

비유량법에 의한 하천유량 산정

양해근* · 최희철** · 김준하***

River Discharge Estimation by Specific Discharge Measurement

Heakun Yang* · Heechul Chol** · Joonha Kim***

요약 : 본 연구에서는 최근 환경부의 유량·수질 측정지점으로 거론되고 있는 영산강 영본c 지점과 섬진강 섬본e 지점을 대상으로 수문지형적 관점에서 관측지점에 대한 적정여부와 유량측정 및 산정방법에 대한 검토를 실시하였다. 그 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다. 영본c지점과 섬본e지점은 수문지형학적 특성상 안정적인 유량측정이 용이하지 않는 장소이며, 특히 하구언 배수문의 영향이 크게 미치는 영본c의 경우 신뢰성 있는 유량측정이 불가능한 지점으로 판단된다. 유량산정방법으로 제시되었던 비유량법은 적절한 대표구역의 선정과 상·하류에 신뢰성 있는 유량관측 지점이 있을 시 직접측정이 곤란 한 지점의 유량산정에 이용될 수 있다는 결과를 얻었다. 그리고 장기간에 걸쳐 계절별, 강우사상별 유량관측을 통한 비유량 자료가 축적될 경우, 풍수기의 유량산정에도 이용될 수 있을 것으로 판단된다.

주요어 : 유량, 비유량, 오염총량관리, 구역관리, 수문지형학

Abstract : On the subject of Yeongsan River Yeoungbon c and Seumjin River Seumbon e site discussing as the measuring points of discharge and quality by the Department of Environment, this study executes the tests of proprieties and examines the methods of flow measuring and assessment. The result of this study may summarize as belows. According to the hydrogeomorphological aspects and artificial effects, Yeoungbon c and Seumbon e site are not proper for the measuring points of the water levels. Also, the methods of river discharge measuring by the specific discharge method, first tried in this study, has an enough reliability which can be used to measure the site where is difficult to measure the flow directly or to select the representative site to measure on the up and downstream. In case of accumulating the specific discharge data throughout the flow observation by seasons and periods for a long time, these may be used to measure the flow as well.

Key Words : discharge, specific discharge, total load management, watershed management, hydrogeomorphology

* 전남대학교 호남문화연구소 전임연구원(Researcher, Honam Culture Research Center, Chonnam National University) hydroyang@hotmail.com

** 광주과학기술원 환경공학과 부교수(Associate Professor, Dept. of Environmental Science and Engineering, Gwangju Institute of Science and Technology) hcchoi@gist.ac.kr

*** 광주과학기술원 환경공학과 전임강사(Lecturer, Dept. of Environmental Science and Engineering, Gwangju Institute of Science and Technology) joonkim@gist.ac.kr

1. 서론

지금까지 우리나라의 물 관리는 주로 양적인 측면 즉 수자원 확보와 홍수통제가 주요 관심사였다(송재우, 1981). 그러나 산업화와 도시화에 수반되어 극도로 악화되고 있는 공공수역의 수질문제는 오염실태를 파악하고, 유입 오염물질 저감을 위한 수질관리가 물 관리에 있어 가장 시급한 문제로 인식되기에 이르렀다(김만식·정승권, 2000). 최근 전국 4대강에 확대 실시되고 있는 오염총량관리제는 이러한 필요성 때문에 도입된 것으로 물 관리에 있어서 획기적인 전환점이 되었다고 말할 수 있다(이혜영·박석순, 2004).

우리나라 대부분의 산업시설 및 도시는 하천 중·하류에 밀집하고 있어 수질농도규제 방식으로는 공공수역의 환경기준을 달성하기 어려운 상황이다(천승규 등, 2001). 이러한 문제점을 해결하기 위해 정부는 1999년 2월 한강특별법(한강수계상수원 수질관리 및 주민지원 등에 관한 법률)에 이어 2002년 7월에 3대강 특별법을 본격 시행함에 따라 오염총량관리를 위한 기준유량의 설정과 허용부하량의 산정이 중요한 당면과제로 대두되고 있다(김승우 등, 1997). 오염총량관리제를 통한 유역관리는 단위유역별 배출부하량과 오염부하량 할당 그리고 이행평가가 필요하고, 이를 위해 신뢰성 있는 유량자료가 축적되어야 한다. 그러나 대부분의 기존 유량측정망은 이수와 치수의 목적으로 큰 하천의 분류를 중심으로 정비되어 있어, 오염총량제 실시를 위한 소유역 구분과 상호 연관성이 없는 지점이 많아 단위유역별 오염부하량 산정에 큰 어려움이 있다. 환경부는 그 대안으로 오염총량관리를 위한 수계별 주요지점 유량측정망 구축을 위한 세부 추진계획을 수립하여 유량측정 및 수질측정망 구축을 계획하고 있다(영산강유역환경청, 2004).

오염총량관리 및 수질관리를 위해서는 장기간의 유량변동 자료를 가지고 유황분석을 통해 기준유량을 설정하고 수질자료와 연계시켜야 하며, 안정적인 관측망 유지관리를 위해서는 관측지점에 대한 수문지형·지질적인 특성과 유출특성에 미치는 자연적 혹은 인위적인 영향에 대한 충분한 기초조사가 요구된다. 또한 하천수계의 형태학적 특성은 유역의 수문기

후 및 수문지질학적 인자와 밀접한 관계를 맺고 있으며, 이들은 유역 수문환경과도 유기적인 관계를 가지고 있다(윤용남, 1973; Leopold and Maddock, 1953). 이 때문에 미국과 일본 등과 같은 선진국에서는 환경관리 특히 종합적인 유역관리 분야에 수문학자와 하천지형학자들의 참여가 활발한데도 불구하고, 우리나라에서는 그 활동을 거의 찾아 볼 수 없는 실정이다(양해근·최희철, 2003; 장희준·김창환, 2004).

