

해양 에너지 자원과 그 이용

Ocean Energy Resources and Its Application



글 / 姜永昇

(Kang, Young Seung)

해양기술사, (주)한국해양과학기술 부설연구소
책임연구원 / 이사

E-mail : kys503@hanmail.net

The purpose of this article is to introduce ocean energy and its application.

In recent years, the energy consumption and requirement of fossil resources are increased due to the advanced life style. But, the amount of fossil fuels have limitation. Also, it is difficult to construct new large power plant facilities for the production of electric energy.

Therefore, the necessities to study and to find out other energy resources are increased more and more. In the ocean, the efforts of using tide, wave, tidal current and thermal energy are should be attempt.

To satisfy the needs, corporation is required among the government, research institute, university and company.

1. 서론

현재 인류가 사용하고 있는 에너지 자원은 석탄과 석유 및 가스 등 화석연료가 대부분인데 이들 자원의 매장량은 한계가 있으며 재활용도 거의 이루어지지 못하는 실정이다. 특히, 석유의 매장량은 약 1조 배럴로 추정되고 있는데 현재의 소비수준을 감안할 때 약 40년 후에는 고갈될 것으로 예상하고 있다.

우리나라는 에너지 부존자원이 부족하여 전체 에너지의 97% 가량을 해외에서 수입에 의존하고 있는 실정인데 반해 에너지 소비증가율은 세계 8위이며 에너지 소비량은 세계 10위로 집계된 바 있다. 문제는 에너지 자원의 공급이 부족하여 수입 물량이 감소할 경우에 에너지 수입가격의 상승으로 인해 경제발전에 상당한 부담으로 작용할 가능성이 크기 때문에 대체에너지 개발의 필요성은 매우 절박하고 시급한 과제라 할 수 있다. 따라서 최근에 대체에너지에 대한 활발한 연구가 이루어지고 있는데 그 연구내용 중 해양에서 개발 가능한 에너지의 종류와 그 내용을 알아보기로 한다.

2. 본론

해양으로부터 얻을 수 있는 에너지의 종류는 그 이용방식에 따라 조력, 파력, 온도차, 해류 등에 의한 에너지로 분류할 수 있다.

이러한 해양이 갖는 특성은 자연 상태에서 지속적으로 발생하는 현상이므로 일단 개발이 된 후에는 그 수명이 거의 반영구적이므로 장기적인 에너지 수급을 확보할 수 있는 장점이 있다. 그러나 이러한 해양에너지를 개발하여 상업생산이 가능한 지역들은 전 세계적으로 일부지역으로 한정되어 있다.

우리나라의 경우는 조력, 해류, 파력에 의한 해양 에너지를 생산할 수 있는 잠재력이 풍부함에도 에너지를 실용화하지는 못하고 있는 실정이다.

우리나라 서해안의 경우는 세계적으로 조석간만의 차가 크고 수심이 얕으며 해안선의 굴곡이 심하여 조력발전을 위한 훌륭한 입지 여건을 가지고 있으며 이러한 조력에너지의 부존량은 약 650만 KW 정도로 추산하고 있다.

한편, 동해안은 수심이 깊고 연중 파랑발생빈도가 높으므로 파력발전을 위한 잠재력이 큰 것으로

알려져 있으며 생산 가능한 파력에너지는 약 550만KW 정도로 추산한 바 있다. 그리고 동해로 북상하는 해류인 쿠로시오(Kuroshio)의 영향역인 포항 동쪽 35~55km 해상은 15도 이상의 온도차가 연중 215일 정도 지속되어 약 5만KW 이상의 해양온도차 발전이 가능한 것으로 추정된 바 있다.

이와 같은 해양 대체에너지에 대한 내용을 좀 더 자세히 검토하기로 한다.

2.1 조력 발전

조력발전은 가장 먼저 실용화된 해양에너지로서 조석이 발생하는 하구나 만에 방조제를 설치하여 해수를 가둔 후 수차발전기를 설치하여 외해와 해수저수지(조지, 潮池)내의 수위차를 이용하여 전기를 생산하는 방식을 말한다.

