

1. 序 論

本 研究에서 保存處理한 對象은 1975年 發掘한 慶州 皇南洞 第98號 古墳(南墳)의 副槨에서 採集된 鐵製 武器類 出土品들로 鐵斧 9點, 鐵製 鋤端 2點, 방주형 鐵棒 3點, 鐵製 刀子 3點, 鐵鍬 8點, 鐵鎚(大) 3點, 鐵鎚(小) 3點, 鐵鉞 28點, 鐵製 鋸頭大刀 8點 總計 62點이었다.

경주 황남동 고적마을 조사단에서 上記 遺物들을 引受할 당시(1980년 11월 11일) 이들의 狀態는 極히 제한된 寸자를 제외하고는 外觀上 腐蝕과 破損 및 龜裂이 甚하였었다. 또, 重量測定, 電氣抵抗測定, 磁氣測定, 立體顯微鏡으로 精密外觀檢査 등을 하여 본 結果 遺物들은 二 種類, 形態, 出土位置에 따라 腐蝕된 모양이 다르고 흙, 木質 등이 붙어 있었으며 鎧 부분은 주로 붉은 녹으로 덮혀 있었으나 균열된 더께 조각이 떨어져 나간 內部는 대부분 검은 색의 녹덩어리로 남아 있었고 이 검은색 녹은 磁性이 많은 것으로 보아 magnetite(Fe_3O_4)로 되어 있음을 推定할 수 있었다.

한편 鑄造品으로 보이는 鐵斧, 鍛造品으로 보이는 鐵鉞과 鐵棒 등 상태가 비교적 양호한 몇 點 중의 어떤 것은 한 品目에서도 腐蝕의 程度가 物品의 部位에 따라 달라져 物品의 一部에는 두꺼운 부식 더께가 붙어 있었으나 다른 一部는 견고한 얇은 산화피막으로 덮혀 있어서 흥미있는 腐蝕研究材料로 생각되었었고 또 어떤 것은 外觀으로보아 산화물 더께가 많이 덮혀 있으나 重量으로 미루어 보아 鐵心이 아직 많이 남아 있음을 짐작할 수 있었다.

慶州 現場에서 發掘當時 參與하였던 調査員¹⁾에 의하던 出土品이 나온 土壤이 전적할 정도로 물끼가 많았다고 하며 副槨底土의 원소 성분은 原子力 研究所의 土壤分析결과²⁾ Fe 6.19%, SiO_2 25.27%, Mg 0.42%, P>0.4%, K 2.27%, Ca 0.55%, Mn 508 ppm 이었고 기타 副槨內位置에 따라 Al, Cu, Na 등이 확인되었다고 한다. 여기서 Na 성분은 鹽分이 있음을 알려주는 것이다.

以上 言及한 腐蝕의 程度, 특징, 부착된 흙 및 木質의 狀況, 鐵心의 殘存狀態, 埋沒條件 등에 대한 事前 調查를 行한 후 保存處理 方針을 다음과 같이 세웠다.

- 1) 鹽分이 있는 低濕地에서 出土한 것이므로 脫鹽處理를 함.
- 2) 物品 種類別 X-線透過사진에 의한 構造 및 原形의 追加확인.
- 3) 元素 spectrum 調査에 의한 피복된 더께의 成分分析.

4) 녹 및 더께는 原形을 損傷하지 않는 범위내에서 제거하고 원형이 파손될 염려가 있을 때에는 그대로 둔다.

5) 鐵心이 뚜렷한 物品은 가능한한 顯微鏡 組織 觀察을 하여 古代 新羅 金屬技術의 發展像을 考察해 본다.

6) 補強 및 強化와 保存을 위한 處理는 油性아크릴(acryl)系 수지를 사용하여 行한다. 이 수지는 線形分子로 되어 있으므로 附着力과 可塑性이 좋을 것이고 油性이므로 濕氣를 禁忌로 하는 腐蝕문제에도 瑕疵가 적은 것임.

특히 제 5) 項에 관한 것은 安일하게 유물들의 保存을 위한 處理단을 하여 놓는다는 단순한 생각에서 떠나, 유물의 원형을 훼손하지 않는 한도내에서 가능한 방법을 동원하여, 科學史의 立場에서 우리 선조들의 금속제조 技術을 추적해 보는 것이 보존처리과정에서 꼭 수행되어야 할 중요한 과제라고 생각하여 이제까지는 保存科學分野에서 등한히 하였던 하나의 研究 方向을 提示하고자 試圖한 것이다.

2. 遺物의 狀態와 特徵

鐵斧 9點中 2點은 전체 형태가 사다리 꼴을 하고 있었으며 “鑿部斷面”(以下 따옴표 “ ” 한 專門용어와 記述事項은 參考文獻 3에서 引用한 것임)도 사다리 꼴로서 상태가 양호하였고 이들 중 하나(整理番號 A-1)에 대한 X-線 투과사진에 의하면(그림 5 참조) 物品 外部와 내부가 다른 材質로 되어 있음을 알 수 있었다. 이들은 본 보존처리 과정 중 가장 흥미있었던 物品中 하나로서 後述한 研究結果 物品 外部는 鐵材, 內部는 진흙類의 土材로 된 鑄造品으로 확인되었고 이로 부터 古代 新羅人의 鑄造技術을 추측할 수 있었다.

나머지 鐵斧 7點은 “斷面이 타원형으로 되게 찍어 찍은 鑿部에 斧身이 붙어 있는 형식으로 斧身의 모양은 長方形이고” 鑿部에는 木質이 붙어 있었다. 이 中 하나(整理番號 A-6)에서는 更께 처리과정 中 鐵心이 뚜렷하게 남아 있는 것을 우연히 발견하였는데 A-6의 전체적인 腐蝕의 형태는 層狀의 magnetite 更께層들이 中心部의 비교적 두꺼운 잔존鐵心을 둘러싸고 있는 모양이었고 後에 이 鐵心의 현미경조직 검사를 하여본 結果 鐵材는 놀라울게도 鍛造된 鋼材이어서 古代 新羅人들이 製鋼技術을 갖고 있었음을 알 수 있었다.

