

## 수처리 시 Zeta전위 측정에 의한 응집제 투입량 결정\* 조준형<sup>1)</sup> · 강미란<sup>2)</sup>

### Determination of Optimum Dosage of Polymer by Zeta potential in the Wastewater Treatment\* Jun-Hyung Cho<sup>1)</sup> and Mee-Ran Kang<sup>2)</sup>

#### 요 약

본 연구에서는 재생지를 원료로 하여 화장지를 만드는 제지공장의 원폐수를 사용하였으며, 폐수처리의 기초적 전처리 방법으로 zeta potential을 측정(원성연, 1995 : 이학래등, 1996)하여 적정 응집제 투입량을 선정하고, 응집제를 투입량에 따른 탁도(Turbidity), 총고형물(suspended solids : SS), 화학적 산소요구량(chemical oxygen demand : COD)을 측정하여 최적 응집제 투입량을 검토하였다.

또한 응집·침전의 효율을 결정하는 가장 중요한 평가항목인 floc의 기계적 강도(임호주, 2002)를 측정해 봄으로써 기계적 강도가 양호하면서 응집효과가 좋은 최적 조건을 검토하였다. 따라서 최적 응집제 투입량에 따른 응집제의 사용량 감소에 의한 실제 공장에서 약품비용의 절감 효과와 폐수처리 효율의 극대화를 기대 할 수가 있다고 사료된다.

#### ABSTRACT

Sedimentation characteristics such as SS, COD removal efficiency of wastewater in the toilet paper mill using recycled paper were examined by zeta potential. Optimum dosage of coagulant were determined by turbidity, SS, COD and then equation for treatment efficiency was suggested. Mechanical strength of floc was determined by turbidity.

*Key words : Zeta potential, Coagulant, Floc strength, Optimum dosage*

#### I. 서 론

응집 처리란 수중에 안정하게 분산되어 있는 현탁물질, 콜로이드상의 물질을 응결, 응집시켜 거대 입자경을 갖도록 floc화하여 물과 분리시키

는 기술을 말하며, 이는 전체 용·폐수 처리의 효율을 크게 좌우한다. 응집제로는 무기응집제와 유기고분자응집제를 사용하고 있으며 floc의 여과성, 침전성, 강도 등의 특성을 향상시키고 경제성을 고려하여 사용해야 한다(원성연, 1995).

\* 이 논문은 2006년도 강원대학교 부설 창강제지기술연구소의 지원에 의해 수행되었음.

1) 강원대학교 산림과학대학 제지공학과 교수 : Dept. Paper Science & Engineering, College Forest Sciences, Kangwon National University, Chunchun 200-701, Korea.

E-mail : jhcho@kangwon.ac.kr

2) 강원대학교 산림과학대학 제지공학과 석사과정

본 실험에서는 제지 폐수의 기초적 전처리로서 zeta potential을 측정(이학래등, 1996)하여 적정 응집제 투입량을 선정하고, 응집제의 투입량에 따른 Turbidity, SS, COD를 측정하여 최적의 응집제 투입량을 검토하였다. 또한 응집·침전의 효율을 결정하는 가장 중요한 평가항목인 floc의 강도를 측정(임호주, 2002)함으로써 기계적 강도가 양호하면서 응집효과가 좋은 최적 투입량을 검토하였다.

최적 응집제 투입량에 따른 응집제의 사용량 감소는 실제 공정에서약품비용 절감 효과가 있으며, 또한 폐수처리의 효율을 극대화를 기대할 수 있다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 재 료

재생지를 원료로 하여 화장지를 생산하는 제지 공장의 원폐수를 사용하였으며, 원폐수의 성상은 Table 1. 과 같으며, 사용한 실험장치는 Table 2. 와 같다.

Table 1. Characteristics of wastewater

Item	Raw wastewater
pH	7.07
SS(ppm)	2350
COD(ppm)	1130
Turbidity(NTU)	94

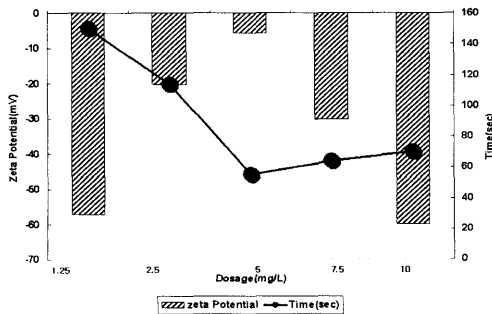


Fig 1. Zeta potential and time of floc as a function of PAM dosage

Table 2. Analytical apparatus

pH	HANNA pH/mH meter. MODEL 15189N
Suspended Solids	GF/C filter, Suction flask, Dry oven
Turbidity	Turbidity Instrument
COD	KMnO <sub>4</sub>
Zeta potential	Streaming potential
Mechanical Strength	LAB stirrer, Turbidity Instrument

