



# 하천수 이용에 대한 미래 전략



**서 일 원**

첨단기술 기반 하천 운영 및  
관리 선진화 연구단장  
서울대학교 교수  
seoilwon@snu.ac.kr



**김 성 은**

첨단기술 기반 하천 운영 및  
관리 선진화 연구단,  
서울대학교 공학연구소 선임 연구원  
eric1004@snu.ac.kr



**박 기 두**

첨단기술 기반 하천 운영 및  
관리 선진화 연구단,  
서울대학교 공학연구소 선임 연구원  
hydrol88@snu.ac.kr

## 1. 서론

시대에 따라 하천의 이용 및 관리 목적은 지속적으로 변화되어 왔다. 농업이 주요 산업이었던 과거에는 농업용수를 얻을 수 있는 시설과 관리가 주요 목적이었으나, 산업화가 진행된 이후에는 생활 및 공업용수의 취수를 위한 하천관리가 주요 목적이 되었다. 하지만, 근래에 와서는 산업화에 따른 하천개발 및 기후변화로 인한 하천의 수리적, 환경적 변화 때문에 용수공급 기능뿐만 아니라, 사회·환경적인 기능이 매우 중요하게 되었다.

선진국의 경우, 하천 유량 관리에 있어서 현재 국내의 하천관리유량에 포함되어 있는 하천유지유량

및 소모성 이수유량 외에도 사회, 경제적인 측면을 고려한 비소모성 유량을 적극적으로 고려하고 있다. 우리나라의 경우에도 경제의 성장과 더불어 하천에 대한 다양한 국민적 요구가 증가되고 있으며, 4대강 정비사업 이후, 대하천 수계를 따라 확보된 하천 공간과 수량에 대한 활용방안에 대해 활발한 논의가 진행되고 있다. 따라서, 본 고에서는 이와 같은 하천에 대한 다양한 이용 욕구가 반영된 미래의 하천수 관리 및 이용에 대한 전략을 제시하고자 한다.

## 2. 하천수의 정의 및 관리

### 2.1 하천수의 정의

하천수는 국내·외적으로 “stream flow”, “stream water” 등으로 혼용되고 있다. 이 중 “stream flow”는 단어의 뜻 그대로 ‘하천에 흐르는 물(하천유량)’을 의미하며, 일반적으로 사회·환경 분야에서 하천수를 정의할 때 사용되고 있다. 하천수는 그 이용범위에 따라 하천 밖에서 이용되는 “offstream water use”와 하천 내에서 이용되는 “intream water use”로 구분할 수 있다(표 1). 이 중 “offstream water use”는 농업용수, 공업용수, 생활용수, 발전용수 등 하천에서 취수하여 인간의 활동을 위해 공급되는 용수로서, 냉각수를 제외하면 모두 소모성 이수유량(consumptive water use)으로 분류할 수 있다. “intream water use”는 갈수량, 수질, 생태, 경관, 염해방지, 하구폐색방지, 하천시설물 보호, 지하수위 유지 등 하천의 정상적인

기능과 상태를 유지하기 위한 하천유지유량과 수력 발전, 주운, 하천 레크리에이션, 어업 등 비소모성

이수유량(non-consumptive water use)으로 구분할 수 있다.

〈표 1〉 하천수의 이용방법에 따른 분류

구분	명칭	용도
하천내 이용 (instream water use)	하천유지유량	갈수량, 수질, 생태, 경관, 염해방지, 하구폐색방지, 하천시설물 보호, 지하수위 유지 등
	비소모성 이수유량	주운, 하천레크리에이션, 수력발전, 어업 등
하천밖 이용 (offstream water use)	소모성 이수유량	농업용수, 공업용수, 생활용수
	비소모성 이수유량	발전소 냉각용수(공업용수)

