

조선시대 회곽 묘 출토 염습의에 부착된 회백색 물질의 동정

오준석 | 유혜선* | 윤은영*

국립민속박물관 유물과학과,
*국립중앙박물관 보존과학실

Identification of Greyish White Material Adhered to Shrouds from Tombs Covered with Lime of the Chosun Dynasty

Joon-Suk OH | Hei-Sun Yu* | Eun-Young Yun*

Relic Division, The National Folk Museum of Korea

*Conservation Science Laboratory, The National Museum of Korea

초록 회곽의 구조를 가진 충청북도 보은의 유인서 부처 묘와 옥천의 무연고 분묘에서 출토된 수침 복식에 부착되어 있는 회백색 오염물질에 대한 적외선 분광 분석을 통해, 미라의 회백색 물질과 동일 성분인 지방산의 칼슘염이 주성분이며 지방산, 지방, 단백질이 소량 함유된, 사체의 지방이 분해되어 생성된 시랍으로 판명되었다. 또 시랍의 주성분이 지방산의 칼슘염인 것은 사체의 뼈나 회곽의 성분인 석회와의 관련성이 있음을 알 수 있다. 그리고 지방산 분석을 통해 사체의 시랍에서 볼 수 있는 10-Hydroxyhexadecanoic acid 및 10-Hydroxyoctadecanoic acid가 확인되었고 지방산의 함량 분포패턴도 Palmitic acid와 같은 포화지방산의 함량은 높고, Oleic acid와 같은 불포화지방산의 함량이 낮은 시랍과 유사한 패턴을 보이고 있다. 이와 같은 결과로 미루어 보아 옥천과 보은에서 출토된 복식 표면의 회백색 물질은 미라로부터 이동된 시랍이라는 사실을 확인할 수 있었다.

Abstract A lot of waterlogged shrouds and mummies have been found in tombs covered with lime of the Chosun Dynasty(1392-1910) of Korea. Shrouds were heavily polluted with greyish white material. Greyish white material, which adhered to shrouds excavated from tombs(16C and 17C), was submitted to FT-IR qualitative analysis and fatty acid analysis for cleaning. The results of the FT-IR qualitative analysis identified the main ingredient of the greyish white material as calcium salt of fatty acid, including a little of the fatty acids, lipids and proteins. Therefore the greyish white material turned out adipocere which was formed from the degradation of the lipids in a dead body. From the fatty acid analysis, hydroxy fatty acids(10-Hydroxyhexadecanoic acid and 10-Hydroxyoctadecanoic acid), which were found in adipocere, were detected. The distribution of contents of fatty acids was also similar to that of adipocere which have a high proportion of palmitic acid of saturated fatty acid and a low proportion of oleic acid of unsaturated fatty acid. In view of the results of analyses, it was revealed that greyish white material adhered to shrouds was adipocere moved from a mummy.

1. 서론

1980년대 이후 산업화의 진행과 함께 분묘의 이장이 급증하게 되었다. 이들 분묘 중에서 조선시대의 회곽 묘에서는 수침상태의 다량의 염습의와 미라 등이 출토되고 있으며, 복식과 같은 유기질 유물이 완전히 분해되지 않고 그 형태를 유지한 채 출토되는 경우가 많아 복식사 연

구에 귀중한 자료가 되고 있다. 그러나 이들 복식은 매장 상태에서의 섬유 분해나 수습 과정에서의 손상, 사체나 섬유의 부패물질에 의한 오염으로 연구나 전시 등을 위해서는 세척이나 형태보수 등의 보존처리가 필수적인 과정이다.

