



# 북한의 유역변경식 수력발전소 건설 사례(원산군민발전소)



인하대학교 교수

한국대담회 수석부회장 김계현

북한은 그 동안 전역에 다수의 수력발전 댐을 건설해 온 것으로 알려져 있다. 특히 유역변경식 수력발전소는 북한이 전력난 해소를 위해 국가 중점 사업으로 추진해 오고 있다고 한다. 그러나 북한의 댐 건설에 관한 보고서나 정보의 한계로 어느 지역에 어떤 댐을 건설하고 있는지 확인하기 어려운 것이 현실이다. 북한의 댐 사업에 관한 정보는 북한매체를 통해 나오는 관련 소식을 남한의 언론이 재 보도하는 수준이다. 이런 상황에서 댐 건설관련 설계지침이나 시공방법 및 운영관리 등에 관한 자세한 내용이 공개되지 않아 궁금증이 커지고 있다. 또한 실제 공사현장에 대한 직접 시찰이나 관련 영상자료 등을 접할 수 없는 상황에서 북한 지도자들의 현지지도 사진 정도를 통해 유추해 볼 뿐이다.

근래 북한매체들이 전하는 내용을 살펴보면 백두산지역에는 백두산영웅청년발전소(10월 3일 준공), 청천강에는 계단식 중소형발전소 12개를, 예성강에는 예성강 계단식발전소를, 원산지역에는 원산군민발전소를 건설 중이라 한다. 이중 예성강발전소나 원산군민발전소는 북한이 UN에 제출한 자료를 통하여 개략적인 정황을 이해할 수 있다. 북한은 이들 댐을 UN기후변화협약(UNFCCC)의 청정개발체제(CDM, Clean Development Mechanism)를 통해 탄소배출 감축사업을 진행하고, 배출권을 얻는 사업으로 추진 중이다. 다만 이들 보고서도 댐 건설에 대한 구체적인 내용은 기술하고 있지 않아 궁금증은 여전하다.

이런 궁금증을 풀어보기 위해 북한 매체의 보도내용과 북한이 UN에 등록된 자료를 바탕으로 유역변경용 수력발전소를 어떻게 건설하는지를 추적해 보았다. 대상 댐은 이미 북한이 관영매체를 통해 여러

변 보도한바 있고 현재 건설이 진행인 원산군민발전소로 하였다. 자료에 따르면 원산군민발전소는 정격낙차 166m, 정격사용수량 14.8m<sup>3</sup>/s, 발전시설용량 2만kW로 설계되었고, 임진강 상류 강원도 범동군 여하리에 저류용 댐을 건설하고 원산시 심포천으로 유역변경하는 수력발전시스템이다.

북한 <노동신문>은 2010년 7월 8일자 기사에서 김정일 위원장이 원산군민발전소 건설장을 현지 지도했다고 보도했다. 신문은 원산군민발전소에 대해 “서해로 흐르는 강물을 동해로 돌려 낙차고를 조성하여 전기를 생산하는 규모가 큰 유역변경식 수력발전소”라면서 “원산군민발전소가 완공되면 원산시를 비롯한 강원도의 전기화를 보다 높은 수준에서 실현할 수 있을 뿐 아니라 이 지역의 자연풍치를 더욱 아름답게 변모시킬 수 있게 된다”고 소개했다. 또한 북한은 원산청년1호발전소~4호 발전소와 원산군민1, 2호 발전소를 이용해 관광특구에 전기를 공급할 계획을 세웠다고 밝혔다. 지난 4월에는 원산군민발전소건설장 일꾼들과 건설자들이 2호발전소 1호발전기 조립을 완료했다고 보도한바 있다.

이런 수준의 정보를 가지고는 북한이 어느 지역에서 어떤 목적으로 어디로 유역변경하는지를 상세히 파악하기가 쉽지 않았다. 북한이 밝힌 내용 중 “서해로 흐르는 강물을 동해로 돌려”와 “원산관광특구에 전기를 공급”등에 중점을 두고 가용정보를 취득하였다. 특히 UN에 등록된 보고서에 낙차가 166m라고 기술한 점은 동해사면에 위치하고 있는 원산지역에 이 정도 높이의 댐을 건설할만한 적지가 없으므로 임진강 유역을 조사하는 단서가 되었다. 이를 확인하기 위해 구글어스를 이용하여 조사하던 중 원산군민발전소가 어떻게 건설되고 있는지에 대한 매우 흥미로운 사실을 발견하여 본 논고를 통해 소개하고자 한다.

