

복식유물의 연구에 있어서 분광화학분석의 활용

안 춘 순

인천대학교 의생활학과 조교수

Application of Spectrochemical Analysis in the Study of Archaeological Textiles

Cheun-soon Ahn

Assistant Professor Dept. of Clothing and Textiles University of Incheon

ABSTRACT

This research utilized the Energy Dispersive X-ray Spectroscopy(EDS) and the Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry in the analysis of chemical elements present among the textiles exhumed from Kupori, Hwasung-kun Kyunggi-do. The two research objectives were: first, to examine the elements present and their percent presence in Kupori samples; second, to investigate whether the elements are part of mordant substances which could have been used when dyeing the Kupori textiles in the past. To meet such research purposes standard silk fabric was dyed with Sophorajaponica using alum and iron mordants. For alum mordant unpurified general alum and potassium aluminum sulfate($\text{AlK}(\text{SO}_4)_2$), iron sulfate($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) were used. From the results of EDS and ICP-Mass analysis the following conclusions were drawn.

1. According to the EDS analysis 9 elements Ca, S, Al, Si, K, Fe, P, Mg, and Na were detected.
2. ICP-Mass result of the mordant chemicals showed high amount of S, Al, and K present in alum mordants and S and Fe present in iron mordants.
3. Comparison of the ICP-Mass results of the mordant chemicals and those of the standard dyed samples suggested that the amount presence of Al and Fe is a strong indication of the usage of alum and iron mordants respectively in an unknown dyed textile.
4. In the washed Kupori textiles, Fe showed a relatively higher rate of presence in the samples. Therefore, it can be conjectured that those Kupori textiles were dyed with iron mordant based on the result of the above number 3.
5. It is probable that the other elements detected from the Kupori samples were incorporated into the textiles as part of the soil debris produced from the degradation of the dead within the coffin, or the

earth debris. They can also be part of the inorganic compounds inherent in the silk textiles themselves before dyed.

6. Among the elements, it is likely that Ca which showed a high degree of presence among the unwashed samples was part of the inorganic compound inherent in the silk textiles.

Key Word: Energy Dispersive X-ray Spectroscopy, ICP-Mass Spectrometry, Kupori textiles, Sophorajaponica, mordant substances, inorganic elements

EDS분석, 유도결합플라스마 방출분석, 구포리 복식유물, 괴화, 매염제 성분, 무기원소

I. 서 언

국내 박물관에 소장 중인 여러 종류의 문화재 중 복식은 중요민속자료로 등재되어 있으며, 선조들의 복식문화와 아울러 이것으로부터 엿보여지는 과거의 사회·경제·문화 전반에 걸친 실증적인 정보를 국내외에 전달하는 소중한 문화유산의 한 종류이다. 그러나 복식유물은 그것이 문화재로서 지니는 가치에도 불구하고 타 문화재들에 비해 그 중요성이 뒤늦게 인식되기 시작하였을 뿐 아니라 학술자료로서의 잠재력 또한 충분히 활용되지 못하였다. 제한된 몇몇 박물관을 제외하고는 박물관 주제 복식전문가가 부재하다는 사실은 복식유물이 아직까지 문화재로서 차지하는 비중이 작음을 입증해 준다.

학술적으로도 안전한 보존처리나 보관 및 전시방법의 개발을 위해서는 복식의 외형적인 특성에 관한 연구와 더불어 유물을 이루는 섬유, 염료, 오염물질 등에 대한 기본적인 분석이 선행되어야 한다. 이와 같은 분석이 가능하게 하기 위해서는 보다 다양한 접근방법으로 복식유물에 대한 연구에 임하는 자세가 필요하다고 하겠다. 복식유물 중에서도 특히 출토복식은 관속에서 장기간에 걸쳐 일어난 부패작용으로 인해 섬유가 심하게 손상된 상태이다. 아울러 갑작스런 발굴에 의한 외부노출은 복식유물

에 변색 혹은 퇴색을 일으키고 이로 인해 유물의 고유색 판별이 불가능한 경우가 대부분이다. 따라서 출토복식에 대하여서는 보존처리나 보관에 의해 가중될 수 있는 훼손을 막고 복식의 형태나 색에 대한 정확한 고증이 가능해 지도록 유물의 이화학적 성질에 대한 세밀한 분석이 이루어져야 한다.

이의 일환으로서 필자는 1994년 경기도 화성군 구포리의 분묘에서 발굴된 조선조 말기 출토복식에 대하여 그 섬유조성을 조사하고 섬유의 성분을 가스 크로마토그래피 질량분석법과 미생물분석을 이용하여 분석한 바 있다.¹⁾ 위의 연구결과 구포리 유물들은 모두 견섬유로 이루어져 있음을 알 수 있었다. 세척되지 않은 구포리 복식의 섬유의 성분 중 유기화합물은 탄화수소계, 지방산계, 질소화합물계 및 방향족 유기산의 네 종류로 요약되었다. 이들은 모두 생체의 주 구성성분과 그 분해산물에 해당하는 것으로 관속에서의 활발한 부패작용을 시사해 주었다. 미생물분석 결과 유물에는 Bacillus속과 Penicillium속의 미생물들이 다량 잔존해 있음을 알 수 있었는데 이와 같은 미생물의 활동이 시신의 부패와 나아가서 구포리 복식의 섬유손상을 유발하였을 것으로 해석되었다.

구포리 유물에 대한 선행연구의 결과를 바탕으로 본 연구에서는 분광화학분석법 중 X선 미량분석을

1) 안춘순·조한국·김정완, "화성 구포리 출토복식의 섬유의 물질 분석에 관한 소고," 『한국복식』 제14호, 1996, pp.27-48.

이용한 Energy Dispersive X-ray Spectroscopy법과 원자방출분석에 기초를 둔 유도결합 플라즈마 질량분석(Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry)을 활용하여 구포리 출토복식에서 발견되는 섬유의 성분 중 주로 무기물질의 존재 여부에 대해 조사하고자 하였다. 본 연구의 목적은 구체적으로 다음과 같다.

첫째, 구포리 출토 복식샘플에서 발견되는 원소들의 종류와 그 함유율을 분석한다.

둘째, 이 원소들이 유물의 오염성분의 일부인지 아니면 그 외 염료성분의 일부일 가능성도 있는지를 확인하기 위한 실험으로서, 샘플에서 발견되는 원소들이 과거 유물의 염색에 사용되었을 수 있는 매염제 성분과 관련이 있는가를 조사분석한다.

구포리 출토복식은 단국대학교 부속 중앙박물관과 석주선기념 민속박물관에 의해 1994년 6월에 발굴·수습되었다. 구포리 분묘에서는 보공의, 염의 및 수의류를 비롯하여 다수의 복식들이 비교적 온전한 상태로 발굴되었다. 발굴보고서²⁾에 의하면 발굴당시 관 속의 복식유물들은 미끈미끈하게 젖은 상태로 석회성분으로 얼룩져 있었다고 한다. 또한 시신 수의의 일부분이었던 단령 한 점이 열은 치자빛을 띄고 있었던 것을 제외하고는 대체로 질거나 열은 갈색을 띄고 있었다고 한다. 현재 유물들은 여러 농담의 다갈색을 띄고 있으며 고유색의 판별이 불가능한 상태이다. 또한 유물은 간단한 취급에 의해서도 쉽게 직물의 일부분이 뜰어지고 섬유 부스러기가 먼지처럼 날릴 정도로 매우 취약해진 상태이다.

