

# 라이너지 제조공정 탈수 슬러지의 scum 재이용 가능성 평가

강광호 · 김형진<sup>†</sup>

(2008년 5월 23일 접수: 2008년 8월 29일 채택)

## The Evaluation of Scum Recyclability from Waste Sludge in Linerboard Mills

Kwang-Ho Kang and Hyoung-Jin Kim<sup>†</sup>

(Received May 23, 2008; Accepted August 29, 2008)

### ABSTRACT

For the purpose of reduction of production cost in the industrial papermaking process, the use of waste paper has been more and more increased as a fibrous raw material, and the closed system of white water became closed more than ever. "Scum" indicates the floated sludge by a flotation during primary wastewater treatment process in paper mills. If the scum is used as the raw material, it could reduce both the raw material and solid waste treatment cost with even small quantity. In this study, the element survey and the toxicity measurement was carried out for recycling scum. A load factor of stock preparation process in paper mills was measured by somerville screen. Physical properties of paper sheet containing the accepted scum from the stock of AOCC or KOCC were evaluated. The result of this study shows that recycling scum has potential to be used in paper making system. It also might be able to reduce the required energy used by the pressing or drainage process, the raw material cost, and solid waste treatment cost due to the recycling of scum.

**Keywords** : *scum, waste sludge, primary wastewater treatment, flotation, recycling, old corrugated container*

---

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

† 교신저자 (Corresponding Author) : E-mail ; [hyjikim@kookmin.ac.kr](mailto:hyjikim@kookmin.ac.kr)

# 1. 서론

우리나라 제지산업의 폐지 재활용률은 세계 최고 수준으로서 종이 생산량 규모 대비 상위 10개국 중 2007년 기준 폐지 회수율은 7,998천 ton으로서 약 80.8%를 나타냈으며, 폐지 사용량은 9,146천 ton으로서 약 75%의 재활용율을 나타냈다.<sup>1)</sup> 국내 제지산업에서 지중에 따른 생산량 중 가장 높은 비중을 차지하고 있는 골판지 원지 및 판지의 경우 원가절감을 위해 섬유상 원료의 약 80%는 국내·외로부터 회수된 재활용 폐지를 사용하고 있다. 특히 골판지 원지 및 판지와 같은 산업용지의 경우 백수의 공정폐쇄화를 통해 폐수처리공정에서의 scum을 섬유상 원료로서 재이용하기도 한다. Scum의 재활용은 슬러지 처리 비용을 절감하고 scum 내에 존재하는 섬유상 원료를 회수할 수 있는 장점은 있으나 scum 재활용에 따라 동반되는 피할 수 없는 문제점들도 야기되고 있다. 이에 따라 scum 재이용시 발생할 수 있는 제반 문제점들<sup>2-4)</sup>을 해결하기 위한 방법으로서 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 거동 분석<sup>5-6)</sup> 및 파일럿 초지기에 의한 공정 모사 연구<sup>7)</sup> 등이 시도 된 바 있다.

섬유상 원료나 기타 유, 무기 첨가제들은 제지공정 중에서 백수와 함께 배출되어 공정 시스템에 따라 재이용되거나 또는 최종적으로 폐수처리 공정을 거치게 된다. 이 때 집수조에 모인 폐수는 1차 폐수처리 공정의 폭기조에서 부유물질들은 cationic polymer에 의하여 응집, 부상하여 표면으로 슬러지 형태로 발생하는 것을 scum이라 한다. 현재 scum 처리는 폭기조에 의해 부유부상된 것을 회수하여 압착탈수시켜 소각하거나 폐기물 처리하는 방법을 이용하고 있다.<sup>8-9)</sup> Scum은 비록 발생하는 양은 적지만 폐쇄화 공정의 일환으로 이를 재활용하면 원료 절감을 모색할 수 있으며 scum을 처리하는 공정상의 에너지나 폐기물 처리비용 등의 원비를 절감할 수 있을 것으로 사료된다.

