

広島県下の古代の製鉄原料と製錬技術に関する試論

— カナクロ谷遺跡出土製鉄関連遺物の調査から —

鈴木 瑞穂

1. はじめに

カナクロ谷遺跡は広島県世羅郡世羅町大字黒淵字東山に所在する。広島大学の発掘調査により、6世紀後半から7世紀前半と推定される炉跡2基が検出された⁽¹⁾。また遺跡から出土した鉱石や鉄滓は、桂・福田・高塚氏⁽²⁾や国立歴史民俗博物館⁽³⁾により、理化学的な調査が行われている。その結果、製鉄原料がマンガンを含み鉄鉱石（塊鉄）と砂鉄であったことが明らかとなっている。

その後広島県内では、三次市小丸遺跡⁽⁴⁾、庄原市小和田・西山遺跡⁽⁵⁾でも、酸化マンガンの割合の高い鉄鉱石や鉄滓が確認されている。古代の産鉄国であった備後（現在の広島県東部）で、こうした鉄鉱石がどの程度製鉄に利用されたのか、また鉄鉱石中のマンガンが製錬滓や生産された鉄、さらに後続の鍛冶工程にもどのように影響したのかを明らかにできれば、地域の製鉄技術や鉄素材の流通・加工の問題に関して、より詳細な知見を得ることが期待できる。

そこで、広島大学考古学研究室が所蔵するカナクロ谷遺跡出土遺物（鉱石、鉄滓、含鉄鉄滓）の調査を改めて実施した。

2. 調査対象

世羅町内採取鉱石、カナクロ谷遺跡出土鉱石各2点、鉄滓8点（金属探知器の反応のない製錬滓（炉外流出滓、炉内滓）3点、および金属探知器の反応があり、内部に金属鉄が含まれる可能性の高い鉄滓5点）を選択した（第1表）。

3. 調査結果

(1) 鉱石

世羅町内採取鉱石（KNK-1、2）の主な構成鉱物は、少量の磁鉄鉱（ $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ）、およびマンガングリュネル閃石 $\text{Mn}_2\text{Fe}_3\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ 、かんらん石 $(\text{Fe}, \text{Mn})_2\text{SiO}_4$ 、ざくろ石 $(\text{Mn}, \text{Fe}, \text{Ca})_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ と推定される（写真1）。一方、カナクロ谷遺跡出土鉱石（KNK-3、4）は全体がマンガン酸化物であった（写真2）。化学分析値からも、鉄分や他の成分をほとんど含まないマンガン鉱石と判断される（第2表）。

(2) 鉄滓

カナクロ谷遺跡出土鉄滓（KNK-5～8）中には、白色樹枝状・粒状結晶ウスタイト（Wustite： FeO ）、灰褐色多角形結晶マグネタイト（Magnetite： $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$ ）、淡灰色柱状結晶フェアライト（Fayalite： $2\text{FeO} \cdot \text{SiO}_2$ ）が晶出する。また表面に砂鉄が付着する滓（KNK-6）や、熱

第1表 供試材の履歴と調査項目

| 符号 | 遺跡名 | 出土位置 | 遺物名称 | 計測値 | | 顕微鏡 | EPMA | 化学分析 |
|--------|------------|--------------------|----------------|-----------------|-------|------|------|------|
| | | | | 大きさ(mm) | 重量(g) | | | |
| KNK-1 | 世羅町内 表採 | — | 鉱石 | 69.4×52.2×25.8 | 143.5 | なし | ○ | ○ |
| KNK-2 | 表採 | — | 鉱石 | 72.5×40.3×29.8 | 124.6 | なし | ○ | ○ |
| KNK-3 | カナクロ谷 | A-4東南隅 炉壁集中部 | 鉱石 | 87.7×86.1×50.3 | 763.0 | なし | ○ | ○ |
| KNK-4 | カナクロ谷 | — | 鉱石 | 100.5×76.4×63.8 | 823.0 | なし | ○ | ○ |
| KNK-5 | カナクロ谷 | — | 製錬滓 (流出溝滓) | 120.1×75.6×56.3 | 793.0 | なし | ○ | ○ |
| KNK-6 | カナクロ谷 | C-3-4 | 製錬滓 (流動滓) | 66.0×44.7×38.5 | 109.6 | なし | ○ | ○ |
| KNK-7 | カナクロ谷 | No.1炉 炉床 地下構造 | 製錬滓 (炉内滓) ? | 74.3×56.6×47.8 | 239.8 | なし | ○ | ○ |
| KNK-8 | カナクロ谷 | B-3-4 1号炉 | 含鉄鉄滓 | 84.5×63.5×52.8 | 220.4 | M(◎) | ○ | ○ |
| KNK-9 | カナクロ谷 | C-3炉床下 木炭層 | 含鉄鉄滓 | 28.9×24.8×24.8 | 23.0 | H(○) | ○ | |
| KNK-10 | カナクロ谷 | No.1炉 炉床 地下構造出土 | 含鉄鉄滓 | 36.2×22.6×24.7 | 18.8 | H(○) | ○ | |
| KNK-11 | カナクロ谷 | No.1炉 炉床 地下構造出土 | 含鉄鉄滓 | 35.3×24.6×13.6 | 13.1 | H(○) | ○ | |
| KNK-12 | カナクロ谷 | C-3-4 | 含鉄鉄滓 | 46.6×42.7×37.3 | 94.4 | L(●) | ○ | |

