

# 鑄造관련자료에 있어서 사용흔적의 보존과학적조사 (3)

-출토직후의 未洗淨石製范을 대상으로써-

히사 요이치(후쿠오카시매장문화재센터)

역: 무라마츠 요스케

## 1. 시작

북부구슈는 대륙과 한반도에서 가까운 지리적 요인때문에 고대부터 다수의 선진문화가 가장 먼저 이입된 지역적 특징이 있다. 일본에서 금속기의 사용과 제작이 개시되었던 야요이시대에는 청동기 제작도 이 지역에서부터 수용된 후 크게 발전했고 그 흔적이 福岡縣과 佐賀縣 등을 중심으로 많이 발굴되고 있다. 지금까지 필자는 福岡縣 내에서 출토되는 鑄造관련자료에 대한 보존과학적 조사를 진행시켜 왔다. 보존과학적 조사는 본래 유물의 보존처리 때에 행해지는 자연과학(이화학)적 방법을 이용했던 조사를 말하며 非破壞를 원칙으로 한다. X선과 적외선 등의 가시영역 외의 전자파를 사용해서 관찰과 분석 또한 현미경에 의한 미세영역의 관찰 등에 의해 비가시 영역의 정보가 얻어진다. 그 결과 腐蝕과 劣化의 상태 등 자료의 보존에 관한 내용은 물론 재질, 제작기법, 거기에 산지 등 고고학적으로 유익한 정보도 많이 얻어지는 점에서 고고과학적 조사라고도 불린다.

재작년은 특히 주형에 기물이 주입되었던 범위가 검게 변색했던 것에 대해서 그 요인을 살피는 것을 목적으로 조사를 시작했다. 고고학적으로 주형의 관찰이 행해진 경우 흑색화가 사용의 흔적으로 보인다는 說과, 離型劑 등의 塗布에 의한 것이라고 하는 설이 있지만 반대로 후자의 가능성이 있을 수 있다면 黑色化=使用痕跡이라고 하는 판단이 성립되지 않는 것이어서 그 확인을 시도한 것이었다. 북부구슈에서 야요이시대의 주형은 기본적으로 石製이다. 우선, 福岡市 내 출토의 石製范을 대상으로 흑색화의 상황에 따라 주조범위 내에 변색이 없는 것을 A류, 조금이라도 변색이 발견되는 것을 B류로 하고 다시 B류를 변색이 적거나, 부분적으로 있는 1류와, 변색이 주조범위의 전체와 湯口를 포함한 부분에 이르는 2류, 관찰대상 자료에는 없었지만, 주조범위 이외, 幅置部分까지 변색이 이루어지고 있는 것을 3류로 상정. B-3류를 뺀 자료 각각에 대해서, 흑색화 부분의 螢光X線分析과 X線回折分析을 행했다. 그 결과 無變色の A류에서 鉛과 銅 등 주조 작업에 관련하는 원소가 검출되는 것은 없었지만 변색이 발견되는 B류에서는 원소의 검출과 흑색화의 분류와의 사이에 명확한 상관관계는 보이지 않고 X線回折分析에서도 흑색화 바로 그것의 원인은 파악할 수 없었다. 결국 흑색화했던 부분의 형광X선분석에서는 미량인 납과 동 등의 주조작업을 거쳤던 것에서 잔유했다고 보여지는 원소가 검출되었던 경우가 있긴 하였지만 이것이 흑색화가 강하기 때문이라고 반드시 다수 인식되는 것이라고 할 수는 없고 반대로 검더라도 이들의 원소가 검출되지 않는 경우도 있다. 또한 상세하게 관찰하면 흑색화는 석재표면에서만 작용하고 있는 것은 아니며 많은 것은 수 mm 정도이고 내부까지 깊이 스며들고 있는 듯한 것도 보인다. 이들은 뭔가가 塗布되었던 것은 아니며 주조실험의 결과에서 보더라도 주입부에 공반해 변색되었다는 사실은 추측된다. 그러나 과학분석에 의한 메커니즘의 해명에는 이르지 못하며 변색이 사용흔적인 것이라는 증명은 얻어지지 않는다.

단 관찰의 가운데에서 주목되는 것은 일부의 자료에서 보여졌던 흑색화한 주조범위 가운데 埋土와는 질

감이 다른 土狀의 부착물이다. 이들을 微小영역용의 형광X선분석장치에서 분석했던 경우, 관찰되었던 여러 예에서 예외 없는 구조관련원소가 다른 것 보다 현저하게 나타나는 것 외에 칼슘이 特徴적으로 검출되었던 것이다. 塗型劑 등 구조할 즈음에 塗布되었던 물질의 존재가 상정되었다<sup>(1)</sup>.

작년도는 福岡縣 久留米市 寺德遺跡 출토의 鏡范을 대상으로 했던 조사를 행했다. 이 자료는 출토 후, 가법계 물로 씻었던 정도였기 때문에 鏡背范의 문양 선각 내에 埋土된 미세한 진흙이 남겨져 있었지만 동시에 그 아래에는 예상과 같이 납과 동이 스며들었고 칼슘을 주체로 하는 부착물이 남겨져 있어서 재작년도에 조사했던 일군의 석제범과 공통된 요소가 인식되어졌다. 그러나 類例는 증가하고 있지만 X線回折分析에서도 파괴하지 않았을 때에는 부착물이 미량으로 이 물질의 同定은 되지 않으며 과제는 많이 남겨졌다. 고대에 있어서 칼슘이 관여한 것 같은 물질로써는 胡粉에 유사한 패각을 가루로 했던 炭酸칼슘( $\text{CaCO}_3$ )과 뼈를 가루로 만들었던 인산칼슘( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ )이 상정된다<sup>(2)</sup>. 실제 몇 개인가의 예에서는 부착물부분에서 螢光X線分析에 의해 인이 강하게 나타나는 것도 있고 후자의 가능성도 있지만 현 시점에서는 추측의 경계를 드러내지 않는다. 이외 九州國立博物館에 도입되었던 X선 CT와 三次元計測등의 다양한 최신기기를 사용한 조사도 행하여 보존과학적 조사의 새로운 가능성을 제시했다<sup>(3)</sup>.

今回は 3차로써 福岡市 那珂遺跡群 114차조사에서 출토된 戈의 주형을 대상으로 한 조사에 대해서 보고하고자 한다. 지금까지와 다른 점은 자료가 출토된 후 씻지 않은 상태에서 조사를 행했던 점이다. 과거의 조사에서는 모든 것이 출토 후 세척 등의 세정이 행해지고 실측 등 고고학적인 조사가 끝난 자료를 대상으로 했기 때문에 주형표면에 남아있던 일부 정보는 埋土와 함께 씻겨 버렸을 염려가 있다. 그러나 사용흔적에 대해서 조사를 행하고 그 성과를 공표해 오던 중, 그것들을 주목한 상태에서 주형을 발굴했던 발굴조사 당사자로부터 전혀 손을 대지 않은 상태의 주형이 반입되었던 것이다. 예상대로 세정되지 않은 주형에서 어느 정도, 어떤 여러 가지 흔적이 남겨져 있는가를 보존과학적 조사에 의해서 살펴보고 싶다.

