

# 종이 기저귀로부터 재생된 fluff 펄프와 그 수초지 특성 분석

최경화 · 조준형<sup>1</sup> · 김창근 · 이호선<sup>2</sup> · 류정용<sup>1†</sup>

접수일(2015년 2월 5일), 수정일(2015년 2월 11일), 채택일(2015년 2월 24일)

## Properties of Fluff Pulp and Handsheet Recycled from Paper Diaper

Kyoung-Hwa Choi, Jun-Hyung Cho<sup>1</sup>, Chang Geun Kim, Ho Sun Lee<sup>2</sup> and Jeong-Yong Ryu<sup>1†</sup>

Received February 5, 2015; Received in revised form February 11, 2015; Accepted February 24, 2015

### ABSTRACT

The purpose of this study is to examine the reusability of the fluff pulp recycled from paper diaper. To do this, the physical and optical properties of each handsheet made from these fluff pulp sample as well as the properties of the fiber recycled from paper diaper were analyzed and compared with those of non-recycled diaper fluff pulp samples and conventional pulp samples. These comparisons show that the characteristics of fiber such as length, width, curl, kink of the pulp recycled from paper diaper were similar to those of non-recycled diaper fluff pulp as well as to those of commercial pulp. The fine content of recycled diaper fluff pulp was lower than that of other pulp samples, while the ash content of the former was higher than that of the latter. Furthermore, it was also found that the bulk of handsheets made from the recycled fluff pulp was higher than that of other pulp samples, while the formation of the former was worse than that of the latter. The mechanical properties of the handsheet sample made from the recycled diaper fluff pulp was higher than those of the unused diaper fluff pulp and was lower than those of commercial fluff pulp and softwood tissue pulp handsheet. But, it was higher than that of hardwood tissue pulp handsheet. The optical properties of recycled diaper fluff pulp handsheet was lower than those of each handsheet samples made from other pulps due to its low fine content.

• 강원대학교 창강제지기술연구소 (Changgang Institute of Paper Science and Technology, Kangwon National University, Chuncheon, Republic of Korea)

1 강원대학교 산림환경과학대학 제지공학과 (Dept. of Paper Science & Engineering, College of Forest and Environmental Science, Kangwon National University, Chuncheon, Republic of Korea)

2 유한김벌리(주) (Yuhan Kimberly, 5th Floor, Daou Digital Square, 81, Digital Valley-ro, Suji-Gu, Yongin-Si, GyeongGi-do, 448-547, Korea)

† 교신저자 (Corresponding author): E-mail: jyryu@kangwon.ac.kr

**Keywords:** Paper diaper, reusability, fluff pulp, fiber characteristics, handsheet properties

## 1. 서론

일회용 기저귀는 펄프, 합성수지, 흡수제(super absorbent polymer, SAP) 등으로 구성되어 있어 충분히 재활용이 가능한 폐기물임에도 불구하고 현재 우리나라의 경우 폐기물부담금부과 대상이 되어 전량 매립되거나 소각처리 된다. 일회용 기저귀를 매립하는 경우 완전히 분해되기까지 200~500년의 오랜 시간이 소요될 뿐만 아니라 세계보건기구(world health organization, WHO)가 토양 및 수질을 오염시킬 수 있는 인분을 포함한 배설물의 매립을 금지하도록 규정<sup>1)</sup>하고 있어 폐기저귀의 매립은 적절치 못한 처리 수단이라 할 수 있다. 또한 폐 기저귀를 소각하는 경우에는 다이옥신 등의 유해물질이 발생하는 것으로 알려져 있다.<sup>2)</sup>

환경부가 추산한 우리나라의 연간 일회용 기저귀 사용량은 2011년 기준 약 22억 7천 4백만 개로 폐기저귀는 우리나라 전체 생활폐기물의 1.3%를 차지하며 약 351억원의 처리비용이 소비된다고 한다.<sup>2)</sup> 평균 수명 연장 등에 기인한 성인용 일회용 기저귀의 사용 증가와 더불어 생리대 및 동물용 기저귀를 추가할 경우 그 처리 비용은 점차 증대될 것으로 보인다. 따라서 일회용 폐기저귀 재활용에 대한 연구가 필요하다. 국외의 경우 폐기저귀 재활용에 대한 다양한 연구가 시도되고 있으며, 몇몇 선진국들은 이미 폐기저귀를 재활용하고 있다.<sup>1-6)</sup> 일례로 1999년도에 세계 최초로 네델란드는 일회용 기저귀 재활용을 시작하였으며, 벨기에, 호주, 미국, 일본 등에서도 부분적으로 기저귀 재활용이 시도되고 있다. 그러나 우리나라의 경우에는 아직까지 폐기저귀의 재활용이 이루어지고 있지 않다. 따라서 폐기저귀의 재활용을 위한 다양한 연구가 시급한 실정이다.

