

국내 소수력 발전 기술현황과 전망

이경배*, 김영규*, 백두현*, 이은웅**
 한국수자원공사 발전사업처*, 충남대학교**

Overview and Trend of Small Hydropower Development in Korea

Gyeong-Bae Lee*, Young-Gue Kim*, Doo-Hyun Paik*, Eun-Woong Lee**
 Korea Water Resources Corporation*, Chungnam National University**

Abstract - In Korea, over 97% of local energy demand is imported from other countries. And we have to lift the energy independence level up to 5% with replacement energy(renewable energy) such as solar, small hydropower..etc. by 2011 according to the energy agreement made in Kyoto Protocol. So, we proposed some opinions such as the better improvement of small hydropower industry the people' view, cooperation among industry/university/research institutes, remote control/maintenance and government's legislature and supporting system etc.

으나, 2003년에 관련법이 개정되어 시설용량 1만kW이하로 정의하고 있다. 국내 소수력 개발은 제1차 석유파동 이후 에너지 개발의 필요성을 절감한 정부에 의해 추진되었다. 1974년에 "소수력 개발 입지 및 자원조사"를 통하여 개발 가능한 우리나라의 소수력자원 부존량은 2,400개소에 583천kW로 조사되었다.⁽¹⁾ 1975년에 "시범 소계곡발전소의 연구조사 설계"가 수행되었으며, 강원도 횡성군 안흥소수력발전소(시설용량450kW)가 1978년에 최초로 준공되었다. 1978년 제2차 석유파동이 일어나 대체에너지의 중요성이 재인식되어 정부에서는 1982년에 "소수력발전 개발방안"을 시행하여 민간자본에 의한 소수력개발을 장려하고, 이와 병행하여 소수력 부존자원을 조사한 결과, 개발 가능한 지점은 49개소이고 60,786kW로 조사되었다.⁽²⁾ 그후 정부의 지원결과 표1과 같이 개인사업자 14개소, 한국수자원공사 10개소, 한국전력공사 및 자회사 6개소, 지자체의 하수종말처리장 2개소, 농업기반공사 1개소 등을 합하여 총32개소 소수력발전소가 개발되어 가동중에 있으며, 총 발전시설용량은 47,869kW, 연간전기생산량은 약1억kWh에 달하고 있다.⁽³⁾

1. 서론

에너지자원의 절대부족으로 국내수요의 97%가 넘는 에너지자원을 수입해야 하는 우리나라는 화석에너지의 고갈과 환경오염 및 지구온난화에 대처하고 에너지 자립도를 제고시키기 위하여 정부에서는 대체에너지개발·보급을 위한 중장기계획을 수립 추진하고 있다. 대체에너지란 원래 석유를 대체한다는 뜻으로 원자력이나 가스 등을 포함하는 포괄적인 의미로 쓰였으나, 1987년 대체에너지개발촉진법 제정을 계기로 석유, 석탄, 원자력, 천연가스가 아닌 에너지 즉, 태양에너지, 바이오에너지, 풍력, 소수력, 연료전지, 석탄액화·가스화에너지, 해양에너지, 폐기물에너지, 지열에너지 및 수소에너지 등을 의미하고 있다. 대체에너지는 국내뿐만 아니라 세계 선진국에서 큰 관심을 갖는 환경친화적인 자원인 동시에 무제한적으로 재생 가능한 에너지원으로 그 공급 목표달성을 위하여 세계각국은 많은 연구를 하거나 실용화를 통하여 점유율을 높이고 있으나, 국내에서는 풍력, 소수력, 폐기물에너지 이외는 경제성 때문에 그 개발에 상당한 어려움이 있다. 그러나 소수력은 다른 대체에너지원에 비해 국내 부존 잠재량이 많고 에너지 이용율이 높아 청정에너지원으로서 개발가치가 큰 재생자원으로 평가되고 있다. 우리나라의 소수력 개발은 주로 소하천을 이용한 개발이 많이 이루어지고 있었으나, 건설비용상승에 따른 경제성 불투명과 주변지역민의 각종 민원으로 주춤하였다. 그런데 최근에는 민원발생이 적은 농업용저수지, 농업용 보, 하수종말처리장, 수도사업장의 용수용 관로, 양어장의 순환수, 화력발전소의 냉각수, 다목적댐의 용수로 및 조정지 등의 방류를 이용한 소수력을 개발하고 있다. 본 논문에서는 국내 소수력 발전의 개발 및 기술현황과 전망에 대해 고찰하여 국내에서 새롭게 부각되고 있는 소수력 발전에 대한 관심을 불러일으켜 개발을 확대하기 위한 기초자료로 사용하고자 한다.

