

2. 수원과 저수시설의 관리

2.1 총설

2.1.1 일반사항

(1) 기본사항

상수원관리규칙 환경부령 제208호(개정 2006. 6. 29) 제3조(수원의 구분)의 규정에 의하여 상수원으로 이용되는 물은 그 흐름의 특성 및 존재 형태 등을 기준으로 다음과 같이 구분한다.

- 1) 하천수: 하천 또는 계곡에 흐르는 물로서 댐 또는 제방 등에 의하여 흐름의 장애를 받지 아니하는 물(수중에 설치한 보에 의하여 흐름의 일부가 장애를 받는 물을 포함한다)
- 2) 복류수: 하천, 호소 또는 이에 준하는 수역의 바닥면 아래 또는 옆면의 사력층 등의 속을 흐르는 물
- 3) 호소수: 하천 또는 계곡에 흐르는 물을 댐 또는 제방 등을 쌓아 가두어 놓은 물로서 만수위 구역안의 물(자연적으로 형성된 호소의 물을 포함한다)
- 4) 지하수: 지표 아래에서 흐르는 물로서 복류수를 제외한 물을 말하며 다음과 같이 구분한다.
 - ① 표층지하수: 지하 암반층 위의 토양 속을 흐르는 물
 - ② 심층지하수: 지하 암반층 아래에서 흐르는 물(지하의 암반층 아래에서 자연적으로 지표에 솟아 나오는 물을 포함한다)
- 5) 해수: 해역에 존재하는 해수 및 해수가 침투하여 지하에 존재하는 물

수원시설을 대별하면 표류수(빗물 및 해수 포함)를 취수하는 호소, 저수지 시설 및 하천수를 취수하는 수원시설과 기타 시설이 있으며, 지하수(용천수, 복류수 포함)를 취수하는 우물과 집수매거 및 기타 취수시설로 구분할 수 있다.

상수원은 수도의 발단이며 상수원의 결정에 따라 말단에 이르는 전 수도시설의 기본적 요소가 정해진다. 상수원의 질적·양적 변화는 전체 시설에 영향을 미치는 것이므로 유지관리를 보다 양호하게 하고 시설 설치 당시의 상태를 유지하도록 노력함과 동시에 변화가 인정될 경우에는 신속히 대책을 수립하여야 한다.

근래 산업의 발전과 인구의 도시집중화 등에 따라 산업폐수와 도시하수 등을 하천에 방류하는 경우가 증가하고 그 결과 상수원의 수질이 점차 악화되는 경향이 있다. 특히 산업폐수로 인한 유독물이나 유해물질에 의한 돌발적인 하천의 오염사고가 빈번히 발생되며 때에 따라서는 그 영향이 수돗물에게까지 미치는 예도 나타나게 되었다.

물론 상수원수의 수질악화 또는 오염사고의 발생에 대하여는 수질환경보전법에 의한 규제가 가해지고 있지만 수도사업자 측에서도 같은 상수원에서 취수하는 수도사업자끼리 협력하여 상수원의 수질 감시에 임하는 등 적극적인 자세가 필요하다.

수원시설의 유지관리는 정수시설 등과 비교하여 경시되는 경향이 있으나 수원시설은 상수도사업에 있어서 원수의 확보와 공급을 위한 중요한 시설이다. 그러므로 유지관리가 적절하지 못할 경우에는 수자원의 손실을 초래할 뿐 아니라 공급이 원활하지 못하며 또 원수의 공급정지에 의한 수돗물의 단수와 같은 비상사태가 일어날 수도 있으므로 항상 적절한 유지관리를 행하여야 한다.

(2) 수원시설의 환경보전

저수지나 호소가 상수원인 경우에는 오염 및 위험방지를 위하여 보호 울타리를 설치하여 사람의 출입금지지역을 정하고 고기잡이, 수렵, 물놀이, 뱃놀이 등을 금지하는 것이 바람직하다.

특히 상수도 전용 시설에 있어서는 필요에 따라 수시로 순찰하여 일반인의 출입을 감시하고 쓰레기 등 오염물질의 투기를 방지하여야 한다.

주변에 토사붕괴 등의 위험이 발견될 때는 신속하게 호안공사 등의 대책을 강구하여야 한다. 집수지역에 강수의 급격한 유출을 완화시키기 위하여 필요한 곳에는 수목을 식재하는 것이 좋다. 얕은 우물이나 용천수를 상수원으로 하는 경우에는 수원지 내에 일반인의 출입을 금지하여야 한다. 취수장 부근은 물론 집수구역의 위생환경에 주의하고 전염병원이나 기타 오염원이 발생하는 경우에는 이에 대처하는 조치를 취하여야 한다. 취수시설이 설치되어 있거나 설치될 예정인 지역으로서 상수원의 확보와 수질보전상 필요한 경우 '상수원보호구역'으로 지정·관리하여야 한다(수도법 제5조 및 제6조, 상수원관리규칙-환경부령 제40호 참조).

(3) 수원시설의 사고대책

장마철, 태풍시 및 집중호우시 등에는 기상정보와 하천의 유황 등에 주의하고 필요에 따라 직원을 대기시켜 필요한 조치를 강구한다.

갈수기에는 기상정보, 하천의 유량, 저수지의 수량 등으로부터 갈수상황을 예측하고 필요에 따라 원수의 공급방안과 기타의 대책을 수립한다.

하천 하류부에서 표류수를 취수하는 경우에는 태풍시 조수위가 높아져 해수가 침입할 염려가 있으므로 태풍정보와 만조시간의 영향에 주의하고 긴급 취수정지대책을 수립한다.

지진, 호우, 태풍, 기타 이상기상의 직후에는 즉시 저수지 등 각 수원시설을 상세히 점검하고 이상유무를 조사한다.

원수에 독성물질이 유입되거나 기타 오염의 발생에 대하여 항상 대비한다.

2.1.2 수원별 수량 및 수질관리

(1) 하천표류수

1) 수량관리

- ① 상수원에서는 다음 사항에 대하여 매일 관측·기록한다.
 - ㉠ 취수구 부근의 유량과 수위
 - ㉡ 취수량
 - ㉢ 탁도, 색도, 수온 등
 - ㉣ 작업사항
 - ㉤ 기타 특이사항
- ② 하천유량은 수원지역의 기상상황에 따라 수시로 변화하므로 취수구 부근의 기상상태를 기록함과 동시에 하천관리자, 관측소, 상류측의 기상관측소 등 관계기관과 밀접한 연락하에 필요한 자료를 입수하고 정리하는 것이 바람직하다.
- ③ 앞 항의 자료에 의하여 상류 측의 강우와 유량 및 수질과의 상호관계를 조사하는 것이 바람직하다. 한랭지에서는 특히 눈 녹음이나 강수가 수온과 수질에 미치는 영향에 관하여 장기간에 걸쳐 시간적인 변화상황을 파악해 둔다. 또한 항상 일기예보 및 언론보도에 주의를 기울이고 기상관측소와 하천관리자들로부터 필요한 자료를 확보한다.
- ④ 홍수나 자갈채취 등에 기인하는 하천의 유심변화와 하상의 상승 또는 저하 등에 항상 유의하여 변화가 있을 때에는 하천관리자와 연락을 취하면서 그 원인을 조사하고 대책을 강구한다.
- ⑤ 적설이나 결빙으로 인하여 취수가 곤란할 경우에는 하천 상류부의 상황을 조사하고 이를 제거 또는 방호할 수 있는 체제를 충분히 정비하는 것이 필요하다.

2) 수질관리

- ① 하천수는 기후와 기상의 영향을 받기 쉽고 그 수질변화의 범위가 크다. 따라서 정수처리에 영향을 미치는 온도, 탁도, 색도, pH값, 알칼리도, 전기전도도 등을 매일 측정하여 수질변화를 감시할 필요가 있다.
- ② 원수 수질이 가장 악화되는 시기(보통 갈수기)에는 수질기준 초과가 우려되는 항목에 대하여 수질검사 횟수를 늘리는 것이 바람직하다.
 - ㉠ 유역 내에 도시, 공업단지, 분뇨처리장 등이 있을 경우에는 암모니아성 질소, 음이온 계면활성제, 과망간산칼륨 소비량, 생물화학적 산소요구량(BOD), 염소이온, 철, 망간, 일반세균, 대장균군 등의 농도 증가가 현저하다.
 - ㉡ 광·공업폐수가 유입되는 경우에는 시안, 수은, 철, 망간, 크롬, 비소, 카드뮴, 아연, 페놀류 기타의 냄새나는 물질 등이 유입될 염려가 있다.
 - ㉢ 상류에 댐이 있을 경우에는 조류, 냄새 및 망간의 영향을 받기 쉬우므로 이들 항목에 대하여는 특히 주의하여야 한다.
- ③ 하천수는 오염을 쉽게 받을 수 있으므로 평상시에 상수원수를 사용한 어류의 사육을 통해 급성 중독을 일으키는 유독물 오염을 경계하거나 수질자동측정기기 등에 의하여 오염과 관련된 수질 항목을 상시 측정하여 오염의 조기발견에 노력한다.
 - ㉠ 사육수조는 적당한 크기의 유리제나 플라스틱제로서 내부의 상태가 밖에서 보이는 것이 좋으

<표 2.1.1> 각종 약제의 담수어류에 대한 반치사농도(TL_m:mg/L)

종류	약 제 명	제제	잉어		금붕어	송사리		떠오르거나 뒤집히는 반응농도와 시간
		형태	24시간	48시간	48시간	24시간	48시간	
유기인계 살충제	메틸파라티온	유제	3.5	1.7	>10		>10	송사리 뒤집히는 반응 30분 7.2mg/L 송사리 뒤집히는 반응 30분 30.5mg/L 송사리 뒤집히는 반응 30분 25mg/L 송사리 뒤집히는 반응 1시간 12mg/L
	에틸파라티온	"		1.3	1.7		1.7	
	말라티온	"	>10	9.0	6.2	1.0	0.95	
	MEP(스미티온)	"	4.0		3.4		3.8	
	다이아지논	"	2.0		5.1		5.3	송사리 뒤집히는 반응 30분 8mg/L
	PAP(엘산파라티온)	"	5.5	1.2	2.3		0.17	
	MPP(바이짓)	"	3.0	2.8	1.9		3.2	
	EPN	"	0.55	0.15	0.15		0.25	
유기염소계 살충제	MHCP(셀레진)	분제		0.025	0.030		0.12	
	DDT	유제	0.37	0.11	0.068		0.012	송사리 뒤집히는 반응 30분 5mg/L
	γ-BHC	"		0.17	0.12		0.12	
	엔드린	"	0.001 4	0.000 84		0.01		송사리 뒤집히는 반응 30분 11.5mg/L 송사리 뒤집히는 반응 5시간 0.29mg/L
	딜드린	"						
	알드린	분제	0.030 0.25	0.018 0.25		0.01 0.1		송사리 뒤집히는 반응 30분 5mg/L 송사리 뒤집히는 반응 30분 5.7mg/L
제초제	2,4,5-T(위든)	유제	2.1	1.45				송사리 뒤집히는 반응 30분 >20mg/L
	"	원제	0.95	0.87				
	NIP	유제	4.5	1.5	1.7		2.1	
	살리실아니리드	수화제	1.8	0.88	1.5		0.88	
살균제	PCP-Na	원제	0.12	0.12	0.12		0.082	
	PCP-Ba	분제		0.17	0.087		0.19	
	PMA	"		0.026	0.098		0.20	
	PMI	"		0.050	0.077		0.017	
항생물질	PCBA(블라스진)	"		>40	>40		>40	
	블라스트사이진-S	유제	4.3	4.3	7.6		8.0	
성장조절제	스트렙트마이신	수화제	>40	>40			>40	
	마상유	유제		>40	>40		>40	
시안화칼륨	MH-30			>40	>40		>40	
								시안으로서 잉어 떠오르는 반응 30분 >0.25mg/L 뒤집히는 반응 30분 >0.5mg/L 금붕어 뒤집히는 반응 15분 1mg/L 송사리 뒤집히는 반응 30분 1mg/L

며 한쪽의 바닥으로 원수를 유입한 후 맞은편에서 월류관으로 배수하도록 한다.

- ⑥ 사육어는 쉽게 입수할 수 있고 수조에서 사육하기 쉬운 것으로 예를 들면 잉어, 금붕어, 송사리, 무지개송어 등 해당 상수원의 하천에 서식하는 것을 채취하여 사용하는 것이 좋다.
- ⑦ 용존산소가 결핍되면 독성물질이 적더라도 산소 부족으로 어류가 죽으므로 수조에는 에어펌프, 에어스톤을 설치하여 상시 공기를 불어넣고 용존산소를 5mg/L 이상으로 유지하며, 수조 내의 물은 1시간 전후에서 1회 바꿀 수 있도록 한다.
- ⑧ 어류의 독성물질에 대한 반응은 동일종에서는 개체의 크기에 따라 차이가 있고 또 종류에 따라서도 차이가 있으므로 2종류 이상 사육하여야 한다. 사료는 1일 1회 공급한다.
- ⑨ 별도의 수조에서 어류를 사육하여 관찰용 수조의 어류가 죽었을 때 보충용으로 사용한다. 수질이 변화하면 독성물질의 독성에도 영향이 있으므로 매일 1회 수온, pH, 용존산소를 측정하여 독성물질의 오염을 받았을 때 판정에 참고로 한다(<표 2.1.1> 참조).

(2) 호소수 및 저수지수

1) 수량관리

- ① 저수지 및 호소에서는 다음 사항에 유의한다.
 - ① 강우량 즉, 하천수를 유효하게 이용하기 위하여 집수구역 내 과거의 강우량 또는 홍수량과 갈수량의 통계를 기초로 하여 계절적으로 저수량을 조절하여 두고, 또 한랭지에서는 대표지점의 적설깊이와 적설량을 「스노샘플러」 등을 사용하여 실측하는 적설조사(snow survey)를 행하고 이들 자료를 기초로 하여 눈 녹을 때의 하천유출량을 추정하는 것이 필요하다.
 - ② 각 수위에 따른 물 표면적을 정확히 측정하여 수위·저수량 곡선을 작성한다.
 - ③ 정기적으로 저수지의 수심을 측정하고 유입 토사량을 추정한다.
- ② 다음 사항을 매일 관측 또는 하천관리자 등으로부터 입수하여 기록한다.
 - ① 저수량
 - ② 유입량
 - ③ 수위
 - ④ 방류량
 - ⑤ 작업사항
 - ⑥ 기타 특이사항
- ③ 유입하천 등으로부터 토사의 유입을 방지하기 위하여 필요에 따라 토사유입 방지시설이나 기타의 수단을 강구한다. 또 저수지 내에 토사가 예상보다 많이 퇴적되었을 경우에는 준설 등의 대책을 검토한다.
- ④ 유목(流木) 등의 부유물이 취수구를 막거나 취수밸브 등의 개폐를 방해할 염려가 있으므로 항상 주의하여 제거한다.

2) 수질관리

호소나 저수지에서는 자정작용이 활발하므로 수질의 변동이 적고 위생적으로 안전도도 높은 반면

조류, 냄새, 망간 등에 의한 장애가 일어나기 쉽다.

① 조류에 의한 장애

호소나 저수지에 조류가 번식하면 여과지가 막히거나 냄새, 착색 등의 장애를 일으킨다. 조류의 발생량은 수중의 인이나 질소 등의 영양분이 많을수록 또는 저수량에 대한 표면적이 클수록 크다. 예를 들면 하수나 산업폐수가 유입하면 조류가 다량 발생하게 되고 깊은 저수지보다 얇은 호소의 경우가 발생이 많다.

①a 여과지의 막힘

조류가 원수 중에 다량 포함되면 완속여과지는 심하게 막히는 장애를 일으킨다. 예를 들면 평상시 25일~30일의 여과지속시간이 7~10일로 감소되고 가장 심한 경우에는 3일에 막히는 예도 있다. 여기에 비하여 급속여과지에서는 응집침전에 의하여 80~90%의 조류가 제거되므로 큰 장애를 받지 않는다. 응집, 침전에 의하여 제거되지 않는 종류, 예를 들면 시네드라(synedra) 등이 많이 발생하거나 조류가 너무 많은 때에는 응집, 침전이 불완전하게 되고 많은 장애를 일으키는 경우가 있다.

①b 냄새의 발생

조류가 많이 번식하게 되면 그 종류에 따라서 독특한 냄새, 예를 들면 풀냄새, 방향취, 조류냄새, 흙냄새, 곰팡이 냄새, 생선 비린내 등이 발생되며 특히 이들의 부패로 더욱 심한 냄새를 내게 된다.

①c 착색

조류가 크게 번식하면 이를 전부 제거할 수 없으며 여과수 중에도 많은 양의 조류가 누출된다. 이러한 경우에는 물이 녹색을 나타낸다. 또한 조류의 종류에 따라 갈색이나 적색을 나타내기도 한다.

② 성층(成層)에 의한 수질변화

호소, 저수지에 있어서 여름의 수온은 수면이 높고 바닥으로 갈수록 낮아진다. 따라서 수직적인 밀도차가 발생하고 대단히 안정되어 있으므로 강풍이 불어도 수직혼합이 이루어지지 않는다. 그러므로 저층수의 수질변화나 밀도류로 인하여 다음과 같은 장애가 일어나는 일이 있다.

