

Cover Story

서울지역 홍수피해의 원인과 대책



추 태 호

부산대학교 사회환경시스템
공학부 교수
thchoo@pusan.ac.kr



채 수 권

을지대학교 보건환경안전과
교수
cskwon@eulji.ac.kr

1. 기후변화와 집중호우

최근 뉴스를 보면 “50년 에, 100년만에”로 시작하는 날씨뉴스를 심심치 않게 접할 수 있다. 이제 우리나라는 기후변화로 인한 영향으로 강우강도가 점차 강해지고 있고 집중호우 등과 같이 지역적 집중현상이 심화되고 있어 돌발홍수 같은 물 관련 재난이 증가하고 있다. 즉, 지구온난화에 따른 기후변화로 인하여 한반도에 발생하는 강우의 형상과 특성이 과거 사상과는 다르게 변화하고 있는 추세이며, 홍수 피해를 야기하는 주요 호우사상에 대한 불확실성 또한 증가하고 있다는 것을 잘 보여준다.

국지적으로 단시간에 많은 양의 비가 내리는 현상을 뜻하는 집중호우는 홍수, 산사태 등의 재난을 일으키는 큰 원인으로 작용한다. 이러한 국지성 집중호우는 직강 5km의 좁은 지역에 시간당 최고 80mm 이상의 비가 순식간에 쏟아지는 폭우를 말하

는데, 일반적인 장마처럼 넓은 지역에 걸쳐 균일하게 내리는 것이 아니라 짙은 뇌운(적란운)으로 특정지역에 양동어로 퍼붓듯이 많은 양의 강우를 기록하는 것을 뜻한다. 인간의 산업활동과 생산활동 등에 의해 배출된 이산화탄소 등에 의한 지구온난화의 영향으로 나타난 이상기후 현상은 이제 이러한 집중호우의 빈도 또한 상승시키는 결과를 낳았다. 금번 2011년 7월에 발생한 집중호우는 남쪽의 따뜻하고 습윤한 공기가 북쪽의 건조한 공기와 부딪혀 발생한 정체현상으로 인하여 발생한 것이다. 26일 저녁부터 27일까지 이틀 동안에 내린 비는 관악과 강남, 서초구 지역에서 300~360mm를 기록했다. 또한 서울 일부 지역은 400mm를 넘어서기도 하였다. 특히, 이날 오전 6시부터 9시까지 3시간 동안 관악구에는 202mm, 서초구에는 161mm, 강남구에는 142mm 등의 큰 강우량이 관측되었던 반면 같은 서울 지역인 노원구에는 동시간대에 불과 17



〈2010년 광화문 집중호우 모습〉



〈집중호우의 형상〉

mm의 강우를 기록하는 등 지역집중현상이 특히 두드러져서 피해가 확산 되었다.

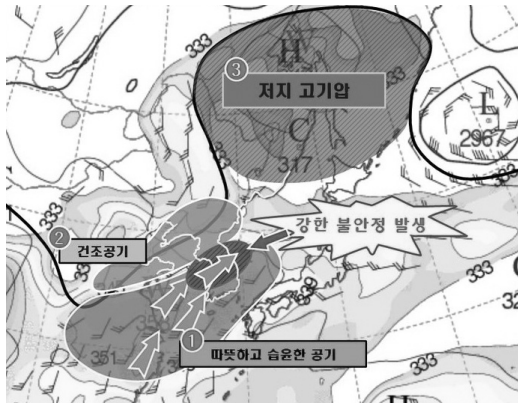


그림 : 기상청 제공

또한 경기도 동두천, 의정부, 광주 지역에도 유례없는 “물 폭탄” 수준의 비가 쏟아졌다. 그동안 우리는 기후변화문제를 가까운 미래의 문제로 인식해왔지만 이제는 당면한 현실의 문제로써 일상이 된 것을 직시하고 대비해야 함은 지당한 사실이다. 이러한 집중호우는 많은 인명과 재산 피해를

발생시켰고, 국민들은 많은 불편을 감수해야만 했다. 이번 집중호우로 인한 피해는 크게 우면산 산사태, 광화문 광장 침수, 강남지역 침수, 광주시 곤지암천 범람 등을 들 수 있다. 본 글에서는 이들에 대한 구체적인 피해사례를 살펴보고 이에 대한 원인과 대책을 검토하기로 한다.

