

관개저수지의 적정 홍수조절용량 설정방법

Optimal Flood Control Volume in the Irrigation Reservoir

김 태 철* · 문 종 필** · 민 진 우** · 이 훈 구***
Kim, Tai Cheol · Moon, Jong Pil · Min, Jin Woo · Lee, Hoon Koo

Summary

Water level of irrigation reservoir during the flood season could be kept to a certain level, so called, flood control level by releasing the flood inflow in advance in order to reduce the peak discharge of next coming flood and the damage of inundation. Concept of restriction intensity of water supply was introduced to evaluate the influence of flood control volume on the irrigation water supply. Restriction intensity can be calculated by multiplying the ratio of restriction to the days of restriction which are obtained from the operation rule curve and daily water level of irrigation reservoir and it has the dimension of %·day.

The method of restriction intensity was applied to the Yedang irrigation reservoir with the observed data of 30 years to review whether the present flood control volume is reasonable or not, and suggest the optimal flood control volume, if possible.

I. 서 론

관개용 저수지의 치수효과는 지역농지와 주민으로 특정되므로 분류하천 홍수위에 크게 영향을 주지 않는 범위에서 치수계획이 수립되어야 한다. 농지의 침수방지는 논에서는 20년빈도 홍수량의 24시간 담수가 허용되지만 도농(都農)혼주화, 논외농지화, 도시지역의 확대, 고밀도화, 하천개수공사의 지연, 양호한 댐터 고갈 등으로 농촌지역에도 높은 치수의 안정성이 요구되고 있다.

따라서, 농촌지역 방재를 위하여 신설 관개저

수지에는 홍수조절능력을 고려한 저수량결정의 필요성이 대두되고, 기설 관개저수지에는 홍수조절용량을 설정하여 능률적으로 치수관리할 필요성이 대두되고 있다.

저수량이 큰 관개저수지에서는 홍수기(6월 21일~9월 20일)에 홍수조절수위까지 저수량을 비워두어 홍수유입시에 침투방류량을 감소시켜 하류하천과 농경지 침수피해를 감소시키는 규정을 두어 관리하고 있으며 이를 홍수조절용량이라 한다. 홍수조절을 하게되면 그 만큼 저수위가 낮아지게 되므로 7~8월경 저수량 고갈로 극심한 가뭄피해를 받을 수 있다. 또한, 가을, 겨울가뭄

*충남대학교 농과대학

**충남대학교 대학원

***농림부 농촌개발국

키워드 : 홍수조절용량, 홍수조절량, 관개저수지, 하
기제한수위, 일별물수지분석, 이수관리곡
선, 제한급수, 급수제한강도

이 계속되어 홍수조절에 의한 저수위강하의 영향으로 다음 해 만수가 되지 않은 채 관개기를 맞이하여 영농에 피해를 줄 수 있으므로 홍수조절용량을 적절하게 설정하는 것은 저수지 이·치수 관리에 대단히 중요하다.

그러나, 관개용 저수지의 홍수조절용량이 적정한지를 객관적으로 평가할 수 있는 방법이 정립되어 있지 않다. 이 연구에서는 저수지의 이수관리곡선과 관측저수위로부터 홍수조절용량 크기에 따른 給水制限強度(%·day)를 분석하여 용수공급에 미치는 영향을 객관적, 정량적으로 평가하고자 한다. 기설 관개저수지의 치수효과를 가능하면 확대한다는 차원에서 예당지를 대상저수지로 선정하여 과거 30년간(1966~95년)의 실제로 운영된 저수위 기록을 분석하여 현재 운영하고 있는 홍수조절용량을 객관적으로 평가하고 관개용수 공급에 지장을 주지 않는 범위에서 적절한 홍수조절용량을 검토하고자 한다.

II. 관개저수지와 홍수조절

1. 유입홍수량 예측

홍수조절기능이 있는 저수지의 경우에는 유역에 내릴 강우량과 유입홍수량을 예측하고 저수지 조작을 최적화하므로써 침투방류량을 감소시키고 하류하천수위를 낮추어 침수피해를 경감시킬 수 있다.

홍수예보에는 기상법, 우량법 및 수위법 등이 있다. 기상법은 강우를 예측하여 홍수유출을 계산하는 방법이나 장기기상예보에 의하여 수일 또는 수주일전의 강우량과 강우지속시간을 정확하게 예측하기는 어려운 실정이다. 우량법은 강우 관측지점에서 적합한 홍수유출모형으로 유출을 계산하고 하도에서 홍수를 추적하여 필요한 지점에서의 홍수량을 예측하는 방법이다. 수위법은 유역상류지점의 수위와 지류 유입량으로부터 하류 대상지점의 홍수도달시간 및 홍수위를 계산하는 방법으로 우량법보다 정확하고 간단하지만 예

지시간이 짧은 것이 단점이다.