최근 환경부의 유량·수질 측정지점으로 거론되고 있는 영산강 영본c 지점과 섬진강 섬본e 지점은 본류 하류부에 위치하고 있어, 실제 유량측정이 용이하지 않은 지점이다. 그리고 이들 지점들은 수문지형학적 관점에서 볼 때 안정적인 유량 측정지점으로서 문제점이 있다고 판단된다. 한편 영본c지점과 섬본e지점은 오염총량제 실시를 위한 기준유량 측정지점이라는 점에서 오염총량제의 의미 즉 하천 본래의 자정능력과 직접 관계가 있는 비유량법에 의한 유량측정방법도 하나의 대안으로 간주된다.

본 연구에서는 영산강 영본c 지점과 섬진강 섬본e 지점에 대한 관측지점으로서 적정여부를 판별하기 위하여 수문지형학적 특성을 살펴보았으며, 효율적인 유량산정방법으로서 비유량법을 제시하고 그 가용여부를 평가하였다.

2. 조사지점의 수문지형학적 특성

영산강·섬진강 유역의 오염총량관리를 위한 유량 측정 지점은 총량관리 단위유역의 경계를 기준으로 총 23개소로 설정하고(Fig.1), 관리유역별 배출허용부하량 산정에 필요한 기준유량 획득을 위한 관측망 정비를 계획하고 있다(영산강유역환경청, 2004). 연구대상 지점인 영본c 지점과 섬본e 지점은 영산강과 섬진강의 하류부에 위치하고 있다.

영본c(Yc)는 전라남도 나주시 다시면 동당리 석관정 앞(N35°03'57.4", E127°43'47.9")에 위치한 곳으로 고막원천이 영산강본류에 합류직전의 지점이다. 영본c는 하상구배가 완만한 곡류천의 공격사면에 해당하고, 하도는 하양층자색사질암으로 이루어진 구릉지 사이

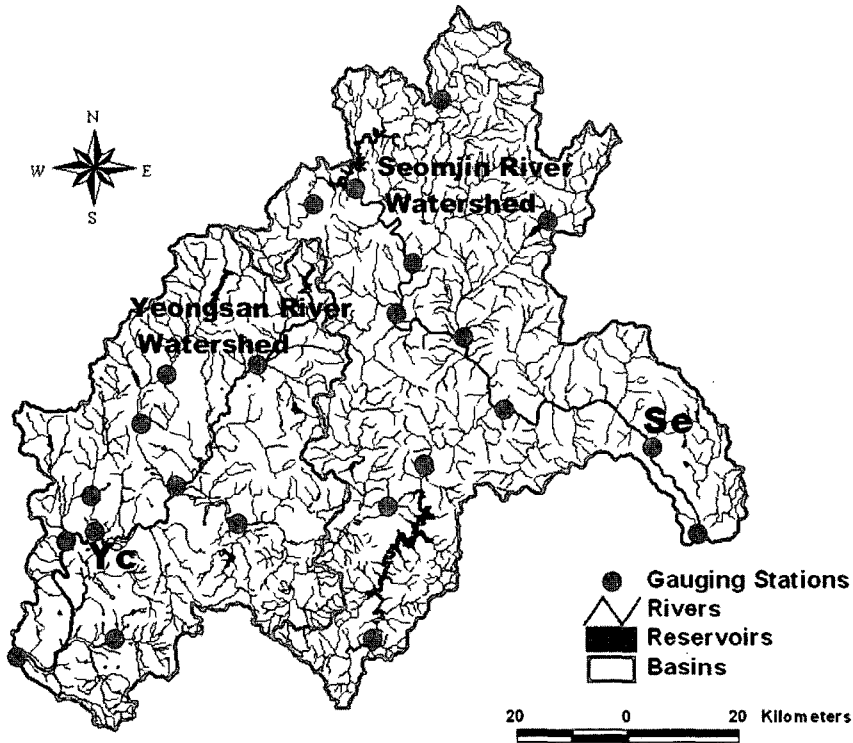


Figure. 1 Water level gauging stations for pollutant loadings in Yeongsan and Seomjin River(Yc, Se)

를 통과하고 있다(한국동력자원연구소, 1990). 지류인 고막원천 하류부는 유로변경이 활발한 자유곡류하천으로 하도를 중심으로 넓은 범람원이 형성되어 있으며, 주변에 구하도 즉 우각호가 발달해 있다. 영본c 지점에 대한 수문지형적 특성을 보면, 공격사면에 해당하는 석관정 측면은 수심이 깊은 여울이 형성되어 있으며, 유속이 빠른 홍수시에는 기반암 노두의 영향으로 복잡한 와류가 형성되는 곳으로 사료된다. 상대적으로 수심이 낮고 유속이 느린 포인트바쪽은 세사 등의 하천퇴적물로 하상이 덮여 있으며, 횡단면의 지점별 수심변화 폭이 커 급경사를 이루고 있다. 그리고 영산강하구언 배수위의 영향이 크게 미쳐 연중 신뢰성 있는 유량측정이 불가능한 지점으로 판단된다(Fig. 2).

섬본e(Se)은 경상남도 하동군 악양면 미점리 알프스 모텔 앞(N35°07'22.3", E127°41'39.3") 즉, 악양천 합류 후 지점이다. 섬본e 지점은 악양천 합류 후 양안에 발달한 반상변정질편마암 산지를 통과하는 완만한 곡류부에 해당한다(경상남도, 1965). 하상은 대부분 세사

혹은 미사로 이루어져 있어 호우시 하상변화가 심한 장소이지만, 횡단면의 지점별 수심변화폭이 적은 완만한 경사를 이루고 있다. 한편, 하천 좌안에는 유로방향을 따라 1~2m 높이의 하천사구가 발달해 있으며, 사구주변에는 점토질토양이 분포하여 소규모 하천습지가 형성되어 있다. 악양천을 제외한 주변 소지류들은 대부분 급경사의 계류로서 큰 자갈과 같은 조립질 하상퇴적물이 대부분을 차지하고 있는데 반하여 악양분지를 흐르는 악양천은 자유곡류하천으로 넓은 충적평야를 형성하고 있으며, 하상퇴적물은 세립질 모래로 덮여 있다. 현지조사 기간 동안 섬본e 지점으로부터 하류 약 400m 지점까지 하구의 조수의 영향이 관찰되고 있으나, 갈수기시 직접유량측정이 가능한 지점으로 판단된다. 그러나 풍수기에는 유속이 빠르고 수심이 깊어 직접 유량측정이 불가능하며, 좌안에 분포한 하천사구의 일부가 침수되거나 하중도를 이루어 지점별 유속변화가 심해지는 수문지형적 특성에 따라 수위관측지점의 설치 장소로서도 적절하지 못한 지점으로 생각된다(Fig. 3).