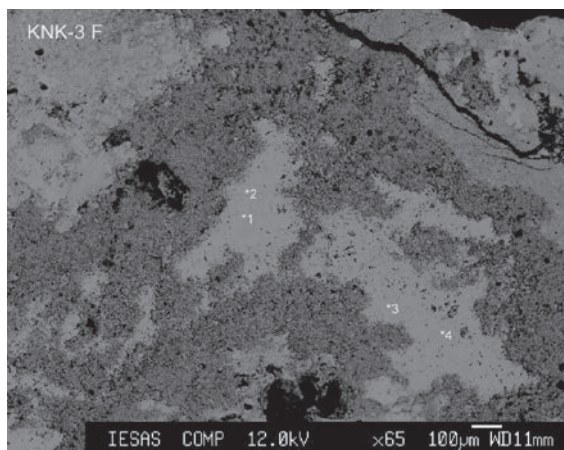
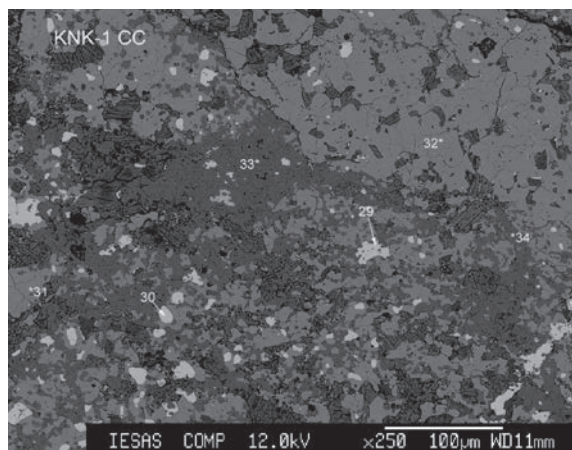


写真1 世羅町採取鉱石 (KNK-1) の反射電子像

29・30：磁鉄鉱 $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$
 31：マンガングリネール閃石 $\text{Mn}_2\text{Fe}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$
 32：かんらん石 $(\text{Fe}, \text{Mn}) 2\text{SiO}_4$
 33・34：ざくろ石 $(\text{Mn}, \text{Fe}, \text{Ca}) 3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$

写真2 カナクロ谷遺跡出土鉱石 (KNK-3) の反射電子像

1～4：マンガン酸化物

影響を受けて分解・滓化しかけた微細な鉱物粒を含む滓 (KNK-7) が確認された (写真3)。

化学分析値は鉄酸化物と炉材粘土の溶融物 (SiO_2 , Al_2O_3) の割合が高い。また酸化マンガンは1点が2%台であったが、他の3点は1%未満と全体に低めであった (MnO : 0.63～

第2表 カナクログ谷遺跡出土鉱石・鉄滓の化学分析値一覧表

| 符号 | 出土位置 | 遺物名称 | 全鉄分 (Total Fe) | 金属鉄 (Metallic Fe) | 酸化 第1鉄 (FeO) | 酸化 第2鉄 (Fe ₂ O ₃) | 二酸化 珪素 (SiO ₂) | 酸化アル ミニウム (Al ₂ O ₃) | 酸化カル シウム (CaO) | 酸化マグ ネシウム (MgO) | 酸化カリ ウム (K ₂ O) | 酸化ナ トリウム (Na ₂ O) | 酸化マン ガン (MnO) | 二酸化 チタン (TiO ₂) | 酸化 クロム (Cr ₂ O ₃) | 硫黄 (S) | 五酸化 リン (P ₂ O ₅) | バナジウ ム (V) | 銅 (Cu) | 二酸化 ジルコニ ウム (ZrO ₂) | 砒素 (As) |
|-------|---------------------|---------------|-------------------|----------------------|--------------------|--|----------------------------------|---|----------------------|-----------------------|----------------------------------|------------------------------------|---------------------|-----------------------------------|--|-----------|---|------------------|-----------|--|------------|
| KNK-3 | A-4東南隅 炉壁集中 部 | 鉱石 | 0.96 | 0.05 | 0.04 | 1.26 | 0.13 | 0.76 | 0.25 | 0.74 | 0.61 | 0.04 | 77.32 | 0.02 | 0.07 | 0.01 | 0.24 | 0.03 | <0.01 | 0.61 | 0.08 |
| KNK-5 | | 製錬滓 (流出溝滓) | 39.10 | 0.21 | 44.10 | 6.35 | 24.56 | 7.37 | 6.96 | 1.19 | 1.85 | 0.23 | 0.83 | 2.99 | 0.05 | 0.049 | 0.20 | 0.14 | <0.01 | 0.05 | <0.01 |
| KNK-6 | C-3-4 | 製錬滓 (流動滓) | 40.26 | 0.11 | 45.03 | 7.10 | 24.50 | 6.97 | 4.49 | 1.24 | 1.85 | 0.24 | 2.16 | 2.91 | 0.06 | 0.050 | 0.11 | 0.16 | <0.01 | 0.05 | <0.01 |
| KNK-7 | 床地下 構造 | 製錬滓 (炉内滓?) | 40.17 | 0.07 | 40.54 | 11.98 | 21.19 | 6.94 | 8.05 | 1.35 | 1.42 | 0.23 | 0.70 | 2.56 | 0.05 | 0.041 | 0.36 | 0.14 | <0.01 | 0.05 | <0.01 |
| KNK-8 | B-3-4 1号炉 | 含鉄鉄滓 | 50.23 | 1.08 | 28.34 | 38.78 | 13.27 | 3.84 | 5.20 | 0.94 | 0.73 | 0.11 | 0.63 | 1.61 | 0.04 | 0.12 | 0.17 | 0.10 | 0.01 | <0.01 | <0.01 |

分析方法：全鉄分 (Total Fe)、金属鉄 (Metallic Fe)、酸化第一鉄 (FeO)：容量法
炭素 (C)、硫黄 (S)：燃烧容量法、燃烧赤外吸収法
他：ICP (Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometer) 誘導結合プラズマ発光分光分析法

