

中央アナトリア、カマン・カレホユック出土鉄製品に見る「鉄器時代」のはじまりに関する一考察

増淵 麻里耶

The Incipient Iron Age:

An Archaeometallurgical Study of Iron/Steel Objects from Kaman-Kalehöyük in Central Anatolia

Mariya MASUBUCHI

本研究では、中央アナトリアのカマン・カレホユック出土鉄製品について、技術的側面のみならず、製品の種類や出土数の変遷にも着目した複合的分析を試みた。本遺跡における最新の層序解釈を基に年代づけされた資料群を観察し、鉄製品の利用が人々の生活に定着するまでの段階的変化を追った。その結果、本遺跡ではヒッタイト崩壊前後に鉄器文化の非継続性がみられた。現時点の考察では、ヒッタイトの鉄器文化が途絶えた後、前10～9世紀頃に製鋼・熱処理技術を伴う文化が受容された可能性が高く、前8世紀以降には出土数の更なる増加を伴い技術的にも成熟した「真の鉄器時代」に至ったと考えられる。

キーワード：中央アナトリア、ヒッタイト、鉄器時代、鉄製品、製鋼技術

This paper investigates the development of an iron and steel tradition in Central Anatolia from the Late Bronze through the Early Iron to the Middle Iron Age, ca. 1650–550 BC. The statistical, technical, and morphological examination of the iron and steel objects excavated at Kaman-Kalehöyük indicates that there was a period of discontinuity of iron technology and use before the Early Iron Age. In addition at least two development stages were confirmed before the beginning of the full-fledged Iron Age in the 8th century BC. The earlier stage in the 10th to 9th century BC was probably caused by the adoption of foreign traditions which already possessed steel-making and heat-treatment technology.

Key-words: Central Anatolia, the Hittites, Iron Age, iron objects, steelmaking technology

1. はじめに

カマン・カレホユック (Kaman-Kalehöyük) は、アナトリア高原のほぼ中央に位置する直径 280m、高さ 16m の丘状遺跡である (図 1)。1986 年に本格的な発掘調査が開始され、表 1 に示す通り、これまでに第 IV 層前期青銅器時代 (~前 20 世紀)、第 III 層中・後期青銅器時代 (前 20～12 世紀)、第 II 層鉄器時代 (前 12～4 世紀)、第 I 層オスマン/ビザンチン時代 (15～17 世紀) の 4 つの文化層が確認されている (Omura 2011)。詳細な層序分析に基づき様々な遺物の研究が行われるなか、特に鉄製品や鉄滓・炉壁片等の製鉄技術関連遺物に関しては、1990 年代以降赤沼英男らによって自然科学的アプローチが行われ、プロト・ヒッタイトによる鉄製品生産の実態解明に肉薄せんと研究が継続されている (Akanuma 2008)。

他方、東地中海地域の製鉄技術史全般においては、1980

年ごろより欧米の研究者が中心となり、考古学、文献学、自然科学などを総合した学際的観点からの研究が進められている。キプロスやレヴァント出土鉄製品の分析では、高度な鋼の熱処理技術の可能性が示唆され、この地域が青銅器時代末から鉄器時代にかけての鉄製品の生産の普及に大きく寄与した可能性があるという見方が強められている (Stech-Wheeler et al. 1981; Maddin 1982a; Smith et al. 1984; Åström et al. 1986; Yahalom-Mack and Eliyahu-Behar 2015; 津本 2004)。しかし、製鉄と製鋼、つまり、鉄鉱石から金属鉄、そして鋼を作り出す一連の技術の痕跡を詳らかに示す炉址や製鉄集落址は、いずれの地域でも青銅器時代のコンテキストからは未だ特定されていない。

現代社会の成立にも大きく寄与する鉄鋼材料を「誰が初めて利用したのか」という議論は、非常に重要である。しかし、すでになんらかの論文で指摘されているように

表1 カマン・カレホユックの層序と時代区分

年代	時代区分	文化層	
		大区分	小区分
～前20世紀	前期青銅器時代	第IV層	IVb
			IVa
			IIIc
前20～12世紀	中・後期青銅器時代	第III層	IIIb
			IIIa
			IIId
			IIc
前12～4世紀	鉄器時代	第II層	IIb
			IIa
			Ib
			Ia
15～17世紀	オスマン／ビザンチン時代	第I層	Ib
			Ia



図1 カマン・カレホユック

(Pigott 1989; Sherratt 1994; Pickles and Peltenburg 1998)、そのような視点は同時に、技術発展の真の理解に必要な当時の社会文化、政治経済、信仰などの複合的背景から、鉄器を切り離してしまう危険性も孕んでいる。このような背景に鑑み本研究では、カマン・カレホユック出土鉄製品の技術的側面および、製品の種類や出土数などにも着目した複合的分析を試みた。当遺跡の最新の層序解釈に基に年代づけされた資料群を観察し、IIIb層ヒッタイト古王国時代からIIa層初期にあたる中期鉄器時代にかけて(前1650～650年頃)の鉄製品の製作技術(鍛冶)の特徴と遺跡内での使用状況の変遷、またそれらに関する周辺遺跡との比較から、鉄製品が利器として日常生活に定着するまでの鉄器文化の段階的変容を考察した。

本稿では、上記のカマン・カレホユック出土鉄製品に関する研究報告とあわせ、アナトリアにおける鉄器時代のはじまりを考える際に重要な諸処の背景についても整理し、今後の研究につながる問題点の明確化を試みる。

2. 鉄器は青銅器よりも勝るのか?

前1200年頃、西アジアの各地で起こった社会システムの大変容は、「青銅器時代」から「鉄器時代」への移行として認識されている。道具の進化に着目したクリスチャン・トムセン(Christian Thomsen)の三時代区分法に基づく本概念は、しばしば「鉄器は青銅器よりも道具として優れている」という前提を伴うが、これは常に成り立つとは言えない。

物質科学的・技術的観点からみると、鉄器の利器としての機能性は合金元素、加工硬化、結晶粒度、そして熱処理による結晶構造・組織の変化などのいくつかの要素に左右される。1990年に出版された*Pre-Industrial Iron: its technology and ethnology*の中で、Rostoker and Bronsonはこれらの要素を端的にまとめている。例えば、青銅が銅と錫の合金であるように、鋼は鉄と炭素の合金として捉え

ることができるが、炭素以外にもリンや硫黄、マンガンやニッケルなど様々な合金元素が存在し、古代製鉄ではこれらが不純物として原料鉱石中から、また製錬を経て製品に含まれていたと考えられる。一般に、炭素濃度の低い鋼は軟らかいが、不純物としてリンなどを含めば硬度が増す。しかし例えばリンの場合、濃度があまりに高いと利器として使用するには脆すぎる素材となる。また、冷間加工による硬化の度合いを青銅と鉄・低炭素鋼と比べると、青銅の方がむしろ顕著であることが知られている(Rostoker and Bronson 1990: 4)。

一方、熱処理による鋼の硬度・強度の著しい変化は、青銅には見られない特徴である。図2に示す通り、一般に炭素濃度が増せば鋼の硬度は徐々に上がるが、青銅の硬度とほぼ同じ範囲での変化である。しかし、鋼は焼入れを行うことで結晶形態が変わり、著しく硬くなるという特性を持っている。このような焼入れ鋼は硬い分脆く機械的強度に劣るため、実用的な製品にするためには焼き戻しを行うことで硬さと強さのバランスをとるか、鉄や軟鋼と組み合わせ加工するなどの調整を行う必要がある(Rostoker and Bronson 1990: 5)。さらに、例えば組成・組織的には硬さと強度を兼ね備えた鋼の剣であっても、刃の部分に非金属介在物が多く分布したままであれば脆く、実用に耐えない(Rostoker and Bronson 1990: 9)。これを防ぐには、鍛造時に非金属介在物を十分にたたき出す必要がある。

このように、鉄器と青銅器の利器としての機能性の比較は「鉄か青銅か」というような単純なものではない。色や錆びやすさの違いだけでなく、鉄器(材質的には鉄および鋼)の青銅器とは異なる特性を引き出し得たのは、鋼の特異な物性に対する古代鍛冶師の経験的理解と、それをもとに実用に適した素材を作りあげた彼らの技術であったと言える。その中でも製鋼技術と熱処理技術の獲得は、鉄器が

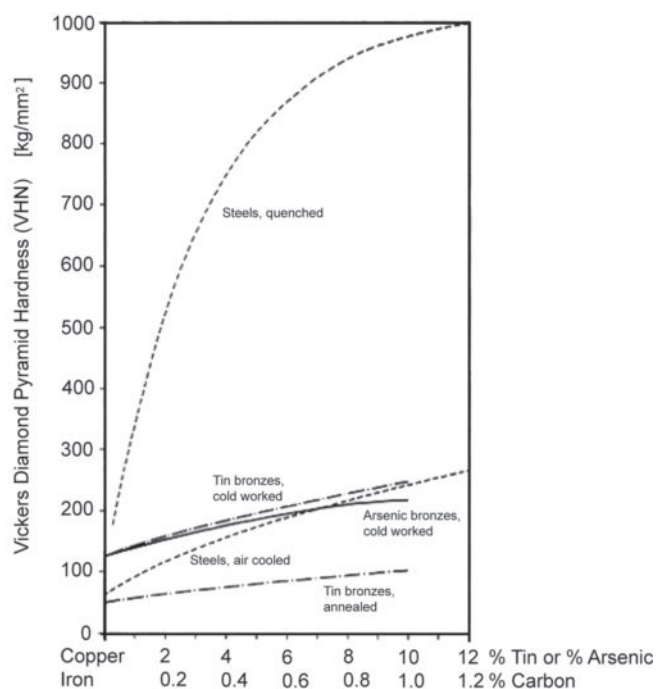


図2 鋼（空冷／焼き入れ）、青銅、砒素銅のピッカース硬度の比較。合金元素、すなわち鋼の場合は炭素（C）、青銅の場合は錫（Sn）、砒素銅の場合は砒素（As）の濃度が高くなるにつれ、各合金の硬度は徐々に増すが、焼き入れした鋼の硬度は著しく高くなる。（Williams 2003: 6 より引用）

