

미국 콜로라도 주의 유지유량 산정 방법

홍 일 표 (한국건설기술연구원 수자원환경연구부 선임연구원)

미국에서의 유지유량은, 주로 하천에 대한 유지유량만을 고려하는 우리나라와는 달리 하천뿐만 아니라 호수의 적정한 수심 유지를 위해서도 적용되고 있다. 유지유량의 산정기준은 어류의 서식처 보호가 그 첫번째이며, 생태계 보호 및 래프팅을 비롯한 수상 위락활동의 가능성 등이 주요 고려 대상이다. 또한, 대규모 물동량의 이송이 하천의 주요 기능인 미시시피 강 등 대하천에서는 주위에 필요한 수심 유지 역시 유지유량 산정시 주요 기준이 된다.

2001년 현재 미국 28개 주에서 유지유량 보호법을 시행하고 있으며, 유지유량의 가치를 경제적으로 평가하는 등 유지유량의 중요성에 대한 관심이 점차 증가되고 있는 실정이다.

이 글에서는 미국 콜로라도 주의 유지유량 산정과 관련된 법적인 개요와 산정방법을 번역하여 간단하게 소개하고자 한다. 번역 책자는 <Evaluation of the Standards and Methods Used for Quantifying Instream Flows in Colorado, 1998, Gregory D. Espegren> 이다.

글의 내용에서 “유지유량”과 “추천유지유량”이란 용어가 함께 쓰이는데, 유지유량은 개념적인 유지유량을 말하는 것이고, 추천유지유량은 유지유량을 산정하여 제시한 값을 이르는 것이다. 또한 냉수성(coldwater) 및 저온성(coolwater)이란 용어와 같이 우리말로 정확하게 의미를 전달하기 어려운 경

우에는 원어를 그대로 준용하였다.

콜로라도 주는 미국 서부에 위치하고 있는 반건조 지역으로, 비교적 물이 풍부한 동부나 중부 지역과는 달리 수자원의 개발과 관리에 역점을 두고 있는 지역이다. 콜로라도 주에서 유지유량 업무를 담당하고 있는 곳은 1937년 주정부 기구로 창설된 수자원보존국(Colorado Water Conservation Board; CWCB)으로 다음과 같은 5개 조직으로 구성되어 있다.

- Water Supply Planning & Finance
- Flood Protection
- Water Supply Protection
- Conservation Planning
- Stream and Lake Protection
(유지유량 담당부서)

콜로라도 주 유지유량의 개요

콜로라도 주의 유지유량(Instream flow/Natural lake level program; ISF 프로그램)은 1973년 상원입법97(SB97)이 통과됨으로써 시작되었다. 이 법안은 CWCB에 콜로라도 주 전역에 걸쳐 유지유량과 자연호소의 적정한 수위 유지를 위한 수리권에 대한 권한을 부여했다. SB97은 그후 연속적으로 1981년의 SB414, 1986년의 SB91, 1987년의 SB212, 1989년의 SB181 그리고 1996년에는 SB64로 개정되어왔다.

1973년 제정된 법안에서 유지유량에 대한 상징적인 의미와 업무에 대해서 다음과 같은 말로 나타내었다.

〈“Future recognizing the need to correlate the activities of mankind with some reasonable preservation of the natural environment, the Colorado Water Conservation Board is hereby vested with the authority, on behalf of the people of the state of Colorado, to appropriate... such as waters of natural streams and lakes as may be required to preserve the natural environment to a reasonable degree.”〉

콜로라도의 ISF 프로그램은 1993년 11월10일 CWCB에서 채택되었으며, 1994년 개정된 “Rules and Regulations concerning the Colorado Instream Flow and Natural lake level Program”에 따라서 시행되었다.

유지유량에 대한 수리권(Instream flow rights)은 자연환경을 합리적인 수준으로 보전하기 위하여 콜로라도 주민을 대신하여 CWCB가 가지고 있는 것으로 되어 있으며, 현재 CWCB는 약 12,800km (8,000miles)에 달하는 하천 및 500여개의 자연호소에 대한 1,800여개의 수리권을 확보하고 있다.

