

<技術報文>

韓國의 小水力發電 開發現況 및 展望

申 東 烈\* · 李 尚 和\*\*  
 朴 完 洵\*\* · 金 鍾 輝\*\*

1. 序 論

우리나라의 賦存資源으로서 비중이 큰 水力 에너지는 1985년 末 현재 總設備容量이 약 222만 kw 정도로서 우리나라 總發電設備容量의 약 13.7% 이상을 차지하고 있는데 이는 石油 火力發電所設備容量의 점유율인 72.6%에 비하면 水力發電이 현저히 침체되어 있음을 알 수가 있다. 더욱이 大水力에 비해서 小水力發電所가 開發되어 가동중인 곳은 현재까지 강원도의 안흥발전소(450 kw)와 울릉도에 있는 추산발전소(200 kw) 및 경기도 전곡발전소(6,000 kw)의 세곳 뿐이다.

이와 같이 小水力 開發이 활발치 못한 이유는 小水力을 大水力發電의 축소로 보고 똑같은 설비를 하여야 된다고 생각해서 小水力發電이 經濟性이 없다고 보았기 때문이다. 그러나 石油·火力發電에 막대한 外貨지불과 石油價格의 불안정한 추세로 인해 賦存資源을 이용한다는 점에서 점차 小水力發電의 인식이 높아가고 있다.

小水力發電所의 開發에 따른 잇점으로는

- 기존 전력망에의 연계에 따른 높은 石油代替效果
- 開發技術의 간소화, 標準化가 용이함.
- 순수한 부존자원임과 동시에 環境 침해가 극소임.

등의 장점이 있는 이상적인 資源이라 할 수 있다.

소수력 발전은 우리나라에서는 3,000 kw 이하의 發電容量을 갖는 水力發電으로 정의되고 있으며, 一般의인 분류는 다음과 같다.

- Micro hydropower ; 100 kw 미만
- Mini hydropower ; 100kw—1,00 kw 미만
- Small hydropower ; 1,000kw—1,000 kw 미만

이와 같이 분류되는 小水力發電은 一般의인 大水力發電과는 發電容量 뿐만 아니라 발전설비 및 운전방식 등에 차이가 있으므로 기존 大수력의 축소형으로만 생각하는 것은 무리가 있다. 그러므로 여기서는 小水

力 開發의 사전지식이 되는 國內 資源量, 開發技術, 政府의 支援對策, 開發現況 및 效果 등에 대하여 기술함으로써 의욕있는 小水力 開發者의 理解를 돕고자 한다.

2. 本 論

가. 國內 小水力 資源量 및 開發地點

小水力 開發은 철저한 사전 계획이 수반되어야 하는데 이는 國土의 效率的 利用 및 經濟性에 입각하여 개발하여야 하기 때문이다. 그러므로 소수력 개발을 촉진하기 위해서는 國內의 資源量 評價 및 우선 開發順位 등이 먼저 결정되어야 할 것이다.

우리나라의 小水力 資源評價는 70年代初 1次 石油 과동 이후 小水力 開發의 必要性을 절감한 정부에 의해 수행되었다. 이때의 評價는 國內 開發可能 資源量 評價가 目的이므로 圖上檢討에 의해 후보지를 선정하여 開發容量을 결정하는 評價였으며, 그 결과를 <표1>에 요약하였다.

小水力發電所의 經濟性은 일반적인 水力發電所에

<표 1> 국내 소수력 자원량

도 별	지점 수	총 발전 용량 (kw)
경 기	114	23,895 kw
강 원	869	259,809
충 북	208	71,835
충 남	118	26,067
경 북	584	110,570
경 남	254	46,943
전 북	156	27,370
전 남	106	17,020
계	2,400	582,509 kw

자료) 1974년도 과학 기술처 조사 결과임.

