화성 수영리 유적 출토 수침목제유물의 과학적 분석 및 보존처리

Scientific Analysis and Conservation of Waterlogged Woods Excavated from Suyoeng-ri Site, Hwaseong, Korea

이광희¹, 오정은², 김수철^{3,*}

¹한국전통문화대학교 목재문화재연구소, ²국립해양문화재연구소 서해문화재과, ³한국전통문화대학교 문화재보존과학과

Kwang-Hee Lee¹, Jeong-Eun Oh², Soo-Chul Kim^{3,*}

¹Wood Cultural Heritage Conservation Science LAB, Korea National University of Cultural Heritage, Buyeo 33115, Korea

²West Sea Cultural Properties Division, National Research Institute of Maritime Cultural Heritage, Taeon 32132, Korea

³Department of Conservation Science, Korea National University of Cultural Heritage, Buyeo 33115, Korea

Received August 26, 2021

Revised September 23, 2021

Accepted October 12, 2021

*Corresponding author

E-mail: kim6768@hanmail.net

Phone: +82-10-5048-1592

Journal of Conservation Science
2021;37(5):579-589

<https://doi.org/10.12654/JCS.2021.37.5.15>

pISSN: 1225-5459, eISSN: 2287-9781

© The Korean Society of
Conservation Science for Cultural
Heritage

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

초 록 본 연구에서는 화성시 수영리 유적에서 출토된 수침목제유물 5점을 대상으로 당시 사용된 목제의 수종과 조성시기, 가공방법 등을 확인하고, 진공동결건조법을 적용한 보존처리를 통해 원형을 유지하고자 하고자 하였다. 대형 목제 2점은 느릅나무속과 뽕나무속으로 확인되었고, 소형 목제 3점은 전나무속 1점과 소나무류 2점으로 확인되었다. 유물의 조성시기를 확인하고자 목제유물에 대해 위글매치를 이용한 방사성탄소연대측정을 실시하여 BCE 8520-8490년 또는 BCE 8470-8290년의 신석기시대로 확인되었고, 동반출토된 종자류도 동일시기로 확인되었다. 표면에 가공흔적이 다수 관찰되었으며, 뜯겨진 흔적과 찍은 흔적이 관찰되어 석기 자귀를 주로 이용하여 목제를 가공했던 것으로 판단하였다. 보존처리는 상온(15~25℃)에서 PEG #4000 10%부터 40% 농도까지 함침 후 진공동결건조 하였다. 하지만 유물의 표면 온도 상승에 따라 선반 온도를 상승시키는 일반적인 스케줄을 적용하여, 두꺼운 일부 부분에서는 내부 수분이 완벽히 제거되지 않아 대형수침목제의 진공동결건조 스케줄 방법에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 판단하였다.

중심어 수침목제, 가공방법, 위글매치, 신석기시대, 진공동결건조

ABSTRACT Five waterlogged wood artefacts were excavated from Suyoeng-ri site in Hwaseong, South Korea. The aim of the present study was to identify the species and estimate the date of manufacture and the manufacturing method of these artefacts. The study also aimed to conserve the original shapes of waterlogged wood artefacts by using the vacuum freeze drying method. The two large waterlogged woods were identified as *Ulmus* spp. and *Morus* spp., whereas one of the three small waterlogged woods was identified as *Abies* spp. and the other two as hard pine. Radiocarbon dating using wiggle match dated the manufacturing of these wooden artefacts between BCE 8520-8490 or BCE 8470-8290 in the Neolithic age, and a similar period was also confirmed for seed excavated from a place close to the location where the waterlogged wood artefacts were excavated. The surface of waterlogged wood artefacts had several traces of manufacturing processes - traces of tearing and chopping - were observed. Based on these observations, it was confirmed that stone adz was used to make these wooden artefacts. Thereafter, the waterlogged wood samples were conserved by immersing them into PEG#4,000 of concentration in water from 10% to 40% at room temperature(15~25℃) and subjecting them to vacuum freeze drying. However, the internal moisture was not completely removed in some thick parts of waterlogged woods by applying the general schedule such as raising the shelf temperature as the surface temperature rises. Therefore, additional study is required using the schedule-method for vacuum freeze drying of large waterlogged wood.

