

# 친환경 골판지 상자 제조를 위한 재활용 폐지 섬유의 물리적·환경적 특성 평가

박정윤 · 이태주 · 김형진<sup>†</sup> · 김진무<sup>1</sup>

접수일(2013년 8월 2일), 수정일(2013년 8월 16일), 채택일(2013년 8월 21일)

## Fiber Analysis and Environmental Assessment of Recycled Waste paper for Eco-friendly Corrugated Box Manufacture

Jung-Yoon Park, Tai-Ju Lee, Hyoung-Jin Kim<sup>†</sup> and Jin-Mu Kim<sup>1</sup>

Received August 2, 2013; Received in revised form August 16, 2013; Accepted August 21, 2013

### ABSTRACT

In the manufacture of corrugated box, the fibrous raw materials are mainly consisted of recycled papers, such as KOCC(Korean Old Corrugated Container), kraft sack, and AOCC(American Old Corrugated Container). Among these recycled waste paper, the proportion of KOCC is relatively higher than others in fibrous raw materials. Generally, KOCC shows some poor fiber properties and contains hazardous heavy metal sources. Therefore, it is to evaluate the property of recycled paper sources for eco-friendly corrugated box manufacture. In this study, the physical and mechanical properties of 3 kinds of recycled fibers and their mixed stocks were analyzed. The environmental assessment was also evaluated by analyzing the 4 representative heavy metal contents and evaporation residues in waste papers. As the results, KOCC showed the poorest fiber qualities and had the highest heavy metal contents and evaporation residues among the recycled fibers. Finally, the mechanical strength properties were increased by decreasing KOCC proportion of mixed stock conditions. In addition, the heavy metal contents and evaporation residues were also decreased by increasing recycled AOCC and kraft sack proportion.

**Keywords** : *Eco-friendly corrugated box, mixed recycled fiber, heavy metal content, evaporation residue*

• 국민대학교 삼림과학대학 임산생명공학과 (Dept. of Forest products and biotechnology, Kookmin University, Seoul, Korea)

<sup>1</sup> 한국골판지포장공업협동조합 (Korea Corrugated Packaging Case Industry Association, Seoul, Korea)

<sup>†</sup> 교신저자 (corresponding author) E-mail: [hyjikim@kookmin.ac.kr](mailto:hyjikim@kookmin.ac.kr)

# 1. 서론

우리나라는 2004년 칠레와의 자유무역 협정 체결을 시작으로 싱가포르, 아세안, 인도, EU, 페루, 미국 등과 국가간의 상호 무역증진에 의한 관세 철폐 및 상품의 수출입 장벽 철폐완화 등 획기적인 국가간, 지역간 협력을 체결하였지만, 수출입 되는 상품의 친환경성, 안전성, 재활용 특성 등은 무역 자유화 시대에 새로운 장벽으로 대두되고 있다. 이의 일환으로 포장재의 친환경성 및 유해물질에 대한 국제 환경규제는 더욱 강화될 것으로 예상되고 있다. 현재 지류포장재의 경우 Pb, Cd, Hg, Cr<sup>6+</sup> 등 4대 중금속의 합을 100 mg/kg 으로 규제하고 있으나 향후 변화될 가능성은 매우 높을 것으로 전망된다. 또한 중금속 이외에도 증발잔류물, 유해가스 생성물, 프탈레이트계 환경 호르몬 물질 등 자국민의 건강보호 및 환경 보전을 위한 유해물질의 규제 대상이 확대되고 있어, 이에 대한 대응책 마련이 시급하다.<sup>1)</sup> 골판지 상자는 포장산업에서 친환경 및 재생가능한 최적의 소재로써 각광받고 있다. 대부분의 국가에서는 포장재로서 골판지 사용이 가장 높은 비중을 차지하고 있으며, 우리나라의 포장산업에서도 50% 이상을 점하고 있다. 골판지는 라이너와 골심지로 이루어진 구조체로서 골판지 원지를 구성하는 원료의 조성 및 물리적, 기계적, 화학적 특성은 포장재의 기능성에 직접적으로 영향을 미치게 된다.<sup>2)</sup>

우리나라의 경우 골판지 원지 제조공정의 주요 섬유상 원료는 재활용 폐지이다. 재활용 섬유는 반복적인 초지 및 해섬공정을 거치면서 섬유의 성상이 조악해지며, 재활용 횟수에 따라 그 이용의 한계성을 나타낸다.<sup>3,4)</sup> 폐지를 재활용하여 시트를 제조할 경우 종이의 물리적, 강도적 특성의 저하뿐만 아니라 오염물질의 종이 내 잔류 가능성도 높아진다. 특히 규제 대상인 포장재에서의 중금속은 천연펄프에서는 전혀 검출되지 않거나 또는 자연계로부터 유래되어 포함되는