본 연구는 폐기저귀의 재활용을 위한 기초연구로서 폐기저귀로부터 재생된 fluff 펄프의 재활용 방안을 탐색하기 위해 인공적인 폐기저귀로부터 fluff 펄프를 분리, 재생한 후 형태 등의 섬유특성들을 측정하여 기저귀용 및 티슈용 fluff, virgin 펄프 샘플들과 비교분석하였다. 또한 각각의 섬유들로 수초지를 제조하여 물리

적, 강도적, 광학적 특성 등을 측정한 후 비교분석하였다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 공시재료

#### 2.1.1 기저귀 및 펄프

본 연구에서 기저귀 재생 실험을 위해 사용된 일회용 기저귀 시료는 유한킴벌리(주)에서 분양받아 사용하였으며, 기저귀 재생 섬유와의 비교를 위한 대조 섬유 샘플로서 기저귀용 fluff 펄프(commercial fluff pulp), 미사용된 기저귀로부터 분리한 펄프(used diaper fluff pulp), 티슈용 침·활엽수 펄프 2종(SwBKP, HwBKP) 등을 유한킴벌리(주)에서 분양하여 사용하였다(Table 1).

#### 2.1.2 기타 약품

인공오줌 및 해수 성분으로 분석용 시약인 염화나트륨(sodium chloride, NaCl)이 사용되었으며, 또한 SAP 치환제로 분석용 시약인 염화칼슘(calcium chloride, CaCl<sub>2</sub>)을 사용하였다.

### 2.2 실험방법

#### 2.2.1 기저귀 재생

유한킴벌리(주)에서 분양받은 기저귀 시료에 인공 오줌(0.9% 염화나트륨(sodium chloride, NaCl)수용

**Table 1. Pulp samples used in this experiment**

	contents
Diaper fluff pulp	Commercial fluff pulp
	Unused diaper fluff pulp (from the diaper except of SAP)
	Recycled diaper fluff pulp
Tissue pulp	Softwood bleached kraft pulp (SwBKP, NBKP)
	Hardwood bleached kraft pulp (HwBKP, LBKP)

**Table 2. Measured properties of pulp samples**

	Contents	Methods
Morphological property	Length (length distribution)	L&W fiber tester
	Width (width distribution)	
	Curl	
	Coarseness	
	Kink angle, Kink index	
Fines content	L&W fiber tester	
Water retention value (WRV)	TAPPI UM 256	
Ash contents (525 °C)	TAPPI T 211	

액)을 처리한 후 한 시간 동안 방치하여 폐기저귀를 준비하였으며, 재생 처리하기 위해 1/4 크기로 재단하였다. 본 연구에서는 해수를 이용한 SAP neutralization을 목적으로 기저귀 해리 시 해수와 유사한 조건으로 4% 염화나트륨(sodium chloride, NaCl)과 10% 염화칼슘(calcium chloride, CaCl<sub>2</sub>) 용액을 사용하였다. 따라서 4% 염화나트륨(sodium chloride, NaCl) 수용액에 염화칼슘(calcium chloride, CaCl<sub>2</sub>)을 10% 첨가한 후, 펄프농도 5%, 교반속도 450 rpm, 반응시간 60 분의 조건으로 VT-107 high density pulper(빅토리아 산업)를 이용하여 인공 폐기저귀로부터 fluff 펄프를 분리, 재생하였다. 이후 분리, 재생된 섬유들은 200 mesh 스크린으로 농축하여 주었다.

**2.2.2 섬유 특성 분석**

기저귀 재생 섬유 및 기타 섬유들의 형태학적 및 화학적 특성 등을 분석하였다. 먼저 L&W fiber tester(Sweden)를 사용하여 섬유장, 섬유폭, 조도, 쉘,

kink angle, kink index 등 섬유의 형태학적 특성 및 미세분 함량을 측정하였으며, TAPPI standard method UM 256과 Yiannos<sup>7)</sup>의 연구 등에 의거하여 각 펄프 섬유의 WRV를 분석하였다. 또한 TAPPI standard method T 211에 의거하여 회분 함량을 분석하였다. 측정 항목 및 규격은 Table 2와 같다.

**2.2.3 수초지 제조 및 특성 분석**

기저귀 재생 fluff 섬유 및 기타 섬유들의 수초지 특성을 비교분석하기 위해 수초지를 제조하였다. 각 펄프 섬유의 고해는 실험실용 벨리 비터(Valley beater)를 사용하여 실시하였으며, 여수도는 450 mL CSF로 조절하였다. 이후 RDA(retention and drainage analyzer, GIST, Korea)를 사용하여 각각의 고해 전후 지료들을 평량 62 g/m<sup>2</sup>으로 수초하였다.