Key Words Waterlogged wood, Manufacturing method, Wiggle match, Neolithic age, Vacuum freeze drying

1. 서론

화성 수영리 유적은 행정구역상 경기도 화성시 봉담읍 수영리 32-3번지 일원이며, 화성시 하수도 시설을 확충하기 위한 부지로 계획됨에 따라 2016년부터 (재)역사문화재연구원에서 수영리 일대에 대한 지표조사를 실시하였다. 지표조사 결과 매장문화재의 유존 가능성이 높을 것으로 판단된 수영리 32-3번지 일원을 대상으로 표본 조사를 실시하였으며, 수침목제가 확인되었다. 이에 2017년 4월 21일부터 27일까지 진행된 시굴조사를 통해 대형 수침목제를 포함한 5점의 목제유물과 자연목 다수가 확인되었으며, 그 외 종자류와 석렬 유구 및 도기 편 등이 함께 출토되었다. 시굴조사 결과에 따라 발굴조사는 2017년 5월 10일부터 6월 2일까지 진행되었으며 발굴조사에서는 목제유물과 관련된 생활 유구 및 문화층은 확인되지 않았다(History Institute of Heritage, 2019). 시굴조사에서 처음 확인된 수침목제는 전체 길이 약 4.5 m, 너비는 18~60 cm의 대형목제 1점과 이 목제를 중심으로 가로질러 배치된 길이 약 1 m 이하의 큰 부재 3점으로 분리된 목제유물이 확인되었고, 표면에는 가공흔적이 잘 남아 있었다. 또한 판재형 목제 1점과 방망이형 목제 2점, 종자류 다수가 동반 출토되었다(Figure 1). 출토된 목제들은 오랜 기간 매장되어 있어 매우 취약한 상태이며, 대기 중에 노출됨에 따라 별도의 보존처리하지 않으면 유물로서 가치를 상실할 수 있다. 따라서 형태를 지속적으로 유지할 수 있도록 보존처리가 필요하였다.

내륙에서 출토된 대형목제유물을 대상으로 보존처리한 사례는 비교적 적은 편이다. 경주 안압지에서 3개의 부재로 이루어진 목선이 출토되었는데, 목선의 전체 길이는 590 cm, 폭은 약 60~110 cm으로 PEG #4000에 70%까지 함침 후 자연건조 하였고(Kim and Jeong, 1978), 창녕

비봉리 유적에서 출토된 신석기시대 배는 편으로 출토되었는데 선박 편의 길이는 310 cm, 폭 62 cm, 두께 2 cm의 부재로 PEG 80% 함침 후 조습건조하였다(Gimhae National Museum, 2008; Kim and Lee, 2013). 김해 봉황동 유적에서 출토된 선박부재는 최대 길이 약 390 cm, 폭 34~60 cm, 두께 2~3 cm에 이르는 녹나무 선박 부재로 45% 함침 후 진공 동결건조 하였으며(Lee and Kim, 2015), 창녕 송현동 유적에서 출토된 길이 약 330 cm, 폭 83 cm, 두께 9 cm의 목관 바닥재를 비롯한 목관 편들은 PEG #400과 #4000을 이용한 PEG 2-Step법으로 처리한 후 동결건조 및 조습건조할 예정에 있다(Yang, 2012; Kwon and Jo, 2020).

따라서 본 연구에서는 화성시 봉담읍 수영리 유적에서 출토된 수침목제유물의 수종 및 연대분석과 종자류에 대한 연대분석을 실시하여 당시 사용된 목제의 종류와 유물의 조성시기를 확인하고자 했으며, 목제유물의 안정적인 보관과 향후 관련 연구 자료로 활용하기 위해 선행 보존처리 사례를 바탕으로 안정적인 보존처리를 실시하고자 하였다.