표1. 소수력발전소 현황

발전소	개발자	설비용량(kW)	발전소	개발자	설비용량(kW)
임기	대동기업(합)	1,200	추산	한전	1,400
방우리	서우수력(주)	2,120	안흥	한전 자회사	450
소천	한여울(주)	2,400	괴산		2,600
금강	(주)크린에너지	1,350	보성강		4,500
봉화	(주)크린에너지	2,000	산청		400
단양	한석소수력(주)	2,214	무주	400	
산내	산내소수력(주)	820	영월	영월대학	2,800
영월	영월대학	2,800	합천2	수자원 공사	1,200
덕송	덕송수력	2,600	광천		450
정선	(주)정선소수력	1,920	반면		1,060
대아	한국수력개발(주)	3,000	운문		330
경천	경천소수력	800	보령		701
포천	한국수력발전(주)	1,485	부안		193
성주	(주)성주발전	1,800	형성		1,000
아산	지자체	36	영천		1,000
천안		40	밀양	1,300	
			용담2	2,300	
동진	농업기반공사	2,000	계	32개소	47,869

그러나 소수력은 개발가능량에 비해서 경제성이 부족하여 개발이 미진하였는데, 최근에 전력매입단가의 현실적인 조정, 수차발전기의 국산화 및 정부의 지원정책 등으로 소수력 개발에 유리한 여건이 조성되고 있어 표2와 같이 8개발전소가 건설중에 있다.

2. 국내 소수력 개발 현황

국내에서의 소수력발전이란 대체에너지개발및이용보급 촉진법시행세칙에서 시설용량 3천kW미만으로 정의되어 왔

표2. 건설중인 소수력 발전소 현황

발전소	개발자	호기	설비 용량(kW)	준공예정
안동	수자원공사	500×3	1,500	'03.07
탐진	수자원공사	800×1	800	'04.10
대곡	수자원공사	300×1	300	'04.11
용담소수력	수자원공사	1,800×1	1,800	'04.12
보성	개인	600×2	1,200	'03.10
천상정수장	울산시청	250×1	250	'03.12
동화	농업기반공사	200×1	1,000	'04.11
		800×1		
장성	농업기반공사	260×1	1,220	'04.12
		960×1		
계	8개소		8,070kW	

3. 소수력 기술 개발 현황

3.1 수차

소수력을 최적으로 개발하기 위해서는 소수력 발전업 지조건 및 특성을 분석하여 소수력에 적합한 수차를 채용하여야 한다. 특히, 수차는 발전소 건설비에 큰 영향을 미치므로 소수력 개발을 추진하기 전에 검토가 필요하다. 1990년대초까지 개발된 소수력은 대부분이 외국에서 도입되었기 때문에 준공후의 유지보수용 부품확보에 어려움이 있고 고비용이 소요되는 문제점이 있다.⁽¹⁾ 그래서 수차 기술개발은 한국에너지기술연구원에서 수차 기술개발이 추진되어 '99년까지 카플란 수차 설계기술 및 국산화 개발, 튜블러 수차개발, 횡류형 수차 개발 등으로 많은 부분의 국산화를 이루게 되었다. 현재는 저낙차용 프란시스수차 표준화 설계모형개발이 진행되고 있다.⁽³⁾ 이와 같이 국내 소수력 도입초기에는 외국제품이 주류를 이루었으나, 1986년에 가동된 임기소수력부터 국산 수차가 채용되어 덕송, 대아, 경천, 포천, 성주, 한여울, 아산, 천안소수력이 운영중에 있다. 한국수자원공사에서 운영중인 광천, 반번, 부안, 보령은 해외의 수차를 도입하였으나, 운문, 횡성, 영천, 밀양소수력은 국내에서 제작한 수차를 채용하여 운영중인데 외국에서 제작한 수차와 비교해서 가격 경쟁력이 있고 효율면에서 대등하지만, 설계 및 제작 등의 품질과 수차 부속설비(개도조절장치, 수밀장치, 냉각설비 등)에 대한 부분은 아직 미흡하여 지속적인 기술개발이 필요한 실정이다.⁽⁵⁾ 이와 같은 국산화 노력으로 카플란, 프란시스, 튜블러 수차는 대부분 국산화되어 가동중에 있으나, 사류수차, 횡류형수차, 펌프수차 등은 지속적으로 설계기술이 개발되어야 한다. 향후에는 수차의 표준화 및 간소화 기술개발로 초기 투자비의 20~30% 이상을 절감할 수 있도록 산학연 협동이 절실히 필요하다.⁽⁶⁾

