

# 천변저류지 기본계획수립을 위한 분석 방안



**김형수** |  
인하대학교 토목공학과 교수  
sookim@inha.ac.kr



**하성룡** |  
충북대학교 도시공학과 교수  
simplet@cbucc.chungbuk.ac.kr



**김상단** |  
부경대학교 환경시스템공학부 교수  
skim@pknu.ac.kr



**박창근** |  
관동대학교 토목공학과 교수  
ckpark@kwandong.ac.kr



**경민수** |  
인하대학교 토목공학과 석사과정  
gigatg@empal.com

키는데 주력하여 왔다. 그러나 하천주변의 인구 집중화와 도시화는 홍수피해의 잠재성을 증대시켜왔으며, 불투수층 증가와 기상이변으로 인한 홍수량의 증대는 하천위주의 홍수방어에 그 한계점을 보이고 있다. 따라서 최근 유역종합치수계획에 의해 홍수량을 유역내에 분담시키고자 하는 노력을 수행하고 있는데, 이는 면적 개념의 2차원적인 홍수량 분담을 통해 하천의 부담을 줄이고 하천 범람으로 인한 홍수피해의 잠재성을 경감시키고자 하는 것이다. 그러나 하천주변은 여전히 많은 부분이 농지 등으로 이용되고 있고, 직선화된 제방으로 구성되어 있어 홍수량의 유역분담을 이루기 위해서는 유역의 저류지 확보 등의 해결방안이 주요 과제라고 할 수 있다.

이러한 문제들을 해결하기 위하여 하천주변에서 홍수량을 저류할 수 있는 천변저류지개념을 도입하게 되었으며, 현재 낙동강유역종합치수계획, 삼교천유역종합치수계획 등에서 천변저류지가 검토되었다. 그러나 천변저류지에 대한 개념이나 명확한 정의가 아직 정립되지 못한 상태이고, 천변저류지의 기능, 형태, 기술 지침 등에 관한 연구역시 미흡한 실정이다. 따라서 본 논고에서는 천변저류지의 개념과 정의를 정리하고, 그 활용방안과 기본계획수립을 위한 분석방안, 그리고 조성방안 등에 대하여 간략히 기술하고자 한다.

## 2. 천변저류지의 정의

### 2.1 유역종합치수계획의 천변저류지 정의

### 1. 서론

기존의 하천은 제방의 직선화와 정비 위주의 1차원적인 사업을 통하여 홍수량을 신속히 바다로 유출시

유역종합치수계획에서는 일반적으로 과거 농경지

조성 및 보호를 목적으로 기존 범람지에 제방을 축조함으로써 홍수조절 기능을 상실한 구 하도를 복원하여 원래의 홍수조절 기능을 수행할 수 있도록 하는 저류지의 개념으로 천변저류지를 정의하고 있다(건설교통부, 2004, 2005a). 이는 홍수방어를 목적으로 하는 구조적 대책의 일환으로써 그 개념을 이해하고 있기 때문에 홍수조절을 위한 저류지의 기능만을 고려하고 있는 것이다.

이와 같은 개념하에 천변저류지는 하천 또는 수로에 접하여 제방의 일부를 낮춘 월류언을 이용하여 침투홍수량의 일부를 저류하는 형식으로 운영하는데, 하도 흐름에 직접적인 영향을 미치므로 침투홍수량 조절효과가 우수하고 그 효과가 즉시 나타나는 장점이 있어 당해 하천의 상류로는 수위저감 효과를, 하류로는 홍수량 저감 효과를 기대할 수 있다. 반면에 다른 저류시설에 비해 농경지 손실이 거의 없고, 특히 대부분의 천변저류지가 침수취약지역에 설치되므로 취약지역을 해소하면서도 다른 지역의 치수안전성을 제고할 수 있다는 점에서 바람직한 홍수방어 대안이라 할 수 있을 것이다(건설교통부, 2005a).

따라서 유역종합치수계획에서는 천변저류지의 개념을 홍수방어 목적을 위한 개념에서 정의하고 있으나 사실상 홍수조절 효과를 극대화 하기 위해서는 상당한 면적의 저류지를 확보해야 하는 측면이 있고, 홍수방어 측면에서만 이를 이해할 경우에는 기존의 저류지나 우수지등과 개념적 차이가 있지 않을 것으로 판단된다.

## 2.2 외국에서의 천변저류지 정의

영국에서는 우리나라와 비슷한 홍수조절 목적의 천변저류지를 Washland라는 단어로 표현하고 있는데 이를 옥스퍼드 사전(2001)에서는 다음과 같이 정의하고 있다.

“강이나 하천에 의해 주기적으로 범람하는 땅(Land that is periodically flooded by a river or stream)”으로 표현하고 있다.