2. 보존처리 대상

화성 수영리 유적에서 출토된 5점의 목제유물은 다음과 같다(Table 1, Figure 2). BDMJ 01은 정확한 형태를 알 수는 없지만 판목의 형태로 가공되어 있었고, BDMJ 02와 BDMJ 03은 원통형으로 손잡이로 추정되는 부분이 가공되어 있어 방망이 형태의 목제유물이다. BDMJ 04는 유적에서 출토 당시 현장에서 BDMJ 05를 가로질러 존재하고 있는 목제로 1 m 이하의 3점과 소형편 2점 등 총 5개의 편으로 분리되어 있었고, 서로 간에 결합되지는 않았으며, 전체적으로 가공이 되어 있었다. BDMJ 05는 총 5점으로 분리되어 있었고 서로 연결되어 약 4.5 m의 길이를 나타내

Figure 1. A large waterlogged woods at the time of excavation(A: upper, B: side).

Table 1. Number and size of waterlogged woods in Suyeong-ri, Hwaseong

	Length(cm)	Width(cm)	Thick(cm)
BDMJ 01	52.9	19.8	4.4
BDMJ 02	61.5	-	9
BDMJ 03	100.3	-	10.8
BDMJ 04	76.1	29.5	21
	64.1	30.2	14
	50.2	11.6	7
	10.5	-	4.4
	9	-	4.5
BDMJ 05	144.2	59.9	26.2
	134.3	18.1	30.2
	126.1	21.8	19.1
	54	18.1	30.2

Figure 2. Before conservation of waterlogged woods(BDMJ01-05, Color-patch length = 20 cm; Ruler length =30 cm).

고 있었으며, 특히 전체적으로 가공되어 표면에 가공흔적이 잘 남아 있었다(Figure 3). 동반 출토된 자연목 2점을 대상으로 최대함수율 측정결과 733%, 903%로 확인되어 유사한 최대함수율을 가지고 있는 것으로 추정되었으며, 이는 현생목의 함수율이 평균 120~140% 정도인 것에 비해 6~8배 높아 매우 취약한 상태임을 확인할 수 있었다.

3. 보존처리

3.1. 세척

출토된 수침목재는 장기간 고습환경에 매장됨에 따라

목재 상태는 열화되고 미세한 갈라짐이 있으며, 목재 내부에 미립토 등이 침투되어 있다. 따라서 세척을 통해 목재 내 미립토를 제거하고 표면의 오염물 등을 제거하고자 하였다. 표면의 오염물질은 외부에서 물과 붓을 이용하여 제거하는 물리적 방법을 이용하였고, 물리적으로 제거가 어려운 목재 내부의 미립토는 PEG의 계면활성 작용 원리를 이용하여 저농도의 용액(PEG 10%)에 침침하여 미립토를 용출시켜 제거하는 방법으로 진행하였다(Figure 4).

Figure 3. Traces of adz tools(A: BDMJ 02, B: BDMJ 03, C: BDMJ 04, D: BDMJ 05).

Figure 4. Cleaning of waterlogged woods(A: Physical method, B: Low concentration method).

3.2. 처리전 조사

3.2.1. 수종분석

1) 분석방법

출토된 목재유물은 장기간 매장 환경으로 인해 매우 취약한 상태였다. 이에 Polyethylene Glycol #2000 수용액에 함침하여 강화처리한 후 면도날을 이용한 hand cutting 방법으로 목재 시편을 약 20 μm 두께로 절단하여 3단면 박편을 제작하였다. 슬라이드글라스 위에 3단면의 박편

을 올려놓고, 글리세린 수용액(50%)을 떨어뜨린 뒤 기포가 생기지 않도록 주의하여 커버글라스를 덮어 프레파라트를 완성했다. 제작된 프레파라트는 광학현미경(ECLIPSE LV100, Nikon, JPN)으로 조직을 미시적으로 관찰하여 수종을 식별할 수 있는 특징을 찾아 사진을 촬영하였다. 수종분석은 ‘목재 조직과 식별’(Park *et al.*, 1987), ‘한국산 목재의 구조’(Lee, 1997), ‘Wood anatomy of Korean species’(Eom, 2015)를 참고하였다.

Table 2. Result of species analysis

No.	Identification	Spices
1	BDMJ 01	Hard pine - PINACEAE, <i>Pinus</i> spp.
2	BDMJ 02	<i>Abies</i> spp. - PINACEAE
3	BDMJ 03	Hard pine - PINACEAE, <i>Pinus</i> spp.
4	BDMJ 04	<i>Morus</i> spp. - MORACEAE
5	BDMJ 05	<i>Ulmus</i> spp. - ULMACEAE

2) 분석결과

수종분석 결과 활엽수인 뽕나무속 1점, 느릅나무속 1점과 침엽수인 소나무류 2점, 전나무속 1점이 확인되었다 (Table 2). 각 수종의 현미경 사진과 조직학적 특징은 다음과 같다(Figure 5~8).

