

농업용수 수질개선을 위한 침강지의 수질정화 특성

김형중* · 김동환**

Water Purification Characteristics of Sedimentation Basin for Agricultural Water Quality Improvement

Kim Hyungjoong*, Kim Donghwan**

Abstract

A sedimentation basin for agricultural water quality improvement was researched to analyze the water quality purification characteristics. The sedimentation basin constructed at the inlet of Gamdon reservoir in Muan-gun, Jeollanam-do was selected as the research field of this study. The surface area of the sedimentation basin is 34,000m², volume is 122,000m³, and hydraulic retention time is 0.3hr~7.3day. The average influent loading of SS was 156.6kg-SS/d, and the effluent loading was 67.5kg-SS/d with the average removal rate of 56.9%. The average influent loadings of BOD and COD were 33.0kg-BOD/d and 60.3kg-COD/d respectively, and the effluent loadings were 26.4kg-BOD/d and 48.6kg-COD/d with the average removal rate of 20.1% and 19.3% respectively. Therefore, the results of this study show that a sedimentation basin can purify SS and organic matters. The average influent loadings of T-N and T-P were 28.7kg-TN/d and 2.97kg-TP/d respectively, and the effluent loadings were 16.3kg-TN/d and 1.41kg-TP/d with the average removal rate of 43.0% and 52.6% respectively. In conclusion, the overall results of this study show that a sedimentation basin is a feasible alternative to purify organic matters and nutrients.

Keywords: Sedimentation basin, Reservoir, Removal rate, Water quality, Organic matters, Nutrients

I. 서론

국민들의 친환경 농산물에 대한 요구가 높아짐에 따라 농업용수 수질개선에 대한 관심 또한 높아지고 있는 가운데, 농업용수 수질개선을 위하여 인공습지와 침강지가 많이 설치되고 있다. 저수지 유입하천에 취수보를 설치하여 설계강우 이하의 유량이 유입하는 경우에는 전량을 인공습지에서 정화하여 저수지로 들여보낸다. 그러나 설계강우 이상으로 유량이 많아지는 경우에는 인공습지의 용량을 크게 해야 하기 때문에 공사비가 많이 소

요된다. 이 때문에 설계유량 이하의 유량은 인공습지로 유입시키고, 설계유량을 초과하는 유량은 저수지 유입부에 설치한 침강지에서 오염물질을 정화한 후 저수지로 유입시키고 있다.

침강지와 유사한 용어로 체류지, 저류지 등이 사용되고 있어 이들을 정확히 분류하는 것은 어렵는데, 본 연구에서는 저수지 유입부 수면을 이용하여 체류지와 같은 기능을 하도록 설치한 수리구조물을 침강지(Sedimentation Basin)라 정의하였다. 침강지는 저수지 유입부에 보조댐을 축조하여 조성하는데, 침강지에서는 유입수의 유속을 감소

* 한국농어촌공사 농어촌연구원 (iamwater@ekr.or.kr)

** 한국농어촌공사 농어촌연구원 (Corresponding author kimdh@ekr.or.kr)

Received April 14 2014; Revised April 30 2014; Accepted May 7 2014

Copyright ©2014, Korean National Committee on Irrigation and Drainage

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.

시켜 유입수 중의 부유물질을 중력에 의해 침강시켜 오염물질이 저수지 본체로 유입되는 것을 방지함으로서 저수지의 수질이 악화되는 것을 방지한다. 즉, 침강지는 저수지로 유입되는 입자성 또는 흡착성 오염물질의 침강 및 퇴적작용을 더욱 증진시켜 저수지 하류로의 이동을 억제하는 역할을 한다. 또한 유입된 오염물질은 침강지에서 체류되면서 생물학적 자연정화작용에 의해 제거되게 된다. 침강지는 기존 저수지의 수면을 이용함으로서 추가적인 부지확보의 필요성 없이 저수지 전체로의 퇴적확산을 방지하여 퇴적물 준설을 효율적으로 수행할 수 있다는 장점이 있다(Jang *et al.*, 2005).

