

## 미세분의 성질이 지료특성에 미치는 영향

조옥연\*<sup>1</sup> · 서영범<sup>†</sup>

(2004년 12월 30일 접수: 2005년 5월 20일 채택)

## Impact of Fines Properties on Fiber Furnish Quality

Wook-Yeon Cho\*<sup>1</sup> and Yung-Bum Seo<sup>†</sup>

(Received on December 30, 2004: Accepted on May 20, 2005)

### ABSTRACT

Removal of fines from fiber furnish by fractionation improves drainage, but decreases fiber bonding in paper. Fines can be again classified by their size such as the fines that passed 150 and 400 mesh screen, respectively. A hypothesis of different properties between these two kinds of fines was tested. Four different furnishes (SwBKP, HwBKP, KOCC, and BCTMP) were refined in two levels, and all their furnish and handsheet properties were compared in respect of their fines. KOCC fines gave the slowest drainage and least contribution to breaking length while BCTMP fines the fastest drainage and the highest contribution to breaking length. Removal of the fines that passed 400 mesh screen gave high improvement in drainage and large decrease in breaking length. Only KOCC fines removal gave more positive results where there were large improvement in drainage but only small decrease in breaking length.

*Keywords* : fines, fractionation, 400 mesh screen, 150 mesh screen, drainage, fiber bonding, breaking length

• 충남대학교 임산공학과 (Dept. of Forest Products, Chungnam National Univ., Daejeon, 305-764, Korea)

\*1 페이퍼코리아 (Paper Korea Co., Chochon-Dong, Kunsan, Junlabuk-Do, 573-883, Korea)

† 주저자 (Corresponding author) : E-mail : ybseo@cnu.ac.kr

## 1. 서론

제지공정에서 지료 속의 미세분들은 탈수와 종이강도에 지대한 영향을 미친다. 현재까지 미세분들에 다양한 연구결과들이 발표되었지만 이들 다양한 미세분들의 특성과 제지공정상의 역할, 종이의 최종 품질에의 영향이 충분히 정량적으로 제시되지는 못했던 것이 현재의 실정이다. 본 연구에서는 다양한 원료들에서 발생하는 미세분들을 두 가지 스크린 (150 mesh 와 400 mesh)로 분급하고 그 특성들을 제지공정상의 조절인자들과 관계 하에서 밝히며, 더 나아가 이 미세분들이 최종 종이의 품질에 미치는 영향들에 대하여 연구하였다. 특별히 고지를 많이 쓰는 한국의 현실을 고려하여 OCC의 연구에 중점을 두었다.

일반적으로 고지는 섬유질의 각질화 (hornification) 현상이 일어남으로써 세포벽내의 구조적인 변화로 인하여 미세섬유분들이 많이 발생시킴으로써 초지시 탈수성질을 저하시키며, 섬유의 팽윤능력이 감소되어 이에 따라 섬유의 유연성과 가소성이 감소하여 섬유의 강도적 성질을 현저하게 감소시킨다는 것이 오래전부터 알려져 왔다. 이와 관련된 기존의 연구로서는 먼저 Howard 등<sup>1)</sup>은 각질화 (hornification)가 세포벽내의 구조적인 변화로 인하여 섬유의 팽윤능력이 감소되고 이에 따라 섬유의 유연성과 가소성이 감소한다고 보고하였다. Lindstrom 등<sup>2)</sup>은 classifier와 rotating mesh screen으로 고지를 분급하여 재생섬유의 결점을 보완하려고 하였다. Guss 등<sup>3)</sup>은 다양한 필터로 고지를 분급하여 고지사용을 극대화하려고 시도하였다. Waterhouse 등<sup>4)</sup>은 OCC를 200mesh screen으로 처리하여 단섬유분과 장섬유분으로 분급하고 단섬유분에 수산화나트륨을 처리한 후 다시 장섬유분과 혼합하여 탈수거동을 검토하였다. Clark 등<sup>5)</sup>은 골판지 고지를 재활용하는 골판지 원지의 생산공정에 pressure screen이나 multifractor등을 활용하여 분급을 하였다. Abubakr<sup>6)</sup>과 Bliss<sup>7)</sup>는 골판지와 판지와 같은 재생펄프의 강도 향상을 위해 섬유 분별 방법을 이용하였다. Ryu<sup>8-11)</sup>는 부상부유 처리를 통해 섬유와 미세분을 분급한 다음 각각에 선택적인 고해처리 및 효소를 활용한 탈수성 개선 처리를

실시하였으며 저급의 KOCC를 부상부유 조건을 달리하여 분급처리를 실시하였다. Seo<sup>12)</sup>는 골판지 고지에서 단섬유분과 장섬유분을 분급한 후 개별적으로 단섬유분에만 화학처리와 양이온성 고분자 화합물을 사용하여 탈수성 향상에 관한 연구를 하였다. Kohl<sup>3)</sup>는 신문고지로부터 섬유를 분별하고 분별한 섬유를 표백 및 다른 고지와 혼합초지한 두루마리 화장지들의 광학적·물리적 특성을 보고하였다.

