



캘리포니아 주의 통합 물관리계획 (Integrated Water Management)



정은성 |
서울과학기술대학교 건설공학부 교수
eschung@seoultech.ac.kr



이진희 |
한국환경정책·평가연구원 물순환연구실 책임연구원
kolnidre@naver.com



고익환 |
K-water 국제협력연구단 단장
ihko@kwater.or.kr

1. 개요

‘수자원 관리를 위한 기후변화 적응전략’을 일찍이 수립한 미국 캘리포니아 주의 경우 통합 물관리(Integrated Water Management, IWM)를 기후변화 적응을 위해 반드시 실행해야할 구체적인 전략으로 제시한 바 있다(State of California, 2008). 하지만 캘리포니아 주는 시에라 네바다 산악지역으로부터 해안지역에 이르기까지 지역별로 다양한 지형과 기후특성을 가지고 있고 환경, 경제적 특성 또한 크게 다르므로 이를 충분히 반영한 기후변화 적응 대책 수립의 필요성이 제기 되었다. 따라서 캘리포니아 주에서는 광역적 통합물관리(Integrated Regional Water

Management, IRWM)를 제안하고, 물관리계획의 수립과 홍수방어 시설물들의 진단, 유지관리, 보수 및 재개발, 수문관측시스템의 운영, 물 관련 기후변화 적응에 관한 연구사업 등을 포함시켰다. 이를 위해 투자재원의 조달과 지역차원의 전략 수립을 기후변화 적응을 위한 우선 전략으로 제시한 바 있다(윤용남, 2009). 본 기고문에서는 IRWM 계획수립 과정과 계획상의 표준항목 적용을 통한 경험과 교훈을 소개한다.

2. California Water Plan

캘리포니아 주는 5년마다 업데이트하여 제시하는 “California Water Plan: Integrated Water Management”(State of California, 2009a)를 2009년 보완하여 제시하였다(그림 1). Vol. 1에서는 전략 계획(The Strategic Plan)을 수립하였는데, 캘리포니아는 근래 기후변화, 인구 증가, 가뭄과 홍수, 생태계와 델타지역의 면역력 하락, 자연재해, 자료의 취득과 자본 확보 등의 어려운 도전에 직면해 있으므로 지속가능한 물 이용과 수질 관리를 위해 IRWM의 필요성을 제시하고 있다(State of California, 2009a). Vol. 2 자원관리 전략(Resource Management Strategies)에는 물 수요량을 줄이고 물 공급량을 증가시켜 수질을 향상시키고 효율적인 자원 관리를 통해 홍수 관리능력을 증가시키기 위해 표 1과 같이 6개 목적별 27개의 관리 전략을 제시하였다(State of California, 2009b). Vol. 3은 광역통합 수자원관리계획 수립 내용(Regional Reports)을 구체적으로 제시하였다. 특히



그림 2와 같이 North Coast 등 12개 광역권으로 구분하여 구체적인 IRWM 계획을 수립하였다(State of

California, 2009c). Vol. 4와 Vol. 5에서는 참고가이드와 기술가이드를 제시하였다.

