

국내 소수력 기술개발 현황과 전망

이 경 배*

1. 개 요

에너지 자원의 절대부족으로 국내 수요의 97% 이상을 해외에서 수입해야 하는 우리나라는 탄산가스 규제와 기후변화협약에 따르고 화석에너지의 고갈에 대비하며 환경오염 및 지구온난화에 대처하기 위하여 신·재생에너지를 개발하여 보급률을 높이려는 국가정책이 마련되었다. 2006년까지 1차 에너지 소비량의 3%, 2011년까지는 5% 목표로 중장기 신·재생에너지 기본계획을 구체적으로 수립하여 추진하고 있다

신·재생에너지는 석유, 석탄, 원자력, 천연가스가 아닌 11개 분야의 에너지로 태양열, 태양광발전, 바이오에너지, 풍력, 소수력, 지열, 해양에너지, 폐기물에너지 등 8개의 재생에너지(Renewable Energy)와 연료전지, 석탄액화가스화에너지, 수소에너지 등 3개의 신에너지(New Energy)로 분류하고 있다⁽¹⁾. 신·재생에너지의 한 분야인 소수력(Small Hydropower)은 물의 유동에너지를 이용하여 발전하는 시설용량 만kW 이하의 수력발전으로 국내의 자연적인 지역조건과 조화를 이루며, 부존 잠재량이 많고 특히 탄산가스를 배출하지 않는 청정에너지로서 범세계적인 환경오염 규제에 적극적으로 대비하며 지역의 분산전원에 기여할 수 있는 유용한 자원으로 평가되고 있다.

소수력발전은 수력발전과 원리면에서는 차이가 없고 다만 규모가 작고 기술적으로 단순하다. 하천이나 저수지의 유량과 낙차의 위치에너지를 이용하여 수차의 회전력을 발생시키고 수차와 직결되어 있는 발전기에 의해서 전기에너지를 생산하는 방식이다. 수차를 회전시키는 물의 유량이 많고, 낙차가 클수록 시설용량이 커지고 발전량도 그만큼 많아진다. Fig 1과 같이 하천이나 수로에 댐이나 보를 설치하고 수압관으로 발전소까지 물의 유동을 이용하여 수차, 발전기 및 전

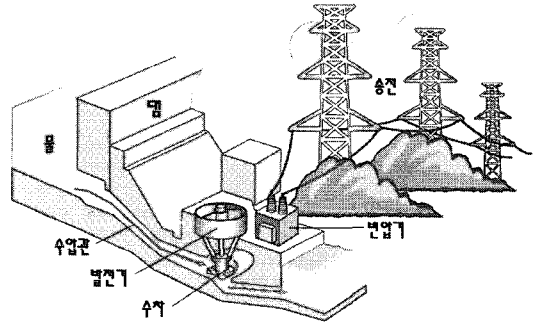


Fig. 1 소수력발전소의 단면도

력변환장치 등으로 구성되어 있다.

화석에너지 고갈에 대비한 안정된 전력 확보를 위한 자연의 순환에너지인 수력발전 개발의 필요성이 절실하나, 환경보호 때문에 대규모 댐건설은 점점 어려워지고 있다. 따라서 소하천이나 기존 시설물을 이용한 소규모 수력발전 개발이 바람직하다⁽²⁾.

우리나라에서의 소수력 개발은 산과 계곡이 많은 지역적 특성을 이용하여 소하천을 이용한 발전 방식이 주종을 이루었으나, 개발지역 주변 지역민의 각종 민원과 강우량의 지역적 편중에 따른 지속적인 발전이 불가하여 경제성 부족으로 소수력 개발이 원활하게 이루어지지 않았다. 그래서 최근에는 수차발전기의 국산화와 정부의 보급 확대정책 등으로 공공기관에서 민원 발생 우려가 없는 기존 시설물을 이용한 소수력 개발이 활발하게 추진되고 있다. 이와 같은 소수력 개발 결과 40개의 소수력발전소가 건설되어 발전시설용량 53,408 kW가 가동 중에 있다. 그러나 이는 국내 부존 잠재량의 3.6%에 해당하면서 개발 가능량의 27.5% 정도 밖에 안되는 양으로써 소수력 에너지의 활용 확대를 위해서는 국민의 인식변화, 관련 기술개발, 정부의 제도적 기반 확충 및 관련 산업의 육성 등 다각적인 노력이 필요하며, 소수력발전소의 경제성을 향상시키기 위하여 기술개발을 통한 국산화로 초기 투자비용을 크게 절감한 소수력 개발을 유도하여야 한다.

*. 한국수자원공사
E-mail: leekb@kowaco.or.kr

2. 소수력 발전의 필요성

신·재생에너지 보급확대 정책에 따라 대규모 수력발전의 개발보다 규모에 따른 장점과 경제성이 빈약하다고 보아지던 소수력 개발의 필요성이 증대되고 있다.

