

# 연속목기식 생물반응조 (CABR) 에 의한 양돈분뇨 처리방법

상지대학교 환경공학과 이 명 규

## 1. 서 론

가축에서 배출되는 가축분뇨는 「폐기물」인 동시에 귀중한 「자원」이라는 양면성을 가지고 있다. 국내에서 발생하는 가축분뇨는 연간 4,000만톤 규모로 비료로 환산할 경우 상당한 양에 해당되나, 실제 비료로서의 이용은 주변 농경지의 확보부재로 사용량이 적고, 오히려 환경오염의 원인이 되고 있다. 이러한 환원농지의 부족은 가축분뇨를 자원화하기 보다는 정화처리라는 방법으로 그 해결방안을 모색하게 만

들었으나 가축분뇨의 특성과 농가의 영세성으로 그 실효를 거두지 못하게 되어, 최근 이러한 기존의 가축분뇨의 처리방법에 대한 새로운 검토가 필요하게 되었다.

가축분뇨의 자원화 가능성에 대해서는 누구나 이론(異論)의 여지가 없으나 실제 자원화를 목적으로 가축분뇨를 취급하게 될 경우 가장 까다로운 것은 가축분뇨의 악취발생과 수분의 함량일 것이다. 본고에서는 이러한 가축분뇨의 악취제거와 수분의 감량화를 통한 새로운 가축분뇨의 이용성에 대해 서술하기로 한다.

## 2. 가축분뇨처리현황

표1은 전국 가축사육농가에서 설치된 가축분뇨처리시설 설치율과 시설형태를 나타내고 있다.

양돈농가에서의 가축분뇨처리 시설형태는 정화조, 퇴비사, 저장액비가 주를 이루고 있으며, 전업규모에서의 각각의 설치율은 '94년도 기준으로 36%, 16%, 38%이며, 방류가 가능한 활성오니 시설은 3%에 불과하며, 영세부업규모 축산농가는 활성오니법보다는 비교적 경제

적인 간이정화처리시설을 가장 선호하는 것으로 나타나고 있다.

그러나 이러한 간이처리방법은 축산시설규모의 법적 강화와 방류수 허용 배출농도의 규제로 더 이상 확대되기 어려운 실정이다. 따라서 정화시설을 이용한 해결보다는 가축분뇨를 효과적으로 이용하여 오염물질을 줄이거나 제거하는 새로운 방법이 필요하며, 이를 소홀히 했을 때는 악취, 수질오염문제와 동시에 법적 제재를 받게 되므로 영세축산농가로서는 매우 어려운 상황에 직면케 되었다.

〈표 1〉 분뇨처리 시설형태별 설치농가구성

(단위 : 호)

구 분	총 계				소		대 지	
	계	소	대 지	답	전 업	부 업	전 업	부 업
- 활성오니	259 (0.6)	12 (0.1)	247 (1.6)	-	12 (0.5)	-	247 (3.0)	-
- 저장액비	5,160 (12.5)	1,722 (7.4)	3,438 (22.0)	-	890 (35.1)	832 (4.0)	3,054 (37.6)	384 (5.1)
- 퇴 비 화	5,130 (12.4)	2,609 (11.2)	729 (4.7)	1,792 (72.6)	20 (12.6)	2,289 (11.1)	302 (3.7)	427 (5.7)
- 톱밥축사	2,893 (7.0)	635 (2.7)	2,254 (14.4)	4 (0.2)	223 (8.8)	412 (2.0)	1,319 (16.2)	935 (12.5)
- 정 화 조	25,405 (61.5)	17,060 (73.4)	8,345 (53.5)	-	1,018 (40.2)	16,042 (77.5)	2,916 (35.9)	5,429 (72.6)
- 기 타	2,465 (6.0)	1,198 (5.2)	1,198 (3.8)	671 (27.2)	71 (2.8)	1,127 (5.4)	289 (3.6)	07 (4.1)
계	41,312 (100)	23,236 (100)	15,609 (100)	2,467 (100)	2,534 (100)	20,702 (100)	8,127 (100)	7,482 (100)

( )는 비율, % 자료 : 농림부, 1994

### 3. 분뇨분리방법에 따른 농기계 부담

양돈분뇨를 고액분리하여, 액상물은 축산정화조방식, 활성오니방식을 통해 방류하고, 고형물은 퇴적퇴비방식, 기계교반방식을 통해 퇴비화하는 방법을 농가가 실시할 경우 양돈농가

가 사육규모별로 부담해야 하는 순수 시설비(운전관리, 운영비 등은 전부제외)를 표2에 나타내었다.