2. 관개저수지의 홍수조절

홍수기의 저수위 변화는 홍수발생전에 홍수조절을 위하여 미리 예비방류하여 인위적으로 저수위를 강하시킨 상태에서 홍수가 유입되는 경우와 관개용수공급으로 이미 자연적으로 저수위가 강하한 상태에서 홍수가 유입되는 경우가 있다. 홍수조절용량은 대상이 되는 저수지의 저수용량, 물넘이 구조, 홍수량 및 예비방류량에 따라 결정된다. 하천시설기준(건설부, 1991)에 의하면 홍수조절용량은 저수용량의 20%정도 여유를 두며 유역비 홍수량(=홍수조절용량/유역면적)을 대략 100mm이상으로 하는 것이 바람직하다.

관개저수지인 예당지, 탐정지와 삼교호도 홍수기에는 각각 21.7%, 32%, 16%에 해당되는 $1.0 \times 10^7 \text{m}^3$ 을 비워두어 홍수를 조절하고 있다. 예당지의 경우 보충강우량은 26.8mm이며 홍수기에 농업이수용량과 기준저수라인까지의 여유저수량은 7월 하순, 8월 초순에 약 $2.2 \times 10^7 \text{m}^3$ 이다.

다목적댐인 주암댐, 소양댐, 안동댐, 충주댐, 대청댐의 홍수조절용량은 각각 유효저수용량의 22.7%, 26.3%, 11%, 34.4%, 31.6%이다.

III. 연구방법 및 적용유역

1. 연구방법

관개저수지의 홍수조절용량은 일반적으로 ① 10년빈도 계획갈수기준년의 저수량변화곡선내에 홍수조절 수위를 설정해도 이수용량에 영향이 없는가를 확인하고, ② 홍수조절용량을 설정하고 다른 계획대상년(10개년)의 물수지계산을 행하고, 어떤 해의 저수용량에도 영향을 주지 않는가를 확인하는 방법을 택한다. 그러나, 이 방법은 강우 패턴의 우연성을 고려할 때 문제점이 많은 것으로 지적되고 있어, 적정 홍수조절용량을 결정하기 위해서는 홍수조절용량의 크기를 다양하게 설정하고 그 설정에 따른 저수량의 거동분석

을 통하여 적합성의 여부를 결정해야 한다. 관개저수지에서 장기간의 관측저수위로부터 설정한 이수관리곡선(기준저수량곡선과 제한급수량곡선)과 급수제한강도(=제한급수율(%)×제한급수일수(day))로부터 홍수조절용량이 이수관리에 미치는 영향을 객관적, 정량적으로 파악하는 방법으로 분석한다.

관개저수지의 홍수조절용량을 설정하기 전·후의 급수제한강도(%·day)를 계산하여 기실시중인 용수공급에 지장을 주지 않는 범위내에서 적정 홍수조절용량을 설정하고자 한다.

2. 관개저수지의 이수관리곡선

저수량 관리는 풍수기에는 용수공급을 촉진하여 하류지역의 물수요를 찾아내어 적극적으로 공급하는 것이고, 갈수기에는 저수량이 감소한 상태에서 적합한 방법으로 용수공급을 억제하여 수역지역의 물수요를 중단없이 공급하는 계획을 말하며 이수관리곡선(operation rule curve)을 작성하여 객관적인 급수기준을 제시한다. 계획적으로 저수량을 운영하는 지구의 댐저수량은 적어도 관개기가 끝나기 전까지는 저수량이 바닥이 드러나지 않도록 관리를 해야 하므로, 저수량이 감소하면 절수 등의 방법으로 물관리를 강화하게 된다. 기준저수량곡선(reference curve)과 제한급수량곡선(release control curve)으로 구성된 이수관리곡선은 과거의 유입량과 급수량에 의한 저수위의 거동을 분석하여 작성되며 관개시기별, 저수위에 따른 용수별 제한급수율을 적용하여 효율적으로 이수관리를 할 수 있다(김, 1992).

이수관리곡선에 따라 시기별, 저수위에 따른 용수별 제한급수율을 적용하여 효율적으로 이수관리를 할 수 있다. 즉, Fig. 1에서 관개기 어느날의 저수위가 S_2 에 있으면, 그때의 제한급수율 S_2 만큼 제한급수하고, 강우에 의하여 저수위가 S_1 으로 회복되면 S_1 만큼 제한급수하고, 다시 저수위가 V_0 이상으로 회복되면 제한급수를 해제하고 용수공급을 확대한다.

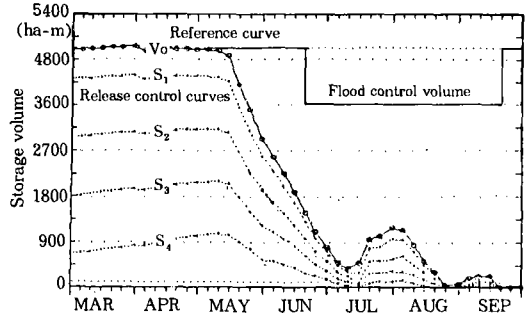


Fig. 1. Operation rule curve and flood control volume of Yedang reservoir

가. 기준저수량곡선

관개기간의 각 기별(일별 또는 5일별)로 저수지유입량과 포장의 조용수량과의 차이인 물부족량을 식 (1)과 같이 구하여, 이를 관개기 말일을 시점으로 역순으로 각 기별 누가필요저수량을 식 (2)와 같이 구한 다음, 이를 각 기별로 크기순으로 나열하여 plotting position 등의 확률개념으로 특정일 i 일의 확률 빈도별 누가필요저수량을 결정하여, 이로부터 빈도별 필요저수량곡선을 작성한다. 특정일 i 일의 저수량이 그날의 확률(P) 필요저수량보다 적지 않으면, 적어도 관개기말까지 저수량이 썩이하로 떨어지지 않을 확률이 $1 - P$ 임을 뜻한다. 여기에서 확률 P 는 농업용수의 설계빈도가 보통 10년이므로 0.1에서 크게 벗어나지 않으며, 계산된 시점의 필요저수량곡선의 저수량 V 가 저수지의 저수용량 V_0 와 일치하도록 조정하여 기준저수량곡선을 작성한다.