본 연구에서는 유물에서 발견되는 원소들과 매염제 성분과의 관계를 조사하기 위해 황산알루미늄황화리(aluminum sulfate)와 황산철(iron sulfate)을 이용하여 견포에 천연염색하였으며 염색식물로는 괴화를 사용하였다. 여러 종류의 전통 염료 중 괴화가 선정된 이유는 괴화가 역사서에 많이 언급된 염료 중 하나이며, 다색성이나 비교적 염색방법이 간단하여 일부 전통염료의 다단계 염료 추출법·염색법에 영향을 미치는 외적 요인들을 어느 정도 통제할 수 있는 염료 중 하나로 간주되었기 때문이다.

괴화(槐花, Sophora japonica)는 콩과에 속하는 낙엽교목인 회화나무의 꽃봉오리로 과거에 염료는 물론 약용이나 방충제로도 사용된 식물 중 하나이다.³⁾⁴⁾⁵⁾ 아직 다 피지 않은 꽃봉오리들을 따서 석회를 조금 넣거나 찌서 햇빛에서 골고루 말린 후 염료로 사용하였다고 하며⁶⁾⁷⁾ 주성분은 Ruthin $C_{27}H_{30}O_{16}$ 를 비롯하여 탄소와 수소, 산소로만 이루어진 유기화합물들이다.⁸⁾ 괴화는 다색성 염료이며 단독으로는 황색계 염료로 그리고 쪽과의 교염에 의해서는 녹색계 염료로 사용되었다.⁹⁾

매염제는 자연에서 얻어지는 염료식물을 사용하여 염색할 때 색의 발현과 아울러 염료의 고착과 견뢰도 증진을 위해 첨가하는 재료이며 옛부터 이용되어 온 천연매염제로 잣물, 명반, 철장액 등을 대표적으로 꼽을 수 있다. 잣물을 얻기 위해서는 각종 나무, 벗짚, 뽕각지 등을 태워 물을 내려 사용하였는데 규합총서에는 이 중 뽕각지 잣물이 가장 우수한 것으로 기록되어 있다.¹⁰⁾ 그 밖의 잣물로는 노린

2) 박성실, "화성 구포리 출토복식 소고," 『한국복식』 제14호, 1996, p.51.

3) 빙허각이씨, 『규합총서』정양원譯, 보진계:서울, 1997, p.149.

4) 송응성, 『천공개물』 최주譯, 전통문화사:서울, 1997, pp.102-103.

5) 한메소프트, 『한메디지털 백과사전』, 한메소프트: 서울, 1998.

6) 빙허각이씨, op.cit, p. 149.

7) 송응성, op.cit, p.103.

8) 한메소프트, op.cit.

9) 빙허각이씨, op.cit, p.150.

10) 빙허각이씨, op.cit, p.145.

재나무를 태운 황회(黃灰)나 명아주를 태워 만든 여회(藜灰)가 널리 이용되었고¹¹⁾ 쪽대나 홍화대의 잿물 등도 사용되었다.¹²⁾ 잿물은 원료에 따라 약간의 차이는 있으나 일반적으로 알루미늄이나 칼리로 이루어진 각종 금속염을 함유한다.

명반(明礬)은 백반(白礬, alum)이라고도 불리는데 자연의 암석에서 얻어지는 무색 혹은 백색의 정팔면체 결정으로서 대개 칼륨과 알루미늄을 지니는 황산염수화물이다.¹³⁾ 수용성이며 칼륨알루미늄명반, 크롬명반, 철명반 등이 있는데 이 중 가장 널리 사용되는 명반은 칼륨알루미늄명반이다. 칼륨알루미늄명반은 기원 전 그리스에도 존재했다는 기록이 있을 정도로 특히 전세계적으로 매염제나 제지용으로 가장 오래 전부터 사용되어 온 명반이다.¹⁴⁾ 명반을 매염제로 하여 염색하면 염료 원래의 색상이 더욱 선명해 지며 주로 밝은 색 염료로 염색할 때 사용된다. 철장액은 물이 담긴 항아리에 무쇠나 철조각을 수일간 방치한 뒤 철을 건져내고 사용하였으며 주로 어두운 색을 염색할 때 사용된다.

II. 연구방법

본 연구에서는 구포리 출토 복식샘플에서 발견되는 무기원소들의 종류와 그 함유율을 분석하고 이들 원소와 매염제 성분과의 관련성을 조사하기 위해 Energy Dispersive X-ray Spectroscopy(이하 EDS로 표기)와 유도결합 플라즈마 질량분석(이하 ICP-Mass로 표기)을 사용하였다. EDS와 ICP-Mass는 경기도 화성군 구포리에서 출토된 복식유물과 본 연구를 위해 제작된 표준염색물에 실시되었다.

1. 유물샘플의 수집

EDS와 ICP-Mass는 세척처리를 하지 않은 5점의 유물에 일차적으로 실시되었으며 ICP-Mass의 경우는 그 결과를 검증하기 위해 3점의 세척처리한 유물샘플에도 추가적으로 실시되었다. 세척처리 전의 유물샘플은 박물관에 의해 유물이 입수된 후 거품이나 세척, 유물정리 등의 처리가 실시되지 않은 상태에서 채취되었다. 세척처리된 유물샘플은 박물관 관계자에 의해 습식세탁되었으며 흐르는 수돗물을 이용하여 수조 안에 놓여진 상태로 세척되었고 세제는 사용되지 않았다.¹⁵⁾

유물샘플의 수집은 유물의 손상을 최대한 방지하기 위해 이미 취약해져서 분리 직전인 부분으로부터 3cm×6cm 크기의 샘플을 오려내거나 유물 박스 내에 분리되어 있는 조각들을 직접 수집하였으며 세척전 유물의 경우 오염의 상태를 분석하기 용이하도록 비교적 심하게 오염된 부분을 선택하였다. <Table 1>은 분석에 사용된 5점의 세척 전 샘플과 3점의 세척후 시료 각각의 기초 구조상의 특성을 나타내고 있다. 샘플 수집 당시 유물박스 내에서 무작위로 수집된 조각들은 그것들이 어떤 의복유물의 일부이었는지 정확하게 확인하기는 어려우나 세척전의 5개 샘플 중 샘플 006은 수의의 일부이었으며 나머지 샘플들은 기타 염습의 일부이었을 것으로 추정된다.¹⁶⁾ 또한 3개의 세척후 시료들 중 샘플 015와 017은 수의용 단령의 일부분으로서 015는 걸감, 017은 같은 단령의 안감으로부터 채취되었다.

2. 표준염색물의 제작

11) “염색,” 『한국민속대관』, 고려대학교민속문화연구소, 1980, p.339.

12) 빙허각이씨, op.cit, p.145.

13) 한메소프트, op.cit.

14) 한메소프트, op.cit.

15) 박성실, 개인면담

16) 박성실, 개인면담.

Table 1. Characteristics of the Kupori Samples

Sample		Weave	Density (1cm ²) ¹	Yarn Twist		Yarn Thickness		
				A ²	B	A	B	
Unwashed	006	unknown	plain weave	26 x 40	low	low	medium	medium
	008	unknown	plain weave	40 x 36	low	low	medium	medium
	010	unknown	plain weave	38 x 28	low	low	medium	medium
	011	unknown	satin weave	136 x 68	medium	low	thin	thin
	012	Danryoung	jacquard weave	40 x 46	low	low	medium	medium
Washed	014	Daeryunkum	jacquard weave	58 x 62	medium	low	thin	thin
	015	Danryoung	jacquard weave	50 x 32	low	low	medium	medium
	017	Danryoung	jacquard weave	52 x 44	low	low	medium	medium

¹The normal fabric density per 5cm² or 1inch² cannot be counted due to small sample size.

