

발간등록번호
11-1480523-002211-01

환경부
NIER-RP2014-320

가축분뇨 자원화 시설 처리 및 배출실태 조사 연구

물환경연구부 유역총량연구과

박배경, 류홍덕, 안기홍, 김선정, 최성아, 신동석, 박지형, 김홍태, 김용석,
류덕희, 어성옥

The Study on the Status of Resource Recovery System of Livestock Manure

Bae Kyung Park, Hong Duck Ryu, Ki Hong Ahn, Sun Jung Kim, Sung A Choi, Dong Suk Shin, Ji Hyung Park, Hong Tae Kim, Yong Seok Kim, Doug Hke Khew, Seong Wook Oh

Water Environment Research Department
Water Pollution Load Management Research Division
National Institute of Environmental Research

2014



국립환경과학원
National Institute of Environmental Research

목 차

목차	i
표목차	iii
그림목차	iii
Abstract	v
I. 서 론	1
II. 연구내용 및 방법	4
1. 전국 축종별 가축분뇨 처리실태 분석	4
2. 전국 수계별 가축분뇨 처리실태 분석	4
3. 가축분뇨 자원화가 주변 하천 및 호소의 T-N 및 T-P 농도에 미치는 영향	12
III. 연구결과 및 고찰	13
1. 선진외국의 가축분뇨 관리 현황 및 이용 실태	13
가. 미국	13
나. 일본	15
다. 유럽연합 (EU)	16
라. 주요국가 가축분뇨관리 시사점	18
2. 전국 축종별 가축분뇨 처리실태 분석	20
가. 위탁처리 현황	20
나. 자체처리 실태 (자원화 실태)	22
3. 전국 수계별 가축분뇨 처리실태 분석	25
가. 대권역별 가축분뇨 처리실태	25
가. 중권역별 가축분뇨 처리실태	29
다. 소권역별 가축분뇨 처리실태	29

4. 각 수계별 퇴비 성상 분석	35
5. 각 수계별 중권역 지점 퇴비화 시설 개수와 수질 (T-N, T-P)과의 상관 관계	35
6. 가축분뇨 자원화 및 이용방안	39
IV. 결 론	41
참고문헌	44

표 목 차

<표 1> 축산농가 및 사육두수 현황	1
<표 2> 낙동강 수계 신고미만 시설이 위치한 중권역 지점	5
<표 3> 금강 수계 신고미만 시설이 위치한 중권역 지점	6
<표 4> 영산강 수계 신고미만 시설이 위치한 중권역 지점	6
<표 5> 한강 수계 신고대상 시설이 위치한 중권역 지점	7
<표 6> 낙동강 수계 소권역 가축분뇨 퇴비화 처리 농가 조사 지역	8
<표 7> 금강 수계 소권역 가축분뇨 퇴비화 처리 농가 조사 지역	9
<표 8> 영산강 수계 소권역 가축분뇨 퇴비화 처리 농가 조사 지역	10
<표 9> 한강 수계 소권역 가축분뇨 퇴비화 처리 농가 조사 지역	11
<표 10> 우리나라와 외국의 가축분뇨 관리제도 비교	20
<표 11> 전국 축종별 자체 (개별) 및 위탁처리 현황	21
<표 12> 각 수계별 가축분뇨 실태조사 우선 조사대상지역	35

그 립 목 차

<그림 1> 2013년도 전국 축산계 축종별 위탁처리 농가수	21
<그림 2> 전국 축종별 위탁처리 농가 비율	22
<그림 3> 2013년도 축종별 자원화 처리 농가수	23
<그림 4> 연도별 전국 퇴비화 (a) 및 액비화 (b) 농가수	24
<그림 5> 대권역별 자원화 처리 실태 (참조: 2012년도 축산계 오염원 자료) ·	25
<그림 6> 각 수계에서 가축농가 규모별 퇴비화 및 액비화 처리 현황 (참조: 2012년도 축산계 오염원 자료)	27
<그림 7> 각 수계별 및 가축농가 규모별 위탁처리 농가 현황 (참조: 2012년도 축산계 오염원 자료)	28

<그림 8> 낙동강, 금강, 영산강, 한강 수계 중권역 지점 퇴비화 처리 현황 (각 수계의 해당 중권역 지점은 표 3, 4, 5, 6을 참조; 2012년도 축산계 오염원 자료 참조)	30
<그림 9> 낙동강 수계 소권역 지점 퇴비화 처리 현황 (각 수계의 해당 소권역 지점은 표 7을 참조; 2012년도 축산계 오염원 자료 참조)	31
<그림 10> 금강 수계 소권역 지점 퇴비화 처리 현황 (각 수계의 해당 소권역 지점은 표 8을 참조; 2012년도 전국 오염원 자료 참조)	32
<그림 11> 영산강 수계 소권역 지점 퇴비화 처리 현황 (각 수계의 해당 소권역 지점은 표 9를 참조; 2012년도 전국 오염원 자료 참조)	33
<그림 12> 한강 수계 소권역 지점 퇴비화 처리 현황 (각 수계의 해당 소권역 지점은 표 10을 참조; 2012년도 축산계 오염원 자료 참조)	34
<그림 13> 각 수계별 퇴비 성상 분석	36
<그림 14> 4대강 중권역 지점 퇴비화 시설과 수질 (T-N) 상관관계 분석 ·	37
<그림 15> 4대강 중권역 지점 퇴비화 시설과 수질 (T-P) 상관관계 분석 ·	38
<그림 16> 퇴비화 시설과 수질 (T-N 및 T-P)과의 상관성 관계	38
<그림 17> 축산분뇨로부터 회수한 struvite (左) 및 폐수로부터 회수한 struvite를 브랜드화 시켜 상품화 한 예 (右)	39

Abstracts

This work was initiated to investigate the current status of consignment treatment and reuse as a fertilizer of livestock excretions in the four river basin areas of South Korea. Also, the effects of utilization of compost and liquefied manure originated from livestock excretions on water quality for river and lake were assessed. The overseas trend of the management of livestock excretions was also analysed to draw the available solutions for that case in domestic country. It was obvious that livestock excretions have been managed more severely in overseas country than in South Korea. Specifically, fertilizer distribution on farm land has been more strictly limited in the environmentally sensitive area of some countries of EU. Pig excretions comprised a large portion of those treated on consignment basis (about 30 % consignment treatment) for the three years 2011-2013. This means that the amount of pig excretions treated on consignment should count toward calculation of discharge load of total maximum daily load (TMDL) system. Most of livestock excretions were converted into compost (about 89 %). The number of composting facility was; while Nakdong river placed first in number, Geum river came second, followed by Yeongsan and Han rivers. Based on the results, it was investigated that contamination concerned area due to the distribution of compost on farm land in the four river basin would be determined as follows; Geumcheon, Gyumbaeksuwpoyo, Seocheon downstream and Yanghwacheon watersheds in Geum, Yeongsan, Nakdong and Han river basins, respectively. Finally, it was revealed that the distribution of compost on farm land affected the concentration of T-N and T-P in the four river sub-basin. Specifically, the T-N concentration was in more close association with the number of composting facility of the area.

I. 서 론

「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」에서는 가축을 소, 젖소, 돼지, 말, 양, 사슴, 닭, 오리, 개로 규정하고 있다. 환경부에서 발간한 2014 환경백서에 의하면 2013년 말 현재 주요 축종(한우, 젖소, 돼지, 닭)의 경우 13만8천여 축산농가에서 16,459만두의 소, 돼지 등을 사육하고 있는데, 전년에 비해 한우·돼지 사육은 다소 감소하고, 젖소와 닭은 늘고 있다. 또한 가축사육 두수가 증가됨에 반해 축산 농가는 감소하고 있어 전업화, 기업화 추세가 지속되고 있는 실정이다 (<표 1> 참조)¹. 주요 축종의 가축분뇨 발생량은 126,264 m³/일이며, 이 중 돼지 50,551 m³/일, 한우 39,977 m³/일, 젖소 15,985 m³/일, 닭 19,751 m³/일로 돼지사육농가에서 발생하는 가축분뇨가 40%로 가장 많은 양을 차지하고 있다. 이렇게 발생하는 가축분뇨의 89%는 자원화시설에서 퇴비·액비(이하 퇴·액비)화 처리가 되고 있고, 11%는 개별시설

<표 1> 축산농가 및 사육두수 현황

(단위 : 천가구, 천두)

구 분		2008	2009	2010	2011	2012	2013
한우	농가수	181	175	172	174	141	124
	두 수	2,430	2,634	2,921	2,950	2,939	2,918
젖소	농가수	7	7	6	6	6	6
	두 수	446	445	430	404	420	424
돼지	농가수	8	8	7	6	6	6
	두 수	9,087	9,585	9,880	8,171	9,916	9,912
닭	농가수	3.2	3.5	3.6	3.4	3.1	3.1
	두 수	119,784	138,768	149,199	149,511	146,835	151,337
합계	농가수	198.9	193.2	189.2	178.8	162.1	138.5
	두 수	131,747	151,432	162,430	161,035	160,230	164,591

이나 공공처리시설을 통해 정화처리되고 있어 가축분뇨의 대부분을 자원화 처리에 의존하고 있는 실정이다¹. 농림축산식품부가 발표한 2013년도 「중장기 가축분뇨 자원화 대책」에서도 환경규제 강화 등에 따라 자원화 시설 확충, 작목별 맞춤형 고품질 퇴·액비 생산 및 유통 관리체계 구축을 기조로 삼고 있기 때문에 향후에도 가축분뇨를 퇴·액비로 자원화 하고자 하는 국가 정책방향은 쉽게 바뀌지 않을 것으로 판단된다².

하지만 가축분뇨를 퇴·액비로 자원화 하는 현 가축분뇨 정책은 자원화라는 긍정적 측면의 이면에 환경에 여러 가지 부정적인 영향을 주고 있기 때문에 정책적 측면에서 보다 정교하게 보완되어야 할 부분이 많다. 예를 들면 토양에 살포되는 퇴·액비의 양적인 측면에서 작물별 퇴·액비 살포기준이 마련되어 있지 않아 이를 무분별하게 살포함으로써 필요 이상의 양분(질소 및 인 등)이 토양에 과잉으로 축적되어 주변 지하수 및 강우 시 주변 하천, 호소로 유입되어 수질을 악화시킬 우려가 매우 농후 하다는 것이다.

