대부도2호선 목부재의 수종과 위글매치를 이용한 방사성탄소연대 분석

남태광¹ | 윤용희* | 김응호*

국립경주문화재연구소 학예연구실, *국립해양문화재연구소 해양유물연구과

Species Identification and Radiocarbon Dating for the Wooden Board from Daebudo Shipwreck No.2 Using Wiggle Matching

Tae Gwang Nam¹ | Yong Hee Yoon* | Eung Ho Kim*

Curatorial Affairs Division, Gyeongju National Research Institute of Cultural Heritage, Gyeongju, 38170, Korea

*Maritime Heritage Research & Conservation Science Division, National Research Institute of
Maritime Cultural Heritage, Mokpo, 58699, Korea

¹Corresponding Author: tour9317@hotmail.com, +82-54-777-6388

초록 본 연구에서는 경기도 안산시 단원구 대부도에서 발굴된 대부도2호선의 목부재와 초본류의 수종분석과 방사성탄소연대분석을 통해 사용된 목재의 재질과 고선박이 난파된 시기를 추정하고자 하였다. 수종분석을 통해 선체부재로 사용된 목재는 모두 소나무속의 경송류로 식별되었으며, 기타 선체부재와 나무못은 경송류, 밤나무속, 참나무속 상수리나무아속 상수리나무류, 느티나무, 오리나무속의 사용을 확인하였다. 동반 출토된 목제빗과 참빗은 단풍나무속과 대나무아과로 확인되었고, 밧줄은 칩으로 만들어졌음이 밝혀졌다. 선수재와 받침목 그리고 씨앗류(감씨)의 방사성탄소연대측정과 위글매치 분석을 통해 대부도2호선은 AD 1151~1224년 사이에 난파된 것으로 밝혀졌다. 이 고선박은 12~13세기 초중반에 난파되었음을 시사한다. 이는 출토된 도자기의 편년과 일치하는 결과이다.

중심어: 수종분석, 방사성탄소연대, 위글 매치, AMS, 대부도2호선

ABSTRACT The purpose of this study was to analyze the wood species of the stern plank and persimmon seed from Daebudo shipwreck No.2 excavated from Daebudo, Danwon-gu, Ansan-si, and Gyeonggi-do by wiggle-matching of radiocarbon measurements. Results of the analysis showed that all the wooden boards of the hull were made from *Pinus* Hard Pine Group. The other parts of hull and wooden pegs were made from *Pinus* Hard Pine Group, *Castanea* spp., *Quercus* spp. sect. *Lepidobalanus*, *Alnus* spp., and *Zelkova serrata* Makino. Excavated wide-tooth wooden comb and fine-tooth bamboo comb were made from *Acer* spp. and *Bambusoideae*. Excavated rope was made from *Pueraria thunbergiana* Benth. The stern plank, wooden support, and persimmon stone showed $\pm 2 \sigma$ radiocarbon date(95.4% confidence interval) of AD 1151–1224. This indicated that the Daebudo shipwreck No.2 occurred during the early or middle 12–13th century. Our radiocarbon dating results confirmed the date speculated by archeologists based on the ceramic style.

Key Words: Species identification, Radiocarbon dating, Wiggle-match, AMS, Dabudo shipwreck No.2

1. 서론

목재유물은 당시 생활상과 자연환경에 대한 정보를 가지고 있어 자연과학적인 분석을 통해 얻을 수 있는 정보는 다양하다. 나무를 구성하는 세포를 관찰하여 수종을 동정할 수 있고, 나이테를 분석하는 연륜연대분석법과 방사성탄소연대측정법을 통한 연대를 분석할 수 있으며, 가공흔적과 칠 분석 등 다양한 분석을 적용할 수 있다.

수종분석으로 얻는 정보로는 가공목일 경우 당시 사람들이 어떠한 목적에 어떠한 수종을 선택하여 이용하였는지 알 수 있으며, 나무는 생태적으로 적합한 환경에서만 생육이 가능하므로 출토된 유적의 당시 식생을 추정하고, 나무 또는 목제품의 교역 등을 알 수 있다. 자연목일 경우, 당시 생육 수종의 식생의 복원에 도움을 줄 수 있다.

