



～宇宙・地球・生命・文化・未来～

T e c h n o

カマン・カレホック遺跡はトルコ共和国の首都アンカラから南東約140km、クズルマック(赤い河)の内側に位置する。直径280m・高さ16mの円形の丘になっている。トルコ語で「カマンにある城壁の丘」を意味する。
(画像提供: (公財)中近東文化センター附属アナトリア考古学研究所)

鉄生産の起源を探る

世界の鉄の歴史をひも解くと、鉄器の製造技術を独占していたヒッタイト帝国の名前が思い出される。しかし鉄の起源はさらにそれより古いと考えられきた。近年、日本の調査隊によって長年発掘が続けられているカマン・カレホック遺跡で、前期青銅器時代の地層から鉄塊や鉄滓が出土し、鉄の起源に関する貴重な情報が発信されている。いつ、どこで、どのようにして人類は製鉄技術を手に入れたのだろうか。鉄生産の起源を探る。



ヒッタイト鉄起源説の背景

隕鉄ではない地球上の鉄鉱石から人工的に製錬された最古の鉄は、エジプト・ギゼーの大ピラミッドで発見された長さ26cm、幅8.6cmの鉄製板状製品であった。紀元前3000年(以下、B.C.3000年と略記)半ば頃(第4王朝)と言われているが、年代決定等を疑問視する意見がある。確実なのはトロイアやアラジャホックの遺物で、遅くともB.C.3000年後半には人工鉄が出現したものとみられている。

鉄製品はB.C.2000年前半まで、ほとんどが装身具や装飾品で貴金属としての使用が目立つ。アナトリアのキュルテペ出土文書には、鉄が銀の40倍、もしくは金の8倍以上という高価で取引されていたことが記されている。しかしB.C.2000年後半になると、アナトリアなどで武器や工具といった利器としての使

●ボアズキョイ文書(図2)

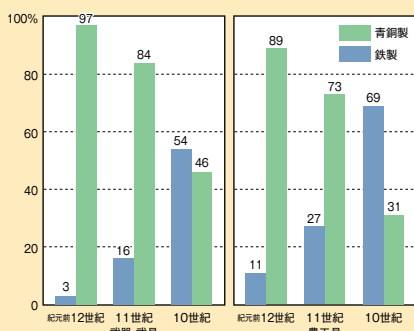
ボアズキョイ文書の一つキズワナ文書に、鉄に関する記述が残っている。B.C.1300~1250年頃、ヒッタイト帝国の王ハットゥシリ3世がエジプト王ラムセス2世に宛てた手紙だ。

20行目: あなたが私に書いてきた良質の鉄に関してありますが、良質の鉄はキズナワの
21行目: 私の倉庫で置いています。私が書きましたとおり、鉄を生産するには悪い時期なのです
22行目: 彼らは良質の鉄を製造中です。今のところ作業は終わっていません
23行目: できあがりしたら、私はあなたに送ります。今日のところは
24行目: 私はあなたに一振の鉄剣を送ります



(写真および直訳出典:『鉄を生み出した帝国』大村幸弘著(日本放送協会))

●東地中海地域における青銅器から鉄器への移行状況(図1)



B.C.1100~900年代に属する東地中海地域の遺構から出土したと報告された5000点以上の青銅器および鉄器をグラフ化。利器において鉄器が量的に青銅器を上回るのはB.C.900年代からであることがわかる。

(Jane.Waldbaum1978より転載、(公財)古代オリエント博物館・津本英利氏加筆)

用が散見されるようになり、出土数も増える(図1)。特にヒッタイト帝国の中央アナトリアでの出土が目立っている。

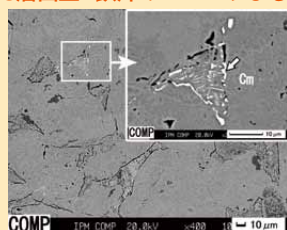
ヒッタイト鉄起源説が定着したのは、1906年にドイツ人考古学者Hugo Wincklerによって、ヒッタイト帝国の都がボアズキョイであると確認されたことにさかのぼる。この遺跡では1万点にもものぼる粘土板文書(ボアズキョイ文書)が発見された(図2)。その中の一つキズワナ文書に、鉄に関する記述が残されていた。解読の結果、B.C.1300~1250年頃、ヒッタイト帝国のハットゥシリ3世がエジプトのラムセス2世に宛てた返書と理解されている。その内容からヒッタイト帝国の強大な力を支えた一つに、製鉄技術の開発と独占があったと考えられるようになった。

