

저수지내 수질모니터링 지점의 최적화 기법

Optimization Technique for Water Quality Monitoring Stations in a Reservoir

박상영*, 정선아**, 이혜숙***, 이혜근****
Sangyoung Park, Seon-a Jeong, Hye-suk Yi, Hye-Keun Lee

요 지

본 연구에서는 K-mean 알고리즘을 이용하여 수자원조사지점을 클러스터링하고, 수질변화 특성을 비교 분석하였다. 현행 용담댐 저수지의 호내 수질조사점은 10개소를 운용하고 있으나, 샘플링의 경제성과 효율성을 위하여 수질변동 특성이 유사한 몇 개의 지점으로 클러스터링을 할 필요성이 있다. 군집의 개수를 3개, 4개, 5개로 변화해 가면서 알고리즘을 적용한 결과, 크게 3개의 영역으로 분류되었다. 즉, 지류의 유입부분과 용담호의 중류 지역 그리고 댐앞 지점으로 분류되었다. 지류로 부터의 오염부하 유입에 따른 영향을 직접적으로 받는 3번, 8번, 9번 조사지점은 수질변동 특성이 유사한 것으로 분석되었으나, 공간적으로 이격되어 있어 조사지점을 계속 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 용담호의 중류에 해당하는 5번, 6번, 7번 지점은 하천과 호소의 중간적인 성격을 지닌 전이지대(transitional zone)에 해당하며, 수질변동특성이 유사하여 하나의 조사지점으로 통합하는 것이 적절할 것으로 판단된다. 1번, 2번, 4번 조사지점은 댐앞 지점으로써 호소의 성격이 강한 지점으로 볼 수 있으며, 하나의 조사지점으로 통합할 수 있다. 통합된 조사지점의 강우기 수질변화는 매우 유사한 패턴을 보이고 있는 것을 확인할 수 있다.

핵심용어: 저수지수질, 모니터링, 최적화, K-mean

1. 서 론

양질의 수자원을 확보하기 위한 저수지 수질관리방안은 유역 오염원 관리와 더불어 수체내의 매커니즘의 이해를 위한 수학적 모델링에 이르기까지 다양한 방법으로 적용되고 있다. 본 연구는

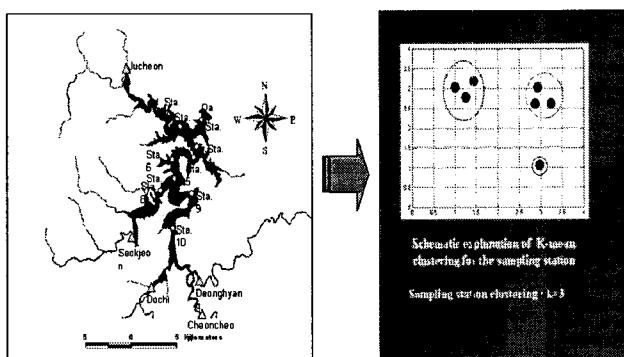


그림 1. 수질조사지점의 클러스터링 개념도

수자원공사에서 2002년부터 2007년까지 시범유역으로 지정하여 연구하고 있는 용담댐을 대상으로 수행된 연구의 일부분으로써 저수지 수질관리를 위한 저수지내 조사지점의 최적화 문제를 다루고 있다. 용담댐 저수지에 설정된 10개 수질조사지점을 대상으로 연구를 수행하였다. 수질조사지점은 샘플링의 경제성과 효율성을 위하여 수질변동 특성이 유사한 몇 개의 지점으로 클러스터링을 할 필요성이 있다. 본 연구에서는 K-mean 클러스터링은 이

* 정회원. 한국수자원공사 수자원연구원 선임연구원 공학박사 E-mail : sypark119@kwater.or.kr
** 정회원. 한국수자원공사 수자원연구원 선임연구원 공학석사 E-mail : isa@kwater.or.kr
*** 정회원. 한국수자원공사 수자원연구원 선임연구원 공학석사 E-mail : ylhs@kwater.or.kr
**** 정회원. 한국수자원공사 수자원연구원 수석연구원 공학박사 E-mail : hklee@kwater.or.kr

용하여 수지조사지점을 클러스터링하고, 수질변화 특성을 비교 분석하였다 (그림 1). K-mean 알고리즘은 사용자가 군집의 개수를 지정하며, 개별 그룹간의 중심거리를 계산하고 가장 근접한 그룹으로 주어진 데이터를 할당하는 기법이다. 데이터 집합에 대하여 각각의 클러스터 중심과의 거리(유클리디언 거리)를 비교하여 가장 가까운 클러스터에 속하도록 지정한다.

