

〈學術세미나要約〉

전문가시스템과 비점오염원에 의한 수질오염의 관리

Application of Expert Systems Approaches for the Management  
of Nonpoint Source Pollution

오 경 두\*

수질오염은 오염발생원의 종류와 성질에 따라 크게 점오염원에 의한 수질오염(point source water pollution)과 비점오염원에 의한 수질오염(nonpoint source water pollution)으로 나눌 수 있다. 점오염원에 의한 수질오염의 경우 일반적으로 그 발생지점과 유입경로가 명확히 식별가능할 뿐만 아니라 오염물질의 유입량과 수질에 미치는 영향까지도 비교적 쉽게 판단이 가능하다. 대표적인 점오염원으로서 폐수를 방출하는 산업시설이나 도시하수를 처리하여 방출하는 하수처리장등을 들수 있다. 반면에 비점오염원에 의한 수질오염은 일반적으로 광범위한 지역에 걸쳐서 산재되어 있는 다양한 오염원들(예를 들면, 경작이나 건설현장으로 부터의 토사유출, 목장이나 축사로 부터 유출되는 가축의 배설물, 골프장이나 과수원에서 유출되는 비료나 농약등)로부터 발생되어지기 때문에 오염물질의 유입지점이나 유입량을 추정하거나 적절한 수질보전 대책을 수립하는 일들이 현실적으로 대단히 어려운 실정이다. 그런데 이러한 비점오염원에 의한 수질오염은 인구증가에 따른 토지이용의 증가와 급속한 도시화 현상에 따라 날로 증가하고 있어서 수중 생물들에 대해 직접적인 해를 끼칠뿐만 아니라 생태계의 파괴와 나아가서는 인간의 생명과 건강까지도 위협하는 요소가 되고있다.

지난 20여년 동안 이러한 수질오염문제들을 연구분석하고 그 해결책을 찾기위하여 장기간에 걸친 수질 측정 프로젝트들(watershed monitoring projects)과 인공강우기를 이용한 토사유출시험 등 많은 연구와 실험이 실시되었고 그 결과 상당한 지식의 축적과 더불어 여러가지 수학적 또는 경험적인 모델링 기법들과 컴퓨터 프로그램들이 개발되었으나 그 대상이 대부분 정형적(algorithmic)인 문제들에 국한되어 있어서 비정형적(non-algorithmic)인 개인의 경험이나 판단등이 분석과정에서 배제되어왔을 뿐만 아니라 초보자들이 이러한 프로그램들을 사용하려할때 복잡한 입력 데이터, 까다로운 사용방법등으로인하여 이들의 사용이 극히 제한되어왔다. 그리고 이러한 지식들이 단편적으로 여러가지 연구보고서나 저널 등에 분산되어져 있을 뿐만아니라 이러한 비점오염원에 의한 수질오염관리를 다룰 수 있는 종합적이고 체계적인 접근방법의 부재도 큰 문제점으로 대두되어져 왔다.

실제로 이러한 비점오염원에 의한 수질오염현상은 그 성격상 많은 불확실성을 내포하고 있으며 이의 적절한 관리를 위해서는 수문학, 생태계학, 지질학, 환경공학등 여러 관련분야의 전문지식 뿐만아니라 숙련된 전문가의 경험과 판단이 절대적으로 중요한 역할을 하게된다. 본 연구의

\* 공학박사 현 육군사관학교 조교수

목적은 수질오염관리상의 문제점을 분석하고 이의 해결에 필요한 지식이나 경험, 기법등을 전문가들로부터 획득 및 체계화시켜 사용하기편리한 컴퓨터시스템으로 개발시키는데 있다. 이를 위하여 최근에 새로운 의사결정도구(Decision support System)로서 큰 관심을 불러일으키고 있는 전문가 시스템기법(Expert System Approaches)을 비점오염원에 의한 수질오염의 관리에 새롭게 도입 적용하였다.

