

극한홍수 저감을 위한 농경지의 저류지화 방안 연구

A Study on Flood Storage Plans of Farmlands for Extreme Flood Reduction

강 형 식* / 조 성 윤** / 송 영 일***

Kang, Hyeong-sik / Cho, Seong Yun / Song, Young-il

Abstract

Extreme water events such as heavy rainfalls due to recent climate change are continually increasing and their scale has also shown an increasing trend. To overcome these natural disasters, this policy study suggests securing lateral river space as an effective method for extreme flood. To support the importance of restoration and expansion of lateral river space, Gumi upstream region of the Nakdong River basin was chosen as a target area and flood reduction analysis of the washland by using LISFLOOD model have been examined. The 500-year frequency flood was simulated for the estimation of possibly occurable flood level and it turns out that the secured lateral river space on the selected site effectively lowers about 0.53 m flood level and reduces the flood damage of the city on the lower reaches of the river. In addition, based on this result, multilateral river space securing plans were compared, and conservation easement and natural disaster insurance were suggested for sustainable and cost-effective alternatives. The costs of land purchase and conservation easement for securing the river space were also compared.

Keywords : lateral river space, extreme flood, farmlands, conservation easement, LISFLOOD model

요 지

본 연구는 기후변화에 따른 극한홍수 저감을 위한 하나의 방안으로서 농경지의 저류지화를 통한 홍수저감 방안에 대한 정책 연구이다. 이를 위해 하천의 횡적 공간을 확보하여 저류지로 활용하는 방안을 제안하며 실효성 검증을 위해 낙동강 구미 상류지역을 대상으로 선정하여 극한홍수에 대한 홍수저감효과를 분석하였다. 홍수저감효과분석에는 LISFLOOD 모델이 사용되었으며 과거 침수이력이 있는 농경지를 저류지로 활용 하였을 경우 500년 빈도 홍수 발생 시 최대 약 0.53 m의 저감효과가 있는 것으로 나타났다. 대상 농경지의 저류지화를 위해 해외선진사례 분석을 통한 다각적 공간확보 방안들이 검토되었으며 그 중 평상시 활용가능성, 비용효과, 토지의 공공성 확보와 계약과 보상에 따른 마찰 등을 고려하여 지역권 설정 및 재해보상제를 활용한 방안들이 대안으로 제시되었다. 또한 낙동강 대상지에서의 토지매수제와 지역권 설정을 통한 공간확보 비용을 비교하였다.

핵심용어 : 횡적 하천공간, 극한홍수, 농경지, 지역권, LISFLOOD 모형

* 교신저자, 한국환경정책·평가연구원 물순환연구실 부연구위원 (e-mail: hskang@kei.re.kr)

Corresponding Author, Research Fellow, Division of Water and Environment, Korea Environment Institute

** 한국환경정책·평가연구원 물순환연구실 연구원 (e-mail: sycho@kei.re.kr)

Researcher, Division of Water and Environment, Korea Environment Institute

*** 한국환경정책·평가연구원 환경평가검토센터 선임연구위원 (e-mail: yisong@kei.re.kr)

Chief Researcher, Environmental Appraisal Center, Korea Environment Institute

1. 서론

최근 전 세계적인 기후변화로 인하여 기온이 상승하고, 강수편차가 커지면서 재해의 발생빈도와 그 규모가 점차 급증하고 있으며, 2009년 대만의 모라곶 태풍, 2010년 파키스탄 및 중국 대홍수, 2011년 미국 미시시피 대홍수 등 재해 발생 규모가 점차 대형화 되고 있는 실정이다. 특히, 대만의 모라곶 태풍의 경우, 불과 3일 동안에 3,000mm에 육박하는 강우량이 발생하였으며 이는 대만의 연평균 강우량(약 2,515mm)이 우리나라 보다 크다는 점을 고려하더라도 매우 위협적인 국지적 집중호우로서 이러한 슈퍼태풍이 국내에 상륙할 경우 그 피해가 상당히 클 것으로 예상된다. 국내의 경우, 태풍과 집중호우에 의한 피해가 1980년대에 2,580억원에서 1990년대에 5,190억원으로 약 2배 가량 증가하였으며, 최근 2002년에서 2006년 동안에는 약 2조 7,000억원으로 대폭 증가하였다(소방방재청, 2006, 2007). 더욱이 2002년 태풍 '루사'와 2003년 태풍 '매미'에 의한 사망자 수가 각각 246명, 131명 발생된 점을 고려할 때, 우리나라 역시 홍수 및 태풍 재난의 위협으로부터 절대 안전지대가 아님을 알 수 있다. 따라서 이러한 극한홍수에 의한 영향을 저감시킬 수 있는 대비책 마련이 시급할 것으로 보인다. 한편, 과거의 홍수 사례에서 또 한 가지 주목할 만한 사항은 1998년 양쯔강 유역 대홍수 및 2011년 미국 미시시피 대홍수와 같이 하류의 대도시를 보호하기 위해 농촌지역 제방을 인위적으로 폭파하여 홍수 저감을 시도했다는 사실이다. 이는 치수대책으로서 하천의 횡적공간 확보의 중요성을 보여주는 중요한 사건이다.

국내에서는 급속한 도시화로 인해 하천의 범람을 막는 완충지대로서의 기능적 역할을 수행하던 강변 저류지와 습지가 많은 부분 소실되었으며, 이에 따라 불투수 면적이 증가되고 침투홍수량이 가중되면서 이들 지역의 피해가 가속화 되었다. 이와 관련하여 치수적 안전성 증고를 위한 노력으로 지난 수십 년에 걸쳐 하천개수사업을 진행하였고 최근에는 준설, 제방 증고 등의 수직적 공간 확보를 위한 노력을 기울이고 있다. 그러나 단지 수직적 공간 확보만으로는 대만의 모라곶 사례와 같은 기후변화에 의한 극한홍수 방어에는 한계가 있다. 이 경우 극한홍수 대비를 위해 하천의 설계빈도를 500년 이상으로 상향 조정 하더라도, 제방의 높이를 그 만큼 상향 조정하는 데에 따르는 경제적 부담 및 환경적 악영향을 피할 수 없다. 또한 효과적 홍수방어 수단으로 댐 건설을 제안할 수 있으나 이 역시 막대한 예산문제, 개발과 환경보전의 대립, 지역주민의 반대 등의 사회적 갈등으로 인해 현실적 실현이 어려운 실정이다.

