

# 인공신경회로망을 이용한 농업용 저수지의 수질 특성 유형화

Patterning water quality of reservoirs  
using artificial neural networks

박영석<sup>1</sup>, 황순진<sup>2</sup>

<sup>1</sup>경희대학교 생물학과, <sup>2</sup>건국대학교 환경과학과

우리나라의 농업용저수지는 수(數)적인 측면에서 볼 때 정수시스템의 압도적인 부분(99% 이상)을 차지하나, 현실적인 여건상 대부분 제대로 관리를 받지 못하여 상당수가 부영양화 되고 있으며 수질개선 노력이 절실히 요구되는 상황이다. 특히 부영양화로 인해 수질환경이 심각하게 악화된 저수지는 전체 농업용저수지 중 8.5%에 달하고 있으며, 중부영양화 상태의 저수지를 포함하면 전체의 40.4%가 부영양화단계에 접어들고 있다. 농업용 저수지의 부영양화는 생활하수를 포함한 점오염원이나 강우와 같은 미처리된 불특정 비점오염원의 지속적인 유입에 따른 수계 내 고농도 영양물질 축적에 의한 조류 대발생이 유발되는 현상이다. 이는 21세기 지구촌의 가장 큰 수환경문제 중의 하나로서 산업혁명이후 급격한 인구집중과 도시화에 따른 용수의 수요급증이 주요 원인으로, 우리나라와 같이 중위도권에 위치한 대부분의 국가에서 공통적으로 발생하며, 여름철 호소에서 높은 수온과 광량으로 인해 조류의 최고성장을 보이는 이른바 녹조현상을 동반한다.

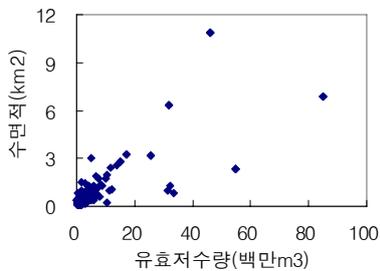


그림 40. 저수지의 유효저수량 및 수면적 관계. 자료 분석에서는 20 백만m<sup>3</sup>이하의 저수지 자료만 이용.

우리나라 농업용 저수지의 수질관리를 효율적으로 하기 위해서는 저수지 수질 및 무리화학적 유형을 규명하는 것이 필수적이다. 따라서 본 연구에서는 농업용저수지의 수문학적, 물리적, 화학적, 생물학적 수질 특성을 이용하여 저수지의 유형을 규명하고자 하였다.

자료는 농림부 및 환경부에서 전국 호소에서 측정하고 있는 전국수질측정망 자료를 이용하였다. 자료의 균질성 등을 고려하여 유효저수량 기준으로 20백만m<sup>3</sup> 이하인 301개 저수지

자료를 이용하였다(그림 1). 이용한 가능한 자료 중 수문학적 및 물리학적 인자로는 유역면적(km<sup>2</sup>), 유효저수량(백만m<sup>3</sup>), 수면적(km<sup>2</sup>), 총저수량(백만m<sup>3</sup>), 제당높이(height, m), 제당길이(length, m), 수온 등을 사용하였으며, 화학적 수질인자로는 DO(mg/L), BOD(mg/L), COD(mg/L), 고형부유물질(SS, mg/L), 총질소(TN, mg/L), 총인(TP, mg/L) 등 6개 인자를 사용하였다. 그리고 생물학적 인자로는 녹조발생 정도를 나타내는 총 엽록소 량(Chla, mg/m<sup>3</sup>)을 사용하였다. 자료 분석은 비지도학습법 인공신경회로망인 self-organizing map (SOM)을 이용하여 화

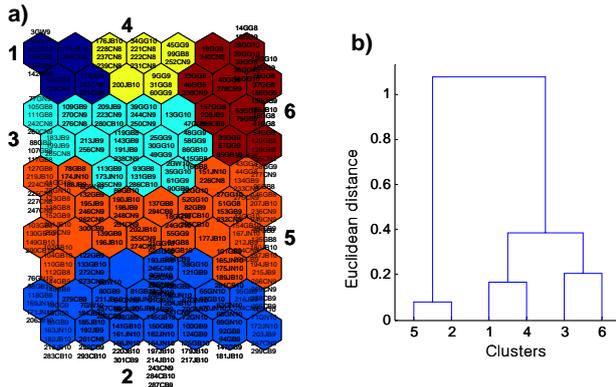


그림 41. 이화학적 수질특성에 따른 저수지 유형화. a) SOM을 이용한 유형화, b) SOM units 그룹핑. 각 셀 내에는 해당 저수지를 나타냄.

징이 있다.

