

DPSIR 개념을 이용한 북한강 유역의 수자원 평가

Water Resources Assessment of the North Han River Watershed Using the DPSIR Concept

이길성*, 성진영**, 정은성***

Kil Seong Lee, Jinyoung Sung, Eun-Sung Chung

요 지

최근 지속가능한 개발의 개념은 국제적으로 경제 개발과 환경 보전 사이에서 논쟁이 중심이 되고 있으며, 수자원 개발과 관리는 이들 논쟁에서 중요한 부분을 차지하고 있다. 이와 더불어 유역을 관리함에 있어 수자원을 이수, 치수 및 수질의 단일 문제로 인식하는 것이 아니라 통합적으로 인식하는 유역통합관리(Integrated Watershed Management, IWM)의 필요성이 대두되고 있다. 이에 본 연구는 유역통합관리에 앞서 유역의 상태 및 문제점을 파악하기 위한 방법으로 EEA (European Environment Agency)에서 개발한 추진력(Driving force)-압력(Pressure)-상태(State)-영향(Impact)-반응(Response) (DPSIR) 개념 이용하여 3개의 세부 지표인 이수지표, 치수지표, 수질지표로 구성된 하나의 통합 지수인 유역수자원평가지수를 개발하였다. 세부지표인 이수지표는 연속무강우일수, 인구밀도, 용수수요, 물재이용률 등 16개의 구성요소, 치수지표는 홍수범람위험 지역 내 거주 인구수, 홍수방어시설용량, 개수율, 100 mm 이상 강수일수 등 15개의 구성요소, 수질지표는 BOD (Biochemical Oxygen Demand) 부하량, 수질 등급, 연중 목표 수질 달성일수 등 13개의 구성요소로 이루어져 있다. 이를 북한강 유역 중 북한 지역을 제외한 유역 즉, 수자원단위지도 상의 춘천댐권역(1010) ~ 청평댐권역(1015)의 6개 중권역에 적용하여 비교하였다. 세부지표의 주된 요소인 유출량의 모의를 위해 장기유출모형인 HSPF (Hydrological Simulation Program - Fortran)를 사용하였다. 모형에 입력된 유역평균강수량 자료는 1973년 ~ 2008년까지의 37년의 자료기간을 갖는 북한강유역의 5개 기상관측소 자료를 Thiessen network를 이용하여 산정하였다. 본 연구를 통해서 북한강 유역의 현재 수자원의 상태를 지수화하여 나타내고 그 결과를 비교해보았다. 이 결과는 유역 수자원의 파악하여 유역통합관리시 유역의 문제점을 파악하고 이를 수정하기 위한 의사결정 우선순위를 정하는데 사용될 수 있다.

핵심용어: 유역통합관리, DPSIR concept, HSPF, 유역수자원평가지수

1. 서 론

지속가능한 유역통합관리(Integrated Watershed Management, IWM)는 1992년 리우선언 이후 지금까지 이론 및 적용에 대해 활발하게 연구되어 왔다. 이러한 유역통합관리는 정확한 하나의 정의가 존재하지 않고 '통합수자원관리(Integrated Water Resources Management, IWRM)', '통합유역계획(integrated river basin

