

하수처리수의 농업용수 재이용 활용자원조사

Investigation of Effluent of Wastewater Treatment Plants for Agriculture Reuse

이광야* · 김해도** · 정광근***

Kwang Ya Lee · Hae Do Kim · Kwang Kun Chung

Abstract

As an alternative water resources development, wastewater reuse for agricultural and instream uses are expected to be fond of the limelight. In order to find the feasible reuse system scheme for reclaimed water in real field, existing reuse sites were investigated for water quantity, quality, and irrigation scheme. From the results, most of sites supplied reclaimed water with a request of the users(farmers) and reuse techniques for agricultural use were to be needed in the sites which supplied over yearly 1.0×10^6 ton as agricultural water.

Key words: Wastewater, Effluent, Reuse water, agricultural water quality standard

1. 서론

2004년 말을 기준으로 전국에 가동중인 하수종말처리장은 271개이다. 2003년 말을 기준으로 243개소이며, 2002년에는 201개소로 계속 확대되고 있는 실정이다. 시설용량의 경우는 현재 약 21,732 천톤/일로서 2003년에 20,731천톤/일, 2002년에 19,975 천톤/일로서 매년 4~5%가 증가하고 있어 하수처리수의 효과적으로 재이용하는 방안이 필요한 시점이다. 그러나 아직까지 하수처리수의 위생적인 문제와 심리적인 불안감등으로 인해 활발히 사용을 못하고 있는 실정이다. 하지만 실제 전국에 산재되어 있는 하수처리장의 위치가 하천의 하류부에서 중류부, 심지어 상류부에 까지 위치해서 신설되고 있으며, 이는 곧 이미 상당량 부분의 하수처리수가 하천으로 방류된 뒤 하류부에서 취수하여 농업용수로 있다는 것을 의미한다.

본 연구에서는 하수처리장 방류수를 농업용수로 안전하게 재이용하기위한 기초자료 분석의 일환으로 전국에 산재되어 있는 하수처리장을 수계별 분류 및 농촌용수구역별 분류를 통해 직·간접적으로 농업용수로 사용되는 하수처리수의 수량을 파악하고, 하수처리수의 수계별로 집계한 수량의 수질분석결과와 농업용수수질기준과의 비교를 통하여 하수처리수의 재이용시 농업용 목적의 재처리시설이 필요한 수량을 파악하고자 한다. 또한 기존의 농업용수로 재이용되고 있는 지역을 중심으로 공급방법과 수혜지역 조사를 통해 기존 농업용수로의 재이용방법의 문제점을 도출하여 현재 국부적으로만 이용되고 있는 하수처리수의 농업용수로의 재이용을 보다 안전하고 신뢰할 수 있는 대체수자원으로 활용할 수 있도록 하고자 한다.

* 한국농촌공사 농어촌연구원 책임연구원 · E-mail : kylee@ekr.or.kr

** 한국농촌공사 농어촌연구원 주임연구원 · E-mail : searoad@ekr.or.kr

*** 한국농촌공사 농어촌연구원 책임연구원 · E-mail : kkchung@ekr.or.kr

2. 재료 및 방법

2.1 하수처리장의 수계·농촌용수구역별 분류

현재 전국의 하수처리장시설은 2004년 말을 기준으로 271개로서 하루 처리량은 약 21,732 천톤/일이다. 시군별 주요 처리장 개수로서 경기도는 65개소 4,519천톤/일의 하수를 처리하고 있으며 전북, 전남은 각각 16개소, 37개소 등이며 908천톤/일, 624 천톤/일을 처리하고 있다. 각 수계별로 발생하는 하수처리수를 농업용수로 재이용이 가능한 수량을 산정하기 위해 권역별(한강, 낙동강, 금강, 섬진강, 영산강) 분류와 함께 한국농촌공사(1999)의 '농업·농촌용수 종합이용계획'을 통해 작성된 464개 농촌용수구역과 '농촌용수공급체계재편계획(2003)'을 통해 작성된 각 용수구역별 소유역을 기준으로 하수처리수 수량을 분류하였다. 농촌용수구역별 소유역은 농업용수의 공급량과 수요량을 계획하는 기본단위로서 하수처리수를 농업용수로 공급하기 위한 계획의 수립시에 소유역 단위별로 공급가능 수량의 파악이 중요하다.