수목은 생육 당시의 기온, 강수량 등 기후의 변화를 나이테를 통해 다양한 성장패턴으로 만든다. 이렇게 만들어진 나이테를 분석하는 연륜연대분석법으로 수목의 생육연대를 알 수 있고, 절대연대를 알 수 없더라도 인근 유적에서 출토된 목재유물의 나이테를 비교하면 유적 간의 상대연대를 파악할 수도 있다. 또한 나이테의 폭, 화학적인 분석 등을 통해 나무가 생육한 당시 기후를 복원할 수 있다. 그리고 수피(樹皮)가 붙어있는 가공목일 경우 정확한 벌채연대와 계절을 알 수 있으며, 자연목일 경우 고사의 원인이 되는 사건이 일어난 계절을 알 수 있다(Nam, 2012).

발굴된 목재유물에 대한 다양한 분석이 존재하며 중요한 것 중 하나가 절대연대를 측정하는 것이다. 나무를 통해 연대를 측정하는 방법에는 나이테 정보를 해석하여 절대연대를 밝혀내는 연륜연대법이 있으며, 다른 방법으로는 방사성탄소연대측정법이 있다. 방사성탄소연대측정법은 방사성탄소(^{14}C)의 반감기를 이용한 방법으로 1950년대 Libby에 의해 알려진 후 세계적으로 널리 이용되고 있다(Nam *et al.*, 2012).

자연계에 일정하게 분포되어 있던 방사성탄소인 ^{14}C 는 5,730년을 주기로 반감한다. 이러한 원리를 이용하여 유적에서 발굴되는 유기질 유물을 대상으로 방사성탄소농도를 측정함으로써 죽은 후 경과된 시간을 계산할 수 있게 된다. 측정된 방사성탄소연대는 대기 중 방사성탄소농도의 변동, 지구지자기의 변동, 해양의 영향, 식물 내에서의 분별작용(fractionation) 등으로 오차가 발생한다. 이러한 오차는 보정곡선(calibration curve)을 통해 실제 연대로 보정된다. 그러나 이 보정곡선에 의한 보정도 한계가 있어 태양활동과

지구지자기 변동으로 생기는 위글(wiggle)이라 불리는 단주기의 변동은 극복하기 어렵다. 이러한 한계를 극복하기 위해 하나의 대상에서 나이트 시료를 일정한 간격으로 여러 개를 연속적으로 측정함으로써 한 점(point)이 아닌 짧은 곡선을 만들어 보정곡선과 일치하는 정확한 절대연대를 찾아 방사성탄소연대의 오차(95.4% 신뢰구간)를 20~30년까지 줄여줄 수 있는 기법인 ‘위글 매치(wiggle match)’법이 최근 적용되고 있다(Bronk Ramsey *et al.*, 2001; Park *et al.*, 2009).

국내에서 위글 매치를 적용한 예로는 울산 반구동 목책시설(Jeong, 2011), 종묘광장 회동·제생동천(Nam, 2012), 풍납토성(Song *et al.*, 2012) 등이 있으며, 해양에서 발굴, 인양된 고선박인 태안선, 마도3호선(Nam, 2013), 영흥도선(Nam *et al.*, 2015), 마도4호선(Nam *et al.*, 2017), 경산 임당유적 출토 목재유물(Lee *et al.*, 2018)에 적용되었다.

이러한 목재유물의 자연과학적인 분석은 발굴조사를 통해 출토되는 유물의 형태와 기능에 대한 것 외에도 그 나무가 가지고 있는 역사적, 환경적 의미와 재료로서 선택된 의도와 같은 무형의 내용을 지니고 있다. 이러한 사실은 자연과학적 성과뿐만 아니라 역사적 사실에 대한 확인과 복원이라는 점에서 그 의미가 크다고 할 수 있다.