●カマン・カレホック遺跡第Ⅲc層出土鉄片のEPMAによる組成像(COMP)(図3)

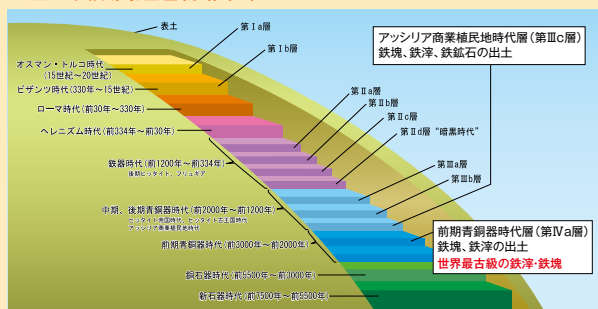
Cmはセメント。写真右上は枠内部を拡大。

(画像提供: (公財)中近東文化センター附属アナトリア考古学研究所)

(撮影: 岩手県立博物館・赤沼英男氏)



●カマン・カレホック遺跡の文化編年と2013・14年発掘調査の製鉄関連遺物(図4)



(画像提供: (公財)中近東文化センター附属アナトリア考古学研究所)

ただし製鉄の起源を追究する欧米の考古学者たちの多くは、ヒッタイトによる鉄の独占を認めない。中央アナトリアでの鉄製品の出土が目立っているとは言っても、西アジア全体の出土数そのものが少ない。鉄製品の問題について議論ができるほどの資料数に達するのは鉄器時代に移行するB.C.1200年頃なのである。それ以前の製鉄炉も発見例がなく、ヒッタイトの鉄問題については今後の発掘や研究に委ねられる部分が多い。

その一方で、ヒッタイトをさらにさかのぼる鉄の問題については、日本の調査隊によって長年発掘が続けられているカマン・カレホック遺跡で重要な発見が相次いでいる。前期青銅器時代の地層から出土した鉄塊や鉄滓は世界最古級の鉄について多くのことを考えさせてくれる。

定説を覆すカマン・カレホック発掘調査の成果

カマン・カレホック遺跡はトルコ共和国の首都アンカラから約140km南下したクズルマック(赤い河)の内側に位置する。この地域はヒッタイト帝国の中心地域で、東西方向にイラン高原へ通じる街道、南北方向にヒッタイト帝国の首都ボアズキョイからタウルス山脈を越えてメソポタミア方面へと通じる街道が整備されていた。カマン・カレホック遺跡は交通の要衝で、ヒッタイト帝国をはじめとする中央アナトリア全体の文化編年を解明するうえでの重要な遺跡とされている。

このカマン・カレホック遺跡で、(公財)中近東文化センター附属アナトリア考古学研究所が1985年以来発掘調査を続けている。調査はカマン・カレホックに重層する約1万年にわたる諸文化の変遷過程をたどることで、トルコ共和国における「文化編年の構築」を目的としている。発掘調査では4文化層(I層:オス

マントルコ時代、II層:鉄器時代、III層:中期・後期青銅器時代、IV層:前期青銅器時代)を確認しており、各文化層からは膨大な遺物が出土している。

これまで構築されてきた文化編年では、鉄器時代はB.C.1200年頃、ヒッタイト帝国が崩壊したと同時に始まったとされてきた。しかしカマン・カレホック発掘調査では、ヒッタイト帝国時代の文化層から鉄製品が出土してくると同時に、さらには帝国時代の直下に位置するヒッタイト古王国時代、その下のB.C.1900～1700年代のアッシリア商業植民地時代の層から銅片が出土していた。

アッシリア商業植民地時代出土の3つの銅片は1994年、カマン・カレホック第Ⅲc層に比定される建築遺構から検出されたものだ。それらは岩手県立博物館に運び込まれ、金属考古学的調査の結果、3片のうち2片が銅を素材としていることが明らかになった。図3は出土鉄片から摘出した試料のEPMAによる組成像で、微細な線状結晶が層状に並び、縞状領域を形成した組織が観察された。含有される元素濃度分布測定によって、結晶は鉄と炭素を主成分とすることが判明した。この結晶はセメントで、銅を構成するパーライト中のセメントが残った組織だった。銅以外の2点は、鉄の原料である赤鉄鉱と、焼けてガラス化した粘土の中にごく小さな鉄が固着したものと判明した。焼けた粘土は、鉄生産の際に使われた炉などの一部とみられる。

