

미국 Imperial 계곡과 Yuma 지역의 관개농업



정상옥
경북대학교 농업토목공학과 교수
sochung@knu.ac.kr

1. 서론

필자는 미국에서 유학과 방문교수 등으로 8년을 살았지만 미국 남서부 지역에는 가보지 못하였다. 특히 미국에서 제일 큰 Imperial 관개조합은 말만 들었지 실제로 가보지는 못 하였다. 2010년 5월에 필자가 근무하는 경북대학교 농업토목공학과 4학년 학생 4명이 학교에서 지원하는 글로벌챌린저 해외탐방 프로그램에 콜로라도 강 탐방팀으로 신청하여 선정되었다. 필자는 이 탐방팀의 지도교수로 실로 20여년 만에 다시 미국을 방문하게 되었다. 이번 탐방은 콜로라도 강에 있는 후버 댐 등 6개 댐을 방문하고 California 남부 Imperial 및 Arizona 남서부 Yuma 관개농업 지역을 방문하여 콜로라도 강의 수자원 개발 및 관리와 미국 남서부 지역의 관개농업에 대하여 조사하였다.

작년에 영국 Cranfield 대학에 방문교수로 가 있는 동안에 프랑스를 여행할 기회가 있었다. 파리에서 렌트카를 하며 네비게이션을 빌렸는데 한국말 안내를 받을 수 있었다. 이번에 미국에서도 KIA 자동차를 렌트하여 한국말 안내를 하는 네비게이션을 빌렸다. 미국의 도로

에서는 수많은 현대자동차와 KIA 자동차가 유수의 외국 자동차들과 함께 달리는 것을 볼 수 있었다. 또한 여행일정에 포함된 LA 한인타운의 번영과 Las Vegas의 한인 상가지역 및 콜로라도 강 Davis 댐 인근의 강변 휴양도시인 Laughlin의 호텔을 메우는 한국 관광객들을 보며 우리의 국력을 실감할 수 있었다.

미국으로 출발하기 전에 미국 내무성 개척국 (USBR) Denver Federal Center에 연락하여 Lower Colorado Dams Office와 Yuma Area Office 방문 일정을 예약하였다. Hoover 댐 방문시에 열성적인 브리핑과 현장 안내를 받았다. Yuma Area office 방문시에는 사무소장 McClosky씨의 브리핑을 들었으며, 운영과장 Martin씨의 친절한 현장안내를 받았다. 이들에게 지면을 빌어 감사드린다.

이번 해외 탐방 결과는 콜로라도 강의 수자원 개발과 관리에 대하여 한국수자원학회지에 소개하였으며, 본 고에서는 개발된 콜로라도강 수자원을 공급받으므로서 가능하게 된 미국 남서부의 관개농업에 대하여 중점적으로 소개하고자 한다.

2. 콜로라도 강의 수자원 개발

미국 내무성 개척국 (US Bureau of Reclamation; USBR)은 미국 서부의 수자원 개발과 관리를 담당하고 있으며, 물론 콜로라도 강 개발과 관리 업무도 담당하고 있다. 콜로라도 강 유역은 상부와 하부로 나누어 관리되고 있다. 상부와 하부의 경계는 Glen canyon 댐 조금 하류에 있는 Lee ferry이다. 그림 1은 콜로라도 강유역의 개황과 댐의 위치를 보여주고 있다.

콜로라도 강의 시점은 록키산맥 서쪽에 있는 Colorado주 Granby시이며 그 지류는 와이오밍주의 Green강에서 시작한다. 콜로라도 강의 유역면적은 640,000km²이며 미국 7개 주와 멕시코에 걸쳐있으며 강의 길이는 2,300km이며 멕시코의 Gulf of California에서 바다로 흘러간다.

하부 콜로라도 강 유역은 Lee ferry로부터 멕시코 경계까지이며 강의 길이는 1,107km이다. 하부 콜로라도 강 유량의 90%는 상부 유역의 눈 녹은 물로 구성되고, 하류 유역은 건조 지대이므로 지류 유입량이 유량에 기여하는 비율이 10% 정도에 지나지 않는다.

Colorado 강은 미국 남서부 지방의 젓줄이다. 강에 댐이 건설되기 전에는 홍수시에 많은 피해가 발생하였다. 댐 건설로 홍수조절이 가능하여졌으며 많은 량의 전기 생산과 용수공급을 통한 효율적인 수자원 관리로 풍요로운 사회를 건설하는데 크게 기여하였다. 또한 댐 건설로 만들어지는 호수를 위락공간으로 제공하게 됨으로써 지역 주민은 물론이며 많은 관광객을 유치하고 있다.