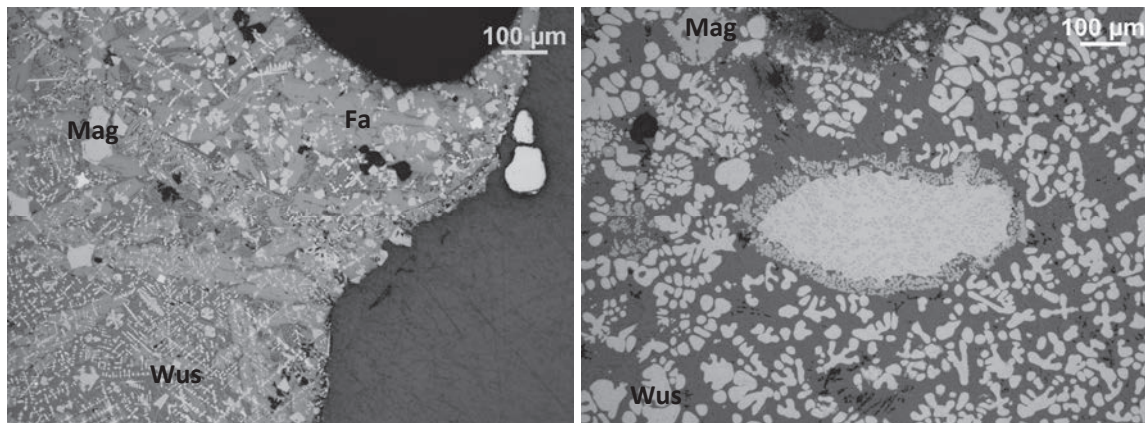


写真3 カナクログ谷出土鉄滓 (左：KNK-6 右：KNK-7)

Wus: ウスタイト FeO Mag: マグネタイト (磁鉄鉱) FeO・Fe₂O₃ Fa: ファヤライト (鉄かんらん石) 2FeO・SiO₄

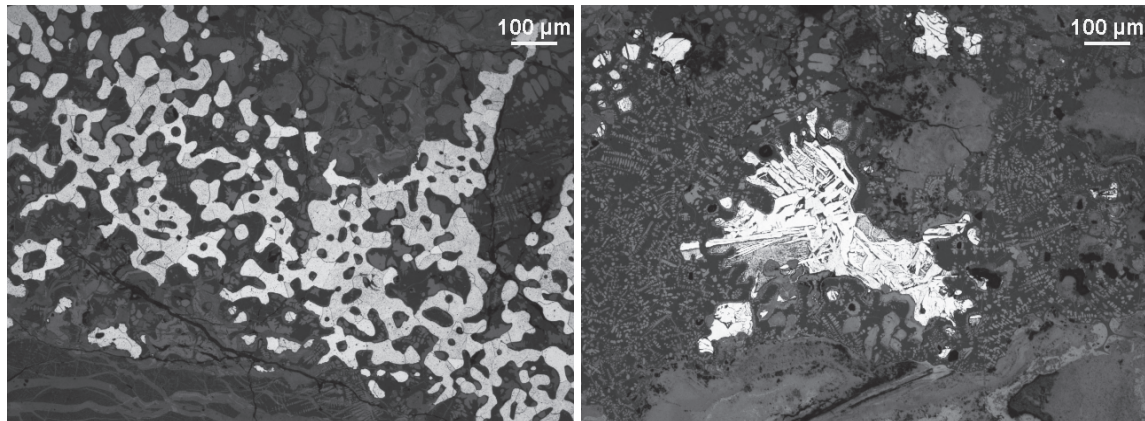


写真4 カナクログ谷出土含鉄鉄滓 (KNK-8)

不定形白色～明灰色部：金属鉄、左：フェライト単相、右側：亜共析組織

2.16%)。一方、ライムはやや高めであった (CaO：4.49～8.05%)。さらに4点とも少量チタニアが含まれる (TiO₂：1.61～2.99%) (第2表)。

(3) 含鉄鉄滓

カナクログ谷遺跡出土含鉄鉄滓 (KNK-8～12) の断面観察を実施した。いずれも素地部分は鉄滓で、内部に非常に微細な金属鉄が散在する状態であった (写真4)。

4. 考 察

(1) カナクロ谷遺跡のマンガン鉱石について

これまでにカナクロ谷遺跡から出土した鉱石は5点、X線回折および蛍光X線分析されている。その結果1点は軟マンガン鉱 (Pyrolusite : MnO_2) で、4点は赤鉄鉱 (Hematite : Fe_2O_3) または磁鉄鉱 (Magnetite : $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$)、鉄-マンガンざくろ石、および角閃石からなる鉱石と報告されている (桂・福田・高塚1984)。

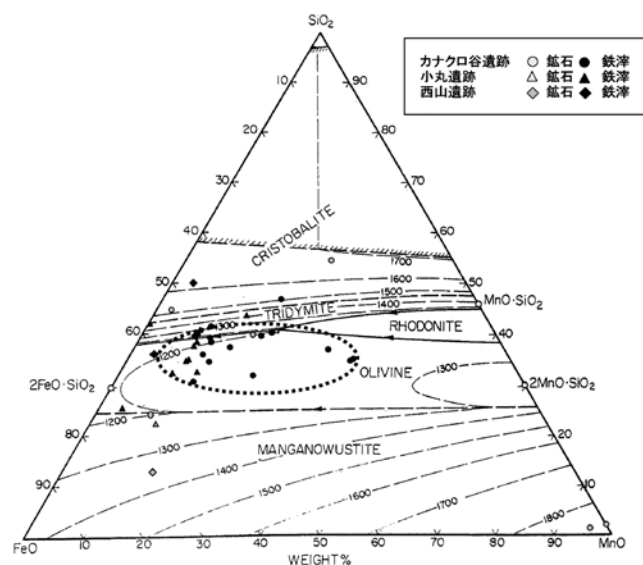
今回調査した鉱石は、遺跡から出土した2点 (KNK-3, 4) は鉄分や他の成分をほとんど含まないマンガン酸化物であった。また世羅町内から採取された鉱石 (KNK-1, 2) は、磁鉄鉱 ($\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$)、およびマンガノグリュネル閃石 $\text{Mn}_2\text{Fe}_5\text{Si}_8\text{O}_{22}(\text{OH})_2$ 、かんらん石 ($\text{Fe, Mn})_2\text{SiO}_4$ 、ざくろ石 ($\text{Mn, Fe, Ca})_3\text{Al}_2(\text{SiO}_4)_3$ が主な構成鉱物で、桂氏らの調査した試料と同様の鉱石類が確認された。これらの調査結果から、カナクロ谷遺跡には、地域 (世羅町内) のマンガンを富むスカルン (接触交代鉱床) 鉱床^(註1) から採掘された鉱石が搬入され、遺跡内で鉄分の高いものを選択して製鉄原料としたと推察される。