2. 우면산 산사태

먼저 우면산 산사태를 먼저 살펴보자. 산사태라는 것은 바위나 흙이 경사면을 따라 급격하게 아래로 이동하는 것을 뜻하는데 이번 우면산 산사태의 경우에는 토석흐름(debris flow)에 속한다. 이러한 토석흐름의 산사태는 시속 30km정도의 빠른 속도로 발생하므로 그 피해는 불을 보듯 뻔하다. 가령, $F=ma$ (힘은 질량과 가속도에 비례)이므로 경사가 있으니 가속도가 일정하게 가해지고 물과 흙, 돌이 합쳐지면서 질량이 커져 힘이 엄청난 크기로 증가하게 된다. 이러한 우면산 산사태는 천재인가 인재인가? 하는 주장을 자주 볼 수 있는데 우면산 산사태 사고는 천재+인재라고 볼 수 있겠다.

남태령-우면산 산사태 위치도



<우면산 산사태의 현황 및 현장모습>



기획특집

우면산 산사태의 근본적인 원인은 시간당 100mm 가량 내린 폭우로서 천재에 가까우나 인위적으로 설치한 일부 시설물들의 부정적인 영향도 예상할 수 있다. 우면산 내에 주말농장이 산중턱에 만들어 졌는데 농장은 작물이 자랄 수 있게 하기 위하여 땅이 부드러워야 한다. 즉 물을 머금게 되면 약해서 다 흘러가 버리게 된다. 형촌마을에 세워진 연못 또한 관리시설 및 관리자의 미비로 물이 넘쳐 버린 것도 하나의 원인으로 작용한 것으로 보인다. 또한 최근 불고 있는 들레길, 올레길 등의 산 중턱을 돌아가는 산책로를 만들었는데, 길을 내고 배수로로 내지 않음으로서 물이 고여 있다가 한번에 흘러 내려갔을 가능성도 배제할 수 없다. 또한 '군부대가 원인이다' 혹은 '아카시아 나무가 원인이다' 등의 수많은 문제점이 제기되고 있으나 구체적인 책임소재는 아직 입증되지 않았다. 하지만 분명한 것은 천재와 인재의 합작이고 이로 인해서 이미 많은 피해를 입었다는 사실이다. 따라서 지금 당장 필요한 것은 다시는 이런 일이 발생하지 않도록 철저한 대비책을 강구하고 이를 체계적으로 실행하는 것이다.

이러한 산사태는 전형적인 후진국형 재난으로서 현재 서울시와 산림청으로 관리체계가 이원화 되어 있는 것을 하나의 통합기관의 설립으로 바로잡아야 한다. 또한 산림청에서는 조금 더 전문성을 발휘하여 산사태 경고를 예보 할 때에는 '서초구 전체, 관악구 전체' 같은 식이 아닌 조금 더 국소 지역에 정밀하게 분석해서 '어느 계곡 주변이 위험하다' 등으로 구체적으로 대응하는 방안도 필요한 것으로 보인다. 특히 이미 2010년 8월에 산사태가 일어났었음에도 불구하고 당시 광화문 광장의 침수로 사건으로 인하여 언론에 크게 부각되지 않았고 대응 역시 미비하였다는 점은 결과론적으로 참으로 안타까운 일이 아닐 수 없다. 이상기후 현상이 일상화된 현시점에서 집중호우 등으로 인

한 산사태 피해를 예방하기 위해서는 산 주변 시설물을 설계하고 시공 할 때에는 철저한 분석과 검증을 통하여 산사태 발생 가능성을 미연에 방지해야 한다. 또한 과거의 호우사상에 미루어 구성되어 있는 방재 시설 및 시설물 기준을 한층 상향시켜 안정성을 확보하고, 주기적인 순찰과 더불어 6월~9월 같은 우기에는 상시 점검반을 편성하여 산사태의 징후를 사전 파악하여 주민대피를 완료시킬 수 있도록 하여야 한다. 또한 산사태 징후가 파악되면 관련 기관은 즉시 주변지역 관련 공무원 뿐만 아니라 전 주민에게 문자 메시지의 통보가 가능하도록 하며, 주기적으로 전화번호를 업데이트 하여 사전에 누락되지 않도록 한다.

