

에너지개발에 대한 연구

이 명춘
상(像)건축연구소 대표

1. 머리말

인류가 지구상에 존재할 수 있는 것은 에너지가 존재함에 의한 것이다. 인간은 에너지와 동반하여, 생존한다고 하여도 과언이 아니다.

이 지구상의 에너지는 유한 에너지원과, 무한 에너지원 두가지로 크게 구분하여 생각할 수 있을 것이다. 유한 에너지원은 공해를 동반하는 화력(火力) 즉, 석탄, 석유, 가스, 원자력 등이라 할 수 있고, 무한 에너지원은 무공해 水力 潮力, 太陽熱 등으로 볼 수 있을 것이다.

전자의 경우 지구상의 매장량은 앞으로 20년 내지 30년이면 고갈된다고 추정하고 있다. 1973년말 세계적인 에너지 파동을 겪은 쓰라린 경험에 비추어 우리는 무한 에너지원 개발에서 둘러 앞장서야 할 것이다. 오늘날 국력의 척도로서 에너지의 비중은 매우 크다. 한국은 小水力 발전자원으로서 활용가능자원이 앞으로 약 60만 KW 정도에 불과할 뿐 아니라 그나마도 풍수, 갈수 등의 영향에 심한 기복을 나타낸다. 太陽 에너지개발은 현재 세계적인 추세로 보아 활용가능 범위가, 극히 좁아 소규모로서 주택정도가 활용대상으로 꼽힐 뿐이다.

복사열을 이용하여야 하기 때문에 雨天, 雪天, 雲天, 冬節 등에 심한 영향을 받아 큰 기복을 보이는 결점이 있으며, 보조 火力이 필수가 되는 까닭에 공업화 대규모 에너지원 으로서는 아직도 많은 분야의 연구 개발이 필요하고 에너지원 으로서는 큰 기대를 걸 수는 없다 할 것이다.

한국은 삼면이 바다로 둘러싸여 있으며, 특히 서해안의 潮汐千滿差가 대

단히 커서, 인천만을 중심으로 약 50 KM의 남북 해안선에 연한 지역은 입지조건이 세계적 굴지의 지역으로 알려져 있다. 最大潮差가 약 7.0M-8.0M로서, 연안조력발전과 해양조력 발전등을 합치면 무공해의 전력에너지 생산은 무려 1억만 KW내지 2억만KW의 포장역이 있다는 바, 우리는 30년 이후에 에너지 보유국의 긍지를 가질 수 있는 천혜적인 국가라 할 수 있을 것이다.

따라서, 필자는 38년전 평안남도 용강군 성암면 대안리(平安南道龍崗郡城岩面大安里)의 국영 강서전기공장 기본건설공사와 설계를 담당하고, 있을 무렵 대동강 河口支流인 大安里 마을(현재는 大安市)에 조수간만차를 이용한 시험 흙댐(EARTH DAM)의 설계와 구조계산을 하여, 축조한 행운의 체험담과 1973년 부터 현재에 이르기까지 약 12년간 (주)한국조력발전공사 창업자 조모씨와 더불어 조력발전 건설개발연구와 추진에 관한 한 단면을, 생애를 바친 건축실무와 관련시켜 85년을 맞이 하면서 소개하고자 한다.

2. 조수발전 에너지 원천에 대하여

한국 서해안의 조석간만차는 인천만을 중심으로 약 50Km의 남북 해안선에 연한 일대가 세계적 굴지의 지역으로 꼽히고 있으며, 평안북도 신의주에서 전라남도 목포까지 이르는 약 500Km의 해안선 일대가 최대 간만차 7.76m를 보이는데 그중 가장 초차가 큰 인천만 부근 해안선 구간은 9.26m에 달한다. 뿐만 아니라 이 지역은 입지적 조건이 적지인 고로, 조력발전개

발이 크게 유망하며 이지역 발전량은 1천MW 이상으로 추정되고 있다.

현재 조력발전소는, 프랑스의 RA-NCE 강(1966년 24만KW짜리가 운전 개시)를 필두로, 소련, 중공, 북한 등 지에서는 소규모 발전소가 산재된 것으로 알려져 있다. 특히 필자가 38년 전 시험용 흙댐(EARTH DAM)을 축조하였던 장소에 1979년 7월 북한이 시험용 조력발전기 2대를 설치 가동중인 것으로 알려져 있으며, 진남포 앞 바다 해안에는 약 1억만평에 달하는 간척사업도 병행하고 있는 것으로 알려져 있다.

