

文化財 科學的 保存處理의 實際

李 相 洙*

차 례

I. 總 論

1. 保全科學概念
2. 限界성과 基準
3. 文化財의 損傷

II. 保存處理의 實際

1. 金 屬
 - 가. 鐵 製 品
 - 나. 靑銅製品

I. 總 論

1. 保全科學 概念

李泰寧교수는 “文化財의 保存哲學의 發展과 補修의 倫理規範”(1)에서 이 분야에 관한 것을 소상히 날카롭게 서술했다. 10여년간 이 분야에서 공부한 筆者도 지침이 되는 마땅한 논거에 의한 披瀝이라고 생각한다.

글 뜻에서 保存보다 保全이란 개념으로, 바꾸어서 展開되어야 한다고 주장했으며, 그 개념은 곧 補修措置라 했다. 이 범주에는 7가지로 ① 惡化豫防措置, ② 保存, ③ 保強, ④ 補修, ⑤ 複製, ⑥ 重建(復元), ⑦ 再評價로 나누었다. (2)

위 범주, 措置를 위해 ㉠ 研究, ㉡ 處理하는 두 분야가 곧 保全科學(Conservation)이라고 생각한다. 研究분야(Research)는 純粹自然科學에서, 處理분야(Technical Treatment)는 기술훈련을 받은 전문가가 연구분석의 理論을 근거로 해서 작업하는 것이다. 이들을 保存技術者(Conservator)라고 한다.

보존기술자에게는 첫째 考古·美術史的 바탕, 둘째 藝術作品(문화재)의 審美의 眼目, 셋째 技術(솜씨)가 갖추어져야 한다. 왜냐하면 결국 文化財의 保存處理가, 실제로 處理者의 손끝과 안목에서 정성을 들여 完結되기 때문이다.

이로서 遺物을 중심으로 연구하는 考古·美術史에 과학적인 資料를 제공하고 保管, 展示, 教育에 이바지 해야 한다.

2. 限界성과 基準

과학적 保存의 철학적 觀點은 서양의 여러 학자들이 일찍이 論學한 바 있으나 최근에는 UNESCO,

*國立中央博物館 保存技術室

ICOM(국제 박물관협회), IIC(국제 문화재보전과학회) 등에서 철학적 原理와 補修規範과 方法에 관한 것을 마련하기에 이르렀다. (1)

글 (1)에서 補修規範에는 4개 항목으로 요약했는데 그중 첫째는 다음과 같다.

「보수 對象物은 必히 손질하기 전의 狀態에 대해 詳細한 記錄을 작성하고 補修節次와 處理方法의 구체적 기록은 물론 사용한 材料에 관한 可及的, 자세한 記錄을 남긴다」

補修方法에 있어서 지켜야 될 事項은 6가지인데, 중요한 것으로 생각되는 두가지는 다음과 같다.

「可逆的인 方法을 擇할 것. 技術的으로 許容되는 限에서 必要할 때는 언제나 補修前 原狀으로 還元할 수 있는 方法을 택한다.

文化財에 간직된 모든 證據(역사적, 미술적, 기술사적, 등등)에 대해서 後에도 接近研究할 수 있는 可能性을 排除하지 않게 한다」

研究 및 處理 대상에 오른 문화재는

㉠ 考古·美術史의 중요한 연구 資料

㉡ 時代的인 藝術作品

㉢ 風霜을 견딘 古格(審美的 神秘性)등을 지닌점으로 볼 때 순수한 自然科學理論에 앞서, 處理는 궁극적으로 이 조건들에 합당하도록 文化財의 價値를 回復시켜 주는 것이다.

이같은 견지에서 處理基本方向은 考古·美術史의 考證과 科學的인 正當性에 바탕을 두고 작업한다. 이렇지 않을 경우 자칫 그 문화재가 第三의 것으로 처리되는 것을 경계해야 한다. 따라서 관계 사학과와 보존전문가는 솔직히 討論 모색해 나가야 할 것이다.

3. 文化財의 損傷

가. 人爲的 破壞

문화관계 국제기구나 모임에서 人間의 行爲로 파괴되는 主要原因을 대략 分類했다. (1)

이는 문화재에 대한 「無知와 放任」과 「이데올로기의 理由」와 「政策不在」며 우리가 생각해 볼 것은 「학술적인 錯覺」도 지적했다. 그리고 李泰寧교수는 그의 글 속에서 “事實 우리는 文化遺產의 最後의 相續者가 아니라 過渡의 管理者의 立場에서 保存에 萬全을 期해야 될 것이다”라고 촉구했다

나. 自然的 損傷

문화재 자체 材質에 따라 받는 非人爲的인 손상으로 물(습기), 공기(Aerosol 현상), 온도(열), 빛(紫外線), 天災地變(수해, 지진) 등의 원인에 의한 것으로 惡化要因의 自然現象에 따라 ① 生物的變化, ② 化學的變化, ③ 物理的變化가 있다. (3)

이와같은 損傷變化는 문화재의 재질별로 地形勢의 기후특성이나 出土前의 환경(토양성분, 바다속 등, 그 주변 환경) 霧圍氣에 따라서 惡化狀況이 현저하게 달라질 수 있다.

出土品, 所藏遺物은 그 保管 場所를 기계적 設備로 환경 분위기를 調節함으로써 効果적으로 自然的 損傷을 抑制할 수 있다.

