

하천(河川)을 고려한 호소(湖沼)의 물 순환 정책방안

—충남·대전지역 농업용 호소의 체류시간을 중심으로—

Policy for Water Cycle of Agricultural Reservoirs Considering Downstream

— Focused on HRT of Agricultural Reservoir in Chungcheongnam-do and Daejeon Metropolitan City —

이상진

충남발전연구원 환경생태연구부

Sang-Jin Yi(Isjin@cdi.re.kr)

요약

농업용수를 확보하기 위하여 조성한 호소에 장기간 물을 담수함에 따라 수질오염으로 이용가치 저하와 하류 하천이 건천화 되어 하천의 기능을 상실하는 등 유역내 잘못된 물 관리체제로 여러 가지 문제점이 발생하고 있다. 충남·대전지역을 중심으로 농업용 호소의 운영현황을 조사한 결과 대부분 호소수의 체류시간은 8개월 이상을 유지하여 그 기간 동안 하류하천의 건천화가 나타났고, 호소수의 수질은 생활계 및 축산계 오염물질의 유입과 강수량에 따른 물 순환특성과 상당히 밀접한 것으로 분석되었다. 따라서 호소 유역내 수질오염물질 저감과 함께 하류하천이 건천화가 되지 않도록 담수량과 담수시기를 조절하고, 호소수 체류시간은 가급적 짧게 유지하는 등 유역내 물 순환체계를 개선할 필요가 있다.

■ 중심어 : | 농업용 호소 | 호소수 체류시간 | 물 순환 체계 | 하천 건천화 |

Abstract

Several problems occurred due to the use of the wrong water cycle system in the watershed. This was caused by a dry stream in the lower parts of the tributaries and the deterioration in value of usage by water pollution in accordance with water storage. This was maintained for a long period of time in the reservoir which secured the agricultural water. As a result of the operational status in the agricultural reservoirs focused on Chungcheongnam-do and Daejeon metropolitan city, a dry stream appeared because hydraulic retention time(HRT) in the majority of reservoirs was maintained for 8 months of the year. The water quality in the agricultural reservoir was fairly related to the water cycle system due to rainfall and input of pollutants from the population and livestock in the watershed. Consequently, the storage water volume and the time period of the water in the reservoir should be controlled by the reduction of the pollution load in the water and the prevention of a dry stream. Also, the water cycle system in the watershed should be improved by maintaining a short HRT of the reservoir.

■ keyword : | Agricultural Reservoir | HRT of Reservoir Water | Water Cycle System | Dry Stream |

I. 서론

지표수는 하천, 호소, 운하, 해양 등 지표에 있는 모든

물을 통틀어 말하며, 우리나라는 생활용수, 농업용수, 공업용수 등 물 사용량의 90 %를 하천수 및 호소수에

접수번호 : #110802-006

접수일자 : 2011년 08월 02일

심사완료일 : 2011년 09월 01일

교신저자 : 이상진, e-mail : Isjin@cdi.re.kr

의존 한다[1]. 또한, 생활수준의 향상에 따라 수상레저 활동 및 수변공간 조성 등 경관적인 가치뿐만 아니라 지역발전의 수단으로 지표수를 활용하는 범위가 점차 확대되고 있다.

농업용수는 생활용수, 공업용수에 비하여 수요량이 훨씬 많고, 약 80 %가 벼농사에 쓰인다[2]. 우리나라는 대부분 지역에서 벼 이앙기에 일시적으로 많은 양이 요구되는 등 수요시기의 편중이 매우 심한 농업용수를 확보하기 위하여 하천상류에 조성한 호소의 경우 대부분 상류하천에 Dam(제방)을 축조하여 8개월 이상 물을 장기간 저류하였다가 익년도 벼농사 등 농업용수로 활용하고 있다. 따라서 저류기간 동안 소하천은 물론 지방하천의 약 83 %가 건천(乾川)화로 제 기능을 발휘하지 못하기 때문에[5] 저수기 이하의 유황조건을 중심으로 농업용 호소를 통한 하천유지용수를 공급함으로써 중·소하천의 건전성 회복이 필요한 실정이다.

