

분뇨정화조 제거효율에 대한 조사 연구

정현철 · 김영태 · 안미정 · 김현실 · 유은희 · 박순우 · 김성림

폐기물분석과

분뇨정화조 제거효율에 대한 조사 연구

폐기물분석과

정현철 · 김영태 · 안미정 · 김현실 · 유은희 · 박순우 · 김성립

A Study on the Removal Efficiency Rate for Septic Tanks

Industrial Waste Analysis Division

H. C. Jeong, Y. T. Kim, M. J. An, H. S. Kim,
E. H. Yoo, S. U. Pak, S. N. Kim

Abstract

This study was performed to investigate the correlativity between the BOD removal rate and effluent BOD, effluent Cl^- , diluent Cl^- , dilution rate, influent BOD and find out the best operating. Samples were collected from 545 septic tanks in Pusan from July 1995 to November 1996.

The conclusions are as follows :

1. The correlation coefficient of effluent Cl^- conc. and BOD is 0.95($r=0.95$), and the 50% BOD removal rate or more is acquired the effluent Cl^- 150mg/ℓ or more.
2. The diluent Cl^- conc. has no correlation with the BOD removal rate. The diluent Cl^- conc. is 39.2 ~ 52.7 mg/ℓ.
3. The most suitable dilution rate is 60~70 times.
4. The influent BOD conc. is proportioned to the BOD removal rate.
5. The 50% BOD removal rate or more is acquired the effluent BOD 150 mg/ℓ or less.

I. 서 론

도시 인구의 증가와 함께 분뇨와 정화조 폐액의 배출량이 증가하고 있다. 이로 인하여 도시에서 배출되는 분뇨가 수질오염에 미치는 영향은 상당히 크다. 또한 현재 예전의 수거식 화장실에서 수세식 화장실로의 전환은 정화조 자체의 오염물 제거 효율을 증대시켜야 하는 중대한 이유이기도 하다. 아직 우리나라 대부분 지역에서는 분류식 하수관거가 아니라, 합류식 하수관거를 설치·운영하고 있어 정화조에서 배출되는 방류수는 직접 하천 및 호수 등 자연수계내로 직접 배출되어 수질오염을 가중시키는 요인이 된다.

따라서, 본 연구에서는 부산 시내 설치·가동 중인 분뇨정화조의 제거효율을 조사하여 최적의 운전조건을 파악하고, 또한 아울러 접촉 폭기 방식의 정화조와 3단 부패조의 제거효율도 비교하여 호기성에 의한 분뇨 소화 정도를 알아보려고 한다.

II. 조사대상 및 조사항목

1. 조사대상

각 자치구에서 '95년 7월 1일부터 '96년 11월 30일까지 우리 연구원에 검사 의뢰한 분뇨정화조 제거효율 검사결과 중에서 545개 선정하였다.

2. 조사항목

생물화학적산소요구량(BOD), 염소이온(Cl^-), BOD제거율(%)

가. 생물화학적산소요구량(BOD)

분뇨정화조에서 방류되는 유출수의 BOD를 측정하였으며, 실험방법은 수질오염공정시험법으로 하였다.

나. 염소이온(Cl^-)

분뇨정화조에서 방류되는 유출수 및 변기에 저장되어 있는 세정수의 염소이온(Cl^-)을 측정하였으며, 실험방법은 수질오염공정시험법으로 하였다.

다. 생물화학적산소요구량(BOD)제거율(%)

(1) BOD제거율(%)

$$BOD제거율(\%) = \frac{\text{유입수의 } BOD - \text{유출수의 } BOD}{\text{유입수의 } BOD} \times 100 \dots\dots(1)$$

(2) 유입수의 생물화학적산소요구량(BOD)

$$\text{유입수의 } BOD = \frac{\text{생분뇨의 } BOD}{\text{희석배율}} \dots\dots(2)$$

단, 생분뇨의 BOD는 20,000 mg/l 로 한다.

(3) 회석배율

$$\text{회석배율} = \frac{\text{생분뇨의 } CI \text{ 농도}}{\text{유출수의 } CI \text{ 농도} - \text{세정수의 } CI \text{ 농도}} \dots\dots\dots(3)$$

단, 생분뇨의 CI 농도는 $5,500 \text{ mg/l}$ 로 한다.

