

우포늪의 생태치수기능 개선을 위한 천변저류지 검토



김형수 >>
인하대학교 사회기반시스템공학부 교수
sookim@inha.ac.kr



김민수 >>
인하대학교 사회기반시스템공학부 박사과정
gigaig@inha.ac.kr



김상단 >>
부경대학교 환경시스템공학부 교수
skim@pknu.ac.kr



김재근 >>
서울대학교 생물교육과 교수
jaegkim@snu.ac.kr



김덕길 >>
인하대학교 사회기반시스템공학부 석사과정
k1004dk@hanmail.net

1. 서론

기존의 하천은 제방의 직선화와 정비 위주의 1차원적인 사업을 통하여 홍수량을 신속히 바다로 유출시키는 데 주력하여 왔다. 그러나 하천 주변의 인구 집중화와 도시화는 홍수피해의 잠재성을 증대시켜 왔으며, 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 하천 주변은 여전히 많은 부분이 농지 등으로 이용되고 있고, 직선화된 제방으로 구성되어 있어 홍수량의 유역 분담을 이루기 위해서는 유역의 저류지 확보 등의 해결방안 등이 주요 과제라고 할 수 있다.

본 논고에서는 “천변저류지 기본계획수립을 위한 분석 방안”(한국수자원학회지, 2006)을 간략하게 요약하여 천변저류지에 대한 개념과 정의, 그리고 그 활용방안과 기본계획수립을 위한 분석방안 등에 대하여 간략히 살펴보고자 한다. 또한 경상남도 창원군 유어면 대대리, 세진리, 이방면 안리, 대합면 주매리 일원에 있는 자연 늪지인 우포늪 주변에 천변저류지를 조성하여 랍사 습지로 지정되어 보호받고 있는 우포늪 주위의 수위저감효과와 비홍수기때 천변저류지를 습지로 이용할 경우 생태계 보존에 필요한 유지유량을 위한 물수지 분석에 대하여 간단히 기술하고자 한다.

2. 천변저류지의 기본계획 수립을 위한 분석

2.1 천변저류지의 정의

먼저, 유역종합치수계획에서의 천변저류지에 대한 정의를 보면, 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 설명하고 있다(건설교통부, 2004, 2005a). 이는 홍수방어를 목적으로 하는 구조적 대책의 일환으로써 그 개념을 이해하고 있기 때문에 홍수조절을 위한 저류지의 기능만을 고려하고 있는 것이다.

외국의 경우를 살펴보면, 영국 자연청과 환경청 등에서는 천변저류지를 “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 공간”이라 하고 있으면 또 다른 의미로는 “홍수조절을 목적으로 하천과 강에서 발생한 홍수에 의하여 자연적 또는 인공적으로 범람되는 홍수터를 말하며, 습

지와 같은 서식처 환경을 형성할 수 있는 잠재력을 가진 지역”이라 정의하고 있다.

한국수자원학회지(2006)에서의 정의를 보면, 천변저류지를 물리적 관점(홍수기)과 습지적 관점(비홍수기)으로 나누어 설명하고 있다. 이를 인용하여 보면, 물리적 관점에서 천변저류지란 하천변의 홍수터로서 홍수조절을 주목적으로 하고, 일정한 수표면을 유지하거나 토양이 항상 또는 일정기간 동안 포화되는 저류지라고 정의하고 있다. 습지적 관점에서 천변저류지는 저류지내 물의 순환관계를 유지시켜주고, 수량 및 수질 조절 기능을 수행하며, 생태계의 다양성을 위해 서식처를 제공하여주는 하천변 홍수터 습지라고 설명할 수 있다라고 정의하고 있다.

2.2 천변저류지 기본계획 수립을 위한 방안

건설교통부(2005b)의 천변저류지 기본계획 수립 방안을 보면, 천변저류지의 활용방안 제시, 후보지 선정, 수리수문모형 구축, 생태모형 구축, 치수경제성 분석, 그리고 조성방안 구축으로 나누어 설명하고 있다.

