

논의 시기별 유출율 산정

Estimating Seasonal Runoff Ratio of Paddy Field

정재운*, 윤광식**, 최우정***, 최우영****, 이수형*****, 장남익*****

Jae Woon Jung, Kwang-Sik Yoon, Woo-Jung Choi, Woo Young Choi,

Soo Hyung Lee, Nam Ik Chang

요 지

현장 계측을 통한 오염부하량 산정은 많은 시간, 노력, 비용을 필요로 한다. 이러한 어려움을 해결하기 위해 오염부하 추정에 관한 많은 방법론들이 제시되고 있으며 개발되고 있는 중이다. 논 오염부하 추정을 위한 일환으로 강우사상평균농도(Event Mean Concentration, EMC)에 관한 연구가 많이 진행되고 있다. 하지만, 오염부하량 산정을 위해서는 농도이외의 주요 매개변수인 유출량 산정 또한 중요하다. 하지만 논 의 경우 실제 유출량 자료는 흔치 않다.

우리나라의 경우 영농활동이 시기별, 지역별로 비슷한 형태를 가지고 있으므로 이러한 점을 이용하면 유출율을 추정하는데 용이할 것으로 판단된다. 따라서 본 연구는 2004년부터 2007년 영농기 강우-유출량 실측 자료를 이용하여 시기별 유출특성을 파악하고, 논 의 시기별 유출율을 제안하였다.

논 의 시기별 유출율을 산정하기 위한 시험지구는 영산강 수계내에 위치한 전라남도 함평군 엄다면 화양리 13.69 ha 논지구이며, 2004년부터 2007년 영농기(5월~9월)동안 모니터링을 실시하였다. 논 배수로 말단에 수위계를 설치하여 수위-유량관계식을 이용하여 유량을 구하였고, 직선분리법을 이용하여 직접유출과 기저유출을 분리한후 강우량과 유출량의 비를 통하여 월별 평균 유출율을 산정하였다. 5월, 6월, 7월, 8월, 9월에 내린 평균 강수량은 각각 40.2, 50.1, 75.4, 75.8, 136.8 mm로 나타났고, 영농기 월별 평균 직접유출량은 각각 9.1, 26.6, 34.6, 42.9, 79.6 mm로 나타났다. 강우량과 유출량의 비를 통해 4개년 5월, 6월 7월 8월 9월 평균 유출율은 각각 0.18, 0.42, 0.40, 0.44, 0.49로 나타나 논 의 경우 시기별로 유출율이 차이가 있는 것으로 조사되었다.

핵심용어 : 논, 강우, 유출량, 유출율

* 정회원 · 전남대학교 대학원 지역·바이오시스템공학과 : E-mail : jjw77725@naver.com
** 정회원 · 전남대학교 생물산업공학과 교수: E-mail : ksyoon@chonnam.ac.kr
*** 정회원 · 전남대학교 생물산업공학과 조교수: E-mail : wjchoi@chonnam.ac.kr
**** 정회원 · 전남대학교 대학원 지역·바이오시스템공학과 : E-mail : younga0579@naver.com
***** 정회원 · 국립환경과학원·영산강물환경연구소 : E-mail : lshnier@me.go.kr
***** 정회원 · 국립환경과학원·영산강물환경연구소 : E-mail : changbi@me.go.kr

1. 서론

정확한 오염부하 산정을 위해서는 수질 및 유량의 정확한 측정이 필요하며, 최근 환경기초조사 사업 등의 많은 연구가 수행되고 있다. 하지만, 현장 측정을 통한 오염부하량 산정은 많은 시간, 노력, 비용을 필요로 한다. 이러한 어려움을 해결하기 위해 오염부하 추정에 관한 많은 방법론들이 제시되고 있으며 개발되고 있는 중이다. 그 일환으로 강우사상평균농도(Event Mean Concentration, EMC)에 관한 연구가 많이 진행되고 있다. 오염부하량 산정을 위해서는 농도이외의 주요 매개변수인 유출을 산정 또한 중요하다. 하지만 논 의 경우 일반 유역의 유출과 달리 선행 강우뿐 아니라 관개량, 초기담수심 및 물꼬높이에 따라 시기별로 변화하므로, 획일적인 유출율을 적용하여 사용하기에는 어려움이 있다.