## 2. 출토유적에 대해서

본제에 들어가기 전, 조사대상으로 되었던 주형이 출토된 유적에 대해 약간 언급해 두고자 한다.

那珂遺跡群은 博多灣에서부터 남동으로 연장된 那珂川과 御笠川의 사이 남북으로 약 5km, 동서로 약 0.7km에 달하는 대지상에 소재한다. 북측에 인접하는 比惠遺跡群과는 행정적인 지명에서 편의상 구분되고 있지만 같은 대지상에 펼쳐져 있던 一連의 유적이다. 이 지역은 福岡市内에서도 도시권에 위치하고 상공업지대 및 주택이 혼잡하게 있다. 건축물의 신설과 개수에 공반된 발굴조사가 빈번하게 행해지고, 比惠·那珂와 합해져서 지금까지 250개소 가까운 지점들이 조사되어 야요이시대~고분시대 전기를 중심으로 하는 다양한 유구와 유물이 검출되고 있다. 더욱이 南의 春日市域에는 야요이시대의 왕묘를 가지는 須玖遺跡群도 펼쳐져 있고 그 양상에서 이들 지역은 중국의 역사서, 소위「魏志倭人傳」에 등장하는「奴國」으로 비정되고 있다. 이 영역에서는 比惠·那珂와 須玖의 사이에 위치한 井尻B유적도 포함되며 특히 야요이시대 후기를 중심으로 하는 것으로 보이는 청동기와 그 제작에 관한 흔적이 다수 발견되는 것으로도 알려지고 있다. 동일 유적군 내에서도 그 흔적이 복수의 지점에서 발견되고 있고「奴國」내에서도 청동기의 제작지점이 몇 개인가의 장소에 점재하고 있었던 것이 짐작된다. 또 須玖坂本유적과 井尻B유적에서 소형방제경의 주형도 출토하고 있어 鏡의 제작도 행해지고 있었던 것으로 생각된다<sup>(4)</sup>.

那珂遺跡群 내에서만 보면 지금까지今回の 114차조사를 포함하여 5개소의 조사지점에서 주형과 取瓶, 도가니 등 주형 관련자료가 출토하고 있는 것 외에도 유적군 내 대형전방후원분 那珂八幡古墳에서도 주형이 한 점 表探되고 있다. 이 안에서 8차를 제외한 4개의 조사지점은 300m정도의 圓内に 모여 있고 那珂 유적군에서도 특히 청동기 제작관련 유물이 집중하는 장소인 것으로 알려져 있다. 특히 23차 조사에서는 砥石으로 전용되었던 것도 포함한다면 열 점 가까이 주형편이 출토, 9차 조사에서는 1/6정도 잔존하지만 복원하면 지름이 35cm정도로 되는 대형의 取瓶으로 보이는 자료도 발견되고 있다<sup>5)</sup>. 그 내용을 보면 주형은 기종이 판명된 것으로 中廣과 中細의 戈가 많다.

114차 조사는 2006년도에 공원건설에 수반되어 행해졌다. 유적군 내에서는 비교적 넓은 면적이 조사되어 야요이시대의 構와 甕棺墓, 주거, 고분시대 初頭の 전방후원분과 원분, 또한 같은 시대의 도로로 보이는 평행하게 퍼지는 2조의 構등이 검출되었다. 주형은 전부 여섯 점이 출토되고 있지만 구조에 관련한 유구와 제품인 청동기는 발견되고 있지 않는 것 같다. 유적의 상세는 정식적인 보고서의 간행 전이라는 점에서 이 정도의 소개에 그친다.

### 3. 조사내용과 결과

여섯 점의 주형은 黑色化가 없었으며 이미 물세척되었던 것이 대부분으로 완전히 손을 대지 않은 것은 한 점만 있다. 조사대상으로 했던 자료는 從4.5×橫5.8×厚2.9(cm)의 파편에 하나의 면에 戈의 刃部로 보이는 부분이 남아 있다. 반대 면은 크게 불규칙한 凹凸이 있고 구조에 사용되었던 흔적은 보이지 않고 측면 네 면 중 세 면은 파손에 의해 破斷面으로 되어 있다. 표면에는 전체에 埋土가 1~2mm의 두께로 고착하고 있다. 일부는 발굴조사 중에 파손된 것으로 보이며, 新鮮한 파단면에서 파악한 석재는 북부구슈에서 출토되는 다른 야요이시대 石製范과 같은 석영, 장석, 규암과 유사한 질감이다.

鑄가 출토되었던 기물의 범위는 명료한 흑색을 나타내고 있지만 그것 이외의 부분에서도 埋土 때문에 관찰이 어렵지 않은 부분은 회색과 흑색이라고 하는 석재와 埋土와는 다른 색조를 이루는 부분이 각 면에서 관찰되었다. 이것은 주형으로써 사용되었던 면의 幅置 부분은 물론 본래의 표면이 남아 있는 측면부, 더욱이 破斷面으로 된 측면과 뒷면에서도 나타났다. 상황을 자세하게 보기 위해 實體顯微鏡에 의해 관찰을 행한 경우 우선 흑색화된 부분에서는 이제까지 봐왔던 것과 같이 석재 자체가 흑색으로 변하고 있는 것과 그것 이외에 예상 이상으로 많은 흑색물질의 부착이 인식되어졌다. 또한 이 범위에 부착했던 埋土가 일부 벗겨지면 벗겨짐이 있었던 흠의 뒤쪽에는 가루상의 흑색물질이 달라붙어 있는 상황이었다. 또한 구조범위 이외의 부분에서는 육안관찰에서 얻어진 소견이 통하고 전체의 면에서 埋土의 하층에서 석재의 表層에 해당하는 부분이 변색했던 것과 같이 검게 되어 있는 모양이 간취되었다.

그 다음 이제까지의 조사와 같이 표면에 螢光X線을 이용해서 포함된 원소에서 확인되는 그 원소 특유의 에너지를 가졌던 2차 X線(螢光X線)을 검출기를 이용하여 파악하는데 이는 정점(peak)으로 표현되는 것이다. 어떤 에너지가 일직선(혹은 각도)으로 정점이 출현하는 것에 의해 대상시료에 포함된 원소가 나누어짐과 동시에(定性分析), 정점의 높이에 의해 그 양을 계산하는 것도 가능하다(定量分析). 장치는 大型資料用 波長分散型(이하WDX로 한다)와 微小領域用 에너지분류형(同 EDX)의 두 종류를 사용했다. 이들은 분석 기구의 차이에 의해 측정영역이 전자는 20mm  $\phi$ , 후자는 0.3mm  $\phi$ 라고 하는 차이가 있다. 전자는 광범위

의 데이터를 평균적으로 파악하는 것이 가능한 반면, 국부적인 원소 偏析의 확인 등에는 적합하지 않다. 후자는 그 반대의 특성을 가지고 있고 대상 부분의 상황에 따라 나누어 사용한 것이다<sup>6)</sup>.

