

극동 러시아의 부존 수력발전

작성 : 알렉산데르오그네브 박사(RAO "UES 러시아")

번역 : 한 영 석(에이이스기술단 부사장)

이 논문은 "동북아시아의 에너지 안보와 지속적인 개발 : 국제협력을 위한 일본기금센터의 지원을 받아 한국에너지경제연구원과 동북아시아 경제 포럼, 하바로브스키 크라이 행정부와 과학경제연구소 러시아학회, 동북아시아를 위한 경제개발원에 의해 협력 조직된 공조정책을 위한 전망"의 국제워크숍을 위해 준비되었음.

(2002년 9월 17일~9월 19일)

최근 극동지역의 수용가에 공급되는 열과 전기의 안정성 유지는 화력발전소의 유지보수를 포함한 연료 구입 문제들이 RAO "UES"에 의해 투자가 고려된 덕분에 가능해졌다. 비용은 이 지역의 많은 화력발전소의 노후화로 증가되고 있다(30~60%의 기능이 저하될 수도 있다).

그러나 수력발전이나 지열발전 에너지 같은, 사용가능한 경제성 있는 부존 에너지를 개발하여 극동지역에 안정적으로 에너지를 공급할 수 있는 대안들이 있다.

수력발전 에너지 저장능력은 무궁무진하다. 뿐만 아니라 지열, 풍력, 태양 및 조력에너지도 중요한 잠재 능력을 가지고 있다. 첫번째 단계로 지열발전소 건설은 1967년 Kamchatka의 Pauzhetskaya에, 2000년에는 Verkhne-Moutnovskaya에 세워졌다. Moutnovskaya 발전소는 유럽부흥개발은행(EBRD)에 의해 공급된 자금으로 두번째 터빈 준공검사를 마쳤다.

다른 한편, 1930년부터 극동지역의 수력자원의 평가와 조사가 이루어졌다. 수십 년 동안 현재 러시아의 연간 전력 사용량의 거의 절반인 4000억kWh에 달하는 130개 이상의 크고 작은 다양한 수력발전 사업들이 제안되었다.

1. 현황

전체 가용가능 용량의 3.3%만이 실제로 사용되고 있다. 시베리아는 이 비율이 20%를 상회한다. 평균 발전소 건설비용은 19%이지만 유럽 접경 지역에서는 46.4%로 높아진다. 현재 극동러시아의 전체 발전용량은 11,300MW이며, 표 1과 같이 보스톡 연합전력의 7,100MW(62.8%)를 포함한다.

전력의 2/3 이상은 화력발전에 의해 생산된다. 2000년 기준 총 발전용량의 69%가 화력발전이며, UPG 보스톡은 81%가 넘는다. 수력발전은 이 지역 총 발전량의 26%를 공급하며, UPG 보스톡은 18.7%가 수력발전이다.

〈표 1〉 극동지역 발전 설비용량

구 분	극동러시아의 설비용량 합계(MW)	비율(%)	UPG 보스톡 수용력(MW)	비율(%)
TPP	7,801.2	69.1	5,791.6	81.3
HPP	2,932.0	26.0	1,330.0	18.7
가스터빈	512	4.5	-	-
NPP	48	0.4	-	-
합계	11,293.5	100	7,121.6	100

〈표 2〉 극동지역의 수력발전소 운전현황

지역, 발전소명		강	설비용량(MW)	발전전력량(10억 kWh)
Amurskaya Oblast				
1.	Zeyiskiy 수력발전소	Zeya	1,330	4,900
Magadanskaya Oblast				
2.	Kolymskiy 수력발전소	Kolyma	900	3,350
Kamchatskaya Oblast				
3.	Bystrinskiy 수력발전소	Bystraya	1.5	8.3
4.	Tolmachevskiy Cascade	Tolmacheva		
	-수력발전소1		2.0	8.1
	-수력발전소3		18.4	65.4
합 계			20.4	73.5
Sakha(Yakutia)				
5.	Vilyuiskiy 수력발전소(두 개의 발전소)	Vilyui	680	2,600
총 계			2,932	10,931.8