대부도2호선은 경기도 안산시 단원구 대부도 북서쪽 방아머리해수욕장 인근에서 발견되었다. 이곳은 서쪽으로 영흥도, 동쪽을 시화방조제가 위치하고 있으며, 조수간만의 차가 매우 크고, 넓은 갯벌과 모래사장이 잘 형성되어 있다. 대부도2호선은 육지에서 약 530 m 떨어진 갯벌에 노출되어 있었으며, 2006년에는 이곳에서 남서쪽으로 약 3.5 km 떨어진 갯벌에서 대부도선이 발굴되기도 하였다. 대부도2호선의 내부에서는 청동손가락, 청자 등 40여점의 유물을 수습되었고 고선박 1척이 인양되었다(NRIMCH, 2016).

본 연구에서는 인양된 선체부재와 목제품, 초본류의 수종분석과 자연과학적인 연대분석을 실시하여 그 동안 발굴된 고선박과 비교 검토하고, 선박의 난파된 시기를 알아보고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 연구대상

본 연구의 대상은 대부도2호선 발굴조사로 인양된 선체부재 73점과 동반 출수된 목제품 8점, 밧줄 1점 등 총 82점

Table 1. Sample information used for species identification

Sample	No.	Sample	No.
Bottom plank	11	Wooden peg	13
Side plank	14	Wooden support	5
L-shaped chin strake	6	Structural wood	4
Bow plank	4	Structures of structural wood 2	1
Stern plank	2	Other structural wood 1	2
Right side plank(repaired)	1	Other structural wood 2	1
Yoke-shaped support type beam	1	Anchor windlass	2
Beam	5	Wooden artifacts	8
Beam support	1	Rope	1

Figure 1. Daebudo shipwreck No.2(NRIMCH, 2016).

Figure 2. The samples of excavated organic artifacts for species identification (A: Wide-tooth wooden comb, B: Fine-tooth bamboo comb, C: Wooden packing, D: Rope).

을 수종분석 대상으로 하였으며(Table 1, Figure 1, 2), 선체 부재인 선수재 중 2번째 부재와 선체내부에서 출토된 받침 목(2번), 씨앗류(감씨)를 대상으로 연대분석을 실시하였다 (Figure 3).

Figure 3. Samples for dating (A: Wooden stem plank, B: Persimmon stone and wooden skewer, C: Wooden support).

2.2. 연구방법

2.2.1. 수종분석

유물에서 수종식별을 위한 시료는 대부분 세척과정에서 탈락된 편을 사용하고, 형태에 영향을 미치지 않는 범위에서 최소 연륜 1개가 포함되도록 채취하여 분석에 사용하였다.

목재유물에서 채취된 시료는 FAA(Formaldehyde alcohol acetic acid)고정액을 이용하여 조직을 고정한 후 Safranin 1% 수용액을 사용하여 목재 조직을 염색하였다. 염색된 시료를 Ethyl Alcohol로 단계적으로 탈수한 후 Xylene으로 투화시켜 Paraplast로 포매하였다. 포매한 시료를 14-30 μ m 두께 정도로 얇게 절단하여, 삼단면(횡단면, 방사단면, 접선단면)의 박편을 제작한 후 Canada Balsam으로 봉입하여 영구 프레파라트를 제작하였고, 일부 시료의 경우 면도날

을 이용하여 박편을 만드는 Hand Section법으로 임시 프레파라트를 제작하였다.

초본류 유물은 채취된 시료를 Schurz용액으로 해리한 후 Safranin 1% 수용액을 사용하여 조직을 염색하여 임시 프레파라트를 제작하였다.

제작된 프레파라트는 광학현미경(BX50, Olympus, Japan)으로 구성세포를 관찰하고, 그 특징을 사진 촬영하였다. 목재유물의 수종 식별은 ‘목재조직과 식별’(Park *et al.*, 1987), ‘한국산 목재의 성질과 용도’(Lee, 1997), ‘한국산목재의 조직구조’(Lee, 1997)를 참조하였고, 초본류 유물의 수종 식별은 ‘Fiber Atlas’(Ilvessalo-Pfaffli, 1995), ‘우리나라 고대 짚신 재료의 종 동정’(Kim, 2006), ‘덩굴류 공예유물의 식물해부학적 특성 및 종 동정’(Oh, 2010)을 참조하였고, 현생 시료와 비교 관찰하여 동정하였다.