이러한 문제점들과 관련하여 해외 하천 선진국들의 경우에는 저류지, 구하도, 습지의 복원, 제방의 후퇴 및 부분

철거, 홍수터 복원 등의 횡적 하천공간 확보를 통해 치수적 효과뿐만 아니라 생태, 환경적 기능을 향상 시키려는 노력을 기울이고 있다. 국내에서도 홍수 저감을 위해 구하도 복원, 강변 저류지 활용 등의 일부 횡적공간 확보를 위한 노력을 시도 중에 있으나 아직까지는 시작 단계에 불과하다. 하천공간 확보의 실효성을 위해서는 확보된 공간에 대한 치수적 효과 분석이 선행되어야 하고, 공간확보를 위한 구체적이고 다각적인 방안 검토가 필요하다. 이에 대해 안태진 등(2008 & 2010), 김덕길 등(2008),곽재원 등(2010)은 강변 저류지 조성에 대한 수리학적 효과 및 최적위치 선정에 대한 연구를 시도하였다. 먼저 김덕길 등(2008)은 1차원 홍수위 모형인 HEC-RAS 모형을 이용하여 낙동강 유역의 우포늪 상류와 하류 지역에 저류지를 조성하였을 경우의 홍수위 저감 효과를 분석하였으며, 곽재원 등(2010) 역시 우포늪 상, 하류에 저류지를 조성하였을 경우의 수리 및 생태학적 영향을 분석하였다. 이외에도 안태진 등(2008 & 2010)은 강변 저류지 조성을 위한 최적위치 선정 방안에 대해 제시하였으며 한건연 등(2005), 박창근 등(2007), 전경수 등(2006), 강수만 등(2007)은 천변 저류지의 홍수저감 영향에 대한 수치모의를 수행하였다. 그러나 이들 대부분의 연구는 저류지 조성에 따른 홍수위 영향 분석과 관련된 기술적 연구로서, 기후변화에 대응을 위한 기존 농경지의 저류지화에 대한 효과 분석 및 구체적 공간확보 방안에 대한 연구는 거의 전무하다.

앞서 언급한 바와 같이 횡적 하천공간을 확보하고, 이에 대한 실효성을 높이기 위해서는 구체적 공간확보 방안에 대한 다각적 검토가 필요하다. 현재 국내에서는 국가가 토지를 직접 매입하는 토지매수사업 위주로 공공사업을 위한 공간확보가 이루어지고 있다. 이는 가장 안정적이고 장기적인 방식으로 하천공간이 확보된다는 장점을 가지나 많은 전문가들의 지적과 같이 막대한 재정 부담과 소유자와의 마찰 등에 의한 산발적 토지매수로 인해 종합적이고 체계적인 하천계획 실현이 어렵다는 취약점을 가진다. 횡적 하천공간 확보에 있어서 낙동강유역종합치수 계획안(국토해양부, 2009)의 경우 저류지 조성을 위한 토지매수방안을 매입보상과 수시보상으로 제한시키고 있는데, 이러한 경우 많은 예산이 요구될 뿐만 아니라 산발적인 매입으로 관리상에 문제가 발생할 가능성이 있다. 따라서 도로나 댐 건설과 같이 특정 지역을 모두 매입을 통하여 확보하는 것 대신에, 저류지를 활용한 공간확보의 경우 소요되는 비용이 상대적으로 적고, 소유권을 유지함과 동시에 기존의 토지이용 형태를 보존하는 방법을 모색할 필요가 있다. 따라서 매입보상 이외에 매입 후 농경지로 계속 사용할 수 있도록 영농자에게 임대하는 방안이 가능하며, 혹은 지역권 설정을 통해 평소에는 농경지로

이용하다가 홍수 시 일시적으로 저류지로 전환시킬 수 있는 권리를 매입하는 방안도 고려할 수 있다. 해외 선진국에서는 토지의 소유권과 개발권, 이용권을 구분하여 접근하거나 재해 보험제를 동반한 지역권 설정을 활용하는 등 다각적인 공간확보 방안을 마련하고 있으며 국내에서도 이에 대한 적극적 검토가 필요할 것으로 보인다.

앞서 언급된 내용들과 관련하여 본 연구는 극한기후에 대응하여 농경지의 저류지화를 통한 홍수저감 방안 제시를 위한 정책 연구이다. 이를 위해 횡적 하천공간의 홍수위 저감 효과와 다각적 공간확보 방안을 검토하였다. 우선 낙동강 구미 상류 하천에 대하여 과거 침수이력이 있는 임의의 농경지를 선정하여 횡적 하천공간을 확보하고 이를 저류지로 활용할 경우 극한홍수 발생 시 홍수저감효과에 대한 수치모의를 수행하였다. 또한 다양한 국내의 공간확보 방안 검토를 통해 대상지역에 적용 가능한 공간확보 방안을 제안하였다.