조력발전방식은 일반적으로 조지의 수에 따라 단조지식(單潮池式)과 복조지식(復潮池式)으로 나눌 수 있으며 조석의 이용 횟수에 따라 단류식(單流式)과 복류식(復流式)으로 나눌 수 있다. 한 방향의 조류만을 이용하여 발전하는 방식을 단류식이라고 하는데 일반적으로 창조시에 수문을 열어 해수를 만조위까지 채운 후 수문을 닫고 외해와 수위차가 생길 때 그 낙차를 이용하여 발전하는 방식을 채택하고 있으며 가장 실용적인 발전 방식은 단조지단류식인 것으로 알려져 있다.

단조지복류식은 창조와 낙조시 모두 발전이 가능하므로 단조지단류식에 비해 발전시간이 긴 장점은 있으나 조류가 양방향으로 진행할 경우 모두 발전이 가능해야하므로 수차의 구조가 단류식 보다는 더 복잡해지는 단점을 가지고 있다.

우리나라 서해안의 경우는 단류식이 유리한 것으로 평가된 바 있다.

가. 해외 조력발전소 현황

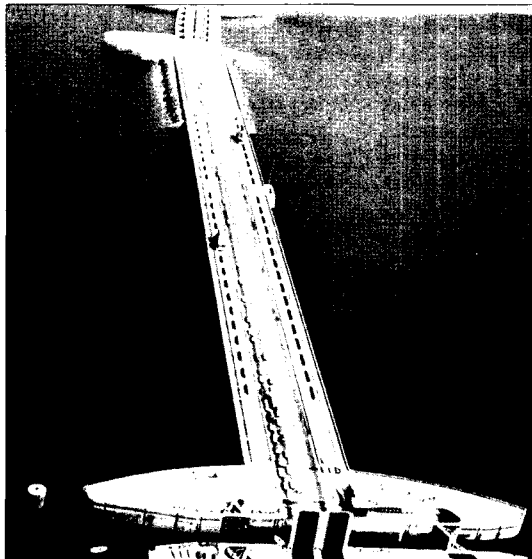
해외 주요 조력발전소의 현황은 <표 1>에 나타

낸 바와 같다.

- 우리에게 잘 알려져 있는 랑스(Rance)조력발전소는 <그림 1>에 나타난 바와 같이 프랑스의 북서부 해안에 위치하고 있으며 1996년에 완공되어 연간 240MW의 전력을 상업생산 중이며 이 발전소는 단위용량 10MW급의 수차 24기가 설치된 단조지식 발전소이다.
- 캐나다는 1984년에 대서양 연안의 펀디(Fundy)만 입구 노바 스코시아(Nova Scotia)주 아나폴리스(Annapolis)강 하구에 20만KW급 조력발전소를 건설하였으며 조지면적은 11.5km²로 단위 용량 20MW급 1기가 설치된 단조지단류식 발전소이다.

<표 1> 해외 조력발전소 현황

국 가	위 치	최대조차 (m)	최대출력 (MW)	완공 년도	비 고
프랑스	랑스강하구	13.0	240	1966	운영중
캐나다	펀디만	16.0	4,000	계획	20MW급 시험발전(1986)
영 국	세 번만	15.5	1,000 8,600 800	계획	Severn(기본계획) Mersy(기본설계)
러시아	백해연안	9.0	15,000	계획	0.4MW급 시험발전(1968)
중 국	장시아	8.4	3	1980	운영중



<그림 1> 프랑스 랑스(Rance) 조력발전소 전경

- 영국은 세번(Severn) 하구에 1000MW급과 8,600MW급 조력발전소 건설 기본계획을 수립하였으며 머시(Mersey) 하구에 800MW급 조력발전소를 건설하기 위하여 기본설계를 수립한 바 있다.
- 러시아는 1968년에 유라만의 키슬라야 쿠바에 400KW급 수차 1기를 설치하여 운영 중에 있다.
- 중국은 3,200KW급 장시아 조력발전소 등 9개의 소규모 조력발전소를 운영중이며 낙청만에 52만 KW급 조력발전소 건설계획을 수립한 바 있다.

