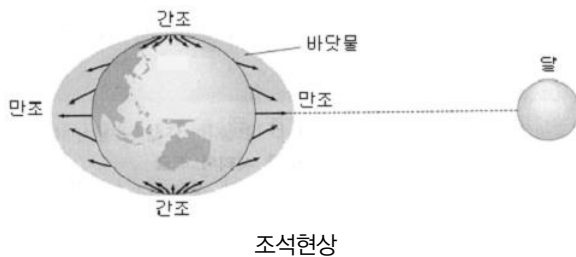


# 시화조력 발전사업 추진현황 및 해외 조력현황

최병찬 | 한국수자원공사 담지사업처장  
(coboch@hanmail.net)

## 1. 조력발전의 원리

### 가. 조석현상



조석현상은 달, 태양 등 지구 주변 천체의 인력작용에 의해 해수면이 주기적으로 상승·하강하며, 바닷물이 해안에 밀려 들어왔다(들물) 흘러 나가는(날물) 현상을 말한다. 조석현상의 원인이 되는 힘은 기조력으로 지구표면의 원심력과(지구위치에 상관없이 크기와 작용방향이 같음) 달과 태양의 인력(지구위치에 따라

크기와 작용방향이 다름)의 차이에 의해서 나타난다.

해수면이 가장 높아졌을 때를 만조(滿潮)라고 하며 최저로 되었을 때를 간조(干潮)라고 한다. 또 해면이 상승하는 사이, 즉 간조에서 만조까지를 밀물(들물) 또는 창조(漲潮)라 하며 하강하는 사이, 즉 만조에서 간조까지를 썰물 또는 낙조(落潮)라 한다. 만조에서 만조 또는 간조에서 간조 사이의 시간을 조석주기라 하며, 우리나라의 경우, 평균 약 12시간 25분으로 하루에 만조와 간조가 2회씩 나타나며, 그 시간은 매일 수십분씩 늦어진다. 연속되는 만조와 간조 또는 간조와 만조 사이의 수위차를 조석간만의 차(差) 또는 줄여서 조차(潮差)라 한다. 최대의 조차는 대개 신월(新月, 음력 초하루) 및 만월(滿月, 음력 보름) 전후에 나타나며, 이를 사리 또는 대조(大潮)라 하고, 상현 및 하현 때는 조차가 작아 조금 또는 소조(小潮)가 된다.



## 나. 조력발전

바다가 보유하고 있는 에너지를 인간이 활용할 수 있는 발전방식에는 파랑을 이용한 파력발전, 표층수와 심층수의 온도차를 활용하는 온도차발전, 바다물의 흐름(조류)을 이용하는 조류발전 등이 있으나 현재까지 대규모로 상용화된 것은 조력발전이다.

조력발전은 조석을 동력원으로 하여 해수면의 상승하강현상을 이용, 전기를 생산하는 발전방식이다.

이 조력발전에는 일정중량의 부체가 받는 부력을 이용하는 부체식, 조위의 상승하강에 따라 밀실에서 공기를 압축시키는 압축공기식 및 조석이 강하게 발생하는 하구나 만을 방조제로 막아 해수를 가두고, 수차발전기를 설치하여 외해와 조지(해수호)의 수위차를 이용하여 발전하는 방식으로 나눌 수 있다. 조지식 조력발전방식은 일반적으로 조지수에 따라 단조지식과 복조지식이 있으며, 조석의 이용횟수에 따라 단류식과 복류식으로 나누고 있다.

### □ 조력발전 방식

- 단류식 창조발전 : 밀물시 바다와 조지(호수)의 수위차에 따라 발전을 하고 썰물시 해수호의 물을 방류하는 발전방식
- 단류식 낙조발전 : 밀물시 수문을 열어 호수를 채운 후 수문을 닫고 썰물시 바다와 조지(호수)의 수위차에 따라 발전하는 방식
- 복류식발전 : 바다와 조지(호수)의 수위차가 발생하면 밀물과 썰물의 양쪽방향으로 발전하는 방식

## 2. 개발배경

'94년 2월 시화지구 간척사업의 일환인 방조제 공

사가 완료된 후, 조류유통이 차단되고 인근지역으로부터 유입된 오염 물질이 축적되어 시화호의 오염이 증가하자, '01년 2월 정부에서는 시화호 수질개선대책으로서 시화호를 해수호로 관리키로 결정하였다.