충남·대전지역을 포함한 우리나라의 벼 이앙기에 농업용수 이용량이 급격히 많아지지만 하천 상류지역을 중심으로 농업용수의 확보가 어렵기 때문에 하천의 유황을 고려하여 일정량을 담수하였다가 농업용수로 활용할 수 있도록 하여야 한다. 그렇지만 장마철 등 일부 기간을 제외하고 하천수를 모두 담수하고 호소수를 전혀 방류하지 않아 호소수의 체류시간이 길어지고, 하류의 하천이 건천이 되는 경우가 매우 많다. 이처럼 하천 유황 및 유역특성을 고려하지 않고 많은 양의 물을 호소에 장기간 담수함에 따라 수질오염으로 이용가치 저하와 하류 하천이 건천화 되어 하천의 기능을 상실하는 등 유역내 잘못된 물 관리체계 속에서 여러 가지 문제점이 발생하고 있다. 따라서 본 연구의 목적은 하류하천 여건을 고려한 농업용 호소의 물 순환관리 정책방안을 찾고자 하였다.

II. 관련연구 동향

호소수의 오염 원인은 유역내의 오염물질이 하천을 통하여 유입 후 축적되거나, 호소 내부 유기물질 생산에 의한 오염물질 증가로 규정하고, 생활용수의 이용적

측면서 상수원으로 이용되는 호소의 수질관리와 정수 처리에 관한 연구가 주류를 이루고 있다.

또한, 도심의 관류하천을 대상으로 도시지역의 포장을 증가로 우수의 지하 침투량 감소와 생활하수를 차집하여 처리함으로써 평수기 이하의 조건에서 건천화가 발생하는데, 이에 대한 해결방안으로 공공하수처리 시설에서 방류된 처리수를 관로를 통하여 도심 하천상류로 이송하거나, 연접한 하천수 및 지하수를 취수하는 등 상당한 에너지비용을 전제로 상류하천에 물을 공급하는 방안에 관한 연구가 대다수 이다.

그렇지만, 농업용 호소수질관리 방안과 도심 외 지역의 중·소하천에 대한 건천화 방지 관하여는 매우 제한적으로 연구가 되고 있으며, 연구 내용은 하천의 유황조건을 고려하지 않은 채, 호소내 오염물질 유입저감 방안 및 호소내 퇴적물 준설과 일부 수생식물 식재에 관한 연구 등에 국한되고 있는 실정이다.

하지만, 본 연구는 이미 설치되어 운영 중인 농업용 호소를 정점으로 하천수와 빗물을 흐름을 적정하게 관리하거나 조절하는 등 유역내 물 순환체계의 개선에 관한 연구이다. 즉, 물을 지나치게 이용적 대상의 관점에서 관리적 대상으로 전환하여 유역의 건전성을 회복함과 동시에 필요한 수자원(농업용수)을 확보하려는 기본 연구로 그간 선행연구와는 차별 된다고 할 수 있다.

III. 농업용수 공급을 위한 호소 조성 및 운영현황

1. 농업용 호소 조성의 필요성

하천수 및 호소수의 수량과 수질농도는 강수량과 매우 밀접하므로 우리나라와 같이 계절적으로 강수량 변동이 심한 경우에는 수량과 오염물질의 농도 관리가 매우 불리한 여건이다.

우리나라는 세계 연간 평균강수량 973 mm의 1.3배인 약 1,274 mm로 다우(多雨)지역에 속하지만, 장마철과 태풍시 호우가 동반하는 6월~9월 사이에 연간 강수 총량의 2/3에 해당하는 양이 집중적으로 쏟아진다[1]는 점을 고려한다면 나머지 기간인 가을철부터 익년도 봄철까지 강수량이 매우 적은 편이다. 또한, 산악국가의

특성으로 유럽이나 미국에 비해 하천유역의 경사가 매우 급하며 유로연장이 짧아 강우량이 단시간에 유출되는 수문학적 특성과, 5월 중순부터 6월 중순까지 비이양기로 농업용수가 단기간에 다량 필요로 하는 수자원의 이용적 특성을 고려할 때, 물관리가 더욱 불리한 특성을 갖고 있다. 특히, 이 기간(10월~익년 5월) 동안은 강수량이 적어지고 농업용수 확보를 위한 담수시기로 하천유량이 감소함에 따라 오염농도가 높아져 하천생태계가 위협을 받는 등 하천의 건전성이 떨어지는 시기이기도 하다.

이와 같이 하천수를 농업용수로 활용하기에 부족한 경우에 집중되는 강우량을 담수하여 이용하기 위해 하천 상류의 계곡에 Dam을 축조하여 호소(貯水池 : reservoir)에 저류한 물을 익년도의 논농사에 활용하거나 하천의 유량이 적은 시기에 유출되도록 하는 것이 유역관리 여건에서 타당하다.