각 수초지들을 ISO 187에 의거하여 상대습도 50±2%, 온도 23±1 °C로 조절된 항온항습실에서 24시간 이상 조습처리한 후 물리적 특성, 광학적 특성, 강도적 특성

**Table 3. Measured properties of pulp handsheet samples**

	Contents	Methods
Physical property	Basis weight, thickness	ISO 534
	Apparent density	ISO 534
	Formation index	Formation Analyzer (Op test equipment, Inc.)
Mechanical property	Tensile strength, Tensile index	ISO 1924-2
	Zero span tensile index	ISO 15361
	Bursting index	ISO 2758
	Tear strength, Tear index	ISO 1974
Optical property	Brightness	ISO 2470
	Whiteness	ISO 11475, ISO 11476
	Fluorescence Index	ISO 11475
	Opacity	ISO 2471
	Scattering coefficient	ISO 9416

등을 측정하였다(Table 3). ISO 534에 의거하여 수초지의 평량과 두께, 겉보기 밀도 등을 측정하였으며, 두께를 평량으로 나누어 벌크를 계산하였다. 또한 종이의 지합지수는 OpTest Equipment Inc.(Canada)의 Micro-Scanner를 사용하여 측정하였다. 강도적 특성으로 ISO 1924-2, ISO 15361에 의거하여 인장강도(L&W Tensile tester, Sweden)와 제로 스팬 인장강도(Pulmac TS 100 zero-span tester, USA)를 측정하였다. 또한 ISO 2758에 의거하여 파열강도(L&W bursting strength tester, Sweden)를, ISO 1974에 의거하여 인열강도(Elmendorf tearing tester, USA)를 측정하였다. 광학적 특성으로 백색도(ISO 2470), 백감도(ISO 11475~6), 형광지수(ISO 11475), 불투명도(ISO 2471), 산란계수(ISO 9416) 등을 Elrepho 3300 (L&W, Sweden)을 이용하여 측정하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 섬유 특성 분석

##### 3.1.1 형태학적 특성

폐기저귀로부터 재생된 fluff 펄프의 재활용 방안을 탐색하기 위해 인공 폐기저귀로부터 분리, 재생된 fluff 펄프 섬유의 형태학적 특성을 기저귀용 fluff 및 티슈용 펄프 샘플들과 비교분석한 결과는 Table 4에서 보는 바와 같다. 먼저 각각의 펄프 섬유들의 섬유장 및 섬유폭의 경우, 기저귀 재생 fluff 펄프의 측정치가 기저귀용 fluff 펄프 및 미사용 기저귀에서 회수된 펄프와 유사하였다. 이러한 결과로 볼 때 기저귀 펄프 재생 과정에 의한 섬유장 및 섬유폭의 변화는 거의 발생되지 않은 것

으로 보인다. 또한 티슈용 침·활엽수 펄프 섬유보다 높은 섬유장 및 섬유폭을 가지는 것으로 분석되었다. 따라서 침엽수 섬유와 같은 긴 원료가 기저귀 fluff 펄프를 위해 사용된 것으로 판단된다.

기저귀 재생 fluff 펄프의 조도는 기저귀용 펄프 및 미사용 기저귀에서 회수된 fluff 펄프보다 조금 더 높은 값을 가지는 것으로 나타났다. 이는 기저귀 재생 과정 시 200 mesh 이하의 미세분이 분급, 제거되어 미세분의 영향이 없어진 것에 기인한 결과로 판단된다. 또한 3종의 기저귀용 fluff 펄프 샘플들 모두 티슈용 침·활엽수 펄프 섬유보다 높은 조도값을 가지는 것으로 나타났다.

기저귀 재생 fluff 펄프의 쉘은 기저귀용 fluff 펄프보다 높고 미사용 기저귀에서 회수된 fluff 펄프와 유사한 값을 가지는 것으로 분석되었다. 또한 티슈용 침엽수 펄프와 유사한 값을 나타냈으며, 티슈용 활엽수 펄프보다 높은 것으로 나타났다. 각 fluff 펄프들의 kink angle 및 kink index를 비교분석 결과 역시 쉘과 유사한 경향을 나타냈다. 기저귀 재생 fluff 펄프의 섬유장이 티슈용 침엽수 펄프보다 길지만 쉘, kink angle, kink index의 값은 유사하게 나타났으므로 쉘 및 kink 발생에 의한 강도저하는 우려하지 않아도 될 것으로 기대된다.

##### 3.1.2 WRV(water retention value)

인공 폐기저귀로부터 분리, 재생된 펄프 섬유의 고해 전후 WRV를 기저귀용 및 티슈용 펄프 샘플들과 비교분석한 결과는 Fig. 1에서 보는 바와 같다.