우리나라는 연평균 강수량이 1,274 mm로써, 강수량이 풍부하고 전국도의 2%가 산지로 구성되어 있어 지형과 수문학적으로 수자원 이용이 용이하다. 또한, 일반 하천, 농업용수, 관개용수, 하수처리장의 방류수, 수도용 관로, 기력발전소의 해수 방류수, 양어장의 순환수 등 미활용 소수력 자원이 많이 부존하고 있다. 이와 같은 우리나라 특성에 적합한 수차발전시스템을 개발하여 표준화함으로써 건설비용을 절감하고 최신 IT기술을 접목한 발전소의 무인자동화 운영기술을 도입하여 운영비용을 절감하는 등 시설용량이 적은 소수력 발전소의 경제성을 향상시키면 미활용 소수력을 개발할 수 있다.

소수력 발전은 국내 부존자원을 활용한 전력생산과 운영비가 저렴한 장점 등이 있다. 반면에 대수력이나 양수발전과 같이 침투부하에 대한 기여도가 적고 초기 건설비 투자의 부담이 크며 발전량이 계절과 강수량에 따라 변동이 많아 연간 발전량이 작다는 단점이 있다. 그러나 화력 및 원자력과 비교할 때 환경에 대한 영향이 거의 없는 청정에너지이고 초기의 투자비에 비하여 유지관리비용이 낮으며 지역의 특성 및 개발형식에 따라 경제성을 높일 수 있다. 소수력발전은 무공해 청정에너지개발과 연계한 관광자원화와 주변의 수질개선과 환경생태계 보전이라는 일석이조의 수자원 활용사업으로 떠오르고 있다. 에너지 자원이 빈약하여 97%를 수입에 의존하는 우리나라는 각 지역에 산재한 미활용 에너지의 적극적인 활용이 필요하다.

소수력은 계획, 설계, 시공 등을 포함한 공사기간이 1년 이내이며 재생가능한 순에너지로 에너지 안정도에 기여할 수 있고 다른 신·재생에너지원에 비하여 5분 이내에 에너지 생산이 가능하고 환경 친화적인 에너지이며 수차발전기의 국산화 개발로 초기 투자비용의 절감과 환경훼손의 최소화를 기할 수 있다⁽³⁾.

이와 같이 소수력은 환경에 대한 영향이 상대적으로 적은 청정에너지이면서 에너지 밀도가 높고 지역의 분산전원에 기여할 수 있는 유용한 자원이기 때문에 선진국에서도 기술개발에 노력하며 소수력 개발 지원사업이 활발하게 진행되고 있다.

3. 소수력 개발 현황과 전망

3.1 소수력 개발 현황

소수력개발 현황은 Table 1과 같이 개인사업자 14개소, 한국수자원공사 12개소, 한국전력공사 및 자회사 7개소, 지자체 5개소 (하수종말처리장 4개소, 정수장 1개소), 농업기반공사 2개소 등 총 40개소가 가동 중에 있다.

일반 하천 12개소, 기존 댐 14개소, 저수지 5개소, 하수종말처리장 4개소, 정수장 2개소, 양수발전소의 하천방류수 3개소 등이다.

시설용량 100 kW 이하가 3개소, 1,000 kW 이하가 12개소, 10,000 kW 이하가 25개소이며, 총 시설용량은 53,408 kW로써 임하댐 발전소의 시설용량 (50,000 kW)과 비슷하다. 2004년도 연간 전기생산량은 약 166백만 kWh이다.

소수력 평균 시설용량은 1,335 kW이고, 시설용량은 1,000 kW 이상이 62% 이상을 차지하고 있으나, 1988년 이전의 평균 시설용량인 1,648 kW와 비교하면 점차로 작은 소수력을 개발하고 있다는 것을 알 수 있다. 소수력 발전소의 발전용량이 클수록 경제성이 향상된다. 그럼에도 불구하고 독일과 중국의 경우 소규

Table 1 소수력발전소 현황

구분	발전소	설비 용량(kW)	구분	발전소	설비 용량(kW)
개인사업자 (14개)	포천입기	1,485	발전회사 (6개)	괴산안흥	2,600
	방우리	1,200		보성강	450
	소천	2,120		무주	4,500
	금강	2,400		산청	400
	봉화	1,350		양양	400
	화성	2,000			1,400
	한석	2,214	수자원공사 (12개)	광천	450
	산내	820		반변	1,060
	영월	2,800		운문	330
	덕송	2,600		보령	701
	정선	1,920		부안	193
	대아	3,000		형성	1,000
	경천	800		영일	1,000
	성주	1,800		안동	1,300
지자체 (5개)	아산	36	안동	1,500	
	천안	40	용담	4,100	
	진해	10	성남	340	
	천상	250	대곡	300	
	신천	139			
한국전력공사	추산	1,400	농업기반공사	동진	2,000
				동화	1,000
	계		40개소	53,408	

모 용량의 소수력이 많이 개발된 것은 대용량에 비하여 경제성이 뒤떨어지지 않는 저낙차용 수차를 개발하여 표준화해서 보급하였기 때문이다. 특히, 독일의 경우 소수력 발전소 1개소당 평균발전용량이 58 kW이다. 이런 극소규모(Micro) 수력발전소를 건설하여 부존 에너지를 최대한 활용하도록 정부에서 발전소 건설과 운영에 많은 지원을 하고 있다. 그 결과로 이제는 소수력 발전소를 개발할 지점이 없을 만큼 개발되었다.

