

R/S를 이용한 다목적 저수지의 유입오염부하량 산정을 위한 지상인자 도출

심순보¹⁾, 김주훈²⁾, 고덕구³⁾

1. 서론

수질관리를 위한 국내의 연구는 1980년대에 들어와서 본격적으로 시작되었으나, 아직도 수환경 생태계에 대한 오염실태 조사 및 자료의 축적이 되어 있지 못하고, 상수원을 포함한 내륙수계의 수질오염은 각종 오염원의 오염물 발생 규모와 유역 및 하천, 호소에 대한 오염부하 특성이 규명되지 않고 있는 것이 현실이다. 또한 오염물들의 발생과 배출, 이동 등을 파악하기 위해 지금까지는 지도상이나 현지 조사를 통해 개략적으로만 가능했으며 동적인 특성 파악은 거의 불가능하였다. 따라서 큰 사회 문제로서 제기되고 있는 수환경 생태계에 대한 종합적이고 체계적인 오염 실태 조사 및 자료의 축적과 이의 감시 및 효율적인 관리를 위한 대규모적이고 체계적인 방안마련이 시급한 실정이다.

본 연구에서는 인공위성 원격탐사 이미지의 분석 처리를 통해 유역의 토지이용 분포를 비롯하여 지표수 유출 거동에 관련된 지상인자 및 유출 경로를 파악하여 수자원 및 수질관리분야에 이용할 수 있는 방법론을 충주댐 유역에 대한 토지 이용 분석의 예와 함께 제시하고, 이를 수행하는데 있어서 발견된 문제점들을 기술함으로써 장차 수행되어야 할 연구 과제들을 제시하고자 한다.

2. 이론적 배경

2.1 토지이용에 따른 발생 오염원단위

오염부하는 발생원마다 발생량이 다르므로 모든 발생원에 대해서 각각의 오염부하 발생량을 실측하는 것이 원칙이나 발생원 모두에 대해 계속적으로 오염발생량을 실측하는 것은 실제로 불가능하다. 따라서 오염발생량을 정량적으로 파악하는데 있어서는 발생원별 원단위를 사용하는 것이 일반적이다. Table 1.은 토지 이용에 따

-
1. 충북대학교 공과대학 토목공학과 교수
 2. 충북대학교 토목공학과 공학석사
 3. 충북대학교 수자원·수질연구센터 연구조교수

른 발생원단위를 나타낸 것이다.

Table 1. Unit pollutant load factor according to the landuse (unit: $kg/km^2/day$)

Item Class	BOD	T-N	T-P
Paddy field	5.12	8.20	1.40
Upland	5.18	8.95	0.39
Forest	1.00	4.64	0.021
Urban area	87.60	10.05	0.55
Others	0.96	4.64	0.027

(자료 : 농어촌용수 환경관리에 관한 연구(II), 1993)

2.2 오염물질의 배출 특성

오염물질이 발생된 지점으로부터 저수지 또는 하천으로 유입되는 과정에서 자정 또는 희석 등을 통해 실제로 배출되는 배출률을 결정하는데 있어서 종전에는 유역의 면적, 인구, 농경지 비율 등을 고려하는 포괄적이고 통계적인 방법이 이용되어 왔으나, 이 방법에 의해서는 오염원의 분포 또는 배출 경로의 차이로 인해 실질적인 배출률을 정확히 파악하는 것이 어려웠었다. 원격탐사 위성영상의 분석을 통해 유역내 오염원의 위치 파악과 저수지 또는 하천으로의 유출 경로를 정도 높게 파악함으로써 물리적인 모형화를 위한 연구들이 수행되고 있다.

2.3 인공위성 원격탐사자료

인공위성 원격탐사 자료의 영상처리 기법을 활용하면 토지이용 실태에 대한 자료를 신속하게 추출할 수 있을 뿐 아니라, 특히 인공위성 원격탐사 자료를 이용하면 넓은 지역의 지표 대상물에 대한 각종 최신 정보를 일시에 수집이 가능하고, 동일 지역에 관한 정보를 거의 주기적으로 획득할 수 있으며, 오염원의 유역 내에서의 상대적인 위치를 파악할 수 있다는 장점이 있다.

원격탐사 데이터는 일반적으로 디지털 이미지 데이터이다. 따라서 원격탐사에서 데이터 처리는 디지털 이미지 프로세싱과 같은 처리가 지배적이다. Fig 1과 같은 순서에 의해 원격탐사 데이터를 처리하는 것이 일반적이다.

2.3.1 기하학적 보정

원격탐사자료는 기기상태나 대기조건 등에 따라 많은 오류 및 왜곡을 포함하고 있다. 대부분의 원격탐사자료는 이러한 오류 및 왜곡을 먼저 복원(restoration)하거나 보정(correction)한 후에 다음 단계의 처리를 수행하게 된다. 이와 같은 보정과정을 전처리(preprocessing)라 하며, 기하학적 보정 및 대기보정 등이 포함된다.

