

폐수처리공정의 Scum 재활용에 관한 연구

강광호, 김형진

국민대학교 임산공학과

1. 서 론

우리나라의 폐지 재활용률은 세계최고 수준으로 제지산업 규모 상위 10개국 중 지류재활용 비율이 2004년말 기준 약 75%로 가장 높다. 이는 국내 제지산업에서 큰 비중을 차지하고 있는 골판지 원지 제조공정의 섬유상 원료를 원비절감을 위해 국내·외에서 생산된 재활용 폐지를 사용하기 때문이다. 하지만 최근에는 이러한 폐지사용으로 인한 원비절감이외에 공정상의 폐쇄화를 통하여 원비절감을 모색하고 있다.

제지 산업의 각 공정에서 섬유나 그 외의 물질들이 백수와 함께 분급되어 최종적으로 폐수처리 공정을 거치게 되는데, 폐수 1차 화학처리 공정에서 폭기조에 의한 처리시 부유물질들이 cationic polymer에 의하여 응집되어 집수조 표면으로 찌꺼기의 형태로 발생하는 것을 scum이라 한다. 이러한 scum의 재활용은 폐쇄화 공정의 과정으로서 그 양은 비록 적지만 이를 재활용함으로써 원비절감이나 고품폐기물 처리비용 절감 효과를 기대할 수 있다. 따라서 본 실험에서는 scum의 물리·화학적 특성을 조사하고, 투입량을 조절하여 초지하였을 때 나타나는 물성의 변화 폭을 관찰하며, 공정상에 미치는 부하량을 측정함으로써 scum의 재활용에 대한 가능성을 평가하고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 실험 재료

AOCC(American old corrugated container) 및 KOCC(Korean old corrugated container)는 골판지 원지 생산업체인 B사에서 pulper 투입전의 시료를 분양받아 사용하였고, scum은 Fig. 1과 같이 1차 폐수 처리공정에서 발생된 scum을 탈수시켜 고품분화 된 것을 채취하여 사용하였다.

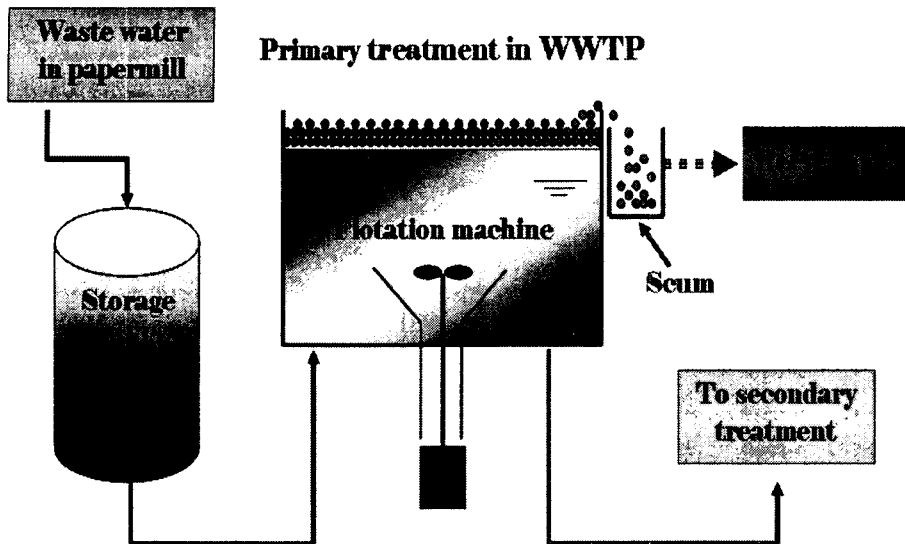


Fig. 1. Schematic formation system of scum in wastewater treatment process.

2.2 실험 방법

2.2.1 Scum의 성분 분석

Scum을 원료에 투입하여 재활용 했을 때 제품의 물성변화에 영향을 미칠 수 있는 인자를 알아보기 위해서 scum 자체 특성과 성분을 조사하였다. 회분함량은 Thermolyne 1300 furnace를 이용하여 측정하였고, scum의 유해성 평가를 위해 중금속 등의 유무를 Table 1의 방법으로 측정하였다. 또한 scum을 somerville screen으로 정선 처리한 후 accept 및 reject의 image analyzer 분석을 실시하였다.

