

저수지 수질개선을 위한 저수지 내 침전지 조성

Formation of Sedimentation Pool within Irrigation Reservoirs for Water Quality Improvement

박 병 혼* · 장 정 렬** · 권 순 국***
Park, Byung Heun · Jang, Jeong Ryul · Kwun, Soon Kuk

Abstract

Large quantities of pollutants are washed into reservoirs during storm events. These pollutants contribute to eutrophication, such as algal blooms and fish kills. This study was conducted for the purpose of assessing the pollutant removal possibilities of sedimentation pool formed by deep dredging of a reservoir inlet. Water quality data were collected in the Masan reservoir, whose inlet has been dredged deep like sedimentation pool.

The average concentration of chemical oxygen demand(COD), toatal nitrogen(T-N) and total phosphorous(T-P) in the deep dredged area were 8.7~20.5mg/l (COD), 2.0~5.9mg/l (T-N), 0.17~0.84mg/l (T-P), which were 4.9%(COD), 29.0%(T-N) and 44.8%(T-P) higher than those of middle part of the reservoir. The texture of sediment in the dredged area was silty loam, while that of the middle part was sandy clay loam. Organic matter contents, T-N and T-P of the bottom soil in the dredged area showed higher values than the middle part of the reservoir. From these results, it was considered the deep dredged area in the inlet of reservoir might play a key role to settle pollutant particulate.

Based on the result of water quality analysis, deep dredging of the reservoir inlet could be assessed to reduce T-N and T-P of the reservoir about 6.5%, 8.3%, respectively. However, the effect of the sedimentation pool would be raised if the settled particles were taken into account in assessing water quality improvement for the reservoir.

Accordingly, dredging of a reservoir inlet to make a shape of sedimentation pool is recommended for water quality improvement of reservoir in the stage of dredging plan.

I. 서 론

우리 나라는 지형적 배경, 기후특성 및 담작위

주의 농업구조 등의 조건으로 농업용수원 시설 중 저수지가 관개면적 기준으로 약 55%를 차지하고 있어 그 비중이 가장 높은 편이다. 그러나 최근

* 서울대학교 대학원

** 농어촌진흥공사 농어촌연구원

*** 서울대학교 농업생명과학대학

키워드 : 오염원, 부영양화, 준설, 저수지내 침전지, 수질개선효과

저수지 유역에서 생산활동의 증대에 따라 폐쇄성 정체수역인 저수지에 오염물질이 크게 증가하여 저수지의 수질이 크게 악화되는 경향을 보이고 있다.⁹⁾

강우기간 중에는 유역에 퇴적되어 있던 많은 양의 비점오염원 물질이 저수지로 씻겨 들어오게 되며, 이들은 저수지의 부영양화문제 즉, 수화현상, 물고기의 폐사 등의 문제를 야기시킨다. 이러한 비점오염원을 측정, 제어, 평가하기 위해 많은 연구를 수행하였다.^{1,17,18,19)} 강우와 관련된 오염부하량을 줄이는 효과적인 방법으로 침전지가 많이 이용되며, 이는 물리적, 화학적, 생물학적인 과정에 의해 강우 유출에 포함된 오염물질의 상당량을 제거하는 기능을 한다.¹⁷⁾

한편, 저수지의 유입하천은 유사와 각종 오염물질을 이송하게 되고, 저수지내에서의 유속의 감소는 유사운송능력(transporting capacity)의 감소를 가져와 저수지 바닥에 토사의 퇴적을 발생시킨다. 저수지에 유입된 토사를 효율적으로 배제하는 일은 거의 불가능하므로 유입토사의 대부분은 저수지 내에 퇴적되는 것이 보통이다.¹⁴⁾ 퇴사로 인한 내용적의 감소율은 조사 대상 저수지에 따라 다르나, 평균 12.5%,¹³⁾ 19.1%,¹²⁾ 27.5%¹⁵⁾로 통상적인 중소규모 저수지 설계기준의 값 10% 보다 2~3배 정도 큰 값을 보이고 있다.²⁾ 많은 관개용 저수지는 침전량에 의해 기능이 저하되고 있으며, 일부는 준설작업으로 기능을 회복하고 있으나 침사지 및 배사문 등의 구조물에 의한 침전물 제거실적은 없다.³⁾

유입하천의 수질정화를 위해 체류언(보), 부딪, 체수지 등을 설치하여 유입수의 유속을 저하시켜 하천수중의 현탁성 유기물 및 영양물질을 침전·제거하는 것과²⁰⁾ 같이 저수지를 준설할 때 저수지 내 유입부를 깊게 굴착하여 침전지 형태로 조성하면 저수지로 유입하는 오염물질을 효과적으로 침전·제거할 수 있을 뿐만 아니라 유입부에 퇴적을 집중적으로 유도하여 저수지의 퇴적으로 인한 용량의 감소를 상당히 줄일 수 있을 것으로 생각된다.