EDX에서는 장치의 특성을 살리고자 했다. 특징적인 부분을 선택해서 분석을 행하였다. 주입되었던 기물의 흑색화했던 범위에 부착된 흑색물질에서부터 알루미늄(AL), 규소(Si), 칼륨(K), 칼슘(Ca), 티탄(Ti), 망간(Mn), 철(Fe) 등의 원소가 검출되었다. 특히 철이 매우 강하고 다음으로 규소, 칼슘, 알루미늄 순서로 정점이 낮게 측정되었다. 이들의 원소는 넓게 점토광물 등으로 일반적으로 포함된 원소인 그 정점의 고비도 토양 등을 분석했던 것과 유사한 상황을 보이고 있다.

분석대상이 흑색의塊인 것이 추측되지만 이 장치에서는 탄소는 검출 가능하기 때문에 이 분석에서는 그것을 확인하는 것은 가능하지 않다. 탄소(C)를 주성분으로 하는 것이 추측되지만 本裝置에서는 탄소는 검출가능하기 때문에 이 분석에서 그것을 확인하는 것은 가능하지 않다.

그 모양 중 지금까지의 조사에서는 흑색 부분에서는 칼슘이 다른 부분에 비해 많이 포함된 양상이 보이고 있지만 확실하게 當該箇所에서도 비교적 명료하게 검출되고 있다. 단今回에서는 인(P)은 검출되고 있지 않다. 또한 상기 이외의 원소로써 동(Cu)이 낮으면서도 명료한 정점으로써 나타나고 납(Pb)도 主線(La)부분에서 근소한 돌출이 인식된다. 이들은 주조 흔적을 보이는 것으로써 주목된다. 다른 흑색 부분에서는 규소와 칼슘이 강하게 나타나고 있고, 이는 석재의 원소가 파악되었던 것으로 생각되었지만 칼슘은 석재 그것을 분석했던 경우 보다는 약간 강하게 나타나고 있다. 이것에서도 동·납은 동일하게 검출되고 있다. 또한 흑색 부분에 부착된 埋土를 새김이 더해졌던 때에 그 뒷측에 부착된 흑색의 가루를 埋土의塊와 함께 분석 대상으로 하였지만, 칼슘과 주조관련 원소는 생각되었던 것만큼 강하게 검출되지는 않았다. 埋土의 원소가 영향을 주고 있는 것으로 생각된다. 아울러 이 剝離試料에 대해서는 走査電子顯微鏡(SEM)에 의한 미세 범위의 원소분포조사도 시험했다. SEM에 부속하는 螢光X線을 억지로 일으켜서 탄소도 겨우 분석 가능한 원소에 포함하였다. 결과적으로 흑색의 범위와 탄소, 칼슘의 분포는 동일한 舉動을 보이고 있다. 이것들은 토양에 기인한다고 보여지는 규소와 알루미늄의 분포를 보완하는 것처럼 확대되어 있고, 예전과 같이 흑색의 부착물에 칼슘이 강하게 관련하고 있는 형태가 이번 회에도 확인되었다.

이 외, 기물의 범위외의 幅置부분을 대상으로 했던 EDX분석에서는, 지금까지도 미약하면서도 명료한 銅, 납의 정점이 확인되고 있고, 주조의 영향이 주조 범위외에도 영향을 주는 것이 짐작된다.

이것들을 받아들여, 전체의 경향을 파악하기 위해 행했던 WDX에 의한 분석에서는, 전면을 철저히 조사했지만, 대상으로 했던 9개소의 분석대상 箇所 전체에서 주조관련 원소의 검출이, 거의 같은 경향을 보이고 있다. 결국, 주형으로써 사용했던 면 이외에도, 본래의 표면이 남겨진 측면, 주형으로써의 기능이 상정 가능하지 않은 뒷면, 더욱이 명확한 破斷面의 전체에서, 동, 납이 명료한 정점으로써 검출되고 있는 것이다. 주조에 관계하는 면과, 그것 이외에서도 본래의 표층이 남겨져 있는 면에서는, 쇳물이 초과되어 나타는 등 하여, 이들 원소가 검출되는 것은 있을 수 없는 일은 아니다. 그러나, 破斷面에서도 검출되는 것은 이해할 수 없는 부분이다.

그래서, 해석의 실마리를 잡기 위해, 표면 埋土의 세척을 행했다. 이 작업도, 현미경을 사용하고, 표면의 정보가 부주의로 잃지 않도록 배치하고, 붓으로 純水를 붙여 埋土에 보여지는 흙만을 조금씩 제거하고 있다. 그 결과, 사전의 현미경 관찰등에서도 어떤 정도는 해석되고 있었던 것이었지만, 破斷面을 중심으로

주형의 넓은 범위가 흑색에 변색되고 있다. 幅置 부분과 측면에서는 변색이 작은 범위에 산재하지만 흑색으로 변색하고 있었다. 幅置 부분과 측면에서는 변색이 적은 범위에서 산재되지만, 특히 상하의 측면, 뒷면의 일부는 광범위에서 변색이 보였다. 이 변색은 현미경으로 확인한 바에 의하면 기물이 주입되어졌던 부분의 변색과 같은 상황으로 생각되고, 그렇다고 하면 注湯 시에 주형의 파손 등으로 破斷面에도 주물이 닿았던 사실이 되기 때문이다.