California 주는 Colorado 강으로 부터 연간 54억 m³/를 취수할 수 있으며, 이를 Los Angels, Orange, San Diego, Riverside, San Bernardino, Ventura

counties에 있는 1,800만 수요자에게 공급하고 있다.

Colorado 강은 Imperial 계곡에 20만 ha를 관개하고, Palo Verde와 Coachella 계곡의 농지와 Arizona주의 Yuma 지역의 농지에 관개하여 미국 남서부의 사막 지대37만 ha를 겨울채소 생산의 주산지로 바꾸었다.

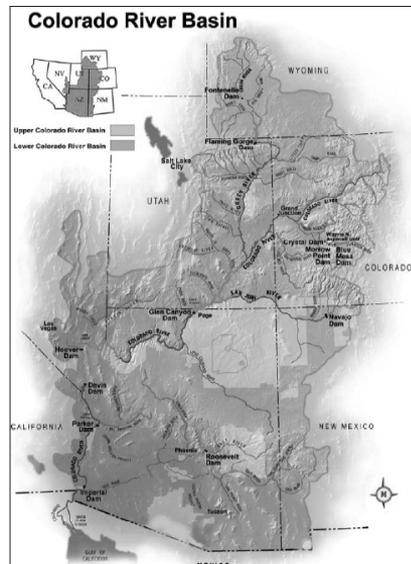


그림 1. Colorado강 유역개황 및 댐 분포.

표 1은 하부 콜로라도 강에 있는 댐의 제원을 보여주고 있다. 댐 이름, 호수 이름, 댐 길이 및 높이, 저수용량 및 주 목적이 제시되어 있다. 상부 하부 콜로라도 강에 있는 Glen Canyon 댐을 포함하고 있으며 멕시코에 있는 Moralos 댐은 포함하지 않았다. Glen Canyon 댐 및 Hoover 댐 건설의 주목적은 홍수조절이다. 그 다음이 유량조절, 용수공급, 발전, 주운 등이다. 하부 콜로라도 강 유역에 있는 댐 중 Hoover는 저류기능을 하며 Davis 댐과 Parker 댐은 저류, 유량조절 및 취수 댐이다. Parker 댐 하류에 강 본류에 있는 3개의 댐은 모두

취수전용 댐이다.

콜로라도 강에는 오도와 갑문은 없다. 주운은 호수나 강 구간 별로 가능하나 댐을 가로질러 갈 수는 없다.

하부 콜로라도 강 수자원 개발 사업은 대부분이 USBR이 수행하였으며 그 개요는 다음과 같다.

2.1 The Yuma Irrigation Project

하부 콜로라도 강 유역에 대한 개발은 USBR의 첫 번째 사업이었다. 1902년에 설립된 USBR은 Colorado 강에서 제일 먼저 Yuma irrigation project를 시작하였다. 1903년에 콜로라도 강 하류단에 Laguna 댐 건설을 위한 조사를 하게 되었다. Laguna 댐은 1909년에 준공되어 California와 Arizona에 용수공급을 하게 되었다.

2.2 The Boulder Canyon Project

1928년에 The Boulder Canyon Project 법이 통과되어 Hoover (당초에는 Boulder) 댐, Imperial 댐, All American Canal (AAC)을 건설하게 되었다. Hoover 댐은 180 km 길이의 미드 호 (lake Mead)를 만들고 년 평균 117억m³의 용수를 공급하며 2,078MW의 발전을 하고 있다. 댐 운영관리 비용은 대부분 전력판매를 통하여 충당하고 있다. 수년간 계속된 가뭄으로 Hoover 댐의 수위는 2001년부터 계속적으로 감소하고 있으며 2010년도 봄의 저수율은 39%를 밑돌고 있었다.

1938년에 Laguna 댐 9.6km 상류에 Imperial 댐을 건설하여 용수공급을 하게 되어 Laguna 댐은 그 기능을 상실하게 되었다. AAC는 131km 길이의 간선 도수

표 1. Lower Colorado 강의 댐 제원 (순서는 상류에서부터)