(1) 전나무속(*Abies* spp.)

전나무속의 횡단면에서는 조·만재의 이행이 완만하고 정상수지구는 관찰되지 않았다(Figure 5A). 방사조직은 방사유세포로 구성되어 있었고, 방사유세포 사이에는 단벽공이 매우 발달되어 있었으며, 방사유세포 말단벽에서 염주상말단벽이 관찰되었다(Figure 5B). 직교분야벽공은 삼나무형이었으며, 가도관벽의 유연벽공은 1열이었다. 접선단면에서 방사조직은 단열방사조직으로만 구성되어 있었다(Figure 5C).

(2) 소나무류(Hard pine)

소나무류 횡단면에서는 조재와 만재의 이행이 급하였으며, 정상수지구가 관찰되었다(Figure 6A). 방사단면에서 방사조직은 방사가도관과 방사유세포로 이루어져 있었고, 유연벽공은 1열이었다. 직교분야벽공은 창상형이었으며, 방사가도관에서 거치상비후가 관찰되었다(Figure 6B). 접선단면의 방사조직은 단열방사조직과 수평수지구를 갖는 방추형 방사조직을 관찰할 수 있었다(Figure 6C).

(3) 뽕나무속(*Morus* spp.)

뽕나무속의 횡단면은 공권이 3~4열인 환공재로 연륜을 따라 대도관이 배열하고 있었다. 축방향유조직은 도관을 중심으로 주위상으로 배열되어 있었으며, 공권 내부에는 타일로시스가 관찰되었다(Figure 7A). 도관의 천공은 단천공이었으며, 도관상호 간 벽공은 교호상 벽공이었고, 소도관에서는 나선비후를 관찰할 수 있었다(Figure 7B).

Figure 5. The anatomical features of *Abies* spp. (A) Cross section($\times 40$), (B) Radial section($\times 200$), (C) Tangential section($\times 100$).

Figure 6. The anatomical features of Hard pine (A) Cross section($\times 40$), (B) Radial section($\times 100$), (C) Tangential section($\times 100$).

Figure 7. The anatomical features of *Morus* spp. (A) Cross section($\times 40$), (B) Radial section($\times 100$), (C) Tangential section($\times 100$).

Figure 8. The anatomical features of *Ulmus* spp. (A) Cross section($\times 40$), (B) Radial section($\times 100$), (C) Tangential section($\times 100$).

방사조직은 이성형으로 1~6열을 나타내었다(Figure 7C).

(4) 느릅나무속(*Ulmus* spp.)

공권이 1~2열인 환공재로 공권 외 소도관은 다각형으로 집단관공을 형성하고 있었으며, 축방향유조직은 주위상으로 분포하고 있었다(Figure 8A). 도관의 천공은 단천공이었으며, 도관상호 간의 벽공은 교호상벽공으로 소도관에서는 나선비후가 관찰되었다(Figure 8B). 방사조직은 동성형으로 1~7열을 나타내었으며, 결정이 다수 관찰되었다(Figure 8C).

3.2.2. 연대분석

1) 분석방법

연대분석은 위글매치법을 이용한 방사성탄소연대분석으로 실시하였다. 위글매치법이란 일정 간격(5~10년)의 나이테에 대해 연속적으로 탄소연대를 측정 후, 방사성탄소 보정커브에 나타난 단기간 변동인 wiggle(탄소연대 보정커브에 나타난 단주기의 변동 곡선)에 일치시켜 정확한 절대연대를 찾을 수 있는 방법이다(Bronk, 2017; Reimer, *et al.*, 2013). 연륜을 많이 포함하고 있고, 연륜 관찰이 가능한 판형 목재(BDMJ 01)와 대형 수침목재(BDMJ 05) 2점을 대상으로 최외각과 최내각에서 각각 1점씩 총 4점의 시료를 채취하여 분석을 진행하였다. 또한 동일 층

위에서 출토된 종자류에 대한 방사성탄소연대분석도 실시하였다. 방사성탄소연대측정은 쥘카본에틸리시스랩에 의뢰하였으며, 한국지질자원연구원 AMS 기기를 이용하여 결과 값의 신빙성을 위해 2회 반복 측정하였다. 시료의 전처리에는 산-알칼리-산(AAA)법으로 진행되었다.

