

山口県長登銅山の古代銅製錬のカラミに伴う木炭の¹⁴Cによる年代測定

北風 嵐*、池田善文**、小松隆一***

Study on the dating by ¹⁴C for charcoals related to ancient copper smelting at the Naganobori copper mine, Yamaguchi Prefecture, Japan.

KITAKAZE Arashi, IKEDA Yoshifumi and KOMATSU Ryuichi

要旨

長登銅山での古代銅製錬で生産された銅は東大寺大仏の鑄造や皇朝十二銭などの銭貨などに用いられたと推定されており、この銅山跡ではこれを裏付ける木簡、銅製錬カラミなど多くの貴重な発掘物が出土している。これらの事から銅山跡は“長登銅山跡”として国指定史跡に指定されている。

本研究では主に発掘調査で奈良時代初期～平安時代初期の堆積物から出土した木炭(木片)8試料について¹⁴C年代を加速器質量分析計(NEC 1.5SDH)で測定した値を補正して得た暦年較正年代について報告する。

奈良時代前期の堆積物から見出された松明木材の炭化部(NG-8)およびヤリガンナ削片(NG-9)の暦年較正年代はそれぞれ 482 ± 58 cal AD(古墳時代中期)および 646 ± 28 cal AD(飛鳥時代中期)の年代値が得られた。

奈良時代前期と推定されている古代銅製錬カラミ中の木炭片(NG-3 および NG-2)の年代はそれぞれ 683 ± 27 cal AD および 694 ± 27 cal AD であった。またカラミと共に出土した木材片(NG-4)の年代は 689 ± 27 cal AD であり、これらの年代は奈良時代(710～)以前の飛鳥時代末期に相当する年代値であった。

さらに、奈良時代前期および中期の堆積物中の木炭片(NG-5 および NG-6)の年代はそれぞれ 721 ± 49 cal AD および 735 ± 46 cal AD を示した。前者は奈良時代前期に、後者は奈良時代中期の年代であり、発掘調査で得られた年代とほぼ一致する。また、後者の年代は東大寺大仏鑄造の年代(745～752年)より僅かに古い結果が得られ、従来考えられたように大仏鑄造の原料銅を盛んに生産していたことが伺える。

さらに、平安前期の土器などに伴って出土した木炭片(NG-7)の年代は 827 ± 60 cal AD であり、発掘調査から推定した年代とほぼ一致する。

本研究の結果、長登銅山の古代銅製錬は少なくとも飛鳥時代末期には開始されていたと考えられる。さらに古墳時代中期や飛鳥時代中期の木片も発見され、この時代には何らかの生産活動が行われた可能性がある。

現在まで我が国における古代銅製錬跡出土の木炭片(木片)の¹⁴C絶対年代を測定した例はほとんど無く、本研究が初めてであり、新たな知見が得られた。

*山口大学工学部学術展示資料館

**元長登銅山文化交流館館長

***山口大学大学院創生科学研究科

キーワード : ¹⁴C年代測定、長登銅山、古代銅精錬、飛鳥時代、奈良時代、平安時代

Keywords : ¹⁴C dating, Naganobori copper mine, ancient copper smelting, Asuka period, Nara period, Heian period

目次

1. はじめに
2. 測定試料
3. ¹⁴Cの測定法
4. ¹⁴C年代測定結果
5. まとめと考察

1. はじめに

本研究は山口大学を中心とする山口学研究プロジェクト“古代テクノポリス山口～その解明と地域資産創出を目指して～”および“グローバルな視点で考える山口県の歴史・文化・自然・産業”の一環として、山口県中央部美祢市美東町に位置し、これらの研究プロジェクトと密接に関連する長登銅山で行われた古代銅製錬に関する研究成果の一部である。

長登銅山跡からは古代銅製錬に関連するカラミや木簡などが数多く出土している[池田、1974、1982、1990、1993、2007、2010、2015; 葉賀、1983; 池田・森田、1998]。考古学的見地から銅製錬(採掘)は奈良時代初期から開始されたと推定されており[池田、2004a、2015]、さらにこの遺跡の製錬銅が奈良東大寺大仏鑄造の銅原料と考えられている[久野、1989、1990; 齋藤ほか、2002]。今のところ国内最古の銅山跡であり、古代の鉱山遺跡が平成15年(2003)に国指定史跡“長登銅山跡”に指定されている。

