조선왕조실록의 체계적 보존을 위한 기초 연구

정선영¹ · 이민우¹ · 장현주² · 서영범^{1†}

접수일(2012년 12월 20일), 수정일(2013년 2월 23일), 채택일(2013년 3월 4일)

Study of the Annals of Joseon Dynasty for Developing Systematic Conservation Scheme

Sun-Young Jung¹, Min-Woo Lee¹, Hyeon-Joo Jang² and Yung-Bum Seo^{1†}

Received December 20, 2012, Received February 23, 2013, Accepted March 4, 2013

ABSTRACT

The annals of Joseon Dynasty designated as a national treasure No. 151 and a UNESCO World Memory are among the greatest archives that should be preserved permanently and inherited to future generations through the proven scientific conservation method. The annals of Joseon Dynasty in the custody of the National Archives of Korea as the sole original archive, has been restricted from the direct physical and chemical approaches. In this study, it is to develop a systematic conservation management scheme, based on the conservation state of the annals. Four books from the annals were selected out of 848 books and their moisture contents and optical property profiles were measured through the books. All the defects previously and newly found were pictured in 10~100 magnifications. The wire marks left on the Hanji's of the annals were analyzed. It was found that water damages and paper molds were prevalent in all four annals selected, and it was recommended to conduct more research for the conservation of those damaged areas. It turned out that various qualities of Hanji's were used for the time of publishing the annals because moisture content, optical properties, and wire mark intervals were quite different between papers even within one book.

Keywords : *Annals of Joseon Dynasty, conservation, moisture, optical property, water damage, mold*

1. 충남대학교 농업생명과학대학 환경소재공학과 (Dept. of Bio-based materials, College of Agriculture and Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon, 305-764, Korea)

2. 한서대학교 (Hanseo University, Korea)

† 교신저자 (Corresponding Author): E-mail: ybseo@cnu.ac.kr

1. 서론

조선왕조실록은 국보 제151호 및 유네스코 세계기록유산으로 지정된 우리민족의 우수한 세계기록문화유산으로 과학적 관리를 통한 영구적인 원본 보존과 후대에 전승해야 할 최고의 기록물이다.^{1,2,3)} 현재 국가기록원 소장 조선왕조실록 태백산본은 유일본으로 기록물의 직접적인 물리·화학적 접근이 제한된 상태이다. 과거 선조들은 사고에 보존한 실록들을 충해와 습기에 의한 손상을 예방하기 위하여 정기적으로 포쇄하도록 하였고 이상 유무를 확인하기 위하여 형지안(形止案)을 작성하였다. 실록에 대한 철저한 관리와 보존을 위한 각종 작업들이 형지안에 기록되어 있다. 실록형지안은 시기별로 봉안, 포쇄, 고출 등의 이력들이 자세하게 기록되어 있다.⁴⁾ 형지안의 과학적 재해석을 통해 유일본인 조선왕조실록의 보존이력을 지속적으로 기록하여 남길 수 있는 추적관리 체계를 도입하여 제 2의 형지안을 반드시 만들어야 할 시점이다. 즉 보존상태, 보존처리 내역, 훼손, 수선 등 지속적인 보존관리 과정을 정리하고 추적이 가능한 시스템의 도입이 필요하다. 조선왕조실록은 그동안 많은 연구개발 과정을 거쳐 여러 연구결과들이 존재하고 있다.^{5,6)} 이러한 연구개발 결과물을 분석하고 외국의 사례를 바탕으로 조선왕조실록에 대한 과학적 보존관리 항목을 추가하고 실록의 유형별 관리기술을 개발하여 실무에 적용 가능한 추적 이력카드를 작성해야 할 것이다.

