埋蔵文化財からみた接合*

伊藤 俊治**, 岡原 正明**

伊藤 俊治

岡原 正明

Joining Way used in Excavated Cultural Assets*

by Shunji ITO** and Masaaki OKAHARA**

キーワード：考古科学，接合，埋蔵文化財，X線ラジオグラフィー（RT）

1. はじめに

溶接学会から考古学に関するトピックスを書いてみないかとのお話があり、溶接と考古学との間になにか関連性はないものかと思案した。広辞苑に接合とは『つぎあわすこと』とある。古代の人々が使用した生活用具や利器も初期には即入手できる低加工のものが主体であったと考えられるが、徐々に時々の必要に迫られ新しい部品や材料を相互に組み合わせたり加熱操作などを取り入れた接合加工によって、より強度が高く複合的で高度な機能をもつ道具類の誕生がもたらされてきたと考えられる。ここでは広辞苑の定義に従って幅広く解釈し話題を進めることとした。

2. 考古科学について

従来の考古学は人文科学的な観点に基づいた研究が多かったが、次第に発掘などの現地調査や出土品の精密な自然科学的な手法による解釈・評価とが一体化した総合的な研究が進められるようになってきた。たとえば、約5,500年前の縄文時代の巨大遺跡である青森県三内丸山遺跡や約9,500年前と言われる鹿児島県国分市上野原遺跡の発掘と出土品の検討から、従来の概念では想像できなかった縄文時代（BC 10,000～300）の新しい「人の生きざま」が浮かび上がってきつつある。最近では古墳時代（4～7世紀）が従来、定説となっていた年代より100年近くも遡るのではないかとされるようになった。

埋蔵文化財などを対象とした遺物の自然科学的な切り

口での解析・評価（考古科学：Archaeological Science）に関係してみても、古い時代から材料や部材の機能向上を目指した多くの接合技術（技法がより正確な表現かもしれないがここでは技術という言葉を用いる。）が経験の繰返しや発見によって無意識のうちに利用されていると感じていた。中には現在の技術と比べ、何ら遜色がない高度なものまで存在する。そこで、幾つかの具体例や文献を基に改めて眺めてみることにした。

3. 焼成（焼結）の利用

考古学で取り扱う遺物と言えば先ず石器と土器であろう。地層は特別の地殻変動や開発などの攪乱がない限り、年代を追って逐次土壌などが堆積され保存される。土中より出土した石器や土器は紋様や形式が予め研究され認知されているデータと相互比較することによって年代が推定されるほか、出土地点に堆積した上下の火山灰層からも年代が決定される。

日本における土器の出現は縄文時代の早創期（BC 10,000～7,000）に始まると言われている。生食が主体であった食料が土器の出現によって、焼く以外に煮るという調理方法が導入された。煮沸によって今までは食料として不適当な硬いものや「あく」の強いものの品質改善がなされ、食料の範囲が飛躍的に増大したものと考えられている。

縄文期の壺形の土器造りには粘土を紐状にし順繰りに積層し所望の形状に成形した後、容器の内外面を平滑にし自然乾燥後、焚火でそこそこの強度が得られるまで焼成する方法が採られていたと考えられている¹⁾。経験に裏打ちされた適度の温度と加熱時間により粘土の化学変化と焼結が進み、使用に耐えうる強度の土器が得られたのであろう。最近では土器胎土（粘土）の接合（焼結）面

*原稿受付 平成10年6月3日

**正 員 川鉄テクノロジー（株） Kawasaki Steel Technology Research Corporation

から製作技法とその過程などを推定しようとする研究²⁾が、土器断面の顕微鏡観察やX線ラジオグラフィーの手法を用いておこなわれている。図1に土器断面のX線ラジオグラムと模式図を示した。

4. 接着と鏤（ろう）付けの利用

当時、狩猟や漁労のための利器として石器や骨角器が使用されていたことは周知のとおりである。石材から所望する大きさの石鏃（やじり）や石刃（斧やナイフ）を製作するには良質の石材の入手が欠かせず、また加工に熟練と多大の労力が必要であったと推定される。そこで、製作の過程で発生するか製作しやすい細石刃（細かい重量1g以下の石器）を、両側に溝を掘った棒に鯨の歯状に装着し利用していた利器がヨーロッパで発掘されている³⁾。わが国では棒の先端に石鏃を装着するためアスファルトを接着剤として使用した例が縄文中後期（BC 3,000～1,000）の青森県中の平遺跡など⁴⁾、天然アスファルトの産出地に近い東北地方などで知られている。アスファルトは衝撃吸収能があるので鏃の寿命が2倍程度は伸びるのではないかとされている。