III. 조사결과 및 고찰

545개의 분뇨정화조의 각 조사결과를 부록에 수록하였으며, BOD제거율(%)을 10단계로 나누어 각 항목별 평균값을 나타내었다.

1. 3단 부패조

가. 유출수의 CI^- , BOD 농도와 BOD제거율(%)과의 관계

유출수 CI^- 의 농도는 분뇨자체의 염소이온과 세정수의 염소이온 및 회석배율에 의해 결정되어진다. 따라서, 유출수 CI^- 의 농도가 높으면 유출수 BOD가 높아질 것으로 예상되어지나, 실제 측정해 본 결과 <Table 1>과 <Fig. 1>에서 나타난 바와 같이 유출수의 CI^- 과 BOD의 관계는 역상관성을 나타내었으며, 특히 유출수 CI^- 이 127.0 mg/l 이상에서는 상관계수 $r=0.88$ 로 높게 나타났다.

이것은 유출수 CI^- 과 BOD의 유발물질이 다르거나, 다른 영향 요인을 생각해 볼 수 있는데 정화조에는 분뇨 외 다른 요인이 없는 것으로 사료되며 따라서, 유출수의 CI^- 이 높다는 것은 세정수의 염소이온이 일정할 때 회석배율에 의해 결정되어진다.

즉, 회석배율이 낮을수록 유출수의 CI^- 농도는 높아지며 또한, 수리학적 체류시간이 길어져 충분히 유기물이 분해되어 방류되므로써 유출수 BOD는 감소하게 된다. 따라서 유출수 CI^- 과 유출수 BOD는 역상관성을 가지게 된다.

그러나 유출수 CI^- 이 127.0 mg/l 이하에서는 회석배율이 높아 분뇨가 부패조에서 산화되어 방류되기 보다는 회석되어 방류됨에 따라 BOD제거율은 현저히 낮아진다

고 사료된다. 따라서, 유출수 Cl^- 와 BOD제거율과는 $r=0.95$ 로 높은 상관성을 가지며 적정 BOD제거율 50% 이상을 유지하기 위하여는 유출수 Cl^- 의 농도가 150 mg/l 이상 유지시켜야 한다.

Table 1. 유출수 Cl^- , BOD 농도와 BOD제거율(%) 조사결과

유출수 Cl^- 농도(mg/l)	89.6	106.7	127.0	143.2	154.4	143.5	166.6	158.9	176.0	184.4
유출수 BOD(mg/l)	107.9	174.0	225.6	209.4	209.6	146.2	131.3	100.9	69.0	33.4
BOD 제거율(%)	6.7	14.7	25.7	34.5	43.5	55.0	65.4	74.5	84.6	93.0