댐 이름	Lake 이름	준공년도	댐 형식	길이 (m)	높이 (m)	발전용량 (MW)	저수용량 (억 m3)	주 목적
Glen Canyon ¹	Powell	1966	콘크리트 아치댐	475	216	1,320	300	홍수조절, 발전, 위락, 용수공급
Hoover	Mead	1936	콘크리트 아치댐	379	221	2,078	338	홍수조절, 발전, 위락, 용수공급
Davis	Mohave	1951	흙 댐	490	60	251	22	저류, 위락, 발전
Parker	Havasu	1939	콘크리트 아치댐	261	98	120	8	저류, 위락, 발전
Headgate ²	Moovalya	1942	콘크리트 부벽댐	817	3.0	10.8	0.25	발전, 취수 댐
Palo Verde		1958	흙 댐	560	14	-		취수 댐
Senator wash ³		1965	흙 댐	581	28	7.2	0.13	양수저류
Imperial	Imperial	1938	콘크리트 부벽댐	1,059	26	-	2.0	취수 댐
Laguna	Laguna	1909	석괴댐	1,457	5.8	-		취수 댐

Note : ¹ Upper basin dam

² US Bureau of Indian Affairs 관리, 인디언 보호구역으로 물 공급

³ 강 옆에 양수 저류 및 발전용 댐

로로 Imperial 댐에서 Imperial 관개지구로 물을 공급하고 있다.

USBR은 1965년에 Imperial 댐 3.3km 상류의 콜로라도 강 옆에 Senator wash 댐을 건설하여 양수 저류와 양수발전을 하고 있다.

2.3 The Parker-Davis Project

Parker 댐은 콘크리트 아치댐으로 1939년에 완공되었다. Parker 댐은 높이가 98m이며 연약한 기초지반으로 인하여 하상 아래로 72m 깊이까지 내려가게 되어 세계에서 가장 깊은 댐으로 알려져 있다. 1941년에 389km 길이의 Colorado river aqueduct가 준공되어 Parker 댐의 물을 Metropolitan Water District of Southern California 관리지구로 보내어 남부 California의 Los Angeles, Orange, San Diego, Riverside, San Bernardino, Ventura counties에 있는 1,800만명의 수요자에게 생활용수를 공급하고 있다. 연간 취수량은 14.8억 m^3 이며 수로용량은 45 m^3/s 이다.

Davis 댐은 Parker 댐 상류에 건설되었으며 1951년에 준공되었다. 이 댐은 1944년 체결된 US-Mexico water treaty에 따라 Mexico로 보내기 위한 물을 확보하기 위하여 건설되었다.

2.4 Gila Project

1950년대에 Arizona 남서부의 Yuma Mesa 지역과 Gila Valley지역에 용수공급을 위하여 Gila project가 수행되었다. 이는 Imperial 댐의 물을 Arizona 남서부의 농지로 농업용수를 공급하는 사업이다. 즉, Yuma Mesa 지역과 Gila Valley지역 137 km^2 의 농지에 연간

3.8억 m^3 의 용수한다. 기존 Imperial 댐의 서쪽 취수시설은 California의 Imperial 관개지구로 물을 보내고, Gila project에서는 Imperial 댐의 동쪽편에 취수시설을 설치하여 33km 길이의 Gila gravity main canal을 통하여 남서부 Arizona 지역에 용수를 공급한다.

2.5 Palo Verde dam

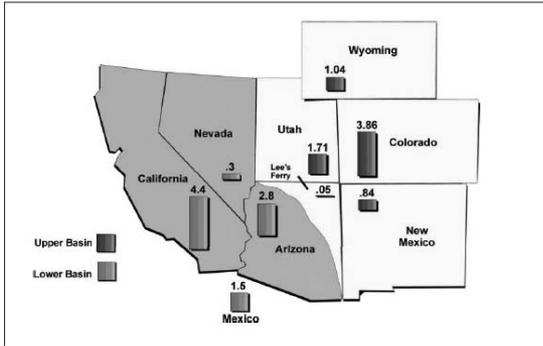
1957년에 Imperial 댐 상류에 관개용수 공급을 위하여 Palo Verde dam을 건설하였다. 이 댐에서 Palo Verde 계곡의 297 km^2 농지에 관개용수를 공급하고 있다. 수로 용량은 51 m^3/s 이며, 연간 64백만 m^3 의 용수를 공급한다.

2.6 Central Arizona Project

Central Arizona Project (CAP)는 Parker 댐의 물을 1985년에 건설된 CAP 도수로를 통하여 중부 및 남부 Arizona 지역의 도시용수, 인디언 보호구역 용수 및 농업용수를 공급하고 있다. CAP 도수로는 길이가 541km이며 미국에서 건설된 수로 중 가장 길고 값비싼 수로이다. 수로의 관리는 Central Arizona Water Conservation District에서 맡아서 하고 있다.