当時の社会を支える道具となるための必要最低条件であり、このような技術が整った後、人々ははじめて「鉄器か青銅器か」という選択肢を得たのだらう。このような複雑な背景を明らかにするために考古冶金学者にできることは、遺物に残された技術的情報を総合的かつ慎重に観察し、その時代ごとの変化を丁寧に追うことしかない。そして同時に、そのような変化をもたらさしめる要因、例えば、鍛冶師らが使用することのできた原材料の流通や、操業の経済的基盤、製作する必要のあった製品の社会的ニーズなどの側面にも意識を向ける必要があるといえる。これらを通してはじめて、鉄製品という遺物から当時の社会を復元するという考古学の本来の目的にたどり着くことができるのだらう。

3. 鉄器製作・使用の発達段階

実際、近年の西アジアにおける青銅器時代から鉄器時代への転換に関する研究では、鉄器の製造・使用の開始について、社会・経済・政治的背景を鑑みたより複合的なものへと変化している（Piggott 1989; Sherratt 1994）。上述のように科学的視点から鉄器と青銅器の関係性が見直されただけでなく、製鉄・製鋼に関わる原材料の調達の様子が

や労力などの新しい観点で鉄器と青銅器が比べられ、当時の社会を支える安価かつ機能的な材料として鉄および鋼を採用する利点が考察されている（Rostoker and Bronson 1990: 10）。一方、実験考古学的研究からは、たとえ鉄器であっても十分に鍛えた1 kgの板状インゴットを製造するのに、100 kgの木炭と25日／1人分の労力が必要であるという結果が報告されている（Crew 1991）。また、参考までに日本のたたら製鉄では、原料鉱石・燃料の供給源となる山林の所有者が製鉄と大鍛冶のパトロンとなり、操業を全面的に支えていたのみならず、過酷な操業を遂行するためには金屋子神への信仰という精神文化が大きく寄与していた（黒滝 2011: 67）。このように、ある程度の技術が獲得された後、特に大規模製鉄・製鋼の発展を左右する最大の要素は、技術的側面から社会的側面へシフトするのかもしれない。

これまでアナトリア周辺地域で行われた製鉄・製鋼技術に関する先行研究を参照すると、製鋼・焼入れ・焼き戻しという鉄鋼の物性を操る一連の技術の獲得は、キプロスおよびレヴァントでは前12～11世紀、エジプトでは前10世紀まで遡ると考えられているほか（Pleiner 1979, 2000; Williams and Maxwell-Hyslop 1976; Curtis et al. 1979; Piggott et al. 1982; Maddin 1982b）、青銅器時代においても、熱処理を経て作られた可能性のある遺物がレバノンやヨルダンなどで報告されている（Moorey 1991; Smith et al. 1984）。一方、ヒッタイト帝国の首都であったボアズキョイの後期青銅器時代の層位から出土した戦斧や刃物の分析では、材質的には鋼に分類されたものの、鍛造時に偶然炭素を取り込んだのか、意図して浸炭されたものかは不明とされている（Muhly et al. 1985: 79-80）。

さらに2015年、*Radiocarbon*に掲載されたYahalom-Mack and Eliyahu-Beharによる論文“The Transition from Bronze to Iron in Canaan: Chronology, Technology, and Context”では、後期青銅器時代から鉄器時代にかけてのイスラエルの鉄器、青銅器、冶金関連遺物に対する包括的な研究結果が報告された。彼らは1980年にSnodgrassにより発表された3つのフェーズからなる鉄器利用の社会への浸透に関する発展モデルを踏襲し、イスラエルにおける青銅器時代から鉄器時代への移行を以下のようにまとめている。

フェーズ1：鉄器の出現頻度がまだ低く、権威の象徴あるいは儀礼品として使用されていたのは（Snodgrassのフェーズ1）、当該地域におけるLate Bronze Age III期にあたる。鉄製品が日常的に製造されていた痕跡は認められるが、まだ貴重品であった。

フェーズ2：鉄器の利器としての利用（Snodgrassの

フェーズ2) が確認されたのは、当該地域における Iron I 期、特に前12世紀後半以降である。同時期アラバ (Arabah) で青銅器の大規模製造が開始されたことを鑑み、Yahalom-Mack and Eliyahu-Behar は青銅器製作の従事者が鉄器製作にも関わっていた可能性を指摘している。

フェーズ3: 鉄器が量的に青銅器を上回り、本格的な鉄器利用の時代が始まった (Snodgrass のフェーズ3) のは、当該地域における Iron II A 期 (前10~9世紀) 頃と考えられる。この変化は、当時イスラエルがアラム (Aram) やアッシリア勢の脅威に晒され、組織的な鉄器の製造体制の需要が高まったことや、当時の中央が各地での製鉄活動を支援したことによる技術的発展が原因であると Yahalom-Mack and Eliyahu-Behar は述べている。

Yahalom-Mack and Eliyahu-Behar の研究では、製鋼や熱処理の開始など技術的考察はあまり行われていないが、イスラエルにおける鉄器の利用状況の変容を連続的にとらえ、Snodgrass (1980) の発展モデルにならうとともに、段階的変化の背景を当時の青銅器生産と関連させて考察している。

4. アナトリアの古代鉄器研究

アナトリアにおける青銅器時代の鉄製品に関しては、「ヒッタイトによる製鉄技術の独占」という仮説のもととなったハトウシリ3世の書簡 (Muhly et al. 1985: 71) や、ヒッタイト古王国における KILAM 祭儀への鉄鍛冶の参列 (Kammenhuber 1996: 215)、古くはキュルテペ文書の中の「鉄は銀の40倍の価値がある」 (Maxwell-Hyslop 1972: 159; Siegelová 2008: 53) という記録など、文献学も含めた様々な観点からの議論が可能であるが、ここでは出土遺物に関する情報のみを簡単に整理したい。

アナトリアで確認されている最古級の鉄製品で最も有名なものは、中央アナトリアのアラジャ・ホユック (Alaca Höyük) K号墓から副葬品として出土した鉄剣があげられる (Waldbaum 1980)。この他アナトリアから出土し青銅器時代に年代づけられる鉄製品について、Yalçın は表2のようにまとめている (Yalçın 2006)。またこれらの遺物のほとんどは、西アジアおよび地中海地域から出土した鉄器の分布について Waldbaum がまとめた目録にも記載されたものである (Waldbaum 1978, 1980, 1999)。表2にあるとおり、この中で組成分析や組織観察などの研究が行われた資料は非常に限られている。また、近年では津本英利

(津本 2004) により、Waldbaum や Yalçın をはじめとした様々な先行研究が集成され、西アジアにおける製鉄技術の発達を多角的視点から概観する論考が行われている。

一方、アナトリアにおける後期青銅器時代から鉄器時代にかけての出土鉄製品については、1970年代に鉄製品を含むボアズキョイ (Boğazköy) 出土小遺物のカタログ (一部の形態分類を含む) が出版され (Boehmer 1972, 1979)、フリギアの首都ゴルディオ (Gordion) 出土遺物に関しては、McClellan が自身の博士論文の研究として鉄製品の形態分類を行っている (McClellan 1975)。しかし、これら以外に器形をもとにした包括的な鉄製品の分類研究はほとんど出版されていない。一方1990年代になると、北東アナトリア出土鉄製品に関する考古冶金学的研究が行われている (McConchie 1998)。そして中央アナトリアにおいても、カマン・カレホユック出土鉄製品・製鉄関連遺物に対する自然科学的アプローチが試みられるようになった。

カマン・カレホユックにおける研究の初期段階では、放射光蛍光 X 線分析や中性子放射化分析などの最先端の分析方法の適用が試みられたが (中井・永野・田口 1993; 岡田・鈴木・平井 1998; 平井・岡田・鈴木 1999)、現在まで継続されている研究は、金属組織観察や電子線マイクロアナライザ (EPMA) による局所組成の分析を主軸に置くオーソドックスな冶金学研究である (赤沼 1993, 1995, 1997, 1999; Akanuma 2000, 2001, 2002, 2003, 2004; 赤沼・佐々木 1996)。その中で赤沼らは、

- 1) 鉄器時代の出土遺物の中には、銑鉄と鋼から成る可能性のあるものが存在する。このことから、鉄器時代にはすでに脱炭による鋼の製造が始まっていた。
- 2) 中期青銅器時代の出土遺物の中に、その組成上鋼製と

表2 青銅器時代に年代づけられるアナトリア出土鉄製品 (Yalçın 2006 498, Table 1 より引用・一部和訳)

遺跡	遺物	年代
Tilmen Höyük	プレスレット	前3千年紀
Alacahöyük	鉄剣 (金製の柄を伴う) ピン (金製の装飾を伴う) (2.7% Ni) ペンダント 三日月形プレート (2.4% Ni) 刀身断片	前2800-2500
Tarsus	鉄塊	前2400-2100
Alişar	針状断片	前1900-1700
Acemhöyük	象牙製箱の装飾として	前1900-1800
Kusura	製品断片	前1900-1800
Alacahöyük	製品断片*	前1800-1600
Boğazköy	道具、武器、鉄滓*	前1800-1200
Tell Açana	鉄製品	前1450-1200
Korucutepe	鉄製品	前1400-1200
Beşiktepe	剣	前13-12世紀
Kaman-Kalehöyük	鉄製品、鉛石、鉄滓*	前13-12世紀