²Since it is difficult to accurately determine the warp and filling yarn in the Kupori textiles the two different yarn directions will be labelled A and B.

과화염색은 의류시험연구원에서 입수한 표준 견직물(KS K 0905규격)을 사용하여 백반매염과 철매염으로 실시하였다 (이후에는 표준염색물이라 명함). 염색방법은 선행연구들의 방법을 참고하여 적절한 방법을 선택하였다.¹⁷⁾¹⁸⁾¹⁹⁾²⁰⁾²¹⁾²²⁾²³⁾ 백반매염에는 시중의 염색재료 판매상에서 쉽게 무게를 달아 구입할 수 있는 정제되지 않은 일반 백반과 실험실용으로 제조·판매되고 있는 순도 99%의 Shinyo Pure Chemical CO. LTD의 황산알루미늄칼리[AlK(SO₄)₂]를 철매염에는 순도 98.0-102.5%의 Shinyo Pure Chemical CO. LTD의 황산철(FeSO₄·7H₂O)을 사용하여 염색하였다. 각각의 염색시 피염물 3배 무게의 건조과화를 종류수로 2회 추출하고 2회에 걸친 추출액을 합하여 염액으로 이용하였다. 염액의 온도는 약 90°C로 유지하도록 하였다. 백반매염으로 염색하는 경우에는 우선 표준 견직물을 위의 염액에서 1차 염색하고 매염을 한 후 다시 2차로 같은 염

욕에서 염색한 후 2차 백반매염으로 마무리하였다. 철매염으로 염색하는 경우에는 추출한 염욕에서 1차로 염색한 후 우선 황산알루미늄칼리로 처리하고, 다시 같은 염욕에서 염색한 후 황산철 매염을 하고, 더운 비누를 수세로 마무리하여 잔여 황산철 성분을 제거하였다. 백반매염, 철매염 모두 각각의 매염제를 2%, 3%, 5%, 7%, 9% o.w.f.의 농도로 실험염색하였다. 철매염 과정 중의 백반매염은 황산알루미늄칼리를 이용하였고 2% o.w.f로 일정하게 하였다.

3. EDS분석과 ICP-Mass 분석

EDS와 ICP-Mass로 두 방법 모두 이화학 분야에서 비교적 새로운 분석방법이며 무기원소의 정성 및 정량분석에 효과적으로 이용되고 있다. EDS 분석은 미량의 정량분석은 어려우나 수많은 무기원소

17) 김민희, 『전통복식에 나타난 홍색과 홍화에 의한 전통염색법에 관한 연구』, 석사학위논문, 영남대학교, 1989, pp.28-30.

18) 신미자, 『식물에 의한 녹색계 염색연구』, 석사학위논문, 건국대학교, 1987, pp.53-58.

19) 김신희, 『자근염의 견뢰도에 관한 연구』, 석사학위논문, 1984, pp.27-31.

20) 박명희, 『본초강목에 나타난 염료식물의 염색성 연구』, 석사학위논문, 성신여자대학교, 1988, pp. 33-41.

21) 박후나, 『황색계 식물성 염료 중 치자와 울금에 관한 비교연구』, 석사학위논문, 한양대학교, 1993, pp.17-19.

22) 백종숙, 『조선시대 염색의 견뢰도 연구』, 박사학위논문, 숙명여자대학교, 1984, pp.42-43.

23) 김미경, 『식물염의 매염제 사용에 의한 색 연구』, 석사학위논문, 동아대학교, 1982, pp.30-33.

들 중 시료에서 검출가능한 원소들을 뽑아내어 정량분석의 기초를 마련한다는 점에서 매우 편리하다. 또한 시료준비가 간단하고 주사전자현미경 관찰과 동시에 이루어질 수 있다는 이점이 있다. ICP-Mass 분석은 반면에 분석시료의 준비가 복잡하고 많은 주의를 요하지만 미량의 원소들을 ppb단위까지 정량적으로 분석할 수 있으므로 EDS와 함께 사용되었을 때 검출원소들에 대한 보다 정밀한 결과를 제공해 준다. 각 분석법의 간략한 개요와 시료제작 방법은 다음과 같다.

(1) EDS분석(Energy Dispersive X-ray Spectroscopy)

EDS법은 X선 감지기가 장치된 주사전자현미경과 감지된 X선을 분석하는 소프트웨어 프로그램을 이용하는 분석법이다.²⁴⁾²⁵⁾ 주사전자현미경 관찰시 음극(cathode)으로부터 튀어나온 전자빔이 시료의 특정 부위를 때리면, 전자빔의 충격에 의해 주변 원소의 전자는 일부가 궤도를 이탈하고 이로부터 생긴 빈 공간은 상위 에너지준위의 전자껍질로부터 전자가 들어와 메우게 된다.

이 때 방출되는 에너지의 양은 전자의 전이상황에 따라 다르며 전이상황과 원소의 종류에 따라 특징적인 X선으로 발산된다. 발산된 X선은 주사전자현미경에 장치된 X선 감지기에 의해 감지되고, 분석소프트웨어는 이를 바탕으로 X선 스펙트럼을 만들어 시료의 지정된 부위에 어떤 원소들이 있는지,

각 원소의 함유비율은 어떠한지를 분석한다.²⁶⁾²⁷⁾ 이때 발견되는 원소들은 시료에 사용한 코팅제보다 원자번호가 큰 원소들이다. 따라서 원자번호가 6인 탄소로 코팅하였을 경우 각종 무기원소를 비롯하여 다양한 원소들이 검출 가능하다. EDS분석법을 이용한 선행연구의 예로 Hardin & Duffield²⁸⁾는 금속사가 함유된 고대 페르시아 직물의 금속사 성분을 분석함으로써 유물의 생산지를 밝히고자 하였다. Jakes & Angels²⁹⁾는 미국 선사인디언 유물에 부착된 이물질 성분을 분석하기 위해 EDS분석법을 활용하였으며 안춘순³⁰⁾은 같은 방법으로 미국 선사인디언의 직물유물에 포함된 구리화합물의 함량을 비교함으로써 발굴지점이 불확실한 유물의 출토위치를 유추하고자 하였다.

실험방법 : EDS분석은 세척된 유물샘플과 표준염색 샘플들, 표준전포, 매염제에 실시되었다. 샘플로부터 5×5mm 크기의 시료를 채취한 후 이것을 접착 테이프를 이용하여 carbon planchette에 부착하고 Vacuum Evaporator를 이용하여 카본코팅한 후 JEOL840 주사전자현미경과 Link Analytical QX2000 소프트웨어를 이용하여 각 샘플 내 임의의 3개소에 EDS분석을 실시하였다. 매염제는 매염제 가루를 접착 테이프를 붙인 carbon planchette에 뿌려서 분석시료로 사용하였다. 분석기기는 서울대학교에 소재한 기초과학공통기기원의 것을 이용하였다.

24) Hardin, I. R. & Duffield, F. J., "Characterization of matallic yarns in historic Persian textiles." In H. L. Needles & S. H. Zeronian (EDS.). 『Historic Textile and Paper Materials: Conservation and Characterization』 (Advances in Chemistry Series 212), The American Chemical Society: Washington D.C., 1986, pp. 231-252.

25) Blakey, P. R. & Micklethwaite, B., "Scanning electron microscopy and x-ray microanalysis," In F. Happy (Ed.), Applied Fibre Science, Vol. 1, Academic Press, 1978, pp.349-379.

26) Hardin, I. R. & Duffield, F. J., op.cit, pp. 231-252.