3. 도심 시가지 침수

한편 이번 집중호우는 광화문 광장 및 강남지역에도 침수를 일으켜 많은 재산과 인명피해를 발생시켰다. 사실 과거 광화문 광장은 침수로 인한 물난리가 난적이 없었다. 당시에는 물이 분산되는 자연시스템이었다. 하지만 지금은 모든 하수관로를 청계천을 중심으로 집중시켰다. 따라서 광화문 북쪽의 경복궁, 동쪽의 삼청동, 서쪽의 인왕산에서 나온 물이 모두 광화문 광장으로 모였다가 청계천으로 흘러가는 시스템을 가지고 있다. 따라서 광화문의 배수 계획을 수립할 때는 기본적으로 물이 집중되는 시스템보다는 물을 분산시키는 시스템으로 하여야 한다. 즉 도시계획 시 공간적 평면적 계획은 하였지만 재해특성을 반영하지 못하였다는 것을 단적으로 보여주는 예이다. 특히 광화문 광장의 침수는 2010년에도 침수가 되었음에도 불구하고 금번 집중호우에 또 침수가 되었다는 것은 실로 부끄러운 일이 아닐 수 없다. 작년 광화문 침수 때 청계천은 넘치지 않았다. 그럼에도 불구하고 청계천의 상류지역인 광화문이 침수되었다는 것은 광화

문 지역의 물이 청계천으로 원활히 유입되지 못하였다는 것을 의미한다. 애초에 광화문 지역을 설계할 때 내린 강우가 모두 청계천으로 빠져나갈 것으로 가정을 하였지만 실제로 관로들의 통수량이 내리는 빗물보다 작아서 발생한 것이다. 서울시의 배수 시스템은 기본적으로 각 지류 및 하수관거가 청계천으로 모여서 배수되는 시스템으로 구성되어 있다. 그리고 각 구역은 시간당 75mm를 배제할 수 있도록 설계가 되었다. 하지만 여기에서 맹점이 존재한다. 즉 어느 구간이 계획 되었을 때 그 구간은 75mm가 빠져나가면 만족하는 걸로 설계를 하고 있고, 1초이던 2초이던 시간차를 두고 물이 빠져나가면 문제가 없는데 실제로는 한꺼번에 나가도록 배수시스템이 집중되어 있다는 것을 뜻한다. 더구나 이번 광화문에는 시간당 60mm의 비가 왔음에도 불구하고 침수피해가 발생하였다는 것은 현재 배수 시스템에 많은 문제가 있음을 단적으로 보여주는 예이다.

이번에 발생한 강남지역 및 광화문 광장 침수는 기본적으로 다음과 같은 원인으로 발생하였다고 볼 수 있다. 강남지역은 예로부터 지대가 낮았고 강북지역은 조금 더 높다. 조선시대 개국이 강북지역에 이루어졌음은 어쩌면 그러한 원인으로 작용하였을지도 모른다. 70년대만 하더라도 강남지역은 대부분 농경지와 저지대 및 많은 습지로 구성되어

있었다. 특히, 금년 7월 홍수에 많은 피해를 입은 지역의 대부분은 아파트단지로는 부적합한 유수지나 저지대에 건설되었으며, 과거 배수시스템은 그 당시에 완벽하게 구축되지 않았고, 향후 20~30년 후 변화할 홍수량을 예상하지 못한채 오늘날에 이르렀다. 따라서 당시에는 적절한 대책과 용량이었을지라도 시간이 지나오에 따라 도심이 팽창하고 지하구조물도 많이 들어서는 등으로 인하여 유지보수 및 보완이 상대적으로 등한시 되어 왔다. 이는 결국 침수피해를 발생시키는 원인 중 하나가 되었으리라 판단한다.

4. 하천범람

이번에는 경기도 지역의 피해사례를 살펴보기로 하자. 동두천에 사흘간 내린 비는 무려 700mm에 육박하였고 침수 주택만도 3천여채가 된다. 동두천 침수의 가장 큰 원인은 동두천을 가로질러 흘러가는 지천인 '신천'이 범람하였기 때문이다. 이것은 시간당 50~60mm의 비를 감당할 수 있는 펌프 시설이 있었지만 이번 비는 시간당 90mm 이상 내렸기 때문에 어쩔 수 없었다는 설명이 있다. 하지만 이번 홍수가 오기 전 신천 범람을 예방하기 위해 대형 저류조를 만드는 방안이 저류조 위치를 관찰하는 양주시에 의해 무산되었다는 것이다. 결국



〈7월 31일 청계천〉, 출처 : 네이버 블로그



〈광화문 광장 침수〉 출처 : 미디어오늘

기획특집

약 600억원의 재산피해를 낸 이번 동두천시의 침수피해 역시 사전에 예방할 수도 있었다는 점에서 새삼 사전재해예방의 중요성을 실감할 수 있다. 경기도와 동두천시는 펌프용량의 확대와 저류조 확충, 펌프장 이설 등을 추진할 계획이고 특별재난지역 선포 등을 통해 국비를 확보하는 등 대비책 마련이 한창이다.

