

소수력발전 개발현황 및 향후전망

박완순*, 이철형**

(한국에너지기술연구소 *선임연구원, **책임연구원)

1. 서론

에너지자원이 절대 부족하여 에너지 해외의존도가 97% 이상인 우리나라의 입장에서는 에너지 해외의존도를 경감시키고 에너지를 안정시키기 위하여 국내의 부존에너지를 최대한 활용하는 것이 매우 중요하다. 또한 지구온난화에 대처하는 범세계적인 규제에 대비하기 위하여, 청정한 에너지를 적극 개발하여 에너지자립도를 향상시켜야 한다. 소수력자원은 다른 대체에너지원에 비하여 에너지밀도가 매우 크기 때문에 개발할 가치가 큰 부존자원으로 평가되고 있다. 정부에서는 소수력자원의 최대활용과 소수력발전소의 개발을 촉진하기 위하여 1982년 “소수력 개발방안”을 제정하여, 민간자본에 의하여 소수력발전소를 개발할 수 있도록 하였다.

소수력발전은 화력 및 원자력과 비교할 때 환경에 대한 영향이 거의 없는 청정한 에너지로써, 현재 전세계적으로 문제시되는 지구온난화에 대처하는 범세계적인 규제에 대비하기 위하여, 환경보전에 많은 영향을 미치는 소수력자원을 적극 개발하여야 할 것으로 사려된다. 또한 소수력발전소의 경제성을 향상시키기 위하여 하수처리장과 정수장 등에서 방류되는 미활용 소수력자원에 대하여 소수력발전기술을 적용함으로써 댐설치비 등의 초기투자비를 크게 절감하여 경제성 있는 소수력자원 개발을 유도하여야 한다. 본 글에서는 소수력자원의 개발에 관한 국내·외 현황 및 미활용 소수력자원의 개발 동향에 대하여 정리하였다.

2. 소수력발전의 정의 및 분류

2.1 소수력발전의 정의

소수력(Small hydropower)은 엄밀하게 정의를 내리기는 어려우나, 우리나라의 경우 설비용량이 3,000kW 이하의 수

력발전소를 말한다. 우리나라의 소수력발전소는 1982년 “소수력개발방안” 공표 이후 민간자본에 의하여 개발되기 시작하였으며, 소수력발전소의 개발자에게 기계·전기설비비의 100%, 토목공사비의 25%를 5년 거치 10년 분할상환으로 융자하여 주고 있다. 또한 소수력발전소에서 생산된 전력은 한국전력공사에서 60.93원/kWh(1999년 기준)으로 전량을 매입하여 주고 있다.

2.2 소수력발전 방식

소수력발전소를 발전방식에 따라 분류하면 다음과 같다.

2.2.1 수로식 소수력발전소

수로식 소수력발전소는 [그림 1]에 예시된 바와같이 하천을 따라서 환경사의 수로에 댐을 설치하고 하천의 급경사와 굴곡 등을 이용하여 수로에 의해서 낙차를 얻는 방식으로, 수로식 소수력발전소는 일반적으로 경사가 급한 하천의 상·중류에 적합한 형식이며, 댐은 월류식으로 채택되는 경우가 많다. 수로식 소수력발전소의 일반적인 경로는 다음과 같다.

· 댐 → 취수구 → 침사지 → 수로 → 수조 → 수압관로 → 발전소 → 방수구

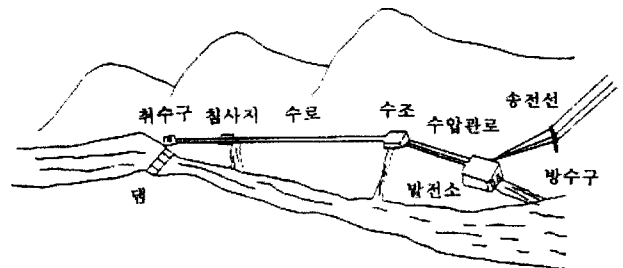


그림 1 수로식 소수력발전소

2.2.2 댐식 소수력발전소

댐식 소수력발전소는 [그림 2]와 같이 주로 댐에 의해서 낙차를 얻는 형식으로 발전소는 댐에 근접해서 건설하고 일반적으로 경사가 완만하고 유량이 풍부한 하천의 중·하류에 적합한 형식이다. 댐식 소수력발전소는 하천홍수의 범람정도와 댐상류의 농경지 및 가옥 등의 수물관계를 충분히 고려하여 댐높이를 결정하여야 한다. 댐식 소수력발전소의 일반적인 경로는 다음과 같다.

