

In-Situ 공정을 이용한 再活用 펄프의 物性特性 향상 研究[†]

李鍾圭 · 柳光錫 · 南星英 · [†]安芝煥

韓國地質資源研究院

Development of Recycled Paper Properties using In-Situ Process[†]

Jong-kyu Lee, Kwang-Suk Yoo, Seong-Yong Nam and [†]Ji-whan Ahn

Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM), Gwahak-ro 92, Gajeong-dong, Daejeon, Korea

요 약

종이에 대한 수요가 꾸준히 증가함에 따라 백상지 고지(White ledger)나 신문지 고지(Old newspaper pulp)등의 재활용지에 대한 중요성이 지속적으로 증가하고 있다. 또한 재활용지의 사용은 산림자원의 보호와 지구온난화 등의 환경문제 차원에서 더욱 부각되고 있다. 하지만 재활용지의 경우 종이에 필수적인 광학적 성질이 저하하고 기계적 성질이 감소하는 등 일반 종이에 비해 단점을 가지고 있다. 이러한 재활용지의 문제점을 보완하기 위해 입자 크기에 따라 0.01 μm ~0.09 μm 의 교질형 초미립자와 0.1 μm ~0.9 μm 의 입방형 미립자로 나뉘는 침강성 탄산칼슘을 In-situ 공정으로 재생펄프 표면에 합성하였다. 서로 다른 결정 형태와 크기가 다른 침강성탄산칼슘이 재활용지의 광학적 · 기계적 물성에 어떠한 영향을 주는지 연구하였다. 또한 화학펄프와의 혼합을 통해 침강성 탄산칼슘이 코팅된 재생펄프의 기계적 물성을 감소시키는 점을 보완하여 다른 첨가물에 전혀 의존하지 않고도 우수 재활용 인증마크인 GR규격을 만족하는지 알아보았다.

주제어 : In-situ 공정, 침강성 탄산칼슘, 재활용지, GR 규격

Abstract

As the demand for paper continues to grow and the importance of recycled paper, white ledger(WL) and old newspaper pulp(ONP), continuously increase. In addition, usage of recycled paper is essential in terms of forest conservation and environmental protection issues. However, optical and mechanical properties of recycled paper have some drawbacks than regular paper's properties that is indispensable. In order to complement these problems of recycled paper, precipitated calcium carbonate (PCC) was synthesized by the In-situ process with a recycled pulp. Depending on the size of PCC is divided into 2 types, 0.01 μm ~0.09 μm colloid type ultra-fine particle and 0.1 μm ~0.9 μm cubic type particles. In this study, we analyze how the different shape and size of precipitated calcium carbonate affects in the optical and mechanical properties of the recycled paper used as a filler. Furthermore, we mixed with chemical pulp for overcome reduce of mechanical properties, without using other chemicals, when we use PCC as a filler. The results has the possibility to meet in GR ,excellent recycling certification mark, standard was proposed.

Key words : In-situ process, precipitated calcium carbonate, recycled paper, GR standard

1. 서 론

현대사회의 문명이 발전함에 따라 인간의 생활수준

및 문화의 발달과 더불어 인쇄기술이 향상되고, 종이의 사용량 역시 증가하고 있으며 폐지의 회수율이 점점 증가하고 폐지의 재사용 역시 증가하고 있다. 폐지의 재활용은 자원과 에너지의 절약 측면에서 뿐만 아니라, 산림 자원의 보호와 지구의 온난화를 억제하기 위한 지구 환경의 보호 및 도시 쓰레기로 대표되는 폐기물 처리

[†] 2010년 5월 14일 접수, 2010년 6월 4일 1차수정

2010년 6월 18일 수리

^{*} E-mail: ahnjw@kigam.re.kr

문제의 관점에서도 크게 주목 받고 있다. 따라서 폐지의 이용률이 전 세계적으로 증가하는 추세에 있으며 그 최소 사용량을 법제화하는 움직임이 선진국들 사이에서 일어나고 있다.