기존의 연구들을 토대로 아주 작은 크기의 미세분은 탈수성에는 크게 영향을 주면서 강도적인 면에는 크게 영향을 주지 않을 수도 있다는 가설을 세웠다. 이에 본 연구에서는 작은 크기의 미세분 (400 mesh screen 통과분)을 분류하여 그 특성 및 영향을 알아보려고 하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료

본 연구에서 사용된 펄프는 2가지의 천연펄프 (SwBKP, HwBKP)와 국산골판지고지 (KOCC), 화학열기계펄프 (BCTMP)를 사용하였으며, 각각의 출처는 Table 1과 같다.

**Table 1. Characteristics of pulps used in the experiment**

Pulp	Note
SwBKP	Softwood Bleached Kraft Pulp (캐나다산, Hemlock, Douglas Fir, Cedar 혼합)
HwBKP	Hardwood Bleached Kraft Pulp (캐나다산, Aspen, Poplar 혼합)
KOCC	Korea Old Corrugated Container (국내 D제지, liner base paper)
BCTMP	Bleached Chemi-Thermomechanical Pulp (국내 S제지 제공, 침엽수종)

## 2.2 실험방법

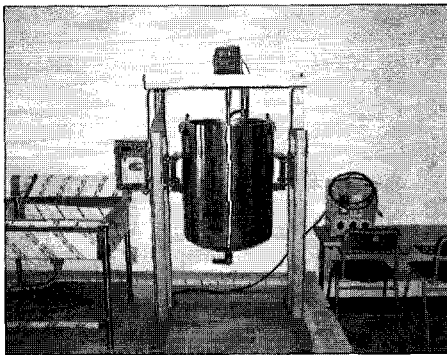
### 2.2.1 섬유 고해 및 분급처리

Valley beater를 이용하여 하중을 가하지 않은 상태에서 농도 1.5%로 희석하여 해리, 하중을 가하여 각각 medium, high beating으로 고해를 실시하고 각 고해시간별로 채취된 고해지료의 여수도를 측정하였다 (TAPPI standard T 227 om-92).

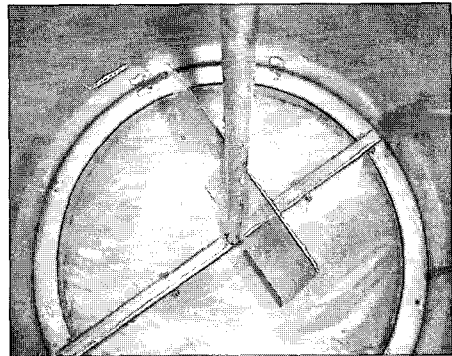
고해된 각각 펄프들에 Fig. 1과 같은 섬유분급기를 사용하여 150 mesh 와 400 mesh 통과 미세분들을 모았다. 즉 Valley Beater를 통해 해리 후 여수도별로 고해를 실시하고 전건 100 g 기준으로 농도 1% 희석한 후 분급장치에 투입하여 125 rpm으로 1시간을 분급시켰다. 실험재료의 오차요인을 줄이

기 위해 실험에 필요한 각각의 실험지료를 수차례의 고해 후 한 번에 모아 그 지료로만 분급 실험에 사용하였다. 분급을 통해 모아진 미세분은 하단의 통에 모아지며 분급 후에 통속의 미세분을 다른 탱크에 이동시켰다. 1시간 분급이 종료 시에 mesh에 위에 걸려진 장섬유를 농축, 탈수하여 따로 분리 보관하였다. Fig. 1에서 분급기의 형태를 보이고 있다.