그러나 옥스퍼드 사전에 의한 천변저류지(washland)의 정의는 홍수터와 천변저류지를 정확히 구별하지 못하고 있고, 더욱이 천변저류지가 자연적으로 생성되었을 때에는 이들의 차이를 발견하기가 어렵다. 따라서 환경식품농촌부(Department of Environment, Food and Rural Affairs, DEFRA)와 환경식품농촌부로부터 지원을 받는 영국 자연청(English Nature) 그리고 환경청(Environment Agency) 등에서는 천변저류지에 대하여 다음과 같이 정의를 내리고 있다.

“주로 인공적으로 조성된 홍수터지역으로 낮은 수준의 홍수조절기능을 수행하는 제방에 의하여 둘러싸여 있어 제방보다 높은 홍수사상이 발생할 경우 제방의 범람으로 저류지에 홍수가 저류되며, 홍수와 홍수파를 일시적으로 저장할 수 있는 공간을 제공한다. 천변저류지는 농지, 쾌적한 경치, 또는 레크레이션 지역으로 이용될 수도 있을 것이다.”

그러나 많은 자연하천 또는 충분히 개수되지 않은 하천의 경우에는 자연적으로 홍수를 저장하고 그 결과로 홍수를 조절하는 기능을 가진 지역을 포함하며, 이러한 지역은 홍수터 또는 습지와 구분되어 진다. 영국 자연청의 또 다른 정의를 살펴보면 다음과 같다.

“홍수조절을 목적으로 하천과 강에서 발생한 홍수에 의하여 자연적 또는 인공적으로 범람되는 홍수터를 말하며, 습지와 같은 서식처 환경을 형성할 수 있는 잠재력을 가진 지역”

미국이나 습지관련 기관에서는 우리나라나 영국과 같이 홍수조절 또는 홍수방어를 목적으로 천변저류지를 따로 정의하기 보다는 습지로서 정의하고, 습지 기능의 하나로써 홍수조절 기능을 설명하고 있다. 그리고 습지가 환경 및 생태계에 미치는 영향과 그 기능 및 가치에 대하여 주로 논하고 있다. 따라서 특별히 홍수방어의 대안으로써 천변저류지를 생각하기 보다는 습지를 복원하거나 조성할 때 홍수조절, 환경, 동식물 등의 생태적 기능과 가치에 대하여 많은 연구가 이루어지고 있다.

### 2.3 천변저류지의 정의

우리나라의 경우는 홍수조절의 한 가지 목적에서 천변저류지를 정의하고 있고, 영국도 비슷한 개념으로 천변저류지를 정의하고 있음을 알 수 있다. 그러나 영국 자연청의 정의를 보면 홍수조절을 주 목적으로 하고 있으나 ‘습지와 같은 서식처 환경을 형성할 수 있는 잠재력을 가진 지역’으로써도 정의하고 있다. 그리고 다른 외국의 경우 저류지도 습지의 일부로써 홍수조절의 기능을 설명하고 있음을 알 수 있다.

본 논고에서는 천변저류지를 홍수기와 비홍수기의 활용 측면에서 정의하고자 한다. 즉, 홍수기는 홍수조절을 주 목적으로 하고, 비홍수기에는 천변저류지를 습지로 활용한다는 전제하에 천변저류지를 정의하고 분류하도록 한다.

천변저류지를 크게 기능적인 측면과 물리적인 측면으로 나누어 정의하여 보면 다음과 같다. 천변저류지는 홍수터와 흡사한 개념의 용어로 물리적, 사회적, 환경적, 생태학적인 의미가 내포될 수 있도록 정의하여야 한다고 판단된다. 따라서 천변저류지의 정의는 ① 물리적으로 홍수와 가뭄에 대해 동적인 물의 순환 관계를 의미한다고 볼 수 있다. 즉, 홍수시 물을 저류하고, 때에 따라서는 가뭄시 물의 공급을 받을 수 있는 저류지내의 물 순환관계로부터 개념을 정의할 수 있을 것으로 생각된다. ② 사회적 측면에서는 주차장이나 각종 체육시설등으로 설치함으로써 비홍수기시에 시민을 위한 공간으로 활용할 수도 있을 것이다. ③ 환경적 측면에서는 각종 오염물질에 대한 수질조절과 토사유출로 인한 수질악화를 방지하는 수질 정화 기능을 하는 저류지를 의미한다. ④ 생태학적으로는 비 홍수기시 습지로 활용할 경우 다양한 종의 식물과 생물들이 서식할 수 있도록 습지생태계의 서식처를 제공하는 습지 개념의 저류지로 정의할 수 있을 것으로 생각된다.