2.2 수계별 하수처리수 수질분석

하수처리수를 농업목적으로 재이용할 경우 하수재처리 시설이 필요한 수량을 파악하기 위해 수계별로 분류한 하수처리수의 수질을 분석한 결과에 대해 유역별 평균농도를 산정하여 기존의 농업용수 수질기준과 비교하였다. 또한 현재 농업용수로 재이용되고 있는 지역의 수질현황을 분석하였다. 하수처리수의 수질자료는 농업용수로의 재이용을 위한 재처리기술의 현장적용시 케이스별 적정 처리용량 결정에 필요한 자료로 판단된다.

2.3 지역별 농업용수 재이용지구 조사

환경부(2004)에서 발표한 자료에 따르면 전국 하수처리장 중 19개 처리장에서 농업용수로 재이용하는 것으로 발표하였다. 본 연구에서는 이러한 19개 농업용수 재이용 처리장에 대한 현장조사를 실시하여 하수처리수의 농업용수 재이용 방법 및 수질관련 자료를 수집하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 수계별 사용가능수량 분석

전국하수처리장의 수계별·농촌용수구역별로 하수처리수 수량을 산정하였다. Table 1은 수계별 하수처리장 개소 및 처리수량과 수계 내에 포함되어 있는 농촌용수구역 개소를 분류한 결과이다. 주요수계별·용수구역별 하수처리장 현황으로 한강권역의 경우 하수처리장은 99개가 위치해 있고, 낙동강의 경우는 79개소로서 전체 268개(제주도제외)중 66%가 집중되어 있으며, 한강과 낙동강에 방류되는 하수처리수량은 각각 11,584천톤/day, 6,018천톤/day로 총 21,732천톤/day 중 81%가 두 권역으로 방류되고 있다. 비교적 농지가 많은 비중을 차지하고 있는 금강, 섬진강, 영산강 권역의 경우 각각 46, 21, 23개소의 하수처리장이 위치해 있다.

각 하수처리수가 발생하는 농촌용수 구역별로 집계를 하면 한강권역의 경우 권역 내에 포함된 총 143구역의 농촌용수구역 중 53개의 구역으로 하수처리수가 방류되고 있고, 낙동강의 경우 총 146개의 용수구역 중 51개 구역 내의 수계로 방류되고 있다. 이 외에 금강, 섬진강, 영산강의 경우 각각 37, 18, 18개소의 농촌용수구역으로 하수처리수가 방류되고 있다. 또한 각 용수구역은 1~4개의 소유역으로 분류되어 있으며, 각 소유역별로 하수처리수 수량을 산정하므로써, 각 소유역에 포함되어 있는 농업기반시설을 이용하여 역시 소유역내에 위치한 농경지에 하수처리수를 공급할 수 있다.

Table 1. Classification of the plants according to the river basin and agricultural water zone

River region	Big river Basin	Wastewater Treatment Plant (EA)	Capacity (1000ton/day)	Advanced treatment Plants (EA)	Agricultural water zone (EA)
한강	한강	77	9,240	36	36
	한강동해	7	169	4	5
	한강서해	8	1,490	4	5
	안성천	7	685	3	7
낙동강	낙동강	51	3,080	25	39
	형산강	2	190	1	2
	태화강	2	65	1	2
	회화수영	7	2,002	1	2
	낙동강동해	7	67	5	6
	낙동강남해	10	614	5	7
금강	금강	29	1,374	7	21
	삼교천	5	228	1	4
	금강서해	5	86	2	5
	만경동진	7	822	1	7
섬진강	섬진강	12	81	3	11
	섬진강남해	9	310	6	7
영산강	영산강	13	803	2	11
	탐진강	3	0.4	0	1
	영산강남해	3	69	2	3
	영산강서해	4	159	2	3
Total		268	21,732	111	184