소수력 자원면에서 유럽의 여러 나라에 뒤지지 않은 우리나라가 소수력 개발이 활성화되지 않은 이유는 경제성이 확보되지 않았기 때문으로 분석된다.

소수력발전의 기준가격은 '84년에 40.29원/kWh로 당시만 해도 경제성이 있었다. 그러다가 유가의 지속적인 안정으로 점점 기준가격이 인하되어 '87년 이후에는 신규개발이 거의 중단되었다. 소수력 기준단가는 1984년부터 1994년까지는 전년도 한전의 석유화력 발전소 연료비 단가의 100%금액으로, 1995년부터는 전년도 한전 평균단가에서 배전비, 판매비, 배전손비를 제외한 금액으로 산출하였다. 따라서 한전 평균단가가 상승하면 소수력 기준가격도 연동되어 상승하게 되었다. 2002년부터는 대체에너지이용발전전력의 기준가격지침이 제정되어 시설용량 3천kW이하의 소수력에 대해서는 전력거래시장 단가의 차액을 정부가 보조하여 2005년 현재 73.69원/kWh로 기준가격이 고시되어 있으며, 소수력 기준가격의 변화는 Table 2과 같다.

3.2 소수력 개발 전망

소수력 발전소에서 생산된 전력은 관련법에 따라 한전에서 전량 구입하여 주기 때문에 전력판매는 보장되어 있다. 소수력은 국내 부존 자원량에 비해서 개발이 미진하였다. 그러나 최근에는 지역에너지 사업과 연계한 소수력개발 자원조사, 장기 저리의 시설자금

용자지원, 기준가격의 조정, 수차발전기의 국산화 및 정부의 보급 확대정책 등으로 소수력 개발에 유리한 여건이 조성되고 있어 지방자치단체, 정부투자기관 등 공공기관이 사업주체가 되어 농업용 저수지, 하수종말처리장, 수도용 관로, 기력발전소의 해수방류수, 중소규모댐의 방류수 등의 기존 시설물을 이용한 소수력 개발이 추진되고 있다. 현재 5개소 시설용량 4,945 kW가 건설중이며, 13개소 11천kW가 개발추진중이고, 42개소 시설용량 36천kW 규모가 계획 중에 있다.

소수력 개발이 가능한 후보지 대상은 유효저수량 3백만톤에 유역면적 15km²이상의 농업용 저수지, 2만톤/일 이상의 하수종말처리장, 시설용량 5만톤/일 이상의 정수장, 높이가 2m 이상인 농업용 보 등이다. 농업용 보는 기존 콘크리트 보의 상단에 가동보(Rubber Dam)를 설치하여 소수력을 개발할 수 있다. 하천의 수계 및 농업용 보에 가동보, 정수장의 관로, 폐광 용출수, 양어장의 순환수, 기력발전소의 해수방류수, 양수발전소의 하부저수지 등 미활용 소수력 자원을 이용할 수 있는 개발지점은 매우 다양하다. 특히, 하천을 이용한 댐식의 경우 댐건설 추진과정에서 발생하고 있는 넘비(NIMBY) 현상이나 지역간의 물꼬싸움, 환경단체의 반발과 같은 문제를 일으킬 소지가 극히 적다. 소하천을 이용한 가동보를 설치한 경우 생공용수, 하천유지용수 및 관개용수 등으로 이용하며 수상레저와 같은 관광개발로 지역경제에 도움을 줄 수 있어 경제적 타당성만 입증되면 적극적인 개발이 필요하다.

소수력 개발 보급잠재량은 총 150만 kW(일반하천 1,412,500 kW, 농업용저수지 48,000 kW, 다목적댐의 하천방류수 6,744 kW, 하수종말처리장 5,300 kW, 정수장 2,500 kW, 농업용 보 5,000 kW, 양식장의 순환수 및 기력발전소의 냉각수 19,956 kW)이므로 허가절차를 간소화하여 부존 잠재량의 적극적인 개발이 필요하다고 본다⁽⁴⁾. 현재 소수력 시설용량이 53,408 kW로 부존잠재량의 약 3.6%로 극히 적은 비율이며, 개발 가능량의 약 27.5%에 불과하여 개발여지가 아주 많아 남아 있다.

소수력의 전기사업 허가가 관련법(전기사업법, 하천법 및 환경영향평가법)에는 1만kW까지 개발할 수 있으나, 관련법은 하천을 이용한 댐식 발전방식을 기준하여 제정된 것이고, 한전의 송전선로 연결문제와 기준가격지원제도 등으로 인하여 3천 kW 이하로만 개발되고 있다. 소수력발전 원가는 초기투자비와 기준가격과 발전소 가동율에 따라 차이가 발생한다. 기존 시

Table 2 소수력 기준가격의 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

설비를 이용한 소수력 개발의 경우 설비 이용율이 높아 경제성이 있으나, 일반하천의 경우 설비 이용율이 35% 이하로 연간발전량이 적고 기준가격이 낮아 경제성 확보를 위해서는 기준가격의 현실화가 필요하다.

