

선행강우와 초기우수의 수질변화 특성

Characteristics of Water Quality Changes for Antecedent Precipitation and Initial Rainwater

박준희*, 최현일**, 지흥기***

Jun Hee Park, Hyun Il Cdoi, Hong Kee Jee

요 지

용수부족 현상을 극복하기 위하여 댐건설 등의 생태계의 교란을 일으키는 방안을 배제하고 친생태적인 우수이용 등의 대체수자원을 개발하여 수자원 이용효율을 높이는 방안이 중요시 되고 있다. 이에 본 연구에서는 초기우수의 수질특성과 대기의 상태에 크게 영향을 미치는 수문학적 요인인 선행강우에 따른 수질변화에 대하여 분석하였다. 시료채취기간은 2001년 11월 22일에서 2003년 7월 06일까지 발생한 5mm 이상 호우사상을 대상으로 26회에 걸쳐 초기 우수를 채집하여 분석을 실시하였으며, 이 중 봄 12회, 여름 7회, 가을 2회, 겨울 5회였다. 강우량 규모는 5~10mm인 호우가 5회, 10~20mm인 호우가 9회, 20mm~30mm인 호우가 5회, 30mm~50mm 인 호우가 2회, 50mm~100mm인 호우가 3회, 100mm~200mm인 호우가 2회였으며, 이를 채취하여 탁도, 증발잔유물, BOD, NH₃-N, SO₄²⁻ 전기전도도 등의 항목을 측정하였다. 우수수질은 강우가 지속됨에 따라 급격히 개선되었으며, 이에 대한 상관관계도 높게 분석되었다.

핵심용어 : 우수수질 측정장치, 선행강우와 우수수질 상관 분석, 초기우수의 강우지속시간과 수질변화 특성

1. 서 론

우리나라의 연평균 강수량은 1,274mm로 세계평균 973mm보다 1.3배 높지만 인구밀도가 높아 1인당 연 강수량은 2,755m³으로, 세계 1인당 연 강수량 22,096m³의 12.5%에 불과하다. 우리나라에 내리는 비의 양을 수자원총량으로 보면 연간 약 1,267억m³ 정도인데, 이중 지하로 스며들거나 증발되는 양을 제외하고 하천으로 흘러가는 물의 양은 697억m³이다. 이중 467억m³은 홍수 시에 한꺼번에 흘러가고, 평상시 유출량은 230억m³에 불과하다. 그리고 수자원 이용량 301억m³중 자연하천의 취수가 57%나 되어 조금만 가물어도 하천에서 취수하는데 많은 어려움이 있다. 최근 이와 같은 용수부족 현상을 극복하기 위하여 댐건설 등의 생태계의 교란을 일으키는 방안을 배제하고 친생태적인 우수이용 등의 대체수자원을 개발하여 수자원 이용효율을 높이는 방안이 중요시 되고 있다. 이에 본 연구에서는 대기의 상태에 크게 영향을 미치는 수문학적 요인인 선행강우량 따른 수질변화에 대한 분석과 강우지속시간과 수질관계에 대하여 분석하였다.

2. 우수수질 측정장치

초기우수의 수질을 분석하기 위해서 <그림 1>과 같은 우수 집수장치를 경북 경산시 대동에 위치하고 있는 영남대학교 건설관 건물옥상에 설치하였다. 또한 우수수질 분석용 집수시스템의 설치전경은 <그림 2>와 같으며 세부 설계도는 <그림 3>과 같다. 집수장치의 집수면 크기는 2m²(1m×2m)이고 재질은 아크릴수지를 사용하였다. 최초 강우시부터 5mm까지 강우량 0.5mm 당 수질변화를 파악하기 위하여 용량 1L의 폴리에틸렌 실린더를 10개 준비하여 집수가 순차적으로 이루어지도록 하였으며, 5mm를 초과한 강우량은 배제되도록 설계하였다. 우수가 1L 실린더에 가득차면 다음 실린더로 흘러가도록

* : 학생회원(석사과정) · 영남대학교 토목도시환경공학부 토목공학과 석사과정 · E-mail : pjh851027@naver.com

** : 정희원 · 영남대학교 토목도시환경공학부 토목공학과 교수 · 공학박사 · E-mail : hichoi@ynu.ac.kr

*** : 정희원 · 영남대학교 토목도시환경공학부 토목공학과 교수 · 공학박사 · E-mail : hkjee@yu.ac.kr

설계가 되었으며, 역 L형 커넥터와 직경 10mm의 실리콘 튜브를 이용하여 흐름이 원만하게 이루어지도록 설치하였다. 또한 실린더 만수시에 다음 실린더로 강우가 원만하게 흘러가는지를 확인하기 위하여 착색수를 이용하여 확인하였다.