しかしながら、この遺跡に関連する遺物に関しては、出土する須恵器の年代的考察から銅製錬時代を奈良時代前期と推定しているが[池田、2004a、2015]、絶対年代に関しては出土する木材の年輪年代測定[光谷、1993]や製錬炉跡の考古地磁気測定[伊藤・時枝、1993]などが行われているのみで、¹⁴C年代測定は全く行われていない。

本研究の目的は長登銅山における古代銅製錬で生じるカラミと共伴して出土する木炭片および発掘調査で下位層から出土した木炭片(木片)などの¹⁴C年代測定を行い、銅製錬(採掘)の絶対年代を明らかにすることである。なお、古代銅製錬で生じたカラミ中に散在する銅粒の化学組成に関する研究結果の一部は既に公表している[北風・青島、2018; 北風ほか、2020]。

2. 測定試料

研究に供した試料の木炭片(木片)の出土場所、形状、種類は表1に示す様で、NG-9 および

(表 1) 研究に供した試料の詳細

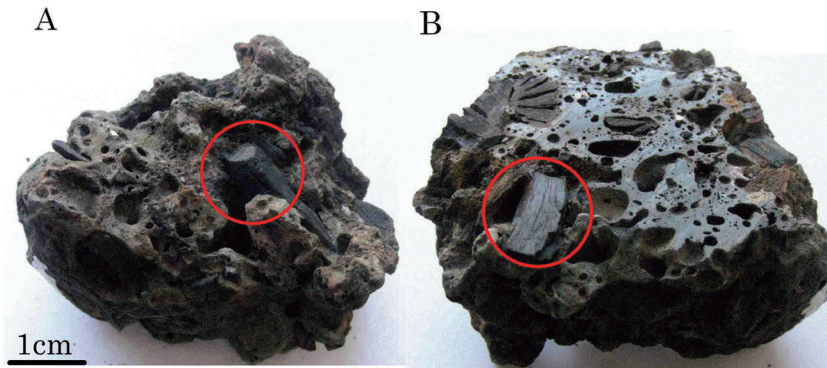
試料番号 測定番号	出土場所、遺構番号、 層位	測定試料	試料の種類と性状
NG-8 PLD-37790	調査区：大切Ⅲ C 区 遺構：2T ② 層位：第 33 ～ 36 層	松明木材の炭化部	種類：炭化材 試料の性状：辺材部
NG-9 PLD-37791	調査区：大切Ⅲ C 区 遺構：2T ② 層位：第 34 層	ヤリガンナ削片	種類：生試材 試料の性状：最終形成年輪以外 部位不明
NG-3 PLD-36577	調査区：大切Ⅲ C 区 遺構：2T ② 層位：36 層	塊状カラミ中の木炭片	種類：炭化材(コナラ属アカガシ亜属) 試料の性状：辺材部
NG-2 PLD-36576	調査区：大切Ⅲ C 区 遺構：2T ② 層位：36 層	塊状カラミ中の木炭片	種類：炭化材(コナラ属アカガシ亜属) 試料の性状：最終形成年輪
NG-4 PLD-37033	調査区：大切Ⅲ C 区 遺構：3T 層位：24 層	木材片	種類：生材 試料の性状：最終形成年輪
NG-5 PLD-37034	調査区：大切Ⅲ C 区 遺構：3T 層位：地山直上	炭化木材片	種類：炭化材 試料の性状：最終形成年輪以外 部位不明
NG-6 PLD-37788	調査区：大切Ⅱ D 区 遺構：3T-S1 層位：地山直上 赤褐色粘土中	炭化木材片	種類：炭化材 試料の性状：最終形成年輪以外 部位不明
NG-7 PLD-37789	調査区：大切Ⅱ D 区 遺構：3T 層位：炭化物堆積物 赤褐色ブロック上層	炭化木材片	種類：炭化材 試料の性状：最終形成年輪以外 部位不明

NG-4 を除き木炭片である。また。測定試料の多くは大切Ⅲ C 区の発掘調査で出土した試料であるが、NG-6 および NG-7 は大切Ⅱ D 区よりの出土品である。

表中 NG-8 および NG-9 は発掘調査で最下層に近い奈良時代前期と推定されている堆積物中から出土した松明木材の炭化部およびヤリガンナ削片で生木に近い木片である。

