

해저인양 목제유물의 과학적 보존처리  
(海底引揚 木製遺物의 科學的 保存處理)

崔 光 南  
(文化財研究所 保存科學研究室)

-- 目 次 --

- |                                |                               |
|--------------------------------|-------------------------------|
| 1. 머리말                         | 다. Alcohol Ether Resin Method |
| 2. 木材遺物의 理學的 性質                | 4. 外國船體 引揚과 保存處理              |
| 가. 木材의 黑褐色化                    | 가. 木造軍艦 「WASA」 號              |
| 나. 發掘木材의 物理的 性質                | 나. 바이킹 船                      |
| 다. 發掘木材의 乾燥時에 있어서 收縮 膨潤        | 다. 開陽丸                        |
| 라. 發掘木材의 損傷狀態 要因               | 5. 新安海底 木製遺物 保存處理에 대하여        |
| 3. 保存處理 方法                     | 가. PEG含浸裝置                    |
| 가. Poly ethylene Glycol Method | 나. PEG含浸槽에 의한 保存處理 工程         |
| 나. Freeze Drying Method        | 6. 끝맺음                        |

1. 머리말

1976年度 신안해저(新安海底) 유물조사(遺物調査)가 실시(實施)된 이래(以來) 1981년까지 7차(次)에 걸쳐 총 16,206점(點)(일괄품 별도)이 인양(引揚)되어 국내외적(國內外的)으로 다대(多大)한 주목(注目)을 받고 있다. 특(特)히 1979년도(年度)에 11점(點), 1980년도(年度) 8점(點), 1981년에는 18점(點)의 선체(船體)가 발굴(發掘)되었으며 1982년부터는 침몰선체(沈沒船體)를 중점적(重點的)으로 인양(引揚)하게 되어 이에대한 영구적 보존(永久的 保存)을 위한 과학적(科學的) 보존처리(保存處理)는 더욱 중요(重要)한 역할(役割)을 담당(擔當)하는 분야(分野)가 될 것이다.

지금까지의 목제유물(木製遺物)의 통상적(通常的) 처리법(處理法)으로는 수조(水槽)에 넣어 건조(乾燥) 및 변형(變形)만을 방지(防止)하는 소극적 방법(消極的 方法)이었으나 장기간(長期間) 수장(水藏)으로 인한 문제점(問題點)이 대두(擡頭)되어 보관(保管) 및 복원(復元)에 크나큰 장애요소(障礙要素)가 되었다. 그러므로 이와같은 문제점(問題點) 때문에 적극적(積極的) 보존처리법(保存處理法) 없이는 영구보존(永久保存)이 불가능(不可能)하다.

따라서 본고(本稿)의 서술의도(敘述意圖)는 보존처리사업(保存處理事業)을 수행(遂行)하는데 있어 발굴목제유물(發掘木製遺物)의 보존처리(保存處理)에 관한 기초적(基礎的)인 응용방법(應用方法) 및 실제적(實際的) 활용방법(活用方法)을 집약정리(集約整理)하여 학술적(學術的) 가치(價値)의 규명(糾明)과 복원(復元) 전시(展示)를 위한 종합적 기반(綜合的 基盤)을 정립(定立)하는데 있다.

## 2. 목재유물(木材遺物)의 이학적 성질(理學的 性質)

목재(木材)의 이학적 성질(理學的 性質)은 목재(木材)의 조직구조(組織構造)와 밀접한 관계(關係)를 가지고 있으며 또한 이 목재(木材)의 세포(細胞)가 여러 가지 상태로 결합(結合)하여 그 조직(組織)을 구성하고 있으므로 목재조직중(木材組織中)의 이들 세포(細胞)의 집합상태 및 분포상태도 목재(木材)의 물리(物理) 기계적(機械的) 성질(性質)과 밀접한 관계(關係)를 유지하고 있다.

목재(木材)의 세포(細胞)는 긴 상자와 같고 그 주위는 얇은 세포막(細胞膜)으로 싸여져 있는데 그의 내부(內部)를 세포강(細胞腔)이라고 한다.

(表 1) 목재의 구성요소 비율(목재공업 handbook)  
(木材의 構成요소 비율(木材工業) handbook))

|              | 수종(樹種) | 가도관(假導管)<br>(%) | 목부유조직<br>(木部柔組織) (%) | 방사조직<br>(放射組織) | 수직수지도<br>(垂直樹脂道) | 목부섬유<br>(木部纖維) |
|--------------|--------|-----------------|----------------------|----------------|------------------|----------------|
| 침엽수<br>(針葉樹) | 은행나무   | 92.7            | 0.3                  | 7.0            | 0.7              |                |
|              | 소나무    | 95.9            |                      | 3.4            |                  |                |
|              | 진나무    | 93.9            | 0.3                  | 5.8            |                  |                |
|              | 지뽕나무   | 96.6            | 0.2                  | 3.2            |                  |                |
|              | 섬잣나무   | 96.2            |                      | 2.2            |                  |                |
| 활엽수<br>(闊葉樹) | 자작나무   | 18.3            | 1.6                  | 8.3            |                  | 71.8           |
|              | 오동나무   | 17.8            | 36.9                 | 4.1            |                  | 41.2           |
|              | 느티나무   | 14.3            | 16.7                 | 10.5           |                  | 58.5           |

목재(木材)는 여러 가지 다른 세포(細胞)의 집합체(集合體)이므로 각종 조직(組織)의 집합(集合)이라고 할 수 있다. 이들 조직(組織)은 가도관 도관 목부유세포 방사조직(假導管 導管 木部柔細胞 放射組織)등의 요소로 구성(構成)되어 있다.

### 가) 목재(木材)의 흑갈색화(黑褐色化)

발굴목재의 색(色)은 수종(樹種)과 열화상태(劣化狀態)에 의하여 발굴시(發掘時) 생생한 신재(新材)와 같은 색(色)에서 분간(分揀)할 수 없을 정도로 흑갈색(黑褐色)으로 변화(變化)하게 되는데 대기중(大氣中)에서 더욱 급격(急激)히 흑갈색화(黑褐色化)하는 것과 장기간(長期間)에 걸쳐 갈변(褐變)하는 예(例)가 있다. 그러나 발굴조사시(發掘調査時) 신재(新材)와 같이 밝고 아름다운 표피(表皮)의 색(色)이 그 표면(表面)의 토(土)와 니(泥)를 제거(除去)하는 것과 동시(同時)에 연두빛을 걸쳐 갈변(褐變)이 시작되어 갈색(褐色)에서 흑갈색(黑褐色)으로 변색(變色)하는 경우도 있다. 선명(鮮明)하게 적혀있는 묵서(墨書)가 나무의 표면 자체(表面 自體)의

흑갈색화(黑褐色化)로 인해 구분(區分)될 수 없게 되고 나무의 매장(埋藏)을 거의 알 수 없게 되는 예(例)가 일반적(一般的)이다.

발굴단원중(發掘團員中)에 행운이 있으면 발굴(發掘)할 때 몇백년前的 녹색(綠色)의 잎이나 낙엽을 볼 수 있는데 이때 급격(急激)히 갈변(褐變)하는 예(例)를 목격(目擊)할 수 있다.

일본(日本)의 평성궁적 출토(平城宮跡 出土)의 「노송나무」에는 발굴시(發掘時)에는 생목(生木)의 색(色)이 15분후(分後)에 회색(灰色)으로 변하고 1주후(週後)에는 연두색으로 변하고 그 후(後)에는 갈색(褐色)을 가진 암회색(暗灰色)으로 되었다. 명도(明度)가 초기 명도(初期 明度)의 1/2이 되는데는 10개월이 걸렸다는 보고(報告)가 있다.<sup>1)</sup>

이 변색(變色)의 조건(條件)으로는 광(光)에 의한 영향(影響)보다는 공기중(空氣中)의 산소(酸素)와 수분(水分)에 의해서 일어났다. 이 흑갈색화(黑褐色化)는 일반적(一般的)으로 발굴목재(發掘木材)의 표면(表面)으로부터 일정(一定)한 거리 이내(距離 以內)에서 일어나며 발굴목재(發掘木材)가 벌어지고 횡단면(橫斷面)이 나온 경우 액연상(額緣狀)이 생기는 예(例)가 많다.<sup>2)</sup>

갈변(褐變)한 발굴목재(發掘木材)의 건조후(乾燥後)의 명도(明度)와 철함유량(鐵含有量)의 관계를 구하면 상관계수(相關係數)  $r=0.614$  유의수준(有意水準) 1%에서 상관성(相關性)이 있다는 것을 확인(確認)할 수 있다. 갈변(褐變)한 부분(部分)은  $Fe^{+++}$ 이  $Fe^{++}$ 에 비교하여 현저하게 높은 함유량(含有量)(심한 경우에는 10배(倍))을 나타내고 갈변(褐變)하지 않은 부분(部分)에는  $Fe^{+++}$ 이  $Fe^{++}$ 보다 약 1/2~1/3이 적다.

#### 나) 발굴목재(發掘木材)의 물리적 성질(物理的 性質)

발굴시(發掘時) 흑갈색화(黑褐色化) 되는 현상(現象)은 발굴목재(發掘木材)의 함수율(含水率)이 높다든가 강도(強度)의 저하(低下)에 따를 것이다. 수축(收縮)과 팽윤(膨潤)현상은 세포막내(內)에 있는 흡착수(吸着水)와 모관응축수(毛管凝縮水)의 증감(增減)에 기인된다. 즉 함수율(含水率)이 섬유포화점(纖維飽和點) 이하로는 자유수(自由水)가 전혀없고 세포막내(細胞膜內)의 결합수(結合水)가 줄어든다. 그 결과 micell간의 거리가 가까워지고 세포막(細胞膜) 자체가 수축(收縮)되기 시작하며 이에따라 목재(木材)의 전용적(全容積)이 수축(收縮)되는 것이다. 이와 반대되는 현상을 팽윤(膨潤)이라고 한다.

TIEMANN은 수축(收縮)과 팽윤(膨潤)현상은 해면(海綿)이 물을 흡수(吸收)하는 것과 같은 단순한 과정이 아니고 큰 힘을 가진 물리화학적 과정(物理化學的 過程)이라 말하고 함수율(含水率)의 변화(變化)에 따른 목재(木材)의 용적변화(容積變化)는 세포막내(細胞膜內)의 수분량(水分量)에 비례하는 것으로 밝혀졌다.<sup>3)</sup>

일반적으로 건조물(建造物)인 기건목재(氣乾木材)의 함수율(含水率)은 12~18%되는데 비(比)하여 수침출토 목재(水浸出土 木材)인 신안해저인양목편(新安海底引揚木片)의 함수량(含水量)은 침엽수(針葉樹)가 80~200%이고 활엽수(闊葉樹)는 200~800%로 대단히 높았다.