2) 분석결과

대형 수침목재(BDMJ 05)는 표면 일부분에 수피가 존재하고 있으며, 단면에서 관찰 시 총 21년의 연륜이 확인되었다. 따라서 1번째 연륜(BDMJ 05-1)과 21번째 연륜(BDMJ 05-21)으로 구분하여 wiggle matching을 실시하였다. 분석결과($n = 2$), 전체 일치도 $A = 84.9\%$ 이며, 수용한 계(5% 유의수준) An 은 50.0%이므로 χ^2 검정을 만족하였다. 대형 수침목재(BDMJ 05)의 최외각연륜인 21번째 연륜에 대한 95.4% 신뢰구간이 BCE 8520-8490(3.9%), BCE 8470-8290(91.5%)년으로 측정되었다(Table 3, Figure 9B). 표면에 일부 수피가 확인됨에 따라 21번째 연륜이 수피부에 근접했을 것으로 판단되므로 이 연대 구간이 별채연대에 근접한 것으로 판단된다. 동일한 층위에서 출토된 판재형 목재(BDMJ 01)는 수피가 존재하지 않으며, 총 16년의 연륜을 가지고 있었기 때문에 2번째 연륜(BDMJ 01-1)과 16번째 연륜(BDMJ 01-16)으로 구분하여 wiggle matching을 실시하였다. 분석결과($n = 2$), 전체 일치도 $A = 106.2\%$ 이

Figure 9. Profiles of probability distributions of radiocarbon dates for 2 individual tree-rings after wiggle matching(A: BDMJ 01, B: BDMJ05).

Figure 10. Probability profiles of radiocarbon date (Y-axis) and calibrated date (X-axis) for seed.

Table 3. The results of radiocarbon dating before and after wiggle matching

I.D.	Tree rings used to wiggle match	BP (yrBP $\pm 1\sigma$)	Calibrated date before wiggle match (95.4%, C.I.)	Calibrated date after wiggle match (95.4%, C.I.)
BDMJ 01	2th	150 ± 30	CE 1660 - 1890(77.7%)	CE 1660 - 1690(4.6%)
			CE 1900 - Present(17.7%)	CE 1710 - 1790(56.1%)
	16th	180 ± 30	CE 1650 - 1700(19.1%)	CE 1830 - 1870(2.8%)
			CE 1720 - 1820(51.9%)	CE 1900 - Present(31.9%)
			CE 1830 - 1880(4.1%)	CE 1670 - 1700(4.6%)
			CE 1910 - Present(20.4%)	CE 1720 - 1810(56.1%)
BDMJ 05	1th	9110 ± 50	BCE 8460 - 8240(95.4%)	CE 1850 - 1880(2.8%)
	21th	9250 ± 50	BCE 8620 - 8320(95.4%)	CE 1920 - Present(31.9%)
				BCE 8540 - 8510(3.9%)
Seed	-	9310 ± 30	BCE 8640 - 8460(95.4%)	BCE 8490 - 8310(91.5%)
				BCE 8520 - 8490(3.9%)
				BCE 8470 - 8290(91.5%)
				-