자 연 적 손 상

구 분	악 화 요 인 및 현 상	영 향 재 질
생 물 적 변 화	습도 60% 온도 10°C 이상 분위기 세균 곰팡이 해충의 침식, 식물 뿌리 등	섬유, 종이 목재 철재
화 학 적 변 화	습기 (물, 염분, 유기물질) 부식, 부패 생성은도(열), 산화반응촉진, 및(자외선) 채색물 퇴색, 공기(먼지, 유해성가스) Aerosol현상	石器, 陶器류 제외한 모든 문화재
물 리 적 변 화	온, 습도 변화에 따른 팽창계수. 氷結融解현상의 가변적변화 친재지변	모든 문화재

문화재의 물질별 환경 분위기 조절 (4)

물 질	상대습도 (RH)	온 도	조 도(Lux)	조 치
토, 도자기 유 리	대체로 무관 55~60% (고대유리 40%)	20°C 이하	채색도기 50Lux 정도, 보통 150 Lux	조명등에 U.V Filling 장치
섬 유 종 이 유 화	55~60%	15°C 정도	50Lux 이하	조명등에 U.V Filtering 장치 습기에 대한 신속반응 크다. 자연변화 가능성 크다. 특히 곰 팡이, 해충 피해 크다.
가 죽 뼈(골제품)	55~60%	17°C 정도	100~150Lux	
목 재(칠기) 벽 화	55%정도	17°C 정도	100~150Lux 채 색목재, 벽화는 50Lux 이하	
금 속 발굴금속(철, 청동기)	40~45% 30%이하	15°C 이하	100Lux 정도	습도절대조절(녹생성억제), 진 열장에 건조제, 간이온습도 조 절장치

참 고 문 헌

1. 李泰寧 “文化財의 保存哲學의 發展과 補修의 倫理規範” 文化的 14號 문화재관리국 1981.
2. Feilden, B.M. “An Introduction to Conservation of Cultural Property” Paris, UNESCO, 1979.
3. “文化財의 科學的 保存管理에 關한 調查研究” 제 1 장 총론중, 제 3 절, 科學技術處발행 1968.
4. 필자가 ① Garry Thomson, ② H.J. Plenderleith & A.E.A. Werner, ③ 스미소니안 연구소, ④ Museum잡지 No. 4197등에서 참고하여 제시한 것임.

II. 保存處理의 實際

1. 金 屬

가. 鐵製品

(1) 概 況

自然鑛石에서 製鍊한 철로 제작된 鐵製品들은 인간이 便宜를 도모 하기 위하여 人爲的으로 잠시 發展되어진 것에 불과하다.

이런 有用한 철제품, 금속들은 다시 本然의 자연상태로 돌아가는 大自然의 順理, 즉 自然化現像 (mineralization)을 따르고 있다. 이러한 법칙에 따라서 철은 빠르게 腐蝕(corrosion)이 발생되어 이 결과로 녹(rusting 腐蝕生成物)이 슬기 마련이며 드디어는 작게 부서져서 없어지고 만다.

부식현상은 철기의 제작방법인 鑄鐵(Casting Iron)과 煨鐵(Wrought Iron)에 따라 차이점이 있으나 그 일반적인 현상을 간단히 구분하면 다음과 같다. (1, 2, 3, 4, 5, 6)

일반적인 부식 현상

주 변 환 경	부 식 인 자	녹 종 류
땅 속	酸度, 가용성 鹽류 황산염 환원박테리아 금속 기공도(주철, 단철) 古墳내의 부식성 유기물(사체, 부장품)	염화 제1,2철 Goethite (노란색) Akaganéite (약간 붉은색) Lepidocrocite (보통 흙색) Magnetite (검정, 회색) 기타 유기물 부식 피막
바 다 속	영양 염류 (35%) 유황, 산소 및 유기성 해토 해양 동식물 (Biological Activity)	염화 제1,2철 Sodium chloride Green rust Akaganéite Hydrocarbons
대 기	산소, 습기 유해 개스들 먼지 (Aerosol 현상)	수산화 제1,2철 염화 제1,2철 기타, 부식성 개스에 의한 녹

(가) 腐蝕現像

금속의 부식작용은 습기(염류)가 있는 곳에선 그것이 電解液으로 電氣化學的 反應(Electrochemical phenomenon: galvanic cell, electrolytic cell)으로 인한 현상으로 양극(Anode, +)와 음극(Cathode, -)이 극부적으로 금속 전체에 형성되어서 양쪽 극에서 부식이 일어나는데 특히 염류와 산소의 양에 비례해서 그리고 진흙속(Anaerobic Condition)의 황산염으로 인한 황산염화원 박테리아(Sulphate-reducing bacteria, 썩은 계란 냄새)로 부식은 加速 촉진된다.

특히 古墳같은 곳에서 發掘 출토한 유물은 埋藏環境에 익숙해진 平衡特態가 바뀌어진, 갑작스런 변화로 大氣중에서 더욱 부식이 짧은 시간(수시간 내)에 심하게 진행되는데 이는 發熱反應(Exothermic Reactions)으로 대기중에 풍부한 산소(O₂) 때문이다. (1, 5, 6, 11)

(나) 腐蝕狀態의 종류

부식현상 결과인 녹층이 금속 전체 표면에 넓게 퍼져 둘러싸게 되며 점차 안으로 침식해 들어간다.

金屬學的으로 부식의 종류는 많으나 여기선 필자가 처리경험으로 알 수 있는 고고학적 철기유물에 크게 나타나는 몇가지 종류를 열거한다. (5, 6)

① 均一部식 (General Corrosion)

일반적으로 표면전체에 고르게 분포된 부식

② 갈바닉부식 (Galvanic Corrosion)

異種金屬으로 만들어진 철기에, 또는 합금에서 賤金屬(base metal)이 부식되는 것.

③ 틈부식 (Crevice Corrosion)

철기 표면상의 어떤 틈이나 가려진 부분에서 국부적으로 발생하는 부식, 煅造 철기에서 層狀부식으로 나타난다.

④ 纖維型부식 (Under-film Corrosion)

금속의 보호피막(옷칠, 도금층, 등등) 밑에서 발생한다.

⑤ 孔蝕(Pitting, Pinhole Corrosion)

금속 깊이 구멍을 내면서 침식하여 파고드는 부식. 틈부식의 일종 철기유물들에서 보여진다. 주철에선 드디어 토막이 난다.

이밖에 흑연화현상(Graphitization)의 부식, 應力腐蝕(Stress corrosion)의 균열등도 보이고 있다.

이러한 부식들이 복합적으로 나타나는 현상 때문에 훌륭한 철기유물은 부서지기 쉬운 약한 鐵器(Fragile Iron object)상태에 놓이며 드디어는 조각날 것이다.