'02년 12월 시화호 관리위원회에서는 시화호 종합관리 세부시행 계획을 심의·의결하여 시화호 수질개선을 위해 조력발전사업을 추진키로 하였으며, 환경영향평가등 인허가 절차를 거쳐 '04.12.31 조력발전소 건설공사를 착공하였다.

### □ 시화호 및 방조제현황

- 총 저수용량: 281백만 $m^3$
- 유효저수용량: 191.48백만 $m^3$
- 홍수위 : EL. +0.18m
- 관리수위: EL. -1.0m
- 담수면적: 43.93 $km^2$
- 유역면적: 405.72 $km^2$
- 방조제 연장: 12.7km
- 배수갑문: 2개소(2,386 $m^3/sec$ )

## 3. 시화호 조력발전소 건설사업 현황

### 가. 사업개요

#### □ 사업목적

- 해수유통 확대를 통한 시화호 수질개선
- 해양에너지 개발을 통한 국가 에너지 자급도 향상 및 대기오염 저감

#### □ 사업기간 : 2003~2009

#### □ 사업내용

- 사업위치 : 경기도 안산시 대부동 시화방조제 일원
- 해수유통량 : 147백만 $m^3/일$ (시화호 용량의 50%)



- 발전시설용량 : 254 천kW(수차 10기), 배수갑문 : 8문(15.3m×12m)
- 연간 발전량 : 552 백만kWh (소양강댐의 1.56배, 50만도시 공급규모)
- 발전방식 : 단류식 창조발전 (밀물 때 낙차를 이용한 발전방식)
- 사업비 : 3,551억원

□ 사업효과

- 해수유통으로 수질개선(COD 4.7ppm⇒2.7ppm)
- 에너지 수입비용 절감 [유류대체효과 : 862천배럴/년]
- 청정에너지 개발로 대기환경오염 저감 (CO2 저감 : 315천톤/년)
- 시화호 주변지역과 연계한 시너지 효과(관광자원화) 등

나. 공사 추진현황

'04년 12월 공사착공후 '05년도에는 본 공사를 대비하여 가물막이, 우회도로 개설공사등 가설공사를 시행하였으며, '06년도에는 가물막이 공사완료등 가설공사 완료 및 기초굴착등 본공사를 시작하였다.

'07년부터는 기초굴착 완료에 따른 수문, 수차구조물 공사 및 발전설비가 본격 제작되며 목표 연도인 '09년까지 완료할 계획이다

4. 조력개발 현황 및 전망

가. 해외개발현황

□ 프랑스(운영중)

현재 세계에서 대규모로 상업운전을 하고 있는 조력발전소는 프랑스 북서부의 영불해협으로 들어가는



공사 착공전 전경



가물막이 축조완료



기초굴착 작업



기초 콘크리트 타설 및 접지망 포설

## □ 년차별 시공계획

				
2005년 가물막이공	2006년 가물막이 완료 기초굴착 기초 콘크리트 타설	2007년 구조물 콘크리트 타설 발전설비 제작	2008년 발전설비 설치완료 건축공 및 조경공	2009년 가물막이 철거 및 공사완료

랑스강의 하구에 위치하고 있는 랑스 조력발전소이다.

1952년 Vicent Auriol 대통령이 건설계획을 발표한 후, 1961년 1월 착공하여 1966년 봄 최초 발전기가 계통에 전기를 공급한 이래 1967년 말에 전체 호기가 가동을 시작하였으며, 40년이 지난 현재도 큰 고장 없이 정상가동 중에 있다. 발전소 주요 제원은 10MW의 벌브 형 수차 24대 및 15m×10m의 수문 6련이 설치되어 연간 610GWh의 전력을 생산하고 있다. 이 발전소는 단조지 복류식으로 창조 및 낙조시 모두 발전이 가능하며, 특히 양수기능(발전기에 반대로 전기를 인가하여 펌프로 활용)이 있어 전력계통의 소비 부하량이 작은 시간에 전기를 소비하는 부하로 작용하여 원자력발전소 등의 기저용 발전원의 기동/정지 횟수를 최소화 하는데도 기여하고 있다. 특히 발전소가 프랑스에서도 가장 뛰어난 관광명소인 디나, 디낭, 쌍말로,



랑스조력발전소

몽생미셸 들이 위치하고 있으며 발전소 방조제의 연결로 이 지역들의 접근성이 개선되어 관광효과를 배가시키는 계기가 되었다. 프랑스는 랑스조력발전소의 성공적인 가동을 토대로 Chausey 섬 주변에 1,200만kW급의 대규모 조력발전소 건설을 추진하였으나 자국의 에너지정책이 원자력 위주로 전환됨에 따라 후속 조력 개발사업을 유보한 상태이다.

