

중국의 조력발전 현황과 기술실태에 대하여

글/이 승 락(동력자원부 전력국 토목기좌)

I. 서 론

조력의 부존자원(10개소, 6,510천kW)이 풍부한 우리나라는 소규모 조력발전도 독자적으로 개발할 수 있는 기술능력이 미흡할 뿐만 아니라 발전설비용량이 20,000천kW 이상이면서도 기술성, 경제성 관계로 인하여 지금까지 1개소의 조력발전소도 개발·활용하지 못하고 있는 실정이다.

반면 조력부존자원을 보유하고 있는 선진 각국에서는 오래전부터 소규모 조력을 개발하여 운영·시험하고 있고 또한 기본기술을 바탕으로 조력개발을 위한 기술성과 경제성을 향상시키기 위해 수차발전기의 대용량화, 시시각각의 조석변화에 따른 발전제어기술, 해수와 항상 접해있는 기기·구조물의 부식방지 기술 및 해양식물 부착방지 등을 위한 각종 기술개발에 박차를 가하고 있으며, 조력발전개발 방식도 조지(潮池)내에 해태·어류·패류 등의 양식과 양안을 연결하는 댐위를 도로로 이용하거나 댐축조에 따라 공유수면의 수위가 낮아져 생기는 토지이용 등을 감안한 다목적개발을 적극적으로 계획하고 있다.

이와 관련하여 선진국의 조력발전중 중국에 대한 조력발전 현황과 기술능력 실태에 대하여 간략하게 알아 보고자 한다.

II. 조력자원, 개발현황 및 계획

1. 조력부존자원 현황

중국의 조력발전 부존자원<표 1>은 바다와 접해 있는 산둥반도 뒤편으로부터 홍콩곶까지 약 32,000km의 해안선과 연해의 수만개 섬으로 인해 500kW 이상 규모만도 약 191개소에 21,575천kW에 달하며, 이들의 연간 예상발전량은 우리나라 발전량('91년: 1,186억kWh)의 약 52%인 619억kWh가 된다.

그리고 이들 부존자원의 약 88%가 중국의 동남부 해안지역인 절강성과 복건성 지역에 밀집되어 있다.

<표 1> 부존자원 분포현황

지역별	부존자원(천kW)	비율(%)	연간발전(억kWh)
절 강 성	8801.6	40.8	264.04(42.7%)
복 건 성	10,324.0	47.8	283.82(45.8%)
강소·상해	704.8	3.3	22.84(3.7%)
광 동	648.8	3.0	17.20(2.8%)
요 령	586.2	2.7	16.14(2.6%)
광 서	387.3	1.8	10.92(1.7%)
산 동	117.8	0.6	3.63(0.6%)
하 북	4.7	-	0.09(-)
계	21,575.2	100	618.68(100%)

※ 500kW 이상 기준

<표 2> 운영중인 조력발전소 현황

발전소명	용량(kW)	준공년도	비고
Yuepu	150	1971	○ 준공년도는 #1 기준
Ganzhutan	5,000	1974	
Haishan	150	1975	○ 단위기용량이
Liuhe	150	1976	가장 큰 발전
Guozhishan	40	1977	기는 강하조력
Baisakou	960	1978	발전소에 있음
강하(Jaingxia)	3,200	1980	(700kW).
Xingfuyang	1,280	1989	
계(8개소)	10,930	-	-

2. 조력발전 개발경위 및 현황

중국이 처음 조력발전을 개발한 것은 해안오지 및 농촌벽지에 전력공급을 목적으로 1950년대 후반부터 1960년대까지 약 60개소에 100kW 이하의 소규모 용량으로 개발하였으나, 이들 발전소는 그후 위치선정 잘못으로 홍수에 매몰, 설계기술 미숙으로 발전소 운영곤란, 주운(舟運)과 관개(灌溉)와의 이해관계 등 시행착오로 모두 폐쇄하였고 1970년대부터 단위기용량 40kW~700kW급으로 8개소<표 2> 10,930kW를 추가건설하여 현재까지 인근 지역에 전력을 공급하고 있고, 앞으로 대용량개발 및 다목적개발을 위한 시험발전소로 활용하고 있다.

이들 시험조력발전소중 대표적인 것은 강하조력발전소(단위기용량 500kW~700kW)이다.

또한 중국이 지금까지 조력발전을 개발한 것은 해양양식과 농경지조성 목적으로 이미 축조한 제방에 단지 조력발전에 직접 필요한 구조물과 발전기기만을 설치함으로써 다른 전원개발보다 설치가 간편하고 비용이 적게들 뿐만 아니라 운영비도 거의 들지 않았기 때문이다.

