

03 소수력

농업용수로 전기를 만든다



연합포토

글_ 이경배 한국수자원공사 주암댐관리단 소장 leekb@kowaco.or.kr

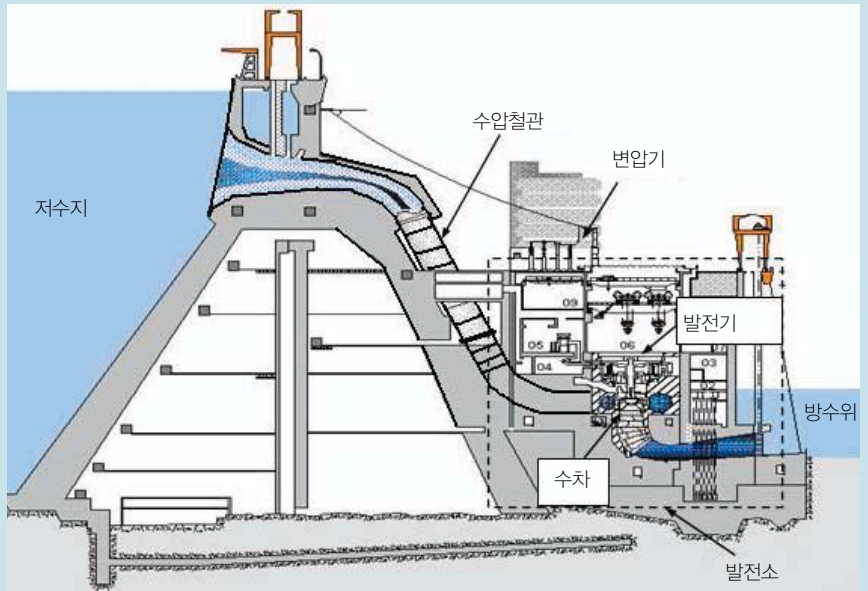
에너지 자원의 절대부족으로 국내 수요의 97% 이상을 해외에서 수입해야 하는 우리 나라는 탄산가스 규제와 기후변화협약에 따르고 화석에너지의 고갈에 대비하며 환경오염 및 지구온난화에 대처하기 위하여 신·재생에너지를 개발하여 보급률을 높히려는 국가정책이 마련되었다. 2006년까지 1차 에너지 소비량의 3%, 2011년까지는 5% 목표로 중장기 신·재생에너지 기본계획을 구체적으

로 수립하여 추진하고 있다.

신·재생에너지의 한 분야인 소수력은 발전시설용량 1만kW 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.

최근 유가 급등으로 인해 안정된 전력

의 확보라는 관점에서 자연의 순환에너지인 물을 이용한 수력발전개발의 필요성이 확대되고 있으나, 전세계적으로 대규모 수력발전 개발지점은 한정되어 있고 환경보호 때문에 저수를 위한 댐 공사가 점점 어려워지고 있다. 그러나 소규모 수력발전 개발지점은 많이 남아 있다. 소수력발전은 무공해 청정에너지 개발과 연계한 관광자원화와 주변의 수질개선과 환경생태계 보전이라는 일석이조의 수자원 활용



〈그림 1〉 소수력발전소의 단면도

사업으로 떠오르고 있다.

우리 나라에서의 소수력 개발은 산과 계곡이 많은 지역적 특성을 이용하여 소하천을 이용한 발전방식이 주종을 이루었으나, 개발지역 주변 지역민의 각종 민원과 경제성 부족으로 개발 가능량에 비해 소수력 개발이 원활하게 이루어지지 않았다. 소수력을 개발하기 위해서는 기존 상하수도 시설물을 비롯한 농업용저수지, 기력발전소 등 개발지점의 특성, 발전방

식, 시설용량과 가동률 등을 고려하여 경제성이 높은 지점을 개발하기 위한 노력이 필요하다. 최근에 수차발전기의 국산화와 정부의 보급·확대정책 등으로 공공기관에서 기존 시설물을 이용한 소수력 개발이 활발하게 추진되고 있다. 이와 같은 소수력 개발결과 총발전시설용량 5만 3천438kW의 40개 소수력 발전소가 가동 중에 있다. 그러나 이는 국내 부존 잠재량의 3.6%, 개발 가능량의 23.5% 정도밖에 안되는 양으로서 소수력 에너지의 활용 확대를 위해서는 국민의 인식변화, 관련 기술개발, 정부의 제도적 기반 확충 및 관련산업의 육성 등 다각적인 노력이 필요하다.