$$DEF(i) = INF(i) - GDW(i) \dots\dots\dots (1)$$

$$STV(i) = STV(i+1) - DEF(i) \dots\dots\dots (2)$$

$$STV(i) < 0 \text{ 일 경우, } STV(i) = 0 \dots\dots\dots (3)$$

여기서, i : 일 또는 5일의 기별, INF : 저수지 유입량, GDW : 조용수량, DEF : 물부족량, STV : 필요저수량

나. 제한급수량곡선

실제 저수량이 기준저수량곡선보다 낮게 되면, 제한급수를 하게되며 남은 저수량의 정도에 따라 제한급수율 $S(= \text{제한급수량}/\text{필요수량})$ 를 나타내는 곡선을 제한급수량곡선이라고 한다. 저수위가 점점 감소하면 이에 해당되는 점점 증가된 제한급수율을 적용하여 급수하게 된다.

제한급수량곡선을 구하는 방법은 기준저수량곡선 설정방법의 절차와 거의 같다. 즉, 관개기 말일에서부터 제한급수율 S 를 적용하여 기별로식 (1)의 $GWD(i)$ 대신에 제한급수율 S 를 고려한 경우의 기별 물부족량을 계산하여, 기준저수량곡선에서와 같은 방법으로 제한급수율별로 제한급수량곡선을 작성한다. 이때 S 는 보통 10, 30, 50, 70% 등이 적용된다.

$$DEFS(i) = INF(i) - (1 - S) \cdot GDW(i) \dots\dots (4)$$

$$STV(i) = STV(i+1) - DEFS(i) \dots\dots\dots (5)$$

$$STV(i) < 0 \text{ 일 경우, } STV(i) = 0 \dots\dots\dots (6)$$

여기서, DEFS : 제한급수를 고려한 물부족량

3. 제한급수강도

관개저수지에서 물부족상태가 어느 정도의 제한급수율(%)로 어느 기간(day) 지속되는가를 제한급수강도(%·day)라 한다. 관개기별 제한급수강도는 과거의 저수지 운영실적으로 작성된 이수관리곡선과 관측한 저수위로부터 구한다. 이 급수제한강도(%·day)로부터 이 홍수조절용량이 이수관리에 미치는 영향을 객관적, 정량적으로 파악하려고 한다.

4. 적용 대상저수지

관개저수지인 예당지를 적용 대상저수지로 선정하였다. 유역면적 373km², 관개면적 8,788ha 이지만 최근에는 삼교호와 일부 몽리대체급수를 실시하여 1996년의 예당지 관개실적은 7,040ha

였다. 또한, 홍수기인 6월 21일부터 9월 20일까지는 저수위를 EL.+21.5m로 1.0m를 낮추어 유효저수용량 4.607×10⁷m³의 21.7%에 해당되는 1.0×10⁷m³를 홍수조절용량으로 운영하고 있다. 최대 홍수조절 가능수위는 EL.+19.50m으로 홍수조절가능용량은 2.7×10⁷m³이다.

IV. 예당지의 이수관리

1. 관개용수공급

예당지 유역의 연강우량은 1988년의 707mm에서 1969년의 1,740mm범위에 있으며 연평균 강우량은 1,180mm이다. 연평균유입량은 258×10⁶m³로 유출율은 31.5~77.5%로 평균 57.6%였다. 연평균 농업용수공급량은 8.0×10⁷m³로 단위저수심은 912mm이며 유효급수율(=급수량/유효저수량)은 174%로 대단히 크게 나타났다. Fig. 2에서 30년 가운데 약 6년(1968, '76, '78, '82, '88, '92년)정도가 바닥이 드러나는 가뭄을 겪고 있어 10년빈도에는 부족한 저수용량으로 나타나고 있다.

2. 일별 물수지분석

관개저수지에서 일별물수지분석을 거동분석방법으로 실시한다. 이 방법은 저수량의 실제거동을 보여주므로 계산이 간단하고 유출기록으로 분석하기 때문에 어떤 시간 단위에도 적용 가능하

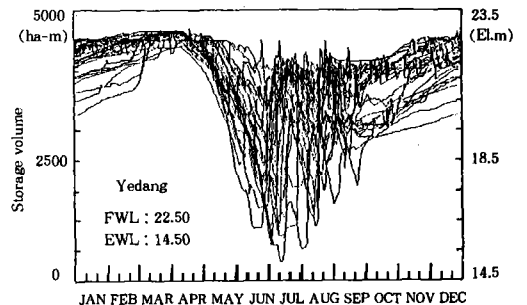


Fig. 2. Observed daily water level of Yedang reservoir from 1966 to 1995

며 급수량의 계절성을 고려할 뿐 아니라, 기후와 저류량에 따라 저수지 이수관리를 실시할 수 있다.