\* 韓國動力資源研究所 先任研究員 \*\* 研究員

미추어 볼 때 가능한 한 發電容量이 큰 곳일수록 유리하다. 그러므로 圖上 調査에서 1차로 流域面積, 落差가 큰 곳을 추출한 후 그 지점의 理論出力을 계산하여 큰곳을 선택하고 다음 條件에 적합한가를 검토하여 資源量 및 開發 可能性을 評價한다.

- 流域面積이 크고 山林이 풍부한 곳
- 自然落差가 큰 곳
- 地形, 地質이 구조물 설치에 적합한 곳
- 河川幅이 가능한 한 좁은 곳
- 構造的 공사 자재를 부근에서 얻기 쉬운 곳
- 토지 보상비가 적은 곳
- 送電경비가 작은 곳
- 인근에 도로가 있어 開發時 交通이 편리한 곳
- 기존 다목적댐, 發電用댐 및 계획된 댐 부근은 피할 것.

이상을 토대로 開發容量을 評價한 후 후보지를 선정하여 資源實測을 행한다. 최근에 와서 小水力 開發의 必要性이 부각되면서 資源量의 再評價, 實際 開發位置 및 開發順位를 定하기 위한 妥當性 研究가 1982년부터 韓國動力資源研究所에서 수행되었다.

한편 實測된 資料는 技術的인 計算 및 檢討를 거쳐 開發容量을 결정하게 되며 각 후보지에 대한 투자비를 계산하고 수익대 비용계산을 통해 경제성을 판정하게 된다. 이와 같은 과정을 거쳐 수행되는 小水力 資源評價는 3년간 年次的으로 수행되고 있으며 1982, 1983, 1984년도에 평가된 결과를 요약하면 <표 2>와 같다.

<표 2>에서 볼 수 있듯이 후보지 실측을 통해 조사 분석된 총 165개 지점 중 116개소가 경제성 있는 후보지이며 小水力 開發에 있어서 最小의 經濟的 開發容量은 300 kw 이상 되어야 함을 알 수 있다.

나. 小水力 開發을 위한 支援對策

현재까지 國內의 小水力 發電所 開發이 둔화 되었던

이유 중 하나는 發電所 建設費가 커서 經濟性이 없다는 이유였으나 현재는 石油火力發電所가 石油價 앙등으로 막대한 外貨를 지불해야 하며, 또 안정된 공급도 확신할 수 없게 됨과 동시에 小水力用의 標準化·簡素化된 發電設備가 開發됨에 따라 과거에 경제성이 없던 小水力이 경제성이 있게 되었다. 또한 국가적으로 賦存資源 최대 開發 및 탈石油 電源開發政策 측면에서 小水力開發에 대한 政府의 강력한 支援策이 추진되고 있다, 이와 같은 小水力開發 추진을 위한 開發方案은 動力資源部에 의해 1983년도부터 시행되고 있으며 이를 要約하면 다음과 같다.

小水力開發의 기본방침은 國土利用의 效用性을 沮害치 않는 범위내에서 經濟性이 있는 小水力 開發을 적극 권고하며, 發電所 규모는 施設容量을 3,000 kw 이하인 것을 원칙으로 하나 그 이상이라도 長官의 승인을 얻으면 開發이 可能토록 하였다. 또한 小水力 開發은 民間人이 개발함을 원칙으로 하며, 지방자치 단체와 韓電도 開發에 참여 할 수 있게 하였으며, 開發에 대한 技術的·經濟的 妥當性은 小水力開發 심의기구를 設置하여 사전 심사토록 하였다.

이와 같은 기본방침하에 開發을 활발히 유도하기 위하여 다음과 같은 支援對策을 세워 추진한다.

- 1) 小水力 개발사업자에 대한 特定 電氣事業 許可: 韓電 電氣가 공급되는 地域에서 판매를 목적으로 小水力을 開發할 경우 特定 電氣事業을 許可함.
- 2) 生産電力의 販賣보장: 小水力 發電所에서 生産된 電力은 韓電이 石油火力發電所의 연료비의 100% 수준으로 全量 購入.
- 3) 小水力 開發을 위한 施設物 設置費 融資支援: 土木工事費 제외한 100% 용자.
- 4) 認·許可 節次의 간소화.