실제로 우리나라의 양분수지(양분 잉여량)는 다른 OECD 국가에 비해 상당히 높은 편에 속한다^{3,4,5,6,7}. 한국농촌경제연구원 자료⁵에 의하면 우리나라 농지 ha 당 양분 초과율(양분수지)은 2001년에 질소, 인산이 각각 82.1 %, 57.8 %로 최하수준에 이르렀다가 다시 증가하여 2004년에 각각 105.8 %, 78.6 %에 이르고 있는 것으로 보고되고 있다. 농지에 과잉으로 축적된 양분 중 질소 및 인은 하천 및 호소에서 용존산소의 고갈 및 부영양화의 주요 원인 물질일 뿐만 아니라^{8,9}, 특히 가축분뇨에 고농도로 함유되어 있는 암모니아성 질소(NH₄-N)는 수생태계에서 독성을 유발시키기 때문에^{10,11,12,13} 적정량의 퇴·액비 살포는 매우 중요하다고 할 수 있다. 오염 부하량 측면에서도 가축분뇨에 함유된 유기물, 질소 및 인 농도가 매우 높기 때문에 비록 적은양이 환경에 유입되어도 그 영향은 크다고 예측할 수 있다. 농촌진흥청(2012)의 가축분뇨의 농경지 사용 시 환경영향평가 및 모델 개발에 관한 연구에서 SCB 액비가 시용된 논에서 질소 수지에 따른 수질영향평가 결과 N 시비량을 163 kg/ha 이상을 투입할 경우 환경에 부하를 주는 것으로 예측하였다¹⁴.

가축분뇨의 자원화와 이를 농경지에 살포함에 따른 환경적인 영향이 크다고 예측되는 반면 퇴·액비 발생량, 퇴·액비가 농지에 적용되는 양, 현재 생산되고

있는 퇴액비의 조성, 토양에 축적된 양분량, 퇴액비에 포함된 양분이 지하수나 주변 하천으로 유입되는 양 등에 대한 정보는 거의 전무한 상황이기 때문에 퇴액비 살포와 이로 인한 환경 영향을 파악하기가 매우 어려운 실정이다. 이에 환경부는 최근 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」 제7조1항에서 농림축산식품부장관, 환경부장관, 시·도지사, 특별자치시장 또는 특별자치도지사는 가축분뇨의 관리 및 이용과 관련된 정책을 효율적으로 수립·추진하기 위하여 농경지에 포함된 비료의 함량, 비료의 공급량 및 가축분뇨 등으로 인한 환경오염의 실태 등을 조사(가축분뇨실태조사) 할 수 있도록 법을 개정 <개정 2014.3.24.> 한 바 있다. 법 개정에 따른 “가축분뇨실태조사”를 효율적으로 수행하기 위해서라도 현 상황에서 가축분뇨 자원화 시설 처리 현황 및 배출실태에 대한 조사 연구가 시급히 필요한 실정이다. 또한 향후 입안될 수도 있는 양분총량제도 시행에 앞서 기초 자료를 제공할 필요성이 대두되고 있다.

따라서 본 연구(1차년도)에서는 선진 외국의 가축분뇨 자원화 현황 사례를 분석하여 외국의 경우 자원화로 인한 환경오염을 방지를 위해 어떠한 노력을 기울이고 있는지 살펴보았으며, 외국 사례를 기준으로 하여 우리나라의 자원화 현황을 비교 분석하였다. 자원화 현황 분석은 축산계 오염원 자료를 토대로 위탁처리 실태 및 퇴액비 자원화 시설 현황 분석을 실시하였으며, 퇴액비 살포로 인해 주변 환경을 오염시킬 가능성이 큰 우선 조사 대상 지역을 선정하고 여기에서 도출된 우선 조사 대상 지역을 토대로 2차년도 현장 실태 조사 시 본 연구 결과를 활용하는 것을 목적으로 하였다. 또한 가축분뇨 자원화 비중이 큰 퇴비화 시설 개수와 주변 인근 하천 및 호소의 T-N 및 T-P 농도와와의 상관관계를 분석하여 향후 가축분뇨실태조사 시 이를 활용하고자 하였다.

II. 연구 내용 및 방법

본 연구에서는 전국 축종별 가축분뇨 처리 실태를 자체처리와 위탁처리로 나누어 정밀하게 분석하고 전국 축산계 오염원 자료를 토대로 대권역(한강, 낙동강, 금강, 영산강), 중권역, 소권역 별로 축산분뇨의 자원화 처리(퇴비화 및 액비화 처리) 및 위탁처리 실태를 파악하여 퇴·액비 살포로 인해 주변 환경을 오염시킬 가능성이 큰 우선 조사 대상 지역을 선정하고자 하였다. 또한 가축분뇨 자원화가 주변 인근 하천의 T-N 및 T-P 농도에 미치는 상관관계를 규명하고자 하였다. 구체적인 연구 내용 및 방법은 아래와 같다.

1. 전국 축종별 가축분뇨 처리실태 분석

전국 축종별 가축분뇨 처리실태 분석에 있어 최근 2011~2013년 통계 자료를 토대로 하여 한우, 육우(젖소수컷 포함), 젖소암컷, 돼지, 육계, 산란계 및 오리를 대상으로 하여 분석을 하였으며, 이 경우 축종별 위탁처리 비율 및 자원화 처리(퇴비화, 액비화 처리) 농가수를 파악하고자 하였다.

2. 전국 수계별 가축분뇨 처리실태 분석

축산계 오염원 자료를 토대로 전국을 대권역, 중권역, 소권역으로 분류하여 각 권역별 가축분뇨 자원화 및 위탁처리 실태를 파악하고자 하였다. 또한 각 권역별 가축 농가 규모별로 허가대상, 신고대상, 신고미만 시설로 나누어 가축분뇨 자원화 현황을 파악하였다. 중권역별 가축분뇨 자원화 처리 실태를 파악은 대권역별 자원화 현황 파악 자료를 토대로 하였으며, 자원화 처리 시설 중 시설 개수가 적은 액비화 처리 시설 보다는 시설수가 많은 퇴비화 처리 시설을 중심으로 실태파악을 하였다. 중권역 가축분뇨 퇴비화 현황은 대권역별 현황에서 가축분뇨 퇴비화를 가장 많이 하는 낙동강, 금강, 영산강 수계의 중권역 지점의 신고미만 시설을 대상으로 하였으며,

한강 수계의 경우는 근소한 차이이긴 하지만 신고미만 시설보다 신고대상 시설에서 퇴비화처리를 많이 하고 있었기 때문에 신고대상 시설이 위치한 중권역 지점을 조사대상으로 하였다. 낙동강, 금강, 영산강, 한강 수계별 중권역 조사대상 위치는 <표 2, 3, 4, 5>에 나타내었다.

<표 2> 낙동강 수계 신고미만 시설이 위치한 중권역 지점

조사지점 No.					
1	2	3	4	5	6
가화천	감천	거제도	금호강	낙동강 남해	낙동강 하구언
조사지점 No.					
7	8	9	10	11	12
낙동 고령	낙동 구미	낙동 밀양	낙동 상주	낙동 왜관	낙동 장영
조사지점 No.					
13	14	15	16	17	18
남강	남강댐	남해도	내성천	대종천	밀양강
조사지점 No.					
19	20	21	22	23	24
병성천	수영강	안동댐	안동댐 하류	영강	영덕 오십천
조사지점 No.					
25	26	27	28	29	30
왕피천	위천	임하댐	태화강	합천댐	형산강
조사지점 No.					
31	32	33			
황강	회야강	회천			

<표 3> 금강 수계 신고미만 시설이 위치한 중권역 지점

조사지점 No.					
1	2	3	4	5	6
갑천	금강공주	금강서해	금강하구연	논산천	대청댐
조사지점 No.					
7	8	9	10	11	12
대청댐상류	대청댐하류	대호방조제	동진강	만경강	무주남대천
조사지점 No.					
13	14	15	16	17	18
미호천	보청천	부남방조제	삼교천	영동천	용담댐
조사지점 No.					
19	20	21	22		
용담댐하류	주진천	직소천	초강		

<표 4> 영산강 수계 신고미만 시설이 위치한 중권역 지점

조사지점 No.					
1	2	3	4	5	6
고막원천	금산면	보성강	섬진강댐	섬진강댐하류	섬진강서남해
조사지점 No.					
7	8	9	10	11	12
섬진강하류	섬진곡성	수어천	순창	신안군	여수시
조사지점 No.					
13	14	15	16	17	18
영산강상류	영산강중류	영산강하구연	영산강하류	영암방조제	영암천
조사지점 No.					
19	20	21	22	23	24
오수천	와탄천	완도	요천	이사천	제주남해
조사지점 No.					
25	26	27	28	29	30
제주동해	제주북해	제주서해	주암댐	지석천	진도
조사지점 No.					
31	32				
탐진강	황룡강				

<표 5> 한강 수계 신고대상 시설이 위치한 중권역 지점

조사지점 No.					
1	2	3	4	5	6
강릉남대천	경안천	남한강상류	남한강하류	달천	삼척오십천
조사지점 No.					
7	8	9	10	11	12
섬강	소양강	시화호	안성천	양양남대천	의암댐
조사지점 No.					
13	14	15	16	17	18
인북천	임진강상류	임진강하류	청평댐	춘천댐	충주댐
조사지점 No.					
19	20	21	22	23	24
충주댐하류	팔당댐	평창강	평화의댐	한강고양	한강서울
조사지점 No.					
25	26	27	28		
한강서해	한강하류	한탄강	홍천강		

소권역별 가축분뇨 자원화 처리 실패 역시 자원화 비중이 높은 퇴비화 처리 농가를 대상으로 조사를 실시하였으며, 중권역별 퇴비화 처리를 많이 하는 지역 내에서 조사 대상 지역을 선정하였다. 이런 기준을 적용하였을 때 각 수계별, 중권역별 소권역 조사 대상 지역은 아래 <표 6, 7, 8, 9>와 같다.