하천법 제2조 8항에서는 “하천수라 함은 하천의 지표면에 흐르거나 하천 바닥에 스며들어 흐르는 물 또는 하천에 저장되어 있는 물”로 정의하고 있으며, 하천법 제50조 제1호의 하천수의 사용허가 등에 대한 규정에서는 “생활·공업·농업·환경개선·발전·주운 등의 용도”로 사용되는 물을 하천수로 분류하고 있다. 따라서 하천수의 이수목적에 따라 용수를 생활용수, 농업용수, 공업용수, 발전용수 구분해야 하며, 여기서 공업용수는 2차 산업인 공업의 생산과정에서 사용되는 물로 정의할 수 있으며, 발전용수는 전기를 생산하는데 사용되는 물을 의미한다고 할 수 있다. 아울러, 하천법 시행령 제57조 제3항에 근거하여 현행법에서는 화력발전을 위한 하천수의 이용의 경우에는 공업용수로 분류하고 있기 때문에 발전소 냉각용수는 공업용수로 분류된다. 다만, 하천법 제50조 제1항의 경우, 하천수를 오염시키거나 유량감소를 유발하여 자연생태계를 해칠 우려가 있는 경우, 하천수의 사용허가를 받도록 법률로 규정하고 있다. 발전소에서 냉각용수로 쓰인 후에 방류되는 온배수의 경우, 주변 하천수 수온에 비해 높은 온도의 물이 방류되기 때문에 생태계 교란을 초래할 수 있다. 국토교통부의 하천수 사용허가 업무매뉴얼에 따르면 발전소 냉각용수의 경우, 하천으로의 회귀율은 95%이상이고 생활 및 공업용수의

회귀율은 65%, 농업용수의 회귀율을 35%로 제시하고 있기 때문에 발전소의 냉각용수는 회귀율만을 고려한다면 비소모성 이수유량으로 분류할 수 있다. 하천 내 발전의 대표적인 경우인 수력발전의 시설물을 하천의 일부분으로 볼 수 있기 때문에 instream water use로 분류가 가능하지만 화력발전소의 냉각용수의 경우, 하천 밖에 사용되고 있기 때문에 표 1과 같이 소모성 이수유량과 구별하여, offstream water use의 비소모성 이수유량으로 분류함이 타당하다.

## 2.2 하천수 관리

하천내의 유량은 사회·환경에 따라 국내외적으로 조금씩 다른 기준으로 관리하고 있다(표 2). 일본에서는 “하천에서 유수의 정상적인 기능과 상태를 유지하기 위하여 필요한 유량”인 유지유량과 이수유량을 함께 만족하는 정상유량으로 관리하고 있으며, 하천수 관리 분야에서 역사적으로 가장 활발한 연구를 해온 미국의 경우는 각 주마다 조금씩 다르지만, 물의 경제·사회적 가치를 고려한 ‘물의 가치와 이용을 위한 유량’을 기반으로 하천 내 물의 가치와 이용을 허용기준 이상으로 유지하기 위한 instream flow 혹은 minimum flow를 제시하여 관

리하고 있다. 연중 강수량의 변동이 적은 영국의 경우는 상대적으로 안정된 유량을 갖는 하천이 많기 때문에 하천을 자연 그대로, 자연 상태에 가깝게 유지될 수 있도록 하천에서의 취수를 제한하기 위한 최소 허용유량(minimum acceptable flow, MAF)을 설정하여 관리하고 있다. 관광산업이 주요 경제 활동인 호주의 경우는 하천의 생태적 건강성을 자연 상태와 비슷한 수준으로 유지시키기 위한 환경유량(environmental flow)을 하천의 특성이 다른 구간 별로 상세하게 수립하여 관리하고 있다.

우리나라의 경우는 지리적으로 가깝고 기후가 비슷한 일본의 정상유량의 개념과 동일한 “하천관리유량”을 설정하여 관리하고 있으며, 하천관리유량은 하천유지유량과 소모성 이수유량(생활용수, 농업용

수, 공업용수)을 모두 만족하는 유량으로 설정하고 있다. 하천유지유량은 ‘하천에서 유수의 정상적인 기능과 상태를 유지하기 위하여 필요한 최소한의 유량’을 말하며, 여기서 ‘유수의 정상적인 기능과 상태’라 함은 하천 고유의 수리·수문학적 하도(河道)가 유지되어 하천 동식물의 생태환경 보호, 하천 수질 보전 등이 가능한 상태로 정의하고 있다(고익환 외, 2008). 현재 국내에서 산정되고 있는 하천유지유량은 갈수량을 기준으로 하천수질보전, 하천생태계보호, 하천경관보전, 염수침입방지, 하구막힘방지, 하천시설물 및 취수원보호, 지하수위 유지 등 갈수량을 포함하여 8가지 항목의 필요유량을 감안하여 산정하도록 제시하고 있다(건설교통부, 2007).

