いられた鉛がどこの鋳山の原料であるのか、特定の鋳山まで明らかにすることは非常に難しい。その意味で、N領域の鉛がタイのSong Toh鉛鋳山の鉛であることを見つけた事実は

考古遺物に関する原料産地推定の研究においても非常に珍しい例である。さらに、これは考古遺物に含まれている鉛から原料の産地を推定し、その結果から古代に行われた文化交流や物の供給と流通などの問題まで推測できることを証明する結果でもある。

Song Toh鉛鉱山は少なくとも2,500年以上稼動していた可能性が高く、生産された鉛が東南アジア地域はもちろん、東アジアまで流れ、利用され続けたのであろう。

表22 タイのSong Toh鉛鉱山の鉛同位体比值⁸⁹⁾

番号	資料名	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号
1	Song Toh鉛鉱山	18.222	15.736	38.456	0.8636	2.1093	
	誤差	±0.010	±0.010	±0.030	±0.0003	±0.0006	

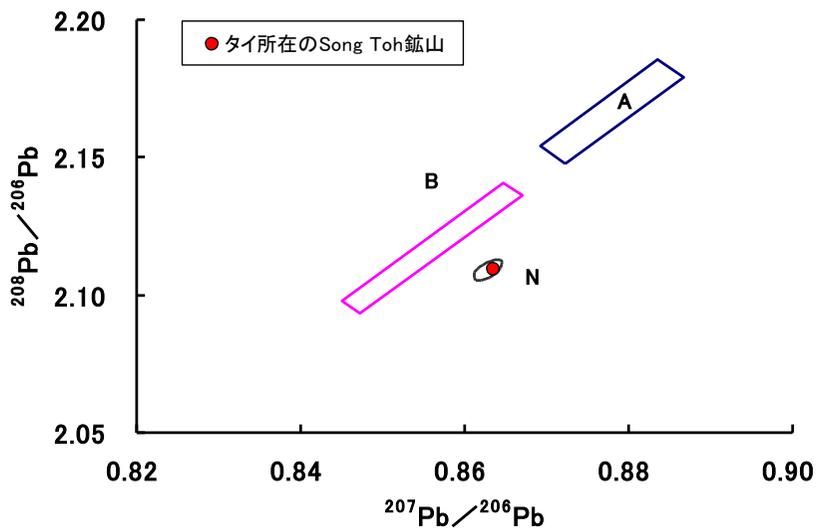


図113 タイのSong Toh鉛鉱山の鉛同位体比
 $(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})$

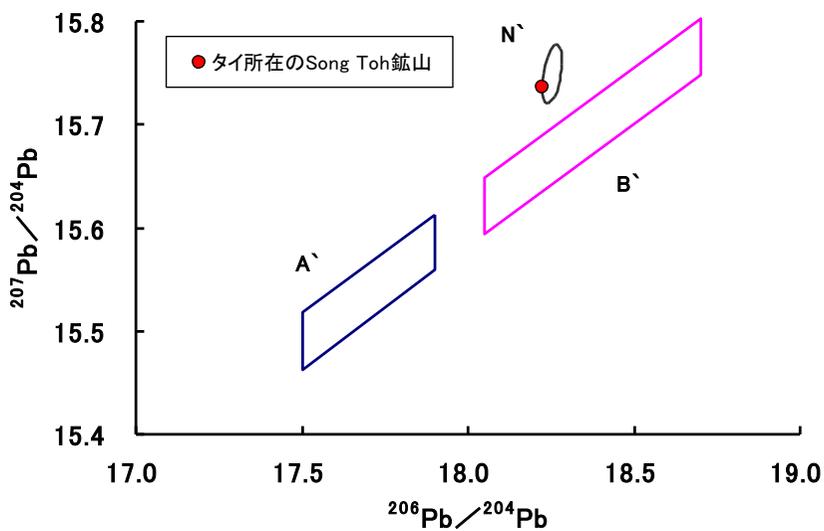


図114 タイのSong Toh鉛鉱山の鉛同位体比
 $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$

1-4. 文献記録からの検討

● 大航海時代のヨーロッパ諸国のアジアへの進出

文献記録から大航海時代に東南アジアから鉛がどのように日本へ輸入されたかを確認するためには、当時、海路を利用して形成された海洋ネットワークやその中で活躍したヨーロッパ諸国の活動に関しての理解が求められる。この小章では大航海時代においてヨーロッパ諸国のアジアにおける活動やそれに伴うアジアでの変化を簡単に述べる⁷⁴⁻⁷⁶。

アジアの海上交易ネットワークはヨーロッパ諸国の一人々がアジアへ進出する前から形成されていた。15世紀までのアジアの海上交易ネットワークは西の紅海から東の日本に至るまでの長いルートで、いくつかの主要拠点を中心に商業活動が活発に行われていた。マラッカのような拠点地域では政治的な中立を標榜し、外国人商人の進入と活動を認めた。そのため、アジア各地の商人は比較的自由に交易活動を行うことができ、また後日にヨーロッパ諸国の人々がたいした支障もなく、アジアの交易ネットワークに参加するのができたのである⁷⁵⁻⁷⁶。外国との交易が活発に行われるに連れ、いくつかの航海ルートは強力な地方勢力によって分断され、以前には自由に往来できたところも、いくつかの貿易拠点地を中心に制限的に行われるようになった。ヨーロッパ人がアジアへ進出したのはこの頃で、アジアでは貿易ネットワークがある程度の体系の下で運営されていた。

1492年、金と香辛料の発見のためにコロンブスが新大陸を発見したことはヨーロッパの国々において新たな航路開拓するきっかけとなった。ヨーロッパ人のアジアへの進出は1498年にヴァスコ・ダ・

ガマがインド南西部のカリカット (Calicut) に到着したことから始まり、スペイン、オランダ、イギリスもアジアへの進出を試みた。

まず、アジアへ進出したのはポルトガルであった。ポルトガルは国の主導の下で主要な交易拠点地に自分らの商館を設置し、各交易拠点地をつなぐ海路を独占した。ポルトガルは中国、インドネシアのムラカ諸島、アユタヤ、バンゴル湾、日本との交易で中枢役をしたマレー半島のマラッカを占領した後に1571年まで各地に40箇所余の商館を設置し、東南アジアの香辛料、綿織物、中国の絹織物、陶磁器などの商品をヨーロッパ-アジアおよびアジア-アジア間の中継交易を行って莫大な利益を得た。ポルトガルのアジアでの交易は王室が主導していたが、ポルトガルは暴力を通じたアジアにおける交易独占と、イスラム圏を征服してキリスト教を伝播にするという二つの目的に同時に力を入れていた。しかし、内部的な問題と北アフリカでの敗戦、国王の戦死などをきっかけにイスパニアに合併され、アジアで構築した交易路での活動が弱体化してきた。それ以後、ポルトガルは国王が主導したアジアでの交易を個人に委任したが、ヨーロッパ内での商品の販売を一部の商人に限定したため、他のヨーロッパ諸国および商人は独自でアジアでの海路を構築する必要がある、後日オランダやイギリスなどがアジアに進出する契機を提供した⁷⁴⁻⁷⁶⁾。

ポルトガルがアジアに積極的に進出したことに対して、イスパニアはアメリカ大陸の征服とそれに伴う交易に力を入れた。これはヨーロッパの海外探査を主にポルトガルとイスパニアが行った際に、両国間の領土紛争を避けるために、1493年5月教皇アレクサンター6世による「教皇境界線」すなわち、北極から南極までを一直線

で分け、その東側はポルトガル、西側はイスパニアの領土にするという条約によって、航海できる領域や武力行使できる領域が制限されていたからである。イスパニアはアメリカ大陸に進出し、1521年にアステカ王国、1533年にインカ諸国を滅亡させるなどの領土征服を活発に進み、植民地化した。アメリカ植民地では母国で産出できない商品を生産し、植民地との独占貿易を行った。この際に、金と銀が主要な商品であったが、イスパニアはポルトガルを合併した後に、アジアまで進出して大量の銀を輸出した。この銀の交易には中国と日本も関わっていた^{74,77)}。

一方、16世紀末にポルトガル王室がヨーロッパでの香辛料の販売権を一部の商人にしか与えなかったため、オランダのような一部の国は独自の海路を開拓する必要があった。オランダでは1590年代にアジアとの交易を試みするいくつかの会社があったが、1602年にオランダ東インド会社(VOC-Vereenigde Oostindische Compagnie)として統合された。アジアに進出したVOCはアジアの各地に約20箇所の商館(日本の平戸・出島、シャムのアユタヤ、マラッカ、ベトナム、スマトラ、インドのプリカットなど)を設置し、アジアーヨーロッパ、アジアーアジアをつなぐネットワークを形成し、中継貿易を行った。VOCと共にVOCより2年前に設立されたイギリスの東インド会社(EIC-East India Company)はアジアを舞台に100年前にアジアに進出して王室独占の形でアジア交易を主導したポルトガルの勢力を蚕食した。

EICがアジアに進出した頃はVOCの勢力が巨大で苦戦したが、徐々にイギリスの領域を拡張していた。イギリスの勢力がより大きくなることを防止するため、オランダのVOCはインドネシアのムラカ諸

島に商館が設置されているアンボンでイギリス人11名、傭兵のサムライ10名、ポルトガル人1名を斬首した(アンボン虐殺事件)。それをきっかけにEICはインドに進出し、インドの綿織物をイギリスに輸出し、莫大な利益を得た。

以上で簡単に調べたように、大航海時代のヨーロッパ諸国はアジアに進出し、商館の設置から商業の拠点を確保、交易の拡大、植民地支配の順で勢力を拡張してきた。アジアに進出したヨーロッパ諸国はアジアーヨーロッパ、アジアーアジア間の交易を独占し、莫大な利益を得た。そして、アジアの各国はそのネットワークの中で停滞と繁盛を繰り返した。

● 文献記録からみたヨーロッパ-東南アジア-日本間の交流

前述したように、大航海時代のヨーロッパ諸国はアジアに進出し、中継貿易を独占することで莫大な利益を得た。その際に、日本も東南アジアの各地でヨーロッパや東南アジア各国、中国との交流を行い、利益を得た。本章では文献の記録から、大航海時代に行われたヨーロッパ-東南アジア-日本間の交流の様相を調べることにした。しかし、ポルトガル船が日本まで来航した時の記録の内容はキリスト教の布教といった宗教的な部分がほとんどで、商業的な観点からの記録、商人による記録は少ない⁷⁷⁾。

イスパニアがポルトガルを合併した1580年頃までイスパニアにおいてアジアでの交易の拠点にはフィリピンのマニラであった。

1565年5月31日のセブ島のマテオ・デ・サスからイスパニア国王へ宛てた書翰の一節には「ムラカ諸島の香料に対し、ブルネイ、ルソン、支那沿岸、マラッカ、スマトラ、日本、レキオス、大ジャワ、小ジャワ、ミヤオ、バンタン、暹羅などの国々の富源およびそれらの国々との通商のために、陛下の将来の希望せられるところを成就し能うるには、(当群島は)当地方の孰れにあるよりも良い門口なり。」との記録がある⁷⁸⁾。1521年にイスパニアの国王カルロス1世の援助を受けたポルトガル人・マゼランはフィリピンに到着、イスパニア国王の領土と宣言した。マゼランに続いてフィリピンに到着したイスパニア人は1565年にセブ島に上陸、植民地支配を始めた。しかし、フィリピンが地の利を占めていることを分かったイスパニアは植民地の中心をセブからマニラに移し、海上貿易を掌握し、キリスト教の布教と貿易の中心地とした。この記録はイスパニアが既ポルトガルの占拠通商するアジアに目を向けたことやアジアでの海

上貿易を行う際に地理的に重要な位置にあるフィリピンを貿易の中心地として選んだことを示している。

1567年6月23日、セブ発のイスパニア国王フェリッペ2世宛の書翰には「我等の在するところより北方、或いは当地より程遠からぬ北西の方に大なる諸島あり。ルソン及びビンドロと称ばる。そこへは毎年支那人、日本人が通商に来る。その齎らす物は、生絲・績織物・績衣・陶磁器・香料・銀・染色木綿織物その他雑貨なり。彼等に与ふる交易品は金と蠟なり。」、1572年に製作されたと見られるカピタン・フアン・パチェコ・マルドナードの一覽書には「当ルソン島より日本人の国へは略々三百レグア距たる。日本は富裕なる国にして多量の銀出づ。毎年当島へその物資を積みて日本人の船来る。その主なる交易は銀に由りて金を、銀二乃至二半マルコに由りて金一マルコを易ふ。」と書かれている⁷⁸⁾。この記録は16世紀中頃、日本の主要輸出品は銀であったことを示している。当時、日本の戦国大名達により金鉱、銀鉱の開発は戦争の資金を備えるために始まったが、すぐ、商業的な目的がより重要になり、海外との銀交易から利益を得た。イスパニアはアメリカ大陸を植民地化し、メキシコで豊富な産銀を知る前までは必要な銀の需要量を日本から調達したことが一致する内容である。

オランダの東インド会社に関する記録としては次の文ある。1609年(慶長14年)7月11日条の「異国日記」には「七月十一日頃、於御本丸、本上州被仰候ハ、ヲランダヨリ御書ヲ上候、彼国ノ文字ニテ分不見候、通事ニ仮名ニノベサセラレ候、以来船ヲ渡可申候間、湊ヲモ被下、往来仕候ニトノ義ニ候、印子ノ盃ニ、絲三百五十斤、ナマリ三千斤、象牙二本上候、此返書認下書上可申由也」と記録され

ている。同じ内容がオランダ側の記録でも確認することができる。

「和蘭国海牙文書館文書」には「…日本と貿易を開き、商館を建設するの意ありと認めらるべき為め、生糸胡椒及び鉛若干を積込み、六月一日、パタニを発し恙ふく航海し…」、「…當地よ遺すべき商品は、聯合会社よ十四隻の艦隊の經濟を以て、パタニに於て購入したる生糸悉皆、基代金一萬五千二百三十一グルデン四ストイフェル六ペンニング、鉛二百四本、基重量二千二十五ゼーランドポンド、…」などの記録が残っている⁷⁹⁾。16世紀、中国の明は日本との交易を制限したが密貿易は倭寇によって持続的に行われていた。一方、ポルトガル人はマカオー日本間での中継貿易を担当し、莫大な利益を得たが、日本でのキリスト教弾圧、続いての鎖国政策によって日本でのポルトガルの布教・商業活動は不可能になった。しかし、日本はヨーロッパ諸国による中継貿易を必要とした。オランダはポルトガルのように宣教負担がなかったため、日本側においては良い相手でもあった。上で調べた日本側・オランダ側に残っている記録は宗教的な目的を除外したオランダが日本での商館を設置するために、日本の徳川家康に献上品を贈呈したことを伝えている。すなわち、オランダの使節は印子(純金)の杯2つ、生糸350斤、鉛3000斤、象牙2本などをパタニから積み込んで日本に運び、徳川家康に贈呈したことがわかる。

イギリスの東インド会社は日本との交易を成立させるために、1613年に貿易船隊司令官ジョン・セリースを日本に派遣した。セリースは滞在期間中に市場調査の結果を報告書として残したが、その内容は「セリース日本渡航記」としてまとめられている。その中には日本で売れる商品と日本からの輸出品の品録が詳しく書かれている。

記録によると、日本で売れるものは彩色絵、淫乱、海陸戦争譚に関するもの、水銀、朱、銅板、小棒鉛、薄板鉛、鉄、細棒錫、金糸、粉砂糖、砂糖菓子、山帰来(ユリ科のサルトリアバラの塊茎)、生糸、あらゆる種類のガラス盃、胡椒などがあり、日本からの輸出品としては麻、青色染料、白布赤色染料、米、硝石、硫黄などがある。そして、セリースは金と銀は豊富で上質であるが、金は高価であるため、貿易による利益は得にくく、銀は交易する価値があると評価したのである。セリースの記録にはこれらの商品をパタニ、シャム、バンダムなどで中国のジャンク船に出会い、安価で調達したと書かれており、このことから東南アジアの各地を舞台に日本—中国、日本—東南アジア間の中継貿易を行ったことがわかる⁷⁷⁾。

岡 美穂子氏は16世紀末から17世紀前半にかけてのポルトガル船、朱印船、オランダ船が日本へ運んだ商品を様々な文献記録から調べ、まとめている。その研究によると、特にシャムからの商品には必ず鉛が含まれていたことが分かる^{91~92)} (表23)。

前述で調べた内容も含めてみると、ポルトガル船やオランダ船、イギリス船などは東南アジアのパタニなどのシャム、すなわち現在のタイから鉛を積み込み、日本へ運んだことが分かる。前章でタイ所在の鉛鉱山の鉛同位体比分析の結果で、タイのSong Toh鉱山の鉛同位体比値が東南アジアにその産地があると推定されているN領域と一致したこと、16~18世紀に現在のタイから鉛が日本へ運ばれた事実が文献記録から確認できたこと、実際にその時代の日本出土の遺物からタイ産鉛原料が見つまっていることなどは、文献記録の内容を科学的な分析で証明したこと、あるいは科学的な分析の結果を文献記録が裏付けたことになり、断片的な記録や証拠を基にした研

究を一つに繋げたことになる。

表23 シャム産商品の推移

出典	年代	品目
ポルトガル船取引商 品覚書	推定1585年～ 1600年	銀、マスケット銃、安息香、ウ コン油、椰子油、蘇木、鉛、米
地方別朱印船輸出入 品目	1603年～1633年	蘇木、鹿皮、鮫皮、水牛角、 鉛、銀、竜腦、血竭、更紗、木 線縞、象牙、籐、珊瑚珠、沈香
オランダ船日本市場輸入暹 羅商品数量表	1634年	鹿皮、鮫皮、蘇木、極上沈香、 鉛、銀、カンボジア胡桃、黄 膏、乾檳榔、太泥籐、象牙、黒 砂糖、黒漆

● 日本の銀と東南アジアの鉛

今までに調べた文献記録の内容でもう一つ注目されるのはヨーロッパ人による東南アジアとアジアの中継貿易によって日本から銀が輸出され、鉛が輸入されたことである。銀の輸出と鉛の輸入の意味についてより詳しく述べてみる。

イスパニアがアメリカ大陸を植民地化し、現地での金と銀の生産に力を注いだ。ボリビアとメキシコでは巨大な銀鉱が開発され、莫大な量の銀が産出されるようになった。産出した銀はイスパニアを通してヨーロッパに送られたが、それと共に莫大な量がアジアにも輸出された。銀はアジアにおける貿易に関する決済手段として利用されていたが、特に中国では銀の需要が高かった。中国でも銀は支払い手段としてよく利用されていたが、16世紀中葉に実行した一條鞭法、すなわち、すべての租税収入を銀に統一する政策によって銀の需要量が増加したのである⁷⁴⁾。中国は主にイスパニアと日本との交易で銀を手に入れた。1586年のペドロ・デ・ローハスのイスパニア国王宛書翰には中国船がフィリピンから舶載するものは銀のみであったこと、1602年のフライ・マルチン・イグナシオ・デ・ロヨラの覚書には、メキシコとペルーから毎年200万ペソの銀がフィリピンに送られ、その悉くが中国人の手中に帰すると報ぜられた⁷⁸⁾ことなどから、当時、中国に輸入された銀の量が莫大だったことがわかる。

日本でも銀鉱の開発と技術発達によって銀の生産量が増加していた。日本は中国から絹織物を輸入し、銀を輸出したが、その交易を担当していたのがマカオを中継基地とした中国およびポルトガルの商人であった。日本で銀鉱山の開発が開始されたのは戦国大名の戦争資金を備えるためであったが、銀貿易による利益が莫大だったた

め、産出された銀を交易品として取り扱うことにした。より短時間でより多くの銀を産出するために新たな製錬法も導入された。灰吹法という製錬法は 銀鉱石に鉛を加えて貴鉛という合金を作り、フイゴで炉内に空気を吹き入れ、酸化した鉛を灰に吸収させ、銀を分離する方法である。すなわち、灰吹法を利用することで銀の生産量を増やすことが可能になったのである。

しかし、当時の大名にとって銀は高利益を得る良い商品でもあったが、大量の銀を産出させるためには大量の鉛の確保が必須的であった。当時、日本での鉛鉱山の開発は行われ、鉛の産出はあったが、戦時状態といった特殊な状況とかみ合わせ、鉄砲弾としても利用されたため、鉛の需要量が供給量を超える結果を生み出した。戦国大名にとって領土拡張、地域統一などの戦いで勝利するためにはポルトガルから伝来した鉄砲の確保は決定的な要因の一つであった。鉄砲と共に、火薬、鉄砲玉の原料となった鉛の確保も勝利のための重要な要素であった。別府大学の飯沼賢司教授による日本側とヨーロッパ側の記録を中心とした大航海時代の鉛の流通に関する研究⁷⁷⁾によると、16世紀後半から17世紀初頭には大量の鉛が東南アジアのパタニやアユタヤでジャンク船やヨーロッパ船に積み込まれ日本に運ばれた。そして、17世紀初頭には日本も直接東南アジアのシャムに朱印船を送り、鉛を輸入した。

この事実は当時、日本で必要とした鉛の需要量がどの程度であったかを推定させる。正確ではないが、17世紀の日本の銀輸出量は年20万kgと推定されている。年間このくらいの銀を生産するためには莫大な量の鉛と鉄砲玉の原料にもなる鉛も確保する必要があった。日本では、鉛の国内生産量だけで需要量を充当できず、東南アジア

からも輸入したことがわかる。

この内容に関しては鉛同位体比分析が行われた戦国時代の鉄砲玉の分析結果からも確認することができる⁸⁰⁻⁸¹⁾。戦国時代の鉄砲玉には主に日本産の原料が利用されていたが、かなりの割合で東南アジアと推定されるN領域の原料も確認されたのである。前述した文献記録やタイ所在の鉛鉱山の鉛同位体比分析結果の内容を参考にと、N領域の産地は東南アジアの中でもタイのSong Toh鉱山である可能性が非常に高い。すなわち、記録に残っているように東南アジアから鉛が日本に運ばれたことを分析結果が後押ししていることである。

● N領域の鉱山(タイのSong Toh鉱山)の採掘および使用期間

N領域の原料(タイのSong Toh鉱山)が確認された資料は原城跡遺跡出土のキリスト教関連資料(16～17世紀)、韓国の武寧王陵出土のガラス片(5～6世紀)、タイ出土の青銅製品(紀元前後)、カンボジア出土の青銅製品・ガラス製品(紀元前後)で、遺跡別の時代差は非常に広い。そこで、紀元前後から16～17世紀まで一つの鉱山が持続的に使用され、鉛が採掘されたのかが疑問に残る。本章では現代に金属の埋蔵量と採掘量を基準に10世紀以上の時間が経ても一つの鉱山の原料が利用された可能性があるかどうかを調べてみる。そのため、日本の金属資源情報センターがタイのSong Toh鉱山に関して調査した結果を基に、Song Toh鉱山の利用可能な期間を推測してみた。

タイの金属鉱床に関する調査は日本の金属資源情報センターによって行われている⁷¹⁾。鉛鉱床に関してはカンチャブリ県のSong Toh鉱山が調査されている。この鉱山は1970年代後半に開発され、1989年には年間生産量が約4万トンを超えており、埋蔵量は約850万トンと推定されている。