우리나라 조력발전 개발계획은 정부가 프랑스의 SOGR-EAH 용역회사 등에 맡겨 KIST와 한국전력(주) 공동으로, 조사 사업을 끝마친 단계에 있으며, 민간차원에서는 (주) 한국조력 발전공사가 약 12년간 연구개발에 매진하고 있는 바, 현재 한국조력발전에 관한 일본과 기본협정 체결을 년12월에 마쳤으며, 개발 후보지로서는 충남 천수만 지역을 택하였으며, 88올림픽 이전에 100만 최대 KWH출력을 목표로 추진중이다.

3. 세계적 조력발전 자원에 대한 현황

3.1-세계적으로 조차가 가장 큰 지역

- ① 캐나다 동부의 훈디(FUNDY)만
- ② 미국 동부의 콕스콕(COBSCO-OK)만, ③ 알래스카의 쿡인렛트(COOK INLET)만, ④ 영국 서부의 세번(SEVERN)강하구,
- ⑤ 프랑스 서부의 초세이(CHAUSEY)섬, ⑥ 아르헨티나의 산조세(SAN JOSE)만, ⑦ 호주 북쪽의 월콧인렛트(WALCOT INLET)

- ⑧ 인도의 클러치(KLUTCH)만, ⑨ 우리나라의 경기만, ⑩ 소련 서북부 화이트 해(WHITE SEA) 및 동부의 오호츠크해 등 세계 약 50여개 해역을 열거할 수 있다. 이들 지역에 조력발전개발계획들이 단편적으로 수없이 실시되어 왔으며, 또 실시되고 있다.

3.2-현재 세계적으로 건설중이거나, 계획중인 조력발전소

- ① 소련, 키스라야, 쿠바 조력발전소(80만KW), ② 캐나다, 파사마 퀴디 조력발전소(30만 KW), ③ 호주, 시큐어만 조력발전소(57만 KW), ④ 인도의 쿠치 조력발전소(50만 KW)와 인도의 캄베이 조력발전소(550만 KW), ⑤ 프랑스의 일스쉐시 조력발전소(600만 KW), ⑥ 영국의 세번 에스투어리 조력발전소(456만 KW), 영국의 솔웨이 조력발전소(700만KW)
- ⑦ 미국의 코스쿠크 조력발전소(25만KW), ⑧ 한국의 아산만 조력발전소(45만kw), 한국의 인천만조력발전소(33만kw), 한국의천수만 조력발전소(100만kw), ⑨ 아르헨티나의 산·호세 조력발전소(680만kw)등이 있다.

※ 세계 조력발전중요국가의 현황(별표첨부) p. 34.

3.3-현재우리나라 발전원 구성요소 현황

- 1. 수력-12.3%, 석유화력-75.6% 석탄화력-12.1%, 계 100% (이상 81.9)
- 2. 86년 이후 구성요소에 대한 추정치 수력-8.7%, 원자력-31.6%, 석유화력-37%, 석탄화력-15.8%

양수-6.9%, 계-100%

- 3. 이상과 같이 될 것이라고 추정되고 있는바, 우리나라는 화력의 연료인 석유, 석탄, 원자력의 연료인 우라늄등 발전연료 전량을 수입에 의존하고 있는 처지여서, 무공해이며, 연료비가 전혀 안들고 包藏量이 무한대인 조력발전소 건설은 국가적으로 시급하다.

4. 조력발전소 건설은 민족적 과제

지금까지의 조력발전소 건설현황은 지극히 미온적이어서 주로 조사업무에만 그친 상태이고, 현재로 보아 착공은 요원한것 같다.

세계의 조력자원개발 동향을 보면 조력발전은 자연의 무한한 에너지를 이용할 수 있다는 이점이 있음에도 불구하고 경제적으로 개발가능 지점의 선택에 있어 문제점등이 수반되는 것 같다. 그것은 첫째 건설단가가 타에 비교하여 고가이며, 둘째, 기술적으로 미흡하다는것 등인데, 우리나라는 다행히 서해안 여러 곳에 산재한 발전조지는 세계적일뿐 아니라 조력발전 후보지는 문제가 되지 않으며, 건설단가 역시 근래에 공법이 급진적으로 개발되어, 浮遊工法에서 약33%와 Terra-Krete 자재공정에서 약 7%, 합쳐 최소한 40%이상 절감을 보게되며 종래 2,000\$/KW 당에서 1,200\$/KW 선인 현 원자력 1.168\$/KW 당과 비등하게 되었으며, FY-85이후 조력발전 원가는 KW당 35.6원으로서 원자력이 KW당 41.7원인데 비하여 5.47원이 저렴하다. 여기서 텔라그리드 공정이란 해수로 바다, 모래, 자갈, 흙 등을 이용해 현장에서 Concrete

를 만드는 공정을 말한다.