먼저, 천변저류지의 활용 방안은 천변저류지를 조

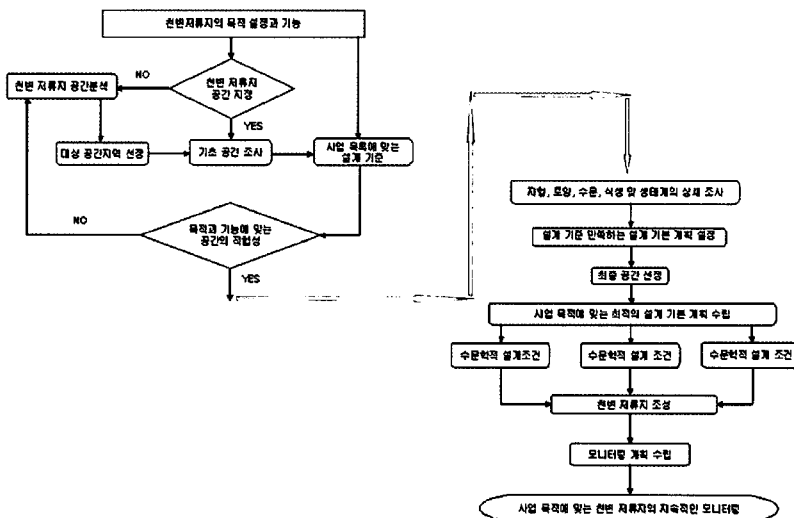


그림 1. 천변저류지 조성방안(건설교통부, 2005b)

성하는 목적을 규정하기 위해 그 활용 목적에 따라 보호구역, 완충구역, 활동구역으로 구분하였고, 후보지 선정은 수문학적인 조건뿐만 아니라 토양조건, 생물학적 조건, 사회적 조건 등을 고려하여 유역 내 최적지에 천변저류지가 위치하도록 선정하는 것이다. 수리수문모형 구축은 홍수저감 효과 등을 고려하기 위해 함과 비홍수기 습지 등으로 활용되어질 경우, 유지유량이나 정화능력 등을 고려하기 위한 것이다, 그리고 생태모형 구축은 수문모형에서 유지유량을 계산하여 실제로 수위에 따라서 식물들이 성장할 수 있는지에 대한 분석을 하는 것이다. 또한 치수경제성 분석의 경우 정부가 공공투자사업의 타당성과 투자우선순위를 결정하기 위한 객관적인 기준으로 계획단계에서부터 실시하게 되며, 이를 바탕으로 투자사업에 대한 정책 결정을 하게 되므로 천변저류지를 조성하는데 있어서도 중요한 요소 중 하나라 할 수 있으나, 비홍수기의 활용방안에 따른 경제성도 포함하는 것을 제안하고 있다. 조성방안은 매우 복잡한 과정으로서 서로 공통점이 없어 보이는 개별적인 학문분야에서부터 포괄적이고 논리적인 설계까지를 포함한 통합적인 과정이라 할 수 있다. 이러한 천변저류지 조성방안 과정을 간략하게 그림 1과 같이 나타낼 수 있을 것이다.

3. 우포늪의 생태치수 기능 개선 방안

현재 우포늪은 다양한 생태계가 공존하는 우리나라에서 보기 드문 자연 상태의 습지 형태를 유지하고 있다. 그러나 우포늪이 위치하고 있는 토평천의 경우 홍수기에 낙동강의 물이 역류하여 홍수 피해가 발생하고 있다. 따라서 과거의 홍수터를 복원하는 개념의 천변저류지 검토를 통하여 홍수피해 저감 효과를 분석하고 비홍수기때는 천변저류지가 습지의 형태로 유지될 수 있는지를 검토하기 위하여 유지유량을 산정하였다. 그림 2는 토평천 유역의 수계 구성도를 보이고 있다.