출토복식의 세척을 위해서는 오염물질에 대한 분석이 선행되어야 한다. 출토복식의 오염물질은 탄화수소계,

지방산계, 질소화합물계, 방향족유기산, 알킬알콜계 등으로 분류되고 있으며, 탄화수소계는 인체의 주 구성 성분 및 그 분해물질, 지방산은 지방의 분해물질로 보고되고 있다¹⁾²⁾. 그러나 출토복식에서 광범위하게 보이고 있는 회백색 물질에 대해서 그 정확한 성분은 아직 밝혀지지 않았으며, 그 형성 메커니즘도 규명되어 있지 않은 것이 국내의 현실이다³⁾. 또 습식세척이나 건식세척과 같은 보존처리에 의해서도 회백색 물질은 거의 세척효과가 없어 보존처리 완료 후에도 그대로 남아있어 전시 등에 있어 미관상 문제가 될 수 있으며(Photo 1, 2), 복식을 취급할 때 마찰에 의해 미세분말로 떨어져 나와 주위 환경을 오염시키며 연구자나 일반인들에게 위생상 문제가 될 수 있다.

본 논문은 출토복식의 보존처리 연구의 일환으로 조선시대 회곽 묘에서 출토된 복식에서 보이고 있는 회백색 물질의 동정을 통해 그 형성 메커니즘의 추적 및 회백색 물질의 세척기술 개발에 기여코자 함이다.



Photo 1. Greyish white material adhered to Changyee(Coat with Slits) immediately after the excavation from the tomb of Okchon

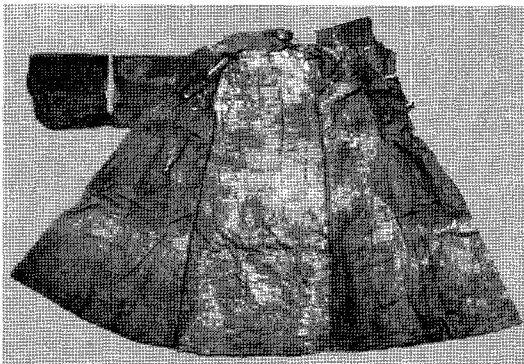


Photo 2. Greyish white material adhered to Changyee after wet cleaning

II. 실험

2.1. 시료

2000년 충청북도 옥천의 무연고 분묘(16세기 추정)에서 출토된 복식에 남아있는 회백색 물질 7점, 2002년 충청북도 보은의 유인서 夫妻의 분묘(유인서 1644년 사망)에서 출토된 복식에 부착되어 있는 회백색 물질 4점, 미라화 한 유인서의 부인 손가락과 뼈에서 채취한 회백색 물질 2점을 적외선 분광 분석 시료로 하였고, 옥천 출토 복식의 회백색 물질 2점(시료번호 2와 5에 대해 지방산 조성분석을 위한 시료로 사용하였다. 시료내역은 표 1과 같다. 그리고 인체의 구성성분인 단백질(콜라겐, Aldrich)과 지방(Triolein, 和光純藥工業), 지방의 분해물질인 지방산 - Palmitic Acid(C16:0, 和光純藥工業), Stearic Acid(C18:0, 和光純藥工業, 일급), Oleic Acid(C18:1, 和光純藥工業, 일급), Linoleic Acid(C18:2, 和光純藥工業, 특급), Linolenic Acid(C18:3, 和光純藥工業), 10-Hydroxystearic Acid(和光純藥工業) - 그리고 Calcium Palmitate(昭和化學, 특급), Calcium Stearate(純正化學, 특급) 등을 회백색 물질에 대한 적외선 분광 분석의 해석을 위한 기준 물질로 하였다.

Table 1. Description of Samples

Sample No.	Tomb	Sampling Relic	Material
1		Changyee (Coat with Slits)	Silk
2		Jangyee (Coat)	Cotton
3		Danryeong (Officials Uniforms)	Silk
4	Okchon	Jikryeong (Coat)	Silk
5		Jeogori (Jacket)	Silk
6		Trousers	Silk
7		Silk Fabric Patch	Silk
8		Cheollik (Coat with Pleats)	Silk
9		Trousers	Cotton
10	Boeun	Cotton Fabric Patch	Cotton
11		Silk Fabric Patch	Silk
12		Jeogori (Jacket)	Cotton
13	Boeun	Right Finger of Mummified Woman	
14		Bone of Right Arm of Mummified Woman	

2.2. 적외선 분광 분석

적외선 분광 분석은 시료를 미세 분말로 만든 후 KBr Pellet법으로 Bruker Equinox-55 푸리에 변환 적외선

분광 분석기(FT-IR)를 사용하여, 파장범위 400~4000cm⁻¹, 해상도 0.16cm⁻¹, 스캔속도 32cm⁻¹의 조건에서 측정하였다.

