

논단
 1
 River & Culture



박 무 중 | 한서대학교 토목공학과 교수/
 우리협회 국제교류위 부위원장
 (mjpark@hanseo.ac.kr)

방콕 도시하천 차오프라야강 치수방재에 대하여

1. 들어가며

태국은 동남아시아의 인도차이나 반도 중앙부에 위치한 나라이다. 19세기에 유럽 열강의 압박 속에서 사범·행정제도 개혁과 함께 근대화 실행과 영국과 프랑스의 대립을 이용함으로써 식민지화의 위기를 벗어났다. 1932년 입헌군주국으로 발족하였고, 1939년 국호를 시암(Siam)에서 타이로 변경하였다. 정식국명은 타이왕국(Kingdom of Thailand)이고, 프라테트 타이(Prathet Thai) 또는 무앙 타이(Muang Thai)라고도 한다. 국명은 타이어(語)로 '자유'를 의미하며, 주민의 대부분을 차지하는 타이족(族)을 가리키기도 한다.

한문으로 음차해 태국(泰國)이라고도 부른다. 북서쪽으로 미얀마, 북동쪽으로 라오스, 동쪽으로 캄보디아, 남쪽으로 말레이시아·타이만(灣)과 국경을 접하고, 서쪽으로 안다만 해(海), 남동쪽으로 시암만(灣)에 면한다. 동남아시아에서 유럽 국가의 식민 지배를 받지 않은 유일한 나라로, 제2차 세계대전 중에는 일본과 동맹을 맺어 연합군 측과 갈등을 빚기도 하였다. 2010년 기준으로 인구는 약 6,600만 명이며 행정 구역은 76개 주(changwat)로 구성되어 있으며 수도는 방콕이다. 국토면적은 513,254㎢로서 한반도 전체면적의 약 2.3배의 태국은 남북의 길이가 최대 약 2,500km에 달하고 동서간의 길이는 1,250km로서 남북으로 길게 늘어서 있는 국토구

조이다. 또한 태국만과 인도양을 따라 해안선 길이는 대략 2,705km에 달한다.

2011년 7월 25일 이후 태국에서는 50년만에 최악의 홍수가 발생해 전체 국토의 70%가 물에 침수되었다(그림 1). 홍수발생으로 전체 농경지의 10%가 넘는 130만 헥타르가 물에 잠겼고, 혼다나 토요타와 같은 공장들의 가동도 중단되었다. 또한 태국의 고대 수도이자 도시 전체가 세계문화유산으로 지정된 아유타야의 전 지역이 물에 잠기면서 관광사업에도 막대한 피해가 예상되었다. 2011년 50년만의 최악의 홍수 발생으로 총 366명이 사망하고 이재민이 11만명, 5천억 바트(18조원)가 넘는 재산피해가 발생하였다. 우리나라는 2012년 4대강 사업을 통하여 치수사업과 관련하여 큰 노하우를 축적하였으며, 2011년과 2012년에 발생한 태국의 홍수와 태국총리의 협조 요청에 의해 태국 그리고 태국을 관통하는 차오프라야강에 대한 관심이 커지고 있는 실정이다. 이에 본고에서는 태국의 홍수특성을 파악하고 홍수피해 저감방안을 제시함으로써 멀고도 가까운 태국의 치수사업에 대한 기본자료를 제시하고자 한다.



〈그림 1〉 2011 방콕 차오프라야강 침수사진

2. 차오프라야강

2.1 유역특성

태국의 고도는 남쪽의 해수면 수준에서부터 북서쪽의 고지대 산악지형까지 다양하게 분포되어있으며, 인도차이나반도 북쪽에서 남쪽으로 나란히 뻗은 산맥에 지형적 특징

