

농업용 저수지의 내한 능력에 대한 연구

A Study on the Anti-Drought Capacity for Agricultural Reservoir

○ 최 예 환 최 중 대

I 서론

지난 '94, '95 가뭄에 이어 '98, 2000년에도 태풍의 영향으로 가뭄을 극복하고 가뭄재해를 잘 넘겼다.

21C 들어오면서 이상 기후 변화로 심한 홍수와 심한 가뭄이 sign곡선처럼 나타나서 앞으로 수자원 계획을 수립하는데 대단히 어려움이 예상된다.

특히 2001년 8월 이후 강수량이 예년보다 부족하여 가을 수확은 잘 되었으나 겨울에 얼마나 강수량이 강하하느냐에 따라 다르지만 금년도(2002년) 봄 가뭄은 농업용수의 면에서 볼때 매우 불투명하다고 보고있다.

우리 나라의 수자원 이용량을 보면 1998년 현재 연평균 331억 m^3 이며, 이중 농업용수의 이용량은 약 158억 m^3 로 전체 이용량의 48%를 점유하고 있다(건설교통부, 2001). 이 값은 지난 30여년 동안 수자원 이용량은 6.5배 증가하였으며, 농업용수 용수 이용량도 1965년의 45억 m^3 의 3.5배로서 이 기간의 연평균 10.6%의 높은 증가율을 나타냈다. 농업용수 중 대부분이 논벼의 관개에 이용되며, 논면적 1,153천 ha로 이중 관개 면적(수리답)은 878천 ha로서 76%이다(농림부, 2001). 관개 전(관개배수 시설을 갖춘 밭)은 밭면적 746천 ha 중 5% 정도이다(농림부, 2001).

논의 관개는 수리답 면적 878,489ha로 농조답이 58.3%인 512,426ha이고, 일반답이(시군관할) 41.7%인 366,063ha이다. 수리답 면적 중 저수지 관할 면적 58.9%, 517,130ha 면적에 관개하고 있으며 나머지 41.1%는 양수장, 양배수장, 배수장, 보, 집수암거 및 관정에서 감당하고 있다.

본 연구는 이와 같은 4~5년마다 주기적으로 오는 가뭄의 극복을 위하여 강원도 횡성 A지구 농업용 저수지(댐 예정지) 및 미호천 지구의 백곡저수지(기존댐) 분석을 통하여 3, 5, 7, 10년 이상의 한발 빈도시에 얼마나 많은 관개면적을 관개 할 수 있으며 필요 저수량에서 현존 저수량을 분석하여 부족한 용수량을 몇 일이나 관개 할 수 있으며 빈도별 내한 능력을 찾아내어 관개면적에 가뭄시에 부족 용수량의 공급대처 방안을 수립하고자 하였다.

또한 저수지 축조 후 토사로 인한 저수지 내용적이 감소함으로써 저수지 용량이 줄어들고 저수 용량을 저감 시켜서 본래의 용수계획 보다 관개면적이 줄어들고 농업용수 확보에 어려움이 예상된다. 또한 이러한 관점에서 대처 방안을 연구 검토하여 가뭄시의 농업용수 공급을 원활히 하고 그 대처 방안을 찾는 데 본 연구의 목적이 있다.

따라서 본 연구는 기존의 농업 용저수지 들에 대한 내한 능력도 함께 함으로서 물 수지 분석과 저수지 내용적을 통한 내한 빈도를 수립하여 다른 농업용 저수지에도 적용할 수 있다고 전망되는 연구이다.

○ 강원대학교 농업생명과학대학 농업공학부 지역기반공학전공

II 연구대상지역의 유역상황과 기상상황

1. 유역상황

(1) 횡성A지(댐예정지)와 백곡 저수지

이 지구는 횡성군에 위치한 소규모 농업 유역으로 유역면적이 400ha로 분수계를 경계로 둘러싸인 면적이며 유역경계는 지형적인 분수계와 지하수 분수계를 보면 측면 침투수나 지하수위의 이동이 지표 유출에 영향이 크지 않기 때문에 일반적인 지형적 분수계를 유역경계선으로 하였다.

유역내는 관개면적이 210ha(논 160ha, 밭 50ha)이며, 나머지는 산림지역이고, 생활 용수와 환경 용수도 필요한 지역이다.

