

ウィキペディアの「ローマ時代鉄生産量」

新 井 宏

『たたら研究』第55号 別刷

2016年11月

ウィキペディアの「ローマ時代鉄生産量」

新 井 宏

1. はじめに

ウィキペディアに 'Roman metallurgy' という項がある¹⁾。

その中で、ローマ帝国の鉄生産量を年間 82,500ton、同時期の中国漢代の生産量を年間 5,000ton と紹介している。

実は、筆者も 15 年ほど前に、各種金属の価格や生産量について、時代別、世界地域別（日本、中国、欧州）に推計してみたことがある²⁾。推計などと言うと、確かな資料に基づくものと誤解されるが、文献史料はもちろん、考古学的な資料も極めて不十分な状況の中での作業であり、いわば「筆者のイメージ」を数量化したレベルのものも含まれている。

しかし、その段階では、ローマ帝国の鉄生産量を年間 0.1kg/head、すなわちウィキペディア 'Roman metallurgy' の人口基準 5,500 万人で計算すると年間 5,500ton と見なしていた。ちなみに前漢の鉄生産量は年間 15,000ton としていたので、ローマ帝国については 15 倍、漢については 3分の1 と大差が生じたことになる。

ウィキペディアの数値は、ローマ期の鉄生産量の基準を、年間 1.5kg/head として、5,500 万人を乗じて求めたものであるが、その根拠を辿っても、参照文献が相互にもたれ合っていて不明確である。初出は 1978 年頃と思われる、40 年近く前の知見である。

そのためであろうか、このウィキペディアに関連して、インターネット上にスレッドが立ち³⁾、漢代の生産量はもっと多かったとか、ローマ期の生産量が多すぎるとか、いやローマ期の生産量は更に多かったとか賑やかであるが、学問的な議論としては見るべきものはあまり無い。

その一方で、近年、ヨーロッパにおける古代製鉄に関する研究が進んでおり、鉱石や木材の供給、製錬スラグの性質や堆積量、製錬炉の形式や生産性などについて断片的ながら、注目すべき資料も増えている。また、15 年前には、いくら探してもローマ期の鉄価格についての文献史料を見出すことが出来なかったが、最近わずか 1 件ではあるが見付けることができた。この内容については後述する。まだまだ、自信のある推計ができる訳ではないが、ウィキペディアの数値を再検討してみたい。

2. ウィキペディアの鉄生産量の論拠

ウィキペディアでは、ローマ期の鉄生産量の論拠について、次の文献を挙げている。

- (1) Craddock, Paul T. (2008): "Mining and Metallurgy", in: Oleson, John Peter (ed.): The Oxford Handbook of Engineering and Technology in the Classical World, Oxford University Press, p.108
- (2) Sim, David; Ridge, Isabel (2002): Iron for the Eagles. The Iron Industry of Roman Britain, Tempus, Stroud, Gloucestershire, p.23
- (3) Healy, John F. (1978): Mining and Metallurgy in the Greek and Roman World, Thames and Hudson, London, p.196

まず、(1) の Craddock を見ると、ローマ期の英国の鉄生産量を年間 2,250ton とし、その人

口比率でローマ帝国全体の生産量を年間 82,500ton と計算し、その参照文献として (2) の Sim を挙げている。次に、(2) の Sim の文献を見ると、ローマ期英国の人口を 150 万人、年間鉄生産を 2,250ton、すなわち年間 1.5kg/head と求め、これをローマ帝国の全人口 5,500 万人に適用して年間 82,500ton と計算している。その際に、(3) の Healy の文献を引用している。

要は、その計算基礎として用いた数値が、ローマ期の英国、すなわち Weald of Sussex や Forest of Dean の鉄生産量を推定した Cleere (1976) の研究⁴⁾ に依存していることが判る。ところで、Cleere (1981)⁵⁾ によると、ローマ期の英国 Weald 地方における鉄生産の多くの部分が Classis Britannica (ローマ艦隊) あるいはガリアのローマ軍団向けの軍需用・輸出品であったという。その上、英国はローマ帝国内で製鉄業が最も盛んな地域のひとつであったので、年間 1.5kg/head をそのまま全ローマ帝国の人口 5,500 万人に適用すると当然過推定となる。更に厳密に言えば、Cleere 等の生産量の推定の基礎作業にも、今日の知見によると、かなりの問題がある。

これらを考慮すると、ウィキペディアのローマ期の鉄生産量は大きく修正される可能性があるが、より実証的な数値を求めるためには、ローマ期英国以外の地域の鉄生産についても十分に検討しなければならない。

3. ローマ期の主要な製鉄地域の状況

Pleiner (2000) は、ローマ帝国内のみでなく、Limes 北方のゲルマン地域まで含めて、'The European Bloomery Smelters'⁶⁾ に、図 1 のような 28 個所のローマ期の主要製鉄地域を示している。したがって、これらの製鉄遺跡について、ある程度定量化した鉄生産量を推定できれば、汎ローマ帝国の鉄生産量を実証的に検討できるであろう。以下、各論として調査してみた。

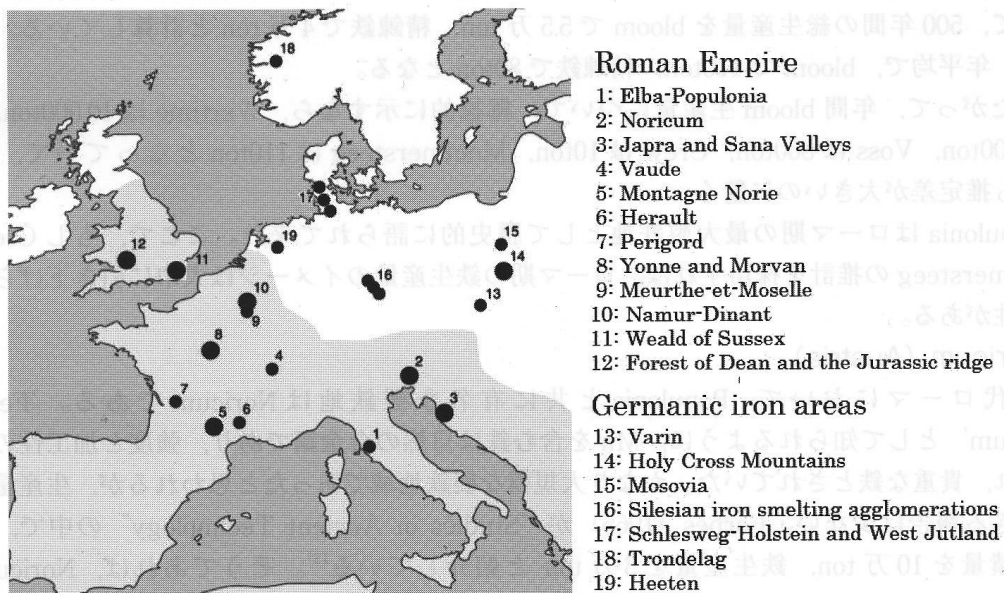


図 1 ローマ期の主要製鉄地域 Pleiner (2000)⁶⁾ による

図は Joosten (2004)⁷⁾ が改変したものを利用

①Elba-Populonia (Italy)