일반적(一般的)으로 함수율(含水率)의 증가(增加)는 발굴목재(發掘木材)에 있어서

손상(損傷)의 지표(指標)가 된다.

목재(木材)의 물리적 성질(物理的 性質) 및 강도(強度)에 미치는 영향(影響)이 큰 함수율(含水率)은 목재중량(木材重量)에 대한 함유수분량(含有水分量)이 백분율(百分率)로 표시(表示)되는 것인데 이것을 함수율(含水率)(percent of moisture content, M.C.)이라고 한다 } 함에 있어서는 생재(生材) 또는 기건재(氣乾材)의 중량(重量) 즉 원중량(原重)(original weight)을 기준(基準)으로 하는 계산방법(計算方法)과 전건중량(全乾重量)(oven dry weight)을 기준(基準)으로 하여 계산(計算)하는 방법(方法)이 있다. 즉 목재 실질(木材 實質) 몇 g에 대해서 수분(水分) 몇 g이 함유(含有)되는가를 %로 표시(表示)하는 방법(方法)이므로 화학적 분석방법(化學的 分析方法)에서는 보통 후자(普通 後者)를 사용하나 습관상 양자를 같이 사용하고 있다. 그러므로 함수율(含水率)을 표시(表示)할 때에는 그 기준(基準)을 명시(明示)하여야 하며 기준(基準)이 표시(表示)되지 않은 것은 전건조량(全乾燥量)에 의한 것으로 보게 된다.

$$M = \frac{wg - wo}{wo} \times 100 \quad \text{또는} \quad M = \frac{wg - wo}{wo} \times 100 \quad \dots \dots \dots (1.1)$$

$$wg = wo + wo \times \frac{M}{100} \quad \dots \dots \dots (1.2)$$

$$wg = wo \left(1 + \frac{M}{100}\right)$$

$$wo = \frac{100wg}{100 + M} \quad \dots \dots \dots (1.3)$$

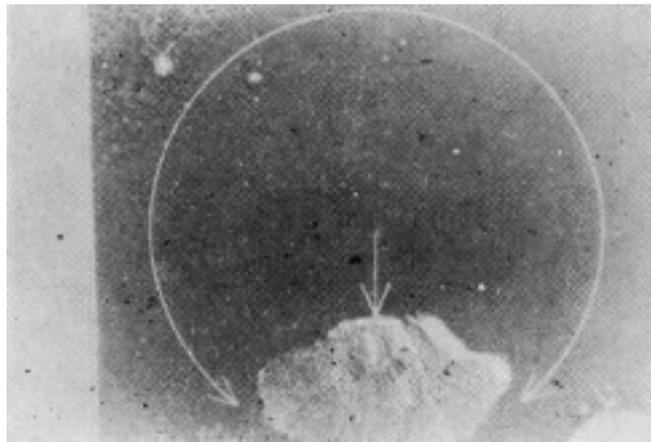
<M : 함수율(%) wg : 원중량(原重量) wo : 전건중량(全乾重量)>

이상(以上) 기술(記述)한 방법(方法)은 절건방법(絶乾方法)에 의한 것이지만 이 밖에도 전기적 방법(電氣的 方法)에 의한 것등이 있다. 다만 함수율(含水率)과 강도(強度)외에도 발굴목재(發掘木材)의 손상상태(損傷狀態)는 수종(樹種) 매장기간(埋藏期間)등 각종(各種)의 요인(要因)에 의해 좋은 것부터 들어 올릴 수 없을 정도로 무너진것까지 천차만별(千差萬別)이다. 그러므로 발굴시(發掘時)에 혹은 발굴후(發掘後)에 취급(取扱)할 때 구부러지던가 벌어지는 일이 가끔 일어난다.

다) 발굴목재(發掘木材)의 건조시(乾燥時)에 있어서 수축(收縮), 팽윤(膨潤) 발굴목재(發掘木材)의 고고학상(考古學上)의 자료(資料)로서 또는 넓은 의미(意味)에서 문화재(文化財)로서 최대(最大)의 문제점(問題點)은 발굴후 대기중(發掘後 大氣中)에서의 건조(乾燥)에 따른 용적변화(容積變化) 즉 수축(收縮)과 팽윤(膨潤)을 들 수 있다. 이것은 일반적(一般的)으로 지상(地上)에서 사용(使用)하고 있는 건축재(建築材)와 전세품(傳世品) 혹은 현생(現生)의 생재(生材)가 건조(乾燥)에 의한 수축(收縮)과는 비(比)할 수 없을 것이다. 그리고 발굴목재(發掘木材)의 경우에는 침엽수(針葉樹)가 활엽수(闊葉樹)에 견주어 형태유지(形態維持)가 양호(良好)하다.

침엽수(針葉樹)와 활엽수(闊葉樹)의 자연건조(自然乾燥)에 의한 수축(收縮)의 차이를 소구팔랑씨(小口八郎氏)가 침엽수(針葉樹)와 활엽수(闊葉樹)의 두 수종(樹種)을 현미경 관찰(顯微鏡 觀察)에 의해 건조 전(乾燥 前)과 후(後)를 비교(比較)해 보았다.<sup>4)</sup>

그 결과(結果)에 의하면 활엽수(闊葉樹)의 경우는 조직(組織)의 구성요소(構成要素) 전부가 수축(收縮)이 일어난다. 그중에서도 목섬유(木纖維)의 수축(收縮)이 심하였고 다수(多數)의 목섬유(木纖維)가 모여 판상(板狀) 혹은 벽상(壁狀)으로 되어있는 것으로 인정되었다.



(寫眞 1) 원형선 모양의 활엽수인데 자연건조되어 수축한 예  
(圓形線 模樣의 闊葉樹인데 自然乾燥되어 收縮한 例)

한편 같은 활엽수(闊葉樹)의 계수(桂樹)는 목섬유(木纖維)가 극히 적으므로 발굴목재(發掘木材)의 수축은 목섬유(木纖維)의 심한 열화(劣化)에 의한 것이라 할 수 있었다. 편광현미경(偏光顯微鏡)의 관찰(觀察)에서 활엽수재(闊葉樹材)는 편광성(偏光性)이 거의 인정(認定)되지 않았으며 또한 침엽수재(針葉樹材)는 춘재부(春材部)의 편광성(偏光性)은 소실(消失)하고 하재부(夏材部)의 편광성(偏光性)이 강하게 남아있는 것으로 인정(認定)되었다.

#### 라) 발굴목재(發掘木材)의 손상상태(損傷狀態)의 요인(要因)

발굴목재(發掘木材)의 기계적 강도 저하(機械的 強度 低下) 및 자연건조(自然乾燥)의 수축(收縮)에 심한 변형(變形)을 일으키는 요인(要因) 등에 대해서 몇가지 연구(研究)가 시도(試圖)되었다. 최초(最初)의 강도(強度)에 관계있는 연구(研究)로서 Tomashevich는 세포벽(細胞壁)의 붕괴(崩壞)에는 두가지의 형태(形態)가 있다고 하였다.<sup>5)</sup>

하나는 세포벽 내부(細胞壁 內部)의 삼차막(三次膜)으로부터 외측(外側)으로 향하여 진행(進行)하는 예(例)와 또 하나는 이차막(二次膜)의 외측(外側)으로부터 세포간층(細胞間層)을 분해(分解)하여 근접(近接)한 세포(細胞)로 넓혀지는 것이다. 전자(前者)는 목재(木材)를 무르게하고 건조(乾燥)한 경우에는 심하게 수축(收縮)이 생기게 된다. 동시(同時)에 액체(液體)의 침투(浸透)가 허용(許容)되고 그의

붕괴(崩壞)는 목재 전체(木材全體)에 걸쳐 생기게 된다. 후자(後者)는 해부학적(解剖學的)인 조직(組織)을 상실(喪失)하여 건조(乾燥)할 때는 붕괴(崩壞)를 일으키며 국부적(局部的)으로 일어나는 현상(現象)이라고 할 수 있다.

소원(小原), 강본씨(岡本氏)<sup>6)</sup>

등은 매장목재(埋藏木材)의 화학조직(化學組織)을 분석(分析)하여 리그닌(Lignin)에 비하여 셀룰로오스(Cellulose)의 붕괴(崩壞)가 빠르고 침엽수(針葉樹)와 활엽수(闊葉樹)의 비교(比較)에서는 현저하게 활엽수(闊葉樹)쪽이 빠르다는 것을 알아냈다. 즉 알카리 추출물(抽出物)의 증대(增大)·소셀룰로오스, 헤미셀룰로오스의 감소(減少), 상대적(相對的)인 리그닌량(量)의 증가(增加)에 있다. 이런 것은 침엽수(針葉樹)에 비교(比較)하여 활엽수(闊葉樹)의 건조(乾燥)에 의해 수축 변형(收縮變形)이 심한 원인(原因)의 하나라고 생각된다.

Mhlethaler<sup>7)</sup>

에 의하면 발굴목재(發掘木材)에 있어서 셀룰로오스의 소실(消失)에 의해서 모세관(毛細管)의 평균경(平均徑)은 증대(增大)하고 흡착표면(吸着表面)이 적게되며 목재(木材)의 팽윤(膨潤)이 저하(低下)하여 건조(乾燥)할 때 수축(收縮)이 증대(增大)한다. 한편 전술(前述)의 세포막(細胞膜)이 붕괴(崩壞)에 의해 독립기포(獨立氣泡)를 가진 다공질(多孔質)의 목재(木材)가 연속기포(連續氣泡)의 다공질(多孔質)로 변화(變化)하여 흡착수(吸着水)가 실질상 자유수(實質上自由水)로만 된다.

모세관(毛細管)의 확대(擴大)와 관통(貫通)은 매장환경중(埋藏環境中)에서 광물질(礦物質)의 침투(浸透)를 도우며 보존처리(保存處理)할 때에는 약제(藥劑)의 침투(浸透)를 촉진한다. 이것은 흑갈색화(黑褐色化)의 원인물질(原因物質)의 하나로 있는 철(鐵)이온이 다량(多量)으로 있어 내장(內藏)에도 관계(關係)가 있는 것이다.