본 논고에서는 홍수위 저감효과를 검토하기 위해서 6가지의 CASE들에 대해 분석하였다. 즉, 우포늪

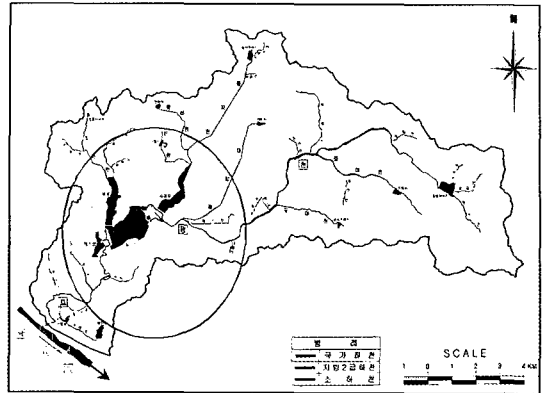


그림 2. 토평천 유역의 수계구성도

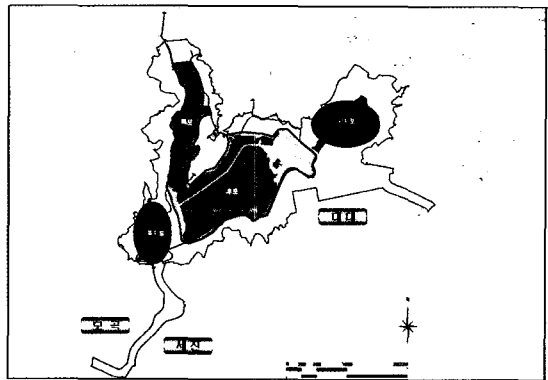


그림 3. 우포늪 주변지역도

주변에 천변저류지를 조성할 경우, 천변저류지 조성 대상지역은 우포늪과 함께 그림 3에 나타나 있는 모곡, 세진, 대대, 사지포, 목포지역이다. 각 CASE들을 살펴보면, CASE 1은 현재 상태일 경우(천변저류지를 조성하지 않았을 경우), CASE 2는 모곡지역, CASE 3은 세진지역, CASE 4는 대대지역, CASE 5는 사지포지역, CASE 6은 목포지역에 각각 천변저류지를 조성한 경우이고, CASE 7은 5개 지역 모두에 천변저류지를 조성했을 경우이다. 그리고 비홍수기때는 물수지 분석을 통해 유지유량을 검토하였고, 대상지역은 위에서 언급한 5개 지역이다.

3.1 HEC-RAS 모형에 의한 수위저감 효과

생태 기능의 증진을 위한 치수개선 방안으로 제시

표 1. 주요지점의 수위저감 효과(80년빈도)

(단위 m)

Control Point	CASE 1 (모곡)	CASE 2 (세진)	CASE 3 (대대)	CASE 4 (사지포)	CASE 5 (목포)	CASE 6 (전체)
지점 0(토평천하류)	0	0	0	0	0	0.01
지점3.0(세진지역하류)	0.12	0.13	0.22	0.06	0.08	0.43
지점 5.4(우포하류)	0.15	0.16	0.28	0.07	0.1	0.55
지점11.38(토평천상류)	0.17	0.17	0.18	0.07	0.09	0.36

표 2. 주요지점의 수위저감 효과(100년빈도)

(단위 m)

Control Point	CASE 1 (모곡)	CASE 2 (세진)	CASE 3 (대대)	CASE 4 (사지포)	CASE 5 (목포)	CASE 6 (전체)
지점 0(토평천하류)	0	0	0	0	0	0.01
지점3.0(세진지역하류)	0.13	0.13	0.23	0.06	0.08	0.45
지점 5.4(우포하류)	0.15	0.16	0.28	0.07	0.1	0.56
지점11.38(토평천상류)	0.17	0.18	0.18	0.08	0.1	0.37

할 수 있는 것은 원래의 수문학적 특징을 유지할 수 있도록 하는 방안이 있다. 수문학적 특성이 변하게 된 주원인은 우포에 형성된 제방이라 할 수 있다. 그래서 본 논고에서는 제방을 낮춰서 월류시키는 방법을 이용하여 세진, 모곡, 대대에 천변저류지를 조성하고, 사지포 목포를 우포에 연결함에 따른치수개선 효과를 1차원 모형인 HEC-RAS을 이용하여 모의하였다.

HEC-RAS 모형으로 시나리오에 따른 치수개선 효과를 모의하기 위하여 Storage-area 기능을 이용해 부정류 해석을 실시하였다. Storage-area로 물을 이동시키기 위하여 웨어를 측방구조물로 설치하였으며, 웨어의 폭은 삼교천 유역종합치수계획(2005a)에서 사용한 90m로 가정하고 웨어의 고도는 17m로 설정하였다. 웨어의 고도의 경우 치수효과에 직접적으로 영향을 미치는 요소이며, 너무 높은 경우 Storage-area로 저류되는 양이 감소하게 된다. 반면에 너무 낮게 할 경우에는 침투에 도달하기 이전에 Storage-area가 포화되어서 수위저감효과를 기대할 수 없게 된다.

토평천 유역에 천변저류지 조성에 따른 수위저감 효과를 확인하기 위하여 모곡, 세진, 대대, 사지포, 목포를 대상으로 80년, 100년 빈도에 대해 분석하였으며, 위의 표 1과 표 2는 분석결과인 각 빈도에 따른

주요지점에서의 수위저감 효과를 보여주고 있다.

또한, 천변저류지 구성에 따른 에너지 저감 효과를 확인하기 위하여 유사와 관련있는 Power total과 유속의 변화를 천변저류지를 조성되지 않았을 경우와 모곡, 대대, 목포 각 지역에 천변저류지를 조성했을 경우에 대해 분석하였다. 다음의 그림 4와 그림 5는 Power total과 유속의 변화를 보여주고 있다. 여기서, Power total은 유사이송 방정식에서 사용되는 하천이 유사를 이동시키는 능력을 표현하며, 단면의 전단응력과 평균유속의 곱으로 구할 수 있다. 그림들을 보면 천변저류지 조성시 Power total과 유속이 저감됨을 알 수 있으며, 특히, 대대지역을 천변저류지화 했을 경우가 보다 더 큰 감소를 보이고 있음을 알 수 있다.