· 댐→취수구→수압관로→발전소→방수로

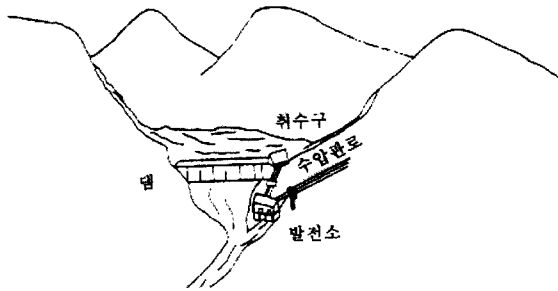


그림 2 댐식 소수력발전소

2.2.3 터널식 소수력발전소

터널식 소수력발전소는 [그림 3]에 예시된 바와 같이 댐식과 수로식을 혼합한 방식으로써 하천의 형태가 오메가(Ω)형인 지점에 적합하며, 자연낙차를 크게 얻을 수 있고 댐은 일반적으로 월류식으로 한다. 터널식 소수력발전소는 다음과 같은 경로를 갖는다.

· 댐→취수구→터널→수조→수압관로→발전소→방수로

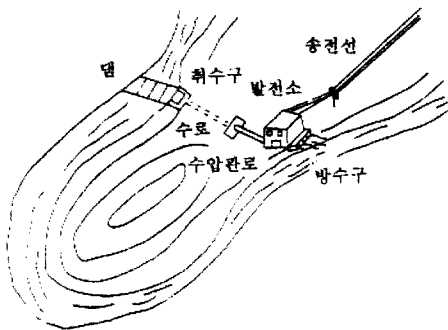


그림 3 터널식 소수력발전소

3. 소수력발전 개발 현황

3.1 국내 개발 현황

우리 나라에는 <표 1>에서와 같이 21개소의 소수력발전소

가 운영되고 있으며, 건설중인 발전소를 포함할 경우, 총 22개소에 32,320kW의 용량으로 이는 의암댐의 발전용량과 비슷한 용량이다.

소수력발전 기술개발에 관한 정부차원의 사업은 제 1 차 석유과동 이후, 1974년 “소수력개발입지 및 자원조사”가 수행되었고, 1975년도에는 “시범 소계곡 발전소의 연구조사 설계”가 수행된 바 있으며, 이를 기본으로 하여 한국전력공사에서 강원도 안흥에 설비용량 450kW의 소수력발전소를 건설하여 현재 가동중에 있으며, 당시 ‘소수력발전 입지조사’를 통하여 우리 나라의 개발가능한 소수력자원을 평가한 결과는 <표 2>와 같다.

표 1 소수력발전소 건설 및 운영현황

발전소	용량(kW)	개발위치	운전개시	비고
안 흥	450	강원 횡성	'75. 5.	하천
동 진	2,000	전북 정읍	'86. 1.	저수지
임 기	1,100	경북 봉화	'86. 8.	하천
방우리	2,120	충남 금산	'87. 3.	하천
소 천	2,400	경북 봉화	'87. 7.	하천
금 강	1,350	충북 옥천	'88. 3.	하천
봉 화	2,000	경북 봉화	'88. 9.	하천
단 양	2,100	충북 단양	'89. 4.	하천
산 내	820	전북 남원	'89. 9.	하천
광 천	450	전남 송주	'91. 11.	기존댐
영 월	2,800	강원 영월	'92. 4.	하천
덕 송	2,000	강원 정선	'93. 3.	하천
봉 정	1,920	강원 정선	'93. 5.	하천
대 아	3,000	전북 완주	'93. 6.	저수지
경 천	800	경북 문경	'95. 6.	저수지
반 변	1,060	경북 안동	'96. 10.	기존댐
포 천	2,940	경기 포천	'98. 5.	하천댐
보령(I)	120	충남 보령	'98. 8.	기존댐
부 안	210	전북 부안	'98. 8.	기존댐
운 문	350	경북 청도	'98. 9.	기존댐
보령(II)	530	충남 보령	'99. 6.	기존댐
성 주	1,800	경북 성주	'99. 8.	저수지
계	32,320			