따라서 본 연구에서는 저수지에서 퇴적이 가장 많이 일어나는 유입부를 깊게 준설하여 침전지 형태로 조성할 경우 저수지 수질개선에 미치는 영향을 파악하여 저수지 내 유입부에 침전지를 조성하는 방안을 제시하고자 한다.

II. 연구의 방법

농업용 저수지에서 유입부의 침전지가 저수지 수질개선에 미치는 영향을 파악하기 위하여 유입부가 깊게 준설되어 수위가 낮을 경우에는 유입부와 저수지 중앙부가 분리되는 충남 아산시 마산저수지를 시험대상지로 정하고 유입하천과 유입부 및 저수지 중앙부에서 수질을 측정·분석하였다.

1. 대상 저수지 현황

시험대상지인 마산저수지는 유역면적 1,776ha, 관개면적이 566ha, 만수면적 92ha, 저수량이 3,037천m³인 중규모 농업용 저수지이다.⁵⁾ '98년 조사시기별 저수지의 수질은 화학적 산소요구량(COD) 8.4~19.9mg/l, 총질소(T-N) 1.6~4.5mg/l, 총인(T-P) 0.05~0.69mg/l로써 환경정책기본법의 호소수질 환경기준 IV등급을 초과하고 있다.⁶⁾

마산저수지는 '96~'97년에 Fig. 1과 같이 준설하였다. 저수지의 유입부는 만수면을 기준으로 수심 6.8m까지 준설을 하였으며, 그 하류는 자연적 지형으로 두어 저수지의 수위가 만수위에서 3m 이하로 떨어질 경우는 저수지의 유입부는 침전지와 같은 형상을 갖게 된다(이하 부분에서는 저수지의 유입부가 깊게 준설된 지역을 '침전지'라 정의한다). 침전지의 준설면적은 14ha로서, 침전지 용량(V_1)은 174,000m³이며, 침전지상부 만수면까지의 용량(V_2)은 559,000m³이다. 마산저수지의 연평균 유입량은 14,504,000m³/yr이며,⁵⁾ 100년 빈도 설계 홍수량은 111.0m³/s이다.⁷⁾ 연평균 유입량과 최대홍수량을 기준으로 침전지의 체류시간을 계산하면 각각 442h, 1.9h이 된다.

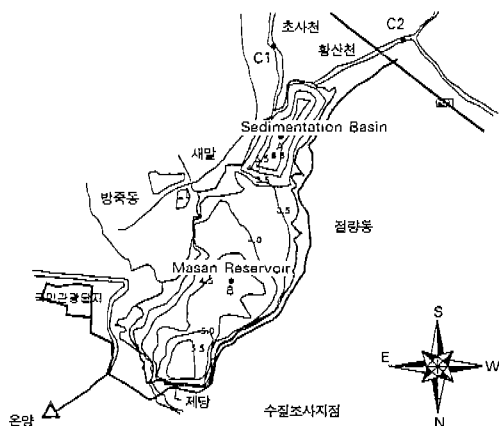


Fig. 1. Water depth of Masan reservoir after dredging

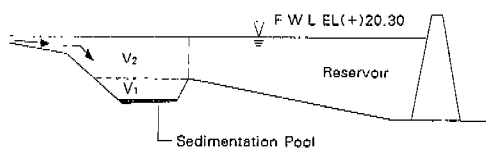


Fig. 2. Schematic section of the sedimentation pool in Masan Reservoir

2. 수질분석방법

침전지의 수질분석효과를 분석하기 위하여 유입 하천과 침전지, 저수지 중앙부를 수질조사지점으로 정하였으며, 수표면에서 1m와 저수지 바닥으로부터 1m에서 시료를 채취하였다. 조사시기는 '98. 7~'99. 4월까지이며, 이기간중 9회에 걸쳐 수질을 조사하였다. 수질분석은 Standard method에 따랐으며, 저질의 입도분석은 체분석법, 유기물함량은 Walkley-black법, T-N, T-P는 Kjeldahl법 및 Vanado molydate법으로 분석하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 수질분석결과

'98. 7. 2~'99. 4. 10일에 조사한 침전지와 저수

지 중앙부의 수질결과를 보면 Table 1과 같이 유입하천의 수질은 COD 4.8~15.2mg/l, T-N 2.8~12.2mg/l, T-P 0.16~1.12mg/l이며, 저수지의 유입부인 침전지의 상하층의 평균 수질은 COD 8.7~20.5mg/l, T-N 2.0~5.9mg/l, T-P 0.17~0.96mg/l의 분포를 보였다. 저수지의 중앙부의 경우는 COD 9.1~20.4mg/l, T-N 1.6~4.5mg/l, T-P 0.09~0.63mg/l로 나타나 COD는 Fig. 3과 같이 침전지와 비슷한 분포를 보였으나, T-N과 T-P는 Fig. 4, Fig. 5와 같이 침전지보다 낮게 나타났다. 침전지와 저수지 중앙부의 수질차이의 비율은 COD의 경우 4.9%, T-N과 T-P는 각각 29.0%, 44.8%로 계산되었으며, T-P의 수질 차이가 가장 크다.