2.2.2. 연대분석

발굴된 고선박의 오염되지 않은 부분에서 최외각 연륜(나이테)을 채취하여 측정 의뢰하였다. 대상시료 중 선수재와 받침목에서는 연륜이 1개를 포함되도록 채취하였고, 씨앗류(감씨)는 개흙과 함께 출수되어 세척과 선별 후 채취하였다(Figure 3).

선수재 2번째 부재는 연륜 109개가 있었으며, 유물의 형태에 중요한 부분이므로 시료를 직접 채취하지 않고 사진 촬영법으로 연륜폭 데이터를 획득하였다. 방사성탄소연대 측정법은 유물을 일부를 파괴하는 분석방법이므로 유물의 형태에 영향을 미치지 않는 유물의 뒷부분에서 디스크를 채취하였다. 채취한 다음 위글매치 분석을 위한 연륜폭 측정을 한 후, 10년 단위로 연속되게 연륜 1개씩 채취하여 측정

을 의뢰하였다(Figure 4, 5, 6).

받침목(2번)은 수피(樹皮)만 제거된 상태로 최외각의 연륜 1개를 채취하였으며, 씨앗류(감씨) 4립을 선별하여 측정을 의뢰하였다. 각 시료는 92.4~234.4 mg으로 제작하였다(Table 2).

방사성탄소연대 측정은 Paleo Labo사(일본)에 측정 의뢰하였다. 시료의 전처리에는 산-알칼리-산(AAA)법으로 진행되었다. 위글 매치 분석은 가장 최근의 보정곡선(IntCal 13)을 적용하여 Oxcal 프로그램의 Dendro Wiggle Match 기능으로 분석을 실시하였다(Bronk Ramsey and Lee, 2013). 위글 매치는 각 시료들의 방사성탄소연대에 대한 Gaussian 확률분포를 보정 프로그램에서 Bayesian 통계 분석법으로

Figure 4. Sampled tree-rings in stern plank for wiggle matching.

Figure 5. Tree-ring width graph of stern plank for wiggle matching [X-axis: number of tree-ring, Y-axis: tree-ring width $\times 100$ (mm)].

Table 2. The list of samples for dating

Sample	Number	Measured tree-ring No.	Weight (mg)	Tree-ring	Remark
Stern plank	2016007	42th	176.8	1	Pith ↓ Bark
	2016008	52th	92.4	1	
	2016009	62th	124.6	1	
	2016010	72th	148.6	1	
Wooden support	2016011	Outermost	234.4	1	
Persimmon stone	2016012	-	211	-

Figure 6. Micrographs of *Pinus* hard pine group (A: Cross section, B: Tangential section, C: Radial section).

보정연대 확률분포를 계산하기 위하여 이 시료들의 실제 연대순서와 차이(gap: 10년 간격)에 대한 정보를 활용하여 위글 매치 분석을 하면 매우 정확한 보정연대 확률분포를 산출해 낼 수 있다(Bronk Ramsey *et al.*, 2001). 유의성 검정은 확률분포에서 전체 일치도(A: overall agreement)와 수용한계(An: acceptability threshold)를 비교하는 χ^2 (카이 제곱)검정으로 실시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 수종분석 결과

안산 대부도2호선 출수된 선체부재와 목재유물, 그리고 초본류의 수종분석 결과는 Table 3와 같다. 목재를 이용하여 만들어진 선체부재와 목재유물 총 81점 모두 식별되었으며, 분석 결과 대부분의 수종은 소나무속 경송류, 참나무속 상수리나무아속 상수리나무류, 밤나무속으로, 그 밖에 느티나무, 오리나무속, 물푸레나무속, 단풍나무속, 감나무속, 대나무아과가 식별되었다(Table 3).

선체부재인 저판과 외판, 선수재와 선미재, 그리고 외판 보수목의 수종은 모두 경송류로 식별되었다(Figure 6). 이는 그 동안 발굴 조사된 11척의 우리나라 고선박의 주요 선

체부재에 사용된 목재의 수종과 같았다(Table 4). 소나무속의 경송류는 우리나라 전역에서 자생하여 쉽게 구할 수 있으며 기건비중 0.47로 낮아 선체부재로 사용하기 적합한 수종이다(Lee, 1997).

