

사후평가보고서

2017-04

캄보디아 크랑폰리강 수자원개발사업  
사후평가 최종보고서

2017. 12

한국수출입은행 경험평가팀  
(용역수행: 주식회사 미래자원연구원)



본 평가보고서는 외부평가로 위탁되어 평가책임자인 박성제 연구개발본부장(미래자원연구원)을 포함한 연구진들의 참여로 작성되었음을 밝힙니다. 본 평가보고서의 내용은 한국수출입은행 및 대외경제협력기금(EDCF)의 공식적인 입장과 일치하지 않을 수도 있습니다.

# 목 차

보고서 요약 .....	i
사업지역 지도 .....	V
<b>I. 총칙 .....</b>	<b>1</b>
1. 사업 기본정보 .....	1
2. 사업지역 지도 .....	4
3. 평가 개요 및 절차 .....	5
<b>II. 사업설계 및 실행 .....</b>	<b>9</b>
1. 사업구성 .....	9
2. 지원사유 .....	12
3. 소요비용, 조달 및 실행 .....	12
4. 컨설턴트 .....	14
5. 구매, 시공 .....	15
6. 산출물 .....	17
7. 차관공여계약 조건 .....	18
<b>III. 사업대상 지역의 수문분석 .....</b>	<b>19</b>
1. 수문분석의 필요성 .....	19
2. 수문분석 방법 .....	19
3. 기본자료 획득 .....	20
4. 수문분석 과정 .....	21
5. 사후평가를 위한 효과분석 .....	21
6. 항목별 평가방법 .....	22
7. 수문분석 결과 .....	25
<b>IV. 평가기준별 평가 .....</b>	<b>28</b>
1. 평가항목 및 결과 .....	28
2. 적절성(Relevance) .....	31
3. 효율성(Efficiency) .....	48
4. 효과성(Effectiveness) .....	51
5. 영향력(Impact) .....	64
6. 지속가능성(Sustainability) .....	68

## 목 차

V. 교훈 및 제언 .....	72
1. 교훈사항 .....	72
2. 제언사항 .....	74
참고문헌 .....	78
VI. 부록 .....	79
1. 수리구조물 제원 및 현황 .....	79
2. NASA 위성자료 적합성 검토 .....	104
3. 관개용수 수요량 및 저수량 산정 .....	117
4. 수리구조물 용수공급능력 평가 .....	125
5. Anlong Chery 댐의 발전량 평가 .....	144
6. 설문조사지 .....	146
7. 설문조사결과표 .....	149
8. 캄보디아 설문조사 결과 .....	151
9. 국내관계자 면담일지 .....	158
10. 현지조사 면담일지 .....	159
11. 사업현장 조사일지 .....	166

## 표 목차

<표 I-1> 차관정보 .....	1
<표 I-2> 심사 당시 자금조달 계획 .....	1
<표 I-3> 사업비용 .....	2
<표 I-4> 추진경위 .....	3
<표 I-5> 출장정보 .....	3
<표 I-6> 종합평가 등급 .....	6
<표 I-7> 평가팀 구성 .....	7
<표 I-8> 주요 평가절차 .....	8
<표 II-1> 사업범위 .....	11
<표 II-2> 소요비용 계획 .....	13
<표 II-3> 심사당시 공정별 추정 사업비 내역 .....	13
<표 II-4> 사업 산출물 .....	17
<표 II-5> 차관공여계약 주요 내용 .....	18
<표 IV-1> 평가 기준, 항목 및 방법 구성 .....	28
<표 IV-2> 종합평가표 .....	30
<표 IV-3> 적절성 평가결과 .....	31
<표 IV-4> 캄보디아 산업별 GDP 비중 (2015 이후는 추정치) .....	32
<표 IV-5> EDCF 물 관련 사업 내역 (2001-2016) .....	35
<표 IV-6> 사업지역 수리구조물의 사업시행 당시 노후화 정도 .....	38
<표 IV-7> 기존의 사업목적 및 목표 .....	39
<표 IV-8> 사후평가 활용 성과평가지표 .....	40
<표 IV-8> 사업진행현황 .....	40
<표 IV-9> 국제 원자재 및 원유 가격 지수 .....	41
<표 IV-10> 사업수행기관별 역할 및 사업수행 내역 .....	43
<표 IV-11> 효율성 평가결과 .....	48

<표 IV-12> 사업실시 기간의 변경 사항 .....	49
<표 IV-13> 설계변경 내역 .....	50
<표 IV-14> 효과성 평가결과 .....	51
<표 IV-15> 계획당시와 실제 사업범위 비교 .....	53
<표 IV-16> 시설물별 용수공급능력 분석 결과 .....	56
<표 IV-17> 영향력 평가결과 .....	64
<표 IV-18> 지속가능성 평가결과 .....	68
<표 VI-1> 시설물별 관개면적 및 필요용수량 .....	125
<표 VI-2> 시설물별 용수공급능력 분석 결과 .....	142

## 그림 목차

<그림 I-1> 캄보디아 지도 .....	4
<그림 I-2> 사업지역 지도 .....	4
<그림 II-1> 캄보디아 수자원기상부(MOWRAM) 조직도 .....	15
<그림 III-1> 수문기상 자료 검증 방법 .....	24
<그림 III-2> 댐 용수공급능력 분석 흐름도 .....	25
<그림 III-3> 일 유입량, 관개용수 공급량, 저수량 Simulator 모의 예	26
<그림 III-4> 저수지 연계 하천 유량 모의 시스템 .....	27
<그림 IV-1> 기술부문 평가 항목 및 방법 구성 .....	29
<그림 IV-2> 캄보디아 국가전략개발계획의 4각전략 II .....	33
<그림 IV-3> 對 캄보디아 협력전략 기본방향 .....	34
<그림 IV-4> 본 사업의 추진현황 .....	35
<그림 IV-5> 캄보디아 및 크랑폰리강 유역 지형도 .....	36
<그림 IV-6> 사업대상 지역 인근 지형도 .....	37
<그림 IV-7> 국제 원자재 및 원유 가격지수 변동 .....	42
<그림 IV-8> 사업수행 조직도 .....	44
<그림 IV-9> 지선수로와 관개농지 .....	60
<그림 IV-10> 주민설문조사 광경 .....	61
<그림 IV-11> 생활용수 급수탑과 병물 생산시설 .....	62
<그림 IV-12> Prambei Mom 댐 소수력발전 시설 .....	63
<그림 IV-13> Anlong Chrey 저수지 물축제 .....	65
<그림 IV-14> 수원국의 사업시설물 활용 .....	67
<그림 IV-15> 수리시설물 유지관리 기관 .....	69
<그림 IV-16> 캄보디아 크리페드롬 지선 수로 (3km×5m) .....	71
<그림 IV-17> 캄보디아 유타사스 지선 수로 (3km×5m) .....	71
<그림 V-1> 댐 여수로 하류의 제방이 훼손된 모습 .....	76



<그림 VI-1> 사업지구 내의 수리시설 위치 .....	79
<그림 VI-2> Anlong Chrey 댐 개요도 .....	81
<그림 VI-3> Anlong Chrey 댐의 현재 관리 상황 .....	81
<그림 VI-4> Anlong Chery 댐의 내용적 곡선 .....	82
<그림 VI-5> Anlong Chery 댐의 DEM .....	83
<그림 VI-6> Anlong Chery 댐의 토지이용 .....	83
<그림 VI-7> Prambei Mom 댐 개요도 .....	84
<그림 VI-8> Prambei Mom 댐의 현재 관리 상황 .....	85
<그림 VI-9> Prambei Mom 댐의 내용적 곡선 .....	86
<그림 VI-10> Prambei Mom 댐의 DEM .....	86
<그림 VI-11> Prambei Mom 댐의 토지이용 .....	86
<그림 VI-12> Kdol 댐 개요도 .....	87
<그림 VI-13> Kdol 댐의 현재 관리 상황 .....	88
<그림 VI-14> Kdol 댐의 내용적 곡선 .....	89
<그림 VI-15> Kdol 댐의 DEM .....	89
<그림 VI-16> Kdol 댐의 토지이용 .....	90
<그림 VI-17> Tavay 조절지의 현재 관리 상황 .....	91
<그림 VI-18> Tavay 조절지의 수면 상태 .....	92
<그림 VI-19> Tavay 조절지의 내용적 곡선 .....	93
<그림 VI-20> Tavay 조절지의 DEM .....	93
<그림 VI-21> Tavay 조절지의 토지이용 .....	94
<그림 VI-22> Krepeau Truom 조절지의 수면 상태 .....	95
<그림 VI-23> Krepeau Truom 조절지의 내용적 곡선 .....	96
<그림 VI-24> Krapeu Troum 조절지의 DEM .....	97
<그림 VI-25> Krapeu Troum 조절지의 토지이용 .....	97
<그림 VI-26> Yutasas 조절지의 현재 관리 상황 .....	98
<그림 VI-27> Yutasas 조절지의 수면 상태 .....	99
<그림 VI-28> Yutasas 조절지의 내용적 곡선 .....	100
<그림 VI-29> Yutasas 조절지의 DEM .....	100
<그림 VI-30> Yutasas 조절지의 토지이용 .....	101
<그림 VI-31> Canal A 간선수로 현재 관리 상황 .....	101

<그림 VI-32> Canal B 간선수로 현재 관리 상황 .....	102
<그림 VI-33> Anlong Chery 댐의 소수력 발전소의 현재 관리 상황	103
<그림 VI-34> NASA 제공 일 기상자료 (북위 36도 동경 127도)	104
<그림 VI-35> 대전 기상청의 일 기상자료 (1997-2013) .....	105
<그림 VI-36> NASA와 대전 일 기상자료의 비교 .....	105
<그림 VI-37> NASA 제공 강수량 (북위 36도 동경 127도) .....	106
<그림 VI-38> 대전 기상청의 일 강수량 (1997-2013) .....	107
<그림 VI-39> NASA 자료와 대전 지상자료의 비교 .....	107
<그림 VI-40> 일증발산량 비교 (1997-2013) .....	109
<그림 VI-41> 대전 기상청의 일 증발산량 비교 (1997-2013) .....	109
<그림 VI-42> 대청댐의 경위도 (북위 35~36도, 동경 127도) .....	110
<그림 VI-43> 지상 강수량 적용시 대청댐 일 유입량 비교 .....	111
<그림 VI-44> NASA 강수량 적용시 대청댐 일 유입량 비교 .....	111
<그림 VI-45> Sangker 강 지점 경위도 (북위 12~13도, 동경 102도)	112
<그림 VI-46> Sangker 강 유량관측소 지점 DEM .....	113
<그림 VI-47> Sangker 강 유량관측소 지점 토지이용도 .....	113
<그림 VI-48> 지상 강수량 적용시 Sangker 강 일 유출량 비교 .....	114
<그림 VI-49> NASA 강수량 적용시 Sangker 강 유출량 비교 .....	114
<그림 VI-50> NASA 기상자료 이용한 Anlong Chery 댐 일 유입량	116
<그림 VI-51> NASA 기상자료 이용한 벼 이앙재배의 실제 증발산량 산정 예	118
<그림 VI-52> NASA 기상자료 이용한 벼 담수직파재배의 실제 증발산량 산정 예	118
<그림 VI-53> NASA 기상자료 이용한 벼 담수직파재배의 실제 증발산량 산정 예	119
<그림 VI-54> 벼 재배방법별 생육시기별 담수심 .....	120
<그림 VI-55> 벼 일 관개용수량 산정 예 .....	121
<그림 VI-56> 일 저수량 변화 모의 예(Anlong Chery 댐, 2005) ..	122
<그림 VI-57> 일 저수위 기록 과정 (Anlong Chery 댐) .....	123
<그림 VI-58> Anlong Chery 댐의 관측 일 저수위 (2017.01.01~09.14.)	124
<그림 VI-59> 일 저수량 변화 모의 검정(Anlong Chery 댐, 2017)	124

<그림 VI-60> Anlong Chery 댐 일 유입량 모의 결과 .....	127
<그림 VI-61> Anlong Chery 댐 일 관개용수 공급량 모의 결과 .....	128
<그림 VI-62> Anlong Chery 댐 일 저수량 변화 모의 결과 .....	128
<그림 VI-63> Prambei Mom 댐 일 유입량 모의 결과 .....	129
<그림 VI-64> Prambei Mom 댐 일 관개용수 공급량 모의 결과 .....	130
<그림 VI-65> Prambei Mom 댐 일 저수량 변화 모의 결과 .....	131
<그림 VI-66> Kdol 댐 일 유입량 모의 결과 .....	132
<그림 VI-67> Kdol 댐 일 관개용수 공급량 모의 결과 .....	132
<그림 VI-68> Kdol 댐 일 저수량 변화 모의 결과 .....	133
<그림 VI-69> Tavay 조절지 댐 일 지류유입량 모의 결과 .....	134
<그림 VI-70> Tavay 조절지 댐 일 유입량 모의 결과 .....	134
<그림 VI-71> Tavay 조절지 댐 일 관개용수 공급량 모의 결과 .....	135
<그림 VI-72> Tavay 조절지 댐 일 저수량 변화 모의 결과 .....	136
<그림 VI-73> Krepeau Truom 조절지 댐 일 지류유입량 모의 결과 .....	137
<그림 VI-74> Krepeau Truom 조절지 댐 일 유입량 모의 결과 .....	137
<그림 VI-75> Krepeau Truom 조절지 댐 일 관개용수 공급량 모의 결과 .....	138
<그림 VI-76> Krepeau Truom 조절지 댐 일 저수량 변화 모의 결과 .....	139
<그림 VI-77> Yutasas 조절지 댐 일 지류유입량 모의 결과 .....	140
<그림 VI-78> Yutasas 조절지 댐 일 유입량 모의 결과 .....	140
<그림 VI-79> Yutasas 조절지 댐 일 관개용수 공급량 모의 결과 .....	141
<그림 VI-80> Yutasas 조절지 댐 일 저수량 변화 모의 결과 .....	142
<그림 VI-81> Anlong Chery 댐의 발전수차 중심축 표고 .....	144
<그림 VI-82> Anlong Chery 댐의 일별 발전량 계산 예 .....	145
<그림 VI-83> 조사대상 일반현황: 성별, 거주마을 .....	153
<그림 VI-84> 조사대상 일반현황: 최종학력, 직업군 .....	153
<그림 VI-85> 조사대상 연령분포 .....	154
<그림 VI-86> 사업 만족도 조사결과: 관개용수공급, 홍수위험감소 .....	155
<그림 VI-87> 사업 만족도 조사결과: 전기사용 .....	155
<그림 VI-88> 사업 만족도 조사결과: 생활환경개선 .....	156
<그림 VI-89> 사업 만족도 조사결과: 댐 건설 이후 가장 좋아진 점 .....	157

# 보고서 요약

## 1. 사업 개요

- (사업목표) 캄보디아 프놈펜 북서부 크랑폰리강 유역의 수리 시설물 건설 사업으로서 댐, 수로 등을 신설 및 보수하여 농업용수를 공급하는 수자원을 확보하고 지역주민의 생활환경 개선을 도모
- (사업배경) 캄보디아 정부는 빈곤퇴치정책에 따라 2003년 초부터 북서부 지역 개발을 위해 종합 수자원 개발 사업을 최우선 사업으로 추진하여 왔으며, 정책의 일환으로 본 사업에 대하여 한국정부(EDCF)에 지원요청서를 제출하였음.
  - 본 사업에 대한 지원을 요청할 당시 캄보디아의 수리시설은 침식 및 세굴로 인한 구조물의 노후화가 심각하였으며, 대부분이 기능을 상실하여 필요한 용수량 확보가 불가능한 상태로 개선이 시급한 상황이었음. 특히, 갈수기에 저수지의 물이 고갈되어 필요한 농업용수를 공급하지 못하고 있는 실정이었음.
- (사업기간) 심사 승인 당시 예상 사업실시기간은 48개월이었으나, 국제 원자재 가격상승 등으로 인한 사업범위 조정으로 인해 시공사 선정이 지연되어 실제로는 57개월이 소요됨.
- (사업 대상지역) 프놈펜 북서쪽 약 45km 지점의 크랑폰리강 유역
- (사업비용) 지원금액 26,700천 달러 / 총 사업비 33,500천 달러
- (사업내용) 사업범위 조정 후 실시된 사업범위는 중류 3개의 댐(안롱치레이 댐, 프람베이뎀 댐, 크돌 댐), 안롱치레이 댐의 170kW 발전설비, 하류 3개의 수문조절장치(타바이, 크라푸트롬, 유타사스), 2개 소수력발전설비 및 수로(제3수로, 제4수로) 2개가 해당됨.

## 2. 평가기준별 평가

- (평가목적) 캄보디아 크랑폰리강 수자원개발사업의 효과성, 영향력, 지속가능성 등에 대한 사후평가를 실시하고 이를 통해 성공요인 및 개선점을 발굴하여 향후 보다 적절한 지원전략을 도출
- (평가기준) 국제개발협력위원회 평가소위의 통합평가지침과 EDCF 사후평가보고서 작성가이드라인에 따라 OECD DAC 평가 5대 기준(적절성, 효율성, 효과성, 영향력, 지속가능성) 및 환경, 성평등 등 범분야 기준 등을 고려한 평가 실시
- (평가방법) OECD/DAC의 5대 평가기준인 적절성, 효율성, 효과성, 영향력, 지속가능성에 따라 사업의 특성을 반영한 매트릭스를 개발하여 평가하였음. 또한, 기술부문의 사업 내용을 보다 상세하게 평가하기 위하여 평가항목을 수리시설 구성, 수리시설 운영, 수리시설 유지관리 등으로 세분하였고, 각 항목을 적절성, 효과성, 지속가능성 등으로 분류하여 평가하였음.
- (평가결과) 최종 산출된 종합평점은 3.74점(합계 18.7점) 으로 ‘매우 성공적’사업으로 평가함.

### 종합평가표

평가기준	가중치	평가구분	평가값
적절성	20%	적절	3.7
효율성	20%	효율적	3.5
효과성	20%	효과적	3.8
영향력	20%	높은 영향력	4.0
지속가능성	20%	지속가능	3.7
종합평가 점수		매우 성공적	3.74

- (적절성) 심사 시기에 제안된 성과물이 협력대상국의 개발정책 및 전략과의 부합성, 사업계획의 적절성, 개발파트너와의 조화 및 협력정도, 수리시설물 구성의 적절성을 기준으로 판단할 때, 본 사업은 적절한 것으로 평가됨.
  - (정책 및 전략의 부합성) 본 사업은 댐, 수로 등 수리구조물 건설을 통해 농업용수의 공급을 위한 수자원을 확보하고 지역주민의 생활환경을 개선시키는 것으로 수원국의 정책과 공여국의 지원전략에 부합함.
  - (사업계획의 적절성) 당초 계획에서 사업범위가 크게 축소가 되었으나 국제 원자재 가격이 폭등한 당시의 세계경제 위기 속에서 불가피한 측면이 있다고 평가함.
  
- (효율성) 사업실시 기간과 사업예산 집행이 계획 대비 얼마나 적절하게 실행되었는지를 기준으로 본 사업은 효율적인 것으로 평가됨.
  - (사업 실시기간의 효율성) 환율불안과 원자재 가격 상승 등으로 시공사 선정이 지연되고 사업범위가 조정됨에 따라 약 9개월의 사업기간 지연이 발생하였음.
  - (사업 예산집행의 효율성) 본 사업은 예산집행률이 차관한도의 99.9%를 집행하여 사용하여 예산 범위 안에서 집행되었으며 수원국에서는 보상비, 사업관리비, 제세공과금 등을 집행하여 전체적인 사업예산이 효율적으로 집행된 것으로 조사됨.
  
- (효과성) 효과성은 사업의 계량적 성과달성과 사업의 단기 및 중장기 성과달성에 근거하여 평가하였으며, 효과적이라고 평가함.
  - (계량적 성과달성 여부) 사업범위 조정 후에 목표로 하였던 계량적 성과는 모두 달성하였음.
  - (단기성과 달성) 관개가능면적과 용수공급가능량을 분석한 결과, 댐 건설 및 보강에 따른 수자원 확보 및 이수효과는 우수한 것으로 평가함. 소수력 발전소 건설로 인하여 인근의 약 800가구에 전력공급이 가능하여 졌으나, 경제성 부족으로 일부 가동되지 않는 소수력시설이 있음.

- (중장기 성과 달성) 용수공급 및 관개가능면적 확대에 의한 현지농민의 소득증대, 생활용수 및 전기 공급으로 인한 생활환경 개선 등으로 해당지역 농민의 삶의 질 향상에 기여하였다고 평가함.
- (영향력) 수리시설물의 건설로 지역의 사회적, 문화적인 여건이 변모하면서, 지역주민과 지역사회에 미치는 장기적인 변화를 고려할 때 본 사업의 영향력은 높은 것으로 평가함.
- (사회·문화적 영향력) 댐 건설이 본 사업지역에 미친 사회·문화적 영향력으로 캄보디아의 최대 축제 중의 하나인 물축제(water festival)의 개최가 가능하여졌음. 이는 본 사업의 수행이 수원국에 새로운 형태의 문화 활동 공간을 마련하는데 기여하였으므로 본 사업의 문화적 영향력은 높은 것으로 평가하였음.
  - (환경적 영향력) 수질오염, 침식, 소음, 비산먼지 발생 등의 부정적 환경영향은 거의 없는 것으로 조사됨. 사업수행 중 자재반입 차량들로 인하여 발생한 비산먼지는 시공사가 환경관리계획에 따라 적절한 대책을 마련하였음.
  - (기타 영향력) 수원국은 시설물 인수 이후 간선수로에 연결하는 지선수로와 관개수로를 추가로 설치하는 등 지속적으로 관개면적을 확대해 나가고 있음.
- (지속가능성) 수원국이 시설물의 유지관리에 필요한 기술적 및 제도적 역량을 있는지를 평가하기 위하여 수원국에서 수리시설물의 유지관리에 필요한 조직, 인력, 재정, 기술 및 주인의식 등의 역량을 보유하고 있는지의 여부를 파악한 결과, 지속가능하다고 평가함.
- (조직 및 인력의 지속가능성) 본 사업의 유지관리를 담당하는 주정부 수자원국(PDWRAM)은 유지관리에 필요한 조직을 구성하고 인력을 배치하였음. 현재 담당인력의 기술수준은 아직 낮지만 PDWRAM에서 시설유지에 대한 사명감을 가지고 대처하고 있다고 평가함.
  - (재정적 지속가능성) 2015년부터 캄보디아 재무부는 수자원 시설물 유지관리(O&M) 비용을 증액하고 있음. 그러나 시설노후로 인해 보수가 시급한 시설물을 우선대상으로 하고 있어 비교적 최근에 준공된 본 사업의 시설물에는 유지관리 예산지원이 거의 없음.

- (유지관리 지속가능성) 본 사업에서는 저수지 및 간선수로 등 대규모 시설을 건설하여 수원국에 농업용수 용량을 확보하여 주었으나, 이후 PDWRAM과 현지 농민들은 지선수로 및 관개수로를 자체적으로 건설하여 간선수로에 연결하여 농업용수를 직접 활용하고 있음. 이러한 수원국의 주인의식에 의한 시설물 유지관리는 지속가능성 측면에서 긍정적으로 평가함.

### 3. 교훈 및 제언

- (교훈사항) 본 사업의 성공요인은 수원국과의 긴밀한 파트너십 구축, 사업효과 제고를 위한 시설물 구성, 물 이용에 대한 높은 주민 요구도 등에서 비롯된 것으로 판단됨.

- (성공요인) 예산규모가 제한된 개도국에서는 용수확보를 위한 대규모 시설물을 우선적으로 건설하고, 그 이후에 농경지에 이르는 지선수로나 관개수로를 연결하는 것이 바람직한 전략으로 판단됨.
- (한계점) 수문기상 자료 부족으로 댐 운영 방법의 도출 및 개선 방안을 도출하는데 걸림돌로 작동하여 비효율적으로 수리시설이 운영될 가능성이 있음.

- (제언사항) 사업목적의 명확화를 통한 사업성과지표의 설정, 모니터링 및 평가 강화 등이 필요함.

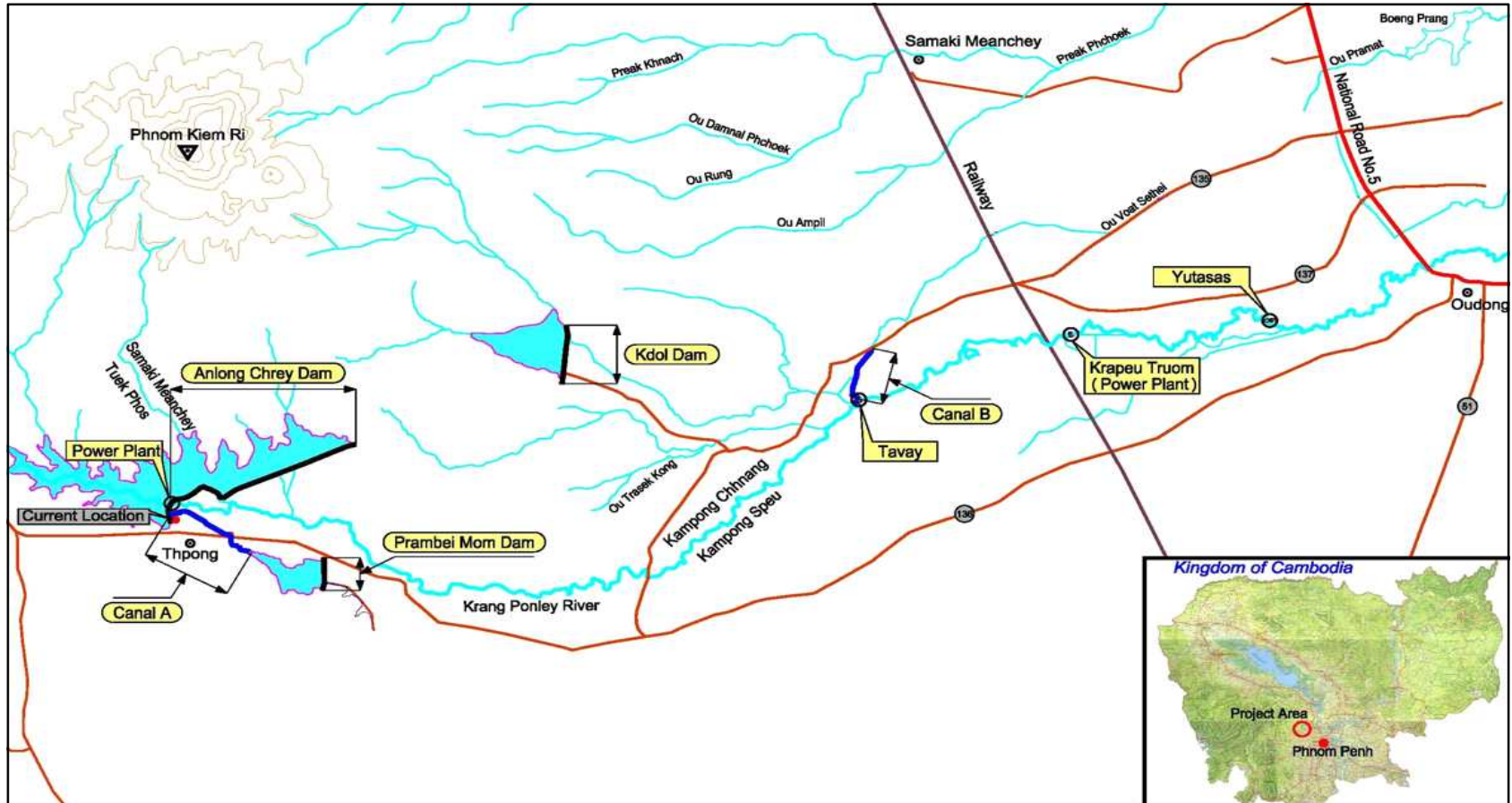
- 본 사업의 목적은 저수지를 건설하여 농업용수를 확보하는 ‘용수확보’목적의 사업이나, ‘농업생산 증대 및 홍수피해 경감’이 포함된 기존의 사업목표는 본 사업의 내용 및 효과를 명확히 제시하지 못하는 한계가 있음. 올바른 사업목표의 설정은 사업 성과관리의 출발점이므로 사업내용을 충실히 반영하는 실질적 목표설정이 필요함.

- (수원국 정부에 대한 제언) 본 사업의 효과증진을 위하여 지선수로 건설을 통해 농업용수의 활용도를 증대할 필요가 있으며, 본 사업의 유지관리 지원을 계기로 수원국의 유지관리에 대한 인식이 제고되기를 기대함.



- 수문자료의 데이터베이스화를 통한 활용도 제고 노력을 지속하여야 하며, 시설물 유지관리를 위한 댐 운영방법의 개선 등 사후관리를 위한 노력이 요구됨.

# 사업지역 지도



# I. 총칙

## 1. 사업 기본정보

### □ 차관정보

<표 I-1> 차관정보

사업번호	차관종류	차관승인규모	승인일자
KHM-4	개발사업차관	26.7백만불 상당 원화금액	2005. 12. 19

### □ 사업비용

- 심사 당시 사업비는 \$33,500천으로 추정하였음. 이 중에서 EDCF가 외화비용(\$23,204천)과 현지화비용 중 일부(\$3,496천)를 부담하여 \$26,700천(총 사업비의 79.7%)를 조달하고, 현지화비용 중 나머지 \$6,800천(총사업비의 20.3%)은 캄보디아 정부가 자체적으로 조달하는 것으로 계획하였음(수출입은행, 2005).

<표 I-2> 심사 당시 자금조달 계획

(단위: 천 미불)

구 분	외화비용	현지화비용	계	구성비
EDCF	23,204	3,496	26,700	79.7%
캄보디아 정부	-	6,800	6,800	20.3%
합 계	23,204 (69.3%)	10,296 (30.7%)	33,500 (100.0%)	100.0%

- 실제로 소요된 사업비용의 약 19.7%는 캄보디아 정부에서 부담하였고, 나머지 80.3%는 EDCF 차관으로 지원하였음(수출입은행, 2005).

<표 I-3> 사업비용

(단위: 천 미불)

구 분	계획(A) <sup>주1)</sup>	실제(B)	차이(A-B)
총사업비용	33,500 (100%)	33,247 (100%)	253
EDCF 지원액	26,700 (79.7%)	26,700 (80.3%)	-
캄보디아 자체예산	6,800 (20.3%)	6,547 (19.7%)	253

주1) 심사보고서상 금액.

□ 추진경위

- 캄보디아 정부는 2003년 10월 개최된 ASEAN+3 회의에서“제2차 5개년 사회경제 개발계획”사업 중 최우선 사업으로 수자원사업의 확대를 요청하였음. 이에 따라 동년 12월, 캄보디아 정부는 한국 정부에 본 사업을 포함한 3개 사업에 대한 지원을 요청하였음.
- 2005년 1월 캄보디아 정부는 본 사업을 제1순위 사업으로 선정을 통지하고 동년 3월 KOICA는 본 사업의 타당성조사를 실시하였음.
- 2005년 11월, 한국수출입은행은 현지심사 출장을 실시하였고 2006년 3월 차관계약을 체결하였으며 이후 세부 추진경위는 <표 I-4>와 같음.
- 본 사업은 컨설턴트 선정 이후 완공까지(사업실시기간) 57개월이 소요된 바, 이는 심사 승인 당시 예상 사업실시기간인 48개월 대비 9개월이 지연된 것임(국제원자재 가격상승 등으로 인한 사업범위 조정으로 시공사 선정 지연).
- 2012년 12월 18일자로 최종 지출이 완료됨으로써 본 사업은 성공적으로 마무리되었음.

<표 I-4> 추진경위

구분	계 획	실 제
심 사 출 장	'05. 10월	'05. 11. 06 ~ 12
지 원 방 칩 결 정	'05. 12월	'05. 12. 19
차 관 계 약 체 결	'06. 03월	'06. 03. 21
차 관 계 약 발 효	'06. 06월	'06. 06. 22
컨 설 터 트 계 약 체 결	'07. 05월	'07. 05. 25
최 초 자 금 집 행	'07. 05월	'07. 10. 05
구 매 계 약 체 결	'08. 03월	'08. 10. 03
사 업 완 공	'11. 05월	'12. 02. 29
최 종 자 금 집 행	'11. 11월	'12. 12. 18
완 공 보 고 서 제 출	'12. 02월	'14. 05. 28
사 업 기 간	48개월 <sup>주)</sup>	57개월

주) 심사보고서상 사업실시기간은 컨설턴트 계약체결 이후 사업완공까지 소요되는 기간

□ 차주 및 사업실시기관

- 차주: 캄보디아 경제재무부(Ministry of Economy and Finance)
- 사업실시기관: 캄보디아 수자원기상부  
(Ministry of Water Resources and Meteorology:  
MOWRAM)

□ 출장정보

<표 I-5> 출장정보

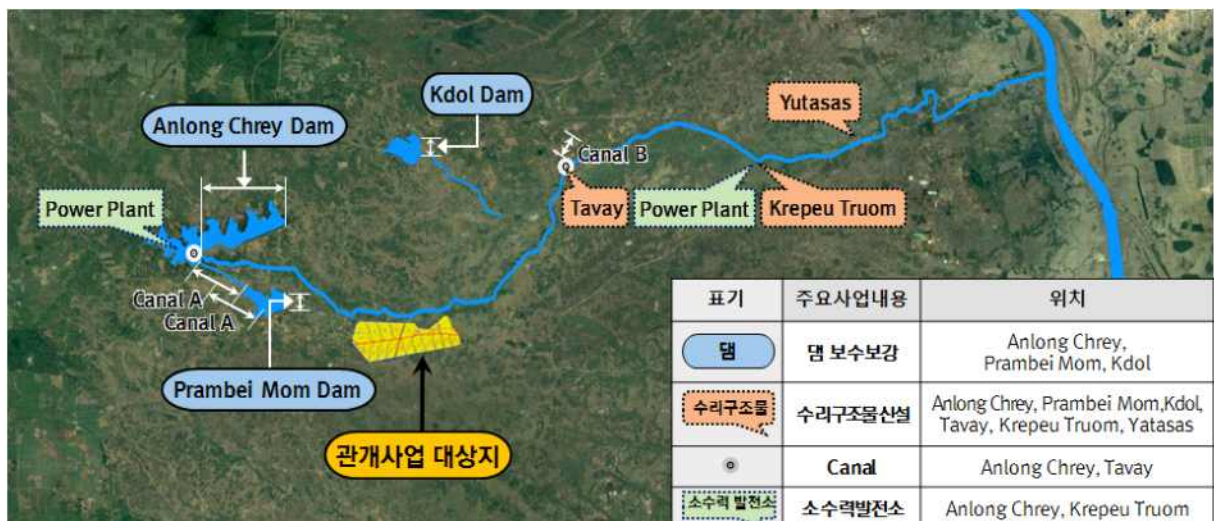
구 분	출 장 시 기	비 고
심사출장	2006. 10. 01 ~ 10. 07	
완공평가	2013. 03. 05 주재원 현장방문	2014. 05. 28 사업완공보고서 접수
		2014. 09. 29 완공평가보고서 제출
사후평가	1차: 2017. 07. 02 ~ 07. 06 2차: 2017. 09. 12 ~ 09. 15	2017. 12 사후평가보고서 제출

## 2. 사업지역 지도



<그림 I-1> 캄보디아 지도

□ 수원국 내 사업지역



<그림 I-2> 사업지역 지도

### 3. 평가개요 및 절차

#### 가. 평가개요

##### □ 평가목적

- 본 평가의 목적은 「캄보디아 크랑폰리강 수자원개발사업」의 수행을 통하여 달성한 당초 계획 대비 성과를 분석하고 이에 따른 영향력과 지속가능성을 도출함으로써 향후 유사사업 추진 시에 활용 가능한 교훈과 제언을 제공하기 위함임.

##### □ 평가기준

- 사후평가 평가의 기준은 국제개발협력위원회 평가소위의 통합평가지침, 수출입은행 EDCF 평가매뉴얼, EDCF 사후평가보고서 작성 가이드라인에 의거하여 OECD DAC<sup>1)</sup>의 5대 평가기준인 적절성(Relevance), 효율성(Efficiency), 효과성(Effectiveness), 영향력(Impact), 지속가능성(Sustainability)을 기준으로 적용함.

##### □ 평가방법

- 수자원사업의 평가에서는 현지에서 장기간 측정된 기상 및 수문 관측 자료가 필수적으로 필요하나, 사회·경제적인 역량이 부족한 수원국의 특성상 현지자료 확보에 상당한 어려움이 있었음.
- 현지자료의 부족을 보완하기 위하여 국제적으로 자료 관리의 신뢰도가 높은 NASA에서 제공하는 Global Meteorological Data와 국제기구에서 입수가 가능한 캄보디아 현황자료(DEM<sup>2)</sup>, 일유출량 등)를 적극 수집하여 활용하였음.

---

1) OECD DAC: Organization for Economic Co-operation and Development, Development Assistance Committee

2) 수치표고모델(Digital Elevation Model, DEM)은 지형의 고도값(elevation)을 수치(digital)로 저장하여 지형의 형상을 나타내는 자료이다. DEM은 자료 자체로서 경사도, 경사방향, 지형분석 등이 가능함.



- 평가대상 사업의 효과성을 보다 정확하게 파악하기 위하여 수문분석을 실시하였으며 분석대상 지역을 단순히 사업지구에만 국한하지 않고, 크랑폰리강 유역 전반으로 확대를 하였음.
- 이러한 과정을 통하여 수문분석을 실시하는 면적은 크게 늘어나지만 수문특성에 대한 해석은 더욱 정확하여짐. 따라서 사업지구 전체 저수지와 저류지에 대한 정밀한 물수지분석<sup>3)</sup>이 가능하여 타당한 분석결과를 도출하였음.
- 각 평가항목별로 도출된 결과를 4단계(4점, 3점, 2점, 1점)로 구분하여 점수를 부여하고 각 기준별 평균점수를 산정함. 이를 다시 각각 20%의 가중치로 곱하여 종합등급을 산출함.

---

3) 물수지분석이란 수문 특성을 평가하여 용수의 수요와 공급 사이의 관계를 설정하고 용수의 부족량을 산출하는 작업임.

**<표 I-6> 종합평가 등급**

기준	가중치	평가 항목	평가 구분	평가값
적절성	20%	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 정책 및 전략의 적합성</li> <li>- 사업 계획의 적절성</li> <li>- 개발파트너와 협력</li> <li>- 수리시설 구성</li> </ul>	매우 적절	4
			적절	3
			일부 적절	2
			미흡	1
효율성	20%	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 사업실시 기간</li> <li>- 사업예산 집행</li> </ul>	매우 효율적	4
			효율적	3
			일부 효율적	2
			미흡	1
효과성	20%	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 계량적 성과</li> <li>- 단기적 성과달성(산출물)</li> <li>- 중장기 성과 달성</li> </ul>	매우 효과적	4
			효과적	3
			일부 효과적	2
			미흡	1
영향력	20%	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 사회·문화적 영향력</li> <li>- 환경적 영향력</li> <li>- 기타 영향력</li> </ul>	매우 영향력	4
			영향력	3
			일부 영향력	2
			미흡	1
지속가능성	20%	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 조직·인력의 지속가능성</li> <li>- 재정적 지속가능성</li> <li>- 유지관리 지속가능성</li> </ul>	매우 지속가능	4
			지속가능	3
			일부 지속가능	2
			미흡	1

□ 평가단 구성

- 본 평가단은 해당 평가사업의 특징을 반영하여 풍부한 ODA 및 평가사업의 경험이 있는 분야별 전문 인력으로 구성하였음.

<표 I-7> 평가팀 구성

구분	성명	담당 업무
책임연구원	박성제	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 평가연구 총괄</li> <li>• 평가모형 개발, 평가결과 분석</li> <li>• 평가 제언사항 및 교훈사항 도출</li> </ul>
공동연구원	이주현	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 댐/제방 개발에 의한 홍수피해 경감효과</li> <li>• 하천종합관리 전략의 적절성 및 영향</li> </ul>
공동연구원	노재경	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 크랑폰리강 기상/수문자료 확보 및 수문분석</li> <li>• 저수지 개보수에 의한 농업용수 공급 영향</li> </ul>
보조연구원	박은희	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 설문조사 및 분석</li> </ul>
보조연구원	박계영	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 통번역 및 영문보고서 작성</li> </ul>
보조연구원	김우영	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 자료분석 업무보조</li> </ul>
보조연구원	박주이	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 영향분석 업무보조</li> </ul>

나. 평가절차

□ 평가절차

- 본 평가는 단계별 평가절차에 따라 평가계획 수립 → 국내연구 및 문헌조사 → 국외 현지조사 → 조사결과 분석 → 보고서 작성의 단계별로 주요 점검사항을 검토하였음.

**<표 I-8> 주요 평가절차**

평가 절차	세부 내용	수행 일자
평가계획 수립	- 세부 수행계획 수립	2017. 06
착수보고회	- 착수보고, 평가 매트릭스 보완 등	2017. 06. 07
국내외 문헌조사	- 캄보디아 국가개발전략, 분야별 계획, 대상사업 관련 자료조사	2017. 05 ~ 06
현지조사 계획 수립	- 관계기관 담당자 면담일정 확정, 면담 및 설문조사 질문지 개발 등	2017. 06
국내 관계자 인터뷰	- 수공 사업 담당자 면담, 평가 대상사업 관련 자료 수집 등	2017. 06. 21
국외 현지조사(1차)	- 관계기관 담당자 및 수혜자 면담, 산출물 실사, 관련 자료 수집 등	2017.07.02~07.06
조사결과 분석	- 현지조사 입수자료 정리 - 국내외 조사결과 분석	2017. 07 ~ 10
중간보고회 및 중간보고서 제출	- 중간평가결과 보고	2017. 08.31
국외 현지조사(2차)	- 수혜지역 주민대상 설문조사, 추가 자료 수집 등	2017.09.15.~09.19
최종보고회 및 최종보고서 제출	- 최종평가 결과 보고	2017. 12. 19

○ 국내조사

- 캄보디아 국가개발전략 및 EDCF 지원전략 관련 문헌 검토
- 개도국 수자원개발 관련 보고서 조사 및 대상사업 관련 보고서 검토
- 컨설턴트(수자원공사) 관계자 인터뷰

○ 현지조사

- 캄보디아 수자원기상부(MOWRAM)를 비롯한 유관기관 담당자 면담
- 사업완공물 실사 및 관련 데이터 수집
- 수혜지역 인근 지역주민 설문조사

## II. 사업설계 및 실행

### 1. 사업구성

#### □ 사업명

- 캄보디아 크랑폰리강 수자원개발사업  
(Cambodia Krang Ponley Water Resources Development Project)

#### □ 사업목적

- 프놈펜 북서부 크랑폰리강 유역의 수자원 개발을 통하여 사업지역의 농업생산 증대, 홍수피해 경감 및 수력발전 등의 경제개발을 도모함 (한국수출입은행, 2005).

#### □ 사업내용

- (댐 제방 보수 및 보강) 크랑폰리강 유역 내의 기존 농업수리시설물의 보수 및 신규 설치로 저수지 상·하류의 수리기능 보강
- (수로 보수 및 보강) 댐 제방 간을 연결하여 관개용수를 공급하기 위한 수로의 보수 및 보강
- (수리구조물 보수 및 신설) 수문조절장치, 여수로 및 수문 등 수리구조물의 보수 또는 신설
- (소수력발전소 건설) 소수력발전설비 설치 및 인근 마을에 전력공급을 위한 송배전설비 설치
- (컨설팅 서비스) 관련조사, 상세설계, 입찰서류작성, 시공감리 등

#### □ 사업기간

- 본 사업은 컨설턴트 선정 이후 완공까지 당초 계획인 48개월 대비 9개월이 지연된 57개월이 소요되었음.

- 사업지연 사유는 공급자(시공사) 선정에서의 지연, 공사대금 정산과정에서의 지연, 공사 자체 지연(약 1개월) 등이 발생하였음.
- 공급자(시공사) 선정에서의 지연은 본구매(공사) 입찰과정에서 급격한 국제원자재 가격 상승 등으로 최저응찰가가 당초 예상 사업비를 크게 초과함에 따라 사업범위를 조정하게 되어서 발생함.
- 본 사업은 2012년 02월 29일자로 완공되었으며, 2012년 12월 18일자로 최종 지출이 완료됨으로써 성공적으로 마무리되었음.

□ 사업범위(한국수출입은행, 2014)

- (댐제방 보수 및 보강) 5개 댐 제방(핼리아버, 오탕, 타바이치레이, 프람베이몸, 크돌 댐)에 대한 보수 및 보강공사이며, 이중 오탕 댐(1.5km)과 안롱치레이 댐(0.8km)은 신축임.
- (수로 보수 및 보강) 4개 수로(총 연장 40.1km)를 보수 및 보강
- (수리구조물 보수 및 신설) 사업지역에 산재한 수문조절장치(regulator), 여수로(spillway) 및 수문(Box Culvert) 등 20개의 수리구조물 보수 또는 신설
- (소수력발전소 건설) 5개 지역(핼리아버 댐, 안롱치레이 댐, 타바이·크라푸트롬·유타사스 수문조절장치)에 소수력발전설비를 설치
- (컨설팅 서비스) 관련조사, 상세설계, 입찰서류작성, 시공감리 등이 해당됨.
- 예가산정 시점과 응찰시점 사이에 국제원자재 가격 급등이 발생하여 최저응찰가가 당초 예상 사업비를 크게 초과함에 따라 사업실시기관의 요청으로 사업비 축소를 위하여 상류 2개 댐(핼리아버 댐, 오탕 댐) 및 부속수로 2개를 사업범위에서 제외하였음.
- 또한, 상세설계 측량결과 타바이 및 유타스 지역의 낙차가 축소되어 소수력발전에 적합하지 않은 것으로 판단되어 해당 지역 소수력발전설비 설치를 사업범위에서 제외하였음.
- 사업범위 조정 후 실시된 사업범위는 중류 3개의 댐(안롱치레이 댐,

프람베이몸 댐, 크돌 댐), 안롱치레이 댐의 170kW 발전설비, 하류 3개의 수문조절장치(타바이, 크라푸트롬, 유타사스), 2개 소수력발전설비 및 수로(제3수로, 제4수로) 2개가 해당됨.

<표 II-1> 사업범위

구 분	계 획 (심사승인 내용)	실 제 (사업범위 조정 결과)
댐	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 뽀리아버(Peam Levear) 댐 (2.8km)               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 31kW 발전설비 포함</li> </ul> </li> <li>- 오탕(O Tang) 댐 (3.4km)</li> <li>- 안롱치레이(Anlong Chrey) 댐 (6.1km)               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 122kW 발전설비 포함</li> </ul> </li> <li>- 프람베이몸(Prambei Mom) 댐 (1.0km)</li> <li>- 크돌(Kdol) 댐 (1.8km)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 안롱치레이(Anlong Chrey) 댐 (연장 6.2km, 저수량 479km<sup>2</sup>)               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 170kW 발전설비 포함</li> </ul> </li> <li>- 프람베이몸(Prambei Mom) 댐 (연장 0.9km, 저수량 32km<sup>2</sup>)</li> <li>- 크돌(Kdol) 댐 (연장 1.7km, 저수량 53km<sup>2</sup>)</li> </ul>
수로	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 뽀리아버~오탕 연결수로 (1.9km)</li> <li>- 오탕~크라폰리강 연결수로 (8.89km)</li> <li>- 안롱치레이~프람베이몸 연결수로 (4.35km)</li> <li>- 타바이 우회용수공급수로 (24.96km)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 제3수로(안롱치레이~프람베이몸 연결수로) (2.59km)*</li> <li>- 제4수로(타바이 우회용수공급수로) (1.74km)**</li> </ul>
수리 구조물	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 타바이(Tavay) 수문조절장치               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 35kW 발전시설 포함</li> </ul> </li> <li>- 크라푸트롬(Krapeu Truom) 수문조절장치               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 28kW 발전시설 포함</li> </ul> </li> <li>- 유타사스(Yutasas) 수문조절장치               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 37kW 발전시설 포함</li> </ul> </li> <li>- 여수로 4개</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 타바이(Tavay) 수문조절장치</li> <li>- 크라푸트롬(Krapeu Truom) 수문조절장치               <ul style="list-style-type: none"> <li>· 30kW 발전시설 포함</li> </ul> </li> <li>- 유타사스(Yutasas) 수문조절장치</li> <li>- 여수로 4개</li> </ul>
컨설팅 서비스	상세설계, 입찰준비·평가지원, 시공감리, 사업진행 보고 및 기타 컨설팅 서비스 등	좌동

\* 상세설계를 위한 현장실사 결과 연장 일부 조정

\*\* 상세설계 중 당초 계획되었던 배수용 수로(drainage canal) 19km가 예산부족으로 사업범위에서 제외되었으며, 현장실사 결과에 따라 연장 일부 조정

## 2. 지원 사유

- 본 사업은 캄보디아 정부의 빈곤퇴치정책에 따라 국가재건을 위하여 2003년 초부터 프놈펜 북서부 지역 개발을 위한 최우선 사업으로 선정되어 지속적으로 추진하고 있는 종합적인 수자원개발사업의 일환으로 해당유역에 관개용수 확보용 수자원 인프라를 개발하는 사업임.
- 2003년 10월 캄보디아 재무부에서 본 사업에 대한 지원을 요청할 당시, 캄보디아의 수리시설은 대부분 크메르루즈 정권(1975-1978)시기에 농업발전정책의 일환으로 건설되어 침식 및 세굴로 인한 구조물의 노후화가 심각하였으며, 이들 대부분이 인프라로서의 기능을 상실하여 필요 용수량 확보가 불가능한 상태로 개선이 시급한 상황이었음.
- 또한, 사업대상지역인 크랑폰리강 유역 내에는 약 8,000ha의 경작지가 있으며 경작에 필요한 수량을 상류의 저수지와 하천을 통하여 이용하고 있었으나, 갈수기에 저수지의 물이 고갈되어 필요한 농업용수를 공급하지 못하고 있는 실정이었음.
- 이에 따라 캄보디아 수자원기상부에서는 캄보디아 국가 발전계획의 일환으로 크랑폰리강 유역개발을 최우선사업으로 선정하고 해당 유역의 다목적 수자원개발을 위하여 댐 제방 및 부속 수리구조물의 수리기능을 보장하는 본 사업을 추진하였음.

## 3. 소요비용, 조달 및 실행

- 본 사업 심사 당시 소요비용은 US33,500천 달러로 이중 외화비용(23,204천 달러)과 현지화비용 일부(3,496천 달러) 등 26,700천 달러(총 사업비의 79.7%)는 EDCF 차관으로 조달되고 나머지 현지화비용 6,800천 달러(총 사업비의 20.3%)는 캄보디아 정부가



자체적으로 조달할 계획이었음.

<표 II-2> 소요비용 계획

(단위: 천 달러)

구 분	외화비용	현지화비용	계	구성비
EDCF	23,204	3,496	26,700	79.7%
캄보디아 정부	-	6,800	6,800	20.3%
합 계	23,204 (69.3%)	10,296 (30.7%)	33,500 (100.0%)	100.0%

출처: 한국수출입은행(2005).

- 본건 사업의 추정사업비는 총 33,500천 달러로, 외화비용 23,204천 달러(69.3%)와 현지화비용 10,296천 달러(30.7%)로 구성되었음.
- 외화비용은 본공사 16,927천 달러, 준비공사 1,041천 달러, 컨설팅 서비스 2,600천 달러 및 기타(운반비, 예비비 등) 2,636천 달러 등으로 구성되었음.
- 현지화비용은 제세공과금 3,350천 달러, 본공사 2,417천 달러와 기타(예비비 등) 1,033천 달러로 구성되었음.

<표 II-3> 심사당시 공정별 추정 사업비 내역

(단위: 천 달러)

구 분	EDCF			캄보디아	합 계
	외화	현지화	소계	현지화	
1. 준비공사	1,041	-	1,041	522	1,563
2. 본공사	16,927	3,456	20,383	2,417	22,800
3. 유지보수시설	248	-	248	-	248
4. 자재운반비	160	40	200	-	200
5. 컨설팅 서비스	2,600	-	2,600	-	2,600
6. 제세공과금	-	-	-	3,350	3,350
<b>기본사업비(Base Cost)</b>	<b>20,976</b>	<b>3,496</b>	<b>24,472</b>	<b>6,289</b>	<b>30,761</b>
7. 예비비	2,201	-	2,201	511	2,712
8. 차관취급수수료	27	-	27	-	27
<b>합 계</b>	<b>23,204</b>	<b>3,496</b>	<b>26,700</b>	<b>6,800</b>	<b>33,500</b>

□ 실제 사업비용은 33,246천 달러이며, 이 중 EDCF 지원액은 26,700천 달러(80.3%), 캄보디아 자체예산은 6,547천 달러(19.7%)임. 시공 부분에서 2,201천 달러의 예비비를 전용하여 차관금액을 모두 사용하였음.

□ 본 건은 사업완료시까지 컨설팅비 5,559천불 및 공사비 31,616천불, 차관취급수수료 38천불 등 총 37,213천불의 차관자금이 집행되었음.

○ 컨설팅비는 당초 4,890천불로 추정되었으나, 유지보수관리(O&M)를 위한 컨설팅 및 시공기간 연장에 따른 감리비용 증가로 총 669천불이 추가로 소요됨.

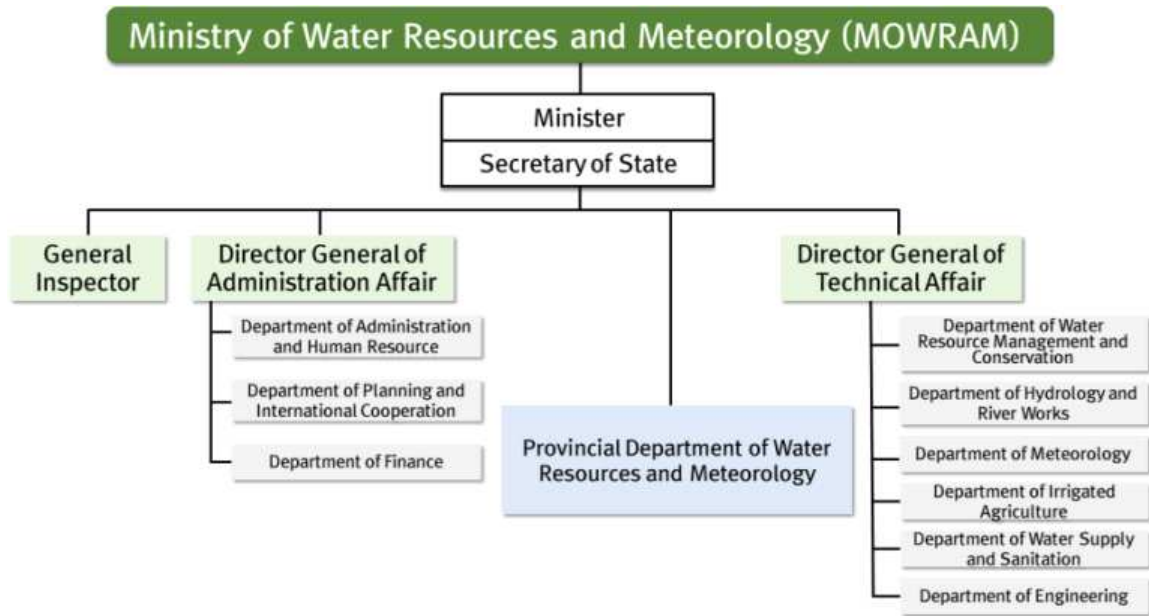
○ 공사비는 당초 29,358천불로 추정되었으나, 입찰평가결과 EDCF 기준을 충족하는 업체 중 최저가 업체의 제시금액에 따라 1,497천불이 증액되었으며, 이후 본건 사업범위에 유지보수관리(O&M)를 위한 지원이 포함됨에 따라 총 2,258천불이 추가 소요되었음.

○ 한편, 동 추가 소요비용 지원을 위해 각각 '09. 1. 31일자(구매계약체결), '12. 7. 27일자(시공·컨설팅비 증액) 및 '13. 8. 5일자(컨설팅비 증액)로 총

3차례에 걸쳐 차관예비비 전용을 승인하였는바, 이는 사업의 효과성 제고와 성공적 수행을 위해 불가피했던 것으로 판단됨.

#### 4. 컨설턴트

- 컨설턴트는 한국수자원공사와 2007년 05월 25일자로 계약이 승인되었음.
  - 컨설턴트의 주요 과업으로는 현지조사, 기초 및 상세설계와 입찰서류, 시방서, 물량명세, 사업비 추정, 입찰평가, 계약서 등 입찰서류 준비의 1단계와 공사관리 및 현장감독, 기자재 검수, 시운전 확인, 증명서 발급, 보고서 작성 등의 시공감리의 2단계로 구성되었음.
- 컨설턴트는 대상 사업의 건설기간 중에는 주로 중앙정부기관인 수자원기상부(MOWRAM)와 협의를 진행하였음.
- 완공된 사업은 유지관리를 담당하는 지역의 MOWRAM의 주정부 산하기관인 PDWRAM(Provincial Department of Water Resources and Meteorology)에게 인수인계하였으며, MOWRAM과 PDWRAM은 기본적으로 컨설턴트의 사업추진 역량을 신뢰하고 있었음.
  - 컨설턴트(수자원공사)는 MOWRAM과 PDWRAM 그리고 시설을 직접 운용하는 군(district) 단위의 실무인력에게 유지관리 매뉴얼을 전달하고 시설물 유지관리 교육을 실시하였음.



<그림 II-1> 캄보디아 수자원기상부(MOWRAM) 조직도

## 5. 구매, 시공

- 국내업체 간의 경쟁입찰에 따라 공급자를 선정하고 구매적격국은 대한민국 및 캄보디아임.
  - 외화 소요비용의 기자재공급 및 용역 제공에 대한 구매적격국은 대한민국이고 현지화 소요비용에 대한 구매적격국은 캄보디아로 제한함.
  - 다만, 건설자재, 유류, 일부 경장비 및 강재 등 한국산 구매가 불가능하거나 비경제적인 경우 차관한도의 35%범위 내에서 제3국산 구매를 허용하였음.
- 구매계약 체결은 2008년 03월에 계획되었으나, 실제로는 2008년 10월 03일자로 구매계약이 체결되었음.
- 최초 계약범위는 ①댐제방 3개 보수 및 보강, ②댐제방간 연결수로 2개 보수 및 보강, ③수문조절장치 3개설치, ④소수력발전소 2개 설치, ⑤기타 수리구조물 보수 및 신설이며, 계약금액은 22,286백만 원임.