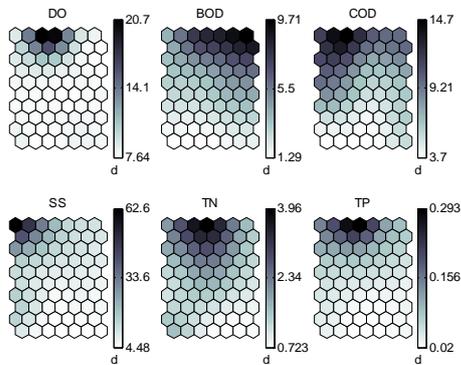


그림 42. SOM 학습결과 화학적 수질인자의 분포 특성.

학적 수질인자 6개 변수(DO, BOD, COD, SS, TN, TP)의 특성에 따라 저수지를 유형화하였다. SOM은 자료탐색을 수행하므로 자료의 분류, 유형화, 시각화에 적절하다. 사전 가르침 없이(자료에 대한 선행적인 지식 없이) 자기조직적으로 주어진 자료의 구성요소들 특성에 따라 자료유형을 결정할 수 있는 특

SOM을 이용하여 이화학적 수질 특성에 따라 저수지를 유형화 한 결과 크게 7개의 그룹으로 나뉘어졌다(그림 2). 그중 그룹 1과 4, 그룹 3과 6이 서로 상대적으로 비슷하였으며, 그룹 2와 5는 이들과 많은 차이를 보였다. 각 그룹은 저수지의 수질 특성을 잘 반영해 주었다. 그룹 1은 고형부유물질이 많은 특징을 보였으며, 그룹 4는 DO, TN, TP 등이 높게 나타났다.

그리고 그룹 6은 높은 BOD를 보였다. COD는 그룹 4에서 가장 높은 값을 보였지만 그룹 1에서도 높은 값을 보였다. 그룹 2와 5에서는 6개 수질인자 모두 작은 값을 보였다. 따라서 그룹 1과 4에 분류된 저수지는 수질이 매우 나쁜 것을 나타내

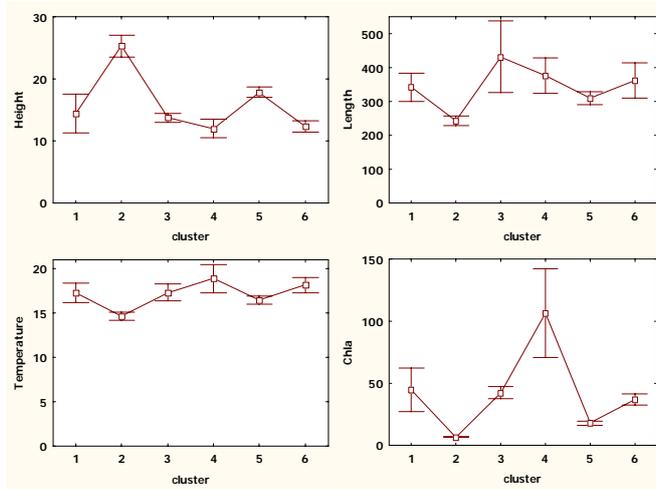


그림 43. 각 그룹별 변수의 차이. 제당높이, 제당길이, 수온, Chla는 통계적으로 유의한 차이를 보였다 (F-test,  $p < 0.05$ ).

제당높이가 높고, 제당길이는 짧은 곳으로 수온이 상대적으로 낮은 곳이었다. 그리고 Chla 도 가장 작은 값을 보였다. 한편 그룹 4는 가장 높은 Chla를 나타내어 부영양화가 매우 심하게 발생한 것을 보여주고 있다. 이러한 값은 이화학적 수질 인자의 분포에서도 잘 반영되었다.

본 연구에서는 농업용 저수지의 이화학적 수질 특성을 이용하여 저수지 유형을 규명하였으며, 이러한 특성은 SOM에 잘 반영되었다. 또한 수문학적 특성이 저수지 수질에 영향을 미칠 수 있다는 것을 반영해 주었다. 따라서 효율적인 수질관리를 위해서는 농업용 저수지의 수문학적 특성이 고려되어야 할 것으로 판단된다.

주며, 그룹 3과 6도 다소 수질이 나쁜 것을 보인다. 그러나 그룹 2와 5는 상대적으로 가장 양호한 수질 상태를 보여준다.

각 그룹별 수문학적, 물리학적, 생물학적 인자의 차이. 유역면적, 유효저수량, 수면적, 총저수량 등은 차이가 없었으나, 제당높이, 제당길이, 수온, Chla는 통계적으로 유의한 차이를 보였다 (F-test,  $p < 0.05$ ). 그룹 2는