소수력발전소의 경제성을 향상시키기 위하여 하수처리장과 정수장, 양어장, 기력발전소 등에서 방류되는 미활용 소수력 자원에 대한 소수력 기술개발을 통하여 초기 투자비용을 크게 절감하여 경제성 있는 소수력자원 개발을 유도하여야 한다

소규모 수력발전으로 수질개선·생태계 보존

우리 나라에서의 소수력 (Small Hydropower)이라 함은 신·재생에너지 개발 및 이용·보급촉진법시행규칙에 물의 유동에너지를 이용하여 시설용량 1만 kW이하의 발전을 하는 설비를 말한다. 미국은 시설용량 1만5천kW 이하, 중국은 시설용량 2만5천kW 이하를 소수력이라 정의하고 있다. 시설용량에 따라 세분하면 마이크로 수력은 100kW 이하, 미니 수력은 100kW 이상~1천kW 이하, 소수력은 1천kW 이상~1만kW 이하로 분류한다.

소수력발전은 〈그림1〉과 같이 높은 위치에 있는 하천이나 저수지의 물을 낙차에 의한 위치에너지를 이용하여 수차의 회전력을 발생시키고 수차와 직결되어 있는 발전기로 전기에너지를 생산하는 방식이다. 수차를 회전시키는 물의 유량이 많고, 낙차가 클수록 시설용량이 커지고 전력량도 그만큼 커진다.

우리 나라는 연평균 강수량이 1천274

mm로서, 강수량이 풍부하고 전국토의 2/3가 산지로 구성되어 있어 지형과 수문학적으로 일반 하천, 농업용수, 관개용수, 하수처리장의 방류수, 수도용 관로, 기력발전소의 해수 방류수, 양어장의 순환수 등 미활용 소수력 자원이 많이 부존하고 있다. 우리 나라 특성에 적합한 수차발전기를 표준화하여 건설비용을 절감하고 최신 IT기술을 접목한 발전소의 무인화 운영기술을 도입하여 운영비용을 절감하는 등 시설용량이 적은 소수력 발전소의 경제성을 향상시키면 소수력 개발목표를 쉽게 달성할 수 있을 것이다.

소수력 발전은 국내 부존자원을 활용하여 전력을 생산하며 운영비가 저렴하다는 장점이 있는 반면 대수력이나 양수발전과 같이 침투부하에 대한 기여도가 적고 초기 건설비 투자의 부담이 크며 발전량이 계절과 강수량에 따라 변동이 많다는 약점이 있다. 그러나 화력 및 원자력과 비교할 때 환경에 대한 영향이 거의 없는 청정 에너지이고, 초기의 투자비에 비하여 유지관리비용이 아주 적으며, 지역의 특성 및 개발형식에 따라 경제성이 달라질 수 있으므로 에너지 자원이 빈약하여 대부분 석유수입에 의존하는 우리 나라는 각 지역에 산재한 미활용에너지인 소수력의 활용방안 마련이 필요하다.

소수력은 계획, 설계, 시공 등을 포함한 공사기간이 1년 이내로 타 신·재생에너지원에 비하여 단기간에 에너지 생산이 가능하고 환경 친화적인 에너지이며 일부형식을 제외하고는 수차발전기의 국산화로 기존 시설물을 활용하면 초기 투자비용의 절감과 환경훼손의 최소화를 기할 수 있다.

이와 같이 소수력은 환경에 대한 영향

이 상대적으로 적은 청정에너지이면서 에너지 밀도가 높고 지역의 분산전원에 기여할 수 있는 유용한 자원으로 평가되기 때문에 선진 외국에서도 기술개발에 노력하며 소수력 개발 지원사업이 활발하게 진행되고 있다.

우리 나라에서도 신·재생에너지의 한 분야인 소수력이 원활하게 개발될 수 있도록 정부에서는 2011년까지 543mw 보급 목표를 정하여 추진하고 있으며 발전사업 허가 간소화, 건설자금 융자 및 기준가격 등을 도입하여 개인, 기업 및 공공기관의 참여를 유도하고 있다.