극미량 정도의 수준이지만, 폐골판지 상자 (KOCC) 등의 폐지를 사용할 경우 각종 이물질의 혼입 및 접촉에 따라 재활용 전과정에서 중금속 및 유해물질이 유입 가능성이 높아지게 된다.<sup>5)</sup> 따라서 재활용 섬유의 문제점을 보완하고 이용 가치를 향상시키기 위한 다양한 연구가 진행된 바 있다. Abubakr 등<sup>6)</sup>과 Lindström 등<sup>7)</sup>은 정선 과정을 통해 지료 내에 존재하는 이물질 및 결속섬유를 제어하여 재활용 섬유 이용 시 발생하는 강도저하 현상 제어 방안을 연구하였으며, Waterhouse 등<sup>8)</sup>은 재활용 섬유를 단섬유와 장섬유로 분급한 후 탈수성에 악영향을 미치는 단섬유의 표면 개질 처리를 통해 탈수 거동을 개선하고자 하였다. Jawed 등<sup>9)</sup>과 Pommier 등<sup>10)</sup>은 낮은 여수도의 재활용 섬유에 효소 및 고분자 처리를 통해 재활용 섬유를 더욱 친수성으로 개질하여 여수도를 개선할 수 있다는 연구결과를 보고하였다. 또한 강화되고 있는 친환경 기능을 부여하고자 Csoka 등<sup>11)</sup>은 재활용 섬유에 은나노 입자를 코팅하여 시트의 강도 상승 및 살균효과에 관한 연구를 보고한 바 있다.

본 연구에서는 재활용 섬유로 구성된 국내 폐골판지 상자의 이용 가치를 향상시키고, 강화되는 국제 환경 규제에 대응방안을 마련하기 위한 기초연구로서 골판지 상자 생산 시 사용되는 재활용 섬유상 원료의 물리적 특성을 분석하고 중금속과 증발잔류물 함량을 분석하여 중금속 함량은 저감시키면서 강도가 우수한 친환경 고품질 골판지 상자 생산에 적합한 원료로서 재활용 섬유의 적용 가능성을 평가하였다.

# 2. 재료 및 방법

## 2.1 공시재료

본 실험에 사용한 섬유상 원료로는 골판지 원지 제조 공정에 사용하는 압축베일에서 분류한 KOCC (Korean old corrugated container), AOCC(American

Table 1. Stock treatment conditions for recycled raw materials

Raw materials	Stock treatment conditions
Control	recycled fiber stock after repulping
Process A	recycled fiber stock after screening and beating
Process B	recycled fiber stock after screening and beating, then addition of dry strength resin(1% in o.d.)

old corrugated container) 및 크라프트 지대용지를 사용하였다. KS M ISO 5264-1에 따라 해리, 정선 및 고해 과정을 실시하여 고해도를 450±10 mL CSF로 조절하였다. 또한 건조지력 증강제로 B사의 양이온성 PAM (분자량 1.3 × 10<sup>7</sup> g/mol, Charged group 10%)를 사용하였다. 공시재료로 사용한 지료의 처리 조건을 요약하면 Table 1과 같다.

## 2.2 실험방법

### 2.2.1 재활용 섬유의 특성 분석

KOCC, AOCC, 재활용 크라프트 지대로부터의 재활용 섬유의 여수성을 분석하기 위해 KS M ISO 5267-2 및 TAPPI Useful Methods UM 256에 의거하여 여수도 및 보수도를 측정하였다.

### 2.2.2 수초지 제조 및 초지 특성 분석

3 종류의 재활용 섬유를 해리, 정선, 고해를 실시하고 Table 2에 나타낸 조건에 따라 재활용 섬유 혼합비율을 조절하였다. AOCC와 크라프트지대에 비해 상대적으로 섬유성상이 조악하다고 판단되는 KOCC의 혼합비율이 50%를 초과하지 않도록 설정하였으며, Table 2의 혼합 조건에 따라 지료 조성 후 RDA(Retention and drainage analyzer, GIST)를 이용하여 평량 100±5 g/m<sup>2</sup>의 수초지를 초지한 후 물리적, 강도적 특성을 평가하고 유해물질의 함량을 분석하였다. 초지과정에서 탈수된 백수의 탁도 및 FAP(final air permeability)를 측정하여 혼합 지료의 보류도와 탈수성을 분석하였다. 초지 시 전건섬유 대비 건조지력증강제를 1%, 2%를 각각 첨가하였으며 RDA에서 10초 동안 800 rpm으로 교반 후 초지하였다.

**Table 2. Stock preparation for sheet-making with recycled fibers**

Mixing ratio of recycled fibers			
KOCC : Kraft sack		KOCC : AOCC	
100	0	100	0
90	10	80	20
80	20	50	50
60	40	20	80
50	50		
0	100	0	100

### 2.2.3 수초지의 강도적 특성 분석

2.2.2에 따라 초지된 시트를 온도 23±1℃, 상대습도 50±2%의 항온항습 조건에서 24시간 이상 조습 처리한 후 KS 표준시험법에 따라 파열강도(KS M ISO 2758), 압축강도(KS M ISO 12192)를 평가하였다.

### 2.2.4 중금속 분석 및 증발잔류물 평가

재활용섬유 혼합비율에 따른 수초지의 중금속 함량 및 증발잔류물 함량 측정을 통해 유해물질 함유량을 분석하였다. 중금속의 경우 Pb, Cd, Cr<sup>6+</sup>, Hg 이상 4대 중금속을 측정하였으며, 중금속 분석에 따른 유기물 전처리 산분해 과정은 김<sup>12)</sup> 등이 제시한 선행연구 방법에 따라 실시하였으며, 이 때 각 원소의 회수율은 Pb, Cd의 경우 95% 이상, Hg의 경우 96% 이상, Cr<sup>6+</sup>는 90% 이상이었다.