鐵鉞 28點은 “鑿部” 斷面이 모두 圓筒形이고 길이 20cm 정도 의 小形에서 76cm 에 이르는 大形 등 크기가 여러가지였으며 鉞身의 형태는 양쪽에 칼날이 나 있는 劍形, 또는 “三翼形” 등이 있었고 “鐔”의 有無,

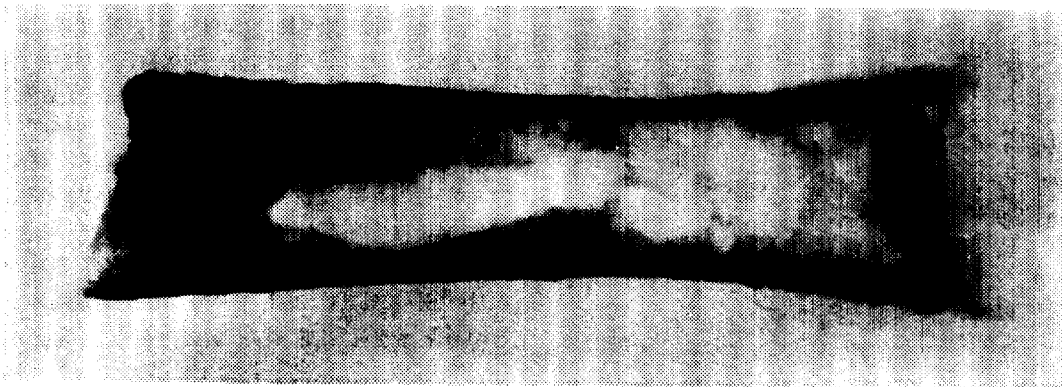


그림 1. 鐵斧의 X-線 투과사진. 外部와 內部 中央이 다른 材質로 되어 있음을 나타내고 있다.

“鋸部에서 鋒部에 이르면서 斷面이 菱形으로 鉞身까지 뻗어나간 細長한 것” 등 形態가 다양하였다. 또 어떤 것은 鋸部 끝을 삼각형으로 도려졌으나 어떤 것은 그렇지 않았었다. 한편 鋸部內에서는 木質이 많이 발견되었는데 더욱이 흥미있었던 것은 鋸部 끝에 창대로 사용한 木部를 固定시키기 위한 것인듯한 못(釘) 구멍이 양쪽에 나 있는 것과 殘存한 못의 형태가 뚜렷한 것 등이 눈에 띄어 과정 중에 발견된 것이다.

鐵鉞가운데 斷面이 菱形인 細長品中 하나(정리번호 H-1) 鋸部의 腐蝕이 심한데 반하여 鉞身부분은 腐蝕도가 비교적 輕微하여 소위 galvanic corrosion 현상이 두 부분사이에서 일어났었던 것이 아닌가 하고 눈길을 끌었었으며 X-線투과사진 촬영결과 鐵心이 많이 남아 있음을 알 수 있었다. 鉞身部分의 견고한 산화피막을 벗겨 현미경 조직관찰을 한 결과 이 鐵材도 역시 鋼種이었고 炭素含量은 A-6의 경우보다 더욱 적은 것 같았다.

鐵製鑿頭大刀 3點은 길이 82-86cm, 刀身幅 3.5cm 정도이었고 각 품목이 모두 3~4개로 破斷되어 있었으며 1개는 칼끝의 鑿頭와 刀身部 사이의 部分이 引受時부터 없었었다. 또 원래 나무칼집에 끼워져 있었던 것인듯 表面에는 多量의 腐蝕된 木質이 붙어 있었다. 이 중 하나의 X-線透過사진을 보면 本體는 거의 녹으로 칠십이 없었으며 이는 중량 측정으로 미루어 보아도 짐작할 수 있는 일이었다.

鐵鉞(大) 3點中 1點에는 引受時 外接着된 것이 2點 붙어 있었는데 後述할 處理過程에서 外接着品の 分離가 불가능하여 그대로 接着된채 처리하였다. 한편 表面에는 球形으로 突起된 녹이 많이 돌아나 있는 아주 흥미있는 腐蝕形態를 나타내고 있었고 重量으로 보아 鐵心이 거의 全無하다고 추측하였는데 X-線透過사진에 의하면 예측했던 바와같이 돌기된 녹부분이 두

릿할 뿐 칠십은 거의 없었다.

鐵鉞(小) 3點中 1點에는 引受時 外接着된 것 1점이 붙어 있었고 부식된 형태 및 칠십은 (大)의 경우와 비슷하였다.

鐵棒 3點은 중량으로 보아 칠십이 다량 남아 있었으며 表面 兩端에 木質이 붙어 있었다. 칠십이 가장 두텁하고(이는 X-線 투과사진으로도 확인되었다.) 부식도가 적은 物品(整理番號 C-2)의 현미경 내부 조직 검사결과 예상대로 단조품임이 판명되었는데 것도 鋼材이었다.

鉞端 2點은 參考文獻 3에 서술된 대로 “U字 모양이고 內側に V字形의 溝”가 파여져 있었으며 여기에 腐蝕된 木質이 插入되어 있었다. 이 중 1개는 원형에 가깝고 突起形 녹이 많이 붙어 있었는데 2쪽으로 갈라져 있었고 다른 1개는 3쪽으로 갈라져 있었으며 U字形의 양끝부분이 원래 없었었다. 이들 중 後者에 대한 X-선 투과사진에 의하면 칠십이 거의 없고 돌기형 녹부분만이 뚜렷히 나타났다.

鐵鑿 8點은 鐵身의 斷面이 약간 각이지고 “後尾에 斷面 圓形의 莖部가 이어져 있었고” 莖部에는 木質이 많이 붙어 있었다. 參考文獻 3에 서술된 대로 “鐵身의 先端 鋒部의 形態는 蛇頭形과 刀身形”의 두 가지가 있었다. 鐵身長은 11~16cm 內外이었다.

鐵製刀子 3點은 길이 9cm 정도, 刀身幅 1.5cm 內외의 小刀子들로 表面의 녹은 형태가 微細하고 X-線透過촬영결과 미세한 표면의 녹의 형태가 그대로 나타나고 칠십은 거의 없었다.