軒先瓦の紋様や形式から飛鳥時代（8～9世紀）の寺院の

図1 土器断面のX線透過写真と模式図

図2 金箔瓦断面の走査電子顕微鏡写真

時代考証や系列等を明らかにする試みがなされている。時代が下って行くに従って、瓦の形式の他に力と権勢の示威の目的で居城に遠方からも展望できる金箔貼りの屋根瓦を使用した事例が残されている。安土桃山時代（16世紀）の山梨県甲府城址から出土した金箔瓦断面の走査電子顕微鏡写真を図2⁵⁾に示した。測定の結果、金箔の厚さは1.0～1.2 μm で坪（一尺四方）当たり約0.5匁に相当する。財力の差によって金箔の厚さが異なったと考えられるので、桃山（伏見）城ではもっと厚い金箔が使用されたと推定される。金箔と瓦の間に残っている黒色の物質を採取し赤外線分光光度計（FT-IR）で分析したところ、接着剤に漆を用い金箔を張りつけていることが明らかになった⁵⁾。漆は大気中の酸素と反応・硬化するので、耐水性・耐候性に優れた接着剤として使用されたものであろう。この他、天然の接着剤に膠や糊があるが、水濡れに弱く防腐性に乏しいので限られた対象にのみ使用されていたようである。

古墳を含む墳墓から埋葬者の身の回りの装飾品や副葬品が出土するがその一つに耳環（じかん：耳飾り）がある。材質は粘土・貝・玉から純金のような金属まで幅広い。金以外の金属には比較的柔らかく加工し易い銅や金銅（金メッキを施した）品の出土が多いようである。千葉県諸西諏訪谷横穴墳墓から出土した古墳時代の金銅製の耳環の一例を図3に示した⁶⁾。この耳環は銅を打って丸く加工し、金アマルガムによって金メッキが施されている。X線マイクロアナライザー（EPMA）で測定したところ、金と銅の境界に微量の水銀（Hg）が残存していた。耳環のなかには銅板を巻いて管にした後、丸く成形した中空のものも存在する。身に装着したとき前者に比べ後者は軽く取扱い易かったものと推測される。

兵庫県高川古墳（6世紀後半）から環の断面径が約7mm復元により推定できる直径が約32～34mmの金銅製中空耳環が出土している。村上の研究⁷⁾によると、厚さ50～150 μm の銅の薄板を巻いた環の接合面には鏤付けが施されており、その材料は銀（Ag）70～50%銅（Cu）30～50%の銀鏤であることが明らかになっている。健全

図3 金銅製耳環

な接合面が少なく鏝の流れの悪い部分が多く認められている。銀鏝の融点が $800\sim 850^{\circ}\text{C}$ と推定されることから当時の技術の限界に近かったものであろう。なお、フラックスは残念ながら検出されていない。

奈良県明日香村水落遺跡(7世紀中頃)から出土した直径9 mm 長さ80 cmの純銅板を巻込んだ銅管にも銀鏝が使用されている⁸⁾。なお、世界で最も古い鏝接はイランで発見された紀元前3200年前の金製のペンダントで、金(Au)－銀(Ag)－銅(Cu)合金の金鏝を用いた痕跡が確認されている。

5. 鍛接の利用

鉄器の使用開始の正確な時期は明らかになっていないが、縄文時代の終りから弥生時代初期(紀元前3～前2世紀)の九州の遺跡から舶載品(中国や朝鮮から渡米した)と考えられる鉄斧、刀子(小刀)や鉋(やりがんな:木を削る道具)が他の石器や骨角製品と共に出土するので、この頃と言われている。弥生後期(2～3世紀)になると、近畿地方でも鉄剣や鉄鋌(てっぺい:中央がややくびれた形状の20～500 gの鉄板)、鉋や鎌の出土例が激増することから、鉄器の生産が開始されたと考えられている⁹⁾。

古墳時代に入ると、中国地方や九州で製鉄遺跡が検出されている。出土する鉄滓の分析によって製錬滓や鍛冶滓に分け、製錬滓は6世紀代、それ以前は鍛冶滓が主体のようである。奈良時代(8世紀)以降になると、鉄の貢納が始まり生産が増え鉄器の半製品である鉄鋌や鉋などが多く見られるようになった。

舶載の鉄斧は鋳造品が主流であったが、弥生中期(紀元前1～1世紀)になると鍛造品が増加してきた。当時のわが国では鉄の融点に迄到達する高温を得る技術が未発達で、溶融した鉄や鋼から斧を直接製作することは殆ど不可能であった。したがって、海綿状の粗還元鉄から鉄鋌のような鉄片を鍛え、幾重にも巻いて鉄斧に仕上げる方法が採られている。