기하학적 보정은 영상의 원초적 오류나 기하학적 왜곡(distortion)을 보정하는 과

정으로써 시스템 보정(system correction)처리와 지상기준점(GCP, Ground Control Point) 보정처리가 사용된다. 기하학적 보정을 위한 좌표변환식에서 Affine 변환은 지구의 회전이나 위성의 자세에 의한 skew, 영상의 회전, 좌우 이동, 축척 변화 등 6가지 종류에 대하여 보정할 수 있다.

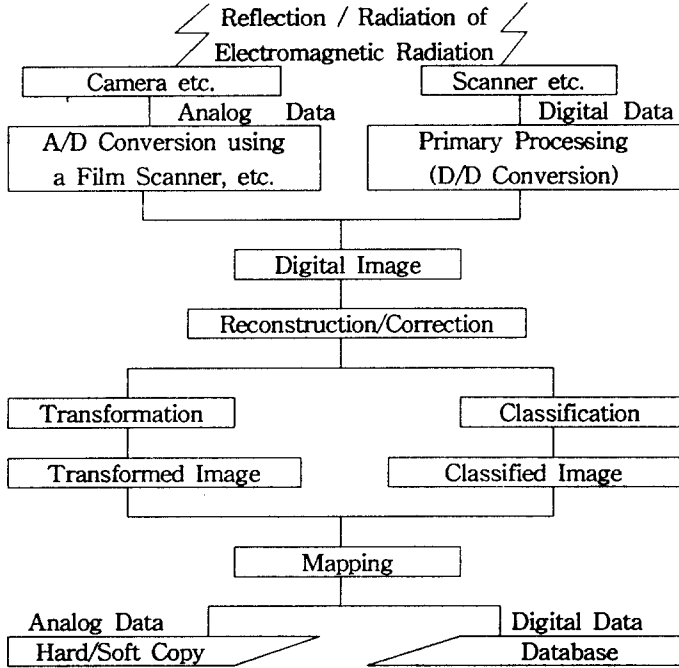


Fig 1. Image data flow in remote sensing

2.3.2 지상인자 도출

1) 식생지수(GVI)

Tasselled Cap은 다중 분광 영상의 자료로 이루어지는 특징공간(feature space)에서 토양(bare soil)과 녹색식물의 반사특성이 이루는 축을 구하는 방법이다. 식생지수(GVI, Global Vegetation Index)는 NDVI(normalized difference vegetation index)에 대한 정보를 갖는 데이터로 전체적인 식생도를 구현하는데 유용하다.

2) 주성분 분석

다중 분광대를 통하여 관측되는 영상자료는 분광대별로 독특한 특징을 나타내지만 인접한 분광대의 영상간에 시각적으로 서로 유사하게 보이는 특성도 동시에 나타낸다. 따라서 관측된 원래의 다중분광영상은 실제 영상 전체가 가진 정보에 의해 표시될 수 있는 channel의 수에 비해 불필요한 여분의 channel 수를 가지게 된다.

다중 분광 영상은 여분의 channel수를 줄여서 정보를 집약하고 불필요한 channel

을 제거하기 위한 처리로서 주성분 분석(PCA, Principal Components Analysis)이나 canonical 변환을 한다.

3) 유출 경로 분석

수치지형자료(DEM, Digital Elevation Model)는 지상 일정 격자마다의 고도를 수치로 연속되게 수록한 자료로서 기존의 지도, 위성영상 또는 항공사진의 판독을 통해 구축이 가능하다. 이 자료를 이용하여 등고선, 경사방위각, 경사도 등을 추출하여 지형학적인 특성, 일정 지역의 채광 조건 등의 분석이 가능할 뿐 아니라, 유역 경계 및 유출경로의 추출이 가능하여 수문거동 및 오염물질 배출양상을 파악하는데도 유용하게 이용될 수 있다.

3. 저수지 유역에 대한 위성영상 분석

3.1 대상유역

충주 다목적댐 유역은 남한강의 중류부에 위치고 있으며, 유역면적이 6,648km², 담수길이 약 63km 정도이고 유역내 1개시와 8개군을 포함하며, 수도권의 용수공급 및 홍수조절에 중요한 역할을 하고 있다. 충주호로 유입되는 지류는 조양강과 평창강이 있으며, 이 중 가장 긴 조양강의 유로연장은 187.4km이다.

3.2 위성영상 자료

인공위성 원격탐사 자료는 1994년 4월 14일의 Landsat TM자료를 사용하였고, 이 Landsat TM자료의 전체 영상자료(7020×5966 pixel)에서 충주 다목적댐 유역을 추출(3880×4096 pixel)한 후 7개 channel band로 분류하였다. 인공위성 영상자료를 지상의 실제 위치와 부합시키기 위하여 지상기준점(GCP, Ground Control Point)을 선정하여 기하학적 보정을 실시하였다.

좌표체계는 경위도 좌표체계로 위도 36° 45' 00" 에서 37° 50' 00" 까지 경도는 127° 55' 00" 에서 129° 00' 00" 까지 경위도 각 1° 05' 의 범위를 선정하였고, 그리드 간격은 3second / pixel로 전체 pixel수는 1300×1300으로 하였다.