전문가 시스템은 기존의 전통적인 프로그래밍 기법에 대하여 다음과 같은 장점들을 가지고 있다. 첫째로, 전문가 시스템은 불완전(incomplete)하거나 불확실(uncertain)한 정보를 처리할 수 있는 기능을 가지고 있다. 예를 들어 사용자가 불확실한 데이터를 입력해야할 경우에 그 데이터에 대한 확신도(degree of certainty) 또는 신뢰도를 함께 입력하면 추론기관은 이 확신도를 문제해결 과정에 전파(propagation)하여 결론과 함께 그에 대한 확신도까지 제공한다. 둘째로, 전문가 시스템들은 고유의 설명기능을 가지고 있어서 왜 시스템이 특정한 질문을 하고 있는지 또는 어떠한 과정을 거쳐서 특정한 결론에 도달하게 되었는지를 사용자에게 설명해 줌으로써 사용자의 시스템에 대한 신뢰도를 높일 수 있다. 그러나 무엇보다도 가장 중요한 장점은 비산술적인 정보(non-numerical information)를 효율적으로 처리할 수 있는 symbolic processing 기능이라고 할 수 있다. 이와 같은 기능은 종전의 프로그래밍기법에서 처리하기 곤란했던 주관적인 정보(subjective information)나 경험적인 지식(heuristics)을 문제해결에 도입할 수 있게 함으로써 보다 현실성 있는 의사결정을 내릴 수 있도록 한다.

이번에 개발된 수질관리 전문가 시스템(EXPERT)은 수계분석(watershed analysis), 최선의 관리대책(Best Management Practices) 선정, 그리고 관리대책 설계의 세가지 임무를 수행할 수 있도록 개발되었다. 수계분석을 위해 사

용자가 문제가된 오염물질의 종류와 수계내의 토지이용, 강우 특성, 하천의 분포등을 입력하면 수질에 미치는 영향을 고려하여 수계내의 오염발생량과 위치를 우선 순위(priority)에 따라 적색, 남색, 청색등 각기 다른 색을 사용하여 나타내도록 함으로써 일목요연하게 수계내의 오염발생에 대한 분석이 가능하도록 하였다. 그리고 최우선적으로 고려되어야할 오염발생지점들에 대해서는 그 위치와 오염발생량, 지역특성들 종합하여 표로써 나타내도록 하였다.

수계내의 오염발생량과 위치에 대한 분석에 이어 다음 단계로 시스템은 적절한 수질오염방지 대책 선정을 하게된다. 수질오염방지 대책은 크게 오염물 발생이나 유입을 감소시키기위한 시설이나 구조물 설치에 의한 구조적인 방법(structural techniques)과 영농방법 개선이라든가 하천 주변 녹지보전 등을 통한 비구조적인 방법(nonstructural techniques)으로 나눌 수 있다. 사용자가 수질오염 방지대책이 필요한 지역의 수문학적 특징, 토양의 투수율, 지면경사, 유역면적 등 시스템이 요구하는 자료를 입력하면 가장 효율적인 수질오염방지 대책을 제시하도록 되어 있다. 일단 특정한 수질오염방지 대책이 선정되면 오염부하량, 강우에 따른 지표면 유출량, 토양의 성질 등을 고려하여 수질오염방지를 위한 시설이나 구조물을 설계하게 된다.

본 연구는 전문가 시스템을 수질오염 관리에 효율적으로 도입하는 방안을 연구하였는데 전문가 시스템을 불확실성과 주관적인 요소를 많이 내포하고 있는 수질오염관리분야에 새로운 의사결정도구로서 효율적인 수질관리에 크게 기여할 것으로 전망 된다. 수질관리 전문가 시스템의 개발과 지금까지 몇몇 전문가들에 의해서만 사용되어져오던 지식이나 경험들이 지식베이스로 체계화됨으로서 지식의 축적효과와 더불어 수질관리에 경험이 많지않은 초보자들도 전문가와 동등한 수준에서 수질관리에 대한 분석과 계획을 수행할 수 있게되었다.