우리나라의 경우 영농활동이 시기별, 지역별로 비슷한 형태를 가지고 있으므로 이러한 점을 이용하면 유출율을 추정하는데 용이할 것으로 판단된다. 따라서 본 연구는 2004년부터 2007년 영농기 강우-유출량 실측 자료를 이용하여 시기별 유출특성을 파악하고, 논 의 시기별 유출율을 제안하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 시험지구

영산강 수계내 위치한 전라남도 함평군 엄다면 화양리의 논지구(이하 ‘학야지구’)를 대상으로 2004~2007년 영농기간 동안 수문(유량, 강우량) 자료를 실측하여 유량을 산정하였다. 학야지구의 관개용수는 한국농촌공사 함평지사에서 관리하는 대동저수지(관개면적 992.3 ha, 저수용량 5309만 m³)이다. 학야지구는 동쪽에 함평천이 흐르며 서쪽에는 주 배수로가 위치하며, 유역면적은 13.7 ha이다. 표토(0~10 cm)의 토성은 미사질양토(모래 11.7%, 실트 61.4%, 점토 26.9%)였다.

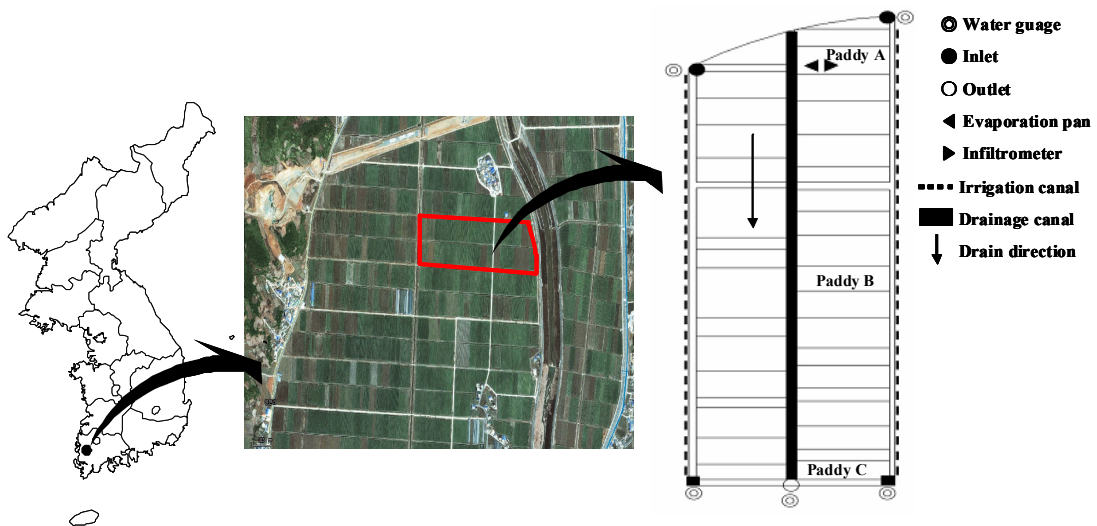


그림 1. 시험지구 위치 및 수문 측정망

2.2 유량관측

본 연구의 유량을 산정하기 위해 배수로 말단에 수위계(Orphimedes, Germany)를 설치하였으며, 수위 자료는 5분 간격으로 측정하였다. 유량의 추정은 수위계측 지점으로부터 수집된 수위자료와 현장에서의 유속측정 결과로부터 얻어진 수위-유량 관계곡선을 이용하여 산정하였다(그림 2). 배수로 말단의 유속측정은 프로펠러 유속계(Z30, Germany)를 사용하였고, 평균단면법을 이용하여 유량을 산정하였다. 강수량 자료는 시험지구로부터 약 1 km 정도 떨어진 마을회관 옥상에 강수량계(CASELLA, UK)를 설치하여 자료를 취득하였다.