2.3. 지방산 분석

앞의 2.1절에서 언급한 회백색물질 시료번호 2와 5의 경우는 지방산 분석을 수행하였으며, CHCl₃/CH₃OH (2:1,v/v) 혼합용액을 가하여 초음파방법으로 전지질을 추출하였다. 그리고 메틸 유도체화 시킨 후 TLC법으로 스테롤과 지방산을 분리하고, 각각 GC/MS(gas chromatography/mass spectrometry) 및 GC/FID (gas chromatography/ flame ionization detector)법으로 이들의 조성과 함유량의 분석을 시도하였다. 그리고 대상 시료의 원천을 확인하기 위하여 콜레스테롤 및 시토스테롤 등의 분석결과를 상호비교 하였다.

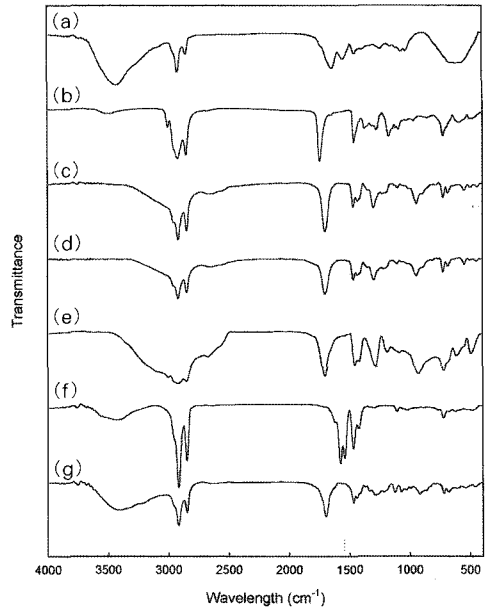


Fig. 1. FT-IR Spectra of Reference Materials. a) Collagen, b) Triolein, c) Palmitic Acid, d) Stearic Acid, e) Oleic Acid, f) Calcium Palmitate, g) 10-Hydroxystearic Acid.

III. 결과 및 고찰

3.1. 적외선 분광 분석

3.1.1. 기준 물질

회백색 물질의 동정을 위해 콜라겐과 지방 그리고 지방산 등의 기준 물질에 대한 적외선 분광 분석을 하였다 (Fig. 1). 각 물질의 스펙트럼으로부터 특성 밴드를 정리하면 Table 2와 같다⁴⁾⁵⁾. Table 2로부터 각 물질은 서로 구별할 수 있는 고유의 특성 밴드를 가지고 있음을 알 수 있다.

3.1.2. 회백색 물질

옥천 출토 복식과 유인저 부처 묘 출토 복식에서 채취한 회백색 물질의 적외선 분광 스펙트럼은 Fig. 2와 같이 크게 3가지 형태로 나눌 수 있다.

a) 스펙트럼을 비교 물질의 스펙트럼과 비교해 보면 Calcium Palmitate나 Calcium Stearate와 같은 지방산의 칼슘염의 Carboxylate C=O stretching 피크 (1577cm⁻¹, 1541cm⁻¹)가 매우 뚜렷하게 나타나고 있어 주성분은 지방산의 칼슘염임이 판명되었다. 그리고 1703cm⁻¹에서 Palmitic Acid나 Stearic Acid와 같은

Table 2. Major Bands of Reference Materials

Material	Assignment	Wavelength
Collagen	Amide I	1650cm ⁻¹
	Amide II	1540cm ⁻¹
Triolein	Carbonyl CO Stretch	1744cm ⁻¹
	C-H Stretch	2950~2800cm ⁻¹
Myristic Acid		1714cm ⁻¹
Palmitic Acid		1702cm ⁻¹
Stearic Acid		1703cm ⁻¹
Oleic Acid	Carbonyl CO Stretch	1707cm ⁻¹
Linoleic Acid		1708cm ⁻¹
Linolenic Acid		1710cm ⁻¹
10-Hydroxystearic Acid	Carbonyl CO Stretch	1698cm ⁻¹
Calcium Palmitate	Carboxylate CO Stretch	1576cm ⁻¹ , 1540cm ⁻¹
Calcium Stearate		1578cm ⁻¹ , 1542cm ⁻¹

