

소수력 기술개발 현황 및 향후 추진방향

이관세

1. 소수력발전의 개요

수력발전은 물의 위치에너지인 낙차를 이용하여 수차와 같은 유체기계에 회전력을 발생시켜 전기를 생산하는 기술로, 하천이나 수로에 댐이나 보를 설치하거나 수리시설을 활용하여 전력을 생산하는 가장 일반적인 발전기술이다.

수력발전은 이산화탄소를 배출하지 않는 청정에너지이며, 타 신재생에너지원에 비해 에너지밀도가 높아 발전효율이 우수하고, 발전설비가 비교적 간단하여 설치 및 유지관리가 용이한 장점이 있다. 또한 농업용수 시설이나 상·하수도시설 등 기존 수리시설을 이용한 발전계획이 가능한 것도 큰 장점이다.

신재생에너지의 범주에는 큰 하천을 이용하는 대수력발전과 작은 하천 및 수리시설을 활용한 소수력발전이 모두 포함되고 있다. 그러나, 신재생에너지로서의 연구개발 및 보급 대상은 주로 1만kW이하 또는 5천kW이하의 소수력발전을 대상으로 하고 있어서, 본 내용에서는 주로 소수력발전 기술에 대하여 소개하고자 한다.

2. 국내 보급 현황

우리나라의 수력발전 보급량은 전체 신재생에너지 보급량의 약 17%에 이르고 있다. 이는 폐기물에 이어 두 번째로 높은 비중으로 타 에너지원에 비해 월등히 높은 비중을 담당하고 있다.

에너지관리공단 신재생에너지센터 신재생에너지개발실장

<표 1> 국내 소수력발전 보급현황

구 분	개소	설비용량 (kW)	점유율 (%)
민간 발전사업자	16	28,609	43.8
한국수자원공사	16	15,434	23.6
한전 및 발전회사	8	14,145	21.6
지자체	5	475	0.7
한국농촌공사	6	6,749	10.3
계	51	65,412	100

전체 수력발전의 비중에서 대수력을 제외한 소수력발전의 경우 총 51개 지점에 65,412kW 설비용량이 보급되었으며, 이 설비로 생산되는 연간 전기생산량은 157,279MWh 규모이다.

현재 민간 발전사업자의 비중은 44%에 달하고 있으나, 그 비중이 좀처럼 확대되지 못하고 있는 실정이다. 그 이유는, 초기투자비용이 많이 들고 하천이용을 위한 인허가가 어려우며 각종 민원발생 잦아 개인사업자가 참여를 꺼리고 있기 때문이다. 이 때문에 현재는 수리시설을 소유하고 있는 한국수자원공사, 한국농촌공사 등 공기업과 지방자치단체를 중심으로 보급을 확대하고 있다.

정부에서는 소수력발전의 보급을 확대하기 위해 신재생에너지 보급을 위한 다양한 지원제도에 수력부문의 지원을 포함시키고 있다.

그 일환으로 발전사업자에게 장기저리의 자금을 융자해 주어 초기투자비에 대한 부담을 덜어주기 위한 융자지원제도를 실시하고 있다. 지난 2007년 준공된 경기도 연천의 고문소수력발전의 경우 초기투자비의 약 60%정도를 정부에서 융자지원하여 추진된 사업이다.

특히, 수력발전을 상업발전으로 활용 가능토록 하기 위해 발전차액지원제도를 통해 자금지원을 확대하고 있다. 발전차액지원제도는 발전사업자가 신재생에너지 설비를 이용하여 발전을 할 경우, 발전단가(SMP)에 일정금액을 더하여 지급해 주는 제도로서 발전사업자가 안정적인 수익을 올릴 수 있도록 지원하는 제도이다. 최근에는 고정요금과 변동요금을 선택할 수 있도록 하여 발전사업자가 수익성을 극대화할 수 있도록 하였다.