カマン・カレホック遺跡第Ⅲc層出土鉄片の金属考古学的解析結果は、ヒッタイト帝国が鉄生産に果たした役割が製鉄技術のゼロからの開発ではなく、すでに認識されていた鉄の生産方法を改良し、強靱な銅を一定量確保するための生産システムを新たに確立したことにある可能性が高いという重要な問題を提起した。

さらに2001～02年にかけて3点の鉄片が見つかった。鉄片は長さ約2～6cmで、うち1点は銅だった。これらはB.C.2100～1900年代のものと考えられている。銅以外の2点は、鉄の原料である赤鉄鉱と、焼けてガラス化した粘土の中にごく小さな鉄が固着したものと判明した。

そして2013年にはアッシリア商業植民地時代より古い前期青銅器時代に当たるB.C.2100～1950年の地層から鉄塊や鉄滓が出土(図4)し、世界最古級の鉄として大きな話題となった。

西アジアのどこかが起源と考えられている鉄。カマン・カレホック遺跡も鉄の起源の議論に対して重要な位置を占めていると言える。ただしヒッタイト帝国時代も含めて、製鉄炉や鍛冶炉については情報が皆無で、当時の鉄がどのようにつくられていたのか検討の余地もない。鉄や鉄器の生産に対する歴史的な評価も金属学的分析成果だけでなく、遺構や遺物から明らかになることが期待される。鉄生産の起源を探る議論はこれからもまだまだ続く。

●取材協力 愛媛大学 東アジア古代鉄文化研究センター長 村上 恭通 教授
●文 杉山 香里

INTERVIEW

銅製錬の副産物として
鉄生産が始まった可能性に迫る

鉄の起源に関する議論がカマン・カレホユック遺跡の発掘成果で再燃する兆しを見せている。鉄生産の起源と伝播を探究してユーラシア大陸各地で共同発掘調査を進め、2013・14年のカマン・カレホユック遺跡発掘調査に参加する機会を得た愛媛大学の村上恭通教授に、ヒッタイト以前にさかのぼるとされる鉄生産の起源について、考古学の最新研究成果を伺った。



愛媛大学
東アジア古代鉄文化研究センター長
教授 村上 恭通氏

西アジアの鉄事情を新たな視点で考える

——カマン・カレホユック遺跡でヒッタイト以前の地層から世界最古級の鉄塊と鉄滓が出土しました。2013年、村上先生はどのような経緯で調査に参加されたのでしょうか。

中近東文化センターの大村幸弘アナトリア考古学研究所長にお声がけいただき、天にも昇る気持ちで参加させていただきました。当初は、同じカマン・カレホユック遺跡でも南調査区にあるローマ時代の鍛冶遺構を調査する機会を与えられました。しかし、その規模があまりにも大きく、また複雑で、私が滞在できる期間では何も解明できないだろうと判断し、結局何も手不打つことができませんでした。その際、北調査区で出土した前期青銅器時代層やアッシリア商業植民地時代層の鉄塊や鉄滓にも触れさせていただき、感動するとともに、その小ささに驚き、これが製錬技術の特質と関連しているのだろうと考えたりしました。

2014年には同僚の植林啓介とともに北調査区の前期青銅器時代層を発掘させていただきました。地面を這うようにして、

磁石などを用いながら精査したところ、微細な鉄片を検出できました。それまでは鉄塊や鉄滓は一括して取り上げた各層の遺物のなかから選別されていたのですが、発掘中に原位置で検出したということで大村先生にも大変喜んでいただきました。

ヒッタイト以前のB.C.1900年代をさかのぼる層から出土する鉄塊や鉄滓は、鉄がどこかで生産されたことを示しているわけです。カマン・カレホユックはそれを解明するための重要な鍵になると思いました。

