

유가공 공장의 오염물질과 처리효율에 관한 연구



최 광 식
(서울우유협동조합 정·폐수계장)

본 내용은 필자의 석사학위 논문으로
회원들의 이해를 돕고자 요약 정리한 것
입니다. - 편집자 주 -

목 차

- I. 서 론
- II. 연구 사
- III. 재료 및 방법
- IV. 결 과
- V. 고 찰
- VI. 요 약

I. 서 론

인구의 증가와 경제의 급속한 성장
은 식생활면에서도 큰 변화를 가져
오게 되었다.

생활의 경제적 여유는 보다 양질
의 식품을 섭취하고자 하는 욕구를
불러 일으켰고 이에 따라 유제품의
생산량도 급격히 증가되어 원유처
리량이 1978년도에 전국적으로
320,867M / T이었던 것이 1988년도
에는 1560,593M / T(농림수산보 낙
농관계자료)으로 10년동안 무려 5
배정도 획기적인 성장을 이루었고
식생활 개선 및 국민건강을 위하여
보다 양질의 유제품들이 대량 공급
되고 있으며 이에 따라 대단위 생
산 공장들이 운영되고 있다. 따라
서 생산공정중 필연적으로 각종 탱
크, 기기 등의 세척에 따른 폐수가
발생하게 되는데, 우유폐수중에는
고농도의 유기물질인 단백질, 지방
기타 유당, 무기염류 등이 포함되

어 있으며 이들은 대부분 고분자화
합물로 폐수내에 용해되거나 col-
loid형태로 존재하는데 BOD는 우
유 자체에서 110,000ppm 부산물인
유청은 44,000ppm, 탈지유는 73,
000ppm, 버터밀크는 64,000ppm 그
리고 whey는 32,000ppm인 고농도
로서(Nelson 등 1978) 그대로 하천
에 방류될때에는 폐수내의 유기물
이 부패되면서 하천수의 용존산소
를 소모하여 생물체의 서식을 저해
하고 악취와 심한 오염의 문제가
되어 적절한 처리가 이루어져야 한
다.

본 연구에서는 S유가공 공장
에서 배출되는 폐수의 각종 오염물질
량 계절별 처리효율, 원유처리량에
따른 폐수량 등의 상관관계를 조사
하여 유가공 산업에 대한 환경오염
방지의 기여는 물론 기존 처리장에
자료활용등 기초자료를 제공하고
자 88.2월부터 89.1월까지 1년간 조
사분석을 실시하였다.

II. 연구 사

유가공 폐수의 생물학적 처리 즉
활성오니법은 금세기초 1913년에
영국에서 처음 하수처리법으로 개
발되었으나 사실상 그 이후 약 30년
동안에는 아무런 변화가 없었으며
1940년대 중반에 와서야 각국에서

본격적으로 연구가 활발해져 오늘
에 이른 것이다.

활성오니법은 영국에서 Ardern과
Lockett(1914)에 의하여 발전된 방
법으로 그 기본이론은 수중의 유기
물질을 미생물군에 의하여 산화를
촉진시켜 수질을 안정화시키는 방
법이다. 유가공 폐수는 생물학적
처리법으로 구분할때 활성오니법과
폭기식라군법 등 여러가지 처리방
법으로 구분할 수 있겠으나 우유폐
수는 유제품 제조과정에서 폐수발
생량, 유기물질량 등이 시간대에
따라 크게 변동하는 특징을 가지고
있으며 라군에 의한 처리방법은 세
균, 원생동물 및 후생동물에 의한
혼합미생물 집단을 이용하여 폐수
중에 포함된 유기물을 산화분해하
는 폐수처리방법으로 현재 유가공
폐수에서 널리보급되고 있는 처리
방법이다(尾崎等, 1980).

1. 수온의 영향

田中(1978)은 활성오니의 미생물
은 상온 20~35°C에서 최적온도의
범위를 갖고 있다고 하며 40°C이상
에서는 사멸하고 15°C이하에서는
기능이 반감되고 5°C이하에서는 활
동이 정지되는 것으로 보고 하였다.

