

GIS를 활용한 천변저류지 적지분석에 관한 연구

A Case of Analysis of Constructed Wetland Using Geographic Information System

하 성 룡* / 이 재 일**+

Ha, Sung Ryong* / Lee, Jae Yil**+

:: Abstract ::

This study aim is to establish the suitability analysis of a constructed wetland using Geographic Information System. A constructed wetland is a flood control reservoir that is able to control flows and conserve a preserving integrity of nature maximum. It has been did that DB construction of flood area, socioeconomic analysis, and space analysis using GIS. Achieved reiteration arithmetic function from results of several elements, it has been did analysis for possibility space of constructed wetland. Through the analysis of flood area and a constructed wetland capacity, it has been established the estimation where is possible to build wetland. This study is applied suitability analysis method where has been choose the basin of To-Phyeong river in Kyongsang-namdo with methodology presentation about suitability analysis.

Keywords: suitability analysis, constructed wetland, GIS

:: 요 지 ::

본 연구의 목적은 천변저류지 입지선정에 대해 GIS를 활용한 적지분석 방법을 정립하는데 있다. 천변저류지는 자연의 본래의 모습을 최대한 보존하면서 홍수조절 및 유량 확보 그리고 생태학적인 측면에서 앞으로의 설치가 확대될 가능성이 큰 조절지이다. 적지분석의 과정으로 범람지역의 DB구축, 사회 경제적 지표분석, 그리고 GIS를 활용한 공간분석의 방법을 수행했다. 여러 요소들의 결과들을 GIS를 활용한 중첩연산 기능을 수행하여 천변저류지의 가능지에 대한 분석을 하였으며, 천변저류지 가능 대상지들에 대한 저류 면적 및 저류용량에 대한 분석을 하여 천변저류지 가능 대상지들에 대하여 평가가 가능하도록 지표를 마련하였다. 본 연구에서는 적지분석에 대한 방법론 제시와 더불어 경상남도 창원군 토평천 유역을 대상지로 선정하여 적지분석 방법을 적용하였다.

핵심용어: 적지분석, 천변저류지, GIS, 토평천

+ To whom corresponds should be addressed. simplet@chungbuk.ac.kr

* 정희원·충북대학교 도시공학과 교수·공학박사

** 학생희원·충북대학교 대학원 도시공학과

1. 서론

천변저류지 설치를 위한 적지의 선정은 시설이 필요한 공간, 즉 상습 홍수범람지역을 대상으로 실측과 자료조사를 통하여 이루어져 왔다. 최근, 낙동강 유역의 용수확보와 범람 방지의 일환으로 전 낙동강 유역을 대상으로 이뤄진 낙동강 종합 치수계획에서는 천변저류지 설치 계획을 목적으로 낙동강 유역의 국가하천과 지방 1급 하천을 중심으로 천변저류지로 가능한 지점을 조사하여 75개 지점을 선정한 바 있다. 특히, 천변저류지는 과거 농토보호를 목적으로 기존 범람지에 제방을 축조하여 홍수조절 기능을 상실한 구(舊)하도를 복원한다는 개념으로 고려되었다. 이 개념에서 천변저류지의 특성은, 기존의 천변저류시설이 외의 다른 홍수조절용량 확보방안과는 달리, 상류에 대규모 조절지를 설치하지 않고 홍수 취약구간에 설치하여 조절효과를 신속하고 최대한으로 누릴 수 있는 방안으로 설명되고 있으며, 천변 저류지의 설치에 따라서 홍수 시에 침수되는 저류지 내의 토지에 대해서는 평소 기존 농경지로서의 활용 방안이나 국가에서 이를 매입하여 생태습지 또는 학습공원 등으로 활용 할 수 있는 장점이 강조되고 있다. 그러나 정작 천변저류지의 설치를 필요로 하는 지역이나 그 설치에 따른 유효 홍수제어의 규모 및 이에 따른 토지점유면적, 그리고 추가적으로 요구되는 공사규모등을 판단 할 수 있는 정보를 합리적으로 만들 수 있는 방법이 정립되어 있지 못하였다. 경험이 풍부한 기술자나 상습 홍수범람지역 관련 인사 등의 의견에 의하여 대상 공간이 결정되어 왔다. 이러한 천변저류지의 대상지를 선정하는데 있어서 최근 국가지리정보체계의 정비와 더불어 그 활용성에 대한 기대가 높아지고 있는 GIS를 활용한 천변저류지의 적지분석 방법을 제안하고자 한다.