침강지 등과 관련된 연구로서 Jang *et al.* (2005), Martin (1988), Mays (1999), Wu *et al.* (1996)은 비점오염물질의 처리를 위하여 체류지(Wet Detention pond)가 많이 이용되고 있고, 입자성 오염물질의 50~90%, 영양염류의 40~60%를 제거하는 능력이 있는 것으로 보고하고 있다. Park *et al.* (2000)은 저수지 유입부를 깊게 준설하고 침강지를 조성하면 오염물질을 침전시킬 수 있다고 보고하였다. Jang *et al.* (2005)은 준설형, 차수막형, 보조댐형 등 침강지 조성형태에 따른 정화효율을 비교분석하였고, 침강지에서 COD, T-N, T-P 및 SS의 정화효율이 38.0%, 24.0%, 35.0%, 49.0%라고 보고하였다. Pae *et al.* (2008)은 침강시설의 평균 정화효율은 부유물질(SS) 55.7%, 총질소(T-N) 61.0%, 총인(T-P) 55.9%라고 보고하였다. 최근 Ryu *et al.* (2011)은 농촌지역에서 강우시 초기유출수에 입자형태의 SS, T-P의 유출이 뚜렷하므로 저류지를 통해 초기 강우유출수의 비점오염물질을 제거하는 것이 바람직하다고 보고하고 있다. Kim *et al.* (2013)은 논에서 오염물질이 배출되기 전에 저류지를 설치하면 양분물질의 배출을 저감할 수 있다고 보고하였고, Kim (2013)은 저류지에서 오염물질 저감기능을 극대화하기 위해서는 저류지 유입량 제어가 필요하다고 보고하고 있다.

Byeon (2013)은 생태환경복원을 위한 저류지 설계 방안을 제시하기도 하였다. 그 외 국내에서 건설공사장 유출수의 처리와 토지개발에 따른 홍수조절 목적의 저류지(Dry Detention Pond)를 적용하는 사례는 있으나, 수질정화 목적의 체류지에 대한 연구사례는 드물다(Lee *et al.*, 2000)고 보고하고 있다. 또한 그간의 연구들은 단기간의 운영 결과를 분석한 경우가 많으므로 장기간의 운영에 따른 정화효율을 분석하여 향후 침강지의 설계 및 유지관리에 활용할 필요가 있다.

본 연구에서는 장기간 운영되고 있는 침강지의 정화효율을 분석하여 향후 침강지를 조성하고 관리하는데 필요한 기초자료를 제공하기 위하여 전남 무안군 감돈 저수지에 설치되어 11년간 장기 운영되고 있는 침강지를 대상으로 2011년부터 2013년 사이에 조사를 실시하고 그 결과를 분석하였다.

II. 재료 및 방법

감돈 저수지 침강지의 체류시간은 연평균 유입량과 최대홍수량을 기준으로 각각 7.3일과 0.3시간이다. 침강지의 만수면적은 34,000m², 용량은 122,000m³이고, 수표면적 대 배수구역 면적비는 0.7%이다. 침강지를 조성하기 위하여 저수지 유입부에 Fig. 1과 같이 보조댐을 설치하였는데, 높이는 5.5m로 저수지 만수위 보다 0.5m 낮게 축조되었다. 길이는 290m로써 아치형으로 설치하여 홍수시 상류에서 유입되는 영농폐자재 등 부유쓰레기가 침강지 내측 저수지 양안으로 모일 수 있도록 하여 부유물 수거에 편리성을 도모하였다. 감돈 저수지 침강지는 2002년에 공사를 시작하여 2003년도에 완공되어 11년째 운영되고 있다(Ministry for Food, Ggriculture, Forestry and Fisheries, 2012).

수질정화효율 분석을 위한 현장조사는 2011년부터 2013년도 사이에 총 11회 실시하였다. 수

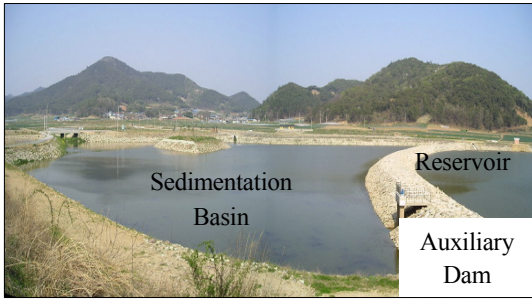


Fig. 1. Photo of the Sedimentation Basin.

