

한국의 댐 건설사



강종수
(주)유신 사장, 공학박사, 기술사

1. 머리말

현재 우리나라에는 2010년 국제대담회(ICOLD) 등록기준으로 1,302개의 대담이 있다. 삼국시대 부터 오늘날까지 우리나라의 댐건설역사를 살펴 보고자 한다. 백제 다루왕(多婁王 : 제2대 왕, 재위 28년~77년) 6년(AD33년)에 벼농사를 처음 시작하였다는 기록이 있으며 고대로부터 우리나라는 치정(治定)의 근본을 물의 관리에 두면서부터 부단히 제언(댐)을 건설하여 왔다. 그러나 20° 전반에 이르러 비로소 현대식 댐건설을 시작하였다.

1950년대 6·25전후(戰後) 후유증과 사회적 혼란 속에서도 UNKRA(국제연합한국재건단), FAO(국제연합식량농업기구) 및 ICA(국제협동조합연맹) 등 국제원조기관의 도움을 받아 농업용

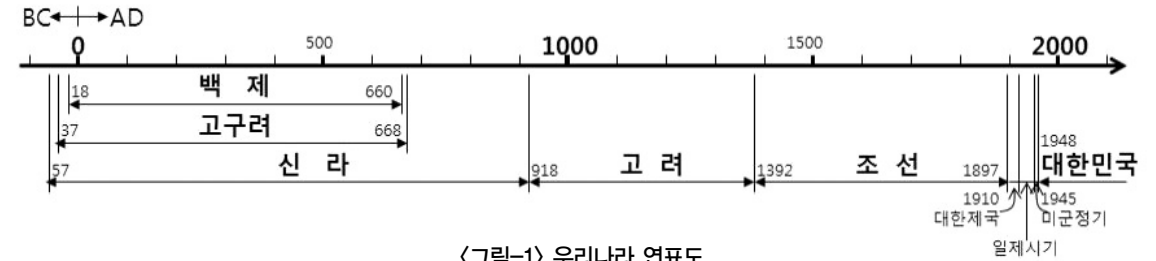
수개발을 위한 관개용댐을 활발히 건설하였으며 생활용수 댐으로는 대구의 가창댐과 연천의 중리댐, 수력발전용 댐으로 괴산댐이 이 시기에 완공되었다.

이와 같이 1960년대 이전까지의 댐 건설은 주로 관개용댐, 생활용수댐 및 발전용댐으로서 오직 단일목적댐 건설이었다.

1960년대 후반 들어 특정다목적댐법공포(1966년 4월 23일), 한국수자원개발공사 창립(1967년 11월 16일) 등으로 종래의 단일목적댐 위주의 댐건설에서 다목적댐건설시대로 합리적인 정책변화가 있었다. 그리고 댐건설기술발전과 함께 그 형식도 다양화 되었다.

둘이켜 보면 우리나라에서 1920년대에 시작된 현대식 댐 건설은 콘크리트댐 일변도(※세계적으로도 같은 상황이었지만)였으며 20° 후반부터 여러 가지 형식의 필댐(fill dam)이 등장하였다. 조선조까지는 각종 사료(史料)를 참고하였으며 우리나라 북쪽은 8·15 이전 현대식 댐건설기록에 국한하였다.

이 시기에 건설한 우리나라 북쪽의 댐 및 발전소 건설은 대규모 기계화시공으로서 가히 세계적 수준이었다고 볼 수 있으며 당시 기록적인 최초·최대 규모인 점 등을 고려하여 특기사항을 중심으로 기술적 특색을 살펴보았다. 그리고 선진국으로의 도약과 함께 이룩한 20° 후반 이후의 주요 댐건설기술을 정리하여 보았으며 4대강사업의 일환인 다기능보 개요도 함께 수록하였다. 이와 같이 우리나라의 댐건설내력을 가능한 한 거



〈그림-1〉 우리나라 연표도

시적으로 전체를 조건할 수 있도록 극히 축약·편집하였으므로 좀 더 자세한 역사를 알아보기 위해서는 별도의 노력이 필요할 것이다.

2. 고대에서 조선조까지의 제언

2.1 삼국시대의 제언 축조

머리말에서 언급한 백제 다루왕(多婁王) 6년(AD33년)에 벼농사를 처음 시작하였다고 하며 계절별 강우량 변동이 심한 우리나라는 한발 시에는 농업용수부족을 해결하기 위한 수리사업, 홍수 시에는 치수사업 등으로 역대 왕조는 물의 관리를 국정의 근본으로 삼아왔다. 벼의 답수제

배를 위한 토목기술은 보, 제언(堤堰), 방수제, 용수제, 저수지 등 농업토목시설물을 구축하면서 발전되어왔다.

삼국사기에 신라 일성왕(逸聖王, 제7대 왕, 재위 134년~153년) 11년(144년) 왕명으로 제방축조와 전야(田野)개척을 명한 사실이 기록되어 있다. 최초의 치수사업은 신라 흘해왕(訖解王, 제16대 왕, 재위 310년~356년 : 삼국사기) 21년(330년) 김제의 벽골제(碧骨堤, 제방길이 3,240m, 제방높이 4.3m, 마루폭 7.5m)축조라고 할 수 있다. 이외에도 삼국시대의 저수지로서 영천의 청제(菁堤), 제천의 의림지(義林池), 상주의 공검제(恭儉堤), 밀양의 수산제(守山堤) 등이 있다. (표-1 참조)

〈표-1〉 삼국시대의 제언 축조

댐명	위치	축조시기	높이 (m)	길이 (m)	저수 면적(km ²)	수문 (개소)	현재상태	비고
벽골제(碧骨堤)	김제	330년 흘해왕21년	4.3	3,240	37	5	농경지	고적 제157호
시제(矢堤)	미상	429년 눌지왕13년		3,945				
눌제(訥堤)	정읍	백제초중엽		2,160		3		
황등제(黃登堤)	익산	백제초중엽		1,620				
의림지(義林池)	제천	신라시대		105			관개 중	
수산제(守山堤)	밀양	삼한시대						
공검제(恭儉堤)	상주	미상						
청제(菁堤)	영천남쪽6km	536년 법흥왕23년					청못관개 중	보물 제517호

〈표-2〉 고려조의 제언 축조

댐 명	위 치	축조시기	비 고
남대지(南大池)	황해도연안	1066년(문종21년)이전	동국여지승람(권43)
합덕제(合德堤)	옛 홍주(洪州) 지금의 당진군	고려시대 추정	성종실록(成宗實錄)[권25], 성종4년

이러한 사실에서 이 무렵 벼농사가 자연에 맡겼던 원시수전농(原始水田農) 단계에서 인공적으로 저수하여 관개하는 영농형태로의 발전과정에 있었다는 것을 알아 볼 수 있다.

특히 호남일원에 고제언(古堤堰)의 유적이 많이 산재해 있는 것은 삼국시대 백제에서 제언을 이용한 수전농(水田農)이 많이 발전했음을 입증하는 것이라 하겠다. 그리고 백제의 축제기술(築堤技術)은 꽤 높은 수준이었던 것으로 알려져 있다.

일본의 사서인 일본서기(日本書紀)에 백제인에 의하여 제언이 축조되었다는 기록이 있어 백제인의 제언축조기술이 일본에 전해질 만큼 발전하였다는 것을 알 수 있다.

2.2 고려조의 제언 축조와 관리제도

고려조 때는 이·치수의 기술이나 행정에 별다른 발전이 없었지만 수자원전담 우수부(995년) 설치, 국토개발을 관장하는 산천비보도감(山川裨補都監, 1198년) 설치 그리고 충렬왕(忠烈王, 제25대 왕, 재위 1274년~1308년) 34년(1308년) 농업기상을 위하여 천문기상기구인 서운관제도(書雲觀制度)가 도입되었다.

1066년(문종 21년) 왕명으로 지방수령(地方守令)

을 근농관(勤農官)을 겸임하게 하여 농사를 감독하게 하였다. 동국여지승람(권43)에 황해도(黃海道) 연안도호부 산천조(山川條)에 남대지(南大池) : 일명 와룡지)는 고려 문종(文宗) 이전에 축조되었다는 기록이 있다.

1143년(인종 21년)에는 오래된 제언의 수축을 명함에 따라 이때 김제의 벽골제도 중수하게 되었다. 왕명에 의한 제언의 수축뿐 아니라 하거(河渠)나 유실된 제방보수에 이르기까지 농민은 물론 군인까지 동원한 것을 알 수 있다. 1188년(명종 18년)에 취해진 농무(農務)의 권장과 제언의 수축독려, 특히 1195년(명종25년)에 사간 최정빈이 옛 공검지(恭儉池)를 수축하였다는 기록을 볼 때 당시의 군주들이 권농과 수리를 위해서 얼마나 진력하였는가를 알 수 있다.

고려는 농지의 확장을 위하여 개간 외에 간척에도 힘쓴 한편 동국여지승람에 1248년(고려 고종 35년) 경남 밀양의 수산제(守山堤)를 수축하였다는 등의 기록이 있다. 그리고 성종실록(成宗實錄, 1472년 성종4년 10월)에 홍주(洪州)땅 (충청남도 당진군 합덕면 합덕리)의 합덕제는 전조(前朝)에서 시축된 제언인데 홍수로 무너져 왕이 제언별감(堤堰別監)을 파견하여 공사를 감독케 했다는 기록이 있다.

고려조의 역대 군왕들이 베푼 권농정책은 제언의 수축과 관개시설의 확장은 물론 농업기술의 발전과 농기(農器)의 개량 등 농업생산력 증대에 크게 기여하였다.

2.3 조선조의 제언 축조와 관리제도

조선조에서는 치수를 중시하여 태조(太祖, 제1대 왕, 재위 1392년~1398년) 4년(1395년)에 근농관제도(勤農官制度)를 두는 등 건국초기에는 이·치수에 노력하였으나 그 후 침체하였다. 그러나 세종(世宗, 제4대 왕, 재위 1418년~1450년) 23년(1441년) 측우기를 발명·이용하였으며 청계천과 한강변에 수표를 세워 수위를 측정하고 강우량을 수심으로 표시하여 우량급(미우, 세우, 소우, 하우, 여우, 표우, 대우, 폭우)을 분류한 것은 우리나라 수문기상학의 출발점이 되었다.

조선조의 저수지공법에는 1395년(태조 4년) 정분(鄭芬)에 의하여 시공된 오늘날의 취수탑과 같은 혈주연통공법(穴柱連桶工法)이 있었다. 이 수통공법은 이후 정조 2년(1778년)에 전주의 영금제(瓔金堤)와 행광신제(杏光新堤)에도 적용하였다

고 한다. 이 밖에 1798년의 정조실록에 의하면 도수감관공법(인수법)이 영암의 정시원에 의하여 창안되어 널리 사용되었는데 오늘날의 역사이론식 도수관공법과 비슷한 것으로 전담관개에 이용되었다.

조선조는 개국 초부터 각종 농본정책을 강력하게 폈다. 그러나 기존제언의 수축(修築)을 위주로 하여 벽골제(1415년, 태종15년), 늘제(1419년, 세종1년), 합덕제(1474년, 성종4년), 수산제(1489년, 성종20년), 남대지(1854년, 철종5년) 등을 수축하였으며 새로 축조된 수리시설은 1854년(철종5년) 청주(淸州)에 신축한 혜정제(惠政堤)가 있을 뿐이다. 그나마 수산제를 수축한 후 연산군(재위 1494년~1506년, 조선 제10대 왕) 부터는 제언을 헐고 전담을 허용하는 등 수리치적을 잊지 못하였다. 한편 〈표-4〉의 행정제도는 조선조시대의 괄목할만한 제언관리제도로서 눈여겨 볼 필요가 있겠다.