모돈 100두, 모돈 1,000두 사육규모에 있어서 총 시설비는 각각 6,480만원, 62,600만원으로 모돈 1두당 약63~65만원 정도가 소요되는 것으로 조사되었다.

〈표 2〉 분뇨분리방법에 따른 분뇨처리 시설비

사육규모	처리방식		총 시설비(만원)	모돈사육두당시설비(만원)
	퇴적퇴비방식	간이정화처리방식		
모돈 100 (1,000두)	3,600만원	2,880만원	6,480	64.8
	기계교반방식	활성오니방식		
모돈 1,000 (10,000두)	42,000만원	20,600만원	62,600	62.6

### 4. 양돈분뇨의 저장액비방법

양돈분뇨의 고액분리방법에 따른 정화시설, 퇴비화시설은 시설자금뿐만 아니라 정화처리관리기술, 수분조절제 등의 공급 어려움이 농가에게 부담을 가져다 주게되어, 최근 저장액비방법을 이용한 분뇨처리방법이 급격히 증가하게 되었으나 이에 대한 환경오염문제 또한 급격하게 증가되고 있는 실정이다. 표3은 이웃나라 일본에서 '92년도 가축별 민원 발생건수를 나타내고 있는데 특히 주목할 것은 전체 발생건수 중 악취관계가 약63%나 차지하여 향후 도시화가 확대되고 있는 국내에 있어서도 악취환경으로 인한 민원이 급격히 증가될 수 있음을 예

상할 수 있다.

저장액비방법의 이용은 지금까지 유럽을 중심으로 연구보고 되어졌으며, 이는 토지 보유 면적을 기초로 하며, 축산업을 영위하는 유축농업의 특징이라 할 수 있다. 실제 덴마크, 영국, 독일의 경우 1ha(3,000평)당 모돈 사육두수가 5.1두(51두 사육규모)로 정해져 있어 모돈 1두당 약600평(184kgN/3,000평)의 농지확보를 요구하고 있다. 그러나 국내양돈농가의 경우 대부분의 농가가 충분한 토지를 확보하고 있지 않아 그로인해 가축분뇨의 농지환원이 오히려 토양에 오염을 가중시키는 결과를 초래하게 되었다. 그림1은 가축분뇨 슬러리를 농지에 살포할 경우 토양중으로 용탈되어 버리

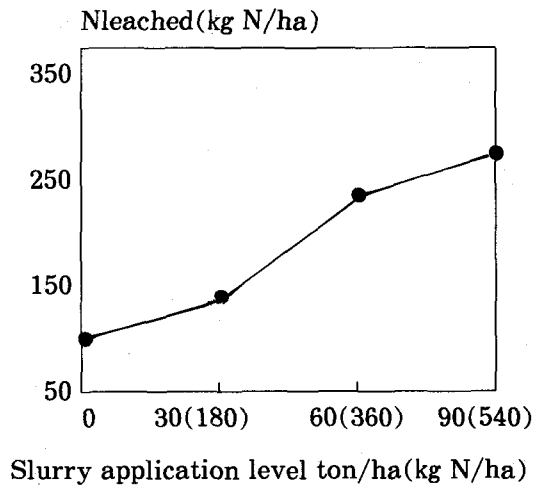
는 양을 나타낸 것으로 토양에 많은 양을 살포할 수록 용탈되어지는 질소량이 비례하여 늘어

남을 나타내고 있다. 이는 지하수오염의 큰 원인이 된다.