### 3. 보존처리 방법(保存處理 方法)

발굴목재(發掘木材)의 보존처리(保存處理)란 표면장력(表面張力)이 높은 수분(水分)을 건조(乾燥)시켜 목재(木材)가 수축(收縮)과 팽윤(膨潤)의 변형(變形)이 일어나지 않도록 강화(強化)시키는 것이라고 정의(定義)할 수 있다.

발굴목재(發掘木材)의 보존처리(保存處理)의 역사(歷史)는 1850년대(年代)에 유럽에서부터 시작되었다. 즉 덴마크 왕립박물관(王立博物館)에서 명반(明礬)(Alum,  $K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 24H_2O$ )에 소량(少量)의 물을 첨가하여 가열용융(加熱溶融)시켜 그곳에 목재(木材)를 침적(浸積)하여 함침(含浸)시키고 그 뒤 냉각(冷却)하여 고화(固化)하는 방법(方法)의 보존처리(保存處理)가 1950년대(年代)까지 실시되었으나 보관중(保管中)에 목재 내부(木材 內部)에서 명반(明礬)이 재결정(再結晶)하여 안정성(安定性)에 문제(問題)가 발생되었다.

합성수지(合成樹脂)등이 발달(發達)한 1950년대후(年代後)부터는 새로운 기술(技術)이 개발(開發)되었으며 PEG 함침법(含浸法)은 스웨덴과 덴마크<sup>1)</sup>에서 실용화(實用化)되었고 그 뒤 더욱 진척(進陟)되어 진공동결건조법(眞空凍結乾燥法)이 개발(開發)되었

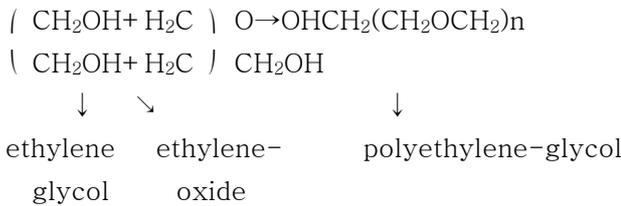
으며 스위스에서는 알콜·에텔수지법(樹脂法)이 실용화(實用化) 되었다.  
 현재(現在) 우리나라에서의 항구적(恒久的) 보존처리방법(保存處理方法)으로는 크게 두가지의 대표적(代表的)인 방법(方法)으로 분류(分類)할 수 있다. 즉 위에서 상술(詳述)한것과 같이 그의 하나가 불안정(不安定)한 함유수분(含有水分)을 다른 안정(安定)된 물질(物質)로 치환(置換)시키는 방법(方法)으로 PEG(poly ethylene glycol) 함침법(含浸法)과 함유수분(含有水分)을 강제적(強制的)으로 제거(除去)시키는 진공동결건조법(眞空凍結乾燥法)과 알콜·에텔수지법(樹脂法)이 활용(活用)되고 있다. 그 외(外)에도 아크릴 아미토의 중합례(重合例)와 같은 모노마 함침(含浸)에 의해 WPC(wood plastic combination)가 채용(採用)되기도 하고 스위스에서는 메라민프레보리마의 함침(含浸)에 의해 열중합(熱重合)하는 예(例)도 있으나 회백색(灰白色)이 되는 단점(短點)이 있다. 그 외(外)에 아크릴모노마의 방사선중합(放射線重合)이 시도(試圖)되고 있으며 특(特)히 유망(有望)한 것으로 수용성(水溶性)의 히토로기시에칠메리그릴레트의 열중합(熱重合)이 화란에서 연구(研究)되고 있으나 실용화(實用化)되기까지는 많은 시간(時間)이 필요(必要)한 것 같다.

가) Poly ethylene Glycol Method(PEG 함침처리법(含浸處理法))

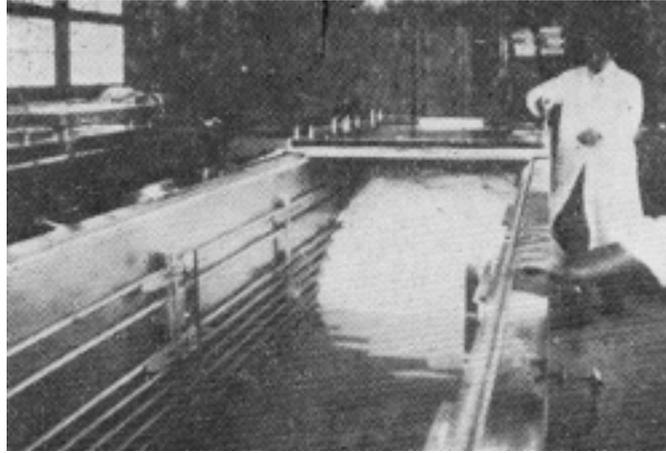
세계(世界) 각국에서 널리 응용(應用)되고 있는 방법(方法)으로 화학적(化學的)으로도 안전(安全)한 물질(物質)로서 고분자 화합물(高分子 化合物)이다.

1952年 스웨덴 Rolf Moren와 Bertill Center-wall에 의해 PEG를 이용(利用)하는 방법(方法)이 고안(考案)되었다. 그 후(後)에 STAMM<sup>2),3)</sup>, TARKOW, MITCHELL<sup>4)</sup>, 택전씨(澤田氏)<sup>5)</sup>에 의해 많은 연구(研究)가 진척(進陟)되고 있다.

PEG는 에칠알콜과 산화(酸化)에칠의 중합물(重合物)(CH<sub>2</sub>C-H<sub>2</sub>O)이며 그의 반응식(反應式)은 다음과 같다.

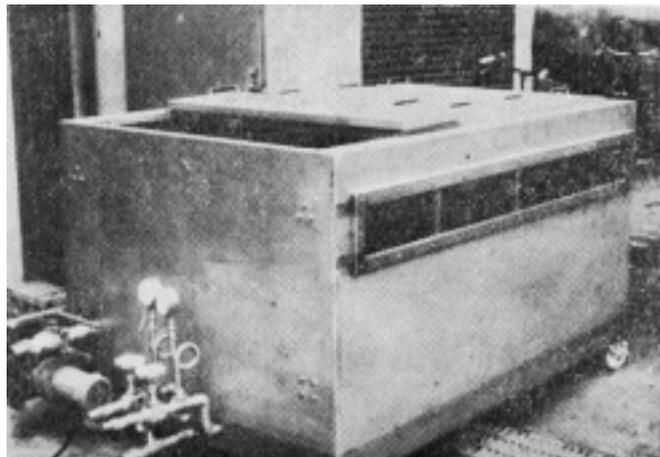


PEG의 합성원료(合成原料)는 에칠렌글리콜 산화(酸化) 에칠렌 촉매(觸媒) : 수산화(水酸化)나트륨 중화(中和) : 활성백토(活性白土) 탈색(脫色) : 활성탄(活性炭)으로 나뉘어 있으며 그의 중합도(重合度)에 따라 액상(液狀)(n=5~15)과 고형상(固形狀)(n=23~200)으로 갈라진다. 그 종류(種類)는 보통(普通) 그의 평균분자량(平均分子量)에 의한 다. 가장 많이 유물(遺物)에 이용(利用)하는 것이 PEG-600, 1,500, 4,000이지만 PEG 함침처리법(含浸處理法)이라고 부르는 것은 보통(普通) PEG-4,000을 말한다. PEG 4,000(평균분자량(平均分子量) : 3,700)을 저농도(低濃度)로부터 용융(熔融)한 상태(狀態)까지 서서히 농도(濃度)를 올려 침적(浸積)한 발굴목재중(發掘木材中)의 수분(水分)을 서서히 PEG에 치환(置換)하여 거의 100%까지 PEG에 바꿔 놓으면 PEG 용융액(熔融液)으로부터 발굴목재(發掘木材)를 꺼내어 실온(室溫)까지 냉각(冷却)시켜 고화(固化)한다.



(寫眞 2) PEG 함침조의 내부구조(PEG 含浸槽의 內部構造)

이 방법(方法)은 PEG가 물에 가용성(可溶性)이 있는 것을 최대한 이용(最大限 利用)한 것이다. 이것은 수용액중(水溶液中)에서 PEG의 확산(擴散)에 의해 발굴목재 내부(發掘木材 內部)에 PEG가 침투(浸透)하는 데는 장기간(長期間)의 침적시간(浸積時間)이 필요(必要)하다. 처리후(處理後)에는 석탄(石炭)과 같이 흑화현상(黑化現象)이 생기어 목질감(木質感)을 느낄 수 없다. 유럽에서는 그대로 전시(展示)하고 있으나 일본(日本)에서는 트리크로로에칠렌(Trichloroethylen)에 표면세척(表面洗滌)을 하는데 원래(原來)의 색조(色調)를 얻을 수 있다.<sup>15)</sup>

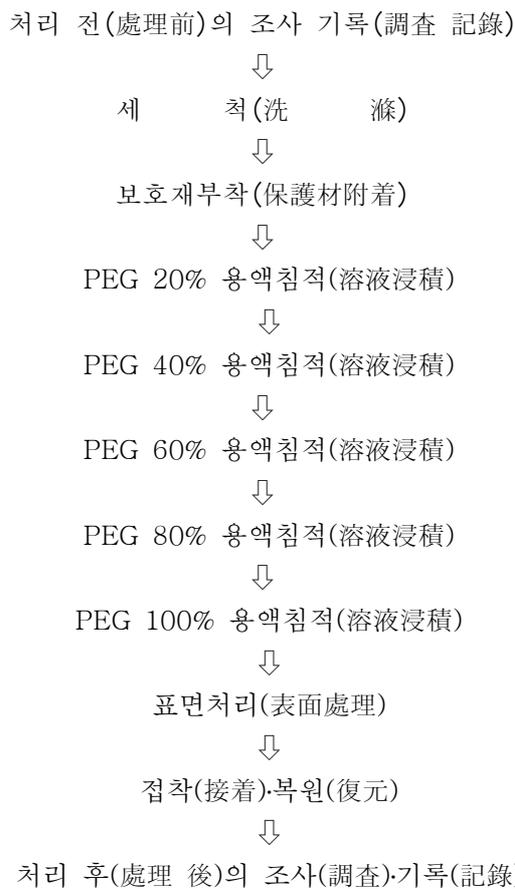


(寫眞 3) 자동식 표면처리 장치(自動式 表面處理 裝置)

가.

