

## 가축분뇨 자원화 처리시 수질오염물질 삭감을 산정 연구

어성욱\*

우송대학교

### A Study on the Estimation of Water Pollutants Reduction Ratio in Livestock Manure Fertilization

Seong Wook Oa<sup>†</sup>

Woosong University

(Received 22 October 2017, Revised 22 November 2017, Accepted 27 November 2017)

#### Abstract

Livestock manure is known to be the main cause of non-point pollution in agricultural areas. The pollutant reduction ratio of livestock manure recycling to fertilizers was measured in order to analyze the effect on the water quality of the Total Maximum Daily Load (TMDL) system in Korea. The reduction ratio has been applied by theoretical consideration without a survey, and there is no value for Total Organic Carbon (TOC) newly introducing any organic items. The reduction ratio of each pollutant from this study was revealed as follows: TOC, BOD, T-N and T-P were 0.34, 0.60, 0.37, and 0.42 for individual farm and 0.38, 0.61, 0.45 and 0.44 for entrustment facilities, respectively. The reduction ratio of individual farm was surveyed as TOC 0.63, BOD 0.62, T-N 0.42 and T-P 0.32 for liquid fertilizer, and TOC 0.30, BOD 0.64, T-N 0.40 and T-P 0.48 for compost. The total reduction ratio was derived by multiplying the ratio for liquid fertilizer and compost by the respective load. Compared to the pollutant reduction ratio of the individual farm with entrustment facilities marking the higher in liquid fertilizer and the lower in compost. Through this study, we found the difference of pollutant reduction ratio between a livestock manure recycling process and facilities. Although phosphorus is known as a preservative matter, the treatment efficiency of T-P is analyzed to decrease by chemical precipitation.

**Key words** : Compost, Liquid fertilizer, Livestock manure fertilization, Pollutant reduction ratio, TOC (Total organic compound)

#### 1. Introduction

2017년 여름을 거치며 대청호 수계는 16년 만에 심각한 수준의 녹조 현상이 발생되었다. 최근 수년간 특별한 오염원의 변화가 없는 상태에서 주기적인 녹조 발생 빈도의 변화는 강우 사상에 기인하는 영향이 가장 큰 것으로 판단되며, 이는 수역의 녹조 발생에 영향을 미치는 오염원이 대부분 토지계와 축산계에 의한 농촌형 비점오염원이라는 것을 반증하는 것이다(Bae et al., 2010). 이 가설이 적정 하다면 현재 대청호의 녹조 저감을 위해서는 우선적으로 축산계와 토지계 발생 및 배출 부하에 대한 적정성을 검토하고 이들에 대한 저감 대책을 수립하여야 할 것이다. 대청호에서 녹조 발생이 가장 심한 소옥천 유역의 수질오염총량제 시행평가 자료에 의하면 대상 지역인 금분 F 지역의 T-P 발생 부하

는 축산계가 1,089 kg/일, 토지계 153 kg/일, 생활계 107 kg/일, 산업계 25 kg/일, 양식계 3.0 kg/일, 매립계 0.2 kg/일로 1,377.2 kg/일의 인부하가 발생하고 있으며 이중 79%가 축산계인 것으로 나타내었다. 인의 배출 부하량은 토지계 154 kg/일, 축산계 69 kg/일, 생활계 31 kg/일, 양식계 3.0 kg/일, 산업계 1.9 kg/일로 258.9 kg/일의 인이 1일 배출되는 것으로 산정되고 있다. 발생부하의 18.8%가 수계로 배출되는 것으로 나타나고 있으며 전체 발생 부하의 59.5%는 토지계에 의한 것이고 축산계는 26.7%로 나타나고 있다(Chungcheongbuk-do, 2015). 한편 우리 나라의 가축분뇨 처리 통계(ME, 2015a)를 보면 전체 발생량의 90% 이상이 퇴액비화 등 자원화로 처리되어 농지에 살포되고 있는바 가축분뇨 퇴액비의 발생량과 성상에 대한 정확한 자료가 획득되어야만 수계로 전달되는 가축분뇨 기인 유기물질 및 영양물질의 범위가 파악될 것이며 이를 통해 녹조 방지 대책의 수립이 가능할 것이다.