〈표 2〉 국내외 하천수의 관리를 위한 유량

구분	용어	특징
한국	하천유지유량	갈수량 및 필요유량 중 큰 값으로 정의
일본	정상유량	유지유량과 이수유량을 나누어 정의
미국	instream flow or minimum flow	물의 경제·사회적 가치를 통해 정의
영국	최소허용 유량 (minimum acceptable flow, MAF)	자연 그대로 유지될 수 있는 유량으로 정의
호주	환경유량 (environmental flow)	생태계 보전을 주목적으로 하는 유량으로 정의

### 3. 하천수의 비소모성 이용 전략

#### 3.1 비소모성 이수유량

2007년 개정된 하천법에 의하면 하천유지유량은 취수를 통해 이용되는 각종 용수와 환경 개선, 발전, 주운 등의 하천수 사용을 고려하여 정하도록 하였다. 또한 근래에는 하천의 자연환경(생태계)외에 사회 및 경제환경(비생태계)의 보전 및 이용을 위하여 이용되는 비소모성 유량에 대한 관심이 높아지고 있다(김주훈 외, 2008). 이는 하천수의 이용 및 관리

가 과거 단순한 용수로서의 관점에서, 점차 시대적, 사회적 변화와 필요성에 의해 하천의 사회·경제적인 관점으로 재정립되고 있음을 보여주고 있는 것이라 할 수 있다. 그렇다면, 우리나라에서도 이후 비소모성 유량의 이용은 어떠한 방향으로 나아가야할지 고민해볼 필요가 있다. 하천수 이용 및 관리적 측면에서 외국의 사례의 하천수 관리를 고찰해 봄으로써 그 방향을 전망할 수 있다. 표 3에서와 같이 일본, 미국, 영국, 호주 등은 현재 우리나라의 하천유지유량에서 고려하고 있는 8개의 항목을 제외한 비소모성 유량의 이용에 대한 고려항목(주운, 어업, 관광,

수력발전 등이 포함되어 있다. 이는 사회·경제적으로 발전함에 따라 하천에 대한 다양한 이용 욕구를 반영한 것으로 해석할 수 있으며, 앞으로 국내의 하천수 관리를 위해 고려해야 할 주요 사항을 시사해 주고 있는 것이다.

표 3에서 국외의 하천수 관리의 고려항목을 바탕으로, 그림 1에 도시한 바와 같이 하천의 자연·생

태 환경과 사회·경제 환경이 균형있게 고려된 하천수 이용 및 관리가 필요하다. 이를 위해 국내 현황에 적합한 하천수 이용의 사회·경제 환경 측면의 이용 욕구가 반영된 주문, 수상 레저활동, 수력발전, 어업 등의 요소를 고려한 대표적인 비소모성 유량을 선정하여, 국내에서도 향후 적극적으로 활용하는 것이 바람직하다.

〈표 3〉 국내외 하천수의 관리를 위한 유량 산정시 고려 항목

국가	용어	고려항목											
		하천유지유량								비소모성 이수유량			
		① 갈수량	② 수질 (수중 생태)	③ 생태 (육상 생태)	④ 경관	⑤ 염수 침입	⑥ 하구 막힘	⑦ 하천 시설물	⑧ 지하수	주문	어업/어류	관광/레저	수력발전
한국	하천유지유량	●	●	●	●	●	●	●	●				
일본	정상유량	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
미국	instream flow or minimum flow	●	●	●	●					●	●	●	●
영국	최소허용 유량 (minimum acceptable flows)		●	●							●	●	
호주	환경유량 (environmental flow)		●	●	●						●	●	●

