



이성호 / 본연합회 수도권 부회장

한양대 환경대학원 석사논문
 대양바이오테크(주) 환경기술연수원 이사
 환경공무원교육원 전임강사
 한국산업기술원 전문위원 및 전임강사
 (사)전국환경관리인연합회 수도권부회장

제지/폐수의 공정별 오염물 발생 및 처리에 관한 연구 (이)

목 차

I. 서론

II. 본론

1. 종이의 정의
2. 종이 제조 공정
3. 초지공정용 주원료의 특성과 종류
4. 펄프·제지공장 폐수의 특성
5. 제지폐수의 이론적 고찰
6. 제지폐수 생산공정별 오염물질 발생 현황
7. 제지폐수 처리의 효율적 운영 방안

III. 결론

※ 참고문헌

4. 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 펄프제조 뿐만 아니라 초지공정까지도 일관 작업을 행하는 경우가 있으므로 같은 제품을 생산하는 공장일지라도 폐수의 성질은 동일하지 않다.

제지공업도 펄프공업과 같이 다량의 용수가 필요한 공업으로서 원료나 약품의 조성에서부터 제지에 이르기까지 물을 사용하지 않는 공정은 거의 없다. 따라서 폐수량도 많으며 제지종류별로 펄프의 함유율에 따라 용수 사용량이 다르기 때문에 제지공업에서 발생하는 폐수의 성상은 각각 다르다. 제지폐수는 일반적으로 DOD는 높고 BOD는 낮으며 유해물질을 함유할 수도 있다. 또 미세한 섬유질이나 콜로이드 물질이 많아 하천이나 해안에 방류되면 아래 부분에 부유물질 등이 침적되어 부패되므로 2차적으

로 수질을 악화시키게 된다. 제지폐수에서 나타나는 중요 오염물질은 수중의 용존산소를 고갈시키는 유기물질을 비롯 발색을 유발시키는 색소물질로 구분된다. 용존산소를 고갈시키는 유기물질은 탄화수소 화합물의 분해반응에 의하여 생성되며, 발색원인 물질은 당분과 리그닌이 분해 생성물로서 BOD 요인물질로 작용될 수 있다. 또 제지폐수의 COD 유발물질은 원료 고지의 증해액, 사이징제, 지력 증강제 등으로 그 중 대표적인 물질은 PVA와 수지류 그리고 리그닌이며, kraft 펄프 폐수의 경우에는 용해성 성분으로 존재하는 리그닌이 주성분으로 추정된다. 펄프 및 제지폐수의 난분해성 물질중의 하나인 리그닌은 용해도를 갖는 착화합물이며 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.

4.1. 주요폐수 오염원

펄프 및 제지산업의 주요 폐수 오염원은 다음과 같다.

- ① 조목과 박피에 사용된 물
- ② 증해부와 농축기의 응축수
- ③ 정선과 제진에서의 백수
- ④ 스크린과 세척공정의 세척수
- ⑤ 표백세척기 여과수
- ⑥ 초지기의 백수
- ⑦ 섬유와 전 공정에서의 누수
- ⑧ 탈묵공정에 사용된 물

증해부 응축수와 약액에서의 미표백 백수는 대표적인 대량의 폐수원이다. 크라프트와 아황산 펄프공장의 폐수는 세척공정에서 나오는 미화수 리그닌을 포함하며, 세척 효율에 따라서는 높은값의 BOD를 가질 수 있다. 탈묵공정에서 배출되는 폐수는 강알칼리성으로 잉크 입자를 제

생산지중의 특성에 따라 주원료, 부원료 및 사용량이 다르기 때문에 배출되는 폐수의 성상도 변하게 되므로 제지폐수를 운영하는데 여러 가지 문제점을 발생시키고 있다.

따라서 적정 약품 처리를

통해서 처리효율을 상승시키고자 한다.