### 2. 실험방법

Alum과 NaOH를 이용하여 폐수의 pH를 6.0 ~ 7.0로 조정(서보인, 2001)하였으며, 폐수 1ℓ에 anionic polymer와 cationic polymer를 단독으로 투입량을 늘리면서 급속교반과 완속교반으로 응집시켜 30분 동안 침전(김해진과 김선화, 2000 : 임택준, 2001)시키며, 상등액의 COD 제거효율과 탁도, zeta potential을 측정하였다. 폐수 1ℓ에 일정량의 anionic polymer를 투입하고 급속교반과 완속교반을 시켜 응집이 일어나면, cationic polymer의 양을 증가시켜 투입하여 급속교반, 완속교반을 행하였다.

## III. 실험결과

### 1. 음이온성 PAM(polyacrylamide)의 최적 투입량

#### (1) Zeta potential 및 floc 형성시간 측정

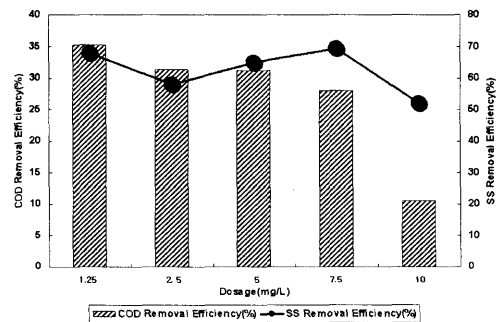


Fig 2. Removal efficiency of COD and SS as a function of PAM dosage

Fig 1. 은 음이온성 PAM의 투입량에 따른 zeta potential과 floc의 형성 시간을 나타내었다. 폐수 1ℓ에 대하여 0.1%의 음이온성 PAM 투입량을 1.25, 2.5, 5, 7.5, 10mg/L투입했을 때, floc형성 시간은 음이온성 PAM 5mg/L 투입했을 때가 가장 빨랐다. 또한 zeta potential은 음이온성 PAM 2.5mg/L 투입 했을 때와 5mg/L 투입했을 때가 Zero값에 가장 가까웠으며, 이는 응집이 일어나기 가장 쉬움을 의미(이학래등, 1996)한다.

(2) COD 및 SS 제거 효율

Fig 2. 에 보는바와 같이 폐수 1ℓ에 대하여 0.1%의 음이온성 PAM 투입량을 늘렸을 때, COD 제거효율은 40% 이하로 매우 낮은 값을 나타냈으며, SS제거효율 역시 70% 이하로 대체로 낮은 값을 나타냈다. COD 제거효율은 음이온성 PAM 1.25mg/L 투입했을 때가 가장 높았으며, SS 제거효율은 7.5mg/L 투입했을 때가 가장 높았다.

2. 양이온성 PAM의 최적 투입량

(1) Zeta potential 및 floc 형성시간 측정

Fig 3. 에서 보듯이 폐수 1ℓ에 대하여 0.07%의 양이온성 PAM의 투입량을 늘렸을 때,

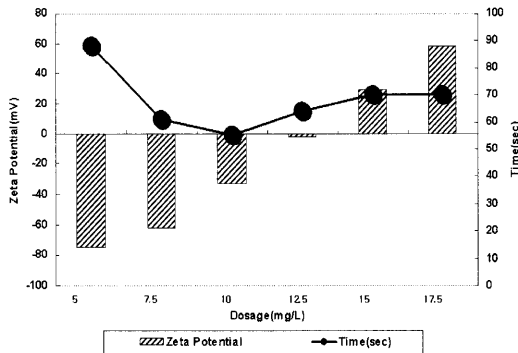


Fig 3. Zeta potential and Time of floc as a function of PAM dosage

floc형성 시간은 양이온성 PAM 10mg/L 투입했을 때가 가장 빨랐으며, 또한 zeta potential은 양이온성 PAM 12.5mg/L을 투입했을 때 Zero에 가장 가까웠다.