* 정회원 · 서울대학교 공과대학 건설환경공학부 교수 · E-mail : kilselee@snu.ac.kr

** 서울대학교 공과대학 건설환경공학부 석사과정 · E-mail : blackleo83@snu.ac.kr

*** 서울대학교 공학연구소 선임연구원 · E-mail : cool77@snu.ac.kr

planning)’ 등의 용어와 함께 사용되고 있고, 최근 전 세계적으로는 ‘통합수자원관리’라는 용어가 가장 많이 사용되고 있다. 이러한 국제적 관심과 더불어 국내에서도 국민들의 수자원에 대한 관심이 커짐에 따라 수자원에 대한 요구사항도 많아지고 있다. 수자원에 대한 대국민 설문조사 결과를 살펴보면 수자원이 효율적인 이용의 필요성과 양질의 물을 요구하고 있다. 또한, 과거에 이수와 치수에 국한되었던 국민들의 관심이 수질개선을 통한 친수환경을 조성하고 하천의 생태 복원을 요구하고 있다(건설교통부와 한국수자원공사, 2003). 이러한 결과는 유역을 관리함에 있어서 수자원을 이수, 치수 및 수질에 관한 단일 문제로 인식하는 것이 아니라 이수, 치수 및 수질 문제에 생태계보전 등을 통합적으로 인식하는 것, 즉 유역통합관리가 필요하다는 것을 나타낸다.

유역통합관리를 위해서 가장 먼저 선행되어야 할 사항으로는 유역의 물순환 상태를 파악하는 것이다. 이에 본 연구에서는 EEA (European Environment Agency)에서 개발한 추진력(Driving force)-압력(Pressure)-상태(State)-영향(Impact)-반응(Response) (DPSIR) 개념 이용하여 3개의 세부 지표인 이수지표, 치수지표, 수질지표로 구성된 하나의 통합 지표인 유역수자원평가지수를 개발하였고, 이를 북한강 유역에 적용하였다.

2. 이론적 배경

2.1. DPSIR

지표 구조는 지표를 구성하는 기본 틀로서, 지속가능 개발이란 개념이 도입된 이후로 다양하게 개발되고 있다. 지표를 구성하는 구분구조는 인과관계접근방식과 주제접근방식이 있다. DPSIR 개념은 이러한 두 방식 중 전자의 방법 중 하나로 EEA에서 개발한 개념으로 OECD (Organization for Economic Cooperation and Development)에서 개발한 PSR (Pressure-State-Response) 개념을 변형한 된 구조이다.

DPSIR 개념은 사회의 원동력 또는 추진력(driving force)이 인간 사회에 압력(pressure)을 발생시키고 압력은 상태(state)에 영향(impact)을 미치고 상태가 반응(response)을 야기하는 영향을 유발하며 다시 반응은 이상의 다른 네 가지 요소에 각각 다시 영향을 미친다는 인과 관계에 착안한다.

2.2. 치수지표

치수 측면에서 각 유역의 현황을 종합적으로 제시할 수 있는 지표로는 현재 홍수피해잠재능(Potential Flood Damage, PFD)이 사용되고 있다. 이는 수문요소뿐만 아니라 사회경제적인 요소까지 포괄하여 특정 치수단위 구역의 홍수에 대한 잠재적인 피해 취약도를 나타내는 지수로 ‘수자원장기종합계획(한국건설기술원, 2001)에서 처음 소개하였다. 이길성 등(2006)은 홍수피해잠재능의 인자들을 PSR 개념을 이용하여 분류 계산하였다. 이에 본 연구에서는 홍수피해잠재능에 인자들을 추가하여 DPSIR 개념에 따라 새로운 치수지표를 개발하였다.

2.3. 이수지표

이제까지의 이수지표는 홍수피해잠재능과 같이 유역의 현황을 종합적으로 제시하기 보다는 가뭄 지수라는 단일화된 형태로 개발되고 사용되어 왔다. 대표적인 가뭄지수들은 PDSI (Parmer Drought Severity Index), CMI (Crop Moisture Index), SPI (Standardized Precipitation Index), SWSI (Surface Water Supply Index) 등이 있고 PDSI와 SPI는 기상학적 가뭄, CMI는 농업적 가뭄, 그리고 SWSI는 수문학적 가뭄의 평가에 활용되고 있다(이동률 등, 2006). 이에 본 연구에서는 DPSIR 개념에 따라 유역의 현황을 종합적으로 제시할 수 있는 이수 지표를 개발하였다.

