

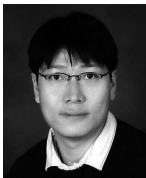
GIS를 이용한 4대강유역의 유역특성 및 토지이용 분석



지 윤 |
 명지대학교 연구교수
 jiuncivil@gmail.com



황 만 하 |
 한국수자원공사 수자원연구원 수석연구원
 hwangmh@kwater.or.kr



임 광 섭 |
 한국수자원공사 수자원연구원 선임연구원
 oklim@kwater.or.kr



강 신 옥 |
 한국수자원공사 물관리센터 선임연구원
 sukang@kwater.or.kr

한 오랜 기간 동안 지반의 풍화, 침식 등으로 토양의 피복깊이와 함수량이 낮아져 강우가 발생하면 단시간에 하천으로 유출되는 특징이 있다. 이와 같은 지형 및 지질 특성과 더불어 토지이용 특성 또한 도시화나 농경지 확장 등 인간의 인위적인 개발로 인해 급격하게 변화하였다. 어느 특정 유역에 과거부터 수역과 습지가 일정하게 증가하고 있는 경우 그 유역은 강우에 직접적으로 영향을 받는 면적이 상대적으로 감소하게 되어 침식되는 토양의 양이 감소하게 된다. 이와는 반대로 대규모 산림을 벌목하여 산림 면적이 줄어들게 되거나 농경지를 확장해 농경지 면적이 증가 할 경우, 강우 발생시 강우에 직접적으로 노출되어 침식되는 토양유실 양이 증가하는 특징이 나타날 것이다.

국내에서도 이러한 유역특성들을 파악하고 분석하기 위해 하천기본계획, 유역조사, 유역종합치수계획 등의 보고서에서 연구대상지역에 대해 유역특성자료를 조사하고 이를 이용해 홍수방어와 유역관리에 대한 대책을 추진해 왔다. 하지만 기존의 연구성과들은 유역특성을 나타내는 표현방법과 조사된 연도가 각기 달라 유역별 비교가 용이하지 않고 최신의 자료인지 확인해야 하는 번거로움이 있었다. 따라서 본 연구에서는 4대강살리기 사업을 위해 수립된 4대강유역특성자료(자료출처: 4대강유역종합치수계획 보고서, 4대강유역조사 보고서)를 종합하여 항목별로 일관성 있게 통일 시켰으며, 여러 유역

1. 들어가는 말

우리나라는 국토의 70% 이상이 산지지형으로 구성되어 있고 급경사를 이룬 곳이 많으며, 하천은 유역면적이 작고 유로연장이 긴 것이 특징이다. 또

특성 중 인위적인 개발로 인해 시간에 따른 변화가 가장 크게 나타나는 토지이용을 분석하여 유역유사 관리계획에 대한 기초자료를 마련하고자 한다.

2. 유역특성자료 수집 및 종합

2.1 지형특성 종합

지형특성은 크게 평면적 특성과 입체적 특성으로 구분할 수 있다. 유역의 평면적 특성은 하천의 유출 규모를 파악할 수 있는 인자로 유역면적, 유로연장, 유역평균폭 및 형상계수 등이 있으며 유역의 수문 사항을 분석하는데 이용할 수 있다. 유역의 입체적 특성인자는 유역의 표고, 경사 및 방향성 등이 있으며 유출특성 중 홍수의 도달시간, 강우의 이동방향에 따른 유출특성의 변화 등을 파악하는데 활용할 수 있다.

4대강유역의 평면적 특성을 비교한 결과(그림 1), 유역면적, 유로연장, 유역평균폭은 한강과 낙동강이 다른 유역과 비교하여 2배 이상 더 컸으며 반면 유출특성을 대변하는 지표로 볼 수 있는 형상계수는 영산강이 다른 유역에 비해 크게 나타났다. 이는 영산강유역의 유로연장이 짧고 평균폭이 대체로 넓은 것으로 홍수나 집중호우시 유출이 집중되어 범람의 위험성이 높은 유역으로 평가 될 수 있다.

4대강유역의 입체적 특성 중 지표면 표고별 분포는 표고변화가 클수록 수계의 표고분포 형태가 고지대와 저지대로 양극화되고 도달시간이 짧아 침투 유량이 커지는 경향이 있으며, 고지대에서는 침식이, 저지대에서는 퇴적이 발생하는 경향을 보인다. 그림 2는 4대강유역의 입체적 특성을 비교한 것으로 한강유역의 경우 전체 면적의 10% 이상이 EL.m 840의 표고를 나타내는 것을 알 수 있고 낙동강유역 EL.m 640, 금강유역 EL.m 520, 영산강유역 EL.m 290의 순으로 나타났다.