Table 1. Strategy Summary Table

Objective	Strategy	Potential Strategy Benefits									
		Provide Supply Benefit MAF/yr	Improve Drought Preparedness	Improve Water Quality	Operational Flex & Efficient	Reduce Flood Impacts	Environmental Benefits	Energy Benefits	Recreational Opportunities	Reduce GW Overdraft	Accumulated Cost by 2030 (\$billions)
Reduce Water Demand	Agricultural water use efficiency	0.1-1.0	0	0	0		0			0	0.3-5.0
	Urban water use efficiency	1.2-3.1	0	0	0		0	0			2.5-6.0
Operational Efficiency and Transfers	Conveyance - Delta	N/A	0	0	0	0	0		0	0	1.2-17.2
	Conveyance - Regional/Local	N/A	0	0	0	0	0		0	0	N/A
	System reoperation	N/A	0	0	0	0	0	0		0	N/A
	Water transfers	N/A	0		0		0				N/A
Increase Water Supply	Conjunctive Mgmt & Groundwater Storage	0.5-2.0	0	0	0	0	0			0	N/A
	Desalination-Brackish & Seawater	0.3-0.4	0	0	0		0			0	2.0-3.0
	Precipitation enhancement	0.3-0.4						0			0.1-0.2
	Recycled municipal water	1.8-2.3	0	0	0		0	0		0	6.0-9.0
	Surface storage-CALFED	0.1-1.1	0	0	0	0	0	0	0		0.7-9.2
	Surface storage-Regional/Local	N/A	0	0	0	0	0	0	0		N/A
Improve Water Quality	Drinking water treatment and distribution	N/A		0	0						1.4/yr
	Groundwater/Aquifer remediation	N/A		0							20.0
	Matching quality to use	N/A		0	0		0				0.1
	Pollution prevention	N/A		0		0	0	0	0	0	21.0
	Salt and salinity mgmt	N/A		0	0		0	0			>10.0
	Urban runoff mgmt	N/A		0	0	0	0	0	0	0	N/A
Practice Resource Stewardship	Agricultural lands stewardship	N/A	0	0	0	0	0	0	0	0	5.3
	Economic incentives (loans, grants, water pricing)	N/A	0	0	0		0			0	N/A
	Ecosystem restoration	N/A	0	0	0	0	0			0	N/A
	Forest mgmt			0	0	0	0	0			0.3-0.8
	Land use planning and mgmt	N/A	0	0		0	0	0	0		N/A
	Recharge area protection	N/A	0	0	0	0				0	N/A
	Water-dependent recreation					0	0		0		N/A
Watershed mgmt	N/A	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5-3.6	
Improve Flood Mgmt	Flood risk mgmt	N/A	0	0		0	0	0		0	N/A

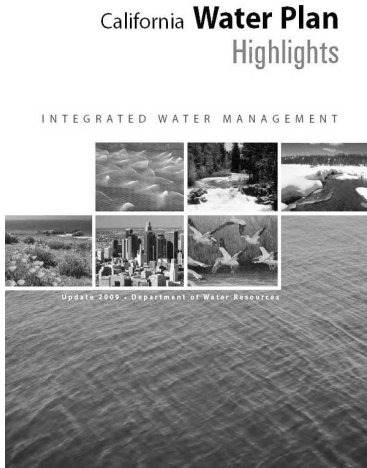


그림 1. California Water Plan Highlights 포지

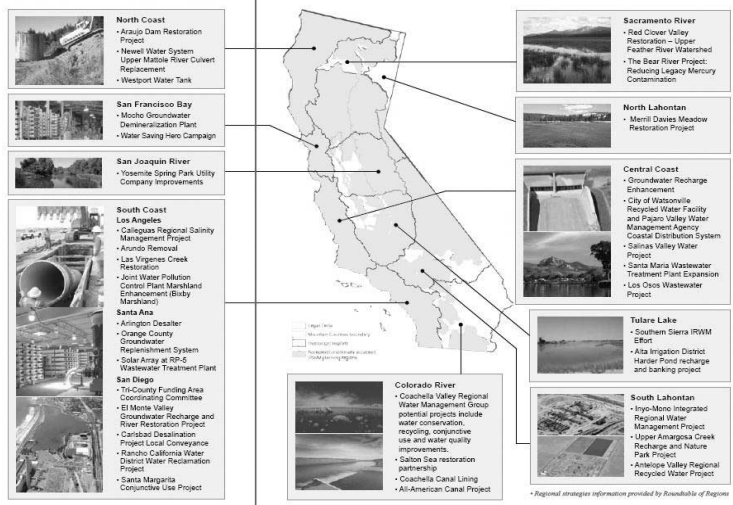


그림 2. Regional Strategies of California State

특히 캘리포니아 주는 기후변화 적응 위해 IRWM의 기본개념을 바탕으로 구체적인 광역단위의 IRWM을 수립하고 이를 현장에서 실행하고 있다. 이러한 경험을 토대로 RMC(2010)는 이해당사자와 실무자를 위해 IRWMP (Integrated Regional Water Management Plan)에 대한 기본 개념과 주요내용을 포함한 포켓북을 그림 3과 같이 발간하였다. RMC Water and Environment는 캘리포니아 주의 물과 환경 관련 설계 회사로 캘리포니아 주의 17개 IRWM을 수립하였고 관련 21개 프로젝트(1억5천5백만 달러)를 수행하였다 (웹사이트: www.rmcwater.com/IRWMP).