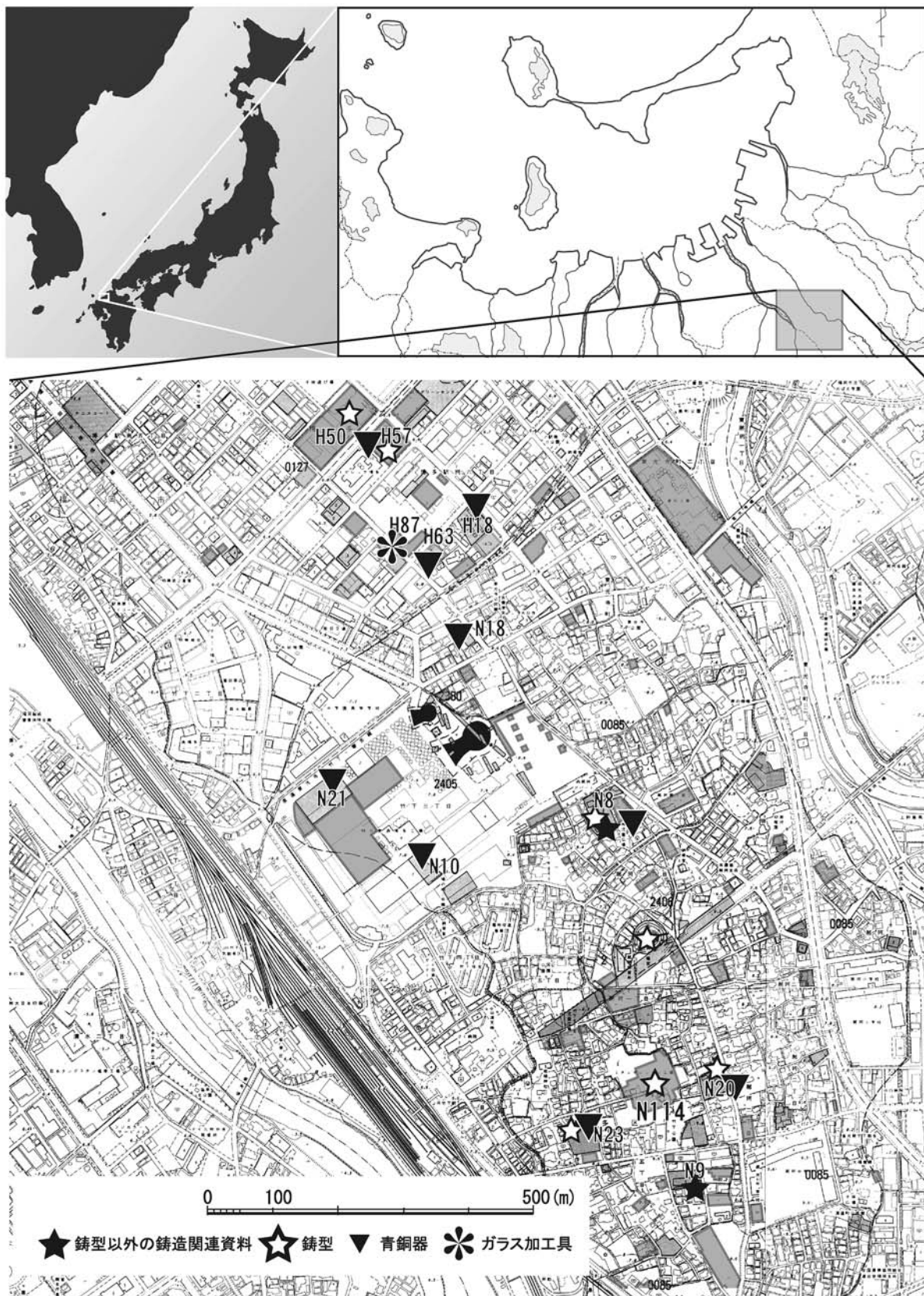
시험적으로 세척 후에도 측면에 대해서 WDX의 분석을 행했지만 세척 전과 같은 정도의 동과 납이 검출되고 있으며 이 점에서도 이들 원소가 埋土에 포함되는 것은 아니며 주형 표면에서부터 파생되었던 것이 뒤쪽에 붙여졌던 것으로 볼 수 있다.

#### 4. 끝

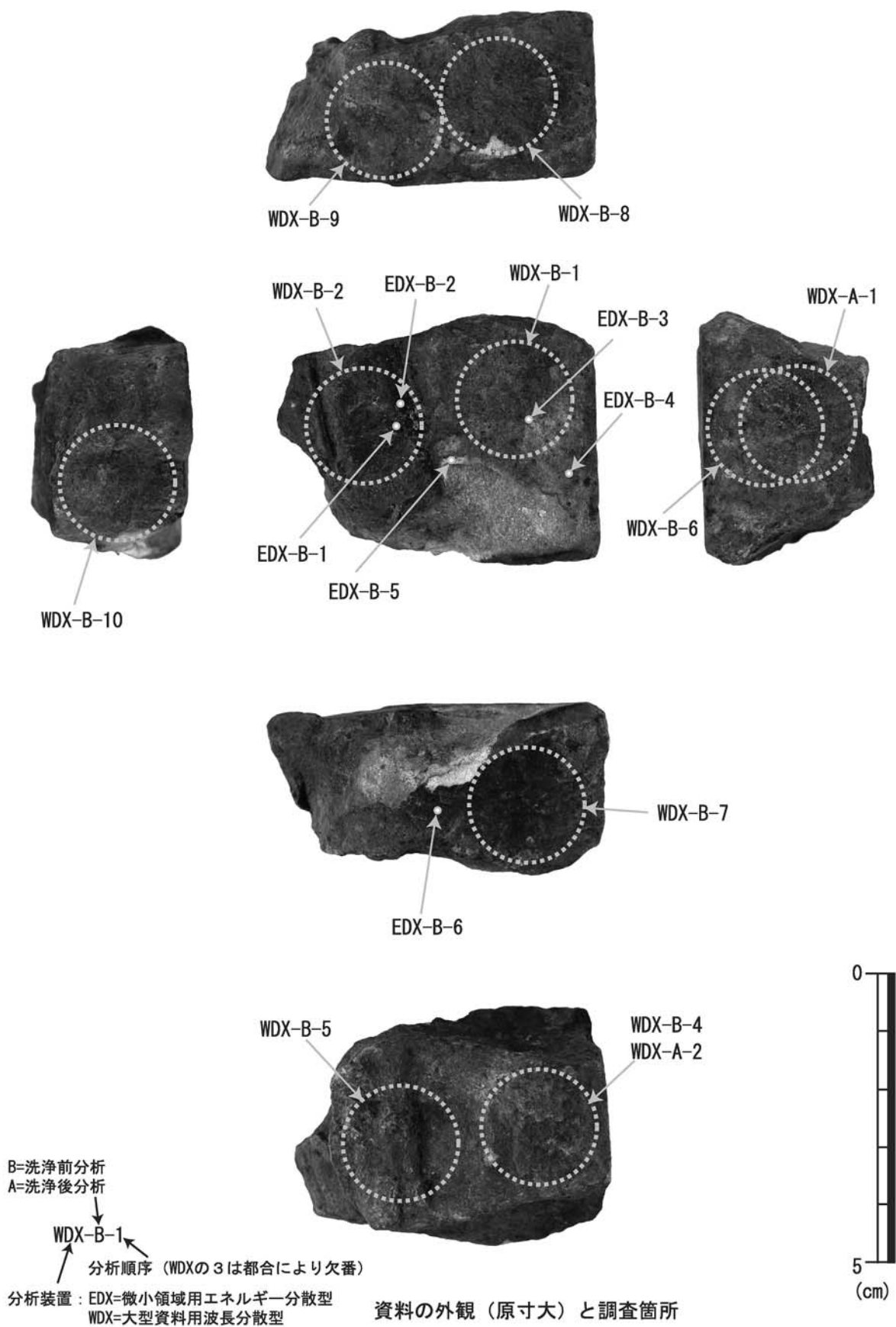
今回 那珂114차 조사에서 출토된 주형을 출토 후 그대로의 상태에서 보존과학적 조사를 행했던 결과, 주조기물의 범위에 있어서 세정 후의 자료보다도 양호하게 흑색물질의 부착이 확인되고 분석에 의해 탄소와 칼슘의 존재가 인식되었다. 또한 인은 검출되고 있지 않으며 예전과 같은 물질의 同定은 행해지지 않는다. 동시에 埋土의 영향도 크며 분석에 적지 않은 영향을 주었고 생각된다.