외판부재 사이에 횡강력을 유지해주기 위한 가륜목과 멍에형 가륜, 그리고 선체부재의 결구에 사용된 나무못인 장삭, 피삭, 산지는 밤나무속과 상수리나무류로 식별되었다(Figure 7, 8). 이 수종들은 기계적 성질이 매우 우수한 목재로 선체에서 힘을 받는 가륜이나 나무못으로 사용하기 적합하다.

선체 내부에 있는 구조목과 받침목은 밤나무속, 상수리나무류, 경송류, 오리나무속 등 다양한 수종으로, 구조목과 함께 발견된 결구못은 밤나무속으로 식별되었다. 그리고 호룡의 경우 몸통을 이루는 호룡의 몸통은 경송류로 식별되었고, 호룡의 받침대와 손잡이는 상수리나무류로 식별되었다.

선체 내부에서 출수된 원통목은 오리나무속으로, 포장목 2점은 상수리나무류로 식별되었다. 목제빔은 단풍나무속, 참빔은 화본과에 속하는 대나무아과로 식별되었고, 감씨와 함께 출수된 곳감꼬지는 감나무속으로 식별되었다. 그리고 초본류의 분석 결과 밭줄은 쑥으로 식별되었다(Figure 9).

Table 3. The results of excavated organic artifacts for species identification

	Samples	No.	Species
Part of hull	Bottom plank	11	<i>Pinus</i> hard pine group
	Side plank	14	<i>Pinus</i> hard pine group
	L-shaped chin strake	6	<i>Pinus</i> hard pine group
	Bow plank	4	<i>Pinus</i> hard pine group
	Stern plank	2	<i>Pinus</i> hard pine group
	Right side plank(repaired)	1	<i>Pinus</i> hard pine group
Wooden support	Yoke-shaped support type beam	1	<i>Castanea</i> spp.
	Beam	5	<i>Castanea</i> spp.
	Beam support	1	<i>Quercus</i> <i>Lepidobalanus</i> spp.
	1, 4	2	<i>Castanea</i> spp.
	2	1	<i>Pinus</i> hard pine group
	3, 5	2	<i>Quercus</i> <i>Lepidobalanus</i> spp.
	1	1	<i>Alnus</i> spp.
	2, 4	2	<i>Castanea</i> spp.
	3	1	<i>Pinus</i> hard pine group
	Structures of structural wood 2	1	<i>Castanea</i> spp.
Other part of hull	Other structural wood 1-1	1	<i>Zelkova serrata</i> Makino
	Other structural wood 1-2	1	<i>Quercus</i> <i>Lepidobalanus</i> spp.
	Other structural wood 2	1	<i>Zelkova serrata</i> Makino
	Jangsak	2	<i>Quercus</i> <i>Lepidobalanus</i> spp.
	Jangsak	4	<i>Castanea</i> spp.
	Pisak	6	<i>Castanea</i> spp.
	Sanji	1	<i>Quercus</i> <i>Lepidobalanus</i> spp.
	Body	1	<i>Pinus</i> hard pine group
	Handle	1	<i>Quercus</i> <i>Lepidobalanus</i> spp.
	Log	1	<i>Alnus</i> spp.
Organic artifacts	Wooden packing	2	<i>Quercus</i> <i>Lepidobalanus</i> spp.
	Unknown wooden product C3	1	<i>Pinus</i> hard pine group
	E2, 3	1	<i>Fraxinus</i> spp.
	Wide-tooth wooden comb	1	<i>Acer</i> spp.
	Fine-tooth bamboo comb	1	<i>Bambusoideae</i>
	Wooden skewer	1	<i>Diospyros</i> spp.
	Rope	1	<i>Pueraria Thunbergiana</i> Benth

Figure 7. Micrographs of *Castanea* species (A: Cross section, B: Tangential section, C: Radial section).

Figure 8. Micrographs of *Quercus Lepidobalanus* species (A: Cross section, B: Tangential section, C: Radial section).

