

한강에서의 평균갈수량과 환경보존유량 산정

오 규창(한국건설기술연구원 수자원연구실 연구원) *
이 진원(" " 연구원)
정 상만(" " 선임연구원)

1. 서 론

경제 성장에 따른 도시화 및 산업화 사회로의 변모와 국민생활 수준 향상에 따른 급격한 용수수요 증가로 인하여 수자원의 적정 이용 문제가 심각하게 제기되고 있다. 하천이 하천으로서 정상적인 기능을 유지하기 위하여 필요한 유량이 있는 바 이를 하천유지유량이라 할 수 있으며 이에 대한 개념과 양적인 산정이 절실히 요구되고 있다. 옛날에는 하천이 중요한 수송로였기 때문에 주운에 필요한 수심유지가 하천유지유량의 중요한 기능이었으며 우리나라에서는 1960년대까지 주운을 가능케 하는 하천유지유량에 관심을 보였다고 할 수 있다. 1970년대에 와서는 염해방지를 위한 최소한의 유량을 하천유지유량이라 하였다. 1980년대에 들어와서는 산업화의 결과로 인한 수질오염을 방지하기 위하여 희석유량을 하천유지유량으로 간주하려는 경향이 늘어가고 있다. 이처럼 하천유지유량은 그 기능이 다양하며 시대에 따라 강조되는 기능이 변화되고 있으며 그 산정방법도 하류에서 얼마나 유량이 필요한가 하는 수요측면에서의 하천유지유량 산정과 상류에서 얼마나 공급할 수 있는가라는 공급측면에서의 산정으로 혼돈되고 있음을 알 수 있다. 이러한 혼란은 기존의 하천유지유량의 개념속에 자연적인 요소라 할 수 있는 공급측면과 인위적인 요소로 볼 수 있는 수요측면을 동시에 고려함으로써 문제가 되고 있으므로 하천자체가 가지고 있는 고유권한 즉 건천화방지 등을 위한 자연유량에 대한 고려로서 평균갈수량과 사회의 변화에 따라 변화하는 유량, 즉 하천 환경의 적절한 관리를 위한 환경보존유량으로 명확하게 구분하여 수권에 기본을 두는 개념으로 나아가야 할 것이다. 따라서, 본고에서는 하천유지유량의 개념정립과 함께 우리나라의 중요한 하천의 하나인 한강의 인도교 지점에 국한시켜 적정한 하천유지유량의 산정을 위하여 평균갈수량은 물론 환경보존을 위한 시도로서 환경보존유량을 산정하였다.

2. 하천유량의 용어정의 및 개념정립

2.1 하천유량의 용어정의 및 개념정립의 필요성

우리나라에서의 하천유지유량의 개념은 초기에 주운에 필요한 유량의 확보에 주목적을 두어 왔으나 하천유지유량의 확보 필요성을 인식하였을 뿐 경제적 기술적 문제 때문에 실질적인 수량의 증가를 위한 조치를 취하지는 못하였다. 그 후 용수수요 증가에 따라 대부분의 불수요를 충당하였던 하천의 물이 메마르고 황폐화 되었으며, 조수간만의 차이가 심한 하구에서는 갈수시에 염분이 침입하여 농업용수를 사용하는데 있어서 막대한 지장을 초래하였다. 댐의 건설 등으로 생공용수를 얼마간 확보할 수 있었으나 하도에서의 유량이 감소하여 염수침입에 따라 취수가 곤란하게 됨으로 인하여, 이에 염해를 방지하기 위하여 필요한 유량을 하천유지유량으로 인식하였다. 다음으로는 생활오수나 산업폐수의 방류로 하천이 과도하게 오염되면서 오염물질의 농도가 환경기준치를 초과하여 이 기준을 유지시키기 위한 유량인 수질보전유량을 하천유지유량으로 간주하였다. 또한 경제적 여유가 생기면서 단순히 용수공급원으로의 하천에서 오락과 휴식의 장으로서 하천의 역할이 증대되었다. 이와같이 하천유지유량의 개념이 시대에 따라서 또한 주변환경에 따라서 변화함으로써 산정된 하천유지유량의 크기에도 커다란 차이를

보여 주고 있다. 따라서, 하천유지유량의 설정방법에서 수요와 공급을 분리하여 명확한 하천유지유량의 개념정립 및 환경보존과 수권문제 등에 적절한 대처가 절실히 필요하다.

2.2 하천유지유량의 정의 및 용어 정립

하천유지유량의 정의 및 용어를 새롭게 정립하기 위하여 적절한 하천관리를 위한 유량, 즉 하천관리유량(우리나라와 일본의 하천법에 있는 정상유량)의 측면에서 하천유지유량을 다음과 같은 세가지 대안으로 압축하여 각 대안에 대한 정의와 용어의 장·단점을 각각 검토하였다.