試料 NG-2 および NG-3 は奈良時代前期とされる古代銅製錬の塊状カラミに含まれている木炭片で、その形状を図 1 に示している。図から明らかな様にこのカラミ中には多数の木炭片や気泡が認められた。図 1A の赤丸で囲った木炭片が試料 NG-2(黒炭)で、その裏側の切断面(図 1B)の赤丸で囲った木炭片が試料 NG-3(白炭)である。また、試料 NG-4 は奈良時代前期とされている堆積物中の木材片である。試料 NG-5 は奈良時代前期と推定されている堆積物中から出土したカラミに共伴して出土した木炭片である(図 2)。

さらに、試料 NG-6 および NG-7 はそれぞれ発掘状況から奈良時代中期および平安時代前期と推定されている堆積物中から見出された木炭片である。



(図1) 各奈良時代前期とされている炭化木材と気泡を多数含む塊状カラミの外観。

A: 炭化木材 [NG-2] を含む塊状カラミの破断面(北風ほか、2020 を加筆修正)。

B: 切断面に見られる炭化木材(NG-3)。



(図2) 奈良時代初期の堆積物から出土した流状カラミと炭化木材(NG-5)。

3. ¹⁴C の測定法

測定試料の前処理は(株)パレオ・ラボで行われたが、それによると試料を酸・アルカリ・酸洗浄(塩酸：1.2N、水酸化ナトリウム：1.0N、塩酸：1.2N)を行い、純水中で超音波洗浄後、乾燥し、その後、木炭(木片)の最外郭の年輪層から約1mg程度ピックアップして¹⁴C測定試料としている。

測定は加速器質量分析計(パレオ・ラボ、コンパクトAMS：NEC製1.5SDH)を用いて行った。炭素同位体比($\delta^{13}\text{C}$)から同位体分別効果の補正を行い、¹⁴C年代を求めた(年代はAD1950年を基点にして何年前かを示した値)。

4. ¹⁴C の測定結果

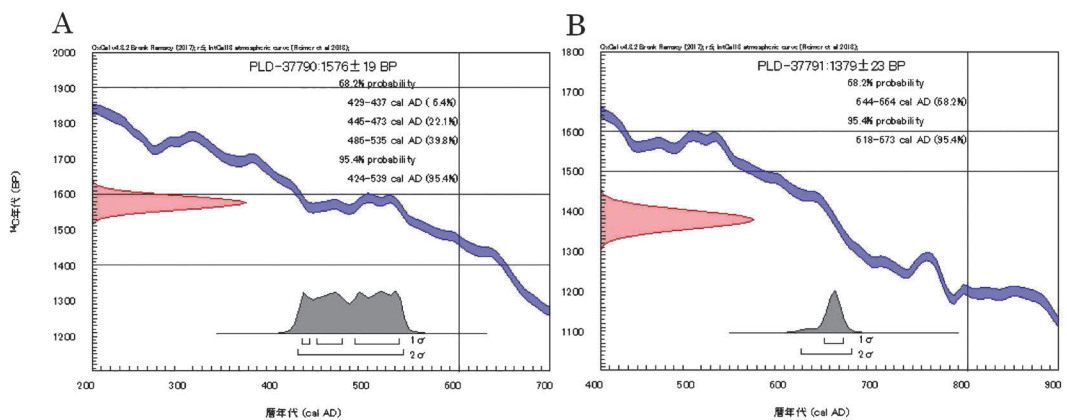
上記方法で得られた ¹⁴C 年代について暦年較正曲線[中村、2000；Reimer et al.、2013；Bronk、2009]を用いて補正し、暦年較正年代を求めた。

測定結果を表 2 に示している。表には ¹⁴C 年代から求めた暦年年代範囲(2σ)とそれらの年代値から発掘調査を考慮して求めた暦年較正年代(cal AD)の中間値も合わせて掲げている。

図 3 に NG-8(A) および NG-9(B) の ¹⁴C 年代と測定誤差を考慮し、暦年較正曲線から求めた暦年年代を図示している。通常、暦年年代は 2σ の範囲を採用することから NG-8(A) は 424 ~ 539 cal AD の範囲(482 ± 58；信頼度 95.4%)に、また NG-9(B) は 616 ~ 673 cal AD の暦年較正年代(646 ± 28；信頼度 95.4%)であった。