본 연구는 수질오염 총량제에 적용되는 가축분뇨 자원화 비율의 적정성 분석과 새롭게 도입되는 유기물 항목인 TOC의 값을 결정하고 이를 토대로 수계의 유기물질 및 영양물질 관리를 위한 기초자료의 제공을 위해 수행되었다.

\* To whom correspondence should be addressed.

swoa@wsu.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 2. Materials and Methods

### 2.1 가축분뇨 개별자원화시설 자원화처리비 산정 방법

개별 자원화 시설은 가축 사육농가에서 직접 퇴비와 액비를 생산하는 시설인데 발생 분뇨에 수분함량이 높은 돼지는 전처리과정을 통해 분리된 고형분은 퇴비시설에서 처리되고 있으며 나머지 액상 분뇨는 액비시설에서 처리되어진다. 한우와 젖소 등 소 사육농가는 상대적으로 분뇨의 함수율이 낮음에 따라 우사 바닥 깔짚 방식으로 분뇨를 퇴비화 하고 여기서 저장된 분뇨를 정기적으로 퇴비장(저장소)에 배출한다. 축산 개별 자원화 시설에 대한 조사는 양돈농가(퇴비, 액비 생산시설) 10개소, 한우와 젖소 사육농가(퇴비생산시설) 5개소를 조사하였고, 조사 지점 선정을 위해 지자체 및 관련단체의 협조를 받아 후보 조사지점들에 대한 정보를 수집한 후 2016년 5월에서 10월까지 6개월간 각각 4회씩 방문 조사 및 분석을 위한 현장 시료채취를 수행하였다. 개별자원화시설 조사지점들의 돈사 규모는 1,000두 이상 규모의 돼지 사육 농가로 모두 허가대상 시설이다. 한우, 젖소 사육 농가는 50~100 두 사이의 농가로 바닥 깔짚 방식의 퇴비화 방법으로 분뇨를 처리하고 있다.

농장에서 발생된 가축분뇨 원수를 전처리 과정인 고액분리전과 고액분리후로 나누어 TOC, BOD, SS, T-N, T-P 에 대해 분석하였으며 최종 자원화 생성물인 액비와 퇴비에 대하여도 동일하게 분석하였다. 생산된 퇴비는 팽화제의 영향을 고려한 경우와 팽화제를 제외한 상태의 시료로 구분하여 분석하였다. 시료의 분석방법은 수질오염공정시험기준(ME, 2015b)을 따랐으며, TOC는 고온연소산화법을 적용하였다. 고액분리 고형물과 퇴비는 폐기물 분석방법(ME, 2015c)으로 분석하였고 TOC 와 T-N은 수질오염공정시험기준의 퇴적물분석법에 따라 분석하였다.

### 2.2 위탁 자원화 시설 조사 방법

위탁자원화 시설은 개별 농가의 발생 가축분뇨를 수거하여 퇴, 액비의 자원화로 처리하는 시설을 말하는데 농, 축협 및 자원화 기업에서 운영하고 있다. 지자체가 직접 또는 위탁 운영하는 ‘공공처리시설’과 구분하여 ‘공동자원화 시설’이라 부르기도 하는데 현재 국내 운영 중인 위탁 자원화 시설은 총 75개소로 이중 58개소는 액비와 고형분 처리를 위한 퇴비화 시설을 갖추고 있는데 액비 6,034 톤/일, 퇴비 2,125 톤/일의 시설 용량을 갖추고 있다. 나머지 17개소는 퇴비화 공정만을 운영하고 있다. 본 연구에서는 액비와 퇴비 시설을 모두 갖춘 위탁 자원화 시설을 대상으로 총 20개소를 조사하였는데 이들 시설의 평균 시설 용량은 100 톤/일이며 퇴비 35 톤/일, 액비 시설이 65 톤/일로 조사되었다(NIER, 2016). 위탁자원화시설의 자원화 처리비 산정을 위한 각 시설 별 분석 대상 시료와 분석 방법은 개별자원화시설과 동일하게 적용하였다.