## □ 캐나다 (운영중)

캐나다 노바 스코티아(Nova Scotia)지방의 펀디(Fundy)만은 전 세계적으로 조석이 16m까지 발생하는 몇 안 되는 지역으로 이 펀디만의 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 낙조발전방식임)으로 활용함으로써 비용절감을 꾀할 수 있었기 때문이다.

아나폴리스 조력발전소의 특징은 저낙차수차에서 주로 적용되던 벌브형 대신 림타입 스트라플로(Rim type strafflo)형으로 이는 런너의 끝단에 발전기 회전자가 붙



어 있고 회전자의 바깥둘레에 고정자가 배치되어 있는 형식이며, 수차구조물은 기존의 섬위에 건설하였다.

평균조차는 7.0 m, 조지면적 11.5 km<sup>2</sup>으로 20 MW의 수차발전기 1기가 설치되어 연간 50 GWh의 전력을 생산하고 있다.



아나폴리스 조력발전소

□ 러시아(운영중)

러시아의 대부분 조력발전 후보지는 북극지방에 위치하여 연간 200일정도 결빙이 계속되는 악조건을 지니고 있으나 Ura Guba 동쪽의 키슬라야 구바 지역은 조차는 작으나(1.0~3.9m), 겨울에도 비교적 온화하여 조력자원개발을 위해 소형 실험용발전소 건설을 위한 입지조건으로서는 우수하여 1938년 Bernshtein이 키슬라야 구바에 조력발전소 건설을 제안하였고, 이후 1940년대부터 본격적으로 계획되어 1968년에 준공되었다. 키슬라야 구바 조력발전소의 주목할 점은 케이슨공법(부유건설공법)을 도입한 최초의 조력발전소라는 점이다. 이는 육상이나 독(dock)에서 발전설비를 제조 및 조립하고, 이것을 물위로 띄워서 예항(曳航)하거나 대형 크레인선으로 운반하여 미리 준설한 기초 위에 설치하는 공법으로, 이는 해상에서의 Dry work를 위한 코퍼댐(가물막이) 축조 비용의 절감을 가능하게 하였다. 키슬라야 구바 조력발전소는 복류식 발전방식으로 0.4 MW 벌브형 수차 1기가 설

치되어 연간 1.2 MWh의 전력을 생산하고 있다.



지양시아 조력발전소

□ 중국(운영중)

중국은 조력에너지 부존자원이 풍부하여 1950년대 후반부터 조력자원 개발연구가 수행되었으며, 소규모의 많은 조력발전소가 설치되었으나 대부분 폐쇄되고 현재 가동되고 있는 것은 지양시아(江河)조력발전소 등 8개소이다.

폐쇄된 50여 개소의 발전소의 수명이 짧았던 주요 원인으로서는 현장자료 부족에 의한 부적절한 입지 선정, 설계상의 오류, 계통인입의 실패, 관리미숙 등으로 규명되었다. 지양시아 조력발전소는 간척지개발사업을 위한 제방준공시 조력발전소 사업을 계획하여 추진되었으며, 복류식 발전방식을 채택하였다. 0.5MW 1대, 0.6MW 1대, 0.7MW 3대로 다양한 용량의 수차로 총 3.2MW의 발전기들이 설치되었으며 연간 6GWh의 전력을 생산 하고 있다. 중국은 차기 건설 후보 조력발전소로 낙첨만에 52만KW급 발전소를 검토하고 있다.

□ 인도(개발 검토중)

- 개발위치 : 구자라트주 캄바트만(아라비아해)
- 방조제 길이 : 약60km
- 개발목적 : 관개용수 공급 및 조력발전
- 발전용량 : 약5,800MW