이상과 같은 政府의 支援對策으로 최근 많은 開發者가 開發계획의 심의를 요청하고 있다. (표 3 참조)

<표 2> 국내 소수력 자원 개발의 타당성 평가

구	분	1982년	1983년	1984년	계
도 상 검 토	후 보 지 수	118개소	108개소	65개소	288개소
	총 용 량	49,712 kw	100,300 kw	59,652 kw	199,664 kw
자 원 실 측	후 보 지 수	54개소	62개소	50개소	166개소
	총 용 량	25,500 kw	42,750 kw	29,950 kw	98,200 kw
경제성 후보지 (B/C>1)	후 보 지 수	42개소	39개소	35개소	116개소
	총 용 량	20,900 kw	38,650 kw	27,200 kw	86,750 kw

자료) 한국 동력 자원 연구소 보고서 1982, 1983, 1984년도

〈표 3〉 국내의 소수력 발전소 개발 현황

발전소 이름	용 량	위 치	개 발 자	비 고
1 안 홍	450 kw	강원도 횡성군	한국 전력	가 동 중
2 추 산	200	경북 울릉도	한국 전력	"
3 전 곡	6,000	경기도 포천	현대 건설	"
4 못 테 한 탄	834	경기도 포천	삼정 슈나이더	건 설 중
5 임 기	686	경북 봉화	대동 기업	"
6 경 읍	1,420	전북 정읍	운화 실업	"
7 덕 송	1,020	강원도 정선	영동 소력수	계 획 중
8 연 단	1,500	강원도 영월	한성 건설	"
9 봉 용	1,650	강원도 정선	한성 건설	"
10 도 원	620	강원도 영월	한국 소수력	"
11 삼 옥	1,355	강원도 영월	합경 건설	"
12 안 동	1,800	경북 안동	안동 소수력	"
13 군 탄	3,000	강원도 철원	현대 건설	"

외국의 경우도 이와 유사한 政策을 시행하고 있다. 특히 美國, 日本 등은 開發者에 대한 보조금도 지급하고 있으며, 日本의 경우, 5,000 kw 이하에서는 總建設備의 15%를, 5,000 kw 이상 20,000 kw 이하에서는 10%의 보조금을 지급하고 있다.

한편 소수력개발 계획에 대한 사전 심사는 다음과 같은 사항에 대한 妥當性 심사이다.

- 開發地點 및 位置選定의 適正 여부
- 施設容量 및 年間發電量 策定의 適正 여부
- 水力發電設備(법, 저수지 및 發·送電設備)의 型式, 品質, 工事方法 設定의 적정여부
- 系統連結 方法의 適正 여부
- 開發事業의 경제성·타당성 여부

이상과 같은 심사를 하는 심의기구는 현재 韓國電力 內에 심의위원회를 설치하여 운영하고 있다.

다. 小水力發電 技術

본장에서는 小水力開發에 관심이 있는 일반인들을 위하여 小水力 發電所의 개념을 파악하며, 실제 개발 계획시 세부 設計前에 간략하게 妥當性을 평가하는데 도움을 주기위해, 開發에 필요한 工學的인 기초사항 및 發電設備에 대하여 간략하게 설명하기로 한다. 그러므로 각 부문에 필요한 세부 工學的 技術은 전문 서적에 미루기로 한다.

(1) 小水力發電의 기초

小水力發電所의 發電出力은 다음 식으로 표시된다.

$$P=9.8 \times Q \times H \times \eta \text{ [kw]}$$

여기서 P: 발전 출력 (kw)

Q: 사용 流量 (m<sup>3</sup>/s)

H: 有效落差 (m)

η: 시스템 효율

이와 같이 發電에 중요한 인자는 流量과 落差이다.