소수력 발전량 연간 1천억6천600만kWh

우리 나라의 소수력 개발은 제1차 석유 파동 이후 에너지 개발의 필요성을 절감한 정부에 의해 추진되었다. 1974년에 ‘소수력 개발 입지 및 자원조사’에서 개발 가능한 소수력 부존자원이 2천400개 지점에 시설용량은 58만3천kWh로 조사되었다. 1975년에 ‘시범 소계곡발전소의 연구조사 설계’가 수행되었으며, 강원도 횡성군 안흥소수력발전소(시설용량450kW)가 1978년에 최초로 준공되었다. 소수력에 대한 관심은 1978년 제2차 석유파동 이후 더욱 고조되면서 1982년에 ‘소수력 발전 개발방안’을 마련하여 민간자본에 의한 소수력발전소 건설을 유도하였다.

1982년부터 1984년까지 국내에서 소수력발전 개발이 가능한 유망 후보지의 자원을 실측하여 실제적인 소수력 부존자원을 조사한 결과, 개발 가능한 지점은 49개소에 시설용량은 6만786kW로 조사되었다. 에너지 자립도 향상 및 대체에너지 개발을 위한 ‘대체에너지 개발촉진법(1987.12) 및 동법시행령(1988. 5)’을 제

정·공포하고 정부주도로 소수력 개발에 관한 연구를 지원하게 되었다.

소수력개발 현황은 개인사업자 14개소, 한국수자원공사 12개소, 한국전력공사 및 자회사 7개소, 지자체 5개소(하수종말처리장 4개소, 정수장 1개소), 농업기반공사 2개소 등을 합하여 총 40개소가 가동중이다. 일반 하천의 이용은 12개소, 기존 댐 이용은 14개소, 저수지의 이용은 5개소, 하수종말처리장 4개소, 정수장 2개소, 양수발전소의 하천방류수 3개소 등이다. 시설용량 100kW 이하가 3개소, 1천kW 이하가 12개소, 1만kW 이하가 25개소이며, 총 시설용량은 5만3천438kW로서 임하댐발전소의 시설용량(5만kW)이며, 연간 전기생산량은 약 1억6천600만kWh에 달하고 있다.

소수력 평균 시설용량은 1천336kW이고, 시설용량은 1천kW 이상이 62% 이상을 차지하고 있으나, 1988년 이전의 평균 시설용량인 1천648kW와 비교하면 보다 적은 소수력을 개발하고 있다는 것을 알 수 있다.

한편 외국의 경우 미국은 1970년대에 소수력 자원 잠재량을 조사하고 1980년대에는 수차개발을 수행하여 1990년초에 소수력 수차 형식별로 표준화와 보급확산에 주력함으로써 1천715개 지점에서 3천420mw를 보급·운영하고 있으며, 개도국에 대한 기술지원을 하고 있다. 아시아권에서도 중국, 일본 등을 비롯하여 여러 나라들이 소수력을 건설·운영하고 있으며 특히, 중국은 소수력 수차의 형식별 국산화 개발 및 표준화를 이루고 1990년 이후 매년 소수력 발전소를 건설하여 5만8천개 지점에 1만3천250mw의 시설용량으로 세계에서 가장 많은 소수력 발전소를 보

유하고 있다. 일본은 1970년대에 전국 규모의 수력조사를 수행하였으며, 1980년대에는 수차의 국산화개발 및 소수력 발전시스템 자동화 연구개발을 수행하고 1990년대에는 수차 형식별 표준화 개발을 완료하여 보급하고 있으며, 전국 600개 지점에 538mw를 보유하고 있다. 유럽의 경우 독일 5천882개소, 프랑스 1천479개소, 이탈리아 1천420개소, 스웨덴 1천346개소, 스페인 1천102개소, 노르웨이 227개소 등 대부분의 국가에서 소수력 발전소가 건설·운영되고 있다.