Table 1. Scum 100%로 초지한 시트의 유해성 시험방법

시험항목	단위	시험방법
납(Pb) : Hot water	mg/L	ENV 12498
수은(Hg) : Hot water	mg/L	ENV 12497
카드뮴(Cd)	mg/kg	KS M ISO 10775
증발잔류물	mg/L	식품공정 제6. 기구 및 용기·포장의 기준 및 규격 중 8. 종이제 시험방법

Scum의 재활용 시 정선공정상의 부하량을 측정하기 위하여 valley beater를 사용하여 각 5분 단위로 해리한 다음 해리시간에 따른 scum을 채취한 후 somerville screen을 이용하여 reject 비율을 측정하였다. 이때의 reject 비율은 전체 투입량에 대한 screen plate에 잔류한 이물질의 비율로 계산하였다.

2.2.2 Scum 투입량에 따른 시트의 물리적 특성 변화

Scum의 혼합 비율에 따른 수초지의 물리적 특성을 평가하기 위하여 scum을 valley beater로 30분간 해리한 후 somerville screen을 사용하여 정선처리한 다음 accept 지료를 이용하였다. AOCC와 KOCC는 valley beater로 10분간 고해하여 사용하였고, 각각의 여수도(Canadian Standard Freeness)를 측정하였다. 고해된 AOCC와 KOCC의 지료에 정선된 scum을 control 및 0, 1, 2, 3, 4, 5 및 10%를 투입하여 평량 $80 \pm 3 \text{ g/m}^2$ 으로 초지하였고, 인장강도, 파열강도 및 압축강도를 평가하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 Scum의 구성 성분 평가

본 실험에서 사용한 B사의 scum 회분함량은 8.7%였으며, scum의 특성 비교를 위해 사용한 A사의 1차 폐수처리 공정에서 얻은 scum 회분함량의 59.44%보다 매우 낮은 특성을 보였다. 이와 같은 결과는 A사와 B사의 폐수처리 공정의 차이 때문으로 판단된다. 즉, A사에서는 2차, 3차 폐수처리 공정시의 고형분을 1차 폐수처리 공정으로 반송시켜 scum을 부유부상 시키는 공정을 채택하기 때문인 것으로 사료되며, 본 실험에서 주요 분석에 사용한 B사의 scum은 1차 폐수처리 시의 고형분만을 부유부상 처리하여 사용하기 때문에 회분함량이 상대적으로 낮은 것으로 판단된다. 또한 somerville screen을 이용하여 정선처리 한 accept의 scum은 6.28%의 매우 낮은 회분함량을 보였다.

Scum의 유해성 평가를 위해 중금속 등을 측정한 결과는 Table 2와 같으며, 모든 시험항목에서 검출한계까지는 검출되지 않았으나, 다소의 증발잔류물이 검출되었다.

Somerville screen을 사용하여 정선처리 하였을 때의 accept와 reject된 scum의 image($\times 100$)를 비교 분석하였으며, 그 결과는 Fig. 2 및 3과 같다. Accept된 scum의 경우 미세분과 상당량의 장·단섬유로 구성되어 있는 것이 관찰되었고, reject된 scum에서는 스티키 물질이나 잉크에 의하여 응집된 섬유들로 이루어져 있음을 알 수 있었다.

Table 2. Scum 100%로 초지한 시트의 유해성 시험결과

시험항목	단 위	시 험 결 과	검 출 한 계
납(Pb) : Hot water	mg/L	불검출	0.01
수은(Hg) : Hot water	mg/L	불검출	0.01
카드뮴(Cd)	mg/kg	불검출	0.5
증발잔류물	mg/L	1,460	.