천변저류지의 정의에 대하여 앞에서 설명한 내용들을 종합하여 두 가지 측면에서 정의를 내리고자 하는데 첫 번째는 천변저류지를 홍수조절을 목적으로

하는 물리적 관점에서 정의하는 것이고, 두 번째는 비홍수기시 습지의 관점에서 천변저류지를 정의하는 것이다. 즉, 첫 번째 관점에서 “천변저류지란 하천변의 홍수터로써 홍수조절을 주 목적으로 하고, 일정한 수표면을 유지하거나 토양이 항상 또는 일정기간 동안 포화되는 저류지를 말한다.”로 정의하고, 두 번째 관점에서 “천변저류지는 저류지내 물의 순환관계를 유지시켜주고, 수량 및 수질 조절 기능을 수행하며, 생태계의 다양성을 위해 서식처를 제공하여주는 하천변 홍수터 습지”로서 정의를 하고자 한다.

천변저류지를 위와 같이 정의하고자 하는 판단의 근거는 천변저류지를 홍수기와 비홍수기로 나누었을 때 홍수기때는 홍수조절 목적의 저류지로서의 기능과 역할을 할 수 있도록 하자는 것이고 비홍수기때는 환경과 생물 다양성의 서식처로서의 기능을 보존하고자 함이다.

천변저류지를 홍수기와 비 홍수기로 나누었을 때 특히, 비 홍수기때는 시민의 휴식공간이나 편의시설 또는 농지 등으로 다각적인 측면에서 이용할 수도 있을 것이다. 이러한 측면에서 그 활용방안에 대하여 다음의 3절에서 다루기로 한다. 그러나 본 논고에서는 비홍수기때는 주로 하천변 홍수터 습지라는 전제하에 기술하고자 한다.

### 3. 천변저류지의 활용방안

천변저류지를 그 활용 목적에 따라 구분하기 위하여 보호구역, 완충구역, 활동구역으로 구분하고자 한다. 여기에서 보호구역은 비홍수기시 생태적기능을 중요시하는 습지 등으로 사용되는 경우를 말하고, 인위적인 활동으로부터 보호해야 할 필요가 있는 지역을 의미한다. 또한 완충구역은 비홍수기시 논이나 골프장 등으로 이용될 수 있는 천변저류지로서 홍수기에는 저류지의 역할을 함으로써 홍수파의 완충역할을 담당하는 구역을 말한다. 마지막으로 활동구역은 하류지역의 도심지 등의 주변지역에 조성되는 천변저류

지로 비홍수기시 체육공원, 주차장, 시민 휴식공간 등으로 활용하는 경우를 말한다. 천변저류지의 활용성에 따라 조금더 자세히 기술하면 다음과 같다.

#### □ 보호구역

천변저류지가 보호구역으로 구분되어질 경우는 비홍수기시 습지등으로 이용되거나 활용되어지는 경우를 의미하는데 이때는 습지로서의 기능과 가치가 존재하여야 한다. 즉, 생물종의 다양성과 생태적가치에 대한 내용을 포함하고, 수문환경적 측면(유출량, 증발산량, 오염에 대한 측면 등)에 대한 분석이 이루어져야 할 것이다. 또한 이와 더불어 이들 지역에 대한 지속적인 모니터링과 함께 가치적 측면에서 얼마만큼 보호의 가치가 있는지, 그 정도에 대해서도 조사가 이루어져야 할 것으로 판단된다. 따라서 보호구역에 대한 정의는 습지나 생물다양성을 가질 수 있는 천변저류지로 정의하고, 보호의 정도는 조사와 검토를 통하여 분류할 수 있을 것으로 판단된다.

#### □ 완충구역

천변저류지를 완충구역으로 활용하는 가장 좋은 사례는 논이라고 할 수 있을 것이다. 이는 천변저류지의 적정 대상지역이 논일 경우, 홍수기에는 홍수조절 역할을 하고 비홍수기에는 농산물을 생산할 수 있는 천변저류지로서 홍수파를 완화 시키는 완충지역의 역할을 담당하게 하는 것이다. 이 방안이 현재 우리나라에 천변저류지 개념을 적용한다고 하였을때 가장 많은 부분을 차지할 것으로 생각된다. 논을 천변저류지를 조성하여 홍수조절기능의 역할을 할 수 있도록 하는 것이다. 하지만 무엇보다 중요한 것은 홍수시 유입되는 홍수량에 의해서 기존의 논이 기능이 저하되지 않도록 운영 관리 하는 것이다.

