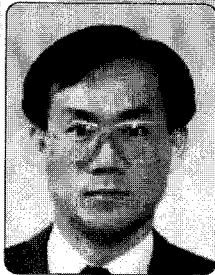


# 지속가능한 무공해전력 확보를 가능케 하는 조력발전소 건설



**백 두 현**  
한국수자원공사 에너지사업처 설비건설부장

**<필자약력>**

- 1980년 명지대 전기과 졸업
- 1992년 Arizona주립대 대학원 수학
- 1998년 충남대 대학원 졸업(전기기기)
- 1998년 구미관리단 공무부장
- 2000년 정보관리부 기획팀장
- 2003년 에너지사업처 설비건설부장

## 1. 서론

개발지상주의에 따른 화석연료의 사용은 산업혁명을 꽃 피우는데 결정적인 역할을 하여 인류의 삶에 풍요로움을 안겨다 주었지만, 화석연료의 무분별한 사용에 따른 온실가스의 배출은 환경재앙이라고 일컬어질 정도로 지구 환경에 위협이 되고 있다. 따라서, 인류의 증가하는 에너지수요를 지속적으로 감당할 수 있으며 환경도 보호할 수 있는 무공해에너지 확보의 문제는 국가의 안보와 직결되고 있는 현실이다. 이에, 예로부터 조력 개발의 적지로 손꼽히던 서해안에 시화호 조력발전소를 건설하여 신재생에너지 확보는 물론 그동안 사회적으로 골칫거리가 되어버린 시화호

오염문제의 해결이라는 두 마리 토끼를 한꺼번에 잡을 수 있는 쾌거가 아닐 수 없다 하겠다.

## 2. 시화호 조력발전소 가. 개발배경

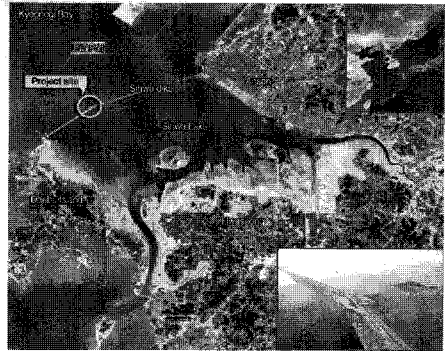


그림1. 시화호 조력발전소 사업위치도

시화호는 수도권에 공업용지를 공급하여 공장 이전을 촉진하고 우량농지를 조성하여 경쟁력 있는 농업을 육성하기 위하여 당초에는 담수호로 조성되었으나, 하수처리장 등 환경기초시설이 부족한 상태에서 인근지역으로부터 오염물질의 유입이 증가되자 정부는 수질개선을 위하여 담수호 유지를 포기하고 해수호로 용도를 변경하였다. 이에 한국수자원공사는 시화호의 해수유통 시 서해안의 높은 조수간만의 차를 활용하는 조력발전소 건설계획을 수립하여 2002년 11월 타당성 조사 및 기본계획을 완료하였다. 이어서 설계·시공 일괄입찰 방식에 따라 대우 컨소시엄이 낙찰자로 선정된 본 공사는 실시설계를 거쳐 '04. 12월 착공되어 현재 우선공종분야인 가물막이, 우회도

로 등의 공사가 진행 중이며 2009년 준공을 목표로 하고 있다.

### 나. 발전방식 및 수차선정

지구, 달, 태양의 인력과 지구자전의 평형에 의해 발생하는 해수면의 상하운동을 조석이라 하며 해수의 이동현상을 조류라 한다. 조력발전은 해수면의 상하운동인 조석현상을 이용한다. 전 세계적으로 상용화된 발전방식은 조지식 발전방식으로 조석간만의

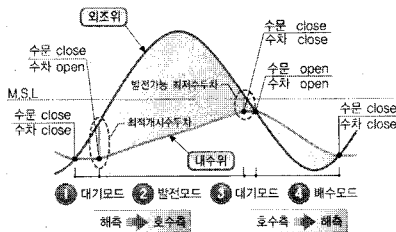


그림2. 단류식 창조발전 개념도

차가 큰 만이나 하구를 독으로 막아 호수(조지)를 만든 후 밀물 혹은 썰물 시 외해와 조지의 수위차를 이용하여 발전하는 방식이다. 밀물과 썰물 양방향의 흐름을 이용하는 방식을 복류식 발전방식이라고 하며, 한 흐름만을 이용하는 방식을 단류식이라고 한다. 밀물의 흐름만을 이용하는 방식을 단류식 창조발전이라고 하며, 썰물의 흐름만을 이용하는 방식을 단류식 낙조발전이라고 한다. 시화조력은 호수의 관리수위(EL. -1.0m)로 인하여 낙조발전 시 발전가능낙차(약 2.0m)에 미달하여 밀물시에만 발전하는 단류식 창조 발전을 채택하게 되었다.