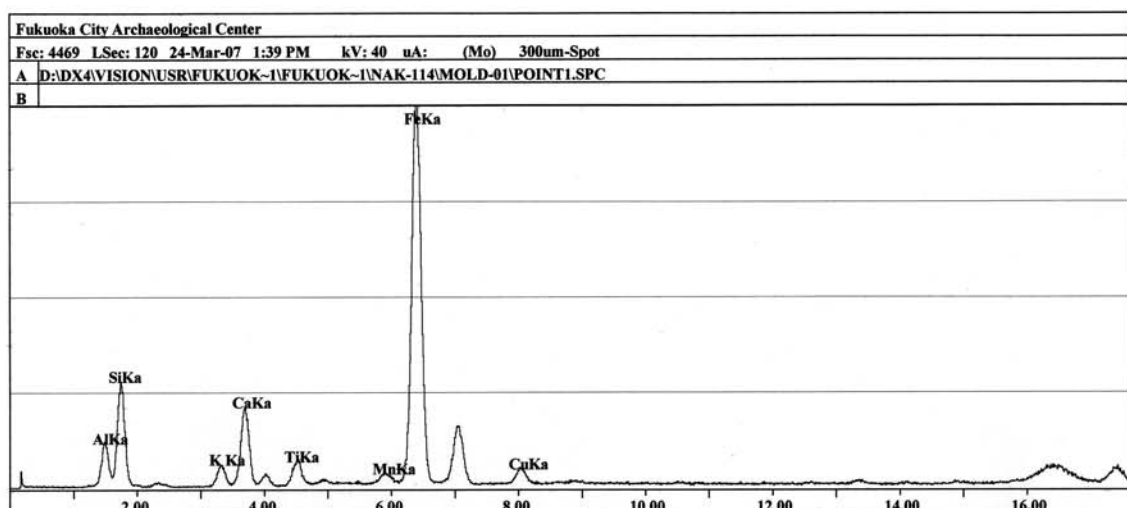
또한 본 자료에서는 주조에 사용했던 범위 이외에서도 흑색화가 있는 것이 명확하게 되었고 이 부분에서 동과 납이라고 하는 주조와 관련된 원소가 명료하게 인식되어졌다. 재작년도의 조사를 포함해서 필자는 지금까지 50점이 넘는 福岡市 내 출토의 주형을 비교적 상세하게 관찰해 보았지만今回처럼 破斷面이 넓게 흑색으로 변했던 자료는 보았던 기억이 없다. 대단히 특이한 자료로 보이지만 과거, 금회처럼 자료의 세정 전부터 현미경관찰 등을 행하였던 사례는 아마 없었다고 생각되며 이러한 사례를 전제로 세정 후에 조사가 행하였던 경우와 비교는 곤란하다. 여기에서 보여졌던 黒變은 광범위하게 기물의 새개졌던 범위와 같기 때문에 일반적으로 세정에 의해 잃어버린 다양한 사실은 없는 것이겠지만 보다 상세한 상황을 파악하는 것을 위해 가능한 한 손을 대지 않은 상황에서의 조사가 좋다고 생각된다.

어느 것이라 하더라도 本例의 상황이 가령 注湯할 때의 파손에 의한 것이라고 한다면 당시의 주조기술을 아는 것 위에서의 새로운 실마리가 될지도 모른다. 또한 주형은 그 후 지식으로 전용되었던 것이 많지만 이번 예와 같이 주조 시의 흔적이 많이 남겨져 있는 것이라는 설이 받아들여진다면 전용되지 않은 것은 명백하겠다. 그 양상은 주형의 履歷을 확실하게 하기 위해서라도 출토 후, 부주의하게 취급되지 않고 필요한 정보가 얻어지는 것을 바라는 바이다.

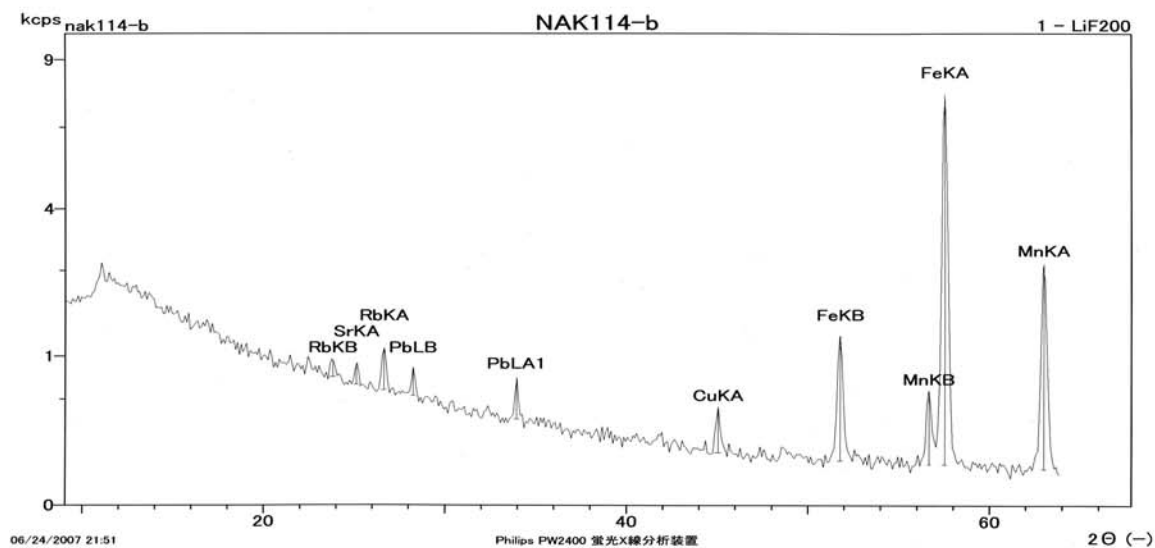


比恵・那珂遺跡群の調査区と青銅器関連資料の出土地点  
(数字は調査回数 Hは比恵、Nは那珂遺跡群を示す)