<표 6> 낙동강 수계 소권역 가축분뇨 퇴비화 처리 농가 조사 지역

대권역	중권역	소권역	
		No.	유역명
낙동강 (신고미만)	남강	1	남강하류
		2	반성천
		3	반성천합류점
		4	석교천
		5	영천강
		6	영천강합류점
		7	의령천
		8	정암수위표
		9	함안천
		10	함안천합류점
	내성천	1	경천댐
		2	금천
		3	낙화암천
		4	내성천상류
		5	내성천중류
		6	내성천하류
		7	대하리천
		8	서천상류
		9	서천하류
		10	예천수위표
		11	옥계천
		12	월포수위표
		13	죽계천
		14	토일천
		15	한천상류
		16	한천하류

<표 7> 금강 수계 소권역 가축분뇨 퇴비화 처리 농가 조사 지역

대권역	중권역	소권역	
		No.	유역명
금강 (신고미만)	금강공주	1	공주수위표
		2	규암수위표
		3	금남수위표
		4	금천
		5	논산천합류점
		6	대교천
		7	석성천
		8	어천합류점
		9	용수천
		10	유구천
		11	유구천합류점
		12	지천상류
		13	지천하류
		14	지천합류점
	만경강	1	경천댐
		2	구이댐
		3	대아댐
		4	대아댐하류
		5	동지산수위표
		6	만경강중류
		7	만경강하류
		8	삼천
		9	소양천
		10	옥서면
		11	익산천
		12	전주천상류
		13	전주천하류
		14	전주천합류점

<표 8> 영산강 수계 소권역 가축분뇨 퇴비화 처리 농가 조사 지역

대권역	중권역	소권역	
		No.	유역명
영산강 (신고미만)	섬진강하류	1	구례수위표
		2	서시천
		3	섬진강하류
		4	송정수위표
		5	주교천
		6	하동2수위표
		7	하동댐
		8	화개천
		9	화개천합류점
		10	황전천
		11	횡천강
	영산강상류	1	광주댐
		2	광주수위표
		3	담양댐
		4	영산강상류
		5	오례천
		6	증암천
		7	풍영정천
		8	황룡강합류점
	주암댐	1	검백수위표
		2	동복댐
		3	동복천
		4	보성강상류
		5	송광천
		6	주암댐
		7	주암댐상류

<표 9> 한강 수계 소권역 가축분뇨 퇴비화 처리 농가 조사 지역

대권역	중권역	소권역	
		No.	유역명
한강 (신고대상)	남한강하류	1	꼭수천
		2	금당천
		3	남한강하류
		4	북하천상류
		5	북하천중류
		6	북하천하류
		7	양평수위표
		8	양화천
		9	양화천합류점
		10	여주수위표
		11	웅천
		12	죽산천
		13	청미수위표
		14	청미천상류
		15	청미천중류
		16	청미천하류
		17	흑천상류
		18	흑천하류
		19	흑천합류점
	안성천	1	고삼댐
		2	기흥댐
		3	동연교수위표
		4	둔포천
		5	성한천
		6	아산방조제
		7	아산방조제상류
		8	안성천상류
		9	오산천
		10	이동댐
		11	입장천
		12	진위천
		13	진위천합류점
		14	청룡천
		15	평택수위표
		16	한천
		17	황구지천상류
		18	황구지천하류

3. 가축분뇨 자원화가 주변 하천 및 호소의 수질에 미치는 영향

가축분뇨 자원화가 주변 하천 및 호소의 수질에 미치는 영향을 조사하기 위해서 중권역 지점 중 퇴비화 시설이 많은 지역, 보통인 지역, 적은 지역 중 대표할 만한 지역을 수계별로 선정하여 분석을 진행하였으며, 하천 및 호소의 T-N 및 T-P 농도는 해당 중권역 말단 지점의 최근 3년간 (2011~2013) 산술평균한 데이터를 물환경정보시스템으로부터 확보하여 사용하였다¹⁵.

III. 연구결과 및 고찰

1. 선진 외국의 가축분뇨 관리 현황 및 이용 실태

가. 미국

미국의 경우 역시 하천 수질 오염의 60%와 호소 오염의 45%가 농업 오염원에 기인하고 있으며 이중에서도 약 39,000 개소의 밀집가축사육지 (CAFOs : Concentrated Animal Feeding Operations)가 주요 오염원이다.

- 지난 20년 동안 축산농가의 대형화, 밀집화로 인해 가축사육 지역 내에 많은 분뇨와 가축 폐기물 성분 농축
- 가축분뇨 퇴비화량은 연간 6,100만 톤 (1996)으로 화학비료 필요량 중 질소는 15%, 인은 42%가 대체 가능
- 전체 AFO (Animal Feeding Operations) 중 85%가 250 AU (Animal Unit)소 규모 농가이나 전반적으로 규모가 커지고 있는 실정
- 대규모 사육시설은 가축 분뇨를 유용하게 처리하기에는 부적절한 토지로 비농업지역에 집중되어 있음
- 가축분뇨 저류조의 부실한 관리, 저장조의 부적절한 설계, 많은 강우 등으로 가축분뇨가 유출되거나 농경지에 살포한 과도한 가축 폐기물의 오염문제가 발생 (Lake Eri, Great Saint Lake 등의 부영화가 대표적 사례)

가축분뇨 관리제도로서 가축분뇨와 폐기물로부터의 수질오염 저감을 위해 EPA와 USDA 공동으로 1999년 3월에 ‘가축사육을 위한 국가전략’을 수립하였으며, 2003년에 EPA는 가축분뇨 처리 지침 (EPA 2003 revisions to the National Pollutant Discharge Elimination System Permit Regulation and Effluent Limitation Guidelines and Standards for CAFOs.)을 개정하여 발표하였다. 이에 의하면 ‘가축사육지 (AFO)는 수질오염 영향을 최소화하기 위해 기술적으로 바람직하고 경제적으로 실현가능하며, 지역 특성을 고려한 영양물질 관리계획 (Comprehensive Nutrient Management Plans, CNMPs)을 개발하고 실행해야 한다.’고 규정하고 있다.

EPA는 현재 수질법 (Clean Water Act : CWA)에서 규정된 국가오염물삭감 시스템 (National Pollutnat Discharge Elimination System, NPDES)허가와 유출 지침서 (effluent guidelines)등 2가지 규제 프로그램을 운영 중이다.

CAFOs 관리 전략은 2단계로 나누어져 있는데 2000년부터 2005년 까지 1 단계 기간으로 정하고 EPA와 주정부에서 NPDES에 따라 CAFO 허가를 발급 하였다. 2 단계는 2005년부터 시작되었는데, EPA와 주정부는 축사에 대한 수정된 방류수 지침과 개정된 NPDES, 기타 새로운 정보에 근거하여 CAFOs에 NPDES의 재 허가를 시행하고 있다. CAFO 허가 시 비점 오염원 오염조절 프로그램과 및 총량규제 프로그램을 반영하는데 EPA는 현재 CAFOs와 관련된 기존의 규제에 대한 검토 작업을 수행하고 있으며 기존 규정 하에 발행된 허가서는 5년간 유효하며 분뇨의 농지 살포시 매년 살포 전, 후경지에 대한 양분도 조사 보고서를 제출하도록 요구하고 있다.

EPA는 CAFOs 지역의 가축분뇨 방류수 기준 (Effluent Guidelines) 및 농지의 시비기준을 정하여 관리하고 있다.

10a당 질소 시비량에 해당하는 가축분뇨환산 = $FGN / [(NC)(NR)(NA)(ND)]$

FGN : 작물별 질소 시비량(kg N/10a)

NC : 가축 성분중 질소 함량(kg N/1,000 kg)

NR : 분뇨 관리 상태에 따른 질소 잔류 비율

NA : 분뇨 중 질소의 시용 연차별 유효화율

ND : 시용 후 탈질량을 제외한 잔존 질소의 비율

가축분뇨관리 실태 및 처리기술로 주요 처분방법은 혐기성 또는 호기성 락균을 활용해 처리하고, 슬러지는 농토에 살포하고 있다. 최근의 연구는 악취조절과 영양물질 섭취 개선에 주안점을 두고 있으며, 혐기성 분해와 퇴비화에 대해 많은 연구가 진행 (혐기성 소화에 대한 연구가 EPA의 AgStar Program을 통해 재등장) 중이다. 또한, 가축분뇨 발생의 근원적인 저감을 위해 가축 사료급여 시스템 개선, phytase (소화효소) 같은 사료첨가제를 통해 인 (P) 흡수력 증가, 유전공학적으로 조작된 옥수수 사료 등을 통한 급여 방

법개선의 연구를 추진 중이고, 축사형태, 사육방법이 축분의 영양성분 가치와 토양개량제로서의 가치에 직접적인 영향 미치며, 축분 수집·저장·처리방법에 대한 관리기술을 지속적으로 개발하고 있다.

나. 일본

(1) 가축사육에 따른 민원발생건수는 감소 (소화48년/약 10,000건→평성9년/약 2,500건)

축종별 민원발생건수는 돼지 34%로 가장 높고, 다음으로 젓소 33%, 닭 20%, 육성우 11% 순이며, 민원의 내용별로는 악취문제와 수질문제가 가장 많음.

(2) 가축분뇨의 처리현황

가축분뇨는 축종에 따라 성분 및 형상이 다르며, 처리방법도 축종에 따라 달라져야 하며, 자원의 유효활용 및 환경보전의 관점에서 보면, 퇴비화 등의 처리에 의한 농지 및 초지에 환원이 중요함

(3) 가축분뇨의 이용 현황

- 축산과 농업지역의 입지가 반드시 일치하지는 않으며, 퇴비의 수급에 지역 간 불균형이 존재하며, 또한 퇴비의 수요는 분·가우에 집중되어 있어 연간 수급이 불균형한 실정임.
- 최근 소비자들의 유기농산물에 대한 관심이 고조되면서, 퇴비에 대한 관심이 증대되고 있음.
- 퇴비 수급의 적정화를 위해서는 축산과 농가의 연계강화와 퇴비의 유통 촉진이 중요함.
- 현재 전국의 퇴비센터 (농립수산성의 보조사업 및 현 사업으로 설치한 것) 시설은 2,537개소.
- 가축분뇨에 함유된 유기물과 영양소로 토양에 활성을 주고, 가축분뇨를 이용한 메탄가스 생성 등 에너지 이용도 중요함

(4) 지역별 축산분뇨 처리 현황

- 규슈지방은 양돈 중심지역이며, 낙농은 홋카이도가 가장 큰 비중을 차지하고 있음
- 돈사에서 발생하는 고형물은 퇴비화하고,뇨는 정화처리하고 있으나 저류만 하고 있는 곳도 많이 있으며, 소규모 농가 등 일부는 무단방류
- 규제방법은 국가에서 수질오탁방지법을 정하여 규제하고 있으며, 지역은 조례로 관리하고, 수질오염이 심한 지역은 질소인 규제
- 대규모 농가별 처리방법은 주로 활성슬러지법 (복합라군법)을 이용
- 생활오수처리하는 거의 완벽하나, 축산폐수처리는 기초단계에 있음

(5) 가축분뇨에 관한 법규제 현황

- 가축분뇨에 관한 규제법으로는 「가축배설물의 관리 적정화 및 이용의 촉진에 관한 법률」, 「폐기물의 처리 및 청소에 관한 법률」, 「수질오탁방지법」, 「악취방지법」 등
- 최근, 지하수의 질산성 질소의 농도가 증대되고, 상수도 오염이 사회문제화되면서 규제대상에 대한 기준강화를 검토 중

다. 유럽연합 (EU)

EU에서는 가축분뇨를 자연자원으로 정의하고, 그 기준을 정해 토양 환원을 통하여 환경보전의 목표에 도달하고자 한다. EU 위원회에서는 가축분뇨 살포시기를 제한하고, 일정 용량의 가축 분뇨 저장 시설의 설치를 의무화하도록 규제하고 있으며, 가축분뇨 살포량에 대해서는 기간과 연계된 상한치를 전해놓고 있다. EU의 가축 관련 주요 정책은 다음과 같다.