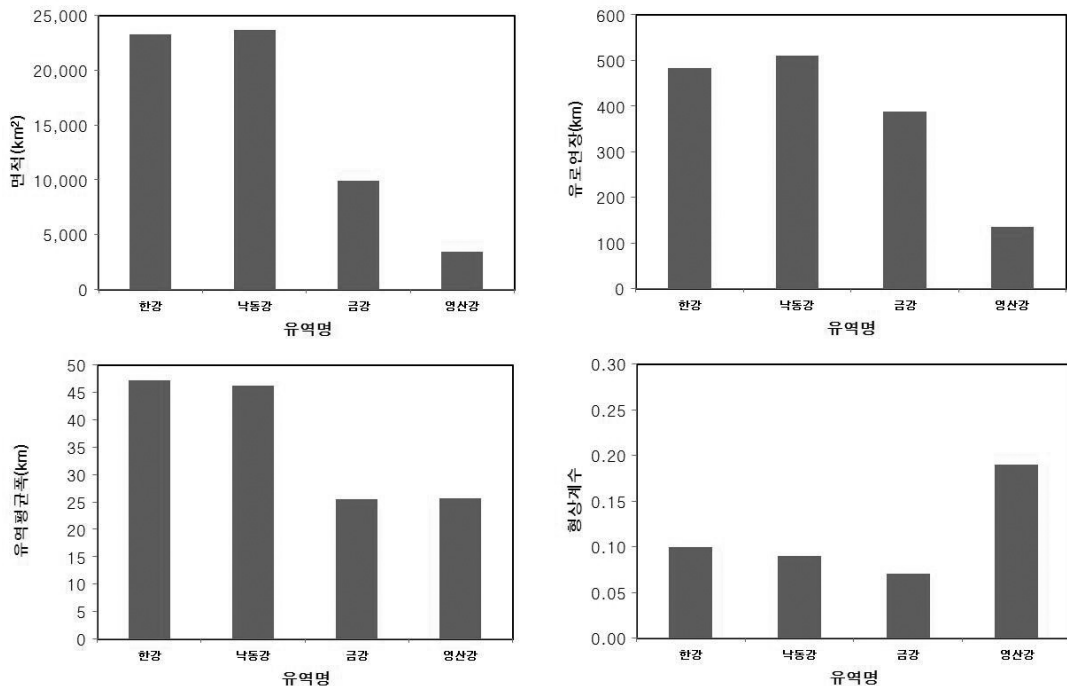
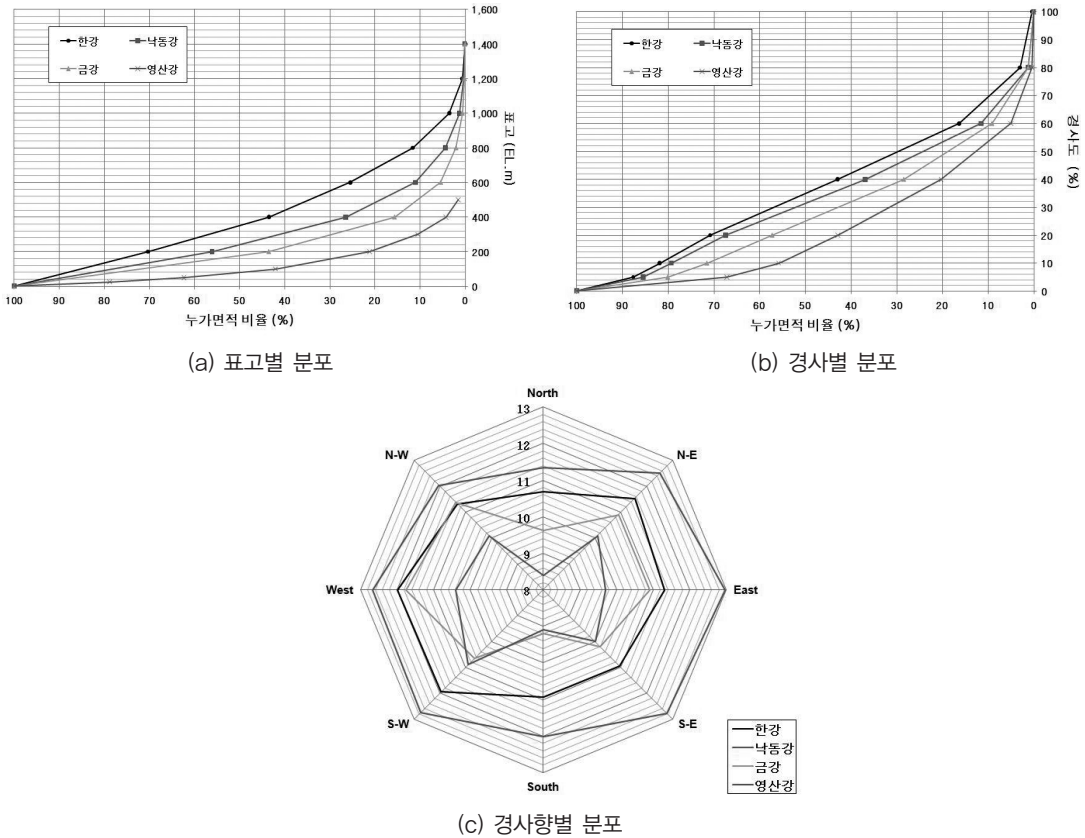