온, 수소이온농도(pH), 전기전도도(EC : Electric Conductivity), 용존산소(DO : Dissolved Oxygen)는 현장에서 수질측정기로 직접 측정하였고, 부유물질(SS : Suspended Solids), 생물화학적 산소요구량(BOD : Biochemical Oxygen Demand), 화학적 산소요구량(COD : Chemical Oxygen Demand), 총질소(T-N : Total Nitrogen), 총인(T-P : Total Phosphorus), 클로로필-a(Chl-a : Chlorophyll-a)는 시료채취 후 현장에서 전처리를 하여 냉장보관하면서 실험실로 운반하고 수질오염공정시험기준에 의거하여 분석하였다. 현장 수질조사시 유입수의 유속과 유수 단면적을 측정하여 유량을 산정하였다. 침강지에서의 수질정화효율은 수질농도에 유량을 곱하여 구한 부하량을 이용하여(유입부하량-유출부하량)/유입부하량 × 100(%)으로 구하는 부하량 합산법(Summation of Loads : SOL)으로 계산하였다(Ministry of Environment, 2008).

유입수와 유출수의 농도 및 부하량 사이에 통계적인 차이가 있는지를 분석하기 위해서는 우선 정규성 검정을 실시하여야 한다. 정규성 검정에 쓰이는 대표적인 방법에는 Kolmogorov-Sminov 검정과 Shapiro-Wilk 검정이 있는데, 데이터의 수가 몇 천개 이상으로 많은 경우에는 Kolmogorov-Sminov 검정을, 데이터의 수가 적은 경우에는 일반적으로 Shapiro-Wilk 검정을 이용한다. 또한 보통 2그룹의 평균을 비교할 때 정규성을 만족하면 T-test를 이용하고, 정규성을 만족하지 못하면

Wilcoxon 검정으로 비교한다. 본 연구에서는 데이터 수가 11개로 적기 때문에 Shapiro-Wilk 방법으로 정규성 검정을 실시하고, 정규성을 만족하면 T-검정으로, 정규성을 만족하지 못하면 Wilcoxon 검정으로 유입수와 유출수 사이의 유의성을 분석하였다. 통계분석은 통계분석 프로그램인 SPSS(ver. 18)를 이용하였다.

III. 결과 및 고찰

2011~2013년도 침강지 유입수의 수온은 Table 1과 같이 $16.3 \pm 5.5^{\circ}\text{C}$ 였는데, 유출수는 $19.6 \pm 5.7^{\circ}\text{C}$ 로 높아지는 경향을 보였다. 이는 침강지는 수심이 낮고, 수면적이 넓은 뿐만 아니라 식물이 자라지 않기 때문에 햇빛의 영향을 받아 수온이 상승한 것이다.

침강지 유입수의 pH는 Table 1과 같이 7.4 ± 0.3 이었는데, 유출수는 8.3 ± 0.5 로써 유입수에 비해 유출수에서 높아지는 경향을 보였다. 이는 침강지에 퇴적물이 많이 쌓여 여기에서 영양분이 용출되어 영양염류의 농도가 높고, 햇빛을 직접적으로 받기 때문에 광합성이 활발하여 조류가 많이 번성하고 이의 영향으로 pH가 높아진 것으로 판단된다.

EC는 Table 1과 같이 유입수가 $202.2 \pm 35.3 \mu\text{S/cm}$ 였는데, 유출수는 $173.6 \pm 16.9 \mu\text{S/cm}$ 로써 유출수가 다소 낮은 경향을 보였으나, 유입수 및 유출수는 모두 작물생장에 지장이 없는 기준인 $700 \mu\text{S/cm}$ (Ayers *et al.*, 1985)에 비해 매우 작은 값이기 때문에 농업용수로 이용하는데 문제는 없는 것으로 판단된다.

DO는 Table 1과 같이 유입수가 $8.3 \pm 1.2 \text{mg/L}$ 이고, 유출수는 $8.9 \pm 3.0 \text{mg/L}$ 로써 유출수에서 다소 높아지는 경향을 보였다. 이는 침강지에서 대기와의 재폭기 및 활발한 광합성 때문에 증가된 것으로 판단된다. 유입수와 유출수는 대부분 호소의 농업용수 수질기준인 2.0mg/L 이상을 만족하

고 있었다.

SS는 Table 1과 같이 유입수가 $31.2 \pm 28.9\text{mg/L}$ 였는데, 유출수는 $11.7 \pm 9.4\text{mg/L}$ 로써 침강지에 서 SS가 저감되어 유입수보다 유출수가 낮고 안정된 경향을 보였다.

