

산업용지 제조용 압축폐지 베일의 분석 및 섬유 특성 평가

이태주 · 고승태 · 강광호 · 김형진[†]
(2009년 10월 25일 접수: 2009년 12월 17일 채택)

Evaluation of Wastepaper Bale Compositions and their Fiber Properties for Board Grade Paper

Tai-Ju Lee, Seung-Tae Ko, Kwang-Ho Kang and Hyung-Jin Kim[†]
(Received October. 25, 2009; Accepted December. 17, 2009)

ABSTRACT

It is very important to utilize effectively fibrous waste paper in terms of cost savings, environmental effects, and governmental policies. The quality of final products and runnability of papermaking process are primarily affected by constitutions of fibrous raw materials. In specific, board grade paper depends directly on compositions of waste paper bales. At present, the raw materials of board grade paper are mainly derived from lots kinds of wastepaper. Some papermaking countries, like EU, USA and Japan have advanced classification and management systems of recycled fiber, but Korea has not yet organized systematically.

In this study, evaluation of wastepaper bale compositions and their fiber properties were carried out for effective utilization of fibrous raw materials for board grade paper production. 3 kinds of wastepaper bales were classified to fibrous or non-fibrous materials. In case of fibrous materials, KOCC, kraft sack paper and white duplex board matters were main component in total weight basis, and in case of non-fibrous materials, vinyl, plastic and cloth matters were main component, in turns. 3 representative kinds of waste paper were disintegrated and classified, and then prepared to handsheet for evaluation of recycled fiber property. Consequently, fines and ash content of waste paper, isolated from KOCC and white duplex board were higher than that of kraft sack paper. pH values of all kinds of waste fibers were neutral or weak alkaline.

Keywords : *wastepaper bale, classification, recycled fiber, linerboard, KOCC*

• 국민대학교 임산공학과 (Dept. of Forest Products, Kookmin University, Seoul, 136-702, Korea)

† 교신저자 (Corresponding author) : hyjikim@kookmin.ac.kr

1. 서론

포장 소재 중 약 50%를 차지하고 있는 골판지는 라이너와 골심지로 이루어진 구조체이다. 골판지를 구성하는 원지조성 및 원지의 물리적, 기계적 특성은 포장재의 기능성에 직접적으로 영향을 미치는 중요한 인자이다. 2008년 기준 우리나라의 지류 총 생산량 11,560 MT 중에서 골판지 원지의 국내 생산량은 총 3,802 MT 으로서 약 32% 이상을 차지하고 있다. 또한 산업용지 중 지류포장재 제조에 사용되는 섬유상 원료의 약 85%는 폐지를 재활용하여 사용하고 있으며, 이 중 골판지 원지는 주로 국산 골판지 폐지가 주원료이기 때문에 국산 골판지 폐지를 비롯한 재활용 섬유의 비율이 특히 높은 특징을 지니고 있다.¹⁾ 유럽 각국을 비롯한 일본, 미국과 같은 제지산업 선진국에서는 폐지 유통경로의 단순화를 통한 효율적인 폐지의 분류 및 관리 시스템이 구축되어 있으며 이를 기반으로 골판지 원지와 같이 재생섬유를 이용하여 제조되는 지종의 생산 시 공정 내 투입되는 이물질 및 섬유의 종류를 제어할 수 있는 시스템을 구축하고 재활용 섬유의 효율성을 극대화하기 위한 노력을 기울이고 있다. 일본의 경우 폐지재생축진센터의 관리 하에 회수 폐지와 산업용 폐지로 분류하여 수집한 다음 직납업자에 의해 품종 분류 별로 분류하고 압축폐지 베일로 포장하여 제지사로 공급하고 있다. 미국은 도시 고형폐기물(Municipal Solid Waste, MSW) 내에 폐지의 범위를 설정하고 이에 따른 재활용 시스템을 구축하여 수거과정 및 이용에 관한 일체를 관리하고 있다. 또한 USEPA(United States Environmental Protection Agency)의 관리 하에 각 주(州)마다 재활용 시장개발 지역을 설정하고 회수된 제품을 이용하여 생산된 제품의 우선 구매권을 할당하는 정책으로 폐지 및 재활용 가능한 자원의 효율적 이용을 주도하고 있다. 이에 따라 주정부는 조세감면, 재활용 보조금, 직업훈련, 기술지원, 신속 허가 처리 등의 다양한 정책으로 재활용 기업을 지원하고 있다. 그러나 국내에서 발생하는 폐지는 국내의 수요와 공급 여건에 따라 급격한 가격 변동 및 수급 불안정 현상을 보이고 있으며 국내 폐지가 중국을 비롯한 다른 나라로 수출됨에 따른 폐지 수급에 대한 문제점이 나타나고 있다.^{2,3)}

