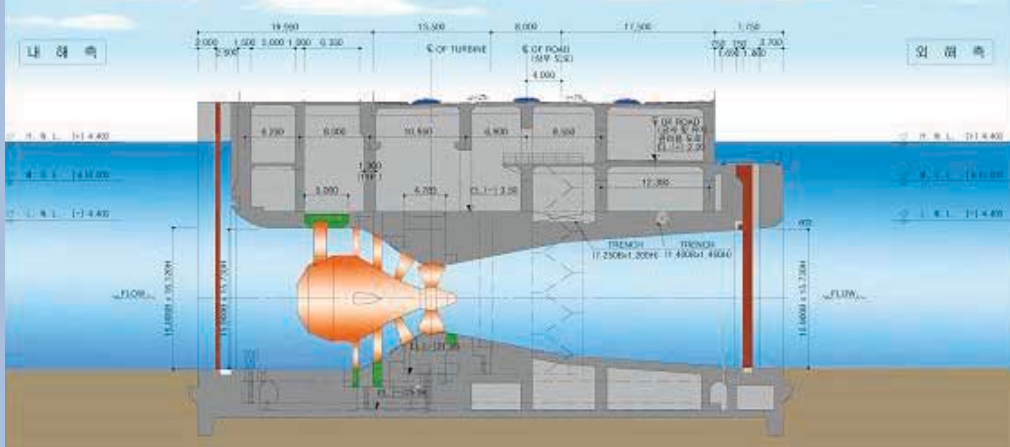


04 해양에너지

밀물과 썰물 수위차로 에너지 얻는다



시화 조력발전소 - 조감도(위) 와 단면도

글_ 이광수 한국해양연구원 연안개발연구본부장 kslee@kordi.re.kr

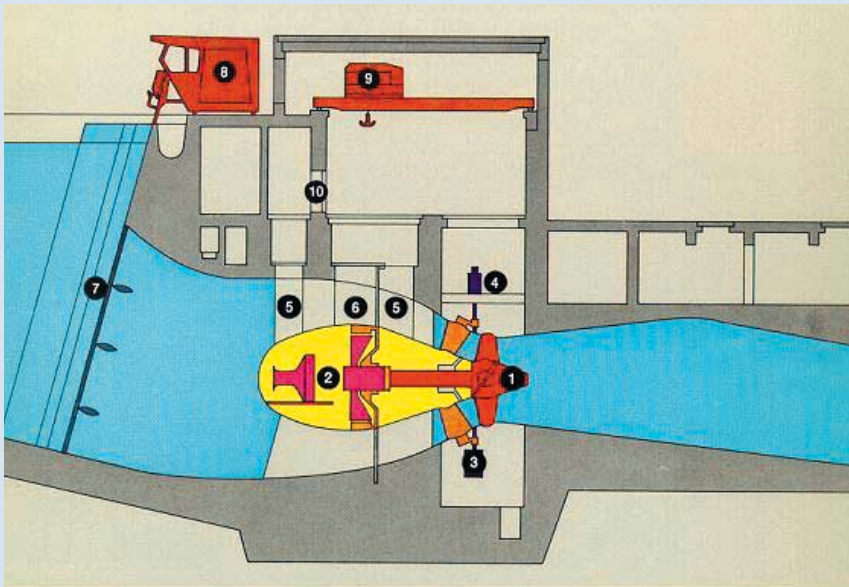
바다는 멀지않은 장래에 자원난을 극복할 수 있는 지구상의 마지막 보고로서 그 가치가 점차 높아지고 있으며, 특히 해양에너지 자원은 점차 심화되고 있는 전지구적인 환경오염 문제에 효과적으로 대응할 수 있는 방안의 하나로써 중요성이 인식되고 있다.

고갈 염려 없지만 에너지 추출비용 비싸
해양에너지의 대부분은 태양, 달, 지구

간의 상호운동과 태양에서 방사되는 태양 에너지에 기인한다. 태양에너지가 지구에 도달하면 여러 가지 형태의 에너지로 변환되는데 크게 바람, 파랑, 해류와 같은 흐름형태의 운동에너지와 대기나 육지 혹은 해양에 저장되는 열에너지로 나누어진다. 전자는 전체의 약 23%를 차지하고 풍력, 해류, 파력, 염분 농도차 발전으로 이용될 수 있고, 후자 즉, 열 부분은 47%로 크지만 일반적으로 온도가 낮아 효율적인

이용은 어렵다. 그러나 이는 축적된 에너지이기 때문에 자연에너지 중에서 비교적 안정된 에너지라는 이점이 있어 열대해역에서는 해양온도차발전 등을 통해 에너지 추출이 가능하다.