가. 제 1 안 : 하천관리유량 = Max. (하천유지유량, 환경보존유량) + 이수유량

(1) 용어의 정의

- 하천유지유량 : 자연상태의 하천에서 갈수시에 흘렀다고 볼 수 있는 평균갈수량으로 하천의 건천화 방지 등 자연하천의 최소한의 기능을 수행하기 위하여 하류에 흐르도록 보장해 주어야 할 유량.
- 환경보존유량 : 주운, 염해방지, 수질보전 등의 9가지 기능을 종합적으로 고려하여 갈수시에도 유지해야 할 유량.
- 하천관리유량 : 적절한 하천관리를 위하여 설정하며 하천유지유량과 환경보존유량 중 큰 값에 이수유량을 합한 양.

(2) 장점

- 기존의 개념에서 자연적요소와 인위적요소를 분리하여 자연적요소인 수문기상학 및 지형학적 요소만을 고려하여 하천유지유량을 설정함으로써 갈수시에도 일정한 유량의 공급을 하류에 보장할 수 있다.
- 인위적 요소에 의한 필요량을 환경보존유량으로 설정함으로써 추가되는 비용을 수혜자에게 부담시킬 수 있다.
- 인공적인 변화에 관계없이 항상 일정하게 하천유지유량을 설정할 수 있다.
- 장차 예견되는 수권문제에서 사적 영역인 이수유량이나 환경보존유량에 앞서 공적영역으로서 우선적으로 하천유지유량을 확보할 수 있다.
- 환경보존유량보다 하천유지유량이 클 때는 하천유지유량만 확보하면 환경측면의 문제가 없다.

(3) 단점

- 기존의 하천유지유량에 대한 개념을 갖고 있는 사람들에게 새로운 환경보존유량의 용어에 대한 혼돈을 일으킬 수 있다.
- 평균갈수량을 하천유지유량으로 정의했을때 통념상 유지란 말의 개념이 모호해진다.
- 기존의 개념은 하천유지유량을 주로 수요측면을 고려하였으나 공급측면에서만 고려하고 있다.
- "Max. (하천유지유량, 환경보존유량)"을 하나의 용어로 표현하지 못하고 있다.

나. 제 2 안 : 하천관리유량 = Max. (하천기본유량, 하천유지유량) + 이수유량

(1) 용어의 정의

- 하천유지유량 : 주운, 어업, 경관, 염해의 방지, 하구폐쇄의 방지, 하천관리시설의 보호, 지하수위의 유지, 동식물의 보존, 유수의 수질보전 등을 종합적으로 고려하여 정한 유량
- 하천기본유량 : 하천자체가 기본적으로 가지는 고유권한으로 자연상태의 평균갈수량
- 하천관리유량 : 적절한 하천관리를 위하여 설정하며 하천기본유량과 하천유지유량 중 큰 값에 이수유량을 합한 양.

(2) 장점

- 기존에 사용되고 있는 하천유지유량에 대한 개념상의 혼돈을 방지할 수 있다.
- 하천기본유량은 자연유출량이므로 반드시 하류에 흘러주어야 하는 양이므로 하천유지유량의 다양한 기능에 따라 수혜자 부담 원칙에 입각하여 설정할 수 있다.
- 기존의 하천유지유량이 수요측면에 중점을 두고 있으나 수요인지 공급인지를 명확하게 결정하지 못하는 상황에서 하천유지유량을 수요량으로 확정하므로써 하천유지유량은 수요측면 (주기능)만을 만족시키는 유량으로 개념을 고정시킬 수 있다.

(3) 단점

- 하천유지유량이 시대에 따라 변화하며 하천의 각 지점에 대한 하천유지유량의 기능이 각각 다르다.
- 기존의 개념은 하천유지유량만 만족시키면 되는 것으로 되어 있는데 어떤 지점에서는 하천기본유량으로 만족할 수 있으므로 하천유지유량에 대한 혼란이 발생할 수 있다.
- 기존의 개념에서 기능은 어떠한 하천유지유량은 반드시 흘러야 하는 양인데 기능의 중요성이 낮으면 흘러주지 않아도 되므로 하천유지유량의 개념이 축소 해석될 수 있다.
- 이러한 하천유지유량의 개념은 수요측면에 중점을 두는 것으로 공급이 불수요에 미치지 못할 경우가 있다.

다. 제 3 안 : 하천관리유량 = 하천유지유량 + 이수유량
 하천유지유량 = Max. (평균갈수량, 환경보존유량)

(1) 용어의 정의

- 하천유지유량 : Max. (평균갈수량, 환경보존유량)
- 평균갈수량 : 하천자체가 기본적으로 가지는 고유권한으로 자연상태의 평균갈수량
- 환경보존유량 : 주운, 염해의 방지, 하천관리시설의 보호, 수질보전, 어업, 지하수위의 유지, 동식물의 보호, 경관 등의 9가지 기능을 종합적으로 고려하여 갈수시에도 유지해야 할 유량.
- 하천관리유량 : 적절한 하천관리를 위하여 설정하며 하천유지유량에 이수유량을 합한 양.