국내 종이 생산량은 2006년 기준으로 약 10,549 천 톤으로 세계 8위의 생산국이며, 제지의 주원료인 펄프의 생산량은 년 간 511천 톤으로 원재료의 해외 의존도가 높아 주원료의 약 80%를 수입에 의존하고 있어 폐지를 이용한 자원 재활용이 요구되고 있으며, 또한 연간 폐지 수입량은 1000만 톤 이상으로 수입액 만 약 2억불 이상에 달한다. 한편 국내 제지산업에서 펄프 사용량은 2001년 이후 제지 생산 원료(펄프, 충전제 등) 가격의 지속적인 상승으로 폐지 재활용의 필요성이 더욱 증대되고 있다(2001년 1월 펄프 가격 약 400 \$CIF/ton에서 2006년 7월 약 600 \$CIF/ton으로 급격히 상승). 또한 미국 에너지부에서 발표한 자료에 따르면 천연 펄프 대신에 재생 용지 50 만 톤을 생산할 경우의 에너지 절약은 2.32×10^{11} Btu/year, 폐기물 감소는 1350 ton/year, CO₂ 배출 감소는 680만 ton/year, 경제적 측면은 연간 약 310만 불이 절약된다고 보고 하였다.

KS에서는 재생용지의 종류를 5가지로(폐 백상지, 폐 화이트 레저, 폐 잡지, 폐 신문용지, 폐 골판지)로 분류하고 있다. 그 중에서 가장 많이 사용되어지는 것은 폐 화이트 레저, 폐 신문용지, 폐 골판지 이다.

일례로 미국 및 캐나다에서는 인기 소설 시리즈인 헤리포터 제 7권 ‘헤리포터와 죽음의 성도들’을 100% 재생 용지로 출간하면서 20만 그루의 나무 자원과 3억 3천만 리터의 물을 절약하였다고 보고되고 있다. 또한 우리나라에서는 2010년 3월에 중·고교 교과서에 30%정도의 재생용지를 사용하였고 2012년에는 재생용지의 첨가 비율을 높여 더 많은 분야에서 사용할 계획으로 알려져 있다.

이러한 고지들로부터 재생섬유를 얻기 위해 가성소다 및 규산소다, 계면활성제 등을 이용하여 고지에 남아있는 잉크를 제거하는 탈묵 공정을 거치는데, 탈묵 공정이 완료된 후에도 제거되지 않는 미분화된 잉크 입자들이 남아, 고지를 이용한 초지 시 표면에 남아 백색도를 낮추는 원인이 된다. 따라서 본 연구에서는 고지의 백색도 값을 높이기 위해서 값이 싸고 자원이 풍부한 석회석을 이용한 침강성탄산칼슘(Precipitated calcium carbonate, PCC)을 충전제로서 사용하는 방안에 관하여 연구하였다.

본 연구에서는 펄프 슬러리 내에서 PCC를 직접 합성하는 In-situ 공정에 관해 연구하였다. In-situ 공정은

기존의 침강성탄산칼슘을 합성하여 펄프 슬러리에 첨가하는 방법에 비해 침강성탄산칼슘의 합성 과정을 생략함으로써 기존 공정의 반 이상을 생략할 수 있을 뿐 아니라 충전제의 분산과 관련된 공정을 생략할 수 있다. 에너지 효율성을 높이고, 재생 용지에 필수적이라 할 수 있는 광학적 특성을 향상시켜 에너지 절감과 동시에 폐자원의 재활용 가능성을 개선시킬 수 있는 장점이 예상되는 기술이라 할 수 있다. 또한 종이 제조 공정에서 사용되는 충전제의 보류도를 높이고 금망 상으로 빠져나가는 등의 손실을 줄여 제지산업에서의 무기성 필러의 사용량을 획기적으로 줄일 수 있는 경제적인 방식이라 할 수 있다.

따라서 본 연구에서는 재생펄프인 백상지 고지 펄프와 신문지 고지 펄프에 In-situ 방식으로 침강성 탄산칼슘을 합성하여 합성 전 후에 따른 백색도와 불투명도 등의 광학적 특성 변화를 분석하였다. 또한 In-situ 공정을 통해 얻어진 재생펄프의 기계적 성질 변화도 관찰하였다. 또한 본 연구에서 얻어진 재생펄프를 화학펄프에 일정 비율로 혼합한 후 광학적 성질과 기계적 성질을 측정하고 재생용지를 사용한 종이를 인쇄용지로서 사용할 수 있는 가능성을 평가하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 공시재료

공시재료로는 표백 화학펄프로(Chemical Pulp) 국내 H사에서 제공받아 사용하였고, 재활용지로서의 신문지 고지(Old newspaper pulp) 국내 D사에서 제공받아 사용하였으며, 다른 재활용지로서의 백상지 고지는(White Ledger) 국내 S사에서 제공받아 사용하였다. 제공받은 재생펄프는 탈묵공정을 거친 펄프로서 함수율의 변화 및 부패를 막기 위해 밀봉·냉동보관 하였다. 충전제인 침강성탄산칼슘(이하 PCC) 합성을 위해 시약급의 소석회(Calcium oxide, Showa, assey 98%, Japan)를 사용하였다.