일반적으로 콜로라도 주에서의 유지유량 산정은 미국내 다른 여러 주와 연방정부기관이 CWCB에 제공한 생물학적 추천유량(biological recommendation)을 기초로 하고 있다. 지금까지 CWCB의 ISF 프로그램의 대부분은 주로 냉수(cold water) 구간 또는 수심이 깊은 호소를 대상으로 진행되어 왔다. 생물학적 추천유량(biological flow recommendations)은 다음과 같은 전제를 바탕으로 한다. 송어(trout)와 같은 수생 지표어종(aquatic indicator species)을 보전하기 위해서는 일정한 유량이 필요하며, 이 양은 전체 자연환경을 보전하기 위해 필요한 양과 동일하다.

현재 콜로라도의 냉수 하천(coldwater streams)에서 생물학적추천유량을 개발하기 위해 가장 많이 사용되는 방법은 R2CROSS로서, 다음과 같은 장점을 가지고 있다.

- (1) 일회의 현장 방문으로 데이터를 구할 수 있다.
- (2) 배우고 수행하는 과정이 매우 쉽다.
- (3) 데이터 해석이 간단하다.

R2CROSS 방법에 의해서 산정된 유량들은 일반적으로 하천 현장 조사를 기본으로 하므로 현장자료를 이용하지 않는 방법에 비해서 대표성을 갖으며, 많은 조사와 자료를 필요로 하는 다른 방법들과 비교하여 그 결과가 비슷하여 매우 경제적인 방법으로 알려져 있다.

1996년 CWCB는 콜로라도 주의 유지유량에 대한 향후 방향 설정시 주민들의 의견을 반영하기 위해 유지유량 소위원회를 구성하였다. 이 소위원회는 CWCB의 몇몇 구성원과 콜로라도 주의 수자원 전문가, 환경단체, 그리고 관심있는 사람들로 구성되었다. ISF 소위원회에서 가장 문제 제기가 많이 된 이슈는 하천유지유량을 산정시 저수로 하천구간인 “in-channel”과 그 외의 하천구간인 “over-bank”에서 자연환경의 지표를 서로 다르게 고려해야 한다는 것이었다.

“In-channel”에 대해서는

- (1) 하도형성(channel forming) 및 하도관리(channel management)를 위한 유량을 고려하여야 하며,
- (2) 수량과 수질 그리고 수온의 지수들을 통합하고
- (3) 레크레이션을 위한 흐름을 고려하여야 한다고 하였다.

또한 “Over-bank”에 대해서는 보다 전반적(holistic)이고 생태계 관리를 위한 접근법을 제안했다. 즉, 하천내에 서식하는 수생생물들의 다양한 성장단계를 고려하고, 하천통로(stream corridor)를 따라서 조류와 포유류의 지속적인 보전이 가능할 수 있도록 수변에 대한 유지유량의 고려가 주요 쟁점이었다.

CWCB는 냉수성 및 온수성 수생 생물의 서식처(cool and warm water aquatic habitat)에 필요한 유량조건을 만족시키고, “in-channel”과 “over-bank”에서의 자연환경 보호를 위한 적정한

유지유량에 대한 수리권을 가지고 있다.

또한, Denver와 같은 대도시 근처에서 creek chub와 white sucker와 같은 온수성 어류의 서식처 보호를 위한 추천유지유량을 개발하기 위해 Instream Flow Incremental Methodology(IFIM)과 Physical Habitat Simulation Model(PHABSIM)을 이용하기도 하였다.

현행 유지유량 산정 방법의 개요

유지유량산정 방법은 크게 두가지로 분류될 수 있다. "Standard setting Methodologies"는 특정 유지유량의 효용(instream flow value of interest)을 보호하기 위해 필요한 최소한의 기준 유량을 정하는 방법으로, "non-field type"과 "habitat retention type"으로 세분된다. "Non-field type"은 현장이나 실험적 자료가 아닌 하천 유량 자료를 이용하여 추천 유지유량을 이끌어내는 방법을 말하며, "Tennant 방법" 또는 "Montana methods" 등이 있다.

R2CROSS 방법과 율변법(wetted perimeter method)과 같은 "Habitat retention method"는 수리학적 현장 데이터를 이용하여 하천유량과 어류 서식처의 지표들간의 관계를 조사하는 방법이다. "Standard setting Methodologies"는 특정 수생 서식처를 보호하기 위한 목적으로 유지유량을 산정하는데 유용한 방법이라 할 수 있다.