이상과 같이 PEG함침(含浸)과 표면처리(表面處理)에 의해서 비중(比重)이 1.2로 무거워진다. 그러나 다습(多濕)때에는 PEG의 조해성(潮解性)이 있으므로 보관장소(保管場所)에는 제습(除濕)이 요구(要求)되며 따라서 환경(環境)이 미흡할 경우(境遇)에는 내부(內部)의 PEG가 용출(湧出)되고 검은 얼룩이 생기는 것과 보존처리기간(保存處理期間)에 있어서 장시간(長時間)을 필요(必要)로 하는 것이 단점이다. 그러나 보온 가능(保溫 可能)한 장치(裝置)와 그것을 조작(操作)하는 인원(人員)만 확보(確保)되면 쉽게 실시(實施)할 수 있어 간편한 방법(方法)이다.

PEG함침법(含浸法)의 공정(工程)



나) 진공동결건조법(眞空凍結乾燥法)(Freeze-Drying Method)

진공동결건조법(眞空凍結乾燥法)은 목재중(木材中)의 수분(水分)을 동결(凍結)하여 승화(昇華)시키는 것이며 물의 표면장력(表面張力)에 의한 변형작용(變形作用)을 방지(防止)하는 방법(方法)이다. 그러나 실제(實際)의 건조과정(乾燥過程)에서 건조중 승화(乾燥中 昇華)등의 작용(作用)이 물체(物體)에 손상(損傷)을 끼칠 수 있으므로 건조중(乾燥中)의 진공도(眞空度), 온도(溫度)등은 유물(遺物)의 보존상태(保存狀態)에 맞추어 점차(漸次) 설정(設定)을 하지 않으면 안된다. 예(例)를 들면 목재(木材)에 포함되어 있는 물을 유기용제(有機溶劑)에 치환(置換)하는 것만이라도 건조시(乾燥時)의 온도(溫度)와 건조시간(乾燥時間)에 큰 변화(變化)가 있을 수 있고 건조후(乾燥後)의 끝맺음도 변(變)하게 된다.

성냥과 크기의 목재(木材)에 포함되어 있는 물을 동결건조(凍結乾燥)하는데 약 20시간(時間)이 필요(必要)하게 된다. 그런데 이물을 제3급(第三級) 부칠알콜에 치환(置換)하여 건조(乾燥)하면 약(約) 3시간(時間)으로 단축(短縮)할 수 있다. 이때 건조시간(乾燥時間)을 단축(短縮)할수록 건조물체(乾燥物體)에 끼치는 작용(作用)이 그 정도로 작아지게 되며 목재(木材)는 보다 완전(完全)한 형태(形態) 그대로 건조(乾燥)할 수 있게 된다. 보존처리기간(保存處理期間)은 PEG함침법(含浸法)에 비(比)하여 2/3~1/2정도(程度)까지 단축(短縮)할 수 있다. 그리고 구체적(具體的)인 처리방법(處理方法)은 다음과 같다. 전처리(前處理)로서 처음에 서술한 것과 같이 목재(木材)의 진공동결건조(眞空凍結乾燥)에는 미리 수분(水分)을 유기용제(有機溶劑)(第3부칠알콜)에 치환(置換)하여 건조시간(乾燥時間)을 대폭적(大幅的)으로 단축(短縮)하는데 용제(溶劑)의 치환(置換)을 하기(下記)의 순서대로 하지만 第3부칠알콜의 융점(融點)은 약(約) 25℃가 되도록 보온(保溫)하지 않으면 화재(火災)등의 위험(危險)이 따른다. 밀폐(密閉)된 설비(設備)를 준비(準備)하여야 하며 인체(人體)에 영향(影響)도 고려(考慮)하지 않으면 안된다.

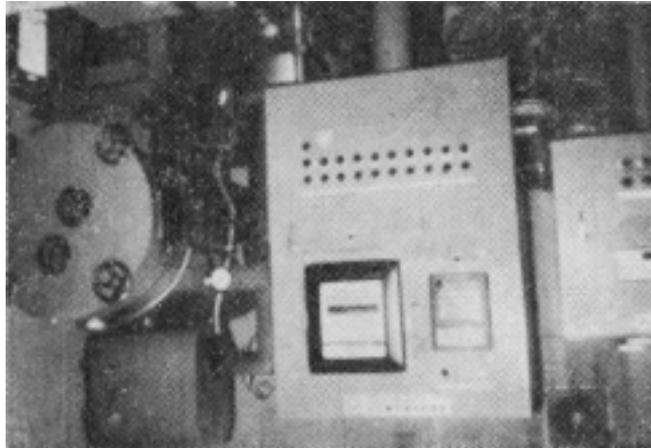
- 1) 20% 第3부칠알콜 수용액(水溶液)
- 2) 40% 第3부칠알콜 水溶液
- 3) 60% 第3부칠알콜 水溶液
- 4) 80% 第3부칠알콜 水溶液
- 5) 100(Pure) 第3부칠알콜 水溶液
- 6) 20% PEG-4,000의 第3級부칠알콜 용액(溶液)
- 7) 40% PEG-4,000의 第3級부칠알콜 溶液
- 8) 60% PEG-4,000의 第3級부칠알콜 溶液

목재중(木材中)의 물을 유기용제(有機溶劑)에 치환(置換)하여 동결건조(凍結乾燥)하는 것은 (1)~(5)까지의 단계로 전처리(前處理)하므로써 충분(充分)하다. 그러나 출토(出土)되는 목재(木材)는 주로 수지분(樹脂分)이 감퇴(減退)되어 있으므로 가령 변형(變形)되지 않게 건조(乾燥)가 되어도 건조후(乾燥後)에 목재(木材)가 의연(依然)히 취약(脆弱)케 되는 것을 부인(否認)할 수 없다. 그러기 위해 건조후(乾燥後)에도 목재(木材)에 잔류(殘留)하는 것과 같이 보강제(補強劑)를 미리 침적(浸漬)시킨다.

(6)~(8)의 단계에는 第3부칠알콜에 폴리에틸렌글리콜(PEG-4,000)을 용해(溶解)시키어 목재(木材)에 동시 침투(同時 浸透)시킨다.

PEG-4,000의 평균분자량(平均分子量)은 第3부칠알콜에 비(比)하여 매우 크며 건조후(乾燥後)에도 잔류(殘留)하여 목재(木材)를 보강(補強)하는데 큰 역할(役割)을 한다. 또한 PEG농도(濃度)는 목재(木材)의 부후상태(腐朽狀態)와 수종비중(樹種比重)에 맞게 조절(調節)하는 것이 필요하다. 따라서 PEG농도(濃度)는 60%를 초과(超過)하여 함침(含浸)시킬 수도 있으며 그 이상의 경우도 있을 수 있다.

진공동결건조기(眞空凍結乾燥機)는 목재(木材)를 건조실(乾燥室)에서 냉각(冷却)하는 냉동기(冷凍機)와 감압(減壓)하기 위한 진공(眞空)펌프 및 승화(昇華)한 용제(溶劑)를 회수(回收)하는 콘트롤트랩(콘트롤트랩)이 건조실(乾燥室)과 진공(眞空)펌프와의 계열(系列)간에 설치(設置)되어 있다. 그위에 진공도(眞空度), 건조실(乾燥室) 콘트롤트랩의 온도(溫度)를 자동적(自動的)으로 기록(記錄)하는 장치(裝置)가 부착되었다.



(寫眞 4) 진공동결 건조기(眞空凍結 乾燥機)

건조(乾燥) 완료를 판단(判斷)하는 방법(方法)으로는 목재(木材)와 건조실(乾燥室)의 온도차(溫度差)로서 구하게 된다.

소정(所定)의 PEG용액(溶液)이 목재(木材)에 충분히 침투(浸透)하면 액조내(液槽內)로부터 꺼내어 부칠알콜을 이용하여 표면(表面)의 PEG용액(溶液)을 신중히 제거(除去)시킨다. 목재(木材)를 민첩하게 알루미늄종이(Aluminum Foil)로 덮어 -40℃에 냉각(冷却)한 건조실(乾燥室)에 넣는다. 알루미늄종이(Aluminum Foil)로 덮는 이유(理由)는 목재(木材)에 포함되어 있는 第3부칠알콜이 동결(凍結)하기까지 휘발(揮發)하는 것을 억제(抑制)하기 위한 것이다.

충분히 동결(凍結)한후 다시 알루미늄종이(Aluminum Foil)를 풀어 건조실(乾燥室)에서 감압(減壓)한다. 통상적(通常的)으로 목간(木簡)크기의 유물(遺物)이라면 진공도(眞空度) 100 $\mu$ Hg에서 5~8시간(時間)이 필요하다.

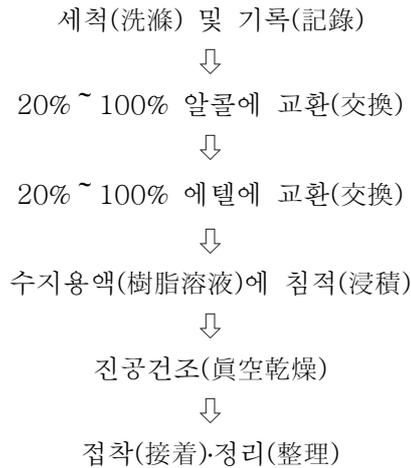
1) 유물(遺物)을 예비동결(豫備凍結)(-40℃)

2) 진공건조(眞空乾燥)를 개시(開始)하여 건조실(乾燥室)의 온도(溫度) -40℃에서부터 서서히 상승(上昇)시켜 20℃까지 한다. 보존상태(保存狀態)가 양호(良好)한 목재(木材)일 경우에는 80℃까지 상승(上昇)시켜 건조시간(乾燥時間)을 단축(短縮)시킬 수가 있다.

3) 건조종료(乾燥終了)를 확인후(確認後)에 충분한 시간(時間)을 걸쳐 상압(常壓)에 올려 건조실(乾燥室)에서부터 꺼낸 후(後)에 종이나 목재(木製)상자에 수납(收納)시켜 보존환경(保存環境)의 습도(濕度)를 50~70%로 유지(維持)시켜 준다. 이 보존방법(保存方法)은 목재(木材)의 부후정도(腐朽程度)나 수종(樹種)이 다른 정도(程度)에 따라 적당량(適當量)의 PEG를 함침(含浸)하여 처리후 목재(處理後 木材)의 물성(物性)을 자유(自由)롭게 설정(設定)할 수 있는 것이 크나큰 특징(特徵)이다. 특(特)히 목재(木材)는 신선(新鮮)한 색(色)을 되찾을 수 있으므로 목간(木簡)등 묵서(墨書)나 채색(彩色)이 있는 유물처리(遺物處理)에는 효과적(效果的)이다.