3천kW급 시설용량의 발전원가는 정부지원이 없을 경우 35% 가동율에서 kWh당 110원 정도가 되어야 경제성이 있고 현재 소수력발전 기준가격이 kWh당 73.69원임을 감안할 때 신규 소수력발전소 건립은 경제성이 없어 어려운 실정이다. 그러나 설비 이용율이 50%에 달하면 3천kW급의 발전원가는 정부의 지원없이도 현 기준가격하에서 경제성을 확보할 수 있다. 전국적으로 설비이용율이 50% 이상 높일 수 있는 소수력 입지장소는 거의 없으므로 기준가격을 kWh당 116원 이상으로 지원되어야 신규 소수력발전소의 건설이 가능할 것으로 생각된다.

또한, 2004년도에 시설용량 200 kW 이하까지의 허가절차는 일부 간소화되었지만, 200 kW 이상은 발전사업 인·허가 절차가 복잡하고 규제가 심하다. 하천을 이용한 소수력은 개발 타당성이 있음에도 불구하고 발전사업 허가에 따른 민원으로 인하여 사업을 포기하는 사례도 있으므로 정부의 신재생에너지 개발정책의 실효성을 높이기 위해 관련법을 획기적으로 개정하면 소수력 개발이 활성화되어 정부가 계획중인 보급목표를 달성할 수 있을 것이다.

정부에서는 Table 3과 같이 2011년까지 80 MW 보급목표를 정하여 추진하고 있으며 발전사업허가 간소화, 건설자금 융자 및 기준가격 등을 도입하여 민간사업자, 기업 및 공공기관의 참여를 유도하고 있다.

4. 소수력 기술 개발현황과 전망

4.1 기술개발현황

소수력 기술개발은 제1차 석유파동이후 에너지 개발의 필요성을 절감한 정부에 의해 추진되었다. 1974년에 “소수력 개발 입지 및 자원조사연구”와 1975년에 “시범 소계국발전소의 연구조사 설계”가 수행되었

Table 3 소수력발전 보급목표량

구 분	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	계
보급대수(기)	5	10	20	35	75	105	150	400
보급용량(MW)	1	2	4	7	15	21	30	80

다. 소수력에 대한 관심은 1978년 제2차 석유파동이후 더욱 고조되면서 1982년에 “소수력발전 개발방안”을 마련하여 민간자본에 의한 소수력발전사업을 할 수 있도록 함으로써 본격적인 기술개발이 착수되었다.

1987년부터 대체에너지개발촉진법에 의거 2004년까지 주로 자원조사, 수차개발 등을 추진하였으나 기술개발투자는 미흡하였다. 소수력기술 개발 현황은 Table 4과 같다.

4.2 주요 핵심기술의 기술수준

4.2.1 개발입지선정 및 사전조사

소수력은 수명이 반영구적인 설비로써 개발입지의 선정 및 사전조사가 면밀히 수행되어야 자원의 최대 활용으로 투자비 감소와 발전소의 가동율 증가로 경제적 타당성이 있다. 국내의 개발입지 선정 및 사전조사 기술은 아시아 개발 도상국 등에 기술자문 및 기술을 지원하는 수준이며 토목 및 시공기술은 선진국과 동등한 수준으로 분석된다.

4.2.2 수차

소수력발전소 건설비의 약25%를 차지하는 수차는 준공 후에도 지속적으로 운영유지 관리하여야 하는 가장 중요한 설비이다. Fig 2는 횡축형 프란시스 수차이다.

수차의 종류는 수차가 회전력을 얻는 방식, 수차의 모양, 수차를 지나는 물의 흐름방향 그리고 회전축이

Table 4 소수력 기술개발 현황

분야	기술 개발 내용
자원 조사	국내 소수력 자원조사 및 평가(1989년~1992년) 하수종말처리장의 소수력발전 타당성조사 환경친화적 소수력자원조사 및 활용기술 개발중
수차 개발	저낙차용 수차개발 카프란 수차 설계기술 및 국산화 개발 튜브형 및 입축 프로펠러 수차개발 프란시스수차 설계기술 및 국산화 개발 프란시스수차 적용 실증연구개발추진중
최적 운용 기술	소수력발전소의 최적 운용기법 개발 및 적용 소수력 발전소의 경쟁력강화에 의한 개발 활성화방안 연구 소수력 발전시스템 무인화설비 및 계통병입 안전장치 개발중