'97. 7월 마산저수지 유입하천의 강우시 연속수질측정자료⁵⁾를 보면 COD 7.2~37.0mg/l, T-N 0.7~16.1mg/l, T-P 0.16~2.11mg/l의 범위를 나타낸다. Table-1에 나타난 유입하천의 COD는 강우시 조사결과보다 낮은 경우가 많으나, T-N과 T-P는 강우시 조사결과의 낮은 범위보다 높은 것으로 나타났는데, 이것은 COD의 경우 강우시 하천유량의 증가로 유기물이 씻겨 이동되다가 강우유출이 지난 후에는 소류력이 약해 유기물이 하상에 퇴적되는 반면에 T-N과 T-P의 상당부분은 용존상태로 이동되기 때문에 나타난 현상으로 생각된다. 이와 같은 현상으로 Fig. 3~5와 같이 유입하천의 COD는 침전지보다 낮은 분포를 보이는 반면 유입하천의 T-N과 T-P는 침전지보다 높거나 비슷한 분포를 나타내는 것으로 보여진다.

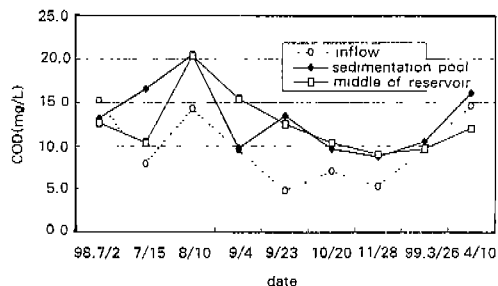


Fig. 3. Seasonal variations of COD at inflow stream, sedimentation pool and middle part of reservoir

Table 1. Results of water quality analysis in the Masan reservoir

Constitu- tants	date		98.7/2	7/15	8/10	9/4	9/23	10/20	11/28	99.3/26	4/10	Ave.
	site											
COD	inflow (mg/l)		15.2	7.9	14.4	9.6	4.8	7.1	5.3	9.7	14.6	9.8
	sedimenta- tion pool	A ₁ (mg/l)	12.8	15.2	12.5	9.6	12.6	11.1	9.0	11.4	16.8	12.3
		A ₂ (mg/l)	13.6	18.0	28.4	10.0	14.4	8.3	8.4	9.6	15.4	14.0
		A _m (mg/l)	13.2	16.6	20.5	9.8	13.5	9.7	8.7	10.5	16.1	13.2
	middle part of reservoir	B ₁ (mg/l)	12.6	11.0	17.8	18.0	13.2	10.4	9.4	9.6	11.8	12.6
		B ₂ (mg/l)	12.8	9.8	23.0	12.8	12.0	10.4	8.8	9.8	12.2	12.4
		B _m (mg/l)	12.7	10.4	20.4	15.4	12.6	10.4	9.1	9.7	12.0	12.5
	R(i)	R ₁ (%)	1.6	27.6	-42.4	-87.5	-4.8	6.3	-4.4	15.8	29.8	-2.5
		R ₂ (%)	5.9	45.6	19.0	-28.0	16.7	-25.3	-4.8	-2.1	20.8	11.5
		R _m (%)	3.8	37.3	0.2	-57.1	6.7	-7.2	-4.6	7.6	25.5	4.9
T-N	inflow (mg/l)		5.6	4.8	3.4	2.8	4.1	12.2	5.0	5.4	8.4	5.7
	sedimenta- tion pool	A ₁ (mg/l)	5.1	3.8	4.1	1.7	2.1	6.0	3.8	3.8	4.6	3.9
		A ₂ (mg/l)	5.8	4.9	3.8	2.3	2.2	5.9	4.3	3.5	5.8	4.3
		A _m (mg/l)	5.4	4.3	4.0	2.0	2.2	5.9	4.0	3.6	5.2	4.1
	middle part of reservoir	B ₁ (mg/l)	2.7	3.3	3.2	2.1	1.5	4.5	2.0	2.4	3.7	2.8
		B ₂ (mg/l)	2.8	3.6	3.8	2.0	1.7	4.4	2.5	2.7	3.1	2.9
		B _m (mg/l)	2.8	3.5	3.5	2.0	1.6	4.5	2.3	2.6	3.4	2.9
	R(i)	R ₁ (%)	46.6	12.9	22.2	-24.8	31.3	24.5	45.9	36.1	18.6	27.0
		R ₂ (%)	50.8	26.4	0.8	15.7	21.7	24.9	42.4	22.7	46.2	30.8
		R _m (%)	48.9	20.4	11.9	-1.2	26.4	24.7	44.1	29.7	34.0	29.0
T-P	inflow (mg/l)		1.12	0.29	0.52	0.20	0.22	0.18	0.18	0.16	0.41	0.42
	sedimenta- tion pool	A ₁ (mg/l)	0.72	0.28	0.58	0.18	0.30	0.20	0.19	0.17	0.20	0.31
		A ₂ (mg/l)	0.96	0.74	1.34	0.24	0.25	0.17	0.22	0.17	0.26	0.48
		A _m (mg/l)	0.84	0.51	0.96	0.21	0.28	0.19	0.21	0.17	0.23	0.40
	middle part of reservoir	B ₁ (mg/l)	0.24	0.12	0.25	0.20	0.22	0.17	0.09	0.10	0.11	0.17
		B ₂ (mg/l)	0.25	0.31	1.01	0.20	0.21	0.18	0.09	0.11	0.11	0.27
		B _m (mg/l)	0.25	0.21	0.63	0.20	0.21	0.18	0.09	0.11	0.11	0.22
	R(i)	R ₁ (%)	66.1	58.0	56.6	-14.0	25.9	16.7	55.4	40.5	45.5	46.7
		R ₂ (%)	74.2	58.4	24.5	16.0	18.9	-6.5	60.4	38.7	56.9	43.5
		R _m (%)	70.7	58.2	34.2	3.3	22.7	6.2	58.0	39.6	52.0	44.8