한편 태양, 달, 지구의 상호작용에 의해 발생하는 바다의 밀물과 썰물, 즉 조석현상은 지형적 특성에 따라 강하게 또는 약하게 나타나는데 우리나라의 서해안을 비롯해서 지구상의 몇몇 해역에서는 조석현



벌브형 수차발전기

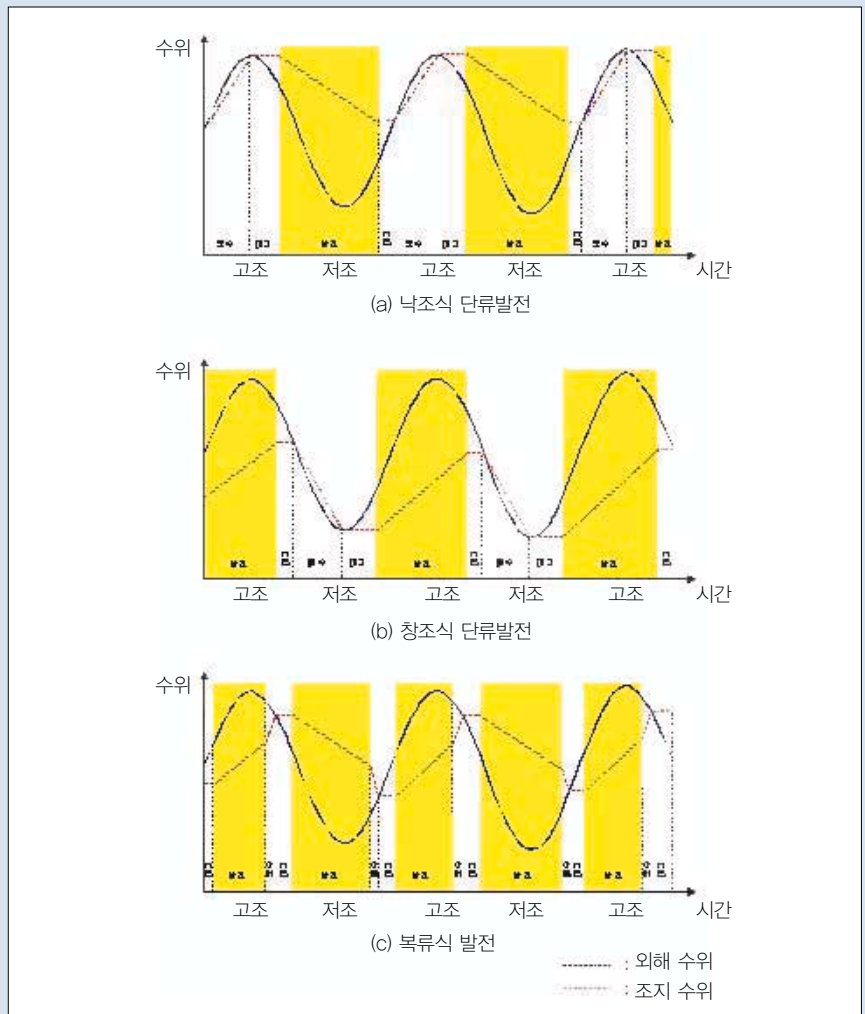
상이 아주 강하게 발생해서 밀물과 썰물의 수위차를 이용하는 조력발전을 통해 대규모의 전력생산이 가능하다. 조석에너지는 수세기 전에 방앗간을 움직이는 동력원으로 사용된 예가 있고 프랑스 등지에서는 이미 중소형의 조력발전소를 운영하고 있다. 우리나라 서해안은 강한 조석 간만차가 발생하는 곳으로 세계적인 조력발전 적지로 알려져 있고 서해안과 남해안의 일부 수로에서는 지형적인 특성에 따라 강한 조류가 발생하고 있어 바닷물의 흐름을 직접 이용하는 조류발전도 가능하다.