ある鉱山が10世紀以上の時間が経ても使用できるかどうかを確認するためには埋蔵量と共に生産量を調べる必要がある。このためには、Barrettの大航海時代のアメリカ大陸から生産された金属の産出量が参考になる。彼は大航海時代のアメリカ大陸の金属(金、銀)産出量に関する研究を集めてまとめたが、その内容をみると、16世紀の銀の産出量は約1万5,000トン、17世紀は約3万トン、18世紀は約5万トンとされている⁷⁴⁾。この量は銀の産出量であるため、銅・鉛の産出量と直接つながることではないが、参考にはなる。この銀の産出量を参考にして、タイの鉛鉱床のSong Toh鉱山の産出量を推

定してみよう。1989年においてSong Toh鉱山の鉛の産出量は年間約4万トンであった。埋蔵量は約850万トンであるため、1989年の産出量を基準として計算してみると、採掘可能な期間は約212年である。しかし、1989年以前には鉛の産出量が年間4万トンより少なかったはずである。16世紀に需要量が多かった銀の年間産出量が約1,500トンであったことを考えると鉛生産量が1989年の1/10～1/100と考えるだけで、2,000年以上あることになる。すなわち、採掘可能期間は約1,700年～5,000年を超える。結果として、N領域の原料(SongToh鉱山)が10世紀以上使用されたとしても、理論的には問題はない。

N領域の原料(Song Toh鉱山)が確認された資料の時期は紀元前後から16世紀～17世紀まで幅広いが、当時の銅・鉛の産出量を考えると、現在の大規模の鉱山であれば、どこであっても10世紀以上の時間が経ても一箇所あるいは近隣の鉱山から鉱物が採掘されていた可能性は十分あると考えられる。

2. 百済ガラスの領域(仮定)の検討

前章では百済王宮里遺跡、弥勒寺址出土のガラス片や坩堝に付着したガラスなどに関して鉛同位体比分析を行い、すべてのガラスが鉛同位体比の図で一本の直線上に分布し、少なくとも百済地域ではガラス製作に用いられた規格化された原料がある可能性を確認した。一方、前章ではカンボジア・プンスナイ遺跡から出土した青銅製品とガラスビーズでは両者からN領域の原料が確認され、青銅製品とガラスビーズの原料は類似していることを確認した。

百済の遺跡から出土したガラスが一本の直線上に分布し、これがガラス製作用に規格化された原料であると考えられることができる。しかし、百済の遺跡から出土したガラスの原料がカンボジアのように、青銅製品の原料と類似しているかどうかはまだ分かっていない。百済地域から出土した青銅製品の示す鉛同位体比値がガラスと全く異なるのであれば、青銅製品には異なった原料が利用された可能性が考えられる。あるいは百済ガラスが分布する直線の領域が百済地域で産出された原料を意味するのであれば、青銅製品からも類似した原料が確認される可能性がある。この章では百済地域から出土したガラス(王宮里遺跡・弥勒寺址出土のガラス)と青銅製品の鉛同位体比分析の結果を調べ、原料上ではどのような傾向が現れるのかを調べた。

比較した資料は韓国の全羅道から出土した青銅製品で、紀元前10世紀～紀元後7世紀まで様々である。これらの青銅製品の鉛同位体比分析結果³⁰⁾を本研究資料の王宮里遺跡、弥勒寺址出土のガラスの鉛同位体比分析結果と比較し、図115-116に示した。韓国の全羅道出土の青銅製品は設定されている東アジアの領域の中に分布し、ガ

ラスの分布とははっきり異なることが確認できた。これは各資料の時代が異なるための結果とも思われるが、青銅製品の中にはガラス資料と類似した時代の製品も含まれており、必ずしも時代の違いによる結果とも思いにくい。百済ガラスの原料と仮定した直線は百済のガラスでしか確認できず、同一地域で出土した青銅製品では確認されないことは、青銅製品とガラス製品の製作に用いられた鉛原料が異なる可能性を意味する。このことは前述したタイの場合とは対照的で、青銅製品の製作に一般的に用いられる方鉛鉱はガラスを製作する際には利用されなかったことを示唆する。百済ガラスに用いられた鉛が白鉛鉱であるかどうかは分からないが、タイのように韓国でもガラスには白鉛鉱が用いられたと仮定すると、百済ガラスの原料の直線は方鉛鉱ではなく、白鉛鉱の産地を意味する可能性がある。

百済ガラスの原料と仮定した直線に関してはより多くのガラス製品と他地域出土のガラス資料、そして青銅製品と鉱山資料との比較が行われる必要があるが、韓国ではガラス製品に関する鉛同位体比分析はあまり活発的に行われていないため、今後、より多くの資料が研究されることを期待するしかない。

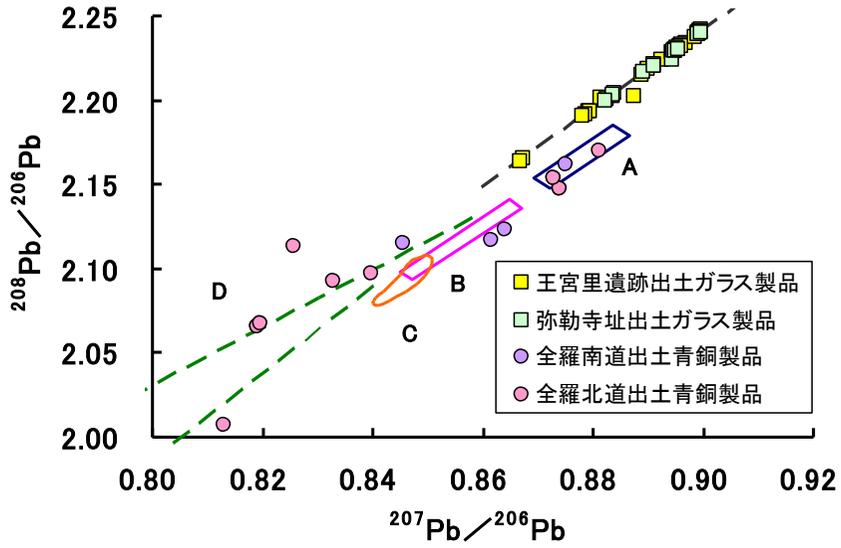


図115 百濟地域出土のガラスと青銅製品の鉛同位体比
 $(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})$

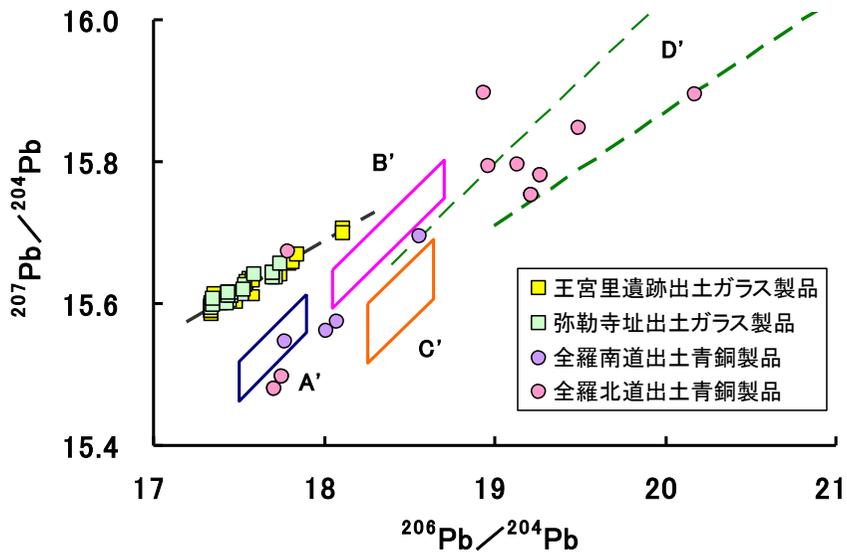


図116 百濟地域出土のガラスと青銅製品の鉛同位体比
 $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$

3. N領域の原料からみた時期別交流ルート

ユーラシア大陸の東部に位置する中国、韓半島、日本列島が含まれる地域は東アジアと呼ばれ、先史時代から陸路と海路を利用して直接・間接的な交流を続けてきた。特に、シルクロードと知られている陸路は先史時代からの主要交易路であり、東と西の地域をつなぐ交通路でもあった。この道を通じて多くの文物が東西間に交換され、文化や文明の発生・発達に影響を与えた。船舶技術の発達によってより安全な航海が可能性になると、陸路での交流より海路を通した人間の交流や物資の移動が盛んになった。特に大航海時代になると、海路が主な貿易路として利用されるようになった。本研究で述べているN領域の原料は海路を利用して東南アジアから韓国・日本まで運ばれた交流・交易品であり、当時行われた国際交流活動の結果でもある。

前章と本章で述べたN領域の原料が紀元前後のタイ・カンボジアの青銅製品、5～6世紀の韓国のガラス製品、17世紀頃の日本のキリスト教関連製品から見つかったことは、N領域の原料が1,600年間以上の間、原料および製品として東南アジアのタイから、中国・朝鮮半島・日本などの東アジア地域へ広がったことを意味する。その際に利用された海路が同一であるかどうかは分からないが、交流・貿易の主体は異なっていた可能性が高い。桜井由躬雄氏は古代中国における南海交易ネットワークに関して研究したが、それによると、中国において最初の南海ルートの記述は『漢書』地理志にみられるインドへの旅程記録であり、記録は残っていないが秦末期に秦将趙佗の建国した南越国の官印が北部ベトナムでも確認されていることから、少なくとも秦の時代にも東南アジア地域との交流があったこ

とが分かる⁸²⁾。六朝期になると、『梁書』には狼牙脩(パタニ)の名が現れる。パタニはN領域の鉛を積み出した港の一つと推定されており、5～6世紀の百済武寧王陵出土のガラス製品からこのタイのN領域の鉛が検出されている。

百済が東南アジア(特に、タイ)と何らかの関わりがあったことは定説になっているが、それが直接的な交流であったのか、それとも中国からの間接的な交流であったのかに関しては議論がある(参考文献)。その中で、李道学氏は『日本書記』巻19欽明天皇4年秋9月の記録に「百済の聖王が543年頃、日本に扶南産物品と奴隸2名を送った」という内容が書かれていることなどを挙げて、5世紀末～6世紀には百済と東南アジア間に交流があったと主張している⁸³⁾。実際に百済が扶南を訪問したか、インドシナ半島で東南アジアの諸国とどのような接触があったのかはわからないが、東南アジア、特にタイに産地があるN領域の原料が武寧王陵出土のガラスからも確認されていることは、百済と東南アジアの間には直接あるいは間接的な交流があった可能性を高める結果である。5～6世紀の百済の武寧王陵から出土したガラス(N領域の原料が確認されたガラス)は中国あるいは百済の対外交流活動の産物であろう。

中国あるいは百済によって韓国までもたされたタイのN領域の原料は16世紀末～17世紀になると日本でも頻繁にみられる。しかし、それ以前にもN領域の原料は日本でも検出されていた。熊本県に所在する小田良古墳から出土した橢形ガラス玉4点はN領域の原料を用いたことが明らかになっている⁸⁴⁻⁸⁵⁾。小田良古墳出土のガラス玉は5世紀後半～6世紀前半の製品で、現在のところ、日本出土の考古遺物の中でN領域の原料が確認された最古の資料である。小田良古墳

出土のガラス玉は東南アジアのタイから製品あるいは原料として中国・韓国の百済にもたらされ、中国あるいは百済から日本へ運ばれたと判断される。特に、通説では百済と九州地域は強い交流関係をなしており、さらに『日本書記』の記録からも分かるように、百済が日本に東南アジアの扶南の奴隷を送ったことなどを考えると、小田良古墳出土のガラスは東南アジアの産物が百済によって日本にもたされた可能性が高い。

それ以来、16世紀後半～17世紀以前の考古遺物からN領域の原料が見つかった例はまだ報告されていない。6世紀以後から16世紀までの間にも中国あるいは韓国によって東南アジアの製品および原料が日本に流れ込んだ可能性は十分あるが、この時期の中国・朝鮮半島・日本出土の考古資料の中でタイのN領域の原料が確認された例はまだないので、断定はできない。ただし、15世紀の博多商人の日鮮貿易品をみると、その間にも東南アジアからの原料が中国・朝鮮・日本の三国に流通していたことが推測される。日本でN領域の原料が本格的に利用される直前の15世紀頃は博多商人を中心とした日鮮・日明貿易が行われた時期で、宗金のような博多商人は朝鮮国王から貿易の許可を示す銅印を与えられるなど、九州探題や大名達の使者として、商人として活発な貿易活動を行った。当時、博多商人の日鮮貿易品に関して田中健夫氏が研究成果を集めてまとめているが、それによると、日本からの輸出品は日本国産品と琉球・中国・南蛮の中継品に区分される⁸⁶⁾。その中で琉球・中国・南蛮からの輸出品には鉛・白鉛も含まれている。その鉛が中国産か東南アジア産かは分からないが、南蛮(東南アジア、特にタイ)からの鉛である可能性は否定できなく、少なくとも15世紀には中国・日本の商人

によって三国に東南アジアの鉛(特にタイ)が流れてきた可能性が挙げられる。

16世紀後半～17世紀は日本でN領域の原料が日本・中国・朝鮮半島産原料と共に一般的にみられる時期である。この時期はヨーロッパ諸国との南蛮貿易を行うことで莫大な利益を得ようとした戦国大名の努力とアジアへの進出を目的としたヨーロッパ商人の利害関係が符合した時期で、日本がヨーロッパとの南蛮貿易を通じて直接東南アジアとの交流を行った時期でもある。前述の「文献記録からみたヨーロッパ-東南アジア-日本間の交流」でも述べたように、ヨーロッパ人によって東南アジア(特に、タイ)の原料が日本に輸入されたことは、その以前の中国・朝鮮半島による東南アジアの産物の輸入が、ヨーロッパ人によって直接日本に流れてきたことを意味する。

以上のように、Ⅲ章とⅣ章で調べた内容を基に、N領域の原料が確認された時代と地域を中心に日本との交流関係を検討することで、日本の5～6世紀の貿易ルートと16世紀後半～17世紀の貿易ルートが異なる事実を確認した。これらのルートは既研究からすでに知られており、紀元前後から東南アジアと中国間の交流に使われていた貿易路であるが、本研究(原料の産地推定を研究)を通じて、一つの原料の産地からそのルートを科学的に再確認したことになる。そして、そのルートで東南アジア(特にタイ)から東アジアまでに東南アジア産の鉛が流れてきたことが明らかになった。すなわち、東南アジア産の鉛原料の生産地(タイのSong Toh鉱山)とその原料が流れてきた終着地が分かったことである。しかし、その原料がどのような経路で韓国・日本まで到達したのかを解明するためにはその間に存在す

る中国沿岸帯に関しても研究を行う必要がある。東アジア世界の中で最初に東南アジアとの交流を始めたのは中国で、その中国が利用した交易路で韓国・日本まで物資が移動し、大航海時代にはヨーロッパ商人との貿易が行われたことは前述のようである。また、中国出土の資料からはタイのN領域の原料が確認された例はないが、今後、中継地域となった中国・台湾・沖縄など出土の資料も含んで研究を進むと、古代および歴史時代に人間が利用した交易・貿易路を科学的な方法で証明・再確認できるのであろう。

V. 総合結論

考古遺物に関して鉛同位体比分析を行い、原料の産地推定の研究を続けた中で、2005年～2007年まで研究した大分県の大友府内町跡出土のキリスト教関連製品からこれまでには見られなかった新たな原料の産地を発見した。その原料は以前までは確認されなかった新たな原料の産地を意味し、その領域を平尾研究室でN領域と命名した。同遺跡から出土した金属製品についても鉛同位体比分析を行い、N領域原料の使用の可否を確認した。金属製品の一部からもN領域の原料が確認されたが、その資料は鉄砲玉のように、南蛮貿易に由来した製品あるいはその附属品であった。キリスト教や鉄砲などがヨーロッパの宣教師・商人達によって日本に伝来したことを考慮して、N領域の原料は南蛮貿易と関わっていると推定した。そして、N領域の産地は南蛮貿易の海路上のヨーロッパからインド・東南アジアを経由して日本に至るまでのどこかであると考えた。それ以来、キリスト教関連製品と鉄砲玉を中心に研究を続け、N領域の材料は主にキリスト教関連製品あるいは鉄砲玉の製作に用いられたことを確かめ、N領域の原料は南蛮貿易と関わっている可能性をより高めた。しかし、推定したN領域の産地の範囲は広すぎるため、原料の産地を推定する際には限界があった。

このような状況の中で、スペインとカンボジア・タイに出かけ、調査する機会を得た。これらの地域は南蛮貿易の出発地の一つであり、日本に至るまでの出発地あるいは中間経由地でもあった。調査対象も16～18世紀のスペインのメダイ、紀元前後の東南アジアの青

銅製品で、N領域のより具体的な産地を明らかにする際に良い資料でもあった。

本研究ではヨーロッパから東南アジアに至るどこかに産地があると推定されているN領域の鉛をより具体的に解明するため、日本出土のキリスト教関連資料と共に、スペイン出土のキリスト教関連製品、カンボジア・タイ出土の青銅製品に関して原料産地を調べた。その結果からN領域の産地の範囲を絞り、可能性をより高めるようとした。

N領域の産地の解明に、日本、スペイン、カンボジア、タイ出土の資料に関して原料の産地推定の研究を進めた結果、スペインの資料からはN領域の原料は確認できず、日本・カンボジア・タイ・韓国出土の資料からはN領域の原料が確認できた。このことはN領域の産地がヨーロッパにある可能性は低く、東南アジアにある可能性を高める結果であった。

一方、韓国では地域と時代によって古代ガラスの特性と変遷がみられることが科学的な研究で確認されているが、ガラス製作のための原料の供給問題に関してはあまり研究が進んでいない。いくつかのガラス製品に関しては鉛同位体比分析が行われた例はあるが、少ない資料数だけでは原料の調達・供給などの問題までには至ることはできなかった。それ故、本研究の一部として韓国の百濟遺跡から出土したガラス製品に関して鉛同位体比分析を行い、韓国でのガラス原料の供給と流通経路を確認しようとした。

韓国の百濟時代の遺跡から出土したガラス資料に関しても同様な研究を進め、武寧王陵出土のガラス製品を除いた資料(王宮里・弥勒寺址)は同一系統の原料であることを確認し、その原料の領域を

百済地域ガラスの原料と仮定した。このことは百済時代にはガラス製作の専用の原料があった可能性を示唆する結果であった。この百済ガラスの原料は福岡県宮地嶽古墳から出土したガラス資料からも確認され、ガラスの原料からも百済と北部九州のような、地域間の交流の実態が把握できることが分かった。

武寧王陵出土のガラスにはN領域の原料を用いた資料が一部に含まれており、少なくとも5～6世紀には東南アジアと百済の間には直接・間接的な交流があったと推測できた。武寧王陵出土のガラスからN領域の原料が確認されたことは、大航海時代に限らず、その以前からも東南アジアと東アジア世界の間には交流があった可能性を強く示唆する証拠である。

N領域の産地が東南アジアにある可能性、百済時代のガラスには規格化された原料が用いられた可能性を確認した上で、N領域と百済ガラスの領域について同時代・同遺跡出土の考古遺物との比較などから、原料の産地が示す意味を検討した。

タイでは歴史的に白鉛鉱が青銅・ガラス製品の製作に用いられたこと、カンボジア出土の青銅資料とガラス資料はN領域の原料が一部利用されていることなどから、東南アジアでは青銅製品の製作に一般的に使われた方鉛鉱は使われず、白鉛鉱のみが利用されており、N領域の原料もその一部である可能性を確かめた。また、タイに所在する銅鉱山および鉛鉱山と銅製錬関連資料との比較で、N領域の産地を調べようとした。そして、タイに所在するSong Toh鉛鉱山の鉛同位体比値がN領域に一致し、N領域の産地はタイのSong Toh鉛鉱山である可能性が非常に高いことが分かった。タイの資源調査局およびJOGMEC金属資源情報センターの報告書から、タイには2,000年

ほど稼動した大規模な鉱山帯があり、そこで活動していた一つの鉱山がSong Toh鉛鉱山であって長い歴史の間、金属原料として東アジアにまで流通していたことが分かった。

さらに、平尾良光・飯沼賢司教授の共著「大航海時代における東アジア世界と日本の鉛流通の意義」⁷⁷⁾を調べ、大航海時代にヨーロッパの国々はパタニ、シヤム、アユタヤなどの地域から日本行きの船に鉛を積み込んだことを文献記録から確認し、N領域の原料の産地はタイにある可能性が非常に高いことを明らかにした。これは、鉛同位体比分析の結果と文献記録の結果が一致したことになり、特定原料から物の動きを確認し、文献から裏付けすることができた意味で、歴史研究において非常に大きな意味や可能性を示唆している。

N領域の原料の採掘可能期間についても、大航海時代の銀の生産量を基に、タイのSong Toh鉛鉱山を中心に、紀元前後の東南アジア出土の資料から16～17世紀の日本出土の資料までに同一のN領域の原料が利用されたとしても理論的には矛盾がないことを確かめた。

また、タイのN領域の原料を韓国および日本に持ち込んだ主体に関しても文献記録を調べ、百済と日本にN領域の原料が輸入されたルートは時代によって異なることを確認した。

一方、百済地域で確認される青銅原料とガラス原料は異なることを明確にして、百済ではガラス製作のための特殊な原料、規格化された原料が選別されて利用されていたことをより明らかにした。

以上のように、本論文ではN領域の原料の発見からはじまり、その産地を解明するために日本・スペイン・カンボジア・タイ出土の資料に関して研究を続け、タイにN領域の産地がある可能性を指摘した。また、韓国百済地域のガラスの原料の領域を設定し、百済で

は規格化された原料があったこと、百済時代にN領域の原料を産出する東南アジアとの交流があり、その一部が日本まで運ばれていたことを明確にした。

本論文は東南アジア(特にタイ)のN領域の鉛が2,500年もの長い間、原料あるいは製品として東南アジアから東アジア世界へ広がったこと、また東アジアの中での物資の移動を一つの原料から確認したことで意味がある。すなわち、N領域の鉛は、紀元前から東南アジアの主要な鉛原料として利用され、5～6世紀には中国および百済人によって東南アジアー中国・百済ー日本のルートで流通し、16～17世紀にはヨーロッパ人によって東南アジアー(中国)ー日本のルートで輸入されたことを明らかにすることができた。それ故、N領域の原料という一つの原料が東南アジアから東アジアの各地で、異なった時代の製品にみられることは、東アジアでの物資の移動を全面的に見直す結果でもある。このことは文字記録がある時代だけではなく、文字記録がない古い時代に行われた地域間の人間・物資の交流も一つの原料から確認できる可能性を示唆している。

一方、韓国の百済地域のガラス原料の領域を仮定したことで、ガラス原料からも東アジアの中での人間・物資の移動が把握できるようになったことは意味がある。百済地域の規格化されたガラスの原料が同時期の日本の遺跡出土のガラスからも確認できたことは、東アジアの中でも特定地域間との交流を示す証拠として評価できる。

本論文はN領域の原料・百済地域のガラスの原料から長い時間の間に行われた東南アジアと東アジア間における人間・物資の移動や交流が時期によって異なったルートで行われた事実を科学的に明らかにしたことに意味がある。研究地域と時代をより広げ、時代によ

る物資の移動や地域間の交流をより全体的、総合的に考える必要があるが、それは筆者の今後の研究課題である。

附論. 産地推定研究の諸問題

鉛同位体比分析を応用した原料の産地推定研究が始まって以来、今までに多くの報告例があり、新たな事実も次々と明らかになってきた。そして、文字記録がない時代に行われた文化交流や人間および物質の移動を理解する際に良い研究方法として認められてきた。