* R(i) is difference in concentrations between sedimentation pool(A) and middle part of reservoir(B), $R(i) = (A_i - B_i) / A_i \times 100(\%)$

* Subscript 1 represents sampling point at 1m below water surface

* Subscript 2 represents sampling point at 1m over reservoir bottom

* Subscript m represents the average value of sampling 1 and 2

Table 2. Physical and chemical properties of sediments('99. 3)

Site	Mechanical composition				Organic matter contents %	T-N mg/kg	T-P mg/kg
	sand %	silt %	clay %	Soil texture			
sedimentation pool	25	60	15	SiL	4.5	3,035	1,379
middle part of reservoir	49	27	24	SCL	3.7	2,701	1,051

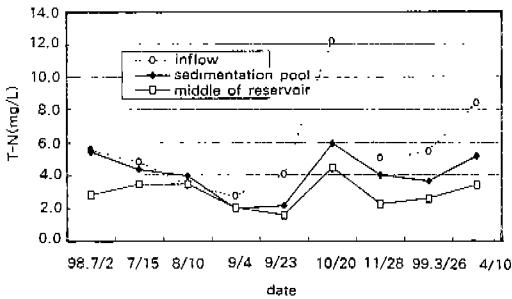


Fig. 4. Seasonal variations of T-N concentration at inflow stream, sedimentation pool and middle part of reservoir

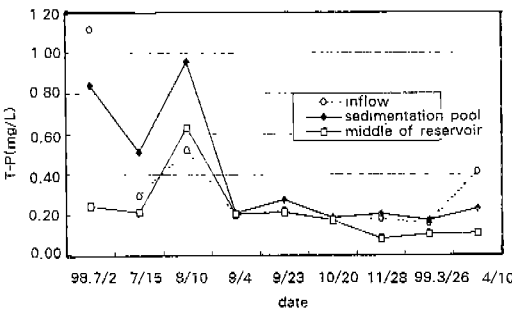


Fig. 5. Seasonal variations of T-P concentration at inflow stream, sedimentation pool and middle part of reservoir

2. 저질분석 결과

저수지내에 침전지 설치로 저수지에 유입된 오염물질의 퇴적현황을 파악하기 위해 침전지와 저수지 중앙부의 저질을 분석하였다. 마산저수지는 '97년도에 침전지 부근과 저수지의 중앙부가 동시에 준설되어 오염물질의 침전상태를 비교하기에

유리한 조건을 갖추고 있다. 침전지와 저수지 중앙부의 입도분석를 보면 침전지는 sand 25%, silt 60%, clay 15%로 Silty loam이며, 저수지의 중앙부는 sand 49%, silt 27%, clay 24%로 Sandy clay loam인 것으로 나타나 침전지에는 Silt성분이 저수지의 중앙부보다 많은 것으로 분석되었다. 이러한 결과는 유입량이 많아지면(홍수시) 유입량 속에 포함된 입자가 침전지내에 체류할 수 있는 시간이 부족하여 저수지 중앙부로 이동하게 되나, 오염도가 높은 소량의 강우유출시 유입되는 입자들은 대부분 침전지내에서 체류·침전되어 침전지가 저수지의 중앙부보다는 입자가 미세한 것으로 판단된다.

침전지 저질의 화학적 성분은 유기물 4.5%, T-N 3,035mg/kg, T-P 1,379mg/kg이며, 저수지 중앙부에서는 유기물 3.7%, T-N 2,701mg/kg, T-P 1,051mg/kg으로 나타났다. 이러한 화학성분의 차이는 유역에서 유입된 미세한 오염물질이 침전지에 많이 침전되어 나타난 현상으로 판단된다.