3. 녹의 형태 및 종류별 定性 成分分析

그림 2는 유물 표면의 녹중 특징있었던 것들을 별도로 모아 놓은 것이다. 이러한 녹의 형태는 地下에 埋藏되었던 鐵製遺物이 어떠한 機構에 依하여 腐蝕되

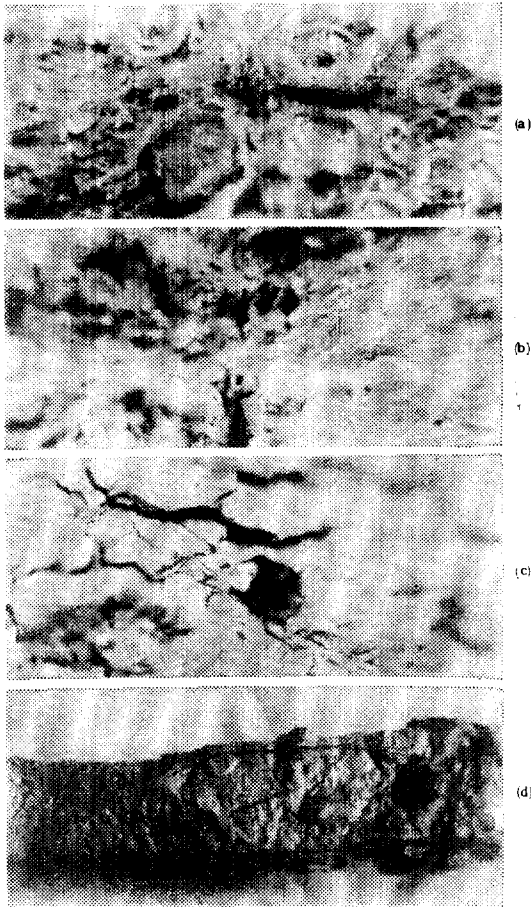


그림 2. 철제 유물에서 발견된 여러가지
종류 있는 녹의 형태

있는가를 推定할 수 있는 좋은 자료로서 관심의 대상이 될 뿐만 아니라 短時日 內에 形成되는 것이 아니기 때문에 靑銅製品의 아름다운 綠色의 녹(Patina)에 못지 않게 古色의 흔적을 나타내는 것이어서 本 保存處理과정에서도 될수록 제거하지 않고 유물 표면에 그대로 남겨두었다.

그림 2a 와 2b 의 녹은 鑄造品으로 보인 鐵斧(整理番號 A-1)에서 관찰된 것으로 2a 에서는 마치 火山의 噴火口 모양의 녹(暗褐色이었음)이 여기저기 형성되어 있음을 볼 수 있으며 2b 에서는 그림의 中央 下部에 형태가 뚜렷한 항아리(또는 꽃병) 모양의 圓筒形 녹이 붙어 있음을 알 수 있다. 이와 유사한 형태의 녹은 또한 黃色의 흙과 木質이 많이 붙어있던 철경, 삽단 등에서도 관찰할 수 있었다.

일반적으로 진흙이나 습한 땅에 묻어 놓은 鐵材에서 孔蝕(pitting)이 일어날 때 pit 내에는 황산염(Na_2SO_4)

을 환원시키는 嫌氣性 박테리아가 많이 발견되고 게다가 鐵材의 表面에 木質같은 有機物質이 붙어 있으면 纖維質이 分解하여 박테리아에 영양분을 공급함으로써 박테리아의 존재는 더욱 뚜렷해 진다고 한다⁵⁾. 이러한 때에는 酸素量이 불충분하더라도 鐵材의 腐蝕이 현저히 증가하는 것을 볼 수 있는데 황산염을 환원시키는 박테리아가 鐵材의 腐蝕을 촉진시키기 때문이라고 알려져 있다. 이제 출토된 유물에 황색의 흙과 木質이 많이 붙어 있었던 것을 염두에 두고 古墳內의 腐蝕周圍氣를 상상해 보면 비록 發掘當時에 질퍽할 정도로 습기가 많았다고 하나 封墳으로 쌓여 있어 外氣와 차단된 상태이어서 산소의 공급이 불충분하였을 터인데도 腐蝕의 정도가 심한 것을 보면 위에 말한 황산염 환원 박테리아에 의한 부식이 상당히 지배적이었을 것이라 예상된다. 그러니까 그림 2a 에서 噴火口 모양의 녹의 움푹파인 부분은 부식이 처음으로 시작되었던 pit (孔蝕部位)에 해당되고 주위에 솟아 올라온 부분은 腐蝕生成物인 鐵水酸化物 등이 堆積된 모양이라고 생각할 수 있다. 이렇게 상상하면 그림 2b 의 원통형 녹은 아주 조그마한 pit 주위에 鐵水酸化物의 堆積狀態가 점점 높아져서 항아리 모양이 된 것이라 생각할 수 있다.

그림 2c 는 철모의 鑿部에서 관찰한 녹의 형태로 가운데 구멍이 뚫린 것은 앞에서 설명한 못(釘) 구멍에 해당된다. 그림에서 볼 수 있듯이 부식된 모양은 層狀의 부식생성물 더께가 鑿部 全表面을 덮고 있는 형태인데 이러한 腐蝕形態는 鐵斧의 斧身, 鐵鋌內部에서도 관찰된 것으로 一種의 “hydrogen blistering” 또는 “ H_2S 에 의한 blistering 현상”이 먼저 일어나 鐵材가 마치 合板을 포개어 놓은 듯이 層層이 갈라져 나간뒤에 各板에서 부식이 진행되어 생긴 모양과 같았다. 여기에서 H_2S 에 의한 blistering 을 言及한 것은 위에서 論한 박테리아에 의한 부식이 일어나면 H_2S 가 中間生成物로 생기고 이것이 鐵材와 반응하여 생긴 수소원자가 鐵材 內部로 침투, 高壓의 수소가스로 축적되면 H_2 blistering 과 같은 현상이 발생하기 때문이다.