### 1. 원산군민발전소 개요

현재 북한의 댐 관련 자료를 취득하기는 매우 어려운 실정이다. UN관련 기구나 대북지원단체의 보고서에는 극히 제한된 내용만 소개하고 있다. 이와 같이 다소 불명확한 점은 있지만 북한이 UN에 등록한 Wonsangunmin Hydropower Plant No.1(20MW)(DPRK, 2011)와 구글어스의 위성영사자료를 통해 확인한 내용을 근거로 원산군민발전소에 대하여 정리하면 다음과 같다.

원산군민발전소는 유로변경식 수력발전소 형식(run-of-diversion type hydropower station)으로 강원도 산하의 원산발전소건설사업소에서 담당하고 있다. 북한은 이 사업의 목적을 임진강의 수자원을 이용하여 북한동부지역전력망에 탄소배출제로의 전력을 생산하는 것이라 밝히고 있다.

저류용 댐은 강원도 법동군 여하리에 위치하며 10MW급 2기의 발전기를 설치하고, 만수위시 저수지 수면적은 1.89km<sup>2</sup>이며, 연평균 96,530MWh의 전력을 생산할 수 있을 것으로 기대하고 있다. 북한은 이 사업을 통해 연간 동급의 화력발전소가 배출하는 이산화탄소 67,260t을 감축할 수 있을 것으로 예상하고 있다.

수력발전시설의 규모를 추정해 볼 수 있는 터빈에 관한 사양은 표-1과 같다. 수차는 버티컬 타입이고, 용량이 10MW급 2기가 설치되는 것을 알 수 있다. 터빈 사용수량은 각각 7.4m<sup>3</sup>/s로 추측되며, 이 양으로 발전할 경우 연간 사용수량은 4.66억m<sup>3</sup>으로 추정되나 운전가동율을 60%를 고려하면 2.8억m<sup>3</sup>이다.

북한의 매체가 알리고 있듯이 원산관광특구 지역의 전력공급원으로 활용될 경우 공급의 안전성 등을 고려하면 상시적 발전운전으로 예상되므로 연간 3~4억m<sup>3</sup>의 물이 유역 변경될 것으로 추정된다. 실제 북한은 남한과는 달리 수력발전이 기저를 담당하고 있어 상시발전인 경우가 많다. 여기서 터빈 효율을 92%로 제시하고 있는데 북한이 제작한 수차를 사용하고 있어 북한의 산업기술수준을 고려할 때 다소 높게 설정된 수치가 아닌가 싶다.

〈표 1〉 원산군민발전소의 수차(Turbine) 사양

Parameter	Unit	Value
Type		Turbine 683-vertical 161
Installed number	Unit	2
Diameter	m	1.61
Rated rotate speed	rpm	514
Rated water head	m	166
Maximum flow quantity	m <sup>3</sup> /s	14.8
Rated output	MW	10.526
Efficiency	%	92
Manufacturer		Taeon Heavy Machinery Complex

## 2. 원산군민발전소 건설 현황

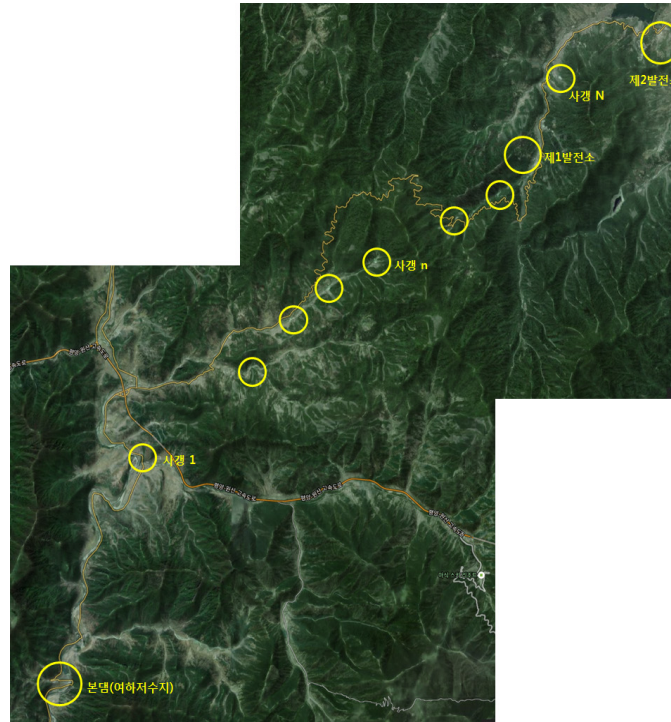
원산군민발전소는 임진강 상류에 사력댐을 만들고 도수터널을 통해 원산지역으로 유하시켜 발전하는 유역변경식 수력시스템이다. 댐은 지상에 건설되므로 위성사진에서 육안으로 확인이 가능하나 도수터널은 지하에 위치하여 여간해서는 눈으로 확인하기 어렵다. 다행히 위성사진을 주의 깊게 들여다보면 현재 건설 현황을 추정해 볼 수 있는 단서들을 찾을 수 있다.

