

수력발전과 댐의 어제와 오늘



이방훈
한국수력원자력(주) 수력처장

1931년 남한 최초의 수력발전소인 운암수력을 시작으로 수력발전소는 80여년의 세월을 우리나라 전력사와 함께하며 오늘에 이르렀다. 1960년대까지는 일반 수력발전소가 전력계통의 기저부하 전원으로 운영되다. 1980년 이후에는 경제성장에 따른 전력규모의 확대에 원자력발전소와 함께 양수발전소가 준공되어 수력분야에 새로운 전기를 마련하였으며, 현재

는 수력 및 양수분야가 전력의 품질을 담당하는 첨두부하 전원으로 그 역할을 다하고 있다.

2001년 전력산업 구조개편에 따라 지난 10년간 나누어졌던 양수발전소가 지난해 한국수력원자력(이하 한수원)으로 통합되어 이제야 제자리를 찾으며 수력분야에 새로운 발전의 계기를 만들게 되었다.

표 1. 발전원별 설비용량

구분	수력			화력 중유 및 가스	내연 및 복합	원 자 력	소수력 등 기타	계
	일반 수력	양수	석탄					
설비용량 (MW)	1,592	4,700	25,128	5,578	22,047	18,716	1,986	79,747
구성비 (%)	(2.0)	(5.9)	(31.5)	(7.0)	(27.6)	(23.5)	(2.5)	(100)

표 2. 회사별 수력설비 용량 (소수력 포함)

구분	대수	용량(mw)	점유율(%)
일반수력	한수원(주)	21	591.7
	수자원공사	22	1,000.6
	소 계	43	1,592.3
양 수	한수원(주)	16	4,700
	한수원(주)	14	11.3
소수력	수자원공사	55	42.3
	발전자회사	16	22.1
	소 계	85	75.7
합 계	144	6,368	100

표 3. 한수원 수력발전소 현황

구분	화천	춘천	의암	청평	팔당	섬진강	보성강	괴산	강릉
설비용량 (MW)	108 (4기)	62.28 (2기)	45 (2기)	139.6 (4기)	120 (4기)	34.8 (3기)	4.5 (2기)	2.6 (2기)	82 (2기)
총 저수량 (백만m ³)	1,018	150	80	186	244	439	5.7	15	51
준공 년도	1944	1965	1967	1943	1973	1945 (1965)	1937	1957	1991



그림 1. 화천댐

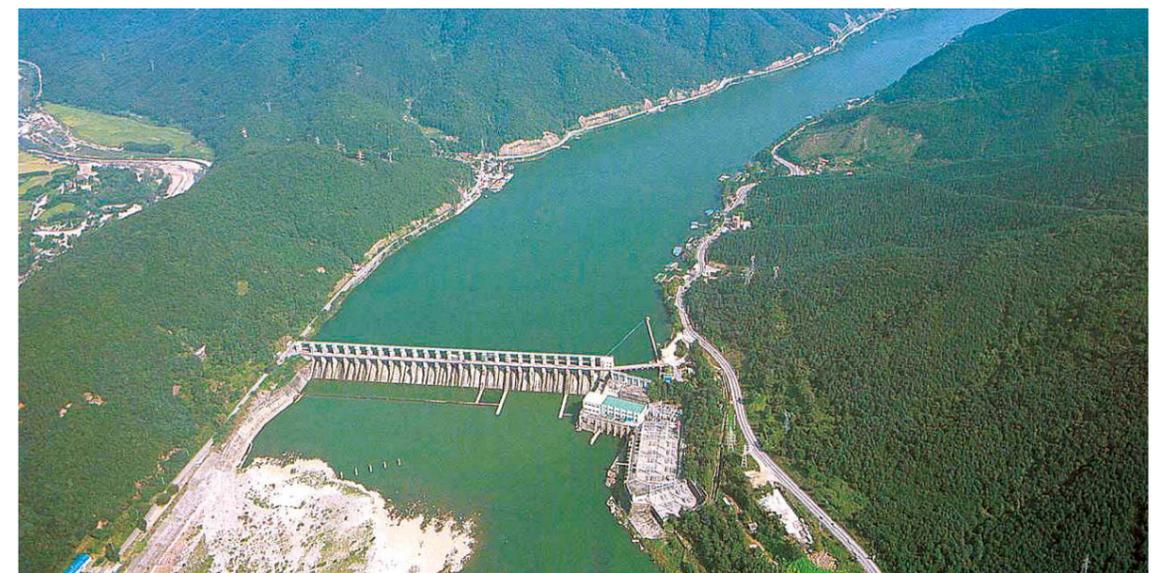


그림 2. 청평댐



그림 3. 한강계 댐 개발 현황



그림 4. 한수원 수력발전소 위치

이러한 수력발전의 역사는 댐의 역사와도 그 맥을 같이한다고 볼 수 있다. 우리나라 수력 및 양수발전에는 발전용 저수용량 확보를 위해 댐이 반드시 필요하기 때문이다.

