

주암호 농업유역 오염부하 특성

○한국현* · 윤광식** · 최수명** · 조재영***

I. 서론

1990년에 준공된 주암댐은 상사댐과 연계되어 광주, 전남지역의 생활용수, 공업용수, 농업용수 등 용수공급과 수력발전, 홍수조절 등의 기능을 가진 다목적댐으로 이용되고 있다. 그러나, 주암호 상류지역으로부터 유입되는 오염물질로 인한 부영양화로 녹조현상이 나타나기 시작함에 따라 수질관리에 대한 문제점이 제기되었다. 기존의 조사결과에 의하면 주암호 유입 영양염류 중 흔히 부영양화의 제한인자인 인의 경우 주 오염원이 비점오염인 것으로 추정되었다.

따라서, 비점오염 저감 대책을 수립하기 위해서는 오염원 조사와 유입오염부하 특성에 대한 조사가 필수적이다. 오염원, 유입유량, 수질, 부하량 자료가 구축되어야 적절한 수질 개선 기법이 선정될 수 있고, 규모가 결정될 수 있으며 그 효과를 산정해 볼 수 있다. 외국의 경우 많은 비점오염 연구가 모니터링에 집중되어 있는 것도 비점오염 실체를 진단하는 것이 문제해결에 가장 중요한 열쇠가 되기 때문이다. 비점오염원에 의한 영양염류 부하량을 추정하기 위해서는 연속적인 유량변화와 평수기 및 강우-유출시 수질 측정 자료가 필요한데, 현재까지 주암호내 유역에 대한 장기적인 유량 및 수질 조사를 병행한 연구는 미흡한 편이다. 따라서, 본 연구에서는 주암호 유입 소유역 중 대표 유역을 선정하여 유역에 대한 체계적인 기상특성 조사, 수문현황 및 유황분석, 수질특성 조사, 오염원별 오염부하량 산정을 통하여 영양염류 유입부하의 특성을 고찰하고자 한다.

II. 시험유역 현황 및 조사방법

2.1 시험유역 및 조사내용

본 연구의 대상유역으로는 주암호 유입 소유역 중 여타 유역에 비해 농경지 비율이 높은 외남천 유역을 조사 대상으로 선정하였다. 조사유역에는 전남 화순군 남면과 한천면 일대로서 2면 11개리가 포함되어 있다. 유역의 오염부하량 산정을 위해 수문 및 수질조사를 실시하였다. 수문조사는 일별 강수량 자료 수집, 시간별 일별 하천수위자료 측정, 수위-유량관계 유도 등을 통하여 분석하였다. 수질조사는 주기적(2주 간격) 또는 강우시 일주기 조사로 수질 표본을 샘플링하고, 수질분석을 실시하였으며 오염부하 특성을 고찰하였다. 유역 지상인자의 조사는 1/5,000 지형도, 1/25,000 토양도 및 토지이용도 등의 자료를 이용하였으며 현지답사를 통해 보완하였다.

2.2 시험유역 오염원 현황

사례유역의 총 인구는 남면 2,092명, 한천면 740명으로 2,832명이고 이 중 사평리 인구가 1,100으로 사례유역 전체인구의 38.8%를 차지하고 있다. 축산은 한우와 젖소를 합한 소 사육두수는 567두, 돼지는 총 349두, 가금은 5,515두이다. 대상유역의 토지이용현황은 논 575ha(9.8%), 밭 212ha(3.6%), 임야 4,826ha(82.6%), 주거지 63ha(1.2%), 기타 164ha(2.8%)로 총 5,841ha의 유역면적으로 구성되어 있다.