다) 알콜·에텔수지법(樹脂法)(Alcohol Ether Resin Method)

알콜·에텔수지법(樹脂法)<sup>7)</sup>은 스위스 국립박물관(國立博物館)에서 발굴목재류(發掘木材類)의 보존처리방법(保存處理方法)으로서 실용화(實用化)된 방법(方法)이며 표면장력(表面張力)이 큰 물(73 dyne/cm)을 표면장력(表面張力)이 작은 에텔(17 dyne/cm)에 치환(置換)하여 건조(乾燥)하므로써 수축(收縮)과 변형(變形)등이 발생(發生)되지 않도록 하는 것이다. 그런데 물과 에텔은 극히 소량(少量)밖에 용합(融合)하지 못하므로 가용(可溶)한 알콜과 치환(置換)한 다음 물을 에텔에 교환(交換)한다. 그 후(後) 수지용액(樹脂溶液)에 적시어 수지(樹脂)를 함침(含浸)시키고 진공건조(眞空乾燥)하는 것이다. 처리공정(處理工程)은 다음과 같다.



처리공정(處理工程)은 먼저 세척작업(洗滌作業)인데 유물(遺物)은 토중(土中)에 매장(埋藏)되어 있으므로 당연(當然)히 진흙이나 모래가 부착(附着)하게 되는데 그대로 처리(處理)할 경우(境遇)에는 나중에 표면(表面)이 더럽게 되므로 붓으로 손상(損傷)되지 않도록 주의(注意)하면서 물속이나 물이 흐르는 상태(狀態)에서 세척(洗滌)한다. 그 후(後) 알콜용액(溶液)에 교환(交換)하기 전(前)에 다수파편(多數破片)일 경우(境遇)에는 Nylon제(製)의 부직포등(不織布等)에 싸던가 얇고 깨어질 염려가 있는 경우(境遇)에는 Stainless제(製) 또는 나무판자로 만든 부목(副木)으로 보호(保護)하여 파손(破損)을 방지(防止)한다. 그리고 알콜농도(濃度)는 100%를 제외(除外)하고는 결정(決定)한 농도(濃度)에 조정(調整)할 필요(必要)가 없으며 유물(遺物)의 상태(狀態)에 따라 치환(置換)시킨다. 또한 에텔에 교환(交換)한 후(後) 담마르수지(樹脂)(Dammer resin) 밀랍(Bees Wax) 로진(Rosin) 피마자기름(Castor oil)의 수지용액(樹脂溶液)을 배분 혼합(配分 混合)하여 목재내부(木材內部)에 잔류(殘留)시켜 보강(補強)한다.

건조(乾燥)에는 자연건조(自然乾燥)보다는 진공건조(眞空乾燥)가 끝맺음이 좋은데 부직포(不織布)나 부목(副木)을 제거(除去)하지 않고 건조(乾燥)할 때에는 그 흔적이 남게 되므로 유의(留意)하여야 하며 진공도(眞空度)는 100~300mmHg으로도 충분(充分)하다. 최후적(最後的)으로 표면(表面)의 정리(整理)와 부러진 파편(破片)의 접착(接着)을 한다. 접착(接着)은 건조(乾燥)가 끝난후(後)에 실시(實施)하고 고점도(高粘度)의 접착제(接着劑)는 다공질 목재(多孔質 木材)에 적합(適合)하며 에폭시계(系) 접착제(接着劑)는 충전(充填)할 필요(必要)가 있는 유물(遺物)의 접합(接合)에 더욱 유효(有效)하다. 이 처리방법(處理方法)은 다만 표면(表面)이 꺼질꺼칠한 마른감을 느낄 수 있는데 이럴 경우(境遇)에는 왁스를 토리엔에 녹여 도포(塗布)하며 마른감을 감소(減少)시키며 표면 강화(表面 強化)에도 도모(圖謀)된다.

특징(特徵)으로는 수용성 수지(水溶性 樹脂)를 사용(使用)하지 않으므로 습기(濕氣)에 대해서 비교적(比較的) 강(強)하고 용제(溶劑)가 증발(蒸發)한 양(量)만큼 내부(內部)에 공간(空間)이 비어 있으므로 가볍게 되어 중량감(重量感)이 없다고 비판(批判)이 있으나 접착(接着)할 때에는 접착면(接着面)에 무리(無理)한 힘을 가할 필요(必要)가 없는 이점(利點)도 있다.

알콜과 에틸은 유기용제(有機溶劑)로서 소방법(消防法)에 위험물(危險物)로 지정(指定)되어 있으므로 일정량 이상 사용(一定量 以上 使用)할 때에는 소방법 기준(消防法 基準)에 맞는 위험물 취급(危險物 取扱)의 시설(施設)과 면허(免許)를 가진 전문요원(專門要員)이 필요(必要)하다.

#### 4. 외국선체 인양(外國船體 引揚)과 보존처리(保存處理)

##### 가) 목조군함(木造軍艦) 「WASA」 號(스웨덴)

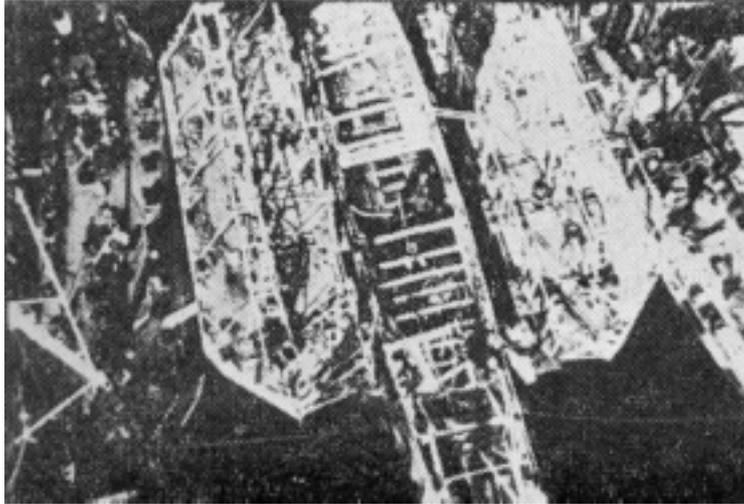
Stockholm항(港)에서 진수(進水)한 후(後) 1628年 8月 10日 오후(午後) 3시경(時頃) 들풍으로 인하여 해저(海底)에 침몰(沈沒)하였다.

전장(全長) 43.3m, 폭(幅) 11.5m, 높이 38m의 거대(巨大)한 선체(船體)를 인양(引揚)할 수 없으므로 우선 귀중품(貴重品)부터 회수(回收)하려 했으나 거듭 실패(失敗)로 돌아간 끝에 1964年 독일의 다이버에 의해 64기(基)의 대포(大砲)를 인양(引揚)하는데 성공(成功)하였다.

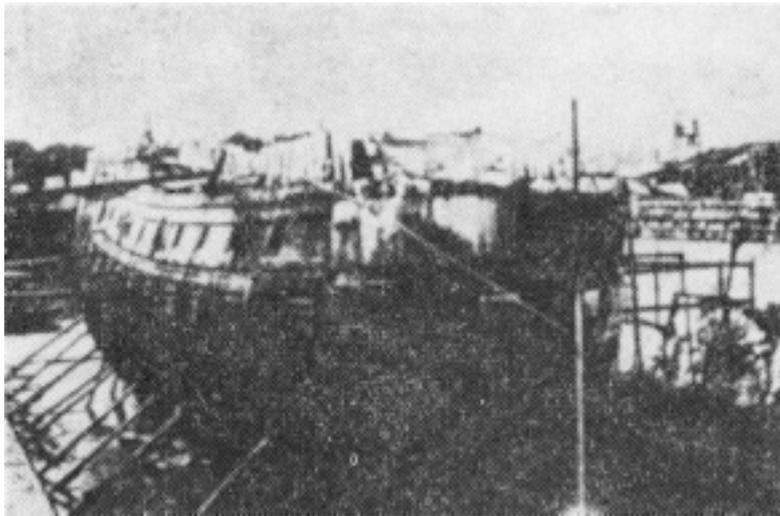
Franzen氏는 「WASA」 號 침몰지점(沈沒地點)을 보트로서 1956年 여름 선체(船體)를 찾는데 성공(成功)하였다. 이 작업(作業)은 먼저 선체(船體)를 인양(引揚)하기 위해 케이블카를 선저(船底)에 통(通)하게 터널을 뚫었다. 터널공사(工事)는 38m의 깊이의 어두운 시계(視界)로 인하여 어려운 공사(工事)였으나 2척의 탄카를 선체(船體) 양측에 배치(配置)하고 미리 통(通)한 케이블카를 이용(利用)하여 선체(船體)를 인양(引揚)하였다.

인양(引揚)할 때는 터널로부터 공기(空氣)를 분산(分散)하여 흙이나 점토를 가려 제거(除去)하고 선저(船底)를 해저(海底)로부터 떨어지도록 했다.

1961年 4月 24日 Stockholm항(港)의 해면(海面)으로부터 부상(浮上)한 「WASA」 號의 파괴된 일부(一部)는 보수(補修) 및 선내(船內)의 흙을 제거(除去)한 후(後) 동년(同年) 9月 알루미늄콘테이너로 보호(保護)받으며 인양(引揚)이 완료(完了)되었다. 그리고 보존처리(保存處理)에 있어서 선체 부재(船體 部材)의 90%는 떡갈나무이고 대부분 부후(腐朽)되어 있어 자연(自然)에 건조(乾燥)하면 심히 수축(收縮)되기에 최초(最初)의 일은 이와같이 무른 목재(木材)의 보존법(保存法)을 창안(創案)하는 일이었다. 왜냐하면 노천(露天)으로 햇볕, 비, 바람 등을 맞히는 상태(狀態)에서 선체 전면(船體 全面)에 물을 계속적으로 분무(噴霧)하였으나 선체(船體)의 일부(一部)에서는 균열(龜裂)되는 현상(現象)이 나타났다. 그후(後)에 옥외(屋外)로부터 공조시설(空調施設)을 설치(設置)한 실내(室內)에 넣었다. 선체(船體)의 면적(面積)은 1,500㎡이고 용적(容積) 900㎡로서 세계최대(世界最大)의 유물(遺物)이다.



(寫眞 5) 양쪽에 탄카를 배치하여 선체를 인양한 후 처리장까지 운반한 상태.  
(양쪽에 탄카를 配置하여 船體를 引揚한 후 處理場까지 運搬한 狀態).