#### □ 활동구역

마을과 같은 거주지역 주변이나 하류의 도시주변 하천지역 같은 곳에 천변저류지를 조성 할 경우, 비홍수기에 주차장이나 체육공원 또는 레크레이션 목적

등으로 활용가능한 천변저류지를 활동구역으로 정의하기로 한다. 즉, 홍수기에는 홍수조절 목적으로 비홍수기에는 주민들의 여가활동 및 기타 친수공간 등 다양한 활용을 할 수 있는 천변저류지의 구역을 활동구역으로 정의하는 것이다. 천변저류지를 활동구역으로 활용하는데 있어서 가장 중요한 것은 홍수기에 지역민들이나 천변저류지 구역의 활동구역을 이용하는 이용자들이 급작스런 홍수에 대해 충분한 대책이 마련되는 것이라 할 수 있다. 즉, 홍수예경보 등을 통해서 인명과 재산의 피해를 막을수 있도록 준비된 방안이 있어야 한다.

## 4. 천변저류지 기본계획 수립을 위한 분석

### 4.1 대상지역의 선정

천변저류지의 대상지역을 선정할 때 여러 가지 사항들을 고려하여야 하나 우선적으로 과거의 침수경험이 있거나 홍수피해 발생이 빈번한 지역을 선정하는 것이 합리적일 것이다. 이는 상습범람지의 경우 지형적인 요건이 천변저류지의 기능을 가지고 있다고 할 수 있고, 천변저류지의 조성을 위해 경제적인 측면에서도 유리하다고 할 수 있을 것이다. 이러한 측면에서 천변저류지의 대상지역 즉, 적지선정을 위한 분석방안을 4.2절에서 간략히 설명하기로 한다.

### 4.2 적지분석

GIS기술을 활용한 공간자료 모델링의 가장 중요한 기능중의 하나는 시설물의 최적 입지 또는 특정 시설물에 대한 입지 적합성(site suitability)을 분석하는 것이다. 또한 새로운 공공 시설물이나 입지조건이 매우 까다로운 시설물의 입지를 찾는 경우에 먼저 입지해서는 안 되는 지점이나 입지하기에 적합하지 못한 지점들을 먼저 찾아내고 나머지 지역들 가운데 적합한 입지를 찾아내는 경우도 있다. 이와 같은 GIS의

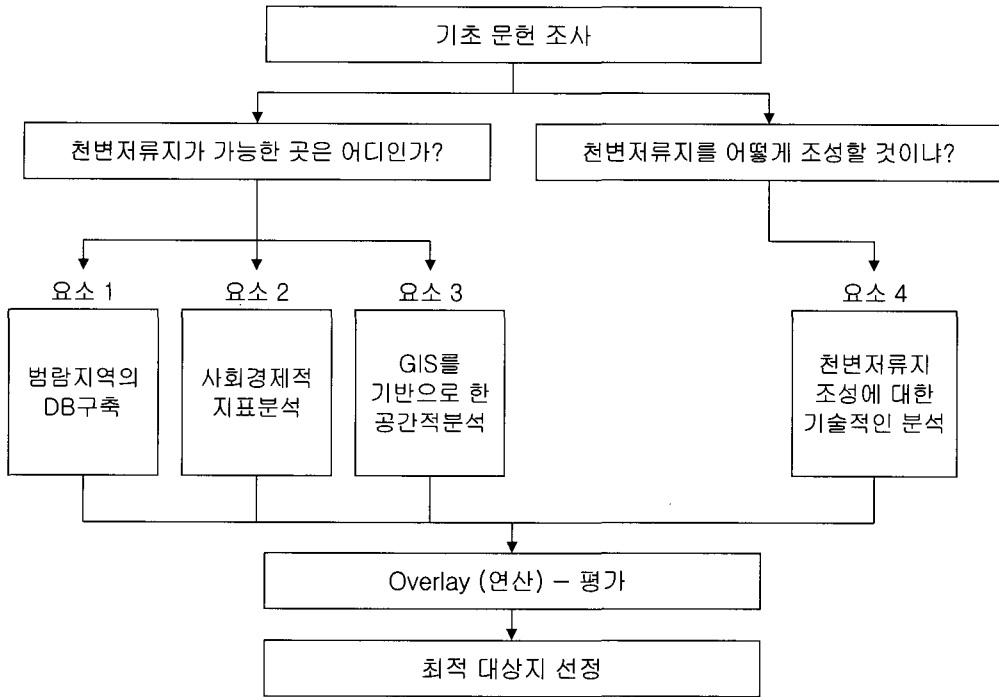


그림 1. 적지분석의 과정

공간자료 모델링기법을 이용한 천변저류지의 적지분석에 틀을 구성해 보면 아래의 그림 1과 같다.