(2) 基本方向 및 方針

鐵器들의 形狀(크기), 腐蝕狀態등의 특징에 따라서 基本的으로 어떻게 處理段階를 잡을 것인가 決定한다. 그리고 選擇된 방향에 의해 유물이 처리후에 展示 또는 창고에 保管할 것인가도 고려하면서 방침, 기준을 關係史學者들과 의논, 결정하여 유물에 손을 대기 시작한다.

이러한 처리에 관한 全般的인 問題는 예비조사에서 이루어 지는데 일반적인 처리공정, 순서를 크게 나누면 다음과 같다. (6, 7, 8)

① 豫備調査

- 상태조사(構造(X선)材質 腐蝕 등)
- 관계 史學的 자료
- 현상태기록(사진, 실측, 카드작성)

② 腐蝕因子 除去

- 녹 및 이물질 제거
 - 염기 및 부식성 유기물 제거
- ③ 安正處理
- 不動態처리(부식억제제 사용여부 판단)
 - 被覆, 眞空습浸처리(경화 및 보호피막 형성)
- ④ 接着 및 復原
- 파편접착
 - 결손부 복원 및 보완
- ⑤ 保護 방녹膜 처리
- ⑥ 끝손질
- 처리 전과정 검토 및 확인
 - 처리 기록(세부사진)

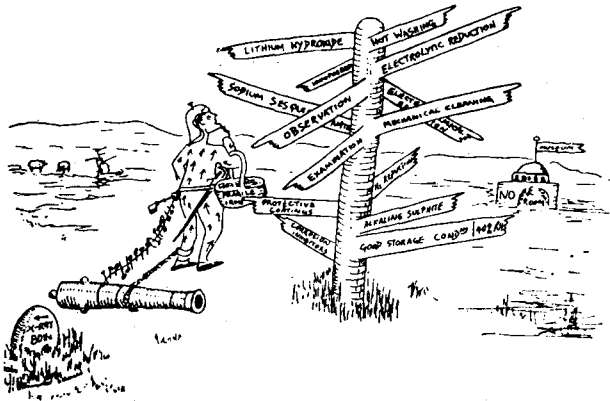


그림 The Prisoner of Choice (7)

(3) 實際處理

(가) 腐蝕因子 제거

예비조사후 이 단계부터 실제작업에 들어간다.

처리유물의 현상태 특징에 따라 다음 2가지 단계로 각각 또는 並行해서 작업한다.

① 녹 및 異物質(흙, 먼지 등)

표면의 녹층과 함께 엉겨붙은 이 물질들은 多空性이므로 항상 습기를 지니고 있으므로 부식 현상을 촉진시키고 있어 이를 제거해야 된다. 그러나 그렇치 않고 오히려 保護層으로 돼서 그밑에서 철기가 잘 남아 있는 경우도 있어서 그여부를 판단후 제거작업을 시작한다. 또 여기서 다른 유물 資料片(형조, 철, 목재편 등등)은 함께 출토된 유물과의 관계를 보여주는 것이므로 미리 보호 조치한후 시작한다.

機械的方法으로 제거하는 데

① 뜯어낸다(picking), ② 자른다(chipping), ③ 갈아낸다(grinding), ④ 긁고 쓴다(scratch-brushing), ⑤ 분사제거(grit-spraying), ⑥ 닦는다(burnishing).

이렇게 작업하는 이용기재는 ① Airbrasive®, ② 전기 및 Air 드릴, ③ engraver, ④ 메스등, 칫과용 소도구가 있다.

예상치 않았던 손상에 조심하며 인내심을 갖고 조심스레 철기유물의 本表面을 들어낸다.

電氣化學還元방법, 電氣分解還元방법등 化學溶劑(EDTA 같은 것)를 이용한 녹제거 방법도 있으나 이는 특별한 경우 조심하여 처리할 수 있으나, 일반적인 古考學的 鐵器유물에는 이용치 않는다. (6, 15, 20)

② 鹽素이온 및 腐蝕性有機物 제거

鐵의 내부속에 파고들어 있는 녹은 철의 복잡한 組織(Lattics Structure) 속에 숨어서 부식성유기물과 염기를 거느리고 계속 부식현상을 촉진시키고 있다. 이를 洗滌溶液안에서 溶出시켜 제거하는 것으로 鹽氣反應 실험(농도측정)을 해가며 그이상 용출 제거치 못할 때까지 세척한다. 현재 각국의 研究所에서 여러방법으로 實驗해 보았으나 완전히 염기를 0 P.P.M으로 脫鹽處理 하지는 못했다. 따라서 0 P.P.M에 접극하도록 가능한 빠른 시간내에 효율적인 탈염방법을 模索하여 작업해야 한다. (6, 9, 10, 11, 12)

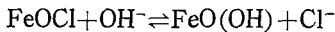
● 蒸溜水 세척

증류수를 세척용액으로 하여 짧은 시간내에 끓여서 용출시키는 방법, 약간의 中性洗劑나 Ethanol 을 넣기도 하며 water bath機 속에서 작업한다.

● 알카리성 용제처리 (9, 11, 15)

㉔ 가성소다(Sodium hydroxide: NaOH) 이용

NaOH, 0.1M~0.5M의 증류수 용액에 담가서 탈염처리 하는 방법인데 Cold alkaline washing 방법과 Hot alkaline-reduction washing (60~80°C) 방법이 있다. 이때, 철기내부에, 세척용제가 보다 빠르게 확실한 침투로 충분한 작용을 하도록 진공함침 시킨후 超音波세척기를 이용할 수 있다.

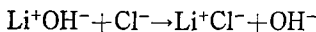


㉕ 수산화리튬(Litium hydroxide: LiOH) (10, 15)

① Ethanol과 ② Methanol/Isopropanol용액에 약 30%의 Ethanol을 섞은 혼합용액.

위 두용액들 1당에 1.8~2g의 LiOH(백색분말)을 갈아 용해시켜 세척액으로 하여 각각 선택 사용한다.