현재, 우리나라의 골판지 상자 생산에 사용되는 섬

유상 원료의 대다수는 폐지를 압축 베일 형태로 가공하여 유통하고 있다. 그러나 폐지의 배출에서부터 제지업체에 납품되는 과정이 매우 복잡하여 원료의 이용에 있어서도 효율적이지 못한 한계점을 드러내고 있으며 재생섬유 및 이물질의 투입량을 최소화할 수 있는 폐지 등급 시스템 및 분류 체계가 확립이 되어 있지 않아 폐지 내의 섬유상 물질 및 이물질의 종류나 그 양의 파악이 어려울 뿐만 아니라 재활용에 있어서도 비효율적인 측면이 있다. 이에 따라 다량으로 유입되는 재활용 섬유는 공정 내에서 각종 문제점을 유발하고 있으며 천연 펄프를 이용하여 제조된 제품에 비하여 물리적, 광학적 특성이 저하되는 단점이 있다.^{4,5)}

따라서 본 연구에서는 국내 지류포장재 생산에 사용되는 압축폐지 내 섬유상 및 비섬유상 물질을 분리하여 압축 폐지의 구성 성분을 분석하고 골판지 상자를 구성하는 라이너지 및 골심지 생산 시 주요 원료로 사용될 수 있는 KOCC, 지대용지류, 백판지류의 물리적·광학적 특성을 평가함으로써 지류포장재 생산 시 원료로 사용할 수 있는 재생섬유의 효율적 활용을 위한 기초자료로 활용하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시재료

경기도 시흥시 소재 골판지 원지를 생산하고 있는 M사에 입하된 KOCC, mixed OCC, kraft sack paper 등 3 종류의 압축폐지를 각각 3 베일씩 분양받아 폐지의 물질 분석 및 재활용지의 물리적·광학적 특성분석에 사용하였다.

2.2 실험방법

2.2.1 압축폐지의 물질 분류

Fig. 1과 같은 압축폐지 중에서 3 종류의 베일 내에 포함되어 있는 종이류 및 비종이류 물질에 대하여 Fig. 2에서와 같이 압축베일을 해체하여 각각 세분류를 실시하였고 중량에 따른 각 지종별 점유율을 조사하였으며 KS M 7610의 폐골판지 규격⁶⁾에 의거하여 적합성을 판단하였다.



Fig. 1. Waste paper stored in stock yard of paper mill.



Fig. 2. Classification of waste paper from bales.

2.2.2 압축폐지 내 섬유상 물질의 특성 평가

3 종류의 압축폐지 베일 내 섬유상 물질 중 점유율이 높은 KOCC, kraft sack, coated white duplex board

를 별도 분류하여 폐지섬유의 특성 평가를 위한 원료로 사용하였다. 선택된 3 종류의 지종을 이용하여 농도 1.2%, 온도 50 °C의 조건으로 50,000 revolution의 조건으로 해리한 다음 NaOH를 전건섬유 대비 3%를 투입하여 해리 시 섬유에 미치는 영향을 탐색하였다. 해리가 완료된 지료의 pH, 여수도(KS M ISO 5267-2), 미세분 함량, 보수도(KS M ISO 23714) 및 회분(KS M ISO 1762)을 측정하여 각 지종 별 섬유 특성을 분석하였으며, 평량 60 g/m²의 수초지를 제작하여 인장강도(KS M ISO 1924-3), 파열강도(KS M ISO 2758), 내절도(KS M ISO 5626) 등의 강도적 특성 평가 및 백색도(KS M ISO 2470), L, a, b value(KS M ISO 5631)을 측정하여 광학적 특성을 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 압축폐지의 물질 분류