나. 국내 개발 동향

우리나라의 조력에너지 개발현황을 살펴보면 1930년대 조선총독부에서 “인천만 조력발전 방안에 대한 조사” 이후 1970년대 중반까지 간헐적인 조사가 이루어졌다.

1980년대에는 한국해양연구소에서 충청남도의 가로림만과 천수만을 대상으로 조력발전 예비 타당성조사를 실시한 바 있으나 1993년에 수행한 가로림만의 조력발전 타당성 조사 결과에 의하면 조력발전만을 목적으로 개발할 경우에는 경제성이 충분하지 못한 것으로 평가되어 조력발전소 개발계획이 보류되었다.

그 후, 1997년에 시화호 수질개선대책의 일환으로 해수호에 대한 조력발전 타당성을 검토한 결과, 수질개선효과는 충분하나 경제성은 미흡한 것으로 평가되었다.

그러나, 1999년에 시화호를 담수화하려는 계획을 전면 수정하여 해수호로 전환하는 것을 전제로 할 경우에 조력발전의 타당성을 재검토한 결과에 의하면 경제성이 충분한 것으로 평가된 바 있다.

한국수자원공사는 경기도 안산시 대부동 시화방조제 내의 작은가리섬에 발전시설 용량 12만 5천KW의 조력발전소 건설을 추진한다고 발표한 바 있다(그림 2).

이는 시화방조제 건설후 발생한 극심한 수질오염의 문제를 해결하기 위한 방안으로 시화호의 기존 방조제를 활용하여 전력을 생산함과 아울러 수질개선의 두 가지 효과를 동시에 만족시키려는 계획이다. 시화호에 조력발전소를 설치할 경우 방조제를 별도로 설치하지 않아도 되기 때문에 예산을 절감할 수 있으며 평균대조차가 7.6m로 가로림만의 평균대조차인 6.56m보다 1m 가량 커서 더 큰 조력에너지를 이용할 수 있는 이점을 가지고 있다. 시화호에 조력발전소를 가동할 경우 하루에 약 2회씩 6~8시간 동안 전기를 생산할 수 있게 된다.

이와 같은 과정을 통하여 연간 약 5억 5천만KW의 무공해 전기를 생산하게 되어 원유 86만 배럴(2백 87억원 상당)의 수입대체 효과가 있을 것으로 예상하고 있다.

이와 동시에 조력발전소를 가동함으로써 연간 600억톤의 해수 유입으로 인한 수질개선효과와 함께 배후부지를 관광지로 개발과 운영이 가능할 전망이다. 또한, 발전소의 수명이 약 150년 정도로 반영구적이고 발전소 가동시 연료가 필요 없으며 최근에 확장되고 있는 수도권에 필요로 하는 전기를 공급할 수 있는 여러 가지 장점을 감안하여 구체적인 설계가 진행 중이다.



(그림 2) 시화조력발전소 예정지와 주변 공사상황

2.2 조류발전

조류발전은 조류의 흐름이 빠른 곳을 선정한 후 수차발전기를 설치하여 조류속을 이용하여 발전하

는 방식으로 조력댐을 건설해야 하는 조력발전에 비해 건설비용이 적게 드는 장점이 있다. 그러나 조류발전을 통해 전력을 상업 생산할 수 있는 조건을 만족할 만큼 조류속이 강한 지역은 제한되어 있으며 발전규모가 상대적으로 작기 때문에 인근 지역의 전력수요를 충족시키는 정도에 불과하다.

이러한 조력발전은 풍력발전과 그 원리가 유사하며 1995년에 미국에서는 헬리컬 터빈(helical turbine)이라는 조류발전기를 개발하였는데 그 이후 발전기의 효율은 지속적으로 개선되고 있다.

