

RS/GIS를 이용한 팔당호 수질환경 모니터링

Water Quality Monitoring in Paldang using RS and GIS

나상일*, 박종화**, 박진기***, 이규호***

Sang Il Na, Jong Hwa Park, Jin Ki Park, Kyo Ho Lee

요 지

본 연구에서는 팔당호에 유입되는 북한강, 남한강, 경안천의 6개 지류에 대하여 2009년 6월부터 12월까지 10일 주기로 현장 측정된 10개의 수질평가 항목과 측정시기에 근접한 4장의 시계열 위성영상에 의한 수질분석 기법을 이용하여 RS/GIS에 의한 수질환경 모니터링을 실시하였다. 현장에서는 다항목 수질측정기(DS5, Hydrolab ; 센서장착포트 7개, 측정항목 : 수온, 탁도, EC, LDO)를 이용하였고, 채수를 통해 실내에서 T-N, T-P, BOD, COD, ph, 부유물질(이하, SS)을 측정하였다. 위성영상에 의한 수질인자는 수온, 탁도, SS 등을 선정하여 자료의 정성적 해석을 통해 팔당호의 수질환경 모니터링을 수행하였다. 또한, 위성영상으로 분석한 수질평가 자료는 현장자료와의 상관성을 검토하였으며 회귀분석을 실시하여 수질인자별 분포도를 작성하였다.

핵심용어 : RS/GIS, 팔당호, 수질환경 모니터링

1. 서 론

과거 수자원의 안정적인 확보와 공급의 일환으로 수계에 많은 저수지와 댐을 건설하였으나 최근에는 이들 수자원의 수질오염이 가중되고 있어 이에 따른 수질관리 방안이 요구되고 있다. 특히, 1966년부터 1974년에 걸쳐 발전과 용수공급을 목적으로 만들어진 총 저수량 2억4400만톤의 팔당호는 수도권 주민의 식수원으로서 국가안보차원의 중요성을 지닌다. 이러한 중요성 때문에 정부에서는 지속적으로 팔당호의 수질개선을 위해 노력하고 있으나 5,000억원에 이르는 막대한 재원을 투자하여 환경기초시설을 확충해오고 있음에도 불구하고 북한강, 남한강, 경안천으로 유입되는 각종 오폐수로 인하여 팔당호의 수질은 90년도 이후 계속 악화되는 추세를 보이고 있다. 한편 팔당호 퇴적물의 오염정도는 수질에 미치는 영향만을 고려한다면 즉각적인 퇴적물 처리가 요구될 정도의 심각한 수준도 아니며 과거에 비해 오염이 심화되는 추세도 아닌 것으로 나타났다. 이는 팔당호 수질악화의 근본적인 원인은 퇴적물이 아니며 수질개선을 위해서는 외부오염원의 관리가 선행되어야함을 시사한다. 따라서, 광역적 수질오염의 지속적인 모니터링과 함께 기존의 오염분석방법을 보완하기 위한 대안으로 광역수계의 동시관측과 반복관측이 가능한 RS/GIS 기법을 이용한 종합적인 수질환경 모니터링 기법이 대두되고 있다. 특히, 위성영상은 화소단위의 디지털 영상으로 지상수역의 오염물질 분포가 불규칙하다 할지라도 특성이 뚜렷한 수질인자에 대해서는 감지할 수 있고, 광역의 수질분포도를 작성 할 수 있어 보다 종합적인 분석을 가능하게 한다.