(1) 질산염 관리령

EU소속 국가들의 질소로 인한 오염문제 해결방안으로 1991년 질산염 관리령(91/691/676 L375)을 내렸다. 질산염 관리령의 목적은 질산염 민감 지정 지역(지하수의 질산염 농도가 50 mg/L 이상 또는 우려가 있는 지역)에서 수질 오염의 원인이 되는 질산염의 침투, 유출방지, 가축 사육의 제한 등을 규정한

것이다. 이는 EU 이사회에 의해 1992년 1 ha 당 젓소 2두, 육우 4두, 비육돈 16두, 번식돈 5두 이내로 사육을 제한하는 것이다. 이는 각 회원국이 ㉠ 환경 민감지역 지정, ㉡ 우량농법 규정, ㉢ 동 지역에 대한 국내법의 입법화를 통해 1999년 12월 까지 실시계획을 수립하는 것이다. 구체적인 내용은 다음과 같다.

- 지역 내에서 가축분뇨 및 화학비료의 사용량 제한, 사용 금지 시기 등의 설정
- 가축분뇨 저장 시설 설치의 의무화
- 지역 내 음용수 중의 질산염 농도 정기점검 (연 1회), 하천, 연안 수역의 부영양화를 4년마다 점검
- 비료사용 금지시기, 토양, 기상조건 등을 고려한 사용
- 경사지, 동결 농지에 대한 살포 금지
- 가축분뇨 처리시설, 지하수에의 침투 방지 대책 등의 수질오염 방지 조치 의무화
- 가축분뇨의 살포 제한은 최초 4년간 210 kg N/ha/yr 이후에는 170 kg N/ha/yr으로 상한치 설정

(2) 종합환경 관리령

종합환경 관리령 (1995)은 질산염 오염이 고농도로 진행된 네덜란드, 덴마크, 독일 북부 등의 질산염 민감지역 내에서, 고밀도 축산농가 (가축단위 100 이상/ha)를 대상으로 매체간 (물, 토양, 공기) 종합적 접근을 통해 오염물질의 배출 (가축분뇨 살포)을 최소화하는 특별대책을 실시하게 하고 고밀도 축산농가에 환경영향평가를 의무화 (85/337/EEC 개정 1996. 6. 5) 하였다. 또한, 장려금으로 ha당 사육두수 감소를 위한 직접 지원금을 지급한다.

비료 사용에 대한 규제로는 질산염에 대한 환경 친화적인 비료 사용, 지하수, 지표수 수질을 음용수 기준 (50 mg NO₃-N/L)으로 유지하는 것과 시·공간적 규제로서 겨울에는 비료 사용금지, 수원 주변 20m 이내 비료 사용 금지 조치가 있으며 축산시설의 분뇨 저장탱크에 대해 3-6개월 저장용량을 의무화

하고 있다. 사용량에 대해서 무기질 비료는 상한 규제가 없으나, 유기질 비료는 최고 170 kg N/ha/yr로 사용량을 규제하고 있다.

라. 주요국가 가축분뇨관리 시사점

전 세계 주요 가축 사육 국가의 가축 분뇨의 관리제도 및 처리, 처분 방법 등은 대체로 유사한 것으로 나타나고 있다. 관리 제도에서 국가 간 차이라면 정치, 경제적 환경에 따른 약간의 차이점이 존재할 뿐이며, 대부분의 국가에서 가축분뇨는 부산물비료 (퇴비)로써 농지에 환원되고 있으며 일부는 토양 개량제로 사용되고 있다. 그러나 일부 선진 국가들의 주된 가축분뇨 처리 방법은 최근의 높은 에너지 비용을 감당하기 위해 농장자체의 에너지 공급을 위해 메탄가스를 생산하는 혐기성소화방법을 주로 사용한다는 것이다. 또 하나의 공통점은 수계의 수질관리를 위해 질소, 인 등의 영양물질 관리를 위해 보조금을 지급한다는 것이다. 질소, 인 처리를 시행하는 경우 처리 장려금을 지급하며 또한 폐수로부터 회수된 이들 영양물질은 농지에 비료로 사용될 수 있도록 하는 것이다.

덴마크, 독일, 네덜란드 등의 일부 유럽 국가는 가축분뇨 처리를 위한 공동 처리장치를 운영하며, 이곳에서 생산되는 메탄가스와 액체비료를 상품화하여 판매하고 있다. 이러한 대형 공동처리 시설의 경우 정부의 보조금을 통해 운영되며, 2000년대 초반 까지 유럽에서는 약 40개소가 운영되는데 반해 미국은 단지 2개소가 운영되고 있었다. 이러한 차이는 국가별 에너지 가격의 차이에 기인하는 것으로 판단되는데, 최근의 급격한 에너지 가격 인상으로 가축분뇨의 공동처리시설을 통한 자원화 추세는 더욱 강화될 것으로 예측된다.

미국, 덴마크, 일본, 스웨덴, 네덜란드, 영국 등의 국가는 가축 사육 농장에 영양물질 관리를 위한 특별 규정을 제정하여 시행하고 있는데, 덴마크의 경우 농장의 가축에서 발생하는 영양물질을 수용할 수 있는 등가(等價)의 농지를 확보하도록 하고 있다. 밀폐형 혐기성 처리 방법은 유용한 자원의 생산뿐 아니라 가축 사육지역으로 부터의 주된 민원의 원인이 되는 악취발생을 감소시킬 수 있는 수단으로 이용되고 있다. 대부분의 국가에서 가축분뇨의 농지환원을 주로하고 있으나, 농지의 환경용량 내 살포를 위한 살포기준을

규정하고 있으며 일부 국가는 발생지에서 이동거리 제한을 두어 환경용량을 고려한 축산업을 유도하고 있다. 또한, 분뇨 배출권 (manure production rights)을 이용해 가축사육을 규제하는 국가도 있으며, 사육규제는 기본적으로 농지와 연계하고 있다. 주요국가의 가축분뇨관리의 시사점을 요약하면 다음과 같다.

-가축의 사육 밀도는 EU 대부분의 나라는 4 LU/ha 이하를 규정하고 있으나 우리나라는 이보다 훨씬 높은 수준이다. EU 주요국의 가축분뇨 저장기간은 평균 3-9개월 이고, 가축분뇨의 농지 사용량은 170-350 kg N/ha/yr로 우리나라와 비슷한 실정이며, 가축분뇨의 살포제한 시기는 대부분 수확 후부터 동절기 기간 및 장마기간 이다.

-대부분의 국가에서 가축분뇨의 농지 환원을 주로하고 있으며 농지의 환경용량 범위 안에서 살포하도록 살포기준을 마련하여 규제를 하고 있으며, 일부 국가는 발생지에서 이동거리 제한을 두어 환경용량을 고려한 축산업을 유도하고 있다.

-EU 일부 국가에서는 수질에 민감한 지역에 대한 가축분뇨 살포를 금지하고 있으며, 대부분의 국가에서는 기후 및 농지의 목초지 생육 기간에 따라 살포를 제한하고 있다.

-살포량 제한 기준에 있어서 질소 기준 외에 인산과 칼륨도 제한 대상으로 규제하고 있다.

-가축사육이 고밀도로 진행되고 있는 EU 국가의 경우 가축 사육을 제한하거나 기준 년도 대비 가축분뇨 배출삭감량을 설정해 관리하고 있다.

-가축 사육 규모에 따라 농지 의무 확보량을 관리함으로써 농지에 기반을 둔 축산을 유도하고 있다.

-가축사육지에서 냄새 등 대기오염물질에 대한 규제를 하고 있으며, 특히 인간이 접촉하고 있는 공기 뿐 아니라 가축에 대한 기준까지 제시하고 있으며, 가축 기준이 사람 기준보다 최고 10배 까지 엄격하다.