3.1.1 KOCC 압축폐지

Table 1은 KOCC 압축베일로부터 분류한 폐지의 분석 결과이다. KOCC 압축베일의 총 무게는 기건상태로 1148.2 kg이었고, 이 중 종이류의 무게는 KOCC 압축폐지 무게의 99.1%를 차지했으며 비종이류의 무게는 0.1% 비율을 나타냈다. 종이류의 경우 골판지 폐지가 58.3%로 가장 높은 비중을 나타냈으며 백판지류, 코팅폐지류 등의 순으로 구성되어 있었다. 비종이류의 경우 비닐수지계가 37.9%로 가장 높은 점유율을 나타냈고 그 외 금속류, 유리류 등의 물질로 분석되었다.

Table 1. Constitutions of waste materials in KOCC bale

Paper Materials		Non-paper Materials	
Class	Ratio, %	Class	Ratio, %
KOCC	58.3	Vinyl	37.9
White duplex Board	32.3	Cloth	18.2
Coated paper	7.8	Glass	10.6
Kraft sack paper	0.4	Metal	7.6
Others	11.0	Others	26.7

3.1.2 혼합 OCC 압축폐지

Table 2는 혼합 OCC 압축베일로부터 분류한 폐지의 구성비를 나타낸 결과이다. OCC 압축폐지의 무게는 기건상태로 총 650.6 kg이었고 이 중 종이류의 무게는 혼합 OCC 압축폐지 무게의 99.1%를 나타냈으며, 비종이류의 무게는 약 0.1%의 비율을 나타냈다. OCC 압축폐지 내 종이류를 구성하고 있는 물질로는 골판지 폐지가 68.7%로 가장 높은 점유율을 보였으며 그 외 백판지류, 펄프 몰드류, 신문지류 등으로 구성되어 있었으며, 비종이류를 구성하고 있는 물질로는 비닐수지류와 플라스틱류로 분석되었다.

3.1.3 Kraft sack paper 압축폐지

Table 3은 지대류 압축베일로부터 분류한 폐지를 구성하고 있는 종이류 및 비종이류 물질의 분석 결과이다. 지대류 압축폐지의 총 무게는 기건상태로 928.7 kg이었으며, 이 중 종이류의 무게는 928.0 kg, 비종이류는 0.7 kg이었다. 종이류를 구성하고 있는 물질로는 지대류가 99.8%로 대부분을 구성하고 있

었으며 나머지 비종이류는 비닐수지류로 구성되어 있었다.

3.1.4 압축폐지의 구성성분 분석

공시재료로 사용하기 위해 분양받은 M사에서 골판지 원지를 생산하기 위해 가장 많은 양을 사용하고 있는 폐지원료로서 KOCC, 혼합 OCC 및 지대류 압축베일로부터 분류한 폐지 내 섬유상 원료와 이물질의 구성 비율을 Table 4에 나타냈다. 3 종류의 주요 압축베일을 구성하는 폐지 성분 중 종이류는 중량 구성비로서 99.9%를 나타냈고, 비종이류는 0.1%를 나타냈다. Table 5에 나타낸 바와 같이 종이류를 구성하는 주요 물질들의 구성 비율을 분석한 결과 KOCC, kraft sack paper, white duplex board, coated paper 등의 순으로서 산업용지 생산에 사용되는 국내 발생 폐지의 주원료는 폐골판지 상자류와 폐지대류인 것으로 판단된다. 따라서 향후 산업용지의 재활용 폐지 비율을 높이고 섬유상 물질의 품질을 향상시키기 위해서는 산업용지 용도의 폐지류 분류방법을 등급화 및 체계화할 필요성이 대두된다. 또한 비종이류를 구성하는