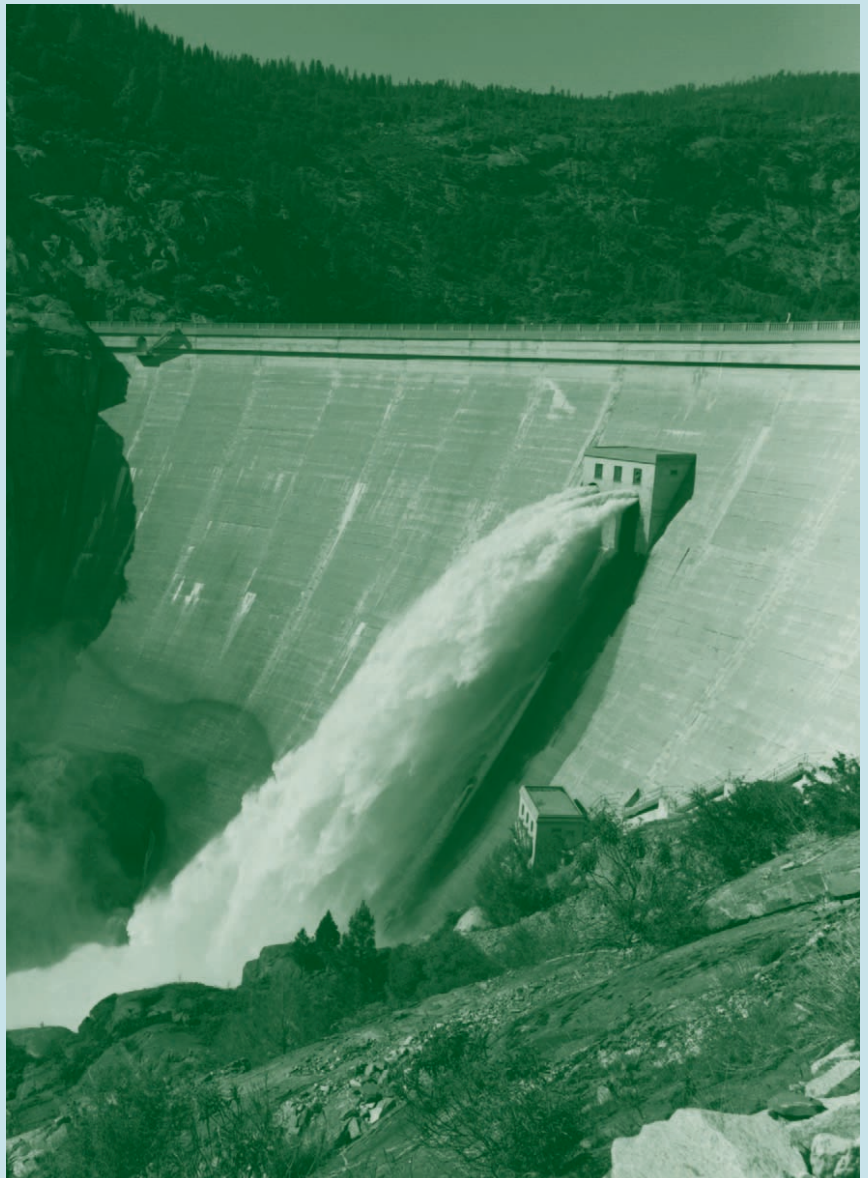
외국의 소수력 발전소 1개소당 평균 발전시설용량은 약 1천kW인데, 나라별로는 미국이 2천kW, 캐나다 3천kW, 유럽은 독일을 제외하면 1천kW급으로 비교적 큰 규모이고, 중국은 228kW, 일본은 896kW로 소규모다.

우리 나라의 소수력발전 평균 시설용량이 1천336kW로 독일과 중국보다는 훨씬 크며 일본보다도 상당히 크다. 대체로 소수력 발전소의 발전용량이 클수록 경제성이 향상되지만, 독일과 중국처럼 소규모 용량의 소수력이 많이 개발된 것은 대용량에 비하여 경제성이 뒤떨어지지 않는 저낙차용 수차를 표준화하여 개발, 보급하였기 때문이다. 특히 독일의 경우 소수력 발전소 1개소당 평균발전용량은 58kW의 극소규모 수력발전소를 건설하여 부존 에너지를 최대한 활용하도록 정부에서 발전소 건설 및 운영에 대하여 많은 지원을 한다. 그러하기 때문에 이제는 소수력 발전소를 개발할 지점이 없을 정도로 이용 가능한 소수력 자원을 적극적으로 개발하고 있다.