- 2012년 03월 20일자로 1차 계약내용 수정이 있었으며, 주요 내용은 부적합한 지반 및 암반 발견에 따른 추가 굴착 및 절토, 구조물 하류세굴 방지를 위한 콘크리트 보강 및 사석 쌓기 등임.
  - 2차 계약수정은 2012년 07월 30일자로 설계변경이 승인되었으며, 주요 내용은 발전소 관리사무소 신축, 안룡치레이 댐 상류의 접근도로 신설, 댐의 안정성 향상을 위한 기초보강 등이었음.
  - 3차 수정은 2012년 11월 01일자로 승인되었으며, 댐 구조물 보강을 위한 추가공사를 위한 것이었음.
  - 세부 설계변경 내역은 본 보고서 p49의 <표 IV-12>를 참조
- 본구매(공사) 입찰과정에서 급격한 국제원자재 가격 상승 등으로 최저응찰가가 당초 예상 사업비를 크게 초과함에 따라 사업범위를 조정하게 되어 공급자(시공사) 선정이 지연되었음.
- 구매계약상 예상 공사기간은 1,200일로 계약 체결 시 2012. 1월에 완공될 것으로 예상하였음,
  - 공사 자체는 약 1개월 지연된 것으로 당초 계획대로 진행이 되었음.
- 구매계약 과업범위에 포함된 3개 댐, 3개 수문조절장치, 2개 소수력발전설비 및 2개 연결수로에 대한 공사를 성공적으로 완료함.

## 6. 산출물

- 예가산정 기준시점인 2007년 8월과 응찰시점인 2008년 3월 사이에 정상적인 예측범위 이상의 국제원자재 가격 급등이 발생하여 최저응찰가가 당초 예상 사업비를 크게 초과함에 따라 사업범위를 조정하였음.
- 사업실시기관의 요청으로 사업비 축소를 위해 독립적으로 분리가 가능한 상류의 펄리아버(Peam Levear) 댐 및 오탐(O Tang) 댐의 2개

댐(소수력발전설비 1개 포함) 및 부속수로 2개를 사업범위에서 제외하였음.

- 상세설계 측량 결과 타바이 및 유타스 지역의 낙차가 축소되어 소수력발전이 부적합한 것으로 판단되어 해당 지역에 설치 예정이었던 소수력발전설비를 제외하였음.

□ 사업범위 조정 후 남은 중류 3개 댐, 하류 3개 수문조절장치, 2개 소수력발전설비 및 수로 2개는 계획대로 완공되었음.

<표 II-4> 사업 산출물

구 분	세 부 내 역
댐	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 안롱치레이(Anlong Chrey) 댐(연장 6.2km) · 170kW 발전설비 포함</li> <li>- 프롬베이몸(Prambei Mom) 댐(연장 0.9km)</li> <li>- 크돌(Kdol) 댐(연장 1.7km)</li> </ul>
수로	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 제3수로(안롱치레이~프롬베이몸) (2.59km)</li> <li>- 제4수로(타바이우회용수공급수로) (1.74km)</li> </ul>
수리 구조물	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 타바이(Tavay) 수문조절장치</li> <li>- 크라푸트롬(Krapeu Truom) 수문조절장치 · 30kW 발전시설 포함</li> <li>- 유타사스(Yutasas) 수문조절장치</li> <li>- 여수로 4개</li> </ul>

## 7. 차관공여계약 조건

□ 본 사업은 개발사업차관으로 실시되었으며 차주는 캄보디아 경제재무부로 2005년 12월 19일 차관계약을 체결하였음.

- 차관한도는 26,700천 달러 상당의 원화금액으로, 당 차관자금의 용도는 캄보디아 크랑폰리강 유역 수자원개발을 위해 댐·수로 보수·보강, 수리구조물 보수·신설, 소수력발전설비 설치에 따른 기자재 및 용역의 구매임.

<표 II-5> 차관공여계약 주요 내용

구분	주요 내용
차관승인일자	2005년 12월 19일
체결일	2006년 3월 21일
차주	캄보디아 경제재무부
차관종류	개발사업차관
차관한도	26,700천 달러 상당의 원화금액
차관자금용도	- 캄보디아 크랑폰리강 유역 수자원개발을 위해 댐·수로 보수·보강, 수리구조물 보수·신설, 소수력발전설비 설치에 따른 기자재 및 용역의 구매
차관조건	- 이자율: 연 0.5% - 원금상환기간: 30년 (거치기간 10년 포함) - 원금상환방법: 거치기간 경과 후 연 2회 정기균등분할 상환 - 이자징수방법: 미상환권금에 대하여 매 6개월마다 후취 - 취급수수료: 신용장 상환확약서 (L/Comm) 발급액 또는 차관자금 지출금액의 0.1% (차관한도에 포함)
차관표시통화	- 원화
구매	- 구매적격국: 대한민국 및 캄보디아 ·외화소요비용에 대한 기자재공급 및 용역 제공 : 대한민국 ·현지화소요비용에 대한 기자재공급 및 용역 제공 : 캄보디아 - 구매방식: 대한민국 업체 간 경쟁입찰

### Ⅲ. 사업대상 지역의 수문분석

#### 1. 수문분석의 필요성

- 한국수자원공사(K-water)는 2004년-2005년 기간 동안 본 사업에 대한 타당성조사를 수행하면서 크랑폰리강에 대한 수문분석을 실시하였음. 실시설계 단계에서는 타당성조사에서의 수문분석 결과를 바탕으로 사업을 추진하였음.
- 그러나 2000년대 당시에는 캄보디아 현지의 기초자료가 부족하여 수문분석에 어려움이 많았음. 강수자료는 월별(monthly) 데이터를 활용하였고 자료의 기간도 상대적으로 단기간이었으며, 현지의 유출량 자료가 없었던 것으로 파악되었음.
- 사후평가를 실시하는 2017년도에는 2000년대에 비하여 상대적으로 축적된 기상자료가 많아 이를 활용하여 좀 더 자세한 수문분석을 실시함으로써 사업의 효과를 검증할 필요성이 제기됨.
- 이에 따라 사업 대상지역의 기상 및 수문자료를 수집하여 유출량을 분석하고, 이를 바탕으로 저수가능량, 관개가능면적, 발전가능량 등을 도출하여 사업의 직접적인 효과를 분석하고자 함.
- 본 사후평가는 한정된 사업비와 평가인력으로 인하여 정밀한 수문분석을 본격적으로 실시할 여건이 되지 않음. 그럼에도 불구하고 본 사업의 효과를 사후적으로 검증할 필요성이 제기됨에 따라 수문분석을 실시하였음.

#### 2. 수문분석 방법

- 본 사후평가에서는 평가대상이 되는 사업의 효과를 파악하기 위하여 아래와 같은 분석과정을 통하여 ①공급이 가능한 관개용수, ②확장이 가능한 관개면적을 산정하고자 함.
- 1 단계 : 유역의 기상자료 수집 (현지출장 및 NASA에서 획득)
- 2 단계 : 유역의 유출량 분석 (1단계 수집 자료를 바탕으로 수문분석 실시)
- 3 단계 : 공급 가능한 농업용수 산정 (2단계 분석에서 도출)



- 4 단계 : 확장이 가능한 관개면적 산정 (2단계 분석에서 도출)
- 수문분석에 필요한 평가방법은 아래와 같음.
  - (시간 간격) 용수공급능력은 실시설계에서는 월별로 제시하고 있으나, 저수지 운영 평가를 위해서는 일별로 실시할 필요가 있음. 현지에서 획득 가능한 기상자료를 최대한 수집하고, 현지 기상자료가 미흡하면 국내자료를 현지수준으로 하여 상세자료의 결과와 비교평가 및 확인 이후 적용하였음.
  - (관개면적 평가) 일별 관개수요량, 일별 유입량, 일별 저수지 운영 등의 기법을 활용하여 유기적으로 운용하여 실질적인 관개가능 면적을 추정하며, 이를 통하여 댐의 이수운영 효과를 제시함.
  - (발전량 평가) 개발된 일별 저수량 모의 프로그램을 활용하여 실질적 발전량을 추정하여 비교 평가함.

### 3. 기본자료 획득

- 현지조사 결과, 평가대상 지역에서는 신뢰성 있는 측정 자료가 부족한 것을 파악함. 또한 인근지역에서 측정된 자료는 전산자료(엑셀)로 정리가 되어 있지 않고 기상청 담당 국장의 업무수첩에 수기로 기록되어 있는 상태였음.
- 기상청 담당 국장은 사업지구 자료는 빨라야 금년 말이나 되어야 전산자료로서 정리가 될 것이라고 함. 면담 결과, 현재 시점에서 사업대상 지역에서 엑셀의 형태로 정리된 각종 기상자료는 없는 것으로 확인됨.
- 따라서 평가팀은 현지에서 수집이 가능한 자료와는 별도로 공식 및 비공식적인 활동을 통하여 다음과 같은 현지의 자료를 확보하였음.
  1. 전지구적 기상자료(Global Meteorological data) : 미국 NASA의 자료
    - 강수량, 일사에너지, 지구복사에너지, 평균/최고/최저 기온, 상대습도, 풍속
  2. 크랑폰리강 유역의 DEM(Digital Elevation Model) 자료
  3. 캄보디아 Battambang주 Sangker강의 일(日) 유출량 자료
    - 유역면적 3,230 km<sup>2</sup> 지점의 일 유출량 자료

## 4. 수문분석 과정

1) 유역의 기상자료 수집 : NASA에서 전 지구적 자료 확보

- 강수량, 일사에너지, 지구복사에너지, 평균/최고/최저 기온, 상대습도, 풍속
- 위도와 경도에 맞추어 한국과 캄보디아의 기상자료 추출
- Penman-Monteith 방법<sup>4)</sup>(Allen 등, 2005; 1977)에 의하여 일증발산을 산정 하여 수문자료 확보

2) 검증과정 : NASA 자료가 수문분석 활용에의 적합여부 확인

- 한국자료를 추출하여 적용하여 적용가능성 검토함
- 캄보디아에서 수집한 실측 강수량 자료 등과 비교하여 적절성 검증

3) 유역의 유출분석

- NASA 기상자료가 수문분석에 적합하면, 유역의 유출분석에 활용함

4) 공급 가능한 농업용수 산정

- 유출분석이 되면 관개용수 수요량 산정, 저수지운영 시나리오별 해석 가능

5) 공급 가능한 농경지 면적 산정

- 공급 가능한 농경지 면적을 추정하여 사업 전후 즉 사업 유무의 비교 실시
- 이를 통하여 K-water의 사업설계가 논리적으로 맞는지 검증이 가능함.

---

4) ICID (International Committee of Irrigation and Drainage, 국제관개배수위원회), FAO (Food and Agriculture Organization, 유엔식량농업기구), ASCE (Americal Society of Civil Engineers, 미국토목학회)에서 권장하는 증발산량 추정 방법임.

## 5. 사후평가를 위한 효과분석

- 평가팀은 상기의 분석을 통하여 사후평가를 위한 정량적 효과를 산정함.
  - (댐 관개용수 공급효과) 안롱치레이 댐과 프람베이몸 댐 연계운영, 크돌댐 단독운영 프로그램을 개발하여 관개용수 공급효과 분석에 활용함.
  - (조절지 관개용수공급 효과) 타베이, 크레포트룸, 유타사스 조절지로부터 관개용수 공급능력을 평가하는 프로그램을 개발하여 관개용수 공급효과 분석에 활용함.
  - (발전량 평가) 안롱치레이 댐의 발전량을 계산하여 평가
  - (유입량 계산) 일별 유출을 모의할 수 있는 기반을 개발하여 저수지 유입량, 지류 유입량, 조절지 유입량 등을 모의하여 각종 물수지 분석 활용
  - (관개용수량) 일별 관개용수량 추정 모델을 구축하여 저수지 용수공급량의 자료로 사용하고 저수지의 용수공급능력 평가
  - (시나리오별 저수지 운영) 수문조작 시나리오에 따른 저수지 운영 효과분석으로 이수 목적의 효율적 저수지 운영 방법 제시

## 6. 항목별 평가방법

- 수문기상자료의 검증
  - (총괄) 댐 및 조절지의 용수공급능력은 유입량과 관개용수 공급량에 따른 저수량의 변화가 일정기준(이수안전도, 한국은 10년 빈도 한발년 기준)에 도달할 때의 공급가능량을 탐색하는 것으로 물수지 분석에 의하여 산정함.
  - 물수지 분석을 위한 시간 간격은 설계에서는 월별로 실시해도 결정되는 시설물 규모에 미치는 영향이 적지만, 평가에서는 일별로 실시해야 보다 신뢰도가 높은 결과도출이 가능하여 일별 기준 물수지 분석을 실시하여 판단함.

- (수문자료-기상자료) 유입량 및 관개용수 수요량 추정을 위한 증발산 산정에는 기상자료가 필요하나 현재 사업지역에는 신뢰성 있는 관측 자료가 없음.
- 증발산 산정에 필요한 기상자료는 미국 항공우주국(NASA)에서 제공하는 원격탐사 자료를 활용함.
  - NASA(<http://power.larc.nasa.gov/Agroclimatology>)에서는 전 세계의 기상자료를 Global Meteorological Data 형태로 제공하고 있음.
  - NASA가 제공하는 전 세계 기상자료는 1도 간격의 대기권 일사량, 지표 일사량, 지구복사량, 최고기온, 최저기온, 평균기온, 노점기온, 평균풍속, 평균상대습도, 강수량 등의 일별자료임.
- NASA 자료에 수문기상학적 분석방법을 적용하여 사업지구의 기상자료를 추출하여 유역의 유입량 및 관개용수 수요량을 추정 하고자 함.
  - NASA가 제공하는 자료가 실무에 활용이 가능한지의 여부를 파악하기 위하여, 먼저 한국의 자료를 추출하고 이를 지상 관측 자료가 충분히 확보된 한국의 실측자료와 비교하여 실용성을 검증한 이후 사용하고자 함.
- (수문자료-강수량) 사업지역의 강수량 자료는 매우 빈약한 실정이며, NASA 지상 자료의 활용성 평가를 위하여 한국과 캄보디아의 자료를 추출하여 비교 및 평가하는 것으로 하였음.
- (수문자료-증발산) 증발산 산정방법은 FAO(세계식량기구)와 ICID(국제관개배수위원회)에서 세계적 기준인 Penman-Monteith 방식의 적용을 권고하고 있음.
  - (NASA자료의 활용성 검증) Penman-Monteith 방법에 의해 한국의 지상관측 자료를 이용하여 산정한 값과 NASA에서 제공한 기상자료를 이용하여 산정한 값과 비교하여 NASA자료의 활용성을 검증함.
- ※ 캄보디아에서는 신뢰성 있는 기상자료를 수집하지 못하였기 때문에 한국의 지상관측 자료를 이용하였음.
- (수문자료-유출량) 사업지구에는 유출량 자료가 없어, 평가팀은 캄보디아

Battambang 주 Sangker 강의 유역면적 3,230 km<sup>2</sup> 지점의 일 유출량 자료를 수집하여 활용하였음.

- 평가팀은 ONE 모형<sup>5)</sup>(Noh 등, 2017; 노재경 등, 2017)에 의한 모의 결과의 객관적 신뢰도를 얻기 위해 한국의 댐 유입량 자료 전체를 분석하여 일반화한 연 유출량 공식을 기반으로 하는 검증방법을 사용하였음.

항 목	방 법	지 역
기상자료	NASA자료와 지상자료 비교	대한민국
강수량	NASA자료와 지상자료 비교	대한민국 캄보디아
증발산량	Penman-Monteith 자료 비교	대한민국
유출량	ONE 모의자료 비교 및 평가	대한민국 캄보디아

<그림 III-1> 수문기상 자료 검증 방법

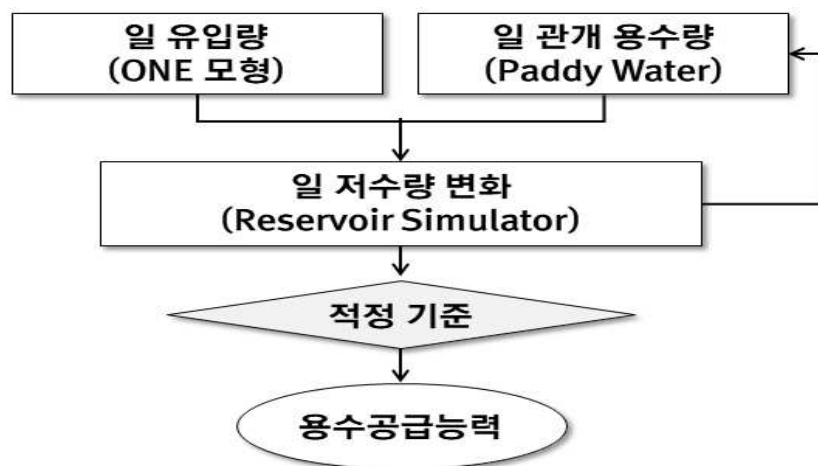
#### □ 댐 용수 공급의 분석

- (일 유입량) 댐 및 조절지의 일 유입량은 ONE 모형에 의해 모의한 값을 사용하고, 입력 자료는 검증된 강수량, 증발산량 자료를 사용함. 한국의 대청댐과 캄보디아의 Sanker 강 지점에서 검증하는 것으로 하였음.
  - (일 관개용수 수요량) 국내에서 개발한 이양재배, 건답직파재배 면적에 적용하여 일 관개용수 수요량을 산정하는 모델을 사업지구에 적합한 작물계수를 적용하여 산정하는 것으로 하였음.
  - (일 저수량 변화) 국내에서 개발한 일 저수량 모의 시스템을 사업지구의 댐과 조절지의 운영 조건에 적합하게 수정하여 적용하는 것으로 하였음.
- 홍수 시 수문방류 제한수위 설정에 따라 모의하도록 하였고, Anlong Chery

5) ONE (One parametric New Exponential hydrological) 모형은 우리 고유의 일 유출 모형으로 실용성이 입증된 모형.

댐의 경우는 Prambei Mom 댐으로 도수 방류량 조건을 설정하도록 하였음.

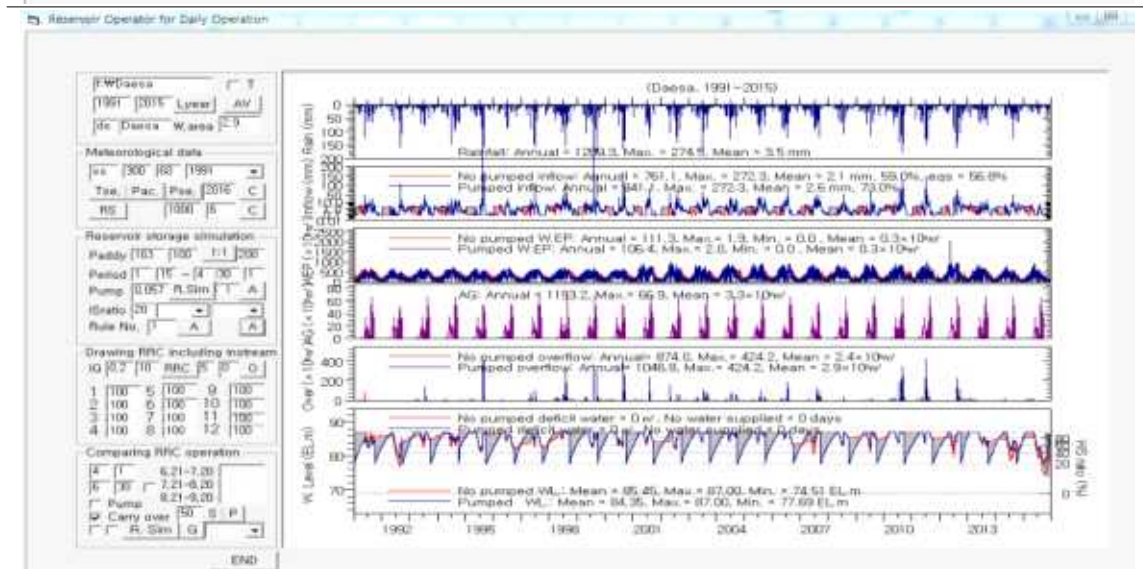
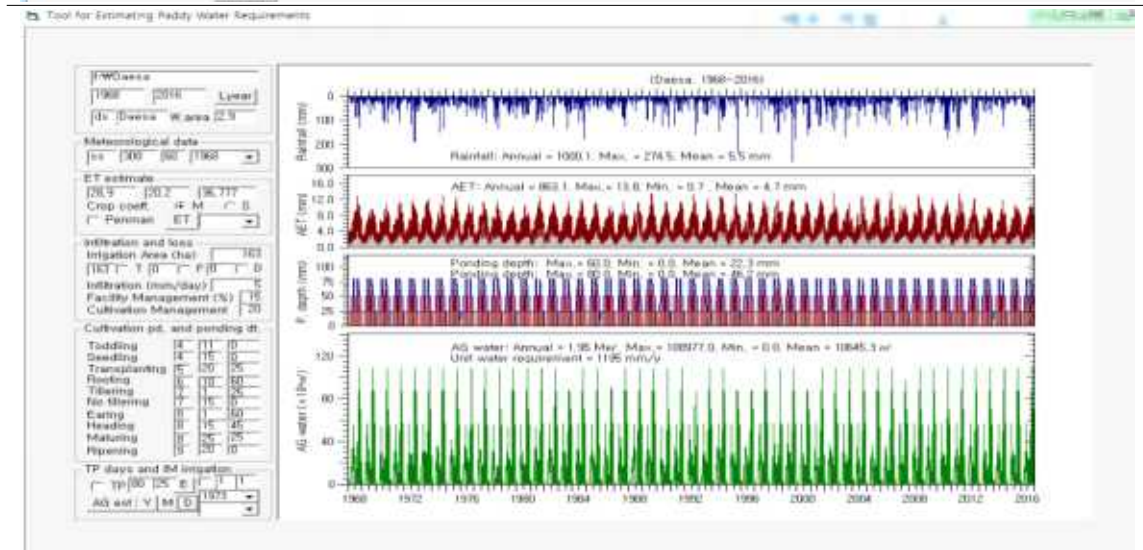
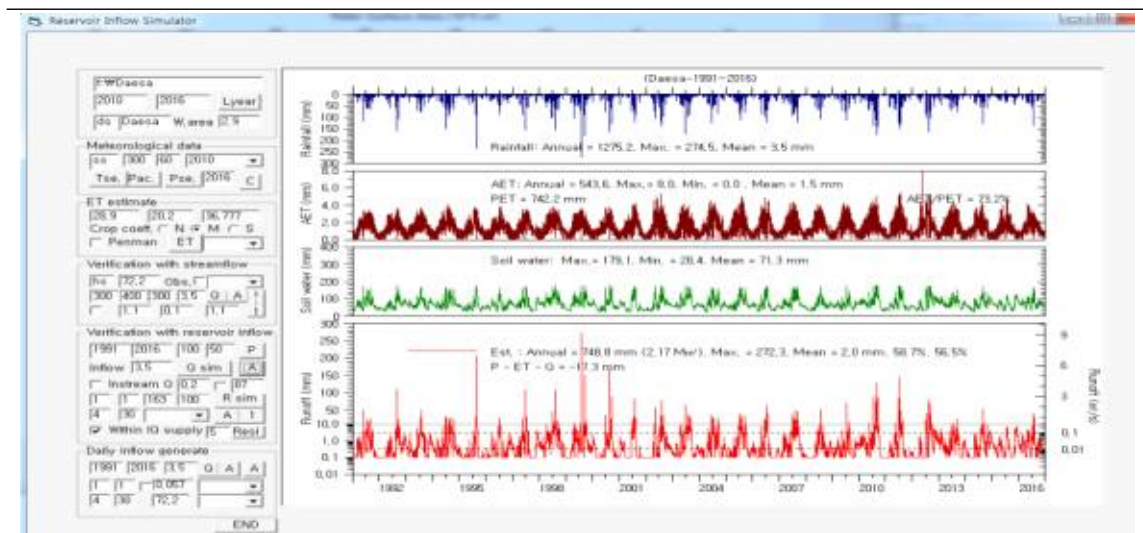
- (댐 연계 운영) Prambei Mom 댐의 경우 Anlong Chery 댐의 도수 방류량에 따라 유입량이 크게 좌우되기 때문에 Anlong Chery 댐의 도수 방류량 시나리오에 따라 Prambei Mom 댐의 저수량 변화를 모의할 수 있도록 하였음.
- (조절지 운영) Tavay 조절지의 운영은 상류에 위치한 Anlong Chery 댐, Prambei Mom 댐, Kdol 댐 등 3개 등의 방류량과 지류유입량, 유역 내에 위치한 논 회귀수량을 유입량으로 하였음.
- Krapeu Truom 조절지와 Yutasas 조절지의 운영은 상류 조절지의 방류량과 지류유입량, 유역 내의 논 회귀수량을 유입량으로 하여 저수지와 동일한 방법으로 저수량 변화를 모의하였음.
- (상류 댐 방류 고려한 유입량) 상류에 위치한 댐의 방류량을 고려한 하류 조절지의 유입량 모의는 국내에서 개발한 ‘저수지 연계 하천 유량 모의 시스템’을 사업지구에 적합하게 수정하여 적용하는 것으로 하였음.
- (운영 시나리오 설정) 댐과 조절지의 수문방류 제한수위 설정과 도수방류량 설정에 따라 각각 3개 시나리오에 따라 용수공급능력을 평가하였음. 실제 상황과 적합 정도는 홍수량과 저수량의 상태에 따라 영향을 받는 것임.



<그림 III-2> 댐 용수공급능력 분석 흐름도

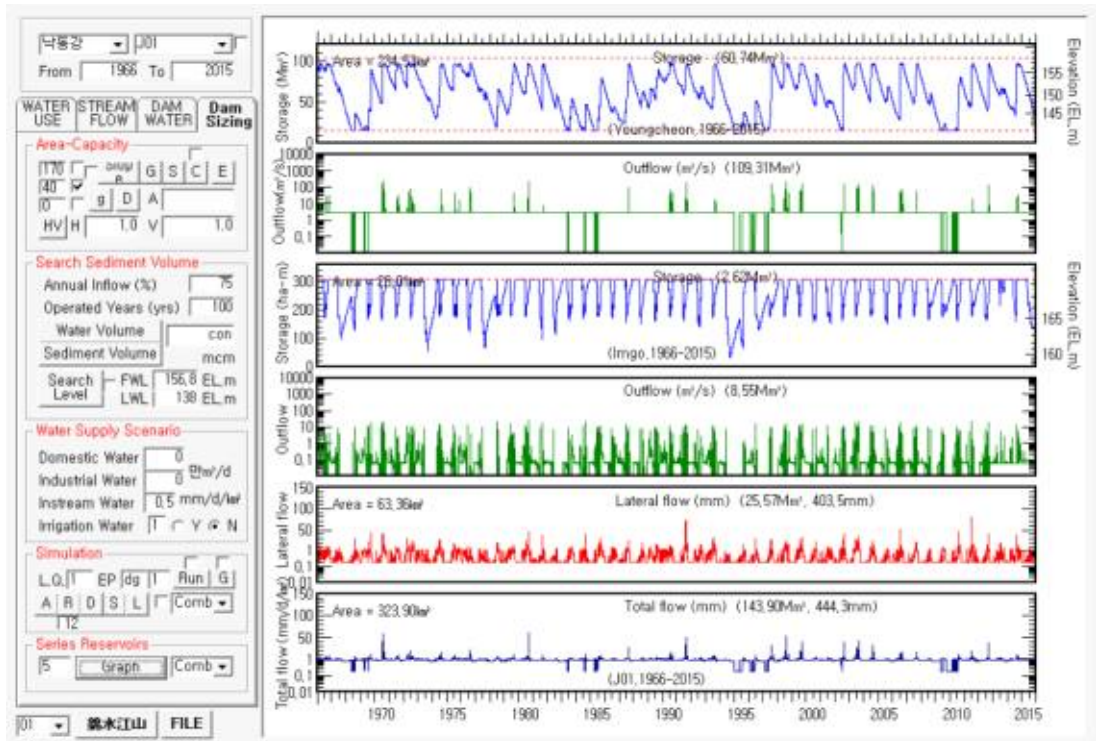
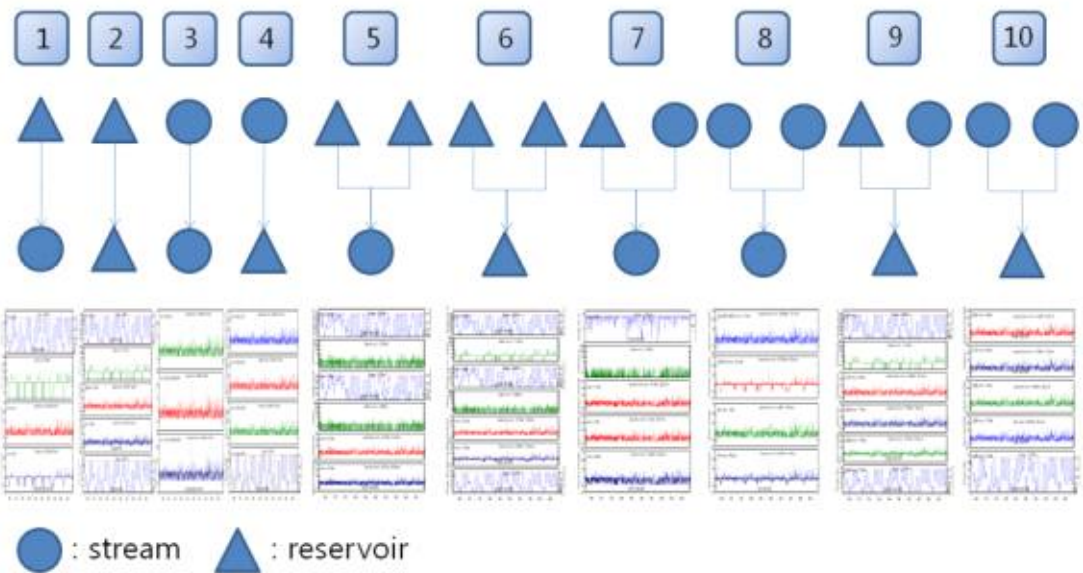
- (용수공급능력 평가 기준) 캄보디아 정부 의견에 따라 이수안전도 80%, 5년 빈도 한발 기준, 즉 20개년(1997~2016년) 중 4개년 용수공급부족 발생 기준을 선택

## 7. 수문분석 결과 : 세부분석 내용은 부록에 수록함



<그림 III-3> 일 유입량, 관개용수 공급량, 저수량 Simulator 모의 예





<그림 III-4> 저수지 연계 하천 유량 모의 시스템

## IV. 평가기준별 평가

### 1. 평가항목 및 결과

- 본 사업의 평가결과 종합등급은 3.74점(총점 18.7점)으로 ‘매우 성공적<sup>6)</sup>’인 사업으로 평가함.
- OECD/DAC의 5대 평가기준인 적절성, 효율성, 효과성, 영향력, 지속가능성에 따라 사업의 특성을 반영한 매트릭스를 개발하여 평가하였음.

<표 IV-1> 평가 기준, 항목 및 방법 구성

기준	항목	방법
적절성 (3.7점)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 정책 및 전략</li> <li>- 사업계획</li> <li>- 개발파트너와의 협력</li> <li>- 수리시설물 구성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 문헌조사</li> <li>- 관계자 면담</li> <li>- 사업 관련 보고서 검토</li> </ul>
효율성 (3.5점)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 사업실시기간</li> <li>- 사업예산집행</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 관계자 면담</li> <li>- 보고서 분석</li> </ul>
효과성 (3.8점)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 계량적 성과 달성</li> <li>- 단기성과 달성</li> <li>- 중장기 성과 달성</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 문헌조사</li> <li>- 수문분석</li> <li>- 도면 및 현장조사</li> </ul>
영향력 (4.0점)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 사회·문화적 영향력</li> <li>- 환경적 영향력</li> <li>- 기타 영향력</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 문헌조사/보고서 분석</li> <li>- 현장조사</li> <li>- 설문조사</li> </ul>
지속가능성 (3.7점)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 조직 및 인력</li> <li>- 행정 및 재정</li> <li>- 수리시설 유지관리</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 관계자 면담</li> <li>- 현장조사</li> </ul>

6) 종합점수가 3.7점 이상으로 당초 계획했던 성과를 초과해서 달성했거나 달성할 것으로 예상되며, 이 같은 초과 달성된 성과가 미래에도 지속적으로 유지·관리될 수 있을 것으로 판단되는 상태

- 기술부문의 사업 내용을 보다 상세하게 평가하기 위해 평가항목을 수리시설 구성, 수리시설 운영, 수리시설 유지관리 등으로 세분하였고, 각 항목을 적절성, 효과성, 지속가능성 등으로 분류하였음.
- 세부항목으로 수리시설 구성 부분은 댐, 조절지, 간선수로 등으로, 수리시설 운영 부분은 이수, 홍수, 발전 등으로 구분하여 효과성의 계량적 성과 부분에서 평가하는 것으로 하였음.
- 또한, 수리시설 유지관리 부분은 외관, 관리자 활용 등으로 구분하였고, 각각 필요에 따라 중앙 및 지방 관계자 회의, 주민 면담 및 설문, 도면 및 현장 조사, 기술 분석 등을 실시하였음.

항목	세부 항목	방법
수리시설 구성 (적절성)	- 댐 - 조절지 - 간선수로 - 소수력 발전소	- 도면 및 현장조사 - 물관리 효과분석
수리시설 운영 (효과성)	- 이수 - 홍수 - 발전	- 현장조사 - 설문 및 기술분석
수리시설 유지관리 (지속가능성)	- 외관 - 관리자 활용	- 현장조사 - 회의 및 설문조사

<그림 IV-1> 기술부문 평가 항목 및 방법 구성

- 최종 평가등급은 EDCF 사후평가보고서 작성 가이드라인에 따라 평가기준별로 20%의 동일한 가중치를 부여하여 산출된 종합점수를 근거로 산정하였으며, 그 결과는 <표 IV-2>와 같음.

**<표 IV-2> 종합평가표**

기준	평가 항목	세부 평가 항목	평가점수	
적절성	정책 및 전략의 적합성	- 수원국의 개발수요, 정책 및 전략에의 부합정도	4	4.0
		- 공여국 및 EDCF 지원전략과의 부합성	4	
	사업계획의 적절성	- 사업 대상지역 선정의 적절성	4	2.7
		- 사업목표 및 단기·중장기 성과목표 선정의 적절성	2	
		- 사업수행계획의 적절성	2	
	개발파트너와의 조화 및 협력정도	- 이해관계자 역할분담	4	4.0
		- 이해관계자간 의사소통	4	
- 수원국의 주도적 참여 정도		4		
수리시설구성의 적절성	- 수자원시스템 구성의 적절성	4	4.0	
<b>적절성 종합평점</b>			<b>3.7</b>	
효율성	사업실시기간의 효율성	- 계획대비 실제 사업수행 기간	3	3.5
	사업예산집행의 효율성	- 계획대비 실제 소요비용	4	
	<b>효율성 종합평점</b>			<b>3.5</b>
효과성	사업의 계량적 성과달성	- 수리시설물 산출	4	4.0
	단기 성과 달성	- 관개가능면적(용수공급가능량)	4	3.5
		- 소수력 발전가능량	3	
	중장기 성과 달성	- 농가소득 증대	4	4.0
		- 생활환경 개선	4	
<b>효과성 종합평점</b>			<b>3.8</b>	
영향력	사회문화적·환경적 영향력	- 사회·문화적 영향력	4	4.0
		- 환경적 영향력	4	
		- 기타 영향력	4	
	<b>영향력 종합평점</b>			<b>4.0</b>
지속가능성	조직 및 인력의 지속가능성	- 조직 및 인력의 역량	4	3.7
	재정적 지속가능성	- 시설관리 재정의 지속성	3	
	유지관리 지속가능성	- 유지관리 역량 및 주인의식	4	
	<b>지속가능성 종합평점</b>			<b>3.7</b>
<b>종합평점</b>			<b>3.74</b>	

## 2. 적절성(Relevance)

□ 적절성의 평가결과는 3.7점으로 우수한 것으로 평가함.

<표 IV-3> 적절성 평가결과

기준	평가 항목	세부 평가 항목	평가점수	
적절성	정책 및 전략의 적합성	- 수원국의 개발수요, 정책 및 전략에의 부합정도	4	4.0
		- 공여국 및 EDCF 지원전략과의 부합성	4	
	사업계획의 적절성	- 사업지역 선정의 적절성	4	2.7
		- 사업목표 및 단기·중장기 성과목표 선정의 적절성	2	
		- 사업수행계획의 적절성	2	
	개발파트너와의 조화 및 협력정도	- 이해관계자 역할분담	4	4.0
		- 이해관계자간 의사소통	4	
		- 수원국의 주도적 참여 정도	4	
수리구조물의 적절성	- 수자원시스템 구성의 적절성	4	4.0	
<b>적절성 종합평점</b>			<b>3.7</b>	

□ OECD DAC 평가기준에서 적절성은 협력대상국의 개발정책 우선순위, 공여국 정부정책 우선순위 및 개발협력사업의 부합정도를 평가하였음.

- 심사 당시에 제안된 성과물이 협력대상국의 개발정책 및 전략과 일치하는지, 사업계획이 적절한지, 사업설계와 수행에서 협력대상국이 주도적으로 참여하였는지, 수리시설물 구성이 적절한지에 대하여 평가함.

□ 본 사업은 농업수리구조물의 건설로 농업생산성을 향상시키는 것으로 수원국의 정책과 공여국의 지원전략에 부합함.

□ 사업목적에서 홍수방지 효과가 과장되게 설정이 되었고, 2007년 이전의 사업으로서 EDCF 성과평가지표가 제시되지 않았음.

□ 당초 계획에서 사업범위가 크게 축소가 되었으나 국제 원자재 가격이 폭등한 당시의 세계경제 위기 속에서 불가피한 측면이 있음.

## 가. 정책 및 전략의 적합성

(1) 수원국의 개발수요, 정책 및 전략에의 부합 정도

- 캄보디아는 경상가격 기준 1인당 GDP가 2000년의 300달러에서 2005년 474달러, 2010년에는 786달러, 2015년은 1,163달러로 빠른 경제성장을 유지하고 있지만 아직까지 세계에서 가장 빈곤한 국가 중의 하나임.
- 캄보디아의 산업은 2008년 기준으로 농업부문이 전체 GDP의 33%, 산업부문이 23%, 서비스부문이 39%, 그리고 세금수입이 6%를 차지할 정도로 농업의 비중이 높음(Royal Government of Cambodia, 2015: 14).

<표 IV-4> 캄보디아 산업별 GDP 비중 (2015 이후는 추정치)

Sector	1962	1998	2008	2013	2015	2020	2025
Agriculture	49%	44.5%	32.8%	31.6%	29.0%	25%	23%
Industry	19%	16.7%	22.4%	24.1%	26.2%	28%	30%
- Manufacturing	-	12.7%	15.3%	15.5%	16.0%	18%	20%
Service	32%	34.8%	38.8%	38.5%	39.4%	40%	40%
Taxes on products less subsidies	0%	4%	6%	5.8%	5.4%	7%	7%

- 캄보디아 정부는 밀레니엄개발목표(Cambodia Millenium Development Goals)를 제시하고 이를 달성하기 위하여 4각전략(Rectangular Strategy)을 강력하게 추진하고 있음. 4각전략은 2006년부터 2010년까지의 발전계획인 국가전략개발계획(National Strategic Development Plan; NSDP)의 토대를 제공하였음.
- 국가전략개발계획(NSDP)은 부패퇴치 및 개혁을 통하여 경제성장 및 빈곤감축의 달성을 목표로 하여, 크게 ①농업분야 향상, ②사회인프라의 재건 지속, ③민간부문 성장 및 고용 창출, ④역량 함양 및 인적자원 개발의 4개 핵심전략(4각전략)을 추진하는 것임.



(출처: 국제개발협력위원회, 캄보디아 국가협력전략 2012-2015)

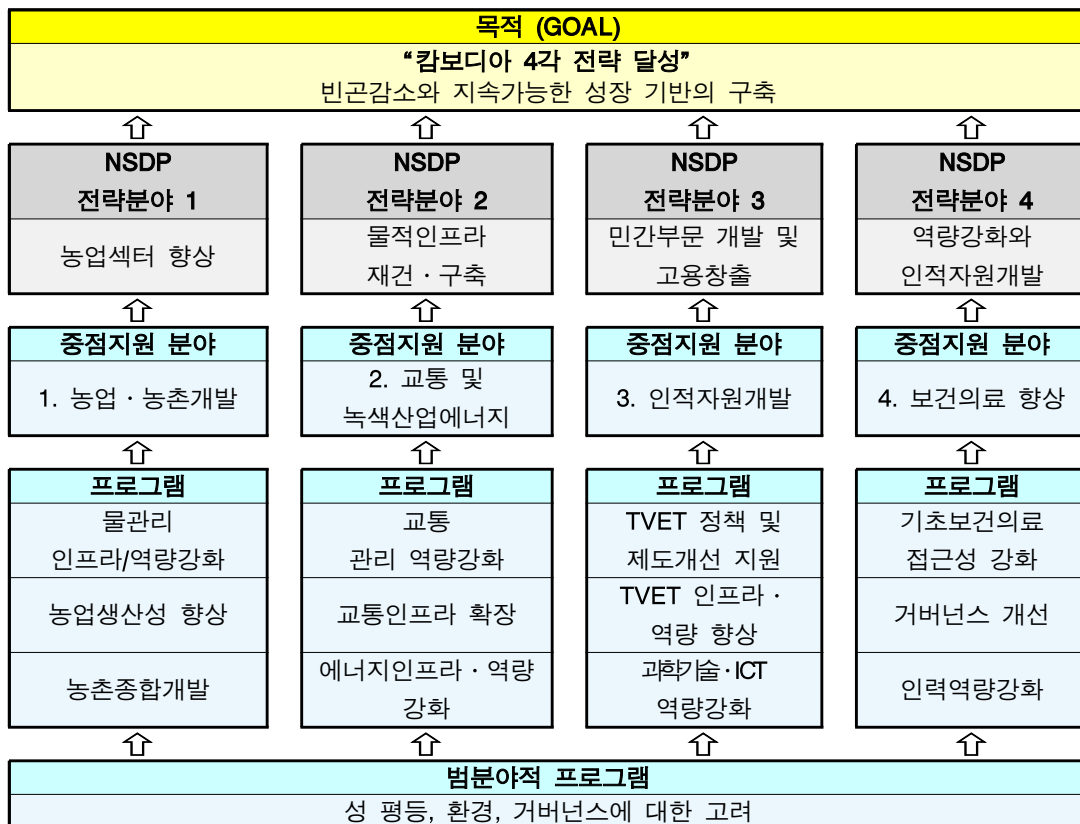
#### <그림 IV-2> 캄보디아 국가전략개발계획의 4각전략II

- 2002년부터 2007년까지 벼 관개면적의 비중을 전체 재배면적의 20~24%까지 확대하는 등 안정된 농업용수 공급을 목표로 하는 수자원정책은 사각전략에서 중요한 영역을 차지하고 있음.
- MOWRAM(2004)의 수자원개발전략계획(Strategic Plan on Water Resources Management and Development)은 수자원 및 관개 개발, 홍수 및 가뭄관리, 수자원 유지관리, 인적자원 확충, 정보체계 구축 등을 국가전략으로 설정함.
- 본 평가대상 사업이 추진되던 당시 캄보디아의 국가계획인 제2차 사회경제개발계획(2001-2005)에서는 빈곤경감과 정치안정을 최우선 국정과제로 채택하여 농업과 수자원의 인프라 개발을 주요 우선순위로 설정하였음.
- 따라서 본 사업은 크랑폰리강 유역 수리시설물의 보수·보강에 의한 용수공급으로 농업생산성 증대, 홍수 경감, 수력발전 등을 달성하여 지역주민의 삶의 질을 개선하려는 캄보디아 국가전략 및 정책에 부합하는

사업임.

(2) 공여국 및 EDCF 지원전략과의 부합성

- 한국정부의 캄보디아 국가협력전략(2012)에 의하면, 한국은 캄보디아 사각전략 및 NSDP의 추진에 적극 호응하여 캄보디아의 지속가능한 발전과 빈곤감소 등에 기여하여 양국 간에 우호와 교류협력을 증진시키고자 함 (국제개발협력위원회, 2012).



<그림 IV-3> 對 캄보디아 협력전략 기본방향

- 따라서 한국정부의 캄보디아 지원전략은 농업개발, 인프라 구축, 고용창출, 역량강화라는 4각전략에 따라 ODA 사업을 발굴하였음.
- 한국정부는 캄보디아 국가전략개발계획을 지원하고자 물관리 인프라의 건설을 추진하여 농업농촌을 개발하고 농업섹터를 향상시키는 전략을 최우선 과제 중의 하나로 선정하였음.
- 농업 생산성 증진을 위하여 다각적인 대안을 마련하는 내용은 캄보디아



국가전략개발계획(NSDP)의 농업부분 발전전략과 일치함.

- 따라서 본 평가대상 사업은 한국정부의 캄보디아 국가협력전략(2012)에 부합하는 물관리 인프라 및 농업생산성 향상 사업으로서 캄보디아의 빈곤감소와 지속가능성 향상에 기여하였음.
- 본 평가대상 사업은 KOICA가 무상원조로서 타당성조사를 실시하고, EDCF는 유상원조를 인프라 구축사업을 수행하였음. 이는 우리 정부의 유·무상 원조방식이 성공적으로 연계된 우수 성공사례로 평가되고 있음.



<그림 IV-4> 본 사업의 추진현황

- EDCF는 2001년 이후 총 18건 688백만 달러의 캄보디아 지원 사업을 추진하였으며, 이 중에서 물 관련 사업은 7개(257.1백만 달러)에 이르고 있음.
- 물 관련 사업은 EDCD의 캄보디아 지원 사업에서 37%(금액 기준) ~38%(사업수 기준)에 이를 정도로 그 비중이 매우 높음.

<표 IV-5> EDCF 물 관련 사업 내역 (2001-2016)

승인연도	사업명	승인액 (백만불)
2005	크라푼리강 수자원개발사업	26.7
2008	시엠립 하수처리 및 하천정비사업	30.0
2010	몽콜보레이댐 개발사업	18.7
2012	살라타온댐 개발사업	36.6
2013	다운트리댐 개발사업	46.7
2014	시엠립 하천정비사업 2차	13.3
2016	반테민체이 관개개발 및 홍수저감 사업	85.1

출처: <https://www.edcfkorea.go.kr>(한국수출입은행, 2017. 07)

- EDCF는 본 평가대상 사업 (캄보디아 크라푼리강 수자원개발사업)의 성공적인 수행으로, 캄보디아에서 댐 개발과 하천정비 사업을 본격적으로 추진하는 전기를 마련하였음.

## 나. 사업 계획의 적절성

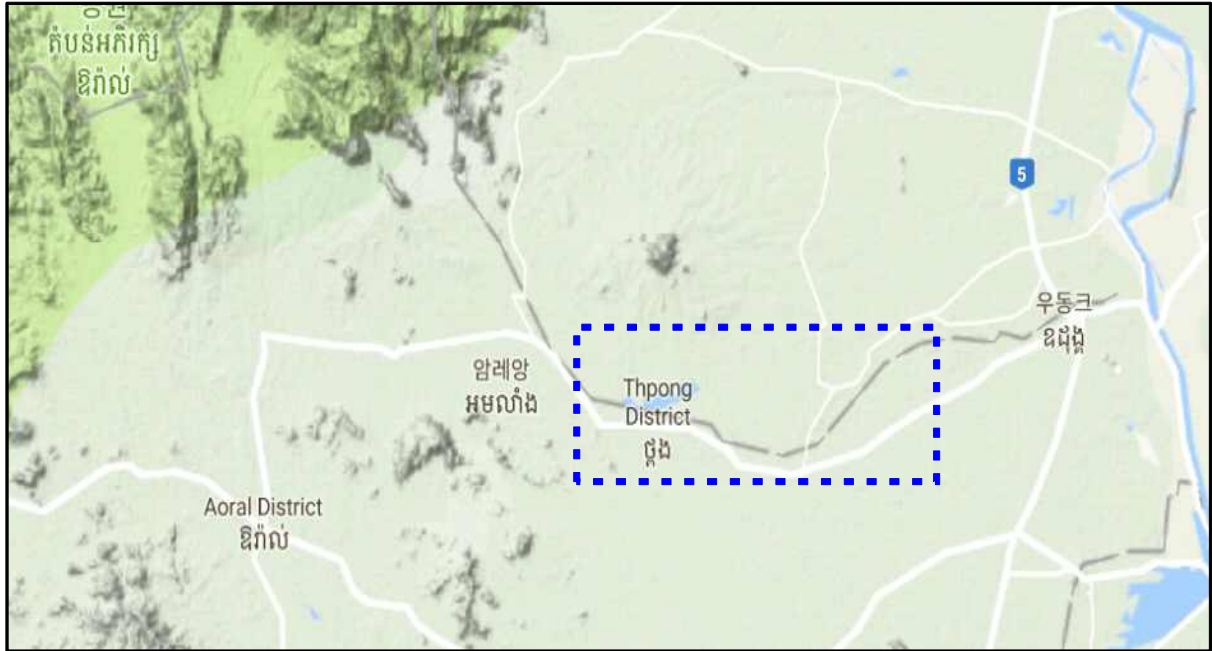
### (1) 사업 대상지역 선정의 적절성

- 캄보디아는 국가 전체가 평평한 평지이며 수자원 함양에 적합한 산악지역은 태국과 인접한 남서부 일부에만 존재하고 있어서, 지형적으로 수량 확보를 위한 수리구조물 설치에는 매우 불리한 여건에 있음.
- 캄보디아 산악지역에서 발원하는 크라푼리강은 메콩강의 제1지류인 톤레삽강의 제1지류에 해당하는 지역이며, 유역면적이 861km<sup>2</sup>, 연강수량이 1,500mm, 평균 유출량이 2,9m<sup>3</sup>/s에 이르고 있음.
- 크라푼리강의 상류는 계곡이 깊은 산악지대로서 풍부한 강수량을 저장할만한 저수지 개발 적지가 있고, 하류는 농경지가 많은 평지지대가 인접하여 농업용수의 수요가 많아서 수자원관리시스템을 구축하기에 적당한 지역임.
- 본 평가대상 사업지역은 크라푼리강의 중류이며 캄보디아 수도 프놈펜에서 북서쪽 약 45km 지점에 위치하고 있음.



<그림 IV-5> 캄보디아 및 크랑폰리강 유역 지형도

- 사업대상 지역은 Khmer Rouge 정권이 집권할 당시(1975-1978)에 국가 농업경제 발전정책의 일환으로 농업용 저수지, 제방, 취수용 보 및 수로 등 다수의 농업수리시설물을 건설하여 관개용수의 안정적인 공급을 시도하였음.
- 건설된 대부분의 농업용 수리시설물은 장기간의 내전과 예산부족에 의한 유지관리 미흡으로 노후화 되었거나 파손되어 정상적인 기능을 상실한 상태로서 지역의 안정적인 농업용수 공급이 이루어지지 못하고 있는 상황이었음.
- 사업시행 당시 대상지역에 위치하는 기존의 수리시설물의 노후화 정도는 타당성 조사에서 대부분 D 또는 E 등급을 받을 정도로 주요 시설물들이 전혀 제 기능을 수행하지 못하고 있었음(<표 IV-6> 참조).
- 따라서 강수량은 많은 지역임에도 불구하고 인근지역 주민들은 상시적인 물 부족을 겪고 있었음.



<그림 IV-6> 사업대상 지역 인근 지형도

<표 IV-6> 사업지역 수리구조물의 사업시행 당시 노후화 정도

저수지	구 분		수문 기동	수문 본체	연결 수로	날개 벽	관리 교	종합 평가 등급	비 고
	구조물명	구조물 형식							
Anlong Chrey	No. 1	Regulator	d	d	c	e	e	D	“
	No. 2	Regulator	d	c	c	e	e	D	“
	No. 3	Regulator	d	d	d	e	e	D	“
	No. 4	Regulator	d	c	-	d	-	D	“
Prambei Mom	No. 1	Regulator	e	e	-	e	-	E	“
	No. 2	Box Culvert	c	c	-	c	-	C	활용 가능
	No. 3	Regulator	d	d	d	d	e	D	철 거
Kdol	No. 1	Regulator	e	d	c	d	e	D	“
	No. 2	Box Culvert	c	c	c	c	e	C	활용 가능
Tavay	No. 1	Regulator	e	e	d	e	-	E	철 거
	No. 2	Box Culvert	c	c	c	c	-	C	활용 가능
Krapeu Truom	No. 1	Spillway	c	c	b	c	e	C	“
Yutasas	No. 1	Regulator	e	e	-	d	e	E	철 거

출처: 캄보디아 크랑폰리강 수자원개발사업 타당성조사보고서, P143

- 주) 1. A등급 : 문제점이 없는 최상의 상태.  
 2. B등급 : 보조부재에 경미한 결함이 발생하였으나, 기능 발휘에는 지장이 없으며 내구성 증진을 위하여 일부의 보수가 필요한 상태.  
 3. C등급 : 주요부재에 경미한 결함 또는 보조부재에 광범위한 결함이 발생하나 전체적인 시설물의 안전에는 지장이 없으며, 주요부재에 내구성 증진을 위한 보수가 필요하거나 보조부재에 간단한 보강이 필요한 상태.  
 4. D등급 : 주요부재에 결함이 발생하여 긴급한 보수·보강이 필요하며 사용제한 여부를 결정하여야 하는 상태.  
 5. E등급 : 주요부재에 발생한 심각한 결함으로 인하여 시설물의 안전에 위험이 있어 즉각 사용을 금지하고 보강 또는 개축을 하여야 하는 상태.

- 평가대상 지역은 평평한 평야지대로서 수자원의 저수효율은 낮으며 저수지의 개발 적지는 아님. 다만, 산악지역이 북서부 일부에만 존재하는 캄보디아의 특성을 감안하면 최선은 아닐지라도 차선의 대안은 되고 있음.
- 만약 정부 차원에서 신규로 대용량 저수지를 건설하려면 좀 더 상류에 있는 산악지역에서 건설 적지를 찾는 것도 수자원의 이용 측면에서 유리함.
- 따라서 사업지역은 지형적 특성으로 인하여 신규로 대규모 저수지를 건설하기에는 부적당 하지만, 기존에 기능이 상실된 수리시설물의 기능복원을 통하여 용수공급시설을 확충하는 것이 매우 적절하다고 판단됨.

(2) 사업목표 및 단기·중장기 성과지표 선정의 적절성

- 본 사업은 EDCF의 성과평가지표가 시작한 2007년 이전에 수행된 사업으로서 사업의 성과평가지표 및 측정기준이 제시되어 있지 않았음.
- 그러나 성과평가지표가 명시적으로 제시되어 있지는 않지만, 타당성조사보고서, 심사보고서, 준공보고서 등 관련 문건의 본문에는 단기 및 중장기 성과지표의 일부가 산발적으로 언급되어 있음.

<표 IV-7> 기존의 사업목적 및 목표

사업 목적 (심사보고서)	프놈펜 북서부 크랑폰리강 유역의 수자원 개발을 통해 사업지역의 농업생산 증대, 홍수피해 경감 및 수력발전 등의 경제개발 도모
사업 목표 (F/S보고서)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 생활용수공급 ⇒ 주민의 삶의 질 개선</li> <li>• 관개용수공급 ⇒ 농업생산성 증대, 주민소득 증대, 국가식량의 안정성 확보</li> <li>• 홍수조절기능 확보 ⇒ 침수 피해로부터 일부 국토 보전</li> <li>• 수력발전 ⇒ 청정에너지 공급으로 일부 주변지역 산업화 촉진</li> </ul>

- 본 사업의 목표는 설정되어 있으나 사업내용을 명확히 반영하지 못하는 측면이 있음.
- 본 사업의 목적은 수자원시설물의 건설·보수를 통해 농업용수를 확보하는 것으로써 ‘용수확보’가 주된 목적이나, 제시된 사업목적인 ‘수자원 개발을 통한 농업생산 증대’는 자칫 관개수로 연결공사를 포함하는 ‘용수공급’사업으로 해석될 여지가 있음.
- 또한, 본 사업에서 신설 또는 보수된 저수지는 저수지 자체의 저류효과를 가지고 있어 과거(사업 이전)에 비하여 일부 홍수조절효과를 확인할 수 있으나, 완공된 3개 댐은 용수전용 댐으로 기본적으로 홍수조절기능은 별도로 갖고 있지 않으므로 사업목적에 ‘홍수피해 경감’을 제시하는 것은 본 사업의 명확한 목적을 파악하는데 어려움을 야기할 수 있음.

- 사후평가팀은 심사보고서와 준공보고서의 사업목적과 범위 등을 참고하여 사업의 성과평가 목과 지표를 사후적으로 도출하여 평가에 활용함.
  - (중장기성과) 사업의 중장기성과는 사업완공 후 3~5년 이후에 달성이 기대되는 목표로서 수자원 개발을 통한 생활환경 개선정도를 파악하기 위하여 ①농가소득 증대, ②생활환경 개선의 2가지 지표를 설정하였음.
  - (단기성과) 사업의 단기성과는 사업 수행의 결과로 얻을 수 있는 물리적 산출물 또는 서비스 등으로, 직접적 효과로서 측정이 가능한 ①관개가능면적(용수공급가능량), ②소수력발전가능량의 2가지 지표를 설정하였음.
  - (산출물) 사업의 산출물은 사업 완공시점에서 달성이 기대되는 목표이자 계량적 성과로서 현장방문을 통해 산출물 달성여부를 평가함.
  - 이러한 성과평가지표에 따라 각 성과지표 및 목표의 달성여부는 효과성 평가의 세부항목으로서 평가함.

<표 IV-8> 사후평가 활용 성과평가지표

구분	성과지표 및 목표	측정자료
중장기성과 (Impact)	• 농가소득 증대: KHR 700,000 → KHR 900,000	설문조사 통계자료
	• 생활환경 개선: 주민만족도 80%	설문조사
단기성과 (Outcome)	• 관개가능면적(용수공급가능량): 총 14,571ha까지 확대	F/S보고서 수문분석
	• 소수력 발전가능량: 인근 1,000가구에 공급가능	발전량분석 현장방문 발전기록
산출물 (Output)	• 3개 댐(안롱치레이, 프롬베이몸, 크돌) 완공	현장방문 PCR
	• 2개 수로 완공	현장방문 PCR
	• 3개 수문조절장치 및 4개 여수로 완공	현장방문 PCR

주) 시설물별 용수공급가능량(용수공급능력) 분석을 통해 관개가능 면적을 산출함



(3) 사업수행계획의 적절성

- 사업수행계획의 적절성을 평가하기 위하여 타당성 검토 결과의 반영 및 사업설계의 적절성을 검토하였음.
  - 본 사업은 캄보디아 정부에서 사업지원요청서가 접수된 이후, 무상원조기관인 KOICA가 6개월간 타당성조사를 실시하였고, 유상원조기관인 EDCF의 차관원조에 의하여 인프라 구축사업이 추진되는 절차로 진행된 사업임.

