

하수종말처리장 방류수내의 보존성 화학종들을 이용한 하천유량측정

Streamflow Estimation Using Conservative Chemical Species Dissolved in the Effluents of Wastewater Treatment Plant

김강주¹. 이지선². 오창환². 황갑수¹. 유재연³. 김진삼¹. 여성구¹

1. 서론

유량측정용 수공구조물이 설치되지 않은 일반 하천에서는 하천의 유속과 유수단면적을 측정하는 방법이 유량산정에 흔하게 이용된다. 그러나, 이러한 방법은 비교적 많은 노력이 소요될 뿐 아니라, 유량이 아주 많거나 작은 하천, 그리고, 극심한 난류하천 등에서는 상당히 많은 오차를 포함한다는 단점이 있다. 반면, 추적자시험법은 매우 정확한 측정법으로, 난류하천에도 적용될 수 있다는 장점이 있다. 그러나 추적물질로 인한 환경피해가 우려되고 홍수시나 대규모의 하천에 적용하기 위해서는 엄청난 양의 추적물질이 소요되어 비경제적이라는 단점을 가지고 있다.

본 연구는 전주하수종말처리장의 방류수와 이에 영향을 받는 만경강 및 그 지류에 대하여 수행되었다. 연구결과, 하수종말처리장 방류수내의 몇 가지 용존물질은 유량측정을 위한 훌륭한 추적자로 이용될 수 있음이 밝혀졌다. 이를 이용한 방법은 비록 정밀하게 제어되는 일반적인 추적자시험법에 비하여는 정확도가 떨어지지만 유속과 유수단면적을 이용하는 일반적인 유량측정법보다는 정확도가 높을 것으로 판단된다. 또한, 기존의 추적자시험법의 한계로 지적되어온 대규모의 하천에서도 환경적 피해없이 적용할 수 있는 경제적인 방법으로 평가되었다.

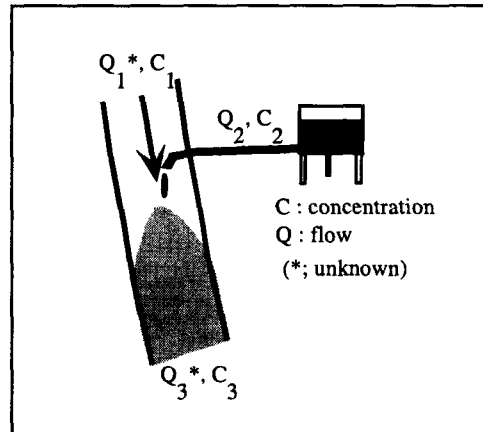


그림 1. 유량측정을 위한 추적자시험 개념도.

2. 이론적 배경

하천유량측정을 위한 추적자시험법은 그림 1과 같이 농도를 알고 있는 추적물질 용액을 하천에 연속적으로 주입하고 주입된 용액이 하천수와 완전히 섞이게 되는 지점과 섞이기 이전 지점에서의 하천수의 농도를 이용하여 유량을 계산하는 것이다. 이러한 상황에서 다음과 같은 두 개의 관계식이 유도된다.

¹ 군산대학교 환경공학과

² 전북대학교 지구환경과학과

³ 전북보건환경연구원

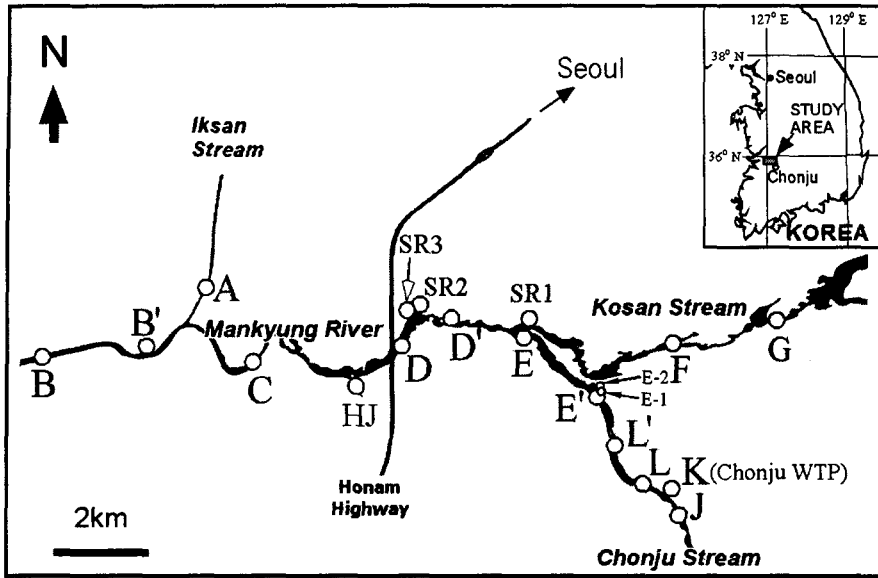


그림 2. 조사지역 및 9월 현장조사시의 시료채취 위치.

