

TOC 기반 가축분뇨 발생 원단위 산정

이윤희 · 김용석* · 박지형* · 어성욱+

우송대학교 철도건설환경공학과

*국립환경과학원

Estimation of Production Unit Loads of Livestock Manure Based on TOC

Yunhee Lee · Yongseok Kim* · Jihyung Park* · Seong-Wook Oa+

Department of Railroad, Civil & Environmental Engineering, Woosong University, Daejeon, Korea

*National Institute of Environmental Research, Incheon, Korea

요 약

수질오염총량관리 대상물질로 총 유기탄소(Total Organic Carbon, TOC)항목의 적용을 검토 하고 있는 가운데 이 항목에 대한 가축분뇨의 발생 및 배출 원단위 확보가 시급한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 가축 분뇨 중 수질오염 기여도가 가장 높은 것으로 알려진 양돈 분뇨에 대해 TOC를 포함한 원단위를 산정하였다. 4대강 수계의 56개 농장을 대상으로 수계별, 사육방식별, 축사의 형태 및 규모별 양돈 분뇨의 농도, 분뇨 발생량(세척수 포함) 및 부하를 산정하였다. 분뇨 발생량은 한강수계와 낙동강수계에서 모든 사육이 밀집된 소규모 농장 내 스크래퍼 형태의 축사에서 많은 것으로 나타났고, 양돈분뇨 발생량은 전체 수계 평균 7.4 L/두/d로 나타났다. 평균 발생 농도는 TOC가 16,037 mg/L, BOD가 10,559 mg/L, TN이 4,145 mg/L, TP가 503 mg/L로 조사되었으며, 이때 발생 부하는 TOC가 117.1 g/두/일, BOD가 77.1 g/두/일, TN이 34.7 g/두/일 그리고 TP가 3.67 g/두/일로 도출되었다.

핵심용어 : 원단위, 양돈분뇨, 총 유기탄소, 분뇨 발생량

Abstract

Assessment of pollutant loads for livestock manure based on total organic carbon (TOC) is being required to apply TOC as an indicator in management of total maximum daily loads. In this study, TOC based unit loads of pig manure known as highly contributing to water pollution assessed. The concentration of pig manure, amount of manure production including cleaning water, and unit loads were investigated targeting 52 farms according to 4 major river basins, rearing form, farm scale, and piggery form. The manure production was highly generated in scraper type of piggery, in small scaled farm rearing sow, and in Han River basin and Nakdong River basin. The averaged manure production was 7.4 L/head/d in total river basins. Averaged concentrations were investigated as TOC 16,037 mg/L, BOD 10,559 mg/L, TN 4,145 mg/L, and TP 503 mg/L. Corresponding unit loads were assessed as TOC 117.1 g/head/d, BOD 77.1 g/head/d, TN 34.7 g/head/d, and TP 3.67 g/head/d.

Keywords : Manure production, Unit loads, Swine manure, Total organic carbon (TOC)

1. 서론

가축분뇨의 발생 현황은 전국오염원조사(Korea National Institute of Environmental Research, KNIER, 2012), 가축분뇨 처리통계(Korea Ministry of Environment, 2012) 및 농림축산식품 통계연보(Korea Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, KMAFR, 2013)와 같은 자료의 가축사육두수와 가축 분뇨 발생 원단위로부터 생성되고 있다. 이때 원단위

에 따라 발생량에 큰 영향을 미치게 되는데, 2007년 과 2008년의 양돈분뇨 발생현황을 비교해 보면 2007년의 경우 81,716 m³/일 이었으나 2008년에는 53,833 m³/일로 큰 폭으로 감소하였다. 이는 실제 발생량의 감소가 아니라 2008년 고시된 환경부 돼지 분뇨 발생 원단위가 8.6 L/두/일에서 5.1 L/두/일로 변경되었기 때문이다. 실제로 2007년의 사육두수는 총 9,782,000두에서 2008년에는 10,556,000두로 오히려 증가하였다(Korea Ministry of Environment, 2008).