유입수와 유출수 농도 사이에 통계적으로 차이가 있는지를 살펴보기 위하여 정규성 검정을 실시한 결과, Table 2와 같이 BOD, COD, T-N, Chl-a는 정규성을 만족하여 T-검정으로, SS 및 T-P는 정규성을 만족하지 못하여 Wilcoxon 검정으로 유

Table 1. Water Quality of Influent and Effluent.

Classification		Average	Minimum	Maximum	Standard Deviation
Temp. (°C)	Influent	16,3	11,8	27,2	5,5
	Effluent	19,6	14,1	30,1	5,7
pH	Influent	7,4	7,1	7,8	0,3
	Effluent	8,3	7,4	9,0	0,5
EC ($\mu\text{S/cm}$)	Influent	202,2	145,0	251,0	35,3
	Effluent	173,6	153,0	203,0	16,9
DO (mg/L)	Influent	8,3	5,5	9,4	1,2
	Effluent	8,9	1,2	12,6	3,0
SS (mg/L)	Influent	31,2	1,2	96,8	28,9
	Effluent	11,7	2,0	29,3	9,4
BOD (mg/L)	Influent	7,5	0,1	16,1	4,8
	Effluent	6,3	0,8	10,2	3,6
COD (mg/L)	Influent	12,7	4,2	24,8	6,0
	Effluent	9,6	5,2	15,3	3,2
T-N (mg/L)	Influent	6,6	4,6	7,7	1,0
	Effluent	3,0	1,6	5,6	1,4
T-P (mg/L)	Influent	0,65	0,29	1,53	0,36
	Effluent	0,23	0,03	0,95	0,27
Chl-a (mg/m ³)	Influent	16,3	0,3	42,0	12,3
	Effluent	32,8	13,8	63,4	15,9

Table 2. Results of Normality Test by Shapiro-Wilk of Influent and Effluent.

Classification		SS	BOD	COD	T-N	T-P	Chl-a	
p-value	Concentration	Influent	0,112	0,500	0,474	0,176	0,150	0,635
	Effluent	0,031	0,084	0,285	0,051	0,001	0,271	
Loading	Influent	0,001	0,001	0,000	0,009	0,074	0,147	
	Effluent	0,000	0,054	0,001	0,001	0,000	0,000	

*95% of confidence level

입수와 유출수 사이의 유의성을 분석하였다.

유입수와 유출수의 SS 농도에 대하여 95% 신뢰수준에서 Wilcoxon 검정을 실시한 결과 Table 3과 같이 $p=0.026(<0.05)$ 으로써 통계적으로 유의한 차이를 보이는 정도로 침강지에서 SS가 저감되는 것으로 나타났다.

침강지에서 SS의 정화효율은 Table 4 및 Fig. 2와 같이 평균적으로 156.6kg-SS/d가 유입되고 67.5kg-SS/d가 유출되어 56.9%의 정화효율을 보였는데, 이는 Pae *et al.* (2008)의 55.7%, Jang *et al.* (2005)의 49.0%에 비해 다소 높은 값이다. 대부분의 시기에 유입 부하량에 비해 유출 부하량이 낮아지는 경향을 보였다. 유입 부하량과 유출 부하량에 대하여 정규성 검정을 실시한 결과, Table 2와 같이 정규성을 만족하지 못하여 Wilcoxon 검

정으로 유입수와 유출수 사이의 유의성을 분석하였다. 95% 신뢰수준에서 Wilcoxon 검정을 실시한 결과 Table 3과 같이 $p=0.033(<0.05)$ 으로써 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타나, 침강지에서 SS가 잘 저감되고 있는 것을 알 수 있다. 이와 같이 침강지에서 SS가 제거되는 것은 강우시에 많은 토양입자가 유입되지만 토양입자 자체가 무겁고, 침강지에 유입되면 수면적이 넓어져 급속히 유속이 느려지므로 토양입자가 중력에 의해 침강되기 때문이다. 이와 같이 감돈 저수지 침강지는 30mm/d 이상의 강우시 비점오염물질을 침강시키기 위해 설치한 시설이므로 수질개선시설로서의 기능을 유지하고 있는 것으로 보인다.