(2) 장점

- Max.(평균갈수량, 환경보존유량)을 하나의 용어인 하천유지유량으로 정할 수 있다.
- 환경보존유량이 평균갈수량보다 적을 경우에 자연상태하의 평균갈수량으로 하천유지유량을 결정함으로써, 하천이 가지는 고유권한을 유지할 수 있다.
- 평균갈수량이 환경보존유량보다 작을 경우 하천유지유량을 환경보존유량으로 결정하며, 환경보존유량과 평균갈수량의 차이만큼에 대해 부담원칙을 정할 수 있다.
- 기존의 하천유지유량으로 사용된 양을 새롭게 정립한 하천유지유량으로 사용함으로써 기존 용어와의 혼란을 방지할 수 있다.
- 장래의 수권 문제는 평균갈수량과 환경보존유량에서 발생할 것인데, 이는 환경보존을 위한 수혜자 부담 원칙을 평균갈수량과 비교함으로써 수혜자 부담량을 정하는 기준으로 삼을 수 있다.
- 결론적으로, 자연적 요인인 평균갈수량과 사회의 요구에 따라서 변하는 인위적 요인인 환경보존유량으로 분리하여 하천유지유량을 결정할 수 있으며, 장래에 예상되는 수권문제의 기초 개념을 제시할 수 있다.

(3) 단점

- 공급측면인 평균갈수량과 수요측면인 환경보존유량을 비교한다는 문제점이 있다.
- 용어상으로 하천유지유량 모두를 국가에서 기본적으로 부담해야 한다고 판단되는 문제점이 있다.
- 물 공급이 하천유지유량을 만족시키지 못하는 경우가 있다.

위의 세가지 대안에 대하여 수자원 전문가들의 자문을 구한 결과 하천의 최소한의 기능을 유지하고 모든 하천에 일관성있게 하천유지유량을 설정할 수 있다는 측면에서는 제 1안에 대한 선호도가 높았고, 기존의 용어와의 혼란방지와 Max. (평균갈수량, 환경보존유량)을 하나의 용어인 하천유지유량으로 정할 수 있다는 측면에서 제 3안에 대한 선호도가 높았다. 본 연구에서는 기존 용어와의 혼란방지를 위하여 제 3안을 채택하여 하천유지유량을 산정하였다.

3. 평균갈수량 산정

인도교 지점의 수위표기록은 1918년부터 관측이 시작되었다. 유황분석을 실시하기 위하여 각 지점의 일수위 자료를 사용하고, 1년치의 완전한 일수위 자료가 필요하며, 일수위 기록의 결측이 있는 해는 유황분석이 어려우므로 자료를 보완하거나 제외하여야 한다. 본 연구에서는 결측이 있는 연도의 자료는 모두 제외하고, 결측이 없는 연도의 자료를 이용하여 일별유출량을 산정하였으며, 수위-유량 관계곡선식을 표 1과 같이 달리 적용하여 일별유출량을 산정하였다. 유황분석의 기준이 되는 하천의 유량으로는 갈수량, 저수량, 평수량과 풍수량이 있으며 그 지배일수, 확률 등은 표 2에 나타나 있다.

표 1 인도교 수위표의 수위-유량 관계곡선식 및 적용기간

지 점	적 용 기 간	구 분	수 위 - 유 량 관 계 곡 선 식
인	1918 ~ 1945		$Q = 150h^{2.19}$
	1946 ~ 1963	$0.3 < h < 3.64$	$Q = 165.87h^2 + 71.61h + 7.73$
		$3.64 \leq h < 9.50$	$Q = 404.96h^2 - 950h + 557.16$
도	1964 ~ 1978		$Q = 160.02h^2 + 67.4h + 7.10$
	1979 ~ 1981	$h < 5.13m$	$Q = 178.32 (h + 0.37)^2$
		$h > 5.13m$	$Q = 150.21h^{2.19}$
교	1982 ~ 1986	$h < 5.13$	$Q = 201.481 (h + 0.454)^2$
		$h > 5.13$	$Q = 150.21h^{2.19}$
	1987 ~ 1988	$h < 8.1$	$Q = 354.59 (h + 0.6)^2$
		$h > 8.1$	$Q = 150.21h^{2.19}$

표 2 유행분석에 따른 유량명칭과 유지일수

명 칭	유지일수	지배확률 %	유지불가일수
갈 수 량	355	97.26	10
저 수 량	275	75.34	90
평 수 량	185	50.68	180
풍 수 량	95	26.03	270