3. 그간의 기술개발 추진현황

정부에서는 제1차 석유과동 후 1987년부터 '대체에너지개발촉진법'에 의거하여 소수력 부문을 신재생에너지 분야로 지정하고 본격적인 기술개발을 시작하였다.

그 후 1978년 제2차 석유과동을 겪으면서 1982년 '소수력발전 개발방안'을 마련하여 민간자본에 의한 소수력 발전소 건설을 유도하였으며, 에너지 자립도 향상 및 대체에너지 개발을 위한 '대체에너지개발 촉진법(1978.12) 및 동법시행령(1988.5)'를 제정·공포하여 정부주도로 소수력 개발에 관한 연구를 지원할 수 있도록 하였다. 이때부터 본격적인 기술개발이 시작되어, 현재는 신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급 촉진법에 의하여 소수력발전의 기술개발을 추진하고 있다.

정부와 에너지관리공단 신재생에너지센터에서는 1988년부터 지금까지 24개 과제에 50여억원을 지원하여 소수력발전 기술개발을 추진해왔다. 타 분야에 비하여 지원이 적은 것이 사실이지만, 주요 지원대상 및 핵심기술을 면밀히 분석하여 지원함으로써 국내 소수력 저변확대와 설비 및 기술의 국산화에 기여하고 있다.

<표 2> 수력부문 발전차액 적용기준

적용설비용량기준	구 분		기준가격(원/kWh)	
			고정요금	변동요금
5MW이하	일반	1MW이상	86.04	SMP+15
		1MW미만	94.64	SMP+20
	기타	1MW이상	66.18	SMP+ 5
		1MW미만	72.80	SMP+10

<표 3> 소수력부문 국내 기술수준

(전문가 설문조사결과, 2007년)

핵심기술	비중 (%)	국내 수준 (%)	세부 기술	비중 (%)	국내 수준 (%)
소수력 자원조사 및 활용기술	30	75.4	자원조사 및 분석기술	30	75.2
			기존 시설물 이용기술	40	74.7
			일반하천 이용기술	30	76.4
소수력발전 설비의 국산화 및 표준화기술	60	70.3	형식별 수차설계기술	40	69.3
			발전기 설계기술	20	80.8
			표준화 및 간소화기술	25	66.0
			수명평가기술	5	63.1
			성능진단기술	5	67.7
계통보호 및 자동화기술	10	78.8	무인 자동화시스템기술	50	81.9
			상시 감시진단기술	25	72.1
			수매전반 간소화 기술	25	79.2
계	100	72.7		100	72.7

정부의 지속적인 지원과 함께 산·학·연의 꾸준한 연구개발로 현재 소수력발전 부문의 국내 기술수준은 선진국에 비하여 약 73% 수준을 보이고 있다.

그러나, 핵심소재나 수차제작기술, 그리고 성능측정 및 인증시험 분야는 선진국과 비교적 큰 격차를 보이고 있어 이 부문에 대한 적극적인 연구개발이 필요한 상황이다.

그동안 소수력 부문의 기술개발은 주로 친환경 수력에너지의 개발, 발전설비의 국산화, 자동화 및 최적 운영, 표준화 및 간소화 등에 초점을 두고 추진해 왔다.

먼저, 국내 소수력발전의 자원조사 부문에서는 1974년 '소수력발전 입지조사(한국원자력연구소)'를 시작으로 '국내 소수력 자원조사 및 평가(한국에너지기술연구원)', '환경친화적 소수력 자원 조사 및 활용기술개발(한국에너지기술연구원)' 등을 통해 활용 가능한 국내 소수력 자원 분포를 면밀히 파악해오고 있다.