27) Blakey, P. R. & Micklethwaite, B., op.cit, pp. 349-379.

28) Hardin, I. R. & Duffield F. J., op.cit, pp.231-252.

29) Jakes, K. A. & Angel, A., "Determination of elemental distribution in ancient fibers," In R. O. Allen (Ed.), Advances in chemistry No. 220, American Chemical Society: Washington D.C., 1989, pp. 451-463.

30) 안춘순, "고고학적 직물 연구에 관한 방법론적 접근," 『인천대학교 논문집』 20호, 1995, pp.251-263.

(2) ICP-Mass분석(Inductively Coupled Plasma Mass Spectroscopy)

ICP-Mass분석은 고온의 Ar 플라즈마, 즉 방전·이온화된 Ar 기체의 excitation(들뜸현상)을 이용하는 분석법이다. 플라즈마 중에는 양이온과 전자가 같은 밀도로 존재하고 있어서 전기적인 중성을 유지하려는 경향이 강하다. 전자의 전하 대 질량비가 매우 크므로, 전하분리로 생긴 불균일한 공간분포에 의하여 전기장이 형성될 때, 전자에 대단히 큰 가속도가 생겨 전자는 양전하의 방향으로 이동함으로써 전하의 불균일을 없애고 중성상태로 다시 되돌아오게 되어 중성을 유지하게 된다.³¹⁾ ICP-Mass는 Ar 기체를 고주파로 방전시켜 이온화된 Ar 플라즈마를 형성시킨 후 이와 같이 생성된 플라즈마에 용액시료를 주입하여 대상원소의 원자 또는 이온의 방출을 측정하는 분석법으로서 고감도 질량분석기를 이용하여 대상원소를 ppb 이하까지 정량분석하는 것이다.³²⁾

구체적인 분석방법은 Ar 가스를 induction coil로 둘러 쌓인 torch(방전관)로 흘려보내고 고주파를 걸어주면 고온의 Ar 플라즈마가 형성되며 이 플라즈마에 용액시료를 작은 입자상태로 분무한다. 이때 전 원소 중 약 70%에 해당되는 원소들은 90% 이상의 효율로 1가 양이온으로 하전된다. 하전된 입자는 단계적으로 진공도가 낮아지도록 설계된 경계역을 지나 종국에는 진공도가 약 10-6mbar에 달하는 질량분석기에 연결되어 분석된다.³³⁾

실험방법 : 본 연구에서 사용한 ICP-Mass 기종은 VG ELEMENTAL사의 PQ-2TURBO 모델에 사중극자질량분석기가 연결된 것으로 서울대학교 내 기초과학공동기기원의 것을 이용하였다. 분석시 Mass resolution은 3M, abundance sensitivity는

10^{-6} 이하, 원소분석정밀도 2%이하, 바탕값 25counts/sec 이하로 하였다. ICP-Mass 분석은 세척전후의 유물샘플과 표준염색 샘플들, 표준건포, 매염제에 실시되었다. 용액시료의 준비를 위해 세척전후의 구포리 유물과 표준염색 샘플 및 표준건포를 HNO₃와 H₂O₂의 혼합용매로 용해하였고 매염제 가루는 가열 증류수에 용해하여 EDS분석에서 검출된 원소들을 대상으로 ICP-Mass 분석을 실시하였다.

4. 데이터 분석

구포리 유물에서 검출된 원소들과 매염제 성분과의 연관성을 조사하기 위해 세척전후의 구포리 유물로부터 얻은 ICP-Mass 분석결과와 표준염색샘플, 매염제 가루, 표준건적질물로부터 얻은 ICP-Mass 분석결과를 MS Excel 소프트웨어를 이용하여 비교 분석하였다. 중점적으로 비교 대상이 된 원소들은 백반매염제에 포함된 Al과 S, K, 철매염제에 포함된 S와 Fe로 다음의 가설을 세우고 이에 입각하여 비교하였다.

- 표준염색샘플의 평균검출량(Mean A와 Mean I)에서 표준건적질의 검출량(S)을 빼면 [(Mean A)-S] 표준염색샘플에 포함된 매염제 성분의 양을 알 수 있다.
- 세척전후 유물샘플의 평균검출량(Mean U와 Mean W)에서 표준건적질의 검출량(S)을 빼면[(Mean U/W)-S] 유물에 포함된 매염제 성분의 양을 추측할 수 있다.
- 위에서 산출된 결과들을 비교함으로써 구포리 유물에서 검출되는 원소들과 매염제 성분과의 연관성을 조사할 수 있다.

31) Haraguchi, H. 『ICP-방출분광법의 기초와 응용』김영삼·성학제(譯). 자유아카데미:서울, 1993, pp.1-63.

32) 서울대학교 내 기초과학공동기기원 Internet Homepage, "유도결합 플라즈마 질량분석기," <http://kiki.snu.ac.kr/facilities/icp.html>, 1999, p. 2.

33) 서울대학교 내 기초과학공동기기원, op.cit, p. 2. 천대학교 논문집, 20호, 1995, pp.251-263.

III. 결과 및 고찰

1. EDS분석

구포리 샘플에 대한 EDS분석 결과 유물에서는 Ca, S, Al, Si, K 등의 원소가 유의한 수준으로 검출된다. <Figure 1>은 구포리 샘플 011 1개소의 EDS 스펙트럼(Spectrum)인데 여기서 볼 수 있는 바와

같이 구포리 샘플 011에서는 Si가 검출된 전체 원소 중 가장 많이 포함되어 있었다. 샘플 011의 또 다른 지점에서는 Si, Ca, S, Al 등이 고루 검출되었다 <Figure 2>. 나머지 구포리 샘플에서도 검출된 원소의 종류와 검출량의 순위에 약간의 차이만 있을 뿐 샘플 011과 유사한 EDS 결과가 나타났다 <Table 2>. 유물 전체의 EDS분석을 고려할 때 검출된 모든 원소들 중 평균적으로 Si가 29.3%로 가장 많이 검

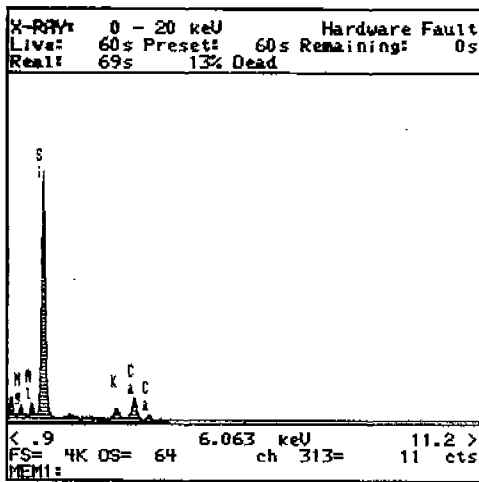


Figure 1. EDS Spectrum of Sample 011, Spot 1

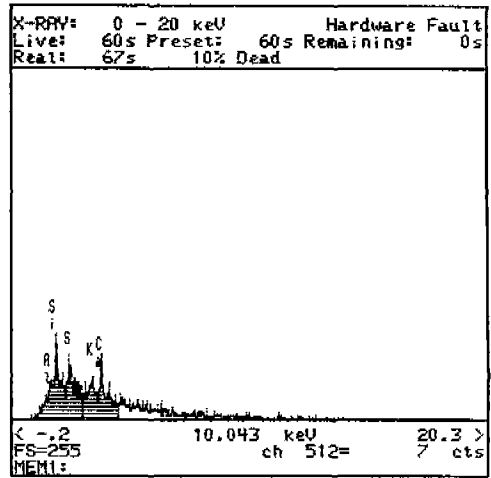


Figure 2. EDS Spectrum of Sample 011, Spot 3

Table 2. Percent Detection of Elements in the Unwashed Kupori Samples: EDS Analysis