* 정회원 · 충북대학교 지역건설공학과 박사과정 · E-mail : sangil917@nate.com
** 정회원 · 충북대학교 지역건설공학과 교수 · E-mail : jhpak7@chungbuk.ac.kr
*** 정회원 · 충북대학교 지역건설공학과 석사과정 · E-mail : krfamily@nate.com
*** 정회원 · 충북대학교 지역건설공학과 석사과정 · E-mail : loki95@nate.com

본 연구에서는 팔당호에 유입되는 북한강, 남한강, 경안천의 6개 지류에 대하여 2009년 6월부터 12월까지 10일 주기로 현장에서 측정된 10개의 수질평가 항목과 측정시기에 근접한 4장의 시계열 위성영상을 이용하여 RS/GIS에 의한 수질환경 모니터링을 실시하였다. 위성영상에 의한 모니터링은 수온, 탁도, SS를 선정하여 자료의 정성적인 해석을 통해 수행하였고, 위성영상으로 분석한 수질평가 자료는 현장자료와의 상관성을 검토하여 수질인자별 분포도를 작성하여 제시하고자 한다.

2. 연구대상지역 및 연구방법

2.1 연구대상지역

본 연구는 남한강과 북한강이 만나는 팔당호를 중심으로 그림 1과 같이 40.5 km × 34.5 km영역을 대상지역으로 선정하였다. 팔당호는 남한강과 북한강이 서로 만나 다양한 수질분포를 나타내는 지역으로 상류지역의 대부분은 상수원보호구역이다. 남한강과 북한강 유역의 강수량 및 수질오염원 분포는 지역적 차이가 커서 주요 지류들이 만나는 팔당호 하류 지역에서 수질변화가 심한 것이 특징이다. 자료의 일관성을 위하여 현장 측정지점은 팔당호의 주요 지류인 조안천, 우산천, 무갑천, 사탄천, 양근천, 흑천의 6개 하천 상류 및 하류를 선정하여 측정을 실시하였다(표 1).

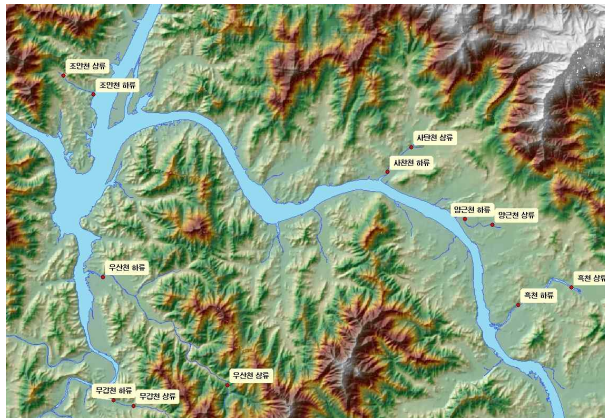


그림 1. 연구대상지역 및 현장 측정지점

표 1. 하천별 측정지점 위치

유역	하천	경도	위도
북한강	조안천 상류	127.28 E	37.55 N
	조안천 하류	127.30 E	37.54 N
경안천	우산천 상류	127.36 E	37.43 N
	우산천 하류	127.30 E	37.47 N
	무갑천 상류	127.32 E	37.42 N
	무갑천 하류	127.31 E	37.42 N
남한강	사탄천 상류	127.46 E	37.52 N
	사탄천 하류	127.44 E	37.51 N
	양근천 상류	127.50 E	37.49 N
	양근천 하류	127.48 E	37.49 N
	흑천 상류	127.54 E	37.46 N
	흑천 하류	127.51 E	37.46 N

2.2 연구방법

본 연구는 팔당호의 수질환경 모니터링을 위하여 조안천 외 5개 하천에 대하여 2009년 6월부터 12월까지 10일 주기로 현장에서 측정된 10개의 수질평가 항목과 측정시기에 근접한 4장의 시계열 위성영상자료와의 관련성 여부를 분석하였다. 현장에서는 다항목 수질측정기(DS5, Hydrolab; 센서장착포트 7개, 측정항목 : 수온, 탁도, EC, LDO)를 이용하였다. 현장 채수한 시료는 실내에서 T-N, T-P, BOD, COD, ph, SS를 측정하였다. 위성영상자료는 주성분분석을 이용하여 실측자료와 밴드간의 순위상관관계를 분석하여 요인별 최적 밴드 및 회귀방정식을 구하고 다년간의 시계열 영상자료를 이용하여 수질인자별 분포 변화를 도면화하였다. 특히, 탁도와 SS는 물의 색이나 순도에 영향을 미칠 것으로 판단되므로 위성영상에서 어느 정도 특징적으로 나타날 것으로 예측되며, 수온의 경우에는 열적외 밴드에서 추출된 온도자료를 이용하여 모니터링을 수행하였다.