이와 반대로, IFIM/PHABSIM와 같은 "Incremental Methodologies"는 하천의 유량을 점증적으로 변화시키면서 서식처의 충격을 평가하는 목적으로 수리적 현장 자료와 특정 수생생물종의 다양한 성장단계를 고려한 생물학적 정보를 연관시키는 방법이다. "Incremental Methodologies"에서 얻어진 결과는 주로 수자원개발계획(댐 건설 또는 방류 영향 평가 등)의 상대적인 영향을 평가하는데 사용된다.

1986년 Water Development and Streamflow Committee of the Western Division of the American Fisheries Society(WDAFS)는 북아메리카에서 유지유량관련 법제정을 위한 설문조사를 수행한

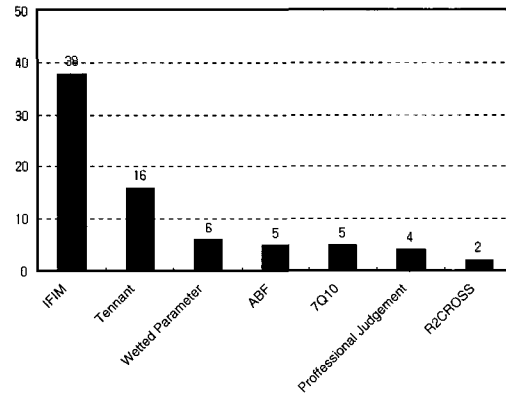


그림 1. Instream flow quantification techniques frequency

바가 있으며, 이 조사 결과에 따르면 IFIM이 가장 널리 이용되는 유지유량 산정법이었다(중복답변, 그림1)

16개주는 Tennant Method를 이용하고 있었으며, Wetted Perimeter, Aquatic Base Flow("ABF"), 그리고 7Q10의 방법과 전문가평가(Professional Judgement)등이 여러 주에서 사용되고 있으며, 캘리포니아와 콜로라도는 R2CROSS 방법을 사용한다고 보고했다. 그 외 다른 주에서 이용하는 방법은 각각의 주별로 필요에 따라 별도의 방법을 이용하고 있다. 11개 서부 주에서 주로 사용하고 있는 유지유량 산정 방법을 <표 1>에 요약하여 정리했다.

3.1 R2CROSS 방법

CWCB의 R2CROSS 방법은 habitat-retention, standard-setting 모델이라 할 수 있으며, 하나의 하천 단면에서 수집한 현장 자료를 이용하여, 자료가 없는 조사되지 않은 하천구간에서 하도 내의 수리적 요소를 모의하는데 사용한다.

R2CROSS는 매닝(Manning) 공식을 기반으로 하고 있으며, 매닝 공식은 하천흐름이 하천의 지형에 의해 지배를 받는 여울 하천 서식처유형(riffle stream habitat types)에 적용될 때 가장 적합하다. R2CROSS 방법에 의한 추천유지유량 산정은 "여울이 가장 중요한 하천 서식처유형이며, 여울서식처를 보전하는 것이 다른 수생생태계 서식처(예

