

## 우리 나라 다목적 댐 용수공급능력 평가

### Evaluation of Water Supply Capability on Multipurpose Dam in Korea

○ 박성삼\*, 이동률\*\*, 김현준\*\*, 신영호\*\*\*

#### 1. 서 론

도시화 및 공업화에 따른 도시용수의 급증과 대단위 농업시설의 확충에 따른 농업용수수요의 대량화, 집중화 양상에 하천목표수질 확보를 위한 하천유지용수의 증가로 2011년에는 약 20억톤의 물이 부족할 것으로 전망되고 있다. 이에 대한 용수절감 대책의 일환으로 생활용수의 중수도, 절수기기 도입, 공업용수의 재이용 및 농업용수의 수로손실 절감을 위한 수로구조물화 등 용수절감 방안을 강구하여도 약 18억톤의 용수가 부족할 것으로 추정되고 있다.

부족한 용수수요를 충족시키기 위해서는 대규모 저류시설의 확충이 필수적이나 적지선정의 어려움, 지역사회의 반발, 보상비 문제, 환경에 미치는 영향 등 여러 가지 문제점으로 인하여 신규개발에 어려움이 있어 기존 시설물의 효율적인 운영 등을 통한 비구조적 수자원확보 대책이 요구된다. 이에 본 연구에서는 우리나라를 4대 권역 즉, 한강권역, 낙동강권역, 금강권역 및 영산강·섬진강권역으로 분할하여 대한 장기간 권역별 수요량에 따른 물수지분석을 수행하고, 권역별 댐 유입량에 따른 각 다목적 댐의 모의운영을 통하여 가뭄의 정도와 기간에 따른 다목적 댐의 저수량 회복특성 및 가뭄 발생빈도에 따른 다목적 댐의 용수공급능력 등을 발생가뭄 사상별로 파악 및 평가하고자 한다. 이와같은 연구는 우리나라 다목적 댐의 효율적 이용에 유용한 정보를 제공 할 수 있을 것이다.

#### 2. 저수지 모의운영시스템

##### 2.1 저수지 모의운영시스템의 개발 및 조작기준

본 연구에서는 다목적 댐의 용수공급능력 평가를 위하여 계획년도별 용수수요에 따른 전산화된 물수지분석시스템 및 저수지 모의운영시스템을 개발하였다. 개발된 시스템은 다음의 그림 1과

\* 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 연구원

\*\* 한국건설기술연구원 수자원환경연구부 선임연구원

\*\*\* 한국수자원공사 조사기획처 대리

같은 흐름도로 이루어졌으며, 그림에서와 같이 하류(본류) 물부족 발생시 전량 상류의 댐 또는 댐 군에 의해서 공급이 이루어진다. 또한 저수지 모의를 위해서 각 유역의 용수수급상의 특성을 고려한 기본적인 조작기준을 설정하였는데, 예로서 용담댐과 같이 하류 대청댐의 수질 및 기본 갈수 유량 확보를 위해서 일정량의 유지용수를 공급하는 PRIME-FLOW 방법을 적용하였으며, 낙동강 유역과 같이 댐개발 적지가 없고 물 수요에 비해 공급이 비교적 부족한 유역은 하류 물 부족량만큼만 공급하는 DEFICIT-SUPPLY 방법을 채택하였다.

기타 저수지 모의 운영 시스템에 적용된 저수지 조작기준은 다음과 같다.

- 댐에서의 광역용수 공급은 가장 우선적으로 공급되어야 한다.
- 댐 하류의 본류 물 부족량은 우선적으로 공급되고 발전을 통하여 방류한다.
- 저수위가 월별목표 수위보다 낮으면 발전을 중지하고 저수위가 월별목표수위보다 크면 1차 발전을 한다. 저수위가 홍수위보다 높으면 여수로에 위하여 방류한다.
- 월별 목표수위가 정해지지 않은 경우 저수위가 상시만수위보다 낮으면 1차 발전만 하고 상시만수위보다 높으면 여수로에 의해 방류한다.