예당지에서 30년간 관측한 저수위로부터 관개용수공급을 분석하였다. 물수지에 필요한 일별 강수량, 증발량과 시간별 강수량 등 기상자료는 기상정보와 면사무소의 관측자료를 사용하여 분석하였다.

가. 유입량

유입량은 예당지 상류에 위치한 대홍지점의 1964~66년 유출자료로부터 DAWAST모형의 매개변수를 결정하고 당진, 예산, 청양 강우관측소의 Thiessen망으로 면적 일강수량을 구하여 일유출량을 모의발생하였다. 예당지에 적용한 DAWAST모형의 물수지매개변수는 UMAX(불포화층의 최대토양수분량) 320mm, LMAX(포화층의 최대수분량) 30mm, FC(포장용수량) 130mm, CP(심층침투계수) 0.020, CE(유역 증발산계수) 0.007이었으며 추적매개변수 U_1 , U_2 , U_3 는 각각 0.52, 0.37, 0.11이었다.

나. 급수량

소비수량산정에 FAO의 수정 Penman식을 사용하고 관리손실률에 대한 현실적 고려를 제안한 농진공(1989)의 “소비수량 산정방법 실용화 연구”를 적용하였다. 관개용수는 못자리 용수량, 이앙용수량, 작물소비수량, 침투량, 관리손실량으로 구성되며 유효강수량을 고려하게 된다.

다. 침투량과 관리손실량의 보정

DAWAST로 유입량을 산정하여 일별 저수위 변화를 모의발생할 수 있는 IRRIMA모형(김, 1992)을 이용한 물수지분석에서 민감도가 작은 물수지인자는 미리 결정해놓고 민감도가 큰 침투량을 3~10mm/day, 관리손실률은 5~50% 범위의 값을 입력하여 일별 저수위를 모의발생하여 추정오차가 최소가 되는 최적관리손실률과 침투량을 최적화기법으로 보정한다.

라. 적용 결과

분석한 결과 예당지 침투량은 4mm/day, 재이용수를 고려한 관리손실률은 26%로 추정되었다. 제한급수율을 고려한 예당지의 관측저수량곡선과 추정저수량곡선의 연도별 비교의 일례는 Fig. 3과 같다. 관리손실률은 10~50%로 평균 26%를 보이고 있으며 연강우량이 평균치 이상 내린 풍수년일 때 적고 갈수년일 때 크고, 침투량은 풍수년일 때 크고 갈수년일 때 작았다. 침투율은 3~10mm/일로 평균 4mm/일을 보이고 있다. 이와 같은 결과는 관리손실률이 기상조건에 따라 해마다 크게 변화하므로 일률적으로 적용할 수 없는 것을 뜻하며 이에 대한 연구가 필요하다.

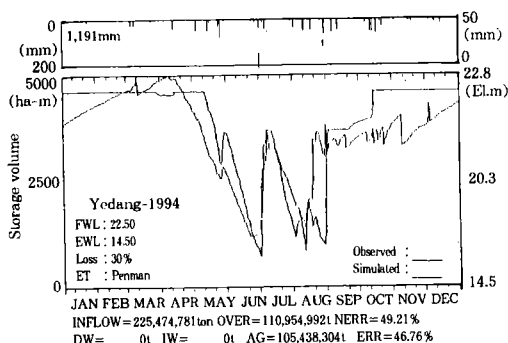


Fig. 3. Observed and estimated daily water level of Yedang reservoir in 1994

3. 홍수조절효과와 이수피해

유입홍수량과 방류량자료와 침수피해면적과 피해액 자료와 이수피해면적과 피해액 자료가 미비하여 홍수조절효과와 이수피해를 정량적으로 계량화할 수 없었다.

가. 홍수조절효과

1) 관개시 홍수조절효과

홍수기는 바로 관개시기기 때문에 많은 경우 관개용수공급으로 저수위가 낮아지고 저수량이 비어져 있는 상태에서 홍수가 발생하기 때문에 인위적으로 홍수조절용량을 설정하지 않더라도

자연적으로 홍수조절효과가 있다.

최대 홍수조절량은 1995년의 4회의 홍수시 57 일간에 걸쳐 해당지 유효저수량의 1.75배에 해당되는 $8.218 \times 10^7 \text{m}^3$ 이고 최소 홍수조절량은 1966년의 1회의 홍수시 9일간에 걸쳐 $1.46 \times 10^7 \text{m}^3$ 이다. 연평균홍수조절실적은 유효저수량의 0.8배에 해당되는 $3.8 \times 10^7 \text{m}^3$ 을 27일간에 걸쳐 홍수조절을 하고 있다.

2) 홍수시 침투홍수량 감소효과

선형 홍수에 의해 저수위가 만수가 되었을 때, 인위적으로 저수량을 방류하여 홍수조절용량을 두게되면 예상되는 다음 홍수의 침투유량을 감소시킬 수 있다.