しかし、研究が活発に行われるにつれ、考古学側からはいくつかの疑問点が指摘されている。特に、同位体が異なった重さであるため、考古遺物の製作の過程で同位体の分別が起きる可能性や分析結果の信頼性や解釈の問題などがよく課題になっている。これらの疑問に関して、理学的な分野からは同位体比の分別などの問題は起こらないという意見が主流であるが、考古学分野からはいまだに根強い不信感が残っている。

本章では同位体の分別に関する疑問と分析結果の信頼性および精密度に関して実際の実験を通して検証し、このような疑問点を明らかにした。考古学側からよく受ける疑問の一つである同位体の分別問題に関して、製錬の時と原料の再溶融の時に分けて、鉛同位体比の質量差による分別は起こらないことを証明した。分析結果の信頼性に関しては独立した3ヶ所の機関にある質量分析計で同一の資料を測って比較検討し、また精密度に関しては標準資料の測定値から検証した⁸⁷⁾。

1. 製錬・鋳造に関連した疑問点

1-1. 製錬時に同位体が変わるのか

鉛同位体比分析による原料の産地推定の研究においてよく受ける質問の一つは、鉛鉱石から鉛を製錬する時に溶融点が低い鉛の一部は蒸発し、重さが違う鉛の同位体に分別が起こる可能性に関することである。すなわち、同位体の蒸発あるいは分別が起こると、実際の鉱石が持つ鉛の同位体比とその鉛を含んだ金属製品の鉛同位体比は異なることになり、鉛同位体比分析から原料の産地を推定することはできないという意見である。本研究ではこの問題に関して鉛製錬を実験的に行い、鉛の同位体の分別問題を検討した。

まず、一つの鉛鉱石を用意し、鉛同位体比分析用の試料とした。用いられた鉛鉱石は方鉛鉱(PbS)である。この鉛鉱石をパウダー状に細かくつぶし、小型坩堝の中に炭素粉末と一緒に重ねて入れた。この坩堝を炭火の上に載せ、1時間ほど強熱した。溶けて坩堝の底に固まった鉛金属から鉛同位体比分析用の試料を採取した。この過程を振り返り、鉛の製錬を全3回行った。3回の製錬で得られた鉛金属は5点で、1回目の製錬から2点を、2回目の製錬から1点、3回目の製錬から2点の鉛金属を得た(写真45-48)。

この実験は製錬の前と後の鉛同位体比を比較することで、鉱石を金属に加工する際にみられる同位体比の変化を調べるのが目的である。しかし、小規模で簡単な方法で実験を行ったため、十分な大きさの鉛金属を得るのに限界があり、加熱温度や時間にも制限があった。ただし、この実験の目的は前述したように同位体比の変化を確認することであり、製錬の際に同位体比の分別が起きるかどうか

の判断には利用できる方法である。



写真45 鉛鉍石



写真46 細かくした鉛鉍石



写真47 鉛鉍石の製錬中の様子



写真48 製錬後に得られた鉛金属

実験で得られた鉛金属5点と鉛鉍石から鉛同位体比分析用の試料を採取し、全6点に関して分析を行った。鉛鉍石と3回の铸造で得られた6点の鉛金属の鉛同位体比值は図中で誤差範囲内の同一の場所に重なって分布した(図117~図120)。これは鉛鉍石が持つ同位体比の値とその鉍石製錬から得られた生成物である鉛金属の同位体比值には差異がないことを意味する。すなわち、この結果は鉍石が同一であり、途中に新たな原料の添加がない限り、製錬する際に同位体の質量差による分別や蒸発による同位体比の変化などは起こらないことを示している。

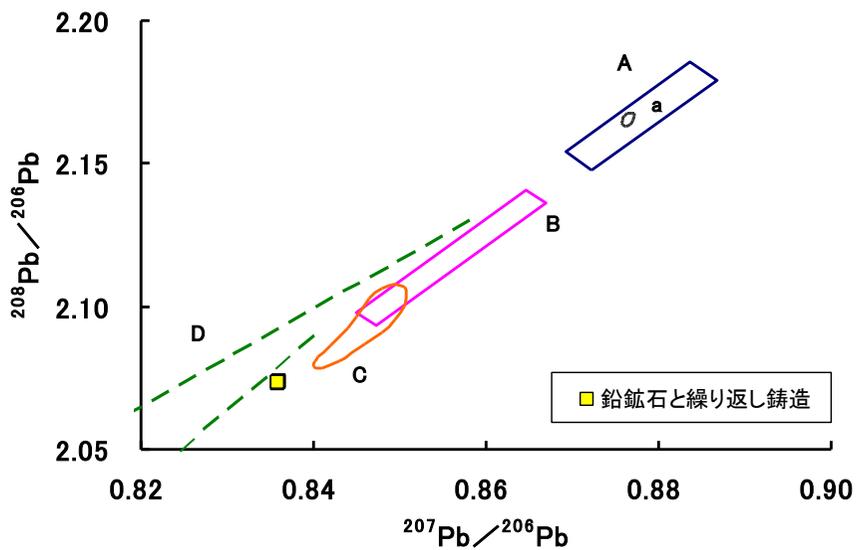


図117 铸造した鉛鉱石の鉛同位体比
 $(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})$

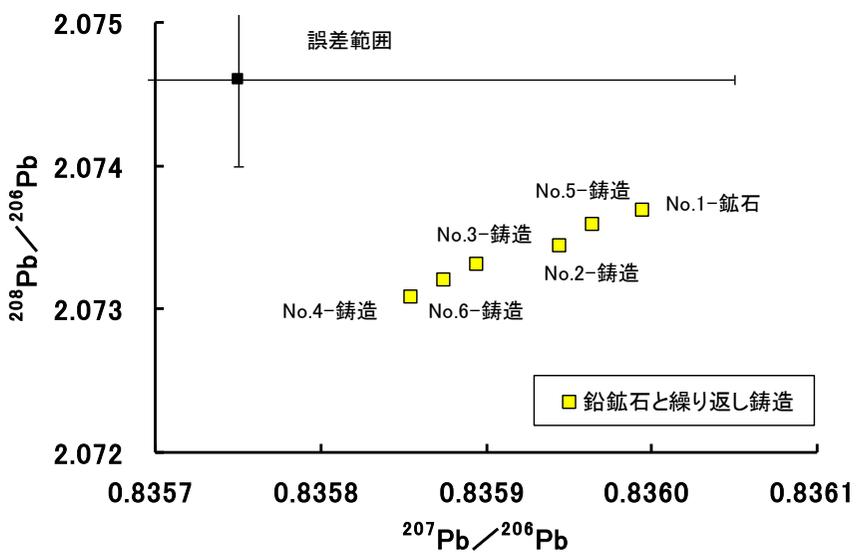


図118 図117の拡大図
 $(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})$

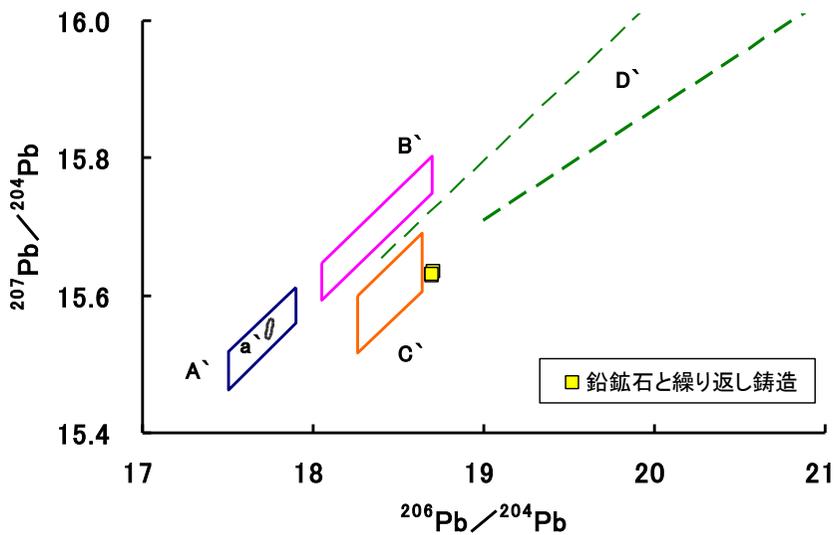


図119 铸造した鉛鉱石の鉛同位体比
 $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$

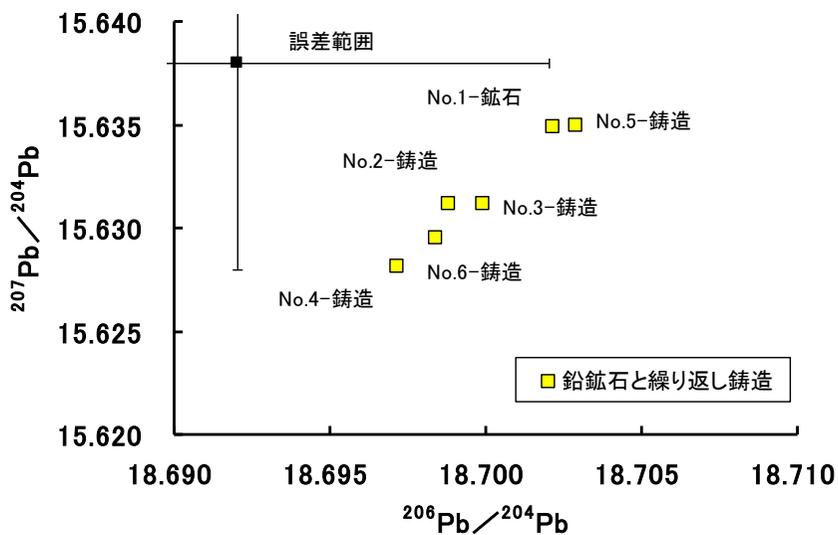


図120 図119の拡大図
 $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$

1-2. 再溶融時、同位体は変化するのか

鉛同位体比分析による原料の産地推定の研究において、青銅の再利用の問題は必ず出てくる。鉱石からインゴットを作り、それを溶かして製品を製作した場合ははじめ、何回かの鑄造の後に残った原料を集めて一つの製品を作る可能性、破損した青銅遺物を溶かして新たな遺物を作る可能性やそれに新たな原料を加えて新製品を作る可能性などが課題になり、実際、考古学的な調査でもその例は確認されている。そして、この事例を挙げて、鉛同位体比分析から原料の産地を推定することに限界があるとか、同位体の重さの違いと蒸発性の理由で、同一原料を何回か溶融すると同位体は変化するという疑問が出てくる場合がある。

鉛同位体比分析による原料の産地推定の研究は原料の混合が行われなかったことを前提にしているため、複数の鉱山からの鉱石を混ぜて製作されたインゴットあるいは製品、これらに既製の金属製品を溶かして混ぜた新たなインゴット・製品を製作した可能性などに関してはその原料の産地を推定することには限りがある。ただし、この問題についてOxfordの研究グループはApiliki鉱山と銅インゴットの分析結果が一致することを挙げ、複数の原料を混ぜることは一般的なことではなく、現実的にも不可能であると反論した⁶⁾。

本研究では同一原料を何回か溶融しても同位体比は変化しないことを2006年に行った自体の実験の結果から検討することにした⁸⁸⁾。この実験は複数原料の混合の可能性を除いていることで、原料の混合の問題は別項として取り扱う必要がある。そして、原料の混合の問題は混合したとみられる製品あるいはインゴットなどが多く確認され、データが蓄積されると、混合したことを意味する特殊な傾向

が結果として現れるはずである。

再溶融による同位体比の変化を確認するために、市販の銅、スズ、鉛を用いて質量200 gの青銅版(4×5×0.5cm)を製作した。青銅板は銅94%、スズ5%、鉛1%と銅75%、スズ20%、鉛5%の2種類を用意し、前者を青銅板A、後者を青銅板Bとした(写真49-50)。青銅板の鑄造は別府大学歴史文化総合研究センターが所有するヤマト科学株式会社マッフル炉Model F0220で行った。坩堝に一定の銅、スズ、鉛を入れ、1, 160°Cに設定した電気炉の中に入れて10分程度加熱して溶かした。金属が十分溶解したら炉から坩堝を取り出し、青銅板の鑄型に溶湯を流し込んだ。金属の溶湯が固まったら、鑄型から鑄物を取り外し、研磨して金属面を出した。製作した青銅板の上部、中部、下部の3ヶ所から鉛同位体比分析用の試料を採取した後、また炉に入れ、溶解した。この溶湯を前述のように鑄型に流し込んだ。この操作を11回繰り返して鑄造を行い、全66点の試料に関して鉛同位体比分析を行った。また、毎鑄造後には質量と化学組成を測り、毎回の鑄造による質量の変化と化学組成の変化を確認した。



写真49 鑄造した青銅板A



写真50 鑄造した青銅板B

毎回の鑄造による青銅板の質量の変化は図121に示した。総200 gの2つの青銅板は鑄造毎にその質量が徐々に減少した。これは毎回の鑄造毎に鉛同位体比分析のための試料採取や鑄造時のコボレ、バリなどによる損出の結果である。11回の繰り返し鑄造が終わった後の青銅板の質量は最初に比べ、半分以下に減少した。

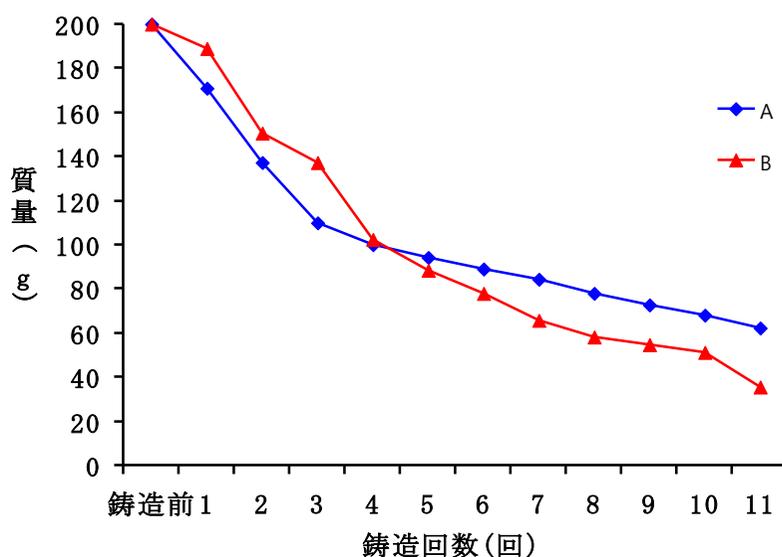


図121 繰り返し鑄造した青銅板の質量変化

一方、繰り返し鑄造毎に化学組成を測った結果を表24と25にまとめた。化学組成は別府大学歴史民俗総合研究センターが所有する堀場製作所(株)製エネルギー分散型蛍光X線分析装置MESA-500Sで行った。この実験から2つの青銅板の化学組成は11回の繰り返し鑄造が行われても、化学組成には変化がないことが確認できた。これは同一原料であれば、何回繰り返し鑄造が行われても化学組成は変わら

ないことを意味し、また質量の変化ともあまり関係がないことを意味する。すなわち、この実験は鑄造する際に原料の混合、熔融の段階でお互いが良く混合されていれば、質量が変わっても化学組成は変化しないことを証明する証拠である。

鑄造を何回繰り返しても質量と化学組成には変化がないことを確認した上で、採取した66点の資料の鉛同位体比値を調べた(表26-27, 図122-125)。青銅板AとBはそれぞれほぼ同じ値を示すことが分かった。これらの青銅板は両図中で誤差範囲内に重なって分布したが、これは新たな原料が加えられなければ、何回の繰り返し鑄造が行われても重さの違いや蒸発による同位体の分別は起こらないことを示す実験的な証拠として活用できる。

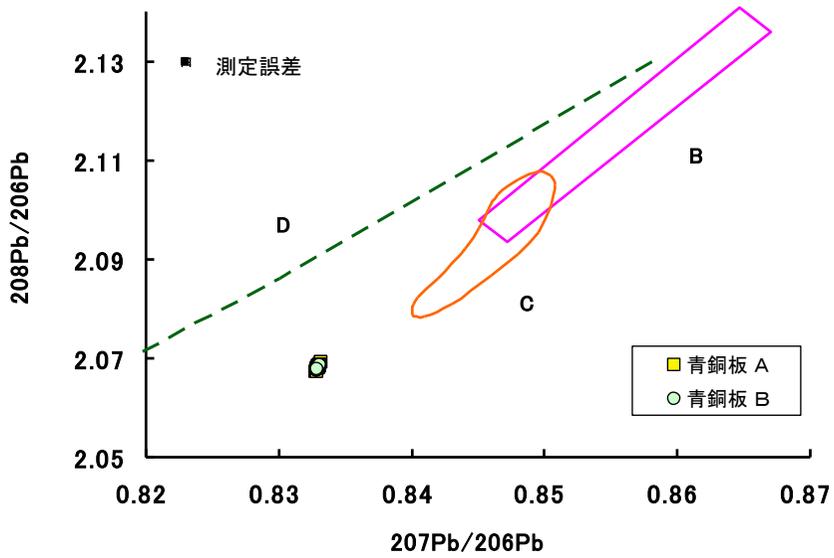


図122 青銅板の鉛同位体比

$$({}^{207}\text{Pb}/{}^{206}\text{Pb} - {}^{208}\text{Pb}/{}^{206}\text{Pb})$$

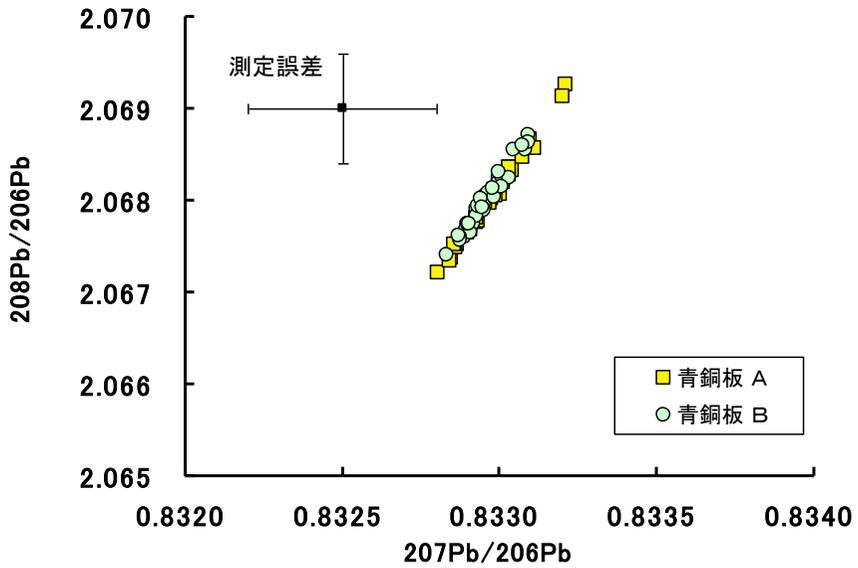


図123 図122の拡大図 (${}^{207}\text{Pb}/{}^{206}\text{Pb} - {}^{208}\text{Pb}/{}^{206}\text{Pb}$)

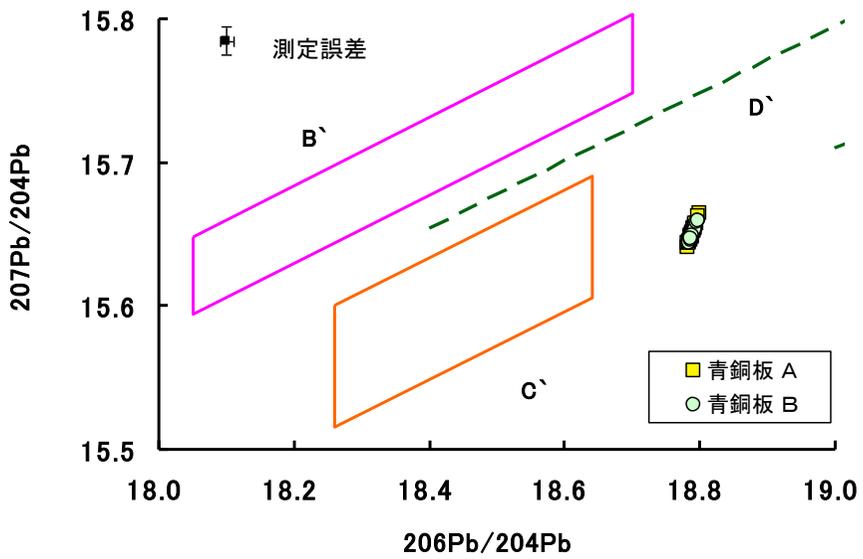


図124 青銅板の鉛同位体比

$$({}^{206}\text{Pb}/{}^{204}\text{Pb} - {}^{207}\text{Pb}/{}^{204}\text{Pb})$$

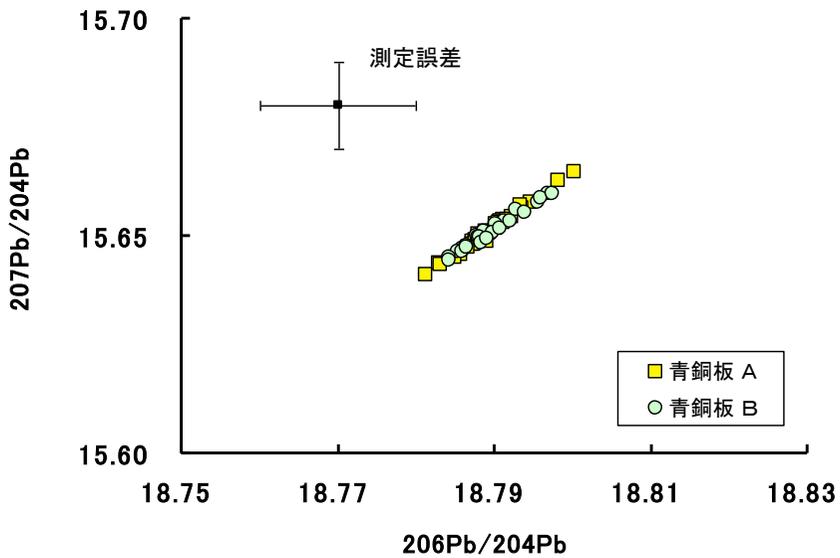


図125 図124の拡大図

$$({}^{206}\text{Pb}/{}^{204}\text{Pb} - {}^{207}\text{Pb}/{}^{204}\text{Pb})$$

表24 青銅板Aの化学組成(%)

回数	資料名	Cu	Sn	Pb
1回目	A	95.3	4.1	0.6
2回目	A	95.0	4.3	0.7
3回目	A	95.3	4.0	0.5
4回目	A	95.2	3.8	0.8
5回目	A	95.4	3.7	0.6
6回目	A	95.1	3.9	0.8
7回目	A	95.2	3.9	0.7
8回目	A	95.2	3.8	0.7
9回目	A	95.5	3.6	0.6
10回目	A	95.5	3.5	0.6
11回目	A	95.4	3.6	0.7
基準値		94.0	5.0	1.0

表25 青銅板Bの化学組成(%)

回数	資料名	Cu	Sn	Pb
1回目	B	77.7	18.1	4.2
2回目	B	78.0	17.9	4.2
3回目	B	77.4	17.8	3.9
4回目	B	77.8	17.5	4.0
5回目	B	78.4	17.1	3.9
6回目	B	77.5	17.6	3.8
7回目	B	77.8	17.6	3.9
8回目	B	77.2	17.6	4.1
9回目	B	77.9	17.4	3.8
10回目	B	78.8	16.7	3.5
11回目	B	77.8	17.6	4.0
基準値		75.0	20.0	5.0

表26 青銅板Aの鉛同位体比值(1/2)

