

자연유출량의 산정 및 평가 (낙동강의 본류를 중심으로)

이동률** 김현준* 김형섭*

1. 서론

용수공급 부족 문제를 해결하기 위하여 다목적댐 등과 같은 수자원 개발 사업을 하며, 갈수의 발생시 피해를 경감하기 위하여 저수관리 운영을 통한 갈수대책을 수립한다. 갈수대책의 효과적인 수단으로서 가장 기본적인 방법은 댐의 효율적인 운영이다. 저수관리 운영의 일반적인 방법은 기준지점을 설정하여 각 기준지점별로 생활·공업 및 농업용수 등 각 항목마다 필요한 유량과 하천 유지유량을 합한 목표관리유량을 정하고 그것을 기준으로 해서 하천유량을 제어하는 것이다. 기준지점의 유량이 목표관리유량에 미치지 못하면 댐에 의해 유량을 공급해야 하는데 이때 댐의 무효 방류량을 줄이기 위해서는 댐~기준지점간의 자연유출량의 추정이 필수적이다. 즉, 기준지점의 목표확보유량이 댐하류의 자연유출량으로 충분하다면 댐에 의한 용수공급을 절약할 수 있기 때문이다.

본 연구에서는 저수관리 시스템 운영 입장에서 낙동강 본류를 중심으로 생활·공업 및 농업용수의 취수현황을 조사하고 일별 물수지분석을 통하여 주요 지점들의 자연유출량을 산정하였으며, 댐 방류량과 함께 정량적 분석을 수행하였다. 또한 자연유출량 산정 과정에서 나타나는 문제점을 검토하였다.

2. 하도구간별 용수이용 현황

물수지 분석을 통하여 자연유출량을 산정하기 위해 먼저 낙동강 본류의 주요 수위관측소를 기준으로 하도구간을 분류한 후 구간별 용수이용 현황을 조사하였다. 각 구간에서 취수하는 일별 생·공용수의 취수량은 이용 수량면에서 계절적 변동이 적고, 수리권이 확립되어 있어 취수량 자료의 획득이 용이하고, 조사된 취수량을 이용하는데 문제가 없으나, 농업용수의 경우 일별 실제 취수량자료의 획득이 현재로서는 어려운 실정이다. 따라서 월별 취수량자료가 있는 양수장의 관개면적당 취수량을 지표로 관개기(4월-9월)의 일별 농업용수 취수량을 추정하였다. 표 2.1은 하도 구간별 생·공용수의 취수현황이며, 표 2.2는 추정된 농업용수 취수량이다.

** 정회원, 한국건설기술연구원 수자원연구실 선임연구원

* 정회원, 한국건설기술연구원 수자원연구실 연구원

표 2.1 낙동강 주요 하도구간별 생·공용수 취수현황

하 도 구 간	취 수 장 (개소)	취 수 량	
		(m ³ /day)	(m ³ /sec)
안동댐 - 사 벌	1	1,000	0.012
사 벌 - 일선교	3	23,000	0.266
일선교 - 왜 관	4	284,500	3.293
왜 관 - 고령교	8	1,338,350	15.489
고령교 - 적포교	4	53,230	0.674
합천댐 - 낙동강	1	5,000	0.035
적포교 - 진 동	1	395,000	4.572
남강댐 - 낙동강	3	31,160	0.180
진 동 - 삼랑진	4	299,500	3.469
삼랑진 - 하구둑	12	3,798,900	44.333
합 계	41	6,229,640	72.323