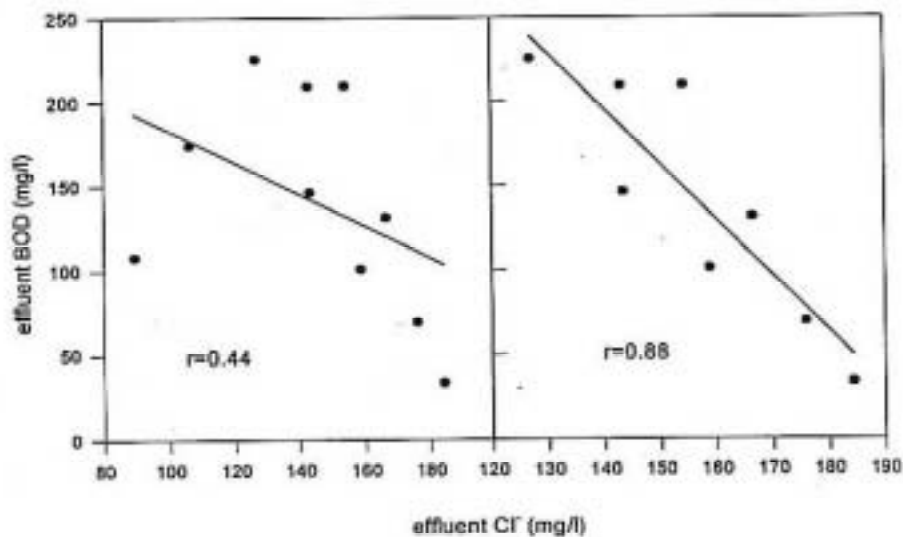


Fig. 1. 유출수 Cl^- 농도와 유출수 BOD의 상관관계

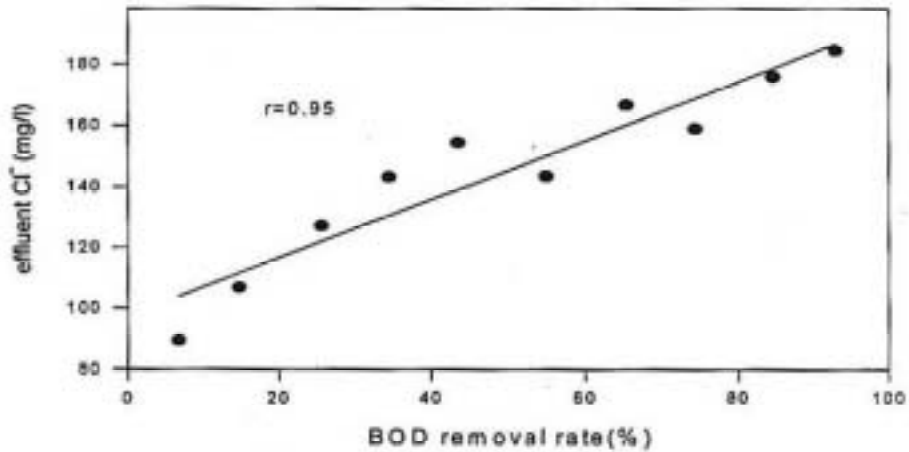


Fig. 2. 유출수 Cl^- 농도와 BOD제거율(%)의 상관관계

나. 세정수 Cl^- 농도와 BOD제거율(%)과의 관계

〈Table 2〉와 〈Fig. 3〉에서 나타난 바와 같이 세정수 Cl^- 농도와 BOD제거율(%)과는 $r=0.2$ 로 상관성이 거의 없었으며, 세정수의 Cl^- 농도는 39.2~52.7 mg/l 의 범위로 큰 변화없이 거의 일정하였다.

Table 2. 세정수 Cl^- 농도와 BOD제거율(%) 조사결과

세정수 Cl^- 농도(mg/l)	52.7	49.5	39.2	49.4	48.8	52.1	51.2	49.1	52.7	48.5
B O D 제거율(%)	6.7	14.7	25.7	34.5	43.5	55.0	65.4	74.5	84.6	93.0

다. 회석배율과 BOD제거율(%)과의 관계

회석배율과 BOD제거율(%)의 조사결과는 〈Table 3〉과 같았으며, 〈Fig. 4〉에 나타난 바와 같이 BOD제거율 25.7%까지는 회석배율이 174.4에서 75.0으로 급격히 감소 하였으나, 25.7% 이상에서는 회석배율이 56.4~82.8로 일정하게 유지하였으며, 회석배율이 높을수록 BOD 제거효율이 좋지 않음을 알 수 있었다.

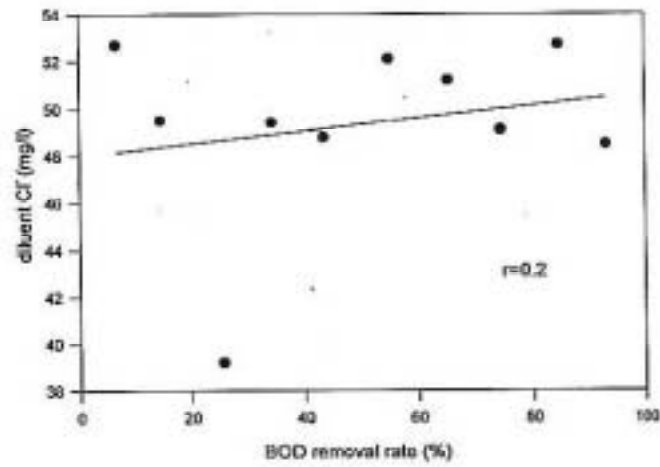


Fig. 3. 세정수 Cl^- 농도와 BOD제거율(%) 상관관계

Table 3. 회석배율과 BOD제거율(%) 조사결과

회석배율	174.4	107.8	75.6	75.0	66.7	82.8	72.9	65.8	56.4	57.5
BOD 제거율(%)	6.7	14.7	25.7	34.5	43.5	55.0	65.4	74.5	84.6	93.0