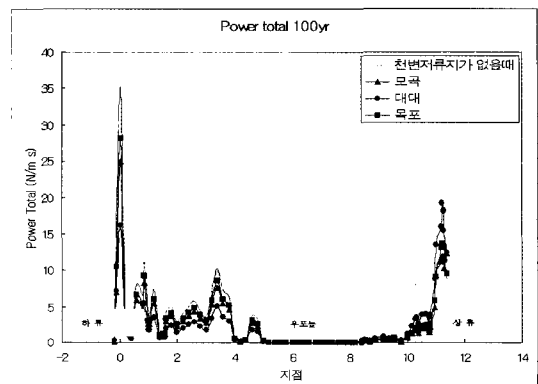


그림 4. 토평천에서의 Power Total의 변화(100년 빈도)

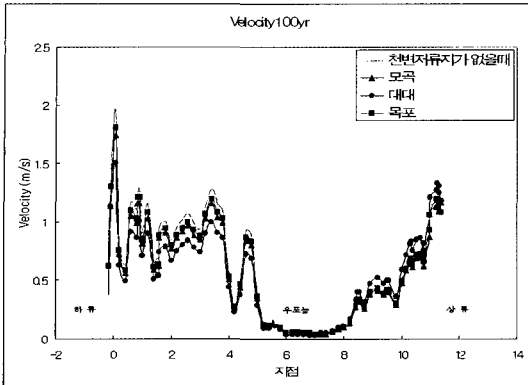


그림 5. 토평천에서의 유속의 변화(100년 빈도)

3.2 AV-SWAT모형을 이용한 물수지 분석

우포늪 인근에 생태형 천변저류지를 조성하여 인공습지로 활용함으로써 우포늪의 생태기능을 강화하고 조성된 습지의 유지가능성 여부를 판단하기 위하여 수문학적 모형인 AV-SWAT모형을 이용하여 분석하였다. HEC-RAS모형에 의해 산정된 저류용량을 AV-SWAT모형에 적용하고 물수지 분석을 수행함으로써 천변저류지가 습지로서 유지가 가능한지에 대한 검토를 하였다.

AV-SWAT모형(Neitsch 등, 2002)을 이용하여 천변저류지의 유지유량을 모의하기 위해서 저류지 추적에 이용하였으며, 저류지 용량은 HEC-RAS를 이용하여 산정하였다. 그리고 입력 자료로는 강우량,

일사량, 풍속, 습도, 기온 등이 사용되었다. 즉, 1년 동안(2004. 8.~2005. 7.)에 해당하는 입력 자료(강우량, 일사량, 풍속, 습도, 기온 등)와 2년 빈도에 해당하는 저류용량을 넣어 1년 동안의 물수지 분석을 수행하였다.

2년 빈도의 저류용량에 대한 유역전체의 물수지 분석 결과는 우포늪 일대에 천변저류지를 조성했을 때와 조성하지 않을 때로 나타내어진다. 물수지 분석 결과 천변저류지 조성 유무에 따른 기본 수문량을 비교하면 표 3과 같다.

또한, 조성된 천변저류지가 생태기능을 가지는 습지로서 유지가 가능한지를 검토하기 위해서 천변저류지내의 수심변화를 아래 그림과 같이 모의하였다. 이를 이용하여 천변저류지 수심의 유지정도를 알 수 있으므로 천변저류지에서 생존할 수 있는 식생을 예측할 수 있을 것이다. 천변저류지의 수심별 식생 분포에 대해서는 다음 절에서 설명하고자 한다.

3.3 우포늪의 수위별 식생분포

수생식물 또는 습지식물이라 하여 수위와 무관하게 물에서 살 수 있다는 것을 의미하지는 않는다. 수생식물은 수심에 따라 서식할 수 있는 종류가 다르게 나타난다. 다음은 수심에 따라 일반적으로 분포하는 식물들을 나열한 것이다. 그러나 동일한 수심이라 할

표 3. 천변저류지 유무에 따른 유역의 단위 면적당 수문량 비교

	천변저류지가 없는 경우	천변저류지가 있는 경우
강우량	976mm	976mm
증발량	416.87mm	464.03mm
유출고	475.62mm	367.29mm