2. pH의 영향

田中(1978)은 일반 생물에서는
산이나 알칼리에 강한 영향을 받아
활성오니의 미생물은 중성(6~8)이

좋다고 하였다.

3. DO

D.O는 오래전부터 수질오염의 지표로 삼아왔고 하천의 자정작용을 평가하는데 있어서 가장 중요한 인자로 여겨져 왔다.

4. BOD

BOD는 미생물에 의하여 유기물이 분해되는데 소요된 산소이므로 유기물 오염의 자료로서 뿐만 아니라 폐수처리장에서의 인공정화 또는 강물에서의 자정 작용에 필요한 산소의 요구량을 측정하는데 가장 중요시 되고 있다(應等 1979).

5. COD

생물체에 의해 분해 가능한 유기물질뿐만 아니라 분해가 느린 Cellulose lignin 등의 유기물질과 산화가 가능한 각종 무기물질의 산화에 필요한 산소량을 모두 포함되기 때문에 수계에서 오염의 정도와 용존산소의 변화를 알 수 있는 좋은 지표가 된다(George 1985).

6. 무기질 질소화합물

수중에는 암모니아, 아질산성질소, 유기질소 등이 주로 존재하는데 질소는 생명체의 구성성분중 Amino산의 Amino기를 이루는 원소로서 생명체의 생존과 성장에 필수불가결한 요소이다(安 1985).

7. 미생물의 오염도

미생물의 오염도는 BOD나 SS 등과 같이 수질 오염의 지표로도 큰 의의를 갖는다.

세균 중에서 지표세균으로 총 Coliform (T.C), Fecal, Fecal Coliform, Pseudomonas, aeruginosa 등을 들 수 있다(Cabell 1976).

III. 재료 및 방법

1. 조사기간

1988년 2월부터 1989년 1월까지 매월 2회씩 샘플링을 하여 총 24회 분석하였다.

2. 조사지점

S유가공 공장의 폐수처리 공정은

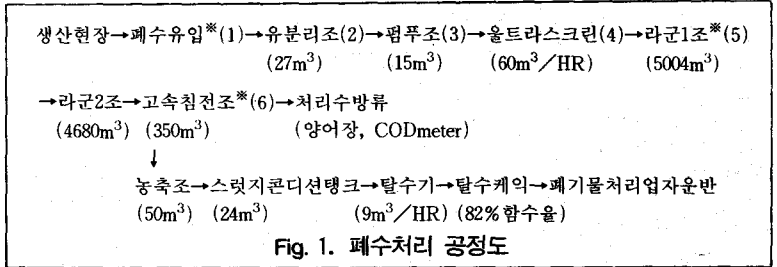


Fig. 1. 폐수처리 공정도

Fig 1과 같다.

3. 수질분석 항목 및 방법

수질분석 항목은 수질오염 지표로서 수온, pH, DO, BOD, COD, SS, 유지 암모니아성질소, 아질산성질소, 질산성질소, 인산염인 등 11개 항목으로 환경오염 공정시험법(환경청 1986)에 따라 측정하였으며 미생물 오염도에 있어서는 총 세균수와 대장균군으로 APHA (1978)에 따라 세균수를 산출하였다. 그리고 원유처리량과 폐수배출량은 적산유량계에 의하여 산출하였다.

IV. 결 과

1. 수질 오염물질의 처리효과

수질 오염물질에 대한 처리효과는 Table. 1 및 Fig. 2 및 3과 같다.

Table. 1에 표시된 바와 같이 원수의 수온범위는 16.3~31.2°C이며 년평균은 24.5±2.1°C였고 2차처리수의 범위는 10.8°C~30.4°C였으며 년평균은 21.9±4.4°C였다.

원수의 pH는 4.2~12.2의 범위였으며 년평균은 9.2±2.2였고 2차처리수에서는 7.3~8.5범위였고 년평균은 7.8±0.3였다.

원수에서 용존산소는 측정되지 않았으나 2차처리수에서는 1.3~4.2 mg / l의 범위로 년평균은 2.6±0.5 mg / l 였다.