(表 2) ¹⁴C 測定結果と暦年較正年代

試料番号	Paleo Labo 測定番号	δ ¹³ C(‰)	¹⁴ C 年代 (BP ± 1σ)	暦年年代範囲(2σ) cal AD	暦年較正年代 cal AD
NG-8	PLD-37790	-21.84 ± 0.33	1576 ± 19	424-539 (95.4%)	482 ± 58
NG-9	PLD-37791	-29.32 ± 0.35	1379 ± 23	618-673 (95.4%)	646 ± 28
NG-3	PLD-36577	-27.64 ± 0.25	1323 ± 17	656-710 (85.2%)	683 ± 27
NG-4	PLD-37033	-29.52 ± 0.20	1306 ± 16	662-715 (69.6%) 743-766 (25.8%)	689 ± 27
NG-2	PLD-36576	-26.86 ± 0.12	1296 ± 15	667-721 (61.6%) 741-768 (33.8%)	694 ± 27
NG-5	PLD-37034	-25.31 ± 0.20	1285 ± 16	672-726 (57.4%) 738-769 (38.0%)	721 ± 49
NG-6	PLD-37788	-25.75 ± 0.35	1235 ± 20	689-780 (59.3%) 787-876 (36.1%)	735 ± 46
NG-7	PLD-37789	-26.99 ± 0.36	1209 ± 21	726-738 (3.9%) 767-886 (91.5%)	827 ± 60



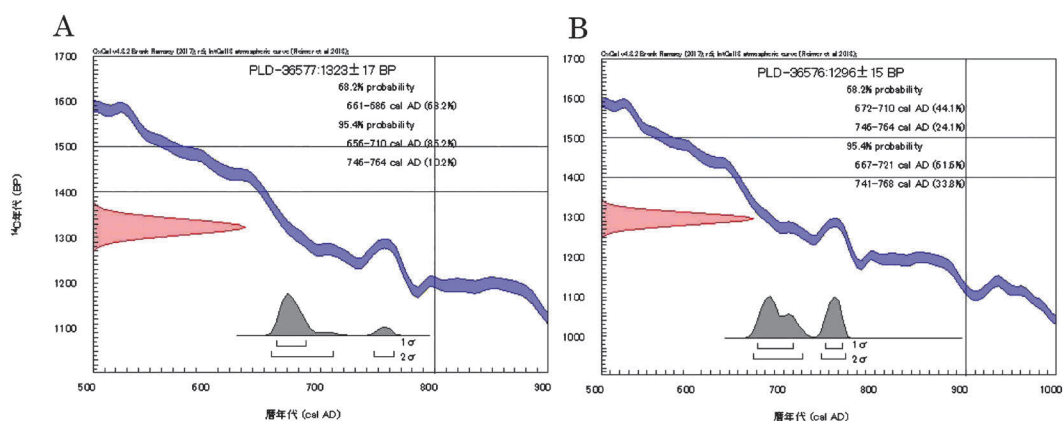
(図 3) 奈良時代前期の堆積物から出土した松明木材の炭化物とヤリガンナ削片の ¹⁴C 年代と暦年年代との関係。

A：松明木材の炭化物(NG-8: PLD-37790)、B：ヤリガンナ削片(NG-9: PLD-37791)。

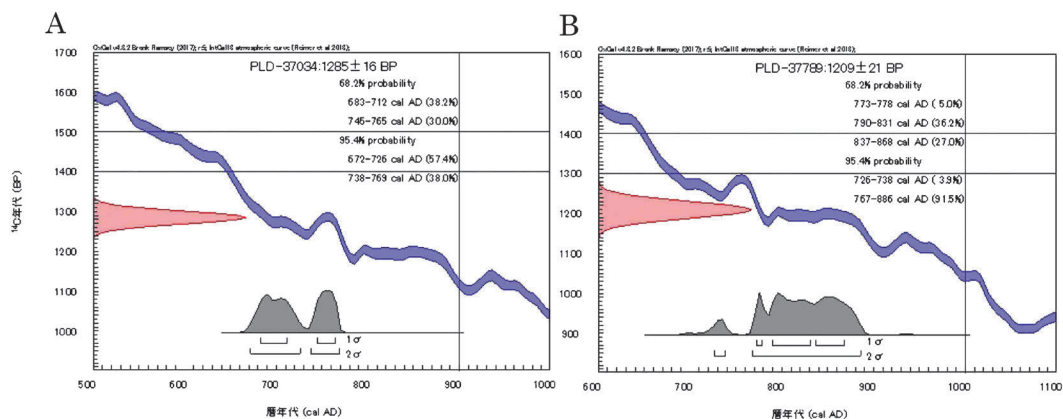
奈良時代初期とされている塊状カラミ中の木炭片 NG-3 および NG-2 の測定値を図 4 A(NG-3) および B(NG-2) に測定値と暦年代との関係を示している。NG-3 の暦年代範囲は 656 ~ 710 cal AD(683 ± 27 : 85.2%)であった。また NG-2 の暦年代範囲は 667 ~ 721 cal AD(694 ± 27 : 61.6%)と 741-765 cal AD (33.5%)の年代値が得られたが、同一カラミ中の木炭片であることから、前者の値を採用した。

