

천변저류지 조성에 따른 효과분석 : (1) 홍수조절 및 생태적인 효과

Effectiveness Analysis of Constructed Washland : (1) Flood Control and Ecological Effect

곽재원* · 김재근** · 김형수*** · 유병국***

Kwak, Jae Won · Kim, Jae Guen · Kim, Hung Soo · Yoo, Byung Kook

Abstract

In recent, we have a growing interest in the washland construction as a measure of flood control and as a wetland with ecological function in the river. This study performed the flood control analysis and investigated the ecological effect for washland construction plan in Topyoung-cheon basin in Changyeong-gun, Gyeongnam. Several cases were considered for the washland construction on Topyoung-cheon basin, and we analyzed flood stage reduction and flood inundation for each case. From the result of flood control analysis, we found some significant results according to the combination of each washland case. We also found that the washland construction gave the positive results in biodiversity. Therefore, it will be desirable to consider various effects such as flood control, ecological aspects, and so on for the washland construction.

Keywords : ecological analysis, flood control-effectiveness analysis, HEC-RAS, washland

요 지

최근에 들어서 홍수조절과 생태적 기능을 모두 만족시키는 방안으로서 천변저류지에 대한 관심이 증가하고 있다. 본 연구에서는 경상남도 창녕군의 토평천 유역을 대상으로 하여 우포늪의 상류 및 중하류에 분포하는 천변저류지를 조성하였을 경우 천변저류지로 인한 홍수조절 효과와 생태적인 효과를 검토하였다. 연구 결과 천변저류지로 인하여 홍수 조절 및 생물다양성 증진 효과가 있는 것으로 나타났으나, 여러 천변저류지의 형식이나 조합에 따라서 효과는 상이하게 나타났다. 따라서, 천변저류지를 설치할 경우 단순 홍수조절 효과만을 고려하여 평가하기 보다는 다양한 효과 분석을 통해 천변저류지를 조성하여야 할 것으로 판단된다.

핵심용어 : 생태효과분석, 홍수조절효과 분석, HEC-RAS모형, 천변저류지

1. 서 론

지금까지 하천 재해관련 치수대책에서는 제방의 증축, 홍수터 정비 등의 1차원적인 정비를 통하여 하도의 통수능을 확보해 유역에서 발생한 홍수량을 최대한 빨리 하천의 하류로 유출시키는 방법을 사용하였다. 그러나 홍수 유출량을 무조건적으로 하천으로 유출시키는 대안은 하도에 큰 부담으로 작용하며, 하천 주변의 토지이용 변화, 도시화와 인구집중 등의 요인으로 인하여 홍수 피해의 잠재위험성을 증가시키고 있다. 따라서 유역종합치수계획에서는 홍수량을 유역 내에서 분담시키는 대안들을 통해 홍수량을 저감시켜 하도의 부담을 덜어주는 계획을 수립하고 있다. 이는 2차원의 면적개념에 의해 홍수량을 유역에 배분함으로써 홍수피해의 잠재성을 경감시키고자 하는 것이다(건설교통부, 2005c). 이

들 대안 중에서 최근 천변저류지에 대한 관심이 높아지고 있는데 이는 치수와 생태적 측면을 동시에 고려하기 위한 방법으로 간주되기 때문이다. 천변저류지에 대한 연구를 보면, 건설교통부(2005a)에서 처음으로 천변저류지의 기본계획 수립에 대한 연구를 하였고, 이후 치수와 생태적 측면을 고려한 천변저류지 이용방안에 대한 연구(건설교통부, 2007)를 수행하였다. 이외에 천변저류지의 개념과 분석방안(김형수 등, 2005), 천변저류지 홍수조절 효과의 불확실성 분석(전경수 등, 2006), GIS 를 이용한 천변 저류지 적지분석에 관한 연구(하성룡 등, 2006), 생태형 천변저류지 조성의 수문분석과 홍수위저감 효과(김덕길 등, 2007a, 2007b, 2008), 천변저류지를 활용한 화포천 유역에서의 홍수조절능력에 대한 분석(박창근 등, 2007) 등이 있다. 또한 천변저류지를 조성함에 있어서 수문 및 수리적 운영(안태진 등 2008)과 천변저류지

*정희원 · 교신저자 · 인하대학교 사회기반시스템공학부 토목공학과 박사과정 (E-mail : firstsword@naver.com)

**서울대학교 사범대학 생물교육과 부교수 (E-mail : jaegkim@snu.ac.kr)

***정희원 · 인하대학교 사회기반시스템공학부 토목공학과 부교수 (E-mail : sookim@inha.ac.kr)

****시립인천전문대학 e-비즈니스과 교수 (E-mail : bkyoo@icc.ac.kr)

조성의 생태적 접근방안(전승훈, 2007)이나 천변저류지 조성
에 따른 저류량 분석(김재철 등, 2008) 등의 연구가 있다.
국외의 경우에는 Faulkner 등(2005) 이 영국의 천변저류지
를 대상으로 하여 연속 모의를 통하여 지속적인 수자원의
변화를 모의하였으며, Said 등(2007)은 HSPF 모형을 이용
하여 미계측된 습지 지역의 수자원 변화를 고찰하였다.
Meyerhoff 등(2007)은 유럽대륙을 중단하는 Elbe 강을 대
상으로 하여 홍수터 및 습지를 복원하기 위한 Framework를
구축하였으며, Ma 등(2009) 은 습지에서 생물다양성의 보존
및 개발과 생물 서식지의 보존이 어떻게 대립되는지 논의하
였다.

지금까지 천변저류지에 대한 연구는 홍수위 저감 등의 효
과만을 다루고 있으며 천변저류지 설치에 따른 여러 가지
효과를 다루는 연구는 아직 미흡한 실정이다. 따라서, 본 연
구에서는 천변저류지의 구성에 따른 홍수 조절효과와 생태
적 효과 등을 동시에 분석해 천변저류지를 설치함으로써 발
생하는 효과를 다각적으로 살펴보고자 한다. 천변저류지에
의한 홍수조절효과분석은 HEC-RAS를 이용하여 홍수위 및
홍수량 조절 효과를 분석하였으며, 홍수 범람 분석을 통하여
침수저감 효과를 검토하였다. 또한, 우포늪의 생태 조사 결
과를 이용하여 천변저류지 면적 구성에 따른 생태적 효과를
분석하였다.