WRV는 원심분리기에 의해 탈수된 습윤펄프 중에 남아 있는 수분량을 건조 펄프에 대한 백분율로 표시한 것으로 섬유의 팽윤성과 관련이 있어 WRV가 증가하

**Table 4. Morphological properties of various pulp fibers**

	Diaper fluff pulp			Tissue fluff pulp	
	Commercial fluff pulp	Unused diaper fluff pulp	Recycled diaper fluff pulp	SwBKP	HwBKP
Length (mm)	2.448	2.352	2.409	2.237	0.714
Width ( $\mu\text{m}$ )	33.3	32.7	32.9	26.1	16.2
Coarseness ( $\mu\text{g}/\text{m}$ )	296.1	293.7	339.4	190.8	83.3
Curl (%)	14.8	17.5	17	17.7	9.6
Kink angle	50.6	55.1	54.7	54.6	46.6
Kink index	1.666	1.745	1.805	1.878	1.694

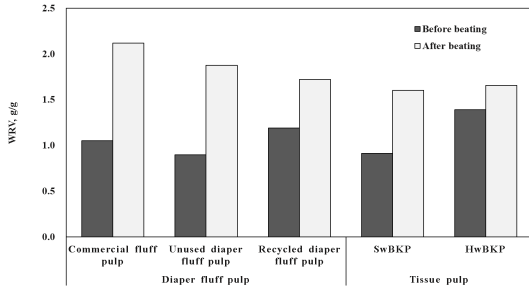


Fig. 1. Comparison of WRV between the recycled diaper fluff pulp and various types of un-recycled pulp.

면 팽윤성이 증가하는 것을 의미한다. 그림에서 보는 바와 같이 각 펄프들의 WRV는 고해의 의해 증가되었으며, 각 펄프들의 비교치는 고해 유무에 따라 상이하게 나타났다. 먼저 고해 전 각 펄프들의 WRV를 살펴보면 기저귀 재생 fluff 펄프가 기저귀용 fluff 펄프 및 미사용 기저귀에서 회수된 fluff 펄프보다 높게 나타났는데, 이러한 결과로 볼 때 재생 과정에서 섬유 피브릴화가 발생되는 것으로 판단된다. 또한 기저귀 재생 fluff 펄프의 WRV는 티슈용 침엽수 펄프보다 높고 티슈용 활엽수 펄프보다 낮은 것으로 분석되었다.

고해 후 각 펄프들의 WRV는 고해 전과 달리 기저귀 재생 fluff 펄프가 기저귀용 fluff 펄프 및 미사용 기저귀에서 회수된 fluff 펄프보다 낮게 나타났다. 즉 고해에 의한 기저귀 재생 fluff 펄프의 팽윤성이 기저귀용 fluff 펄프 및 미사용 기저귀에서 회수된 fluff 펄프보다 낮은 것으로 나타났다. 따라서 기저귀 재생 fluff 펄프의 고해효과가 저하되는 것으로 판단된다. 반면에 기저귀 재생 fluff 펄프의 WRV는 티슈용 침·활엽수 펄프보다는 높게 나타났다.

### 3.1.3 미세분 함량

인공 폐기저귀로부터 분리, 재생된 fluff 펄프 섬유 미세분 함량을 기저귀용 및 티슈용 펄프 샘플들과 비교분석한 결과는 Fig. 2에서 보는 바와 같다. 기저귀 재생 fluff 펄프의 미세분이 기저귀용 fluff 펄프 및 미사용 기저귀에서 회수된 fluff 펄프보다 낮게 나타났으며, 티슈용 침·활엽수 펄프보다도 낮게 나타났다. 이는 기저귀 재생 과정 시 농축 공정(200 mesh 스크린)에서 미세분이 제거된 것에 기인한 것으로 보인다.

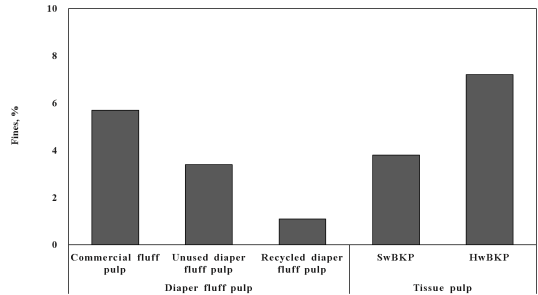


Fig. 2. Comparison of fine content between the recycled diaper fluff pulp and various types of un-recycled pulp.

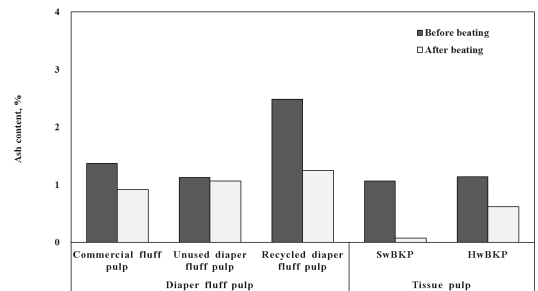


Fig. 3. Comparison of ash content between the recycled diaper fluff pulp and various types of un-recycled pulp.