奈良時代前期とされているカラミに伴って出土した木炭 (NG-4) の暦年年代は 662 ~ 715 と 743 ~ 766 cal AD の二種類のデータが得られたが、発掘調査では少なくとも奈良時代前期のものであるとされていることより、古い暦年年代値(689 ± 27 : 69.6%)を採用した。

奈良時代中期と推定されているカラミに伴う木炭片(NG-5)の¹⁴C年代と暦年代との関係を図 5A に図示している。また発掘調査でほぼ同時代とされているカラミに随伴する木炭片(NG-6)の暦年年代値は暦年較正曲線が一様に変化していないため、年代値に2のピークを持つデータが得ら



(図 4) 塊状カラミ中の木炭片の¹⁴C年代と暦年代との関係。
A: NG-3(PLD-36577)、B: NG-2(PLD-38576)。



(図 5) 奈良時代初期および平安時代前期堆積物中の木炭片の¹⁴C年代と暦年代との関係。
A: 奈良時代初期の木炭片(NG-5: PLD-37034)、B: 平安時代前期の木炭片(NG-7: PLD-37789)。

れたが、発掘調査結果を考慮して本研究では古い年代値 NG-5($721 \pm 49:57.4\%$)および NG-6($735 \pm 46:59.3\%$)を採用した。

また、平安時代前期とされている土器に伴って出土した木炭片(NG-7)の測定結果は第5図Bのようで、較正曲線がほぼ水平な暦年代に相当しているため、幅広い暦年代値($827 \pm 60:91.5\%$)しか得られなかった。

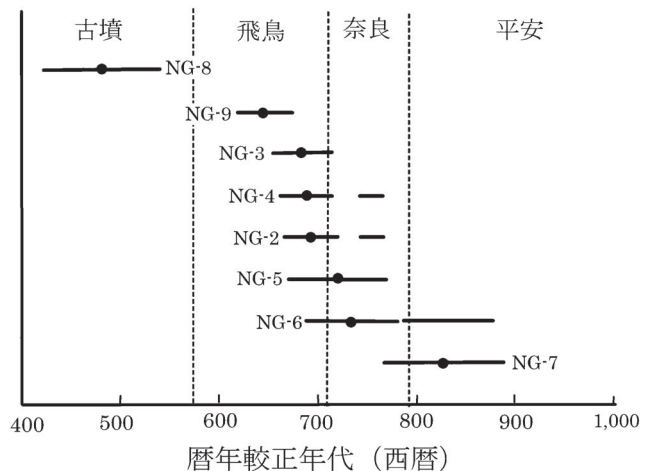
5. まとめと考察

各測定試料の暦年較正年代値の範囲と日本の暦年の関係を図6に示している。なお、暦年には測定誤差(2σ)の範囲も掲げている。

奈良時代初期とされていた塊状カラミ中に見られる木炭の年代値(NG-3およびNG-2)は奈良時代(710年～)初期ではなく、それより若干古い年代値： 683 ± 27 年および 694 ± 27 年が得られた。試料 NG-2 は最終形成年輪であるのに対して、NG-3 は最終形成年輪より少し内部の部位であるため古木効果で若干古い年代が得られたものと思われる。

また、ほぼ同一層から出土した木材片の(NG-4)の最外郭の年輪年代値は 689 ± 27 年であり、誤差を考慮すればほぼ NG-2 や NG-3 と同一年代での木炭片であると考えられる。これらの年代値は伊藤・時枝[1993]による炉跡の考古地磁気測定結果(1号炉 705 ± 25 および 2号炉 680 ± 40)と誤差の範囲でほぼ一致している。これらのことを考慮すれば、考古学的考察(奈良時代前期 710 年～)より若干遡った飛鳥時代末期の年代が得られた。これらの年代値から少なくとも長登銅山での古代銅製錬は飛鳥時代末期には行われたものと考えられる。長登銅山跡の発掘調査で出土した土器片は飛鳥末期から奈良初期と推定されており、 ^{14}C 年代測定値とは大きな矛盾は認められない。