②a 망간의 용출장애

호소나 저수지를 상수원으로 하는 수도에서는 때때로 망간에 의한 장애를 일으키는 일이 있다. 또 망간을 전혀 포함하지 않은 하천수를 저수하였을 경우에도 저수지수에는 망간이 포함되는 일이 많다. 이것은 호소나 저수지수가 성층을 이루어 호소의 수직혼합이 이루어지지 않는다. 저층수의 용존산소가 유기물의 분해에 의하여 소비되고 무산소상태가 되어 바닥의 슬러지 중에 다량 포함되어 있는 망간이 환원되어 용출된 것으로서 이와 같은 원수를 사용하면 지하수와 같이 물이 검게(흑수현상) 되는 현상이 일어난다. 저층수에서의 망간의 용출은 다량의 초목이 수몰한 저수초기의 저수지나 영양분이 풍부하고 다량의 조류가 발생하는 호소, 저수지에서 특히 많이 발생한다. 따라서 망간의 용출을 조기에 탐지하기 위해서는 호소, 저수지에서 수직적인 수질을 조사하는 것이 필요하다. 망간의 용출을 방지하기 위해서

는 저층수에 공기를 불어넣거나 수중펌프를 사용하여 호소수 등의 성층을 파괴하는 것이 유효하다. 또 부수(浮水)처리에 의하여 제거하는 것도 유효하다.

⑥ 밀도류와 탁수

호소나 저수지에 유입한 하천수는 즉시 호소 내의 물과 혼합되는 것으로 생각하기 쉬우나 호소수가 성층을 이루고 있을 때는 같은 밀도의 층(대략 수온이 같은 깊이)에 따라 유입하고 쉽게 혼합되지 않는 성질이 있다. 또, 유출할 때도 같은 이유로 방류구 깊이의 물이 층을 따라 유출하는 경향이 있다. 이와 같은 이유로 여름의 유입수는 중층에서 또 가을의 홍수시의 탁수는 저층에 유입하는 경우가 많다. 다목적 댐에서는 방류구가 깊은 곳에 있으므로 유입된 탁수가 즉시 방류되게 된다. 그러므로 저류하는 동안 깨끗해진 물은 상층에 남게 되므로 겉으로 보기에는 맑은 물을 가진 저수지에서도 탁수가 유출되는 경우가 많다. 이와 같은 종류의 탁수는 장기간 계속되고 저류기간 중에 큰 탁질 입자는 침강하고 미세입자만이 남게 되므로 응집·침전이 곤란하게 된다. 이러한 장애를 피하기 위하여 취수심도를 변경할 수 있도록 여러 개의 취수구를 수직적으로 배치하고 탁수 유입층을 피하여 취수할 수 있도록 하는 것이 바람직하다. 또 저층수에 공기를 불어넣거나 수중펌프에 의하여 성층을 파괴하면 상당한 효과를 기대할 수 있다.

③ 취수방법과 수질관리

① 취수탑으로부터의 취수는 저수지 수심의 심도에 따른 수질분포가 계절적으로 차이가 있으므로 가장 좋은 수질을 유지하는 수층으로부터 취수한다.

② 수중의 생물(플랑크톤, 조류 등)이 장애를 일으킬 정도로 대량 발생할 염려가 있을 경우에는 염소 등에 의하여 이를 제거한다.

③ 감시, 조사, 생물처리를 위한약품 살포 등을 위하여 감시선을 준비하여 둔다.

(3) 지하수·용천수·복류수

1) 수량관리

① 경제 양수량(시험양수시 최대양수량의 70%, 단, 소규모 수도의 우물에서는 50%) 이상의 양수는 될 수 있는 한 피하는 것이 좋다.

② 집수정이나 우물의 취수량 및 수위, 용천수의 용천수량 및 취수량을 매일 관측하고 기록한다.

③ 지하수와 복류수에 있어서는 취수와 관련하여 취수시설 부근 일정지점의 하천수위 또는 지하수위를 매일 관측하는 것이 바람직하다.

2) 수질관리

지하수나 복류수는 수질이 양호하고 연중 대개 일정하므로 그 수질관리에는 문제가 없을 듯이 보이나 지하수, 복류수에도 특유한 수질장애가 있으므로 안심할 수 있는 상태라고는 볼 수 없다. 즉, 다음과 같은 문제가 있다.

① 철, 망간에 의한 수질장애

② 지하수나 복류수에는 흔히 철이나 망간이 포함되며 이와 같은 물을 염소 소독만으로써 급수

할 경우에 녹물(적수) 또는 검은물(흑수)장애를 일으킨다. 특히 망간은 미량에서도 염소에 의하여 산화되어 배수관 내 축적되고 이것이 단수 후 급수를 재개할 때나 소화전을 열 때 검은색 또는 검은 갈색의 탁수가 유출되어 장애를 일으키는 경우가 많다. 따라서 원수에 망간이 함유될 경우에는 0.3mg/L 이하까지 제거할 필요가 있다.

- ① 취수를 시작한 초기에는 철, 망간이 대단히 미량이었으나 수년 경과 후 점차로 증가하여 장애를 일으키는 예도 적지 않다.
- ② 지하수나 복류수를 상수원으로 하는 경우에는 정기적으로 철, 망간을 시험하고 조기 발견하여 대책을 수립할 필요가 있다.

② 철박테리아에 의한 녹물, 냄새장애

- ① 지하수나 복류수는 때때로 철, 망간을 포함하는 외에 염소가 적고 탄산가스가 많아서 다소의 유기물을 포함하고 있으며 이와 같은 물에는 철박테리아가 번식한다.
- ② 철박테리아는 수중에 녹아 있는 철이나 망간을 산화하고 균체의 내외에 축적하는 성질을 가진 박테리아이다. 이것이 대수층이나 케이싱의 벽 또는 철관의 내면 등에 착생(着生)하여 집락(集落)을 형성하고 두께가 수 cm에 이르는 경우가 있다. 이와 같은 집락이 이탈 부유하여 원수 중에 포함하게 된다. 이와 같은 물을 염소 소독하여 배수하면 배수관 내에 축적되고 결국에는 유출하여 녹물(적수)장애를 일으키게 된다. 또 철박테리아가 많이 포함된 물은 금속냄새가 있으며 죽었을 때에는 강한 썩는 냄새를 발생한다.
- ③ 정기적으로 철박테리아의 시험을 실시하고 번식을 조기 발견하여 장애를 미연에 방지할 필요가 있다.

③ 산도에 의한 부식, 착색

- ① 산도에는 강산(황산, 염산, 질산 등)에 의한 산도와 유리탄산에 의한 산도가 있으나 알칼리도를 갖는 보통 자연수의 산도는 유리탄산에 의한 것이다.
- ② 지하수나 복류수는 일반적으로 산도가 높고 30mg/L 이상인 경우도 적지 않다. 산도가 높은 물은 보통 침식성 유리탄산을 포함하므로 철, 아연, 구리 등의 금속을 용해하고 그 결과 녹물(철), 뿌연 물(아연) 또는 위생도기 등을 청색(구리)으로 착색한다. 또 부식을 촉진하므로 관석이 발생하여 통수량을 감소시키며 경우에 따라서는 관에 구멍을 내어 누수를 일으키는 경우도 있다.

④ 황화수소에 의한 냄새장애

깊은 우물에는 때때로 시궁창 또는 달걀이 썩는 것과 같은 냄새를 발생하는 경우가 있다. 이들은 대개의 경우 황화수소에 의한 것이다. 이와 같은 물에는 황화수소를 이용한 유황박테리아가 번식하여 관의 막힘이나 집락유출(集落流出) 등의 장애를 일으키는 경우가 있다.

⑤ 조류에 의한 장애

- ① 지하수나 복류수 중에는 다량의 영양분이 포함되어 있으므로 이들을 지상에 양수하였을 때 햇빛에 노출되면 조류의 대량 번식이 일어난다. 예를 들면 복류수를 상수원으로 하는 완속여과지 내에는 녹조류가 번식하고 물이 녹색으로 보이게 된다. 또 이들이 여과수에 누출하

여 녹색수의 원인이 되는 경우가 있다.

- ⑤ 여과막에는 섬유상의 조류가 전면에 번식하여 담요(용단)를 갠 것과 같은 층이 되는 경우가 많다. 이와 같은 조류가 발생하는 여과지는 막히게 되고 또 냄새를 일으키게 된다.

⑥ 지하수성 생물의 혼입

얕은 우물의 물이나 복류수 중에는 육안으로 볼 수 있는 작은 벌레가 서식하고 있으나 이들이 수돗물 속에 포함되어 문제를 일으키게 되는 경우가 있다. 이와 같은 종류의 생물은 육안으로 보일뿐더러 염소에도 강하여 살아 있는 상태에서 수도꼭지로 나오므로 눈에 띄기 쉽다. 위생적인 염려는 없고 도리어 물이 지하수인 것이 증명된 것이긴 하나 기분이 좋지 않다. 이와 같은 경우에는 양질의 지하수일지라도 염소소독만으로 급수하는 것을 중지하고 여과지를 설치할 필요가 있다.

⑦ 오염에 의한 녹물 발생과 유해물질의 혼입

- ① 지하수나 복류수는 오염의 기회는 적으나 공장폐수가 지하에 침투하여 녹물(적수)현상을 일으키거나 크롬, 시안, 농약 등이 검출되는 예도 있다.
- ② 지하수나 복류수에서는 항상 수온, 외관(탁도, 색도), 냄새, pH값 등을 조사하고 그 변화에 주의할 필요가 있다.

2.1.3 합리적 관리

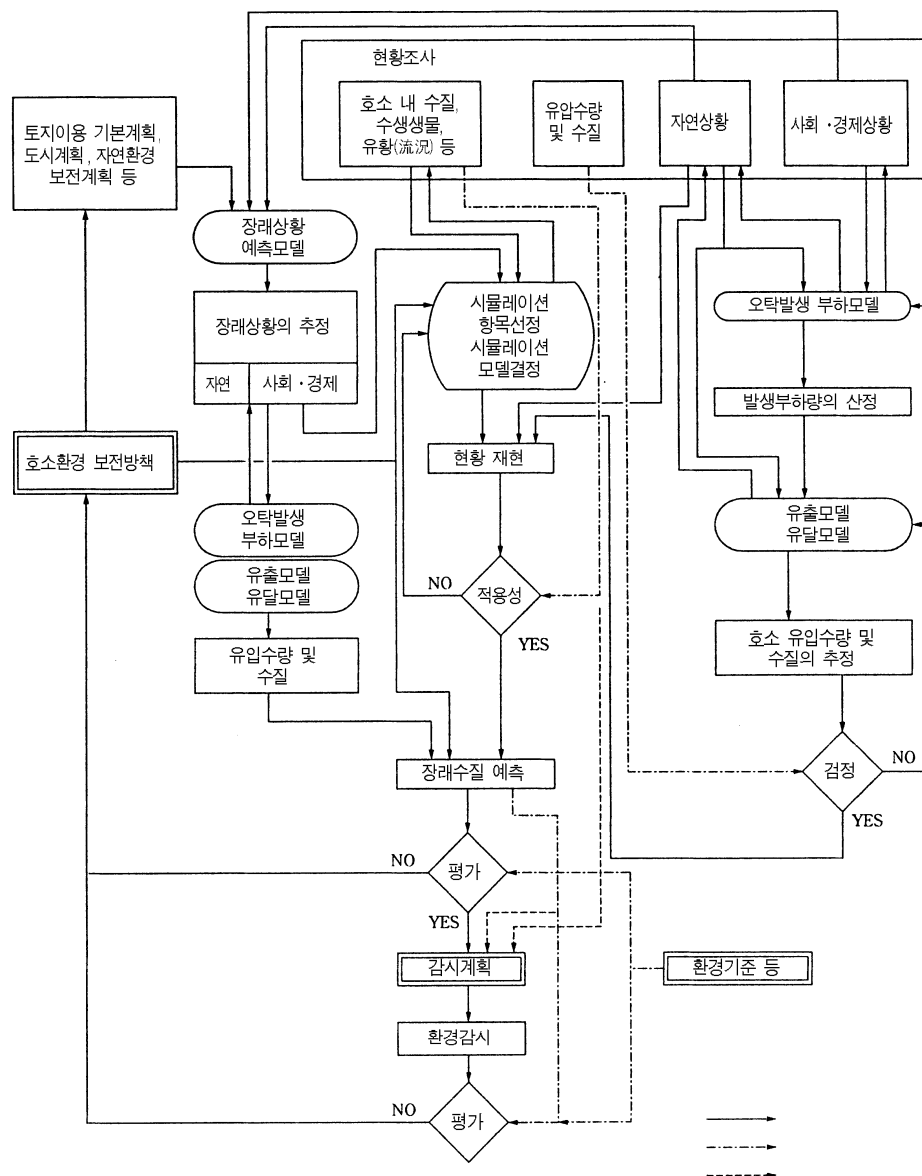
(1) 저수시설의 합리적 관리

저수시설관리는 수도시스템 전체의 관리목표 달성을 향해 항상 양질의 원수가 안정되게 취수될 수 있도록 시설 기능을 적정히 관리, 운용하는 의무이다. 댐체 등의 시설관리 일부에서는 과거의 측정데이터 등을 이용하여 과학적으로 안전성을 확인하는 방법이 이용되어 왔다. 반면, 기타 관리 업무는 시설의 적정한 운용을 도모하기 위해 필요한 모든 조건 파악이 어려운 점으로 경험에 의존하는 경우가 많았다. 그러나 컴퓨터시스템의 발전과 함께 저수시설에 관계되는 집수구역의 자연 및 사회적인 모든 현상을 모델화할 수 있게 되었다. 예를 들어 수량관리에서는 저수지의 유입량을 탱크 모델화 등을 이용한 모의에 의해 장래의 상황 예측이 가능해졌다. 그리고 이러한 모델과 우량관측 데이터 등을 결합한 정보처리시스템을 구축함에 따라 수량관리에 관한 방류조작 등의 운전방법을 작성하고 운전자에게 제공할 수 있게 되었다. 이외에도 수질관리에서도 탁수나 부영양화 현상 등을 모델화하여 모의에 의해 예측 가능하게 되었다. 이러한 과학적인 정보처리시스템 구축은 저수시설의 보전을 위해 필요하다. 다음에 수질관리시스템의 예로서 <그림 2.1.1>에 앞으로의 수질예측이나 수질보전대책 효과 예지를 위한 조사 및 모델 작성 순서의 개략을 나타냈다.

(2) 정보처리시스템의 구축방법

저수시설관리의 정보처리시스템은 감시 데이터 수집 및 처리를 수행하여 시설관리에 이용하는 것으로 다음의 요건이 필요하다.

- ① 집수구역의 수문, 수리, 수질 등 자연 상황이나 사회경제활동 등이 파악되어 있고 이것이 모델화되어 있을 것
- ② 감시기능과 예측기능을 갖추고 일상이나 비상시(홍수시, 수질이상시) 신속하고 정확한 정보를 제공할 수 있을 것
- ③ 숙련자의 노하우를 데이터로서 축적하고 퍼지제어 이론 등을 이용하여 관리 업무가 이행될 수 있도록 정리되어 있을 것



<그림 21.1> 장래의 수질예측이나 수질보전대상 효과 예지를 위한 조사 및 모델작성 순서의 개략

(3) 저수시설의 운용계획 적용

저수시설의 운용은 집수구역의 강우 등에 따라 변동하는 유입량을 기본으로 하여 이수에 필요한 저수를 확보함과 동시에 물 수요에 따른 취수량이 항상 확보될 수 있도록 방류 목적을 두고 있다. 그러나 갈수상태가 계속되고 유입량이 감소해 가면 운용이 어려워지게 된다. 이러한 경우 저수량이 일정한 수준까지 감소되면 일정규모의 절수를 전제로 취수제한을 실시하고 방류량을 단계적으로 제한하는 것이 필요하다. 그때 집수구역의 수문자료와 유입하천의 상황과의 상관관계를 과거의 수문 통계자료 등으로 과학적으로 해석하고 저수지에의 유입량 예측이 실시되는 시스템을 구축함에 따라 취수 필요량에 따른 방류제한 기준을 설정이 가능하다. 또한 저수시설 이외의 지하수 등의 복수 수원이 활용 가능한 경우에는 이러한 조건을 고려하여 방류제한 기준을 설정할 필요가 있다.

(4) 수질이상시 관리

댐이나 호소 등의 저류수 수질은 탁도가 낮고 수질변동이 적으므로 일반적으로 수도의 원수로 적용하고 있다. 그러나 생물의 번식이나 홍수 등에 의한 고탁수의 장기체류로 인해 수질악화를 일으키는 경우도 있다. 이러한 수질이상시에 적절한 관리를 실시하기 위해서는 호소수의 성층이나 순환작용 특성을 모델화하여 둘 필요가 있다. 호소 내 탁수의 거동을 모의하여 예측하고 그 예측 결과를 바탕으로 약제를 뿌리거나 하여 증식억제조치나 선택 취수 등의 대응 조치가 적절히 실시되도록 하여야 한다. 이 외에도 호소수의 부영양화 현상에 대해서는 순환폭기장치에 의한 성층의 파괴 등 각종 수질보전대책이 실시되고 있는데, 이들 대책에 의한 수질 예측이나 수질개선 평가도 실시될 수 있도록 모델화 해 둘 필요가 있다. 또한 수질이상시 장기화될 조짐이 있으면 수원과 정수처리의 상호 관리부문이 정보연락을 가능한 빨리 실시하여 정수장에서의 대응 조치나 대체 수원 확보 등, 수도시스템 전체로 영향을 주지 않도록 조치를 취해야만 한다.