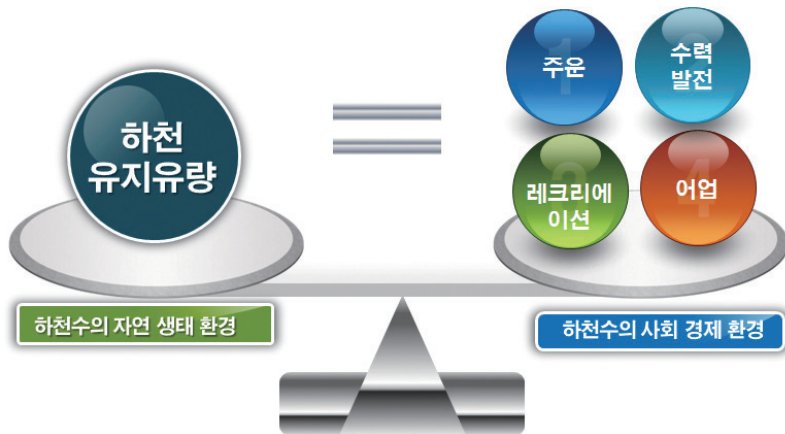


그림 1. 하천수의 자연·생태 및 사회·경제 환경의 균형을 고려한 이용 방향

### 3.2 미래 전략

#### (1) 주운

주운을 통한 물류이송 등은 국내 주요 도시 및 도로들의 차량 이동량과 거대 화물트럭들로 인한 막대한 도로관리비 등의 감소를 기대할 수 있다. 주운의 건설은 하천 환경의 보존을 위하여 하천에 대한 새로운 인공 시설물을 추가적으로 건설하지 않고 최소한의 인공적인 요소를 추가하고 지속적인 준설을 통한 수심 확보와 장기적인 경제적 타당성 검토를 기반으로 개발하는 방안이 대두되고 있다. 현재 국내의 경우, 경인운하 주운을 통한 물류이송의 경제적 편익이 미흡한 문제가 발생하고 있으며, 이를 해결

하기 위한 적절한 수익모델 및 사업화 모델의 개발이 매우 시급한 실정이다. 향후 국내에서도 유럽의 사례(표 4 참조)와 같이 장기간의 물동량 분석과 경제성 검토를 통하여 주운시스템에 대한 설계, 시공 및 환경에 대한 체계적인 관리가 이루어진다면, 도로와 철도에 의존한 포화상태의 수송체계를 완화시킬 수 있는 비소모성 유량의 적합한 이용 사례 중 하나로 부각될 수 있을 것이다. 특히, 3면이 바다에 둘러싸인 우리나라의 경우, 연근해 해상운송과의 연계는 주운활용을 통한 수송체계에 큰 이점이 될 수 있을 것으로 기대된다. 무엇보다 정확한 편익 계산을 통한 경제성을 확보와 제도적 지원이 전제가 되어야 대체 운송수단으로서의 가치를 인정받을 수 있을 것이다.

표 4. 유럽의 주운 현황

국가	주요 주운시스템	총 연장(km)	완공 연도	갑문 개수
독일	라인-마인-도나우	171	1992	16
프랑스	마디-가론	241	1681	65
네덜란드	암스테르담-라인	72	1981	4
벨기에	알베르트	130	1939	6
영국	리즈-리버풀	204	1816	91
러시아	볼가-발트	368	1964	7

출처: 한국 브리태니커 온라인, www.britannica.co.kr.