본 연구에서는 국가기록원에서 시행한 조선왕조실록 보존상태 분석 연구를 바탕으로 훼손 유형별로 분류

하고, 비파괴적 분석 방법으로 색도, 함수율, 한지의 발간격을 통해 화학적·광학적 특성에 대해 조사하여, 이력카드 작성에 도움이 되도록 연구를 진행하였다.^{7,8)} 현재 부산에 보관되고 있는 조선왕조실록의 보존환경 기준을 Table 1에 나타내었으며 이러한 보존 환경이 지속적으로 잘 유지되고 있는 것으로 판단되었다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시

국가기록원 역사기록관 사고에서 보관하고 있는 조선왕조실록 태백산사고본 878책 중 4책을 선별하여 조사하였다. 선조 때 임진왜란으로 소실된 태조실록~명종실록이 다시 제작되었기 때문에 이 중 세종실록을 조사하였고, 필사본인 광해군일기를 조사하였다. 또한 1600년대의 인조실록과 1700년대의 숙종실록을 선별하여 조사하였으며, 선별된 실록의 목록을 Table 2에 나타내었다.

2.2 연구방법

2.2.1 훼손 유형별 분류

국가기록원에서 2007년 실시한 조선왕조실록 보존상태분석을 참고하여 실록 훼손을 유형별로 분류하였다.⁹⁾ 또한 2007년 조사당시 보존 상태를 설명하기 위한 용어들을 사용하였는데 사용한 용어들이 서로 겹치는 것들이 있고, 한 종류의 상태를 다르게 표현한 부분들이 있다고 판단되어 용어정리를 함께 실시하였다.

Table 1. Environmental conditions of the storage room for the annals of Joseon Dynasty.

Temp. (℃)	Relative humidity (%)	SO ² (μg/m ³)	NO ² (μg/m ³)	O ³ (μg/m ³)	Luminous intensity (Lux)	Particulate (μg/m ³)
20±2	50±5	<10	<10	<10	<300	<50

Table 2. Selected book list of the Annals of Joseon Dynasty from the Taebaeksan depository.

Annals	No. of annals	Remarks
King Sejong	No. 13 / 40, 41, 42, 43	printing
Gwanghaegun	No. 52 / 148, 149, 150, 151	manuscript
King Injo	No. 14 / 14	printing
King Sukjong	No. 72 / 64	printing

2.2.2 함수율

Moisture meters (SANKO MR-200, Probe : KG-PA)를 이용하여 선별된 전통한지의 함수율 값을 측정하였다. 실제 함수율 값과 차이를 고려하여 오븐 건조기를 이용하여 측정한 한지의 함수율과 moisture meter를 이용한 측정치에 대한 master curve 작성 후 실록의 함수율을 보정하였다. Master curve 작성에 사용한 한지는 모두 깃물로 펄핑을 하고 햇빛으로 표백한 전통방식으로 제조한 것을 사용하였다. 또 moisture meter를 이용한 함수율 값을 측정할 때에는 측정 페이지 뒤에 항상 비전도체인 플라스틱판을 대고 측정하였으며, 측정부위는 페이지 별로 중앙과 모서리를 각각 측정하였다. 실록에 사용한 한지는 겹지로 사용되므로, master curve 작성을 위한 실험에서는 한지를 겹지로 만들어 겹쳐진 면의 함수율을 측정하여 master curve를 작성하였다. Master curve 작성을 위해 JIS Z 8806에 따라 염의 포화수용액으로 데시케이터 안에서 상대습도 20, 50, 60, 80, 90%로 조절하고 일정한 온도 $23 \pm 1^\circ\text{C}$ 의 조건에서 3종류 한지의 함수율을 달리하여 전기전도도를 측정하여 master curve를 작성하였다. 함수율의 분포를 살펴보기 위해 선택된 조선왕조실록의 모든 페이지의 함수율을 측정하였다.

2.2.3 백색도

Spectrophotometer(Konica minolta, CM-600d)를 이용하여 L,a,b값, 백색도를 측정하였다. 조선왕조실록 한 책에 대한 광학적 특성을 관찰하기 위해 모든 페이지를 측정하였다.