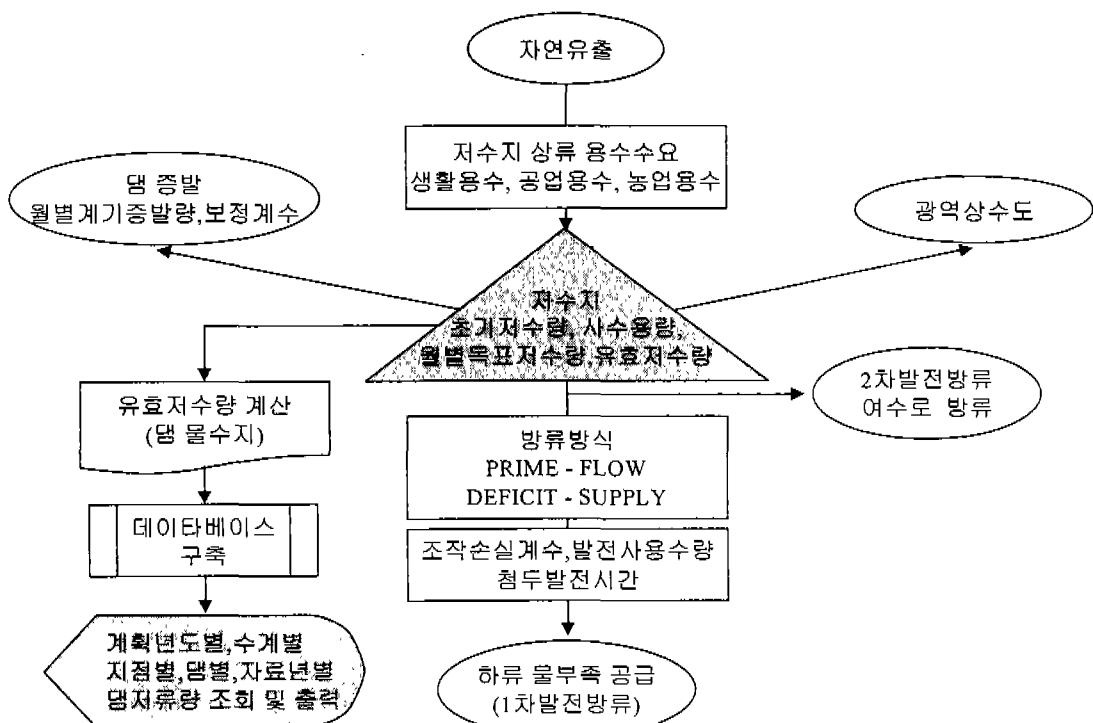


그림 1. 저수지 모의 운영시스템 흐름도

본 저수지 모의 운영시스템의 유효저수량 계산 모듈에서 처리된 결과는 데이터베이스로 구축되어 계획년도별, 수계별로 댐 저류량, 유입량, 방류량, 발전방류량, 광역수량 및 증발량 등의 계산결과를 수치와 그래프로 조회할 수 있다.

## 2.2 권역별 댐군의 조합 및 현황

저수지 모의 운영을 위한 댐군의 조합은 한강권역의 충주댐/소양댐, 낙동강권역의 안동댐/임하댐/합천댐/남강댐, 금강권역의 용담댐/대청댐, 영산강·섬진강권역의 섬진강댐/주암댐으로 구성되어 있으며, 댐군 조합에 의한 하류 물부족량에 대한 방류량 배분은 모든 댐의 기간초 유효저수량과 t기간동안의 유입량의 합과 어느 한 댐의 기간초 유효저수량과 t기간동안의 유입량의 합에 대한 비율로서 하류 물공급량이 분담된다고 가정하였다.

다음의 표 1은 저수지 모의 입력자료 작성을 위한 각 댐의 주요현황이며, 각 댐의 초기 저수위는 상시만수위로 설정하였고, 홍수기 제한수위가 설정된 댐에서의 경우 매년 6월 21일부터 9월 20일까지 제한수위로 저수지 운영을 모의하였다.

표 1. 모의운영 댐의 주요 현황

수 계	한 강		낙 동 강				금 강		영산강 및 섬진강	
	충 주	소양강	안 동	임 하	합 천	남 강	대 청	용 담	섬진강	주 암
계획홍수위 (m)	145.0	198.0	161.7	164.7	179.0	46.0	80.0	265.5	197.7	110.5
유효저수 용량( $10^6 m^3$ )	1,789.0	1,900.0	1,000.0	424.0	560.0	299.7	790.0	672.0	370.0	352.0
저수위 (m)	110.0	150.0	130.0	137.0	140.0	32.0	60.0	228.5	175.0	85.0
상시만수위 (m)	141.0	193.5	160.0	163.0	176.0	41.0	76.5	263.5	196.5	108.5
홍수기제한 수위(m)	138.0	190.3	-	161.7	-	-	-	261.5	-	-
발전시간 (hr/day)	2.6	5.0	5.0	4.0	4.0	24.0	5.0	24.0	4.0	4.0
발전용량 ( $m^3/sec$ )	828.0	250.8	161.0	119.2	119.0	112.0	264.0	17.6	26.0	39.0