2. 홍수저감효과 분석

2.1 홍수범람 모형

본 연구에서는 홍수범람 모형으로 LISFLOOD-FP 모형을 사용하였다. 본 모형은 영국 Bristol 대학의 Paul Bates 교수팀에 의해 개발되었으며, 고해상도의 지형 자료를 이용하는 래스터(raster)기반의 범람 모형이다(Bates and De Roo, 2000). 하도와 홍수위의 지형학적 정보는 ARC-INFO 아스키 래스터 자료를 이용하여 구축되며, 하천 흐름에 대해서는 1차원 kinematic wave 모형으로, 범람원에서의 흐름은 2차원 flood spreading 모형을 기반으로 범

람 범위를 예측한다. 하천에서의 본 모형의 지배방정식은 다음과 같다.

$$\text{연속방정식 } \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{\partial A}{\partial t} = q \quad (1)$$

$$\text{운동량방정식 } S_0 = \frac{n^2 P^{4/3} Q^2}{A^{10/3}} \quad (2)$$

여기서, Q는 하도내 유량, A는 하천 단면적, q는 측방 유입량, S₀는 하천 바닥 경사, n은 Manning 조도계수, P는 윤변이다. 위의 지배방정식 (1)과 (2)는 유한차분법에 의해 해석되며, 시간항에 대해서는 양해법이 적용되었다. 한편, 제내지로의 흐름 전파는 두 격자 사이의 수면차이를 이용하여 단순화 시킨 다음의 식을 사용한다.

$$\frac{dh^{i,j}}{dt} = \frac{Q_x^{i-1,j} - Q_x^{i,j} + Q_x^{i,j-1} - Q_x^{i,j}}{\Delta x \Delta y} \quad (3)$$

$$Q_x^{i,j} = \frac{h_{flow}^{5/3}}{n} \left(\frac{h^{i-1,j} - h^{i,j}}{\Delta x} \right)^{0.5} \Delta y \quad (4)$$

여기서 Δx와 Δy는 각 방향으로의 셀 크기를 나타낸다. 본 모형에 대한 자세한 설명은 Bates et al. (2005a)을 참고할 수 있다. 한편, LISFLOOD 모형을 이용하여 기후변화에 따른 범람 영향 평가에 대한 주요 연구 사례로는 Bate et al. (2005b), Dawson et al. (2005), Purvis et al. (2008), Hunter et al. (2007)이 있다.

2.2 계산조건

그림 1은 연구 대상지로서 낙동강 구미와 구미 상류 일부 지역을 보여준다. Fig. 1(a)는 과거의 침수 흔적을 보

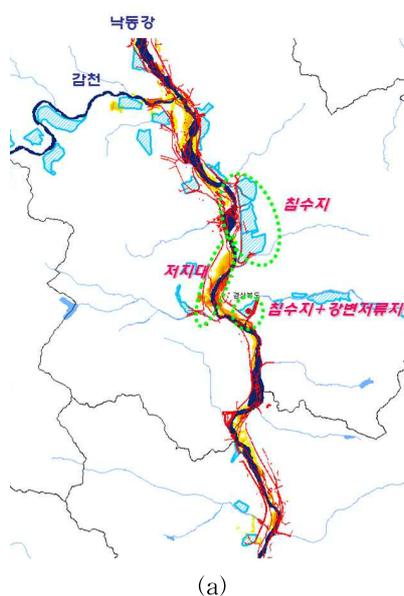


Fig. 1. 낙동강 상류 지역에서의 침수흔적도 및 저지대 분포

여주는데, 감천과 낙동강 본류 구간에서 일부 침수된 것을 볼 수 있다. 따라서 본 연구에서는 Fig. 1(b)와 같이 침수이력이 있는 농경지 구간을 대상 하천공간으로 가정하고 홍수 시 저류지로 활용할 경우에 대한 치수효과를 분석하였다.

계산구간은 낙동강 본류의 감천 하류부부터 구미 하류부의 왜관 수위표까지이다. 모형 구축을 위한 하상 데이터는 낙동강 하천정비기본계획보고서 (국토해양부, 2009)의 자료를 이용하였으며, 모형 검보정을 위한 상류단 유량 (Fig. 2) 및 하류단 수위 경계자료는 한국수문조사연보 (건설교통부, 2006)의 자료를 이용하였다. 또한 본 모형의 매개변수인 Manning의 조도계수는 국토해양부 (2009)의 자료를 이용하였다.

2.3 계산 결과

먼저 모형의 검·보정을 위해 2006년도 홍수기 유량에 대한 부정류 모의를 수행하였다. Fig. 3은 2006년도 홍수기에 구미 수위표 지점 (St. 437+67)에서의 계산수위와 실측수위의 비교 결과를 보여준다. Fig. 3의 계산결과를 살펴보면, 실측 결과와 예측 결과가 매우 잘 일치하는 것을 볼 수 있으며, 특히 침수 홍수위를 비롯하여 홍수기시 홍수위 상승 및 저감 경향 등 구축된 모형이 이를 잘 재현하

고 있음을 확인할 수 있다. 따라서 모형 구축에 이용된 조도계수가 타당함을 알 수 있다. 또한, 동일 모형을 이용하여 계획 빈도 홍수량에 대한 정상류 모의를 수행하였다. 그 결과, 100년 빈도 홍수량이 정상상태로 유하할 경우, 구미수위표 지점에서 약 31.75m의 수위가 계산되었으며, 이는 낙동강하천기본계획보고서 상의 100년 빈도 계획 홍수위 31.91 m와 유사하다. 한편, 500년 빈도 홍수량에 대해서는 본 모형에 의한 계산값이 33.09m이고, HEC-RAS 모형에 의한 값이 33.06m로서 서로 유사하게 나타났다. 따라서 본 모형이 정상상태의 계획홍수량 및 500년 빈도 홍수량, 과거 수문사상에 의한 홍수위를 잘 재현하고 있음을 알 수 있다.