2. 자료의 수집

2005년도에 각각의 측정지점별로 관측된 용담호 표층 수질자료의 년간 통계학적 특성을 표 1에 정리하여 나타냈다. 데이터 분석결과, 수질변화 특성은 1월부터 5월까지는 각각의 측정 지점간에 큰 변화를 보이지 않았으나, 강우가 집중하는 6월, 7월, 8월, 9월에는 급격한 변화 양상을 보이는 것으로 나타났다. 분석결과 조사지점별 항목별로 중위수값(median)은 비슷한 것으로 분석되었다. 한편, 유입지류의 영향을 직접적으로 받는 9번, 10번 지점의 경우 SS 항목의 변동 범위가 매우 큰 것으로 분석되었다 (그림 2).

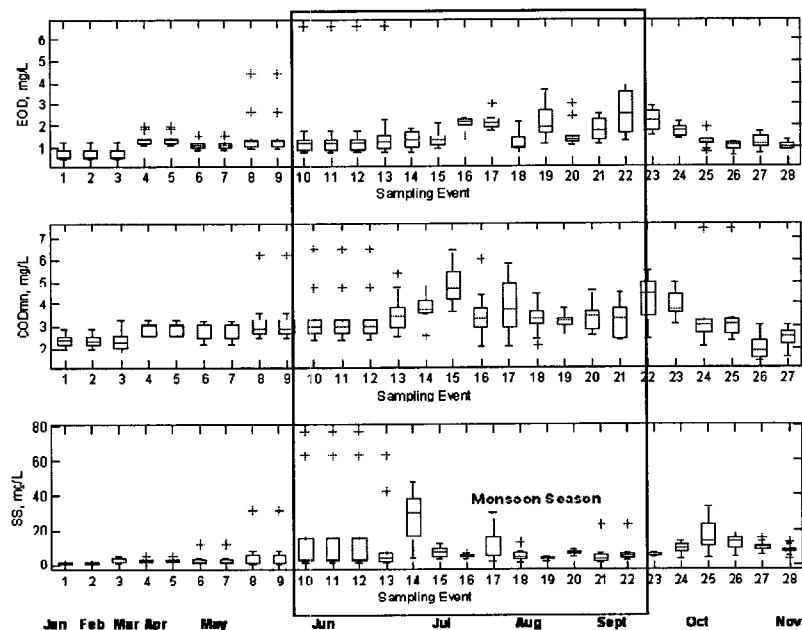


그림 2. 년간 수질항목별 변화 패턴 (2005년)

표 1. 용담댐의 수질데이터의 통계적 분석

	Temp. (°C)	EC (μs)	pH	DO (mg/L)	Turb. (NTU)	SS (mg/L)	BOD (mg/L)	CODMn (mg/L)	CODCr (mg/L)
Min.	2.9	53	6.10	0.4	0.3	0.4	0.5	1.9	3.0
Max.	26.1	161	8.92	16.9	155.5	77.0	6.6	6.5	14.8
Mean	14.9	97	7.23	10.3	12.8	7.6	1.4	3.2	5.6
StdDev.	6.5	27	0.61	3.8	30.0	13.5	0.8	1.1	1.6
	TP (mg/L)	PO4-P (mg/L)	TN (mg/L)	NH4-N (mg/L)	NO3-N (mg/L)	NO2-N (mg/L)	DOC (mg/L)	TOC (mg/L)	Chl-a (mg/m³)
Min.	0.004	0.000	1.16	0.01	0.57	0.003	1.0	1.0	0.8
Max.	0.17	0.042	5.27	0.70	3.18	0.674	3.3	2.2	28.6
Mean	0.03	0.007	1.82	0.08	1.29	0.027	1.5	1.5	4.1
StdDev.	0.03	0.012	0.61	0.11	0.45	0.073	0.4	0.2	4.3