해양에너지 자원은 고갈될 염려가 전혀 없고, 일단 개발이 되면 태양계가 존속하는 한 이용이 가능하고 오염문제가 없는 무공해 청정에너지라는 장점을 가지고 있는 반면, 석탄, 원자력 등 현재 전력생산에 주로 사용중인 에너지원에 비해 에너지 추출비용이 상대적으로 높고, 또한 출력이 변동한다는 단점이 있다.

조력발전방식

‘조지’와 ‘외해’ 수위차 이용 ‘조력발전’

조력발전이란 조석을 동력원으로 하여 해수면의 상승하강현상을 이용, 전기를 생산하는 발전방식으로, 일정중량의 부유체가 받는 부력을 이용하는 부체식, 수위의 상승하강에 따라 밀실에 공기를 압축시키는 압축공기식과 방조제를 축조하여 조석저수지 즉, 조지를 형성하여 발전하는 조지식으로 나눌 수 있다. 현재 실용화된 조력발전방식은 조지식으로, 조차가 큰 하구나 만에 방조제를 설치하여 조지를 만들고 외해수위와 조지내의 수위차를



이용하여 발전을 하게 된다.

조력발전방식은 일반적으로 조지의 수에 따라 단조지식과 복조지식으로 또, 조석의 이용횟수를 따라 단류식과 복류식으로 나눈다. 가장 기본적인 조력발전 방식은 단조지단류식 낙조발전으로 창조(밀물)시에 수문을 개방하여 조지에 해수를 만조수위까지 채운 후 수문을 닫고 조지와 외해 조위간의 수위차가 생길 때를 기다려 그 낙차를 이용하여 발전하는 방식을 말한다. 창조식 발전 또는 양방향(창조와 낙조) 즉, 복류식 발전방식도 적용이 가능하나, 발전→대기→충수(물채움)→대기의 사이클을 계속 반복하므로 발전출력의 단속은 불가피하다. 단조지단류식 발전이 가장 간단하고 발전설비의 가격도 저렴하여 가장 실용적인 조력발전방식으로 알려져 있다.

조력발전은 그 발전방식에 따라 단조지단류식, 단조지복류식, 복조지연결식, 그리고 복조지분리식 등 크게 네 가지로 구

분할 수 있으며, 복조지식 발전방식으로 조력발전의 가장 큰 약점인 출력의 단속성을 완화시킬 수 있다. 그러나 출력의 단속문제는 계통의 효과적인 운용으로 가능하다.

조력발전은 하천 수력발전과 같이 수위를 차를 이용해서 발전을 하게 되는데 보통 수력발전의 경우 수심 내지 100m 이상의 발전낙차를 이용하는 반면, 조력발전은 그 이용가능 낙차가 수m 정도로 작다는 점이다. 보통 발전효율은 낙차와 직접 관련되므로 저낙차에 대해 효율이 좋은 발전기의 개발이 필요하다. 그 일환의 하나로 개발된 것이 벌브형 수차로서, 수차의 내부에 발전기를 내장하고 있다. 이 수차는 프랑스의 랑스발전소에서 채택된 이후 현재까지 약 40년 이상 가동되고 있어 그 실용성이 입증되고 있다.

현재 가동중인 조력발전소 중 대표적인 것으로는 1967년 준공된 프랑스의 랑스발전소(시설용량 240MW), 1968년 준공된

러시아의 키슬라야 구바발전소(시설용량 400kW), 1984년 준공된 캐나다의 아나폴리스 발전소(시설용량 20MW), 그리고 중국의 지양시아발전소(시설용량 3천200kW)를 들 수 있다. 이들의 공통적 특징은 모두 대규모 조력개발을 위한 시험발전소로 건설되었다는 점이다.

우리 나라 서해안 중부, 경기만 해역은 큰 조차 및 잘 발달된 해만으로 천혜의 조력에너지 자원 보고로 알려져 있다. 서해안에서의 조력발전에 대한 구상은 1920년대부터 시작된 것으로 추정되며, 1978년에 실시된 '서해안 조력 부존자원조사'에서 서해안 중부 일대 조력자원개발 입지 10개 지점에 대해 약 650만kW의 조력부존자원량을 확인하였다.

