

青銅器時代の西アジア 鉄の起源と展開「金属器時代の黎明—価値と技術—」

愛媛大東アジア古代鉄文化研究センター 松山・愛媛大 2015.2.14.



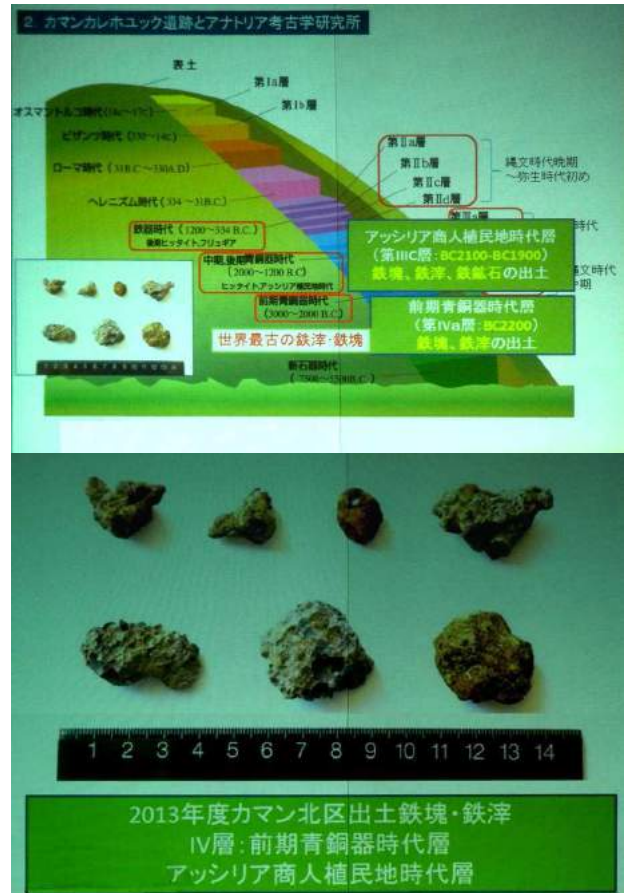
シルクロードに先立つユーラシア大陸の中央草原に東西を結ぶ金属器・鉄器文化東伝の道 Metal Road・Iron Road



BC12世紀頃 西アジア トルコ アナトリア高原のヒッタイトは塊錬鉄法で製鉄を行っていたことから、人工鉄の起源はヒッタイトというのが定説。鉄の起源の探究を求めて、ユーラシア大陸各地で共同発掘調査を進める愛媛大学の村上恭通教授らの発掘調査で、1昨年 そのアナトリア高原のカマン・カレホック遺跡のヒッタイト以前の地層から鉄滓や小鉄塊が出土し、世界最古の鉄として大きな話題となった。(中近東文化センターのアナトリア考古学研究所などとの共同調査) そして、昨年7月 村上教授らは「古代ユーラシア大陸のアイアン・ロード」研究報告会で「カマン・カレホック遺跡のヒッタイト以前の地層から出土した小鉄塊は含鉄銅 鉱石の鉱滓から抽出されたものではないか?」との説が有力と報告。

溶接冶金のフィールドにいた私には 鋼溶接の凝固過程での割れ(高温割れ・凝固割れ)の第一原因として 鉄とは溶け合わせ低融点元素「銅と硫黄」が頭にこびりついて、鉄の時代の前にある青銅器時代に「銅製錬の過程で 人工鉄が副次的に造られた」との説には「極めて説得力がある」と興味深々。

「銅」と「鉄」は熔融状態でも互いに溶け合わない(固溶しない)「水と油」でありながら、含鉄銅 鉱石など銅 鉱石と鉄 鉱石はいつも近くにある存在であり、また、温度こそ異なるが、炭素による同じ還元製錬プロセスが用いられる銅・鉄の製錬。そして、比較的低い温度で溶ける銅に対し、高温でないと溶けない鉄の性質も含め、この鉄と銅は比較的容易に2相に分離しやすく、銅の製錬過程で鉄が分離されて見つかる可能性は極めて高いと思われる。たたら製鉄の源流に何らかの影響があたえたのではないかと以前から気になっていた銅製錬である。