본 연구에서는 극한홍수 조건으로 500년 빈도 홍수량을 적용하였다. 본 연구에서 고려하는 극한홍수는 대상하천에서의 설계 홍수량을 초과하는 홍수량으로서 그 피해가 클 것으로 예상되는 홍수량을 극한홍수라 정의하였다. 따라서 낙동강 유역종합치수계획 보고서에서 제시된 홍수량 중 설계빈도를 초과하는 가장 큰 홍수량인 500년 빈도 홍수량에 대해 모의하였다. 시간에 따른 500년 빈도 유량 조건은 Fig. 4와 같이 SWAT 모형으로부터 구축하였으며 2006년 강우량에서 홍수기 때 극한 강우가 발생한다고 가정하여, Fig. 4와 같은 유량 조건을 산정하였다. 본

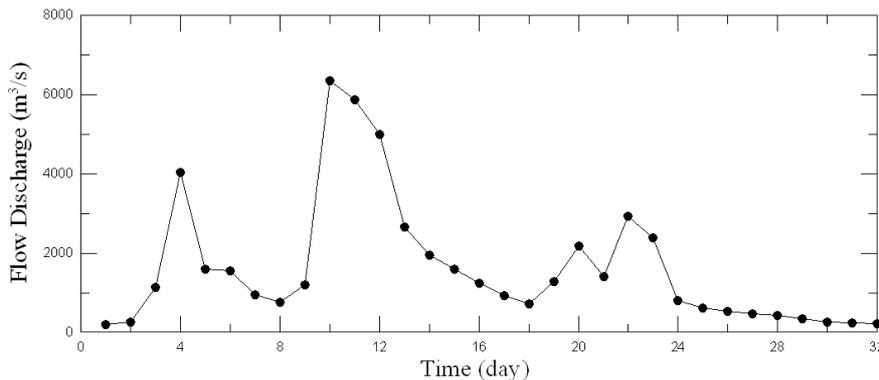


Fig. 2. 상류단 2006년 홍수 경계유량

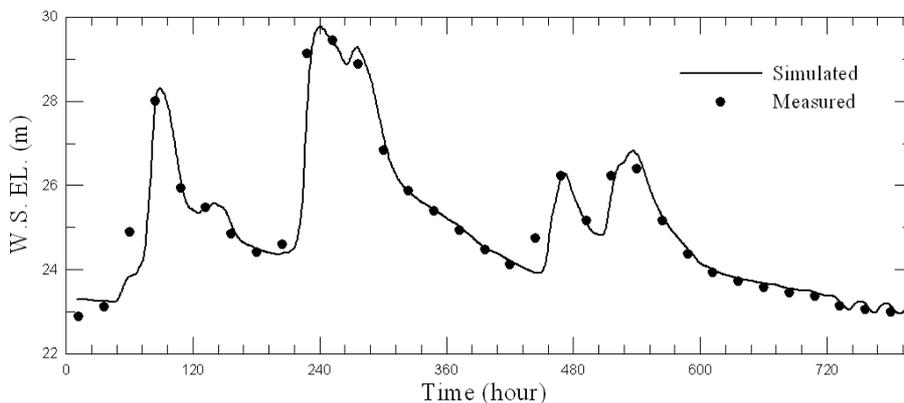


Fig. 3. 계산 홍수위와 실측 홍수위 비교

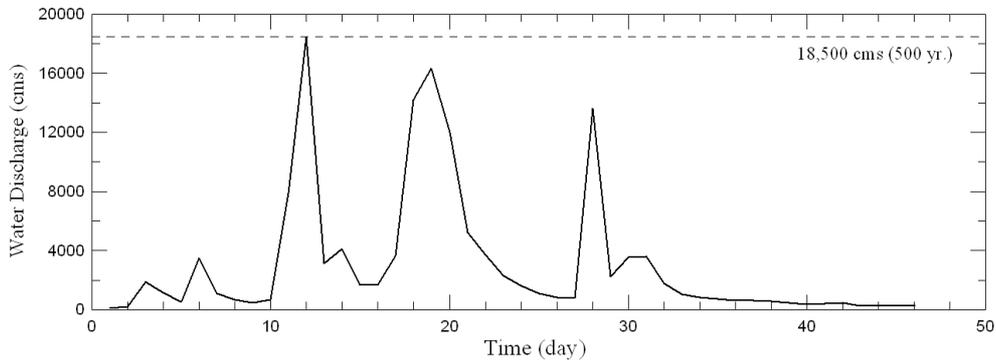


Fig. 4. 상류단 경계유량

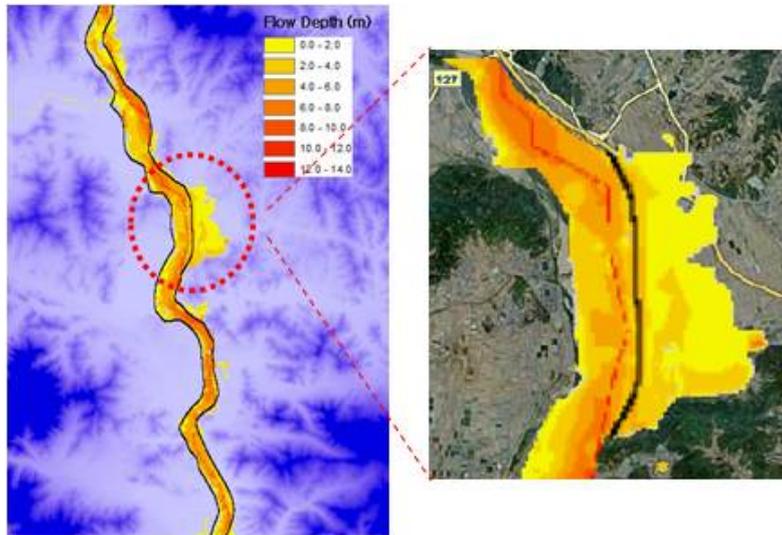


Fig. 5. 극한홍수에 대한 침수해석 결과

연구에서 이용된 SWAT 모형은 강형식 등 (2011)에 의해 낙동강 유역에 대해 구축된 모형을 이용하였다. Fig. 4의 유량 조건을 보면 모의시간 11일에서 500년 빈도 홍수량인 18,500 cms (국토해양부, 2009)의 최대홍수가 발생하고, 그 후 2회의 국부적인 최대 홍수가 더 발생함을 알 수 있다. 이에 대한 부정류 (unsteady) 모의를 수행 결과, Fig. 5와 같이 구미 상류의 일부 농경지를 저류지로 활용하였을 경우, 침수면적이 약 4.1 km^2 인 것으로 계산되었다. Fig. 6은 저류 공간으로서의 농경지 확보 유무에 따른 구미수위표 위치에서의 시간에 따른 수위 차이 변화를 보여주며 이때 음의 값은 공간 확보에 의한 홍수위 저하를 나타낸다. 본 연구에서는 홍수위가 계획홍수위에 도달하였을 때 농경지로 월류되는 것으로 가정하여 모의하였다. Fig. 6을 살펴보면, 500년 빈도의 최대홍수가 발생하였을 경우 횡적 공간 확보에 의해 일시적으로 최대 약 0.53m의 수위저감 효과가 나타나며 또한 전반적으로 공간확보에 의해 평균 약 0.226m의 홍수위가 저감되는 것으로 분석되었다. 최대 홍수위가 저감된 후에는 홍수위 감소폭이 줄어드는 것을 볼 수 있는데, 이는 본 연구에서 고려한 저류지의 유형