한편 이번 집중호우 기간에 많은 비가 쏟아진 경기도 광주의 곤지암천이 27일 오후 범람하여 6명이 사망하고 1명이 실종되는 등 인명 및 재산피해가 발생하였다. 해당 지역은 제방 높이가 3m 남짓으로 낮았으며 불과 20여분 만에 약 3m로 높이로 건물 일층이 다 잠겨버릴 정도로 순식간에 침수가 진행되었다. 이번 범람의 근본적인 원인은 강도 높은 집중호우로 인해 소양강댐이 방류를 하였고 하류부분의 팔당댐 또한 본류하류로 물을 방류하였지만 폭우와 소양강댐 방류물량을 감당하지 못해 지류인 경암천 및 곤지암천으로 물이 역류하여 발생한 상황으로 보인다. 특히 곤지암천은 상류에서 하류 쪽으로 경사도가 급한데다가 팔당댐과 인접해 있어 팔당댐 수위가 올라가면 물이 차오르는 취약지역이다.

곤지암천은 지난 1990년 범람한 이후로 21년만에 범람하였는데 그 동안에도 장마철이나 태풍이 왔을 때 마다 수위가 상승해 아슬아슬하게 범람위기를 모면해 왔다. 이런 이유로 곤지암천은 수해방지 공사가 진행되어 왔고 곤지암천 하류구간과 경암천 합류구간에 제방을 설치할 계획이었지만 예산부족으로 진행되지 않았다. 하천정비의 기본계획에 따라 강의 홍수 수위를 정하여 그 보다 제방고가 낮으면 제방을增高해야 하는데 이번에 범람한 곤지암천 하류 부분은 제방을 쌓아야 하는 지점이다. 하지만 제방을 설치할 예정이었다는 것이다. 즉 이번 곤지암천 범람의 기본적인 원인은 천재이지만 예산부족으로 사전에 미리 막을 수 있었던 피

해가 발생한 인재의 영향도 무시할 수 없다. 결론적이지만 장마나 폭우에 미리 대비하여 미리 제방공사를 마쳤더라면 7명의 인명피해 및 재산피해를 방지할 수 있었을 것이다. 또한 이번 범람으로 광주하수처리장과 곤지암하수처리장이 침수돼 가동이 중단되는 사태가 발생하였다. 따라서 경기도 광주시의 생활하수 3만 8천여톤이 9일 넘게 계속 수도권 상수원인 팔당호로 유입되어 식수원 수질 오염에도 주의를 기울여야 한다.

이러한 홍수피해를 방지하기 위하여 그동안 여러 가지 규제와 환경문제 등으로 중지되어온 팔당



〈팔당댐과 경암천 및 곰지암천 현황〉 출처 : 조선일보



〈곤지암천 범람〉 출처 : TV Report



〈곤지암천 제방붕괴〉 출처 : 오마이뉴스

호의 준설도 이제는 인명과 재산의 피해를 줄이기 위해 시행되어야 할 것이다. 또한 이상기후가 일상화 된 현 시점에서 물그릇을 확보하여 앞으로 다가올 집중호우 및 장마, 태풍에 대비하는 방안을 강구하고 더 큰 재앙을 막도록 해야 한다. 또한 지류 정비사업도 시행하여 각 지류의 통수능을 확보하고 이번엔 곤지암천에서 볼 수 있듯이 홍수에 의한 콘크리트 제방 붕괴 같은 위험한 상황발생을 예방하고 지류에서 발생하는 피해를 줄일 수 있도록 사전에 대비해야 한다.

