

# 국내 제지산업의 품질평가 실태연구

- 백상지업체를 중심으로 -

이 학 래<sup>†</sup> · 윤 혜 정 · 김 태 영 · 조 중 연\*

## A Study on the Present Status of the Quality Evaluation Capability of Domestic Paper Industry

- A Case Study for Fine Paper Companies -

Hak Lae Lee<sup>†</sup>, Hye Jung Youn, Tae Young Kim, and Jung Yeon Jo\*

### ABSTRACT

This study was carried out to understand the present status of the quality evaluation capability of domestic fine paper industry. Six light weight coated papers and one wood containing printing and writing paper with similar basis weights were produced by seven paper companies and their properties were evaluated at four different testing laboratories of domestic fine paper mills. Paper properties including basis weight, thickness, tensile, tear, brightness, opacity, etc were examined, and the repeatability and reproducibility of the test results were analyzed.

Results showed that repeatability of the measurements within the laboratory was satisfactory. Reproducibility of the measurements between laboratories, however, was not satisfactory. This showed that strict implementation of the standard testing methods and periodic calibration of testing equipments should be made to improve quality evaluation capability of domestic fine paper industry.

### 1. 서 론

목표품질의 제품을 항상 생산하기 위해서는 품질의 평균치가 목표치 이상이 되어야 할 뿐 아니라 품질변이에 의해 발생하는 모든 품질 측정치도 목표치 이상에서 유지되어야 한다. 만약 생산제품

의 품질변이가 크다면 품질의 평균치가 목표품질보다 크게 높다고 할지라도 어떤 측정치는 목표치를 밑도는 경우도 발생할 수 있으며, 이를 방지하기 위해서는 전체적인 품질 평균을 높이는 것이 필요하게 된다. 이와 반대로 생산제품의 품질 변이가 적다면 품질의 평균치가 목표품질보다 조금

• 서울대학교 농업생명과학대학 임산공학과(Department of Forest Products, College of Agriculture and Life Sciences, Seoul National University, Suwon 441-744, Korea).

\* 용인송담대학교 제지공학과(Yong-In Songdam College, Department of Paper Technology).

† 주저자(Corresponding author): e-mail: lhakl@plaza.snu.ac.kr

높더라도 모든 측정치가 목표치를 상회하도록 할 수 있다. 따라서 품질향상이란 평균적인 품질의 고급화를 통하여 달성할 수도 있지만 이보다는 생산품질의 균일화를 통한 품질향상이 더욱 중요한 의미를 갖는다. 이는 균일한 품질의 종이를 생산할 때에는 평균치와 목표치의 차이를 줄일 수 있으므로 저급 원료의 투입량을 증대시키거나 품질향상을 위해 필요한 각종 공정변수의 최소화용을 통하여 원가를 절감할 수 있는 등 경제적 이점을 동시에 얻을 수 있기 때문이다. 이러한 목적을 달성하고 생산자와 수요자 사이에서 발생할 수 있는 품질에 대한 상반된 의견을 배제하기 위해서는 어떤 표준 방법에 의한 시험편의 정확한 품질 측정이 선행되어야 한다. 이러한 목적으로 실시되는 품질관리는 제품관리라고 칭하며 이는 공정이 원활히 진행되고 있는지를 평가하는 공정관리와 구별된다.

제품관리란 생산지종 고유의 용도에 적합한지 여부를 평가하여 소비자의 요구에 부합된 종이를 공급하기 위해 행해지는 관리를 말한다. 제품관리가 목적인 경우 표준화된 동일한 시험법과 시험기기를 이용하여 정확하게 종이의 품질을 평가하는 것이 필수적이다. 이는 이 경우에만이 공급자와 수요자 사이에 품질에 대한 정확한 정보가 교환될 수 있으며, 추후에 발생하는 문제를 최소화할 수 있기 때문이다. 품질의 평가 및 분석에는 측정치의 정확성(accuracy)뿐 아니라 반복성(repeatability)과 재현성(reproducibility)이 요구된다. 반복성은 동일한 조건, 다시 말해서, 동일한 시험자가 시험장치, 방법 등을 변화시키지 않은 상태에서 동일한 시험에 대하여 연속적으로 측정된 결과간의 근접성을 나타내며, 재현성은 상이한 시험 조건에서의 측정치간의 근접성을 나타내는 것으로 실험실 내 또는 실험실 간 시험자와 시험기기의 영향을 평가할 수 있다.<sup>1)</sup>