그림 1. 4대강유역의 평면적 특성 비교



(a) 표고별 분포

(b) 경사별 분포

(c) 경사방향별 분포

그림 2. 4대강유역의 입체적 특성 비교

유역의 경사는 침투나 유출에 영향을 주는 중요한 요소로 지표면 표고비와 밀접한 관계가 있다. 지표면 경사도가 커질수록 홍수 도달시간이 짧아지고 침투 홍수량은 증가하는 경향을 나타나게 되며, 지표면 유출시 유속이 증가하여 토양침식과 이에 따른 하상퇴적도 증가하게 된다. 4대강유역은 대부분 경사도 10%에서 40% 사이에 분포하고 있어 경사가 급한 편에 속하는 것을 알 수 있다. 한강유역은 대부분 경사도가 30% 이상으로 다른 유역에 비해 경사가 급한 편이며 4대강 유역중 영산강에 비교적 완경사 지역이 넓게 분포하고 있는 것을 확인할 수 있다.

유역의 방향성은 유출에 크게 영향을 준다. 특히 태풍이나 강우전선의 이동방향이 계절성을 가지고 있을 경우에는 유역이 이들 이동방향과 어떠한 방향으로 놓여 있는가에 따라서 유출은 더 큰 영향을

받게 된다. 4대강유역의 경사방향별 면적 구성비를 보면 남, 북향 방향에 비해 동, 서향 방향의 경사가 더 많이 분포하는 것을 확인할 수 있다. 이는 우리나라의 지형적 특성의 영향으로 동고서저의 지형이 형성되어 4대강유역의 경사향에도 많은 영향이 있는 것을 알 수 있다.

2.2 토양 및 지질 특성종합

유역의 토양특성은 강우로 인한 유출과정에 직접적인 영향을 미치고 토양의 성질에 따라 침투능이 상이하므로 총 강우량 중 직접유출로 유하하는 유효우량의 크기에도 영향을 주는 중요한 인자이다. 본 연구에서는 토양을 수문학적 분류로 TYPE A에서 TYPE D로 분류하여 4대강유역의 수문학적 토

양군 구성비를 비교하였다(그림 3). TYPE A는 배수등급이 매우 양호하며 침투율이 매우 빠르고 투수저해가 출현하지 않는 토양군을 의미한다. TYPE B는 배수등급이 약간양호하며 침투율이 보통이며 투수저해 출현깊이가 50cm에서 100cm인 토양군의 의미한다. TYPE C는 배수등급이 약간 불량하며 침투율이 보통 또는 약간 느리고 투수저해 출현 깊이가 25cm에서 50cm 인 토양군을 의미한다. TYPE D는 배수등급이 불량하고 침투율이 매우 느리며 투수저해 출현깊이가 25cm이내인 토양군을 의미한다. 4대강 유역의 주요하천 수문학적 토양군 구성비 분석 결과, 한강유역의 경우 대부분 TYPE B, 즉 유역내 농경지 및 주거지 그리고 완만한 산지로 이용되고 있음을 확인할 수 있었다. 낙동강유역의 경우 TYPE A, 즉 유역전반의 임야지에 분포하면서 비교적 높고 급경사인 산지를 형성하고 있음을 알 수 있었으며 금강유역의 경우 TYPE A와 TYPE B가 유역의 대부분을 차지하는 것을 알 수 있다. 영산강의 경우 다른 유역에 비해 TYPE C와 TYPE D, 즉 하천 주변 농경지와 대지가 비교적 높은 비율을 차지하는 것을 확인할 수 있다.