한가지 더 덧붙일 사항은 層狀으로 갈라진 방향이 거의 모두 遺物의 表面과 水平한 방향이고 특히 鍛造品으로 보이는 物品에서 이러한 腐蝕形態가 뚜렷하였는데 단조과정중 거철을 加熱과 冷却 cycle 이 계속됨에 따라 物品의 內部 中央部와 外部 表面사이에 걸쳐 현미경 조직이 다른 phases가 層層히 형성되어 이 層 사이가 바로 blistering 이 일어날 수 있는 결합의 자리로 되지 않았나 생각된다.

그림 2d 는 방주형 鐵棒에서 관찰된 녹으로 비교적 두꺼운 부식 생성물 더께가 덮혀 있었고 철봉의 도서리

表 1. 유물의 종류별 녹의 정성분석

녹이 채취된 종류 유물 () 내는 整理番號	성분(단위; p. p. m)		
	Cu	Mn	Si
철 부 (A-2)	80	650	3800
철 제 삼 단 (B-2)	30	430	>1%
방 주형 철 봉 (C-3)	60	180	1800
철 제 도 자 (D-1)	900	280	3800
철 축 (E-8)	60	380	9000
철 정(대) (F-1)	80	250	1500
철 정(소) (G-2)	90	180	1000
철 모 (H-1)	50	250	2200
철 모 (H-26)	15	700	7500
철제 환두대도 (I-1)	25	620	6000

부분에서는 길이 방향으로 균열이 나 있는 것을 볼 수 있었다. 이 균열은 네모난 철봉의 四面에서 각각 鐵材가 부식되어 鐵보다 부피가 큰 酸化合物들로 成長하다가 각 모서리에서는 이 산화물 더께층이 서로 부딪치게 되어 일어난 현상이라고 생각된다.

斷面이 네모진 유물에서는 그림 2d와 유사한 형태의 부식이 종종 발견되었다.

遺物의 種類別 定性 成分分析은 spectrograph에 의하여 半 定量的으로 알아보았는데 表 1에 나타낸 바와 같이 Cu, Mn, Si 등이 檢出되었다. 이 중 Mn, Si는 鐵鋼의 5大成分에 속하는 것이다.

4. 현미경 조직검사를 통한 고대 신라 금속기술의 발전상 고찰

本 保存處理 研究를 행하면서 가장 흥미있었던 사실은 X-線 判讀結果 및 녹 제거 과정에서 鐵心이 발견된 遺物에 대한 현미경 조직검사를 수행하고 이 결과 古代 新羅의 金屬技術 發展像을 推定할 수 있었던 것이다. 研究의 對象이 된 遺物은 아래에 요약한 바와 같은 4點이었고 이들의 實測사진을 그림 3에 나타내었다.

- ① 철부(A-2); 녹 처리결과 鑿部에 가까운 부분은 外觀上으로 보아 白銹鑿物의 光澤을 나타내었고 斧身部는 좀 더 거친 녹으로 덮혀 있어 原形保全을 위하여 더 이상 녹제거는 하지 않은 것이다. 鑄造 결합이 銹部에서 보였고(그림 4a, 4b) X-선 판독 결과 내부재질이 外部 鐵材와 틀린 것이 발견되어 고대 신라인의 구조기술을 알아볼 수 있는 기회가 되었다.
- ② 철모(H-1); 녹 처리결과 銹身에서 金屬광택이 나타났으나 鑿部는 역시 더 거친 녹으로 덮혀 있었다.

外觀上으로 보아 단조품임을 알 수 있었다.

- ③ 철부(A-6); 녹 처리 결과 斧身의 옆 부분에서 鐵心을 발견하였고 역시 外觀상 단조품으로 보인 것이다.
- ④ 철봉(C-2); 녹 처리 결과 중앙부에서 두껍고 튼튼해 보이는 鐵心이 나왔다. 역시 外觀상 단조품으로 보인 것이다.

이들의 현미경 조직검사 결과 外觀上 鑄造品과 鍛造品으로 보인 遺物이 금속현미경 조직사진으로도 역시 鑄造 및 鍛造材로 확인되었으며 이들을 鑄造材와 鍛造材로 大別하여 설명하면 다음과 같다.

가. 鑄造材의 鑄造技術 推定 및 金屬顯微鏡組織

그림 4d는 鐵斧의 형태를 各 方向에서 觀察하고 推定해 낸 新羅時代의 鑄造方法 및 鑄型材料를 나타낸 것이다. 이와 같은 推定은 다음과 같은 點들에 着眼하여 생각해 낸 것이다.

- ① 그림 4a와 4b를 보면 鐵斧의 上部와 側面은 表面이 美麗한데 비하여 그림 4c에 나타낸 鐵斧의 밀면은 表面이 거칠고 酸化가 심하여 녹 제거 과정에서 上部와 측면의 녹은 drill을 써서 비교적 쉽게 제거할 수 있었으나 밀면에 부착된 녹은 아주 견고하여 腐蝕으로 인한 산화물 더께가 다짐을 느낄 수 있었다. 이러한 外觀은 전형적인 단조품에서 나타나는 현상으로 鐵斧의 밀면(그림 4c)이 원래 鑄型의 上部(그림 4d)에 해당되어 鑄造時 高溫에서 外氣와 접촉되어 酸化가 일어났었거나 주조시 용탕내에서의 不純物의 浮上 또는 外部로부터의 不純物의 介介에 따라 이와 같은 견고한 酸化層이 形成되었을 것이다.
- ② 그림 4a, 4b, 4c의 左端을 주의해 보면 鑿部 끝에 사다리꼴 모서리를 따라 鑄造때의 덧살이 붙어 있고 더욱이 鐵斧밀면에 해당하는 그림 4c의 左端에는 半月形의 덧살이 뚜렷이 붙어있다. 이것은 그림 4d에 점선으로 둘러싼 검은 부분인 鑄造 core를 鑄型에 박을 때(그림 4d에서와 같이 core를 鑿部 左側에 附着시킬땐함) 鑄型과 core의 접촉부분에 생긴 네모꼴 홈으로 용탕이 흘러들어 가서 생긴 덧살일 것이다. 그러니까 鐵斧 밀면 左端의 半月形 덧살은 鑿部左端에 해당하는 鑄型上部에 熔湯이 넘쳐 흘러 생긴 덧살이라고 볼 수 있겠다.
- ③ 그림 4e는 A-2와 類似한 형태의 鐵斧(整理番號 A-1) 밀면(그림 3a 上段右側 遺物의 밀면에 해당)을 擴大 實測한 사진으로 그림 1의 X-선 부과 사진과 대조하여 보면 그 형태를 더욱 뚜렷히 알 수