이 지역에는 Kolymskiy, Vilyuiskiy 1과 Vilyuiskiy의 수력발전소 2기를 포함한 3곳의 대형 수력발전소가 있으며 UPG 보스톡에서 운영하는 가장 큰 Zeyiskiy 수력발전소가 있다. Kamchatka에는 작은 크기의 지역 수력발전소가 많이 있다. 극동지역의 모든 수력발전소에 의해 발전되는 연간 발전량은 109억kWh이다. 표 2와 같이 이 지역의 모든 전력발전량의 30%를 Zeyiskiy, Kolymskiy, Bystrinskiy, Tolmachevskiy 그리고 Vilyuiskiy 수력발전소에서 생산한다.

오늘날, 잘 아는 바와 같이 수출의 가능성 등 지난 3년

간 15%의 전력수요 증가로 인하여 장차 용량 증가를 위한 필요와 조건이 갖추어졌다. 다시 말하여 화력발전소를 위한 모든 석유연료와 석탄의 많은 점유로 천연가스 사용률이 현저히 낮은 상태에서 먼 거리로부터 수송이 필요하였다. 더욱이 점차적인 천연가스 요금의 자유화로 인해 앞으로 수력발전의 경쟁력이 더욱 좋아질 것이다.

현재 표 3과 같이 Tolmachevskiy 캐스케이드 내에 한 곳의 발전소 추가는 물론 Bureyskiy와 Nizhne-Bureyskiy, Ust-Srednekanskiy를 포함한 4개의 새로운 수력발전소 사업이 추진 중이며, 총 발전용량은 3GW가 될 것이

〈표 3〉 극동지역에 건설중인 수력발전소

지역, 프로젝트명	강	설비용량(MW)	발전전력량(10억 kWh)	첫번째 발전기 가동년도	
Amurskaya Oblast					
1.	Bureyskiy 수력발전소	Bureya	2,000	7,100	2003
2.	Nizhne-Bureyskiy 수력발전소	Bureya	320	1,600	계획됨
Magadanskaya Oblast					
3.	Ust-Srednekanskiy 수력발전소	Kolyma	570	2,550	2006
Kamchatskaya Oblast					
4.	Tolmachevskiy Cascade -수력발전소2	Tolmacheva	25	90	2003
Sakha Republic					
5.	Vilyuiskiy 수력발전소3	Vilyui	360	1,200	2002
합 계			3,275	13,740	

다. 결과적으로 수력발전소의 숫자는 9개소로 증가될 것이며, 발전량은 연간 234억 kWh가 될 것이다. 그러나 이는 총 잠재수력발전의 6% 정도 밖에 되지 않을 것이다. 이 모든 새로운 수력발전소들은 RAO UES 러시아의 우선사업 리스트에 있으나 Vilyuiskiy 3 사업을 제외하면 가치가 없다. RAO UES 러시아가 Bureyskiy와 Ust-Srednekanskiy 사업에 6%가 넘지 않는 공공자금을 사용하는 반면, Vilyuiskiy 3 수력발전 건설은 Alrossa 회사에 의해 자금이 지원되었다.

Bureyskiy 수력발전 사업은 극동지역에서 가장 우선 순위가 높다. 이유는 발전소를 준공함으로써 타 지역으로부터 가져오는 석탄수요가 줄고 중국에 전력을 수출할 수 있기 때문이다. 2002년 투자금액은 2배 이상이며 완전히 가동을 위한 공사 진척이 63% 이루어졌다. 이 발전기의 완료계획은 2003년 중반이며, 두번째 발전기는 그 해 말 이 될 것이고, 세번째 발전기는 2004년이 된다. Bureyskiy 수력발전소 건설팀의 업무경험은 Nizhne-Bureyskiy

수력발전 사업을 4~5년 내에 준공되는 것을 가능하게 할 것이다. Nizhne-Bureyskiy 수력발전소의 첫번째 발전은 Bureyskiy 수력발전소의 마지막 발전기 가동과 동시에 이루어질 수 있을 것이다. 그러나 Bureyskiy 수력발전소가 2008년 준공될 때까지 내용년수가 경과한 UPG 보스톡 소유의 발전설비는 거의 3GW가 될 것이다.

