



이귀향

(주)교학사 총무과장

서울산업대 산업대학원 석사 논문

# 2단 SBR 공정을 이용한 돈사폐수 처리에 관한 연구<1>

## 목 차

- 1. 서론
- 2. 이론적고찰
  - 1. 축산폐수, 폐기물의 현황 및 특성
    - 1) 축산현황
    - 2) 축산분뇨 발생량
    - 3) 오염물질 발생량과 성상
    - 4) 축산시설 및 관계법규
    - 5) 축산폐수 처리방법
  - 2. 생물학적 질소 및 인의 제거공정
    - 1) 생물학적 질소전환 및 제거
    - 2) 생물학적 인제거 공정
    - 3) 생물학적 질소 인 동시제거 공정
- 3. 실험장치 및 방법
- 4. 실험결과 및 고찰
  - 1. 돈사폐수의 특성 및 주요 성분분석 결과
  - 2. 2단 SBR 공정에서 유입부하량에 따른 유기물제거 효과
  - 3. 2단 SBR 공정에서 유입부하량에 따른 질소 제거효과
  - 4. 24hr/1cycle에서의 pH 및 ORP 변화
- 5. 결론

## 1. 서론

우리나라의 축산업은 그동안 소득증대를 위한 양적팽창 위주의 발전을 해왔으나 최근 축산폐수란 복병을 만나 어려움을 겪고 있다. 초창기 축산업은 소규모의 부업형태로 영위되어 가축 배설물을 비료로 활용하였고, 또한 발생량 자체가 적었기 때문에 그다지 큰 문제를 일으키지 않았으나 산업화 및 기업화되면서 대량의 축산폐수로 인한 하천 및 호수 등의 오염으로 축산폐수의 관리 및 처리기술에 대한 관심이 고조되고 있다. 국민 소득이 성장함에 따라 국민 보건위생의 우선적인 통념과 국민 생활의 안정화 추이와 때를 같이하여 전국 곳곳에 산재한 축산농가에서 배출되는 축산폐수가 인근 지천을 오염시키는 주범으로 인식되어지고 있다. 또한 상수원으로 이용되고 있는 한강 상류 및 낙동강, 팔당호 등의 오염이 사회문제화되어 국내에서도 1996년부터 영양염류의 배출규제를 시행할 계획하에 있으므로 이에 대비하여 2차 처리시설의 법적 규제를 만족할 수 있도록 영양염류를 충분히 제거해야 한다. 축산폐수는 유기물 부하량이 높고, 질소 및 인의 농도가 높아 부영양화 및 적조현상을 초래할 가능성이 높으므로 고도처리로 영양염류를 제거해야 한다. 그러나, 국내의 축산농가들은 대부분 소규모이며, 지역적으로 산재하고 있을 뿐만 아니라, 축산 공해 유발문제에 대한 인식 부족과 간편하고

경제적인 처리 방법이 개발보급되지 않아 빈번하게 민원이 제기되고 있는 실정이다. 축산폐수는 간헐적인 폐수유출때문에 활성슬러지법으로 처리하는데 어려움이 많고, 질소와 인의 제거가 이루어지지 않아 생물학적 처리 공정에 고도처리 시설을 부가해야 한다.

표 2-2 지역별 가축 두수 (단위 : 마리)

지역	한우	젓소	마필	돼지
서울	1,820	1,098	1,192	2,763
부산	2,644	3,015	26	20,263
대구	8,341	2,260	19	27,453
인천	5,551	8,660	1	47,153
광주	3,862	1,742	12	6,005
경기	313,416	224,721	123	1,083,749
강원	199,249	15,885	38	131,843
충남	165,093	17,082	13	117,666
충북	310,460	54,844	32	520,011
전남	202,814	18,527	26	248,739
전북	319,160	23,020	15	292,056
경북	411,278	28,434	21	355,303
경남	374,128	36,413	29	414,300
제주	52,195	1,632	1,347	80,046
계	2,370,011	437,333	2894	3,347,350

SBR반응기는 하나의 반응기에서 집수조, 혐기조, 반응조, 교반조, 침전조 역할까지 수행할 수 있는 장치로 슬러지 반송을 위한 펌프가 필요없어 경제적이며, 혐기/호기 상태가 교차됨에 따라 순차적으로 질산화·탈질화 반응이 진행되며 생물학적 과잉 인방출과 섭취가 가능하여 질소, 인의 효율적인 제거가 가능하여 고도처리까지 가능한 방법이다. 또한 SBR 운전방식이 회분식이므로 사상성 미생물의 성장을 억제하여 슬러지 팽화현상을 초래하지 않는

장점이 있다.