2013年カマン・カレホック遺跡の発掘調査で出土した ヒッタイト以前世界最古級の鉄塊と鉄滓 「古代ユーラシア大陸のアイアン ロード」研究報告

昨年7月に話を聞いたカマン・カレホユック遺跡から出土した世界最古の人工鉄をはじめ、西アジア周辺で実施されている「鉄の起源とその展開」の共同調査研究成果を中心とした愛媛大東アジア古代鉄文化研究センターのアジア歴史研究会「金属時代の黎明—価値と技術—」が2月14日開催されるとの案内をいただいた。

「西アジアで発掘調査研究が進むヒッタイト以前の鉄塊が
どんな新しい展開を見せるのか？ 銅製錬とのさらなる
具体的関係が見えてくるのか??」

興味深々で2月14日 松山の愛媛大学で開催された講演会に出

かけました。久しぶりの松山 路面電車に乗って 松山城を眺めながら、愛媛大学のキャンパスへ来るたびに愛媛大学のキャンパスがきれいに整備されてゆくのがうれしい。

ちょうど卒業式前 キャンパスには 卒論発表会の案内が張られていて、学生たちの張りつめた気が伝わってくる。いつもとはちょっと違った雰囲気。 私にも こんな時があったと思いだしながら会場へ



第18回アジア歴史研究会 「鉄の起源の探究」成果報告 鉄の起源と展開「金属器時代の黎明—価値と技術—」 《 聴講内容の要旨 》

- ◎講演1 古代オリエント博物館 研究員 津本英利氏「西アジアにおける初期鉄器研究史」
 - ◎講演2 愛媛大非常勤講師 畑守泰子氏「古代オリエント世界における金属利用と交易」
 - ◎講演3 愛媛大教授・東アジア古代鉄文化研究センター長 村上恭通氏「銅・鉄の出現と初期拡散」
- 予稿集 金属時代の黎明-価値と技術- 2015.2.14 愛媛大学東アジア古代鉄文化研究センター

今回の講演会はトルコ カマンカレホユック遺跡でヒッタイト以前の世界最古と思われる小鉄塊・鉄滓が出土したことを踏まえ、

1. ヒッタイト以前の金属器黎明の青銅器が中心だった時代に この西アジアで鉄器がどのような形で出現してきたのか？ トルコ カマンカレホユック遺跡以外で続々発掘調査が進むヒッタイト以前の鉄器の分布とその用途。 それらに基づく青銅や他の金属(金・銀)と鉄の相対価値変遷
2. トルコ カマンカレホユック遺跡でのヒッタイト以前の小鉄塊・鉄滓の出土をベースに 愛媛大村上恭通教授ら・提唱する「この西アジアで銅製錬の副産物としての人工鉄起源説」
3. この金属器黎明の時代 青銅器から鉄器への移行をもたらしたインパクトは何か
そして この西アジアから東への伝播経路 ユーラシア大陸メタルロードの形成
等々

最近の西アジアの遺跡発掘の調査研究をベースに、短い時間ですが、今までの定説「ヒッタイト鉄起源説」が大きく変わろうとする鉄の起源からユーラシア大陸東遷の道にまつわる多くの話題が3人の講演者により報告された。本当に興味深いことばかり。特に 人工鉄の初期出現が銅の生産地とこんなに密接に関わって出土したことや鉄器の価値がヒッタイト滅亡の後実用鉄器の出現とともに大幅に変化し、四方へ急速に伝播してゆくことにも興味をひかれました。

今回の講演会の報告概要を3氏講演や予稿集より 図面等を使わせていただき概要を以下に紹介します。

紹介1 トルコ アナトリア・西アジアの製鉄技術年史

定説として「人工鉄の起源はヒッタイト」云われてきたヒッタイトの滅亡は紀元前 12 世紀末
 その時でも西アジアは青銅器が中心利器の時代であり、ヒッタイト滅亡後 急速に鉄器文化が展開されてゆく。

第18回東アジア古代鉄文化研究センターアジア歴史講演会

愛媛大学研究活性化事業「世界最古の製鉄技術の解明—トルコ・カマンカレホック遺跡出土資料に基づいて—」
 基盤研究A(海外学術調査)「製鉄の起源と展開に関するフィールドワークに基づいた実証的研究」
 研究成果報告会