+ Corresponding author : swoa@wsu.ac.kr

가축 분뇨의 발생량 및 성상은 가축의 종류, 사육 규모, 나이, 생체 무게, 사육 방법에 따라 차이가 있는데, 특히 돼지의 분뇨 발생량은 사료의 종류와 급여 방법, 연령과 체중, 물의 급여 방법과 급수량, 계절적 요인에 따른 온도 변화, 돼지 사육 관리 형태 및 돈사 형태 등에 따라 달라진다(American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2003; American Society of Agricultural Engineers, 2005). 따라서 양돈분뇨의 배출량 역시 위에 언급한 요인들에 따라 많은 차이가 발생할 수 있고, 분뇨의 수거 방법과 수거 효율에 따라 수거량에 대한 현격한 차이가 발생할 수 있다. 또한, 세정수량에 관해서는 사용량에 대한 정량적인 산출에 어려움이 따른다. 따라서, 돼지의 배출 원단위의 경우 기존의 결과를 일률적으로 적용할 시에는 상당한 모순이 발생할 것으로 예측되며, 각 축사의 여건 및 특성에 따라 양을 결정할 필요가 있다.

환경부는 2008년 가축분뇨 발생량 원단위를 변경 고시하였으나, 수질오염총량 규제를 위해서는 2008년 이전의 원단위를 사용하고 있다. 또한 물 관리를 위한 지속적인 투자로 과거대비 전체적인 수질은 개선 추이이나, 난분해성 유기물질, 영양염류 등에 대한 관리는 여전히 미흡한 실정이다. '90년대 이후 BOD(Biochemical Oxygen Demand)는 지속적으로 개선되었으나 COD(Chemical Oxygen Demand)는 오히려 악화되거나 정체되어 있는 것으로 나타났다(KNIE, 2012). 오염총량제 적용을 위한 원단위 산정에서 총량관리 대상물질 확대를 위해 유기 오염인자로 TOC(Total Organic Carbon) 항목의 적용을 검토 하고 있는 바, 이 항목에 대한 가축분뇨의 원단위 확보가 시급한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 가축 분뇨 중 수질오염 기여도가 가장 높은 것으로 알려진 양돈 분뇨의 발생 원단위를 산정하였다.

2. 연구방법

2.1 대상농가의 선정

4대강(한강, 낙동강, 금강, 영산강) 수계별로 돼지 사육두수 및 사육밀도를 고려하여 대표성을 띠는 지역을 우선 선정하였으며, 사육두수가 많은 지역 중 각 처리 방법별 대상 농가수가 많은 지역을 선정하였다. 그리고 선정기준에서 고품질 처리방법과 법정 규모별 구분(허가, 신고)은 사육두수나 처리 방법에 있어 유의한 구분을 나타내지 않으므로 선정기준에서

제외하였다. 농가는 사육규모, 축사형태, 사육방식에 따라 구분하였다. 사육규모에 따라서는 1,000두 미만(소규모), 1,000 ~ 3,000두(중규모), 3,000두 이상(대규모)으로 구분하였고, 축사형태에 따라 슬러리돈사와 스크레퍼돈사를 구분하여 분석하였다. 또한 사육방식에 따라 물 사용량이 많은 일관사육(모돈 + 자돈) 농가와 상대적으로 물 사용량이 적은 육성돈 농가로 각각 구분하였다.

2.2 샘플링 및 분석

총 56개 대상 농가로부터 가축분뇨 배출 전 과정에 대한 시료(원수, 정화처리 배출수, 액비 및 퇴비 시료) 총 308개를 채취하여 분석하였다. 발생 원수의 경우에는 추가적으로 1회 더 샘플링하여 분석하였다.

고농도 유기물질을 함유하는 양돈 분뇨의 TOC 분석을 위해 100 µm체를 이용하여 큰 고형물을 제거한 뒤 용존성 유기탄소인 DOC(Dissolved Organic Carbon)와 입자성 물질인 POC(Particulate Organic Carbon)로 구분하여 분석하였으며, 각각 분석법은 수질오염공정시험법의 용존 유기탄소-고온연소산화법(ES 04316.1)과 퇴적물 총유기탄소-원소분석법(ES 04861.1)에 의거하였다(Korea Standard Method, 2011). 실험을 위해 450°C에서 2시간 이상 회화한 GF/F 여지를 이용하였으며, DOC 분석을 위해 TOC-L(Shimadzu, Japan) 분석기기를 사용하였고, POC 분석을 위해 원소분석기(Vario, MAX CN-Elementar, Germany)를 사용하였다. 양돈 분뇨에 대해 총 부유물질(Total Suspended Solid, TSS), 휘발성 부유물질(Volatile Suspended Solid, VSS), BOD, TN(Total Nitrogen) 및 TP(Total Phosphorus)를 수질오염공정시험법에 따라 분석하였으며, TN 및 TP는 UV spectrometer(Shimadzu, Japan)를 이용하였다(Korea Standard Method, 2011).