長野県小山製鉄遺跡から出土した鉄鋌の断面写真を図4に示した¹⁰⁾。表面は錆化し一枚の鉄塊に見えるが数枚の薄い板を鍛接し、取引きの対象になる重量に纏められている状態が判る。鉄鋌の化学成分分析の結果、炭素(C)含有量は0.32%と低く、また介在物が比較的少ない純度の高い金属鉄であった。同時に砂鉄に多く存在するチタニウム(Ti)やバナジウム(V)と鉄鉱石に存在する銅(Cu)の金属鉄中の含有量を比較することで、鉄原料の起源を推定することが可能である。ここに示した鉄鋌の鉄源は砂鉄と推定された。

主に木造建築物の組み立てに使用された鉄製品の中にT字釘がある。奈良時代以降の寺院建築に多く使用されている。新薬師寺では長さ60 cmもの大鉄釘で柱と貫を

図4 鉄鋌の断面写真×1

図5 銅をクラッドしたT字型金具×5

固定していたと言われている。当時の釘は15 cm程度の大きさが主流を占めていたといわれ、鍛造加工で造られた角釘が多いとのことである¹¹⁾。

図5に東京都板橋区四葉遺跡から出土した平安時代のT字形をした水平部の幅7.3 mm、垂直部の全高11.3 mm、長さ174 mmの鉄製品の断面写真を示した¹²⁾。当時の技術では打出して成形するのが普通と考えられるが、この鉄製品は水平部と垂直部の金属組織や鍛冶加工による組織の流れが同じであることから、先ず鉄を厚さ2.7 mmの長い板に鍛造し一部を切出しその後鍛接によってT字型に成形したものと推定される。しかも鉄製品の全面が銅箔(厚さ $50\sim 200\mu\text{m}$ で写真矢印の部分)で覆われて(クラッドされて)いる。また、同様にX線マイクロアナライザーで測定したところ、矢印に示した接合(鍛接)部にも銅箔が挟み込まれたままの状態になっている。装飾の目的で作成されたのか、祭祀用の鉄器なのか、他の目的で銅張りとしたのかなどの理由は定かでない。いづれにしても、接合部分に銅がクラッドされた状態の金属製品が既に製作されていたとは驚異である。

最近、機会があつて東京都新橋の汐留遺跡(我国初の鉄道の始発駅)から出土した明治初期(1920年代)の水道管と鉄道レール(1890～1910年代)の調査・考察を行った¹³⁾。いわゆる産業考古学(Industrial Archaeology)の範疇である。

図6 レール断面のマクロエッチ写真

図7 煉鉄管のL方向の金属組織×100

図8 煉鉄管のC方向の金属組織×100

鉄道レールは図6のマクロエッチ写真に示したような双頭型および現用と同じ断面の平底型の2種類が出土している。レール相互の締結は溶接ではなく目板とボルトによって行われていた。レールの材質は平炉鋼や転炉鋼以前に広く製造されていた炭素量が非常に少ない煉鉄であった。

余談であるが、このため磨滅が著しくレールの上下を交換し（双頭レール）使用したり、電気伝導度が良い性

図9 煉鉄管接合部×2.5

質を利用し銅に比べ安い廃レールを地下鉄銀座線のサードレールとして活用したとのことである。

同時に行った調査対象の水道管は鉄管と鋳物管の2種類があり、レールも含めいずれも輸入品であった。鉄管の材質も煉鉄であった。参考に鉄管の長手方向(L)と断面方向(C)の煉鉄の金属組織を図7と8に示した。金属組織の中の灰色に見える部分は介在物（不純物）でその量が非常に多い。鉄管は錬鉄の板を巻いて円形に成形していて、管の内外径が約52/61mmのものはテーパを施した板端を重ねるようにして引抜きながら接合したダイス接合、約83/89mmの管は付合わせて接合する手法¹⁴⁾が採られている。図9¹³⁾の写真上段に前者の、下段に後者の接合部を示した。なお、付合わせ接合部の母材は腐食のため一部が欠落している。

図7と8に示した錬鉄のL、C方向の介在物の形状に注目すると前者は長く延伸され、後者は比較的丸いままの状況が観察される。両者の寸法の比較からおおよその鍛造比が推定できる。この方法を用いて刀子など、金属製品の鍛冶加工の様子が推定出来る場合が多い。

6. X線透過試験の利用

溶接構造物の検査の一つにRT検査がある。文化財の内部を非破壊で知るために同じラジオグラフィの技術が考古学の分野でも利用されている。例えば仏像の内部の状況検査や出土品の状態検査がX線透過によって行われている。具体例を金属関係に求めると、通常金属製品は出土直後は土砂が付着し発錆しているので、X線透過によって品物の形状、金属の残存状況を知り、破損や破壊を極力抑えながら土砂や錆を除去し、保存処理を施すための情報を得ることができる。また、製鉄技術や鋳造技術が進歩してくると、今まで製作不能であった鉄鋳物製品が多く出現してくる。X線透過によって明らかになった福島県いわき市白岩堀の内遺跡から出土した、菱形に中抜きされた鋳鉄鉈を図10に示した¹⁵⁾。この鉈は非