일반적으로 극동지역의 강들에서 연간 2,000억kWh의 전력생산이 가능한 기술적 타당성이 입증된 100여개소를 포함하여 약 400여개소의 크고 작은 수력발전소 건설이 가능하다. 상기 숫자는 2020년까지 경제성과 현실성이 있는 10~12개의 사업을 가능하게 한다. 2000년 RAO UES 러시아의 과학기술위원회와 러시아과학원이 러시아 수력발전 설계를 위한 개발 및 현대화 프로그램에서 협력 토의한 결과, 표 4는 가장 효율적이고 사업 가능한 신설 수력발전소 사업의 목록으로 제안하고 있다.

〈표 4〉 미래의 수력발전소 건설의 기본 자료

지역, 발전소명	강	설치용량(MW)	생산전력량(백만kWh)	건설비용(백만달러(1991))	건설기간
Nizhne-Bureyskiy	Bureya	321	1,600	315	2008~2010
Nizhnezeiskiy 수력발전소 캐스케이드		349	2,120	390	2010~2012
-Inzhanskiy	Zeya	126	700		
-Chagoyanskiy	Zeya	126	720		
Gramatukhinskiy	Zeya	97	700		
Urgalskiy 수력발전소1	Niman	600	1,800	520	2012~2015
Dal'nerechenskiy 수력발전단지 첫 가동 수력발전소1	Bolshaya Ussurka	595	1,400		
		250	540	255	2011~2015
남부지역 합계		1,520	6,060	1,480	2008~2015
Gilyuiskiy	Zeya	380	1,150	470	2015 이상
Verkhne-Kolymskiy	Kolyma	120	800	400	2015 이상
Khinganskiy	Amur	1,200	5,800	600*	2015 이상
Youzhno-Yakutskiy 수력발전단지		5,000	23,450		
Counter-regulator가 있는 Srednechurskiy	Uchura	3,700	17,200	6,980	2015 이상
Counter-regulator가 있는 Idzhekskiy	Timpton	1,300	6,250	2,450	2015 이상
지역 합계		8,565**	38,120**	12,380	

* 러시아 부문 ** 최대용량

2. 제안된 사업들의 기본 변수

중기적으로 볼 때 Nizhne-Bureiskiy 수력발전소 건설은 Amurskaya Oblast의 Nizhne-Zeiskiy 수력발전소들을 계단식(캐스케이드)으로 건설함으로써 가능해질 수 있다. Bureiskaya 수력단지의 완성 전에 건설이 시작되도록 계획되었다. Nizhne-Zeiskiy 계단식 방식은 Zeya강의 하류쪽에 위치하게 될 것이며 저녁차 수력발전소는 97MW의 Gramatukhinskiy 수력발전소와 126 MW의 Chagoyanskiy, Inzhanskiy 수력발전소를 포함하여 3가지 Single 형태로 구성될 것이다. 이 계단식의 각 수력발전소의 건설기간은 4~5년을 넘지 않을 전망이다.