3. 콜로라도 강물의 배분

콜로라도 강물은 유역을 이루는 7개 주, 10개의 인디언 부족 및 멕시코가 나누어 쓴다. 콜로라도 강 물은 분쟁의 역사 속에서 흘러가고 있으며, 강 물의 배분은 여러 이해 당사자 사이의 협약, 국제 조약, 연방법원 판결 등에 의하여 결정된다.



Note : unit in million acre-feet
1 million acre-feet = 1.233 billion cubic meter

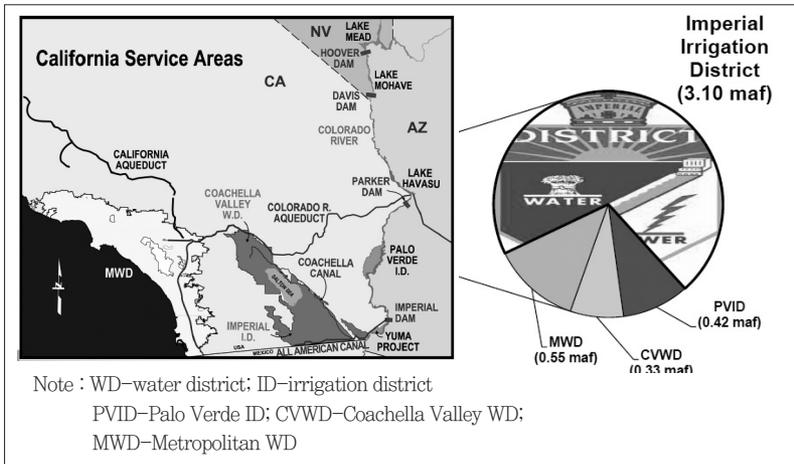
그림 2. Colorado 강 물의 배분 (미국 7개 주 및 멕시코)

는 하부 유역으로 년 평균 101.75억m³를 흘려보내야 한다.

그림 2는 콜로라도 강 수자원의 주별 배분 상황을 보여주고 있다. 가장 많은 할당량은 California 주의 연간 54.7억m³이고, 상부 유역의 가장 많은 할당량은 Colorado 주의 47.6억m³이다.

그림 3은 California 주의 콜로라도 강 수자원의 배분 상황을 보여주고 있다. 가장 많은 할당량은 California 주 할당량의 70.5%에 해당하는 Imperial 관개조합의 연간 38.2억m³이다. 그림 3

에서 보는 바와 같이 Parker 댐에서는 Colorado river aqueduct를 통하여 강 서쪽의 California 남부지역에 도시용수를 공급하고, Central Arizona Project 도수로를 통하여 강 동쪽의 Arizona 중부와 남부에 도시용수와 생활용수를 공급하고 있다.



Note : WD-water district; ID-irrigation district
PVID-Palo Verde ID; CVWD-Coachella Valley WD;
MWD-Metropolitan WD

그림 3. California 주의 Colorado 강물 공급지역 및 할당량

1992년의 협약에 의하여 콜로라도 강 상부 유역과 하부 유역은 각각 93억m³의 물을 배분받는다. 따라서 상부 유역은 하부 유역으로 년 평균 92.5억m³를 흘려보내야 한다. 또한 1944년의 미국과 멕시코와의 조약에 의하여 미국은 콜로라도 강 물을 매년 18.5억 m³ 국경 하류의 멕시코로 흘려보내야 한다. 멕시코로 보내야 할 18.5억m³은 콜로라도 강 상부 유역과 하류 유역이 절반씩 부담한다. 따라서 상부 유역에서

4. USBR Yuma area office 관리구역

Yuma 사무소는 Parker댐 에서 내려 보내주는 물의 관리를 책임지고 있다. 물론 하류의 멕시코에도 국제조약에 따라 물을 보내야 한다. 그림 4는 Yuma 사무소의 주요 물 관리 구역을 보여준다. 표 2는 Yuma area office 관리구역내의 관개조합별 용수공급현황을 보여주고 있다. 그림 3과 4에서와 같이 Hoover 댐 하류에

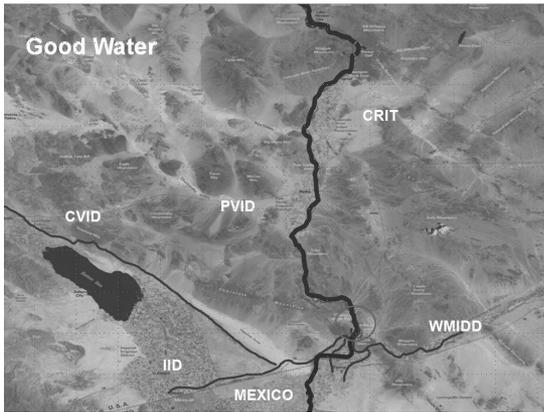


그림 4. USBR Yuma Area Office 관리구역

차례로 Davis, Parker, Headgate, Palo Verde, Imperial 및 Laguna 댐이 있다. Laguna 댐은 Imperial 댐이 건설된 후로는 기능을 상실하였다.