소수력 기술개발 현황 및 향후 추진방향

<표 4> 국내 소수력발전 잠재량

구 분	지점수	개발가능 용량(kW)
일반하천	120	1,412,500
하수처리장	63	5,300
정수장	58	2,500
농업용저수지	163	48,000
농업용보	18,252	5,000
다목적댐의 용수로	6	6,744
양식장의 순환수, 양수발전소 하부댐, 기력발전소의 냉각수 이용 등	25~30	19,956
합 계		1,500,000

<표 5> 국내 소수력발전 수차보급 현황

수차업체별	국가	국내 보급대수
대양전기	대한민국	32
Flygt	스웨덴	5
Dependable	캐나다	4
Obermaire	미국	3
Fuji/Hitachi/Toshiba	일본	4
James Leffel/Ossberger	독일	3
ACEC	벨기에	1
ATA	핀란드	1

수차개발 부문에서는 지속적인 연구개발을 통해 국내 보급수차의 상당부분을 국산화 하는데 성공하였다.

1999년까지 카플란 수차, 튜블러 수차, 프로펠러 수차, 프란시스 수차를 국산화 개발하였으며, 2002년도에는 농업용저수지 및 다목적댐을 이용하기 위한 '중·저낙차용 프란시스 수차개발(대양전기)'에 착수하여 현재 울현 저수지에서 실증연구(한국에너지기술연구원)를 완료하였다.

더불어 '소수력 수차 축변위 추적식 수차 봉수장치 개발(대양산업)'을 통해 요소기술의 국산화를 추진하였으며, 최근에는 '팩지형 50kW급 소형 수차발전시스템 개발(효성에바라)' 및 '수도관 차압을 이용한 마이크로 소수력발전 실용화 기술개발(신한정공)'을 통해, 기존 수리시설에 접목이 가능하며 보급 활용도가 높은 수차를 집중 개발하고 있다.

<표 6> 프란시스 수차의 실증연구 재원

구 분	재원
수차형식	프란시스
발전용량	210kW
연간발전량	465MWh
유효낙차	24m
사용수량	1.1m ³

<표 7> 국산 중·저낙차 프란시스수차 보급현황

보급처	보급용량
양양소수력	700kW 2기
동화댐	800kW, 200kW 각1기
하동댐	660kW, 260kW 각1기
담양댐	1180kW, 94kW 각1기
보령 제2소수력	565kW 1기
원정수 소수력	300kW 2기
계	5,759kW, 11기

최적 운용기술 부분에서는 '소수력발전소의 경쟁력 강화에 의한 개발활성화방안 연구'를 통해 소수력발전의 산업화 방안을 연구하였으며, '소수력발전시스템 무인화설비 및 계통 병입 안전장치개발(대양전기)' 및 '무인화설비 실증연구(대양전기)'를 통해 운영효율화를 위한 연구를 강화하고 있다.

또한, '소수력용 고기능 친환경 RubberDam 기술개발(화승소재)'등을 통해 초기투자비를 절감하고 환경친화적인 설비기술을 확보하기 위한 연구를 활발히 추진하고 있다.

4. 최근 기술개발 동향

4.1 프란시스 수차의 실증연구

'프란시스수차의 실증연구(한국에너지기술연구원)'는 중·저낙차용 프란시스수차의 설계기술 및 신뢰성을 향상하고, 설계제작 표준화를 통한 수차제작비 절감을 유도하기 위해 추진하는 실증과제이다.

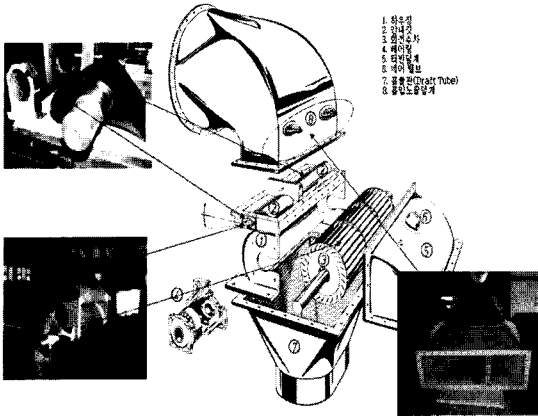


Fig. 1 팩키지형 소형수차발전시스템 이미지

본 과제는 개발이 완료된 프란시스 수차를 실제 제작하여 설치하고, 수차운전제어 및 모니터링을 통해 수차 상용화 데이터를 도출하여 프란시스 수차의 최적화된 프란시스 수차 시스템을 완성하고자 하는 과제로, 경남산청의 울현 저수지에서 실증연구를 추진하였다.