2.3 분뇨 발생량 및 부하량 산정방법

대부분의 양돈 농가는 분뇨 발생량(세척수 포함) 측정을 위한 계량기를 설치하지 않고 있으며, 도시하수나 산업폐수에 비해 상대적으로 고품질 농도가 높아 그 유량을 측정하는 것이 용이하지 않은 실정이다. 본 연구에서 조사 대상 농가 모두 지하수를 용수로 사용하고 있어, 각 조사 대상 농가의 지하수 관정에 계량기를 설치한 후 3개월간의 용수 사용량 자료를 근거로 하여 발생 유량을 조사하였다. 양돈 분뇨의 발생량 산정을 위해 용수 사용량에서 돼지의 생체

대사과정을 통한 흡수량 및 손실량을 제하였으며, 발생량(L/두/일)에 발생농도(mg/L)를 곱하여 발생 부하량(g/두/일)을 산정하였다. 여기서 돼지 흡수량 및 손실량은 대사실험을 통해 1.2 L/두/일로 산정하였으며, 그 과정은 본 연구에서는 언급하지 않았다. 용수 사용량 및 분뇨 발생량 등 데이터 해석을 위해 SPSS 통계 프로그램을 이용하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 선정된 농가의 대표성

총 9,497개의 농가(KNIE, 2012) 중 한강수계에서 10개 농가, 낙동강수계로부터 16개 농가, 금강수계에서 15개 농가, 영산강수계에서 15개의 농가를 각각 조사 대상 농가로 선정하였으며, 소규모 농가는 6,928개 농가 중 8개 농가(한강: 3개, 금강: 3개, 낙동강: 1개, 영산강: 1개)였고, 중규모 농가는 2,506개 농가 중 28개 농가(한강: 4개, 금강: 4개, 낙동강: 9개, 영산강: 11개)였으며, 대규모 농가는 464개 농가 중 20개 농가(한강: 3개, 금강: 8개, 낙동강: 6개, 영산강: 3개)였다. 규모별 분석 시 규모별 농가비율에 비해 대규모

농가 비율이 높은 편인데, 이는 수계별로 배분을 하는 과정에서 사육농가중 대규모 농가가 많아 높은 비율로 편성하였기 때문이다. 사육형태에 따라 구분한 일관 사육과 육성돈 사육비율은 모든 사육 농가가 2개 농가, 육성돈 농가가 11개 농가이며, 일관 사육 농가가 43개 농가였다.

대한한돈협회(Korea Pork Producers Association, KPPA)의 경영실태조사 결과에 의하면 전체 농가의 86%가 일관사육을 하고 있으며, 육성돈 농장은 6.78%, 번식전문의 모든 농장이 5%인 것으로 나타났다(KPPA, 2012). 본 조사는 이 자료의 비율과 거의 유사하게 나타났는데, 이 자료에 대한 분석 결과와 본 조사의 대상 농가 선정은 실제의 양돈 농가 구성 비율을 잘 반영하여 적절하게 선정된 것으로 판단된다. 각 조사농가의 대표성 확보를 위해 확률적 유의성을 고려하였으며, 그 선정 근거는 Table 1과 같다. 농가 발생 원수에 대한 조사 신뢰도는 농가수를 기준으로 할 때 전체 95% 신뢰 수준에서 $\pm 13.06\%$ 에 해당되며, 돼지 사육 두수를 기준으로 할 경우에는 전체 95% 신뢰 수준에서 $\pm 0.25\%$ 에 해당되는 수치였다.