2. 천변저류지의 홍수조절 효과분석과 습지 이용방안

2.1 대상지역

본 연구의 대상지역인 토평천 유역은 낙동강의 제 1지류
로서 하구로부터 상류 약 108 km 지점의 좌안에서 유입하는
지방2급 하천으로 유역면적은 123 km², 하천의 유효연장은
30 km이며 고도는 10~756 m(평균 112.7 m), 표면경사는

0~43.6%(평균 11.2%)이다. 토평천의 중하류부에는 4개의 늪
(우포, 목포, 사지포, 쪽지벌)이 형성되어 있으며 늪과 토평천
하구 사이에는 하상 경사가 완만하여 낙동강 홍수위가 높아
지면 본류 홍수가 우포늪 상류부(토평천 하류로부터 10.6
km 상류 지점 효정중보 직하)까지 역류한다. 우포늪은 낙동
강변의 배후습지로서 홍수 시에는 토평천에서 유입되는 강
우 유출수와 낙동강에서 역류되는 홍수로 인하여 여름철 우
기에는 수위가 약 2~3 m 상승하는 지형적 조건을 가지고
있다. 우포의 수위가 높아질 때에는 제방에 의해 늪 주변의
침수가 방지되고 있다. 평지천과 초곡천 유역의 유출수를 각
각 저류하는 사지포와 목포는 홍수 시 그 수위가 우포보다
낮으며, 사지포의 경우 수위가 높아지면 우포로 물을 퍼내어
수위를 낮춘다.

본 연구에서 조성하고자 하는 천변저류지의 위치는 토평천
유역에 위치한 우포늪을 중심으로 하는 주변지역으로 Fig. 1
에 나타나 있는 것과 같다. 모곡, 세진, 대대지역의 경우는
현재 농지로 이용되고 있는 지역에 천변저류지를 조성하는
것이며, 목포와 사지포 지역은 현재 습지의 형태를 갖추고
있으나 우포늪과는 연결되어 있지 않고 차단되어 있어 토평
천과 직접적으로 연결되어 있는 지역이 아니다.

2.2 천변저류지 조성 시나리오 및 치수효과 분석

2.2.1 천변저류지 조성 방안

근래에 들어서 천변저류지의 조성은 단순한 홍수 조절 목
적보다는 생태적, 환경적 기능도 고려되어야 한다는 의견들
이 개진되고 있다. 하나의 대형 저류공간보다는 각각의 기능
을 살린 여러 개의 천변저류지로 조성되는 경우가 바람직하
다는 것이다. 토평천 유역에서도 각각의 공간적인 특성을 살
려 여러 개의 천변저류지 지구로 나누어 조성하는 것이 타
당한 방법으로 판단된다. 또한, 천변저류지의 조성 규모에 따

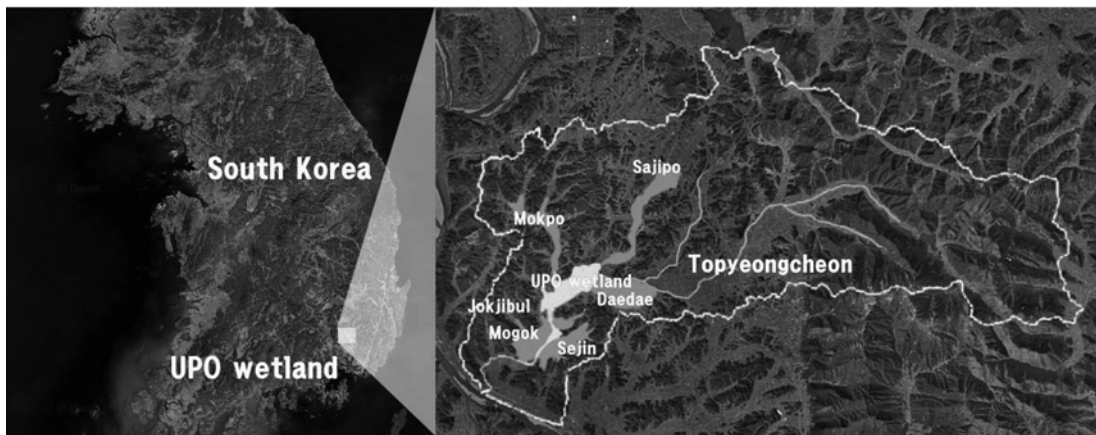


Fig. 1 Study Area and constructed washland

Table 1. Cases of washland construction

Cases of washland construction		Construction Area (1,000 m ²)
case 1	Daedae(outside) + Sejin(all) + Mogok(all)	3,137
case 2	Daedae(all) + Sejin(all) + Mogok(all)	3,778
case 3	Daedae(all) + Sejin(downstream) + Mogok(outside)	2,875
case 4	Daedae(outside) + Sejin(all) + Mogok(outside)	2,528
case 5	Daedae(outside) + Sejin(upstream) + Mogok(outside)	1,866