그림 4에서 남북방향으로 콜로라도 강이 흐르고 있으며, 위쪽 원이 Parker 댐이고 조금 하류에 Headgate 댐이 Colorado River Indian Reservation (CRIT)에 물을 공급하고, 그 하류에 Palo Verde 댐이 Palo Verde Irrigation District (PVID) 구역에 관개용수를 공급한다. 하부의 원은 Imperial 댐이며 서쪽으로 All American Canal을 통하여 많은 물을 보내어 남부 California의 Imperial 관개조합 (IID)과 Coachella valley 관개조합 (CVID) 관할 구역으로 물을 공급하며, 동쪽으로는 Gila main canal을 통하여 남서부 Arizona의 Yuma 지역과 Gila 지역 (Wellton-Mohawk IDD를 포함)으로 용수를 공급하며, 국경 너머 멕시코로도 물을 보낸다. IID와 CVID 사이의 검은 부분이 Salton sea 이다.

Imperial 댐이 용수를 공급하는 지역은 사막지대로 용수공급이 없으면 농업이 불가능한 지역이다. 콜로라도 강의 수자원 개발로 이 지역 약 30만 ha의 농업이

가능하여졌으며 충분한 일조량으로 연간 11개월 (8월은 고온으로 영농 불가) 동안 2 내지 3모작을 하고 있다. 선인장이 늘부러진 Arizona 남서부와 California 남부를 둘러보면서 오래 전 대학시절에 유행한 팝송인 "It never rains in Southern California"란 노래 제목이

표 2. Yuma Area Office 관리구역내의 관개조합별 농업용수 공급현황 (2008)

조합(지구)명	수원(댐)	관개면적 (ha)	용수공급량 (10 ⁸ m ³)	주요작물
Colorado River Indian Tribe	Headgate	40,220	799	alfalfa, melon, vegetables
Palo Verde IDD	Palo Verde	27,950	1,087	citrus, cotton
Imperial ID	Imperial	193,240	3,600	dairy feed, vegetables
Coachella Valley WD	"	30,700	382	date, citrus, table grapes
Wellton-Mohawk IDD	"	25,000	496	vegetables, alfalfa, wheat
Yuma County WUA	"	21,560	426	vegetables, alfalfa, wheat
Yuma Mesa IDD	"	7,340	236	citrus, alfalfa
South Gila ID	"	3,970	86	vegetables, alfalfa, wheat
North Gila ID	"	2,390	59	vegetables, alfalfa, wheat
Bard WD	"	2,880	55	date, vegetables, wheat
Unit B IDD	"	1,180	33	citrus, alfalfa
Indian Unit	"	3,080	56	date, vegetables, wheat
Quechan Indian Tribe	"	2,830	65	date, vegetables
합계		362,340	7,380	

Note ID: irrigation district, WD: water district
 IDD: irrigation and drainage district,
 WUA: water users association

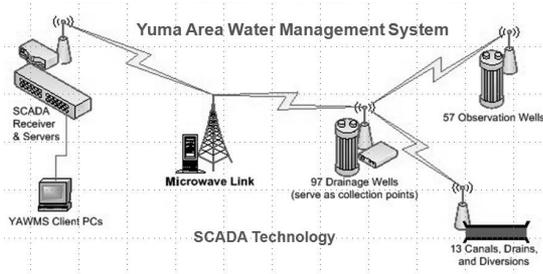


그림 5. Yuma 지역 SCADA 시스템

생각났다.

물이 귀한 지역인 미국 남서부 지방에서 효율적인 용수관리는 매우 중요하다. Yuma 사무소에서는 첨단 SCADA (Supervisory control and data acquisition) 시스템을 구축하여 전체 관리구역의 지표수, 지하수, 염도 등을 포함하는 물 관리를 하고 있다.

5. Imperial 관개조합

Imperial 관개조합 (Imperial Irrigation District; IID)은 미국에서 가장 큰 관개조합이다. 이는 California주 최 남단의 멕시코와 접하고 있는 Imperial county에 있으며 이 지역은 미국에서 4번째로 넓은 농업지대이다.

이 지역은 원래는 년평균 강우량이 73mm (11-3월에 내림) 이 불과한 사막지역이었다. 그러나 콜로라도 강 용수개발 사업으로 관개용수를 공급받게 되어 미국 굴지의 농업지역으로 탈바꿈 하게 되었다.