<표 10> 우리나라와 외국의 가축분뇨 관리제도 비교

구분	사육허가 기준	가축분뇨	사육규모	환경영향 고려
미국	가축사육두수와 수질영향에 따라 개별적 고려	종합적으로 고려	전업농, 대규모 추세	수질, 대기, 토양오염 위주
일본/한국	축사 규모에 따라 규제	방류수 기준	전업농, 대규모화 추세	수질오염 위주
EU	토지에 기초, 일부 국가는 사육 규제	퇴비화 강조	가축사육 환경영향 고려 사육규모 감소	가축의 동물권 고려, 축산 유기농 개념 확산

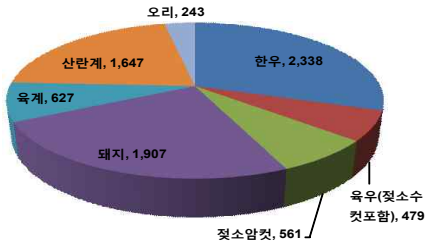
2. 전국 축종별 가축분뇨 처리 실태 분석

가. 위탁처리 현황

최근 3년간 (2011~2013) 연도별 전국 축종별 가축분뇨 처리 실태를 분석함에 있어 자체 (개별) 및 위탁처리 현황은 <표 11>과 같다. 여기서 자체 (개별) 처리란 퇴비화처리, 액비화처리, 정화처리 및 기타 자체처리를 의미하며, 위탁처리란 공공처리시설 유입처리, 재활용신고자에게 위탁처리 및 분뇨처리업자에게 위탁처리 함을 의미한다. 모든 축종에 있어서 자체처리 비율이 위탁처리에 비해 월등히 높았으며, 위탁처리의 경우 농가수를 기준으로 할 때는 한우, 돼지, 산란계 농가의 순으로 위탁처리를 많이 하였다 (<그림 1> 2013년도 전국 축산계 축종별 위탁처리 현황 참조). 위탁처리 비율을 기준으로 할 때는 돼지, 육우 (젓소수컷 포함) 농가의 위탁처리 비율이 타 축종에 비해 높은 것으로 나타났으며, 가장 높은 위탁처리율을 보인 돼지 농가의 경우 35 %를 넘지 않는 것으로 나타났다 (<그림 2> 참조). 여기서 주목할 점은 육우 (젓소수컷 포함) 농가의 경우 위탁처리 농가는 현우>돼지>산란계>육계>젓소암컷>육우 (젓소수컷 포함)>오리 순으로 6번째에 해당하지만 위탁처리 비율로 볼 때는 7개 축종에서 2번째 순위 에 든다는 사실이다. 이러한 사실이 시사하는 바는 육우 (젓소수컷 포함) 농가에서 발생되어 위탁처리되는 가축분뇨의 양은 비록 적을 지라도 그 비율이 크

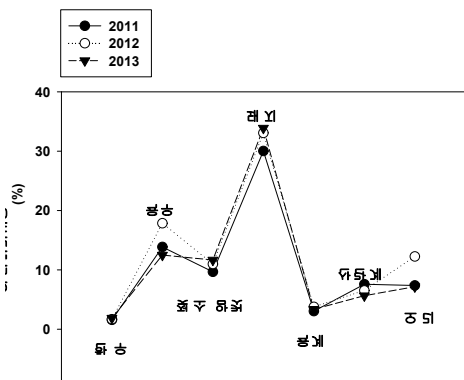
<표 11> 전국 축종별 자체 (개별) 및 위탁처리 현황

축종	2011		2012		2013	
	자체처리	위탁처리	자체처리	위탁처리	자체처리	위탁처리
한우	146,587	2,338	133,181	2,265	115,347	2,185
육우 (젖소수컷 포함)	2,977	479	2,794	607	2,789	398
젖소암컷	5,241	561	5,131	633	4,951	653
돼지	4,445	1,907	3,803	1,879	3,605	1,847
육계	20,016	627	19,302	753	21,113	734
산란계	20,075	1,647	21,135	1,475	22,178	1,325
오리	3,052	243	2,437	340	2,479	191



<그림 1> 2013년도 전국 축산계 축종별 위탁처리 농가수.

기 때문에 축산계 배출부하 산정 시 결코 무시되어서는 안 된다는 점이다. 또한 한우 및 육계를 사육하는 농가를 제외한 대부분의 축종을 사육하는 농가의 위탁처리비율이 무시할 수 있는 수준이 아니므로 이를 기존의 오염원 산정시 “배출부하 없음”으로 판단하여 결과를 산출해서는 안 될 것으로 판단된다. 연도별 위탁처리 증가율은 모든 축종에서 큰 변화 없이 대동소이한 것으로 나타났다.

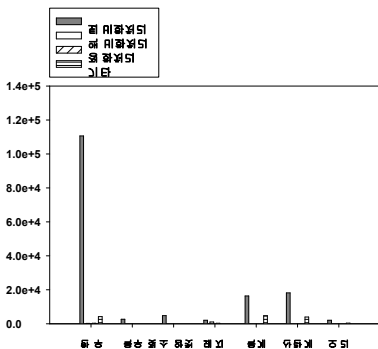


<그림 2> 전국 축종별 위탁처리 농가 비율.

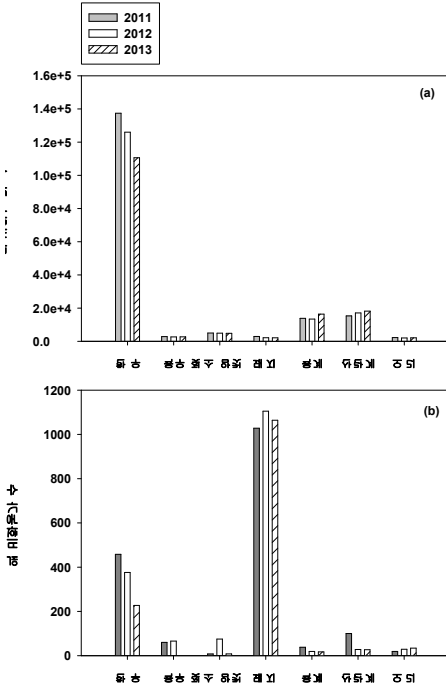
나. 자체처리 실태 (자원화 실태)

2013년도 축종별 축산농가의 가축분뇨 자체처리 실태는 <그림 3>과 같다. 축종에 관계없이 가축분뇨의 퇴비화 처리 비율이 가장 높은 것을 알 수 있으며, 특히, 한우 농가의 경우 다른 축종에 비해 퇴비화 처리를 하는 농가 수가 월등

히 많은 것을 알 수 있다. 2011년 및 2012년도 축종별 축산농가의 가축분뇨 자
 체처리 실태 역시 <그림 3>과 같은 경향을 보이고 있다. 가축분뇨를 액비로 자
 원화 하는 경우는 돼지 및 한우를 사육하는 농가가 다른 축종을 사육하는 농
 가에 비해 높았는데 특히, 돼지를 사육하는 농가에서 액비로 자원화 하는 경향
 이 높을 것을 알 수 있었다 (<그림 4b>). 이러한 자료를 토대로 향후 가축분뇨
 퇴·액비의 농경지 살포로 인한 주변 환경오염을 파악하기 위한 「가축분뇨의 관
 리 및 이용에 관한 법률」 제7조1항에서 규정하고 있는 “가축분뇨실태조사”
 시 우선 조사대상지역으로 퇴비에 의한 영향을 파악하고자 할 때는 한우농가
 가 밀집되어 있는 지역을, 액비에 의한 영향을 파악하고자 할 때는 돼지 사육
 농가를 우선으로 하여 한우 농가를 중점적으로 선정하여 조사하는 것이 가장
 효과적일 것으로 판단된다. 연도별 축종에 따른 퇴·액비 자원화 실태 동향은
 한우를 사육하는 농가를 제외하고는 변동사항이 규칙적이거나 변동폭이 크지
 않으며, 한우의 경우는 퇴·액비 자원화 농가의 수가 2011년부터 2013년까지 다



<그림 3> 2013년도 축종별 자원화 처리 농가수.



<그림 4> 연도별 전국 퇴비화 (a) 및 액비화 (b) 농가수.

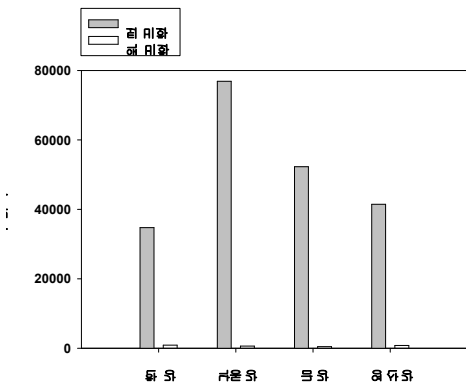
소 크게 감소하는 경향성을 보이고 있음을 알 수 있었다.

3. 전국 수계별 가축분뇨 처리 실태 분석

가. 대권역별 가축분뇨 처리 실태

(1) 자원화 처리

2012년도 기준 대권역별 (한강권역, 낙동강권역, 금강권역, 영산강권역) 자원화 처리실태는 <그림 5>와 같다. 축종별 자원화 처리 실태와 마찬가지로 대권역별 자원화 처리 역시 모든 권역에서 퇴비화 처리를 하는 농가가 액비화 처리를



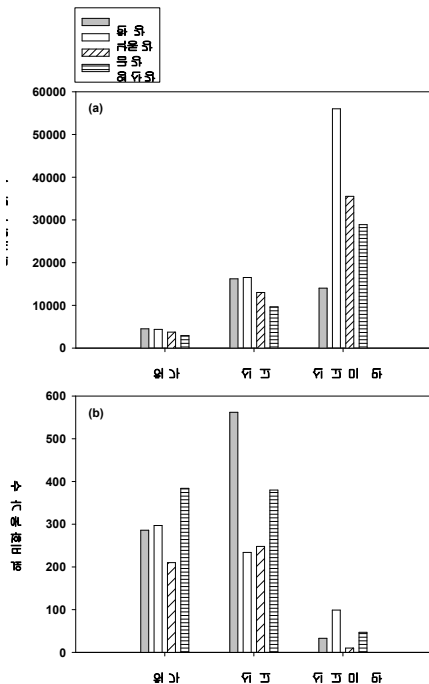
<그림 5> 대권역별 자원화 처리 실태 (참조: 2012년도 축산계 오염원 자료).

하는 농가에 비해 월등히 높음을 알 수 있다. 퇴비화 처리의 경우 낙동강>금강>영산강>한강 순으로 농가 수가 많아 낙동강권역이 다른 권역에 비해 퇴비화 처리를 하는 농가가 월등히 많음을 알 수 있다.