3. 수질개선효과분석

유입부에 깊게 준설되어 형성된 침전지내의 수질과 저질의 오염도가 저수지의 중앙부보다 높은 것은 유입하천에서 유입되는 각종 오염물질이 침전지에서 체류되면서 침전되어 나타난 현상으로 볼 수 있으나, 이러한 침전지와 저수지 중앙의 수질의 차이가 침전지의 형성으로 일어난 현상인지를 파악하기 위해 침전지가 형성되기 전인 '95. 6~11월의 수질조사 결과를 분석한 결과 Table 3과 같이 저수지의 유입부와 중앙부의 수질차이는

Table 3. Water quality of inlet and middle part of the Masan reservoir before dredging

Date	COD(mg/l)			T-N(mg/l)			T-P(mg/l)		
	inlet(A)	middle(B)	(A-B)/A × 100(%)	inlet (A)	middle (B)	(A-B)/A × 100(%)	inlet (A)	middle(B)	(A-B)/A × 100(%)
'95. 6	7.5	8.9	-18.7	1.120	1.344	-20.0	0.122	0.111	9.0
'95. 9	7.5	8.7	-16.0	0.896	0.672	25.0	0.154	0.141	8.4
'95.11	5.3	4.8	9.0	0.784	0.952	-21.4	0.091	0.093	-2.2
Average	6.8	7.5	-8.6	0.933	0.989	-5.5	0.122	0.115	7.6

Table 4. Water quality of inlet and middle part of fresh water lakes

Lake	Date	COD(mg/l)			T-N(mg/l)			T-P(mg/l)		
		inlet (A)	middle (B)	(A-B)/A × 100(%)	inlet (A)	middle (B)	(A-B)/A × 100(%)	inlet (A)	middle (B)	(A-B)/A × 100(%)
Kumgang	'96. 4	6.500	6.700	-3.1	2.8	2.0	28.2	0.14	0.10	28.6
	'96. 6	4.900	5.400	-10.2	0.7	0.8	-8.3	0.07	0.08	-14.3
	'96. 9	5.800	5.600	3.4	1.0	1.1	-6.0	0.09	0.08	11.1
	'96.11	6.700	6.600	1.5	1.2	1.5	-23.9	0.10	0.09	10.0
	'97. 3	9.900	9.600	3.0	3.4	3.2	3.3	0.17	0.13	23.1
	'97. 6	6.800	7.000	-2.9	1.1	1.3	-20.0	0.09	0.09	7.4
	'97. 9	8.500	7.400	12.9	0.9	0.8	6.3	0.16	0.09	42.3
Average		7.288	6.925	3.4	1.6	1.4	2.6	0.11	0.08	24.4
Yungsan	'96. 5	6.700	8.700	-29.9	0.7	0.9	-20.6	0.06	0.06	12.5
	'96. 9	8.500	11.400	-34.1	0.8	1.4	-66.7	0.07	0.10	-41.4
	'96.11	5.100	7.100	-39.2	0.8	1.2	-40.0	0.08	0.06	15.8
	'97. 4	6.400	7.600	-18.8	2.2	3.1	-38.9	0.10	0.15	-49.0
	'97. 7	6.000	7.000	-16.7	2.0	1.0	50.0	0.11	0.13	-20.6
	'97. 9	5.200	5.800	-11.5	0.6	0.6	-10.0	0.07	0.09	-26.1
	'97.11	4.500	4.700	-4.4	0.3	0.3	0.0	0.01	0.02	-100.0
Average		6.057	7.471	-22.1	1.1	1.2	-18.0	0.07	0.08	-29.8
Haenam	'96. 6	9.600	9.400	2.1	2.5	4.7	-86.7	0.12	0.13	-6.5
	'96. 9	10.300	9.000	12.6	0.9	0.8	12.5	0.12	0.11	10.0
	'96.11	7.100	7.300	-2.8	0.7	0.7	0.0	0.09	0.08	14.6
	'97. 4	8.400	8.700	-3.6	0.9	0.8	6.3	0.04	0.03	13.5
	'97. 6	11.300	9.000	20.4	2.7	2.0	27.1	0.21	0.11	48.6
	'97. 8	6.300	10.000	-58.7	0.6	0.8	-36.4	0.08	0.10	-20.7
	'97.11	9.000	6.800	24.4	0.9	0.8	2.0	0.09	0.08	17.4
Average		8.857	8.600	-0.8	1.3	1.5	-10.7	0.11	0.09	11.0
Total Average				-6.5			-8.7			1.8

COD가 평균 -8.6%, T-N이 -5.5%, T-P가 7.6% 였으며,⁴⁾ 또한 '96-'97년의 하구 담수호인 금강호, 영산호, 해남호의 유입부와 중앙부의 수질을 분석한 결과⁸⁾를 보면 Table 4와 같이 COD의 경우 평균 -6.5%, T-N은 평균 -8.7%, T-P는 평균 1.8%로 나타나 저수지의 유입부와 중앙부의 수질차이는 거의 없는 것으로 분석되었다. 따라서 저수지 유입부의 침전지와 저수지 중앙부의 수질차이는 침전지에 의한 수질개선효과과 판단할 수 있다.