3. IRWM 계획수립 과정

IRWM은 그림 4와 같이 다섯 단계에 걸친 통합적 광역물관리계획 수립과정이다. 1단계는 지역 특성에 부합하는 목적과 구체적인 목표를 수립하는 것이다. 이때 다양한 이해당사자(stakeholder)들을 포함해야 하며 지역 특성을 발전시킬 수 있는 비전을 고려해서 최종적인 IRWM의 목적과 구체적인 목표를 수립한 뒤 2단계에서 계획을 수립(수정/보완)해 간다. 여러 프로젝트들의 우선순위를 기반으로 실행계획을 준비해야 하며 실행했을 경우 효과의 정도와 목표를 정량화한다. 3단계는 계획을 실행한다. 이때 재원을 확보하고 실행을 위한 관련 허가(permit)를 얻어내서 우선순위에 입각하여 실행해야 한다. 4단계에는 실행된 계획에 대해 모니터링을 실시하고 관련 자료를 수집한다. 5단계는 계획의 성과를 검토한다. 사전에 검토한 성과에 대해 실제 성과가 어느 정도 달성되었는지 확인하고 지역적 목적을 달성하는데 필요한 추가적인 실행이 있는지 조정한다. 이렇게 5단계를 거쳐서 수행되면 다시 1단계부터 또는 2단계부터 시작하게 되는데 이러한 다섯 단계가 약 3년에서 5년 정도 소요된다.

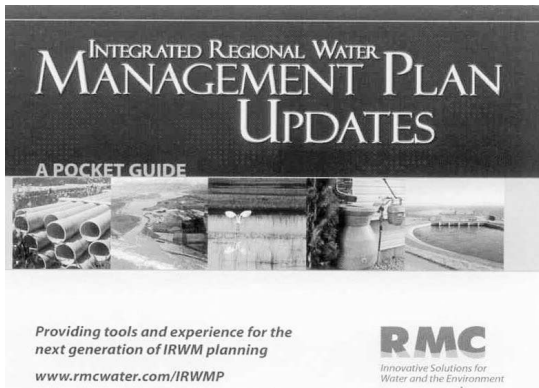


그림 3. IRWMP의 포켓가이드 표지

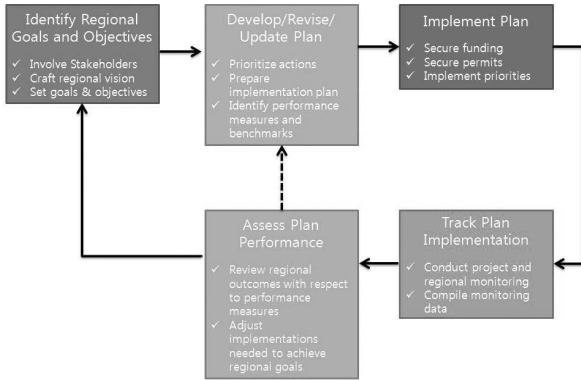


그림 4. Plan Development Process for IRWM

4. IRWM 계획의 표준항목

IRWM은 다음과 같은 11개의 항목들을 적절하게 결합해서 시행한다. 본 절에서는 포켓북에서 제시하는 필수요소와 과거 계획 수립 경험으로부터 얻은 교훈에 대해 정리하였다.

(1) 거버넌스와 대상 지역에 대한 설명

- ◆ 필수요소
 - 계획을 보완하고 수행하기 위한 거버넌스(관리 구조)와 핵심 참여자
 - 유역, 물이용 시스템, 유역 경계, 물 공급량과 수요량, 인구통계자료, 물과 관련된 목표와 갈등 등을 포함하는 지역에 대한 상세한 설명
- ◆ 교훈
 - 계획의 실행을 위해서는 의미 있는 자료의 수집과 현황파악이 중요함
 - IRWM 계획을 이행하기 위해서는 이를 감독하는 효율적인 거버넌스가 필요하며 이를 구축하는 작업은 많은 시간과 노력이 필요하지만 잘 구축될 경우 향후에는 오히려 많은 시간과 노력을 줄여주므로 매우 신중하게 진행해야함
 - 지역간 경계와 수자원의 특성 등을 효율적으로 표현하기위해 반드시 지도를 사용해야함

(2) 긍정적인 목표(goal)과 구체적인 목적(objective)

- ◆ 필수요소 (그림 5)
 - 주요 물 관련 이슈들과 갈등들을 포함한 정량적 목적의 수립
 - 프로젝트들의 우선순위 결정
- ◆ 교훈
 - 지역 특성을 고려한 목적 수립은 IRWM 계획 수립에서 가장 중요한 요소로서 수자원 관리 지역 별로 목표들을 적절하게 설정하는 것은 지역들과 이해당사자들을 위해 필요함