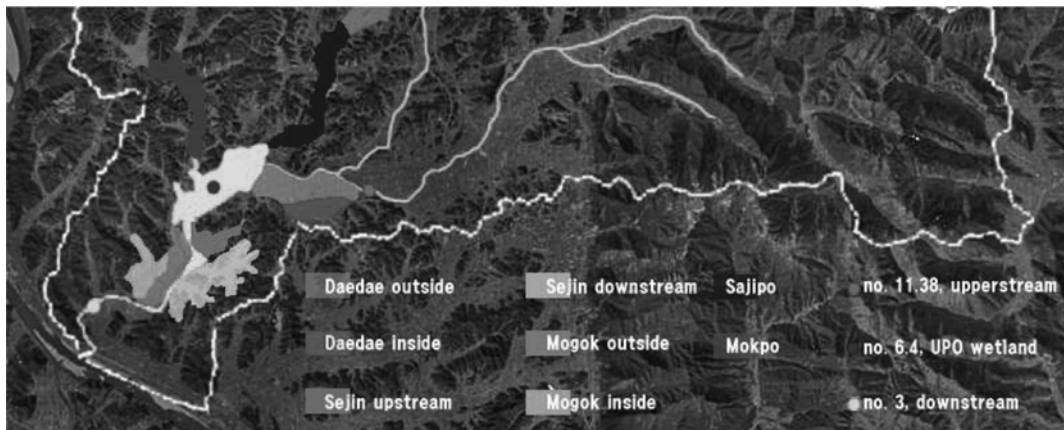


Fig. 2 Locations of constructed washlands

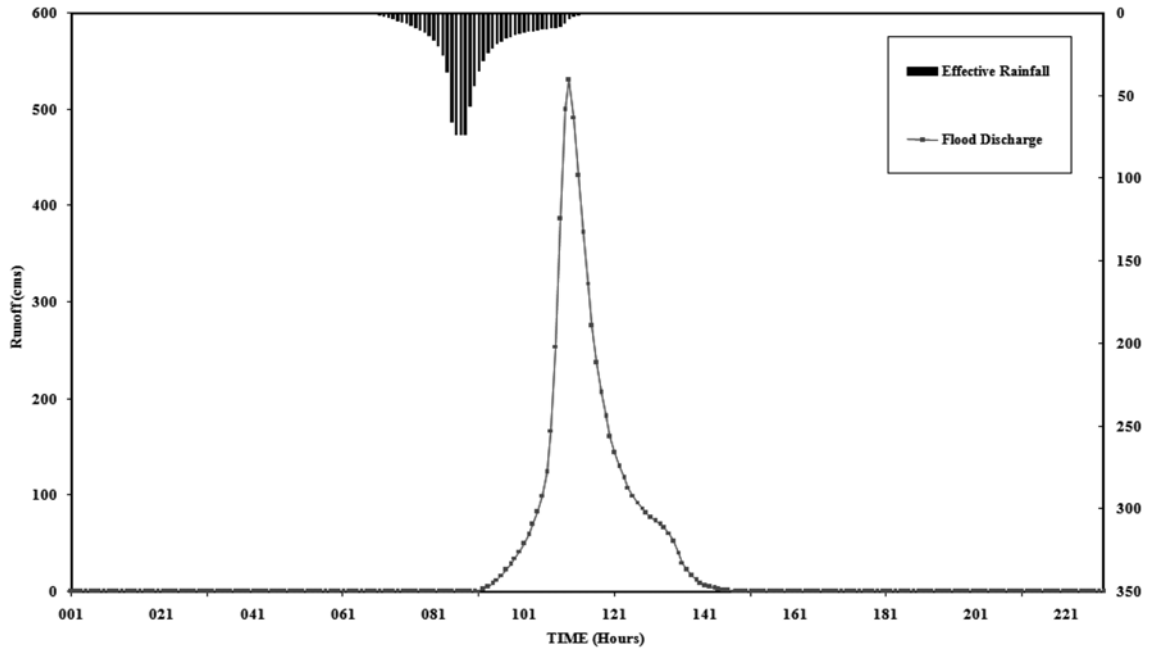


Fig. 3 Flood runoff hydrograph of Upo wetland (80 years)

른 효과를 살펴보기 위하여 각각의 천변저류지 조성 조건을 Table 1과 같이 Case 별로 가정하였으며 위치는 Fig. 2와 같이 나타내었다. 이와 같은 조성 시나리오는 김덕길 등 (2008)의 연구를 토대로 하였는데 이는 여러 차례의 현장답사와 전문가 및 현지 활동가들의 의견을 토대로 작성된 시나리오이다. 목포와 사지포의 경우에는 우포늪과 직접적으로 연결되어 홍수조절 기능 등을 담당하기 어렵고 천변저류지의 거동 특성도 판이하므로 천변저류지로서 모의하지 않았다.

천변저류지의 조성 대안은 천변저류지 조성 면적에 따른 홍수 피해의 저감 추이를 보기 위하여 조성 면적 별로 총 5 개의 경우(cases)로 구분하였다. 각각의 천변 저류지는 모두 주민 거주지역과 일정 거리 이내에 위치하고 있으므로, 주민 거주 지역에 영향이 가지 않는 외곽 지역만 조성하는 방법과 천변저류지로서 조성 가능한 전체 지역을 모두 이용하는 방법으로 구분 하였다. 대대지역과 모곡지역은 주거지역을 제외한 외곽지역(outside)과 주거지를 포함한 내측지역(inside)으로 구분하였으며, 세진지역은 우포늪에 가까운 지역을 상류지역(upstream)으로, 낙동강에 가까운 지역을 하류지역(downstream)으로 구분하였다.

2.2.2 천변저류지의 홍수조절 효과분석

1) 홍수량 산정

대상 지역인 토평천 유역에 대해서 홍수위 저감효과를 분석하기 위하여 홍수량을 산정하였다. 이를 위해서 창녕 관측소의 강우자료를 이용하여 확률강우량(Gumbel 분포)을 산정하였으며, 유효우량은 표준강우-유출관계곡선법의 가장 대표적인 방법인 미국 자연자원보호국(Natural Resources Conservation Service, NRCS)의 유출곡선지수(Curve Number, CN)에 의한 유효우량 산정법이 비교적 객관적이라 판단하여 사용하였다. 유역 추적을 위해서는 유역의 지형적 특성 및 도달 시간 특성을 반영할 수 있도록 Clark 유역 추적법을 사용하였으며, 홍수량 산정 시 필요한 각종 매개변수 및 유역 특성은 “토평천 하천정비 기본계획(건설교통부, 2005d)”을 참고하였다. 다음의 Fig. 3은 최종적으로 산정된 우포늪 유입부에서의 80년 빈도 홍수 유출 곡선이다.

2) 홍수위 저감효과

김덕길 등(2008)의 연구에서는 연속된 수문모의를 통해 우포늪에 연중 유량이 어느정도 유지되는지에 목적이 있었기 때문에 제방을 철거하는 것을 전제로 하였으나, 본 연구에서

는 홍수시의 모의를 위해서 제방을 모두 고려하여 고도별 누가체적을 산정하였다. 따라서 연구목적이 다르기 때문에 분석방법에도 차이가 있고 도출된 결과도 차이가 존재한다.