소수력 자원면에서 유럽의 여러 나라에 뒤지지 않는 우리 나라가 소수력 개발이

활성화되지 않는 이유는 일반하천의 경우 설비 이용률이 35% 이하로 연간발전량이 적고 기준가격이 낮아 경제성 확보가 어렵기 때문으로 분석된다. 소수력 발전의 기준가격은 '84년에 40.29원/kWh로 경제성이 있었으나, 유가의 지속적인 안정으로 오히려 기준가격이 인하되다가 1987년 이후에는 기준가격이 낮아 신규개발이 거의 중단되었다. 소수력 기준단가는 1984

년부터 1994년까지는 전년도 한전의 석유 화력발전소 연료비 단가의 100%금액으로, 1995년부터는 전년도 한전 평균단가에서 배전비, 판매비, 배전손비를 제외한 금액으로 산출하였다. 따라서 한전 평균단가가 상승하면 연동되어 소수력 기준가격도 상승하게 되었다. 2002년부터는 대체에너지이용발전전력의 기준가격지침이 제정되어 시설용량 3천kW 이하의 소수력





에 대해서는 전력거래시장 단가의 차액을 정부가 보조하여 2005년 현재 73.69원/kWh로 기준가격이 고시되어 있다.

부존 자원의 적극적인 개발 필요

소수력 발전소에서 생산된 전력은 관련 법에 따라 한전에서 전량 구입하기 때문에 전력판매는 보장되어 있다. 소수력은 국내 부존 자원량에 비해서 개발이 미진하였다. 그러나 최근에는 지역에너지 사업과 연계한 소수력 개발 자원조사, 장기저리의 시설자금 융자지원, 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, 중·소규모댐의 방류수 등의 기존 시설물을 이용한 소수력 개발이 추진되고 있다. 현재 10개소에 시설용량 1만5천270kW 규모의 소수력 발전소가 전기사업허가를 얻어 건설중이며, 26개소에 시설용량 1만7천750kW 규모가 타당성조사 및 계획중에 있다.

소수력 개발이 가능한 후보지 대상은 유효저수량 300만톤에 유역면적 15km² 이상의 농업용 저수지, 하수처리용량이 2만톤/1일 이상의 하수종말처리장, 시설용량이 5만톤/1일 이상의 정수장, 높이가 2m 이상인 농업용 보 등이다. 농업용 보는 기존 콘크리트 보의 상단에 가동보(Rubber 댐)를 설치하여 소수력을 개발할 수 있다. 하천의 수계 및 농업용 보에 가동보, 정수장의 관로, 폐광 용출수, 양어장의 순환수, 기력발전소의 해수 방류수, 양수발전소의 하부저수지 등 미활용 소수력 자원

을 이용하면 개발지점은 매우 다양하다고 할 수 있다. 특히, 하천을 이용한 댐식의 경우 댐건설 추진과정에서 발생하고 있는 넘비 현상이나 지역간의 물꼬싸움, 환경단체의 반발과 같은 문제를 일으킬 소지가 거의 없다. 소하천을 이용한 가동보를 설치한 경우 공용수, 하천유지용수 및 관개용수 등으로 이용하며 수상레저와 같은 관광개발로 지역경제에 도움을 줄 수 있어 경제성 타당성만 입증되면 적극적인 개발이 필요하다.

소수력 개발 보급 잠재량은 총 150만 kW(일반하천 141만2천500kW, 농업용저수지 4만8천kW, 다목적댐의 하천방류수 6천744kW, 하수종말처리장 5천300kW, 정수장 2천500kW, 농업용보 5천kW, 양식장의 순환수 및 기력발전소의 냉각수 1만9천956kW)로 부존 잠재량의 적극적인 개발이 필요하다고 본다. 현재 소수력 시설용량이 5만438kW로서 부존잠재량의 약 3.6%로 극히 낮은 비율이며, 개발 가능량의 약 23.5%에 불과하여 개발여지가 아주 많다.