증발 잔류물의 경우 식품의약품안전청에 고시된 ‘기구 및 용기·포장의 기준 및 규격’<sup>13)</sup>에 의거하여 분석하였다. 증발 잔류물 용출 시 사용한 용매는 증류수이며 25℃ 항온수조에서 10분간 용출시켰다. 그 후 미리 정량한 비커에 여과한 후 증발건조 시켰으며 다음 식을 이용하여 증발 잔류물 함량을 계산하였다.

$$Evaporation\ residue\ (mg/L) = \frac{(a - b) \times 1,000}{Sample\ volume,\ mL}$$

*a* = weight of residue, mg

*b* = weight of blank test, mg

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 재활용 섬유의 여수도 및 보수도 특성

재활용 섬유자원을 이용하여 친환경 골판지 상자를 제조하기 위하여 AOCC, KOCC 및 크라프트 지대를 이용하여 해리, 정선, 고해 처리를 하였을 경우 재활용 섬유의 여수도 및 보수도 변화를 분석하였으며 각각의 재활용 섬유의 성상을 통해 강도적 특성 및 고부가가치를 지니는 골판지 원지 제조 조건을 설정하고자 하였다. Fig. 1은 재활용 섬유자원으로써 AOCC, KOCC, 크라프트지 지대에 대한 공정 처리 별 여수도 및 보수도 변화 결과이다. Fig. 1의 (A)는 KOCC 및 크라프트

지 폐지를 원료로 한 재활용 섬유와 AOCC를 원료로 한 재활용 섬유의 여수도 변화를 나타낸 결과이다. 각각의 폐지 원료에 대해 해리 후 공정, 정선 후 공정, 고해 후 공정에서 채취한 재생섬유의 여수도는 전반적으로 증가하였으며, 특히 AOCC 재활용 섬유의 경우 여수도 변화는 현저하게 개선되는 경향을 나타냈으며, KOCC 및 크라프트지 폐지의 경우에는 큰 변화를 나타내지 않았다. Fig. 1의 (B)는 각각의 재활용 섬유에 대한 보수도 특성을 나타낸 것으로써 해리 공정 후 자료보다 정선 처리 후 자료에서 보수도의 뚜렷한 개선 효과를 가져왔으나, 고해 공정 후 AOCC 및 크라프트지대 자료에서는 보수성은 약간 개선되는 결과 또는 KOCC에서는 오히려 보수도가 낮아지는 경향을 나타냈다. 3종의 폐지 중 AOCC 재활용 섬유는 전반적으로 각 공정 별 여수도 및 보수도 특성이 우수하였으며 개선 경향이 가장 뚜렷하게 나타났다. 이러한 결과는 상대적으로 재활용 과정을 많이 거치지 않은 AOCC에서는 섬유 세포벽 수화능력이 우수함을 나타내며, KOCC 및 크라프트지 폐지는 정선 과정을 통한 자료 내에서의 소수성 및 각종 이물질의 제거, 고해 공정을 통한 각질화된 섬유 세포벽의 소섬유화로 인해 여수성 및 보수성의 개선 효과를 나타낸 것으로 사료된다.

### 3.2 재활용 섬유의 탈수 거동

고기능성 친환경 골판지 원지를 제조하기 위해 3종의 폐지를 리사이클 처리한 섬유의 탈수성 및 탁도 변화를 분석하였다. 해리 후의 재활용 자료(Blank), 정선 및 고해 공정 후 자료(Process A), 지력증강제 첨가조

건 자료(Process B)를 준비하여 FAP 및 탁도를 측정하여 Fig. 2에 나타냈다. 자료의 탈수 특성 변화는 RDA를 이용하였으며, 초지 과정에서 백수 탱크 내 진공이 해압되는 정도인 FAP 변화를 측정하였다. FAP가 낮을수록 우수한 탈수 거동<sup>14)</sup>을 나타내며, 폐지의 종류 및 원료의 처리 조건에 따른 차이를 비교하였다.

Fig. 2에서와 같이 KOCC는 AOCC 및 크라프트지대를 해리한 자료와 비교했을 때 현저히 높은 FAP 결과를 나타내 탈수 특성이 매우 불량한 것으로 나타났으며, 정선 및 고해 처리 조건 및 지력증강제를 첨가한 조건에서도 탈수성이 불량함을 알 수 있었다. 이러한 결과는 반복된 재활용 과정을 거치면서 각질화된 미세분의 생성 및 섬유 세포벽의 팽윤 능력 감소 등으로 인해 KOCC 자료가 상대적으로 높은 FAP 결과를 보인 것으로 사료된다. 또한 KOCC와 크라프트지대의 경우 정선 및 고해 처리, 양이온 지력증강제 첨가 조건에 따라 지필에 보류되는 미세분이 증가함으로 인해 FAP는 상승하는 경향을 나타냈다.

Fig. 3은 재활용 섬유로 구성된 자료를 이용하여 RDA에 의한 초지 후 백수의 탁도를 측정한 결과이다. 3종의 자료에 대해 정선 및 고해를 실시하고 양이온 지력증강제를 첨가함에 따라 KOCC, 크라프트지대, AOCC 순으로 여액의 탁도는 낮아지는 경향을 나타냈다. KOCC 폐지의 경우, 반복된 리사이클 처리를 통해 각질화된 섬유 미세분이 지층 내에 보류되지 못하고 백수로 유출되어 탁도가 높게 나타난 것으로 사료되며, AOCC와 크라프트지대 폐지의 경우 상대적으로 섬유 성상이 우수하고 미세분 함량도 낮아 비교적 낮은 탁

