

08. 필리핀 Angat 댐 수력발전사업

한국수자원공사
 해외사업처 차장
김수명
 s.m.kim@kwater.or.kr



한국수자원공사
 K-water연구원 책임연구원
강신욱
 sukang@kwater.or.kr



한국수자원공사
 해외사업처 차장
윤태엽
 youp93@kwater.or.kr



1. 서론

필리핀은 풍부한 수자원을 가지고 있지만, 수자원 상황은 종종 풍요로움과 부족의 역설로 표현된다. 필리핀은 119개 유역에 421개의 주요하천이 있으며, 61개의 주요 호수 및 202억톤의 가용지하수가 존재한다. 또한 필리핀 전체 연평균 강우량은 2,400mm로 우리나라 1,277mm의 1.9배로 매우 풍부한 편이다. 그럼에도 불구하고 전체 인구의 50%가 적절한 수자원의 혜택을 받지 못한다고 보고되고 있다(UNESCAP, 2011).

이러한 수자원 상황은 도시화가 진행될수록 악화되고 있으며, 특히 필리핀의 수도 마닐라 인근에는 인구증가, 기후변화 등으로 더욱 악화되고 있다.

필리핀에서 사회·경제적으로 가장 중요한 수자원 공급시설은 Angat 댐으로 메트로 마닐라 인구 약 12백만명이 사용하는 생활용수의 98%, 일평균 약 400만^m을 공급하고 있다. 이에 더하여 Bulacan주에 위치한 약 27,000ha에 이르는 농지에 관개용수를 공급하고 있으며, 우기에는 홍수 조절 용량을 활용하여 하루 홍수방지 역할을 수행한다. 또한 Angat 댐 수력발전소를 통해 Luzon 섬의 필요전력 5%를 공급한다.

필리핀은 2001년부터 EPIRA¹⁾법에 의해 NPC²⁾ 산하 발전소의 매각을 순차적으로 시행하였으며, Angat 댐 또한 2009년 말 국제경쟁입찰을 통해 “Angat댐 수력발전시설 매각사업” 계획이 발표되었다. K-water는 본 입찰에 참여하여 2010년 4월 마침내 최종 낙찰자로 선정되었다. 그 후 현지 SPC 설립 자산 실사와 성능평가, 유관기관 인허가, 인수자금 조달 등 모든 절차를 마무리하였다.

2. Angat 댐 제원 및 용수공급

2.1 Angat 댐의 제원

Angat 댐은 필리핀 Luzon섬 불라칸(Bulacan)주에 위치하고 있고(그림 1), 1967년 준공되어 현재까지 운영되고 있다(그림 2). 하루 6m 지점에 위치한 IPO댐에서 유역변경을 통하여 물이 부족한 수도 마닐라에 생활 및 공업용수(46cms)를 공급하며, 하루 50km에 위치한 Bustos댐을 통하여 일정하게 조절, 주변 농경지에 관개용수(21cms)를 공급하고 있다.

댐형식은 경사코어형 rockfill 댐이며, 높이는 131 m, 길이는 568 m이고, 정부표고는 221.5 m이다(표 1). Angat 댐의 연평균 강우량은 3,038 mm이며, 유역적은 568 km²이며, 유효

1) EPIRA(Electric Power Industry Reform Act) : 2001년 제정된 전력시장개혁법안으로 국영 NPC 발전소를 민간에 매각하는 등 전력시장 민영화 법안
 2) NPC(National Power Corporation) : 필리핀 국영 전력공사



그림 1. Angat Dam의 위치

저수용량은 850×106 m³이다. 풍부한 강수량으로 인해 연평균 유입량은 2,239×106m³에 이른다.

Angat 댐의 운영수위는 최저 180m, 최고 212m 사이에서 운영되고 있으며, 홍수기인 5월 1일부터 11월 30일까지는 210m를 홍수기 제한수위수위로 설정하여 운영한다.