금번 한국대담회 40주년을 기념하는 특별호에 한수원의 수력 및 댐을 소개함으로써 관련 전문가 뿐 아니라 많은 사람들이 한수원에서 운영하는 수력과 발전용댐을 이해하는 좋은 계기가 되었으면 한다.

표 4. 한수원 양수발전소 현황

구분	청평양수	삼랑진양수	무주양수	산청양수	양양양수	청송양수	예천양수
설비용량 (MW)	400 (2기)	600 (2기)	600 (2기)	700 (2기)	1000 (4기)	600 (2기)	800 (2기)
총저수량 (백만m ³)	2.7	6.5/10.1	3.7/6.7	6.4/7.4	4.9/9.2	7.1/10.2	6.9/8.9
준공년도	1980	1985	1995	2001	2006	2006	2011

수력발전소

우리나라 총 발전설비 용량 중 수력은 6,272MW, 약 7.9%를 차지하고 있다. 이는 일반수력 1,572MW, 양수발전 4,700MW로 구성된다. 한수원은 1937년 보성강수력발전소를 시작으로 현재 10곳의 일반 수력발전소와 7곳의 양수발전소, 그리고 8곳의 소수력발전소에서 51기의 발전기를 통해 전력을 생산하고 있으며, 총 5,303MW의 설비용량을 보유하고 있는 국내 최대의 수력발전사업자이다.

수력발전소는 발전가동과 정지에 소요되는 시간이 5분 이내로 짧아 전기를 신속히 생산할 수 있다는 장점을 가지고 있기 때문에 대용량 발전소의 불시정지시 전력계통의 안정적 운영에 중요한 역할을 하고 있다. 한수원이 보유한 수력발전소 현황은 표 3과 같다.

우리나라 최초의 대규모 수력발전시설은 일제강점기 1930년대 압록강수계인 부전강수력이다. 이 당시 부전강 수력은 조선질소비료 공장의 자가용전력으로 흡수되었으며 그 후 장진강과 허천강 수계가 개발되었다.

한강수계의 개발은 일제강점기에 조선총독부의 수력조사에서 수력지점으로 대두된 화천과 청평을 먼저 계획 하였다. 이 계획으로 화천(8만1,000kW)과 청평(3만9,600kW) 2개 지점에 1939년 1월 댐을 축조하기 시작하여 1943년에 청평발전소를, 그리고 1944년에 화천발전소를 준공하였다.



그림 5. 청평양수 상부지 (호명호)

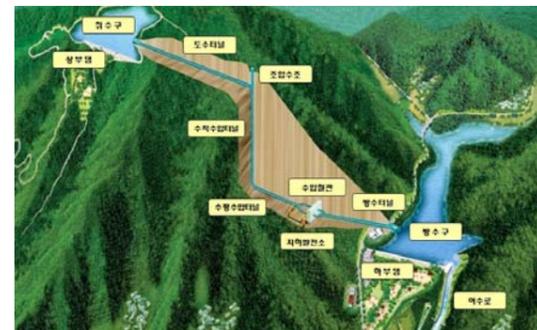


그림 6. 양수발전소 단면도 (예천양수)

청평발전소는 발전기 2대 모두 설치 완료하였으나 화천발전소는 발전기 3대중 2대만이 완성되었고, 1대는 해방 당시까지 설치가 끝나지 않아 화천의 출력은 5만 4,000kW에 그쳤다.

그 후 화천발전소는 1957년, 1968년 각각 1대씩을 추가 설치하였고, 청평발전소는 1968년과 2011년에 각각 1대씩 추가 설치하여 현재의 용량을 갖추게 된다.

섬진강수계의 수력개발은 해방되기 4개월 전에 칠보발전소(섬진강수력) 1호기가 완공되었다. 1940년 4월에 운암댐 하류에 착공한 이후 해방전 발전기 1대와 댐 20% 공정만 진행된 채 중단되어 그 후 6.25동란을 거치며 여러 차례 공사재개와 중지를 반복하다가 1965년 4월에 댐이 준공되었으며 그해 12월에 2

호기가 준공되었고 그 후 1985년에 3호기가 증설되어 오늘에 이르고 있다.