자료 : 다목적댐 운영 실무편람, 2000, 한국수자원공사

## 3. 댐 용수공급능력 평가방법

### 3.1 하천유량에 의한 가뭄과 저수지 모의 후 물부족에 의한 가뭄의 비교

저수지 모의에 있어서 가뭄은 댐 유입량에 따라 발생하는 가뭄과 저수지 운영 후 저수량 감소에 의해 원활한 용수수급이 불가능하여 발생하는 가뭄으로 나눌 수 있다. 기상 가뭄은 1년 또는 다년에 걸쳐 발생할 수 있으며, 이로 인한 댐 유입량 감소는 댐 운영에 직접적인 영향을 주는 요소이다. 그러나 강수의 집중 발생시기나 용수의 집중 필요시기가 따라 기상 가뭄이 댐 운영에 미하는 영향은 달라진다. 다음의 표 2는 본 연구에서 적용한 수분자료기간동안의 연계운영 댐의 댐 유입량을 나타낸 것이며, 표 3은 계획년도별 용수수요에 따른 저수지 모의 후 댐군의 용수공급부족에 의하여 유역에 직접적인 영향을 미치는 가뭄의 발생순위를 나타낸 것으로 권역의 대표 부족년이다.

표 2. 권역별 연계운영 댐의 저수지 유입량(수문년)

(단위:백만m<sup>3</sup>)

권역	한강		낙동강				금강		영산강·섬진강	
	댐명	총주	소양	안동	임하	합천	남강	용담	대청	섬진강
1967	3,242	1,613	418	513	332	992	533	1,633	289	362
1968	2,660	1,482	394	384	348	1,054	500	1,091	335	325
1969	5,870	2,835	749	797	491	2,636	1,076	2,393	955	1,187
1970	4,444	1,641	863	858	525	2,464	847	2,603	577	973
1971	4,193	1,167	715	509	493	1,684	548	2,344	570	781
1972	5,189	1,557	1,256	739	621	2,478	680	1,950	692	1,215
1973	2,747	837	782	438	413	1,863	550	1,544	564	822
1974	3,812	971	875	583	491	2,098	614	1,847	705	1,100
1975	4,184	1,212	814	596	549	2,206	784	2,055	639	691
1976	4,268	1,053	817	589	366	1,646	526	1,451	401	650
1977	2,902	914	702	401	197	1,106	377	1,448	267	412
1978	4,845	1,999	899	692	325	1,815	670	2,331	604	682
1979	4,844	1,580	983	369	546	2,569	728	2,192	556	1,190
1980	4,910	750	1,083	680	571	2,300	847	2,189	653	1,059
1981	4,749	2,509	1,082	505	510	2,131	764	2,092	566	1,493
1982	2,555	708	662	337	354	1,568	418	1,118	342	484
1983	3,288	1,439	677	487	420	1,686	519	1,964	467	710
1984	3,899	2,783	859	800	579	2,262	749	1,959	617	887
1985	3,221	528	838	622	814	3,033	958	3,116	838	1,409
1986	4,204	1,059	699	372	630	1,944	629	1,993	641	1,040
1987	6,446	1,858	1,108	611	632	2,414	896	3,204	773	1,093
1988	3,785	873	725	487	380	1,126	408	1,387	237	394
1989	4,782	1,040	705	277	601	2,533	653	2,134	753	1,286
1990	7,034	3,454	1,093	713	674	2,284	567	2,142	725	900
1991	4,069	1,362	860	507	639	2,412	503	1,874	630	919
1992	3,519	1,084	625	385	459	1,494	347	1,599	457	594
1993	4,799	1,655	1,118	844	619	1,789	564	2,535	638	896
1994	3,128	742	569	165	338	1,101	296	977	243	503
1995	6,228	2,634	556	315	355	1,457	552	1,852	442	742
1996	3,122	1,239	448	399	365	1,067	536	1,625	447	666
평균	4,277	1,517	803	541	494	1,917	631	1,988	568	864