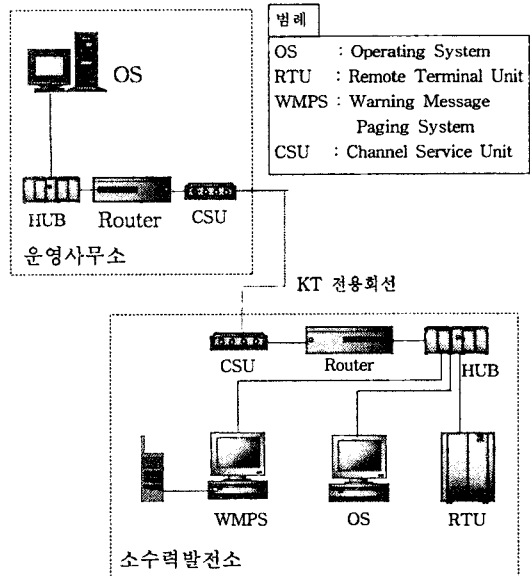
3.2 발전기

소수력용으로 적용되고 있는 발전기는 동기발전기와 유도발전기가 있으며, 최근 3,000kW 이하 시설용량의 경우에는 건설비용 및 경제성을 확보하기 위해서 유도발전기를 채용하는 것이 일반적이다. 유도발전기는 발전전압, 주파수가 병렬로 연계된 전력계통과 일치하지 않는다. 따라서 유도발전기는 여자장치, 동기투입장치 등이 필요한 동기발전기보다 구조가 간단하여 유지보수 측면에서 경제적이나, 전력계통과 병렬투입하려면 전압과 주파수가 일치하지 않아 돌입전류가 발생되므로 발전기의 운용과 접속되는 전력계통의 조건 등을 충분히 고려하여야 한다. 소수력에 주로 채용하는 유도발전기는 연계계통으로부터 무효전력을 취하여 고정자권선을 여자하므로 별도의 여자설비가 필요없다. 그러나 초기여자시 상당한 돌입전류가 유입되어 발전기 기동에 따른 전압

강하가 발생하여 연계선로에 접속되어 있는 일반부하에 악영향을 미치게 된다. 그러므로 발전기 기동에 따른 전압강하 때문에 10%이하로 유지하도록 규정하고 있으므로 연결지점의 돌입전류에 대한 전압강하 대책을 제출해야 전기사업 허가를 받을 수 있다. 현재 국내 발전기 제작기술은 발전기 형식에 관계없이 배어링을 제외하고 95%이상이 국산화되어 있다.

3.2 원격감시제어설비

소수력은 장기 투자사업으로 미래의 상황을 현재시점에서 경제성을 분석하면 아직은 불확실한 요소들이 많이 있어 소수력 개발을 위한 투자비가 한정된 상태에서 투자자의 효용성을 극대화하기 위해서는 사업의 기술적, 경제적 타당성을 분석하는 일이 매우 중요하다. 따라서 준공후의 발전소 운영비용은 소수력개발을 추진하기 전부터 세밀한 검토가 필요하다. 무인 소수력발전소로 구축 시 운영유지비용절감에 따른 경제성이 높아야 소수력개발추진이 촉진될 수 있을 것으로 판단된다. 무인 소수력발전소는 시스템의 안정성 유지가 최대 관건이므로 장애 발생의 진단유무와 장애발생에서 부터 복구까지 유지보수시간의 단축이 필요하다. 한국수자원공사에 도입한 시스템은 중앙운영실에 OS(Operation Station)를 두어 발전설비를 감시제어하며, 발전소에는 Micro-Processor를 내장한 원격감시제어설비를 설치하여 한국통신의 전화선로로 연결된 하나의 총괄 시스템에서 마우스로 기동 장치의 무인운전이 가능하도록 구성하고 발전기 고장발생시는 통상근무자에게 신속하게 알리고, 고장발생경보시스템(WMPS:Warning Message Paging System)에 의한 발전기의 경고장이나 경고장 발생을 관리자에게 음성으로 전달하도록 구성함으로써 상시 교대근무인원을 투입하지 않아도 되는 무인발전소로 구축하였다.