〈표 3〉 가축별 민원 발생건수(1992년)

가 축 별	수질오염	악취관계	해충발생	기 타	계
돼 지	609(1.5)	786(40.6)	37(13.7)	42(28.4)	1,210(39.5)
닭	103(8.7)	430(22.2)	176(65.4)	19(12.8)	669(21.8)
젖 소	348(29.4)	544(28.1)	32(11.9)	69(46.6)	875(28.5)
육 우	112(9.5)	141(7.3)	19(7.1)	15(10.1)	260(8.5)
기 타	11(0.9)	54(1.8)	5(1.5)	3(2.1)	51(1.7)
계	1,183(100)	1,936(100)	296(100)	148(100)	3,065(100)
구 성 비	38.6	63.2	8.7	8.7	100

(한국육류수출입협회, 1995)



〈그림 1〉 가축분뇨슬러리 사용에 따른 질소 농도별 용탈부하

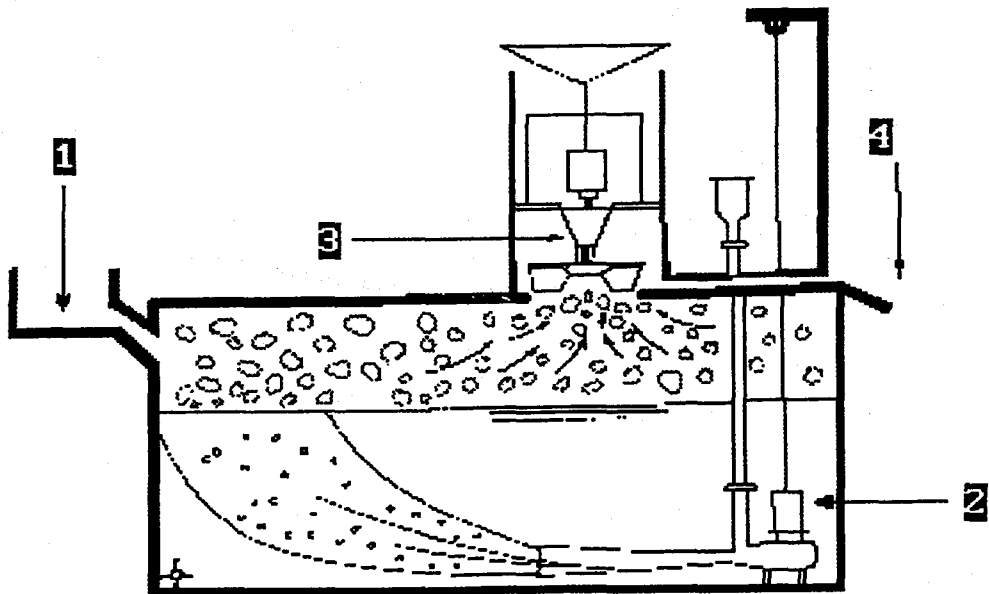
## 5. 농림부 현장에로 기술개발 사업시행

농림부의 양돈분뇨자원화 정책에 근간을 이루고 있는 것은 최대한 분뇨의 자원화를 주축으로 한 분뇨처리기술의 대계를 구축하면서 부분적으로는 지역사정에 따라 정화처리시설을 도입하고자 함에 있는 것으로 사려된다. 그러나 분뇨의 자원화방법인 퇴비화, 저장액비화 방법이 각각의 경제적, 기술적 문제점을 가지고 있어 이러한 문제점들을 극복하면서 분뇨의 자원화를 추진하기 위해서는 발생원단계에서부터의 수분감량화와 악취제거는 필수적이다. 농림부 현장에로 기술개발사업(이하 “현장에로과제”)의 일환으로 '95~'96(2년간) 수행되어진 본 연구는 양돈분뇨를 발생원단계(양돈농가현장)에서 최대한 감량화, 무취화하여 퇴비화 및 저



④ 발효처리물 다용도 이용단계 : CABR에서 처리된 발효처리물을 농가사정에 따라 여러 가지로 이용하여, 최종적으로 농가로하여 양돈 분뇨를 무방류처리하는 단계로서, CABR(연속폭기식 발효조)로 처리된 발효처리물은 BOD가 약 10,000ppm 정도로 분뇨중 함유된 영양물질이 수분증발로 인해 농축되어진 액상물이다. 화학적으로는 비교적 생분뇨에 비해 안정화되어 있으나, 그대로 방류할 수 있는 농도는 아니다. 따라서 발효처리물의 이용으로는 액상비료 또는 건조처리후 비료로 이용함이 비교적 적절하다고 판단되어지며, 일부에서는 돈