Table 2. Constitutions of waste materials in mixed OCC bale

Paper Materials		Non-paper Materials	
Class	Ratio, %	Class	Ratio, %
OCC	68.4	Vinyl	58.3
White duplex Board	26.6	Plastic	41.7
Pulp mold	2.0		
Paper branched pipe	1.9		
Kraft sack paper	0.6		
ONP	0.1		
Others	0.2		

Table 3. Constitutions of waste materials in kraft sack paper bale

Paper Materials		Non-paper Materials	
Class	Ratio, %	Class	Ratio, %
Kraft sack paper	99.8	Vinyl	98.0
Others	1.2	Others	2.0

Table 4. The ratio and weight of paper and non-paper materials in 3 kinds of bales

Bales	Paper materials		Non-paper materials	
	Weight, kg	Ratio, %	Weight, kg	Ratio, %
KOCC	1146.8	99.9	1.3	0.1
Kraft sack paper	928.0	99.9	0.7	0.1
Mixed OCC	650.0	99.9	0.7	0.1

물질을 순위별로 분석하였을 경우 비닐 수지류, 직물류, 플라스틱류 등으로 조사되어 이들이 폐지 내에 혼합되지 않고 별도의 분류방법에 따라 합성수지류 재활용에 사용될 수 있도록 분류시스템의 정립이 필요할 것으로 사료된다. 이상에서와 같이 본 연구에 사용된 압축 폐지 내 비섬유상 물질의 구성 비율과 압축 폐지의 내부와 외부에서 각각 8군데 씩 시료를 채취하여 KS M ISO 11093-3의 시험방법에 의거하여 함수율을 측정된 결과를 KS M 7610에 따라 분석한 결과 3종의 압축 베일 내 이물질의 구성 비율은 KS 규정에 적합하였으나 수분함량의 경우 혼합 OCC 압축폐지

의 수분함량은 약 1~9% 정도 높게 나타났다. 이는 Fig. 3에 나타난 바와 같이 폐지 수집 시스템의 비효율화 및 미비에 따른 폐지베일의 중량 증대를 위한 인위적인 가수행위에 의한 수분함량의 증대로 판단된다.

3.2 압축폐지로부터 분류한 폐지 지종별 섬유 특성

압축폐지로부터 분류한 폐지 지종 중 가장 높은 비율을 차지하는 KOCC류, 백판지류 및 지대류 이용하

Table 5 Classification of paper and non-paper materials in 3 kinds of bales

Ranks	Paper materials	Ratio, %	Non-paper materials	Ratio, %
1	KOCC	41.1	Film	67.2
2	Kraft sack paper	34.5	Plastic	12.6
3	White duplex board	20.1	Cloth	10.1
4	coated paper	3.3	Metal	2.5
5	Pulp mold	0.5	Glass	7.6
6	Paper branch pipe	0.5		

Table 6. Constitution of waste materials in 3 kinds of bales according to KS M 7610

Items	Foreign materials (%)		Moisture contents (%)
	A	B	
KS M 7610 ⁶⁾	≤0.5	≤1.0	≤12.0
KOCC	0.1	0.0	18.8
Kraft sack paper	-	0.1	21.8
OCC	0.05	0.1	13.4



Fig. 3. Water soaked portions in core side of bale.

여 섬유의 해리 특성 및 재활용 수초지를 제조하여 물리적·광학적 특성을 분석하였다.

Table 7은 재활용 폐지 3 종의 pH 및 회분 함량 결과이다. 재활용 폐지 3 종의 pH는 7~8 정도로서 중성 및 약알칼리 영역이었으며 이는 압축 베일에서 분류한 KOCC, 백판지, 지대용지가 중성수초지 시스템에 기인한 것으로 사료된다. KOCC류 및 백판지류에서의 회분 함량은 각각 15.5%와 13.0%로 나타났으며 지대류의 경우 약 3% 였다. 이는 KOCC를 생산하는 원료의 수거, 운반과정 및 라이너지, 골심지 생산 공정에 유입되는 각종 무기 성분들에 의한 것으로 판단되며 백판지류의 경우 top 층 제조 시 사용되는 filler류와 코팅층 pigment류로 인해 높은 회분 함량을 나타낸 것으로 사료된다.