*これらのうち幾つかは金属組織観察が行われている。

考えられるものがある。このことから、アナトリアでの製鋼は前2千年紀にはすでに始まっていた。などの仮説を発表している。

これらの仮説は、西アジア・東地中海地域における製鉄技術史研究に一石を投じるとともに、上記知見に対する客観的かつ慎重な検証の必要性を生じさせた。特に遺物の年代に関しては、分析された遺物のほとんどが断片状のものであり、形態分類等其他の方法による検証が難しいという状況を鑑みる必要がある。

5. カマン・カレホユック出土鉄製品に見る「鉄器時代」のはじまり

このような背景を考慮し、筆者による新たなカマン・カレホユック出土鉄製品に関する研究が始まった。本研究の分析対象遺物は、ランダムに抽出された数点の資料ではなく、当遺跡の最新の層序解釈に基づいて年代づけされた資料群に見られる傾向を観察し、Ⅲb層ヒッタイト古王国時代からⅡa層初期にあたる中期鉄器時代にかけて（前1650～650年頃）の鉄製品の加工技術の特徴と遺跡内での使用状況の変遷、また周辺遺跡との比較から、鉄製品が利器として日常生活に定着するまでの鉄器文化の段階的変容に関する考察を行った。

対象資料と分析方法

本研究では、1986年から1995年までにカマン・カレホユック北Ⅲ区からⅦ区（図3）より出土した鉄製品を分析対象とした。なぜなら当遺跡の南・北・城塞あわせて80あまりの発掘区のうち、当該期間上記5区で検出されたすべての仮層（発掘層位の最小単位）は、ハリスマトリックスと¹⁴C年代測定を組み合わせた分析をもとに、文化層よりもさらに細かい建築層レベルでの年代推定が行われているためである（Matsumura and Omori 2010）。さらにこ

の層序に基づき、土器等の考古遺物の形態がボアズキョイやゴルディオ、アリシャル・フユック（Alishar Hüyük）といった中央アナトリアの他遺跡と比較され（Matsumura 2005）、表3に示す通り各層位の文化的特徴と地域的關係性もある程度明らかになっている。また、土器の形態上の特徴や規格化、また、スタンプ印章などの出土遺物の分

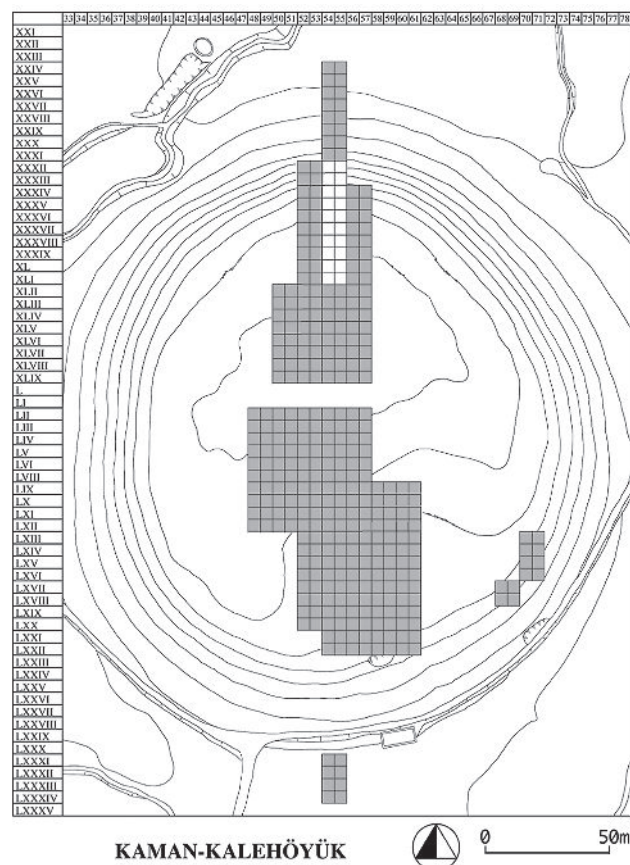


図3 カマン・カレホユックの地形図と発掘区の配置（1マス：5m四方）。発掘区のうち白抜きの部分が北Ⅲ～Ⅶ区にあたる。

表3 カマン・カレホユックの各建築層とアナトリア諸遺跡との年代の対比（Matsumura 2005: Table 5.2.1 より引用・一部和訳）

年代	カマン・カレホユック	ゴルディオ	ボアズキョイ	アリシャル	ボルスク
100 BC		YHSS 2	ヘレニズム ローマ		
	Ⅱa1-2	YHSS 3		2-3M	
300 BC	Ⅱa3-5	YHSS 4	Büyükkale I		
			Büyükkale Ⅱa		
500 BC	Ⅱa6-7	YHSS 5			
700 BC	Ⅱa6- Ⅱc1			4aM	Ⅲ
	Ⅱc1				
800 BC	Ⅱc2-3	YHSS 6A YHSS 6B (destruction)	Büyükkale Ⅱb	4bM 4cM	
900 BC	Ⅱd1-3	YHSS 7A YHSS 7B	Büyükkaya 中・後期鉄器時代 初期鉄器時代		Ⅳ
1200 BC	Ⅱd4-6	YHSS 8-9	Upper town 2		Ⅴ
	Ⅲ12-13		Upper town 3		

表4 金属組織観察および微小部硬度測定対象遺物

試料 No.	YNo. *	発掘日	発掘区	グリッド	仮層	建築層	Tentative phase	文化層
S1	92002921	920730	N-VI	XXXV-54 (O)	57	III 12	TP III-7	IIIb
S2	89002183	890731	N-IV	XXXIX-54 (G)	40	III 7	TP III-4	IIIb
S3	89002203	890729	N-IV	XXXIX-54 (G)	40	III 7	TP III-4	IIIb
S4	89002212	890724	N-IV	XXXVIII-55 (F)	43	III 7	TP III-4	IIIb
S5	89002188	890815	N-III	XLI-54 (C)	48	III 4	TP III-1	IIIa
S6	90001422	900716	N-VII	XXXIII-55 (T)	10-a	II d1	TP II-9	II d
S7	92002920	920829	N-VI	XXXIV-55 (N)	55	II d1-4	TP II-9	II d
S8	89002210	890823	N-VI	XXXV-55 (P)	45-a	II c3-3	TP II-8	II c
S9	89002187	890829	N-VI	XXXIV-55 (N)	46	II c3-2	TP II-8	II c
S10	89002207	890817	N-VI	XXXIV-55 (N)	45	II c3-1	TP II-8	II c
S11	89002211	890817	N-VI	XXXIV-54 (M)	44	II c3-1	TP II-8	II c
S12	89002205	890802	N-V	XXXVI-55 (J)	38	II c2	TP II-8	II c
S13	89002182	890815	N-V	XXXVI-54 (I)	45-a	II c3	TP II-8	II c
S14	89002178	890831	N-VII	XXXIII-55 (T)	7-a	II c2/3	TP II-8	II c
S15	89002179	890908	N-VII	XXXIII-54 (S)	8-a	II c2/3	TP II-8	II c
S16	89002200	890720	N-VI	XXXV-55 (P)	39-a	II c2	TP II-8	II c
S17	89002206	890622	N-VI	XXXIV-55 (N)	38-b	II c2	TP II-8	II c
S18	87001252	870819	N-V	XXXVII-55 (L)	31	II c1	TP II-7	II c
S19	87001247	870905	N-IV	XXXVIII-54 (E)	26-b	II c	TP II-8	II c
S20	87001163	870820	N-V	XXXVII-54 (K)	37-c	II b2 (1)	TP II-6	II b
S21	87001255	870818	N-V	XXXVII-54 (K)	36-c	II b2	TP II-6	II b
S22	87001249	870814	N-V	XXXVII-54 (K)	34-c	II b2	TP II-6	II b
S23	87001246	870905	N-IV	XXXVIII-54 (E)	26-d	II b2	TP II-6	II b
S24	88001438	880613	N-IV	XXXIX-55 (H)	29-a	II b1	TP II-6	II b
S25	87001245	870831	N-IV	XXXVIII-54 (E)	22-a	II b1	TP II-6	II b
S26	87001164	870904	N-III	XLI-54 (C)	34-a	II b	TP II-6	II b
S27	88001461	880906	N-VI	XXXIV-54 (M)	40-a	II b	TP II-6	II b
S28	88001437	880630	N-VI	XXXIV-54 (M)	31	II a7 (1)	TP II-5	II a
S29	88001459	880704	N-VI	XXXV-54 (O)	35	II a6	TP II-5	II a
S30	87001253	870722	N-VI	XXXV-54 (O)	25-d	II a6	TP II-5	II a
S31	87001250	870730	N-V	XXXVII-55 (L)	28	II a6-7	TP II-4	II a
S32	87001254	870729	N-V	XXXVII-54 (K)	28	II a6-7	TP II-4	II a
S33	87001248	870728	N-V	XXXVII-54 (K)	28	II a6-7	TP II-4	II a
S34	87001169	870810	N-V	XXXVI-54 (I)	26	II a6-7	TP II-4	II a
S35	86000835	860811	N-VI	XXXV-54 (O)	18-j	II a5	TP II-4	II a
S36	87001165	870718	N-VI	XXXVII-55 (L)	24	II a5-1	TP II-4	II a
S37	87001166	870624	N-V	XXXVI-54 (I)	22	II a5-1	TP II-4	II a
S38	86000834	860823	N-V	XXXVII-54 (K)	22	II a4-2	TP II-3	II a
S39	87001168	870727	N-III	XLI-54 (C)	24	II a3b	TP II-3	II a
S40	87001167	870828	N-IV	XXXVIII-55 (F)	18	II a2	TP II-2	II a
S41	02000879	020903	S-LII	LII-51 (70)	14	—	—	II c
S42	04000843	040901	N-XVI	XXXV-53 (12)	39	—	—	II c
S43	04000842	040706	N-XVI	XXXV-53 (12)	33	—	—	II c
S44	04000874	040921	N-XV/XVI	Section Wall	45	—	—	II c
S45	06000697	060817	N-XIX	XXXVII-56 (23)	90	—	—	II c
S46	02000876	020731	N-XV	XXXVII-53 (8)	32	—	—	II b
S47	02000837	020730	N-XV	XXXVII-53 (8)	32	—	—	II b
S48	04000842	040812	N-XIV	XXXIV-52 (9)	56	—	—	II a
S49	05000643	050622	N-XV	XXXVII-53 (8)	52	—	—	II a