1989~95년에 발생한 5개의 홍수사상을 분석한 결과, 홍수량이 $1,300 \text{m}^3/\text{s}$ 일 경우에는 약 42% 정도($500 \text{m}^3/\text{s}$)의 침투홍수량을 감소시키는 조절능력을 가지고 있다.

나. 홍수조절에 따른 이수피해

홍수조절을 하지 않으면 용수공급에 문제가 없는 경우에도, 홍수조절을 하게되면 그 만큼 저수위가 낮아지게 되므로 치수효과가 있는 반면에 7~8월경 저수량 고갈로 극심한 가뭄피해를 받을 수 있고 다음 해 영농기 초기에 만수가 되지 않을 수 있다. 1966~95년까지의 해당지 저수량 관리실적을 분석하여 6월 21일부터 9월 20일까지 홍수조절용량 $1.0 \times 10^7 \text{m}^3$ 을 비워둔 결과 발생하는 홍수조절효과와 이수피해를 정성적으로 분석하였다.

홍수조절효과는 있고 이수피해는 없는 경우는 1966, '68, '72, '78, '80, '81, '83, '85, '86, '87, '90, 95년 등 12회 발생하였으며, 홍수조절효과도 있고 이수피해도 있는 경우는 1967, '69, '70, '71, '73, '74, '77, '84, '88, '89, '91, '93, '94, '95년 등 14회 발생하였으며, 홍수조절효과도 없고 이수피해도 없는 경우는 1975, '76, '79, 82년 등 4회 발생하였다. 이와 같이 30년 가운데 약 50%에 해당되는 14년은 홍수조절효과도 있

고 이수피해도 있었다.

예를 들면 1967년의 경우, 6월 25일 호우로 저수지가 만수된 상태에서 다음 호우에 대비하여 $1.2 \times 10^7 \text{m}^3$ 를 예비방류하여 저수량을 인위적으로 비워둔 결과, 물이 많이 필요한 8월 중순에 저수량이 $5.0 \times 10^6 \text{m}^3$ 까지 감소하여 급수에 지장이 있었다.

V. 해당지의 적정 홍수조절용량

예당지를 대상으로 관개저수지의 이수관리곡선과 1966~95년의 30년간 관측된 저수위로부터 급수제한강도를 분석하고 홍수조절용량을 설정하기 전·후와 홍수조절용량 크기 조정에 따른 급수제한강도의 차이를 비교하여 적정 홍수조절용량을 검토하였다.(김, 1997)

1. 관개기별 급수제한강도

관개저수지의 이수관리곡선과 관측된 저수위에 홍수조절용량 $1.0 \times 10^7 \text{m}^3$ 를 설정했을 경우의 급수제한강도는 Table 2와 같다.

관개기간 110일간(5월1일~8월20일) 25% 제한급수하는 $2,750\% \cdot \text{day}$ 를 저수량부족으로 주관적인 판단을 할 때, 이에 해당되는 해는 1976, '88, '78, '82, '68, '81년으로 약 5년에 한번 정도는 의미있는 저수량부족이 있다. 관개기 전기간의 10년빈도인 1978년의 급수제한강도는 $3,440\% \cdot \text{day}$ 이고 30년빈도에 해당되는 1976년의 급수제한강도는 $3,960\% \cdot \text{day}$ 이고 평균년인 1984년의 급수제한강도는 $910\% \cdot \text{day}$ 이다.

이앙기 50일간(5월 1일~6월 20일) 25% 제한급수하는 $1,250\% \cdot \text{day}$ 를 저수량부족으로 판단할 때, 이에 해당되는 해는 1978, '88, '81, '89, '76, '95, '94, '82, '70년으로 약 3년에 한번 정도는 의미있는 저수량부족이 있다. 이앙기 10년빈도인 1981년의 급수제한강도는 $2,130\% \cdot \text{day}$ 이다.

생육기 60일간(6월 21일~8월 20일) 25% 제

한급수하는 1,500%·day를 저수량부족으로 판단할 때, 이에 해당되는 해는 1976, '68, '82, '88년으로 약 8년에 한번 정도는 의미있는 저수량부족이 있다. 생육기 10년빈도인 1982년의 급수제한강도는 1,640%·day이다.

2. 홍수조절용량 조정에 따른 급수제한강도의 변화

홍수조절기간(6월 21일~9월 20일)에 홍수조절용량을 0m³에서 2.0×10⁶m³ 단위로 2.7×10⁷m³까지 크기를 조정해가며 급수제한강도의 변화를 분석하였다. 1988년의 계산 예는 Fig. 4와 같다.

홍수조절용량을 두지 않을 경우의 급수제한강도는 Table 1과 같으며, 홍수조절용량 6.0×10⁶m³의 경우 급수제한강도를 비교한 결과, 물수지분석기간 30년중 급수제한강도의 차이는 없었다. 홍수조절용량을 두지 않을 경우의 급수제한강도와 홍수조절용량 8.0×10⁶m³의 경우 급수제한강도를 비교한 결과, 1989년의 급수제한강도가 1,430%·day에서 1,500%·day으로 증가하였다. 이것은 급수제한강도가 70%·day 증가한 것으로 홍수조절기간 90일에 평균적으로 약 1% 미만으로 제한급수된 것으로 평가할 수 있으므로 용수공급에 거의 피해가 없을 것으로 판단된다.