2. 호소용량 결정

하천의 물만으로 농업용수가 부족한 경우와 수질오염으로 인한 하천수를 이용할 수 없는 경우에는 호소수를 이용하거나 지하수를 사용한다. 호소를 조성할 때, 유효저수량은 기준 갈수 년에 취수할 수 있는 저수량을 말하며, 과거 기록 중 최대 갈수 년을 기준으로 하여 호소용량을 산정하는 것이 가장 이상적이나, 대부분 하천유황에 비하여 너무 과대하게 설치되어 비경제적이고 공공수역의 물 순환체계를 단절시키는 경우가 많다.

호소용량의 결정방법으로 경험법, 가정법, 이론법(누가곡선법), 유량도법 등 있다[5]. 경험법은 우량(雨量)이 많은 지방에서는 급수량의 120일분, 우량이 적은 지방에서는 200일분 가량을 저수할 수 있도록 결정한다. 가정법은 5,000을 연평균 강수량(mm/년)의 80 %의 제곱근으로 나누어 계산($C = 5,000/\sqrt{(0.8R)}$)하는데 우리나라의 연평균 강수량인 1,274 mm를 적용하면 약 156 일분(약 5.2개월)의 저수용량이 필요하다. 이론법은 누가곡선법(Ripple's Method, 累加曲線 : run-off curve)이라고도 하며, 매월의 유량누가곡선과 계획취수량 누가곡선을 도시하여 유효저수량과 호소용량을 구할 수 있다. 하천유량 누가곡선과 계획취수량 누가곡선을 도

식한 후, 하천유량누가곡선에서 유량이 감소하는 지점을 기준으로 계획취수량 누가곡선과의 평행선을 긋고 평행선에서 하천유량누가곡선으로의 최대 수직거리가 유효저수량이 되어 저수용량은 유효저수량(m/day)×저수일 이다. 유량도법은 매월 하천수 유효유입량을 표시하여 계획취수량의 직선을 그어 이 양자 간 범위의 면적 중 최대의 값을 기초로 사용한 연간통계의 최대갈수기에 필요한 저수용량으로 산정한다.

이와 같은 산정방법에 따라 최종적으로 10년 정도의 갈수 년을 기준으로 유효저수량을 산정하되 가장 큰 값을 선택하여, 산정 값에 수면증발, 누수, 침투에 의한 손실, 토사 유입에 의한 저수용량 감소 등을 고려하여 20~30 %정도의 여유를 가산한다.

3. 농업용 호소 조성현황

충남·대전지역에 농업용수 공급을 위하여 설치하여 운영 중인 호소의 경우 표 1과 같이 충남지역이 938개소 대전지역이 17개소로 전국 17,621개소의 약 5.4 %에 해당 한다. 반면, 유효저수량은 전국 유효저수량의 13.7 %정도를 차지하고 있어, 다른 시·도에 조성된 농업용 호소보다 상대적으로 규모가 크게 조성되어 있다.

표 1. 지역별 농업용 호소 분포현황

구 분	시설		유효저수량	
	개소수	비율(%)	수량(천m ³)	비율(%)
전 국	17,621	100	3,575,021	100
인천·경기	431	2.4	280,957	7.9
강원	320	1.8	105,961	3.0
충북	789	4.5	172,011	4.8
충남·대전	955	5.4	490,509	13.7
전북	2,270	12.9	772,161	21.6
광주·전남	3,375	19.2	1,059,521	29.6
대구·경북	5,781	32.8	426,587	11.9
부산·울산·경남	3,696	21.0	266,324	7.4
제주	4	0.0	990	0.0

또한, 충남·대전 지역에 설치하여 운영 중인 호소의 유효저수량 규모별로 볼 때, 표 2 및 그림 1과 같이 500 천m³ 미만의 소규모인 호소의 경우 전국 평균인 95.2 %보다 낮은 88.6 %인 반면, 500 천m³ 이상은 더 많은 것

으로 나타나 규모가 작은 호소는 전국의 분포에 비하게 적게 설치되어 있으나, 유효저수량이 큰 호소는 많이 분포되어 있다고 볼 수 있다.

표 2. 농업용호소의 규모별 분포 현황

(단위 : 개소)

구분	계	호소규모(유효저수량, 천 ³ m)					
		500미만	500 ~ 1,000	1,000 ~ 5,000	5,000 ~ 10,000	10,000 ~ 50,000	50,000 이상
전국 (%)	17,621 (100%)	16,774 (95.2%)	397 (2.3%)	385 (2.2%)	24 (0.1%)	29 (0.2%)	12 (0.1%)
충남·대전 (%)	955 (100%)	846 (88.6%)	39 (4.1%)	56 (5.9%)	4 (0.4%)	6 (0.6%)	2 (0.2%)

