

**몽골 울란바타르시 상수도시설과 연계한 신재생에너지 개발방안 고찰**

최홍열\*, 김영국\*, 강동형\*, 김종겸\*\*  
 한국수자원공사\*, 강원원주대학교\*\*

**A Study for the development plan of Renewable Energy connected with Water Supply Sources, in Ulaanbaatar City, Mongolia**

Hong-Yeol Choi\*, Yung-Kuk Kim\*, Dong-Hyung Kang\*, Jong-Gyeum Kim\*\*  
 K-water(Korea Water Resources Cooperation)\*, Gangneung-Wonju National University\*\*

**Abstract** - 울란바타르시는 몽골의 수도로 인구 110만명이 거주하고 있으며 매년 증가추세에 있다. 2030년에는 몽고 전체인구의 55.5%가 집중되어 도시의 밀집도가 심화될 것으로 예측된다. 몽골은 연평균 강우량이 250mm에도 미치지 못하는 건조한 지역이 대부분으로 전체 수원을 지하수에 의존하고 있으며 인구증가에 따른 지하수 고갈 및 최근 기후변화로 인한 가뭄, 폭설, 한파 등의 영향으로 활용 가능한 수자원이 매년 줄어들고 있어 신규 상수원 확보가 무엇보다 중요시 하고 있다. 동절기 상수원의 결빙을 예방하여야 하나 어려운 전력난으로 전력대신 석탄 보일러를 이용하고 있어 심한 환경오염을 일으키고 있다. 이러한 각종 현상 및 문제점들에 대응코자 진행중인 울란바타르시 수자원개발 마스터플랜 및 상수원 추가 개발사업 가운데 조절지로 공급되는 관로의 잉여압력을 이용한 소수력과 추가되는 가압장의 여유부지에 시설되는 태양광발전의 개발 사례에 대해서 살펴보고자 한다

**1. 서 론**

몽고는 인구의 1/3이 넓은 영토에서 유희생활하고 있어 인구밀집도가 낮으며 이로 인한 전력시스템 구성 및 공급의 어려움이 있다. 특히 울란바타르시는 인구증가에 따른 수자원 개발, 전력난 해소, 심각한 공해문제가 심각하다. 따라서 풍부한 바람이나 일사량을 활용한 신·재생에너지 개발에 많은 관심을 가지고 있으며 이러한 차원에서 기존 시설물을 활용한 태양광 및 소수력 개발에 대한 방안을 제시하고자 한다.

**2. 본 론**

**2.1 전력설비 현황**

**2.1.1 전력시스템**

몽골의 전력시스템은 독립된 3개의 전력계통망인 중앙에너지시스템(CES), 서부에너지시스템(WES), 동부 에너지시스템(EES)으로 구성되어 있으며, 그 외에 4개의 지방이 이들 전력계통망과 연계되지 않은 독립 전력시스템을 운영하고 있다.

**2.1.2 전력현황**

몽골은 적은 인구와 낮은 산업화 수준으로 인해 전력수요는 비교적 낮은 편이며, 전력생산능력이 낮아 인구밀집 지역까지의 전력을 공급하기 위해 전력계통망이 방대하며 송배전 선로가 길고 부하율이 낮아 손실이 많이 발생하고 있다. 몽골의 총 발전설비용량은 864.8MW로서 화력발전이 대부분을 차지하고 있다.

**<표 1> 몽골지역 발전설비 현황(2008년 기준)**

구 분	총용량	화력	수력	태양광	풍력
설비용량	864.8MW	827.4MW	28.3MW	5.32MW	3.8MW
비중	100%	95.7%	3.3%	0.6%	0.4%

**2.1.3 신재생에너지 개발**

인구의 1/3이 넓은 영토에서 유희생활을 하기 때문에 이들에게 전력을 통해 적절하게 전기를 공급하는데 어려움이 있어 이를 해소하기 위해 정부는 소수력, 태양광, 풍력 등 신·재생 에너지 개발을 장려하고 있으며 이를 위한 여러 프로젝트가 시행되고 있다. 2005년 국가 신·재생 에너지 프로그램을 국회에서 승인하여 2010년까지 신재생에너지가 몽골 내 총에너지의 3~5%, 2020년까지는 20~25%까지 공급할 수 있도록 개발 프로그램을 추진 중에 있다.