지질특성은 변성암 지역이 비교적 풍화에 강하여

비교적 높고 급한 사면을 갖는 산지를 형성하는 반면 화강암 분포지에서는 암장의 분화작용에 의하여 다양한 양상을 보이거나 대체로 중심부가 치밀하고 견고한 암질을 가져 높은 산지를 이루는 경향이 있는 것으로 판단된다. 이러한 화강암 분포지는 수지상 수계를 이루며 완곡한 유로를 형성하나 기타 변성암 지역은 수지상 수계에 각상 유로를 형성하는 경향이 있고 곳곳에 수계의 형상이 부자연스럽게 합류하는 형상을 보이는 것은 편리, 절리, 단층 등의 지질구조와 암질의 차이에 기인된 것으로 추정된다. 4대강 유역의 지질분포면적 분석 결과, 한강유역 7,344.01km², 낙동강유역 6,504.32km², 금강유역 3,486.63km², 영산강유역 1,103.03km²로 화성암 중 심성암이 가장 많은 분포를 차지하는 것을 알 수 있고 한강유역 9,389.66km², 낙동강유역 2,861.05km², 금강유역 2,820.96km², 영산강유역 503.28km²로 변성암 중 편마암이 가장 많은 분포를 차지하는 것을 알 수 있다. 퇴적암 중에는 한강유역 1,518.5km² 면적의 탄산염암(석회암), 낙동강유역 8,613.62km², 금강유역 693.91km², 영산강유역 297.10km² 면적의 퇴적암이 가장 많은 분포를 차지하는 것을 알 수 있다.