*カマン・カレホユックより出土した登録遺物の発掘年ごとのシリアルナンバー

析の結果、これまで初期鉄器時代と考えられていた II d 層の一部 (II d4 から II d6 建築層) が、前 2 千年紀ヒッタイト時代に属する可能性も示唆されている (詳しくは Matsumura 2005 参照)。このような近年の層序解釈をもとに、分析対象遺物が出土した仮層が属する建築層ごとに鉄製品をラベリングすることで資料群をつくった。ただし、建築層は発掘区ごとに若干の違いがあることから、整合性のあるラベリングのためにいくつかの建築層をまとめ、便

宜的に Tentative Phase (以後 TP と略す) を設定した。図 4 に建築層と各 TP の関係を示す。

各フェーズから出土した鉄製品の数を集計し、その変遷を追う統計的調査には、当該範囲から出土した全ての資料 (516 資料) を用いた。これは発掘隊の収蔵庫に現在保管されているものだけでなく、データベース上には存在するものの現在県の博物館などに保管されている資料も含んでいる。また、保存状態の良い 120 資料については形態観察

を、そして金属組織観察等の科学的調査には、透過X線写真をもとに金属部分の残存が確認される遺物を選別し、結果的に49資料(表4)の分析が行われた。

分析結果

1) 出土数の推移

鉄製品の出土数の推移を表5と図5に示す。図5の各長方形の横幅は各層序単位(時代)の理論上の年代幅を示

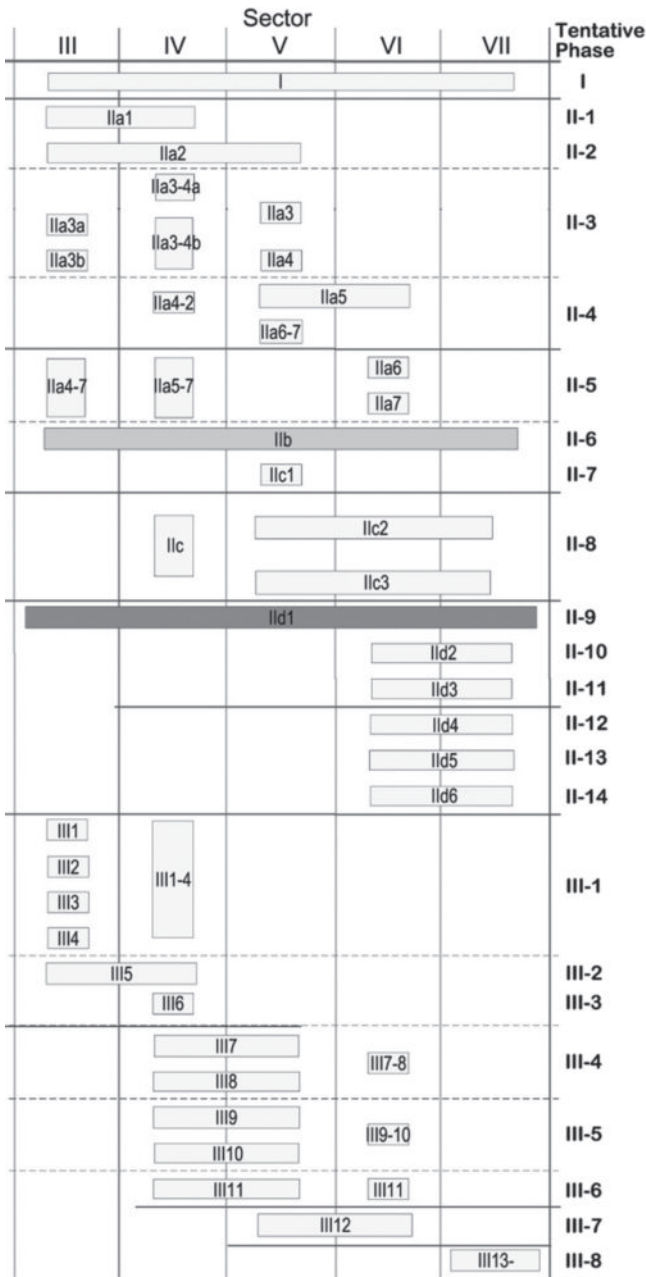


図4 カマン・カレホック北Ⅲ～Ⅶ区における建築層(IからⅢ13)と本研究で設定した Tentative Phase (IからⅢ8) (Matsumura 2005, 110 Fig. 2.5-10 より引用、Tentative Phase を加筆)

し、各時代の資料数を年代幅で割った値を「規格化出土数」として縦軸にとった。実線で囲まれた長方形は鉄製品の出土数を表し、比較のために青銅製品の出土数についても同様の処理を行い、結果を灰色の長方形で示した。ただし青銅製品に関しては悉皆調査ではなく、発掘隊の遺物データベースに登録されているもののみを対象としているため、青銅器の出土状況の変遷は捉えられても、鉄器出土数より多いか少ないかなどの比較はできない。

出土状況を見ると、ヒッタイト時代でも古王国期(TP Ⅲ-8～Ⅲ-3)には確かに鉄製品の出土が確認されたが、帝国期に相当する層位(TP Ⅲ-2～Ⅲ-1, Ⅱ-12～Ⅱ-14)では、青銅製品は比較的多く出土しているものの鉄製品の出土は確認されなかった。この時期鉄製品が当時の人々の生活の中に全く存在しなかったとは言い切れないが、少なくとも青銅製品の使用の方が圧倒的に優勢だったと考えられる。鉄製品は、前1200年頃を境に再び出現し、青銅製品の出土数と同調した変化を示し始める。そして、前10～9世紀頃(TP Ⅱ-8)一度飛躍的に増加し、前8～7世紀頃(TP Ⅱ-5)に出土数のピークを迎えるということがわかった。前述の Yahalom-Mack and Eliyahu-Behar (2015) によるイスラエルの事例では、鉄器利用の発展過程は連続的に捉えられていたが、カマン・カレホックにおける発展過程は、連続的なものとは言い難い。

2) 加工技術

加工技術の調査のために行った金属組織観察と微小部硬度測定の結果を表6に示す。

はじめに、ヒッタイト時代(TP Ⅲ-8～Ⅲ-1, Ⅱ-12～Ⅱ-14)に属する5資料の金属組織観察では、鋼組織が認められるものは1資料のみであった。さらに、観察面全体で見ると鋼は局所的な組織と言え(図6参照)、大部分はフェライト組織、つまり鉄であった。また、残りの4資料には鋼の組織が確認されず、粒度の大きいフェライトすな

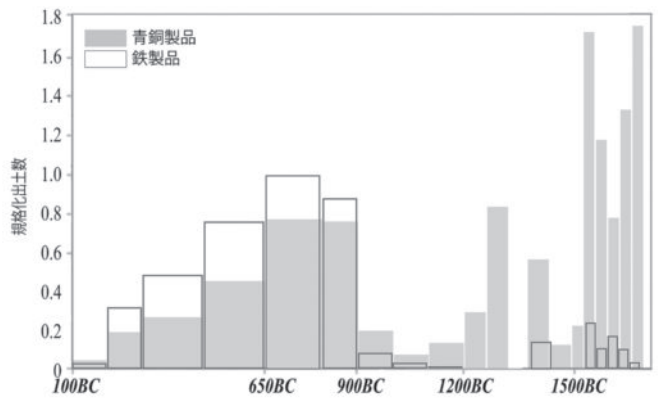


図5 鉄製品および青銅製品の出土数の推移

表5 各フェーズにおける鉄製品出土数の推移

文化層	Tentative phase	建築層と年代幅	理論上の年代幅 (a年) *	出土数 (b個)	規格化出土数 (b÷a)
III b	TP III-8	III13	33	1	0.03
	TP III-7	III12	33	3	0.09
	TP III-6	III11	33	5	0.15
	TP III-5	III10- III9	33	3	0.09
	TP III-4	III8- III7	33	7	0.21
III a	TP III-3	III6	33	0	0
	TP III-2	III5	60	0	0
	TP III-1	III4- III1	60	0	0.17
	TP II-14		60	0	0
	TP II-13	II d6- II d4	60	10	0
II d	TP II-12		60	0	0
	TP II-11		100	1	0.01
	TP II-10	II d1- II d3	100	3	0.03
II c	TP II-9		100	8	0.08
	TP II-8	II c2- II c3	100	86	0.86
II b	TP II-7		50	24	0.48
	TP II-6	II a6- II c1	50	36	0.72
II a	TP II-5		50	82	1.64
	TP II-4		175	130	0.74
	TP II-3	II a3- II a5	175	83	0.47
	TP II-2		100	31	0.31
	TP II-1	II a1- II a2	100	3	0.03

*あくまで理論上の目安であり、今後の層序分析を通して引き続き検証・更新が必要である。

わち高温で焼き鈍しされた鉄から成っていた。つまり本研究では、先行研究が示す「ヒッタイト時代にはすでに製鋼が行われていた」という事実を証明する結果は得られなかったと言える。むしろ、一体どのように炭素が取り込まれない条件で高温の焼き鈍しを行ったのかという新たな疑問点を得るとともに、局所的観察で確認された鋼組織を根拠に、製鋼が行われていたと論じるのは難しい場合があるということがわかった。