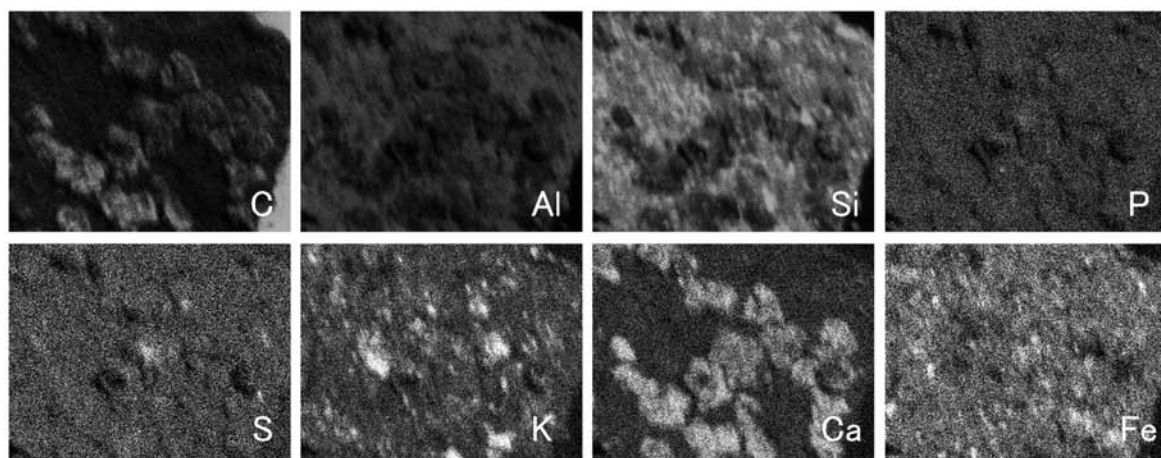




EDX-B-1 分析結果



WDX-A-2 分析結果



剥離した黒色物質の電子顕微鏡による元素分布分析結果



# 鑄造関連資料における使用痕跡の保存科学的調査(3)

－出土直後の未洗浄石製範を対象として－

比佐陽一郎

## 1. はじめに

北部九州は大陸や朝鮮半島に近い地理的要因から、古代において多くの先進文化が真っ先に移入される土地柄であった。日本で金属器の使用や製作が開始される弥生時代には、青銅器製作も、この地域で受容された後、大きく発展し、その痕跡が福岡県や佐賀県などを中心に数多く発見されている。これまで筆者は、福岡県内で出土する鑄造関連資料に対する保存科学的調査を進めてきた。保存科学的調査とは、本来、遺物の保存処理に際して行われる自然科学（理化学）的手法を援用した調査を指し、非破壊を原則とする。X線や赤外線などの可視領域外の電磁波を用いた観察や分析、また顕微鏡による微細領域の観察などによって、不可視領域の情報が得られる。結果、腐蝕や劣化の状態など資料の保存に関する内容はもちろん、材質、製作技法、更には産地など、考古学的に有益な情報も少なからず取得されることから、考古科学的調査とも呼ばれる。

一昨年は、特に鑄型の器物が鑄込まれた範囲が黒く変色したものについて、その要因を探ることを目的として調査を始めた。考古学的に鑄型の観察が行われる場合、黒色化が使用の痕跡と見る説と、離型剤などの塗布によるものという説があるが、仮に後者があり得るならば、黒色化＝使用痕跡という判断が成り立たないことになり、その確認を試みるものであった。北部九州における弥生時代の鑄型は、基本的に石製である。まず、福岡市内出土の石製範を対象として、黒色化の状況によって、鑄造範囲内に変色の無いものをA類、少しでも変色が見られるものをB類とし、更にB類を、変色の度合いが少なかったり部分的であったりする1類と、変色が鑄造範囲の全体と湯口を含む部分に及んでいる2類、観察対象資料には無かったが、鑄造範囲以外、幅置部分まで変色が及んでいるものを3類として想定。B－3類を除く資料それぞれについて、黒色化部分の蛍光X線分析やX線回折分析を行った。その結果、無変色のA類から鉛や銅など鑄造作業に関連する元素が検出されるものは無かったものの、変色が見られるB類では、元素の検出と黒色化の分類との間に明確な相関関係は見いだせず、X線回折分析でも黒色化そのものの原因は捉えることができなかった。つまり、黒色化した部分の蛍光X線分析では、微量な鉛や銅などの鑄造作業を経たことで残留したと見られる元素が検出される場合があるものの、これが黒色化が強いからといって必ずしも多く認められるものではなく、逆に黒くてもこれら元素が検出されない場合さえある。ただ、詳細に観察すると、黒色化は石材表面のみで作用しているものではなく、多いものでは数mm程度も、内部まで染みこんでいるようなものも見られる。これらは何か塗布されたものではなく、鑄造実験の結果から見ても、鑄込みに伴う変色であろう事は推測される。それでも、科学分析によるメカニズムの解明には至っておらず、変色が使用痕跡であることの証明は得られていない。

ただ、観察の中で注目されたのは、一部の資料で見られた、黒色化した鑄造範囲の中に埋土とは質感の異なる土状の付着物である。これらを微小領域用の蛍光 X 線分析装置で分析したところ、観察された数例で例外なく鑄造関連元素が他より顕著に表れたほか、カルシウムが特徴的に検出されたのである。塗型剤など、鑄造に際して塗布された物質の存在が想定された<sup>(1)</sup>。

昨年度は、福岡県久留米市寺徳遺跡出土の鏡範を対象とした調査を行った。この資料は出土後、軽く水洗いされた程度であったため、鏡背範の文様線刻内に埋土である細かい泥が残っていたが、同時に、その下には、やはり鉛や銅が染みこんだ、カルシウムを主体とする付着物が残されていて、一昨年度に調査を行った一群の石製範と共通の要素が認められた。しかし類例は増えたものの、X 線回折分析でも非破壊では付着物が微量で、この物質の同定には至らず、課題は多々残された。古代においてカルシウムが関与しそうな物質としては、胡粉に類するような貝殻を粉にした炭酸カルシウム ( $\text{CaCO}_3$ ) や、骨を粉にしたリン酸カルシウム ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) が想定される<sup>(2)</sup>。実際、幾つかの例では付着物部分で、蛍光 X 線分析によってリンが強く現れるものもあり、後者の可能性もあるが、現時点では推測の域を出ない。この他、九州国立博物館に導入された X 線 CT や三次元計測などの、様々な最新機器を用いた調査も行い、保存科学的調査の新たな可能性を提示した<sup>(3)</sup>。