イタリアの最大製鉄遺跡である Populonia は Elba 島から鉍石を運び製錬していた。1920 年代に、鉄鉍石不足によって鉄含有量の高い鉄スラグを再原料とするため、鉍滓採掘会社 "Societa

Populonia”が遺跡を調査したところ、散布面 20 万 m² に総量 200 万 ton のスラグが存在したという。これら鉱滓の鉄含有量は平均 54% で、Elba 島の鉱石の 47~67% に対比すると、歩留りは 10% 以下であった可能性がある。そうであれば、鉄生産総量は 20 万 ton 程度になる。これらの情報は、内田俊秀の紹介⁸⁾ によるが、引用している原典が古く未見なので紹介にとどめる。

このスラグ堆積量 200 万 ton をもとにして、古くから鉄生産量の推定が行われている。例えば、Theodore Wertime は総計 400 万 ton の鉄が生産されたというが、これでは、年間 1 万 ton の生産となるので、おそらく 40 万 ton の計算違いであろう。その場合、年間 1,000ton である。

また、Gill (1987) も、200 万 ton のスラグから 4 世紀間の鉱石使用量を 500 万 ton と推定し、歩留りを 16% として年間 1,600~2,000ton を示している⁹⁾。

続いて Voss (1988) は Populonia の Baratti 浜のスラグを調査し、散布面 20 万 m²、深さ 2m としてスラグ堆積量を 40 万 m³、重量 200 万 ton と見積り、500 年間に 40 万 ton (30~50 万 ton) の海綿鉄生産があったと報告した¹⁰⁾。年産 800ton である。

この Voss の報告に対して、Crew (1991) は、同じスラグ堆積量 40 万 m³ を用いても、スラグ比重を 5 から 3.5 に減じ、鉱石残、炉材等を除いた製錬スラグの比率を 80% から 40% へ、更には海綿鉄から精錬鉄までの歩留りを 50% とすると 1 桁少ない 5 万 ton となることを示し、その上で、スラグ堆積量の評価も 40 万 m³ から 4 万 m³ と減少させ、Voss の計算に対して 2 桁も少ない総計 5,500ton の修正値を提示したのである¹¹⁾。これでは年産 10ton に過ぎなくなる。

これらの点について、最新の Mommersteeg の研究¹²⁾ は、Voss と Crew の中間的な評価を行っている。まず、スラグ堆積量について、平均深さを 2m から 1.5m に修正して 30 万 m³ とし、銅スラグ分 2 万 m³ を除いて 28 万 m³、更に瓦礫等が 50% 含まれているとして、純粋な鉄スラグ総量を 14 万 m³ とした。その上でスラグの見掛け比重を 2、スラグと bloom の重量比率を 4 対 1 として、500 年間の総生産量を bloom で 5.5 万 ton、精錬鉄で 4 万 ton と計算している。その結果、年平均で、bloom で 110ton、精錬鉄で 80ton となる。

したがって、年間 bloom 生産量について、揶揄的に示すなら、Wertime は 10,000ton、Gill は 1,000ton、Voss は 800ton、Crew は 10ton、Mommersteeg は 110ton となっていて、あまりにも推定差が大きいのに驚く。

Populonia はローマ期の最大製鉄地として歴史的に語られて来た。ここで、もし Crew や Mommersteeg の推計を採用すれば、ローマ期の鉄生産量のイメージは大巾に引き下げられる可能性がある。

②Noricum (Austria)

古代ローマにおいて、Populonia と共に有名な製鉄地は Noricum である。‘Ferrum Noricum’ として知られるように、Mn を含む鉄は自然の合金鋼であり、強度と加工性の両面に優れ、貴重な鉄とされていた。かなり大規模な製鉄地域であったと思われるが、生産量を推計できる報告は少ない。Forbes (1965) が “Studies in Ancient Technology” の中で、スラグ堆積量を 10 万 ton、鉄生産量を 3 万 ton と紹介している¹³⁾。そうであれば、Noricum も Populonia と同様、年間 100ton の生産水準だったことになる。

③Japra and Sana (Croatia)

Hirt (2010) によれば、クロアチアとボスニア国境近くの Japra と Sana 川の堤防に沿って、鉄のスラグが 200 万 ton ほど、現在でも観察できると言う¹⁴⁾。このスラグ堆積量を比重 3.0 程度とみて 60 万 m³ とすれば、Populonia の例 (スラグ 28 万 m³ で精錬鉄 4 万 ton) や、後に示す Montagne Norie 等の例 (スラグ 30 万 m³ で鉄 8 万 ton) に準じて計算すると、鉄生産量は 10

万～16万 ton となる。これを400年間の生産とすれば、年平均250～400tonである。ただし、これらスラグの中には中世以降のスラグも含まれている可能性があるという。

④Vaud (Switzerland)

スイスのフランス国境に近い Vaud に製鉄遺跡があったことが図1に示されているが、スイスの製鉄に関する最近の文献¹⁵⁾によれば、スイスにはローマ期の製鉄遺跡はほとんど無く、中世早期になって初めて顕著な製鉄活動が発達したと言う。フランス国境に近いので、フランス圏の製鉄として取り扱われたのかも知れないが、比較的の小規模であったのではないかと考える。Pleaner (2000) もこの地域の生産実績を922tonとしている。

⑤Montagne Noire (France) ⑥Hérault (France)

フランスの Aude 県にある 'domonaine des Forges' にはローマ期の大規模なスラグ堆積が知られていた。Montagne Noire と Hérault は近接した地域にあり、Decombeix ら (2000) の報告¹⁶⁾によれば、1998年の調査で11個所のスラグ堆積場を調査し、スラグ量を14.4万 m³と評価している。時期としてはローマ期の前1世紀から後2世紀までの300年間で、少なくとも3.7万 ton の鉄生産を想定していた。その後、2000年までの調査で新たに33個所のスラグ堆積を追加し、総スラグ堆積量を30万 m³とし、鉄生産量として3世紀間で8万 ton の数値を報告している。したがって年間生産量としては2700tonとなる。