이 홍수류의 유·출입이 자유로운 on-line 형태의 저류지이기 때문이다. 다시 말해서, on-line 저류지의 경우 저류지 상·하류단에 수문이 없는 경우이기 때문에, 임의 가능 최대 홍수량이 저류된 이후 본류 홍수위가 낮아지면서 저류된 홍수량도 같이 빠져 나오므로 하류단에서는 수위차이가 점차 작아지게 되는 것이다.

이러한 결과는 상류에 침수가 예상되는 지역을 하천공간으로 확보하여 저류지로 활용할 경우 극한홍수 발생 시 하류에 위치한 도시의 홍수위험을 저감하는 것이 기술적으로 가능하다는 것을 보여준다. 그러나 본 결과는 침수이력이 있는 농경지 지역을 임의로 선정하여 공간확보에 따른 치수효과를 본 것으로서 향후 이에 대한 연구가 실행되기 위해서는 치수효과 외에 침수이력, 토지이용 형태, 배후제방 유무, 토지이용 계획 등 확보지점에 대한 타당성 조사가 반드시 선행될 필요가 있다.

3. 하천공간의 다각적 확보방안

국내의 하천공간 확보는 거의 대부분이 토지매수제에

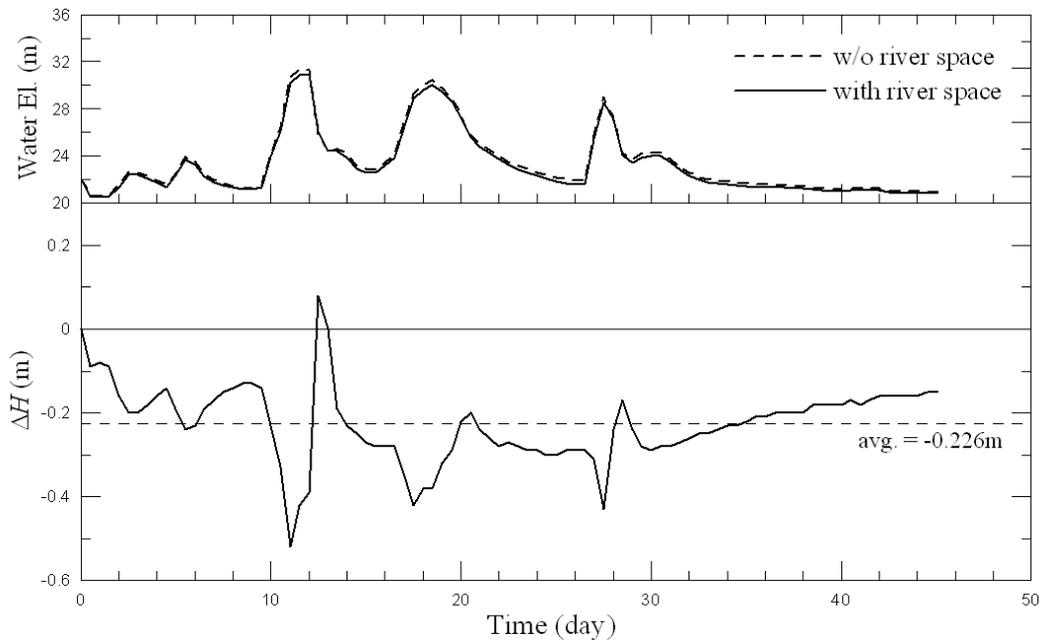


그림 6. 구미수위표 지점에서의 공간확보에 의한 홍수위 저감효과

의해 진행되고 있다. 토지매수제도는 국가가 직접 정책자금으로 토지를 매입함으로써 비점오염원의 축소를 통해 오염원의 유입을 원천적으로 차단하여 수질을 개선하고 하천변의 생태환경을 복원하기 위한 가장 직접적인 형태의 정책수단이다. 이는 중장기적 하천공간의 확보와 관리 측면에서 가장 직접적이고 강력한 정책수단이라 할 수 있으나 앞서 언급한 바와 같이 사업시행에 많은 비용이 소요될 수 있으며 토지 소유자와의 협력이 어렵다는 단점이 있다. 아울러 국내의 경우 매도 신청된 토지만을 대상으로 하는 소극적 방법으로 실시되어 토지매수가 소규모 혹은 파편화되는 문제가 있으며 이는 통합적 하천공간계획의 추진과 관리에 많은 어려움을 주고 있다(금강수계관리위원회, 2007). 이와 관련하여 해외 선진국의 경우 보다 효과적이고 친환경적인 토지의 이용과 관리를 위해 토지의 소유권과 개발권 및 이용권을 구분하여 접근하고 있으며 이를 통해 재원의 한계를 극복하고 토지 소유자와의 마찰을 줄이는 다각적인 방안을 모색하고 있다. Table 1은 환경부(2001)의 자료를 근거한 것으로서, 행정적 절차 및 지역적 공간의 특수성에 기반하여 다각적으로 제시될 수 있는 공간확보 방안을 비교하여 정리한 것으로 방안별 주요 내용과 특징을 보여준다.