番号	資料名	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号
1	1回目 上	18.792	15.654	38.869	0.8330	2.0684	BP2154
2	1回目 中	18.788	15.650	38.854	0.8330	2.0680	BP2155
3	1回目 下	18.781	15.641	38.825	0.8328	2.0672	BP2156
4	2回目 上	18.791	15.654	38.866	0.8330	2.0683	BP2157
5	2回目 中	18.791	15.653	38.863	0.8330	2.0682	BP2158
6	2回目 下	18.791	15.653	38.865	0.8330	2.0683	BP2159
7	3回目 上	18.800	15.665	38.902	0.8332	2.0693	BP2160
8	3回目 中	18.783	15.644	38.834	0.8329	2.0675	BP2161
9	3回目 下	18.790	15.652	38.860	0.8330	2.0681	BP2162
10	4回目 上	18.798	15.663	38.896	0.8332	2.0691	BP2163
11	4回目 中	18.795	15.658	38.880	0.8331	2.0687	BP2164
12	4回目 下	18.790	15.653	38.863	0.8330	2.0683	BP2165
13	5回目 上	18.792	15.654	38.865	0.8330	2.0682	BP2166
14	5回目 中	18.789	15.651	38.856	0.8330	2.0681	BP2167
15	5回目 下	18.794	15.656	38.874	0.8331	2.0685	BP2168
16	6回目 上	18.789	15.649	38.850	0.8329	2.0678	BP2169
17	6回目 中	18.793	15.657	38.875	0.8331	2.0686	BP2170
18	6回目 下	18.783	15.643	38.832	0.8328	2.0674	BP2171
19	7回目 上	18.790	15.652	38.858	0.8330	2.0680	BP2172
	誤差	± 0.010	± 0.010	± 0.030	± 0.0003	± 0.0006	

表26 青銅板Aの鉛同位体比值 (2/2)

番号	資料名	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号
20	7回目 中	18.786	15.646	38.839	0.8329	2.0675	BP2173
21	7回目 下	18.788	15.648	38.847	0.8329	2.0677	BP2174
22	8回目 上	18.788	15.649	38.849	0.8329	2.0678	BP2175
23	8回目 中	18.787	15.648	38.847	0.8329	2.0677	BP2176
24	8回目 下	18.787	15.649	38.848	0.8329	2.0678	BP2177
25	9回目 上	18.791	15.653	38.864	0.8330	2.0682	BP2178
26	9回目 中	18.789	15.649	38.847	0.8329	2.0675	BP2179
27	9回目 下	18.787	15.648	38.847	0.8329	2.0677	BP2180
28	10回目 上	18.788	15.649	38.850	0.8329	2.0678	BP2181
29	10回目 中	18.785	15.645	38.835	0.8328	2.0673	BP2182
30	10回目 下	18.787	15.649	38.852	0.8330	2.0680	BP2183
31	11回目 上	18.787	15.647	38.844	0.8329	2.0676	BP2184
32	11回目 中	18.791	15.653	38.865	0.8330	2.0684	BP2185
33	11回目 下	18.788	15.650	38.855	0.8330	2.0681	BP2186
	誤差	±0.010	±0.010	±0.030	±0.0003	±0.0006	

表27 青銅板Bの鉛同位体比值(1/2)

番号	資料名	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号
1	1回目 上	18.789	15.651	38.857	0.8330	2.0680	BP2187
2	1回目 中	18.789	15.651	38.858	0.8330	2.0681	BP2188
3	1回目 下	18.790	15.650	38.855	0.8329	2.0679	BP2189
4	2回目 上	18.789	15.650	38.856	0.8330	2.0681	BP2190
5	2回目 中	18.791	15.653	38.863	0.8330	2.0682	BP2191
6	2回目 下	18.793	15.656	38.874	0.8331	2.0685	BP2192
7	3回目 上	18.790	15.651	38.856	0.8330	2.0679	BP2193
8	3回目 中	18.789	15.650	38.856	0.8330	2.0681	BP2194
9	3回目 下	18.791	15.653	38.865	0.8330	2.0683	BP2195
10	4回目 上	18.786	15.647	38.843	0.8329	2.0676	BP2196
11	4回目 中	18.786	15.647	38.844	0.8329	2.0677	BP2197
12	4回目 下	18.790	15.653	38.863	0.8330	2.0682	BP2198
13	5回目 上	18.786	15.647	38.843	0.8329	2.0677	BP2199
14	5回目 中	18.788	15.650	38.854	0.8330	2.0680	BP2200
15	5回目 下	18.785	15.646	38.841	0.8329	2.0676	BP2201
16	6回目 上	18.784	15.645	38.838	0.8329	2.0676	BP2202
17	6回目 中	18.789	15.651	38.858	0.8330	2.0681	BP2203
18	6回目 下	18.788	15.650	38.852	0.8330	2.0679	BP2204
19	7回目 上	18.787	15.648	38.847	0.8329	2.0678	BP2205
	誤差	±0.010	±0.010	±0.030	±0.0003	±0.0006	

表27 青銅板Bの鉛同位体比值 (2/2)

番号	資料名	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号
20	7回目 中	18.790	15.651	38.856	0.8329	2.0679	BP2206
21	7回目 下	18.784	15.644	38.835	0.8328	2.0674	BP2207
22	8回目 上	18.791	15.652	38.860	0.8329	2.0680	BP2208
23	8回目 中	18.788	15.650	38.853	0.8329	2.0679	BP2209
24	8回目 下	18.788	15.648	38.846	0.8329	2.0676	BP2210
25	9回目 上	18.786	15.646	38.842	0.8329	2.0676	BP2211
26	9回目 中	18.797	15.660	38.885	0.8331	2.0687	BP2212
27	9回目 下	18.796	15.658	38.880	0.8330	2.0686	BP2213
28	10回目 上	18.794	15.655	38.872	0.8330	2.0683	BP2214
29	10回目 中	18.792	15.653	38.864	0.8330	2.0681	BP2215
30	10回目 下	18.796	15.659	38.882	0.8331	2.0686	BP2216
31	11回目 上	18.789	15.649	38.851	0.8329	2.0677	BP2217
32	11回目 中	18.797	15.660	38.884	0.8331	2.0686	BP2218
33	11回目 下	18.786	15.647	38.845	0.8329	2.0677	BP2219
	誤差	±0.010	±0.010	±0.030	±0.0003	±0.0006	

2. 分析結果の信頼性

原理的に通常の鉛同位体比測定では質量分析計が正常に制御されていると仮定して、同一資料であれば質量分析計が異なってもその値は同じである。ただし、表面電離型質量分析の場合、レニウムフィラメント上に鉛試料をリン酸とシリカゲルと共に載せて測定を行うが、シリカゲル溶液の作り方によって質量分析計内における鉛の蒸発やピークの強度に大きな影響がでる。このことは同一資料であっても測定条件によって、みかけ上の鉛同位体比値が異なる可能性があることを意味する。また、毎回の測定には機械的および人為的な原因による微妙な誤差、間違えなどの問題が発生する可能性も出てくる。そのため、鉛同位体比分析を行う時は絶対値が判っている標準鉛NBS(National Bureau of Standard : 現NIST)-SRM-981を測定資料と同一条件で測り、その値との比較で資料の値を補正する方法が一般的に利用されている。

本研究では同一資料を独立した3ヶ所の質量分析計で測定を行い、機器・分析条件による鉛同位体比値の違いを比較し、分析結果の精密度を調べ、信頼性を高めることを試みした。分析は別府大学で行った試料を高知大学コア総合研究センター、産業技術総合研究所つくばセンターに送り、各々の研究所が所有する質量分析計で測定した。

また、本来ならば、毎回の測定の際に国際標準鉛NBSを資料と同一条件で測り、アメリカ国立標準局が発表した値との比較で分析結果の正確度を判断する。しかし、本研究では鉛同位体比の正確度や精密度などをより強固なものとするために、毎回測定する際にNBS以外にも別府大学で作った独自の内部標準試料(長崎県松浦市金泉

寺所蔵の銅造如来坐像（以後、高麗仏）を測り、測定値のバラツキを判断することにした。これらのことから、分析条件や機械が異なっても、機械的な故障および人為的な間違いなどが無い限り、鉛同位体比値は変わらないことが証明でき、また、NBSと高麗仏の標準試料と定められた基準値とのズレを補正することによって鉛同位体比測定 of 正確度や精密度などを高めることができる。

3ヶ所の機関の異なった質量分析計（別府大学：サーモエレクトロン社製表面電離型質量分析計MAT262、産業技術総合研究所つくばセンター：VG社製表面電離型質量分析装置SECTOR54、高知大学海洋コア総合研究センター：サーモエレクトロン社製MC-ICP質量分析装置〔マルチコレクタ二重収斂型ICP質量分析計NEPTUNE-ES〕）である。鉛同位体比分析を行った資料は熊本県上日置夫木遺跡出土の小銅鐸、用七遺跡出土の珠文鏡である。これらの資料は2007年に別府大学で分析を行った資料で、分析結果が朝鮮半島産原料であることが明らかになった⁸⁹⁾。この結果はこれまでの研究成果とは異なった傾向を示しており、分析結果に疑問を持つ意見が提出された。その意味で、これらの資料を3ヶ所の機関が所有する異なった質量分析計で測ることは実際に浮かび上がった疑問を解決できる方法にもなる。

小銅鐸と珠文鏡を3ヶ所の機関の異なった質量分析計で鉛同位体比分析を行った結果、すべてが誤差範囲内に重なって分布した（表28，図126-131）。このことは機械的な故障や人為的な汚染、間違いの問題などが起こらない限り、質量分析計で測定された鉛同位体比値には違いがないことを証明する証拠である。

表28 3ヶ所の機関で測定した小銅鐸・珠文鏡の鉛同位体比值

番号	資料名	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号
1	別府/小銅鐸	19.332	15.800	39.885	0.8173	2.0632	BP1303
2	別府/珠文鏡	18.578	15.698	39.077	0.8450	2.1034	BP1304
3	*産総研/小銅鐸	19.310	15.781	39.832	0.8173	2.0628	—
4	*産総/珠文鏡	18.552	15.674	39.000	0.8448	2.1022	—
5	**高知/小銅鐸1	19.336	15.804	39.898	0.8173	2.0634	—
6	**高知/小銅鐸2	19.336	15.804	39.897	0.8173	2.0634	—
7	**高知/珠文鏡1	18.572	15.691	39.054	0.8449	2.1028	—
8	**高知/珠文鏡2	18.572	15.691	39.054	0.8448	2.1028	—
	誤差	± 0.010	± 0.010	± 0.030	± 0.0003	± 0.0006	

* 産総研の測定には松本哲一氏の協力を得た。

** 高知の測定には谷水雅活氏の協力を得た。

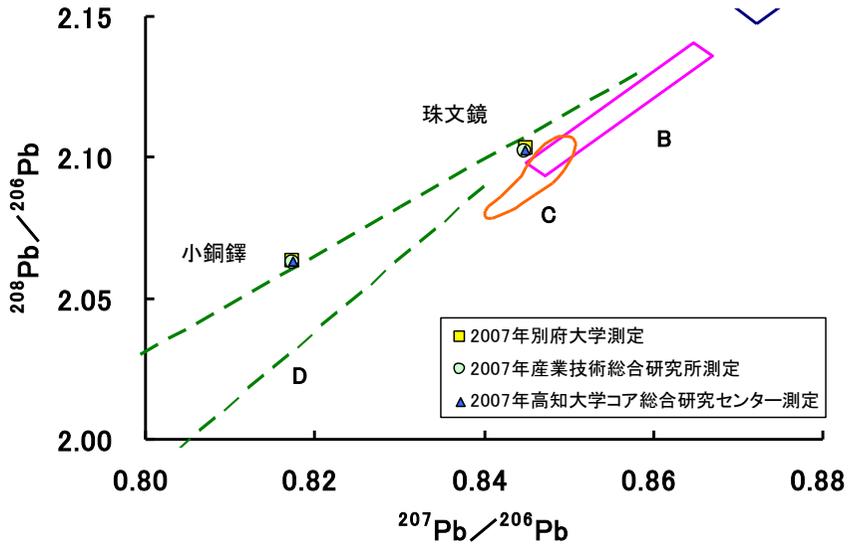


図126 3ヶ所の機関で測定した小銅鐸・珠文鏡の鉛同位体比
 $(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})$

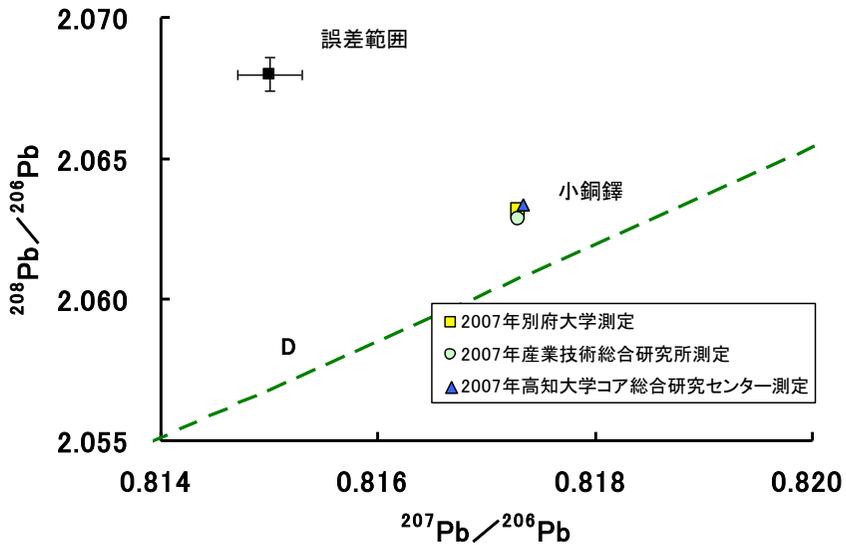


図127 図126の拡大図(小銅鐸)
 $(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})$

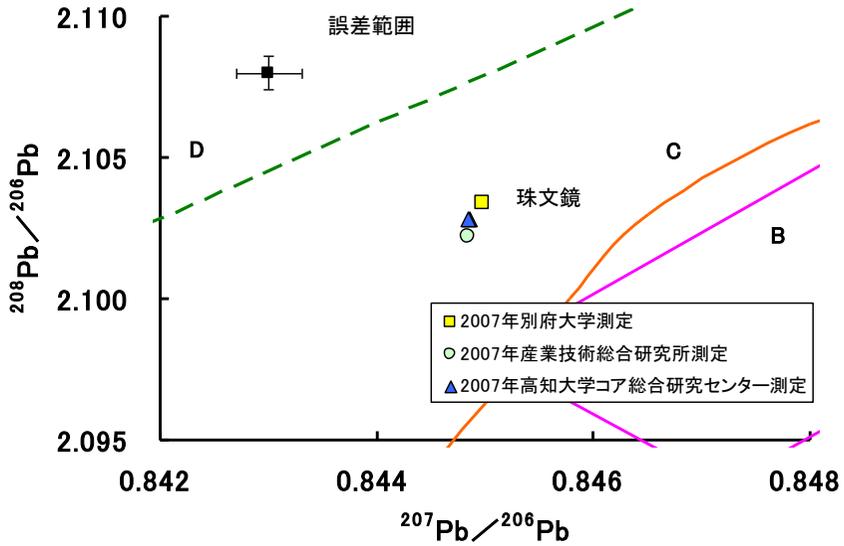


図128 図126の拡大図(珠文鏡)

$$({}^{207}\text{Pb}/{}^{206}\text{Pb} - {}^{208}\text{Pb}/{}^{206}\text{Pb})$$

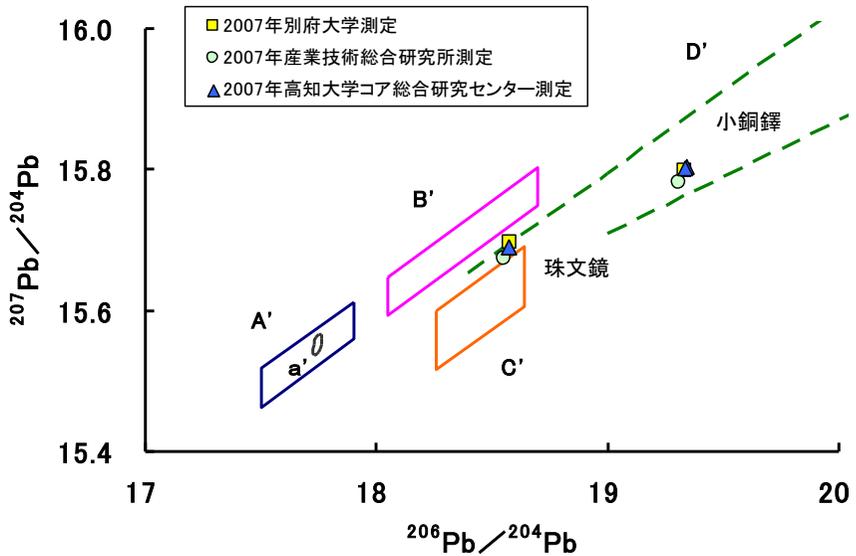


図129 3ヶ所の機関で測定した小銅鐸・珠文鏡の鉛同位体比

$$({}^{206}\text{Pb}/{}^{204}\text{Pb} - {}^{207}\text{Pb}/{}^{204}\text{Pb})$$

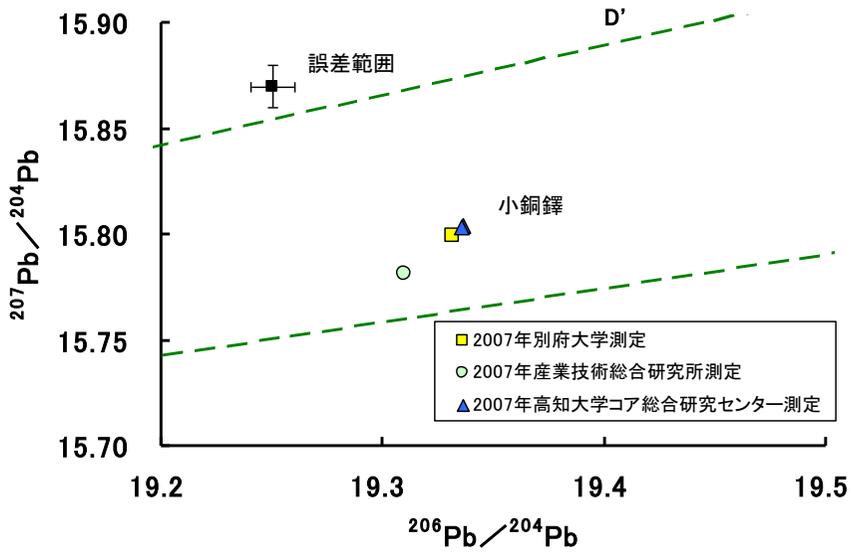


図130 図129の拡大図(小銅鐸)

$$(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$$

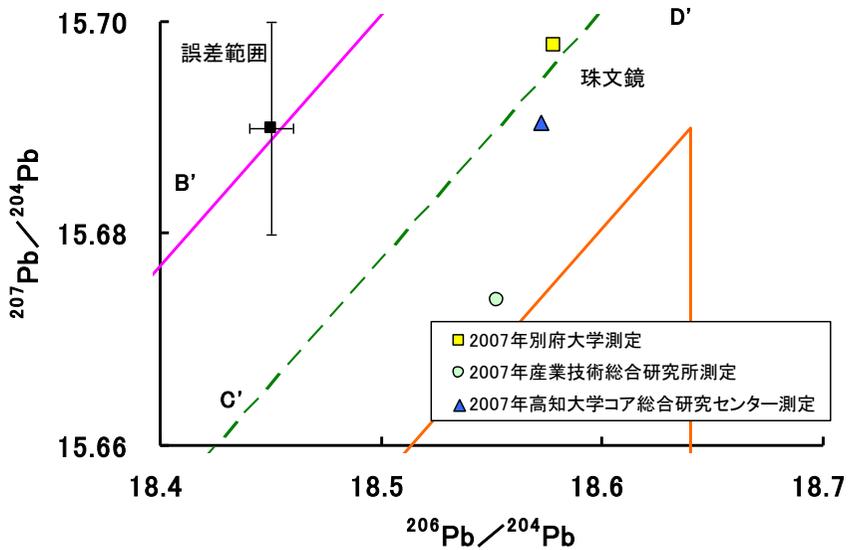


図131 図129の拡大図(珠文鏡)

$$(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$$

また、毎回の測定がどの程度の精密度、信頼性を持つかを証明するために独自の内部標準資料(高麗仏)の鉛同位体比分析の結果、2005年～2009年までに分析した高麗仏131点はすべてが中国華南産原料の領域内に位置した(表29, 図132-135)。これらの高麗仏は華南産原料の領域内でもかなり狭い範囲に重なって分布し、毎回の分析時の微妙に異なった環境や条件でも鉛同位体比值には大きな影響はなく、測定結果の信憑性を高める証拠になるであろう。しかし、この結果を細かくみると両図では高麗仏の値が左下から右上にかけて直線上に値がのびている。これは高麗仏の鉛同位体比がばらついているのではなく、NBS標準資料を用いた補正が必ずしも厳密に行われていない結果と判断できる。それ故、本研究での測定ではこのバラツキより精度の良い測定を行うことはできない。そこで、このバラツキの範囲を本研究におけるバラツキの範囲と仮定した。

分析を繰り返す際に高麗仏の測定値が平均値から大きくかけ離れた場合もあるが、その時はそれぞれの数値を考察し直すか、試料を再測定する必要がある。このように測定値が平均値と大きく異なる原因として、高麗仏およびNBS標準資料の測定値が通常値から離れた値を示した可能性が考えられる。この場合は一緒に測定した他試料の値を検討し、分析結果の正確性のために、再測定を行うことにした。

以上のことから高麗仏の鉛同位体比測定の値はほとんどが誤差範囲内に収まったことから、同一試料であれば、分析日、測定者、機器の状態などの条件が少し異なっても同一の値を示すことを証明し、分析結果の信憑性、精密度を高めることができた。

表29 高麗仏の鉛同位体比值(1/7)

番号	資料名	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号
1	高麗仏	18.309	15.666	38.790	0.8556	2.1187	BP3005
2	-	18.354	15.708	38.912	0.8558	2.1201	-
3	-	18.309	15.657	38.757	0.8551	2.1168	-
4	-	18.304	15.650	38.734	0.8550	2.1162	-
5	-	18.330	15.682	38.839	0.8555	2.1188	-
6	-	18.334	15.689	38.862	0.8557	2.1197	-
7	-	18.325	15.677	38.825	0.8555	2.1187	-
8	-	18.346	15.704	38.912	0.8560	2.1210	-
9	-	18.320	15.669	38.794	0.8553	2.1176	-
10	-	18.331	15.684	38.842	0.8556	2.1189	-
11	-	18.328	15.680	38.832	0.8555	2.1187	-
12	-	18.329	15.680	38.837	0.8555	2.1189	-
13	-	18.310	15.677	38.799	0.8562	2.1190	-
14	-	18.323	15.679	38.830	0.8557	2.1192	-
15	-	18.333	15.687	38.854	0.8557	2.1193	-
16	-	18.332	15.687	38.857	0.8557	2.1197	-
17	-	18.327	15.681	38.839	0.8556	2.1192	-
18	-	18.334	15.687	38.854	0.8556	2.1193	-
19	-	18.325	15.678	38.825	0.8555	2.1187	-
	誤差	± 0.010	± 0.010	± 0.030	± 0.0003	± 0.0006	

表29 高麗仏の鉛同位体比值(2/7)