<표 IV-9> 사업진행현황

- 2003.10. 7 : 한국·캄보디아 정상회담
- 2003.10. 14 : 지원요청서 제출 (캄보디아→대사관, KOICA, EDCF)
- 2004. 6. : 양국 간 실시협약 (2004.6.21. ~ 2004.6.23)
- 2004. 8. 27 : 타당성조사 계약
- 2005. 3. : 타당성조사 완료 (6개월 소요)
- 2005. 6. : 캄보디아 정부, 본건 사업에 대한 EDCF 지원 재요청
- 2005. 10. : 재정경제부, 수출입은행앞 사업심사 의뢰
- 2005. 11. : 수출입은행, 현지심사출장 실시(11. 6 ~ 11. 12)
- 2006. 03 : 차관계약 체결

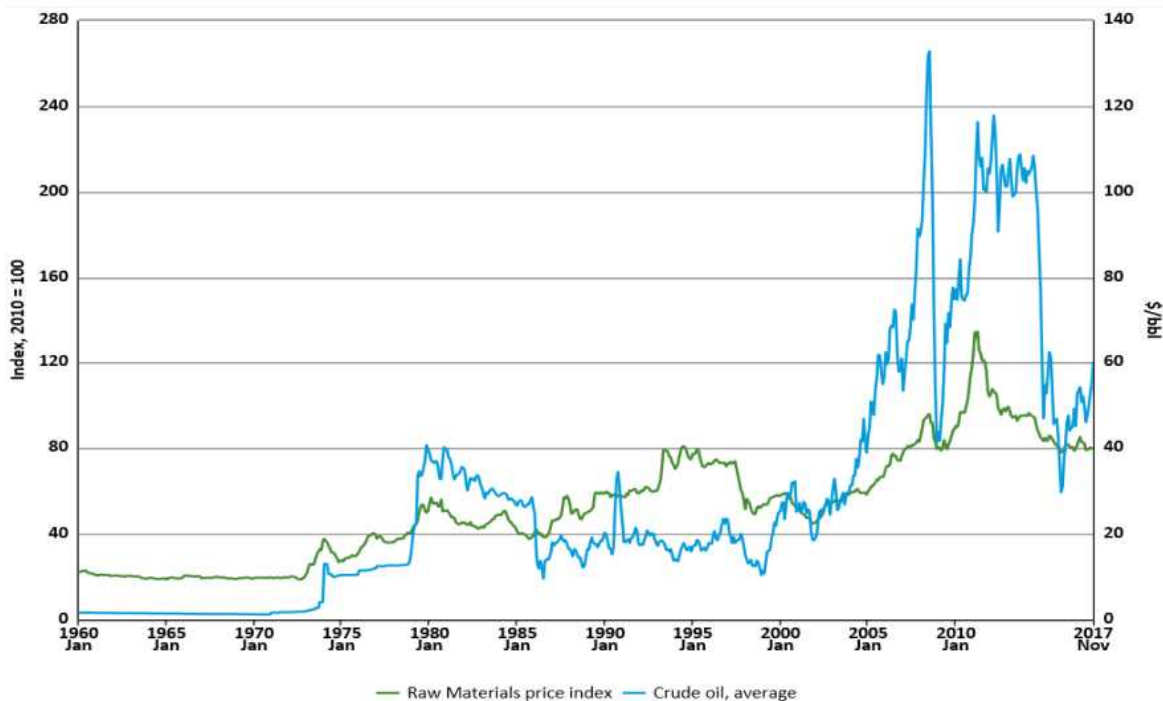
- 본 사업은 당초 계획에서 사업범위가 크게 축소가 되었음.
  - 사업추진 과정에서 국제 원유 및 원자재 가격이 급등하여 최저응찰가가 당초 예상 사업비를 크게 초과하였음.
- 사업실시기관은 사업비 축소를 위하여 상류 2개 댐(퓌리아버 댐, 오탕 댐) 및 부속수로 2개, 그리고 타바이 및 유타스 지역의 소수력발전설비 설치를 사업범위에서 제외하였음.
  - 사업범위 조정 이후에는 중류 3개의 댐(안롱치레이 댐, 프람베이뎀 댐, 크돌

댐), 하루 3개의 수문조절장치(타바이, 크라프트롬, 유타사스), 2개 소수력발전설비, 안롱치레이 댐의 170kW 발전설비, 수로(제3수로, 제4수로) 2개가 최종적으로 사업범위로 확정되었음.

- 최종 사업범위에 포함된 시설물의 주요 공법 및 배치계획 등은 한국수자원공사에서 수행한 타당성조사보고서(2005년)에서 제시된 내용에서 큰 변화 없이 일관되게 적용이 되었음.

□ 그러나 원유와 원자재 가격이 폭등하는 2000년대 후반의 세계경제위기 상황에서 사업축소는 불가피한 것으로 판단함.

- 예가산정 시점을 기준으로 주요 시기별 국제 원유 및 원자재 가격을 비교하면, 응찰시점에는 115%~145%, 최고가격 시점에는 무려 165%~188%으로 폭등하였음<sup>7)</sup>.



<그림 IV-7> 국제 원자재 및 원유 가격지수 변동

7) World Bank raw material & crude oil price index. <https://knoema.com/WBCPD2015Oct/world-bank-commodity-price-data-pink-sheet-monthly-update?tsId=1000950>.

<표 IV-10> 국제 원자재 및 원유 가격 지수

	예가산정 2007.08 (A)	응찰시점 2008.03 (B)	최고가격 시점 (C)	가격상승률 (%)	
				B/A	C/A
원자재	81.34	93.16	134.60 (2011.04)	115	165
원유(평균)	70.13	101.84	131.52 (2008.06)	145	188

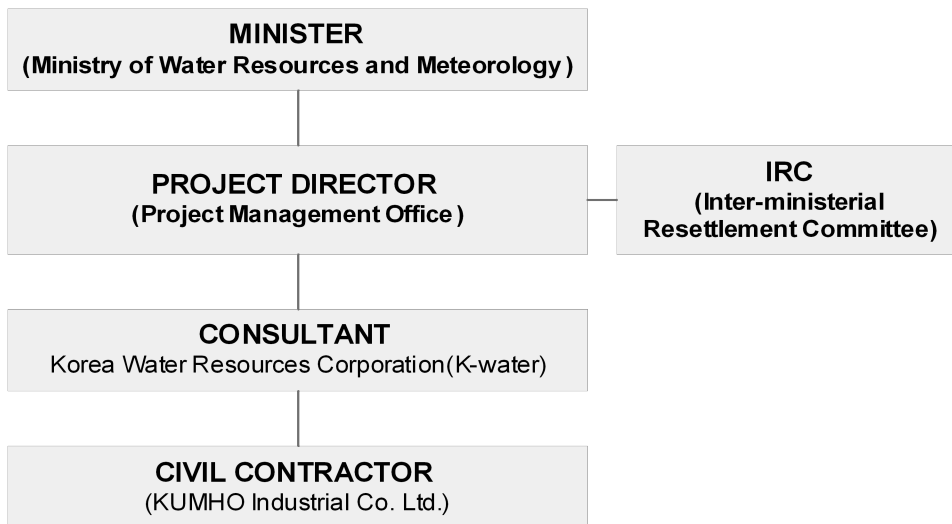
## 다. 개발파트너와의 조화 및 협력정도

### (1) 이해관계자 역할분담

- 한국수출입은행은 한국정부 대신 EDCF를 수탁운용하고 차관을 제공하고, 캄보디아 경제재무부에서 EDCF의 차관을 도입하여 사업실시기관인 수자원기상부(MOWRAM)를 지원하였음.
- 사업의 총괄실시기관은 캄보디아의 수자원기상부가 전담하였으며, 수자원기상부는 수자원, 관개, 홍수, 기상 등 국가 수자원의 개발 및 관리를 전담하는 부서임.
- 사업의 효율적인 진행을 위해서 수자원기상부 산하에 별도의 조직으로 사업관리본부(Project Management Office)를 두었고, ODA 사업에 대한 운영전략 및 사업문제 해결 등 주요 현안은 내부결정기구인 사업조정위원회(Project Steering Committee)에서 전담하여 효율적인 역할분담을 시도하였음.
- 본 사업의 준공보고서인 Project Construction Report((2012, IV-35)에 의하면, 사업관리본부(PMO)에서는 범부처 이주민대책위원회를 설치하여 사업추진에 따라 발생하는 수몰 이주민의 이주대책을 마련하였음.
- 컨설턴트인 한국수자원공사는 현장조사, 실시설계, 시공입찰 지원, 공사감리, 발주처에 기술적, 행정적 지원 및 검토, 유지관리계획 작성 및 담당자 교육 등을 수행하였으며, 토목공사는 한국의 금호건설이 담당하였음.

<표 IV-11> 사업수행기관별 역할 및 사업수행 내역

구분		역할 및 사업수행 내역
한국 측	한국수출입은행 (KEXIM)	- 한국정부 대신 EDCF를 수탁운용하고 차관 제공 - 수원국 요청에 따라 차관 집행 - 차관공여계약에 따라 사업진행 여부를 관리
캄보디아 측	경제재무부 (MEF)	- EDCF 차관을 도입해 사업실시기관 지원
	수자원기상부 (MOWRAM)	- 사업실시기관 - 사업 준비 및 수행조직 구성, 컨설턴트 및 공급자 선정에 대한 관리 및 감독 - 사업관리본부(PMO) 설치 및 사업 책임자 (Project Director)와 사업운영자(Project Manager) 임명 - 사업계획, 일정 및 기자재·용역의 구매, 사업진행 보고, 회계·지출 등을 처리
	사업조정위원회 (PSC)	- 본 사업의 정책방향, 운영전략 및 사업문제 해결 - 사업수행 중 각종 민원에 대한 수렴창구
	컨설턴트 (Kwater)	- 현장조사, 실시설계, 시공입찰 지원 - 공사감리, 발주처에 기술적, 행정적 지원 및 검토 - 유지관리계획 작성 및 담당자 교육
	공급자 (금호건설)	- 토목공사 시행



출처: Project Construction Report(2012, IV-35)

<그림 IV-8> 사업수행조직도

- 본 사업의 수행조직으로서 수자원기상부 산하에 PMO와 PSC를 두고, 이주민 문제는 범부처 위원회에서 처리하는 것은 합리적인 처리방식으로 판단함. 타 ODA 사업에서도 대부분 이와 같은 조직체계를 구축하고 있음.
- 사후평가팀이 실시한 아래의 인터뷰에서 사업기간 동안 캄보디아 MOWRAM과 K-water(컨설턴트) 간의 업무처리는 매우 협조적이었던 것으로 파악됨. 실제로 한국의 K-water는 수많은 해외사업을 추진하면서 현지 수원국 공무원들과 유연한 관계를 구축하는 노하우를 체득한 것으로 판단됨.
  - K-water 국내 인터뷰: 6월 21일, 세종시, 현지사무소 감리 파견자
  - K-water 현지 인터뷰: 7월 2일, 7월 6일, 9월 15일, 프놈펜, 김송일 단장
  - MOWRAM 현지 인터뷰 : 7월 2일, 7월 6일, 9월 15일, 수자원국 삼양국장

## (2) 이해관계자 의사소통

- 수자원기상부는 사업기간 동안에 원활한 업무진행을 위해서 사업조정위원회(PSC)와 범부처 이주대책위원회(IRC)를 구성하였음. 이로서 사업추진과 이주민 문제 등에서 이해관계자들 간에 의사소통이 원활했던 것으로 조사됨.

## (3) 수원국의 주도적 참여 정도

- ODA 사업은 일반적으로 공여국 정부 → 공여국 사업수행기관 → 수원국 정부 → 수원국 지역주민의 순서로 참여자의 범위가 확산됨. 확산과정에서 공여국에서 수원국으로 지식공유가 이루어지고, 정부에서 민간으로 민관협력이 이루어지고, 중앙(의사결정)에서 지방(사업수행)으로 분권화가 이루어짐.
- 인프라 구축 ODA 사업이 성공적으로 안착하기 위해서는 공여국이 주도적으로 진행하되, 직접수혜자인 지역주민들의 적극적인 참여를 이끌어내는 절충형 추진방식이 필요함. 이는 주요한 의사결정 단계에서 지역주민들의 의견이 긍정적으로 반영되는 민주적인 절차의 구축이 필요한 이유임.
- 현지출장에서 파악한 수원국의 주요 이해관계자는 캄보디아 중앙정부인

경제재정부(MEF)와 수자원기상부(MOWRAM), 수자원기상부의 주(province) 기관(PDWRAM)과 군(district) 기관, 지역주민 및 사업수혜자임.

- 사업형성과 사업실시 단계에서 중앙정부인 경제재정부와 수자원기상부는 적극적인 참여자, 수자원기상부의 주(province) 기관(PDWRAM)과 군(district) 기관은 소극적인 참여자, 그리고 지역주민 및 사업수혜자는 수동적인 참여자이었음. 이러한 상황은 이해관계자 인터뷰를 통해 파악할 수 있었음.
- 사업계획 단계에서 수원국은 중앙정부 차원에서 주도적으로 참여하였기에 사업 컨설턴트인 K-water는 사업기간 중에는 주로 MOWRAM의 PM을 대상으로 협의를 진행하였음. 따라서 K-water의 사무실은 지역 PDWRAM이 아니라 중앙정부 MOWRAM의 청사 내에 위치하였음.
- 그러나 사업완공 이후 유지관리 단계에서는 현장에서 지역 PDWRAM과 농민이 자체적으로 관개수로를 확장하는 등 주도적으로 참여를 하고 있음.

## 라. 수리구조물의 적절성

- 수리구조물은 관개용수 공급이 가능하도록 적절하게 구성되어 있으며, 당초 계획대로 시공되어 큰 문제없이 운영되고 있음을 확인함.
  - 본 사업은 저수량 확보를 위한 저수지 축조와 농업용수 관개를 위한 간선수로 연장으로 구성된 수자원시스템을 구축하고 있음.
  - 개별 수리시설물에 대한 제원과 현황분석은 부록 1.에 수록되어 있음.
- 수리구조물은 사업효과의 제고를 위하여 적절하게 배치되어 있음.
  - 수리구조물 확보에는 막대한 비용이 소요되므로 처음부터 모든 구조물이 완비된 시스템을 구축하는 것은 비용 측면에서 효과적이지 않음. 특히, 개도국의 경우에는 투자재원이 부족하기 때문에 제한된 사업비용에 비하여 큰 효과를 창출 할 수 있는 사업이 필요함.

- 한국도 처음에는 소양강댐이나 충주댐과 같은 대규모 시설물은 외국차관으로 건설하여 먼저 가용한 수자원을 확보하였음. 그 이후 저류된 수자원을 활용하는 광역상수도망을 순차적으로 구축하고, 최종적으로 수요자에게 도달하는 지방상수도망을 건설하였음.
- 예산규모가 제한된 개도국에서는 용수확보를 위한 대규모 시설물(저수지와 간선수로)을 우선적으로 건설하고, 그 이후에 농경지에 이르는 지선수로나 관개수로를 연결하는 것이 바람직한 전략으로 판단됨.
- 따라서 기존의 유실된 댐을 보수하고 간선수로를 설치하는 본 사업의 구성은 사업의 효과를 극대화 시키는 최선의 전략으로 평가함.
- 현재 수원국(주정부 PDWRAM)은 자체적으로 간선수로에 연결하는 다수의 지선수로와 관개수로를 건설하고 있으며, 용수가 필요한 현지농민들은 소규모 이동식 펌프를 이용하여 농경지에 관개용수를 공급하고 있음.
- 공여국인 한국의 지원으로 시작된 캄보디아 크랑폰리강의 수자원시스템은 지금도 계속 확장되고 있는 중에 있음.

□ 댐과 조절지의 연계로 농업용수의 용수절약을 도모하고 있음.

- 사업지역은 관개가능 농경지 면적에 비하여 저수지에서 확보가 가능한 용수량은 크게 부족한 것으로 평가가 되었음. 즉 농업용수의 수요에 비하여 공급이 부족한 상황이었음. 본 사업에서는 이러한 수급 불균형을 용수의 재이용율을 제고하여 해결하고자 저수지와 하류 조절지의 배치를 적절하게 구성하였는데, 본 평가팀은 이로부터 나타난 용수절약의 효과가 우수한 것으로 평가함.
- 특히 저수량이 많은 Anlong Chrey 댐으로부터 자체 유역이 작아 유입량이 적은 Prambei mom 댐으로 도수하여 물을 이용하는 시스템 구성은 용수이용의 효율을 크게 향상시킨 것으로 평가함.

□ 수리구조물은 저수량을 최대한 확보하는 방향으로 사업을 시행하였음.

- 현지조사에서 Anlong Chrey 댐의 저수량 규모는 주변 지형의 허용 한계 내에서 최고로 설정한 것으로 판단되었음. 본 사업은 물의 높은 수요를 고려하여 저수지의 저수량을 최대한 확보한 사업으로 평가할 수 있음.

- Kdol 댐의 규모도 주변 지형을 고려할 때 저수량을 최대로 확보하는 방향으로 사업을 시행한 것으로 평가됨. 하류의 Tavay 조절지에서 상류 3개 댐의 방류수와 논외 환원수를 모두 집수시키고, 간선수로를 설치하여 용수 공급과 용수 재이용율을 제고하여 사업의 효과를 극대화 시킨 것으로 평가함.



### 3. 효율성(Efficiency)

□ 효율성의 평가결과는 3.5점으로 우수한 것으로 평가함.

<표 IV-12> 효율성 평가결과

기준	평가 항목	세부 평가 항목	평가점수
효율성	사업실시기간의 효율성	- 계획대비 실제 사업수행 기간	3
	사업예산집행의 효율성	- 계획대비 실제 소요비용	4
	<b>효율성 종합평점</b>		<b>3.5</b>

□ 본 사후평가에서는 효율성의 기준으로 사업실시 기간과 사업예산 집행이 계획 대비 얼마나 효율적으로 실행되었는지를 평가하였음.

□ 사업실시기간의 효율성은 계획대비 사업수행기간을 검토하여 약 9개월가량의 지연이 있었음을 고려하였음. 반면에 사업의 예산집행률이 차관한도의 99.9%로 예산집행은 효율적이었다고 평가함.

#### 가. 사업실시 기간의 효율성

□ 사업실시 기간의 효율성을 평가하기 위하여 계획대비 사업의 실제 수행기간을 검토하였음.

- 본 사업의 사업기간은 당초 컨설턴트 계약체결 이후 48개월이 소요될 것으로 예상하였으나, 실제로는 사업완공까지 총 57개월이 소요되어 약 9개월 정도 사업이 지연된 것으로 조사됨.
- 사업 준공이 지연된 사유로는 환율불안과 원자재 가격 상승 등으로 시공사 선정이 지연되고 사업범위가 조정된 것이 주요 원인으로 파악됨. 시공사가 선정된 이후 공사기간은 예상보다 1개월 지연되었던 것으로 조사됨.
- 따라서 사업실시 기간은 당초 계획한 사업실시 기간을 거의 달성한 것으로 평가함.

**<표 IV-13> 사업실시 기간의 변경 사항**

구 분	계 획	실 제
심사출장	‘05. 10월	‘05. 11. 06 ~ 11.12
지원방침결정	‘05. 12월	‘05. 12. 19
차관계약 체결	‘06. 03월	‘06. 03. 21
차관계약 발효	‘06. 06월	‘06. 06. 22
컨설턴트 계약체결	‘07. 05월	‘07. 05. 25
최초자금집행	‘07. 05월	‘07. 10. 05
구매계약 체결	‘08. 03월	‘08. 10. 03
사업 완 공	‘11. 05월	‘12. 02. 29
최종자금집행	‘11. 11월	‘12. 12. 18
완공보고서 제출	‘12. 02월	‘14. 05. 28
사업 기간 <sup>주)</sup>	<b>48개월</b>	<b>57개월</b>

주) 사업실시기간은 컨설턴트 계약체결 이후 사업완공까지 소요되는 기간

### 나. 사업예산 집행의 효율성

- 사업예산 집행의 효율성을 평가하기 위하여 계획대비 실제 소요비용을 검토하였음.
- 본 사업은 예산집행률이 차관한도의 99.9%를 집행하여 사용하여 예산 범위 안에서 집행되었으며 수원국에서는 보상비, 사업관리비, 제세공과금 등을 집행하여 전체적인 사업예산이 효율적으로 집행된 것으로 조사됨.
  - 설계변경으로 인한 사업비 변동은 사업기간 중에 총 3차례 신청되어 모두 승인되었음. 컨설팅 분야에서는 교육 및 훈련의 취소에 따른 사업비 변경, 시공분야에서는 시공과정에서 발생하지 못한 물량조정에 의한 사업비 변경 등으로 사업비가 변경될만한 충분한 사유가 있는 것으로 조사됨.
  - 본 사업에서는 기술적 결함 등으로 인한 추가 소요비용은 없는 것으로 파악되며 세부 설계변경내역은 아래의 <표 IV-14>와 같음.

**<표 IV-14> 설계변경 내역**

계약 내역	계약 구분	설계변경 승인일	주요 과업	금액 (백만원)
최초 계약	컨설턴트	'07.05.25	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1단계 : 상세설계 및 입찰서류 준비</li> <li>* 현지조사, 기초 및 상세설계, 입찰서류, 지방서, 물량명세, 사업비추정, 입찰평가, 계약서 등</li> <li>- 2단계 : 시공감리</li> </ul>	2,287.6 (한도 : 2,461.8)
	공급자	'08.10.03	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 댐제방 3개 보수 및 보강</li> <li>- 댐제방간 연결수로 2개 보수 및 보강</li> <li>- 수문조절장치 3개 설치</li> <li>- 소수력발전소 2개 설치(*안롱치레이, 크돌)</li> <li>- 기타 수리구조물 보수 및 신설</li> </ul>	22,986.1 (한도 : 24,080.9)
1차 수정	공급자	'12.03.20	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 부적합한 지반 및 암반 발견에 따른 추가 굴착, 절토, 사토</li> <li>- 구조물 하류 세굴 방지를 위한 콘크리트 보강 및 사석 쌓기</li> <li>- 수문 구조물 누수방지를 위한 지수고무 설치</li> <li>- 댐 인근지역의 농수공급을 위한 취수설비 추가 설치</li> <li>- 발전소 운영 및 관리자 상주를 위한 사무실 및 숙소 축조 등</li> </ul>	26,141.1 (+2,060.2)
2차 수정	컨설턴트	'12.07.30	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 교육·훈련 계획 취소 (공급자가 2012.02.08. 기실시함)</li> </ul>	2,254.3 (△207.5)
	공급자		<ul style="list-style-type: none"> <li>- 발전소 및 수문시설 운영관리를 위한 관리사무소 신축</li> <li>- 안롱치레이 댐 상류의 접근도로 신설</li> <li>- 크라프트롬 수문조절장치 주변 경작지에 관개용수 공급을 위한 홈관 신규 설치</li> <li>- 댐의 안정성 향상을 위한 기초보강</li> <li>- 발전기 및 송전설비 유지관리를 위한 종단기 추가 설치</li> <li>- 수공구조물 난간의 물량 조정</li> <li>- 크돌 댐 하류 제방 및 하상정리를 위한 시공물량 조정</li> </ul>	26,642.1 (+501.0)
3차 수정	공급자	'12.11.01	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 댐 구조물 보강을 위한 추가공사</li> </ul>	26,711.5 (+69.4)

#### 4. 효과성(Effectiveness)

□ 효과성의 평가결과는 3.8점으로 우수한 것으로 평가함.

<표 IV-15> 효과성 평가결과

기준	평가 항목	세부 평가 항목	평가점수	
효과성	사업의 계량적 성과달성	- 산출물 달성 여부	4	4.0
	사업의 단기성과 달성	- 관개가능면적(용수공급가능량)	4	3.5
		- 소수력발전가능량	3	
	사업의 중장기성과 달성	- 농가소득 증대	4	4.0
		- 생활환경 개선	4	
효과성 종합평점			3.8	

□ 효과성은 사업의 계량적 성과, 사업의 단기 및 중장기 성과달성에 근거하여 평가를 수행하였음. 이때 당초 계획의 90% 이상 달성한 경우 4점을 부여하고 70% 이상 90% 미만 달성인 경우에는 3점, 50% 이상 70% 미만 달성인 경우 2점, 당초 계획의 50% 미만 달성의 경우 1점을 부여하였음.

□ 수리시설물은 당초 계획대로 사업범위 조정 후 남은 중류 3개 댐, 하류 3개 수문조절장치, 2개 소수력발전설비 및 수로 2개가 완공됨.

□ 사업의 단기성과로서 기대한 농업용수량 확보가 가능해져 관개가능면적을 확대하고자 했던 목표를 달성하였으며, 소수력발전시설의 설치로 인근지역 약 800가구에 전력공급이 가능하여졌음. 다만, 일부 가동이 되지 않는 소수력시설이 있어 목표한 전력공급가능 가구 수인 1000가구에 미치지 못하고 있음.

○ 소수력 발전설비가 2개소에 200kW 용량이 설치되었으나, Krapeu Truom 조절지 발전설비는 설비용량이 작아서(30kW) 민간사업자가 경제성 부족으로 위탁운영을 원하지 않아 현재 가동하지 않고 있음.

□ 관개용수의 공급으로 쌀 생산량이 증가하여 해당지역 농민소득이 증가하였으며, 생활용수와 전기의 공급으로 농민들의 생활환경이 크게 개선됨.

## 가. 산출물의 계량적 성과달성

- 본 사업은 사업실시기관의 요청으로 사업범위가 크게 축소되었음.
  - 사업범위 축소 내용은 본 장의 ‘2. 적절성(Relevance)’-‘나. 사업 계획의 적절성’-‘(3) 사업수행계획의 적절성’부분에서 상세하게 기술하고 있음.
- 국회에서 승인된 국가예산을 집행하는 EDCF 입장에서 사업비의 증액은 현실적인 한계가 있었기에 적절한 수준에서 사업범위를 축소하였음.
  - 당시에는 국제경제가 불안정하여 국제 원자재 가격이 급등하였음. 이를 해결하려면 1) 사업범위를 유지하고 사업비를 대폭 증가하거나, 2) 사업비에 맞추어 사업범위를 축소하는 2가지 대안이 제시될 수 있었음.
- 사업범위에서 제외된 수리구조물은 타 유역에 속하는 시설물로서 향후 별도의 사업으로 재추진 하는 것이 가능함.
  - 다만, 이들 구조물이 사업범위에서 제외가 되면 상류지역에서 물을 저류하지 못하여 하류의 사업대상지역에서 용수공급량이 감소하는 효과가 발생함.
- 수리시설물은 사업범위 조정 이후의 계획대로 완공되어 산출물 목표를 모두 달성하였음.
  - 평가는 사업범위 조정 이후를 기준으로 실시하고, 사업범위가 축소되어 사업효과가 감소한 내용은 적절성인 사업계획의 적절성 항목에서 반영하였음.
- 현장조사에서 저수지 3개소는 준공 이후 유지관리 상태가 매우 양호하고, 수로 2개소도 특별한 문제없이 운영되고 있는 것을 확인하였음.
  - 3개 지점의 유량조절용 보(洑)<sup>8)</sup>는 정상적으로 가동되어 운영 중에 있었음.
- 소수력발전시설도 안롱치레이 댐의 170kW, 크라프트롬 수문조절장치의 30kW 발전시설은 계획과 동일하게 완공됨. 다만, 크라프트롬의 소수력 발전시설이 운영주체를 확보하지 못하여 가동되지 않는 것으로 조사됨.

8) 농경지에 물을 대기 위해 작은 강을 막은 소규모의 수리시설물.

<표 IV-16> 계획당시와 실제 사업범위 비교

구 분	계획 (심사 승인)	실 제
댐	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 안롱치레이(Anlong Chrey) 댐 (6.1km)</li> <li>  • 122kW 발전설비 포함</li> <li>- 프람베이몸(Prambei Mom) 댐 (1.0km)</li> <li>- 크돌(Kdol) 댐 (1.8km)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 안롱치레이(Anlong Chrey) 댐(연장 6.2km)</li> <li>  • 170kW 발전설비 포함</li> <li>- 프람베이몸(Prambei Mom) 댐(연장 0.9km)</li> <li>- 크돌(Kdol) 댐(연장 1.7km)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 피리아버(Peam Levear) 댐 (2.8km)</li> <li>  • 31kW 발전설비 포함</li> <li>- 오탕(O Tang) 댐 (3.4km)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 좌측내용 사업범위 제외</li> </ul>
수로	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 안롱치레이~프람베이몸 연결수로 (4.35km)</li> <li>- 타바이 우회용수공급수로 (24.96km)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 제3수로(안롱치레이~프람베이몸) (2.59km)</li> <li>- 제4수로(타바이우회용수공급수로 (1.74km)</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 피리아버~오탕 연결수로 (1.9km)</li> <li>- 오탕~크랑폰리강 연결수로 (8.89km)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 좌측내용 사업범위 제외</li> </ul>
수리 구조물	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 타바이(Tavay) 수문조절장치</li> <li>  • 35kW 발전시설 포함 (제외)</li> <li>- 크라푸트롬(Krapeu Truom) 수문조절장치</li> <li>  • 28kW 발전시설 포함</li> <li>- 유타사스(Yutasas) 수문조절장치</li> <li>  • 37kW 발전시설 포함 (제외)</li> <li>- 여수로 4개</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 타바이(Tavay) 수문조절장치</li> <li>- 크라푸트롬(Krapeu Truom) 수문조절장치</li> <li>  • 30kW 발전시설 포함</li> <li>- 유타사스(Yutasas) 수문조절장치</li> <li>- 여수로 4개</li> </ul>
	발전시설 관련사업 일부제외 및 조정	- 사업범위 일부 조정

□ 수리시설물의 산출물 제원과 세부평가 결과는 <부록>에 정리되어 있음.

- 부록 1. 수리구조물 제원 및 현황
- 부록 3. 관개용수 수요량 및 저수량 산정
- 부록 4. 수리구조물 용수공급능력 평가
- 부록 5. Anlong Chery 댐의 발전량 평가

## 나. 사업의 단기성과 달성

### (1) 안정적인 관개용수 확보 및 관개가능면적 확대

- 타당성조사를 실시하는 당시에는 사업대상지역은 수문 및 제방의 기능상실로 관개용수 확보 및 공급이 곤란한 상황이었음. 따라서 사업계획에서는 본 사업의 수행으로 인근 관개지역에 대한 안정적이고 충분한 관개용수공급(연간 124백만 $m^3$ )이 가능하여 관개면적이 약 14,571ha로 증가될 것으로 전망하였음<sup>9)</sup>.
- (관개가능면적) 총 관개가능면적은 수리시설물별 공급가능면적을 합산함. 따라서 수리시설물별 공급가능면적을 분석하기 위하여 3개 댐과 3개 조절지 각각에 대한 일별 유입량과 관개용수 공급량을 분석하여 이에 따른 저수량 변화 상태를 분석한 후, 그 결과를 그림으로 표출하여 시각적으로 파악하고 평가를 하였음.
- (용수공급가능량) 본 사업의 수행으로 해당지역에 충분한 관개용수공급이 이루어질 수 있었는지를 평가하기 위하여 (관개)용수공급가능량을 분석하였음.
  - 총 용수공급가능량은 이수안전도 80%(20년 중 4개년 용수부족 허용) 기준을 적용하여 일별 저수량 변화를 모의한 결과로 시설물별 용수공급능력을 평가하여 합산하였음.
  - 타당성조사에서는 분석단위를 월단위로 하여 시설물별 용수공급능력을 평가하였으나, 본 사후평가 조사팀은 보다 정밀한 분석을 위하여 일단위로 1997년부터 2016년까지 20년간 유출량 자료를 활용하여 용수공급능력을 평가함.
- 수리시설물별 용수공급능력 분석 결과는 <표 IV-16>과 같으며, 세부분석 내용은 '부록 4. 수리구조물 용수공급능력 평가'에 수록되어

9) 타당성조사 당시 계획된 사업완공물이 완공될 경우, 관개면적이 총 16,982ha 증대될 것으로 전망하였음. 그러나 사업범위 조정으로 건설이 취소된 피리아버(Peam Levear) 댐 및 오탐(O Tang) 댐의 관개면적인 1,073ha, 1,338ha를 각각 제외하여 계획당시 총 관개면적을 14,571ha로 보았음.

있음.

- 시설물별 관개가능면적을 계산하여 합산하면, 총 관개가능면적은 14,950 ha로 분석되었고, 이는 타당성 조사에서 제시한 14,571 ha를 초과함에 따라 계획된 성과를 우수하게 달성한 것으로 평가함.
  - 댐과 조절지별 관개가능면적 산출값이 계획 당시(타당성조사 보고서)와 다소 차이가 있는 이유는, 계획 시에는 분석값이 아닌 수혜면적의 위치를 나타낸 것이고 본 평가에서는 물 관리 현황을 현실적으로 반영하여 상류에서 하류 방향으로 실제로 공급 가능한 관개면적을 분석한 결과를 제시하였기 때문임.
- 이와 더불어 본 사업이 관개용수를 확보하고자 하는 목적을 달성하였는지에 대하여 효과성의 기준으로 평가하고자 관개용수의 공급가능량을 분석한 결과, 용수공급가능량은 104백만 $m^3$ 으로 분석됨.
  - 용수공급가능량이 104백만 $m^3$ 으로 분석되었는데, 타당성조사 당시의 124백만 $m^3$ 과 다소 차이를 보임. 이러한 차이는 아래와 같은 원인에서 비롯된 것으로 판단됨.
    - ①기초 데이터의 차이: 타당성조사와 사후평가 분석에 사용된 기상자료가 다름. 타당성조사에서는 1983년~2003년의 20개년 유출량자료를 활용하였고 본 평가에서는 1997년~2016년의 20개년을 대상으로 하였음).
    - ②분석단위의 차이: 타당성조사에서는 월 단위로 분석하였으나, 사후평가에서는 보다 정확한 분석을 위하여 일 단위로 분석을 수행함
    - ③분석 방법의 차이: 타당성조사에서는 1년 단위용수량에 수혜면적을 곱하여 공급량을 산출하였으나, 본 평가에서는 일 단위로 저수량 변화를 모의한 결과로 산정한 안정적 공급량 값을 산출함.
  - 이때, 관측 자료가 없기 때문에 용수의 공급과 회귀 현상을 1회 발생하는 것으로 가정하여 저수지처럼 분석을 수행하였음.
    - 해당 시설물을 대상으로 조절지에서 수혜지역으로 관개용수를 공급하는 양상을 검토한 결과, 조절지와 수로의 수량이 저수지처럼 고여 있으며 반복적으로 수혜면적으로 용수가 공급되고 수혜지역에서 사용하고 남은 회귀수가 조절지와 수로로 회귀되는 것으로 관찰하였음. 이에 따라 용수의



공급과 회귀현상을 1회 발생하는 것으로 가정하여 저수지처럼 분석하는 것이 타당하다고 판단하여 이와 같은 방법으로 분석을 수행함.

- 한편, 산출된 용수공급가능량인 104백만 $m^3$ 은 유입량 1,458백만 $m^3$ 의 7.2%에 불과하며, 방류량은 1,337백만 $m^3$ 으로 유입량의 91.7%에 해당됨.
  - 이는 본 사업의 저수지가 농업용 저수지로서 상류에서 유하하는 대부분의 물이 저수지에서 일시 머무르다가 그대로 하류로 방류가 되어 하류지역의 농경지에 관개용수로 활용이 되기 때문임.
  - 말단부인 Yutasas 조절지의 방류량은 384백만 $m^3$ 으로 유입량의 26.4%이며, 이는 사업지구에서는 무효방류량이지만 하류지역에서 농업용수로 다시 재이용되는 것으로 판단됨.
- 따라서 본 사업의 ‘안정적인 관개용수 확보 및 관개가능면적 확대’의 성과달성은 현재의 여건에서 최선의 대안으로 판단하여 단기적 성과달성은 우수한 것으로 평가하였음.

<표 IV-17> 시설물별 용수공급능력 분석 결과

구 분	관개면적 (계획) (ha)	관개면적 (가능면적) (ha)	유입량 (백만 $m^3$ )	용수공급 가능량 (백만 $m^3$ )	방류량 (백만 $m^3$ )
계	14,571	14,950	1,457.92	104.42	1,336.74
Anlong Chrey 댐	30	4,500	278.59	32.06	234.42
Prambei Mom 댐	3,046	1,000	22.37	7.13	14.42
Kdol 댐	2,060	650	25.02	4.61	19.35
Tavay Regulator	3,085	3,400	361.12	23.38	336.78
Krapeu Truom Regulator	594	2,700	367.02	19.01	347.55
Yutasas Regulator	5,756	2,700	403.80	18.23	384.22

- 더불어, 주정부 PDWRAM은 자체사업으로 하류의 3개 조절지(Tavay, Krepeau Truom, Yutasas)로부터 간선수로를 개축하여 관개용수로 공급하고 있음.
  - 상류에서 무효 방류된 수자원을 하류에서 관개용수로 재이용하는 것으로 저수량 운영의 효율을 극대화 하는 매우 고무적인 노력으로 평가함.
- 따라서 본 사업은 Krang Ponley강 유역의 수자원 개발 사업이라는 기본취지를 저수량 확보 및 수자원 재이용에 설정한 것으로 수원국의 현지여건에 매우 적절한 전략으로 평가함.

#### (2) 소수력발전을 통한 인근지역 전기 공급

- 본 사업에서 Anlong Chrey 댐에 170 kW 1개소, Krapeu Truom 조절지에 30 kW 1개소의 2개 소수력 발전소가 건설되었음.
  - 그러나 Anlong Chrey 댐에 건설된 소수력발전소는 정상적으로 운영되고 있으나 Krapeu Truom 조절지에서는 사업준공 이후에도 활용되지 못하고 있는 것으로 조사됨.
- 현지 조사결과, 소수력발전소는 민간사업자에게 위탁하여 운영되고 있음. Anlong Chrey 댐의 경우에는 자체 발전량으로 경제성이 확보되어 발전을 전담할 민간 사업자를 쉽게 확보할 수 있었음.
  - Anlong Chrey 댐의 소수력 발전기록은 발전소에 상주하는 담당자가 매일 1시간 단위로 발전량을 수기로 기록하고 그 내용을 민간전기회사에 보고 있으나 발전기록을 자료로서 보관하고 있지는 않음. 민간전기회사에서 보유하고 있는 발전기록은 회사기밀로서 외부에 공개하지 않고 있음.
  - 현장의 시설관리자 인터뷰에서 저수량이 풍부하여 연간 발전량이 일정수준 이상으로 유지가 되고 있다고 함.

- 경제성으로 일부 소수력발전소 운영 제한
  - Krapeu Truom 조절지의 소수력발전소는 수량부족과 영농을 방류제한, 그리고 발전소 유지관리 비용 등으로 편익이 매우 작을 것을 것으로 평가되며, 실제로 발전소 가동이 중지되고 있는 것으로 나타났음.
  - 사업추진의 타당성분석 과정에서 위의 여건을 미리 예상하여 소수력 발전의 편익을 검토할 필요가 있었음.
  
- Krapeu Truom 조절지의 경우에는 소수력 발전량이 작아서(30kW) 민간사업자가 경제성 부족으로 위탁운영을 원하지 않음.
  - 현재는 발전수익이 유지관리비용보다 적지만, 향후 경제성이 확보되면 위탁운영을 검토하고 있음.
  
- Anlong Chrey 댐 주변지역 주민과의 인터뷰에서 밝혀진 바로는, 소수력 발전에 의한 전력공급(약 800가구)으로 사업 이후 주민들의 삶의 질이 매우 향상되었으며 실제로 사업에 의한 효과창출을 확인할 수 있었음.
  
- Anlong Chery댐의 소수력 발전 가능량에 대한 세부분석 내용은 ‘부록 5. Anlong Chery 댐의 발전량 평가’에 수록되어 있음.
  
- 소수력 발전시설 중에서 Anlong Chrey 댐의 170kW는 기대한 발전가능량을 만족시키고 있으나, Krapeu Truom 조절지의 30kW는 계획대로 설치가 되어서 발전은 가능하나 현재 활용되지 있지 않고 있음.

(3) 댐건설(보강)에 따른 홍수방어능력 개선 및 치수효과

- 본 사업은 과거에 댐 제방이 유실되고 배수문도 고장이 나서 기능상실 상태였던 저수지를 보수하여 본래의 기능을 회복하였음. 또한 신규로

수리구조물을 다수 건설하여 사업지역에 현대적인 농업용수 공급체계를 구축하는 등 저수지의 기능향상에도 크게 기여하였음.

- 본 사업에서 신설 또는 보수된 저수지는 충분한 저류용량을 확보하고 있으며, 기능이 향상된 저수지는 홍수 시에는 사실상 저류지로서의 역할을 하고 있음.
- 저수지의 여수로는 100년 빈도의 홍수량을 안전하게 하류로 방류(放流)할 수 있도록 설계되어 있으며 댐 하류에서는 과거(사업 이전)에 비하여 상당한 수준의 홍수조절효과를 확인할 수 있을 것으로 판단됨.
  - 실제로 사업이 준공된 이후에는 댐 하류지역에서는 단 한차례의 홍수범람 피해가 없었던 것으로 현지조사를 통하여 확인됨.
- 본 사업으로 기능이 향상된 농업용저수지는 사업 이전에 비하여 가시적인 홍수조절 효과는 있을 것으로 판단이 되고 있으나, 댐 자체에 홍수조절 기능이 없으므로 홍수조절 효과의 정량적인 산정은 어려움.

## 다. 사업의 중장기 성과 달성

### (1) 현지농민의 소득증대

- 본 사업 전후로 현지주민들의 가구수입은 캄보디아 리엘 기준으로 KHR 707,143 (\$177)에서 KHR 923,214 (\$231)으로 30% 이상 증가하였음.
- 용수공급이 가능한 농경지에서는 농업생산성이 크게(1.5-2배 정도) 향상되고 사업수혜자인 지역주민의 소득 또한 증가하였음.
- 현지농민들은 자신의 가구수입을 정확하게 파악하지 못하여 설문조사에 참가한 농민 47명 중 28명만이 답변을 하였음. 소득 항목에 답변을

하지 않은 무응답 농민들도 전반적인 소득향상은 인정하였음.

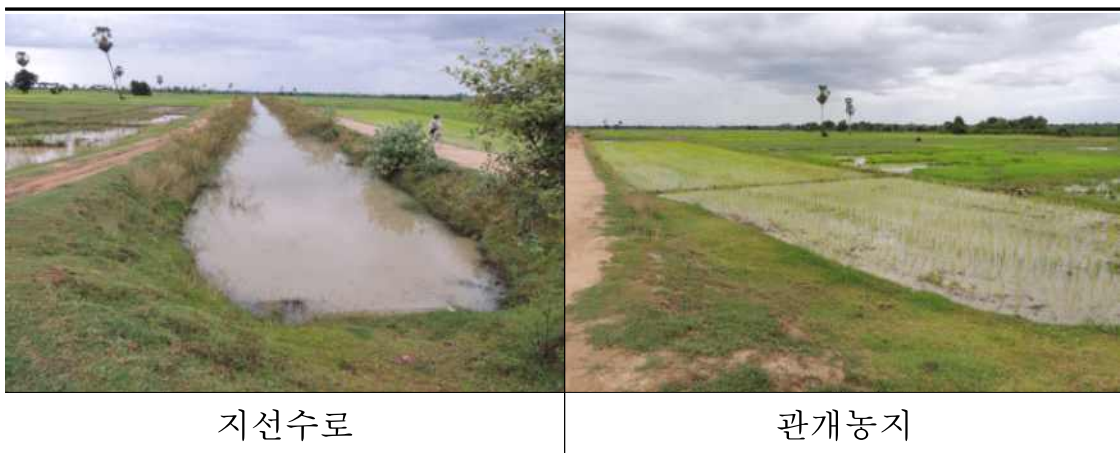
□ 지역주민들은 사업 이후 긍정적인 변화 6개 중 1순위는 농업용수로 소득증가(47%), 2순위는 생활용수로 생활편리(40%), 3순위가 전기공급으로 생활편리(9%)가 압도적 다수(96%)임. 기타 홍수방어, 지가상승, 물고기 어획 등은 4% 수준에 머무르고 있음.

- 1순위 : 농업용수 공급으로 가계 소득이 증가함 ( 22명 )
- 2순위 : 생활용수 공급으로 가정생활이 편리함 ( 19명 )
- 3순위 : 전기가 들어와서 가정생활이 편리해짐 ( 4명 )

□ 현지농민들과의 인터뷰 결과, 관개용수의 공급으로 쌀 생산량이 증대되고, 이로 인하여 농가의 가구소득이 증가하였다고 일관되게 언급하였음.

- <그림Ⅳ-9>와 같이 농민들은 주정부에 지선수로 건설을 적극적으로 요구하고 농업용수를 확보함으로써 농업생산성 향상을 위하여 노력하고 있음.

□ 따라서 사업의 중장기성과달성의 측면에서 본 사업이 농가소득 증대에 기여한 효과를 높이 평가하였음.



지선수로

관개농지

<그림 Ⅳ-9> 지선수로와 관개농지

□ 영향력 파악을 위한 주민설문조사 실시 (2017년 9월 14일, 47명 대상)

- Anlong Chrey 저수지 양안에 위치한 2개 마을에서 각각 25명씩 50명의 가구주를 district office에 초대함. 당일 설문조사에 실제로 참석한 주민은 Tranh Veng 마을의 19명(40.4%)과 및 Orn Loung Chrey 마을의 28명(59.6%)이었음.
- 한국어와 크메르어로 작성한 설문조사지는 부록 6.과 같음.
- 현지통역이 현장에서 현지어로 항목별로 세부설명과 작성안내를 진행하였음.



<그림 IV-10> 주민설문조사 광경

(2) 생활용수 공급으로 생활환경 개선

- 본 사업은 농업용수 공급으로 추진되었으나, 식수가 부족한 현지에서는 지역주민들이 음용, 목욕, 청소 등 생활용수로 직접 활용하고 있었음.
- Prambei Mom댐 인근에는 정수처리 시설은 없이 단순히 저수지물을 취수하여 배수하는 기능만 가진 취수탑이 설치되어 있음. 급수탑으로 인근 300여 가구에 생활용수를 급수 하고 있음.
- 취수탑이 없는 지역에서는 저수지에서 양수기로 물을 펴서 마을로 도수하여 생활용수로 활용하고 있었음. 정수처리 하지 않은 원수(原水)는 끓여서 식수로 활용하고, 처리수는 그대로 마시는 것으로 파악됨.
- 급수탑에서 50m 정도 거리에서는 취수탑에서 취수한 저수지물을 정수 처리하여 생수로 판매하는 생수공장이 설치되어 있음. 매일 일정량의 생수를 생산하여 인근 수용가에 배달하고 있음을 확인함.



<그림 IV-11> 생활용수 급수탑과 병물 생산시설

- 지역주민들은 사업 이후 긍정적인 변화 6개 중 2순위로 ‘생활용수로 생활편리(40%)’를 선정할 만큼 생활환경이 월등히 개선되었음을 피부로



느끼고 있었음.

(3) 전기공급으로 생활환경 개선

- Anlong Chrey 댐의 소수력 발전으로 인근 지역에 전력공급(약 800가구)이 가능하게 되어 지역주민들의 삶의 질이 향상되었음.
- 저녁시간이 길어지면서 소득증대 활동, 학생의 학업시간 증가, TV 시청, 가족간의 친목도모 등의 긍정적인 활동이 가능하게 되었음. 주간에는 냉장고와 선풍기 등 문명의 이기를 사용하게 되어서 매우 만족하고 있음.
- 지역주민들은 사업 이후 긍정적인 변화 6개 중 3순위로 ‘전기공급으로 생활편리(9%)’를 선정함.



<그림 IV-12> Prambei Mom 댐 소수력발전 시설

## 5. 영향력(Impact)

□ 영향력의 평가결과는 4.0점으로 아주 우수한 것으로 평가함.

<표 IV-18> 영향력 평가결과

기준	평가 항목	세부 평가 항목	평가점수
영향력	사회문화적· 환경적 영향력	- 사회·문화적 영향력	4
		- 환경적 영향력	4
		- 기타 영향력	4
	<b>영향력 종합평점</b>		<b>4.0</b>

□ 영향력은 수리시설물의 건설로서 지역의 사회적, 경제적인 여건이 변모하면서 지역주민과 지역사회에 미치는 장기적인 변화를 평가하였음.

□ 사회·문화적인 영향력으로 캄보디아의 최대 축제 중의 하나인 물축제(water festival)의 개최가 가능하여졌음.

- Anlong Chrey 저수지에서 물축제 기간 중에는 지역 보트경기가 개최되는 등 지역에서 가장 큰 문화행사를 개최하는 장소로 활용되고 있음.

□ 본 사업으로 인하여 수질오염, 침식, 소음, 비산먼지 발생 등의 부정적 환경영향은 거의 없는 것으로 조사됨.

□ 주민설문조사 결과, 지역농민의 대부분이 본 사업에 대하여 만족하고 있으며 스스로 지역 활성화를 위하여 노력하는 자활적인 분위기가 감지되고 있음.

- 관개용수 공급으로 농가소득을 향상시키기 위하여 지역의 농민사회가 조직화되고 자립적인 분위기가 형성되고 있음
- 변화된 생활여건에 대하여 81%가 아주 만족, 17%가 약간 만족, 보통은 불과 2%에 불과함. 무려 98%가 본 사업에 대하여 만족하는 것으로 나타남.

## 가. 사회·문화적 영향력

- 본 사업으로 저수지의 저수량이 풍부하여 사업지역에서 캄보디아의 최대 축제 중의 하나인 물축제(water festival)<sup>10)</sup>의 개최가 가능하여졌음.
  - 본 사업 이전에는 저수지가 기능을 상실하면서 물축제의 개최가 불가능하였고 완공 이후 Anlong Chrey 저수지에서 물축제가 재개되었음.
- Anlong Chrey 저수지에서는 물축제 이전에는 프놈펜의 보트경기<sup>11)</sup>를 위한 지역선발전이 열리고, 축제기간 중에는 지역 보트경기가 개최되는 등 지역에서 가장 큰 문화행사를 개최하는 장소로 활용되고 있음.
- 따라서 본 사업으로 조성된 Anlong Chrey 저수지 등 담수 저수지들은 지역주민들에게 축제 및 문화활동의 공간을 제공하고 있음.

---

10) 물 축제는 매년 톤레삽 호수가 역류하여 메콩강 수위가 낮아지는 10월말 또는 11월초 보름달이 뜨는 3일 동안 개최됨. 물 축제는 우기가 끝나고 물줄기가 바뀌는 것을 기념하고 지난 한 해 동안 비를 많이 내려준 신에게 감사하고 내년에도 비가 많이 내려 풍년이 되기를 기원하는 것에서 비롯되었음. 국왕까지 직접 나와 참가할 정도로 캄보디아에서 가장 크고 화려한 축제 중의 하나로 자리 잡고 있음. 또한 축제기간 동안에는 각종 야외공연, 콘서트, 불꽃축제 등이 큰 규모로 진행되고, 이를 방송에서 계속 중계한다고 함. <http://travelinworld.tistory.com/entry/캄보디아-물-축제>.

11) 물축제의 하이라이트는 보트경기로서 프놈펜에서는 매년 전국 각지에서 2만명의 보트경기자와 수십만명의 관광객이 어울려 장관을 이루고 있음. 대략 보트 1팀당 50명이 한 조를 이뤄서 400개 이상의 보트팀들이 경기에 참여한다고 함.



<그림 IV-13> Anlong Chrey 저수지 물축제

- 본 사업을 효과적으로 유지관리하기 위해서는 비용이 필요함. 그러나 현재 캄보디아의 재정 여건상, 정부예산으로 신설 시설물의 유지관리를 위한 유지관리비용을 확보하기는 어려움.
  - 향후 농민조직이 활성화되면 농민조합이나 수리조합을 결성하여 물 값을 징수하여 유지관리 비용에 충당할 수 있음.
- 저수지의 저수량이 풍부하여지면서 저수지 인근은 지역주민들의 휴식공간으로 거듭나고 있음.
  - 주말에는 인근에서 많은 주민들이 방문하여서 저수지 인근은 위락 및 휴식 공간으로서 역할을 하고 있음.
  - 주말에는 이들 위락객을 대상으로 하는 간이매점이 설치되어 운영되고 있음.

#### 나. 환경적 영향력

- 본 사업과 관련된 정부 정책이나 규제문제, 수질오염, 침식, 소음, 비산먼지 발생 등의 부정적 환경영향은 거의 없는 것으로 조사됨.
- 사업시행 중 자재반입 차량들로 인해 발생한 비산먼지는 시공사가 환경관리계획에 따라 적절한 대책을 세워 수행한 것으로 평가함.

## 다. 기타 영향력

- 본 사업의 결과로 지역 농민사회에 자립적인 분위기가 형성되고 있음.
  - 사업형성과 사업실시 단계에서 수동적인 참여자였던 지역주민 및 사업수혜자들이 유지관리 단계에서 적극적인 참여자로 변모하고 있음.
  
- 현지 농업시설물에 대한 주인의식 고양
  - (추가 관개시설물의 시공) 수원국은 시설물 인수 이후 간선수로에 연결하는 지선수로와 추가의 관개수로를 설치하는 등 관개면적을 계속 확대하고 있음. 이러한 현상은 평가팀이 경험한 수많은 ODA 사업에서 미처 보지 못한 자활적인 노력으로 판단됨.
  - 이에 따라 미급수 지역의 농민들은 PDWRAM에 본 사업에서 제공한 간선수로(幹線水路)에 연결하는 지선(支線)의 건설을 직접 요구하거나, 농민들이 스스로 관개수로(灌溉水路)를 만들어 연결하려는 노력을 보이고 있음.
  
- 평가팀은 본 사업에서 지역주민들이 공여국인 한국정부에 요구하기에 앞서 스스로 지선이나 관개수로를 설치하여 농경지에 관개용수를 공급하는 현실에 큰 감명을 받았음.



지역주민들의 요청으로 PDWRAM이 건설한 지선수로



취수하는 주민들의 모습

<그림 IV-14> 수원국의 사업시설물 활용

## 6. 지속가능성(Sustainability)

□ 지속가능성의 평가결과는 3.7점으로 우수한 것으로 평가함.

<표 IV-19> 지속가능성 평가결과

기준	평가 항목	세부 평가 항목	평가점수
지속 가능성	조직 및 인력의 지속가능성	- 조직 및 인력의 역량	4
	재정적 지속가능성	- 시설관리 재원의 지속성	3
	유지관리 지속가능성	- 유지관리 역량 및 주인의식	4
	<b>지속가능성 종합평점</b>		<b>3.7</b>

□ 지속가능성은 수리시설물을 인수인계한 수원국이 시설물의 유지관리에 필요한 기술적 및 제도적 역량을 있는지를 평가하였음.

- 본 사업의 지속가능성은 수원국에서 수리시설물의 유지관리에 필요한 조직, 인력, 재정, 기술 및 주인의식 등의 역량을 보유하고 있는지의 여부를 파악하고자 하였음.

□ 본 사업의 유지관리를 담당하고 있는 PDWRAM은 유지관리에 필요한 조직을 구성하고 인력을 배치하고 있음. 현재 담당인력의 기술수준은 아직 낮지만 PDWRAM에서 시설유지에 대한 사명감을 가지고 대처하고 있음.

□ 본 사업의 유지관리비용은 PDWRAM이 자체예산을 최대한 절약해서 현장인력 4명의 인건비를 자체적으로 마련하고 있음.

□ PDWRAM과 현지 농민들은 지선수로 및 관개수로를 자체적으로 건설하여 간선수로에 연결하여 농업용수를 직접 활용하고 있음.

□ 수원국은 현지 시설물에 대한 주인의식을 발휘하여 시설확장 및 유지관리에 적극적으로 대처하고 있음.



## 가. 조직 및 인력의 지속가능성

- PDWRAM은 본 사업의 현지 시설물을 유지관리하기 위한 담당조직을 구성하고 3개 댐에 대한 전문 관리자를 배치하였음.
- 사업현장에는 District Office를 설치하여 4명의 직원이 배치되어 있음. 다만 4명의 직원들은 모두 현지주민들이 임시직으로 고용되어 저수지 운영 및 수문관측업무 등의 업무를 담당하고 있음을 확인함.
- 댐 운영을 담당하는 직원은 사업이 준공된 이후부터 지속적으로 댐 관리 및 수문개폐업무, 용수공급 등을 전담해 오고 있으며 각종 운영기술을 정확히 인지하고 있는 것을 확인함.
- 그러나 현장인력은 매뉴얼 보다는 자신의 경험에 의존하여 시설물을 운영하고 있었음. 따라서 시설물을 효과적으로 유지관리하기 위해서는 현장직원들에 대한 정기적인 기술자 보수교육이 필요함.
- 현지직원은 임시적인 고용상태로서 개인적으로는 지역에서 자신의 농사일에 종사를 하면서 시설물을 운영하고 있음. 따라서 이들을 정규직으로 채용하여 강수량, 유입량, 유출량, 저수지 수위 등의 모니터링 및 저수지 운영관리에 대한 책임성을 높이는 것이 필요함.



<그림 IV-15> 수리시설물 유지관리 기관



## 나. 재정적 지속가능성

- 캄보디아에서는 2014년까지 국가재정 여건 상 사업준공 후 준공된 시설물의 유지관리를 위한 별도의 예산이 없었음. 그러나 2015년에 재무부에서는 캄보디아 전체의 수자원 시설물 유지관리(O&M) 비용으로 1,000만불을 지원하였으며 2016년에는 1,500만불까지 증액한 것으로 확인됨.
- MOWRAM의 O&M 예산은 재무부 → MOWRAM → PDWRAM → district office로 분배하고 있음. 유지관리는 시설노후로 보수가 시급한 시설물이 우선적 대상으로 최근에 준공된 시설물에는 지원이 거의 없음.
- 최신시설에 해당하는 본 사업은 PDWRAM이 비용을 자체적으로 확보해야 하므로, 자체예산을 최대한 절약해서 현장인력인 임시직 4명의 인건비를 마련하고 있음. 이러한 재정적 취약성이 본 사업의 지속가능성을 약화시키고 있음.
- 이에 본 사업지구에서는 주민 주도의 수리조합을 결성하여 농업용수 이용에 따른 수세를 징수하는 등의 대비가 필요할 것으로 판단됨.

## 다. 유지관리 지속가능성

- 본 사업에서 공여국인 한국은 저수지 및 간선수로 등 대규모 시설만을 건설하여 수원국에 제공하여 농업용수 용량을 확보하여 주었음.
  - 수원국은 스스로의 필요에 의하여 지선수로 및 관개수로를 자체적으로 건설하여 간선수로에 연결하여 농업용수를 직접 활용하고 있었음.
  - 농민들은 현지에 건설된 농업시설물에 대한 주인의식을 발휘하여 유지관리기관인 수정부 수자원국(PDWRAM)에 지선수로의 개설을 적극적으로 요구하고 있으며, 필요할 경우 스스로 관개수로를

개설하여 자신들의 농경지에 농업용수를 직접 공급하고 있었음.