5. 외국의 도시홍수 대책

도시홍수에 대비하기 위해서는 저류시설을 마련하고 예·경보 시스템의 정확성을 높이는 대책이 필요하다. 서울 도심지역에 빗물탱크같은 저류 시설을 만들어 대응시간을 확보하는 노력이 필요하다. 보통 도심지역은 대응시간이 길어야 20분 가량으로 이 시간안에 적절한 대응을 하지 못하면 피해가 커지게 된다. 따라서 이러한 대응시간의 확보가 1차적 대안이 될 수 있음을 알 수 있다. 또한 도심지역은 아스팔트 및 시멘트로 대부분 불투수층으로 구성되어 있으므로 강우가 하수관거에 도달되는 시간이 매우 빠르다. 보통 도심지의 도달시간은 1

시간 정도로 가정을 하여 설계를 진행하는데 도달 시간을 늘리기 위해서 침투통이나 침투블록, 혹은 투수성 포장을 시공하거나 도심 녹지공원 및 화분 등을 설치하여 저류시간을 늘릴 수 있는 공간을 확보하는 것이 중요하다. 이러한 대책은 시설물의 배수구에 토사와 진흙이나 오물이 끼어 폐쇄되는 등과 같이 유지관리가 힘들다는 단점을 가지고 있다. 이를 보완하는 방법은 지하에 거대한 물그릇을 만드는 것이다. 이미 오사카, 뉴욕, 도쿄 등에는 유명한 도시들은 지하수로를 가지고 있다. 말레이시아에도 스마트 터널로 불리는 지하 3층짜리 배수 터널이 있는데 평소에는 자동차 도로로 사용하고 있다.

특히 방재 선진국인 이웃나라 일본의 사이타마 지하방수로를 살펴보면 지하의 ‘파르테논 신전’이라고 불리기도 하는 이 지하방수로는 세로 177m, 가로 78m, 높이 20m에 이르는 규모로 축구경기장 2개 크기와 맞먹는 면적을 가지고 있다. 콘크리트 기둥 59개는 물의 압력으로부터 지반을 안전하게 지지하기 위해 구성되었다. 방수로 좌측에는 깊이 약 75m정도에 지름 30m, 저수용량 2만 7천톤을 자랑하는 원형탱크가 위치하고 있는데 이런 탱크가 지하 방수로 곳곳에 5개소가 있다. 오른쪽에는 집중호우로 인해 범람할 가능성이 있는 중소하

기획특집



〈말레이시아 S-art터널 공사중 현장과 내부형식〉

천 등의 물을 지하의 원형물탱크 쪽으로 유도하여 모아진 물을 가스터빈의 힘으로 수압 조절용 수조에서 물의 압력을 낮춘 후 1만 4천마력의 가스터빈의 힘으로 일본의 대형하천인 에도강으로 강제 배출시키는 구조를 가지고 있다. 이런 시설을 이용하여 그동안 상습침수지역이었던 카스카베시, 스키토쵸, 사테시 등의 침수피해를 크게 줄일 수 있었다. 또한 오사카는 직경 16m에 18km길이의 대형수로를 통해 비가 오면 물을 배수시키고 장마가 끝나면 여기에 저장된 물을 여름에 냉각수로 사용하거나 청소용수 등으로 재활용하여 사용한다.

6. 선진 방재를 위한 반성

금년 7월 서울시의 도심지인 강남과 광화문에서는

도시기능이 마비되는 수준의 침수피해를 당했다. 그러나 과거 상습침수지역이었던 중랑천, 한강변, 망원동, 당산동 등 지역은 오히려 피해가 거의 없었다. 한때 중랑천 범람 위기가 찾아오기도 하였으나 범람하지 않았는데 이는 서울시와 중랑구청이 2008년에 건설한 펌프장 저류조가 제 역할을 하였기 때문이다. 수해항구복구사업의 일환으로 만들어진 본 시설은 중랑구청이 수해 예방을 위해 망우산에 새로 건설한 것이다. 그전에는 폭우가 쏟아져 망우산에서 한꺼번에 빗물이 쏟아져 내리면 인근 주택가가 침수될 수 밖에 없었는데 저류조가 건립됨으로써 빗물 3만톤 가량을 저류조에 담아 두었다가 폭우가 소강상태를 보이면 순차적으로 조금씩 방류하도록 설계가 되었다. 또한 중화2 빗물펌프장과 면목펌프장 신설 또는 증설도 한 몫 한 것



〈사이타마 지하 방수로 전경〉

으로 보인다. 또한 망우리고개를 넘어 면목천으로 집중되던 하수관로도 일부 분산시켜 빗물 쏠림현상을 줄이는 등 사전 예방으로 큰 피해를 막은 것이다. 중랑구 지역 사례에서 알 수 있듯이 자연재해는 반드시 발생할 것이고 이를 적절한 대비책을 강구해서 미리 대비를 한다면 충분히 대응 가능하다는 것이다. 그래서 더욱 더 이번 광화문과 강남의 침수가 아쉽게 다가온다.