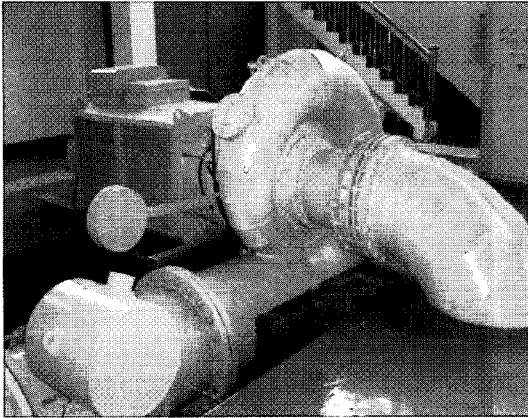


Fig. 2 횡축형 프란시스 수차

놓여 있는 상태 등에 따라 분류한다. 소수력용으로 많이 사용되고 있는 수차는 에너지 발생작용으로 대별하면 반동수차 (Reaction Turbine)와 충동수차 (Impulse Turbine)로 나뉜다. 물이 수차를 통과할 때 압력과 속도를 동시에 이용하여 회전력을 얻는 반동수차는 저낙차와 중낙차에 사용되고, 물의 위치에너지 전부를 운동에너지로 변화시켜 회전력을 얻는 충동수차는 저유량 고낙차에 적합하다. 수차형식은 발전소 건물의 면적, 낙차, 수압철탄관, 수조, 방수로 등의 설계와 수차효율에 영향을 주어 경제성을 지배하는 주요 인이므로 계획단계부터 면밀한 검토가 필요하다. 수력 발전소는 물이 흐르고 낙차가 있는 곳이라면 어디든지 건설할 수 있는 만큼 자연적인 지형조건이 유리한 지점을 선정하고 그 지점에서의 유량과 낙차에 적합한 수차를 선정하여야 한다. 따라서 소수력 개발에 따른 경제성 확보를 위해서는 수차의 선정이 가장 중요하다. 국내의 지형적 특성이나 소수력개발 환경 측면에서 볼 때 소수력 개발지점은 자연환경에 변화를 주는 기존의 일반하천 개발 위주에서 농업용 저수지, 수도용 관로, 하수종말처리장, 기력발전소 냉각수 등 기존 시설물을 이용하는 소용량 저낙차 소수력 개발위주로 진행될 전망이다. 따라서 국내에서 적용 가능한 수차형식은 소용량 저낙차용으로 한정되며, 수차형식 선정이 경제성을 좌우하게 된다. 저낙차의 소수력 수차는 단위 유량당 생산전력이 적어 고낙차에 비해 단위출력당 비용이 많이 소요되나, 개발 지점 선정이 용이하고 환경훼손이 적은 장점이 있다. 이러한 국내의 소수력에 적합한 수차를 선정하는 데는 개발지점의 유량 (Q)이나 정격낙차 (H)를 기초로 하여 효율, 비용 등 많은

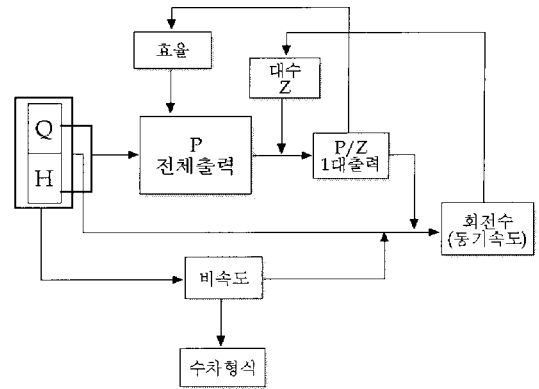


Fig. 3 기본계획 블록선도

파라미터를 고려하여야 한다. 발전입지조건 및 특성을 분석하여 제작업체와의 협조하에 낙차에 맞는 유량조절 필요여부, 가동시간, 발전효율 등을 고려한 개발지점에 적합한 수차를 채용하여야 한다. 그리고 건설비용과 유지보수, 운영비용을 최소화하고 발전편익을 최대화할 수 있어야 한다.

수차는 형식에 따라서 사용할 수 있는 낙차 (H)와 유량 (Q)에 따른 수차 제작회사의 수차선정도를 활용하여 수차형식을 선정한다. 발전지점의 출력과 유효낙차가 결정되면 비속도 (N_s)를 구할 수 있으므로 이에 의해 회전수 (N)를 구한다. 기본계획 블록선도는 Fig 3과 같다.

이때 수차의 회전수를 높게 구하면 발전기가 작아지고 효율이 좋아지며 수차발전기를 소형화할 수 있어 구조물과 건물 또한 줄일 수 있으므로 경제적이다. 따라서 가능한 한 높은 비속도의 수차를 선정하여 실제 수차 회전수를 높이는 것이 바람직하다. 펄턴 수차는 비속도가 적어 100 m 이상의 고낙차에 유리하고 프란시스 수차는 15~200 m의 광범위한 낙차범위에서 유리하며, 비속도가 높고 효율이 좋은 프로펠러 수차는 저낙차 지점에 적합하다. 프로펠러 수차는 대부분의 시간을 런너를 조금 열고 운전해야 하는 경우에는 부적당하나 여러 대의 수차로 부하를 분담 운전하는 경우는 유리하다. 운전시간을 모르는 경우는 근사치를 적용하여 계산한다. 이러한 선정방법에 의해 부적절한 형식의 수차는 고려대상에서 제외하고, 나머지 형식에 대해 즉 어느 형식이 kWh당 비용이 최저가 되며, 가중평균효율이 최고가 되는가를 각각 검토하여 결정해야 한다. 그리고 낙차와 유량, 가동시간 등을 고려한 수차의 효율을 선정요소로 결정해야 한다⁽⁵⁾.