Figure 9. Modern plants[*Pueraria Thunbergiana* Benth (A: $\times 40$, C: $\times 100$)] and epidermal tissue of excavated rope (B: $\times 40$, D: $\times 100$).

Table 4. The results comparison of species identification for a part of hull excavated shipwrecks in Korea

Site	Age(AD)	Side plank	Bottom plank	L-shaped chin strake	Bow plank	Stern plank	Beam
Yeongheungdo	8~9C	P	P				
Sibidongpado	11C	P	P	P, U	P		J
Wando	12C	P	P, T	Q, J			Q
Taeon	1131	P					
Daebodo I	12~13C	P	P				
Daebodo II	12~13C	P	P	P	P	P	C
Mado I	1208	P	P, C, Q, F		P		
Mado II	1213	P	P				Q
Mado III	1265~1268	P					P, Q
Dallido	13~14C	P	P				Q
Anjwado	14C	P	P			P	Q
Mado IV	1417~1425	P	P				P, Q

(B: *Alnus* spp., C: *Castanea* spp., F: *Idesia* spp., J: *Platycarya strobilacea* S. et Z., M: *Morus* spp., P: *Pinus* hard pine group, Q: *Quercus Lepidobalanus* spp., R: *Prunus* spp., T: *Torreya nucifera* S. et Z., U: *Zelkova serrata* Makino)

3.2. 연대분석 결과

3.2.1. 방사성탄소연대 측정 결과

안산 대부도2호선의 방사성탄소연대 측정 결과를 다음 Table 5에 나타내었다. 선수재 2번째 부재의 방사성탄소연대 측정 결과, ^{14}C 보정연대가 95.4% 신뢰구간에서 72번째 연륜이 AD 993~1047년 또는 1092~1122년 또는 1140~

1148년의 연대 구간으로 산출되었다. 받침목(2번)의 경우, ^{14}C 보정연대가 95.4% 신뢰구간에서 최외각 연륜이 AD 1050~1083년 또는 1126~1135년 또는 1151~1220년의 연대 구간으로 산출되었다. 씨앗류(감씨)의 경우, ^{14}C 보정연대가 95.4% 신뢰구간에서 AD 1057~1076년 또는 1153~1224년의 연대 구간으로 산출되었다.

Table 5. The results of radiocarbon dating

Samples	No.	¹⁴ C dates(before calibration)		Calibrated dates (AD, 95.4% **C.I.)	Remark
		*BP	Standard deviation		
Stern plank	2016007	951	19	1024~1059 1067~1155	Pith
	2016008	968	19	1020~1052 1081~1152	
	2016009	1000	19	989~1044 1101~1120	Bark
	2016010	993	20	993~1047 1092~1122 1140~1148	
Wooden support	2016011	873	20	1050~1083 1126~1135 1151~1220	
Persimmon stone	2016012	862	20	1057~1076 1153~1224	

*BP: before present, the year from AD 1950

**C.I.: confidence interval

Figure 10. Profiles of probability distributions of radiocarbon dates for 4 individual tree-rings after wiggle matching(black colored).

3.2.2. 위글매치 분석

안산 대부도2호선의 선체부재 중 선수재의 2번째 부재를 대상으로 위글매치 분석을 실시하였다. 10년 간격으로 채취된 연속적인 4개 연륜의 방사성탄소연대 측정값으로 위글매치 분석을 실시하였다. 분석한 결과는 전체 일치도 $A=109.4\%$ 이며, 수용한계(5% 유의수준) $An=35.4\%$ 이므로 χ^2 검정을 만족하였다(Figure 10).

위글매치 분석을 실시한 결과, 95.4% 신뢰구간에서 72번째 연륜은 AD 1035~1056년의 연대 구간으로 분석되었

다(Table 6). 최외각 연륜(109번째 연륜)까지 37개의 연륜이 더 존재하므로, 선수재 2번째 부재의 109번째 연륜의 연대 구간은 AD 1072~1093년이다(Figure 11).

선체부재인 선수재의 2번째 부재를 대상으로 위글매치 분석을 실시하여 최외각 연륜인 109번째 연륜의 연대 구간이 95.4% 신뢰구간에서 AD 1072~1093년으로 산출되었다. 위글매치 분석을 통해 3구간의 연대구간과 166년의 오차 범위를 21년으로 줄일 수 있었다.