- 평가팀은 PDWRAM이 건설한 크리페드롬 지선수로 및 유타사스 지선수를 발견함. PDWRAM은 지선수를 간선수로에 연결하고, 농민들은 관개수로를 개설하여 지선수로에 연결하려는 노력을 다수 관찰하였음.
- 이러한 과정은 수원국에서 공여국에게 추가적인 지원을 요구하지 않고 필요한 시설을 스스로 자체적으로 구축하는 주인의식의 함양으로서 향후 긍정적인 제도로 정착될 것으로 기대함.



<그림 IV-16> 캄보디아 크리페드롬 지선 수로 (3km×5m)



단면 수로부



상부 수로 시점부

<그림 IV-17> 캄보디아 유타사스 지선 수로 (3km×5m)

## V. 교훈 및 제언

### 1. 교훈사항

#### 가. 성공요인

##### □ 수원국과의 긴밀한 파트너십 구축

- 사업 컨설턴트인 K-water는 오랜 역사의 수자원기관으로서 많은 수자원사업을 수행한 경험을 보유하고 있음. K-water는 이러한 축적된 경험을 바탕으로 현재 다수의 개도국에서 다양한 형태의 수자원사업을 추진하고 있음.
- K-water는 캄보디아에서 2003년의 ‘타목(Tamouk)저수지 복구지원사업’이후 오늘날까지 캄보디아 수자원기상부(MOWRAM)와 돈독한 협력관계를 바탕으로 긴밀하게 구축하여 왔음.
- 수자원기상부(MOWRAM) 또한 수자원사업을 추진하는 K-water의 기술력과 사업추진 역량을 신뢰하고 있음.
- 따라서 K-water는 언제 어디서나 수자원기상부 담당 공무원들과 업무를 논의할 수 있는 관계를 구축하였고, 이러한 관계구축이 수시로 발생하는 현안문제를 해결하는데 큰 역할을 하고 있었음.
- 2003년부터 15년째 끈끈하게 이어지는 K-water와 MOWRAM의 신뢰관계와 파트너십이 본 사업을 성공적으로 이끄는 중요한 동인이 되었다고 판단함.

##### □ 사업효과 제고를 위한 시설물 구성

- 수리시설물 확보에는 막대한 비용이 소요되므로 처음부터 모든 구조물이 완비된 시스템을 구축하는 것은 비용 측면에서 효과적이지 않음. 더구나 투자재원이 부족한 개도국의 경우에는 더욱 그러함.
- 한국도 처음에는 소양강댐이나 충주댐과 같은 대규모 시설물은

외국차관으로 건설하여 먼저 가용한 수자원을 확보하였음.

- 그 이후 저류된 수자원을 활용하는 광역상수도망을 순차적으로 구축하고, 최종적으로 수요자에게 도달하는 지방 상수도망을 건설하였음.
- 예산규모가 제한된 개도국에서는 용수확보를 위한 대규모 시설물(저수지와 간선수로)을 우선적으로 건설하고, 그 이후에 농경지에 이르는 지선수로나 관개수로를 연결하는 것이 바람직한 전략으로 판단됨.
- 따라서 기존의 유실된 댐을 보수하고 간선수로를 설치하는 본 사업의 구성은 사업의 효과를 극대화 시키는 최선의 전략으로 평가함.
- 현재 수원국(주정부 PDWRAM)은 자체적으로 간선수로에 연결하는 다수의 지선수로와 관개수로를 건설하고 있으며, 용수가 필요한 현지농민들은 소규모 이동식 펌프를 이용하여 농경지에 관개용수를 공급하고 있음.
- 공여국인 한국의 지원으로 시작된 캄보디아 크랑폰리강의 수자원시스템은 지금도 계속 확장되고 있는 중임.

#### □ 물 이용에 대한 높은 주민 요구도

- 물 부족 지역이기 때문에 물 이용에 대한 농민의 요구가 매우 높음.
- 캄보디아는 전국의 대부분 평야지대이므로 용수공급만 원활하면 황무지를 개간하여 농경지로 전환하는 현상이 전국 곳곳에서 관찰되었음.
- 지역농민들의 이러한 노력으로 현장에서는 지선수로 및 관개수호가 계속 확장되고 있으며, 이로 인하여 본 사업으로 확보된 농업용수의 활용도가 크게 향상되고 있음
- 따라서 본 사업으로 확보된 수자원으로 인하여 물 이용 여건이 크게 개선되었으며, 물을 적극적으로 이용하고자 하는 농민들의 노력이 사업 성공에 크게 기여한 것으로 평가됨.

## 나. 한계점

### □ 수문기상 자료의 부족으로 효율적 수리시설 운영 부족 초래

- 본 사업지구는 수문기상 자료의 부족으로 수리시설의 운영 평가를 구체적으로 실시하는 것이 지극히 제한적이었음. 이에 따라 수리시설물의 운영이 주먹구구식이 추진될 수 있는 한계가 존재함.
- 수문기상 자료 부족은 댐 운영 방법의 도출 및 개선 방안을 도출하는데 걸림돌로 작동하고 결과적으로 수리시설의 운영이 비효율로 될 가능성이 높음.
- 현재 발생하는 수문기상 자료를 체계적으로 관리하고 이를 충분히 활용하여 효율적 수리시설의 운영을 도모해야 할 것이며, 필요하다면 사후관리 차원에서 지원 방법을 모색 하여야 함.

## 2. 제언사항

### □ 사업목적의 명확화를 통한 사업성과지표의 설정

- 수자원개발 사업은 크게 “수자원 확보사업”과 확보된 수자원을 물 수요자에게 공급하는 “수자원공급 사업” 등 2가지 사업으로 구분될 수 있음.
- 우리나라의 경우에도, 다목적 댐을 건설하여 부족한 수자원을 확보하는 사업이 우선적으로 시행되며, 추후에 댐 주변지역의 물 수요를 반영하여 오랜 기간에 걸쳐서 수자원을 공급하는 광역상수도 사업이 단계별로 계획되어 추진되고 있음.
- 기본적으로 수자원확보와 공급 등 두 가지 사업을 동시에 수행할 수 있는 충분한 예산을 확보하고 있다면 두 가지 사업이 동시에 발주될 수 있지만, 예산의 한계가 있는 경우에는 수자원 확보사업을 우선적으로 수행하고 추후 물수요의 변동 및 증감을 반영하여 수자원 공급사업을 일정기간에 걸쳐서 추진하게 됨.

- 따라서, 향후에도 개도국에서 수자원개발 사업을 추진하는 경우에는 수자원확보 사업과 수자원 공급사업에 대한 정확한 구분이 필요함.
- 본 사업의 목적은 기본적으로 준공된 지 오래되어 많은 기능을 상실한 저수지를 재건하여 부족한 농업용수를 확보하는 것이 가장 중요한 사업의 목적이며, 그러한 이유에서 관개용수의 공급을 위한 지선수로의 건설이 사업에 포함되지 않은 것으로 판단됨.
- 지선수로의 건설에 대해서는 향후 추가검토를 통하여 사업의 필요성 및 경제성에 대한 분석을 통하여 실시여부를 판단할 수 있을 것으로 판단됨.
- 이러한 내용이 실시설계에는 적절히 반영되어 있음. 그러나 '농업생산증대'와 함께 '홍수피해 경감'이 포함된 기존의 사업목표는 본 사업의 목적 및 효과를 명확히 제시하지 못하는 한계가 있음.
- 특히, 본 사업을 통하여 건설된 저수지에는 홍수조절 공간이 없기 때문에 홍수조절 효과는 거의 없지만, 댐 재건 이후에는 저수지 자체의 저류기능이 회복됨에 따라서 하류지역에서는 일정한 규모의 홍수경감 효과는 있었을 것으로 판단함. 또한 여수로가 재건됨에 따라서 홍수로 인한 댐 붕괴 등의 대규모 홍수피해로부터 안정성을 확보한 것으로 판단됨.
- 따라서, 올바른 사업목적의 설정은 사업 성과관리의 출발점이므로 사업내용을 반영하는 실질적 목표를 설정할 필요성이 있음.

#### □ 모니터링 및 평가 강화

- (적절한 사업목표 및 성과지표 설정) 사업의 성과관리를 위해 사업목표 설정 시 사업 활동의 결과와 논리적으로 연계된 사업목표의 설정이 필요함. 또한 사업목표의 달성 정도를 측정할 수 있는 객관적인 수단으로서의 지표의 설정이 중요함.
- (성과관리를 위한 객관적 데이터의 확보 및 관리) 성과관리에 필요한 지표(기초선 & 목표치 등)를 공여국과 수원국 양측이 협의하여 설정하고, 사업관계자들이 공유할 필요가 있음. 또한 양측의 사업 수행기관들은 성과관리에 필요한 지표 및 데이터 관리에 더 관심을 가져야 함.

- (수문기상자료의 확보 및 관리) 사업준공 이후에는 댐방류량, 발전용량, 용수공급량 등과 같은 각종 수문관측자료의 관리와 전산화가 반드시 요구되며 이를 위한 별도의 교육 및 대책이 강구되어야 함.

#### □ 댐 운영 방법 개선

- 물 부족 지역이기 때문에 효율적인 댐 운영을 위한 방법의 도출이 매우 중요함. 현장경험을 바탕으로 댐 운영 결과를 주기별로 평가하고 개선하는 노력이 절실하며, 수문자료 DB 활용을 기반으로 댐 운영 방법을 우선 도출함.
- 건기와 우기의 댐 운영 기준을 어떻게 설정하느냐가 물 관리 효율에 절대적으로 영향을 미칠 것임. 경험을 기반으로 하고 다양한 시나리오에 따라 물 관리 운영 방법을 개선시키는 노력이 자구적으로 우선 실시해야 함. 필요하다면 본 사업의 사후관리 차원에서 지원 방법을 모색할 수도 있음.

#### □ 사후관리 필요성 제기

- 댐제체 및 주요시설(여수로 등)의 관리 상태가 시각적으로 매우 양호한 것으로 확인하였지만 여수로 하류의 방류수로에 대한 하상보호공 및 날개벽 주위의 훼손이 심한 상태로서 이에 대한 보강이 필요할 것으로 판단됨.
- 3개 유량조절지의 하류부에서도 시설물의 훼손이 확인되었음.



<그림 V-1> 댐 여수로 하류의 제방이 훼손된 모습



## □ 수문기상자료의 데이터베이스화(DB)화 검토

- 본 사업에서도 캄보디아 현지의 수문기상자료 부족으로 인하여 사업추진에 많은 어려움이 있었던 것으로 조사되었으며, 이는 대부분의 개도국에서 나타나는 현실임.
- 수문기상자료의 DB화는 정확한 수자원시설의 건설을 위해서 가장 기본이 되는 요건이며, 물 관리 과학화의 생명임. 따라서, 수자원인프라 시설을 건설하는 사업을 추진하기 위해서는 수문기상자료의 정보화에 대한 충분한 검토가 필요함. 이와 같은 정보화가 열악한 경우에는 수문기상자료의 정보화사업을 신속하게 추진할 수 있도록 수원국에 제시할 필요가 있음.
- 경우에 따라서는 정보화 사업을 별도의 사업으로 추진하는 것도 충분히 검토가 가능할 것으로 판단됨.

## □ 캄보디아 정부에 대한 제언

- (지선건설을 통한 농업용수 활용도 증대) 본 사업은 3개의 농업용저수지 보강에 따른 담수용량 확보, 3개 우수조절지 건설 등 풍부한 농업용수를 확보하는 사업으로서 사업의 초기목적을 충분히 달성했다고 판단됨.
- 하지만 담수된 농업용수를 하류 농경지에서 효율적으로 활용하기 위해서는 농경지를 관통하는 지선 건설이 요구되며, 추가 사업을 통하여 하천으로부터 먼 거리에 있는 농경지에까지 용수가 공급될 수 있는 시설물 건설이 요구됨.
- (사업 시설물 유지관리에 대한 인식제고) 지금까지 수원국 정부는 각종 사회기반시설 구축에 있어 외부의 다자간 또는 양자 간 원조에 의지해 왔으며, 시설물 구축이 완료된 후에는 역량 및 예산 부족으로 인해 유지관리가 제대로 이루어지지 않아 당초 설정했던 사업목표를 제대로 달성하지 못하였음.
- 본 평가대상 사업은 시설물의 효율적인 유지관리를 위해 사무소, 장비, 매뉴얼 및 가이드라인까지 구축해 제공한 성공적인 사례로 평가됨. 이를 계기로 수원국 정부의 유지관리에 대한 인식이 제고되기를 기대함.

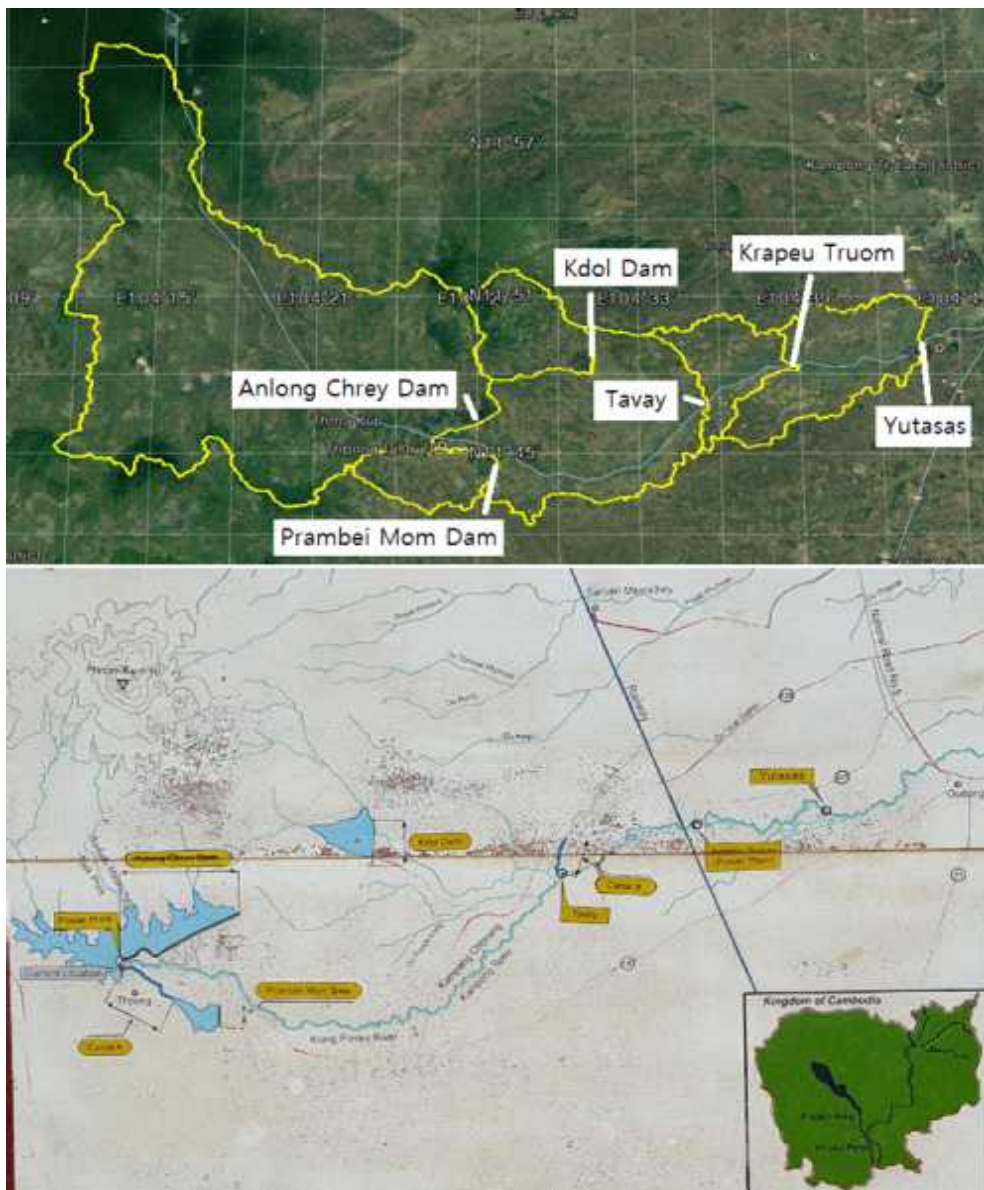
## 참고문헌

- 국제개발협력위원회(2012). 캄보디아 국가협력전략 2012-2015.
- 노재경, 안현욱, 이재남. 2017. 하나의 매개변수로 유출모의 가능한가?. 한국수자원학회 2017 학술논문발표집.
- 한국수출입은행(2005). 캄보디아 크랑폰리강 수자원개발사업 심사보고서.
- 한국수출입은행(2014). 캄보디아 크랑폰리강 수자원개발사업 완공평가보고서.
- Allen, R. G., I. A. Walter, R. Elliott, T. Howell, D. Itenfisu, and M. Jensen. 2005. The ASCE standardized reference evapotranspiration equation. Task Committee on Standardization of Reference Evapotranspiration of the Environmental and Water Resources Institute, ASCE.
- Allen, R. G., L. S. Pereira, D. Raes, and M. Smith. 1977. Crop Evapotranspiration - Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56
- Noh, J., H. An, Y. Shinogi, T. K. Oh, and J. Lee. 2017. Comparing water quantity between Korean and Japanese river. J. Fac. Agr., Kyushu Univ, 62(2), 483-492.
- Royal Government of Cambodia(2015). Cambodia Industrial Development Policy.

## VI. 부록

### 1. 수리구조물 제원 및 현황분석

- 사업지구는 Krang Ponley 강 유역에 위치하며 상류부터 Anlong Chery 댐, Prambei Mom 댐, Kdol 댐, Tavay 조절지, Krapeu Truom 조절지, Yutasas 조절지 등 수리시설이 위치하고 있음.

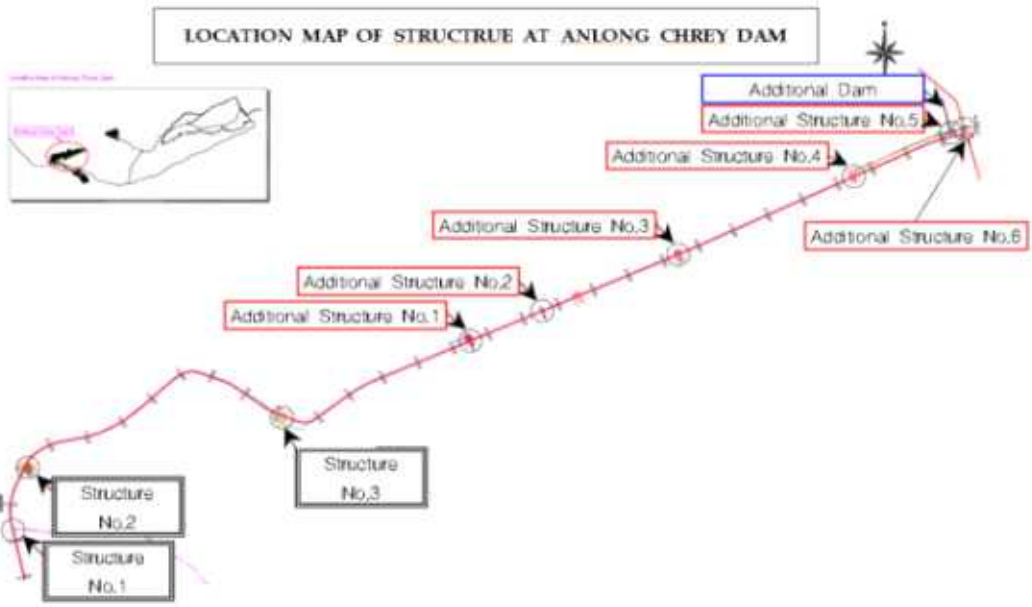


<그림 VI-1> 사업지구 내의 수리시설 위치

- Prambei Mom 댐의 유역면적은 32km<sup>2</sup>로 작기 때문에 유역면적 479km<sup>2</sup>의 상류 Anlong Chery 댐으로부터 간선수로 A를 통해 유입량을 보충하는 것으로 구성하였음.
- 하류 Tavay 조절지는 상류의 Anlong Chery 댐, Prambei Mom 댐, Kdol 댐의 방류수와 논의 회귀수가 집수되는 지점에 위치시켰고, 간선수로 B를 설치하여 주변 논의 관개용수 공급을 원활하게 하였음.
- 하류 Krapeu Truom 조절지와 Yutasas 조절지는 주변 논의 용수공급을 고려하여 위치시켰음.
- 소수력 발전소는 Anlong Chery 댐과 Krapeu Truom 조절지에 설치하였음.

## (1) Anlong Chery 댐

- (제원) 제방 길이 6.2km, 만수위 EL.69.5m, 제정고 EL.70.5m, 제정폭 8.0m, 댐사면 기울기 1:2.5, 유역면적 479km<sup>2</sup>에 이룸.
- (수문) 여수로는 2곳에 조성하였고, 1곳에 수문 폭 10m의 3개, 방류수문 폭 1m의 1개 설치되었고, 제1여수로에는 방류관 직경 800mm 1개가 소수력 발전소로 연결되어 있음. 또한 지방정부 자체에서 취수문 1곳을 설치하여 운영하고 있음.
- (취수문) 관개용수 취수문이 2곳에 설치되어 있고, 지방정부에서 1곳을 추가 설치한 것으로 관찰하였음.
- (제방 사면) 흙으로 구성되어 있고, 내측 사면의 수체부는 콘크리트 틀의 돌채움 공법으로 구성되어 안정되게 관리되고 있었음.
- (내용적) Anlong Chery 댐은 내용적 곡선은 사업계획에서 실시한 측량 결과에 의한 것이며, 만수위는 EL.69.5m, 만수위의 저수면적은 430만m<sup>2</sup>, 총저수량은 1095만m<sup>3</sup>에 이룸.



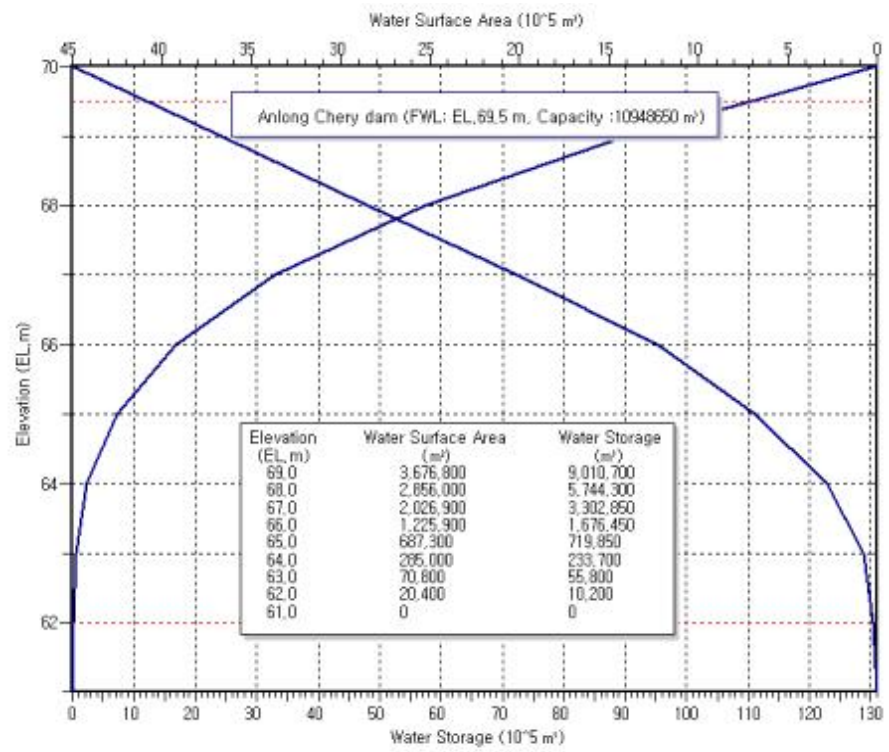
출처: K-water(2012). Operation and Maintenance Manual. 18pg

<그림 VI-2> Anlong Chery 댐 개요도



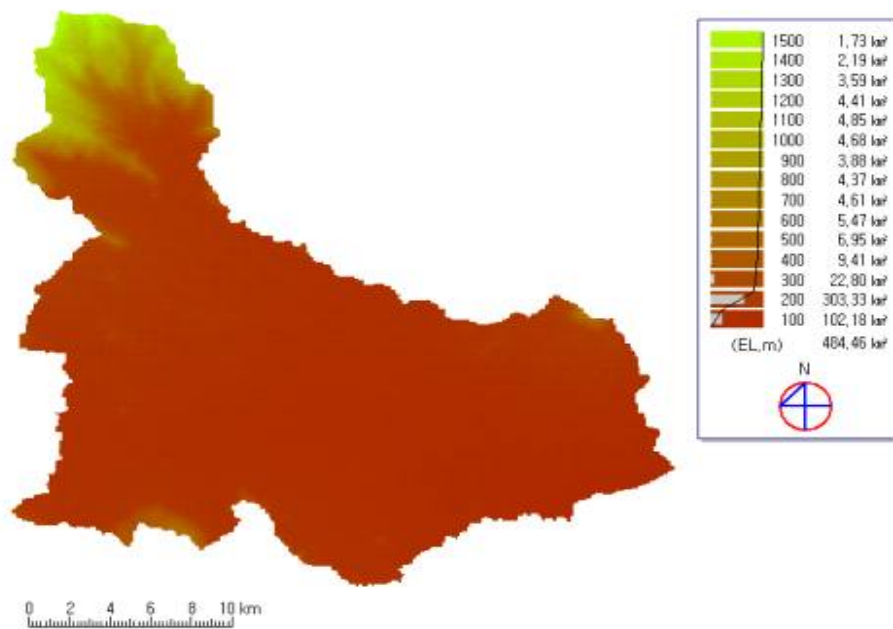
<그림 VI-3> Anlong Chery 댐의 현재 관리 상황

- (DEM) 유역면적 484.6km<sup>2</sup>인 Anlong Chery 댐 유역의 표고는 최고 EL.1,616m, 최저 EL.63m이며 그 분포는 EL.100m 이하는 102.18km<sup>2</sup>로 전체의 21.1%, EL.100~200m는 303.33km<sup>2</sup>로 전체의 62.6 %, EL.200~300m는 22.80km<sup>2</sup>로 전체의 4.7%, EL.300~400m는 9.41km<sup>2</sup>로 전체의 1.9%, EL.400~500m는 6.95km<sup>2</sup>로 전체의 1.4%, EL.500~600m는 5.47km<sup>2</sup>로 전체의 1.1%, EL.600~700m는 4.61km<sup>2</sup>로 전체의 1.0%, EL.700~800m는 4.37km<sup>2</sup>로 전체의 0.9%, EL.800~900m는 3.88km<sup>2</sup>로 전체의 0.8%, EL.900~1000m는 4.68km<sup>2</sup>로 전체의 1.0%, EL.1000~1100m는 4.85km<sup>2</sup>로 전체의 1.0%, EL.1100~1200m는 4.41km<sup>2</sup>로 전체의 0.9%, EL.1200~1300m는 3.59km<sup>2</sup>로 전체의 0.7%, EL.1300~1400m는 2.19km<sup>2</sup>로 전체의 0.5%, EL1500 m 이상은 1.73km<sup>2</sup>로 전체의 0.4%를 차지하고 있음.
- (토지이용) 유역면적 484.6km<sup>2</sup>인 Anlong Chery 댐 유역의 토지이용은 농경지가 26.99km<sup>2</sup>로 전체의 5.6%, 삼림이 333.93km<sup>2</sup>로 전체의 68.9%, 초지가 24.55km<sup>2</sup>로 전체의 5.1%, 관목지가 98.76km<sup>2</sup>로 전체의 20.4%, 주거지가 0.17km<sup>2</sup>로 전체의 0.04%, 수역이 0.17km<sup>2</sup>로 전체의 0.04%를 차지하는 것으로 나타났음.

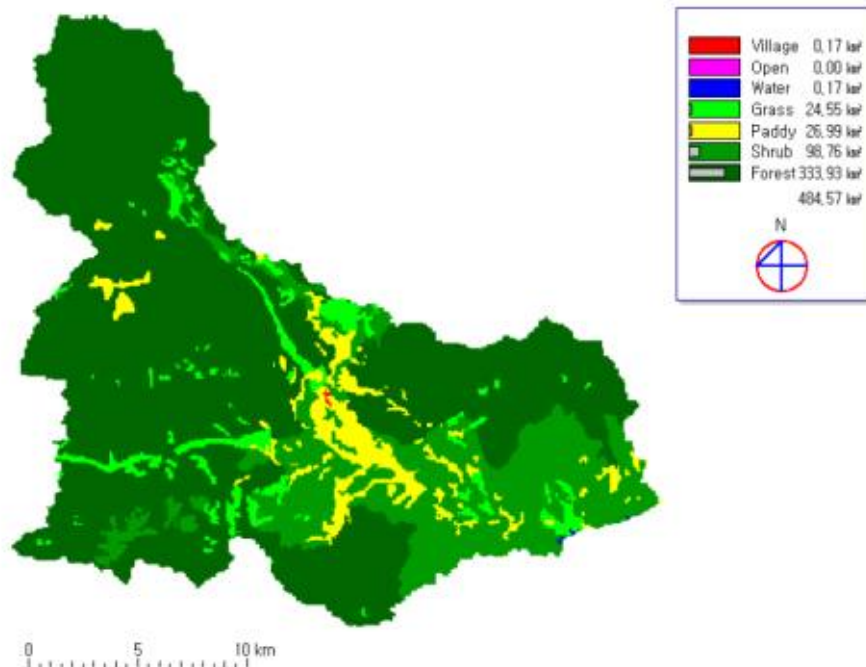


<그림 VI-4> Anlong Chery 댐의 내용적 곡선





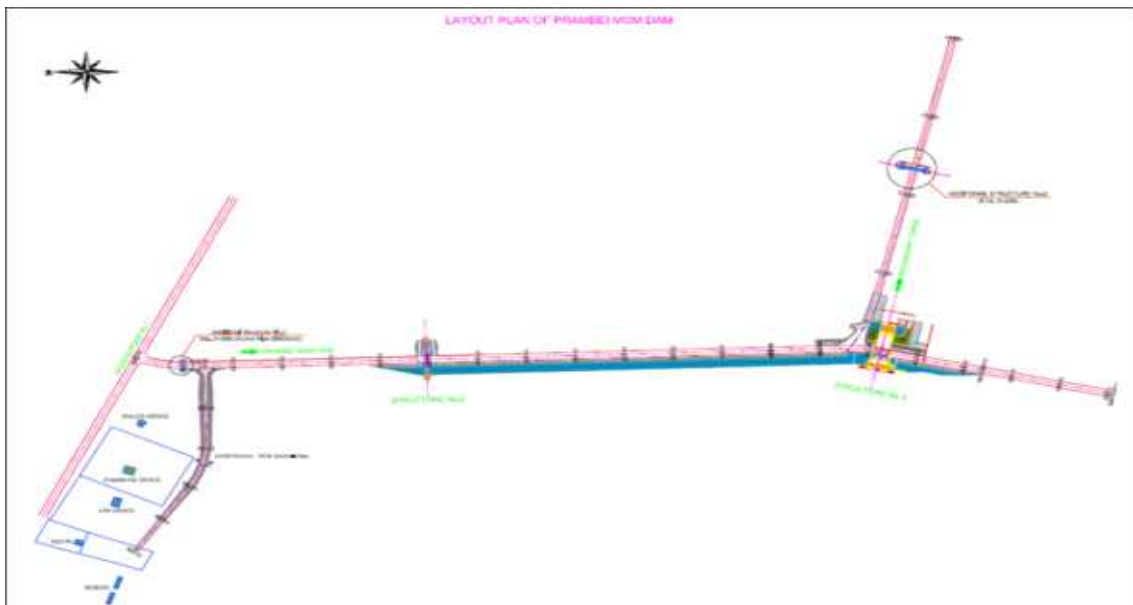
<그림 VI-5> Anlong Chery 댐의 DEM



<그림 VI-6> Anlong Chery 댐의 토지이용

## (2) Prambei Mom 댐

- (제원) 제방 길이 1.0km, 만수위 EL.59.5m, 제정고 EL.60.5m, 제정폭 8.0m, 댐사면 기울기 1:2.5, 유역면적 30km<sup>2</sup>에 이룸.
- (수문) 여수로는 1곳에 조성하였고, 수문 폭 10m의 2개, 방류수문 폭 1m의 1개 설치되어 있음.
- (취수문) 관개용수 취수문 1곳이 설치되어 있음.
- (제방 사면) 흙으로 조성되어 있고, 내측 사면의 수제부는 콘크리트 틀의 돌채움 공법으로 조성되어 안정되게 관리되고 있었음.
- (내용적) Prambei Mom 댐은 내용적 곡선은 사업계획에서 실시한 측량 결과에 의한 것이며, 만수위는 EL.59.5m, 만수위의 저수면적은 84만m<sup>2</sup>, 총저수량은 149만m<sup>3</sup>에 이룸.



출처: K-water(2012). Operation and Maintenance Manual. 19pg

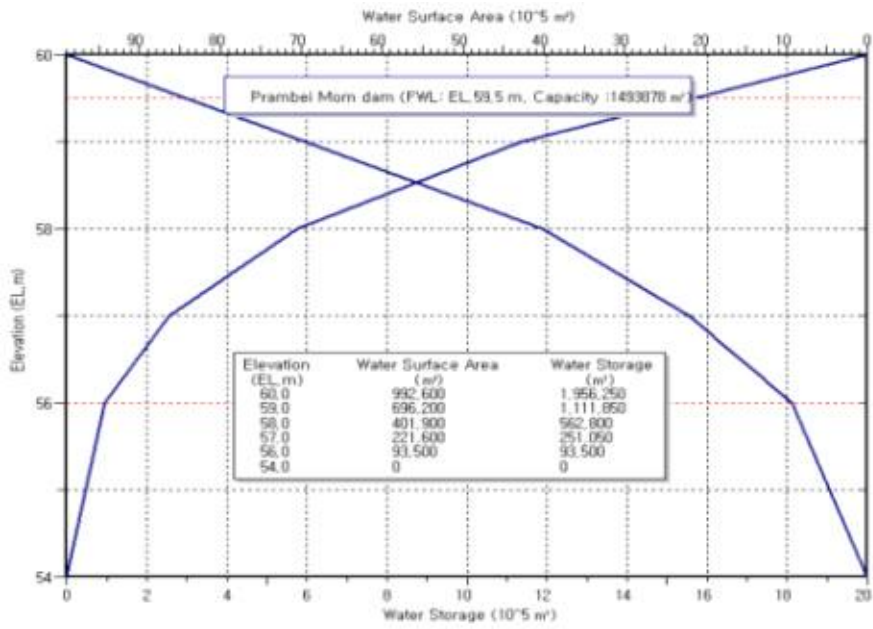
<그림 VI-7> Prambei Mom 댐 개요도



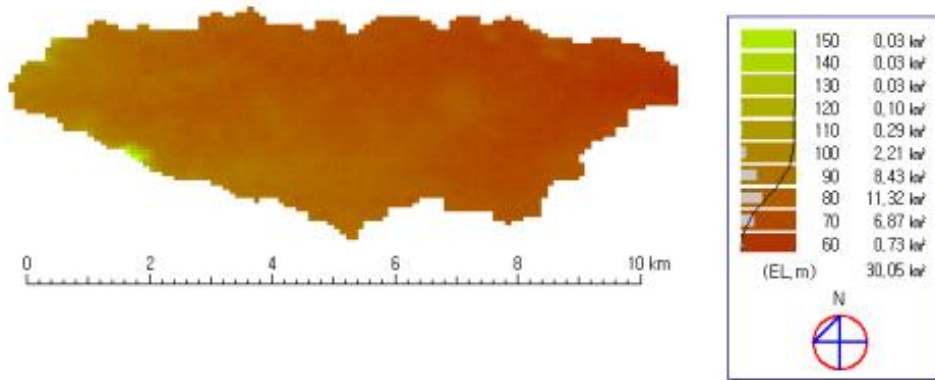


<그림 VI-8> Prambei Mom 댐의 현재 관리 상황

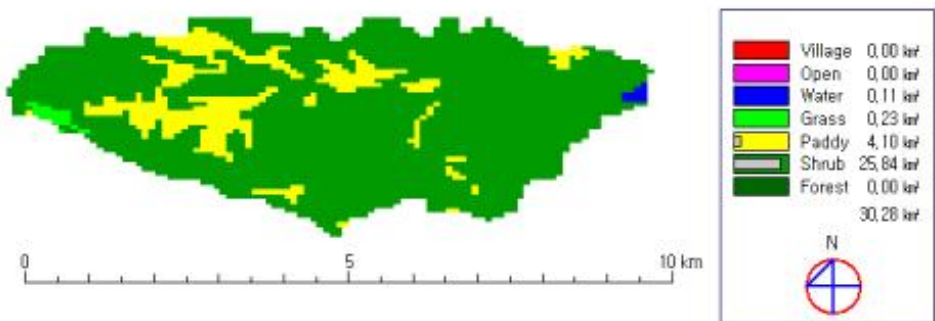
- (DEM) 유역면적 30.0km<sup>2</sup>인 Prambei Mom 댐 유역의 표고는 최고 EL.165.00m, 최저 EL.53.00m이며 그 분포는 EL60m 이하는 0.73km<sup>2</sup>로 전체의 2.4%, EL60~70m는 6.87km<sup>2</sup>로 전체의 22.9%, EL70~80m는 11.32km<sup>2</sup>로 전체의 37.7%, EL80~90m는 8.43km<sup>2</sup>로 전체의 28.1%, EL90~100m는 2.21km<sup>2</sup>로 전체의 7.4%, EL100~110m는 0.29km<sup>2</sup>로 전체의 1.0%, EL110~120m는 0.10km<sup>2</sup>로 전체의 0.3%, EL120~130m는 0.03km<sup>2</sup>로 전체의 0.1%, EL130~140m는 0.03km<sup>2</sup>로 전체의 0.1%, EL150m 이상은 0.03km<sup>2</sup>로 전체의 0.1%를 차지하고 있음.
- (토지이용) 유역면적 30.3km<sup>2</sup>인 Prambei Mom 댐 유역의 토지이용은 농경지가 4.10km<sup>2</sup>로 전체의 13.54%, 삼초지가 0.23km<sup>2</sup>로 전체의 0.76%, 관목지가 25.84km<sup>2</sup>로 전체의 85.34%, 수역이 0.11km<sup>2</sup>로 전체의 0.36%를 차지하는 것으로 나타났음.



<그림 VI-9> Prambei Mom 댐의 내용적 곡선



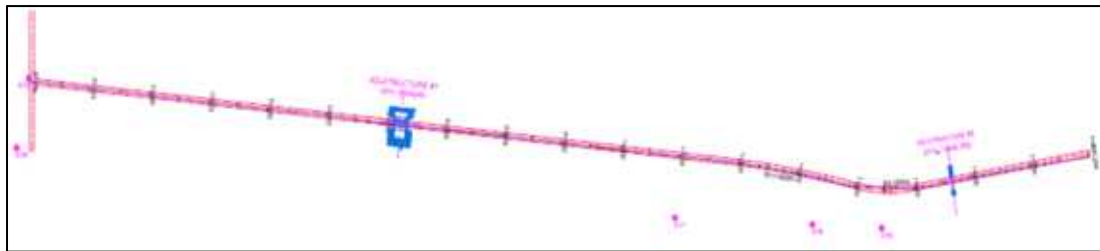
<그림 VI-10> Prambei Mom 댐의 DEM



<그림 VI-11> Prambei Mom 댐의 토지이용

### (3) Kdol 댐

- (제원) 제방 길이 1.8km, 만수위 EL.53.0m, 제정고 EL.54.0m, 제정폭 8.0m, 댐사면 기울기 1:2.5, 유역면적 54km<sup>2</sup>에 이름.
- (수문) 여수로는 1곳에 조성하였고, 수문 폭 10m의 2개, 방류수문 폭 1m의 1개 설치되어 있음.
- (취수문) 관개용수 취수문 1곳이 설치되어 있음.
- (제방 사면) 흙으로 조성되어 있고, 내측 사면의 수제부는 콘크리트 틀의 돌채움 공법으로 조성되어 안정되게 관리되고 있었음.
- (간선수로) 지방정부 자체에서 조성한 간선수로가 댐수면과 연결되어 있음.



출처: K-water(2012). Operation and Maintenance Manual. 20pg

<그림 VI-12> Kdol 댐 개요도

- (내용적) Kdol 댐의 내용적 곡선은 사업계획에서 실시한 측량결과에 의한 것이며, 만수위 EL.53.0m, 만수위 저수면적 97만m<sup>2</sup>, 총저수량 173만m<sup>3</sup>에 이름.
- (DEM) 유역면적 45.5km<sup>2</sup>인 Kdol dam 유역의 표고는 최고 EL.278.00m, 최저 EL.50.00m이며 그 분포는 EL60m 이하는 2.89km<sup>2</sup>로 전체의 6.3%, EL60~70m는 7.08km<sup>2</sup>로 전체의 15.6%, EL70~80m는 7.00km<sup>2</sup>로 전체의 15.4%, EL80~90m는 4.59km<sup>2</sup>로 전체의 10.1%, EL90~100m는 4.29km<sup>2</sup>로 전체의 9.4%, EL100~110m는 4.71km<sup>2</sup>로 전체의 10.4%, EL110~120m는 4.51km<sup>2</sup>로 전체의 9.9%, EL120~130m는 3.32km<sup>2</sup>로 전체의 7.3%,

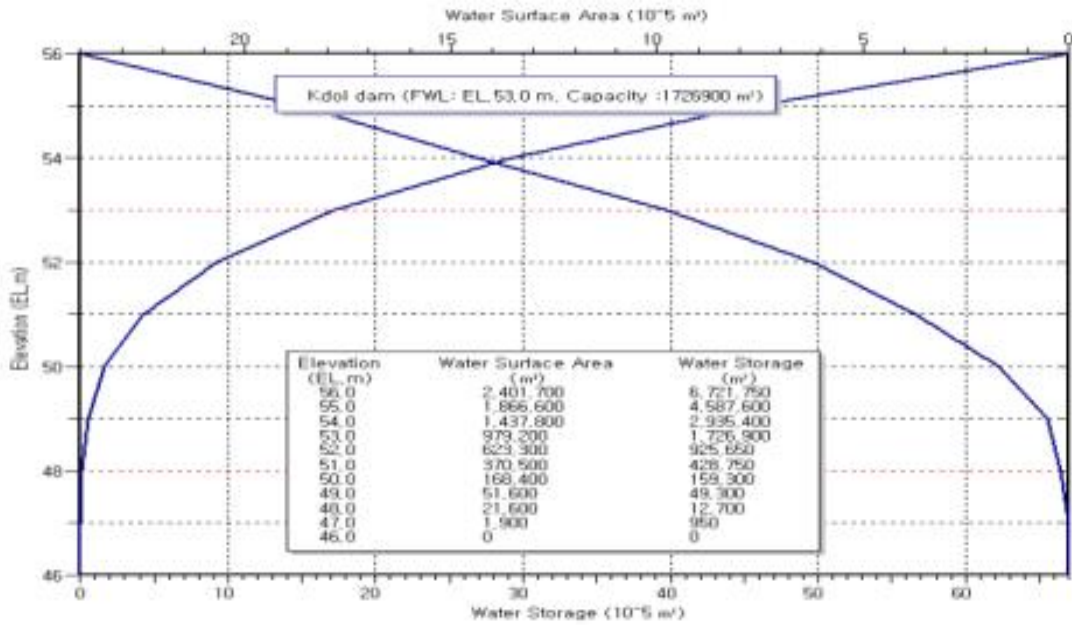
EL130~140m는 2.75km<sup>2</sup>로 전체의 6.1%, EL140~150m는 1.78km<sup>2</sup>로 전체의 3.9%, EL150~160m는 1.00km<sup>2</sup>로 전체의 2.2%, EL160~170m는 0.62km<sup>2</sup>로 전체의 1.4%, EL170~180m는 0.39km<sup>2</sup>로 전체의 0.9%, EL180~190m는 0.28km<sup>2</sup>로 전체의 0.6%, EL190~200m는 0.08km<sup>2</sup>로 전체의 0.2%, EL200~210m는 0.03km<sup>2</sup>로 전체의 0.1%, EL210~220m는 0.03km<sup>2</sup>로 전체의 0.1%, EL220~230m는 0.02km<sup>2</sup>로 전체의 0.0%, EL230~240m는 0.04km<sup>2</sup>로 전체의 0.1%, EL240~250m는 0.02km<sup>2</sup>로 전체의 0.0%, EL260m 이상은 0.03km<sup>2</sup>로 전체의 0.1%를 차지함.



<그림 VI-13> Kdol 댐의 현재 관리 상황

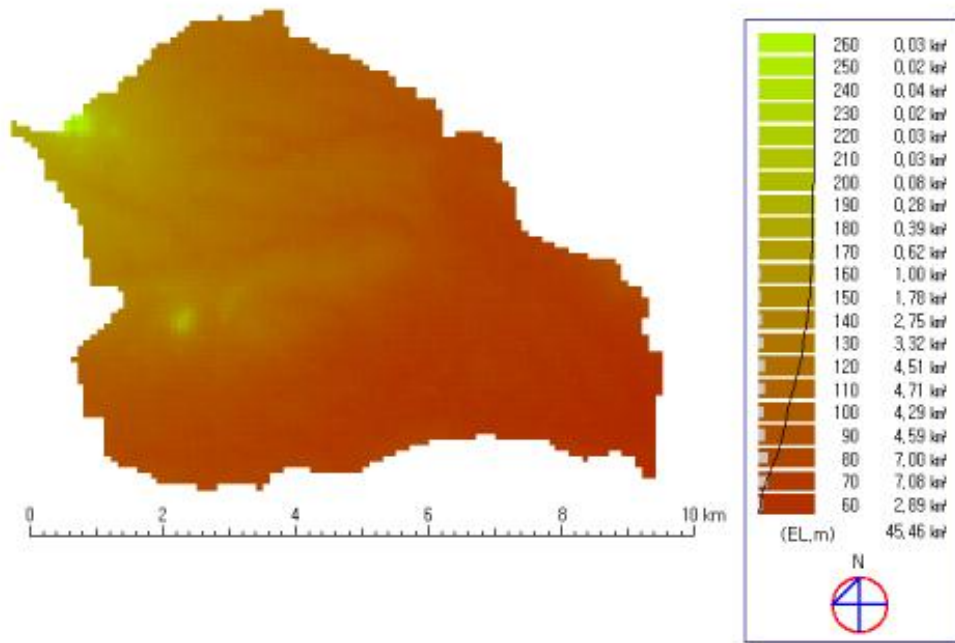
- (토지이용) 유역면적 45.5km<sup>2</sup>인 Kdol 댐 유역의 토지이용은 농경지가 4.79km<sup>2</sup>로 전체의 10.54%, 삼림이 23.64km<sup>2</sup>로 전체의 52.00%, 관목지가

17.00km<sup>2</sup>로 전체의 37.40%, 수역이 0.03km<sup>3</sup>로 전체의 0.07%를 차지하는 것으로 나타났음.

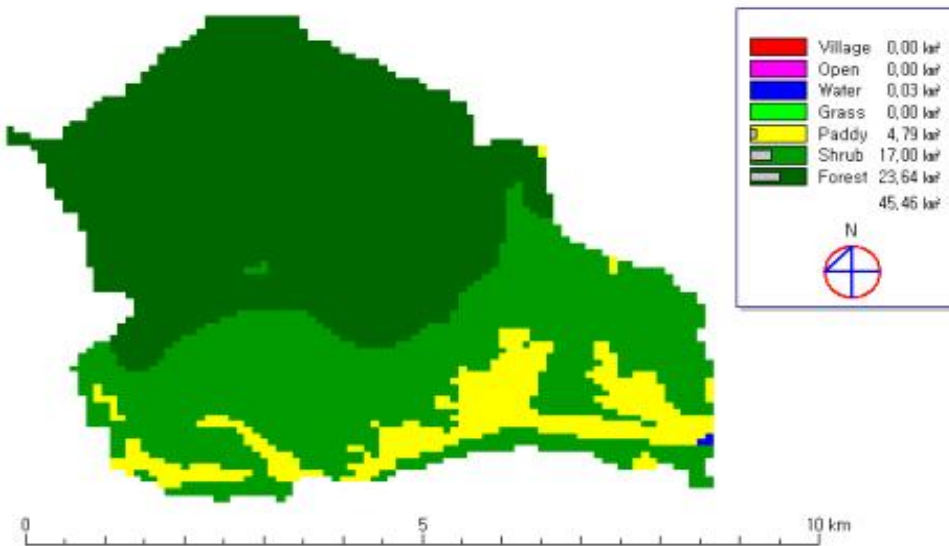


<그림 VI-14> Kdol 댐의 내용적 곡선





<그림 VI-15> Kdol 댐의 DEM



<그림 VI-16> Kdol 댐의 토지이용

#### (4) Tavay 조절지

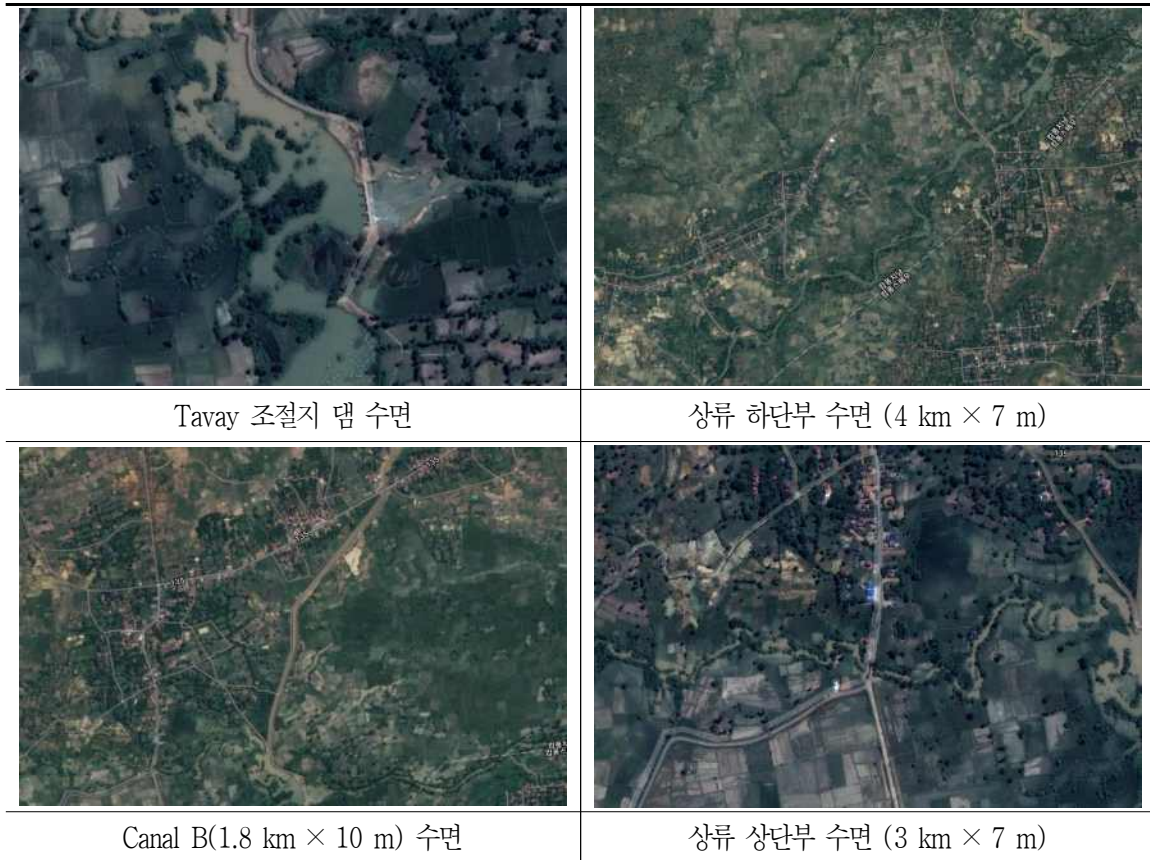
- (수문) 경사 수문 4개, 여닫이 수문 2개가 설치되어 있으며 만수위는 EL.29.0m로 기록되어 있고, 저수면적은 상당히 넓어 상류하천 수면적과 Canal B의 수면적을 포함하여 62만㎡ 정도로 추정함.
- (간선수로) Tavay 조절지에서 간선수로 1.74 km가 조절지 수면과 수위가 같게 연결되어 있었음.
- 현장방문결과, Tavay 조절지의 현재 관리상황은 아래의 <그림 VI-17>과 같으며 하류하천의 양안이 유실된 흔적이 관찰되고 있음.



**<그림 VI-17> Tavay 조절지의 현재 관리 상황**

- (수면현황) Tavay 조절지 댐의 수면과 Canal B의 수면은 같은 것으로 관찰되었고, Google의 위성지도에서 관찰하였으며 조절지 상류부 하천은 두 갈래로 3~4 km 정도 수면이 형성되는 것으로 보았음.

- 조절지의 내용적을 위한 측량자료가 없기 때문에 수면현황으로부터 수면적을 잠정 추산하여 내용적 계산에 참조하였음.

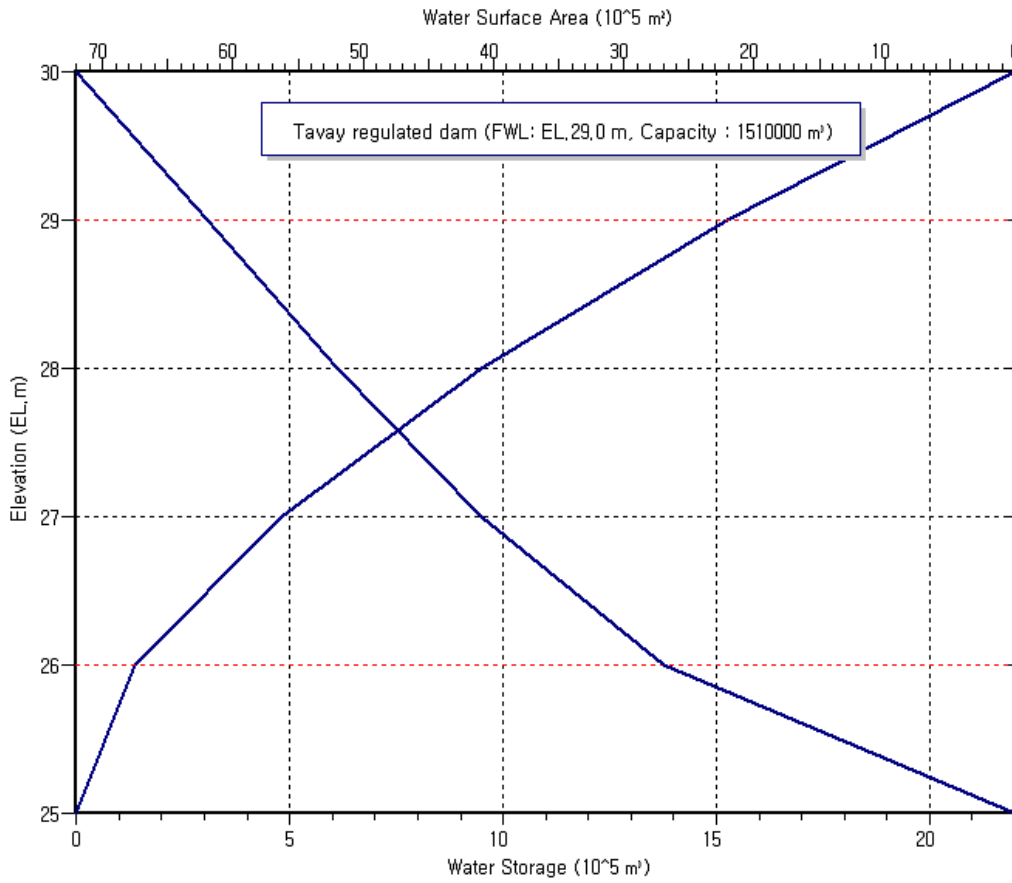


<그림 VI-18> Tavyay 조절지의 수면 상태

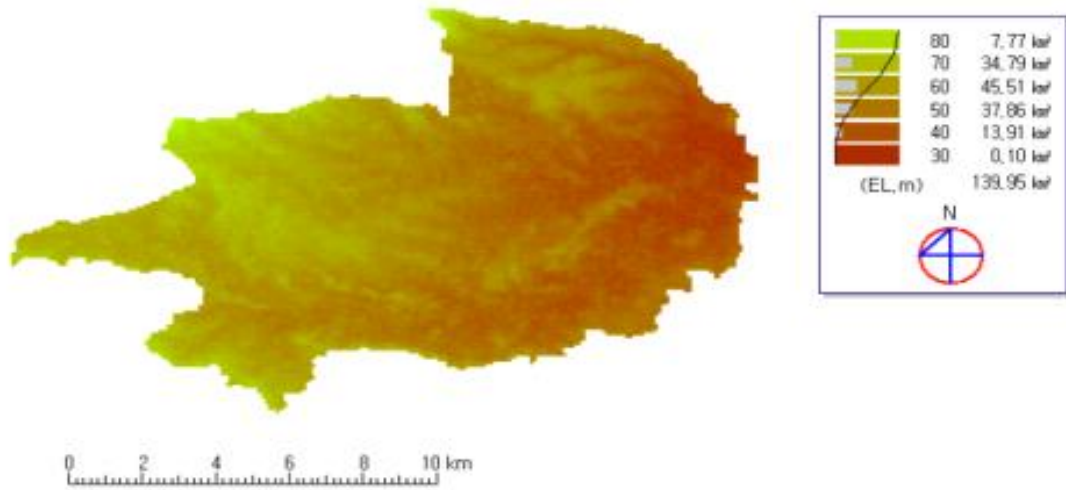
- (내용적) Tavyay 조절지의 내용적 곡선은 유역의 DEM과 지형도 등을 참고하였고, 조절지의 표고와 하천 수면 상태로부터 수면적을 개략적으로 추산하여 결정한 결과로 만수위는 EL.29.0m, 총저수량은 151만m<sup>3</sup>로 정하였음.
- (DEM) 유역면적 139.9km<sup>2</sup>인 Tavyay 조절지 유역의 표고는 최고 EL.90.00m, 최저 EL.29.00m이며 그 분포는 EL30m 이하는 0.10km<sup>2</sup>로 전체의 0.1%, EL30~40m는 13.91km<sup>2</sup>로 전체의 9.9%, EL40~50m는 37.86km<sup>2</sup>로 전체의 27.1%, EL50~60m는 45.51km<sup>2</sup>로 전체의 32.5%, EL60~70m는 34.79km<sup>2</sup>로 전체의 24.9%, EL80m 이상은 7.77km<sup>2</sup>로 전체의 5.6%를 차지하고 있음.
- (토지이용) 유역면적 136.3km<sup>2</sup>인 Tavyay 조절지 유역의 토지이용은



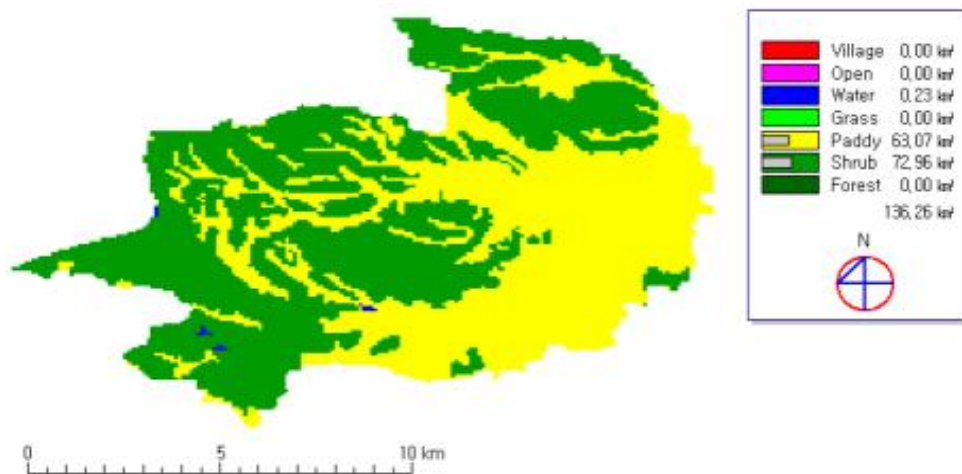
농경지가 63.07km<sup>2</sup>로 전체의 46.29%, 관목지가 72.96km<sup>2</sup>로 전체의 53.54%, 수역이 0.23km<sup>2</sup>로 전체의 0.17%를 차지하는 것으로 나타났음.