金属時代の黎明

—価値と技術—

Wp-m-nfrt Tomb (Old Kingdom 5th Dynasty)

2015年2月14日

愛媛大学東アジア古代鉄文化研究センター

アナトリア・西アジアの出来事		製鉄技術関連
前 750 年	アナトリア西部にフリギア王国繁栄 エーゲ海岸にギリシア人が入植・都市建設	ウラルトゥ?の製鉄遺跡(トルコ東部)
	アナトリア東部にウラルトゥ王国建国 アッシリア帝国の拡大	後期ヒッタイト テル・ペイト・シェメシュ(イスラエル)出土鍛冶工房址
	新アッシリア時代の開始	イラン高原・欧州への鉄器の拡散 テル・ハンメー(ヨルダン)出土「製鉄址」 利器が専ら鉄で作られるようになる
前 1000 年	古代イスラエル王国建設 統ミケーネ文化の終焉 エジプト第三中間期開始	グルジアの製鉄遺跡 アナトリア東部での鉄器大量出土 バイメタル(鉄+銅)製品
	手づくね土器(バルカン半島からの移住?) トロイア戦争?	テル・サビ・アビヤド(シリア)出土鉄器 アオチャ(トルコ)出土鍛冶址
	「海の民」・ペリシテ人・統ミケーネ文化 ヒッタイト帝国やミケーネ文明が滅亡	利器と装身具への鉄使用 テル・シェイク・ハマド(シリア)文書 ハットゥシリ3世書簡(「一振の鉄剣」) 帝国期文書: 利器への鉄利用、言及数増加
前 1190 年頃	ツタンカーメン王	後期 ツタンカーメン王墓出土鉄剣(鋼鉄)
前 1250 年	エジプトとヒッタイトのカアシュの戦い	中期ヒッタイト ウガリット(シリア)出土裝飾鉄斧 鋼 中期ヒッタイト文書: 斧や兵器への鉄使用
前 1274 年	ツタンカーメン王 中期アッシリア時代開始	中期ヒッタイト ミケーネ文明墓地からの鉄製指環出土
	ミタンニ王国(北シリア)の最盛期 ギリシアでミケーネ文明始まる ティムナ(イスラエル)の銅山が再興 エジプト第 18 王朝(新王国時代開始)	古ヒッタイト 古ヒッタイト文書: 貴金属としての鉄利用
前 1500 年		
前 1595/31 年	ムルシリ1世によるバビロン攻撃 ハットゥシリ1世即位(ヒッタイト建国) ヒタソスによる下エジプト支配	
	カールムが放棄される アニッタ王による中央アナトリア征服?	中期青銅器時代 カールム出土文書に鉄?の交易記録
前 1750 年	ハンムラビ法典 エジプト第二中間期の開始	前期青銅器時代 カマン・カレホック出土鉄製品(鋼?) 銅製錬の副産物としての鉄?(鉄の発見?)
前 2000 年	アッシリア商人の交易居留地(カールム) ミノア文明(ギリシア)	
前 2500 年	印欧語族のアナトリア進入?	アラジャホック出土鉄剣(鋼鉄??)