(2) 古代の製鉄原料の利用法

今回調査した鉄滓4点 (KNK-5~8) は、酸化マンガンの割合が低く (MnO : 0.63~2.16%)、少量チタニアが含まれる (TiO_2 : 1.61~2.99%)。広島県下の製鉄遺跡から出土した砂鉄・製錬滓の化学分析結果 (第3表) をみると、チタニアの割合は三次市 (旧三良坂町) の白ヶ迫遺跡⁽⁶⁾ と近似する。鉄滓 (KNK-6) の表面に砂鉄が付着していることから、これらの鉄滓はチタニアの割合が低い砂鉄を製鉄原料としていた可能性が高いと考えられる。ただし他の遺跡の砂鉄製錬滓と比較すると、ライムの割合が高い (CaO : 4.49~8.05%)。このため、一回の操業中にスカルン鉱床から採取した、マンガンの割合の低い塊鉄 (鉄鉱石) と砂鉄の双方を使用した可能性も考慮する必要がある。

なお、桂氏らの蛍光X線分析では、鉄滓18点のうち13点はチタニア (TiO_2) の割合が1%未満、4点が約2~4%、1点が約16%であった。この調査結果から、カナクロ谷遺跡では塊鉄 (鉄鉱石) だけでなく砂鉄も製鉄原料であったことが指摘されている。ただし、チタニアを含む鉄滓中にも、酸化マンガ (MnO)、ライム (CaO) が数%以上含まれている。

塊鉄 (鉄鉱石) と砂鉄が出土した、または塊鉄 (鉄鉱石) と砂鉄を原料とする製錬滓が確認された広島県下



第1図 FeO-SiO₂-MnO 系状態図および広島県下製鉄遺跡出土高 MnO 鉄石・鉄滓の化学組成

第3表 広島県下の古墳時代後期～古代の製鉄遺跡出土鉱石・鉄滓の化学分析値一覧表

(1)原料:鉄鉱石(塊鉱)