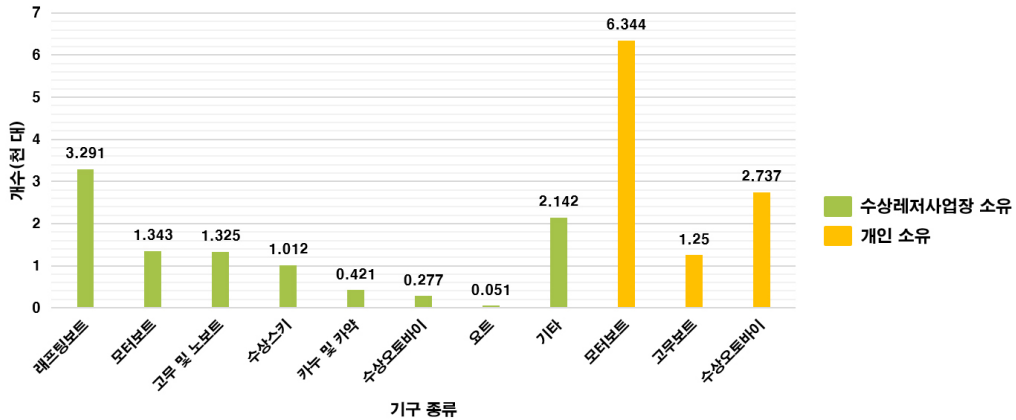
#### (2) 하천 레크리에이션-친수활동

시민들의 여가활동 다양화와 4대강 사업으로 인해 하천에서 수상 레크리에이션을 즐길 수 있는 장소가 증가함에 따라 최근 10년 사이 하천 레크리에이션을 즐기는 시민의 수가 급격하게 증가하고 있는 실정이다. 수상 레크리에이션을 즐길 시민의 수는 2000년에 1,574,000 명에서 2011년 4,060,000 명으로 증가하였고(해양경찰서, 2012) 이 중 75%는 하천과 같은 내수면에서 활동을 즐긴 것으로 나타났다(그림 2 참조). 이러한 이유로 오래 전부터 하천

의 고유 기능 중 하나였던 위락적 기능에 대한 재조명의 필요성이 증가하고 있다. 하천 레크리에이션의 활성화는 국민의 심미적 여가 공간 제공뿐만 아니라, 국내 레저 및 제조업 산업 발전과 같은 내수경제와도 연결된다. 하지만, 국내에서 하천 레크리에이션과 관련하여 하천공학적, 수질적인 측면에서의 연구는 매우 미흡한 실정이다. 하천이 시민들의 안전하고 쾌적한 수상 레저공간이 되기 위해서는 적합한 수리, 수질적인 조건을 갖추어야 하는데, 국내에서는 이에 대한 기준이 수립되어 있지 않다. 이를 위해서 먼저 하천공학적 측면에서 하천 레크리에이션

에 적합한 하천의 수심, 하폭, 속도, 기율기 등을 제시하여야 한다. 또한 다양한 수질항목 등을 고려한 종합적인 친수활동지수를 개발하여 이를 일반 시민에게 제공하여야 한다. 이를 위해서는 통합적인 하

천정보 제공시스템을 개발하여 이를 통하여 하천 레크리에이션에 필요한 정보를 예보하고, 홍수나 수질 사고 등 위급 시 시민에게 경보를 내 보내는 역할을 수행하도록 해야 한다.



출처: 해양경찰서(2012), 해양경찰백서.

그림 2. 2012년 국내 수상 레크리에이션 기구 이용 현황

### (3) 어업

4대강 사업 이후 풍부한 수량 확보를 통해 철새도래지, 습지생태공원, 둔치 등의 수변공간을 확보하여 사업 이전보다 내수면 어종이 늘어날 것으로 기대되고 있다. 하지만, 4대강 사업 이후 하천에서 수질개선과 수생태계의 조화 및 개선이 없는 단순히 수량 확보만으로는 어류의 보존 및 어업의 발전을 기대할 수 없다. 4대강의 내수면 어족자원으로서 활

동범위가 넓은 연어, 송어류 등 회유성 어종 등을 전략적으로 개발하는 것이 필요하다(표 5 참조). 이들 어종은 수질개선에 도움이 되며, 기후조건상 4대강의 동식물 개체수의 급격한 증가에 따른 생태적 측면의 악영향 최소화시킬 수 있는 어종으로 평가되고 있다. 이러한 산업전략 품종 및 미래전략 품종의 개발을 위해서는 수계별 서식환경의 조성이 필요하며, 4대강 다기능보에 설치된 어도의 효율적인 운영이 절대적으로 필요하다.

〈표 5〉 4대강 수계의 주요 전략 품종

	산업전략 품종	미래전략 품종
어 종	뱀장어, 무지개송어, 메기, 미꾸라지, 다슬기	쏘가리, 동자개, 산천어, 연어, 자라, 재첩
특징	- 최근 생산과 유통(양식어종) - 소비규모에서 충분히 내수면 어업을 지속적으로 대표할 수 있는 어종	- 대량생산과 양산은 어려움 - 장래기술개발과 제품개발로 유용한 산업종