이수측면서 기준이 되는 갈수량으로는 평균 갈수량, 기준 갈수량, 10년빈도 7일 갈수량 등 3가지가 있다. 평균갈수량이란 분석기간동안의 매년의 갈수량을 평균한 값으로, 보통 3가지 갈수량중 가장 큰 값을 가진다. 기준갈수량은 10년 빈도 갈수량으로, 분석기간 동안의 매년의 갈수량을 빈도분석하여 비초과확률 10%에 해당하는 갈수량이다. 10년 빈도 7일 갈수량은, 미국 등에서 갈수량을 정할 때 이용하는 방법으로, 갈수는 홍수와 달리 지속기간의 개념이 중요시 되므로, 7일간의 연속 유량을 구하여 평균한 후 가장 작은 평균유량을 그 해의 최저 7일 갈수량으로 하고 이들 최저치를 빈도분석하여 비초과 확률 10%에 해당하는 7일 갈수량을 말하며, 일반적으로 3가지 갈수량 중 가장 작은 값을 가진다. 유행분석을 통하여 3가지 갈수량에 대하여 산정한 바, 저수위부분의 유량측정 미비 및 수위-유량관계곡선식의 부정확성으로 유행분석을 실시하는 데에 어려움이 많았으나, 여러 보고서 등에서 산정한 한국하천의 갈수량 평균비유량 (0.00184)을 감안해서 본 연구에서 계산된 갈수량을 비교하여 결정하였다. 따라서 인도교 지점의 자연상태하의 갈수량은 화천댐 완공이전인 1944년 이전의 일유출량으로 유행분석하여 산정하였으며 표 3과 같다.

표 3 인도교 지점의 갈수량 산정

지 점	유역면적 (km ²)	평균 갈수량 (CMS)	기준 갈수량 (CMS)	10년빈도 7일 갈수량 (CMS)	자료사용기간
인도교	24753.2	39	10	7	1917 ~ 1943

4. 환경보존유량

하천의 환경은 물을 주체로 하는 물 환경과 공간을 주체로 하는 공간 환경으로 구성되며, 이는 지역사회의 생활환경 형성에 큰 역할을 하고 있다. 근년 물 수요의 증대와 하천에 배출되는 오염부하량의 증대 등과 더불어 수량, 수질 등의 하천환경 면에 있어서 적지 않은 문제가 발생하며, 그 보전과 회복이 요망되고 있다. 또한 유역의 기저유량이 감소하고, 하수도 보급에 따라서 수질은 개선되지만, 수량이 감소하는 구간이 생기는 등 물 순환체계의 급격한 변화가 생기고 있는 반면에 환경보존유량의 도입 등에 의한 양호한 물주변환경의 창조에 대한 요청이 높아져 가고 있으며, 질서있는 물 환경과 물 이용 시스템이 필요하다. 이와같이 하천환경에 대

한 관심 및 필요성이 검증하고 있으므로 환경보존에 필요한 유량이 절실히 요구된다. 한강 본류의 인도교 지점에서 임진강 합류전까지의 하천기능을 대상으로 환경보존유량을 검토함에 있어서, 앞에서 언급한 환경보존유량의 9 가지 기능마다 환경보존유량 검토 필요성의 유무, 또 필요한 경우에는 어느 정도의 유량을 확보해야 하는 가를 검토하였다.

(1) 주 운

한강은 옛날부터 수송을 위하여 사용되었으므로, 하구 및 하류부에서 작은 배들은 화물과 사람을 싣고 왕래하였다. 통나무, 뗏목을 하류로 떠내려 보내기도 하였다. 또한, 사람들이나 우마차, 자동차 등을 도강시키는 다수의 나무가 수세기 동안 존재하였으나, 육로 교통수단의 급속한 발달로 쇠퇴하였다. 현재에는 서울시의 한강종합개발사업으로 주운능력이 크게 향상되었다. 한강종합개발사업의 일부인 저수로 정비사업으로 행주대교에서 암사동까지 36km를 수심 최소 2.75m, 강폭 600-1,175m로 정비하였다. 수심 2.75m는 유람선이나 또는 남한강주운개발사업에서 계획된 경인선단이 항행하기에 충분한 수심으로, 특별히 주운을 위한 유량확보는 필요하지 않다.