Table 1. Analysis of reliability about selected number of farm and livestock

River basin	H	N	K	Y	Total
Total number of farm	2,279	2,279	3,585	1,354	9,497
Target number of farm	10	16	15	15	56
Rate (%)	0.44	0.70	0.42	1.11	0.59
Reliability	95 \pm 30.93	95 \pm 24.42	95 \pm 25.25	95 \pm 25.17	95 \pm 13.06
Total number of head	2,296,475	2,337,237	2,989,845	1,074,479	8,698,036
Target number of head	19,390	54,135	39,765	37,313	150,603
Rate (%)	0.84	2.32	1.33	3.47	1.73
Reliability	95 \pm 0.7	95 \pm 0.42	95 \pm 0.49	95 \pm 0.5	95 \pm 0.25

3.2. 농가의 용수 사용량

발생부하량 산정을 위해 가장 중요한 사항 중의 하나는 발생 유량을 파악하는 것인데, 양돈 농가의 경우 분뇨 발생량 및 세척수량을 산정할 수 있는 어떠한 기준이나 장치도 설치되어 있지 않다. 본 조사에서는 발생량 산정을 위해 용수 사용량을 측정하는 방법을 이용하였다. Table 2는 수계별, 사육 방식별, 축사의 형태 및 규모별 용수(지하수) 사용량의 분석 결과를 나타낸 것인데, 한강수계의 양돈 농가 물 사

용량이 가장 높게 나타났으며, 금강수계가 평균 8.25 L/두/일로 가장 적게 나타났다. 이는 농가의 규모나 분뇨 처리 여건 등에 따른 지역적 현상인 것으로 예측되며, 상대적으로 분뇨 자원화를 위한 농지 확보가 용이한 금강수계가 물 사용량이 가장 적게 나타난 반면, 살포 농지 확보가 어려운 한강수계와 낙동강수계가 물 사용량이 많은 것으로 분석된다.

또한 사육방식별 물 사용량은 훨씬 분명한 차이를 보이고 있는데, 모든, 자돈, 육성돈을 모두 사육하고 있는 일관사육 농가(8.96 L/두/일)의 경우 육성돈만을

사육하는 농가(5.84 L/두/일)에 비해 물 사용량이 1.5 배 가량 많은 것으로 나타나고 있다. 또한, 조사 농가 수가 제한적이긴 하지만 모든만을 사육하는 농가에서는 14.75 L/두/일의 물 사용량을 나타내 모든 사육 시 물 사용량이 크게 증가하는 것을 입증하고 있다.

축사의 형태(스크래퍼와 슬러리 돈사)에 따른 물 사용량에서 스크래퍼 돈사가 10.16 L/두/일로 나타났고, 슬러리 돈사가 8.20 L/두/일로 나타났다. 최근 대부분의 농가가 물 사용량이 많은 스크래퍼 돈사를 분뇨 고액분리에 따른 인력 소요, 운영방법 등의 문제로 인해 슬러리 방식으로 전환하여 운영하고 있다. 실제로 조사 대상 농가의 상당수가 스크래퍼로 설치

된 돈사를 슬러리로 운영하여 그 구분 자체가 모호한 경우가 많이 있었다. 농림부(Korea Rural Development Administration, KRDA)에 의하면 2007년 기준으로 슬러리 돈사가 전체의 76%로 나타난 반면, KPPA(2012)의 조사결과에 의하면 90% 이상이 슬러리 돈사로 운영되고 있는 것으로 나타났다.

규모별 물 사용량의 경우 소규모가 특히 더 높은 것으로 나타났는데(9.09 L/두/일), 물 사용량이 특히 더 많은 모든 사육이 소규모에 밀집되어 있어 다른 규모에 비해 상대적으로 물 사용량 평균값 및 표준편차가 높은 것으로 나타났다.

Table 2. Amount of water use according to river basin, rearing type, farm scale, and piggery form

Division	Amount of water use (L/head/d)	Standard deviation
River basin		
H	9.58	2.77
N	8.32	1.94
K	8.25	4.53
Y	8.42	2.49
Average	8.64	2.93
Rearing type		
Sows and piglets	8.96	2.27
Sows	14.75	9.33
Young sows	5.84	2.08
Farm scale		
Large (> 3,000 head)	8.46	2.65
Medium (1,000~3,000 head)	8.46	2.65
Small (<1,000 head)	9.09	5.29
Piggery form		
Slurry	8.20	2.31
Scraper	10.16	5.16