사 세척수로 이용할 경우 돈사바닥의 청결 유지 면에서 매우 효과적이며, 발효균주의 재투입효과도 있어 CABR의 운영에 효과적임이 현장 연구를 통해 나타났다. 발효처리물의 건조방법은 송풍건조방법, 또는 기존 농가에 보유하고 있는 교반발효시설을 이용하면 처리가 용이하며, 발효처리물의 비료이용성 연구에서 일반 화학비료로 처리된 작물에 비해 벼(수경재배), 이탈리아인 라이그라스(토경재배)의 생육효과 및 작물 근저부의 발달이 현저하게 양호한 것으로 밝혀졌다.



1. 투입구 2. 콤프레서 3. 소포기 4. 배출구

〈그림 2〉 CABR의 개략도

〈표 4〉 CABR의 물리적 변화

(1992. 3)

분 석 항 목	투입분뇨	배 출 액	전배출액	
			전투입분뇨	× 100
분 뇨 투 입 량 (m <sup>3</sup> )	2.8	1.8	64	
분 뇨 (m <sup>3</sup> )	0.3	—	—	
분 뇨 (m <sup>3</sup> )	2.5	—	—	
건 물 량 (kg)	168	127	76	
수 분 함 량 (kg)	2,622	1,643	63	
회 분 량 (kg)	35	24	69	
pH	7.0	8.2	—	
온 도 (°C)	25	40~50	—	
소포액배출속도 (ℓ/h)	—	50~240	—	
색 도	황 색	흑갈색	—	

〈표 5〉 CABR의 화학적 변화

(1992. 3)

분 석 항 목	투입분뇨	배 출 액	전배출액	
			전투입분뇨	× 100
	(mg/ℓ)	(mg/ℓ)	(%)	
BOD <sub>5</sub>	55,687	11,500	13	
CODMn	5,210	5,675	68	
Kjel-N	1,937	3,410	110	
NH <sub>4</sub> -N	728	457	39	
NO <sub>3</sub> -N	53	105	123	
P	1,250	2,250	113	
Acetic acid	4,687	171	2	
Propionic acid	1,187	30	2	
Butyric acid	978	11	1	
Valeric acid	569	N.D*	0	

N.D\* : Not Detected

〈표 6〉 CABR의 생물학적 변화

(1992. 3)

분 석 항 목	미생물 균수 (cell/ml)	
	투 입 분 뇨	배 출 분 뇨
중 온 균	$3.4 \times 10^7$	$6.5 \times 10^7$
고 온 균	$8.5 \times 10^5$	$2.0 \times 10^7$
광 합 성 세 균	$1.1 \times 10^2$	$9.0 \times 10^2$
장 내 세 균	$1.6 \times 10^3$	$3.5 \times 10^2$
사 상 균	6	불검출

〈표 7〉 TS(%) 함량에 따른 CABR의 물리적 변화

(1996. 3~10)

TS(%)	최고수위 (cm)	최종수위 (cm)	처리량 (cm)	최종온도 (°C)	pH	점도 (CP)
8.7	78	53	25	67	8.0	0
8.1	100	85	15	62	8.4	0.2
7.3	87	70	17	65	7.2	0
7.1	90	70	20	67	8.6	0.2
7.1	85	70	15	64	8.6	0.4
6.6	88	70	18	-	8.4	0.4
6.3	98	50	48	60	7.8	0
5.7	78	47	31	69	8.4	0
5.3	87	65	22	64	8.3	0
4.7	75	30	45	56	8.2	0
4.7	80	60	20	62	9.0	0
4.6	112	84	18	65	8.3	-
4.0	103	91	12	58	8.5	-
3.7	126	113	13	66	8.2	-
2.8	126	114	12	63	8.2	-
2.0	125	119	6	57	8.6	-