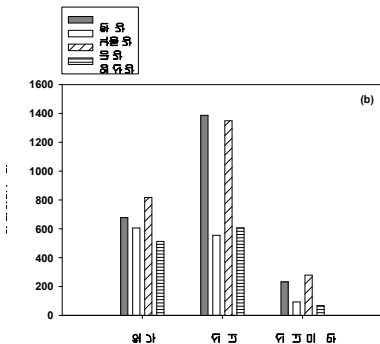
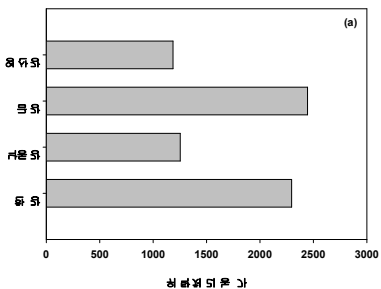
각 수계의 가축농가 규모별 (허가대상, 신고대상, 신고미만) 자원화 처리 현황은 <그림 6>과 같다. 퇴비화 시설의 경우 한강수계를 제외한 다른 모든 수계에서 허가대상<신고대상<신고미만 순으로 퇴비화 처리를 하는 농가 수가 많았고, 한강수계의 경우 신고대상>신고미만>허가대상 순으로 퇴비화 처리를 많이 하는 것으로 드러났다. 한편 퇴비화 처리를 하는 신고미만 농가의 경우 낙동강 수계가 가장 많이 퇴비화 처리를 하는 것으로 나타났으며, 허가대상 및 신고대상 농가의 경우 각 수계별 차이가 크지 않은 것으로 나타났다. 여기서 한 가지 특이할만한 점은 <그림 5>에서 각 수계별 퇴비화 처리하는 농가 순위가 <그림 6a>의 신고미만 시설의 수계별 순위와 일치한다는 사실이다. 이러한 사실은 각 수계별 퇴비화 처리 건수가 신고미만 시설에 의해 주로 영향을 받는다는 것을 의미하며, 이는 정책적으로 대권역별 가축분뇨 퇴비화 정책을 통제하기 위해서는 신고미만 시설 관리가 우선적임을 시사하는 것이라 할 수 있다. 가축분뇨를 액비로 처리하는 농가의 경우 퇴비화 처리를 하는 농가와와는 달리 각 수계에서 허가대상 및 신고대상 농가에서 많이 하는 것으로 나타났으며, 신고미만 농가의 수는 상대적으로 매우 적은 것으로 나타났다. 여기서 두드러지게 눈에 띄는 것은 한강 수계의 경우 신고대상 농가에서 가장 많이 액비 처리를 한다는 점이다. 이상에서 살펴본 결과 4대강 대권역별 분류에서 퇴비화 처리는 낙동강 유역의 신고미만 농가에서 가장 많이 하는 것으로 나타났으며, 액비화 처리는 허가 및 신고대상 농가에서 주로 하고 이중 한강 수계의 신고대상 농가에서 가장 많이 하는 것으로 드러났다.

(2) 위탁처리 실태

각 수계별 및 가축농가 규모별 위탁처리 현황은 <그림 7>과 같다. 영산강 및 낙동강 수계보다 금강 및 한강 수계에서 위탁처리 농가수가 많은 것으로 나타났다. 금강 수계가 한강 수계보다 다소 위탁처리 농가수가 많은 것으로 드러났다 (<그림 7a> 참조). 가축농가 규모별 위탁처리는 허가 및 신고대상 농가에서 위탁처리를 많이 하는 것으로 나타났으며 신고미만 시설에서는 상대적으로 위탁처리를 많이 하지 않는 것으로 나타났다 (<그림 7b> 참조). 신고대상 시설의 경우는 한강 및 금강 수계에서 위탁처리를 많이 하였다.



<그림 6> 각 수계에서 가축농가 규모별 퇴비화 및 액비화 처리 현황 (참조: 2012년도 축산계 오염원 자료).



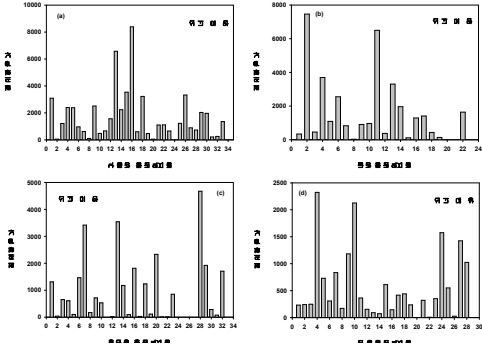
<그림 7> 각 수계별 및 가축농가 규모별 위탁처리 농가 현황 (참조: 2012년도 축산계 오염원 자료).

나. 중권역별 가축분뇨 처리 실태

낙동강 수계 중권역 지역의 신고미만 시설의 가축분뇨 퇴비화 현황을 분석한 결과는 <그림 8a>와 같으며 “남강”과 “내성천” 유역이 다른 유역에 비해 가축분뇨를 퇴비화 하는 농가수가 특히 많은 것으로 나타났다. 이 이외에도 “가화천”, “금호강”, “낙동강남해”, “낙동밀양”, “남해도”, “밀양강”, “위천” 유역에 퇴비화 농가수가 비교적 많은 것으로 나타났다. 금강 수계의 경우는 “금강공주”와 “만경강” 유역에서 퇴비화 처리를 많이 하는 것으로 조사되었으며, 그 밖에 “금강하구연”, “대청댐”, “미호천” 등의 지역이 퇴비화 처리를 많이 하는 것으로 나타났다 (<그림 8b>). 영산강 수계의 경우 “섬진강 하류”, “영산강 상류”, “주암댐” 유역에서 퇴비화 처리를 많이 하였으며 “고막원천”, “섬진강서남해”, “영산강중류”, “영산강하류”, “영암천”, “와탄천”, “지석천”, “황룡강” 등도 비교적 퇴비화 처리를 많이 하는 지역으로 나타났다 (<그림 8c>). 한강 수계의 경우는 “남한강 하류”, “안성천”이 특히 퇴비화 처리를 많이 하는 것으로 나타났으며, “달천”, “섬강”, “시화호”, “홍천강” 유역에서 퇴비화 처리를 많이 하였다. (<그림 8d>).

다. 소권역별 가축분뇨 처리 실태

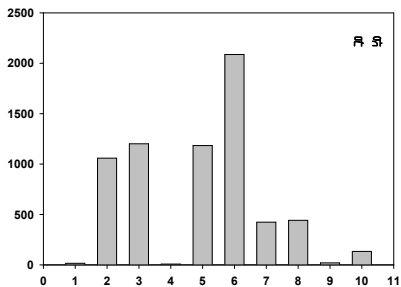
낙동강 수계 소권역 지역의 신고미만 시설의 가축분뇨 퇴비화 현황 분석 결과는 <그림 9>와 같다. <그림 9>에 의하면 남강 유역의 경우 “영천강합류점” 지점에서 퇴비화 처리 농가가 많은 것으로 나타났으며, 내성천 유역의 경우는 “서천하류”, “금천”, “한천하류” 쪽에서 퇴비화 처리를 많이 하는 것으로 나타났다. 금강 수계의 경우 금강공주 유역에서는 “금천”에서 퇴비화 처리 농가수가 많은 것으로 나타났으며, 만경강 유역의 경우 “동지산수위표” 지역이 두드러지게 퇴비화 처리 농가수가 많은 것으로 나타났다 (<그림 10> 참조). 영산강 수계의 경우 섬진강하류 유역에서는 “서시천”, 영산강상류 유역에서는 “영산강상류”, 주암댐 소권역 지역에서는 “결백수위표” 및 “주암댐상류” 지역에서 퇴비화 처리 농가수가 많은 것으로 나타났다. 한강 수계의 경우는 남한강하류 유역에서 “양화천”, “청미천상류”, “청미천중류”, “흑천합류점”



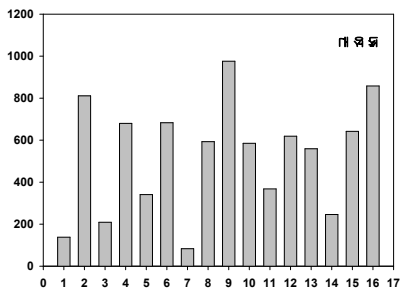
<그림 8> 낙동강, 금강, 영산강, 한강 수계 중권역 지점 퇴비화 처리 현황 (각 수계의 해당 중권역 지점은 표 3, 4, 5, 6을 참조; 2012년도 축산계 오염원 자료 참조).

지역에서 퇴비화 처리 농가수가 많았으며, 안성천 유역에서는 “한천”, “둔포천”, “안성천상류”, “진위천”, “한천” 지역에서 가축분뇨 퇴비화 농가수가 많은 것으로 나타났다.

이상의 연구 결과를 토대로 하여 새로 개정 <개정 2014.3.24.> 된 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」 제7조1항에 의거하여 향후 2차년도 비료 및 가축분뇨 퇴액비의 농경지 살포에 따른 환경오염의 실태 조사 (가축분뇨실태조사) 시 각 수계별 우선 조사 대상 지역으로 1개 지점을 선정한다면 <표 12>를 우선 조사 대상 지역으로 선정하여 조사하는 것이 타당하리라 본다.

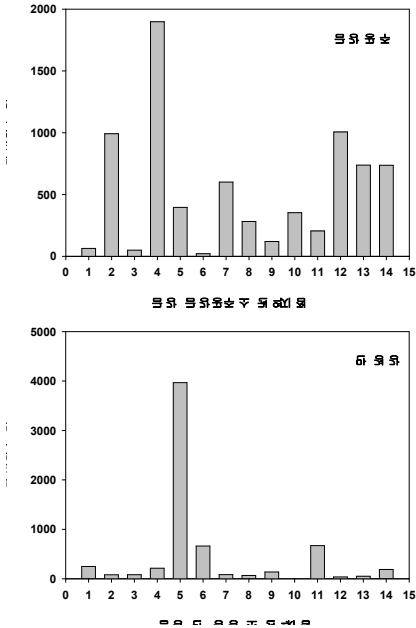


수질 관측 지점 수 (소권역별)

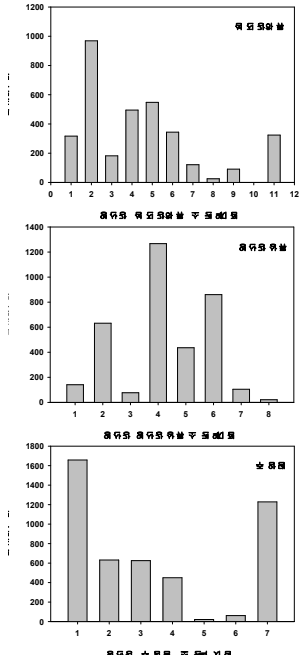


수질 관측 지점 수 (소권역별)

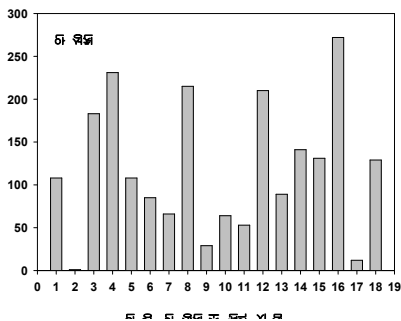
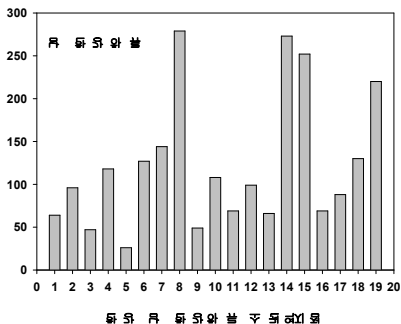
<그림 9> 낙동강 수계 소권역 지점 퇴비화 처리 현황 (각 수계의 해당 소권역 지점은 표 7을 참조; 2012년도 축산계 오염원 자료 참조).