우선 그림 1에서, “천변저류지가 가능한 곳은 어디인가?” 라는 요소를 설명하기 위하여 요구되는 공간정보로는 대상지역 주변에서 현 시점까지 발생하였던 하천 홍수의 범람지역에 관한 이력 정보, 그 지역의 사회경제적 지표에 관한 정보, 하천 제방과 그 주변 지형이 지닌 특성을 고려한 홍수조절을 위한 저류용량의 만족가능성에 관한 정보 등이 있으며, 한편 “천변저류지를 어떻게 조성할 것인가?”에 대한 요소는 천변저류지가 저류장소로서의 기능을 만족하기 위하여 요구되는 추가적인 물막이 공사규모 등에 관한 기술적인 정보가 고려될 수 있다. 실제 천변저류지 조성을 위한 공간분석에 있어서는 이상의 여러 관련 요소들을 각각 독립된 주제정보(Layer)로 정의하고, 대상지역 내에 다양하게 분포하는 주제정보의 수준을 임의의 수량적인 기준에 의해 구분된 등급정보로 부여한다. 이렇게 작성된 각 Layer별의 공간적으로 등

급화 된 점수를 이용하여 Layer간의 중첩 공간연산 과정을 거쳐 전술한 두 가지 요소 각각에 대한 대상지역의 종합적인 점수가 평가되어지게 된다. 결국 천변저류지 적지선정이 목적이므로 각각의 대안에서 평가로 우선순위를 정한 다음 최적 대상지를 선정하게 된다. 그림 1에서 언급하고 있는 요소들이나 적지분석의 상세한 방법론은 건설교통부(2005b)의 보고서를 참고하기 바란다.

#### 4.3 수리분석

천변저류지의 가장 주된 기능은 홍수조절 기능이다. 따라서 홍수조절 효과를 알아보기 위하여 수리분석을 실시하여야 한다. 천변저류지의 경우 체적 개념이 들어가기 때문에 홍수조절 효과 분석을 위해서는 부정류해석이 가능한 모형을 선정하여야 한다. 현재 다양한 부정류 해석 모형이 개발되어 사용되고 있으며 그 중에서 가장대표적인 모형이 미공병단에서 개

발한 HEC-RAS모형이므로 천변저류지 수리분석을 HEC-RAS의 Storage area 기능을 이용하여 평가하는 방안을 간략하게 살펴보기로 하자.

우선 하천단면의 측량자료를 이용하여 대상지역의 지형데이터를 구축한다. 이후에 전술한 적지분석결과 타당하다고 판단된 지역에 저류지 즉, Storage Area를 설치한다. 이후에 천변저류지로 홍수량을 배분하기 위한 웨어나 수문등을 적절히 가정하여 부정류해석을 실시한다. 여기서 중요한 것은 홍수량을 어떻게 하면 가장 효율적으로 저류지로 보낼 수 있을지에 대한 방안을 마련하는 것이다. 가령 천변저류지의 적지가 경사가 급한 상류지역으로 분석되었다면 관성으로 인하여 홍수량을 월류 시키기가 매우 어려울 것이므로 이에 대한 공학적 대안을 마련해야 하면 그 효율성을 수리모형을 이용하여 입증하는 과정이 필요할 것이다.

앞에서 설명되어진 방안은 기존 제방의 월류형태에 대한 하나의 방안이다. 그러나 홍수량을 어떻게 저류시킬 것인가에 따라서도 다양한 방안들이 마련될 것이므로 이들에 대한 방법론들도 필요할 것이다. 그리고 실제 홍수조절 효과를 검토하기 위해서는 저류용량적 측면뿐만 아니라 침투치의 감소와 저류효과 및 에너지 감쇠효과 등에 대한 분석과 실험 등이 함께 수행되어야 할 것으로 판단된다.

#### 4.4 수문환경분석

장기 강우-유출 모의는 천변저류지의 분석뿐만 아니라 사실 이수 및 치수 그리고 하천 환경관리를 위해 중요하다고 할 수 있다. 이들 기간의 유출량 자료는 저수지와 댐의 용량 결정, 한발대책의 수립, 하천 유지유량 결정 등의 이수계획과 용수공급을 위한 댐 및 저수지의 물 관리, 수리권의 허가 및 조정, 용수 분쟁 조정, 오염총량관리를 위한 기준유량 산정, 그리고 천변저류지 등 홍수터의 지속가능한 관리방안 등 총괄적인 하천 물 관리에서 필수적인 요소이다. 유역에서 장기 유출을 모의할 수 있는 수문모형들은

1960년 이후 지속적으로 개발되어 적용되어 오고 있으며, 국내에서는 1980년대에 TANK 모형의 적용으로부터 시작되어 DWAST와 같은 순수한 국내 모형의 개발에서부터 SSARR, NWS-PC, TOPMODEL, HSPF, PRMS, SWAT, MIKE-SHE 등의 적용에까지 이르게 되었다.