표 2.2 낙동강 주요 하도구간별 농업용수 일취수량 추정치

하 도 구 간	양수장 (개소)	관계면적 (ha)	월별 일평균 취수량(m ³ /sec)					
			4	5	6	7	8	9
안동댐 - 사 벌	36	7783.2	0.896	6.071	7.348	11.760	6.810	3.495
사 벌 - 일선교	33	3104.6	0.357	2.465	2.931	4.691	2.717	1.394
일선교 - 왜 관	24	2046.4	0.235	1.596	1.932	3.092	1.790	0.919
왜 관 - 고령교	30	4055.4	0.466	3.163	3.828	6.128	3.548	1.821
고령교 - 적포교	21	2490.6	0.286	1.943	2.351	3.763	2.179	1.118
합천댐 - 낙동강	17	1544.0	0.178	1.204	1.458	2.333	1.351	0.693
적포교 - 진 동	13	1501.6	0.173	1.171	1.418	2.269	1.314	0.674
남강댐 - 낙동강	42	5605.9	0.645	4.373	5.292	8.471	4.905	2.517
진 동 - 삼랑진	15	5747.4	0.661	4.483	5.426	8.684	5.029	2.581
삼랑진 - 하구둑	20	5792.6	0.666	4.518	5.468	8.753	5.069	2.601
합 계	251	39671.7	4.563	30.987	37.452	59.944	34.712	17.813

3. 물수지 분석

하천을 여러개의 하도구간으로 분할할 경우 각 하도에서의 순물획득량, 즉 해당 하도의 물수지에 의한 물의 증가량을 산정하여 이를 상류의 하도로부터 누적함으로써 자연유출량을 산정할 수 있다.

각 하도에서 얻어지는 순물획득량(Qgain)은 다음과 같은 식 (3.1)로 표현될 수 있다.

$$Q_{gain} = Q_{out} - Q_{in} + \Sigma Q_{use} + E_r + \Delta S_r \quad (3.1)$$

여기서, Qgain은 각 하도에서의 순물획득량, Qout 및 Qin은 각 하도의 유출량 및 유입량, ΣQ_{use} 는 각 하도에서의 순물소모량의 합, Er은 저수지의 증발량이며, ΔS_r 은 저수지의 저수변화량이다. Quse는 하도 내에서 각종 용수의 순물소모량을 의미한다. 즉 생활, 공업 및 농업용수의 공급량에서 이들이 하도로 되돌아오는 회귀수량을 제외한 유량이다. 각 하도별로 산정된 순물획득량을 최상류 하도에서부터 해당 하도까지 누적하면, 이 누적치가 해당 하도의 출구점에서의 자연유출량이다. 식 (3.1)은 하도구간에 저수지가 있는 경우로 저수지가 없을 경우 Er 및 ΔS_r 은 생략된다.

댐 하류의 자연유출량을 산정하기 위하여 본 연구에서 적용한 일물수지 분석 개요는 표 3.1과 같으며, 분석된 하도구간은 안동댐-사벌, 사벌-일선교, 일선교-왜관, 왜관-고령교, 고령교-적포교, 적포교-진동, 진동-삼랑진의 7개이다.

4. 자연유출량 산정 및 평가

어떤 기준지점의 자연유출량은 산정한 각 하도에서의 순물획득량, 즉 해당 하도의 물수지에 의한 물의 증가량을 산정하여 이를 상류의 하도로부터 하류로 유달시간을 고려하여 누적함으로써 자연유출량을 산정할 수 있다. 기준지점으로 선정하여 자연유출량을 산정한 지점은 사벌, 일선교, 왜관, 고령교, 적포교, 진동 및 삼랑진의 7개 지점이다.

그림 4.1은 사벌지점으로 실측유량은 상류의 댐방류량과 상류 댐과 사벌구간에 유입되는 자연유출량의 합이다. 갈수기간 사벌지점의 유출량에서 안동댐과 사벌 구간으로 유입되는 자연유출량보다 상류의 댐방류량이 차지하는 비중이 상당히 큰 반면, 홍수 또는 풍수기의 유출량은 상류의 댐방류량에 의한 유출량보다 이 구간의 자연유출량에 의해 지배받고 있음을 알 수 있다. 표 4.1은 그림 4.1과 같이 산정된 자연유출량과 댐방류량을 월별로 산정하여 실측유량에 대한 비율을 제시한 것이다. 사벌과 일선교를 제외하고 자연유출량과 댐방류량의 합이 실측유량보다 상당히 크게 나타나 자연유출량의 결과의 신뢰성이 상당히 떨어짐을 알 수 있고, 대체로 12월의 결과는 양호하게 나타났다.