2.3 기상

유역의 기상특성을 살펴보면 평균 연간 총 강수량은 1,368mm로서 7월과 8월에 281.9mm와 276mm, 12월에 32.4mm로 여름철에 많은 비가 내리는 경향을 보이고 있다. 6월부터 9월까지 강수량은 885.9mm로 연간 강수량의 65%를 차지함을 알 수 있다. <그림 1>은 30년 평균 월별 강수량과 2001년, 2002년 강수량을 비교

* 전남대학교 생물산업공학과 박사과정 수료
** 전남대학교 생물산업공학과 교수
*** 전북대학교 농화학과 박사

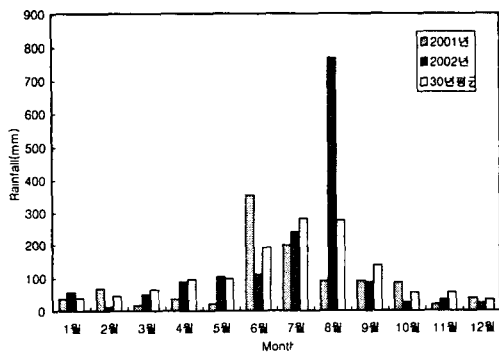
한 것이다. 2001년도의 경우 3월부터 5월까지의 강수량이 예년에 비해 작아 가뭄을 겪었으며, 8월의 경우도 91mm로 평균 강수량 276mm에 훨씬 못 미치는 양이었다. 6월의 경우는 354mm를 기록하여 평균치인 190.3mm의 150%에 해당하였다. 2002년의 경우 강수량이 1,591mm로 30년 평균 강수량보다 많고, 6월은 평년에 비해 적은 반면, 8월의 경우는 768mm를 기록하여 평균치인 276mm의 278%에 해당하였다. 2001년과 2002년의 기상조건은 조사 구역의 평균적인 조건과는 상이하여 이에 따른 유출 및 오염 부하 특성도 평년과는 다를 것으로 판단된다.

III. 결과 및 고찰

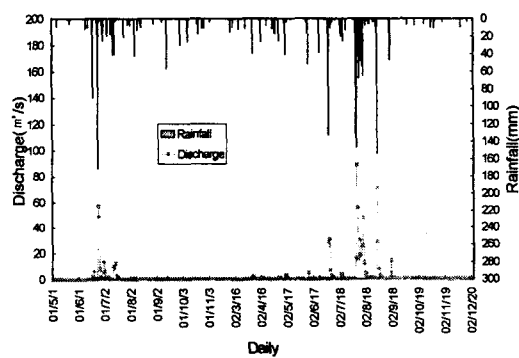
3.1 강우 - 유출

<그림 2>는 2001년 5월 1일 ~ 2002년 12월 31일까지 일 강수량 및 일평균 유출량을 보여주고 있다. 2001년의 경우 5월부터 6월까지의 가뭄으로 기저 유출량이 0.05m³/s 이었다. 이는 하루에 4,320m³가 주암호로 유입된 것으로 추정된다. 6월 24일을 전후하여 199mm 강우로 인해 6월 24일과 25일 각각 57.02m³/s와 48.7m³/s의 많은 유출량이 발생하였으며 이들 사이에 9백만m³정도가 호내로 유입된 것으로 산정되었다.

2002년의 경우 8월 6일 ~ 8월 9일 사이의 322mm의 집중강우로 인해 8월 7일과 8일 각각 88.65m³/s와 55.3m³/s의 많은 유출량이 발생하였으며, 8월 31일 154mm의 강우로 인해 70.67m³/s의 유출량이 발생하였다. 8월 6일 ~ 9일 사흘 사이에 12백만m³정도가 호내로 유입되었고, 8월 31일 하루에 6백만톤이 유입된 것으로 산정되었다. 특히, 측정기간의 전체 유출량은 48.6백만m³인데 8월 한 달의 경우 유출량이 38.1백만m³으로 전체의 78.4%를 차지하고 있다.