본 연구에서는 연속회분식 활성슬러지법인 SBR (Sequencing Batch Reactor)공정을 이용하여 실험을 수행하였는데 처리효율의 향상을 위하여 2단 처리공정으로 운전하여 돈사폐수의 유입부하량에 따른 처리효과를 실험 고찰하였다. SBR공정은 한 반응조에서 유입, 호기 및 혐기반응과 침전지의 역할을 하는 공정으로 적절한 혐기/호기 조건하에서 유입부하량을 변화시켜 유기물 및 질소의 제거효율 등을 고찰하였으며, 2단 공정의 적용에 따른 처리효과를 비교 고찰하였다.

## 2. 이론적 고찰

### 1. 축산폐수 및 폐기물의 현황 및 특성

#### 1) 축산현황

국민소득증대와 더불어 생활수준의 향상으로 축산제품의 수요가 증가하는 추세에 있다. 1985년도 기준으로 연간 평균 소비량을 보면 육류 16.8kg/인이며, 우유는 24kg/인으로서 1965년 소비량을 기준으로 육류는 약 5배 우유는 약 70배의 증가를 가져왔다. 인구의 증가와 함께 이러한 축산제품 소비의 증가는 가축사육의 기업화 및 집단화를 초래하였고, 축산시설에 의한 오염이 새로운 문제로 대두되었다. 축산시설에서 발생하는 환경오염은 폐수와 유출수의 (Run-Off)에 의한 지표수 오염과 축사 및 저장시설로부터 오염물질이 침투되어 발생하는 지하수 오염과 악취발생이 큰 문제로 대두되었다. 우리나라 유역별 년

표 2-1 유역별 가축사육현황 (단위 : 마리)

유역	1981년			1986년			1991년		
	소	돼지	닭	소	돼지	닭	소	돼지	닭
전국	1,620,500	2,363,400	43,155,000	1,960,700	3,138,600	63,184,000	2,434,200	4,350,900	111,934,000
낙동강	399,400	461,200	8,984,200	483,200	612,400	13,157,700	599,800	849,100	23,301,600
금강	175,000	197,000	2,462,700	211,700	262,400	3,606,700	262,800	363,900	6,387,200
영산강	51,200	78,000	1,834,000	61,900	103,600	2,686,300	7,900	148,700	4,757,300
섬진강	75,900	89,000	544,300	91,800	119,000	797,200	114,000	165,000	1,411,800
만경강	22,000	58,600	991,000	26,800	77,800	1,451,300	33,300	107,900	2,570,100

도별 가축 사육현황을 표 2-1에 나타내었다. '91년도 닭은 1.1억마리이고, 돼지는 435만마리, 소는 243만마리 정도인 것으로 조사되었다. 표 2-2의 지역별 가축사육두수를 보면 경기도와 충청북대에 가장 많이 분포되어 있는 것을 알 수 있으며, 축산의 사육두수 증감추세를 보면 말의 경우는 감소추세에 있으나, 1981년대에 비해 1991년도에는 소가 약 1.5배, 돼지가 약 1.8배 닭이 약 2.6배의 급격한 증가추세를 보이고 있다. 또한 가축에서 배설되는 분뇨의 오염부하는 사람의 분뇨에 비해 성분농도가 양적으로 상당히 높은 편이고 그 오염부하량도 전인구 부하량보다 훨씬 상회하는 실정이다.