따라서 본 실험에서는 골판지 원지 생산시 발생하는 scum을 재활용하기 위해 scum의 물리·화학적 특성을 조사하고, KOCC 및 AOCC에 scum 투입량을 조절하여 초지한 후 종이의 물성 변화 거동을 평가하고 공정상에 미치는 부하를 측정함으로써 scum의 재활용 가능성을 평가하고자 하였다.

# 2. 재료 및 방법

## 2.1 섬유상 재료

AOCC 및 KOCC는 골판지 원지 생산업체인 A사에서 펄퍼 투입 전의 시료를 분양받아 사용하였으며, scum은 Fig. 1에서와 같이 A사의 1차 폐수 처리공정에서 회수된 scum을 압착탈수시켜 고형분화 된 것을 채취하여 사용하였다.

## 2.2 실험방법

### 2.2.1 Scum의 성분 분석

Scum을 KOCC 및 AOCC에 투입하여 재활용 했을 경우, 제품의 물성변화에 영향을 미칠 수 있는 인자를 알아보기 위해 scum의 자체 특성과 성분을 조사하였다. 회분 함량은 electric furnace(Thermolyne 1300,

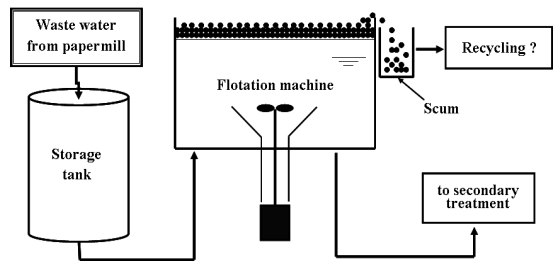


Fig. 1. Schematic formation system of scum in wastewater primary treatment process.

Table 1. Toxic test method of handsheets formed by 100% scum

Toxic Materials	Unit	Test Method
Pb	mg/L	ENV 12498(Cold Water)
Pb	mg/L	ENV 12498(Hot Water)
Hg	mg/L	ENV 12497(Hot Water)
Cd	mg/kg	KS M ISO 10775
Evaporation Residue	mg/L	Food Codex

USA)를 이용하여 TAPPI Test Method T 211에 의거하여 측정하였으며 scum 재활용에 따른 종이의 유해성 평가를 위해 scum 내에서의 중금속 유무를 Table 1의 방법으로 분석하였다.

또한 scum을 flat screen을 이용하여 정선 처리하였으며 이때 얻어진 reject 비율을 계산하여 정선 처리 시 발생할 수 있는 공정상의 부하량을 측정하였고, Image analyzer(Sometech, Korea)를 이용하여 scum의 accept portion과 reject portion의 이미지를 비교 분석하였다.

### 2.2.2 Scum 투입량에 따른 시트의 물리적 특성 평가

Scum 투입량에 따른 수초지의 물리적 특성을 평가하기 위하여 valley beater를 이용하여 30분간 scum을 해리한 후 flat screen을 사용하여 정선 처리하였으며, 정선된 scum을 AOCC 및 KOCC에 각각 0, 1, 2, 3, 4, 5, 10%의 비율로 투입하여 평량 80 gsm의 수초지를 제조하였다. 이때 사용된 AOCC와 KOCC는 valley beater로 약 10분간 해리하고 10분간 고해하여 사용하였으며, 생성된 지료의 CSF(Canadian Standard Freeness)를 측정하였다. 또한 수초지의 물리적 특성을 평가하기 위하여 TAPPI Test Method에 의거 인장지수, 비파열 강도를 측정하였고 Ring Crush법에 의한 압축강도를 측정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 Scum의 구성 성분 평가

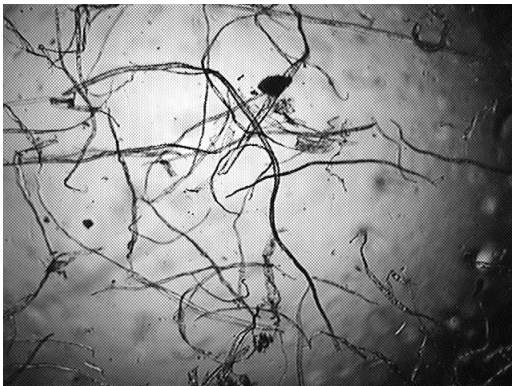


Fig. 2. Image of accepted scum (×100).