<그림 VI-19> Tavay 조절지의 내용적 곡선



<그림 VI-20> Tavay 조절지의 DEM



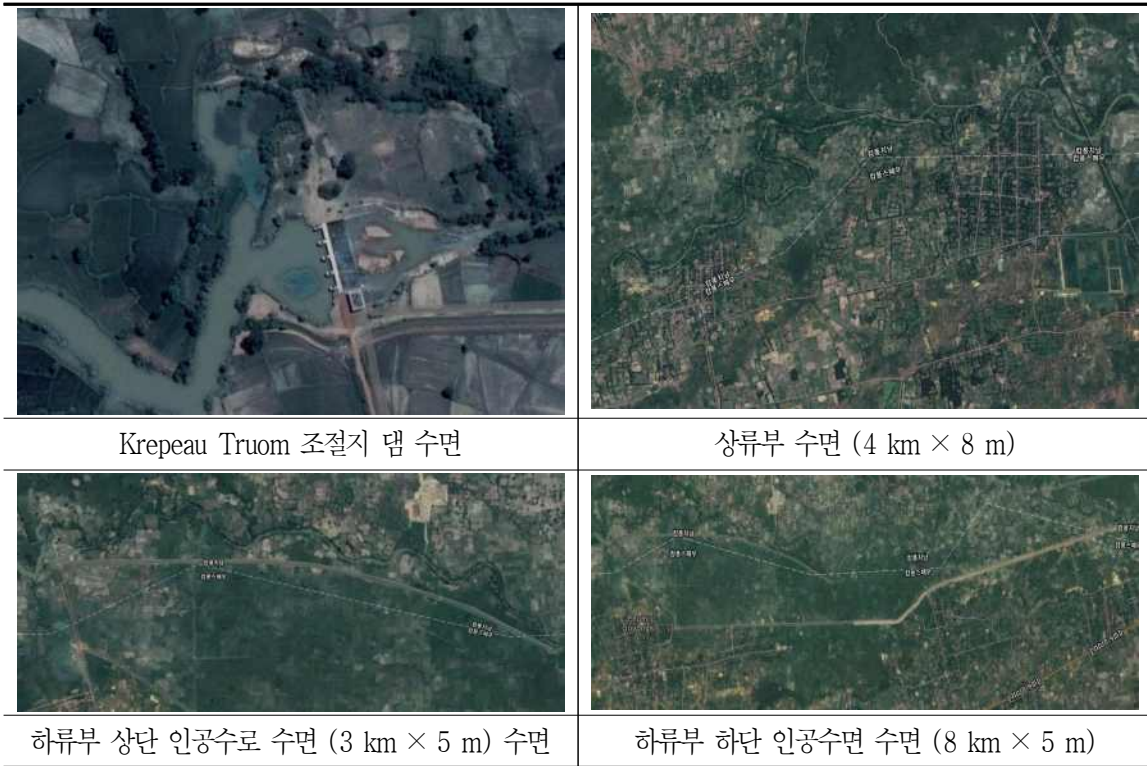
<그림 VI-21> Tavay 조절지의 토지이용

### (5) Krepeau Truom 조절지

- (수면현황) Krepeau Truom 조절지 댐의 수면은 상류부로 4 km 정도 수면이 수평하게 형성되는 저류되는 것으로 Google의 위성지도를 통해 관찰하였고, 조절지의 하류부 하천을 제외하고 우안부로 하천과 나란하게 인공 수로를 조성한 것으로 관찰하였으며, 하나는 3 km 정도, 다른 하나는 8

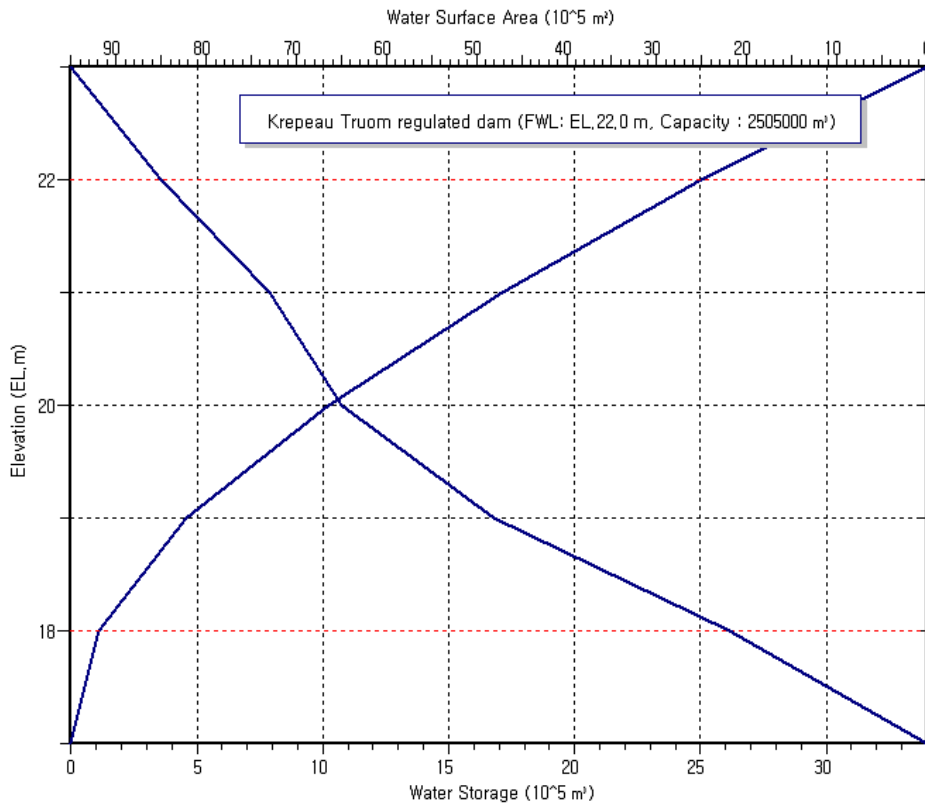
km 정도 길게 아직도 조성 중인 것으로 보였으며, 하류부의 Yutasas 조절지 댐 하류부 하천에 연결시키는 것으로 보였음.

- 조절지의 내용적을 위한 측량자료가 없기 때문에 수면현황으로부터 수면적을 잠정 추산하여 내용적 계산에 참조하였음.
- 조절지 댐으로부터 관개용수 공급은 군데군데 분수공을 통해 취수하여 논으로 공급하고, 논에 공급된 물은 모두 사용되는 것이 아니고 65% 정도 사용되고 나머지 35%는 일반적으로 회귀수로 하천에 방류되는 것으로 보고 있음.
- 조절지 댐 상류에 위치한 논으로부터의 회귀수는 조절지 댐으로 방류되는 패턴을 갖는 것으로 보고 있으며, 광범위한 지역이기 때문에 정확하게 이를 관측하는 것은 불가능하며, 한국에서 여러 조사자료를 토대로 일반적으로 35%가 회귀하는 것으로 보고 있음.
- 또한 하류부 인공수로의 수면 표고는 수로 구간별로 다르게 저류돼 지속적으로 반복 이용되는 것으로 보아야 하는데, 이를 상세하게 표현하여 관개용수의 공급과 수로의 저류량의 관계를 분석하는 것은 불가능하고, 수로의 용적을 조절지 용적과 포함시켜 하나의 큰 저수지처럼 내용적을 산정하고, 이를 근거로 관개용수 공급에 따른 저류량 변화를 분석하고, 용수공급능력과 관개가능면적을 도출하는데 활용하는 것으로 하였음.



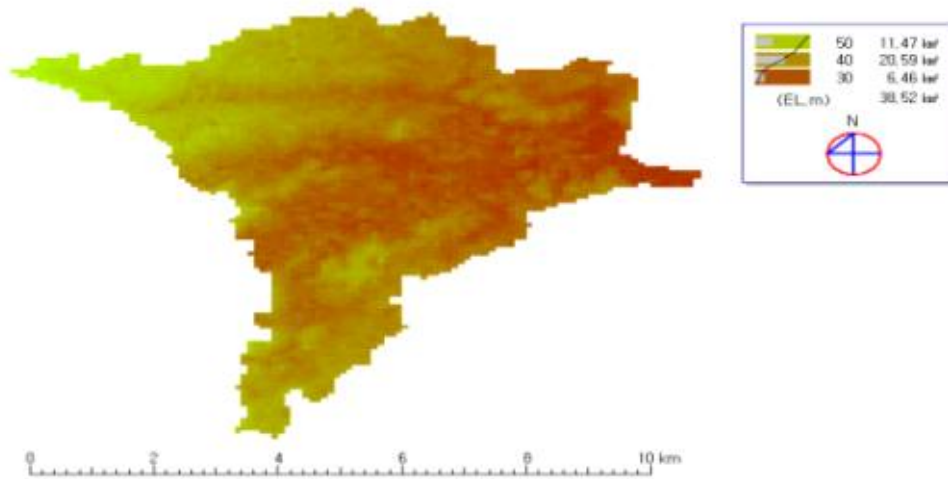
<그림 VI-22> Krepeau Truom 조절지의 수면 상태

- (내용적) Krepeau Truom 조절지의 내용적 곡선은 상류댐의 방류수와 논의 회귀수를 집수하여 관할하고 있는 논의 관개용수 공급을 상세하게 분석하게 위해 DEM, 지형도 등을 참고하여 본 평가사업에서 잠정적으로 추산하여 나타낸 것이며, 만수위는 EL.22m로 설정하였고, 총저수량은 250만<sup>m</sup>에 추정됨.

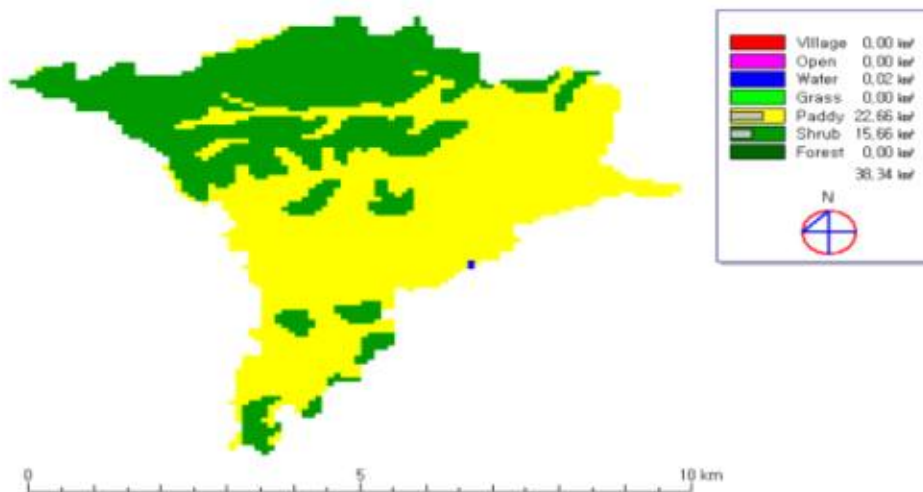


<그림 VI-23> Krepeau Truom 조절지의 내용적 곡선

- (DEM) 유역면적 38.5km<sup>2</sup>인 Krapeu Truom 조절지 유역의 표고는 최고 EL.60.00m, 최저 EL.23.00m이며 그 분포는 EL.30m 이하는 6.46km<sup>2</sup>로 전체의 16.8%, EL.30~40m는 20.59km<sup>2</sup>로 전체의 53.5%, EL.50m 이상은 11.47km<sup>2</sup>로 전체의 29.8%를 차지하고 있음.
- (토지이용) 유역면적 38.3km<sup>2</sup>인 Krapeu Truom 조절지 유역의 토지이용은 농경지가 22.66km<sup>2</sup>로 전체의 59.10%, 관목지가 15.66km<sup>2</sup>로 전체의 40.85%, 수역이 0.02km<sup>2</sup>로 전체의 0.05%를 차지하는 것으로 나타났음.



<그림 VI-24> Krapeu Troum 조절지의 DEM



<그림 VI-25> Krapeu Troum 조절지의 토지이용

## (6) Yutasas 조절지

- (수문) 경사 수문 5개, 여단이 수문 2개가 설치되어 있고, 수위표에서 만수위를 관측할 수 없어 EL.15.0m로 추정하고 저수면적도 25만m<sup>2</sup> 정도로 추정함.
- (간선수로) 조절지 조성 과정에서 간선수로 형태로 조절지 좌안에 위치한 농경지 주변으로 길게 조성한 것으로 관찰함.

- (하류하천) 하류하천의 양안이 유실된 흔적이 관찰되고 있음.



<그림 VI-26> Yutasas 조절지의 현재 관리 상황

- (수면현황) Yutasas 조절지 댐의 수면은 상류부로 12 km 정도까지 길게 수면이 수평으로 형성돼 저류되는 것으로 Google의 위성지도를 통해 관찰하였고, 조절지의 좌안부로 인공 수로를 2열로 크게 2 구간으로 조성돼 있는 것으로 관찰하였으며, 하나는 3 km 정도, 다른 하나는 6 km 정도 길게 나타나 있었음.
- 조절지의 내용적을 위한 측량자료가 없기 때문에 수면현황으로부터 수면적을 잠정 추산하여 내용적 계산에 참조하였음.
- Krepeau Truom 조절지와 마찬가지로 우안부 인공수로의 수면 표고는 하류로 흐르면서수로 구간별로 다르게 저류돼 지속적으로 반복하여 이용되는 것으로 보고 있으며, 수로의 용적을 조절지 용적에 포함시켜 하나의 큰 저수지의 내용적을 산정하여 관개용수 공급에 따른 저류량 변화를 분석하고, 용수공급능력과 관개가능면적을 도출하는데 활용하는



것으로 하였음.

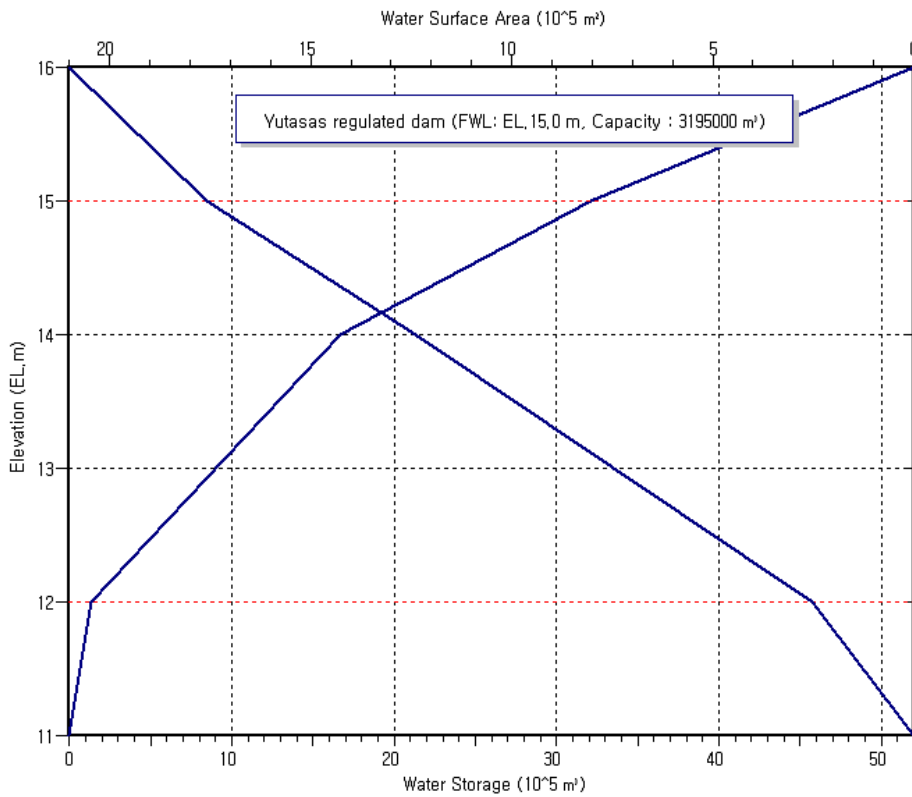


<그림 VI-27> Yutasas 조절지의 수면 상태

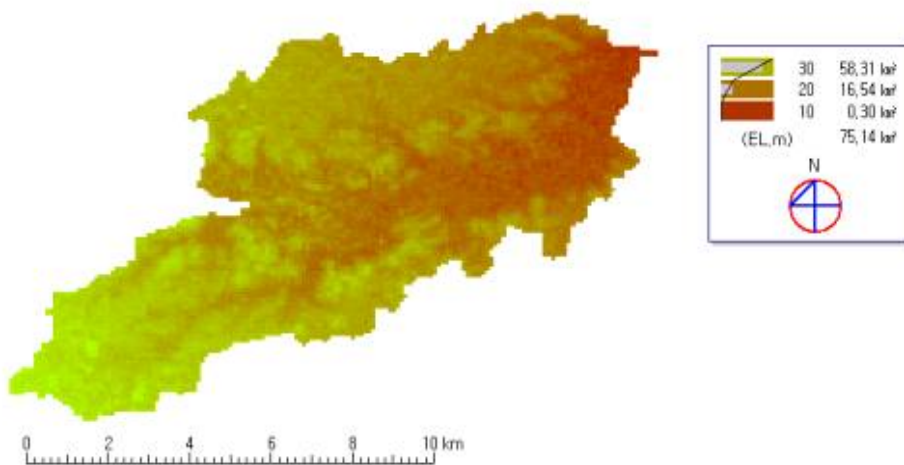
- (내용적) Yutasas 조절지의 내용적 곡선은 상류 댐의 방류수와 논의 회귀수를 집수하여 관할하고 있는 논의 관개용수 공급을 상세하게 분석하게 위해 DEM, 지형도 등을 참고하여 본 평가사업에서 잠정적으로 추산하여 나타낸 것이며, 만수위는 EL.15m로 설정하였고, 총저수량은 319.5m<sup>3</sup>에 추정됨.
- (DEM) 유역면적 75.1km<sup>2</sup>인 Yutasas 조절지 유역은 최고 EL.45.00m, 최저 EL.8.00m이며 그 분포는 EL10m 이하는 0.30km<sup>2</sup>로 전체의 0.4%, EL10~20m는 16.54km<sup>2</sup>로 전체의 22.0%, EL30m 이상은 58.31km<sup>2</sup>로 전체의 77.6%를 차지함.
- (토지이용) 유역면적 75.5km<sup>2</sup>인 Yutasas 조절지 유역의 토지이용은 농경지가



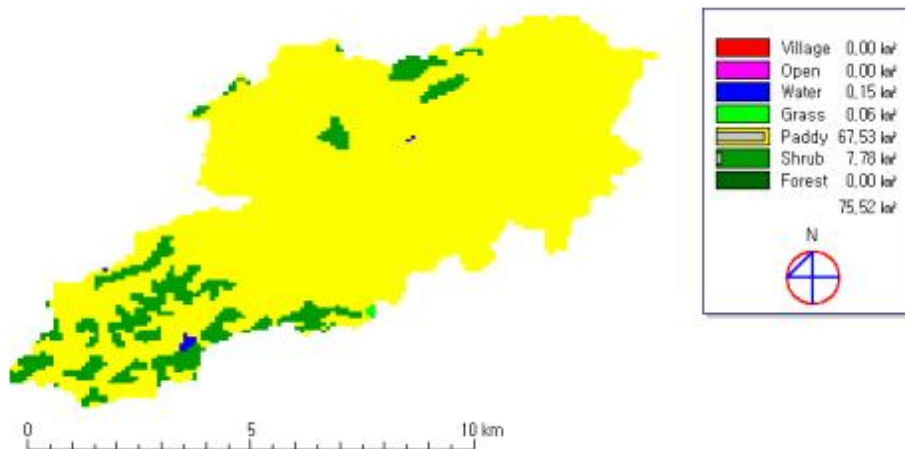
67.53km<sup>2</sup>로 전체의 89.42%, 초지가 0.06km<sup>2</sup>로 전체의 0.08%, 관목지가 7.78km<sup>2</sup>로 전체의 10.30%, 수역이 0.15km<sup>2</sup>로 전체의 0.20%를 차지하는 것으로 나타났음.



<그림 VI-28> Yutasas 조절지의 내용적 곡선



<그림 VI-29> Yutasas 조절지의 DEM



<그림 VI-30> Yutasas 조절지의 토지이용

### (7) Canal A

- (분수공) Anlong Chery 댐에서 Prambei Mom 댐으로 도수하는 도수로 중간에 분수공을 설치하여 주변 논에 관개용수를 공급할 수 있는 시설이 되어 있으며, 물이 저류되어 있어 어린이의 물놀이 공간으로도 활용되고 있었음.
- (수로단면) 간선수로의 단면은 사다리꼴로 저폭 2.1m, 상폭 5.7m, 높이 1.7m 였고, 유량은 0.23m<sup>3</sup>/s로 관찰되었음.



Canal A 분수문

Canal A 간선수로

<그림 VI-31> Canal A 간선수로 현재 관리 상황

## (8) Canal B

- (수로 규격) 수로 폭 10m, 길이 1.8km의 흙 수로로 구성되어 있고, 수면고는 Tavay 조절지와 같게 형성되고 있으며, 이로부터 주변 논에 관개용수가 공급되고 있음.
- (제수문) 간선수로 말단부는 제수문을 설치하여 물을 저류하고 있으며, 간선수로도 조절지와 같이 물을 저장하는 기능도 함께 지니고 있음.
- (제수문 밖 수로) 제수문 밖의 수로는 경사가 급한 것으로 관찰되었으며, 제수문 설치 구간은 물을 최대한 저류할 수 있도록 고려하였다고 평가함.



<그림 VI-32> Canal B 간선수로 현재 관리 상황

## (9) 소수력 발전소

- (발전수 유입관) Anlong Chery 댐에 정격 시설용량 170 KWh, Krapeu Truom 조절지에 시설용량 30 KWh 소수력 발전소가 설치되어 있으며, Anlong Chery 댐의 유입관의 규격은 직경 800 mm 이고 표고 EL. 47.0m임.
- (가동) Anlong Chery 댐만 가동되고 있으며, 지역 전기회사에 위탁 민간 운영되고 있었으며, 방류수량 기록은 없고 발전량만 수기로 기록하여 전기회사에 보고하고 있는 것으로 조사되었음.
- (발전수량) 발전수량 기록은 알 수 없었으나 2.3 m<sup>3</sup>/s 정도로 추정되었음.



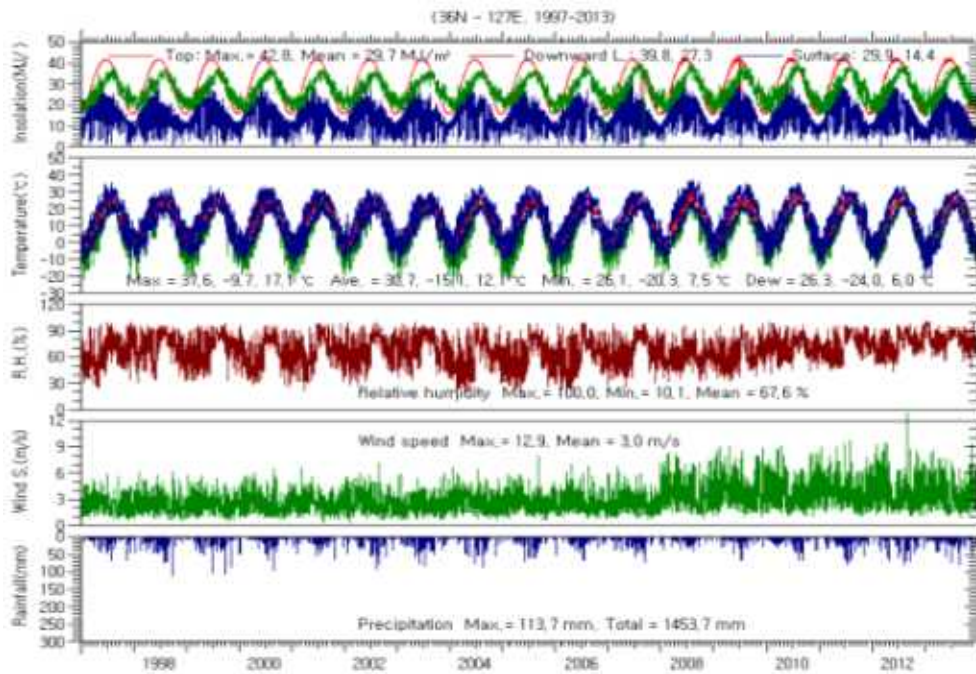
<그림 VI-33> Anlong Chery 댐의 소수력 발전소의 현재 관리 상황

## 2. NASA 위성자료 적합성 검토

### (1) 기상자료

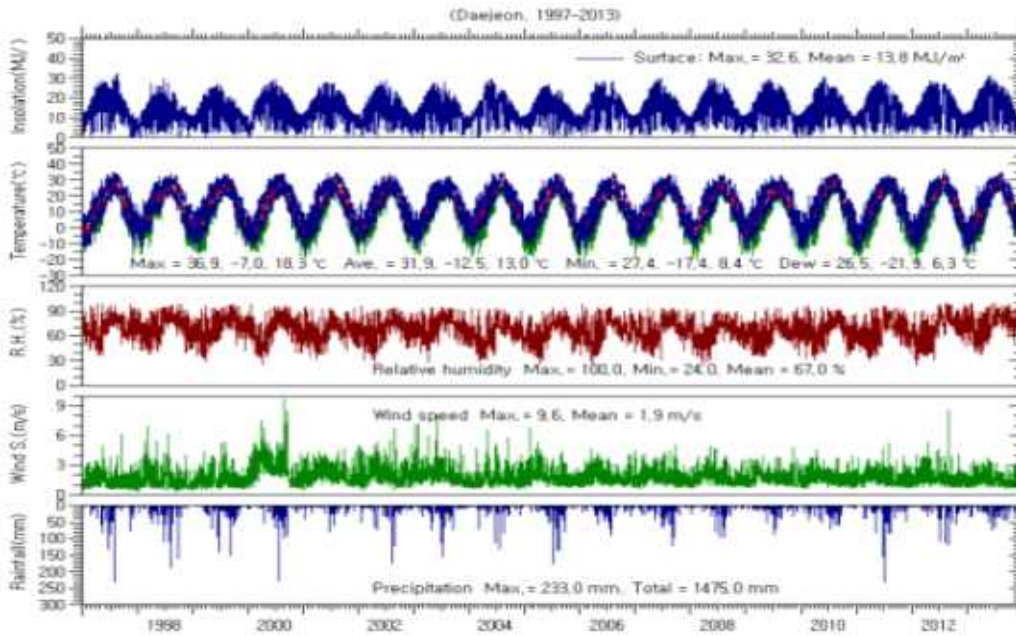
- 캄보디아의 크랑폰리강 유역은 기상자료의 관측이 미흡하여 적절한 수문분석을 실시하기에 어려움이 많음. 이에 본 평가에서는 NASA의 global 기상자료를 활용하여 해당지역인 북위 36도 동경 127도의 NASA 원격탐사 위성자료가 수문분석 활용에 적절한지를 판단하였음. 이를 위하여 지상 관측자료가 많은 대전(북위 36.37도 경도는 동경 127.37도)의 NASA 위성자료와 지상관측자료를 비교하여 위성자료의 적용가능성을 파악하였음. NASA에서 자료를 제공하는 기간인 1997년부터 2013년까지 연평균 자료를 비교하였음.
- NASA에서 제공한 자료는 지표일사량 최대 29.9 MJ/m<sup>2</sup>, 평균 14.4 MJ/m<sup>2</sup>, 최고기온 최대 37.6℃, 최소 -9.7℃, 평균 17.1℃, 평균기온 최대 30.7℃, 최소 -15.1℃, 평균 12.1℃, 최저기온 최대 26.1℃, 최소 -20.3℃, 평균 7.5℃, 노점온도 최대 26.3℃, 최소 -24.0℃, 평균 6.0℃, 상대습도 최대 100%, 최저 10.1%, 평균 67.6%, 풍속 최대 12.9 m/s, 평균 3.0 m/s로 분석되었음.



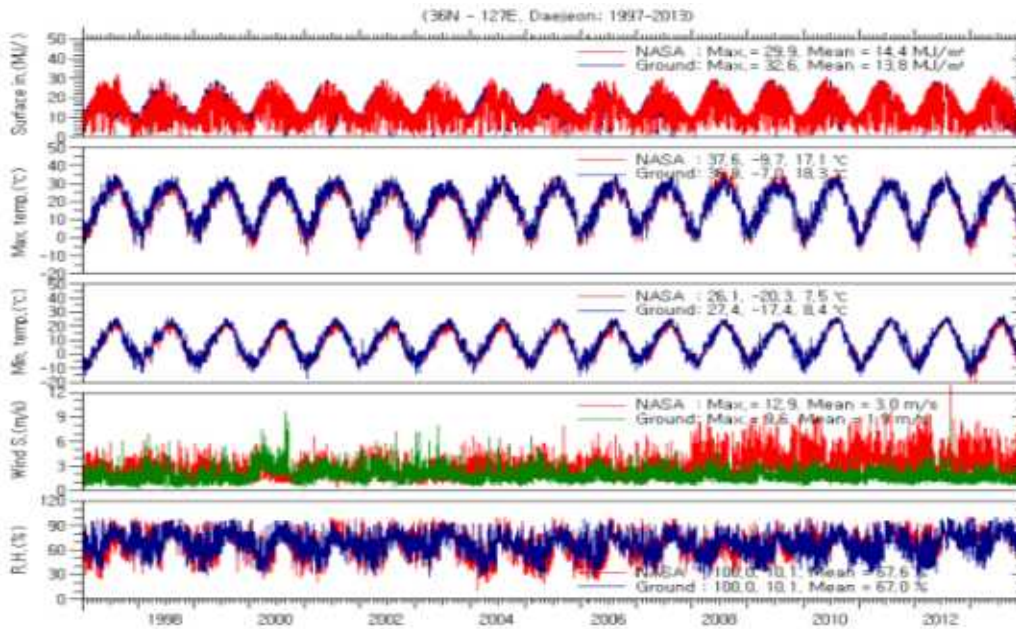


<그림 VI-34> NASA 제공 일 기상자료 (북위 36도 동경 127도)

- 대전의 기상자료는 지표일사량 최대 32.6 MJ/m<sup>2</sup>, 평균 13.8 MJ/m<sup>2</sup>, 최고기온 최대 36.9°C, 최소 -7.0°C, 평균 18.3°C, 평균기온 최대 31.9°C, 최소 -12.5°C, 평균 13.0°C, 최저기온 최대 27.4°C, 최소 -17.4°C, 평균 8.4°C, 노점온도 최대 26.5°C, 최소 -21.9°C, 평균 6.3°C, 상대습도 최대 100%, 최저 24.0%, 평균 67.0%, 풍속 최대 9.6 m/s, 평균 1.9 m/s로 분석되었음.



<그림 VI-35> 대전 기상청의 일 기상자료 (1997-2013)

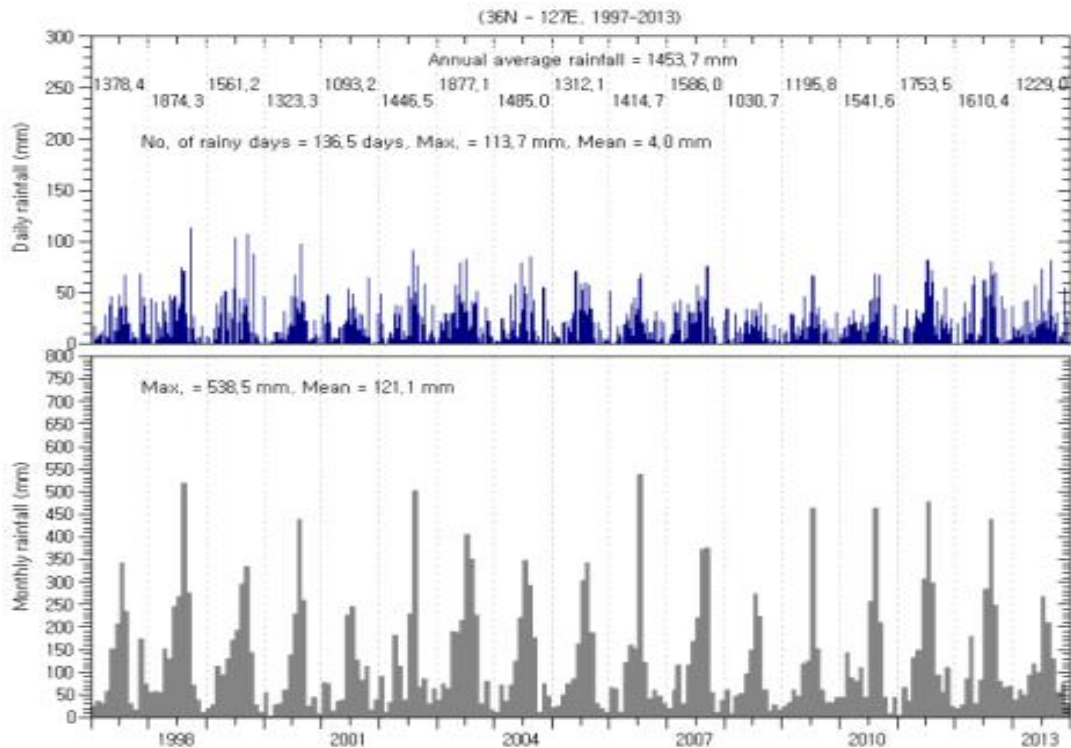


<그림 VI-36> NASA와 대전 일 기상자료의 비교

- NASA와 대전을 비교하면 풍속 이외의 모든 자료는 매우 유사함. 풍속자료는 NASA가 최대 12.9 m/s, 평균 3.0 m/s, 대전은 최대 9.6 m/s, 평균 1.9 m/s로 나타나 NASA가 최대 풍속은 3.3 m/s, 평균 풍속은 1.1 m/s 빠르게 나타났음.

## (2) 강수량 자료

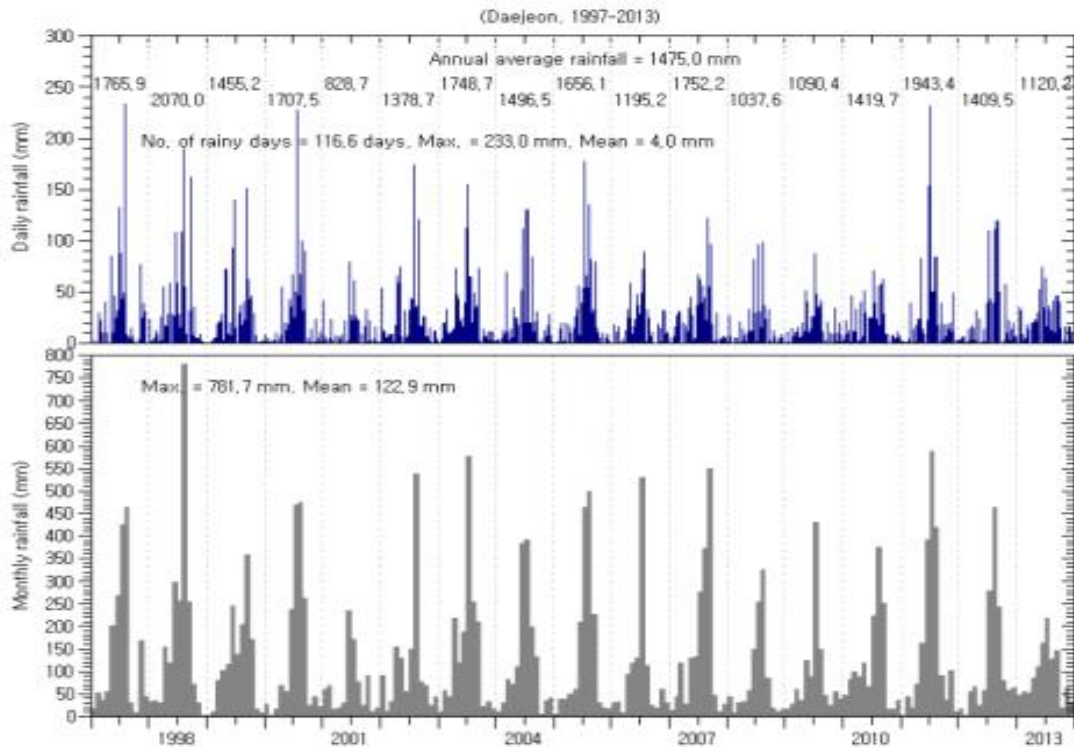
- 기상자료와 마찬가지로 NASA 자료(북위 36도 동경 127도)가 제공하는 기간인 1997년부터 2013년까지 연평균한 자료를 비교하였음.
- NASA에서 제공한 자료는 일강수량 최대 113.7 mm, 평균 4.0 mm, 강수일수 136.5 일, 월강수량 최대 538.5 mm, 평균 121.1 mm, 연강수량 최대 1877.1 mm, 최소 1030.7 mm, 평균 1453.7 mm로 분석되었음.



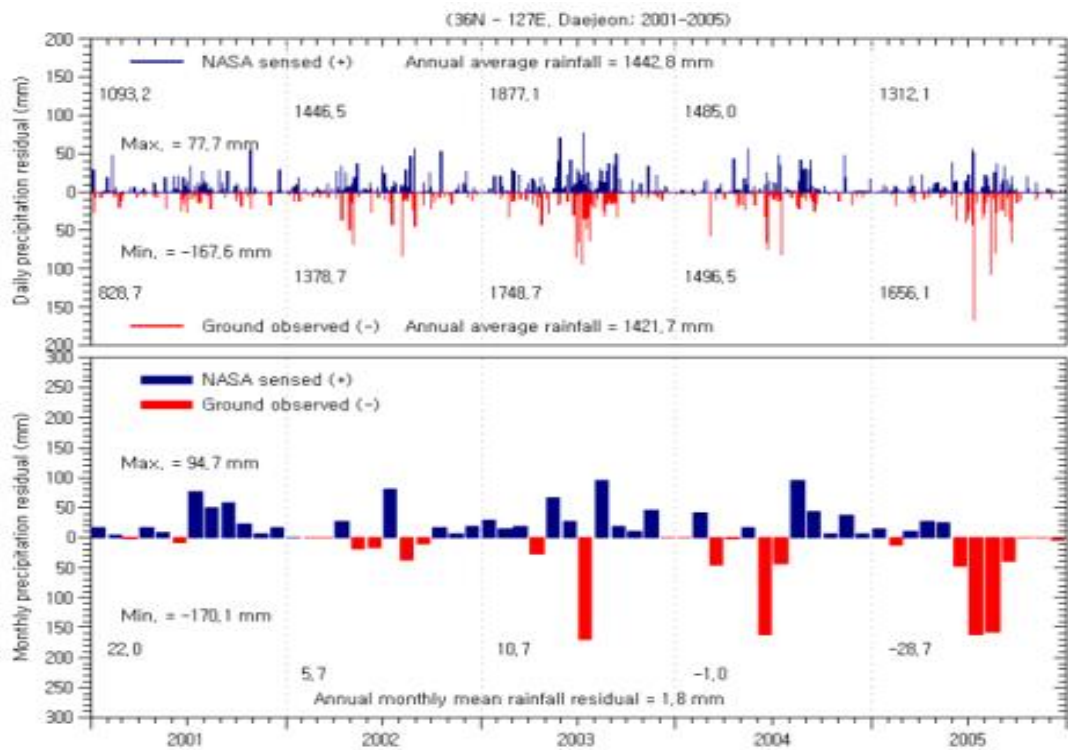
<그림 VI-37> NASA 제공 강수량 (북위 36도 동경 127도)

- 대전기상청의 지상 자료는 일강수량 최대 233.0 mm, 평균 4.0 mm, 강수일수 116.6 일, 월강수량 최대 781.7 mm, 평균 122.9 mm, 연강수량 최대 2070.0 mm, 최소 828.7 mm, 평균 1475.0 mm로 분석되었음.





<그림 VI-38> 대전 기상청의 일 강수량 (1997-2013)



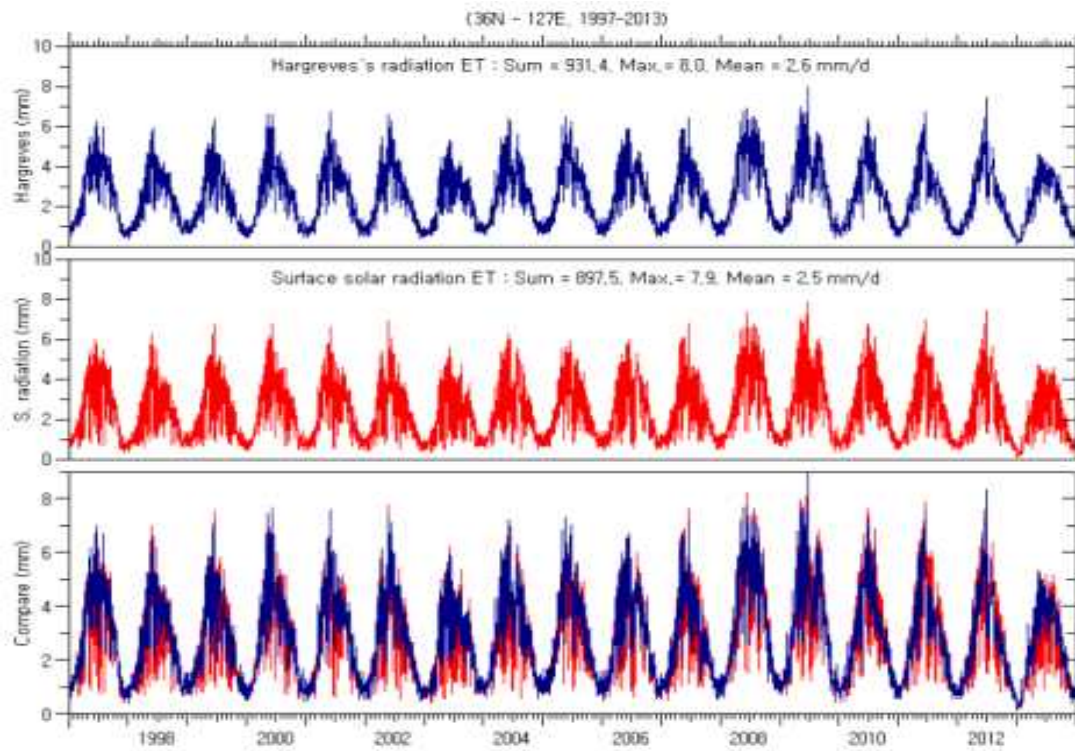
<그림 VI-39> NASA 자료와 대전 지상자료의 비교

- NASA 자료와 대전기상청의 지상 자료의 편차는 일강수량은 NASA 최대 77.7 mm, 지상 167.6 mm 크게 나타났고, 일강수량은 NASA 최대 94.7 mm, 지상 170.1 mm로 나타남. 일 자료와 월 자료 값이 거의 같은 값이 나타나는 것은 강수 발생일의 차이가 있는 것으로 평가돼, NASA가 제공한 강수량자료를 그대로 사용하는 것은 유출 반응을 왜곡시킬 가능성이 큰 것으로 판단됨.

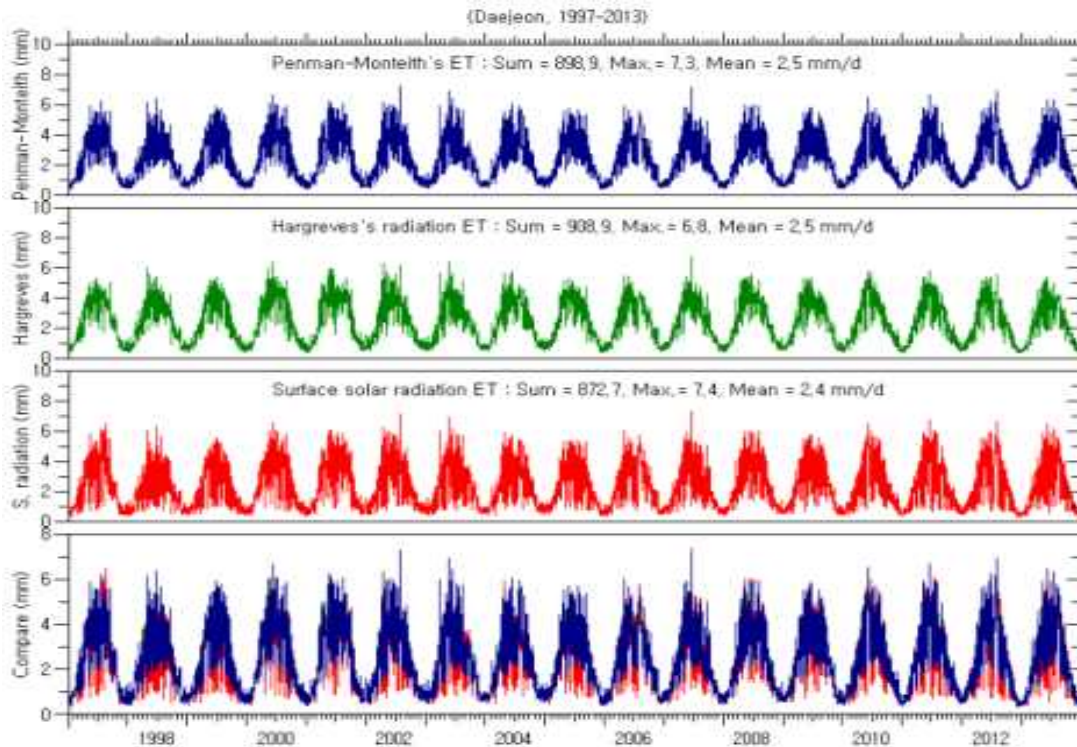
### (3) 증발산량 자료

- Penman-Monteith 방법에 의한 증발산량을 추정하기 위해 필요한 기상자료는 최고기온, 최저기온, 상대습도, 풍속, 일조시간 자료이나, NASA 제공 자료는 일조시간 자료가 없음. Hargreves 방법으로 지표 일사량을 추정하여 적용하는 방법과 NASA 제공 지표 일사량 자료를 직접 사용하여 증발산량을 추정하여 비교하였음.
- 기상자료와 마찬가지로 NASA 자료(북위 36도 동경 127도)가 제공하는 기간인 1997년부터 2013년까지 연평균한 자료를 비교하였음.
- Hargreves 방법에 의해 지표 일사량을 추정하여 Penman-Monteith 방법을 적용하여 추정한 증발산량은 일 최대 8.0 mm, 일 평균 2.6 mm, 연 931.4 mm였고, NASA가 제공한 지표 일사량 자료를 직접 사용하여 증발산량을 추정한 값은 일 최대 7.9 mm, 일 평균 2.5 mm, 연 897.5 mm였음.
- 대전기상청 자료를 적용한 경우 본래 기본적으로 사용하는 일조시간을 적용했을 때 추정한 증발산량은 일 최대 7.3 mm, 일 평균 2.5 mm, 연 898.9 mm였음. Hargreves 방법으로 지표 일사량을 추정하여 Penman-Monteith 방법을 적용하여 추정한 증발산량은 일 최대 6.8 mm, 일 평균 2.5 mm, 연 908.9 mm였고, NASA가 제공한 지표 일사량 자료를 직접 사용하여 증발산량을 추정한 값은 일 최대 7.4 mm, 일 평균 2.4 mm, 연 872.7 mm였음.
- 지상 자료를 사용했을 때 본래 898.9 mm 값과 비교하면 Hargreves 방법은 연 10.0 mm 많게, 지표 일사량 사용하는 방법은 26.2 mm가 적게 나타나 Hargreves 방법에 편차가 적게 나타남. NASA 자료를 사용할 때는 지표 일사량을 적용하는 것 보다는 Hargreves 방법을 적용하는 것이 우수한

것으로 분석되었음.



<그림 VI-40> 일증발산량 비교 (1997-2013)

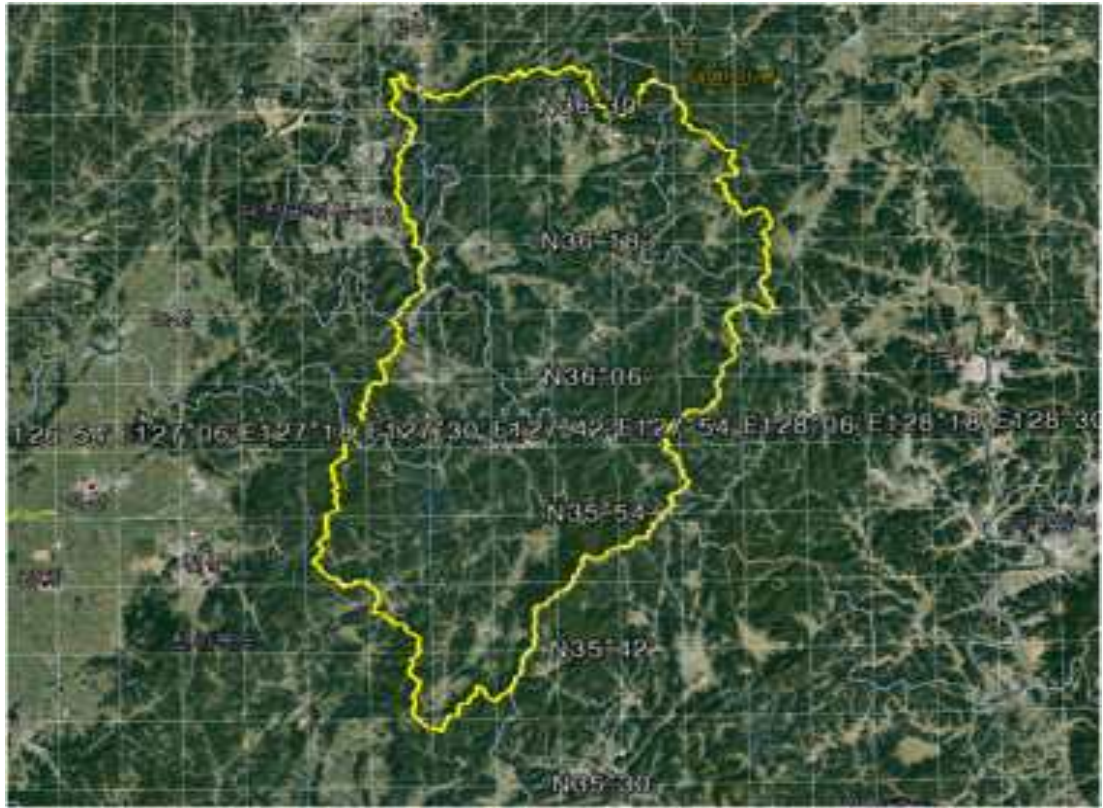


<그림 VI-41> 대전 기상청의 일 증발산량 비교 (1997-2013)

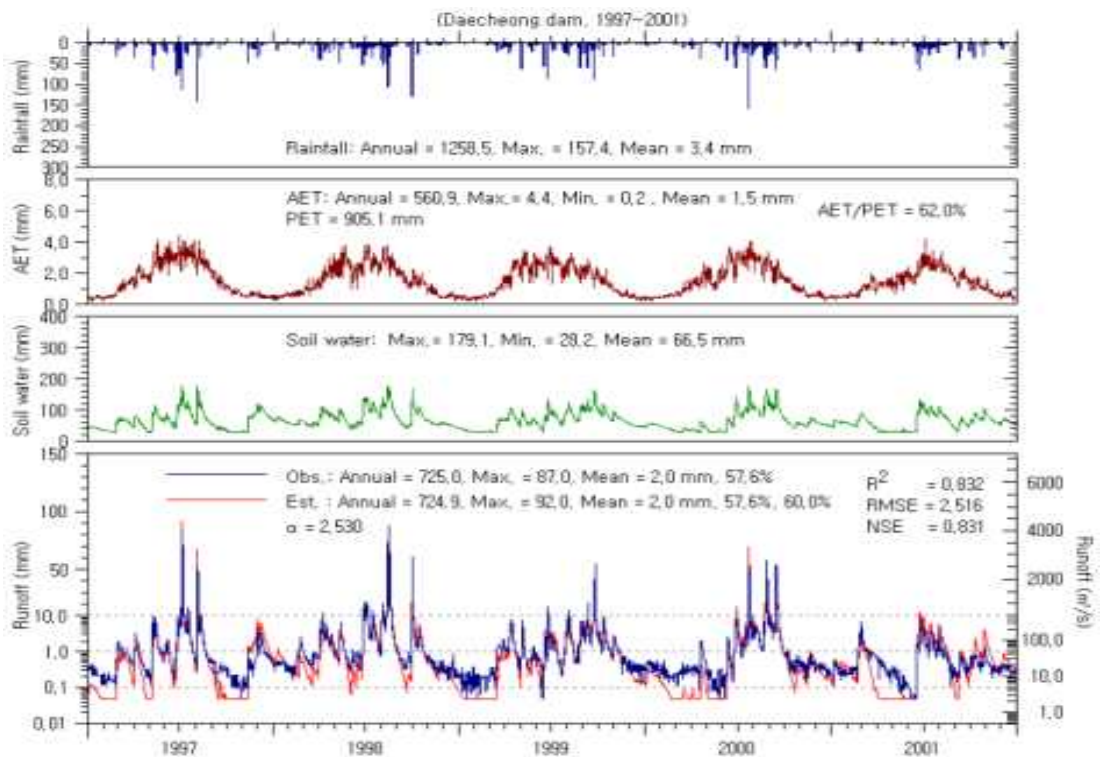
#### (4) 유출량 자료

- (대청댐 유입량 검증) 대청댐의 경위도 (북위 35~36도, 동경 127도)를 참고하여 NASA 자료를 사용하여 지상 자료를 적용한 경우와 비교하는 것으로 하였고, 증발산량은 Hargreaves 방법에 의한 결과를 적용하였음.
- 1997년부터 2001년까지 지상 강수량 적용시 대청댐의 일 유입량을 모의하여 비교한 결과  $R^2 = 0.832$ ,  $RMSE = 2.516$ ,  $NSE = 0.831$ 로 양호하게 나타났음.
- 동일 기간에 대해 NASA가 제공한 강수량 적용시 대청댐의 일 유입량을 모의하여 비교한 결과  $R^2 = 0.345$ ,  $RMSE = 5.292$ ,  $NSE = 0.253$ 로 양호하게 나타났으며, 결정계수, RMSE, 모형효율 등이 크게 낮아지는 것으로 나타남.

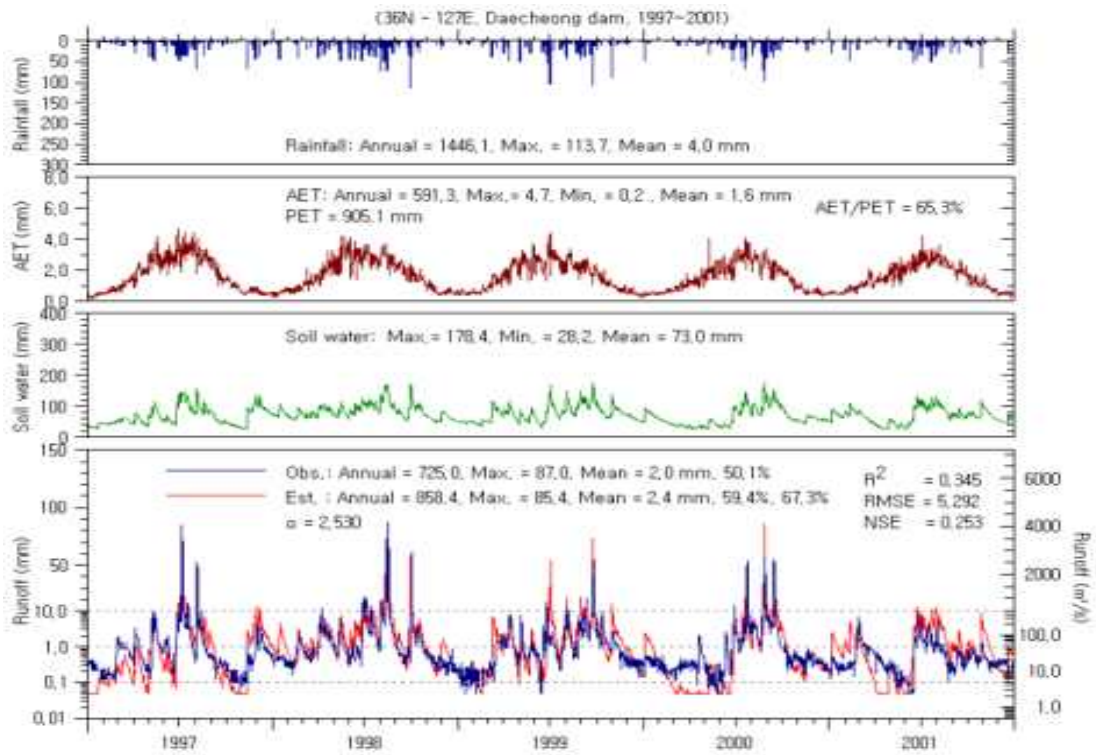




<그림 VI-42> 대청댐의 경위도 (북위 35~36도, 동경 127도)

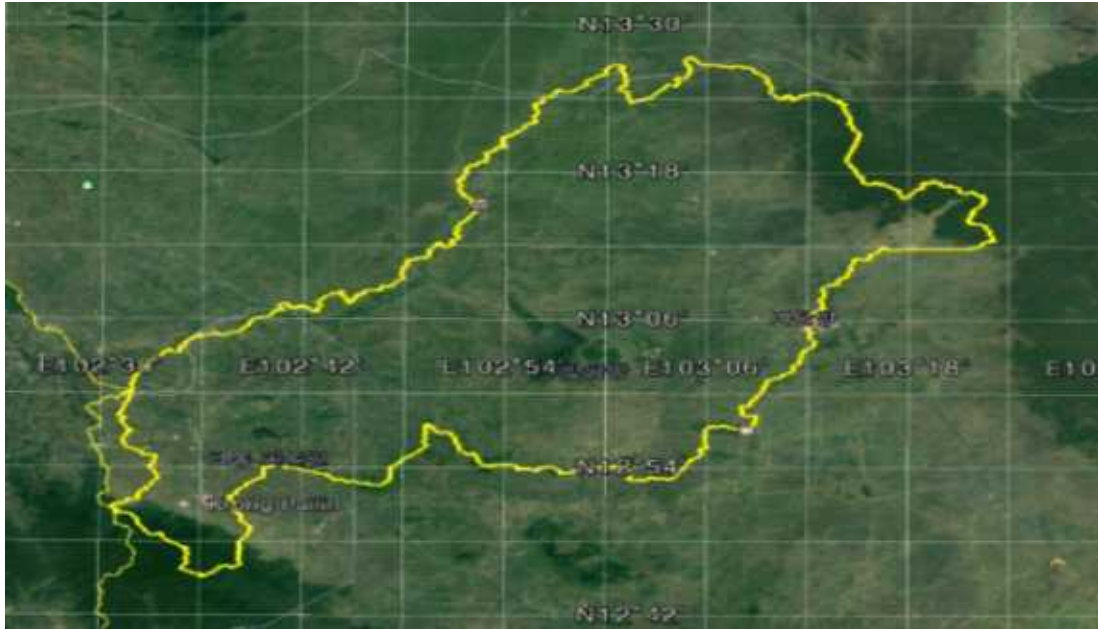


<그림 VI-43> 지상 강수량 적용시 대청댐 일 유입량 비교



<그림 VI-44> NASA 강수량 적용시 대청댐 일 유입량 비교

- (캄보디아 Battambang주 Sangker강 유출량 검증) 대청댐의 경위도 (북위 12~13도, 동경 102도)를 참고하여 NASA 자료를 사용하여 지상 자료를 적용한 경우와 비교하는 것으로 하였고, 증발산량은 Hargreaves 방법에 의한 결과를 적용하였음.