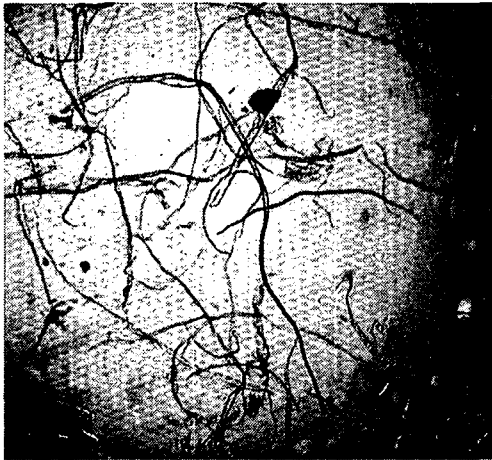


Fig. 2. Image of accept fibre in scum(×100)

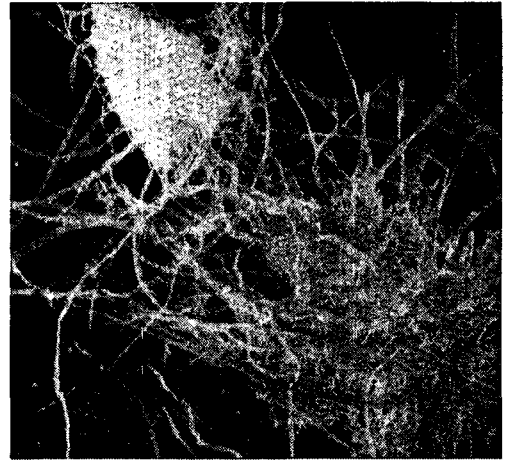


Fig. 3. Image of reject fibre in scum(×100)

Scum을 공정에 재이용 하였을 경우 정선 공정에 미치는 영향을 평가하기 위하여 valley beater를 사용하여 해리시키고, somerville screen을 사용하여 reject 비율을 측정하였다. 해리시간에 따른 reject비율은 Table 3과 같으며, scum을 해리하였을 경우 해리초기에는 응집된 미해리 섬유가 많아 reject비율이 높게 측정되었으나, 약 20분 해리시간 이후에는 reject비율의 차이가 거의 없음을 확인할 수 있었다.

Table 3. Scum 해리시간에 따른 screen의 reject비율 측정

해리시간(min)	10	15	20	25	30
Reject 비율(%)	54.5	21.2	8.1	7.7	7.8

3.2 Scum 투입량에 따른 시트의 물리적 특성 변화

물성측정에 사용한 AOCC, KOCC, scum의 여수도(CSF)는 Table 4와 같으며 이 중 scum의 여수도가 680ml로서 가장 높은 탈수도 특성을 나타냈다. 이러한 결과는 scum이 1차 폐수처리 공정에서 cationic polymer 등의 첨가로 인해 섬유상 물질이 서로 응집됨으로서 탈수성이 상대적으로 높게 나타난 결과로 사료된다.

Table 4. AOCC, KOCC 및 scum의 탈수 특성 비교

	AOCC	KOCC	Scum
Freeness(ml)	430	394	680

재활용에 따른 시트의 물리적 특성을 평가하기 위하여 AOCC 및 KOCC 지료에 scum을 혼합하였을 경우 scum의 투입비율에 따른 시트의 물성을 비교하였고 그 결과는 Fig. 4, 5 및 6에 나타났다. 물성의 편차 값은 인장강도가 2.7 N·m/g, 파열강도가 0.2 kPa·m²/g, 압축강도가 10N·m/g으로 나타났으며, AOCC와 KOCC에 scum을 10% 투입한 경우 인장강도, 파열강도 및 압축강도는 편차 범위 안의 낮은 변화 값을 나타냈다. 또한 AOCC에 scum을 10% 투입한 경우에는 오히려 압축강도가 상승하는 결과를 얻었다.

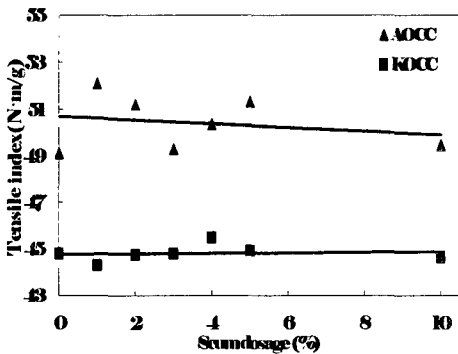


Fig. 4. Changes of tensile index by addition amounts of scum.