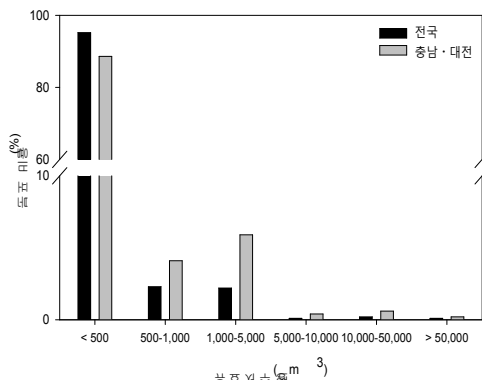


그림 1. 유효저수량 규모별 분포비율

4. 충남·대전지역의 농업용 호소수질 현황

환경부에서 운영하고 있는 농업용수 수질측정망을 토대로 충남·대전 지역 농업용 호소의 수질변화 상태를 분석한 결과, 지난 10년 동안 농업용수 수질등급 (COD_{Mn} 기준) 초과율은 평균 43.2 %로 전국 평균(18.8 %)보다 약 2.3배 높았다.

연도별 현황을 살펴보면, IV등급 비율이 가장 높았으며, 농업용수 수질기준 초과율은 표 3 및 그림 2와 같이 2001년도에 24.2 %로 가장 낮은 비율을 보이다가 2002년도에는 50.0 %로 가장 높은 비율을 나타냈다. 2003년 이후 35~50 % 사이에서 변화하였으며, 수질 변화폭은 전국 농업용호소의 변화폭보다 훨씬 크게 나타났다. 이

와 같이 유역내 변화량이 작은 수질오염원의 조건에서 큰 수질변화는 강수량에 따른 물 순환 등 호소수 체류 시간 증·감에 따라 상당부분 기인되었다고 판단한다.

표 3. 연도별 농업용수 수질기준 초과 현황(COD_{Mn}기준)

구분	전국		충남·대전	
	시설수	%	시설수	%
2001년도	85/492	17.3	16/66	24.2
2002년도	114/492	23.2	33/66	50.0
2003년도	78/492	15.9	29/66	43.9
2004년도	80/492	16.3	23/66	34.8
2005년도	81/492	16.5	30/66	45.5
2006년도	81/492	16.5	29/66	43.9
2007년도	101/492	20.5	26/66	39.4
2008년도	112/526	21.3	38/77	49.4
2009년도	165/826	20.0	42/109	38.5

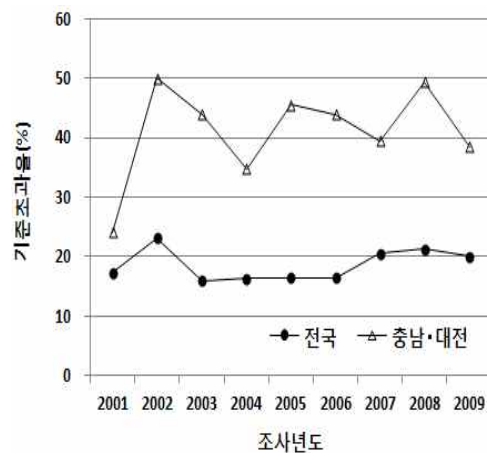


그림 2. 연도별 농업용수 수질기준(COD_{Mn}) 초과율

또한, 농업용 호소의 주요오염원으로 표 4와 같이 생활계 57 %와 축산계 32 %의 높은 비율로 대부분을 차지하고 있다. 이로써 충남·대전지역 농업용호소의 수질농도가 높은 것은 다른 지역에 비하여 상대적으로 호소수 체류시간이 길고, 생활계 및 축산계의 수질오염물질 유입량이 많다고 볼 수 있다.

표 4. 농업용 호소의 오염원 그룹별 현황

구 분	시설수	생활계 (%)	축산계 (%)	토지계 (%)	산업계 (%)	양식계 (%)
계	826	231 (28%)	204 (25%)	388 (47%)	1 (0.1%)	2 (0.2%)
인천·경기	71	37 (52%)	23 (32%)	11 (15%)	-	-
강 원	53	5 (9%)	3 (6%)	43 (81%)	-	2 (4%)
충 북	73	16 (22%)	24 (33%)	33 (45%)	-	-
충남·대전	109	62 (57%)	35 (32%)	12 (11%)	-	-
전 북	98	26 (27%)	29 (30%)	43 (44%)	-	-
광주·전남	174	43 (25%)	27 (16%)	104 (60%)	-	-
대구·경북	151	23 (15%)	44 (29%)	84 (56%)	-	-
부산·울산· 경남	97	19 (20%)	19 (20%)	58 (60%)	1 (1%)	-

IV. 호소와 하천의 물 순환체계 개선방안

1. 호소의 담수량 결정

농업용수를 확보하기 위하여 호소를 조성할 때, 정확한 강수량 예측에는 한계가 있어 가능한 한 용량을 크게 조성하여 보다 더 많은 물을 담수하려는 경향이 있으며, 지형적으로는 담수한 물을 농경수로로 통하여 자연유하 방식으로 공급하여야 하기 때문에 대부분 농경지 상류에 위치하고 있다. 이러한 상류구역은 유역면적이 작아 하천의 유수량이 적을 수밖에 없고, 필요수량을 확보하기 위하여 상당히 오랜 기간 동안 유출량 없이 담수할 수밖에 없는 여건이다.