주) 음영처리된 부분은 하천유량에 의한 1~3순위 수문가뭄

표 3. 권역별, 계획년도별 댐 모의 후의 가뭄발생 순위

권역	1순위(1회/30년 발생가뭄)					2순위(1회/15년 발생가뭄)					3순위(1회/10년 발생가뭄)						
	1998	2001	2006	2011	2016	2020	1998	2001	2006	2011	2016	2020	1998	2001	2006	2011	2016
한강	1968	1968	1968	1978	1978	1978	1978	1978	1968	1968	1968	1989	1989	1989	1989	1989	1989
낙동강	1968	1968	1968	1968	1968	1968	1995	1995	1995	1995	1995	1996	1996	1996	1969	1969	1969
금강	1995	1995	1995	1995	1995	1995	1968	1968	1968	1968	1968	1993	1993	1993	1993	1993	1993
영산·섬진	1968	1968	1968	1968	1968	1968	1978	1978	1978	1978	1978	1995	1995	1995	1995	1995	1995

### 3.2 댐별 용수공급능력 평가

수문가동에 따른 댐 유입량 및 댐 모의 후의 저수량 결과에 따라 각 댐의 용수공급능력을 가물년도별로 정리하면 다음의 표 4과 같으며, 그림 2는 한강권역의 목표년도 2011년의 추정 수요량을 기준으로 32개년간 충주댐 유입량을 입력자료로 하여 모의 운영한 충주다목적댐의 저수량변화를 나타낸 그림이다.

표 4. 다목적 댐 용수공급능력 평가 결과(계획년도 2011년 기준)

권역명 댐명	한강		낙동강			금강		영산강·설진강		
	충주	소양	안동	임하	합천	남강	용답	대청	설진강	주암
1. 용수공급능력 (백만m <sup>3</sup> )	3,380	1,213	926	592	599	573	650	1,649	350	489
2. 모의후 물부족년 및 댐공급량 (백만m <sup>3</sup> )	'78(2,433) '68(2,120)	'78(915) '68(1,828) '89(855)	'68(746) '69(361) '96(618)	'95(233) '96(386) '68(492) '83(317) '69(398)	'68(477) '69(323)	'68(463)	'95(279) '93(426)	'95(1,149) '68(1,541)	'95(326)	'68(324) '78(341)
3. 모의후 물부족년 및 물부족량 (백만m <sup>3</sup> )	'78(270) '68(127)	'78(407) '68(166) '89(32)	'68(181) '69(58) '96(11)	'95(223) '96(175) '68(169) '83(123) '69(103)	'68(104) '69(31)	'68(20)	'95(43) '93(13)	'95(267) '68(167)	'95(25)	'68(113) '78(27)
4. 용수공급능력에 대한 댐공급능력	0.67	0.99	0.62	0.62	0.67	0.81	0.54	0.82	0.93	0.68
5. 가뭄대처능력	1회/15년	1회/10년	1회/10년	10년미만	1회/15년	1회/30년	1회/15년	1회/15년	1회/30년	1회/15년

주) 4는 가뭄발생년의 댐 용수공급능력에 대한 실제 댐 공급량의 비율.

충주댐 댐 유입량 / 저수량 (계획년도:2011년)