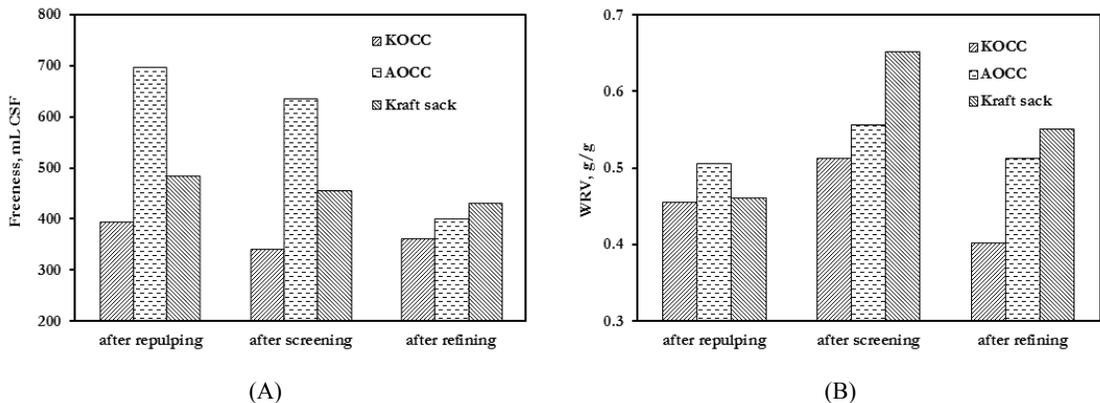


Fig. 1. Changes in freeness(A) and WRV(B) of recycled fiber from AOCC, KOCC, and kraft sacks.

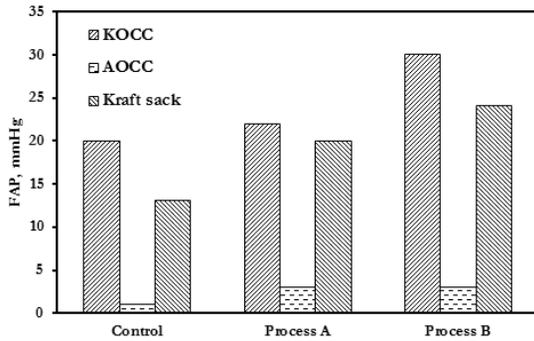


Fig. 2. The Final air permeability(FAP) according to papermaking conditions for repulping (Control), screening-beating treatment(Process A), and then dry strength resin addition (Process B).

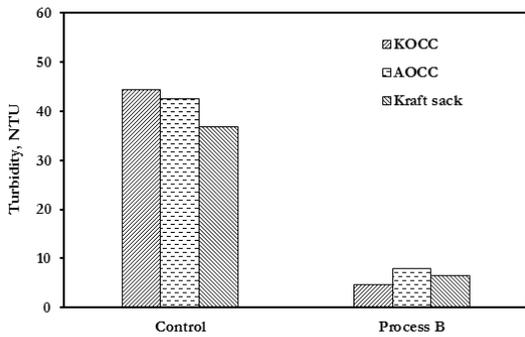


Fig. 3. The turbidity changes in white water after repulping(Control), and screening-beating treatment and then dry strength resin addition (Process B).

도를 나타낸 것으로 사료된다. 또한 고해 및 약품첨가에 따른 섬유간 응집, 결합면적 상승 등에 따른 미세 섬유 성분들의 보류도 개선에 의한 결과로 사료된다.

### 3.3 재활용 섬유원료의 초지 조건에 따른 시트의 물리·강도적 특성

폐지원료를 이용하여 고강도 특성을 내기 위해 재활용 섬유의 기계적 및 약품 처리를 행한 다음 각각 수초지를 제조하여 시트의 물리·강도적 특성을 평가하였으며, 그 결과를 Figs. 4~6에 나타냈다. 고강성 친환경 골판지 원지 생산조건으로서 재활용 폐지 원료를 해리 한 후 정선 및 고해 처리, 지력증강제를 검토하였다. KOCC 및 AOCC, 크라프트 지대 폐지를 해리시킨 후 정선공정을 통해 이물질질을 제거하였으며, 고해를 통한 섬유

표면의 소섬유화 및 유연성을 개선시켜 물리적 강도 증강 효과를 유도 하였다. 아울러 수용성 고분자를 이용한 섬유간 결합력을 유도하기 위해 지력증강제를 적용 하였다.

Fig. 4는 재활용 섬유의 종류 및 초지 조건에 따른 시트의 bulk 변화이다. KOCC는 해리(Control), 정선 및 고해 조건(Process A), 지력증강제 첨가 조건(Process B)에서와 같이 지료의 공정처리 조건에 따라 bulk 변화가 크게 나타나지 않았으나, AOCC와 크라프트 지대에서는 동일한 공정조건으로 처리 하였을 경우 bulk 특성은 크게 감소하는 경향을 나타냈으며, 특히 AOCC의 경우 정선, 고해처리에 따라 현저한 bulk 저하를 나타내 KOCC의 정선, 고해처리 조건과 유사한 특성을 보였다. 또한 정선 및 고해처리 시료에 지력 증강제를 첨가(Process B)했을 경우 KOCC 및 AOCC에서는 bulk의 개선효과를 가져왔으나, 크라프트 지대 폐지에서는 개선효과가 크지 않았다.