표 1. Instream flow techniques and research needs in the western United States

State	Quantification Technique	Research Needs
Alaska	<ul style="list-style-type: none"> • IFIM • Tennant • Other Proven methods 	<ul style="list-style-type: none"> • Test methods and modify for Alaska conditions • Develop local preference curve • More gaging stations
Colorado	<ul style="list-style-type: none"> • R2CROSS • IFIM in selected cases 	<ul style="list-style-type: none"> • Validate relationship between Weighted Usable Area and fish population response
Hawaii	<ul style="list-style-type: none"> • IFIM • Q90 	<ul style="list-style-type: none"> • Define microhabitat requirements
Idaho	<ul style="list-style-type: none"> • IFIM • Wetted Perimeter 	<ul style="list-style-type: none"> • More stream and species-specific probability-of use
Kansas	<ul style="list-style-type: none"> • IFIM 	<ul style="list-style-type: none"> • Validate response of standing crops to varying flow regimes
Montana	<ul style="list-style-type: none"> • Wetted Perimeter 	<ul style="list-style-type: none"> • Summarize biological response to flow • Flows for wetlands and riparian habitats • Impacts of fluctuating flows • Flushing flow requirements • Impacts of winter flow reductions
Nebraska	<ul style="list-style-type: none"> • None specified 	<ul style="list-style-type: none"> • Determination channel maintenance flows in alluvial streams
Oregon	<ul style="list-style-type: none"> • IFIM • Oregon method 	<ul style="list-style-type: none"> • Validate IFIM habitat:flow relationship • Develop low cost methods for water resources planning and small project
Utha	<ul style="list-style-type: none"> • IFIM • Tennant 	<ul style="list-style-type: none"> • Effects of peaking flows on fisheries • Develop preference curves for non-game species • Validate IFIM habitat:flow relationship • Develop flushing flow methods
Washington	<ul style="list-style-type: none"> • IFIM • USGS Toe-Width • Tennant 	<ul style="list-style-type: none"> • Methods for high gradient streams • Improve salmonid preference curves • Verify habitat preference curve • Big river flow models • Test fish production v. habitat:flow relationship
Wyoming	<ul style="list-style-type: none"> • IFIM • Habitat Quality Index • Tennant 	<ul style="list-style-type: none"> • Validate IFIM • Winter flow requirements • Flushing flows • Verify flow recommendations

를 들어 pools and runs)를 보호하는 것이다”라는 전제를 바탕으로 하고 있다.

냉수성 어류 서식처의 주요 지표는 평균수심 (X_d), 평균유속(X_y), 그리고 운변율(%WP)이라 할

수 있다(표 2). 평균 수심과 운변율의 기준은 각각 하천상부폭(stream top width)과 식생대와 식생대(grassline-to-grassline)의 운변의 함수이다. 1 ft/sec는 모든 하천에서 추천되는 평균유속이다.

표 2. Criteria used to determine minimum flow requirements using R2CROSS single ransect method

하 천 폭(ft)	평 균 수 심(ft)	운 변(%)(%WP)	평 균 유 속(ft/sec)(X_y)
1~20	0.2	50	1.0
21~40	0.2~0.4	50	1.0
41~60	0.4~0.6	50~60	1.0
61~100	0.6~1.0	≥70	1.0

이 세가지 변수들은 흐름과 관련된 하천 서식처의 상태를 나타내는 지표이며, 여울 서식처타입에서 세가지 변수값을 적절하게 유지하는 것이 냉수성(cold water) 어종이나 수생무척추동물의 성장단계에서 여울 등과 같은 수생서식처를 적절하게 유지하게 될 것이라고 판단해 왔다. 이 세가지 수리적 변수들은 R2CROSS 방법에서 다양한 유량 조건에 대하여 계산할 수 있다.

일반적으로 냉수성(cold water) 어류에 대한 연중 추천유지유량은 <표 2>에서 제시된 3가지 기준 중에서 2개를 유지하는 하천흐름으로 정해져야 하며, 1980년대 중반까지는 연중 일정 유량을 일률적인 유지유량으로 추천하였다. 1981년 SB414가 통과되고, 수자원의 가용성에 대한 관심이 일어나자, 자연하천에서 수문곡선의 변화를 고려하여 어류의 생물학적 특성과 부합하는 "계절적 차별유량(seasonal split-flow)"를 개발하기 시작했다. 콜로라도의 현재 여름철 추천유지유량은 세가지 수리기준을 모두 만족하고 있으며, 겨울철 추천유지유량은 세 가지 중 2가지를 만족하고 있다. 수생 생물학자들은 하천 특성, 어종의 구성, 서식처의 질 등을 고려한 전문가적인 생물학적 판단을 통해 유지유량을 늘리거나 줄일 수 있다.

3.2 IFIM/PHABSIM

IFIM은 시스템분석기법을 바탕으로 하는 점증적인 문제해결 접근법이며, PHABSIM은 다양한 유량 조건과 성장단계에서 미소서식처의 가용한 유량 지표를 산정하기 위해 개발된 방법이다. IFIM 방법은 PHABSIM 모델과 연계하여 서식처-유량의 관계를 제시한다(그림 2). 서식처 면적은 "Weighted Usable Area(WUA)"로 불리는 무차원 단위로 표현되며, WUA와 유량과의 관계는 다양한 하천흐름에 대한 서식처의 변화를 예측하는데 이용된다.