2.1.4 기능평가와 진단

(1) 기능 특성

저수시설의 기능에는 ① 저수지가 지나는 저류기능, ② 수질보전기능, ③ 게이트 등이 지나는 방류능력이 있다. 저류, 수질 보전 기능은 집수구역의 환경에 따라 크게 영향을 받는 반면, 방류기능은 설비기기의 노후화에 따라 저하해 간다. 수도시스템으로서 저수시설 기능을 충분히 발휘되도록 하기 위해서는 이러한 기능특성을 감안하여 그 평가, 시설과 관계된 환경 보전이나 정비계획을 세울 필요가 있다.

(2) 기능평가, 진단시점

저수시설의 기능평가, 진단 시점으로서의 다음의 사항을 들 수 있다.

1) 안전성, 신뢰성 평가, 진단

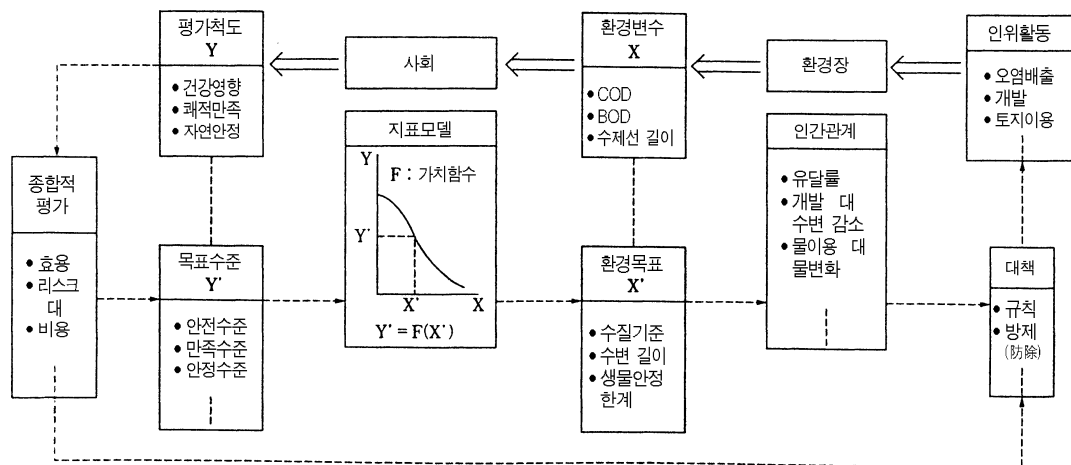
저수시설의 기능은 댐체 등 시설 구조상의 안정성과 게이트 등의 부속 기기류의 조작상의 신뢰성

에 의해 유지되므로 그러한 관점에서 기능 평가 진단을 실시하도록 한다.

댐체 등의 구조물에 대해서는 변형이나 양압력 등의 계측을 정기적으로 실시, 이들 데이터를 바탕으로 안정성이나 내진성 등에 관한 공학적인 평가와 진단을 실시한다. 부속 기기류도 점검이나 고장, 수리 등의 데이터를 계속적으로 수집하고 이들을 통계적으로 해석함에 따라 조작에 관한 신뢰성 평가·진단을 실시한다.

2) 환경면에서의 기능평가와 진단

저수시설의 기능에는 시설과 관계된 환경과 깊이 관련된 것이 있다. 그러므로 저수시설에 대해서는 기능평가진단을 해두는 것이 바람직하다고 볼 수 있다. 퇴사와 동반되는 저수 용량의 감소 등의 변화는 저수시설의 저류기능에 크게 영향을 미치므로 정기적으로 측정, 평가한다. 이 외에도 수문과 수질 데이터로부터 수질 보전 기능을 평가, 진단해 두는 것도 보전 대책을 효과적으로 실시해 가기 위해서는 중요한 사항이다. 이들의 평가, 진단 결과는 일상관리에 도움이 될 뿐만 아니라 개발 행위가 기능저하에 어떻게 관여하는지 등을 명확히 하는 데에도 중요한 자료가 된다. 환경적인 면을 배려한 호소의 평가·진단 체계를 <그림 2.1.2>에 나타냈다.



<그림 2.1.2> 호소의 평가·진단 체계

3) 경제면에서의 평가, 진단

저수시설의 관리기기·설비는 제어설비, 우량 등의 관측설비, 정보처리설비 등에 따라 구성된다. 그러나 오늘날 절약 에너지나 자동화 등의 급속한 기술 진보로 비교적 짧은 시기에 기기류가 진부화, 노후화 되고 관리에 대한 효율을 저하시키기도 한다. 이러한 기기·설비에 대해서는 효율성 등의 측면으로부터의 검토를 잊어서는 안 된다(<참고 2.1.1> 참조).

<참고 2.1.1> 저수시설관리의 갈수 지표와 이수 안전도 평가

1. 갈수 지표

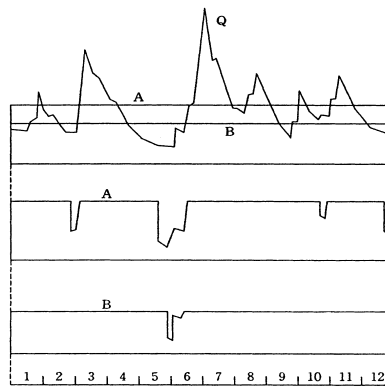
갈수에 관한 이수 안전도의 지표로서는 다음 항목을 생각할 수 있다.

- ① 갈수 발생 빈도로서 5년에 1회, 10년에 1회 등의 갈수 발생확률로 나타낸다.
- ② 갈수가 이어지는 기간으로서 취수제한이 이루어진 날짜수로 나타낸다.
- ③ 갈수의 규모 또는 크기로, 급수 제한률과 제한 일수를 적산하여 나타낸다.
- ④ 갈수의 정도로, 급수 제한률과 취수제한에 따라 부족한 수량의 적산값으로 나타낸다.
- ⑤ 갈수에 따른 경제적 피해로서 피해액의 합계로 나타낸다.

2. 저수시설의 이수 안전도 평가와 이용효율

이들의 항목 중에 저수시설의 운용에 있어서는 ①의 갈수 발생확률로 나타낸 지표가 중요하게 된다. 이 지표는 수치가 낮을수록 저수시설의 이수 안전도는 높게 평가된다. 반면 저수시설 운용상의 갈수 지표와 이용효율과의 사이에는 다음과 같은 관계가 있다.

예를 들어 <참고 그림 2.1.1>에 나타난 것과 같이 주어진 상황 Q에 대해, 취수량을 이용 효율이 높은 A라고 설정한다면 연 3회의 물 부족 현상이 발생하게 된다. 또한 A보다 이용 효율이 낮은 B로 설정하면 A에 비해 물 부족횟수도 적고 부족한 기간도 짧게 나타나 있다. 이와 같이 갈수에 대한 이수 안전도를 크게 취하면 이용효율은 저하하고, 반대로 이용효율을 크게 취하면 이수 안전도는 저하하게 된다. 따라서 갈수에 대한 저수시설의 이수 안전도 평가에 있어서는 이수 효율이나 갈수의 영향(위에서 서술한 지표의 ①~⑤) 등도 고려하여 기술적, 경제적인 판단을 고려해야 한다.



<참고 그림 2.1.1> 유량(流況)과 취수량과의 관계

2.1.5 운전

(1) 운전계획 책정

저수시설의 운전에서는 미리 책정한 운전계획에 따라 항상 적절한 관리가 가능하도록 하는 것이 중요하다. 법을 바탕으로 하는 댐에 대해서는 하천관리자의 승인을 얻은 조작 규정을 미리 정해 두고 그에 따른 조작을 의무화하고 있다. 그럼에도 불구하고 저수시설의 운전은 갈수에 동반되는 저수량 감소나 조류의 이상변식 등의 오락 상황으로 통상과는 다른 조작을 필요로 하는 경우가 있고 그 조작 상황에 따라 수도시스템 전체에 중대한 영향을 미치게 된다. 따라서 운용계획 책정에 있어서 수량, 수질 측면에서의 저수상황에 대응한 적절한 운전을 용이하게 선택할 수 있도록 하여야 한다.

그러기 위해서는 저수의 모든 현상을 모델에 의한 모의 등으로 저수상황을 예측하고 그 예측 상황에 대응되는 적절한 대책이 강구되는 계획안을 세워 둘 필요가 있다. 예를 들어 저수시설에서 발생된 수질 변화에 대해서는 상황에 따라 가능한 한 양질의 수원이 취수될 수 있는 운전계획을 세워 두어야 한다. 또한 수질사고로 인해 취수제한을 실시하는 경우를 생각하여 다른 수도시설과의 유기적인 연대에 따라 급수를 유지할 수 있는 시간을 사전에 예측해 둔다. 그리고 사고가 발생한 경우에 취수 제한 시간 등의 피해 규모에 따라 필요한 대책이 즉시 대처될 수 있도록 운전계획을 세워 두어야 한다. 이 외에도 시설 운용상에서의 사고 등을 <그림 2.1.3>에 나타낸 FTA법에 따라 해석하여 운용에 도움을 줄 수 있어야 한다.

(2) 홍수기, 갈수기의 운전관리

저수시설 운전관리의 목표는 수요량에 적합한 수량을 양질의 원수(原水)로 확보하는 것이다. 때문에 집수구역의 수문·기상 등의 관측이나 유입량, 수위, 수질 등을 감시하고 이들의 정보를 정확히 수집·분석하여 저수량 변동을 예측하고 효과적인 게이트 조작을 실시한다.

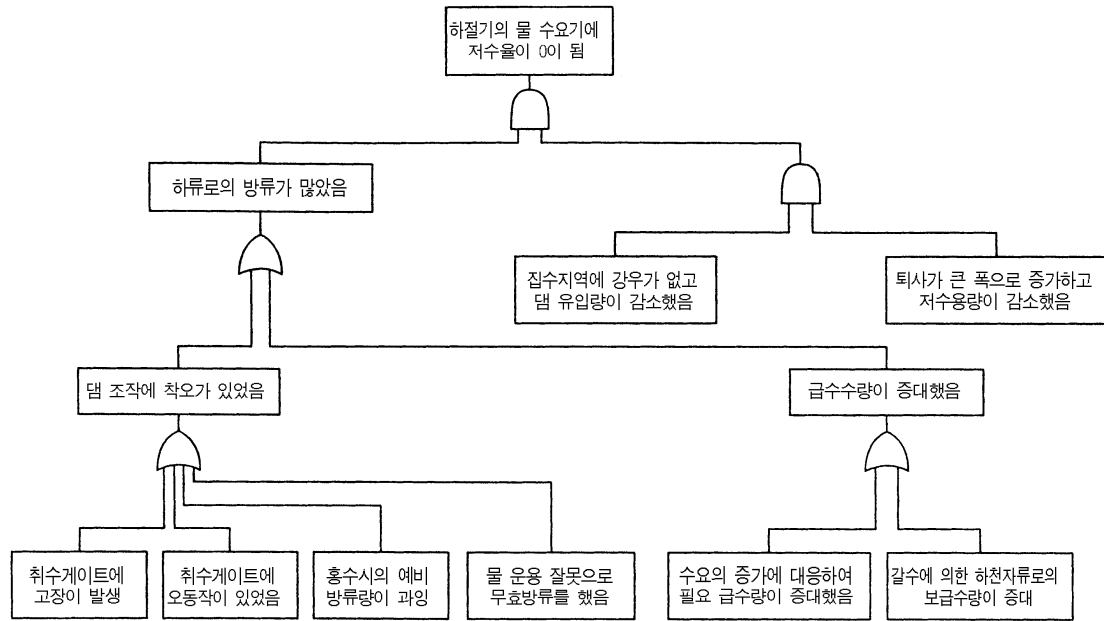
그 업무 내용은 홍수기와 갈수기로 나누는데 이는 크게 다르다(<표 2.1.2> 참조). 수도 전용 저수 시설에 있어서도 홍수기의 운전관리 목표는 태풍, 장마시의 호우 등에 동반되어 크게 변동하는 유입량을 안전하게 하류로 방류하는 것이다. 게이트 등의 방류설비를 조작하는 경우에는 하천수위의 상승 등 하류측에 충분한 경보로 낚시나 물놀이하는 사람들의 안전을 확보함과 동시에 하천관리자나 경찰 등의 관계기관에 통지하여야 한다.

방류량이나 방류시간 결정 속도에 따라서는 하천 수위의 급격한 상승 등의 위험성이 커진다. 최근에는 수위, 우량 등의 텔레미터시스템이나 컴퓨터를 이용한 정보처리시스템의 발전으로, 즉시 저수위 예측이 가능해졌고 방류에 관한 의지 결정도 단시간에 이루어지게 되었다.

갈수기의 운전관리 목표는 방류를 제어하고 수요수량과 저수량과의 관계를 조정하는 것이다. 그러나 기상의 장기 예측이 어려운 지금의 실정으로는 갈수가 계속 이어지면 잔존하는 저수를 효과적으로 유지 또는 방류의 판단이 매우 어렵게 된다. 따라서 저수위 저하에 따른 취수제한 등으로 방류수량을 제어해 나가는 운전계획을 미리 책정해 두어 이에 따라 운전조작이 실시될 수 있도록 하여야 한다.

(3) 수질감시 운전

수질에 관한 감시운전 목표는 호소수의 수질조사를 정기적으로 실시, 수질오탁이나 수온약층(水溫躍層; 수온약층은 호소의 성층기에 수온의 연직 분포시에 그 수온분포 변화가 현저하게 층을 이루고 여기를 경계로 윗방향의 표수층, 아랫방향의 심층수로 나눌 수 있다)등의 상황을 계속적으로 파악함에 따라 조류 등에 의한 수질악화의 이상 현상 발생을 예측하고 여과 장애 등의 정수처리 공정에 미칠 수 있는 영향을 미연에 방지하는 것이다. 그러기 위해서는 이상 현상 발생에 준비하여 운전에 관한 계획을 사전에 정해 두고 응급조치나 요인 제거가 신속하게 실시될 수 있도록 대처해야 한다.



<그림 2.1.3> 저수시설운용의 FTA

<표 2.1.2> 운전관리에 필요한 정보처리시스템 개요

기능구별	이용 장소에 의한 구별	
	홍수시(고수관리)	비홍수시(저평수관리, 수질관리)
감시	강수량·호소수위	수문·수질제량
통계, 표시	기존 홍수자료	기존의 수문·수질자료
예측, 독 조작 지원	강수량, 유입량, 호소수위의 예측	① 강수량, 유입량, 호소수위 예측 ② 중장기 호소 흐름·수질예측
데이터베이스시스템		
데이터관리시스템(관계기관과의 전송, 데이터 백)		
유역정보시스템(집수구역의 자연·사회 환경)		
기타(각종 해석시스템 등)		

2.1.6 보전과 갱신

(1) 저수시설의 보전과 갱신

저수시설의 보전이나 갱신은 <표 2.1.3>에 나타난 대로 댐체, 저수용량, 저수위치 등에 대해 실시되고 있다. 공사의 사전조사나 계획, 시공에 관한 유의사항은 다음과 같다.

- 1) 공사는 저수지 수위를 내려 시공하는 것이 이상적이지만 물 운용상의 제약으로 어려운 경우가 많다. 이러한 제약조건을 충분히 배려하여 시공계획을 입안하도록 한다.
- 2) 댐체 보수, 보강 등은 사전의 보링 조사 등에 의해 콘크리트나 기초지반의 강도를 확인하고 신규 댐체 접속 면은 콘크리트 특성을 고려하여 댐 설계기준의 안전율을 만족하는 단면으로 한다.
또한 누수 경로 등은 수질분석, 추적자(tracer) 시험, 지하수 검층 등의 결과로 실태를 충분히 조사, 파악하여 유효한 공법으로 결정하도록 한다. 또한 눈금계측에 따른 관측이나 과거의 온도 기록, 온도 응력해석 등에 대해서도 실시하도록 한다.
- 3) 땅 미끌림 대책은 발생 후의 대책보다도 예방 대책이 공사비용이 적게 들므로 해당 면이 되는 지층의 분포·형상을 사전에 조사하여 유효한 예방수단을 적절히 강구하도록 한다. 특히, 저수위 변동에 동반되는 주변 산지의 지하수 상태변화에 따라 땅 미끌림 조사나 지반 경사계에 의해 세밀한 조사를 실시하도록 한다. 그 결과를 바탕으로 지층 구조 모델 시뮬레이션이나 데이터 해석 등을 실시, 저수위 변동이 사면에 미치는 영향 등을 사전에 예측, 평가하고 일상관리에 이용하도록 한다.
- 4) 퇴적 토사의 준설, 배출에 있어서는 그 처분방법이 환경에 미치는 영향을 충분히 고려하여 검토하도록 한다. 특히 연약 진흙 등은 사전에 시료분석을 실시하여 물리적인 성질을 조사하고 탈수, 고화(固化)방법을 검토한다.
- 5) 취수·방류설비의 신설이나 개조가 댐체 및 설치부 산지 등에 영향을 미치는 경우도 있다. 그러한 경우에는 지층구조 모델 시뮬레이션으로 안전성을 확인한다.
- 6) 이들의 조사, 해석, 평가에는 장기간의 데이터 수집을 필요로 하는 것도 있으므로 일상 측정, 점검 등의 업무 중에 그 목적을 명확히 하여 관측하도록 한다.

<표 2.1.3> 저수시설의 보전, 갱신의 종류와 내용

종 류	내 용
댐체 보수, 보강	그라우팅 공법에 의한 누수 장소의 보수 콘크리트 타설에 따른 댐체 두께 증가
저수용량의 확보, 회복	땅 미끌림 등의 방지, 퇴적토사 굴착, 준설, 배출
저수용량의 증대(유효수심 확대)	콘크리트 타설에 따른 댐체 증축
저수위치의 변경(선택취수기능 등)	취수·방류 설비 신설, 개조

(2) 관리업무의 무인화, 위탁화

저수시설관리 업무의 무인화는 통신기술의 발달과 함께 기상이나 하천유량 등의 원격 감시가 가능한 시설에 대해 실시되고 있다.