BOD농도는 Table 1과 같이 침강지 유입수는 $7.5 \pm 4.8\text{mg/L}$ 였는데, 유출수는 $6.3 \pm 3.6\text{mg/L}$ 로

Table 3. Results of T-Test and Wilcoxon Test of Influent and Effluent.

Classification		SS	BOD	COD	T-N	T-P	Chl-a
p-value	Concentration	0.026	0.545	0.143	0.000	0.021	0.013
	Loading	0.033	0.722	0.091	0.003	0.033	0.131

* 95% of confidence level

Table 4. Pollution Loadings of Influent and Effluent.

Classification		Average	Minimum	Maximum	Removal Rate (%)
SS (kg/d)	Influent	156.6	3.4	694.7	56.9
	Effluent	67.5	2.0	386.3	
BOD (kg/d)	Influent	33.0	0.1	146.9	20.1
	Effluent	26.4	0.9	71.3	
COD (kg/d)	Influent	60.3	5.1	265.0	19.3
	Effluent	48.6	2.3	201.7	
T-N (kg/d)	Influent	28.7	2.4	94.8	43.0
	Effluent	16.3	0.8	68.7	
T-P (kg/d)	Influent	2.97	0.21	8.95	52.6
	Effluent	1.41	0.01	7.26	
Chl-a (g/d)	Influent	64.1	1.7	189.1	-175.1
	Effluent	176.4	7.2	835.8	

써 유출수에서 낮아지고 안정화되는 경향을 보였다. 그러나 BOD의 유입수와 유출수에 대하여 T-검정을 실시한 결과 95% 신뢰수준에서 $p=0.545$ 로써 통계적으로 유의한 차이는 없었다. BOD 정화효율도 Table 4 및 Fig. 2와 같이 평균적으로 33.0 kg-BOD/d가 유입되고 26.4kg-BOD/d가 유출되어 20.1%의 정화효율을 보였으나 $p=0.722$ 로써 통계적으로 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다.

COD의 경우도 BOD와 마찬가지로 Table 1과 같이 유입수와 유출수가 각각 $12.7 \pm 6.0\text{mg/L}$, $9.6 \pm 3.2\text{mg/L}$ 로 유출수에서 낮아지고 안정된 경향을 보였으나, 95% 신뢰수준에서 $p=0.143$ 으로 통계적으로 유의한 차이는 없었다. COD 정화효율도

Table 4 및 Fig. 2와 같이 평균 60.3kg-COD/d가 유입되고 48.6kg-COD/d가 유출되어 19.3%의 정화효율을 보임으로서 Jang *et al.* (2005)의 38.0%에 비해 낮은 값을 나타냈다. 그러나 95% 신뢰수준에서 $p=0.091$ 로써 유입 및 유출 부하량 사이에 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 이상과 같이 유기물, 특히 COD의 정화효율이 높지 않았는데, 이는 Chl-a의 구성성분 중 가장 많은 부분을 차지하는 것이 탄소(C)이기 때문에 수심이 얇고 햇빛을 직접 받는 침강지에서 활발한 광합성에 의해 성장한 Chl-a가 침강지에서 COD의 상승에 영향을 미쳤기 때문인 것으로 판단된다(Jeon *et al.*, 2002). 즉, Chl-a의 비용해성 COD농도의 증가가

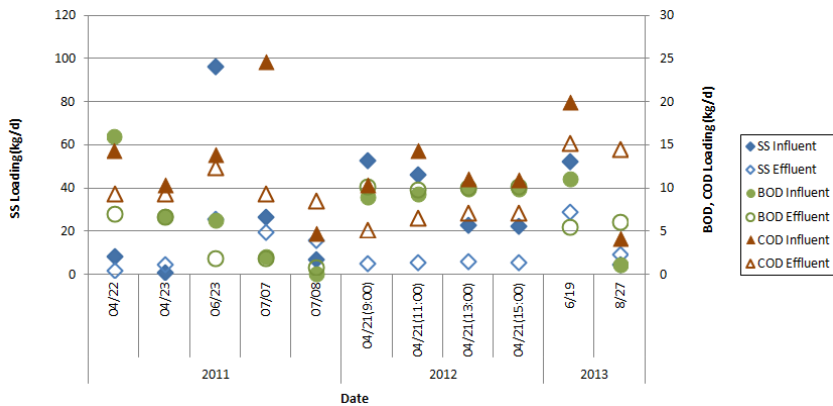


Fig. 2. Variations of SS, BOD, and COD Loadings.