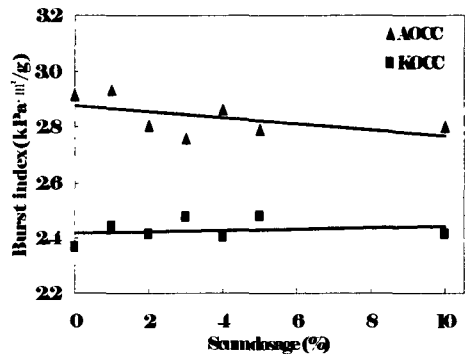


Fig. 5. Changes of burst index by addition amounts of scum.

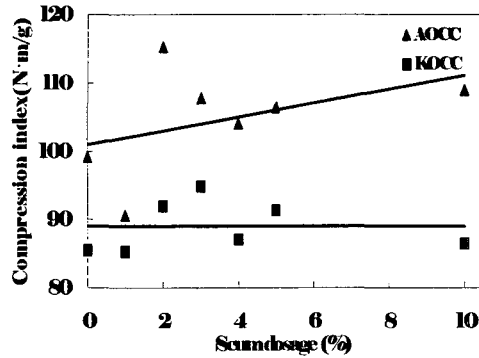


Fig. 6. Changes of compression index addition amounts of scum.

본 실험에서 사용된 산업용지 제조회사인 B사의 경우 scum 발생량은 공정모사 기법(WinGEMS)을 이용하였을 경우 2.5%로 측정되었다. 따라서 물성측정 값을 바탕으로 하였을 때 scum의 재활용은 가능하다고 판단되며, 1차 폐수처리 공정에서 가동되고 있는 scum의 압착 및 탈수 공정에서의 에너지 절감과, 고품질 폐기처리 비용 및 원료 비용을 절감할 수 있을 것으로 사료된다.

4. 결 론

오늘날 대부분의 제지공장에서 1차 폐수처리 공정은 suspended solid를 제거하기 위하여 cationic polymer 등에 의한 화학처리를 하고 있다. 화학처리 시 응집된 부유물, 즉 scum을 재활용하기 위해서 성분 조사와 유해성 측정을 하였으며, 실제 공장에서 재활용할 경우 scum에 포함되어 있는 이물질에 의하여 지료정선공정에 미칠 수 있는 부하량의 정도를 측정하였다. 또한 somerville screen을 사용하여 정선된 scum의 accept를 AOCC 및 KOCC에 투입하여 초지하였을 때 물성의 변화 값을 측정함으로써, 제품에 미칠 수 있는 영향성을 평가하였다.

실험의 결과로서 scum의 재활용은 유용성이 있다고 판단되며, 1차 폐수처리 공정에서 운전되고 있는 scum의 압착 및 탈수 공정 등에 사용되는 에너지를 절감할 수 있고, 고품질 처리비용 및 원료비용을 절감할 수 있을 것으로 사료된다.

5. 참고 문헌

1. 제지산업 통계연보, 2004, 한국제지공업연합회, (2004).
2. Smook, G. A. Handbook for pulp & paper Technologists, pp. 381-397 (2002)
3. Terrence W. Carroll, P. E. William L. Reeves, P. E., Paper mill sludge the ultimate recycling challenge, International Environmental Conference, 1999.
4. Anon., Water use in UK paper and board manufacture, Environmental Performance Guide EG 69, 1997.
5. Athanasopoulos NS., Use of various processes for pilot plant treatment of wastewater from a wood processing factory, J Chem Technol Biotechnol, 2001.
6. G. Thompson, J. Swain, M. Kay, C. F. Forster., The treatment of pulp and paper mill effluent, Bioresource Technology, 2001.
7. D. Pokhrel, T. Viraraghavan., Treatment of pulp and paper mill wastewater, Science of the Total Environment, 2004.
8. Barnack, M., Stein, R., Fller, L., Optimization of a recycle linerboard mill WWTP, Environmental Conference Proceedings, 2000.
9. Ji, K.-R., Ryu, J.-Y., Shin, J.-H., Song, B.-K., Ow, S.-K., Improvement of drainage and strength properties of testliner by successive treatments of flotation and mixed enzyme, Journal of Korea TAPPI, 1999
10. Smith, J., Clark, M., Guidotti, P., Hartung, R., Novel approach to the manarement of recycle newsprint mill, Environmental Conference Proceedings, 1992.