Table 5 수차 설치 현황

제작회사	국 명	수차 대수	발 전 소 명
대양전기	한 국	47	포천,임기,덕송,대아, 경천,성주,운문,횡성, 영천,밀양,안동,용담제2, 무주,안홍,아산,천안,천상, 진해,성남,신천,동화,대곡, 양양
Obermaire	미 국	17	봉화,한석,영월
Flygt	스웨덴	18	동진,방우리,소천,정선,반변
Dependable	캐나다	5	산내,광천,보령제1,부안
Fuji	일 본	6	추산,용담제1
ACEC	벨기에	3	금강
Hitachi	일 본	2	보성강
James Leffel	미 국	2	괴산
Ossberger	독 일	1	산청
ATA	필란드	1	보령제2
계		102	40개소

수차부분은 수차 본체, 입구벨브, 압유장치, 소내 배수장치, 운전제어 장치 등으로 수차설치대수 102기 중에서 국산수차는 47기가 설치되어 운용중이며 수차 설치 현황은 Table 5와 같다.

소수력 발전소에 설치된 수차 설치대수는 총102기 이고 그중 국산 수차는 1986년에 가동된 임기소수력 부터 현재까지 47기에 이른다. 국산 수차가 개발되기 전에는 대부분 외국에서 도입하였기 때문에 고가이었고 유지보수용 부품확보에 어려움이 있었다⁽⁶⁾. 국산 수차는 외국에서 제작한 수차와 비교해서 가격이 비싸고 효율은 대등하지만 설계 및 제작의 품질과 수차 부속설비(개도조절장치, 수밀장치, 냉각설비 등)가 미흡하여 수명과 신뢰성에 대한 지속적인 기술개발이 필요하다.

수차 기술개발은 한국에너지기술연구원에서 추진하여 카플란 수차, 튜블러 수차, 프란시스 수차 설계기술로 많은 부분의 국산화를 이루었고, 현재는 프란시스 수차 실증연구가 진행되고 있다. 이와 같은 국산화 노력으로 카플란, 프란시스, 튜블러 수차는 국산화되었으나 사류수차, 횡류 수차, 펄튼 수차 등은 기술개발이 필요하다.

소수력 자원면에서 다른 나라에 뒤지지 않은 우리나라는 소수력 개발 지점의 특성에 적합한 수차를 개발하여 표준화하고 건설비용을 절감시켜 경제성을 향상시키면 소수력 보급량 목표는 희망적이다. 국내에서는 소수력 개발지점이 많지 않아 주문 생산에 의한

수차발전기를 설계 제작하고 있으나, 선진국에서는 주문생산이 아닌 낙차와 유량에 따라 일괄적으로 대량생산된 수차발전기를 형식별로 표준화하여 보급하고 있다. 따라서 앞으로 다양한 국내 미활용 소수력 개발지점의 특성과 개발조건에 맞는 수차의 표준화 및 간소화 기술을 개발하여 초기 투자비의 20~30%이상을 절감할 수 있도록 산·학·연 협동연구가 절실히 필요하다⁽⁷⁾.

4.2.3 발전기

발전기는 유도발전기와 동기발전기 두종이 사용되고 발전기 본체, 여자장치, 동기장치, 운전제어장치 등으로 구성된다. 소수력 발전소에 설치되어 운전중인 발전기 형식은 Table 6과 같다.

국내에는 소수력 개발시 인·허가의 어려움, 정부의 기준가격 지원제도, 한전의 송전선로 연계로 인하여 시설용량 3,000 kW 이하로 개발되고 있어 유도발전기를 대부분 채용하고 있으며 유도발전기 제작기술은 배어령을 제외하고는 95%이상이 국산화되어 있다. 유도발전기는 발생한 전압, 주파수가 병렬로 연계된 전력계통과 일치하지 않는다. 따라서 유도발전기는 여자장치, 동기투입장치 등이 필요한 동기발전기 보다 구조가 간단하여 유지보수측면에서 경제적이다. 그러나 전력계통과 병렬 투입할 때 전압과 주파수가 일치하지 않아 돌입전류가 발생하기 때문에 발전기의 운용과 접속되는 전력계통에 미치는 영향 등을 충분히 고려하여야 한다. 국산 발전기는 외산에 비해 고정자 권선