2.2.4 한지의 발간격 측정

한지의 발 간격과 형태에 대해 디지털카메라를 이용하여 발간격과 형태를 측정 관찰하였다.¹⁰⁾ 조선왕조실록 수록지의 발 간격을 측정하기 위해 다음과 같이 실험하였다. 정확한 간격으로 선이 그어져 있는 모눈종이와 실록을 back light panel에 나란히 올려놓고 판넬에 빛이 들어오게 한 후 디지털카메라로 촬영하였다(Fig. 1). 실록 한권 당 두곳을 측정하였으며, 측정부위는 대부분 임의로 지정하였다. 이러한 실험의 근거를 마련하기 위해 접혀져서 겹지가 된 전통한지들을 사용하여 사전에 실험해 본 결과 홀지에서 측정한 값과 다르지 않음을 확인하였다.

Fig. 1. Diagram for measuring wire space interval of Hanji.

3. 결과 및 고찰

3.1 실록 훼손상태에 대한 용어 및 훼손상태분석

보존 상태를 설명하기 위한 용어로서 국가기록원이 2007년도에 작성한 자료에 사용된 용어를 정리하였다.⁹⁾ 내지의 경우 보존 상태를 기타를 포함하지 않으면 26가지로 분류하였다. 26가지 분류는 다시 크게 3가지로 분류하였으며, 글자 및 인쇄문제, 종이상태, 이물질 및 기타로 분류하였다. Table 3은 이러한 분류와 실제 실록에서 측정한 데이터를 보이고 있다. Fig. 2는 먹물 문제의 경우를 예로 들어 이미지를 보이고 있다.

판심이란 한지를 접어서 양면으로 나눌 때에 그 접힌 가운데 부분을 일컫는다. 판심 훼손은 판심이 절단되거나 벌어진 경우, 판심 오류는 판심에 적은 페이지수를 교정하거나 수정한 경우, 판심에 적힌 페이지수가 잘못된 경우를 말한다. 두주는 책자에서 본문 위쪽에 적는 주석으로 본문 해당 행 바로 위에 본문보다 작은 활자로 짜 넣는 것으로 요약이나 참조를 위해 간단한 어휘를 사용한다. 수보는 잘못된 부분이나 헤진 부분을 잘라내고 종이를 붙여 고치는 것을 덧대어 수보라 하고, 글자수정을 위해 글자를 파내고, 그 위에 글자를 써 넣은 것을 필사 수보라 한다. 부전이란 간단한 의견을 적어서 덧붙이는 쪽지이다. 또한 도삭은 칼로 도려낸 흔적을 말한다. 도려낸 다음 어떠한 처리도 하지 않는 것이 보통이다.

Table 3에서 보면, 네 개의 책이 조선왕조실록의 훼손

Fig. 2. Examples of china ink spoilage A, B, and C.

손상태를 대변할 수는 없지만 보존에 관련된 부분들의 훼손에는 일정한 경향이 있는 것을 볼 수 있었다. 글자 및 인쇄문제 항목은 앞으로 보존문제에 있어서 크게 영

향을 주지 않을 것으로 판단되었다. 하지만 종이문제 항목의 경우 모두 보존과 큰 관련이 있는 것으로 판단되었다. 이물질 및 기타 항목의 경우 이물질의 존재와

Table 3. Key words of conservation state of the Taebaeksan volume of annals of the Joseon Dynasty.

대분류	소분류	소소분류	세종실록	광해군일기	인조실록	숙종실록	총계
글자 및 인쇄문제	글자수정	글자 수정	3				3
		글자 번짐	10			4	14
	글자문제	글자 불량	3				3
		먹물 문제	5	4	4	6	19
	판심불량*	판심 오류	1				1
		판심 훼손					0
	낙서	낙서 흔적	2	2			4
	두주*	두주					0
	수보*	필사 수보	27	2	5	4	38
		덧대어 수보					0
종이문제	종이삽입	간지					0
		다른 종이					0
		부전*		10			10
		종이 손상	2	2	2		6
	종이훼손	도삭*	3	1			4
		지질 열악	4				4
		탄 흔적					0
		곰팡이	67	5	4	2	78
	수침	충해					0
		수침	43	68	18	2	131
이물질 및 기타	책	띠지	5	2		1	8
		송곳 흔적					0
	이물질	제본 불량					0
		이물질	5		1		6
	도장흔적	이물질 변색	5	2	21	3	31
		도색 흔적					0
	기타	기타					0
							0
총계			185	98	55	22	360

Fig. 3. Examples of damages or spoilages in the annals of Joseon Dynasty.