최근 경기도 시화호의 수질개선을 도모하고 무공해 전력도 생산할 수 있는 방법으로 시설용량 25만4천kW급 조력발전소를 2009년 완공을 목표로 건설하고 있어 가까운 장래에 조력 발전을 통한 전력생산이 현실화될 전망이다. 또한 가로림만에 대해서도 시설용량 약 48만~52만kW급의 상용조력발전소 건설 계획을 추진중이다.

조류 빠른 곳에 수차발전기 설치 '조류발전'

조류발전은 조력발전이 조력댐을 만들고 조지와 외해 사이의 낙차를 이용하여 발전하는 것과는 달리 조류의 흐름이 빠른 곳을 선정하여 그 지점에 수차발전기를 설치하고, 자연적인 조류의 흐름을 이용하여 설치된 수차발전기를 가동시켜 발전을 하는 것이다. 따라서 조력댐 없이 발전에 필요한 수차발전기만을 설치하기 때문에 비용이 적게 드는 반면, 적지를 선정하는데 어려움이 있고 발전을 적절히 조절할 수 있는 조력발전에 비해 자연적인



프랑스의 랑스조력발전소



울돌목 조류발전소 조감도



수직축 수차발전기 (울돌목)

흐름의 세기에 따라 발전량이 좌우된다는 단점이 있다.

환경 측면에서는 해수유통이 자유롭고 해양환경에 미치는 영향이 거의 없어 조력발전보다 한층 더 환경친화적인 것으로 간주된다. 조류발전은 풍력발전과 매우 유사하며, 해수의 밀도가 공기에 비하여 약 840배 정도 크기 때문에 같은 시설 용량일 경우 풍력터빈에 비하여 조류터빈의 크기가 훨씬 적다. 유체흐름에 의한 에너지는 유속의 세제곱에 비례하므로 유속이 큰 곳이 조류발전에 절대적으로 유리하다.

조류발전 터빈은 터빈의 회전방향에 따라 수평축터빈과 수직축터빈으로 분류되며, 수평축인 경우 일방향 흐름, 하천과 같이 일정한 흐름을 유지하는 경우에 적용이 유리하고, 수직축인 경우는 조류와 같이 흐름의 방향이 변하는 경우에 유리하다.

조류발전의 상용화는 아직 본격적으로 실현되지는 않고 있으나, 조류발전기 개

발을 중심으로 영국, 미국, 캐나다 및 노르웨이 등에서 실용화를 위한 연구를 활발하게 진행하고 있다. 조력발전이 이미 실용화되어 상용발전소가 가동되고 있는데 반하여 조류발전의 경우는 아직 본격적인 대규모 발전이 실현되지 못하고 있다. 이는 우선 조류발전이 가능한 기본 전제조건인 빠른 해수의 흐름이 나타나는 해역이 전세계적으로 아주 제한되어 있고, 현재까지 조류발전용 수차발전기의 실용화 기술이 확보되지 못한 것이 주된 원인이다.

조석간만차가 크고 리아스식 해안으로 구성된 우리 나라의 서·남해안은 조류발전 후보지가 다수 존재한다. 특히 전남 해남군과 진도군 사이 진도수도내에 위치한 울돌목은 최대 13노트에 달하는 강한 조류의 흐름이 발생하는 곳으로 조류발전 최적지로 평가되고 있어, 울돌목을 대상으로 현장실험을 통한 기술개발이 진행되고 있으며, 2007년 1월 완공을 목표로 1천kW급 시험조류발전소 건설이 추

진중이다.

해양에너지는 대규모로 개발이 가능한 무한한 재생에너지자원으로서 오염문제가 없는 무공해에너지 자원이며 미래의 유망 에너지자원이다. 다행히 우리나라의 서·남해역은 조력·조류에너지 개발 여건이 아주 높은 것으로 평가되고 있고 자원량도 조력에너지 부존량 약 650만 kW, 조류에너지 부존량은 약 100만kW 정도로 추산되고 있어 신·재생에너지로서의 개발 가치가 높다. 현재 추진중인 시화호 조력발전소와 울돌목 시험조류발전소 건설을 시발점으로 하여 앞으로 본격적인 해양에너지 개발시대가 우리 앞에 열릴기를 기대해 본다. ㉔

글쓴이는 서울대학교를 졸업했다. 네덜란드 IHE, Delft에서 공학석사, 영국 Liverpool Univ.에서 박사학위를 받았다.