(2) 염해의 방지

한강 하구에서 염수가 침입하는 현상은 잘 알려진 사실인데 비중이 높은 염수는 하천의 상층부에서 하상을 따라 상류쪽으로 이동하며 하구에 소위 염수뺨기를 형성한다. 따라서 갈수시에 유량이 적을 때는 상당히 깊숙한 지점까지 염수가 침입하는데 한강 하구로 부터 52 km 지점인 가양지점까지 염수침입이 관측되었다. 한강종합개발사업의 일부로 건설된 신곡수중보는 염수침입을 방지하기 위한 일부기능을 가지고 있으나 인천의 간만의 차는 대조시에 고극 조위가 E1.3.64m나 되어 신곡수중보의 제한 수위 E1.2.6m를 초과하므로, 완전한 염수침입 방지를 하지 못하고 있다. 따라서 인도교 지점에서는 염해방지를 위한 유량확보가 필요하다고 판단된다. 한강 유역 조사단에서 검토한 결과를 보면 염수의 침입을 하구 지점에서 방지하기 위해서는 대략 135m³/sec의 유량을 유지시켜 주어야 하며, 또 90m³/sec의 유량으로 서울에서 25 km 하류까지 염수 침입을 방지 할 수 있다고 하였다. 그러나, 한강유역조사단은 용수공급의 관점에서 염수의 침입에 의한 심각한 문제점을 해결하기 위한 최소한의 유량은 팔당지점에서 32.7m³/sec가 필요하다고 하였으므로 본 연구에서는 염수의 침입에 대한 새로운 자료가 없기 때문에 인도교 지점에서 염해방지유량을 32.7m³/sec를 그대로 적용하였다.

(3) 하천관리시설의 보호

유수의 점용허가를 받은 취수시설을 보호할 수 있는 수위를 유지시켜야 한다. 수위가 낮아지면 취수가 불가능해지거나 또는 물을 끌어올리기 위한 비용은 증가한다. 본 구간은 한강종합개발사업의 저수로 정비로 인하여 하상의 골재를 파내어 전반적으로 수위가 낮아져 취수구가 들어나게 되었으나 이를 막기 위해서 잠실과 신곡에 수중보를 설치하여 수위를 일정 수위이상으로 유지시켰다.

(4) 수질 보전

수질보전유량 산정은 다음과 같이 하여 산정하였다.

• 수질 오염원 및 발생오염 부하량 산정

가. 오염원 설정 및 오염원별 오염 부하량 산정 방법

수계에 오염물질을 발생시키는 오염원은 점오염원(Point Source)과 비점오염원(Non-Point Source)으로 크게 대별될 수 있다. 점오염원은 관거를 통하여 유역에 발생하는 가정하수, 공장폐수 등을 들 수 있으며 비점오염원은 관거를 통하지 않고 토지 등을 통하여 하천에 도달하는 경우로 농지에 살포된 비료 및 산림의 유기물질 등을 들 수 있다. 가축 폐수의 경우 대단위 집단 사육시에는 점오염원으로 구분되고 산개되어 있는 소규모 사육은 비점오염원으로 구분될 수 있으나 집단 가축 사육시에도 간이 처리 시설을 거친 후 토지살포, 퇴비화 등으로 처리되어지는 경우에는 토지이용 및 강우에 의해 하천에 유출되므로 엄격한 의미에서는 점오염원이라 말할 수 없다. 비점오염원의 경우 평상시에는 하천에 별 영향을

미치지 않으나 강우시에 우수와 함께 일시에 유출되어 하천에 도달하므로 갈수시에 그 영향을 고려하는 것은 상당히 어려운 문제이다. 본 연구에서는 점오염원으로서 생활하수 및 분뇨, 공장폐수, 가축 폐수를 고려하였으며 비점오염원으로서는 토지이용 형태에 따른 오염 물질 유출을 고려하였다.

나. 장래 발생 오염부하량 산정

오염원별 장래 발생 오염 부하량은 하수처리 사업 및 오염물질의 유출형태, 지천의 자정효과 등에 의해 대상하천 구간에 도달하기 전에 삭감되게 된다. 본 연구에서는 회석수에 의한 수질개선 방안과 하수처리에 의한 수질 개선 방안을 비교하기 위해 현재 가동중인 하수처리장 외에 신설이나 장래 증설이 없는 경우 (이하 '하수 미처리시'라함) 와 기존의 하수처리 계획이 예정대로 건설되는 경우 (이하 '하수처리시'라함)로 구분하여 발생 오염부하량을 산정하였다.

a. 하수 미처리시 발생오염부하량 산정

현재 한강 수계내에서 가동중인 처리장은 팔당댐 하류인 본류 구간에 집중되어 있고 이중에서도 안양천과 난지 처리장의 경우는 1 차 처리만 실시하고 있다. 따라서 장래 미처리시의 발생 오염 부하량 계산은 현재 가동중인 하수처리장에서 처리시설 유입 부하량의 90%가 제거되고 그 외의 삭감부하량은 없는 것으로 계산하였다.

b. 하수처리시 발생 오염 부하량 산정

하수 처리시 발생 오염부하량은 표 4의 하수처리 사업이 계획대로 시행되는 것으로 고려하여 장래 하수 처리장에서 삭감될 오염부하량을 제외하고 산정하였다. 하수 처리에 의한 장래 오염부하량의 감소는 유입 오염부하량의 90%가 처리시설에 의해 제거되는 것으로 산정하였다.

