

시계열 토지피복변화에 따른 토사유실량 평가

The evaluation of soil erosion according to the time-series land cover changes

이근상*, 채효석*, 김태준**, 고덕구*

Geun-Sang LEE, Hyo-Sok CHAE, Tae-Jun KIM, Deuk-Koo KOH

* 한국수자원공사 수자원연구원 (ilovegod@kowaco.or.kr / 042-860-0354)

** 전북발전연구원

1. 서론

최근 지질학적으로 취약한 구조를 갖는 임하호 유역은 토사유실에 따른 호소내 탁수발생으로 댐관리 및 저수지 운영에 많은 어려움이 있다. 임하댐은 1993년 12월에 준공된 다목적댐으로서, 2001년도까지는 연도별 최고탁도는 100~250 NTU를 나타내었으며, 지속일수는 1~3개월 정도였다. 그러나, 2002년 태풍 루사와 2003년 태풍 매미에 의한 집중강우로 최고 1,221 NTU의 고탁수가 발생하였으며, 지속일수도 최대 315일에 이르고 있다. 임하호의 탁수발생이 장기화 됨에 따라 댐기능 장애 및 지역의 하천 이용도가 저하되고, 하류 지역의 정수 처리비용이 증가하는 문제가 발생하고 있다. 탁수발생을 저감시키기 위한 대책으로는 유역 및 호소내 대책으로 나눌 수 있다. 유역대책으로는 경작지 및 주변산지 정비, 사방댐 및 농업용 저수지 건설, 댐내 주변 습지조성 및 수변구역내 토사유출 방지사업 등이 있다. 또한 호소내 대책으로는 호소의 중층에서 발생하는 탁수층을 선택취수설비를 건설하여 탁수가 발생하는 시점에서 신속하게 배제하는 방법이다. 이러한 대책수립과 함께 탁수발생 원인을 유역 관리 측면에서 규명하

고, 광역적인 지역에서 발생하는 탁수원인 지역을 위성영상으로 분석하여 관리 방안을 수립하는 것도 탁수발생을 차단하는 효과적인 방법이다.

따라서, 본 연구에서는 GIS와 연계 가능한 RUSLE(Revised Universal Soil Loss Equation) 토사유실모델을 이용하여 댐건설 전후의 위성영상으로부터 분석한 토지피복 자료를 입력자료로 활용하여 임하호 유역의 시계열별 토사유실량을 평가하였다. 또한, 토사유실 원인 지역에 대한 효과적인 대책마련을 위해 SPOT 5 영상 및 토지피복도를 이용한 적용방안 등도 함께 제시하였다.

2. 시계열별 토지피복변화 분석

임하호 각 지천별 토사유실지역을 정밀 분석하기 위해서는 토지피복도의 구축 시기와 정밀도가 중요한 변수가 된다. 본 연구에서는 토지피복도를 구축하기 위해 댐건설전인 1985년, 댐건설 직후인 1995년 및 2001년도의 LANDSAT 영상을 이용하였으며, 또한 2003년에 촬영된 SPOT 5 영상을 이용하여 제작된 환경부의 토지피복도를 활용하였다. 본 연구에서는 위성의 대기보정과 방사보정은 생략하였으며, 1/25,000 수치지형도와 환경부의 토지

피복도를 참조영상으로 이용하여 RMSE 0.45이하의 정확도로 기하보정을 수행하였다. 토지피복 분류군은 영상의 해상도에 따라 좌우되는 것으로 본 연구에서는 토사유실량과의 관계를 감안하여 토지피복 클래스를 수계, 논, 밭, 산림, 초지, 나대지, 시가지로 구분하였다. 기하보정을 수행한 영상으로부터 최대우도법을 이용하여 시계열별 토지피복도를 구축하였으며, 2003년 토지피복도는 환경부에서 구축한 자료를 기반으로 현장조사를 별도로 실시하여 수정보완한 후, 토지피복 분류군을 대분류체계로 구분하여 정리하였다. 표 1은 시계열별 토지피복 분석결과를 정리한 것이다. 식생피복 분석결과, 댐건설 전인 1989년도에 비해 댐건설 직후인 1995, 2001, 2003년도에 수계의 면적비율이 크게 증가하였으며, 아울러 농경지중 토사유실에 더욱 민감한 밭의 비

율이 1989년도에서 2003년도로 오면서 더 증가한 것으로 분석되었다.