이 있다. 그 지형적 특징을 바탕으로 북부산지, 수도 방콕이 있는 중앙평야, 북동부대지, 남부 말레이반도 등 4지역으로 나뉜다. 북부산지에는 남북방향의 높은 산맥이 줄지어 있으며, 타이 최고봉인 인타논산(2,595m)이 있다. 산맥과 산맥 사이에 치앙마이·치앙라이·난·람팡 등 작은 분지가 형성되어 있으며, 그 분지와 분지 사이를 가로막는 높은 산지 사이의 하천 골짜기를 이용한 교통로가 예로부터 발달되었다. 국토 중심부에 위치한 차오프라야강은 북쪽의 라오스 산지에서 발원한 핑(Ping)강, 왕(Wang)강, 욘(Yom)강, 난(Nan)강의 4대 지류가 나콘사완 부근에서 합류한 다음, 차이나트 이남에서 몇몇 분류로 갈라지면서 삼각주를 이룬다. 이 삼각주는 태국에서 가장 중요한 곡창지대이며 이를 통해서 태국은 세계적인 쌀 수출국이다. 대부분의 태국 도시들은 차오프라야강의 본류 또는 지류의 연안에 발달해 있으며, 치앙마이, 난, 차이낫, 아유타야, 방콕 등이 있다. 차오프라야강은 과거 농산물 등의 수송과 사람들의 왕래에 있어 중요한 구실을 해왔으나, 근래에는 육운의 발달로 그 기능이 떨어지고 있으며, 핑강에 푸미폰댐, 난강에 시리킧댐이 건설되어있으며, 차오프라야강에는 홍수조절·수력발전·관개 등의 목적으로 차이낫댐 등이 건설되는 등 차오프라야강의 종합개발이 진행되고 있다.

발원지	핑강, 난강
길이	375km (나콘사완~태국만)
수심	5~20m
폭	200~1,200m
유역면적	19,390km ²
평균유량	718m ³ /sec

〈그림 2〉 태국의 하천유역

2.2 기후 및 인문적 특성

태국은 북위 5도 30분에서 21도, 동경 97도 30분에서 105도 30분 사이에 위치한 열대성기후를 지니고 있으며, 3월~5



월 고온기, 6월~10월 우기, 11월~2월 비교적 저온기의 3계절로 대별된다. 가장 더운 시기는 3월과 4월이며 가장 기온이 낮은 시기는 12월과 1월이다. 연평균 기온은 28.1℃(최고 32.5℃, 최저 23.7℃)이며, 연평균 강우량은 1,600mm로 나타나 있다. 또한 연평균 습도는 79%(최고 94%, 최저 60%)로써 태국의 기후는 고온다습한 특징을 지니고 있다. 동북지역은 건조한 고원지대로 열악한 기후여건으로 홍수와 가뭄이 빈번히 발생하고 있으며, 남부반도 지역은 낮은 구릉과 산이 계속 이어지는 지형을 지니고 있다. 차오프라야강은 물자나 인력이 이동하는 교통의 대동맥으로서 바지선, 과일이나 야채를 실은 작은 보트, 다양한 페리들이 강 위를 쉴 새 없이 움직인다. 또한 교통체증으로 악명을 떨치고 있는 방콕 출퇴근자들의 수송역할을 하며 수상교통으로 보기 드문 목조보트로 미적인 가치를 더하고 있다. 중류 지역은 북부산지로부터 여러 강들

이 차례로 합류하여 차오프라야강이 된 지역으로, 산지가 낮아지면서 평야로 이어진다. 이 지역에서는 동서쪽 산지가 좁아져 강물이 자주 범람하여 벼농사는 불안정하나 물속에서도 견디는 벼가 경험적으로 재배되고 있다. 지류의 선상지에는 주로 벼농사가, 수리사정이 나쁜 곳에서는 목화 등 밭농사가 행해진다.

차오프라야강 유역은 차이나트에서 동서로 널리 퍼진 대평야로 타이 중부의 대부분을 구성하는 차오프라야델타이다. 제2차 세계대전 후 차오프라야델타 꼭대기의 차이나트에 농업용 대형댐이 건설되어 타이의 농업발전의 기반이 되었다. 차오프라야델타는 옛 델타와 신델타로 나뉜다. 옛 델타는 예로부터 육지로 만들어진 땅이며, 장대한 자연제방과 뒤에 습지가 있는 것이 특징으로 깊은 물에서도 잘 견디는 부도(浮溜)라는 벼 품종이 재배되고 있다. 차오프라야강은 해



안에서 약 80km 떨어진 그곳까지 조수의 영향이 나타난다. 신델타는 아유타야로부터 해안에 이르는 드넓은 지역이며 현재도 바다 쪽으로 확장되어가고 있다. 지형적 특징은 완전한 평탄지이며 해안 쪽 경사는 2/1,000가 넘지 않으므로 곧바로 침수되어 좀체로 물이 빠지지 않는다. 19세기 말부터 물길이가로세로로 파여져 벼농사 경작지를 확장시킴과 동시에 새로운 취락도 형성하였으며 오늘날 태국 제1의 곡창지이다.