표 4 한강 본류 유역내 하수처리 현황 및 계획

(단위:천톤/일)

구 분		1987년	1991년	1996년	2001년	2006년	2011년
한 본 유 역	서울시						
	· 중랑천	1,060	1,060	1,460	1,960	1,960	1,960
	· 탄 천	500	500	600	700	700	700
	· 난 지	500	500	500	1,000	1,000	1,000
	· 안양천	1,000	1,000	1,000	2,000	2,000	2,000
	의정부시	60	60	60	140	140	140
	과천시	30	30	30	30	30	30
	구리시	50	50	50	70	70	70
	동부읍	10	10	10	10	10	10
	성남시	-	165	165	220	220	220
안양시	-	-	300	300	600	600	

• 유입 오염 부하량 산정

가. 하수처리장 현황 및 시행 계획

생활하수 등 오염원별로 발생한 오염 부하량은 차집관거를 통해 하수처리장에 유입되어 처리정도 및 능력에 따라 삭감된 후 방류된다. '88년말 현재 사업대상 유역(신곡 수중보 상류) 내에는 중랑천 하수 처리장 등 8 개 하수처리장이 기동중이며 춘천, 성남, 안양 하수 처리장이 건설중이다. 정부는 현재 25%에 불과한 하수도보급율을 선진국 수준인 65%로 끌어올리고 모든 상수도 원수수질을 청정한 1 급수로 유지한다는 목표아래 1 단계 사업으로 팔당댐, 대청댐 등 주요 상수원의 오염유발지역 12 개소는 1,251억원을 투입하여 '92년 까지 완공할 계획이며 2단계 사업은 총 2조 115억원을 투자하여 하수처리시설이 긴요한 72개 도시에 '96년 까지 연차적으로 하수처리장을 건설해 나갈 계획이다. 따라서 본 연구에서는 상기 하수처리 계획과 하수처리장 기본설계 내용에 기초하여 사업대상 유역내 하수처리 계획을 반영하였으며 한편 2001년 이후의 하수처리계획은 대부분의 기본 설계 보고서가 2001년을 목표년도로 하고 있어 양평읍 등 2001년을 목표년도로 수립중인 일부 도시를 제외하고는 2001년 이후의 증설은 없는 것으로 하였다.

나. 유입오염 부하량 산정

a. 오염물질 유달율 산정

하천유역에서 발생된 오염부하량은 수송 및 처리 시스템에 의해 유출되는 양이 변화하며 지천의 자정능력 등에 의해 하천에 유입되는 양은 발생량과는 큰 차이를 보이게 된다. 유달율 즉 오염물질 유입률이란 하천유역에서 발생하는 오염 부하량과 실제로 하천에 유입되는 오염 부하량, 즉 유역내의 하천에 도달되는 유입 부하량과의 비율을 말하여 하천의 배수구역 내의 인구, 배수구역 면적, 오염물질 유하거리, 토지이용, 관거상태, 지형 및 지질에 종속되어 변화하는 비선형 계수이다. 이 값에는 이론적인 발생부하량의 산출에서 발생하는 실제의 자연현상과의 차이 값도 포함되고 있기 때문에 보정계수로도 활용되는 경우도 있다. 본 연구에서는 환경청 등 관련기관 및 사업에서 유량, 수질 등 최근 실측된 자료가 있는 경우에는 기존의 자료를 최대한 활용하여 유달율을 산정하였으며 실측자료가 전혀 없어 유달율을 직접 산정할 수 없는 경우에 대하여는 유달율 산정 대상지천이 아닌 다른 하천에서의 유달율 자료를 이용하여 상관도가 높고 배수구역의 특성을 잘 나타내 주는 독립변수를 찾아내어 유달율과의 상관관계식을 도출하여 유달율을 추정할 수 있도록 하였다. 그러나 현재 까지 유량과 수질이 동시에 측정된 자료들이 많지 않을 뿐더러 측정된 자료들도 비교적 큰 지천들인데 비해 본 연구의 지천의 대부분이 소하천들이므로 한강수계내 소하천에 대하여 수질 및 유량을 측정한 기존 자료를 이용하여 상관관계식을 도출하였다. 여기서 유달율에 영향이 큰 독립변수는 배수구역의 면적과 인구로 하였으며 다중회귀 분석을 통하여 소하천에서의 유달율 산정식을 도출하였다. 한편 현재 수질은 발생오염부하량에 유달율을 적용하여 유입 부하량을 산정하고 비유량을 적용한 해당지천의 유량을 이용하여 산정하였으며 보정시에도 이용도록 하였다.

b. 하수 미처리시 유입오염 부하량 산정

하수 미처리시 유입 오염부하량은 하수미처리시의 장래 발생오염 부하량과 유달율을 이용하여 산출하였다.

c. 하수처리시 유입 오염부하량

하수 처리시의 유입오염부하량은 하수처리시의 장래 발생 오염부하량과 유달율을 이용하여 산출하였다.