番号	資料名	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号
20	高麗仏	18.321	15.673	38.810	0.8555	2.1183	BP3005
21	-	18.326	15.682	38.838	0.8557	2.1193	-
22	-	18.331	15.683	38.841	0.8555	2.1189	-
23	-	18.332	15.685	38.850	0.8556	2.1193	-
24	-	18.329	15.681	38.835	0.8555	2.1188	-
25	-	18.323	15.675	38.816	0.8555	2.1184	-
26	-	18.326	15.676	38.821	0.8554	2.1184	-
27	-	18.321	15.671	38.805	0.8554	2.1181	-
28	-	18.331	15.683	38.841	0.8555	2.1189	-
29	-	18.332	15.685	38.850	0.8556	2.1193	-
30	-	18.327	15.679	38.829	0.8555	2.1186	-
31	-	18.333	15.686	38.851	0.8556	2.1192	-
32	-	18.329	15.682	38.839	0.8556	2.1190	-
33	-	18.330	15.683	38.844	0.8556	2.1191	-
34	-	18.324	15.676	38.819	0.8555	2.1185	-
35	-	18.330	15.683	38.842	0.8556	2.1191	-
36	-	18.324	15.675	38.816	0.8554	2.1183	-
37	-	18.325	15.677	38.822	0.8555	2.1185	-
38	-	18.324	15.675	38.816	0.8554	2.1183	-
誤差		± 0.010	± 0.010	± 0.030	± 0.0003	± 0.0006	

表29 高麗仏の鉛同位体比值(3/7)

番号	資料名	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号
39	高麗仏	18.330	15.681	38.835	0.8555	2.1187	BP3005
40	-	18.324	15.675	38.816	0.8554	2.1183	-
41	-	18.322	15.673	38.808	0.8554	2.1181	-
42	-	18.323	15.673	38.810	0.8554	2.1181	-
43	-	18.324	15.675	38.817	0.8554	2.1184	-
44	-	18.332	15.687	38.857	0.8557	2.1196	-
45	-	18.319	15.671	38.804	0.8554	2.1182	-
46	-	18.329	15.682	38.840	0.8556	2.1191	-
47	-	18.323	15.674	38.813	0.8554	2.1183	-
48	-	18.326	15.678	38.824	0.8555	2.1185	-
49	-	18.324	15.677	38.825	0.8555	2.1188	-
50	-	18.326	15.677	38.822	0.8555	2.1185	-
51	-	18.339	15.690	38.865	0.8556	2.1192	-
52	-	18.334	15.687	38.853	0.8556	2.1192	-
53	-	18.324	15.675	38.815	0.8554	2.1183	-
54	-	18.314	15.663	38.777	0.8553	2.1174	-
55	-	18.321	15.672	38.809	0.8554	2.1183	-
56	-	18.327	15.680	38.831	0.8555	2.1188	-
57	-	18.337	15.692	38.875	0.8558	2.1200	-
	誤差	± 0.010	± 0.010	± 0.030	± 0.0003	± 0.0006	

表29 高麗仏の鉛同位体比值(4/7)

番号	資料名	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号
58	高麗仏	18.324	15.677	38.823	0.8556	2.1187	BP3005
59	-	18.325	15.677	38.824	0.8555	2.1186	-
60	-	18.333	15.686	38.855	0.8556	2.1194	-
61	-	18.328	15.681	38.837	0.8556	2.1190	-
62	-	18.324	15.676	38.822	0.8555	2.1187	-
63	-	18.321	15.672	38.806	0.8554	2.1182	-
64	-	18.322	15.672	38.807	0.8554	2.1181	-
65	-	18.326	15.678	38.828	0.8556	2.1188	-
66	-	18.330	15.682	38.838	0.8555	2.1189	-
67	-	18.315	15.665	38.785	0.8553	2.1176	-
68	-	18.325	15.677	38.825	0.8555	2.1187	-
69	-	18.320	15.673	38.813	0.8555	2.1186	-
70	-	18.328	15.679	38.828	0.8554	2.1184	-
71	-	18.320	15.671	38.805	0.8554	2.1182	-
72	-	18.324	15.677	38.824	0.8555	2.1187	-
73	-	18.321	15.670	38.799	0.8553	2.1177	-
74	-	18.323	15.675	38.815	0.8554	2.1183	-
75	-	18.322	15.672	38.807	0.8554	2.1181	-
76	-	18.329	15.680	38.830	0.8555	2.1185	-
	誤差	± 0.010	± 0.010	± 0.030	± 0.0003	± 0.0006	

表29 高麗仏の鉛同位体比值(5/7)

番号	資料名	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号
77	高麗仏	18.326	15.677	38.822	0.8555	2.1184	BP3005
78	-	18.323	15.672	38.806	0.8553	2.1179	-
79	-	18.330	15.681	38.837	0.8555	2.1188	-
80	-	18.324	15.674	38.810	0.8554	2.1180	-
81	-	18.325	15.677	38.824	0.8555	2.1187	-
82	-	18.321	15.672	38.806	0.8554	2.1180	-
83	-	18.314	15.662	38.776	0.8552	2.1173	-
84	-	18.321	15.672	38.808	0.8554	2.1182	-
85	-	18.330	15.683	38.842	0.8556	2.1191	-
86	-	18.315	15.663	38.779	0.8552	2.1174	-
87	-	18.319	15.670	38.802	0.8554	2.1181	-
88	-	18.320	15.670	38.802	0.8554	2.1180	-
89	-	18.325	15.677	38.823	0.8555	2.1186	-
90	-	18.327	15.680	38.832	0.8555	2.1188	-
91	-	18.345	15.702	38.907	0.8559	2.1209	-
92	-	18.324	15.676	38.818	0.8555	2.1184	-
93	-	18.325	15.679	38.828	0.8556	2.1188	-
94	-	18.312	15.665	38.790	0.8554	2.1183	-
95	-	18.328	15.680	38.834	0.8555	2.1188	-
	誤差	± 0.010	± 0.010	± 0.030	± 0.0003	± 0.0006	

表29 高麗仏の鉛同位体比值(6/7)

番号	資料名	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号
96	高麗仏	18.320	15.669	38.798	0.8553	2.1179	BP3005
97	-	18.317	15.667	38.792	0.8553	2.1178	-
98	-	18.333	15.686	38.855	0.8556	2.1194	-
99	-	18.328	15.681	38.837	0.8556	2.1190	-
100	-	18.324	15.676	38.822	0.8555	2.1187	-
101	-	18.323	15.675	38.822	0.8555	2.1187	-
102	-	18.328	15.680	38.834	0.8555	2.1188	-
103	-	18.325	15.681	38.829	0.8557	2.1189	-
104	-	18.312	15.663	38.778	0.8553	2.1176	-
105	-	18.349	15.708	38.924	0.8561	2.1213	-
106	-	18.342	15.699	38.894	0.8559	2.1205	-
107	-	18.322	15.673	38.760	0.8554	2.1155	-
108	-	18.331	15.683	38.793	0.8556	2.1163	-
109	-	18.315	15.664	38.782	0.8552	2.1175	-
110	-	18.321	15.673	38.811	0.8554	2.1184	-
111	-	18.324	15.676	38.820	0.8555	2.1185	-
112	-	18.323	15.674	38.814	0.8554	2.1183	-
113	-	18.322	15.674	38.813	0.8555	2.1184	-
114	-	18.322	15.673	38.812	0.8554	2.1183	-
	誤差	± 0.010	± 0.010	± 0.030	± 0.0003	± 0.0006	

表29 高麗仏の鉛同位体比值(7/7)

番号	資料名	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号
115	高麗仏	18.324	15.677	38.825	0.5555	2.1188	BP3005
116	-	18.323	15.674	38.812	0.8554	2.1183	-
117	-	18.315	15.664	38.780	0.8553	2.1174	-
118	-	18.323	15.675	38.816	0.8555	2.1185	-
119	-	18.336	15.687	38.853	0.8556	2.1190	-
120	-	18.320	15.672	38.808	0.8555	2.1183	-
121	-	18.325	15.676	38.820	0.8555	2.1184	-
122	-	18.347	15.703	38.909	0.8559	2.1208	-
123	-	18.318	15.668	38.792	0.8553	2.1177	-
124	-	18.327	15.681	38.837	0.8556	2.1191	-
125	-	18.323	15.675	38.817	0.8555	2.1185	-
126	-	18.343	15.692	38.858	0.8555	2.1184	-
127	-	18.315	15.667	38.798	0.8555	2.1184	-
128	-	18.325	15.675	38.820	0.8554	2.1184	-
129	-	18.325	15.679	38.831	0.8556	2.1190	-
130	-	18.330	15.683	38.843	0.8556	2.1191	-
131	-	18.320	15.671	38.805	0.8554	2.1181	-
誤差		± 0.010	± 0.010	± 0.030	± 0.0003	± 0.0006	

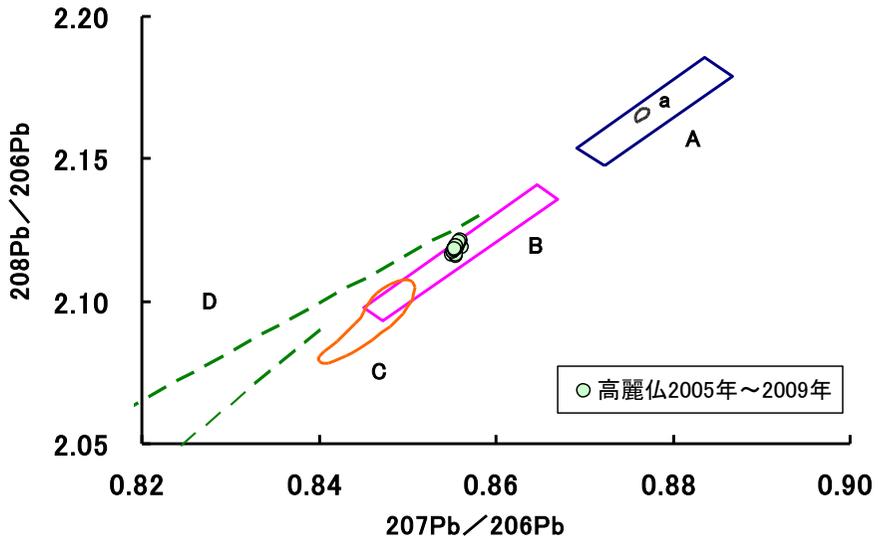


図132 高麗仏(別府大学独自の標準資料)の鉛同位体比
 $(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})$

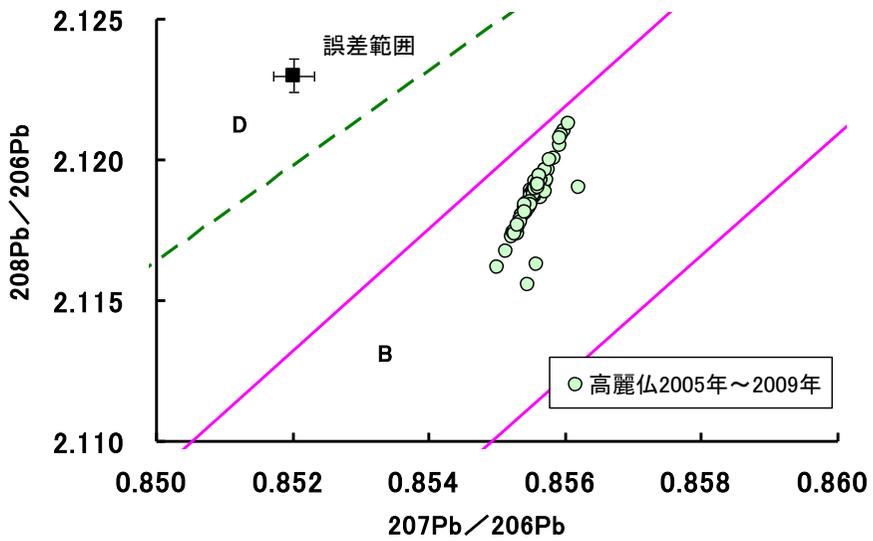


図133 図132の拡大図 $(^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}-^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb})$

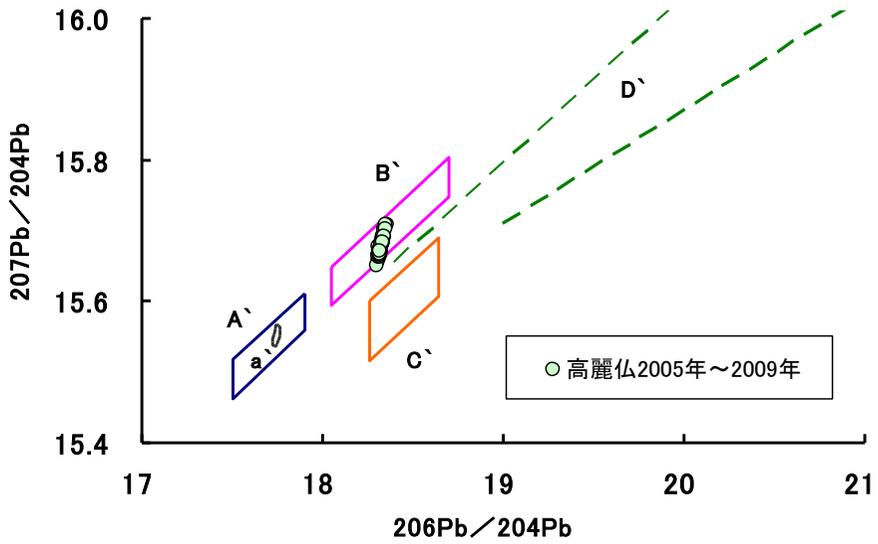


図134 高麗仏(別府大学独自の標準資料)の鉛同位体比
 $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$

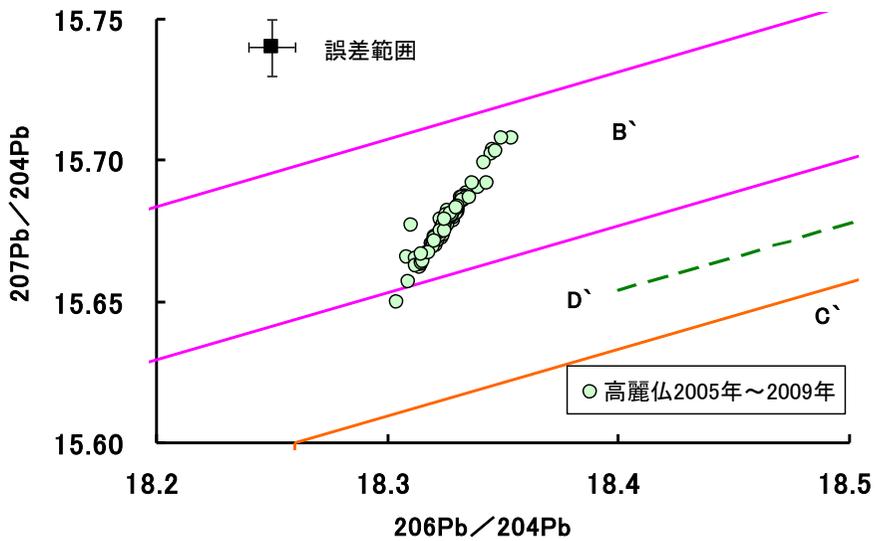


図135 図134の拡大図 $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}-^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$

付録1. これまで分析した日本出土の考古遺物の鉛同位体比值(1/7)

番号	地域	遺跡名	遺物名	時代	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb	測定番号	参考文献
1	大分県	大友府内町跡(2006)	ペロニカメダイ	中世	18.515	15.822	39.077	0.8546	2.1106	BP1021	10
2	-	-	府内形メダイ	中世	18.342	15.750	38.668	0.8587	2.1082	BP1025	10
3	-	-	府内形メダイ	中世	18.327	15.756	38.619	0.8597	2.1072	BP1022	10
4	-	-	府内形メダイ	中世	18.254	15.753	38.516	0.8630	2.1100	BP1023	10
5	-	-	府内形メダイ	中世	18.584	15.752	39.042	0.8476	2.1009	BP1020	10
6	-	-	府内形メダイ	中世	18.462	15.739	38.870	0.8525	2.1053	BP1024	10
7	-	-	府内形メダイ	中世	18.690	15.761	39.087	0.8433	2.0913	BP1026	10
8	-	-	鉄砲玉	中世	18.310	15.632	38.865	0.8538	2.1227	BP1036	10
9	-	-	ガラス玉	中世	18.462	15.725	38.968	0.8518	2.1107	BP1032	10
10	-	-	ガラス玉	中世	18.545	15.748	39.078	0.8492	2.1072	BP1033	10
11	大分県	大友府内町跡(2007)	分銅	中世	20.772	16.032	41.399	0.7718	1.9931	BP1185	11
12	-	-	鍵	中世	18.518	15.754	39.049	0.8507	2.1088	BP1186	11
13	-	-	鍵	中世	18.297	15.741	38.784	0.8603	2.1197	BP1187	11
14	-	-	分銅	中世	18.293	15.672	38.765	0.8567	2.1191	BP1188	11
15	-	-	クサリ	中世	18.301	15.740	38.804	0.8601	2.1203	BP1189	11
16	大分県	大友府内町跡(2007)	府内形メダイ	中世	19.208	15.814	39.700	0.8233	2.0669	BP1240	12
17	-	-	府内形メダイ	中世	18.331	15.678	38.834	0.8558	2.1185	BP1241	12
18	-	-	府内形メダイ	中世	18.252	15.751	38.497	0.8630	2.1092	BP1242	12
19	-	-	府内形メダイ	中世	18.288	15.748	38.545	0.8611	2.1076	BP1243	12
20	-	-	府内形メダイ	中世	18.260	15.752	38.518	0.8626	2.1094	BP1244	12
21	-	-	府内形メダイ	中世	18.252	15.749	38.487	0.8628	2.1086	BP1019	12
22	-	-	府内形メダイ	中世	18.238	15.750	38.477	0.8636	2.1097	BP1246	12
23	-	-	鉛玉	中世	18.346	15.597	38.623	0.8502	2.1052	BP1247	12
24	-	-	小柄	中世	18.312	15.713	38.776	0.8581	2.1175	BP1248	12
25	大分県	大友府内町跡(2008)	メダイ	中世	18.274	15.751	38.528	0.8619	2.1083	BP1029	13
誤差					±0.010	±0.010	±0.030	±0.0003	±0.0006		

付録1. これまで分析した日本出土の考古遺物の鉛同位体比值(2/7)

番号	地域	遺跡名	遺物名	時代	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb	測定番号	参考文献
26	大分県	大友府内町跡(2008)	メダイ	中世	18.369	15.680	38.757	0.8536	2.1099	BP1030	13
27	-	-	メダイ	中世	18.094	15.597	38.500	0.8620	2.1278	BP1031	13
28	-	-	指輪	中世	18.463	15.802	38.967	0.8559	2.1105	BP1233	13
29	-	-	チェーン	中世	18.325	15.714	38.812	0.8575	2.1180	BP1234	13
30	-	-	火挟み	中世	18.282	15.743	38.776	0.8611	2.1210	BP1235	13
31	-	-	不明銅製品	中世	18.327	15.684	38.835	0.8558	2.1190	BP1425	13
32	-	-	錠前	中世	18.427	15.508	38.658	0.8416	2.0979	BP1428	13
33	-	-	不明銅製品	中世	18.357	15.638	38.717	0.8519	2.1091	BP1429	13
34	-	-	銅小仏	中世	18.311	15.682	38.830	0.8564	2.1205	BP1430	13
35	-	-	分銅	中世	18.540	15.751	39.027	0.8496	2.1050	BP1435	13
36	-	-	銅釘	中世	18.285	15.740	38.777	0.8608	2.1206	BP1436	13
37	-	-	ハバキ	中世	18.368	15.681	38.795	0.8537	2.1121	BP1437	13
38	-	-	小柄	中世	18.384	15.696	38.725	0.8538	2.1065	BP1440	13
39	-	-	葉匙?	中世	18.304	15.746	38.805	0.8602	2.1200	BP1442	13
40	群馬県	荒砥前田Ⅱ遺跡	巴形銅器	古墳初期	18.358	15.648	38.943	0.8524	2.1213	BP1854	93
41	福岡県	寺福童遺跡4	銅戈1	弥生	17.631	15.519	38.254	0.8802	2.1697	BP1397	32
42	-	-	銅戈2	弥生	17.734	15.551	38.407	0.8769	2.1658	BP1398	32
43	-	-	銅戈3	弥生	17.678	15.527	38.311	0.8783	2.1672	BP1399	32
44	-	-	銅戈4	弥生	17.602	15.556	38.416	0.8838	2.1825	BP1400	32
45	-	-	銅戈5	弥生	17.710	15.528	38.339	0.8768	2.1649	BP1401	32
46	-	-	銅戈6	弥生	18.106	15.569	38.294	0.8599	2.1400	BP1402	32
47	-	-	銅戈7	弥生	17.610	15.524	38.290	0.8815	2.1744	BP1403	32
48	-	-	銅戈8	弥生	17.749	15.557	38.458	0.8765	2.1667	BP1404	32
49	-	-	銅戈9	弥生	17.747	15.545	38.317	0.8759	2.1591	BP1405	32
50	福岡県	黒崎城跡	メダイ	中世	18.279	15.715	38.512	0.8597	2.1069	BP1063	94
誤差					±0.010	±0.010	±0.030	±0.0003	±0.0006		

付録1. これまで分析した日本出土の考古遺物の鉛同位体比值(3/7)

番号	地域	遺跡名	遺物名	時代	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号	参考文献
51	香川県	奥白方中落遺跡	隆平永寶255	8C末	18.423	15.609	38.542	0.8473	2.0921	BP1392	33
52	-	-	隆平永寶257	8C末	18.424	15.610	38.544	0.8473	2.0921	BP1393	33
53	-	-	隆平永寶254	8C末	18.420	15.605	38.528	0.8472	2.0917	BP1394	33
54	-	-	隆平永寶256	8C末	18.421	15.609	38.539	0.8473	2.0921	BP1395	33
55	-	-	隆平永寶252	8C末	18.419	15.605	38.529	0.8472	2.0918	BP1396	33
56	神奈川県	勝板有鹿谷遺跡	鏡1	5C前半~6C	17.945	15.586	38.543	0.8685	2.1478	BP1082	36
57	-	-	鏡2	5C前半~6C	17.962	15.595	38.568	0.8682	2.1472	BP1083	36
58	-	-	鏡3	5C前半~6C	18.150	15.631	38.597	0.8612	2.1266	BP1084	36
59	-	-	鏡4	5C前半~6C	18.122	15.625	38.555	0.8622	2.1275	BP1085	36
60	-	-	鏡5	5C前半~6C	17.745	15.549	41.697	0.8762	2.1654	BP1086	36
61	-	-	鏡6	5C前半~6C	18.154	15.629	41.903	0.8610	2.1273	BP1087	36
62	-	-	鏡7	5C前半~6C	18.215	15.643	41.911	0.8588	2.1205	BP1088	36
63	長崎県	磨屋町遺跡	十字架	1575~1610	18.365	15.604	38.643	0.8497	2.1042	BP1249	96
64	-	磨屋町遺跡	十字架	1575~1610	18.357	15.602	38.628	0.8499	2.1043	BP1250	96
65	-	勝山町遺跡	十字架	1575~1610	18.277	15.628	38.370	0.8551	2.0994	BP1251	96
66	-	興善町遺跡(八尾邸)	十字架	1575~1610	18.479	15.718	38.804	0.8506	2.0999	BP1252	96
67	-	万才町遺跡(高島邸)	十字架	1575~1610	18.374	15.741	38.667	0.8567	2.1044	BP1253	96
68	-	勝山町遺跡	メダイ	1575~1610	18.283	15.709	38.528	0.8592	2.1073	BP1254	96
69	-	築町遺跡	メダイ	1575~1610	18.355	15.680	38.759	0.8543	2.1117	BP1255	96
70	-	万才町遺跡(高島邸)	メダイ	1575~1610	18.397	15.715	38.835	0.8542	2.1109	BP1256	96
71	-	万才町遺跡(平戸町)	メダイ	1575~1610	18.608	15.719	38.913	0.8448	2.0912	BP1257	96
72	-	万才町遺跡(平戸町)	聖ペテロメダイ	1575~1610	18.188	15.651	38.185	0.8605	2.0995	BP1258	96
73	-	築町遺跡	聖骨箱1-1	1575~1610	18.349	15.703	38.790	0.8558	2.1140	BP1259	96
74	-	築町遺跡	聖骨箱1-2	1575~1610	18.470	15.702	38.852	0.8502	2.1035	BP1260	96
75	-	興善町遺跡(新興寺小跡地)	聖骨箱	1575~1610	18.461	15.688	38.817	0.8497	2.1025	BP1261	96
誤差					±0.010	±0.010	±0.030	±0.0003	±0.0006		