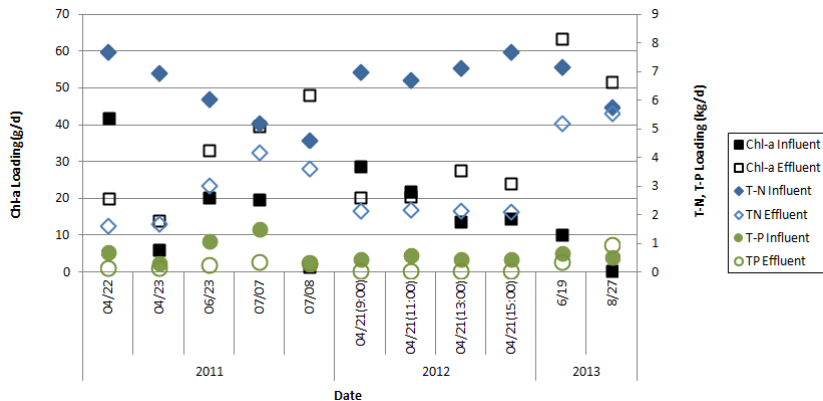


Fig. 3. Variations of Chl-a, T-N, and T-P Loadings.

침강지에서 COD농도의 증가에 직접적인 영향을 주고 있는 것으로 판단된다(Yang *et al.*, 2006).

T-N의 경우 Table 1과 같이 유입수는 $6.6 \pm 1.0\text{mg/L}$ 였는데, 유출수는 $3.0 \pm 1.4\text{mg/L}$ 로 낮아져 정화효과가 있었고, 대부분 유입수에 비해 유출수의 T-N 농도가 낮아지는 경향을 보였다. 95% 신뢰수준에서 T-검정을 실시한 결과 $p=0.000$ 으로 통계적으로 유의한 차이를 보였다. T-N의 정화효율도 Table 4 및 Fig. 3과 같이 28.7kg-TN/d 가 유입되고 16.3kg-TN/d 가 유출되어 43.0%의 정화효율을 보였다. 이 정화효율은 참고문헌(Pae *et al.*, 2008, Jang *et al.*, 2005)의 정화효율인 24~61.0%의 범위에 있는 값이다. 95% 신뢰수준에서 $p=0.003$ 으로 통계적으로 유의한 차이를 보여 침강지에서 질소가 정화되고 있는 것을 알 수 있다.

T-P농도는 Table 1과 같이 유입수는 $0.65 \pm 0.36\text{mg/L}$ 였는데, 유출수는 $0.23 \pm 0.27\text{mg/L}$ 로 낮아졌고, 95% 신뢰수준에서 Wilcoxon 검정 결과도 $p=0.021$ 으로써 침강지에서 통계적으로 유의한 차이를 보일 정도로 T-P가 정화되었다. T-P의 정화효율도 Table 4 및 Fig. 3과 같이 2.97kg-TP/d 가 유입되고 1.41kg-TP/d 가 유출되어 52.6%의 정화효율을 보였는데, 이는 참고문헌(Pae *et al.*, 2008, Jang *et al.*, 2005)의 정화효율인 35~55.9%의 범위에 있는 값이다. 침강지에서 인이 잘 정화되어 유입 부하량과 유출 부하량에 대한 Wilcoxon 검정 결과 $p=0.033$ 으로 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 인 성분은 주로 토양입자에 흡착되어 부유물질의 형태로 유입되는데, 침강지는 부유물질을 침강시키기 위해서 조성되었기 때문에 부유물질과 함께 인 성분이 잘 제거되고 있는 것으로 보인다.

이와 같이 침강지에서 질소와 인과 같은 영양염류가 정화되고 있는 것으로 나타났는데, 인과 같은 영양염류를 흡착한 부유물질이 침강되고, 또한 영양염류가 유입되면 이것을 영양물질로 흡수하

여 조류가 증식하기 때문에 침강지에서 Chl-a는 증가하는 반면 영양염류는 감소된 것이다.