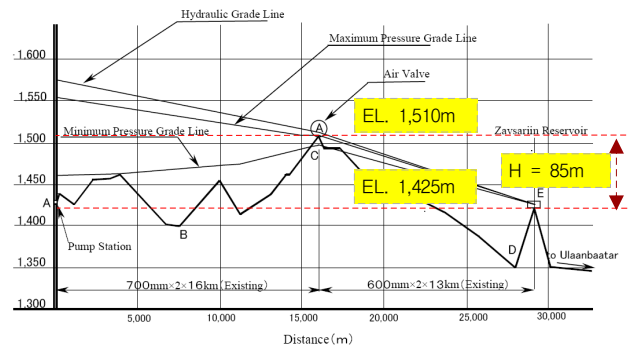
**<표 2> 신재생에너지 개발 현황**

구 분	개발 현황	비고
수 력	· 오르혼 수력발전소(100MW) · 에데네버른 수력발전소(60MW) · 엔진 수력발전소(200MW) · 오논 수력발전소(60MW)	
풍 력	· 초이르 풍력발전소(50MW)	
태양광	· 고비사막의 대규모 PV 발전소	

**2.2 신재생에너지 개발 방안**

**2.2.1 소수력 개발**

울란바타르시 용수공급을 위해 Tuul강의 지하수를 취수하여 1일 50,000m<sup>3</sup>/s의 물량을 가압하여 도수관로를 통해 29km 떨어진 Zavsarin 조절지로 도수하고 있다. 도수관로는 Upper 가압장에서 공기 밸브실까지 약 16km, 700mm×2열 건설되어 있으며 공기밸브실에서 조절지까지 약 13km, 600mm×2열로 구성되어 있다. 가압설비는 고지대를 지나기 위해 시설되었으며 고지대의 공기 밸브실 이후에는 자연유하로 조절지까지 용수가 공급되고 조절지에서 잉여 압력이 있으므로 이 압력에 의한 유효낙차를 이용 소수력 개발이 가능한 것으로 판단되었다.



**<그림 1> 사업지 구배도**

**(1) 유효낙차**

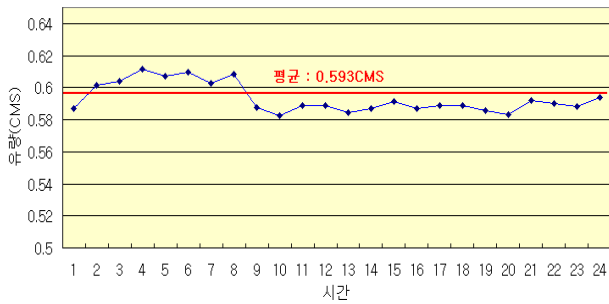
공기 밸브실에서 조절지까지의 유효낙차는 손실을 감안하더라도 49m 정도가 활용 가능한 것으로 분석되었다.

**<표 3> 유효낙차**

구분	공기밸브실	배수지	총낙차	손실낙차	유효낙차
낙차	EL. 1,540m	EL. 1,425m	85m	36m	49m

**(2) 용수공급량 분석**

조절지는 1일 50,000m<sup>3</sup> 시설규모로 울란바타르시에 600mm 2열의 도수관로를 통해 생활용수를 공급하고 있으며 공급량은 시간에 따른 변화가 거의 없이 일정한 패턴으로 공급하고 있다. 사용가능한 용량은 0.593m<sup>3</sup>/s이다.



〈그림 2〉 1일 용수공급량

### (3) 설비용량 결정

발전설비용량은 유효낙차, 사용수량, 효율 등을 감안할 때 230kW 정도의 용량이 되며 도수관로가 2개열로 구성되어 있으므로 115kW, 2대로 결정하였다.

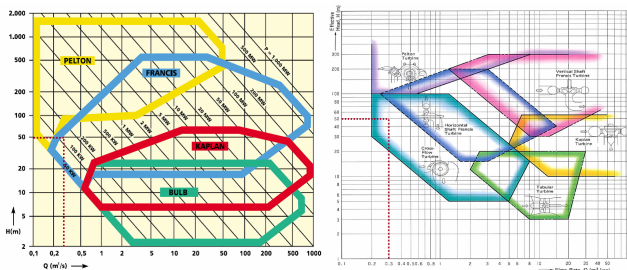
### 〈표 4〉 설비용량

구분	유효낙차	사용수량	발전기효율	수차효율	발전용량
구격	49m	0.593m³/s	95%	85%	230kW

$$* P = 9.8 \times Q \times H \times \eta$$

### (4) 수차 형식 결정

사업 여건이 저낙차와 대유량의 경우에는 Kaplan이나 Bulb 수차 형식을 적용할 수 있으나, 본 사업지의 경우 고낙차와 저 유량을 이용하므로 Kaplan이나 Bulb 수차 형식은 어렵고, Francis 및 Cross-flow 수차 형식이 적당하다. 그중에서도 유량 운영 상태를 조사한 결과 일정하므로 높은 효율특성을 가진 Francis 수차형식이 적합하다. 또한 Francis 수차는 횡축과 종축으로 구분되면 입지조건에 따라 달리 적용된다. 본 사업지는 일반적으로 Francis 수차가 적용되고 있는 방수로를 통한 하천으로 방류하는 것과는 달리 조절지에 방류하여야 하므로 횡축 Francis 수차가 적합하다.