2.2. 실험방법

2.2.1. 침강성탄산칼슘(PCC) 합성

Table 1에서는 본 연구에서 합성된 PCC의 합성 조건을 나타내고 있다. 이 합성 조건은 이전의 연구내용을 바탕으로 0.01~0.09 μm 의 초미립자와 0.1~0.9 μm 의 미립자 Calcite 합성을 목적으로 하였고, 이 조건을 In-situ 방식을 이용하여 재생 펄프 표면에 합성코자 하였다. 입

Table 1. Condition of the synthesized Pricipated Calcium Carbonate

	Colloid type (0.01~0.09 μ m)	Cubic type (0.1~0.9 μ m)
Water	2000 ml	2000 ml
Calcium Oxide	50 g	100 g
CO ₂ gas flow rate	1 L/min	1 L/min
Temperature	15°C	15°C
Rpm	600 rpm	600 rpm

방형과 교질형의 가장 큰 차이점은 농도에 있는데, 입자의 크기와 형상 제어에 칼슘 이온의 농도가 매우 중요하며, 용액 내의 칼슘 이온 농도가 클수록 입자의 크기는 커진다는 것을 기존 실험을 통해 확인 할 수 있었다. 이 때 합성된 PCC는 Calcite형 PCC이다.

2.2.2. In-situ 공정

앞에서 설명한 침강성탄산화 합성 조건을 재생펄프 슬러리에 직접 합성하는 In-situ 공정에 적용하여 재생펄프 표면에 PCC를 합성하였다. 이때 재생펄프 슬러리의 물 2ℓ를 기준으로 펄프 건조중량 3%를 넣어 제조하였다.

본 연구에서 사용한 실험 장비의 개략도를 Fig. 1에 나타내었다. 반응기의 용량은 4ℓ이며, 현탁액의 온도를 조절하기 위해서 이중 반응기를 사용하였다. 또한 pH 변화와 온도를 측정하기 위해서 pH meter를 설치하였으며, CO₂ 가스는 99.9%의 고순도 가스를 사용하였고, 효과적으로 주입하기 위해서 CO₂ Bubbler를 설치하여 CO₂를 주입하였다.

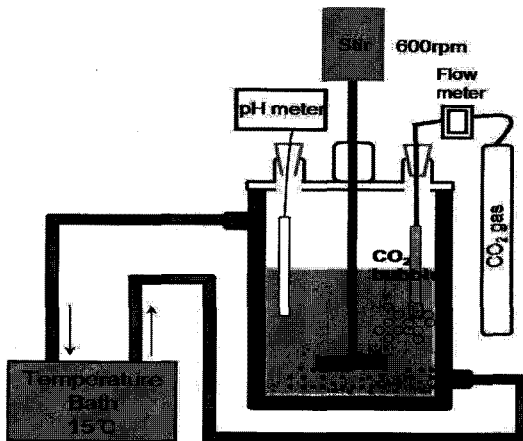


Fig. 1. Experimental Apparatus.

2.2.3. 수초지 제작

PCC를 In-situ 공정을 통해 재생펄프 표면에 합성한 후 합성된 재생펄프는 TAPPI Standard 사각수초기를 이용하여 평량 80 g/m²으로 수초지를 제작하였다. 이때 합성된 재생펄프는 앞에서 기술한 바와 같이 In-situ 방식으로 입방형 탄산칼슘과 교질형 탄산칼슘을 각각 신문지 고지와 백상지 고지에 합성하고, 합성지의 광학적 기계적 성질을 분석한 후 펄프 슬러리를 다시 화학펄프와 7:3, 6:4의 비율로 혼합하여 수초하고 수초지의 광학적 기계적 성질을 분석하였다.