HEC-RAS 모형을 이용하여 토평천 유역에 대하여 홍수위를 모의하였다. 천변저류지의 경우 저류용량의 개념이 들어가기 때문에 부정류 해석을 시행하여야 하며 이를 위한 경계조건 및 각 조건의 입력을 통하여 모형을 구축하였다. 모형 구축 시 하천 횡단면 및 구조물자료는 토평천 유역의 하천 단면자료를 이용하였으며, 경계조건으로는 앞 절에서 구축한 토평천 홍수유출곡선을 이용하고, 낙동강 본류의 수위를 하류단 경계조건으로 사용하였다.

가장 중요한 천변저류지의 제원은 HEC-RAS 모형 내에서 지원하는 Storage Area의 개념을 이용하여 모의하였다. Storage Area를 구축하는데 필요한 고도별(높이별) 누가체적은 홍수시의 저류효과를 명확하게 반영하기 위하여 토평천 유역의 DEM을 이용하여 홍수저류시의 체적에 대하여 산정하였으며, 그 결과를 Table 2에 나타내었다. 조성된 천변저류지와 토평천을 연결하는 방식은 HEC-RAS 모형 내에서는 비가동식 수문으로 가정하였다. 수문의 폭과 높이는 천변저

류지의 효율을 결정하는 핵심적인 요소이므로 삼교천 유역 종합치수계획(건설교통부, 2005a)에서 제시한 90 m를 기준으로 시행착오법을 이용하여 100 m의 폭이 가장 적합한 것으로 산정하였으며, 수문의 높이 역시 동일한 방법을 이용하여 천변저류지별로 16.7~17.8 m 사이의 수문 높이를 결정하였다.

천변저류지 모의는 유역 내의 모곡, 세진, 대대, 사지포, 목포 지역과 천변저류지 조성대안에 대하여 수행하였다. 대상 지역 중 모곡, 세진, 대대 지역은 측방 유입 구조물을 이용하는 천변저류지로 모의하고, 사지포와 목포지역은 현재 우포늪과 가로막고 있는 제방을 철거하고 우포늪과 평행하게 연결하는 것으로 모의하였다. 각각의 천변저류지를 각 지구의 외곽 지역 일부를 천변저류지로 조성하는 것과 전체를 조성하는 것으로 나누어 모의한 홍수위 저감 정도를 Table 3에 나타내었으며, 천변저류지 조성 대안에 의한 홍수위 저감효과를 Table 4에 나타내었다. Table 3과 4에 나타난 하도의 각 지점은 우포늪의 상류와 우포늪 중앙부, 우포늪 하류 지점이며, 그 위치는 Fig. 2에 표시된 것과 같다.

Table 2. Cumulative volume according to height of washland

Height (m)	Cumulative Volume (m ³)							
	Daedae(outside)	Daedae (all)	Sejin (upstream)	Sejin (all)	Mogok (outside)	Mogok (all)	Sajipo	Mokpo
7	-	-	-	-	-	-	-	0
8	-	-	-	-	-	-	-	25,612
9	0	0	0	0	0	0	0	362,422
10	2,817	2,817	7,542	11,552	7,598	7,598	187,046	855,990
11	136,999	141,208	73,487	213,376	129,927	230,128	643,247	1,449,402
12	512,491	544,975	166,570	492,669	351,428	726,468	1,267,682	2,102,003
13	1,116,104	1,364,159	277,796	825,386	610,415	1,352,966	2,075,123	2,838,006
14	1,908,676	2,642,289	409,456	1,214,798	911,019	2,083,074	3,097,022	3,628,929
15	2,760,411	4,161,447	574,088	1,671,325	1,244,476	2,909,242	4,415,966	4,491,843
16	3,666,936	5,778,541	822,909	2,254,121	1,636,439	3,865,521	6,375,054	5,477,892
17	4,600,515	7,426,642	1,082,153	2,862,589	2,036,742	4,838,871	8,546,832	6,505,066
18	5,552,818	9,098,791	1,349,459	3,506,061	2,443,782	5,824,209	10,941,496	7,572,533
19	6,509,244	10,777,017	1,625,246	4,189,041	2,854,012	6,819,475	13,616,211	8,682,171
20	7,465,944	12,457,298	1,909,639	4,911,905	3,267,475	7,827,717	16,664,577	9,831,792

Table 3. Flood level mitigation effects by constructed washlands

(unit : m)

Station	freq. of flood	Washland							
		Daedae (outside)	Daedae (all)	Sejin (upper)	Sejin (all)	Mogok (outside)	Mogok (all)	Sajipo	Mokpo
11.38 (upstream)	80	0.09	0.23	0.05	0.08	0.06	0.24	0.16	0.2
	100	0.21	0.20	0.02	0.03	0.01	0.2	0.12	0.15
	200	0.21	0.21	0.02	0.05	0.03	0.07	0.14	0.22
6.4 (Upo wetland)	80	0.11	0.34	0.06	0.09	0.07	0.33	0.17	0.26
	100	0.32	0.32	0.06	0.06	0.04	0.3	0.14	0.23
	200	0.19	0.19	0.02	0.05	0.03	0.07	0.14	0.24
3 (downstream)	80	0.09	0.27	0.05	0.08	0.06	0.26	0.14	0.21
	100	0.25	0.25	0.05	0.05	0.03	0.24	0.12	0.19
	200	0.17	0.17	0.03	0.05	0.03	0.06	0.13	0.2

Table 4. Flood level mitigation effects by washland constructions (unit : m)

Station	freq. of flood	# of CASE				
		1	2	3	4	5
11.38 (upstream)	80	0.28	0.28	0.28	0.33	0.23
	100	0.27	0.27	0.27	0.27	0.22
	200	0.39	0.39	0.39	0.29	0.24
6.4 (Upo wetland)	80	0.41	0.41	0.41	0.48	0.33
	100	0.43	0.43	0.43	0.43	0.35
	200	0.43	0.54	0.54	0.27	0.21
3 (downstream)	80	0.32	0.32	0.3	0.37	0.27
	100	0.34	0.34	0.31	0.34	0.28
	200	0.36	0.44	0.43	0.23	0.2