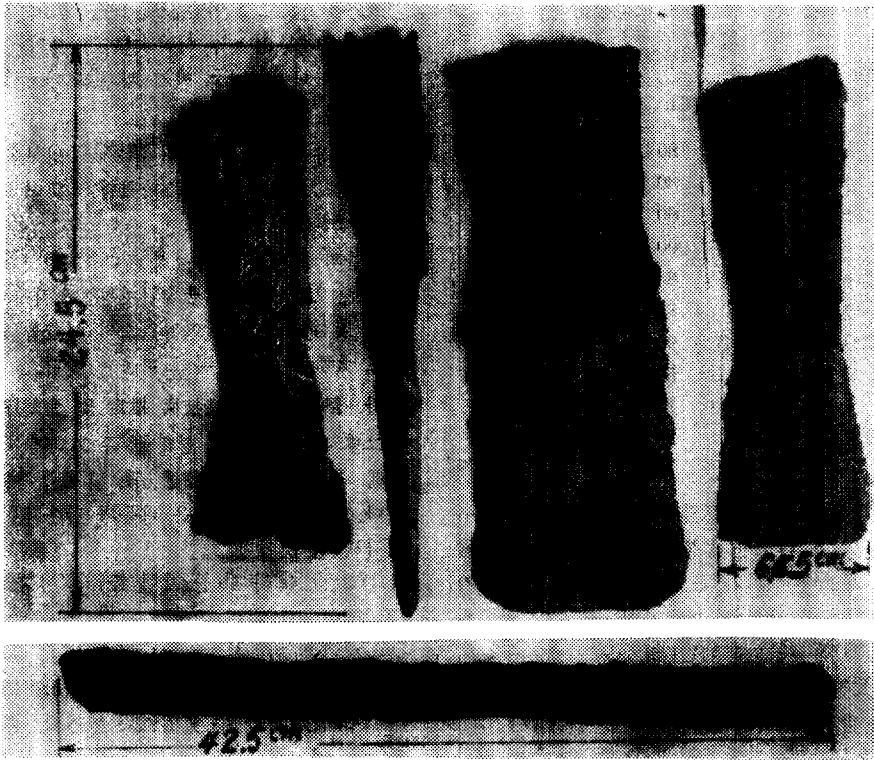


그림 3a 금속현미경 조직검사의 대상이 된 유물의 실측사진. 上段 왼쪽부터 鐵斧 (A-2), 鐵鉞(H-1), 鐵斧(A-6). 下段 鐵棒(C-2)

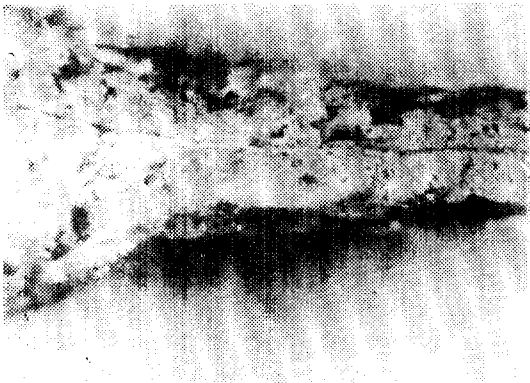


그림 3b A-6의 현미경조직 관찰부위

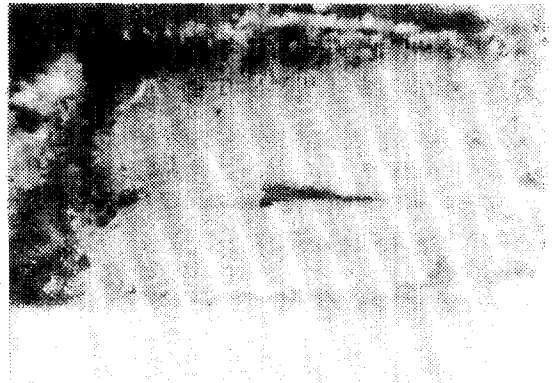


그림 3c C-2의 현미경조직 관찰부위

있으며 그림 4e 中央의 홈 부분은 熔湯의 공급이 충분치 못하여 core가 그대로 露出된 모양이 나타난 것이라 짐작할 수 있다. 이것은 鐵斧의 밑면이 鑄型의 上部가 될을 증명하는 것이다.

한편 core材料는 鐵屑을 사용한듯 하였는데 鐵斧內의 core를 drill로 잘아보던 붉은 벽돌을 뚫는 것보다 더욱 견고하였었다. 이로 미루어 보아 core

는 鐵屑類를 燒結시킨 재료를 사용한 것으로 推定된다. 鑄造는 그림 4d에 화살표로 나타낸 바와 같이 斧身의 끝인 剪斷部分에서부터 熔湯을 注入한듯하며 용탕주입 부분이 마지막으로 응고하여 산화상태가 다른 부분에 비하여 차이가 있는것 같았다. 鑄型材料도 또한 鐵屑을 사용한듯 通氣性이 좋지 못하여 鑄造時에 鑄型內에 있던 공기가 외부