철기를 위 세척용액(실패용기 사용)에 담가 놓으면 장시간 후 철기표면에 白色沈澱物(LiCl)이 생긴다. 이때 용액을 새것으로 바꾸어 주면서 LiCl이 안 생길 때까지 한다.



이 방법은 유물에는 안정성이 있으나 엄청난 처리경비가 들고 탈염효과가 NaOH용액처리 보다 늦어 장기간에 이루어지는 단점이 있다. 또한 人體에도 해로와 별도의 환기시설을 갖춘 방이 필요하다.

하열된 위방법들로 監素이온과 부식성 有機物이 깨끗이 제거된 철기들은 사용된 세척용액 성분(알카리성분)을 깨끗이 제거한다. 그리고 증류수, NaOH로 세척한 경우에는 물입자가 철표면에서 빠르게 분리 및 증발을 위해서 Acetone 용액속에 장시간(3시간 이상) 넣었다. 꺼낸 후 곧 熱風乾燥機(80°C 정도) 속에서 완전 건조한다.

최근에는 Liquid Ammonia (NH₃)로 세척하여 염분을 함유한 鐵의 녹층에서 이용제가 작용하여 脫鹽狀態로 하는 방법이 試圖되었다. 毒性和 蒸發熱이 크므로 특별한 機械設備가 필요하다. (20)

(나). 不制態처리(Passivity)

부동태현상이란 대단히 느린 부식상태라고 쉽게 말할 수 있겠다. 따라서 철의부식을 막기 위한 被覆(眞空含浸) 處理를 하기전에 유물의 상황에 따라 표면에 不活性 피막 형성을 위해 腐蝕抑制劑(Corrosion inhibitor)를 소량(0.5%~1%) 첨가한 증류수용액 속에 짧은 시간(24시간 이내) 넣어 철기 표면에 不動態 被膜을 어느 정도 형성시키는 것이다.

부동태를 위한 부식억제제는 여러종류가 있겠으나 古考學的 철기 유물에 조심스레 이용되는 것에는 陽極抑制劑, Sodium nitrites (NaNO₂), Sodium chromate (Na₂CrO₄) 등이 있다. (9, 13, 14)

(다) 被覆·眞空含浸 처리

고급속학적으로도 금속표면을 보호하기 위한 保護被覆(Protective Coating)을 적용하는 데, 여기 고고학적 철기유물은 그 부식상태가 심하므로 含浸物質을 鐵體內에 깊숙히 침투시켜 그 물질의 Colloid 상태에 의한 硬化와 表面被覆을 겸하도록 한다. (6, 11, 18, 19)

含浸物質로는 ① Epoxy 系樹脂, ② 非水溶性合成樹脂(Acrylic Emulsion), ③ 微粒子 wax가 있다.

대체로 煨鐵·또는 약한철기에는 ①라 ②의 수지로 처리하여, 鑄鐵과 좋은상태 것은 ③의 것으로 하는 것이 보통이다. (9)

① 또는 ② 수지 含浸處理는 眞空含浸機를 이용하며 특히 ② 수지는 溶媒劑(Naptha) 등에 희석(농도 10~25%)하여 사용하기 때문에 높은 眞空度(30mmHg 이하)를 얻기 위해선 특별한 Coldtrap 장치 (16)를 부착하여야 한다. (8)

② 수지 처리는 필요에 따라 반복 함침시킬 수 있으며 적어도 24시간 이상 진공상태에서 충분히 함침되도록 한다.

③ wax는 미립자(microcrystallin wax)로 融點이 높을수록 좋으며 철기를 녹은 wax속에 담갔다 꺼내거나, 붓으로 바르기도 한다. 또 Toluene을 섞어 묽게 하여 붓질을 여러번 반복하여 철기 표면을 충분히 被覆한다. (17)

이 단계에서 작은 파편들은 일부 접착을 한후 작업하면 뒷일이 적어져서 간편하다. 그리고 작업 후 표면에 너무 엉켜 묻은 수지나 wax는 일부 닦아낸후 먼저 환기가 잘되는 실내에서 건조시킨다. 그후 다시 건조기에서 반듯이 온도를 서서히 올려가면서 건조시킨다.

이는 溶媒膜의 氣化 증발과 굳는 시간, 속도보다 늦어야 滲浸 또는 被覆劑이 고르게 형성되기 때문이다.

(라) 接 着

함침처리된 각 파편들을 접착제로 붙여서 본래 제모습을 갖추게 한다.

접착은 그 파편 수에 따라 (다)단계 前에서도 할 수 있다.

이용하는 접착제는 ① Nitro Cellulose 접착제 (Cemedine C[®]), ② Epoxy樹脂 (Cold Setting Araldite[®]) ③ 순간접착제 (Cyanoacrylate Adhesive) 등에서 파편의 크기와 붙는 면적의 역학적 상태로 보아 선택한다.

대체 恒久的이며 耐性이 좋은 Epoxy수지를 많이 사용한다. 이때 接着補完劑로 grass (Wool) powder, microballoon (phenolic plastic powder), 탄소분 (graphite powder) 등을 접착제에 섞기도 하며, 필요하면 色采도 약간 첨가해서 色調를 맞출 수도 있다. (6, 8, 17, 19)

(마) 復原 및 補强

자료적인 입장에서 缺損部를 찾아준다. 매꾸어 준다. 특특히 한다는 뜻에서 처리방침에서 관계사 학자와 사전협의를 거친 후 결정하여 작업한다.

복원하는 부분의 형태는 고고·미술사적인 考證과 관계 문헌자료, 또는 같은 형상의 다른 유물로 보아서 계획한 후 復原圖面을 작성한 후에 그대로 작업한다.

복원재료는 항구적이어야 하며 본유물에 化學的, 物理的 영향을 주지 않는 것으로 후에 필요에 따라 쉽게 제거 가능토록 한다.