3. 연구결과

3.1 현장측정에 의한 온도 및 수질인자별 분포 변화

현장측정에 의한 온도 및 수질인자별 분포 변화는 그림 2~7과 같다. 수질인자별 변화특성을 살펴보면, 온도는 시간이 지남에 따라 계절의 영향으로 20℃전후에서 10℃이하로 감소한 반면, 용존산소량(DO)은 8mg/L 전후에서 11mg/L로 증가하였다. 이는 수온의 영향으로 온도가 감소함에 따라 수체내 산소의 용해도가 높아져 DO가 증가한 것으로 판단된다. SS 및 탁도는 하천에 따라 큰 편차를 나타내었다. 특히, 우산천과 양근천은 휴양소와 양평시내가 접해 있어 SS가 10mg/L 이상으로 높게 나타났고, 탁도도 20NTU 이상으로 높게 측정되었다. 반면, T-N과 T-P는 조안천과 무감천에서 각각 4mg/L, 0.1mg/L 이상으로 높게 나타났다. 이는 시비한 영향염류가 9월 중순 이후 작물의 수확으로 토양 속에 남아 지하수 및 유출수를 통해 배출된 것으로 해석된다. 특히, 조안천의 경우 상류와 하류의 편차가 크게 나타나 조안천 유역의 농경지에서 많은 양의 질소와 인이 방출되는 것을 확인 할 수 있었다. COD 및 BOD는 여름>겨울>가을 순으로 계절적 변동 양상이 비교적 뚜렷하게 나타났으며, pH와 EC는 연중 거의 일정한 수준을 유지하였다.