일반 수력발전소에서 수차는 유체가 갖고 있는 위치에너지 및 운동에너지를 기계적 에너지로 전환하는 원동기(Prime mover)로서 전력생산량을 결정짓는 중요한 설비라고 할 수 있다. 조력발전소의 수차는 해양환경 및 지속적으로 변하는 조석환경 하에서 운전되며, 낙차는 수력발전에 비하여 매우 적으나, 유량의 제한은 거의 받지 않기 때문에 주어진 시간 동안에 전력생산을 극대화 하기 위해서는 적절한 수차를 선정하여야 한다. 이에 맞는 수차로 1960년대에 벌브형 수차발전기가 개발되어 저낙차 수력발전 및 조력발전 등에서 광범위하게 활용되고 있다. 이는 프로펠러형의 런너를 사용하고 있고 벌브케이싱 내에 수차와 직결되어 있는 발전기를 가지고 있다. 시

화조력에 채택된 수차는 통과어류의 치사율을 최소화하기 위하여 날개최소화(3개), 저회전수(64.29 rpm) 및 친어적인(Fish-friendly) 설계기법을 적용하는 등 친환경적인 특성을 갖춘 형식이다.

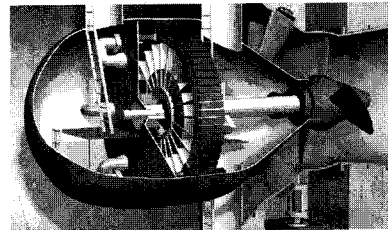


그림3. 횡축 벌브형 수차발전기

#### ■ 시화조력 수차발전기 주요제원

- 형식: 횡축 벌브형 카플란 수차
- 수차출력: 26MW×10기
- 발전기출력: 25.4MW×10기
- 정격낙차: 5.82m
- 사용수량: 482.13m³/sec
- 회전속도: 64.29rpm
- 회전날개 직경: 7.5m

### 다. 세계의 조력개발 현황

#### ■ 프랑스

현재 세계에서 대규모로 상업운전을 하고 있는 조력발전소는 프랑스 북서부의 영불해협으로 들어가는 랑스강의 하구에 위치하고 있는 랑스 조력발전소이다. 1960년에 착공되어 1966년에 상업발전을 시작한 랑스 조력발전소는 Chausey 섬 주변에 1,200만 kW 급의 대규모 조력발전소 건설을 추진하기 위하여 실험용으로 건설되었다. 그러나 프랑스의 에너지정책이 원자력 위주로 전환함에 따라 초대형 규모의 조력개발사업은 중단되었다. 랑스조력은 최대조차 13.5 m, 평균조차 8.5 m로서, 750 m의 방조제와 면적 22 km²의 조지를 보유하고 있다. 시설용량은 240MW로 단위기 10 MW의 벌브형 수차발전기가 24대 설치되어 연간 544 GWh의 전력을 생산하고 있다.

#### ■ 캐나다

캐나다 노바 스코티아(Nova Scotia)지방의 펀디(Fundy)만은 전 세계적으로 조석이 16m까지 발생하는 몇 안 되는 지역으로 이곳의 잠재조력을 활용하기 위한 실험용 조력발전소로 건설된 것이 아나폴리스