- 장래 수질 오염 예측 및 적정 수질보전유량 제시
하천유역별 유입오염부하량과 본 연구에서 선정한 수질모델을 이용하여 하천구간별 장래 수질을 예측하였다. 하천수질 모델로서는 QUAL2E 모델을 이용하여 인도교 수위표 지점의 장래 수질을 예측하였다. 팔당댐 방류수 증감에 따른 수질개선 효과 및 수질과의 상관성 파악을 위해 상류부(headwater) 유황 변화에 따른 하류부 수위표 지점의 장래 수질을 예측하였다. 하수처리에 의한 수질효과를 파악하기 위해 현행 계획대로 하수처리가 시행될 경우와 시행되지 않을 경우의 장래 수질을 예측하였다. 예측된 장래 수질은 하천수질 지표로 주로 사용되고 있는 BOD를 기준으로 환경 기준치와 비교하여 인도교 지점에서의 수질보전유량을 산정하였다.

(표 5)

(5) 어업

본 지점 하류구간에 특별히 어업권이 설정되어 있지 않으며, 1971년 한강유역 조사 보고서에서는 상업적 어획량은 한강 본류에서 년 3ton/km로 추정하였으며, 1983년 한강유역 환경보전 종합계획사업 환경부턴보고서에 의하면 경기도 구리시에서 행주대교까지 어족은 잉어, 붕어, 메기, 민물고동 등이 서식하고 있음이 알려졌다. 현재에는 한강종합개발후 저수로정비 및 고수부지조성 등으로 인간의 정서순환을 위한 레크레이션으로 낚시가 성행하고 있으며, 특별히 어업을 위한 유량확보는 필요하지 않다.

(6) 하구폐쇄의 방지

한강은 인도교 하류에서 임진강과 합류한 후 서해로 흘러간다. 그러나, 과거에 하구폐쇄가 일어난 사례는 없으며, 또 미래에도 그 가능성은 없으므로 환경보전 유량 검토는 필요하지 않다.

(7) 지하수위의 유지

충적층이 한강 본류 고수부지에 넓게 분포되어 있으며, 이 지역에서 지하수의 잠재 용량이 크다. 대규모 유역변경이 없어서 하류에 심각한 유량감소를 초래하지 않으므로 지하수위의 유지가 별 영향을 받지 않고 이 구간은 상당량의 강우가 있는 지역이므로 지하수위의 유지를 위한 유량 확보는 필요하지 않다.

(8) 동식물의 보호

수생생물에 대한 보호는 본 구간에서는 유량보다는 오히려 수질이 문제가 된다. 그러므로, (4)항의 수질보전 항목에 포함된다고 할 수 있으므로, 특별히 동식물의 보호를 위한 유량확보는 필요하지 않다.

(9) 경관

본 구간은 한강종합개발사업으로 적정한 하폭 및 수심을 항상 유지하므로, 시각적으로 만족을 줄 정도의 수질을 만족해야 하나, 수질보전을 위한 유량이 확보된다면 이의 문제가 해결되므로, 특별히 경관을 위한 유량확보는 필요치 않다.

표 5 인도교 수위표지점의 수질보전유량 (하수처리시)

(단위:CMS)

지 점 년 도	인 교		비 고
	팔 당 댐	수 위 표	
1987	89	73	
1991	93	83	
1996	129	* 81	
2001	139	99	
2006	139	100	
2011	150	110	

* 수질예측 결과로는 81 cms가 산출되나 2 cms가 인도교 수위표지점 수질에 미치는 영향은 매우 적으므로 환경보전유량 적용시 83 cms로 산정하여도 수질결과에는 큰 차이가 없음.

5. 하천별 하천유지유량 산정

앞에서 산정한 평균갈수량과 연도별 환경보존유량을 비교하여 큰 값을 택한 값이 하천유지유량으로 표 6과 같다. 평균갈수량이 환경보존유량보다 큰 경우에는 평균갈수량으로 하천의 정상적인 기능을 충족시킬 수 있으므로 하류에 평균갈수량을 보장하여야 한다. 이는 자연상태에도 흘렀던 하천자체가 가지는 고유권한이므로 국가에서 보장하여야 할 것이다. 평균갈수량이 환경보존유량보다 작은 경우에는 하류에 환경보존유량을 보장하여야 하나, 평균갈수량은 하천이 가지고 있는 고유권한이므로 환경보존유량에서 평균갈수량의 차이만큼은 수혜자 부담원칙 등의 수권에 따라서 해결하도록 하여야 할 것이다. 여기서 산정한 하천유지유량은 하천관리에 필요한 유량에서 생활용수, 공업용수, 농업용수에 필요한 유량을 감한 유량으로서 하천의 기능중 용수공급 이외의 하천의 정상적인 기능을 유지하기 위해서 필요한 유량이며, 이는 하천에서 필요한 용수수요량이라 할 수 있다.