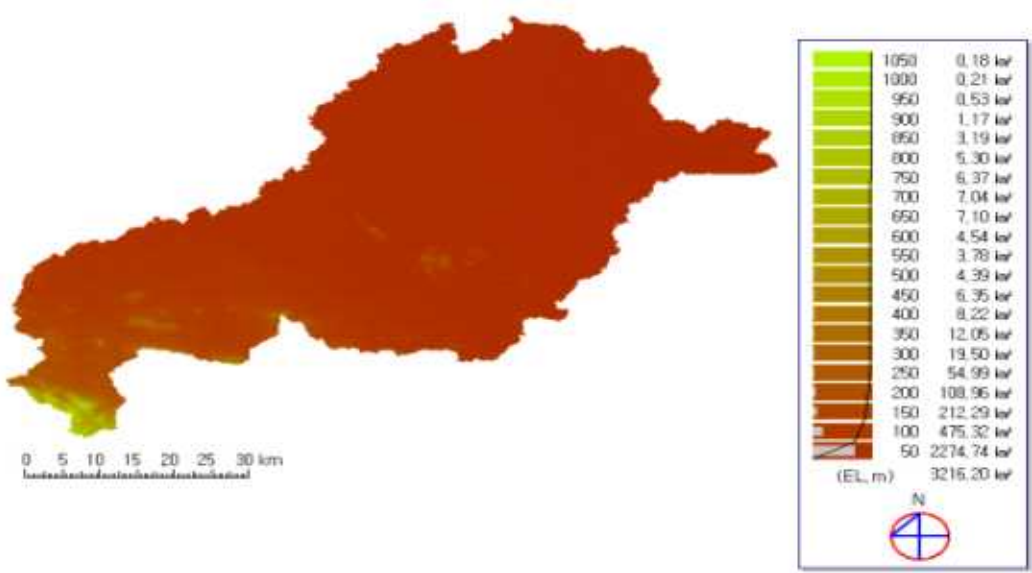


<그림 VI-45> Sangker 강 지점 경위도 (북위 12~13도, 동경 102도)

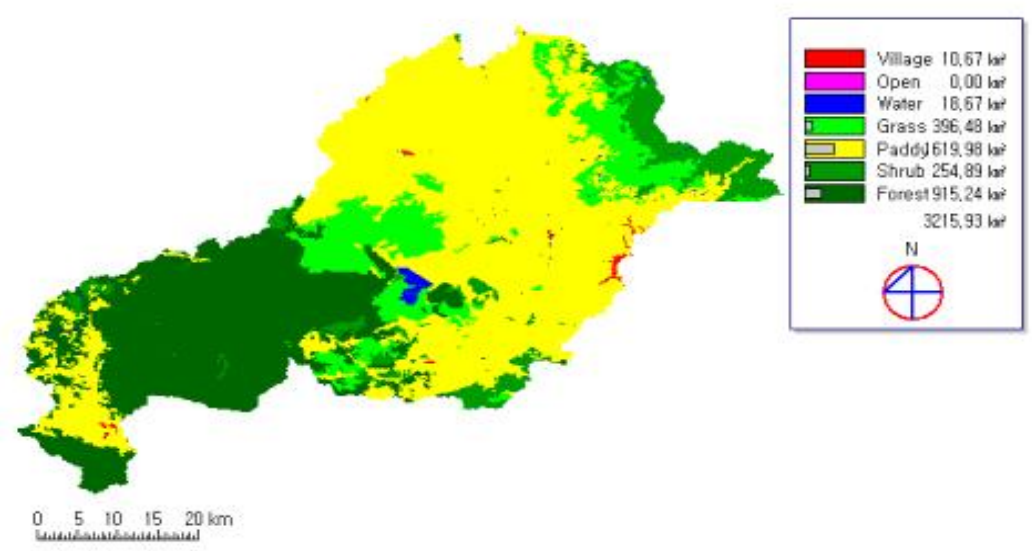
- 유역면적 3216.2km<sup>2</sup>인 Sangker river 유역의 표고는 최고 EL.1137.00m, 최저 EL.4.00m이며 그 분포는 EL50m 이하는 2274.74km<sup>2</sup>로 전체의 70.7%, EL50~100m는 475.32km<sup>2</sup>로 전체의 14.8%, EL100~150m는 212.29km<sup>2</sup>로 전체의 6.6%, EL150~200m는 108.96km<sup>2</sup>로 전체의 3.4%, EL200~250m는 54.99km<sup>2</sup>로 전체의 1.7%, EL250~300m는 19.50km<sup>2</sup>로 전체의 0.6%, EL300~350m는 12.05km<sup>2</sup>로 전체의 0.4%, EL350~400m는 8.22km<sup>2</sup>로 전체의 0.3%, EL400~450m는 6.35km<sup>2</sup>로 전체의 0.2%, EL450~500m는 4.39km<sup>2</sup>로 전체의 0.1%, EL500~550m는 3.78km<sup>2</sup>로 전체의 0.1%, EL550~600m는 4.54km<sup>2</sup>로 전체의 0.1%, EL600~650m는 7.10km<sup>2</sup>로 전체의 0.2%, EL650~700m는 7.04km<sup>2</sup>로 전체의 0.2%, EL700~750m는 6.37km<sup>2</sup>로 전체의 0.2%, EL750~800m는 5.30km<sup>2</sup>로 전체의 0.2%, EL800~850m는 3.19km<sup>2</sup>로 전체의 0.1%, EL850~900m는 1.17km<sup>2</sup>로 전체의 0.0%, EL900~950m는 0.53km<sup>2</sup>로 전체의 0.0%, EL950~1000m는 0.21km<sup>2</sup>로 전체의 0.0%, EL1050m 이상은 0.18km<sup>2</sup>로 전체의 0.0%를 차지하고 있음.
- 유역면적 3215.9km<sup>2</sup>인 Sangker river 유역의 토지이용은 농경지가 1619.98km<sup>2</sup>로 전체의 50.37%, 삼림이 915.24km<sup>2</sup>로 전체의 28.46%, 초지가 396.48km<sup>2</sup>로 전체의 12.33%, 관목지가 254.89km<sup>2</sup>로 전체의 7.93%, 주거지가 10.67km<sup>2</sup>로 전체의 0.33%, 수역이 18.67km<sup>2</sup>로 전체의 0.58%를 차지하는



것으로 나타났음.

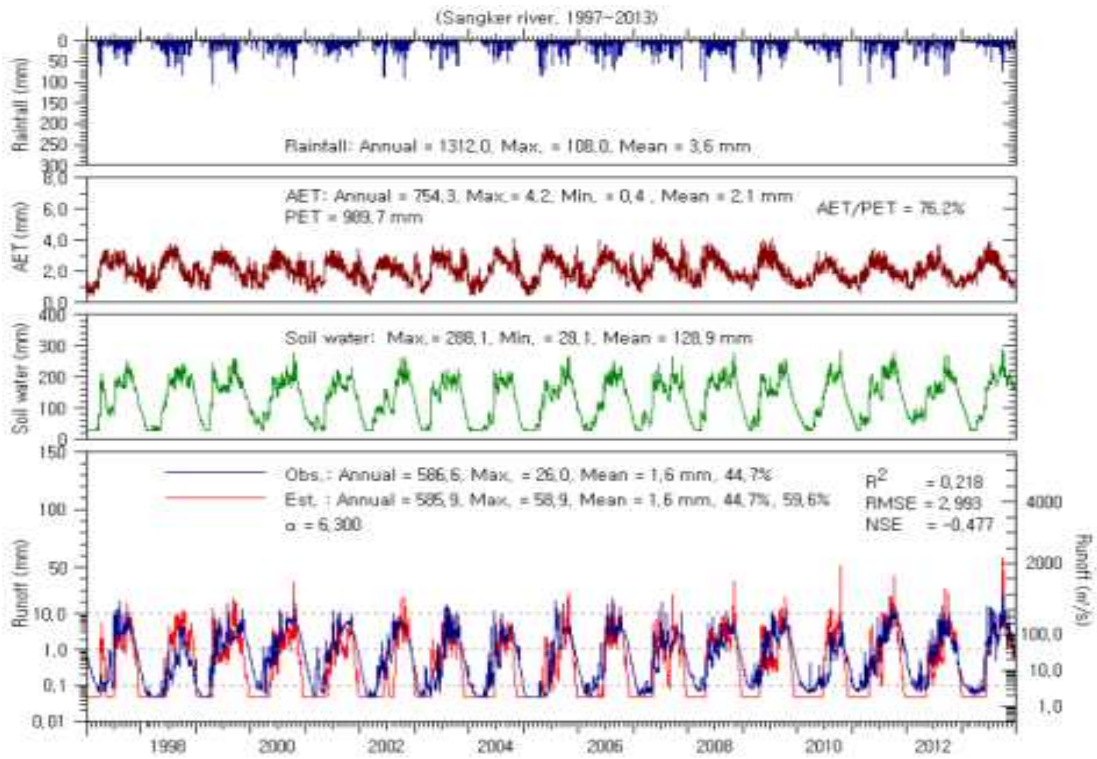


<그림 VI-46> Sangker 강 유량관측소 지점 DEM

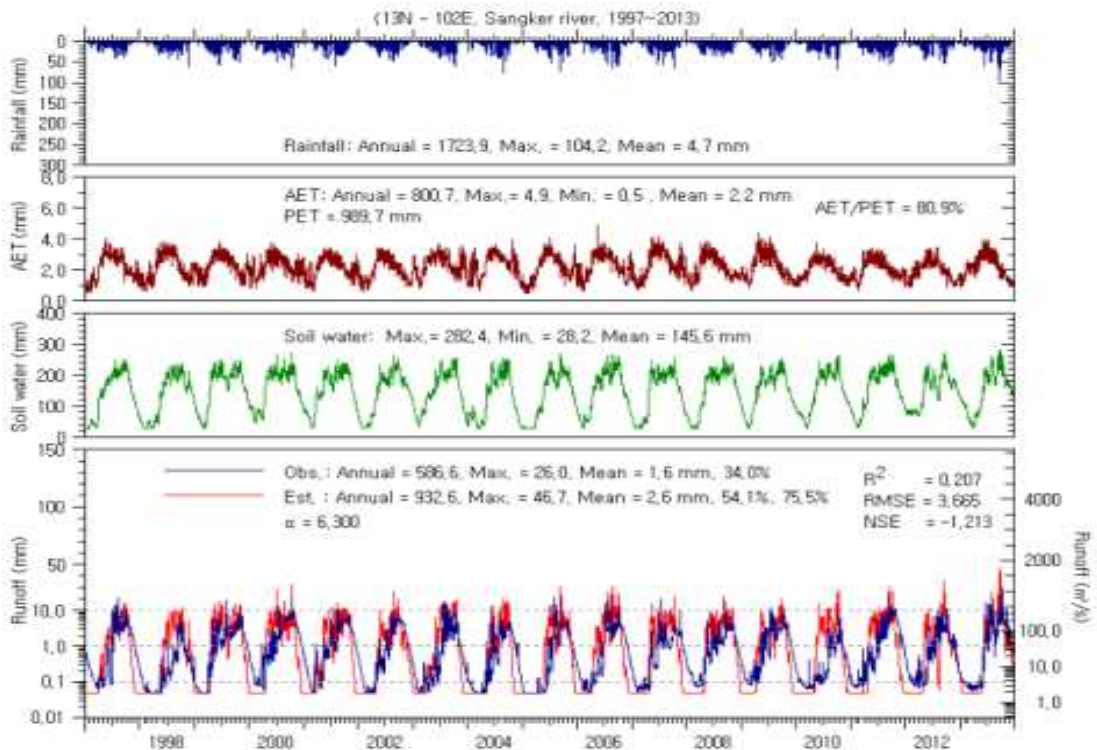


<그림 VI-47> Sangker 강 유량관측소 지점 토지이용도





<그림 VI-48> 지상 강수량 적용시 Sangker 강 일 유출량 비교

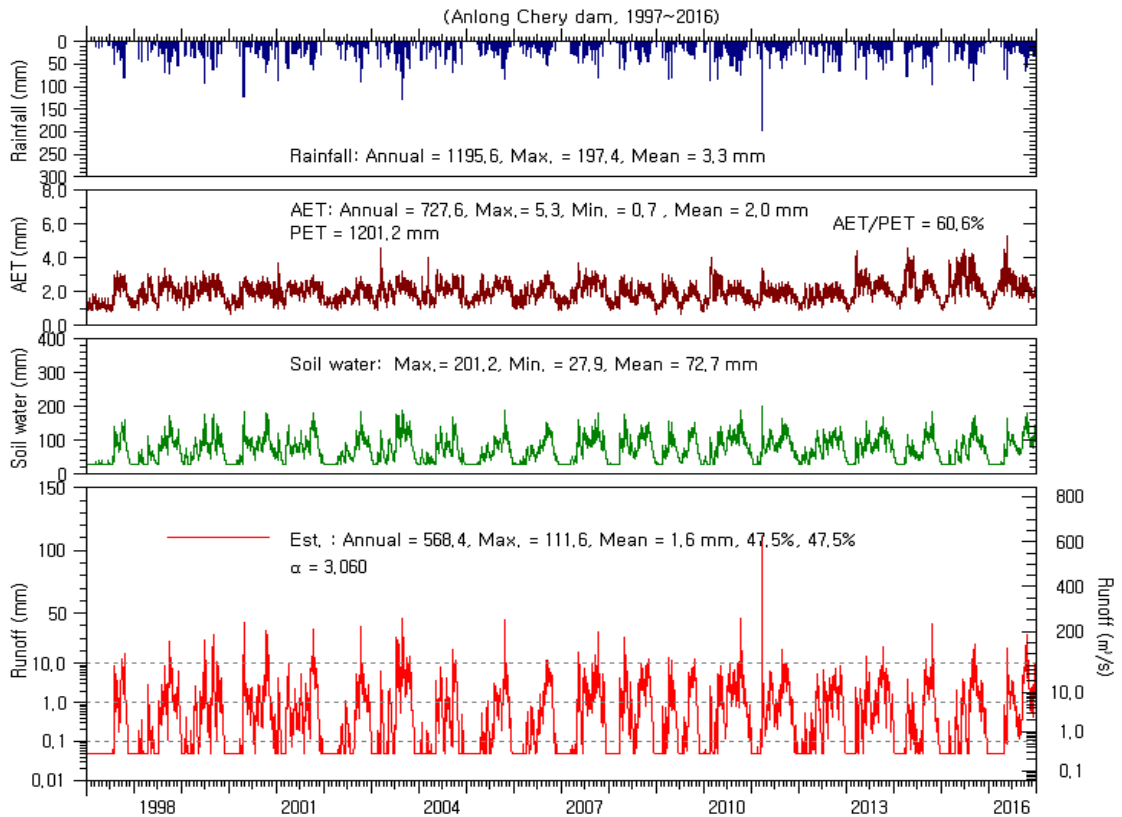


<그림 VI-49> NASA 강수량 적용시 Sangker 강 유출량 비교

- 1997년부터 2013년까지 지상 강수량 적용시 Sangker 강 유량 관측소 지점의 일 유출량을 모의하여 비교한 결과  $R^2 = 0.218$ ,  $RMSE = 2.993$ ,  $NSE = -0.477$ 로 결과가 좋지 않은 것으로 나타남.
- 동일 기간에 대해 NASA가 제공한 강수량 적용시 일 유출량을 모의하여 비교한 결과  $R^2 = 0.207$ ,  $RMSE = 3.665$ ,  $NSE = -1.213$ 으로 결정계수,  $RMSE$ , 모형효율 등이 더 낮아지는 것으로 나타나며, 강수량은 지상자료와 크게 차이가 있어 NASA 강수량을 사용하는 것은 한계가 있는 것으로 판단함.

## (5) 유입량

- 수집한 유출량 자료는 캄보디아 전체에서 Sanker 강 지점 1개소 불과하며 이 자료를 분석한 결과는 1997년부터 2013년까지 평균하여 유출률 44.7%를 나타냈음.
- 한편 신뢰도 높은 한국의 댐 유입량 전체 자료를 이용하여 유도한 연 유출률 공식에 의한 모의자료의 신뢰도가 매우 높게 나타나, 미계측 유역의 적용성이 매우 높은 것으로 평가됨.
- 예로 1997년부터 2016년까지 Anlong Chery 댐의 일 유입량 모의 결과는 그림과 같으며, 연 평균하여 연강수량 1195.6mm, 연유출량 568.4mm, 연유출률 47.5%를 나타냈음. 여기서 연유출률은 유역면적과 연강수량에 따른 유출률 공식에 의한 것으로 적절한 수준으로 평가됨.
- 여기서 증발산량은 NASA 자료의 기상자료에 의하였고, 강수량은 지상자료에 의하였으며, 유출률로 판단했을 때 모의결과가 매우 양호한 것으로 평가할 수 있음.
- 결과적으로 유출해석에 NASA 자료의 기상자료로 증발산량 자료를 생성하는 방법은 매우 신뢰도가 높은 것으로 평가하였고, 이 연구에서 모든 소유역의 유입량, 유출량 모의하는데 입력자료로 활용하는 것으로 함.



<그림 VI-50> NASA 기상자료 이용한 Anlong Chery 댐 일 유입량

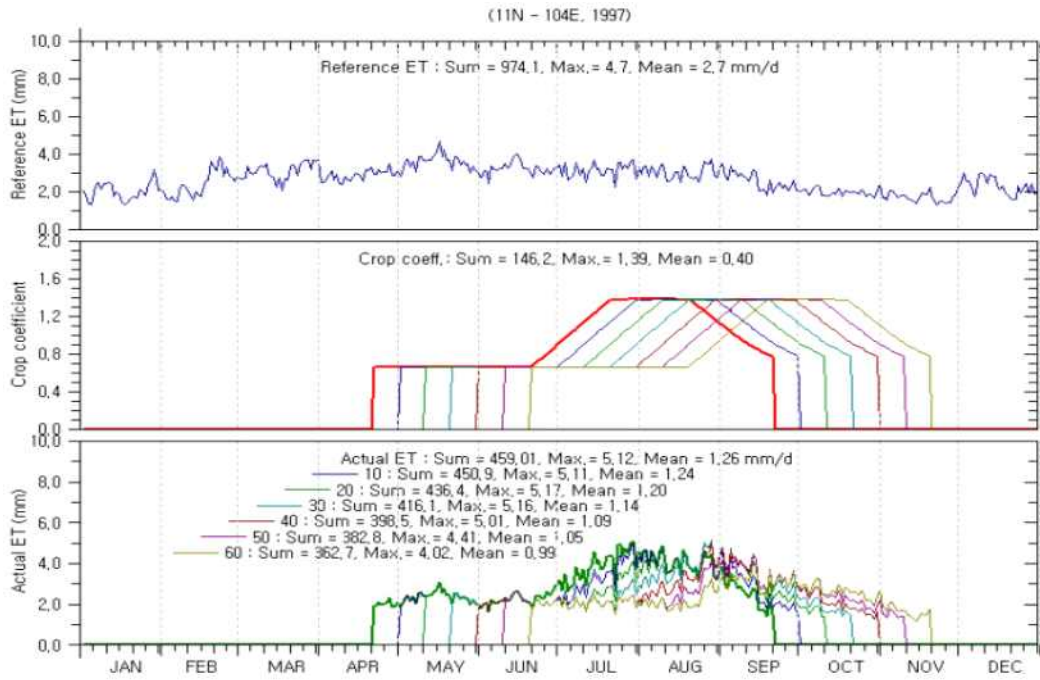
## □ NASA 위성자료 활용의 적용성

- NASA가 제공한 강수량자료는 유출 반응을 왜곡시킬 가능성이 크고 지상의 관측자료와 크게 차이가 있어 수문분석에 활용하기에 한계가 있음
- 이에 반하여 NASA 자료의 기상자료로서 증발산량 자료를 생성하는 방법은 매우 신뢰도가 높은 것으로 평가됨
- 따라서 본 평가에서의 수문분석 결과, 증발산량 산정은 NASA의 기상자료를 활용하고, 강수량은 지상 관측자료를 활용하여 유출량을 모의하면 그 결과가 매우 양호한 것으로 판단됨.

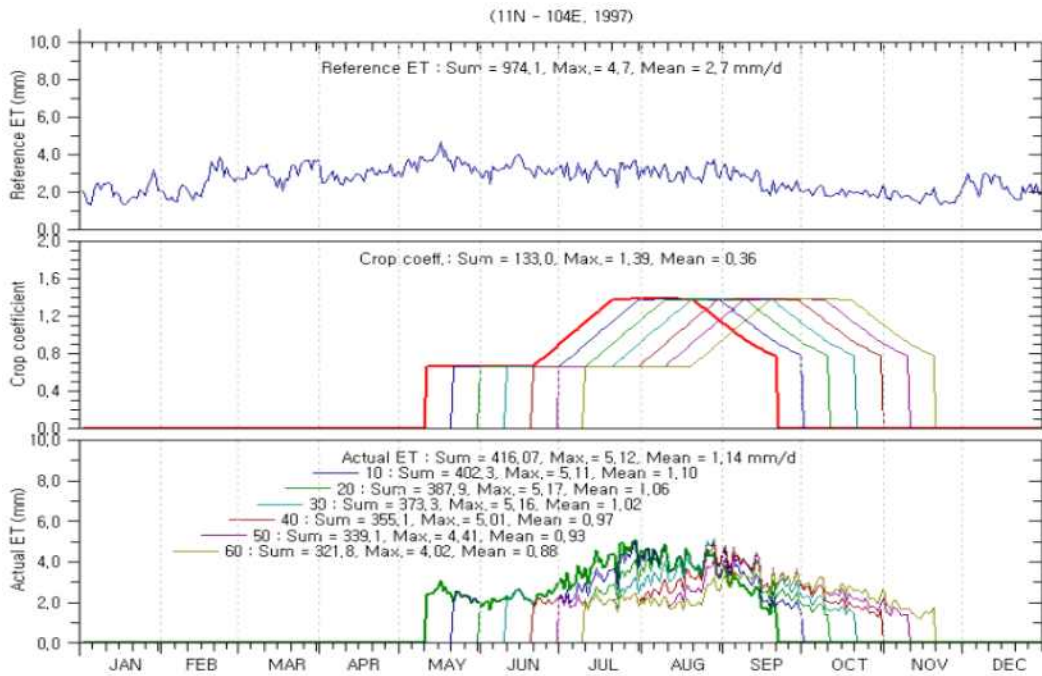
### 3. 관개용수 수요량 및 저수량 산정

#### (1) 관개용수 수요량

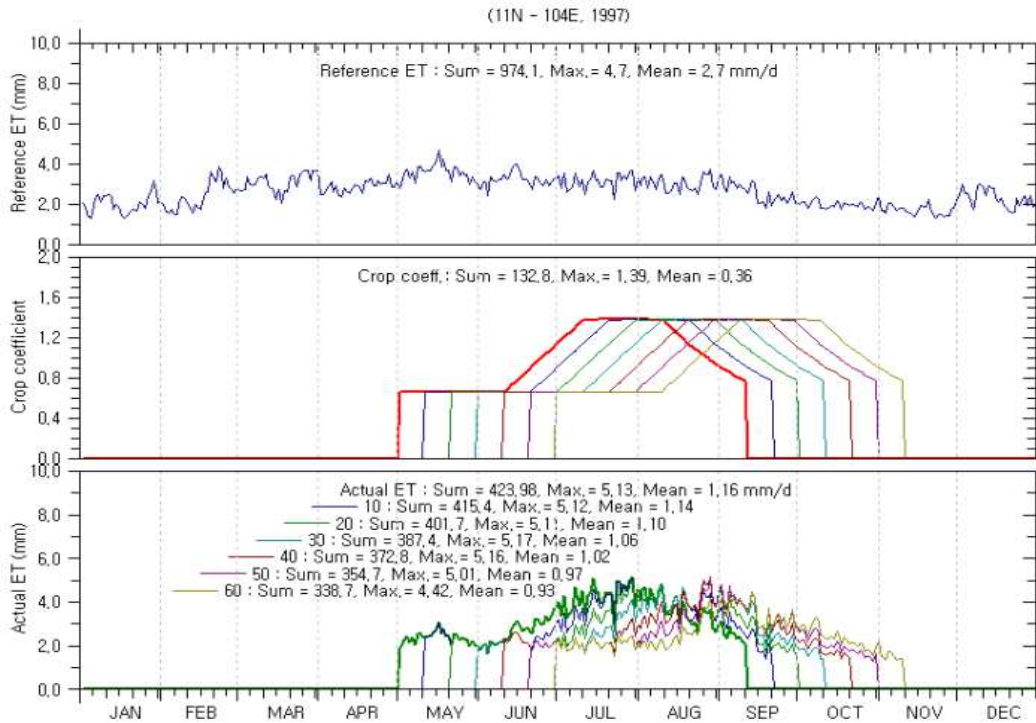
- 관개용수는 전체가 벼 재배를 위한 것이고, 벼의 작기는 5월부터 11월까지로 조사되었으며, 벼 재배기간이 일반적으로 140일 정도인데 210일 정도로 길게 나타나고 있음.
- 재배기간이 긴 이유는 11월 까지 재배가 가능할 정도로 기온이 높게 유지되고, 또한 물 부족으로 인해 재배 시작 시점이 5월부터 7월까지 길어지는 데 있음.
- 또한 물 부족으로 직파 재배면적 상당한 수준으로 관찰되었으며, 전체 재배면적의 50% 정도로 보는 것이 타당한 것으로 판단하였음.
- 여기서는 재배면적을 이앙재배 50%, 담수직파재배 20%, 건답직파재배 30%로 단순화를 위해 일괄적으로 적용하는 것으로 하였음.
- 또한 재배기간은 10일 간격으로 6차례 지체돼 재배되는 것으로 간주하였으며, 관개용수 사용패턴이 이를 따르는 것으로 하였음.
- 따라서 전체의 관개용수 공급량은 이앙, 담수직파, 그리고 건답직파 재배면적을 각각 6등분하여 물부족으로 인해 10일 간격으로 관개용수 공급이 지체되면서 전체적으로 물관리가 이뤄지는 것으로 보았음.
- NASA 기상자료는 북위 11도 동경 104도 자료를 이용하는 것으로 하였고, 이로부터 증발산량을 추정하였고, 벼 생육시기별로 작물계수를 적용하여 실제 증발산량을 산정하는 것으로 하였음.



<그림 VI-51> NASA 기상자료 이용한 벼 이앙재배의 실제 증발산량 산정 예



<그림 VI-52> NASA 기상자료 이용한 벼 답수직파재배의 실제 증발산량 산정 예



<그림 VI-53> NASA 기상자료 이용한 벼 담수직파재배의 실제 증발산량 산정 예

- 벼 재배방법별로 생육시기별 담수심이 다르며, 직파재배는 담수직파는 못자리용수, 씨레질 용수가 필요하고, 건담직파는 필요 없으며, 활착기 이후는 재배 방법이 같음.
- 이앙재배의 못자리 면적은 본답의 1/20 정도로 하고, 못자리 기간은 40일, 씨레질 용수는 140mm로 함.
- 관개용수는 생육시기별 담수심을 유지하는 것으로 하고, 담수심의 변화는 증발산량, 침투량, 재배 및 시설관리 손실량으로 구성됨.
- 여기서 침투량은 2mm/d, 재배관리 손실률은 20%, 시설관리 손실률은 15%을 고려하는 것으로 함.
- 출수기 이후 간단재배는 1일 급수, 2일 단수하는 것으로 재배관리 방법을 선택함
- 재배기간은 이앙재배 기준으로 4월 11일 못자리 정지로부터 시작하여 9월 20일 완숙으로 끝나는 것이 일반적인데, 캄보디아의 경우 재배 관행을 고려하여 재배면적을 6등분하여 물 관리로 인해 각 재배면적이 10일 간격으로 지체시켜 표현하는 것이 타당한 것으로 판단하였음.

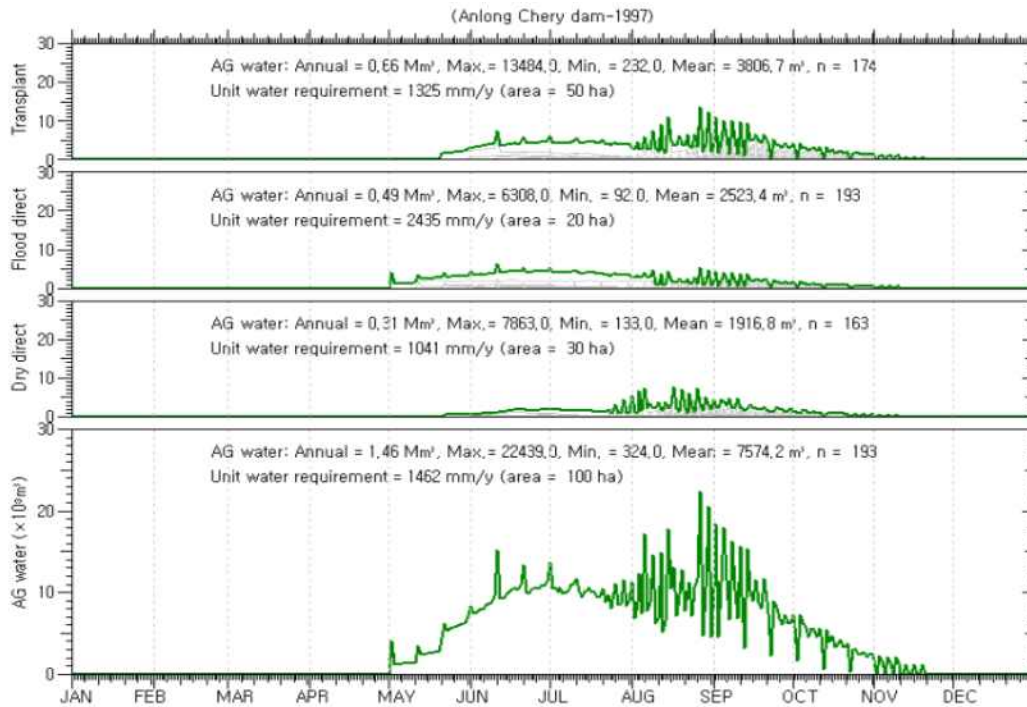


Cultivation pd. and ponding dt.				Flood direct seeding				Dry direct seeding			
Toddling	4	11	0	Seedling	5	1	25	Seedling	4	21	0
Seedling	4	15	0	Rooting	6	10	60	Rooting	6	1	60
Transplanting	5	20	25	Tillering	7	1	25	Tillering	6	21	25
Rooting	6	10	60	No tillering	7	15	0	No tillering	7	1	0
Tillering	7	1	25	Earing	8	1	60	Earing	7	21	60
No tillering	7	15	0	Heading	8	15	45	Heading	8	5	45
Earing	8	1	60	Maturing	8	25	25	Maturing	8	15	25
Heading	8	15	45	Ripening	9	20	0	Ripening	9	10	0
Maturing	8	25	25								
Ripening	9	20	0								

이앙 재배
담수직파 재배
건답직파 재배

**<그림 VI-54> 벼 재배방법별 생육시기별 담수심**

- 재배면적이 100ha로 가정하고, 이앙 재배면적 50ha, 담수직파 재배면적 20ha, 건답직파 재배면적 30ha로 가정하여 일 관개용수 수요량을 산정한 예를 나타냈음.
- 1997년의 경우 이앙재배 지역에서는 연 66만 m<sup>3</sup>, 최대 일 수요량 13,484m<sup>3</sup>, 최소 232m<sup>3</sup>, 평균 3806m<sup>3</sup>의 관개용수 수요량을 나타냈고, 단위용수량은 1325mm/y로 분석되었음.
- 담수직파재배 지역에서는 연 49만 m<sup>3</sup>, 최대 일 수요량 6308m<sup>3</sup>, 최소 92m<sup>3</sup>, 평균 2523m<sup>3</sup>의 관개용수 수요량을 나타냈고, 단위용수량은 2435mm/y로 분석되었음.
- 건답직파재배 지역에서는 연 31만 m<sup>3</sup>, 최대 일 수요량 7863m<sup>3</sup>, 최소 133m<sup>3</sup>, 평균 1916m<sup>3</sup>의 관개용수 수요량을 나타냈고, 단위용수량은 1041mm/y로 분석되었음.
- 이앙재배, 직파재배를 포함한 전체 논에서 연 146만 m<sup>3</sup>, 최대 일 수요량 22439m<sup>3</sup>, 최소 324m<sup>3</sup>, 평균 7574m<sup>3</sup>의 관개용수 수요량을 나타냈고, 단위용수량은 1462mm/y로 분석되었음.



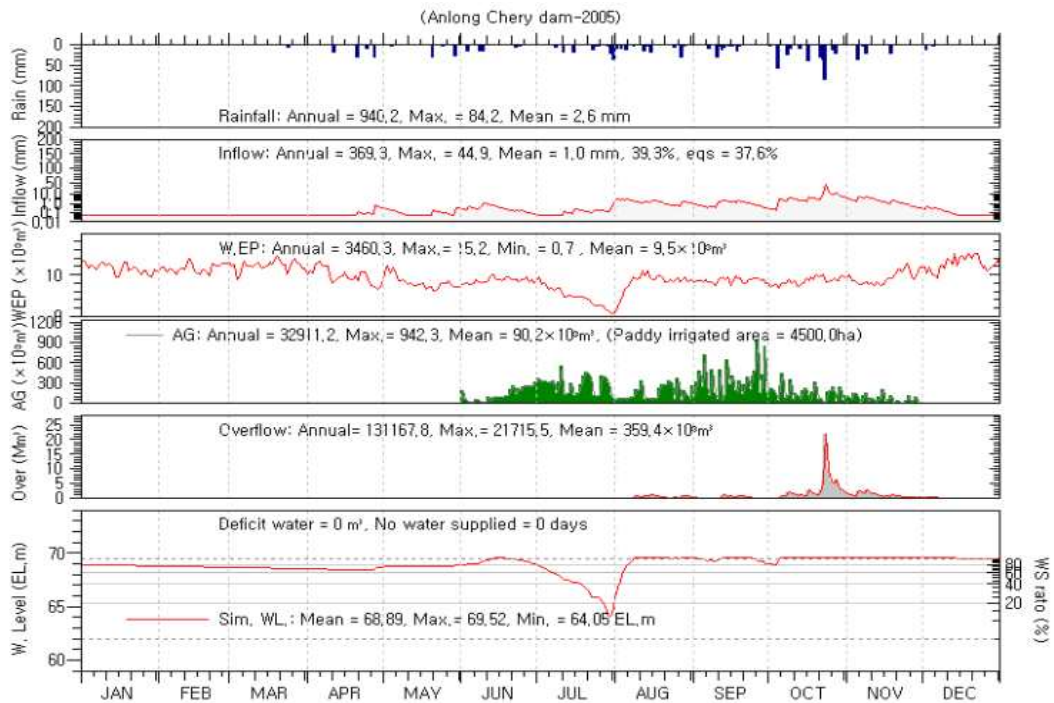
<그림 VI-55> 벼 일 관개용수량 산정 예

## (2) 저수량

### □ 저수량 변화 모의

- 댐의 저수량은 유입량으로 증가하고, 저수면 증발량, 관개용수 공급량, 도수량 등으로 감소함. 저수지 물수지 분석으로 저수지 수위가 만수위를 초과하면 월류되는 조건을 달아 일별로 연속적으로 저수량 변화를 모의하였음.
- Anlong Chery 댐은 소수력을 발전을 실시하고 있지만 관개용수 공급과 겸용하기 때문에 별도로 계상하지는 않았으며, Prambei Mom 댐으로의 도수량은 5월 1일부터 12월 31일까지 0.3 m³/s 공급하는 것으로 하였음.
- 저수량 변화의 모의 예는 <그림 VI-56>의 Anlong Chery 댐의 2005년의 결과와 같으며, 이와 같이 3개 댐과 3개 조절지 댐에 대해 1997년부터 2016년까지 20년간 일별로 저수량 변화를 모의하여 4년 용수부족이 발생하는 기준(이수안전도 80%)으로 용수공급능력, 관개가능면적 등을 분석하는 기본 자료로 제공하였음.





<그림 VI-56> 일 저수량 변화 모의 예(Anlong Chery 댐, 2005)

#### □ 저수량 모의 검증

- 분 분석에서는 기상자료는 NASA의 위성자료, 강수량자료는 기상자료를 활용하여 일별 저수량 변화를 모의한 결과를 활용하였음.
- 여기서 위의 자료를 활용하는 것을 기본으로 하여 저수량 변화의 유입량, 수면증발량, 관개용수 공급량 등 물수지의 검증을 위해서는 관측 저수위 자료가 필수이며, 모의 저수위(저수량)와 관측 저수위 자료의 편차가 허용할 수준이라 판단할 수 있는 근거를 제시해야 함.
- Anlong Chery 댐의 운영자료는 2015년부터 현장 수문관리인이 매일 저수지 수위와 강우량을 노트에 기록하여 관리하고 있었으나, 2017년 홍수에 노트가 빗물에 젖어 모두 유실된 사실을 현장조사에서 확인하였음.
- 저수지 수위 기록은 현장 관리인이 저수지 수위표의 눈금을 육안으로 확인한 후 노트에 기록하는 방식으로 시대에 뒤져있는 방식이었음.

- <그림 VI-57>은 2017년 9월 14일 현장관리인이 수위를 기록하는 과정임. 수위표의 눈금이 수초로 가려 읽을 수 없으면 긴 장대를 이용하여 수초를 걷어내고 수위표를 읽었으며 눈금이 지워져 육안으로 읽을 수 없으면 긴 장대가 물속에 잠긴 부분을 가늠하여 수위를 노트에 기록하고 있었음.
- 현장관리인의 수위관측 과정을 직접 확인하였고, 자료의 신뢰성을 확인하기 위해 관측수위 노트(2017년분)의 수치를 해발표고(EL.m)로 환산하여, 그래프로 표현하였고, 7월 4일(EL.67.30m)과 9월 14일(EL.68.72m) 두 차례 현장답사에서 관측한 수위와 일치하여 관측수위의 신뢰성을 확인하였음.



수초에 덮혀 있는 수위표



수초 걷어낸 수위표



막대기로 수위 측정

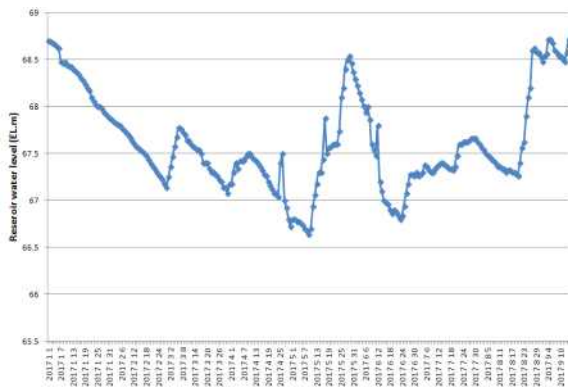
<9>

JOIN THE HERO

1.	9. 2017 =	2,4.8	EL. 2.50
2.	9 = 2017 =	25.4	2.52
3.	9 = 2017 =	2,5.6	2.52
4.	9 = 2017 =	2,7.2	2.52
5.	9 : 2017 =	2,7.2	2.52
6.	9 = 2017 =	2,6.8	2.52
7.	9 = 2017 =	2,6.0	2.52
8.	9 = 2017 =	2, 5.8	2.52
9.	9 = 2017 =	2, 5.4	2.52
10.	9 = 2017 =	2, 5.4	2.52
11.	9 = 2017 =	2, 5.0	2.52
12.	9 = 2017 =	2, 4.8	2.52
13.	9 = 2017 =	2, 5.8	2.52
14.	9 = 2017 =	2, 7.2	2.52

2017년 9월 일별 저수위 수기 노트 예

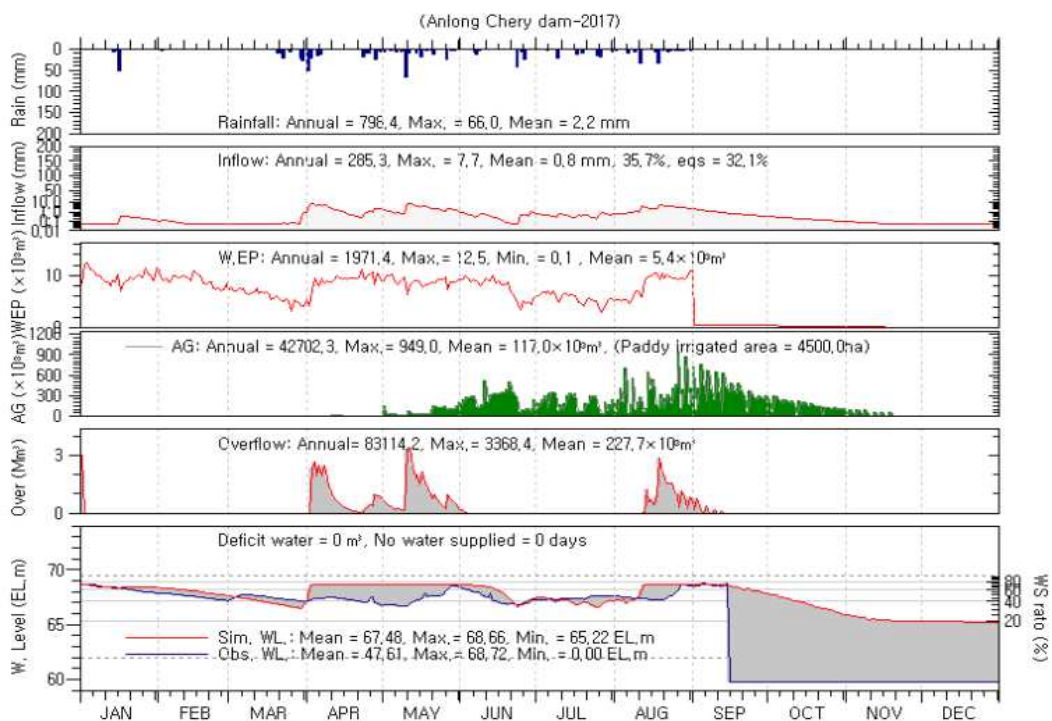
<그림 VI-57> 일 저수위 기록 과정 (Anlong Chery 댐)



(7.4일 확인수위: EL.67.30m)

<그림 VI-58> Anlong Chery 댐의 관측 일 저수위 (2017.01.01~09.14.)

- 저수량 변화 모의 방법론의 검정은 <그림 VI-59>의 Anlong Chery 댐의 2017년의 모의 저수위와 관측 저수위의 비교로 판단하였으며, 9월 14일까지 모의 저수위와 관측 저수위의 차이가 허용수준 이하로 평가하였음.



<그림 VI-59> 일 저수량 변화 모의 검정(Anlong Chery 댐, 2017)

#### 4. 수리시설물 용수공급능력 평가

##### □ 기본전제

- 타당성 조사시 수리시설물별 관개면적은 <표 VI-1>과 같으며, 과업범위 조정으로 건설이 취소 Peam Levear 댐 및 O Tang 댐의 관개면적을 제외하면 총 관개면적은 14,571 ha에 이릅니다.

<표 VI-1> 시설물별 관개면적 및 필요용수량

(단위 : 백만m<sup>3</sup>)

구 분	관개면적(ha)	필요용수량
계	16,982	144.26
Peam Levear 댐	1,073	9.23
O Tang댐	1,338	11.51
Anlong Chrey 댐	30	0.26
Prambei Mom 댐	3,046	26.20
Kdol 댐	2,060	15.89
Tavay Regulator	3,085	26.54
Krapeu Truom Regulator	594	5.11
Yutasas Regulator	5,756	49.52

☞ 건기 경작면적 3,234ha 포함

- 수리시설물별로 공급가능면적 분석은 이수안전도 80%(20년 중 4년 용수부족 발생) 기준을 적용하였고, 일별 저수량 변화를 모의한 결과로 평가하였음.
- 수리시설물별 유입량과 저수량 변화는 다음과 같이 구성함.

- Anlong Chery 댐

유입량: 자체유입량(유역면적 484.5 km<sup>2</sup>) (입력: 강우, NASA 기상자료에 의한 증발산량, 출력: ONE 모형 - 토양수분 물수지 기반)

저수량 변화: 증가부분- 유입량, 감소부분- 관개용수 공급, Prambei Mom 댐 공급, 수면증발량, 발전용수는 관개용수와 겸용하므로 물수지 미반영

- Prambei Mom 댐

유입량: 자체유입량(유역면적 30.2 km<sup>2</sup>)과 Anlong Chery 댐 도수공급량

저수량 변화: 증가부분- 유입량, 감소부분- 관개용수 공급

- Kdol 댐

유입량: 자체유입량(유역면적 47.1 km<sup>2</sup>)

저수량 변화: 증가부분- 유입량, 감소부분- 관개용수 공급

- Tavay 조절지 댐

유입량: 자체유입량(유역면적 137.4 km<sup>2</sup>), Anlong Chery 댐 방류량, Kdol 댐 방류량, 유역내 관개용수 회귀수(회귀율 35% 적용)

저수량 변화: 증가부분- 유입량, 감소부분- 관개용수 공급

- Krepeau Truom 조절지 댐

유입량: 자체유입량(유역면적 37.5 km<sup>2</sup>), Tavay 조절지 댐 방류량, 유역내 관개용수 회귀수

저수량 변화: 증가부분- 유입량, 감소부분- 관개용수 공급

- Yutasas 조절지 댐

유입량: 자체유입량(유역면적 76 km<sup>2</sup>), Krepeau Truom 조절지 댐 방류량, 유역내 관개용수 회귀수

저수량 변화: 증가부분- 유입량, 감소부분- 관개용수 공급

- 수리시설물별 유입량과 저수량 변화 구성을 적용하여 용수공급능력을 분석하면 다음과 같으며, 이는 상류의 3개 댐과 하류의 3개 조절지 댐을 연계하여 분석한 결과임.

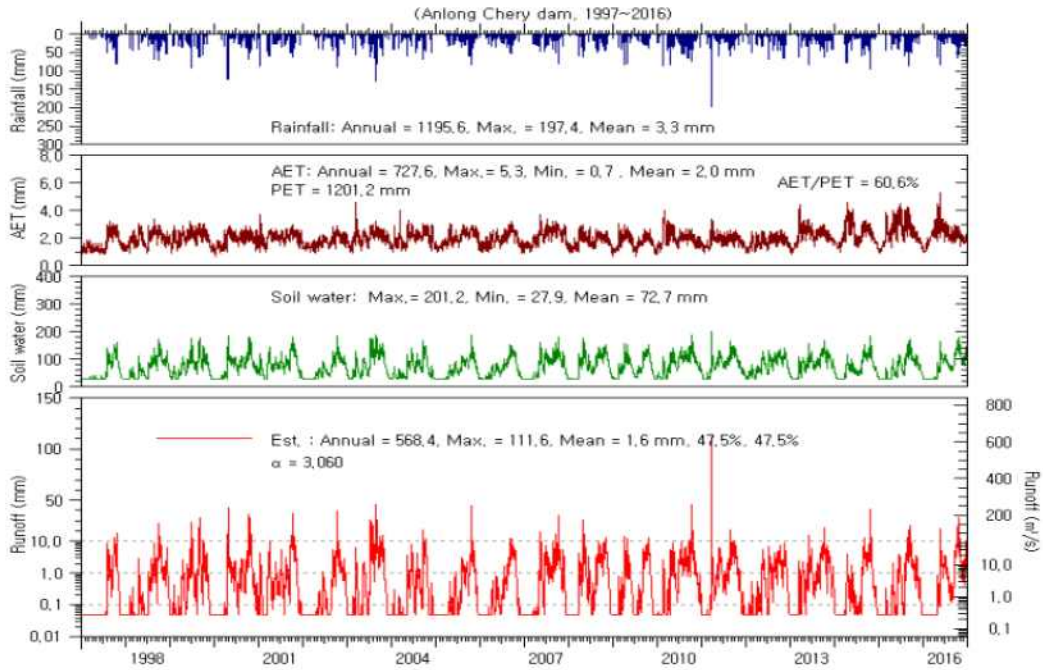
□ Anlong Chery 댐

○ 유입량

- 유역면적 484.5 km<sup>2</sup>의 Anlong Chery 댐의 유입량을 1997년부터 2016년까지 20년간 일별로 모의한 결과는 <그림 VI-60>과 같으며,



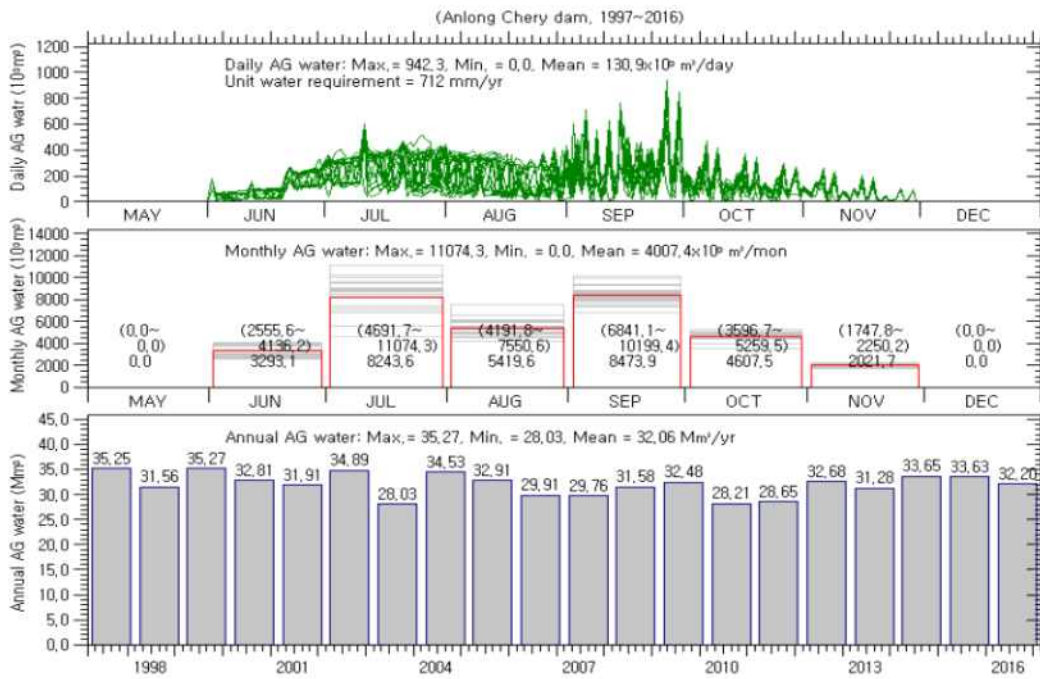
연평균하여 강수량은 1,195.6 mm, 유출량은 568.4 mm로 유출률 47.5%를 나타냈음.



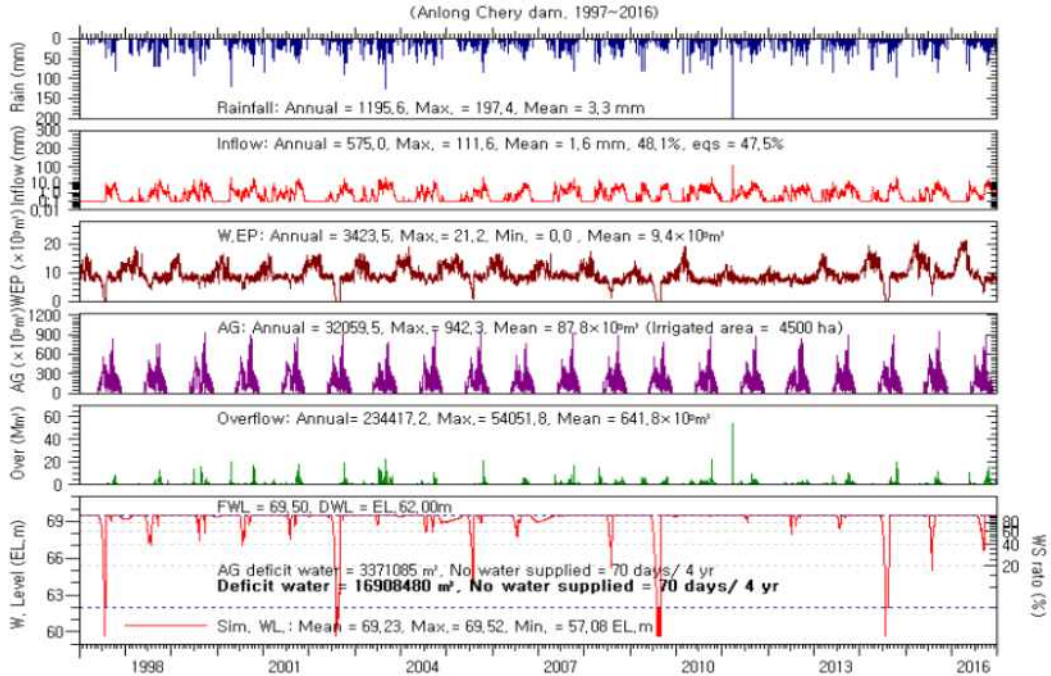
<그림 VI-60> Anlong Chery 댐 일 유입량 모의 결과

○ 관개용수량

- 총저수량 1,094.9만 m<sup>3</sup>인 Anlong Chery 댐으로부터 수혜면적 4,500 ha의 논에 관개할 수 있는 것으로 분석되었음. 1997년부터 2016년까지 20년간 일별로 관개용수를 모의 결과는 <그림 VI-61>과 같으며, 연평균하여 단위용수량은 712 mm, 연 관개용수 공급량은 3,206만 m<sup>3</sup>으로 분석되었음.



<그림 VI-61> Anlong Chery 댐 일 관개용수 공급량 모의 결과



<그림 VI-62> Anlong Chery 댐 일 저수량 변화 모의 결과



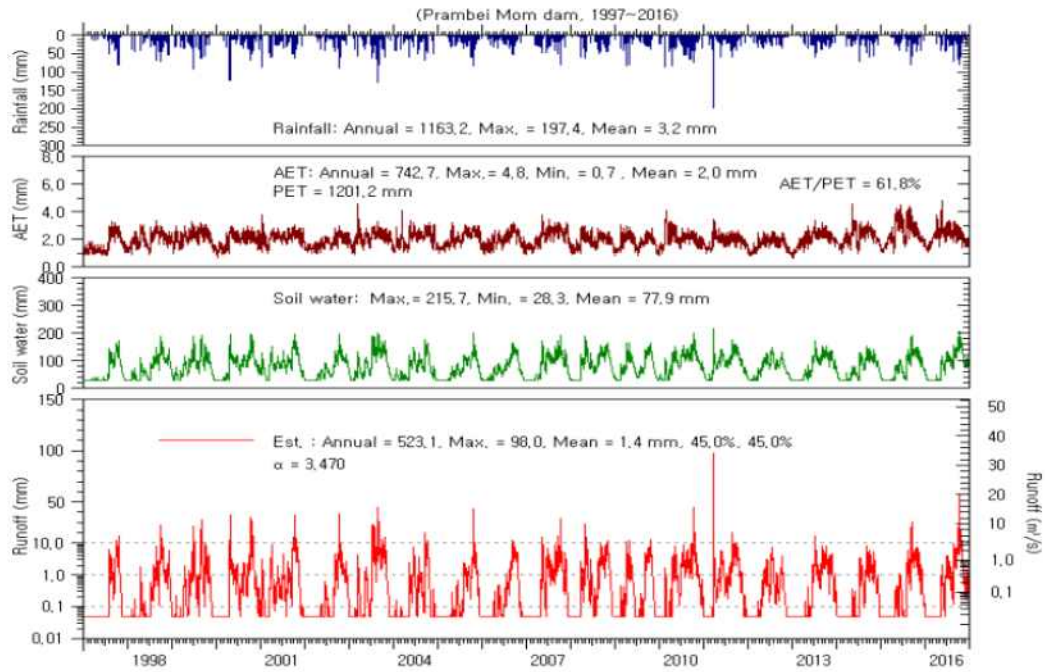
○ 용수공급능력

- 유역면적 484.5 km<sup>2</sup>, 총저수량 1,094.9만 m<sup>3</sup>인 Anlong Chery댐에서 수혜면적 4,500 ha의 논에 1997년부터 2016년까지 관개용수를 공급할 시 일별로 저수량을 모의함. 연평균으로 강수량 1,195.6 mm, 일최대 강수량 197.4 mm 였고, 유입량 575.0 mm(2억7,859.1만 m<sup>3</sup>), 일최대 유입량 111.6 mm(5,405.8만 m<sup>3</sup>), 유출률 48.1%, 수면증발량 342.3만 m<sup>3</sup>, 관개용수 공급량 3,2065.9만 m<sup>3</sup>(총 저수량의 2.93배), 월류량 2억3,441만 m<sup>3</sup>(총 저수량의 21.4배), 용수부족량 423만 m<sup>3</sup>, 용수 미공급 일수 70일, 용수 미공급 회수 4개년으로 분석됨.