IFIM/PHABSIM은 그 적용성이 매우 유연한 모형으로, 여울과 웅덩이(riffle, runs, pools, glides) 등을 포함하여 다양한 하천 서식처유형에서 하천의 수리적 변수를 예측할 수 있다.

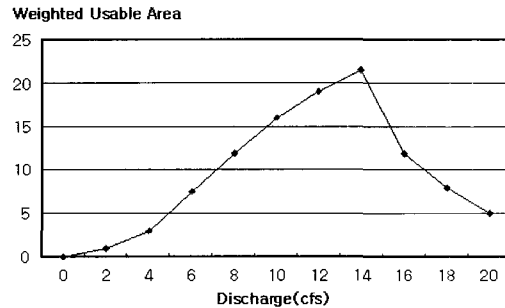


그림 2. Typical Weighted Usable Area-Discharge relationship

PHABSIM에서 서식처모의는 서식처 적합도 곡선(habitat suitability curve)을 바탕으로 한다. 서식처 적합도 곡선은 반응곡선으로 정규화 되는 하천의 수리적인 조건에 대한 서식 생물의 반응을 이용하여 개발하였으며, 래프팅 등 레크레이션이나 기타 하천의 가치도 함께 검토하도록 되어 있다. 결론적으로 IFIM/PHABSIM은 하천 유량과 관계된 거의 모든 환경 변수들을 예측하는데 이용할 수 있다.

IFIM/PHABSIM는 적용면에서 유연성을 가지고 있는 긍정적인 측면이 있는데 반해 상대적으로 비용이 많이 소요된다. 신뢰성있는 결과를 얻기 위해서는 각 하천 단면에서 저수위에서 평수위 이상까지의 수위-유량 관계 및 하천 단면 자료를 필요로 하게 된다.

IFIM/PHABSIM 관련 연구는 소요 비용상의 문제로 주로 댐방류나 수력발전의 영향을 평가하고, 연방정부의 허가조건을 검토하기 위해 사용된다.

콜로라도에서도 중요 쟁점을 가지고 있는 하천의 경우(Summit County의 Blue River 등)에는 추천 유지유량을 산정하기 위해 IFIM/PHABSIM과 R2CROSS를 연계하여 이용하였다.

3.3 Tennant(Montana) Method

Montana 방법으로도 불리는 Tennant 법은 연평균 유량을 바탕으로 추천유지유량을 산정하는 방법으로, 현장조사가 필요없는 장점을 가지고 있다. 기존의 유량 자료를 이용하여 연평균 유량을 구하

표 3. Instream flow regimes for fish, wildlife, recreation and related environmental resources

Narrative description of flows	Recommended baseflow (October-March)	Recommended baseflow (April - September)
Flushing or Maximum	200% of average flow	200% of average flow
Optimum range	60%-100% of average flow	60%-100% of average flow
Outstanding	40%	60%
Excellent	30%	50%
Good	20%	40%
Fair or degrading	10%	30%
Poor or minimum	10%	10%
Severe degrading	0%-10% of average flow	0%-10% of average flow

여 산정할 수 있으며, 유량 자료가 없는 미계측 하천에 대해서는 적합한 수리·수문학적인 방법을 이용하여 연평균 유량을 구하여 적용하고 있다.

Tennant법은 비교적 중요도가 낮은 하천 구간에 대한 유지유량을 개발하거나, R2CROSS 방법으로 산정한 유량의 신뢰도를 검증하는데 적합한 방법이다.

3.4 Wetted Perimeter Method

윤변방법(Wetted Perimeter Method)은 R2CROSS 방법과 마찬가지로 habitat retention, standard setting model의 한 종류로서, 6개 주에서 이 방법을 이용하고 있다. 이 방법은 윤변과 하천유량간의 관계를 정량화하는 것으로(그림 3), 이 관계는 여러번에 걸친 수위-유량 관계 및 하도 지형 등을 현장조사로부터 경험적으로 유도하거나, 또는

한번의 현장조사 자료를 이용하여 수리학적으로 모의할 수도 있다. 윤변법을 이용한 추천유지유량은 윤변과 유량의 관계를 도시하여 변곡점의 위치에 의해서 결정된다.