포화지방산의 C=O stretching이 shoulder로써 미세하게 감지되고 있어 포화지방산이 소량 존재하고 있음이 알 수 있다. b) 스펙트럼에서는 지방산의 칼슘염의 특성 피크와 함께 단백질의 amide I이 1655cm⁻¹에서 shoulder로써 관찰되고 있으며 amide II는 지방산의 칼슘염의 특성 피크인 1540cm⁻¹와 중첩된 것으로 판단된다. 또 불포화지방산의 C=O stretching이 1708cm⁻¹에서 나타나고 있다. 따라서 이들 회백색 물질은 지방산의 칼슘염과 함께 불포화지방산, 단백질 등이 혼합된 물질임을 알

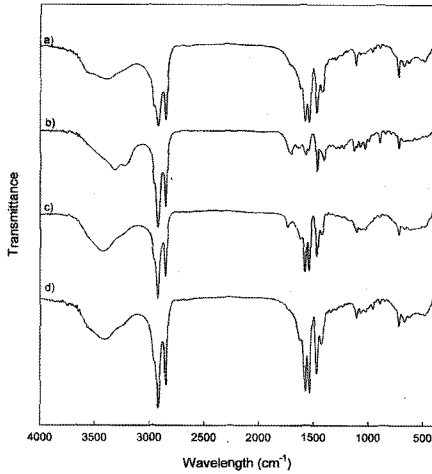


Fig. 2. FT-IR Spectra of Greyish White Materials.
 a) Sample No. 3, 4, 5, 7, 8, 9, 12 b) Sample No. 1, 2, 6
 c) Sample No. 10, 11 d) Sample No. 13, 14.

수 있다. c) 스펙트럼은 지방산의 칼슘염의 특성 피크와 함께 지방의 C=O stretching 피크가 1735cm⁻¹에서 뚜렷이 관찰되고 있다.

Fig. 2의 d)는 미라의 손가락과 뼈에 부착된 회백색 물질의 스펙트럼으로, 출토 복식에서 채취한 회백색 물질들과 동일한 지방산의 칼슘염이 주성분임을 알 수 있다. 적외선 분광분석을 통해 출토복식에 보이는 회백색 물질은 미라에서 보이는 회백색의 물질과 같은 성분인 지방산의 칼슘염이 주성분이며 지방산이 소량 함유된 지방산 혼합물로서 사체의 지방이 분해되어 생성된 시랍(屍蠟, adipocere, grave wax)임이 판명되었다⁴⁾⁵⁾. 또 단 백질과 지방의 존재도 미미하게 확인되고 있다. 따라서 출토 복식에 부착되어 있는 회백색 물질은 사체로부터 이동되었음을 알 수 있다.

3.2. 지방산 분석

3.2.1. 스테롤함유량

출토 복식 표면에 부착되어 있는 회백색 고형물의 동식물성 여부를 확인하기 위하여 스테롤분석을 실시한 결과 동물성스테롤인 콜레스테롤의 함유량이 두 시료 모두에서 51.16 및 87.61%로 상대적으로 높았으며, 시료의 동식물성을 판별하는 지수인 chole/sito의 함유량비도 3.28 및 10.98로 높아 시료의 원천이 동물성 물질이었

Table 3. Sterol Compositions in Samples

Sample No.	Composition(%)					
	Epicoprostanol	Cholesterol	Campesterol	Stigmasterol	β -Sitosterol	chole/sito
2	4.59	51.16	-	2.73	15.59	3.28
5	-	87.61	-	4.41	7.98	10.98