보통 復原材는 위 접착단계에서 이용한 여러가지 접착제에 補完劑 및 색소를 섞어서 된반죽(굳는 과정중 dough stage)으로 하여 손으로 형태를 잡아가며 작업한다. (6, 8, 17)

특별히 넓고 큰부분에는 F.R.P (Frassfiber reinforce plastic) 또는 F.R.C.P (Frassfiber reinforce carbon plastic) 工法으로 형태의 기본심을 만들어서 작업한다.

최근에는 이런 복원재의 개발로 좋은 효과를 보고 있다.

補强은 위작업과 동시에 작업하기도 하는 데 이는 접착단면이 작거나(좁고, 짧은 곳) 파편수가 많아서 전체적으로 유물의 형태가 力學的으로 保持되기 어려운 경우에 유물의 뒷면, 보이지 않는 곳에다 작업한다. 대개 展示나 運送時에 충격에 대한 耐性을 주기 위하여 작업하는 때가 많다.

補强 재료로는 grass wool textile, 고운 나일론망사, 또는 얇은 polyurethan판을 접착제로 붙이는 방법으로 한다.

(바) 保護방늑膜 처리

合成樹脂로 피복·진공함침 처리한 유물들은 그 樹脂 材質上의 문제나 건조중에 생길지도 모르는 육안으로 보이지 않는 微細한 구멍이 있을 수 있다. (13)

처리후 장기간 保管(창고 및 진열장)함에 공기중의 산소(유해가스)나 습기가 이렇게 미세한 구멍을 찾아 스며들 것이다. 이러한 透水性을 방지하기 위해 表面活性이 좋은, 그리고 腐蝕抵抗力을 지닌 물질을 처리된 철기표면에 발라줌으로써, 즉 보호막으로 입혀 부식인자(산소, 습기)들이 직접

被覆·습浸膜위에 직접 닿지 않도록 한다.

이에 합당한 것으로는 석유계열이 아닌 乾性인 Ballistol®같은 것으로 처리한다.

(사) 끝손질

모든 處理課程을 검토, 확인한다. 處理前의 사진과 특징기록과 비교하면서 그리고 처리방법과 그 과정을 자세히 카드에 기록하여 훗날에 이용토록 한다. 그리고 處理後 사진기록도 잊지 않는다. 처리된 遺物중에 창고에 보관할 것은 비닐주머니 (Polyvinly Bag)에 넣어 밀폐시킨다. 이 주머니에 습기 제거제인 silicagel도 넣는다.

참 고 문 헌

1. Nielsen, N.A. "Corrosion Product Characterization" Corrosion & Metal Artifacts NBS SP 479, U.S.A. 1977.
2. Weler, L.E. "The Deterioration of Inorganic Materials Under The Seas" London Univ. Bulletin of the Institute of Archaeology No. 11, 1973.
3. North, N.A. "Corrosion Products on Marine Iron" Studies in Conservation 27(1982) IIC.
4. Gilberg, M.R. & Seeley, N.J. "The Identity of Compounds Containing Chloride ions Marine Iron Corrosion Products" Studies in Conservation 26(1981) IIC.
5. 손운택 "금속부식학" 남영문화사 1981.
6. Plenderleith & Werner "The Conservation of Antiquities & Work of Art" Part II Metal, London Oxford Univ 제 2 판, 1979.
7. Black, J.W.B. "Choosing a Conservation Method for Iron Objects" Maritime Monographs & Reports No. 53-1982. National Maritime Museum. London.
8. 埋藏文化財 News, 24號, 日本奈良國立文化財研究所 1980.
9. North & Pearson "Methods for Treating Marine Iron" ICOM Committee for Conservation 5th Triennial Meeting Zagreb, 1978.
10. Fabech, E.W. & Trier J. "Notes on the Conservation of Iron, Especially on the Heating to Redness & The Lithium Hydroxide Methods" ICOM 5th Triennial Meeting Zagreb, 1978.
11. North & Pearson "Investigations into Methods for Conserving Iron Relics Recovered from the Sea" Conservation in Archaeology & the Applied Arts, 1975. Stockholm Congress, IIC.
12. Gilberg, M.R. & Seeley, N.J. "Liquid Ammonia as a Solvent & Reagent in Conservation" Studies in Conservation 27(1982) IIC.
13. Fenn, J.D. "Passivation of Iron" Conservation in Archaeology & The Applied Arts 1975 Stockholm Congress, IIC.
14. Stambolov, T. "Corrosion Inhibitors" ICOM 5th Triennial Meeting Zagreb, 1978.
15. Blackshaw, S.M. "An Appraisal of Cleaning Methods for Use on Corrosion Iron Antiquities" Maritime Monographs & Reports No. 53-1982. National Maritime Museum, London.
16. Landdrebe, J.A. "Theory & Cold Trap" Practice in the Organic Laboratory, D.C. Health & Company 1977.
17. Western, A.C. "The Conservation of Excavated Iron Objects" Studies in Conservation, 17(1972) I.I.C.
18. Macleod, I.D. & North, N.A. "Conservation of a Composite Cannon Batavia (1629)" The International Journal of Nautical Archaeology & Under water Exploration 11, 3, 1982.

19. Organ, R.M. "The Current Status of The Treatment of Corroded Metal Artifacts" Corrosion & Metal Artifacts NBS SP 479, U.S.A. 1977.
20. Gilberg, M.R. & Seeley, N.J. "Liquid Ammonia as a Solvent & Regent in Conservation" Studies in Conservation, 27(1982), I.I.C.

나. 靑銅製品

(1) 概 念

구리(銅)는 石器時代 이후 아마도 인류가 최초로 生活利器나 武器 등에 흔하게 사용했던 관계로 靑銅器時代란 歷史的 시대구분에까지 도입한 것이라 생각한다. 그리고 오늘날까지 美術的인 공예품 등 여러방면에 이용하고 있다.

考古學的으로 銅 合金製品에 대해서 많은 사람들이 녹색 또는 청색의 녹이 쓸어 있는것을 일반적으로 통상, 靑銅이라 한다.

우리나라의 경우에 있어서 실제로 考古·美術史적 분야의 구리합금체에 대한 合金材質 分析值가 흔하지 않아서 구분하기가 힘들지만 크게 두 종류로 나눈다.