流量의 결정을 위한 최선방법은 후보 지점에 유속계 또는 수위계를 설치하여 장시간 측정결과를 분석하여 결정하는 것이 최선이나, 실제로는 후보지점의 상황, 인원, 장비, 시간적 이유 등으로 인근지역 측후소의 강우량 자료를 분석하여 유황곡선(flow duration curve)을 작성하여 결정한다.

한편 小水力發電所의 土木施設的인 분류를 하여보면 크게 水路式, 댐식, 터널식 發電所로 나눌 수 있다.

水路式 發電所란 하천을 따라서 원경사의 水路를 결정하고, 하천의 경사와 굴곡 등을 이용하여 水路에 의해 落差를 얻는다. 또한 水路式은 하천 경사가 급한 하천 상·중류에 적합하며 대개의 댐은 월류식 댐이 채택되는 경우가 많다.

댐식 발전소는 주로 댐에 의해 落差를 얻는 형식으로, 發電所는 댐에 근접해서 건설하고, 일반적으로 하천 경사가 느린 중·하류로서 流量이 풍부한 곳이 선택된다.

터널식 발전소란 댐식과 水路式의 혼합으로 터널에 의해 물을 유도하여 發電함이 유리할 때 채택된다.

이상과 같은 發電所 형식은 형식상 분류이며 실제로 우리나라의 小水力開發은 대개 월류식 소형댐을 이용한 水路式 發電所가 적합한 것으로 조사 되었다.

(2) 發電設備

小水力 發電所 建設에 필요한 設備은 크게 土木設

備, 水車發電機 및 電送設備로 구분할 수 있다.

土木設備에는 댐, 取水口, 沈砂池, 導水路, 水壓管 및 發電所建物を 들 수 있다. 댐의 크기를 결정하는 요소로는 지형지질, 사용목적, 하천流量 등 복잡한 절차를 거쳐 결정해야 하나, 특히 그 지점에서 경제적으로 최대 발전을 할 수 있는데에 주안을 두어야 한다. 또한 댐은 일반적으로 사용재료에 따라 콘크리트 댐과 필댐으로 분류된다.

取水口는 필요한 流量을 水路로 유입시키도록 하기 위해 설치되며 土砂의 유입방지를 위해 댐 배사문(scouring sluice) 가까운 곳에 설치한다.

導水路는 取水口에서 上水槽까지 물을 유입시키는 공작물로서 개수로, 암거, 터널 등이 있다.

水壓管路는 상수로 또는 저수지에서 水車發電機에 송수기 위한 水路를 말하며 대개 철관으로 한다.

小水力發電用 水車는 물이 가진 位置 에너지를 發電機를 돌릴 수 있는 機械의 에너지로 변환하는 장치를 달하며 일반적으로 回轉車와 이를 둘러싼 케이싱 및 그 內部에 장치된 부속기기를 일괄하여 칭한다.

水車는 크게 회전력을 얻는 방식에 따라 충격수차(Impulse turbine)와 발동수차(reaction turbine)로 나눈다.

충격수차는 주로 高落差에 이용되며, 그 특징은 回轉車가 물에 잠기지 않고 대기압 하에서 물이 回轉車에 작용하게 되어 물로부터의 運動에너지만 回轉車에 전달된다. 이와 같은 수차에는 펠톤(Pelton), 엠포(Turgo) 및 오스버그(Ossberger) 水차가 있다.

反動水車는 그 특징이 回轉車가 물에 잠기며, 대기압보다 높은 압력하에서 물이 回轉車에 작용하여 壓力에너지와 運動에너지가 동시에 回轉車에 전달된다. 이와 같은 水車로는 프란시스(Francis), 프로펠러(Propeller) 수차가 있으며, 프로펠러 수차에는 카프란(Kaplan), 엠우브(Sube), 벌브(Bulb) 및 림(Rim) 수차가 있다.

이와 같은 여러 가지 水車中 小水力에 적합한 수차는 설치된 지점의 상황에 따라 그 기종 및 설치형식이 좌우되므로 쉽게 결정할 수는 없으나 우리나라의 소수력 자원의 특성을 고려하면 표준화, 간소화가 용이한 펠우브형, 벌브형 및 오스버그형 수차가 적합하며 또 많이 쓰일 전망이다.