향후 인력 부족 등의 사회적 요인을 배경으로 저수시설관리의 여러 업무에 적용은 반드시 필요하게 된다. 그러므로 설비개량이나 갱신시에는 작업의 위험성 방지, 전달의 신속성이나 정확성 등의 이점이 있기 때문에 적극적으로 무인화의 도입을 검토할 필요가 있다. 특히 수질감시업무의 자동화는 종래 사람에 의해 간헐하게 이루어졌던 수질측정이 연속감시가 가능하게 됨으로써 수질관리가 향상

되게 되었다.

관리업무의 위탁화는 경제적인 이점 등으로 정기적인 설비 점검, 정비, 기상·하천유량 등의 관측, 저수지 순회·점검 등의 작업에 대해 실시되는 예도 있다(<표 2.1.4> 참조).

저수시설의 관리업무에서 게이트 등의 조작 실수로 하류 하천수위가 급격히 상승하여 중대한 재해를 불러올 위험이 있으므로 하천법을 바탕으로 댐관리기술자의 선임이 의무화되어 있다(하천법 제23조). 그러므로 관리업무의 무인화나 위탁화에 있어서는 지휘명령 계통 및 관할 구분과 관리책임 소재를 명확히 할 필요가 있다.

<표 2.1.4> 위탁 가능한 업무 예

구 분	업무의 종류	업무의 내용
보수	관측기기의 보수(기상, 수위) 하류 경보기기 보수 부속밸브 문 보수	정기적인 점검 및 보수, 고장시의 수리
보전	토사 제거	준설, 반출
	유목처리	집적, 건조, 소각
관측·측정	기상 관측	우량관측, 적설량 관측
	댐체 측정	누수량, 양압력, 침윤선 변형, 이음매 벌어짐, 응력균열
	토사 측정	토사 측량
기타		오탉 상황, 위험장소, 이상발견

(3) 집수구역의 보전대책

저수시설 보전은 그 부속설비, 저수지 및 그 주변에 대해 실시되고 있다. 최근 집수구역의 도시화나 관광 개발의 영향에 따라 토사유입에 의한 저수기능 저하나 생활배수 등의 유입에 의한 수질 오탉 문제가 발생하고 있다. 이들의 대책으로서 준설에 의한 토사 제거나 순환폭기에 의한 수질보전이 실시되어 왔다. 저수지로의 토사유입이나 퇴적방지에는 토사유입을 방지하는 기능이 높은 저수지 주변의 산림보전 등의 대책, 수질보전에 관해서도 집수구역의 생활배수처리시설 정비나 배수규제 등의 오탉방지대책이 유효하다. 그러므로 필요에 따라 전 도시에 대해 상수원수의 수질보전에 투자하는 상수원 수질보전사업실시를 촉진하도록 요청함과 동시에 토사유출방지 등 폭 넓은 보전대책을 관계 기관에 요청해 나가는 것도 필요하다. 이러한 대책을 효과적이고 성실히 실행해 나가는 데는 과학적인 방법에 따라 그 효과를 예측·평가하고 그 결과를 관계 기관에 명확히 할 필요가 있다. 그러기 위해서는 예측·평가에 필요한 데이터를 일상관리업무 중에 항상 수집해 두어야만 한다.

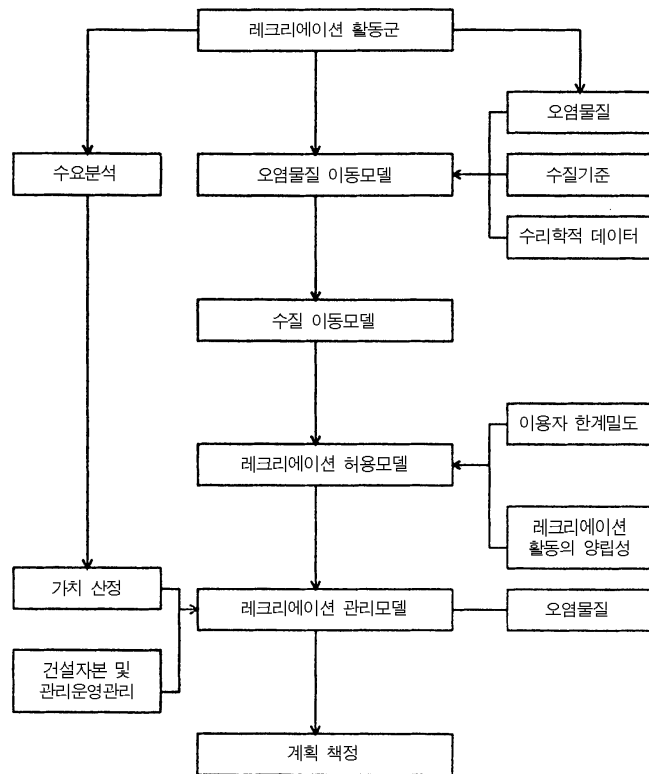
(4) 댐 및 호소의 활용

저수시설을 상수원으로 적절히 관리해 나가는 데는 시설이 입지하고 있는 지역사회 환경이 양호하게 유지되고 있어야 한다. 그러나 댐 및 호소 등의 저수시설은 거의 대부분이 원류가 산지 지역으

로 이는 금후의 과제로 남아있다.

이러한 현상으로 저수시설 주변 환경을 활용하여 지역 활성화에 이용하려는 시도가 활발히 진행되고 있다. 지역에 수원이 존재하면 양호한 자연환경, 쾌적한 체제공간을 창출하고 풍부하고 여유있는 생활 실현에 기여한다고 기대하고 있다. 댐 및 호소를 포함한 환경 등을 잘 알려 지역 산업 부흥이나 기업유치를 진행하고 있는 사례나 물가나 광대한 산림을 잘 활용하여 관광·레크리에이션 시설 정비를 하고 있는 사례도 있다.

전용저수지의 레크리에이션 시설 정비를 실시하고 있는 책정 모델을 <그림 2.1.4>에 나타냈다. 그러나 호소나 주변 지역의 이용 등 호소의 관광자원으로서의 활용은 관광객이 버리고 간 쓰레기나 관광선으로부터의 기름 유출 등 수질보전에 대한 새로운 문제를 일으키지 않도록 사전에 충분한 검토와 적절한 대책이 필요하다(<표 2.1.5> 참조). 지역 사람들은 저수시설이 상수원임을 충분히 이해하고 산림이나 농지의 적절한 관리나 불법투기 방지 등 여러 활동을 실시하여 수원보전에 기여하고 있다.



<그림 2.1.4> 전용 저수지 레크리에이션 자원 활용계획 책정모델

수도 전용 저수시설, 다목적 저수시설 등의 조건에 따라 대응이 다소 다르지만 레크리에이션 자원으로 댐·호소 등을 활용하는 경우에는 지역과의 상호 이해하에 수질 등에의 영향을 고려하여 보다 좋은 환경이 유지될 수 있도록 수질확보에 대한 충분한 시책이 필요하다.

<표 2.1.5> 댐·호소의 활용에 의한 저수시설관리에 대한 영향

이 용 형 태		저수시설관리에 대한 영향				
		기름유출 유입	생활배수 등의 유입	탁수유입	쓰레기· 먹이 투입	토사유입
호 소 이 용	요트	△			○	
	모터보트	○			○	
	유람선·관광선	○			○	
	낚시				○	
	양식어업				○	
	모래 채취				○	
주 변 이 용	주차장	△		△	○	△
	주위 도로	△		△	○	△
	공원·산책로			△	○	△
	자전거 도로	△		△	○	△
	캠프장		○	△	○	△
	여관 등 숙박업소		○			

○ 영향이 큼, △ 영향이 작음.

2.1.7 위기관리

(1) 저수시설의 위기관리

저수시설의 위기관리에는 다음과 같은 사항이 있다.

- ① 수량관리: 갈수시의 수량 확보 및 홍수시의 방류에 의한 하천 수위상승의 대응
- ② 수질관리: 자연이나 인위적으로 발생하는 수질이상 방지와 발생시의 대응
- ③ 시설이나 설비관리: 지진이나 홍수 등에 의한 자연재해 및 인위적인 실수에 의해 일어나는 사고 및 고장 방지와 발생시의 대응

이 모든 경우 발생시에 신속한 대응이 가능하도록 연락방법이나 처치방법 등의 매뉴얼을 작성하여 두어야 한다.

갈수시의 수량관리의 기본적인 작성법의 한 예를 <참고 2.1.2>에 나타냈다.

<참고 2.1.2> 갈수시의 수량관리(단계적 방류제한방식)

갈수시에는 저수시설로부터의 방류에 의해 취수량이 유지된다. 그러므로 갈수시에도 완전 단수 등의 사태에 이르지 않도록 저수시설의 수량관리를 계획적으로 실시하는 것이 중요하다.

갈수시의 수량관리는 홍수시에 비해 시간적으로 여유가 있고 갈수가 어느 정도 계속되는 시점에서 방책을 실시

하는 것도 가능하다.

단계적 방류제한방식은 저수량 감소가 미리 정한 양에 도달하면 방류제한에 의한 취수 삭감을 실시하여 저수량이 감소함에 따라 제한을 강화해 가는 방식이다. 그러므로 방류제한 개시시점부터의 저수량과 방류 제한율과의 관계를 사전에 단계적으로 결정해 둘 필요가 있다.

저수량과 단계적인 방류제한율과의 관계는 여름철 등의 기간을 통해 상관관계를 일정하게 정해 두는 경우와 시간적인 요소(계절적인 강수 등의 기상조건이나 수요량의 변화)에 따라 상관관계를 변동할 수 있도록 정해 두는 경우가 있다.

또한 단계적 방류제한방식 이외의 갈수시의 수량관리에는 기상청으로부터 발표되는 장기 일기예보를 이용하여 강수량을 확률적으로 예측하고 저수지 운용을 모의하는 방식이나 발생 확률 유입량 예측을 바탕으로 DP방식(수리계획의 한 방법으로 동적 계획법이라 한다. 계획 달성까지 상호 관련되어 변화하는 각 단계마다의 모든 활동을 최종목표에 맞추어 최적인 것이 되도록 하기 위한 방법이다) 등을 생각할 수 있다.

(2) 댐 구조물의 안전관리

댐 등의 중요한 구조물에 대해서는 구조에 대한 안전을 항상 확인하고 댐이 파괴에 이르기 이전에 그 징후를 관찰하여 적절한 조치를 취해야 한다.

댐의 구조상 안전관리는 댐의 경년적 거동을 계속적으로 감시하는 것이다. 일련의 계측, 점검 업무나 대응 처치는 긴급시에도 신속하게 실시할 수 있도록 관리매뉴얼 등을 작성해 둘 필요가 있다.

또한 댐 계획, 조사, 설계, 보수에 관한 도면이나 계측, 점검 데이터 등의 댐관리에 필요한 자료는 긴급시에 단기간에 검색이 가능하도록 관리해 두어야 한다.

(3) 안전관리시스템 구축

예상되는 지진피해나 수질 이상 등의 규모와 수도시스템 전체로의 영향 등을 과학적인 방법을 바탕으로 위기관리 측면에서 예측, 평가해 두어야 한다. 그 결과를 바탕으로 피해나 수질이상 방지 대책을 강구함과 동시에 발생시점에서의 수도시스템으로의 영향을 최소화하도록 안전관리시스템을 확립해 두어야 한다.

한 예로서 내진진단 등의 결과로부터 피해 정도를 예측하고 재해 후의 점검의 우선순위를 정하고 사후의 피해에 따른 보수나 복구가 신속히 마무리될 수 있는 체제를 확립해 두어야 한다.

수질 이상은 각종 복잡한 요인에 따라 발생하는 경우가 많고 그 변화가 빠르다. 발생시에는 이들의 요인을 빠르게 분석, 규명하고 규모나 내용에 따라 피해확대 방지나 수도시스템 전체로의 응급조치가 필요하다. 수질이상을 방지하기 위해서는 양호한 환경 유지가 무엇보다도 중요하다는 것을 항상 주민들에게 인지시키고 협력을 구하도록 하여야 한다.

저수시설관리에서는 안전 대책적인 면에서도 정기적으로 시설을 점검하고 필요에 따라 예방 조치를 강구함과 동시에 사고 발생시의 긴급 대응 등에 대해 직원들에게 철저히 주지시켜 두어야 한다.

2.2 저수시설

2.2.1 총칙

수도 전용 저수시설(전용댐)은 수도사업자가 설치하고 관리하는 저수시설이다. 수도전용 댐은 조 작규정 등을 엄수하고 하천의 종전의 기능을 유지하기 위해 필요한 조치를 취해야만 한다.

댐관리에 있어서는 관계 법령을 바탕으로 댐체의 안전을 위해 계측이나 점검을 실시함과 동시에 하천관리자의 승인을 얻은 댐 조작 규정에 따라 하류 이수자 등에게 영향을 주지 않도록 조작하여야 한다(하천법상으로는 댐은 기초지반부터 댐마루까지의 높이가 15m 이상인 것을 말하고 관리상 특별한 규정이 있다).

댐체 및 부속 설비는 사고 방지 및 기능 유지를 위해 정기적인 점검이 필요하다.

댐은 하천 공작물 중에서는 매우 중요한 구조물이다. 댐건설 및 주변지역지원 등에 관한 법률 시행령 (2006년 일부개정) 제17조에 댐의 관리와 관련한 다음과 같은 사항을 작성하여 운영하도록 규정하고 있다.

- ① 저수, 수위조절 및 방류에 관한 사항
- ② 댐의 관리에 필요한 시설·설비·기계·기구 등의 조작·점검 및 정비에 관한 사항
- ③ 기상 및 수문관측과 댐 저수의 방류시에 취하여야 할 조치에 관한 사항
- ④ 댐 저수의 수질보전을 위하여 필요한 사항
- ⑤ 댐건설로 인한 기상 및 생태환경 변화 등의 조사에 관한 사항
- ⑥ 댐의 안전 점검에 관한 사항
- ⑦ 댐의 관리비용에 관한 사항
- ⑧ 기타 댐의 관리에 관한 사항

저수용량에 비해 집수면적이 작고 다른 수계로부터 도수를 받는 저수지에서는 댐체의 계측, 기기 점검, 재해나 사고대책 등은 일반적인 댐과 같이 실시할 필요가 있다.

수도 전용 저수시설에서는 수질 등의 보전에 관해서는 수도사업자들이 책무를 지닌다. 따라서 관리에는 항상 세밀한 대응이 요구되는데 특히 수질에 대해서는 정기적인 검사를 실시함과 동시에 저류수의 오탁이 진행되지 않도록 힘써야 한다.

- ① 유입하천의 수질 규칙을 철저히 하고 법령 등의 규제 이외의 것도 필요에 따라 사업자에게 배수규제의 협력을 구한다.
- ② 저수지에서의 오탁 원인이 되는 행위는 가능한 제한한다.
- ③ 순회 점검 등에 의해 오탁물질 투기를 감시한다.
- ④ 오염방지, 위험방지를 위해 출입이 규제된 곳에는 표지판을 설치하여 관계자 이외에는 출입을 금한다.
- ⑤ 주변의 토사붕괴 등이 발견되었을 때는 신속히 보완 공사를 실시한다.
- ⑥ 강우의 급격한 유출을 완화하기 위해 집수구역의 산림화하도록 힘쓴다.

2.2.2 기상, 하천유량 등의 정보관리

(1) 관할지역 관측

저수시설을 건설함에 있어서는 강수량, 유출량, 유량, 홍수량 등의 수문조사 결과를 기초로 하며, 저수시설을 관리하는 데에도 중요하다.

이들의 관측은 매일의 저수량 조절, 계절 혹은 일정기간의 저수상황 예측, 출수시의 유입량 예측, 여수로 게이트로부터의 방류량 결정 등에 빠질 수 없는 항목이다. 특히 여수로 게이트를 지나는 댐에서는 기상, 수위, 유량, 강우량 및 강설량 관측이 의무화되어 있고, 이들 측정시설의 명칭, 위치, 능력, 관측횟수 등을 정한다.

1) 기상관측

댐 지점의 기후, 기압, 기온, 상대습도, 풍향·풍속, 강수량, 증발량 등은 원칙적으로 매일 관측·측정한다.

2) 강우량의 관측

우량 관측은 보통 우량계, 자기 우량계, 무선(또는 유선)텔레미터가 부착된 자기 우량계 등이 이용되는데 직접 관측을 매일 실시하는 지점에 설치하는 경우에는 보통 우량계를 이용, 정기적으로 순회 점검을 실시한다.

설치 장소는 관측값이 주변지역의 기상을 대표할 수 있도록 꼬트머리나 골짜기 사면 및 바람이 집중되는 곳은 피하고 건물이나 가로수로부터도 일정한 간격을 유지한다.

또한 집수지역의 크기, 지형, 강우의 형태 등을 감안하여 집수지역 전체의 강수량이 모이는 관측 지점으로 하고, 설치 수는 집수지역의 크기에 따라 결정되고 있다.

3) 하천의 수위관측

수위 관측소는 댐 집수지역 내의 본천, 주요 지천 및 홍수 방류시에 수위변동이 큰 댐 하류지점에 설치하여 수위 측정을 실시한다. 관측소에는 cm 단위의 수위표 및 자기수위계를 설치한다. 관측값을 유입량의 추정 자료로 이용하는 관측소에는 1시간마다, 30분마다 또는 즉시 데이터를 저수지의 관리소 등에 전송하여 수신, 기록을 가능하게 한다. 관측소에는 쓰레기가 모여 토사가 퇴적되고 하천 수위와 관측 수위와의 사이에 차이가 발생하기도 하므로 정기적으로 점검을 할 필요가 있다.