증보(增補) 문헌비고(文獻備考)에 1782년(정조6년)에 조사된 전국의 제언수는 3,378개에 이르고, 1808년(순조8년)에 편찬한 만기요람(萬機要覽)

〈표-3〉 조선조의 제언 축조

댐 명	위 치	축조시기	비 고
혜정제(惠政堤)	청주 북쪽	1854년(철종5년)	조선금석총람(朝鮮金石總覽) 혜정제 비문에 1850년(철종1년) 큰 홍수 피해복구를 시작하여 1854년(철종5년) 완성되었다고 기록되어 있음.
※영금제(瓔金堤)	전주	미상	비변사등록(備邊司謄錄) 제159책에 의하면 제언절목[1778년(정조2년) 공포]중에 두 제에 처음으로 수통(수문 : 혈주연통공법, 穴柱連桶工法)을 설치하였는바 그 방법이 매우 좋으니 지방마다 이것을 모방하라는 기록이 있음.
※행광신제(杏光新堤)	전주	미상	

〈표-4〉 조선조의 제언 관리제도

종류	시행시기	소관업무
제언사(堤堰司)	1481년(성종12년) 관제(官制)의 명칭으로 등장, 1662년(현종3년) 다시 복설(復設) 등	신축제언(新築堤堰)의 허가 폐언(廢堰)처리, 제언파괴 또는 모경(冒耕) 적발
제언사목(堤堰事目)	1662년(현종3년)에 발표(發布)	오늘날의 하천법에 해당하는 법규. 15종의 주요내용이 있음.
제언절목(堤堰節目)	1778년(정조2년)에 공포	일종의 치수법규. 제언사목과 대동소이. 12종으로 되어있음.

〈표-5〉 조선조의 제언 수

도 별	1782년	1808년	도 별	1782년	1808년
	(증보 문헌비고)	(만기요람 재용편 제언조)		(증보 문헌비고)	(만기요람 재용편 제언조)
경기도	270	314	황해도	26	45
경상도	1,522	1,765	함경도	24	24
전라도	913	936	강원도	65	71
충청도	503	525	계	3,378	3,685
평안도	55	5			

재용편(財用編) 제언조(堤堰條)에 나타난 전국의 제언수는 3,685개에 이른다.〈표-5〉 참조) 다만 당시 제언에는 제방이 포함된 것으로 생각된다.

3. 일제시대 우리나라의 댐건설

수력조사는 한일합병(1910년 8월 29일)의 초기부터 8·15(1945년)까지 단속적이긴 했으나 당시

조선총독부 체신국(遞信局)이 관장하여 실시하였다. 3차에 걸친 수력조사결과 부존수력이 예상외로 풍부하며 경제적가치도 높은 것으로 판명되었다. 따라서 1930년대 이후 대규모 수력개발이 이루어진 것이다. 조사결과는 〈표-6〉과 같다.

참고로 일본은 1876년(명치유신)부터 서구문명을 도입하기 시작하였으며 초기 30년간에 수공

〈표-6〉 일제시대의 수력지점 조사결과

구분	기간	수력지점 (개소)	유량기준	포장수력 (kw)	가능발전량 (백만kwh)	특징
제1차	'11~'14	80	갈수량	전체	56,966	* 수로식 발전방식
				국내	1,689,233	* 하천유량조절방식 채택
				국경하천	513,306	* 국경하천 포함
제2차	'22~'29	150	연평균유량 또는 그 이상의 유량	전체	6,436,600	* 유역변경 및 대댐방식
				국내	3,901,500	* 국경하천 포함
				국경하천	2,535,100	* 80%가 북쪽에 편재

학(토목공학)의 모든 기술면에서 독립할 수 있는 실력을 배양하였으며 특히 20 초엽의 수문학 및 수리학에 기초를 둔 각종 토목사업 중 큰 발전을 가지게 된 것은 하천개수와 수력발전사업이었으며 일제시대 우리나라의 댐건설에서 그 기술역량을 크게 펼쳤었다.

이와 같은 연유로 우리나라는 일제시대에 수력개발을 시작하였다고 볼 수 있다. 그 주요개발특징은 지형 및 수자원부존특성 등을 잘 조합하여 합리적이고 경제적인 기법으로써 창의적이라고 평가할 수 있겠다. 이 기간의 댐(수력발전)개발상황으로 보아 전반기(1910년~1929년)와 후반기(1930년~1945년)로 구분할 경우 후반기는 세계적인 시각에서도 괄목할 만하다.

1910년 당시 우리나라 발전설비 총 출력은 1,065kw로서 서울, 인천, 부산에서만 전등용 공급이 있었으며 1914년에야 평양, 대구, 원산, 지방도시 등 14개 지구로 확대되었다. 1921년~1929년간의 전력은 각 지방에 수많은 소규모 디젤발전설비(총 33,000kw, 일부 기력포함)를 이용하는 실정이었다.

전반기(1910년~1929년)에는 금강산전기철도(주)가 한강상류 화천하(化川河)에 유역변경방식으로 중대리(中台里), 판유리(板踰里) 및 향천리(香泉里) 등 3개 발전소를 준공하였다. 〈표-7 참조〉 이 회사는 1936년 신일리(新日里)수력도 개발하였다.

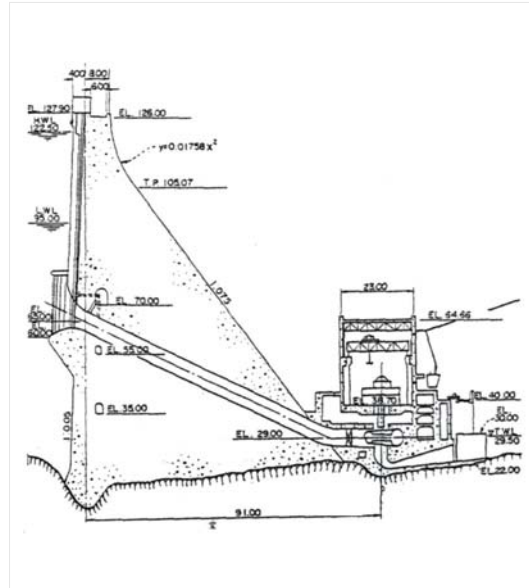
참고로 우리나라 최초의 수력발전소는 1905년 동양금광회사(미국인 경영)가 운산금광(運算金

〈표-7〉 일제시대 완공한 수력발전소

완공년	발전소명	출력(kw)	비고
1925	중대리	7,000	북한강
1927	판유리	720	화천하에서
1928	향천리	3,250	동해로 유역변경
1936	신일리	2,600	
	금전철(주)계	13,570	
1929	부전강제1	일부발전	압록강지류
1930	"	129,600	부전강에서
1930	부전강제2	41,400	동해로 유역변경
1930	부전강제3	18,000	
1932	부전강제4	11,700	
	한대리댐 계	200,700	
1931	운암	5,120	서해로 유역변경
1935	장진강 제1	일부발전	압록강지류
1936	"	144,000	장진강에서
1936	장진강 제2	112,000	동해로 유역변경
1937	장진강 제3	42,000	
1938	장진강 제4	36,000	
	갈전리댐 계	334,000	
1937	보성강수력	3,120	남해로 유역변경
1937	영월화력	107,000	
1940	부령수력제1	13,400	두만강 지류
1940	부령수력제2	9,400	성천에서 동해로
1940	부령수력제3	5,200	유역변경
	부령댐 계	28,000	
1940	허천강제1	145,000	압록강 지류
1940	허천강제2	69,800	허천강에서
1943	허천강제3	58,000	동해로 유역변경
1943	허천강제4	66,000	
	허천강(4개댐)계	338,800	
1941	수풍 제1	100,000	* '41.8.1
1941	수풍 제2	100,000	조선 송전
1942	수풍 제3	100,000	* '41.9.1
1944	수풍 제4	100,000	만주 송전
	수풍 제5	※미완성	* '41.9.28발전식
1943	수풍 제6	100,000	
1944	수풍 제7	100,000	
	수풍댐 계	600,000	
1944	화천	54,000	북한강분류
1944	청평	39,600	"
	한강수계 계	93,600	
합계	25개 지점	1,723,910	수력 24, 화력 1

〈표-8〉 8·15당시(1945년) 미완성 수력발전소

완공년	발전소명	출력(kw)	비고
1940	강계평복제1	132,200	장진강하류,
1940	강계평복제2	53,400	유역변경(강계)
1940	강계평복제3	33,300	
	강계 계	218,900	
1940	독로강	86,100	압록강본류
1937	수풍5호기	100,000	압록강본류
1942	운봉	500,000	압록강본류
1942	의주	200,000	압록강본류
1942	서두수제1	134,000	두만강지류,
1945	서두수제2	134,000	유역변경(동해)
1945	서두수제3	40,400	
	서두수 계	308,400	
1941	칠보	28,800	유역변경(서해)
1939	화천3호기	27,000	한강본류
합 계	12지점	1,469,200	



〈그림-2〉 수풍댐 단면도

鑛)에서 자가용으로 청천강지류 구룡강(九龍江)에 소류지를 막아 500kw의 수력발전소건설(600마력 Francis수차)이 효시라고 한다. 그러나 영업용전기사업으로는 원산수력전기(주)가 최초이다. 원산수력전기(주)는 1912년 덕원천(德源川)상류 지계동(地界洞) 부근의 양일천(陽日川)을 막아 증설을 거듭한 끝에 계 591kw의 수력발전소를 운영하게 되었고 1930년 타사로부터의 수전량(600kw)을 포함하여 1,191kw를 운영한바 있다.

후반기(1930년~1945년)에는 조선수전(주)[일본 질소비료(주)의 계열회사, 1926년 1월 설립]가 1926년 4월 압록강지류인 부전강에 한대리(漢岱里)댐 및 발전소를 유역변경방식(동해)으로 착공한 것이 현대식 대규모수력개발로서는 최하다. 따라서 흥남에 대규모 질소비료생산 공장이 출현하게 되었다. 이어서 장진강수전(주)[1933년 5월

설립, 1937년 4월 조선수력전기(주)로 개명]가 압록강지류인 장진강에 갈전리(葛田里)댐건설 등 유역변경 방식(동해)의전원개발을1938년 준공하였다. 이댐에서개발한전력을신설회사인조선송전(주)가 1935년10월평양으로송전 (154kv)을 개시하였다.

계속하여 조선수력전기(주)는 압록강지류인 허천강계통(연두평댐 등 4개댐)의 유역변경방식 수력개발을 1937년 5월에 착공하여 1943년에 완공하였다. 여기서 생산된 전력을 135km 떨어진 흥남까지 당시 동아시아 최고전압인 220kv로 송전하였다.

위 3개 수계 댐 개발과 병행하여 1940년에는 부령댐건설 등으로 두만강 지류 성천(城川)에서 유역변경방식(동해)으로 부령수력을 개발하였다. 아울러 한강수계에는 한강수전(주)에 의하여 화

천댐 및 청평댐 등 수력발전소를 건설하였다.