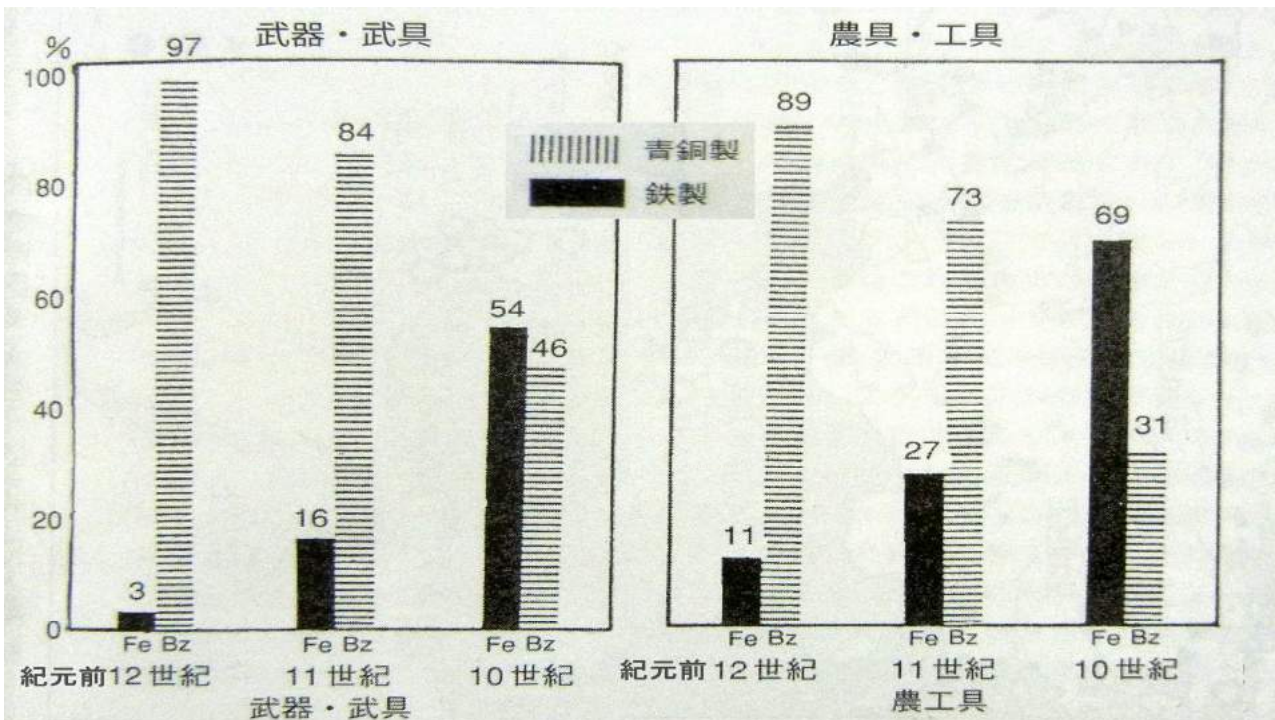
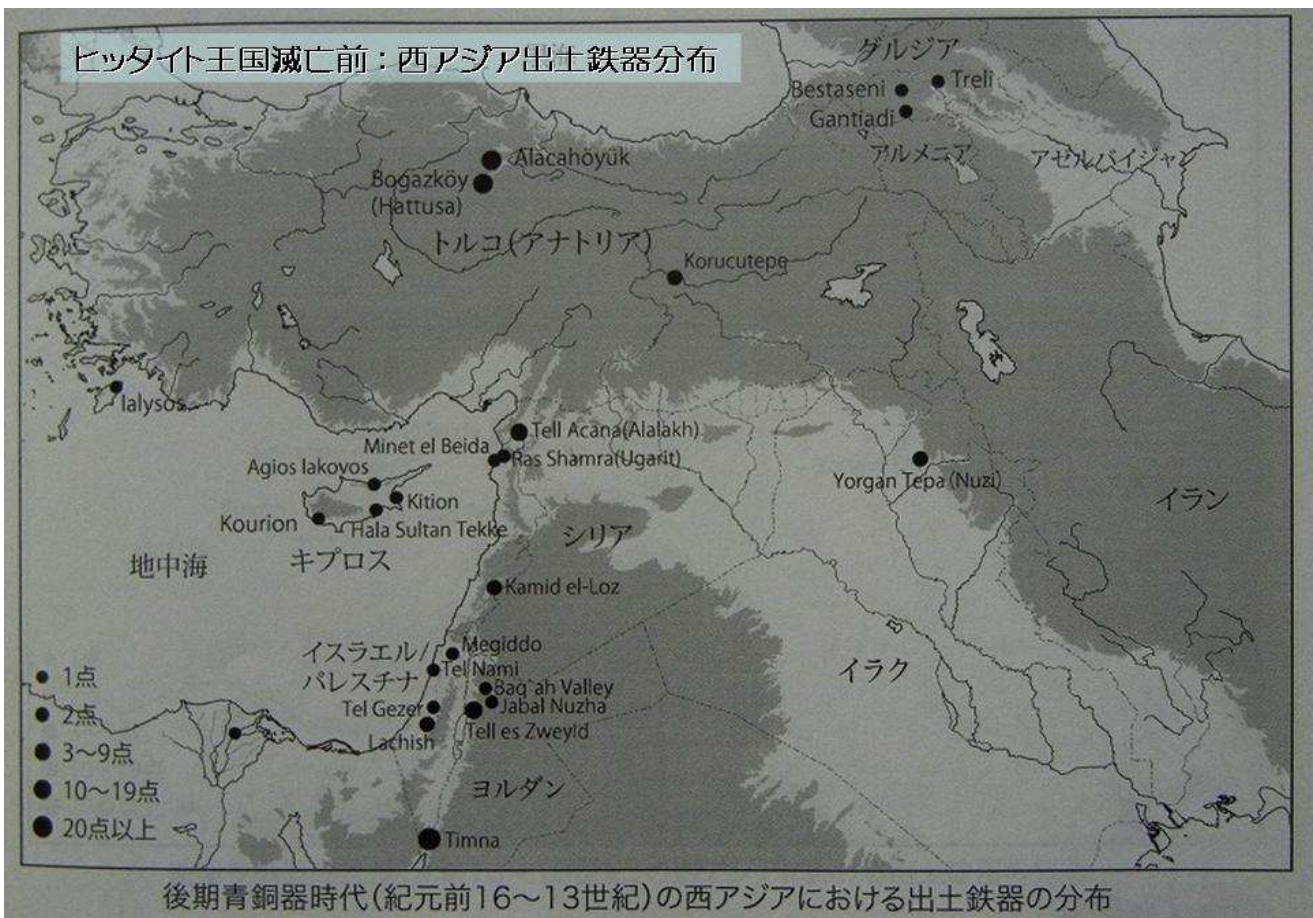