윤변 방법에서는 하천 윤변을 서식처의 상태를 나타내는 지수로 삼아 유량과의 관계를 연계하였다. 주로 하도의 단면과 수위-유량 관계인 현장 조사 자료는 대부분 여울과 같은 주요 서식처를 대상으로 실시되며, 주요 서식처의 형태는 기타 다른 하천 구간에 동일하게 적용할 수 있다. 여기서, 하도의 형태는 윤변의 분석 결과에 영향을 미칠 수 있으므로 이와 같은 방법은 대부분 넓고, 얇은 장방형의 하도에 적용한다

4. 유지유량 산정 방법의 평가 및 검토

4.1 R2CROSS

유지유량 산정시 가장 기본적인 방법으로는 R2CROSS 방법이 적절하며, 이 방법은 고지대의 상류 하천과 도수, 오염, 개발에 의한 심각한 문제가 야기되지 않는 하천에 적합하다고 추천했다. CWCB도 하나의 하천 단면 자료를 이용하는 R2CROSS 방법이, 자연환경을 합리적인 수준으로 보전하기 위하여 콜로라도의 냉수(coldwater)하천에 대한 추천유지유량을 개발하는데 가장 효율적이고 비용적으로도 저렴한 바람직한 방법으로 선정하였다.

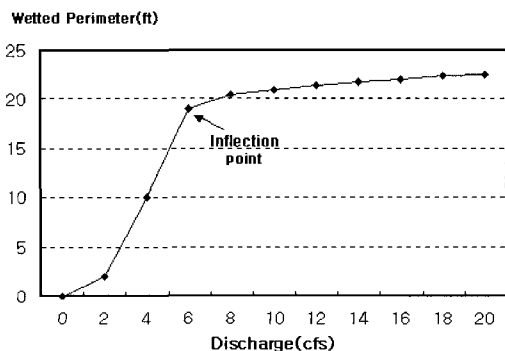


그림 3. Wetted Perimeter-Discharge relationship

냉수(coldwater) 하천에서 R2CROSS 방법에 의한 추천유지유량 산정 결과는 다른 방법에 의한 결과와 비교해서 검증되어야 한다. 즉, 기존 유량 자료가 있는 하천 구간에서는 R2CROSS 방법의 결과를 유량자료를 이용한 Tennant법의 결과와 쉽게 비교할 수 있다.

Tennant법과 윤변법에 대한 R2CROSS의 추천유지유량의 검증은 적은 비용과 노력을 들여서 수행할 수 있으며, 결과적으로 산정된 추천유지유량 값이 비슷하면, 이 검증과정은 R2CROSS 방법을 이용한 추천유지유량에 신뢰도를 가지게 한다.

일반적으로 갈수시 현장 자료를 수집하고 있으나, 추천유지유량 값과 유사한 유량 자료를 수집하는 것이 모형의 결과에 대한 과도한 의심을 최소화시키게 되며, 조도계수에 영향을 미치는 다양한 인자를 R2CROSS 방법에서 검토하는 것이 향후 모형의 개선 방향 중 하나이다.

4.2 IFIM/PHABSIM

IFIM/PHABSIM은 R2CROSS에 비해 보다 일반적인 방법으로, R2CROSS 방법이 여울(riffle, run)등의 서식처에서 가장 적합한 방법인 반면, IFIM/PHABSIM은 거의 대부분의 서식처 유형에 적용이 가능하다. 또한, IFIM/PHABSIM 서식처 적합도 지수는 냉수성(cold), 저온성(cool), 온수성(warm) 어류와 파충류, 양서류 등을 포함한 일반적인 수생생물의 다양한 성장단계에 대해 존재하며, 도넛이나 래프팅과 같은 레크레이션의 목적도 해당된다.

그러나 IFIM/PHABSIM을 이용하여 추천유지유량을 산정하는 경우는 일반적으로 R2CROSS 방법에 비해 시간과 비용이 많이 소요된다. 특히, 비용면에서는 IFIM에서 추가되는 자료의 요건과, 기술적인 복잡성이 그 원인이 된다.

콜로라도에서 IFIM/PHABSIM 는 관심이 높은 하천구역과 송어이외의 다른 물고기(온수성, 저온성, 보호종)가 사는 하천들에서 추천유지유량을 개발하는데 적절한 방법이라 할 수 있다. 또한, 어

류 이외의 다른 하천의 효용성에 대한 추천유량을 개발하는데도 유용한 방법이나, 비용상의 문제로 대부분 관심이 높은 하천을 제외하고는 그 이용에 제한을 받게 된다.