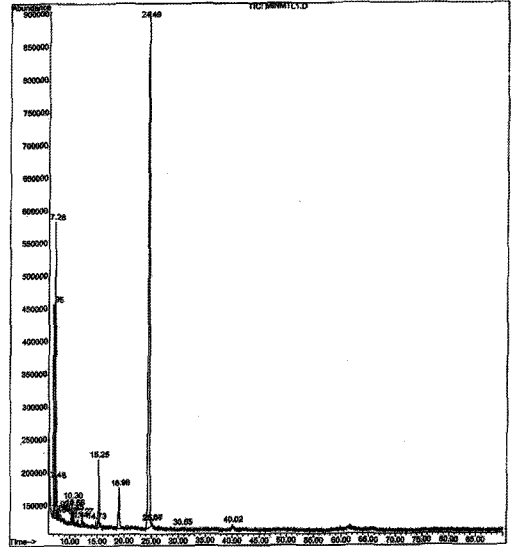


Fig. 3. Mass Spectrum of Total Lipid in Sample No. 2.

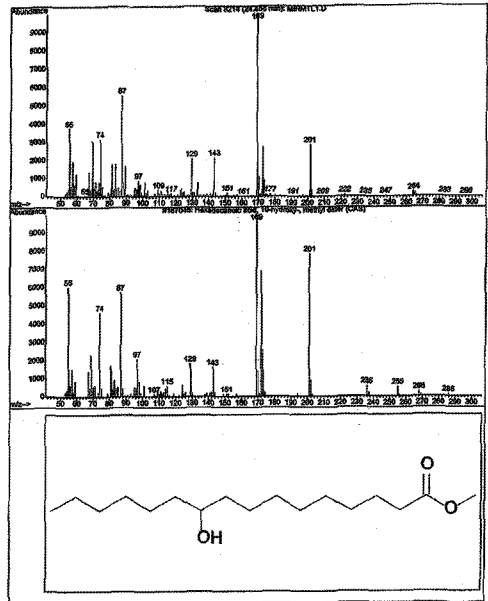


Fig. 4. Mass Spectrum of Methyl Ether of 10-Hydroxyhexadecanoic Acid in Sample No. 2.

음을 추정할 수 있었다.

3.2.2. 하이드록시 지방산

생체지방조직에서는 거의 존재하지 않지만 사체의 지방 즉 시랍에서 명확하게 하이드록시 지방산을 검출할 수 있는데, 특히 10-Hydroxystearic Acid(10-Hydroxyoctadecanoic Acid)와 10-Hydroxypalmitic Acid(10-Hydroxyhexadecanoic Acid)는 사람과 동물 조직에서 형성된 시랍의 주요성분으로 확인되었다⁹⁾.

TLC로 분리하기 전의 시료번호 2를 GC/MS로 분석한 결과는 Fig. 3과 같다. 결과에서 보는 바와 같이 머무름 시간 24.49min에서 가장 큰 피크가 나타났으며, m/z로 성분을 확인해 본 결과 10-Hydroxyhexadecanoic Acid(OH-C16:0)를 확인하였고(Fig. 4), 시료번호 5에서는 10-Hydroxyoctadecanoic Acid(OH-C18:0)를 확인할 수 있었다. 하이드록시 지방산은 혐기성의 습한 환경에 매장되어 있는 동안 Oleic Acid의 수화반응 및 β-oxidation이 일어나서 10-Hydroxystearic Acid가 형성된 것으로 알려져 있다⁷⁾⁻⁹⁾.

3.2.3. 지방산 함유량

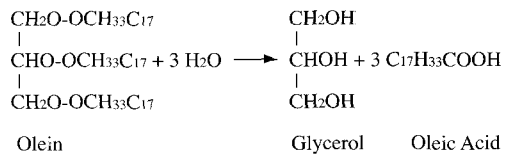
TLC로 분리하여 얻어진 FAME 시료 속에 함유되어 있는 지방산의 조성을 확인하기 위하여 GC/MS법으로 분석하였다. 시료번호 2와 5에 대한 GC/MS 분석결과 Pentadecanoic acid(C15:0), Palmitic acid(C16:0), Palmitoleic acid(C16:1), Stearic acid(C18:0), Oleic acid(C18:1), Linoleic acid(C18:2) 및 Eicosenoic acid(C20:1)가 검출되었다. 각 지방산 조성의 상대적인 함량은 GC/FID분석으로 알 수 있다. 시료 No. 2 및 5의 GC/FID 분석결과 C16:0이 55.59 및 81.94%로 높았으며, C18:0은 7.18 및 5.85%, C18:1의 경우는 26.55% 및 7.27%의 함량 분포를 나타내었다. 인체의 지방 조성은 C16:0이 23.7%, C18:0은 7.7%, C18:1이 46.3%의 비율로 구성되어 있으나¹⁰⁾ 사체에서 시랍이 형성되면 Palmitic Acid나 Stearic acid와 같은 포화지