| 遺跡名 | 遺物名称 | Total Fe | Metallic Fe | FeO | Fe ₂ O ₃ | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | K ₂ O | Na ₂ O | MnO | TiO ₂ | Cr ₂ O ₃ | S | P ₂ O ₅ | V | Cu | 文献 |
|------------|-------|----------|-------------|-------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|-------|------|------------------|-------------------|-------|------------------|--------------------------------|-------|-------------------------------|-------|-------|-----|
| 掛ヶ谷 | 塊鉄滓 | 20.2 | 0.17 | 18.93 | 7.6 | 37.62 | 10.74 | 4.03 | 0.66 | 1.692 | 0.320 | 16.1 | 0.2 | | 0.320 | 0.786 | 0.057 | 0.025 | (3) |
| 小丸 | 鉄鉱石 | 62.96 | 0.02 | 12.59 | 76.00 | 3.27 | 1.25 | 0.01 | 0.01 | 0.030 | | 0.01 | 0.02 | | 0.053 | 0.332 | 0.004 | 0.009 | (4) |
| | 鉄滓 | 35.95 | 0.27 | 39.66 | 5.67 | 28.18 | 4.82 | 1.21 | 0.57 | 0.7 | 0.15 | 11.02 | 0.20 | 0.02 | 0.034 | 0.25 | 0.12 | 0.02 | |
| | 鉄滓 | 32.35 | 0.22 | 27.59 | 14.43 | 30.79 | 5.86 | 2.00 | 0.64 | 1.05 | 0.23 | 8.30 | 0.44 | 0.02 | 0.229 | 0.3 | 0.15 | 0.02 | |
| | 鉄滓 | 38.21 | 0.63 | 72.88 | 16.55 | 27.27 | 4.37 | 0.78 | 0.66 | 0.77 | 0.15 | 7.50 | 0.38 | 0.02 | 0.225 | 0.25 | 0.18 | 0.02 | |
| | 鉄滓 | 29.68 | 0.22 | 29.75 | 8.17 | 31.62 | 5.19 | 2.66 | 0.55 | 1.09 | 0.23 | 7.48 | 0.42 | 0.02 | 0.228 | 0.28 | 0.13 | 0.03 | |
| | 鉄滓 | 26.36 | 0.22 | 13.36 | 22.39 | 33.95 | 8.76 | 1.31 | 0.31 | 0.82 | 0.2 | 10.26 | 0.26 | 0.02 | 0.283 | 0.28 | 0.10 | 0.05 | |
| | 鉄滓 | 41.68 | 0.22 | 20.69 | 35.74 | 19.4 | 5.31 | 0.95 | 0.38 | 0.62 | 0.13 | 3.32 | 0.22 | 0.02 | 0.424 | 0.28 | 0.073 | 0.03 | |
| | 鉄滓 | 32.57 | 0.27 | 36.15 | 4.89 | 30.55 | 5.81 | 1.90 | 0.53 | 0.99 | 0.27 | 7.80 | 0.49 | 0.02 | 0.22 | 0.30 | 0.14 | 0.03 | |
| | 鉄滓 | 34.47 | 0.18 | 13.65 | 33.55 | 28.78 | 5.73 | 1.35 | 0.23 | 0.8 | 0.14 | 8.20 | 0.34 | 0.05 | 0.021 | 0.33 | 0.16 | 0.04 | |
| | 鉄滓 | 31.23 | 0.22 | 26.73 | 13.83 | 32.66 | 6.62 | 2.08 | 0.67 | 1.35 | 0.29 | 7.76 | 0.47 | 0.03 | 0.211 | 0.30 | 0.14 | 0.02 | |
| | 鉄石 | 20.76 | 0.11 | 0.57 | 29.03 | 29.68 | 6.8 | 0.16 | 0.29 | 0.86 | 0.06 | 16.30 | 0.065 | 0.02 | 0.012 | 0.10 | 0.094 | 0.01 | |
| | 鉱石 | 40.08 | | 1.02 | 56.18 | 18.86 | 3.46 | 0.13 | 0.96 | 0.54 | 0.1 | 8.78 | 0.11 | 0.03 | 0.019 | 0.18 | 0.14 | 0.01 | |
| | 大鉄滓塊 | 34.37 | 0.22 | 40.32 | 4.45 | 31.97 | 4.14 | 2.17 | 1.54 | 1.17 | 0.13 | 6.86 | 0.21 | 0.02 | 0.053 | 0.098 | 0.11 | 0.01 | |
| | 大鉄滓塊 | 34.52 | 0.45 | 39.37 | 5.72 | 32.44 | 2.29 | 1.91 | 1.72 | 0.33 | 0.11 | 7.14 | 0.15 | 0.02 | 0.5 | 0.086 | 0.10 | 0.01 | |
| | 鉄滓 | 38.12 | 0.56 | 43.68 | 6.13 | 30.39 | 7.25 | 1.95 | 0.61 | 0.59 | 0.25 | 6.70 | 0.16 | 0.02 | 0.025 | 0.25 | 0.12 | 0.01 | |
| 鉄滓 | 38.14 | 0.56 | 42.97 | 6.96 | 30.01 | 9.36 | 1.51 | 0.39 | 0.71 | 0.22 | 3.81 | 0.29 | 0.02 | 0.067 | 0.20 | 0.065 | 0.01 | | |
| 鉄滓 | 36.95 | 0.89 | 41.96 | 6.32 | 35.21 | 9.15 | 2.05 | 0.39 | 0.85 | 0.43 | 0.75 | 0.29 | 0.02 | 0.077 | 0.20 | 0.053 | 0.01 | | |
| 鉄滓 | 15.81 | 0.22 | 13.22 | 7.95 | 55.28 | 12.24 | 1.44 | 0.35 | 1.32 | 0.51 | 0.70 | 0.29 | 0.03 | 0.018 | 0.13 | 0.036 | 0.01 | | |
| 小和田 | 鉄鉱石 | 36.13 | 0.13 | 10.63 | 39.66 | 49.08 | 0.13 | 0.05 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.03 | 0.01 | 0.07 | 0.08 | 0.01 | <0.01 | 0.059 | (5) |
| | 鉄鉱石 | 64.14 | 0.07 | 24.42 | 64.47 | 6.60 | 0.84 | 2.18 | 0.26 | 0.03 | 0.03 | 0.44 | 0.13 | 0.13 | <0.01 | 0.04 | <0.01 | <0.01 | |
| | 鉄鉱石 | 29.54 | 0.08 | 8.57 | 32.60 | 57.65 | 0.48 | 0.14 | 0.06 | 0.06 | 0.01 | 0.12 | 0.01 | 0.09 | 0.03 | 0.03 | <0.01 | 0.006 | |
| | 炉内滓 | 37.48 | 0.05 | 44.6 | 3.98 | 35.15 | 7.68 | 2.92 | 0.79 | 0.93 | 0.14 | 1.08 | 0.29 | 0.03 | 0.03 | 0.56 | 0.02 | 0.021 | |
| | 炉壁 | 4.37 | <0.01 | 0.68 | 5.49 | 64.90 | 19.32 | 0.58 | 1.21 | 2.15 | 0.72 | 0.11 | 0.80 | 0.11 | 0.01 | 0.21 | 0.01 | 0.004 | |
| | 炉内滓 | 33.10 | 0.02 | 38.42 | 4.60 | 35.79 | 9.70 | 5.50 | 0.52 | 0.81 | 0.14 | 2.80 | 0.28 | 0.02 | 0.02 | 0.27 | 0.01 | 0.014 | |
| | 炉壁 | 3.76 | <0.01 | 0.97 | 4.36 | 64.37 | 17.53 | 0.39 | 0.80 | 2.10 | 0.67 | 0.07 | 0.79 | 0.07 | 0.02 | 0.13 | 0.01 | 0.002 | |
| | 鉄滓 | 38.72 | 0.03 | 44.65 | 5.70 | 28.01 | 8.05 | 10.36 | 0.62 | 0.76 | 0.11 | 0.78 | 0.41 | 0.04 | 0.02 | 0.20 | 0.01 | 0.025 | |
| | 鉄滓 | 48.75 | 0.13 | 4.67 | 64.33 | 8.62 | 2.98 | 1.08 | 0.39 | 0.19 | 0.23 | 10.65 | 0.29 | 0.11 | 0.01 | 0.91 | 0.05 | 0.02 | |
| 西山 (2次) | 流出滓? | 35.88 | 0.03 | 41.81 | 4.79 | 27.84 | 11.00 | 1.45 | 0.95 | 0.77 | 0.17 | 6.69 | 0.68 | 0.03 | 0.02 | 1.20 | 0.03 | 0.02 | |
| | 炉外流出滓 | 42.86 | 0.17 | 50.79 | 4.59 | 26.61 | 8.81 | 2.75 | 0.81 | 0.69 | 0.12 | 3.04 | 0.42 | 0.01 | 0.06 | 0.64 | 0.02 | 0.01 | |