### 3.1.4 회분 함량

인공 폐기저귀로부터 분리, 재생된 fluff 펄프 섬유의 고해 전후 회분 함량을 기저귀용 및 티슈용 펄프 샘플들과 비교분석한 결과는 Fig. 3에서 보는 바와 같다.

고해 전 각 펄프들의 회분 함량을 보면, 기저귀 재생 fluff pulp의 회분 함량이 기저귀용 fluff 펄프 및 미사용 기저귀에서 회수된 fluff 펄프보다 높은 것으로 나타났다. 이는 펄프 재생 과정에서 사용된 NaCl(가짜오줌), CaCl<sub>2</sub>(SAP치환)의 알칼리염에 기인한 결과 또는 SAP dust로부터 기인한 나트륨에 기인된 결과로 판단된다. 또한 기저귀 재생 fluff pulp의 회분 함량은 티슈용 침·활엽수 펄프보다 높은 것으로 나타났다. 고해 후 기저귀 재생 fluff 펄프의 회분함량은 고해 전 시료와 마찬가지로 기저귀용 fluff 펄프 및 미사용 기저귀에서 회수된 펄프보다 높았으며, 티슈용 침·활엽수 펄프보다도 높은 것으로 나타났다. 그러나 그 양은 고해 전에 비해 상당량 감소되었다. 이러한 결과로 볼 때 고해 처리에 의해 재생 과정에서 첨가된 Ca, Na 등의 무기성분들이 세

측되는 것으로 판단된다.

### 3.2 수초지 특성 분석

#### 3.2.1 물리적 특성

폐기저귀로부터 재생된 fluff 펄프의 재활용 방안을 탐색하기 위해 인공 폐기저귀로부터 분리, 재생된 fluff 펄프 섬유 수초지의 두께, 벌크, 밀도, 지합 등의 물리적 특성을 기저귀용 및 티슈용 펄프 수초지 샘플들과 비교 분석한 결과는 Table 5에서 보는 바와 같다. 표에서 보는 바와 같이 각 펄프 수초지들의 두께 및 벌크는 고해에 의해 감소되었으며, 밀도는 증가되었다. 기저귀 재생 fluff 펄프 수초지의 고해 전 두께 및 벌크는 기저귀용 fluff 펄프 및 미사용 기저귀에서 회수된 fluff 펄프보다 높게 나타났으며, 티슈용 침·활엽수 펄프 수초지보다도 높게 나타났다. 고해 후 각 펄프 수초지들의 두께 및 벌크 역시 고해 전과 마찬가지로 기저귀 재생 fluff 펄프 수초지의 값이 다른 펄프 수초지들보다 높았다. 반면에 기저귀 재생 펄프 수초지의 밀도는 가장 낮게 나타나 두께 및 벌크와 반대의 결과를 나타냈다.

고해 전 기저귀 재생 fluff 펄프 수초지의 지합은 기저귀용 fluff 펄프 및 티슈용 침·활엽수 펄프 수초지들보다 불량하나 미사용 기저귀에서 회수된 fluff 펄프 수초지와 유사한 값을 가지는 것으로 나타났다. 반면에 고해 전의 분석결과와 달리 기저귀 재생 fluff 펄프 수초지의 지합은 기저귀용 fluff 펄프 수초지보다 우수한 것으로 나타났으나, 미사용 기저귀에서 회수된 fluff 펄프 수초지보다 조금 불량한 것으로 나타났다. 또한 티슈용 침엽수 펄프 수초지 수초지보다 우수하고 티슈용 활

엽수 펄프 수초지보다는 불량한 것으로 나타났다.

#### 3.2.2 강도적 특성

인공 폐기저귀로부터 분리, 재생된 펄프 수초지의 고해 전후 강도적 특성을 기저귀용 및 티슈용 펄프 수초지 샘플들과 비교분석한 결과는 Figs. 4-7에서 보는 바와 같다. Fig. 4와 Fig. 5에서 보는 바와 같이 고해 전 기저귀 재생 fluff 펄프 수초지의 인장강도 및 제로 스판 인장강도는 기저귀용 fluff 펄프 수초지보다 조금 낮게 나타났으나 미사용 기저귀에서 회수된 fluff 펄프 수초지보다 높게 나타났다. 또한 티슈용 침·활엽수 펄프 수초지들보다는 조금 낮은 것으로 나타났다.

고해 후 각 펄프 수초지들의 인장강도 및 제로 스판 인장강도는 고해에 의해 증가되었는데, 고해 전의 분석결과와 달리 기저귀 재생 fluff 펄프 수초지의 인장강도는 기저귀용 fluff 펄프 및 미사용 기저귀에서 회수된 fluff 펄프 수초지들보다 낮게 나타났으며, 제로 스판 인장강도는 기저귀용 fluff 펄프보다 조금 낮고 미사용 기저귀에서 회수된 fluff 펄프 수초지와 유사했다. 또한 티슈용 침엽수 펄프 수초지의 인장강도 및 제로 스판 인장강도보다는 낮으나, 티슈용 활엽수 펄프 수초지보다는 높았다.