#### (4) 수력 발전

국내의 소수력발전 보급현황은 일본의 약 1/11, 한반도의 면적과 인구가 비슷한 이탈리아의 약 1/14로 미흡한 실정이다(표 6 참조). 4대강 정비 사업으로 건설된 16개 친환경 보와 함께 확보된 수량으로 인하여 수력발전 잠재량이 증가하였나, 경제성 있는 수력개발지점 확보, 복잡한 인·허가 규제, 기술개발 및 재원조달 방안 등의 문제로 인해 높은 부존잠재량에도 불구하고 소수력발전산업의 활성화가 지체되고 있다. 특히, 개발지점 제약으로 인해 발생하는 경제성확보 문제는 개발지점의 낮은 가동률과 설비용량에 따른 유량확보를 위한 건설비용 증가에 기인한 것이며, 이에 따라 보를 비롯한 농업용 저수지,

하수처리장, 중·소규모 댐의 방류수 등 기존 시설물 이용방안과 함께 일반하천에서 높은 효율성을 지닌 소규모 수차발전기와 발전설비 기술개발이 수반되어야 한다. 이 같은 기술개발을 바탕으로 정부의 제도적 기반 조성 및 관련사업 육성이 추진된다면, 소수력 발전이 갖는 이산화탄소의 발생이 없는 친환경적 특성 그리고 장기간의 전력 생산, 저렴한 유지 및 관리비, 전력 수요 급증 시 부하 감소 등과 같은 경제적 효율성 외에도 하천 근역에 지역 특색에 맞는 수상레저와 같은 고품격 문화관광지를 함께 조성한다면 지역 경제 활성화에 기여할 수 있어 소수력 발전에 따른 환경피해를 염려하는 지역주민과의 갈등을 해소할 수 있을 것으로 판단된다.

표 6. 국가별 소수력발전 보급현황

국가	주요 주운시스템	총 연장(km)	완공 연도	갑문 개수
독일	라인-마인-도나우	171	1992	16
프랑스	마디-가론	241	1681	65
네덜란드	암스테르담-라인	72	1981	4
벨기에	알베르트	130	1939	6
영국	리즈-리버풀	204	1816	91
러시아	볼가-발트	368	1964	7

출처: 산업자원부(2007). 신·재생에너지 RD&D 전략 2030[소수력]

#### 4. 하천수 관리에 대한 제안

상술한 하천수의 비소모성 이용의 확대를 위해서는 적절한 유량과 수위의 확보가 전제되어야 하며, 기존의 수립된 하천유지유량과 하천관리유량사이의 절충안을 제시할 필요가 있다. 따라서, 하천유지유량과 하천관리유량의 절충안을 다음과 같이 제시하고자 한다(그림 3 참조).

대안 1: 하천유지유량에 제시한 본 연구에서 제시한 비소모성 이수유량을 포함시키는 방안으로서 기

존 하천유지유량 산정방법에 비소모성 이수유량을 추가하는 것으로 변경하는 방안

$$\text{하천관리유량 } Q'_i = \text{새로운 하천유지유량 } Q'_1 \\ (\text{기존 하천유지유량 } Q_1 + \text{비소모성 이수유량 } Q_3) + \\ \text{소모성 이수유량 } Q_2$$

대안 2: 비소모성 이수유량을 하천유지유량과 분리하여 포함시키는 방안으로서 기존 하천유지유량와는 별개로 비소모성 이수유량을 반드시 포함하는 방안

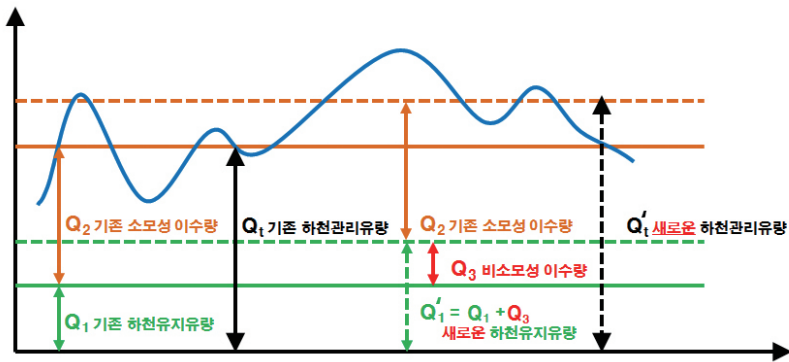
하천관리유량  $Q'_t = \text{기존 하천유지유량 } Q_1 + \text{소모성 이수유량 } Q_2 + \text{비소모성 이수유량 } Q_3$