今回は 3 回目として、福岡市那珂遺跡群 114 次調査で出土した、戈の鑄型を対象とした調査について報告する。これまでと違うのは、資料が出土後、未洗浄の状態で調査を行った点である。過去の調査ではいずれも、出土後、水洗いなどの洗浄が行われ、実測など考古学的な調査が終わった資料を対象としてきたため、鑄型表面に残された一部の情報は、埋土と共に洗い流されてしまっている恐れもある。しかし、使用痕跡について調査を行い、その成果を公表してきた中で、それらを目にした上で鑄型を掘り出した発掘調査担当者から、何も手を付けない状態の鑄型が持ち込まれたのである。果たして未洗浄の鑄型に、どの程度の、どの様な痕跡が残されているかを、保存科学的調査によって見ていきたい。

## 2. 出土遺跡について

本題に入る前に、調査対象となった鑄型が出土した遺跡について、若干触れておくことにする。

那珂遺跡群は、博多湾から南東に延びる、那珂川と御笠川に挟まれた南北約 5 km、東西約 0.7 km におよぶ台地上に所在する。北側に隣接する比恵遺跡群とは、行政的な地名から便宜上区分されているが、同じ台地上に広がった一連の遺跡である。この地域は福岡市内でも都市圏に位置し、商工業地帯、並びに住宅が犇めいている。建築物の新設や改修に伴う発掘調査が頻繁に行われ、比恵・那珂合わせて、これまでに 250 か所近い地点が調査され、弥生時代～古墳時代前期を中心とする、様々な遺構や遺物が検出されている。更に南の春日市域には、弥生時代の王墓を擁する須玖遺跡群も広がっており、その様相から、これらの地域は中国の歴史書、いわゆる「魏志倭人伝」に登場する「奴国」に比定されている。この領域では、比恵・那珂と須玖の間に位置する井尻 B 遺跡も含め、特に弥生時代後期を中心とすると見られる、青銅器やその製作に関わる痕跡が多数発見されることでも知られている。同一遺跡群内でも、その痕跡が複数の地点で発見されていて、「奴国」内でも、青銅器

の製作拠点が幾つかの場所に点在していたことが窺える。また、須玖坂本遺跡や、井尻 B 遺跡で小型仿製鏡の鋳型も出土しており、鏡の製作も行われていたようである<sup>(4)</sup>。

那珂遺跡群内だけ見ると、これまでに今回の 114 次調査も含めて、5 カ所の調査地点で鋳型や取瓶、埴塙などの鋳造関連資料が出土している他、遺跡群内の大型前方後円墳、那珂八幡古墳でも、鋳型が 1 点表採されている。この内、8 次を除く 4 つの調査地点は 300m 程の円内に収まっていて、那珂遺跡群でも特に青銅器製作関連遺物の集中する場所であることが分かる。特に 23 次調査では、砥石に転用されたものも含めると、10 点近い鋳型片が出土。9 次調査では 1 / 6 程度の残存であるが、復元すると径が 35cm 程にもなる大型の取瓶と見られる資料も発見されている<sup>(5)</sup>。その内容を見ると、鋳型は、器種の判明したものでは、中広や中細の戈が多い。

114 次調査は、2006 年度に公園建設に伴って行われた。遺跡群内では比較的広い面積が調査され、弥生時代の溝や甕棺墓、住居、古墳時代初頭の前方後方墳や円墳、更に同時代の道路と見られる平行して伸びる 2 条の溝などが検出された。鋳型は全部で 6 点が出土しているが、鋳造に関連する遺構や、製品である青銅器は発見されていないようである。遺跡の詳細は、まだ正式な報告書の刊行前ということで、この程度の紹介に止めておく。

### 3. 調査内容と結果

6 点の鋳型は、黒色化が無かったり、既に水洗いされたものがほとんどで、全くの手つかずは 1 点のみであった。調査対象とした資料は、縦 4.5×横 5.8×厚さ 2.9(cm)の破片で、一つの面に戈の刃部と見られる部分が残る。反対面は大きく不規則な凸凹があり、鋳造に使用された様子は見られず、側面 4 面の内 3 面は、破損により破断面となっている。表面には全体に埋土が 1 ～ 2 mm の厚さで固着している。一部、発掘調査中に破損したと見られる、新鮮な破断面から覗く石材は、北部九州で出土する他の弥生時代石製範と同じ石英長石斑岩とよく似た質感である。

鋳出された器物の範囲は明瞭な黒色を呈しているが、それ以外の部分でも埋土のため観察が阻害されながらも、灰色や黒といった石材や埋土とは異なる色調を呈する部分が各面において観察された。これは鋳型として使用された面のハバキ部分はもちろん、本来の表面を残している側面部、更に破断面となった側面や裏面でも見られる。状況を細かく見るために、実体顕微鏡による観察を行ったところ、まず黒色化した部分では、これまで見てきたものと同様に石材自体が黒変しているのと、それ以外に、予想以上に多くの黒色物質の付着が認められた。また、この範囲に付着した埋土を一部剥がすと、剥がした土の裏側には粉状の黒色物質が貼り付いている状況であった。また、鋳造範囲以外の部分では、肉眼観察で得られた所見の通り、全ての面において、埋土の下層で石材の表層にあたる部分が変色したように黒くなっている様子が看取される。

そこで次に、これまでの調査と同様、表面の蛍光 X 線分析を行った。この方法は試料表面に X 線を当て、含まれる元素から生じる、その元素特有のエネルギーを持った二次 X 線（蛍光 X 線）を検出器で捉え、ピークとして表すものである。どのエネルギー値（あるいは角度）においてピークが出現するかによって、対象試料に含まれる元素が分かると共に（定性分析）、ピークの高さによってその量を計ること

もできる（定量分析）。装置は大型資料用波長分散型（以下 WDX とする）と、微小領域用エネルギー分散型（同 EDX）の二種類を使用した。これらは分析機構の違いの他に、測定領域が前者は 20mmφ、後者は 0.3mmφ という相違がある。前者は広範囲のデータを平均的に捉えることができる反面、局所的な元素偏析の確認などには不向きである。後者はその逆の特性を有しており、対象部分の状況に応じて使い分けることとなる<sup>(6)</sup>。