본 실험에서 사용한 A사의 scum 회분 함량은 8.7%였으며, scum의 특성 비교를 위해 사용한 B사의 1차 폐수처리 공정에서 회수된 scum의 회분 함량 59.44%보다 매우 낮은 특성을 보였다. 이와 같이 A사와 B사에 있어서 scum 회분 함량의 큰 차이를 보이는 것은 A사와 B사의 폐수처리 공정의 차이 때문으로 판단된다. 즉, 본 실험에서 주요 분석에 사용한 A사의 scum은 집수조의 유기물질을 C-PAM(Cationic Polyacrylamide)으로 응집시켜 폭기조를 통하여 부유부상된 슬러지를 압착탈수시켜 사용한 것에 반하여 B사의 경우는 3차 폐수처리 공정인 Fenton 처리 후에, 발생된 산화 슬러지를 처리비용과 에너지 절감의 이유로 1차 폐수처리 공정으로 반송시켜 제거하기 때문에 무기물의 함량이 높아져서 나타난 결과로 사료된다. 또한 flat screen을 이용하여 정선 처리한 scum의 회분 함량은 6.28%로 비교적 낮은 무기물 함량을 나타냈다.

Scum의 유해성 평가를 위해 중금속 함량 등을 측정 한 결과는 Table 2와 같으며, 모든 시험항목에서 검출 한계까지는 검출되지 않았으나 다소의 증발잔류물이

Table 2. Toxic test results of handsheets formed 100% scum

Toxic Materials	Unit	Result	Limited
Pb (Cold Water)	mg/L	NA	0.01
Pb (Hot Water)	mg/L	NA	0.01
Hg (Hot Water)	mg/L	NA	0.01
Cd	mg/kg	NA	0.5
Evaporation Residue	mg/L	1,460	-

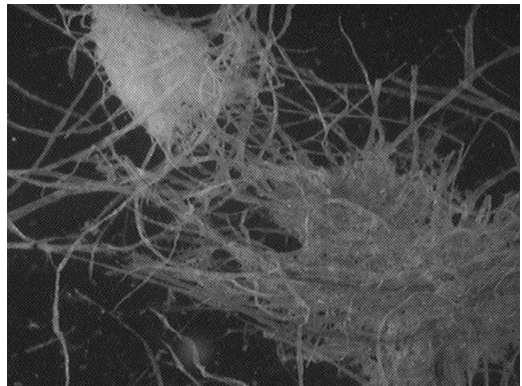


Fig. 3. Image of rejected scum (×100).

검출되었다.

Flat screen을 사용하여 정선처리 하였을 때의 accept와 reject된 scum의 이미지(×100)를 비교 분석 하였으며, 그 결과를 Fig. 2 및 3에 나타냈다. Accept된 scum의 경우 미세분과 상당량의 장단섬유로 구성되어 섬유분을 많이 포함하고 있었으며, reject된 scum에서는 점착성 이물질이나 잉크 등에 의하여 섬유가 해리되지 못하고 응집되어 있는 형상을 관찰할 수 있었다.

Scum을 공정에 재활용 하였을 경우 정선 공정에 미치는 영향을 평가하기 위하여 valley beater를 사용하여 일정 시간 동안 해리시키고, flat screen을 사용하여 reject 비율을 측정하였다. 해리시간에 따른 reject 비율은 Table 3의 결과와 같으며 scum을 해리하였을 경우 해리 초기에는 응집된 미해리 섬유가 많아 reject 비율은 약 54%로 높았으나 20분 정도 해리 후에는 reject 비율은 8%로 감소하였으며, 그 이후에는 reject 비율의 변화가 없음을 확인할 수 있었다.

