



해양에너지 강국을 향한 첫 걸음! 세계 최대, 시화호 조력발전소 현황



김종득
한국수자원공사 시화조력관리단 운영팀장

1. 개 황

우리나라 최초의 전기사용은 조선시대 고종 24년, 1887년 서울 경복궁 안에 있는 건청궁에 전등을 밝히면서 시작되었다.

이는 경복궁 내 연못에 작은 발전기를 통해 전기를 얻었는데 16W 전구를 700개 가량 밝힐 수 있는

아주 적은 규모였다.

그로부터 120여년이 지난 현재 우리나라의 발전설비 규모는 83GW를 기록하고 있으며, 이는 1960년대 400MW였던 것에 비하면 약 200배가 넘는 수준으로 그동안 우리나라 산업이 얼마나 급성장 하였는지를 가늠할 수 있을 것이다. 그러나 산업의 발전과 더불어 그 이면에는 대형화·첨단화에 따른 전력수요의

지속적인 증가로 인한 화석연료의 고갈, 지구온난화 및 환경의 변화, 원전사용의 불안감 등의 문제가 발생하였으며, 이에 대한 해결책으로 청정에너지인 신재생에너지 도입이 전 세계적으로 급증하고 있다.

이에 K-water는 국내 최대의 신재생에너지 공급사로서 2013년 현재 1.3GW의 신재생에너지를 이용한 전력을 공급하고 있으며, 신재생 에너지 개발 및 확대를 위한 수력발전설비 국산화, 합천댐 수상태양광 상용화 및 수온차 냉·난방 발전 등의 신기술 개발에 박차를 가하고 있다. 또한 최근에는 국내 최초로 해양에너지를 이용한 세계 최대용량의 시화호 조력발전소를 성공적으로 건설하였으며, 지난 2년간 안정적으로 운영한 경험을 토대로 국내에서는 최대 신재생에너지 공급자로서의 입지를 확고히 하였고, 조력발전소 건설 경험과 운영 기술력을 바탕으로 해양에너지 분야에 세계 최고의 기업으로 자리매김해 나가고 있다.

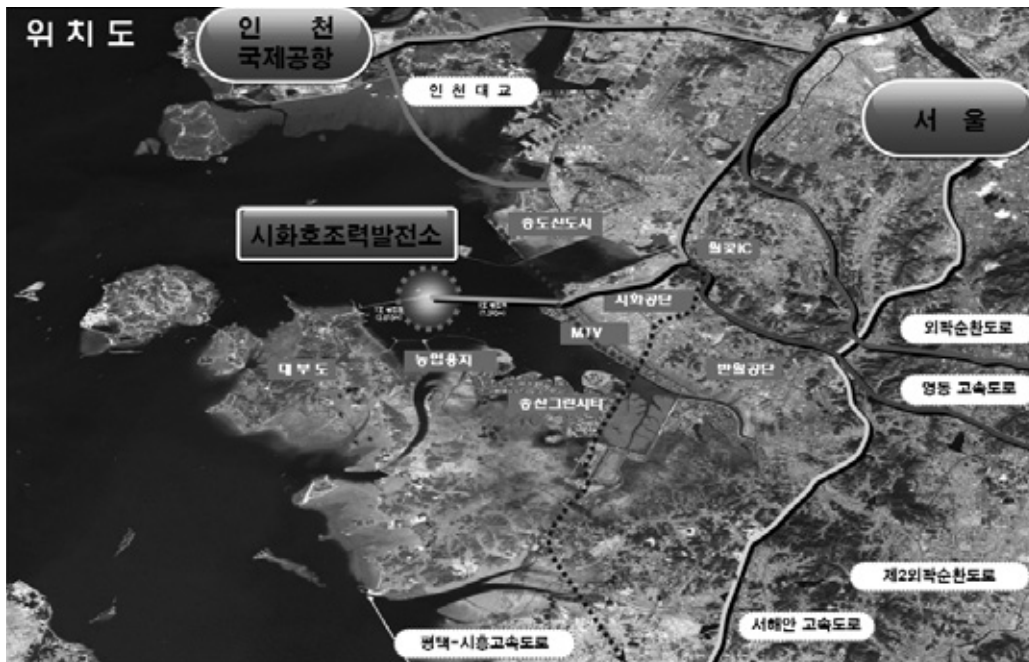
2. 현 황

가. 시화호 조력발전소 탄생과 의의

시화호는 시화, 안산 신도시를 개발하기 위해 1994년도에 조성된 인공호수이며 면적은 48.9km²로 여의도 면적의 6배에 달하며, 방조제 건설에만 6,200억 원이 소요되었다.