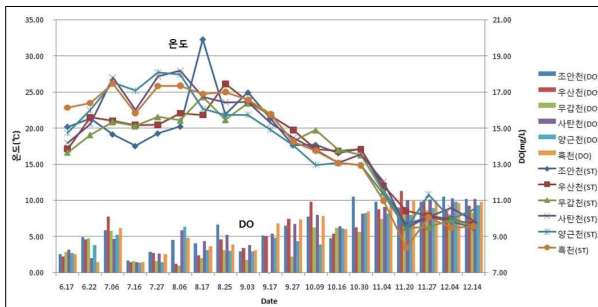


그림 2. 온도 및 용존산소량(DO) 변화

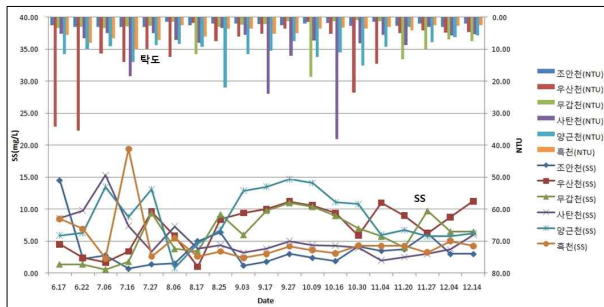


그림 3. 부유물질(SS) 및 탁도 변화

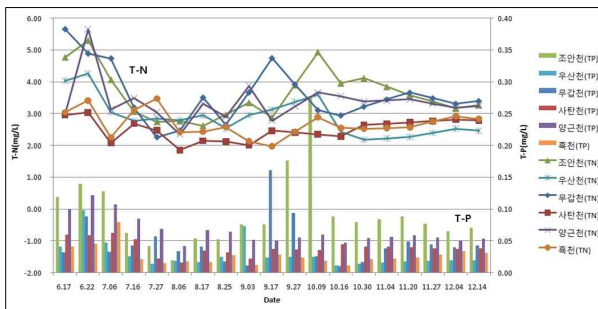


그림 4. T-N 및 T-P 변화

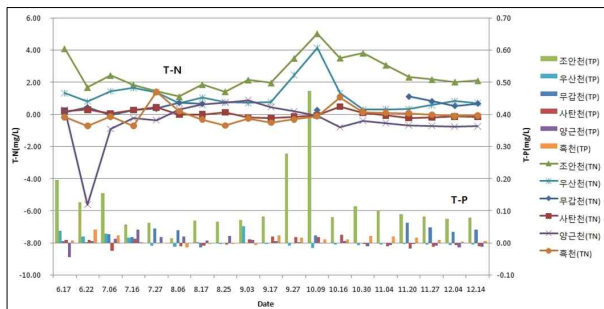


그림 5. T-N 및 T-P의 상·하류 편차

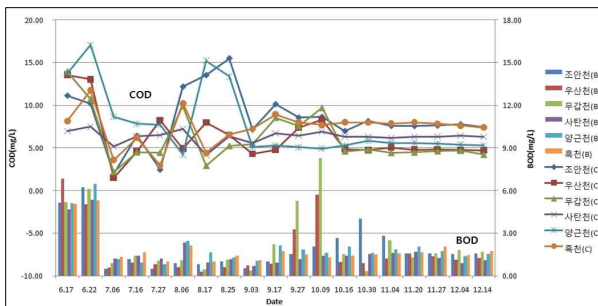


그림 6. COD 및 BOD 변화

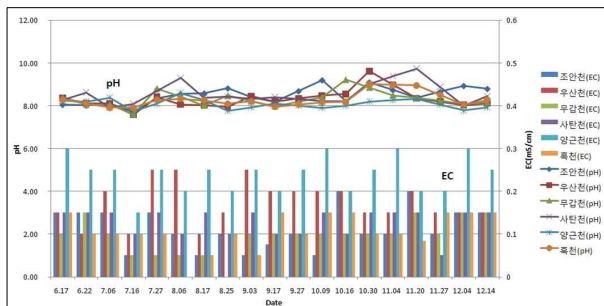


그림 7. pH 및 EC 변화

3.2 위성영상에 의한 수질인자별 분포도 작성

위성영상은 표 2와 같이 2001년~2006년의 총 6개의 Landsat 자료를 대상으로 주성분 분석과 수체의 분광특성을 이용하여 수질환경 분석에 주로 사용되는 밴드를 선정하였다(나상일, 2007). 일반적으로 수질환경 분석에는 밴드비(Band Ratio)를 이용하지만 밴드 1의 경우 대기에서 산란이 매우 심하여 자료 해상도가 떨어져 많은 문제점이 발생한다. 따라서 본 연구에서는 주성분 분석 기법을 채택하였다. 또한, 위성영상과 현장 실측자료와의 상관성 검토 시 영상의 DN값은 현장 측 정지점을 중심으로 3×3 격자의 DN값을 평균하여 사용하였다.

표 2. 사용된 시계열 위성영상

촬영일자	센서	Path/Row	현장측정
2001.06.03	L5 TM	115/34	2009.06.17
2007.07.30	L5 TM	116/34	2009.07.27
2006.09.13	L5 TM	116/34	2009.09.17
2001.09.23	L7 ETM+	116/34	2009.09.27
2006.10.15	L5 TM	116/34	2009.10.16
2006.10.24	L5 TM	115/34	2009.10.30