홍수위 저감 효과를 분석한 결과 하류로 갈수록 저감 효과는 떨어지는 것으로 나타났다. 이는 하류로 갈수록 각종 유입량이 증가하게 되어서 상대적으로 천변저류지의 수위저감 효과가 떨어지는 것과 낙동강 배수위의 영향을 받는 것이 주요한 원인으로 판단된다. 또한, 대대와 사지포, 목포 등 넓은 저류용적을 가진 천변저류지일수록 높은 홍수위 저감 효과가 나타났으나 목포와 사지포 지역의 경우 상대적으로 높은 저류용적에 비하여 수위저감 효과가 다소 낮았다. 저류용적의 차이에 따르면 사지포와 목포의 홍수위 저감 효과는 다른 천변저류지보다 더 높아야 하나, 실제로는 대대 지역을 천변저류지로 조성했을 때와 유사하거나 좀 더 낮은 저감효과를 보이는 것으로 나타났다. 이는 다른 천변저류지가 측방웨어를 이용하여 침투 홍수량 도달 시점에서 홍수량을 율류 시키는데 비하여 사지포와 목포는 제방을 철거하고 우포늪 지역과 직결 연결되므로 침투 홍수점에 도달하기 전에 이미 많은 홍수량이 유입되어 상대적으로 침투 홍수위의 저감 효과는 떨어지는 것이 원인으로 판단된다. 따라서 사지포와 목포 지역은 다른 천변저류지와 다른 홍수 거동을 보인다고 판단된다.

산정된 천변저류지의 설치 대안별 치수효과를 분석하면, 2안의 경우가 가장 우수한 수위 저감 효과가 있는 것으로 나타났다. 이는 2안이 모든 저류지역을 포함하여 운용하는 방안이므로 전체적인 저류용량이 크기 때문에 나타나는 현

상으로 보여진다. 실제로 나머지 4개 대안의 치수효과를 살펴보면 저류용량의 차이와 유사한 수위 저감효과가 나타나는 것으로 보인다. 그러나 이러한 수위저감 효과는 큰 효과를 나타내는 대안과 적은 효과를 나타내는 대안의 차이가 각 안별로 2~4 cm 정도에 불과하기 때문에 각 대안별 차이는 크게 나타나지 않는다. 이는 천변저류지의 특성상 수심에 비하여 수표면적이 넓게 나타나기 때문인 것으로 보인다.

3) 홍수량 저감효과

앞 절에서 수리수문 분석과 HEC-RAS 모형을 통하여 각 천변저류지 대상 지역 모의에 따른 홍수위 조절 효과를 분석하였다. 추가적으로 홍수위 조절 효과에 더불어서 각 천변저류지의 선정 대상안이 수용할 수 있는 토평천의 홍수량 분담 및 침수조절 효과에 대해서 분석하였다. 앞서 천변저류지 선정 지역에 대한 치수 효과에 대한 분석결과를 살펴보면 각 천변저류지 대상별로 수위 저감량에 차이를 보였으나, 각 지점별로 동일한 수위 저감 효과를 보이기도 하며, 수위 저감량의 차이도 크게 나타나지 않았다.

이는 수심에 비하여 하폭이 상대적으로 넓게 나타나는 우포늪의 특성이 원인으로 수위 차이가 발생하지 않더라도 실질적인 홍수량에는 차이가 있을 수 있으며 각 천변저류지 선정 안에 따른 홍수량의 배분량도 차이가 발생할 수 있다. 이를 분석하기 위하여, 각 천변저류지 선정 지역별로 홍수량의 차이와 배분 정도를 분석하여 실질적인 홍수 배분 가능량을 산정하였다. 천변저류지 대상 방안 별로 홍수량을 산정하여 본 결과 수위 저감 효과와 더불어 홍수량의 저감 효과도 있는 것으로 분석되었다. 그러나, 천변저류지의 조성에 따른 홍수량 배분을 실제로 계량화하기는 매우 어렵다. 천변저류지는 우포늪이 속한 토평천에 비해서 상대적으로 저류 체적이 적으며, 천변저류지의 위치에 따라서도 국지적으로 홍수량이 상승하거나 하강하므로 정량적이고 일률적인 홍수량 배분량을 알기 어렵다. 따라서, 토평천 출구점으로 낙동강과 합류하는 점에 가까운 토평천 하류 지점에서 발생하는 홍수량을 토평천의 유역 홍수량으로 가정하고 이를 천변저류지를 전혀 설치하지 않았을 때와 각 천변저류지를 설치하였을 때의 홍수량과 비교하여 천변저류지 조성지역별 홍수량 산정 결과를 Table 5에 나타내었으며, 대안

Table 5. Flood discharge of each constructed washland

(unit : m³/s)

Station	flood frequency	Washland								
		none	Daedae (outside)	Daedae (all)	Sejin (upper)	Sejin (all)	Mogok (outside)	Mogok (all)	Sajipo	Mokpo
3 (down-stream)	80	665.35	621.61	476.25	644.36	624.11	636.68	480.7	584.82	532.25
	100	684.26	489.39	644.35	662.35	648.11	654.37	496.52	600.78	546.39
	200	762.92	652.65	741.94	741.94	729.88	738	719.91	674.78	608.76

Table 6. Flood mitigation according to each washland construction

(unit : m³/s)

Station	freq. of flood	# of Case					
		None	1	2	3	4	5
3 (down-stream)	80	665.35	258.34	84.87	81.86	84.87	72.33
	100	684.26	264.01	308.08	211.26	260.09	201.78
	200	762.92	237.45	264.01	272.74	264.01	203.18