〈표 8〉 CABR에 의한 분뇨 증발량

(1996. 9)

월일 '96	분뇨 투입량(t)	분뇨투입후 수위(cm)	투입직후 온도(°C)	투입후 TS(%)	처리후 수위(cm)	배출량	pH	외부온도 (°C)	가동중 수위변화 (cm)
9/9	-	-	-	-	54	-	-	27	
9/10	5	69	58	7	51	1.5	9.0	26	18
9/11	4.2	63	63	8.3	43	1.6	8.5	26	20
9/12	10.8	80	42	10	48	3.3	8.6	26	32

- 처리기간 : 9/10~9/12(72h)
- 분뇨 총투입량 : 20t
- 분뇨 총배출량 : 6.4t
- 수위 변화량 : 54 - 48 = 6cm(2.16t)
- 총 증발량 : 20t - 6.4t + 2.16t = 15.76t
- 1일 증발량 : 15.76t ÷ 3 = 5.25t
- 1일 m<sup>2</sup>당 증발량 : 146 l / m<sup>2</sup> / 日

〈표 9〉 양돈분뇨의 CABR처리에 따른 화학, 생물학적 변화

('96. 9. 20~21)

시 간	CABR 온도 (°C)	TS(%)	pH	COD <sub>cr</sub> (ppm)	BOD (ppm)	VFA	T-N (ppm)	NH <sub>4</sub> -N (ppm)	NO <sub>3</sub> -N (ppm)	T-P (ppm)	PO <sub>4</sub> -P (ppm)	중은균 (수/ml)	고온균 (수/ml)	광합성 세균※ (수/ml)
9:00	64	8.3	8.6	75,514	11,000	N.D	4,480	1,674	81	1,171	79	4.5 × 10 <sup>12</sup>	5 × 10 <sup>8</sup>	9.3 × 10 <sup>5</sup>
11:00	60	9.3	8.5	67,003	11,200	N.D	3,323	1,585	85	983	76	1 × 10 <sup>11</sup>	2 × 10 <sup>9</sup>	4.3 × 10 <sup>3</sup>
17:00	62	9.0	8.6	87,635	13,400	N.D	3,843	1,936	90	1,592	90	2.5 × 10 <sup>10</sup>	5 × 10 <sup>12</sup>	2.3 × 10 <sup>1</sup>
23:00	63	8.5	8.6	66,475	10,400	N.D	3,105	1,798	105	1,246	134	9 × 10 <sup>10</sup>	8 × 10 <sup>12</sup>	4.0 × 10 <sup>0</sup>
5:00	64	8.1	8.7	72,938	11,000	N.D	3,095	1,674	76	867	42	3 × 10 <sup>10</sup>	1.5 × 10 <sup>13</sup>	N.D
9:00	63	7.8	8.6	69,031	11,274	N.D	2,810	1,487	117	1,298	151	3.6 × 10 <sup>10</sup>	2.4 × 10 <sup>12</sup>	N.D
계(총변화율)		83	-	84	81	-	89	84	74	80	66	-	-	-

N.D=Not detected

〈표 10〉 CABR발효처리액의 화학적, 생물학적 특성

(’96. 9. 20~21)

시간	COD <sub>cr</sub>	BOD <sub>5</sub>	VFA	pH	NO <sub>2</sub> -N (ppm)	NO <sub>3</sub> -N (ppm)	NH <sub>4</sub> -N (ppm)	T-N (ppm)	PO <sub>4</sub> -P (ppm)	T-P (ppm)	중은 세균	고은 세균	광합성 세균
23:00	67,140	11,424	N.D	8.77	4.96	97.7	1,965	2,624	98.7	1,222	2.5×10 <sup>0</sup>	1×10 <sup>11</sup>	4.3×10 <sup>0</sup>
5:00	70,319	10,256	N.D	8.90	4.67	87.1	1,753	3,171	56	757	6×10 <sup>0</sup>	1.5×10 <sup>11</sup>	4.3×10 <sup>1</sup>
9:00	64,386	11,381	N.D	9.01	9.01	106	1,680	2,803	122	1,287	-	-	N.D