Fig. 5~6은 재활용 섬유의 종류 및 초지 조건에 따른 시트의 파열강도, 압축강도 결과로서 크라프트 지대 폐지와 AOCC 재활용 섬유로 초지한 시트가 KOCC 재활용 섬유로 초지한 시트에 비해 강도 특성이 우수함을 알 수 있었다. 이러한 결과는 재활용 회수의 이력을 알 수 없는 KOCC에 비해 크라프트 지대 및 AOCC에서 상대적으로 재활용에 따른 섬유의 성상이 우수함을 나타내며, 또한 정선과정을 통한 재활용 섬유 내의 소수성 이물질 제어 및 고해를 통한 섬유의 유연성, 수화

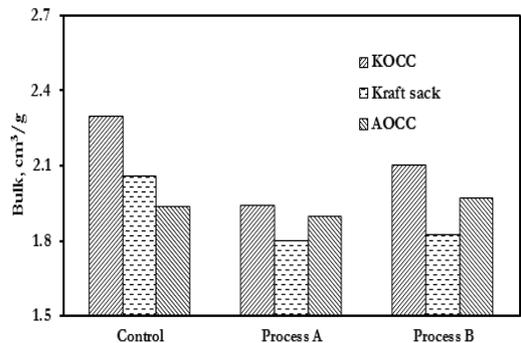


Fig. 4. The bulk properties of sheets according to papermaking conditions for repulping (Control), screening-beating treatment(Process A), and then dry strength resin addition (Process B).

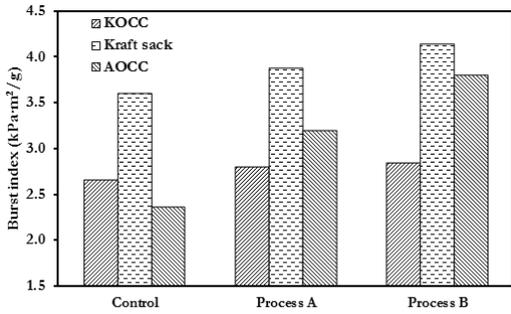


Fig. 5. The burst strength properties of sheets according to papermaking conditions for repulping(Control), screening-beating treatment (Process A), and then dry strength resin addition(Process B).

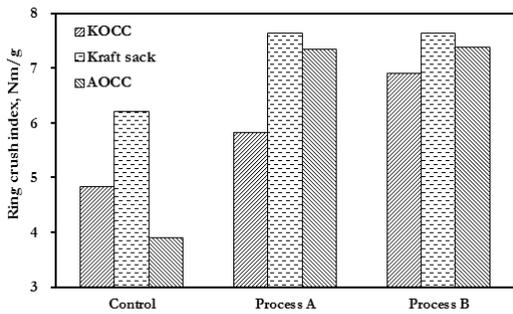
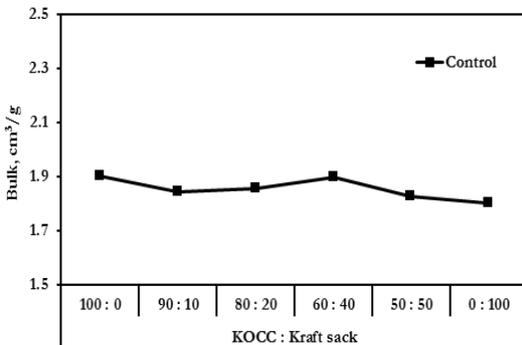
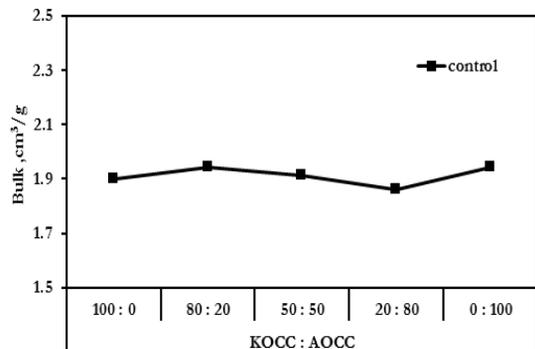


Fig. 6. The compression strength properties of sheets according to papermaking conditions for repulping(Control), screening-beating treatment (Process A), and then dry strength resin addition(Process B).



(A)



(B)

Fig. 7. The bulk properties of sheet according to mixed stock conditions for KOCC and kraft sack(A), and KOCC and AOCC(B).

능력의 향상, 건조지력 증강제의 첨가에 따른 섬유간 결합력 상승에 기인한 것으로 사료된다.

### 3.4 재활용 섬유의 혼합비 조절을 통한 시트의 물리적 특성 변화

우리나라의 경우 라이너와 골심지 제조 시 섬유원료의 주요 원천은 재활용 폐지로서 KOCC, AOCC 및 크라프트 지대 등이 높은 비율을 차지하고 있다.<sup>10)</sup> 따라서 친환경, 고강도 특성을 유지하기 위한 라이너 및 심지를 제조하기 위한 방안으로서 재활용 섬유의 혼합비를 조절하여 종이의 강도적 특성 최적화 및 환경성 개선을 유도하고자 하였다. 본 연구에서는 재활용 섬유의 조성 비율에 따른 시트의 특성을 파악하기 위해 KOCC, AOCC, 크라프트 지대를 해리, 정선, 고해한 다음 Table 2의 조건으로 혼합하여 지료를 조성하고, 건조지력 증강제인 C-PAM 첨가에 따른 시트의 물리적, 강도적 특성 변화를 비교 분석하였다. Fig. 7~9는 KOCC와 크라프트 지대 및 KOCC와 AOCC를 각각 중량비로 혼합함에 따른 시트의 bulk, 파열강도 및 압축강도 특성 결과이다. Fig. 7의 결과에서와 같이 KOCC, 크라프트 지대 및 AOCC 등 각각의 지료조성비에 따라 혼합하여 초지한 시트의 Bulk 변화는 뚜렷한 차이를 나타내지는 않았지만, KOCC 비율이 높을수록 bulk 특성이 높은 경향을 나타냈으며, Fig. 8 및 9는 bulk와 동일 조건의 지료조성비에 따른 파열강도 및 압축강도의 특성 변화를 나타낸 결과로서, 골판지 원지의 주요 폐지자원인 KOCC를 기준으로 AOCC 및