付録1. これまで分析した日本出土の考古遺物の鉛同位体比值(4/7)

番号	地域	遺跡名	遺物名	時代	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb	測定番号	参考文献
76	長崎県	原城跡	十字架	中世	18.245	15.741	38.515	0.8628	2.1110	BP1289	41
77	-	-	メダイ	中世	18.125	15.634	38.261	0.8626	2.1110	BP1290	41
78	-	-	メダイ	中世	18.383	15.680	38.622	0.8530	2.1020	BP1291	41
79	-	-	メダイ	中世	18.403	15.666	38.544	0.8513	2.0944	BP1292	41
80	-	-	メダイ	中世	18.385	15.671	38.543	0.8524	2.0964	BP1293	41
81	-	-	十字架	中世	18.299	15.678	38.573	0.8568	2.1079	BP1294	41
82	-	-	十字架?	中世	18.545	15.664	38.780	0.8446	2.0911	BP1295	41
83	-	-	十字架?	中世	18.351	15.602	38.641	0.8502	2.1057	BP1296	41
84	-	-	メダイ	中世	18.385	15.667	38.518	0.8522	2.0950	BP1297	41
85	-	-	十字架	中世	18.361	15.609	38.670	0.8501	2.1061	BP1298	41
86	-	-	メダイ	中世	18.385	15.675	38.562	0.8526	2.0975	BP1299	41
87	-	-	十字架	中世	18.700	15.736	39.168	0.8415	2.0957	BP1300	41
88	-	-	十字架	中世	18.252	15.728	38.488	0.8617	2.1087	BP1301	41
89	-	-	十字架	中世	18.379	15.732	38.748	0.8560	2.1083	BP1302	41
90	-	-	不明	中世	18.387	15.712	38.762	0.8545	2.1082	BP1497	41
91	-	-	メダイ	中世	18.418	15.711	38.804	0.8530	2.1068	BP1498	41
92	-	-	メダイ	中世	18.409	15.674	38.781	0.8514	2.1067	BP1499	41
93	-	-	メダイ	中世	18.402	15.652	38.603	0.8505	2.0977	BP1759	41
94	-	-	聖骨箱	中世	18.415	15.630	38.735	0.8488	2.1034	BP1760	41
95	-	-	メダイ	中世	18.373	15.666	38.524	0.8527	2.0968	BP1761	41
96	-	-	メダイ?	中世	18.487	15.700	38.814	0.8493	2.0995	BP1762	41
97	-	-	十字架	中世	18.422	15.664	38.620	0.8503	2.0965	BP1931	41
98	-	-	十字架	中世	18.346	15.595	38.618	0.8501	2.1050	BP1932	41
99	-	-	十字架	中世	18.379	15.684	38.499	0.8534	2.0947	BP1933	41
100	-	-	十字架	中世	18.634	15.679	38.820	0.8414	2.0832	BP1934	41
誤差					±0.010	±0.010	±0.030	±0.0003	±0.0006		

付録1. これまで分析した日本出土の考古遺物の鉛同位体比值(5/7)

番号	地域	遺跡名	遺物名	時代	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb	測定番号	参考文献
101	長崎県	原城跡	十字架	中世	18.515	15.714	38.900	0.8487	2.1010	BP1935	41
102	-	-	十字架	中世	18.255	15.746	38.521	0.8626	2.1102	BP1936	41
103	-	-	十字架	中世	18.254	15.749	38.504	0.8627	2.1093	BP1937	41
104	-	-	十字架	中世	18.340	15.667	38.599	0.8542	2.1046	BP1938	41
105	-	-	十字架	中世	18.290	15.685	38.549	0.8576	2.1076	BP1939	41
106	-	-	十字架	中世	18.242	15.745	38.481	0.8631	2.1095	BP1940	41
107	-	-	十字架	中世	18.636	15.702	38.939	0.8426	2.0847	BP1941	41
108	-	-	十字架	中世	18.249	15.755	38.509	0.8633	2.1102	BP1942	41
109	-	-	十字架	中世	18.241	15.745	38.476	0.8631	2.1093	BP1943	41
110	-	-	十字架	中世	18.362	15.645	38.564	0.8520	2.1002	BP1944	41
111	-	-	十字架	中世	18.290	15.694	38.555	0.8581	2.1080	BP1945	41
112	-	-	十字架	中世	18.455	15.651	38.691	0.8480	2.0965	BP1946	41
113	-	-	十字架	中世	18.640	15.682	38.831	0.8413	2.0832	BP1947	41
114	-	-	ガラス1	中世	18.625	15.685	38.838	0.8422	2.0853	BP1952	41
115	-	-	ガラス2	中世	18.501	15.694	38.919	0.8483	2.1037	BP1953	41
116	-	-	十字架・聖骨箱	中世	18.467	15.686	38.870	0.8494	2.1048	BP1954	41
117	-	-	十字架	中世	18.556	15.651	38.560	0.8435	2.0781	BP1955	41
118	熊本県	小原字中尾遺跡	銅釧15-a	弥生後期	17.964	15.630	38.636	0.8700	2.1507	BP1190	34
119	-	小原字中尾遺跡	銅釧15-b	弥生後期	17.969	15.636	38.654	0.8701	2.1511	BP1191	34
120	-	小原字中尾遺跡	銅釧15-c	弥生後期	17.965	15.630	38.635	0.8701	2.1506	BP1192	34
121	-	西弥護免遺跡	仿製鏡19	弥生後期	17.747	15.531	38.385	0.8752	2.1629	BP1193	34
122	-	方保田白石遺跡	仿製鏡14	弥生後期	17.901	15.561	38.516	0.8693	2.1516	BP1194	34
123	-	方保田東原遺跡	仿製鏡11	弥生後期	17.735	15.538	38.372	0.8761	2.1636	BP1195	34
124	-	方保田東原遺跡	銅鏃12	弥生後期	17.721	15.538	38.396	0.8768	2.1666	BP1196	34
125	-	方保田東原遺跡	銅鏃13	弥生後期	17.748	15.553	38.451	0.8764	2.1666	BP1197	34
誤差					±0.010	±0.010	±0.030	±0.0003	±0.0006		

付録1. これまで分析した日本出土の考古遺物の鉛同位体比值(6/7)

番号	地域	遺跡名	遺物名	時代	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb	測定番号	参考文献
126	熊本県	方保田東原遺跡	銅鏃16	古墳	17.727	15.538	38.399	0.8763	2.1653	BP1198	34
127	-	方保田東原遺跡	銅鏃17	古墳	17.735	15.541	38.405	0.8763	2.1655	BP1199	34
128	-	方保田東原遺跡	仿製鏡18	弥生後期	17.740	15.538	38.400	0.8759	2.1646	BP1200	34
129	熊本県	方保田東原遺跡	巴形銅器	弥生	17.735	15.545	38.423	0.8765	2.1665	BP1201	35
130	-	方保田東原遺跡	方格規矩鏡	弥生可能性	17.725	15.536	38.390	0.8765	2.1659	BP1202	35
131	-	方保田東原遺跡	仿製鏡	弥生可能性	17.751	15.548	38.426	0.8759	2.1648	BP1203	35
132	-	方保田東原遺跡	仿製鏡	弥生可能性	17.736	15.542	38.406	0.8763	2.1654	BP1204	35
133	-	方保田東原遺跡	仿製鏡	弥生可能性	17.764	15.548	38.435	0.8753	2.1636	BP1205	35
134	-	方保田東原遺跡	仿製鏡	弥生可能性	17.687	15.540	38.366	0.8786	2.1691	BP1206	35
135	-	方保田東原遺跡	船載鏡	弥生後期可能性	17.846	15.569	38.484	0.8724	2.1564	BP1207	35
136	-	方保田東原遺跡	船載鏡	弥生後期可能性	17.828	15.558	38.567	0.8727	2.1633	BP1208	35
137	-	方保田東原遺跡	仿製鏡	古墳可能性	18.146	15.617	38.757	0.8606	2.1359	BP1209	35
138	-	方保田東原遺跡	銅鏃	古墳可能性	18.078	15.621	38.650	0.8641	2.1379	BP1210	35
139	-	方保田東原遺跡	銅鏃	弥生可能性	17.727	15.534	38.383	0.8763	2.1653	BP1211	35
140	-	方保田東原遺跡	銅鏃	弥生可能性	17.740	15.540	38.403	0.8760	2.1648	BP1212	35
141	-	方保田遺跡	仿製鏡	弥生可能性	17.736	15.534	38.383	0.8758	2.1641	BP1213	35
142	-	方保田遺跡	仿製鏡	弥生可能性	17.736	15.533	38.380	0.8758	2.1640	BP1214	35
143	-	庄遺跡	中広形銅矛	弥生後期可能性	17.730	15.550	38.403	0.8770	2.1660	BP1215	35
144	-	南関町下板下遺跡	広形銅矛	弥生後期	17.733	15.544	38.417	0.8766	2.1664	BP1216	35
145	-	中尾・下原遺跡	細形銅戈	弥生	19.914	15.874	40.385	0.7971	2.0280	BP1217	35
146	-	天神免遺跡	細形銅劍	弥生	17.852	15.578	38.356	0.8726	2.1485	BP1218	35
147	-	天神免遺跡	細形銅劍	弥生	18.770	15.695	39.274	0.8362	2.0924	BP1219	35
148	熊本県	用七遺跡	青銅製鉦	弥生前期~中期	19.300	15.798	39.895	0.8186	2.0671	BP1046	8
149	-	-	珠文鏡	古墳初期	18.577	15.698	39.079	0.8450	2.1036	BP1045	8
150	熊本県	上野置女夫木遺跡	小銅鐸	弥生中期~後期	19.531	15.846	40.112	0.8114	2.0538	BP1043	8
誤差					±0.010	±0.010	±0.030	±0.0003	±0.0006		

付録1. これまで分析した日本出土の考古遺物の鉛同位体比值(7/7)

番号	地域	遺跡名	遺物名	時代	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号	参考文献
151	熊本県	上野置女夫木遺跡	舌	弥生中期～後期	18.923	15.739	39.519	0.8317	2.0884	BP1044	8
152	熊本県	小野崎遺跡	仿製鏡	弥生中期～後期	17.730	15.535	38.386	0.8762	2.1650	BP1049	8
153	-	-	仿製鏡	弥生中期～後期	17.731	15.538	38.393	0.8763	2.1653	BP1050	8
154	-	-	獣帯鏡	弥生中期～後期	17.806	15.596	38.660	0.8759	2.1712	BP1051	8
155	-	-	仿製鏡	弥生中期～後期	17.658	15.536	38.325	0.8798	2.1705	BP1052	8
156	-	-	仿製鏡	弥生中期～後期	18.907	15.727	39.472	0.8318	2.0877	BP1053	8
157	-	-	銅矛片	弥生中期～後期	17.745	15.549	38.430	0.8762	2.1656	BP1054	8
158	-	-	銅鏃	弥生中期～後期	17.752	15.557	38.458	0.8764	2.1665	BP1055	8
159	-	-	仿製鏡	弥生中期～後期	17.757	15.553	38.447	0.8759	2.1652	BP1056	8
160	-	-	方格規矩鏡	弥生中期～後期	18.361	15.681	38.811	0.8541	2.1139	BP1057	8
161	-	-	銅釦	弥生中期～後期	17.703	15.541	38.330	0.8779	2.1651	BP1058	8
162	-	-	仿製鏡	弥生中期～後期	17.744	15.540	38.398	0.8758	2.1640	BP1059	8
163	-	-	仿製鏡	弥生中期～後期	17.682	15.530	38.312	0.8783	2.1667	BP1060	8
164	-	-	内行花文鏡	弥生中期～後期	17.937	15.581	38.526	0.8687	2.1479	BP1061	8
165	-	-	仿製鏡	弥生中期～後期	17.739	15.538	38.397	0.8759	2.1646	BP1062	8
166	長崎県	天草	メダイ	16～17初期	18.723	15.780	39.322	0.8428	2.1002	BP1489	43
167	-	-	メダイ	16～17初期	18.755	15.769	39.481	0.8408	2.0977	BP1882	43
168	-	-	メダイ	16～17初期	18.552	15.727	39.121	0.8477	2.1087	BP1490	43
169	-	-	銅銭	江戸	18.435	15.578	38.520	0.8450	2.0895	BP1883	43
170	-	-	銅銭	江戸	18.330	15.676	38.797	0.8552	2.1166	BP1884	43
171	-	-	メダリオン	16～17初期	18.489	15.742	38.857	0.8514	2.1016	BP1491	43
172	-	-	十字架	16～17可能性	18.464	15.698	38.830	0.8502	2.1030	BP1886	43
誤差					±0.010	±0.010	±0.030	±0.0003	±0.0006		

付録2. これまで分析した韓国出土の考古遺物の鉛同位体比值(1/4)

番号	地域	遺跡名	遺物名	時代	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号	参考文献
1	全羅北道	王宮里遺跡	鉛ガラスYG1	6~7C前半	17.569	15.635	38.984	0.8899	2.2189	BP1095	64
2	-	-	鉛ガラスYG2	6~7C前半	17.815	15.662	39.070	0.8792	2.1931	BP1096	64
3	-	-	鉛ガラスYG3	6~7C前半	17.802	15.656	39.051	0.8794	2.1936	BP1097	64
4	-	-	鉛ガラスYG4	6~7C前半	17.482	15.603	38.874	0.8925	2.2237	BP1098	64
5	-	-	鉛ガラスYG5	6~7C前半	17.544	15.631	38.968	0.8909	2.2211	BP1099	64
6	-	-	鉛ガラスYG6	6~7C前半	17.397	15.601	38.867	0.8967	2.2341	BP1100	64
7	-	-	鉛ガラスYG7	6~7C前半	17.341	15.595	38.848	0.8993	2.2402	BP1111	64
8	-	-	鉛ガラスYG8	6~7C前半	17.345	15.585	38.815	0.8985	2.2378	BP1112	64
9	-	-	鉛ガラスYG9	6~7C前半	17.820	15.659	39.056	0.8787	2.1917	BP1113	64
10	-	-	鉛ガラスYG10	6~7C前半	17.339	15.593	38.843	0.8993	2.2401	BP1114	64
11	-	-	鉛ガラスYG11-1	6~7C前半	17.346	15.604	38.879	0.8996	2.2414	BP1115	64
12	-	-	鉛ガラスYG11-2	6~7C前半	17.340	15.594	38.847	0.8993	2.2403	BP1116	64
13	-	-	鉛ガラスYG12	6~7C前半	17.344	15.597	38.856	0.8993	2.2403	BP1117	64
14	-	-	鉛ガラスYG13	6~7C前半	17.590	15.610	38.736	0.8874	2.2022	BP1118	64
15	-	-	鉛ガラスYG14	6~7C前半	17.344	15.601	38.870	0.8995	2.2411	BP1119	64
16	-	-	鉛ガラスYG15-1	6~7C前半	17.353	15.608	38.894	0.8994	2.2413	BP1120	64
17	-	-	鉛ガラスYG15-2	6~7C前半	17.346	15.597	38.858	0.8992	2.2402	BP1121	64
18	-	-	鉛ガラスYG16	6~7C前半	17.338	15.593	38.843	0.8993	2.2403	BP1122	64
19	-	-	鉛ガラスYG17	6~7C前半	17.340	15.594	38.848	0.8993	2.2403	BP1123	64
20	-	-	鉛ガラスYG18	6~7C前半	17.444	15.612	38.906	0.8950	2.2303	BP1124	64
21	-	-	鉛ガラスYG19	6~7C前半	17.747	15.642	39.072	0.8814	2.2016	BP1125	64
22	-	-	増埒付着ガラスYG35-1	6~7C前半	17.424	15.609	38.892	0.8958	2.2321	BP1126	64
23	-	-	増埒付着ガラスYG35-2	6~7C前半	17.421	15.609	38.897	0.8960	2.2328	BP1127	64
24	-	-	増埒付着ガラスYG35-3	6~7C前半	17.417	15.605	38.880	0.8959	2.2323	BP1128	64
25	-	-	増埒付着ガラスYG36-1	6~7C前半	17.344	15.596	38.847	0.8992	2.2398	BP1129	64
誤差					±0.010	±0.010	±0.030	±0.0003	±0.0006		

付録2. これまで分析した韓国出土の考古遺物の鉛同位体比值(2/4)

番号	地域	遺跡名	遺物名	時代	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号	参考文献
26	全羅北道	王宮里遺跡	増埒付着ガラスYG36-2	6~7C前半	17.355	15.613	38.909	0.8996	2.2420	BP1130	64
27	-	-	増埒付着ガラスYG37	6~7C前半	17.847	15.669	39.092	0.8780	2.1904	BP1131	64
28	-	-	増埒付着ガラスYG38-1	6~7C前半	17.339	15.594	38.847	0.8993	2.2404	BP1132	64
29	-	-	増埒付着ガラスYG38-2	6~7C前半	17.336	15.590	38.834	0.8993	2.2400	BP1133	64
30	-	-	増埒付着ガラスYG38-3	6~7C前半	17.338	15.589	38.825	0.8991	2.2393	BP1134	64
31	-	-	増埒付着ガラスYG39	6~7C前半	17.586	15.632	38.957	0.8889	2.2152	BP1135	64
32	-	-	増埒付着ガラスYG40-1	6~7C前半	17.340	15.593	38.843	0.8993	2.2401	BP1136	64
33	-	-	増埒付着ガラスYG40-2	6~7C前半	17.340	15.595	37.543	0.8994	2.1651	BP1137	64
34	-	-	増埒付着ガラスYG41	6~7C前半	18.108	15.704	39.180	0.8673	2.1637	BP1138	64
35	-	-	増埒付着ガラスYG42	6~7C前半	18.111	15.699	39.187	0.8668	2.1637	BP1139	64
36	-	-	増埒付着ガラスYG43	6~7C前半	17.353	15.600	38.866	0.8990	2.2397	BP1140	64
37	-	-	増埒付着ガラスYG44	6~7C前半	17.345	15.601	38.867	0.8994	2.2408	BP1141	64
38	-	-	増埒付着ガラスYG45	6~7C前半	17.343	15.590	38.833	0.8989	2.2391	BP1142	64
39	-	-	緑釉土器YG2889	6~7C前半	17.890	15.651	38.954	0.8748	2.1774	BP1167	64
40	-	-	緑釉土器YG2890-1	6~7C前半	17.234	15.513	37.935	0.9001	2.2012	BP1168	64
41	-	-	緑釉土器YG2890-2	6~7C前半	17.251	15.538	38.014	0.9007	2.2035	BP1168	64
42	全羅北道	弥勒寺址	鉛ガラスMR1	6~7C前半	17.720	15.636	38.986	0.8824	2.2001	BP1143	64
43	-	-	鉛ガラスMR2	6~7C前半	17.538	15.626	38.954	0.8910	2.2211	BP1144	64
44	-	-	鉛ガラスMR3	6~7C前半	17.456	15.610	38.899	0.8942	2.2284	BP1145	64
45	-	-	鉛ガラスMR4	6~7C前半	17.450	15.615	38.908	0.8949	2.2297	BP1146	64
46	-	-	鉛ガラスMR5	6~7C前半	17.340	15.594	38.849	0.8994	2.2404	BP1147	64
47	-	-	鉛ガラスMR6	6~7C前半	17.521	15.613	38.907	0.8911	2.2206	BP1148	64
48	-	-	鉛ガラスMR7	6~7C前半	17.450	15.605	38.880	0.8942	2.2281	BP1149	64
49	-	-	鉛ガラスMR8-1	6~7C前半	17.699	15.637	38.987	0.8835	2.2028	BP1150	64
50	-	-	鉛ガラスMR8-2	6~7C前半	17.700	15.643	39.005	0.8838	2.2037	BP1151	64
誤差					±0.010	±0.010	±0.030	±0.0003	±0.0006		

付録2. これまで分析した韓国出土の考古遺物の鉛同位体比值(3/4)

番号	地域	遺跡名	遺物名	時代	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号	参考文献
51	全羅北道	弥勒寺址	鉛ガラスMR8-3	6~7C前半	17.703	15.642	39.005	0.8836	2.2033	BP1152	64
52	-	-	鉛ガラスMR10	6~7C前半	17.433	15.599	38.860	0.8948	2.2291	BP1153	64
53	-	-	鉛ガラスMR11	6~7C前半	17.441	15.614	38.913	0.8952	2.2311	BP1154	64
54	-	-	緑釉瓦MR2109	6~7C前半	17.415	15.622	38.935	0.8970	2.2357	BP1176	64
55	-	-	緑釉瓦MR2337	6~7C前半	17.522	15.622	38.939	0.8916	2.2223	BP1177	64
56	-	-	緑釉瓦MR4102	6~7C前半	17.532	15.629	38.961	0.8915	2.2223	BP1178	64
57	-	-	緑釉瓦MR9021-1	6~7C前半	17.371	15.612	38.909	0.8988	2.2399	BP1179	64
58	-	-	緑釉瓦MR9021-2	6~7C前半	17.365	15.604	38.880	0.8986	2.2390	BP1180	64
59	-	-	緑釉瓦MR9553	6~7C前半	17.409	15.620	38.930	0.8972	2.2362	BP1181	64
60	-	-	緑釉瓦MR9566	6~7C前半	17.377	15.605	38.881	0.8980	2.2375	BP1182	64
61	-	-	緑釉瓦MR9840	6~7C前半	17.400	15.621	38.939	0.8978	2.2379	BP1183	64
62	-	-	緑釉瓦MR10079	6~7C前半	17.408	15.614	38.912	0.8970	2.2353	BP1184	64
63	忠清南道	官北里遺跡	青銅容器KB1(1232)	統一新羅末	17.722	15.648	38.446	0.8682	2.1332	BP1158	64
64	-	-	青銅容器KB2(1235-2)	統一新羅末	18.535	15.742	39.025	0.8493	2.1055	BP1159	64
65	-	-	青銅容器KB3(1235-3)	統一新羅末	18.045	15.640	38.630	0.8667	2.1407	BP1160	64
66	-	-	青銅容器KB4(1235-16)	統一新羅末	17.720	15.633	38.779	0.8822	2.1884	BP1161	64
67	-	-	青銅容器KB5(1235-17)	統一新羅末	17.950	15.679	38.755	0.8735	2.1591	BP1162	64
68	-	-	青銅容器KB6(1235-18)	統一新羅末	17.935	15.662	38.738	0.8733	2.1599	BP1163	64
69	-	-	青銅容器KB7(1235-24)	統一新羅末	18.152	15.681	38.837	0.8639	2.1396	BP1164	64
70	-	-	青銅容器KB7(1235-25)	統一新羅末	17.865	15.656	38.435	0.8763	2.1514	BP1165	64
71	-	-	青銅容器KB7(1235-27)	統一新羅末	18.518	15.729	38.911	0.8494	2.1012	BP1166	64
72	忠清南道	武寧王陵	ソーダガラスMR2-1	5C後半	18.213	15.729	38.415	0.8636	2.1092	BP1270	59
73	-	-	ソーダガラスMR2-2	5C後半	18.254	15.745	38.506	0.8626	2.1094	BP1271	59
74	-	-	ソーダガラスMR2-3	5C後半	18.248	15.736	38.479	0.8624	2.1087	BP1272	59
75	-	-	ソーダガラスMR2-4	5C後半	18.248	15.737	38.478	0.8624	2.1086	BP1273	59
誤差					±0.010	±0.010	±0.030	±0.0003	±0.0006		