4. 소수력 운영유지 현황

수차발전기는 사용년수가 증가함에 따라 열화되어 성능이 떨어지게 됨으로 성능저하의 정도를 파악하는 적절한 관리기준 및 평가기준이 설정되어야 한다. 발전설비의 성능평가는 준공단계에서도 중요하며, 운영단계에서는 더욱 중요하다. 이는 준공된 설비의 품질보증뿐만 아니라 향후 수명예측이나 성능에 매우 중요하므로 반드시 실시하여야 한다. 적절한 관리기준에 의해 설비상태를 평가함으로써 설비의 운영상태를 진단할 뿐더러 정기적

진단으로 향후 열화 추이를 예측할 수 있어 적정한 보수 시기도 정할 수 있게 된다. 그러나 대체에너지로 개발된 소수력 발전설비의 운영환경은 대수력의 수차발전기에 비해 기술적 및 경제적인 측면에서 볼 때 매우 열악한 조건에서 관리하고 있는 실정이다. 개인사업자의 수차발전기 운영주체는 발전설비를 과학적이고 합리적으로 관리하여야 하며 이를 위해서는 체계적인 성능평가 절차와 기준이 필요하나, 대수력 발전사업자 체제와 달리 성능평가는 거의 수행하지 못하고 있는 실정이다. 그러므로 소수력발전소도 대수력 발전소와 같이 체계적인 평가절차를 적용하지는 않더라도 최소한의 절차를 정하여 운영하고 성능을 주기적으로 평가할 수 있는 성능평가센터를 설립하여 종합관리하면 소수력 설비의 수명연장과 성능을 향상시킬 수 있을 것이며, 설정된 기준치(baseline data)를 초과하는 고장 또는 열화가 진행중임을 예지하여 적절한 보수(repair)를 위한 계획과 실행 시간(lead time)을 제공함으로써 운영유지비용을 줄일 수 있어 최적의 운영관리를 기할 수 있다고 판단된다.⁽⁷⁾

5. 정부지원 및 정책방향

5.1 정부지원제도

소수력발전소 개발자에게 기전설비100%, 토목공사비의 25%를 5년거치 10년 분할상환으로 융자(2003년 기준:연이자율3.5%, 에너지및인사업 특별회계운용요령고시에 따라 매분기 지정되는 변동금리 적용)하여 주고 있으며, 소수력발전소에서 생산된 전력은 전기사업법 제31조 제3항 및 전력시장운영규칙 제10.2조에 의거 우선 구매하도록 되어 있어 생산전력 판매가 확실히 보장되어 있다. 따라서 전력판매대금은 전력시장가격을 기준으로 지급받고, 정부 고시단가(73.69원/kWh)와의 차액을 전력산업기반기금을 통해 지원받는다. 그리고 판매사업자(현 한국전력공사)는 소수력 발전사업자의 생산전력을 구매하고 그 대금은 월6회 전력시장을 통해 지급하며, 전력산업기반기금지원액은 월1회 전력거래소를 통해 지급된다. 소수력 매입단가는 1984년부터 1994년까지는 전년도 한전의 석유화력발전소 연료비 단가의 100%로, 1995년부터는 전년도 한전 평균단가에서 배전비, 판매비, 배전손비를 제외한 금액으로 산출하였고, 2002년부터는 대체에너지이용발전전력의 기준가격지침이 제정되어 정부에서 고시하고 있으며⁽⁸⁾, 소수력 매입단가 변화는 표3과 같다.

표3. 소수력 매입단가의 변화

(단위:원/kWh)

연도	단가	연도	단가	연도	단가	연도	단가
1984	40.29	1989	38.45	1994	41.67	1999	60.93
1985	38.54	1990	38.45	1995	48.09	2000	60.23
1986	38.45	1991	41.67	1996	48.38	2001	63.51
1987	38.45	1992	41.67	1997	49.94	2002	73.69
1988	38.45	1993	41.67	1998	54.84	2003	73.69

5.2 향후 정책방향

정부에서는 대체에너지 보급을 위한 중장기 세부추진계획을 수립하고 있다. 세부추진내용중 소수력 보급정책은 지역에너지사업과 연계한 소수력 발전지역의 자원조사, 융자지원사업의 확대, 초기투자비 지원, 발전사업 인·허가 절차 간소화를 통한 소수력사업 확대방안을 강구하고 있다. 이러한 확대방안을 강구하기 위해서는 소수력 분야에 대한 정부의 적극적인 연구개발비의 지원을 통하여 국내 부존자원의 활용을 극대화할 수 있는 여건조성이 시급하다. 특히, 소수력은 공사기간이 1년내이고 수차발전기 국산화율이 95% 이상을 상회하고 있어 타 대체에너지원에 비해 단기간에 에너지생산효과가 큰