그 결과 1차 처리수 COD는 5%,

방류수 COD는 41.4%의 처리 효율 상승을 얻었으며

1차 처리수 SS는 8.1%, 방류수 SS는 17.1%의

처리 효율이 상승하였다.

또한 배출되는 폐수의 성상에 따른

적정한 처리방법의 적용으로 효율상승 및

원가절감의 효과도 얻을 수 있었다.

거하는데 사용되는 탈묵제로 인한 계면활성제 성분을 다량 함유하고 있으며 미세섬유 등도 함유하고 있다.

5. 제지폐수의 이론적 고찰

5.1. 화학적 폐수처리의 일반

화학적 처리방법은 경우에 따라 단독 또는 생물학적 처리와 병행해서 하수처리정도가 결정지어지므로 주로 무기성 오염물질 제거와 관련, 고도처리 또는 3차처리에 많이 이용된다. 화학적 처리방법으로는 중화, 응집, 산화 및 환원, 이온교환 흡착 추출, 살균 등이 있으며 생물학적 처리방법보다 상대적으로 우수한 점을 열거해 보면 다음과 같다.

- ① 화학적 처리방법은 다른 처리방법과의 조합처리가 가능하며 항상 유동적이고도 변화가 가능하다.
- ② 일반적으로 생물학적 처리에 있어 비유기성 물질의 제거효율은 5%정도이나 화학적 처리는 제거효율이 상당히 높다.

- ③ 생물학적 처리에 있어 유기성폐수는 미생물에 의한 물질변화 작용으로만 가능하지만 화학적 처리는 그렇지 않으므로 3차처리, 곧 어떤상태의 성질에도 처리가 가능하다.
- ④ 독성물질은 생물학적 처리에 있어서 방해가 되나 화학적 처리에는 무관하다.
- ⑤ 생물학적 처리는 생물의 상태조건 등에 민감하게 대응할 수 없는 반면 화학적 처리에 있어서는 항상 가능하다.
- ⑥ 생물학적 처리는 생물의 상태조건 등에 민감하나 화학적 방법은 상관 없이 항상 같은 처리가 가능하다.
- ⑦ 처리장 면적면에서 화학적 처리방법이 일반적으로 유익하나 단점으로는 경제적인 면이 지적되며 2차공해문제도 우려된다.

5.2. 폐수처리의 전처리 단계

5.2.1. 스크린과 침사지

본 처리는 사석과 잔해 등에 의한 펌프와 배관 및 고품물 탈수장치에 대한 마모와 손상방지를 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 웅이, 파지, 나무껍질, 섬유물질을 제거하기 위하여 0.35~0.75in 망목을 가지는 세망스크린을 사용하기도 한다.

5.2.2. 중화

중화란 산과 염기가 반응하여 염과 물을 생성케하는 반응을 말하나 여기서는 pH를 7로 조절한다는 의미보다는 광의적으로 pH조정의 의미를 갖는다. 폐수의 pH는 공정 조건에 영향을 미칠뿐만 아니라 최종 pH는 2차처리에 나쁜 영향과 심한 부식을 일으킬 수 있다.

따라서 2차 생물학적 처리계의 방해를 방지하기 위하여 보통 pH6.5~8.5가 되어야 한다. 중화방법의 설계는 폐

수량과 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 pH조절에 의해서 효과적으로 중화될 수 있다.

5.2.3. 응집

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 바람직 하지만 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 응집제라 한다.

5.3. 제1차 폐수처리 단계

1차 처리는 공장폐수에서 섬유입자, 수피, 충전제 등의 부유물질을 제거하는 물리적처리 과정이다. 펄프, 제지산업에서 고품분의 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 고품분의 농도의 변화에 덜 민감하고 관리유지가 용이하기 때문이다. 부상법은 일반적으로 밀도가 낮은 고품분의 제거에는 효율적이나 가동에 많은 비용이 든다.