3.3 발생 농도 및 부하

Table 3에 양돈 분뇨의 발생 평균 농도, 분뇨 발생량 및 발생 부하를 수계별, 사육방식별, 축사의 형태 및 규모별로 구분하여 나타내었다. 발생 부하를 결정짓는 주요 인자로 분뇨 발생량은 매우 중요하다. NIER(1997) 조사에 따르면 양돈 분뇨 발생량은 6 ~ 33 L/두/일로 보고하였고, 1992년의 조사에서는 18 L/두/일로 보고하였으며, 환경처(Korea Ministry of Environment, KMOE, 1995)에서는 12.5 L/두/일의 범위로 보고하여 조사자에 따라 큰 차이를 보였다. 슬러리 돈사의 경우 5.4 ~ 6.3 L/두/일정도 배출되며 시멘트 돈사의 경우 11.5 ~ 12.9 L/두/일로 평균 12.2 L/두/일의 분뇨가 배출된다고 보고되었다(KRDA, 2000; KNIER, 2005). 또한 KRDA(2009)에서 돈사의 분뇨 발생량을 계절별로 구분하여 조사한 결과 봄철 7.6 L/

두/일, 여름철 10 L/두/일, 가을 4.0 L/두/일, 겨울 2.4 L/두/일 정도가 발생한다고 보고하였다. 최종적으로 1999년 환경부 고시(환경부 고시 1999-109호, 1997, 7)에서는 8.4 L/두/일로 나타났다. 이처럼 양돈 분뇨의 발생량은 돈사의 형태, 생체중량, 계절, 관리방법, 청소시기 등에 따라 많은 차이가 발생하고 있음을 알 수 있다.

본 연구에서 수계 및 축사 형태에 따른 발생 농도는 유사하게 나타나고 있으나, 발생 부하는 분뇨 발생량에 따라 한강 수계 및 스크래퍼 돈사에서 다소 높게 나타났다. 축사 규모에 따라서는 중규모의 TOC 및 BOD의 발생 농도 및 부하가 다소 높게 나타났고, 사육 방식에 따라서는 TOC 및 BOD 항목을 제외하고 분뇨 발생량에 비례하여 모든 사육에 의한 발생부하가 대체로 높게 나타났다.

Table 3. Concentration and production load of swine manure according to river basin, rearing type, farm scale, and piggery form

Division		Concentration (mg/L) and load (g/head/d)	Manure production (L/head/d)	TOC	BOD	TSS	VSS	TN	TP
River basin	H	Conc.	8.38	16,420	12,661	21,969	16,388	4,791	339
		Load		137.6	106.1	184.1	137.3	40.1	2.8
	N	Conc.	7.26	17,717	9,812	22,143	16,345	3,434	434
		Load		128.6	71.2	160.8	118.7	24.9	3.2
	K	Conc.	6.77	19,197	13,120	26,157	19,764	4,049	457
		Load		130.0	88.8	177.1	133.8	27.4	3.1
	Y	Conc.	7.22	16,081	10,592	19,845	15,066	4,144	503
		Load		116.1	76.5	143.3	108.8	29.9	3.6
Piggery form	Scraper	Conc.	7.76	15,982	11,842	18,949	14,022	4,277	608
		Load		124.0	92.0	147.0	108.8	33.2	4.72
	Slurry	Conc.	6.96	16,048	10,292	19,920	15,208	4,712	481
		Load		111.7	71.6	138.6	105.9	32.8	3.35
Farm scale	Large (> 3,000 head)	Conc.	7.26	15,136	9,393	19,290	14,689	4,601	459
		Load		109.9	68.2	140.0	106.6	33.4	3.3
	Medium (1,000~3,000 head)	Conc.	7.19	17,177	11,516	20,077	15,293	4,783	521
		Load		123.5	82.8	144.4	110.0	34.4	3.7
	Small (<1,000 head)	Conc.	7.89	13,250	9,092	19,398	14,476	4,921	522
		Load		104.5	71.7	153.1	114.2	38.8	4.1
Rearing type	Sows and piglets	Conc.	7.8	14,095	9,034	16,044	12,075	3,969	483
		Load		109.9	70.5	125.1	94.2	31.0	3.8
	Sows	Conc.	13.55	5,811	5,048	15,701	10,568	5,133	788
		Load		78.7	68.4	212.7	143.2	69.6	10.7
	Young sows	Conc.	4.46	24,861	17,066	34,025	26,480	7,545	526
		Load		110.9	76.1	151.8	118.1	33.7	2.3