□ Prambei Mom 댐

○ 유입량

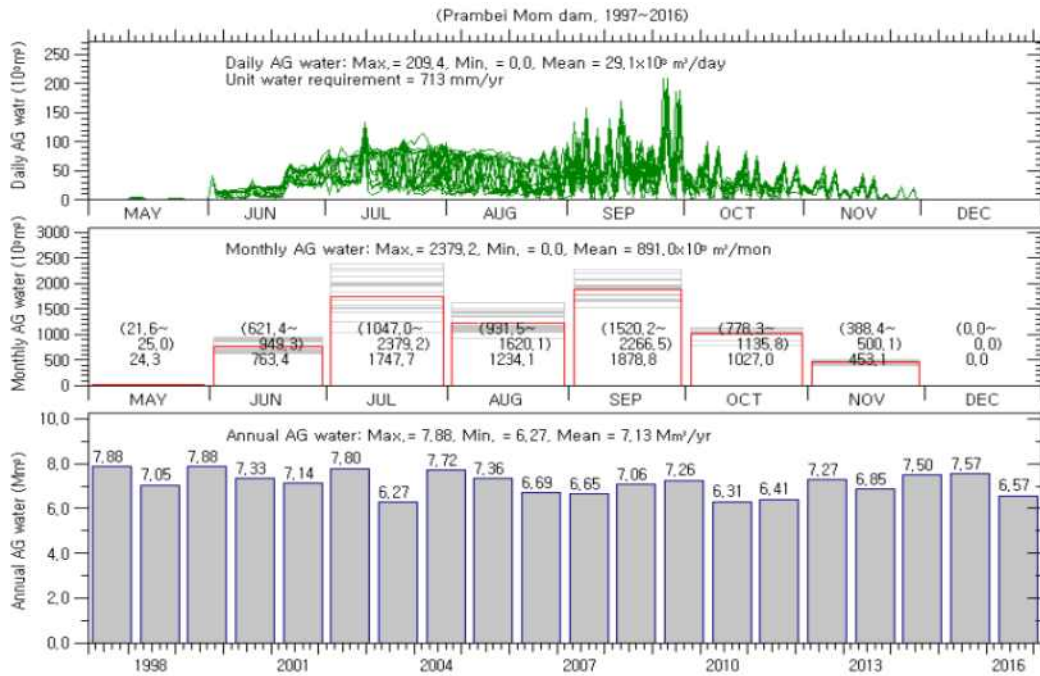
- 유역면적 30.2 km<sup>2</sup>의 Prambei Mom 댐의 자체유역의 유입량을 1997년부터 2016년까지 20년간 일별로 모의하였음. 연평균하여 강수량은 1,163.2 mm, 유출량은 523.1 mm(1,580만 m<sup>3</sup>)로 유출률 45.0%, 총유입량은 여기에 5월 1일부터 12월 31일까지 0.3 m<sup>3</sup>/s(635만 m<sup>3</sup>)를 더해 2,115만 m<sup>3</sup>로 계산되었음.



<그림 VI-63> Prambei Mom 댐 일 유입량 모의 결과

○ 관개용수량

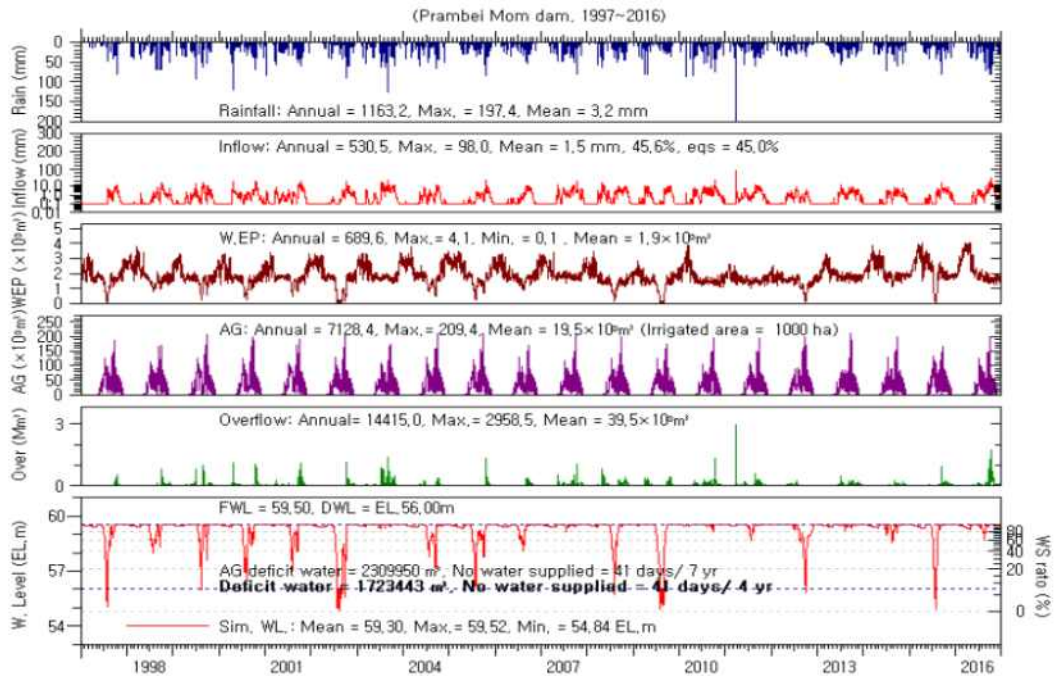
- 총저수량 149.4만 m<sup>3</sup>인 Prambei Mom 댐으로부터 수혜면적 1,000 ha의 논에 관개할 수 있는 것으로 분석되었고, 1997년부터 2016년까지 20년간 일별로 관개용수를 모의 결과는 <그림 VI-64>과 같으며, 연평균하여 단위용수량은 713 mm, 연 관개용수 공급량은 713만 m<sup>3</sup>으로 분석되었음.



<그림 VI-64> Prambei Mom 댐 일 관개용수 공급량 모의 결과

○ 용수공급능력

- 유역면적 30.2km<sup>2</sup>, 총저수량 149.4만 m<sup>3</sup>인 Prambei Mom 댐에서 수혜면적 1,000 ha의 논에 1997년부터 2016년까지 관개용수를 공급하는 일별 저수량을 모의함. 연평균하여 강수량 1,163.2 mm, 일최대 강수량 197.4 mm, 자체유입량 530.5 mm(1,602만 m<sup>3</sup>)에 Anlong Chery 댐에서 도수량 635만 m<sup>3</sup>을 더해 총 유입량은 2,237만 m<sup>3</sup>(740.7 mm), 일최대 유입량 98.0 mm(296.0만 m<sup>3</sup>), 유출률 45.6%(63.7%), 수면증발량 69.0만 m<sup>3</sup>, 관개용수 공급량 712.8만 m<sup>3</sup>(총 저수량의 4.8배), 월류량 1,441.5만 m<sup>3</sup>(총 저수량의 9.7배), 용수부족량 43.1만 m<sup>3</sup>, 용수 미공급 일수 41일, 용수 미공급 회수 4개년으로 분석됨.



<그림 VI-65> Prambei Mom 댐 일 저수량 변화 모의 결과

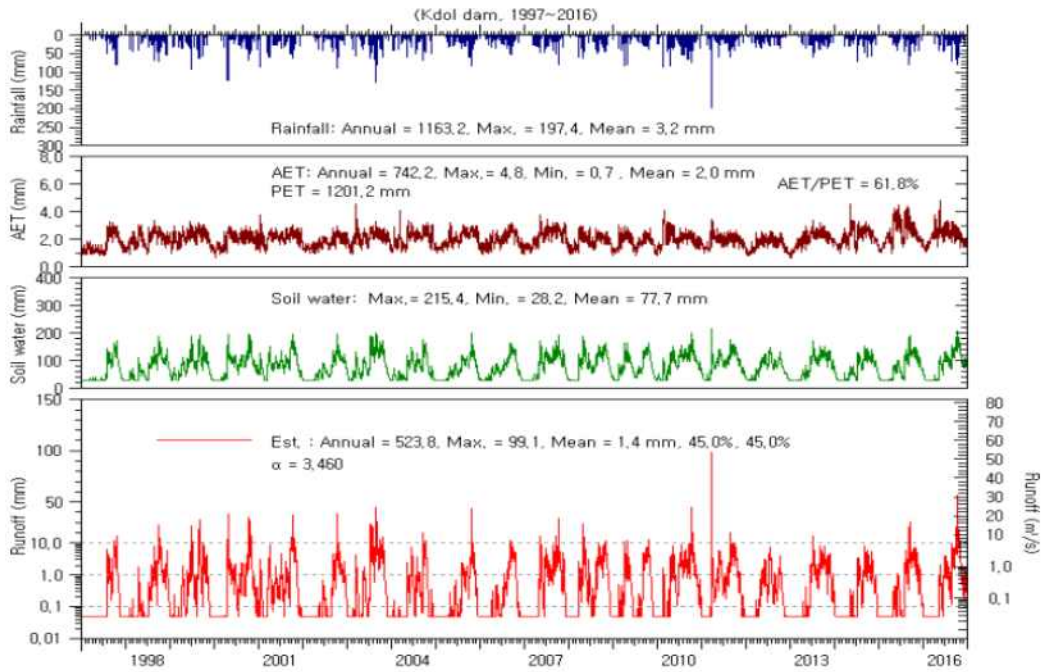
□ Kdol 댐

○ 유입량

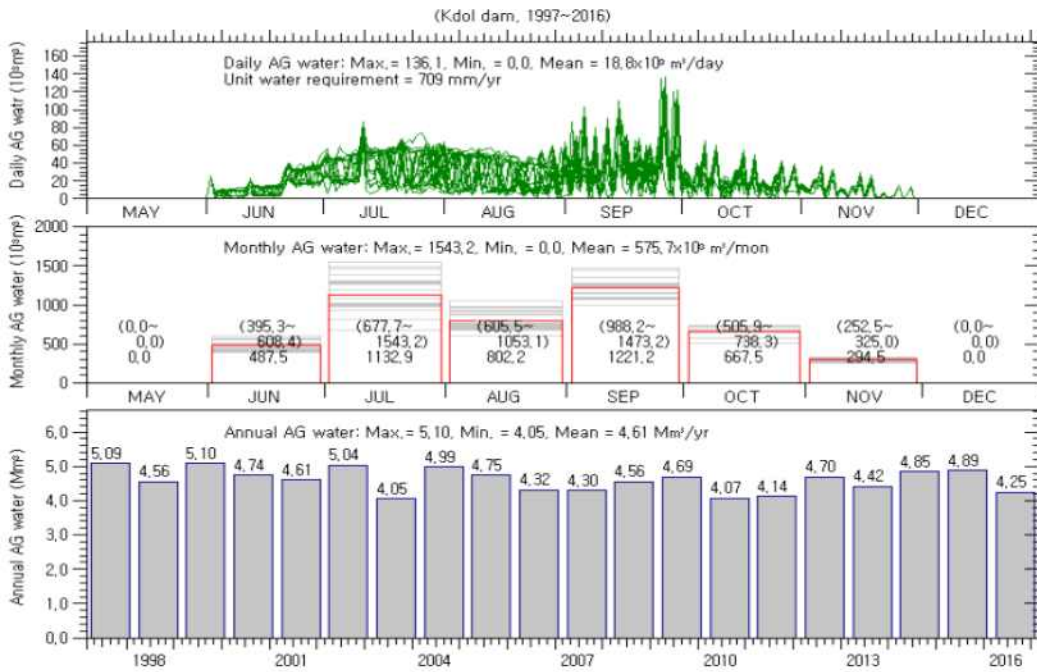
- 유역면적 47.1 km<sup>2</sup>의 Prambei Mom 댐의 유입량을 1997년부터 2016년까지 20년간 일별로 모의한 결과는 <그림 VI-66>과 같으며, 연평균하여 강수량은 1,163.2 mm, 유출량은 523.8 mm로 유출률 45.0%를 나타냈음.

○ 관개용수량

- 총저수량 172.7만 m<sup>3</sup>인 Kdol 댐으로부터 수혜면적 650 ha의 논에 관개할 수 있는 것으로 분석되었고, 1997년부터 2016년까지 20년간 일별로 관개용수를 모의한 결과는 <그림 VI-67>과 같으며, 연평균하여 단위용수량은 709 mm, 연 관개용수 공급량은 461만 m<sup>3</sup>으로 분석되었음.



<그림 VI-66> Kdol 댐 일 유입량 모의 결과

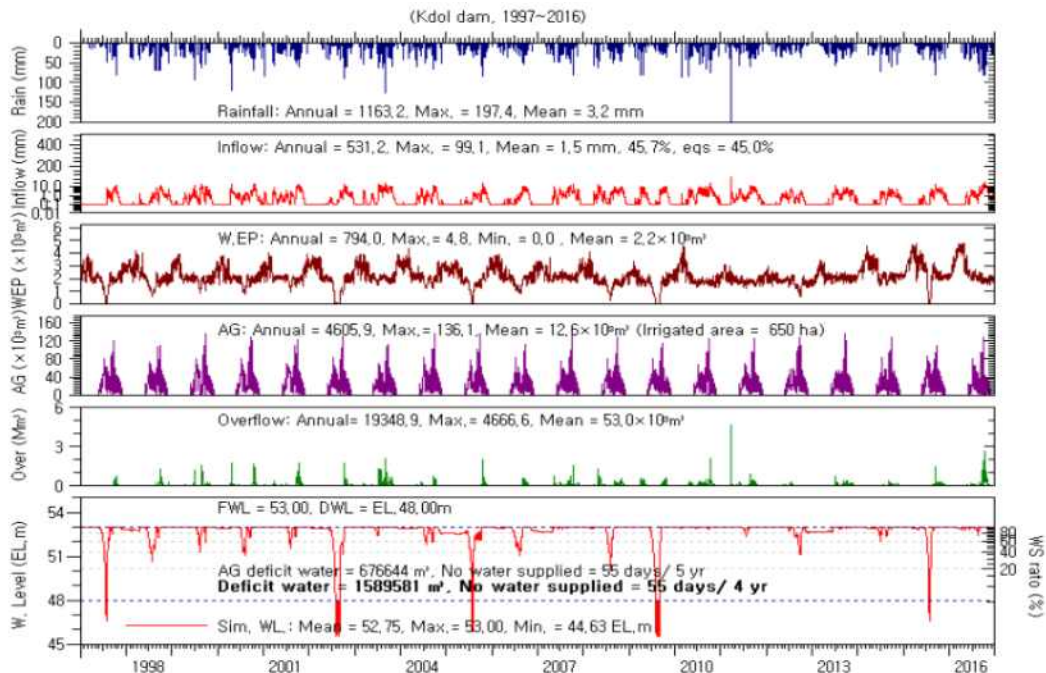


<그림 VI-67> Kdol 댐 일 관개용수 공급량 모의 결과



○ 용수공급능력

- 유역면적 47.1km<sup>2</sup>, 총저수량 172.7만 m<sup>3</sup>인 Kdol 댐에서 수혜면적 650 ha의 논에 1997년부터 2016년까지 관개용수를 공급하는 일별 저수량을 모의함. 연평균으로 강수량 1,163.2 mm, 일최대 강수량 197.4 mm, 유입량 531.2 mm(2,501.9만 m<sup>3</sup>), 일최대 유입량 99.1 mm(466.8만 m<sup>3</sup>), 유출률 45.7%, 수면증발량 79.4만 m<sup>3</sup>, 관개용수 공급량 460.6만 m<sup>3</sup>(총 저수량의 2.7배), 월류량 1,934.9만 m<sup>3</sup>(총저수량의 11.2배), 용수부족량 39.7만 m<sup>3</sup>, 용수 미공급일수 55일, 용수 미공급 회수 4개년으로 분석되었음.



<그림 VI-68> Kdol 댐 일 저수량 변화 모의 결과

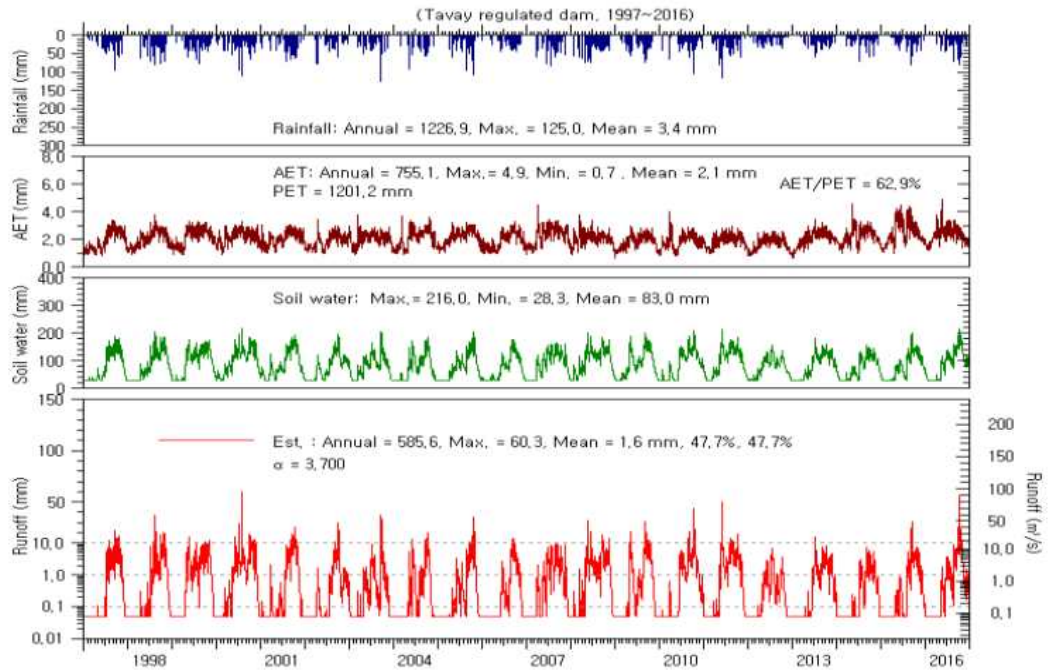
□ Tavay 조절지

○ 유입량

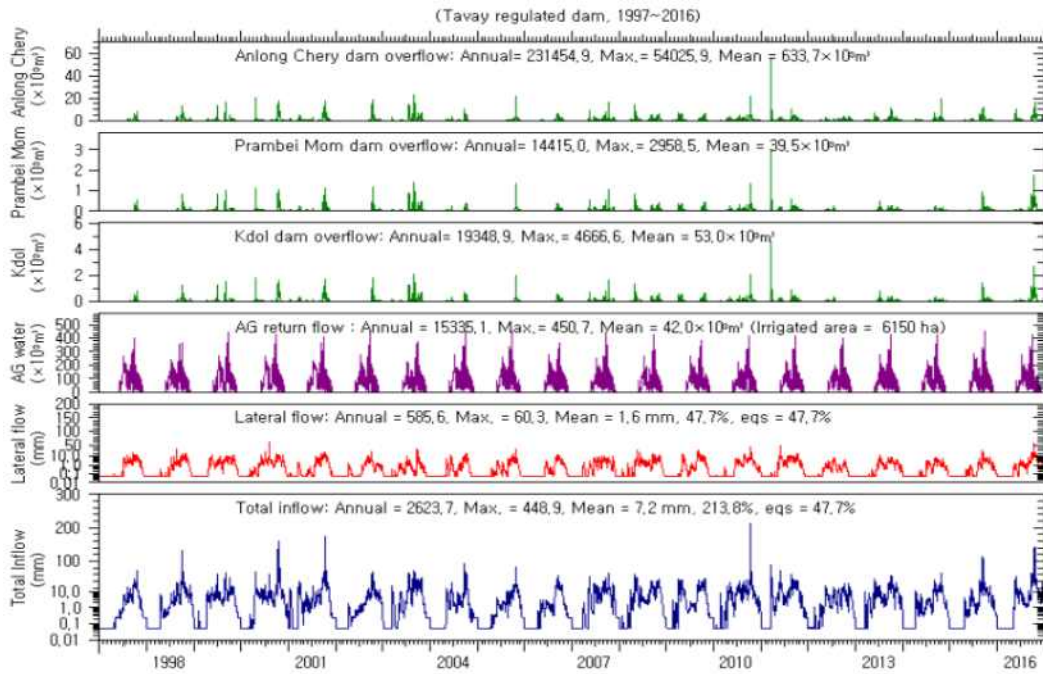
- 유역면적 137.4 km<sup>2</sup>의 Tavay 조절지의 자체유역의 유입량을 1997년부터 2016년까지 20년간 일별로 모의한 결과는 <그림 VI-69>와 같으며, 연평균하여 강수량은 1,163.2 mm, 유출량은 523.8 mm로 유출률 45.0%를

나타냈음.

- 총유입량은 자체유역의 유입량 7,197만 m<sup>3</sup>에 상류에 위치한 Anlong Chery 댐의 연평균 월류량 2억3,145만 m<sup>3</sup>, Prambei Mom 댐의 월류량 1,442만 m<sup>3</sup>, Kdol 댐의 월류량 1,935만 m<sup>3</sup>을 더하고, 자체유역의 수혜면적 6,150 ha의 관개용수의 회귀수 1,534만 m<sup>3</sup>을 더해 3억 5,353만 m<sup>3</sup>로 나타났음.



<그림 VI-69> Tavay 조절지 댐 일 지류유입량 모의 결과

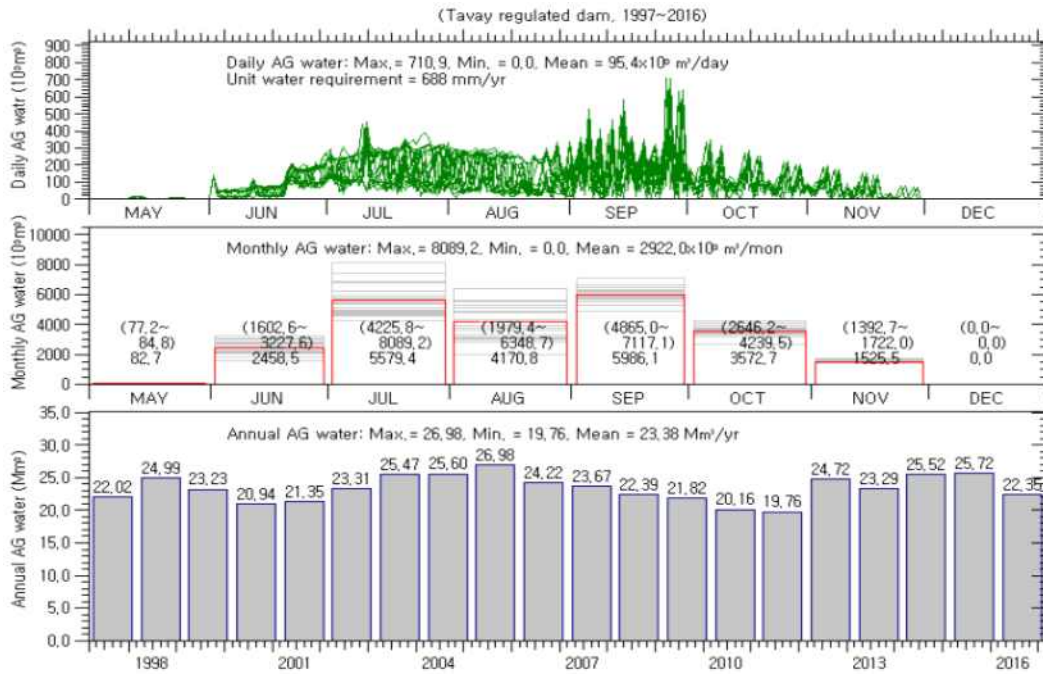


<그림 VI-70> Tavay 조절지 댐 일 유입량 모의 결과

○ 관개용수량

- 총저수량 151.0만 m<sup>3</sup>인 Tavay 조절지로부터 수혜면적 3,400 ha의 논에 관개할 수 있는 것으로 분석되었고, 1997년부터 2016년까지 20년간 일별로 관개용수를 모의 결과는 <그림 VI-71>과 같으며, 연평균하여 단위용수량은 688 mm, 연 관개용수 공급량은 2,338만 m<sup>3</sup>으로 분석되었음.

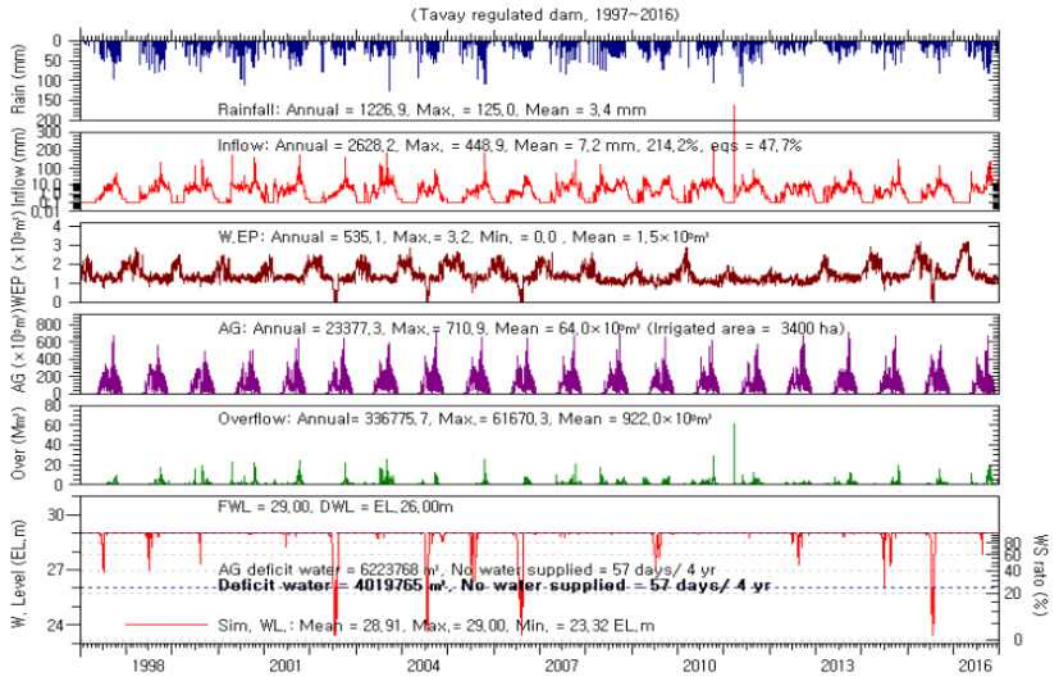




<그림 VI-71> Tavay 조절지 댐 일 관개용수 공급량 모의 결과

○ 용수공급능력

- 유역면적 137.4km², 총저수량 151.0만 m³인 Tavay 조절지에서 수해면적 3,400 ha의 논에 1997년부터 2016년까지 관개용수를 공급하여 일별 저수량을 모의함. 연평균으로 강우량 1,226.9 mm, 일최대 강우량 125.0 mm, 유입량 2,628.2 mm(3억6,111.9만 m³), 일최대 유입량 448.9 mm(6,167.2만 m³), 유출률 214.2%, 수면증발량 53.5만 m³, 관개용수 공급량 2337.7만 m³(총 저수량의 15.9배), 월류량 3억3,677.6만 m³(총 저수량의 223.0배), 용수부족량 100.5만 m³, 용수 미공급 일 수 57일, 용수 미공급 회수 4개년으로 분석되었음.

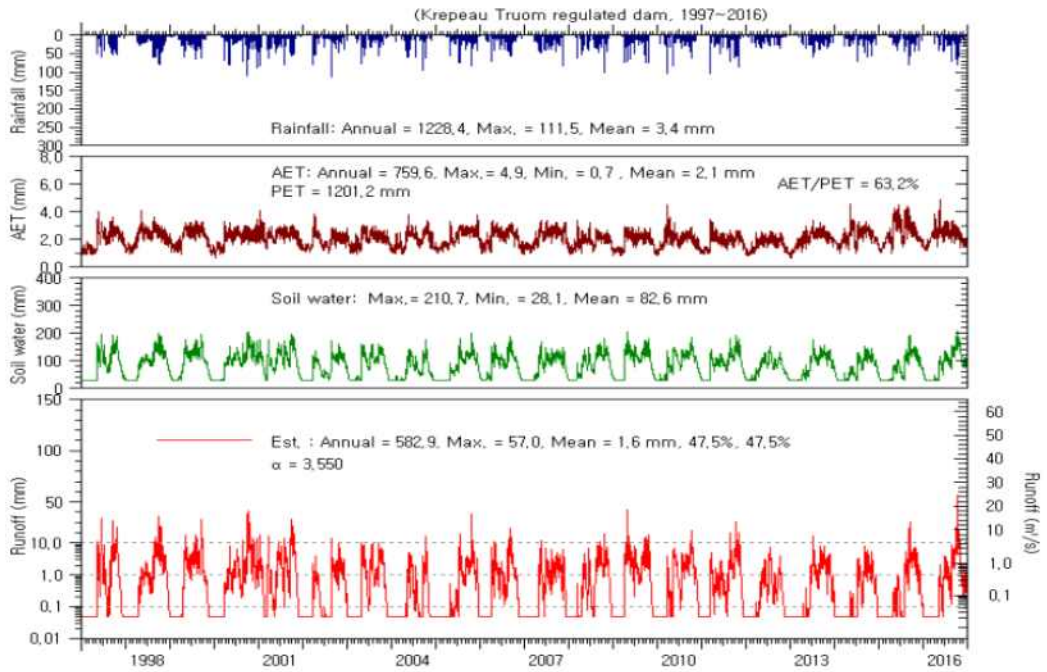


<그림 VI-72> Tavyay 조절지 댐 일 저수량 변화 모의 결과

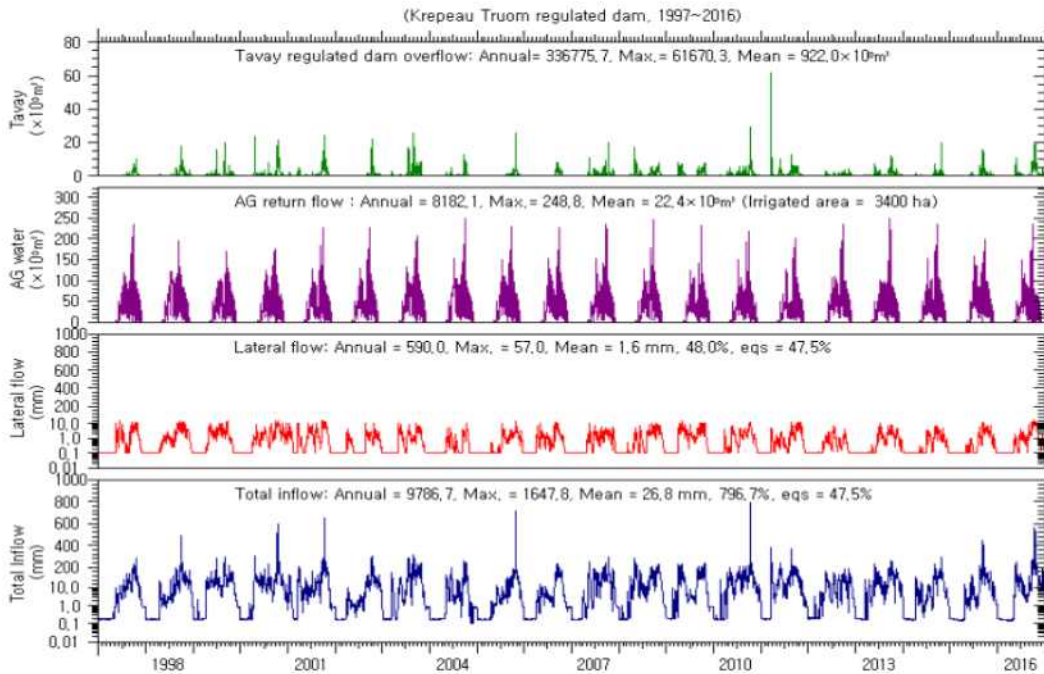
## □ Krepeau Truom 조절지

### ○ 유입량

- 유역면적 37.5 km<sup>2</sup>의 Krepeau Truom 조절지의 자체유역의 유입량을 1997년부터 2016년까지 20년간 일별로 모의한 결과는 <그림 IV-73>과 같으며, 연평균하여 강수량은 1,228.4 mm, 유출량은 582.9 mm로 유출률 47.5%를 나타냈음.
- 총유입량은 <그림 VI-73>과 같이 자체 유역의 유입량 2,213만 m<sup>3</sup>에 상류에 위치한 Tavyay 조절지의 연평균 월류량 3억3,678만 m<sup>3</sup>, 자체 유역의 수혜면적 3,400 ha의 관개용수의 회귀수 818만 m<sup>3</sup>을 더해 3억 6,699만 m<sup>3</sup>로 나타났음.



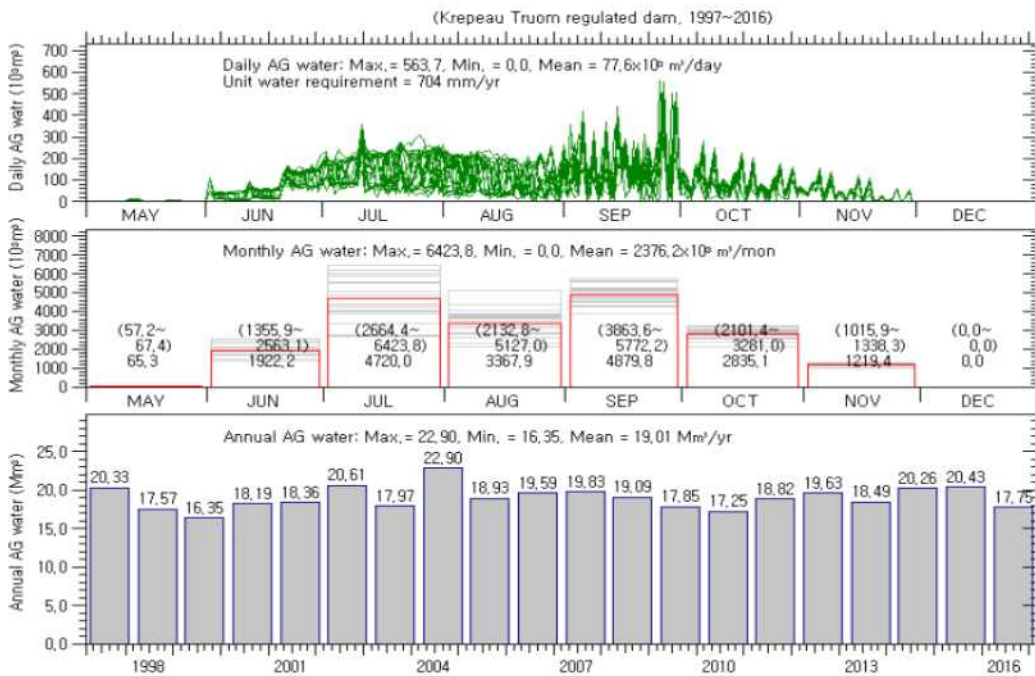
<그림 VI-73> Krepeau Truom 조절지 댐 일 지류유입량 모의 결과



<그림 VI-74> Krepeau Truom 조절지 댐 일 유입량 모의 결과

○ 관개용수량

- 총저수량 151.0만 m<sup>3</sup>인 Krepeau Truom 조절지로부터 수혜면적 2,700 ha의 논에 관개할 수 있는 것으로 분석되었고, 1997년부터 2016년까지 20년간 일별로 관개용수를 모의 결과는 <그림 VI-75>와 같으며, 연평균하여 단위용수량은 704 mm, 연 관개용수 공급량은 1,901만 m<sup>3</sup>으로 분석되었음.



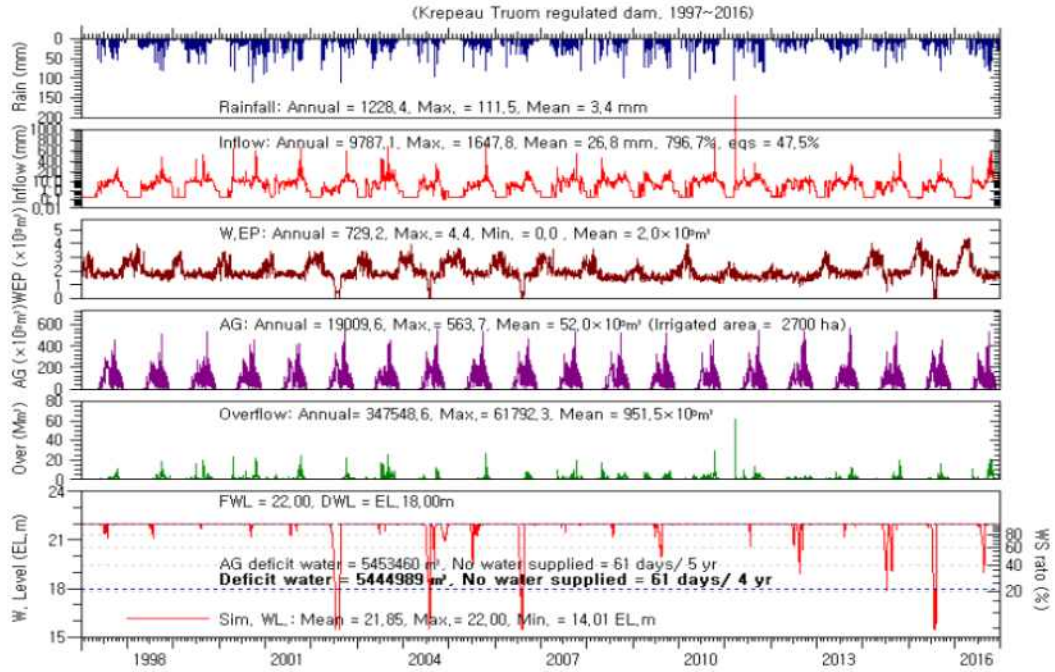
<그림 VI-75> Krepeau Truom 조절지 댐 일 관개용수 공급량 모의 결과

○ 용수공급능력

- 유역면적 37.5km<sup>2</sup>, 총저수량 250.5만 m<sup>3</sup>인 Krepeau Truom 조절지로부터 수혜면적 2,700 ha의 논에 1997년부터 2016년까지 관개용수를 공급할 때 일별로 저수량을 모의한 결과를 연평균하면, 강우량 1,228.4 mm, 일최대 강우량 111.5 mm였고, 유입량 9,787.1 mm(3억6,701.5만 m<sup>3</sup>), 일최대 유입량 1,647.8 mm(6,179.4만 m<sup>3</sup>), 유출률 796.7%, 수면증발량 72.9만 m<sup>3</sup>, 관개용수 공급량 1,901.0만 m<sup>3</sup>(총 저수량의 7.59배), 월류량 3억4,754.9만 m<sup>3</sup>(총 저수량의 138.74배), 용수부족량 136.1만 m<sup>3</sup>, 용수



미공급 일 수 61일, 용수 미공급 회수 4개년으로 분석되었음.

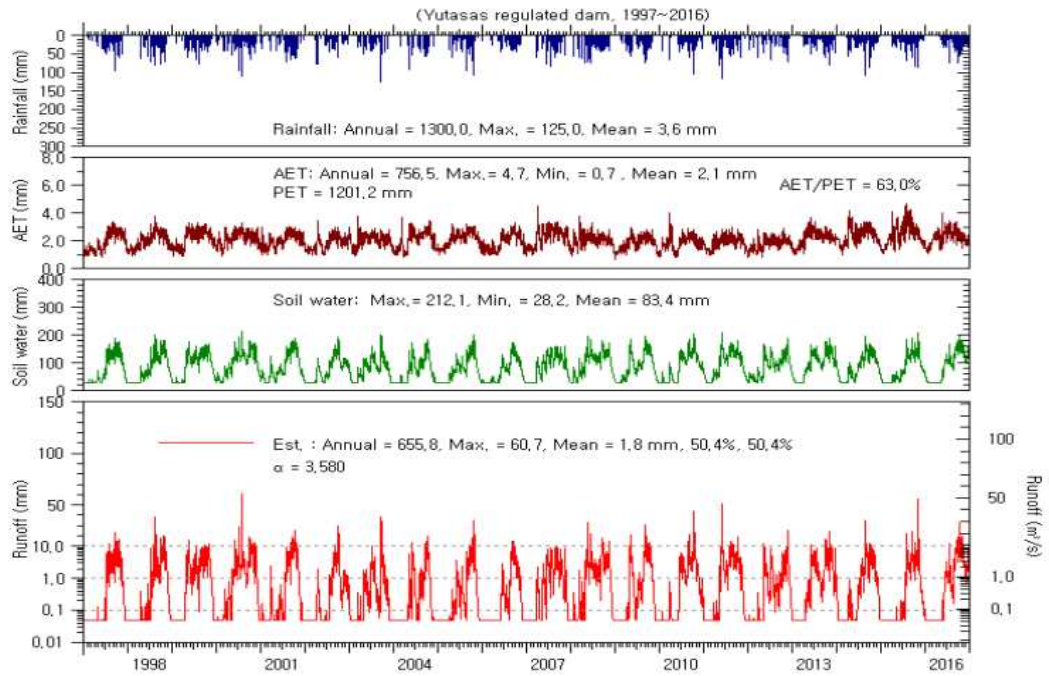


<그림 VI-76> Krepeau Truom 조절지 댐 일 저수량 변화 모의 결과

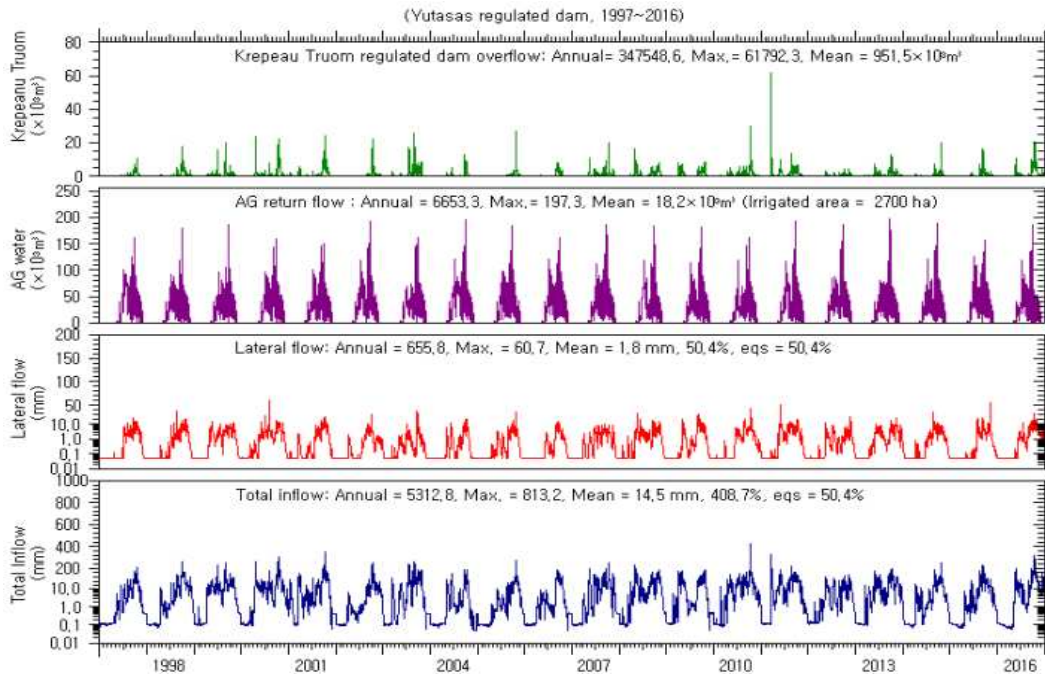
□ Yutasas 조절지

○ 유입량

- 유역면적 76 km<sup>2</sup>의 Yutasas 조절지의 자체유역의 유입량을 1997년부터 2016년까지 20년간 일별로 모의한 결과는 <그림 VI-77>과 같으며, 연평균하여 강수량은 1,300.0 mm, 유출량은 655.8 mm로 유출률 50.4%를 나타냈음.
- 총유입량은 <그림 III-87>과 같이 자체유역의 유입량 4,984만 m<sup>3</sup>에 상류에 위치한 Krepeau Truom 조절지의 연평균 월류량 3억4,755만 m<sup>3</sup>, 자체유역의 수혜면적 2,700 ha의 관개용수의 회귀수 665만 m<sup>3</sup>을 더해 4억304만 m<sup>3</sup>로 나타났음.



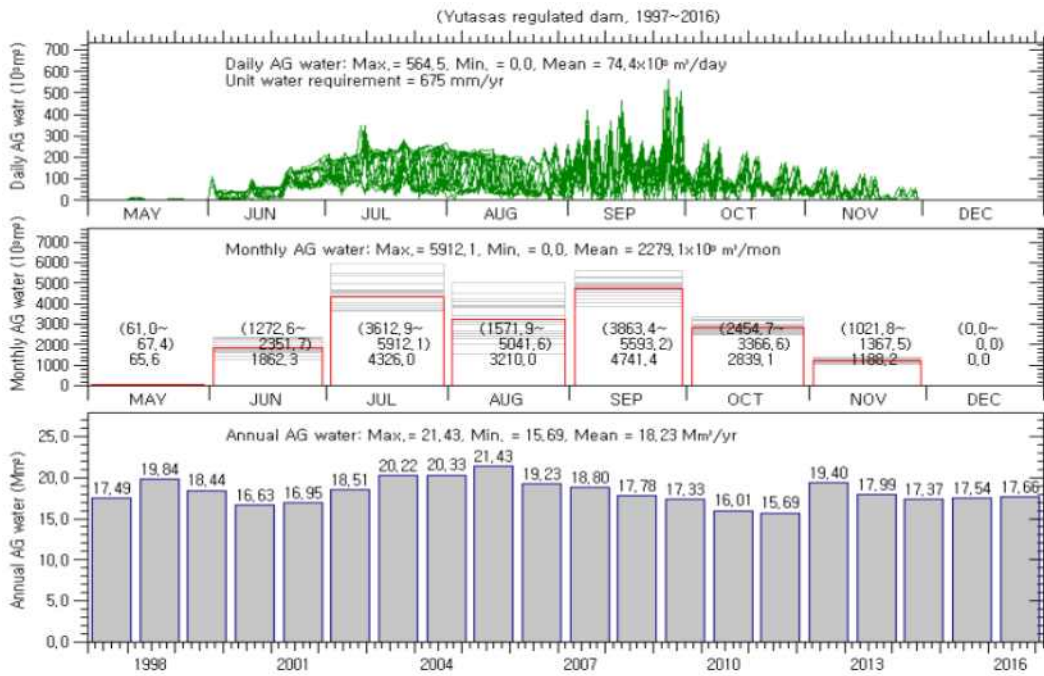
<그림 VI-77> Yutasas 조절지 댐 일 지류유입량 모의 결과



<그림 VI-78> Yutasas 조절지 댐 일 유입량 모의 결과

○ 관개용수량

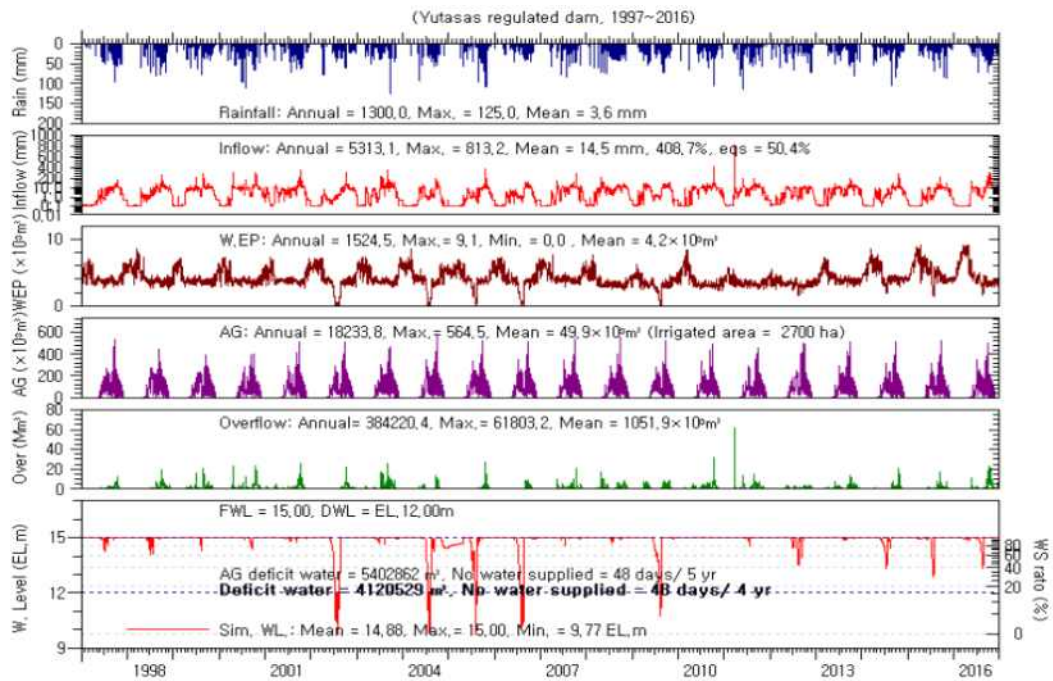
- 총저수량 151.0만 m<sup>3</sup>인 Yutasas 조절지로부터 수혜면적 2,700 ha의 논에 관개할 수 있는 것으로 분석되었고, 1997년부터 2016년까지 20년간 일별로 관개용수를 모의 결과는 <그림 VI-79>와 같으며, 연평균하여 단위용수량은 675 mm, 연 관개용수 공급량은 1,823만 m<sup>3</sup>으로 분석되었음.



<그림 VI-79> Yutasas 조절지 댐 일 관개용수 공급량 모의 결과

○ 용수공급능력

- 유역면적 76km<sup>2</sup>, 총저수량 319.5만 m<sup>3</sup>인 Yutasas 조절지로부터 수혜면적 2,700 ha의 논에 1997년부터 2016년까지 관개용수를 공급할 때 일별로 저수량을 모의한 결과를 연평균하면, 강수량 1,300.0 mm, 일최대 강수량 125.0 mm였고, 유입량 5,313.1 mm(4억379.8만 m<sup>3</sup>), 일최대 유입량 813.2 mm(6,180.6만 m<sup>3</sup>), 유출률 408.7%, 수면증발량 152.5만 m<sup>3</sup>, 관개용수 공급량 1,823.4만 m<sup>3</sup>(총 저수량의 5.71배), 월류량 3억8,422.0만 m<sup>3</sup>(총 저수량의 120.26배), 용수부족량 103.0만 m<sup>3</sup>, 용수 미공급 일 수 48일, 용수 미공급 회수 4개년으로 분석되었음.



<그림 VI-80> Yutasas 조절지 댐 일 저수량 변화 모의 결과

- 이상의 결과를 종합하면 <표 VI-2>와 같이 정리되며, 관개가능면적은 총 14,950 ha로 분석되었고, 이는 타당성 조사에서 제시한 14,571 ha를 초과한 것으로 분석되었음.

<표 VI-2> 시설물별 용수공급능력 분석 결과

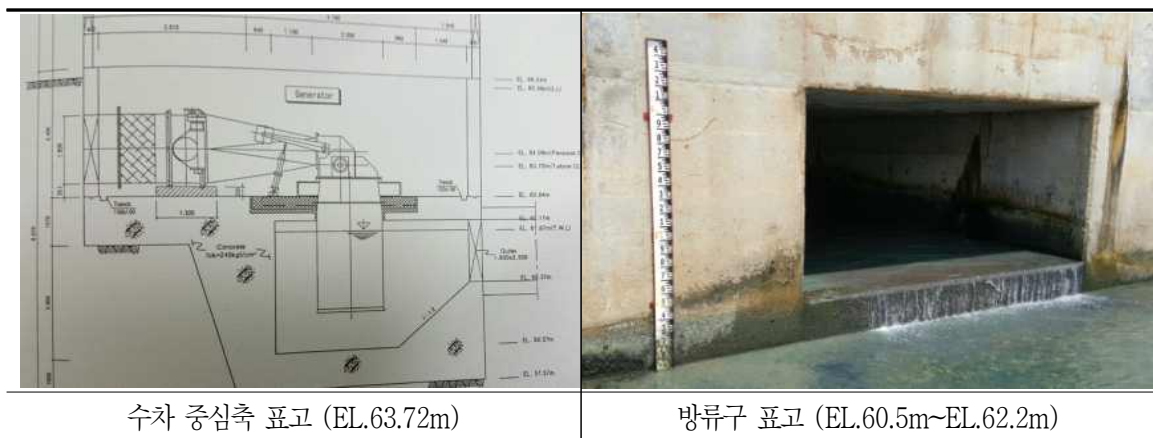
구 분	관개면적 (계획) (ha)	관개면적 (가능면적) (ha)	유입량 (백만m <sup>3</sup> )	용수공급 가능량 (백만m <sup>3</sup> )	방류량 (백만m <sup>3</sup> )
계	14,571	14,950	1,457.92	104.42	1,336.74
Anlong Chrey 댐	30	4,500	278.59	32.06	234.42
Prambei Mom 댐	3,046	1,000	22.37	7.13	14.42
Kdol 댐	2,060	650	25.02	4.61	19.35
Tavay Regulator	3,085	3,400	361.12	23.38	336.78
Krapeu Truom Regulator	594	2,700	367.02	19.01	347.55
Yutasas Regulator	5,756	2,700	403.80	18.23	384.22



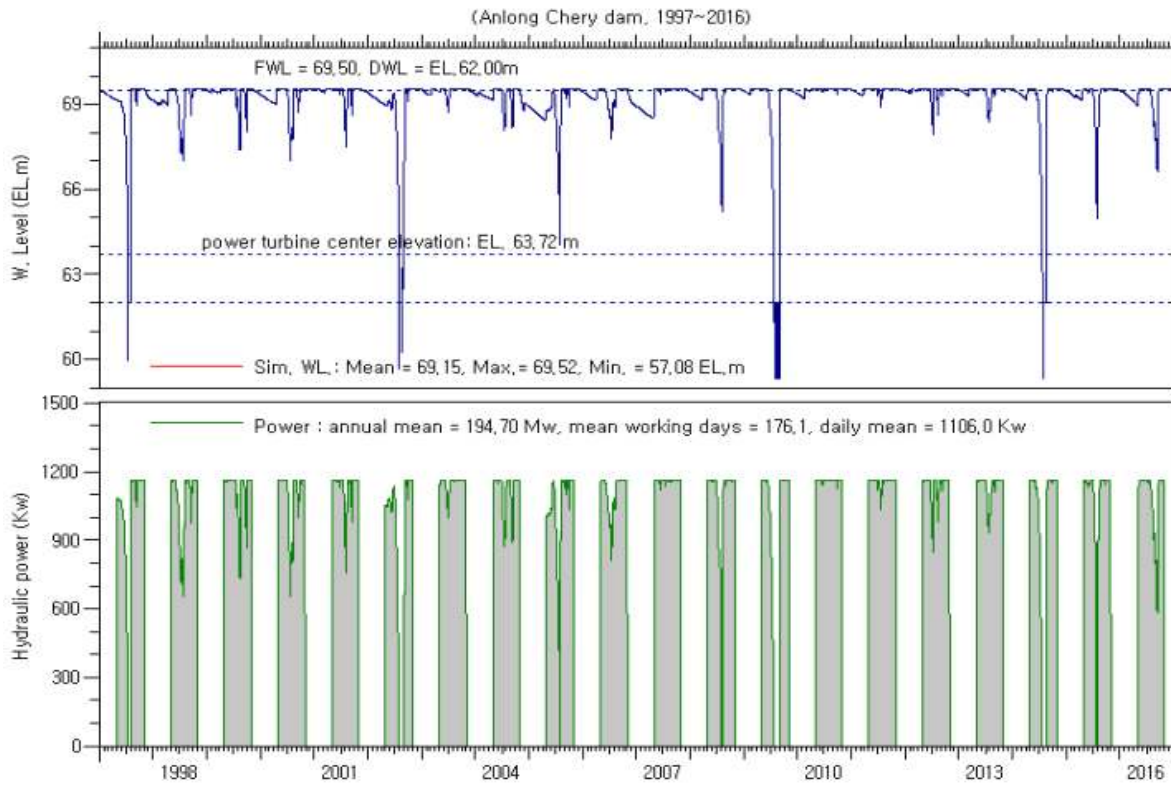
- 용수공급량은 104.42백만 m<sup>3</sup>으로 유입량 1,457.92백만 m<sup>3</sup>의 7.2%에 불과하며, 방류량은 1,336.74백만 m<sup>3</sup>으로 유입량의 91.7%에 해당함.
- 말단부의 Yutasas 조절지의 방류량은 384.22백만 m<sup>3</sup>으로 유입량의 26.4%에 상당하며, 이는 사업지구에서는 무효방류량이지만 하류지역에서 재이용되는 것으로 봐야 함.
- 이상 분석 결과로부터 Krang Ponley 강유역의 수자원 개발사업의 기본 취지를 저수량 확보에 설정한 것은 적절하였다고 평가함.
- 특히 하류에 설치된 Tavay, Krepeau Truom, Yutasas 등 3개의 조절지로부터 캄보디아 자체사업으로 간선수로를 개축하여 연계하고, 저수량을 확보하는 노력은 무효방류량의 손실을 최대한 줄이며, 관개용수 공급의 운영 효과를 극대화하고 있는 것으로 평가돼 매우 고무적이라 판단할 수 있었음.
- 본 사업과 같이 물 부족지역에서 조절지를 이용해 관개용수를 반복하여 이용하는 사례는 우리나라의 강화도 등 도서지역에서도 실시하고 있는 방법임.

## 5. Anlong Chery 댐의 발전량 평가

- (기본방향) Anlong Chery 댐의 발전은 하류 수혜지역의 관개용수 공급과 겸하고 저수량이 부족한 갈수기의 가동은 제한하는 것으로 하였음.
- (운영방법) 용수공급능력 평가에서 관개용수 공급에 따른 저수량 변화의 결과를 기본으로 저수위를 설정하고, 발전방류량은 1.0 m<sup>3</sup>/s, 1.5 m<sup>3</sup>/s로 설정하고, 발전가동 기간은 5월부터 10월까지 설정하였음.
- (낙차) 낙차는 저수지 수위와 발전수차 중심축 표고(EL.63.72m)의 차이로 하며, 낙차가 2.0 m 이상일 때 가동하는 것으로 함.
- (발전효율) 85% 적용함.
- (발전량) 발전량은 발전효율 × 9.8 m × 발전방류량(m<sup>3</sup>/s) × 낙차 (m) × 24시간으로 계산하고 단위는 Kw임.
- (발전량 계산 결과) 5월 1일부터 10월 31일까지 1.0 m<sup>3</sup>/s 방류할 때 발전량을 계산한 결과는 <그림 VI-81>과 같으며, 연평균 연간 발전량은 194.70 Mw, 가동일수는 176.1일, 일 발전량은 1,106 Kw로 분석되었으며, 또한 1.5 m<sup>3</sup>/s 방류할 때 각각 292.07 Mw, 176.1일, 1,659 Kw로, 2.0 m<sup>3</sup>/s 방류할 때 각각 389.41 Mw, 176.1일, 2,212 Kw로 분석되었음.
- (평가 결과) 현장조사시 일 1,000 Kw 발전되는 것으로 나타나 연간 발전량은 190 Mw, 발전방류량은 1.0 m<sup>3</sup>/s에 이르는 것으로 평가함.