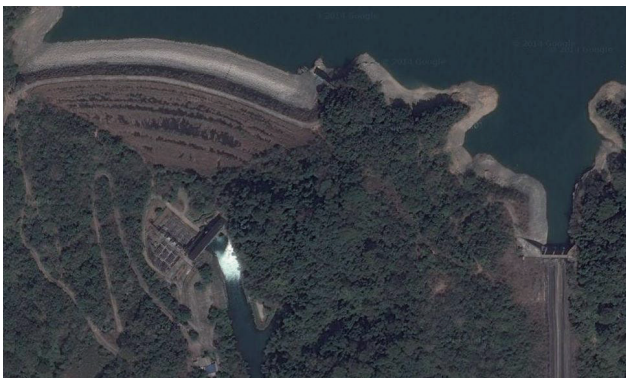


그림 2. Angat Dam의 위성사진

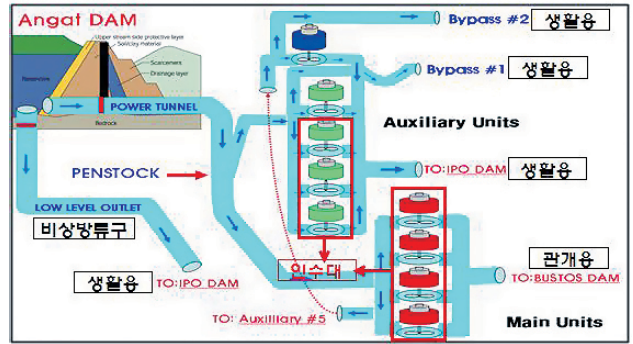


그림 3. Angat Dam 발전기 모식도

Angat 댐의 발전소는 주 발전기 4기와 보조 발전기 5기로 구성되어 있고(그림 3), 주 발전기와 보조 발전기의 최저 발전 운영수위는 각각 El. 180m와 El. 160m이다.

총 발전시설용량은 246MW이다. 생활 및 공업용수는 보조 발전기를 통해 하류로 공급되며, 관개용수는 주발전기를 통하여 하류로 공급된다. Angat 댐의 9기의 발전기 중 7기는 K-water 소유이며, 보조발전기 2기(4&5호)는 마닐라 상하수도청(Metropolitan Waterworks and Sewerage System; MWSS)의 소유이다(표 2).

표 1. Angat 댐의 제원

Classification		Unit	Information	Remark	
Dam	Type	-	Rockfill Dam		
	Height	m	131		
	Length	m	568		
Crest elevation		El. m	221.5		
Reservoir	Basin area		km²	568	
	Reservoir surface area		km²	23	
	Flood water level		El. m	219	
	Normal water level		El. m	212	
	Restricted water level		El. m	210	5.1-11.30
	Low water level		El. m	160	
Effective storage capacity			10 ⁶ m³	850	

표 2. Angat댐 수력발전소

Classification		Occupation	Installed capacity (MW)	Rated head (m)	Max. turbine discharge(m³/s)
Power generation	Main	Unit 1	50	132	42.2
		Unit 2	50	132	42.2
		Unit 3	50	132	42.2
		Unit 4	50	132	42.2
	Auxiliary	Unit 1	6	102	6.9
		Unit 2	6	102	6.9
		Unit 3	6	102	6.9
		Unit 4	10	102	12.15
		Unit 5	18	102	22.0

2.2 Angat 댐의 유입량과 용수공급 계획

표 3은 1946년부터 2012년까지 측정된 Angat 댐의 월 평균 유입량이다. 필리핀의 우기는 보통 5월말에 시작하여 11월말까지 지속되며 특히 8~11월에 강수량이 집중된다. 또한, 이 시기에는 태풍 발생이 빈번하여 Monsoon 과 태풍이 결합하여 큰 홍수가 발생하기도 한다. 이러한 기후 패턴이 Angat댐에도 동일하게 나타나며, 6월부터 증가하기 시작하는 유입량이 9~11월에 최대치값을 보이는 것을 알 수 있다.

또한, Angat댐은 부족한 생공용수 수요를 충당하기 위해 2000년 이후부터 상류 유역외 Umiray 강으로부터 도수 터널을 통해 추가로 물을 공급받고 있으며, 이 영향으로 2000년 이후의 유입량이 이전보다 평균 7.4% 큰 것으로 나타나고 있다. 한편, 표 4는 Angat 댐의 월별 용수공급 계획을 나타낸다. 생공용수의 경우 46cms의 기본계획공급량에서 수문상황에 따라 탄력적으로 공급량을 조절하며, 관개용수는 하류 수혜지역의 경작패턴에 따라 연중 공급량을 정하여 8.42~43.14m³/s까지 공급한다. 그리고 별도의 하천유지용수 공급에 대한 계획은 없다.

Table 3,4를 참고하면, 댐의 유입량이 주로 우기 6~11월에 집중되는 것을 확인할 수 있으며 용수수요는 오히려 건기 12~4월에 높아진다. 이는 풍수기에 풍부한 물을 댐에 가두어 갈수기에 물을 공급하고 있는 우리나라 댐운영 패턴과 기본 원리 측면에서 크게 다르지 않음을 보여 준다. 우리나라와 크게 다른 점은 수리권의 설정이다. 통상적으로 국내 댐 또는 하천의 수리권은 이수안전도를 고려하여 하천의 경우 10년 빈도 평균갈수량을 댐의 경우 신뢰도 95% 이상을 만족할 수 있도록 결정하는 것이 보통이다. 그러나, 필리핀의 경우에는 과거 연평균 유입량을 통상적으로 수리권으로 인정하고 있다. 이 영향으로 약한 가뭄에도 물 부족이 발생하고 있어 물관리에 더욱 각별한 주의를 기울여야 하는 실정이다.