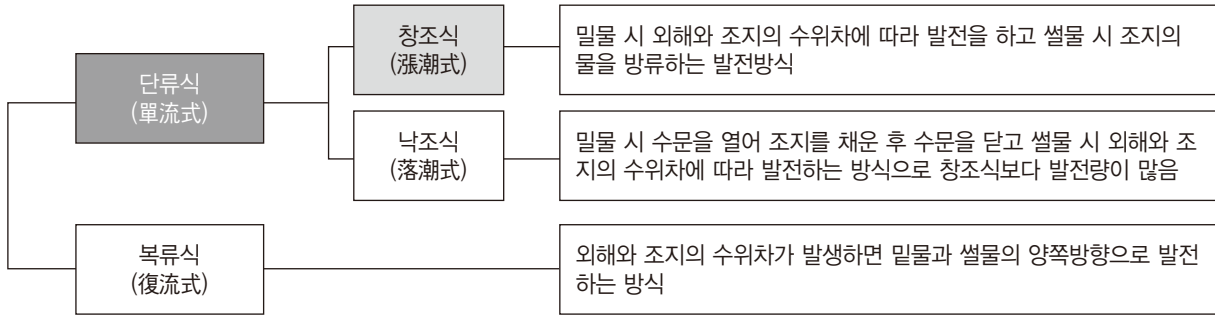
당초에는 담수호를 만들어 인근 간척지에 농업용수를 공급할 목적으로 개발되었지만, 인근 공단과 도시의 폐수가 유입되면서 심각한 수질오염 문제가 야기되면서 한 때는 ‘죽음의 호수’로 알려지기도 하였다.

다양한 수질정화 대책이 시행되었음에도 불구하고 시화호의 수질오염이 개선되지 않자 정부는 2000년 12월, 담수호에서 해수호로 변경하기로 결정하였다. 시화호 수질개선을 위해 해수를 유통시키기 위한 수문을 설치하기로 하였으며, 이때 조력발전소 건설을 함께 추진하는 것이 K-water에 의해서 검토되었다. 시화호 조력발전소는 이러한 시화호의 수질개선 대



[그림 1] 시화호 조력발전소 위치도

[표 1] 조력발전 방식의 분류



책 논의 과정 중에서 탄생하였으며, 해수유통을 통한 획기적인 수질개선 효과와 더불어 친환경 해양에너지 생산할 수 있게 되었다.

나. 조력발전소의 원리

조력(潮力) 발전은 하루에 두 번씩 일어나는 밀물과 썰물 때 수위차(조석간만의 차)가 큰 하구나 만(灣)에 방조제(둑)를 막아 조지(潮池)를 만들고 바다와 조지의 수위차를 이용하여 전기를 생산하는 발전방식이다. 조력발전은 크게 한 방향 발전인 단류식(單流式)과 양방향 발전인 복류식(復流式)으로 구분되며, 단류식은 밀물 때 발전하는 창조식(漲潮式)과 썰물 때 발전하는 낙조식(落潮式)으로 나눌 수 있다.

다. 시화호 조력발전소 현황

시화호 조력발전소는 단류식 창조발전방식으로, 경기도 시흥시 정왕동 오이도와 안산시 대부도를 잇는 길이 11.2km의 시화방조제 중간에 25.4MW급 수차발전기 10대가 설치되어 있으며, 총 설비용량 254MW로 연 평균 1일 2회 발전을 통하여 연간 552.7GWh의 전력을 생산하고 있다(소양강 댐 1.56 배). 이는 가정용 전력으로만 공급할 경우 경기도 남양주시 인구 50만 명 규모의 도시에서 사용할 수 있는 양이다.