3. 시계열별 토사유실 평가

시계열별 토사유실량을 평가하는 것은 임하호 탁수발생의 거동특성을 파악하기 위한 기초자료로 활용될 수 있다. 본 연구에서는 DEM, 정밀토양도, 토지피복도 및 분석기간의 강우자료를 활용하여 토사유실량을 평가하였으며, 분석결과는 표 2와 같다. 분석결과 2003년도 토사유실량이 5,782,829 ton/yr로 가장 높게 나타났으며, 1995년도 토사유실량이 3,277,769 ton/yr로 가장 낮게 평가되었다. 또한 주요하천별 토사유실량을 평가하여 다량의 토사가 유입되는 지역에 대한 대책지원 수립을 위해 소유역별 토사유실량의 분포특성도 함께 분석하였다.

표 1. 시계열별 토지피복 분석결과

영상시기	구분	수계	논	밭	산림	초지	나대지	시가지
1989.10.18	면적(km ²)	2.95	156.52	113.38	1,082.39	0.00	3.29	2.81
	비율(%)	0.22	11.50	8.33	79.50	0.00	0.24	0.21
1995.05.12	면적(km ²)	13.40	127.66	86.18	1,120.51	0.00	1.78	11.81
	비율(%)	0.98	9.38	6.33	82.30	0.00	0.13	0.87
2001.04.18	면적(km ²)	34.07	43.46	223.52	1,042.53	0.00	0.00	17.76
	비율(%)	2.50	3.19	16.42	76.58	0.00	0.00	1.30
2003.03.20	면적(km ²)	32.88	45.61	159.01	1,091.26	5.49	8.27	18.82
	비율(%)	2.42	3.35	11.68	80.16	0.40	0.61	1.38

표 2. 시계열별 토사유실량 분석결과

구분	Statistics				Soil Erosion (ton/yr)
	Min	Max	Mean	StD.	
1989	0.000	5727.587	21.795	69.793	4,557,151
1995	0.000	5437.359	15.678	53.231	3,277,769
2001	0.000	1623.140	26.330	78.058	5,581,988
2003	0.000	10903.039	41.929	121.059	5,782,829

4. 위성영상을 이용한 탁수저감 방안

주요하천별로 분석한 토사유실량을 토대로 토사유실이 많이 발생하는 하천을 선정하여 탁수저감을 위한 우선대책 지역으로 지정할 수 있다. 우선대책 하천이 선정된 후에는 구체적으로 유역대책을 수립해야 하는 세부적인 구역을 선정해야 한다. 이 부분은 셀단위로 분석한 토사유실량 분포도를 이용하여 토사유실이 높게 평가되는 지역중 하천부근 지역을 중심으로 1차 대상지역을 선정하게 된다. 특히 1차 대상지역중 소규모로 분포하고 있는 지역은 제외되며, 대단위의 농경지 중심으로 2차 대상지역을 선정 후 현지조사를 통해 최종 유역대책 지역을 선정하는데 활용될 수 있다. 그러나, 유역대책을 수립하기 위한 지역 선정에 소요되는 현장조사 시간과 비용이 막대하므로, 고해상도 위성영상을 활용할 경우 대상지역에 대한 효과적인 검토가 가능하다. 2.5m 해상도를 갖는 SPOT 5 영상은 1m 해상도를 갖는 IKONOS 영상에 비해 비용이 저렴하기 때문에 토사유실 원인지역의 적정성 파악은 물론, 유역대책으로 계획중인 경작지 경지정리, 수변구역내 토사유출방지 사업, 고령지 지역 비점오염원 저감사업 및 산비탈 정리 등의 사업추진시 대상범위 및 예산을 편성하기 위한 기초자료로 활용될 수 있다. 그림 1은 토사유실이 많이 발생하는 지역에 대한 SPOT 5 영상으로서 토지피복도와의 중첩을 통한 토사유실 대책지역의 선정업무를 효과적으로 지원할 수 있다.

또한 고해상도 위성영상은 유역대책을 수립하기 위한 대책도면 작성시에도 유용하게 활용될 수 있다. 기존에는 각 대책지역에 대한 세부적인 대책(안)을

표시하기 위해 1/5,000 수치지형도를 기반으로 도면으로 구축하였으나, 지형도는 항공도화사진을 이용하여 제작된 관계로 최신의 지형을 반영하지 못하고 또한 현지의 지형현황을 현실감 있게 표현하는 데에는 한계가 있다. 따라서, 본 연구에서는 이러한 문제를 개선하고자 임하호 유역대책(안) 지역중 동천유역을 시범지역으로 선정하여 SPOT 5 고해상도 위성영상을 활용한 도면을 시범적으로 제작하였다.