⑦Périgord (France)

状況が良くわからないが、Pleaner (2000) によると、近代になって少なくとも150,000tonのスラグが製鉄材料として再利用されたと言う。全てがローマ期のものか不明であるがかなりの規模であった。

⑧Yonne and Morvan (France)

Yonne 川上流の Morvan 山地の森に、Wertime (1980)¹⁷⁾ と Tylecote (1992)¹⁸⁾ によれば、かつて鉄分を30～50%含む30万 ton のスラグ堆積があり、7.5万 ton の鉄の生産が行われていたと推定されている。これらのスラグ堆積全てがローマ期のものであるか疑問があるが、この地の製鉄業の規模を示している。スラグと鉄の重量比率を4対1としているので、近年の推計よりも生産量が多くなっている可能性もあるが、その期間を400年間とすれば、年産200tonである。

⑨Meurthe-et-Moselle (France) ⑩Namur-Dinant (France)

ルクセンブルクに近いロレーヌにある。近代の有数な製鉄地域であるが、古代製鉄についての情報は未入手である。Namur-Dinant は図1に大きな黒丸で示されているので、規模の大きな製鉄地域であったようである。Pleaner (2000) は Namur 付近で8,500m³のスラグ堆積量(約100万 ton 当量)と紹介しているが、換算の桁が合わない。おそらく100万 ton が正しいのであろうが、中世のスラグ堆積も含まれているというというので、評価に困る。

⑪Weald of Sussex (England) ⑫Forest of Dean (England)

ウィキペディアの鉄生産量の基礎となった地域である。Cleere (1976)⁴⁾ と Cleere (1981)⁵⁾ に詳しい推計が載っている。表1は Cleere(1981)に載るものをそのまま引用したものである。

これらの鉄生産量は全て推定スラグ堆積量から計算したものであるが、Cleere の場合は、

$$\text{bloom 生産量 (ton)} = \text{スラグ堆積量 (m}^3\text{)} \times 1.00 \quad (\text{Weald, Cleere})$$

の換算によっている。それは、スラグ堆積物の見掛け比重を3とし、スラグ重量と bloom 重量の割合を3対1としていることによる。表1をもとにして、西暦43年から400年までの357年間の総生産量を計算すると36万 ton となり、年平均1,010tonである。

ところで、既に Populonia (Italy) や Hérault (France) で見たように、スラグ堆積 (m³)

表1 ローマ期英国における推定鉄生産量 (AD43-400)

Region	Average annual production (tonnes/year)						
	43-100	100-150	150-200	200-250	250-300	300-350	350-400
Weald	150	700	750	750	200	200	50
Forest of Dean	50	500	550	750	550	500	100
Jurassic Ridge	80	200	200	200	200	80	40
Other areas	80	40	40	40	40	40	80
Totals	360	1440	1540	1740	990	820	270

と bloom 重量の関係は、Cleere の基準とかなり大きく異なる。

$$\text{bloom 生産量 (ton)} = \text{スラグ堆積量 (m}^3\text{)} \times 0.20 \quad (\text{Populonia, Mommersteeg})$$

$$\text{bloom 生産量 (ton)} = \text{スラグ堆積量 (m}^3\text{)} \times 0.26 \quad (\text{Hérault, Decombeix})$$

そのため、Crew (2001) は Pleiner (2000) の著 'The European Bloomery Smelters' の書評の中で、Cleere の推計は過大であると批判し、更には鉄生産量としては bloom を採るのではなく鍛鉄を採るべきだとも指摘している¹⁹⁾。

Cleere の見解、すなわち、スラグ堆積量 (m³) と bloom 生産量 (ton) の関係について、最近の Weald 地方における製鉄研究の進展を見ると、貴重な判定資料がある。それは、素材鉱石の組成と生成スラグ(流出スラグと炉内スラグ)の組成が対比して得られているからである。表2に整理して、指標成分による解析結果を示す。

表2 Weald の鉱石組成とスラグ組成指標成分補正により金属鉄生成量をもとめる計算表

物質名	焙焼後の 鉱石 (%)	スラグ成分			指標成分 補正後 (%)	差分 (%)	差分注記
		流出 (%)	炉内 (%)	平均 (%)			
		A	B	C			
FeO	49.3	47.8	43.5	46.9	36.1	13.2	
SiO ₂	9.34	27.1	24.5	26.6	20.4	-6.7	炉材等より
Al ₂ O ₃	4.15	6.6	7.2	6.7	5.2	-1.0	炉材等より
CaO	4.47	9.6	13.8	10.4	8.0	-3.5	炉材等より
K ₂ O	1.5	1.2	1.4	1.2	1.0		
Na ₂ O	0.9	1.1	1.1	1.1	0.8		
MnO	1.59	2.1	2.5	2.2	1.68	-0.09	指標成分
TiO ₂	0.21	0.3	0.3	0.3	0.23	-0.02	指標成分
MgO	2.27	2.8	3.2	2.9	2.22	0.05	指標成分
P ₂ O ₅	0.47	0.8	1.1	0.9	0.7		
CO ₂	21.9						
合計	96.1	99.4	98.6	99.2	76.3		
Fe	38.7	37.6	34.2	36.9	28.4	10.4	金属鉄へ

分析値は Wealden Iron Reserch Group のホームページ //www.wealdeniron.org.uk よりスラグ成分の平均値は流出を8、炉内を2とした加重平均

指標成分補正とは、鉱石中にあり外部からは供給されず、製錬後全てスラグに移行する物質、MnO、TiO₂、MgO を指標として、他の物質のスラグ移行状況を計算する方法。

今回の計算では、鉱石中にある鉄分38.7%の内、スラグに28.4%分が移り、金属鉄が10.4%生成され、鉱石：スラグ：金属鉄の重量比率は10：7.5：1となる。

この指標成分による解析方法は、鉱石中に存在する物質の内、製錬によって全てスラグ中に移行し、燃料、炉材、造滓材等から供給されることのない微量物質、例えば TiO₂、MnO、

MgO等を指標として、スラグ中の組成と対比して、鉄などの組成の出入りを計算する方法で、鉍石から金属鉄を生成する割合を計算するには、理論的には最も適した方法である。計算方法については、第145回日本鉄鋼協会春期講演大会における筆者の報告²⁰⁾に詳しく述べている。