전체 발전용량은 1년에 21억kWh 정도되며, 이는 2010년경 폐쇄될 Raichikhinskiy 화력발전소의 출력을 대체할 수 있다. Nizhne-Zeiskiy 수력발전소들의 계단식 방식을 위한 예비 타당성 평가는 완료되었고 Amurskaya Oblast 주정부는 이 사업을 지원할 것이다. 2003년 RAO UES 러시아는 투자 요구사항 평가를 위한 사업계획을 준비하기 위해 계획을 세우고 있다. 이 건설은 부유 기술 이용으로 저수두 수력발전소 건설을 단축시키는 새로운 개념으로 제안되었다. 캐스케이드의 모든 설치는 기계 모듈, 방수로 구조물, 수문 등을 포함한 큰 철판이나 강화 콘크리트 조립폼셋트(모듈)의 구분이 기본이 된다. 이 모듈들은 하부 기초작업을 특별히 현장에서 제작하고 생산한다. 그 후 예인선으로 모듈이 조립되고 준비된 기초구멍에 고정할 현장으로 수로를 이용해 운반한다. 그러므로 일반 댐 구조와 같다. 각각의 모듈 구조는 수력터빈 발전 모듈과 수력기계, 계장모듈 등을 포함한 완전한 세트뿐만 아니라 각각의 수력발전소를 위해 동일하게 되어 있다.

Nizhne-Zeiskiy 캐스케이드 수력발전소들은 2002년 3월에 선정된 극동지역과 바이칼지역을 위한 새로운 연방 개발 프로그램을 채용하였다. Chagoyanskiy 수력발전

소는 앞선 공사보다 가장 좋은 조건으로 건설공사 착수가 제안되었다. 부유 방법의 가장 큰 이익은 건설공기 단축과 비용 절감이다. 예를 들어 재래적인 방법과 비교할 때 Nizhne-Zeiskaya 캐스케이드 수력발전소 건설은 이 방법에 의해 터파기에서 54%, 콘크리트 작업에서 47%, 전체 건설공기의 30%를 절감할 수 있었다. Nizhne-Zeiskiy 캐스케이드 수력발전 모듈의 건설공기는 7년이 걸렸다.

다른 장기사업은 380MW 용량에 11억 5천만kWh를 발전할 수 있는 Gilyuiskiy 수력발전소가 된다. 이 수력발전소의 건설은 5~6년이 걸릴 것이다. Gilyuiskiy 수력발전소 관련 타당성 검토는 승인되었다.

Khabarovskiy Krai의 Niman강의 Urgal'skiy 수력발전소1은 설계중에 있다. 18억kWh의 발전량에 600MW의 용량으로 설계되었으며 6~7년 이상 공기가 될 수 있다. Urgal'skiy 수력발전소를 위한 타당성 조사는 완료되었으며 이 수력발전소는 Khabarovsk Krai 화력발전소의 폐기와 노화로 줄어드는 발전용량을 보상하기 위하여 특별히 계획되었다.

Primorskiy Krai의 Dal'nerechenskiy 수력발전소 단지는 Bol'shaya Ussurka강 입구로부터 각각 150km와 180km 떨어져 위치하게 될 두 개의 발전소로 조합되었다. 수력발전소2는 가장 가까운 철도역에서 약 130km 정도 기존 도로와 가까운 곳에 위치될 것이다. 발전소2 건설사업의 첫번째 발전기 준공은 7년 후 완성될 것이다. 수력발전단지는 Ussuri강들과 Bol'shaya Ussurka 계곡들의 홍수를 조절할 것이며, 농경지의 효과적 운영에 도움이 될 것이다.

3. 장기전망

Amur강의 수력 부존자원의 이용을 위한 제안은 1995년 RAO UES 러시아에 의해 이미 검토되고 협의를 마쳤

다. Khabarovsk에서 450km 떨어져 있는 Khinganskaya 수력발전소 건설은 이러한 상황에서 고려되었다. 1.2GW 용량의 이 발전소는 16m 수두와 비교적 작은 저수지와 함께 Zeya와 Bureya강의 유역에서 1년에 58억kWh의 발전을 할 수 있다. 만약 중국이 관심을 보인다면 Khinganskiy 수력발전소는 중국과 공동건설 될 수 있다.

Magadanskaya Oblast의 Kolymskiy 수력발전소는 현재 운영중이고, 이 캐스케이드의 두번째 단계인 Ust'-Srednekanskiy 수력발전소는 건설중에 있다. 다음 건설인 Verkhne-Kolymskiy 수력발전소는 용량이 120MW이며 연간 발전량은 8억kWh가 될 것이다.