침전지와 저수지 중앙부의 수질차이는 Table 1과 같이 COD의 경우 4.9%, T-N과 T-P는 각각 29.0%, 44.8%로 T-N과 T-P는 처리효율이 높으나 COD는 거의 없는 것으로 나타났다. 하천에 체류보를 설치한 경우 유입수의 수질에 따라 다르지만 체류시간 10시간인 경우 BOD의 제거효율은 10%, 90시간인 경우는 60%²⁰⁾로 나타나 있다. 그러나 마산저수지의 체류시간 1.9~442h을 고려할 때 본 연구에서 침전지와 저수지 중앙의 COD차이는 매우 낮은 것으로 평가된다. 이것은 장마가 끝난 9월의 Chl-a가 침전지에서 40.7mg/m³, 중앙부에서 61.6mg/m³으로 조사된 바와 같이⁶⁾ 저수지의 중앙부에 조류가 대량 발생하여 COD가 높고, Fig. 3과 같이 유입하천의 COD가 전반적으로 침전지

보다 낮아 침전지의 높은 COD를 회색시켜 나타난 현상으로 생각된다. 따라서 COD의 처리효율은 침전지와 저수지 중앙부의 수질차이로 평가하는 것은 어려울 것으로 생각된다.

침전지의 수질은 유입수의 영향을 계속 받고, 저수지 중앙부는 조류생성의 영향을 받기 때문에 침전지와 저수지 중앙의 수질차이를 수질개선효과로 평가하기는 어렵다. 정확한 수질개선효과를 파악하려면 홍수시 유입하천, 침전지, 저수지 중앙부에서 일정시간 간격으로 수질을 연속측정과 침전지 내의 저질성분을 정량적으로 분석되어야 하나, 본 연구에서는 침전지와 저수지 중앙의 실측한 수질자료를 이용하여 식(1)과 같이 단순 혼합식으로 침전지가 형성되기 전의 수질을 추정하고 이것을 현재의 저수지 중앙부 수질과 비교하여 저수지의 수질개선효과를 평가하고자 한다.

이 방법은 현재 침전지에 있는 물이 침전지가 형성되어 있지 않으면 저수지의 중앙부로 흘러가게 되고 저수지 중앙부에 있는 물은 침전지의 양만큼 하류로 흘러갈 것으로 가정하고 이들의 수질은 단순 혼합식으로 예측하는 것이다.

$$C = \frac{V_1 \times C_1 + V_2 \times C_2 + (V - V_1 - V_2) \times C_3}{V} \dots\dots(1)$$

Table 5. Efficiency(%) of water quality improvement in Masan Reservoir

Item		date									
		98.7/2	7/15	8/10	9/4	9/23	10/20	11/28	99.3/26	4/10	Average
COD	E(mg/l)	12.7	11.3	19.7	14.5	12.7	10.4	9.1	9.9	12.7	12.6
	S(mg/l)	12.7	10.4	20.4	15.4	12.6	10.4	9.1	9.7	12.0	12.5
	R(%)	-	8.0	-3.5	-6.5	0.6	0.1	-0.4	2.1	5.8	0.3
T-N	E(mg/l)	3.2	3.6	3.6	2.0	1.7	4.7	2.5	2.8	3.7	3.1
	S(mg/l)	2.8	3.5	3.5	2.0	1.6	4.5	2.3	2.6	3.4	2.9
	R(%)	12.5	2.7	2.7	-	5.9	4.3	8.0	7.1	8.1	6.5
T-P	E(mg/l)	0.33	0.24	0.65	0.20	0.23	0.18	0.11	0.12	0.13	0.24
	S(mg/l)	0.25	0.21	0.63	0.20	0.21	0.18	0.09	0.11	0.11	0.22
	R(%)	24.2	12.5	3.1	-	8.7	-	18.2	8.3	15.4	8.3

Remarks E : Estimation of water quality by Eq.(1)
 S : Water quality surveyed in the middle of reservoir
 R : (E-S)/E*100(%)

여기서 C는 침전지 설치 전 예측수질이며, C₁, C₂, C₃는 침전지의 수질, 침전지상부 만수면까지의 수질, 저수지 중앙부의 수질을 각각 나타낸다. 또한 V는 침전지 형성전 저수지 용량이며, V₁, V₂는 침전지 용량, 침전지상부 만수면까지의 용량(Fig. 2 참조)을 각각 나타낸다.

식 (1)을 이용하여 침전지 설치전의 저수지 중앙부 수질을 추정하여 침전지 설치로 인한 저수지의 수질개선효과를 분석하면 Table 6과 같이 T-N은 0~12.5%로 평균 6.5%이며, T-P는 0~24.2%로 평균 8.3%가 된다. 이와 같은 방법으로 구한 수질개선효과는 침전지 내에서 침전 제거된 부분이 고려되지 않아 실제 수질개선효과는 이 보다는 높을 것으로 예측된다. 따라서 저수지의 준설시 유입부를 깊게 준설하여 침전지를 형성시키면 유입하천의 유사 및 오염물질을 침전시켜 퇴적으로 인한 저수지의 내용적 감소를 줄일 뿐만 아니라 수질개선효과도 기대할 수 있는 것으로 분석된다.