이에 대한 구체적인 설명을 위해 표-1에 제시된 수차의 기본 사양을 근거로 구글어스에서 도수터널 및 수력발전소의 위치 등을 추적해 확인하였다. 그리고 확인된 자료들을 그림-1과 같이 구글어스가 제공하는 위성사진을 이용하여 저류댐과 도수터널 그리고 수력발전소가 어떻게 연결되는지를 도시할 수 있었다. 그림-2는 위성사진에 대응하는 지형도로서 원산군민발전소의 도수터널 공사와 관련된 정보를 이해하는데 도움이 되었다.

이들 정보를 활용하여 북한이 원산군민발전소를 어떻게 건설하고 있는지를 살펴보면 다음과 같다. 우선 유역변경을 위한 도수터널의 길이는 도상에서 직선거리로 약 24km정도이다. 발견한 주요 특징들을 댐이 위치한 임진강 상류 법동군 여하리에서 원산군민제2발전소가 위치한 원산시 성남리까지 위성영상에 표시하면 그림-1과 같다. 여기서 알 수 있는 것은 도수터널은 유입구와 발전소를 직선으로 연결하는 것이 아니라 도수터널의 시공 및 운영관리 등을 고려하여 사갱(작업갱)을 설치하기 좋은 노선으로 설계되었다는 점이다. 즉, 터널은 댐 수위를 고려하여 발전낙차를 확보하고 시공의 용이성 및 공기 등을 고려해 노선을 배치하였다고 할 수 있다.

이런 추측은 그림-2의 지형도에서 확인할 수 있는데 댐에서부터 제1발전소까지 정격수두를 확보하기 위해 일정 수준의 해발고를 유지하고 시공의 용이성을 높이기 위한 사갱의 설치지점을 고려하여 노선을 결정하고 있다. 또한 제1발전소와 사갱 N구간의 평지구간에 대해서는 터널대신 개수로로 굴착하여 공사비 및 공기를 줄이고 있다.

〈그림 1〉 원산군민발전소의 저류용 댐과 발전소 및 사갱의 위치도



〈그림 2〉 원산군민발전소의 저류용 댐과 발전소 및 사갱이 위치한 지형도



위성사진을 확대하여 자세히 살펴보면 그림-3과 같이 현재 이 발전시스템의 저류용 댐(그림-1의 본댐)이라 할 수 있는 여하저수지(북한은 지명을 댐 명으로 사용하는 경우가 많아 임으로 정했음)는 댐 체 및 여수로 공사가 막바지에 이르러 거의 완성단계임을 알 수 있다. 여수로는 댐 체에 영향을 주지 않는 분리형 자유 월류식으로 추정되며, 저류된 물의 대부분을 유역 변경하겠다는 의도로 해석된다.

〈그림 3〉 임진강 본류 상류에 건설중인 원산군민발전소 저류용 댐



유역변경을 위한 도수터널의 유입구는 댐 직상류에서 그림-4와 같이 확인할 수 있다(모든 그림은 구글어스 및 구글맵스에서 확인 가능). 도수터널 유입구는 가능한 댐에 저류된 물을 최대한으로 이용하기 위해 거의 하천바닥에 설치하는 것을 알 수 있다. 이런 설계는 역시 저류된 물의 대부분을 유역변경하여 발전에 이용하겠다는 의도로 해석할 수 있다.