또한 미호천 유역의 백곡 저수지는 금강 유역 내 중상류에 위치한 소유역으로 횡성 A지구보다는 큰 농업용 저수지로 유역면적이 8,479ha, 관개면적이 3,079ha 나머지는 산림지와 주거지역으로 되어 있으며 1950년에 착공한 저수지이다.

2. 기상상황

기후는 횡성A지구는 춘천기상대의 1991~2000년의 10개년간 강수량 관측과 2001년 및 2002년 12월까지의 관측을 자료로 하여 비교분석 하였다. Table 1에서 보는 바와 같이 2001년 8월 이후에는 우리 나라 전반적으로 강수량이 예년보다 훨씬 못미치게 강하함으로서 2002년(금년도) 봄 가뭄이 심히 우려되고 있다.

최근 10년간 (1991~2000) 월별로 분석한 연평균 강수량이 1,370.2mm 인데 2001년에는 불과 1108.0mm로서 약 20%가 적게 강하하였으며 2001년 8월부터 12월까지 만을 분석하면 10개년 평균강수량 638.5mm 인데 비해 2001년에는 같은 기간에 불과 33.2.8mm가 내려 거의 절반에 가까운 52%가 강하하였다. 따라서 저수지마다 저수율이 30~50%정도를 가지고 있어 2002년 봄 가뭄은 금년 봄에 특별히 비가 많이 오지 않는 한은 심한 가뭄은 면할 길이 없으며 2, 3월도 도서지방은 심한 식수 부족과 용수부족으로 현재(2002년 3월 현재) 불편을 겪고 있다.

Table 1. 춘천지방의 강수량 분포(1991~2000)과 2001년

(단위 mm)

월	10년간 평균치	2001년	증감량	감소율(%)	증발량(mm)
1	14.5	32.8	18.3		32.5
2	27.1	30.5	3.4		35.0
3	40.1	14.8	-25.3	37	74.5
4	60.5	13.6	-46.9	22	137.6
5	120.0	12.3	-107.7	10	172.1
6	138.1	178.0	39.9		136.0
7	331.4	520.3	188.9		113.8
8	330.1	193.4	-136.7	59	153.4
9	162.8	8.9	-153.9	5.5	123.4
10	72.3	72.6	0.3	0	56.7
11	49.2	12.3	-36.9	25	39.0
12	24.1	18.5	-5.6	77	37.0
계	1370.2	1108.0			1,111.0
2002. 1	14.5	62.2			31.3
2	27.1	4.6	-22.5	17	43.5

III 내한능력

1. 수리답과 저수지 관개 면적

우리 나라의 수리상태별 관개 면적은 Table 2와 같이 전체 논 면적 1,152,579ha 중 76.2%인 878,489ha가 수리답이고 수리 불안전 답은 23.8%인 274,090ha 이다. 수리답 중에 저수지가 담당하

는 수리답 면적은 517,130.6ha로 58.9%에 달하므로 우리 나라의 관개는 거의 60%에 가까이 저수지에 의존하고 있음을 알 수 있다.

Table 2. 수리상태 별 관개 면적

(단위 ha)

총답면적	수리답면적				수리 불안전답	
	계	농조답	일반답	비율	면적	비율
1,152,579	878,489	512,426	366,063	76.2	274,090	23.8
저수지	517,130.6	373,226.5	143,904.1			
양수장	120,084.7	91,045.5	29,039.2			
양배수장	30,315.1	29,955.5	359.6			
배수장	1,256.9	552.4	704.5			
보	103,096.5	14,366.0	88,730.5			
집수암거	20,221.4	3,206.9	17,014.5			
관정	33,115.6	73.0	33,042.6			
기타시설	53,267.7	-	53,267.7			

* 농림부 2000.

2. 빈도 별 내한 능력

다음 Table 3은 한발 빈도별 관개 면적을 나타내고 있다. 저수지에 의한 관개면적 517,130.6ha 중 평년한발빈도가 128,045.7ha로 24.8%를 차지하고 3년 한발빈도가 74,863.8ha로 14.4%를 차지하고 있으며 5년 한발빈도가 32,769.3ha로 6.3%를 차지하고 7년 한발빈도가 38,148.5ha로 7.4%, 10년 이상 한발빈도는 47%를 차지하고 있어서 우리 나라 가뭄이 10년 한발 빈도가 오면 저수지는 절반이상이 바닥을 드러내는 상황을 초래하여 관개 용수 공급에 어려움을 겪게 되는 것을 알 수 있다.