<그림 VI-81> Anlong Chery 댐의 발전수차 중심축 표고



<그림 VI-82> Anlong Chery 댐의 일별 발전량 계산 예

## 6. 설문조사지

# 캄보디아 크랑폰리강 수자원개발사업 주민 만족도 설문조사

(현지 통역이 크메르어로 번역하여 주민대상 설문지로 활용함)

### 1. 일반사항

(1-1) 당신의 이름은? ( )

(1-2) 당신의 나이는? (            세 )

(1-3) 당신의 성별은?    ① 남자    ② 여자

(1-4) 당신의 최종학력은?

① 무학    ② 초등학교    ③ 중학교    ④ 고등학교    ⑤ 대학교 이상

(1-5) 당신의 직업은? (            )

① 농업    ② 상업    ③ 어업    ④ 회사원    ⑤ 공무원    ⑥ 무직    ⑦ 기타

(1-6) 당신의 가족 수는? (본인을 포함한 가족 전체 인원수) (            명 )

(1-7) 당신이 저수지 인근에 거주한 기간은? (총 거주 년수) (            년 )

(1-8) 당신의 거주 마을은?

① Tranh Veng    ② Orn Loung Chrey

## 2. 가구별 영농활동 및 수입

(2-1) 댐 건설 전후, 당신이 가진 농경지 중 논 면적은? (1ha = 100a = 10,000m<sup>2</sup>)

시 기	댐 완공 이전	댐 완공 (2013년)	댐 완공 이후
면적 (ha)	ha	--	ha

(2-2) 댐 건설 전후, 당신이 가진 농경지 중 밭 면적은? (1ha = 100a = 10,000m<sup>2</sup>)

시 기	댐 완공 이전	댐 완공 (2013년)	댐 완공 이후
면적 (ha)	ha	--	ha

(2-3) 댐 건설 전후, 당신의 논에서 나온 쌀의 생산량은? (ton) (도정 이전)

시 기	댐 완공 이전	댐 완공 (2013년)	댐 완공 이후
생산량 (ton)	ton	--	ton

(2-4) 댐 건설 전후, 당신의 밭에서 나온 농작물의 생산량은? (ton) (도정 이전)

시 기	댐 완공 이전	댐 완공 (2013년)	댐 완공 이후
생산량 (ton)	ton	--	ton

(2-5) 댐 건설 전후, 당신의 가구 총 수입은? (KHR)

시 기	댐 완공 이전	댐 완공(2013년)	댐 완공 이후
수입 (KHR)	KHR	--	KHR

### 3. 사업의 영향 및 여건변화

(3-1) 댐(저수지) 건설 이후 농지에 관개(물대기)하는 것은?

- ① 매우 좋음 ② 조금 좋음 ③ 비슷함(모르겠음) ④ 조금 나쁨 ⑤ 아주 나쁨

(3-2) 댐(저수지) 건설 이후 홍수에 대한 두려움은?

- ① 매우 좋음 ② 조금 좋음 ③ 비슷함(모르겠음) ④ 조금 나쁨 ⑤ 아주 나쁨

(3-3) 댐(저수지) 건설 이후 전기사용 하는 것은?

- ① 매우 좋음 ② 조금 좋음 ③ 비슷함(모르겠음) ④ 조금 나쁨 ⑤ 아주 나쁨

(3-4) 댐(저수지) 건설 이후 변화에서 당신이 가장 좋아하는 순서대로 기재 하세요 (가장 좋음 1번, 그 다음 2번, 등등)

- ① 농업용수 공급으로 가계 소득이 증가함 ( )  
② 생활용수 공급으로 가정생활이 편리함 ( )  
③ 저수지의 물고기를 잡아서 영양분 보충 ( )  
④ 전기가 들어와서 가정생활이 편리해짐 ( )  
⑤ 이제는 우기에도 홍수 걱정이 없어졌음 ( )  
⑥ 마을이 발전하여 집값/토지값이 올라감 ( )

(3-5) 댐(저수지) 건설로 인한 생활개선에 대한 당신의 만족도는?

- ① 아주 좋음 ② 약간 좋음 ③ 비슷함(모르겠음) ④ 조금 나쁨 ⑤ 아주 나쁨

### 7. 설문조사 결과표

1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	2-1		2-2		2-3		2-4		2-5		3-1	3-2	3-3	3-4						3-5
								전	후	전	후	전	후	전	후	전	후				①	②	③	④	⑤	⑥	
#01	36	남자	3	7	5	15	2	0	0	0	0	0	0	0	0			1	1	4	5	1	2	3	6	4	2
#02	41	남자	2	1	5	20	2	0.5	0	0	0	1.5	2	0	0.5	0	500000	1	1	2	1	2	3	4	5	6	1
#03	50	여자	2	1	6	27	2	0	0	0	0	0	0	0	0			4	1	4	1	3	2	4	5	6	1
#04	39	남자	1	1	5	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	3	5	4	2	6	1
#05	29	남자	2	1	6	38	1	0	0	0	0	0	0	0	0			2	1	4	2	1	3	4	5	6	1
#06	27	남자	2	1	5	20	2	0	0	0	0	0	0	0	0			1	1	2	1	3	5	4	2	6	2
#07	33	남자	3	1	4	10	2	0.5	1	0	0	1	1.5	0	0	150000	150000	1	1	1	3	2	4	1	6	5	1
#08	34	남자	2	1	5	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0			1	1	1	3	1	4	2	6	5	1
#09	46	남자	2	1	10	25	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	1	2	3	4	6	2	1
#10	23	남자	3	1	9	23	2	0.5	0.5	0	0	0	1	0	0	0	200000	1	1	1	1	5	2	6	4	3	1
#11	30	남자	3	1	7	30	2	0.5	0.5	0	0	1	2	0	0	200000	200000	1	1	1	1	2	3	4	5	6	1
#12	43	남자	2	1	5	18	2	0	0	0	0	0	0	0	0			1	2	4	1	3	4	2	5	6	1
#13	61	남자	4	1	6	37	2	0	0	0	0	0	0	0	0			1	1	2	3	2	4	1	6	5	1
#14	55	여자	1	1	8	28	2	0	0	0	0	0	0	0	0			1	1	2	1	2	4	3	5	6	1
#15	35	여자	3	1	6	35	2	0.5	0.5	0	0	0.6	1	0	0	600000	1000000	1	1	2	1	2	3	4	6	5	1
#16	58	여자	2	2	7	13	2	0	0	0	0	0	0	0	0			2	1	2	1	2	3	4	5	6	1
#17	70	여자	4	1	5	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0			1	1	4	2	1	3	5	4	6	1
#18	34	여자	1	1	6	34	1	0.5	0.5	0	0	1	1	0	0	500000	500000	2	3	3	2	1	3	4	6	5	1
#19	55	남자	3	1	9	20	2	0.1	0	0	0	1	0	0	0			2	1	2	3	2	4	1	5	6	2
#20	38	여자	1	1	6	38	1	0.5	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0	500000	500000	2	4	2	2	1	3	4	6	5	1
#21	41	여자	3	1	6	30	2	0.5	1.5	1	1.5	1	2.5	0	0	700000	1750000	1	1	2	1	4	6	2	5	6	1
#22	48	여자	2	1	3	25	2	2	0	0	0	2	0	0	0	2000000	0	1	2	2	2	1	3	4	6	5	1

1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8	2-1		2-2		2-3		2-4		2-5		3-1	3-2	3-3	3-4						3-5
								전	후	전	후	전	후	전	후	전	후				①	②	③	④	⑤	⑥	
#23	30	여자	2	1	5	10	2	0	0	0	0	0	0	0	0			1	1	3	2	3	1	5	4	6	1
#24	29	여자	2	1	4	29	2	0.5	0.5	0	0	0.5	0.7	0	0	500000	700000	1	1	2	1	3	4	2	5	6	1
#25	37	여자	1	1	6	37	1	1	1	0	0	1	1.5	0	0	1050000	1050000	1	1	4	2	1	4	3	6	5	1
#26	60	남자	3	1	5	36	2	2	2	0	0	5	7	0	5	5000000	10000000	1	1	2	1	3	5	2	6	4	1
#27	62	남자	3	5	7	25	2	0	0	0	0	0	0	0	0			1	1	5	1	5	4	2	6	3	2
#28	30	남자	4	1	3	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	4	2	1	3	5	4	6	1
#29	47	여자	2	1	6	28	1	0	0	0	0	0	0	0	0			2	1	2	1	2	3	4	5	6	1
#30	36	여자	2	1	6	36	1	0.5	0.5	0	0	0.3	0.7	0	0	300000	700000	2	1	2	3	1	2	4	6	5	1
#31	45	남자	1	1	6	27	1	0	0	0	0	0	0	0	0			2	1	3	1	2	4	6	3	5	1
#32	30	여자	4	1	3	30	2	0.5	0.5	0	0	0.5	0.8	0	0	500000	800000	1	1	2	1	3	4	2	5	6	1
#33	50	여자	2	2	5	27	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	1	3	4	5	6	2	2
#34	62	여자	2	5	8	33	2	0	0	0	0	0	0	0	0			1	2	2	5	1	4	2	6	3	2
#35	32	여자	2	1	5	32	1	1	1	0	0	2	2	0	0	1000000	1000000	1	1	4	2	1	4	6	3	5	1
#36	26	여자	2	1	4	26	1	1	1	0	0	1	3	0	0	3000000	3000000	1	1	4	3	1	2	6	4	5	1
#37	50	여자	3	1	4	8	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	3	1	4	2	5	6	1
#38	34	남자	3	1	4	25	1	1	1	0.5	0.5	2	2	0.5	0.5	800000	800000	1	1	2	3	2	4	1	6	5	1
#39	64	남자	2	5	9	38	1	0.3	0.3	0.3	0.3	1	1	0	0	500000	500000	2	1	1	2	1	3	4	5	6	3
#40	36	남자	1	1	6	36	1	0.5	0.5	0	0	0.5	0.5	0	0	500000	500000	1	1	2	1	2	3	4	5	6	1
#41	54	남자	3	2	7	38	1	1	1	0.4	0.4	2	2	0	0	500000	500000	2	2	1	2	1	3	4	5	6	2
#42	39	남자	1	1	7	39	1	2	2	1	1	2	2	1	1	500000	500000	2	1	2	2	4	5	6	1	3	1
#43	46	남자	1	1	7	46	1	0.5	0.5	0	0	1	1.5	0	0	500000	500000	1	2	2	2	1	3	4	5	6	1
#44	38	남자	1	1	7	38	1	1	1	0	0	1	1	0	0			2	1	1	2	1	4	6	3	5	1
#45	48	남자	4	7	1	48	1	1	0	0	0	1	0	0	0			1	1	2	1	2	3	4	5	6	1
#46	48	남자	2	2	7	38	1	2	2	0.5	0.5	2	2	0	0	500000	500000	2	2	1	1	2	3	4	5	6	2
#47	36	여자	4	1	7	20	1	1	1	0	0	3	3	0	0			1	1	4	4	1	5	2	3	6	1



## 8. 캄보디아 설문조사 결과

□ 조사일시: 2017년 9월 14일(목) 06:00 - 11:00

□ 조사장소: Kampong Speu Commune Office

□ 조사대상

- 수혜지역 거주민(Kampong Speu Commune) 47명

구분	마을① Tranh Veng	마을② Orn Loung Chrey	계
총 인구 (명)	811	486	1297
총 가구 (수)	170	102	272
설문참여자(명)	21	26	47

□ 조사목적

- 본 평가대상 사업이 주민생활환경 개선에 기여하였는가를 평가하기 위해 사업대상지 인근 지역주민 50명을 대상으로 설문조사 실시

□ 조사방법

- 마을주민을 Commune office로 모여 설문조사를 진행할 수 있도록 사전에 Kampong Speu Commune leader에게 협조를 요청
- 글을 읽지 못하는 주민들을 위해 통역(한국어-캄보디아어) 2인은 설문조사 진행 절차와 설문문항 항목을 설명하였음.
- 주관식 문항은 주민들에게 댐 건설 상황 및 댐 완공 시점에 대해 충분히 설명하여 답변할 수 있도록 하였음.
- 주요 설문문항은 ①주민생활 여건 파악, ②사업 전후 관개용수 공급 및 농업상황 파악이 가능하도록 구성

## □ 설문문항

### ○ 일반사항 (8문항)

- 이름, 나이, 성별, 최종학력, 직업, 가족 수, 인근거주 기간, 거주하고 있는 마을 등에 대하여 주관식 4문항, 객관식 4문항으로 구성

### ○ 가구별 영농활동 및 수입 (5문항)

- 농경지 논/밭 면적, 쌀 생산량, 발작물 생산량, 가구 총 수입 등에 대하여 댐 완공시점인 2013년을 기준으로 이전과 이후를 주관식으로 답변할 수 있도록 구성

### ○ 사업의 영향 및 여건변화 (5문항)

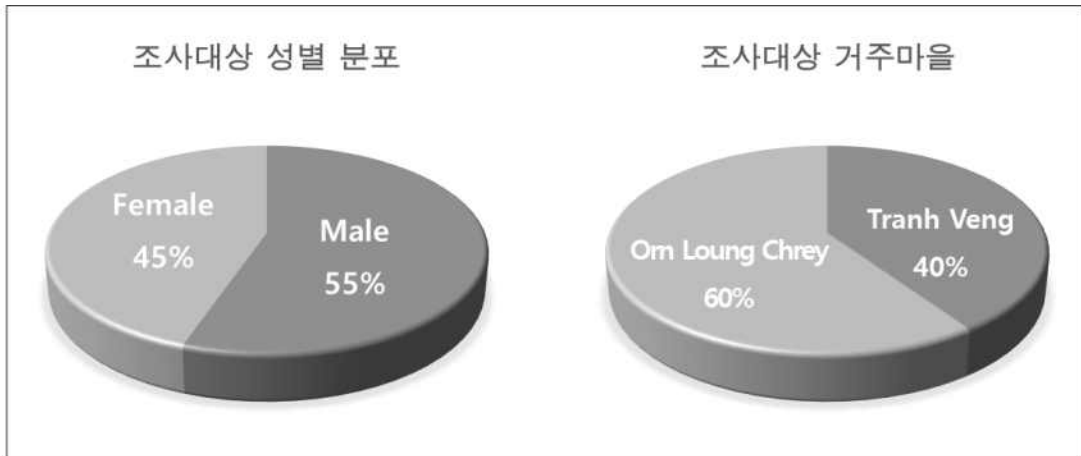
- 관개(물대기) 만족도, 홍수에 대한 두려움 정도, 전기사용에 대한 만족도, 댐 건설 이후 변화 중 가장 만족하는 순서, 댐 건설로 인한 생활개선에 대한 만족도 등에 대하여 객관식 4문항, 순서대로 기재 1문항으로 구성

## □ 설문조사 결과

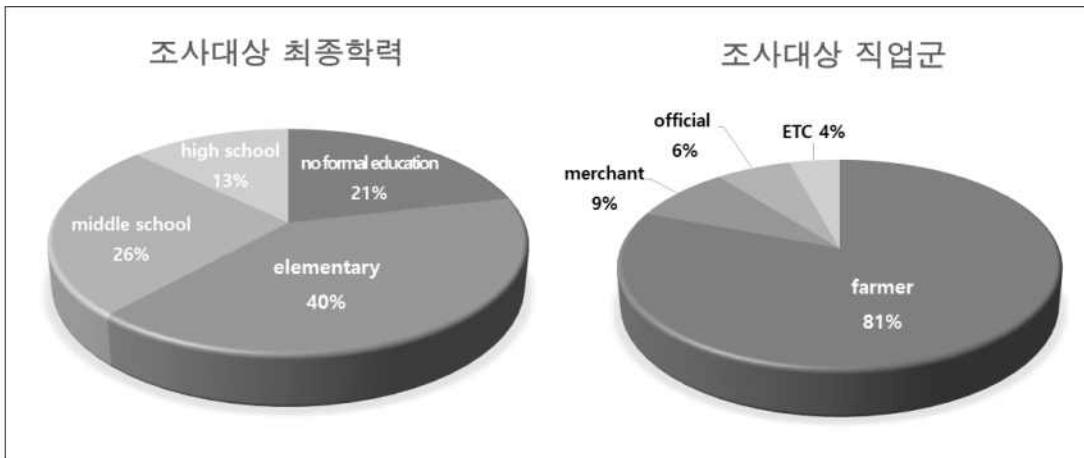
### ○ 조사대상 일반통계

- (연령) 23세~70세까지의 분포를 보이고 있으며, 평균 연령은 42세이고 30대의 비율이 가장 높음
- (성별) 남자 26명, 여자 21명이 응답
- (최종학력) 초등학교 졸업이 전체의 40%로 가장 많았고, 중학교 졸업이 25%, 무학 21%로 나타남
- (직업) 전체 설문응답자 중 80%가 농업에 종사하고 있었으며, 나머지는 상업, 공무원, 기타 직종 종사자임.

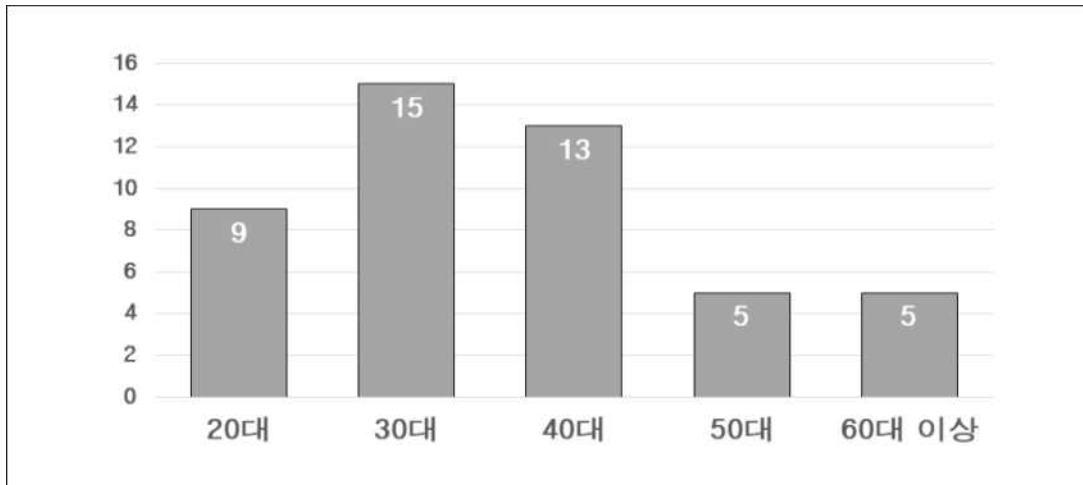
- (가족 수) 가족 수는 본인 포함 1인 가구부터 10명까지 다양한 분포를 보이며, 평균 가족 수는 5명임. 가족 수가 4-6명이라고 응답한 사람의 비중이 가장 큼.
- (거주기간) 사업 전후 상황비교를 위하여 최소 거주기간 4년을 충족시킨 경우만 응답결과를 반영하도록 함. 설문결과, 조사자들의 거주기간 분포는 4년~48년으로 나타났으므로 사업 전후 상황을 비교함에 있어서 47명 전체의 설문결과를 반영함(평균 거주기간 27년).
- (거주마을) Tranh Veng 마을 19명과 Orn Loung Chrey 마을 28명이 설문에 응답하여, 총 47명이 설문에 응답하였음.



<그림 VI-83> 조사대상 일반현황: 성별, 거주마을



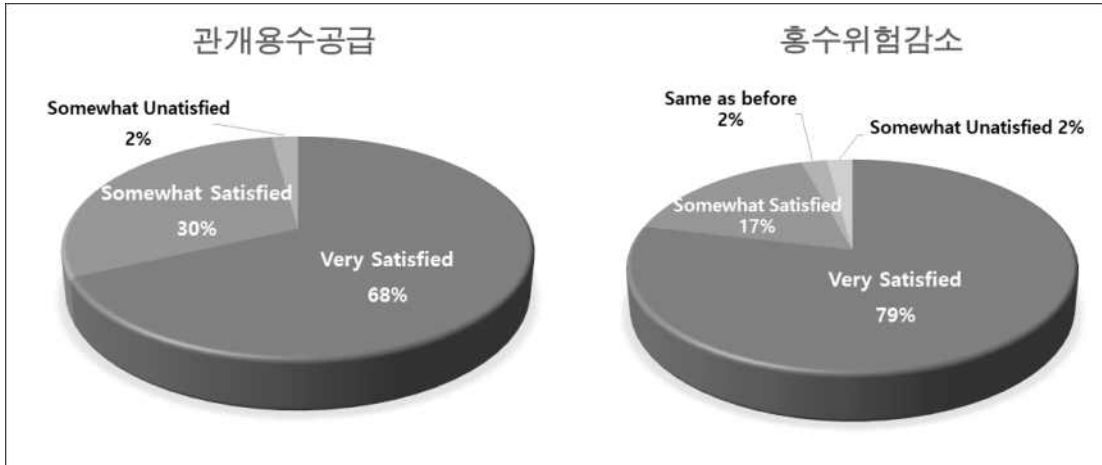
<그림 VI-84> 조사대상 일반현황: 최종학력, 직업군



<그림 VI-85> 조사대상 연령분포

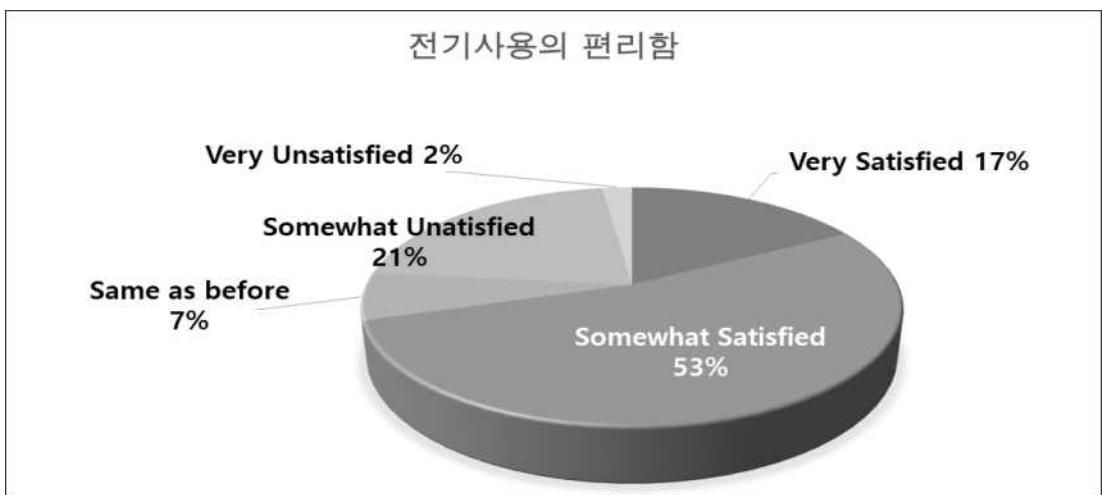
○ 사업의 영향 및 여건변화

- (댐 건설 이후 관개용수 확보) 전체의 68%가 매우 좋다고 응답하였으며, 이어 조금 좋음이 30%로 나타났음. 관개용수확보에 대한 전체 만족도가 98%로 매우 높게 나타남.
- 면담조사에서도 댐 건설 이전에는 하류에 대단위 농경지가 조성되어 있어도 갈수기에 관개용수공급이 어려운 실정이었으나, 댐 완공 이후에는 관개용수 부족 경험은 거의 없었다고 만족하고 있었음.
- 또한, 주정부 관계자 면담조사 결과에 따르면 댐 하류지역은 풍부한 농업용수의 공급으로 인하여 단위면적당 쌀 생산량이 이전에 비하여 40% 이상 향상된 것으로 추정하고 있음(1.8톤->3톤).
- 댐 건설 이후 하류의 농경지에 물이 부족한 지역은 없으며 댐 방류가 많아서 하천수량이 많은 경우에는 펌핑없이 파이프라인으로라도 농경지에 용수공급이 가능함.
- (홍수에 대한 두려움 감소) 전체의 78%가 매우 좋다고 응답하였으며, 이어 조금 좋다고 응답한 사람이 17%로 나타났음. 홍수위험감소에 대한 전체 만족도가 95%로 매우 높게 나타남.
- 면담조사에서도 댐 건설 이전에는 홍수기에 하류 농경지 침수 등으로 정상적인 경작이 어려운 경우가 종종 있었으나, 댐 건설 이후에는 홍수를 겪지 않았으며 홍수에 대한 우려도 감소하였다고 함.



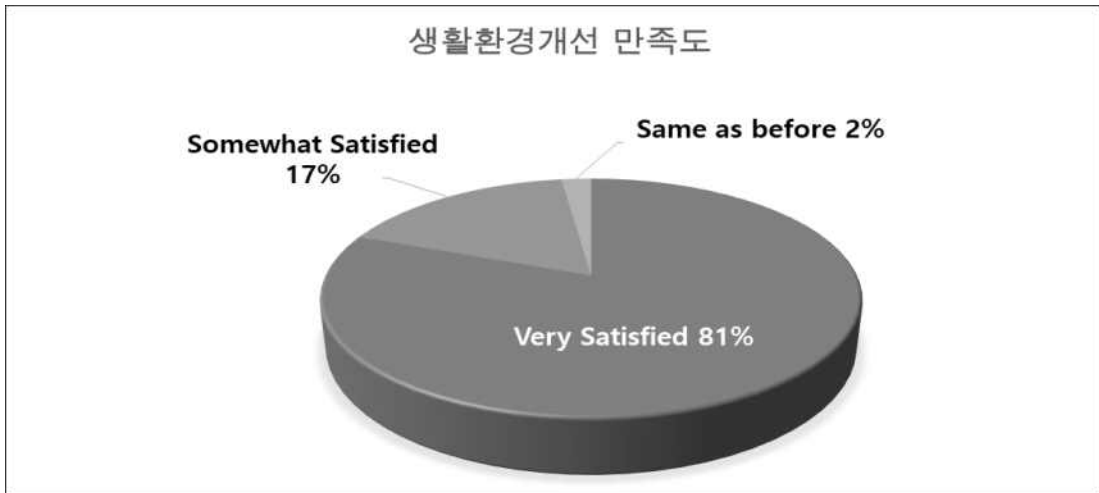
<그림 VI-86> 사업 만족도 조사결과: 관개용수공급, 홍수위험감소

- (전기사용의 편리함) 전체의 53%가 조금 좋다고 응답하여 가장 많은 비중을 차지하고, 이어 조금 나쁨의 응답자가 21%로 나타남.
- 면담조사결과 현재는 인근에 Anlong Chery댐에서 소수력발전이 가동되고 있으나, 인근지역 모든 주민들이 활용하고 있지는 않음. 그러나 사업 이전과 비교하였을 때는 상당히 개선되었다는 의견이 많았음.
- Pilot Survey 당시 Prambei Mom댐 인근 지역주민은 소수력 발전이 시작된 2015년부터 본인의 가구에 전기 공급이 시작되었다며 만족해하였음(한 달 전기사용료는 대략 \$2-2.5).



<그림 VI-87> 사업 만족도 조사결과: 전기사용

- (생활환경개선 만족도) 전체의 80%가 매우 좋다고 응답하였으며, 조금 좋음은 17%로 나타났음. 이를 합하면 97% 이상으로 대다수 주민들은 댐 완공 이후 생활환경이 개선되었으며 이에 매우 만족하고 있는 것으로 나타남.



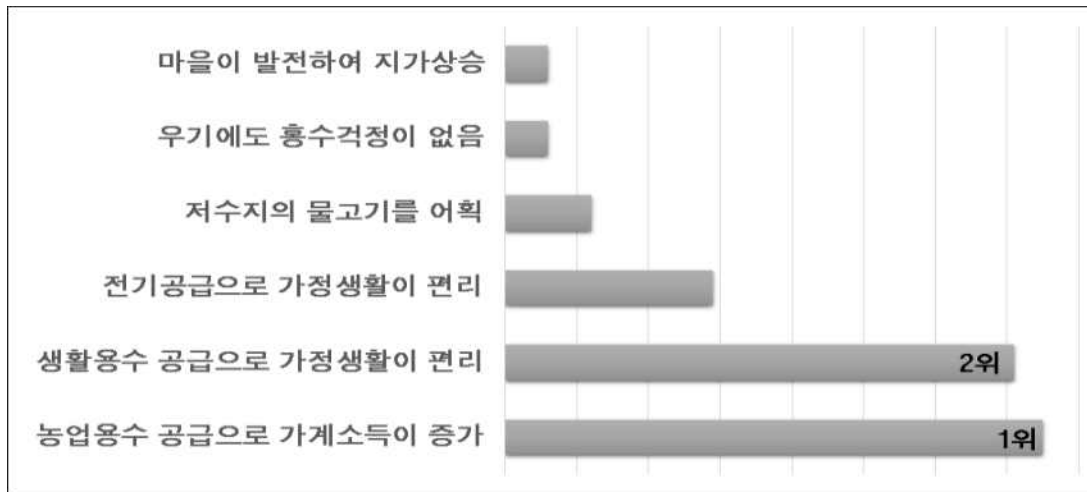
**<그림 VI-88> 사업 만족도 조사결과: 생활환경개선**

- (댐 건설 이후 가장 좋아진 점) 댐 건설 이후 변화들 중 주민생활개선에 가장 크게 기여한 것을 파악하기 위하여 Pilot Survey를 바탕으로 6가지의 변화\*\*를 제시하고 조사대상자에게 각각의 순위를 기재하도록 하였음. 그 결과, 1위는 가계소득 증가, 2위는 생활용수 공급으로 나타났음.

- 주\*\*
- ① 농업용수 공급으로 가계 소득이 증가함
  - ② 생활용수 공급으로 가정생활이 편리함
  - ③ 저수지의 물고기를 잡아서 영양분 보충
  - ④ 전기가 들어와서 가정생활이 편리해짐
  - ⑤ 이제는 우기에도 홍수 걱정이 없어졌음
  - ⑥ 마을이 발전하여 집값/토지값이 올라감

- 1:1 면담조사에서는 댐 건설 이후 저수량이 풍부해지자 물고기가 많아져서 생선을 어획할 수 있어 영양섭취 및 농가소득에 기여하고 있다는 의견이 있었음. 댐 건설 이후의 긍정적인 변화는 △풍부한 농업용수의 공급으로 인한 단위면적당 쌀 생산량이 증가, △수력발전으로 인한 전기 공급, △원활한 생활용수 및 식수 공급

등이 있음.



<그림 VI-89>사업 만족도 조사결과: 댐 건설 이후 가장 좋아진 점



## 9. 국내관계자 면담일지

사업 컨설턴트(한국수자원공사) 관계자 면담	
일 시	서면: 2017년 06월 11일(일)-20일(화) 1차: 2017년 07월 03일(월) 18:00-20:00 2차: 2017년 09월 15일(금) 09:00-10:00
장 소	K-Water 현지사무소
면 담 대 상	한국수자원공사 단장 김송일

### 주요 면담내용

#### 주요 면담내용

- (사업 전반) 소수력발전소는 2개중에 1개가(하류에 설치된 발전소) 사업준공 후에도 운영이 되지 않고 있는 실정임. 운영 중인 1개소는 민간에 위탁해서 운영하는 상황으로 파악됨. 소수력발전은 사업 준공 후에 운영이 이루어지지 않다가 2015년 이후부터 1개소가 운영되고 있음. 최근에는 건기(12-5월)에도 강수가 있기 때문에 건기에도 상시만수위를 유지하는 경우가 있어서 소수력발전을 12시간 이상 지속적으로 운영하고 있음.
- (사업 후 변화) 하류하천에서의 홍수범람은 사업 후에 한 번도 없었음. 또한, 댐의 직하류 사람들은 수자원에 대한 접근성이 매우 좋아져서 생활용수로 활용하는 주민들이 많이 있음.
- (유지관리) 2016년부터 유지관리 예산이 할당되어 시설물의 유지관리가 가능하게 되었음. 사업 준공 후 시설물 유지관리와 관련하여 특별한 문제점이 없었으며(소수력발전 제외), 여수로 방류 후에 하류하천의 제방이 유실되는 정도의 수준인 것으로 파악됨. 댐 운영은 PDWRAM에서 하고 하류의 관개수로 운영은 지역주민들이 담당하는 것으로 파악하고 있음.
- (사후관리) 사업 후에 시설물의 운영 및 관리를 위하여 현지교육을 실시하였으며, 영어로 유지관리매뉴얼을 작성하여 제공하였음. 사후관리를 하면서 영어 매뉴얼을 요약하여 현지어로 번역하여 현지어 매뉴얼을 만들어서 제공하였음.
- (기타) Prambei Mom 지역은 기존 관개수로가 많이 훼손된 지역으로 기능을 못하고 있음. 동 지역은 캄보디아 수자원기상부에서 KOICA 사업으로 개선사업 요청을 하였던 지역임. 사업의 컨설턴트는 수자원공사이고 시공은 금호건설이 담당하였음.



## 10. 현지조사 면담일지

차주(캄보디아 경제재무부) 관계자 면담		
일	시	2017년 07월 03일(월) 10:00-12:00
장	소	수자원기상부(Ministry of Water Resource and Meteorology) 회의실
면	담	경제재무부(Ministry of Economy and Finance) 관계자
대	상	- Ream Utdom(Director, Department of Bilateral Cooperation, MEF) - Mr. Yos Sovanna (Department of Bilateral Cooperation, MEF)

### 주요 면담내용

- **(사업비용)** 사업비용의 약 20%는 캄보디아 정부에서 부담하였으며 나머지 약 80%는 EDCF 차관으로 지원받음(차관승인규모: 26,7백만불 상당).
- **(캄보디아 개발전략)** 캄보디아와 EDCF는 7개의 물사업을 추진하였으며, 크랑폰리강 수자원개발사업은 추가사업을 통한 활용성 증대가 필요하다는 것에 공감하고 있음. 최근 캄보디아는 산업화 및 경제개발에 중점을 두고 있으나 여전히 크랑폰리강 사업의 중요성에 대하여 인식하고 있음. 경제재무부는 국가개발계획 우선순위 4가지를 언급하였음(1.인프라구축 2.관개 3.에너지 4.복지).
- 캄보디아에서는 일반적으로 농업용수 확보에 관한 사업수행 시에는 간선수로(main canal) 구축에 우선순위를 두고 있음. 간선은 정부가 건설하고 지선은 농민들이 직접 펌핑(Pumping)을 이용하여 지선이 부족한 상황을 극복하고 있음. 그러나, 중앙정부에서 댐, 간선수로, 지선수로 건설에 관하여 모두 관여할 필요가 있다는 점에 대하여 분명히 인식하고 있음. 다만, 예산상의 문제가 발생하는 경우에는 전체사업에서 댐과 주요 간선수로에 관한 사업을 우선적으로 시행하는 것을 원칙으로 하고 있음.
- **(사업에 대한 평가)** 크랑폰리강 유역에는 단계 사업에 대한 계획이 있지만 doner가 없어 시행되지 못하고 있는 실정임. 본 사업에 대한 주민들의 만족도는 매우 높은 편임. 크랑폰리강 수자원개발사업의 진행상황에서의 문제점은 없었던 것으로 파악하고 있으며, 한국 사업은 타 공여국의 프로젝트와 유사하거나 우위에 있다고 판단함.
- **(유지관리 예산)** 랑폰리강 수자원개발 사업의 경우, 시설물을 유지관리하기 위한 전문조직을 갖추고 있음. 2015년에 재무부에서 캄보디아 전체 유지관리 조직(O&M)에 10만불을 지원하였으며 2016년에는 15만불까지 증액하였음.



### 사업실시기관(캄보디아 수자원기상부) 관계자 면담

일 시	1차: 2017년 07월 03일(월) 10:00-12:00 2차: 2017년 09월 15일(금) 10:00-14:00
장 소	수자원기상부(Ministry of Water Resource and Meteorology) 회의실
면 담 대 상	수자원기상부 관계자 - Sam Ang Klok (MOWRAM 수자원국 국장) - Cheasivutha (Engineer of Irrigation) - Khieu Visith (Engineer of Irrigation)

### 주요 면담내용

- **(MOWRAM의 업무)** MOWRAM은 캄보디아의 통합수자원개발 및 관리(농업용수, 하천, 홍수조절 및 용수공급 등) 등 수자원 및 기상 관련 업무를 총괄하고 있음. 업무사항은 수자원관리 정책 및 전략 수립, 수문 및 기상과 관련된 연구, 농업용수 개발 가능성 조사, 수자원 이용의 계획 및 홍수조절 등이 있음. 수자원 개발 및 관리 차원에서 직접적으로 관계가 있는 부서는 수자원관리국 수문 및 하천국 등이 있음.
- **(사업 경과)** 본 사업은 캄보디아 “제2차 5개년 사회경제 개발계획” 사업 중 최우선 사업임. 사업의 목적은 크랑폰리강 인프라 구축을 통한 관개용수 확보용 수자원 개발, 홍수피해 경감, 치수능력 향상 등임.
- 타바이 및 유타스 지역의 낙차를 고려할 때 해당지역에 소수력발전이 부적합한 것으로 판단하여 해당지역에 설치 예정이었던 소수력발전설비를 사업범위에서 제외하였음. 완공된 주요 설비는 현재까지 큰 고장 없이 작동하고 있음. 또한, 사업 후에는 댐 하류하천에서 홍수범람이 한 번도 없었으며, 사업 전에는 상류에 댐이 지금과 같은 상태가 아니었기 때문에 하류하천이 범람했었다고 판단되나 증명할 자료는 없음.
- **(사업에 대한 평가)** 사업시행 당시 기자재 선정 및 구매에 이르는 전 과정에서 MOWRAM이 주도적으로 참여했다고 스스로 평가하고 있음. 만약 5개의 댐이 준공되었다면 원래 목표로 했던 15,000ha에 대한 관개용수 공급이 가능했으리라 예상하며 현재도 우기 시 3개의 댐으로도 농업용수 공급이 충분히 가능함.
- **(유지관리)** 사업후의 유지관리 관련 댐 1개소 당 2명의 직원(PDWRAM)이 유지관리에 전담하고 있음. 우기에는 24시간 쉬지 않고 근무하며, 해당 마을의 주민조직이 하부조직으로 유지관리에 동참하고 있음.



Kampong Speu 수자원기상부 관계자 면담	
일 시	1차: 2017년 07월 05일(수) 16:00-18:00 2차: 2017년 09월 13일(수) 14:00-17:00
장 소	Kampong Speu Provincial hall 수자원국장실
면 담 대 상	Kampong Speu 수자원기상부 관계자 - Nhanh Cheathorng (Director of PDWRAM)

### 주요 면담내용

- (댐 운영 및 조직) 현장의 district 담당자 1명은 PDWRAM의 part-time 인력이고 우기에는 월 \$125 정도, 건기 등에는 월 \$5 정도를 국장이 직접 임금으로 지급함. 4명의 보조인력은 1명은 수문 담당, 1명은 수위계측 담당 등으로 각자 맡은 업무가 있으며 우기시 업무가 바쁠 때에는 서로 협력하여 업무를 수행함.
- (댐 건설 이후 변화) 댐 준공 후에 하류의 농업용수 공급을 위하여 추가의 방류용 수로가 건설되었는데, 이는 캄퐁초낭 주(Kampong Chhnang)의 PDWRAM에서 건설한 것임. 하류주민의 요청이 있으면 댐의 저수위를 감안해서 수시로 취수탑을 통하여 방류하여 농업용수를 공급하고 있으나 정확한 농업용수사용량 파악은 어려움.
- 댐 준공 후에는 용수활용만 하고 있으며, 별도의 관광수입 등과 같은 추가 수익은 없음. 댐에 의해 저장된 후 사용되는 물은 매우 풍부한 상황임.
- (유지관리) 여수로를 통해서 방류할 때 방류수로 하류단에서 쇄굴로 인한 문제(하상 보호공 파괴 등)가 있으며, 유지보수가 필요하다는 보고를 받았음. 그러나 가장 필요한 것은 유지관리를 위한 예산이 배정되는 것이라고 함. MOWRAM에서 O&M 예산이 배정된 것을 알고 있지만 Anlong Chrey 댐에는 아직 배정되지 않은 실정임.
- 폴포트 정부 시기에 374개의 저수지가 Kampong Speu 지역에 건설되었으며 그중에서 100개의 저수지만 복구되어 사용되고 있으며 그중에서 8개의 댐에 대해서만 복구를 위한 O&M 예산이 배정되었음. Prambei Mom 댐 인근 주민들은 건설 당시에도 하천으로부터 농업용수를 취수하기 위한 주요간선 및 지선 등의 수로건설을 강력하게 주장했었지만 예산 부족의 이유로 인하여 반영되지 못하였음. 이후 주민들이 지속적으로 수로건설을 요구해 왔으며 PDWRAM에서 댐 하류지역에 500m 길이의 수로를 건설하였음.





기상부(Department of Meteorology) 관계자 면담	
일 시	2017년 07월 03일(월) 15:00-17:00
장 소	수자원기상부(Ministry of Water Resource and Meteorology) 회의실
면 담 대 상	기상부 관계자 - Oum Ryna (Director, Department of Meteorology)

### 주요 면담내용

- (주요 업무) 캄보디아 기상/기후산업 관련 전반을 수행하고 있음. 한국 기상청과 ODA사업으로 ‘캄보디아 자동기상관측시스템 구축사업’ 을 추진하고자 함.
- (수문기상자료 측정현황) 과거에는 기상관측을 위한 수동관측장비만 구비되어 있었음(2015년 이전)이며 사업대상 지역 관측소에서는 강우자료만 확보가 가능함.
- 현재 캄보디아에는 24개소의 지역센터와 35개소의 자동기상관측장비(AWS), 레이더 1개소 설치, 고층관측 시설은 없음. 지역센터에는 3~4인의 인력이 상주하여 관측 및 장비관리 등을 담당하고 있음. AWS는 무인으로 운영되고 있으며 농업기상관측 목적으로도 사용되고 있기 때문에 기존 관측요소 외에 초상온도, 토양수분, 지중온도, 일사, 일조 등도 관측 함.
- 프놈펜 관측소에서는 강수, 기온 등의 기상자료는 매일 기록하여 데이터베이스화하고 있음. Kampong Speu 주 (사업 대상지) 지역의 관측소는 내년이 되어야 업그레이드가 가능할 것임.
- (수문기상자료 요청) 평가팀은 논으로 물을 얼마만큼 공급가능한지 정량적 추정치를 계산하기 위하여 강우량(일 단위), 월별 기상자료, 저수량변화, 일조량 등의 자료를 요청함. 프놈펜 관측소의 강우량 자료를 확보함. 기타 기상자료는 제대로 정리가 되지 않아서 확보하지 못함.
- (자료확보) 캄프스프지역의 강수자료(1996-2015년 일강수량 자료), 10여개 지역 관측소에 대한 월강수량 자료(1983-2010), 프놈펜 평균기상자료(monthly) 등



댐 시설물 관리자 면담	
일 시	1차: 2017년 07월 05일(수) 10:00-12:00 2차: 2017년 09월 14일(목) 11:00-12:00
장 소	Thpong District
면 담 대 상	- Sao Vat (MOWRAM Thpong District Officer) - 댐 시설물 관리자 2인 등

### 주요 면담내용

- (댐 운영) 댐 운영에 관한 매뉴얼이 있으며 댐 준공 이후에도 운영 및 유지관리에 대하여 한국(K-Water)측으로부터 충분한 교육을 받았음. 그러나, 매뉴얼을 현장에 비치하여 활용하지는 않고 있음.
- 댐 운영은 2개 province에서 각 1명씩 2명이 관여하여 작업지시를 하고 있으며, 현장에서는 district 담당자 1명(인터뷰 대상자, Sao Vat)이 댐 운영(수문개폐 등)을 실질적으로 전담하고 있음. 수문을 열고 닫을 때 많은 인력이 필요해서 현장에서는 보조자 4명이 조력을 한다고 함. District office에는 수자원 관리직 총 4명(District 전체 직원은 50명가량)이 근무하고 있으며, 인터뷰 대상자는 그 중에서도 댐 운영과 관련된 일을 전담하고 있음.
- 저수지 수위가 상승하면 수동으로 수문을 열고 닫음. 수위표에서 빨간 글씨로 표기된 곳까지 수위가 상승하면(68 EL.m) 수문을 개방하며 우기에는 수시로 댐을 방문하여 저수지 수위상황을 모니터링하고 있음. 수문방류실적은 수기로 기록을 하고 있으며, PDWRAM에 매일 보고함(보고사항: 계측일자, 저수위 현황, 수문의 개폐시간 등).
- (댐 건설 이후 변화) 댐 건설 이후에는 물이 부족하여 농사를 못짓는 경우는 거의 없으며 홍수에 대한 걱정이 없어짐. 또한, 소수력발전기를 통해서 전기를 공급받을 수 있게 되어 일상생활에서 많은 변화가 생김.
- (수위 측정 요청) 평가팀은 수원국의 사업완공물 유지관리 현황을 파악하기 위해 어떻게 댐 수위를 측정하고 기록하고 있는지 점검하였음. 이를 위하여 댐 시설물 관리자에게 평소 댐 수위를 측정하는 방식을 시뮬레이션하도록 요청하였음. 그 결과 댐 수위 측정은 매뉴얼을 따르지 않고 경험 의존적이고 원시적인 방법으로 행해지고 있음을 확인함.



수혜지역 Commune Leader 면담	
일 시	2017년 07월 05일(수) 10:00-12:00
장 소	Thpong District office
면 담 대 상	- Sao Vat (MOWRAM Thpong District Officer) - Chhieng Ith (Prambei Mom Commune leader)

### 주요 면담내용

- (댐 건설 이전 상황) 과거에는 기존 댐의 저수량이 적어서 물이 부족하였고, 포장된 길이 없고 마을을 연결하는 교량이 작아서 마을주민이 어려움이 많았음. 기존 댐은 작아서 저류용량이 부족하여 건기에는 사용할 물이 거의 없었음.
- (댐 건설 이후 개선) 댐 건설 이후 저수량이 풍부해지자 물고기가 많아져서 생선을 어획하여 주민 영양섭취 및 농가소득에 큰 기여를 하고 있음. 댐 하류지역은 풍부한 농업용수의 공급으로 인하여 단위면적당 쌀 생산량이 이전에 비하여 40% 이상 향상된 것으로 추정함(1.8톤->3톤). 뿐만 아니라, 댐 건설 후에는 타 지역의 주민이 댐 하류지역으로 이주하여 지역주민이 증가하는 추세이며, 댐을 통해 확보된 수자원을 바탕으로 농경지면적이 증가하였음. 과거에는 없었던 채소 재배가 증가하는 추세임.
- 특히, 담수된 수자원을 1년 내내 사용할 수 있게 되어 만족하고 있음. 캄보디아의 가장 큰 축제 중 하나인 '물축제(Water festival- 11월의 큰 축제, 3일간)' 를 해당 지역에서 개최할 수 있게 된 것이 가장 큰 변화라고 할 수 있음. 댐 건설 이후 풍부한 수자원과 댐 경관으로 다른 지방에서도 축제에 참여하러 많은 사람들이 오고 있음(약 2만-5만 여명). 평소에도 주말에 다른 지역에서 오는 관광객들이 많이 늘었음.
- (관개용수 사용) 하류의 주민들은 하천에서 펌핑(Pumping)을 통하여 농경지에 물을 공급하며 펌프는 모두 개인이 설치 및 운영하고 있음. 하류의 농경지에 물이 부족한 지역은 없으며 댐 방류가 많아서 하천수량이 많은 경우에는 펌핑없이 파이프라인으로도 농경지에 용수공급이 가능함. 댐의 물은 지역주민들이 주로 농업용수 및 생활용수로 활용하고 있으며, 끓여서 식수로도 활용하고 있음.
- (문제점) 건설 후에는 별다른 문제점이 없으나 댐 건설 중에 토지수용으로 인하여 약간의 지역주민 갈등 문제가 발생하였지만, 사업비에서 충분히 보상이 이루어졌으며 지금은 특별한 문제가 없음. 또한, 댐 하류의 농업용수 공급과 관련해서는 주민들 간 물 분쟁은 없음(수자원량이 풍부하므로)



Anlong Chrey Dam 소수력발전소 관리자 면담	
일 시	2017년 07월 04일(화) 11:00-13:00
장 소	Anlong Chrey Dam 소수력발전소
면 담 대 상	발전소 Guard 및 관리자

### 주요 면담내용

- (인터뷰 대상자 업무) 2년 전인 2015년부터 발전소 옆 Gaurdhouse에서 상주하면서 발전소 Guard로서 일하고 있음. 하루 24시간 발전하며 1시간 마다 발전량을 수기로 기록하여 크랑폰리 전기회사(private sector)에 보고함.
- (발전소 운영 및 관리) 여수로의 수문방류 여부는 PDWRAM직원이 방문하여 수문을 개폐하며 보통 2-3달에 한 번씩 점검을 나옴(수문은 오래 열어두면 48시간 정도). 발전이 시작된 이래, 고장이 나거나 문제가 된 적은 없음. 우기에는 수력발전을 이용하고 건기에는 전기회사 자가발전을 이용하고 있음. 매년 다르지만 대략 연간 10회 이상 수문방류가 이루어지며, 상시만수위까지 저류되는 경우가 수시로 있음.
- (댐 건설 이후 상황) 비가 가장 많이 왔을 때의 댐 수위는 7m 정도이고 범람한 적은 없었으나 수문 2개를 모두 열어서 방수로가 꽉 차서 흐른 적은 있음.

수혜지역 주민 면담	
일 시	2017년 07월 04일(화) 13:00-14:00
장 소	Prambei Mom Dam 인근 마을
면 담 대 상	수혜지역주민(Naerb Yeun/40대 남성/농민) - 5명의 가족과 함께 댐 인근에서 14년째 거주 중

### 주요 면담내용

- (농업) 논 1ha를 소유하고 있음(10년 전부터). 댐 건설 이후 농업생산량이 크게 증가 하였음. 주로 1년에 한번 농사를 짓고 농번기는 5월~11월임. 2모작은 하고 있지 않음. 댐 건설 이후 쌀 생산량은 대략 1.5배정도 증가한 것으로 체감하고 있음. 한국과 유사한 논농사 방식을 취하고 있으며 주로 벼 농사 위주임. 쌀은 댐 건설 이전에 1kg당 \$0.3이었으나 지금은 \$0.25 정도로 가격은 오히려 감소하였음(이는 생산량 증가로 인한 영향).
- (사업 이후 생활환경 변화) 댐 건설 이전에는 홍수로 인한 피해가 있었지만, 댐 건설이후에는 홍수피해가 전혀 없음. 가장 큰 변화는 수력발전으로 인하여 전기가 공급된다는 점과 풍부한 농업용수와 생활용수를 공급받는 다는 점임. 전기공급은 댐 준공 이후 즉, 소수력 발전이 시작된 2015년부터 이며 사용하는 전기에 대한 전기세를 납부하고 있음(한 달 전기사용료는 대략 \$2-2.5). 댐의 물을 끓여먹기도 하고 식수를 구입하는 경우 1ton에 \$0.75 정도이며, 댐의 물은 전방 2km 인근지역 대략 300가구 정도가 활용하고 있음.



## 11. 사업현장 조사일지

1차 현지조사: 사업완공물 현지실사	
일 시	2017년 07월 04일(화) 11:00-14:00
장 소	Thpong District
실사 대상	댐 구조물 3개(Anlong Chrey 댐, Prambei Mom 댐, Kdol 댐)
참 여 자	- 미래자원연구원 평가팀(박성제, 노재경, 이주헌, 박주이) - 한국수출입은행 경험지원실 경험평가팀(김하연)

### 주요 내용

- **(Anlong Chrey Dam)** 댐은 사업설계와 같이 제방공 6.1km, 수로공 4.35km, 구조물 공 3곳, 발전시설 1곳, 강재수문설비 1식이 완공되었음을 확인함. 수위가 상시만수위가 되면 자동으로 수문이 전도되는 type이므로 홍수류의 방류에 문제가 없으나 수문을 닫는 것은 수동방식임. 방문 당시의 저수지 수위는 67.3 EL.m로서 상시만수위인 69.5 EL.m보다 낮은 수위를 보이고 있음.
- **(Prambei Mom Dam)** 댐은 제방공 1.0km, 구조물 공 3곳, 강재수문설비 1식이 완공되었음을 확인함. 방문 당시의 저수지 수위는 58.06 EL.m로서 상시만수위인 59.5 EL.m 보다 낮은 수위를 보이고 있음. 댐 본체 및 여수로에 대한 현지점검 결과, 시각적으로 큰 문제가 없는 것으로 판단됨. 댐 주변에 취수탑을 통해서 인근 마을주민 300가구에 대한 생활용수를 공급하고 있음(대략 40L/day\*5인(1가구 평균)\*300=60m<sup>3</sup>).
- **(Kdol Dam)** 댐은 본 사업설계와 같이 제방공 1.8km, 구조물 공 2곳, 강재수문설비 1식이 완공되었음을 확인함. 저수지가 거의 상수만수위만큼 담수되어 있었으며, 수문이 닫혀 있어서 저수량이 매우 많은 상태임. 이는 금년 건기에 많은 강우량이 내린 영향으로 판단됨.
- **(댐 구조물 운영 및 관리)** 기술 사업목적에 부합하게 적절히 운영 및 관리되고 있는 것으로 파악됨. 수문에 의한 방류는 이루어지고 있지 않지만, 소수력발전을 위한 방류는 하루 24시간 지속적으로 이루어지고 있음. 댐 본체의 상태는 시각적으로 준공 이후 유지관리가 잘 이루어지고 있고 댐에 설치된 2개의 여수로를 답사한 결과, 여수로에도 큰 문제가 없는 것으로 판단됨. 댐제체 및 주요시설(여수로 등)의 관리 상태가 양호한 것을 확인함. 다만, 여수로 하류의 방류수로에 대한 하상보호공 및 날개별 주위의 훼손이 심한 상태로서 이에 대한 보강이 필요할 것으로 판단됨.



**1차 현지조사: 사업완공물 현지실사**

<b>일 시</b>	2017년 07월 04일(화) 11:00-16:00
<b>장 소</b>	Thpong District
<b>실 사 대 상</b>	- 수로 2개(Anlong Chrey~Prambei Mom 연결수로, 타바이 우회용수공급수로) - 수리구조물(Tavay, Yutasas 수문조절장치 등)
<b>참 여 자</b>	- 미래자원연구원 평가팀(박성제, 노재경, 이주헌, 박주이) - 한국수출입은행 경험지원실 경험평가팀(김하연)

**주요 내용**

- **(댐-댐간 연결수로(Canal A))** 안롱치레이댐의 조절지를 통하여 프롬바이뎀으로 물을 도수하는 수로의 관리상태는 매우 양호한 것으로 판단됨. 현장조사 당일에도 지속적으로 용수가 도수되고 있는 것을 확인함
- **(Tavay, Yutasas Regulator)** 2개 조절지 모두 정상적으로 가동되고 있었으며, 안롱치레이댐에서 방류한 수량이 풍부하여 조절지 상류에 수량이 풍부한 것으로 확인됨. 다만, 여수로 하류의 방류수로에 대한 하상보호공 및 날개별 주위의 훼손이 심한상태로서 주변 농경지의 침식이 상당히 진행된 것을 확인할 수 있었음 이에 대한 보강이 필요할 것으로 판단됨.
- 건설된 조절지 주변(Prambei Mom 댐과 Kdoi댐 사이)으로 지역주민들이 건설한 몇개의 관개수로를 확인(오른쪽 아래 사진참조) 할 수 있었으며, 본 사업으로 인한 파급효과를 확인함. 하류 경작지를 확인한 결과, 곳곳에 새로운 관개수로의 건설이 추가로 시행된 것으로 확인됨. 수원국 또는 지역농민이 스스로의 필요에 의하여 지선 수로를 건설하여 간선수로 에 연결시키는 것으로 확인됨. 이는 본 사업의 지속가능성을 보여주는 좋은 사례로 평가할 수 있음.
- **(기타)** Prambei Mom댐 주변에는 생수를 만드는 공장이 있었으며, 댐에서 취수한 물을 정수하여 음용수로 판매하고 있는 주민대상 인터뷰를 실시함(본 사업완공 후 1001 fountains Unicef AFC 지원을 통해 식수로 활용하고 있음). 인터뷰 결과, 20리터 생수통으로 약 70-80통을 생산하여 판매하고 있음. 따라서 대략 하루 생수 생산량은 1.5ton 가량으로 추정됨(생수통 포함 \$4/통, 물 값만 \$0.5에 판매)



## 2차 현지조사: 사업완공물 현지실사

일 시	2017년 09월 14일(목) 11:00-12:00
장 소	Thpong District
실 사 대 상	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 댐 구조물 3개(Anlong Chrey 댐, Prambei Mom 댐, Kdol 댐)</li> <li>- 수로 2개(Anlong Chrey~Prambei Mom 연결수로, 타바이 우회용수공급수로)</li> <li>- 수리구조물(Tavay, Yutasas 수문조절장치 등)</li> </ul>
참 여 자	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 미래자원연구원 평가팀(박성제, 노재경, 박주이)</li> <li>- 한국수출입은행 경험지원실 경험평가팀(김은재 외 2인)</li> </ul>

### 주요 내용

- **(유지관리)** 안롱치레이댐의 조절지를 통하여 프롬바이뎀으로 물을 도수하는 수로의 관리상태는 매우 양호한 것으로 판단됨. 현장조사 당일에도 지속적으로 용수가 도수되고 있는 것을 확인함.
- **(댐 운영 및 수위기록)** 현장 댐 관리자는 댐 수위 기록 상황을 설명 듣고, 현장 자료를 모두 수집한 결과는 PDWRAM 국장의 자료와 같았음. 또한 댐 수위 자료는 모두 과거 2년간에 불과하지만 그것도 강우에 의해 기록 노트가 물에 젖어 모두 유실되었다고 함. 물에 젖은 자료도 모두 가져오라고 부탁하여 얻은 자료는 2016년 12월~2017년 2월에 불과하였음. 노트에 기록된 자료를 현장에 동행하여 실제 댐 수위표를 읽어 보도록 하고, 수위관측의 신뢰성을 여러 차례 확인하였음.
- **(소수력발전소)** 소수력 발전은 전날 고장으로 전기 부분 수리작업을 하고 있었으며, 하루 발전량은 1000KW에 이르는 것으로 조사되었음.
- **(기타)** 현장으로 이동시(차량 2시간) 벼 재배 상황을 살펴본 결과, 예상과 달리 생장이 지연되는 것으로 관찰되어 재차 농민의 재배기간에 대해 청취한 결과 실제 재배기간은 6월부터 12월까지로 확인되었음.



사진1. 지선수로(PDWRAM 건설)



사진2. 수력발전소 방문