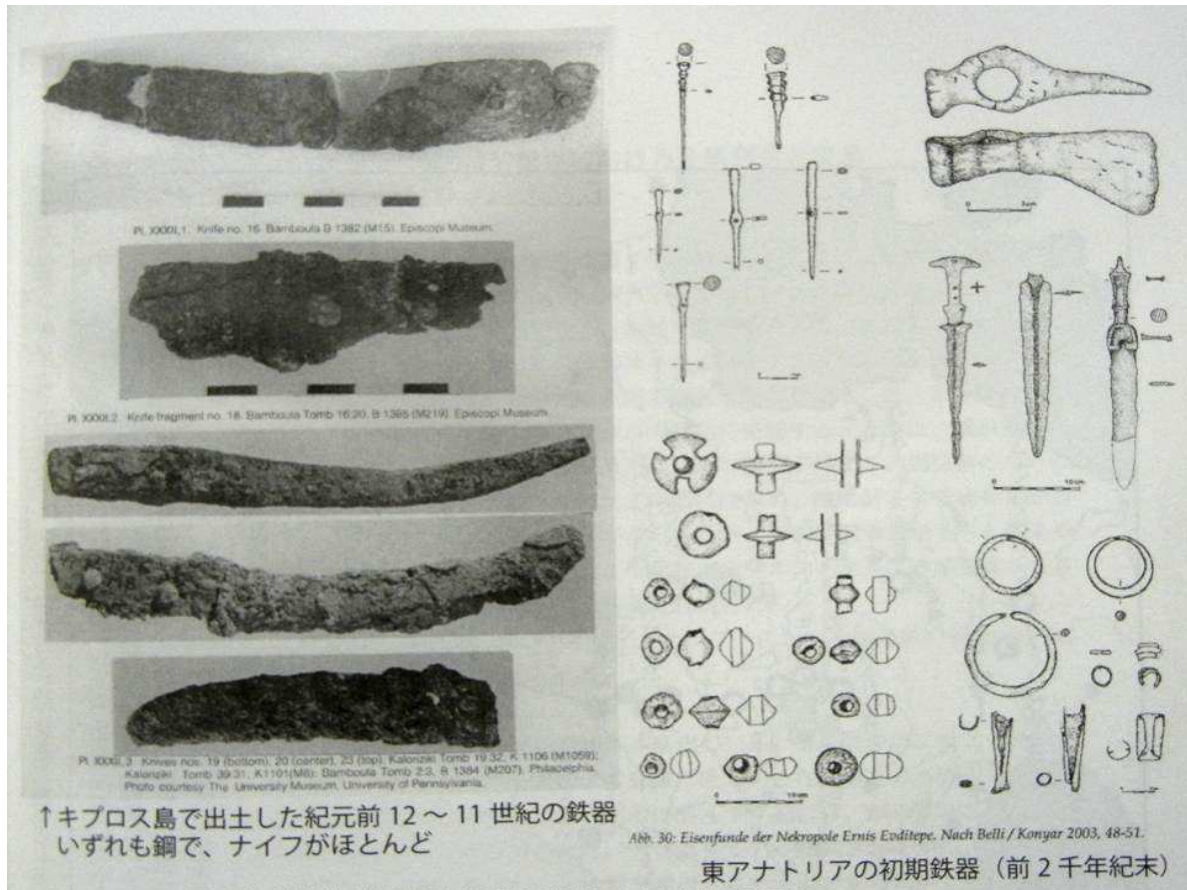