6.25동란으로 남한은 심각한 전력난을 극복하고 긴급한 재정사정과 공사기간을 고려하여 소계곡전원개발 계획을 추진하여 괴산을 지점으로 선정하였다. 1952년 11월에 착공하여 용량 2,600kW를 1957년 2월 준공하였다. 이 지점은 한강수계 남한강의 지류인 달천강에 위치한다.

이 후 전원개발계획에 따라 1965년 춘천수력, 1967년 의암수력, 1973년 팔당수력, 1991년 강릉수력이 개발되어 오늘에 이르고 있다.

양수발전소

수력설비 중 국내에 한수원만이 보유한 양수발전소는 심야전력을 이용하여 위치가 낮은 하부저수지의 물을 위치가 높은 상부저수지로 끌어올려 저장하였다가 전력수요가 많은 시간에 저장된 물을 하부저수지로 낙하시켜 발전하는 방식이다.

양수발전의 장점은 전기를 저장하는 효과가 있어 발전원가를 절감할 수 있고, 급격한 부하변동에 신속히 대응할 수 있는 예비전력으로써 양질의 전기를 공급하여 전력계통의 신뢰도를 향상시킨다. 이러한 특징으로 지난해 9·15 순환정전시 비상발전원의 역할을 톡톡히 하여 대규모 정전사태를 막을 수 있었다.

우리나라의 양수발전소는 1980년 준공된 청평양수를 비롯하여 2011년 준공된 예천양수까지 7개소 4,700MW 설비용량을 갖추고 있다. 대단위 발전소의 건설과 원자력발전소의 가동으로 급속한 부하변동에 대비하기 위한 양수발전방식이 검토되어 경기도 가평에 설비용량 40만kW의 청평양수발전소가 최초로 계획되었다. 청평양수발전소는 기존 청평수력댐을 하부지로 이용하여 해발 538m의 호명산 정

표 5. 한수원 수력댐 현황

구분	화천	춘천	의암	청평	팔당	도암	보성강	괴산	섬진강
위 치	강원 화천	강원 춘천	강원 춘천	경기 가평	경기 남양주	강원 강릉	전남 보성	충북 괴산	전북 정읍
하 천 명	북한강	북한강	북한강	북한강	한강	남한강	보성강	달천강	섬진강
댐 준공년도	1944	1964	1967	1943	1972	1990	1935	1957	1945/1965
높이× 길이(m)	81.5×435	40×453	23×273	31×407	29×575	72×300	21.7×274	28×171	64×344
댐 제체형식	콘크리트 중력댐	경사코아형 석괴댐	콘크리트 중력댐	콘크리트 중력댐	콘크리트 중력댐				

1) 섬진강댐은 다목적댐으로 한국수자원공사에서 위탁 관리중임

표 6. 한수원 양수댐 현황

구분	청평	삼랑진	무주	산청	양양	청송	예천
위 치	경기가평	경남/북한강	전북무주	경남산청	강원/인제, 양양	경북청송	경북예천
하 천 명	북한강	양산, 밀양	금강/괴목천	반천	후천	길안천/용전천	금곡천
댐 준공년도	1980	1985	1995	2001	2006	2006	2011
높이× 길이(m)	상부 62×290 하부 -	88×269	61×287	87×360	72×360	90×400	73×620
댐 제체형식	상부 중심코아형 석괴댐 하부 -	중심코아형 석괴댐	중심코아형 석괴댐	콘크리트 표면차수벽형 석괴댐	콘크리트 표면차수벽형 석괴댐	콘크리트 표면차수벽형 석괴댐	콘크리트 표면차수벽형 석괴댐

부에 상부저수지를 축조하고, 지하 350m에 설비용량 40만kW(20만kW×2기)의 발전소를 건설하여 480m의 낙차로 발전하는 방식이다. 이 지하발전소는 폭 20.5m, 높이 42.6m, 길이 86m의 철근콘크리트 구조의 큰 건물로 축조되었다.

양수발전의 입지는 몇가지 기본조건을 만족해야 한다. 첫째, 하부지역에 저수지를 조성할 수 있도록 하천이 흘러야하며 댐 규모가 작아야 경제적이므로 협곡의 지형을 갖춘 곳일수록 유리하다. 둘째, 상부에 저수지를 조성할 수 있는 분지형태의 지형을 갖추고 낙차를 300m 이상 확보할 수 있어야 한다. 그리고 상·하부지 간의 거리가 가까울수록, 즉 수로터널의 길이

가 짧을수록 유리하며, 지질은 양호한 암반으로 구성되어야 보강비용이 적게 소요된다. 이러한 측면에서 보면 청평양수는 우리나라 양수발전소 입지중 최적의 조건을 갖추었다고 할 수 있다.