여러 가지 지종 가운데 백상지는 품질의 요구도가 매우 크기 때문에 품질평가 및 분석이 더욱 중요시되고 있다. 이에 따라 백상지 제조업체는 품질관리팀을 두고 측정기의 검교정을 통해 정확하게 평가되도록 노력하고 있으며, 최근 들어서는 ISO 인증업체로 품질관리의 우수성을 인증받은 업체도 크게 늘어나고 있어 외형적으로는 국내 백상지 업체의 품질평가 능력이 많이 제고되었다고 판단된다. 하지만 아직까지 실제 종이 시료를 이용하여 백상지 업체간의 종이 제품품질 평가에 대

한 재현성 분석은 이루어진 바가 없다. 이는 지금까지는 각 업체별로 자체적인 품질 비교평거나 국내 시장에서 입수된 타사 제품의 비교평가를 통하여 서로의 품질 수준을 분석하는 수준에 그치고 있기 때문에 평가의 정확성과 재현성에는 크게 관심을 기울이지 않았기 때문이라 생각된다. 이러한 비교평가의 관행이 지속되고 또 만약 어떤 업체의 측정방법이나 기기가 정확성과 재현성이 결여되어 있다면 수출시장에서의 품질 목표를 정확하게 맞추어 생산하였는지, 또 자료를 통하여 획득한 신제품에 대한 품질규격이 자사의 신제품에 의해 충족되었는지 정확하게 검증할 수 없게되는 등 심각한 문제에 직면하게 될 것이다.

본 연구에서는 수출비중이 급속히 증가되어 세계시장에서의 품질평가에 대한 신뢰도 및 품질에 대한 정확한 정보가 크게 요청되고 있는 백상지 제조업체의 품질평가 실태를 알아보고 문제점 및 개선점을 파악하고자 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료 및 평가항목

국내의 6개 백상지업체에서 동일한 용도의 지종을 목표로 하여 생산된 평량 74.6-77.9 g/m<sup>2</sup>인 6종의 미량도공지와 1개 신문용지업체에서 생산된 평량 69.1 g/m<sup>2</sup>의 중질지를 공시재료로 사용하였다. 생산에 사용된 원료나 공정은 생산자에 따라 상이하였으나 평량 등 주요 특성은 가급적 일정하도록 조절된 제품이었다. 이러한 7가지 제품을 4개의 백상지업체에 배분하고 물성을 평가토록 하였다. 기본물성으로는 평량과 두께를, 강도적 성질로 스티프니스, 인장강도, 인열강도, 내절도를, 광학적 성질로는 불투명도, 백색도 및 광택도와 평활도를 측정하였다.

### 2.2 물성평가기기 및 표준시험법

본 연구에서 준비된 6종의 미량도공지와 1종의 중질지를 4개의 백상지 생산회사에 배포하고 각사에서 현재 실시하고 있는 사별 품질측정법에 의거하여 물성을 측정토록하고 그 결과를 취합하였다. 평가에 참여한 4개 백상지업체에서는 아래