더욱이, 하천의 유입량 대비 과대한 호소는 관개면적을 점차 확대하게 하고, 익년도 용수확보의 불확실한 상황을 대비하기 위하여 담수량이 더욱 많아져야 하는 악순환이 계속되면서 결국 체류일수를 길게 유지할 수밖에 없으므로 호소 수질이 나빠지고 방류하천이 건천으로 이어지게 된다. 따라서 호소용량은 관개면적을 고려하여 필요수량으로 결정하는 것보다는 하천의 유황조건을 고려하여 평수량(Q_{185}) 이상의 담수 가능량을 산정하여 유효 담수량을 결정함이 타당하다고 본다.

이와 같은 맥락으로 본다면 하천의 유황조건을 고려

하지 않고 조성한 호소라면 하천물의 담수량 결정에 있어서 하천유량이 평수량(Q_{185}) 이상의 풍부한 시기에도 하류 하천에는 저수량(Q_{275}) 정도가 유지될 수 있도록 호소수를 상시 방류하고, 잉여수량을 대상으로 담수하여야 한다. 갈수시기에는 비록 담수량이 줄어든다 하더라도 최소한 호소가 조성되지 않았다면 자연적으로 흘렀을 하천유량이 상시적으로 유출되도록 하여 상·하류간 형평성을 고려하고 궁극적으로는 하류하천의 이수 및 생태기능의 기준유량이 유지되도록 관리함이 바람직하다.

2. 호소의 담수시기

농업용 호소 조성의 주목적은 이수기능이라 할 수 있지만, 부가적으로 홍수시기에 치수기능을 담당해야 하고, 갈수기에는 하천의 최소유량을 유지할 수 있는 환경기능을 담당해야 한다. 즉, 평수량 이상시기에 물을 담수하여 농업용수로 활용하고, 일부는 갈수기에는 물을 방류하여 하천에 일정량의 물이 흐를 수 있도록 하는 것이 물 순환체계의 기본적인 틀이라 판단한다.

하천의 유황여건에 비하여 과대하게 조성된 호소라면 유입하천의 유황을 면밀하게 분석하여 결정된 담수량에 대한 담수시기를 조절하는 등 호소의 운영체계를 개선할 필요성이 있다. 이러한 점을 고려한다면 농업용수를 필요로 하는 모든 관개면적에 농업용수를 공급하기 위하여 홍수시기를 제외한 시기에 담수하는 것은 그 기간 동안 하류하천은 건천이 되고 호소수의 체류시간이 길어지기 때문에 결코 바람직하지 않다.

호소의 담수시기는 취수대상 하천의 유황조건과 호소수 체류시간 및 오염물질 유입상태와 하류하천의 여건을 함께 고려하여야 한다. 호소 조성 당시 하천의 유황여건을 고려하지 않고, 생·공·농업용수의 직접적으로 필요한 물의 양을 중심으로 계획하여 설치한 경우라면 저수기 이하의 물이 부족한 시기에도 방류량 없이 하천수를 담수해야만 하기 때문에 갈수기를 중심으로 하류하천의 일정구간은 물이 없는 건천이 되어 생태계의 위협을 초래하고 나아가서는 지하수 수위 변화까지도 초래한다고 볼 수 있다.

따라서 호소의 담수시기는 만수위가 유지되기 어렵

다 하더라도 장마철 이전에는 농업용수의 사용과 함께 하류하천이 건천화 되는 시기에 유지용수로 대부분의 호소수를 배수 하여야 한다. 장마철부터 다시 담수하되 11월 말경까지는 농업용수와 하류하천 여건을 고려하여 또다시 방류가 되도록 하여야 한다. 이후 농업이 줄어들고 생태적으로 활동이 감소하는 시기인 11월경부터 익년 5월경까지 약 6개월 동안 하류하천의 저수량~갈수량 정도를 유지하면서 담수함으로써 호소수의 체류시간을 최대한 짧게 유지함이 바람직하다.