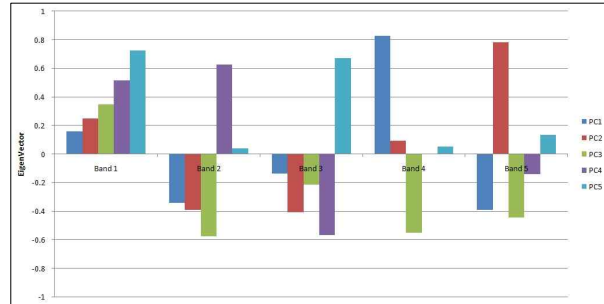


그림 8. 주성분 축에 대한 고유벡터

Landsat 영상의 주성분 분석 결과(그림 8), PC1과 PC2의 분산 값 합은 96.14%로 대부분의 정보가 PC1과 PC2에 포함되며 특히, PC1은 밴드 4, PC2는 밴드 2에서 가장 많은 정보를 포함하고 있는 것으로 나타났다. PC3 이하는 자료의 압축이 심하여 본 연구에서는 제외하였다. 따라서 PC1, PC2의 영상을 이용하여 수질인자별 위성자료와 실측자료를 비교한 결과, 탁도와 PC2의 상관계수는 0.79이며 회귀식의 결정계수는 0.63, 회귀방정식은 $y = 0.3169x - 21.477$ 으로 나타났다(그림 9). SS는 농도가 증가할수록 $0.55\mu\text{m}$ 파장대에서 높은 반사율을 보이는 반면, $0.8\mu\text{m}$ 파장대에서는 상대적으로 낮은 반사율을 보이는 분광특성을 가지고 있다(나상일, 2007). 이를 기초로 각 파장대의 정보를 많이 포함하고 있는 PC1과 PC2를 이용하여 다음과 같은 관계식을 추출하였다.

$$SS = \frac{PC2 - PC1}{PC2 + PC1} \quad (1)$$

위의 식을 이용하여 SS와 PC1, PC2의 연산에 의하여 추출한 관계식의 상관계수는 0.82, 결정계수는 0.67이며 정의 상관관계를 가지는 것으로 나타났다(그림 10). 또한 이들 변수간 회귀방정식은 $y = 14.399x + 0.5062$ 로 나타났다.

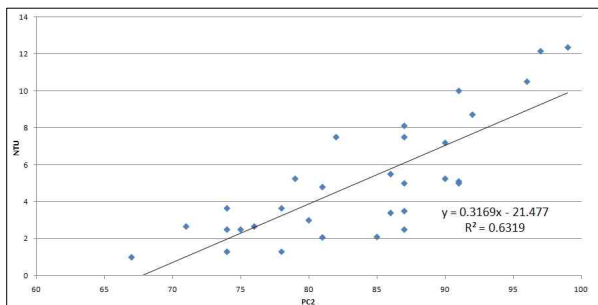


그림 9. 탁도와 PC2의 회귀분석도

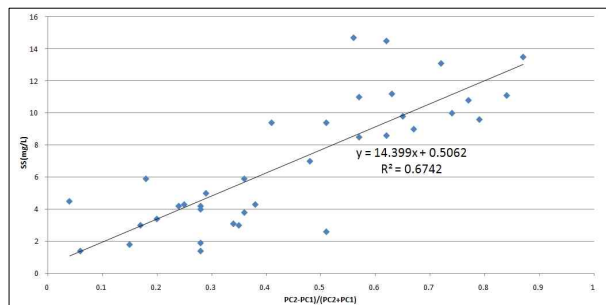


그림 10. SS와 PC1, PC2 조합식의 회귀분석도

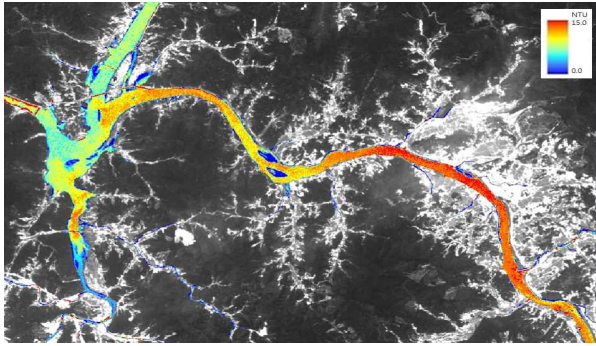


그림 11. 위성영상에 의한 탁도 분포도(9월 23일)