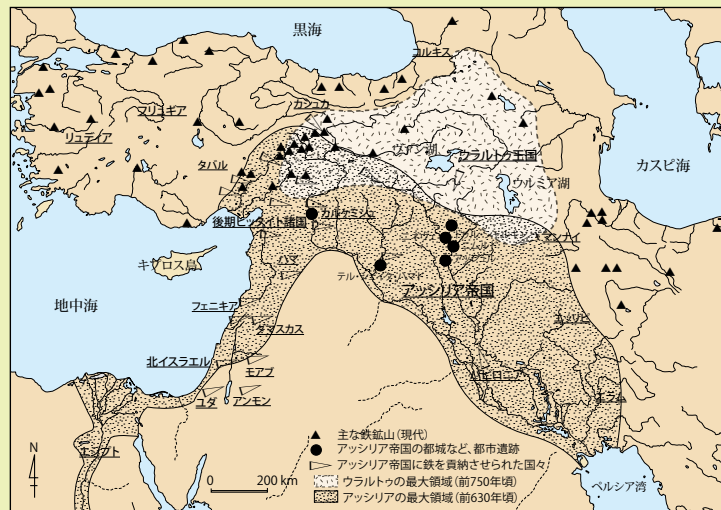
——ヒッタイト鉄起源説を覆す発見と言われていますが、海外での反響はいかがですか。

世界の考古学界では現在、ヒッタイト鉄起源説を唱えている研究者はごくわずかです。私が学生だった頃のバイブルで、故潮見浩先生主催の輪読会での課題図書でもあった『The Coming of the Age of the Iron』という本があります。Theodore WertimeとJames Muhlyが編集して1980年に刊行されました。そこでは鉄生産の起源地が地中海沿岸地域と広く捉えられており、決して細かく限定されてはいませんでした。そのような理解は世界の考古学界において今でも変わっていないのではないかと思います。

カマン・カレホユック遺跡でも鉄生産の痕跡を示す鉄滓は出土していますが、問題はどこでつくったのかです。鉄塊や鉄滓、そして金属が付着した炉壁などは動かすことができます。炉跡が発見されない限り確実な証拠にはなりません。

私の共同研究者であるオックスフォード大学のBrian Gilmourは、近年注目されているコーカサス地方のグルジア（現在のジョージア）でフィールド活動を行っています。この地域ではB.C.900年代頃をさかのぼる製鉄炉がこれまで多数報告されていますが、Gilmourは製鉄炉だけではなく、それと同じ構造をした銅製錬炉も数多くグルジアに分布することを明らかにし、銅生産と鉄生産との関係を探求しようとしています。この地域は鉄が西アジアから北や東に広がる際、最も重要な地域であり、今後も目が離せません。ただ、いずれにせよ現状では、西アジアでは青銅器時代から鉄器時代に移行する段階の製鉄炉すらまだ見つかっていません。

●西アジアにおける初期鉄器関連地図(図5)



銅の主要生産地の地中海沿岸で初期鉄器が多数出土。そしてヒッタイト滅亡後、鉄器時代の始まりの時代に、銅の主要生産地であるパレスチナに対して、アッシリアが鉄の貢納を求めている。
(画像提供: (公財) 古代オリエント博物館・津本英利氏)

●ティムナ炉復元図(図6)



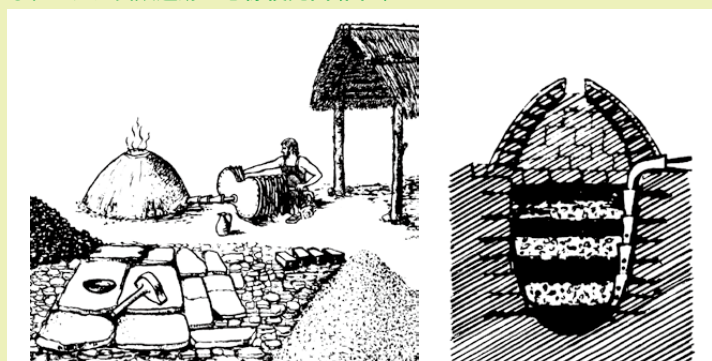
(Bene Rothenbergより転載)

●銅鉱石のみを原料とする炉と、銅鉱石と鉄鉱石の混合原料を使用する炉の比較実験(図7)



銅製錬・鉄鉱石投入炉(左)と操業後(右)の様子

●グルジア製鉄遺跡の想像復元図(図8)



東アナトリアにほど近いグルジアでは、黒海に注ぐ川の中流域でB.C.1000年初頭の製鉄遺跡が400カ所ほど発見されている。いまだ明らかになっていない鉄生産の実態も、この復元図に類似するものと考えられている。