3. 호소의 체류시간

하천수를 취수하여 농업용수를 활용하기 위한 대부분의 호소 운영현황은 벼 이앙시기에 집중적으로 농업용수를 공급하여 완전 배수 없이 장마철 등에 만수위에 이르러 배수(瀦水路)를 통하여 표층수가 유출되도록 운영되고 있어 사실상 이때부터 담수하기 시작하여 익년도 봄철까지 상당히 오랜 동안 지속된다고 볼 수 있다.

이와 같이 집중 호우시기와 풍수량 이상시기에 하천의 잉여수를 담수하여 활용하기 보다는 호소의 수위에 관계없이 하천수 모두가 유입되고 있다. 비록 농업용수를 공급하거나 하천유량에 많아지는 장마철 시기 등은 체류시간이 짧아지지만 장마철에 담수한 이후 수면증발, 누수, 침투 등 손실량 보다 유입수량이 적어지는 시기가 도래하면 만수위 유지가 어려워 인위적으로 배수량과 배수시기를 조절하지 않는 한 익년도 봄철까지 물이 계속적으로 체류하게 된다. 결국 이 기간 동안은 호소내 수질오염물질의 축적과 하류하천은 건천이 되어 호소와 하천간 물 순환체계가 경직될 수밖에 없다.

따라서 장마철 이후부터 10월까지의 온도가 높고, 강우 등에 의한 T-P등 영양물질의 과다 유입, 일조량 증가 등으로 녹조류 발생이 왕성한 시기로 물 순환을 더욱 강화하기 위하여 수상레저 및 수경관 등 특별한 문제가 없는 한, 호소수 체류시간을 1개월 이내로 유지되도록 호소수의 순환주기를 빠르게 함이 타당하다. 그 외의 온도가 낮아지는 11월부터 익년도 장마철 전까지 기간 동안에도 호소수 체류시간이 180일(6개월)을 초과하지 않도록 농업용 호소 운영관리 체계를 개선해야 한

다. 이와 같이 호소수의 체류시간을 단축하여 운영하는 경우 오염물질 축적을 사전에 차단하고, 동시에 하류하천에는 생태계의 건전성이 유지되리라 기대한다.

4. 농업용수원의 다변화와 농법개선

체류시간을 단축하여 운영하는 경우 일정부분 담수량이 감소하기 때문에 농업용수가 관개면적에 비하여 충분하지 않을 수 있다. 따라서 농업용수를 현재와 같이 호소수에 지나치게 의존하는 형태에서 벗어나 일정량은 하천에서 부분적으로 취수하여 이용하거나, 재이용수 그리고 지표수량 보다 많은 지하수(충적대수층)를 개발하는 등 농업용수원의 다변화를 모색하여야 한다. 특히, 빗물을 활용하는 방안을 고려할 수 있는데 가을철 수확기 이후 논에 빗물가두기를 실시함으로써, 지하수함양은 물론 봄철 일시에 다량의 농업용수를 수요를 예방할 수 있다고 판단한다.

또한, 하천유황 및 호소 담수 가능량에 비하여 관개면적이 넓은 지역은 농업용수 여건에 맞도록 벼 파종 및 이앙기를 조절하거나, 건답직과 농법 및 농업용수 공급이 거의 필요로 하지 않는 벼 품종(산도벼 등)재배, 대체작물(밀, 보리 등)의 재배 방안도 함께 고려해야 한다고 본다.

5. 수질오염물질 관리 및 물 순환체계

충청남도의 경우 단위면적당 가축사육수가 전국에서 가장 많고, 최근 가축사육 과정에서 악취, 해충, 소음, 분뇨 등으로 인한 생활환경적 피해가 발생³⁾함에 따라 산간지대 등으로 사육시설이 이전하는 추세가 많아 하천 상류유역에 위치한 농업용 호소의 수질오염 가능성이 점점 많아지고 있다. 농업용 호소의 수질문제는 대부분 유기물(BOD₅, COD_{Mn}), T-P, T-N, 병원성미생물 그리고 호소 바닥부위의 용존산소(DO)부족 등이다. 유기물질 및 T-N, T-P 등의 물질은 벼생육 및 농작물에 재배에 필요한 영양물질 이지만, 호소에 일정이상 농도를 장기간 초과하는 경우 물이 오염되어 있는 지표로 인식될 뿐만 아니라 이들 물질 외 다른 유해물질이 함께 포함될 수 있다는 간접지표로 활용되기 때문에 친환경 농업 등에서 매우 중요한 기준으로 다루고 있다. 또

한, 이와 같은 지표들을 관리함에 있어서 수상레저 및 수변경관으로 이용되는 호소라면 심미적 요인 등을 고려하여 오염물질 유입차단을 위하여 노력하거나 호소수 체류시간을 더욱 단축시켜 하천에서 유하(流下)하는 동안 자정작용에 의한 분해활동을 높이는 등 물 순환체계가 강화되도록 하여야 한다.