N.D=Not detected

〈표 11〉 양돈농가의 CABR 설치에 따른 무형의 효과

	톱 밥 돈 사	CABR
냄새	발효시 독특한 냄새발생	악취는 전혀 없다 처리중 약간의 부속취
파리	구조적으로 막을 수 없다	청소만 잘하면 없다
인력	1. 추가로 여러가지 새로운 일이 생긴다 2. 뒤집기 등은 매우 어렵다 3. 힘든일은 싫어한다	전문기술 불필요
이웃주민관계개선	큰 문제는 사라지나 돈분뇨 냄새아닌 다른 냄새는 나므로 불편한 관계 지속	냄새, 파리가 없어지므로 이웃과 좋아 지게 된다.
분뇨처리	톱밥돈사가 어려운 돈사는 다른 방법으 로 돈분뇨를 처리해야 한다.	분퇴적장 소규모화 가능, 하나의 Tank로 처리가능

〈표 12〉 질소 농도별 벼의 생육(생체중, 28일간)

(단위 : g, F.W)

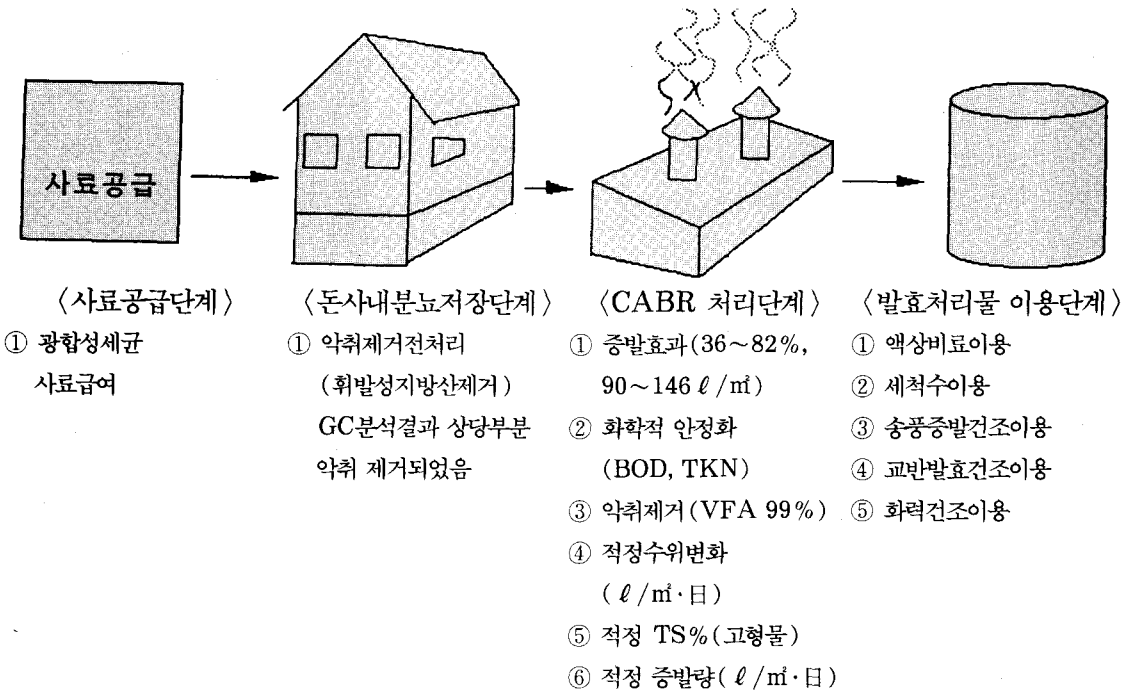
구분		N-5	N-10	N-20	N-40	N-80	N-160	N-320
지상부 (Shoot)	Efflux	1.10	1.29	2.00	3.20	5.5	8.0	5.87
	CHM	1.15	1.56	1.75	-	-	-	-
	CDU	1.00	1.50	2.00	1.90	1.51	1.46	1.40
지하부 (Root)	Efflux	1.05	1.20	1.80	2.40	3.77	3.25	2.32
	CHM	1.19	1.55	1.08	-	-	-	-
	CDU	1.01	1.41	1.15	0.57	0.52	0.41	0.36