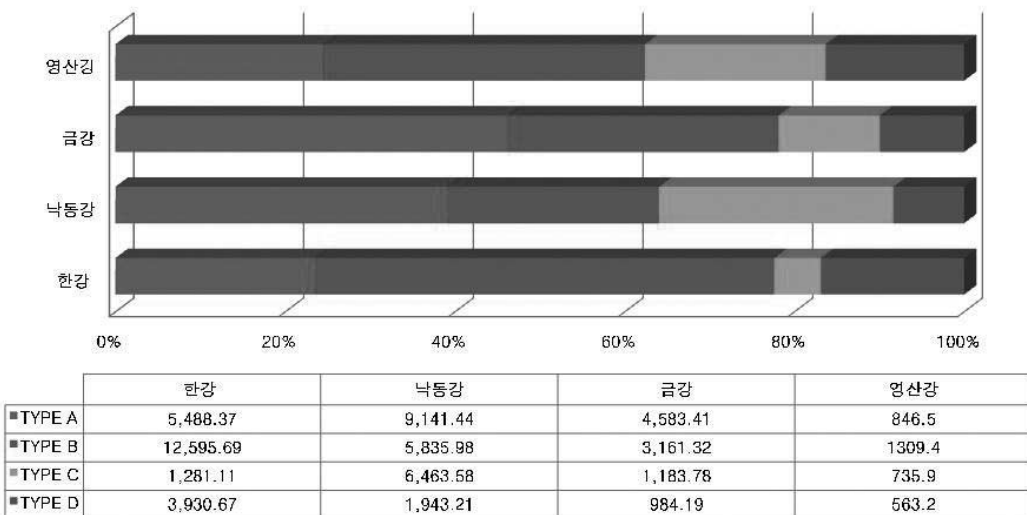


그림 3. 4대강유역의 수문학적 토양군 구성비

3. 유역의 토지이용 분석

3.1 연도별 토지이용 변화양상

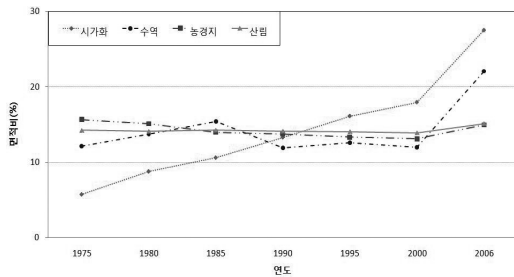
연도별 토지이용도 변화 분석결과(그림 4), 4대강유역의 시가지 면적은 전체적으로 증가하였으며 낙동강유역과 영산강유역의 경우 1975년부터 꾸준히 면적이 증가해 2006년 약 10배 이상 크게 증가하였다. 농경지 면적은 낙동강유역의 경우 감소하였고 한강, 금강, 영산강유역에서 증가하였으며, 산림 면적도 한강유역을 제외한 낙동강, 금강, 영산강유역에서 감소가 나타났다. 수역 면적은 4대강유역에서 전체적으로 증가하였다.

이러한 분석결과를 비취 봤을 때 한강유역에서는 과거에 비해 농경지 분포면적은 소폭 증가한데 비해 시가지, 수역, 산림의 분포면적이 증가하여 토양 침식에 따른 전체적인 유역유사 발생량은 감소할 것으로 보이며 낙동강유역도 농경지 분포면적은 소폭 감소한데 비해 시가지, 수역의 분포면적이 증가

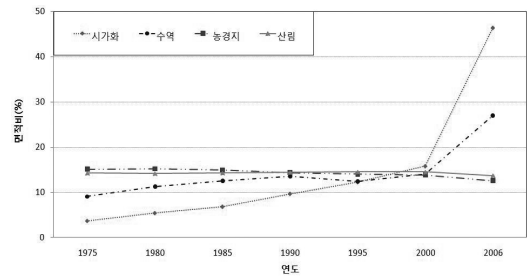
하여 유역유사 발생량은 감소할 것으로 보인다. 반면 금강유역에서는 과거에 비해 시가지, 수역이 증가하였으나 농경지 증가, 산림의 감소가 많이 나타나 전체적인 유역유사 발생량은 증가할 것으로 보이며 영산강유역도 과거에 비해 시가지 지역이 증가하였으나 농경지 증가, 산림의 감소, 수역의 감소가 나타나 전체적인 유역유사 발생량은 증가할 것으로 보인다. 이러한 유역유사특성 이외에 4대강유역 전체에 걸쳐 약 5배에서 10배 이상의 증가된 시가지 면적으로 인한 불투수층의 증가로 유역유출특성이 변경되어 유출량이 증가하는 문제가 발생하고 홍수피해가 증가되는 특징이 발생할 수 있다.

3.2 토지이용도를 이용한 유역유사발생 위험성 분석

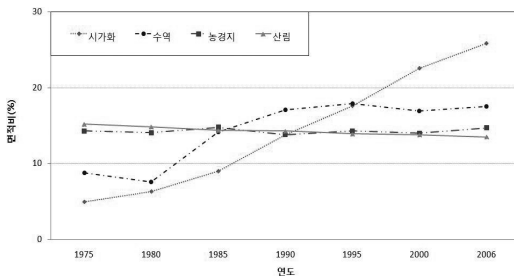
토지이용도의 토지이용항목별(논, 밭, 산림, 수역, 시가지) 분포에 따라 나타나는 유역특성중 유사 발생의 특성을 좀 더 세부적으로 분석하기 위해 낙