表2の鉍石とスラグ組成は、考古学的に得られた値ともほぼ同一の結果を得ている。したがって、ローマ期の製鉄歩留りを評価するのに適切な資料であるが、その計算結果によれば、bloomの生成量は、焙焼鉍石重量に対して10.4%、スラグ重量に対しては13.1% (10.4 ÷ 76.3)となる。鉍石：スラグ：金属鉄の重量比率は10：7.5：1である。

その他にも、Cleereが鉍石の見掛け比重を3としたことにも疑問がある。スラグの主組成であるFayaliteの比重は4.1であるが、空隙と土壌、焙焼後の選鉍による鉍石屑、廃棄炉材、時には生活廃材まで含み、製錬スラグ分としては3分の2以下とみた方がよい。そうすると、スラグの見掛け比重は2.5程度となる。

以上を考慮すると、Cleereの換算式も次のように書き換えた方がよい。

$$\text{bloom 生産量 (ton)} = \text{スラグ堆積 (m}^3\text{)} \times 0.33 \quad (\text{Weald})$$

なお、上記の推論を裏付ける内容が、Cleereの行ったBardownのHolbeanwood復元炉(炉高90cm、内径38cm)による実験報告Cleere(1971)にも出ている²¹⁾。

報告によると、4回の試験の内、最も歩留りの良かったのが、90kgの焙焼鉍石を使用して、9kgのbloomを得た例であった。これは、指標成分による歩留り推定結果(10.4%)と良く一致している。ところが、Cleereは、「ローマ期の製鉄ではもっと熟練していて、おそらく1日30kgのbloomを生成できた」と想定して、以降の生産能力の算定を行ったのである。ここでも3倍の差が生じる。

1日30kgのbloom生産が多すぎるのではないかと見るのは他にも理由がある。この当時の炉式による復元操業では、1日10kg以下の実績がほとんどだからである。例えば、Nau等(2008)²²⁾によれば、いずれも1日10時間以内の操業で、オーストリアのAspam炉(炉高100cm、内径30cm)では7.75kg、同じくSchwarzenbach炉(100cm、内径35cm)では7.25kg、NoricumのHuttenberg炉(炉高110cm、内径30cm)では4.75kgのbloomを得ている。また、様式の似ているインドの伝統的製鉄の例²³⁾によっても、1kg、4.5kg、4kgの水準であり、最大で15kgである。したがって、Cleereの実験結果の1日10kgは通常値であり、1日30kgの数値を用いたことも再検討する必要がある。

以上の検討結果から、Cleereの年産推定結果については、総合的に見て3分の1程度と再評価した方がよいと考える。そうであれば、ローマ期のWeald地方とForest of Deanの鉄生産量は最盛期でも年産1,500tonから500tonに、ローマ期平均ならば1000tonから330tonに再評価される。

⑫Varin (Slovakia)

文献にPleiner.(1985)²⁴⁾があるが、未見。

⑬Holy Cross Mountains (Poland)

Limes北方のゲルマン地域では、slag pit furnaceが主流であった。その代表がHoly Cross Mountainsである。炉には、直径30cm程の小型炉(slag 10kg)、直径40~50cmの中型炉(slag 100kg)、直径80cm程の大型炉(slag 300kg)がある²⁵⁾が、一回限り使用のslag pit furnaceではslagが炉内に残るため、炉数やslag重量の確認が比較的容易である。

Orzechowski(2007)²⁶⁾によれば、Holy Cross Mountainsには8,000個所の製錬地区があり、総計550,000個のslag pit furnaceがあったと言う。

その残留slagの平均的な重量を100kg、生成bloom重量を25kgとすれば、総計で7,000tons

となる。Joosten (2004)²⁶⁾ も Bielenin の 8,000ton 説を紹介している。

⑱Trondelag (Norway)

Bog ore を原料として、スラグと鉄の比率を 1:1 で計算して、約 200 年の間、年産 40ton の規模であったとの報告がある²⁷⁾。一般的に SiO₂ を多く含む bog ore では、Fe 分の多くがスラグ側に残り、スラグと鉄の比率を 1:1 とするのは理解しがたいが、詳細は不明である。

⑲Heeten (Netherland)

合計で、12~17ton の bloom に相当する 45~50ton のスラグを報告している²⁸⁾。

以上の主要製鉄地域の推定生産量を表 3 に整理して示す。

表 3 ローマ時代の主要製鉄地域の推定 bloom 生産量

Main Smelting site	Country	Reference	Slag-heap	Total bloom	Period	Annual
①Elba-Populonia	Italy	Voss (1988)	400,000 m ³	400,000 t	500 y	800 t/y
		Crew (1991)	40,000 m ³	5,500 t	500 y	11t/y
		Mommersteeg	289,000 m ³	55,000 t	500 y	110 t/y
②Noricum	Austria	Forbes (1965)	100,000 t	30,000 t	300 y	100 t/y
③Japra and Sana	Croatia	Hirt (2010)	2,000,000 t	160,000 t	400 y	400 t/y
④Vaud	Swiss	Serneels (2008)				small
⑤Montage Norie	France	Decombeix (2000)	300,000 m ³	80,000 t	300 y	270 t/y
⑥Hérault	France					
⑦Périgord	France	Pleaner (2000)	150,000 t	40,000 t	400 y	100 t/y
⑧Yonne and Morvan	France	Wertime (1980)	300,000 t	75,000 t	400 y	200 t/y
⑨Meurthe-et-Moselle	France	Pleaner (2000)	1,000,000 t	?		large scale ?
⑩Namur-Dinant						
⑪Weald of Sussex	England	Cleere (1976)	360,000 m ³	360,000 t	357 y	1010 t/y
⑫Forest of Dean etc		Author amendment			120,000 t	
⑭Holy cross	Poland	Joosten (2004)		8,000 t		
⑱Trondelag	Norway	Espelund (2008)		8,000 t	200 y	
⑲Heeten	Netherland			50 t		

表 3 によれば、ローマ帝国内の主要製鉄遺跡の鉄生産量の合計は、おおよそ年間 2,000ton である。これに、未知の製鉄サイトや小規模な製鉄サイトを加えると、おそらく年間 5,000ton の水準となるのではなかろうか。そうであれば、ローマ期の鉄生産量は、年間 0.1kg/head となり、ウィキペディアの年間 1.5kg/head とは大差がある。