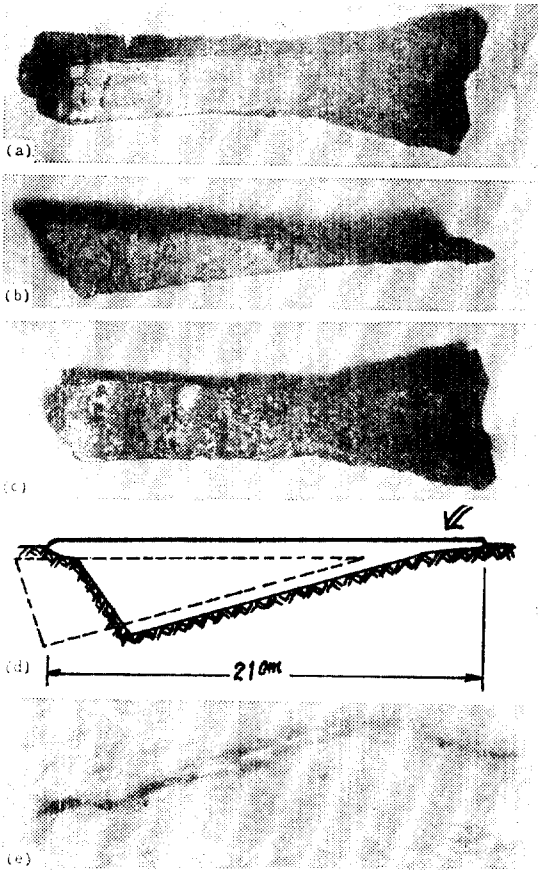


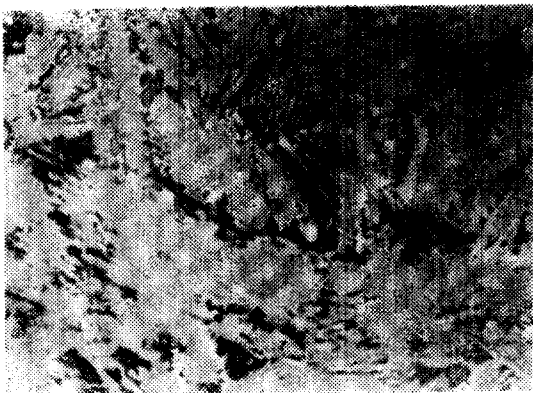
그림 4. (a)~(d) 신라시대의 주조방법 추정모형도(鐵斧 A-2)
(e) 鐵斧(A-1)에서 발견된 주조 결함. 중앙의 홈은 core가 노출된 것임.

로 원활하게 배출되지 못하여 생긴듯한 핀홀이 遺物의 表面에서 많이 발견되었다. 또한 그 당시 사용한 熔湯의 溫度도 충분히 높지 못한듯 하였는데 이는 그림 4a, 4b에서 볼 수 있듯이 鑿部 左段部에 溫度勾配에 따른 鑄造 缺陷이 홈 모양으로 뚜렷이 나타난 것을 보아 알 수 있다. 그림 5는 A-2 밀년의 鑿部 끝 半月型 덧살에서 얻은 금속 현미경 조직 사진이다. 鏡面은 CW 1000번의 emery paper로 일차 연마하고 0.5 μ alumina powder로 최중연마하여 얻었고 현미경조직은 5% picric acid로 局部에청후 관찰하였는데 단 에칭후에는 흐르는 증류수로 수차 세척하여 다른 부분에 etchant가 묻는 것을 방지하였다. 以下 언급한 현미경조직 사진은 모두 이러한 과정을 거쳐 얻은 것이다. 그림 5를 보면 오늘날의 주조기술을 사용하여 얻은 共晶組成(탄소함량 4.3%) 근처의 白鉄鑄鐵에서 관찰할 수 있는 전형적인 현미경 조직⁴⁾을 나타내고 있는데 사진에서 흰색은 cementite 검은색은 ferrite와 cements가 복합된 pearlite 조직에 해당된다.

나. 단조품의 현미경조직

그림 6, 7, 8은 각각 철모(H-1), 철부(A-6), 철봉(C-2)에서 측정된 금속현미경 조직사진이다. 철모에서의 조직은 그림 3a에 보인 斷面菱形의 細長形 철모의 鋒部和 銼身の 접촉부위에서 얻은 것이고, 철부에서는 그림 3b에 나타난 부분(鑿部에 가까운 銼身부분)에서 철봉의 경우는 바로 철봉 中央부분에서 관찰된 것인데 특히 철봉의 경우 그림 3c에 나타난 바와 같이 조직 관찰 부위에 腐蝕균열이 있었다.

그림 6a의 철모의 조직사진은 martensite 조직에 가

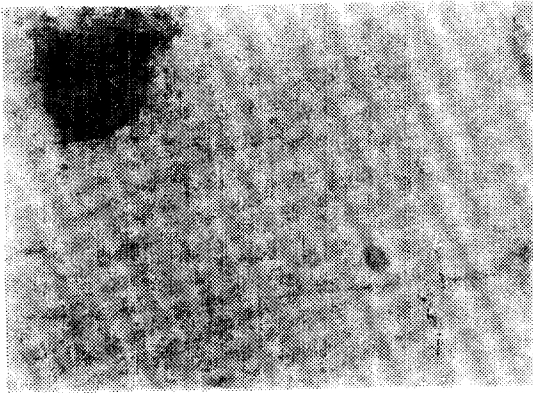


(a)

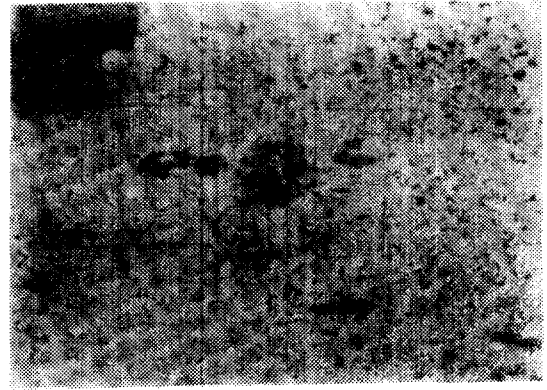


(b)

그림 5. 鑄造鐵斧(A-2)에서의 현미경 조직 사진(100X)

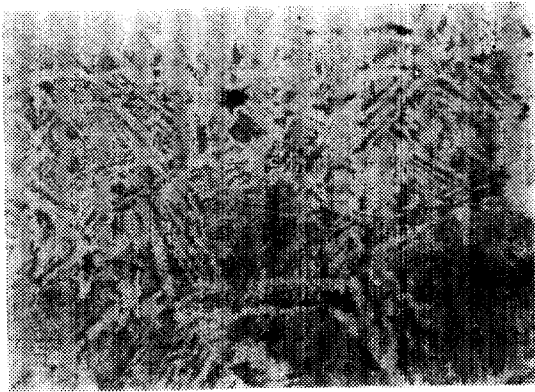


(a)