고해 전후 기저귀 재생 fluff 펄프 수초지의 파열강도를 기저귀용 및 티슈용 펄프 수초지 샘플들과 비교분석한 결과는 Fig. 6에서 보는 바와 같다. 그림에서 볼 수 있듯이 고해에 의해 각 펄프 수초지들의 파열강도가 높아지는 것으로 나타났으며, 각 펄프 수초지들 간의 차이는 고해 유무에 상관없이 기저귀 재생 fluff 펄프 수초지

**Table 5. Physical properties of various pulp handsheets**

		Diaper fluff pulp			Tissue fluff pulp	
		Commercial fluff pulp	Unused diaper fluff pulp	Recycled diaper fluff pulp	SwBKP	HwBKP
Thickness (g/cm <sup>3</sup> )	Before beating	167.90	202.77	212.56	158.86	145.10
	After beating	121.32	118.29	161.77	111.85	112.87
Bulk (g/cm <sup>3</sup> )	Before beating	2.698	3.221	3.393	2.528	2.305
	After beating	1.970	1.907	2.593	1.781	1.827
Density (g/cm <sup>3</sup> )	Before beating	0.371	0.310	0.295	0.396	0.434
	After beating	0.508	0.524	0.386	0.562	0.547
Formation	Before beating	42.10	29.48	29.53	35.97	63.95
	After beating	41.42	51.36	46.14	43.00	51.73

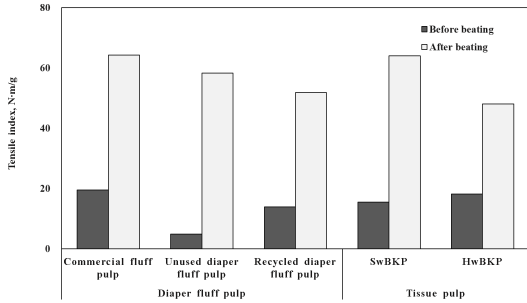


Fig. 4. Comparison of tensile index between the recycled diaper fluff pulp handsheet and various types of un-recycled pulp handsheet.

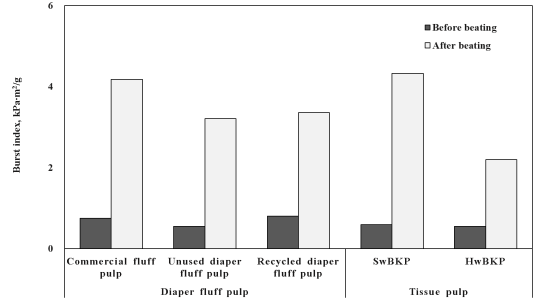


Fig. 6. Comparison of burst index between the recycled diaper fluff pulp handsheet and various types of un-recycled pulp handsheet.

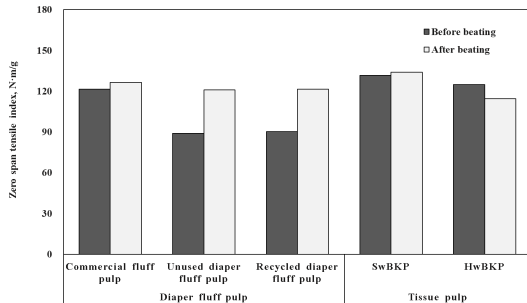


Fig. 5. Comparison of zero span tensile index between the recycled diaper fluff pulp handsheet and various types of un-recycled pulp handsheet.

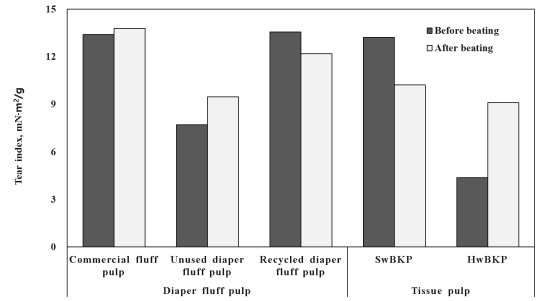


Fig. 7. Comparison of tear index between the recycled diaper fluff pulp handsheet and various types of un-recycled pulp handsheet.

의 파열강도가 기저귀용 fluff 펄프 수초지보다 조금 낮게 나타났으나 미사용 기저귀에서 회수된 fluff 펄프 수초지보다는 높게 나타났다. 또한 티슈용 침엽수 펄프 수초지보다는 낮고, 티슈용 활엽수 펄프 수초지보다는 높은 파열강도 값을 가졌다.