즉, 많은 양의 분뇨가 공급되므로써 수리학적 체류시간이 줄어들어 충분히 산화될 시간적 여유를 갖지 못하여 BOD제거율(%)이 떨어진다. 따라서, 회석배율을 60 ~ 70정도로 유지시키는 것이 최고의 BOD 제거효율을 얻을 수 있다고 사료된다.

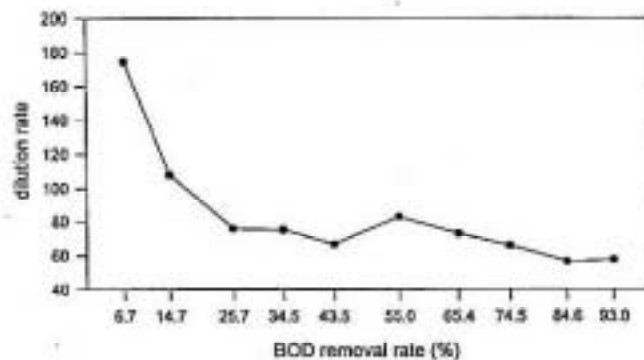


fig. 4. 회석배율과 BOD제거율(%)의 관계

라. 유입수 BOD와 BOD제거율(%)과의 관계

유입수 BOD는 직접 측정하는 것이 아니라 제Ⅱ항 (식 2)에 의해 평가되어진 값으로서 그 결과를 고찰해보면, 유입수 BOD가 높을수록 BOD제거율(%)이 높아졌다.

이 결과는 유입수 BOD가 높을수록 희석배율이 낮다는 것이며, 즉 충분한 수리학적 체류시간이 보장되어 완전한 산화가 이루어진 후 배출되기 때문이다.

이러한 이유로 조사결과 <Table. 4>와 <Fig. 5>에서 나타난 바와 같이 유입수 BOD와 BOD제거율(%)의 관계는 $r=0.93$ 으로 상관성이 매우 높았다.

Table 4. 유입수 BOD와 BOD제거율(%) 조사결과

유입수BOD 농도(mg/l)	115.5	204.3	304.6	319.9	371.6	324.6	379.5	397.2	443.3	491.1
B O D 제거율(%)	6.7	14.7	25.7	34.5	43.5	55.0	65.4	74.5	84.6	93.0