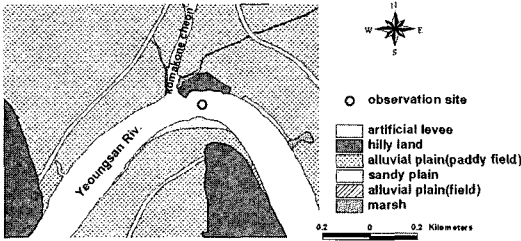


Figure 2. Hydrogeomorphological map of Yc site

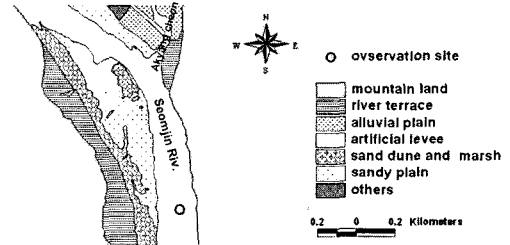


Figure 3. Hydrogeomorphological map of Se site

3. 유량 측정방법

하천유량은 단위 시간에 특정 지점의 횡단면을 통과 하는 물의 양을 말하는 것으로 하천유량은 시간에 따라 크게 변화하므로 연속적인 자료획득이 용이하지 않다(Chow, 1964). 일반적인 유량측정 방법으로는 유속 계를 이용한 단면적법, 부자법, 추적자를 이용한 희석 법 등이 사용되고 있으며, 직접 유량을 측정할 수 없을 경우 수면경사-면적법과 수위-유량곡선, 비유량법, 물수지법 등을 이용한 간접측정방법이 있다(윤태훈, 1997; 김성원·지흥기, 1998; 영산강유역환경청, 2004; Chow, 1964). 상기의 유량측정방법을 간단하게 설명하면 다음과 같다.

1) 유속 단면적법

유속계에는 프라이식, 전기식, 전자식, 초음파식 등 여러 가지 유속계가 있으나 일반적으로 널리 사용되는 것은 프라이스 유속계이다(이상호, 1996). 먼저, 유황 이 일정하고 하상이 고른 지점을 선정하여 물이 흐르는 방향과 직각이 되도록 통수단면을 설정하고, 줄자 혹은 로프를 이용하여 통수 단면을 여러 개의 구간으로 나눈 후 각 구간의 수심과 유속을 측정하여 구간단 면의 평균유속과 단면적을 구한다. 유량은 구간유량의 총합이 된다(Show, 1983).

2) 부자법

부자법은 유속계를 사용할 수 없을 경우 구간 유속 을 환산하여 유량을 구하는 방법으로 흐름이 일정한

곳에서 적당한 구간을 설정해 부자의 유하시간을 측정 하여 유속으로 환산하는 방법이다. 부자법은 유속을 직접 측정할 수 없는 풍수기나 계류에서 흔히 사용되고 있으나, 하폭이 일정하지 않고, 여울과 소가 연속적 인 구간에서는 사용을 피해야 한다. 부자의 선정은 2/3 정도 잠길 수 있는 것으로 크기는 일정해야 하다(박종 관, 1997).

3) 추적자를 이용한 희석법

희석법에 사용되는 추적자는 안정동위원소, 염수, 색소 등이 사용된다. 그러나 안전성과 편의성을 고려 하여 일반적으로 염수법을 가장 많이 사용하고 있다. 희석법은 간편하지만 큰 하천일 경우 투입량이 많아져 사용할 수 없는 단점이 있다. 염수법은 상류에 식염수 를 투입한 후 하류의 전도율 변화를 측정하여 그 도달 시간을 결정하여 유속을 환산하는 방법과 염수의 희석 률로부터 유량을 구하는 방법이 있다(김성원·지흥기, 1996; Kilpatrick and Wilson, 1989). 전자는 염수의 도달 침투시간을 구하여 유속을 산정하는 방법으로 대 상지점에 대한 단면적 측정이 요구된다. 후자는 식염 수를 일정 비율로 하천에 주입하고 그 희석율로부터 하천유량을 구하는 방법이다(박종관, 1997).

4) 수면경사-면적법

수면경사-면적법은 수리학적 원리를 이용한 수위- 유량곡선의 연장방법으로 수면곡선의 경사를 구하기 위해서는 홍수흔적 등을 통해 하천구간의 상·하류에 대한 최고수위를 설정하여 유량을 추정하는 방법이다.

이 방법은 유속계 등을 직접 사용하지 않고 일차원 정상류 방정식을 이용하는 방법으로서 홍수 후 측량을 통해 상·하류의 단면적과 동수반경, 최고수위 등의 수리자료를 수집하여 Manning공식을 통해 유량을 추정한다(윤태훈, 1997; 영산강유역환경청, 2004).

$$Q_0 = \frac{1}{n} (A_0 \times R_0^{2/3} \times S^{1/2})$$

$$Q_1 = \frac{1}{n} (A_1 \times R_1^{2/3} \times S^{1/2})$$

여기서 Q_0 , Q_1 은 수위표 지점과 보조수위표 지점의 유량, A_0 , A_1 은 수위표 지점과 보조수위표 지점의 유수 단면적, R_0 , R_1 은 수위표 지점과 보조수위표 지점의 동수반경, S 는 에너지 경사이다. 위의 식에서 $Q_0=Q_1$ 이므로 유량 Q 에 관하여 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$Q = K\sqrt{S}$$

K 는 평균 통수능력으로 기하평균값이며, 동수구배 S 는 베르누이방정식으로부터 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$S = \frac{h_f}{L} = \frac{1}{L} (F + k(\frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} - \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g}))$$

여기서 h_f 는 상·하류간의 에너지 손실수두, F 는 상·하류 단면적간의 수면차, L 은 상·하류 단면간의 길이, k 는 단면의 확대(=0.5) 또는 축소(=1.0)에 따른 계수, α 는 에너지 보정계수이다.