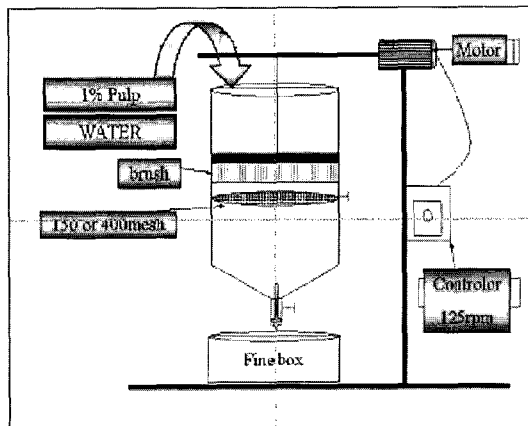
고해 후 분급 처리한 각각의 시료를 Morfi Analyzer (Techpop사, France)를 이용하여 섬유장, 미세분의 함량, 미세분 분포도의 변화를 분석하였다. 지료의 보수도(WRV, Water retention value)는 Jayme의 방식에 근거하였으며, 펄프 슬러리를  $21\pm 3^{\circ}\text{C}$ 에서 900 G 로 30분간 원심분리시킨 뒤 잔존하는 수분의 양을 전건섬유 중량에 대해 백분율



(a) Fine Fractionation Device



(b) Inside



(c) Fine fractionation process

Fig. 1. Fiber fractionation device.

로 나타내었다. 미세분의 WRV 측정은 미세분 자체를 측정하기가 곤란하기 때문에 전체 섬유와

장섬유분의 WRV를 구한 후, 다음과 같은 산술적 계산을 이용하여 산출하였다.

$$\boxed{\text{WRV of Whole Furnish (Fiber + Fines)}} = \boxed{\text{WRV of Fine-Free Furnish} \times \text{Fraction of Fine-Free Furnish}} + \boxed{\text{WRV of Fines} \times \text{Fraction of Fines}} \quad [1]$$

### 2.2.2 수초지 제작

분급을 한 각각의 자료는 TAPPI Standard 원형 수초지기를 이용하여 평량 60 g/m<sup>2</sup>으로 수초지를 제작하였다. 탈수속도는 TAPPI Standard T221에 따라 원형수초지기로 평량 60 g/m<sup>2</sup>수초지를 만들 때의 탈수시간(초)을 측정하여 적용하였다. 미세분의 탈수속도 측정은 미세분 자체를 측정하기가 곤란하기 때문에 다음과 같은 산술적 계산을 이용하

여 산출하였다.

각각의 수초지는 TAPPI Standard T402 om-88에 따라 23±1℃, 상대습도 50±2%로 조절된 항온항습실에서 24시간 이상 조습처리를 실시한 후 물성을 측정하였다. 조습 처리된 수초지는 인장강도 (T489 om-88), 인열강도 (T414 om-88), 파열강도(T403 om-85)를 측정하여 각각 열단장, 인열지수, 파열지수를 계산하였다.

$$\boxed{\text{Drainage of Whole Furnish (Fiber + Fines)}} = \boxed{\text{Drainage of Fine-Free Furnish} \times \text{Fraction of Fine-Free Furnish}} + \boxed{\text{Drainage of Fines} \times \text{Fraction of Fines}} \quad [2]$$

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 자료의 성질

Table 2와 3에서 400 mesh와 150 mesh에서의 각 펄프별 미세분 수율이 고해함에 따라 점점 증가하는 경향을 나타냈으며 WRV는 각각의 자료마다 고해정도에 관계없이 일정값을 갖는 것으로 나타났다. Fig. 2 에서 각 펄프별 분급기로 분급한 미세분의 수율을 살펴보면 확연하게 400 mesh보다 150 mesh가 미세분의 수율이 높았으며 독특하게 400 mesh에선 가장 낮은 수율을 보이던 KOCC가 150 mesh에선 가장 높은 수율을 나타내었다. 또 150 mesh 미세분보다는 400 mesh 통과 미세분의 WRV가 월등히 높았다. 특히 BCTMP 의 경우, 400 mesh 통과 미세분은 WRV가 150 mesh 통과 미세분보다 2배 가량 증가한 모습을 보였다.

전체 자료와 장섬유분 (long), 미세섬유분 (short)의 섬유장을 Table 4에서 보이고 있다.

**Table 2. Fines content and WRVs (400mesh)**

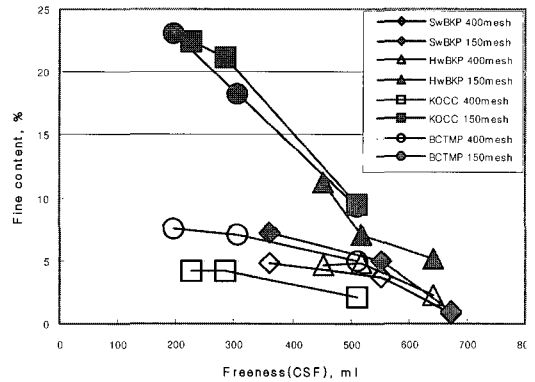
	CSF, mL	Fine content (%)	Calculated WRV
SwBKP	672	0.74	6.745
	552	3.69	6.226
	359	4.79	6.047
HwBKP	643	2.32	4.087
	520	4.8	4.138
KOCC	453	4.66	5.433
	433	2.09	3.872
	383	4.23	3.601
BCTMP	258	4.21	3.483
	510	4.96	8.808
	305	7.07	7.972
	195	7.61	6.985