최근 Yuahno-Yakutskii 수력발전단지에 대해 다시 검토되고 있다. 이곳에서 극동지역의 남쪽지방에 전력을 공급할 수 있으며 수출용 전력도 공급이 가능하다. 제안된 발전단지는 Uchura와 Timpton강에 2단식으로 된 4개의 수력발전소로 구성되어 있다.

*Sredneuchurskiy 수력발전소 용량은 3700kW이며 발전량은 172억kWh이다.

*Idzhekskiy 수력발전소 용량은 1300kW이고 발전량은 62억 5000kWh이다.

설비용량이 5GW 정도가 되는 이 발전단지는 연간 발전량이 약 230억kWh이고 건설공기는 약 12~15년 정도 요구된다. 이곳에서는 극동지역의 북쪽지방과 극동지방에 전기를 공급할 수 있으며 동북아시아, 특히 중국과 한국에 대량의 전력을 수출할 수 있다.

다시 말해 더 많은 건설이 2010년~2015년까지 극동지역의 남쪽지방에 가능할 수 있다. Bureiskiy 수력발전소를 포함하여 남쪽지역에 건설될 새로운 수력발전소의 총용량은 4.5GW이고 화력발전소에 사용되는 42억 큐빅 메타의 천연가스나 5백만 톤의 석탄을 대체할 수 있는 1천 3백만kWh의 발전을 할 수 있다. 위에 명시한 2.9GW 수력발전소들(Bureiskiy 수력발전소 제외)의 준공을 위해서는 약 20억 달러가 소요된다.

그러나 이러한 건설 가격들은 재평가 되어야 한다. 수력발전소 건설에서 이런 공기는 사회적이나 지자체의 사회적 생산기반이 고려되어야 한다. 현재 시점에서 투자는 건설비용의 15%~20%의 추가비용이 소요될 것이 확실하다. 게다가 축적된 인재와 기술적 경험을 Bureiskiy 계단식 수력발전소 건설에 이용한 수력발전소들의 건설은 경제적 선택이 될 수 있다. 이것은 또한 새로운 수력발전소 준공의 가속이 동북아시아로 대량의 전기를 수출하기 위한 초석이 될 수 있음을 주목해야 한다.

4. 환경과 경제적 이득

2000년도 극동지역의 화력발전소들은 UPG 보스톡에서 265,000톤을 포함하여 350,000톤이 넘는 오염물질을 방출했다. 남쪽지역 재의 방출량은 11억 톤이었고 이산화탄소는 2천 4백만톤이었다. 극동지역 남쪽지방의 새로운 1.5GW 용량의 수력발전소 건설계획 채택은 Bureiskiy 수력발전소 없이도 천만톤의 CO₂, 7만톤의 재를 포함하여 연간 16만톤의 폐기물을 줄일 수 있게 된다. 국제 투자자들은 교토선언에서와 같이 청정 개발 메커니즘으로 설계되는 수력발전소 건설에 관심을 가질 수 있다. 침투부하 시간대 발전기 기동 정지를 피하는 효율적인 운전을 함으로써 화력발전소의 오염물질을 20~40% 감소시킬 수 있다.

결론적으로 극동지역의 화력발전소들을 위해 운반비를 포함하여 구매되는 연간 연료비는 약 1억 8000만달러가 된다. 수력발전으로 5백만톤의 석탄을 대체하면 연간 9000만 달러를 절약할 수 있다. 이는 앞으로 20년 내에 1.5GW 수력발전소 건설을 위해 필요한 투자비 회수가 가능하다. 첨가하여 수력발전소의 운영요원과 유지보수, 운전비용은 화력발전소보다 훨씬 적게 든다. 수력발전들은 완전자동화 할 수 있고 추가로 신뢰도를 향상시킬 수 있다. ■