오늘날 가장 대표적인 간접유량측정 방법으로서 수면경사-면적법은 수공학자들이 널리 이용하고 있다. 그러나 실제 하천의 흐름은 비정상류며, 홍수시 유체는 시·공간상으로 불규칙한 난류를 형성하기 때문에 수면경사-면적법의 적용에 신중할 필요가 있다.

5) 비유량법

비유량법은 큰 하천의 경우처럼 유량을 직접측정할 수 없을 경우 대표유역을 선정하여 단위면적에 대한 평균유출고를 산정하여 유량을 추정하는 방법이다. 등질지역의 경우 유량은 집수역의 면적에 정비례한다는 가정을 전제로 한 것으로(양해근·최희철, 2003), 그 전제는 이희철·이은태(2003)의 연구에서도 입증되었

다. 결국 비유량법에 의한 유량산정은 대표유역의 적절한 선정과 면적강우량의 신뢰성에 크게 의존한다.

6) 물수지법

물수지법은 일반적으로 물의 출·입이 한정된 지역 혹은 구간에서 사용되는 방법으로서 정확한 수문량의 획득이 관건이 된다. 다시 말해서 물수지법에 의한 유량산정법은 신뢰성 있는 수문자료의 획득이 가능하거나, 상류 혹은 하류 유량측정자료가 존재하고, 하천구간 내 물 이동이 명확한 경우 가장 유용한 방법이라 할 수 있다.

4. 유량조사

본 연구에서는 환경부의 유량관측지점으로 선정된 영본c와 섬본c 지점에 대한 수문지형학적 적정여부와 평균비유량산정 방법에 대한 검증에 대해 지난 2004년 8월 30일부터 2004년 12월 30일까지 4개월 동안 8일 주기로 각각 16회씩 총 32회(전체 유량조사 수: 264회)에 걸쳐 유량을 조사하였다. 유량 산정방법은 지점별 수문지형학적·수리적 특성을 고려하여, 직접측정과 간접측정법을 병행하였다. 간접측정방법은 유속-단면적법을 기초로 한 물수지법과 비유량법을 이용하여 유량을 산정하였으며, 그 결과에 대한 검증은 조사기간 동안 정상적인 연수문곡선을 나타내는 건교부 수위관측 지점 자료를 이용하였다.

먼저, 영본c 지점은 하상 수심변화가 크고, 하구언 배수문의 직접적인 영향을 받기 때문에 신뢰성 있는 유량을 획득하기 어려운 특성을 가지고 있다. 따라서 유량측정이 가능한 상류의 죽산교지점과 영본c지점 사이에 유입하는 지류가 한정되어 있으므로 죽산교(Y_c-1)지점의 유량을 측정하고, 죽산교-영본c 구간 사이에 유입하는 지류(구하도: Y_c-2 , 반계천: Y_c-3) 유량의 총합이 영본c 지점의 유량으로 간주하였다(Fig. 4). 즉 영본c 지점의 유량(Q_{Yc})은 다음과 같은 물수지식으로 나타낼 수 있다.

$$Q_{YC} = Q_{YC1} + Q_{YC2} + Q_{YC3}$$

섬본e 지점은 하구의 조수영향이 미치지 않고, 비교적 하상이 균일하며, 갈수기시 수심이 얕아 직접 유량 측정이 가능한 지점이다. 그리고 비유량법에 의한 유량산정을 도모하기 위해 비교적 지질적 분포가 균일한 건교부 하동 수위관측 지점-구례 관측지점 사이의 양안에 대표유역(Se-1, Se-3, Se-4, Se-5, Se-6)을 선정하여 각 하천 하류부에서 유량을 측정하였다(Fig. 5). 대표유역의 선정은 첫째, 유황변화에 인위적인 개입이 적은 유역(특히 상류부에 저수지와 같은 저류시설의 유무), 둘째 하천복류수의 영향이 적은 장소, 셋째 유량측정이 용이한 장소, 넷째 본류의 양안의 지형적 특성을 반영하도록 유역 규모를 고려하여 중규모 유역(5km² 이상)과 소규모 유역(5km² 이하)으로 나누어 각각 산정하였다. 그리고 직접측정은 갈수기에 해당하는 11월 4일 이후부터 12월30일까지 총 8회 실시하였으며, 하천 구간별 평균 비유량을 산정하기 위해 9월 1일부터 매회 본류의 양안에 선정된 대표유역의 조사지점(5개소)에서 유량을 각각 측정 후 각 유량에 대해 소유역 면적별로 나누어 비유량(m³/sec/km²)을 계산하였다. 평균비유량은 대표유역의 비유량에 대한 산술평균 비유량이다.

이들 자료에 대한 신뢰성을 검증하기 위하여 평균비유량 값을 기초로 산출한 유량과 건교부 구례지점간의 유량자료와 상호 비교 검토하였다. 단, 건교부 하동 수위관측 자료 이용과 검토자료 구축을 위해 측정된 하동교(Se-2) 유량은 조석의 영향을 크게 받아 가용자료로 사용할 수 없었으므로, 본고에서 제외하였다.