Fig. 5~7에 나타난 바와 같이 압축 폐지 베일 내의 물질 중 가장 높은 비율을 차지하는 KOCC의 경우 미세분 및 회분함량, 여수도는 높았다. Fig. 8~10에 나타난 바와 같이 KOCC의 폐지 섬유를 이용하여 제작한 수초지의 인장강도, 파열강도 및 내절도는 상대적

Table 7. pH and ash contents in 3 kinds of raw materials

	White duplex board	KOCC	Kraft sack paper
pH	8.8	8.3	7.1
Ash content, %	15.5	13.0	3.0

으로 천연 펄프의 구성 비율이 높은 지대용지류 및 백판지류에 비하여 낮았다. KOCC를 구성하고 있는 섬유는 반복된 재생 공정 중 건조-재습윤 과정을 거치면서 세포벽의 각질화(hornification)로 인하여 섬유의 팽윤 능력이 감소함에 따라 유연성이 저하되고 고해시 가해지는 물리적인 힘에 의해 섬유가 쉽게 절단되어⁹⁾ 단섬유 및 미세분을 발생하고 이렇게 발생된 각질화된 미세섬유와 KOCC에 포함되어 있는 무기물 성분이 수초지 제조과정 중 섬유와 섬유 사이의 결합을 방해함으로써 종이의 강도를 저하시키는 주 원인으로 작용한 것으로 사료된다.¹⁰⁾ 결국, 지류 포장재 생산에 사용되는 주 원료인 KOCC를 재활용 하였을 경우 최종 생산품의 품질 및 공정의 효율성 저하가 예상되며 이에 따른 악영향을 최소화하기 위해서는 폐지 수급 단계부터 KOCC 및 각 지종에 따른 원료를 분류하고 처리하는 시스템이 고안되어야 할 것이다.

Fig. 10~13은 3 종류의 재생섬유를 이용하여 제조한 수초지의 백색도, L, a, b value의 측정결과이다. 백판지 재생섬유를 이용하여 제작한 수초지의 백색도와 L 값이 가장 높았으며 a 값과 b 값의 경우 지대류의 재생섬유를 이용하여 제조한 수초지에서 높게 나타났다. 미표백 화학펄프를 원료로 사용하는 지대류의 경우 a 및 b value가 양의 값을 나타냈는데 이는 지대용지의 top 층에 투입되는 염료와 미표백 펄프에 존재하는 잔존 리그닌에 의한 결과로 사료된다. 지대용지 생산 시 주 원료로 사용되는 미표백 펄프에 잔존하는 리그닌은 펄프화 중에 산화되어 방향족 화합물, 퀴논, 칼콘, 자유라디칼, 카테콜 구조와 금속 착화합물 등의 형태를 형성하고 이렇게 형성된 화합물들은 300nm~700nm 사이 영역의 파장을 흡수함으로써¹¹⁾ 색이 나타나게 된다. 반면, 백판지의 경우 잔존 리그닌 및 각종 발색단을 제거하기 위하여 표백처리를 실시한 펄프를 원료로 하여 제조되며 펄프에 비하여 광산란 능력이 우수한 CaCO₃와 같은 백색 안료가 잔존함에 따라 백색도와 L value가 높게 나타난 것으로 사료된다.

NaOH 투입에 따른 3 종류 폐지 섬유의 WRV, 여수도, 미세분 함량, 강도적 성질은 증가하는 경향을 나타냈으나 광학적 성질에 미치는 영향은 크지 않았다. 미세분 함량의 경우 해리 과정 중 KOCC의 섬유 사이의 결합 부분이 이해되기 보다는 KOCC의 섬유 자체

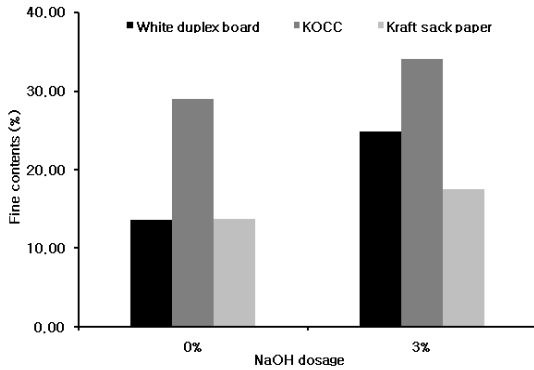


Fig. 4. Changes in fines contents from fibrous materials in 3 kinds of wastepaper bale by NaOH addition.