3. 개발계획

중국은 지금까지 개발한 조력발전이 비록 소규모 이긴 하지만 현재의 기술능력과 개발할 수 있는 조

<표 3> 조력발전 개발계획(안)

구분	절강성지역	복건성지역	※ 우리나라
위 치	악청만	대공관(나원만)	가로림만
시설용량	520천kW	15천kW	400천kW
단위기용량	10천kW	75천kW	20천kW
조 차	평균 454m	평균 3.1m	평균 48m

※ 상기개발 예정지도 이미 댐(제방)이 축조되어 있음.

력자원이 풍부함에도 불구하고 투자채원 조달에 어려움이 있어 추진일정 등 구체적인 계획 수립이 곤란하여 현재까지 조력발전개발계획을 확정하지 못하고 있다.

그러나 조력개발 관련기관인 조사·설계기관과 해양연구기관들은 이미 2개소<표 3>에 대하여 타당성조사와 기본설계를 완료하여 다목적으로 개발할 수 있는 개발계획(안)을 수립하였고 투자채원만 조달되면 언제든지 개발할 수 있도록 만반의 준비를 다 해놓고 있다.

또한 상기 2개소에 대하여는 계속적인 각종 조사와 아울러 기술적, 경제적으로 유리한 조력개발에 연구를 하고 있으며, 다른 수개지점에 대해서도 개발을 위한 해양조사와 연구개발을 하고 있다.

Ⅲ. 조력발전개발 기술실태

1. 조사·설계능력

조력발전의 원리는 낙차와 해수량을 이용하므로 수력발전과 크게 다를바 없으나 끊임없는 조석변동에 따른 발전, 저낙차 수차의 경제적 규모, 해수와 접해 있는 구조물과 각종 기기의 부식 및 부착방지 기술 등 수력보다는 다소 높은 품질을 요구한다.

중국은 1920년대부터 수많은 수력발전소를 개발·운영하여 왔고 비록 소규모이긴 하지만 약 70여개소의 조력발전소를 독자적으로 조사·설계·건설·운영하여 왔기 때문에 그동안의 시행착오 등 수많은 경험과 연구개발로 독자적으로 대용량의 조력발전소를 개발할 수 있는 능력을 보유하고 있는 것으로 알려지고 있다.

현재 중국은 각 지역별(시·성)로 조사·설계를 담당하는 다수의 기관이 많은 기술인력을 보유하고 있으며, 계속적으로 조사·설계 및 연구개발을 하고 있다.

2. 기기의 설계·제작 능력

조력발전용 수차(Water Turbine)는 조차가 낮기 때문에 일반적으로 저낙차용인 Bulb형을 사용하고 있으며 선진국에서는 이형의 소용량수차는 이미 설계·제작기술이 보편화 되어 있어 현재는 경제성 향상을 위해 단위기용량을 대용량(40천kW 이상)화 하는 기술개발에 박차를 가하고 있다(프랑스 Neyrpic, 스위스 Echer-Wyss, 미국 Allis-Chalmer 등).

<표 4> 조사·설계기관

지역별	기 관 명	기 관 개 요
절강성	화동감축설계원	○ 1954년 설립 ○ 기술인력: 약 200명(고급 20명) ○ 중국동부지역의 수력·조력개발을 위한 조사·설계 및 시공감리
	하구 해안연구소	○ 1958년 설립 ○ 기술인력: 약 700명(고급 150명) ○ 해양의 각종조사, 관측과 해양구조물 설계 및 시공
복건성	수리·수전감축설계원	○ 1960년대 설립 ○ 기술인력: 700명(고급 150명) ○ 복건성내의 수력·조력의 조사·설계 및 시공감리
천진시	천진전기·전동설계연구소	○ 1954년 설립 ○ 기술인력: 700명(고급 150명) ○ 수력 및 조력발전, 전기·전동, 배전에 대한 연구개발

※ 상기는 일부지역에 한하여 파악된 것임.

