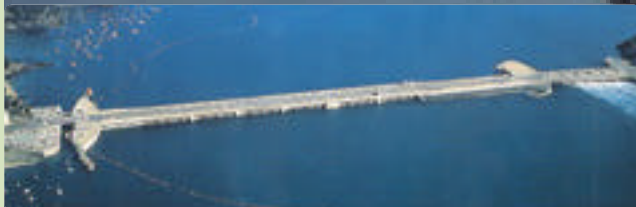


랑스 조력발전소 - 해양 에너지 개발의 신기원 개척

- 1967년부터 가동한 세계 조력 발전의 효시, 환경 논쟁에 휘말리기도 -



바다, 청정에너지의 보고

파도나 바다의 이미지는 못 시인들의 시정(詩情)을 자극하거나 유행가에서 즐겨 다루는 소재로 오랫동안 남아 있었다. 하지만 최근 들어 이들이 이미지가 재생 가능한(sustainable) 청정(green) 에너지로 바뀌고 있다.

다시 말해 조수 간만의 차를 이용하여 발전기를 돌리는 조력발전(tidal power), 좁은 해협에 빠른 물살로 발전기를 돌리는 조류발전(current power), 그리고 철썩대는 파도로 압축 공기를 만들어 발전기를 돌리는 파력 발전(wave power) 등이 경쟁적으로 개발되고 있기 때문이다.

신재생 에너지 중에서도 조력 발전이 특별한 관심을 끄는 이유는 태양광이나 풍력에 비해 신뢰성이 훨씬 높기 때문이다. 즉, 태양광 발전은 흐리거나 비가 오는 날은 공치는 날이 되고, 풍력 발전 또한 바람이 자는 날이면 별무소용이 된다. 그러나

조력의 원천인 밀물과 썰물은 하루 두 번씩, 연중그치는 날이 없기 때문이다.

최근 들어 우리나라 서해안에도 조력 발전 개발 붐이 불고 있다. 시화호 조력 발전소 건설을 선두로 하여 강화만, 천수만, 가로림만, 진도 울돌목 등 속속 건설이 추진되고 있다. 따라서 전세계 조력 발전소의 효시이자 시화호 조력 발전의 벤치마킹 대상이기도 한 프랑스 ‘랑스(Rance) 조력 발전소(1967년)’에 관해 그 건설 배경과 관련 기술 동향을 살펴보기로 한다.

조력 방앗간, 조력 이용의 원조

인류는 언제부터 파도를 에너지로 활용했을까? 조력 발전의 원조격인 조력 방앗간(tide mill)을 먼저 살펴보기로 한다. 조력 방앗간이란 강물 대신 바닷물을 이용하여 방아를 돌리는 곳을 말한다. 기록에 의하면 조력 방앗간은 로마 시대부터 등장한 것으로 전해진다. 유적으로 현재까지 남아 있는 곳은 주로 1세기 이후에 등장한 것

들로 영국, 프랑스, 네덜란드, 독일, 미국 등지에 20여 개소가 있다고 한다. 물론 요즘에는 본업은 퇴(?)를 한 뒤 주로 관광용으로 각광을 받고 있는 중이다.

조력 방앗간의 원리는 조수 간만의 차이가 8m 이상으로 큰 해안 지역에 거대한 수조를 만든 다음, 밀물 때 수문을 열어 바닷물을 가득 채우고 썰물 때 수문을 열어 물레방아를 돌리는 방식이다. 방앗간의 지하에 수조를 만들고 벽면에 수문을 뚫어 밀물 때 최고 수위에서 수문을 닫아 바닷물을 최대한 높이로 가둔다. 이후 썰물이 되면 수문을 열어 수문 앞에 설치된 물레방아를 돌린다.

랑스, 조력 발전의 원조

조력 발전의 원리는 알고 보면 조력 방앗간에서 유래했다. 조력으로 물레방아를 돌렸던 것이 발전기를 돌리는 것으로 바뀌었을 뿐, 큰 차이가 없기 때문이다. 다만 차이가 있다면 현지에 견에 따라 썰물



조력방앗간, 조력이용의원조.

때만 돌리거나 밀물과 썰물 때 양쪽으로 돌리는가에 따라 단동식과 복동식으로 나뉘는 점이다.

랑스 조력발전소는 세계 최초의 조력 발전소로서 프랑스의 브리타뉴 지방 생말로(St. Malo) 인근의 랑스강 하류에 위치해 있다. 이 지역은 조수 간만의 차이가 8m 이상으로 예로부터 강 연안을 따라 조력 방앗간들이 즐비하게 있었던 곳이라고 한다. 기술의 진화가 세상의 풍경을 바꾸고, 다시 사람들의 욕구가 기술의 진화를 불러일으킨 셈이다.