홍수조절용량을 두지 않을 경우의 급수제한강

도와 현행 홍수조절용량(1.0×10⁷m³)의 경우 급수제한강도를 비교한 결과는 Table 2와 같으며, 1988, '89년의 급수제한강도가 각각 3,530%·day와 1,430%·day에서 3,880%·day와 2,100%·day으로 증가하였다. 이것은 30년중 2개년에서 급수제한강도가 각각 350%·day와 670%·day 증가한 것으로 홍수조절기간 90일에 평균적으로 약 4%, 7% 정도 제한급수된 것으로 평가할 수 있으므로 약간의 용수공급에 문제가 있을 수 있으나 큰 영향은 없을 것으로 판단된다.

현행 홍수조절용량의 경우 급수제한강도와 1.2×10⁷m³ 두었을 경우의 급수제한강도를 비교한 결과는 Table 3과 같으며, 1988, '89, '82, '94년의 급수제한강도가 각각 3,880, 2,100, 3,090, 1,680%·day에서 4,530, 2,380, 4,250, 1,700%·day로 증가하였다. 이것은 4개년에서 급수제한강도가 각각 650%·day, 280%·day, 1,160%·day, 20%·day 증가한 것으로 홍수조절기간 90일에 평균적으로 약 7%, 3%, 13%, 1% 정도 제한급수된 것으로 평가할 수 있다. 용수공급에 지장을 주지 않는 범위내에서 적정 홍수조절용량을 설정해야 하므로 현행 홍수조절용량을 1.2×10⁷m³로 증가시켜 더 큰 치수효과를 기대하는 것은 예상되는 이수피해 때문에 어려울 것으로 판단된다.

3. 홍수조절기간 조정에 따른 급수제한강도의 변화

우리 나라는 댐의 홍수조절기간이 6월 21일부터 9월 20일까지로 되어 있으나 일본에서는 지역에 따라 7월 1일~9월 30일 또는 6월 10일~9월 30일까지 설정하여 운영하고 있다. 따라서, 홍수조절기간을 조정해가며 급수제한강도의 변화를 파악하여 적합한 홍수조절기간을 검토하였다.

홍수기간 6월 11일~9월 20일, 6월 16일~9월 15일, 6월 21일~9월 10일, 6월 26일~9월 25일, 7월 1일~9월 30일의 연평균 제한급수강도는 각각 434, 358, 283, 208, 154%·day이었다.

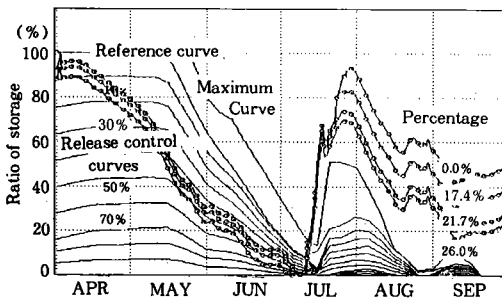


Fig. 4. Calculation procedure of restriction intensity from the operation rule curve and percentage of flood control volume to storage volume in 1988

Table 1. Restriction intensity of water supply(%·day) without flood control volume (0%)

Year	Restriction intensity during May.1. to Jun.20			Restriction intensity during Jun.21 to Aug.31					Total	Remark
	May.1~	Jun.1~	Sub	Jun.21~	Jul.1~	Aug.1~	Sep.1~	Sub		
	May31	Jun.20	total	Jun.30	Jul.31	Aug.31	Sep.20	total		
1966	620	510	1,130	240	0	0	0	240	1,370	
67	500	200	700	30	0	40	0	70	770	
68	730	430	1,160	470	960	470	0	1,900	3,060	
69	40	0	40	0	0	0	0	0	40	
1970	800	550	1,350	10	0	0	0	10	1,360	
71	240	10	250	0	0	0	0	0	250	
72	580	450	1,030	440	240	0	0	680	1,710	
73	230	390	620	220	0	0	0	220	840	
74	30	0	30	0	0	0	0	0	30	
75	70	0	70	0	0	0	0	0	70	
76	930	910	1,840	570	1,150	400	0	2,120	3,960	
77	230	0	230	0	0	0	0	0	230	
78	1,200	1,550	2,750	690	0	0	0	690	3,440	
79	140	0	140	0	0	0	0	0	140	
1980	200	0	200	0	0	0	0	0	200	
81	980	1,150	2,130	660	60	0	0	720	2,850	
82	950	500	1,450	310	1,330	0	0	1,640	3,090	
83	190	0	190	0	0	0	0	0	190	
84	550	360	910	0	0	0	0	0	910	
85	440	210	650	0	0	0	0	0	650	
86	770	330	1,100	0	0	0	0	0	1,100	
87	760	30	790	0	0	0	0	0	790	
88	1,270	1,030	2,300	540	690	0	0	1,230	3,530	
89	1,070	360	1,430	0	0	0	0	0	1,430	
1990	110	0	110	0	0	0	0	0	110	
91	730	0	730	0	0	0	0	0	730	
92	880	350	1,230	70	320	540	0	930	2,160	
93	810	40	850	0	0	0	0	0	850	
94	940	570	1,510	150	0	10	0	160	1,670	
95	900	760	1,660	440	80	170	0	690	2,350	
Mean	596	356	953	161	161	54	0	377	1,329	

이수관리 측면에서는 7월 1일~9월 30일의 홍수조절기간이 유리한 것으로 분석되었으나 홍수관리를 고려하여 현행 홍수조절기간을 적용하였다.