5. 조사결과 및 자료분석

중위도의 온대몬순지역은 강수량의 계절변화와 연변화가 심하다(新井正, 1976). 특히 우리나라는 열대이동성 저기압의 이동경로와 그 빈도에 따라 시·공간적 강수량의 분포가 크고, 갈수기와 풍수기에 따라 수문량의 변화 또한 현저한 차이를 보이고 있다(윤경두·서승덕, 1994). 이와 같이 수문량의 변화는 수문기후학적 특성과 수문지질학적 요인, 저수지, 댐과 같은 인공

저류시설에 의한 유량조절, 하천취수량의 계절변화, 하수와 같은 회귀수의 유입, 유역의 토지이용변화 등에 의해서도 영향을 받지만, 수문관측 자료의 오류, 하상구조변화, 수문관측소의 운영목적과 측정범위의 한계 등에 의해서도 수문량이 달라질 수도 있다.

현재 영산강과 섬진강 유역의 수문관측소는 우량관측소 39개소, 수위-유량관측소 42개소가 있으며, 이들 중 각 본류의 수위관측지점은 영산강 11개 지점, 섬진강 10개 지점이 운영되고 있다(건설교통부, 2002). 현재 관측소의 수문자료(강수량, 수위, 유량)는 30분 간격으로 영산강홍수통제소와 섬진강홍수통제소 홈페이지를 통해 실시간으로 공개하고 있다.

건설교통부 익산지방국토관리청(1999)에 의하면 관측 기간 중 비교적 정상적인 연수문곡선을 나타내는 지점은 나주, 광주, 본동, 오곡, 구례2(종래 구례지점을 대체하기 위해 신구례교에 설치한 수위관측 지점으로 사실상 구례지점과 거의 같은 지점으로 간주됨), 송정, 적송, 곡성, 대강, 제2섬진 지점 등이다. 특히 나주, 구례2 지점은 40년 이상의 유황변동 및 유출특성을 파악할 수 있는 자료의 획득이 가능하다. 그 이외 지점은 배수관문 혹은 조석의 영향을 받거나, 근래에 신설되었으며, 비정상적인 수문곡선을 나타내거나 자료의 결측이 빈번하다.

따라서 본 연구에서는 유량산정 결과에 대한 검증자료로서 나주, 구례2지점을 선정하였으며, 나주, 구례2 수위관측지점의 연수문곡선에 대한 정상여부를 파악

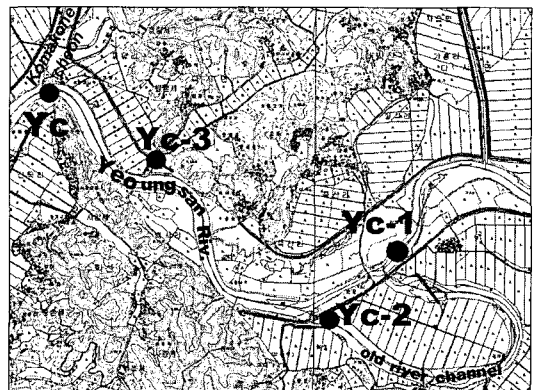


Figure 4. Observation sites in Yeongsan River(Yc, Yc-1, Yc-2, Yc-3)

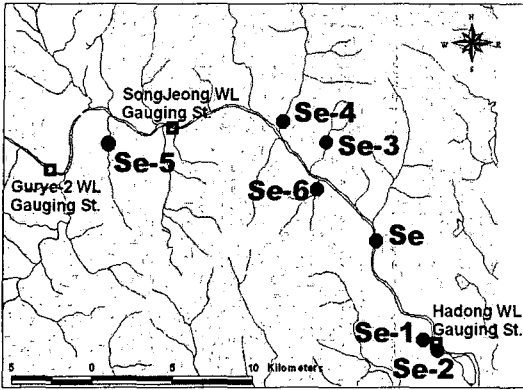


Figure 5. Observation sites in Seomjin River(Se, Se-1, Se-2, Se-3, Se-4, Se-5, Se-6)

하고, 조사기간 동안 강우-유출형태를 파악하고자 2003년 1월 1일부터 2004년 12월 31일까지의 자료를 이용하여 수문곡선을 나타낸 것이다(Fig.6). 영산강과 섬진강 유역은 유역 전체의 연평균 강수량이 각각 1312.0mm, 1989.3mm로서 우리나라 연평균 강수량 1259.6mm보다 많다(건교부 익산지방국토관리청, 1999). 그리고 영산강은 중상류부터 평탄한 충적평야를 사행하는데 반하여, 섬진강은 중상류부터 분포하는 침식분지 사이를 흐르다가 중하류부터 변성암 산지를 통과하는 지형·지질적 조건이 전혀 다르며 유역의 도시화 정도 역시 큰 차이를 가지고 있다. Fig. 6에 나타난 바와 같이 두 지점의 수문곡선은 정상적인 연수문곡선을 나타내고 있으며, 유량은 강우강도와 강수량의 계절적 변화에 민감하게 반응하고 있는 것으로 보인다. 2004년 태풍15호 '메기'의 경우, 나주지점의 침두 유량이 3860.146m³/s이었으나(박종관 등, 2004), 유역 면적이 더 넓은 구례2 지점에서는 그 절반에도 못 미치는 1714.79m³/s를 기록하였다. 특히 구례2 지점 수문곡선에서는 단일 강우사상에 대해 제1침두와 제2 침두가 뚜렷하게 나타난 것으로 간주되며, 이에 관한 원인은 차후의 연구과제로 삼고자 한다.

Table 1은 영본c, 섬진e 지점에 대한 유량 산정 결과이며, 상·하류 측정가능지점 혹은 대표유역의 유량에 기초한 평균 비유량값에 의해 추정된 것이다. 여기서 죽산교(Yc-1)지점 역시 배수문의 영향을 다소 받고 있으며, 영본c-죽산교 구간의 소지류 유역은 대부분 충

적평야로 용수위가 밀집되어 있으며, 농번기에는 하천 취수가 활발하게 이루어지고 있어 유역구분이 불분명한 문제가 있다. 따라서 본 연구에서는 영본c 인근지역에 위치하고 있으며, 비교적 정상적인 연수문곡선을 유지하고 있는 건교부 학교 관측지점의 유량자료를 이용하여 영본c 주변지역의 일별 비유량을 산출하였으며, 그 결과를 이용하여 하구언 배수의 영향이 미치지 않은 나주 지점의 수위-유량자료와 일별 비유량을 나주-영본c 구간의 면적에 대입한 구간 유입량의 총합을 영본c 지점의 비유량으로 간주하였다.