3. Angat 댐 수력발전사업

3.1 필리핀 발전시장

2007년말 기준에 따르면 필리핀은 약 16,000 MW의 발전설비를 보유하고 있으며, 60 TWh의 전력을 생산하였으며, 48 TWh의 전력을 판매하였다. 필리핀 에너지부 발표자료에 따르면 2008년~2017년까지 4,100MW의 전력이 부족하며,

표 3. Angat Dam의 과거 유입량(unit: m³/s)

Classification	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Mean
'46-'99	47.6	27.5	21.7	16.7	20.8	40.3	71.8	98.0	87.9	119.1	116.9	98.6	63.9
'00-'12	54.9	49.0	30.0	22.8	34.1	43.6	83.7	97.5	84.4	93.3	127.1	102.2	68.6
Mean	49.1	32.0	23.4	18.0	23.6	41.0	74.2	97.9	87.2	113.8	119.0	99.3	64.9

표 4. Angat Dam의 월별 용수공급 계획(unit: m³/s)

Classification	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Mean
Municipal & industrial	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46	46.0
Irrigation	42.29	43.14	29.88	14.71	8.42	23.97	40.42	33.81	33.83	17.08	24.32	40.55	29.4
Total	88.29	89.14	75.88	60.71	54.42	69.97	86.42	79.81	79.83	63.08	70.32	86.55	75.4

※자료출처 : NPC(National Power Corporation), NIA(National Irrigation Administration)



Angat 댐이 위치해 있는 Luzon 지역은 3,000MW의 전력 부족이 발생할 것으로 예측하였다.

2008년 필리핀 에너지부의 발표에 의하면 2010년 기준으로 전력요구용량(Required Capacity)은 9,721MW이나, 공급 가능한 전력용량은 9,846MW으로 약 125MW의 여유가 있다. 하지만 2010년에 운영중인 노후 발전소 3기가 폐쇄됨에 따라, 2010년에는 Critical Period가 되는 것으로 전망하였다. 더욱이 2011년도에 304MW, 2012년 761MW, 2013년 1,247MW, 2014년도에는 1,750 MW의 전력이 부족할 것으로 예측하였다.

필리핀 Luzon지역의 전력요구량은 1991년(19,511GWh) 대비하여 2009년(44,261GWh)에는 227%로 상승하였다. 또한 2009년 전력공급량은 43,509GWh로 전력요구량에 비해 752GWh를 공급하지 못했다. 향후 전력수요는 2025년까지 전력수요는 꾸준히 증가할 것으로 예상된다. 위와 같은 상황에 발맞추어 우리나라의 한전(KEPCO)은 1995년부터 필리핀 전력시장에 진출하여 필리핀 전체 전력생산의 14%를 차지하고 있다. 현재 한전은 필리핀 제2의 발전사업자이며, 말라야 화력발전소, 일리한 화력발전소, 세부 석탄화력 발전소, 나가 화력발전소 등 다수 발전소 보유 및 운영중이다.

3.2 Angat 댐 수력발전사업

필리핀은 2002년 민간에 전력시장이 개방한 이후, 한전, 마루베니(일본), 에스엔파워(SN Power, 노르웨이) 등 세계 유수 전력회사들이 진출하였다. K-water는 수익성이 검증된 필리핀 전력시장 진출을 위해 지난 2010년 4월 필리핀 정부가 국제경쟁입찰로 실시한 “Angat 댐 발전시설 매각

사업”에 참가하여 최종 낙찰자로 선정되었으며 지난 10월 31일 모든 절차를 마무리하고 11월 1일부터 상업발전을 개시하였다. 또한, 안정적인 시설 운영관리를 위해 현지 최대기업인 산미구엘과 “Angat 댐 공동운동을 위한 지분매각 계약”을 체결하였다.

이 계약을 통해 K-water는 인수에 따른 재무부담과 시설 운영 중 발생할 수 있는 리스크를 크게 낮출 수 있음은 물론, 산미구엘로부터 지분매각 프리미엄으로 약 300억원을 지급받게 되어 경영전반의 수익성을 향상시킬 수 있게 되었다. 그리고 약 15% 수준의 투자수익성 확보로 50년간 연평균 약 120억원의 배당수익이 발생될 것으로 예측되어 국부창출에도 기여할 전망이다.

4. 기대효과

K-water는 45년 이상 축적된 물관리 노하우를 현지에 접목하여 Angat 댐의 성공적 운영관리에 최선을 다하고, 공기업으로서 댐 주변 및 지역사회의 발전을 위해 사회공헌 활동 및 댐 안전 문제 등에도 끊임없이 노력하여 지속가능한 댐운영관리가 되도록 힘쓸 것이다.

Angat 댐 수력발전소 인수사업은 공기업으로서 고부가가치 산업분야인 투자개발형 운영관리사업(TOO)에 진출했다는 점에서 의미가 크다고 할 수 있다. 또한 동 사업을 통해 장기적으로 구축한 현지 네트워크, 파트너십 그리고 앞선 기술력을 바탕으로 필리핀내 추가 물산업 진출이 활성화될 것으로 기대하고 있다.

[References]

UN Economic and Social Commission for Asia and the Pacific (UNESCAP) (2011). Country Report: The Status and Challenges of Water Infrastructure Development in the Philippines. Powerpoint presentation at Energy Security and Water Resources workshop.