우리나라의 경우, 조류발전은 1986년 우수영 주변해역에 대하여 수행한 조류발전 가능성 조사가 유일한데 조사결과에 의하면 울돌목 협수로 구간에 1,450KW급 수차발전기를 11대 정도 설치 가능하고 약 35GWh의 연간 발전이 가능할 것으로 추정된 바 있다.

2.3 파력발전

파력발전은 바람 등 기상현상에 의해 지속적으로 공급되는 파랑을 이용하여 해상이나 해안절벽에 구조물을 설치하여 전기를 생산하는 방식을 말한다.

파랑발전 방식은 파랑의 진행하는 힘으로 직접 터빈을 돌리는 방식과 파랑에 의한 해수면의 상하 운동으로 공기 밀실 또는 원형 공기탑을 압축하는 방법 그리고 최근에는 상대적 운동원리를 이용하여도 힘을 낼 수 있는 방법 등이 있는데 이론적으로는 파력에너지의 50%가 전력으로 회수될 수 있는 것으로 보고된 바 있다.

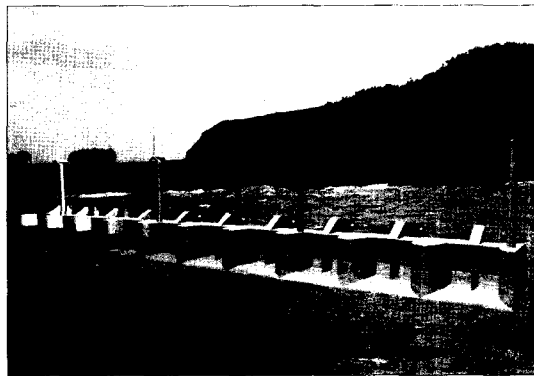
이미 영국과 덴마크, 노르웨이, 일본 및 인도 등에서는 파랑을 이용한 발전소가 이미 개발되었거나 실용화 단계에 있다.

한편, 우리나라 동해안의 후포해역에 대한 파랑 에너지 부존량을 계산한 결과에 의하면 44GWh의 파력발전이 가능한 것으로 평가된 바 있으며 죽변과 포항의 파랑에너지 밀도 추산결과에 의하

면 두 해역 모두 5KW/m 정도의 밀도를 보유한 것으로 평가된 바 있다.

특히, 제주해역에 잠재된 파력자원은 198만KW로 우리나라 해역 중에서 가장 유망한 곳으로 주목받고 있다<그림 3>. 한국해양연구원에서는 150KW급 부이용 파랑발전기와 500KW급 상용화 파력발전기 시제품과 해상풍력의 복합이용기술을 개발할 계획을 가지고 있다. 이러한 파력발전장치는 건설비가 비싸고 가동시 폭풍에 견딜 수 있는 내구성을 유지하는 기술과 부식을 방지하는 기술이 보완되어야 한다.

이러한 기술이 성공적으로 완료될 경우 주변해역의 전기공급과 배후 정온시설을 활용한 연안양식장으로 활용할 수 있는 효과를 기대할 수 있다.



<그림 3> 제주지역 파력발전소 조감도

2.4 온도차발전

해양은 태양에너지의 가장 큰 흡수체로 그 에너지를 환산하면 연간 37조KW 정도로 인류 전체가 쓰는 전력량의 4,000배에 해당한다. 광활한 대양 표면의 1km²에는 석유 약 3,000배럴에 해당하는 에너지를 포함하고 있다.

온도차 발전이란 해양의 표층과 심층간의 20전후의 수온차를 이용하여 표층의 온수로 암모니아나 프레온 등의 저비점 매체를 증발시킨 후 심층의 냉각수로 응축시켜 그 압력의 차이로 터빈을

돌려 발전하는 방식을 말한다.

OTEC(Ocean Thermal Energy Conversion)라 불리는 해양 열에너지 변환기술은 적도 근해에서 태양열로 더워진 표층해수와 750m 이하 수심의 차가운 해수간의 온도 차이를 이용하여 전기를 일으키는 기술을 말한다.