8·15당시(1945년) 건설하다가 중단된 댐(〈표-8〉 참조)들을 보면 강계수전(주)에 의하여 장진강하류에서 강계수(江界水)쪽으로 유역변경방식 개발 중인 댐 및 3개발전소(총 218,900kw)와 압록강지류 독로강 댐식 수력발전소(86,100kw)가 8·15로 중단되었다. 그리고 두만강지류 서두수(西頭水) 유역변경방식에 의한 댐 및 3개발전소(총 308,400kw)도 조선수력전기(주)의 자회사인 북선수력전기(주)에 의하여 1942년 10월 착공되었으나 중단되었다. 또한 압록강 본류의 수풍댐

의 수력발전소는 1937년 9월 착공하여 1941년 8월에 일부 발전개시를 시작으로 전체 시설용량 700,000kw 중 1945년 8월까지 600,000kw를 완성하였다.(〈표-7〉 참조)

1942년 6월에는 수풍댐 하류에 의주수력(200,000kw)을 착공하였으며, 1945년 7월에는 수풍댐 상류에 운봉댐(500,000kw)을 착공하였으나 각각 중단되었다. 참고로 모든 댐 및 발전소는 1943년 10월 조선전업(주)를 설립하여 국가가 관리하게 되었다. 따라서 기존의 발·송전회사들은 모두 이 회사로 통합되었다.

〈표-9〉 일제시대 유역변경방식 완성 또는 미완성 댐 및 수력발전소

구분	수계	댐 규모						수로		총유효 낙차 (m)	발전소	
		댐 명	형식	높이 (m)	부피 (천m³)	유효 저수량 (백만m³)	유역면적 (km²)	수 길이 (m)	수 수		출력 (kw)	
8·15까지	부전강	한대리	PG	75.8	487.7	484.0	794.0	4	45,972.0	1,027.8	4	200,700
		제1양수장	ER	29.2	316.0	8.4	7.2					
	장진강	갈전리	PG	54.5	565.0	840.0	1,511.0	4	44,667.0	898.1	4	334,000
		메물	PG	24.6	74.5	33.4	189.0					
	허천강	연두평	PG	100.5	880.0	457.0	1,253.7	5	94,577.0	868.4	4	338,800
		황수원	PG	65.6	470.0	331.0	529.9					
		내중리	PG	43.5	196.0	80.0	278.6					
		사초평	PG	39.0	157.0	26.0	416.9					
	두만강/성천수	부령	PG	57.5	303.4	51.4	224.0	3	19,641.0	613.3	3	28,000
	북한강/화천하	판유리	PG	26.7		11.1		3	7,812.0	407.2	4	13,570
섬진강	운암	PG	28.0				1	3,400.0	75.2	1	5,120	
보성강	보성강	PG	11.8	42.0	4.7		1	2,203.0	83.6	1	3,120	
소 계										21	923,310	
미완성	장진강(강계)	이상(梨上)	PG	101.0	1,810.0	677.7	1,444.8	3	49,655.5	590.2	3	218,900
	두만강/서두수	원봉	PG	107.5	900.0	340.0	1,911.9	3	71,624.0	779.6	3	308,400
	섬진강	칠보	PG	64.0	470.0		763.0	1	7,531.0	154.0	1	28,800
	소 계									7	556,100	
합 계										28	1,479,410	

(주) PG : Concrete Gravity ER : Rock-fill embankment

3.1 유역변경방식 수력개발

1910년~8·15까지 유역변경방식을 적용하여 완성 또는 미완성한 댐 및 수력발전소는 <표-9>와 같다.

3.2 댐 방식 수력개발

1910년~8·15까지 댐 방식을 적용하여 완성 또는 미완성한 댐 및 수력발전소는 <표-10>과 같다.

3.3 일제시대 수력개발기술의 특색

3.3.1 발전소 토목공사

이 시기의 수력사업은 관주도가 아닌 민간주도이기 때문에 더욱 더 경제적 수익성을 중시하여 우

선순위가 결정되었다. 우리나라에서의 수력사업은 당시 획기적인 일이었다. 특히 댐, 발전소, 터널, 가설비 등 일본에서도 경험하지 못한 대규모 기계화시공 이었다. 발전시설용량을 한 예로 보면 일본국내 1기당 평균출력이 6,200kw(계획 중 7,250kw)에 불과한 반면 우리는 100,000kw를 상회하는 등 최초이자 최대 규모였다.

3.3.2 기계의 수송설비

오지(奧地)인 공사현장에 대량의 시멘트, 골재 및 중량물인 발전기기 등의 수송을 위하여 도로, 철도 등을 신설하였다. 모두 최초로 시도된 것이었다.

(1) 수풍발전소 공사용으로 ① 광궤철도 124km 신설 ② 사력채취용 철교 670m 가설(압록강결빙

기 빙상에서 공사를 시행, 1939년 3월 10일 개통) ③ 수풍~서울 간(약 500km, 2회선) 유선전화선을 이용한 반송전화(搬送電話, carrier-current telephone) 가설

(2) 부전강 및 장진강 수력개발용으로 ① 협궤철도 100km 신설 ② 인클라인 설치

(3) 허천강의 수력개발용으로 광궤철도 80km 신설

(4) 댐 및 발전소 건설을 위한 3~66kv 공사용송배전선 신설

3.3.3 댐 관련 기술의 특징

매우 열악한 건설 환경에서 도입한 기계화시공법으로서 당시에 최초로 도입한 공법들이었다. 그 주요 사례를 살펴보면 다음과 같다.

(1) 1926년 착공한 부전강수력발전소공사에서 주교용 천공장비로 왜건드릴(wagon drill) 사용.

(2) 1934년 장진강수력발전소공사에서는 종래의 스팀쇼벨(steam shovel) 대신 신형 전기쇼벨(electric shovel)을 사용하였으며 공사용 콘크리트혼합설비로 1배치 3m³ 사용.

(3) 수풍댐건설에 있어서 골재채취에 전기쇼벨(2입방 야드) 8대를 사용하여 1일 8,000m³의 골재를 수송하였으며 콘크리트타설 설비로 8.5ton 용량의 Jib Crane 6대를 사용하여 1일 최대콘크리

트 타설량 6,800m³를 기록(1940년 5월 18일)함.

(4) 의주댐에서는 만주 측 길이 1,542m 흙댐구간의 심벽기초에 뉴매딕케이슨공법(pneumatic caisson method) 적용.

(5) 북쪽지역은 댐 공사구역의 동절기 기온이 영하 30~40℃ 이므로 콘크리트공사는 부전강에서 5월부터 10월간 6개월만 가능하였다. 그러나 수풍댐 콘크리트는 혹한기를 제외한 8개월간 타설하였으며 가물막이 댐, 발전소, 취수시설 및 옥외변전소는 한중(寒中)콘크리트공법으로 혹한기에도 타설하였다. 한중콘크리트 시공법은 골재(자갈, 모래)를 온돌에서 따뜻하게 데우고 혼합수도 데웠다. 타설 장소는 방한상옥(防寒上屋)을 설치하고 그 내부는 스팀난방을 함.

(6) 수풍댐의 댐콘크리트 등 시멘트 총 소요량 850,000ton을 외부공급으로 충당할 수 없어 자가용 시멘트공장을 평양의 오노다(小野田)시멘트공장 구내에 건설하고 생산품인 클링커(clinker)상태로 수송하였으며 분쇄설비를 댐 현장에 설치함.

3.3.4 수로관련 기술의 특징

(1) 터널공사에 있어서 ①부전강수력발전소 제1수로는 총연장 26.6km인 터널이다. 작업갱으로 횡갱 4개, 사갱 3개, 수직갱 14개를 두었다. 분수령근처의 수직갱은 깊이 150m에 달함. ② 장진강수력발전소공사의 제1수로터널은 총연장 23.6km이며 원형단면을 채택. ③ 부전강수계의

<표-10> 일제시대 댐 방식 완성 또는 미완성 댐 및 수력발전소

구분	수계	댐명	형식	댐 규모				최대 사용수량 (m³/s)	유효 낙차 (m)	발전소 출력 (kw)
				높이 (m)	부피 (천m³)	유효 저수량 (백만m³)	유역면적 (km²)			
8·15까지	압록강 분류	수풍	PG	106.4	3,231.0	7,600.0	45,535	990.0	93.0	600,000 (5호기미완)
	북한강 분류	화천	PG	82.0	817.0	541.0	4,145	131.3	70.6	54,000 (3호기미완)
		청평	PG	30.0	234.0	82.6	10,138	182.0	26.0	39,600
	소계									693,600
미완성	압록강 분류	수풍	PG	106.4	3,231.0	7,600.0	45,535	990.0	93.0	100,000
	압록강 분류	운봉	PG	112.5	3,450.0	3,000.0	17,211	550.0	115.3	500,000
	압록강 분류	의주	PG	41.6	448.7	56.0	48,163	1,200.0	20.3	200,000
			ER	26.5	3440.0					
	압록강 분류 (독로강)	독로	PG	56.0	370.0	433.0	5,105	200.0	51.7	86,100
	북한강 분류	화천	PG	82.0	817.0	541.0	4,145	131.3	70.6	27,000
소계										913,100
합계										1,606,700

(주) PG : Concrete Gravity ER : Rock-fill embankment

수로 공사부터 부동(不凍)다이너마이트에 관한 연구를 시작하였다. 독일에서 일부 화약을 수입 사용하기도 하였으나 장진강수력발전소공사에서는 일본화약(日本火藥)(주)에 부동다이너마이트를 제작시켜서 사용함.

(2) 조압수조는 1930년에 준공한 부전강 제1발전소의 월류식 차동조압수조(differential surge tank), 1944년 준공한 화천발전소의 제수공조압수조(restricted orifice surge tank) 등 당시로서는 참신한 설계였다.

(3) 수압철관에 있어서 부전강수계 제1발전소는 유효낙차 678.8m, 정격낙차 736.6m로서 당시 경험한바 없는 세계유수의 고낙차였다. 이 발전소의 수압철관은 연장 2,833m, 내경 1,625~1,145mm, 총중량(4열)은 12,000ton에 달하는 거대한 것이었다.

폴란드의 페름사 제품을 사용하였고 하부 고압부분의 철관은 띠로 보강한 밴디드 파이프(banded pipe)공법을 채택하였다. 장진강 제1발전소 수압철관은 유효낙차 407.1m, 연장 1,620m, 내경 1,850~1,500mm, 총중량(4열) 6,134ton에 달했으나 가와사끼중공업이 일본 최초의 고낙차에 도전하여 성공하였다. 철관의 연결은 현장전기용접으로 하였으며 검사는 X선 검사기로 실시하였다.

부전강 제4발전소는 수압철관을 사용하지 않고 서지탱크 밑바닥에서 약 30m의 철근콘크리트 수직갱으로 대체하였다.

(4) 문비 및 기타
당시 댐의 문비로는 스루스게이트(slucice gate)를 많이 쓰고 있었으나 부전강수력발전소에서 처음으로 취수구에 외국제 케터필러게이트(caterpillar gate)를 채택하였다. 청평댐의 여수로에는 경간 12m, 높이 10m의 레디얼게이트(radial gate) 24문을 설치하였다. 수풍댐에서는 뗏목을 유하시키기 위하여 사수로(斜水路)를 설치하고 수심을 일정하게 조정할 수 있는 특수문을 설치하였다.