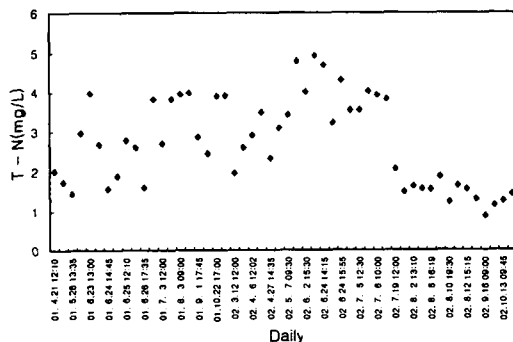


<그림 1> 평균 강수량과 2001·02년 강수량 비교

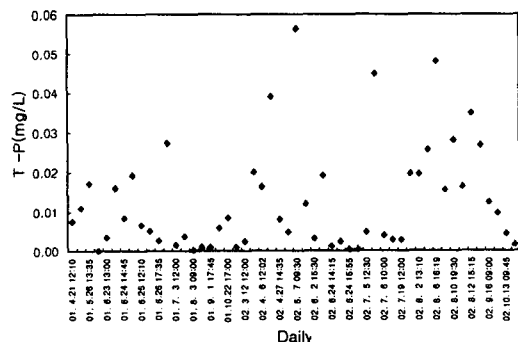


<그림 2> 조사구역의 일 유출량

3.2 수질 항목 분석 결과



<그림 3(a)> 시기별 T-N 농도 변화



<그림 3(b)> 시기별 T-P 농도 변화

유량측정 지점에서 수질 샘플을 채취하여 실험실에서 Standard Method로 성분분석을 실시하였다. <그림 3(a)> ~ <그림 3(b)>는 2001년과 2002년에 측정된 수질분석 결과이다. 2001년 조사기간 중 pH는 6.19 ~

7.19 범위를 보였으며, 영양염류 항목인 T-N 농도는 1.445 ~ 3.980mg/L 범위였고 평균 2.835mg/L이었다. T-P 농도는 0 ~ 0.0273mg/L 이었고 평균 0.007mg/L 범위의 값을 보였다. COD 농도는 2.225 ~ 9.303mg/L 범위를 보였고 평균 4.75mg/L이었다.

2002년 조사기간 중 영양염류 항목인 T-N 농도는 0.87 ~ 4.93mg/L 범위였고 평균 2.66mg/L이었다. T-P 농도는 0.004 ~ 0.0564mg/L 이었고 평균 0.0160mg/L 범위의 값을 보였다. COD 농도는 0.20 ~ 8.11mg/L 범위였고 평균 1.83mg/L이었고, 2002년부터 수질분석을 한 SS의 경우 9.40 ~ 53.60mg/L 범위였고 평균 19.18mg/L이었다.

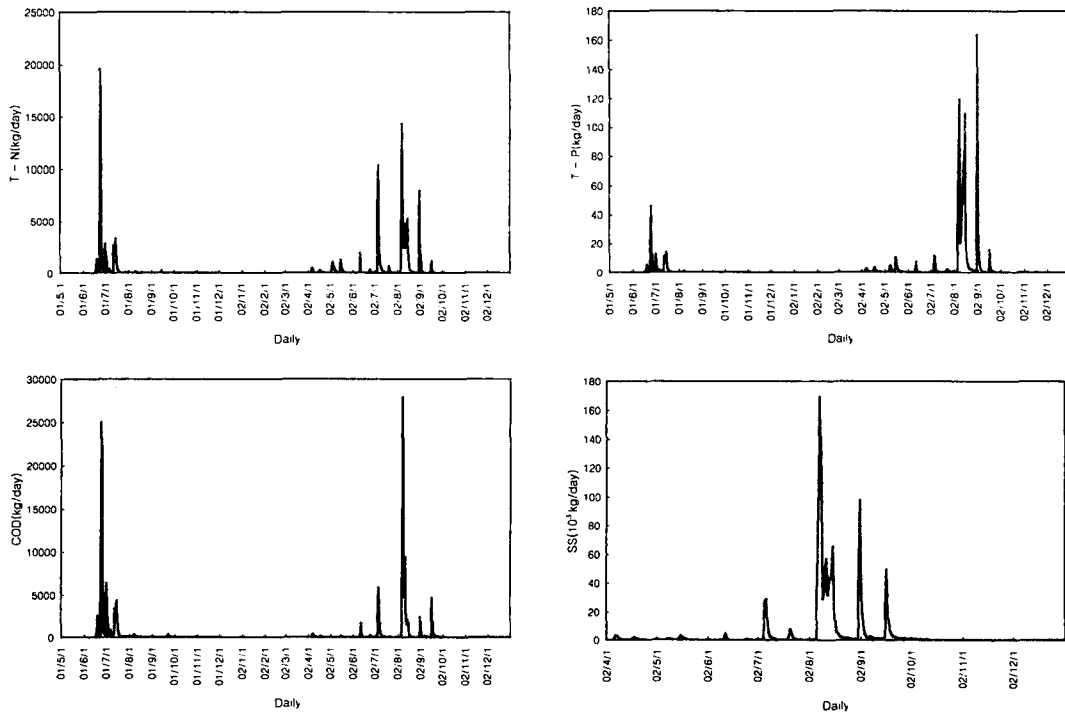
2001년과 2002년의 평균 농도를 살펴보면 T-N의 경우는 비슷한 경향을 나타낸 반면 T-P의 경우는 2002년에 약 2.4배가 증가하였고, COD의 경우는 2001년에 비해 약 61%정도 감소하였다. 호소 수질 기준을 고려해볼 때 T-N의 농도는 높은 편이지만 T-P의 경우는 낮은 것으로 나타났다.

