

# 백상지 제지폐수 특성분석에 의한 폐수처리 효율개선

조준형<sup>1)</sup> · 이성호<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>강원대학교 산림과학대학 제지공학과, <sup>2)</sup>청림환경씨앤씨

## I. 서 론

국내에서는 펄프 제지산업이 최근 몇년동안 비약적인 발전을 하였을 뿐만 아니라 그 동안 우리나라에는 없었던 최신 공정이 도입되었다. 제지산업 또한 장족의 발전을 하여 세계 제지 생산국으로 발돋움하고 국민경제에도 지대한 파급효과를 나타내고 있는 것이 현실이다. 그러나 무한경쟁 시대에 제품의 품질, 원가절감은 펄프 제지산업에도 예외가 아니다. 펄프 제지산업에 있어서 용수 및 폐수처리시설은 생산시설 못지 않게 중요한 시설이다. 원료에서 제품이 생산되기까지 많은 용수가 소요되어 이에 따라 폐수 발생량도 많게된다. 따라서 펄프 제지공장을 설계하고 가동시킬 때에는 가급적 폐수 발생량을 극소화하고 또 이들이 환경에 영향을 미치지 않도록 공해요인을 최대한 감소하는 방안은 연구되어야할 과제이기도 하다. 생산제품의 다변화에 의거 생산지종의 특성에 따라 주원료, 부원료, 약품 및 사용량이 다르기 때문에 폐수의 성상도 생산지종에 따라 변하게 되므로 제지폐수를 운영하는 여러 가지 문제점을 발생시키고 있다. 이러한 문제점의 근본원인은 부원료 중 화학적 및 미생물에 직접적인 영향을 주는 특성이 있기 때문에 본 연구에서는 제지폐수가 폐수처리에 미치는 영향에서 제1차 화학처리에 미치는 영향과 그 대책 방안을 연구 검토하고자 한다.

## II. 연구내용

### 1. 펄프 제지공장 폐수의 특성

펄프 및 제지공장에서는 여러 종류의 식물성 섬유질 원료를 기계적 또는 화학적으로 처리하여 섬유질을 분리할 때 생기는 폐수로서 펄프원료 즉 목재, 짚, 삼, 직물조각이나 섬유 등이 함유되어 있다. 또 펄프공업은 증해조건이나 원료에 따라 제지용, 화학섬유용, 기타 잡용으로 사용이 구분되므로 폐수도 각각의 조건에 따라 특성이 달라진다. 그러나 펄프제조공업에서는 공정에 따라 펄프 제조 뿐만아니라, 초지공정까지도 일관작업을 행하는 경우가 있으므로 같은 제품을 생산하는 공장일지라도 폐수의 성질은 동일하지 않다. 제지공업도 펄프공업과 같이 다량의 용수가 필요한 공업으로서 원료나 약품의 조성에서부터 제지에 이르기 까지 물을 사용하지 않는 공정은 거의 없다. 따라서 폐수량도 많으며 제지 종류별로 펄프의 함유율에 따라 용수 사용량이 다르기 때문에 제지공업에서 발생하는 폐수의 성상은 각각 다르다. 제지폐수는 일반적으로 COD는 높고 BOD는 낮으며 유해물질을 함유할 수도 있다.

제지폐수에서 나타나는 중요 오염물질은 수중의 용존산소를 고갈시키는 유기물질을 비롯

발색을 유발시키는 색도물질로 구분된다. 용존산소를 고갈시키는 유기물질은 탄화수소 화합물의 분해반응에 의하여 생성되며, 발색원인 물질은 당분과 리그닌이 분해 생성물로서 BOD 요인물질로 작용될 수 있다. 또 제지폐수의 COD유발물질은 원료 고지의 증해액, 사이징제, 지력증강제 등으로 그 중 대표적인 물질은 PVA와 수지류 그리고 리그닌이며, kraft펄프 폐수의 경우에는 용해성 성분으로 존재하는 리그닌이 주성분으로 추정된다. 펄프 및 제지폐수의 난분해성 물질중의 하나인 리그닌은 용해도를 갖는 착화합물질이며 일정한 화합물 상태로 존재하지 않는 것이 특징이다. 리그닌은 3차원 교차결합구조이고 조직망을 이루고 있으며 겔 특성, 콜로이드 성질, 흡착 특성이 있다. 리그닌은 COD를 유발하며 재래식 활성슬러지 방법으로는 처리가 되지 않기 때문에 펄프 및 제지폐수 처리에서 큰 문제가 되고 있다.