(number in parenthesis is the percentile)

Elements Sample No.	Ca	S	Al	Si	K	Fe	P	Mg	Na	Total
006	43.612 (16.80)	72.133 (27.78)	110.627 (42.61)	20.318 (7.83)	6.548 (2.52)	6.400 (2.46)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	259.638 (100.00)
008	112.414 (40.41)	24.477 (8.80)	47.374 (17.03)	29.808 (10.71)	0 (0)	0 (0)	64.117 (23.05)	0 (0)	0 (0)	278.19 (100.00)
010	48.599 (19.39)	26.375 (10.53)	80.17 (31.96)	80.4 (32.07)	15.177 (6.05)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	250.721 (100.00)
011	40.64 (14.36)	20.657 (7.30)	11.667 (4.12)	163.883 (57.91)	18.826 (6.65)	0 (0)	0 (0)	10.213 (3.61)	17.107 (6.05)	282.993 (100.00)
012	86.027 (41.10)	38.827 (18.54)	15.038 (7.18)	69.466 (33.18)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	0 (0)	209.358 (100.00)
Total	331.292 (25.86)	182.469 (14.24)	264.876 (20.68)	363.875 (28.41)	40.551 (3.16)	6.400 (0.50)	64.117 (5.01)	10.213 (0.80)	17.107 (1.34)	1280.99 (100.00)

* Each column represents the total percent detection within a Kupori sample which include three individual data. Number in parenthesis represent the row percentile.

출되었고 그 다음이 Ca, Al, S 순이었다.

백반매염과 철매염으로 각각 염색한 표준염색 샘플에서는 반면에 철매염한 샘플의 두 지점에서 취한 데이터를 제외하고는 아무 것도 검출되지 않았다 <Figure 3>. 철매염한 표준염색 샘플의 2개소에 대한 EDS 스펙트럼은 <Figure 4>와 <Figure 5>에 나타내었는데 여기에서는 다른 표준염색 샘플들과는 달리 Si의 확실한 피크를 볼 수 있다.

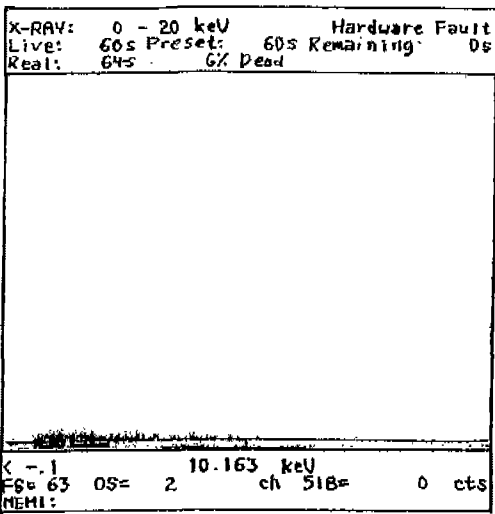


Figure 3. EDS Spectrum of Spot 3 in Iron 2% Dyed Sample

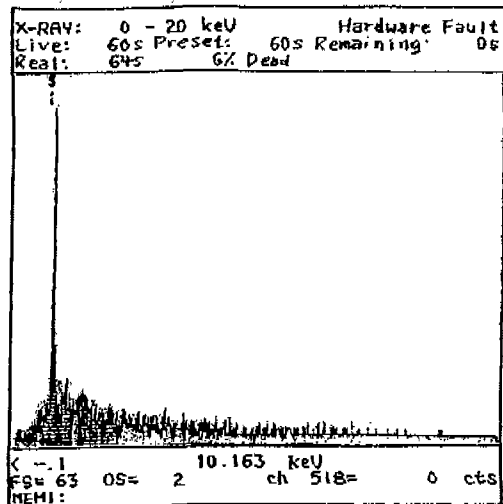


Figure 4. EDS Spectrum of Spot 1 in Iron 2% Dyed Sample

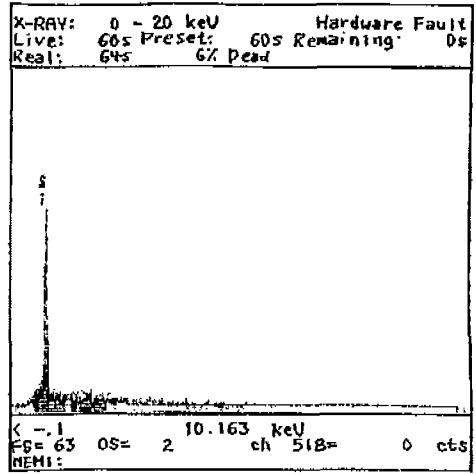


Figure 5. EDS Spectrum of Spot 2 in Iron 2% Dyed Sample

매염제 가루 자체에 EDS분석을 실시한 결과 매염제는 EDS 스펙트럼 상에서 그 구성 원소들만이 피크를 이루는 것을 볼 수 있었는데 즉, 황산알루미늄칼리는 탄소코팅 하에서 검출가능한 Al과 S가, 황산철은 Fe와 S가 검출되었다. 일반 백반의 경우에도 황산알루미늄칼리의 결과와 같게 나타났다. 백반매염제로 사용된 황산알루미늄칼리의 경우 그 구성원소 중 이론적으로 탄소코팅 하에서 검출가능한 것들은 Al, S, K의 세 원소이나 Al과 S만 검출되고 K가 검출되지 않았다 <Figure 6>.

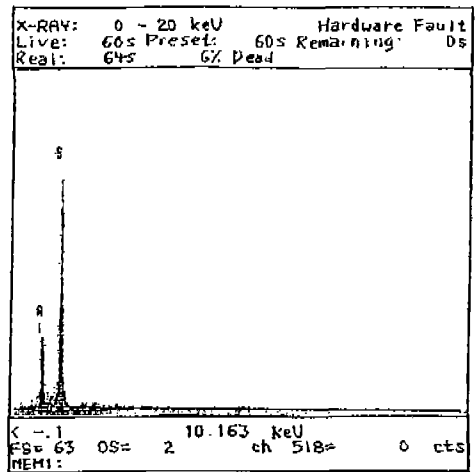


Figure 6. EDS Spectrum of Aluminum Sulfate

2. ICP-Mass 분석

EDS분석의 결과를 토대로 Ca, S, Al, Si, K, Fe, P, Mg, Na의 9개 원소에 대해 ICP-Mass를 실시한 결과는 <Table 3>과 <Table 4>와 같다. 구포리 유물 중 세척전 유물과 세척후 유물의 분석결과를 비교해 보면 세척전후의 유물간에 9개 원소의 검출량에 현격한 차이가 있음을 볼 수 있다 <Table 3>. 세척전 유물의 경우 가장 많이 검출된 원소는 Ca로 검출된 전체 원소의 89.56%(420.75ppm)를 차지하고 있다. 반면에 세척후 유물에서는 가장 높은 검출량을 보인 원소가 Mg이며 검출된 전체 원소의 79.03%(96.61ppm)를 차지한다. 전체 원소의 평균 검출량을 보면 세척전 유물이 469.32ppm, 세척후 유물이

121.98ppm으로 세척후 유물의 원소검출량은 세척전 유물의 원소검출량의 1/4정도에 지나지 않는다. 평균 검출량에 따른 순위는 세척전 유물이 Ca, Na, S, P, K, Al, Mg, Si, Fe 순으로 Fe가 가장 적은 양 검출되었다. 세척후 유물의 경우는 Mg, Si, Fe, Ca, S, P, Al, K, Na 순으로 Na가 가장 적은 양 검출되었다.