Chl-a의 경우 Table 1과 같이 유입수의 농도가 $16.3 \pm 12.3\text{mg/m}^3$ 이었는데, 유출수는 $32.8 \pm 15.9\text{mg/m}^3$ 으로 높아졌고, 95% 신뢰수준에서 T-검정 결과도 $p=0.013$ 으로 통계적으로 유의한 차이가 있는 정도로 유출수에서 오히려 높아지는 경향을 보였다. Chl-a 부하량을 살펴보면 Table 4 및 Fig. 3과 같이 유출수에서 오히려 증가하는 경향을 보였으나, 95% 신뢰수준에서 $p=0.131$ 로 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았다. 이와 같이 침강지에서 Chl-a 부하량이 높아진 것은 침강지에는 식물이 없어 햇빛이 수면으로 잘 들어오고, 퇴적물에서 영양물질이 용출되며, 유입수를 통하여 질소와 인과 같은 영양염류가 지속적으로 유입되어 활발한 내부생산에 의해 조류가 왕성하게 번식하기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 침강지 퇴적물의 주기적 준설 등 침강지에서 조류를 제거하기 위한 대책을 추진할 필요가 있는 것으로 판단된다. 다만, 침강지에서 질소와 인을 흡수하여 조류가 증식하여 Chl-a가 높아지기는 하였으나, 저수지 본체로 들어가는 영양염류의 농도가 낮아져 본체의 조류증식을 감소시키는 역할을 하기 때문에 침강지의 조성 목적을 달성하고 있는 것으로 볼 수 있다.

IV. 결론

최근 농업용수 수질개선을 위해 저수지 유입부에 침강지를 설치하는 경우가 있는데, 침강지를 장기간 운영함에 따른 정화특성을 분석한다면, 향후 침강지의 설계 및 유지관리 계획 수립에 유용하게 활용될 수 있을 것이다. 이를 위해 감돈 저수지 유입부에 조성되어 11년째 장기 운영되고 있는 침강지에 대하여 2011~2013년도 사이에 조사를 실시하였다. 조사결과 SS는 156.6kg-SS/d 가 유입

되고 67.5kg-SS/d가 유출되어 56.9%의 정화효율을 보여 30mm/d 이상의 강우시 비점오염물질을 침강시키기 위해 설치한 침강지의 기능을 유지하고 있었다.

BOD는 평균적으로 33.0kg-BOD/d가 유입되고 26.4kg-BOD/d가 유출되어 20.1%의 정화효율을, COD는 평균 60.3kg-COD/d가 유입되고 48.6kg-COD/d가 유출되어 19.3%의 낮은 정화효율을 보였다. 이와 같이 유기물의 정화효율이 낮은 것은 Chl-a의 구성성분 중 가장 많은 부분을 차지하는 것이 탄소(C)이기 때문에 수심이 얇고 햇빛을 직접 받는 침강지에서 활발한 광합성으로 인해 성장한 Chl-a가 침강지에서 COD의 상승에 영향을 미쳤기 때문인 것으로 판단된다.

T-N은 28.7kg-TN/d가 유입되고 16.3kg-TN/d가 유출되어 43.0%의 정화효율을 보였고, T-P는 2.97kg-TP/d가 유입되고 1.41kg-TP/d가 유출되어 52.6%의 정화효율을 보였는데, 이는 침강지로 영양염류가 유입되면 이것을 영양물질로 흡수하여 조류가 증식하기 때문에 Chl-a는 증가하는 반면 영양염류는 감소된 것이다.

이와 같이 농촌지역에서 강우시 초기유출수에 많이 포함되어 있는 입자 형태인 SS 및 T-P의 정화효율은 높은 반면 유기물 및 질소의 정화효율은 낮으므로 침강지에서 이들 인자의 정화효율을 높일 수 있는 방안에 대한 연구도 필요할 것으로 판단된다.

Chl-a 부하량은 유입수에 비해 유출수에서 오히려 증가하는 경향을 보였는데, 이는 침강지에서 질소와 인을 흡수하여 조류가 증식해 Chl-a가 높아졌기 때문이다. 그러나 침강지에서 저수지 본체로 들어가는 영양염류의 농도가 낮아져 본체의 조류증식을 감소시키는 역할을 하기 때문에 침강지의 조성 목적을 달성하고 있는 것으로 볼 수 있다.

이상과 같이 장기간 운영되고 있는 침강지에서 오염물질의 정화효과가 유지되고 있어 침강지가

수질개선시설로서 적용 가능한 것으로 판단된다. 다만, 장기간 운영됨에 따라 침강지 바닥에 퇴적물이 쌓이고, 퇴적물에서 영양염류가 용출되어 조류가 이상 번식하는 현상이 발생할 수 있으므로 침강지 퇴적물의 주기적 준설, 조류를 제거하기 위한 방안 등을 수립한다면 침강지의 적용성은 더욱 높아질 것으로 판단된다.