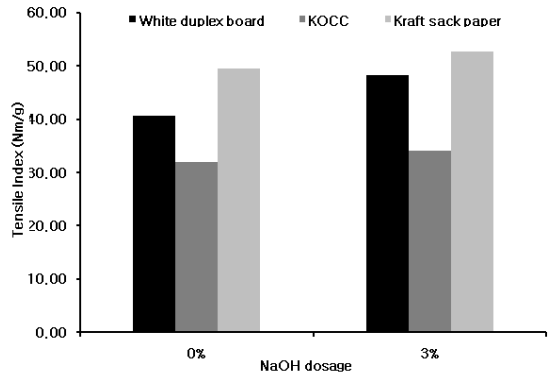


Fig. 7. Changes in tensile index of handsheet produced from fibrous materials in 3 kinds of wastepaper bale by NaOH

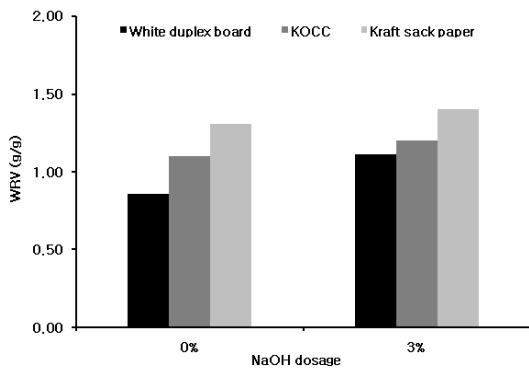


Fig. 5. Changes in WRV contents from fibrous materials in 3 kinds of wastepaper bale by NaOH addition.

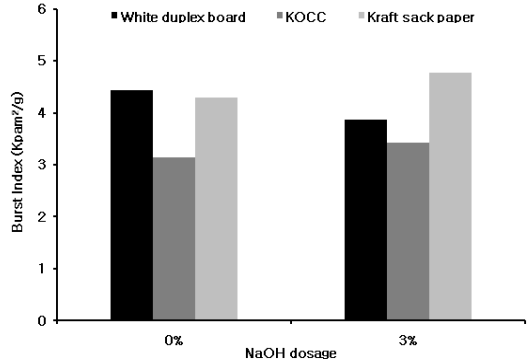


Fig. 8. Changes in burst index of handsheet produced from fibrous materials in 3 kinds of wastepaper bale by NaOH addition.

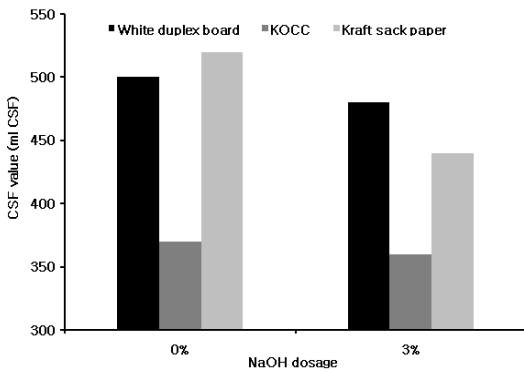


Fig. 6. Changes in freeness from fibrous materials in 3 kinds of wastepaper bale by NaOH addition.