4. 침전지 조성방안

저수지의 유입부에 침전지를 형성하는 방안은 마산저수지와 같이 유입부를 깊게 준설하고 자연적 폭이 형성되도록 일부구간은 준설에서 제외하면 유입부에 침전지를 형성시킬 수 있다. 저수지의 수위가 저하하면 침전지와 저수지는 분리될 수 있으나, 침전지의 수위가 높아지면 침전지를 월류하는 형태가 된다.

침전지 설치에 의한 수질개선효과는 체류시간과 밀접한 관계를 가지므로 침전지의 규모를 결정할 때는 체류시간을 고려하여야 한다. 체류시간이 길면 수질개선효과는 높아지지만 비용이 많이 소요되므로 경제적인 침전지 규모 결정을 위해서는 체류시간과 수질개선효율에 대한 많은 실측자료가 필요하다. 그러나 이들의 실측자료를 구하려면 시간별 유입량조사와 수질분석이 이루어져야 하고 수질조건별로도 많은 실측자료가 필요하므로 저수지내 침전지와 비슷한 기능을 하고 있는 수질처리 공법의 설계자료를 이용하여 규모를 결정을 할 수

있을 것으로 생각된다. 폐수처리를 위한 침전지의 체류시간은 일반적으로 1~3시간으로 제시하고 있으며,¹⁶⁾ 본 연구의 저수지내 침전지의 체류시간은 100년 빈도 홍수량일 경우 1.9시간으로 침전지내 수질과 저수지 중앙부의 수질차이는 T-N 29.0%, T-P 44.8%로 나타났고, 침전지의 규모가 수질처리효율에 비해 크더라도 침전지는 저수지의 내용적 감소를 줄이는 기능을 하므로 저수지내 침전지의 규모도 최대홍수량을 기준으로 체류시간이 1~3시간이 되도록 계획하는 것이 합리적일 것으로 생각된다.

침전지 형태로 준설이 된 경우 유역에 유입되는 많은 유기물과 미세토사가 침전지 내에 침전되어 퇴적은 보다 빨리 일어나 주기적인 준설이 필요하게 되므로 침전지의 준설토를 처리하는 방안이 마련되어야 한다. 일반 저수지 준설토의 주요 양이온과 중금속 성분은 대부분 일반토양 중의 자연함유량과 비슷하게 나타났고,¹⁰⁾ 비옥도를 나타내는 유기물 함량은 우리나라 토양의 평균치 2.0%보다 약간 낮거나 비슷하며, T-N의 함유량은 일반 토양중의 함유량 300~2,000mg/kg에 비하여 적은 편으로¹⁰⁾ 적절한 토양개량대책이 수립되면 준설토를 작물에 이용할 수 있는 것으로 조사된 바 있다.¹⁰⁾ 특히 마산저수지 침전지 준설토의 경우 유기물 함량, T-N, T-P의 함량이 우리 나라 토양의 평균치 보다 높게 나타난 것을 볼 때 침전지의 준설토는 일반 저수지 준설토보다 작물재배에 유리한 조건을 갖추고 있으므로 침전지의 준설토를 작물재배에 재활용 할 수 있을 것으로 판단된다.

IV. 요약 및 결론

저수지에서 퇴적이 가장 많이 일어나는 유입부를 깊게 준설하여 자연적 침전지 형태를 가지게 할 경우 침전지가 저수지 수질개선에 미치는 영향을 파악하기 위해 유입부가 깊게 준설되어 저수지 유입부가 침전지 형태를 가진 충남 아산시 마산저수지에서 수질을 측정하고, 침전지가 저수지 수질에

미치는 영향을 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. '98. 7. 2~'99. 4. 10일에 조사한 침전지와 저수지 중앙부의 수질분석결과를 보면 저수지의 유입부인 침전지의 수질은 COD 8.7~20.5mg/l, T-N 2.0~5.9mg/l, T-P 0.17~0.96mg/l이며, 저수지 중앙부의 경우는 COD 9.1~20.4mg/l, T-N 1.6~4.5mg/l, T-P 0.09~0.63mg/l의 분포를 보였다. 침전지와 저수지 중앙부의 수질차이는 COD 4.9%, T-N과 T-P는 각각 29.0%, 44.8%로 T-P가 가장 크게 나타났다.

2. 침전지와 저수지 중앙부의 저질의 입도를 분석한 결과 침전지는 sand 25%, silt 60%, clay 15%로 Silty loam이며, 저수지의 중앙부는 sand 49%, silt 27%, clay 24%로 Sandy clay loam으로 나타났다. 침전지의 저질은 유기물 4.5%, T-N 3.035mg/kg, T-P 1.379mg/kg이며, 저수지 중앙부에서는 유기물 3.7%, T-N 2.701mg/kg, T-P 1.051mg/kg로 분석되었다.

3. 하구 담수호인 금강호, 영산호, 해남호의 유입부와 중앙부의 수질을 분석한 결과 저수지의 유입부와 중앙부의 수질차이는 거의 없는 것으로 나타났다. 마산저수지는 양 지점의 수질차이가 뚜렷하게 나타나 침전지에 의한 수질개선효과를 확인할 수 있었다.