지금까지 기술한 피해 사례 및 원인 및 대책에서 알 수 있듯이 재난대비 시스템과 매뉴얼을 전면 재점검 하고 배수로와 하천 등의 설계기준을 검토하며 강우빈도조정 등 방재기준을 강화해야 한다. 또 산사태 위험지역, 급경사지와 절개지 등에 전면 재조사를 착수하여 사전에 피해를 예방해야 한다. 재난에 강한 도시방재 기반 구축을 위해 도시계획수립단계에서부터 재해취약성 평가와 함께 사전재해영향성 평가를 실시하여 방재안전 기준을 재검토해야 한다. 또한 동시에 각종 개발 행위 시 용도변경 규제, 산림지역 개방행위 기준 검토, 토지적성평가 내실화 등을 통해 방재기능 강화대책에 힘을 보태어 나가야 한다. 그리고 침수가 발생하더라도 인명 및 재산피해를 최우선 할 수 있는 시스템을 구축하고 정확한 예·경보 시스템을 확립하는 것이 중요하다. 현재 우리나라는 환경과 복지가 우선시되고 있고 현재 국내 자연재난 및 재해 예방 및 대응기술 기술 수준은 미국이나 일본 등 선진국과 비교했을 때 약 6.6년의 기술격차가 난다. 또한 우리나라는 IT강국이므로 IT 기술을 적극 활용하여 대응 및 복구보다는 미리 재해를 사전탐지하여 피해를 방지하는 시스템을 구축하는 것에 역량을 기울여야 한다.

지금까지 서울시민들은 방재라는 의미를 정확하게 파악하지 못하고 있었다. 그러나 작년에 이어 금년에도 서울시의 도심지역이 침수되고, 금년에는 우면산의 산사태까지 목격하게 되었다. 따라서 이제

는 서울시민 개개인이 왜 자연재해에 철저히 대비하여야 하는지 실감하고 있을 것이다. 기후변화에 따른 기상이변으로 홍수와 산사태같은 자연재해가 우리에게 너무 가까이 다가왔기 때문이다. 따라서 이제는 서울시민을 비롯하여 일반국민들에게도 익숙하게 다가갈 수 있는 체계적인 방재교육 시스템을 구축하는 것이 필요하다.

실제로 홍수와 산사태 같은 물 관련 재해가 발생하면 인명 및 재산피해 뿐만이 아니라 여러 가지 문제가 함께 발생한다. 환경오염 물질이나 화학물질 등이 유출될 수도 있고 전염병 등 보건 및 위생적으로도 악영향을 가져다 온다. 따라서 이제는 기존의 치수 위주의 방재보다는 신개념인 WEHS 정책의 도입이 필요하다. WEHS는 Water, Environment, Health, Safe의 첫글자 모음으로서 물과 환경, 보건, 방재를 모두 만족시키는 새로운 접근방식이다. 현재 우리나라의 경우에도 2008년 8월 저탄소 녹색성장이라는 국가비전 아래 저영향개발(Low Impact Development, LID) 정책 혹은 지능형 물 관리(Smart Water Grid)같은 기술들이 활발하게 연구 중에 있다. WEHS는 이러한 LID와 SWG 같은 개념을 모두 포괄하는 것으로서 새로운 물 관련 패러다임이 미래가 아닌 지금 당장 바로 적용되어야 함을 역설하고 있다.

어쩌면 홍수와 태풍은 우리에게 축복이라고도 할 수 있다. 수자원도 확보할 수 있고 국토를 청소해주는 역할도 겸하며 물이 넘쳐 다른 지역의 다양한 생물종이 섞이면서 생태계의 건강성도 유지될 수 있기 때문이다. 다만 홍수 피해를 막기 위해서 끊임없이 노력해야 하고 이러한 노력이 불충분하면 막대한 피해가 발생한다는 점에서는 이윤배반적이다. 수마가 할퀴고 간 흔적은 처참하다. 우리는 이를 익히 알면서도 해마다 되풀이 하고 있다. 인간이 천재지변을 완전하게 막을 수는 없지만 철저한 대비로 그 피해를 최소화 하는 것은 가능하다.