

일본의 중소규모댐 Good Practice 소개



강 부 식 |

단국대학교 토목환경공학과/부교수
bskang@dankook.ac.kr



이 주 현 |

중부대학교 토목공학과/부교수
leejh@joongbu.ac.kr



차 기 욱 |

한국수자원공사 수자원사업처/수자원계획팀장
cku@kwater.or.kr



김 세 진 |

한국수자원공사 수자원사업처/수자원계획팀장
kimsejin@kwater.or.kr

1. 일본의 댐현황

일본의 경우 1960년대에서 1990년대까지 댐 건설이 감소하고 있지만 꾸준히 댐건설이 이루어지고 있다 (표1). 최근에는 양바댐건설이 백지화되는 등 대형댐건설에 대한 사회적 갈등이 있기도 하지만 2000년 이후에도 373개의 댐이 건설될 정도로 댐을 통한 수자원관리가 활발한 국가의 하나로 거론되고 있다. 일본의 경우 우리나라와 같이 단일목적의 댐이 다목적댐 보다 개수가 높게 나타났으며 일본의 다목적댐 중 불특정용수 및 하천유지용수 공급의 비율이 약 63%로 관개용수와 기타목적 보다 높게 나타났다 (표2). 전체의 약 80%가 저수량 1천만³ 미만이며 일본의 댐 정책이 중·소규모 위주임을 확인 할 수 있다 (표3). 일본의 경우 저수량은 크지 않은 경향을 나타내고 있다. 총 저수용량 기준으로 우리나라 소양강댐 저수량이 29억³인데 비해 일본 최대 댐이라는 덕산(徳山)댐의 저수량은 6.6억³으로 큰 격차를 보이며, 대부분의 댐이 중소규모의 댐으로서 강의 흐름을 따라 작은 댐들이 계단(Cascade)식으로 연결되어 건설되어 있다. 일

표 1. 연도별 일본의 댐 현황

연도별	개수	연도별	개수	연도별	개수
1930년 이전	132	1950~1959	292	1980~1989	284
1930~1939	185	1960~1969	358	1990~1999	274
1940~1949	133	1970~1979	335	2000년 이후	373
				합계	2,879

표 2. 목적별 일본의 댐 현황

목적	개수	목적	개수	목적	개수	목적	개수	목적	개수
A	1,330	FAP	14	FNAIP	3	FNS	5	I	17
AI	4	FAW	9	FNAP	8	FNW	221	IP	4
AIO	1	FAWI	3	FNAW	17	FNWI	33	N	3
AO	20	FAWIP	4	FNAWI	8	FNWIP	22	NA	1
AW	57	FAWIPS	1	FNAWIP	14	FNWP	34	NP	6
AWI	17	FAWP	6	FNAWP	14	FP	26	P	392
AWIP	4	FI	3	FNI	5	FR	2	W	122
AWP	5	FIP	2	FNIP	9	FW	12	WI	6
F	113	FN	109	FNP	44	FWI	7	WIP	5
FA	102	FNA	8	FNPS	1	FWIP	6	WP	3
FAIP	2	FNAI	1	FNR	1	FWP	9	R	4

F - 홍수조절, 농지방재, N - 불특정 용수, 하천유지용수, W - 상수도 용수, A - 관개용수
I - 공업용수, P - 발전, R - 레크레이션

표 3. 규모별 일본의 댐 현황

저수용량(백만m³)	개수	저수용량(백만m³)	개수
1,000 이상	2.1	1,000 ~ 100	2.1
100 ~ 10	16	10 ~ 1	33
1 ~ 0.1	35.2	0.1 이하	11.6

본의 중소규모댐들은 개소수가 많을 뿐 아니라 친 환경적이고, 주민 친화적으로 건설되고 있기 때문에 향후 우리나라의 댐건설정책을 수립하는데 있어서도 벤치마킹할만한 부분이 많다고 판단되므로 주요한 사례들을 소개하고자 한다.

2. 미노강댐의 자연회복

미노강댐은, 식생의 보고로서 예부터 알려진 「메이지노모리 미노 국립공원」의 거의 중앙에 위치한 유명한 「미노의 폭포」의 약 1.5 km 상류에 위치한다. 미노강의 상류부는 협곡이 형성돼있던 반면 하류부는 오사카시의 주택지역으로 인구가 증가하고 있었다. 이러한 지형과 유역의 조건은 수해에 취약하였으나 계속되는 인구 증가로 인하여 하류부의 개수가 어렵게 되어 하천개수보다 비용대비 효과가 높은 댐에 의한 치수 대책을 채택하여 설치하게 되었다.