그 외에도 수위표의 값, 기록값, 텔레미터값이 다르지 않는지도 정기적으로 조사하여 교정해야 한다.

최근의 수위 관측소에서는 하천내의 시설 설치를 필요로 하지 않는 초음파식 수위계가 입지조건이나 계기의 특징 등에 따라 채택되고 있다(<그림 2.2.1> 참조).

4) 하천의 유량측정

저수시설의 유입량을 산정하기 위해 하천유량에 대한 측정을 실시한다. 수위관측소 지점에서 유량 측정을 미리 실시하여 수위·유량곡선을 작성해 두고 수위 측정만으로 하천유량을 항상 알 수 있도록 해둔다.

수위 관측소에는 수위 관측설비 외에 측수교, 선박 등의 유량 측정설비, 균배선, 표시표 설비를 설치할 필요가 있다. 또한 하상변동이 크고 수위·유량곡선이 점점 변화하는 지점에서의 유량측정은

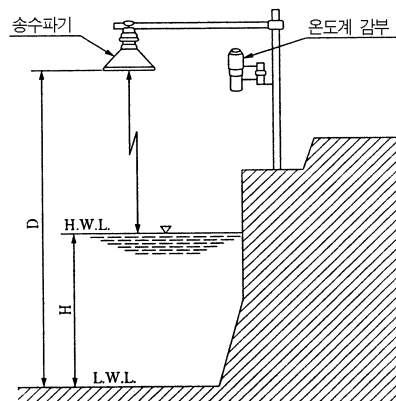
하상을 안정시킨 후에 실시하여야 한다.

(2) 타기관과의 정보 네트워크

저수시설관리에 필요한 기상이나 하천 등의 정보를 타기관과의 네트워크를 이용하여 실시간으로 수신이 가능하다.

기상관측에 관해서는 기상청의 지역 기상관측시스템이 있다. 이 시스템을 이용하면 강수량, 풍향, 풍속, 기온, 일조, 적설량 등의 데이터와 기상 레이더 자료와의 합성에 의한 3시간 후까지의 강수 단시간 예보 등의 정보를 실시간으로 수신 가능하다.

이들의 광역적인 정보는 저수위의 예측이나 검증 등의 데이터로써 활용함에 따라 저수시설관리의 신뢰성 향상에 도움이 된다.



<그림 2.2.1> 수위관측소 개념도(초음파식 수위계)

2.2.3 댐 조작

댐 조작은 저수위, 유입량 등의 측정이 기본이 된다. 저수량은 저수위로부터 산정하고 방류량은 취수량, 저수량 및 유입량을 고려하여 결정한다. 컴퓨터 기술이 진보된 결과 관측·계측장치는 자동화되고 데이터처리시스템에 따라 평상시나 홍수시의 댐 조작은 신속, 정확하게 되었다.

(1) 저수위, 강수량 파악

1) 저수위

저수위의 측정은 방류나 배수의 영향이 없는 댐 직상류부에 설치된 수위계로 실시한다. 정확성, 기록성, 즉시성을 고려하여 수위표, 자기수위계 및 디지털 표시수위계를 설치한다. 자기수위계와 디지털 표시수위계는 수위표에 의해 측정된 값과 조합하여 조정한다.

저수위는 댐관리 규정에 따라 측정한다. 자기수위계를 일반적으로 사용하고 평상시는 1시간에 1회, 홍수기 등의 출수시는 상황에 따라 즉시 측정하도록 정해져 있다.

2) 저수량

저수량은 댐 완성시의 항공측량에 의한 등고선도에 따라 작성된 저수위·저수량곡선, 혹은 수위를 cm단위로 나타낸 수위·용량표에 의해 산정한다.

저수량 산정은 저수위를 측정한 시간마다 실시하고 출수시에도 마찬가지로 실시한다.

3) 유입량

저수지에의 유입량 산정방법은 일반적으로는 저수지 유입 하천 유량에 보전계수를 더하여 실시하는데 이 방법으로 추정 곤란한 경우는 저수지 수위의 변동에 따른 저수량 변화량과 방류량에 의해 추정하는 방법을 이용한다. 해당 저수시설의 집수량이 부족하여 다른 수계 등에서 도수하는 특별한 경우는 그 수량을 더해 유입량을 산정한다.

(2) 평상시의 조작

평상시는 1일 1회 시간을 정하여 저수위, 저수량, 유입량, 방류량을 측정 또는 산정한다. 저수지로 부터는 상수원수 외에 다른 수리자의 필요 취수량을 방류한다. 하천 유지용수 등을 고려하여 방류한다.

예비 방류수위가 설정되어 있는 댐에서는 큰 강우량 등으로 출수가 예상되는 경우 설정수위까지 저하시킬 때에 하류에 급격한 수위상승이 동반되는 방류를 하지 않도록 저수량에는 평상시 배려해 두어야 한다. 강수량이 적고 갈수가 심할 때에는 다른 이수자와 협력하여 절수 등의 노력을 하여야 한다.

(3) 홍수시 조작

수도 전용 댐의 홍수시의 조작은 통상적으로 예비 경계시부터 홍수 경계시, 홍수시, 홍수처리시까지를 말한다. 소량을 취수하는 수도 전용 댐은 저수지 수위를 상시 만수위로서 홍수에 대처해도 재해 발생 방지의 면에서 전혀 지장이 없는 댐이다.

홍수시의 조작을 필요로 하는 댐인 경우에는 게이트 조작 등에 따라 하천의 수위가 높아지고 인명 피해의 위험성도 있으므로 해당 댐 조작규정에 따라 정확히 실시하여야 한다(<표 2.2.1> 참조).

그러므로 매년, 홍수기 전에 하천관리자와의 연대하에 호우를 고려한 댐 조작 및 기기류의 조작 연습을 실시하여 방류에 필요한 정보연락체제를 확인해 두도록 한다.

1) 조작 기준

수도 전용 댐의 조작 개요는 댐 종류나 조작규정에 따라 다르다. 그 내용은 다음과 같다.

예비 방류 수위가 설정되어 있는 댐에서는 예비 경계시에 저수지수위가 예비방류수위를 웃도는 경우는 사전방류를 실시, 예비방류수위까지 저하시키도록 한다.

홍수 경계시에는 최대유입량 외에 유입량의 시간적 변화를 예측하고 저수위가 예비방류수위를 넘는 시점에서 즉시 방류를 실시하도록 한다. 예비방류수위와 같은 시점부터는 유입량에 해당하는 양을 댐으로부터 방류시키고 수위를 예비방류수위로 유지하도록 한다.

홍수시의 방류방법은 여수로의 위치, 방류능력, 예비방류요령 등에 따라 다르므로 해당 댐 조작규

<표 2.21> 홍수시의 조작상황 확인

	체제 혹은 조작	확인사항	확인을 위한 자료
체제판정기준 • 풍우 또는 큰비 주의보 • 홍수발생 우려가 있을 때	평상시 관리 ↓ 예비경계 ↓ 방류개시 사전방류조작 ↓ 홍수경보 ↓ 예비방류조작 ↓ 홍수, 홍수시의 조작 ↓ 홍수처리, 홍수처리 조작 ↓ 홍수경보해제	1. 요원확보 2. 댐조작을 위한 기계, 기구나 댐 및 저수지 관리를 위한 기계, 기구의 점검, 정비 3. 기상관측결과수집 4. 관계기관에의 통지 5. 조작에 관한 기록 작성 1. 방류계획 2. 통지 및 사이렌, 경보차에 의한 경고 1. 예비경계시의 1~5항 2. 유입량 예측 1. 방류계획 2. 통지 및 사이렌, 경보차에 의한 경고 1. 방류루트 1. 방류루트 1. 해제판정	• 조직도 또는 표 • 점검정비 기록 • 기상정보수집 통계도 및 기록 • 관계기관에의 통지연락 계통도, 조작규정 • 댐 조작 기록 • 조작규정 • 조작규정 및 댐조작 기록 • 조작을 위한 기초자료* • 예비경계시와 같음 • 조작규정 및 댐 조작 기록표 • 조작규정 • 조작규정 및 댐조작 기록 • 조작을 위한 기초자료* • 조작규정 및 댐조작 기록 • 조작을 위한 기초자료* • 상동 • 상동
	체제판정기준 • 풍우 또는 큰비 경보 • 홍수발생의 우려가 있을 때		

주) *: 조작을 위한 기초자료로서 다음을 생각할 수 있다.

방류량 증력 제한곡선, 게이트 조작곡선, 유입하천 H-Q곡선, 저수지 H-V곡선

정에 따라 실시한다. 홍수처리시에 이르렀을 때는 홍수시에 방류했던 유량으로 방류를 계속하고 가능한 빨리 저수위가 예비방류수위와 같게 되도록 한다. 또한 저수위가 예비방류수위와 같게 된 시점 이후는 유입량에 해당하는 유량을 방류시킨다.

2) 관측

예비경계시, 홍수경계시, 홍수시에는 30분마다 저수위, 유입량, 방류량을 측정하는 외에 1시간마다 저수지 상류와 하류에 설치된 수위 관측소 수위 및 집수구역 내의 우량 관측소 강수량을 관측하여

저수지 관리소에 기록한다.

3) 통보 및 일반인에게의 주지

댐 여수로 등으로부터 방류할 때에는 방류 개시 전 적어도 1시간 전에 하천관리자, 관계지사, 관계지역장, 경찰서장 등에게 통보하여야 한다. 이는 방류량을 갑자기 증가시킬 때도 마찬가지이다.

방류에 의해 수위상승이 큰 댐 하류의 일정구간에서는 사이렌 및 확성기로 댐으로부터의 방류를 일반인에게 주지시켜야만 한다. 비상사태에 준비해 무선회선에 의한 원격제어가 일반적으로 이용되고 있는데, 이는 경보 작동상황이 관리소부터 확인 가능한 방법이어야만 한다.

2.2.4 수질보전

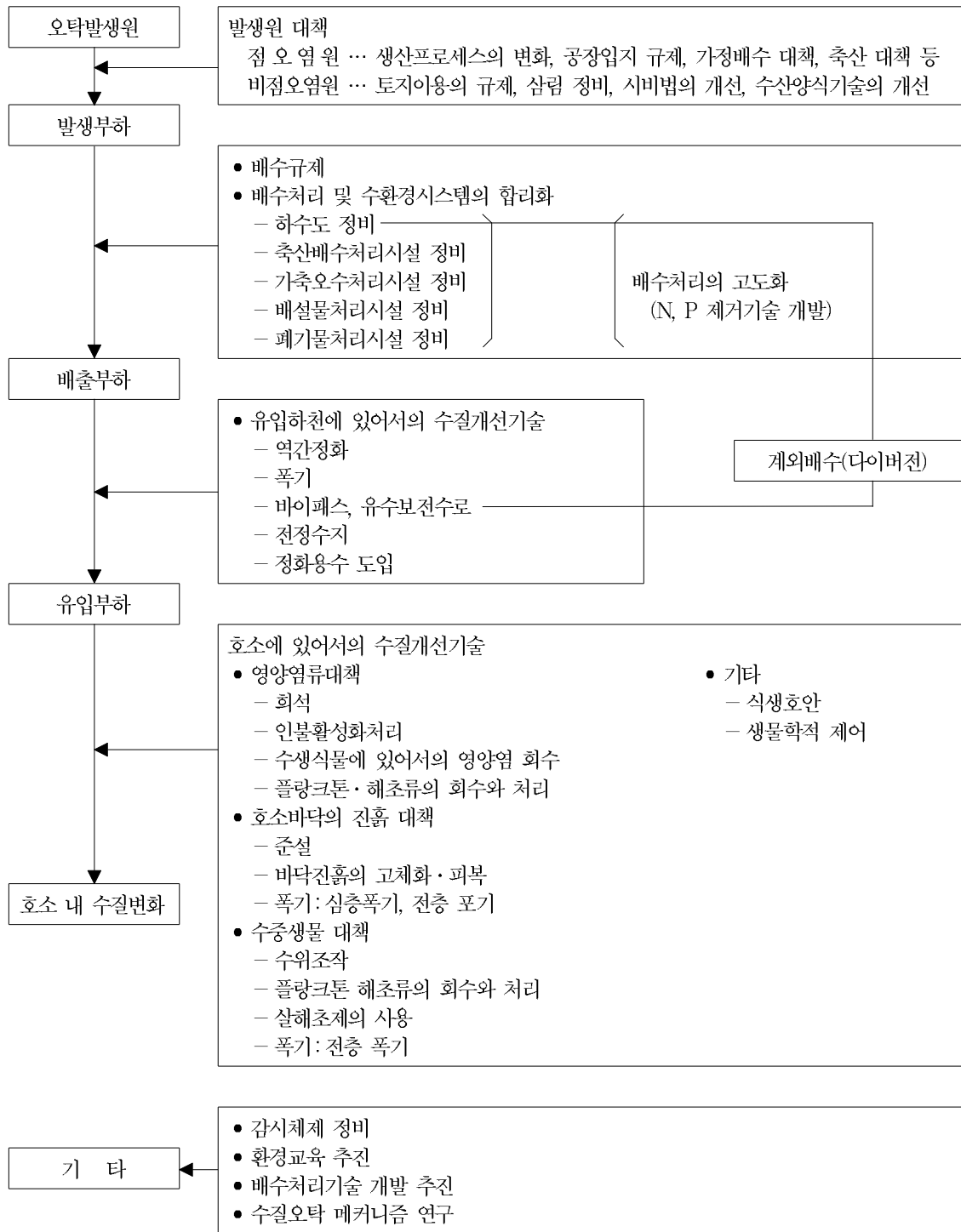
저수시설 수질은 탁도가 낮고 수질 변동이 적으므로 일반적으로 상수원수로 적당하다. 그러나 단 한 번의 수질 악화만으로도 다시 깨끗한 수질로의 회복은 어렵다. 저수시설의 수질보전대책은 집수구역 보전대책과 저수지 보전대책으로 나눌 수 있다. 저수지의 수질보전대책을 <그림 2.2.2>에 나타냈다. 또한 저수지로부터의 취수에 있어서는 저류수 수질변화 상황에 따라 취수 위치를 선택하고 보다 양질의 수도수원이 확보 가능하도록 배려하는 것이 중요하다.

(1) 집수구역 수질보전대책

집수구역 내 산업배수나 생활배수는 저수지의 오탉 부하를 증대시킨다. 저수지수에 질소나 인 등이 축적되면 플랑크톤 조류의 이상 발생에 의한 정수처리 장애나 트리할로메탄의 생성, 냄새, 색도 등의 수질 장애를 일으킨다. 따라서 저수지에의 유입 하천 수질 조사는 정기적으로 실시하여 그 조사 결과로부터 오탉이 뚜렷하고 상수원에 중대한 영향을 미치는 경우는 집수지역의 배수 등에 대한 규제 또는 대책에 대해 수도사업자가 지역지사나 하천관리자 등의 관계 행정 기관에 요청하도록 한다.

수원지역 내에서의 수질보전대책은 장기적 관점에서 진행하도록 한다. 예를 들어 관계기관에의 요청 등을 이행할 때는 여러 방법이 공적인 기록으로 남도록 배려하는 것이 중요한 의의를 지니므로 가능한 한 문서화해 두는 것이 바람직하다.

- 1) 생활배수대책은 집수구역 내의 지역개발을 감안하여 생활배수처리시설 등을 계획적으로 정비하는 상수원 수질보전에 관한 계획 책정, 사업 실시 등을 지역지사나 하천관리자 등의 관계기관에 요청할 필요가 있다. 이 경우 정비 후에도 이들 시설의 유지관리자에 대한 적절한 지도와 질소나 인 등을 제거할 수 있는 고도처리시설 정비에 대해서도 요청해 나가야 한다.
- 2) 기존 배수규제대상의 공장·사업소에 대해서는 법령을 엄수한 배수처리시설의 적정한 관리를 관계기관에 요청하는 외에 배수규제대상 외의 공장·사업소라도 지정공장·사업소에 준하여 취급하도록 요청한다.
- 3) 신규공장·사업소가 건설되는 경우에는 계획 단계에서부터 관여하여 사업주에 대해 저수지 수질보전의 이해와 협력을 구한다. 필요에 따라 협정 등을 체결하고 법령 기준보다도 고도의 처리시설 설치에 대해서는 이해를 얻도록 노력한다.
- 4) 폐기물처리에 대해서는 폐기물의 부적절한 처리나 시설의 구조·유지관리에 소홀히 한 경우 침출



<그림 2.22> 저수시설의 수질보전대책의 유형
(인용문헌 岩佐義朗 編著: 湖沼工學, 山海堂 p.461)

수 등에 의해 유입하천을 오염시킬 수 있다. 그러한 사태 발생이 없도록 적절한 처리나 시설 정비, 유지관리를 관계기관에 요청한다.