## 2. 제지폐수처리의 전처리 단계

### 2.1 스크린과 침사지

본 처리는 사석과 잔해 등에 의한 펌프와 배관 및 고형물 탈수장치에 대한 마모와 손상 방지를 목적으로 한다. 침사지는 주기적으로 수동으로 처리되거나 혹은 기계적 제거장치에 의해 처리되는 중력식 침전탱크이며 기계적 제거장치가 많이 사용되고 있다. 스크린은 0.75~1.5in의 망목을 가지며 주로 슬러지 인출 공정에서 막힘의 원인이 되는 용이, 파지, 나무 껍질, 섬유물질을 제거하기 위하여 0.35~0.75in 망목을 가지는 세망 스크린을 사용하기도 한다.

### 2.2 중 화

중화란 산과 염기가 반응하여 염과 물을 생성케하는 반응을 말하나 여기서는 pH를 7로 조절한다는 의미보다는 광의적으로 pH조정의 의미를 갖는다. 폐수의 pH는 공정조건에 영향을 미칠뿐 아니라 최종 pH는 2차처리에 나쁜 영향과 심한 부식을 일으킬 수 있다. 따라서 2차 생물학적처리계의 방해를 방지하기 위하여 보통 pH6.5~8.5가 되어야 한다. 중화방법의 설계는 폐수량과 pH, 산도, 알칼리도에 의존한다. 오늘날 대부분의 공장은 분리된 산, 알칼리, 중화배수 시설을 가진다. 크라프트 펄프공정의 폐수는 알칼리성인 반면 산성 아황산 펄프공정의 폐수는 산성이다. 또한 표백공정의 염기추출폐수는 강알칼리성이다. 이들 산성과 알칼리성 폐수는 적당한 혼합과 pH 조절에 의해서 효과적으로 중화될 수 있다.

### 2.3 응 집

제지공장의 폐수는 유지, 미세섬유 등의 유기물질 뿐만 아니라 충전제로서 사용된 무기물질 등을 함유하고 있어서 방류시에는 탁도 감소를 필요로 한다. 탁도 감소는 폐수내의 탁도 유발성분을 물로부터 분리시키는 것은 바람직하지만 미세하고 가벼운 입자는 간단한 침전조를 이용하여 제거시키는 것이 바람직 하지만 미세하고 가벼운 입자는 침강분리가 용이하도록 해야한다. 이러한 방법을 응집법이라 하는데 응집반응을 유발시키기 위하여 투입하는 약품을 응집제라한다.

## 2.4 제1차 폐수처리

1차 처리는 공장폐수에서 섬유입자,수피,충전제 등의 부유물질을 제거하는 물리적 처리 과정이다. 펄프,제지산업에서 고형물의 제거는 항상 BOD와 독성의 저하를 동반한다. 그러나 BOD와 독성은 일반적으로 2차 처리인 생물학적 처리로 추가 감소시킨다. 펄프,제지산업의 1차 처리방법에는 침전법과 부상법의 두 가지 기본방법이 있다. 침전법은 가장 널리 사용되고 있는 처리법인데 유량이나 고형분의 농도의 변화에 덜 민감하고 관리유지가 용이하기 때문이다. 부상법은 일반적으로 밀도가 낮은 고형분의 제거에는 효율적이거나 가동에 많은 비용이 든다.

### Ⅲ. 제지폐수 현장 적용실험

#### 1. 제1차 화학처리 적용실험 목적

제품 생산지종에 따라 주원료, 부원료 약품과 사용량이 다르기 때문에 폐수의 성상도 다르기 때문에 이에 대비할 수 있는 지종 특성에 따른 적정약품 투입량 표준이 설정되어있지 않으므로 현장 생산지종에 따라 변화가 심한 원폐수 수질 파악으로 수질관리가 합리적이고 정확한 데이터에 의한 체계적 운영으로 최대의 폐수처리 효율향상과 막대한 폐수처리 약품 비용의 원가절감에 기여해 보고자 한다.

#### 2. 제1차 화학처리 실험방법

Pilot Test의 간이 실험적인 폐수처리 약품 적용 자료조사 보다는 좀더 현장 폐수처리 시설에서 약품을 가감 투입하면서 생산지종에 따라 적정 약품량 분석과 수질의 변화 COD, SS, 응집상태, 침강속도를 조사함에 정확하고 신뢰성 있는 자료를 얻고자 H제지회사인 폐수처리시설에서 실험을 하였다.