며, 수용한계(5% 유의수준) An은 50.0%이므로 χ^2 검정을 만족하였다. 판재형 목제(BDMJ 01)의 최외각연륜인 16번째 연륜에 대한 95.4% 신뢰구간이 CE 1670-1700(4.6%), CE 1720-1810(56.1%), CE 1850-1880(2.8%), CE 1920-현재(31.9%)로 측정되었다(Table 3, Figure 9A). 목제유물의 부후상태와 발굴 층위로 추정된 연대보다 매우 늦은 연대가 확인되어 재분석을 실시하였지만, 같은 결과가 확인되었다. 동일한 층위에서 발굴되었고 비슷한 부후도를 가지고 있는 2점의 목제유물의 연대가 상당한 차이를 보여 동일 층위에서 출토된 종자류에 대한 방사성탄소연대분석을 실시하여 연대를 재확인하고자 하였다. 분석 결과, 95.4% 신뢰구간에서 BCE 8640-8460년으로 대형 수침목제(BDMJ 05)와 비슷한 연대구간으로 확인되었다(Table 3, Figure 10). 본 유적은 동화천 및 주변 경작지에서 다량의 물이 지하로 스며들어 용출되는 지역이다(History Institute of Heritage, 2019). 따라서 동일한 층위에서 출토되어 비슷한 부후도를 가지는 판재형 목제(BDMJ 01)는 동일시기에 매장되었으나, 유물이 매장되어 있을 당시 하수에 의한 오염, 또는 발굴 직후 오염이 발생되었을 가능성이 있는 것으로 추정된다.

3.3. 약제 함침

수침목제의 보존처리 과정 중 약제함침은 건조 방법

따라 약제 종류 및 농도를 설정해야 한다. 특히, 대형 수침목제유물의 경우 장기간 다량의 약제를 사용해야 하므로 경제성이나 인체 유해성 여부 등을 고려했을 때 Polyethylene glycol이 널리 쓰인다(Gongju National Museum, 1999; Kim and Jeong, 1978; Kim and Lee, 2013; Kwon and Jo, 2020; Lee and Kim 2015; National Research Institute of Maritime Cultural Heritage, 2010). 이번 연구에서는 대형진공동결건조기를 이용하였으므로 선행 연구 결과에 따라 PEG #4000(평균 분자량: 3,350)을 이용하여 10% 농도에서 시작하여 최종 40% 농도에서 함침 종료하였다(Kim, 2003). 이때 부재의 수종 및 크기에 따라 함침 진행 기간이 달라지므로 유물을 선정하여 일주일 간격으로 중량을 측정하였고, 무게 변화가 1% 이내인 경우 농도를 상승하였다. 유물의 선정은 약제 침투가 가장 어려운 수종이며, 이동 및 무게 측정 시 위험이 적은 무게를 가지고, 두께가 굵은 BDMJ 05의 부재 1점을 선정하였다. 함침 과정은 상온에서 진행하였으며, 함침 수조 내 수위 차이에 의한 농도 차이를 방지하고자 매주 PEG 용액을 순환시켜주었다. 처리 전부터 10%까지는 무게가 꾸준히 증가하였으나, 20% 함침 시 초반에 탈수가 진행되어 무게 감소가 발생되었으며, 이후 40%까지 꾸준한 중량의 증가가 관찰되었다(Table 4).

Table 4. Weight change up to PEG 40% concentration in water of BDMJ 05

Before of impregnation(kg)	Concentration of PEG			
	10%(kg)	20%(kg)	30%(kg)	40%(kg)
15.68	15.90	15.94	16.21	16.42

3.4. 진공동결건조

진공동결건조를 실시하기에 앞서 급격한 온도 하강에 따른 유물의 손상을 막기 위해 예비동결 단계가 필요하다. 이때 대형 수침목재의 경우 기존의 급속동결기 내 적재가 어려우므로 대형 진공동결건조기의 chamber의 선반 위에서 약 -40°C 의 온도로 48시간 예비동결하였다(Figure 11). 이후 초기 선반 온도 -20°C , 콜드 트랩 -70°C 로 진공동결건조 조건을 설정하여 건조를 진행하였으며, 건조 진행 상태를 확인하기 위해 온도 센서는 각 부재 하단에 배치하였다. 건조 시작 후 온도 센서에 나타난 유물의 온도 변화는 Figure 12에 나타내었다. 건조 초기에는 표면에 존재하는 수분의 승화가 빠르게 진행되면서 온도는 각각 최저 -32.6°C , -33.2°C 까지 하강하였다. 이후 내부에 잔존하는 수분의 승화가 서서히 진행되면서 온도도 상승하여 15일 차에는 미세한 온도변화가 관찰되었다. 따라서 15일 차에 트레이 냉각 기능을 종료하여 챔버 내부 온도를 천