図2 東地中海地域における青銅器から鉄器への移行状況 (Waldbaum 1978 を転載・加筆)

2. 地中海沿岸・西アジアでのヒッタイト滅亡より古い初期鉄器の出現

- ◎ 一番先に鉄器が現れたのは約紀元前 5000 年頃 銅器は紀元前 9000~8000 年。
鉄器の成分やウィッドマンステッテン急冷凝固組織から韻鉄だった。そして この硬い鉄塊を磨いて加工して刀剣や装身具などに仕上げている。
- ◎ 下図に示した西アジアで出土した初期鉄器の分布によると注目すべき点として
アナトリアのみならず イスラエルやキプロスからは出土鉄器が韻鉄なのか人工鉄なのか明確ではないが、ヒッタイト滅亡以前から鉄器が出土し、人工鉄が主要になるヒッタイト滅亡後も鉄器が出土。
そして、これらの地が、古くからの銅の交易・生産地であるという。
銅製錬と鉄との出会い 銅生産と鉄との関連性が注目される。
- ◎ ヒッタイト滅亡後 アッシリアの時代になると鉄器が利器として拡散してゆく時代を迎え、イスラエルやヨルダンで製鉄跡も出土するとともに、鉄器のユーラシア大陸当遷の先進地とみられる西アジア北部 黒海東岸のグルジア地方でも鉄器が出土。また、ヒッタイト滅亡後成立したアッシリアがイスラエルやキプロスを含む地中海沿岸諸国から鉄を献納させてきたという。





3. 西アジアの青銅器文化から鉄器文化への移行の引き金はなにか??? 未解決の課題である

◎ ヒッタイト以前から銅の交易・生産地で鉄器が出現していたことから、定説として云われてきたヒッタイトの鉄製錬技術独占し、ヒッタイト滅亡によって世界各地に鉄器が拡散したという構図が崩れる。

では 何が青銅器から鉄器文化への移行の引き金になったのか・・・

現状 まだ この答えは不明であるが、鉄器の事情と云うより、むしろ銅器の生産事情に何らかの問題が生じたからではないかという。 この問題はまだ未解決だと聞く。

私の知見ですが、すぐ頭に浮かんだのは日本での銅生産の問題。

日本では鎌倉から室町時代にかけて、日本の銅資源が枯渇し、中国等から銅銭を輸入する時代がある。

古代の銅製錬は自然銅や銅酸化物鉱石の炭素による還元製錬。

それが使いつくされると銅の酸化物鉱石から地中にある大量の硫黄を含む硫化物鉱石となり、製錬しても銅中には大量の硫黄を含み、脆くて使い物にならぬ時代に突入する。この鉱石還元の製錬から脱硫製錬の確立に数百年を要したのである。また 鎌倉大仏が中国の銅銭を素材にしていることや鎌倉時代多数の鉄の仏像が数多く作られたことは よく知られた事実である。