<그림 10> 금강 수계 소권역 지점 퇴비화 처리 현황 (각 수계의 해당 소권역 지점은 표 8을 참조; 2012년도 축산계 오염원 자료 참조).



<그림 11> 영산강 수계 소관역 지정 퇴비화 처리 현황 (각 수계의 해당 소관역 지점은 표 9를 참조; 2012년도 축산계 오염원 자료 참조).



<그림 12> 한강 수계 소권역 지점 퇴비화 처리 현황 (각 수계의 해당 소권역 지점은 표 10을 참조; 2012년도 축산계 오염원 자료 참조).

<표 12> 각 수계별 가축분뇨 실태조사 우선 조사대상지역

우선 조사대상지역 순위	대권역	중권역	소권역	퇴비화 시설 (개소)	액비화 시설 (개소)
1	금강	금강공주	금천	1898	-
2	영산강	주암댐	검백수위표	1658	10
3	낙동강	내성천	서천하류	976	-
4	한강	남한강하류	양화천	279	1

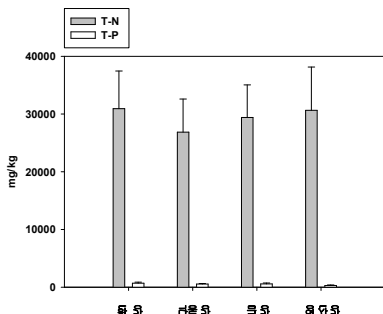
4. 각 수계별 퇴비 성장 분석

퇴비에 함유된 양분이 수계에 미치는 영향을 파악하기 위해 퇴비화 성장 분석을 시도하였다. 퇴비 성장 분석 시 한강, 낙동강, 금강 및 영산강 수계의 조사 농가수는 각각 7, 13, 10 및 9개소로 하였다.

퇴비 성장 분석 결과 T-P에 비해 T-N 함량이 월등히 높은 것을 관찰할 수 있었다 <그림 13>. 따라서 퇴비의 농지 살포에 의한 주변 하천 및 호소의 환경 오염은 양적인 측면에서 볼 때 주로 T-P 보다는 T-N에 의한 오염 확률이 높을 것으로 예측 가능하다. 수계별 퇴비에 함유된 양분별 차이는 크지 않은 것으로 나타났다.

5. 각 수계별 중권역 지점 퇴비화 시설 개수와 수질 (T-N, T-P)과의 상관관계

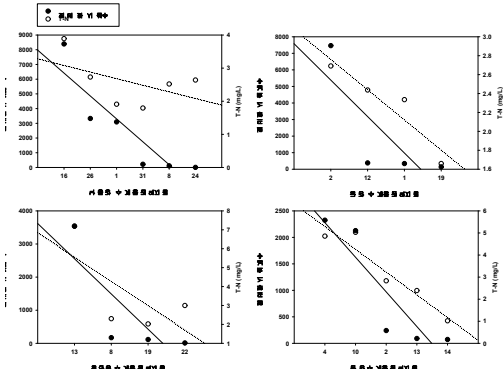
각 수계별 (낙동강, 금강, 영산강, 한강) 중권역 지점의 퇴비화 시설개수와 그 지역의 최근 3년간 (2011-2013년도) 수질 (T-N 및 T-P) 산술평균 데이터와의 상관관계를 분석하였다. 각 수계에서 중권역 지역의 선정은 퇴비화 시설수를 기준으로 하여 퇴비화 시설수가 많은 지역, 중간 지역, 적은 지역을 대표하는 곳을



<그림 13> 각 수계별 퇴비 성상 분석.

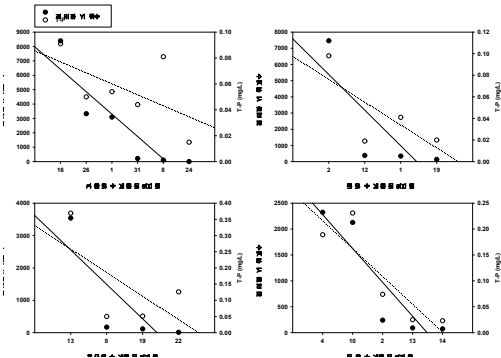
임의로 선정하였으며, 수질 데이터는 각 중권역 지역 말단 지점의 수질을 이용하였다. 낙동강 수계의 경우 대표 중권역 지점으로 “내성천”, “위천”, “가화천”, “황강”, “낙동구미”, “영덕오십천” 지역을 선정하였으며, 금강은 “금강공주”, “무주남대천”, “갑천”, “용담댐하류” 지역을, 영산강 수계의 경우는 “영산강 상류”, “섬진곡성”, “오수천”, “요천” 지역을, 한강 수계의 경우는 “남한강하류”, “안성천”, “경안천”, “인북천”, “임진강 상류” 지역을 대표 중권역 지역으로 선정하였다 <표 2, 3, 4, 5 참조>.

각 수계별 퇴비화 시설개수와 T-N의 상관관계는 <그림 14>와 같다. <그림 14>에 의하면 모든 수계에서 퇴비화 시설개수가 증가할수록 하천의 T-N 농도도 높아지는 경향을 관찰할 수 있었으나 그 상관관계가 매우 높다고 단정 짓기는 어려울 것으로 판단된다. 낙동강 및 영산강 유역의 몇몇 중권역 지점에서는 퇴비화 시설개수가 적음에도 불구하고 T-N 농도가 높은 것으로 나타났으며, 이러한 경향성은 퇴비화 시설개수와 T-P와의 상관관계를 나타내는 <그림 15>에서도 관찰할 수 있었다. 보다 정확한 상관관계를 밝히기 위해서는 각 수계별 모든

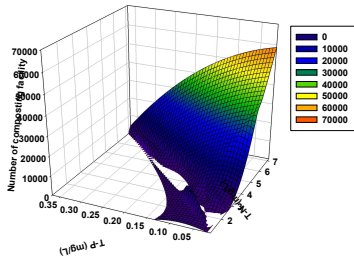


<그림 14> 4대강 중권역 지점 퇴비화 시설과 수질 (T-N) 상관관계 분석.

중권역 지점의 수질 데이터를 분석하여 파악하는 것이 필요할 것으로 판단된다. 4대강 중권역 지점을 통합하여 조사대상 지역을 선정한 후 T-N과 T-P 중 어느 수질 항목이 퇴비화 시설개수와 상관성이 더 높은지를 파악하기 위해 퇴비화 시설개수, T-N, T-P의 3차원 상관관계 분석을 실시하였다. 분석 결과 T-P 항목에 비해 T-N 항목이 퇴비화 시설개수와 상관성이 더 높은 것을 관찰할 수 있었다 (<그림 16>). T-P의 경우 퇴비화 시설개수가 많은 지역이라도 그 지역에서 T-P의 농도가 높아지는 경향성이 높지 않은 반면 T-N의 경우는 그 경향성이 명확하게 나타나는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 가축분뇨 퇴비화로 인한 수질오염의 상관성이 T-P보다는 T-N이 더 높음을 의미하는 것이라 할 수 있으며, 퇴비 성상 중 T-N 함량이 T-P 보다 월등히 높은 사실과도 무관하지 않을 것으로 판단 된다 (<그림 13 참조>). 이렇듯 가축분뇨 퇴액비의 농지살포는 주변 하천 및 호소의 오염원으로 작용할 수 있기 때문에 살포시 적정량을 살



<그림 15> 4대강 중권역 지점 퇴비화 시설과 수질 (T-P) 상관관계 분석.



<그림 16> 퇴비화 시설과 수질 (T-N 및 T-P)과의 상관성 관계.

포하는 것이 바람직하며, 이를 위해서는 농촌진흥청에서 권장하는 적정 시비량을 준수하는 것이 바람직할 것으로 판단된다¹⁶.

6. 가축분뇨 자원화 및 이용방안

본 연구 결과 현행 가축분뇨 자원화 정책은 지나치게 퇴비화에 의존하는 측면이 많다. 퇴비를 농경지에 살포할 경우 주변 하천 및 호소의 부영양화가 우려되고 암모니아의 휘산 작용으로 인하여 악취가 발생하는 등 이에 대한 근본적인 대책 마련이 시급할 것으로 판단된다.

퇴비 살포시 발생하는 악취 문제 해결은 가축분뇨로부터 struvite ($MgNH_4PO_4 \cdot 6H_2O$)를 회수하여 이를 농지에 살포하는 방법이 하나의 대안이 될 수 있다. 실제로 유럽 여러 나라에서는 가축분뇨로부터 struvite를 회수하여 작물 재배에 활용하고 있으며, 이를 실제 브랜드화 시켜 상품화 시킨 사례도 종종 찾아 볼 수 있다. <그림 17>의 오른쪽 상품은 캐나다 “Ostara” 회사에서 하수로부터 struvite를 회수하여 “Crystal Green”이라는 상품명으로 시중에 판매하고 있는 비료 형태이다 (<http://www.ostara.com>)¹⁷. Struvite는 백색의 결정형태로 냄새



<그림 17> 축산분뇨로부터 회수한 struvite(左) 및 폐수로부터 회수한 struvite를 브랜드화 시켜 상품화 한 예(右).

가 거의 없고 질소, 인 및 마그네슘이 몰비로 1:1:1로 결합한 물질로써 지용성 비료로 매우 효과적인 것으로 알려져 있다 <그림 17 左>.

