



## 신규 유역진단 기법 소개 및 전망



**기서진**

경상국립대학교  
환경공학과 조교수  
seojinki@gnu.ac.kr



**김용록**

(재)유신  
상하수도부 부사장  
dong512000@daum.net



**이정훈**

부경대학교  
환경공학과 박사  
bravo281@hanmail.net

미국 환경보호청(United States Environmental Protection Agency, US EPA)에서 2008년에 발간한 우리의 물을 회복하고 보호하기 위한 유역 계획 개발 기술서(Handbook for Developing Watershed Plans to Restore and Protect Our Waters)에 따르면, 유역(관리) 계획은 반복적인 조정이 요구되는 공정으로 정의하고 있다. 이는 (유역 내 복합적인 산업활동 및 환경변화로 인하여) 유역 계획이 한두 번의 관리 계획 수립 및 실행으로 완벽한 수량, 수질 및 수생태 개선 목표를 이룰 수 없기 때문이다. 또한, 기술서에 따르면 유역 평가 및 계획 수립에 필요한 정밀한 유역관련 정보를 모두 확보하기에는 어려움이 있으며, 따라서 유역 관리자는 합리적인 노력 수준에서 1) 평가 대상 유역 내 주요 오염원을 확인하고 2) 이러한 오염원을 효율적으로 관리할 수 있는 수단을 명시하고 3) 더 나아가 제시된 관리 수단을 통해 예상되는 삭감부하량을 개략적으로 산정하도록 권고하고 있다. 최근 한국환경공단에서 새롭게 개발한 유역진단 매뉴얼은 미국 환경보호청에서 발간한 기술서와 이러한 측면에서 맥락을 같이 한다고 볼 수 있으며, 특히 기존의 국가하천 위주의 유역 평가에서 벗어나 소유역 내 지류·지천을 고려한 평가 방식을 도입하여 소규모 오염우심 하천을 진단하고 개선하기 위한 평가도구로 매우 유용하게 활용될 수 있을 것으로 예측되고 있다. 환경부의 2020년 9월 8일 그린뉴딜 시대, 깨끗하고 안전한 물관리 체계 구성에 관한 보도자료에 따르면, 유역진단 매뉴얼을 통해 2021

년 기준 4대 수계의 총 21개의 오염지류를 대상으로 중점관리 오염지류 유역진단 및 종합대책을 수립하는 용역사업이 권역별로 수행 중에 있으며, 낙동강 권역의 경우 4개 중권역(내성천 등)의 7개 오염지류(금호강 등)에 대해 평가가 진행되고 있다.

한국환경공단에서 개발한 유역진단 매뉴얼은 수행 단계별 측면에서 크게 예비진단, 본진단 및 사후 평가로 구성되어 있다(그림 1 참조). 예비진단은 평가 대상 중권역 내 오염지류(또는 소권역)를 우선적으로 선별하는 단계로서, 평가자는 이용 가능한 기본 자료(공간정보, 국가 관측망 및 통계 자료 등)만을 사용하여 간편한 평가를 수행하게 된다. 또한, 본진단의 경우 가용시간 및 재원 등을 고려하여 선정된 10~30% 내외의 오염지류를 대상으로 보다 심층적인 유역진단을 수행하는 단계로서, 구체적인 현장조사, 모델 평가 및 설문조사 등이 수반되게 된다. 특히, 모델 평가 시 사업 제반여건(실현가능성, 사업비, 용이성 등)을 고려한 시나리오 작성이 요구되며, 시나리오별 사업효과 모의를 통해 대상 오염원을 저감하기 위한 최적 시나리오 및 사업 후보 대상지(오염지류)를 최종적으로 선정하게 된다. 예비진단 및 본진단의 주요 기대효과로는 중권역 및 소권역 단위의 물환경 개선을 위한 기본방향 및 개선목표가 명확히 제시될 수 있을 것으로 예상되고 있으며, 이때 물관리(상하위)법정 계획과의 연계성 및 부합성 여부도 함께 검토될 수 있을 것으로 판단된다. 마지막으로, 사후 평가는 본진단에서 재차 압축된 대상지 중에서 실제 시범사업이 진행된 오염지류에 한정하여 평가가 수행되는 단계로서, 본진단에서 수행한 조사방법 및 진단 항목을 동일하게 사용하여 사업효과를 정량적으로 검증하게 된다. 참고로, 유역진단 매뉴얼을 통해 도출되는 유역진단 결과는 (대분류 기준으로) 유역건강성 등급(1(매우 좋음)~5(매우 나쁨) 등급)과 유역 회복 잠재력(a(매우 높음)~d(낮음))의 조합으