건설 과정

랑스강의 하류는 조수 간만의 차이가 평균 8m이고 최대 13.5m에 이르는 곳으로 예전부터 조력 방앗간들이 가동되고 있었다. 이후 194년에 들어 프랑스 조력 연구 협회(SEUM)에 의해 실질적인 연구의 일환으로 타당성 조사가 있었다. 그러나 건설 공사는 2차 세계 대전 등과 같은 정치·경제적인 이유로 196년까지 연기되었다. 그때 당시의 목적인 엔지니어였던 Albert Caqu에 댐 건설을 위한 가시 시설의 설계를 제안했다. 내용인즉, 댐(barrage: 터

빈 설치용 제방. 이하 댐)을 건설할 곳에 우선 대양으로부터 오는 파도를 막는 동시에 랑스강의 강물을 막아주는 가물막이 댐(copper dam)을 건설하여 건식 환경에서 발전소를 건설하는 내용이었다.

196년부터 2년 간 강물을 가로지르는 가설 물막이 공사를 완료한 뒤 본격적인 발전소 공사는 1963년 7월 20일에 착공하였다. 이후 3년 동안 공사를 한 뒤 1966년에 완공되었다. 1967년 7월, 댐 상부로 통과 도로가 개통되었고, 그해 11월에 프랑스 국가 전력 계통망(EDF)으로 편입되어 상업 발전을 개시하였다.

원리 및 발전기 형식

조류의 힘을 이용하여 발전기를 돌리는 조력 발전에서 밀물과 썰물 중 한 쪽만 이용할 때는 단류식, 양쪽을 다 이용하면 복류식이라고 한다.

아래 그림은 조력 발전의 가동 원리를

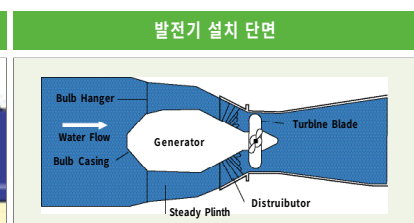


나타내주는 개념도이다. 중앙의 댐에서 좌측은 바다이고 우측은 강 하류이다. 밀물이 되면 수문을 활짝 열어 강 쪽으로 바닷물이 밀려 들어가 수위가 최대에 이르면 수문을 닫는다(이때 강 하구가 댐의 저수조 역할을 한다). 이후 썰물이 되어 바다 쪽의 수위가 소정의 위치로 내려가면 이때 수문을 연다. 수문을 열자마자 발전기의 회전 날개가 돌아가면서 발전이 이뤄진다. 방류된 물이 최저 수위에 이르면 발전은 중단된다. 또한 가동형 수문은 2개로 댐의 양쪽에 한 개씩 있는데, 수문이 2개인 이유는 발전기의 고장 시 수리 작업 및 유지관리를 위해서이다.

한편 발전기는 직경 5.35m, 무게 470톤의 전구(bulb) 형태로 개당 10MW에 모두 24대가 설치되어 있다. 최대 발전 용량 240MW에 브리타뉴 지역의 수요 전력의 4%를 충당하고 있다. 발전 단가는 KWh당 0.04로(한화 35원)이다. 준공 이후 43년 동안 중대한 안전 사고나 큰 고장 없이 현재까지 훌륭하게 운영되고 있는 중이다.

랑스의 환경 논란

프랑스는 원자력 발전이 전체 발전량에서 무려 78%에 이른다. 그 다음으로 화력 발전이 15%이고, 나머지 기타 발전이 7%이다. 조력 발전은 전체 발전량에서 채 1%도 차지하지 않는다. 세계 최초의 조력 발전소를 건설해 놓고도 후속 프로젝트가 지지부진했던 그 이유는 뭘까? 가장 큰 이유가 바로 환경 논쟁이다. 40년 넘게



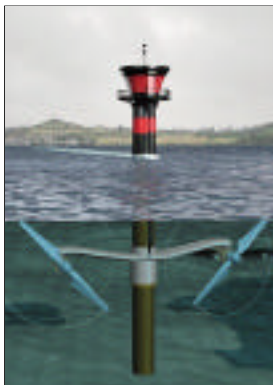
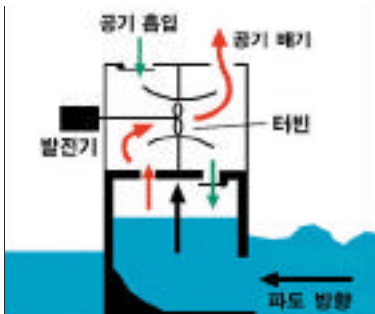
운영하는 동안 생태 환경 논쟁도 끊이지 않았다. 내용인즉, 강 하구에 댐을 막아 어족 자원의 이동을 제한함에 따른 생물 다양성의 저하, 물고기들이 수로를 따라 이동하는 중에 터빈 날개에 치어 폐사하는 문제, 강의상류로부터 흘러온 토사가 댐 안에 퇴적하여 발생하는 부영양화, 퇴적 토사에 의한 터빈가동에 지장을 초래하는 문제 등을 들 수 있다.

기술이란 끊임없이 진보하는 것. 이런 환경 논쟁을 피하고 친환경 조력 에너지를 개발하기 위한 기술들이 속속 등장하고 있다. 대표적인 사례를 소개한다.