표 6 하천별 하천유지유량

지 점 명	평균갈수량 (CMS)	환경보존유량 (CMS)		하천유지유량 (CMS)		비 고
		연도	유량	연도	유량	
인 도 교	39	1987년	73	1987년	73	
		1991년	83	1991년	83	
		1996년	83	1996년	83	
		2001년	99	2001년	99	
		2006년	100	2006년	100	
		2011년	110	2011년	110	

6. 결론

본 연구는 기존에 개념과 산정방법 등에서 혼돈을 일으키고 있는 하천유지유량에 대하여 그 정의와 산정방법을 명확히 하고, 아울러 사회의 변화에 따라 변화한다고 볼 수 있는 하천환경의 적절한 관리를 위한 유량인 환경보존유량에 대해서 정의하고 현재 가장 중요한 기능을 파악하여 그 기능에 대한 양을 산정하고, 하천관리 측면에서 평균갈수량, 환경보존유량과 하천유지유량을 산정하는 데 그 목적이 있었다. 선진국의 물관리제도와 하천유지유량에 대한 연구사례의 분석을 통하여 자연상태의 하천에서 갈수시에 흘렀다고 보며 하천의 건천화 방지 등 자연하천의 최소한의 기능을 수행하기 위하여 평균갈수량을 하류에 흐르도록 보장해 주어야 한다는 결론에 도달하였다. 또한 주운, 염해방지, 하천관리시설의 보호 등의 9가지 기능을 종합적으로 고려한 유량을 환경보존유량으로 정의하였으며 현재로서는 수질보전이 가장 중요한 기능으로 파악되어 주로 수질보전 측면에서 집중적인 연구를 하였다. 인도교 하천의 유황분석을 실시하여 평균갈수량으로 39 CMS로 산정하였다. 1987년부터 2011년도까지 5년 간격으로 수질보전의 기능으로 환경보존유량을 산정하였는데 인도교 지점에서는 1987년에 73 CMS, 1991년에 83 CMS, 1996년에 83 CMS, 2001년에 99 CMS, 2006년에 100 CMS, 2011년에 110 CMS로 각각 산정되었다. 평균갈수량과 환경보존유량은 비소비성유량이므로 적절한 하천관리를 위해서는 이 두 유량에서 큰 것을 택한 유량, 즉 Max. (평균갈수량, 환경보존유량)인 하천유지유량을 산정하였으며, 하류에서의 우수점용을 위하여 필요한 양인 소비성의 이수유량을 더하여 하천관리의 기준이 될 수 있게 하고, 이를 하천관리유량으로 정의하였다. 이처럼 적절한 하천관리를 위하여 하천유지유량에 이수유량을 합하여 하천관리유량이 산정 될 수 있도록 하였다. 한편 본 연구에서 정의하고 산정한 자연상태하의 평균갈수량은 인공적인 변화에 관계없이 일정하게 하류에 흐르도록 보장할 수 있는 가장 큰 장점이 있으며, 수요와 공급측면을 동시에 만족시키는 새로운 하천유지유량의 개념을 정립하였으나, 기존에는 본 연구에서 환경보존유량으로 정의한 유량이 하천유지유량으로 인식되고 있기 때문에 개념의 전환이 요청된다 하겠다. 또한 수자원에 관련한 많은 보고서에서 지적하듯이 기본 수문자료는 사실상 수위보다는 유량자료가 절실한데 수문보고서에는 일수위자료만 기록하여 이를 주로 홍수시에 측정된 수위-유량 관계곡선식에 의하여 유량을 환산하도록 하고 있어 갈수시에 적용했을 경우 좋은 결과를 기대하기 어려웠다. 유량측정은 경제적, 기술적 이유로 인하여 연속적으로 측정한다는 것이 쉽지 않겠지만 적어도 일수위와 일유량을 동시에 측정하여 기록하도록 하는 시도는 꼭 실현되도록 하여야 하겠다. 환경보존유량을 산정하기 위해서 제기능을 검토한 결과 현재로서는 수질보전이 가장 중요한 기능으로 파악되어 그 양을 산정하였으나 하천환경의 보전 및 정비에 대한 국민의 여망이 점점 증대하면 동식물의 보호, 경관의 유지와 어업 등으로 환경보존유량의 주기능이 변화될 것이다. 끝으로 하천관리유량의 산정을 정상적으로 수행하기 위해서는 물 수지 분석이 선행되어야 하는데 특히 환원수에 대한 연구와 이수유량에 대하여 시간적, 공간적 수요에 관한 연구가 절실히 필요한 것으로 사료된다.