Table 3. 한발빈도 별 관개면적

(단위 ha)

수원공	관개면적	평년	3년	5년	7년	10년 이상
		878,488.5	228,422.7	12,749.0	52,003.3	63,077.9
저수지	517,130.6	128,045.7	74,863.8	32,769.3	38,148.5	243,303.3
양수장	120,084.7	9,298.6	8,665.7	2,861.4	7,702.2	91,556.8
양배수장	30,315.7	958.5	36.8	52.8	9,050.0	20,217.0
배수장	1,256.9	336.6	381.4	275.9	-	263.0
보	103,069.5	30,504.3	22,755.9	7,238.7	6,775.7	35,821.9
집수암거	20,221.4	5,746.6	5,873.7	844.1	598.1	7,158.9
관정	33,115.6	4,254.0	7,407.4	7,157.4	573.9	13,659.9
기타시설	53,267.7	49,278.4	1,701.3	803.7	229.5	1,254.8

* 농림부 2000.

일일 평균 삼투량이 토질과 지형에 따라 다르지만 평균 6mm/day로 잡고 관개수량을 15.0mm/day로 하면 관개수량은 1일 21.0mm/day가 된다. 이 값을 가지고 횡성A지구의 저수지내 용적을 가지고 연속 관개 할 경우 일수와 간단 관개로 1일 관개 2일 단수 즉, 3일 마다 관개할 경우 관개 가능일수를 환산하였고 또한 저수율을 백분율로 표시하면 다음 Table 4, 5과 같다.

대상저수지의 저수율과 내한능력을 보면 다음 Table 4와 Fig. 1에서 보여주듯이 횡성A지구의 유효 저수량을 논 160ha와 밭 50ha (논 저수용량의 1/3로 보고) 삼투량 6.0mm/day와 일관개수심 15.0mm/day로 보고 연속관개일 경우 간단관개(1일 관개 하고 2일 단수인 경우) 가능일수 및 저수율을 나타내고 있다.

Table 5와 Fig. 2는 백곡 저수지를 같은 경우로 논 3,079ha에 삼투량 6.0mm/day와 1일 관개 수심 15.0mm/day로 보고 연속관개가능일수와 간단관개가능일수를 각각 환산한 값을 나타내고 있

다. 따라서 가뭄시에 현재 저수율이 얼마이므로 몇 일을 관개 할 수 있는지를 헤아려서 기상대 예보상 당분간 강우가 몇 일 간은 오기 어렵다고 판단 할 경우 언제까지 견딜 수 있는지를 예상하고 이에 따라 관개관리를 어떻게 할 것인지 모델을 개발하여 한발 위기를 넘길 수 있다고 본다.

Table 4. 횡성A지구 내용적 분석

수위(h)	저수용량 $V(\times 10^3 m^3)$	유효저수량 $(\times 10^3 m^3)$	연속관개가능 일수(일)	간단관개 (2일 담수 1일 관개시 관개가능일수 $\times 3$ (일))	저수율 (%)
0	-	-	-	-	-
1	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-
.	-	-	-	-	-
37	638.91	62.62	15.2	45.5	49
38	691.23	614.94	16.6	49.7	53
39	746.30	670.01	18.1	54.2	57
40	804.23	727.94	19.6	58.9	62
41	865.31	789.02	21.3	63.8	67
42	929.74	851.45	22.9	68.8	71
43	997.51	921.22	24.8	74.5	76.7
44	1068.53	992.24	26.7	80.2	82.2
45	1,428.81	1,066.52	28.7	86.2	88
46	1,220.43	1,144.14	30.8	92.5	94
47	1,301.12	1,224.83	33.0	99.0	100

Table 4와 Fig. 1은 횡성A지구의 누가 내용적 곡선으로 최소자승법에 의하여 저수지 누가 내용적곡선과 사수위용적곡선, 유효내용적곡선을 표시하면 Fig. 1 및 아래 식과 같다.