표 2 국내 소수력자원 부존량

지역	입지수	부존량(MW)	지역	입지수	부존량(MW)
경 기	114	22.9	경 남	245	46.9
강 원	869	259.8	전 북	156	27.4
충 북	208	71.8	전 남	106	17.0
충 남	116	26.1	계	2,400	582.5
경 북	584	110.6			

제 1 차 석유파동 이후 소수력발전에 관한 관심이 약해졌으나, 제 2 차 석유파동 이후 대체에너지 개발의 중요성이 인식되어 정부에서는 민간자본에 의한 소수력발전소의 건설을 장려하고, 이와 병행하여 소수력자원 개발에 수반되는 기술적인 사항에 관한 연구를 지원하기 시작하였다.

표 3 소수력자원 개발 타당성 평가 결과

구 분		계
경제적입지 (B/C)1)	지점수(개소)	116
	총용량(kW)	86,750

소수력자원개발 경제성을 포함하여 전국을 대상으로 하여 소수력자원조사를 수행하였으며, 당시의 사회적인 조건에서 소수력부존자원의 재평가하였다. 이를 통하여 실제 개발위치 및 개발 우선순위를 결정하기 위한 타당성조사 연구를 수행되어, 소수력자원 개발자가 쉽게 개발입지를 확인할 수 있도록 하였으며, 결과를 요약하면 <표 3>과 같다.

3.2 국외 개발 현황

전 세계의 소수력발전소 운영현황 중 <표 4>는 소수력발전소가 100개소 이상 운영되는 나라만을 표시한 것으로, 소수력발전소는 전 세계적으로 매우 광범위하게 운영되고 있다는 것을 보여준다. 아시아권에서는 중국이 58,000개소, 일본이 600개소로써 가장 많이 운영되고 있으며, 유럽의 경우 독일 5,882개소, 프랑스 1,479개소, 이태리 1,420개소, 스웨덴 1,346개소, 스페인 1,102개소, 노르웨이 227개소 등으로 매우 많은 소수력발전소가 건설, 운영되고 있음을 알 수 있다.

<표 4>에서와 같이 외국의 경우, 소수력발전소 1개소당 평균발전용량은 약 1,000kW임에 비하여 우리 나라의 경우에는 약 1,800kW로 외국에 비하여 매우 크다는 것을 알 수 있다. 이와 같은 현상은 일반적으로 소수력발전소의 발전용량이 증가할 수록 경제성이 향상된다는 것에 기인하는 현상이지만, 외국의 경우에는 저낙차 소용량인면서 대용량에 비하여 경제성면에서 뒤떨어지지 않는 저낙차용 수차를 개발, 보급하여 경제성을 향상시켰기 때문이다. 특히 독일의 경우, 소수력발전소 1개소당 평균발전용량은 58kW로써, 이용가능한 소수력자원을 적극적으로 개발하여 사용하고 있다는 것을 알 수 있다.

<표 5>는 각 나라별 소수력발전용 수차생산업체의 현황을 나타내는 것으로, 생산업체가 4개 이상인 나라만을 요약한 것이다. 소수력발전용 수차 제작업체는 중국을 비롯하여 여러 나라에 산재되어 있다. 특히 생산업체수가 많은 나라의 경우, 수차발전기 및 부속설비를 표준화 생산함으로써 저가의 소수력발전설비를 수출하고 있다.