**Table 3. Fines content and WRVs (150mesh)**

	CSF,mL	Fine content(%)	Calculated WRV
SwBKP	672	1.03	5.223
	552	4.98	4.340
	359	7.19	5.110
HwBKP	643	5.10	3.559
	520	7.00	3.154
KOCC	433	9.53	2.953
	383	22.66	2.643
	258	18.73	2.497
BCTMP	510	9.31	5.612
	305	18.32	4.865
	195	23.06	4.319

Table 4에 지료별 섬유장의 크기 차이는 확연히 드러나지만 150 mesh 와 400 mesh 통과 미세분들의 섬유장은 큰 차이를 보이지 않았다. 장섬유분과

미세섬유분의 섬유장 차이가 큰 것으로부터 미세분 분급은 매우 효율적으로 시행되었음을 알 수 있었다. 일부 실험오차를 제외하고는 대부분 400mesh 통과분이 150 mesh 통과분보다 평균길이가 작은 것을 볼 수 있다.



**Fig. 2. Fines contents of four different furnishes.**

**Table 4. Fiber lengths (weight weighted length in mm) of four furnishes at three levels of refining**

SwBKP	672 CSF	552 CSF	359 CSF
Whole furnish	1.637	1.454	1.395
150mesh long	1.651	1.490	1.357
400mesh long	1.655	1.506	1.343
150mesh short	0.159	0.152	0.140
400mesh short	0.140	0.134	0.128
HwBKP	643 CSF	520 CSF	453 CSF
Whole furnish	0.668	0.641	0.639
150mesh long	0.651	0.651	0.635
400mesh long	0.664	0.646	0.630
150mesh short	0.148	0.132	0.136
400mesh short	0.114	0.112	0.109
BCTMP	510 CSF	305 CSF	195 CSF
Whole furnish	0.651	0.546	0.483
150mesh long	0.687	0.586	0.520
400mesh long	0.657	0.563	0.484
150mesh short	0.159	0.136	0.134
400mesh short	0.115	0.127	0.142
OCC	433 CSF	383 CSF	258 CSF
Whole furnish	0.899	0.880	0.834
150mesh long	0.946	0.936	0.871
400mesh long	0.907	0.939	0.816
150mesh short	0.145	0.143	0.135
400mesh short	0.130	0.123	0.136

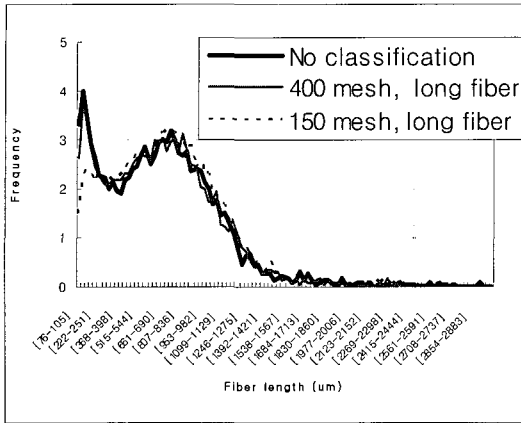


Fig. 3. BCTMP (510mL CSF) Fiber length distribution.

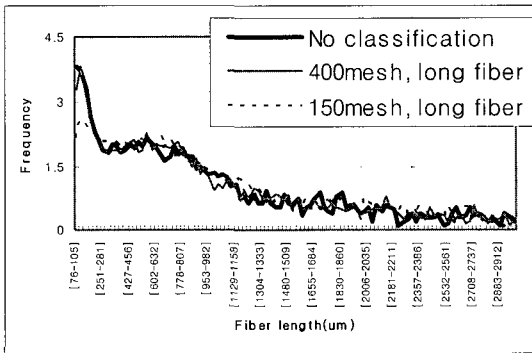


Fig. 4. KOCC (433mL CSF) Fiber length distribution.

Morfi Analyzer로 섬유장을 측정된 결과를 그래프로 보면 Fig. 3 와 Fig. 4에서 처럼 150 mesh 통과분은 78 - 251 µm 길이의 섬유분이 전체지료나 400 mesh 잔존 지료분보다 훨씬 적은 모습을 관찰할 수 있었다. 이러한 현상은 모든 지료에 있어서 공통적이었다.