Imperial 관개조합은 Imperial 댐에서 AAC를 통하여 용수를 공급받고 있다. 하부 콜로라도 강은 USBR의 Lower Colorado Regional Office 관할 구역이며 산하기관인 Yuma Area Office에서 물 관리를 담당한다. Imperial 댐과 All American Canal (AAC) 및 Senator

wash 댐은 정부 재산이며, Imperial 관개조합에서 위탁받아서 운영하고 있다.

Imperial 관개지구의 주요 작물은 사료작물과 겨울 채소이다. 사료작물은 알팔파, 수단 그래스 등이고 겨울 채소는 미국 소비량의 90%를 충당하고 있다. 그림 6은 IDD 지구의 농지전경을 보여주고 있다. 이 지역은 대부분이 지표관개를 하고 있다.

5.1 Imperial 관개조합의 개요



그림 5. Imperial 관개조합 본사 앞에서 학생들과 함께



그림 6. Imperial 관개지구의 광활한 농지

- 1911년 California Development Company를 인수하여 설립
- 1922년 까지 용수로를 건설하여 운영하던 13개 물 회사를 인수

- 1942년부터 Imperial dam에서 취수하여 AAC를 통하여 콜로라도 강물을 Imperial valley로 공급함. 취수허가량은 38억m³/yr이며, 취수량의 97%를 농업용수로 이용함
- 연간 농업생산량 : 10억불
- 관개농지 면적 : 20만 ha (2-3모작)
- field crop (wheat, alfalfa, soybean 등): 17만 ha
- vegetable crop (lettuce, melon, potato, pea 등): 3.3만 ha
- permanent crop (asparagus, citrus, date, palm 등): 9,000 ha

5.2 IID의 수로조작

- o All American Canal (AAC) 길이 131km, 폭 45-210m, 깊이 2-15m.
 흙 수로로서 침투손실이 많으며 침투한 물은 하류의 멕시코에서 지하수로 개발 되어 농업용수로 사용된다. 최근에 상류부 37km 구간에 콘크리트 라이닝을 하였다.
- o AAC에는 5개의 낙차공이 있으며 여기에 더하여 Pilot Knob, East Highline도 수로 및 Double Weir에 총 8개소의 발전소가 있다. 또 Central Main canal의 Turnip에도 1개가 있다. 이들은 모두 소수력발전소로 발전용량은 합계 58MW 이다.
- o AAC에서 분기되는 4개의 Main canals 길이 370 km이다.
 상류에서부터 Coachella main canal, East Highline canal, Central main canal, Westside Tamarach canal
 Coachella 간선 수로는 Imperial 계곡 북쪽에 있는

- Coachella 계곡 (CVWD)으로 용수를 보낸다.
- o Main canal and lateral 수로 길이 2,314km (그중 1,784km는 관수로 또는 콘크리트 라이닝 수로)
- o Drainage ditch 총 길이 2,262km
- o 총 수로 길이 4,800km
- o 침사지 (desilting basin) : Colorado 강물은 실트를 많이 함유하고 있다. 따라서 Imperial dam에서 취수한 물이 AAC 로 유입하기 전에 6개의 침사지에서 실트를 제거한다. 각 지에는 24개의 길이 230m scraper가 침전물을 긁어모아서 파이프를 통하여 콜로라도 강으로 되돌려 보낸다.

5.3 IID의 배수



그림 7. Imperial 댐의 desilting basin 앞에서 학생들과 함께

Imperial, Coachella 및 Mexicali 계곡의 배수와 농지배수가 모두 Salton sea로 유입한다. Salton sea로 흘러온 물은 더 이상 갈 곳이 없다. Salton sea는 California에서 제일 큰 호소로 수면적이 984km²이며, 2010년 봄에 수면이 해수면 아래 69.5m 이었다. Salton sea의 염도는 45,000 mg/L로 태평양의 35,000mg/L 보다 높다. 유역에서 유입하는 배수가 염분을 집적하므로 호수의 염도가 매년 1%씩 상승하고 있

다. Salton sea는 1905년의 대홍수로 Colorado 강이 범람하여 California 남부 지역을 침수시킨 결과로 형성되었다. Salton sea의 년간 증발량은 1,820mm이며 강과 농업배수로 유입되는 유량도 이와 비슷하여 수위는 안정적으로 유지된다. 염도가 계속 증가하여 나중에 60,000mg/L이 되면 모든 생물이 죽게 되어 dead sea가 될 것을 걱정하고 있다.