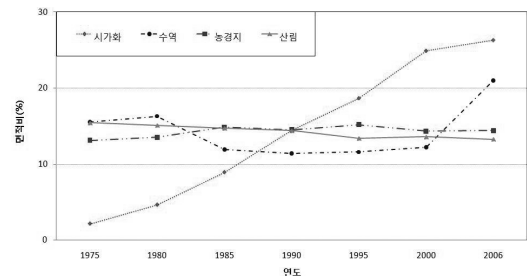
(a) 한강유역



(b) 낙동강유역



(c) 금강유역



(d) 영산강유역

그림 4. 4대강유역의 연도별 토지이용 변경내역

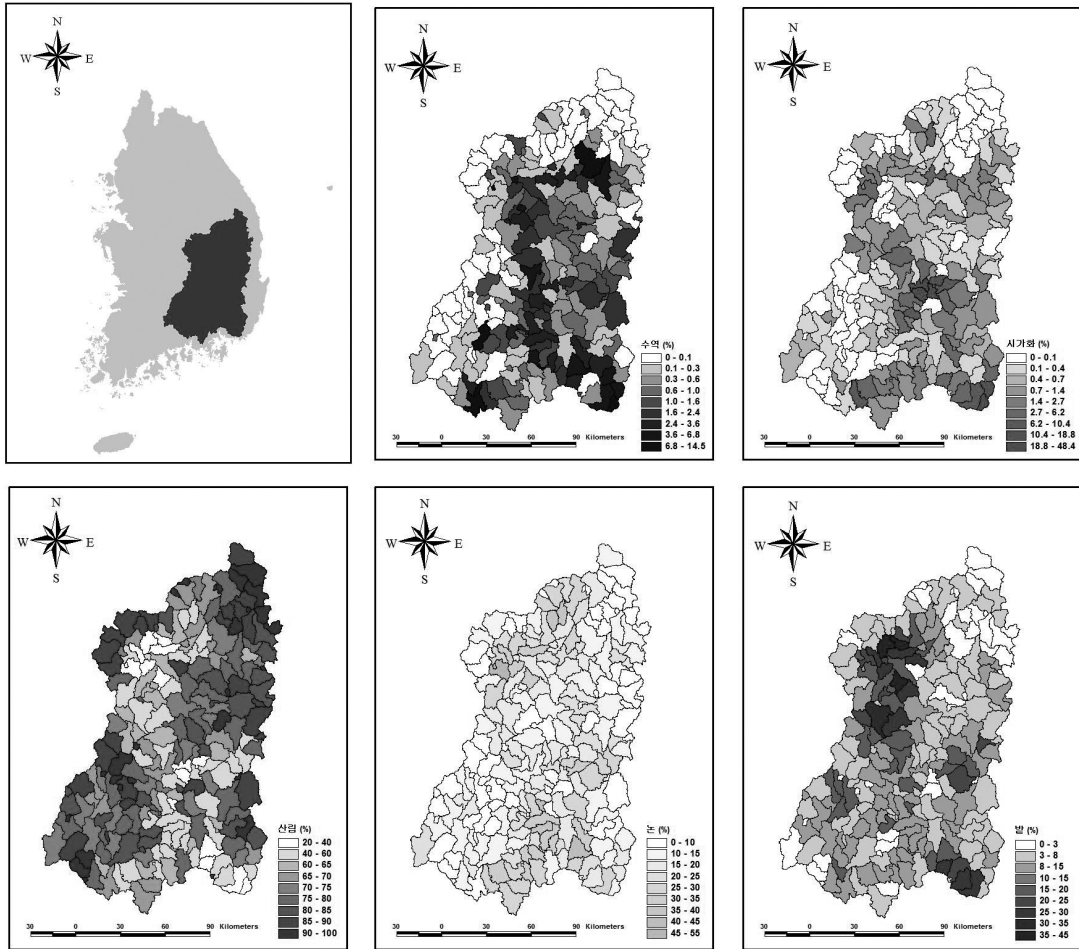


그림 5. 낙동강유역의 토지이용항목별 분포

동강유역내 표준유역을 대상으로 토지이용항목별 구성비를 분석하였다(그림 5). 이를 통해 유역과 유역 상호간에 유사특성을 전체적으로 판단하고 유사 발생 위험성과 잠재성에 대한 평가를 수행할 수 있다.

낙동강유역의 토지이용항목별 분포도를 살펴보면 먼저 수역의 경우 하천(낙동강, 금호강, 황강, 밀양강, 남강, 서낙동강, 등)을 중심으로 분포하고 있으며 시가지는 대구광역시를 구성하고 있는 표준유역 면적의 18%에서 48%, 부산광역시를 구성하고 있는 표준유역 면적의 10.4%에서 33%가 시가지로 구성되어 있다. 산림은 수역과 시가지 분포가 높은

표준유역을 제외한 곳에서 일정하게 분포하고 있으며 특히 안동댐유역의 경우는 평균 87.7%가 산림으로 구성되어 있다. 또한 낙동강유역내 내성천, 병성천, 남강유역 면적의 20%에서 55%에 논이 분포되어 있으며 밭은 내성천유역의 남서쪽, 낙동상주, 낙동구미, 낙동왜관유역을 중심으로 발달해 있고 표준유역 면적의 평균 30% 이상이 밭으로 구성되어 있다.