파력에 의한 발전

발전기 안에 공기를 가두는 방을 만든 다음 파도의 힘으로 압축 공기를 만들어 발전기를 돌리는 방식이다. 아래 그림에서와 같이 파도가 기압실의 공기(붉은 화살표)를 밀어 올리면 압축 공기가 터빈 날개를 회전시켜 발전을 하는 방식이다. 터빈 날개를 돌린 공기는 외부로 방출된 이후 파도가 내려갈 때는 외부 공기(파란 화살표)가 기압실로 유입되어 다음의 압축 공기로 변하게 된다. 이는 마치 대장간의 풀무와 같이 반복적으로 작용하게 된다. 강 하구를 가로지르는 댐을 만들어야 하는 조력 발전에 비해 공사 비용이 훨씬 저렴할 뿐만 아니라 어족 자원도 해치지 않아 훨씬 친환경적이다. 물론 건설비도 훨씬 저

공기압에 의한 발전.



렴하다. 한편 우리나라 제주도에도 이와 유사한 파력 발전소 건설이 추진 중이다.

기타 조류 발전

바다 속의 조류의 힘을 이용한 발전도 활발하게 추진되고 있다. 일례로 섬과 육지 사이, 섬과 섬 사이와 같이 좁은 해협에서는 유속이 굉장히 빠르다. 유속이 빠른 해협 해저에 바람개비와 같은 탑상형 발전기를 여러 개 설치하여 발전하는 방식이다. 이런 발전 장치의 등장은 이미 상당 수준에 이른 심해 유전 및 가스 전분 야의 기술들도 한 몫을 토포했다.

각각의 장치는 발전 용량 1MW 정도이고, 바다 속에 10~20개 정도를 그룹으로 설치하여 발전 단지를 구성하여 효율을 높인다. 풍력 발전에 비해 회전 속도는 느리지만 효율은 훨씬 높다. 다만 선박의 운항에 지장을 초래할 수 있다는 점이 단점으로 꼽힌다. 우리나라의 남해안 울돌목에 건설 중인 조류 발전이 이에 속한다.

한편 이색 발전 장치 중에서는 눈을 끄는 것으로는 연안 바다에 실린 터빈 부표를 닮은 펄라미스(Pelamis) 파력 발전 장치가 있다. 포르투갈 앞 바다에 시험 가동 중이라고 하니 좀 아실 용화될 전망이다.

해양 에너지라는 블루오션

랑스 조력 발전소 준공 이후 그동안 소

조류 터빈 장치(좌) · 펄라미스 발전 장치(우).

규모이긴 하지만 캐나다, 러시아, 중국, 호주 등지에서도 조력 발전소가 건설되어 가동 중이었다. 최근 유가의 급등과 신재생 에너지 개발이라는 시대적 조류에 따라 선진국, 개도국을 막론하고 경쟁적으로 개발 붐을 타고 있다. 특히 조수 간만의 차가 큰 북유럽 지역이나 섬들이 많은 남태평양의 필리핀, 인도네시아와 같은 개도국에서도 개발 열기가 고조되고 있다.

우리나라 서해안 역시 조력 이용의 최적지로 부상하고 있다. 그동안 우리나라는 에너지 자원을 거의 전량 수입해 의존해 왔지만, 바야흐로 조력 발전 시대를 맞이하여 무진장한 조력 에너지를 새롭게 발굴한 셈이다. 한반도를 삼면으로 둘러싸고 있는 바다가 곧 무한한 에너지의 보고이기 때문이다. 전 세계적으로 조력 발전 분야가 기대 이상으로 뜨거워져 가는 조짐이 곳곳에서 감지되고 있다. 랑스를 본보기로 삼고 서해안 프로젝트를 지렛대 삼아 해외에서 새로운 블루오션을 만들어 가기를 고대한다. 건설 산업의 블루오션은 언제나 그랬다. 누가 가져다 주는 게 아니라 스스



로 개척해 가는 것이다.

박원호
(주)하우엔지니어링부사장
(기술사)

건설경제

고품질 일간경제지 buildersdaily.co.kr

신뢰할 수 있는 건설의 모든 Builders



아무도 가지 못했던 길 건설경제가 개척합니다

45년 전통, 최고만을 고집한 경제 전문지
빠르고 정확한 뉴스를 배달해드립니다

건설경제는 지난 45년동안 건설산업 영향력, 업계 명목률, 독자 구매력까지 항상 시장을 이끌어온 최고의 신문입니다. 세계적인 건설 CIO들 경제계 오피니언 리더들은 매일 아침마다 건설경제를 펼쳐봅니다. 건설현장의 감성내외 한국사의 뉴스메이커들의 숨결을 느낄 수 있는 연대부, 그리고 건설현장이 쏘아내라는 임종정보까지 빠르고 정확한 뉴스들로 가득차 있습니다. 건설경제는 여러분을 또 다른 세계로 모십니다.

건설경제

구독 102547-6454-5 광고 102547-6456 기사 102547-6081-4