4.3 Tennant 방법 등

Tennant 방법과 같은 현장 조사를 필요로 하지 않는 방법은 서부의 여러 주에서 널리 사용하고 있는 방법이다. 이 방법은 최소한의 시간과 비용으로 많은 하천에 대해서 유지유량을 빨리 산정할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

그러나 현재 콜로라도에서 유지유량의 산정은 수자원개발과 환경단체의 많은 관심 대상이 되고 있으며, 유지유량을 이와 같은 현장 조사를 거치지 않는 방법에 의해서 산정한다면 그 적정성 여부를 인정받기가 어려운 실정이다.

4.4 Wetted Perimeter

여러 주에서 윤변법을 이용하여 추천유지유량을 결정하고 있다. R2CROSS 방법도 윤변과 유량의 관계 도출하는데 필요한 자료를 가지고 있으며, 이 윤변과 유량의 관계 곡선은 R2CROSS 방법과 윤변법의 결과를 서로 비교하는데 이용된다. 일반적으로 Tennant와 함께, 윤변법은 R2CROSS 방법을 이용하여 추천유지유량의 산정 결과를 검증하는데 활용하는 것이 바람직하다.

유지유량을 산정하는 방법을 선택하는 것은 어렵고, 논란이 많은 일이다. 적절한 유지유량 산정 방법을 선택하는 것은 기술적인 문제뿐만 아니라 정치 및 환경단체의 압력과 예산 등 모든 사항들을 고려하여야 한다. 즉, 개별 하천과 이해 단체들의 독특한 상황에 좌우된다.

사실상 Tennant와 윤변법과 같은 간단한 방법은 널리 사용되고, 일차적으로 유지유량을 검토하기 위한 도구가 될 수 있으며, 관심이 높은 사업이

연관된 하천구간에 대해서는 IFIM과 같은 정교한 방법이 적절하다고 할 수 있다.

콜로라도의 경우는 R2CROSS 방법과 같은 인정된 방법을 사용함으로써, 반대 논란이 없이 많은 하천에 대해서 적절하게 합리적인 수준의 유지유량을 제시할 수 있게 되었다. 또한, CWCB는 유지유량에 대한 수리권을 공표하여 합리적인 수준으로 적용되고 있는지 지속적인 모니터링을 하고 있으며, 초기에 제시한 유지유량이 충분한 역할을 하지 못한다면 그 유지유량을 증가시키기 위한 방법을 고려한다. 이와 반대로, 초기 산정하여 공표된 유지유량이 과다하다면 유지유량을 감소시키는 조치를 취한다. 즉, 유지유량의 일회적인 산정에만 그치는 것이 아니라 추후 지속적인 모니터링과 관리를 통하여 유지유량의 적절성 여부를 계속적으로 관리하게 되는 것이다.

현재 콜로라도 주에서는 멸종위기의 어류(endangered species)와 온수성 어류(warm species), 수변 서식 생물(riparian habitat) 등을

보호하기 위한 필요유량을 정량화시키는 것이 향후 유지유량과 관련된 연구방향이며, 래프팅 등의 레크리에이션을 위한 필요유량의 정량화도 함께 포함되어 있다.

또한, 하천에서의 유지유량과 호소의 수위 유지를 위해 기존의 오래된 수리권(senior water right)을 가지고 있는 기관이나 개인으로부터 수리권을 기증받기 위한 노력을 기울이고 있으며, 이러한 유지유량의 확보가 생태계에 미치는 영향 등을 홍보와 교육을 통해서 주민들이 그 중요성을 인식하고 참여할 수 있도록 유도하고 있다.

우리나라의 경우, 하천유지유량 산정은 각각의 생태계, 갈수량, 수질, 경관 등을 비롯한 항목들을 고려하여 산정하도록 되어 있다. 그러나 현실적으로 유지유량의 산정뿐만 아니라 이를 유지관리하기 위한 별도의 행정조직과 조치가 미흡한 실정으로, 보다 현실적이고 지속적인 뒷받침이 될 수 있도록 해야 할 것이다. ●