〈그림 4〉 원산군민발전소의 도수터널 유입구



이 유입구를 시작으로 도수터널이 연결되는 노선을 추정해 볼 수 있다. 도수터널의 고도는 발전소에서 낙차를 최대화하기 위해 도수터널 유입구와 비슷한 수준의 해발고를 유지하여 발전소부근까지 연결시키고 있다. 그림-2와 같이 등고선이 표시된 그림과 위성사진을 비교하면 가능한 해발고의 차이를 최소화하기 위해 같은 수준의 해발고를 따라 도수터널의 노선이 결정된 것을 알 수 있다. 이런 추정은 그림-5(그림-1 및 2에서 사갱 n)을 통해서 확인 할 수 있다. 그림-1에서 숨처럼 하얗게 보이는 곳은 사갱입구 작업장이며, 밭과 암이나 사토로 추정되는 물질이 하얀 구름처럼 보인다. 실제 터널노선이 어떻게 설계되었는지를 알려면 개략적인 노선을 정하고 사갱들을 연결해 보면 알 수 있다(그림-1). 사갱을 많이 설치한 이유는 터널의 길이보다는 시공성과 공사기간 등을 고려한 측면이 있는 것 같다.

〈그림 5〉 터널공사를 위한 사갱 (그림-1의 사갱 n)의 작업장

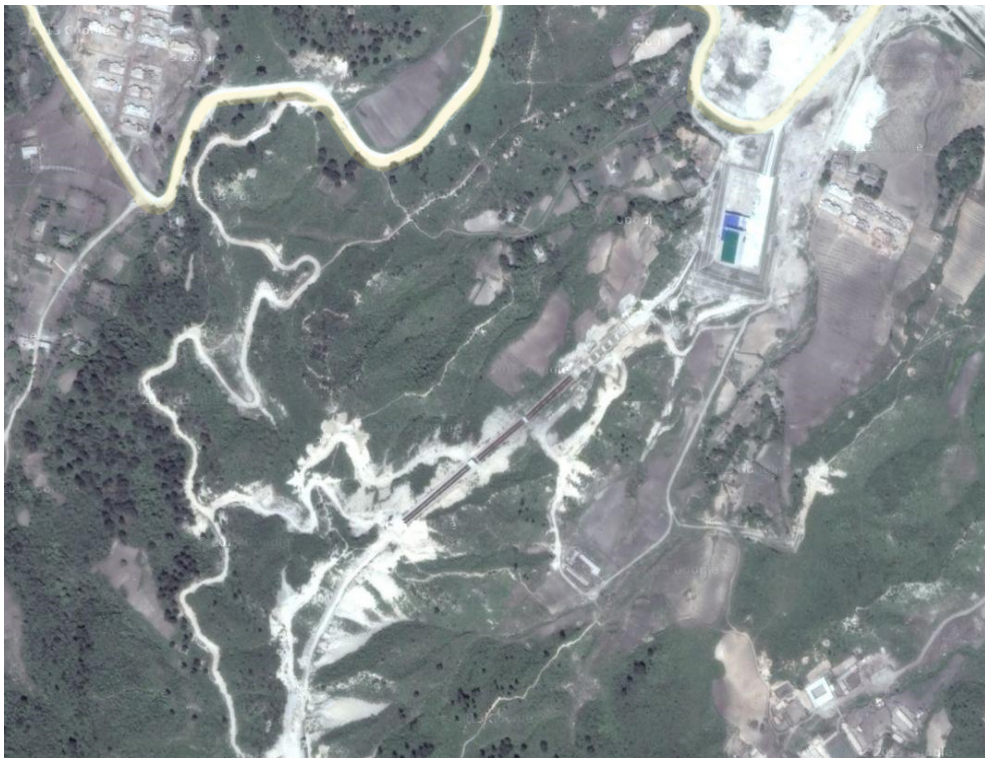


이런 사갱의 입구를 따라 가다보면 그림-6 및 7과 같이 수력발전소의 위치를 확인 할 수 있다. 수력발전소는 가능한 낙차를 크게 하기 위해 급경사지를 이루는 능선을 따라 하부에 설치한다. 물론 능선 정상부에 서지탱크를 설치하는 것은 기본이다(그림-6의 왼쪽 끝부분 원모양의 시설물). 발전소까지는 관수로로 연결시키고 발전에 사용한 물은 다음 발전소로 유하시킨다. 제2발전소는 제1발전소 하류 5km 지점에 위치하며, 이 발전소 역시 사진과 같이 도수관로 등 대부분의 공사가 완료단계이다. 북한은 이런 방식으로 계단식 수력발전소를 건설하는 것이 일반적이다. 2009년 완공된 원산청년발전소는 임진강 고미탄천 상류에 저류 댐(구룡저수지)을 만들고 원산시 주암리에 제1발전소로 유역 변경하고 이후 4단계의 발전을 하는 구조로 원산군민발전소와 같은 형식이다. 이 발전소 역시 북한이 보도한 사진과 위성영사자료를 비교하면 개략적인 내용을 어렵지 않게 파악할 수 있다.