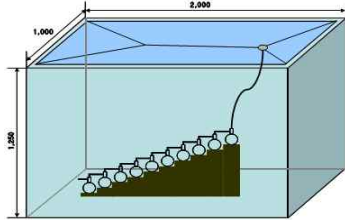


그림 1 우수 수질분석을 위한 채수모형



그림 2 우수수질 분석용 채수시스템의 설치전경

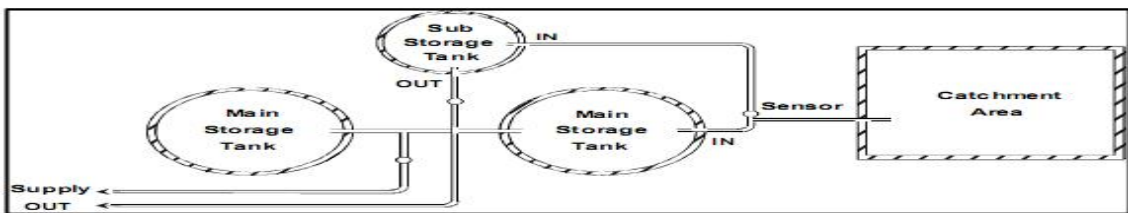


그림 3 초기우수배제를 위한 우수 집수 시스템

3.선행강우량 - 실제강우량 관계

실제강우량에 대한 이전7일간의 선행강우량을 측정하여 아래 그래프로 나타 내었다.

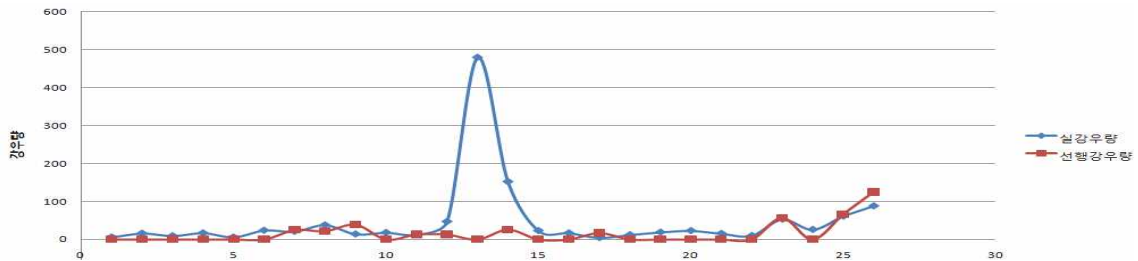


그림 4 선행강우량과 실제 강우량의 관계

4.선행강우량 - 수질관계

초기우수는 일반적인 우수 수질과 비교할 때 오염물질의 성분농도가 높는데, 이는 대기 중이나 집수면의 오염물질이 초기 강우시 쓸려 내려오기 때문이다. 특히 도시지역의 경우에는 배기가스로 인해 아황산가스, 질소산화물 등 유해물질이 우수 중에 용해되어 존재한다. 따라서 강우가 내리지 않는 선행강우일수가 긴 경우에는 우수 중 오염도가 상당히 높으므로 집수시에 바로 초기우수를 배제하거나 혹은 저류하였다가 처리해서 사용하여야 한다. <그림 5>는 초기우수와 유출수의 수질 오염도 변화를 나타내고 있다

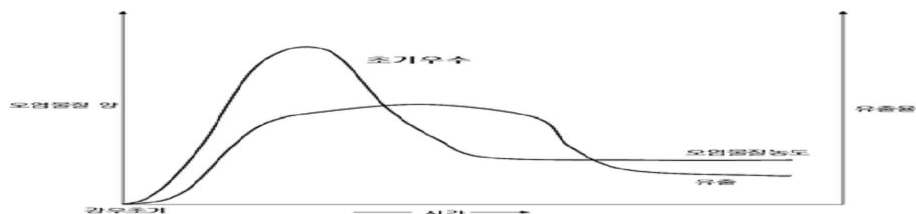


그림 5 선행강우량에 따른 수질변화

5 강우지속시간 - 수질관계

강우지속시간에 따른 수질의 변화패턴을 알아보기 위하여 다음과 같은 실험을 실시하였다.