(寫眞 6) 인양된 wasa호(引揚된 wasa號)

보존처리(保存處理)에 대해서 여러가지 연구(研究)한 결과(結果) 치수를 안정화(安定化)시키는 물질(物質)인 PEG를 이용(利用)하는 목재(木材)의 치수안정법(安定法)이 비교적(比較的) 양호(良好)한 결과(結果)를 얻었다. 즉 PEG용액(溶液)의 농도(濃度)를 5%부터 시작(始作)하여 서서히 높이고 온도(溫度)는 섭씨 60로 안정(安定)하게 유지(維持)시킨다. 또한 사용(使用)하는 PEG 평균분자량(平均分子量)이 4,000보다 1,500의 경우(境遇)가 침투력(浸透力)이 우수(優秀)하다는 것이 확인(確認)되었다. 거대(巨大)한 선체(船體)를 PEG처리(處理)를 위해 탱크 안에다 넣는다는 것은 불가능(不可能)하기 때문에 PEG 수용액(水溶液)을

선체 전체(船體 全體)에 산포(散布)하였다. 당초(當初)에는 분무기(噴霧器)를 사용(使用)하여 매일(每日) 5인이 5시간(時間)에 걸쳐 산포(散布)하였으나 그후(後)에도 매일(每日) 1회씩 계속하다가 PEG함침량(含浸量)이 불충분(不充分)하여 자동식 산포법(自動式 散布法)으로 바꾸고 계속 운전(運轉)할 수 있도록 했다. 즉 용액(溶液)이 순환(循環)할 수 있도록 분무장치(噴霧裝置)가 부착되어 용액(溶液)이 파이프를 통하여 선전체(船全體)에 분무(噴霧)되고 있으며 실내환경(室內環境)은 항상(恒常) 습도(濕度) 90% 이상(以上)을 유지하고 있다. 그리고 PEG 1,500의 수용액(水溶液)을 4~6시간(時間) 산포(散布)하고 있고 견학자(見學者)들이 그대로 처리과정(處理過程)을 볼 수 있다. PEG 함침(含浸)이 완료(完了)되면 닻등의 부속물(附屬物)과 함께 수리복원(修理復元)하여 전시(展示)하는등 여러가지 안(案)이 현재 검토(現在 檢討)되고 있다.

#### B. 바이킹선(덴마크)

코펜하겐으로부터 별로 멀지않은 「Roskilde Fjord」에서 목조선(木造船)이 발견(發見)되었다<sup>18)</sup>

. 1957년부터 1959년에 걸쳐 조사(調查)한바 이것이 바이킹시대(時代) 유물(遺物)이라고 판명(判明)되었다.

선체(船體)의 인양(引揚)은 발굴(發掘), 운반(運搬), 보존처리(保存處理), 복원(復元) 그리고 전시공개(展示公開)라는 원대(遠大)한 플랜(Plan)에서 진행(進行)하였다.

1962년 들머리가 쌓여있는 주위(周圍)에 Cofferdam을 쌓은 뒤에 그 속에 있는 해수(海水)를 펌프로 퍼낸 후 해저(海底)의 진흙속에서 선체(船體)를 인양(引揚)하였다. Ros-kilde항(港)은 고작 3m의 얕은 깊이이므로 바이킹선이 침몰(沈沒)한 범위(範圍)인 약 1,300㎡에 걸쳐 Cofferdam을 만들어 선체(船體)가 박락(剝落)한 것은 대주걱이나 브라스를 사용(使用)한 육상(陸上)의 발굴조사(發掘調査)보다는 스프레이로 하는 것이 제일 효과적(第一 效果的)이다. 선체(船體)의 잔존량(殘存量)은 전체적(全體的)으로 보아 50~75% 정도(程度)이고 제일 큰 28m의 배는 20%밖에 회수(回收)할 수 없었으나 복원(復元)은 가능(可能)하였다.

바이킹선은 1,000년을 경과(經過)하였으므로 내외부(內外部)가 손도 댈 수 없을 정도(程度)로 부후(腐朽)되었다. 그러기에 표면부분(表面部分)의 균열(龜裂)을 억제(抑制)시키는 것이 가장 선결과제(先決課題)였다. 관계습도(關係濕度)에 있어서 흡습성(吸濕性) 및 침투성(浸透性)이 높았다. 또한 PEG 4,000을 사용(使用)하였고 함침(含浸) 탱크는 섭씨 80℃까지 가열(加熱)하여 동일(同一) 탱크(內)에서 PEG농도(濃度)를 서서히 높이어 100% 용액(溶液)을 함침(含浸)하였다.

토압(土壓)등으로 변형(變形)한 부재(部材)는 함침(含浸)된 PEG가 경화(硬化)하기 전(前)에 교정(矯正)하여 전체(全體)의 복원(復元)이 무리(無理)없이 진행(進行)되도록 배려(配慮)했다.

코펜하겐의 근교(近郊)에 PEG 함침(含浸)탱크가 설치(設置)되어 모든 부재(部材)를 처리(處理)하고 있다. 이것을 Roskilde의 Viking Museum에 운반(運搬)하여 선체(船體)를 복원(復原)하였다. 선체(船體)의 구도(構圖)에 맞게 철골(鐵骨)을 짜서 이것에 짝을 맞추어 부재(部材)를 붙이였다. 모든 복원작업(復原作業)은 견학자(見學者)들이 관람(觀覽)하는 가운데 실시(實施)하였고 발굴조사(發掘調査)의 보존처리(保存處理)의 전과정(全過程)을 알기 쉽게 기록영화(記錄映畫)에

수록(收錄)하여 공개(公開)하고 있다.

### C. 개양환(開陽丸)(日本)

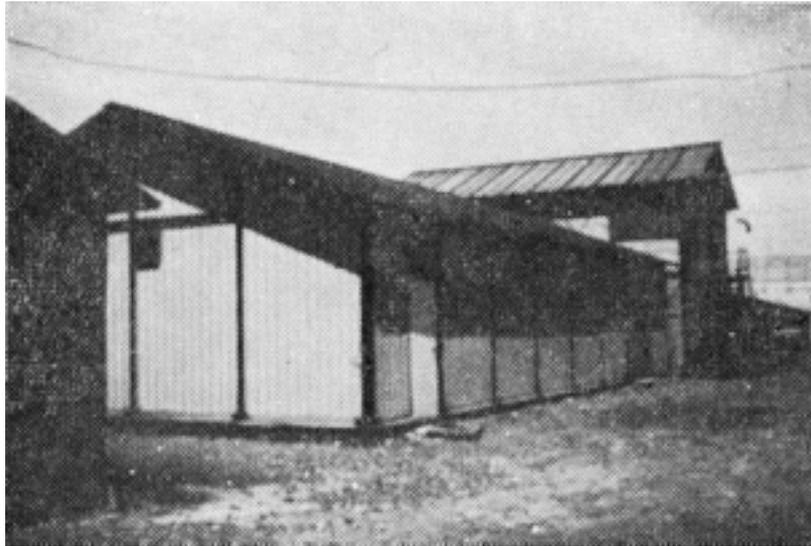
도쿠가와막부 군함(徳川幕府 軍艦) 「개양환(開陽丸)」은 화란에서 1863年 8월에 건조(建造)되어 1865年 11月 2日 진수(進水)하여 막부(幕府)에 인도(引渡)되었으나 1868년에 유신(維新)에 의해 북해도공화국(北海道共和國)을 노린 가본(加本)들에 의해 품천(品川)을 탈출(脫出)하여 강차 해상(江差 海上)으로부터 공략(攻略)하려다 풍설(風雪)의 맹위(猛威)가 심하여 11月 15일에 좌초(座礁)하여 수중(水中)에 침몰(沈沒)하였다<sup>19)</sup>

#### . 매장유물(埋藏遺物)<sup>20)</sup>

의 추정발굴량(推定發掘量)은 외해(外海)에는 67.5m<sup>3</sup> 내해(內海) 18.75m<sup>3</sup>를 포함하여 3,078m<sup>3</sup>로 1975년에 분포조사(分布調査), 1976년부터는 발굴조사(發掘調査)를 시작하여 1980년까지 출토유물(出土遺物)의 총점수(總點數)는 28,737점(點)에 달하며 아직도 150,000점(點) 정도가 해저(海底)에 매몰되어 있는 것으로 추정(推定)되고 있으며 유물량(遺物量)이 대량(大量)일뿐더러 그 외 목질형상(木質形狀)도 다종다양(多種多樣)하다. 발굴(發掘)은 북해(北海)의 기온급변(氣溫急變)에 의하여 겨울에는 발굴(發掘)할 수 없고 4月~9月 기간중(期間中)에 발굴(發掘)을 실시(實施)하고 있다.

유물(遺物)의 보존처리(保存處理)는 동경국립문화재연구소(東京國立文化財研究所)의 강본의리씨(江本義理氏)의 지도(指導)에 의해서 실시(實施)되었는데<sup>21)</sup>

탈염처리(脫鹽處理)는 철류(鐵類)를 2% 수산화(水酸化)나트륨 용액(溶液)에 1年정도 침적(浸積)시키고 동류(銅類)는 5% 세스기탄산(炭酸)나트륨 용액(溶液)에 철(鐵)의 미분(米分)정도로 시도(試圖)한후 열풍건조(熱風乾燥)시킨 다음에 표면도포(表面塗布)하여 성공적(成功的)인 결과(結果)를 얻고 있으며 선체(船體)는 처리시설(處理施設)의 미비(未備)로 그물에 넣어 해수중(海水中)에 보관(保管)하다가 1981년도(年度)부터 PEG 처리(處理)를 20%부터 농도(濃度)를 상승(上昇)시켜 진행중(進行中)이다. 또한 개양환 부재(開陽丸 部材)의 현미경사진(顯微鏡寫眞)에 의하면 일본제(日本製)가 아니고 낙엽수(落葉樹)의 고나라속(屬)하는 Quercus Robur과 Quercus Sessiliflora Sulisb으로 유럽지방(地方)에서는 오래전부터 선체(船體)로 많이 이용(利用)되고 있다. 부재(部材)의 함수율(含水率)이 100~120%였으며 그의 표층부분(表層部分)은 500%까지 되었다. 내부(內部)는 신재(新材)에 가까울 정도로 신선(新鮮)한 것이었으며 WASA號와 비교하여 볼 때 보존상황(保存狀況)은 좋지 않았으며 부재(部材)는 표면부분(表面部分)을 중심(中心)으로 경화처리(硬化處理)를 실시(實施)하고 있으며 보존처리실(保存處理室)은 100m<sup>2</sup>의 건물 3동(三棟)과 수장고(收藏庫) 1동(一棟)이 현장(現場)의 근처(近處)인 매립지(埋立地)에 설치(設置)되어 있고 북해도(北海道)를 중심(中心)으로 구성(構成)된 촉진후원회(促進後援會)가 결성(結成)되어 물심양면(物心兩面)의 협조체제(協助體制)하에 있으며 유물(遺物)의 일부(一部)는 강차정(江差町) 문화센터內的 향토자료실(郷土資料室)에 전시(展示)되고 있다.