- 5) 농약, 비료 사용은 그 양의 삭감이나 법령, 지도기준 등에 정하는 것으로 하도록 관계기관에 지도를 요청한다. 수답을 사용하는 경우는 하천 등으로의 유출이 없는 비료사용, 산포방법을 이용하도록 지역 농업단체 등에 요청할 필요가 있다. 축산배수에 대해서는 정확한 처리시설을 설치하여 적정히 처리하고 분뇨는 유기비료로서 농지 환원하는 등의 지도를 관계기관에 요청한다. 양식어업에 대해서도 먹이 잔유물이나 배설물을 침전 분리시켜 처리하도록 시설 설치를 관계기관에 요청한다.
- 6) 관광시설 등의 대규모 개발에 따른 탁수 등이 저수지의 유입하천에 유출되지 않도록 관계기관에 지도를 요청한다. 골프장의 시비(施肥), 약제 살포에 대해서는 관계기관에 대해 시설관리자의 적절한 지도를 요청한다. 또한 관광객의 쓰레기 투기에 대한 지도도 요청한다.
- 7) 집수구역의 산림 등에 대규모의 개발에 토지이용계획이 제출된 경우에 대비해 수도사업자의 의견이 충분히 반영될 수 있는 사전 협의제도 등을 관계기관과 확립해 두어야 한다. 이외에 육림 업무를 수탁하여 목재생산수익을 토지 소유자와 분할하는 분수육림제도 등을 활용하여 토사유출의 방지, 수질 정화 및 수원배양에 효과적인 산림 보호를 실시하는 것도 유효하다.
- 8) 집수구역에서의 수질보전대책을 진행하기 위해서는 지역주민의 이해와 협력이 불가피하다. 일상의 홍보활동이나 지역주민의 관계 단체 등과의 협의회를 통해 수원 수질보전의 필요성에 대해서 합의를 얻을 수 있도록 노력하여야 한다. 이외에도 학교교육이나 사회교육장을 이용하여 적극적인 계발활동을 실시해 나가도록 한다.

(2) 저수지의 수질보전대책

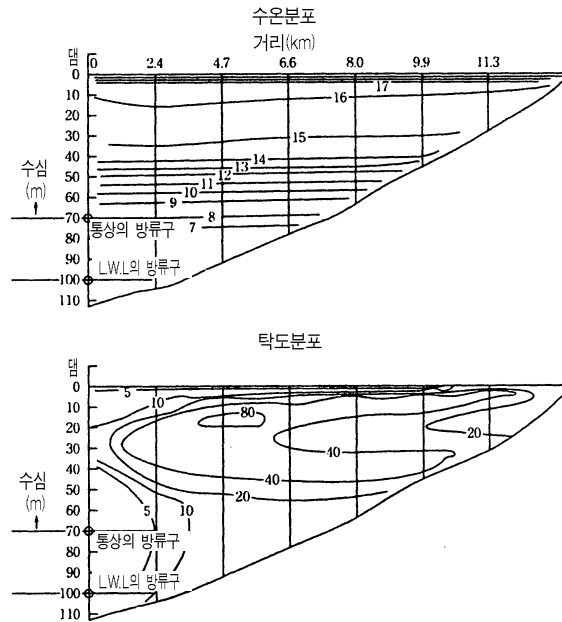
저수지수를 상수원수로 사용하는 데는 오탱의 지표가 되는 조류, 철, 망간, 질소, 인 등의 수질검사를 정기적으로 실시하여 오탱 상황을 감시할 필요가 있다. 특히 암모니아성 질소는 오탱 지표가 될 뿐만 아니라 정수처리공정에서 염소 소비량을 증가시키는 요인이 되므로 감시에 충분한 주의가 필요하다.

저수지수는 저류되는 사이에 자정작용에 따라 탁도가 저하하고 세균도 감소하는데 질소나 인의 증가에 따른 조류의 대량 발생이나 철이나 망간의 용출 등의 수질악화를 일으키게 된다. 이러한 상황을 방지하기 위해서는 다음과 같은 저수지 수질보전대책을 실시해야 한다.

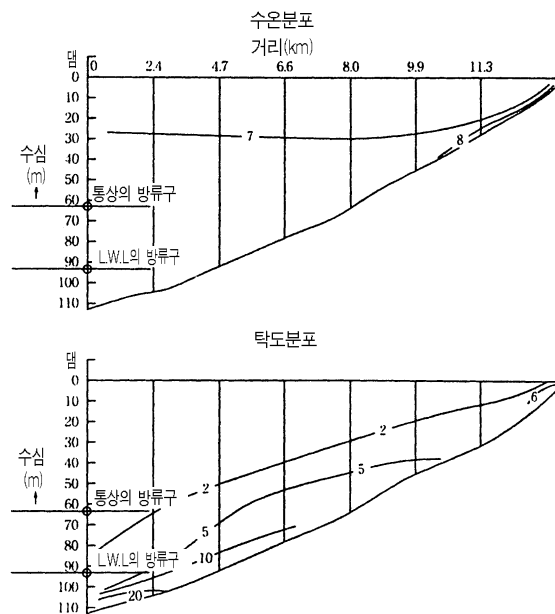
- 1) 조류가 다발하는 저수지에서는 그 발생 상태를 항상 파악해 둘 필요가 있다. 그리고 그 발생이 현저한 경우에는 이상 냄새발생이나 여과장해를 일으키지 않도록 황산동 등의 약제 살포로 생물 번식을 억제시켜야 한다.
- 2) 여름철 저수지수는 표층부의 수온이 높아 하층 쪽으로 갈수록 수온이 저하해 가는 성층이 형성되면 순환되지 않고 거의 정지된 상태로 된다.

<그림 2.2.3>은 성층을 형성하는 성층기(하계)의 상태를 나타낸 것이다. 이 경우는 수심 약 2m부터 5m에 걸쳐 수온 약층을 형성하고 표층과 저층에서는 13℃ 이상의 수온차가 난다. <그림 2.2.4>는 성층의 형성이 없는 순환기(동계)의 상태를 나타낸 것인데 표층과 저층의 수온차가 거의 없다.

또한 탁도 분포를 보면 성층기의 저수지수는 순환하지 않으므로 유입된 80℃ 이상의 고탁수가 상층부에 남아 있게 된다. 순환기의 저수지수는 전체에 골고루 혼합되어 탁도가 균일하게 분포되어 있다.



<그림 2.23> 수온·탁도 종단 분포도(성층기 8월)



<그림 2.24> 수온·탁도 종단 분포도(순환기 3월)

성층형성에 따라 저수지수가 순환되지 않게 되면 저층부의 저류수는 무산소 상태로 되어 저수지 저부에서 정수처리를 방해하는 철이나 망간 등의 용출을 일으키게 된다. 여기에 대한 대책으로서 물 순환이나 폭기를 실시함에 따라 수직혼합을 일으켜 온도 성층을 파괴하는 방법이 있다(<참고 2.2.1> 참조).

3) 저수지의 하상퇴적물이 부영양화를 촉진시키는 인 등의 공급원이 되는 경우 하상퇴적물을 준설하여 제거하는 것이 수질보전 대책으로서는 유효하다.

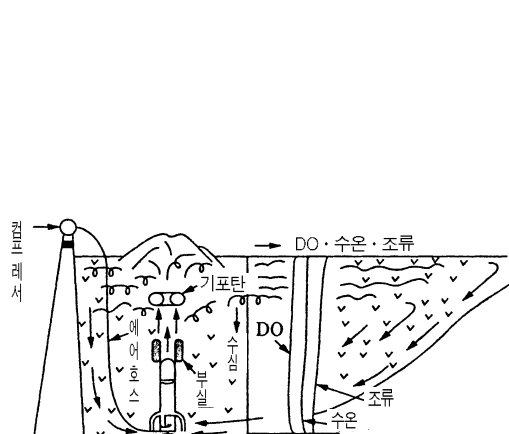
또한 하류 하천의 환경조건 등에 유의하면서 조류를 포함한 상층수 혹은 영양염류나 탁수를 포함한 저층수를 적절히 방류함에 따라 일시적으로 수질개선을 도모하는 방법도 있다.

4) 오타이 현저한 유입하천에서는 바이패스 수로에 의해 저수지 하류로 유하시키는 방법도 있다.

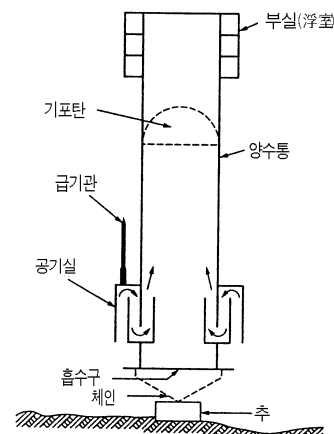
또한 정화용수로서 다른 수계로부터 유입수를 도수하여 오타부하의 경감이나 관광객이나 낚시꾼 등에 대해 “수원보호, 쓰레기나 먹이 투기금지, 쓰레기 가지고 가기” 등의 수질오염방지로의 협력을 촉진시키기 위해 표지판으로 주의를 환기시키고 장소에 따라서는 일반인의 출입을 금지시킨다.

<참고 2.2.1> 공기 양수통에 의한 방법

1. 공기 양수통 방식 중의 한 예를 나타냈다. 참고 <참고 그림 2.2.1>은 간헐식 공기 양수통 설치도이고, <참고 그림 2.2.2>는 그 구조도를 나타낸 것이다.



<참고 그림 2.2.1> 간헐식 공기 양수통 설치도



<참고 그림 2.2.2> 간헐식 공기 양수통 구조도

양수통은 원통형 통 상단부에 부표가 있고 하단부는 고정되어 있어 통은 수직상태로 수중에 떠 있다. 통 하부에는 공기실이 있어 육상의 압축기를 통해 호스로 공기를 주입시킨다. 공기실에 일정한 공기가 채워지면 역 사이펀이 작용하여 한 번에 실내 공기가 통 안으로 분출된다. 분출된 공기는 큰 기포로 되어 통 안의 물을 밀어내면서 상승하게 된다. 그 후 통 상단에서 떨어져 나온 기포는 도넛 모양으로 주변의 물을 끌면서 수면까지 떠오른다.

이러한 상태가 반복되면 통 밑에서 통 안으로 유입해 오는 저층부의 물이 양수되어 기포와 함께 표층으로 확산된다. 이러한 흐름을 유지하면 저층수와 표층수가 대류하여 성층이 파괴되고 전 층의 수질이 균일하게

된다. 다만 수심이 얇은 호소나 용량이 큰 저수지 등에서는 대류가 저류수 전체에 미치지 못하므로 적용이 어렵다.

또한 방류에 있어서는 온도성층의 파괴에 따라 수온이 저하하고 하류역에 영향을 미칠 수도 있으므로 주의하여야 한다.

공기 양수통의 설치효과는 다음과 같다.

① 저류수의 인공적인 순환에 따라 조류가 하층으로 보내지기 때문에 그 증식이 억제되어 곱팡이 냄새가 억제된다.

② 저층수에 산소가 공급되기 때문에 철, 망간, 암모니아, 황화수소 등의 용출이 억제된다.

또한 호소에 유람선 등을 개방하고 있는 경우는 양수통 설치에 있어 그 위험성은 적지만 표지판 등으로 그 위치를 알리는 정도의 홍보는 필요하다.

2. 공기 양수통의 필요 대수 결정(예)

<참고 그림 2.23>은 현지조사결과를 바탕으로 공기 양수통의 필요 대수 결정을 나타낸 것이다.

현지조사는 공기 양수통의 운전, 정지를 반복하여 양수통 가동시 및 자연 상태의 혼합수심, 조류의 현재량, 등수온 강하속도 데이터를 수집한다.

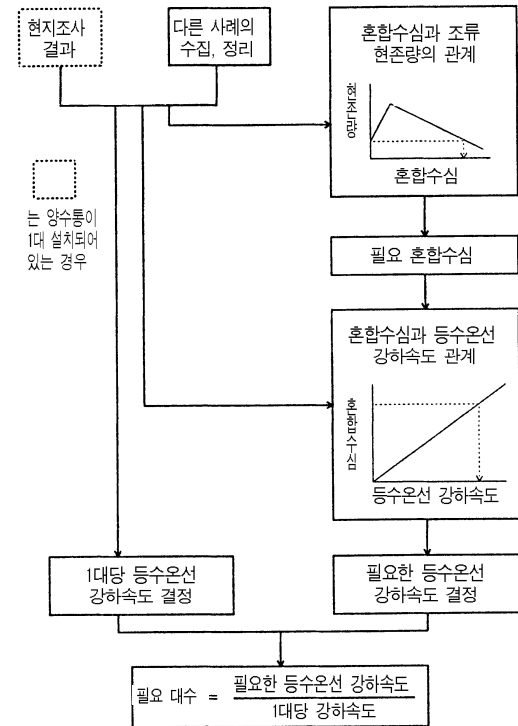
혼합수심은 다음과 같이 정의한다.

- 1℃/m의 수온차가 있는 경우의 표면부터 수온약층까지 수심
- 1℃/m 이하의 수온차인 경우에는 최대수온차가 발생하는 점까지의 수심
- 수온차가 같은 점 일 때에는 얇은 쪽의 수심

식물 플랑크톤의 현재량은 클로로필a를 이용한다.

수질의 목표값으로서는 다음과 같다.

- 양수통 가동과 정지를 반복하여 관측한 실측값으로 혼합수심과 호소면까지 현존하는 조류량(조류현존량)과의 관계를 결정한다.
- ①의 관계를 이용하여 호소면부터 혼합수심까지의 수질을 클로로필a 농도 20μg/L 이하로 하는데 필요한 혼합수심(필요혼합수심)을 구한다.
- 양수통의 가동과 정지를 반복하여 관측한 실측값으로 일정한 수온이 호소 밑으로 강하해 가는 속도(등수온 강하속도)를 구한다.
- 구한 등수온선 강하속도와 혼합수심과의 관계를 같은 시기에 관측한 실측값으로 구한다(혼합수심이 커지면 등수온 강하속도도 커진다).
- ④의 관계를 이용하여 ②에서 구한 필요혼합 수심으로 하기 위해 필요한 등수온 강하속도를 구한다.
- 양수통 1대당의 등수온선 강하속도를 양수통 가동 상태와 자연 상태와의 실측값 차이로 구한다.
- 필요대수를 ⑤의 수치÷⑥의 수치로 산출하여 결정한다.



<참고 그림 2.23> 공기 양수통의 필요 대수 결정

(3) 저류수의 수질변화에 대응한 취수

저수지에서 직접 취수하는 경우는 저류수의 탁도나 수온분포, 조류 발생상황 등을 파악하여 항상 양질의 상수원수가 취수될 수 있도록 취수구는 그 높이를 적절히 선택할 수 있는 구조로 하여야 한다.

1) 성층이 형성되어있는 저수지에서는 여름철의 탁도가 비교적 높은 유입수는 중층으로, 가을 출수시의 고탁도는 저층으로 유입되는 경우가 많다.

한번 유입된 탁수는 같은 밀도층에 들어가 혼합되는 경우는 없으므로 취수구의 높이에 따라서 그 영향을 직접적으로 받고 탁수를 취수해 버리는 경우가 있다. 그러한 경우에는 저류수의 수직 탁도 분포를 검토하여 깨끗한 물이 취수될 수 있도록 취수위치를 변경해야 한다.

2) 플랑크톤 조류의 이상발생에 따라 저수지 수질이 악화된 경우에는 저류수의 수직적 수질검사 결과에 따라 취수위치를 결정할 필요가 있다.

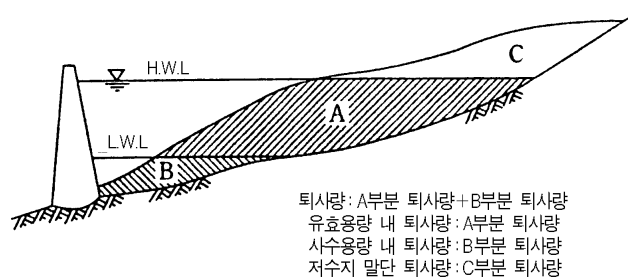
3) 수심이 깊은 저수지에서는 중층 또는 저층에서 취수하면 저수온의 물이 하천을 유하하게 된다. 이 과정에서 어류나 수달 등 농작물의 생육과 여름철 어린이들의 물놀이 등에 지장을 줄 수가 있다. 그러한 경우에는 정수처리 등에 영향이 적은 범위 내에서 저수지 건설 이전의 하천 수온에 가까운 표층수를 유하시키는 등의 배려도 필요하다.

2.2.5 집수구역의 보전

(1) 퇴적토 파악

댐 등에서는 긴 기간의 출수에 의해 유역내의 하천으로부터 토사가 유입되어 저수용량이 감소하고 댐 말단부에 퇴적되면 홍수시에 유입하천 수위가 상승하여 침수 등의 피해를 일으킨다.

수도 전용 댐관리자는 <그림 2.2.5>에 나타난 퇴사량, 유효용량 내 퇴사량, 사수용량 내 퇴사량, 저수지 말단 퇴사량 등 관리상에 필요한 퇴사 상황을 조사, 파악하여 하천관리자에게 보고하여야 한다.



<그림 2.2.5> 퇴사 상황도

퇴사의 측정에 있어서는 댐 완성 당초에 댐 내의 지형을 파악해 두어야 한다. 이에 따라 유효용량이나 무효용량도 정확히 산정할 수 있다.

퇴사측량방법은 말단 배수부 부근을 포함한 댐 내의 횡단측량 결과와 완성 당초의 지형과의 고저

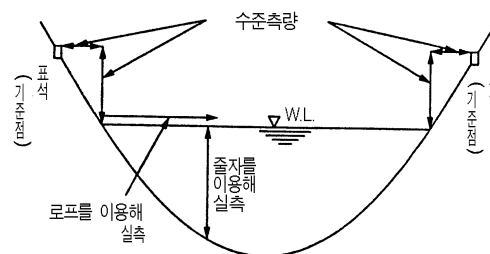
차로 산출한다. 퇴사량은 횡단측선 단면의 면적변화에 측선간의 거리를 곱해 산출한다. 각 해마다의 값은 전년의 단면형상을 기본으로 하여 그 변화로부터 산출한다.