표 4 세계의 소수력발전소 운영현황

국 명	발전소수	용량(MW)
오스트리아	1,200	320
브라질	232	483
캐나다	321	1,056
중 국	58,000	13,250
체 코	661	201
핀란드	156	313
프랑스	1,479	1,646
독 일	5,882	341
이태리	1,420	1,969
일 본	600	538
한 국	21	36
노르웨이	227	806
루마니아	295	311
스페인	1,102	1,010
스웨덴	1,346	8,406
미 국	1,715	3,420

표 5 세계의 소수력발전용 수차 생산업체 현황

국 명	생산업체 수	국 명	생산업체 수
캐나다	4~6	프랑스	4~6
미 국	7 이상	스페인	4~6
코스타리카	4~6	오스트리아	4~6
페 루	7 이상	이태리	4~6
브라질	4~6	인 도	4~6
칠 레	4~6	네 팔	7 이상
스웨덴	4~6	중 국	7 이상
영 국	7 이상	일 본	4~6
네델란드	7 이상	한 국	1~2
독 일	4~6		

4. 미활용 소수력에너지 이용방안

4.1 하수처리장의 소수력발전 이용방안

하수처리장에서 처리된 방류수를 이용한 소수력발전은 ① 일반 하천의 댐건설등에 소요되는 토목공사비가 거의 없어 초기투자비 저감으로 하천을 이용하여 발전하는 것에 비해 경제성이 있고, ② 안정적인 유량확보로 시스템의 고효율 발전이 가능하며, ③ 가동율은 하천(약 40~50%)의 두배(약 90% 이상)로 발전량이 증대되는 등의 장점을 지니고 있다.

하수처리장의 방류수를 이용한 소수력발전 현황은 <표 6>과 같다.

표 6 하수처리장 소수력발전 이용현황

지역	하수처리장	설비용량	비고
서울	가양	544kW	허가중
	난지	272kW	
안양	안양	460kW	허가중
충청남도	천안	45kW	건설중
	아산	20kW	
충청북도	청주	120kW	검토중
전라북도	전주	100kW	검토중

전국에 운영되고 있는 하수처리장 가운데 처리용량이 20,000톤/일 이상이고, 소수력발전이 가능한 하수처리장은 <표 7>과 같이 요약된다.

표 7 소수력발전이 가능한 하수처리장 현황

지역	개소	지역	개소
서울	4	충북	3
부산	4	충남	4
대구	4	전북	3
광주	2	전남	1
대전	1	경북	8
경기	23	경남	2
		계	63
강원	4		

4.2 정수장의 미활용 소수력에너지 이용방안

취수댐으로부터 착수정까지 자연유하시키는 정수장의 경우, 취수댐과 착수정사이의 낙차를 이용하여 수력발전이 가능하다. 정수장의 경우도 하수처리장과 마찬가지로 유량이 일정하여 연간가동율이 90%이상 되므로 일반 소수력발전에 비해 경제성이 우수하고 투자비 회수기간을 크게 단축시킬 수 있는 장점이 있다.

정수장의 소수력발전 현황은 <표 8>과 같다.

표 8 정수장의 소수력발전 이용현황

지역	정수장	설비용량	비고
울산	회야	215kW	타당성 검토중
	선암	185kW	
	사연	48kW	

전국에 산재된 정수장의 수는 1995년말 현재 616개소이고, 이 중 시설용량이 50,000톤/일 이상인 정수장은 58개소에 이르며 <표 9>와 같이 요약된다.

표 9 정수장 현황

지역	개소	지역	개소
서울	9	강원	4
부산	4	충북	2
대구	4	전북	1
인천	3	전남	3
대전	3	경북	3
광주	3	경남	2
울산	1	계	58
경기	16		

4.3 농업용저수지의 미활용 소수력에너지 이용방안

농업용 저수지는 관개시 표면수를 취수하여 사용해야하기 때문에 <그림 4>와 같이 cone 밸브 전단에 Y지관을 설치하여 수차 발전기를 설치하는 방법이 있다.