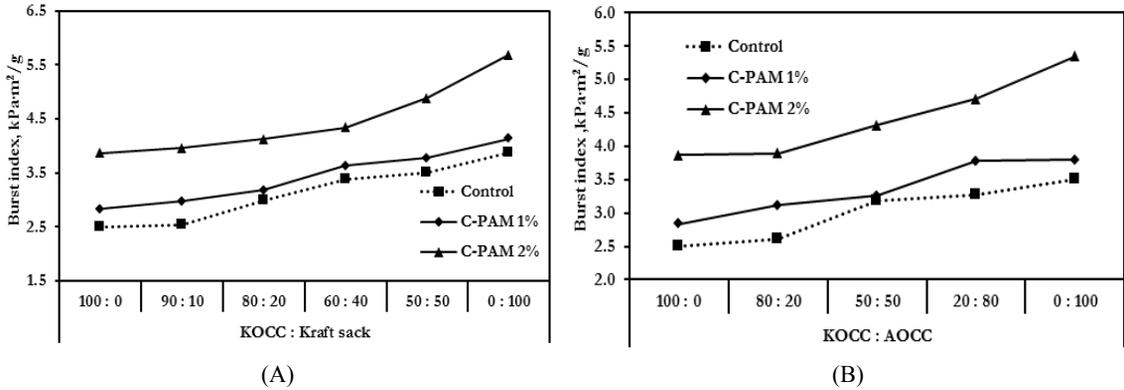


Fig. 8. The burst strength properties of sheet according to mixed stock conditions for KOCC and kraft sack(A), and KOCC and AOCC(B).

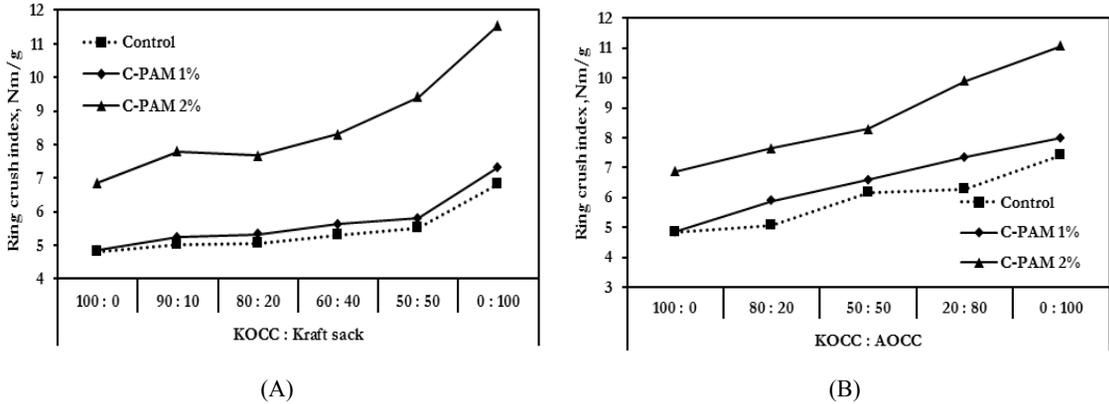


Fig. 9. The compression strength properties of sheet according to mixed stock conditions for KOCC and kraft sack(A), and KOCC and AOCC(B).

크라프트 지대의 혼합 조성비를 상대적으로 증가시키기에 따라 시트의 강도특성은 현저히 감소하는 경향을 나타냈다. 이는 KOCC 원료의 재활용 섬유의 경우 AOCC 및 크라프트 지대 원료의 섬유에 비해 다수의 재활용 공정을 거치면서 건조-재습윤-건조 과정이 반복됨에 따라 섬유 자체의 팽윤성 및 유연성이 저하되는 각질화(hornification)된 섬유 및 미세분 생성에 의한 섬유 간 결합력 저하에 의한 것으로 사료된다.<sup>15)</sup>