4. 鉄価から見た生産量

ローマ期の鉄価格はなぜか文献史料に全く見当たらない。重要物資であったことは疑いないのに、金銀や小麦、労働賃金との交換価値が全く不明なのである。それは自給自足的な需給関係を想起させるが、巨大なスラグ堆積の存在は交易なしには成立し得ない。

いうまでもなく、鉄消費量と鉄価格の間にはある程度の相関関係が存在する。筆者が、歴史的な時代と地域別に整理した結果を見ても、かなりの法則性を認める。したがって、鉄の交換価値や製造コストを知ることは、古代社会の鉄生産量や消費量を知る有力な手段だと考えて、資料を探索してきた。

その結果、最近になって、わずか 1 件であるがローマ期（西暦 85~130 年）の鉄価格を示す貴重な史料を知った。それは英国 Britannia 州の北境 Vindolanda 砦から出土した 853 枚木片

の内のNo.183に「鉄 90 ポンドが 32denarius」と読み取れる内容が記されていたのである。

ここに示されたポンドは、ローマポンド 328gr であり、その頃のローマ貨幣 denarius の銀純分は 3.9gr である。したがって、鉄 1kg と等価な銀重量は 4.22gr と計算される。参考のため、ローマ時代の他に、世界各国・各時期の物価について、銀等価 (gr) で整理して表 4 に示す²⁾。

補記すれば、ローマの元首政期の小麦価格は、modius (6.55kg) 当たり平均して 3sestertius (3/4 denarius) なので、AD100 年頃の小麦 1kg は銀 0.45gr に相当する。また、Domitianus 帝期 (AD81~96 年) の軍団兵士の年俸は 1,200 sestertius (300denarius) だったので、銀 1,170gr に相当する。

その後、3世紀になるとインフレが進み、Diocletianus 帝は西暦 301 年に 1000 品目にも及ぶ最高価格制限令を出している。その際には銀 1 ポンドが 6,000denarius とされ、denarius 銀貨の銀純分相当は 0.055gr まで劣価しているが、小麦の価格、兵士年俸を、銀純分で評価する分には相対的なことなので不都合がない。

計算してみると、小麦 1kg は銀 0.55gr、兵士年俸は銀 1,050gr、職人 (大工、家具職人、石工) の年収は 800gr となり、全体的に銀等価の基準で言えば西暦 100 頃と良く一致している。そうであるなら、ローマ期の職人が一年働いた賃金と等価な鉄の量は 190kg、軍人の場合は 280kg である。

それに対し、中世英国における屋根職人の場合、等価な鉄の量は 330kg~470kg であり、ほぼ 2 倍である。また、カレー守備隊の場合は等価な鉄の量が 1,000kg とローマ軍隊の 3 倍に達している。すなわち、ローマ期の製鉄生産性が英国中世よりもかなり低かったことを示唆している。

しかし、Cleere は、ローマ期の Weald の事例の解析を通じて、当時の製鉄作業 (採鉱・木炭・製錬) への投入工数 1 人につき bloom 生産量を年 1,200kg と主張している。これを bloom ではなく鍛鉄に換算しても 800kg 程度である。もし Vindolanda の記録が正しければ、製鉄作者の収入は、ローマ期の職人の 4 倍、軍人の 3 倍の水準であったことになり理解し難い。

Cleere の主張については、① スラグ堆積 (m³) と bloom 重量 (ton) の関係を 1:1 としているけれど、実際には 3:1 の可能性が高いこと、② 1 日 1 炉の bloom 生産量を 30kg としているけれど、10kg 程度の可能性が高いこと、③ 製鉄工数も年 1 人当たり 1,200kg の bloom 生産性としているけれど 200~300kg の可能性が高いこと、の 3 点がいずれも 1/3 の生産性を示していて、年産 800kg/head の生産も 300kg/head 程度であった可能性が高いのである。

かくして、ウィキペディアのローマ期生産量 82,500ton/ 年の基本データとなった Cleere の評価は、大巾に修正しなければならないと考える。

表 4 地域・時代別の鉄・銅・小麦等に関する銀の等価重量 (gr)

地域	西暦	鉄 1kg	銅 1kg	小麦 1kg	米 1kg	軍人 年収	職人 年収
ローマ	100 年	4.2		0.45		1,170	
	300 年		10.0	0.55	1.10	1,050	800
日本	760 年	3.6	11.3		0.56		
	1620 年	2.8	4.0		0.40		
	1736 年	2.4	6.0		0.85		850
中国	0 年	4.2	25.0		0.85		
	830 年	3.5	7.0		0.70		
	1070 年	1.1	6.2		0.40		
英国	1300 年	2.3	8.4	0.45			* 1,080
	1375 年	4.0	7.6	0.38			* 1,330
	1415 年	4.0	6.1	0.28		** 4,000	* 1,370
	1470 年	3.1	7.6	0.25			* 1,460
	1560 年	2.5	6.3	0.34			*** 2,100
韓国	1400 年	2.6	13.0		0.47		

* 茅葺屋根職人 Christopher Dyer, 1989 (P.McGregor)
 ** 1416 年のイギリス軍カレー守備隊 (騎兵、大工、石工)
 *** 16 世紀末、ロンドンのパン職人 (食費込み)

5. 中世英国における鉄価・銀価・小麦価の推移

ローマ期の鉄価と銀価や小麦価の関係について、Vindolanda の記録に基づいて議論する場合に、問題となるのは、比価として採用した銀価や小麦価が、特有の価格変動を持っている可能性があることである。例えば、新大陸における膨大な銀生産は銀価の低減をもたらしたのは良く知られている。はたして、Vindolanda の記録は、このような史料批判に耐えられるのであろうか。

そのため、英国における鉄価の推移を [鉄価/銀価] と [鉄価/小麦価] によって図2に示した。原資料は、James E. Thorold Rogers, M.A. の 'Agriculture and Prices in England' であるが、膨大な資料集なので、筆者が要約した表を home page に紹介している²⁾。