사업위치	경기도 안산시 단원구 대부동 2098번지
발전시설용량	254MW(25.4MW×10대)
연간발전량	552.7GWh
발전방식	단류식 창조발전
수문현황	8문(15.3m×12m)
해수유통량	1억5천만 m ³ /일
공사기간	2004.12.31. ~ 2011.11.14

[표 3] 발전기 주요 제원

형식	수차	횡축 벌브형 카플란 수차
	발전기	횡축 3상 동기 발전
출력	발전기	25,400kW×10대
효율	수차	92.25%
	발전기	97.79%
낙차	정격낙차	5.82m
발전전압		10.2kV
극수/회전방향		112극/시계방향
런너직경		7.5m(날개 수 3개)
런너회전수		64.29rpm
사용수량		482.13m ³ /sec

시화호 조력발전소 운영에 따른 효과는 연간 552.7GWh의 전기를 생산함으로써 유류수입 대체효과가 862천 배럴로 2008년 전체 유류 수입량의 0.1%를 차지하고, CO₂ 저감 효과 연간 315천톤으로 자동차 10여 만대가 뿜어내는 양과 맞먹는다. 또한 해수 유통으로 인한 수질환경 개선효과는 COD 약

[표 2] 시화호 조력발전소 주요 현황

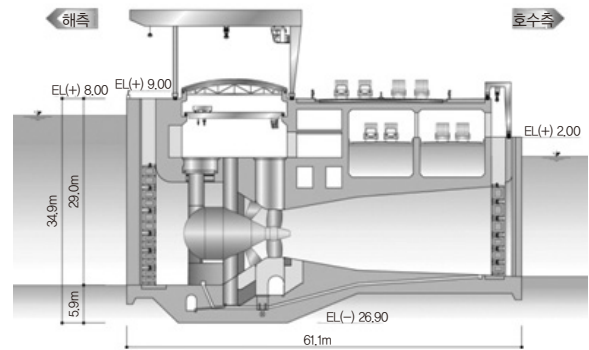
2.0ppm 으로 외해와 동등한 수준으로 개선되고 있으며, 관광자원 효과로는 연간 150만 명이 다녀갈 것으로 예상된다.

라. 조력발전소 최적운영 기술

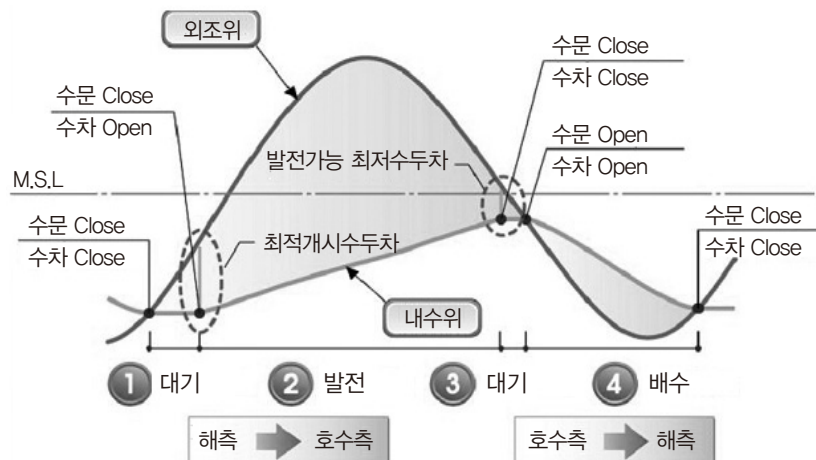
앞선 언급하였듯이 단류식 창조발전방식은 밀물이 되었을 때 높아진 외해와 시화호의 수위차를 이용하여 바닷물을 유입시켜 전기를 생산하고 썰물 때 낮아진 외해로 시화호의 물을 내보내 다음 발전을 준비하는 방식이다. 시화호의 관리 수위는 EL. -1.0m 이하로 제한하고 있어, 발전량을 극대화하기 위해 밀물 때 해수를 유입시킬 수 있는 양에는 한계가 있다. 즉, 시화호 조력발전소가 복류식으로 개발할 수 없었던 이유도 여기에 있다고 할 수 있다.

그림 2에서는 조석 변화에 따라 발전(②) 시 외해에서 유입되는 해수로 인하여 내수위가 상승하고, 배수(④) 시에는 내수위가 하강하고 있음을 보여주고 있다. 이 때 발전 개시 시점에서 발전 낙차에 따라 생산할 수 있는 발전량과 매 주기 조석의 크기는 다르게 나타난다. 따라서 최대 발전량을 생산할 수 있는 최적 발전개시 낙차를 선정하기 위해 조석의 크기를

예측하고 발전 개시 낙차별로 발전량을 계산한다. 또한 그 결과를 비교하여 최대 발전량을 생산하는 낙차와 발전기 기동낙차를 선정 후 발전기를 기동하게 된다. 이러한 조력발전 최적운영 기술은 지난 2년간의 운영데이터를 바탕으로 최적운영 시뮬레이터를 자체 개발하여 사용하고 있으며 향후 운영시간이 증가하여 데이터가 축적되면 최적운영 기술의 정확도가 높아질 것으로 예상된다. 이러한 최적 운영기술 확보는 향후 국내외 조력발전소 운영 시 유용한 기술로 그 활용 가치가 높을 것으로 예상된다.