삼랑진양수발전소는 청평양수발전소에 이어 전력계통의 효율적 운용을 위하여 두 번째로 건설된 양수발전소이다. 상부저수지는 중심코아형석괴댐으로 축조되어 646만4,000m³, 수심 27.7m로 6시간을 발전할 수 있는 인공호수를 구축하였다. 지하발전소 공동은 주기기, 변압기, 보조장치의 기기 등을 복합설치하도록 계획되어 상하부저수지를 연결하는 지하 200m 지점에 너비 21.5m, 높이 43m, 길이 92m의

대공동을 축조하였다. 이 발전소는 1979년 10월에 착공하여 1985년 12월에 준공되었다.

이 후 전원개발계획에 따라 1995년 무주양수, 2001년 산청양수를 준공하였으며, 2006년에는 국내 최대 유효낙차(788m)이며 표준형 원전과 동일한 1,000MW(250MW×4)인 양양양수를 준공하였다.

이어 지역주민의 적극적인 발전소 유치 희망에 따라 청송양수와 예천양수를 2006년과 2011년에 각각 준공하였다. 가장 최근 준공된 예천양수는 단일 발전기 용량이 국내최대인 400MW 2대를 설치하였다. 이로써 국내 양수발전소는 현재 16기 4,700MW 용량을 갖추고 있다.

발전용댐

한수원이 운영중인 발전용댐은 수력 8개댐, 양수 13개댐으로 총 21개댐이 있다. 수력발전댐은 강릉수력의 도암댐을 제외한 7개댐은 콘크리트중력댐이며, 도암댐은 경사코아형석괴댐이다.

일반적으로 양수발전소는 상부댐과 하부댐으로 구성되는데 앞서 기술한 바와 같이 최초의 양수발전소인 청평양수발전소는 기존의 한강수계 청평댐이 하부저수지 역할을 해서 유일하게 상부댐만을 가지고 있다. 청평양수, 삼랑진양수, 무주양수 등 초기의 양수발전소 댐은 중심코아형석괴댐으로 건설되었으며, 이후 2001년 준공된 산청양수 댐부터 최근 준공된 예천양수 댐은 콘크리트표면차수벽형석괴댐(CFRD)으로 설계되었다.

주변 지형 및 축조재료 특성으로 양양양수 하부댐은 유일하게 콘크리트중력댐으로 건설되었다.

수력댐은 일제강점기에 건설된 보성강댐, 화천댐, 청평댐을 비롯하여 30년 이상 된 댐이 대부분이다. 그

래서 오래된 댐에 대한 구조적 안전관리가 무엇보다 중요하다. 발전용댐은 시설물안전관리에관한특별법에 따라 1종 시설물로 지정되어 정기적인 법정안전 점검을 시행하고 있을 뿐아니라 정기적인 계측 및 수시 육안점검 등의 모니터링을 통해 경시변화를 분석하고 구조물 손상의 조기발견을 통해 신속하고 지속적인 보수보강을 하고 있다.

특히 최근 기후변화 및 자연재해 등으로 강화된 기준에 따라 정밀안전진단을 통해 필요시 보강작업을 진행하고 있어 현재까지 구조 건전성을 유지하고 있다.

그러나 국내 최고 오래된 콘크리트댐을 관리하는 주체로서 향후 지속가능한 댐 운영을 위한 진단기법, 보강기술, 댐 리모델링 등 관련분야의 다양한 연구가 필요할 것이다.

앞서 소개한 한수원의 수력발전과 발전용댐의 역사를 보면 우리나라 전력사 뿐 아니라 댐의 역사에서도 중요한 위치를 차지하고 있음을 알 수 있다.

또한 한수원은 2011년 준공된 국내 최대용량의 예천양수발전소와 무효 방류되는 수자원을 활용하는 좋은 모델로 평가 받는 청평수력 4호기 증설 등 지속적으로 수력발전 및 댐 건설 분야에서 기술과 경험을 쌓아가고 있다.

이러한 경험과 기술력을 바탕으로 네팔 차멜리아 수력발전소 건설을 진행중에 있으며 캐나다, 에티오피아, 페루, 콜롬비아 등에서 해외 사업을 적극적으로 추진하고 있다. 아울러, 한수원은 국내 최대의 원자력발전회사이자 수력발전회사로서 전력의 안정적 공급을 위해 최선을 다할 것이다. 한국대댐회 40주년을 맞아 수력발전 및 댐에 대한 어제와 오늘을 돌아보는 좋은 계기가 되었으며, 또한 발전용 댐의 건설, 운영에 대한 기술력을 선도하는 회사로서 대댐회 발전을 위해 그 역할을 다할 것이다.