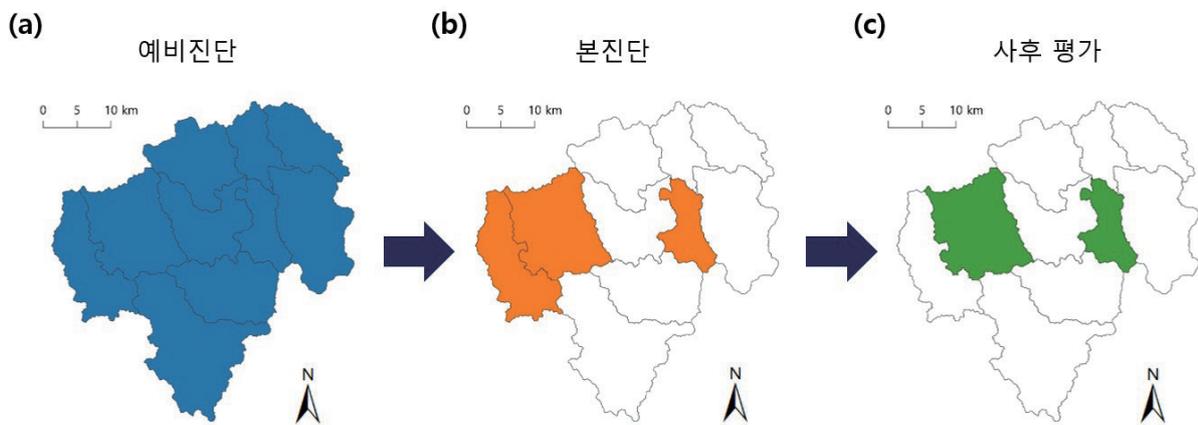


그림 1. 남강 중권역 유역진단 매뉴얼 적용 예상도: (a) 예비진단, (b) 본진단, (c) 사후 평가

로 표현될 수 있으며(예시: 3d), (중분류 기준으로) 유역 건강성 등급은 수질, 수생태 및 서식처 지수로부터 유역 회복 잠재력은 환경생태지수와 지역사회 지수로부터 각각 산정되게 된다. 중분류 기준으로 제시된 5개 평가인자는 유역진단과 밀접한 연관성을 가지고 있으며, (소분류 기준의) 개별 평가인자 및 산정방식은 유역진단 매뉴얼에서 보다 자세하게 확인할 수 있다.

한편, 낙동강 권역의 참여 연구진은 예비진단의 효율성을 향상하기 위해 자동화 도구를 개발 중에 있다. 이러한 주된 사유는 예비진단 시 평가 대상 중권역이 변경되더라도 요구되는 입력자료의 종류 및 형태는 동일하기 때문에 데이터 수집 및 가공을 위한 자동화된 도구를 구축할 경우 예비진단 분석의 신속성 및 정확성을 유지할 수 있기 때문이다. 자동화 도구의 또 다른 장점은 비전문가를 위한 예제(Tutorials) 제공이며, 이를 통해 평가자는 예비진단의 기본 개념 및 원리를 보다 쉽게 이해하고 반복적인 실습을 통해 예비진단 시 발생할 수 있는 오류를 최소화 할 수 있다. 예비진단에 필요한 원자료(Raw data)의 형태는 크게 텍스트 기반의 수치자료와 지리정보시스템(Geographic Information System, GIS) 포맷의 공간자료로 구분되며, 수치자료의 경우 데이터 처리, 분석 및 시각화 등에 유용하게 사용되는 오픈소스(Open source) 통계 프로그램 R을 통해, 공간자료의 경우 공간 데이터 관리, 편집 및 가공 및 가시화 등에 활발히 활용되는 (유료 기반의) ArcGIS 또는 (무료 기반의) QGIS 프로그램