2. 천변저류지 입지설정을 위한 결정 요소

천변저류지 적지분석에서는 GIS를 이용하여

천변저류지 설치의 대상유역을 선정한 후 지형적인 요소 및 사회적 경제적인 요소들을 공간적 중첩(Overlay) 기법을 이용하여 다면적인 정보가 분석적이면서도 종합적으로 평가되어 구체적인 공간의 적절설이 우선순위로 비교될 수 있는 방법이 제안되어야 한다. 천변저류지 적지분석에서는 공간적인 부분 즉 유효저류량이 얼마나 되느냐가 매우 중요한 요소가 된다.

2.1 요소 1 : 범람지역의 DB 구축

천변저류지는 홍수의 조절을 위해서 사용되기 위해서는 하천 제방의 밖에 저류시설(Off Site)로 설치되어 하천으로 직접 유출하는 홍수량을 일정량 저감시키거나 하천제방이 지닌 홍수배제 규모 이상으로 초과되는 유량을 저류하는 방식이다. 따라서 천변저류지 적지분석에서 우선 고려되어야 할 부분이 과거의 침수경험이 있는 대상지, 특히 상습 범람지역에 대한 분석이 선행되어야 한다. 수집된 공간상의 침수지역정보는 그 침수의 공간적 범위를 정의하는 도형정보(Graphic data)는 물론이고 해당 도형정보의 특성 값을 나타내는 속성정보(Attribute data)를 GIS정보와 연계될 수 있는 공간자료 모델링을 거쳐서 관계형 자료 테이블(Relative data table)의 형식으로 구축되어 진다. 이렇게 관계형 자료 테이블로 구축된 각각의 공간자료 Layer를 이용하여 상습적인 홍수범람지역에 대한 공간분석을 실시한다.

2.2 요소 2 : 사회 경제적 지표분석

가. 상주인구

대상지의 인구에 관한 통계자료를 수집하고, 이 자료를 가능한 세분화 된 공간단위로 구분하여 인구의 공간적 분포를 파악할 수 있도록 정리하여야 한다. 이렇게 정리된 자료가 인구의 공간 분포에 관한 속성자료로 정의된다. 한편, 대상지역의 인구와 연계된 도형자료인 대상지의 행정구역도(광역자치단체 경계, 시군 경계, 읍면 경계,

리·동 경계) 또는 지적도와 같은 정보가 확보되고, 이 도형정보와 기 구축된 행정단위 별의 상주인구에 관한 속성자료가 상호 연계될 수 있는 관계형 자료구조, 즉 테이블의 형태로 모델링되어야 한다. 이렇게 관계형 자료 테이블로 구축된 도형 및 속성자료는 공간 데이터베이스관리시스템을 동반한 GIS프로그램에 의하여 두 자료가 서로 연결(Data join)되어 하나의 형식으로 통합된 공간자료의 분석이 가능해진다.

나. 지가

지가에 관한 정보는 공시지가정보를 활용하여 상주인구의 정보와 같이 공간정보화 할 수 있다. 즉, 행정구역 단위로 지가를 등급화 함으로써 자료의 평균화를 시킬 수 있다. 행정단위로 평균화된 지가 등급자료는 행정단위의 도형 테이블과 관계형 자료구조로 연결되어 GIS프로그램을 이용하여 공간분석이 가능해진다. 행정단위를 기준으로 통합된 지가정보는 자료구성적인 면에서는 벡터자료 모형을 지니고 있으나, 중첩에 의한 공간분석의 편의를 향상시키기 위하여 적정크기의 필드자료구조를 지닌 레스터 자료모형으로 전환되어 사용된다. 이렇게 적정 크기의 그리드(Grid)로 구분된 레스터 자료는 각 그리드 속성 값이 등급화 되어 있어서 공간분석자의 선호도에 따라서 서로 상이한 가중치의 부여도 가능해진다.