3.3.5 발전기용 기기

(1) 일본제품 기기
발전소의 전기기기는 대부분 최대용량인 기록 품이었다. 부전강 제1발전소는 최대출력 129,000kw로서 수압철관은 페름사(폴란드), 수차는 포이스(Voith)사(독일), 발전기는 지멘스(Siemens AG)사(독일) 제품이었다.

다만 36,000kva 용량 3상변압기는 일본 도시바(東芝)제품이었다. 1929년 부전강 제2 및 제3 발전소부터는 모두 일본제품으로 충당하였다.

형식상 미국, 영국, 독일의 메이커들과 견적경쟁을 실시하였으나 다소 효율이 떨어지더라도 기술 축적을 위하여 일본제품으로 결정하였다. 그러나 수풍댐의 발전기는 초대형용량일 뿐만 아니라 제작기간 문제 등으로 5대는 일본제품, 2대는 지멘스사 제품으로 결정하였으나 지멘스사 제품은 8·15까지 1대(5호기)는 도착하지 않았다.

(2) 수차
적은 유량의 고낙차(300~1,700m)용인 펠턴수차(Pelton水車)는 부전강 제1발전소(유효낙차 678.8m)에 33,000kw 용량의 외국제품 4대, 장진강 제1발전소(유효낙차 407.1m)에 38,500kw 용량의 일본제품 4대를 각각 설치하였다.

프랜시스수차(Francis turbine)는 1929년 부전강 제2발전소에 당시 일본 최대용량 22,700kw 2대, 1935년에는 장진강 제2발전소에 당시 일본 최대용량 33,000kw 4대, 1940년에는 강계수력 제1발전소에서 당시 일본 최대용량 46,000kw 3대, 1938년에는 수풍발전소에 당시 세계적으로 대용량인 105,000kw를 발주하였다.

여기서 특기할 점은 일반적으로 수량(水量)이 많고 중간 낙차(25~300m)용인 프랜시스수차를 장진강 제2발전소는 최고낙차 310m이고, 강계수력 제1발전소는 최고낙차 400m임에도 사용한 사실이다. 그리고 한강수계의 청평발전소(정격낙차 27.05m)에는 21,000kw 용량의 카플란수차(Kaplan turbine) 2대를 설치하였는데 당시 일본최대용량이다. 미완성인 압록강의 의주발전소(정격낙차 20.6m)는 38,000kw 용량 6대를 발주하였는데 당시 카플란수차로는 일본 최대기록이다.

(3) 발전기와 변압기
발전기는 부전강 제1발전소의 용량 36,000kva 4대는 독일제품이었으나, 제2발전소부터는 일본제품이었다. 이어서 장진강 및 허천강수계 발전

기도 전부 일본제품이었다. 또한 수풍발전소의 발전기 100,000kva 용량 7대중 5대는 일본제품, 2대는 독일제품이었다.

변압기는 부전강 제1발전소의 3상 36,000kva에서 장진강 제1발전소의 45,000kva, 제2발전소의 60,000kva, 허천강 제 2발전소의 80,000kva 2기, 수풍발전소의 100,000kva 7기 등은 당시 일본제품으로는 최대용량의 것이었으며 전부 3상 변압기를 채택했다. 또한 2차 전압은 허천강발전소 및 수풍발전소에서는 220kv를 채택했다.

(4) 기타 전기설비
부전강 제2 및 제3발전소는 각각 전자동방식이였다. 당시 일본국내에서는 2,000kw 규모의 자동화가 이루어진 단계로서, 우리나라에서 대용량 수차·발전기의 자동화운전에 의한 성력화(省力化)는 괄목할 만한 일이었다. 종전에는 발전기의 거버너(調速機)의 운동에 벨트를 사용하고 있었으나, 수풍발전소에서부터는 벨트대신 전기적 운동방식이 채택되었다.

(5) 양수장의 설치
부전강 제1발전소 본댐의 하류유역(下流流域) 하천유량과, 장진강 제1발전소의 하류유역의 하천유량을 각각 50~60m의 양정으로 본댐에 양수하여 유역변경식으로 1,000m의 고낙차 발전을 하면 양수에 사용한 전력회수는 물론 발전면의 큰 이득이 있었다. 양수펌프의 용량은 부전강수계 2개 지점에서 1,850kw 5대, 장진강수계 1개 지점에서 5,000kw로서 당시의 발전용 양수 펌프용량으로는 최대의 것이었다. 또한 부전강 제2

양수장에서는 원격제어방식을 채택하였다.

3.3.6 송전선 및 변전소

(1) 송전전압

부전강수계의 각 발전소에서 흥남(興南)의 조선 질소비료(주)까지 송전(1929년 9월)에는 전압 110kv를 채택하고, 장진강수계에서 평양과 서울로의 송전(1935년 10월)에는 당시 일본 최고전압인 154kv를 채택하였다.

허천강수계에서 흥남비료공장 및 청진까지의 송전(1941년 6월)에는 동양 최초 및 당시 세계최고 표준전압인 220kv를 채택하였다. 그 후 수풍발전소에서 만주 측 또는 우리나라 측 송전에 전부 220kv의 전압이 채택되었다.

(2) 배전전압

1938년 수풍발전소의 공사용 동력선으로 압록강 본류 중앙부 및 만주 측의 골재채취는 배전거리와 사용전력관계상 일본최초의 6,000v의 배전전압이 시험적으로 채택되었다.

3.3.7 반송식 전화설비

부전강수계 개발의 초기부터 송전선을 이용한 전력선 반송전화(返送電話)를 가설하였다. 또한 장진강수계 개발에서부터는 일본국산의 전력선 반송전화를 가설하였고, 허천강과 수풍담 개발에서는 일본최초의 220KV 송전선을 이용한 전력선 반송전화가설에 성공하였다.

4. 8·15이후 우리나라의 댐건설 (1946.8.15~현재)

앞 절에서 살펴본 바와 같이 대부분의 댐 및 수력 개발은 우리나라 북쪽에 편중되어 있었다. 따라서 8·15(1945년) 현재 우리나라 38°선 남쪽의 발전시설용량은 <표-11>과 같은 실정이었다.

4.1 댐건설행정의 변천

8·15(1945년) 이후 우리나라의 댐건설행정을 개괄적으로 살펴보면 대한민국 정부수립(1948년 8월 15일) 후 관개용댐은 농림부(현재 농림수산식품부)소관, 생·공용수댐은 내무부(현재 국토해양부 및 환경부(지방상수도))소관, 수력댐은 상공부(현재 지식경제부) 소관이다. 다목적댐은 1960

년대부터 최초로 건설하기 시작하였으며 건설부(현재 국토해양부) 소관으로 하고 있다. 현재의 소관 '부' 명칭이 있기까지는 그동안 수차례의 정부의 직제변경이 있었다. 1960년대 이전까지는 각각 목적별 소규모 단일목적댐 위주로 댐을 건설하였다.

1960년대 들어 다목적댐의 건설 및 관리에 관하여 하천법(1961년 12월 제정)의 특례를 규정해서 다목적댐건설의 촉진을 기하는 것을 목적으로 1966년 4월 23일 「특정다목적댐법」을 제정하여 그동안 소양강댐, 안동댐 등 많은 다목적댐을 건설하여 왔다. 그러나 댐건설로 대규모 수몰지 이주민이 발생되고 안개 및 교통단절에 따른 생활 불편과 댐 주변지역 개발제한 등으로 인한 지원 사업시행 및 이주정착금지원 등 댐 주변지역 지원확대를 위하여 「특정다목적댐법」이 폐지되고 1999년 9월 7일「댐건설및주변지역지원등에관한 법률」(제6021호)이 제정되었다. 이후 10여 차례의 개정이 있었으며 지원내용보완 및 댐 사용권자의 지원사업 재원출연율도 대폭 상향되었다.

한편 환경보전의 중요성이 증대되면서 댐건설에 따른 환경영향에 대한 문제제기 및 환경 친화적인 댐건설에 대한 요구증가로 1993년「환경영향평가법」이 제정되었다.

현재 각 목적별 관련 법률을 보면 관개용댐은「농어촌정비법」, 생·공용수댐 및 다목적댐은「댐건설및주변지역지원등에관한법률」, 수력댐은「전원개발에관한특례법」이다.

4.2 발전용 댐건설

발전용 댐은 정부수립 후 상공부(현 지식경제부) 전기국 소관으로 시작하였으며 집행기구는 조선전업(주)에서 한국전력(주)[1961년 7월 1일], 한국전력공사(1982년 1월 1일)로 이어오다가 2001년 4월 발전부문이 한국남부발전(주), 한국동서발전(주), 한국남동발전(주), 한국중부발전(주), 한국서부발전(주), 한국수력원자력(주) 등 6개 자회사로 분리되었다. 관련법규는「전기사업법」이다.

8·15 초기 우리나라 북쪽이 남측 총 전력수요의 60~66%를 송전하다가 1948년 5월 일방적으로 단전함으로서 전력난이 극심하게 되자 단기대책으로 운휴 중이던 당인리(唐人里), 영월(寧越), 부산 등 노후 된 화력발전소 응급보수·이용 및 발전함(發電艦) 도입 등으로 전력난 완화에 주력하였다. 한편 6·25동란(1950년)으로 인한 발전설비피해(청평, 칠보, 보성강 등 : 약 40%정도) 부분을 1952년 5월까지 모두 복구하였으며, 8·15 이후 38선 이북으로 북한에 속해 있던 시설용량 54,000kw의 화천(華川)댐을 1951년 8월 수복한 다음 1951년 11월에 복구공사에 착수하여 1954년 7월까지 제1·2호기를 복구 완료함으로써 우리나라의 전력난 해결에 큰 보탬이 되었다.

국내 최초로 우리 기술진만으로 괴산(槐山)댐(콘크리트중력식, 1952년 10월~1957년 2월)을 준공하여 2,600kw의 최대출력을 얻게 되었다. 또한 1955년 7월에는 FOA원조자금으로 27,000kw의 화천 제3호기 증설공사에 착수하여 1955년 11월에 준공하였다.

<표-11> 8·15 현재 우리나라 남쪽의 수력발전시설 현황

수 계	발전소명	시설용량 (kw)	가능출력 (kw)	비 고
한강	청 평(淸 平)	39,600 (19,800×2대)	39,600	출력미달(신념 미완성)
섬진강	칠 보(七 寶)	14,400 (14,400×1대)	12,000	
	운 암(雲 岩)	5,120 (2,560×2대)	3,120	
	보성강(寶城江)	3,120 (1,560×2대)	3,120	
제주	서귀포(西歸浦)	200	200	
계		62,440	60,040	

〈표-12〉 8·15후 1972년까지 수력전용발전설비 증가추세 (단위 : kw)

구 분	1945	1961	1966	1967	1968	1971	1972
화 천	-	81,000	81,000	81,000	108,000	108,000	108,000
춘 천	-	-	57,600	57,600	57,600	57,600	57,600
청 평	39,600	39,600	39,600	79,600	79,600	79,600	79,600
칠 보	14,400	14,400	28,800	28,800	28,800	28,800	28,800
운 암	5,120	2,560	2,560	2,560	2,560	2,560	2,560
보성강	3,120	3,120	3,120	3,120	3,120	3,120	3,120
괴 산	2,600	2,600	2,600	2,600	2,600	2,600	2,600
의 압	-	-	-	45,000	45,000	45,000	45,000
남 강	-	-	-	-	-	12,600	12,600
서귀포수력	200	200	200	200	200	200	※폐지
추산(雉山)	-	-	-	-	-	1,200	1,200
합 계	62,440	143,480	215,480	300,480	327,480	341,280	341,080
비율(%)	-	100	150	209	228	238	238

(주) 단 '남강'은 다목적댐임.