수계 전체에서의 평균 발생 농도에 대하여 SPSS 통계 프로그램을 통한 통계학적 분석 결과는 Table 4 와 같으며, 유의확률(P-value)이 0.01로 나타나 표본값 들 사이에 유의한 선형관계가 있는 것으로 나타났다. 95% 신뢰수준은 표준 오차 범위내에서 동일한 결과

가 나올 확률이 95%라는 의미이며, 상한 범위와 하한 범위로 제시하였다. 수계 전체에서의 평균적 발생 농 도 및 폐수 발생량을 바탕으로 산정된 발생 부하는 TOC가 117.1 g/두/일, BOD가 77.1 g/두/일, TN이 34.7 g/두/일 그리고 TP가 3.67 g/두/일로 도출되었다.

Table 4. Statistics analysis of generation concentration in total water basin.

Item	Number of sample	Average	Standard deviation	Standard error of the average	95% Confidence level	
					Lowest limit	Upper limit
TOC (mg/L)	116	16,037	12,973	1,204	13,651	18,423
BOD (mg/L)	116	10,559	9,019	837	8,900	12,218
TN (mg/L)	116	4,145	1,733	161	3,827	4,464
TP (mg/L)	116	503	377	35	433	572

가축 분뇨의 발생 원단위는 각 조사 시기 및 조사 기관에 따라 많은 차이를 보이고 있으며, 동일한 연구자에 의해서도 조사 년도에 따라 상이한 결과를 제시하고 있다(Table 5). 이는 조사대상 축사 시설의 형

태 및 규모, 주입되는 사료의 종류 및 사료 혼합 비율, 청소 횟수 및 분뇨 분리 방법 등의 차이에 기인하는 것으로 판단되어, 향후 이에 대한 보다 장기적이고 체계적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

Table 5. Production load of pig manure

No.	Production load of pig manure (g/head/d)									Reference
	BOD ₅			TN			TP			
	Total	Feces	Urine	Total	Feces	Urine	Total	Feces	Urine	
1	125.0	-	-	-	-	-	-	-	-	KNIER, 1983
2	147.9	136.5	11.3	31.8	22.3	12.7	10.5	9.6	0.9	KNIER, 1986
3	200.0	-	-	40.0	-	-	-	-	-	KNIER, 1987
4	148.0	-	-	35.0	-	-	10.4	-	-	Airan, 1987
5	72.4	62.4	10.0	-	-	-	10.5	6.5	4.0	KNIER, 1989
6	179.4	141.2	38.2	36.2	18.5	17.7	13.4	12.5	0.9	KNIER, 1992
7	125.0	-	-	20.4	-	-	16.8	-	-	KMOE, 1992
8	125.0	-	-	20.4	-	-	16.8	-	-	KMOE, 1998
9	128.0	117.6	10.4	26.2	15.0	11.1	4.4	3.9	0.5	KRDA, 2000
10	77.1	-	-	34.7	-	-	3.7	-	-	This study
Average	143.7	124.5	18.4	31.0	16.7	67.6	10.8	7.16	1.34	-

4. 결론

우리나라 4대강 수계의 56개 농장을 대상으로 수계별, 사육 방식별, 축사의 형태 및 규모별 양돈 분뇨의 농도, 폐수 발생량 및 부하를 산정하였다. 용수 사용량 및 분뇨 발생량은 한강수계와 낙동강수계에서 모든 사육이 밀집된 소규모 농장의 스크래퍼 형태의 축사에서 많은 것으로 나타났고, 돈사의 형태, 생체중량, 계절, 관리 방법, 청소 시기 등에 따라 많은 차이가 발생하였다. 본 연구를 통한 전체 수계에서의 평균적 발생 부하는 TOC가 117.1 g/두/일, BOD가 77.1 g/두/일, TN이 34.7 g/두/일 그리고 TP가 3.67 g/두/일로 나타났다. 가축 분뇨의 발생 원단위는 각 조사 시기 및 조사 기관에 따라 많은 차이를 보이고 있어 향후 보다 장기적이고 체계적인 연구가 필요할 것으로 판단된다.

Acknowledgement

2013년 한강, 낙동강, 금강, 영산강-섬진강 수계기 금으로부터 지원받아 “총량관리 대상물질 확대를 위한 축산계 오염원 원단위 기반연구(I)”를 통해 수행되었습니다.

References

Airan, DS (1987). Animal Waste Management: State-of-the Art, *J. of the Environmental Engineering Division*, 104(6), pp. 1237-1260.