조력발전소 건설은 일반적으로 發電機, 水門, 防潮堤, 일부 기계실 등으로 구분 되는데 조력과 하천수력을 비교하여 보면 潮力은 규칙적으로 反覆生起하는 潮汐現象이므로 이용가능한 에너지량을 정확히 산출할수 있는데 반하여 河川水力은 流況에 있어 豐水, 渴水등 기상조건에 따라 크게 좌우되므로 이용할 수 있는 수량과약이 매우 힘들다. 조력은 무공해, 무한대이며 서해안의 조력발전 건설은 한마디로 종합보고 개발이다. 조력발전소를 건설할 경우 발생할 부가이익을 보면 준설한 흙(土砂)으로 ① 간척지 개간, ② 임해공업단지조성, ③ 어업기지(양식등)조성, ④ 도서산업 및 관광사업개발, ⑤ 해상공원개발, ⑥ 국방, 해양경비지역선 보완, ⑦ 국내 부대산업 시설의 발전, 기타 잉여기자재의 활용과 고용증대 등을 들 수 있다. 수력과 비교할 때 현재 소수력 부존자원은 약 60만KW이며, DAM을 막아야하기 때문에 생기는(水沒)지역의 면적은 실로 막대하여 서해안의 간척사업으로 국토를 넓히는 이상의 국토를 잠식하는 결과가 된다는 것은 능히 알수 있는 사실이다. 뿐만 아니라 수몰지역의 농민들에게 이주하는 번거러움을 끼쳐야 하는 폐단도 간과할 수 없다.

한국과학기술원 해양공학 연구실에서 발표한 내용 일부를 보면, 조력의에도 우리나라 연안의 波力에 의한 발전부존량은 약 500만KW나 된다고 한다. 그 후보지로는 울릉도 근해나 경북 厚浦남쪽해역이 적지라는데 동해안 후포와 울릉도 근해에서는 해마다 3월부터 9월까지 1m당 7.7 내지 15.4KW의 전력생산이 가능하고

파력이 약한 4월부터 8월 사이에도 2.6 내지 6.6KW의 전력을 생산할수 있다고 한다. 동실에서는 潮力, 波力발전의 기초조사가 끝나는데로 溫度差발전과 제4 해양에너지인 潮流를 이용하는 발전방식등 개발에 착수할 예정으로 있다.

우리나라 바다에는 무한대로 무공해의 에너지가 있어 세계적인 해양에너지원 보유국임을 의심치 않게 한다. 이와같은 막대한 에너지 자원을 하루속히 개발하는 것만이 국력신장에 크게 기여할 것이다.

조력과 수력, 화력, 원자력을 비교 검토하여 보면, (1)조력발전은 무한대, 무공해, 무연료인 기존공해상에 DAM을 막아 조차를 이용하여, 전기를 생산하고 7개 부대종합개발사업을 병행하는 것이며, (2)소수력발전은 약60만KW 부존자원이며, 무공해 무연료로서 수천개 이상지역의 하천에 DAM을 건설하여 전기를 생산하는 것으로서, 막대한 농토와 자연이 수몰되고 농민을 이주하여야 하며, 따라서 막대한 건설비가 소요된다. (3)화력발전은 석탄, 석유가 주연료로서 공해를 동반할 뿐 아니라 전기를 생산하기위

해 드는 연료 전량을 수입에 의존하는 고로, 그 발전원가는 가장 높아서 한마디로 더이상의 건설은 곤란하다. 기존화력도 조력발전소 건설이 진행됨에 따라 서서히 폐쇄되어야 할 것으로 생각되며, (4) 원자력발전은 우라늄이 주원료이기 때문에 전기를 생산하는데 필요한 연료전량을 수입해야 하며, 공해를 동반하고 발전원가가 조력에 비하여 KW당 5.47원이나 비싸며, 기왕 건설한 원자력발전에 국한하고 더 이상의 건설은 지양하는 것이 여러모로 보아 타당할 것으로 본다.

4-6-서해안 조력包藏量 조사

조력개발 우선순위는 加露林灣, 淺水灣, 瑞山灣, 安興灣, 南陽灣, 始興灣 및 仁川灣 등이다.