## 3. Results and Discussion

### 3.1 개별자원화시설 자원화 처리율 조사결과

개별 자원화 시설은 양돈농가와 한우, 젖소 농가의 주된 분뇨 처리 방법으로 국내 전체 발생량의 80% 정도가 개별 농가에서 액비와 퇴비 형태로 발생되고 있다. 자원화율이란 발생분뇨의 유기물과 질소, 인 농도에서 생산된 퇴, 액비의 삭감되는 농도비율을 말하며 자원화율 실측을 위해 고액분리 후 원수 농도와 생산액비의 농도 삭감비를 액비 자원화비로 산정하였으며, 고액분리로 생산된 고형물 농도와 퇴비의 농도비를 퇴비자원화비로 산정하였다. 그리고 최종적으로 고액분리된 고형물과 액상 분뇨의 부하비를 적용하여 혼합 자원화비를 산정하였다. 한편 우분 퇴비는 액상시료를 발생시키지 않고 고형물 형태로 발생되므로 돈분 시료와 구분하여 퇴비화율을 산정하였다. 현재 수질오염총량제에서는 퇴, 액비화 구분 없이 BOD 40%, 질소 20%, 인은 0%로 정하고 있다(ME, 2014a; ME, 2014b; NIER, 2014).

고액분리 전 돈분 시료의 평균 TOC는 24,285 mg/L(9,658~55,258 mg/L), BOD는 35,906 mg/L(10,593~84,739 mg/L), COD<sub>mn</sub> 26,389 mg/L(2,930~55,819 mg/L), TSS 39,727 mg/L(19,940~63,693 mg/L), T-N 4,481 mg/L(2,336~9,180 mg/L), T-P 1,010 mg/L(566~2,273 mg/L)로 계절 별 농도가 크게 차이를 보이고 있다. Table 1은 조사 분석된 양돈 및 한우 농가의 고액분리 전후 및 생산된 퇴, 액비의 농도를 보여주고 있다. 고액분리 후 TOC는 2,348~19,173 mg/L, 평균 8,918 mg/L로 분석되어 전처리 과정에서 약 63% 삭감이 발생하는데 많은 액비 생산 농가들이 액비 부하를 저감시키기 위해 원수의 고액분리 과정에서 폴리머 등 약품을 이용한 고액분리 공정을 사용하고 있는데 기인한다. 생산된 액비는 TOC기준 평균 3,031 mg/L로 나타났으며 퇴비는 TOC기준 평균 177,484 mg/kg으로 분석되었으며 범위는 98,000~259,643 mg/kg으로 큰 농도차를 보였다. 우분의 경우 퇴비원료와 부속하여 외부로 배출되는 생산 퇴비 시료를 분석하였는데, 퇴비원료인 우분의 농도는 TOC기준 평균 137,805 mg/kg이며, 퇴비의 농도는 TOC기준 평균 145,767 mg/kg로 측정되었다. 생산 퇴비가 퇴비 원료인 우분 보다 더 높게 나타나고 있으며, 이는 돈분 고형물과 돈분 생산 퇴비에서도 같은 현상을 보이는데 이는 가축분뇨 퇴비화를 위해 혼합되는 톱밥, 왕겨 등의 팽화제에 의한 것으로 판단된다. 실제 팽화제로 이용되는 톱밥의 경우 퇴비화 과정을 통해 유기물 및 질소 분이 거의 분해되지 않고 있는데 이들의 주 성분은 생물학적으로 분해가 잘 되지 않는 셀룰로오스로 알려져 있다.

수질오염총량관리 기술지침에서 제시하고 있는 자원화 처리비는 아래의 수식과 같다.