상기 결과에 대한 신뢰도와 가용여부를 분석하기 위해 배수문과 조차의 영향이 없고, 관측기간 내에 비교적 정상적인 연수문곡선을 나타내는 건교부 수위관측 지점 나주와 구례2관측소의 자료를 이용하여 상관관계를 분석하였다. 그 결과는 다음과 같다.

먼저 본류의 유량에 대해 실측유량과 평균비유량에 의한 유량산정이 가능했던 섬본e 지점에 대한 분석 결과는 Fig 7(1)과 같이 섬본e 지점에서의 실측값과 대표 유역에서 얻은 평균비유량에 의한 계산값 간의 상관관계 그리고 양자에 대한 건교부 구례지점에 대한 상관관계를 각각 나타낼 수 있다. 즉 직접 측정된 유량과 비유량에 의한 유량간의 관계 역시 결정계수(r^2) 0.8609로서 비교적 높은 상관을 보이고 있으며, 실측값과 비유량계산법에 의한 유량의 변화경향도 거의 일치한 것으로 나타난다. 한편 구례지점의 유량에 대한 양자의 상관은 각각 0.9472, 0.9152로서 비유량값에 의한 것이 실측치 보다 오히려 좋은 것으로 나타났다. 따라서 적절한 대표유역에 의해서 선정된 평균비유량에 의한 유량추정방법은 직접측정이 곤란한 지점 혹은 풍수기시에 유량을 추정하는데 활용될 수 있으리라 판단된다.

상기의 결과로부터 본류의 유량측정이 곤란한 영본c지점에 적용해 본 결과, Fig.7(2)와 같은 결과를 얻었다. 죽산교와 지류의 유량측정 자료를 이용 즉 물수지식($Q=Q_{Yc-1}+Q_{Yc-2}+Q_{Yc-3}$)으로 산정한 Yc 유량과 건교부 학교지점의 유량을 이용하여 계산된 비유량을 나주-Yc구간에 적용하여 추정된 유량 그리고 나주관측 지점 유량간의 상호관계에서 각각 결정계수(R^2)는 0.9329, 0.9979로서 비교적 높은 상관성이 있는 것으로

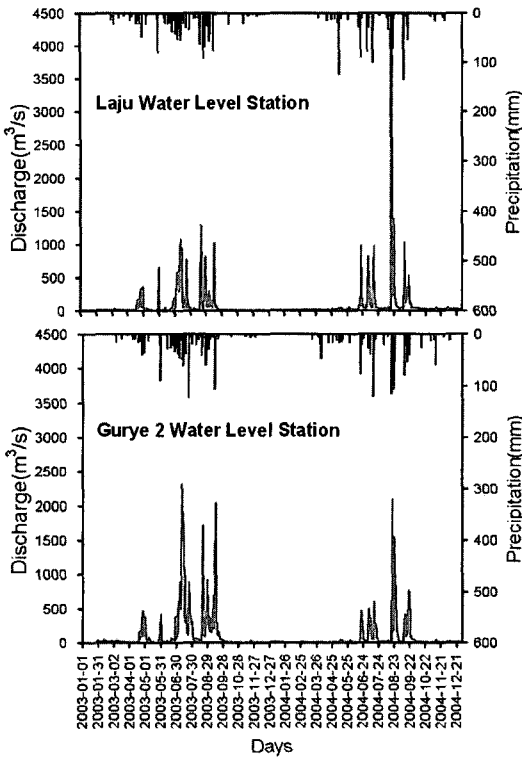


Figure 6. Hydrograph of Laju and Gurye 2 water level station.

나타났으며, 특히 물수지식에 의한 것보다 비유량에 의한 값이 더 좋은 상관이 있는 것으로 나타났다. 이는 Yc-2지점의 유량조사시 하구언의 배수문의 영향이 유속변화에 크게 미침으로서 나타난 결과로 보이며, 실제 하구언 수문의 폐쇄로 수위가 상승할 때 유속이 매우 느려져 상류지점인 나주지점의 유량보다도 적은 유량이 측정되는 오류가 반영된 가능성을 배제할 수 없다.

이러한 결과를 놓고 볼 때, 영본c와 섬본e 지점처럼 지형적 혹은 인위적인 영향을 크게 받아 직접 유량측정이 곤란한 지점 혹은 주변에 신뢰성 있는 유량관측 지점이 있을 경우, 적절한 대표유역으로부터 산출된 구간 혹은 유역 평균 비유량은 하천유량 산정에 이용될 수 있다는 점을 강하게 시사한 것으로 사료된다. 그리고 향후 장기간에 걸쳐 강우강도별 유역의 규모별, 수문지질단위별, 비유량 자료가 축적될 경우, 직접 유량측정이 곤란 한 지점뿐만 아니라 풍수기시 대하천 본류의 유량 산정에도 본 연구방법이 이용될 수 있을