Table 1. Testers and testing methods

	C	D	E	G
Tensile strength	Hounsfield TAPPI	Alwetron TAPPI	Hounsfield KS	TMI TAPPI
Tear strength	Toyo seiki TAPPI	L&W TAPPI	L&W KS	TMI TAPPI
Folding endurance	Toyo seiki TAPPI	Toyo seiki TAPPI	Kumagai KS	Toyo seiki TAPPI
Brightness	Hunter TAPPI	Hunter TAPPI	Hunter KS	Technidyne TAPPI
Gloss	Hunter TAPPI	Toyo seiki TAPPI	Toyo seiki KS	Technidyne TAPPI
Opacity	Hunter TAPPI	Hunter TAPPI	Hunter KS	Technidyne TAPPI
Smoothness	PPS TAPPI	PPS TAPPI	PPS TAPPI	PPS TAPPI
Stiffness	Taber TAPPI	Clark TAPPI	Bending KS	Gurley TAPPI
Sizing degree	Stockigt JIS	HST TAPPI	HST KS	Stockigt TAPPI

Table 1에서 보는 바와 같이 TAPPI 표준시험법을 주된 분석법으로 사용하고 있었으며, 부분적으로 JIS와 KS 규격이 사용하고 있었다. 이는 기본적으로 동일한 표준시험법이기 때문에 큰 차이는 없을 것으로 생각되었지만, 전처리 과정에서의 표준관계습도가 명시되지 않아 이에 따른 물성 변화가 발생할 가능성이 있다고 판단되었다. 특히 관계습도 변화에 민감한 내절도와 인열강도의 경우에 더욱 정확한 측정을 위해 전처리 조건의 명시가 요청되었다. 측정항목 가운데 인장강도, 인열강도, 백색도, 광택도, 불투명도 및 평활도의 경우에는 동일한 시험법 및 기준이 적용되었지만 스티프니스의 경우 Bending, Gurley, Taber, Clark의 4가지 다른 측정법을 적용되었으며 사이즈도는 HST, Stockigt의 두 가지 방법이 사용되었다. 또한 내절도의 경우 시험법은 동일하였지만 적용 하중을 1.0과 0.5 kg으로 다르게 주는 경우가 있어 측정결과의 평균 및 표준편차 산출에 어려움이 있었다.

## 2.3 통계분석

각 회사의 제품마다 반복수 10회로 모든 시험을 실시한 후 평균과 표준편차를 구하였다. 평가사별 및 제품별로 구해진 평균값과 표준편차로부터 식 [1]과 같이 변이계수(coefficient of variation)를 구하여 상호 비교하였다.

$$\text{변이계수} = \frac{\text{표준편차}}{\text{평균}} \quad [1]$$

또한 TAPPI 표준시험법 T1200과 T1206에 의거하여 각종 통계값을 구한 후 Table 2에 제시된 각 물성에 대한 기준을 바탕으로 반복성과 재현성을 평가하였다.<sup>2,3)</sup> 반복성과 재현성 지수는 표준시험법에 따라 차이가 있는데 TAPPI 표준시험법의 경우 95% 유효한계를 기준으로 설정된 값이다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 평량 및 두께

4개사에서 7종류 종이의 평량과 두께를 측정

**Table 2. Repeatability and reproducibility of TAPPI test methods**

Property	Method	Repeatability (within lab., %)	Reproducibility (between lab., %)
Basis weight	T 410	0.94	2.84
Thickness	T 411	1.25	5.50
Tensile strength	T 494	5.00	10.00
Tear strength	T 414	4.20	12.50
Folding endurance	T 511	5.80	18.70
Brightness	T 452	0.42*1	1.52*1
Gloss	T 480	3.25*2	4.01*2
Opacity	T 425	0.62	1.22

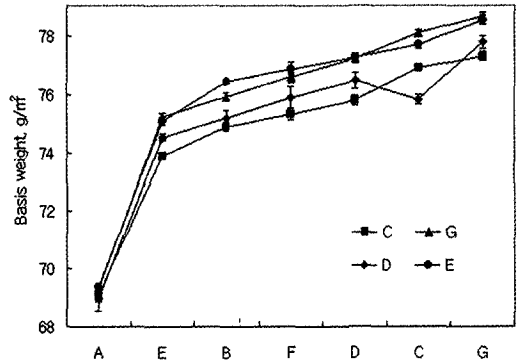
\*1 When grand mean is equal to 79.93. \*2 When grand mean is equal to 26.71.