● 조사대상해역의 包藏潮力算出

$$E = \eta g \times \frac{A \cdot H^2}{T \times 3600} \times T \times N$$

여기서 η : 效率, g : 重力加速度,
 A : 潮池面積, H : 大潮差,
 T : 發電時間, N : 年間總潮力數
 위의 방식에 의한 이들 6개해역의 이론적 包藏潮力은 614억kWh로 추정되

표 1-1 地域別 包藏潮力量 (單位: GWh)

優先順位	地 域	理論的 包藏潮力量	技術的包藏潮力量
1	加 露 林 灣	7,487	1,572
2	淺 水 灣	24,829	5,214
3	瑞 山 灣	4,462	937
4	安 興 灣	1,671	351
5	南 陽 灣	3,381	710
6	始 興 灣	4,595	965
7	仁 川 灣	15,033	3,157
合 計		61,418	13,266

資料: 科學技術處, KIST 共同 刊, 潮力發電 基礎調査에 관한 研究
 * 1GWh=10⁹ kWh

고 있으며, 기술적 包藏潮力量은 133억 kWh로 나타나고 있다. 이 중 加露林灣의 기술적 包藏潮力量은 1.6억 kWh이므로 潮力發電대상지로서는 매우 좋은 지역이라고 평가되고 있다.

4.7- 필자 시험용 흙댐(EARTH DAM) 설계실측

다음은 지금으로부터 필자가 38년 전 대동강 하구지류 소재지 대안리(現 大安市) 시험용 흙댐의 건설 구조 계산서이다.

계산실측 조건(이하사본)

1. 조수를 염두에
2. DAM을 막고 조수상류시에 댐안에 물을 인도한다.
3. DAM내에 있는 선박을 유사시에 出河한다.
4. 하폭은 20.0M 하심은 3.0M로 한다. (구조 계산상의 조건)

A. 만수면의 여유고

$H = D + H + C \dots$ 식으로 하나 여기에서는 $H = H + H \dots$

$H = 3.0 + 0.5 = 3.5m$

단 H를 1.0m 이상으로 하나 극히 가설시에는 0.5m한도 내외로 한다.

B. DAM에 天端폭

1. H의 25%로 가정 $3.5 \times \frac{25}{100} = 0.9m < 1.0m \dots$ 한다.
2. $W = \frac{H}{5} + 1.5 = \frac{3.5}{5} + 1.5 = 1.05m \dots$ (참고)

C. 수압계산

溢水流하지 않은 댐으로 하고 (전면수직으로 한다)

$$P = \frac{1}{2} \times W^2 H^2 = \frac{1}{2} \times 100 H^2 = 500 H^2 kg/m \dots \text{공식에 의하여}$$

$P = 500 \times 3^2 = 4,500 kg/m$

1. DAM전면에 수압

$PT = 4,500 \times 20 \times 2 = 180,000 kg$
 $L = 20.0m \quad H = 2.0m \dots$ 평균으로

2. 堤体の 용적 중량

$P_k = \left(\frac{(6+1) \times 2}{2} \right) \times 20 \times 1,500 = 210,000 kg$

D. 比 重

비중 = $\frac{\text{제체제질의 단위용적}}{\text{동용적의 수의수량}} = \frac{210,000}{180,000} \approx 1.17$

$S = 1.17 \dots \dots O.K$

E. DAM底巾

공식 $\dots X = 4 + 1$

$X = 3.5 \times 4 = 14.0m \dots$ 이나 수압 계산에 의한 비중으로 보아 이

를 $X = \frac{14}{2} = 7.0m \dots$

로 한다.