3.3 토지이용 분류

충주 다목적댐 유역의 토지이용 분류는 일차로 도시 주거지역, 농경지, 산악지역(움지, 양지) 그리고 수역의 5개 class로 구분하여 sampling작업을 실시하였으며, 각 class별 sampling 데이터의 pixel 수는 Table 2와 같으며 추출된 sample에 대한 Tasselled Cap의 식생지수법에 의한 분류와 주성분 분석에 의한 정도는 Table 3과 같다.

Table 2. Training sample

Class	Number of sampling region	Number of pixel
1 Water	41	1,553
2. Forest(shaded region)	22	1,429
3. Forest(non-shaded region)	32	1,350
4. City(residential)	39	1,337
5. Crop field(paddy field, grassland)	41	1,641

Table 3. Contingency(Confusion) Matrix for Training Sample

Real Class	TSC						PCA					
	Calculated Class					Class	Calculated Class					Class
	1	2	3	4	5	Accuracy	1	2	3	4	5	Accuracy
1	1,285	0	0	0	0	100.0	1,281	0	0	0	0	100.0
2	0	1,171	21	0	29	98.2	0	1,222	21	0	2	98.2
3	0	22	1,133	0	0	95.7	0	15	1,144	0	0	96.7
4	0	0	0	1,066	0	100.0	0	0	0	1,037	0	99.9
5	0	40	114	1	1,371	89.8	0	37	123	1	1,374	89.5

4. 결과 및 고찰

4.1 지상인자 도출

추출한 데이터로부터 식생지수법과 주성분분석에 의한 정도의 검증을 실시하여 얻은 토지이용 Class 별 분류는 Table 4.와 같이 저수지 및 수로 0.53%, 산림지역 (음지 : 35.15%, 양지 : 16.50%), 주거지역 2.6%, 농경지 37.75%로 분류되었다.

Table 4. Classified statistics

Class	Pixels	Percent
1 Water	8,931	0.53
2. Forest(shaded region)	593,455	35.12
3. Forest(non-shaded region)	44,152	16.50
4. City(residential)	637,916	2.61
5. Crop field(paddy field, grassland)	126,706	37.75

4.2 문제점 및 향후 연구전략

앞서의 분류 방법에서는 만족할 만한 정확도를 획득하였지만 sampling한 pixel의 수가 너무 적었고 기존의 토지이용에 관련된 자료와 비교 분석을 마치지 못하였다. 향후의 연구에서는 sampling pixel의 수를 늘리고 기존의 자료와 비교 검토하여 토지 이용에 대한 정확도를 높이고자 한다. 또한 수치 지형 모델을 이용하여 오염 물질의 유출양상에 관계하는 등고선, 경사각, 경사방향, 등을 분석하여 유출경로를 파악하고 수질모델과 결합할 수 있도록 할 계획이다.

5. 결론 및 요약

인공위성 원격탐사 자료에 의한 다목적 저수지의 유입오염부하량 산정을 위한 지상인자의 도출에 대한 연구를 수행하는 과정과 이를 통해 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

- 1) 인공위성 원격탐사자료로 부터 저수지의 유입오염부하량 산정을 위한 지상인자 도출을 위해 토지이용별 따른 발생오염원단위, 오염물질의 배출특성, 인공위성 원격탐사자료 분석에 의한 토지이용도 분류 등 이론적 배경을 검토하였다.
- 2) 인공위성 영상자료는 1994년 4월 14일의 Landsat TM자료를 이용하였고, 이 중 충주댐 유역을 추출하여 기하학적 보정을 실시하고 토지이용 분석을 수행하였다.
- 3) 충주댐 유역에 대한 1차 토지이용분석 결과, 저수지 및 수로 0.53%, 산림지역(음지 : 35.15%, 양지 : 16.50%), 주거지역 2.6%, 농경지 37.75%로 분류되었으나, 토지이용분류의 정도를 높이기 위한 연구를 계속하고자 한다.
- 4) 충주댐 유역에 대한 수치지형자료를 이용하여 유역의 경계 및 유출경로를 추출하고 이를 수질모델과 연계함으로써 오염원으로부터 저수지에 이르는 오염물질 배출양상을 물리적으로 모의할 수 있는 기법을 개발하고자 한다.

참고문헌

- [1] 김광은, 이태섭, 1994, 수질오염 감시에의 활용을 위한 항공원격탐사의 적용연구, 한국GIS학회지 제2권 1호 pp.65-74
- [2] 김영표, 김순희, 1994, 인공위성 영상자료를 이용한 수도권 토지이용 실태분석, 한국GIS학회지 제2권 2호 pp.135-145
- [3] 서울대학교 농업개발연구소, 1993.11, 농어촌용수 환경관리에 관한 연구(Ⅱ), 농림수산부, 농어촌진흥공사, pp94
- [4] 충주호의 수질오염 방지대책 연구, 1991.12, 원주지방환경청
- [5] Japan Association on Remote Sensing, 1993, Remote Sensing Note, Japan Association on Remote Sensing CIS, Undid. of Tokyo
- [6] Bather, PAM. 1987, Computer Processing of Remote-Sensed Images, St Edmundsbury Press Ltd
- [7] ERIMS Manual, 시스템공학연구소