이물질에 의한 변색이 보존과 관련된 주목할 만한 부분으로 판단되었다. 전체적인 훼손 형태를 살펴보면 곰팡이와 수침이 전체 4개의 책에서 360곳의 훼손부위에서 209개를 차지함으로써 58.8%를 차지하며, 이물질에 의한 변색도 포함하여 고려하는 경우 66.7%를 차지하고 있었다. 더구나 이러한 훼손부위는 보존에 직접적인 관련이 있으므로 주의해서 지속적인 관찰이 필요하며, 필요한 경우 이러한 부위에 대한 보강이 필요할 것으로 판단되었다. 현재까지는 주로 정상적인 종이에 대해 가속열화 연구들이 있어 왔지만,¹¹⁻¹⁵⁾ 수침부위나 곰팡이가 있는 부위의 가속적인 열화속도에 대한 연구가 부족한 것도 사실이다. 이러한 연구가 추가적으로 필요하다고 판단되었다. 따라서 조선왕조실록의 보존 처리 방식이나 보존 시 고려사항으로서 가장 중요한 것은 곰팡이가 있는 부분, 수침 부분, 이물질에 의한 변색 부분에 집중해야 할 것으로 판단되며, 경우에 따라서는 조선왕조실록의 각 책마다 수침 지도와 곰팡이 지도

를 제작하여, 일정기간별로 기록 및 관찰하는 것이 필요하다고 판단되었다.

3.2 내지의 함수율 측정

종이에 특별한 전해질 물질이 포함되지 않은 경우, 종이의 전기전도도는 종이의 함수율과 비례하는 것이 일반적이다. 전통한지를 이용하여 작성한 master curve를 Fig. 4에 나타내었다.

조선왕조실록의 함수율 값은 앞 속지부터 뒤 속지까지 페이지별로 모두 중앙 (middle) 과 오른쪽 윗부분 모서리 (edge), 두 부분을 각각 측정하였다. Fig. 5, 6, 7, 8에서는 각 책의 페이지별로 함수율 분포를 나타내고 있다. 실제적인 함수율 측정에 있어서는 모든 페이지를 측정하였으나, 페이지 수를 모두 X축에 나타내기 어렵기 때문에 페이지를 일정한 간격으로 선택하여 표시하였다. 특히 세종실록의 경우는 내용이 방대하여, 페이지가 volume과 page로 구분되어 나타나고 있다.

Fig. 4. Master curve of moisture contents measured by oven dry and electric conductivity method.

함수율 측면에서 Fig. 5의 세종실록의 경우 책의 시작부분과 끝부분이 높은 결과를 보였으며, 중앙 측정값과 모서리 측정값이 비슷한 경향을 나타내었다. Fig. 6의 광해군일기의 경우 150페이지에서 200페이지 사이의 값이 중앙과 모서리 모두 다른 페이지와 달리 유독 높게 나왔고, 200페이지에서 230페이지의 경우 책 모서리의 측정치들만이 상당히 높은 결과를 보였다. 다른 부분들이 7.5-8%의 값을 보이는 상황에서 10%에

가까운 함수율을 보인다는 것은 매우 특이한 현상이라 하지 않을 수 없다. 광해군일기의 이 부분들의 겉모습은 다른 부분들과 특이한 차이를 보이지 아니하였다. 이 정도의 함수율은 온도 23℃와 상대습도 50%의 조건하에서 일반적인 종이가 나타낼 수 있는 평형함수율보다 훨씬 높으며, 쉽게 곰팡이들이 번식할 수 있는 조건이 될 것이다. 그 이유로 추측할 수 있는 것은 두 가지인데, 첫째로는 Table 3에서 보이는 바와 같이 광해

Fig. 5. Moisture content distribution of the annal of King Sejong.