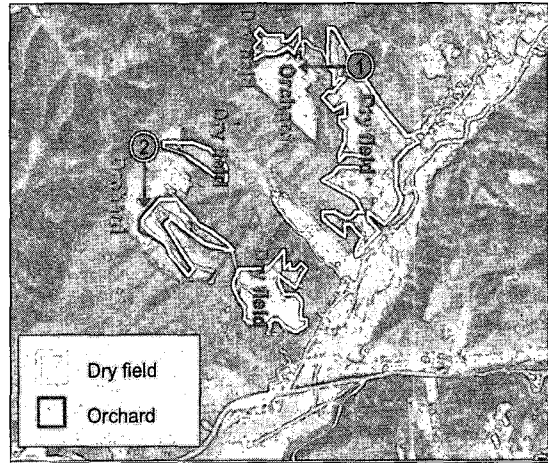


그림 1. SPOT 5 위성영상

5. 요약 및 결론

본 연구에서는 임하호 고탁수 발생의 원인으로 지적되고 있는 유역내 시계열별 토사유실량 평가 및 위성영상을 이용한 효과적인 유역대책 지원방안을 제시하였다. 먼저, GIS 기반 RUSLE 모델을 선정하여 댐건설 직후인 1989, 1995, 2001, 2003년도의 강우자료 및 식생피복인자를 이용한 토사유실량을 모의하였다. 특히 시계열별 식생피복인자를 계산하기 위해 Landsat 및 SPOT 5 위성영상에 기반한 영상 분류를 수행하였다. 토사유실량 평가결과, 1989년도의

4,557,151 ton에 비해 댐건설 직후인 1995년도에는 3,277,769 ton으로 약간 감소하는 추세로 나타났으며, 이는 강우량의 감소와 함께 댐 담수로 인한 수계면적의 증가가 주요 원인으로 판단된다. 그리고 2003년도에는 강우량이 매우 크게 증가하고 토사유실에 취약한 농경지의 비율도 함께 증가하여 토사유실량이 5,782,829 ton으로 크게 증가한 것으로 나타났다. 이러한 토사유실량으로 인해 2003년도 이후 임하호 고탁수가 최고 1,221 NTU까지 증가하였다. 본 연구에서는 GIS 공간분석기법과 통계처리 과정을 통해 소유역별 RUSLE 인자 및 토사유실량을 평가함으로써 탁수저감을 위한 유역대책 수립에 필요한 우선하천을 선정하는데 도움을 줄 수 있었다. 위성영상을 이용한 탁수저감 대책지원에서는 탁수발생 원인 및 이에 따른 다양한 탁수저감 대책을 검토하였으며, RUSLE 모델을 통해 분석한 토사유실 원인지역을 SPOT 5와 같은 고해상도 위성영상을 이용하여 모니터링하고 이를 토지피복도와 연계하여 해석하는 기법을 제시하였다. 또한 유역대책 사업추진시 보다 현장을 쉽게 이해하는데 도움을 주기 위해, SPOT 5 고해상도 영상을 연계하여 사업대책지역을 시범적으로 도면화 하였다. 향후 아리랑 2호와 같은 국내 고해상도 위성영상이 보편화 될 경우, 본 연구에서 제시한 기법 및 방안들이 임하호 탁수저감을 위한 다양한 의사결정 지원에 활용될 수 있으리라 기대한다.

감사의 글

본 연구는 2005년도 항공우주연구원 수탁과제인 “위성자료 공공활용 연구(위성영상을 활용한 유역관리 연구)” 성

과물을 정리한 것이며, 항공우주연구원에 감사드립니다.

참고문헌

- Andrew A. Millward, "Mapping and Modelling Soil Erosion Potential in the Sierra De Manantlan Biosphere Reserve, Mexico", A thesis Presented to The Faculty of Graduate Studies of The University of Guelph, 1998.
- Charkroun, H., F. Bonn and J.P. Fortin, "Combination of single storm erosion and hydrological models into a geographical information system", Farm Land Erosion : In Temperate Plains Environment and Hills, pp.261-270, 1993.
- Desmet, P.J., Govers, G., "Comparison of routing algorithms for digital elevation models and their implications for predicting ephemeral gullies", International Journal of Geographic Information Systems 10(3), pp.311-331, 1996.
- Dissmeyer, G.E. and G. R. Foster, "A Guide for Predicting Sheet and Rill Erosion on Forested Land", Technical Publication SA-TP 11. USDA-Forest Service, West Lafayette., 40p, 1980.
- Lodhi, M. A., D. C. Rundquist, L. Han and M. S. Juzila, "The Potential for Remote Sensing of Loess Soils Suspended in Surface Waters", Journal of the American Water Resources Association, 33(1), pp. 111-127, 1997.