1961년 7월 당시의 전기3사[경성전기(주), 남선전기(주), 조선전업(주)]를 통합하여 한국전력(주)를 창설하였다. 정부의 경제개발5개년계획에 의하여 춘천댐(1965년 2월), 섬진강댐 칠보발전소중설(2호기, 1965년 12월), 의암(衣岩)댐(1967년 11월), 남강댐(구댐, 1971년), 울릉도의 추산(雉山)수력(1호기 : 1969년, ※ 제2호기 : 1978년 10월 준공), 팔당(八堂)댐(1973년) 등 발전용 댐을 건설하였으며 8·15후 1972년까지 수력전용발전설비의 증가추세를 보면 〈표-12〉와 같다.

1970년대 중반 들어 정부는 수력개발을 추진하는 한편 원자력발전소 건설을 위한 인적 물적 준비를 하였으며 1970년대 후반 두 차례에 걸친 석유파동을 계기로 정부는 기저부하설비도 유전소화력(油專燒火力)으로부터 원자력 및 석탄화력 주도형으로 계획이 전환되었다. 따라서 1978년 4

월 우리나라 최초의 고리원자력1호기가 상업운전에 들어감으로써 우리나라도 본격적인 원자력시대가 개막되었다.

아울러 지금까지 댐 및 발전소를 건설하는 데 있어서 외국의 기술과 기자재에만 의존하던 외국주도의 턴키방식에서 벗어나 국내주도형으로 과감한 전환을 시도하여 기술축적과 기자재의 국산화를 크게 촉진하였다.

이 시기에 황성군의 안흥소수력(安興小水力, 1978년, 450kw)중설, 울릉도의 추산(雉山)소수력(1978년, 200kw)중설, 청평양수발전소(1980년, 400,000kw) 등이 각각 운전을 개시하였다. 최초의 양수발전소는 제4차 전원개발5개년계획(1977년~1981년) 기간 중에 건설한 청평양수발전소(1980년)이다. 이어서 삼랑진양수발전소

〈표-13〉 주요 수력발전용 댐건설현황 (2012년 현재)

유역	하천명	댐명	형식	높이(m)	길이(m)	총저수용량(백만㎥)	발전용량(kw)	준공(년)	
한강	방대천	양양양수댐(상)	CFRD	95.5	335	4.93	1,000,000	2006	
	후천	양양양수댐(하)	PG	53.0	247	10.31			
	무명천	청평양수댐(상)	ER	62.0	290	2.68	400,000	1980	
	북한강	의암댐	PG	23.0	273	57.52	45,000	1967	
	북한강	청평댐	PG	31.0	407	82.60	79,600	1944	
	북한강	춘천댐	PG	40.0	453	61	57,600	1965	
	북한강	팔당댐	PG	29.0	575	18	80,000	1974	
	북한강	화천댐	PG	81.5	435	658	108,000	1944	
	달천	괴산댐	PG	28.0	171	5.72	2,600	1957	
	송천	도암댐(강릉)	ER	72.0	300	51.4	82,000	1991	
낙동강	금곡천	예천양수댐(상)	CFRD	75.0	620	6.98	800,000	2012	
	용두천	예천양수댐(하)	CFRD	63.0	535	9.08			
	길안천	청송양수댐(상)	CFRD	89.8	400	7.49	600,000	2006	
	용전천	청송양수댐(하)	CFRD	57.0	302	10.13			
	반천	산청양수댐(상)	CFRD	86.9	386	6.37	700,000	2001	
	대내천	산청양수댐(하)	CFRD	70.9	286	7.37			
	심곡천	삼랑진양수댐(상)	ER	88.0	269	6.46	600,000	1985	
	안태천	삼랑진양수댐(하)	ER	78.0	529	10.89			
	금강	무명천	무주양수댐(상)	ER	60.7	287	3.39	600,000	1995
	괴목천	무주양수댐(하)	ER	42.6	234	6.40			
섬진강	보성강	보성강댐	ER	11.8	273.8	4.69	3,120	1937	
발전시설 합계							5,155,920		

(주) 1) 댐형식 TE : Earthfill embankment ER : Rock-fill embankment PG : Concrete Gravity CFRD : Concrete Faced Rockfill Dam

(1985년), 무주양수발전소(1995년), 산청양수발전소(2001년), 양양양수발전소(2006년), 청송양수발전소(2006년), 예천양수발전소(2012년) 등 순으로 지금까지 7개 양수발전소를 건설했다. 각각 상부댐 및 하부댐이 있으나 이중 청평양수발전소는 상부댐만 건설하고 하부댐은 기존 청평호(청평댐)를 활용하여 개발하였다. 이와 같이 발전용 댐건설은 다목적댐을 건설하기 시작한 다음부터 주로 양수발전소에 국한하였다.

4.3 다목적댐 건설

우선 수자원종합개발의 태동기를 살펴보고자 한다. 4·19(1960년)후 정부에 국토건설본부(1960년 12월 28일, 본부장 : 국무총리, 실무책임자 : 장준하, 기술책임자 : 최경열)가 설치되었다. 이때부터 물을 경제재(經濟財)인 자원으로 인식하기 시작했으며 소양강댐을 포함한 다목적댐 건설 구상을 추진하였다.

〈표-14〉 주요 다목적댐 건설현황 (2012년 현재)

유역	하천명	댐명	형식	높이(m)	길이(m)	총저수용량 (백만㎥)	발전시설 (kw)	준공 (년)
한강	북한강	소양강댐	ER	123	530	2,900	200,000	1973
		남한강	충주댐	PG	97.5	447	2,750	400,000
		역조정지댐	PG	21	480.7	30	12,000	1985
	섬강	형성댐	ER	48.5	205	86.9	1,400	2002
	임진강	한탄강홍수조절댐*	PG	83.5	690	270	-	(2014)
	임진강	군남홍수조절댐*	PG	26	658	71.6	-	(2012)
	북한강	팔당댐	PG	29	575	18	80,000	1974
	북한강	평화의댐*	CFRD	125	601	2,630	-	2007
낙동강	낙동강	안동댐	ER	83	612	1,248	90,000	1977
		역조정지댐	PG	20	218	5	1,500	1977
	반변천	임하댐	ER	73	515	595	50,000	1993
		역조정지댐	PG	15	320	3.4	1,000	1993
	황강	합천댐	PG	96	472	790	100,000	1989
		역조정지댐	PG	29	275.5	1.8	1,200	1989
	남강	남강댐	CFRD	34	1,126	309.2	14,000	2003
		밀양강	밀양댐	CFRD	89	212.5	73.6	1,300
	위천	군위댐	CFRD	45	390	48.7	500	2012
		고현천	보현산댐**	PG	58.5	250	22.11	170
	부향천	부향댐	ER	64	472	54.30	600	(2012)
		내성천	영주댐**	ER	55.5	400	181.10	5,000
	길안천	성덕댐	PG	58.5	274	27.9	230	(2012)
동창천		운문댐	ER	55	407	135.34	-	1994
금강	금강	대청댐	ER/PG	72	495	1,490	90,000	1981
		역조정지댐	PG	16.7	234	4.1	800	1981
	금강	용담댐	CFRD	70	498	815	24,400	2005
영산강	평림천	평림댐	ER	37.3	390.5	8.47	-	2007
섬진강	섬진강	섬진강댐	PG	64	344.2	466	34,800	1965
	보성강	주암댐	ER	58	330	457	1,440	1992
기타	직소천	부안댐	CFRD	50	282	50.30	193	1996
	탐진강	장흥댐	CFRD	53	403	191	800	2007
	오류천	감포댐	ER	35	108	2.39	-	2006
	이사천	주암조절지댐	ER	99.9	562.6	250	22,500	1992
	웅천천	보령댐	ER	50	291	116.90	701	1996

(주) 1) 댐형식 TE : Earthfill embankment ER:Rock-fill embankment PG:Concrete Gravity CFRD:Concrete Faced Rockfill Dam
 2) () 내 : 건설 중 3) * : 홍수조절용댐 ** : 4대강사업으로 추진한 댐

5·16(1961년)후에도 다행히 그 기본구상이 계승되었으며 식량증산과 중화학공업육성을 위하여 용수, 전력 등 사회간접자본 확충에 주력코자 유역조사, 수자원종합개발 및 다목적댐건설 정책으로 이어졌다.

정부조직은 5·16 직후 부흥부를 깜짝 건설부로 개편(1961년 5월 29일)하였다가 바로 경제분야는 경제기획원으로 개편하고 나머지 국토건설분야는 기타 건설분야를 규합하여 국토건설청(관리국, 계획국, 국토보전국, 수자원국)으로 발족(1961년 7월 29일)시켰다. 수자원국에는 이수과, 수리간척과, 동력과(댐 전담) 등을 두었다. 국토건설청은 다음해에 건설부로 승격(1962년 6월 18일)되면서 수자원국은 그대로 계승되었다. 비로소 수자원종합개발 추진에 걸 맞는 정부조직을 갖춘 셈이다. 따라서 관련 입법을 서둘러 1966년 4월 23일 특정다목적댐법이 제정·공포되었다. 이어서 1967년 11월 16일 다목적댐건설 및 관리가 주요임무인 한국수자원개발공사가 창립됨으로서 수자원종합개발을 위한 체제정비가 마무리되었다.

우리나라 최초의 다목적댐은 섬진강댐(1965년 준공)이다. 다음은 남강댐(1971년 준공)이다. 이 두 댐은 하천법에 따라 착공하여 준공하였으나 다목적댐건설의 효시라고 할 수 있다.

특정다목적댐법에 의하여 최초로 착공한 댐은 소양강(昭陽江)댐(1967년 4월~1973년 10월)이다. 다음으로는 안동댐(1976년), 대청댐(1981년) 등으

로 이어진다. 주요 다목적댐건설현황은 〈표-14〉와 같다. 이 댐들은 대부분 한국수자원공사(※ 한국수자원개발공사 창립(1967년 11월 16일)→산업기지개발공사(1974년 4월 1일)→한국수자원공사(1988년 7월 1일))가 건설 및 유지·운영·관리를 담당하고 있다

이에 앞서 정부는 1965년 9월 수자원종합개발10개년계획(1966년~1975년)을 성안하였다. 초창기 수자원개발의 길잡이 역할을 한 대단히 중요한 역사적 작품이라고 할 수 있다. 이 계획에 10여 가지 기본방향 중에서도 무엇보다도 수자원종합개발을 위한 주요하천 즉 4대강유역조사사업을 조속히 착수하는 과제였다.

당시는 유역조사라는 어휘자체가 생소한 때였다. 따라서 한강유역조사(1966.3.15~1971.12.31)와 낙동강유역조사(1966.12.20~ 1972.3.24)사업은 건설부 기구로 착수하였다가 후에 한국수자원개발공사로 흡수 통합되었고 금강유역조사(1968.3.5~1971.12.31)와 영산강유역조사(1968.7.1~1971.12.31)사업은 처음부터 한국수자원개발공사의 기구로 출발하였다. 이 유역조사는 우리나라 수자원개발에 있어서 신기원을 이루었다. 수자원조사기법 및 체계 확립, 선진조사기법 도입, 기술인력 양성 등에 크게 공헌했다.