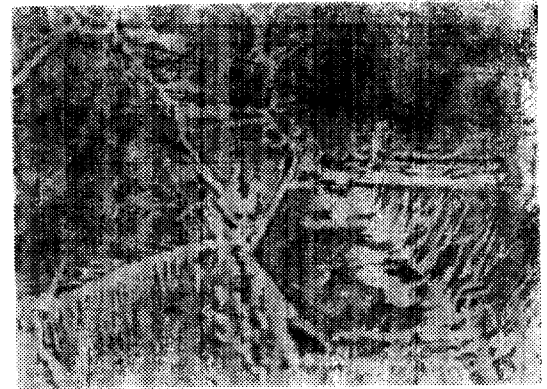


(b)

그림 6. 鐵銼에서의 금속현미경 조직사진(100X)

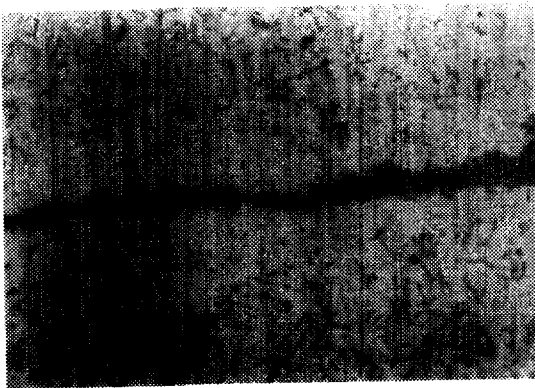


(a)

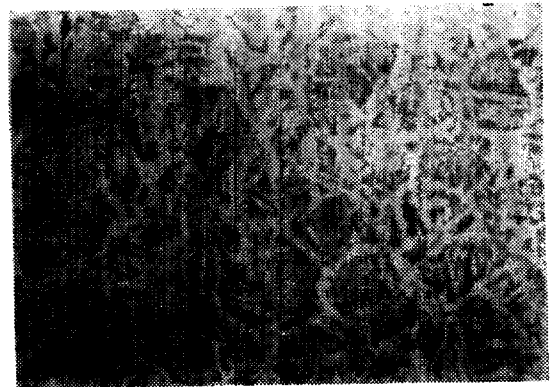


(b)

그림 7. 鍛造鐵斧(A-6)에서의 금속현미경 조직 사진(100X)



(a)



(b)

그림 8. 鐵銼(C-2)에서의 금속 현미경 조직(100X)

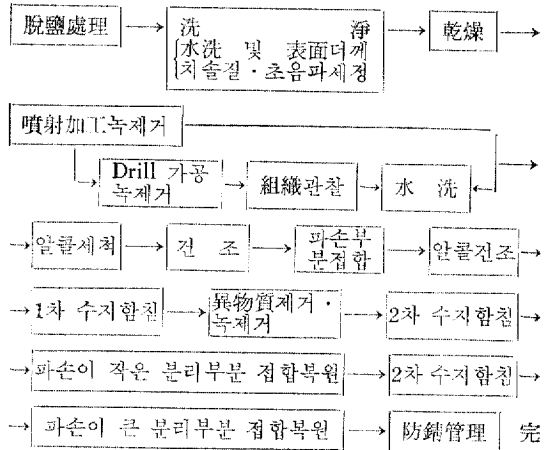
까운 pearlite(사진에서 흑색)와 ferrite相(사진에서 白色)을 나타내고 있으며 銼身の 中心部(菱形的 꼭지점)로 갈수록 점점 pearlite가 많으며 粗大化되어가는 조직(그림 6b)이 관찰되었다. 그림 6a의 조직은 다음 2가지 중 하나일 것으로 추정된다. 첫째, 탄소함량이 0.2% 정도의 鋼組織으로 侵炭雰圍氣에서 900°C로 加熱한 후 空冷하고 다시 780°C로 재가열한 뒤 水冷한 低炭素鑄鋼에서 나타나는 조직⁴⁾, 둘째, 低溫度에서 鍍강식으로 부터 직접 철을 재련하므로써 탄소함량이 적고 반 용융 상태로 제조된 鍊鐵(wrought iron) 조직. 이 두번째 추정은 그림 6a와 b에서 볼 수 있는 짙은 검은색 부분이 환원되지 않은 鍍강식으로 부터 반 용융 상태로 직접 제조된 연철은 可鍛性은 있으나 鑄入性이 없기 때문에 鋼과 구별되기는 하나 여하튼 그림 6a와 b의 조직은 古代 新羅人이 製鋼技術이 있었다는 놀라운 사실을 뒷받침하는 것이며(木材로 製鋼하였을가?) 銼身에서의 위치가 剪斷부분으로 갈수록 미세한 pearlite와 ferrite로 된 조직이 관찰되는 것으로 보아 剪斷부분은 예상과 같이 鍛造加工과 위에 말한 熱處理를 많이 받았음을 추측할 수 있어 熱處理 知識도 상당한 경지에 있었음을 알 수 있었다.

그림 7의 鐵斧조직사진은 역시 ferrite(白色부분)와 pearlite(흑색부분) 조직을 보이고 있으나 그림 6a와 비교해 볼 때 조직이 粗大하며 ferrite는 열처리 온도가 과대할 때 흔히 나타나는 Widmannstätten 조직을 보이고 있다. 또한 粗大化현상은 그림 7b에서 볼 수 있듯이 中心部로 갈수록 pearlite 조직이 크게 성장되어 있었다. 그림 6과 7을 비교하면 pearlite 양이 많아진 것은 탄소함량이 증가한 때문이라 볼 수 있는데 이로 미루어 보아 철부(A-6)는 다소 高炭素鋼(탄소함량 0.4~0.6%)이 아닌가 생각된다. 또 중심부로 갈수록 조직이 조대하게 된 것은 前斷部가 鍛造熱處理를 받았기 때문이라 생각된다.