표준염색 샘플의 ICP-Mass 분석결과 백반매염, 철매염 샘플 모두 Ca가 평균 검출량이 가장 높았다 <Table 4>. 백반매염 샘플의 경우 평균 검출량에 따른 순위는 Ca, Na, S, Al, Mg, P, Fe, Si, K의 순으로 K가 가장 적은 양 검출되었다. 철매염 샘플의 경우는 Ca, Na, S, Fe, Mg, Al, P, Si, K 순으로 백반매염 샘플과 달리 Fe가 Al보다 높은 순위로 검출

Table 3. Percent Detection of Elements in the Unwashed and Washed Kupori Samples: ICP-Mass Analysis (unit: ppm)

Elements		Ca	S	Al	Si	K	Fe	P	Mg	Na	Total
Sample No.											
Unwashed	006	507.41 (89.61)	10.11 (1.79)	4.75 (0.84)	3.39 (0.60)	10.46 (1.85)	3.31 (0.58)	7.01 (1.24)	4.49 (0.79)	15.34 (2.71)	566.26 (100.00)
	008	390.68 (90.02)	6.16 (1.42)	3.40 (0.78)	2.52 (0.58)	4.05 (0.93)	2.30 (0.53)	9.01 (2.08)	3.13 (0.72)	12.73 (2.93)	433.99 (100.00)
	010	430.10 (89.32)	7.32 (1.52)	4.66 (0.97)	3.34 (0.69)	9.44 (1.96)	2.19 (0.45)	6.42 (1.33)	4.18 (0.87)	13.88 (2.88)	481.52 (100.00)
	011	319.85 (87.81)	6.43 (1.77)	3.97 (1.09)	1.41 (0.39)	7.92 (2.17)	2.74 (0.75)	5.37 (1.48)	2.89 (0.79)	13.66 (3.75)	364.25 (100.00)
	012	455.72 (91.04)	8.64 (1.73)	3.94 (0.79)	2.96 (0.59)	2.06 (0.41)	2.22 (0.44)	6.92 (1.38)	4.96 (0.99)	13.15 (2.63)	500.57 (100.00)
	Mean	420.75 (89.56)	7.32 (1.65)	4.14 (0.89)	2.72 (0.57)	6.79 (1.46)	2.55 (0.55)	6.95 (1.50)	3.93 (0.83)	13.75 (2.98)	469.32 (100.00)
Washed	014	5.03 (2.69)	1.35 (0.72)	0.99 (0.53)	27.21 (14.54)	0.36 (0.19)	2.33 (1.25)	0.86 (0.46)	148.49 (79.37)	0.47 (0.25)	187.09 (100.00)
	015	2.45 (2.84)	1.89 (2.19)	0.55 (0.64)	11.93 (13.83)	0.35 (0.41)	4.05 (4.70)	0.48 (0.56)	64.02 (74.23)	0.53 (0.61)	86.25 (100.00)
	017	2.76 (2.98)	0.94 (1.02)	0.3 (0.32)	6.33 (6.84)	0.58 (0.63)	3.01 (3.25)	1.12 (1.21)	77.33 (83.50)	0.24 (0.26)	92.61 (100.00)
	Mean	3.41 (2.84)	1.39 (1.31)	0.61 (0.50)	15.16 (11.74)	0.43 (0.41)	3.13 (3.06)	0.82 (0.74)	96.61 (79.03)	0.41 (0.37)	121.98 (100.00)
Total		2103.75 (89.65)	38.67 (1.65)	20.72 (0.88)	13.62 (0.58)	33.94 (1.45)	12.76 (0.54)	34.73 (1.48)	19.65 (0.84)	68.76 (2.93)	2346.59 (100.00)

* Number in parenthesis is the percentile.

되었으며 나머지 원소들의 경우는 백반매염 샘플과 평균 검출량의 순위가 동일하였다.

매염제 자체에 실시한 ICP-Mass의 결과 일반백 반에서는 S와 K가 다른 7개의 원소들에 비해 현격 하게 많이 검출되었으며 S(6747.46ppm, 71.30%)가

Al(2661.06ppm, 28.12%)의 약 3배정도 검출되었다 <Table 4>. 반면에 황산알루미늄칼리[AlK(SO₄)₂]에서는 S와 Al 외에 K도 현저하게 검출되었으며 검출 량에 따른 순위는 S(6098.73ppm, 46.57%), K(4443.22 ppm, 33.93%), Al(2492.67ppm, 19.03%)였다. 그 외

Table 4. Percent Detection of Elements in the Dyed Samples, Mordant Chemicals, and the Standard Silk Fabric
: ICP-Mass Analysis (unit: ppm)

Elements Sample No.		Ca	S	Al	Si	K	Fe	P	Mg	Na	Total
Alum Dyed Fabrics	2%	196.80 (93.78)	3.64 (1.74)	1.25 (0.59)	0.53 (0.25)	0.03 (0.01)	0.34 (0.16)	1.79 (0.85)	1.42 (0.68)	4.07 (1.94)	209.86 (100.00)
	3%	262.69 (94.98)	3.92 (1.42)	1.97 (0.71)	0.33 (0.12)	0.27 (0.10)	0.52 (0.19)	0.58 (0.21)	1.78 (0.64)	4.51 (1.63)	276.57 (100.00)
	5%	199.41 (93.80)	3.56 (1.67)	1.84 (0.87)	0.23 (0.11)	0.09 (0.04)	0.31 (0.14)	0.71 (0.34)	1.15 (0.54)	5.27 (2.48)	212.58 (100.00)
	7%	222.98 (94.84)	3.61 (1.54)	2.35 (1.00)	0.41 (0.17)	0.14 (0.06)	0.37 (0.16)	0.61 (0.26)	1.62 (0.69)	3.02 (1.28)	235.11 (100.00)
	9%	190.97 (94.74)	2.64 (1.31)	1.82 (0.90)	0.12 (0.06)	0.03 (0.01)	0.30 (0.15)	1.36 (0.68)	0.86 (0.43)	3.47 (1.72)	201.56 (100.00)
	Mean	214.57 (94.43)	3.47 (1.54)	1.85 (0.81)	0.32 (0.14)	0.11 (0.04)	0.37 (0.16)	1.01 (0.47)	1.37 (0.60)	4.07 (1.81)	227.14 (100.00)
Iron Dyed Fabrics	2%	292.18 (93.46)	4.35 (1.39)	1.72 (0.55)	0.47 (0.15)	0.51 (0.16)	1.96 (0.63)	0.70 (0.22)	1.05 (0.62)	8.79 (2.81)	312.62 (100.00)
	3%	208.44 (92.60)	4.21 (1.87)	1.41 (0.63)	0.63 (0.28)	0	2.89 (1.29)	1.52 (0.67)	1.75 (0.78)	4.26 (1.89)	225.10 (100.00)
	5%	319.61 (93.75)	6.33 (1.86)	2.35 (0.69)	1.20 (0.35)	0.76 (0.22)	2.26 (0.66)	1.72 (0.50)	2.41 (0.71)	4.27 (1.25)	340.93 (100.00)
	7%	184.31 (93.84)	3.18 (1.62)	1.02 (0.52)	0.06 (0.03)	0	1.18 (0.60)	1.71 (0.87)	1.05 (0.54)	3.90 (1.98)	196.41 (100.00)
	9%	222.01 (94.81)	3.70 (1.58)	1.25 (0.53)	0.14 (0.06)	0.06 (0.03)	1.81 (0.77)	0.67 (0.29)	1.58 (0.67)	2.94 (1.26)	234.16 (100.00)
	Mean	245.31 (93.69)	4.35 (1.66)	1.55 (0.58)	0.50 (0.17)	0.27 (0.08)	2.02 (0.79)	1.26 (0.51)	1.57 (0.66)	4.83 (1.84)	261.84 (100.00)
Mordant Chemical	Alum ¹	19.50 (0.21)	6747.46 (71.30)	2661.06 (28.12)	0.66 (0.01)	0.28 (0.00)	1.44 (0.02)	1.12 (0.01)	0.69 (0.01)	31.66 (0.33)	9463.86 (100.00)
	Alum ²	28.92 (0.22)	6098.73 (46.57)	2492.67 (19.03)	0.50 (0.00)	4443.22 (33.93)	0.74 (0.01)	1.01 (0.01)	2.82 (0.02)	28.14 (0.21)	13096.74 (100.00)
	Iron	26.11 (0.20)	5229.73 (39.25)	0.37 (0.00)	1.52 (0.01)	0.32 (0.00)	8058.19 (60.48)	0.62 (0.00)	0.98 (0.01)	6.24 (0.05)	13324.08 (100.00)
Standard Silk Fabric	235.10 (93.74)	7.32 (2.92)	1.42 (0.56)	0.19 (0.07)	0.36 (0.14)	0.34 (0.14)	0.58 (0.23)	1.34 (0.53)	4.16 (1.66)	250.81 (100.00)	