신재생에너지 기술개발사업을 통해 국산화를 완료한 중·저낙차용 프란시스 수차는 현재까지 전국에 총 11기 5,759kW의 용량이 보급되어 국내 소수력 산업의 활성화와 외화절감에 크게 기여하고 있다.

4.2 소수력발전시스템 무인화설비 실증연구

‘소수력발전시스템 무인화설비 실증연구(대양전기)’는 ‘소수력 발전시스템 무인화설비 및 계통병입 안전장치 개발’에 이은 실증연구과제로, 인터넷, PDA, 문자메시지 등을 활용하여 소수력발전시스템의 모니터링뿐만 아니라, 운전제어까지 가능한 ‘무인운전시스템’의 신뢰성을 확보하기 위한 과제이다.

무인운전시스템이 확보될 경우, 인건비 절감 및 편리한 모니터링 및 컨트롤을 통해 사업성 개선의 효과를 얻을 수 있다. 동 과제는 경기도 연천의 고문 소수력 발전소에서 장소를 제공하여 추진 중이다.

4.3 팩키지형 50kW급 소형 수차발전시스템 개발

‘팩키지형 50kW급 소형 수차발전시스템 개발(효성에바라)’는 중·저낙차에 적합하고 넓은 범위와 유량변동에 적용이 가능한 횡류형 수차(banki수차)를 개발하

고, 그에 따른 소수력발전설비(수차, 발전기 및 계통병입장치)를 팩키지형으로 일체화하여 대량생산이 가능토록 하기 위한 기술이다.

이 기술이 개발될 경우 저낙차이면서 유량변동이 커서 소수력발전을 설치하기가 어려웠던 site에 소수력발전의 적용이 가능하여, 양식장, 정수장, 농업용 보, 저수지 등 1,100여개에 달하는 국내 저낙차 site에 충분히 활용될 것으로 기대된다.

4.3 수도관 차압을 이용한 마이크로 소수력발전 실용화 기술개발

‘수도관 차압을 이용한 마이크로 소수력발전 실용화 기술개발(신한정공)’은 현재 미활용되고 있는 수도관관로 말단부의 관압을 이용한 소수력발전 기술로, 정수장의 유입말단부, 하수처리장, 공장순환수, 터널의 용출수 방출관 등을 이용하여 발전이 가능한 기술이다.