4. 적정 홍수조절용량의 검토

1966~95년까지 현재 운영하는 홍수조절용량

$1.0 \times 10^7 \text{m}^3$ (제한수위 El.+21.50m)은 홍수조절용량을 전혀 두지 않고 운영할 때와 급수제한강도로 비교할 때, 용수공급에 거의 영향이 없었으므로 적절한 홍수조절용량으로 평가된다. 이 $1.0 \times 10^7 \text{m}^3$ 은 유역내 유효우량 27mm(유출율 60%의 경우 총강우량 45mm상당)를 포용할 수 있는 용량이다. 예당지의 홍수조절용량을 확대하여 치

Table 2. Restriction intensity of water supply(%·day) with the flood control volume of $1.0 \times 10^7 m^3$ (21.7%)

Year	Restriction intensity during May.1. to Jun.20			Restriction intensity during Jun.21 to Aug.31					Total	Remark
	May.1~ May.31	Jun.1~ Jun.20	Sub total	Jun.21~ Jun.30	Jul.1~ Jul.31	Aug.1~ Aug.31	Sep.1~ Sep.20	Sub total		
1966	620	510	1,130	240	0	0	0	240	1,370	
67	500	200	700	30	0	40	0	70	770	
68	730	430	1,160	470	960	470	0	1,900	3,060	
69	40	0	40	0	0	0	0	0	40	
1970	800	550	1,350	10	0	0	0	10	1,360	
71	240	10	250	0	0	0	0	0	250	
72	580	450	1,030	440	240	0	0	680	1,710	
73	230	390	620	220	0	0	0	220	840	
74	30	0	30	0	0	0	0	0	30	
75	70	0	70	0	0	0	0	0	70	
76	930	910	1,840	570	1,150	400	0	2,120	3,960	
77	230	0	230	0	0	0	0	0	230	
78	1,200	1,550	2,750	690	0	0	0	690	3,440	
79	140	0	140	0	0	0	0	0	140	
1980	200	0	200	0	0	0	0	0	200	
81	980	1,150	2,130	660	60	0	0	720	2,850	
82	950	500	1,450	310	1,330	0	0	1,640	3,090	
83	190	0	190	0	0	0	0	0	190	
84	550	360	910	0	0	0	0	0	910	
85	440	210	650	0	0	0	0	0	650	
86	770	330	1,100	0	0	0	0	0	1,100	
87	760	30	790	0	0	0	0	0	790	
88	1,310	1,060	2,370	620	890	0	0	1,510	3,880	●
89	1,470	360	2,100	0	0	0	0	0	2,100	●
1990	110	0	110	0	0	0	0	0	110	
91	730	0	730	0	0	0	0	0	730	
92	880	350	1,230	70	320	540	0	930	2,160	
93	810	40	850	0	0	0	0	0	850	
94	940	570	1,510	150	0	10	0	170	1,680	
95	900	760	1,660	440	80	170	0	690	2,350	
Mean	611	366	977	164	168	54	0	386	1,364	

● : Increase of restriction intensity due to the flood control volume

수효과를 증대시킬 수 있는 가능성을 검토한 결과 홍수조절용량 $1.2 \times 10^7 m^3$ 이상의 경우에는 당해년 관개기와 다음 해 영농 초기의 이수피해가 클 것으로 예상되었다.

VI. 결 론

예당지를 대상저수지로 선정하여 과거 30년간 (1966~95년)의 실제로 운영된 저수위 기록을

Table 3. Restriction intensity of water supply(%·day) with the flood control volume of $1.2 \times 10^7 m^3$ (26%)

Year	Restriction intensity during May1. to Jun.20			Restriction intensity during Jun.21 to Aug.31					Total	Remark
	May.1~	Jun.1~	Sub total	Jun.21~	Jul.1~	Aug.1~	Sep.1~	Sub total		
	May31	Jun.20		Jun.30	Jul.31	Aug.31	Sep.20			
1966	620	510	1,130	240	0	0	0	240	1,370	
67	500	200	700	30	0	40	0	70	770	
68	730	430	1,160	470	960	470	0	1,900	3,060	
69	40	0	40	0	0	0	0	0	40	
1970	800	550	1,350	10	0	0	0	10	1,360	
71	240	10	250	0	0	0	0	0	250	
72	580	450	1,030	440	240	0	0	680	1,710	
73	230	390	620	220	0	0	0	220	840	
74	30	0	30	0	0	0	0	0	30	
75	70	0	70	0	0	0	0	0	70	
76	930	910	1,840	570	1,150	400	0	2,120	3,960	
77	230	0	230	0	0	0	0	0	230	
78	1,200	1,550	2,750	690	0	0	0	690	3,440	
79	140	0	140	0	0	0	0	0	140	
1980	200	0	200	0	0	0	0	0	200	
81	980	1,150	2,130	660	60	0	0	720	2,850	
82	1,040	580	1,620	430	2,200	0	0	2,630	4,250	●
83	190	0	190	0	0	0	0	0	190	
84	550	360	910	0	0	0	0	0	910	
85	440	210	650	0	0	0	0	0	650	
86	770	330	1,100	0	0	0	0	0	1,100	
87	760	30	790	0	0	0	0	0	790	
88	1,460	1,250	2,710	770	1,050	0	0	1,820	4,530	●
89	1,630	750	2,380	0	0	0	0	0	2,380	●
1990	110	0	110	0	0	0	0	0	110	
91	730	0	730	0	0	0	0	0	730	
92	880	350	1,230	70	320	540	0	930	2,160	
93	810	40	850	0	0	0	0	0	850	
94	940	570	1,510	150	10	30	0	160	1,700	●
95	900	760	1,660	440	80	170	0	690	2,350	
Mean	625	380	1,005	173	202	55	0	430	1,435	