Table 1. Discharge and discharge by specific discharge at Yc and Se sites

Site	Date	Discharge (m³/sec)	Discharge by specific discharge(m³/sec)
Yc	2004.08.30	-	62.56
	2004.09.07	-	49.11
	2004.09.15	-	126.19
	2004.09.23	129.16 ¹⁾	121.69
	2004.10.01	50.44 ¹⁾	42.56
	2004.10.09	51.08 ¹⁾	44.38
	2004.10.17	21.98 ¹⁾	27.81
	2004.10.25	21.07 ¹⁾	26.11
	2004.11.02	21.25 ¹⁾	30.13
	2004.11.10	17.23 ¹⁾	35.67
	2004.11.18	21.99 ¹⁾	29.36
	2004.11.26	18.57 ¹⁾	26.65
	2004.12.04	9.13 ¹⁾	34.39
	2004.12.12	20.29 ¹⁾	29.96
	2004.12.20	16.78 ¹⁾	26.02
2004.12.28	15.53 ¹⁾	25.02	
Se	2004.09.01	-	33.54
	2004.09.09	-	28.12
	2004.09.17	-	184.26
	2004.09.25	-	130.93
	2004.10.03	-	45.21
	2004.10.11	-	28.16
	2004.10.19	-	35.12
	2004.10.27	-	38.34
	2004.11.04	25.64	28.54
	2004.11.12	74.23	59.89
	2004.11.20	31.37	19.72
	2004.11.28	27.71	19.72
2004.12.06	51.71	38.06	
2004.12.14	25.29	17.48	
2004.12.22	28.29	13.94	
2004.12.30	8.31	11.95	

1) $Q=Q_{Yc-1}+Q_{Yc-2}+Q_{Yc-3}$

것으로 기대할 수 있다.

그리고 현재 오염총량관리제 실시를 위한 유량 관측

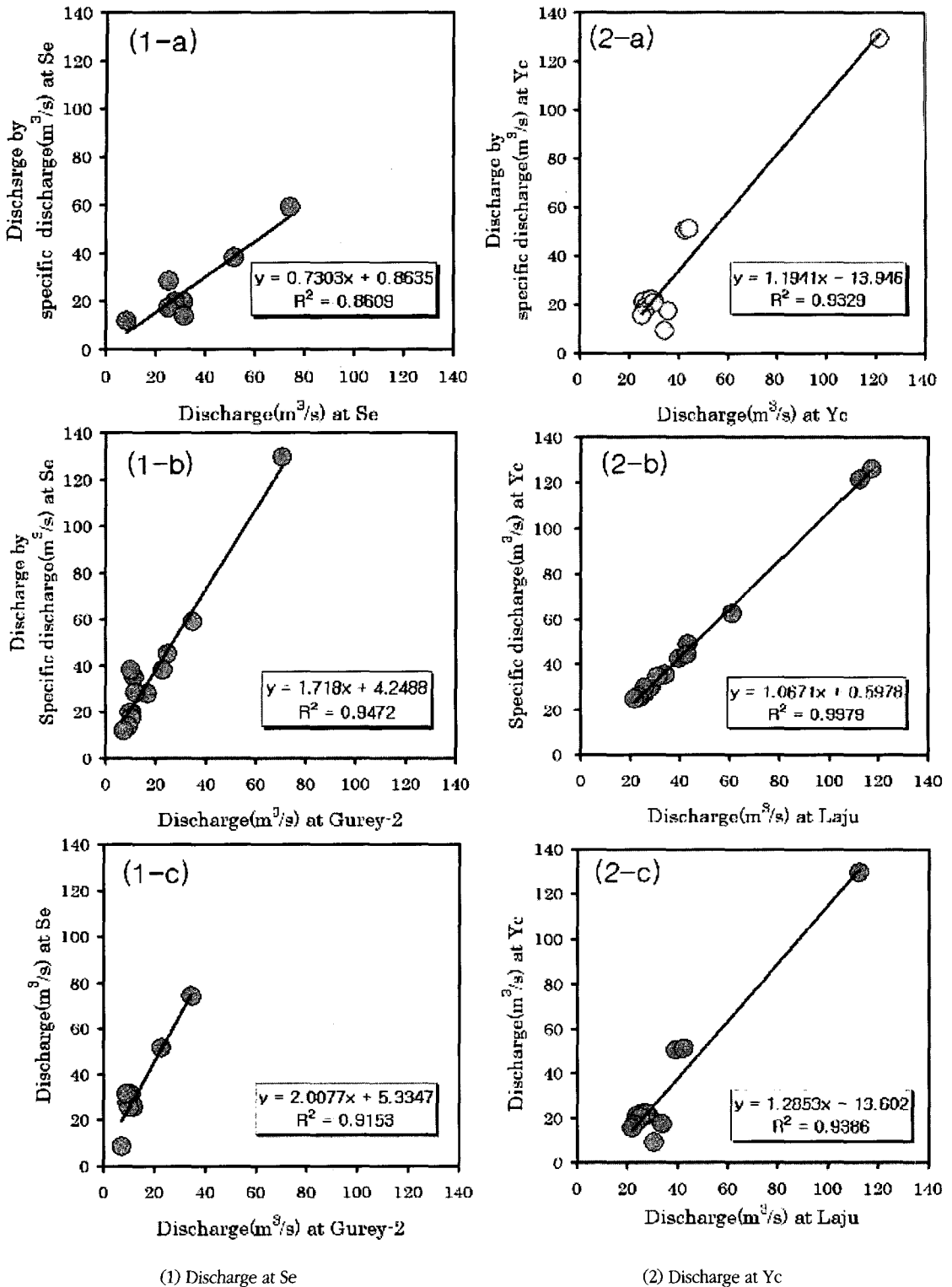


Figure 7. Relation between Specific discharge and discharge at Se and Yc;

망 역시 큰 하천 본류 중심으로 계획되고 있으며, 유역 단위별 적정 오염허용량이란 결국 하천 자정능력에 따라 결정되고, 자정능력 역시 수량이 크게 관여하고 있음을 볼 때, 본류 중심의 하천관리보다 지류중심의 하천관리 다시 말하여 소유역 하류를 중심으로 유량·수질관측망을 정비하는 것이 효율적으로 판단된다.