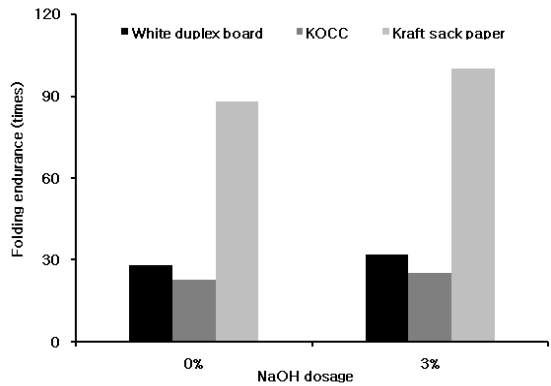


Fig. 9. Changes in folding endurance of handsheet produced from fibrous materials in 3 kinds of wastepaper bale by NaOH addition.

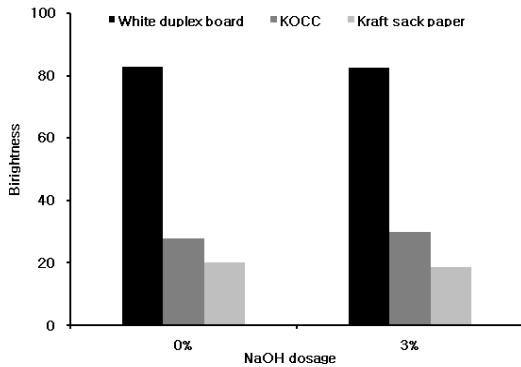


Fig. 10. Changes in brightness of handsheet produced from fibrous materials in 3 kinds of wastepaper bale by NaOH addition.

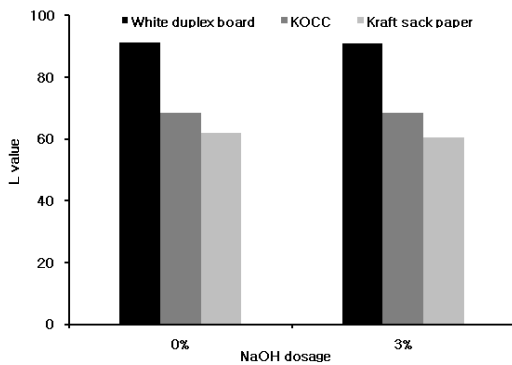


Fig. 11. Changes in L value of handsheet produced from fibrous materials in 3 kinds of wastepaper bale by NaOH addition.

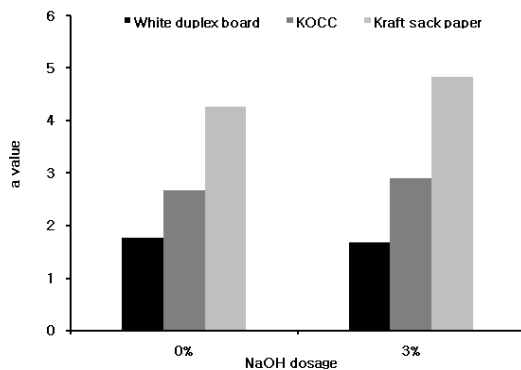


Fig. 12. Changes in a value of handsheet produced from fibrous materials in 3 kinds of wastepaper bale by NaOH addition.

가 절단되거나 손상되면서 발생한 단섬유 및 미세분 함량의 증가에 의하여 나타난 결과로 사료되며⁸⁾ WRV, 여수도, 강도적 성질의 경우 폐지에서 분류한 재생섬유의 해리 과정에서 NaOH의 작용으로 인해 섬유의 내부 피브릴화가 촉진되고 친수성이 향상됨에 따라 섬유가 수분과 결합할 수 있는 능력이 증가하였으며 이로 인하여 섬유 간 결합 면적이 상승하여 나타난 결과로 판단된다.

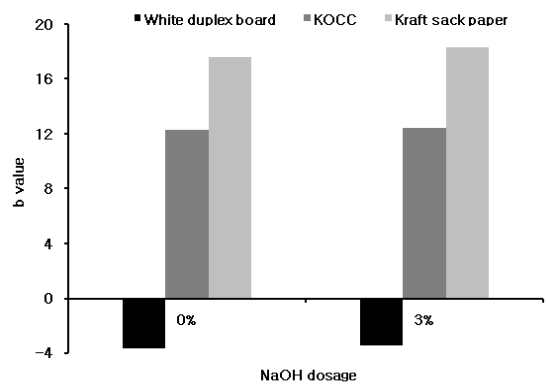


Fig. 13. Changes in b value of handsheet produced from fibrous materials in 3 kinds of wastepaper bale by NaOH addition.