#### 3. 현장 폐수처리 현황 및 적정 약품 투입량 기준설정

Table 1. 월별 폐수처리 수질변화 조사

구분 월별	COD(mg/l)			SS (mg/l)			비고
	원폐수	1차처리수	방류수	원폐수	1차처리수	방류수	
5월	388.2	191.4	76.9	444.2	118.1	57.1	
6월	325.7	95.8	55.4	254.1	65.5	42.6	
7월	312.4	84.4	67.5	487.5	61.4	36.5	
8월	342.5	92.3	58.4	264.2	104.2	43.0	
9월	317.3	112.7	64.0	446.4	82.5	56.4	
평균	337.1	115.2	64.5	379.1	86.0	51.9	

Table 2. 생산지종에 따른 적정 약품 투입량 기준표

구분 생산지종	응집제		황산반토		반응조		침강상태	처리상태판정			비고
	sec/l	mg/l	sec/l	mg/l	pH	수온	sec/l	응집	침강	탁도	
-BP,BC -유 광 -미색유광	7	1.08	12	127	6.8	32℃	18	B	B	A	
-우표용지	8	0.95	15	102	6.9	33℃	17	A	A	B	
-식품가공지 -날염원지	9	0.84	16	94	6.9	33℃	21	A	B	A	
-BP -감광지	11	0.46	17	59	6.9	30℃	23	B	C	A	

#### IV. 제지폐수 현장 적용실험 결과

폐수의 오염도를 조사하기 위하여 원폐수, 1차 처리수, 방류수로 구분하고 좀더 정확성을 기하기 위하여 일3회 측정된 평균값에 5개월 재 평균값으로 COD, SS를 측정 항목으로 정하여 Table 1, 월별 폐수처리 수질변화 조사를 기초 자료로 하여 폐수의 성상 변화에 따른 적정한 약품 투입량을 다각적으로 실험한 결과의 처리 기준 판정을 5점법으로 하여 응집, 침강, 탁도 상태를 가지고 그 중에서 폐수처리 적용에 양호한 자료만을 발췌하여 Table 2, 생산지종에 따른 적정 약품 투입량 기준표를 작성해 보았다. 일일 생산지종을 파악후 생산지종에 따라 폐수처리가 양호하게 되는 약품 투입량 기준표에 준하여 적정 약품을 투입하여 본 결과 Table 3, 폐수처리 효율 비교분석의 자료를 통해서 개선 후에 방류수 COD는 약 41.4%의 효율이 증가하였으며, SS는 약 17.1%의 효율이 증가함을 알 수 있었으며, 또한 체계적인 운영방법에 의하여 작업자의 운영관리가 향상될 수 있었다.

Table 3, 폐수처리 효율 비교분석

구분	COD (mg/l)			SS (mg/l)			비고
	원폐수	1차처리	방류수	원폐수	1차처리	방류수	
개선전	337.1	115.2	64.5	379.2	86.0	51.9	
개선후	282.7	109.4	37.8	350.0	79.0	43.0	
증감량	-54.4	-5.8	-26.7	-29.2	-7.0	-8.8	
증감율	-16.1	-5.0	-41.4	-7.7	-8.14	-17.1	

#### V. 결 론

생산지종마다 제품의 생산공정에서 사용하는 원료, 부원료 및 제품특성에 따라 그 사용 용도가 다양하므로 생산지종이 변경될 때마다 폐수 처리장에서도 직접적인 영향을 받아 수

질의 변화란 예측 할 수 없었다. 생산 지중에 따른 적정 약품 처리를 통한 처리효율의 상승을 얻고자 하였으며 그 결과 폐수처리 효율 효과 비교분석에서 1차 처리수 COD 115.2mg/ℓ에서 109.4mg/ℓ으로 5.0%, 방류수 COD 64.5mg/ℓ에서 37.7mg/ℓ으로 41.4%의 처리효율 상승효과를 얻을 수 있었다. 또한 1차 처리수 SS 86.0mg/ℓ에서 79.0mg/ℓ으로 8.14%, 방류수 SS 51.9mg/ℓ에서 43.0mg/ℓ으로 17.1% 처리효율 상승효과를 얻었다. 이러한 결과는 제조 공정별 오염물질 파악 및 오염물질의 성상에 가장 효율적인 처리방법의 적절한 선택으로 폐수처리안정에 따라 처리수의 효율 향상과 제반 폐수처리 운영관리비용 원가절감으로 경제적인 측면에서도 많은 효과를 얻게되었다.

### 참고문헌

1. 김연주 "고율 활성슬러지법을 이용한 제지폐수처리에 관한 연구" 조선대학교 대학원, 석사 학위논문 (1994)
2. 명노일, "제지업종의 생산 지중별 폐수 오염도 및 처리에 대한 조사 분석 연구" 한양대학교 환경대학원, 석사학위 논문 (1990)
3. 조현정의 3명공저, "펄프제지공학" 선진문화사 (1995)
4. 한국제지공업연합회, "펄프, 종이 기술 편람" (1985)
5. 조영일의 2명공저, "폐수처리공학" 동화기술 (1991)
6. 이성호, "현장실무자를 위한 폐수처리 기술" 전국환경관리인연합회 (1995)
7. 이성호, "제지폐수처리의 이상현상과 그 대책 방안에 관한 연구" 전국환경관리인연합회(1994)
8. (주) 동양정수, 환경관리, 제8호 (1988년 3월호)
9. 한국제지(주), "종이제조" (1981)