靑銅을 정확히 말하면 朱錫靑銅(Tinbronze)로 구리(Cu)와 주석(Sn)의 합금체며, 黃銅(Brass)이란 것은 구리에 亞鉛(Zn)을 약간 섞은 합금체이다.

이 두 합금체는 구리가 中材質로, 구리는 非鐵金屬·재료중 가장 중요한 것에 하나이다. 그 장점은 다음과 같다. (2)

- ① 유연하고 延性(Ductility) 및 展性(Malleability)이 좋아서 加工이 쉽다.
- ② 화학적인 抵抗性이 커서 耐蝕性이 좋다.
- ③ 아름다운 장미색을 띠며 貴金屬(Noble Metal)인 성질을 지닌다.

위 특성으로 鐵製品보다는 부식 생성속도가 느려서 아마도 오늘날까지 장구한 세월이 흘렀음에도 잘 남아졌다고 본다.

이러한 古代 구리제품들도 金屬의 腐蝕現象에 따라서 부식하는데 간단히 4종류로 나눌 수 있다. (1, 3, 4, 5)

- ① 酸化物(Copper oxides)
- ② 鹽化物(Copper chlorides)
- ③ 黃化物(Copper sulphides)
- ④ 炭酸鹽化物(Copper carbonates)

이들은 鐵의 표면에 녹(腐蝕生成物)이 스는 것처럼 복잡한 化學的 변화로 銅器表面에 여러가지 색으로 아름답게 수놓듯이 퍼져 있는데 우리는 이것들을 Patina라고 부른다.

이 Patina중에 안정된 것은 좋은 녹(Noble Patina)라고 하며, 靑銅病(Bronze disease)에 속하는 惡性인 것들은 나쁜 녹(Malignant Patina, Patine Vile)이라 한다.

다음 표에서 ④열화물 Patina들을 靑銅病(Bronze disease)이라고 하는데 이들은 점차 습기(열기)와 산소와 작용하면서 창백한, 밝은 녹색을 띠며 건조한 환경에서는 부서지면서 가루가 된다. 이런 현

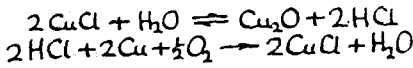
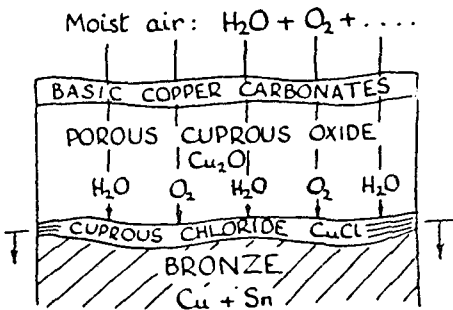
Patina 종류

좋은 녹색 Noble Patina	① Copper Oxide ● Cuprite, Cu ₂ O (루비색) ● Tenorite, CuO (흑색)	대기중 생성 산소
	② Copper Carbonate ● Malachite, Cu ₂ (OH) ₂ CO ₃ (녹색) ● Azurite, Cu ₃ (OH) ₂ (CO ₃) ₂ (청색) ● Chalconatronite, Na ₂ Cu(CO ₃) ₂ ·3H ₂ O (청녹색)	탄산이 있는 습기찬 대기나 고분에서 생김. 장구한 세월이 됨. 매우 아름답다.
나쁜 색 Malignant Patina	③ Copper Sulphides ● Covellite, CuS (남청색) ● Chalcocite, Cu ₂ S (흑색) ● Chalcopyrite, CuFeS ₂ ● Bornite, Cu ₂ FeS ₄ ● Tetrahedrite, (Cu, Fe) ₁₂ Sb ₄ S ₁₃	황산염을 포함한 바다속, 땅속
	④ Copper Chlorides ● Atacamite, Cu ₂ (OH) ₃ Cl (암녹색) ● Nantokite, CuCl (회백색) ● Botallacite, Cu ₂ (OH) ₃ Cl·H ₂ O (녹청색) ● Paratacamite, CuCl ₂ ·2Cu(OH) ₂ (창백한 녹색)	염기가 많은 땅속, 모래, 바다(갯벌)

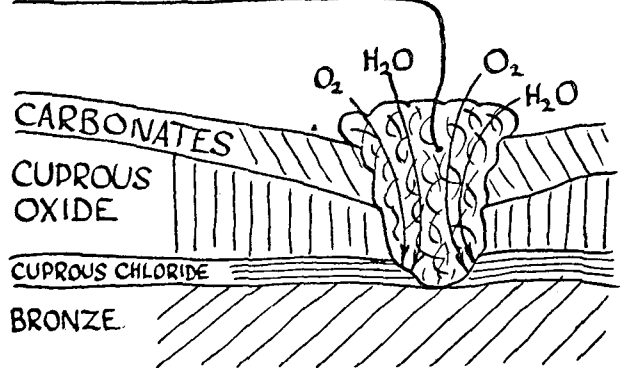
상은 무섭게 銅體內로 파먹고 들어가 끝내는 전체 銅器가 靑銅病化하여 本形狀이 파괴되고 만다.

또한 모든 古代 銅器의 Patina들은 서로 뒤섞여 있기 때문에 더우기 좋은 녹색인 炭酸鹽 Patina들 속에 불안정한 악성 鹽化物 Patina들이 작은 점으로 시작해서 점차 확산돼 가는 靑銅病化 現象이 보이고 있다(7:그림 참조).

SLOW UNSEEN ATTACK



BASIC CUPRIC CHLORIDE: "DISEASE"



靑銅기의 부식현상 (7)

靑銅器를 보호하고 古風을 나타내는 좋은 Patina는 남겨두고 靑銅病들만 除去, 抑制하는 處理란 매우 힘들고 확신할 수도 없었다. 그래서 1960년 후반까지는, 즉 H. Brinch Madsen'(6)이 B.T.A (Benzotriazole C₆H₅N₃)이란 약품을 이용한 새로운 古銅器 처리試圖가 모색되기 전까지는 여러방법이 주장돼 왔었다.