표 3.1 물수지 분석 개요

항 목	물수지 분석 개요
분석 기간	1994년 일유량
최상류단 유입량	댐방류량(안동, 임하, 합천, 남강)
지류 유입량	자연유출량으로 고려
취수 및 환원량	1. 생·공용수 ① 취수량 : 표 2.1의 취수량 ② 환원량 : 취수량의 80%로 가정 (환원시간 : 취수되는 시점으로 가정) 2. 농업용수 ① 취수량 : 표 2.2의 추정치 ② 환원량 : 취수량의 40%로 가정 (환원시간 : 취수되는 시점으로 가정)
하도구간의 도달시간	1. 100cms 이상 : 하도거리/실측유속 2. 100cms 이하 : 하도거리/전파속도 (저수위시 실측유속 부정확)
하도구간의 순물획득량이 (-)인 경우 (하류의 유량이 상류보다 작을 때로 유량자료의 부정확성 내재)	해당 하도구간에서의 취수량을 순물획득량으로 대치

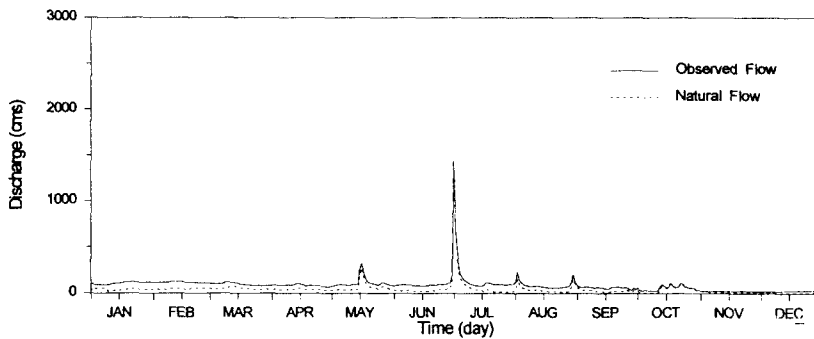


그림 4.1 사벌 지점의 실측유량 및 자연유출량

표 4.1의 사별유출량에서 댐방류량의 비율은 12월에 최대 74%에서 7월의 최소 44%를 차지하고 있음을 알 수 있다. 사별지점에서 월별 댐방류량과 자연유출량의 비율을 보면 전반적으로 두 유출량에 의한 합이 100%내외로 실측유량과 거의 같음을 알 수 있어 안동댐 및 사별구간에서 사용되는 생활, 공업 및 농업용수의 사용량이 본 연구에서 조사한 결과와 큰 차이가 없다고 판단되며, 사별지점의 1994년 댐방류량이 차지하는 월평균 유출량 비율은 54%를 나타내고 있다. 하류로 갈수록 자연유출량이 증가하므로 댐의 방류량이 기준지점들의 실측유량에서 차지하는 비율은 감소할 것이다. 일선교의 1994년 댐방류량에 의한 월평균 비율은 48%로 자연유출량의 증가에 의한 결과를 보여주고 있고, 각 월의 자연유출량과 댐방류량의 합이 사별지점과 같이 100% 내외로 자연유출량의 양호한 결과를 보여주고 있다. 왜관지점의 경우 1994년 월평균 댐방류량의 비율은 57%로 나타났는데 이는 일선교와 왜관 구간에서 유입되는 자연유출량을 고려할 때 일선교보다 감소해야 하는 것이 당연하나 오히려 11%나 증가한 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 고령교, 적포교, 진동 및 삼랑진 지점에서도 비슷함을 보여주고 있고, 이들 지점 모두 자연유출량과 댐방류량의 합이 100%을 이상을 보여줘 자연유출량의 신뢰성이 없다고 판단된다.