3. 결과 및 고찰

3.1 K-mean 클러스터링

k-Means 클러스터링은 주어진 데이터에 대하여 폐턴을 분류하고 클러스터 중심을 구하기 위하여 사용한다. 데이터 집합에 대하여 각각의 클러스터 중심과의 거리(유클리디언 거리)를 비교하여 가장 가까운 클러스터에 속하도록 지정한다. 클러스터링 알고리즘의 적용은 2005년, 2006년도에 측정된 하절기 데이터(5월-10월)를 이용하였다. 비교적 수질변동이 심한 시기의 자료를 이용하여 수질변동 특성이 동일한 군집으로 분류하였다. 총 31회의 조사 자료 중, 표충에서 채수 분석한 수질자료와 수심자료를 적용하였다. 10번 지점은 2006년도의 집중 강우로 인한 수질조사 횟수의 제한 및 불일치를 감안하여 분석에서 제외하였다.

표 2. 군집별 조사지점의 특성 분석

신규 지점	구지점	조사지점 특성	비고
A	3번	주천으로부터의 오염부하 유입에 영향을 받는 지점	지류
B	8번	석정유역으로부터의 오염부하 유입에 영향을 받는 지점	지류
C	9번	상류 유역인 도치, 천천, 동향으로부터의 오염부하 유입에 직접적인 영향을 받는 지점	지류
D	5번, 6번, 7번	하천과 호소의 중간적인 성격을 지닌, transitional zone	중류
E	1번, 2번, 4번	댐 앞지점으로써 호소의 성격이 강한 지점	댐앞

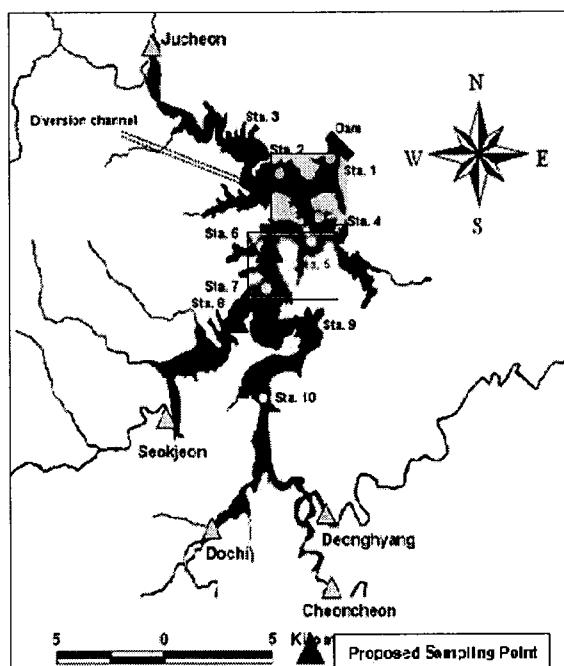


그림 3. 수질조사지점의 클러스터링 결과

군집의 개수를 3개, 4개, 5개로 변화해 가면서 알고리즘을 적용한 결과, 크게 3개의 영역으로 분류되었다 (표 2). 즉, 그림 3과 같이 지류의 유입부분과 용담호의 중류 지역 그리고 댐앞지점으로 분류되었다. 지류로부터의 오염부하 유입에 따른 영향을 직접적으로 받는 3번, 8번, 9번 조사지점은 수질변동 특성이 유사한 것으로 분석되었으나, 공간적으로 이격되어 있어 조사지점을 계속 유지하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 용담호의 중류에 해당하는 5번, 6번, 7번 지점은 하천과 호소의 중간적인 성격을 지닌 전이지대(transitional zone)에 해당하며, 수질변동특성이 유사하여 하나의 조사지점으로 통합하는 것이 적절할 것으로 판단된다. 1번, 2번, 4번 조사지점은 댐앞 지점으로써 호소의 성격이 강한 지점으로 볼 수 있으며, 하나의 조사지점으로 통합할 수 있다.

통합된 영역에 해당하는 지점의 강우기 수질변화 폐턴을 그래프로 표시하였다. 각 조사지점의 수질변화는 매우 유사한 폐턴을 보이고 있는 것을 확인할 수 있다.