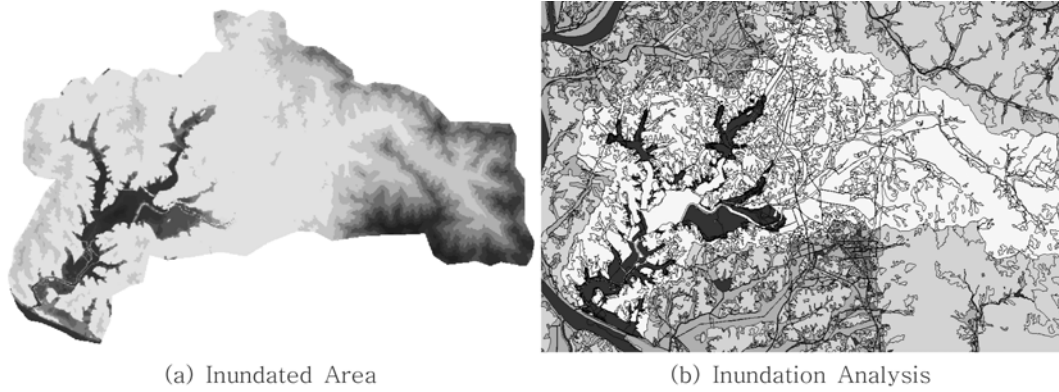


Fig. 4 Inundation analysis by GIS technique

Table 7. Reduced inundation area by washland construction

cases	None	1	2	3	4	5
Inundated area(ha)	1140.83	1091.92	1092.04	1100.42	1092.02	1079.13
Reduced Inundation area (ha)	0	48.71	48.83	41.41	48.81	61.7

별 홍수 저감량을 Table 6에 나타내었다.

천변저류지 조성 예정지역 별로 주요지점에 대한 홍수량을 살펴보면 수위 저감량의 차이가 낮게 나타나는데 비하여 상대적으로 홍수량은 차이가 나는 것을 알 수 있다. 이는 우포늪이 수심에 비하여 상대적으로 수표면적이 넓은 것이 원인으로 생각된다.

또한, 목포 및 사지포 지역은 상대적으로 큰 저류용량에도 불구하고 수위 저감 효과와 마찬가지로 홍수 배분량이 적은 것을 알 수 있다. 이는 수위 저감 효과와 마찬가지로 우포늪과 평행하게 연결되어서 생기는 영향인 것으로 보인다. 실제로 홍수 배분량을 살펴보면 목포와 사지포 지역의 큰 저류체적에도 불구하고 대대지역 전체를 천변저류지로 사용하였을 때보다 적은 홍수 배분량을 보이는 것으로 나타났다.

4) 홍수침수면적 저감효과

천변저류지 조성에 따른 홍수 조절 효과를 분석하기 위하여, 홍수위 저감효과와 더불어 홍수량 분담 효과를 분석하였다. 여기에 홍수위 저감과 홍수량 분담이 토평천 유역에 어떠한 영향을 주는지 파악하고, 천변저류지를 조성하였을 때 어느 정도의 침수피해를 방지하는지 검토하기 위하여 홍수 침수 저감효과를 분석하였다. 분석을 위하여, 해당 지역의 수치지형도를 이용하여 DEM을 생성한 후 모의한 각 지점별 홍수위와 GIS 소프트웨어인 Arcview 3.2a를 이용하여 홍수 침수모의를 수행하였다.

Fig. 4(a)는 홍수 시에 수위상승으로 인한 침수구역도를 나타낸 것이며, 이를 바탕으로 Fig. 4(b)와 같이 침수구역 분석을 수행하여 실제 침수되어 피해가 발생하는 지역과 천변저류지 설치로 인한 침수구역 저감을 산정하고 이를 Table 7에 나타내었다.

홍수 조절 효과 분석 결과를 살펴보면, 홍수위 저감효과, 홍수량 배분효과, 침수 저감효과가 각각 다른 양상을 나타내고 있으며, 특히, 홍수위 저감 효과는 같거나 거의 차이가 없음에도 불구하고 홍수량 배분 효과와 침수저감 효과는 차이가 나타나는 것으로 나타났다. 이는 수심보다 수표면적이 월

등히 크게 나타나는 천변저류지의 특성 때문인 것으로 보인다. 따라서 천변저류지의 홍수조절 효과를 홍수위 저감 효과만으로 평가하는 것은 오류의 소지를 안고 있다고 판단된다.

2.2.3 천변저류지의 습지이용방안

일반적으로 천변저류지에 대한 구분은 비홍수기 시 생태적 기능을 중요시하는 습지 등으로 사용되고 인위적인 활동으로부터 보호해야 할 필요가 있는 보호구역, 비홍수기 시 논이나 골프장 등으로 이용하고 홍수기에는 저류지의 역할을 함으로써 홍수피의 완충역할을 담당하는 완충구역, 하류지역의 도심지 등의 주변지역에 조성되는 천변저류지로 비홍수기 시 체육공원, 주차장, 시민 휴식공간 등으로 활용하는 활동구역으로 구분하고 있다(건설교통부, 2005a).

이러한 보호구역으로 천변저류지가 조성되는 경우에는 비홍수기 시 습지 등으로 이용되거나 활용되어지는 경우를 의미하는데 이때는 습지로서의 기능과 가치가 존재하여야 한다(김형수 등, 2006). 이러한 가치에 대한 평가를 위해서는 생물종의 다양성과 생태적 가치 및 수문 환경적 측면 등에 대한 분석이 이루어져야 하며, 지속적인 모니터링과 함께 가치적 측면에서 얼마만큼 가치가 있는지에 대한 연구도 이루어져야 한다.

따라서 본 연구에서는 우포늪 주변에 천변저류지를 조성할 경우 홍수기에는 홍수조절목적으로 이용하고 비홍수기에는 생태적 측면에서 우포늪과 연계하여 습지로서의 역할을 예상해보고자 한다. 다음 절에서는 천변저류지 조성을 가정하고 이들을 습지의 목적으로 이용할 경우 천변저류지가 생태적인 측면에서 어떠한 효과를 가져다 줄 것인지를 분석하고자 한다.