횡단선상의 측량에는 다음과 같은 방법이 있다.

1) 직접 깊이 측량

유입부 부근의 저수지 폭이 작은 곳이 적당하고 횡단 측선상의 양안에 고정 로프를 걸어 선상에서 간승(1미터마다 표를 한 측량줄)을 이용하여 로프로 거리관계를 명확히 해나가면서 거리를 두어 수심을 직접 측정하고 현수면과의 관계로 단면형상을 정하는 방법이다(<그림 2.2.6> 참조).

고정 로프는 그 무게로 인해 수몰되어 버리므로 필요한 장소에 부표를 놓아둔다. 측량용 이외에 측량선(보트)을 유도하는 고정 로프를 걸어 두면 작업상 편리하다. 적절한 교량을 횡단측선으로 한 경우는 고정 로프나 선박은 사용하지 않아도 줄자만으로 측량 가능하므로 편리하다.



<그림 2.2.6> 직접 깊이 측량 모식도

2) 수준측량

현수면으로부터 횡단측선상의 기준점까지 사이를 수준측량에 의해 단면형상을 산출한다. 수위가 저하하여 땅 밑이 노출되었을 때는 그 부분을 포함한 측량으로 단면형상을 산출한다.

3) 음향 측심기에 의한 방법

측선이 길고 수심이 큰 곳에서는 고정 로프와 줄자를 이용한 방법이 까다로워 음향측심기를 사용한다.

이 방법은 횡단측선상에 관측선(동력선)을 항행시켜 자동항정계와 연동시킨 정밀음향측심기로 항행거리와의 수심을 동시에 측정한다.

한 방향의 기준점상에 트랜짓을 설치, 이를 이용하여 대안(對岸)의 기준점을 통과, 지안(地岸)으로부터 반대방향의 기준점을 향해 관측선을 무선유도하면 작업능률이 좋아진다. 횡단측선의 수면에서 기준점까지는 수준측량에 따르도록 한다.

(2) 퇴적토 제거대책

댐 내의 퇴사는 여수로 게이트 등을 이용하여 적절한 시기에 댐 하류에 유출시키는 것이 하천 환경을 자연 상태로 유지하는데 도움이 된다.

그럼에도 불구하고 퇴사의 대부분이 자갈과 모래로, 배사관 등에 의한 배출은 매우 어렵다. 그러므

로 펌프선의 준설이나 육상 굴삭으로 반출시킨다.

육상 굴삭은 유속이 급감속함에 따라 저수지의 배수 말단부 부근에 퇴적되는 토사를 저수지 수위가 저하한 시기에 기계를 이용하여 채취, 반출하는 방법이다. 최근에는 저수지의 배수 말단부 부근에 낮은 댐을 만들어 저수지로 유입하기 전에 사리나 모래를 퇴적시켜 제거하는 방법도 실시되고 있다.

이 모든 경우에 반출되는 사리나 모래는 건설용 골재 등에 활용하는 것이 바람직하다.

(3) 유목처리대책

댐 내의 유목은 스크린을 막으므로 취수에 방해가 되고 방치해 두면 댐수의 수질에 영향을 미치고 자연 경관상으로도 바람직하지 않다.

태풍 등의 출수시에 유입되는 대부분의 유목은 댐 말단 유입부에 집적되는 경우가 많다. 그 후 바람에 의해 댐 내를 부유한다. 그러므로 유입 직후의 집적된 시기에 채취하여 반출하는 것이 효율적이다.

댐 내를 부유하고 있는 유목에 대해서는 취수구 전면에 수심 2m 정도의 망을 설치하여 유입을 저지하면서 작업선으로 수집한다.

처분방법으로는 집적장에서 건조시킨 후에 소각하는 경우가 많은데, 목탄 등으로 자원화 하는 방향도 생각할 수 있다. 소각은 주위 자연환경에 대한 충분한 배려하여야 한다.

(4) 집수구역의 보전대책

댐 내의 토사나 유목의 유입을 완전히 저지하는 것은 쉽진 않지만 집수구역 보전대책 실시에 따라 유입을 감소시킬 수는 있다. 보전대책으로서 집수구역의 자연보전과 개발억제 등이 있다.

자연보전대책으로서는 유역의 지피(地被) 밀도를 크게 하기 위한 식림, 유역 표토 붕괴를 방지하기 위한 산복공사, 출수에 의한 토사의 유송을 방지하기 위해 유입하천의 사방, 호안, 바닥 다짐공사 등이 있고 땅 미끌림 지점의 발견과 그 대책과 저수에 의해 침식된 호안 보강 등도 중요하다.

개발 억제대책으로서는 스키장 개발 등을 억제하고 산림을 보호하여야 한다. 이들 대책은 수도 사업자가 독자적으로 실시하는 것은 어려운 일이므로 관계행정기관 등에 요청하여 실시하도록 한다.

2.2.6 댐체의 안전관리

(1) 댐체 계측

댐체의 계측은 댐 안전관리상 중요한 작업이고 “댐구조물 관리기준”에 규정되어 있는 대로 실시한다.

계측은 그 기간이 매우 길기 때문에 기기는 오랜 기간에도 견딜 수 있는 것과 언제라도 보수 가능한 것을 사용한다.

댐관리를 위한 계측은 댐 거동의 특상을 고려하여 다음의 세 시기로 나누어 실시한다.

① 제1기: 담수개시부터 만수 이후의 소요시기가 경과하기까지를 말한다.

제1기는 담수 개시 후 만수에 이르기까지의 하중 증가에 동반되는 댐의 거동을 감시 하는 기간

이다. 담수에 의한 영향이 나타나기까지 시간을 요하는 계측 항목도 있기 때문에 만수 후에도 마찬가지로 감시를 계속해야 한다. 이 기간은 2개월 이상으로 한다. 큰 댐 사고는 대부분 이 기간에 발생하고 있다.

따라서 계측이나 점검 빈도는 제2기, 제3기보다도 더 많은 횟수로의 엄중한 감시가 필요하다.

② 제2기: 제1기 이후 댐 거동이 안정 상태에 이르기까지를 말한다.

제1기 경과 후 구조물 혹은 기초지반의 크리프(일정기간이 지나고 발생한 균열)가 진행되고 이것이 점차 안정된 거동으로 나타나게 되는데 그러한 거동이 확인되기까지의 기간이다.

거동이 안정된다는 것은 저수위 등의 변화에 계측값이 정상적으로 변하고 그 값이 타당하다고 판단되는 것을 말한다.

이 기간은 높이 100m를 넘는 댐 혹은 특수한 설계의 댐인 경우 3년 이상으로 한다.

③ 제3기: 제2기 경과 후를 말한다.

각 기(期)로의 이행은 각각 앞의 계측 데이터를 정리 검토한 뒤에 결정하도록 한다.

1) 콘크리트 댐

① 계측항목

일반적인 계측항목을 <표 2.2.2>에 나타냈다. 다만 높이가 100m를 넘는 댐 및 특수한 설계의 댐 또는 구조상 필요하다고 인정되는 것에 대해서는 필요에 따라 다시 항목을 추가하고 적당한 기간계측을 실시한다. 추가항목은 균열 또는 응력, 내부온도, 틈 벌어짐, 기초 지반의 변형이다.

<표 2.2.2> 콘크리트댐의 계측항목

형식	중력 및 중공댐		아치댐	
높이	50m 미만	50m 이상	30m 미만	30m 이상
항목	누수량	누수량	누수량	누수량
	양압력	양압력	변형	변형
		변형		양압력

② 계측횟수

계측횟수는 <표 2.2.3>에 나타나 있는 것과 같이 계측항목에 대응해 기간마다 실시한다. 다만 각 기간의 계측데이터 검토결과에 따라서는 그 이후의 계측횟수 및 계측점이 생략되는 항목도 있다.

③ 계측방법

계측은 댐의 안전성 검토에 필요한 위치에 계측 장소의 상황이나 계측횟수를 감안한 뒤에 계측이 용이하고 필요한 정밀도를 얻을 수 있는 설비와 방법으로 실시한다. 또한 자동계측이 가능한 것에 대해서는 해당 설비를 설치하여 실시하도록 한다.

④ a) 누수량

<표 2.23> 콘크리트댐의 계측횟수

		제1기	제2기	제3기
누수량		1일에 1회	1개월마다 1회	1개월마다 1회
양압력		1주일마다 1회	1개월마다 1회	3개월마다 1회 (단, 누수량이 비교적 적고 양압력이 작은 것에 대해서는 생략해도 무방)
변형	높이 100m 이상의 중력·중공 중력댐 및 높이 30m 이상의 아치댐	1일에 1회	1주일마다 1회	1개월마다 1회 (단, 30m 이상의 아치댐을 제외한 댐에서 거의 변화가 없는 것은 생략해도 무방)
	기타 댐 (단, 50m미만의 중력·중공 중력댐은 제외)	1주일마다 1회	1개월마다 1회	3개월마다 1회 (단, 거의 변화가 없는 것은 생략해도 무방)

누수량 계측은 댐체 및 기초지반에서의 누수량이 계측 가능한 방법으로 실시한다. 계측점은 개개의 누수장소마다 설치하는 것을 원칙으로 하는데 상황에 따라서는 집중된 장소에 적절히 설치해도 괜찮다. 누수량 계측방법으로서는 용기에 의한 방법, 집수수조에 의한 방법 등이 있다.

② 양압력(간극압)

콘크리트 중력댐 및 저부를 상판으로 쓴 중공중력 댐에서는 횡 이음매에 의해 구분된 구간마다 계측한다. 아치댐에서는 대표 단면 및 그 양측의 각각 한 단면에서 계측한다. 기초단면의 조건이 나쁜 장소에는 계측점을 적절히 추가한다. 다만, 콘크리트댐의 수압이 작은 구간과 얇은 아치댐에서는 계측은 하지 않아도 무방하다. 기초배수공에 접속된 압력계로 계측하는 경우는 계측값이 안정된 단계에서 계측을 종료하고 바로 부르동관 압력계를 이용한 방법 및 전기식 수압계를 이용한 방법이 이용되고 있다.

③ 변형

변형계측은 대표단면의 휘어짐량을 측정하는 길이가 긴 댐 및 높은 아치댐에서는 대표단면의 좌우안 단면도 계측을 실시한다.

댐 변형을 측정하는 방법으로는 시준계측에 의한 방법, 플럼라인에 의한 방법, 정밀 3각측량에 의한 방법 등이 있다. 시준계측에 의한 방법은 댐 양안에 고정점이 되는 기준점과 시준점을 설치하고, 이 두 점을 포함한 평면상의 댐 천단에 몇몇의 시준점을 설치하여 그 변위량을 측정한다. 플럼라인에 의한 방법은 댐 본체의 연직방향인 철관을 매설하고 이 속에 피아노 강선 등을 달아 강선의 이동량으로 댐의 상대 변위를 측정한다.

정밀 3각측량에 의한 방법은 트랜싯을 변위가 일어나지 않는 고정점에 설치하여 댐 본체 및 암반상의 표면점 변위를 측정한다.

④ 지진관측

지진관측은 임시 점검 실시여부의 판단 및 지진시의 댐체 거동을 파악하기 위해 원칙으로 기초지반 및 댐 천단을 대표하는 장소에 설치된 지진계로 실시한다. 지진관측은 지진의 최대 가속도를 계측함과 동시에 가속도 파형도 계측한다.

2) 필댐

① 계측항목

일반적인 계측항목을 <표 2.2.4>에 나타냈다. 다만, 콘크리트댐과 마찬가지로 높이가 100m를 넘는 댐 및 특수 설계 댐, 또는 구조상 필요로 하는 댐에 대해서는 필요에 따라 항목을 새로이 추가하여 적절한 기간에 걸쳐 측정한다. 추가항목은 간극압, 토압, 내부변형, 착암부 전단변위, 기초지반 변형, 침윤선(하류에 배수 기능이 미흡할 우려가 있는 zone형)이다.

또한 zone형 및 균일 필댐의 간극압은 저수위의 변동이 크고 급격한 것 및 시공 중의 과잉 간극압이 잔류될 우려가 있는 경우 앞서 서술한 추가항목 계측을 실시하도록 한다.

주요 댐에 있어서는 콘크리트댐과 마찬가지로 지진계를 설치하여 계측한다.

<표 2.2.4> 필댐의 계측항목

형식	표면 차수벽형	zone형	균일형
항목	누수량	누수량	누수량
	변형	변형	변형
			침윤선

② 계측횟수

계측횟수는 앞서 나온 <표 2.2.3>에 준하고, 변형 및 균일 필댐의 침윤선에 대해서는 제1기는 1주일마다 1회, 제2기는 1개월마다 1회, 제3기는 3개월마다 1회 계측한다.

다만 70m 미만의 댐 변형 계측은 제3기는 반년마다 1회로 해도 무방하다.

상류측 법면 변형에 대해서는 저수위가 저하했을 때 실시한다.

① 침윤선

계측점은 댐의 대표적인 단면을 1곳 이상 선택하여 각 단면에 댐 축부터 하류측으로 3곳 이상 설치하여 계측하고, 상하류 방향의 침윤선 변화를 파악한다. 계측방법은 일반적으로 지표로부터 약 3m의 부분을 제외하고 전체 길이에 걸쳐 작은 구멍이 나 있는 파이프를 횡단면을 따라 매설해 두고 파이프 내의 수위를 관측하는 방법이 이용되고 있다.

② 누수량

누수량 계측은 콘크리트댐과 마찬가지로 댐체 및 기초지반으로부터의 누수량을 계측 가능한 방법으로 실시한다. 댐체의 누수량을 좌우안 및 하상부로 분리하여 계측한다. 계측에 있어 산지로부터의 지표수나 지하수 혹은 빗물 등이 혼입되므로 이들을 충분히 검토하여 댐체 및 기초지반으로부터의 누수량이 파악 가능하도록 한다. 구체적인 측정방법으로서는 콘크리트댐의 경우와 같다.

㉔ 변형

변형은 수직 및 수평이동량을 계측하는데 외부변형 계측은 대표적 단면에 대해 실시한다. 댐 규모 및 기초지반의 형상에 따라 그 양측에 각각 한 단면 이상을 선정하여 실시한다. 그 결과를 댐 평면, 단면 및 종단형상의 변화로 파악한다. 또한 댐체 내부의 변위를 계측하는 경우는 외부 정점과 관련지어 계측한다. 일반적으로 연직 이동량의 측정은 수준측량에 따르고, 수평이동량 측정은 시준측량으로 실시한다.

㉕ 간극압

간극압을 계측하는 경우에는 대표 단면 등으로 압력 분포를 계측한다. 계측은 일반적으로 전기식 간극압계 또는 피에조 미터라 불리는 간극압계로 실시되고 있다.

㉖ 지진관측

지진관측은 콘크리트댐과 같은 장소에 설치한 지진계로 실시하고 가속도 파형도 관찰하도록 한다.

3) 자동계측을 실시하는 경우의 주의사항

댐체의 계측이 올바르게 측정되지 않으면 댐의 안전성을 정확히 판단하기는 어렵다. 자동 계측을 실시하고 있는 경우의 주의 사항은 다음과 같다.

- ① 원격조작에 의해 누수량, 변형량, 양압력 등의 계측을 실시하고 있는 경우에는 회로계통이나 검량선 이상 유무를 정기적으로 검사한다.
- ② 삼각언을 이용하여 누수량을 계측하고 있는 경우에는 유리석탄의 부착이나 나이프 에지 파손, 마모 등을 발견하지 못하는 등의 정확한 계측이 이루어지지 않는 경우도 있으므로 정기적인 점검이 필요하다.
- ③ 플럼라인에 의한 변형량 계측은 문의 개폐 등 미풍에 의해서도 추가 진동될 수 있으므로 항상 데이터를 주시하여 정확한 계측이 이루어지는지를 확인한다.

4) 계측 결과 판정

계측 결과는 되도록 빨리 정리, 분석하고 기존의 계측기록 및 설계조건과 비교하여 댐의 안전성을 판정한다. 댐체 및 기초지반에 기능상, 구조상의 변화가 발생하는 경우는 일반적으로 계측된 기록에서 특별한 징후를 발견할 수 있다. 계측기록을 면밀히 분석하여 이상이 발견되는 경우는 다시 조사하여 댐 안전관리에 만전을 기울여야 한다. 계측값은 경시적인 변화를 한눈에 알 수 있도록 도표화하고 저수위나 외기온과의 상관성이 명료화되도록 정리한다.

다음에 이상현상에 대한 사례를 나타내도록 하겠다.

① 누수량

누수량 이상은 저수위와의 관계로 판단한다. 누수 중에 탁수가 섞인 경우에는 조급한 대응이 필요하다.

② 변형

콘크리트댐의 경우 이상변형은 일반적으로 저수위와 외기온과의 관계로 판단한다. 저수위와 외기온이 거의 같을 때 변형량은 저수위의 함수로서 근사한 경우가 많다. 반면 필댐인 경우에는

저수위와 댐체 및 기초지반의 변형으로 판단한다. 일반적으로 변형의 증가량은 담수 후의 시간적인 경과에 따라 감소해 가며 변형의 이상은 누수량의 이상이나 양압력의 변화를 동반하는 경우가 많다.

③ 양압력 및 침윤선

일반적으로 양압력은 저수위를 따라 변화한다. 콘크리트 중력댐에서는 계측한 양압력을 설계값과 비교하지만 필댐에서는 댐체의 간극압 분포나 침윤선을 설계값과 비교하여야 한다.