2.3 태국의 기후변화

태국에서 발생한 2012년 호우는 2011년에 연이어 발생하였으며 많은 기상학자들은 이러한 현상이 범지구적인 기후변화에 의한 것이라고 주장한다. 따라서 기후변화에 관한 정부간 패널(IPCC)에서 추진 중인 기후변화 시나리오 RCP 6.0(기후변화 예측을 위한 대표적 농도 패스)을 이용하여 미래

태국의 기후변화 전망을 검토하였다. RCP(Representative Concentration Pathway) 시나리오는 최근 온실가스 농도 변화 경향과 예측모형을 반영한 5차 보고서를 위한 새로운 온실가스 시나리오로 RCP 6.0은 '온실가스 저감 정책이 어느 정도 실현되는 경우'이다. 복사강제력은 $6.0W/m^2$ 이고 CO_2 는 670ppm을 기준으로 하고 있다.

자료수집은 CMIP(Coupled Model Intercomparison Project)로부터 세계 각국의 20개 일반 해류대순환모형(GCM)의 태국 자료를 취득해 분석했다. 일반 해류대순환모형은 지구 전체에 걸쳐 있는 대기 또는 해양의 운동을 계산하는 수치 모형을 말한다.

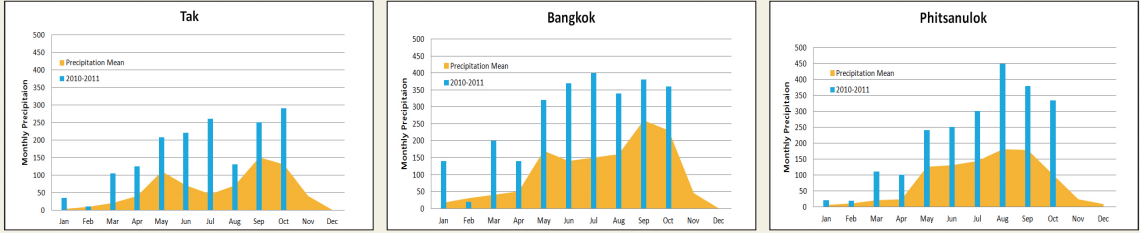
RCP 6.0에 따라 태국의 미래를 전망해 본 결과에 따르면, 평년의 평균값과 비교해 비정상적 온도차를 나타내는 온도아노말리(Temperature Anomaly) 현상이 뚜렷이 증가했으나 강수량아노말리(Precipitation Anomaly)는 약간 증가한 것으로 나타났다. 모의기간인 1860~2099년까지 월별 온도와 강수량의 분포를 보면, 태국은 4~5월의 온도가 가장 높고, 강수량은 6~10월에 걸쳐 집중됐으며 특히, 9~10월에 가장 많은 비가 내리는 것으로 조사됐다. 또한, 전체 아노말리에서는 구분되지 않는 우기의 강수량 증가가 확인됐다.

RCP 6.0에 따른 모의기간 계절별 강수량 분포는 3개월 단위로 끊어서 강수량의 변동성을 비교해봤을 때, 전체 모의기간 중 갈수기와 4~6월은 변동폭이 작은 반면에 7~9월, 특히 9월 홍수기에는 강수량 상승폭이 매우 큰 것으로 나타났다. 따라서 2011년의 태국의 집중호우는 이러한 기후변화의 한 과정으로 볼 수도 있다.

3. 태국 홍수피해 원인

3.1 기상학적 특성

2011년 태국 홍수 피해의 원인을 살펴보면 우선, 기상학적 원인을 들 수 있다. 즉, 태국은 2011년 예년에 비해 매우 큰 강우가 발생했으며, 대략 평년의 150% 수준에 달하는 규모로 이는 기후변화의 영향이라 볼 수 있다. <그림 3>은 지역별



〈그림 3〉 Tak, Bangkok, Phitsanulok 지역 강우량 비교

로 평균 강우량과 2010~2011년 최대 강우량을 비교한 것이며 태국 탁(Tak) 지역과 수도 방콕, 그리고 핏사눌록(Phitsanulok) 지역의 강우량을 나타낸 것이다. 노란색으로 표시한 것이 월별 평균 강우량이며, 뒤에 파란색 막대그래프가 2010~2011년의 월별 최대 강우량이다. 2011년 탁(Tak) 지역은 평균 강우량인 995mm보다 약 146%나 많은 1,450mm의 비가 내렸으며, 방콕도 평균 강우량 1,631mm보다 146% 증가한 2,390mm의 비가 내렸다. 태국 북부지역에 위치한 핏사눌록은 평균 강우량 1,296mm보다 156% 많은 2,027mm의 강우량을 기록했다. 이 밖에 태국 전역의 강우지속일수가 증가하고 있으며 특히, 차오프라야강 일대는 186일 동안 연속강우를 기록하기도 했다. 이러한 강우지속일수의 증가는 높은 유출률로 이어져 홍수를 야기하는 원인으로 꼽힌다(한국수자원공사, 2009).