### 3.2 Scum 투입량에 따른 시트의 물리적 특성 변화

시트의 물리적 특성 분석에 사용한 AOCC, KOCC 및 scum의 여수도(CSF-mL) 측정 결과는 Table 4와 같

**Table 4. Freeness results of AOCC, KOCC and scum**

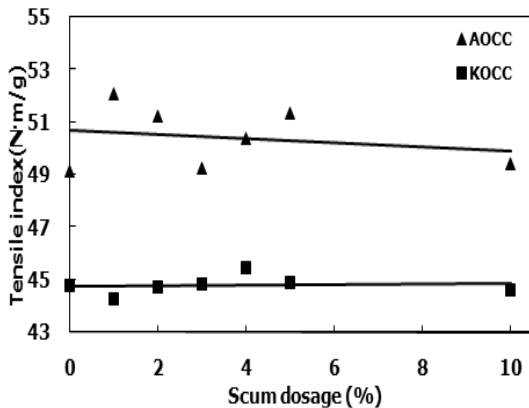
	AOCC	KOCC	Scum
CSF (mL)	430	394	680

으며, 이 중 scum의 여수도가 680mL로서 가장 낮은 여수도 거동을 나타냈다. 이는 scum이 1차 폐수처리 공정에서 cationic polymer 등의 첨가로 인해 섬유상 물질이 서로 응집됨으로서 탈수성이 상대적으로 높게 나타난 결과로 사료된다.

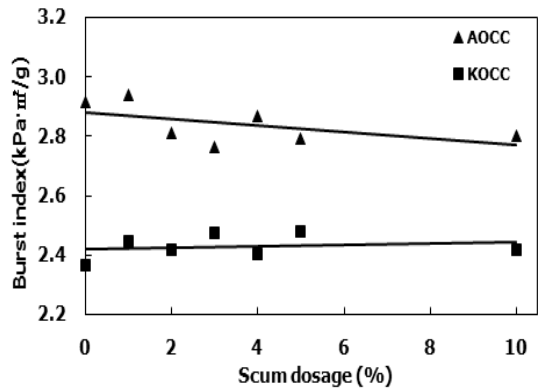
Scum의 재활용에 따른 시트의 물리적 특성을 평가하기 위하여 AOCC 및 KOCC 지료에 scum을 단계적으로 투입하여 제조한 수초지의 물성을 측정하였으며 그 결과를 Fig. 4, 5 및 6에 나타냈다. Fig. 4에서와 같이 인장지수 값은 AOCC의 경우 scum을 투입함에 따라 다소 감소되는 결과를 보였지만, 이러한 결과는 수초지의 인장지수 표준편차 값이 2.7 N·m/g으로서 편차 내에서의 낮은 변화 값으로 판단된다. 또한 KOCC의 인장강도 결과도 3.1 N·m/g의 표준편차 범위 내의 낮은 변화 거동을 나타냈다. Fig. 5의 결과에서와 같이 비파열강도는 AOCC의 경우 0.24 kPa·m<sup>2</sup>/g의 표준편차 값을 나타냈고, KOCC의 경우 0.16 kPa·m<sup>2</sup>/g의 표준편차 값을 나타내어 인장강도 결과에서와 마찬가지로 편차 범위

**Table 3. Ratio of rejected scum by disintegration time using somerville screen**

Disintegration time (min)	10	15	20	25	30
Ratio of rejected scum (%)	54.5	21.2	8.1	7.7	7.8



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



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

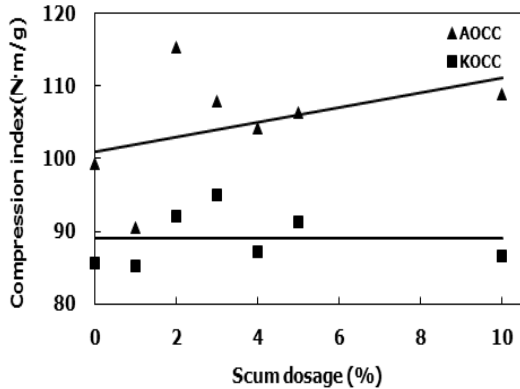


Fig. 6. Changes of compression index by addition amounts of scum.

내의 낮은 변화 거동을 나타냈다. 비압축강도(Ring Crush) 결과는 Fig. 6과 같으며 AOCC의 경우 12.0 N·m/g의 표준편차 값을 나타냈고, KOCC의 경우 9.9 N·m/g의 표준편차 값을 나타내어 Fig. 4 및 5의 인장지수와 비파열강도의 값과 같이 편차범위 내에서의 변화 값을 보였다.