2.3. 분석

2.3.1. Calcite PCC 분석

탄산화 반응을 통해 만들어진 침강성 탄산칼슘의 결정상을 분석하기 위해 XRD(X-Ray Diffractometer, RIGAKU, Japan)을 사용하여 분석하였다. 또한 합성된 PCC의 형태와 입도를 관찰하기 위해 SEM(Scanning Electron Microscopy: JEOL, JSM-6380)을 사용하여 관찰해 보았다.

2.3.2. 수초지 분석

분석은 우수 재활용 인증마크인 GR 규격을 기준으로 하여 실시하였다. GR 마크는 국내에서 발생된 재활용 가능자원을 이용하여 제조하고 실용화된 제품에 대하여 부여하는 것으로써 제지의 경우 국내 폐지를 중량기준으로 원료의 30% 이상 사용한 종이에 대하여 규정하고 있다. 인쇄용지의 GR 규격을 Table 2에, 신문지의 GR 규격을 Table 3에 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 2는 본 연구에서 합성된 PCC의 X선 회절 분석 결과를 나타내고 있다. Fig. 2는 합성된 PCC는 X선 회절 피크 분석 결과 모두 Calcite PCC로 합성되었고,

Table 2. Printing paper in GR standard

백 색 도 %	비인열도 (가로방향)	인장강도(세로방향) (N)	신장률(세로방향) %
65 이상	392 이상	29.4 이상	0.7 이상

Table 3. Newspaper GR standard

항 목		신 문 용 지
세로 방향의 인장 강도(N)		29.4 이상
가로 방향의 인열 강도(mN)		245.0 이상
신장률(%) (세로방향)		0.7 이상
두께(mm)		0.09 이하
불투명도(%)		80 이상
평 활 도(초)	표 면	20 이상
	이 면	20 이상
백 색 도(%)		50 이상

PCC의 또 다른 결정상인 Aragonite, Vaterite의 결정은 존재하지 않는다는 것으로 나타났다.

생성된 Calcite PCC의 형태와 입도를 관찰하기 위해 SEM(Scanning Electron Microscopy)을 사용하여 관찰하였다. Fig. 3에 나타난 SEM 분석을 통해 합성된 PCC는 0.1 μm 이하의 교질형 PCC와 0.1 μm~0.9 μm의 입방형 PCC가 합성된 것을 확인할 수 있었다. Fig. 4는 PCC를 In-situ 방식을 통해 재생펄프에 합성하고 표면을 관찰한 SEM 사진이다. SEM 관찰 결과, 0.1 μm 이하의 PCC와 0.1 μm~0.9 μm의 PCC가 재생펄프 표면에 합성된 것을 확인할 수 있다.

Table 4는 백상지 고지(WL)에 PCC를 In-situ 방식으로 합성한 수초지의 물성을 분석해보았다. 백상지 고지(WL) 100% 종이보다 0.1 μm이하의 교질형 PCC와 0.1 μm~0.9 μm의 입방형 PCC를 재생 펄프에 합성한 결과 재생펄프의 백색도 및 밀도, 평화도는 크게 증가 하지만 인장강도, 신장률, 비인열도 등의 기계적 강도는 저하되는 것으로 나타났다. 신문지 고지(ONP) 100%에 0.1 μm이하의 교질형 PCC와 0.1 μm~0.9 μm의 입방형 PCC를 합성한 수초지의 물성도 백상지 고지의 물성 변화와 같게 나왔다. 그러나 Table 5에서와 같이 신문지 고지(ONP)의 백색도가 20이상 크게 향상된 것을 볼 수 있다.

본 연구에서 백상지 고지와 신문지 고지와 100% 화학펄프를 7:3과 6:4의 비율로 혼합하고 수초하여 광학적 특성 및 물리적 특성을 분석해 보았다. Table 6에서는 먼저 백상지 고지의 경우 백색도나 불투명도, 인장강도나 신장률 인열강도 등 모든 특성이 유사한 결과로 나타났다. 그러나 신문지 고지는 백색도와 강도가 백상지 고지에 비해 낮음으로 7:3의 경우보다 6:4의 경우에서 그 특성들이 감소하는 경향을 확인할 수 있었지만 불투명도의 경우 신문지 고지 자체의 높은 불투명도로 인해 6:4로 신문지 고지 함량이 증가함에 따라 불투명도는 증가하는 경향을 보였다.