그림 8은 역시 탄소강으로 탄소함량이 0.45% 정도로 추정되는 현미경조직 사진이다. 이 그림에서의 특징은 그림 8a의 균열부위에 주로 ferrite相(밝은색)이 밀집되어 있고 균열부에서 멀어질수록 pearlite가 현저히 증가하고 있는 것이다. 이는 균열부위에서 부식이 일어날 때 ferrite相은 anode, carbide相은 cathode로 작용할 것이므로 ferrite 상이 선택적으로 부식되는데 carbide를 둘러싼 ferrite 상이 부식되면서 중심부의 carbide를 떨어져 나가게 하여 부식되는 균열부위에 오직 ferrite 상만이 남아 있게 된 것이라 해석할 수 있다. 한편 鍍鋼에서도 표면에 가까와 질수록 단조가공의 영향인 조직이 다소 미세화 되는 경향을 보이었다.

5. 保存處理方法 概要 및 結果

保存處理는 日本 奈良 國立文化財研究所 發行 埋藏文化財 News 23⁶⁾을 참고로 한 후 序論部에서 서술한 事前計劃에 입각하여 獨者의인 方法을 開發하여 處理하였다. 處理過程은 다음과 같았다.



1) 脫鹽處理 및 洗淨

小形 品目은 “하이타이”로 깨끗히 세척한 gauge로 싸서 비이커에 담고 45°C로 유지된 항온조에서 ion 교환수지를 통한 증류수(Cl⁻<5PPm)로 1일간 침적 탈염하였고, 大形 品目은 heating coil로 45°C로 유지시킨 大型水槽에서 프라스틱제 tray 위에 上記 gauge로 싸서 놓고 탈염하였다. 탈염의 확인은 0.1M 전산은으로 AgCl 침전생성여부를 확인하였는데 탈염조에서 나온 유물을 흐르는 증류수로 Cl⁻이온이 없을 때까지 세척하면서 아울러 치술질로 표면의 흠 및 녹을 제거하였고 또 小品은 조음파 세정기 내에서 세정하였다.

2) 건조

모든 건조는 법랑으로 코팅된 tray 내에서 메칠알콜에 침지 후 실리카겔이 들어있는 아르셀 상자내에서 常溫下에서 건조하였다.

3) 噴射加工 녹 제거

洗湯時 치술질에 의한 표면 녹 제거는 철갑에 붙어 있는 녹은 제거할 수 있었으나 표면에 견고하게 붙어 있는 녹은 제거할 수 없었다. 또 녹을 제거하면 부식이 심한 품목은 균열·파손이 심하여 air compressor로 加壓된 압축공기내에 Al₂O₃ 분말微細粒을 同伴시켜 nozzle을 통하여 나오게 하여 녹을 때려 떨어트리는 방법을 써서 큰 効果를 보았다. 이때 Al₂O₃ 미세립이 균열내부로 침투한 것은 압축공기를 물어대어도 제거할 수 없었으나 다행히도 後述할 1차수지 함침時에 균열

내부로 침투된 물은 수지와 比重差에 의하여 置換되어 밖으로 모두 빠져나와 使用한 수지의 침투력을 입증하는 자료가 되었다.

4) 樹脂합침

수지합침은 stainless 鋼 진공합침조를 사용하여 3 차 시행하였다. 사용한 수지는 三和페인트社에서 구입한 油性 acryl 系 半光澤 수지로서 다음과 같은 조성을 갖는 것이다.

AT Acron Lacquer 光택 성분조성표

Resin	Acryl 용액 중합 40% Solid in Toluol	87.5%
Plasticizer	DBP	5.2%
Solvent	Toluene monoethyl glycol acetate	6.3%
무 광 제	Silica	1.0%

1 차합침은 위의 수지와 이에 따르는 thinner 를 섞서 10% 수지로 만들어 행하였고 2 차는 20%, 3 차는 30% 농도를 사용하였으며 합침조의 진공도를 20~40 mmHg 로 하고 수지저장조에서 수지를 합침조로 옮기면 80mmHg 정도의 진공도가 유지되었다. 진공상태에서 5~8분 합침 후 공기를 흡입시켜 다시 5~8분 유지시킨 뒤 수지를 저장조로 옮기고 합침된 유물을 합침조에서 꺼내어 상온에서 천천히 건조시켜 overnight 시킨 뒤 silica gel 이 들어있는 acryl 상자의 저장하여 外氣와 접하지 못하도록 하였다. 또 표면광택을 피하기 위하여 수지도포는 필수적 부검에 하지 않았다. 소지의 농도는 미리 시험연구하여 결정할 것이다.

5) 接 合

缺損, 剝落부분의 접합, 파손부분의 접합 복원에는 acryl cyano 접착제를 사용하였고, 大形物의 접합에는 녹 분말을 Cementine supper 접착제에 개어서 접합시킨

후 1 일동안 상온에서 고정시켰다.

6) 保管管理

보관관리는 아크릴케이스를 알맞게 짜서 이 속에 $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ 수용액으로 착색한 silica gel 을 indicator 로 사용한 silica gel 을 넣어 보존처리를 완료한 유물과 함께 밀봉하였다. indicator 의 색이 cobalt 색에서 pink 색으로 변할 때에는 silica gel 을 교환 또는 재가열하여 사용하여야 한다.

參 考 文 獻

- 1) 崔秉鉉, 정주지식 고적조사 발달단, Private communication
- 2) 皇南大塚 發掘遺物の 保存 및 科學的 考察, 原子力研究所
- 3) 慶州 皇南洞 第98號 古墳(南墳) 發掘略報告, 文化財 管理局
- 4) The Photomicrographs of Metals and Alloys. P.F. Dujardin & Co.
- 5) H.H. Uhlig, Corrosion Handbook, wiley, 1967.
- 6) 埋藏文化財 News 23, 日本 奈良國立文化財 研究所 刊

7. 後 記

本 研究를 遂行하는 데 많은 격려와 자문에 응해주신 文化財研究所 이증철, 최광남, 안희균, 이창근씨에게 감사드리며 적절한 樹脂를 선정 공급하여 주신 한양대학교 공업화학과 최규석 박사님, 삼화페인트의 정정택 공장장께 감사 드립니다.

또 한양대학교 재료공학과 김태연, 김지용 군 금속공학과와 장동진 군이 실험에 애써 준 것에 깊이 감사드립니다.