3. 천변저류지 조성에 따른 생태적인 효과 분석

3.1 우포늪의 생물상 분석

천변저류지의 설치에 따른 생태적 효과를 분명하게 특정 짓기는 어려우나, 기본적으로 동·식물에게 있어 서식처의

Table 8. Inhabitation of Upo wetland

	Upo	Mokpo	Sajipo	Jjokjibeol	Upo wetland
Area (1,000 m ²)	1,278	530	364	139	2,132
Plant spices	263	233	244	182	350
Benthic large invertebrate spices	67	73	.	.	110
Fish spices	16	13	16	.	18
Amphibious reptile spices	.	.	.	.	18
Bird spices	78	59	58	34	94
# of birds	30,688	5,769	8,393	2,249	46,651
Phyto Plankton spices	328	281	.	.	353
Rare variety	.	.	.	.	30

(Data from Minstry of Construction and Transportation 2007)

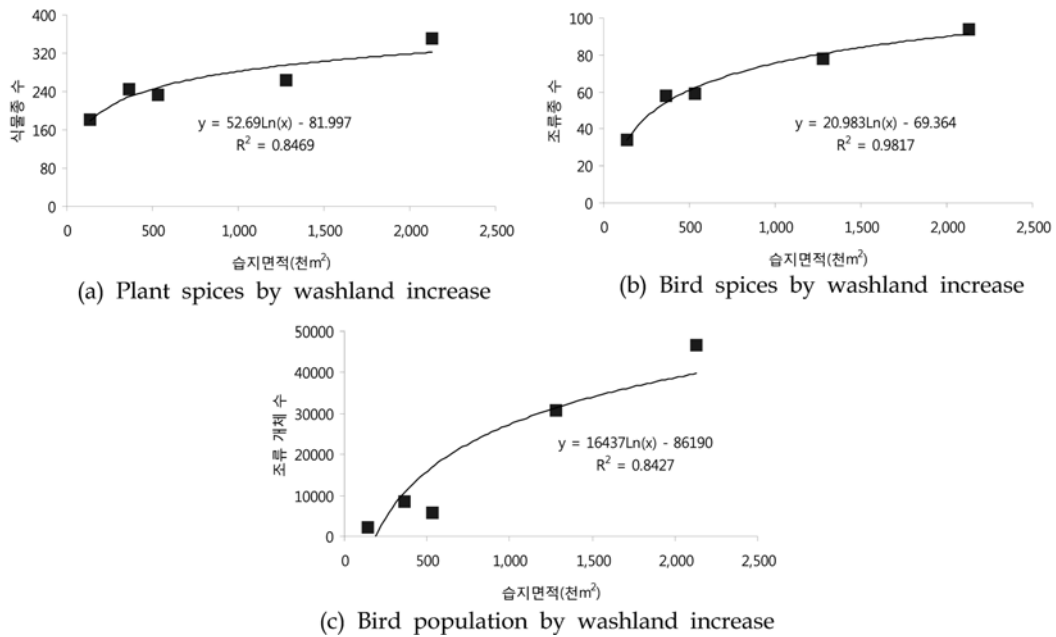


Fig. 5 Transition of population and spices by washland construction

Table 9. Spices forecasting by washland construction

	Mogok		Chungam		Daedae (all)	Daedae (outside)	Total
	Outside	Inside	Upper-stream	Dpwn-stream			
Area (1,000 m ²)	365	609	294	662	2,200	1,206	4,130
Plant spices	229	256	217	260	324	292	357
Benthic large invertebrate spices	.	.	.	.	.	.	110
Fish spices	.	.	.	.	.	.	18
Amphibious reptile spices	.	.	.	.	.	.	18
Bird spices	54	65	50	67	92	80	105
# of birds	10,787	19,201	7,231	20,573	40,313	40,432	50,665
Phyto Plankton spices	.	.	.	.	.	.	353
Rare variety	.	.	.	.	.	.	30

면적 증가는 불필요한 경쟁을 피할 수 있게 할뿐만 아니라 더 많은 먹이와 안식처를 제공할 수 있기 때문에 더 안정적인 서식처로서의 기능 수행이 가능하다. 일반적으로 서식면적이 증가하면 서식 가능한 종수나 개체수가 증가하게 된다. 따라서, 기존의 우포늪의 기능을 보완할 수 있는 천변저류 습지 조성은 노랑부리저어새, 고니, 가시연꽃, 남생이와 같이

희귀하여 보호관리해야할 동식물을 위한 환경조성이 이루어질 수 있도록 할 것이다.

Fig. 5는 Table 8의 자료를 이용하여 습지 면적 증가에 따른 식물종수, 조류종수, 조류개체수의 추이를 나타낸 것이다. 생태계에는 동식물의 서식처와 더불어 다양한 생태적 요소들이 연결된 시스템이므로, 습지 면적의 증가가 종과 개체

수의 증가를 가져온다고 단정할 수 없다. 그럼에도 불구하고, 아래와 같은 경향이 도출되는 것은, 우포늪의 생물학적 구성 요소들에게 있어서 서식처의 증가가 매우 중요하다는 것을 나타낸다.

3.2 천변저류지 구성에 따른 생물상의 변화

앞 절에서 수행한 생물상 분석을 이용하여 조성 예정 천변 저류지에 서식 가능한 종 수 및 개체수의 예측치는 Table 9와 같다. 가장 많은 식물 종이 서식할 것으로 예상되는 곳은 면적이 가장 넓은 대대지구로 287종류의 식물이 서식할 것으로 예측된다. 이는 현재 우포에 서식하고 있는 종수보다도 많은 수이다. 조류 개체수의 경우 대대지구에서 약 5만 개체가 관측될 것으로 예측되었으나 조사 시 이곳에서 관찰된 개체 수가 상당히 많기 때문에 이보다는 개체수가 줄 것으로 예상되며, 이는 현재 농사를 짓는 곳에서 새들이 섭식을 하는 경우가 있기 때문이다. 그러나 물새들을 유지한다는 면에서 아래의 예측 결과는 상당히 중요한 예측이 되리라 판단된다.

현존 식물 상에 대한 조사결과 세 지역의 식물 종의 분포에 있어서 어느 정도 차이를 보이는 부분도 있으나 기본적으로 세 지역 모두 농경지로 사용되는 지역이므로 지형이나 환경이 유사하여 종의 분포에 있어서 큰 차이를 보이기 어렵다고 판단된다(20종 이상의 식물 종이 세 지역 모두에서 발견됨). 이번 조사를 통한 식물상 파악의 경우, 특별히 보호나 관리를 필요로 하는 종은 없었으나, 생물학적 다양성을 생각해볼 때 침수가 될 경우 침수피해를 받게 될 식물종에 대한 고려가 필요하다. 일정 기간 동안의 침수를 견딜 수 있는 종이나 침수되지 않는 지역에까지 분포하고 있는 경우 크게 문제가 되지 않으나, 침수에정지에만 소수로 분포하고 있거나 생태적으로 중요성을 띠는 종이 침수로 인해 서식이 어려워진다면 그와 관련된 대책이 필요할 것이다. 그러나 침수로 인하여 사라질 종은 존재하지 않았다.