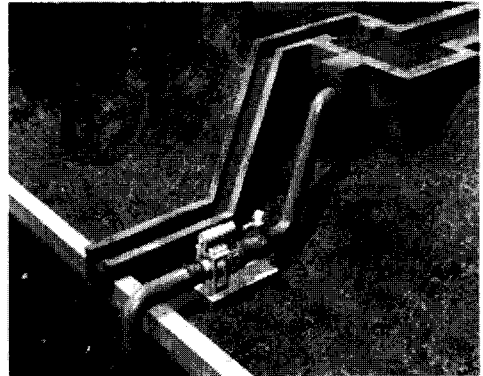


Fig. 2 정수장의 수도관로 말단부 이미지

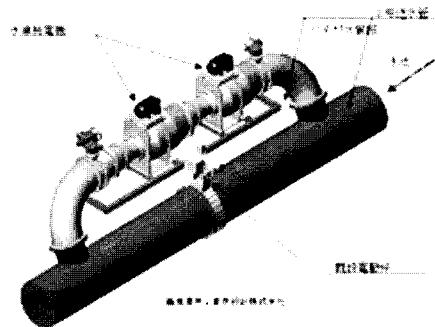


Fig. 3 바이패스관을 통해 수차를 설치한 모습

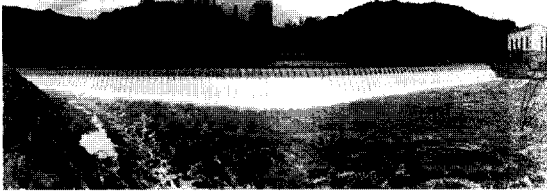


Fig. 4 폭 190m의 세계 최장 일체형 Rubber Dam (Ebro river, 스페인)

기존 수리시설에 바이패스 관만 연결하여 사용하므로 시설비가 대폭 절감되며, 특히 상수도를 이용한 발전은 연간 가동율이 90%이상(일반:30~40%)이 될 것으로 보여 경제성이 매우 우수할 것으로 기대된다.

4.5 소수력용 고기능성 친환경 Rubber Dam 개발

‘소수력용 고기능성 친환경 Rubber Dam 개발(화승소재)’는 수평도복이 가능하고 통기핀 일체형인 고기능성 친환경 Rubber Dam을 개발하기 위한 과제이다.

Rubber Dam은 기존 콘크리트 보에 비해 시설비가 훨씬 저렴할 뿐만 아니라 퇴적물을 최소화 하고 통기핀을 통한 수질개선효과도 탁월하다. 또한 도복을 쉽게 조절할 수 있어 홍수조절기능이 우수하며, 미관도 훌륭하다. 환경친화적인 소수력발전 시스템을 위해서는 반드시 국산화 되어야 할 기술이다.

현재 고무판체의 개선을 통한 내구성 및 내마모성을 향상시키고, 진동으로 인한 피해를 줄이기 위해 수평도복이 가능도록 하며, 고무판체와 통기핀을 일체형으로 제작하여 수중보의 안전성을 확보하기 위한 연구가 진행되고 있다.

5. 중장기 RD&D 추진전략 및 목표설정

신재생에너지처럼 기술기반이 취약한 분야일수록 중장기적으로 올바른 목표설정과 그 목표달성을 위한 체계적인 접근이 매우 중요하다. 자칫 잘못된 방향으로 추진할 경우, 지나간 세월과 노력이 모두 수포로 돌아갈 수 있기 때문이다.

에너지관리공단 신재생에너지센터에서는 향후 산업의 한 축으로 성장할 수 있는 신재생에너지 기술개발의 올바른 방향설정을 위하여 지난해 말, 분야별 학제,

연구계, 산업계 전문가와 함께 11개 신재생에너지 부문에 대한 2030년까지의 중장기 기술개발 목표 및 추진계획을 정립하였다(신재생에너지RD&D전략2030).

소수력 분야에 대해서도 기본 방향을 국내 부존자원의 최대활용과 소수력발전 기술 확보, 수차발전기 국산화 및 표준화, 소수력발전의 원천기술 확보 등으로 설정하고, 단기·중기·장기에 걸친 구체적 개발목표를 수립하였다. 최종적으로는 핵심기술의 국산화 완료 및 해외시장 개척을 위한 전략목표를 세우고 단계적 추진계획도 마련하였다.

우선 2012년까지 단기적인 목표로는

- 조사 Package Tool 개발과 이를 이용한 권역별 및 미활용 자원 조사
- 마이크로/피코급 수차 및 가변속 발전기 국산화 개발
- 무인화, 자동화를 위한 상시감시 진단기술 실용화
- 성능평가센터 구축을 통한 기기 성능의 인증 등, 설비와 시스템의 국산화를 통해 초기 투자비용의 절감을 피하여 소수력발전의 활성화를 도모하기 위한 기술개발을 계획하였다.