Fig. 6. Moisture content distribution of the annal of Gwanghaegun.

군 일기가 수침 피해를 가장 많이 받았으며, 이로 인해 수침부분의 영향으로 함수율이 높아졌을 가능성이고, 둘째로는 이 부분의 한지를 제조할 때에, 전해질 물질들이 실수로 이 부분에 많이 들어간 것이 아닌가라고 추측해 볼 수 있었다. 하지만 물리적 손상이 금지된 상

황하에서는 추가적인 분석이 이루어질 수 없었다. 또한 함수율의 편차가 광해군 일기의 경우 약 3.5%를 나타내었다. 이러한 편차를 보이는 것은 광해군일기에 사용한 한지의 품질관리가 매우 열악했음을 또한 보여준다고 할 수 있다. 이 부분들에 대한 집중적인 연구가

Fig. 7. Moisture content distribution of the annal of King Injo.

Fig. 8. Moisture content distribution of the annal of King Sukjong.

Fig. 9. Reflectance distribution of the annal of King Sejong.

Table 4. Optical properties of four volumes of Joseon Dynasty annals.

Annals / cover color		L value	a value	b value	Brightness (%)
King Sejong / navy	the cover	33.94	-3.78	-10.29	11.33
	inner page	85.54	2.12	15.49	52.68
Gwanghaegun / gray	the cover	68.08	3.44	17.64	26.96
	inner page	86.26	2.24	15.75	53.65
King Injo / yellow	the cover	56.95	14.10	38.71	8.24
	inner page	84.47	2.37	16.68	49.73
King Sukjong / yellow	the cover	59.27	11.85	43.42	7.84
	inner page	87.38	1.66	15.25	56.12

앞으로 비파괴적으로 실시되어야 할 것이다. Fig. 7의 인조실록과 Fig. 8의 숙종실록의 경우 중앙과 모서리 측정값이 비슷한 양상을 보였고, 모서리 측정값이 좀 더 높음을 알 수 있었다. 특히 숙종실록의 경우 22-27 페이지에 약간 높은 함수율을 나타내었다. 이러한 편차들이 과연 실록 제조시 한지의 품질관리의 잘못인지, 아니면 관리상의 허점이 있는지에 대한 검토가 필요하다고 할 수 있다. 또한 수침 피해를 입은 부분들과

곰팡이 피해를 입은 부분들의 열화는 가속적이 될 수밖에 없을 것이고, 이러한 분야에 대한 연구가 아직은 부족한 형편이라고 할 수 있다.

3.3 광학적 특성

실록의 내지와 겉표지의 L, a, b 값과 백색도를 측정 한 평균값을 Table 4에 나타냈으며, 457 nm의 백색도 값과 열화의 대표적인 색인 노란색 파장의 585±5 nm

Fig. 10. Reflectance distribution of the annal of Gwanghaegun.

Fig. 11. Reflectance distribution of the annal of King Injo.

Fig. 12. Reflectance distribution of the annal of King Sukjong.

Table 5. Distance of Bal on the Taebaeksan volume of Joseon Dynasty annals.