付録2. これまで分析した韓国出土の考古遺物の鉛同位体比值(4/4)

番号	地域	遺跡名	遺物名	時代	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号	参考文献
76	忠清南道	武寧王陵	ソーダガラスMR2-5	5C後半	18.256	15.748	38.513	0.8626	2.1096	BP1274	59
77	-	-	ソーダガラスMR2-6	5C後半	18.273	15.769	38.583	0.8630	2.1115	BP1275	59
78	-	-	ソーダガラスMR2-7	5C後半	18.251	15.732	38.461	0.8620	2.1074	BP1276	59
79	-	-	ソーダガラスMR2-8	5C後半	18.250	15.729	38.454	0.8618	2.1070	BP1277	59
80	-	-	ソーダガラスMR2-9	5C後半	18.249	15.726	38.446	0.8618	2.1068	BP1278	59
81	-	-	ソーダガラスMR2-10	5C後半	18.254	15.733	38.467	0.8619	2.1074	BP1279	59
82	-	-	ソーダガラスMR2-11	5C後半	18.264	15.747	38.514	0.8622	2.1087	BP1280	59
83	-	-	ソーダガラスMR2-12	5C後半	18.254	15.732	38.465	0.8619	2.1072	BP1281	59
84	-	-	鉛バリウムガラスMR2-20	5C後半	17.424	15.503	38.039	0.8897	2.1831	BP1282	59
85	-	-	鉛バリウムガラスMR2-21	5C後半	17.418	15.494	38.010	0.8896	2.1823	BP1283	59
誤差					±0.010	±0.010	±0.030	±0.0003	±0.0006		

付録3. これまで分析したスペイン・カンボジア・タイ出土の考古遺物の鉛同位体比值(1/9)

番号	地域	遺跡名	遺物名	時代	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号	参考文献
1	スペイン	カタルーニャ美術館所蔵	メダイ94000	16~17C	18.378	15.660	38.516	0.8521	2.0958	BP1831	45
2	-	-	メダイ94001	16~17C	18.371	15.662	38.514	0.8525	2.0965	BP1832	45
3	-	-	メダイ94002	16~17C	18.390	15.638	38.460	0.8503	2.0913	BP1833	45
4	-	-	メダイ94003	16~17C	13.418	15.648	38.494	0.8496	2.0901	BP1834	45
5	-	-	メダイ94004	16~17C	18.378	15.627	38.396	0.8503	2.0893	BP1835	45
6	-	-	メダイ94006	16~17C	18.425	15.647	38.501	0.8492	2.0897	BP1836	45
7	-	-	メダイ94007	16~17C	18.371	15.649	38.474	0.8518	2.0943	BP1837	45
8	-	-	メダイ94008	16~17C	18.388	15.638	38.437	0.8504	2.0903	BP1838	45
9	-	-	メダイ94010	16~17C	18.441	15.654	38.556	0.8489	2.0908	BP1839	45
10	-	-	メダイ94011	16~17C	18.394	15.647	38.479	0.8507	2.0919	BP1840	45
11	-	-	メダイ94012	16~17C	18.409	15.649	38.495	0.8501	2.0911	BP1841	45
12	-	-	メダイ94014	16~17C	18.405	15.652	38.508	0.8504	2.0922	BP1842	45
13	-	-	メダイ94015	16~17C	18.386	15.642	38.444	0.8508	2.0909	BP1843	45
14	-	-	メダイ94017	16~17C	18.426	15.642	38.485	0.8489	2.0887	BP1844	45
15	-	-	メダイ94024	16~17C	18.429	15.669	38.569	0.8503	2.0929	BP1845	45
16	-	-	メダイ94025	16~17C	18.139	15.601	38.138	0.8601	2.1025	BP1846	45
17	-	-	メダイ94026	16~17C	18.380	15.655	38.500	0.8517	2.0947	BP1847	45
18	-	-	メダイ94028	16~17C	18.432	15.641	38.485	0.8486	2.0879	BP1848	45
19	-	-	メダイ94033	16~17C	18.409	15.651	38.502	0.8502	2.0915	BP1849	45
20	-	-	メダイ94043	16~17C	18.405	15.629	38.417	0.8491	2.0873	BP1850	45
21	-	-	メダイ94046	16~17C	18.410	15.638	38.475	0.8495	2.0900	BP1851	45
22	-	-	メダイ94047	16~17C	18.429	15.646	38.503	0.8490	2.0893	BP1852	45
23	-	-	メダイ94048	16~17C	18.334	15.647	38.422	0.8535	2.0957	BP1853	45
24	スペイン	カタルーニャ美術館所蔵	メダイ94100	18C	18.410	15.639	38.463	0.8495	2.0892	BP1855	45
25	-	-	メダイ94103	18C	18.412	15.642	38.476	0.8495	2.0897	BP1856	45
誤 差					±0.010	±0.010	±0.030	±0.0003	±0.0006		

付録3. これまで分析したスペイン・カンボジア・タイ出土の考古遺物の鉛同位体比值(2/9)

番号	地域	遺跡名	遺物名	時代	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号	参考文献
26	スペイン	カタルーニャ美術館所蔵	メダイ94106	18C	18.411	15.644	38.490	0.8497	2.0906	BP1857	45
27	-	-	メダイ94114	18C	18.451	15.643	38.524	0.8478	2.0879	BP1858	45
28	-	-	メダイ94115	18C	18.438	15.645	38.517	0.8485	2.0890	BP1859	45
29	-	-	メダイ94117	18C	18.441	15.640	38.496	0.8482	2.0875	BP1860	45
30	-	-	メダイ94119	18C	18.438	15.639	38.478	0.8482	2.0869	BP1861	45
31	-	-	メダイ94123	18C	18.356	15.637	38.410	0.8519	2.0925	BP1862	45
32	-	-	メダイ94138	18C	18.373	15.661	38.523	0.8524	2.0967	BP1863	45
33	-	-	メダイ94144	18C	18.361	15.664	38.516	0.8531	2.0977	BP1864	45
34	-	-	メダイ94153	18C	18.382	15.668	38.540	0.8524	2.0967	BP1865	45
35	-	-	メダイ94157	18C	18.404	15.635	38.456	0.8496	2.0895	BP1866	45
36	-	-	メダイ94167	18C	18.382	15.670	38.535	0.8525	2.0964	BP1867	45
37	-	-	メダイ94191	18C	18.437	15.665	38.572	0.8496	2.0920	BP1868	45
38	-	-	メダイ94227	18C	18.417	15.642	38.509	0.8493	2.0909	BP1869	45
39	-	-	メダイ94242	18C	18.443	15.647	38.508	0.8484	2.0897	BP1870	45
40	-	-	メダイ94247	18C	18.353	15.675	38.563	0.8541	2.1012	BP1871	45
41	-	-	メダイ94256	18C	18.378	15.624	38.384	0.8501	2.0886	BP1872	45
42	-	-	メダイ94267	18C	18.387	15.673	38.551	0.8524	2.0966	BP1873	45
43	-	-	メダイ94354	18C	18.402	15.688	38.599	0.8525	2.0975	BP1874	45
44	カンボジア	プンスナイ遺跡	L. Bangle	前~後3C	18.388	15.713	38.897	0.8545	2.1154	BP2220	52, 53
45	-	-	Bowl?	前~後3C	18.326	15.737	38.530	0.8587	2.1025	BP2221	52, 53
46	-	-	R. Bangle	前~後3C	18.370	15.704	38.904	0.8549	2.1178	BP2222	52, 53
47	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.720	15.663	38.985	0.8367	2.0826	BP2227	52, 53
48	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.362	15.692	38.893	0.8546	2.1181	BP2243	52, 53
49	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.362	15.689	38.850	0.8544	2.1158	BP2244	52, 53
50	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.364	15.696	38.904	0.8547	2.1185	BP2245	52, 53
誤差					±0.010	±0.010	±0.030	±0.0003	±0.0006		

付録3. これまで分析したスペイン・カンボジア・タイ出土の考古遺物の鉛同位体比值(3/9)

番号	地域	遺跡名	遺物名	時代	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号	参考文献
51	カンボジア	ブンスナイ遺跡	L. Bangle	前~後3C	18.364	15.695	38.897	0.8547	2.1181	BP2246	52, 53
52	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.355	15.683	38.873	0.8544	2.1179	BP2247	52, 53
53	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.362	15.690	38.890	0.8545	2.1179	BP2248	52, 53
54	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.366	15.696	38.906	0.8546	2.1184	BP2249	52, 53
55	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.348	15.676	38.851	0.8544	2.1174	BP2250	52, 53
56	-	-	R. Bangle	前~後3C	18.336	15.687	38.829	0.8555	2.1176	BP2223	52, 53
57	-	-	R. Bangle	前~後3C	18.357	15.684	38.853	0.8544	2.1165	BP2251	52, 53
58	-	-	R. Bangle	前~後3C	18.357	15.688	38.876	0.8546	2.1178	BP2252	52, 53
59	-	-	R. Bangle	前~後3C	18.339	15.674	38.803	0.8547	2.1158	BP2253	52, 53
60	-	-	R. Bangle	前~後3C	18.270	15.657	38.681	0.8570	2.1172	BP2254	52, 53
61	-	-	R. Bangle	前~後3C	18.297	15.669	38.741	0.8564	2.1173	BP2255	52, 53
62	-	-	R. Bangle	前~後3C	18.290	15.661	38.715	0.8563	2.1167	BP2256	52, 53
63	-	-	R. Bangle	前~後3C	18.353	15.678	38.827	0.8542	2.1156	BP2257	52, 53
64	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.300	15.693	38.661	0.8575	2.1126	BP2258	52, 53
65	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.299	15.691	38.655	0.8575	2.1125	BP2259	52, 53
66	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.302	15.696	38.671	0.8576	2.1129	BP2260	52, 53
67	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.323	15.673	38.778	0.8554	2.1164	BP2261	52, 53
68	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.304	15.700	38.686	0.8577	2.1135	BP2262	52, 53
69	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.325	15.675	38.786	0.8554	2.1165	BP2263	52, 53
70	-	-	R. Bangle	前~後3C	18.332	15.678	38.803	0.8552	2.1167	BP2226	52, 53
71	-	-	R. Bangle	前~後3C	18.330	15.678	38.799	0.8553	2.1167	BP2264	52, 53
72	-	-	R. Bangle	前~後3C	18.303	15.697	38.678	0.8576	2.1132	BP2265	52, 53
73	-	-	R. Bangle	前~後3C	18.314	15.687	38.719	0.8565	2.1142	BP2266	52, 53
74	-	-	R. Bangle	前~後3C	18.331	15.679	38.802	0.8553	2.1167	BP2267	52, 53
75	-	-	R. Bangle	前~後3C	18.311	15.704	38.700	0.8577	2.1136	BP2268	52, 53
誤差					±0.010	±0.010	±0.030	±0.0003	±0.0006		

付録3. これまで分析したスペイン・カンボジア・タイ出土の考古遺物の鉛同位体比值(4/9)

番号	地域	遺跡名	遺物名	時代	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号	参考文献
76	カンボジア	ブンスナイ遺跡	Helmet?	前~後3C	18.306	15.651	38.728	0.8550	2.1156	BP2230	52, 53
77	-	-	Helmet?	前~後3C	18.317	15.662	38.763	0.8550	2.1162	BP2269	52, 53
78	-	-	Helmet?	前~後3C	18.307	15.656	38.735	0.8552	2.1158	BP2270	52, 53
79	-	-	Helmet?	前~後3C	18.312	15.665	38.766	0.8555	2.1170	BP2271	52, 53
80	-	-	Helmet?	前~後3C	18.304	15.649	38.716	0.8550	2.1152	BP2272	52, 53
81	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.256	15.738	38.525	0.8621	2.1103	BP2228	52, 53
82	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.255	15.731	38.526	0.8617	2.1104	BP2273	52, 53
83	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.263	15.744	38.551	0.8621	2.1109	BP2274	52, 53
84	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.253	15.734	38.518	0.8620	2.1102	BP2275	52, 53
85	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.257	15.733	38.526	0.8618	2.1102	BP2276	52, 53
86	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.262	15.745	38.549	0.8622	2.1109	BP2277	52, 53
87	-	-	R. Bangle	前~後3C	18.253	15.736	38.534	0.8621	2.1112	BP2229	52, 53
88	-	-	R. Bangle	前~後3C	18.251	15.731	38.521	0.8620	2.1107	BP2278	52, 53
89	-	-	R. Bangle	前~後3C	18.259	15.743	38.543	0.8622	2.1109	BP2279	52, 53
90	-	-	R. Bangle	前~後3C	18.254	15.736	38.156	0.8620	2.1100	BP2280	52, 53
91	-	-	R. Bangle	前~後3C	18.259	15.741	38.535	0.8621	2.1105	BP2281	52, 53
92	-	-	R. Bangle	前~後3C	18.327	15.676	38.810	0.8554	2.1176	BP2231	52, 53
93	-	-	R. Bangle	前~後3C	18.332	15.678	38.819	0.8552	2.1175	BP2282	52, 53
94	-	-	R. Bangle	前~後3C	18.336	15.681	38.829	0.8552	2.1177	BP2293	52, 53
95	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.334	15.682	38.830	0.8553	2.1179	BP2232	52, 53
96	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.329	15.681	38.819	0.8555	2.1179	BP2284	52, 53
97	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.324	15.667	38.782	0.8550	2.1165	BP2285	52, 53
98	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.331	15.679	38.820	0.8554	2.1178	BP2286	52, 53
99	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.323	15.674	38.802	0.8554	2.1176	BP2287	52, 53
100	-	-	Bangle	前~後3C	18.405	15.683	38.894	0.8521	2.1133	BP2288	52, 53
誤 差					±0.010	±0.010	±0.030	±0.0003	±0.0006		

付録3. これまで分析したスペイン・カンボジア・タイ出土の考古遺物の鉛同位体比值(5/9)

番号	地域	遺跡名	遺物名	時代	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号	参考文献
101	カンボジア	ブンスナイ遺跡	Ring1	前~後3C	18.201	15.642	38.801	0.8594	2.1318	BP2289	52, 53
102	-	-	Ring2	前~後3C	18.237	15.650	38.776	0.8581	2.1262	BP2290	52, 53
103	-	-	Bangle	前~後3C	18.469	15.730	38.909	0.8517	2.1068	BP2300	52, 53
104	-	-	Bangle	前~後3C	18.218	15.654	38.820	0.8593	2.1309	BP2301	52, 53
105	-	-	Bangle	前~後3C	18.378	15.700	38.906	0.8543	2.1170	BP2302	52, 53
106	-	-	Bangle	前~後3C	18.402	15.698	38.847	0.8531	2.1110	BP2303	52, 53
107	-	-	Spoon	前~後3C	18.370	15.690	38.924	0.8541	2.1189	BP2304-1	52, 53
108	-	-	Spoon	前~後3C	18.377	15.699	38.952	0.8543	2.1196	BP2304-2	52, 53
109	-	-	Bell	前~後3C	18.304	15.667	38.860	0.8559	2.1230	BP2305	52, 53
110	-	-	Bell	前~後3C	18.162	15.640	38.780	0.8612	2.1353	BP2306	52, 53
111	-	-	Bowl	前~後3C	18.307	15.691	38.463	0.8571	2.1010	BP2502	52, 53
112	-	-	Bracelet	前~後3C	18.404	15.705	38.980	0.8533	2.1180	BP2503	52, 53
113	-	-	Bracelet	前~後3C	18.477	15.710	38.995	0.8503	2.1105	BP2504	52, 53
114	-	-	Ring	前~後3C	18.289	15.673	38.868	0.8569	2.1252	BP2505	52, 53
115	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.153	15.641	38.668	0.8616	2.1301	BP2511	52, 53
116	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.355	15.694	38.865	0.8554	2.1174	BP2512	52, 53
117	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.229	15.677	38.783	0.8600	2.1276	BP2513	52, 53
118	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.338	15.716	38.723	0.8569	2.1114	BP2514	52, 53
119	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.347	15.687	38.852	0.8550	2.1170	BP2515	52, 53
120	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.207	15.646	38.686	0.8594	2.1249	BP2516	52, 53
121	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.362	15.669	38.761	0.8536	2.1109	BP2517	52, 53
122	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.182	15.642	38.687	0.8603	2.1278	BP2518	52, 53
123	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.361	15.682	38.846	0.8541	2.1157	BP2519	52, 53
124	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.349	15.690	38.799	0.8549	2.1145	BP2520	52, 53
125	-	-	L. Bangle	前~後3C	18.183	15.648	38.725	0.8606	2.1296	BP2521	52, 53
誤 差					±0.010	±0.010	±0.030	±0.0003	±0.0006		

付録3. これまで分析したスペイン・カンボジア・タイ出土の考古遺物の鉛同位体比值(6/9)

番号	地域	遺跡名	遺物名	時代	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号	参考文献
126	カンボジア	ブンスナイ遺跡	L. Bangle	前~後3C	18. 239	15. 663	38. 731	0. 8587	2. 1235	BP2522	52, 53
127	-	-	L. Bangle	前~後3C	18. 348	15. 687	38. 850	0. 8549	2. 1174	BP2523	52, 53
128	-	-	R. Bangle	前~後3C	18. 377	15. 687	38. 939	0. 8536	2. 1190	BP2524	52, 53
129	-	-	R. Bangle	前~後3C	18. 353	15. 681	38. 918	0. 8544	2. 1205	BP2525	52, 53
130	-	-	R. Bangle	前~後3C	18. 336	15. 681	38. 917	0. 8552	2. 1224	BP2526	52, 53
131	-	-	R. Bangle	前~後3C	18. 408	15. 699	38. 983	0. 8529	2. 1178	BP2527	52, 53
132	-	-	Bangle F. 1	前~後3C	18. 469	15. 716	38. 799	0. 8510	2. 1008	BP2574	52, 53
133	-	-	Bangle F. 2	前~後3C	18. 424	15. 688	38. 807	0. 8515	2. 1063	BP2575	52, 53
134	-	-	Bangle F. 3	前~後3C	18. 450	15. 736	38. 812	0. 8529	2. 1036	BP5400	52, 53
135	-	-	Bangle F. 4	前~後3C	18. 466	15. 718	38. 773	0. 8512	2. 0997	BP2578	52, 53
136	-	-	Bangle F. 5	前~後3C	18. 470	15. 723	38. 782	0. 8513	2. 0997	BP2579	52, 53
137	-	-	Bangle F. 6	前~後3C	18. 417	15. 729	38. 786	0. 8541	2. 1060	BP2581	52, 53
138	-	-	Bangle F. 7	前~後3C	18. 467	15. 712	38. 770	0. 8508	2. 0995	BP2582	52, 53
139	-	-	Bangle F. 8	前~後3C	18. 466	15. 735	38. 875	0. 8521	2. 1052	BP2583	52, 53
140	-	-	Bangle F. 9	前~後3C	18. 441	15. 701	38. 772	0. 8514	2. 1025	BP2584	52, 53
141	-	-	Bangle F. 10	前~後3C	18. 428	15. 696	38. 771	0. 8517	2. 1039	BP2588	52, 53
142	-	-	Bangle F. 11	前~後3C	18. 441	15. 704	38. 777	0. 8516	2. 1027	BP2589	52, 53
143	-	-	Bangle F. 12	前~後3C	18. 478	15. 704	39. 012	0. 8499	2. 1112	BP5401	52, 53
144	-	-	Bangle F. 13	前~後3C	18. 468	15. 707	38. 751	0. 8505	2. 0983	BP2592	52, 53
145	-	-	Bangle F. 14	前~後3C	18. 489	15. 738	38. 851	0. 8512	2. 1014	BP2595	52, 53
146	-	-	Bangle F. 15	前~後3C	18. 477	15. 723	38. 803	0. 8510	2. 1001	BP2596	52, 53
147	-	-	Bangle F. 16	前~後3C	18. 391	15. 712	38. 706	0. 8543	2. 1046	BP2597	52, 53
148	-	-	Bangle F. 17	前~後3C	18. 410	15. 731	38. 789	0. 8545	2. 1069	BP2598	52, 53
149	-	-	Bangle F. 18-1	前~後3C	18. 471	15. 716	38. 792	0. 8508	2. 1001	BP5402	52, 53
150	-	-	Bangle F. 18-2	前~後3C	18. 426	15. 704	38. 710	0. 8523	2. 1008	BP2603	52, 53
誤差					±0. 010	±0. 010	±0. 030	±0. 0003	±0. 0006		

付録3. これまで分析したスペイン・カンボジア・タイ出土の考古遺物の鉛同位体比值(7/9)

番号	地域	遺跡名	遺物名	時代	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号	参考文献
151	カンボジア	ブンスナイ遺跡	Bangle F. 18-3	前~後3C	18.447	15.717	38.758	0.8520	2.1011	BP2604	52, 53
152	-	-	Bangle F. 21	前~後3C	18.506	15.731	38.808	0.8500	2.0970	BP2605	52, 53
153	カンボジア	Village10.8遺跡	Pipe?1	前~後3C	18.509	15.766	39.046	0.8518	2.1093	BP2507	53
154	-	-	Bell2	前~後3C	18.419	15.723	38.948	0.8536	2.1146	BP2508	53
155	-	-	Bangle3-1	前~後3C	18.092	15.626	38.703	0.8637	2.1393	BP2509	53
156	-	-	Bangle3-2	前~後3C	18.112	15.667	38.733	0.8630	2.1386	BP2510	53
157	-	-	Bangle4-1	前~後3C	18.408	15.709	38.933	0.8533	2.1149	BP2528	53
158	-	-	Bangle4-2	前~後3C	18.417	15.737	38.998	0.8545	2.1174	BP2529	53
159	-	-	Bangle4-3	前~後3C	18.399	15.716	38.931	0.8542	2.1159	BP2530	53
160	-	-	Bangle5-1	前~後3C	18.161	15.641	38.750	0.8612	2.1336	BP2531	53
161	-	-	Bangle5-2	前~後3C	17.968	15.596	38.586	0.8680	2.1475	BP2532	53
162	-	-	Bangle5-3	前~後3C	17.982	15.600	38.621	0.8676	2.1478	BP2533	53
163	-	-	Bangle6	前~後3C	18.233	15.662	38.849	0.8590	2.1307	BP2534	53
164	-	-	Bangle7-1	前~後3C	18.431	15.743	38.949	0.8542	2.1133	BP2535	53
165	-	-	Bangle7-2	前~後3C	18.427	15.740	38.943	0.8542	2.1134	BP2536	53
166	-	-	Bangle7-3	前~後3C	18.431	15.745	38.959	0.8542	2.1137	BP2537	53
167	-	-	Small Bell8	前~後3C	18.456	15.739	38.905	0.8528	2.1080	BP2538	53
168	-	-	Bangle9-1	前~後3C	18.219	15.663	38.764	0.8597	2.1277	BP2539	53
169	-	-	Bangle9-2	前~後3C	18.276	15.673	38.890	0.8576	2.1278	BP2540	53
170	-	-	Bangle10	前~後3C	17.946	15.595	38.609	0.8690	2.1514	BP2541	53
171	-	-	Bangle11	前~後3C	18.203	15.655	38.801	0.8600	2.1316	BP2542	53
172	-	-	Bangle12-1	前~後3C	18.405	15.697	38.996	0.8528	2.1187	BP2543	53
173	-	-	Bangle12-2	前~後3C	18.396	15.686	38.962	0.8527	2.1179	BP2544	53
174	-	-	Bangle13	前~後3C	18.012	15.613	38.665	0.8668	2.1466	BP2545	53
175	-	-	Bangle14-1	前~後3C	18.498	15.752	39.037	0.8516	2.1104	BP2546	53
誤差					±0.010	±0.010	±0.030	±0.0003	±0.0006		