호소를 이수목적에만 지나치게 의존하여 운영한다면 계절적으로 물 순환체계가 단절된 기간이 발생하여 자정작용에는 일정부분 한계가 있어, 오염물질의 축적에 따라 물 이용가치를 급격히 저하시킬 수 있다. 그렇지만 유입되는 오염물질을 차단하고 물 순환이 건전해지도록 체류시간을 감소시킨다면 그 만큼 회복도 빠르다는 특성을 동시에 갖고 있다.

충남·대전지역을 비롯한 대부분의 전형적인 농촌지역은 농업용수 확보를 위해 하천 상류에 농업용 호소가 위치해 있고, 하천과 서로 연계된 유역특성을 가지고 있다. 현행 농업용 호소를 관리하는 기관(수면관리기관)은 규모에 따라 한국농어촌공사와 지방자치단체로 이원화 되어있고, 규모가 작은 호소를 중심으로 약 80%가 시·군에서 관리하고 있다. 또한 호소의 상·하류에 위치한 하천(소하천, 지방하천, 국가하천)관리에 있어서도 규모 및 관리내용에 따라 기초자치단체, 광역자치단체와 중앙정부의 여러 부처(국토해양부, 환경부, 지식경제부, 농림수산식품부)가 관여하고 있기 때문에 하천과 호소의 연계적인 물관리에 있어서 하천을 고려한 호소의 물 순환체계 개선에는 한계가 있다. 이처럼 하천상류에 위치한 농업용 호소의 유역내 물 순환체계를 회복하기 위하여 물을 관리하는 주체가 동일하거나, 주체가 다르더라도 호소와 하천 운영을 통합적으로 관리하여야만 실현될 수 있다고 판단한다.

V. 결론

본 연구는 농업용수를 확보하기 위하여 설치한 호소를 운영하면서 하류하천의 여건을 고려하지 않은 채, 유입 하천수를 장기간 담수함에 따라 호소수질 오염으로 이어져 이용가치가 떨어지고, 하류 하천이 건천화되어 하천과 호소간 물 순환체계가 단절되고 있기 때문

에 호소수의 체류시간 개선을 중심으로 연구하였다. 연구결과는 유역여건을 고려하지 않은 농업용수의 이용 중심에서 하천생태계의 건전성을 함께 유지할 수 있는 인식변화와 실행체계의 전환점을 모색한 것으로 다음과 같이 결론을 도출하였다.

첫째, 농업용 호소의 담수량은 필요한 농업용수에 의하여 결정하기 보다는 하천의 유황조건을 고려하여 담수가능량에 따라 용량이 결정되어야 한다.

둘째, 농업용 호소 운영관리에 있어서 담수시기는 저수량(Q_{275}) 이상의 유황조건에서만 담수하고, 하천유량이 적어지는 갈수량시기와 농업용수 등 하천수의 이용량이 많은 시기를 중심으로 호소수를 하천에 유출하여야 한다.

셋째, 호소의 체류시간은 가급적 짧게 유지함이 호소수질관리측면에서 바람직하며, 6월부터 9월까지의 체류시간은 1개월 이내로 하고, 나머지 기간의 체류시간은 180일(6개월)을 초과하지 않도록 농업용 호소 운영관리 체계를 개선해야 한다.

넷째, 농업용수를 호소수에 지나치게 의존적인 체계에서 벗어나 하천수 및 지하수 그리고 재이용수 공급 등 취수원의 다변화를 모색하고, 취수형태를 다양화하는 등 경작지에서 근거리 확보방안을 강구하여야 한다. 또한, 농업용수의 절감을 위하여 벼 파종 및 이앙기를 조절하거나, 건답직파 농법 및 농업용수 공급이 거의 필요로 하지 않는 벼 품종재배, 대체작물의 재배 방안 등을 함께 고려해야 한다.

다섯째, 깨끗한 호소수 유지를 위하여 상류지역에 위치한 생활하수 및 가축분뇨의 유입량 관리와 함께 호소의 담수량, 체류시간 등을 고려하여 COD_{Mn} 및 T-P 항목을 총량적으로 관리할 필요가 있고, 유역내 물 순환체계 개선을 위하여 호소와 호소의 상·하류 하천을 통합적으로 관리하여야 한다.