1983년에 완성한 미노강댐은, 「메이지노모리 미노 국립공원」내에 위치해, 오사카시 근교에서는 드물게, 풍부한 동식물의 보고였다. 오사카부는 댐의 건설에 임하고, 조사 연구를 실시해 자연 환경의 보

전·회복을 위한 기본방침을 정하고, 그것들에 근거해 여러 가지 대책을 실시했다.

그 결과, 자연 환경의 보전과 회복에 큰 성과가 있었던 것이 확인되고 있어 1994년 6월에는 (재)환경조사센터, 일간공업신문 주최, 환경청 후원의 「환경상」을 수상했고 현재 댐은 자연 회복의 성과가 가시화되고 있다.

1) 저수지 경사면의 녹화

저수지의 상시만수위와 홍수위 사이의 경사면(높낮이차이 15 m, 면적 약 10 ha)은, 댐 완성 후에 실시하는 시험담수에 의해서 상시 만수위이상까지 수위가 상승하고, 이때 식물이 사멸해버리기 때문에 적절히 녹화되지 않으면 나지(裸地)로서 남아 버린다. 이 때문에 「삼림표토의 종자식법」이라고 불리는 다음과 같은 방식의 대책을 실시했다.

- 수위가 상승하기 전에 상시만수위이하의 경사면에서 삼림표토를 모아 보존한다.
- 시험담수 후 저수지 경사면에 토양유실방지공 등을 행해 표토의 유출을 방지한다.
- 보존해 둔 삼림표토를 식물의 종자와 흙이 혼합된 상태로 저수지 경사면에 뿌린다.

댐 운영 시에 저류구간에 홍수에 의해 침수되는 시간은 12일이며, 실험을 통하여 12일의 침수가 식물에 미치는 영향은 거의 없다는 것을 알 수 있었

다. 따라서 시험담수 후의 녹화가 적절하면 그 후 녹지 상태가 영속될 수 있다는 것을 기대하였다. 댐 건설 이후 댐 건설이 자연 환경에게 준 영향이나 자연 회복 공사의 효과에 대하여 세 번의 추적 조사를 실시했다. 그 결과 식생의 착실한 회복 등의 기대효과가 확인되었다.

2) 원석산(原石山), 부체도로 등의 녹화

녹화전회복후 원석산(原石山)의 녹화를 위하여 다른 지역의 종자를 심는 공사를 실시하는 것과 동시에, 암반의 소단에 구멍을 파서 크로마트, 야마모 미지를 재배하였고 토취장과 토사장에는 수몰지에 자생하는 식물의 종자를 꺾꽂이와 휘문이에 의해 증식을 도모하였다. 부체도로공사 시에는 법면은 모르타르를 뿌리며 공사하지 않았고, 공사 후에 미노 본래 식물의 종자를 심어서 녹화를 도모하였다.



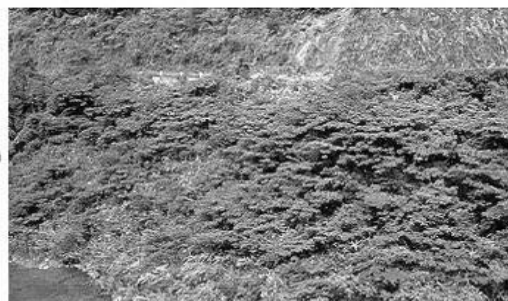
緑化前 (まきだし直後)
녹화전



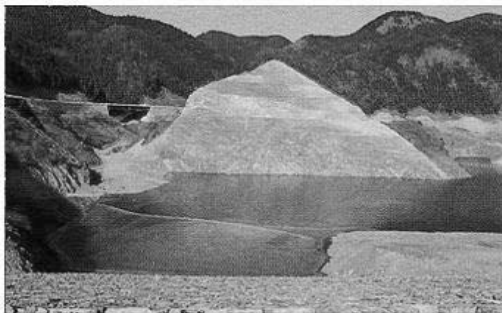
回復後
회복후



緑化前 (まきだし直後)
녹화전



回復後
회복후



녹화전



회복후



녹화전



회복후




녹화전



회복후

표 4 미노강댐(箕面川ダム) 개요

댐설명	미노강댐은 미노강 및 합류처의 이나가와의 홍수조절과 미노강의 유수기능을 유지하는 목적으로 국고의 보조를 받아 건설된 보조 치수 댐이다. 댐에 의해 형성된 인공호수는 유유히호로 명명되었다. 이 댐 부근일대는 미노 국립공원으로 지정되었다.
사업주체(운영)	오사카부(大阪府)
하천명	미노강
위치	오사카부 미노시
저수용량	약 200만 m ³
댐규모(높이, 폭)	높이 47.0m, 폭 222.5m
공사기간	1968년 ~ 1983년 까지
사진	