그림 5. Goals and Objectives

(3) 자원관리 전략 및 통합

- ◆ 필수요소 (그림 6)
 - 목적을 달성하기 위해 고려된 폭넓은 자원관리전략
 - 통합을 유도하고 강화시키기 위한 과정
- ◆ 교훈
 - 계획을 수립하기 위해 2009년 캘리포니아 주의 수자원 계획에 포함된 자원관리전략을 고

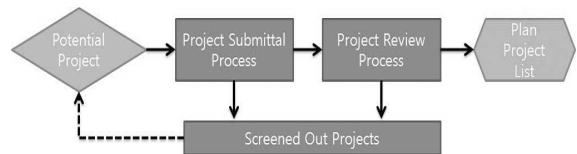


그림 6. Project Review and Prioritization Process

려해야 함

- 통합(integration)은 프로젝트 공유와 맵핑 기능을 포함하는 자료관리 시스템을 통해 달성될 수 있음

(4) 프로젝트에 대한 검토와 우선순위 결정 과정

◆ 필수요소

- 계획에 포함될 수 있는 예비 프로젝트를 도출하는 과정
- 계획에 포함시킬 프로젝트를 검토하는 과정

◆ 교훈

- 계획에 포함될 수 있는 예비 프로젝트를 수집하는 과정은 많은 이해당사자들이 참여할 수 있도록 공개적으로 이루어져야 하며 우선순위 결정과정은 투명해야하고 쉽게 납득할 수 있어야 함
- 프로젝트의 리스트는 쉽게 바뀔 수 있도록 해야 함
- 웹시스템을 구축하여 이해당사자들이 프로젝트의 정보를 쉽게 볼 수 있도록 해야 함

(5) 사업 영향과 혜택, 계획의 성과

◆ 필수요소 (그림 7)

- 사업 시행으로 인한 영향과 혜택
- 계획의 성과 평가와 모니터링

◆ 교훈

- 사업의 영향과 혜택은 계획 수행의 성과를 평가하는 기준으로 사용될 수 있음

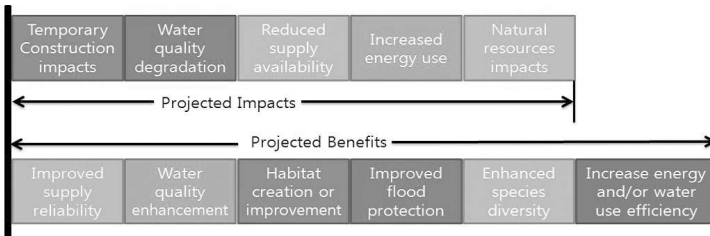


그림 7. Impacts and Benefits of Projects

(6) 자료 관리

◆ 필수요소

- 자료의 수집과 저장을 위한 도구
- 자료를 IRWM의 참여자, 이해당사자, 일반인, 주정부 등에 확산시키기 위한 과정

◆ 교훈

- 지역의 웹사이트와 연결된 자료 관리 시스템에 대한 투자는 자료수집과 전파의 용이성, 투명성, 이해당사자들의 참여, 보도 등의 측면에서 많은 장점이 있음

(7) 자원 (finance)

◆ 필수요소

- 유지관리 비용을 포함하는 프로젝트의 실행과 자원확보를 위한 일정 계획
- 진행되고 있는 IRWM 계획의 자원확보 방안

◆ 교훈

- 진행되고 있는 계획의 재원을 마련하기 위한 전략은 거버넌스 구조로 고려되어야 함
- 유지관리 비용을 포함해야 함

(8) 기술적인 분석

◆ 필수요소 (그림 8)

- 용수공급, 수질, 지하수, 서식처, 레크리에이션, 개방형 자연공간, 우수 및 홍수방어



그림 8. IRWMP Components of Data and Technical Analyses



- ◆ 교훈
 - 구체적인 기술분석 결과는 미래 재원 요청을 위한 토대로 사용될 수 있으므로 매우 중요함

(9) 지역적 물 사용과 토지이용 계획에 대한 관계

- ◆ 필수요소
 - 계획을 도출하기 위해 사용된 지구단위 물 관리 계획
 - 토지이용 계획에서 물 이슈 항목에 대한 고려
- ◆ 교훈
 - 지구단위의 토지이용 계획수립 기관을 조기에 포함시켜 협력을 강화시키는 것이 중요함