(2)原料:砂鉄

| 遺跡名 | 遺物名称 | Total Fe | Metallic Fe | FeO | Fe ₂ O ₃ | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | K ₂ O | Na ₂ O | MnO | TiO ₂ | Cr ₂ O ₃ | S | P ₂ O ₅ | V | Cu | 文献 |
|------|--------|----------|-------------|-------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|------|------|------------------|-------------------|------|------------------|--------------------------------|-------|-------------------------------|-------|-------|-----|
| 境ヶ谷 | 砂鉄(水洗) | 64.81 | | | 92.97 | 0.90 | 2.72 | 0.01 | 1.16 | 0.010 | | 0.45 | 5.05 | | 0.007 | 0.057 | 0.14 | | (3) |
| | 炉内滓 | 43.30 | 0.12 | 49.54 | 6.68 | 22.06 | 6.16 | 1.97 | | 1.130 | | 0.57 | 6.22 | | 0.060 | 0.115 | 0.11 | 0.003 | |
| | 炉外流出滓 | 45.33 | 2.94 | 49.49 | 5.27 | 24.43 | 5.87 | 3.06 | 0.76 | 1.479 | 0.309 | 0.46 | 3.52 | | 0.012 | 0.133 | 0.155 | 0.005 | |
| 白ヶ道 | 鉄滓 | 16.10 | 0.21 | 18.23 | 2.61 | 47.78 | 18.08 | 0.51 | 0.32 | 0.55 | 3.12 | 0.19 | 1.23 | 0.03 | 0.005 | 0.060 | 0.080 | 0.01 | (6) |
| | 砂鉄 | 53.29 | 0.08 | 26.36 | 50.31 | 7.84 | 5.06 | 0.05 | 0.31 | 0.02 | 0.25 | 0.38 | 2.03 | 0.04 | 0.026 | 0.040 | 0.19 | 0.01 | |
| | 鉄滓 | 45.84 | 0.33 | 52.13 | 4.83 | 21.49 | 7.15 | 1.31 | 0.90 | 0.46 | 1.42 | 0.60 | 1.74 | 0.03 | 0.043 | 0.11 | 0.12 | 0.01 | |
| | 鉄滓 | 44.80 | 0.85 | 40.78 | 5.23 | 19.60 | 5.84 | 1.60 | 1.07 | 0.38 | 1.75 | 0.74 | 2.10 | 0.03 | 0.136 | 0.13 | 0.23 | 0.01 | |
| | 砂鉄 | 59.12 | 0.09 | 29.18 | 7.76 | 3.94 | 3.52 | 0.06 | 0.70 | 0.02 | 0.01 | 0.44 | 3.64 | 0.03 | 0.010 | 0.035 | 0.25 | 0.01 | |
| | 鉄滓 | 43.67 | 0.66 | 50.93 | 18.86 | 20.21 | 5.75 | 1.36 | 1.01 | 0.20 | 1.70 | 0.59 | 2.49 | 0.03 | 0.039 | 0.093 | 0.18 | 0.01 | |
| | 鉄滓 | 37.14 | 0.49 | 42.27 | 51.29 | 26.51 | 6.88 | 0.41 | 0.61 | 0.42 | 1.83 | 0.75 | 2.05 | 0.03 | 0.042 | 0.10 | 0.23 | 0.01 | |
| | 鉄滓 | 10.01 | 0.07 | 61.04 | 0.99 | 23.13 | 0.14 | 0.71 | 0.01 | 0.25 | 1.83 | 0.38 | 1.90 | 0.03 | 0.028 | 0.092 | 0.10 | 0.01 | |
| 戸の丸山 | 鉄滓 | 39.35 | 0.56 | 46.42 | 3.86 | 24.27 | 6.42 | 4.54 | 1.66 | 1.24 | 0.22 | 0.61 | 5.74 | 0.07 | 0.041 | 0.085 | 0.306 | 0.002 | (7) |
| | 鉄滓 | 40.65 | 0.67 | 49.58 | 3.03 | 25.38 | 6.48 | 3.76 | 1.52 | 1.00 | 0.19 | 0.54 | 5.27 | 0.09 | 0.037 | 0.065 | 0.319 | 0.002 | |
| | 鉄滓 | 40.34 | 0.78 | 46.27 | 5.14 | 23.67 | 6.60 | 3.60 | 1.74 | | | 0.66 | 6.54 | 0.08 | 0.034 | 0.055 | 0.319 | 0.002 | |
| | 鉄滓 | 49.90 | 0.45 | 8.19 | 61.61 | 10.10 | 3.25 | 0.40 | 0.58 | | | 0.29 | 2.52 | 0.02 | 0.021 | 0.042 | 0.137 | 0.004 | |
| | 鉄滓 | 35.44 | 0.89 | 33.77 | 11.85 | 26.41 | 6.99 | 3.18 | 1.66 | 0.45 | 0.17 | 0.49 | 4.27 | 0.02 | 0.024 | 0.064 | 0.180 | 0.004 | |
| | 炉底塊 | 38.33 | 0.89 | 42.54 | 6.23 | 26.53 | 7.11 | 3.35 | 1.62 | 1.04 | 0.17 | 0.52 | 4.27 | 0.02 | 0.019 | 0.073 | 0.171 | 0.002 | |
| | 炉底塊 | 42.60 | 0.89 | 46.27 | 8.21 | 21.34 | 5.62 | 2.51 | 1.66 | 0.62 | 0.11 | 0.50 | 6.47 | 0.04 | 0.035 | 0.058 | 0.323 | 0.002 | |
| | 砂鉄 | 38.92 | 0.78 | 38.37 | 11.88 | 25.35 | 6.67 | 2.56 | 1.58 | | | 0.46 | 5.00 | 0.03 | 0.072 | 0.066 | 0.319 | 0.002 | |
| 砂鉄 | 61.88 | 0.34 | 29.60 | 55.57 | 1.35 | 3.00 | 0.16 | 1.13 | | | 0.55 | 4.94 | 0.06 | 0.005 | 0.059 | 0.319 | 0.002 | | |
| 西山 | 砂鉄 | 61.78 | 0.45 | 29.31 | 55.10 | 2.68 | 3.13 | 0.12 | 1.02 | | | 1.77 | 4.87 | 0.06 | 0.014 | 0.012 | 0.303 | 0.002 | |
| | 炉外流出滓 | 36.85 | 0.37 | 43.03 | 4.34 | 25.01 | 9.02 | 4.95 | 1.99 | 1.65 | 0.27 | 0.64 | 6.02 | 0.04 | 0.02 | 0.23 | 0.16 | <0.01 | |
| 南山 | 炉底塊 | 47.25 | 0.22 | 50.43 | 11.20 | 18.49 | 6.56 | 2.39 | 1.62 | 1.10 | 0.22 | 0.60 | 5.19 | 0.02 | 0.02 | 0.20 | 0.13 | <0.01 | (8) |
| | 炉内滓 | 40.62 | 0.15 | 47.62 | 4.94 | 26.35 | 5.76 | 2.67 | 1.10 | 1.16 | 0.20 | 0.48 | 7.03 | 0.03 | 0.018 | 0.18 | 0.26 | 0.01 | |
| | 炉外流出滓 | 40.65 | 0.12 | 47.69 | 4.95 | 25.16 | 6.34 | 2.84 | 1.14 | 1.26 | 0.25 | 0.54 | 7.50 | 0.04 | 0.030 | 0.25 | 0.22 | 0.01 | |
| | 炉外流出滓 | 43.21 | 0.17 | 51.50 | 4.30 | 22.69 | 5.70 | 2.86 | 1.33 | 1.27 | 0.31 | 0.56 | 7.76 | 0.03 | 0.031 | 0.33 | 0.20 | <0.01 | |
| | 含鉄鉄滓 | 37.62 | 0.05 | 9.41 | 43.26 | 21.73 | 5.66 | 0.64 | 0.51 | 0.72 | 0.14 | 0.30 | 5.51 | 0.04 | 0.025 | 0.21 | 0.17 | <0.01 | |
| | 含鉄鉄滓 | 43.62 | 0.11 | 25.44 | 33.94 | 18.40 | 5.21 | 1.49 | 0.71 | 0.75 | 0.14 | 0.31 | 5.51 | 0.03 | 0.051 | 0.20 | 0.22 | <0.01 | |
| | 炉内滓 | 38.46 | 0.08 | 44.03 | 5.94 | 27.15 | 7.69 | 2.75 | 1.22 | 0.98 | 0.25 | 0.51 | 5.35 | 0.04 | 0.018 | 0.15 | 0.12 | <0.01 | |