이와 같은 연구 결과에도 불구하고 호소의 규모와 하천여건 그리고 관개면적 및 재배작물 등에 따라 호소별 적정한 체류시간과 하류하천에 대한 유지유량을 산정하지 제시하지 않음은 이 연구의 한계점으로 남고 있다. 따라서 규모가 비교적 크고 하천의 건전성을 필요로 하는 유역을 중심으로 호소 유형별 체류시간 산정방

법과 하천의 건천화 방지를 위한 물순환 체계 개선의 후속 연구가 계속되기를 희망한다.

참 고 문 헌

- [1] 김종원, 하천유역별 통합 물관리체계 연구, 국토연구원, 2000.
- [2] 농어촌연구원, 농업용수 수질오염이 벼생육에 미치는 영향 연구, 농림부, 2004.
- [3] 이상진, 어성욱, 이상득, 송영호, 충청남도 가축분뇨처리 시설의 운영실태 분석 및 관리방안, 충남발전연구원, 2008.
- [4] 김가현, *상하수도기술사*, 도서출판 세진사, 2000.
- [5] 박기욱, 김진택, 주옥중, 박지환, 오승태, 농촌지역 소하천의 건천화 원인분석을 위한 실태 조사, 한국농촌공사 농어촌연구원, 2006.
- [6] 김주환, “광주천의 건천화와 수문환경 문제”, 국토지리학회지, 제10권 제3호, pp.568-578, 2003.
- [7] 우수혜, 오종민, “도시 중·소하천의 건천화 방지를 위한 필요유량 산정”, 한국물환경학회지, pp.1153-1160, 2006.
- [8] 이춘석, 박원진, “상류하천의 유출량 변화가 호소수 수질에 미치는 영향”, 한국수처리학회지, Vol.8, No.1, pp.35-41, 2000.
- [9] 이택순, 송봉근, 한치복, 박경훈, “경상남도의 효율적 빗물관리를 위한 GIS 기반 물순환 체계 분석”, 한국지리정보학회지, Vol.14, No.2 pp.82-95, 2011.
- [10] 반류강, “일본에 있어서의 물순환 기능의 구축, 대한상하수도학회 공동추계 학술발표회 논문집, pp.265-268, 2002.
- [11] 서성녀, 김영택, 박철휘, “산소용해수와 미생물제재를 이용한 호소 및 폐쇄수역의 정화기술”, 한국물환경학회지, Vol.21, No.2, pp.118-124, 2005.
- [12] 김영도, 이남주, 류시완, 양상용, “호소 및 하천내 탁질입자의 거동”, 대한상하수도학회 공동추계 학술발표회 논문집, pp.306-311, 2005.
- [13] 허진, 신재기, 박원성, “하천 및 호소 수질관리를 위한 용존 자연유기물질 형광특성 분석”, 대한환경공학회지, Vol.28, No.9, pp.940-948, 2006.
- [14] 오정민, 이태관, “공상댐의 수질오염 특성에 관한 연구, 대한상하수도학회 공동추계 학술발표회 논문집, pp.354-359, 2005.
- [15] 김경희, 박재영, 오종민, “경안천 건천화 원인 분석”, 대한상하수도학회 공동추계 학술발표회 논문집, pp.637-640, 2005.
- [16] 박재로, 임현만, “생활하수의 하천유지용수 재이용을 위한 하천직접처리공법 적용방안”, 대한상하수도학회 공동추계 학술발표회 논문집, pp.733-736, 2004.
- [17] Takehiko Fukushima, Carrying capacity of four East Asian lakes : a comparative study, 한국물환경학회, 수질개선 시스템 개발에 관한 한·일 시포지움, pp.197-216
- [18] R. Francisco, M. Enrique, A. Joan, “The residence time of river water in reservoirs,” Ecological Modelling, Vol.191, pp.260-274, 2006.
- [19] P. Antoni, “Integrated environmental management of current reservoirs and regulated rivers,” Limnetica, Vol.25, No.1-2, pp.287-302, 2006.
- [20] S. W. Chung, J. K. Oh, I. H. Ko, and Y. K. Kim, “Effect of reservoir flushing on downstream river water quality,” Journal of Environmental Management, Vol.86, pp.139-147, 2008.

저 자 소 개

이 상 진(Sang-Jin Yi)

정회원



- 1989년 2월 : 충남대학교 해양학과(이학사)
- 1996년 2월 : 충남대학교 환경보건학과(환경보건학석사)
- 2003년 8월 : 대전대학교 환경공학과(공학박사)

▪ 1997년 12월 : 수질관리기술사

▪ 2002년 4월 ~ 현재 : 충남발전연구원 선임연구위원
<관심분야> : 수질환경정책, 유역수질관리, 하·폐수처리