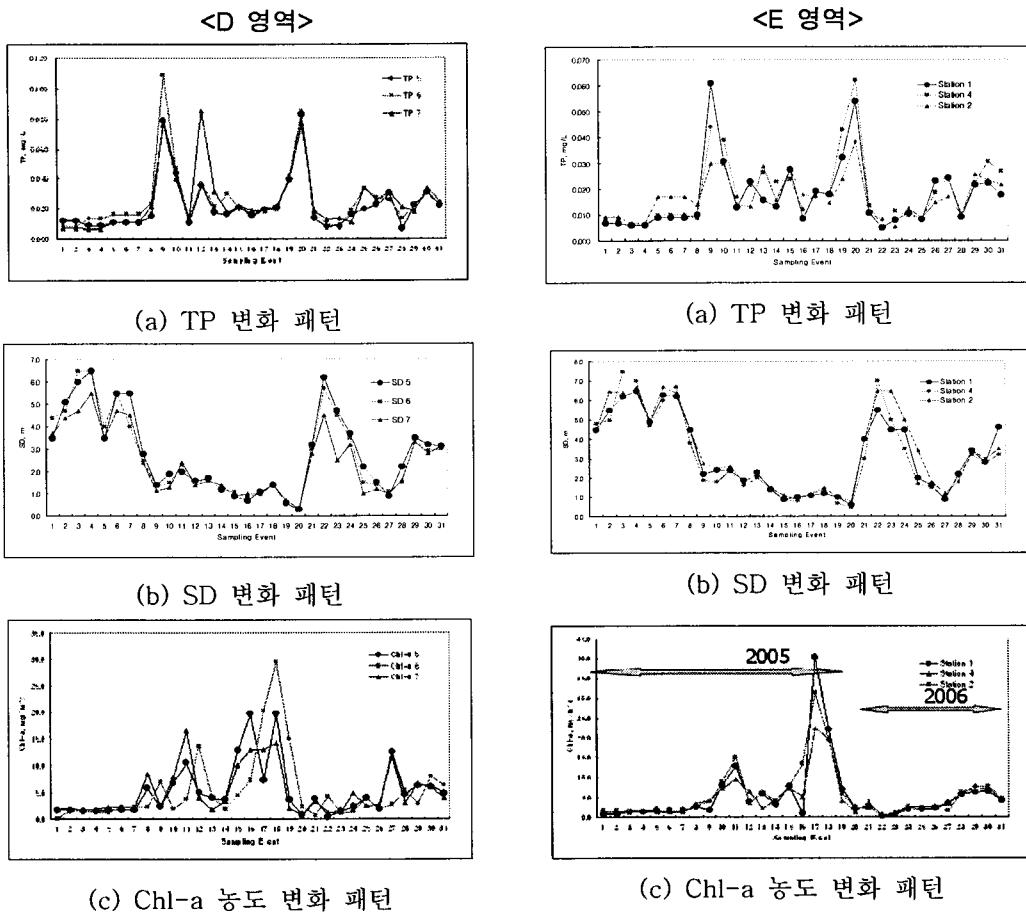


그림 4. 통합영역의 수질 변화 패턴

4. 결 론

본 연구에서는 K-mean 알고리즘을 이용하여 수지조사지점을 클러스터링하고, 수질변화 특성을 비교 분석하였다. 군집의 개수를 3개, 4개, 5개로 변화해 가면서 알고리즘을 적용한 결과, 크게 3개의 영역으로 분류되었다. 동일 그룹으로 분류된 조사지점은 각각 오염부하 유입에 따른 영향을 직접적으로 받는 지점과 용담호의 종류에 위치하며 하천과 호소의 중간적인 성격을 지닌 전이지대(transitional zone)의 성격을 갖는 지점, 댐앞 지점으로써 호소의 성격이 강한 지점으로 볼 수 있으며, 하나의 조사지점으로 통합할 수 있다. 통합된 조사지점의 강우기 수질변화는 매우 유사한 패턴을 보이고 있는 것을 확인할 수 있다.

참 고 문 헌

1. 김좌관, 1995, 수질오염개론, 동화기술, pp.154-178.
2. 김미숙, 정영륜, 서의훈, 송원섭, “낙동강 부영양화와 수질환경요인의 통계적 분석”, *Algae*, Vol.17(1), pp 105-115, 2002
3. 김호섭, 황순진, “육수학적 특성에 따른 국내 저수지의 부영양화 유형분석-엽록소 a와 수심을 중심으로”, *Korean J. Lomnol.*, Vol. 37(2), pp.213-226, 2004