방산 특히 Palmitic Acid가 크게 증가하고 Oleic acid와 같은 불포화지방산은 크게 감소한다고 알려져 있다. 따라서 지방산 함유량 분석 결과는 시랍과 유사한 지방산의 함량 분포패턴임을 알 수 있다.

3.3 회백색 물질의 형성 메커니즘

회백색 물질에 대한 적외선 분광 분석과 지방산 분석을 통해, 회백색 물질은 사체의 시랍 성분으로 판명되었다. 시랍이란 사체의 피하지방으로부터 만들어지는 지방 혼합물질로써, 사체가 따뜻하고 습기가 찬 혐기성 환경이나 산소가 결핍된 수증기의 환경 등에서 인체의 지방인 triacylglycerol이 미생물의 활동에 의해 지방의 가수분해와 수화반응(Fig. 5)¹¹⁾, 지방산의 수화반응과 산화반응(Fig. 6)⁷⁾⁻⁹⁾에 의해 형성된다. 시랍의 주성분은 인체 지방의 60% 이상을 차지하는 불포화지방산과는 달리 짝수의 탄소수를 가진 포화지방산¹¹⁾¹²⁾-palmitic acid, stearic acid-과 하이드록시 지방산⁷⁾⁻⁹⁾-10-hydroxyoctadecanoic acid(10-hydroxystearic acid), 10-hydroxyhexadecanoic acid (10-hydroxypalmitic acid)-으로 알려져 있다. 그리고 지방이 가수분해된 후 칼슘이나 마

Hydrolysis



Hydrogenation

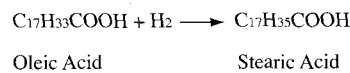


Fig. 5. Hydrolysis and Hydrogenation of Lipid.

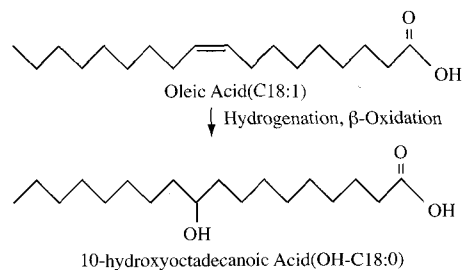


Fig. 6. Hydrogenation and β-Oxidation of Fatty Acid.

Table 4. Fatty Acid Compositions in Samples

Sample No.	Composition (mole %)							
	C15:0	C16:0	C16:1	C17:0	C18:0	C18:1	C18:2	C20:1
2	0.52	55.59	5.86	1.48	7.18	26.55	0.68	2.14
5	0.45	81.94	2.64	0.56	5.85	7.27	0.24	1.04
Human		23.7	7.0		7.7	46.3	7.0	1.3

그네슘 이온과 같은 bivalent 금속이온과의 결합에 의해 생성된 지방산의 칼슘염이나 마그네슘염 즉 비누도 발견되고 있다⁴⁾⁵⁾⁷⁾⁸⁾.

따라서 관을 둘러싼 회곽이 외부로부터의 산소 유입은 차단하고 습기는 유입시키는 기능을 가짐으로써 형성된 관내의 습기가 찬 혐기성 환경이 사체를 시랍으로 변환시켜 미라로 만들게 하는 요인임을 알 수 있다. 또 시랍의 주성분이 지방산의 칼슘염인 것은 사체의 뼈나 회곽의 성분인 석회와의 관련성이 있음을 알 수 있다.