분석한 결과를 Figs. 1과 2에 나타나 있다. Fig. 1에는 7개의 시편별로 4개 사에서 측정된 평량의 평균값과 표준편차가 제시되어 있다. 측정사별 각각의 제품에 대한 표준편차가 대체로 크지 않아 각 사의 평량 측정의 반복성, 즉 정밀성이 높음을 알 수 있었다. 4개 사에서 측정된 결과를 볼 때 C사의 제품을 제외하고는 최대값과 최소값의 차이가 대체로 1.4 g/m<sup>2</sup> 내외이었으며, A사 제품의 경우 0.4로 매우 낮았다. 또 C사의 제품은 측정사 사이의 평량 범위가 2.3 g/m<sup>2</sup>으로 타제품보다 높은 편이었으며, 재현성 지수도 3.58%로 Table 2에 제시된 신뢰한계를 벗어나 실험실간 재현성 역시 떨어지는 것으로 평가되었다. 이는 타제품에 비해 C사 제품의 균일성이 떨어지는 것에서 비롯되었다고 생각된다.

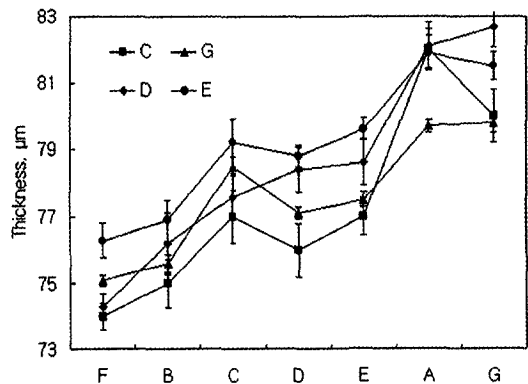
Fig. 2는 두께 측정 결과를 보여 주고 있다. 어느 정도의 압축성을 갖는 종이는 측정 시의 압력과 상, 하부 측정 면의 편평도에 의해 영향을 받을 뿐 아니라 종이의 국부적인 불균일성에 따라 크게 달라진다. 측정사 가운데에서는 G사를 제외한 측정사가 평량 측정 시에 비해 두께 측정 시에 동일제품에 대하여 큰 표준편차, 즉 변이계수를 나타낸다는 것을 알 수 있었다. 이는 제품의 불균일성뿐 아니라 기기 관리, 측정조건 또는 시험자의 숙련도 등의 차이에서 비롯된 것으로 파악된다.

### 3.2 강도적 성질

스티프니스의 경우에는 측정사마다 각기 다른 방식으로 측정하였기 때문에, 내절도의 경우에는 하중을 1.0 kg과 0.5 kg으로 다르게 주었기에



**Fig. 1. The average and standard deviation of the basis weight.**



**Fig. 2. The average and standard deviation of the thickness.**

물성 결과를 상호 비교할 수 없어 통계적 분석이 불가능하였다.

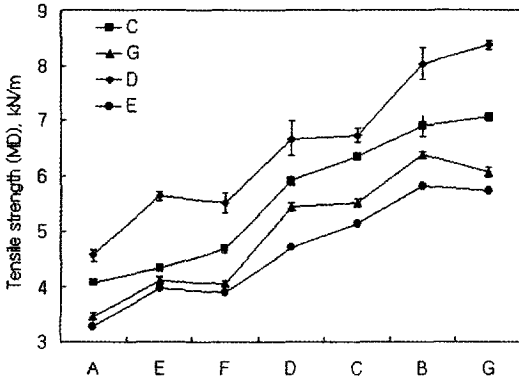


Fig. 3. The average and standard deviation of the tensile strength.