특히 R.M. Organ(5, 7, 18)의 방법으로 處理하는 것이 통례였지만, 일부 問題點을 지니고 있었다. 그후 여러학자들이 B.T.A 處理方法의 效果와 安定性에 대해서 점차 연구 실험, 확인하여 오늘날에는 통상적으로 그 방법을 따르고 있다.

이 글에서도 B.T.A를 이용한 靑銅病 安定處理에 관한 一般的인 방법만 논하겠다. 鐵器에서와 같이 豫備調査와 더불어 유물에 따라서 처리방향과 기본을 결정하고 본격적인 작업을 시작한다. 여기서 強調하고 싶은 것은 靑銅病이라도 除去하지 않는다는 原則하에 시작한다는 것이다.

(2) 實際處理

(가) 腐蝕因子 제거

表面에 붙은 청동기 예외의 다른 물질(흙, 먼지, 기타 등)과 그리고 청동체내와 Patina속에 숨어 있는 溶解性 부식유기물과 특히 鹽分除去, 그리고 불가피한 경우에 국한해서 靑銅病도 일부 제거한다. 鐵器에서 처럼 古墳出土品인 것은 세밀한 예비조사후 처리를 시도해야 한다.

여기서도 物理的인면과 일반적인 溶劑면과 化學的인 방법(電氣化學, 化學試藥(산성, 알카리시약)으로 처리할 수 있다. 그러나 化學的方法은 서로 뒤섞인 청동 Patina 분포상태로 보아서 그리 용이치 않다. 이는 특별한 것에 한해서만 짧은 시간내에 또 局部的으로 작업하는 것이므로 이 방법에 관한 글은 생략하겠다. 우리나라 金銅製에 Patina가 鍍金屬을 덮고있는 경우에 도금층을 일부라도 드러내 주기 위해서는 어쩔 수 없이 간혹 試藥品을 사용하는데 이 處理만 간단히 말하겠다. (1, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 18)

① 物理的 方法

먼저 솔로 먼지, 잡물을 쓸어낸 다음 2차로 수술칼(Mass)로 조심스레 긁어낸다. 이때 제거가 확실히 결정된 靑銅病 Patina에 한하여도 시도한다. 金銅製인 경우도 같으며 絕對로 무리한 힘을 주지 않으며 水平的으로 表面에 損傷없이 작업한다. 유물의 原表面을 유지; 찾아가면서 한다는 뜻이며 이렇게 制限하는 이유는 鐵品과는 달리 靑銅病化된 部分도 곧 遺物形狀의 一部分 이기 때문이다. 金銅製에서는 Galvanic현상으로 Base Metal인 구리, 녹 Patina가 얇은 鍍金屬을 뚫고 (파손) 올라와 덮고 있으므로 實體顯微鏡같은 것으로 그 도금상태를 보아서 결정 작업한다.

② 일반적인 溶劑方法

부식유기물과 염분을 溶出시켜 제거하는 처리로 ① 중성세제, ② Ethanol, ③ Acetone/Toluer e, ④ 증류수 등 세척액 속에서 붓으로 닦아 내기도하며 담그면서 하는 방법인데 이때 溫度(40°C 정도)를 약간 높여가면서 낮은 出力의 超音波 세척기(200W, 50~60Hz)를 효과적으로 이용할 수 있다

특히 염분제거를 주목적으로 할 경우에는 증류수로 하는 것을 일차로 하되, 상태에 따라선 알카리성 중에서 가장 안전도가 높은 5%이하 세스키炭酸소다(Sodium Sesquicarbonate) 묽은 용액 속에서 탈염처리하면 효과적이기도 하다.

이 단계는 빠르게 염기를 체크하면서 작업한다.

③ 묽은 酸性試藥 처리

제삼 강조하지만 대개 金銅製에 한하여 위 단계 처리후에도 필요하다면 部分的으로 적용 처리하

는 것으로 金鍍金屬을 분명히 나타내기 위한 목적으로만 한다.

여러 시약이 있으나 간단하며 試藥性分 자체가 氣化로는 쉽게 없어지기도 하는 尙米酸(Formic Acid) 5%정도의 묽은 용액을 棉棒(성냥개비같은 것에 솜이 말아진 것)에 적시어 Patina 위를 부드럽게 문질러 제거한다. 이때 유물을 미리 증류수에 적신후 처리함으로써 이 시약의 銅器 체내 침투를 방지한다. 또 세척병으로 증류수를 뿌려 닦아 가면서 조심스레 한다. 이 처리 目的이 달성된 후에는 곧 깨끗이 증류수나 Ethanol같은 용액으로 씻어낸다.

(나) 靑銅病 安全處理(B.T.A 처리)

B.T.A(Benzotriazole, $C_6H_5N_3$)는 毒性的의 白色粉末 물질로써 사용시엔 호흡에 주의하며 살갓이나 눈에 닿지 않도록 한다. 이 물질은 1947년 이후 工業的으로 구리와 그 合金製의 녹방지제로 쓰여왔는데 1667년 Madsen의 研究實驗으로 考古學의 遺物保存에 적용 검토되어 진후 청동병 방지, 억제제로 사용되기 시작했다. 간단히 말하면 B.T.A가 염기가 있는 靑銅 체내에서 Cu(I)B.T.A(Cuprous B.T.A)와 Cu(II)B.T.A(Cupric B.T.A) 두가지 反應으로 작용하여 섞여질 조직같이 重合的인 형태(피막)를 이룬다. 이리하여 청동의 나쁜 Patina들의 活動이 억제됨으로 安定狀態에 놓이게 된다. (11, 12, 13, 14, 15, 16, 17)

그 방법은 다음과 같다.

① 3% B.T.A, 증류수 또는 Ethanol용액 속에 깨끗이 세척된 銅器를 담그는 것인데, B.T.A 용액의 완전한 浸透를 위하여 鐵器처럼 眞空습浸 방법을 이용한다. 즉 탱크내에서 銅器로부터 氣泡가 發生하지 않을 때까지 眞空펌프를 작동한다.