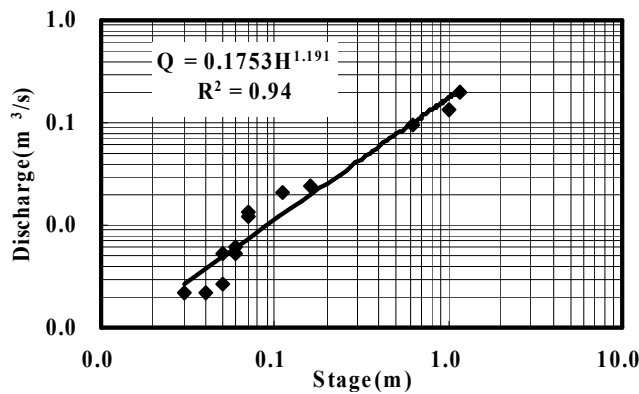


그림 2. 학야지구 배수로 수위-유량 관계식

2.3 직접 유출량 및 유출율 산정

논에서는 작물의 생육에 필요한 수분 공급 및 지온을 조절하여 작물의 최적 생육환경을 조성하기 위해 인위적 관개가 실시된다. 관개를 통해 논에서 적정 담수심을 유지하는 동안 관리손실, 인위적 낙수 등으로 인하여 기저유출이 발생하게 된다. 따라서 강우에 의해 발생하는 직접유출량을 산정하기 위해서는 수문곡선으로부터 기저유출을 분리해야 한다. 수문곡선으로부터 기저유출을 분리하기 위해서는 직선분리법, N-day법, 지하수감수곡선법이 있으며, 본 연구에서는 직선분리법을 통하여 기저유출을 분리하였다.

논에서의 유출율을 산정하기 위해서, 강우사상별로 직접유출량과 기저유출을 분리후, 강우사상 직접유출량을 강우사상 강우량으로 나누어 산정하였다(식 1). 산정된 강우사상별 유출율을 월별로 정리한후, 산술평균하여 논의 월별 유출율을 제안하였다.

$$\text{강우사상별유출율} = \frac{\text{강우사상별직접유출량}}{\text{강우사상별강우량}} \quad (\text{식} - 1)$$

3. 결과 및 고찰

학야지구에서 2004년부터 2007년까지 강우-유출량을 조사한 결과 총 46개의 강우사상이 발생하였으며(표 1), 강우사상 45번의 직접유출량이 139.5 mm로 가장 크게 나타났다. 4개년 평균 직접유출량은 5월 9.1, 6월 25.6, 7월 34.6, 8월 42.9, 9월 79.6 mm로 9월의 직접유출량이 가장 크게 나타났다. 이는 9월의 경우 비의 생육시기로 볼때 완숙기에 해당되며, 이기간에는 논에 담수된 물을 모두 낙수시킨다. 따라서, 강우가 논에 저류되지 않고 전량 유출되기 때문에 직접유출량이 크게 나타나는 것으로 판단된다. 한편, 강우량과 유출량의 비를 통해 4개년 월평균 유출율은 5월 0.18, 6월 0.42, 7월 0.40, 8월 0.44, 9월 0.49로 나타났다.