(2) COD 및 SS 제거 효율

폐수 1ℓ에 대하여 0.07%의 양이온성 PAM을 투입했을 때가 음이온성 PAM을 투입했을 때 보다는 COD 제거효율이 조금 높게 나타났지만, SS 제거효율은 음이온성 PAM 투입했을 때와 비슷한 값이 측정되었다. COD 제거효율이 가장 높은 것은 약 45% 정도로 양이온성 PAM 12.5mg/L를 투입하였을 때이며, SS 제거효율의 경우 모든 투입조건에서 별 차이가 없었다. 이는 음이온성 PAM과 양이온성 PAM 모두 단독 사용으로는 기대하는 효과를 얻기가 어렵고 음이온성과 양이온성의 PAM을 적정량 혼합하여 사용함이 필요하다는 것을 의미한다. 양이온성 PAM의 투입량에 따른 COD 및 SS의 제거효율에 대한 결과 값은 Fig 4. 에 나타내었다.

3. 음이온성 PAM투입과 양이온성 PAM의 최적 혼합투입량

(1) 음이온성 PAM 2.5mg/L 투입

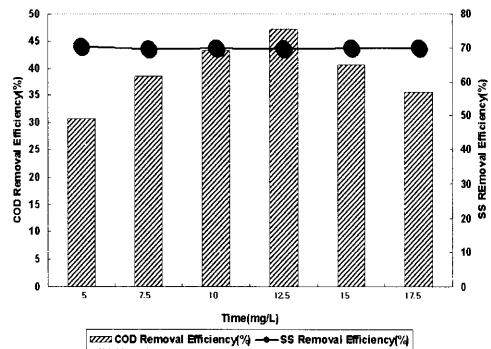


Fig 4. Removal efficiency of COD and SS as a function of PAM dosage

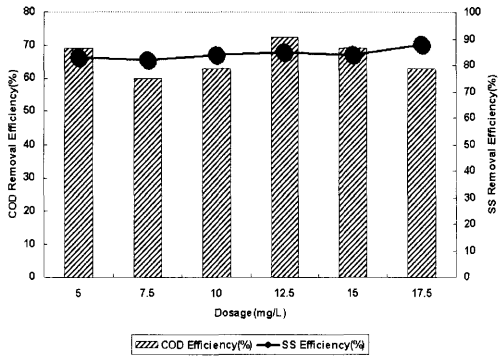


Fig 5. Removal efficiency of COD and SS as a function of 수 PAM dosage

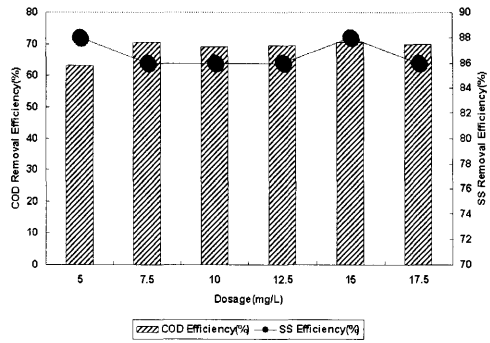


Fig 6. Removal efficiency of COD and SS as a function of PAM dosage

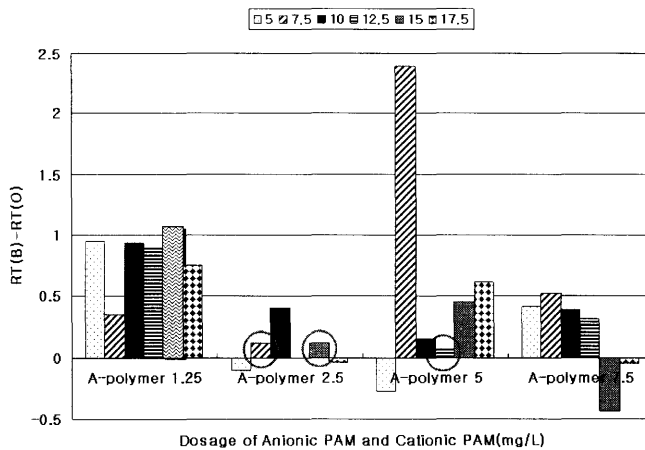
(2) 음이온성 PAM 5mg/L 투입

Fig 5. 는 양이온성 PAM 투입에 따른 COD 및 SS의 제거효율을 나타내었고, Fig 6. 은 음이온성 PAM의 투입에 따른 결과 값을 나타내었다. 그래프에서도 보듯이 음이온성 응집제의 일정 양에 대해 양이온성 응집제의 투입량을 증가시킬 경우 SS 제거효율은 음이온성 PAM이나 양이온성 PAM을 단독으로 사용할 때보다 상당히 높게 나타났으며, 그 값은 약 90% 정도이다. 또한 투입량 증가에 따른 SS 제거효율에는 큰 차이는 없다. COD제거율의 경우 음이온성 PAM 5mg/L 에 대해 양이온성 PAM 12.5mg/L 투입했을 때

가장 높은 값을 나타냈으며, 모든 조건에서 음이온성 응집제 2.5mg/L 첨가 시 보다 높은 값을 나타냈다.