천히 상승시키고자 하였다. 이후 유물의 온도는 서서히 상승하여 트레이 온도와 유물 온도가 변화가 없는 시점까지는 약 7일 소요되었으며, 진공동결건조는 총 23일이 소요되었다. 이후 장비의 모든 전원을 차단하고 선반 온도가 자연 상승함에 따라 유물의 표면 온도가 상온과 비슷해지는 시점까지 승화하여 건조될 수 있도록 하였다. 건조 과정의 진공도는 건조 시작부터 진공 해제까지 400 mTorr로 일정하게 유지되었다. 건조된 정도를 확인하기 위해 함침 과정부터 무게를 측정한 BDMJ 05의 부재 1점을 대상으로 확인한 결과, 건조 전 중량이 16.42 kg에서 건조 후 9.48 kg으로 감소하여 약 42% 중량 감소율이 확인되어 비교적 안정적으로 건조된 것으로 확인할 수 있었다.

3.5. 접합 및 복원

진공동결건조 후 유물 표면에 남아 있는 약제는

Figure 11. Vacuum freeze dry of waterlogged woods at Suyeong-ri site(A: Large vacuum dryer, B: Pre-freeze in chamber).

Figure 12. The temperature change of vacuum freeze drying graph.

Figure 13. After conservation of waterlogged woods(BDMJ01-05, Color-patch Length = 20 cm).

Alcohol(99%)을 이용하여 제거하였다. BDMJ 05의 경우 2 m 이상의 긴 부재들로 분리되어 있기 때문에 접합면이 힘을 받지 못할 것으로 판단되어 목재 봉을 이용하여 접합면에 삽입한 후 에폭시계 수지인 Araldite® rapid로 접합하였다. 나머지 분리된 소편의 접합은 AXIA® 835를 이용하였다. 접합 후 취약한 부위에는 접착제에 목분(木粉)을 섞어 접합부를 보강하여 보존처리를 완료하였다(Figure 13).

4. 고찰 및 결론

본 연구에서는 화성 봉담읍 수영리 유적에서 출토된 수침목제 5점을 대상으로 유물 조성시기와 사용된 수종을 확인하고자 수종과 연대분석을 실시하였으며, 오랜 기간 매장되어 취약해진 재질을 강화하여 향후 유물의 안정적인 보관을 위해 보존처리를 실시하였다.

수종분석 결과 대형 부재의 경우 느릅나무속 1점과 뽕나무속 1점이 확인되었으며, 그 외 소형 목제에서는 전나무속 1점, 소나무류 2점이 확인되었다. 느릅나무속과 뽕나무속에 속하는 수종은 모두 활엽수재로 목재의 강도가 단단하여 높은 강도를 필요로 하는 건축재 또는 기구재 등에 널리 쓰이는 수종이다(Lee, 1997). 목제유물의 방사성탄소연대측정 결과 BCE 8520-8490년 또는 BCE 8470-8290년으로 신석기시대로 확인되었다. 우리나라 신석기시대 출토 목제 유물은 비교적 수가 적다. 창녕 비봉리에서 출토된 선박 부재는 소나무였으며, 울진 죽변 유적에서 확인된 선박 편은 녹나무로 확인되었다(Samhan Institute of Cultural Properties, 2012). 소나무의 기건비중은

0.47이고, 녹나무는 0.56인 것이 비해 느릅나무는 0.69로 화성 수영리 유적에서는 비슷한 시기의 유적들에 비해 비교적 단단한 나무를 가공한 것으로 판단되며(National Institute of Forest Science, 2008), 이는 신석기시대의 주요 도구가 석기였다는 점을 고려하면 당시 상당히 기술력이 높았던 것으로 보인다. 특히 표면에 잔존하는 가공흔적을 볼 때 뜯겨진 흔적과 찍은 흔적이 관찰되어 석기 자귀를 주로 이용하여 목제를 가공했던 것으로 판단된다.