Table 6 발전기 형식

구 분	시설용량(kW)	발 전 소
동기기	500이하	포천,추산제2
	1,000이하	덕송,추산제1
	1,500이하	괴산
	3,000이하	보성강
유도기	500이하	임기,소천,방우리,금강,봉화,단양,산내,영월,정선,대아,경천,성주,광천,운문,보령,부안,횡성,영천,안동,안홍,산청,무주,동진,아산,천안,천상,천상,진해,성남,대곡,신천
	1,000이하	반변,밀양,동화,양양
	1,500이하	용담제1
	3,000이하	용담제2

절연과 효율 등이 다소 미흡하다. 발전기 설치대수 102기 중에서 동기발전기는 15기이고 유도발전기는 87기가 운용중이며, 발전기 설치대수 102기중에서 국산 발전기는 69기가 설치되었다. 유도발전기는 여자장치, 동기투입장치 등이 필요한 동기발전기 보다 구조가 간단하여 유지보수측면에서 경제적이다.

4.2.4 원격감시제어설비

소수력은 장기 투자사업으로 미래의 상황을 현재시점에서 경제성을 분석하면 타 신재생에너지원에 비해서 기준가격이 낮아 아직은 불확실한 요소들이 많이 있다. 따라서 소수력 개발을 위한 투자비가 한정된 상태에서 투자의 효용성을 극대화하기 위해서는 사업의 기술적, 경제적 타당성을 분석하는 일이 매우 중요하다. 그리고 준공후의 발전소 운영비용은 소수력개발을 추진하기 전부터 세밀한 검토가 필요하다. 무인 소수력발전소로 구축시 운영유지비용절감에 따른 경제성이 높아 소수력개발이 촉진될 것으로 판단된다.

무인 소수력발전소는 시스템의 안정성 유지가 최대 관건이므로 장애발생의 진단유무와 장애발생에서부터 복구까지 유지보수시간의 단축이 필요하다. 과거에는 발전소별로 사람이 상주하여 관리하였으나, 경제성 확보를 위하여 사람이 상주하지 않은 무인감시제어시스템을 도입하여 운영하는 것이 바람직하다. 무인감시제어 대상설비는 수차발전기는 물론 송변전설비, 취수문 및 방수로의 수문설비, 출입자 감시설비 등이다. 최근 IT기술의 발전으로 권역단위 또는 중앙에서 발전소를 일괄 수행하는 발전통합 통합운영체계 구축이 세계적 추세이며, 우리나라에서도 댐별 발전소 운영을 원격지에서 일괄적으로 수행이 가능하도록 원격감시제어시스템을 구축하여 운영중이다. 이러한 무인화 시스템을 소수력발전소에도 도입하여 구축하면 투자 경제성과 운영관리 효율성을 높일 수 있다고 판단된다⁽⁷⁾.

4.3 국외 기술선도국과의 비교

선진국의 경우 1970년대에 두 차례의 석유파동이후 정부가 소수력 기술개발에 집중적으로 투자하여 1990년초에 낙차와 유량에 따라 표준범위에 적합한 수차를 형식별로 표준화하고 대량생산에 의한 수차 건설비용을 절감하여 경제성을 향상시켰고 가능한 자원개발을 강력하게 지원하고 있다.

1990년대부터 기후변화협약에 따른 환경문제와 신·재생에너지 이용의 중요성이 강조되면서 청정에너지인 소수력을 개발하는 나라들이 늘어났고 각 나라마다 여러가지 활성화 정책을 시행하고 있으며, 수차발전기의 표준화 기술향상과 시스템운용의 자동화 등의 기술개발로 경제성이 확보되어 보급이 확대되어 가는 추세이다.

국내의 소수력발전시스템의 기술수준은 선진국에 비해 전반적으로 뒤쳐져 있고 소수력 자원조사 및 활용기술은 선진국과의 기술격차는 적으나 핵심 소재나 수차 설계제작 기술과 성능측정 및 인증시험 분야는 선진국과의 기술격차가 더 많이 나고 있는 실정이다. 수차의 일부형식은 중소기업에서 설계기술과 제작기술의 국산화가 완료되어 보급하고 있으나, 국내의 자본과 기술력이 있는 대기업에서 소수력발전시스템을 국산화하여 국제 경쟁력을 갖출 수 있도록 참여를 유도하는 정책이 필요하다.

4.4 주요핵심기술 개발

소수력 발전기술을 선진국 수준으로 조기에 진입하기 위해서는 기술개발에 집중할 필요가 있다. 소수력은 투자비의 회수기간을 고려할 때 민간 자본의 시설 투자만으로 보급을 증대해 나가는 어려우므로 자원조사 및 원천기술 개발을 정부가 지원하고 소수력발전 시설에 시설투자할 수 있도록 지원제도를 강화하고 합리적인 제도개선을 할 필요가 있다.

소수력 개발 보급을 위해 향후 추진되어야 할 주요 핵심기술 개발 내용은 다음과 같다.