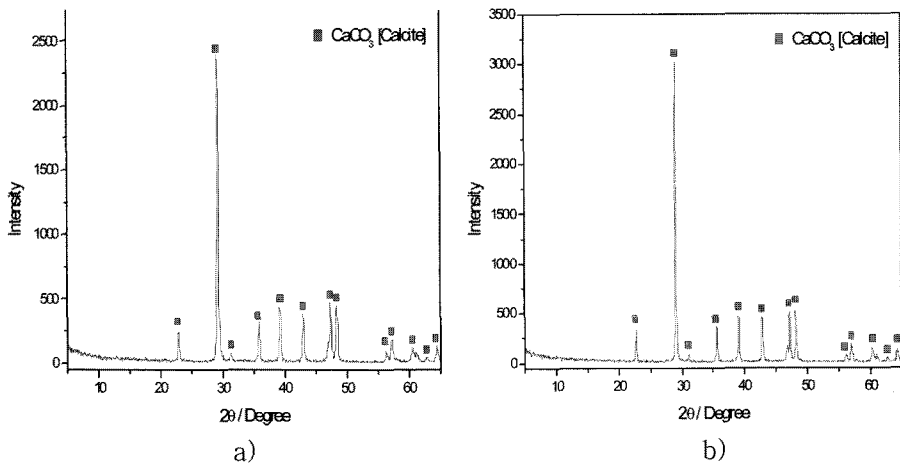


Fig. 2. XRD pattern of produced PCC, a) Colloid type PCC, b) Cubic type PCC.

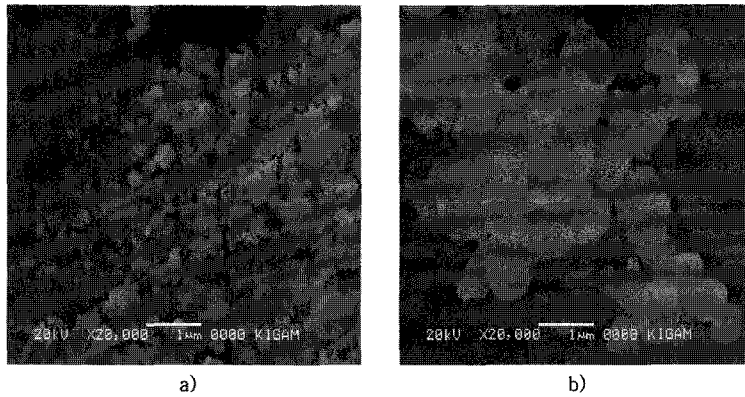


Fig. 3. SEM image of produced PCC, a) Colloid type PCC, b) Cubic type PCC.

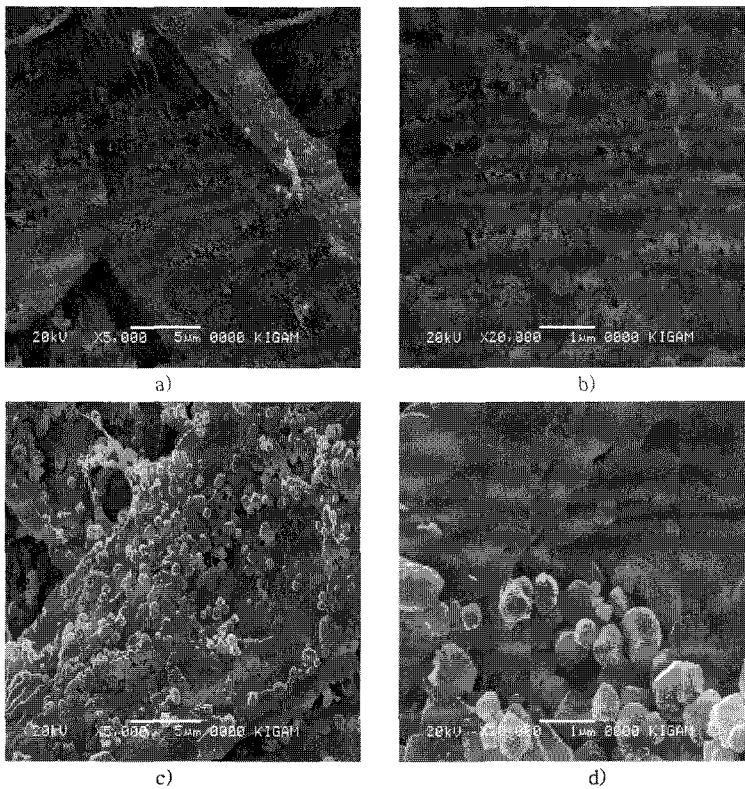


Fig. 4. SEM images of produced PCC on the surface of pulp, a), b) Colloid type PCC in old newspaper pulp and c), d) Cubic type PCC in white ledger.