6. Coachella 및 Yuma 지역 관개조합

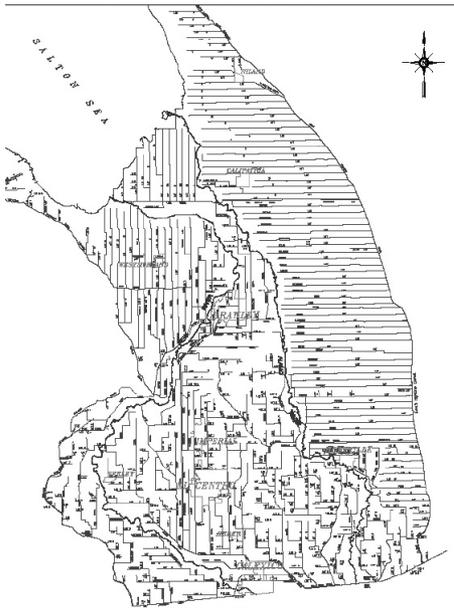


그림 8. Imperial 관개지구 (농지면적 약 20만 ha) 평면도



그림 9. 최근 준공된 AAC 콘크리트 라이닝

Coachella valley 관개지구는 AAC에서 분기되는 Coachella main canal에서 물을 공급받는다. IID와는 달리 이 지구에서는 대부분이 마이크로 관개를 하고 있으며 용배수로로는 모두 지하에 설치되어 있다. 그림 10은 Coachella main canal을 보여주고 있으며, 그림 11은 지하 용수지거 및 유량측정 장치 개념도를 보여주고 있다.

Yuma 지역에는 표 2에서와 같이 비교적 규모가 작은 9개의 관개조합이 있다. 이 지역에서도 대부분이 지



그림 10. AAC에서 분기한 Coachella main canal

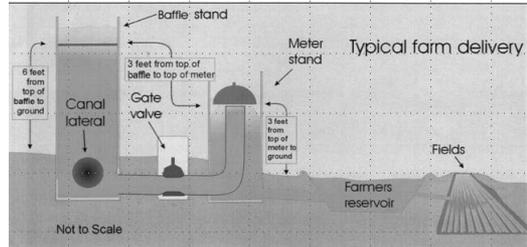
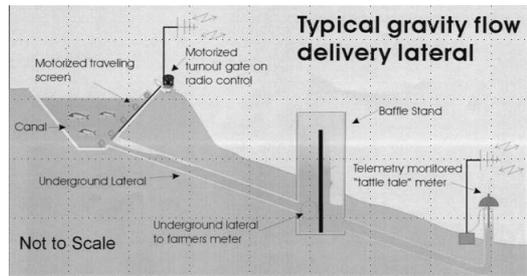


그림 11. Coachella valley 지구의 지하 용수지거 및 유량측정 장치

표관개를 하고 있다.

7. Quantification Settlement Agreement (QSA)

Quantification Settlement Agreement (QSA)는 2003년도에 콜로라도 강 유역내의 7개 주와 관련 기관들이 7년간에 걸친 협상 끝에 체결한 협약으로, 그 핵심은 전례에 보기 드문 엄청난 규모의 농업용수를 도시용수로 전환하는 것이다. 즉 IID의 농업용수를 절약하여 San Diego County Water Authority (SDCWA) 등에 양도하는 것이다. QSA에 의하면 IID는 효율적인 물 관리를 통하여 농업용수를 절약하여 2026년 이후에는 연간 374백만 m³의 물을 양도하여야 한다. 이는 IID에 할당된 콜로라도 강물 3,820(10⁶) m³의 9.8%에 해당하는 큰 량이다. IID는 247백만 m³는 포장 물관리 개선으로, 127백만 m³는 물 운반효율 개선으로 이 량을 확보할 계획이다. 이에 더하여 2017년까지는 휴경으로도 물을 절감할 계획이다. 이 협약은 2003년부터 75년간 실행해 나가도록 되어있다. 절약된 물 중 247백만 m³는 SDCWA로, 127백만 m³는 Coachella valley water district (CVWD)로 보내야 한다.

지금까지의 물 절약 사례를 보면 협약 첫 해인 2003년에는 IID 구역의 일부 휴경 (fallowing)으로 1,230만 m³의 물을 절약하였다. 그 후 해마다 양도되는 물의 양이 증가하였다. 휴경은 IID가 농지를 매입하여 하기도 하고 농민들의 신청에 의해 하기도 하며 휴경으로 인한 손실을 보상해 주고 있다. 2008년에는 AAC에서 분기하는 두 번째 간선 수로인 East Highline main canal의 seepage interception project로 490만 m³의 물을 절약하였다. 이는 수로를 따라서 차집 우물을 설치하여

침투한 물을 양수하여 다시 수로로 보내는 사업이다. 또, 2008년에 효율적인 물 관리를 위하여 실시간 포장 정보를 이용하는 integrated information management (IIM) system을 도입하였으며 2008년에 10(106) m³의 물 절약을 할 수 있었다.