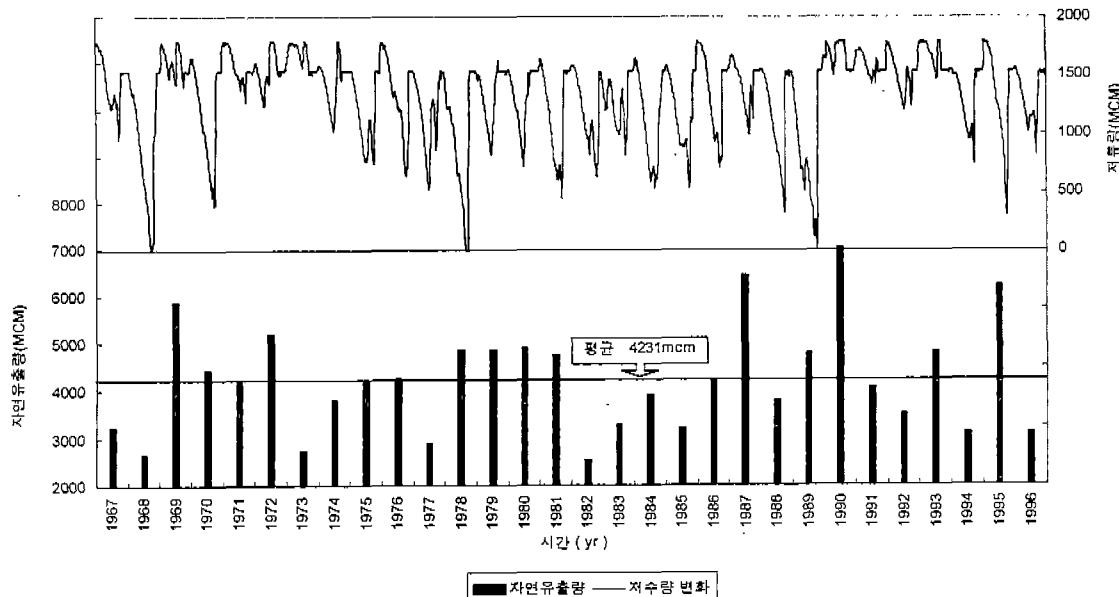


그림 2. 충주댐 댐 유입량/저수량 변화

#### 4. 결 론

권역별 댐군 조합에 의한 저수지 모의운영 결과를 종합하면 한강권역 충주댐의 경우 수문자료년 78년 및 68년의 기상조건에서 저수량 부족에 의한 물부족이 발생하며, 이를 자료년에 따른 빈도개념으로 나타내면 1회/15년 발생가뭄에 대처능력이 있다고 볼 수 있다. 또한 충주댐의 공청 용수공급능력과 비교한 가뭄발생시 댐 용수공급량은 약 67%로 가뭄발생시 댐을 통한 용수수급이 원활하지 않음을 알 수 있었다. 동 권역의 소양댐의 경우 수문자료년 78년, 68년 및 89년의 기상 조건에서 물부족이 발생하며, 1회/10년 발생가뭄에 대처할 수 있는 것으로 나타났다. 또한 충주댐은 가뭄시에도 공청 용수공급능력에 근접한 댐 용수공급이 이루어짐을 알 수 있었다. 낙동강권역의 안동댐은 수문자료년 68년, 69년 및 96년, 임하댐은 95년, 96년, 68년, 83년 및 69년, 합천댐은 68년 및 69년, 남강댐은 68년의 기상조건에서 물부족이 발생하고 있으며, 안동댐은 1회/10년 발생가뭄, 합천댐은 1회/15년 발생가뭄, 남강댐은 1회/30년 발생가뭄에 대처능력이 있으며, 임하댐은 광역수량의 급증으로 1회/10년 미만의 가뭄에도 용수공급에 어려움이 있음을 알 수 있었다. 낙동강 댐군의 용수공급능력에 대한 실제 댐 공급량은 약 60%~80% 정도로 나타나고 있다. 금강권역의 용담댐은 95년 및 93년, 대청댐은 95년 및 68년의 기상조건에서 물부족이 발생하며, 공히 1회/15년 발생가뭄에 대처능력이 있음을 알 수 있었다. 또한 용담댐 및 대청댐의 용수공급능력에 대한 실제 댐 공급량은 54%, 82%로 나타났다. 영산강 및 섬진강권역의 섬진강댐은 95년, 주암댐은 68년 및 78년의 기상조건에서 물부족이 발생하며, 각각 1회/30년 및 1회/15년 발생가뭄에 대처능력이 있음을 알 수 있었다. 또한 섬진강댐 및 주암댐의 용수공급능력에 대한 실제 댐 공급량은 93%와 68%로 나타났다. 이상의 결과에서 우리나라 다목적댐은 대체로 1회/10년 ~ 1회/15년 발생가뭄에 대처할 수 있을 것으로 예상되며, 급격한 용수수요의 증가로 과거 수문자료년 68년 정도의 가뭄이 발생하면 용수수급이 매우 어려울 것으로 예상된다.

본 연구에서 나타난 결과 다목적 댐 연계운용에 의한 모의를 바탕으로 다목적 댐의 용수공급 능력을 파악함으로서 유사한 가뭄의 발생시 대처방안강구에 도움을 줄 수 있을 것으로 생각되며, 장래 용수수요증가에 따른 물 부족에 대처할 수 있는 댐 운용방법 모색, 용수절감방안 및 대체수자원 개발에 지표를 제시할 수 있으리라 본다.

#### 참고문헌

1. 건설교통부·한국수자원공사, 기존댐 용수공급능력조사 보고서, 1998
2. 건설교통부·한국수자원공사, 수자원개발 가능지점 및 광역배분계획 기본조사 보고서, 1996
3. 건설교통부, 수자원장기종합계획, 1996
4. 농림부·농업기반공사, 농촌용수 수요량조사 종합보고서, 1999
5. 노재경, 다목적댐의 용수공급능력 평가지표 설정 연구, 한국수자원학회 학술발표회 논문집, 1998
6. 한국수자원공사, 다목적댐 운영 실무편람, 2000
7. 한국수자원공사, 수자원장기종합계획, 1990