(V.C.Pigott1989より転載)

銅製錬から鉄製錬への発展を仮説する

—— 村上先生は鉄生産の起源について、銅製錬の副産物として始まったとするフラックス説に関心をお持ちのようです。カマン・カレホユック遺跡から出土した鉄にも、その痕跡は見られたのでしょうか。

東京都市大学名誉教授の平井昭司先生が分析の際に、銅塊のなかに鉄塊が含まれていることを発見され、混晶という現象が起きていることが明らかになりました。平井先生はカマン・カレホユックの出土品をもとにフラックス説の可能性を指摘されました。

その際、フラックス説の原点として、イギリスの調査隊が発見したイスラエルのティムナ溪谷の銅製錬遺跡群について触れられました。鉄製品は全て小型で、素材そのものも小型であろうと推測させます。イスラエルからキプロスにかけての東地中海地域の鉄の起源地の一つといえます(図5)。近年、古代日本の銅製錬遺跡についても、鉄鉱石フラックス説が議論されるようになりましたが、ヨーロッパの製鉄史研究では、銅製錬フラックス説が早くから注目されていたのです。ただ鉄鉱石をフラックスとして炉に投入するという技術自体、原始的とは言えません。九州大学名誉教授の井澤英二先生が主張されるように、鉄分含有／付着の銅鉱石の利用の結果、鉄が副産されるという段階をより古く想定しておくべきでしょう。

—— 銅製錬における鉄鉱石のフラックス使用からどのように鉄製錬へと発展したのでしょうか。

ティムナ遺跡群の銅製錬炉は地面に穴を掘ってつくられていました。一般的にボウル炉と呼ばれ、直径10~30cm、深さ40~50cmで炉壁は持っていません(図6)。深くなると、送風の角度にもよりますが、保温性もあります。ティムナでは送風管での送風が想定されていますが、自然送風ではなく人工送風が想定されています。銅製錬中に鉄鉱石を投入することによって、銅の熔融温度が下がり、銅製錬の生産性は向上し、銅塊と共に鉄もわずかながら誕生しました。その後、鉄鉱石の投入比率を変えるなどの数々の工夫によって、鉄を目的的に生産できるようになったのだらうと推測されます。

銅フラックス説を検証する

—— 村上先生はフラックス説の仮説を検証するため、原始製錬炉を復元して実験をされたそうですね。

2015年11月、岡山県新見市の備中国新見庄たたら伝承会の協力のもと、銅鉱石のみを原料とする炉と、銅鉱石と鉄鉱石の混合原料を使用する炉の比較実験を行いました(図7)。銅鉱石は山口県にある長登銅山文化交流館の池田善文さんに分けていただきました。まず銅鉱石だけでの製錬、次に長時間焙焼した釜石の磁鉄鉱を投入しながら製錬しました。その結果、明らかにフラックスを入れた方が溶けやすかったことがわかりましたが、鉄は銅の表面には目視できませんでした。分析したところ銅塊のなかに鉄のしずくが発見されました。どうすれば鉄が目に見えるほど大きくできるのか。まだ見当もつきません。

しかし鉄が結晶化しているところまではわかりました。銅製錬から鉄を意図してつくるまでには当時何千年とかかったことでしょうから、私たちも1回の実験で実証できるわけではありません。これもまた今後の研究課題となりました。

—— 鉄生産の起源を探る今後の研究の行方について教えてください。

これまでグルジアやウクライナで見つかっているB.C.1100~900年代頃の最古級の製鉄炉は、いずれも銅製錬のボウル炉よりも地中深く穴を掘ってつくられています(図8)。鉄鉱石や砂鉄の還元環境はできますが、炉の中に風を送りにくくなります。どのように送風していたのか、そして炉壁が地上に高く築き始めたのはいつなのか。これらのことを中央アジアや北アジアをフィールドとして解明したいと思います。中央アジアのカザフスタンの調査においても、銅生産と鉄生産が密接に関わっていることがわかってきました。課題の解決はまず製鉄炉を発見し、丁寧に発掘し、炉の大きさ・構造の特徴から炉の特性を導き出すことが肝要です。そして炉の適所から分析資料をサンプリングして、冶金学的な分析を実施する。この研究サイクルがあってはじめて製鉄の時代性や地域性が議論できます。時間はかかりますが、これからも鉄生産の起源を探る旅を続けたいと思います。