BOD는 원수에서 605.0~1814.4 mg / l 이었으며 년평균은 1054.3±246.8mg / l 이었다.

2차처리수에서는 27.3~69.3 mg / l 이었으며 년평균은 46.8±10.3 mg / l로 처리효율은 95.6%였다.

COD는 원수에서 508.3~1394.5 mg / l 이었으며 평균 733.4±180.6 mg / l 이었다.

2차처리수에서는 21.3~63.5 mg / l의 범위로 년평균은 48.9±7.8 mg / l로 처리효율은 94.0%였다.

SS는 원수에서 235.7~733.4 mg / l 이었으며 년평균은 364.5±113.6 mg / l 이었으며 2차 처리수에서는 34.6~85.5 mg / l의 범위였으며 년평균은 37.2±6.3 mg / l로 처리효율은 89.8%였다.

유지는 원수에서 41.3~91.3 mg / l 범위로 년평균은 75.6±11.9 mg / l 이었다.

2차처리수에서는 4.5~11.5 mg / l로 년평균은 7.5±1.2 mg / l 였으며 처리효율은 90.1%였다.

암모니아성 질소는 원수에서 2.1~7.8 mg / l 범위로 2차 처리수에서 년평균은 1.6±0.5 mg / l로 처리효율은 57.5%였다. 아질산성 질소는 원수에서 년평균 8.9±2.5 mg / l 이었으며 2차처리수에서는 년평균 1.6±0.5로 처리효율은 81.2%였다. 원수에서 질산성질소는 년평균 8.0±2.3 mg / l로 2차처리수에서 88.3%의 처리효율을 보였다. 인산염인은 원수에서 8.9±1.7 mg / l로 2차처리수는 1.2±0.5 mg / l로 74.8%의 처리효율을 보였다.

2. 미생물 오염도에 대한 처리효과

원수와 처리수의 미생물 오염도에 대해서는 Table. 2와 같다

3. 원유처리량과 폐수량

원유처리량과 폐수량은 Fig.4와 같다. Fig.4에서와 같이 평균 461.

Table 1. 오염물질의 공정단계별 오염도 현황

Site Paraments	Raw waste water		Primary-treatment		Secondary treatment	
	Range (mg/L)	Mean (mg/L)	Range (mg/L)	Mean (mg/L)	Range (mg/L)	Mean (mg/L)
Temperature	16.3-31.2	24.47±2.13	7.9-29.9	21.07±3.08	10.8-30.4	21.98±4.41
pH(mg/L)	4.2-12.2	9.18±2.19	7.2-8.4	7.92±0.25	7.3-8.5	7.80±0.28
DO(%)	0	0	1.0-2.9	2.3±0.36	1.3-4.7	2.60±0.46
BOD(%)	605.0-1814	1054.33±246.75	37.8-90.3	67.82±10.57 (93.57)	27.3±69.3	46.78±10.28 (95.56)
COD(%)	508.3	733.44±139.45	27.4-78.4	54.50±10.67 (92.57)	21.3-63.5	43.87±7.79 (94.02)
SS(%)	235.7	364.51±733.4	34.6-88.5	59.10±8.84 (86.00)	23.7-59.2	37.17±6.26 (89.80)
n-Hexan(%)	41.3-91.3	75.56±11.87	4.3-35.8	16.70±4.80 (77.90)	4.5-11.5	7.45±1.20 (90.14)
NH ₃ -N(%)	2.1-7.8	3.65±1.15	1.2-4.0	2.17±0.82 (40.55)	0.8-3.4	1.55±0.53 (57.53)
NO ₂ -N(%)	4.1-18.5	8.94±2.50	1.1-7.3	2.81±1.69 (68.57)	0.6-3.1	1.64±0.52 (81.66)
NO ₃ -N(%)	3.8-15.3	7.96±2.29	0.7-3.8	1.95±0.62 (75.50)	0.2-1.8	0.93±0.38 (88.32)
PO ₄ -P(%)	7.2-15.3	8.99±1.66	1.4-7.4	3.61±1.33 (59.84)	0.3-4.3	2.27±0.67 (74.75)