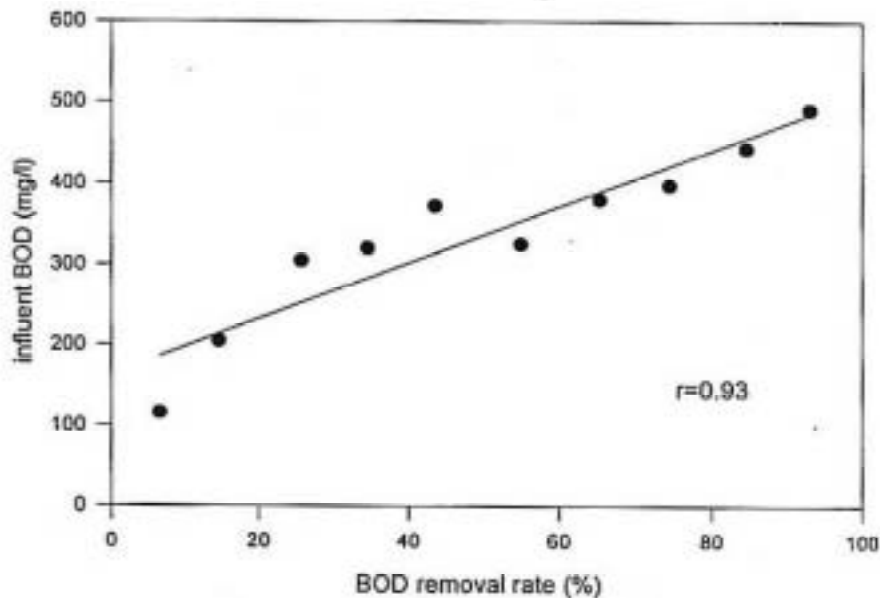


fig. 5. 유입수 BOD과 BOD제거율(%)의 상관관계

마. 유출수 BOD과 BOD제거율(%)과의 관계

〈Table 5〉와 〈Fig. 6〉에서 나타난 바와 같이 유출수 BOD는 BOD제거율(%)이 높을수록 낮아짐을 알 수 있었다. 그러나, BOD제거율이 25.7% 이하에서 제거율이 증가할수록 유출수 BOD가 증가하는 것이 회석배율이 감소함에 따라 유입수 값의 증가폭이 유출수 BOD 증가폭보다 커서 유출수 BOD가 증가하더라도 BOD제거율이 증가하게 되었다. 그리고 유출수 BOD의 적정수준은 150 mg/l 이하 이었다.

Table 5. 유출수 BOD과 BOD제거율(%) 조사결과

유입수BOD 농도(mg/l)	107.9	174.0	225.6	209.4	209.6	146.2	131.3	100.9	69.0	33.4
B O D 제거율(%)	6.7	14.7	25.7	34.5	43.5	55.0	65.4	74.5	84.6	93.0

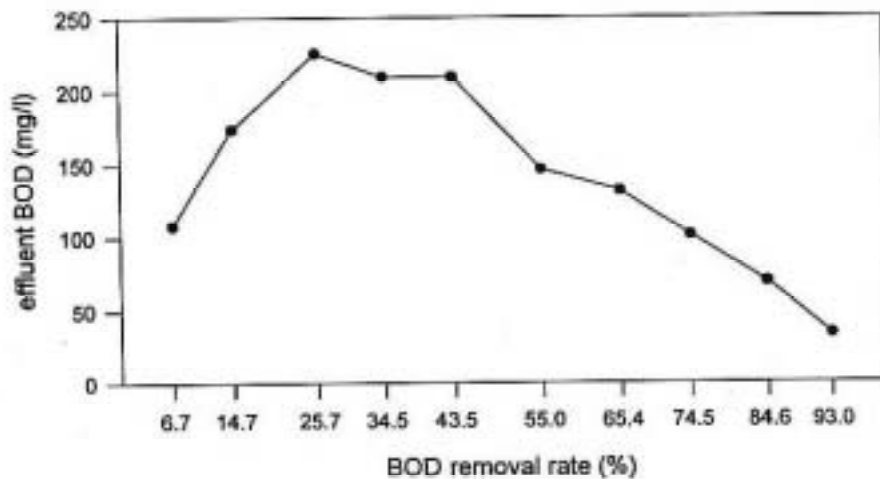


fig. 6. 유출수 BOD과 BOD제거율(%)의 관계

2. 접촉산화방식의 정화조

Table 6. 접촉산화방식 정화조의 조사결과

(단위 : mg/l)

항 목 구 조	유 출 수 Cl ⁻ 농도	세 정 수 Cl ⁻ 농도	회 석 배 율	유 입 수 BOD	유 출 수 BOD	BOD 제 거 율 (%)
원 통 형	194.8	40.4	35.6	561.8	35.6	93.7
	210.4	41.1	32.5	615.4	29.5	95.2
사 각 형	117.0	47.5	79.1	252.7	9.5	96.2
	124.1	47.5	71.8	278.5	3.6	98.7
평 균	161.6	44.1	54.8	427.1	19.6	96.0

〈Table 6〉의 측정자료는 우리 연구원에 성능검사 의뢰된 정화조에 대한 결과로서 제거효율(%)은 아주 높으나, 폭기장치를 관리 운영시 많은 비용이 발생하는 단점이 있다.

3. 3단 부패조와 접촉산화방식의 정화조의 비교

3단 부패조와 접촉산화방식의 정화조의 비교 조사한 결과 〈Table 7〉과 같으며, 3단 부패조의 제거효율에 영향을 미치는 것은 적정한 부패조 용량이며 따라서, 충분한 수리학적 체류시간을 유지시켜야 한다.