조력발전소이다. 유역 내에 배수를 원활히 하고 구(舊)도로를 대체할 목적으로 건설된 아나폴리스 강 입구의 제방이 조력발전소 적지로 선정될 수 있었던 것은 제방을 방조제로 사용함과 동시에 홍수조절용 수문을 조지충수용(아나폴리스 조력은 단류식 낙조식 채택)으로 활용함으로써 비용절감을 꾀할 수 있었기 때문이다. 아나폴리스 조력발전소의 특징은 저낙차 수차에서 주로 적용되던 벌브형 대신 림타입 스트라플로(Rim type straflo)형으로 이는 런너의 끝단에 발전기 회전자가 붙어 있고 회전자의 바깥둘레에 고정자가 배치되어 있는 형식이며, 수차구조물은 기존의 섬 위에 건설하였다. 평균조차는 7.0m, 조지면적 11.5 km<sup>2</sup>으로 20MW의 스트라플로(straflo) 수차발전기 1기가 설치되어 연간 50GWh의 전력을 생산하고 있다.

■ 중국

중국은 조력에너지 부존자원이 풍부하여 1950년대 후반부터 조력자원 개발연구가 수행되었으며, 소규모의 많은 조력발전소가 설치되었으나 대부분 폐쇄되고 현재 가동되고 있는 것은 지앙시아 조력발전소 등 8개소이다. 폐쇄된 50여 개소의 발전소의 수명이 짧았던 주요 원인으로서 현장자료 부족에 의한 부적절한 입지선정, 설계상의 오류, 계통인입의 실패, 관리미흡 등으로 규명되었다. 지앙시아 조력발전소는 간척지 개발 사업을 위한 제방 준공 시 조력발전소 사업을 계획하여 추진되었으며, 복류식 발전방식을 채택하였다. 0.5MW 1대, 0.6MW 1대, 0.7MW 3대로 다양한 용량의 수차로 총 3.2MW의 시설용량이 설치되었으며 연간 6GWh의 전력을 생산하고 있다.

3. 기대효과

가. 지속적인 공급이 가능한 무공해에너지



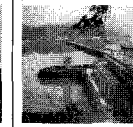
화석연료의 사용은 단기간 내에 인류에게 편리와 풍요로움을 안겨다 주었지만 지구 온난화를 야기하는 온실가스의 배출은 인류의 삶의 터전을 송두리째 위협하는 요소로 등장하였다. 또한, 우리나라 소비전력의 40%를 담당하고 있다는 원자력 에너지는 환경재앙의 위험성을 항시 내재하고 있을 뿐만 아니라, 핵폐기물 처리시설을 설치할 부지를 찾지 못해 개발한계에 봉착하고 있다. 이에, 해양에너지를 활용한 조력발전은 과거부터 지속적인 무공해 에너지원으로 인류의 주목을 받아왔으나, 인간의 생활주기와 맞지 않는 조석현상을 이용한다는 점, 높은 초기개발비용, 위치적 고립성으로 인하여 대규모의 상업적인 개발이 이루어지지 않았던 게 현실이다. 그러나, 해양에너지는 고갈될 염려가 전혀 없고 일단 개발이 되면 태양계가 존속하는 한 지속적으로 공급이 가능하며 환경오염 문제를 전혀 야기하지 않는 무공해 청정에너지라는 점은 가장 큰 장점이라고 할 수 있다.

나. 시화호 수질개선

시화호 조력발전소 건설사업은 시화호의 수질개선을 위한 해수유통 시 서해안의 높은 조수간만의 차를 활용하여 해양에너지를 상용화하기 위한 사업이다. 따라서 조력발전소가 건설되게 되면 일일 1억5천만 m<sup>3</sup>의 해수가 유통되어 현재 시화호의 수질은 COD 5ppm에서 2ppm으로 개선될 것으로 예상되어 시화호에 서식하는 생물의 생태환경이 바닷물과 같은 수준으로 복원되게 될 것이다. 또한 수질개선은 시화호를 친수공간 및 레포츠 공간으로의 활용이 가능하게 되어 조력발전소와 연계한 세계적인 관광명소로 부각되어 부근 지역경제 활성화에도 기여할 것으로 판단된다.