奈良時代前期と推定されていた堆積物中の木炭片(NG-5)の較正年代値は 721 ± 49 年であり、また流状カラミに伴い出土した木炭片(NG-6)の較正年代は 735 ± 46 年と奈良時代初期～中期の年代が得られた。これらの年代値は東大寺大仏鑄造の年代(745～752年)とほぼ一致した年代であることから大仏鑄造に先立つ時代に長登銅山での古代銅製錬が行われ、この製錬銅が大仏鑄造に用いられたとする見解[久野、1990]とほぼ一致する。



〔図6〕 ^{14}C 暦年較正年代と日本の時代区分との関係。
暦年較正年代の横バーは較正年代の 2σ の範囲。丸印：推定年代値の中間値。

平安時代(794～)前期と考えられた木炭片(NG-7)の較正年代は 827 ± 60 年(平安時代初期)で、随伴して出土した土器から推定した年代とほぼ一致した値であった。

大切製錬所跡(大切ⅢC区)の最下部に近い奈良時代初期と考えられる堆積層から出土した木炭片(木片)(NG-8およびNG-9)の年代値は古墳時代中期(482 ± 58 年)および飛鳥時代中期(646 ± 28 年)の年代値が得られた。前者の値は光谷[1993]が年輪年代学から求めた木製品の最外年輪年代449年とほぼ一致した年代値であった。また、彼は最外年輪年代が593年や596年(飛鳥時代前期)の木製品も見出している。これらの時代に相当する長登銅山の銅製錬カラミなどの遺物は未だ発見されていないが、これらの木片は未発見の製錬遺跡(?)から二次的に木炭片(木材)が新しい奈良時代初期の堆積層に混入したとも考えられる。また、長登銅山跡において最も上流側のカラミ堆積場から弥生土器が出土しており、銅鉱石採取(製錬)などの開発は弥生時代まで遡る可能性も指摘されている[池田、2015]。

また、長登銅山跡に近い美祢市秋芳町国秀遺跡[岩崎、1992；葉賀、1992]、中村遺跡[葉賀、1987]および美祢市美東町近光遺跡[池田、2004b]から弥生～古墳時代の遺物や銅製錬関係の遺物が出土しており、長登銅山に関しても上記の様に鉱山の開発や銅製錬は古墳時代には既に開始されていた可能性もあり、さらに弥生時代まで遡ることも推定される。

さらに、長登銅山の製錬銅は長門鑄銭司で行われた和同開珎(708～760年)鑄造の原料として用いられたとされている[池田、2007、2010；齋藤ほか、2002；齋藤、2012]。飛鳥時代末期の製錬銅と和同開珎の砒素・鉛含有量とを比較して、両者は密接な関係にあると推定している[北風ほか、2020]。これに関しては長門鑄銭司の出土品などについてもさらに検討して行く必要がある。

上記した事実から長登銅山における古代銅製錬は少なくとも飛鳥時代末期には既に行われており、この時代には少なくとも銅生産(採掘・製錬)が行われた可能性が高い。このことは鉛同位体の研究から日本産原料の開始時期は7世紀中葉頃(飛鳥時代中期)までさかのぼるとする意見[齋藤、2018]とは矛盾しない。さらに古墳時代中期の生木に近い木片が本研究で発見され、さらに弥生土器も鉱山跡から見出されており、古墳時代から更に時代を遡る可能性がある。

我が国における銅製錬の¹⁴C年代測定で絶対年代を明らかにした例はほとんど報告されていない、本研究が初めての報告である。結論的には少なくとも飛鳥時代末期には古代銅製錬は開始されたと推察され、同時期には銅鉱石も採掘されたと考えられる。今後、さらに古い時代の銅生産遺物中で伐採後あまり時間経過していない炭化木や木片の¹⁴C年代測定を行い、古代テクノポリス山口の中核的遺跡である長登銅山における古代銅生産(銅鉱石採掘、銅製錬など)の開始時期を明確にして行く必要がある。