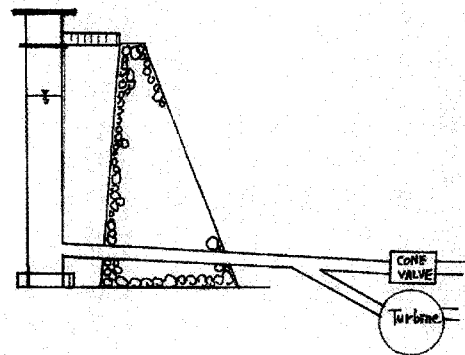


그림 4 cone 밸브 전단 Y지관이용

농업용 저수지를 이용한 소수력발전 현황은 <표 10>과 같다. 전국에 산재한 농업용 저수지는 18,034개소에 이르며, 이중 소수력개발이 가능한 유효저수량 300만톤, 유역면적 15km² 이상인 저수지 163개지점을 대상으로 분석하였으며

표 10 농업용 저수지를 이용한 소수력발전 현황

구분	발전소	위치	설비용량	운전개시일
가동중	동진	전북 정읍	2,000kW	'86. 1.
	대아	전북 완주	3,000kW	'93. 6.
	경천	경북 문경	800kW	'95. 6.
	성주	경북 성주	1,800kW	'99. 8.
	건설중	장남	전북 장수	750kW

표 11 농업용저수지 현황

지역	개소	지역	개소
경기	13	경남	12
강원	19	전북	16
충북	15	전남	16
충남	24	제주	1
경북	13	계	163

〈표 11〉에 요약하였다.

4.4 다목적댐의 용수로를 이용한 소수력발전

대형 다목적댐의 경우, 하천의 유량을 유지하기 위하여 항상 일정한 유량을 하천유지용수로 방출하고 있다. 수자원공사에서 관리 운영하는 대형 다목적댐을 하천유지용수를 이용한 소수력발전소 개발현황은 〈표 12〉와 같다.

표 12 다목적댐의 용수로를 이용한 소수력발전 현황

구분	발전소	위치	설비용량	운전개시일
가동중	광천	전남 승주	450kW	'91. 11.
	반변	경북 안동	1,060kW	'96. 10.
	부안	전북 부안	210kW	'98. 8.
	운문	경북 청도	350kW	'98. 9.
	보령(I)	충남 보령	120kW	'98. 8.
	보령(II)	충남 보령	530kW	'99. 8.
허가중	횡성	강원 횡성	1,000kW	
	밀양	경남 밀양	1,300kW	
	영천	경북 영천	1,000kW	

5. 소수력발전 개발 여건 및 향후 전망

우리 나라는 연평균강수량이 1,274mm로써, 비교적 강수량이 풍부하고 전국토의 2/3가 산지로 구성되어 있어 지형적 및 수문학적으로 소수력자원이 많이 부존하고 있으므로, 우리나라의 소수력자원 특성에 적합한 수차발전기를 국산화하여 수차발전기의 제작비용을 절감시켜 소수력발전소 건설비를 낮추고, 용량이 적은 소수력발전소의 경제성을 향상시키면 소수력자원면에서 다른 나라에 뒤지지 않는 우리나라의 소수력발전은 크게 활성화될 것이다.

앞에서 언급한 바와 같이 우리나라의 일반하천에 소수력 개발 가능지점들이 산재해 있으며, 이들의 적극적인 개발이 절실히 요구되고 있다. 특히 용수수요 확보를 위한 다목적댐의 건설은 환경영향 등으로 지역주민 및 각종 환경단체 등의 반대로 추진이 어려운 상황이다. 따라서 우리나라에서의

향후 다목적 댐의 건설은 중·소규모로의 전환이 필요한 시점이다.

일반 다목적댐의 경우 보상비의 비율이 본공사 비용을 상회하는 것이 현실이며, 따라서 경제성도 점차 낮아지는 결과를 가져오고 있다.

이러한 문제점을 해결하기 위해서는 한 개의 수계에 소규모의 댐을 계단식으로 설치하여 용수확보와 발전을 하고, 상류의 수물지역의 최소화로 보상비가 거의 없도록 소규모 댐의 설치 방법도 강구되어야 할 것이다.

이를 위하여 수차발전기의 설치위치 만을 콘크리트로 시공을 하고 나머지 하천폭에는 하천바닥의 레벨로 기초콘크리트를 한 후 rubber 댐이나 가동보를 설치하여 갈수기 및 평수기에는 용수확보 및 발전을 하고 홍수기에는 rubber댐이나 가동보를 전도시켜 상류에는 피해를 최소화 하며, 운영비를 절감하기 위하여 같은 수계에 다단계로 설치된 발전소를 중앙에서 통제하는 시스템의 도입이 필요하다.