$$\text{누가내용적곡선} : V = 1.2073h^2 - 665.53h + 89071$$

$$\text{사수위용적곡선} : V = 0.3434h^2 - 178.11h + 23904$$

$$\text{유효내용적고선} : V = 1.2073h^2 - 665.53h + 88995$$

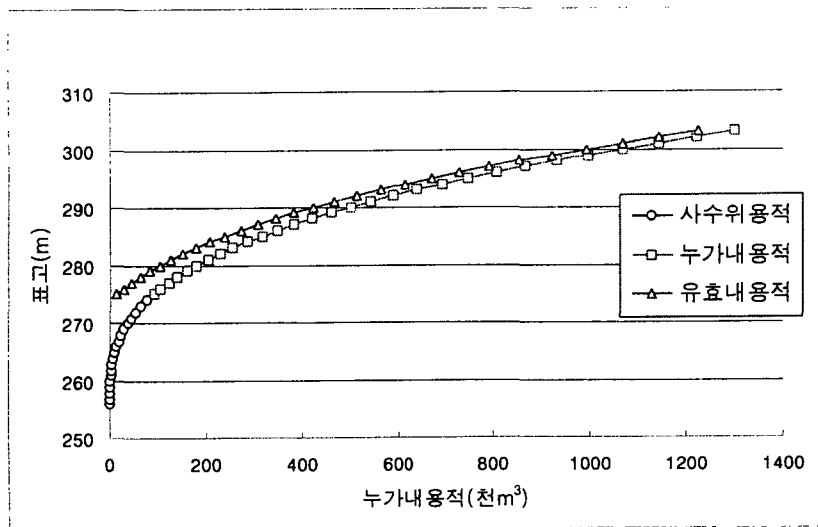


Fig. 1 횡성A지구 누가내용적 곡선

Table 5. 벽곡저수지의 내용적 분석

수위(h)	저수용량 V(×10 ³ m ³)	유효저수량 (×10 ³ m ³)	연속관개가능 일수(일)	간단관개 (2일 담수 1일 관개시 관개가능일수×3)(일)	저수율 (%)
79	8.5	-	-	-	-
80	38.2	-	-	-	-
.
95	13,438.8	13,189.0	20.40	61.2	38.2
96	15,275.4	15,025.6	23.23	69.69	43.5
97	17,218.0	16,968.2	26.24	78.72	49.1
98	19,291.4	19,041.6	29.45	88.35	55.1
99	21,522.5	21,272.7	32.90	98.70	61.6
100	21,745.3	21,504.5	33.26	99.78	62.2
101	23,891.6	23,641.8	36.56	109.68	68.4
102	26,385.6	26,135.8	40.42	121.26	75.6
103	29,027.9	28,778.1	44.51	133.56	83.3
104	31,838.0	31,583.2	48.85	146.55	91.4
105	34,804.2	34,554.4	53.44	160.32	100

Table 5와 Fig. 2는 벽곡 저수지의 누가 내용적 곡선으로 최소자승법에 의하여 저수지 누가내용적곡선과 사수위용적곡선, 유효내용적곡선을 표시하면 Fig. 2 및 아래 식과 같다.