Fig. 3에는 인장강도를 측정된 결과를 제시하였다. 앞에서와 마찬가지로 각 데이터에는 표준편차가 함께 제시되어 있다. 인장강도의 표준편차가 크지 않아 각 회사의 측정 데이터의 반복성이 높음을 알 수 있었다. 그러나 4개사에서 측정된 결과는 측정사간의 큰 차이를 나타내었다. 즉 인장강도의 경우 동일한 제품에 대한 각 측정사의 반복성은 우수하였으나 측정사별 측정치의 변이가 크게 나타나 재현성에는 문제가 있는 것으로 나타났다. 예를 들어 G사 제품에 대한 측정사간 재현성 지수는 48%로 기준치인 10%를 훨씬 상회하였다. 이러한 재현성의 부족은 판매자와 구매자간에 품질 규격에 대한 이견을 발생시킬 수 있다. 즉, 생산자는 자사 제품의 인장강도가 품질 규격을 만족시킨다고 평가할 수 있지만, 구매자가 평가할 경우 규격에 크게 미치지 못하거나 과도한 강도를 나타낼 수 있다. 이는 제품 클레임의 원인이 되거나 생산원가 상승의 원인이 될 수 있다.

Fig. 4는 인열강도의 측정 결과를 보여주고 있다. 모든 측정사간의 재현성이 부족했던 인장강도와는 달리 인열강도는 C사를 제외한 나머지 측정사간에는 재현성이 우수하였다. 예를 들어 G사 제품의 경우 4개 측정사간의 재현성 지수는 28.6%로 기준치인 12.5%보다 높았으나, 특별히 낮은 값을 보인 C사의 측정 결과를 제외하고 재현성 지수를 다시 계산할 경우 8.5%로 매우 우수한 결과를

를 보였다. 이를 다시 말하면 C사의 경우 품질평가의 부정확으로 인해 인열강도 유지에 불필요한

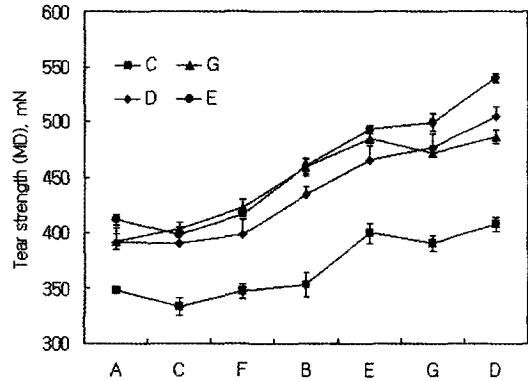


Fig. 4. The average and standard deviation of the tear strength.

비용이 소요되었을 가능성이 높다.

### 3.3 광학적 성질 및 기타 성질

Figs. 5-8에는 불투명도, 백색도, 광택도 및 평활도의 평가결과를 제시하였다. 불투명도, 백색도 및 광택도 등의 광학적 성질은 다른 물리적 성질과 달리 1포인트 차이도 큰 의미를 가지기 때문에 반복성과 재현성 지수의 기준치가 Table 2에서 본 바와 같이 매우 낮은 수치로 주어지고 있다. 또한 광학적 성질은 측정된 결과의 전체 평균이 어느 범위에 속하는지에 따라 반복성과 재현성 지수가 달라지며, 빛을 사용하기 때문에 충분한 예열시간이 요청되며, 광원 세기에 대한 정기적 검교정을 실시하는 것이 좋은 결과치를 얻는데 무엇보다 중요하다.

Fig. 5에서 보는 것과 같이 각 제품에 대한 불투명도는 비교적 좋은 반복성을 보였으며, 각 측정사별로 같은 경향을 나타내는 것으로 평가되었지만, 측정사간 재현성은 매우 낮았다. 이는 제품의 불투명도는 균일하지만 기기의 관리 또는 검교정이 적절히 실시되지 않고 있음을 나타내는 것이다.