3.2 지형학적 특성

홍수의 또 다른 원인으로 지형학적 요소를 들 수 있다. 차오프라야강 유역의 상류는 급경사를 이루는 반면 하류는 평평하고, 높은 조위 등으로 인해 배수에 매우 불리한 지형이다. 또한, 상류 유역은 댐 부족 등으로 저수능력이 낮은 실정이다. 〈그림 4〉는 태국의 유역체계이며 태국의 4대강이라 불리는 핑강(Ping River) 유역, 왕강(Wang River) 유역, 욘강 유역(Yom River), 난강(Nan River) 유역 등을 확인할 수 있다. 지형학적 원인을 검토하기 위해 이들 상류 4대강의 경사도와 저류량 등을 검토했다. 우리나라의 경우 한강 유역에서 약 340mm를 저류할 수 있고, 낙동강 유역은 150mm, 금강 유역은 240mm를 각각 저류할 수 있다. 그런데 태국은 핑강과 난강

유역이 각각 416mm와 280mm를 저류할 수 있는 반면에 왕강은 18mm, 욘강은 4mm를 저류하는 데 그쳤다.

차오프라야강의 상류 지역은 급경사를 이루고 있으며 저류 공간도 부족한 실정이다. 더욱이 중·하류 지역은 물 빠짐이 급속히 감소하는 병목구간이 있어 침수를 유발하고 있다. 〈그림 4〉와 같이 상류의 강이 흘러 도시를 거쳐 타이만으로 빠져나가게 되는데 차오프라야강 상류에서 3,700m³/sec를 기록했던 유량이 중류에서 2,900m³/sec, 1,800m³/sec로 급감하는 것을 알 수 있다. 물론 방콕 인근에서 3,000m³/sec, 3,200m³/sec로 상승하지만, 일반적으로 하천이 하류로 갈수록 넓어져 유량이 증가하게 되는데 차오프라야강 유역은 하류로 갈수록 좁아지는 병목구간이 존재하는 것이다. 기존 댐의 홍수조절 기능이 부족한 것을 들 수 있다. 핑강은 소양강댐의 5배나 되는 큰 댐을 갖고 있고, 난강도 소양강댐의 3배 정도 되는 댐을 갖고 있다. 그러나 이들 댐 운영에 있어서 홍수방



〈그림 4〉 태국의 유역체계

지를 위한 목적은 채택되지 않은 채, 발전회사가 발전을 위해서만 댐을 운영하고 있다. 즉, 단일 목적으로만 운영되고 있는 것이다. 이에 대한 대책으로 댐 운영에 있어서 홍수조절 기능을 강화하고 통합 관리를 도입해야 한다(박재영, 2012).

4. 태국의 국가물자원계획

태국은 2007년도에 정책 개발과 국가산하기관을 연계한 국가물자원 가이드라인을 제공하기 위해 국가물자원계획(The National Water Resources Strategic Plan)을 수립하였다(한국환경산업기술원, 2011). 주요전략으로 상하수도 관리 및 홍수가뭍예방을 포함하여 4개의 요인으로 나누었다. 상수도요금 및 하수처리요금 계획과 같은 경제적 방안에 대해서는 몇몇 지자체에서 시작하고 있다. 일반적으로 오염자 부담원칙은 물소비를 조절하고 환경적 영향을 줄이는데 도움을 주지만 아직 태국사회에 일반적으로 정착되진 않았다. 현재, BMA는 하수수집비용에 대한 방콕 물사용자 중에서 오염자 부담원칙에 대한 테마를 홍보하고 있는 중이다. 단기적으로, 2010~2012년도 사이에 운영될 태국정부의 'Economic Stimulus Package 2'에 따라 수자원 관리와 개발투자를 위하여 212,818백만바트의 정부예산을 할당하였다. 여기에는 2010년도에 착수될 프로젝트를 위하여 60,389백만바트, 태국 북쪽지역 프로젝트를 위한 11,844백만바트, 중부지방을 위한 18,754백만바트, 북동지역 20,754백만바트, 남부지역 8,973백만바트 및 중앙정부에서 기존 프로젝트의 개선을 위하여 315백만바트의 예산이 포함되어 있다(표 1).