水車發電機로서 사용되는 發電機로는 同期發電機와 誘導發電機가 있다.

同期發電機를 사용함이 유리한 곳은 벚지, 오지 등과 같이 격리된 발전소, 系の 力率改善이 요구되는 곳, 大容量 및 送電末端地域 發電所이다.

이에 비해 誘導發電機가 유리한 곳은 大型電力網과 연결하여 사용하거나, 小容量 및 力率改善이 요구되지 않는 發電所이다.

小水力 發電所에는 이외에도 電氣設備로서 變電 및 送配電施設, 監視制御, 保護裝置 등이 요구되나 여기서는 생략하기로 한다.

## 라. 小水力 開發 現況 및 附加價值

### (1) 國內開發 現況

우리나라의 水力發電은 1923년에 한강계 하천인 中台里에 7,000 kw 급 發電所를 建設한 것이 시초이며 1945년경까지는 11個 發電所에 總設備容量 1,586,000 kw 에 달하여 全國의 電力수요를 水力으로 충당할 수 있었다. 그러나 불행히도 그때의 水力 대부분은 북한에 편재 되어 있었다. 그후 1960년에 들어와 괴산, 춘천, 의암, 팔당 등 發電 단일목적의 水力發電所와 섬진강, 남강, 소양강, 안동 등 多目的의 댐의 건설로 1980년 초에는 1200 MW 容量으로 우리나라 총설비의 12% 정도를 차지하고 있다. 이와 같은 一般水力에 비해 小水力 發電은 그 經濟性의 이유로 70年代 초반의 석유과동을 겪고 난 후부터 그 필요성이 인정되어 안흥 및 추산 小水力 發電所 2기가 70년대에 건설·운영되어 왔으며 최근 경기도 진곡에 6000 kw 발전소만이 운영 중에 있다.

한편 70년대 두 개의 發電所를 세울 당시만 하여도 發電所 設備 및 施工技術의 미확립으로 공사기간이 길며, 과도한 투자비 등의 이유로 초기에는 격자운영을 면치 못하였다. 그러나 앞서 설명한 政府의 적극적인 支援政策이 추진되면서 부리는 총 29건, 총 40 MW 容量의 小水力 開發計劃이 심의 되었으며 그중 몇 곳은 완공 단계에 있다. (<표 3> 참조)

앞으로의 참고를 위해 審議결과를 보면 總 92건 중 開發의 妥當性이 인정된 곳은 11개이며 나머지 지점은 政府의 多目的 댐 建設計劃과 중복되거나, 韓電發電所 建設計劃과 중복되는 등의 이유로 서류가 반려되는 사례가 있으므로 초기 계획에 신중을 기해야 하겠다.

### (2) 國外 現況

外國의 경우 小水力 發電所 開發現況은 <표 4>와 같다.

한편 外國의 경우도 小水力 開發의 가치가 새로이 부각됨에 따라 各國이 小水力 開發을 위한 촉진 政策 및 技術開發研究가 활발히 추진되고 있다.

美國의 경우는 에너지성(DOE) 주관으로 1980년부터 1985년에 걸쳐 23곳에 시범 소수력 발전소를 건설하여 운영연구를 하고 있으며, 日本의 경우도 1980년 부터

〈표 4〉 각국의 소수력 발전소 현황

국명	발전소수	총용량	조사년도
중공	8,800개	5,380MW	1979
프랑스	2,200	1,800	1972
일본	1,500	10,330	1983
핀란드	175	380	1975
터키	110	70	1973

新型水車, 發電所의 自動化, 標準化, 簡索化, 施工技術 및 土木構造物의 標準化 等에 대한 研究를 활발히 수행하고 있다.

(3) 小水力開發의 附加價值

우리나라의 小水力 開發事業은 政府의 적극적인 代替에너지 開發 및 賦存資源 最大活用 政策에 부응하는 附加價值가 높은 에너지 개발사업이 될 것이다.