표 2-3 사료의 종류에 따른 가축의 분뇨배설량

가축별	체중(kg)	사료의 종류	급사량(kg/두·일)	분량(kg/두·일)	뇨량(kg/두·일)	합계량(kg/두·일)	분뇨비
성우	600	건조목초 - 평 농후사료 - 균	18.00	25.00	6.0	31.0	4 : 1
성마	380	혼파목초	23.00	25.30	10.0	35.3	3 : 1
성돈	80	성돈용 배합사료	3.90	3.50	3.2	6.7	1 : 1

표 2-4 돼지의 분뇨배설량

체중별(kg)	사료별	분량(kg/두·일)	뇨량(kg/두·일)	합계량(kg/두·일)	분:뇨
20~50	배합사료	2	2	4	1 : 1
	잔반사료	1	4	5	1 : 4
	주개사료	0.5	4.5	5	1 : 9
50~90	배합사료	3	3	6	1 : 1
	잔반사료	1	9	10	1 : 9
	주개사료	1	9	10	1 : 9

표 2-7 돼지분뇨의 오염물질 성분

	BOD	COD	SS	VSS	TNK	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Cl	수분(%)	참고문헌
분	61,000	27,000 <sup>1)</sup>	223,000	-	-	-	-	-	-	-	(1) <sup>4)</sup>
	59,875	261,926 <sup>6)</sup>	183,000	161,286	9,790	-	4,205 <sup>3)</sup>	-	1,321	73.5	(2) <sup>5)</sup>
	62,000	35,030 <sup>1)</sup>	-	-	4,644	426	16,800	1,400	1,695	-	(3) <sup>7)</sup>
뇨	5,000	3,300 <sup>1)</sup>	4,500	-	-	-	-	-	-	-	(1)
	4,009	9,065 <sup>2)</sup>	425	340	4,500	-	315 <sup>3)</sup>	-	1,531	-	(2)
분+뇨	30,000	133,333 <sup>2)</sup>	-	-	4,000	-	2,400	1,600	-	-	(4) <sup>7)</sup>

\*1 : COD<sub>Mn</sub>                      \*2 : COD<sub>Cr</sub>                      \*3 : 총인(Total phosphorus as P)

\*4 : (1) 일본 농림성, 1978      \*5 : (2) Suh 등 1986.      \*6 : (3) 일본농수와 폐수

\*7 : (4) Hobson, 1977.

## 2) 축산분뇨 발생량

최근 들어 유제품에 대한 소비량이 급증함에 따라 축산업의 증가도 현저하여 축산공해 문제가 심각해지고 있다. 가축 분뇨 중 환경오염문제가 심각히 고려되는 것은 발생하는 가축분뇨의 농도와 사육두수 등을 고려할 때 가장 문제가 되는 가축은 소와 돼지이며, 특히 양돈업에서 발생하는 민원이 빈번한데 그 이유는 첫째 양돈 농가의 사육규모 증가, 둘째 과거에는 인분(人糞)과 마찬가지로 돈분(豚糞)도 각 농가에서 퇴비로 사용하였으나 화학비료의 양산으로 퇴비의 수요가 감소되었고 셋째, 과거에는 오염물질의 발생량 자체가 적었을 뿐 아니라 전반적으로 환경이 양호하

여 가축분뇨로 인한 환경오염이 그다지 문제시되지 않았으나 산업화 및 인구의 증가로 생활수준과 사회의 총오염발생량이 급증하자 쾌적한 환경에 대한 국민의 요구가 급격히 증가했기 때문이다. 또한 돈분의 경우 인분과 비교적 비슷한 성상을 가지고 있어 우분등보다 농도가 높고 악취가 심하게 나기 때문이다. 축산폐수는 재래식 사육시설은 다르겠지만 가축의 분뇨와 세척수(바닥청소수 등)가 혼합 희석되어 발생되는데 이중 분성분은 퇴비화나 비료로서 재활용되는 경우가 대부분이다.

표 2-3과 표 2-4 표 2-5에 나타난 바와 같이 잔반양돈(가정잔반, 식당잔반, 식품공장폐기물)과 주개양돈의 경우에는 그 사료의

열량과 질(특히 유지 함유량)에 의해서 배설량이나 분뇨의 형상, 조성도 크게 다르다. 돼지의 분과 뇨의 비는 배합 사료의 경우에는 1:1이며, 이때 급수량은 배합사료의 2.5배 정도 된다. 잔반이나 주개를 사료로 사용했을 때는 분량이 감소되고 뇨량이 증가한다. 그 비는 1.5~2가 된다. 잔반, 주개는 저열량이기 때문에 섭취량은 많아지고 배뇨량도 많아진다. 음식점에서 배출하는 잔반은 일반적으로 고열량이며 또 식품공장의 부서진 빵 등이나 라면의 반제품은 유지와 단백질을 풍부하게 함유하고 있으므로 배합사료보다는 고열량이다.