6. 제지폐수 생산 공정별 오염물질 발생 현황

6.1. 제지폐수 오염물질 배출실태 및 특성

제지시설은 다량의 용수가 필요한 공업으로서 원료나

약품의 저중에서부터 제지에 이르기까지 물을 사용하지 않는 공정은 거의 없기 때문에 폐수량도 많다. 제지 지중별 용수량과 발생폐수는 원료필프와 제품에 따라 다르다. 일반적으로 제지폐수는 백토나 표백섬유등을 함유하며 성질은 각각 다르다. 이 폐수는 일반적으로 BOD가 낮고 유해물질을 함유하지 않지만 미세섬유나 Colloid물질이 많아 하천이나 연안에 방류되면 저부에 침적되어 부패되므로 수질을 악화시키게 된다.

처리방법으로 초지폐수는 탁도만 제거하면 공장용수로 재사용도 가능하다. 처리법으로서는 자연 침전법, 약품 응집침전법 등이 있으나 대부분 약품 응집침전법을 쓰고 약품으로 황산알루미늄과 소석회 사용되며 보조제로서 활성실리카 고분자응집제가 많이 쓰이고 철염도 유효하다.

7. 제지폐수처리의 효율적 운영 방안

표 4와 표 5에는 생산지중 및 제품별 배출되는 오염물의 성상을 보이고 있는데 생산지중에 따라 많은 차이가 있음을 알 수 있다. 그러므로 생산지중에 따라 변화가 심한 원폐수의 수질과약으로 수질관리를 합리적이고 체계적으로 운영함으로써 최대의 폐수처리 효율과 막대한 폐수처리 약품비용의 원가절감 효과를 얻을 수 있다. 그러나 실제로 운영관리 현장에서는 폐수의 성상 변화에 따른 적정 약품 투입량 표준이 설정되어 있지 않고 생산지중에는 관

계없이 일정 폐수처리 약품을 투입하고 있으며 이러한 원인이 폐수처리 효율 저하의 요인으로 작용되고 있다.

따라서 실험실상에서의 Pilot Test에 의한 폐수처리 약품 적용 자료조사가 아닌 실제 현장 폐수처리시설에서 유입되는 폐수의 성상 변화에 따른 적정한 약품투입량을 다각적으로 실험한 결과 중에서 폐수처리 적용에 양호한 자료만을 발췌하여 표 6에 나타내었다.

일일 생산지중을 파악후 생산지중에 따라 폐수처리가 양호하게 되는 약품 투입량 기준표에 준하여 적정 약품을 투입하여 본 결과 표 7의 자료를 통해서 개선후에 방류수 COD는 약 41.4%의 효율이 증가하였으며, SS는 약 17.1%의 효율이 증가함을 알 수 있었다.

또한 체계적인 운영방법에 의하여 작업자의 운영관리가 향상될 수 있었다.

III. 결 론

생산지 중마다 제품 생산공정에서 사용하는 원료, 부원료 및 제품 특성에 따라 그 사용 용도가 다양하므로 생산지중이 변경될 때마다 폐수 처리장에서도 직접적인 영향을 받아 수질의 변화란 예측할 수 없다. 특히 생물학적 제지폐수를 운영하는 여러가지의 어려움과 문제점의 근본 원인은 부원료 중 화학적 및 미생물에게 직접적인 영향을 주는 특성이 있었

[표 4. 생산지중별 처리단의 SS, COD, BOD(mg/l)]

종 류	원 지			1차 처리수			2차 처리수		
	SS	COD	BOD	SS	COD	BOD	SS	COD	BOD
판 지	300~3000	1550	780	30	1230	700	30	100~150	30~40
인쇄용지	100~700	200	90	20~25	100~210	55~100	30	50	20
신문용지	550	2700	1230	150	200	1100	80	300	60

[표 5. 제품별 오염물질 배출실태 및 특성]

지 중	원폐수 배출실태				특 성
	pH	COD(ppm)	BOD(ppm)	SS(mg/L)	
백 상 지	6.5~7.5	150~300	200~450	250~750	폐수 성상은 주로 필프원 찌꺼기와 무기질인 활석분, 탄산칼슘이 주로 함유되어 있음.
아 트 지	6.5~8.5	1,800	-	12,800	주로 탄산칼슘, 벤토, 리텍스 성분이 함유되어 있고 침전성이 불량하여 기포를 일으킴.