〈그림 6〉 원산군민제1발전소 (그림-1의 제1발전소) 건설 전경



〈그림 7〉 원산군민제2발전소 (그림-1의 제2발전소) 건설 전경





#### 4. 결 론

이상과 같이 구글이 제공하는 위성영상을 이용하여 북한의 유역변경 수력발전소 건설에 관한 구체적인 내용을 확인해 보았다. 북한에서 원산군민발전소와 같은 형식의 수력발전시설은 흔히 볼 수 있다. 북한이 이런 형식을 선호하는 이유는 비교적 수량이 풍부하면서 용수이용이 적은 유역의 수자원을 수력발전을 극대화하고 물 이용이 많은 지역으로 유역 변경하고자 하는 목적에 기인한다. 또한 지반조건에 따른 시공 상의 어려움이나 건설비용과 공사기간 등 여러 가지 문제점을 고려하여 가장 경제적인 방법을 선호하는 것으로 추측된다.

특히 여수로를 댐 체에서 분리한 자유월류식을 선호하는 것은 주로 유역변경용 사력댐에서 많이 볼 수 있는데 저류된 수량의 대부분을 유역변경하게 되므로 여수로 방류가 많지 않고 여수로를 정교하게 관리할 필요가 없기 때문으로 사료된다.

유역변경에 의해 발전에 사용된 물은 마지막 단계에서 생·공용수나 농업용수로 이용된다. 원산군민발전소의 경우는 아직까지 정확한 용도는 알 수 없으나 2009년에 완공된 원산청년발전소의 경우는 발전에 이용된 물이 하천으로 유하하지 않고 수로를 통해 원산시 상수도시설을 거치는 것으로 미루어 생활용수로 이용되는 것으로 추측된다. 나머지 물은 송도원유원지로 유입하는 적전천으로 흘러든다.

원산군민발전소에 대해 북한 매체가 “이 지역의 자연풍치를 더욱 아름답게 변모”라고 밝힌 사실에 주목하면 유역 변경된 물이 발전에 이용된 후 원산 송도원 유원지를 가로질러 흐르는 심포천으로 유입되는 것으로 보아 하천유지용수나 관광용수로도 활용되는 것으로 추측해 볼 수 있다.

본 조사에서는 구글이 제공하는 영상을 활용하였지만 현재 국토해양부도 북한의 전 지역을 위성영상으로 볼 수 있는 서비스를 제공하고 있다. 북한 전 지역에 대해 1m급 해상도의 위성영상 지도를 제공하는 이 서비스(<http://www.vworld.kr>)는 우리나라 독자 위성기술(항공우주연구원 아리랑 2호)로 생산된 영상지도로, 최근 북한에서 통용되고 있는 지역의 상세한 지리정보인 지명과 시설명칭 등을 담고 있다. 이 서비스는 북한 전역의 산, 강, 섬 등의 명칭과 지명, 도로망 등 교통정보, 주요시설 명칭 등 약 2만3000여 건의 상세한 지리정보를 제공하고 있어 북한의 자연·지리적 환경 분석과 이해가 더욱 용이해질 것으로 전망된다.

본 조사를 통해 확인되었듯이 이제 위성영상자료는 지리정보뿐만 아니라 건설사업의 구체적인 내용까지 추적할 수 있는 유용한 툴로 활용될 수 있다. 특히 북한과 같이 접근성이 불가능한 지역의 지리현황을 파악하는데 비용지출 없이 누구나 쉽게 이용할 수 있다는 장점을 보여주었다.

원산군민발전소 조사를 통해 알 수 있듯이 지금도 북한은 공유하천의 수자원을 임의적으로 개발하고 있어 앞으로는 텍스트는 물론 위성영상 등을 활용하여 보다 심도 있는 조사와 감시가 이루어져야 할 것이다.

**참고 문헌**

DPRK (2011). Wonsangunmin Hydropower Plant No.1(20MW), Project design Document from (CDM-PDD)-Version 3.



2 0 1 5   K N C O L D   M a g a z i n e





## II. 학술 · 기술기사

- |    |  |    |
|----|--|----|
| 01 | Ubiquitous Sensing Network 기반<br>저수지(댐) 붕괴예경보 서비스 구축 | 50 |
| 02 | 새로운 댐 형식, 아스팔트 표면차수벽형<br>석괴댐(AFRD)                   | 58 |
| 03 | 재난에 강한 수자원시설 안전관리<br>기술력 제고                          | 74 |