5.1 실시 횟수 및 일시

시료채취기간은 2001년 11월 22일에서 2003년 7월 06일까지 발생한 5mm 이상 호우사상을 대상으로 26회에 걸쳐 초기 우수를 채집하여 분석을 실시하였으며, 이중 봄 12회, 여름 7회, 가을 2회, 겨울 5회였다. 강우량 규모는 5~10mm인 호우가 5회, 10~20mm인 호우가 9회, 20mm~30mm인 호우가 5회, 30mm~50mm인 호우가 2회, 50mm~100mm인 호우가 3회, 100mm~200mm인 호우가 2회였으며, 실강우량에 대한 이전7일간의 선행강우량을 측정하였다. 이를 채취하여 탁도, 증발잔유물, BOD, NH₃-N, SO₄⁻² 전기전도도 등의 항목을 측정하였다.

표 1 우수수질 조사일시 및 실강우량과 선행강우량

No.	발생일시	계절별	실강우량 (mm)	선행강우량 (mm)	No.	발생일시	계절별	실강우량 (mm)	선행강우량 (mm)
1	2001.11.29	가을	6.0	0	14	2002.08.31	여름	152.0	26
2	2002.03.14	봄	16.0	0	15	2002.10.06	가을	23.0	0
3	2002.03.21	봄	9.5	0	16	2002.12.03	겨울	17.0	0
4	2002.03.29	봄	17.0	0	17	2002.12.06	겨울	4.5	17
5	2002.04.06	봄	6.0	0	18	2003.01.26	겨울	12.1	0
6	2002.04.16	봄	24.0	0	19	2003.02.08	겨울	19.0	0
7	2002.04.23	봄	21.0	25	20	2003.02.22	겨울	22.9	0
8	2002.04.30	봄	38.0	22	21	2003.03.06	봄	15.5	0
9	2002.05.03	봄	14.0	39	22	2003.04.07	봄	10.0	0
10	2002.06.23	여름	18.0	0	23	2003.04.24	봄	53.0	57
11	2002.07.13	여름	13.0	13	24	2003.05.06	봄	26.0	0
12	2002.07.19	여름	47.0	13	25	2003.07.04	여름	61.0	66
13	2002.08.06	여름	479.0	0	26	2003.07.06	여름	88.0	125

5.2 분석항목 및 방법

초기 우수수질을 파악하기 위한 수질분석항목은 탁도, 증발잔유물, BOD, NH₃-N, SO₄⁻² 전기전도도 등을 분석하였으며, 시료채취는 10개의 전 실린더가 만수가 된 이후 평균 시료병에 담아 냉장보관하며 분석을 실시하였다.

5.3 분석 및 고찰

각각 분석항목에 대한 결과를 그래프에 도식하였다. 이때 사용된 수질항목의 값은 제일 첫째 값(강우량 0.5mm 까지)를 이용하였다.