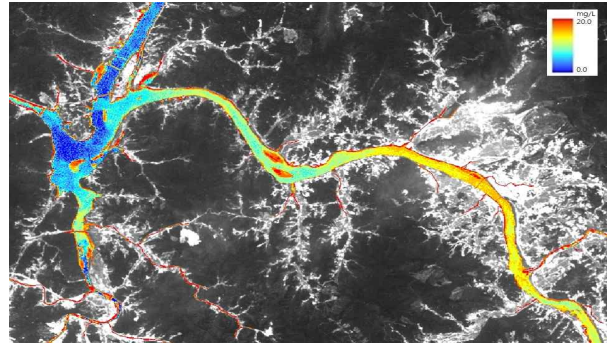


그림 12. 위성영상에 의한 SS 분포도(9월 23일)

이상의 회귀 방정식을 통하여 얻어진 결과를 적용하여 작성된 팔당호 유역의 탁도 및 SS의 분포도의 일례는 그림 11~그림 12와 같다. 또한, 수온의 경우에는 그림 13과 같이 Landsat 영상을 이용하여 추출한 수온분포가 실측자료보다 2~3°C 정도 높게 나타났으나, 분포양상 및 증감추이가 유사하게 나타나 수질환경 모니터링에 적용이 가능한 것으로 판단된다.

그러나 그 외 수질항목은 상관계수 0.5 미만으로 위성영상에 의한 모니터링 적용에는 한계가 있는 것으로 나타났다. 따라서 앞으로 보다 많은 고해상도 위성영상의 축적과 현장 실측자료의 적시 획득, 수질인자 별 알고리즘 개발 등이 필요할 것으로 사료된다.

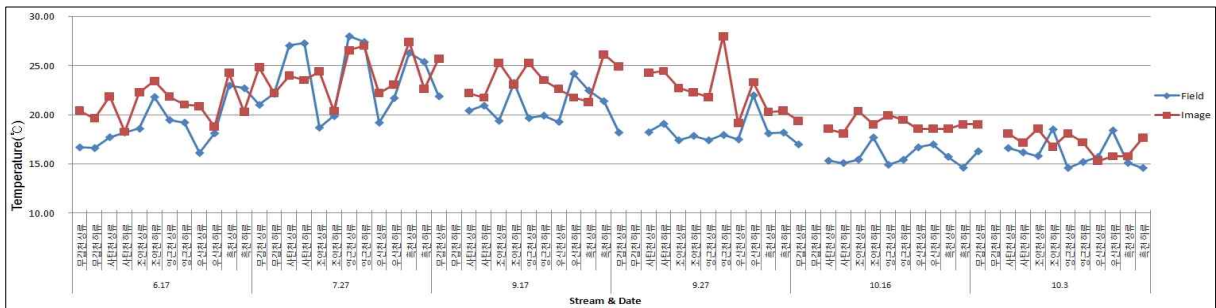


그림 13. 위성영상을 이용한 온도와 실측 온도의 변화

4. 결 론

본 연구에서는 현장에서 측정한 10개의 수질평가 항목과 측정시기에 근접한 4장의 시계열 위성영상을 이용하여 팔당호의 수질환경 모니터링을 실시하였다. 얻어진 결과를 정리하면 다음과 같다.

1. 위성영상의 주성분분석 결과 얻어진 PC1, PC2의 영상을 이용하여 수질인자별 위성자료와 실측자료를 비교한 결과, 탁도와 PC2의 상관계수는 0.79이며 회귀식의 결정계수는 0.63, 회귀방정식은 $y = 0.3169x - 21.477$ 로 나타났다.
2. SS와 PC1, PC2의 연산에 의하여 추출한 관계식의 상관계수는 0.82이며 결정계수는 0.67, 회귀방정식은 $y = 14.399x + 0.5062$ 로 나타났다.
3. 수온은 영상에서 추출한 결과가 2~3°C 정도 과대평가가 되었으나 분포양상 및 증감추이가 유사하게 나타나 수질환경 모니터링에 적용이 가능한 것으로 판단되었다.

참 고 문 헌

1. 나상일(2007). 위성영상을 이용한 새만금 지역의 환경 모니터링, 석사학위논문, 충북대학교.