Table 5는 SwBKP의 미세분에 대한 회분을 측정된 것인데 펄프 자체에는 거의 없는 것으로 나타났으며 고해를 통해서도 크게 늘어나지는 않았다. Table 6은 OCC의 경우 미세분에 대하여 회분의 양을 측정해 본 것이다. 그 결과 400 mesh 경우는 40% 정도, 150 mesh 경우는 30% 정도가 측정되었

Table 5. Ashes in SwBKP fines

	Freeness	Fine content(%)	Ashes (%) <sup>*</sup>	Total(%) <sup>**</sup>
Whole furnish				
			0	0
672 CSF	400 mesh fines	0.74	7.25	0.05
	150 mesh fines	1.03	6.00	0.06
552 CSF	400 mesh fines	3.69	5.25	0.19
	150 mesh fines	4.98	4.25	0.21
359 CSF	400 mesh fines	4.79	5.00	0.24
	150 mesh fines	7.19	4.50	0.32

\* : Ashes in fines

\*\* : Ashes in total furnish

Table 6. Ashes in OCC fines

	Freeness	Fine content(%)	Ashes (%) <sup>*</sup>	Total(%) <sup>**</sup>
Whole furnish				
			10	10
433 CSF	400 mesh fines	2.09	42.5	0.89
	150 mesh fines	9.53	32.3	3.07
383 CSF	400 mesh fines	4.23	41.3	1.74
	150 mesh fines	22.66	30.5	6.91
258 CSF	400 mesh fines	4.21	40.5	1.71
	150 mesh fines	18.73	29.8	5.57

\* : Ashes in fines

\*\* : Ashes in total furnish

다. 이는 OCC 미세분에 상당한 회분이 포함되어 있으며 특히 400 mesh 통과 미세분에 집중적으로 포함된 것으로 보아 매우 작은 크기의 회분이 포함되어 있다는 것을 말해준다. 우리는 OCC에서 회분의 WRV가 제로라고 가정하고 Table 2의 미세분 WRV를 다시 계산할 수 있다. OCC 400 mesh 통과 미세분의 WRV를 3.6 이라고 하고, 회분의 양을 40% (Table 6) 이라고 가정하면,  $3.6/0.6 = 6.0$  으로서 SwBKP 400 mesh 미세분 WRV 와 비슷해 짐을 알 수 있다. 따라서 OCC 미세분의 섬유결합능력감소는 주로 포함된 회분의 양이 많음에서 기인됨을 알 수 있었다.

미세분의 탈수성에 대한 역할에 있어서 미세분 자체의 탈수성 측정이 어렵기 때문에 산술적으로 구하였다 (식 2). Figs. 5-6 은 각 펄프별 400 mesh 와 150 mesh 통과 미세분의 탈수성을 나타낸 것인데 X축은 펄프종류, Y축은 고해정도, Z축은 탈수시간을 의미한다. 탈수성은 BCTMP, SwBKP,

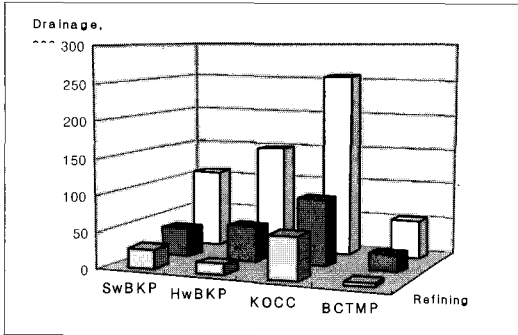


Fig. 5. Drainage properties of fines (400mesh pass).

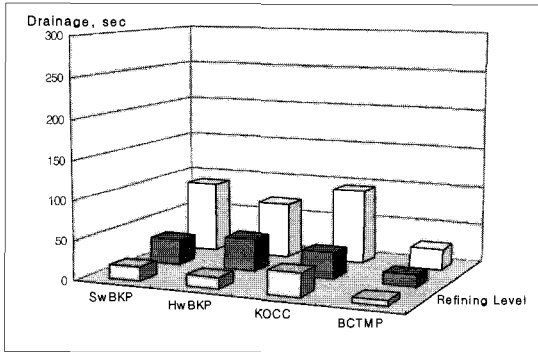


Fig. 6. Drainage properties of fines (150mesh pass).