최근에는 선진 외국의 경우와 같이 SWAT, HSPF 등 GIS와 RS를 이용한 모형의 적용이 활발하게 진행되고 있다. 국외의 경우 과거에 개발된 개념형 모형을 준분포형 모형으로 확장하고 GIS/RS와 연계하여 모형을 적용하고 있으며, 이러한 경향은 이미 보편화되어 있다. 이들 수문모형들은 기본적으로 동일한 수문성분 요소들을 적용하고 있다. 수문순환 해석을 위해서는 유역의 수문순환 과정에서 발생하는 모든 요소들을 포함하여야 하는데, 그러한 수문성분의 해석 방법들은 이미 여러 연구를 통해 정형화되어 있다.

천변저류지의 수문학적 분석을 위해서는 우선 유역의 저·갈수기 하천 수량 및 환경·생태적인 관리를 위한 모형이 필요하다. 또한 적용 가능성 및 적용 편의성을 고려하고 매개변수의 특징 즉, 국내 수문 여건에서의 매개변수 추정 가능 여부 등을 비교·평가하여 추진 중인 천변저류지의 조성 시 환경 및 생태 분석을 위한 적정 장기유출모형을 선정하여야 한다. 본 논고에서는 SWAT 모형(Neitsch 등, 2002)을 이용하여 증발산, 유출, 비점오염원등을 모의하는 방안에 대해서 간략하게 설명하고자 한다. 우선 SWAT 모형을 이용한 증발산 모의를 위해서는 강우, 온도, 습도, 바람, 일사량 자료 등이 필요하며, 우리나라에 가장 적합한 Panman-Monteith 방법을 이용하여 잠재 증발산량을 산정한 후, 향후 계산된 유출량과 기타 수문자료를 이용하여 실제 증발산량을 구할 수 있다. 또한 유출 모의는 SCS나 Green Ampt 방법을 이용할 수 있으나, AV-SWAT 모형의 경우 GIS에 바탕을 두고 있기 때문에 SCS 방법을 주로 사용한다. 마지막으로 비점오염원의 모의를 위해서는 수문, 기상, 침식/유사, 토양온도, 식물성장, 영양분, 살충제, 토양관리등에 관한 자료가 필요하며 이 자료에 근거하

여 SWAT 모형은 토양침식 및 유사량과 질소, 인과 살충제와 같은 유기성 화학물질의 이동량을 모의할 수 있다.

#### 4.5 생태모델링

생태 모델링을 위한 방법론은 천변저류지 내의 일일 수심에 대한 식생의 반응을 예측하는 것을 중심으로, 수문 모형 부분과 식생 성장 모형으로 크게 나누어 볼 수 있다(Ahn 등, 2004). 수문 모형에서는 지표면 고도별로 천변저류지가 침수되는 횟수와 기간, 침수심 등을 파악하는 것으로 이는 전술한 수문환경 분석을 위한 절차를 통하여 획득될 수 있다. 침수기간 및 그에 따른 침수 수심은 사전에 파악된 식물 성장 단계에 따른 식물의 반응을 결정하는데 중요한 요소가 되며, 식물 성장 모형 부분은 로지스틱 성장 방정식을 이용하여 식물 성장을 적절하게 모의하도록 모형의 주요 매개변수를 보정하여 구축할 수 있다.

##### □ 식물 성장 단계 모의

로지스틱 방정식은 식생의 발아 이후의 식생 성장을 성장 일의 함수로서 표현되며, 이를 이용하여 성장기간 동안 다양하게 변하는 식물의 수문환경에 대한 민감도를 고려할 수 있다.

##### □ 방법론의 주요 가정

습윤 토양 식물은 자연적인 또는 인간에 의해 조절된 침수 수심 및 유량 변동, 태양에너지, 기온, 천변저류지 내의 에너지 공급원의 이용가능성 및 쥐, 물새 등 초식동물에 의한 소비 등에 대하여 반응하게 된다. 이러한 습윤 토양 식물의 생태 모형을 구축하는 것에는 수문환경에 대한 식물 반응과 관련된 제한된 정보 등에 의하여 아래와 같은 가정이 동반된다.

- 식물은 최대 성장 높이까지 S형의 로지스틱 성장 곡선을 따름.
- 성장 기간은 일정함.
- 성장 시작일과 종료일은 일정함.

- 식물의 성장과 발아를 위한 최소 건조기는 일정함.
- 침수 수심이 현재 식물의 높이를 넘지 않거나 침수기간이 치명적이지 않으면, 침수 종료 후 성장을 지속함.
- 식물의 범람에 대한 민감도는 성장 단계에 따라 변동함.