### 3.5 재활용 섬유의 혼합비에 의한 중금속 함량 및 증발 잔류물 분석

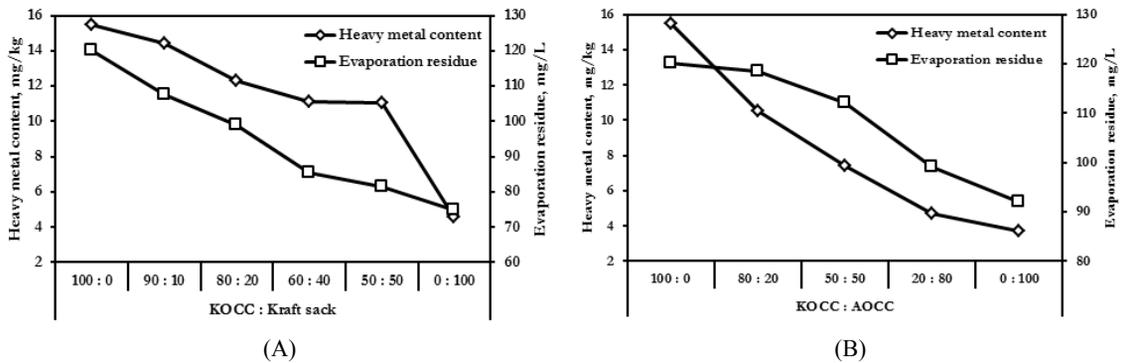
EU 및 세계 각국에서 포장재에서의 규제 대상물질인 4대 중금속은 납, 카드뮴, 수은, 6가 크롬으로서 이들은 존재형태에 따라 인체 및 환경에 영향을 미치는 독

성이 다르다. 납과 카드뮴의 경우 이온 형태로 인체 및 환경에 노출될 경우 누적독성을 나타내는 경향이 있으며, 수은은 2가 양이온의 형태로 존재할 경우 인체 장기 및 생태계 생물에 피해를 야기한다. 또한 6가 크롬은 대부분의 국가에서 엄격한 규제가 적용되는 맹독성 물질로서 수출입 상품 뿐 아니라 식품, 문구 등의 단위포장 제품용 골판지 상자 원지에 있어서도 매우 중요한 유해 물질 중 하나이다.<sup>16)</sup> 증발잔류물은 식품용 기구 및 포장 용기로부터 용출될 수 있는 물질 중 휘발되지 않고 잔존하는 비휘발성 물질을 의미하며, 골판지 포장재에 잔존할 경우 인체에 좋지 않은 영향을 미칠 수 있는 가능성을 내포하고 있다.<sup>17)</sup>

Table 3는 압축폐지 베일에서 분리한 각각의 재활용 폐지로부터 시료 채취한 섬유의 중금속 함량 결과이

**Table 3. Heavy metal contents in recycled paper**

Materials	Content ( mg/kg)			
	Pb	Cd	Cr <sup>6+</sup>	Hg
KOCC	30~40	2~6	<1~3	< 1
Kraft sack	5~15	1~5	< 1	< 1
AOCC	10~20	1~5	< 1	< 1



**Fig. 10. The total contents of heavy metals and evaporation residues according to mixed stock conditions for KOCC and kraft sack(A), and KOCC and AOCC(B).**

며, Fig. 10은 재활용 섬유를 각각의 조성비로 혼합시켜 초지한 시트의 중금속 함량 및 증발잔류물 분석 결과이다. Table 3에서와 같이 3종의 폐지 자원 중에서 납 함량이 가장 높게 나타났으며, 카드뮴은 2~6 mg/kg 정도로 미량 잔존하였고 6가 크롬 및 수은은 극미량이 검출되었다. 또한 Fig. 10에서와 같이 폐지의 지료조성 조건에 따라 KOCC의 비율이 높아질수록 중금속 함량 및 증발 잔류물 함량이 증가하였으며, 이는 Table 2의 결과에서와 같이 재활용 섬유 자체에서 유발되는 유해물질의 총량 농도가 타 지종에 비해 높기 때문인 것으로 사료된다. KOCC의 경우 수회에 이르는 재활용 이력에 따라 유통경로 및 재활용 수집과정의 불투명성으로 인해 유해물질의 유입 가능성이 상대적으로 높으며, 이에 따라 KOCC를 주원료로 사용하는 지종의 경우 중금속 및 증발잔류물의 함량이 증가할 것으로 판단된다. 따라서 유해물질 저감형 친환경 골판지상자 개발을 위한 폐지원료로서 재활용 섬유를 활용을 높이기 위해서는 KOCC 폐지의 정선효율 증대 및 보관, 관리 상태의 청정화 뿐 아니라 재활용 섬유의 배합 비율 조절을 통한 종이의 물성개선 및 유해물질의 제어 방안을 고려하여야 한다고 판단된다.

또한 증발 잔류물 함량은 최고 120 mg/L로서 다량이 검출되었으며, 이는 라이너 및 골심지 제조 시 지력 증강 및 층간결합력 개선을 위해 첨가한 전분 물질의 영향으로 사료된다. 따라서 증발 잔류물질의 전분 가능성을 확인하고자 요오드-요오드화 칼륨 용액을 이용한 전분의 존재 유무를 판단하였으며, 그 결과 증발 잔류물질이 청남색으로 발색되어 다량의 전분이 증발 잔류물 내에 존재함을 확인하였다. 따라서 증발 잔류물 함량은 전분 정량을 통한 보정이 필요할 것으로 판단된다.