$$\text{자원화처리비} = (\text{자원화처리전 부하량} - \text{자원화처리후 부하량}) / \text{자원화처리전 부하량}$$

**Table 1.** The characteristics of livestock manure and manure fertilizers in individual livestock farm

Samples		TOC	BOD	T-N	T-P
Swine manure before pretreatment (mg/L)	Max	55,258	84,739	9,180	2,273
	Min	9,658	10,593	2,336	566
	Avg	24,285	35,906	4,481	1,010
	Std	14,018	21,820	2,003	533
Swine manure after pretreatment (mg/L)	Max	19,173	29,255	3,526	1,156
	Min	2,348	2,164	1,046	155
	Avg	8,918	11,403	1,934	400
	Std	5,073	8,107	740	286
Swine manure liquid fertilizer (mg/L)	Max	6,883	16,787	2,856	818
	Min	477	484	417	99
	Avg	3,031	4,523	1,109	268
	Std	2,374	5,173	694	206
Swine manure Compost (mg/kg)	Max	259,643	99,569	31,005	5,816
	Min	98,000	19,277	10,963	1,685
	Avg	177,484	50,733	20,733	3,275
	Std	58,687	31,143	7,640	1,249
Cattle manure (mg/kg)	Max	174,203	33,004	17,379	3,441
	Min	2,348	2,164	740	155
	Avg	73,856	18,370	7,487	1,238
	Std	71,320	10,334	6,636	987
Cattle manure compost (mg/kg)	Max	186,513	36,469	15,890	3,658
	Min	5,073	8,107	740	286
	Avg	122,318	17,722	11,057	1,757
	Std	64,536	10,252	6,126	1,085

현 기술지침상의 자원화 처리비는 고형물을 처리하는 퇴비화와 고액분리 후 액상을 처리하는 액비화에 대해 구분하지 않고 단일 자원화 처리비 BOD 0.4, T-N 0.2, T-P 0 으로 제시하고 있다. 본 연구에서는 이 들 수치의 근거 자료를 제시하기 위하여 돈분 액비, 돈분 퇴비 그리고 한우 및 젓소의 퇴비화 처리비를 각각 조사하였으며, 현 지침과 비교하는 단일화된 평균자원화처리비는 양돈 농가의 경우 퇴비와 액비의 각각 처리비를 처리 부하비율에 따라 산정 하였고, 퇴비 자원화비에 한우, 젓소의 자원화비를 포함하여 결정하였다. 전체평균 자원화비는 TOC 0.34(0.08~0.57), BOD 0.60(0.12~0.87), T-N 0.37(0.12~0.60), T-P 0.42(0.11~0.61) 로 나타나고 있는데 Table 2에 전체평균자원화 처리비와 돼지의 액비와 퇴비, 한우, 젓소의 퇴비 자원화비를 구분하여 보여 주고 있다. 수질오염총량제에 적용을 위해 단순화한 수치를 도출하였으나 실제 돈분의 액비 처리시와 퇴비 처리시의 자원화 처리비는 크게 다르게 나타나고 있다. 돈분 액비 자원화처리비는 TOC 0.63, BOD 0.62, T-N 0.42, T-P 0.32 로 조사되었고, 돈분 퇴비 자원화처리비는 TOC 0.37, BOD 0.83, T-N 0.50, T-P 0.64로 조사되었다. 퇴, 액비의 각각 발생 부하를 고려한 돈분 자원화 처리비는 TOC 0.43, BOD 0.76, T-N 0.46, T-P 0.55 로 산정되었다. 이는 기존 지침상의 BOD 0.4, T-N 0.2, T-P 0 에 비해 상당히 큰 값을 보

이고 있다. 기존 지침상의 수치는 생물학적 유기물질만을 고려한 이론적인 값인데 실제 미생물을 이용한 가축분뇨 퇴, 액비 생산과정에서는 암모니아성질소의 탈기, 생물학적 질산화-탈질소화 과정 등을 통해 유기물과 질소의 손실, 즉 제거율이 크게 나타나고 있다. 한편 보존성 물질인 인은 수중에서나 미생물합성 과정에서도 슬러지 제거를 하지 않는 한 농도 저하가 발생되지 않아야 하며 따라서 지침상에 그 값을 0으로 나타내고 있다. 그러나 현장 조사 결과에 의하면 퇴비나 액비 공정 모두에서 바닥이나 벽면에 결석