6. 요약 및 결론

오염총량관리를 위한 단위유역별 배출부하량과 오염부하량 할당 및 이행평가 등에는 신뢰성 있는 유량 자료가 확보되어야 한다. 그러나 현재 계획되고 있는 유량·수질관측망 역시 충분한 수문지형학적 관점에서 접근되지 않고 있어, 관측지점으로서 효율성과 적정여부에 대한 논란의 여지가 충분히 있다. 본 연구에서는 상기의 문제점에 대한 현황을 파악하고, 유량측정이 곤란 지점(영본c, 섬본e)들을 대상으로 유량측정 및 산정방법에 대한 검토를 실시하였다. 그 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

1) 영본c지점은 하상구배가 완만한 곡류부의 공격사면에 위치한 곳으로 공격사면에 해당하는 석관정 쪽은 수심이 깊은 풀이 형성되어 있으며, 기반암의 노두의 영향으로 복잡한 와류가 발달하여, 풍수기에 하방침식이 우려되는 곳이다. 그리고 영산강하구언의 배수위가 영향을 미쳐 정확한 유량측정이 곤란한 장소이다.

2) 섬본e지점은 악양천 합류후로서 반상변정질편마암 산지를 통과하는 완만한 곡류부에 위치한 곳으로 갈수기에는 직접유량을 측정할 수 있으나, 하천 좌안과 중앙부에 유로방향을 따라 1~2m 높이의 하천사구가 발달해 있어 풍수시의 횡단면의 유속분포에 큰 영향을 줄 것으로 판단된다. 그리고 악양천 합류후 지점으로서 오염총량관리 단위유역 말단 지점과는 거리가 있어 유량측정지점으로서 무리가 있다고 생각한다.

3) 유량산정에 있어 단기간에 걸친 자료만으로 적절한 방법을 제시하는 것은 바람직하지 못하지만, 본 연구에서 시도되었던 비유량법에 의한 유량산정방법은 향후 장기간의 자료의 축적과 보다 세밀한 강우강도별 소유역의 비유량이 산정될 경우, 직접측정이 곤란한

지점 혹은 풍수기시에 유량을 추정하는 데 본 연구방법이 충분히 이용될 수 있을 것으로 사료된다. 이를 위해서는 많은 대표유역의 선정과 계절별 강우사상별 유량자료가 장기간에 걸쳐 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

謝辭

현지조사 및 유량측정에 광주과학기술원 물재이용 연구센터 공혁준, 전남대학교 지리학과 성연경, 변장섭, 김선경, 김현철 군의 도움이 있었습니다.

文獻

- 건설교통부, 2002, 수문조사연보.
 건설교통부 익산지방국토관리청, 1999, 영산강·섬진강 수계 하천수 사용실태 조사 및 하천유지유량 산정 보고서.
 경상남도, 1965, 한국지질도 1:50,000 화계도폭.
 김만식·정승권, 2000, "지리정보시스템을 이용한 유역의 토지이용별 비점오염부하량 분석," 환경관리학회지, 6(3), 411-421.
 김성원·지흥기, 1998, "하천유량 측정기법에 관한 연구," 한국환경과학회지, 7(6), 793-801.
 김승우·박석순·김희성, 1997, 특정수계권역의 수질총량 규제방안 연구, 한국환경정책·평가연구원 보고서.
 박종관(譯), 1997, 물환경 조사법, 청문각(新井正, 1995, 水環境調査の基礎, 古今書院, 東京).
 박종관·양해근·조경민, 2004, "제15호 태풍 메기로 인한 영산강 상류역의 홍수 유형," 한국지형학회지, 11(3), 137-150.
 송재우, 1981, "하천 유량 계측의 발달," 한국수자원학회지, 14(3), 15-19.
 양해근·최희철, 2003, "영산강과 섬진강 유역의 하천 수질환경 평가," 대한지리학회지, 38(1), 16-31.
 영산강유역환경청, 2004, 영산강·섬진강수계 주요지점 유량측정망 구축을 위한 세부추진계획수립.
 윤경두·서승덕, 1994, "한반도에 내습한 태풍의 확률강우 및 풍속의 시공간적 분포 특성," 한국농공학회지,

36(3), 122-134.

이상호, 1996, “현대적 유량측정 기법에 대하여,” 한국수자원학회논문집, 29(2), 123-125.

이혜영 · 박석순, 2004, “오염총량관리를 위한 의사결정 지원시스템 적용,” 한국물환경학회지, 20(2), 151-156.

이희철 · 이은태, 2003, “충적하천의 하도형성유량 산정과 수리기하특성에 관한 연구,” 한국수자원논문집, 36(5), 823-838.

윤태훈, 1997, 응용수문학, 청문각.

윤용남, 1973, “한강수계의 하천형태학적 특성과 빈도유량과의 상관성,” 대한토목학회지, 21(1), 46-59.

장희준 · 김창환, 2004, “미국에서의 지형학과 수문지리학의 최근 동향,” 대한지리학회지, 39(6), 837-887.

천승규 · 조희찬 · 이광수, 2001, “하천구간 및 배수구역 특성을 고려한 금강수계 오염총량관리제 시행방안 연구,” 대한환경공학회지, 23(5), 767-779.

한국동력자원연구소, 1990, 나주도폭 지질보고서.

新井正, 1976, “日本の水收支-概要と問題點”, 立正大學文學部論業, 56, 95-125.

梁海根, 1996, “小河内貯水池流域における水收支と流出率”, 地域研究, 37(1), 1-10.

Chow, V. T., 1964, *Handbook of Applied Hydrology*, McGraw-Hill.

Kilpatrick, F. A. and J. F., Wilson, 1989, *Measurement of time of travel in streams by dye tracing*, USGS Techniques Water-Resources Investigations, book3. Chap. A9.

Leopold, L. B. and Maddock, T., 1953, *The hydraulic geometry of stream channels and some physiographic implications*, USGS Professional Paper 252, USGS.

Show, E. M., 1983, *Hydrology in Practice*, Chapman & Hall.

교신 : 양해근, 500-757, 광주광역시 북구 용봉동 300, 전남대학교 호남문화연구소(hydroyang@hotmail.com, 전화:062-530-3989)

Correspondence: Heakun YANG, Honam Culture Research Center, Chonnam National Univ., 300 Yongbong-dong, Buk-gu, Gwangju 500-757, Korea(phone : +82-62-530-3989)

최초투고일 05. 2. 26
최종접수일 05. 4. 21