次に、前10～9世紀頃 (TP II-8) に属する資料では、高炭素鋼や焼入れ鋼 (図7) が確認された。しかし、フィブラのような装飾品の組織にも焼入れの痕跡 (図8) があり、この時代には製品の用途にあわせて適切な物性の材料を加工するような技術レベルには至っていなかった可能性が高い。一方、前8世紀以降 (TP II-7以降) になると、折り返し鍛錬の痕跡 (図9) や鋼組織の微細化 (図10) などが多く見られ、一定水準以上の鍛冶技術が普及している印象をうけた。

残存金属部の微小部硬度測定でも、ヒッタイト時代 (TP III-8～III-1, II-12～II-14) の試料は100 Hv程度のやわらかいものだったが、前10～9世紀 (TP II-8) の資料には1000 Hv超の著しい硬さを示すものがあった。そして、前8世紀以降 (TP II-7以降) のものでは全ての資料で100～300 Hv程度に収まった (図11)。

以上まとめると、本研究で分析することのできたカマン・カレホユック出土鉄製品からは、ヒッタイト時代に鋼が作られていた証拠を見いだすことはできなかった。一

方、前10～9世紀頃には製鋼と熱処理を経た製品が使用されていたことがわかった。しかし、前8世紀になるまでは、製品の用途に合わせ、適度な物性を備えた材料を効率的に製造する段階には至っていなかった可能性が高い。

3) 用途と形態

表7は鉄製品の種類の時代分布、即ち、どの層位 (文化層) からどのような製品が出土しているかをまとめたものである。観察した120資料のうち20資料は、形態的特徴から製品の用途を類推することが難しかったため、それ以外の100資料での結果である。鉄製品はペンダントや指輪などの装飾品から、鍬、ナイフ、鎌などの農耕具、建築資材まで多岐にわたっていた。なお、本分析の対象資料は形態上の特徴をよく残すものを優先的に選別し、出土状況的に建築層レベルでの年代づけが難しいものが多いため、例外的に建築層或いはTPではなく文化層 (小区分) 単位での比較を行った。

時代ごとに見ると、ヒッタイト時代には装身具、刃物、釘などの限定的用途であるのに対し、IIc層になると多様性が増し、IIa層であらゆる用途に使用が拡大されるという傾向があった。この変化は鉄製品の出土数や、加工技術に見られる特徴の変化と時期的に一致していた。

鉄製品の中でも特にナイフの形態は、すでに明らかになっている当遺跡の文化変容に合致するような変化がみられた (図12)。特に鉄器時代、アリシャルIV式鹿文土器に代表されるIIc層と、それに続くフリギア文化の影響を受

表6 金属組織観察および微小部硬度測定結果

層位	ID	製品の種類	組成 [†]	技術 ^{††}				硬度 Hv	備考
				CW	FW	C	H		
Ⅲ-7	S1	—	Fe				○	112-120	
Ⅲ-4	S2	ピン	Fe-MD		○	△	○	107-142	折り畳み (図6)
Ⅲ-4	S3	—	Fe-L				○	116-131	
Ⅲ-4	S4	—	Fe	○			○	80.5-129	
Ⅲ-1	S5	ピン	Fe*		◎		○	120-143	縞状構造
Ⅱ-9	S6	フィブラ	—				○	108-157	球状化セメンタイト (図8)
Ⅱ-9	S7	刃物の先端	—				◎	572-846	マルテンサイト (図7)
Ⅱ-8	S8	—	L (-)			?	?	80.5-112	
Ⅱ-8	S9	鋸	UH			○		189-256	
Ⅱ-8	S10	—	Fe-ML			◎		130-175	
Ⅱ-8	S11	—	Fe	○			○	144-200	
Ⅱ-8	S12	—	—				○	204-298	ソルバイト
Ⅱ-8	S13	—	—				◎	463-503	マルテンサイト
Ⅱ-8	S14	鋸	L-MD			◎		95.2-171	
Ⅱ-8	S15	鋸	Fe-ML			◎		133-171	
Ⅱ-8	S16	鋸	Fe-L	△		△		184-212	微細化フェライト
Ⅱ-8	S17	—	—				◎	817-1042	マルテンサイト
Ⅱ-7	S18	—	(L)			◎	○	197-256	ベイナイト?
Ⅱ-8	S19	—	(ML-H)			?	○	170-230	トルースタイト?
Ⅱ-6	S20	鋸	L			?		95.8-112	
Ⅱ-6	S21	—	(L-MD)			◎	○	175-246	ベイナイト?
Ⅱ-6	S22	—	L			?		175-191	微細化フェライト
Ⅱ-6	S23	—	L-MD			△		157-159	
Ⅱ-6	S24	—	Fe (-)					109-141	
Ⅱ-6	S25	—	ML-MD			◎		236-289	
Ⅱ-6	S26	—	*Fe-L		?	△		102-187	
Ⅱ-6	S27	—	(L-ML)			◎	○	170-172	ベイナイト? (図10)
Ⅱ-5	S28	鋸	Fe (-)					152-164	
Ⅱ-5	S29	刃物	Fe-L		○	○		145-165	縞状構造
Ⅱ-5	S30	—	Fe				○	92.9-109	
Ⅱ-4	S31	—	L-Fe*		?			154-215	
Ⅱ-4	S32	—	Fe-L		?		△	84.1-105	
Ⅱ-4	S33	—	L-H			○		122-248	
Ⅱ-4	S34	—	L-MD			◎		122-149	
Ⅱ-4	S35	—	Fe				○	118-199	
Ⅱ-4	S36	フィブラ	Fe-ML			○		92.0-115	
Ⅱ-4	S37	鋸	L			△		108-112	
Ⅱ-3	S38	—	L			?		158-170	
Ⅱ-3	S39	鋸	H			○		243-308	
Ⅱ-2	S40	釘	Fe-L MD			○		100-158	
Ⅱc	S41	釘	L-MD		○	○	△	197-266	縞状構造
Ⅱc	S42	—	H			○		272-325	
Ⅱc	S43	—	—			?	◎	713-817	マルテンサイト
Ⅱc	S44	槍先	L-UH			◎	○	199-340	セメンタイトの凝集
Ⅱc	S45	—	L-H			◎		184-305	
Ⅱb	S46	ピン	ML-H		○	◎		210-274	折り畳み
Ⅱb	S47	—	(L-MD)		○	○	○	187-221	縞状構造ベイナイト? (図9)
Ⅱa	S48	塊鉄?	Fe*	—	—	—	—	88.7-157	大型の非金属介在物
Ⅱa	S49	刃物	L-MD			◎	—	128-243	

[†] Fe: iron, L: low carbon steel, ML: mild steel, MD: medium carbon steel, H: high carbon steel, UH: ultra-high carbon steel

^{††} CW: 冷間加工, FW: 鍛接 (折り畳みを含む), C: 浸炭, H: 熱処理

*析出物有り

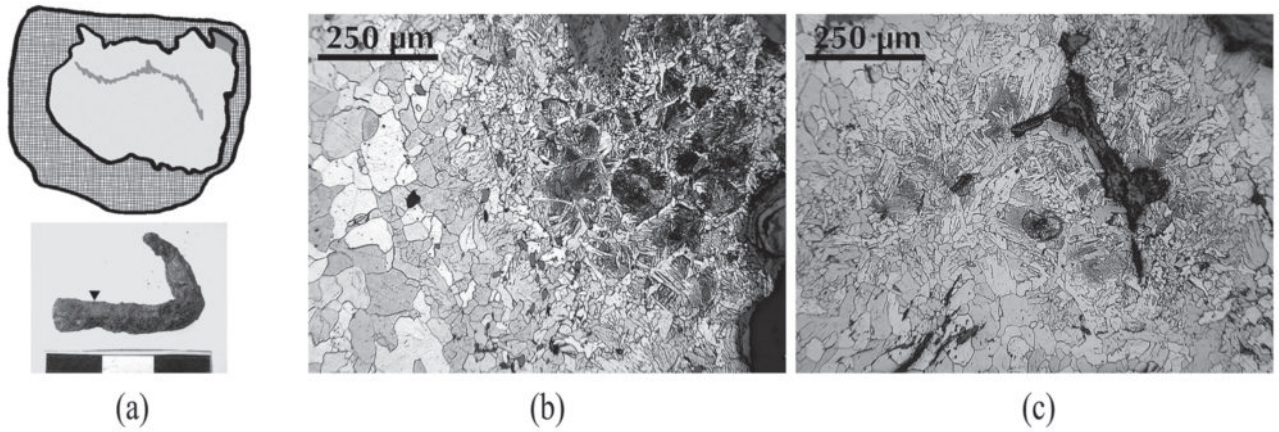


図6 ヒッタイト古王国期の鉄製品 (S2) の横断面 ((a)の遺物写真の▼印部分) に見られた鋼の組織。a) S2の外観と▼部の断面のスケッチ。外側の網掛け部分は腐食生成物。内側の薄い色の部分には金属鉄に典型的なフェライト組織がみられ、濃い灰色の部分にパーライト組織が確認された。b) 金属組織の顕微鏡写真。製品の角付近 (右上) では、パーライトのコロニー (灰~黒色部) をフェライト (白色部) のネットワークが囲む典型的な中炭素鋼の組織がみられた。倍率: 100倍。c) 別の部位の金属組織写真。非金属介在物 (黒色部) の周りにパーライト (灰色部) が少し存在する。これら以外の部位はフェライト組織 (白色部)。倍率: 100倍。