References

1. Ayers, R.S. and Westcott, D.W., 1985. Water quality for agriculture.
2. Borden, R.C., Dom, J.L., Stillman, J.B. and Liehr, S.K., 1998. Effect of in-lake water quality on pollutant removal in two pond. *Journal of Environmental Engineering, ASAE*, 124(8), pp. 737-743.
3. Byeon, C.W., 2013. A design for ecological and environmental restoration of a dispersal detention system. *Journal of the Korea Society of Environmental Restoration Technology*, 16(1), pp. 181-191 (in Korean).
4. Jang, J.R., Choi, S.H. and Kwun, S.K. 2004. Pollutant removal efficiency of sedimentation basin at inlet of an irrigation reservoir. *Journal of the Korean Society on Water Environment* 20(5), pp. 473-479 (in Korean).
5. Jang, J.R., Choi, S.H., Nam, G.S. and Kwun, S.K., 2005. The evaluation of pollutant removal efficiencies by sedimentation basin types constructed at the inlets of irrigation reservoirs. *Journal of the Korea Water Resources Association* 38(8), pp. 665-674 (in Korean).
6. Jeon, J.H., Yoon, C.G., Haam, J.H., Kim, H.I. and Hwnag, S.J., 2002. Study on the relationships among water quality parameters in agricultural reservoirs. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 44(3), pp. 136-145 (in Korean).
7. Kim, J.K., 2013. Characteristics of water quality

- at Han stream retention ponds in Jeju city. *Journal of Korean Society of Water and Wastewater* 27(2), pp. 207-214 (in Korean).
8. Kim, M.K., Kwon, S.I., Jung, G.B., Hong, S.C., Chae, M.J., Yun, S.G. and So, K.H., 2013. Small-scale pond effects on reducing pollutants load from a paddy field. *Korean Journal of Environmental Agriculture* 32(4), pp. 355-358 (in Korean).
 9. Lee, J.T., Song, C.H. and Kang, T.H., 2000. A study on the effect of water quality improvement of a storm sewage by detention pond. *Journal of the Korea Water Resources Association* 33(3), pp. 351-364 (in Korean).
 10. Martin, E.H., 1988. Effectiveness of an urban runoff detention pond-wetlands system. *Journal of Environmental Engineering, ASAE*, 114(4), pp. 810-827.
 11. Mays, L.W., 1999. *Hydraulic design handbook* McGraw-Hill, New York, N.Y., pp. 1477-1492.
 12. Ministry for food, agriculture, forestry and fisheries, Korea rural community corporation, 2012. Report on monitoring of the wastewater treatment facilities for agricultural water, pp. 31-54. Gyeonggi, Korea (in Korean).
 13. Ministry of environment, 2008. Manual for installation, management and operating of non-point pollutants treatment facilities, pp. 93-99. Gyeonggi, Korea(in Korean).
 14. Pae, Y.S. and Nam, G.S., 2008. Practical research on the advanced detention pond for the improvement of water quality of agricultural reservoir. *Journal of the Korean Wetland Society* 10(3), pp. 79-86 (in Korean).
 15. Park, B.H., Jang, J.R. and Kwun, S.K., 2000. Formation of sedimentation pool within irrigation reservoirs for water quality improvement. *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 42(1), pp. 73-82 (in Korean).
 16. Ryu, K.H., Lee, G.J., Seong, J.U., Kim, D.S. and Park, J.C., 2011. Runoff characteristics of non-point pollutant sources in an agricultural area watershed. *Korean Journal of Limnology* 44(2), pp. 178-186 (in Korean).
 17. Wu, J.S., Holman, R.E. and Domey, J.R., 1996. Systematic evaluation of pollutant removal by urban wet detention ponds. *Journal of Environmental Engineering, ASAE*, 122(11), pp. 983-988.
 18. Yang, H.J. and Kim, B.I., 2006. The trend of water quality variations and correlation between COD & Chl-a concentration for the Juam reservoir. *Journal of the Korean Society of Environmental Engineers* 28(12), pp. 1331-1336 (in Korean).