* Mean±SD(n=24X) : Removal Percent(%)

Primary treatment : Screening, Aeration, Activated sludge Treatment

Secondary treatment : Aeration, activated sludge. Treatment

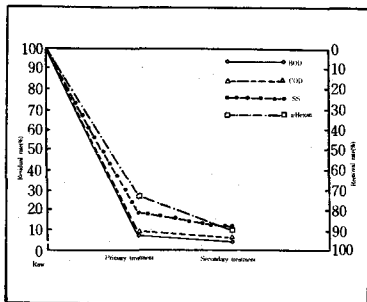


Fig. 2. 오염물질들의 처리단계별 제거율

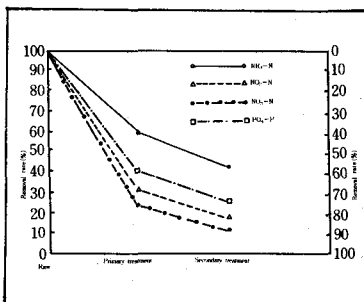


Fig. 3. 오염물질들의 처리단계별 제거율

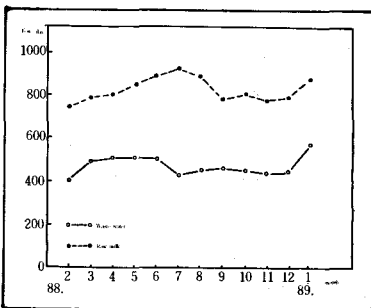


Fig. 4. 월별 원유처리량과 폐수발생량

4. 계절별 처리효과

(1) 수질 오염물질의 계절별 처리효과

원수의 여름철 평균 수온은 30.2°C이었고 겨울철에는 18.6°C로 큰 차이를 보였다.

처리수에서는 하절기에 28.9°C였으며 겨울철에는 13.4°C로 계절간에는 최고 15.5°C의 차이가 있었다.

pH는 봄철에 원폐수에서 10.0으로 가장 높았고 겨울철에 7.9로 가장 낮았다.

처리수에서는 봄과 여름철에 8.1 전후로 가을 겨울철보다 약간 높았다.

DO는 원수에서 계절에 관계없이 측정되지 않았으며 처리수에서는 여름철에 2.2mg/l 도 낮았으며 겨울철에는 2.5mg/l 로 가장 높았다.

처리수에서 BOD, COD, SS, 유지 등의 계절별 처리 효과는 전반적으로 여름철과 가을철이 높았고 수온이 낮은 겨울철에는 처리효율이 떨어졌다. 그리고 nitrogen 화합물은 봄, 여름철에 처리 효율이 높았으며 가을, 겨울철에 처리효율이 낮았다. 인산염인의 처리효율은 여름철에 87.7%로 가장 높았고 겨울철에 59.4%로 가장 낮았다.

(2) 미생물 오염도의 계절별 처리효과

Total Bacteria의 계절별 처리효율은 가을철에 99.4%로 가장 높았고 겨울철에 84.3%로 가장 낮았다. 대장균군의 처리효율은 봄철에 99.1%로 가장 높았고 겨울철이 84.8%로 가장 낮았다.

1ton/일의 원유처리를 하였으며 폐수발생량은 828.8ton으로 원유처리량의 1.8배였다.

V. 고 찰

Table 2. 원수와 처리수의 미생물 오염도

구 분	원 수		처 리 수		제거효율
	범 위	평균	범 위	평균	
일반세균수	1.3×10 ⁴ ~1.9×10 ⁵	7.2×10 ⁵	1.7×10 ³ ~7.8×10 ⁴	1.8×10 ⁴	97.6%
대장균군	3.1×10 ³ ~1.6×10 ⁵	4.6×10 ⁴	5.0×10 ² ~7.5×10 ³	2.1×10 ³	95.4%

1. 처리효율에 관한 영향

수온이 낮은 동절기에는 오염물질의 처리효율이 낮았고 수온이 높은 하절기에는 처리효율이 높은 것으로 조사되었으며 여름철의 수온은 28.8°C였으며 겨울철의 수온은 13.4°C로 계절간의 온도차이는 15.5°C로 매우 컸다.

