

밀양댐유역 HSPF모형을 이용한 유출 및 유사특성 Comparative Study on Flow and SS in Miryang Dam using HSPF

강순구*, 손태석**, 박성열***, 최영돈****, 전지홍*****

Sun Ku Kang, Tae Seok Shon, Sung-Yol Park, Young Don Choi, Ji Hong Jun

1. 서론

최근 기상이변의 발생으로 기록적인 폭우를 동반한 태풍 발생이 증가함에 따라 수질악화, 하천 환경 및 생태계 위협을 유발하는 탁도의 급증 및 장기화가 대두되고 있다. 이는 상수원 이용에 지장을 초래하고 심미적, 하천환경 및 생태계를 파괴하는 부정적인 요인으로 해석되어 하천의 본래 기능을 상실하고 주민으로 하여금 수질확보를 포함한 안정성, 친수성의 불신을 야기하는 원인이 될 수 있다. 특히 낙동강 상류에 위치한 임하호는 2002년 태풍 “루사”의 출현으로 유역내에 대량의 유사가 유입되었으며 2003년 태풍 “매미”에 이어 2004년 태풍 “디엔무”를 연속적으로 경험하면서 댐방류수의 고탁도 현상이 장기화되었으며, 이로인해, 탁도증가에 댐의 영향이 크게 인식되고 있다. 이에 따라 본 논문에서는 낙동강의 지류인 밀양댐 유역에서 토지이용 및 강우량에 따른 유량과 부유사의 특성을 파악하고자 한다

2. 밀양댐유역 HSPF모형 적용

2.1 연구대상지역의 개요

밀양댐은 경상남도 밀양시 단장면 고레리에 위치하며 수계상으로는 한반도의 동남지역인 낙동강 수계의 밀양강 지류인 단장천 중류에 위치하고 있다. 단장천의 유역면적은 361.4km², 유로연장은 43.3km이며 댐은 동경 128°56′ 0.8″, 북위 35°28′ 47.5″에 위치하고 있다

2.2 밀양댐 유역의 입력자료 구축

밀양댐유역의 지형자료를 구축하기위해 농업토양정보시스템에서 제공하는 대분류 토지이용도를 사용하여 혼합림을 고려하여 산림, 하천을 포함한 수역, 농경지, 도심지로 나누어 30m간격 DEM과 중첩하여 지형자료를 구축하였으며(그림1, 표1), 기상자료는 밀양댐기상관측국의 기상자료를 2000~2007까지 8년에 대한 기상자료를 구축하였다.

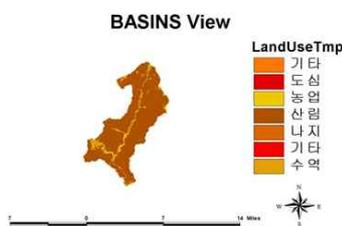


그림 1. 토지이용 현황

표 1. 밀양댐 토지이용 현황

Land Use	Area [ha]	Area [acres]	%Wat.Area
나지	9.5404	23.5748	0.145
수역	65.9715	163.0189	1.01
산림	8454.503	20891.5	90.605
도시	51.1549	126.4064	0.58
농업	657.0599	1623.628	7.66

* 비회원 · 한국수자원공사 밀양댐관리단 · E-mail : ksg103@kwater.or.kr
 ** 비회원 · 부산대학교 공학대학 사회환경시스템공학부 박사과정 · E-mail : tsshon1@hanmail.net
 *** 비회원 · 한국수자원공사 밀양댐관리단 · E-mail: c91000@kwater.or.kr
 **** 정회원 · 한국수자원공사 조사기획처 · 공학석사 · E-mail : choiyd1115@kwater.or.kr
 ***** 비회원 · 안동대학교 환경공학과 교수 · E-mail : hjeon@andong.ac.kr

2.3 모형의 검보정

유량의 검보정을 위해서 밀양댐의 유입량을 이용하여 일단위 검보정하였으며, 부유사량의 경우에는 밀양댐 저수지 상류측 수질측정망의 월측정 SS자료를 이용하여 자료의 개수가 적음을 고려하여 연평균 및 월자료를 가지고 검보정하였다. (그림 2, 표 2)



그림 2. 검보정 지점 현황

표 2. 밀양댐 유역 검보정 지점 현황

검보정지점	구 분	유량 검보정	부유사량 검보정
		기간	기간
밀양댐	보정	'02~'04	'02~'05
	검정	'05~'07	'06~'07

매개변수 조정에 있어서는 HSPF에서는 투수층(Pervious Land), 불투수층(Impervious Land), 하천 및 저수지(Reach and Resvoirs)로 지형을 나누고 그 위에 각각의 토지이용도를 중첩하여 수문응답단위(HRU)를 생성시키는 데, 현재 구축한 밀양강유역에서 불투수층은 도심 지역 토지이용 면적에 50%로 지정하였으며, 특히 밀양댐 상류의 경우에는 도심지역이 미소함을 감안하여, 유량의 검보정시 투수층 지역에 대해서만 모형의 보정을 실시하였으며 조정된 매개변수는 표 3과 같으며, 검보정 결과는 아래의 그림과 같으며 보정결과 R2 = 0.934였으며, 2005~2007년까지의 자료를 이용하여 검정한 결과 0.942였다.(그림 3~4, 표 3)