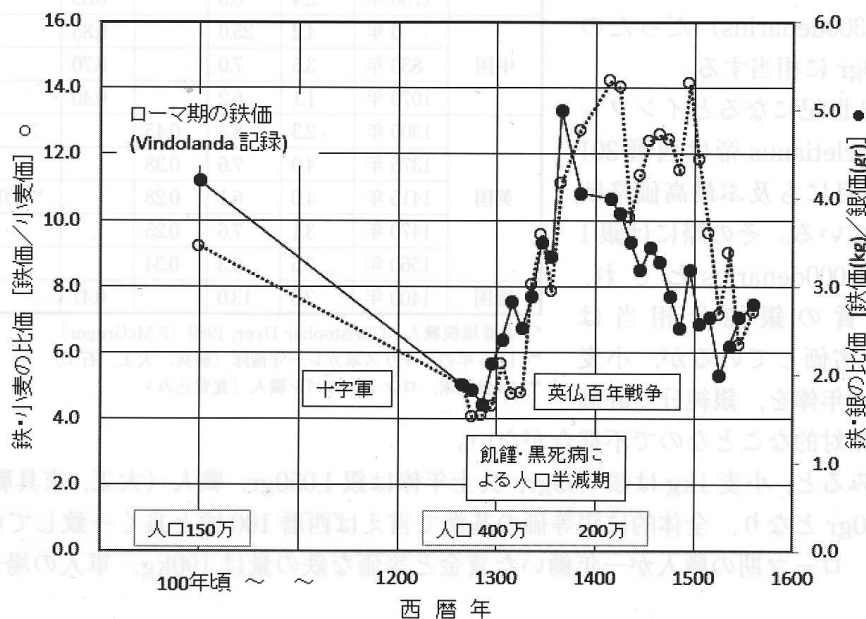


図2 英国における鉄価指数 (小麦価・銀価との比較)

図2に、[鉄価/銀価] と [鉄価/小麦価] の二つの指標を示したのは、鉄価とは別に、銀価や小麦価にも特有の変動があるので、その影響を見るためである。すなわち、[鉄価/銀価] と [鉄価/小麦価] のグラフが同じ傾向を示している場合は、おそらく鉄価の変動によるものと考えて良いであろうが、両者の変動が同調していない場合は、銀価あるいは小麦価の特有な価格変動を反映していると考えなければならないからである。幸いなことに、両者の間に多少の乖離はあるが、ほぼ同傾向を示しているので、図2は鉄価をモニターしていると見てよいであろう。

そうであれば、ローマ期の鉄価が13世紀末までに約2分の1に下がっているのに、その100年後にはローマ期と同等な評価となってしまっているのをどのように理解すべきなのであろうか。ローマ期の鉄価が高かったと言えないのでは無いか。

そのために、まず人口問題に注目してみる。

ヨーロッパの人口は、ローマ期の最盛期から6世紀にかけて、いったん減少するが、10世紀には回復し、13世紀末にはローマ期の倍にまで急増する。しかし、1315年に始まった大飢饉、1347年に発生した黒死病の影響で、再び3割ほど人口が減少し、それが回復するのに数100

年を要した歴史がある。このような人口動態は英国でも同様であり、ローマ期の150万人が、6～7世紀にいったん減少し、10世紀末には回復し、ノルマン王朝の征服以降、13世紀末までには350万人に急増するのである。

10世紀以降の人口の急増は、当然、農業生産の拡大に支えられたもので、英国でも大規模な森林伐採と農地拡大が盛行したという。これを支えたのが、鉄製の斧や鋸、深耕用の農機具であり、鉄の需要は著しく増大したはずである。水車の製鉄利用はやや遅れるが、11世紀末には水車小屋が5,624軒もあったという。「初期高炉」の発生を目前とした製鉄技術は、ローマ期を凌駕していたに違いない。

以上のような考察は、Vindolandaの記録に一定の信頼性を与えると考えられる。

6. 鉄・小麦比価によるローマ期の鉄生産量考察

鉄価と人口ひとり当たりの鉄生産量（消費量）の間には、相関関係が認められると述べたが、そのことを英国の資料で確認してみたい。

しかし、鉄生産量に関する統計資料として利用できるのは、16世紀以降の銑鉄生産量しか見当たらず、対応する人口資料も推計資料に差があり、定性的な議論となるのはやむを得ない。

表5は、J. R. ハリス（武内達子訳）の『イギリスの製鉄業』の付表に引用された「銑鉄生産量」とMcEvery & Jonesの人口推計を元に作成したものである。英国の人口としては、EnglandとWealsを対象とした。また、鉄価と小麦価の比価は、筆者のホームページ²⁾に掲げた諸資料から採用したものである。

表5を図示したのが図3である。同一地域の資料であるので、外乱が少なく、比較的良好的な対応関係を認めることができる。

図中に示した破線は、先に示したVindolandaの鉄・小麦の比価との関係を見るための回帰線であるが、その結果は、Vindolandaの比価が示す鉄生産量は年間0.1kg/headの水準である。ウィキペディアに採用されたローマ期の年間1.5kg/headとは大差がある。

このような推定値（年間0.1kg/head）が、どれほどの精度を有す

表5 中世英国における鉄・小麦比価と人口ひとり当たりの鉄生産量の関係

西暦	銑鉄生産量 (t)	人口 万人	生産比 kg/head	鉄・小麦の比価
1530	1,600	390	0.41	6.20
1550	5,100	400	1.28	4.94
1600	17,500	425	4.12	4.00
1650	22,700	600	3.78	3.85
1700	24,700	575	4.30	2.64
1750	29,700	600	5.00	1.86
1800	186,000	920	20.20	1.00

銑鉄生産量：J. R. ハリス『イギリスの製鉄業』早大出版部
人口：McEvery & Jones (1978)
鉄・小麦比価：2) に示した筆者のHP

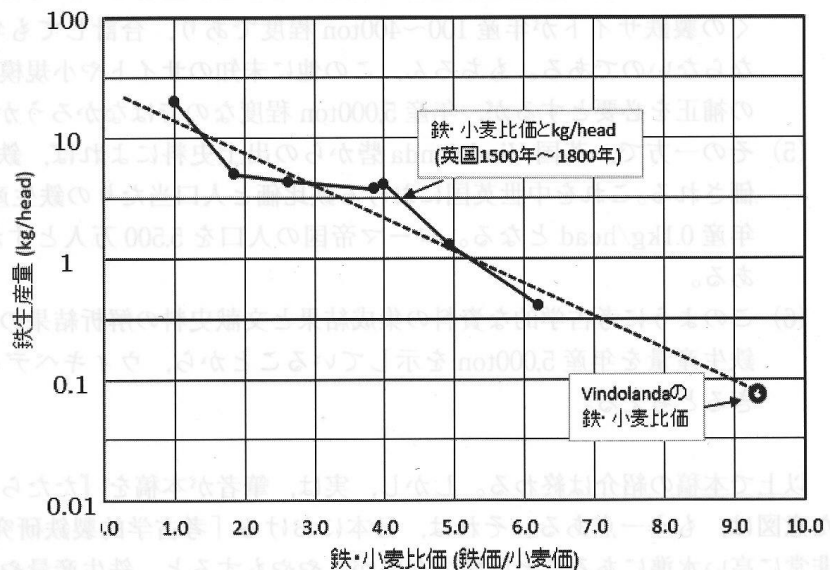


図3 中世英国における鉄・小麦比価と人口当たりの鉄生産量

るか判らないが、注目すべき点は、考古学的な調査を集成した数値と一致していることである。考古学的な諸資料とは独立した文献史料からの推定値であることに意味があるのであり、そこに大きな乖離がなければ、相補って、結論の精度を高めることができると思う。不確かな資料に基づき、推定を行う場合、多角的な視点でアプローチすることが重要であることを示したといえるのではなからうか。