화학펄프 100%와 교질형 PCC를 In-situ 방식으로 합성한 백상지 고지, 신문지 고지 펄프를 각각 7:3과 6:4의 비율로 조건을 나눠 혼합하고 수초하여 광학적 특성 및 물리적 특성을 분석해 보았다.

Table 7은 In-situ 공정을 통해 백상지 고지에 0.1 µm

이하의 교질형 PCC가 합성된 백상지고지(WL)와 신문지고지(ONP)를 화학펄프와 일정비율로 혼합하여 제작된 수초지의 물성 변화를 나타내고 있다. 실험 결과 혼합 펄프의 백색도와 불투명도가 증가하지만, 인장강도나 신장률 인열강도는 100% 화학펄프에 비해 감소하였다.

Table 4. Comparison properties of type of PCC in white ledger

	WL		WL + colloid PCC		WL + cubic PCC	
두께(mm)	0.17		0.12		0.13	
규 격	0.09이하					
백색도(%)	81.89		88.09		92.93	
규 격	65이상					
불투명도(%)	91.7		92.92		95.65	
규 격						
평활도(sec)	표 면	이 면	표 면	이 면	표 면	이 면
	1.8	1.4	4.1	3.7	5.1	4.7
규 격	20 이상					
인장강도(N)	36.61		6.99		6.52	
규 격	29.4 이상					
신장률(%)	2.452		0.695		0.817	
규 격	0.7 이상					
비인열도	323		75		50	
규 격	392 이상					

Table 5. Comparison properties of type of PCC in old newspaper pulp

	ONP		ONP + colloid PCC		ONP + cubic PCC	
두께(mm)	0.18		0.14		0.13	
규 격	0.09이하					
백색도(%)	53.83		73.27		74.44	
규 격	50 이상					
불투명도(%)	99.37		99.36		98.46	
규 격	80이상					
평활도(sec)	표 면	이 면	표 면	이 면	표 면	이 면
	1.5	1.1	5.0	4.4	5.7	4.5
규 격	20 이상					
인장강도(N)	31.28		3.78		2.66	
규 격	29.4 이상					
신장률(%)	2.352		0.782		0.538	
규 격	0.7 이상					
인열강도(mN)	280		40		25	
규 격	245 이상					

특히 화학펄프와 0.1 μm이하의 교질형 PCC가 합성된 재생펄프의 혼합 비율이 6:4인 혼합 펄프의 기계적 강도저하 현상이 크게 나타났다. 하지만 7:3으로 혼합한 경우 강도적인 면에서 GR 인쇄용지 규격과 거의 유사

한 값이 나온 점으로 볼 때 상당히 의미 있는 결과라 생각된다. 특히 신문지 고지는 그 자체의 백색도와 강도가 낮음으로 백상지 고지에 비해 그 성질이 현저히 감소하는 경향을 확인할 수 있었고 특히 7:3의 경우보

Table 6. Mixture with chemical pulp and recycled paper by 7:3, 6:4

	CP + WL				CP + ONP			
	7:3		6:4		7:3		6:4	
두께(mm)	0.16		0.16		0.15		0.15	
백색도(%)	86.14		85.75		66.76		63.73	
규 격	65이상				50 이상			
불투명도(%)	88.37		89.64		96.01		97.02	
규 격					80 이상			
평활도(sec)	표 면	이 면	표 면	이 면	표 면	이 면	표 면	이 면
	3.2	2.8	3.2	2.8	3.2	2.7	2.8	2.2
규 격					20 이상			
인장강도(N)	58.48		56.62		56.09		50.99	
규 격	29.4이상				29.4 이상			
신장률(%)	3.522		3.592		3.905		3.514	
규 격	0.7이상				0.7이상			
비인열도	469		484		293		253	
규 격	392이상				인열강도 245.0 이상			