4. 결론

충청북도 보은의 유인서 부처 묘와 옥천의 무연고 분묘에서 출토된 복식의 회백색 물질에 대한 적외선 분광 분석을 통해, 미라의 회백색 물질과 동일 성분으로써 지방산의 칼슘염이 주성분이며 지방산이 소량 함유된, 사체의 지방이 분해되어 생성된 시랍으로 판명되었다. 또 시랍의 주성분이 지방산의 칼슘염인 것은 사체의 뼈나 회곽의 성분인 석회와의 관련성이 있음을 알 수 있다. 그리고 지방산 분석을 통해 사체의 시랍에서 볼 수 있는 10-Hydroxyhexadecanoic acid 및 10-Hydroxyoctadecanoic acid가 확인되었고 지방산의 함량 분포패턴도 Palmitic acid는 55.59 및 81.94%, Stearic acid는 7.18 및 5.85%, Oleic acid가 26.55 및 7.27%로 시랍이 나타내는 특성과 유사하게 나타나고 있다는 것을 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과로 미루어 보아 옥천과 보은에서 출토된 복식 표면의 회백색 고형 물질은 미라로부터 이동된 시랍이라는 사실을 확인할 수 있었다.

조선시대의 분묘는 사체의 훼손을 막기 위해 회로 관을 밀봉하는 형식을 취하는데⁹⁾ 이와 같은 회곽이 관내로의 산소의 유입을 차단하고 지하수나 우수 등의 수분을 유입시켜 습기찬 혐기성 환경을 조성하는 기능을 함으로써, 복식의 보존과 함께 사체를 시랍화된 미라로 변환시키는 환경을 제공하는 것으로 판단된다. 그리고 시랍으로 변환된 사체는 자연 상태에서 미라가 되어 부패가 더 이상 진행되지 않고 장기간 보존된다고 알려져 조선시대 회곽 묘에서 종종 출토되고 있는 미라의 형성 원인을 알 수 있다.

참고문헌

- 1) 안춘순, 조한국, 김정완, “화성 구포리 출토복식의 섬유 물질 분석에 관한 소고”, 한국복식, 14, 27~48, (1996).
- 2) 배순화, “출토직물 보존에 관한 과학적 연구”, 서울여자대학교 박사학위 논문 (1999).
- 3) 백영미, “조선중기 출토복식의 보존처리 및 저고리의 치수분석”, 부산대학교 박사학위 논문 (2001).
- 4) T. L. Bereuter, W. Mikenda, and C. Reiter, “Iceman’s “Mummification - Implication from Infrared Spectroscopical and Histological Studies”, Chemistry : European Journal, 3, 1032-1038 (1997).
- 5) B. H. Stuart, S. Forbes, B. B. Dent, and G. Hodgson, “Studies of adipocere using diffuse reflectance infrared spectroscopy”, Vibrational Spectroscopy, 24, 233-242 (2000).
- 6) Fazil O.G?lacar, A. Susini, and M. Klohn, “Preservation and Post-mortem Transformations of Lipids in samples from a 4000-year-old Nubian Mummy”, Journal of Archaeological Science, 17, 691-705, (1990).
- 7) T. Takatori, and A. Yamaoka, “The Mechanism of Adipocere Formation 1. Identification and Chemical Properties of Hydroxy Fatty Acids in Adipocere”, Forensic Science, 9, 63-73 (1977).
- 8) T. Takatori, “The Mechanism of Human Adipocere Formation”, Legal Medicine, 3, 193-204 (2001).
- 9) R.P.Evershed, “Chemical composition of a bog body adipocere”, Archaeometry, 34, 253-265 (1992).
- 10) <http://www.lipid.co.uk/>
- 11) A. Keith Mant and R. Furbank, “Adipocere - A Review”, Journal of Forensic Medicine, 4, 18-35 (1957).
- 12) M. D. Thornton, E. D. Morgan, F. Celoria, “The Composition of Bog Butter”, Science and Archaeology, 2&3, 20-25 (1970).
- 13) 김선아, 이용희, “순천박씨 시조묘출토 복식 보존처리”, 박물관보존과학, 2, 9-17 (2000).