2013년부터 2020년까지 중기적 개발목표로는

- 북한지역 및 기존 시설물을 이용한 소수력 자원 조사 확대
- Fish-friendly 터빈 및 어도 설계기법 개발
- 마이크로/피코급 수차발전기의 국산화 개발
- 온라인 상시통합 감시진단 시스템 개발
- 수명관리 및 예측기술 개발

등을 통해 친환경적인 설계기법 개발 및 표준화를 완성하고, 소규모 수차발전기의 국산화 및 시스템의 표준화를 통해 북한, 동남아 등에 부품 및 시스템을 수출하는 수출산업으로의 육성을 유도할 계획이다.

또한, 2021년부터 2030년까지 장기 플랜으로는

- 수도시설을 활용한 도시지역 소수력발전 기술개발
 - 국제표준화 적용 및 연계
 - 타 에너지원과의 연동을 위한 차세대 통합운영기술 확보
 - 수차관련 장비의 개보수 및 현대화 기술 확보
- 등의 연구를 통해 소수력발전 기술의 고도화와 이를 바탕으로 타 에너지원과의 연동을 위한 차세대 통

합운영 기술 및 현대화 기술을 확보하여 효율적이고 복잡한 소수력발전시스템을 완성코자하는 계획이다.

6. 맺음말

신재생에너지 기술개발사업에서 소수력부문은 가장 낮은 비중을 차지하고 있다. 지원비율은 전체의 0.8%에 그치는 수준이다. 소수력부문의 사업성이 좋지 못하고 관련 산업이 정체되어 있어 기술개발 지원도 상대적으로 낮은 수준에 그치고 있는 것이다.

관련 산업이 활성화되지 못하는 원인으로는 먼저 낮은 경제성을 들 수 있다. 초기 건설비용이 350만원/kW에 달하여 사업을 위해 섯업도가 나지 않기도 하고, 우리나라의 경우 여건상 여름철에 호우가 집중되어 수자원이 연속적이지 않다는 단점도 있다.

무엇보다 각종 인허가와 인근 주민의 민원 때문에 많은 비용을 투자하여 사업자로 나서기가 어려운 상황이다. 때문에 최근에는 공공기관 및 지자체에서 보급하는 용량이 대부분을 차지하고 있다.

이렇듯 보급시장이 협소하다보니 국내 산업기반은 취약하고 주문생산으로 설비의 저가화가 어려워 경제성 확보가 어려운 상황이다.

그러나 우리 주위를 돌아보면 취정수장, 양어장, 방류수로 등에서 낭비되고 있는 수자원이 대단히 많다. 기존구조물에서 바로 이용이 가능한 소수력자원만 해도 1,100여개에 약20만kW에 달한다. 이를 잘 이용하면 적은 비용으로도 충분한 발전량을 얻을 수 있어 사업성도 기대해 볼 수 있는 것이다.

아울러, 소수력발전사업을 CDM사업으로 연계하여 배출권거래를 통한 수익창출을 꾀할 수도 있다. 실제로 한국남동발전에서 운용중인 삼천포 해양소수력발전소에서는 이산화탄소(CO₂)배출권을 국제 온라인 시장에 내놓아 5년간 약20억원 규모의 수익을 얻게 될 전망이다. 우리나라가 국제 탄소시장에서 아직까지 개도국의 잇점을 안고 있기 때문에, 배출권거래는 알짜 수익원이 될 수 있다.

최근 국제유가가 배럴당 150달러에 육박을 하는 등 급박한 변동성을 보이고 있다. 어느 때보다 에너지 절약과 신재생에너지의 중요성이 더욱 부각되고 있다.

주위에 낭비되고 버려지는 에너지를 되돌려 이용가능한 에너지로 만들어 내는 것은 고유가시대에 참으로 가치있는 일이 아닐 수 없다. 소수력발전은 낭비되는 에너지를 재생해낼 수 있는 가장 용이한 발전기술이라는데 큰 의미가 있다 하겠다.