の製鉄遺跡は、他に境ヶ谷遺跡、小和田・西山遺跡が挙げられる。しかし、一操業中に双方を使用したような特徴は明瞭にはみられない(第3表)。

製鉄炉の炉内温度や雰囲気によって、粒度や成分の異なる製鉄原料を操業中に使い分けるようなことが行われたか否かは、地域の製鉄遺跡の調査事例を蓄積して検討していく必要がある。

(3) 鉄製錬時の酸化マンガン(MnO)の役割

前述したように、今回調査したカナクロ谷遺跡出土鉄滓中には、酸化マンガン(M

第4表 広島県下の古墳時代後期～古代の鍛冶遺跡・古墳出土高 MnO 滓

| 遺跡名 | 遺物名称 | Total Fe | Metallic Fe | FeO | Fe ₂ O ₃ | SiO ₂ | Al ₂ O ₃ | CaO | MgO | K ₂ O | Na ₂ O | MnO | TiO ₂ | Cr ₂ O ₃ | S | P ₂ O ₅ | V | Cu | 文献 |
|------|---------------|----------|-------------|-------|--------------------------------|------------------|--------------------------------|------|------|------------------|-------------------|------|------------------|--------------------------------|-------|-------------------------------|-------|-------|------|
| 見尾東 | 鉾石製錬滓 | 36.12 | 0.25 | 33.53 | 14.02 | 34.72 | 9.56 | 3.80 | 0.49 | 1.248 | 0.055 | 2.58 | 0.39 | 0.027 | 0.01 | 0.28 | 0.38 | 0.001 | (10) |
| 三重1号 | 碗形鍛冶滓 (含鉄) | 57.59 | 1.02 | 57.70 | 16.76 | 13.16 | 4.61 | 1.34 | 0.46 | 0.76 | 0.15 | 1.12 | 0.16 | 0.03 | 0.07 | 0.37 | <0.01 | <0.01 | (11) |
| 和知白鳥 | 鉄滓 | 32.72 | 0.22 | 32.33 | 10.54 | 31.48 | 8.69 | 2.94 | 0.56 | 1.12 | 0.14 | 3.23 | 0.27 | 0.02 | 0.08 | 0.32 | <0.01 | <0.01 | (12) |
| 善正平 | 鉄滓 | 45.39 | 0.01 | 49.81 | 9.53 | 24.98 | 5.91 | 1.49 | 0.56 | 0.86 | 0.12 | 2.83 | 0.38 | 0.02 | 0.036 | 0.41 | 0.03 | 0.04 | (13) |
| 2号 | 鉄滓 | 60.42 | 0.05 | 64.51 | 14.62 | 10.85 | 4.04 | 0.63 | 0.29 | 0.39 | 0.01 | 2.16 | 0.21 | 0.05 | 0.011 | 0.34 | 0.01 | 0.01 | |

*文献中で元素表示であった化学分析値は、酸化物換算して記載した。

31.30%酸化マンガン (MnO) を含む鉄滓が報告されている。

他に国立歴史民俗博物館が調査したカナクロ谷遺跡出土鉄滓1点も酸化マンガン (MnO) の割合は18.1%と高い値を示している。

これらの調査結果と小丸遺跡、西山遺跡から出土した、酸化マンガンの割合が高い鉾石、鉄滓の組成を FeO-SiO₂-MnO 状態図上で検討した(第1図)。鉄滓はほぼオリビン (Olivine: 2(Fe,Mn)O·SiO₂) 組成で、比較的融点の低い領域 (1300°C以下) に集中する。