중요한 에너지원이라고 할 수 있다. 소수력개발은 기존 하천을 이용한 소수력 개발이 아닌 농업용저수지, 농업용 보, 하수종말처리장, 수도사업장 관로, 양어장 순환수에도 개발이 가능하나, 현실적으로는 관련법령에 따른 인·허가 절차가 복잡하고 규제가 심하여 민간인이 전기사업을 추진하기에는 많은 어려움이 있다. 하천을 이용한 소수력개발 위주로 규정되어 있는 현행 전기사업법의 개정이 필요하고, 대체에너지개발및이용·보급촉진법에는 소수력설비를 1만kW이하로 정의하고 있으나, 전기사업법 및 환경·교통재해등에 관한 영향평가법에는 3천kW로 규정되어 있어 관련법령 등이 개정되어야 하며, 소수력 개발을 적극적으로 보급 장려하기 위해서는 인·허가 절차의 간소화와 발전사업허가에 대한 세부 안내서 작성 등이 필요하다. 발전사업허가가 시·도지사에게 위임되어 있으나, 발전사업허가에 따른 민원을 감안하여 일부 지자체는 관련법에도 없는 의회에 사업계획서를 보고하여 의회의 승인을 요구하거나 주민공청회를 요구하고 있어 개발 타당성이 있음에도 불구하고 개발 추진이 어려운 곳도 있다. 따라서 이점도 해결되어야만 한다.

화력발전소 및 기업체의 냉각수, 중소규모댐, 하수종말처리장, 수도사업장이 계속 증가하고 있어 저차량 유류에너지를 이용한 소수력 개발은 환경 친화적인 에너지개발 차원뿐 만 아니라 석유 수입 대체효과 및 경제적 파급효과 극대화 등의 부수적인 효과를 거둘 수 있어 지속적으로 개발 추진되어야 할 것이다.

6. 결 론

지구온난화에 대처하는 범세계적인 규제에 대비하기 위하여 정부에서 추진하고 있는 2006년 3%, 2011년 5%로 설정한 대체에너지 보급목표 달성에 기여하기 위해서는 청정에너지원이면서도 개발할 가치가 큰 부존에너지인 소수력을 적극적으로 개발하여야 한다.⁽⁹⁾ 소수력에 대한 기술개발과 보급기반조성에 보다 많은 노력을 기울이고 이러한 보급목표를 달성하기 위해서는 다음과 같은 다각적인 노력이 필요하다.

- i) 대체에너지 개발 중요성에 대한 국민의 인식제고
- ii) 산학연 협동으로 우리나라 특성에 적합하고 효율이 높은 수차발전기 뿐만 아니라 보조설비 및 제어설비에 대한 기술개발 및 표준화
- iii) 소수력 설비의 수명연장과 성능을 향상시킬 수 있는 성능평가 인증 센터 설립
- iv) 대체에너지지원 융자금에 대한 금리인하 및 상환기간의 연장, 소수력 매입단가의 현실화 등 정부의 제도적 기반확충
- v) 인·허가절차의 획기적인 간소화 및 운영비용절감을 위한 소수력발전소의 무인화가 가능하도록 전기사업법 및 개발보급을 위한 관련법령 개정

[참고문헌]

- [1] 박인용외, "소수력발전 입지조사", 한국원자력연구소 연구보고서 R-74-53, 1974
- [2] 신동열외, "국내 소수력 자원 조사 및 개발(III)", 한국동력자원연구소 연구보고서, KE-84-5, 1984
- [3] 박완순외, "국내외 소수력개발현황 및 전망", 대한설비공학회 논문집, 2002. 6
- [4] 박완순외, "소수력발전소의 경쟁력강화에 의한 개발활성화 방안연구", 산업자원부, 1999.12
- [5] "형성법 시험결과보고서", 한국수자원공사, 2000.7
- [6] "중소수력 발전기기의 합리화에 관한 연구개발", 일본전원개발주식회사, 1985
- [7] "수차발전기 상태진단절차서", 한국수자원공사, 2002.12
- [8] "대체에너지이용 발전전력의 기준가격지침", 산업자원부, 2002.5
- [9] "기후변화협약대응 제2차종합대책", 산업자원부, 2002.12