Annals	Place of measurement	Bal-distance (mm/Bal)
King Sejong	inner paper	1.88
	page 6	1.93
Gwanghaegun	page 39	2.53
	page 85	2.50
King Injo	inner paper(Dochim)	-
	inner paper	1.53
King Sukjong	inner paper	1.36
	inner paper	1.80

를 측정 한 값을 Fig. 9, 10, 11, 12에 나타내었다. 페이지 별 상태를 알기 위해 실록별 모든 페이지를 측정 하였으며, 그 편차가 크게 나타났다. Fig. 9의 세종실록의 경우 페이지별 편차가 다른 실록에 비해서 크게 나타났고, 41권 17페이지, 42권 6페이지, 12페이지가 유독 낮은 결과를 보였다. 따라서 실록에 사용된 한지들의 품질 관리가 그 당시 과학적으로 엄격하지 않았을 수 있음을 짐작하게 한다. Fig. 10의 광해군일기는 한 부분 즉 105페이지에서 129페이지가 전체적으로 낮은 결과를 보였다. 이 부분들은 함수율이 특별히 높았던 부분들과 일치하지 않는다. 따라서 함수율 차이와는 다른 이유로 광학적 성질이 열악한 것으로 판단되었다. 또한 Fig. 11의 인조실록은 대체적으로 뒤페이지로 갈수록 값이 떨어짐을 볼 수 있었다. 이처럼 광학적 성질이 낮고 높

아지는 부분에 대해서 추후 연구가 필요할 것으로 보인다. 그러나 함수율에 있어서 광해군 일기처럼 특별히 큰 차이를 보이지는 않는 것으로 판단되었다.

3.4 발 간격 측정

조선왕조실록 수록지의 발 간격 측정 결과를 Table 5에 나타내었다. 도침한 수록지의 경우를 제외하고는 발 간격을 쉽게 관찰할 수 있었고, 세종실록과 인조실록 및 숙종실록 수록지의 경우 발 간격은 1.5-2 mm이고, 광해군일기의 경우 약 2.5 mm로 확연한 차이를 나타내었다. 또한 세종실록이나 광해군 일기의 경우 페이지간의 값이 비슷한 결과를 보였지만, 숙종실록의 경우 한 책에서 약 0.4 mm의 차이를 보였다. 이처럼 실록별로 차이를 보이거나 실록 한 책 내에서도 차이를

보이는 것은 한지를 제조할 때 제조자의 기술이 서로 다르거나 만드는 방식이 다른 한지를 사용한 것으로 볼 수 있었다.

4. 결 론

조선왕조실록은 기록물의 직접적인 접근이 제한된 상태이다. 그러므로 보존상태, 보존처리내역, 훼손 등 지속적인 보존관리과정을 정리하고 과학적 기법을 접목시켜서 추적이 가능한 시스템의 도입이 필요하다. 지속적인 관리를 위해서는 비파괴 장비로 실록의 물리·화학적 특성의 측정이 가능해야 한다. 또 훼손 유형별 분류를 실시하고 보존 상태에 따른 검사주기를 결정하여 측정하도록 하는 것이 중요하다고 판단되었다. 본 연구에서는 훼손 유형별 키워드를 간결하게 정리하였고, 실물검사를 통해 훼손 유형별 조사를 하였다. 글자 및 인쇄문제 항목은 보존 상태에 큰 영향을 주지 않을 것으로 판단되었지만, 이물질에 의한 변색, 곰팡이와 수침으로 인한 훼손 부위가 보존과 직접적인 관련이 있을 것으로 보이며 추후 연구가 필요할 것으로 보인다. 보존관리 방법의 기초조사로서 육안관찰, 색도측정, 함수율 측정을 시도하였다. 네 개의 책을 선별하여 조사한 결과 다음과 같이 요약할 수 있었다.

- 조선왕조실록의 보관에 있어서 열화속도에 가장 큰 영향을 줄 수 있는 요인은 수침과 곰팡이 피해를 입은 부위, 이물질에 의해 피해를 입은 곳이라 판단되었다. 이들 부위에 대한 특별관리가 필요할 것이다.
- 광해균일기의 경우 함수율이 특이하게 높은 부위가 발견되었으며 이러한 원인과 추가적인 조치에 대한 연구가 필요하다.
- 백색도의 경우 한 책 내에서 최대 15%의 차이를 나타내는 경우가 있었다. 당시 납품된 한지에 대한 품질평가가 이루어지지 않았음을 알 수 있었다.
- 한지의 발간격은 정확한 측정이 가능하였으며, 당시 한지의 제조상황에 대한 연구도 시도할 만한 것으로 판단되었다.