4. 응집제 투입량에 따른 floc 강도 측정

사실 종전의 무기응집제는 floc의 크기가 가장 중요한 응집성능의 평가항목이었으나, 유기고분자응집제는 이온성이 크지 않은 응집제를 투입하여도 거대 floc의 형성에는 문제가 없다. 따라서 가장 중요한 평가항목은 floc의 강도(임호주, 2002)이다.



RT(O) : Residual Turbidity (O : Turbidity after 30min sedimentation)  
 RT(B) : Residual Turbidity (O : Turbidity after Breakage With 500rpm and 30min sedimentation)

Fig 7. Floc strength by Turbidity

응집제 투입으로 floc이 형성된 후 30분의 침전시간이 경과 후 상등액의 탁도를 측정한다. 이후 형성된 floc을 500rpm에서 30초간 파괴하고 다시 30분간 floc을 침전시킨 후 상등액의 탁도를 재 측정하여 비교하였다(임호주, 2002 : 임택준, 2001).

Floc의 강도가 가장 좋은 것은 투입량이 음이온성 응집제 2.5mg/L에 대해 양이온성 응집제 7.5mg/L와 15mg/L일 때이고, 음이온성 응집제 5mg/L 투입에 대해 양이온성 응집제 12.5mg/L일 때이다. 그 중에서도 음이온성 응집제가 5mg/L 투입되고, 양이온성 응집제 12.5mg/L 투입했을 때의 floc의 강도가 가장 좋은 것으로 나타났다. 또한 floc을 파괴한 쪽이 더 낮은 탁도를 나타낸 것은 고분자 응집제의 잔류 영향에 의해 고전단에 의한 재응집이 일어났을 것으로 사료된다.

#### IV. 결 론

제지폐수의 응집처리에 따른 zeta potential과 floc강도 측정에 의해 최적 투입량 결정에 대해 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Floc 형성 시간에 따른 응집제의 투입 농도 선정은 음이온성 PAM은 0.1%, 양이온성 PAM은 0.07%로 용해할 경우 floc 형성 시간이 가장 빠르므로, 이를 각 응집제의 적정 용해 농도로 정하였다.
2. 음이온성 PAM 단독 투입 시 투입량이 2.5 mg/L와 5mg/L일 때와 양이온성 PAM 단독투입 시 12.5mg/L에서 zeta potential이 Zero에 가장 가까우며 따라서 이를 적정

량으로 선정하였다.

3. COD 및 SS 제거 효율은 0.1% 음이온성 PAM 5mg/L에 대해 0.07% 양이온성 PAM 12.5mg/L를 투입했을 때, COD 제거효율은 약 70%, SS 제거효율 약 90% 정도였다.
4. Floc의 강도는 음이온성 응집제가 5mg/L 투입되고, 양이온성 응집제 12.5mg/L 투입했을 때의 floc의 강도가 가장 좋은 것으로 나타났으며, floc을 파괴한 쪽이 더 낮은 탁도를 나타낸 것은 고분자 응집제의 잔류 영향에 의해 고전단에 의한 재응집이 일어났을 것으로 사료된다.

#### VI. 참고문헌

1. 임호주. 2002. 고분자응집제를 이용한 하수처리장의 농축 및 소화 슬러지의 탈수. 서울산업대 산업대학원 석사논문.
2. 원성연. 1995. 슬러지 개량 시 슬러지 성상과 교반상태가 탈수특성에 미치는 영향. 충북대학교원 학위논문.
3. 이학래외 6. 제지과학. 광일문화사. 173-194pp.
4. 김해진, 김선화. 2000. 1. 제지폐수의 응집 특성 연구. 한국환경과학회.
5. 서보인. 2001. 응집 pH 조정과 응집제 종류에 따른 성상 변화 및 응집제 저감 방안. 한국물환경학회지 17(4).
6. 임택준. 2001. 9. Studies on the Determination of Optimal Flocculation Condition in Wastewater of Recycled Paper. 한국펄프·종이공학회, 펄프·종이기술 33(3). 44-51pp.