백색도를 나타낸 Fig. 6의 결과로부터 B 제품이 타제품에 비해 재현성이 불량한 것을 알 수 있

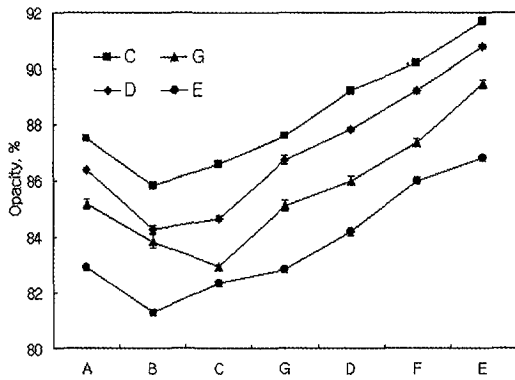


Fig. 5. The average and standard deviation of the opacity.

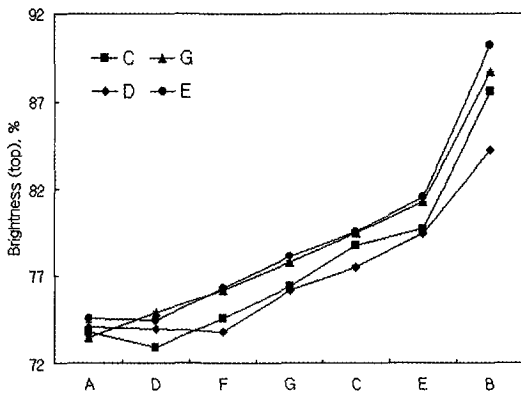


Fig. 6. The average and standard deviation of the brightness.

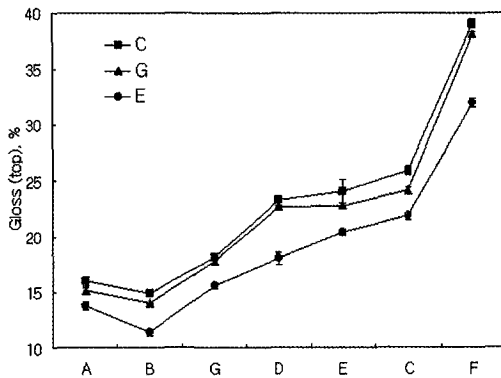


Fig. 7. The average and standard deviation of the gloss.

으며, 이는 B제품의 균일성이 불량한 때문이라 생각되었다. 광택도의 경우에는 Fig. 7에서 보는 것과 같이 E사는 C 및 D사와 동일한 기기를 사용하였음에도 불구하고 측정치가 큰 차이를 나타내었다. 광택도 역시 제품에 대한 측정 결과의 경향은 유사하지만, 측정시간 재현성이 부족한 것으로 나타났다.

평활도 측정 결과는 Fig. 8에 제시하였다. 여기에서 보는 것과 같이 D사의 경우를 제외하고 비교적 반복성은 우수하였으나, 재현성은 낮은 것으로 나타났다. 동일한 기기와 방법을 사용하였음에도 불구하고 이러한 차이가 나타나는 것은 제품의 평활도가 균일하지 못한 데에서 유래될 수도 있다.

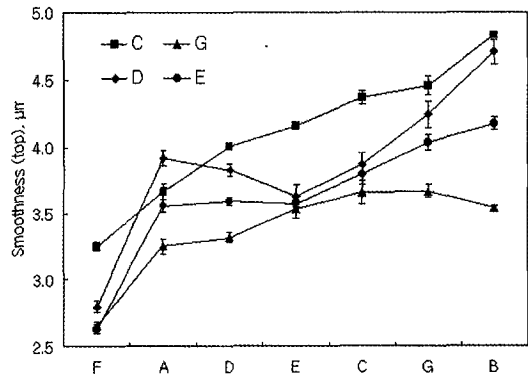


Fig. 8. The average and standard deviation of the smoothness.