**Table 2.** Pollutants reduction ratio in individual farms recycling livestock manure

	TOC	BOD	T-N	T-P
liquid fertilizer	0.63	0.62	0.42	0.32
Pig slurry compost	0.37	0.83	0.50	0.64
Pig (liquid + compost)	0.43	0.76	0.46	0.55
Pig slurry compost (w/ bulking agent)	-0.04	0.81	0.33	0.61
Pig(liquid + compost w/ bulking agent)	0.04	0.63	0.28	0.46
Cattle manure compost	0.17	0.28	0.19	0.16
Compost(total)	0.3	0.64	0.4	0.48
Total Average	0.34	0.6	0.37	0.42

형태로 침적되어 제거율이 50% 내외까지 나타나고 있다. 그러나 인 침적물은 향후 어떤 형태로든 유출가능성이 있으므로 실측값보다는 이론적인 값을 적용하는 것이 타당할 것으로 사료된다.

지침보다 커진 각 항목별 제거율은 실제 환경으로 발생 되는 퇴비의 농도와는 차이를 보인다. 이는 퇴비 생산과정 중 수분조절제로 이용되는 톱밥의 영향인데 톱밥 자체가 유기물과 질소 성분을 함유율 25%, TOC 12~23%, T-N이 1.2~3.0% 농도로 포함되어 있다. 톱밥의 주입량은 고품질의 함유율에 따라 유량 대비 20~36% 정도로 주입된다. 톱밥은 주성분이 셀룰로오스로 구성되어 생물학적으로 거의 분해가 되지 않는 것으로 알려지는데 유입 분뇨의 고품질의 유기물이 40% 가량 제거된다고 가정하면 발생퇴비 부하의 30%는 톱밥에 기인하는 것이 된다. 실제로 톱밥의 농도를 고려하지 않고 자원화처리비를 산정하면 TOC 는 -0.04, T-N은 0.33으로 나타나 큰 폭으로 감소하게 된다. 또한 우분 퇴비를 구분하여 분석한 결과는 TOC 0.17, T-N 0.19로 나타나 돈분뇨보다 자원화 처리비가 훨씬 낮게 나타나고 있다. 이는 섬유질 성분이 많은 우분 특성상 유기물이 잘 분해되지 않는데 기인한 것으로 판단되며 수분함량이 낮아 질소의 분해율도 상대적으로 낮게 나타나고 있다(Thompson et al., 2001). 한편 퇴비의 BOD 자원화비는 톱밥 고려시와 미고려시에 크게 다르지 않게 나타나고 있는데 톱밥 자체가 미생물에 의해 분해되지 않으며 BOD 로 분석되지 않기 때문에 톱밥의 영향이 고려되지 않기 때문이다. 농업분야에서는 토양의 양분도 조사를 위해 가축분뇨 퇴, 액비의 양분부하계수를 산정하여 이용하고 있는데 수질 오염 총량제의 자원화처리비의 반대 개념으로 제거율이 아닌 아래 식에 나타낸 것과 같이 잔존을 비를 나타내고 있다(Rural Development Administration, 2015).

$$\text{양분부하조정계수} = \frac{\text{생산 퇴,액비의 양분총량}(\frac{kg}{d})}{\text{발생분뇨의 양분총량}(\frac{kg}{d})}$$

Table 3은 토양양분도 산정을 위해 제시되고 있는 양분조정계수값들을 나타낸 것인데 퇴비화를 통해 유기물의 거의 제거되지 않고 질소의 경우 2배 가까이 증가되는 것을 보여 준다(Eghball et al., 1997). 이는 본 연구에서 나타난 수분조절제의 영향이며 질소의 경우는 수분조절제 영향을 고려하고도 암모니아 탈기 등에 의해 본 연구와 유사한 결과를 제시하고 있다(Frederick et al., 2004). 또한 보존성 물질인 인의 경우 양분 조정 계수에 있어서도 실측 결과에 바탕을 두

었기 때문에 본 연구결과와 마찬가지로 최대 62%까지 삭감 되는 값을 보이고 있다(ME, 2016).