현재 열대지역의 약 98개국과 기술 선진국에서는 앞으로 수백 메가와트의 OTEC 발전소의 건설을 계획하고 있다.

미국의 경우는 에너지성과 하와이주의 공동지원 하에 1993년에 온도차에너지를 이용하여 200KW의 전력을 생산하였다. 일본은 1981년에 100KW급의 해양온도차 발전소를 실제해역에 설치하기 위한 실험을 수행하였으며 1998년에는 인도와 공동으로 1,000KW급의 플랜트를 인도양에 건설하여 3년간 평가를 거친 후 25,000~50,000KW의 상용플랜트를 건설할 계획에 있다(그림 4).

우리나라는 1983년에 포항 동쪽 35~55km 해상에서 온도차 발전의 가능성을 검토하였으며 1997년에는 대학에서 실험실용 1KW급 온도차발전시스템 개발 및 세부 실증실험을 통하여 20KW급 해양온도 발전 플랜트를 제작하기 위한 연구를 1999년까지 수행한 바 있다.

3. 결론

최근 산유국이 원유를 감산함에 따라 원유가격이 상승하고 있으며 이에 따라 경제전반에 미치는 영향이 크게 나타나고 있다.

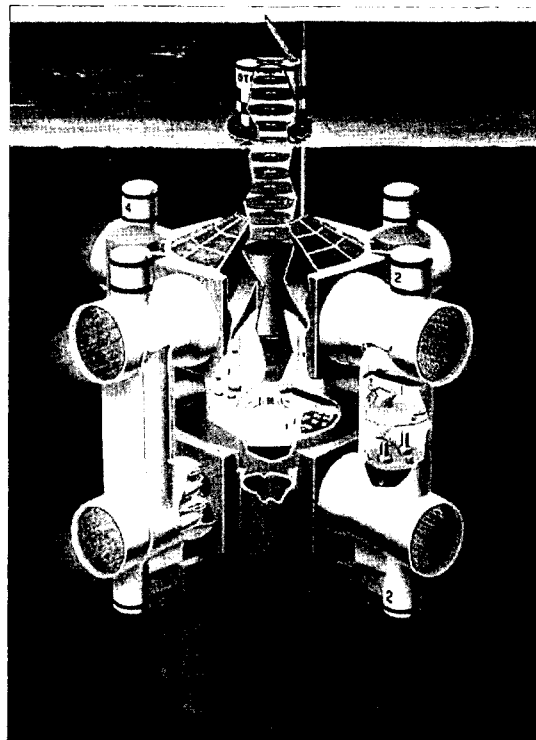
또한, 국제기후협약에 따라 지구온난화를 유발하는 온실가스 배출량을 규제함으로써 환경규제가 강화되는 추세에 있다.

생활수준의 향상에 따라 전력수요가 급증하고 있으나 새로운 대용량의 발전시설을 건설하는 것은 점차 어려워지고 있다. 이러한 대용량 전원개발의 부담을 줄이기 위해서는 중, 소규모의 분산

형 전원 개발이 필요한 실정이다.

따라서, 위에 언급한 바와 같은 필요를 충족하기 위해서는 연안지역의 특성에 적합한 무공해 청정에너지인 해양 에너지를 개발할 필요성이 점차 증대되고 있다.

이를 위하여 정부와 지방자치단체 등이 협조체제를 구축하여 개발여건을 마련하고 산업체와 연구소, 대학이 연계하여 실용화할 수 있는 기술을 개발해 나가야 할 것으로 사료된다.



〈그림 4〉 온도차 발전기 조감도

참고문헌

1. 해양개발의 현재와 미래, 한국해양연구소.
2. Hydro - environmental impacts of large coastal developments, Korean Society of coastal and ocean engineers, 2003.
3. 시화호 조력발전 건설사업 타당성조사 및 기본계획 보고서, 한국수자원공사, 2002.

(원고 접수일 2003. 12. 10)