여기서 4대강유역조사결과 주요핵심건의사항을 보면 한강은 소양강댐과 충주댐 등의 조기건설, 낙동강은 조기에 안동댐을 건설하고 1980년대에 합천댐과 낙동강하구둑건설에 이어서 임하댐건설, 금강은 대청댐의 조기건설 및 용담댐과 금강

〈표-15〉 주요 생·공용수전용 댐건설현황

유역	하천명	댐 명	형식	높이 (m)	길이 (m)	총저수용량 (백만㎥)	용수공급량 (천㎥/년)	준공 (년)
한강(5)	골지천 신홍천 한탄강 안성천 안성천	광동댐*	ER	39.5	292	11	26,360	1989
		달방댐	ER	53.5	326	7,717	14,601	1990
		중리댐	TE	26.1	100	0.5	750	1960
		파장댐	TE	25	153	0.51		1971
		광교댐*	TE	15	300	2,177		1943
낙동강(23)	용계천 오류천 동화천 구천천 눌태천 태화강 둔기천 덕동천 벌기천 대곡천 태화강 부전천 송정천 안계천 연조천 자호천 동창천 소동천 냉천 불국천 수영강 회야강 대가천	가장댐	TE	45	260	9.1	17,500	1986
		갑포댐	ER	35	108	2.39	1,643	2006
		공산댐	TE	36.8	239	5.5	18,300	1982
		구천댐*	ER	50	234	9.67	7,527.8	1987
		눌태댐	TE	17	130	0.68		1983
		대곡댐	ER	52	192	28.5	32,120	2005
		대암댐	TE	27	318	9.5	18,250	1969
		덕동댐*	ER	50	169	10.52	10,520	1977
		벌기댐	TE	21	258	1,507		1932
		사연댐	TE	46	300	25	65,810	1965
		선암댐	ER	22	331	2,021	조절지역할	1964
		성지곡댐	PG	27.8	112.1	0.649		1945
		송정댐*	TE	19.5	151	0.341	579	1958
		안계댐	TE	32.5	223.5	17.65	조절지역할	1971
		연조댐*	ER	24.5	120	4.96	6,260	1979
		연천댐	TE	42	300	96.4	107,300	1980
		운문댐*	ER	55	407	135,344	162,425	1994
임운댐	TE	25	220	0.23		1988		
진천댐	ER	20	109	1.5		1989		
하동댐**	TE	58.6	486	31.15	49,840	1993		
회동댐	PG	33	174	16.2	25,000	1967		
회야댐	ER	31.5	424	21.5	90,000	1986		
성주댐**	ER	62.6	430	28.15	43,000	1997		
금강(9)	용천천 왕암천 금강 고산천 고산천 백곡천 무한천 고산천 대천천 황룡강 신화천 모현천 무명천 선암천 대야천 동보천 서삼천 무명천 무명천 석곡천 수어천 어시천 회천 광주천 모현천 무명천 평림천 대조천 금성천 고산천 백문천 황룡강 통안천	보령댐*	ER	50	291	116.9	106,600	1996
		합동댐	TE	20	181	1.54		1964
		경천댐**	TE	58	160	2.0	3,954	1990
		경천댐*	TE	22.7	290.9	25,346	51,396	1937
		동상댐**	PG	30	159.5	11,241	15,115	1965
		백곡댐**	TE	27.2	410	21,504	36,231	1984
		예당댐**	TE	13.3	314.5	46.07	84,500	1964
		옥구제	TE	5.2	6,086	12,588	24,200	1923
		청천댐**	TE	23	306	20,639	45,760	1962
		고산댐	TE	15	100	0.023		1973
영산강&섬진강(24)	신화천 모현천 무명천 선암천 대야천 동보천 서삼천 무명천 무명천 석곡천 수어천 어시천 회천 광주천 모현천 무명천 평림천 대조천 금성천 고산천 백문천 황룡강 통안천	근외댐	TE	23	203	0.193		1993
		금량댐	TE	17	88	0.019		1969
		금일댐	TE	24	87	0.22		1992
		대덕댐	TE	16	104	0.1		1945
		대야댐	TE	45	291	1,907		1993
		동보댐	CFRD	44.7	188.1	99.53	116,800	1985
		모암댐	TE	17.5	79	0.05		1968
		보길댐	TE	18	289	0.42		1989
		삼산댐	TE	16	124	0.164		1993
		석곡댐	TE	18	227	1.85		1967
		수어댐*	ER	67	437	27,519	29,675	1978
		어시생	ER	18.5	225	0.106		1971
		영천댐*	TE	20	376	2,576	107,300	1985
		제2댐	PG	25	143	0.505		1939
		죽청댐	TE	18	164	0.32		1987
		청산댐	TE	18	180	0.21		1994
		평림댐	ER	37.3	390.5	8.47	11,770	2007
		나수댐**	TE	31	496	87.8	121,000	1976
		담양댐**	ER	46	305.5	64.8	66,000	1977
		대야댐**	ER	55	255	54,646	98,261	1989
		동화댐**	ER	71	474	32,242	44,932	1999
		장성댐**	ER	36	603	89.8	124,000	1976
		통안댐**	TE	20	143	0.205		1994

(주) 1) 댐형식 TE : Earthfill embankment ER : Rock-fill embankment PG : Concrete Gravity CFRD : Concrete Faced Rockfill Dam

2) * : 관개겸용 ** : 관개가 주 기능

하구둑건설 그리고 수통(水桶)댐 및 명천(明川)댐 건설 등이며, 영산강은 장성댐 담양댐 대초댐 건설로 상류부의 용수문제 일부해결 및 영산강하구둑건설로 간사지 개발과 임해공업단지 용수공급 그리고 1978년 이후 광주일대의 생·공용수공급을 위한 동복댐 증고, 유역특성에 따른 영산강과 섬진강을 종합한 광역수자원종합개발계획의 수립 등이다. 그리고 4대강유역조사의 중간성고가 나오게 되자 건설부는 수자원종합개발10개년계획을 개편 발전시켜 4대강유역종합개발계획(1971년~1981년)에 흡수 통합(1970년 12월 27일)하였다. 이 계획에서 대용량 다목적댐과 하구둑 등의 건설계획이 보다 더 구체화되었다.

이 계획에 따라서 소양강댐, 안동댐, 대청댐, 충주댐, 합천댐, 임하댐, 주암댐 및 영산강하구둑, 금강하구둑, 낙동강하구둑 등이 건설되었다. 이후에는 어느 정도 대규모 댐을 건설한 상황인 점 등을 고려하여 중규모 댐 건설을 위한 여러 가지 정부정책에 의하여 〈표-14〉와 같이 다수의 다목적댐을 건설하고 있다. 이 표에서 특기할 점은 '평화의 댐'이다. 이 댐은 북쪽의 의도유무를 불문하고 당시 공사 중인 금강산댐 등으로 인한 만일의 사고(수공 : 水攻)에 대비하기 위하여 건설하였다. 세계적으로 저수지를 비워두는 대형 댐건설은 처음이자 마지막일 것이라 생각이 든다.

1989년 높이 80m 규모로 준공하였으나 새로운 위협에 대비하기 위하여 2007년 높이 125m로 증고 한 바 있다.

4.4 생·공용수댐 건설

생·공용수댐은 정부수립 후 내무부(현 행정안전부) 건설국 소관으로 시작하였으며 주요 집행기구는 지방자치단체이고 관련법규는 「수도상수도 호규칙」이었다.

이어서 건설부(1962년 6월 18일 신설, 건설교통부(1994년 12월 23일) 및 국토해양부(2008년 3월 6일)소관으로 이어 왔으며 주요 집행기구로는 지방자치단체와 함께 1979년 12월 15일 전국 공업용수도 시설물인수인계(7개 지구 : 온산, 포항, 마진, 여천, 대덕, 거제, 수도권수원·안양계통)를 계기로 한국수자원공사가 포함되었으며 관련 법규는 수도법(1961년 12월 31일 제정)과 댐건설 및 주변지역지원등에관한법률(1999년 9월 7일 제정)이다. 주요 생·공용수전용 댐건설현황은 〈표-15〉와 같다.

4.5 관개용댐 건설

관개용댐 건설 및 관리는 정부수립 후 농림부(현 농림수산식품부) 농지국 소관으로 시작하였으며 주요 집행기구는 대한수리조합연합회(1949년 6월), 토지개량조합연합회(1962년 3월), 농업진흥공사(1970년), 농업기반공사(2000년), 한국농촌공사(2005년), 한국농어촌공사(2008년) 등으로 이어왔으며 관련법규는 토지개량령, 농촌근대화 촉진법((1970년 1월 12일), 농어촌정비법(1994년 12월 22일), 한국농어촌공사 및 농지관리기금법 등으로 이어 왔다. 현재 관개용으로 건설한 댐은 전국에 약 1,182개가 있다.

4.6 하구둑 및 방조제 건설

4.6.1 하구둑

하구둑은 영산강, 낙동강, 금강의 하구에 각각 건설한 3개가 있다. <표-16> 참조) 가장 먼저 건설한 하구둑은 1982년에 준공한 영산강하구둑이다. 건설목적은 주로 생·공용수 공급이다.

(1) 낙동강하구둑

UNDP/FAO지원에 의한 낙동강유역조사(1966년~1972년)에서 최우선 댐으로 건의한 안동댐 담수를 1976년 10월에 개시하였다. 한편 동 유역조사보고서에서 낙동강하구지역의 염해방지와 안

정적인 용수공급을 보장하기 위하여 추가조사로 건의된 낙동강하구조사(1974년~1977년)가 진행되었다. 이 조사에서는 안동댐 다음으로 하구둑과 합천댐이 고려대상이 되었다. 이 방안을 정밀 분석한 결과 우선순위에 따라 낙동강하구둑을 1983년 4월 23일 착공하였으며 이어서 1983년 12월 합천댐도 착공하였다.

낙동강하구둑은 총연장 2,400m중, 토언제 1,890m, 수문부 510m로 구성되어 있다. 수문부는 500년 빈도인 18,300m³/s의 홍수량을 유통시킬 수 있도록 10개의 레이디얼게이트로 구성되어 있다. 한 개의 수문은 순경간 47.5m, 중량 약 245ton으로 PC박스거더에 부착되어 있어 이것

은 당시 국내 최대 최장의 수공(수문)구조물이다. 이 밖에 500ton급 바지(barge)를 통과시킬 수 있는 갑문 1개소, 하구저수지의 수질오염문제와 하류의 생태계보전을 위한 월류/저류 겸용이 가능한 4개의 조절수문과 우안배수문 1개소를 비롯하여 상·하류접근수로의 준설토량을 유용하여 조성한 매립지 등이다.

낙동강하구둑으로 얻어지는 사업효과를 요약하면 첫째, 연평균 648백만m³의 증가된 용수를 부산 마산 창원 울산 및 온산 등에 공급한다. 둘째, 안동댐과 연계운영으로 불확실한 염분침투예상에 따른 물의 과대소모를 방지하여 안동댐의 용수공급능력을 안정화한다. 셋째, 수문의 유지보수를 겸한 교량은 부산 김해 진해방면의 교통통행을 원활하게 한다. 넷째, 약 330ha의 매립지가 조성된다. 다섯째, 염수의 완전차단으로 김해평야농지의 염해방지 등이다.