현행 제도에서 가축분뇨의 퇴액비화가 환경친화적인 정책으로 변모하기 위해서는 퇴비 발생부터 살포까지 발생량 및 살포량, 이동경로 등의 정확한 관리가 필요하며, 살포 시에는 작물의 양분수지등이 고려되어 살포될 수 있는 제도 시행이 시급할 것으로 판단된다. 또한 이러한 제도 하에서 생산되는 자원화 물량은 해당 지역에서 소비하지 못할 가능성이 있으므로, 초과되는 퇴액비를 비료 자원이 부족한 지역으로 유통·판매 할 수 있는 광역 시스템 구축도 필요할 것으로 판단된다.

IV. 결 론

본 연구는 가축분뇨의 자원화(가축분뇨의 퇴·액비)로 인해 발생 가능한 환경오염(수질, 지하수 및 토양오염)을 사전 예방 혹은 예측하고 향후 시행될 가능성이 높은 양분총량제 정책 마련에 효과적으로 대응하기 위해 현 가축분뇨 자원화 시설 처리 및 배출실태 조사를 주 내용으로 하였다. 본 연구의 목적은 '15년부터 본격 조사 예정인 가축분뇨 자원화 현장 실태조사를 효과적으로 수행하기 위한 방안으로 통계자료 및 전국 가축분뇨 오염원 자료를 토대로 축종별 가축분뇨 자원화 실태, 농가 규모 별 자원화 실태, 전국 권역별 자원화 실태를 파악하여 최종적으로 가축분뇨의 자원화에 의해 오염가능성이 높은 지역을 권역별로 선정함을 목적으로 하였다. 또한 조사 대상지역의 퇴비화 시설개수와 그 지역의 수질(T-N 및 T-P)과의 상관관계를 규명하여 향후 가축분뇨실태조사 시 참고자료로 활용하고자 하였다. 본 연구 결과의 주요 결론은 다음과 같다.

1. 축종별 위탁처리 및 자원화 처리 현황

- 2011-2013년도 전국 축산계 축종별 가축분뇨 위탁처리 실태를 파악한 결과 농가수로는 한우>돼지>산란계>육계>젖소암컷>육우>오리 순이었으나, 이를 전체 처리 중 위탁처리 비율로 환산할 경우 돼지>육우>젖소암컷>산란계>오리>육계>한우 순으로 서로 다른 양상을 보이고 있는 것으로 나타났다.
- 위탁처리 비율은 가장 높은 돼지의 경우 30-34%, 가장 낮은 한우의 경우 약 2%로 축종에 따른 위탁처리율의 차이 폭이 큰 것으로 나타나 오염원 배출부하 산정 시 축종별 중요도를 고려하여 판단해야 할 것으로 사료된다.
- 축종별 자원화 실태 파악 결과 모든 축종에서 퇴비화 처리 농가가 액비화 처리 농가에 비해 월등히 많은 것으로 나타났으며, 한우를 사육하는 농가에서 다른 축종을 사육하는 농가에 비해 퇴비화 처리를 하는 농가가 월등히 많은 것을 알 수 있었다. 반면에 액비의 경우는 돼지를 사육하는 농가가 한우 및 다른 축종을 사육하는 농가에 비해 많은 것으로 나타났다.
- 년도별(2011-2013)로 축종별 퇴비화 및 액비화 변화 추이를 조사한 결과 한우사육 농가는 최근 3년간 퇴비화 및 액비화 농가 수가 감소하는 것으로

나타났으나 다른 축종의 경우 큰 변화가 없는 것으로 나타났다.

2. 수계별 위탁처리 및 자원화 처리 현황

- 전국 대권역별 (한강, 낙동강, 금강, 영산강) 위탁처리 현황을 조사한 결과 금강과 한강 유역이 영산강 및 낙동강 유역에 비해 위탁처리를 많이 하는 것으로 조사되었다.
- 가축농가 규모별 위탁처리 현황의 경우 신고대상 시설의 경우 한강 및 금강 유역이 영산강 및 낙동강 유역에 비해 위탁처리를 많이 하는 것으로 나타났으며, 신고미만 시설의 경우가 허가대상이나 신고대상 시설에 비해 위탁처리 농가수가 적은 것으로 나타났다. 또한 허가대상 시설의 경우 한강, 낙동강, 금강 및 영산강 유역의 차이가 크지 않은 것으로 조사되었다.
- 대권역별 자원화 처리 실태를 조사한 결과 모든 권역에서 퇴비화 시설이 액비화 시설에 비해 월등히 많은 것으로 조사되었다. 퇴비화 시설의 경우 낙동강>금강>영산강>한강 유역 순으로 많은 것으로 나타났다.
- 대권역별 자원화 처리 실태를 가축농가 규모별로 분석한 결과 퇴비화의 경우 낙동강, 금강 및 영산강 유역에서는 신고미만 대상 시설이 허가대상 및 신고대상 시설에 비해 퇴비화를 많이 하는 것으로 조사되었으며, 한강의 경우는 신고대상 시설에서 퇴비화를 가장 많이 하는 것으로 나타났다.
 - 신고미만 시설의 경우 낙동강>금강>영산강>한강 유역 순으로 퇴비화 시설이 많았다. 액비의 경우는 모든 권역에서 신고미만 시설에 비해 허가 및 신고대상 시설에서 액비화 처리 시설이 많은 것으로 조사되었다.
- 대권역별 자원화 처리 실태를 토대로 소권역별로 퇴비화 처리 실태를 파악한 결과 금강유역은 “금천”, 영산강 유역은 “검백수위표”, 낙동강유역은 “서천하류”, 한강유역은 “양화천” 지역 (소권역) 순으로 퇴비화 시설이 많은 것으로 조사되어 현장 실태조사시에는 각 대권역별로 상기 지역을 우선 조사하는 것이 타당한 것으로 나타났다.

3. 각 수계별 중권역 지점에서 퇴비화 시설 개수와 그 지역의 수질 (T-N 및 T-P)과의 상관성 규명

- 각 수계별 중권역 지역에서 최근 3년간 (2011-2013) T-N 및 T-P 수질 데이터를 이용하여 퇴비화 시설개수와 그 지역의 하천 및 호소의 T-N T-P 농도와의 상관관계를 분석한 결과 T-N 및 T-P 모두 퇴비화 시설개수가 많은 지역에서 그 농도도 높은 경향성을 관찰할 수 있었다.
- T-N 및 T-P 모두 퇴비화 시설개수가 많은 지역에서 그 농도도 높은 경향성을 관찰할 수 있었지만 퇴비화 시설개수, T-N, T-P의 3차원 상관관계 분석 결과 T-P 보다는 T-N과의 상관관계가 더 높은 것을 알 수 있었다. 이러한 결과는 가축분뇨 퇴비화로 인한 수질오염이 T-P에 의한 것이라기보다는 T-N에 의해 영향을 더 받음을 의미하는 것이라 할 수 있다.

4. 기대효과 및 활용방안

- 각 축종별, 권역별 및 가축사육 농가 규모별 위탁처리 현황을 정밀하게 분석한 결과 축종 및 지역, 혹은 농가 규모에 따라 위탁처리율이 다르기 때문에 위탁처리율이 높은 축종 및 지역 혹은 농가의 경우 축산계 전국 오염원 조사 시 반영할 경우 축산계 오염원 배출부하량 산정 및 이를 통한 주변 하천 및 호소의 수질오염 예측 정확도를 높일 수 있을 것으로 사료된다.
- 또한 전국 축종별, 권역별 및 농가 규모별 가축분뇨 자원화 현황 파악을 토대로 향후에 자원화 현황을 한눈에 식별할 수 있는 지도화 (mapping) 작업이 가능해 질 수 있을 것으로 판단된다.
- 가축분뇨 자원화 현황 및 이로 인한 수질오염 연계성을 규명함으로써 「가축분뇨의 관리 및 이용에 관한 법률」 제7조1항에 의거한 향후 가축분뇨실태조사 시 조사지점 선정에 본 연구 결과를 활용할 수 있으며, 향후 시행 가능성이 높은 양분총량제 정책 제도 마련 시 본 연구결과를 관련 자료로 활용 가능할 것으로 기대된다.

참 고 문 헌

1. 환경부, 2014 환경백서, **2014**.
2. 농림축산식품부, 국정과제 (농림축산업의 신성장 동력화) 추진을 위한 중장기 가축분뇨 자원화 대책, **2013**.
3. 김필주, 이용복, 이연, 윤홍배, 이경동, OECD 양분수지를 이용한 축산선진국의 농경지 축산분뇨 이용실태 평가, 한국환경농학회지, **2008**, 27(4), pp. 337-342.
4. 농림수산식품부, 新 친환경농업 정책방향, **2011**.
5. 한국농촌경제연구원, 지역단위 양분총량제 도입 세부 시행방안 연구, **2005**.
6. OECD, Handbook: OECD/EUROSTAT Gross nitrogen balances, **2003**.
7. OECD, Handbook: OECD/EUROSTAT Phosphorus balances, **2003**.
8. R. Dupas, M. Delmas, J. Dorioz, J. Garnier, F. Moatar, C. Gascuel-Odoux, Assessing the impact of agricultural pressures on N and P loads and eutrophication risk, Ecol. Indic., **2015**, 48, 396-407.
9. C. Neal, A.L. Heathwaite, Nutrient mobility within river basins: a European perspective, J. Hydrol., **2005**, 304, 477-490.
10. J.A. Camargo, A. Alonso, Ecological and toxicological effects of inorganic nitrogen pollution in aquatic ecosystems: A global assessment, Environ. Int., **2006**, 32, 831-849.
11. A. Alonso, J. Camargo, The freshwater planarian *polycelis felina* as a sensitive species to assess the long-term toxicity of ammonia, Chemosphere, **2011**, 84, 533-537.
12. J. Ferretti, D. Calesso, Toxicity of ammonia to surf clam (*Spisula solidissima*) larvae in saltwater and sediment elutriates, Mar. Environ. Res., **2011**, 71, 189-194.
13. N. Georgieva, Z. Yaneva, L. Dospatliev, Ecological monitoring of the fresh waters in Stara Zagora Region, Bulgaria I. Quality analyses of

- nitrogen compounds contents, Desalination, **2010**, 264, 48-55.
14. 농촌진흥청, 가축분뇨의 농경지 투입에 따른 수질 특성 변화양상 규명, **2012**.
 15. 물환경정보시스템, <http://water.nier.go.kr/main/>, 2014년 11월.
 16. 농촌진흥청, 가축분뇨 퇴액비 이용기술 매뉴얼, **2010**.
 17. Ostara, <http://www.ostara.com/>, 2014년 11월.