천변저류지는 홍수시 침수되고 평상시에는 현재와 비슷한 유형의 서식지를 상당 부분 유지할 것으로 예상된다. 그러므로 현재 서식하고 있는 식물 종들은 그대로 서식하고 분포면적이 늘 것으로 예상된다. 즉, 습지로의 전환으로 인해 형성될 광대한 서식처에 서식 가능한 잠재적 동식물의 분포가 더 많이 늘어날 것으로 판단된다.

4. 요약 및 결론

본 연구는 토평천의 우포늪 주변 유역을 대상으로 하여 천변저류지의 구성에 따른 홍수 조절 효과를 검토하고 HEC-RAS 모형과 GIS tool을 이용하여 각각의 천변저류지 조성지역별로 홍수위 저감, 홍수량 배분, 침수면적 저감을 분석하였으며, 우포늪 지역에 대한 생태조사 수행 결과를 바탕으로 천변저류지 면적증가에 따른 생태적 효과를 예측하였다. 이러한 연구 결과에 따라서 도출된 결론은 다음과 같이 요약된다.

1. 천변저류지를 조성할 경우 천변저류지에 의한 홍수 조절 효과가 나타나는 것으로 분석되었다. 그러나, 홍수위 저감 효과, 홍수량 배분효과, 침수 저감효과 모두 동일한 양상

을 보이지 않았다. 연구결과에 따르면, 우포늪과 같이 수심에 비하여 수표면적이 넓은 경우에는 홍수위 저감효과와 홍수량 배분효과에 차이가 발생할 수 있다. 따라서, 천변저류지는 수심에 비하여 수표면적이 넓은 경우가 많으므로 단순 홍수위 저감을 이용하여 홍수 조절효과를 평가하기보다 다각적인 홍수조절 효과를 통하여 평가하는 것이 더 합리적으로 판단된다.

2. 천변저류지 조성지역별 습지면적에 따른 식물과 조류의 종수, 식물플랑크톤의 종수를 예측한 결과, 조성지역별로 서식 가능 종의 예측은 큰 차이가 보이지 않았다. 그러나, 우포늪과 같은 수준의 천변저류지로 조성 될 경우 생물종의 증가와 더불어 기존 우포늪의 습지기능을 보일 것이기 때문에 긍정적인 효과를 나타낼 것으로 예측된다.

참고문헌

건설교통부(2005a) 천변저류지 기본계획 수립에 관한 연구, pp. 54-194.

건설교통부(2005b) 삼교천 유역종합수계계획, pp. 80-234.

건설교통부(2005c) 하천설계기준, pp. 30-89.

건설교통부(2005d) 토평천 하천정비 기본계획, pp. 34-178.

건설교통부(2007) 우포늪의 생태치수기능 개선방안연구, pp. 23-89.

김덕길, 경민수, 김형수, 김상단, 김재근(2007a) 생태형 천변저류지 조성을 위한 수문분석, 2007년 한국습지학회 학술발표회 논문집, 한국습지학회, pp. 177-182.

김덕길, 경민수, 김상단, 김형수(2007b) 천변저류지 구성에 따른 홍수위저감효과 분석, 2007년 대한토목학회 학술발표회 논문집, 대한토목학회, pp. 2660-2663.

김덕길, 경민수, 김상단, 김형수(2008) 천변저류지 구성에 따른 수리·수문분석, 한국수자원학회논문집, 한국수자원학회, 제41권, 제5호, pp. 483-489.

김형수, 경민수, 김상단, 박창근, 김보경, 이진행, 안경수(2005) 천변저류지 개념과 분석방안, 2005년 한국습지학회 학술발표회 논문집, 한국습지학회, pp. 83-88.

김형수, 경민수, 김상단, 이진행(2006) 천변저류지 조성 및 활용방안, 2006 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 한국수자원학회, pp. 331-335.

박창근, 박재현, 이종진(2007) 천변저류지를 활용한 화포천 유역에서의 홍수조절 능력에 관한 연구, 2007 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 한국수자원학회, pp. 331-335.

안태진, 강인웅, 백천우(2007) 천변저류지의 최적 규모 및 위치 선정을 위한 의사결정모형의 기본 알고리즘 제안, 대한토목학회 2007년도 정기학술대회 논문집, pp. 대한토목학회, pp. 3371-3375.

안태진, 강인웅, 백천우(2008) 수문학적 홍수저감효과 기반의 천변저류지 최적 위치 선정을 위한 의사결정 모형의 개발, 한국수자원학회 논문집, 한국수자원학회, 제41권, 제7호, pp. 725-735.

전경수, 김 원, 윤병만(2006) 천변저류지 홍수조절 효과의 불확실성 분석, 2006년 대한토목학회 학술발표회 논문집, 대한토목학회, pp. 267-270.

Faulkner, D. and Wass, P. (2005) FLOOD ESTIMATION BY CONTINUOUS SIMULATION IN THE DON CATCHMENT, SOUTH YORKSHIRE, UK, *Water and Environment Journal*, ASCE, Vol. 19, No. 2, pp. 78-84.

Said, Ahmed. Ross, Mark. Trout, Ken. Zhand, Jing (2007) SIMULATION OF SURFACE WATER FOR UN-GAUGED AREAS WITH STORAGE-ATTENUATION WETLANDS. *Journal of the American Water Resources Association*, ASCE, Vol. 43, No. 2, pp. 546-556.

Meyerhoff, Jürgen, Dehnhardt, Alexandra (2009) The European water framework directive and economic valuation of wetlands: the restoration of floodplains along the river elbe. *European Environment*, ERP Environment, Vol. 17, No. 1, pp. 18-36.

Ma, Zhijun. Li, Bo. Li, Wenjun. Han, Nianyong. Chen, Jiakuan.

Watkinson, R. Andrew (2009) Conlicts between biodiversity conservation and development in a biosphere reserve. *Journal of Applied Ecology*, British Ecological Society, Vol. 46, No. 3, pp. 527-535.

(접수일: 2009.6.16/심사일: 2009.8.11/심사완료일: 2009.10.29)