토지의 소유권 매입을 통한 공간확보 방안 외에 소유권과 개발권을 구분하여 접근하는 개발권 선매수제와 양도제의 방안이 있다. 이는 토지의 개발권 가치를 산정한 후 국가가 이를 매입하거나 다른 지역의 개발자가 이를 양도하는 제도로서 이 경우 개발권 이전에 따른 해당지역의 추가적 개발이 제한되지만 토지 이용권이 보장되기 때문

에 소유자와의 협상이 유리하다는 장점을 갖는다. 한편 이러한 개발권 제도는 하천공간의 무분별한 난개발을 제한함과 동시에 배후의 우량농지를 보존하고 유동적 토지 이용을 유도하는 하천공간 확보 방안으로서 가치가 높다고 할 수 있다. 또한 토지의 개발권을 활용한 방안 외에 토지 이용권을 국가가 매수하는 방안으로는 토지 휴경제가 대표적이다. 이용권이 매입된 토지의 경우 수질개선을 위해 토지이용을 제한하거나 저류지, 홍수조절지, 습지 등의 친환경적 하천공간으로 활용하는 방안을 모색할 수 있다. 그러나 토지에 대한 인식의 차이와 우리나라 공간적 특수성으로 인해 개발권과 이용권을 활용한 하천공간 확보 실현 가능성은 매우 낮을 것으로 예상된다. 법제적 기초 및 개발권과 이용권의 가치산정의 틀이 미흡한 상태에서 이러한 제도들은 개인 재산권의 제한으로 이해되기 쉬우며 토지가 개발과 보전에 따른 우발이익(Windfall)과 우발손실(Wipeout) 논리 중심으로 인식되기 때문에 현실적 적용에 많은 문제점을 야기할 수 있다.

이와 관련하여 본 연구에서와 같이 농경지를 활용한 홍수저감 방안을 위해서는 개발권 및 이용권 보다는 대형 홍수가 발생되었을 경우 그 지역을 범람 시킬 수 있는 권한을 매입하는 지역권 설정의 개념이 보다 타당할 것으로 보인다. 이 경우 토지매수제 대비 비용저감의 효과를 가지며 아울러 소유자의 토지소유 및 매각의 권리가 보존되며 기존의 토지이용을 유지할 수 있다는 장점을 가진다. 이러한 점은 토지매입 없이 토지이용의 공공성을 확보할 수 있는 방안으로서 그 활용가치가 높다고 할 수 있다.

4. 사례지역의 공간확보 방안

4.1 토지매수제에 의한 공간확보

구미상류, 감천과 낙동강 합류 사례지역을 저류지로 활용하기 위한 공간확보 방안으로 먼저 필요한 지역의 농경지를 국가가 직접 매수하는 토지매수사업을 들 수 있다. 토지매수제에 의한 하천공간의 저류지화의 경우 그 목적이 극한홍수 방어라는 측면에서 토지매수와 홍수저감효과에 관한 경제적 타당성 평가가 선행되어야 하며 타당성이 검증된 이후에는 안정적인 대규모 재원 확보 및 체계적인 하천공간 관리체계 수립을 통해 생태복원을 도모할 수 있는 전략적인 매입 및 관리 전략을 수립해야 한다. 사업구간에 대한 토지매입이 계획적으로 원활이 이루어진 경우 저류지의 평상시 활용 가능성을 고려한 공간계획을 수립할 필요성이 있는데 이 경우 확보된 공간을 습지로 활용하여 수질 및 생태적 측면에서의 순기능을 높이거나 생태공원 등을 조성하여 지역주민 및 관광객을 위한 휴양지로 개발하는 방안을 모색할 수 있다.

4.2 지역권 설정과 재해보험제를 활용한 공간확보

사례지역의 공간확보를 위한 다른 방안으로 식량안보를 고려하여 농경지를 보전하기 위해 보전 지역권을 설정하여 극한홍수가 발생했을 때에만 저류지로 활용하는 방안이 있다. 지역권 설정은 저류지 대상지역의 토지를 공공목적 위해 이용할 수 있는 권리를 매입하고 이에 대한 보상을 하는 제도로서 토지의 매입 없이 토지이용의 공공성

을 확보할 수 있다는 장점을 가진다(국토해양부, 2008). 아울러 지역권 설정의 경우 매입보상 방안, 매입 후 임대방안, 수시보상 방안보다 비용효과적인 것으로 나타났으며 이는 저류지 대상의 토지를 보상할 때 지역권 설정이 영농 가능한 보상방식으로 사업주체와 농민 모두에게 유리한 비용효과적인 방법이라는 것을 증명한다(이미연, 2005). 침수에 의한 농작물 피해에 대해서는 풍수해 및 농업관련 재해보험제를 활용할 수 있으며 이는 설계빈도를 높여 제방을 보강하는 것보다 경제적인 수 있다. 그러나 극한홍수 시 하천공간의 저류지 활용과 관련하여 재해보험제를 활용하는 경우 피해보상 대상 작물을 확대하고 보험요율 및 정부 보조비율에 대한 세밀한 연구들이 수반될 필요가 있다.