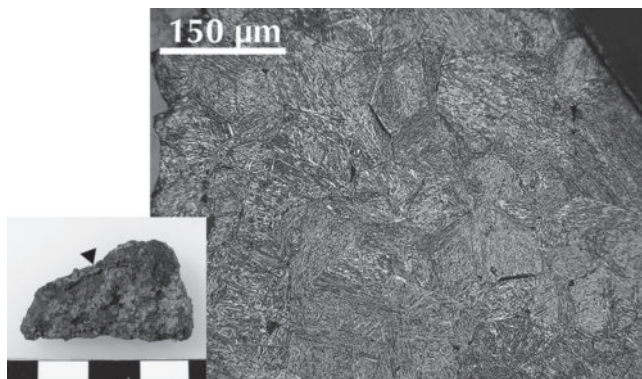


図7 II d層出土のナイフの刃先 (S7) に見られた金属組織。焼入れ鋼に典型的なマルテンサイト組織が確認された。倍率: 200倍。

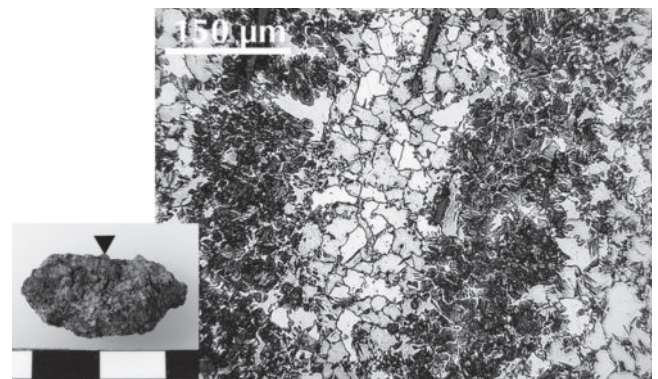


図9 炭素濃度の異なる鋼が縞状に連なる金属組織 (S47)。折り返し鍛錬又は鍛接が行われたことを示唆する。倍率: 200倍。

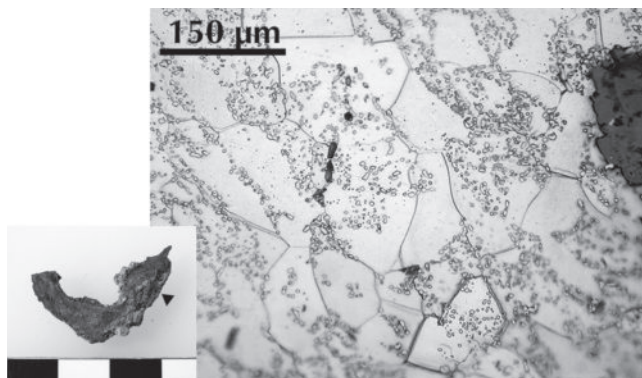


図8 II d層出土のフィブラ (S6) に見られた金属組織。フェライト (白色部) が母体であるが、球状化したセメンタイトが分散しており、焼き入れの後に焼き戻されたことがわかる。倍率: 200倍。

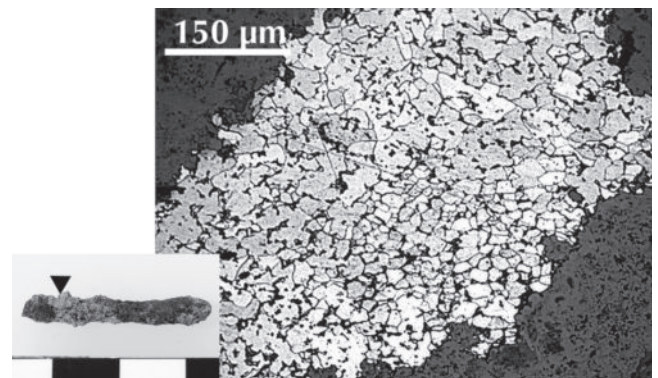


図10 微細化した鋼の金属組織 (S27)。冷却速度が早いことが予想される。倍率: 200倍。

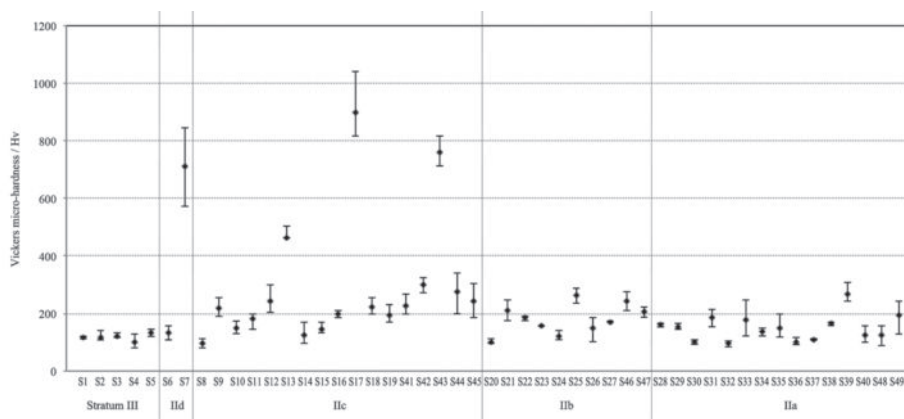


図11 微小部硬度測定結果。縦軸がビッカース硬度を示し、各資料（S1～S49）で計測された硬度の最大・最小・平均値を示している。II d～II c層出土遺物には著しく硬度の高いものが存在する。

けたII a層では、出土ナイフの背の湾曲形態に明らかな違いが見られた。アナトリアの諸遺跡にそれぞれの類例を探すと、前者はアリシャルやタルススなどカマン・カレホユックの南東に位置する遺跡と、後者は特にゴルディオオンと時代的にも良く一致していた。

6. まとめ

以上の調査により、カマン・カレホユックでの鉄器利用・加工技術の変遷は、以下のようにまとめることができる。

本遺跡では、遅くともヒッタイト古王国期から限定的ではあるが鉄器が存在する。一方で、これまで赤沼らが提唱してきたような「鋼生産」の確たる証拠は得られなかった。ただし、今回金属組織観察を行った資料はピンなどの小型製品であり、刃物などに関する技術的情報は得られていないため、また今回明らかとなった「高温で焼き鈍した鉄」の製法も含め、今後も分析対象を広げ検証していく必要がある。次に、ヒッタイト崩壊前の一定期間（TP III-3～III-1, II-14）、本遺跡では鉄器文化の衰退又は断絶があった可能性が高い。しかし、ヒッタイト古王国時代と比べ若干減少しているもののフリギア時代と同等に出土している青銅製品の数や、土器に見られる器形の規格化・大量生産の可能性（Matsumura 2005）などの背景を総合的に解釈すると、これは都市の衰退によるというよりはむしろ、土器同様、当時の中央による生産・利用統制が関与している可能性を考慮する必要がある。ヒッタイトによる製鉄技術の独占という仮説は疑問視されて久しいが、ヒッタイト社会の中での製鉄や鉄製品の役割に関しては、今後も慎重に考察していきたい。

これまでの発掘でカマン・カレホユックの初期鉄器時代は、おそらく都市の衰退とともに始まったと考えられてい

る。しかし、このころ鉄器は再び、青銅器と同様に人々の生活の中で利用され始めていたと考えられる。続く前10～9世紀頃（TP II-8）、（おそらくアナトリア南東部からの）文化の受容がきっかけとなり、鉄器の利用にも大きな発展があったが、この段階の加工技術はまだ十分成熟したものではなかった。そして前8世紀以降（TP II-7以降）、鉄器の需要と安定的な供給態勢が十分に整った「真の鉄器時代」を迎えるに至ったと考えられる。以上が、現時点で推定されるカマン・カレホユックでの鉄器文化の変容過程である。さらに本稿では、第2および第3章にまとめた背景をもとにもう少し考察を深めたい。

1) 発展モデルとの比較

カマン・カレホユックにおける鉄器の利用形態の発展では、Snodgrass (1980) のモデルの前提となっている継続的かつ一元的な変化は成り立たないことがわかった。本遺跡の断絶期を経て再び現れたのは、高炭素鋼や焼き入れ鋼などの「硬い鋼」、つまり製鋼・熱処理技術を持つ文化であり、現時点で観察されているヒッタイトの鉄製品に見られる特徴に鑑みると、当該地域で発展したものではなく、おそらく外から受容されたものと考えられる。また、本研究で重視した技術的側面を踏まえた発展形態の考察からすると、本格的な鉄器時代の始まりを、単に「利器の材料が青銅から鉄へと移り変わった時期」あるいは「鉄器が青銅器を量的に上回った時期」として捉えてよいのか疑問である。本遺跡の前8世紀以降で重要なのは、量的に鉄器が青銅器を上回ったということではなく、鉄器の利用範囲が生活の隅々まで広がり、技術的にも安定した品質の鉄器（材質的には鋼）を量産する体制が整ったということにある。このような点において、前述したYahalom-Mack and Eliyahu-Behar (2015) によるイスラエルでの研究と単純な

表7 各層位で確認された鉄製品の種類

製品グループ	製品の種類	文化層					
		IIIb	IIIa	II d	II c	II b	II a
武器	鏃 (n=28)						
	槍先 (n=1)						
	その他 (n=1)						
刃物	ナイフ (n=12)						
	小型ナイフ (n=1)						
農耕具	手斧 (n=1)						
	鎌 (n=5)						
	刈り込み鎌 (n=2)						
日用品	へら (n=3)						
	フック (n=1)						
	取っ手 (n=2)						
建築資材	釘 (n=16)						
	締め具 (n=7)						
	指輪 (n=1)*						
装身具等	フィブラ (n=4)						
	ピンセット (n=1)						
	ペンダント (n=1)						
	ピン (n=7)						