謝辞

本研究に供した試料は美祢市文化財保護課より提供して頂いた。また研究に要した費用の一部

は山口大学山口学研究センターおよび秋吉台アカデミックセンターの補助金に寄った。さらに匿名の査読者(2名)には貴重なご意見を賜った。関係者の皆様に謝意を表す。

引用文献

- Bronk R. C.
2009 Bayesian Analysis of Radiocarbon dates. *Radiocarbon*, **51**, 337-360.
- 葉賀七三男
1983 『古代長門の銅生産について』山口県地方史研究、**50**、21-27.
- 葉賀七三男
1987 『中村遺跡出土小銅塊・鉱石の分析調査結果』中村遺跡、山口県教育委員会編山口県埋蔵文化財調査報告書、**100**、35-37.
- 葉賀七三男
1992 『国秀遺跡出土遺物の金属学調査結果について』国秀遺跡、山口県教育委員会編山口県埋蔵文化財調査報告書、
- 池田善文
1974 『古代長登(奈良登)銅山遺跡について』温故知新、**1**、1-4.
- 池田善文
1982 『古代長門国採銅所の予察』山口県地方史研究、**48**、1-8.
- 池田善文
1990 『長登銅山跡Ⅰ』美東町教育委員会編 . 115p.
- 池田善文
1993 『長登銅山跡Ⅱ . 美東町教育委員会 . 251p.
- 池田善文
2004a 『特論・長登銅山跡』山口県史、考古学 **2**、561-587.
- 池田善文
2004b 『近光遺跡』美東町史 資料編 52-54.
- 池田善文
2007 『長登銅山跡』考古学ジャーナル、**562**、13-18.
- 池田善文
2010 『古代銅生産技術の予察』山口考古、**30**、43-50.
- 池田善文
2015 『長登銅山跡』長門に眠る日本最古の古代銅山。日本の遺跡、**49**、同成社、194p.
- 池田善文・森田孝一
1998 『長登銅山跡Ⅲ』美東町教育委員会 . 59p.
- 伊藤晴明・時枝克安
1993 『長登銅山製錬炉の考古地磁気測定結果』池田善文編長登銅山跡Ⅱ、191-194.
- 岩崎仁志
1992 『国秀遺跡』山口県埋蔵文化財調査報告、**152**、42p.
- 北風 嵐、青島啓
2018 『史跡周防鑄銭司跡出土品の理化学的研究—とくに鑄損銭について—』山口大学工学部研究報告、**69**、1-7。

24 北風 嵐、池田善文、小松隆一：
山口県長登銅山の古代銅製錬のカラミに関連する木炭の¹⁴Cによる年代測定

北風 嵐、池田善文、麻川明俊、小松隆一

2020 『山口県長登銅山の古代銅製錬のカラミ中の球状銅合金：特に飛鳥時代末期～平安時代前期の銅合金の産状と化学組成について』資源地質、70、43-52。

久野雄一郎

1989 『日本の古代非鉄金属について』日本金属学会会報、28、602-607。

久野雄一郎

1990 『東大寺大仏の銅原料についての考察』考古学論攷、14、110-131。

光谷拓実

1993 『年輪年代法による木製品の年代測定』池田善文編長登銅山跡Ⅱ . 195-196。

中村俊夫

2000 『放射性炭素年代測定法の基礎』日本先史時代の¹⁴C年代編集委員会編日本先史時代の¹⁴C年代、3-20、日本第四紀学会。

Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Buck, C.E., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hafflidason, H., Hajdas, I., Hatte, C., Heaton, T.J., Hoffmann, D.L., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., Manning, S.W., Niu, M., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Staff, R.A., Turney, C.S.M., and van der Plicht, J. 2013 [IntCal13 and Marine13 Radiocarbon Age Calibration Curves 0-50, 000 Years cal BP] Radiocarbon, 55, 1869-1887.

齋藤 努

2012 『金属が語る日本史—銭貨・日本刀・鉄炮』213p. 吉川弘文館。

齋藤 努

2018 『日韓の青銅器と原料の産地推定』齋藤 努編“青銅器の考古学と自然科学”、12～40、朝倉書店。

齋藤 努、高橋照彦、西川祐一

2002 『古代銭貨に関する理化学的研究—「皇朝十二銭」の鉛同位体比分析および金属組成分析』IMES Discussion Paper No.2002-J-30. 日本銀行金融研究所。