5) 계측설비관리

누수량, 변형, 양압력 및 침윤선의 높이를 계측하는 설비기기류는 항상 점검, 보수하여 양호한 상태로 유지한다. 계측기기 및 리드선은 손상을 주지 않도록 보호하고 방습, 수밀 및 낙뢰에 의한 유도전류에 충분히 주의하여 관리한다. 지진계는 빈번하게 작동되는 것이 아니므로 정기적으로 작동 테스트를 실시하여 항상 양호한 상태로 유지하도록 한다.

(2) 댐체 등의 점검

댐체 등의 점검은 불측의 사고를 미연에 방지하는 것을 목적으로 시설이 항상 양호한 상태로 유지되고 있는지 감시하기 위해 실시되는 것이다.

정기적인 점검 항목이나 빈도를 <표 2.25>에 나타냈다.

(3) 지진, 홍수 등의 발생시 대응

예측된 규모 이상의 지진, 홍수 또는 큰비가 발생한 경우에는 필요한 곳의 점검·계측을 재빨리 실시하도록 한다. 지진, 홍수 및 큰비에 관해 미리 정해진 표준적 규모는 다음과 같다.

1) 지진

- ① 댐 지점에 설치한 지진계로 관측된 진도가 설계진도의 1/3 이상인 지진
- ② 지진계를 설치하지 않은 경우 또는 지진계에 의한 관측결과가 바로 판명되지 않는 경우에는, 그 지역에 발표된 기상청 진도계가 4 이상인 지진

2) 홍수

3년에 1회 정도 발생하는 홍수유량

3) 큰비

댐 지점에 있어서 3년에 1회 정도 발생하는 일 강수량의 점검·계측에 있어서는 다음과 같은 사항에 특히 주의한다.

미리 정해 놓은 규모 이상의 지진이 발생한 경우는 앞서 나온 <표 2.2.2>, <표 2.2.4>에 정한 항목 계측을 실시, 종래의 계측 결과와 비교하여 상황 변화에 주의하고 <표 2.2.5>에 나타난 항목에 대해 점검한다.

또한 미리 정한 규모 이상의 홍수, 큰비가 발생한 경우도 설치부 주변 산지 및 필댐의 법면에 관해 <표 2.2.5>에 나타난 항목을 점검한다.

<표 2.2.5> 정기 점검 기준(댐구조물 관리기준에 의함)

부위	점검항목	점검내용	빈도		
			제1기	제2기	제3기
댐체	누수	종래의 누수장소의 누수량 변화, 탁수의 유무 새로운 누수장소의 유무	1주일마다 1회 이상	2개월마다 1회	연 3회 이상 (홍수기 전후와 융설기)
	콘크리트 표면 균열	균열의 유무 그 발달 상태			
	표면치수벽	표면치수벽 표층상태, 이음매 벌어짐 상태, 불일 치의 유무와 그 발달 상태, 이음매 충전재 상태			
	기타	콘크리트 동해 필댐 법면 상태			
방류 설비	누수	문 근처와 비체 접촉부의 누수유무 및 그 상태	1개월마다 1회	1개월마다 1회	1개월마다 1회
	여수로	마모 및 세굴			
	장해물	방류 및 조작상 지장이 되는 사력, 목편, 기타 장해물의 유무			
	기기	손상, 변형 및 윤활유 상태, 및 구동부 작동상 황 및 제어기구 상태			
	예비동력 장치	작동상황, 냉각설비 상태 및 연료비축			
취수부	취수부 주변산지	누수, 균열, 붕락, 땅 미끄럼 등	댐체		

(4) 정밀조사

계측 또는 점검 결과와 자세한 조사를 필요로 하는 경우는 정밀조사를 실시하여 대처해야 할 조치를 결정한다. 계측 또는 점검에 의해 댐체, 기초지반, 설치부 주변 산지에 변화가 있을 때는 이에 관해 새로이 밀도 있는 조사를 하여 원인 파악을 하고, 계측 또는 점검 추가나 보수의 필요성을 판단하여 보수가 필요한 경우는 그 방법을 결정하기로 한다.

정밀조사는 설계자료, 공사기록, 계측 점검기록 기타 필요한 자료를 정밀조사하고 적절한 방법을 정해 실시한다. 정밀 조사는 댐의 설계, 시공 및 관리에 관한 지식과 경험을 지니는 기술자가 조사해야 될 사항, 순서, 계측방법, 기타 필요한 사항을 정해 이에 따라 실시한다. 조사 실시 중에는 항상 그 상태를 파악하여 필요하다고 생각되면 조사방법에 수정을 가한다. 또한 현장 조사시에는 구조물에 악영향을 주지 않도록 그 위치 및 규모를 신중히 검토하여 조사방법을 결정해야 한다.

(5) 보수 기타 조치

1) 응급조치

계측, 점검 혹은 정밀조사 결과 댐 안전관리상 필요할 경우는 응급조치를 실시하여 안전을 확보한다. 특히, 누수량, 변형 등의 댐 거동에 이상이 발생하고 급속히 증가하는 경향을 나타내는 경우는 임기응변으로 지수조치와 저수위 제한 등의 응급조치를 실시한다.

2) 보수

정밀조사 결과 보수가 필요하다고 판단될 때는 빠른 시일 내로 실시하여 댐 안전성을 확보하고 그 기능을 유지하도록 한다. 정밀조사를 필요로 하는 경우도 점검으로 발견된 손상은 그 정도에 따라 필요한 보수를 실시하고 댐을 항상 양호한 상태로 유지한다.

보수는 조사 결과를 바탕으로 정해진 설계공법에 따라 실시한다. 점검 결과만으로 실시하는 구조물의 마모, 세굴, 동해, 균열 등의 보수는 그 정도에 따라 보수방법, 시기를 선정하여 실시하도록 한다.

2.2.7 설비 기기류의 점검, 정비

댐의 방류설비, 경보설비 등의 기기류는 점검 및 정비를 실시하여 항상 양호한 상태로 관리하고 댐의 안전과 그 기능을 유지하지 않으면 안 된다.

(1) 정기 점검

정기 점검은 방류설비, 경보설비, 우량·수위 관측 설비 등의 상태를 정확히 파악하도록 한다.

1) 방류설비

방류설비 점검은 <표 2.2.5>에 나타나 있다.

2) 경보설비

① 무선 또는 유선 텔레미터에 의한 경보 설비 점검·정비는 계장용 기기의 보수방법 등으로 실시하는 외에 홍수에비 경계시에 미리 테스트를 한다.

② 매월 1회 이상은 현 지국이나 주위를 순시 점검한다.

3) 우량·수위 관측 설비

① 무선 또는 유선에 의한 텔레미터 관측소, 중계소 점검 정비는 계장용 기기의 보수방법에 의해 실시한다.

② 중계소 점검은 관측소인 경우부터 횡수를 늘린다.

③ 태양 전지 사용국에서는 다음과 같은 점검도 겸하여 실시하고 이상이 있는 경우는 정비한다.

① 태양전지에 의한 충전 전압, 전류 점검

② 태양전지 손상 등의 점검

③ 송신시 및 수신대기시의 전류 점검

④ 축전지 전압, 액위, 비중 점검

④ 산 속에 있는 경우나 겨울에 동결될 우려가 있는 무인 우량 관측소는 겨울이 되기 전에 폐소하여 추위가 끝난 다음 개소하는 것이 일반적이므로, 그때에 겸해서 관측소 점검을 실시한다.

⑤ 수위 관측설비에서는 하천과 관측 우물사이(스크린 등이 있는 경우)에 쓰레기, 진흙, 모래가 막고 있는 경우도 있으므로 주의하여 점검한다. 또한 점검 혹은 유량측정을 실시할 때는 반드시 수위표값, 텔레미터값을 조합한다. 그 밖에 자세한 것은 댐체 점검에 준하여 실시한다.

(2) 임시 점검

미리 정해진 규모 이상의 지진, 홍수 또는 큰비가 발생한 경우에 설비기기류에 대해서도 점검한다.

(3) 고장시 점검·정비

홍수, 낙뢰 등에 의해 경보설비, 우량·수위 관측설비 등에 고장 또는 데이터 불량 발생했을 때는 바로 점검, 조사, 정비를 실시하여 고장 회복에 힘쓴다.

(4) 정밀조사·보수

점검 결과 재조사를 필요로 하는 경우에는 정밀조사를 실시하여 그 현상 파악 및 원인 탐구에 노력한다.

정밀조사 결과 댐관리상 필요하다고 생각되면 응급조치나 보수 등의 대응을 실시한다.

2.2.8 재해 및 사고대책

저수시설의 재해나 사고 등에 따라 취수가 불가능하게 되면 바로 수도 전체의 전면적 단수로 이어지는 중대한 영향을 받게 된다. 때문에 시설 상황에 따라 미리 대책을 세워 사고가 일어났을 때의 구체적인 대응방법을 관계 직원들에게 교육시키고 훈련시켜야 한다.

또한 사고가 발생했을 때는 바로 관계 부서에 연락하여 그 지시에 따라야만 한다. 저수시설에서 예상되는 재해 및 사고와 그 대책은 다음과 같다.

(1) 호우 및 홍수

댐 조작에 있어서는 큰비 및 홍수에 가장 주의를 요한다. 홍수시의 조작은 자칫 잘못하면 하류 하천수위의 급격한 상승 등으로 중대한 재해를 일으키게 되므로 관계 법령 등에 따른 세심한 주의가 필요하다.

또한 홍수 후 바로 댐체나 취수부 주변 산지, 호안, 관리용 도로 등의 점검을 실시하여 붕괴장소 등은 빠른 시일 내에 보수하도록 하여야 한다.

(2) 유해물질에 의한 오염

집수구역에 집락, 사업소 등이 있는 경우는 과실에 의한 폐놀, 시안, 농약 등의 유해물질이 댐 등으로 유입되는 외에 도로 관광용 등의 차량에 의한 기름 유실사고도 있다. 그러므로 대책으로서 충분한 감시를 하여 순시를 비롯해 부근 주민에게 감시를 의뢰해 두는 것이 바람직하다. 유해물질 유입을 발견 또는 통보를 받았을 때는 신속하게 제거하여 처리하도록 한다.

(3) 한랭지 대책

동절기에는 결빙된 눈에 의해 취수구 게이트가 개폐 불가능한 상태로 되고 취수단면이 감소하는 경우가 있다. 이러한 경우에는 취수구는 결빙의 영향을 받지 않는 높이에서 사용하는 등 취수에 지

장이 없도록 배려한다.

(4) 기타 사고

저수지 주변의 작은 동물에 의해 저수지 관리용 기기나 배선에 손상을 주고 생각지도 못한 사고나 게이트밸브의 개폐를 일으킨다. 때문에 배선이나 기기는 정기적으로 점검하고 손상을 조기에 발견함과 동시에 통상 사용하지 않을 때는 “닫힘(閉)”으로 놓아두는 등 세심한 배려가 필요하다.

댐 주변은 관광지화 되어 있는 경우가 많아 관광객에 의한 사고도 많다.

이들 사고를 가능한 한 방지하기 위해 차량진입을 금지시키고 위험장소에 출입금지, 야간통행금지 장소 등을 정해 사고방지에 최선을 노력을 기울여야 한다.

2.2.9 데이터관리

(1) 관리를 위한 기초자료

댐 계획, 조사, 설계 및 시공에 관한 자료 중 댐관리에 필요한 것을 정리, 보관해 두어야 한다. 관리를 위해 필요한 자료의 예를 들면

- ① 댐 시설개요
- ② 지질자료
- ③ 수문 및 기상자료
- ④ 댐, 댐체, 방류설비 및 기초처리계획과 설계 계산서
- ⑤ 준공도
- ⑥ 시공기록

등이다.

(2) 관측 및 측정기록 보관

1) 수량 및 우량 등의 기상기록

우량관측소의 강우량 등은 1일 1회 관측·측정한 것을 “댐관리일보”에 기록하여 보관해 둔다.

댐 조작규정에 의해 댐 지점의 기후, 기압, 기온, 상대습도, 풍향, 풍속, 증발열, 사용수량, 표면부근의 수온 등은 앞서 말한 관리일보에 기록, 보관해 둔다.

2) 댐체의 계측, 점검, 퇴사측량 등의 기록

댐의 변형, 양압력, 누수량 등의 측정기록을 보관해 둔다. 기록은 가능한 한 검색이 용이하고 관련 있는 기록과 대비하기 쉽게 정리해 둔다. 계측기록이나 점검기록 등으로 나누어 기록 양식은 미리 정해 둔다. 또한 표나 그래프로 표시하고 도면, 사진 등도 첨부하여 이용하기 쉽게 편집해 둔다. 또한 퇴사에 대해서는 통지에 의해 하천관리자에게 보고한다.

3) 수질검사자료

수질검사는 일반적으로는 정기적 혹은 이상 현상 발생시에 임시로 실시된다. 이들의 검사는 정수

처리에 장애가 되는 수질 이상을 빨리 감지하여 그 대책을 위해 실시되는 것이다. 또한 장래의 저수지 수질변화나 그 거동을 예측하는 데에도 귀중한 자료가 된다. 그러므로 실측 결과를 이용하기 쉽게 표나 그래프로 보존해 두도록 한다.

(3) 홍수 조작시 기록 및 보고

다음의 사항을 기록, 보관함과 동시에 하천관리자에게도 보고하도록 되어 있다.

- ① 시간우량 및 누계우량
- ② 저수지 상류 및 댐 하류 수위계가 설치되어 있을 때는 해당지점 수위 및 유량
- ③ 저수지 수위, 게이트 개도, 방류량 및 저수지에서의 유입량, 누계량
- ④ 댐을 조작함에 따라 유수 상황에 뚜렷한 변화가 발생되고 이에 따라 발생한 위험을 미연에 방지하기 위해 관계 지사, 관계 지역장 및 관계 경찰서 장에 통지 및 일반인에게 주지시키기 위해 필요한 조치
- ⑤ 기타 참고가 되는 사항

(4) 기타 기록 및 보고

계측·점검 결과 재조사를 필요로 할 경우에 실시한 정밀조사에 있어서는 조사를 필요로 한 이유, 조사방법, 경과 및 결과 등을 기록해 둔다. 보수 기타 조치에 관해서는 기록에 조치 연월일, 조치를 필요로 한 이유, 방법 및 결과를 기재하여 조치의 자세한 시방, 설계도, 사진 등의 자료를 첨부하여 보존해 둔다.

지진발생에 따라 실시된 임시 점검 결과는 하천관리자에게 보고하도록 되어 있다. 특히 이상한 상태가 발견되고 그것이 중대한 결과를 초래할 우려가 있을 때는 그 내용을 하천관리자에게 보고하여야 한다.

(5) 직원 연수

보관자료는 일상의 관리에 이용하는 외에 보전, 갱신 등의 장기적인 관리의 기초적 데이터로서도 활용을 할 필요가 있다. 이들의 보관관리 자료의 이용 효율 향상을 도모하는 데는 정기적인 연수 등으로 자료 정리, 보관방법이나 그 활용방법을 항상 직원에게 철저히 주지시킬 필요가 있다.

2.2.10 다목적 저수시설

다목적 저수시설은 수도용수를 비롯하여 홍수조절, 발전, 관개, 농업용수 등 2종류 이상의 목적을 지니고 있다. 관리 주체는 국가기관, 수자원 공사 및 지방 공공 단체이다. 이 모든 경우 수도 사업자로서의 의향이 반영되는 관리가 바람직하므로 저수시설관리자와 일상시에 긴밀한 관계를 유지할 필요가 있다. 특히, 수량과 수질관리에 필요한 정보는 정확히 파악할 수 있도록 노력해야 한다.

수질관리에서는 홍수기의 치수 목적을 위해 홍수조절을 위해 비워 둔 용량을 필요로 하는 한편,

이수 목적으로는 용수 보급을 위해 저수가 필요하게 된다는 상반되는 의견이 발생한다. 그러므로 저수위, 저수량, 저수율, 유입량, 방류량 등의 정보를 항상 정확히 파악하여 둘 필요가 있다.

또한 갈수시 등의 긴급시 수량을 확보하기 위해서는 다른 이수자와 긴밀한 연락을 취하여 저수지 관리자의 협력하에 이수자측의 의향에 따른 대책이 필요하다.

수질에 대해서는 정기적인 검사에 의한 감시가 필요하고 저수지, 호소 수질이 악화되었을 때는 수질보전 대책을 강구하는 저수시설관리자의 노력이 필요하다.

홍수기, 융설기, 장마기 등의 출수기에는 취수시설, 정수시설 등의 유지, 관리에 영향이 발생하는 경우도 있으므로 사전에 대책이 조치될 수 있도록 저수지 관리자로부터 출수상황 등의 정보를 제공 받아야 한다. 수도시설관리자는 이러한 정보로 취수구 스크린의 막힘 방지, 취수 게이트의 개폐작동 상황 등의 점검 및 고탁수의 정수처리에의 대응 등을 도모하고 출수시의 체제를 정비할 수 있다.

수질사고 등의 발생시에도 정보를 빠르게 파악하고 신속하고 정확한 대응조치가 가능하도록 체제를 만들어 두어야 한다.

동일의 다목적 저수시설을 수도수원으로서 하고 있는 수도 사업자간에는 수량, 수질 감시 이들의 정보 교환이나 긴급시의 연락 체제, 및 수량, 수질에 관한 관계 기관에의 요망, PR활동 등의 공동으로 문제 제기나 해결을 향해 적극적으로 노력하는 협의회 등의 조직 체제를 구축해 나갈 필요가 있다.