### 4. 결론

최근 우리나라는 세계 각국과의 자유무역협정의 체결 및 친환경 생활용품 포장재의 수요가 급격히 증가되고 있어 국제 환경규제에 따른 환경 친화적 골판지상자의 개발 필요성이 요구되고 있다. 그러나 국내에서 골판지 원지를 생산하기 위해 사용되는 주 섬유상 원료는 재활용 폐지 자원으로서, 이들에 대한 재활용 섬유 특성 및 환경성 분석이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 골판지 원지 제조에 사용되는

압축 폐지 베일로부터 KOCC, AOCC, 크라프트 지대 등 재활용 폐지 주요 3종을 선정하여 섬유 특성 및 중금속 함량, 증발 잔류물 분석을 통해 친환경 골판지 상자 제조를 위한 적합성을 평가하였다. 3종의 재활용 폐지 중 KOCC의 섬유 특성 및 물리적·강도적 성질이 AOCC 및 크라프트 지대 폐지에 비해 조악하였으며, 중금속 및 증발 잔류물 함량 또한 매우 높은 결과를 나타냈다. 재활용 폐지의 원료 혼합비를 달리하여 지료 조성 한 시트를 초치하고 물리적·강도적 특성 및 환경성을 분석한 결과 원료 내 KOCC의 비율이 감소하고 크라프트 지대 및 AOCC 재활용 섬유의 비율이 증가할수록 골판지 포장재의 주요 특성인 파열강도 및 압축강도 등이 개선되었으며, 중금속 함량과 증발 잔류물도 감소되는 결과를 보였다. 따라서 재활용 폐지의 원료 조성 시 상대적으로 섬유의 성상이 조악하고 유해물질 함량이 높은 KOCC의 비율을 조절하여 크라프트 지대와 AOCC 조성을 최적화 한다면 고품질의 환경 친화적 골판지 상자 생산을 위한 재활용 섬유의 이용가치를 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

## 사 사

본 연구는 중소기업청에서 지원한 2012년 중소기업 공통기술개발 사업의 ‘친환경 골판지 상자 제조기술 개발 과제’의 지원으로 수행되었습니다.

## Literature Cited

- Trace of contamination pathway of hazardous substance in paper packaging material and standardization of analysis methods, Annual report of Development of clean manufacturing technology, Ministry of knowledge economy, pp. 61-65 (2009).
- Lee, T. J., Ko, S. T., Kang, K. H., and Kim, H. J., Evaluation of wastepaper bale compositions and their properties for board grade paper, J. Korea TAPPI, 41(4):82-90 (2009).
- Ji, K. R., Ryu, J. Y., Shin, J. H., Song, B. K., and Ow, S. K., Improvement of Dainage and Strength Properties of Testliner by Successive Treatments of Flotation and Mixed Enzyme, J. Korea TAPPI, 31(1):10-16 (1999).
- Seo, H. I., Ryu, J. Y., Shin, J. H., Song, B. K., and Ow, S. K., Improvement of Strength and Optical Properties of Testliner by Successive Treatments of Flotation and Kneading, J. Korea TAPPI, 31(1):17-18 (1999).
- Ko, S. T., Lee, T. J., Park, J. H., and Kim, H. J., Study on the Pre-treatment for Quantitative Analysis of Mercury in Paper Packaging Materials, J. Korea TAPPI, 42(5):67-73 (2010).
- Said, A., Gary, S., and John, K., Fiber Fractionation as a Method of Improving Handsheet Properties After Repeated Recycling, TAPPI 1994 Recycling Symposium, TAPPI Press, Atlanta, p. 309 (1994).
- Curt, L., Staffan, P., Björn, P., Jan, B., and Alf, G., Upgrading of OCC Pulp by Fractionation. Results from Laboratory, Pilot and Full-Scale Tests, TAPPI 1995 Recycling Symposium, TAPPI Press, Atlanta, p. 131 (1995).
- John, F. W., and Ye, X. L., Improving the Fines Performance of Recycled Pulps, TAPPI 1995 Recycling Symposium, TAPPI Press, Atlanta, p. 103 (1995).
- Jawed, M. S., David, R. C., and Edward, J. H., Applying enzymes and polymers to enhance the freeness of recycled fiber, TAPPI J., 78(2):89-95 (1995).
- Pommier, J. C., Fuentes, J. L., and Goma, G., Using enzymes to improve the process and the product quality in the recycled paper industry. I: The basis laboratory work, Tappi J. 72(6):187-191 (1989).
- Levente, C., Veronika, N., George, G., Suzana, D. B., Dušan, K. B., and Vladimir D., Mechanical behavior of recycled cellulose fibers modified by silver nanoparticles, 2010 TAPPI International Conference on Nanotechnology for the Forest Product Industry, Tappi&FPS, Espoo, Finland, pp. 27-29 (2010).
- Lee, T. J., Kim, H. J., Ko, S. T., and Kang, K. H., Studies on the analysis of chromium(VI) in paper, Proceeding of spring conference of the KTAPPI, pp. 36-44 (2010).
- Ministry of food and drugs safety, Standard and rule for packaging of utensil (2012).
- Jeon, C. H., Ryu, J. Y., Song, B. K., Seo, Y. B., and Chung, S. H., An Instance of Selecting Retention Chemicals Based on Simultaneous Analysis of

- Retention, Drainage and Formation of RDA (Retention and Drainage Analyzer) Sheets, *J. Korea TAPPI*, 42(3):7-13 (2010).
15. Yeo, S. K., Ji, K. R., Ryu, J. Y., Shin, J. H., Song, B. K., and Seo, Y. B., The effect of flotation conditions on the efficiency of KOCC fractionation and principles of fines fractionation, *J. Korea TAPPI*, 32(4):18-26 (2000).
16. Lee, T. J., Studies on the conditions of pre-treatment for analysis of heavy metal in paper materials, pp. 8-14, Thesis of Master degree, Kookmin University, Korea (2008).
17. Birgit, A., KCL, Minna, V., Stora E. O., Packaging B., and Henry, L., Stora, E. O., Migration from ovenable boards at high temperatures, *Nordic pulp and paper research journal*, 15(2):150-154 (2000).