일본 하코지마 유수지의 경우 지역권 설정과 재해보험제를 활용한 농경지의 저류지 활용을 실현한 대표적인 사례라 할 수 있다. 본 지역에서는 지역권 설정에 따라 토지 소유자에게 소유지 지가의 1/4에 한하여 한번만 보상하고 홍수 시 농작물 피해에 대해서는 풍수해 보험 및 농업관련 보험을 통해 보상하는 방안을 적용하였다(국토해양부 2008). 지역권 설정과 재해보험제를 활용하여 극한홍수 시 하천공간을 저류지로 활용하는 방안은 매입 재원의 한계를 극복하고 절차상의 마찰을 줄이는 방안으로서 장기적인 관점에서 극한홍수에 대응하여 유동적으로 농지를 활용할 수 있는 최선의 대안이 될 수 있을 것으로 예상된다.

Table 2는 낙동강 대상지역에 대해 토지매입 방안과 지역권 설정 방안에 대해 소요되는 예산을 비교한 결과를 보여준다. Table 2를 살펴보면, 대상지역 약 4.1 km²의 농

Table 1. 하천공간 확보방안의 유형 및 내용

접근	정책 수단	내용	비고
개발권	개발권선매제	토지의 소유권은 인정하되 개발권을 정부가 토지 소유자로부터 미리 매입하여 추가적 개발을 금지하는 방안	규제 대상으로 설정된 지역의 무형의 개발권을 국가가 매수함
	개발권양도제	토지 소유주에게 개발권을 행사하지 못하게 하는 대신 다른 지역에서 그 개발권을 행사하게 허용하는 방안	법적인 기초가 약하여 국내 적용에는 무리가 있으며 사유재산권 침해의 논란이 있음
이용권	토지휴경제	일정기간 토지의 이용권을 제한하고 이에 따른 보상이 이루어지는 방안	토지의 이용권을 제한할 뿐 소유권을 인정하고 있기 때문에 소유자와의 협상이 유리하다는 장점이 있음
소유권	토지매수제	토지의 소유권을 직접적으로 국가가 매입하는 방안	국내의 수변구역 매입에 적용되고 있는 대표적인 방식
지역권	보전지역권 설정	소유권의 변동이나 이용권의 제한이 없음	토지의 소유권과 이용권을 유지하는 가운데 토지의 생태적 가치를 보전하는 데에 협의하는 조건으로 경제적 보상을 제공함
-	재해보험제	저렴한 보험료로 예기치 못한 풍수해에 대비하는, 국가가 관장하는 정책 보험	보험계약자가 부담하는 보험료의 일부를 국가 및 지방자치단체가 보조하여 정부의 지원 금액을 저감시키는 효과가 있음

Table 2. 토지매입 및 지역권 설정 비용 비교

공간확보 방안	확보면적	공시지가 (만원)	매입비용 (억원)	피해복구비용	합계 (억원)	비고
토지매수제	4.1 km ²	2.6~3.0	1,066~1,230	-	1,066~1,230	습지 및 공원 조성비와 복구비용 제외
지역권 설정			266~307	85.5억원	351.5~392.5	토지매수비용의 약 32%

경지를 매입하기 위한 비용은 26,000~30,000/m²의 공시지가(http://www.realtyprice.or.kr/)를 기준으로 계산하였을 때 약 1,066~1,230억원이 소요되는 것으로 나타났다. 한편, 이 지역의 지역권 설정 비용은 일본과 동일하게 공시지가의 25%를 적용하였을 경우 약 266~307억원이고, 설계빈도인 100년 빈도 홍수량을 초과하는 홍수에 의해 4.1 km²의 농경지가 모두 유실되었다고 가정하였을 때 중앙재난안전대책본부 (2010)에서 규정한 복구비용 단가 2,087원/m²에 의한 비용은 약 85.5억원이 소요된다. 따라서 설계빈도 이상의 홍수에 대한 지역권 설정에 의한 비용은 농경지 복구비용을 포함하여 약 351.5~392.5억원이 소요되어 농경지 매입비용의 약 32% 수준의 저비용이 요구되는 것으로 나타났다. 그러나 본 연구에서 산정한 지역권 설정 비용은 일본에서 산정한 규정을 토대로 계산된 것이다. 따라서 향후 지역권을 몇 년간 유지할 것인가, 적용되는 홍수량은 몇 년 빈도로 할 것인가, 지역권 설정을 위한 보상기준은 공시지가의 몇 %로 할 것인가에 대한 추가 연구가 필요할 것으로 보인다.

5. 결론

본 연구에서는 기후변화에 의한 극한홍수와 관련하여 횡적 하천공간의 확보를 통한 홍수저감효과 분석과 이를 위한 다각적 공간확보 방안을 제시하였으며 다음의 결론을 도출하였다. 먼저 친환경적 하천공간의 실효성 검증을 위해 대표적 하천공간 활용방안 중 하나인 저류지활용을 통한 홍수저감효과를 분석하였다. 농경지로 사용되는 침수예상지역을 대상으로 설정하여 저류지로 활용할 경우 500년 빈도의 극한홍수 시 최대 약 0.53m의 홍수위 저감 효과가 있는 것으로 분석되었다. 이는 상류지역에서의 횡적 공간확보를 통하여 하류지역에서의 홍수 위험을 저감시킬 수 있다는 것을 보여주며, 향후 보다 친환경적인 횡적 공간의 확대와 이를 통한 다각적 활용방안 수립을 위한 연구가 필요할 것으로 보인다.