HwBKP, KOCC 순으로 우수하였다. Tables 2-3 에서 WRV가 높은 순은 BCTMP가 가장 높고, SwBKP, HwBKP, KOCC 순으로 높았다. WRV가 높은 것이 탈수성이 높은 순서와 일치하는 것은 매우 특이한 현상으로 볼 수 있다. 이상의 결과로서 KOCC의 400mesh 통과 미세분은 WRV가 적고 탈수능력도 저조한 매우 열악한 섬유분으로 판단할 수 있었다. 150mesh 통과 미세분은 BCTMP를 제외하고는 지료별로 큰 차이를 보이지 않았다.

### 3.2 수초지의 물리적 성질

종이 물성 측정은 등급을 하지 않은 No classification 지료와 등급을 통해 screen에 걸린 장섬유들을 원형수초지로 제조하였으며 각각 밀도, 인장강도, 신장률, 파열강도, 인열강도를 측정하였다.

Table 7은 각 지료별 물성이 측정된 값을 보이고 있다. 고해를 할수록 density, breaking length, stretch, burst index는 증가함을 보였다. 반면 Tear index는 감소함을 보였다. Figs. 7-10은 미세분의 제거 시 탈수시간의 감소와 열단장 감소의 비를 나타내었다. 각 고해정도별로 전체지료의 탈수시간과 열단장을 각각 1로 놓고, 400 mesh 잔존 장섬유와 150 mesh 잔존 장섬유 지료들의 탈수시간과 열단장을 비교하였다. 그 결과 SwBKP로부터 BCTMP에 이르기까지 모두 단순해리지료의 경우 미세분의 제거가 열단장을 크게 떨어뜨렸으나, 탈수시간의 감소에는 상대적으로 크게 효과적이지

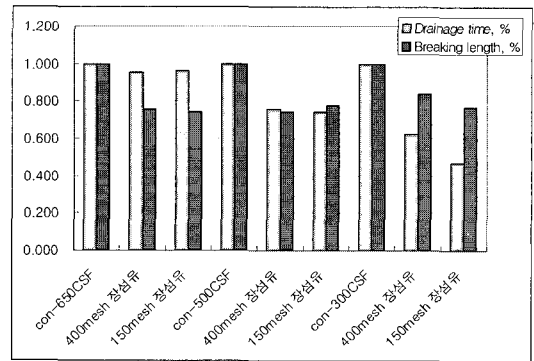


Fig. 7. Ratio of 400 mesh and 150 mesh fine-free furnish to whole furnish properties (drainage time and breaking length) for SwBKP.

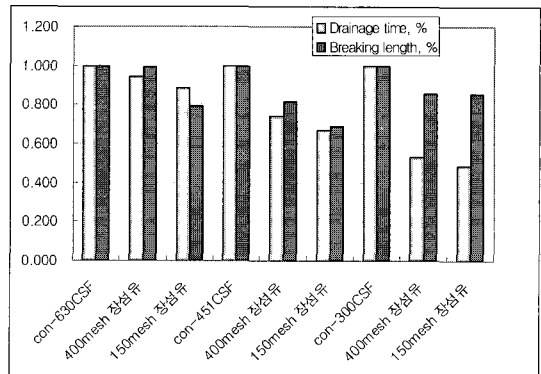


Fig. 8. Ratio of 400 mesh and 150 mesh fine-free furnish to whole furnish properties (drainage time and breaking length) for HwBKP.