(10) 이해당사자들의 참여와 합의형성

- ◆ 필수요소
 - 일반인 지원(교육, 홍보 등) 과정과 이해당사자 참여 기회 보장
 - 이해당사자 그룹들을 파악하고 정보를 제공하고 참여시키는 과정
 - 피해지역주민과 인디언 부족들의 참여
- ◆ 교훈
 - 피해지역주민과 환경정의단체를 설득하는 데는 상당한 시간과 노력이 필요하므로 가능한 빨리 이 단계를 시작하여 이해당사자들을 파악하고 합의형성을 위한 충분한 시간을 갖도록 해야 함

(11) 기후변화

- ◆ 필수요소
 - 지역 수자원에 대한 잠재적인 기후변화 영향
 - 프로젝트 또는 계획 수준에서 온실 가스 배출량을 고려하는 과정

- ◆ 교훈
 - 프로젝트에 대한 검토과정에서 기후변화에 대한 영향을 저감(mitigation)시키는 것과 적응(adaptation)하는 것을 동시에 고려해야함

5. 결론

금년 6.27-29일간 유타주 스노우버드에서 개최된 미국수자원학회 'IWRM 특별 학술대회'에서 캘리포니아 State Water Planning 특별세션이 열렸다. 이 세션에서 캘리포니아 주가 IRWMP 과정을 통하여 지구온난화로 인한 미래 기후변화에 대비하여 온실가스 감축정책뿐만 아니라 수자원 관리에 미치게 될 다양한 영향에 대해 적응정책을 실질적으로 수립, 실천해 나가는 과정에 대한 소개와 활발한 논의가 있었다.

우리나라도 기후변화 적응을 위한 범국가적인 노력을 기울여 오고 있으며, 2000년 이후 유역단위 통합수자원관리 기술 기반 조성을 위한 연구개발 노력이 활발하게 진행되어 왔다 (고익환 2004, 2008, 김승 등, 2010). 더 나아가 IRWMP는 국내에서 유역통합계획(Integrated Watershed Management, IWM)이라는 개념으로 연구되고 실행계획도 수립된 바가 있다 (이길성 등, 2008). 현재 국가기후변화적응센터에서도 변화하는 기후에 적극적으로 대응하기 위하여 다양한 기후변화 적응정책수립을 위해 국가 및 지자체를 지원하고 있기는 하나, 이와 연동시켜서 유역 혹은 광역단위 통합수자원관리를 기반으로 한 Adaptive Water Management를 일관성 있게 체계적으로 계획하고 실무에 접목시키는 연구 개발 노력은 상당히 부족한 형편이다. 따라서 우리나라도 IWRM의 기본 개념인 공평성, 효율성, 지속가능성을 바탕으로 기후변화 적응정책의 수립과 실천을 지원하는 관련된 연구개발의 활성화를 통하여 국가 물관리 위기관리 능력을 더욱 강화시켜 나갈 필요가 있다. ☺

참고문헌

1. 고익환(2004), “유역 통합 수자원관리 기술개발”, 한국수자원학회지, 제37권, 제3호, pp. 10-15.
2. 고익환, 김남일(2008), “유역통합물관리 Toolkit 개발 현황과 활용방안”, 한국수자원학회지, 제41권, 제1호, pp. 10-17.
3. 김승, 강재원, 이미연, 김주용 (2010). 하천 유역 통합수자원관리(IWRM)를 위한 가이드라인. 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단.
4. 윤용남 (2009). 수자원 부문의 기후변화 적응 전략: 미국 캘리포니아 주를 중심으로. 한국수자원학회지, 제42권, 제11호, pp. 59-70.
5. 이길성, 정은성, 이상호, 김영오, 유진채 (2008). 지속가능한 유역통합관리 계획수립을 위한 가이드라인. 수자원의 지속적 확보기술개발 사업단.
6. State of California (2008). Managing an Uncertain Future: Climate Change Adaptation Strategies for California's Water. Department of Water Resources.
7. State of California (2009a). California Water Plan Update, Vol. 1 The Strategic Plan. Department of Water Resources.
8. State of California (2009b). California Water Plan Update, Vol. 2 Resource Management Strategies. Department of Water Resources.
9. State of California (2009c). California Water Plan Update, Vol. 3 Regional Reports. Department of Water Resources.
10. RMC (2010). Integrated Regional Water Management Plan Updates. Department of Water Resources, State of California.