### 3.2 위탁자원화시설 자원화처리비 조사 결과

자원화 시설은 축산농가에서 자체적으로 운영하는 개별자원화 시설과 농·축협 및 자원화 기업에서 운영하는 위탁자원화 시설로 구분할 수 있다. 위탁자원화 시설은 “공동자원화 시설”로 표현되기도 하는데 위탁자원화시설의 자원화 처리비, 즉 오염물질 삭감율도 수질오염총량제 기술지침(NIER, 2014) 상에는 BOD 0.4, T-N 0.2, T-P 0의 단일값으로 제시되고 있다. 본 연구에서는 위탁 자원화 시설의 자원화처리비도 개별 자원화 시설과 마찬가지로 액비, 퇴비 및 부하 비율에 따라 통합 자원화 처리비를 산정하였다. 위탁자원화시설의 자원화 처리비를 Table 4에 나타내고 있는데 액비 자원화처리비는 TOC 0.41(0.22~0.87), BOD 0.46(0.22~0.87), T-N 0.40(0.18~0.64), T-P 0.29(0.12~0.70)로 나타났으며, 퇴비 자원화처리비는 TOC 0.37(0.09~0.74), BOD 0.81(0.62~0.94), T-N 0.51(0.22~0.77), T-P 0.61(0.20~0.88)로 조사되었다. 전체 자원화 처리비는 TOC 0.38(0.18~0.71), BOD 0.61(0.41~0.88), T-N 0.45(0.23~0.59), T-P 0.44(0.26~0.75)로 조사되었는데 T-N은 기존 지침의 2 배 이상으로 나타나고 있으며, 보존성 물질인 T-P도 개별 자원화 시설과 마찬가지로 0이 아닌 0.44로 나타나고 있다.

수분조절제 농도를 포함한 최종 퇴비 농도와 유입 분뇨의 농도와의 관계로 산정된 수분조절제 고려 자원화 처리비

**Table 4.** Pollutants reduction ratio in entrustment facilities recycling livestock manure

		TOC	BOD	T-N	T-P
Liquid fertilizer	Max	0.87	0.87	0.64	0.70
	Min	0.22	0.22	0.18	0.12
	Average	0.41	0.46	0.40	0.29
	Std	0.20	0.22	0.13	0.17
Compost	Max	0.74	0.94	0.77	0.88
	Min	0.09	0.62	0.22	0.20
	Average	0.37	0.81	0.51	0.61
	Std	0.20	0.10	0.19	0.21
Liquid fertilizer + compost	Max	0.71	0.88	0.59	0.75
	Min	0.18	0.41	0.23	0.26
	Average	0.38	0.61	0.45	0.44
	Std	0.17	0.15	0.10	0.14

**Table 3.** Nutrient load adjusting parameter (excerpted from agricultural papers)

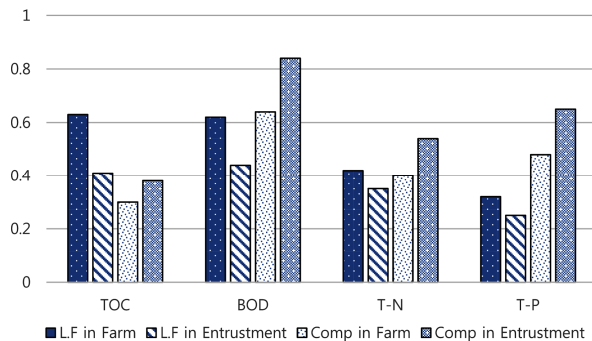
	(Rural Development Administration, 2015)			(ME,2016)	
	Organic	Nitrogen	Phosphorus	Nitrogen	Phosphorus
Cattle compost	0.96	0.31	0.6	0.48	0.44
Dairy Cow compost	1.92	0.8	0.84		
Pig compost	0.8	0.59	0.94	0.39	0.5
Liquid fertilizer	0.43	0.48	0.38	0.45	0.58

**Table 5.** Pollutants reduction ration considering bulking agent load

	TOC	BOD	T-N	T-P
liquid fertilizer	0.41	0.44	0.35	0.25
Pig slurry compost	0.38	0.84	0.54	0.65
Pig (liquid + compost)	0.38	0.61	0.45	0.44
Pig slurry compost(w/bulking agent)	-0.21	0.80	0.24	0.61

를 Table 5에 나타내었는데 TOC가 0.38에서 -0.21로, T-N은 0.54에서 0.24로 줄어들게 된다. 이는 가축분뇨를 퇴비로 자원화하는 경우 가축분뇨 자체의 부하는 감량이 되지만 수분 조절제의 첨가로 실제 농지와 수환경으로 환원되는 유기물 부하는 오히려 증가되어지며 질소 부하도 크게 줄어들지 않고 주로 톱밥과 왕겨를 수분조절제로 사용하는 퇴비화의 특성상 농지에 잘 분해되지 않는 유기성 물질의 축적을 염려할 필요도 있다.