Table 7. Handsheet properties

구 분		Density (g/cm <sup>3</sup> )	Breaking length(km)	Stretch (%)	Burst index (KPa · m <sup>2</sup> /g)	Tear index (mN · m <sup>2</sup> /g)
SwBKP 672CSF	no classification	0.53	2.47	2.16	0.87	18.66
	400mesh long fiber	0.52	1.87	1.82	0.41	14.51
	150mesh long fiber	0.52	1.84	1.83	0.36	13.76
SwBKP 552CSF	no classification	0.76	9.10	3.59	5.69	10.17
	400mesh long fiber	0.70	6.74	3.56	4.39	13.17
	150mesh long fiber	0.71	7.07	3.67	4.39	13.36
SwBKP 359CSF	no classification	0.80	10.53	3.92	5.20	9.15
	400mesh long fiber	0.79	8.86	3.93	5.67	10.72
	150mesh long fiber	0.78	8.07	3.89	5.16	11.63
HwBKP 643CSF	no classification	0.56	1.45	0.74	0.01	2.01
	400mesh long fiber	0.56	1.58	0.76	0.01	2.05
	150mesh long fiber	0.51	1.15	0.65	0.01	1.57
HwBKP 520CSF	no classification	0.75	5.09	2.68	2.38	6.42
	400mesh long fiber	0.74	4.95	2.50	2.04	5.95
	150mesh long fiber	0.73	4.93	2.31	1.95	6.03
HwBKP 453CSF	no classification	0.79	6.48	3.49	3.10	6.62
	400mesh long fiber	0.79	5.55	2.80	2.47	6.52
	150mesh long fiber	0.79	5.54	3.03	2.67	6.91
KOCC 433CSF	no classification	0.56	3.00	1.91	0.70	8.24
	400mesh long fiber	0.53	2.65	1.86	0.49	8.45
	150mesh long fiber	0.51	2.28	1.41	0.33	8.58
KOCC 383CSF	no classification	0.58	3.92	2.08	1.38	7.66
	400mesh long fiber	0.55	3.20	1.95	0.76	9.28
	150mesh long fiber	0.53	2.81	1.68	0.65	8.75
KOCC 258CSF	no classification	0.62	4.35	2.33	1.73	7.18
	400mesh long fiber	0.59	3.84	2.58	1.55	7.69
	150mesh long fiber	0.58	3.73	2.16	1.32	8.84
BCTMP 510CSF	no classification	0.35	1.87	0.86	0.01	2.01
	400mesh long fiber	0.32	1.42	0.82	0.01	2.32
	150mesh long fiber	0.30	1.00	0.61	0.01	2.25
BCTMP 305CSF	no classification	0.49	3.62	1.44	1.54	3.20
	400mesh long fiber	0.43	2.57	1.11	0.05	2.23
	150mesh long fiber	0.41	2.17	0.85	0.00	2.56
BCTMP 195CSF	no classification	0.55	4.40	1.59	1.06	3.00
	400mesh long fiber	0.49	3.48	1.33	0.46	2.55
	150mesh long fiber	0.45	2.78	1.07	0.13	2.34

못하였다. 반면에 고해를 많이 실시한 자료들은 미세분의 제거가 탈수시간을 크게 향상시켰지만 열단장의 저하는 상대적으로 적은 편이었다.

실험을 시작할 당시 400 mesh 통과 미세분들은

탈수시간을 크게 향상시키며 열단장에 큰 영향을 주지 않을 것으로 가정하였으나, 본 실험에 있어서는 400 mesh 통과 미세분의 제거도 150 mesh 통과 미세분에 비해 그 정도는 덜하지만 여전히 열단장



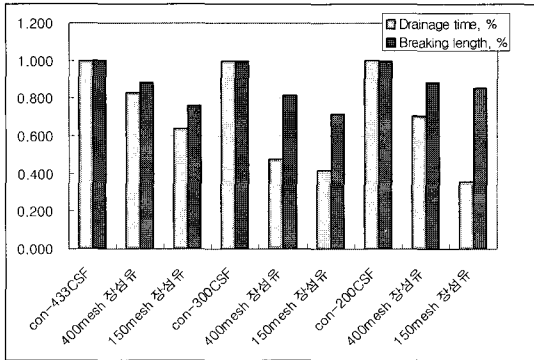


Fig. 9. Ratio of 400 mesh and 150 mesh fine-free furnish to whole furnish properties (drainage time and breaking length) for KOCC.

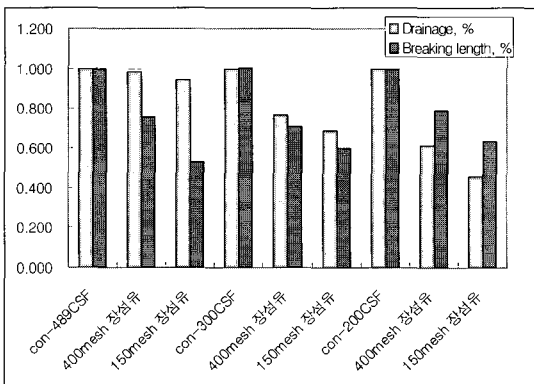


Fig. 10. Ratio of 400 mesh and 150 mesh fine-free furnish to whole furnish properties (drainage time and breaking length) for BCTMP.

을 크게 떨어뜨리는 현상을 관찰할 수 있었다. 단지 OCC의 경우, 탈수효율이 증대됨에 따라 인장강도의 저하가 다른 지료들에 비해 현저히 적음을 발견할 수 있었다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 다양한 원료들에서 발생하는 미세분들을 분류하고 WRV 및 회분, 섬유장 분포, 탈수성, 강도적 성질들을 알아보았다. 그 결과를 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 미세분들의 WRV는 섬유의 종류에 따라 다르며 고해정도에 따라서는 차이가 상대적으로 적었다.