##### □ 식물 성장 모형

식물 성장 모형은 각각의 성장단계별로 식물의 높이에 있어서의 성장과 식물 생산량을 모의하게 된다. 식물의 씨가 일정한 기후 조건을 만족할 경우 발아되면서 모형이 작동하게 되며, 마찬가지로 일정한 종료기후 조건을 만나게 되면 작동을 멈추게 된다. 일반적으로 토양 온도는 식물 씨의 발아를 위한 외력함수로 작용하는 것으로 알려져 있으며, 토양 온도 방정식으로는 대체로 코사인 함수가 이용되는데 이의 이용을 위해서는 실제 관측된 월별 토양 온도와의 보정 절차를 필요로 하게 된다.

일단 천변저류지 내에 식물의 씨가 발아되고 나면, 범람에 의해 방해를 받지 않는다면 식물은 S형 성장 곡선을 따라 성장하게 된다. 먼저 첫 번째 성장 단계에서 식물이 성장하여 생물량(biomass)을 생산하게 된다. 식물의 높이에 대한 천변저류지 내의 범람 시 수심과 범람기간은 식물이 다음 단계로의 지속적인 성장을 가능하게 할 것인지를 결정하게 되는 것이다. 이 때, 각각의 성장 단계 별로 범람에 대한 식물의 내구력은 다소 차이가 있음을 고려할 수 있다. 일반적으로 식물은 성장 단계가 진행될수록 침수에 대한 내구력이 높은 것으로 알려져 있는데, 예를 들어 제 1 성장단계에서는 침수심이 이틀이상 식물 높이의 1/3을 넘으면 성장을 지속할 없으며, 성장이 진행된 제 4 성장단계에서는 침수심이 삼일이상 식물 높이를 완전히 넘지 않으면 성장의 지속이 가능하다는 식이다. 일단 식물이 어떤 성장단계에 할당된 범람 제약조건을 성공적으로 통과하게 되면, 생산된 생물량은 다음 단계로 전이될 수 있으며 식물은 성장을 지속할 수 있는 것이다. 하지만 수문환경으로 인하여 식물이 범

람 제약조건을 통과하는데 실패하게 되면, 다음 단계로 전이되는 생물량은 존재할 수 없다. 이러한 경우 식물은 고사하게 됨을 의미하며, 생물량은 0에서부터 다시 시작되어 재성장하게 되나, 보다 낮은 태양 에너지 사용 효율을 보이게 된다. 이와 같은 절차가 매 성장 단계마다 적용되어 연간 식물의 성장을 모의하게 되며, 성장 기간이 종료하게 되면 모형에서 생산된 모든 생물량은 다시 0으로 돌아가게 된다.

#### 4.6 치수경제성분석

치수사업은 수해로부터 인명과 재산을 보호하는데 필수적인 사업으로 치수경제성 분석은 치수사업의 경제적 효율성을 평가하고 사업의 타당성 여부를 결정하는 중요한 판단 기준이 된다. 따라서 천변저류지를 조성하는 경우에도 이런 치수 경제성 분석이 이루어져야 한다. 경제성 분석의 경우 정부가 공공투자사업의 타당성과 투자우선순위를 결정하기 위한 객관적인 기준으로 계획단계에서부터 실시하게 되며, 이를 바탕으로 투자사업에 대한 정책결정을 하게 되므로 천변저류지를 조성하는데 있어서도 중요한 요소중에 하나로 작용한다.

건설교통부(2004)에서 제시한 다차원법을 이용하여 천변저류지 설치에 따른 치수 경제성 분석이 가능할 것이다. 그러나 실제 홍수조절의 효과를 볼 수 있는 대규모 또는 많은 수의 천변저류지를 조성할 경우 치수적 측면에서 경제성이 있는 천변저류지는 많지 않을 것으로 판단된다. 따라서 치수경제성분석 뿐 아니라 활용방안에 따른 편익이 함께 고려될 수 있는 경제성 분석도 이루어져야 할 것으로 생각된다. 즉, 치수적 측면과 비홍수기 활용적 측면의 편익을 함께 한 경제성 분석이 수행될 필요가 있다는 것이다. 따라서 이에 대한 다양한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

#### 4.7 천변저류지 조성방안

천변저류지의 조성은 크게 조사·분석·검토, 계획

·설계, 구축·조성, 모니터링·평가의 4 단계로 나누어 볼 수 있다.

##### □ 조사·분석·검토

조사·분석·검토에는 대상지 조사, 지형특성조사, 토양특성조사, 수문환경분석, 식생환경분석 등이 포함된다.

##### □ 계획·설계

천변저류지의 설계 시는 이용 가능한 모든 자원이 고려되어야 하며, 대상지의 급격한 공학적 대안을 가급적 최소화해야 하고, 대상지의 제약조건을 충분히 반영하여야 한다. 천변저류지의 설계기준이라 함은 요구되는 천변저류지의 기능을 제공하는 천변저류지의 구성부분에 대한 정량적인 정보를 제공하는 것이다.