위탁자원화시설과 개별 농가의 자원화 처리비를 비교하여 보면 위탁시설에서 생산된 퇴비가 부속도가 더 높고 상태로 생산되고, 액비는 질소의 농도가 충분히 확보된 상태로 생산·판매되는 특징을 보임에 따라서 개별시설 대비 퇴비 자원화처리비가 높고, 액비 자원화처리비가 낮은 것으로 판단된다. Fig. 1은 개별자원화 시설과 위탁자원화시설의 액비와 퇴비의 각각에 대한 자원화 처리비를 비교한 것인데 개별자원화시설의 퇴비는 대부분이 판매용으로 생산하지 않고 인근 농가에 무상 제공 또는 야적 상태로 유지됨에 따라서 처리비의 편차는 있으나 전반적으로는 위탁 대비 낮은 자원화처리비를 나타내고 있다. 액비는 전처리 단계에서 약품 주입을 통해 고액 분리 효율을 높이고 액비관리효용성(악취저감 등)을 위해 저부하 운전을 하고 있는 상황으로 위탁자원화시설 대비 높은 자원화처리비를 보이고 있다. 퇴비 자원화처리비는 위탁시설이, 액비 자원화처리비는 개별시설이 높음에 따라서 전체 자원화 처리비는 위탁시설이 다소 높은 경향을 보이고 있으나 큰 차이는 보이지 않는다. 자원화 처리비 중 퇴비 자원화와 액비 자원화 시설을 구분하여 평가하여야 하나 현재의 지침은 통합된 자원화비로 제시되



**Fig. 1.** Comparison of the livestock manure’s pollutant reduction ratio between an individual farm and an entrustment facility.

고 있다. 퇴비 시설의 자원화 처리비는 위탁시설이, 액비 시설의 자원화 처리비는 개별 처리시설이 효율이 더 높게 나타나며 전체 자원화 처리비는 위탁시설이 다소 높은 것으로 나타나고 있다.

퇴비 시설은 제품의 품질관리 차원에서 악취, 부속도 등의 관리가 중요하며, 판매용 퇴비를 생산하는 위탁 시설은 품질관리가 잘 되어있고 자원화비가 높은 편이다. 개별 처리시설은 판매용 퇴비 생산을 목적으로 하지 않으므로 품질관리가 상대적으로 불량한 편이며 자원화처리비가 낮게 나타나고 있다. 액비화의 경우는 퇴비화 자원화처리비와 반대 양상을 보이는데 위탁 시설의 액비는 비료 성분 함량을 높이기 위해 고농도 액비를 생산하는 편이나 개별 시설은 관리의 용이성을 위해 고액분리 약품 사용 등을 통해 가급적 저농도로 운영하여 자원화 처리비가 상대적으로 높게 나타나고 있다. 위탁처리시설의 실측 자원화 처리비는 TOC 0.38, BOD 0.61, T-N 0.45 T-P 0.44 로 나타났다. 전술한 바와 같이 인의 자원화처리비는 0으로 제시되어 있으나, 현장 실측 시 퇴비사에서 발생하는 불완전 혼합 및 화학 결합 축적 등에 의해 실제 시료 분석한 결과 0.44 로 나타나고 있는데 인의 보존성 특징을 고려하여 T-P의 자원화 처리비는 0으로 산정하는 것이 타당할 것으로 사료된다.