[그림 3] 조력발전 운영 단면도



[그림 2] 조석변화에 따른 조력발전 운영 방법

[표 4] 국내 조력발전소 및 개발 예정지 현황

내역 \ 발전소명	시화호	가로림	강 화	인천만
대조차	7,80m	6,81m	7,70m	7,20m
발전방식	창조식	낙조식	낙조식	낙조식
시설용량	254MW	520MW	838.2MW	1,320MW
방조제 길이	11,2km	2,1km	6,5km	15,1km
추진현황	개발완료	환경 영향평가	추진중	보류

[표 5] 국외 조력발전소 현황

내역 \ 발전소명	랑스(프랑스)	아나폴리스(캐나다)	키스라야구바(러시아)	지양시아(중국)
대조차	13.5m	8.7m	3.9m	8.39m
발전방식	복류식	단류식	복류식	복류식
시설용량	240MW	20MW	0.4MW	3.2MW

[표 6] 국외 조력발전 개발 예정지 현황

국가명 \ 내역	위치	지점수	대조차(m)	시설용량(MW)
러시아	Penshinsk	7	6.2	87,400
프랑스	Cotentin	3	8.0	50,000
영국	Severn	9	8.3	8,600
캐나다	Cobequid, B9	4	11.8	4,000
미국	Knik-Arm	9	8.4	1,400
브라질	Sao Lais	2	-	4,100
아르헨티나	San Jose(G.N)	4	-	5,300
인도	Cambay	4	6.8	7,400
중국	Luoyuanwan	9	5.2	500
호주	Walcolt	2	-	1,800

3. 전 망


올 한해 국내에서 필요한 에너지는 지난해 보다 2.6% 증가한 2억 8,600만 TOE를 기록할 것으로 에너지경제연구원은 전망하고 있다. 이러한 수요증가의 주된 원인은 산업 부문이며, 당분간 전국적인 전

력수급 불안은 지속될 것으로 예상되고 있다. 또한 향후 50년 동안 인류가 직면할 가장 큰 문제로 에너지가 강조되면서, 에너지 문제 해결은 인류가 해결해야 할 가장 큰 난제로 대두되고 있다.

최근 에너지 문제 해결을 위해 친환경 에너지원인 신재생에너지의 도입이 활발히 진행되고 있으며, 그

중 K-water가 국내 최초로 도입한 조력발전은 다른 신재생에너지원이 갖는 출력의 불확실성, 낮은 에너지 밀도 등의 단점이 없고 매일 일정량의 전력을 생산할 수 있는 장점을 지녀 추가적으로 가로림만 조력 건설 등이 추진되고 있다. 그러나 건설 시 환경훼손에 대한 지역주민 및 시민단체 등의 반발로 수년째 개발이 진행되지 못하고 있어 조력발전 개발에 따른

환경영향 최소화도 추진되어야 한다. 해외의 경우 4개의 조력발전소가 운영 중에 있으며, 개발 가능한 지점들을 중심으로 10여 개국에서 개발 계획을 수립하고 있다.

끝으로 우리나라는 풍부한 해양에너지 개발 잠재력을 가지고 있으며 총 14GW가 개발 가능한 것으로 조사되었다. 조류 및 파력 등의 해양에너지 개발에도 관심을 가져야 할 것이다. 시화호 조력발전소 건설 경험과 운영기술 확보를 통하여 국내 조력발전 개발을 지원하고, 해외진출을 위한 新 비즈니스 모델 선점으로 우리나라가 해양에너지 강국이 되기 위한 초석 다지기에 K-water는 선도적인 역할을 수행해 나갈 예정이다. 

[표 7] 우리나라의 해양에너지 잠재 보유량

구분	계	조력	조류	파력
부존량(MW)	14,000	6,500	1,000	6,500
대상지	-	서해안	서·남해안	전해안