아주 큰 문제였기 때문에 물을 방류시키면서 토사와 퇴사를 같이 방류하였다. 하지만 하류의 수질에 영향을 미치고 있다는 의견이 있어서 배사방류를 홍수 시에 조절하여 방류하는 것으로 댐 호수에 토사가 축적하여 변질하는 것을 막아 자연의 토사 이동에 가깝게 되도록 운용을 개선하고 있다.

우나즈키 댐은 내평댐과 연계배사를 실시하고 있다. 홍수가 그칠 무렵 두 댐이 연계하여 댐 저수지의 수위를 내려 자연적인 흐름과 가까운 흐름을 만든 후에 배사게이트를 열어 배사를 실시한다.

3. 우나즈키댐의 배사설비와 배사방법

쿠로베강은 대량의 토사를 배출하기 때문에 치수와 수리를 목적으로 하는 우나즈키댐에서는 토사가

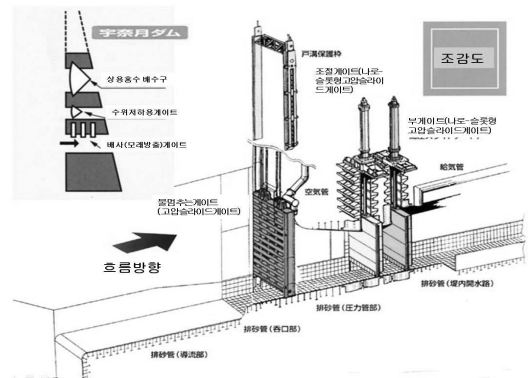


그림 1. 우나즈키댐의 배사설비

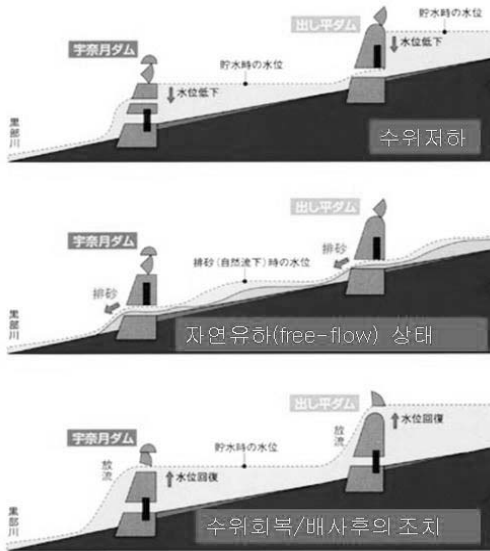


그림 2. 우나즈키댐과 내평댐(出し平ダム)의 연계배사의 절차

4. 칸나댐의 경관설계


칸나(漢那)댐은 오키나와 구니가미(?頭)군 기노자(宜野座)마을에 건설된 제방 높이가 45m, 제방 길이 188m의 중력식 콘크리트 댐이며, 그 경관 설계에 있어서는 주변 자연 환경과의 조화, 역사적인 지역 문화와 조화 등을 고려하여, 댐 제방 주변 시설 등이 풍토를 살린 디자인으로 설계되었다.

그림3은 하루면 전경. 댐체의 천단 보도 발코니와 엘리베이터 동에 곡선을 도입하였다. 녹색 사이에 자리한 거대한 "구스쿠(오키나와어로 요새, 성



그림 3. 하루면 댐체 형태

표 5. 우나즈키댐(宇奈月ダム) 개요

댐설명	우나즈키댐(宇奈月ダム)은 쿠로베강의 발원적인 홍수 조절과 수리를 목적으로 하여, 건설된 중력식 콘크리트 댐으로 그 용도는 다목적 댐으로 홍수 조절, 불특정 수리, 현 동부 지역으로의 상수도 공급 외에도 에너지발전을 하고 있다.
사업주체(운영)	국토교통성 호쿠리쿠 지방 정비국
하천명	쿠로베강(黒部川) 수계 쿠로베강(黒部川)
위치	쿠로베시 우나즈키마을
저수용량	약 2470만 m ³
댐규모(높이, 폭)	높이 67.0m, 폭 190.0m
공사기간	1974년 ~ 2000년까지
발전용량	20,000kW
사진	

등을 의미)" 구조물을 상상할 수 있도록 배려했다.