日本国内の古墳時代後期から古代の製鉄遺跡では、スカルンで採取された塊鉾石 (鉄鉾石) が製鉄原料として用いられている。筆者はこうした鉄鉾石に伴う FeO-SiO₂-CaO 系の脈石鉾石 (灰鉄ざくろ石 (andradite: Ca₃Fe₂(SiO₄)₃), ヘデン輝石 (hedenbergite: CaFeSi₂O₆)) が、造滓剤の役割を果たした可能性を指摘した⁽⁹⁾。鉄鉾石中のマンガン酸化物もライム (CaO) と同様、還元に伴い鉄滓中の FeO 濃度が低くなくても流動性を保つ役割を果たしたと考えられる。

従って、酸化マンガンの割合が30%を超える鉄滓ができるような操業条件下では、鉄歩留りがよく、生成した鉄の浸炭も進んだと推測される。しかし今回調査した含鉄鉄滓 (KNK-8~12) 中には、まとまった金属鉄を含む遺物が確認できず、カナクロ谷遺跡で生産された鉄の炭素含有量等を検討することはできなかった。

5. 今後の課題 —古代の鍛冶原料の流通について—

広島県下の古墳時代後期から古代の鍛冶遺跡や古墳から出土した鉄滓中には、酸化マンガン (MnO) が数%含まれるものがある (第4表)。上述したように、マンガン鉾石が鉄製錬時に造滓剤の役割を果たしていた場合、生産された鉄が製錬滓との分離が不十分な状態のまま鍛冶原料 (鉄素材) となれば、鉄鉾石に含まれていたマンガンは後工程の鍛冶原料の組成にも影響することになる。

今後調査事例が蓄積されれば、備後の製鉄遺跡で生産された鉄 (未加工の鍛冶原料) がどの範囲で流通・鍛冶加工されていたのかを検討することが可能となる。今後の課題としたい。

謝 辞

今回カナクロ谷遺跡出土製鉄関連遺物 (鉾石、鉄滓、含鉄鉄滓) の調査をご承諾下さいました、広島大学文学研究科考古学研究室に御礼を申し上げます。また鉾石 (KNK-1~4) の調査 (断面観察および反射電子像の撮影、EPMAによる定量分析) に関して、台湾中央研究

院地球科学研究所 飯塚義之様のご協力をいただきました。記して感謝申し上げます。

註

- (1) スカルン (skarn) とは、石灰岩や苦灰岩などの炭酸塩岩中に、花崗岩などのマグマが貫入した際、その接触部付近にできる鉱物の集合体（接触変成岩の一種）である。マグマから珪酸や鉄などが、石灰岩や苦灰岩の方に移動しカルシウムやマグネシウムと反応して、カルシウム、鉄、マグネシウムなどに富む珪酸塩鉱物（スカルン鉱物）ができる。

引用文献

- (1) 藤野次史・土佐雅彦 1983 「カナクロ谷製鉄遺跡」潮見 浩編『中国地方製鉄遺跡の体系的研究』広島大学考古学研究室、40～56頁。
- (2) 桂 敬・福田豊彦・高塚秀治 1984 「広島県カナクロ谷遺跡のマンガンを多量に含む鉄滓に就いて」『たたら研究』26号、たたら研究会、34～40頁。
- (3) 齋藤 努ほか編 1994 『国立歴史民俗博物館研究報告』第59集、日本・韓国の鉄生産技術〈調査編2〉国立歴史民俗博物館。
- (4) 三保光成編 1994 『山陽自動車道建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告11』（財）広島県埋蔵文化財調査センター調査報告書第130集、広島県埋蔵文化財調査センター。
- (5) 今西隆行編 2009 『庄原市上野総合公園遺跡群Ⅱ 小和田遺跡』庄原市文化財報告書19、広島県庄原市教育委員会。
- (6) 柴田 保・久保一臣編 1995 『白ヶ迫製鉄遺跡』三良坂町文化財調査報告書第2集、三良坂町教育委員会。
- (7) 松井和幸編 1987 『戸の丸山製鉄遺跡発掘調査報告書』広島県埋蔵文化財調査報告書第62集、（財）広島県埋蔵文化財調査センター。
- (8) 藤田慎一編 2012 『南山遺跡』三次市文化財調査報告書第5集、三次市教育委員会。
- (9) 鈴木瑞穂 2016 「韓・日の製鉄技術分析結果の比較研究」『古代製鉄技術における融・複合研究の現状と課題』国立中原文化財研究所、19～44頁。
- (10) 藤原彰子編 1980 『灰塚ダム建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告書3』広島県埋蔵文化財調査報告書第159集、（財）広島県埋蔵文化財調査センター。
- (11) 河村靖宏編 2013 『中国横断自動車道尾道松江線建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告（28）三重1号遺跡』広島県教育事業団発掘調査報告書第52集、広島県教育事業団。
- (12) 山田繁樹編 2012 『中国横断自動車道尾道松江線建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告（19）和知白鳥遺跡2（古墳時代の調査）』広島県教育事業団発掘調査報告書第42集、広島県教育事業団。
- (13) 唐口勉三編 2015 『中国横断自動車道尾道松江線建設に伴う埋蔵文化財発掘調査報告（42）善正平1号遺跡；善正平2号遺跡』広島県教育事業団発掘調査報告書第70集、広島県教育事業団。

A Short Essay on Ancient Raw Metal for Iron-making and the Refining Method in the Hiroshima Prefecture

Mizuho SUZUKI

Smelting slag with a high level of manganese oxide (MnO) has been confirmed in the Kanakuro-tani site in Sera-chō, Sera-gun, Hiroshima Prefecture. It is observed that components, such as FeO-SiO₂-MnO, of these slags are concentrated in a low melting zone (lower than 1300°C) when plotted on a phase diagram. MnO seems to have played the role of fluxing material to stabilize the operation of iron-making furnaces.

The two mineral specimens were MnO minerals without any iron content. Therefore it is presumed that they were discarded during the concentration process as they did not have any iron content. Four iron slag specimens were investigated concerning their content. One of them had 2% MnO and in three of them, there was less than 1% MnO. Besides, all of them contained 1~3% Titania. These results indicate that both iron ore and iron sand were used as iron-making materials at the Kanakuro-tani site.