**4. Conclusion**

개별자원화시설 15개소와 위탁자원화시설 20개소를 대상으로 가축 분뇨 자원화 처리 전·후에 대한 유량, 수질, 부하량을 조사·분석하여 각 시설에 대한 액비와 퇴비 자원화 처리비를 구분하여 산정하였다. 개별자원화시설의 액비 자원화처리비는 TOC, BOD, T-N, T-P 각각에 대하여 0.63, 0.62, 0.42, 0.32로 조사되었고, 퇴비 자원화처리비는 0.30, 0.64, 0.40, 0.48로 조사되었으며, 전체 자원화처리비는 0.34, 0.60, 0.37, 0.42로 나타났다. 위탁자원화시설의 액비 자원화 처리비는 각 항목별로 0.41, 0.46, 0.40, 0.29로 조사되었고, 퇴비 자원화처리비는 0.37, 0.81, 0.51, 0.61로 조사되었으며, 전체 자원화처리비는 0.38, 0.61, 0.45, 0.44로 조사되었다. 위탁자원화시설의 퇴비는 대부분이 완전히 부속된 상태로 생산되고, 액비는 질소의 농도가 충분히 확보된 상태로 생산·판매되는 특징을 보임에 따라서 개별 자원화시설에 비하여 상대적으로 퇴비 자원화처리비가 높고, 액비 자원화처리비가 낮은 것으로 나타나고 있다.

**References**

Bae, S. H., Kim, W. J., Yoon, Y. H., Lim, H. M., Kim, E. J., and Park, J. R. (2010). Characterization of Runoff Properties of Non-Point Pollutant at a small Rural Area considering Land Use Types, *Journal of Korean Society on Water Environment*, 26(4), 654-663. [Korean Literature]

Chungcheongbuk-do. (2015). *The Third Stage Basic Plan of Chungcheongbuk-do TMDL in Gum River*, Chungcheongbuk-do, 7-8. [Korean Literature]

- Eghball, B., Power, J. F., Gilley, J. E., and Doran, J. W. (1997). Nutrient, Carbon, and Mass Loss During Composting of Beef Cattle Feedlot Manure, *Journal of Environmental Quality*, 26(1), 189-193.
- Frederick, C. M. Jr., Pecchia, J. A., Rigot, J., and Keener, H. M. (2004). Mass and Nutrient Losses During the Composting of Dairy Manure Amended with Sawdust or Straw, *Compost Science & Utilization*, 12(4), 323-334.
- Ministry of Environment (ME). (2014a). *TMDL Basic Guideline*, Ministry of Environment, 10-11. [Korean Literature]
- Ministry of Environment (ME). (2014b). *TMDL Action Plan Assessment Guide*, Ministry of Environment, 4-6. [Korean Literature]
- Ministry of Environment (ME). (2015a). *Annual statics of Livestock manure disposal*, Ministry of Environment, Ministry of Environment [Korean Literature]
- Ministry of Environment (ME). (2015b). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, Ministry of Environment, 87-137, 1146-1154. [Korean Literature]
- Ministry of Environment (ME). (2015c). *Standard Methods for the Examination of Solid Waste*, ES 06301. 1b, Ministry of Environment, 52-57. [Korean Literature]
- Ministry of Environment (ME). (2016). *A Foundation Construction Research to Introduce Total Maximum Nutrient Loading System*, Ministry of Environment, 75-79. [Korean Literature]
- National Institute of Environmental Research (NIER). (2014). *Total Maximum Daily Load(TMDL) Technical Guideline*, National Institute of Environment Research, 49-83. [Korean Literature]
- National Institute of Environmental Research(NIER). (2016). *A Base Study on Total Water Pollutants Load Management for Nonbiodegradable Matters(TOC) Control-Focused on relevant coefficients to determine the discharge loads of each contaminant sources-*, 11-1480523-002805-01, 41-94. [Korean Literature]
- Rural Development Administration. (2015). *Investigation of the Actual State of Livestock Manure Treatment and Nutrient Loading against the Policy Reinforcement*, PJ009832, Rural Development Administration, 94-105. [Korean Literature]
- Thompson, S. A., Ndegwa, P. M., Merka, W. C., Webster A. B. (2001). Reduction in Manure Weight and Volume Using an in House Layer Manure Composting System Under Field Conditions, *Journal of Applied Poultry Research*, 10(3), 255-261.