利器の中心だった銅が脆くて形にならぬとなると利器の中心素材ではいられない。

西アジアでも自然銅の枯渇がこの問題に火をつけたのではないかと? そんなイメージがすぐ頭に…。

西アジアでも 日本と同じく銅の空白がおきようとしていたのだ・・・と。

4. 銅製錬の過程での鉄塊誕生について

愛媛大村上恭通教授は銅製錬過程での鉄塊の誕生について青銅器時代の西アジアの銅生産の過程での副次的な鉄誕生についての調査報告で述べた文献記述を紹介。

そして、2014年11月岡山県新見市で地元のたたら伝承会の協力で、復元した原始銅製錬炉での鉄鉱石の添加による副次効果の実証実験を行った結果について紹介した。



《青銅器時代西アジアの銅生産の過程での副次的な鉄誕生について述べた文献記述》

1. Gale, et al 1990, Craddock 1995

「銅製錬の際、生産を高めるために融点を下げる目的で投入されたフラックスが鉄鉱石であり、その鉄分が銅塊の中に含まれたり、銅滓の中に含まれたりする。」

2. Rothenberg 1990

「南イスラエルのティムナ渓谷には紀元前 5000 年紀以降の銅製錬遺跡が多数発見され、その報告書は銅生産研究を大きく推進した。」そして Gale et al は「このティムナで生産された金属鉄はまさしく銅製錬炉で生まれたものであった。」と記し、Malkel 1990 は「ティムナ・チームの復元実験成果もそれを証明している」と記している。

《村上教授らによる復元した原始銅製錬炉での鉄鉱石の添加による副次効果の実証実験》

鉄鉱石のみを原料とする炉と銅鉱石・鉄鉱石の混合原料での炉の比較実験を実施。

これにより圧倒的に銅の生産量が向上した。

これらの結果を踏まえ、鉄鉱石を投入することにより、銅製錬の生産性が上がり、銅塊が誕生すると同時に、鉄もわずかながら生まれた。その投入比率を変えるなど、数々の工夫により鉄を目的的に生産できるようになったのであろう。

以上今回の講演会の報告概要を 3 氏講演や予稿集より 図面等を使わせていただき概要を紹介。

今回の講演会で青銅器時代の銅生産と鉄滓・小鉄塊出現とが、密接に関係していることが見えてきました。

また、鉄製錬のスタートが 仮に高温を得ることが難しかったにしろ、鉄鉱石の製錬が溶解反応でなく固相反応であった点にも常々不思議に思ってきましたが、銅製錬の過程の副次反応として鉄の固相還元で鉄製錬が始まったとすると理解できる。また、製錬・製鋼の鉄冶金を勉強し、溶接冶金の技術屋だった私には何度も聞いた近くにありながら「水と油」で互いにひっつかない「銅と鉄」。昨年 7 月 大阪での村上教授の講演で初めて知った鉄の起源への銅のかかわりに、今回聞いた話を重ねています。

この「銅と鉄」の二相分離の特徴が鉄の製錬技術を生み出したのかと予想もしなかった展開に本当にびっくり。

昨年 7 月話を伺ったときにまとめた鉄と銅の二相分離反応についてまとめたものを下記に。

含鉄銅鉱石から取り出された鉄・鉄滓はこんなプロセスか???

鉄を含む銅鉱石を無酸素状態で溶融すると比重の大きい溶銅相と比重の小さい溶鉄相に二層分離することができる。しかし、溶鉄相・溶銅層にはそれぞれ、数パーセントの銅濃度や鉄濃度があり、例えば、溶鉄相中の銅含有量を 4% 以下にはできない。しかし、ここに炭素(や鉛)と共に溶融すると、各々溶相中の鉄・銅濃度を著しく低減でき、ほぼ鉄・銅分離ができることが知られている。

酸化雰囲気中では、上層分離された鉄は酸化され、鉄滓となって溶銅の上に浮くことになる。

製銅プロセスを考えると原料である銅鉱石は通常 自然銅のほか、鉄を含む銅鉱石が主であり、木炭を加えた含鉄銅鉱石の溶融酸化反応であり、鉄分はカラムミとしてスラグ排出される。ただし、部分的に高温還元雰囲気形成されている場所では、鉄は酸化されずに鉄粒などとなって、滓中に取り込まれることになる。