조사기간중 88.12월에는 기온이 -3.7°C로 예년보다 0.6°C가 높았으며 89.1월중에는 이상난동으로 평균최저기온이 -1°C의 포근한 겨울 날씨를 유지하였는데도 불구하고 하절기와 15.5°C의 온도차이를 보였다.

예년과 같이 겨울철의 최저기온이 -7.5°C를 유지하였다면 수온이 10°C이하로 떨어지게 되어 BOD, COD, SS 등 오염물질의 처리효율은 상당히 낮아졌을 것으로 사료된다. 라군조의 수온이 낮아지는 것을 방지하기 위하여 최대한 지상으로 노출되지 않게 지하로 설치하는 방안이라든가, 표면 폭기보다는 송풍온도가 높은 브로워로 이용하는 방안 등의 보완이 이루어져야 수온이 떨어지는 것을 조금이나마 방지하여 주므로써 처리효율은 다소 높아질 것으로 사료된다.

일반적으로 미생물처리의 pH적정범위는 6.0~8.0이라고 말하고 있지만 수중에는 여러 종류의 물질이 용해되어 있고 산이나, 알칼리가 혼입되어 완충작용이 있어 pH를 중성부근으로 유지한다고(石田 1985)하였으나 본 조사에서는 원수의 pH가 평균 9.2로 원수의 pH가 염기성인 것은 CIP과정에서 NaOH의 세제로 사용한 것으로 기인된다.

라군조에서는 원수중에 함유하는 암모니아가 소화세균에 의해 산화되면서 질산이 생성되어 pH가 떨어지는 경향을 보였으며 원수중의 유당이 유산으로 변하여 pH가 낮아진다는(田中 1978) 보고와 본조사에서도 일치하였다.

또한 처리수를 상온에서 3~4일 보관후 pH를 측정하면 0.2~0.3정도 증가현상을 나타냈는데 수중에 조류의 생장이 왕성하면 CO₂가 유리되어 pH가 염기성으로 증가한다는慮(1978) 崔(1985)등의 보고와도 일치 하였다.

원수 중에는 계절에 관계없이 DO가 측정되지 않았다. 이것은 원수중에 호기성 미생물에 의하여 DO를 소모한 것으로 사료되며 1차 처리수에서는 DO가 년평균 2.3mg/l 최종처리수에서는 평균 2.6mg/l 이었다.

겨울철과 봄철에 공통적으로 DO가 높았고 여름과 가을철에 DO가 낮은 수치로 조사 되었다.

유가공 공장의 원수에서 Howard(1965)등은 BOD 1482mg/l Mark J. Hammer은 1820mg/l, Joseph, G은 1600 mg/l Millen등은 2150mg/l 조사되어 보고된 바 있으며 본조사에서는 1054mg/l로 다소 낮은 수치를 보였다.

유가공 공장에서 BOD제거율을 보면 金(1979)등은 96.2% Eckenfelder(1970) 80~95% Mitchell(1974)은 95% 山本(1976) 등은 98.5% Nelson은 92.5%의 제거율을 보고하여 본조사 제거율 95.6%와 큰 차이는 없었다.

COD제거율을 보면, J.P.Schwitzgubel(1988)등은 80~90% Roeland(1979)은 95% United Kingdom(1986)에서는 80.6%로 보고되어 본조사의 94%와 큰차이는 없었다.

SS의 제거율에서도 Ullricn(1978)은 93.8% 金 등(1979)은 86.6% Mark. J은 90% Schwitzgubel(1988)은 82~87%로 보고하여 본조사제거율 94%와 약간의 차이는 있었지만 오염물질들의 제거효율은 원수의 질, 처리 system 관리운영 상태 등의 정도에 따라 차이가 있을 것으로 사료된다.