고해 전후 각 펄프 수초지들의 인열강도(Fig. 7)는 기저귀 재생 fluff 펄프 및 티슈용 침엽수 펄프 수초지들을 제외하고 고해 후 각 펄프 수초지들의 인열강도가 고해 전보다 모두 높았으며, 각 펄프 수초지들 간의 차이는 고해 유무에 상관없이 기저귀 재생 fluff 펄프 수초지의 인열강도가 미사용 기저귀에서 회수된 fluff 펄프 수초지보다는 높았으며, 기저귀용 fluff 펄프 수초지와 유사한 값을 가지는 것으로 나타났다. 또한 티슈용 침엽수 펄프 수초지들보다 높은 인열강도를 가지는 것으로 나타났다.

### 3.2.3 광학적 특성

인공 폐기저귀로부터 분리, 재생된 fluff 펄프 수초지의 고해 전후 광학적 특성을 기저귀용 및 티슈용 펄프 수초지 샘플들과 비교분석한 결과는 Figs. 8-12에서 보는 바와 같다.

Fig. 8과 Fig. 9에서 보는 바와 같이 고해에 의해 각 펄프 수초지들의 백색도 및 백감도는 감소되었으며, 각 펄프 수초지들 간의 차이는 고해 유무에 상관없이 기저귀 재생 fluff 펄프 수초지의 백색도 및 백색도가 미사용 기저귀에서 회수된 fluff 펄프 수초지보다 낮게 나타났으며, 다른 펄프 수초지들에 비해서도 낮게 나타났다. 이는 기저귀 재생 fluff 펄프의 낮은 미세분 함량에 기인된 결과로 판단된다.

각 펄프 수초지들의 형광지수는 기저귀 재생 fluff 펄프 및 미사용 기저귀에서 회수된 fluff 펄프 수초지들의 경우 고해에 의해 감소되었으며, 기타 다른 펄프 수초

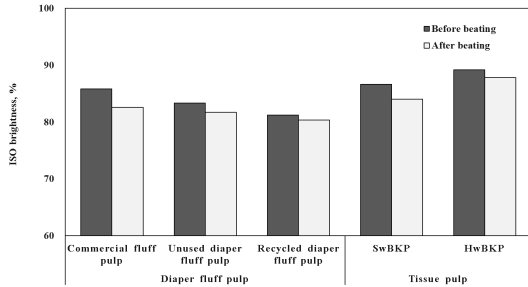


Fig. 8. Comparison of ISO brightness between the recycled diaper fluff pulp handsheet and various types of un-recycled pulp handsheet.

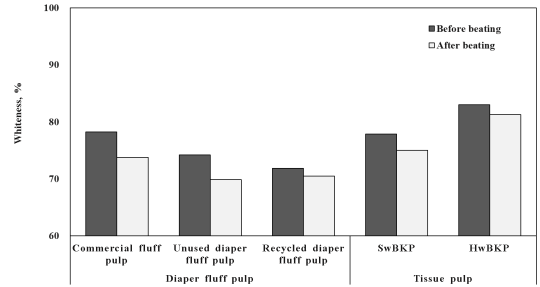


Fig. 9. Comparison of whiteness between the recycled diaper fluff pulp handsheet and various types of un-recycled pulp handsheet.

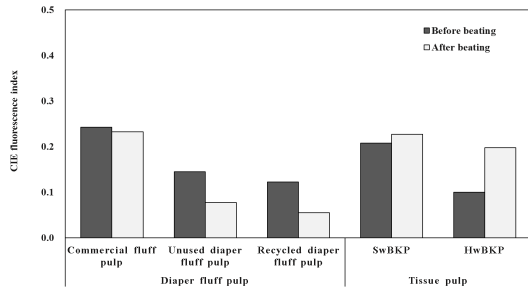


Fig. 10. Comparison of CIE fluorescence index between the recycled diaper fluff pulp handsheet and various types of un-recycled pulp handsheet.

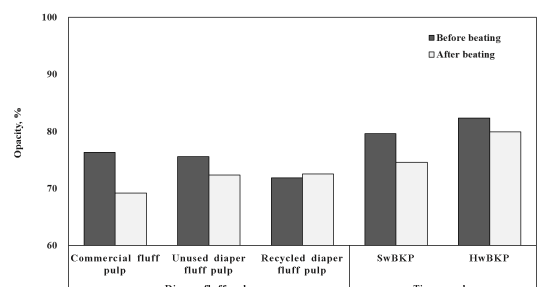


Fig. 11. Comparison of opacity between the recycled diaper fluff pulp handsheet and various types of un-recycled pulp handsheet.

지들은 증가하였다(Fig. 10). 기저귀 재생 fluff 펄프 수초지의 형광지수는 고해 유무에 상관없이 대부분의 기타 다른 펄프 수초지들보다 낮게 나타났다. 이러한 결과들로 볼 때 기저귀 fluff 펄프 재생 과정 시 형광물질이 제거되는 것으로 보인다.