図10 鋳鉄鋸のX線透過写真×0.6

図11 刀子鞘のX線透過写真×0.7

常に珍しい例としてNHK-TVでも放映された。

図11に福島県郡山市南A遺跡から出土した平安時代後期と推定される、長さ88mm幅13mmの刀子の鞘のX線透過写真を示した¹⁶⁾。検査のため最初受け取った資料の状態は長い土の固まりであった。切断し調査する前にX線透過を試みたところ、写真のような花と枝葉模様の像が映し出され驚いた。恐らく身分の高い人が所持していた刀子の鞘と推定され、破壊しての調査を中止した。鞘の材質は銅で彫金による透かし彫りと推定された。鞘には所々に小さな抜け穴が認められる。取り除いた土砂を注意深く観察したところ、図12の電子顕微鏡写真に示したような金メッキが施された銀の鋸が発見された¹⁷⁾。寸法は上下部の直径が約1.0mm長さ1.5mm、中央部の径は0.5mmでリベット状のカシメが施されていたことが判った。

7. おわりに

駆け足で縄文時代から近代までの限られた出土品の中からなるべく多岐の分野にまたがる例を取上げ、接合に絞って紹介した。若干散漫になったきらいもあるが、お許し戴きたい。紹介した事例以外にももっと優れた現代に充分通用する技法(技術)や手法が利用されていたと思われるので、今後は解析・評価に当たってこのような切口での検討をさらに進めてゆきたいと考えている。

図12 刀子鞘の金メッキ銀鋸×360

この解説を纏めるに際し、助言と指導や文献の提供を戴いた帝京大学山梨文化財研究所と千葉県立加曽利貝塚博物館および関係する各都道府県埋蔵文化財センターの方々に誌上を借りて厚く感謝する。

参考文献

- 1) 甲野：縄文土器の話，学生社，(1995)。
- 2) 吉田：自然科学的手法による縄文土器の構造と製作技法に関する研究—縄文時代前期・繊維土器の基礎的研究—，土曜考古，土曜考古研究会，20(1996.10) 43-89。
- 3) 鈴木：先土器時代の知識；考古学シリーズ③，東京美術，(1984) 71。
- 4) 我孫子：アスファルト；縄文文化の研究，雄山閣，(1982) 205-222。
- 5) 岡原，伊藤：金箔瓦他の分析・調査，川鉄テクノロジー(株)報告書，(1992.12)。
- 6) 安部：青銅製品分析結果報告，川鉄テクノロジー(株)報告書，(1993.3)。
- 7) 村上：古代金工における金属接合技術—銀鍍による「鍍接」技法を中心に—，奈良国立文化財研究所創立40周年記念論文集，文化財論叢II，(1995) 969-987。
- 8) 狩野，木下：飛鳥藤原の都；古代日本を発掘するI，岩波書店(1985)。
- 9) 潮見：鉄の生産をめぐる，考古学ジャーナル，313(1989) 2-4。
- 10) 岡原，伊藤：長野県小山製鉄遺跡出土の鉄滓・鉄塊・鉄製品および羽口等の分析・調査，川鉄テクノロジー(株)報告書，(1996.11)。
- 11) 窪田：改訂—鉄の考古学，考古学選書9，雄山閣，(1987) 101。
- 12) ー：東京都四葉遺跡出土のT字金具の断面写真，川鉄テクノロジー(株)報告書，(1991.3)。
- 13) 東京都埋蔵文化財センター編：汐留遺跡出土鉄道レールおよび水道管の分析・調査，東京都埋蔵文化財センター調査報告第37集，汐留遺跡I第5分冊，[川鉄テクノロジー(株)]，(1997.3)。
- 14) 溶接学会編：ダイス溶接，新版—溶接便覧(2版)，丸善，(1973) 467。
- 15) 岡原，伊藤：福島県白岩堀の内遺跡出土の鉄滓・鉄製品のX線透過写真，川鉄テクノロジー(株)報告書，(1996.7)。
- 16) 岡原，伊藤：郡山市南A遺跡出土斧・鞘の分析・調査，川鉄テクノロジー(株)報告書，(1995.12)。
- 17) 岡原，伊藤：郡山市南A遺跡出土鞘から脱落した微小金属片の分析調査，川鉄テクノロジー(株)報告書，(1996.5)。