Table 7. Mixture with chemical pulp and recycled paper by 7:3, 6:4 that synthesis colloid PCC

	CP + WL (colloid PCC)				CP + ONP (colloid PCC)			
	7:3		6:4		7:3		6:4	
두께(mm)	0.16		0.16		0.13		0.13	
백색도(%)	89.02		89.85		77.01		76.38	
규 격	65이상				50 이상			
불투명도(%)	90.54		91.53		94.57		95.98	
규 격					80 이상			
평활도(sec)	표 면	이 면	표 면	이 면	표 면	이 면	표 면	이 면
	4.5	3.8	4.6	4.4	4.5	3.6	5.2	4.4
규 격					20 이상			
인장강도(N)	37.36		28.21		31.01		24.77	
규 격	29.4이상				29.4 이상			
신장률(%)	2.734		2.134		2.273		1.699	
규 격	0.7이상				0.7이상			
비인열도	384		277		193		160	
규 격	392이상				인열강도 245.0 이상			

다 6:4의 경우에서 그 특성들이 더욱 감소하는 경향을 확인할 수 있었지만 불투명도의 경우 신문지 고지 자체의 높은 불투명도로 인해 6:4로 신문지 고지 함량이 증가함에 따라 불투명도는 증가하는 경향을 확인할 수 있

다. 한편 백상지 고지와 신문지 고지의 조건 모두에서 0.1 μm 이하의 교질형 PCC 합성에 따른 평활도의 증가를 확인할 수 있었다.

Table 8은 In-situ 공정을 통해 0.1 μm~0.9 μm의 입

방형 PCC를 백상지고지(WL)와 신문지고지(ONP)를 화학펄프와 7:3, 6:4 비율로 혼합하여 제작된 수초지의 물성 변화를 나타내고 있다. 백상지고지에 0.1 μm~0.9 μm의 입방형 PCC를 합성한 경우 100% 펄프에 비해서는 백색도와 불투명도가 증가하지만, 0.1 μm이하의 교질형 PCC를 합성한 경우에 비해 광학적 특성은 약간 감소하지만 인장강도와 신장률은 0.1 μm이하의 교질형 PCC를 합성한 경우에 비해 증가하였다. 그러나 100% 화학펄프에 비해서는 인장강도나 신장률 인열강도가 감소하는 것을 확인할 수 있었고 특히 6:4의 경우 강도가 더욱 저하하였다. 신문지 고지는 그 자체의 백색도와 강도가 낮음으로 백상지 고지에 비해 그 성질이 현저히 감소하는 경향을 확인할 수 있었고 특히 7:3의 경우보다 6:4의 경우에서 그 특성들이 더욱 감소하는 경향을 확인할 수 있었지만 불투명도의 경우 신문지 고지 자체의 높은 불투명성으로 인해 6:4 혼합 펄프에서 불투명도는 증가하는 경향을 확인할 수 있다. 한편 0.1 μm~0.9 μm의 입방형 PCC가 합성된 백상지 고지와 신문지 고지의 혼합 펄프에서 평활도의 증가를 확인할 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서는 0.1 μm이하(교질형)와 0.1 μm~0.9 μm

(Cubic 형) PCC를 In-situ 방식을 통해 백상지고지와 신문지고지의 재생 펄프 표면에 합성한 후 재생펄프의 물성변화를 관찰하였다. 또한 침강성 탄산칼슘이 합성된 재생펄프를 화학펄프와 일정 비율로 혼합하여 펄프의 물성 변화를 함께 관찰하였다.

1. In-situ 방식을 통해 백상지고지와 신문지고지의 재생 펄프 표면에 합성한 결과 광학적 특성인 백색도는 백상지고지, 신문지 고지 모두 크게 향상하였다. 그러나 펄프의 기계적 성질인 인장강도와 인열강도는 크게 감소하였다.

2. In-situ 방식을 통해 0.1 μm 이하의 교질형 PCC와 0.1 μm~0.9 μm의 입방형 PCC를 백상지고지, 신문지고지 등의 재생 펄프에 합성한 수초지 분석 결과 밀도의 증가로 인한 평활도의 증가와 광산란의 증가로 인해 불투명도 또한 증가한다는 것을 확인할 수 있다.