$$Q3 = Q1 + Q2 \quad (1)$$

$$C_3 \cdot Q_3 = C_1 \cdot Q_1 + C_2 \cdot Q_2 \quad (2)$$

- Q1, C1 : 추적물질 용액 주입유량 및 추적물질의 농도
 Q2, C2 : 추적물질이 주입되기 전의 하천유량 및 추적물질 농도
 Q3, C3 : 추적물질 주입 후의 하천유량 및 추적 물질이 하천과 완전히 섞인 후의 추적 물질 농도

여기서, 하천 및 주입용액의 농도(C1, C2, C3)와 주입량(Q1)을 알 수 있다면 이들관계식으로부터 하천의 유량(Q2, Q3)을 계산할 수 있다. 본 연구에서는 하수종말처리장의 방류수를 추적물질 용액으로 보고, 이것이 하천수와 섞여서 변화되는 농도를 관찰하는 방법으로 하천유량을 측정하였다. 그러나, 이와 같은 방법이 정확하게 이용되기 위해서는 방류수의 유량 및 수질은 일정하여야 하고 추적자로 이용되는 화학종들은 하천을 흐르면서 추가되거나 제거되지 않아야 하며, 또한 유량과 농도를 알지 못하는 물의 유출입은 무시할 수 있을만큼 작아야 한다는 문제점이 있다.

3. 현장조사 및 화학분석

본 연구를 위하여 방류수와 만경강 지류들에 대

하여 2차례(1999년 8월, 9월)에 걸쳐 현장조사 및 전체적인 시료 채취를 수행하였다. 같은 해 10월 7일에는 전주하수종말처리장 방류수에 대한 시간 별 수질 조사가 수행되었다. 현장조사는 전주하수종말처리장 방류지점에서 만경강이 익산천과 합류되는 곳의 하류지점까지 약 15km구간내의 모든 유입수에 대하여 수행하였다(그림 2). 하천으로 유입되는 몇 개의 배수로(그림 2)의 E1, E2지점에 대하여는 프로펠러 유소계를 이용하여 유량을 직접 측정하기도 하였다. 수질분석은 주요음이온(Cl-, SO4=, NO3-), 주요양이온(Ca++, Mg++, Na+, K+), 염기도, pH, 전기전도도 등에 대하여 수행하였다.

4. 결과 및 토의

처리장방류수는 아주 높은 주요 이온들(Cl-, SO4=, NO3-, Ca++, Mg++, Na+, K+)의 농도와 염기도, 전기전도도 등을 보이고 있었다. 전주하수종말처리장 방류수에 영향을 받지 않을 것으로 예상되는 지점에서의 수질은 양이온, 음이온, 전기전도도 등 모든 항목에서 매우 낮은 값을 보이고 있었다. 그러나, 하수종말처리장 방류지점 하류에서의 수질은 이러한 배경 하천수와 방류수간의 혼합에 의하여 결정되고 있는 양상을 보이고 있었다(그림 3). 이러한 혼합효과로 인하여 연구지역의 수질은 각각의 화학종간에도 높은 상관관계를 보

표 1. 각 유입수별 유량 및 익산천과 합류지점 하류(그림 2의 B 또는 B'지점)에서의 총 유량중 차지하는 비율.

	유량(m ³ /day)	비율
전주하수종말처리장 (K지점)	310,000	22%
전주천 (J지점)	275,000	20%
E-1,2지점	17,000	1%
고산천 제방	315,000	23%
삼례교펌프장 (SR1지점)	215,000	15%
삼례처리장 (SR2지점)	6,190	0%
화전배수장 (HJ지점)	78,500	6%
익산천 (A지점)	177,000	13%
합 (B지점 유량)	1,393,690	100%

여주고 있었다.

조사시기별로 수질자료를 분석하여 보면 8월중에는 염소이온과 황산이온과의 상관관계가 훌륭하게 나타나고 있었으나, 9월중에는 그러한 관계가 많이 완화되어 있었다(그림 3). 이는 하천에 1999년 9월의 시료채취시기에는 방류수 수질이 일정하지 않음으로 생긴 현상으로 생각된다. 즉, 9월 조사 당시에는 시료채취가 있기 얼마전에 방류수 수질이 변화되었고, 조사지역 하천수는 변화된 방류수의 수질에 대하여 평형상태에 도달하지 못한 상태에서 시료채취가 있었던 것으로 해석된다. 그러나 황산이온의 농도는 일정한 상태를 유지하였던 것으로 생각되어 9월 수질자료에서는 황산이온을 유량계산에 이용하는 것이 가장 바람직한 것으로 보인다.