EDX では、装置の特性を活かし、特徴的な部分を選択した分析を行った。鑄込まれた器物の黒色化した範囲に付着する黒色物質からは、アルミニウム(Al)、珪素(Si)、カリウム(K)、カルシウム(Ca)、チタン(Ti)、マンガン(Mn)、鉄(Fe)といった元素が検出される。特に鉄が非常に強く、次に、珪素、カルシウム、アルミニウムといった順にピークが低くなる。これらの元素は、広く粘土鉱物などに一般的に含まれる元素であり、そのピーク高比も土壌などを分析したものによく似た状況を示している。分析対象が黒色の塊であることから、炭素(C)を主成分とすることが推測されるものの、本装置では炭素は検出不可能のため、この分析ではそれを確認することはできない。その様な中、これまでの調査では、黒色部分ではカルシウムが他の部分に比べて多く含まれる傾向が示されているが、確かに当該箇所でも比較的明瞭に検出されている。ただし、今回はリン(P)は検出されていない。また、上記以外の元素として、銅(Cu)が低いながらも明瞭なピークとして現れ、鉛(Pb)も主線(La 線)部分に僅かな突出が認められる。これらは何らかの鑄造痕跡を示すものとして注目される。別の黒色部分では、珪素やカリウムが強く現れていて、石材の元素が捉えられたものと考えられるが、カルシウムは石材そのものを分析した場合よりは、若干強めに現れている。ここでも、銅、鉛は同じように検出されている。また、黒色部分に付着した埋土を剥がし取った際に、その裏側に付着してきた黒色の粉を、埋土の塊とともに分析対象としたが、カルシウムや鑄造関連元素は思ったほど強く検出されなかった。埋土自身の元素が影響していることが考えられる。合わせて、この剥離試料については、走査電子顕微鏡(SEM)による微細範囲の元素分布調査(マッピング)も試みた。SEMに付属する蛍光X線分析装置は、電子線で蛍光X線を励起するもので、炭素も辛うじて分析可能な元素に含まれる。結果、黒色の範囲と炭素、カルシウムの分布は、同じ挙動を示している。これらは土壌に起因すると見られる珪素やアルミニウムの分布を補完するように広がっており、やはり、黒色の付着物にカルシウムが強く関わっている様子が今回も確認された。

この他、器物の範囲外のハバキ部分を対象としたEDX分析では、ここでも微弱ながら明瞭な銅、鉛のピークが確認されており、鑄造の影響が鑄造範囲外にも及んでいることが窺える。

これを踏まえ、全体の傾向を捉えるため行ったWDXによる分析では、全面をくまなく調査したが、対象とした9カ所の分析対象箇所全てで、鑄造関連元素の検出が、ほぼ同じような傾向を示している。つまり、鑄型として用いられた面以外にも、本来の表面が残る側面、鑄型としての機能が想定できない裏面、更には明らかな破断面の全てで、銅、鉛が明瞭なピークとして検出されているのである。鑄造に関係する面や、それ以外でも本来の表層が残る面では、湯がはみ出すなどして、これら元素が検出されることはあり得ないことではない。しかし、破断面からも検出されるのは、理解不能であった。

そこで、解釈の糸口をつかむため、表面埋土のクリーニングを行った。この作業も、顕微鏡を用い、表面の情報が不用意に失われないように配慮し、筆に純水を付けて埋土と見られる土のみを少しずつ除去している。その結果、事前の顕微鏡観察



などでもある程度は見えていたものの、破断面を中心に鑄型の広い範囲が、黒色に変色していた。ハバキ部分や側面では、変色が小さな範囲で散在するが、特に上下の側面、裏面の一部は広範囲で変色が見られる。この変色は顕微鏡で見る限り、器物が鑄込まれた部分の変色と同じような状況を呈しており、とすれば、注湯時に鑄型が破損するなどして、破断面にも湯が接した事になるのであろうか。

試験的に、クリーニング後にも、側面について WDX の分析を行ったが、クリーニング前と同程度、銅、鉛が検出されており、このことから、これら元素が埋土に含まれるものではなく、鑄型表面から派生したものであることが裏付けられよう。

#### 4. まとめ

今回、那珂 114 次調査で出土した鑄型を、出土後そのままの状態での科学的調査を行った結果、鑄造器物の範囲において、洗浄後の資料よりも良好に黒色物質の付着が確認され、分析によって炭素とカルシウムの存在が認められた。ただ、リンは検出されておらず、やはり物質の同定は行えていない。同時に埋土の影響も大きく、分析に少なからず影響した。

また、本資料では、鑄造に用いられた範囲以外でも黒色化していることが明らかとなり、この部分で銅や鉛といった鑄造に関連する元素が明瞭に認められた。一昨年度の調査も含め、筆者はこれまで 50 点を超える福岡市内出土の鑄型を比較的詳細に観察してきたが、今回のように破断面が広く黒変した資料は見た記憶がない。非常に特異な資料と見ることもできる一方、過去、今回のように資料の洗浄前から顕微鏡観察などを行い、それに基づいたクリーニング作業が行われた事例は、おそらく無いと思われ、このような事例を前提とした洗浄や調査が行われていた場合との比較は困難である。ここで見られた黒変は広範囲で器物の彫られた範囲と同じようなものであることから、通常の洗浄でも失われる様な事はないであろうが、より詳細に状況を把握する上では、できるだけ手つかずの状態での調査が望ましいと思われる。

いずれにしても、本例の状況が仮に注湯時の破損によるものとすれば、当時の鑄造技術を知る上での、新たな手掛かりとなるかもしれない。また鑄型はその後、砥石に転用されることが多いが、本例のように鑄造時の痕跡を多分に残していることが分かれば、転用されていないことは明白であろう。その様な鑄型の履歴を確実にするためにも、出土後、不用意に取り扱うことなく必要な情報が取得されることを望むものである。

#### 註

- (1) 比佐陽一郎 2005 「鑄造関連資料における使用痕跡の保存科学的調査(予察)」『鏡範研究Ⅲ』奈良県立橿原考古学研究所・二上古代鑄金研究会
- (2) 古代中国では骨粉は漆器の下地に使用されており、その技術は秦～漢代まで遡ることが知られている。岡田文男 1995 『古代出土漆器の研究』顕微鏡で探る材質と技法 京都書院
- (3) 比佐陽一郎・江島伸彦 2007 「福岡縣久留米市寺徳遺址出土鏡範の文物保護調査」『齋

國故城出土鏡範和東亞的古鏡－齋都臨淄：漢代銅鏡製造中心國際學術檢討會論文集－』  
日本奈良縣立橿原考古學研究所

(4) 清水康二(編)2004『鏡範研究Ⅰ』奈良県立橿原考古学研究所・二上古代鋳金研究会

(5) 比佐陽一郎 2005「奴国」域(福岡平野)で出土した青銅器製作関連資料について」『九州考古学』第80号 九州考古学会

(6) 蛍光 X 線分析装置の仕様と作業条件は次の通り。エネルギー分散型微小領域蛍光 X 線分析装置(エダックス社製/Eagleμ probe) / 対陰極：モリブデン(Mo) / 検出器：半導体検出器 / 印加電圧：40kV・電流：任意 / 測定雰囲気：真空 / 測定範囲 0.3mmφ / 測定時間 120 秒

波長分散型蛍光 X 線分析装置(フィリップス社製/PW2400) / 対陰極：スカンジウム(Sc) / 印加電圧・電流：30～60kV・50～100mA / 測定雰囲気：真空 / 測定範囲 20mmφ / 分光結晶：フッ化リチウム・ゲルマニウム・PET・金属多層累積膜 / 検出器：シンチレーション計数管・ガスフロー検出器