3.2 수계별 하수처리수질

각 하수처리장별 하수처리수의 수질을 수량으로 가중평균하여 수계별 하수처리수의 평균농도를 Table 2와 같이 분류하였다. 한강수계로 유입되는 처리량은 9,240천톤/day으로 BOD, COD, SS가 각각 11.60mg/L 11.71mg/L, 6.39mg/L이고, 낙동강의 경우 처리량 3,080천톤/day으로 BOD, COD, SS가 각각 4.16mg/L 10.01mg/L, 4.01mg/L 나타났다. 각 수계별 평균농도는 대부분 농업용수 수질기준을 만족하지 않는 것으로 나타났는데 그 이유는 하수처리수수질기준에 따라 하수를 처리하기 때문이며 이중에 농업용수 수질기준을 만족하고 있는 하수처리수는 Table 2와 같이 권역별로 나타났다. 농업용수 수질기준(BOD, COD)을 만족하고 있는 한강권역내의 하수처리수는 36개소 183천톤/day이고 낙동강권역의 경우 36개소 1,162천톤/day, 금강, 섬진강, 영산강의 경우 각각 21개소, 10개소, 5개소이고 처리량은 각각 135천톤/day, 319천톤/day, 157천톤/day으로 나타났다.

Table 2. Classification of the plants and the amount of effluent which within Water Quality Standard for Agricultural water

권역	농업용수 수질기준 이하 처리장개소 /총처리장 개소	수질기준 이하 처리수량 /총 처리수량 (10 ³ m ³ /day)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	TN (mg/L)	TP (mg/L)
한강	36 / 97	183 / 11,451	4.31	6.52	3.83	10.57	0.87
낙동강	36 / 77	1,162 / 5,764	2.81	6.85	3.86	9.49	1.10
금강	21 / 46	135 / 2,509	4.66	6.59	4.69	8.90	1.24
섬진강	10 / 21	319 / 391	4.87	4.20	3.64	5.92	0.74
영산강	5 / 20	157 / 1,031	4.42	5.97	3.70	12.39	0.81

3.3 재이용지구 현황 분석

하수처리수의 농업용수로의 재이용지구의 재이용방법을 조사한 결과 연간 100만톤 이상을 재이용하는 지구 중에서 하동 그리고 2005년도에 신설된 천안 성환하수처리장의 경우는 방류구 이전에 양수기 또는 펌프시설 및 공급수로를 이용하여 제공하고 있다. 천안, 제천하수종말처리장에서 재이용되는 방식은 방류하천으로 유출된 다음 하류부 취입보에 의해 사용되고 있는 특징이 있다. 경기도 군포의 부곡하수종말처리장의 경우는 방류수가 전량 한국농촌공사 관할인 왕송저수지로 유출되고 있어 관할 수혜지역인 380ha에 전량 공급되고 있다. 수원하수처리장의 경우 방류하천인 황구지천으로 유입되기 직전에 병점양수장이 위치해 있어 병점 지역 일대 220ha를 하수처리수로 이용하고 있다. 그 외 하수처리장의 경우는 시군관할 지역이거나 개인적으로 하수처리장의 요청에 의해 공급되고 있다.

현장조사결과 현재 재이용되고 있는 지구 중 소규모 사용지역의 경우 처리수가 하천으로 유입되어 회석된 후 하류에서 취수하는 지역이 대부분이고 수질도 문제가 되고 있지는 않았다. 하지만 연간 100만톤 이상 공급하는 지구의 경우는 농업용수로 재이용 재처리기술이 필요할 것으로 판단된다. 왜냐하면 일반 하천으로 유입이 되어 회석이 되더라도 하더라도 방류구에서부터 취수시설까지 거리가 비교적 짧고 빠른 시간 내에 취수되므로 재처리를 고려해야 할 것으로 판단된다. 제천하수처리장이 경우 최종방류구에서 하류 취수시설까지의 거리가 약 1km 정도이나 중간에 유입이 되는 지천이 없고, 천안하수처리장의 경우 최종방류구에서 하류 취수시설까지 불과 100m 정도 떨어져 있으며 두 지역 모두 방류구와 취입시설사이에 유입되는 지류는 없으므로 대부분이 농업용수로 사용되고 있다. Table 3은 연간 100만톤 이상 농업용수로 재이용되고 있는 지구의 하수처리수 수질현황이다. 현재 재이용되고 있는 지구의 경우 대부분의 항목에서 농업용수 수질기준을 상회하고 있는 실정으로 안전하게 하수처리수를 농업용수로 이용하기 위해서는 별도로 하수재처리 시설이 필요할 것으로 판단되어 진다.