질소화합물은 생물체의 주요 구성요소이며 자연계에서 분해되면

NH₄-N가 되고 이것이 호기적 산화가 NO₂-N를 거쳐 최종적으로 안정된 NO₃-N가 된다. 수중에 NH₄-N와 NO₂-N의 농도가 높다는 것은 배설물, 도시하수등 각종 유기물이 분해되어 가고 있음을 의미하며 이는 바로 미생물이 활발하게 번식하고 있다는 지표가 되며 NH₄-N는 환원적상태에서 불쾌한 NH₃가스를 방출 하기도 한다. Benefield(1980)는 도시하수에서 일반적으로 15~20 mg/l 범위의 질소물질을 함유하고 있으며 이중 60%는 용해성이고 40%는 불용해성이라고 보고하였다. 암모니아성 질소의 제거율을 보면 兪(1987)는 44.7%, 환경청(1983)은 69%, 山本등(1979)은 50.2%, 岡田등은 60%로 보고하였으며 본조사 성적에서는 57.5%의 비슷한 제거율을 보였다.

石田(1984)은 활성오니법에서 인의 제거율을 10~30%로 兪(1987)은 47.6% Mitchell(1974)은 67%로 보고하였는데 본조사에서는 74.8%의 높은 제거율을 보였다.

이와 같이 인의 제거율이 높게 나타난 것은 처리공정에서 약 15일간 체류되면서 처리되었기에 체류기간의 차이에 따른 것으로 사료된다.

2. 미생물 오염도의 처리 효과

미생물 오염도는 BOD나 SS등과 같이 수질오염의 지표로도 큰 의의를 갖는다.

세균중에서 지표세균으로 여러가지 종류가 있겠으나 본 조사에서는 일반세균과 대장균군에 대해서만 조사를 하였으며 성적은 table. 3과 같다.

유가공 공장에서 Art(1978)의 조사에 의하면 대장균군범위는 1×10⁶~4.6×10⁷CFU/ml이었으며 兪(1987)는 도시하수처리시설에서 일반세균은 97.5%, 대장균군은 97.3%의 처리효율로 조사되었고 Hunter(1974)는 90%이상인 것으로 조사되어 본조사 성적인 일반세균

Table 3. 계절별 일반세균과 대장균군 현황

구분	일반세균	대장균군
원수	봄 6.6×10^5	4.0×10^4
	여름 5.6×10^5	7.0×10^4
	가을 1.3×10^6	4.3×10^4
	겨울 3.4×10^5	3.0×10^4
	평균 7.2×10^5	4.6×10^4
1차처리	봄 $6.1 \times 10^4(90.8)$	$4.7 \times 10^3(88.3)$
	여름 $1.3 \times 10^4(97.7)$	$5.7 \times 10^3(91.8)$
	가을 $4.3 \times 10^4(96.7)$	$4.6 \times 10^3(89.3)$
	겨울 $6.5 \times 10^4(80.7)$	$5.9 \times 10^3(80.1)$
	평균 $4.6 \times 10^4(93.6)$	$5.2 \times 10^3(88.6)$
2차처리	봄 $4.0 \times 10^3(99.4)$	$3.7 \times 10^2(99.1)$
	여름 $9.5 \times 10^3(98.3)$	$2.0 \times 10^3(97.1)$
	가을 3.7×10^3	$1.4 \times 10^3(96.7)$
	겨울 $5.3 \times 10^4(84.3)$	$4.5 \times 10^3(84.8)$
	평균 $1.8 \times 10^4(97.6)$	$2.1 \times 10^3(95.4)$

() : 제거율(%)

97.6%, 대장균군 95.4%와 비교해 볼 때 비슷한 제거효율을 보였다. 원수에서 미생물 오염도가 높지 않은 이유는 제품생산 공정중 각종 기기 세척수로 염소수를 사용하기 때문에 잔류염소의 영향을 받은 것으로 사료된다.

3. 원유 처리량과 폐수 발생량

일본의 삼영유업에서 폐수 발생량은 원유 처리량의 2.8배, 미국(EPA)은 3.1배 국내의 H유업은 3.0배, B유업은 2.9배, K유업은 2.5배로 나타났으며 S유업에서는 원유 처리량이 461.6톤/일으로 폐수 발생량은 828.8톤/일로 폐수발생량은 원유처리량에 1.8배였다.