돼지의 경우를 보면 체중이나 사료의 종류에 따라 분뇨의 발생량이나 질이 다소 차이를 나타내고 있는데 사료로는 배합사료, 잔반사료(殘飯飼料), 주개사료(廚芥飼料)의 단독 또는 혼합에 의해서 먹이로 사용된다. 배합사료의 경우에는 필요한 가수화조단백질(可消化粗蛋白質)(DCC) 및 가수화양분총량(可消化養分總量)이 만족되고 또한 특정한 무기질이나 비타민을 보급할 수 있는 2~3종의 조사료를 혼합하여 준다.

돼지분뇨의 성상은 사료내용에 다소 차이가 있으나 표 2-6에 나타난 것처럼 수분함량은 뇨의 경우 95.9~99.5%, 분은 70.5~78.2%이고 BOD의 경우 뇨는 1,200~5,000mg/L, 분은 53,000~89,000mg/L에 이르고 있다.

### 3) 오염물질 발생량과 성상

돼지는 보통 자돈, 비육돈, 모돈, 종돈 등으로 구분되는데 종류와 체중에 따라 분뇨 발생량이 크게 차이가 나며 사료의 형태와 급여량에 따라서도 큰 차이가 난다. 즉 비육돈의 경우 약 3.0kg의 분과 3.0kg의 뇨를 발생하며 종돈의 경우 더 많은 양의 분뇨를 발생한다.

돼지분뇨의 오염물질 성상은 분의 BOD가 약 60,000mg/L, 뇨의 BOD는 4,500mg/L로 나타나지만 사료마다 차이가 있다. 그러나 실제 돈사에서 발생하고 고형물의 폐기물과 폐수의 양 및 특성은 원분뇨와 크게 다르다. 즉, 돈사에서 1일 1회 정도 대부분의 고형물을 인력 또는 기계적으로 수거하여 저장조에 모아두며 폐수는 세척

등의 이유로 1마리당 10~15L(설계기준 : 12 : L)의 폐수가 발생한다.

또한 폐수의 성상을 조사한 바로는 표 2~8에 보인 것처럼 BOD가 1,300~5,000mg/L로서 평균 2,500mg/L이고, SS는 440~4,000mg/L로서 1,660mg/L이었다.

표 2-5 돼지의 체중별 분뇨 배설량

체중(kg)	분량(kg)	뇨량(kg)	합계량(kg)
20	1.1	1.3	2.4
30	1.8	1.9	3.7
40	2.1	2.5	4.6
50	2.5	2.8	5.3
60	2.6	2.9	5.5
70	3.3	3.1	6.4
80	3.5	3.2	6.7
90	4.6	3.4	8.0
평균	2.6	2.6	5.2

자료 : 양돈경영 기술강좌, 鹿嶋俊明著(일본)

표 2-6 가축의 분뇨배설량

사료 항목	잔 반		주 개		배합 사료		비고
	분	뇨	분	뇨	분	뇨	
수분(%)	75.8	99.5	78.2	99.7	70.5	95.5	(100℃ 10분)
pH	7.5	8.7	8.1	7.7	7.2	8.0	
부유물 (ppm)	188,000	3,000	173,000	3,500	233,000	4,500	
BOD (ppm)	89,311	1,216	53,113	3,112	62,749	5,114	
COD (ppm)	50,127	1,386	38,213	2,566	35,030	9,297	
전질소 (ppm)	5,366	1,263	3,844	2,507	4,664	7,780	
염소이온 (ppm)	1,453	2,042	1,530	775	1,695	1,344	

표 2-8 양돈시설에서의 발생폐수성상

구분	최고	최저	평균
폐수량(m³/d)	158	25	77
BOD <sub>5</sub> (mg/L)	5,000	1,292	2,510
COD(mg/L)	3,000	759	1,682
SS	4,000	436	1,661