* Number in parenthesis is the percentile.

* Alum¹: General Alum / Alum²: aluminum sulfate [AlK(SO₄)₂] / Iron: iron sulfate(FeSO₄ · 7H₂O)

원소들은 앞의 S와 Al 혹은 K에 비해 극미량 검출되었다. 황산철(FeSO₄ · 7H₂O)에서는 Fe가 8058.19ppm (60.48%), S가 5229.73ppm(39.25%) 로 현저하게 검출되었으며 그 외 원소들은 극미량 검출되었다 <Table 4>.

표준 견직물에서는 Ca가 93.74%로 가장 높은 양 검출되었으며 이는 백반매염과 철매염한 표준 염색 샘플들의 결과와 일치한다 <Table 4>. 그 외 원소들은 S, Na, Fe, Al, Mg, K, Fe, Si 순으로 검출되었다. 이상의 결과들을 종합하여 각 샘플의 원소별 평균 검출량의 순위를 요약 · 정리하면 다음과 같다.

세척전 구포리 유물	:Ca>Na>S>P>K>Al>Mg>Si>Fe
세척후 구포리 유물	:Mg>Si>Fe>Ca>S>P>Al>K>Na
백반매염 표준샘플	:Ca>Na>S>Al>Mg>P>Fe>Si>K
철매염 표준샘플	:Ca>Na>S>Fe>Mg>Al>P>Si>K
일반백반	:S>Al (>Na>Ca>Fe>Si=P=Mg>K)
황산알루미늄칼리	:S>K>Al(>Ca>Na>Mg>P>Fe>Si)
황산철	:Fe>S (>Ca>Na>Si>Mg>P>Al>K)
표준견직물	:Ca>S>Na>Al>Mg>P>K=Fe>Si

3. 구포리 유물샘플과 매염제 성분과의 비교

앞서 세운 가설에 의거하여,

[Mean A] - [S] = 백반매염한 표준염색샘플의 가설상의 매염제 성분

[Mean U] - [S] = 세척전 구포리 유물샘플의 가설상의 매염제 성분

[Mean I] - [S] = 철매염한 표준염색샘플의 가설상의 매염제 성분

[Mean W] - [S] = 세척후 구포리 유물샘플의 가설상의 매염제 성분

이 때, [S]는 표준견직물의 원소별 검출량,

[Mean A]는 백반매염한 표준염색샘플의 원소별 평균검출량,

[Mean I]는 철매염한 표준염색샘플의 원소별 평균검출량,

[Mean U]는 세척전 구포리 유물샘플의

원소별 평균검출량.

[Mean W]는 세척후 구포리 유물샘플의 원소별 평균검출량이다.

위의 관계식에 입각하여 계산된 결과를 <Table 5>에 나타내었다.

매염제의 주요 성분인 S, Al, K, Fe에 대하여 백반매염한 표준염색샘플의 [Mean A]-[S] 값을 보면 마이너스 값이 나온 S와 K를 제외하였을 때 Al과 Fe의 값이 샘플에 포함된 매염제 성분을 나타내는 것으로 추정할 수 있다. 철매염한 표준염색샘플의 [Mean I]-[S] 값도 마찬가지로 마이너스 값이 나온 S와 K를 제외하였을 때 Al과 Fe의 값이 샘플에 포함된 매염제 성분을 나타내는 것으로 추정할 수 있다. 비록 위의 관계식에 따랐을 때 표준염색샘플에서 Al과 Fe, S, K가 고루 발견되지는 않았지만 백반매염한 표준염색샘플에서는 Al이, 그리고 철매염한 표준염색샘플에서는 Fe가 상대적으로 높은 검출량을 나타내었다. 이와 같은 사실로 미루어 볼 때 Al과 Fe의 두 원소들은 각각 매염방법을 모르는 미지의 염색물을 대상으로 백반매염으로 염색한 직물, 철매염으로 염색한 직물을 ICP-Mass를 이용해 판별해 내는 데 유의한 지표로 사용될 수 있을 것으로 추정할 수 있다.

위의 결과를 기초로 하여 세척전과 세척후 구포리 유물의 평균 검출량으로부터 표준견직물의 검출량을 뺀 [Mean U]-[S]와 [Mean W]-[S] 값을 매염제 가루의 ICP-Mass 결과와 [Mean A]-[S], [Mean I]-[S]와 비교해 보았다. 세척전 구포리 유물샘플의 [Mean U]-[S] 값을 보면 Al과 K, Fe가 고루 발견되었고 K가 상대적으로 더 높은 양 발견됨을 알 수 있다. 반면에 세척후 구포리 유물샘플의 [Mean W]-[S] 값을 보면 S와 Al은 마이너스 값을 나타내어 K와 Fe만이 발견되며 이 중 K는 미량 발견되고 Fe가 상대적으로 더 많은 양 발견됨을 알 수 있다. 이 중 세척전 구포리 유물샘플의 결과는 산출된 원소의 양이 매염제 성분 외에도 유물에 포

Table 5. Comparison of ICP-Mass Results Concerning Major Elements in the Mordant Chemicals

(unit: ppm)

Element		S	Al	K	Fe
Sample					
General Alum		6747.46	2661.06	-	-
Aluminum Sulfate		6098.73	2492.67	4443.22	-
Iron Sulfate		5229.73	-	-	8058.19
Standard Silk (S)	[S]-[S]	0	0	0	0
	[S]	(7.32)	(1.42)	(0.36)	(0.34)
Alum Dyed (A)	[Mean A]-[S]	-3.85	0.43	-0.25	0.03
	[Mean A]	(3.47)	(1.85)	(0.11)	(0.37)
Iron Dyed (I)	[Mean I]-[S]	-2.97	0.13	-0.09	1.68
	[Mean I]	(4.35)	(1.55)	(0.27)	(2.02)
Kupori Unwashed (U)	[Mean U]-[S]	0	2.72	6.43	2.21
	[Mean U]	(7.32)	(4.14)	(6.79)	(2.55)
Kupori Washed (W)	[Mean W]-[S]	-5.93	-0.81	0.07	2.72
	[Mean W]	(1.39)	(0.61)	(0.43)	(3.06)

* For mordant chemicals, only those elements which were significantly found are included.