3.4 유입 영양염류 부하량 산정

산정 된 유량과 수질분석 자료를 이용하여 T-N, T-P, COD, SS의 일 오염부하량을 산정하였으며, 일별 오염부하량은 <그림 4>와 같다. 오염부하량 결과를 살펴보면 강우-유출이 큰 시기에 상당한 영향을 받고 있음을 알 수 있다. <표 1>은 월별 오염 부하량을 정리한 것이다. 2001년 월별부하량을 살펴보면 강우-유출이 많았던 6월과 7월에 T-N 54,981kg, T-P 166.91kg, COD 88,620kg으로 7개월 전체 부하량의 89%, 93%, 92% 이상이 호내로 유입되었음을 알 수 있다. 특히 6월 24일에 발생한 강우로 인한 3일간 부하량은 T-N 31,464kg, T-P 70.55kg, COD 49,942kg으로 6월 전체 부하량의 각각 88%, 80%, 86%를 차지하며 조사기간인 7개월 전체 부하량의 51%, 39%, 56%에 해당함을 알 수 있다.

2002년의 월별 부하량을 살펴보면 2001년에 비해 강우-유출이 많았던 시기가 7월과 8월이었다. 7월과 8월의 부하량을 보면 T-N 87,751kg, T-P 937.7kg, SS 887,923kg, COD 93,116kg으로 9개월 전체 부하량의 79.1%, 81.2%, 85.8%, 81.2% 이상이 호내로 유입되었음을 알 수 있다. 특히 8월의 경우 전체 강우량의 57%가 집중 발생하여 9개월 전체 부하량의 55.6%, 77.9%, 71.2%, 71.1%가 유입되었다.

2001년과 2002년의 부하량 결과를 살펴보면 T-N의 경우 1.65배, T-P는 5.66배 증가하였고, COD는 2001년과 비슷한 수준이었다. 평상시 오염부하량이 크지 않은 것으로 보아 대상유역의 생활계나 점원오염의 부하가 크지 않고 강우시 농경지, 산림, 주거지 등의 비점오염과 축산, 정화조 등 유사 비점오염원에 의한 기여율이 큰 것으로 판단된다.