자연유출량 산정 결과가 양호한 12월 댐방류량의 비율을 살펴보면 사별 74%, 일선교 69%, 고령교 51%로 하류로 갈수록 계속 비중이 감소하고 있음을 알 수 있다. 한편, 적포교의 경우 합천댐의 영향으로 56%로 증가하고 진동 및 삼랑진의 경우 남강댐의 영향으로 약 68%로 증가하고 있음을 알 수 있다.

표 4.1 기준지점 실측유량에 대한 자연유출량과 댐방류량의 비율(%)

월	사 별	일선교	왜 관	고령교	적포교	진 동	삼랑진
1	36(63)	52(47)	65(58)	72(57)	61(70)	66(62)	66(178)
2	40(58)	55(44)	76(60)	81(49)	74(63)	86(31)	86(179)
3	51(47)	60(41)	74(48)	82(34)	77(46)	82(31)	82(107)
4	46(54)	58(68)	65(57)	80(33)	83(45)	77(43)	77(135)
5	57(49)	65(51)	71(45)	85(35)	88(38)	84(36)	84(42)
6	36(73)	51(64)	70(86)	77(71)	69(68)	89(88)	89(56)
7	64(44)	78(32)	103(38)	122(41)	126(40)	142(43)	142(40)
8	47(59)	62(41)	100(65)	118(69)	104(51)	105(101)	105(59)
9	42(64)	48(68)	66(91)	78(85)	80(69)	92(78)	92(44)
10	75(23)	83(23)	92(24)	93(20)	96(28)	90(63)	90(38)
11	54(45)	62(36)	72(41)	82(27)	78(28)	79(40)	79(22)
12	27(74)	34(69)	39(78)	62(51)	55(56)	55(67)	55(69)
평균	48(54)	59(48)	74(57)	86(47)	83(50)	87(56)	87(80)

(*) : 실측유량에 대한 댐방류량의 비율

5. 결론 및 개선사항

본 연구에서 산정한 자연유출량은 사별과 일선교를 제외하고 대부분의 지점들에서 비현실적인 면을 보여주는데 이와 같은 결과의 가장 큰 원인은 유량 자료의 부정확성에 기인하고 있다. 대부분 하도구간에서 상류단의 유입량이 하류단의 유출량보다 크게 나타나는 경우가 많아 하도구간의 자연유출량이 (-)로 나타나는 경우와 지나치게 하류단의 유량이 커서 비현실적인 자연유출량이 산정되는 경우가 발생하였다. 또한 유량 뿐만 아니라 수위자료의 신뢰성 문제도 드러났다. 현실적으로 수위가 상승 또는 하강해야 하나 변화가 없는 지점이 있었다. 이는 신뢰성 있는 유량 측정보다 더 근본적인 문제로 수위의 관측과 관리에도 많은 노력을 기울여야 할 것이다.

저수관리 운영에서 가장 중요한 사항은 각 하도구간의 용수수급을 원활하게 하기 위하여 기준 지점의 유량을 정확하게 파악하고, 그 이후에 각 목적에 이용되는 용수를 공급하는 것이다. 그러나 본 연구의 분석 결과를 볼 때 유량자료의 부정확성으로 신뢰성이 너무 낮아 용수수요에 따른 유황의 변화를 파악하기가 어려웠다. 이로 인해 용수 이용량이 정확히 파악된다 해도 상류부터 하류로의 물수지분석 결과는 현실과 다른 결과를 초래하여 저수관리 운영이 무의미 할 수 있다. 따라서 저수관리 운영을 위해서는 무엇보다 신뢰성 있는 유량관측이 근본적으로 수행되어야 할 것이다.

본 연구에서 조사된 생·공용수의 이용량은 물수지 분석의 이용에 무리가 없으나 농업용수의 경우는 추정치를 사용하였는데 이에 대한 검토와 함께 실제 취수량의 조사가 필요하다. 또한 댐의 무효방류량을 줄이기 위해서는 농업용수의 수리권 조사가 반드시 필요하다.

참고문헌

건설교통부, 수자원관리기법개발연구조사 보고서, 1996. 3.