〈그림 3〉 수차형식 선정도

### (5) 발전기 형식 결정

발전설비용량은 소용량(115kW)으로 계통에 미치는 영향이 적은 점을 감안하여 유도발전기를 적용하였으며 역률은 95% 이상이 되도록 역률보상 설비를 시설하는 것으로 계획하였다.

### (6) 개발방안

앞서 설명하였듯이 횡축 Francis 수차의 경우 수차 입출구의 유수의 방향의 변화가 필요함에 따라 사업지의 수차발전기 설치여건을 좋지 않으나 건설비를 감안하여 조절지 측면에 수차발전기를 설치하고 런너출구로부터 방수면까지의 유효낙차를 확보하기 위한 흡출관을 조절지 수면 밑으로 설치하는 것으로 하였다. 발전량은 사용수량이 일정하므로 연간 2GWh정도를 생산할 수 있다.



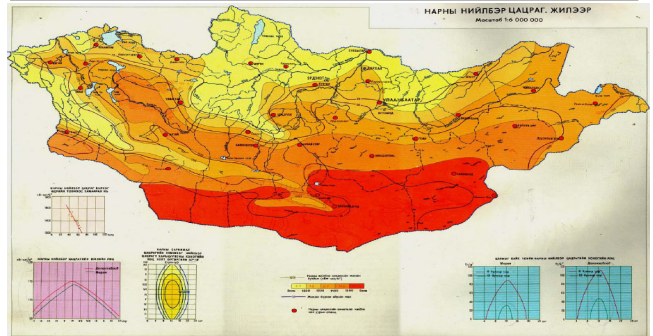
〈그림 4〉 수차발전기 개발 방안

### 2.2.2 태양광 개발

“영원한 파란 하늘의 땅”으로 알려진 몽골은 전형적인 대륙성 기후로 겨울이 길고 추우며, 여름이 매우 짧으며 1년에 구름이 없는 날이 257일이나 되는 등 맑은 날씨가 대부분이다. 따라서 일사량은 전면적의 70%이상이 일사량 5.5~6.0[kWh/m²]로 국내 일사량에 비해 1.3~1.5배 이상 높다. 따라서 상수시설(가압장)에 태양광을 도입하여 가압설비에 전력을 공급함으로써 안정적인 전원확보를 통한 용수공급의 안정성을 향상시키는 것으로 계획하였다.

### 〈표 5〉 사업지역 일사량 현황

구분	일사량(kWh/m² day)	일사시간(년)	비고
70%	5.5~6.0	2,900~3,000	
18%	4.5~5.5	2,600~2,900	
12%	4.5	2,600이하	



〈그림 5〉 사업지역 일사량 분포도

### (1) 개발용량

가압장 예정지는 평지로서 그림자를 발생시키는 주변 여건이 없으며 또한 넓은 면적을 확보할 수 있어 태양광 개발지로서는 최적의 입지조건을 갖추고 있다. 개발용량은 여유부지면적 가압설비용량과 사업비 등을 감안하여 50kW로 결정하였다

### (2) 개발방안

태양광 어레이 구조는 고정식, 반고정식, 추적식 등 종류가 다양하나 사업지역의 사업여건과 향후 운영관리를 고려하여 고정식 방식을 계획하였다. 또한 최적 경사각은 사업지역의 위도를 감안하여 45도가 적합한 것으로 조사 되었다. 발전량은 일사량 및 일조시간을 감안할 때 연간 0.1GWh정도를 생산할 수 있다.



〈그림 6〉 태양광 개발 방안

## 3. 결 론

몽고는 심각한 전력난 해소를 위해 풍부한 풍력, 태양광 등 신재생에너지 개발에 역점을 두고 있으며 이러한 시기에 울란바타르시 수자원 분야의 원조사업을 시행하면서 기존 시설물을 활용한 소수력 및 태양광 개발 방안을 제시하여 연간 2.1GWh의 전력을 생산함으로써 사업지역의 전력부족에 기여함은 물론 신재생에너지 분야의 개발 사례 등 원조사업 효과를 극대화 시킬 수 있으리라 판단된다.

### [참 고 문 헌]

- [1] 이재영, “신아시아 시대 한국과 몽골의 전략적 협력방안” 연구자료10-04
- [2] 몽골전력산업 구조 및 에너지시스템 분석을 통한 한-몽 전력산업 협력방안 연구, 정책연구보고서 2007.12
- [3] 한-몽골 에너지협력 활성화 연구; 에너지차원개발 인프라 중심으로, 지식경제부, 2009
- [4] 몽골 울란바타르시 Yarmag지역 용수공급 및 수자원 효율화사업 사전조사 보고서, KOICA, 2011.1