##### □ 구축·조성

천변저류지의 시공은 대부분의 다른 토목공사보다 더 상세한 주의가 요구된다고 할 수 있다. 시공자는 정확한 도면과 완성물의 품질, 시공오차, 재료, 시공 기술 등을 시공 설계서에 기술할 필요가 있다. 시공에 대한 유연성은 문서화하여 시공에 따른 설계변경 사항을 파악하여야 한다. 식생에 관해서는 대상 종, 식생 밀도, 위치 및 방법 등이 상세하게 사전에 인지될 필요가 있다.

##### □ 모니터링·평가

생태형 천변저류지를 조성하기 위해서는 정기적인 모니터링이 필요하며 이러한 일련의 과정은 천변저류지에 식생한 식생이 정착되거나 또는 구성 변동이 완료될 때까지 수년 동안 지속하여야 한다.

#### 4.8 천변저류지 조성을 위한 법적 제도적 검토

천변저류지 조성을 위한 법적 제도적 절차는 다음과 같으며 이는 시행령이나 시행규칙에 포함되어야 할 것이다.



- 유역종합치수계획에 의하여 어느 유역에 홍수할 당량 지정
- 홍수할당량을 충족시키기 위한 천변저류지 계획 수립(생물의 다양성 확보 측면도 포함)

천변저류지 계획을 수립 할때는 후보지 결정에 대한 내용 및 홍수저감량 분석 등이 포함되어야 한다.

- 천변저류지 확보를 위한 한시기구인 유역 습지 복원단(가칭) 또는 습지복원위원회 구성
- 후보지내 농경지 매입
- 현실적으로 후보지내 발생가능한 농경지 형태 분류
- 농경지 매입 형태에 따라 적절한 천변저류지 조성 계획 수립
- 천변저류지에 대한 홍수보험제도 도입
- 천변저류지의 중요성에 대한 적극적인 홍보 강화
- 조성되는 천변저류지에 대한 모니터링 사업의 제도화
- 농림부와의 협조 방안 강구

## 5. 결론

우리나라에서 이제 시작되고 있는 천변저류지 조성을 위하여 이에 대한 개념이나 정의, 적지선정 및 설치 등에 대해 어떤 안내서나 지침서 등이 존재하지 않고 있다. 유역종합치수계획수립에서도 수행사에 따라 천변저류지 조성을 위한 위치선정, 즉, 적지선정에 대한 방법론에 대해서도 기준이 없어 다르게 수립되고 있다. 또한 홍수조절목적의 천변저류지라는 개념이 외국에서도 뚜렷하지 않고, 다만, 영국의 경우 washland라는 개념으로 조성이 되고 있었으며, 이는 홍수범람원을 이용한 홍수조절을 하는 것인데 최근에는 이러한 목적과 더불어 생태적 측면에서 다루어지고 있었다. 따라서 천변저류지에 대한 개념 및

정의를 새로이 정리하고, 홍수기에는 홍수조절 목적으로 비홍수기에는 천변저류지의 활용방안에 따라 그 구역을 구분하는 것이 필요하다. 앞에서 우리는 천변저류지의 적지 선정을 위한 방안, 기본계획 수립을 위하여 수리학적 분석과 수문환경적 측면에서 증발산량 및 유출량 산정, 비점오염원의 추정 방안, 그리고 생태모델링에 대한 방안 등을 살펴보았으며, 마지막으로 천변저류지 조성을 위한 방안과 법적/제도적 방안을 검토하여 방향성에 대하여 기술하였다.

천변저류지의 근본적인 목적은 홍수조절이며, 비홍수기에는 홍수조절 이외의 목적에 따라서 다양하게 그 활용방안이 강구되어야 할 것이다. 앞에서 우리는 비홍수기시 습지로써의 활용방안에 대한 검토와 분석을 통하여 생태형 천변저류지 조성을 위한 기본계획수립시 그 방향성에 대한 틀을 제시하였으나 여기에서 제시되고 있는 항목들은 향후에 보다 더 구체적으로 그 방법론들을 연구할 필요가 있을 것으로 생각된다.

## 참고문헌

건설교통부(2004). 낙동강 유역종합 치수계획  
 건설교통부(2005a). 삼교천 유역종합 치수계획  
 건설교통부(2005b). 천변저류지 기본계획수립에 관한 연구  
 습지학 원론(2000). 은혜기획  
 건설교통부(2004). 치수사업 경제성분석 방법 연구  
 Ahn, C., Sparks, R.E. and White, D.C. (2004). A dynamic model to predict responses of millets (*Echinochloa* sp.) to different hydrologic conditions for the Illinois floodplain-river.  
 Neitsch, S.L., Arnold, J.G., Kiniry, J.R., Williams, J.R., King, K.W. (2002). Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation. 