태국정부는 물산업 민영화와 관련된 여러 가지 분쟁 때문에 물시장 분야의 민영화를 추진할 계획이 없다. 현재 민

간부문 투자는 주로 조인트벤처(Jointventures), 정부-민간 합작(Public-Private Partnerships, PPPs), BOOT(Build Own Operate Transfer), 그리고 BOO(Build Own Operate)으로 계약이 진행되고 있다. 다음 <표 2>는 지방수도청(PWA)에서 정부-민간합작사업의 예를 보여주고 있다. 1999년 WMA와 Operation Management Co. Ltd.의 조인트벤처인 WOMC(Wastewater Operation Management Co. Ltd.)는 하수관리사업에서 민간분야 상호투자를 통하여 사업초기 1백만바트의 자금으로 설립되었으며 2004년 10백만바트로 투자금이 증액되었다. WMA는 이 회사의 30%의 지분을 가지고 있으며 BMA는 이들 하수처리장의 운영관리 회사들과 하도급 계약을 추진하였으며 운영관리비는 총 비용의 20% 수준이다.

현재 Thai Tap Water가 시장점유율의 가장 큰 부분을 장악하고 있고 Eastern Seaboard가 근소하게 2위로 수처리 시장을 점유하고 있다. 두 기업들은 태국 자국기업으로 지방물공급청과 용수공급 계약을 맺어 태국 여러 지역의 용수를 공급하는 주요 회사이다. 다국적기업인 Veolia Water가 태국에서 3번째 높은 시장점유율을 차지하고 있다. 그 밖에, Italian-Thai와 Sino-Thai는 환경설비 시장에 있어 유명한 엔지니어링 기업들이다. 이외에도, IOTA, EEC, Goshu Kohsan과 같은 기업들이 태국 물시장 진출을 위해 노력하고 있다.

<표 1> 태국 SP2에 의한 수자원 관리와 개발관련 투자계획

프로젝트 (THB million)	2010	2011	2012	Total (2010~12)	편익(benefits)			
					면적 (billion m ²)	가정수	용량 (billion m ³)	고용인원
수자원 복원, 보존	7,507	7,950	2,703	18,160	3,53	361,523	847	14,372
몽리면적 중 물관리	22,024	31,693	33,878	87,595	45,42	-	-	1,084,408
새로운 자원이역과 몽리면적 개발	20,131	29,764	31,546	81,441	3,54	262,426	687	254,232
가뭄예방과 치수	10,727	6,687	8,206	25,621	7,92	378,627	227	135,362
총 계	60,389	76,095	76,333	212,818	60,41	1,002,576	1,812	1,488,374

주) Ministry of Finance(Thailand), 2010.

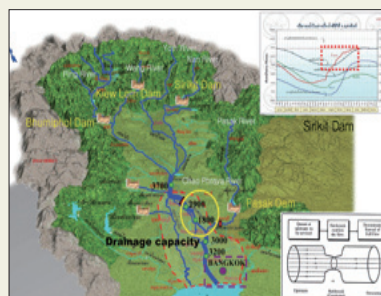
(표 2) 태국 하수관리 설비투자 관련 현황(2018년까지), 지방물공급청(2009)

계약형태	생산용량 (m/day)	투자자금 (THB million)	계약기간 (년)	하도급업체
BOOT				
1. Pathum Thani와 Rangsit 수자원국의 안정적인 물의 생산과 공급	288,000(이전계약) 70,000(신규계약)	4,337(이전계약) 783(신규계약)	1998-2023	Pathum Thani Waterworks Co, Ltd.
2. Nakhon Sawan 수자원국의 안정적인 물의 생산과 공급	14,400	260	2003-2028	Nakhon Sawan Waterworks Co, Ltd.
3. Chachoengsao 수자원국의 안정적인 물의 생산과 공급	37,200	654	2003-2028	Chachoengsao Waterworks Co, Ltd.
BOO				
1. Phuket 수자원국의 안정적인 물의 생산과 공급	160,000(지표수) 120,000(RO)	690	2000-2025(지표수) 2006-2031(RO)	R.E.Q Waterworks Co, Ltd.
2. Nakhon Pathom과 Samut Sakhon 수자원국의 안정적인 물의 생산과 공급	14,400	260	2004-2034	Thai Tap
임대계약				
1. Sattahip 물공급 관련 임대계약	31,200	30	2001-2031	East Water
2. Pattaya시 안정적 물공급	15,972	199	2005-2035	East Water
BTO				
1. Rayong 수자원국의 안정적인 물의 생산과 공급	86,400	935	2006-2031	Universal Utilities Co, Ltd.