4. 침전지와 저수지 중앙부의 수질차이는 T-N과 T-P의 경우는 높았으나 COD는 차이가 거의 없는 것으로 나타났다. 이것은 초기 강우후의 유입수 COD가 침전지 보다 낮고 시기에 따라 저수지 중앙부에서 조류가 크게 번성하여 나타난 현상으로 COD의 처리효율은 침전지와 저수지 중앙부의 수질차이로 평가하는 것은 어려울 것으로 판단된다.

5. 침전지내 오염물질의 침전제거량을 고려하지 않고 침전지와 저수지 중앙부의 수질차이로 저수지의 수질개선효과를 계산한 결과 T-N은 평균 6.5%, T-P는 평균 8.3% 개선된 것으로 나타나 저수지의 준설시 유입부를 깊게 준설하여 침전지를 형성시키면 유입하천의 유사 및 오염물질을 침전시켜 퇴적으로 인한 저수지의 내용적 감소를 줄일

뿐만 아니라 수질개선효과도 기대할 수 있는 것으로 분석되었다.

6. 저수지의 유입부에 침전지를 조성하는 방안은 준설시 유입부를 깊게 준설하면 침전지를 형성할 수 있으며, 침전지의 규모 결정을 위한 체류시간은 폐수처리 침전조의 체류시간을 감안할 때 1~3시간이 합리적인 것으로 판단되었다. 한편 유입부의 침전지에 유기물과 미세토사가 많이 침전되어 발생되는 준설토는 작물재배에 재활용이 가능할 것으로 분석되었다.

7. 침전지가 저수지 수질개선에 미치는 영향을 정확하게 예측하기 위해서는 홍수시 유입하천, 침전지, 저수지 중앙부에서 일정시간 간격으로 수질을 연속측정하고 침전지 내의 저질성분을 정량적으로 분석되어야 할 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. 권순극, 1998, 우리나라 비점원 수질오염 관리의 문제점과 개선방안, 대한환경공학회지 20(11), pp. 1497~1510.
2. 김진택, 박승우, 서승덕, 1993, 관개용 저수지의 퇴사량과 유역 유사량 추정식, 한국농공학회지 35(4), pp. 104~115.
3. 김태철외 3인, 1996, 담수호의 침전량과 분포 예측에 관한 연구, 한국농공학회지 38(2), pp. 97~107.
4. 농림부·농어촌진흥공사, 1995, 농업용수 수질조사 보고서, pp. 409~433.
5. 농림부·농어촌진흥공사, 1997, 농업용수 수질개선 시험사업보고서, pp. 11~83.
6. 농림부·농어촌진흥공사, 1998, 농업용수 수질개선 시험사업 보고서, pp. 89~100.
7. 농림부·농어촌진흥공사, 1997, 농업용수 수질조사 시험사업계획서, pp. 263.~271.
8. 농림부·농어촌진흥공사, 1997, 농업용수 수질개선대책수립 수질실태조사 결과보고서, pp. 660~674.

9. 박병훈, 장정렬, 권순국, 1998, 농업용 저수지의 수질개선방안에 관한 연구, 한국농공학회 학술발표회 발표논문집, pp. 500~507.
10. 손재권, 구자웅, 최진규, 1997, 저수지 준설대상 토양의 이화학적 특성, 한국농공학회지 39(3), pp. 96~107.
11. 손재권, 최진규, 구자웅, 1998, 준설토를 이용한 작물재배 시험연구, 한국농공학회지 40(2), pp. 159~170.
12. 유희경, 김시원, 1976, 저수지의 퇴사에 관한 연구, 한국농공학회지 9(2), pp. 67~75.
13. 윤재한, 한상욱, 1972, 퇴사로 인한 저수지의 내용적 감소에 관한 조사연구, 한국농공학회지 14(3), pp. 65~72.
14. 이봉훈, 박창언, 박승우, 1993, 2차원 유사운송 모형을 이용한 저수지 퇴적분포유형의 추적, 한국농공학회지 35(1), pp. 50~58.
15. 이창구, 유한열, 고재근, 1971, 호남지방의 저수지 용량과 퇴사에 관한 연구.
16. 최의소, 조광명, 1997, 환경공학, 청문각, pp. 171~172.
17. Jeffery Dee Holler, 1989, Storm waterdetention Basin Nutrient Removal Efficiency, Journal of Water Resources Planning and Management Vol. 115(1), pp. 52~63.
18. U.S. Environ. Protection Agency, 1983, Final report of the National Urban Runoff Program(NURP), Vol. I, Washington, D. C.
19. Wanielista, M. P., Y. A. Yousef and J. S. Taylor, 1982, Stormwater management to improve lake water quality, Environ. Protection Agency Report 66/S2-82-048, Washington, D. C.
20. 리버프론트整備センター, 1994, 水質淨化對策に關する資料, pp. 2-9~3-30.