2.3 GIS를 기반으로 한 공간적 분석

다른 요소들보다 좀 더 천변저류지가 담당해야 할 초과홍수량의 물리적인 격납용량의 제공과 관련하여 가장 중요하게 고려되어야 할 요소가 바로 GIS를 이용한 초과홍수량의 수용가능성 평가를 위한 공간분석이다. 대상지의 하천망정보를 추출하기 위해서는 1:25000의 수치지형도에서 등고자료 만을 추출하여 등고 수치 Layer를 만든 다음, GIS 프로그램의 표면해석 모듈을 이용하여 디지털 고도모형(DEM)을 생성해야 한다. 생성된 DEM정보를 기반으로 GIS프로그램이 제공하는 흐름방향과 흐름적산 모듈을 적용함으로써 하천

망을 추출할 수 있다. 이렇게 추출된 하천망은 DEM 정보 생성시 사용된 1:25000 수치지도가 가지는 공간해상능력의 한계로 인해서 실제하천이 가지는 인공적인 제방의 형상과는 차이를 보이는 것이 보통이다. 실제 하천제방의 지형학적 형상을 나타내는 인공위성영상과 DEM으로부터 생성된 수치하천망과의 형상학적 차이를 최소화시키기 위해서는 영상처리기법을 활용할 수 있다. 하천도를 추출한 후 천변저류대상지의 대안들에 대한 침수정보를 추출해야 하는데 GIS 프로그램을 이용하여 DEM 데이터를 기반으로 한 대안들에 대한 면적이 자동으로 연산하여 추출된다. 계산되어진 면적을 등고 Data 분석을 통해 대상지의 수직 깊이를 계산한 후 곱하여 유효저류량을 계산할 수 있다.

3. GIS를 이용한 적지분석 연산과정

상습범람지구, 인구, 지가, 토지이용, 유효저류량, 제방축조길이와 같은 요소로 분석되어 나온 결과를 중첩(Overlay) 시키는 작업이다. 각각의 요소들은 나름대로의 평가 기준에 의해 고유한 값들을 가지고 있다. 그러므로 각각의 요소들을 표준화된 값으로 통일시키는 과정이 필요하다. 이것은 각각의 요소별로 가중치를 주고 중첩시켜 적지를 분석하는데 있어서 매우 중요한 점이라고 할 수 있다. 그림 1은 적지분석을 위한 중첩 과정에 대한 개념도를 표현한 것이다. 먼저 적지 평가에 요구되는 요소들에 관한 레스터 자료를 이용하여 공간정보 중첩연산을 실시한다. 중첩연산의 결과, 도출되는 정보는 검토대상영역내 어느 곳이 천변저류지 설치에 보다 더 적절한가를 상대적 가치로 비교한 종합적인 정보에 해당한다. 이 종합적인 적지정보에 하천제방의 고도 정보 및 그 주변의 등고정보를 이용하고 초과홍수량 즉, 홍수조절유량의 물을 가둘 수 있는 시설을 건설하는데 추가적으로 발생하는 조건을 고려하여 최종적인 적지를 찾아낸다. 이 때 유효저류량과 제방축조길이와 같은 요소를 고려하게 된

다. 요소별로 적지분석에 대한 중요도가 다르기 때문에 각각의 요소가 갖고 있는 특성을 적용시켜 가중치를 달리 적용한다.