보존처리는 상온에서 PEG #4000으로 40%까지 함침 후 진공동결건조하였다. 진공동결건조가 완료된 직후에는 표면에 수분은 제거되었으나, 20일이 지난 후 표면 일부분의 함수율이 높아졌으며, 점차 흑화현상이 발생되었다. 이는 진공동결건조가 완벽히 이루어지지 않았다는 것으로 판단할 수 있다. 진공동결건조 과정에서는 온도센서에 의한 표면 온도변화로 선반 온도 상승 시점을 설정하여 진행하며, 일반적으로 1~2일 정도의 온도변화가 없는 시점을 적용한다. 하지만 본 연구에서처럼 비교적 두꺼운 대형 수침목제에 기존 방법을 적용하였을 경우 내부에 수분이 완벽히 제거되지 않는 것을 확인되었다. 따라서 대형목제유물의 진공동결건조 시 두께에 따른 진공동결건조기의 선반 온도 상승 시점을 결정하는 연구가 추가로 필요할 것으로 판단된다.

이번 연구를 통해 신석기시대에 화성 수영리 유적의 고대인들은 석기 자귀를 주로 이용하여 목제를 가공하였으며, 단단한 활엽수를 가공할 수 있는 가공기술이 있었던 것을 확인할 수 있었다. 또한 대형목제유물에 대한 진공동결건조 방식을 적용함에 있어서의 가능성을 확인하

였고, 앞으로 진공동결건조기 건조 스케줄을 설정하는 데 있어 건조시간에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 판단하였다.

REFERENCES

- Bronk, R.C., 2017, Methods for summarizing radiocarbon datasets, *radiocarbon*, 59, 1809-1833.
- Eom, Y.G., 2015, Wood anatomy of Korean species, Media Wood, Ltd., Seoul.
- Gimhae National Museum, 2008, Bibong-ri site, Report on the research of antiquities the Gimhae National Museum, Vol. 6, 150-178.
- Gongju National Museum, 1999, Daejeon Wolpyeong-dong site, Report on the research of antiquities the Gongju National Museum, Vol. 8, 419-434.
- History Institute of Heritage, 2019, Report on the excavation of 32-3, Sooyeong-ri, site in Hwasung-si, No. 11, 20-61.
- Kim, B.H. and Jeong, H.G., 1978, Conservation for wooden shipwreck excavated from Anapji pond, *Conservation Science Studies*, 5, 100-119.
- Kim, S.C., 2003, PEG Concentration and solvent selection for freeze-drying of waterlogged archaeological woods, Master's dissertation, Chungbuk National University, Cheongju, 21-69.
- Kim, S.C. and Lee, K.H., 2013, Humidity controlled drying for the fragments of an wooden boat in the Neolithic Age, Excavated from Bibong-ri, Changnyeong, Korea, *Conservation Science in Museum*, 14, 7-12.
- Kwon, J.H. and Jo, S.M., 2020, Mid-report on the conservation treatment of coffin made of camphor tree excavated from Songhyeondong 7th Tomb, Changneong, *Conservation Science Studies*, 41, 29-40.
- Lee, K.H. and Kim, D.Y., 2015, Preservation and identification for wooden ship timber of Bonghwang-dong, Gimhae, Korea. *Journal of Conservation Science*, 31(4), 341-350.
- Lee, P.W., 1997, The characters and uses of Korean wood, Publishing Department of Seoul National University, Seoul.
- National Institute of Forest Science, 2008, Wood properties of the useful tree species grown in Korea, Research Report, Vol. 29.
- National Research Institute of Maritime Cultural Heritage, 2010, Conservation manual of maritime archaeological objects in Korea, 22-38.
- Park, S.J., Lee, W.Y. and Lee, H.H., 1987, Wood structure and organization, Hyangmoonsa, Seoul.
- Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Bronk R.C., Buck, C.E., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hafliadason, H., Hajdas, I., Hatté, C., Heaton, T.J., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., Manning, S.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Turney, C.S.M. and van der Plicht, J., 2013, Selection and treatment of date for radiocarbon calibration: an update to the International Calibration(IntCal) criteria, *Radiocarbon*, 55(4), 1923-1943.
- Samhan Institute of Cultural Properties, 2012, The ancient site at Jukbyeon-ri, Uljin Research Report of Antiquities, Vol. 25, 199-218.
- Yang, S.J., 2012, A study on the treatment method for the conservation of waterlogged camphor tree artifacts and the recovering process of waste fluids. Postgraduate doctoral degree, Changwon National University, Changwon.