그렇게 하기 위하여는 세정수의 양을 줄여 회석배율을 낮게 해야 한다. 접촉산화방식의 정화조는 계속해서 공기를 공급해 주어야 하며, 그렇지 않을 경우 분해속도가 늦어 제거효율(%)이 급격히 떨어진다.

Table 7. 3단 부패조와 접촉산화방식 정화조의 비교

(단위 : mg/l)

항 목 종 류	유 출 수 Cl ⁻ 농도	세 정 수 Cl ⁻ 농도	회 석 배 율	유 입 수 BOD	유 출 수 BOD	BOD 제 거 율 (%)
3단 부패조	716.4	139.3	279.5	872.8	208.7	51.3
접촉산화 방식정화조	161.6	44.1	54.8	427.1	19.6	96.0

IV. 결 론

1. 유출수 Cl^- 과 3단 부패조의 BOD 제거효율(%)은 $r=0.95$ 로 높은 상관성을 나타내었다. 따라서, 적정 BOD제거율 50%를 유지하기 위하여는 유출수 Cl^- 농도가 $150mg/l$ 이상 유지시켜야 한다.
2. 세정수 Cl^- 은 3단 부패조의 제거효율(%)에 관계없었으며, 대체로 세정수 Cl^- 은 일정한 값($39.2\sim 52.7 mg/l$)을 유지하고 있었다.
3. 희석배율을 60~70배 정도로 유지시키는 것이 최고의 BOD 제거효율(%)을 얻을 수 있었다.
4. 유입수 BOD는 BOD 제거효율(%)에 비례하였다.
5. 유출수 BOD가 적정 BOD제거율(%)을 만족하기 위해서 $150 mg/l$ 이하로 유지시켜야 한다.
6. 최적의 BOD제거율(%)을 얻기 위해서는 적절한 수리학적 체류시간을 유지시켜 주어야 하는데, 이를 위하여는 세정수의 양을 줄이고 부패조의 용량을 늘려서 충분한 수리학적 체류시간을 유지시켜 주어야 한다.
7. 접촉폭기방식은 제거효율(%)이 3단 부패조보다 좋으나, 계속해서 폭기장치를 관리해야 하며 운영비가 많이 드는 단점이 있다.

V. 참고문헌

1. 나태구, 1986, 분뇨의 혐기성 소화에 있어서 유기물질 분해특성에 관한 연구, 경성대학교
2. 이광호외 3명, 1993, 가정용 정화조에서의 포기효과에 관한 연구, 충북대학교
3. 윤원용, 1987, 하천수질에 미치는 분뇨오염에 관한 연구, 성균관대학교

4. 정정권, 1983, 정화조폐액의 생물학적 처리에 대한 연구, 고려대학교
5. 이문형, 1985, 혐기성 소화에 의한 분뇨 처리시에 유기물질과 수리학적 부하율에 의한 영향
6. 이덕현, 1989, 수리학적 부하가 분뇨의 혐기성 소화에 미치는 영향, 인하대학교
7. 1983, 오수정화시설가이드, (주)삼화기술단
8. 1995, 정화조 설치기준, 수영구청 청소과
9. 1986, 김종택, 환경오염공정시험법해설집, 신광출판사
10. 김영석, 1983, 분뇨와 정화조폐액 혼합액의 호기성에 관한 연구, 고려대학교
11. 이택순, 1983, 분뇨의 호기성 소화에 관한 실험적 연구, 영남대학교

VI. 부 록

□ BOD제거율(%) 범위별 각 인자들의 평균값

범 위	BOD제거율(%)	유출수CI ⁻	세정수CI ⁻	회석배율	유입수BOD	유출수BOD
0~10	6.7	89.6	52.7	174.4	115.5	107.9
10~20	14.7	106.7	49.5	107.8	204.3	174.0
20~30	25.7	127.0	39.2	75.6	304.6	225.6
30~40	34.5	143.2	49.4	75.0	319.9	209.4
40~50	43.5	154.4	48.8	66.7	371.6	209.6
50~60	55.0	143.5	52.1	82.8	324.6	146.2
60~70	65.4	166.6	51.2	72.9	379.5	131.3
70~80	74.5	158.9	49.1	65.8	397.2	100.9
80~90	84.6	176.0	52.7	56.4	443.3	69.0
90~100	93.0	184.4	48.5	57.5	491.1	33.4