본 연구에서는 유역내 토지이용항목별 구성비를 통해 유사발생 위험성이 높은 유역부터 순위를 정해 정리하였다(그림 6). 그 결과 내성천유역은 총 21개의 표준유역으로 구성되어 있으며 그 중 11개

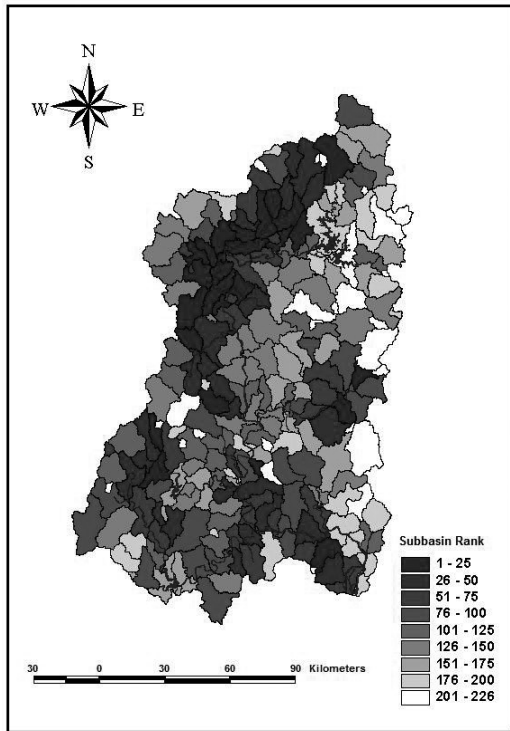


그림 6. 낙동강유역 유사발생 위험성 평가

의 표준유역이 상위권의 순위를 차지했다. 위천합류점유역은 총 3개의 표준유역으로 구성되어 있어 유역면적은 작지만 각각의 표준유역들 모두 상위권의 순위를 차지했다. 합천댐유역은 총 10개의 표준유역으로 구성되어 있으며 그 중 4개의 표준유역이 상위권 순위를 차지했다. 내성천, 위천합류천, 합천댐유역은 유역을 구성하고 있는 표준유역의 반 이

상이 높은 순위를 차지하며 유사발생 위험성 및 잠재성이 매우 높은 결과를 나타냈다. 그 외 안동댐, 안동댐하류유역은 위 3개의 중권역 보다는 위험성과 잠재성은 떨어지나 구성하고 있는 소수의 표준유역이 유역내 최상위 순위를 차지하였다. 따라서 안동댐, 안동댐하류유역 또한 유사발생의 위험성이 높은 것으로 나타났다.

4. 맺음말

본 연구에서는 최근 4대강살리기 사업으로 인해 관심이 대두되고 있는 4대강유역에 대해 최신 유역 특성자료를 지형특성, 토양 및 지질특성, 토지이용 특성으로 구분해 수집하여 정리하였으며, 여러 유역특성 중 인위적인 개발을 목적으로 가장 변경되기 쉬운 토지이용을 보다 세부적으로 분석해 유역내 유역유사의 발생 위험성을 평가하였다.

4대강유역의 유역특성자료를 비교 및 분석함으로써 유역특성이 동질하게 나타나는 지역 또는 이질적인 차이를 보이는 유역을 확인할 수 있었으며 또한 낙동강유역에 토지이용을 이용하여 유역유사 위험성을 평가한 결과 총 22개의 중권역 중 내성천 유역, 위천합류점유역, 합천댐유역내 표준유역들이 상위순위를 나타내는 것으로 분석되었다. 이는 4대강살리기 사업 사후 유사 관리 및 대책 수립 마련을 위한 자료로 활용 할 수 있을 것이다. ☞

참고문헌

1. 건설교통부, 금강유역조사, 2006
2. 건설교통부, 낙동강유역조사, 2004
3. 건설교통부, 한강유역조사, 2004
4. 국가수자원관리 종합정보 시스템, <http://www.wamis.go.kr>, 2010
5. 국토해양부, 4대강살리기 마스터플랜, 2009
6. 국토해양부, 금강유역종합치수계획(안) 보고서, 2009
7. 국토해양부, 낙동강유역종합치수계획(보완) 보고서, 2009
8. 국토해양부, 영산강유역종합치수계획 보고서, 2005
9. 국토해양부, 한강유역종합치수계획 보고서, 2008
10. 김남신, GIS 실습, 한울아카데미, 2009
11. USACE, ST. JOSEPH RIVER SEDIMENT TRANSPORT MODELING STUDY, 2007