Table 3. Water quality of reuse of effluent discharged from wastewater treatment plant

Plant	Capacity (1000ton/day)	Influent (1000ton/day)	Effluent water quality(mg/L)					
			BOD	COD	SS	T-N	T-P	Coliform
부곡	10.0	12.0	7.0	9.6	7.7	12.622	1.192	300
제천	70.0	52.0	7.9	8.8	2.3	17.053	1.314	630
천안	150.0	134.0	9.1	10.3	4.5	8.608	0.710	893
하동	7.5	7.0	5.3	5.8	6.5	13.065	1.319	510

4. 결론

본 연구는 대체수자원으로서 하수처리장 방류수를 농업용수로 재이용하기 위한 기초자료 분석의 일환으로 전국에 산재되어 있는 하수처리수의 방류현황과 수질데이터를 수집하여 수계별 분류 및 농촌용수구역별 분류를 통해 농업용수로 사용가능한 하수처리수의 수량 및 수질을 파악하였다.

전국에 산재되어 수계로 방류되고 있는 하수처리수를 수계별·농촌용수구역별로 농업용수로 재이용 가능한 수량을 분류한 결과 한강권역으로 방류되고 있는 총 11,584천톤/day의 수량은 53개의 농촌용수구역에 공급할 수 있으며, 이중 183천톤/day 정도는 별도의 하수재처리 시설 없이 사용할 수 있는 것으로 판단되어 진다. 낙동강의 경우 총 6,018천톤/day의 수량은 58개의 농촌용수 구역에 용수를 공급할 수 있으며, 이중 1,162천톤/day는 직접 사용가능한 것으로 판단된다.

기존의 재이용지구를 조사한 결과 연간 100만톤 이상 공급하는 지구의 경우 농업 목적의 하수

재처리기술이 필요할 것으로 판단된다. 왜냐하면 일반 하천으로 유입이 되어 희석이 되더라도 하더라도 방류구에서부터 취수시설까지 거리가 대부분 짧고 빠른 시간 내에 취수되고 있고, 원수를 직접 펌프로 공급하고 있으며, 군포의 부곡하수처리장의 경우 하수처리수 전량이 왕송저수지로 유입되고 있기 때문이다. 적절한 처리 없이 하수처리수를 농업용수로 이용할 경우 영농활동과 벼 생육에 지장을 초래할 수 있으며 특히 세균 등의 오염원이 상존하므로 위생에 큰 위험성을 내포하므로 재처리 시설을 도입해서 안전한 농산물을 생산해야 할 것으로 판단된다.

감 사 의 글

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(과제번호:4-5-2)에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 강문성, 박승우, 김상민, 성충현, 2004. 하수처리수의 재이용을 위한 벼 재배시험, 한국농공학회지 Vol.46(1), pp.75-86.
2. 강봉래, 김진태, 고기원, 허목, 2003. 제주도 대체수자원 확보를 위한 하수처리장 방류수 재이용 연구, 한국지하수토양환경학회, pp.180-183.
3. 권태영, 1999. 농촌오수 처리수의 농업용수로의 재이용 가능성에 관한 연구, 건국대학교 대학원 석사학위논문.
4. 김상민, 강문성, 박승우, 2003. 수질 모니터링과 원단위법을 이용한 농업소유역의 오염부하량 추정, 한국농공학회지 Vol.45(3). pp.94-102.
5. 김상민, 박승우, 2004. 농촌소유역의 오염부하 추정을 위한 HSPF 모형의 보정과 검증, 한국수자원학회논문집 Vol.37(8), pp.643-651.
6. 김진호, 이종식, 정구복, 윤순강, 고문환, 심재천, 권순국, 2003. 농업용수 수질기준의 문제점 및 개선대책, 한국제농지, Vol.15(3), pp.179-188.
7. 농림부, 농어촌진흥공사, 1999, 농촌용수수요량조사 종합보고서
8. 농림부, 농업기반공사, 2003, 농촌용수공급체계재편계획 종합보고서
9. 농림부, 농어촌진흥공사, 1999, 농업·농촌용수 종합이용계획
10. 윤병만, 노영신, 2001. WASP5를 이용한 신갈저수지 하수종말처리장 가동시의 부영양화 및 수질 변화 예측, Journal of Research Institute of Industrial Technology, Vol.20, pp.789-794.