〈표 13〉 질소농도별 이탈리아라이그라스의 생체중 비교

(단위 : g, F.W)

구분		N-100	N-200	N-400	N-800	N-1600
첫1개월간 지상부 (Shoot)	Efflux	4.7	9.3	13.9	15.8	19.2
	CDU	4.6	9.8	11.1	16.9	12.5
다음 2개월째 지상부 (Shoot)	Efflux	2.3	2.9	3.9	7.5	26.5
	CDU	3.5	6.9	5.9	14.2	4.5
2개월간의 총 지상부 (Shoot)	Efflux	7.0	12.2	17.8	23.3	45.7
	CDU	8.1	17.7	16.0	31.1	17.0

농림부 현장애로 기술개발사업 연구결과



〈그림 3〉 발생원가단계에서의 양돈분뇨 감량화방법

## 6. 결 론

가축분뇨처리에 고도의 기술을 요구하는 것은 국내 영세축산규모상 매우 어렵다. 특히 고도의 기술 가운데 에너지, 또는 자원화와 연계되지 못하는 단순 정화처리 기술은 축산업 경영상 전혀 도움이 되지 못하는 바 이러한 가축분뇨처리 방식은 전면적으로 재고될 필요가 있다.

최근 국내에서는 가축분뇨처리에 있어서, 방류수 허용농도의 법적규제는 강화하되, 퇴비화, 액비화 방법에는 규제를 완화하고 있어 자원화로 유도하고 있는 실정이다. 다만 이러한 추세 가운데 지금까지의 퇴비화방식과 액비화 방식은 여러가지 문제점을 내포하고 있어 자원화기술로서 적용하는데 어려움이 있었으나 발생원단계에서의 수분감량화와 잔류 발효처리물의 퇴비 또는 액비로서 단계적 이용방법을 통하면 그 문제점이 개선되어질 수 있어 앞으로 이러한 감량화방법을 이용한 양돈분뇨의 무방류 처리방식에 관한 집중적이고 다각적 연구가 필요하리라 생각되어진다.

특히 발생원단계에서의 감량화 기술은 고도 기술이 아니라 비교적 저급기술이므로 농가현장에서의 가동 및 기술지도에 있어서 별다른 어려움은 없을 것이다. 다만 축산 농가간 또는 경종농가와의 조직적인 이용계획과 이를 뒷받침할 수 있는 행정지도가 성공의 관건이 될 것이다. 이를 위해서는 일부축산선진국의 경우와 같이 지역특성에 맞게 관리지침을 개발 보급하고 시범 축산농가를 운영하여 견학 및 방문 기

술지도를 체계화하려는 축산농가 자신의 노력이 필요하다.

## 7. 참고문헌

1. Kameoka, T. and Inno, Y. 1987. Separation of Micro solid matters from Swine wastewater and Treatment of its filtrates. 일본축산학회보, Vol.58, No. 9, p721~729.
2. 축산기술연구소, 1995, 3, 20, 가축분뇨 자원화 처리이용기술 지침서 작성을 위한 토론회 자료.
3. 농촌경제연구원, 1992, 가축배설물 처리 및 이용에 관한 연구, C92-14.
4. 축협중앙회, 1994, 5, 축협조사계보, 제 14권 2호.
5. 이명규, 1993, 광합성 세균을 이용한 양돈폐기물의 고온액상 처리법, 상지대학교 자연과학논총, 제7집.
6. 이명규외 2인, 1991, 광합성 세균을 이용한 양돈폐기물 처리의 최첨단 기술, 환경기술연구협회(일본), Vol.20, No.10, p617~620.
7. 이명규외 1인, 1996, 축산분뇨에 의한 환경오염현황과 대책, 축산시설환경, 2(1), 63~78
8. 이명규, 1995, 양돈분뇨처리에 있어서 연속폭기배양조(CABR)의 현장적용연구, 축산시설환경1(1), 55~64
9. 농림수산부, 수출돈 생산단지의 분뇨처리 시설 표준화에 관한 조사연구, 1995.