*出土状況からIIa層またはI層に属すると考えられるが、現状ではどちらか確定できない。

表8 カマン・カレホユックおよびアナトリア周辺地域での鉄器文化の変遷

Century B.C.	事象
~14th	【カマン・カレホユック】鉄製品は使用されていたが、今のところ鋼の製造が盛んに行われていたという証拠はない。
12th	【キプロス】「利器としての鉄製品の利用が始まった」
11th	【ギリシャ】「武器としての鉄製品の利用が広がり始めた」 【レヴァント】「利器としての鉄製品の利用が始まった」
10th	【カマン・カレホユック】製鋼・熱処理技術によって作られた鉄製品の出現
9th	【カマン・カレホユック】鉄製品（鉄／鋼）の大幅な増加 【メソポタミア】「利器としての鉄製品の利用が始まった」
8th	【ギリシャ】「真の鉄器時代が始まった」 【北西イラン】「高度な技術による製鉄が始まった」
7th	【カマン・カレホユック】需要と供給体制の面で真の鉄器時代が始まった

比較を行うことはできないが、現時点での印象として、カマン・カレホユックで見られる真の鉄器時代に向かう変化は、イスラエルとは異なる発展過程を経た可能性が高いと言える。

2) 製鋼・熱処理技術の獲得

上述の通り、本遺跡の鉄器利用の断絶期およびその後を受容された製鋼・熱処理技術を伴う新しい鉄器文化に関しては、今後も更なる検討が必要である。例えばナイフの形態からアナトリア南東部からの影響が現時点で予想されるが、カマン・カレホユックと周辺地域での鉄器利用および技術発展の流れに着目して比較を行うと、表8のようになる。本遺跡で製鋼・熱処理技術を伴う鉄器文化が受容された時期は、キプロスやレヴァントなどの東地中海地域で利器としての鉄器の利用が開始された後になる。これらの地域で「利器としての鉄器の利用開始」をどのように定義しているかについては注意が必要だが、この流れからする

と、カマン・カレホユックで受容された製鋼・熱処理技術を伴う鉄器文化が、(Yahalom-Mack and Eliyahu-Behar 2015の説を認めるならば)青銅器生産の流れを汲んで発展したキプロスやレヴァント地域の技術と何らかの関係性を持つ可能性は非常に高いと考えられる。さらに、青銅器時代に確かに存在したヒッタイトの鉄器文化と東地中海地域との関係についても、今後考えていく必要があるだろう。

現状の知見は、ようやく後期青銅器時代から鉄器時代にかけてのカマン・カレホユックにおける鉄器文化のアウトラインを示した段階であり、より広範な時代や広くアナトリアでの全体像を捉えるにはまだ時間がかかるだろう。特に技術的考察は扱える資料が限られているため、他の遺跡での同様の研究の進捗を待ちながら、カマン・カレホユックの遺跡内での分析対象範囲の拡大や、アクセス可能な周辺遺跡との比較など、今後も継続した調査を進めたい。また、本稿では主に熱処理などの鍛冶技術に着目したが、製

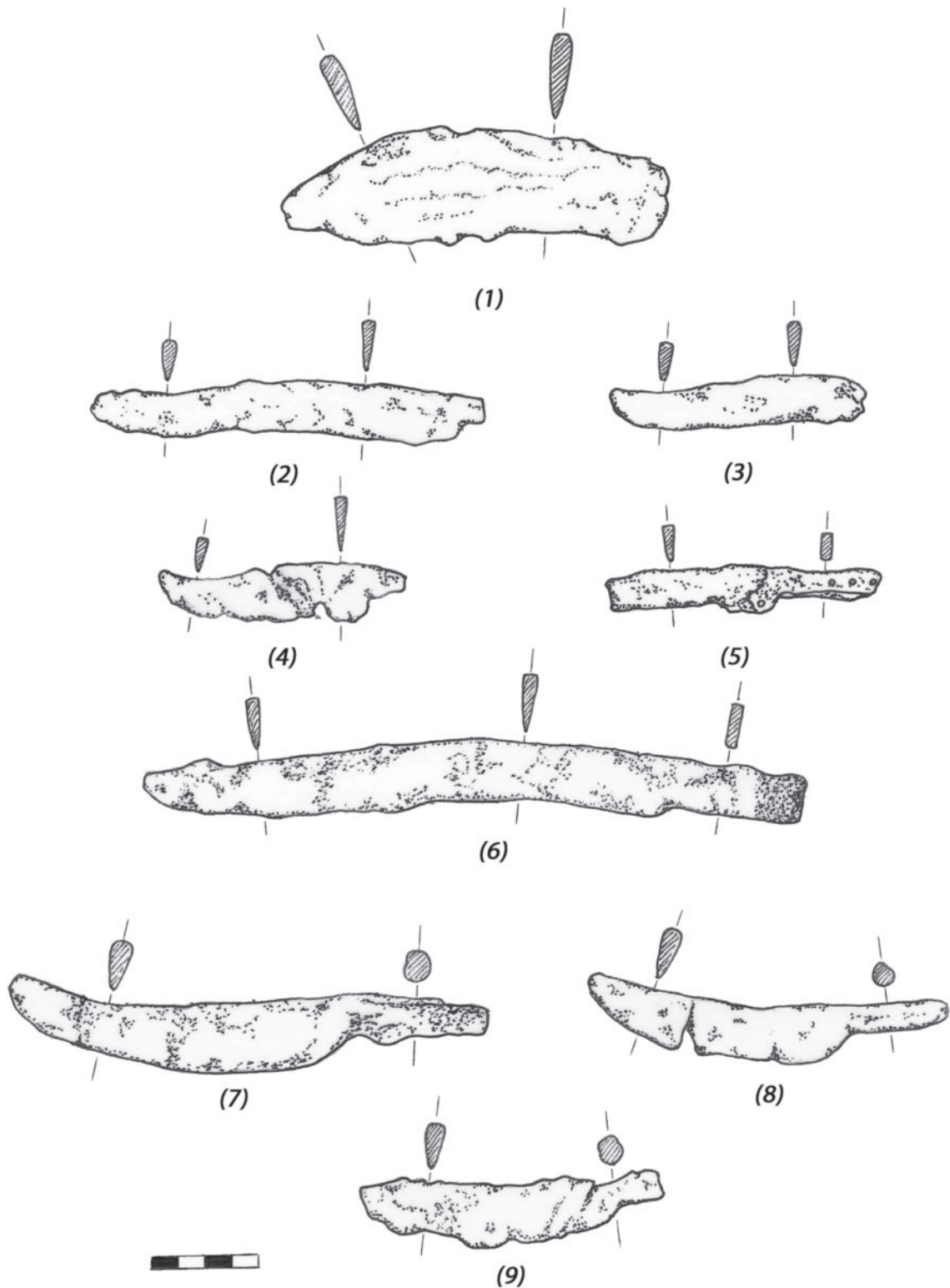


図12 ヒッタイト古王国時代から中期鉄器時代に年代づけられるカマン・カレホユック出土ナイフ（鉄製品）の図面。(1) TP III-4 出土、(2)、(3) TP II-8 出土、(4)、(5) IIc層出土、(6)、(7)、(8) TP II-5 出土。

鍊や製鋼技術についても考察できるよう、本遺跡から出土する鉄滓や炉壁断片とみられる遺物などを対象に、複合的な研究を行う予定である。

謝辞

本研究を進めるにあたり、多大なご支援とご指導いただいた中近東文化センター附属アナトリア考古学研究所の大村幸弘先生、松村公仁先生に心より御礼申し上げます。また、ロンドンでの研究活動を支え、研究の方法論などに関して粘り強くご指導を賜りました John Merkel 先生 (University College London) と Roger Matthews 教授 (現 University of Reading)、Vincent Pigott 先生 (現 New York University) に深く感謝いたします。なお、本研究の遂行に当たっては伊藤国際教育交流財団のご支援と、松下幸之助記念財団の研究助成 (助成番号 08-083) によるご支援を賜りました。ここに厚く御礼申し上げます。