付録3. これまで分析したスペイン・カンボジア・タイ出土の考古遺物の鉛同位体比值(8/9)

番号	地域	遺跡名	遺物名	時代	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁶ Pb	測定番号	参考文献
176	カンボジア	Village10.8遺跡	Bangle14-2	前～後3C	18.502	15.761	39.074	0.8518	2.1119	BP2547	53
177	-	-	Bangle14-3	前～後3C	18.501	15.756	39.045	0.8516	2.1103	BP2548	53
178	-	-	Bangle14-4	前～後3C	18.496	15.740	39.037	0.8510	2.1105	BP2549	53
179	-	-	Bangle14-5	前～後3C	18.546	15.755	39.057	0.8495	2.1059	BP2550	53
180	-	-	Bangle14-6	前～後3C	18.496	15.746	39.015	0.8513	2.1093	BP2551	53
181	-	-	Bangle14-7	前～後3C	18.502	15.749	39.024	0.8512	2.1092	BP2552	53
182	-	-	Mirror15	前～後3C	18.594	15.754	39.067	0.8473	2.1011	BP2553	53
183	-	-	Bangle16-1	前～後3C	18.519	15.748	39.038	0.8504	2.1080	BP2554	53
184	-	-	Bangle16-2	前～後3C	18.500	15.705	38.912	0.8488	2.1032	BP2555	53
185	-	-	Bangle16-3	前～後3C	18.563	15.749	39.041	0.8484	2.1032	BP2556	53
186	-	-	Bangle16-4	前～後3C	18.569	15.757	39.064	0.8485	2.1037	BP2557	53
187	-	-	Bangle16-5	前～後3C	18.570	15.748	39.041	0.8480	2.1023	BP2558	53
188	-	-	Bangle16-6	前～後3C	18.554	15.756	39.054	0.8492	2.1049	BP2559	53
189	-	-	Bangle16-7	前～後3C	18.562	15.748	39.036	0.8484	2.1030	BP2560	53
190	-	-	Bangle17	前～後3C	18.322	15.676	38.901	0.8556	2.1237	BP2561	53
191	-	-	Bangle18	前～後3C	18.030	15.609	38.660	0.8657	2.1443	BP2562	53
192	-	-	Bangle19	前～後3C	18.520	15.749	39.014	0.8504	2.1066	BP2563	53
193	タイ	Bang Pong Manao	Spearpoint1	前3C～後3C	18.456	15.722	39.017	0.8519	2.1141	BP1763	53
194	-	Bang Pong Manao	Bracelet2-1	前3C～後3C	18.411	15.729	38.966	0.8544	2.1165	BP1764	53
195	-	Bang Pong Manao	Bracelet2-2	前3C～後3C	18.383	15.664	38.852	0.8521	2.1135	BP1765	53
196	-	Bang Pong Manao	Lumb3	前3C～後3C	18.447	15.599	38.340	0.8456	2.0784	BP1766	53
197	-	Bang Pong Manao	Arrowhead4	前3C～後3C	18.573	15.680	38.725	0.8443	2.0850	BP1767	53
198	-	Bang Pong Manao	Earing5-1	前3C～後3C	18.225	15.721	38.419	0.8626	2.1080	BP1768	53
199	-	Bang Pong Manao	Earing5-2	前3C～後3C	18.280	15.772	38.576	0.8629	2.1103	BP1769	53
200	-	Bang Pong Manao	Bell6	前3C～後3C	18.441	15.718	39.060	0.8524	2.1180	BP1770	53
誤差					±0.010	±0.010	±0.030	±0.0003	±0.0006		

付録3. これまで分析したスペイン・カンボジア・タイ出土の考古遺物の鉛同位体比值(9/9)

番号	地域	遺跡名	遺物名	時代	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	測定番号	参考文献
201	タイ	Bang Pong Manao	Bowl7	前3C~後3C	18.491	15.754	38.777	0.8520	2.0971	BP1773	53
202	-	Bang Pong Manao	Foot Ring8	前3C~後3C	18.410	15.677	38.900	0.8516	2.1130	BP1774	53
203	-	Bang Pong Manao	Bracelet9-1	前3C~後3C	18.431	15.708	39.024	0.8523	2.1173	BP1775	53
204	-	Bang Pong Manao	Bracelet9-23	前3C~後3C	18.498	15.722	39.023	0.8500	2.1096	BP1776	53
205	-	Bang Pong Manao	Bracelet9-24	前3C~後3C	18.121	15.661	38.715	0.8643	2.1365	BP1777	53
206	-	Bang Pong Manao	Bracelet9-25	前3C~後3C	18.398	15.716	38.981	0.8543	2.1188	BP1778	53
207	-	Bang Pong Manao	Bracelet9-26	前3C~後3C	18.272	15.762	38.589	0.8628	2.1119	BP1779	53
208	-	Ban Chiangmong Khon	Plate10	前3C~後3C	18.058	15.577	38.154	0.8627	2.1128	BP1780	53
209	-	Ban Chiangmong Khon	Ax11	前3C~後3C	18.003	15.531	37.949	0.8627	2.1080	BP1794	53
210	-	Khok Samrong	Ax13	前3C~後3C	18.569	15.735	38.844	0.8475	2.0919	BP1795	53
211	-	Bang Pong Manao	Bracelet14-1	前3C~後3C	18.634	15.756	38.970	0.8457	2.0914	BP1796	53
212	-	Bang Pong Manao	Bracelet14-2	前3C~後3C	18.701	15.759	38.980	0.8428	2.0844	BP1797	53
213	-	Bang Pong Manao	Bell15	前3C~後3C	18.398	15.695	38.934	0.8532	2.1162	BP1798	53
214	-	Bang Pong Manao	Bracelet17	前3C~後3C	18.359	15.720	38.797	0.8564	2.1133	BP1800	53
215	-	Bang Pong Manao	Ring18	前3C~後3C	18.433	15.703	38.990	0.8519	2.1152	BP1801	53
216	-	Bang Pong Manao	Bracelet21-1	前3C~後3C	18.399	15.723	38.657	0.8546	2.1010	BP1802	53
217	-	Bang Pong Manao	Bracelet21-2	前3C~後3C	18.377	15.715	38.607	0.8551	2.1008	BP1803	53
218	-	Bang Pong Manao	Bracelet21-3	前3C~後3C	18.359	15.709	38.600	0.8555	2.1025	BP1804	53
219	-	Bang Pong Manao	Bracelet21-10	前3C~後3C	18.348	15.735	38.687	0.8575	2.1085	BP1805	53
220	-	Bang Pong Manao	Bracelet21-15	前3C~後3C	18.362	15.705	38.591	0.8553	2.1017	BP1806	53
221	-	Bang Pong Manao	Bracelet21-16	前3C~後3C	18.351	15.742	38.719	0.8578	2.1099	BP1807	53
222	-	Bang Pong Manao	Bracelet22	前3C~後3C	18.255	15.725	38.526	0.8614	2.1105	BP1808	53
223	-	Bang Pong Manao	Ring23	前3C~後3C	18.406	15.740	38.819	0.8552	2.1090	BP1809	53
誤差					±0.010	±0.010	±0.030	±0.0003	±0.0006		

引用文献

- 1) 石野 亨、1977「鑄造技術の源流と歴史」産業技術センター、1～4頁.
- 2) 鄭守一、2001「古代文明交流史」四季節、123～152頁.
- 3) R. H. Brill・J. M. Wampler, 1995「Museum of Fine Arts」Boston, 155.
- 4) 馬淵久夫・富永 健, 1981「考古学のための化学10章」東京大学出版会, 157～178頁.
- 5) 馬淵久夫・富永 健, 1986「考古学のための化学10章」東京大学出版会.
- 6) 中井俊一、2001「鉛同位体比による金属考古遺物の産地決定—地中海地域の銅インゴットと日本の例」『同位体・質量分析法を用いた歴史資料の研究』国立民俗博物館研究報告第86集, 27～43頁.
- 7) 一、2001「南蛮都市・豊後府内—都市と交易」大分氏館跡国史跡指定記念事業 中世大友再発見フォーラム, 大分市教育委員会・中世都市研究会.
- 8) 魯 禔玪, 2007「自然科学的な方法を用いた中世キリスト教製品の研究」別府大学大学院 修士学位論文.
- 9) 魯 禔玪・後藤晃一・平尾良光, 2008「日本の中世キリスト教関連遺物に関する自然科学的な研究」『考古学と自然科学』第57号, 日本文化財科学会誌, 21～35頁.
- 10) 一、2006「豊後府内4」大分県教育庁埋蔵文化財センター, 205～212頁.

- 11) ー, 2007「豊後府内6」大分県教育庁埋蔵文化財センター, 303～309頁.
- 12) ー, 2007「豊後府内7」大分県教育庁埋蔵文化財センター, 324～331頁.
- 13) ー, 2008「豊後府内8」大分県教育庁埋蔵文化財センター, 291～298頁.
- 14) 金 奎虎, 2001「韓国出土の古代ガラスの考古化学的研究」中央大学博士学位論文.
- 15) 李 仁淑, 1990「韓国古代ガラスの考古化学的研究」漢陽大学博士學位論文.
- 16) 李 仁淑, 1993「東西文化交流の観点からみた韓国の古代ガラス」『韓国学研究』Vo15, 高麗大学韓国学研究所, 443～467頁.
- 17) 平尾良光編, 2001「古代東アジア青銅の流通」鶴山堂, 51～84頁.
- 18) 平尾良光・山岸良二編, 1998「文化財を探る科学の眼②ー石器・土器・装飾品を探る」国土社, 15～20頁.
- 19) 金 那瑛, 2007「白磁の産地および特性分類のための非破壊X線蛍光分析の活用性研究」公州大学修士學位論文.
- 20) 中井 線, 2005「蛍光X線分析の実際」朝倉書店.
- 21) 津田孝雄・廣川 健, 2004「機器分析化学」朝倉書店, 69～78頁.
- 22) 保母敏行・小熊幸一, 2001「理系機器分析の基礎」朝倉書店, 82～90頁.
- 23) 馬淵久夫・杉下龍一郎・三浦嘉六・沢田正昭・三浦定俊, 2003「文化財科学の事典」朝倉書店, 69～72頁.
- 24) 平尾良光・山岸良二編, 1998「文化財を探る科学の眼③ー青銅鏡・銅鐸・鉄剣を探る」国土社, 6～8頁.

- 25) 倉沢 一, 1970 「同位体地質学」 ラテイス刊, 112~120頁.
- 26) 一, 1993 「科学の目でみる文化財」 国立歴史民俗博物館.
- 27) 平尾良光編, 1999 「古代青銅の流通と鑄造」 鶴山堂(東京), 31~39頁.
- 28) 馬淵久夫, 1993 「青銅器の鉛同位体比の解釈について—北九州市および韓国南部出土青銅器を例として」 『古文化談叢第30集』九州古文化研究会.
- 29) 新井 宏, 2007 「理系の視点からみた考古学の論争点」 大和書房, 20~132頁.
- 30) 安 珠瑛, 2007 「鉛同位体比による韓国出土の青銅製品の産地考察」 公州大学修士学位論文.
- 31) 金正耀・馬淵久夫・W. T. Chase・三輪嘉六・平尾良光・陳徳安・趙殿増, 1995 「廣漢三星堆遺物坑青銅器的鉛同位元素比值研究」 文物第2期No. 465, 80~85頁.
- 32) 魯 禔玪・平尾良光, 2008 「福岡県小郡市寺福童遺跡から出土した銅戈に関する鉛同位体比調査」 『寺福童遺跡銅戈埋納遺構』小郡市文化財調査報告書第235集, 小郡市教育委員会, 付1~付6.
- 33) 魯 禔玪・平尾良光, 2008 「奥白方中落遺跡から出土した古銭に関する鉛同位体比調査」 『中東遺跡2・奥白方中落遺跡・奥白方南原遺跡』香川県教育委員会, 85~92頁.
- 34) 魯 禔玪・下村 智・平尾良光, 2008 「熊本県山鹿市出土文化財管理センター所蔵の弥生時代~古墳時代の青銅製品に関する鉛同位体比」 『方保田東原遺跡(9)』山鹿市文化財調査報告書第6集, 熊本県山鹿市教育委員会, 65~81頁.
- 35) 魯 禔玪・下村 智・平尾良光, 2008 「熊本県山鹿市立博物館

- 所蔵の弥生時代～古墳時代の青銅製品に関する鉛同位体比」『方保田東原遺跡(9)』山鹿市文化財調査報告書第6集, 熊本県山鹿市教育委員会, 85～114頁.
- 36) 魯 禊玆・平尾良光, 2010「神奈川県相模原市勝坂有鹿谷遺跡から出土した銅鏡に関する鉛同位体比」『勝坂有鹿谷祭祀遺跡資料報告書』相模原市史調査報告書6, 相模原市, 47～55頁.
- 37) 倉沢 一, 1970「同位体地質学」ラテイス刊, 154～162頁.
- 38) 長崎県南有馬町教育委員会, 2006「原城跡Ⅲ」南有馬町文化財調査報告書第4集.
- 39) 長崎県南有馬町教育委員会、2004「原城跡Ⅱ」南有馬町文化財調査報告書第3集.
- 40) 石井 進・服部英雄, 2000「原城発掘－西海の王土から殉教の舞台へ」(株)新人物往来社.
- 41) 魯 禊玆・平尾良光, 2010「原城跡出土のキリスト教関連製品の鉛同位体比分析」『原城跡Ⅳ』南島原市文化財調査報告書第4集, 長崎県南島原市境域委員会, 239～247頁.
- 42) 一, 1970「天草読本」天草教育研究所.
- 43) 2010年, 天草本渡歴史民俗資料館に報告済み.
- 44) 長崎誠三, 1992「金属臨時増刊号－実用二元合金状態図集」アグネ技術センター, 131頁.
- 45) 2008年, 大分県埋蔵文化財センターに報告済み.
- 46) 今野春樹, 2006「布教期におけるメダイの研究－16世紀後半から17世紀前半にかけて－」物質文化82 抜刷.
- 47) 大分県教育庁埋蔵文化財センター, 2005「豊後府内2」調査報告書第2集.

- 48) 後藤晃一, 2005 「メダいの考古学的研究－中世大友府内町跡出土資料を中心として－」 考古論集抜刷.
- 49) R. D. Rusell・R. M. Farquhar, 1960 「Lead Isotopes Ingeology」 Interscience Publishers INC., New York.
- 50) 安田喜憲, 2008 「世界史のなかのプンスナイ遺跡」 『カンボジア王国のプンスナイ遺跡－2007年度発掘調査概報』 国際日本文化研究センター, 1～23頁.
- 51) 宮塚義人・赤山容造, 2008 「プンスナイ遺跡の考古学的発掘調査」 『カンボジア王国のプンスナイ遺跡－2007年度発掘調査概報』 国際日本文化研究センター, 24～68頁.
- 52) 角川 茂・稗田貞臣・平尾良光, 2008 「プンスナイ遺跡出土の青銅製品の化学分析」 『カンボジア王国プンスナイ遺跡－2007年度発掘調査概報』 国際日本文化研究センター, 69～86頁.
- 53) 2009年, 国際日本文化研究センターに報告済み.
- 54) Heng Sophady, 2005 「Village10.8-Excavation Results of an Iron Age Cemetry in the Red Soil Region, Eastern Cambodia」 Ministry of Culture and Fine Arts Memot Centre for Archaeology.
- 55) Pisit Charoenwongsa・Bennet Bronson, 1988 「Prehistoric Studies:The Stone and Metal Ages in Thailand」 Thai Antiquity Working Group.
- 56) Charles Higham, 2002 「Early Cultures of Mainland Southeast Asia」 River Books.
- 57) ー, 2006 「武寧王陵学術大会」 国立公州博物館.
- 58) 国立公州博物館, 2005 「武寧王陵－出土遺物分析報告書 I」 研

- 究報告叢書第17冊.
- 59) 国立公州博物館, 2007 「武寧王陵—出土遺物分析報告書Ⅲ」 研究報告叢書第19冊.
- 60) 兪 惠仙・姜 炯台「武寧王陵出土ガラスの科学的分析」 『百済斯麻王, 武寧王陵発掘、その後の30年の名残』 国立公州博物館, 209～214頁.
- 61) 鄭守一, 2001 「古代文明交流史」 四季節, 176～212頁.
- 62) 国立扶餘文化財研究所, 2008 「益山王宮里発掘中間報告Ⅵ」 学術研究叢書第47輯.
- 63) 国立扶餘文化財研究所, 2002 「益山王宮里発掘中間報告Ⅳ」 学術研究叢書第32輯.
- 64) 国立扶餘文化財研究所, 2007 「王宮の工房Ⅱ—琉璃編」 学術研究叢書第44輯.
- 65) —, 1989 「弥勒寺—遺跡発掘調査報告書Ⅰ」 文化財管理局文化財研究所.
- 66) 圓光大学馬韓百済文化研究所, 1975 「益山弥勒寺址東塔地および石塔の調査報告書」 馬韓・百済文化創刊付録.
- 67) —, 1996 「弥勒寺—遺跡発掘調査報告書Ⅱ」 国立扶餘文化財研究所 学術研究叢書第13輯.
- 68) Ji-Hyun No・Yoshimitsu Hirao・Gyu-Ho Kim・Gi-Hwan Noh, 2009 「Investigation of Lead Isotope Ratios on Lead Artifacts Excavated from Mireuk Temple Site, Iksan」 『Conservation Studies30』 National Research Institute of Cultural Heritage, p. 137～p. 147.
- 69) 平尾良光, 2004 「古墳時代青銅器の鉛同位体比」 研究成果報告

- 書 研究課題番号14580174.
- 70) 新田栄治, 2006 「メコン流域における金属資源とその利用に関する考古学的研究」平成14年度～平成17年度科学研究費補助金(基盤研究A)研究成果報告書14251016.
- 71) -, 2005 「資源開発環境調査-タイ王国」 JOGMEC金属資源情報センター.
- 72) 平尾良光・榎本淳子, 1993 「カマン・カレホユック遺跡第5次調査(1990年)で出土した銅製品の化学的測定」『カマン・カレホユック2』アナトリア考古学研究Vol II, (財)中近東文化センター, 33～50頁.
- 73) Junko ENOMOTO・Yoshimitsu HIRAO, 2001 「Lead Isotope Ratios of Excavated Lead Objects from Kaman-Kalehoçuk in Turkey」『KAMAN-KALEHOYUK10』Anatolian Archaeological Studies Vol. X, Japanese Institute of Anatolian Archaeology-The Middle Eastern Culture Center in Japan, 173～179頁.
- 74) Ju Kyeong Chul, 2008 「大航海時代-海上膨張と近代世界の形成」ソウル大学出版文化院.
- 75) 池端雪浦・石井米雄・石澤良昭・加納啓良・後藤乾一・斉藤照子・桜井由躬雄・末廣 昭・山本達郎, 2001 「東南アジア史1-原史東南アジア世界」岩波書店.
- 76) 池端雪浦・石井米雄・石澤良昭・加納啓良・後藤乾一・斉藤照子・桜井由躬雄・末廣 昭・山本達郎, 2001 「東南アジア史3-東南アジア近世の成立」岩波書店.
- 77) 平尾良光・飯沼賢司, 2009 「大航海時代における東アジア世界と日本の鉛流通の意義」『キリシタン大名の考古学』別府大学文

- 化財研究所企画シリーズ②, 144～166頁.
- 78) 岡本良知, 1987「キリシタンの時代ーその文化と貿易」八本書店.
- 79) 東京大学史料編纂所, 1904「大日本史料」第十二編之六, 東京大学出版会.
- 80) 魯 禔玪・西田京平・平尾良光, 2009「南蛮貿易と金属材料」『キリシタン大名の考古学』別府大学文化財研究所企画シリーズ②, 思文閣出版, 131～141頁.
- 81) 平尾良光・魯 禔玪・西田京平, 2007「南蛮貿易と金属材料」『キリシタン大名の考古学』九州考古学会夏季(大分)大会, 89～115頁.
- 82) 桜井由躬雄, 2001「南海交易ネットワークの成立」『岩波講座 東南アジア史』岩波書店, 113～145頁.
- 83) Cho Hung Guk, 1999「A Historical Survey of Contacts between Korea and Southeast Asia in the Pre-modern Time」『International Area Studies Review』Vol. 8, No. 1, The International Association of Area Studies, 23～46頁.
- 84) 熊本県三角町文化財保護協会・熊本県三角町教育委員会, 1979「小田良古墳」三角町文化財報告書.
- 85) 魯 禔玪・下村 智・平尾良光・池田朋生, 2009「熊本県小田良古墳出土ガラスに関する材料の産地推定」『日本文化財科学会第26回大会 研究発表要旨集』日本文化財科学会, 262～273頁.
- 86) 田中健夫, 1959「中世海外渉史の研究」東京大学出版会, 76～81頁.
- 87) 2010年現在, 「考古学と自然科学」に投稿中.

- 88) 角川 茂, 2007「古代・中世における青銅製文化財の産地推定—主に鉛同位体比法を用いて」別府大学大学院修士学位論文.
- 89) 魯 禎玪・下村 智・平尾良光, 2008「九州中部域における青銅器の鉛同位体比からみる流通」嶺南考古学会・九州考古学会第8回共同考古学大会.
- 89) 平尾良光, 2010「鉛同位体比から見た日本の中世戦国時代における南蛮船で運ばれた鉛材料」『大航海時代における東アジア世界の交流—日本をめぐる銀と鉛等の金属交流を中心に—』西洋史学会60回大会要旨文.
- 90) Worakanok, W, 2009「The Standard and Characteristic of Lead Deposits of Thailand」Bureau of Mineral Resources, Department of Mineral Resources, BKK, Thailand.
- 91) 岡 美穂子, 2008「近世初期の南蛮貿易の輸出入品について—セビーリャ・インド文書館所蔵史料の分析から—」東京大学史料編纂所研究紀要第18号, 48～69頁.
- 92) 飯沼賢司, 2010「大航海時代における日本への鉛流入の意義」『大航海時代における東アジア世界の交流—日本をめぐる銀と鉛等の金属交流を中心に—』西洋史学会60回大会要旨文.
- 93) 財団法人群馬県埋蔵文化財調査事業団, 2009「荒砥前田Ⅱ遺跡」調査報告書第472集, 425頁～430頁.
- 94) 北九州市埋蔵文化財センター, 2007「黒崎城3」調査報告書第375集, 303頁～309頁.
- 95) 相模原市, 2010「勝板有鹿谷祭祀遺跡資料報告書」調査報告書6, 47頁～55頁.
- 96) 魯 禎玪・平尾良光, 2007「長崎市の遺跡から出土したキリシ

タン遺物に関する鉛同位体比調査」『興善町遺跡』長崎市教育委員会，104～115頁.