2. 400 mesh 통과 미세분의 WRV가 150 mesh 통과 미세분보다 WRV와 탈수성에 대한 기여정도가 매우 높았다.

3. BCTMP 미세분은 가장 높은 WRV와 가장 빠른 탈수성을 가졌고 KOCC 미세분은 가장 낮은 WRV와 가장 느린 탈수성을 보였다.

4. SwBKP와 HwBKP 미세분은 비슷한 경향을 가졌고 SwBKP 미세분이 BCTMP 미세분 특성에 좀 더 가까웠다.

5. 분급을 한 장섬유 지료의 수초지는 밀도와 열단장이 모두 감소하였다.

6. 400 mesh 통과 미세분은 탈수와 강도에 중요한 영향을 미쳤다. 400 mesh 통과분이 탈수를 크게 저해하며 강도에는 크게 기여하지 않는다면 이들을 제거함으로 제지공정에 유리한 결과를 얻고자한 가설은 본 실험결과 400mesh 통과분이 강도에 크게 기여함을 볼 때 재고되어야 할 것이다. 다만 고해를 증가함에 따라, 400 mesh 통과 미세분의 제거는 지료의 탈수성 증대속도를 크게 증가시켰으며, 강도의 저하는 상대적으로 적어지고 있었다.

#### 인용문헌

- Howard, R. C., The effect of recycling on paper quality, JPPS, 16(5):143 (1990).
- Lindstrom, C., Pettersson, B., Gustavsson, A., Persson, S., and Backman, J., Upgrading of OCC pulp by fractionation. Results from laboratory, pilot and full-scale tests, TAPPI 1995 Recycling Symposium, TAPPI Press, Atlanta, p.131(1995).
- Guss, D., and Meier, A., The use of fractionating filters to increase fiber yield in secondary fiber systems, TAPPI 1997 Recycling Symposium, TAPPI Press, Atlanta, p.477 (1997).
- Waterhouse, J. F. and Liang, Y. X., Improving the fines performance of recycled pulps, TAPPI 1995 Recycling Symposium, TAPPI Press, Atlanta, p.103 (1995).
- Clark L. E. and Iannazzi F. D., Tappi J. 57 (1974).

6. Abubakr, S., Fiber fractionation as a method of improving handsheet properties after repeated recycling, 1994 Recycling Symposium Proceedings, TAPPI 1994 Recycling Symposium, TAPPI Press, Atlanta, p.309 (1994).
7. Bliss T., Pulp and Paper, 88 (1997).
8. Ryu, J. Y., Shin, J. H., and Ow, S. S. K., Upgrading of OCC Pulp by flotation fractionation, 1999 Recycling Symposium Proceedings, 1999 TAPPI Recycling Symposium, vol 1,177, TAPPI Press, Atlanta (1997).
9. Ji, K. R., Ryu, J. Y., Shin, J. H., Song, B. K., and Ow, S. S. K., J. Korea TAPPI, 31(1):10 (1999).
10. Seo, H. I., Ryu, J. Y., Shin, J. H., Song, B. K., and Ow, S. S. K., J. Korea TAPPI, 31(1):17 (1999).
11. Ryu, J. Y., The effect of flotation conditions on the efficiency of KOCC fractionation and principles of fines fractionation, J. Korea TAPPI, 32(4):12 (2000).
12. Seo, Y. B., Influence of chemical and mechanical treatments of the screened short fibers from OCC on paper properties. J. Korea TAPPI, 33(4):12 (2001).
13. Koh, K. M., Manufacture of toilet tissue from old newspaper by fiber fractionation and blending, J. Korea TAPPI, 33(2):6 (2001).
14. 이학래, 이복진, 신동소, 임기표, 서영범, 원종명, 송창만, 제지과학, 광일문화사 (1996).
15. Bhat, G. R., Heitmann, J. A., and Joyce, T. W., Tappi J., 74(9):151(1991).
16. Mancebo, R., and Krokoska P., Papir a Celluloza, 36(11):75 (1985).
17. Springer, E., L., Klungness, J., H., Spangenberg, R., J., Minor, J. I., Tan F., Evaluating methods to increase the compressive strength of recycled linerboard, 1993 Recycling Symposium Proceedings, TAPPI Press, p.163-171 (1993).
18. Ellis, R. L., and Sedlachek, K. M., Recycle vs. virgin fiber characteristics: a comparison, 1992 Papermakers Conference Proceedings, TAPPI Press (1992).
19. Howland, P., Pulp, Paper and Board, pp.108-115 (1987).