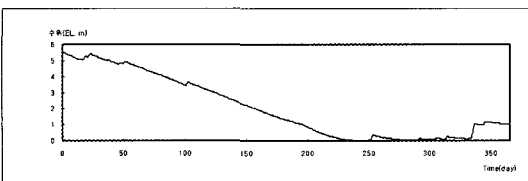


그림 6. 대대지역 천변저류지의 수심변화(2년 빈도) (2004. 8 ~ 2005. 7)

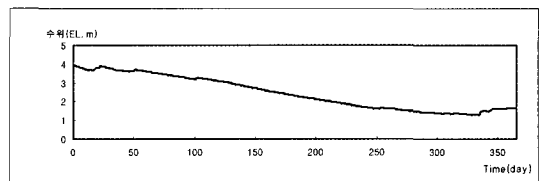


그림 7. 세진지역 천변저류지의 수심변화(2년 빈도) (2004. 8 ~ 2005. 7)

지라도 수문학적인 특징에 따라 종이 달라지며, 중간 관계에 따라 분포종이 달라진다. 단지 우포늪 일원에서 조사된 수생식물과 습지식물이 자랄 가능성이 있다는 것을 제시하고자 한다.

- 1) 수심 1m 이하에 서식 가능한 침수식물로는 대가래, 새우가래, 실말, 나자스말, 검정말, 나사말, 말즘, 붕어마름, 오성붕어마름, 물별이끼, 물수세미, 이상물수세미 등이 있다.
- 2) 수심 1.5m 이하에 서식하는 부엽식물로는 네마름, 마름, 애기마름, 유전마름, 네가래, 가래, 대동가래, 자라풀, 기시연꽃, 연꽃, 노랑어리연꽃 등이 있다.
- 3) 수심 0~1m 이상의 정수역에 서식 가능한 부수식물로는 개구리밥, 좁개구리밥, 생이가래 등이 있다.
- 4) 수심 0~40cm 구간에 서식 가능한 정수식물로는 물꼬챙이골, 흑삼릉, 벼풀, 보풀, 소귀나물, 울미, 매자기, 올방개, 줌송이고랭이, 창포, 물옥잠, 물닭개비, 세모고랭이 등이 있다.
- 5) 수심 -10~5cm 구간에 서식 가능한 식물로는 쇠털골, 도루박이, 솔방울고랭이, 층층고랭이, 갈대 등이 있으며, 물이 흐르는 유수역에는 달뿌리풀이 자란다.
- 6) 수심이 (-)로 나타나는 습한 지역에는 너도방동사니, 비늘사초, 세대가리, 애팽이사초, 참방동사니, 큰고추풀, 개기장, 쇠치기풀, 닭의장풀, 결풀, 기장대풀, 물잔디, 곡청초, 물여귀, 발뚝외풀, 줌겨풀, 사마귀풀, 미나리, 쇠뜨기, 갈풀, 개피 등이 있다.

4. 결론

천변저류지의 근본적인 목적은 홍수조절을 주목적

으로 하고 있으며, 비홍수기와 같은 시기에는 홍수조절이외의 목적에 따라서 다양하게 그 활용 방안이 강구되어야 할 것이다. 그러나 본 논고에서는 비홍수기 습지로서의 활용 방안에 대한 검토와 분석을 주로 설명하였으며, 본 내용들은 천변저류지 조성을 위한 기본계획수립시 그 방향성에 대한 틀을 제시하고, 이 같은 항목들은 향후에 보다 더 구체적으로 그 방법론들을 연구할 필요가 있을 것으로 생각된다.

본 논고에서는 습지로서의 활용 방안으로 우포늪에 대해서 분석하여 홍수위 저감효과와 비홍수기때 습지로서의 역할을 할 수 있는지를 판단하기 위하여 물수지 분석을 통한 천변저류지의 유지유량을 분석하였다. 이에 대한 수심별 식생 분포에 대해서도 살펴 보았으나 아직까지 천변저류지에 서식하는 식생에 대하여 수문학적인 특징을 수치적으로 고려하여 연구된 결과가 미진하며, 중간 관계에 대한 연구 또한 미진하므로 수문학적인 특성에 따른 식물의 분포를 정확히 예측할 수 없다. 그러므로 이에 대한 연구가 더 이루어져야 할 것으로 판단된다.

참고문헌

- 건설교통부(2004), 낙동강 유역종합 치수계획
 건설교통부(2005a), 삼교천 유역종합 치수계획
 건설교통부(2005b), 천변저류지 기본계획수립에 관한 연구
 한국수자원학회(물과 미래, 2006), 천변저류지 기본계획수립을 위한 분석 방안
 Neitsch, S.L., Arnold, J.G., Kiniry, J.R., Williams, J.R., King, K.W. (2002), Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation. 