표 3. 유량 보정시 조정 매개변수

Name		definition	Unit	Range of Value	Calibration
PWATPARAM 2	INFILT	index to infiltration capacity	in/hr	0.001~0.9	0.15
PWATPARAM 4	INTFW	interflow inflow parameter	none	1~10	2
	IRC	interflow recession parameter	none	0.3~0.855	0.8

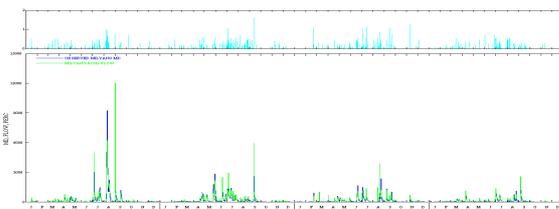


그림 3. 유량 보정결과

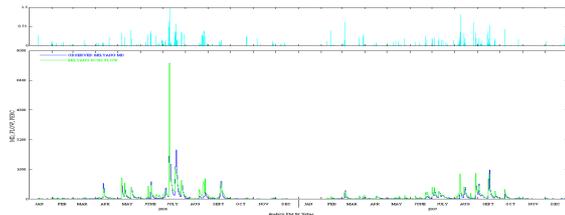


그림 4. 유량 검정결과

유사량의 경우 밀양댐 저수지 상류측 수질측정망의 월측정 SS자료를 이용하여 2002~2005년까지의 자료를 이용하여 모형을 보정하고, 2006~2007년 자료를 이용하여 검정을 실시하였으며, 보정 방식은 연평균을 먼저 보정한후 월단위로 검정하였으며, 주요조정 매개변수는 표 4와 같다.

표 4. 유사량 보정시 조정 매개변수

Name		definition	units	Range of Value	Calibration
SED PARM 2	SMPF	supporting management practice factor	none	0.001~1.0	1
	KRER	coefficient in the soil detachment equation	complex	0~none	0.325
	JRER	exponent in the soil detachment equation	complex	none	2

연평균 밀양댐 지역의 SS농도를 실측치와 모의결과를 비교한 결과 연평균 SS실측자료의 경우 그림5, 표5와 같이 상관계수가 0.747정도가 나왔으나, 월단위의 경우 그림 6,7과 같이 상관성이 낮은 것으로 나타났다. 이는 실측자료가 수질측정망자료(월1회측정)이므로 인해 연간 SS농도의 특성을 대표하기 어렵기 때문으로 판단된다.

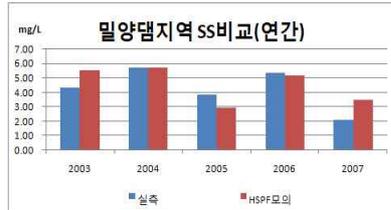


그림 5. 유사량 보정(연평균)

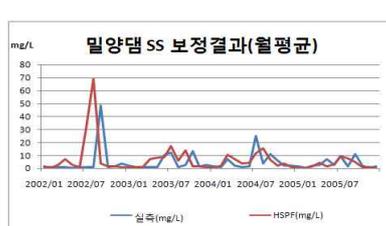


그림 6. 유사량 보정(월평균)



그림 7. 유사량 검정(월평균)

3. 밀양댐유역 유량 및 토양유실량의 특성

3.1 유량의 특성 분석

구축된 모형을 이용하여 2002년~2007년까지의 계절별 월평균유하량을 산정한 결과, 봄,여름,가을,겨울 순으로 2.5CMS, 9.1CMS, 3.0CMS, 0.5CMS으로 산정되었으며, 겨울에 가장 적은 양이 유하되는 것으로 나타났다.(표6, 그림 8)

표 6. 연간 계절평균 유입량

	단위:CMS			
	봄	여름	가을	겨울
2002	0.4	4.7	2.9	0.1
2003	0.8	7.3	1.5	0.8
2004	3.4	17.8	3.2	0.8
2005	4.9	11	4.3	0.4
2006	3.2	8.4	3.4	0.7
2007	2.1	5.7	2.7	0.3
평균	2.5	9.1	3	0.5

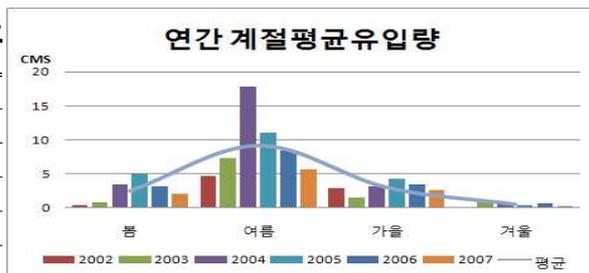


그림 8. 연간 계절평균 유입량

3.1 토양유실량의 특성

밀양댐상류의 토지이용율별 토양유실량을 산정한결과 단위 면적(ha)당 연간 발생하는 토양유실량은 도시,농업,산림,초지에 각각 0.0143ton, 0.0576ton, 0.0078ton, 0.0101ton의 순으로 단위면적당 농업지역이 가장 많이 발생하는 것으로 나타났으며, 그 다음 도시>초지>산림 지역의 순으로 나타났다.(그림 9 , 표 7)