(寫眞 7) 「개양환」 인양발굴현장 보존처리타의 전경  
(「開陽丸」 引揚發掘現場 保存處理센타의 全景)

#### 5. 신안해저 목제유물 보존처리(新安海底 木製遺物 保存處理)에 대하여

신안인양선체(新安引揚船體)의 보존(保存)을 위하여 문화재관리국(文化財管理局)은 목포시(木浦市)의 협조하(協助下)에서 전남 목포시 용해동(全南 木浦市 龍海洞) 37번지(番地)(숙칭 갓바위)에 보존처리장(保存處理場)을 설치(設置)하고 처리요원(處理要員)으로 문화재연구소 보존과학연구실 연구원(文化財研究所 保存科學研究室 研究員) 6명으로 구성(構成)되어 운영(運營)되고 있다.

처리실(處理室)은 30m×6m(54.5坪)으로 비닐피복강판(被覆鋼板) 및 철골(鐵骨)트라스조립건물(組立建物)이며 탈염수조(脫鹽水槽)는 6m×2.5m×1.5m~2m(담수량 250m<sup>3</sup>)의 콘크리트로 항상(恒常) 유수(流水)될 수 있도록 설계(設計)되어 있다.

선체(船體)의 보존처리방법(保存處理方法)으로는 第4章에서 서술한 바와같이 덴마크의 바이킹號와 스웨덴의 WASA號등 세계적(世界的)으로 대형유물(大形遺物)의 실적(實績)등으로 미루어 보아 가장 안정성(安定性)있는 폴리에틸렌그리콜(PEG)함침처리법(含浸處理法)으로 시도(試圖)할 계획(計劃)이다.

현재(現在) 우리나라에서 제조판매(製造販賣)되고 있는 PEG는 그의 평균분자량(平均分子量)이 약 200~20,000까지 있으나 목재처리(木材處理)등 보존과학면(保存科學面)에서 이용(利用)하고 있는 PEG 4,000으로 할 작정(作定)이다.

##### 가. PEG 함침장치(含浸裝置)

당(當) 처리장(處理場)의 장치(裝置)는 PEG함침조(含浸槽), PEG농축조(濃縮槽), 온수조(溫水槽)등 각 1기(一基)씩이며 4基의 모터에 의해 제어반(制御盤)에 따라서 온도(溫度)등을 콘트롤 할 수 있다. 함침조(含浸槽)의 외부(外部)치수(단위,單位) cm, 이하(以下)같음)가 길이 467 폭(幅) 167 높이 80 내부(內部)치수는 길이 450 폭(幅) 150 높이 75이지만 온수(溫水)를 통한 배관(配管)과 조내(槽內)의 용액(溶液)을 순환(循環)시킬

배관(配管) 또한 조상부(槽上部)에 여유(餘裕)를 가질 수 있도록 하기 위해 실질적(實質的)으로 사용(使用)되는 공간(空間)은 길이 약 430 폭(幅) 145 높이 72.5으로 되어 있다. 이 크기는 선체중(船體中)에서 가장 치수가 큰것을 참고(參考)로 하여 설계(設計)되었다. 조내(槽內)의 온도(溫度)는 온도지시조절기(溫度指示調節器)와 온수(溫水) 펌프가 연동(連動)하여 일정(一定)하게 유지(維持)시키며 용액(溶液)의 농도(濃度)는 순환(循環)펌프에 의해 어느 정도(程度) 균일(均一)하게 한다. 농축조(濃縮槽)는 외부(外部)치수가 길이 417 폭(幅) 167 높이 80이고, 내부(內部)치수는 길이 400 폭(幅) 150 높이 75로 조내(槽內)의 온도(溫度)는 함침조(含浸槽)와 같은 방법(方法)으로 일정(一定)하게 유지(維持)되고 있다. PEG농도(濃度)를 상승(上昇)시키기 위해 교반기(攪拌機)와 공기(空氣)를 빼내는 장치(裝置)가 설치(設置)되어 있다. 온수조(溫水槽)는 외부(外部)치수 내부(內部)치수가 농축조(濃縮槽)와 거의 비슷하며 내부(內部)치수 중에서 높이만 90cm정도 크다.

온도조절기(溫度調節器)와 히타 수위계(水位計)와 급수 전자변(給水 電磁辨)에 의해 온도 수량(溫度 水量)이 거의 일정(一定)하게 유지(維持)되고 있다. 4기의 펌프는 2기가 함침조(含浸槽)와 농축조(濃縮槽)를 위한 온수(溫水)펌프이며, 1기는 함침조(含浸槽)의 순환(循環)펌프이다. 또 하나는 온수(溫水)를 항상(恒常) 따뜻하게 하는 이송(移送)펌프이고 각 조내(槽內)의 용액(溶液)을 이동(移動) 변동(變動)시키는데 사용(使用)한다. 온수(溫水)시킬 보일러는 1.5톤 정도(程度)의 용량(容量)을 가진 것이며 함침(含浸)탱크의 조본체(槽本體)의 재질(材質)은 stainless steel SUS-304를, 구조체(構造製)는 강판(鋼板) SS41P 방창도장(防鏽塗裝)을 사용(使用)한다.

#### 나. PEG함침조(含浸槽)에 의한 보존처리공정(保存處理工程)

보존처리(保存處理)를 행할 목재류(木材類)는 출토지점(出土地點), 층위(層位), 年·月·日과 함께 품명(品名), 최대장(最大長), 최대폭(最大幅) 등을 기입(記入)하고 처리전(處理前)의 사진(寫眞)과 정밀실측(精密實測)한 카드를 작성(作成)한다. 더욱이 함침조(含浸槽)에 가득 채울 경우(境遇)에 카드의 가번호(假番號)에 맞도록 스텐레스 및 플라스틱 받침 세편(細片)에 번호(番號)를 새겨 얇은 부직포(不織布)나 Nylon제(製)등으로 보호(保護)하고 진유(眞鑰)못으로 부착(附着)하여 처리후(處理後)의 조합(照合)을 용이(容易)하게 한다.

일반적(一般的)으로 해안선(海岸線)을 기점(基點)으로 근거리내(近距離內)의 지역(地域)은 타지역(他地域)에 비교(比較)하여 유물(遺物)의 부식(腐蝕)이 심하다. 해수중(海水中)에는 약(約) 3.5%를 함유하고 있는 염분(鹽分)의 영향(影響)을 받기때문에 육상(陸上)에서 발굴(發掘)한 목제유물(木製遺物)과 다르게 탈염처리(脫鹽處理)를 실시(實施)하여야 한다. 수도(水道)물이 이상적(理想的)이지만 당(當) 처리장(處理場)은 두개의 지하수(地下水)를 이용(利用)하고 있으며 거기에 따라 각 모터와 압력(壓力)탱크에 의해서 자동적(自動的)으로 조절(調節)할 수 있는 시설(施設)을 설치(設置)하여 세척(洗滌) 및 탈염수(脫鹽水)로 활용(活用)하고 있으나 염소(鹽素)이온을 측정(測定)한 결과(結果) 제1지하수(第一地下水)는 35.46ppm 제2지하수(第二地下水)는 109.9ppm으로서 염소(鹽素)이온의 농도(濃度)가 높기 때문에 최후(最後)에는 탈염수(脫鹽水)로 증류수(蒸溜水)를 사용(使用)하여 침적(浸積)시킨 다음에 염분(鹽分)이 용출(溶出)하여 포화(飽和)되는 것이 어느 정도(程度)인가 알기 위한 탈염상황(脫鹽狀況)의 조사(調査)에

는 용액(溶液)의 pH측정(測定) 및 몰법(法)에 의한 염소(鹽素)이온의 정량(定量)으로 용출염분(溶出鹽分)의 측정(測定)을 실시(實施)한다. 해수중(海水中)에는 표(表)II와 같이 다종류(多種類)의 염(鹽)이 포함(包含)되어 있으나 양(陽)이온으로서  $\text{Na}^+$ 를 비롯하여  $\text{Mg}^{+2}$ ,  $\text{Ca}^{+2}$  등이 있으며 음(陰)이온으로는  $\text{Cl}^-$ 이 압도적(壓倒的)이며 그의  $\text{SO}_4^{-2}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  등이 있다. 처리용액중(處理溶液中)에 유물(遺物)을 침적(浸積)한 염분량(鹽分量)의 전량측정(全量測定)이 아니라 용출(溶出)하는 염소(鹽素)이온 양(量)에 의해서 탈염상황(脫鹽狀況)을 판단(判斷)하였다.

表II 해수(海水) 1kg중의 이온량

| 양(陽)이온           | 질량(質量)(g) | 음(陰)이온             | 질량(質量)(g) |
|------------------|-----------|--------------------|-----------|
| $\text{Na}^+$    | 10.56     | $\text{Cl}^-$      | 18.98     |
| $\text{Mg}^{+2}$ | 1.27      | $\text{SO}_4^{-3}$ | 2.65      |
| $\text{Ca}^{+2}$ | 0.40      | $\text{HCO}_3^-$   | 0.14      |
| $\text{K}^+$     | 0.38      | $\text{Br}^-$      | 0.065     |

함침(含浸)은 최초(最初) PEG 약(約) 20% 농도(濃度)부터 개시(開始)하여 뚜껑사이로 수분(水分)이 증발(蒸發)하므로 동시(同時)에 농축조(濃縮槽)로부터 PEG를 공급(供給)시켜야 한다. 함침기간(含浸期間)은 유물(遺物)의 크기에 따라 조금씩 다르고 소형(小形)일 경우(境遇) 약(約) 3개월정도(個月程度)이고 두꺼운 판재(板材)의 기둥등은 약(約) 6개월 정도 시일(個月程度時日)이 걸리고 선체(船體)등 비교적(比較的) 대형(大型)의 것은 최소한(最少限) 1년이상(年以上) 걸려야 한다. 예를들면 1978년도(年度) 일본(日本) 대판부(大阪府) 등정사시(藤井寺市)에서 발굴(發掘)한 길이 8.8m 높이 17cm 폭(幅) 23cm의 수라(修羅)를 PEG 20%로 처리(處理)하는데 1년 3개월(個月)이 걸린 현재(現在)까지도 계속되고 있으므로 정확(正確)한 기간(期間)을 설정(設定)할 수 없고 그때그때 농도측정(濃度測定) 및 용액(溶液)이 어느 정도(程度) 침투(浸透)하였는지에 따라 결정(決定)될 수가 있다. PEG 치환함침(置換含浸)은 본질(本質), 함수율(含水率), 부후(腐朽)의 상황(狀況)에 의해 PEG농도(濃度) 및 처리(處理)의 단계(段階)를 고찰(考察)할 수 있으며 어느 정도(程度) 정확(正確)한 기간(期間)을 설정(設定)하기 위해서는 액중(液中)에 있는 목재류(木材類)를 건져내어 표면(表面)을 닦은 다음에 될 수 있는 한 같은 조건(條件)에서 수평량(水平量)으로, 소형(小形)은 주(週)1회(回) 대형(大形)은 月2회로 정기중량측정(定期重量測定)을 하는 것이 가장 중요(重要)하다.