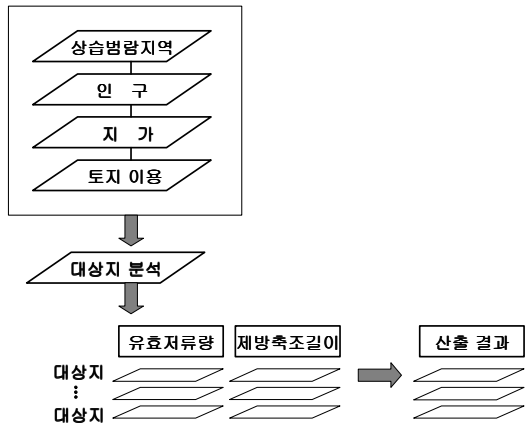


그림 1. 적지분석 연산과정

4. 적용사례

4.1 대상유역

토평천은 낙동강의 제 1지류로서 하구로부터 상류 약 108km 지점의 좌안으로 유입하는 지방 2급 하천으로 동경 128° 26' ~ 128° 36' , 북위 35° 37' 사이에 위치하고 있다. 유역의 남북 길이는 약 12.3km, 동서로는 약 20.5km로서 수지상 형상을 이루고 있으며, 기 고시(경남 제 2005-186호, 05.06.24)된 유역면적은 123.97 km²이고 하천연장은 29.57km이다. 수원은 창녕군 고암면 감리 열왕산에서 발원하여 서향으로 흐르

다 창녕군 유어면 대대리에서 우포에 유입되었다가 남서향 하여 창녕군 유어면 구미리 지선에서 낙동강 본류로 유입하며, 유역의 중하류부에는 람사(Ramsar) 협약에 가입되어 관리되고 있는 우포 등 4개 습지(목포, 사지포, 쪽지벌)가 위치하여 생태계보전지역으로 지정되어 있다. 그림 2는 대상지의 유역을 나타낸 것이다.

4.2 중첩분석

중첩분석은 각각의 요소로부터 나온 레스터 자료기반의 각 레이어들을 공간연산을 통하여 통합된 속성값을 지닌 하나의 레스터 기반의 레이어 정보로 만드는 과정이다. 실제로는 각 요소 별의 레이어들은 동일한 물리적 크기를 지닌 셀(또는 Grid)로 구성되어 있어 동일한 번지의 셀은 실제 세계에서 동일한 지구좌표를 중심으로 한 일정범위의 위치와 속성을 나타내므로 이들 각 요소 레이어들의 동일 위치의 셀들은 비록 서로 다른 요소의 속성을 지니고 있으나 모두 0-1 사이의 상대적 값으로 무차원화(Normalization)가 이뤄져 있어 대수연산이 가능하다. 따라서 각 요소 레이어 같은 공간적 위치를 지니는 모든 셀들의 속성값을 더하면 해당 셀이 지니는 통합적인 속성값을 구할 수 있을 뿐만 아니라 통합된 최종 레이어의 각 셀간의 속성의 상대적 정도차이를 도면 위에 나타 낼 수 있고 수치로서도 도출이 가능하다. 그림 3은 토평천 유역의 중첩결과를 보여주고 있다.