この細かい鉄粒を集めて、それを鍛冶技術で不純物を排除して、鉄素材に仕上げることは可能と考えられる。

最初の人工鉄 アナトリア高原 カマンカレホック遺跡で出土した最古の鉄滓・鉄塊はそんなプロセスの中で青銅器時代の中に出現したのであろうか……。

また、現在都市鉱山として スクラップからの有用金属取り出し法として、この二層分離技術は先端技術として躍進をつづけている。

【和鉄の道・Iron Road】

金属にも「水」と「油」がある「銅」と「鉄」の二相分離 2014.8.1. By Mutsu Nakanishi より

<http://www.infokkna.com/ironroad/2014htm/2014iron/14iron09.pdf>

◆ 現代の先端技術 銅と鉄の溶解分離技術 <<1>>

銅と鉄の溶解分離技術 岩手大学工学部材料物性工学科 材料学助教授 山口勉功

http://www.ccrd.iwate-u.ac.jp/pc/event/041101/pdf/ma_16.pdf

開発の背景

銅品位の高い含銅鉄スクラップは、銅製錬工程に戻し処理されて、銅が回収されているが、低品位の銅スクラップは本来の銅製錬の効率を低下させる等の問題を生じるため、銅品位が約30%Cu以上のスクラップしか処理できない。

一方、ごみ処理施設やシュレッダーダスト焼却施設から出る焼却灰中の金属残渣等の低品位銅スクラップも今後はかなり発生することが予想され、低品位の銅スクラップをそのまま処理することは効率が悪いので、スクラップの銅品位を高める方法の開発が望まれている。

内容

ごみ処理施設やシュレッダーダスト焼却施設等から出る焼却灰中の金属残渣等の低品位銅スクラップから、銅を濃縮分離し銅を回収する。

炭素飽和下で、Cu-Fe-C3元系融体は 鉄が富化した溶鉄相と銅が富化した溶銅相の2液相に分離する

【和鉄の道・Iron Road】

金属にも「水」と「油」がある 「銅」と「鉄」の二相分離 2014.8.1. By Mutsu Nakanishi より

<http://www.infokkna.com/ironroad/2014htm/2014iron/14iron09.pdf>



図1 銅相と鉄相の二相分離

また、本当かどうかわかりませんが、銅製錬について、かつて日本であったのと同様の自然銅の枯渇が西アジアでの青銅器から鉄器への移行を促したのか・・・

「自然銅や銅鉱石などの銅原料の還元反応による銅製錬。その資源枯渇に伴い、含硫黄鉱石しか得られなくなり、脆い銅しかできず、銅の利器が造れなくなった時代があったのでは・・・と。

この銅の脱硫反応克服への時代が西アジアでもあり、そしてそれが青銅器から鉄器への移行を促した」とのイメージがふっと頭に湧いてきた。妄想か それとも一理あるのか 鉄のロマン イメージを膨らませています。

鉄の起源とユーラシア大陸を東西に繋ぐメタルロード 今年はさらにどんな展開があるのか 期待一杯。

次々とイメージを膨らましながら 真っ暗な四国路の高速道路を 松山から神戸へ帰ってきました。

毎度 新しい知見があるうれしい講演会 今回も満足いっぱい帰ってきました。

2015.2.14. Mutsu Nakanishi

【資料】

【整理に使わせていただいた資料】

1. 第18回 アジア歴史研究会 金属時代の黎明-価値と技術- 予稿集

2015.2.14 愛媛大学東アジア古代鉄文化研究センター

【和鉄の道・Iron Road】

1. 金属にも「水」と「油」がある -「銅」と「鉄」の二相分離 - 2014.8.1.

<http://www.infokkna.com/ironroad/2014htm/2014iron/14iron09.pdf>

2. 国際シンポジウム 「鉄と匈奴」 聴講記録

2013.11.19.

愛媛大東アジア古代鉄文化研究センター

東西ユーラシア大陸を結ぶ金属器・鉄器文化の道 《Metal Road & Iron Road》探求

<http://www.infokkna.com/ironroad/2013htm/iron9/1311kyoudo00.htm>

3. 国際シンポジウム 「鉄と帝国の歴史」 聴講記録

2008.11.29.

愛媛大東アジア古代鉄文化研究センター

<http://www.infokkna.com/ironroad/2008htm/iron4/0812ehime00.htm>

4. 参考資料「ヒッタイトの鉄の謎に挑む」 朝日新聞朝刊に掲載された記事

2010.8.7.

<http://www.infokkna.com/ironroad/2010htm/iron6/1009hittites00.htm>

5. 日本最古の銅山 奈良の大仏の銅を産出した「長登銅山」を訪ねて

特に 4. 長登銅山の銅鉱床・銅鉱石の変遷と銅製錬技術

<http://www.infokkna.com/ironroad/2008htm/iron4/0808naga00.htm>