<그림 4> T-N, T-P, COD, SS 일별부하량

<표 1> 대상유역 월별 오염부하량

월	강수량 (mm)	T - N			T - P			COD		SS	
		원단위 발생부하량	kg/Mon	%	원단위 발생부하량	kg/Mon	%	kg/Mon	%	kg/Mon	%
01/05	21	9,197.7	212.2	0.4	1,391.9	1.6	1.0	373.0	0.4		
01/06	354	8,901.0	35,749.3	57.7	1,347.0	87.6	48.6	58,359.0	60.4		
01/07	197	9,197.7	19,232.5	31.0	1,391.9	79.3	44.0	30,261.0	31.3		
01/08	91	9,197.7	1,897.1	3.1	1,391.9	3.2	1.8	2,309.0	2.4		
01/09	92	8,901.0	1,448.9	2.3	1,347.0	3.1	1.7	1,809.0	1.9		
01/10	86	9,197.7	1,935.1	3.1	1,391.9	4.3	2.4	2,216.0	2.3		
01/11	19	8,901.0	1,491.0	2.4	1,347.0	0.9	0.5	1,223.0	1.3		
소 계	860	63,493.8	61,966.1	100.0	9,608.6	180.0	100.0	96,549.0	100.0		
02/04	88	8,901.0	2,895.0	2.6	1,347.0	23.2	2.0	2,004.4	1.8	18,211.8	1.6
02/05	103	9,197.7	8,184.0	7.4	1,391.9	49.5	4.3	867.9	0.8	14,284.5	1.3
02/06	111	8,901.0	3,610.0	3.3	1,347.0	9.9	0.9	2,974.0	2.7	8,857.6	0.8
02/07	238	9,197.7	26,030.0	23.5	1,391.9	38.6	3.3	14,367.9	13.0	91,752.1	8.2
02/08	768	9,197.7	61,720.0	55.6	1,391.9	899.0	77.9	78,748.3	71.1	796,170.9	71.2
02/09	86	8,901.0	7,091.4	6.4	1,347.0	129.7	11.2	11,148.0	10.1	163,380.1	14.6
02/10	25	9,197.7	555.2	0.5	1,391.9	2.8	0.2	445.7	0.4	13,696.4	1.2
02/11	33	8,901.0	452.3	0.4	1,347.0	0.5	0.0	63.6	0.1	6,103.7	0.5
02/12	22	9,197.7	453.9	0.4	1,391.9	0.5	0.0	63.8	0.1	6,125.1	0.5
소 계	1,591	81,592.5	110,992.3	100.0	12,347.5	1,153.7	100.0	110,683.5	100.0	1,118,582.2	100.0

IV. 요약 및 결론

주암호 유입 소유역의 영양염류 부하특성을 살피기 위하여 현장 모니터링을 실시하였다. 여기서 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 조사가 실시된 외남천 유역의 사평구교 지점의 유입수의 수질은 호소 수질 기준을 고려해볼 때 T-N의 농도는 통상 IV급수 이상의 수질을 보이고, T-P의 경우는 평상시 I급수 수질이나 강우시 II급수의 경우도 조사되어 목표수질을 상회하며 강우시 수질이 평상시보다 나쁜 것으로 나타났다.

2. 2001년과 2002년의 부하량 결과를 살펴보면 T-N의 경우 1.65배, T-P는 5.66배 증가하였고, COD는 2001년과 비슷한 수준이었다. 평상시 오염부하량이 크지 않은 것으로 보아 대상유역의 생활계나 점원오염의 부하가 크지 않고 강우시 농경지, 산림, 주거지 등의 비점오염과 축산, 정화조 등 유사 비점오염원에 의한 기여율이 큰 것으로 판단된다.

3. 별다른 점원이 없는 농업유역 오염부하특성은 평상시 오염부하량이 크지 않고 몇 개의 강우사상에 집중되었고, 비점오염 및 유사 비점오염의 기여율이 큰 것으로 판단된다.

4. 현재의 수질과 오염부하 특성으로 보아 유입수 처리 방안이 유출수 저류는 처리 용량 과다로 현실적으로 어렵고, 평상시 유입수 처리는 저농도, 저유량으로 처리효과가 미약하다. 그러므로 유입 영양염류 저감을 위해 현 단계 최적접근방법은 유역 오염원 관리 즉, 발생원 관리 대책을 철저히 하는 것이 필요하다고 하겠다.

참고문헌

1. 권순국 외. 1998. 지역환경공학. 향문사.
2. 박병훈, 2000. 호소수질정화공법의 효과분석과 수질모형에 의한 적용성평가, 서울대학교박사학위논문
3. 최중대 외. 2001. 강원도 농촌소유역의 오염배출특성과 수질관리방안. 농촌환경연구회
4. 최중대. 1997. 비점원오염 연구에 관한 고찰. 한국농공학회지. 39(2).
5. 최지용 외. 1995. 비점오염원 조사연구사업 보고서. 환경부.