<표 5> 조력발전기기 제작공장

공 장 명	공 장 개 요
부춘강수공기계공장	○ 1970년 가동 ○ 기술·기능인력: 약 2400명 ○ 제작설비건물: 연건평 약6만여평 ○ 주로 저낙차용 수차발전기 설계·제작
천진기계공장	○ 1960년대 후반 가동 ○ 공장인력: 약 550명(고급 75명) ○ 중·소인력 및 내연기관 설계·제작

중국은 1920년대부터 소·중·대용량의 수력용 수차와 소용량의 조력용 수차를 독자적으로(극히 일부 기술은 외국에서 도입활용) 설계·제작하여 사용하고 있으며 지금까지 설계·제작한 수차의 최대단위 기용량 실적을 보면, 수력용 경우 Francis형은 350천 kW급, Bulb형은 15천kW급이며, 조력용 Bulb형은 700kW급이다.

그리고 이들 수차를 생산하기 위한 공장은 전국에 5개소(발전기기 생산공장 13개소)가 있으며 이중 2개소<표 5>에서는 조력용 수차도 개발하고 있다.

그러므로 중국에서도 조력용 Bulb형 수차의 생산 능력은 그동안 실적과 제작공장의 규모 등을 감안할 때 선진기술국 수준에는 다소 못미치지만 상당 수준에 달할 것이라 보아진다.

3. 부식 및 부착방지 기술능력

조력발전소의 구조물과 일부기기는 염분이 높은 해수에 항상 노출되어 있으므로 구조물·기기의 부식과 해양생물의 부착으로 기기의 수명이 단축되거나 효율을 저하시키므로 기기의 부식방지를 위해서는 특수재질 원자재와 특수도료를 사용하거나 생물 부착방지를 위해 특수도료를 사용하고 있다.

우리나라의 원자력 및 화력발전소의 취배수계통에서도 기기의 부식 및 해양생물 부착방지에 완벽을 기하기 위하여 각종 연구개발을 하고 있다.

중국에서는 상해시 도료연구소에서 오래전부터 연

구개발을 통하여 생산한 특수도료를 '74년부터 '76년까지 약 2년정도 강하조력발전소에서 시험을 거친후 약 2년간 문제점을 보완하여 '78년부터 조력발전소에서 사용하고 있는바, 이 특수도료를 사용함으로써 부식은 약 10년, 부착은 약 4~5년정도를 방지할 수 있다고 한다(일반도료의 경우는 1~15년정도 방지가능).

<상해시 도료 연구소>

- 설립년도: 1963년
- 연구인원: 268명(중·고급기술 80명)
- 기 능: 각종 도료연구개발 및 생산
 - 산하에 10개 공장 건설중

4. 시공능력

중국의 조력발전개발 시공방식은 투자재원조달 어려움으로 인해 가능한 한 인력위주의 방식으로 시공하여 왔을 것으로 예상되나, 지금까지 수많은 수력 및 조력발전소를 독자적으로 건설·운영하여 온 점을 감안할 때 시공능력은 충분할 것으로 보인다. 다만, 시공을 위한 새로운 공법에 대한 내용은 별도의 확인이 필요할 것이다.

IV. 중국의 조력발전개발 경제성

중국의 전원개발은 지역별 부존자원을 감안하여 가능한 한 부존자원 위주로 개발하여 활용하고 있다. 이는 개발도상국인 중국이 아직도 사회간접자본 시설인 도로·항만 등의 개발이 미약하여 다른 지역에서 생산한 발전연료를 수송하여, 사용하기에는 많은 비용이 수반되기 때문이며 또한 전력수송을 위한 송변전 시설투자도 막대하기 때문인 것으로 보인다. 그러므로 중국의 특성상 인력활용이 많은 전원과 전원개발지역에서 생산될 수 있는 자원을 이용할 수 있는 전원개발이 다른 전원보다 상대적으로 경제적이 될 수 있기 때문이기도 하다. 즉, 중국에서 전원개발을 위한 경제성 평가는 우리의 경우와는 다소 차이가 있으므로 단적으로 비교하기는 다소 어려움이 있을 것으로 보인다.

V. 결 론

중국은 조력의 부존자원을 전력공급에 적극 활용하고 있으며, 또한 지속적인 개발을 위하여 각종 조사 및 연구개발도 활발히 하고 있고 개발규모도 점점 대용량화로 추진코자 하고 있다.

따라서 조력의 부존자원을 보유하고 있는 우리나라도 선진기술 보유국과 기술정보교환 및 교류 등을 통하여 조력발전 개발기술을 습득·축적하여 국산기술화 함은 물론 향후 국내조력발전 개발 여건성숙시를 대비하여 만반의 대처가 필요할 것이다.



<중국의 조력발전소 위치도>

※ 상기 공장에서는 조력용 이외의 다른 발전기기도 생산함.