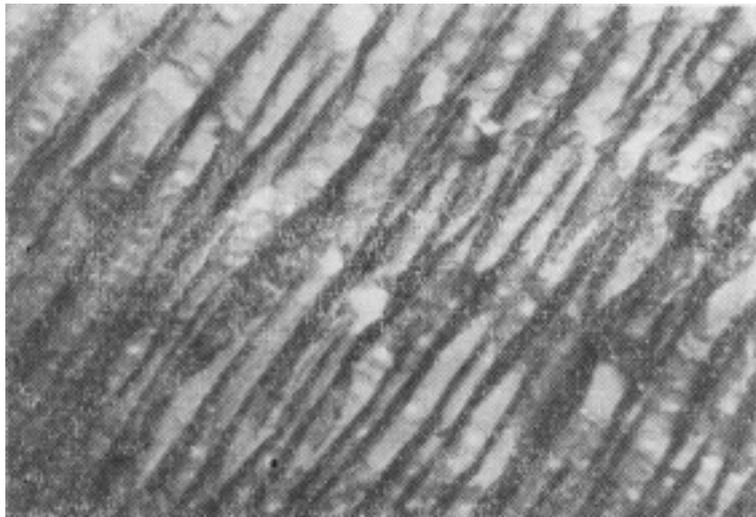
PEG 4,000의 치환평형점(置換平衡點)을 중량(重量)이 항량(恒量)으로 되도록 하지만 PEG의 비중(比重)과 함침속도(含浸速度)가 작을 수도 있으므로 중량변화(重量變化)가 적은 측정치(測定值)에도 다소(多小) 차이(差異)가 생긴 곤란(困難)이 수반(隨伴)되므로 정기적(定期的)인 측정(測定)을 원칙(原則)으로 한다. PEG농도(濃度)가 I. 20~30% II. 30~50% III. 50~70% IV. 70~90% V. 90~100%로 점차 고농도용액(高濃度溶液)으로 이전(移轉)시킨다. 그리고 액상(液狀)을 유지(維持)시키기 위해 65℃ 정도의 보온(保溫)이 필요(必要)하다.

함침(含浸)이 종료(終了)되면 PEG용액은 농축조(濃縮槽)의 컨테이너에 옮겨 온수(溫水)를 뿌린 세척조(洗滌槽)에서 표면(表面)에 부착(附着)한 PEG용액(溶液)을 세척(洗滌)한다.

기본장치설계(基本裝置設計)는 문화재연구소 보존과학연구실 자문(文化財研究所 保存

科學研究室 諮問)에 의해 한국과학기술원(韓國科學技術院)에서 실시(實施)하였으며 PEG함침후(含浸後)에는 선체(船體)에 흑화현상(黑化現象)이 나타나므로 표면처리장치(表面處理裝置)에서 트리크로로 에칠렌(Trichloro Ethylene)으로 목재표면(木材表面)을 세척(洗滌)하던가 또는 동용액(同溶液)에 단시간 침적(短時間 浸漬)시키므로써 표면(表面)의 PEG를 제거(除去)하여 원래 목재(原來 木材)의 색조(色調)를 얻을 수 있다. 그리고 트리크로로 에칠렌을 약(約) 5%정도(程度) PEG 4,000에 녹여 이용(利用)하면 깨끗한 목재표면(木材表面)에 PEG가 잔존(殘存)되어 있기 때문에 보강(補強)에도 효과적(效果的)이다.

보존처리(保存處理)한 목재류(木材類)는 비교적(比較的) 냉암소(冷暗所)에서 수장고(收藏庫)에 보관(保管)하여야 한다. 그러나 한편으로는 먼저 사전조사(事前調査)로서 재질조사(材質調査)(화학성분분석(化學成分分析), 수종검사(樹種檢査), 오염해양생물(汚染海洋生物)의 조사(調査))를 선행(先行) 실시하여 원형복원(原形復元)에 참고(參考)하고 보존처리(保存處理)의 귀중(貴重)한 자료(資料)로 활용(活用)한다.



(寫眞 8) 신안 인양 목제품의 현미경 사진(70)  
(新安 引揚 木製品의 顯微鏡 寫眞(70))

## 6. 끝 맺음

이처럼 과학적 보존처리방법(科學的 保存處理方法)에 의해 수중(水中)에서 보관(保管)할 필요(必要)가 없게 되었으며 다음과 같은 효과(效果)를 기대(期待)할 수 있게 되었다. 물을 교환(交換)하는 업무(業務)가 생략(省略)되고 물리적(物理的)인 표면(表面) 박락(剝落)을 방지(防止)할 수 있고 곰팡이와 박테리아에 의한 생물(生物)의 손상(損傷)이 제거(除去)되며 수조내(水槽內)에 유물(遺物)을 넣어 전시(展示)할 필요(必要)가 없고 직접 유물(直接 遺物)을 전시(展示) 및 관람(觀覽)할 수 있다. 그리고 접착(接着)이 가능(可能)하게 되어 원상복원(原狀復原)이 가능(可能)하고 본래(本來)의 목질감(木質感)을 얻을 수 있어 용이(容易)하게 관찰(觀察)하여 자료(資料)를 얻을 수 있다.

또한 글자와 칠장식(漆裝飾)일 경우(境遇)에 문자(文字)와 문양(文樣)이 선명(鮮明)하게 보이며 강도(強度)가 강화(強化)되고 취급(取扱)과 운반(運搬)이 용이(容易)하다. 이상(以上)과 같은 효과(效果)를 고려(考慮)할 때 발굴 목제 유물(發掘 木製 遺物)의 보존처리(保存處理)는 더욱 증가(增加)될 것이며 신안인양선체(新安引揚船體)의 복원(復原) 및 박물관(博物館)의 전시(展示)에 보다 더 폭넓은 활용(活用)을 기대(期待)할 수 있게 되었고 발굴목재(發掘木材)의 보존처리(保存處理)를 통하여 주로 과학(科學) 및 과학기술(科學技術)이 역사적 증인(歷史的 證人)으로 있는 매장문화재(埋藏文化財)의 보존(保存)에 다대(多大)하게 기여(寄與)하여 일익(一翼)을 담당(擔當)할 수 있게 되었다. 그러나 아직 설비면(設備面)에서 PEG함침장치(含浸裝置)는 물론(勿論)이고 보존처리(保存處理)의 사전연구(事前研究)에 필요(必要)한 실험기기(實驗器機)의 보강(補強)과 기술면(技術面)에서 국제보존과학기관(國際保存科學機關)과 유기적(有機的)인 관계(關係)를 유지(維持)하여 문헌(文獻)과 자료(資料)를 수집(蒐集)하여 현재(現在)의 처리방법(處理方法)의 개량(改良)에 노력(努力)하여야 하며, 전혀 새롭고 보다 완전(完全)한 방법(方法)을 개발(開發)하며 기술자(技術者) 양성(養成)을 효과적(效果的)으로 도모(圖謀)하여 신안해저 인양 선박(新安海底 引揚 船舶)의 과학적(科學的) 보존처리(保存處理)와 복원(復元)에 항구적(恒久的)인 최선(最善)의 방법(方法)에 대한 연구(研究)가 지속적(持續的)으로 향상(向上)될 필요(必要)가 있다.

#### <引用 文 獻>

- 1) 五嶋孝吉・黒田敏子 - 日本木材學會誌13, Nol p.143(1967)
- 2) 南亨二・玉井篤-出土木材の リグニンに 關する研究. 考古學と自然科學, 第12號.(1979).
- 3) TIEMANIN, H.D. 1994. Wood Tech nology, 2nded, Pitman Pubulishing Corp, New York.
- 4) 小口八郎・崔光南 - 東京藝術大學大學院 保存科學研究室, 實習報告書(1978).
- 5) Tomashevich, G.N. Waterlogged wood Conservation(1965), Moskow.
- 6) 小原二郎・岡本-古文化財の科學, No.11, 8(1955).
- 7) Mühlethaler, B, "Conservation of Waterlogged wood and wet Leather" (1973), Paris.
- 8) Lars Barkman ; The Preservation of wasa(1965).
- 9) B.B. Christensen ; The Conservation of waterlogged wood in the National Museum of Denmark(1970).
- 10) STAMM, A.J ; Stabilization of wood a review of current method, ibid, 12, 158(1962).
- 11) STAMM, A.J ; Wood and Cellulose Science. Ronald Press Co, p.249(1964).
- 12) TARKOW H ; Intervaction of wood with polymeric matierials penetration versus molecular size, F.P.J, 16, 61, (1966).
- 13) MITCHELL, W ; chemical treatment of wood dimentional stabilization with poly-merizable vapor of ethylen oxide, F.P.J. 13, 56, (1963).
- 14) 澤田正昭 - 奈良國立文化財研究所, 學報 第21冊, (1972) p.1-38.
- 15) 松田隆嗣・馬留順子 - 保存科學研究室 紀要(1975). p.32-35.
- 16) 澤田正昭 - 文化財의 保存科學, p.19 (1981).
- 17) C.W. Gregson - Sources and Techniques in Boat Archaeology, p.23-28.
- 18) 澤田正昭 - 木造軍艦「バーサ」號 と「バイキング」船, 月刊 文化財, p.4-15.
- 19) 江差町教育委員會 - 開陽丸 第1次~6次 調査報告書.
- 20) 荒木伸介 - 幕末の軍艦閉陽丸の引揚げ ラメール, 第25號, p.24-29.
- 21) 江本義理 - 第2回 古文化財講演會大會講演集, p.17(1980).