- ① 소수력 자원조사 및 활용기술개발
- ② 수차발전기의 국산화 및 표준화 기술개발
- ③ 계통보호 및 자동화 기술개발
- ④ 수차발전설비 성능시험인증센터 구축 및 운영
- ⑤ 친환경 소수력 개발을 위한 환경관련 연구
- ⑥ 소수력 개발 활성화를 위한 제도개선

위와 같은 기술개발과 더불어 소수력 발전의 확대를 도모하기 위한 정책이 필요하다.

소수력발전 보급계획 목표를 달성하기 위하여 관련 기술을 보유하고 시스템을 국산화하도록 정부의 정책적인 기술개발 지원이 필요하다. 소수력발전 기술은 큰 투자 소요액, 긴 투자회수기간, 초기시장의 불확실

성으로 인해 민간 자본이 독자적으로 투자를 하기에는 아직 어려운 실정이다. 그래서 선진국에서도 정부주도로 표준화를 지원하여 기술개발을 완료하고 보급확산에 주력하고 있는 것이다. 따라서 선진국의 연구 자료와 기술을 분석하여 산·학·연 공동 기술개발에 따른 협력을 강화하여 원천기술을 확보하고 핵심기술을 개발하기 위한 노력이 필요하다. 그리고 국제적 연구조직인 국제협력망(International Network) 또는 IEA 등에 적극 참여하고 기술교류 및 국제협력을 강화하여 선진기술 습득이 요구된다.

5. 맺음말

소수력은 국내 부존 자원량에 비해서 경제성이 부족하여 개발이 미진하였지만 정부의 지원정책으로 개발여건이 유리하게 조성되고 있다. 최근에는 공공기관에서 민원발생 우려가 없는 기존 시설물을 이용한 소수력을 개발하여 개발 타당성이 입증되고 있다.

소수력 개발을 활성화하기 위해서는 철저한 사전 조사계획으로 개발 후보지의 경제성 확보가 중요하다. 소수력 개발은 장기 투자사업으로 투자비가 한정된 상태에서 투자의 효용성을 극대화하기 위한 발전방식, 시설용량, 수차발전기 형식, 발전소 운영방법 등에 대한 기술을 제고시켜 소수력 발전소의 건설비용과 상업발전개시후의 운영비용 절감으로 경제성을 높여야 한다. 소수력발전소에 최신 IT기술을 접목시켜 무인자동화 시스템으로 구축하면 상업발전개시후의 운영비용 절감으로 경제성을 높일 수 있다.

따라서 일반 하천이나 기존 시설물을 이용한 농업용 저수지, 수도용 관로, 하수종말처리장, 기력 발전소의 냉각수 등 다양한 국내의 소수력 자원 특성에 적합한 수차발전기의 국산화 개발과 표준화 기술을 개발하여 원가를 절감하여야 한다. 이를 위해서는 산·학·연 협동으로 우리나라 특성에 적합하고 효율이 높은 수차발전기뿐 만 아니라 보조설비 및 제어설비의 간소화

기술을 개발하고 표준화하여야 한다. 또한, 인·허가 절차의 획기적인 간소화와 비용절감을 위한 소수력발전소의 무인자동화가 가능하도록 전기사업법 개정 및 개발보급을 위한 관련법령 개정이 필요하다. 부족한 에너지를 일부 분담하고 환경오염을 덜게 하는 효과가 있는 소수력 개발을 위하여 차액지원기준가격 재산정을 통한 소수력의 적정기준가격 현실화와 총 건설비의 30%수준까지 보조금 지원 등 정부의 제도적 뒷받침이 있을 경우 정부에서 계획하고 있는 소수력 보급목표달성이 가능할 것으로 판단된다.

참고문헌

- (1) “기후변화 협약과 우리의 대응”, 산업자원부, p.38, 2004.04
- (2) SHINJI KATO, NOBUKAZU HOSHI, & KUNIOMI OGUCHI “Small-Scale Hydro-power” IEEE Industry Applications Magazine, pp. 32~38, 2003.08
- (3) 日本 新 Energy-産業技術綜合開發機構NEDO :New Energy and Industrial Technology Development Organization), “Micro 水力發電 導入 Guide Book”, pp. 5~54, 2003.03
- (4) 소수력기술연구회, “소수력기술연구회활동결과보고서”, 신재생에너지센터, p. 22, 2005.09,
- (5) 이경배, 이은용, “소수력 수차발전기 선정 주요안점”, 2005년 한국신재생에너지학회 춘계학술대회논문집, pp. 452~455, 2005.06
- (6) 박완순, 이철형, “소수력발전소의 경쟁력강화에 의한 개발 활성화방안 연구”, 산업자원부, 1999-N-SH08-P-06, pp. 30~37, 1999.12
- (7) 이경배, “소수력 수차발전기의 선정과 무인화 운영기술”, 충남대학교 대학원 석사학위논문, pp. 22~37, 2004.12



국내 수처리 설비 기술 현황

- 수처리장의 세정식 집진장치 개발 적용
- 수질에 따른 응집제 주입 자동운영 방안
- 상수도의 저용해성 액체 정량투입 방안 연구
- 국내 하수처리장 자외선 소독조 운영실태 및 기술동향