소수력의 전기사업 허가가 관련법(전기사업법, 하천법 및 환경영향평가법)에는 1만kW까지 개발할 수 있으나, 관련법은 하천을 이용한 댐식 발전방식의 맥락으로 제정되어 있고, 한전의 송전선로 연결문제로 3천kW 이하로 개발되고 있는 것이 현실이다. 기존 시설물을 이용한 소수력 개발의 경우 설비 이용률이 높아 경제성이 있으나, 일반하천을 이용한 소수력의 경우 이용률이 낮아 경제성 확보를 위해서는 기준가격의 현실화가 필요하다. 또한, 2004년도에 시설용량 200kW 이하까지의 허가절차는 일부 간소화되었지만, 200kW 이상은 발전사업 인·허가 절차가

복잡하고 규제가 심하다. 하천을 이용한 소수력은 개발 타당성이 있음에도 불구하고 발전사업 허가에 따른 민원으로 인하여 사업을 포기하는 경우도 있어 정부의 신·재생에너지 개발정책의 실효성을 높이기 위해 관련법을 획기적으로 개정하면 소수력 개발이 활성화되어 정부가 계획중인 보급목표달성이 가능하다고 본다.

IT 기술 접목해 무인자동화 시스템 구축

소수력은 환경 훼손이 상대적으로 적은 청정에너지이면서 에너지 밀도가 높고 지역의 분산전원에 기여할 수 있는 유용한 에너지원이다. 그래서 선진국에서도 소수력 기술개발에 노력하며 개발 지원사업이 활발하게 진행되고 있다.

소수력의 국내 부존 자원량은 상당하지만 경제성 부족으로 개발이 미진하였는데 최근에는 공공기관에서 민원발생 우려가 없는 기존 시설물을 이용한 소수력을 개발하여 타당성이 입증되고 있다. 소수력 개발을 활성화하기 위해서는 철저한 사전 계획에 의한 개발 후보지의 경제성 확보가 중요하다. 소수력 개발은 장기 투자사업으로 투자비가 한정된 상태에서 투자의 효용성을 극대화하기 위한 발전방식, 시설용량, 수차발전기 형식, 발전소 운영방법 등에 대한 기술력을 제고시켜야 건설비용과 상업발전개시 후의 운영비용을 절감시킬 수 있어 경제성을 높일 수 있다. 소수력 발전소에 최신 IT기술을 접목시켜 무인화 시스템으로 구축하면 상업발전개시 후의 운영비용 절감으로 경제성을 높일 수 있다고 본다.

따라서 일반 하천이나 기존 시설물을 이용한 농업용 저수지, 수도용 관로, 하수종말처리장, 기력 발전소의 냉각수 등 개

발범위가 다양한 국내의 소수력 자원 특성에 적합한 수차발전기의 표준화 기술을 개발하여 원가절감을 기하고 인·허가 절차의 획기적인 간소화와 운영비용 절감을 위한 소수력발전소의 무인 자동화가 가능하도록 관련법 개정이 필요하다. 소수력 발전소 개발은 부족한 에너지를 일부 분담하고 환경오염을 덜게 하는 효과가 있으므로 다음과 같은 다각적인 노력이 필요하다.

첫째, 소수력개발의 민간투자 활성화를 위해 차액지원기준가격 재산정을 통한 소수력의 적정기준가격 현실화와 총건설비의 30% 수준까지 보조금 지원 등 정부의 제도적 기반확충이 필요하다. 둘째, 인·허가 절차의 획기적인 간소화 및 운영비용절감을 위한 소수력발전소의 무인화가 가능하도록 전기사업법 개정 및 개발보급을 위한 관련법령을 개정하여야 한다. 셋째, 기존 시설물인 농업용 저수지, 정수장, 하수처리장, 기력발전소 냉각수 등을 이용한 소수력 발전으로 다변화되고 있으므로 소수력의 저용량화에 맞는 수차발전기를 표준화하여 시설용량이 적은 소수력 발전소의 경제성을 향상하여야 한다. 넷째, 발전소 준공 후의 운영유지비 절감을 위해 최신 IT기술을 접목한 무인화 시스템의 표준화가 필요하고 소수력 성능예측과 효율기술을 향상하여야 한다. 마지막으로 산·학·연 협동으로 우리 나라 특성에 적합하고 효율이 높은 수차발전기뿐만 아니라 보조설비 및 제어설비에 대한 간소화된 기술을 개발하고 표준화하여야 한다. **ST**



글쓴이는 조선대학교를 졸업했고, 충남대학교에서 석사학위를 받았다. 현재 소수력기술연구회 회장을 역임하고 있다.