(2) 금강하구둑

군산만(群山灣)으로 흘러드는 총길이 401km의 금강 하구를 막아 건설한 뚝이다. 방조제의 총길이는 1,841m로 1990년에 완공했으며, 전라북도와 충청남도 일원에 농업용수와 공업용수로 연간 360백만m³의 담수를 공급하고 하구주변 지역의 홍수를 조절한다.

(3) 영산강하구둑

목포시 동쪽 6km 지점에 있다. 길이 4,350m, 높이 19.5m이며 뚝에는 8련(八連)의 배수갑문이 설치되어 있고 철제로 된 갑문은 너비 30m, 높이

13.6m, 두께 3.6m, 무게 480ton이며 1982년에 완공되었다. 아울러 30ton급의 선박이 자유로이 드나들 수 있도록 너비 6m, 길이 30m의 통선문(通船門)이 설치되어 있고, 하구둑 위에는 너비 10m의 포장도로가 개설되어 목포~영암간을 쉽게 왕래할 수 있다.

이 하구둑의 건설로 형성된 영산호(榮山湖)에서 하구일대의 기존 20,700ha의 농경지에 안정적인 농업용수를 공급하고 3,250ha에 달하는 새로운 농경지가 조성되었다.

4.6.2 방조제

방조제는 총 13개가 있다. 최초로 건설한 방조제는 1973년에 준공한 남양방조제다. 건설목적은 관개 또는 관개 및 생·공용수 공급이다. 가장 최근에 준공한 방조제는 석문방조제(2006년)다. <표-16> 참조)

4.7 댐 치수능력증대사업

최근 우리나라에 기상이변 등으로 연평균강수량이 점차 증가하는 한편 집중강수량 또한 증가하였다. 따라서 이와 같은 기상상황변화로 극한강우(PMP : probable maximum precipitation)가 발생할 경우 홍수가 댐체를 월류하여 댐이 붕괴되는 최악의 상황방지 등을 위하여 2003년부터 댐 치수능력증대사업을 추진하였다.

극한강우(PMP)는 태풍 '루사' (RUSA : 2002년 8

<표-16> 하구둑 및 방조제 건설현황 (2012년 현재)

유역	하천명	댐명	형식	높이(m)	길이(m)	총저수용량(백만m ³)	목적	준공(년)
하구둑	낙동강	낙동강하구둑	PG/ER	18.7	2,230	50.00	S,X	1990
	금강	금강하구둑	PG/ER	16.6	1,841	139.00	S,I	1990
	영산강	영산강하구둑	ER	19.5	4,350	253.00	S,I	1982
방조제	구운천	남양방조제	PG/ER	35	2,060	20,407	S,I	1973
	반월천	시화방조제	PG/ER	9	11,206	181,480	S,I	1994
	도당천	간월방조제	PG/TE	28	6,458	49,220	I	1995
	염솔천	대호방조제	PG/ER	30.5	7,807	46,460	S,I	1985
	태안천	부남방조제	PG/TE	26	1,228	21,140	I	1995
	삼교천	삼교방조제	PG/ER	18	3,360	62,787	S,I	1979
	당진천	석문방조제	TE	13	193	3,283	I	2006
	서원천	송산방조제	TE	33.4	226	2,233	I	2001
	안성천	아산방조제	PG/ER	17	2,600	82,892	S,I	1973
	초대천	해바라기방조제	PG/ER	5.2	1,695	11,557	I	1976
	옥천천	금호방조제	BM	28.1	2,112	75,255	S,I	1996
	옥천천	영암방조제	BM/TE	32.3	2,219	138,850	S,I	1993
	삼산천	해남방조제	BM/ER	20	1,870	12,340	I	1988

(주) 댐형식 TE : Earthfill embankment ER : Rock-fill embankment PG : Concrete Gravity BM:Barrage Mobile
 목적 I : 관개용수 H : 수력발전 C : 홍수조절 N : 주운 S : 용수공급 R : 레크레이션 Q : 수질관리

월 23일) 등과 같은 우리나라에 발생된 극한호우 사상이다. 이를 토대로 댐의 수문학적 안정성 재검토결과 대부분의 댐이 월류 및 여유고 부족

등 안정성확보가 곤란한 것으로 분석되었으며 산정방법 및 절차 등에 있어서 종래의 빈도개념이 아니다.

〈표-17〉 댐 치수능력증대사업 현황 (2012년 현재) 단위(여수로) : m

댐 명	기존 치수규모		증대 치수규모		설계홍수량계 (m³/s)	비 고
	홍수량 (m³/s)	여수로 시설 (수문식:B×H×EA 무문식:B×EA)	홍수량 (m³/s)	여수로시설 (수문식:B×H×EA 터널식:D×EA)		
소양강댐	12,392	13×13×5개	7,783	D14×2련	20,175	준공
합천댐	8,900	13×13.5×5개	1,710	홍수조절방식 변경 (SRC→수정 Rigid Rom)	10,610	"
보령댐	3,145	8.0×11.7×3개	279	파라펫월(H=0.5)	3,424	"
밀양댐	2,182	11×8.3×2개	327	파라펫월(H=2.5)	2,509	"
부안댐	1,674	자연월류(B=20)	-286	파라펫월(H=2.0)	1,388	"
광동댐	1,430	자연월류(B=10)	760	8.5×9.5×4개	2,190	"
영천댐	1,740	원통형유입터널도수로 (유입부42.0, 내경10.0)	1,960	10.0×9.75×3개	3,700	"
구천댐	266	자연월류 (B=50)	254	확장(폭50→60)	520	"
달방댐	1,256	자연월류(B=60)	-116	3.5×3.5×2개	1,140	"
수어댐	687	자연월류(B=50)	965	3.0×3.0×1개	1,652	"
연초댐	264	자연월류(B=25)	256	확장(폭25→52)	520	"
대암댐	993	자연월류(B=35)	1,276	D10×2련	2,269	"
임하댐	7,550	12.0×13.7×4개	7,250	D15×3련	14,800	공사중
대청댐	14,700	13.0×16.0×6개	7,042	12.0×17.18×5개	21,742	"
섬진강댐	3,268	9.0×3.8×15개	5,333	D13.5×2련	8,601	"
안동댐	8,350	14.0×9.7×4개	6,744	16.8×12.5×4개	15,094	"
주암(본)	6,847	13×12.5×5개	5,445	17.2×13.5×2개	12,292	"
주암(조)	3,625	자연월류(B=72)	-914	파라펫월(H=0.65)	2,711	"
운문댐	4,039	6.0×6.0×2개	3,388	13.1×12.5×4개	7,427	"
평화의댐	11,664	배수터널(D10.×4련)	11,958	하류사면 보강	23,622	"
남강댐	15,800	본 댐(6.5×5.4×3개) 체수문(8.0×8.8×12개)	8,850	7.4×12.5×10개	24,650	계획
충주댐	26,680	15.5×17.9×6개	9,270	16.4×9.5×4개	35,950	"
선암댐	17	자연월류(B=3)	22	1.6×2.7×1개	39	"
안계댐	167	자연월류(B=5)	-7	3.5×6.5×1개	160	"
사연댐	1,675	자연월류(B=60)	615	9.0×8.7×2개	2,290	"

(주) 증대 치수규모에서 홍수량이 감소된 댐은 첨두 홍수량(peak)은 감소하였으나 전체 홍수량(volume)이 증대되어 최고 수위가 상승됨.

태풍 '루사' 때의 강수량은 종전의 1일 최고 강수량기록인 1981년 9월의 547.5mm(전남 장흥)보다 훨씬 많은 870.5mm(강릉)를 기록하였다. 이때 강릉지역 동막댐, 장현댐 등 관개용댐이 붕괴된 바 있다.

현재 총 24개 대상 댐 중에서 소양강댐 등 12개 댐은 완료하였고 평화의댐 대청댐 등 7개댐은 설계 또는 공사 중이며 나머지 5개댐은 장래 착수 예정으로 있다. (〈표-17〉 참조)

4.8 다기능 보

정부는 2009년 2월 「4대강살리기기획단」을 설치하여「4대강살리기마스터플랜」을 수립하였다. 그 후 기획단을「4대강살리기추진본부」로 개칭하면서 「생명이 깨어나는 강, 새로운 대한민국!」이란 비전으로 하여 목표를 ① 기후변화 대비 ② 자연과 인간의 공생 ③ 국토 재창조 ④ 지역균형발전 및 녹색 성장 등으로 하였다.

4대강살리기마스터플랜의 주요 내용은 다기능 보 16개, 관개용댐 증고 96개, 신규댐건설 2개(영주댐, 보현산댐), 기존 댐저수지를 연결한 운영개선 1개소(안동댐↔임하댐), 낙동강하구둑 배수문 증설 1식, 하도준설 1식, 홍수조절지 2개소(화순, 담양), 노후제방보강 620km, 환경기초시설 1,618개소, 비점오염원대책 199개소, 생태복원사업 1식, 자전거길 1,728km, 4대강지천(지방하천) 정비 367개소에 2,141km, 금강 및 영산강의 뱃길복원 147km 등이다. 특히 생태복원사업, 자전거길 등에는 섬진강을 포함하고 있다.

이와 같은 계획에 따라서 2012년까지 다목적댐 건설 이외 4대강살리기사업을 마무리하였으며 이 사업의 16개 다기능 보 건설현황을 살펴보면 〈표-18〉과 같다.

4.9 댐 형식 및 기술의 발전

4.9.1 댐 형식과 설계

필댐(fill dam)의 형식은 흙댐(earth-fill dam)에서 20° 중반 전 세계적인 기술개발에 힘입어 출현한 록필댐(rock-fill dam)이 주도하여 왔으나 최근에는 콘크리트표면차수벽형석괴댐(CFRD)이 주류를 이루고 있다. 1973년 완공한 소양강댐(록필댐)은 굴착 및 운반 장비의 대형기계화시공에 의한 우리나라 근대 필댐의 상징이라고 할 수 있다. 또한 설계, 시공, 현장시험 및 계기매설 등 댐 기술발전에도 크게 공헌한 댐이다.