우리 나라의 소수력자원 개발은 부존자원량에 비하여 개발이 부진하였으나, 최근에는 원유공급의 불확실성 및 유가의 상승 우려로 부존자원의 최대활용 필요성 증대, 한국전력공사에서의 전력매입단가의 현실적인 조정, 소수력개발 관련기술의 정립 및 시스템의 국산화 및 정부의 대체에너지개발의 촉진 및 지원정책 등으로 소수력자원 개발에 유리한 여건이 조성되고 있다. 향후 소수력자원의 최대활용을 위하여 소수력발전소에 적용이 가능한 저낙차용 수차 등을 표준화 개발하고, 이와 병행하여 정부에서 진행하는 지역에너지 개발사업의 일환으로, 지역의 부존에너지 활용을 위한 하천에서의 소수력발전 뿐 아니라 지방자치단체에서 운영하고 있는 하수처리장과 정수장 등에서 방류되는 미활용 수력자원까지 적용범위를 확대함으로써 경제성 있는 소수력자원 개발이 촉진될 것이다.

6. 결 론

소수력발전은 사회적, 환경적 잇점으로 최근에는 선진국에서도 큰 관심을 가지고 있다. 특히 경제적 잇점 중의 하나는 초기의 투자에 반하여 유지관리비가 아주 낮다는 점이다.

본 글에서는 소수력자원의 개발에 관한 국내·외 현황과 향후전망에 대하여 간략히 소개하였다. 에너지 해외의존도를 경감시키고 에너지를 안정시키기 위하여 국내의 부존에너지로써 개발시 경제성이 매우 좋은 소수력자원을 최대한 활용하는 것이 매우 중요하다. 특히 소수력자원은 청정에너지로써 지구온난화에 대처하는 범세계적인 규제에 대비하기 위하여 적극 개발하여야 한다.

소수력자원을 경제적으로 개발할 수 있도록 하기 위해서는 우리나라 소수력자원의 특성에 적합하고 효율이 높은 수차

발전기를 국산화하여 소수력발전소에 적용하여야 하며, 향후 소수력자원의 최대활용을 위하여 저낙차용 수차 등을 표준화 개발하여야 한다. 또한 이와 병행하여 소수력발전기술을 하수처리장과 정수장에서 방류되는 미활용 수력자원의 활용에 적용함으로써 댐설치비 등의 초기투자비를 크게 절감하여 경제성 있는 소수력자원 개발을 유도하여야 한다.

아울러 축적된 기술을 이용하여 통일을 대비 북한에 설치 운영중인 소수력발전시스템의 노후설비 교체 및 소수력자원 개발과 동남아 등 외국에 플랜트 수출을 위한 소수력발전 산업기반의 확충이 필요할 것으로 사료된다. ■

참 고 문 헌

- (1) 박인용외, 1974, "소수력발전 입지조사", 한국원자력 연구소, 연구보고서 R-74-53.
- (2) Waterpower & Dam Construction, May, 1991.
- (3) Waterpower & Dam Construction, March, 1994.
- (4) 대한전기협회, 1988, 전기년감(1989년).
- (5) 신동렬외, "국내 소수력자원 조사 및 개발 (3)", 한국 동력자원연구소 연구보고서, KE-84-5, 1984.
- (6) 박완순외, "소수력발전소의 경쟁력강화에 의한 개발활성화 방안 연구", 한국에너지기술연구소 연구보고서, 1998.
- (7) 농림부, 1998, 농업생산기반 정비사업 통계연보
- (8) 이철형외, "하수종말처리장의 소수력발전 타당성조사 연구", 충청남도, 1999.

〈 저 자 소 개 〉



박완순(朴完洵)

1981년 고려대학교 토목공학과 졸업. 1999년 공주대학교 토목공학과 졸업(석사). 현재 한국에너지기술연구소 선임연구원.



이철형(李澈珩)

1976년 인하대학교 항공공학과 졸업. 1981년 인하대학교 항공공학과 졸업(석사). 1993년 동대학원 항공공학과 졸업(박사). 현재 한국에너지기술연구소 책임연구원.