위글매치를 실시한 선수재의 2번째 부재는 각재(角材)

Table 6. The results of radiocarbon dating before and after wiggle matching

Sample	Number	Measured tree-ring No.	¹⁴ C dates (before calibration)		Calibrated dates before wiggle match (AD, 95.4% C.I.)	Calibrated dates after wiggle match (AD, 95.4% C.I.)
			BP	Standard deviation		
Stern plank	2016007	42th	951	19	1024~1059 1067~1155	1005~1026
	2016008	52th	968	19	1020~1052 1081~1152	1015~1036
	2016009	62th	1000	19	989~1044 1101~1120	1025~1046
	2016010	72th	993	20	993~1047 1092~1122 1140~1148	1035~1056

Figure 11. The results of wiggle matching for stern plank(outermost tree-ring). **Figure 12.** The result comparison of dating for Daebudo shipwreck No.2.

로 수피(樹皮)부분을 확인할 수 없었다. 남아있는 최외각의 연륜은 변재부분으로, 1 cm에서 15~18개가 확인되어 각재로 가공하는 과정에서 연륜이 많이 없어진 것으로 추정된다(Figure 6). 따라서 선수재의 2번째에 사용된 목재는 적어도 AD 1072~1093년 이후에 벌채된 것을 사용하여 건조된 것으로 분석되었다.

선수재 2번째 부재를 각재로 가공하는 과정에서 약 2~3 cm정도 치목되었다고 가정하면, 소실된 연륜은 30~54개이므로 약 AD 1102~1147년 이후에 벌채된 목재를 사용한 것으로 추정할 수 있다. 추정된 결과와 받침목, 씨앗류의 결과를 모두 종합하면, AD 1151~1224년에 난파된 것으로 판단된다(Figure 12).

4. 결 론

본 연구에서는 경기도 안산시 단원구 대부도에서 발굴된 대부도2호선의 목부재와 초본류의 수종 분석과 방사성탄소연대 분석을 통해 사용된 목재의 재질과 고선박이 난파된 시기를 추정하고자 하였다.

수종 분석을 통해 선체부재로 사용된 목재는 모두 소나

무속의 경송류로 식별되었으며, 기타 선체부재와 나무못은 경송류, 밤나무속, 참나무속, 상수리나무아속, 상수리나무류, 느티나무, 오리나무속의 사용을 확인하였다. 동반 출토된 목재빋과 참빋은 단풍나무속과 대나무아과로 확인되었고, 감씨와 함께 출수된 꽃감꼬지는 감나무속으로 식별되어 이는 꽃감을 만들기 위해 감을 따서 꽃을 때 감을 탄 나무에서 바로 꼬지를 잘라 만들었을 것으로 추정된다. 그리고 밧줄은 칙으로 만들어졌음이 밝혀졌다. 칙은 현재에도 사람이 사는 곳이라면 주변에서 쉽게 자라는 식물이며, 선박이 운항되었던 당시에도 쉽게 구할 수 있는 재료임을 알 수 있다. 또한 덩굴식물인 칙은 섬유로 이뤄져 잘 끊어지지 않은 성질은 선박에서 많이 사용되는 굵은 밧줄을 만드는 데 알맞은 재료였을 것이다.

선수재와 받침목 그리고 씨앗류(감씨)의 방사성탄소연대 측정과 위글매치 분석을 통해 대부도2호선은 AD 1151~1224년 사이에 난파된 것으로 밝혀졌다. 이는 출토된 도자기의 편년과 일치하는 결과이다.

본 연구를 통해 대부도2호선은 고려시대 선박으로 밝혀졌으며, 선박과 생활용구의 제작에 사용된 목재의 종류를 확인할 수 있었다. 이를 통해 당시 선박을 복원함에 있어

기초자료로 이용될 수 있을 것으로 생각된다. 또한 선체부재에 대해 산소동위원소비를 연륜연대법을 추후 적용한다면 고해상도의 연대를 알아낼 수 있을 뿐만 아니라 우리나라 기후 복원에도 크게 기여할 수 있을 것이라고 판단된다.