1976년 준공한 안동댐(록필댐)에서는 중심차수벽재료로서 당초 점토로 설계된 것을 화강토로 변경함으로써 댐 차수재료의 영역확대라는 기록을 세웠다. 콘크리트표면차수벽형석괴댐(CFRD)은 1988년 1단계 공사를 완료한 평화의댐(높이 80m)에서 그 경제성과 시공성이 입증되어 그 후 건설되는 댐의 형식결정에 지대한 영향을 미쳤다. 또한 낙동강하구둑의 축조재료(필댐 부분)는 90%를 준설해사로 충당했다는 점이 특이하다. 콘크리트댐(concrete dam)으로서 1985년에 준공한 충주댐에 중용열포틀랜드시멘트 사용, 자동계량장치에 의한 콘크리트제조, 파이프쿨링(pipe

〈표-18〉 다가능 보 현황

구분	단위	이포보(한강)	여주보(한강)	강천보(한강)	세종보(금강)
사업구간	km	9.0(여주군 대산면~홍천면)	3.7(여주군 능서면~대산면)	17.5(여주군 여주읍~점동면)	7.8(충남 연기군)
높이	m	6.0	8.0	8.0	2.84
길이(가동보)	m	591(295)	513(295)	440(350)	348(223)
수문형식		셀형롤러 B45×H3×6문	유압식셀형롤러 B36×H2×8문 B36×H3×4문	라이징 섹터 B45×H3×7문	개량형 전도식 B80×H2.8×2문 B60×H4×1문
관리수위	EL.m	36.24	40.64	45.57	24.52
소수력	kw	3,000 (1,000×3기)	4,950 (1,650×3기)	4,995 (1,665×3기)	2,310 (770×3기)
구분	단위	백제보(금강)	공주보(금강)	죽산보(영산강)	승촌보(영산강)
사업구간	km	17.33 (충남 부여~공주)	26.3 (충남 공주)	12.29 (전남 나주)	19.75 (전남 나주~광주시)
높이	m	7.2	7.0	3.5	7.505
길이(가동보)	m	531(120)	280(220)	184(184)	512(192)
수문형식		2단셀 B36×H5.3×3문	Lift (20×1련, 40×2련) 전도식 B40×H1×3문	셀타입 롤러 B36.5×H7.13×4문 열린나루터 B12×H7.73×2문	트러스타입 리프트 B30×H5.05×2문 B50×H5.05×2문
관리수위	EL.m	4.2	8.75	3.5	7.5
소수력	kw	2,640 (660×4기)	3,000 (1,500×2기)	1,220 (610×2기)	800 (400×2기)
구분	단위	창녕합안보(낙동강)	합천창녕보(낙동강)	달성보(낙동강)	강정고령보(낙동강)
사업구간	km	13.14(경남 창녕~합안)	21.21(경남 창녕~합천)	38.02(대구 달성~경북 고령)	9.17(대구 달성~경북 성주)
높이	m	10.7	11.5	9.5	11.5
길이(가동보)	m	549.3(144) 라이징 섹터	328(218) Lift	580(162) 라이징 섹터	953.5(120) 라이징 섹터
수문형식		B45×H17.08×3문	B40×H9×3문 전도식 B40×H1×2문	B40×H8×3문	B45×H11×2문
관리수위	EL.m	5.0	10.5	14.0	19.5
소수력	kw	5,000 (1,250×4기)	5,000 (2,500×2기)	2,856 (952×3기)	3,000 (1,500×2기)
구분	단위	칠곡보(낙동강)	구미보(낙동강)	낙단보(낙동강)	상주보(낙동강)
사업구간	km	18.59(대구달성·경북성주·경북칠곡)	6.23(경북 선산~도계)	8.03(경북 의성~구미)	15.11(경북 의성~상주)
높이	m	11.8	11.0	11.5	11.0
길이(가동보)	m	400(232) 셀형롤러	374.3(103.5) 전도+ 셀형롤러	286(141.6) Lift+	335(105+45) 전도+ 셀형롤러
수문형식		B40×H11.3×3문 전도	B45×H11×2문	B40×H11.5×3문	B45×H10×2문
관리수위	EL.m	25.5	32.5	40.0	47.0
소수력	kw	3,000 (1,500×2기)	3,000 (1,500×2기)	3,000 (1,500×2기)	3,000 (1,500×2기)

cooling) 등 선진화된 기술로 우리나라 매스콘크리트 건설기술의 신기원을 이룩하였다. 1980년 완공한 대청댐(ER/PG)은 복합댐으로서 콘크리트댐과 록필댐 접합부의 재료선정 및 시공에 고심하였다. 따라서 대청댐 접합부시공의 기술개발이 그 후 토질차수벽형 필댐의 기초압반과 차수존간 접합부시공의 시범이 되고 있다.

최근 콘크리트댐으로 공기단축 및 경제적 시공에 적합한 RCCD(roller compacted concrete dam) 공법이 최초로 한탄강댐에 도입되었으며, 기존 Block타설공법을 댐축방향으로 확장하고 여러 개의 Block을 한 번에 타설하여 타설 구역 내 횡이음을 타설 후 또는 타설 중에 설치하는 ELCM-(extended layer construction method) 공법을 최초로 보현산댐에 적용하였다.

4.9.2 여수로 수공구조물 설계

최근 이상강우의 영향으로 저수지 유입홍수량이 크게 증대됨에 따라 기존 댐의 여수로 방류능력이 부족하게 되었다. 따라서 증가된 가능최대홍수량(PMF)을 대상으로 기존 댐 치수능력을 증대하기 위하여 비상여수로 및 보조여수를 건설하고 있다. ('4.7 댐 치수능력증대사업 참조)

치수능력증대를 위한 여수로 형식에 있어서도 종래 채택하지 않았던 터널식 여수로를 소양강댐, 임하댐 등에 처음으로 적용하였다. 그리고 1985년 준공된 충주댐을 시발로 합천댐 등 대규모 댐 여수로에 공기흡입장치를 설치하여 고속류의 흐름에 대비하고 있다.

4.9.3 어려운 지반조건의 극복

1970년 준공한 남강댐(구댐 : 록필댐)은 기초차수공법으로 하상부 8~9m 심도의 사력층에 우물통공법(井筒工法 : well foundation method)에 의한 콘크리트심벽을 설치한 점이 특이했다. 2003년에 준공한 남강댐(보강댐 : CFRD)의 경우에는 하상부 사력층차수를 위하여 콘크리트지하연속벽공법(concrete diaphragm wall method)으로 무난히 극복하였다.

1987년 준공한 낙동강하구둑(PG/ER)은 대하천 하구부 심도 50~60m에 이르는 퇴적층 위의 콘크리트댐에 대규모 수문설치라는 새로운 경험을 하였다. 장대강관파일시공, 50m급 경간의 레이디얼게이트(radial gate)설치, 50m급 경간의 PC 박스거더형 교량 등이 특이하다. 하구둑 본체를 지지하는 기초로서 장대강관파일은 직경 608mm, 두께 18mm, 평균길이 약 40m 규격인 강관 882본이다.

1985년 준공한 충주댐(PG)의 우안부 553만㎡에 이르는 랜드 슬라이딩 지반인 토석제거 및 그 처리(계측계기설치 4종, 저수지 측 댐 우안사면안정화공법 등)는 우리나라 댐건설사상 새로운 사례를 남겼다.

4.9.4 시공면의 특색

소양강댐은 우리나라 최초의 대규모 록필댐으로서 축조재료의 선정 및 다짐이 중요하였다. 27ton급 자주식 탬핑 콤팩터(tamping

compactor)를 도입하여 그 위력을 발휘해 좋은 다짐성과와 공기단축을 가져왔다. 소양강댐공사는 당시 국내 최대의 토목공사로서 3m³용량의 스쿠퍼(scooper), 32ton 덤프트럭, 760m³/hr의 구동식 굴착장비, 22ton 타이어롤러 등 대형장비가 도입되었다는 것이 특기할 만한 일이었다.

1981년 준공한 대청댐과 1985년 준공된 충주댐 콘크리트는 케이블크레인(cable crane : 용량 20ton)으로 타설하였으며, 1989년 완공한 합천댐에서는 대용량 지브크레인(jib crane)으로 약 90만m³의 댐 콘크리트를 타설하는 경험을 쌓았다. 용량 13.5ton, 붐 길이 75m의 정치식 지브크레인 3대를 댐 축과 나란히 설치하고 댐 하류 측에 콘크리트 운반용 가설교량을 설치하는 방식이다. 1991년 완공한 주암댐에서는 최신 터널굴착 공법인 TBM공법을 처음 도입하였다. 이후 영천댐 도수로, 용담댐 발전소수로터널 등에 이 공법이 활용되었다.

4.9.5 환경보전 등

낙동강하구둑 설치 지점 일대는 우리나라 최대 철새도래지로서 국가가 지정한 철새보호구역이었다. 따라서 환경보전법에 의하여 1982년 3월부터 국내 토목공사로서는 최초로 환경영향평가를 실시하였다. 그 결과 생태계에 대한 부정적인 점들을 해소하여 자연생태계를 보전하고자 수문(水門)을 월류 및 저류 병행조작식으로 설계하였고, 우안하류지역의 철새먹이 공급용으로 토언제부에 조절 수문 1개소를 추가 설치하였으며, 어족보

호를 위하여 어도 2개소를 설치하였다.

1991년 완성한 임하댐은 다목적댐으로서는 국내 처음으로 다단식 표면취수설비를 갖추어 방류수의 수온이 최소한 댐건설 전 댐 지점에서의 수온을 유지할 수 있도록 고려하였다. 또한 기존댐 상류에 탁수저감 등을 위하여 탁수저감댐 및 유사 조절시설 설치를 위하여 총 41개소에 대하여 조사·검토하고 있다. 최근 들어 댐의 공학적 기능(이수, 치수) 못지않게 자연적 기능 즉 환경기능을 극히 중요시하였다. 댐건설 홍보기법은 물론 저수지수질관리, 생태환경조성, 국민의 사색공간 조성 및 쉼터제공 등에 중점을 두고 있다. 사회문화적으로 댐 및 저수지와 연관한 국민정서 함양의 장이 되고 있다.

4.9.6 수자원 통합관리

수계 내 댐 간 연계운영으로 각종 용수공급(발전) 및 홍수조절효과를 극대화 할 수 있는 수자원의 효율적 통합관리를 위하여 K-water(한국수자원공사)에「물관리센터」를 설립(2002년) 운영하고 있으며 최근 준공한 4대강 사업의 16개 다기능보를 포함한 수계별 통합운영을 위한「수계별 통합물관리센터」를 구축(2010년) 운영하고 있다. 또한 과학적 운영을 위하여 개별 운영 중이던 물관리시스템을 최신 ICT기반으로 개선하는 한편 수문, 기상, 용수공급, 홍수분석 등 기능별 시스템을 통합하여 「지능형 통합물관리 의사결정지원 툴킷(K-HT)」을 출시(2011년)하여 활용하고 있다.

5. 맺음말

삼국시대부터 지금까지 우리나라의 댐 건설 실태(實態)를 가능한 한 한눈에 알아볼 수 있게 편집하려고 노력하였다. 그러나 그 시·공간적 범위가 워낙 크며, 사료(史料)조사의 어려움 및 시간적인 제약, 능력부족 등으로 불비(不備)한 점에 대하여는 양해(諒解)를 구하고자 한다.

주요 댐 규모를 가능한 한 '표'로 집약하여 나타냄으로서 조건(早見)할 수 있도록 하였으며 사실(史實)도 요점위주로 서술하였다. 그리고 댐 건설의 추진배경, 조사·설계, 사업효과 등 세부적인 사업내용보다는 댐건설 인프라의 실체를 중심으로 다루는 한편 당시 상황에서 시사(時事)하는 바가 큰 주요 기술적인 특색들을 살펴보았다.

그동안 많은 어려움 속에서도 1960년대부터 어느 정도 체계적으로 댐을 건설함으로써 오늘날 물을 이만큼 이용하고 관리할 수 있게 된 것은 큰 다행이라고 본다. 그러나 극한강우에 놀라 기존 댐의 치수능력을 증대하고 있듯이 조만간 댐 건설패러다임에 있어서 극한한발을 대비하는 국가적 정책도 뒤따라야 할 것이라고 생각한다.

부족하나마 우리나라 댐 건설사를 연표(年表)에 따라 조명한 경우는 처음이 아닌가 싶다. 보다 충분하게 댐 건설역사를 집대성(集大成)하여 심층 분석하였으면 좋겠으나 향후 기회가 있을 때 새로운 집필자의 몫으로 두고자한다.

참고문헌

- (1) 한국수자원공사, 댐운영실무편람, 2012.8
- (2) 한국수자원공사 40년사, 2007
- (3) 대한토목학회, 한국토목사, 2001.11.23