7. ま と め

ウィキペディアに掲載されているローマ帝国の鉄生産量 82,500ton/年について、史料批判的な検討を行った。その結果を要約すると次の通りである。

- (1) 年産 82,500ton の根拠として、ウィキペディアは 3 件の文献を挙げているが、遡ると全て、ローマ期の英国、Weald of Sussex と Forest of Dean 等に関する 40 年ほど前の Cleere の研究に至る。
- (2) 問題は、Cleere の基礎資料（ローマ期の英国人口当たりの鉄生産量）をローマ帝国全体に及ぼす際に、単純な人口比（5,500 万人：150 万人）で計算していることである。Cleere も明記しているように、Weald of Sussex 等の鉄の多くは、Classis Britannica（ローマ艦隊）やガリアのローマ軍団向けの軍需用、輸出品であり、単純な比例計算は過大評価に繋がる。
- (3) Cleere の研究は、スラグ堆積量 (m³) と鉄生産量の関係を bloom 生産量 (ton) = スラグ堆積量 (m³) × 1.00 としているが、近年の研究事例では bloom 生産量 (ton) = スラグ堆積量 (m³) × 0.2~0.3 とする場合が多く、過大評価との指摘がある。Cleere が研究に用いた Weald 地方の鉱石組成とスラグ組成の関係から筆者が解析した結果でも 0.33 の係数が得られていて、3 倍ほど過大である。
- (4) 近年の考古学的な発掘調査に基づいて、Pleiner はローマ帝国内の主要製鉄サイトを 12 箇所挙げている。したがって、Cleere の研究のみに依存するのではなく、これらの主要サイトの鉄生産量を整理して利用することが望ましい。その結果は、表 3 のように多くの製鉄サイトが年産 100~400ton 程度であり、合計しても年産 2,000ton 程度にしかならないのである。もちろん、この他に未知のサイトや小規模なサイトがあるので、その補正を必要とするが、年産 5,000ton 程度なのではなからうか。
- (5) その一方で、英国 Vindolanda 砦からの出土史料によれば、鉄価は小麦価の 9.2 倍と評価される。これを中世英国における鉄比価と人口当たりの鉄生産量の関係で対比すると、年産 0.1kg/head となる。ローマ帝国の人口を 5,500 万人とすれば、年産 5,000ton 程度である。
- (6) このように考古学的な資料の集成結果と文献史料の解析結果のいずれもがローマ帝国の鉄生産量を年産 5,000ton を示していることから、ウィキペディアの推計値は 1 桁多過ぎると考える。

以上で本稿の紹介は終わる。しかし、実は、筆者が本稿を『たたら研究』に紹介しようとした意図は、もう一点ある。それは、日本における「考古学的製鉄研究」が、国際的に見ても、非常に高い水準にあることは疑いないが、ややもすると、鉄生産量や製鉄コストの推定根拠となるスラグ堆積量に関する記述が不足しているように感じているからである。

そこには、不正確な推定を避けたいという研究者の意図もあろうが、例え誤りがあっても、その旨を注記して、記録に残すことこそが、むしろ学問的な良心であると筆者は考える。

なお、本稿において、ローマ帝国の人口を5,500万人としたのは、ウィキペディア「ローマ時代鉄生産量」の算出ベースに合わせたからであるが、ウィキペディア「ローマ帝国の人口学」によれば、西暦14年に4,550万人、西暦164年に6,140万人としており、妥当な数値のようである。

参考文献

- 1) http://en.wikipedia.org/wiki/Roman_metallurgy (2016.8.4)
- 2) 新井宏「金属を通して歴史を観る・金属生産量の歴史(1)～(3)、金属比価の歴史(1)～(2)」『バウンダリー』1999.1～1999.6 その後、多少の修正をし、筆者の次に示すHPに掲載。
<http://arai-hist.ne.jp/arai-hiroshi/database/metal-production/index.html>
- 3) <http://historum.com/ancient-history/41856-ancient-industry.html>
- 4) Cleere, H. F. (1976): 'Some operating parameters for Roman ironworks', *Inst Archaeol Bull*, 13, pp.233-46
- 5) Cleere, H. F. (1981): <http://www.wealdeniron.org.uk/HCleereThesis.pdf>
- 6) Pleiner, R. (2000): *Iron in Archaeology. The European Bloomery Smelters*. Praha: Archeologický ústav AVČR, Chapter III, pp.36-56
- 7) Joosten, C. (2004): *Technology of Early Historical Iron Production*, <http://edepst.wur.nl/134617>, pp.23
- 8) 内田俊秀「イタリア・ポプローニアに於ける古代製鉄」『金属博物館紀要』, 5号 (1980)
- 9) Gill, D. (1987): 原典不詳
- 10) Voss, O. (1988): "The Iron Production in Populonia" in Sperl, G. (ed) *Proceedings of the Congress "Il primo ferro"*, Populonia/Piombino, 1983, PACT, vol 21 pp.91-100
- 11) Crew, P. (1991): 'The iron and copper slags at Baratti, Populonia', *Historical Metallurgy*, 25-2, pp.109-15
- 12) Mommersteeg, P. W. (2011): *Metallurgy and the Development of Etruscan Civilization*, History Department, University College, London (<http://discovery.ucl.ac.uk/1310311/1/1310311.pdf>)
- 13) Forbes, R. J. (1965): "Studies in Ancient Technology", 『古代の技術史(上)』 p.503
- 14) Hirt, A. M. (2010): "Imperial Mines and Quarries in the Roman World", Oxford University Press, USA, p.41
- 15) Serneels, V. and Perret, S. (2008): *Ironworking in Roman Switzerland, Early Iron in Europe Prehistoric, Roman and Medieval iron production*, p.25
- 16) Decombeix, P. M. Domergue, C. Fabre, J. M. Gorgues, A. Rico, C. Tollon, F. and Tournier, B. (2000): *Réflexions sur l'organisation de la production du fer à l'époque romaine dans le bassin supérieur de la Dure, au voisinage des Martys (Aude)*, *Gallia*, 57, pp.23-3
- 17) Wertime, T. (1980): *The coming of Age of Iron*, Chicago University Press, p.218
- 18) Tylecote, R. F. (1992): *A History of Metallurgy*, 2nd edition, p.68
- 19) Crew, P. (2001): 'Review Article: Iron in Archaeology: The European Bloomery Smelters by Radomir Pleiner', *Historical Metallurgy* 35-2, pp.99-102
- 20) 新井宏「製鉄遺跡滓による鉄還元歩留り推定」第145回鉄鋼協会春期講演大会, 社会鉄鋼工学部会, 2003.3.28
- 21) Cleere, H. (1971): 'Ironmaking in a Roman furnace', *Britannia*, 2, pp.203-17
- 22) Nau, E. Mehofer, M. Mongiatti, A. (2008): 'Experimental bloomery smelting and its metallurgic analysis', *Early Iron in Europe, Prehistoric, Roman and Medieval Iron Production International Conference*
- 23) Pleiner, R. (1985): 'The Bloomeries of the Romano-Barbarian period at Varin, North Slovakia' *Archeologicke rozhledy*, 37, p.467
- 24) 山田義明「インドの伝統的製鉄に関する民俗例の紹介」『たたら研究』48, 2008
- 25) Bielemin, K. and Suliga, I. (2008): 'The ancient slag pit furnace and the reduction process', *Metallurgy and*