REFERENCES

- Bronk Ramsey, C. and Lee, S., 2013, Recent and planned developments of the program OxCal. *Radiocarbon*, 55(2), 720-730.
- Bronk Ramsey, C., van der Plicht, J. and Weninger, B., 2001, Wiggle matching radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 43(2A), 381-389.
- Ilvessalo-Pfaffli, M-S., 1995, Fiber atlas. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Heidelberg.
- Jeong, A.R., 2011, Species identification and dating for wooden walls excavated from Bangu-dong site, Ulsan, Korea. Master thesis, Chungbuk National University, Cheongju. (in English with Korean abstract)
- Kim, G.H., 2006, Species identification of ancient straw shoes excavated in Korea. Master thesis, Chungbuk National University, Cheongju. (in Korean with English abstract)
- Lee, K.H., Seo, J.W. and Han, G.S., 2018, Dating wooden artifacts excavated at Imdang-dong site, Gyeongsan, Korea and interpreting the paleoenvironment according to the wood identification. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 46(3), 241-252. (in Korean with English abstract)
- Lee, P.W., 1997, The characters and uses of Korean wood. Seoul National University, Seoul. (in Korean)
- Lee, W.Y., 1997, The structure of Korean wood -An atlas of scanning electron micrographs-. Hyangmunsa, Seoul. (in Korean)
- Nam, T.G., 2012, Species identification and dating for the woods excavated from Jongmyo Square, Seoul, Korea. Master thesis, Chungbuk National University, Cheongju. (in Korean with English abstract)
- Nam, T.G., 2013, Wiggle matched radiocarbon dates of woods excavated from Mado shipwreck No.3 Taean, Korea. *Journal of Maritime Culture*, 6, 217-233. (in Korean with English abstract)
- Nam, T.G., Hong, K.H. and Lee, J.H., 2017, Radiocarbon dating of a wooden board from Mado shipwreck No.4 using wiggle matching. *Journal of Conservation Science*, 33(4), 278-283. (in Korean with English abstract)
- Nam, T.G., Kim, T.J. and Moon, H.S., 2015, Radiocarbon dating of a wooden board from Yeongheung-do shipwreck using wiggle matching of decennial tree-ring samples. *Journal of Conservation Science*, 31(3), 279-285. (in Korean with English abstract)
- Nam, T.G., Park, J.H., Hong, W. and Park, W.K., 2012, Radiocarbon dating of a wooden board from Jeongsusa temple using wiggle matching of quinquennial tree-ring samples. *Journal of Conservation Science*, 28(1), 1-5. (in English with Korean abstract)
- National Research Institute of Maritime Cultural Heritage, 2016, Taean Mado shipwreck No.4 underwater excavation. (in Korean with English abstract)
- Oh, J.H., 2010, Species identification and plant anatomical characteristics of vinery craftwork relics. Master thesis, Chungbuk National University, Cheongju. (in Korean with English abstract)
- Park, S.J., Lee, W.Y. and Lee, W.H., 1987, Timber organization and identification. Hyangmunsa, Seoul. (in Korean)
- Park, W.K., Nam, T.K., Park, J.H. and Hong, W., 2009, Wiggle matching for radiocarbon dating Korean artifacts with biannual samples. *Journal of Maritime Culture*, 20(6), 605-611. (in Korean with English abstract)
- Reimer, P.J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J.W., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hafflidason, H., Hajdas, I., HattŽ, C., Heaton, T.J., Hoffmann, D.L., Hogg, A.G., Hughen, K.A., Kaiser, K.F., Kromer, B., Manning, S.W., Niu, M., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Staff, R.A., Turney, C.S.M. and van der Plicht, J., 2013, IntCal13 and marine13 radiocarbon age calibration curves 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, 55(4), 1869-1887.
- Song, J.A., Son, B.H. and Park, W.K., 2012, Wiggle matched radiocarbon dates of charcoal in a fired dwelling excavated at the Pungnaptoseong earthen wall, Baekje. *Journal of Conservation Science*, 28(4), 411-416. (in Korean with English abstract)