특히 小水力 開發은

- 石油價 昂등으로 小水力發電의 相對的 경제성 향상
- 小水力發電의 높은 石油代替效果
- 發電用 법의 多目的 活用 可能
- 單位地域 電源供給에 의한 電力利用 合理化

等으로 필요성을 要約할 수 있겠다.

특히 石油價의 인상율은 1970년에서 1981년까지 무려 45배나 昂등되어 현재 막대한 外貨를 들여 石油火力發電所를 운영하고 있음은 주지의 사실이며 이에 반하여 小水力發電所에서 生産된 電力을 韓電이 石油火力發電所의 燃料비로서 廉價 구입케 함으로서 小水力의 經濟性이 크게됨과 동시에 앞으로의 전망도 밝다고 하겠다.

또한 小수력발전소 建設과정에 있어서 建設投資는 高용기회, 건설수요 등의 확대로 國民 經濟향상에 기여함은 물론이며, 이외에도 小水力 位置가 山間地域에 建設됨이 대부분이므로 新道路의 建設 등 벽지의 社會文化 開發에도 기여하게 될 것이다. 또한 대부분의 小水力 發電所 입지는 깊은 계곡의 하천폭이 좁은 곳에 위치하게 되므로 대부분의 경우 경치가 좋게 되며 댐 건설로 인한 저수지까지 겸비하게 됨으로서 그 지역의 우수한 관광유원지의 개발로도 유도 할 수 있을 것이다.

3. 結 論

우리나라의 小水力開發 現況은 石炭이외의 賦存資源이 없는 現實에서도, 또 外國에 비해서도 현저히 뒤져 있음은 이미 설명한 바와 같다. 그러나 水力에너지는

化石燃料가 枯湯되어 감에 따라 그 經濟性과 重要성은 더욱 높아 갈 것임에 틀림없다.

특히 資源當國이라고 할 수 있는 美國에서도 現在 23곳의 시범 小수력발전소를 건설, 운영연구를 진행중에 있으며, 또한 예전부터 사용되어 온 기존의 관개용 댐까지도 小水力發電에 이용코저 적극 노력중에 있다. 또한 정부에서는 小水力 開發 妥當性 調査에 드는 비용의 50%, 開發 補助金 지급 및 認許可法 간소화 등 강력한 지원을 하고 있다.

이에 비해 우리나라는 1982년부터 政府의 支援策이 시행되고 있으나 아직까지 개발비용자, 보조금 지급, 인허가 복잡 등 미흡한 점이 있어 이의 보완이 요구된다 하겠다. 또한 우리나라의 小水力開發 經驗미숙으로 관련 人力不足, 技術不足 및 國產化 미비 등 해결되어야 할 문제가 많다고 생각된다. 이와 같은 미비점을 보완치 않는다면 開發時 發電所의 經濟性이 없게 됨은 물론 운영비의 과대로 發電所가 적자운영 될 우려가 있다.

마지막으로 소수력 개발에 있어 상당한 수준에 있는 선진기술을 따라잡기 위해서는 소수력 개발시 필요한 기자재 및 설계방법 등이 뒤따라야 하는 점등에 비추어 볼 때 우리나라의 소수력개발상 문제점을 다음과 같이 요약하며, 개발촉진을 위해 관계자 및 관련기관의 적극적인 노력을 바라마지 않는다.

◦ 開發 技術上의 問題點

- 1) 개발후보지의 流量資料 불충분
- 2) 土木工事의 간소화
- 3) 한국형 수차발전기 國產化, 標準化
- 4) 발전소 제어의 自動化
- 5) 발전소 보호장치, 送配電 等の 簡索化

◦ 開發支援 및 制度上 問題點

- 1) 支援對策의 보완
- 2) 開發 補助金의 지급검토
- 3) 개발 용자금 지급조건 완화 및 용자범위 확대
- 4) 개발에 필요한 認許可수속 簡索化