다음으로 하천공간 확보 방안에 대해 국내에서 주로 이용되고 있는 토지 매수제 외에 해외 선진국에서 이용되고 있는 개발권, 이용권, 지역권 등의 방안을 검토하였다. 그 중 토지의 소유권은 원래의 소유자에게 그대로 두고, 극

한 홍수시에만 범람시킬 수 있는 권리를 매입하는 지역권에 의한 공간 확보가 타당한 것으로 판단된다. 특히, 기존의 토지매수제를 활용한 공간확보 방안은 산발적 토지매수와 과대한 예산소요 그리고 토지 소유주와의 마찰 등이 우려될 수 있으며 확보된 공간을 습지 및 생태공원 등의 평상시 활용에 대한 추가적인 비용과 대안이 요구된다. 반면 지역권과 재해보험제를 연계한 공간 확보방안의 경우, 설계빈도를 초과하는 극한홍수에 대한 비용을 검토한 결과 토지 매입비용의 약 32% 수준의 저비용이 요구되는 것으로 나타났다. 이러한 지역권 설정과 재해보험제와 연계된 하천공간 확보방안들은 향후 극한홍수와 같은 자연재해에 능동적으로 대응하며 유동적 토지이용을 유도하는 방안으로서 그 의의가 있다고 판단된다. 그러나 향후 이와 같은 제도의 국내도입을 위해서는 관련 법적 근거의 마련과 피해 보상과 연계된 보험요율 및 범위, 기준 등에 대한 연구가 선행되어야 할 것이다.

감사의 글

본 논문은 한국환경정책·평가연구원 녹색성장정책연구의 일환으로 수행된 “기후변화 대응을 위한 적정 하천공간 확보방안(Ⅲ)” 연구 보고서의 일부이며, 지원에 감사드립니다.

참고문헌

강수만, 박민지, 김상호, 김성준 (2007). “홍수범람모형을 이용한 침수피해 저감방안 연구: 진위천 하천구간을 대상으로.” **대한토목학회논문집**, 대한토목학회, 제27권, 제6B호, pp. 583-590.

강형식, 장재호, 안중호, 김익재 (2011). “유역 모형과 하천 모형의 연계를 통한 낙동강 본류 흐름 예측.” **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제44권, 제7호, pp. 577-589.

건설교통부 (2006). 한국수문조사연보.

국토해양부 (2008). 천변저류지 조성 촉진 및 효율적 활용방안 연구.

금강수계관리위원회 (2007). 금강수계 토지매수 및 관리

기본계획 수립 연구.

국토해양부 (2009). 낙동강수계 하천기본계획 보고서.

국토해양부 (2009). 낙동강유역종합치수계획 보고서.

김덕길, 경민수, 김상단, 김형수 (2008). “천변저류지 조성
에 따른 수리·수문분석.” **한국수자원학회논문집**, 한국
수자원학회, 제41권, 제5호, pp. 483-489.

곽재원, 김재근, 김형수, 유병국 (2010). “천변저류지 조
성에 따른 효과분석: (1) 홍수조절 및 생태적인 효과.”
대한토목학회논문집, 대한토목학회, 제30권, 제1B호,
pp. 13-21.

박창근, 박재현, 이종진 (2007). “천변저류지를 활용한 화포
천 유역에서의 홍수조절능력에 관한 연구.” **2007 한국수
자원학회학술발표회 논문집**, 한국수자원학회, pp. 331-
335.

소방방재청 (2006). 재해연보.

소방방재청 (2007). 주요통계 및 자료.

안태진, 강인웅, 백천우 (2008). “수문학적 홍수저감효과
기반의 천변저류지 최적위치 선정에 위한 의사결정모형
개발.” **한국수자원학회논문집**, 한국수자원학회, 제41
권, 제7호, pp. 725-735.

안태진, 변천일, 노희성, 백천우 (2010). “경제성 분석에 의
한 강변저류지 최적위치 선정에 대한 연구.” **한국수자원
학회논문집**, 한국수자원학회, 제43권, 제8호, pp. 681-
694.

이미연 (2005). **천변저류지의 토지보상방안에 대한 비용
효과분석: 낙동강 유역을 사례로**. 서울대학교 환경대
학원, 석사학위논문.

전경수, 김원, 윤병만 (2006). “천변저류지 홍수조절 효과
의 불확실성 분석.” **2006 대한토목학회 학술발표회
논문집**, 대한토목학회, pp. 267-270.

중앙재난안전대책본부 (2010). 2010년 자연재난조사 및
복구계획수립 지침. 소방방재청.

한건연, 김지성, 백진규, 박홍성 (2005). “하천에서 천변저
류지의 홍수저감효과 분석.” **2005 대한토목학회 학술
발표회 논문집**, 대한토목학회, pp. 233-236.

환경부 (2001). 토지임차제·휴경보상제 등 매수제 대안의
타당성 연구.

Bates, P.D., and De Roo, A.P.J. (2000). “A simple raster-
based model for floodplain inundation.” *Journal of
Hydrology*, Vol. 236, pp. 54-77.

Bates, P.D., Dawson, R.J., Hall, J.W., Horritt, M.S.,
Nicholls, R.J., Wick, J., and Hassan, M.A.A.M. (2005).
“Simplified two-dimensional numerical modelling of
coastal flooding and example applications.” *Coastal
Engineering*, Vol. 52, pp. 793-810.

Bates, P.D., Horritt, M., Wilson, M., and Hunter, N.
(2005). LISFLOOD-FP User manual and technical
note, University of Bristol, UK.

Dawson, R.J., Hall, J.W., and Bates, P.D. (2005).
“Quantified analysis of the probability of flooding in
the thames estuary under the imaginable worst-case
sea level rise scenario.” *Water Resources Develop-
ment*, Vol. 21, No., pp. 577-591.

Hunter, N.M., Bates, P.D., Horritt, M.S., and Wilson,
M.D. (2007). “Simple spatial-distributed models for
predicting flood inundation: A review.” *Geomorphology*,
Vol. 90, pp. 208-225.

Purvis, M.J., Bates, P.D., and Hayes, C.M. (2008). “A
probabilistic methodology to estimate future coastal
flood risk due to sea level rise.” *Coastal engineering*,
Vol. 55, pp. 1062-1073.

논문번호: 11-058	접수: 2011.06.01
수정일자: 2011.08.16/09.14	심사완료: 2011.09.14