American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE). (2005). *Manure production and characteristics*, ASABE-D384.2, American Society of Agricultural and Biological Engineers, MI, USA.

American Society of Agricultural Engineers (ASAE). (2003). *Manure production and characteristics*, ASAE-D384.1 FEB03, American Society of Agricultural Engineers, MI, USA.

Korea Ministry of Environment (KMOE). (1992). *Establishment of Long-term Comprehensive Plans for Water Quality Conservation*, KMOE-026102, Korea Ministry of Environment. [Korean Literature]

Korea Ministry of Environment (KMOE). (1995). *Water Environmental Policy Sourcebook*, Korea Ministry of Environment. [Korean Literature]

Korea Ministry of Environment (KMOE). (1998). *Sewerage Facility Criteria*, KMOE-38000-67712-67-9736, Korea Ministry of Environment. [Korean Literature]

- Literature]
- Korea Ministry of Environment (KMOE). (2008). '08 *Livestock Manure Unit Load*, Korea Ministry of Environment. [Korean Literature]
- Korea Ministry of Environment (KMOE). (2012). *Statistic of Treatment of Livestock Manure*. KMOE-11-1480000-001310-10, Korea Ministry of Environment. [Korean Literature]
- Korea National Institute of Environmental Research (KNIER). (1983). *National Major River Basic Investigation (I)*, Korea National Institute of Environmental Research. [Korean Literature]
- Korea National Institute of Environmental Research (KNIER). (1986). *A Study of the Current Status of Livestock Waste Discharge and its Environmental Impact*, Korea National Institute of Environmental Research. [Korean Literature]
- Korea National Institute of Environmental Research (KNIER). (1987). *Estimation of Environmental Assimilating Capacity in Lake Chungju*, KNIER-87-07-203, Korea National Institute of Environmental Research. [Korean Literature]
- Korea National Institute of Environmental Research (KNIER). (1989). *A Development of the Most Appropriate Management Technics for the Achievement of Water Quality Standards (I)*, KNIER-89-12-261, Korea National Institute of Environmental Research. [Korean Literature]
- Korea National Institute of Environmental Research (KNIER). (1992). *A Development of the Environmental Management Technics for the Han River Basin for Lake Paldang and Kyeong-an Stream*, KNIER-92-09-337, Korea National Institute of Environmental Research. [Korean Literature]
- Korea National Institute of Environmental Research (KNIER). (1997). *A Study on the Unit Mass Discharge from Wastewater Producing Facilities (I)*, KNIER-97-08-499, Korea National Institute of Environmental Research. [Korean Literature]
- Korea National Institute of Environmental Research (KNIER). (2005). *Investigation Study of the Discharging Unit Load and Characteristic of Livestock Wastes and Resources*, GOVP-1200624705, Korea National Institute of Environmental Research. [Korean Literature]
- Korea National Institute of Environmental Research (KNIER). (2012). *The National Water Quality Assessment 2011*, KNIER-2012-160, Korea National Institute of Environmental Research. [Korean Literature]
- Korea Pork Producers Association (KPPA). (2012). *Surveying of Management Status in National Piggery Farms*, Korea Pork Producers Association. [Korean Literature]
- Korea Rural Development Administration (KRDA). (2007). *Announcement of Results in Surveying about Status of National Piggery Facility*, Korea Rural Development Administration. [Korean Literature]
- Korea Rural Development Administration (KRDA). (2009). *The Study to Re-establish the Amount and Major Compositions of Manure from Livestock*, GOVP-1200958504, Korea Rural Development Administration. [Korean Literature]
- Korea Rural Development Administration (KRDA). (2000). *Research on the Amount of Livestock Manure Production and Its Characteristics*, Korea Rural Development Administration. [Korean Literature]
- Korea Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs (KMAFR). (2013). *Agriculture, Food and Rural Affairs Statistics Yearbook*, KRDA-11-1543000-000261-10. Korea Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. [Korean Literature]
- Korea Standard Method (KSM). (2011). *Standard Methods for the Measurement of Water in Korea*, Korea Standard Method. [Korean Literature]
- 논문접수일 : 2014년 07월 15일
 ○ 심사의뢰일 : 2014년 07월 18일
 ○ 심사완료일 : 2014년 07월 31일