引用・参考文献

- Akanuma, H. 2000 Manufacture and Use of Iron in the Cultural Period of Stratum II at Kaman-Kalehöyük: Archaeometallurgical Analysis of Iron Objects from That Site. *Anatolian Archaeological Studies* 9: 217-228.
- Akanuma, H. 2001 Iron Objects from Stratum II at Kaman-Kalehöyük: Correlation between Composition and Archaeological Levels. *Anatolian Archaeological Studies* 10: 181-190.
- Akanuma, H. 2002 Iron Objects from Stratum II at Kaman-Kalehöyük: Correlation between Composition and Archaeological Levels. *Anatolian Archaeological Studies* 11: 191-200.
- Akanuma, H. 2003 Further Archaeometallurgical Study of Second and First Millennium BC Iron Objects from Kaman-Kalehöyük, Turkey. *Anatolian Archaeological Studies* 12: 137-149.
- Akanuma, H. 2004 Archaeometallurgical Analysis of Iron and Copper Objects from the Stratum IIIb to Stratum IIa at Kaman-Kalehöyük in 2001: Correlation between Composition and Archaeological Levels. *Anatolian Archaeological Studies* 13: 163-174.
- Akanuma, H. 2008 The Significance of Early Bronze Age Iron Objects from Kaman-Kalehöyük, Turkey. *Anatolian Archaeological Studies* 16: 313-320.
- Åström, P., R. Maddin, J. D. Muhly and T. Stech 1986 Iron Artifacts from Swedish excavations in Cyprus. *Opuscula Atheniensia* 16: 27-41.
- Boehmer, R. M. 1972 *Die Kleinfunde von Boğazköy – aus den Grabungskampagnen 1931–1939 und 1952–1969*, Boğazköy-Hattusa 7. Berlin, Gebr Mann Verlag.
- Boehmer, R. M. 1979 *Die Kleinfunde aus der Unterstadt von Boğazköy – Grabungskampagnen 1970–1978*, Boğazköy-Hattusa 10. Berlin, Gebr Mann Verlag.
- Crew, P. 1991 The Experimental Production of Prehistoric Bar Iron. *Historical Metallurgy* 25: 21-36.
- Curtis, J. E., T. S. Wheeler, J. D. Muhly and R. Maddin 1979 Neo-Assyrian Ironworking Technology. *Proceedings of the American Philosophical Society* 123/6: 369-390.
- Kammenhuber, A. 1996 Eisen Anhand des Hethitischen Schriftmaterials. In Prince Takahito Mikasa (ed.), *Essays on Ancient Anatolia and Syria in the Second and Third Millennium B.C. (BMECCJ IX)*, 209-220. Wiesbaden, Harrassowitz Verlag.
- Maddin, R. 1982a Early Iron Technology in Cyprus. In J. D. Muhly, R. Maddin and V. Karageorghis (eds.), *Early Metallurgy in Cyprus, 4000–500 B.C.*, 303-314. Nicosia, Pierides Foundation.
- Maddin, R. 1982b The Beginning of the Iron Age in the Eastern Mediterranean. *Transactions of the Indian Institute of Metals* 35/1: 14-24.
- Matsumura, K. 2005 *Die Eisenzeitliche Keramik in Zentralanatolien: Aufgründ und der Grundlage der Ausgrabung von Kaman-Kalehöyük*. Inaugural-Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades am Fachbereich Geschichte und Kulturwissenschaften der Freien Universität Berlin.
- Matsumura, K. and T. Omori 2010 The Iron Age Chronology in Anatolia Reconsidered: The Results of the Excavations at Kaman-Kalehöyük. In P. Matthiae, F. Pinnock, L. Nigro and N. Marchetti (eds.), *Proceedings of the 6th International Congress on the Archaeology of the Ancient Near East*, vol. I, 443-455. Wiesbaden, Harrassowitz.
- Maxwell-Hyslop, K. R. 1972 The Metals Amütu and Ašī'u in the Kültepe Texts. *Anatolian Studies* 22: 159-162.
- McClellan, J. A. 1975 *The Iron Objects from Gordion - A Typological and Functional Analysis Part I, II*. Ph.D. thesis, University of Pennsylvania. Xerox University Microfilms.
- McConchie, M. 1998 Iron Technology and Ironworking Communities in Northeastern Anatolia: First Millenium B/C. Ph.D. thesis, Department of Classical Studies and Archaeology, University of Melbourne, Australia.
- Moorey, P. R. S. 1991 The Decorated Ironwork of the Early Iron Age Attributed to Luristan in Western Iran. *Iran* 29: 1-12.
- Muhly, J. D., R. Maddin, T. Stech and E. Özgen 1985 Iron in Anatolia and the Nature of the Hittite Iron Industry. *Anatolian Studies* 35: 67-84.
- Omura, S. 2011 Kaman-Kalehöyük Excavations in Central Anatolia. In G. McMahon and S. Steadman (eds.), *The Oxford Handbook of Ancient Anatolia: (10,000–323 BCE)*, 1099-1110. Oxford, Oxford University Press.
- Pickles, S. and E. Peltenburg 1998 Metallurgy, Society and Bronze/Iron Transition in the East Mediterranean and the Near East. *Report of the Department of Antiquities (Cyprus)*: 67-100.
- Piggott, V. C. 1989 The Emergence of Iron Use at Hasanlu. *Expedition* 31(2-3): 67-79.
- Piggott, V. C., McGovern, P. E. and M. R. Notis 1982 The Earliest Steel from Transjordan. *MASCA Journal* 2/2: 35-39.
- Pleiner, R. 1979 The Technology of Three Assyrian Iron Artefacts from Khorsabad. *Journal of Near Eastern Studies* 38/9: 83-91.
- Pleiner, R. 2000 *Iron in Archaeology: the European Bloomery Smelters*. Praha, Archeologicky ustav AV CR.
- Pleiner, R. and J. K. Bjorkman 1974 The Assyrian Iron Age: The History of Iron in the Assyrian Civilization. *Proceedings of the American Philosophical Society* 118/4: 283-313.
- Rostoker, W. and B. Bronson 1990 *Pre-Industrial Iron: Its Technology and Ethnology*. Archaeomaterials Monograph 1. PA, Philadelphia.
- Sherratt, S. 1994 Commerce, Iron, and Ideology: Metallurgical Innovation in 12th-11th century Cyprus. In V. Karageorghis (ed.), *Proceedings of the International Symposium: Cyprus in the 11th Century B.C.*, 59-108. Nicosia, AG Leventis Foundation and University of Cyprus.
- Sherratt, S. 2000. Circulation of Metals and the End of the Bronze Age in the Eastern Mediterranean. In C. F. E. Pare (ed.), *Metals Make the World Go Around: the Supply and Circulation of Metals in Bronze Age Europe*. Proceedings of a Conference Held at the University of Birmingham in June 1997, 82-95. Oxford, Oxbow.
- Siegelová, J., 2008. Metals in Hittite Record. In Ü. Yalçın, H. Özbal and G. Paşamehmetoğlu (eds.), *Ancient Mining in Turkey and the Eastern*

- Mediterranean*, 43-56. Ankara, Atılım University.
- Smith, R. H., R. Maddin, J. D. Muhly and T. Stech 1984 Bronze Age steel from Pella, Jordan. *Current Anthropology* 25: 234-236.
- Snodgrass, A. M. 1980 Iron and Early Metallurgy in the Mediterranean. In T. A. Wertime and J. D. Muhly (eds.), *The Coming of the Age of Iron*, 335-374. New Heaven, Yale University Press.
- Stech-Wheeler, T., J. D. Muhly, K. R. Maxwell-Hyslop and R. Maddin 1981 Iron at Taanach and early iron metallurgy in the Eastern Mediterranean. *American Journal of Archaeology* 85(3): 245-268.
- Waldbaum, J. C. 1978 *From Bronze to Iron: The Transition from the Bronze Age to the Iron Age in the Eastern Mediterranean*. Göteborg, Paul Åstöms Förlag.
- Waldbaum, J. C. 1980 The First Archaeological Appearance of Iron and the Transition to the Iron Age. In T. A. Wertime and J. D. Muhly (eds.), *The Coming of the Age of Iron*, 69-98. New Heaven, Yale University Press.
- Waldbaum, J. C. 1999 The Coming of Iron in the Eastern Mediterranean, Thirty Years of Archaeological and Technological Research. In V. C. Piggott (ed.), *The Archaeology of the Asian Old World*, 27-58. Philadelphia, Museum University of Philadelphia.
- Williams, A. 2003 *The Knight and the Blast Furnace: A History of the Metallurgy of Armour in the Middle Age & the Early Modern Period*. Leiden.
- Williams, A. R. and K. R. Maxwell-Hyslop 1976 Ancient Steel from Egypt. *Journal of Archaeological Science* 3: 283-305.
- Yahalom-Mack, N. and A. Eliyahu-Behar 2015 The Transition from Bronze to Iron in Canaan: Chronology, Technology, and Context. *Radiocarbon* 57(2): 285-305.
- Yalçın, Ü. 2006 Hititler'de Demir. In Ü. Yalçın, C. Pulak and R. Slotka (eds.), *Uluburun Gemisi ve 3000 Yıl Önce Dünya Ticareti: 15 Ekim 2005-16 Temmuz 2006 tarihleri arasında Bochum Alman Madencilik Müzesi'nde (Deutsches Bergbau-Museum Bochum) düzenlenen serginin kataloğu*, 495-504. Bochum, Deutsches Bergbau-Museum.
- 赤沼英男 1993 「カマン・カレホユック出土鉄器の金属学的解析(1)」『アナトリア考古学研究』2号 61-73頁。
- 赤沼英男 1995 「カマン・カレホユック出土鉄器・鉄滓の金属学的分析」『アナトリア考古学研究』4号 119-133頁。
- 赤沼英男 1997 「カマン・カレホユック出土遺物の金属学的解析結果から推定されるヒッタイトおよびフリュギア時代における鉄器の作成」『アナトリア考古学研究』6号 241-257頁。
- 赤沼英男 1999 「カマン・カレホユックにおけるフリュギア時代の鉄器製作活動—第12次発掘調査出土鉄関連遺物の自然科学的調査結果から—」『アナトリア考古学研究』8号 337-354頁。
- 赤沼英男・佐々木 稔 1996 「遺物の金属学的解析結果からみたヒッタイト時代における鋼の製造」『アナトリア考古学研究』5号 195-209頁。
- 岡田佳子・鈴木章吾・平井昭司 1998 「第10次カマン・カレホユック発掘調査(1995年)から出土の鉄系遺物の中性子放射化分析」『アナトリア考古学研究』7号 267-284頁。
- 黒滝哲哉 2011 『美鋼変幻—「たたら製鉄」と日本人』日刊工業新聞社。
- 津本英利 2004 「古代西アジアの鉄製品 —銅から鉄へ—」『西アジア考古学』5号 11-23頁。
- 中井 泉・永野哲志・田口 勇 1993 「カマン・カレホユック遺跡出土鉄遺物の自然科学的研究(第2報)」『アナトリア考古学研究』2号 15-24頁。
- 平井昭司・岡田佳子・鈴木章吾 1999 「第11次カマン・カレホユック発掘調査(1996年)により出土の鉄関連遺物の中性子放射化分析」『アナトリア考古学研究』8号 275-293頁。

増渕 麻里耶

東京文化財研究所

Mariya MASUBUCHI

National Research Institute for
Cultural Properties, Tokyo