본 실험에 사용된 라이너지 제조공정의 A사의 scum 발생량을 공정모사 프로그램(WinGEMS)을 이용하여 분석한 결과 발생된 scum의 양은 투입 원료의 약 2.5%로 측정되었다. 따라서 scum의 인장지수, 비파열강도 및 비압축강도의 물성 측정 값 기준으로 2.5% 수준의 scum 첨가 시 생산된 종이의 물리적 특성 차이는 높지 않은 것으로 판단되며, 따라서 scum을 재활용하여 사용하여도 가능할 것으로 사료되며 이에 따라 1차 폐수 처리 공정에서 가동되고 있는 scum의 압착 및 탈수 공정에서 사용되는 에너지 절감 및 고품분 폐기처리 비용 및 섬유상 원료의 절감을 모색할 수 있을 것으로 사료된다.

#### 4. 결론

제지공정에서의 1차 폐수처리 공정은 폐수 내에 존재하는 부유 고형분을 제거하기 위하여 양이온성 폴리머 등을 첨가하여 물리·화학적으로 응집시켜 폭기조에 의한 부유부상공정을 사용하며, 이 때 응집된 슬러지인 scum의 재활용 가능성을 평가하고자 하였다. Scum의

재활용성을 분석하기 위한 성상 분석에서는 1차 처리 공정의 scheme에 따라 회분함량의 큰 차이를 나타냈으며 납, 및 카드뮴, 수은 등의 유해성 평가에서는 검출한계까지는 검출되지 않았으나 증발잔류물은 검출되었다. 또한 실제 공정에 적용할 경우 scum에 포함되어 있는 이물질은 주로 점착성 물질 및 잉크와 혼합되어 응집체를 이루고 있었으며 해리 거동에 부정적 영향을 미쳤다.

Scum의 이미지 분석 및 accept를 이용한 AOCC 및 KOCC와 혼합 초치하여 수초지의 물리적 특성 변화를 평가한 결과 scum 발생량에 대한 물성 변화폭은 크지 않다고 판단되었으며 scum의 재활용성은 유용성이 있다고 평가되었다. 이에 따라 골판지 원지를 생산하는 A사의 경우 1차 폐수처리 공정에서 발생하는 scum을 펄퍼로 재투입하기 위한 공정안을 모색하였으며, 궁극적으로 기존의 scum을 압착·탈수하는 공정에 사용되는 에너지 절감 및 scum의 고품분 처리비용 및 원료비용을 절감할 수 있을 것으로 기대된다.

## 사 사

본 연구는 2007년 국민대학교 교내연구비 지원에 의하여 수행되었습니다.

## 인용문헌

1. 제지산업 통계연보, 한국제지공업연합회, (2007).
2. Youn, H. J., Ryu, J. Y., Song, B. K., and Cho, M. S., "The effect of white water components on mechanical properties of linerboard, J. of Korea Tappi 36(1):9-15 (2004).
3. Dextor, R., Water closure a unique situation for every mill, Appita, 50(5):465 (1997).
4. Webb, L. J., Water and wet-end chemistry, Paper technology 33(6):30-36 (1991).
5. Melton, Adam., Process simulation as a tool for closing water loops, Paper Technology, 41(7):27-30 (2000).
6. Devin Cole, Dan Farmin, and Loren Euhus., Using Simulation to Identify and Evaluate Operating Cost Savings by Recovering Waste Heat, 2000

- Engineering Conference Proceedings (2000).
7. Alexander, S. D. and Dobbins, R. D., The buildup of dissolved electrolytes in a closed paper mill system, Tappi J. 60(12):117-120 (1977).
  8. Smook, G. A., Handbook for pulp & paper technologists, 3rd Ed., Angus Wilde Publications Inc., Vancouver, Canada. pp.205-217 (2002).
  9. Pokhrel, D. and Viraraghavan, T., Treatment of pulp and paper mill wastewater, Science of the Total Environment 333:37-58 (2004).