표 1. 2004 ~ 2007년 강우사상별 강우-유출 조사 결과

월별	년도	강우사상	강우량 (mm)	유출량 (mm)	직접유출량 (mm)	유출율
5월	2005	강우사상 1	46.0	7.4	5.2	0.11
	2006	강우사상 2	68.0	15.5	15.5	0.23
	2006	강우사상 3	36.2	5.0	4.8	0.13
	2006	강우사상 4	57.2	33.7	26.9	0.47
	2006	강우사상 5	11.0	2.2	1.1	0.10
	2007	강우사상 6	23.0	1.1	1.1	0.05
평균			40.2	10.8	9.1	0.18
6월	2004	강우사상 7	16.5	20.2	19.6	1.19
	2004	강우사상 8	148.5	73.4	72.8	0.49
	2004	강우사상 9	11.0	2.4	1.8	0.17
	2005	강우사상 10	63.0	55.2	51.2	0.81
	2005	강우사상 11	44.0	21.7	18.9	0.43
	2005	강우사상 12	16.0	7.1	6.3	0.40
	2006	강우사상 13	15.8	1.5	0.0	0.00
	2006	강우사상 14	46.0	21.5	16.7	0.36
	2006	강우사상 15	69.2	33.5	32.9	0.48
	2006	강우사상 16	93.8	57.9	57.5	0.61
2007	강우사상 17	27.5	9.3	3.8	0.14	
평균			50.12	27.61	25.6	0.42
7월	2004	강우사상 18	103.5	31.4	30.8	0.30
	2004	강우사상 19	70.0	21.5	20.9	0.30
	2004	강우사상 20	148.5	60.5	59.9	0.40
	2005	강우사상 21	69.0	32.5	17.4	0.25
	2005	강우사상 22	56.5	19.9	10.3	0.18
	2006	강우사상 23	49.6	23.6	19.5	0.39
	2006	강우사상 24	45.8	24.0	20.7	0.45
	2006	강우사상 25	118.0	89.0	84.5	0.72
	2006	강우사상 26	56.4	17.5	15.1	0.27
	2006	강우사상 27	66.2	38.2	37.0	0.56
	2007	강우사상 28	126.5	126.3	117.3	0.93
	2007	강우사상 29	27.5	5.7	4.8	0.18
	2007	강우사상 30	42.5	13.2	12.1	0.28
평균			47.05	20.72	19.00	0.40

표 1. 계속

월별	년도	강우사상	강우량 (mm)	유출량 (mm)	직접유출량 (mm)	유출율
8월	2004	강우사상 31	34.5	4.3	3.7	0.11
	2004	강우사상 32	19.5	2.8	2.2	0.11
	2004	강우사상 33	257.5	135.3	134.7	0.52
	2005	강우사상 34	81.0	57.8	54.6	0.67
	2005	강우사상 35	13.0	4.1	1.2	0.09
	2005	강우사상 36	102.0	104.3	97.1	0.95
	2006	강우사상 37	81.6	49.5	39.9	0.49
	2006	강우사상 38	70.6	34.7	16.7	0.24
	2007	강우사상 39	84.5	63.8	60.2	0.71
	2007	강우사상 40	91.5	85.0	81.0	0.89
	2007	강우사상 41	15.0	8.5	2.1	0.14
	2007	강우사상 42	58.5	25.6	21.4	0.37
평균			75.8	48.0	42.9	0.44
9월	2004	강우사상 43	137.5	67.1	66.5	0.48
	2004	강우사상 44	17.5	4.3	3.7	0.21
	2007	강우사상 45	222.5	153.9	139.5	0.63
	2007	강우사상 46	169.5	112.0	108.8	0.64
평균			136.8	84.3	79.6	0.49

4. 결론

영산강수계 학야지구를 대상으로 2004년부터 2007년까지 영농기(5월~9월) 논에서의 4개년 월평균 유출율은 각각 0.18, 0.42, 0.40, 0.44, 0.49로 나타나 논 의 경우 시기별로 유출율이 차이가 있는 것으로 조사되었다.

감 사 의 글

본 연구는 2008년 영산강·섬진강수계 환경기초조사사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

1. 국립환경과학원 영산강물환경연구소(2007). 논으로부터 배출되는 오염부하 특성조사 및 오염부하 산정범용식 개발.
2. 김진영, 김영란(2004). 도시우수유출 특성을 고려한 적정 유출계수 산정, 한국물환경학회·대한상하수도학회 공동춘계학술발표회 논문집. pp. 67-70.
3. 안익성, 김영철, 이동률(2007). 경작기 농경배수에 의한 오염물질의 배출, 한국물환경학회 논문집, 제23권 제2호, pp.266-273.