이외에도 실록에 사용한 한지의 pH 측정과 강도측

정을 비파괴적인 최근에 개발된 방법으로 수행할 필요가 있다고 판단된다.

사 사

본 연구는 행정안전부 국가기록원 재원으로 2012년 기록보존기술 연구개발사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

인용문헌

1. 송기중, 신병주, 박지선, 이인성, 『조선왕조실록』 보존을 위한 기초 조사연구(Ⅰ) 결과보고서, 서울대학교 규장각, 21-57 (2004).
2. 배현숙, 조선실록 연구서설, 태일사, 31-45 (2002).
3. Jeong, S. H., Jeong, S. Y., Seo, J. H., and Lee, H. Y., The study of restoration technique of wax-treated volume for the annals of the Joseon Dynasty(Ⅰ), Evaluation of degradation behavior of reproduced waxy paper, J. Korea TAPPI 39(1):56-63 (2007).
4. Shin, B. J., Compilation of records and management of those materials, in the latter half period of the Joseon dynasty, 기록학연구, 17(4): 39-84 (2008).
5. Cho, J.H., Kim, K.J. and, Eom, T.J., Non-destructive analysis for the cover and inner paper in the Taebacksan volume of Joseon Dynasty annals, J. Korea TAPPI 42(3), 28-36(2010).
6. Cho, J.H., Kim, K.J. and, Eom, T.J., Non-destructive analysis for the characterization of recording materials in the Taebacksan volume of Joseon Dynasty annals Ⅱ, 한국펄프·종이공학회 추계학술발표논문집, 265-270 (2009).
7. Blumich, B., Anferova, S., Sharma, S., Segre, A. L., and Federici, C., Degradation of historical paper : nondestructive analysis by the NMR-MOUSE, Journal of Magnetic Resonance, 161:204-209 (2003).
8. Doering, T., Fisher, P., Binder, U., Liers, J., and Banik, G., An approach to evaluate the condition of paper by a non-destructive analytical method, Advances in Paper and Board Performance, Proceedings of the 27th Research Conference of the International Association of the Research Institutes, 27-39 (2001).

9. 국가기록원부산지원, 조선왕조실록 보존상태 분석, 행정자치부 국가기록원, 163-340 (2007).
10. 정동찬, 윤용현, 윤대식, 겨레과학인 한지발, 충북사학, 17, 85-121 (2006).
11. Baranski, A., Ageing kinetics of cellulose and paper, Restaurator, 23, 77-88 (2002)
12. Inaba, M., Ikeda, M., Katsumata, K. S., Okayama, T., Nakano, O., and Kamiya, S., Insertion-accelerated ageing test of paper for conservation: increase in discolouration of acid and alkaline paper interface, Works of art on paper: books, documents and photographs: techniques and conservation: contributions to the Baltimore Congress, 104-107 (2002).
13. Zou, X., Uesaka, T., and Gurnagul, N., Prediction of paper permanence by accelerated aging I. Kinetic analysis of the aging process, Cellulose 3(1): 243-267 (1996).
14. Zou, X., Uesaka, T., and Gurnagul, N., Prediction of paper permanence by accelerated aging II. Comparison of the predictions with natural aging results, Cellulose 3(1):269 - 279 (1996).
15. Zou, X., Gurnagul, N., Uesaka, T., and Bouchard, J., Accelerated aging of papers of pure cellulose: mechanism of cellulose degradation and paper embrittlement, polymer degradation and stability, 43(3): 393-402 (1994).
16. Lichtblau, D., Strlic, M., Trafela, T., Kolar, J., and Anders, M., Determination of mechanical properties of historical paper based on NIR spectroscopy and chemometrics - a new instrument, Appl. Phys. A 92: 191 - 195 (2008).