9월현장조사시의 황산이온농도와 전주하수종말처리장 방류량(31만m³/day)을 이용하여 유량을 계산한 결과 처리장 방류지점 직상류에서의 전주천 유량은 27.5만m³/day로 방류지점 직하류에서의 총 유량중 처리장방류수가 전체의 50%이상을 차지하

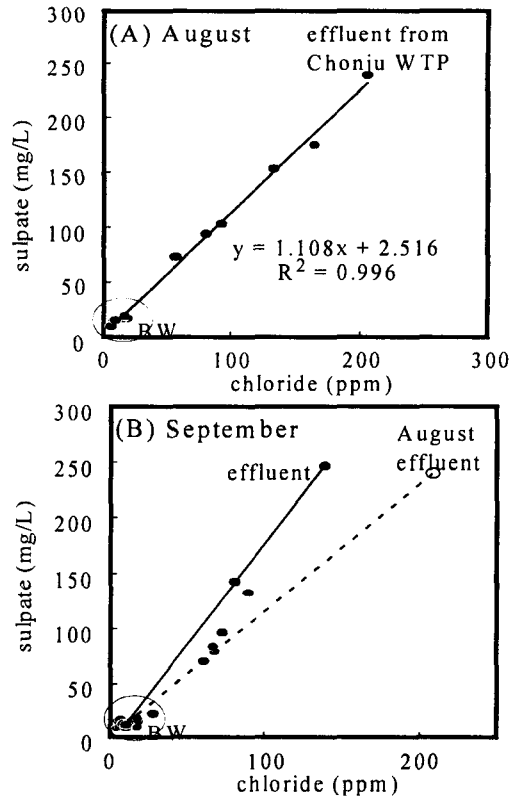


그림 3. 8월 수질자료(A)와 9월 수질자료(B)에 대한 염소이온과 황산이온간의 상관관계. 8월 자료는 전주하수종말처리장(Chonju WWTP)하류의 수질이 바탕수질(background chemistry)과 방류수질(effluent chemistry)사이에서 아주 높은 선형상관관계를 보이고 있다. 반면 9월 자료는 선형관계는 벗어나고 있다. 그러나, 혼합수의 수질이 8월 수질을 나타내는 선과 9월 당시의 바탕수질과 방류수질을 잇는 선 사이에 위치하는 것을 주목하자.

는 것으로 나타났다(표 1). 본 방법으로 계산된 처리장 방류지점 직상류에서의 전주천 유량은 다른 물리적 방법을 이용하여 측정한 값(28.3m³/day)과 놀라울 정도로 비슷한 값을 보이고 있었다.

이와 같은 방법을 이용하여 전주천과 고산천 합류지점에 위치한 약 2km길이의 제방(그림 2)을 스미어 통과하는 고산천의 유량도 측정할 수 있었다. 이와 같은 측정을 위하여 제방을 통과한 물이 전주천과 섞여서 만경강으로 방류되는 E지점과 제방을 통과한 물에 영향을 받지 않는 L'지점, 그리

고 이들 사이에 유입되고 있는 농수로 (E1, E2지점)의 수질자료를 이용하였다. 본 계산을 위하여 E1, E2지점에서 유입되는 유량은 프로펠러 유속계를 이용하여 측정하였다. 계산결과, 제방을 통과하는 물은 일 30.5만m³로 나타났으며, 이는 하수종말처리장의 방류수와 비슷한 엄청난 양이었다. 이러한 유량의 측정은 오직 본 연구에서 제시된 방법으로만 가능한 것이었다. 이와 같은 방법을 이용하여 만경강이 익산천과 합류되는 지점까지 확장하여 각 유입수에 대한 유량을 측정할 수 있었으며 그 결과는 표 1과 같다.

5. 결 론

본 연구에서 제시된 추적자시험법은 종말처리장 방류수가 방대하여 유량이 많은 하천에서도 추가적인 환경적 피해없이 저렴한 비용으로 유량측정을 가능하게 하였다. 또한 본 방법을 이용하여 다른 물리적인 방법으로는 불가능한 제방을 통과하는 유량도 알아낼 수 있었다. 따라서, 본 연구에서 제시된 방법은 여러 가지 수문학적 상황에서도 응용될 가능성이 매우 높으므로 보다 체계적인 추가연구가 수행된다면 친환경적 유량측정법으로 자리매김할 수 있을 것으로 판단된다.

6. 사 사

본 연구는 한국과학재단이 군산대학교 새만금환경연구센터를 통하여 지급한 연구비로 수행되었으며 이에 감사드린다.