② 이런 상태에서 2주간이상 장기간 놓아둔 후 꺼내서 증류수나 Ethanol로 한번 表面을 살짝 씻은 후 건조시킨다.

건조후 表面에 석출된 B.T.A 흰결정은 Acetone으로 닦아내거나 붓으로 털어낸다.

이 處理에 특별히 부연할 것은 처리후에 銅器의 전체 色調가 좀 진해진다는 것이다. 이로 인해 特別한 遺物에 대해선 審美的인 문제가 생길 우려가 있음으로 미리 유의하여 B.T.A농도를 1%정도로 낮추는 방법도 고려한다.

(다) 靑銅病 試驗

위처리 단계후 그 銅器를 加濕狀態(RH 80% 이상)에서 충분히 1~3일 동안 두면서 靑銅病이 再生成되는 가를 확인한다. (6, 12, 13)

이때 만일 靑銅病이 왕성한 활동으로 약간이라도 나타난다면 위 B.T.A 용액 진공함침 처리를 再反覆한다.

(라) 保護漆膜 형성

B.T.A 처리후 安定된 銅器는 다음과 같은 이유 때문에 무색, 투명한 Acrylic lacquer(Incralac® 5~15% 樹脂) 같은 것으로 表面에 칠하거나 뿌려서 보호피막을 만들어 준다. (1, 6, 11, 12, 16)

① 銅器에 침투된 B.T.A 조직은 酸性 환경에서는 不安定하다.

② 安定處理된 銅器에 부식인자(산소, 습기, 먼지 등)들이 직접 스며들지 않도록, 浸濕性을 방지

한다.

이 보호칠막 작업으로 銅器表面은 또 한번 어두어진다. 이는 청동병, 鹽化物 Patina들이 묽은 칠을 쉽게 흡수하기 때문인데, 특히 粉末化되기 쉬운 창백한 綠色의 Paratacamite部分에서 더욱 뚜렷하다. 또 부수적으로 이 部分이 약간 硬化되는 현상도 있지만, 본격적인 것은 못된다.

따라서 관계 史學者와 審美的인 관점에서 의논하여 칠의 濃度를 아주 묽게 (5% 이하)하여 겨우 B.T.A 조직만 유지토록 한다.

완전히 위험스런 Paratacamite 상태의 銅器를 硬化處理하는 課程은 지면 관계상 생략한다.

(다) 끝손질

鐵器處理의 끝손질 過程과 같지만, 5% 정도의 「B.T.A 종이」(14)로 한번 포장하여 비닐주머니에 넣어 밀폐시키면 효과적인 安定保管이 된다. 그리고 鐵器도 같은데 처리후에 調査, 展示, 運搬등으로 손을 댈 경우에는 반듯이 비닐장갑을 끼고 작업해야 한다.

이글에서 接着과 得原, 補完에 관한 것도 생략했는데 이 과정은 기본적으로 鐵器에서와 같은 방법으로 할 수 있으며 接着補完材 色調는 가능하면 malachite 自然鑛石 가루를 사용 작업하는 것이 좋다.

본글은 특정한 유물의 처리에 관한 글이 아닌 일반적인 것으로 간단히 논한 것이며, 土器, 陶磁器, 그리고 中央亞細亞壁畫 등의 保存處理에 관한 것은 다음에 허락되는 대로 써보겠습니다.

참 고 문 헌

1. Plenderleith & Werner, "The Conservation of Antiquities & Work of Art" Part II Metal London Oxford Univ, . 2. 1979.
2. 손운택 "금속부식학" 남영문화사 1981.
3. Gettens, R.J. "Patina: Noble & Vile" Art & Technology —A Symposium on Classical Bronzes— The Fogg Art Museum. Harvard Univ, D.P.t. of Humanities, Mit. 1970.
4. "文化財의 科學的 保存管理에 관한 調査研究" 제 1 장 총론중, 제 3 절. 科學技術處발행 1968.
5. Organ, R.M. "Aspects of Bronze Patina & its Treatment" Studies in Conservation 8(1963) I.I.C.
6. Madsen, H.B. "A Preliminary Note on the Use of B.T.A. for Stabilizing Bronze Objects" Studies in Conservation 12(1967) I.I.C.
7. Organ, R.M. "The Conservation of Bronze Objects" Art & Technology —A Symposium on Classical Bronzes— The Fogg Art Museum. Harvard Univ. D.P.t. of Humanities, Mit, 1970.
8. Jedrzejska, H. "The Conservation of Ancient Bronzes" Studies in Conservation Received 8/8/1963 I.I.C.
9. Bakhtadze, R.A. "Cleaning & Conservation of Archaeology Objects Made of Copper & its Alloys" ICOM Committee of Conservation 5th Triennial Meeting Zagreb, 1978.
10. Merk, L.E. "A Study of Reagents used in the Stripping of Bronzes" Studies in Conservation, 23(1978)
11. Greene, V. "The use of Benzotriazole in Conservation" a Paper Presented at I.I.C. Stockholm Meeting, 1975.
12. Bacon, L. & Janposri, K. "The Thai Bronze Project" Studies in Conservation, 22(1977), I.I.C.

13. "Bronze Disease & Its Treatment" the Bangkok National Museum, 1975.
14. Sease, C. "Benzotriazole: A Review for Conservators Studies in Conservation, 23(1978), I.I.C.
15. Oddy, W.A. "Toxicity of Benzotriazole" Correspondence Studies in Conservation, 19(1974), I.I.C.
16. MacLeod, I.D. & North, N.A. "Conservation of a Composite Cannon Batavia (1629)" The National Journal of Nautical Archaeology & Underwater Exploration, 11, 3, 1982.
17. Merk, L.O. "The Effectiveness of B.T.A. in the Inhibition of the Corrosive Behaviour of Stripping Reagents on Bronzes" Studies in Conservation, 26(1981), I.I.C.
18. Organ, R.M. "The Current Status of the Treatment of Corroded Metal Artifacts" Corrosion & Metal Artifacts NBS SP 479, U.S.A. 1977.