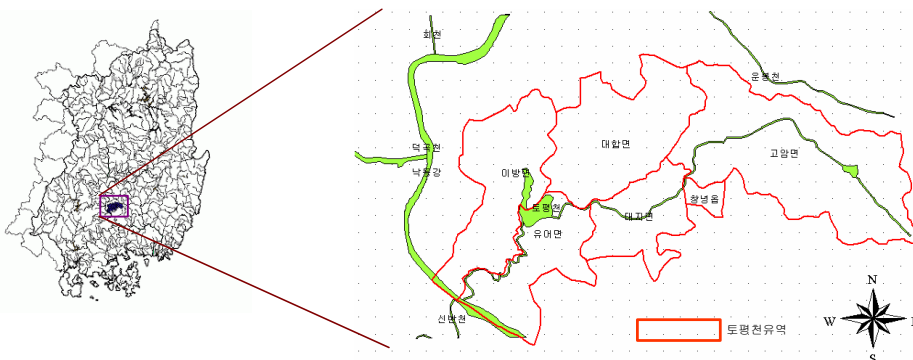


그림 2. 대상지 토평천 유역

토평천유역의 중첩결과

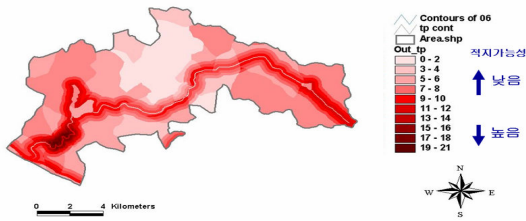


그림 3. 토평천유역의 천변저류지 적지분석 결과

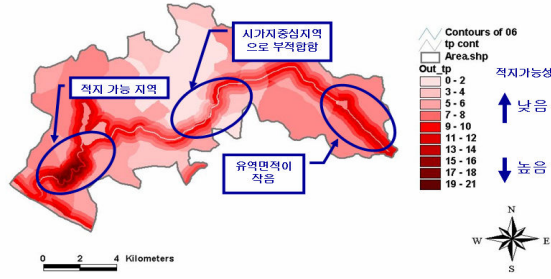


그림 4. 토평천유역의 중첩 결과 분석

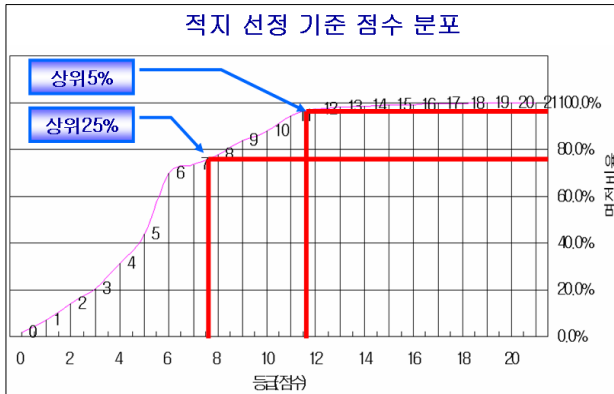


그림 5. 적지선정 기준 점수 분포

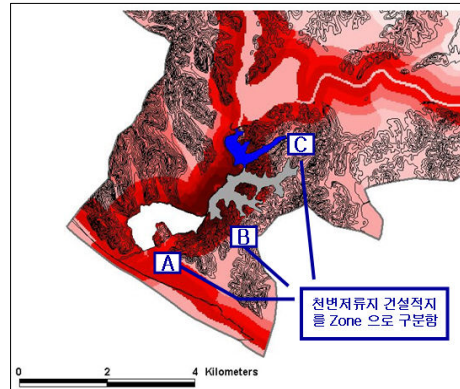


그림 6. 대상지 Zone 구분

대상유역인 토평천 유역에 대한 중첩분석 결과 하천의 주변지역과 상습 범람지를 중심으로 결과 값이 높게 나왔다. 중첩결과를 살펴보면 토평천 유역의 상류지역은 유역의 면적이 작아 저류할 수 있는 면적이 충분하지 않다는 것을 알 수 있고, 토평천 유역의 중류지역은 중심 시가지가 대상지역을 많이 차지하고 있어 저류 공간 확보에 어려움이 있는 것으로 파악된다. 토평천 유역의 하류지역은 과거 침수에 의한 피해를 보고 있는 지역으로 토평천 유역 중 저류 용량에서 가능성이 높은 지역으로 분석되어졌다. 그림 4는 토평천 유역의 중첩결과를 분석한 것을 보여주고 있다.

토평천 유역에 대한 적지분석을 통한 대안의 설정은 사용자가 원하는 빈도로 사용자에게 의하여 선택적으로 분석이 가능하다. 본 연구에서는 대안의 분석을 상위 5%와 상위 25%를 만족하는 대상지를 분석한 후 저류 가능 대상지를 3개의 Zone으로 구분한 후 각각의 Zone을 구분하고

통합하여 대안을 설정하였다. 대상지를 선정한 다음 대상지에 대한 뚝방의 정보와 등고 자료, 그리고 GIS 프로그램을 이용하여 용량을 구해낼 수 있다. 뚝방에 대한 정보는 토평천 유역의 하천정보기본계획의 자료를 통하여 확보했으며, 등고 자료는 국가지리원에서 제공하는 1 : 25000 수치지도에서 추출하여 분석하였다. 대안으로 분석된 대상지에서 용량을 추출하는 방법은 그림 7 과 같다.