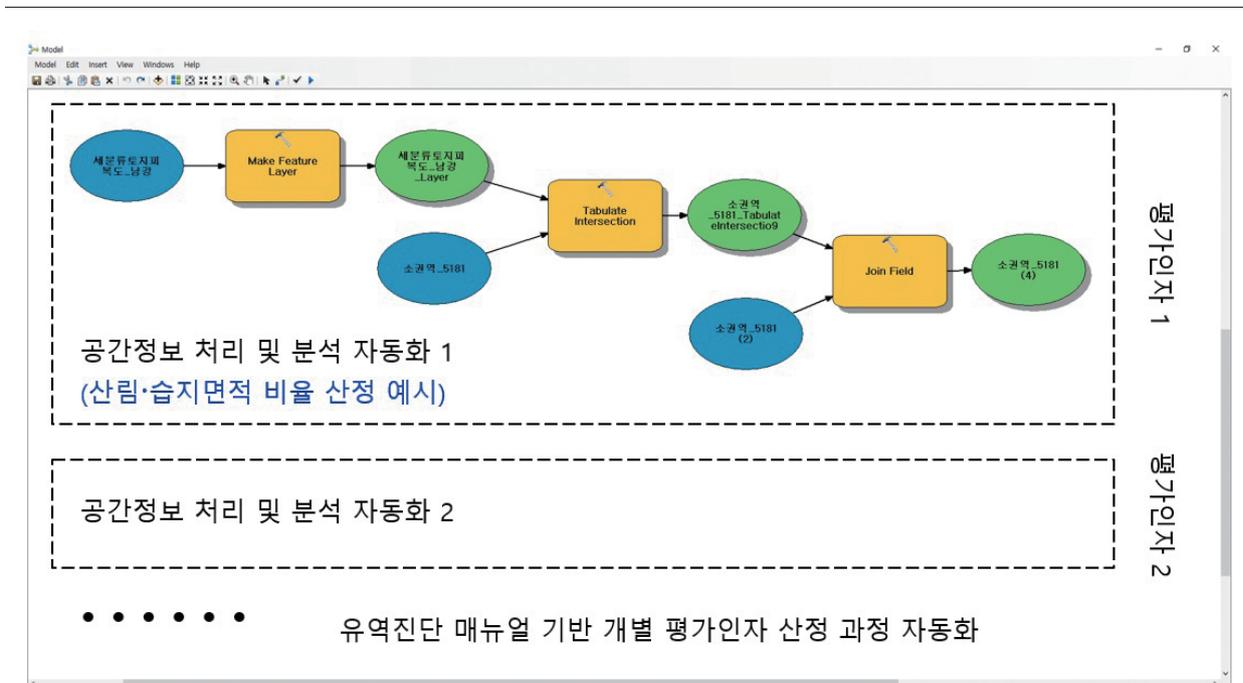


그림 2. (유료 기반의) ArcGIS 모델빌더(ModelBuilder)를 활용한 사용자 맞춤형 도구(Customized tools) 개발 예시

을 통해 각각 자동화 할 수 있다. 보다 세부적으로는 파이썬(Python) 언어를 사용하여 스크립트(Script) 기반의 자동화 도구 개발 시 (ArcGIS의 경우) ArcPy 및 (QGIS의 경우) PyQGIS를 사용할 수 있으며, 이외에도 ArcGIS의 경우 일련의 공간정보 처리 및 분석과정을 시각적으로 자동화 할 수 있는 모델빌더(ModelBuilder)를 사용할 수 있다(그림 2 참조). 향후 이러한 방법들을 통해 최종적으로 개발된 자동화 도구는 유역진단 뿐만 아니라 유사한 연구에도 다양하게 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

미국 환경보호청에서 기술서에서 정의한 유역(관리) 계획과 유사하게 유역진단 매뉴얼도 다양한 중권역에서의 적용성 검증을 통해 지속적으로 개선될 수 있을 것으로 예상된다. 예를 들면, 오염지류(소권역)를 선별하기 위한 중권역 기준의 상대적 평가 방식이 우선순위 중권역을 선별하기 위한 대권역 기준의 상대적 또는 절대적 평가방식으로 확대 적용될 수 있다. 또한, 개별 평가인자와 유역진단결과와의 인과관계 또는 통계적 유의성 검증을 통해 (발주처와의 협의하여) 기존의 특정 평가인자를 일부 배제하거나 또는 이에 상응하거나 유역의 고유한 특성 및 요구사항을 반영할 수 있는 추가 평가인자 도입도 가능할 것으로 예상된다. 이외에도 지속적인 적용성 검증을 통해 유역진단, 특히 예비진단에 요구되는 자료 정밀도, 해상도, 처리 수준 또는 난이도(예시: 행정구역 기준 자료의 중/소권역 기준 자료변환 등)에 관한 최적의 데이터 수집 및 가공 방안들이 제시될 수 있을 것으로 기대되며, 오픈 플랫폼(Open Platform) 기반의 데이터 공유 및 유통 인프라가 제공될 경우 평가자가 보다 편리하게 유역진단 업무를 수행할 수 있을 것으로 판단된다. 기타 시간에 따른 유역진단 결과 변화 관찰도 부분적으로 수행될 수 있으며, 관련 과정도 개선될 수 있을 것으로 예측된다. 이러한 일련의 과정들을 통해 유역진단 체계는 향후 보다 정교하게 보완될 수 있을 것으로 판단되며, 신규 유역진단 기법이 심화되는 기후변화 및 물환경 여건 변화에 선제적으로 대응하고 통합물관리정책을 지원하는 효과적인 도구로서 자리매김을 할 수 있기를 기대한다.

## 감사의 글

본 고는 환경부 "4대강 수계 중점관리 오염지류 유역진단 및 종합대책 수립" 사업의 지원 및 한국환경공단의 "유역진단 매뉴얼"을 활용하여 작성되었습니다.