F. DAM内外法(속칭:노리)

공식: 1.8 : 1.0 이나 여기에서는 1 : 1로 한다. 이에 의한 DAM의 底巾은,

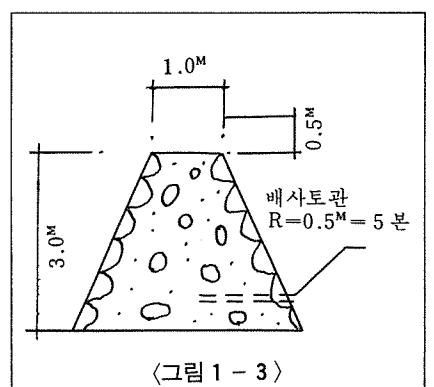
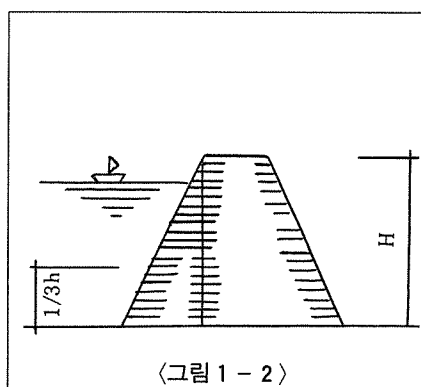
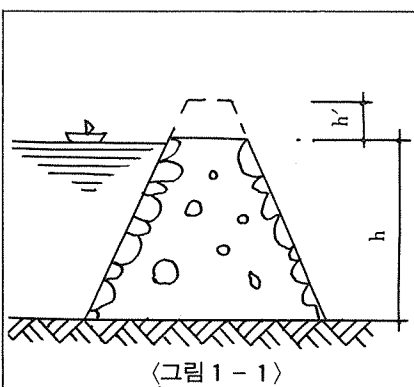
저폭 = $3.5 + 1.0 + 3.5 = 8.6m$ 된다.

1. 댐의 단면결정
2. 조수 매일 = 2 회
3. 16H 간에 조수가 상하 한다. (매일 48' 지연)

필자가 38년전 구조 계산한 것으로서 미숙한 점과 다소 오차가 있는것을 자인하면서 당시 원본을 사본한 것임을 첨언한다.

5. 결 론

潮池式 조력발전과 수력발전은 여러면에서 유사점이 많으나 水力은 지표면을 흘러내리는 물에 미치는 重力, 조력은 灣 또는 하구의 물을 상하로





진동시키는데 해와 달의 인력을 이용하는 점이 다르다. 이에 따라 水車 발전기기, 발전방식 및 공법에 차이가 난다고 하나 거의 대동소이하다. 고로 가장 기술적으로 난제인 발전기에 관하여는 최악의 경우 국내 수력발전기를 모델로 우리 기술로 제작한다는 각오가 바람직하며, 바다의 潮汐은 주로 달의 주기적인 운동과 관련되어 12시간 25분 주기로 하루 두번씩 오르내리는 고로 약 3시간 동안은 발전이 거의 정지상태로서, 다른 발전등 연계 운전으로 극복하며, 약 3시간 동안은 정상발전량의 30% 내지 50%가 감소되는 고로 결국 발전효율은 60% 내지 70%로 볼 수 있으며, 수력발전 효율과 비견하다고 보아지는 것이다. 필자는 약 10여성상 동안 (주)한국조력발전공사 창업주 조모씨와 공동으로 조력발전개발사업 착수를 위하여 연구추진을 거듭하고 있던 중 금번국

내의 기술진 및 협력관계자들과 1984년 10월 17일부터 23일까지 서울 Pacific Hotel에서 최종 회합을 갖고 제 1차로 기본계획서중 (충남 천수만 지역)의 개발에 착수하기로 합의한바 있다. 근래 공법의 발전 관계로 건설단가가 비싸다는 것은 옛말이며 한가닥 구실에 불과하다 할 것이며, 발전원가는 그 어느것도 비교가 되지 않을 정도로 저렴한 생산가격으로 수요자에게 대량공급할 수 있는 국가적, 민족적 거사이다. 필자가 조력발전연구개발을 위하여 KIST(해양연구소) 국토개발연구원, 교통부 수로국, 한국전력공사, (주)한국조력발전공사, 학계 전문인사 등으로부터 각종 자료와 자문에 심심한 사의를 표명하는 바이며, 토건공사는 기술과 공법상에서 국내 기술진으로 큰문제가 되지 않으나 발전기가 매우 고가인고로 이에 대한 대책이 시급하다 할 것이나 필자는 대안

시 시험담공사 시절에 함북 부령발전소 8,000 kW 발전기 2대를 일인들이 제작한 것을 똑같이 모조하는 과정을 목격한 사실이 있으며, 발전기의 중요생명은 절연장치와 싸이클조정 등이며, 오늘날 첨단기계공업의 발달은 크게 어려움이 없을 것으로 사료되는바, 건설공사와 동시 발전기 제작을 병행하여 연구한다면 반드시 성공할 수 있으리라 확신하는 바이며, 나아가서 건설공사비의 약 60%에 해당하는 발전기의 원가절감에 크게 기여하게 될 것이며, 해수로 인한 부식되는 것은 코발트 합금등으로 기히 개발된 바 있는 것으로 알려진바, 우리는 정부의 뒷받침하에 온국민과 더불어 88오륜 이전 필자는 민간주도형으로 조력발전소 건설에 새 역사를 창조하여야 할것을 거듭 강조하는 바이다.