2.4 수질지표

수질 측면에서 각 유역의 현황은 특정 수질항목에 대한 정기적인 실측자료를 바탕으로 파악하는 것이 가장 적절하다. 하지만 실측 자료만으로는 유역 수자원의 잠재적 수질 오염 가능성을 파악할 순 없다. 이에 Schuler (1994)는 불투수 면적비율(impervious area ratio)를 이용하여 하천을 불투수 면적이 0~10 %인 유역은 민감(sensivite) 하천, 11~25 %인 유역은 손상(impacted) 하천, 26 % 이상인 유역은 생태적 건정성 유지불능(non- supporting) 하천으로 분류하여 그 규제 방법을 제시한 바가 있다. 본 연구에서도 이를 DPSIR 개념 속에서 해석하여 수질 지표를 개발하였다.

2.5 유역수자원평가지표

위에서 산정한 치수지표, 이수지표, 수질지표의 값을 이용하여 유역의 종합적 수자원 현황을 평가 할 수 있도록 유역수자원평가지표를 개발하였다.

3. 적용 및 결과

3.1. 대상유역

본 연구에서 개발한 유역수자원평가지수를 북한강 유역 중 북한 지역을 제외한 유역 즉, 수자원단위지도상의 춘천댐권역(1010) ~ 청평댐권역(1015)의 6개 중권역에 적용하여 비교하였다. 세부지표의 주된 요소인 유출량의 모의를 위해 장기유출모형인 HSPF (Hydrological Simulation Program - Fortran)를 사용하였다. 모형에 입력된 유역평균강수량 자료는 1973년 ~ 2008년까지의 37년의 자료기간을 갖는 북한강유역의 5개 기상관측소 자료를 Thiessen network를 이용하여 산정하였다(그림 1, 2). 각 유역별 Thiessen 면비는 표 1과 같다.

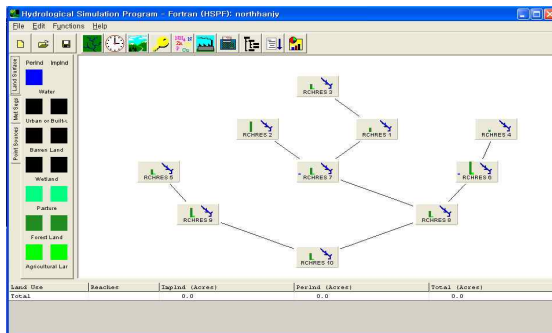


그림 1. 북한강 유역의 HSPF 모형 적용화면

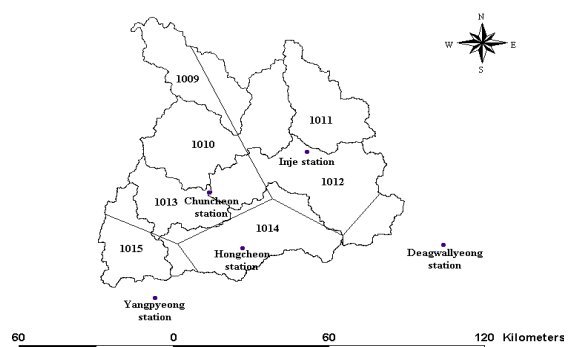


그림 2. 북한강 유역 Thiessen Network

표 1. 유역별 Thiessen network 면적비 (%)

	1010	1011	1012	1013	1014	1015
인제	38.1	100	65.9		8.3	
춘천	62.9		19.1	99.1	9.0	23.5
대관령			14.7			
홍천			0.3	0.2	75.2	
양평				0.7	7.5	76.5
합계	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

3.2 수량의 검보정

본 연구를 위해 사용된 강우-유출 모형은 HSPF로 유역에서 발생하는 유출과 수질모의를 위해 설계된 종합적(comprehensive), 개념적(conceptual), 연속적(continuous)인 유역 모의 모형이다. 본 모형은 토지이용도와 GIS 자료를 이용하여 자연 유출량을 모의하기 때문에 본 모형의 검보정 지역을 댐이나 인위적인 영향이 없는 인북천 유역(1011)의 원통 유량관측소의 자료를 이용하였다. 검보정 결과는 다음 그림 3과 같다.