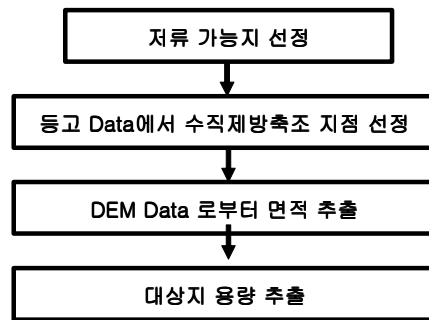


그림 7. 저류용량 추출과정

표 1. 우선순위 선정기준을 고려한 대안비교

	토지매입가격		인구		유효저류량		제방축조길이		평가
	등급	점수	등급	점수	등급	점수	등급	점수	합계
대안1(B, C Zone)	D등급	400	C등급	300	D등급	800	C등급	300	1800
대안 2(C Zone)	D등급	400	D등급	400	B등급	400	D등급	400	1600
대안 3(B Zone)	D등급	400	D등급	400	C등급	600	E등급	500	1900
대안 4(A, B, C Zone)	D등급	400	A등급	100	E등급	1000	A등급	100	1600

우선순위 선정기준에서 저류용량과 인가수에 대한 평가기준은 낙동강유역종합치수계획 보고서의 평가기준을 그대로 사용하였고, 낙동강유역종합치수계획 보고서에 우선순위 선정기준이 없는 토지매입가격과 제방축조길이평가 부분은 임의의 값을 정하여 우선순위 선정기준을 잡았다. 따라서 이 부분은 우선순위를 정하는데 매우 중용한 기준이므로 선정기준에 대한 충분한 논의 후에 재평가되어야 할 것이다. 표 1은 앞에서 언급한 선정기준을 적용하여 대안들을 평가한 결과이다.

B, C Zone이 종합점수에서 1800점을, C Zone이 종합점수 1600점을, B Zone이 종합점수 1900점을, A, B, C Zone이 종합점수 1600점을 받았다. 따라서 천변저류지 설치 최적지는 B Zone(대안3)으로 평가되었다.

5. 결 론

본 연구에서는 천변저류지 대상지역을 선정하는데 있어 GIS를 활용하여 적지분석하는 방법을 제안하고 있다. 천변저류지의 설치를 필요로 하는 지역이나 그 설치에 따른 홍수제어의 규모 및 이에 따른 토지점유면적, 그리고 추가적으로 요구되는 공사규모등을 판단 할 수 있는 정보를 합리적으로 만들 수 있는 방법을 제안하는데 참고가 될 것이다. 또한 적지분석과정에서 우선순위를 선정하는 기준을 마련하는데 있어 신중한 논의가 필요함을 확인 할 수 있었다.

참고 문헌

1. 이희연 (2003) GIS : 지리정보학, 법문사

2. 김남신 (2003) GIS 실습, 한올아카데미
 3. 건설교통부 부산지방국토관리청 (2004) 토평 천 하천정비 기본계획
 4. Benstead, P., Jose, P., Joyce, C. & Wade, P.M. 1999. European wet grassland: guidelines for management and restoration. Sandy: RSPB.
 5. Chris, C.T., Vivian, C.K, 1997. Guidelines for constructed wetland treatment of farm dairy wastewaters in New Zealand, NIWA Science and Technology Series No. 48
 6. Environment Agency website, www.environment-agency.gov.uk 2003
 7. International Commission for the Protection of the Rhine. 2003. Available from <http://europa.eu.int/scadplus/leg/en/lvb/128115.htm>,
 8. 이은실, "Landuse suitability analysis of river basin with consideration of water quality", 충북대학교 대학원 석사학위논문, 1998.
 9. 박대희, "A proposal of distribution method for inter-regional sewage treatment zone using GIS and Gravity model", 충북대학교 대학원 석사학위논문, 1999.
 10. 박인혁, 이재섭, 이상순, 조선휘, "도시유출수를 활용한 용도지구별 적지분석", 충북대학교 도시공학과 졸업작품, 2003.