3. 화학펄프와 In-situ PCC 합성 재생펄프를 7:3으로 혼합한 경우와 6:4의 비율로 혼합한 경우 혼합된 펄프의 특성에 따라 광학적 특성인 백색도, 불투명도는 크게 개선되었으나 기계적 특성인 인장강도와 인열강도는 감소하는 것으로 나타났다.

4. 백색도의 경우 100% 펄프 < 입방형 PCC 합성 < 교질형 PCC 합성 순이었으며 이를 통해 교질형 PCC가 광학적 성질이 우수한 것으로 나타났다.

Table 8. Mixture with chemical pulp and recycled paper by 7:3, 6:4 that synthesis cubic PCC

	CP + WL (cubic PCC)				CP + ONP (cubic PCC)			
	7:3		6:4		7:3		6:4	
두께(mm)	0.14		0.14		0.14		0.13	
백색도(%)	88.18		90.18		82.29		81.93	
규 격	65이상				50 이상			
불투명도(%)	91.14		91.53		95.59		96.8	
규 격	80 이상							
평활도(sec)	표 면	이 면	표 면	이 면	표 면	이 면	표 면	이 면
	5.2	4.6	5.7	4.8	4.7	4.2	6	5.3
규 격	20 이상							
인장강도(N)	41.79		28.91		34.13		23.69	
규 격	29.4이상				29.4 이상			
신장률(%)	2.888		2.203		2.198		1.571	
규 격	0.7이상							
비인열도	241		210		170		133	
규 격	392이상				인열강도 245.0 이상			

참고문헌

1. C. Domingo., 2005: *Calcite precipitation by a high-pressure CO2 carbonation route*, J. of Supercritical Fluids, 36(2006), pp202-215.
2. Bo Feng., 2006: *Effect of various factors on the particle size of calcium carbonate formed in a precipitation process*, Materials Science and Engineering A, 445-446(2007), pp170-179.
3. M.G.A. Vieira., 2007: *Drying conditions influence on physical properties of recycled paper*, Chemical Engineering and Processing, 46(2007), pp955-963.
4. Teresa, G., 2004: *Composting of de-inking sludge from the recycled paper manufacturing industry*, Bioresource Technology, 96(2005), pp1161-1167.
5. M. V. Dagaonkar., 2004: *Synthesis of CaCo3 nanoparticles by carbonation of lime solutions in reverse Micellar systems*, Chemical Engineering Research and Design, 82(A11), pp1438-1443.
6. Adams, R., 2009: *Whiter than white - with optical brighter & without UV-Quenchers*, Focus on pigments, 2009(8), pp1-3.
7. Huang, X.N., 2008: *Study of adsorption kinetics for fluorescent whitening agent on fiber surfaces*, Science in China series B: Chemistry, 51(5), pp473-478.
8. Rupesh, K.P., 2005: *Economic analysis of paper recycling vis-a-vis wood as raw material*, Int. J. Production Economics, 103(2006), pp489-508.
9. Sinclair, W.F., 1990: *Controlling pollution from Canadian pulp and paper manufactures: a federal perspective*, Ottawa: Canadian Government Publishing Centre.
10. Korea Paper Manufacture's Association (KPMA), 2008: *Comparison of pulp and paper market between India and China*, Public information (Downloadable from www.paper.or.kr).
11. Vahasalo, L.J., Holmbom, B.R., 2006: *White pitch deposition and styrene-butadiene-rubber binder content in paper mill process waters*, Appita Journal, 59(4), pp280-284.
12. N. WISTARA., 1999: *Properties and treatments of pulps from recycled paper. Part II. Surface properties and crystallinity of fibers and fines*, 2000 Kluwer Academic Publishers, Cellulose 6, pp325-348, Printed in the Netherlands.
13. RUSHDAN. IBRAHIM., 2003: *Structural, mechanical and optical properties of recycled paper blended with oil palm empty fruit bunch pulp*, Journal of Oil Palm Research Vol. 15 No. 2, December 2003, pp28-34.

李 鍾 圭

- 현재 한국지질자원연구원 광물자원연구본부 연구원

柳 光 錫

- 현재 한국지질자원연구원 광물자원연구본부 선임연구원
- 당 학회지 제16권 3호 참조

南 星 英

- 현재 한국지질자원연구원 광물자원연구본부 연구원

安 芝 煥

- 현재 한국지질자원연구원 광물자원연구본부 책임연구원
- 당 학회지 제10권 4호 참조