각 펄프 수초지들의 불투명도 및 산란계수는 Fig. 11 과 Fig. 12에서 보는 바와 같다. 먼저 고해 전 기저귀 재생 fluff 펄프 수초지들의 불투명도와 산란계수는 다른 펄프 수초지들보다 낮게 나타났는데, 이는 앞에서도 언급한 바와 같이 기저귀 재생 fluff 펄프의 미세분 함량이 다른 펄프들에 비해 낮아 것에 기인한 결과로 판단된다. 고해 후 기저귀 재생 fluff 펄프 수초지의 불투명도 및 산란계수는 미사용 기저귀에서 회수된 fluff 펄프 수초지와 유사하였으며, 기저귀용 fluff 펄프 수초지보다 조금 더 높은 것으로 나타났다. 또한 티슈용 침화엽수 펄프 수초지들보다는 낮은 것으로 나타났다.

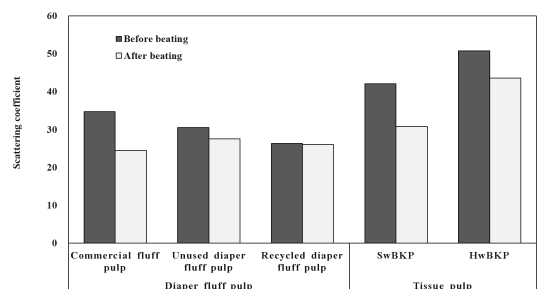


Fig. 12. Comparison of scattering coefficient between the recycled diaper fluff pulp handsheet and various types of un-recycled pulp handsheet.

## 4. 결론

폐기저귀로부터 재생된 fluff 펄프의 재활용 방안을 탐색하기 위해 인공 폐기저귀로부터 분리, 재생된 fluff



펄프 섬유 및 수초지 특성을 기저귀용 fluff 및 티슈용 펄프 및 수초지 샘플들과 비교분석한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 기저귀 재생 fluff pulp의 섬유장, 섬유폭, 컬, kink 등 형태학적 특성들은 기저귀용 fluff 펄프 및 미사용 기저귀에서 회수된 fluff 펄프와 거의 유사한 값을 나타내 기저귀 재생 과정에 의한 섬유의 형태학적 특성 변화가 발생하지 않는 것으로 나타났다. 또한 기저귀 재생 fluff 펄프의 섬유장이 티슈용 침엽수 펄프보다 길지만 컬이나 kink 등이 유사한 특징을 가므로 나타났으므로 컬이나 kink 등에 의한 수초지 강도의 저하는 우려하지 않아도 될 것으로 기대된다.
- 2) 기저귀 재생 fluff 펄프의 경우 기저귀 재생 과정 시 정선공정(스크린)에서 미세분이 제거된 것에 기인하여 미세분 함량이 다른 펄프들에 비해 적게 나타났다. 재생 과정 중 사용된 알칼리염들이나 SAP dust 등에 기인하여 기저귀 재생 fluff 펄프의 회분 함량이 다른 펄프들에 비해 높게 나타났다.
- 3) 기저귀 재생 fluff 펄프 수초지의 강도적 특성이 미사용 기저귀에서 회수된 fluff 펄프 수초지보다 높게 나타나 기저귀 fluff 펄프 재생 과정에 의해 강도적 특성이 증가되는 것으로 나타났다.
- 4) 기저귀 재생 fluff 펄프의 낮은 미세분 함량이 기인하여 백색도, 백감도, 불투명도 등 기저귀 재생 fluff 펄프 수초지의 광학적 특성이 다른 펄프들에 비해 낮게 나타났다.

이와 같은 결과를 바탕으로 강도적, 위생적, 외관적,

생산효율적 측면을 고려하였을 때 완충포장재 등의 제조에 폐기저귀로부터 분리, 재생된 fluff 펄프의 활용이 가능할 것으로 판단된다.

## 사 사

본 연구는 환경산업선진화기술개발사업에서 지원 받았습니니다. (과제 번호: 2014000150009)

## Literature Cited

1. Study on Recycling Strategy of Disposable Diaper, Korea Environment & Resources Corporation (2006).
2. Eun, S. M., Study on recycling strategy of disposable diaper, Policy materials of 2012 parliamentary audit, Environment & Labor Committee under The National Assembly of the Republic of Korea (2012).
3. Westerman, M., Disposable diaper recycling: The straight poop, Resource Recycling:113-114 (1991).
4. Morawski, C. The poop on diaper recycling, Resource Recycling:1-3 (2003).
5. Souter, N., Evaluation of the absorbent hygiene products collection trials in Scotland, Report of Zero Waste Scotland (2013).
6. Pham, N. T. and Brown, E. W., Diapers and Multicipal Coverment, Nearta (2009) www.nearta.com.
7. Yiannos. P. N., Swellability of pulps determined by isopropanol retention, Tappi J. 48(9):494-496 (1965).