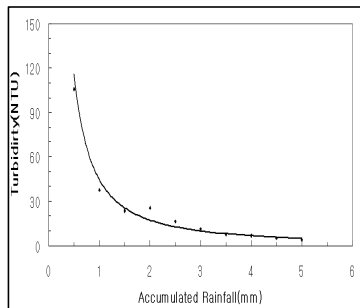


그림 6 지속강우에 따른 탁도의 변화

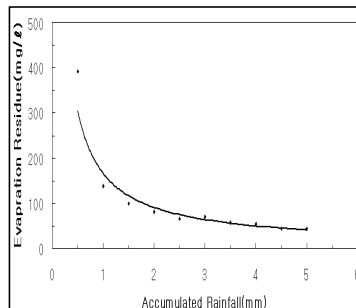


그림 7 지속강우에 따른 증발잔류량의 변화

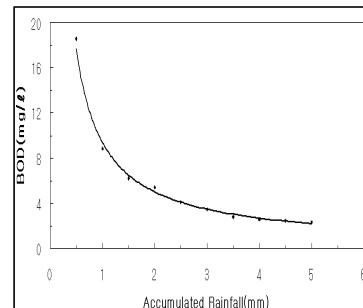


그림 8 지속강우에 따른 BOD의 변화

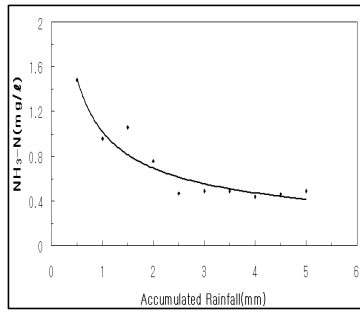


그림 9 지속강우에 따른 NH₃-N의 변화

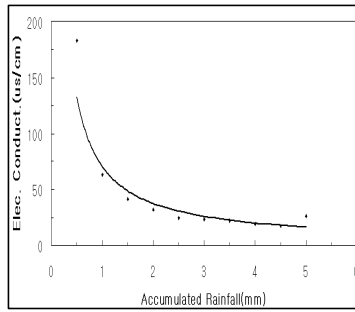


그림 10 지속강우에 따른 전기전도도의 변화

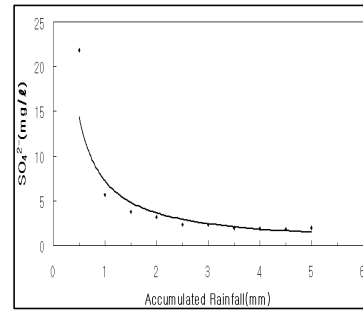


그림 11 지속강우에 따른 SO₄²⁻의 변화

표 2 강우지속시간과 우수수질의 상관관계

수질항목	구분	관계식	상관도
탁도		$y=44.52x^{-1.38}$	0.96
증발잔류물		$y=166.16x^{-0.88}$	0.96
BOD		$y=9.40x^{-0.91}$	0.99
NH ₃ -N		$y=1.02x^{-0.56}$	0.88
전기전도도		$y=70.53x^{-0.91}$	0.90
SO ₄ ⁻²		$y=7.25x^{-0.99}$	0.91

표와 그림에서 보는 바와 같이 우수수질은 강우가 지속됨에 따라 급격히 개선되었으며, 이에 대한 상관관계도 높게 분석되었다. 분석에 사용된 자료는 수질항목으로서 탁도, 증발잔류물, BOD, NH₃-N, 전기전도도, SO₄²⁻이며, 이들 항목이 발생한 전체 강우사상의 평균을 이용하였다. 분석결과 모두 상관계수가 0.88~0.99로 높은 상관관계를 나타내었다.

6. 결론

- 1) 초기우수의 집수결과 거의 모든 수질항목에서 높은 오염도를 보이고 있었으며 이는 우수를 음용수로써 사용하기 위해서는 초기우수의 배제가 반드시 필요함을 알 수 있었다.
- 2) 무강우일수가 길수록 우수의 수질을 악화시키는 경향을 나타내므로 무강우가 끝난 시기의 초기우수의 오염은 심각할 것이라는 결과를 얻을 수 있다.
- 3) 지속되는 강우량과 우수수질의 상관관계가 약 0.88~0.99로 높은 상관관계를 나타내고 있으므로 선행강우가 우수수질에 미치는 영향이 큰 것을 알 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 환경부가 조사한 “ 건전한 생태도시 조성을 위한 빗물관리체계개선 연구”의 연구결과이며, 환경부의 자료제공에 감사드린다.

참 고 문 헌

1. 지홍기, 구재범, 이창수, 정광옥, 이영민, 김중우 (2002), 우수이용시스템에서 초기우수의 수질특성 (2), 대한토목학회 학술발표회
2. 지홍기, 이창수 (2003.3), 효율적인 우수이용을 위한 초기우수의 수질변화, 한국환경과학회 논문집
3. 한무영, 이일룡, 김미형, 김영진 (2002), 우수이용시스템에서 빗물의 pH와 전기전도도에 관한 연구, 대한상하수도학회 상하수도 학회집
4. 우수저류 및 활용기술개발, 건설기술연구회, (2004)
5. 지홍기, 이창수, 이승윤, 전지영 (2005), 초기우수의 수질특성과 선행강우지수에 따른 수질변화, 대한토목학회 정기학술대회