서식처 환경의 변화에 따른 수량과 수위에 따라 비소모성 이수유량을 선택적으로 포함시키는 방안

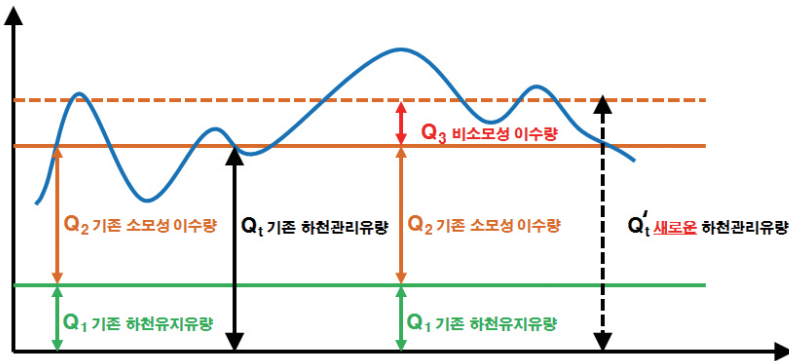
대안 3: 비소모성 이수유량을 계절에 따른 유동적으로 포함하는 방안으로서 기존 하천유지유량은 그대로 유지되고 하천의 특성 및 용도별, 계절별 생태

하천관리유량  $Q'_t = \text{기존 하천유지유량 } Q_1 + \text{비소모성 이수유량 } Q_3$   
(용도별, 계절별 선택적 고려) + 소모성 이수유량  $Q_2$

a) 대안 1



b) 대안 2



c) 대안 3

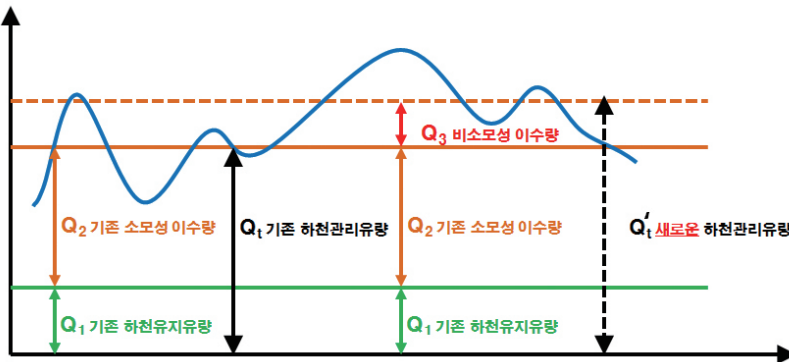


그림 3. 하천관리유량 재정립 방안



그림 3에서 제시한 하천유지유량 또는 하천관리유량에 대한 비소모성 이수유량의 추가방안의 경우, 다양한 이해당사자간의 합의와 국민 여론을 반영한 공학적, 경제적 측면에 대한 검토가 선행되어야 하며, 하천유지유량 또는 하천관리유량을 초과하는 부족수량의 확보방안에 대해서는 경제성 분석을 포함한 하천공학적인 방법을 통해 제시되어야 할 것이다. 마지막으로 국내의 4대강 사업 이후, 확보된 수량에 대한 활용방안으로써 비소모성 이수유량 활용과 하천유지유량 또는 하천관리유량에서 비소모성

이수유량의 추가방안에 대한 논의가 활발하게 이루어지기를 기대한다.

## 감사의 글

본고는 하천관리포럼 정책보고서에 포함된 “Instream Water Use의 재조명”을 기반으로 작성된 것입니다. 본고의 작성에 도움을 주신 K-water의 지원에 감사드립니다. 🌊

### 참고문헌

- 건설교통부 (2007), 자연사회환경 개선을 위한 하천유지유량 산정방안 연구보고서, 고익환, 윤석영, 노재화(2008), 자연·사회환경 개선을 위한 하천유지유량, 한국수자원학회 논문집, 제41권, pp.10-14.
- 김주훈, 이동률, 박희성(2008), 바람직한 하천유지유량 관리 방안, 한국수자원학회, 한국수자원학회논문집, 제41권 제4호, pp.25-30.
- 산업자원부 (2007), 신·재생에너지 RD&D 전략 2030[소수력].
- 해양경찰서 (2012), 해양경찰백서.
- 한국 브리태니커 온라인: <http://www.britannica.co.kr>