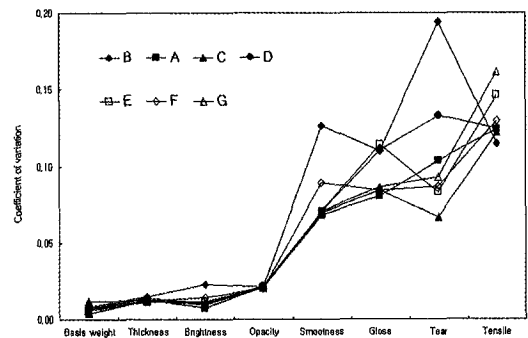


Fig. 9. The coefficient of variation of physical properties.

### 3.4 재현성 변이계수

Fig. 9에는 7개 사의 종이를 4개 사에서 측정하였을 때 각 측정항목별 재현성 변이계수를 나타내었다. 재현성 변이계수는 4개 측정사의 전체 평균과 전체 표준편차로부터 구하였다.

그 결과 평활도, 광택도, 인열강도 및 인장강도의 경우 측정시 높은 변이계수를 보여 전처리 조건의 명기 및 측정기기의 검교정이 필요함을 알 수 있었다.

## 4. 결론

수출비중이 급속히 증가되어 세계시장에서의 품질평가에 대한 신뢰도 및 품질에 대한 정확한 정보가 요청되고 있는 백상지 제조업체의 품질 평가 실태를 알아보고 문제점 및 개선점을 파악하고자 국내 6개 백상지업체에서 동일한 용도의 지종을 목표로 하여 생산된 평량 74.6-77.9 g/m<sup>2</sup>인 6종의 미량도공지와 1개 신문용지업체에서 생산된 평량 69.1 g/m<sup>2</sup>의 증질지의 7가지 제품을 4개의 백상지업체에 배분하고 물성을 평가토록 한 다음 측정치의 반복성과 재현성을 분석하였다. 기본물성으로는 평량과 두께를, 강도적 성질로 스티프니스, 인장강도, 인열강도, 내절도, 광학적 성질로는 불투명도, 백색도 및 광택도와 평활도를 평가하였다.

그 결과 동일한 제품의 경우 비교적 측정의 반복성이 높았으나 측정사별 측정치의 변이는 크게 나타나 재현성에는 문제가 있는 것으로 평가되었다. 평가항목 가운데 평량, 두께, 백색도 등은 재현성 변이계수가 비교적 작았으나, 평활도, 인장

강도 등은 측정시간 재현성에 문제가 있는 것으로 나타났다. 앞으로 백상지업체의 정확한 물성평가 및 품질의 상호비교를 위해서는 측정기기의 검교정 및 관리가 필요한 것으로 판단되었다.

## 인용 문헌

1. Jokio, P. and Hiertner, M., Reliability of results in physical testing of pulp and paper, in "Pulp and Paper Testing," Ed. by Levlin, J.-E. and Soderhjelm, F. O. pp. 258-259, 1999.
2. TAPPI Test Method T1200, TAPPI Press, Atlanta, 1994-1995.
4. TAPPI Test Method T1206, TAPPI Press, Atlanta, 1994-1995.
5. TAPPI Test Method T410, TAPPI Press, Atlanta, 1994-1995.
6. TAPPI Test Method T411, TAPPI Press, Atlanta, 1994-1995.
7. TAPPI Test Method T494, TAPPI Press, Atlanta, 1994-1995.
8. TAPPI Test Method T414, TAPPI Press, Atlanta, 1994-1995.
9. TAPPI Test Method T511, TAPPI Press, Atlanta, 1994-1995.
10. TAPPI Test Method T452, TAPPI Press, Atlanta, 1994-1995.
11. TAPPI Test Method T480, TAPPI Press, Atlanta, 1994-1995.
12. TAPPI Test Method T425, TAPPI Press, Atlanta, 1994-1995.