5. 홍수피해 저감방안

5.1 유역특성에 따른 맞춤형 대책

태국은 북고남저의 형태로 국토가 형성되어 있으며, 홍수에 대비하여서는 홍수가 집중되지 않는 방향으로 계획되어야 한다. 태국의 도시지역을 통과하는 차오프라야강은 상류지역이 급경사를 이루고 있으며 중·하류 지역은 물 빠짐이 급속히 감소하는 지역이다. 또한 일반적인 하천은 하류로 갈수록 하천 폭이 넓어져 유량이 증가하는 반면 차오프라야강은 하류로 갈수록 하천폭이 좁아져 병목구간이 존재한다(그림 5). 즉, 북쪽 상류지역에는 저류가 중류지역에서는 병목구



〈그림 5〉 태국의 병목현상

간의 개선, 하류 지역에서는 저지대의 침수가 방지될 수 있도록 방수로의 도입이 필요하다.

5.2 방수로 계획

방수로는 강우발생시 상대적으로 표고가 낮거나 하천의 하류의 유량이 집중되는 지역에 유량을 저수지나 바다 등

로 유량을 분류하는 시설이다. 차우프라야강은 하류로 갈수록 하천폭이 좁아져 침수가 발생하므로 설계빈도에 대한 유량을 감당할 수 있는 방수로의 설치가 시급한 실정이다(그림 6). 또한 하류지역은 방수로나 기존 하도를 확장하여 빠르게 저지대의 물을 바다로 배수할 수 있도록 계획되어야 한다. 이 때, 염수침입 방지나 준설 후 관리대책이 포함되어야 하며 이러한 시설로는 우리나라의 4대강 정비사업이 좋은 예로 제시할 수 있다.




(그림 6) 방수로 공사 예(골포천)

5.3 물관리 자동화 방안

움강 유역의 총 저수량은 약 11억7천500m³이며, 상류의 급작스런 홍수 저감을 위해서 다목적댐을 건설해야 한다. 이러한 다목적댐 간의 연계운영과 통합 수자원 관리, 자동화 등의 개념도 도입할 필요가 있다. 태국은 데이터 관리 시스템이 갖춰져 있지 않고, '데이터 뱅크(Data bank)'라는 개념으로 매일 나오는 자료를 그냥 쌓아놓고 있다. 또, 담당자간 인수인계가 제대로 되지 않는 등 선진화된 관리 방안이 필요한 실정이다. 따라서 선진화된 자동 물관리 방안의 도입이 필요하다.

6. 마치며

태국은 4,000km나 떨어진 먼 나라이지만 사회적으로 문화적으로 우리와 매우 친근한 나라이다. 최근의 홍수피해로 인해서 366명이 사망하고 재산피해가 18조원이나 발생하는 매우 큰 피해가 발생하였다. 또한, 기후변화 시나리오 RCP 6.0

에 의하면 태국의 우기 강수량이 더욱 증가할 것이라고 제시되었다. 태국은 2011년 침수피해로 인해 대대적인 물관리사업의 필요성이 대두되고 있다. 침수피해를 대비하기 위한 물관리사업으로는 방수로 건설, 저수지 댐 건설, 농지개량 홍수저류지 조성, 토지이용체계 개선 등 다양한 프로젝트를 구상하고 있다. 이러한 대규모 공사는 우리나라에서 2010년부터 시행된 4대강 정비사업과도 많은 관련성이 있다고 판단된다. 이러한 환경은 4대강 사업을 치수관리 능력과 우리나라와 같은 다목적 댐 간의 연계운영과 통합수자원 관리, 자동화 개념을 보유한 우리에게는 기술이전과 수익을 창출할 수 있는 좋은 기회가 될 수도 있다. 따라서 한류의 유행 이후 기술 선진국의 능력을 나타낼 수 있도록 모두가 노력할 시점이다. 

참고문헌

- 박재영(2012), 태국 차우프라야강 대홍수 원인과 대책, 워터저널 2012.1월호.
- 한국수자원공사(2009), Water for people, water for life, UN세계물개발보고서.
- 한국환경산업기술원(2011), 태국 물시장 분석 및 진출전략, GGGP, 2011.11월호.
- KBS NEWS 2011.10.17일자 보도내용.
- KBS NEWS 2012.8.14일자 보도내용.
- KBS NEWS 2012.9.08일자 보도내용.