그림 9. 토지이용별 토양유실량

표 7. 토지이용별 토양유실량

연	단위 : ton/연/ha				
	도시	농지	산림	초지	강우량
2002	0.042909	0.229740	0.022290	0.028380	2129.0
2003	0.013827	0.030311	0.007357	0.008562	1789.0
2004	0.011266	0.029906	0.003905	0.008870	1422.4
2005	0.002469	0.013355	0.000408	0.002469	1099.0
2006	0.011400	0.030392	0.011744	0.008284	1599.0
2007	0.00412730	0.0119383	0.000805	0.0041273	1058.0
평균	0.014333	0.057607	0.007752	0.010115	1516.0

또한 단위 면적(ha)당 월간 발생하는 토양유실량은 7~8월에 50%이상이 발생되며.에는 토양유실이 발생되지 않는 것으로 나타났으며, 이는 겨울철 토양의 결빙으로 인한 것으로 판단된다.(표 8, 그림 9)

표 8. 월별 토양유실량-강우량

월	토양유실량 (kg/ha/월)	강우량 (mm/월)
1	0.0324	19
2	0.0499	42
3	2.563	62
4	2.4207	117
5	2.7888	151
6	3.0418	133
7	26.643	359
8	46.1009	396
9	5.4941	157
10	0.23	28
11	0.4424	36
12	0	19
총합계	89.807	1,516



그림 9. 월별 토양유실량-강우량

계절별, 토지이용별 토양유실량을 분석한 결과 겨울철 농업지역에서 가장 많이 발생하는 것으로 나타났으며, 전체 발생량의 50%이상 이었다. 이것을 통해 볼 때 댐상류지역 선정시 농지면적이 적은 지역의 선택으로도 비점오염원의 저감에 상당한 효과가 있을 것으로 판단된다.

표 9. 토지이용별 토양유실량

단위: kg/ha

계절	도시	농지	산림	초지	합계
봄	0.8302	5.9421	0.1699	0.8302	7.7724
여름	11.7168	49.3717	6.5963	8.1009	75.7857
가을	1.7785	2.2258	0.9854	1.1769	6.1666
겨울	0.0074	0.0675	0.0000	0.0074	0.0823

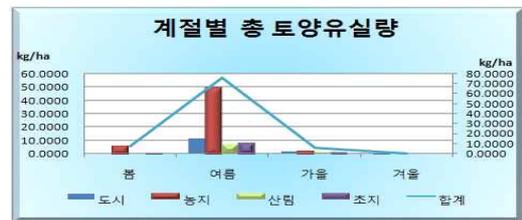


그림 10. 토지이용별 토양유실량

4. 결 론

본 연구에서는 낙동강의 지류에 위치한 밀양댐 유역에서 HSPF를 이용하여 유량과 유사량을 추정을 위해 적용하였으며, 그 결과 유량의 경우 $R^2 > 0.9$ 이었으며, 유사량의 경우 연평균의 경우 $R^2 > 0.7$ 이었으나 월단위 검보정결과 다소 차이가 있었으며, 이는 검보정에 사용된 유사량의 자료가 개수가 적음에 기인한 것으로 판단된다. 구축된 모형을 이용하여 2002년~2007년까지의 계절별 월평균유하량을 산정한 결과, 봄, 여름, 가을, 겨울 순으로 2.5CMS, 9.1CMS, 3.0CMS, 0.5CMS으로 산정되었으며, 겨울에 가장 적은 양이 유하되는 것으로 나타났으며, 토지이용별 토양유실량을 산정한결과 단위 면적(ha)당 연간 발생하는 토양유실량은 농업(0.057607ton)>도시(0.014333ton)>초지(0.010115ton)>산림(0.007752ton)의 순으로 단위면적당 농업지역이 가장 많이 발생하는 것으로 나타났다, 이는 산림지역이 토양식생이 높아 강우에너지로 인해 토양유실발생을 억제시키는 것에 기인함으로 판단된다. 계절별 토양유실량을 비교한결과 여름중 7~8월에 전체 토양유실량의 50%이상 이 발생되며, 겨울철에 가장 적게 발생됨을 알수 있었다. 토지이용별 그리고 계절별로 보았을 때, 농업지역에서 강우가 많은 7,8월에 토양유실이 가장 많이 발생됨을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1. 박민지,권형중,김성준(2005), HSPF 모형을 이용한 토지피복변화에 따른 유출 변화 분석, 한국수자원학회논문집, v.38, no.6, pp.495-504
2. 김상민; 박승우(2004), 농촌소유역의 오염부하 추정을 위한 HSPF 모형의 보정과 검증, 한국수자원학회논문집, v.37, no.8, pp.643-651, 2004년 8월