1) 댐체의 형태

벽돌 모양의 댐 제방을 가지며, 제방의 천단 보도 발코니와 엘리베이터 동에 곡선을 많이 설계하여 부드러움을 강조했다.

2) 엘리베이터동

댐 표면에는 오키나와의 역사적인 석조 기술을



그림 4. 엘리베이터 동

주재료, 벽돌 모양으로 설계하였다. 발포 화장품 거품집을 이용하여 특별하게 제조 하였다.

3) 밸브 실

밸브 실의 지붕에는 류큐왕국(일본 오키나와현에 있던 옛 왕국)의 붉은 기와와 사자 상을 배치하여 향토색을 연출하였다.



그림 5. 밸브 실

4) 제방 천단의 보도

타원형의 발코니가 배치되어 전망을 감상할 수 있다. 의도하지 않았지만 발코니가 가장 눈에 띄다고 한다.

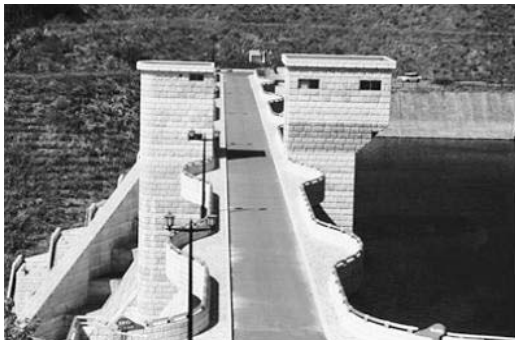


그림 6. 제방 천단의 보도

5) 댐 하류의 도로

댐 하류의 하천 도로를 따라 맹그로브(홍수림의 식물)를 재배한다. 야에야마히루기, 오히루기, 메히

루기 등의 홍수림의 식물과 꽃게와 망둥이 작은 어류나 새우들의 거처가 되고 있다.



그림 7. 댐 하류의 도로

표 6. 칸나(漢那)댐 개요

사업주체(운영)	오키나와 종합 사무국 개발 건설부
하천명	칸나후쿠지강(漢那福地川)수계 칸나후쿠지강(漢那福地川)
위치	오키나와 구니가미(國頭)군 기노자(宜野座)마을 (북위 26도 28 분 55 초 / 동경 127도 56 분 58 초)
저수용량	약 820 만 m ³
댐규모(높이, 폭)	높이 45m, 폭 185m
공사기간	1978년 ~ 1993년

사진



5. 결론

대형 다목적댐건설을 둘러싼 사회적 저항과 댐건설 및 수자원관리를 위한 새로운 형태의 패러다임이 요구된다는 점은 최근 일본과 우리나라 수자원관리자들의 공통된 고민이다. 대형댐건설의 환경생태적 부작용에 대해서는 일부 수공할 만한 점도

있으나, 수자원관리 및 산업화과정에서 댐의 역할을 부정해서도 안 되며 이러한 기능은 미래에도 여전히 유효하다고 보인다. 일본은 일찍부터 선진화 과정에서 우리나라보다 먼저 댐의 부작용을 최소화하기위한 노력을 기울여왔으며, 따라서 일본의 많은 댐들은 기본적인 이치수 기능뿐 아니라 환경보전 및 주민 친화적 요소들을 적극적으로 반영하고 있어왔다. 본고에서는 대표적 사례로서 미노강댐의 자연회복노력, 우나즈키댐의 배사설비 및 운영, 칸

나댐의 독특한 경관설계를 소개하였다. 우리나라의 수자원개발의 패러다임이 과거 대규모 댐으로부터 중소규모 댐으로 전환하려는 과정에서 눈여겨 볼만한 부분이라고 판단된다. 아울러 최근의 수자원사업의 부대사업으로 추진되고 있는 각종 생태공원, 자연학습장, 경관 및 조경 사업이 단순히 레크리에이션 및 심미적 기능을 만족시키는 차원을 넘어서 과학적 탐구와 자연성회복이라는 본질을 성취하고자 하는 노력을 담아내어야 할 것이다. 🍵