Foundry Engineering, 34-1

- 26) Orzechowski, S. (2007): 'The region of Iron: The przenworsk Cultute Iron Producing center in Barbarianm', Early Ironworking in Europe II
- 27) Joosten, C (2004): Technology of Early Historical Iron Production, <http://edepst.wur.nl/134617>, pp.26
- 28) Espelund, A. (2008): 'Scandinavian Roman age Iron and Steel Blooms, Quality and Origin', Early Iron in Europe, p.71
- 29) Rijk, P. (2008): 'The Bloom from the Roman Period Settlements of Raalte(NL)', Early Iron in Europe, p.32

(252-0242 相模原市中央区横山 2-14-6)

【2015年8月10日受付, 2016年5月27日受理】

- 1) Gill D. (1987) 鉄鋼不詳
- 2) 内田義明 [トキワ・ホアローニアに於ける古代製鉄] 金属技術雑誌, 5号 (1980)
- 3) Joosten, C. (2004) Technology of Early Historical Iron Production. <http://edepst.wur.nl/134617>, pp.23
- 4) AVCR Chapter, pp.36-56
- 5) Peiner, R. (2000) Iron in Archaeology. The European Bloomery Smelters. Praha: Archeologický ústav
- 6) <http://www.walidnator.org.uk/HCIereTthesis.pdf>
- 7) Cleere, H. F. (1981)
- 8) Cleere, H. F. (1978) Some operating parameters for Roman ironworks. Int. Archaeol. Bull. 13, pp.33-46
- 9) <http://historia.com/ancient-history/1856-ancient-industry.html>
- 10) <http://ari-hist.net/journal-histat/database/metal-production/index.html>
- 11) 1991-1996 その後、多くの論文が、著者の次に示すHPに掲載。
- 12) 山田義明 [トキワの伝統製鉄に関する民俗的紹介] 金属技術雑誌, 48, 2008
- 13) Biemann, K. and Sulig, J. (2008) The ancient slag pit furnace and the reduction process. Metallurgy and Early Iron in Europe. Prehistoric, Roman and Medieval Iron Production International Conference
- 14) Peiner, R. (1985) The Bloomeries of the Romano-Barbarian period at Vatin, North Slovakia. Archeologické rozhledy, 37, p.467
- 15) Van E. Meibohm, M. Mooghtal, A. (2008) Experimental bloomery smelting and its metallurgic analysis. Early Iron in Europe. Prehistoric, Roman and Medieval Iron Production International Conference
- 16) Geert, H. (1971) Ironmaking in a Roman furnace. Britannia, 2, pp.203-17
- 17) 新井安 [製鉄遺跡に於ける鉄量元素分析] 第145回鉄鋼協会春期講演大会, 社会鉄鋼工学部会, 2007.7.28
- 18) Peiner, R. (2001) Review Article: The European Bloomery Smelters by Radoimir Tyecote, R. F. (1997) A History of Metallurgy, 2nd edition, p.68
- 19) Wertime, T. (1980) The coming of Age of Iron. Chicago University Press, p.218
- 20) Dur, au voisinage des Marais (Aude), Gallia, 37, pp.23-3
- 21) Decombeix, B. M. Domergue, C. Fabre, J. M. Gurgues, A. Rico, C. Tolle, F. and Tournier, B. (2000) Réflexions sur l'organisation de la production de fer à l'époque romaine dans le bassin supérieur de la Roman and Medieval iron production, p.65
- 22) Senneke, V. and Perletz, (2008) Ironworking in Roman Switzerland. Early Iron in Europe Prehistoric
- 23) Hirt, A. M. (2010) Imperial Mines and Quarries in the Roman World. Oxford University Press, USA, p.41
- 24) Forbes, R. J. (1965) 'Studies in Ancient Technology', [古代の技術史], (上), p.203
- 25) Department, University College London (<http://discovery.ucl.ac.uk/1310311/>) p.40
- 26) Mommersteeg, P. W. (2011) Metallurgy and the Development of Eurasian Civilization. History Department, University College London (<http://discovery.ucl.ac.uk/1310311/>) p.40
- 27) Mommersteeg, P. W. (2011) Metallurgy and the Development of Eurasian Civilization. History Department, University College London (<http://discovery.ucl.ac.uk/1310311/>) p.40
- 28) Crew, P. (1991) The iron and copper slags at Barrot, Paponia. Historical Metallurgy, 25-2, pp.109-15
- 29) Voss, O. (1988) "The Iron Production in Paponia" in Speit, G. (ed) Proceedings of the Congress "II primo ferro", Paponia, Paponia, 1983. PACT, vol. 21, pp.91-100
- 30) Voss, O. (1988) "The Iron Production in Paponia" in Speit, G. (ed) Proceedings of the Congress "II primo ferro", Paponia, Paponia, 1983. PACT, vol. 21, pp.91-100