$$\text{누가내용적곡선 : } V = 41.792h^2 - 6203.7h + 226996$$

$$\text{사수위용적곡선 : } V = 43.305h^2 - 6579.3h + 247535$$

$$\text{유효내용적고선 : } V = 28h^2 - 4484.8h + 179594$$

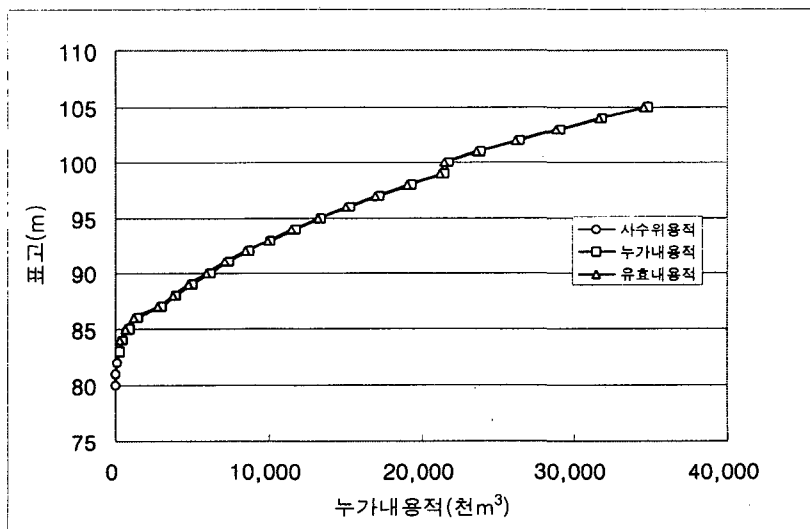


Fig. 2 벽곡 저수지 누가내용적 곡선

IV 고찰

이상과 같이 황성A지구와 백곡저수지의 저수량과 관개일수 및 저수율에 따라 관개가능면적을 연속관개와 간단관개인 경우를 분석하여 본 결과 기상대의 예보에 따라 내한 기간까지는 논벼나 밭작물에 한해를 입지 않도록 용수최적관리시스템을 개발 할 수 있다고 본다.

특히 2001년 8월에서 12월까지 평년강수량의 20% 적게 강하함으로써 2002년도 봄 가뭄을 극복하기 위하여 농업용 저수지의 경우 최적관리시스템에 따라 저수지의 용수량 방출을 조작하고 조절 할 수 있어 한발의 피해를 줄이고 나아가서 가뭄을 극복할 수 있는 모델을 개발해 낼 수 있다고 본다.

아울러 댐 개발 후 소양강의 비유사량은 $1,000\text{m}^3/\text{km}^2/\text{yr}$, 북한강(청평댐) $60\text{m}^3/\text{km}^2/\text{yr}$, 북한강(화천댐)은 $360\sim 500\text{m}^3/\text{km}^2/\text{yr}$ 를 이용하여 농업용 댐에도 축조 후 퇴사량에 따른 내용적 감소를 고려하고 가뭄 시에는 준설하여 내용적 관리를 해야한다. 또한 앞으로 개발할 신규 농업용 저수지와 관개 면적과의 최적 관리모델도 개발해 낼 수 있다고 본다.

V 결론

우리 나라의 가뭄은 역사적으로나 최근 기상상황 및 강수량 분석에서 보여 주듯이 이상 기후 현상과 지구 온난화로 여러 가지 변수를 가져오고 있다. 따라서 4~5년마다 찾아오는 한해를 극복하기 위하여 다음과 같은 결론을 요약해 본다.

1. 신규 및 기존 농업용 저수지의 내용적 곡선을 통한 저수율에서 해당하는 관개면적에 간단관개를 통해서 기상대 예보에 대응하는 용수공급시스템을 개발할 수 있다.
2. 저수지별로 내한능력을 조사하여 적어도 한발빈도 10년 이상은 견딜 수 있도록 관개면적과 저수지 내용적간의 최적함수관계를 찾아내어 저수지 조작을 해야 한다.
3. 저수지의 퇴사에 의한 내용적 감소를 준설 및 댐 유역과 댐 관리로 축조 할 당시에 가까운 내용적을 유지하도록 해야 한다.
4. 농업용 저수지를 관개기만 관리 할 것이 아니라 비 관개 기에도 유효 적절하게 관리를 잘 하여 항상 기상 변화에 대응할 수 있도록 저수지 조작 및 관리에 능동적으로 대처해야 한다.

참고문헌

1. 최예환, 1995, "가뭄과 그 대처방안", 1995년도 우리 지방의 재해와 방지대책, 충북대학교 수자원·수질연구센터, pp.3-1~3-55.
2. 최예환, 김현영, 1997. "한국의 수자원 개발 30년", 한국수자원학회, 한국수자원공사, pp.177~213.
3. 최예환 외 20인, 1995. "가뭄 기록 조사 보고서", 건설교통부, pp.1~IX-137.
4. 조원철, 2002, "우리 나라의 물위기 현황과 전망", 제10회 세계 물의 날 기념 심포지움, pp.1~12.
5. 중앙기상월보, 춘천기상대(2001~2002).
6. 정갑순, 1995, " '94 - '95 가뭄현황 및 전망", '94-'95 가뭄 심포지움 전망과 대책, 한국건설기술연구원, 한국수문학회, pp.38~84.
7. 건설교통부, 1993, "댐 설계 기준".