계절별로는 여름에 2.0배, 겨울철에는 1.7배였다. S유업에서 원유 처리량에 비해 폐수 발생량이 적었던 것은 냉각수 회수 분무시 생성되는 응축수의 재활용 질수 등으로 다른 유업체에 비하여 적은 것으로 사료된다.

그리고 앞으로 신설되는 유가공 공장에서는 각종 탱크등의 두번째 이상의 세척수로 사용된 물은 새로 세척해야할 탱크등의 첫번째 세척수로 사용될 수 있도록 저장용 회수탱크가 설치되는것이 용수절감은 물론 원가절감에 기여할 것으로 판

단된다.

4. 오염물질간 및 처리 단계별 상관성

원수에서 수온과 $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ 등과는 높은 상관성이 있고 pH와 BOD, COD, $\text{NH}_3\text{-N}$ 와도 고도의 상관 관계로 나타났다.

이 결과는 오염물질량이 높을때 pH가 약알카리로 증가하며 오염물질량이 적어짐에 따라 pH가 약알칼리에서 중성방향으로 낮아진다는 柳(1986), 吳(1985), 崔(1987)등의 보고와 일치하였다. 처리수에서는 수온과 BOD, SS, COD, n-Hexan 등은 고도의 역상관성($P < 0.01$)을 보였고 BOD는 COD, n-Hexan, Total Bacteria와 높은 상관성($P < 0.01$)이 인정되었으며 COD는 SS n-Hexan $\text{NH}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ 등과 높은 상관성이 있었다.

또한 Total Bacteria와 Total Coliform간에는 높은 상관성($P < 0.01$)이 있었고 수온과 Total Bacteria 간에도 높은 상관성($P < 0.01$)을 보여 미생물의 오염도는 수온의 영향을 많이 받는 것으로 조사되었다.

VI. 요약

본 실험은 S유가공 공장에서 생

성되는 폐수의 각종 오염물질 계절별 처리효율 원유처리량에 따른 폐수량 오염물질간의 상관관계 등을 조사하기 위하여 1988.2월부터 1989.1월까지 1년간 매일 2회씩 총 24회에 걸쳐서 조사분석하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 원 폐수의 총 오염물질량(BOD, COD, SS n-Hexan, nitrogen compound $\text{PO}_4\text{-P}$)은 평균 1870.9 μg /일이며 최종처리후 117.5 μg /일로 감소되어 전체적인 처리효율은 93.7%였다.

2. 최종처리수의 처리효율은 BOD 95.6%, COD 94.0%, SS 89.8%, n-Hexan 90.1%, $\text{NH}_3\text{-N}$ 57.5%, $\text{NO}_2\text{-N}$ 81.7%, $\text{NO}_3\text{-N}$ 88.3%, $\text{PO}_4\text{-P}$ 74.8%의 처리효율을 보였다.

3. 최종처리수의 미생물 오염도에서는 Total Bacteria 97.6%, Total Coliform 95.4%의 처리효율을 보였다.

4. 오염물질의 계절별 변화는 하절기에 오염도가 높았고 동절기에 오염도가 낮았으며 처리효율에서는 수온이 높은 여름철이 높았고 수온이 낮은 동절기에는 낮았다.

5. 폐수발생량은 원유처리량의 1.8배였으며 계절별로는 여름철에 2.0배로 높았고 겨울철이 1.7배로 낮았다.

6. 원폐수에서 수온과 $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, $\text{PO}_4\text{-P}$ 와는 높은 정의 상관성($P < 0.01$)이 있었고 처리수에서의 수온과 오염물질간에는 높은 부의 상관성($P < 0.01$)이 인정되었다.

7. 생물학적 처리에서 수온이 처리효율에 가장 큰 영향을 미치므로 라군조의 적정 수온관리유지가 가장 중요한 결과로 나타났다. ◻

상담 및 문의전화 : 234-8047