기 때문이다. 따라서 생산지종에 따른 적정 약품 처리를 통한 처리효율의 상승을 얻고자 하였으며 그 결과 폐수처리 효율 효과 비교분석에서 1차처리수 COD 115.2ppm에서 109.4ppm으로 5%, 방류수 COD 64.5ppm에서 37.7ppm으로 41.4%의 처리효율 상승효과를 얻을 수 있었다. 또한 1차처리수 SS86ppm에서 79ppm으로 8.14%, 방류수 SS 51.9ppm에서 43ppm으로 17.1% 처리효율 상승효과를 얻었다. 이러한 결과는 제조공정별 오염물질 파악 및 오염물질의 성상에 가장 효율적인 처리방법의 적절한 선택으로 폐수처리 안정에 따라 처리수의 효율향상과 제반 폐수처리 운영관리비용 원가절감으로 경제적인 측면에서도 많은 효과를 얻게되었다. ◻

참고문헌

- (1) 김동민, 김수생, "폐수처리", 산업공해연구소(1984)
- (2) 김연주 "고율 활성 슬러지법을 이용한 제지폐수처리에 관한 연구" 조선대학교 대학원, 석사학위 논문(1994)
- (3) 고광백 외 8명, "폐수처리공학", 동화기술(1994)
- (4) 신현국 외 1명 공저, "환경과학총론", 동화기연 출판사(1993)

- (5) 최의소, 조광명, "환경공학", 청문각(1991)
- (6) 조영일, 정연규, 오영민, "폐수처리공학", 동화기술(1991)
- (7) 서정원, "생물학적 폐수처리 실무자를 위한 환경미생물" (1992)
- (8) 김종택, "환경오염 공정시험법", 신광출판사(1991)
- (9) 명노일, "제지업종의 생산 지종별 폐수 오염도 및 처리에 대한 조사 분석 연구" (1990)
- (10) 조현정 외 3명 공저, "펄프제지공학", 선진문화사(1995)
- (11) 한국제지공업 연합회, "펄프, 종이 기술 편람" (1985)

'환경관리인의 배움마당' 신설

월간 <환경관리인>에서는 공부하는 환경인을 찾습니다. 어려운 현실에도 이렇듯 지고 현장을 지키는 환경파수꾼의 배움흔적을 찾아 환경관리인의 배움마당'에 소개하고자 하오니 환경업무에 종사하면서 석·박사 과정을 이수한 환경인은 학위논문(석·박사)을 보내 주십시오. 여러분의 학위논문을 소중하게 다루어드리기 위해 신설한 '환경관리인의 배움마당'에 환경인 여러분의 많은 참여 바랍니다.

- 원고는 수시로 받습니다.
- 학위논문 발표기간은 상관하지 않습니다.
- 보내주신 원고는 돌려드리지 않습니다.

[표 6. 생산지종에 따른 적정 약품 투입량 기준표]

구 분	응 집 제		황산빈도		반 응 조		첨감속도	처리상대 편정		
	sec/L	ppm	sec/L	ppm	pH	수 은	sec/L	응 집	침 전	탁 도
-BC, BP										
-유광	7	1.08	12	127	6.8	32	18	B	B	A
-미색유광										
-우표용지	8	0.95	16	102	6.9	33	17	A	A	B
-식품가공지										
-날염원지	9	0.84	16	94	6.9	33	21	A	B	A
-BP										
-감광지	10	0.46	17	59	6.9	30	23	B	C	A

[표 7. 폐수처리 효율 비교 분석]

구 분	COD(ppm)			SS(ppm)		
	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