4. 결론

산업용지 제조 시 섬유상 원료로 사용되는 압축폐지 베일의 특성을 구명하기 위하여 폐지의 구성 물질을 조사하고 압축베일로부터 분류한 재생섬유를 이용하여 수초지를 제작한 다음 물리·화학적 특성을 분석하였다. 지류포장재 생산 시 사용되는 압축폐지의 구성요소 중 KOCC류와 지대용지류, 백판지류의 비율이 가장 높았으며, 이물질은 플라스틱, 비닐류 및 직물류 순으로 분류되었다.

압축폐지에서 분류한 대표 지종 3 종류를 대상으로 물리·화학적 특성을 분석한 결과 pH는 중성 또는 약알칼리성을 나타냈으며 백판지류 및 KOCC류 폐지에서 회분 함량이 높게 나타났다. 미세분 함량은 KOCC류 폐지에서 가장 높게 나타났으며 보수도 및 여수도, 강도적 성질은 3 지종 모두 NaOH를 투입함

에 따라 강도가 증가하는 경향을 나타냈으며 UKP 원료의 사용 비율이 비교적 높은 지대류 폐지의 강도적 성질이 우수하였다. 광학적 특성의 경우 표백 펄프 사용 비율이 높은 백판지류 폐지에서 백색도 및 L value 가 높았으며, 반면 재생섬유 및 미표백 펄프의 사용 비율이 높은 KOCC류 및 지대류 폐지의 a value 및 b value가 높았다.

사 사

본 연구는 청정생산기술개발사업(2007-A033-042, 지류 포장재의 유해물질 오염경로 추적 및 분석기법 표준화)의 지원에 의하여 수행되었습니다.

인용문헌

1. Seo Hyong-II, Ryu Jeong-Yong, Shin Jong-Ho, Song Bong-Keun and Ow Say- Kyoun, The Effect of Starch Adhesive on OCC Drainage Properties and the Application of Amylose, J. Korea TAPPI 31(2):25-33 (1999).
2. 지식경제부, 지류포장재의 유해물질 오염경로 추적 및 분석기법 표준화, 청정생산 기술개발사업 제1세부과제 연차보고서, pp. 61-80 (2009).
3. 김형진, 조병목, 지류포장재의 유해중금속 국제환경규제 현황 및 연구개발 동향 소개, 골판지포장 · 물류, No. 85, pp. 89-97 (2009).
4. Kim Hyoung-Jin, Ko Seung-Tae, Lee Tai-Ju, Park Ji-Hyun and Kang Kwang-Ho, Studies on the Properties of Recycled Fiber in Liner Papermaking Mill, Applied Chemistry, 13(1):85-88 (2009).
5. 지식경제부, 국내 제지자원 관리시스템 선진화 방안 연구 보고서, pp. 51-66 (2008).
6. 한국산업규격, KS M 7610 폐지.
7. Susan A. Freeland and Bjorn F. Hrutfiord, Caustic treatment of OCC for strength improvement during recycling, TAPPI 77(4):185-191 (1994).
8. 이도희, 원종명, Recycling에 따른 미세분의 각질화, 한국목재공학회 학술발표논문집, pp. 208-287 (1997).
9. Yeo Sung-Kook, Ji Kyoung-Rak, Ryu Jeong-Yong, Shin Jong-Ho, Song Bong-Keun, and Seo Yung-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).
10. Ji Kyoung-Rak, Ryu Jeong-Yong, Shin Jong-Ho, and Song Bong-Keun, Effects of KOCC, Fines and Other Contaminants on Condebelt Press Drying System, J. Korea TAPPI, 32(1):19-25 (2000).
11. 조헌정, 윤병호, 전양, 이학래, 펄프 · 제지공학, 선진문화사, pp. 161-162 (1995).