* numbers in parentheses are the original data in <Table 3> and <Table 4>.

함된 오염성분 또한 포함하고 있을 것으로 예상되며 따라서 세척후 유물샘플로부터 산출한 결과가 세척전 유물샘플로부터 산출한 결과보다 상대적으로 더 유의한 결과를 보일 것으로 예상된다. 이에 입각하여 세척후 유물에서 발견된 K와 Fe 중 상대적으로 더 높은 검출량을 보인 Fe는 유물샘플이 철매염으로 염색되었을 가능성을 시사해 주는 것으로 해석된다.

그 밖에 유물샘플에서 검출된 원소들은 대다수가 관속에서의 장기간 burial 상태에서 오염된 시신의 부패산물이나 미생물 활동의 산물, 혹은 토양성분의 일부분일 것으로 추정되며 일부는 염색하기 전 유물견직물 자체에 내재되어 있던 성분이나 출토 후 보관 중 외부 환경으로부터 유물에 부착된 미세오염성분일 것으로 사료된다. 특히 원소들 중 세척전 유물샘플에서 대량 검출된 Ca는 이 원소가 비록 세척후 유물샘플에서는 소량밖에 검출되지 않았으나 표준견직물, 표준염색샘플에서 동시에 대량 검출된 것을 볼 때 견직물 자체에 내재되어 있던 무기성분일 것으로 추정할 수 있다.

IV. 결 론

이상의 결과를 토대로 본 연구의 결론을 정리하면 다음과 같다.

1. EDS 분석의 결과 유물샘플에서는 Ca, S, Al, Si, K, Fe, P, Mg, Na의 9개 원소가 검출됨을 알 수 있었다.

2. 매염제 가루 자체에 ICP-Mass를 실시한 결과 정제되지 않은 일반백반과 황산알루미늄칼리 모두 S와 Al이 현격하게 검출되었고 정제된 백반에서는 K도 현저한 양이 검출되었다. 또한 황산철의 경우 S와 Fe가 현격하게 검출되었다.

3. 백반매염한 표준염색샘플과 철매염한 표준염색샘플의 ICP-Mass 데이터를 매염제 가루 자체의 ICP-Mass 데이터와 비교한 결과 백반매염으로 염색한 직물은 Al의 함유량을, 철매염으로 염색한 직물은 Fe의 함유량을 기준으로 하여 미지 염색물의 매염방법을 판별할 수 있음을 확인하였다.

4. 위 3의 결과를 바탕으로 하여 구포리 유물샘플에서 검출된 원소들과 매염제 성분과의 연관성을

분석한 결과 세척후 유물에서 Fe가 상대적으로 유의한 양 검출되어 세척후 유물들이 철매염으로 염색되었을 가능성을 시사해 주었다.

5. 유물샘플에서 검출된 그 밖의 원소들은 관속에서 오염된 시신의 부패산물이나 미생물 활동의 산물, 토양성분의 일부분일 것으로 추정되며 일부는 염색하기 전 유물건직물 자체에 내재되어 있던 성분이나 출토 후 보관 중 외부 환경으로부터 유물에 부착된 미세 오염성분일 것으로 추정된다.

6. 원소들 중 세척전 유물샘플에서 다량 검출된 Ca는 유물건직물 자체에 내재되어 있던 무기성분일 것으로 추정된다.

7. 유물샘플의 경우 당시 사용되었던 건직물의 기존 성분원소들, 관 속 및 보관환경에서 누적된 오염 성분, 천연 매염제와 염료에 포함된 다수의 무기성분, 장기간에 걸친 산화부패로 인한 화학변화 등 여러 가지 가능한 변수들로 인해 표준건직물로 염색한 샘플에서와 같은 명확한 결과를 얻기는 어려우나 세척후 유물샘플의 결과를 비교함으로써 오염성분으로 인해 나타날 수 있는 오차를 줄일 수 있다.

대부분의 출토유물이 발굴당시 이미 갈색 계열로 변색되어 있거나, 발굴 후 얼마 지나지 않아 갈변함으로 인해 고유색의 판별이 어렵고, 따라서 유물의 고증과 보존처리에 어려움이 따르는 현 시점에 있어서 유물의 염색법에 대한 실마리를 하나씩 풀어간다는 것은 매우 중요한 일이다. 염색방법에 대한 여러 가지 정보 중 사용된 매염제의 종류는 유물에 사용된 구체적인 염색방법은 물론 유물의 색을 추정하는데 결정적인 단서가 될 수 있으며 이에 본 연구에서 사용한 EDS법과 ICP-Mass법이 앞으로 미지의 유물샘플에 대해 그 염색방법을 분석하는 첫 번째 단계로서 효과적으로 이용될 수 있기를 기대하는 바이다.

참고문헌

· 김미경. (1982). 식물염의 매염제 사용에 의한 색

연구. 석사학위논문, 동아대학교.

- 김민희. (1989). 전통복식에 나타난 홍색과 홍화에 의한 전통염색법에 관한 연구. 석사학위논문, 영남대학교.
- 김신희. (1984). 자근염의 견뢰도에 관한 연구. 석사학위논문.
- 박명희. (1988). 본초강목에 나타난 염료식물의 염색성 연구. 석사학위논문, 성신여자대학교.
- 박성실. (1996). 화성 구포리 출토복식 소고. 한국복식 (14호): 49-98.
- 박후나. (1993). 황색계 식물성 염료 중 치자와 울금에 관한 비교연구. 석사학위논문, 한양대학교.
- 빙허각이씨. (1997). 규합총서(정양원譯). 보진재:서울.
- 백종숙. (1984). 조선시대 염색의 견뢰도 연구. 박사학위논문, 숙명여자대학교.
- 서울대학교 내 기초과학공동기기원 Internet Homepage. (1999). 유도결합 플라즈마 질량분석기, <http://kiki.snu.ac.kr/facilities/icp.html>.
- 송응성. (1997). 천공개물(최주譯). 전통문화사:서울.
- 신미자. (1987). 식물에 의한 녹색계 염색연구, 석사학위논문, 건국대학교.
- 안춘순. (1995). 고고학적 직물 연구에 관한 방법론적 접근. 인천대학교 논문집(20호): 251-263.
- 안춘순·조한국·김정완. (1996). 화성 구포리 출토복식의 섬유유 물질 분석에 관한 소고. 한국복식(14호): 27-48.
- 한메소프트. (1998). 한메디지털 대백과사전. 한메소프트:서울.
- Blakey, P. R. & Micklethwaite, B. (1978). Scanning Electron Microscopy and X-ray Microanalysis. In F. Happy (Ed.), *Applied Fibre Science, Vol. 1*, pp. 349-379. Academic Press.
- Haraguchi, H. (1993). ICP-방출분광법의 기초와

- 응용 (김영상·성학제譯). 자유아카데미: 서울.
- Hardin, I. R. & Duffield, (1986). F. J., Characterization of Matallic Yarns in Historic Persian Textiles. In H. L. Needles & S. H. Zeronian (Eds.). *Historic Textile and Paper Materials: Conservation and Characterization (Advances in Chemistry Series 212)*, pp. 231-252. The American Chemical Society :Washington D.C.
 - Jakes, K. A. & Angel, A. (1989). Determination of Elemental Distribution in Ancient Fibers. In R. O. Allen (Ed.), *Advances in chemistry No. 220*, pp. 451-463. American Chemical Society: Washington D.C.