다. 기후변화협약 대응

기후협화협약은 지구온난화를 유발하는 온실가스의 배출량을 줄이도록 규정하고 있는데 지금 당장은 우리나라는 교토의정서에 따른 구속적인 온실가스 감축의무를 부담하고 있지는 않다. 그러나 이산화탄소 배출 세계 9위인 우리나라는 2차 온실가스 감축의 무협상에서 감축대상국으로 포함될 가능성이 높아 2차 공약기간(2013~2017)부터는 의무를 이행해야 할

발전소명	Rance(프랑스)	Annapolis(캐나다)	Jiangxia(중국)
전 경			
발전개시년도	1967	1984	1986
발전방식	복류식	단류식(낙조식)	복류식
시설용량(천kW)	240	20	3.2
수문	6련(15m×10m)	2련(9.2m×7.3m)	5련(3.3m×4.2m)

(표) 세계의 조력개발 현황

것 이라는게 전문가들의 견해다. 우리나라는 에너지 다소비 산업에 대한 의존도가 큰 산업구조로 온실가스 감축의무에 따라 감축대상국에 포함될 경우 우리나라의 산업생산활동에 막대한 지장을 줄 수 있다.

이에 조력발전에 의한 청정에너지 생산은 향후 우리가 의무적으로 절감하여야 할 온실가스 배출량에 따른 화석연료 발전소의 환경관련 부담을 일정부분 해소해 줄 수 있을 것으로 예상된다.

이 밖에도 조력발전소 건설은 청정 대체에너지원인 해양에너지 개발로 연간 862천 배럴의 유류대체 효과가 예상되며 이는 현재 급등하는 국제유가를 적용(70달러/barrel, 1,020원/USD)하였을 때 615억원/년의 수입비용 절감효과를 가져올 것으로 예상된다.

#### 4. 결론

전 세계적으로 에너지확보의 문제는 성장 동력의 확보라는 단순한 명제를 넘어 이제는 국가의 안보와 직결되는 사안으로 다가오고 있는 게 현실이다. 특히 매장량이 한정되어 있으며 지역적으로 편중되어 있는 화석연료는 과거 70년대 세계에너지파동에서 볼 수 있듯이 등 그 문제점과 한계를 보이는 게 현실이다. 이에 지속가능하며 대체에너지에 대한 관심과 개발노력은 전 세계적으로 이루어지고 있으며 우리나라도 탈유전원 확보를 위하여 대체에너지 개발목표를 설정하는 등 다각적인 에너지 개발노력을 경주하고 있다.

세계 조력개발의 적지로 각광받아 온 우리나라의 서해안은 조수간만의 차가 크고 수심이 얕으며 해안선의 굴곡이 심하여 조력개발의 적지로 평가 받아왔

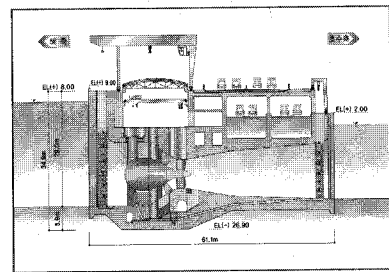
다. 과거에도 서해안의 조력개발을 위한 연구와 조사가 수차례 이루어졌으나, 유가가 저렴한 70년대의 상황에서 초기투자비용이 높은 조력개발사업은 서해안의 타개발사업과 중복되어 상대적으로 후순위로 밀려났던 게 사실이다. 이에 한국수자원공사에서 추진하는 시화호 조력발전소 건설사업은 국내에 해양에너지 개발 및 더 나아가 무공해에너지 개발의 촉매제로 자리 잡을 수 있을 것으로 생각된다.

#### 참고자료 1

##### 1. 시화호 조력발전소 조감도



##### 2. 시화조력 수차구조물 단면도



#### 생활정보



알아두면 좋아요!!!

### 10년 무사고 2종 면허소지자, 1종면허로

경찰청은 금년 하반기부터 자동차 제2종 보통면허 소지자중 10년 무사고 운전자에 대해 제1종 보통면허

발급이 가능하다는 내용을 일반우편물이나 이메일 등을 통해 당사자에게 통지하고 있다. 도로교통법 72조는 제2종 보통면허 취득 후 10년간 운전면허취소 또는 교통사고 경력등이 없는 운전자가 제1종 보통면허 발급을 원하면 별도 시험 없이 제1종 보통면허증을 발급하도록 하고 있다. 음주나 벌점누적 등으로 일정기간 동안 면허가 정지됐던 사람들도 교통사고가 없었던 해택을 받을 수 있다. 그동안 홍보부족으로 최근 5년 동안 제1종 면허 발급비율은 31.5%에 불과했다.