침투손실이 매우 많은 AAC의 23km 구간에 콘크리트 라이닝이 2010년 봄에 완공되어 연간 83.5(10⁶) m³의 물을 절약하게 되었다. 또한 저류 공간이 부족하여 물 이용을 못하던 것을 AAC 제 2 낙차공 인근에 Drop 2 storage reservoir를 설치하여 86(106) m³ 물 절약을 할 수 있다. 이는 2010년 말에 준공예정이며 저류용량은 986만 m³이고 물을 채우는 데와 빼는데 각각 72시간이 소요된다.

여러 가지 물 절약 방안에도 불구하고 IID는 2017년까지 일시적인 휴경을 계속하여야 할 것으로 예상된다. 그림 12는 IID의 물 절약 계획으로 포장 물관리 개선과 송수효율 개선으로 구분되어 있으며 2026년 이후에는 동일하다.

늘어나는 도시인구의 물 공급을 확보하기 위한 QSA 협상의 목표 달성은 농업과 환경을 보호하면서 혁신적

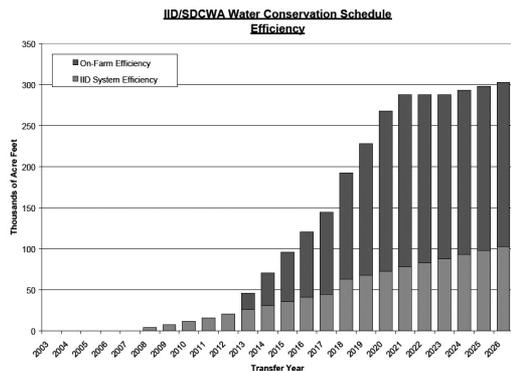


그림 12. QSA에 따른 IID의 년도별 물 절약계획 (1,000 Acre-Feet = 1.23(10⁶) m³)

인 물 관리를 통하여 달성할 수 있다. 이는 우리나라의 장래 농업용수관리에 시급성이 될 수 있을 것이다.

8. 결론

콜로라도 강 유역에는 여러 개의 댐 건설은 홍수조절을 가능하게 하였으며 많은 양의 전기 생산과 용수공급을 통한 효율적인 수자원 관리로 풍요로운 사회를 건설하는데 크게 기여하였다. 미국 개척국 (USBR)의 콜로라도 수자원 개발에 대하여 소개하였다. Lower Colorado Regional Office의 평상시 물 관리 기본방침은 바다로 유출하는 유량을 0으로 유지하는 것이었다. 콜로라도 강의 물 사용료는 공급수량에서 환원수량을 뺀 순 소비량에 대하여 부과한다. 이는 농업용수, 생활용수, 공업용수에 모두 동일하게 적용된다.

콜로라도 강의 수자원 개발로 미국 남서부의 30만 ha의 사막지대에 관개용수를 공급하게 되어 광대한 농지로 개발하여 사료작물 재배와 미국 겨울 채소의 90%를 공급하고 있다.

본고에서는 미국 제일의 관개조합인 Imperial 관개조합을 중심으로 소개하였다. 농업용수관리와 농업용수의 도시용수로의 전환협약인 QSA는 우리에게 시사하는 바가 크다고 하겠다.

참고문헌

1. 정상욱, 2010. 미국 콜로라도강 수자원 개발과 관리. 한국수자원학회지 물과 미래 43(6):72-78.
2. <http://www.usbr.gov>
3. <http://www.iid.com>
4. http://en.wikipedia.org/wiki/imperial_dam
5. Imperial Irrigation District, 2008. QSA 2008 Annual Implementation Report, 73pp.
6. McCloskey, J. 2010. "Yuma area office Water Operations" 브리핑 자료.
7. Nguyen, C. 2010. "Hoover Dam Tour" 브리핑 자료.
8. Shields, T.A. 2010. Imperial Irrigation District Water Supply Issues and Policies, unpublished manuscript, Imperial Irrigation District, 29pp.
9. USBR Yuma Area Office. 2007. Drop 2 storage reservoir project overview and status, unpublished manuscript, 22pp.

기획: 홍성구 편집부위원장 bb9@hknu.ac.kr