● : Increase of restriction intensity due to the flood control volume

분석하여 관개저수지의 홍수조절용량의 객관적인 평가와 적정 홍수조절용량을 검토한 결과는 다음과 같다. 예당지의 적정 홍수조절용량 결정 방법이 실용화되면 예당지, 삼교호, 탐정지, 아산

호 등의 현행 홍수조절수위가 적합한지를 판정하고 적정 홍수조절용량을 제시하여 대규모 관개저수지의 이·치수관리를 효율적으로 할 수 있을 것이다.

① 홍수조절용량 $1.0 \times 10^7 \text{m}^3$ (제한수위 EL. + 21.50m)은 홍수조절용량을 전혀 두지 않고 운영할 때와 비교하여 용수공급에 거의 영향이 없어 현재의 홍수조절용량은 적절한 것으로 판단된다.

② 홍수조절용량 $1.2 \times 10^7 \text{m}^3$ 이상의 경우에는 당해년 관개기와 다음 해 영농 초기 용수공급에 문제가 예상되므로 현재보다 홍수조절용량을 확대하여 치수효과를 증대시키기는 곤란할 것이다.

③ 홍수기는 바로 관개기이기 때문에 인위적으로 홍수조절용량을 설정하지 않더라도 자연적으로 홍수조절효과가 있다. 최대홍수조절량은 1995년 4회의 홍수시 57일간에 걸쳐 $8.218 \times 10^7 \text{m}^3$ 이고 최소홍수조절량은 1966년 1회의 홍수시 9일간에 걸쳐 $1.46 \times 10^7 \text{m}^3$ 이다. 예당지의 연평균홍수조절실적은 유효저수량의 0.8배에 해당되는 $3.8 \times 10^7 \text{m}^3$ 을 27일간에 걸쳐 홍수조절을 하고 있다.

④ 예당지는 유입홍수량이 $1,300 \text{m}^3/\text{s}$ 일 경우에는 약 42% 정도 ($550 \text{m}^3/\text{s}$)의 침투홍수량을 감소시키는 조절능력을 가지고 있다.

⑤ 예당지의 연강우량은 707~1,740mm 범위에 있으며 연평균강우량은 1,180mm이다. 연평균유입량은 $2.58 \times 10^8 \text{m}^3$, 유출율은 31.5~77.5%로 평균 57.6%였다. 연평균농업용수공급량은 $8.0 \times 10^7 \text{m}^3$ 로 단위저수심은 912mm이며 유효급수율은 174%로 크게 나타났다.

예당지는 저수량에 비하여 유역면적이 크므로 연간 $1.72 \times 10^8 \text{m}^3$ 의 무효방류량이 발생하고 있으나 저수용량부족으로 용수부족을 겪고 있다.

이 논문은 1995년 한국학술진흥재단의 연구비 지원으로 수행되었음.

참 고 문 헌

1. 농림수산부, 1994, 저수지 치수관리에 관한

연구, 충남대학교 농업과학연구소 연구보고서.
 2. 한국수자원공사, 1992, 다목적댐의 홍수조절을 위한 예비방류 대책연구, 연구보고서.
 3. 권오익, 심명필, 1997, 홍수기 중 다목적댐의 운영 현황과 동향, 한국수자원학회지 30(3), pp.14~19.
 4. 김태철, 1992, 관개저수지의 이수관리방법, 한국농공학회지 34(1), pp.33~40.
 5. 김태철, 1997, 관개저수지의 적정 홍수조절용량, 한국학술진흥재단 보고서.
 6. 김승권, 1988, 최적화기법에 의한 남강-안동댐의 홍수조절, 대한토목학회논문집 8(1), pp.49~60.
 7. 이훈구, 1996, 관개저수지의 홍수조절능력에 관한 연구, 충남대학교 대학원 석사학위논문.
 8. 佐藤政良, 1993, 利水ダムの洪水對策貯水池管理, 日本 農業土木學會 학술발표집, pp.122~123.
 9. 千賀裕太郎, 1989, 水資源のソフトサイエンス, 鹿島出版社, pp.45~75.
 10. 松原榮一, 1988, 農業用ダム管理の現象と課題について, 日本農土誌 56(9), pp.857~866.
 11. 佐藤政良, 1985, 農業用ダム댐의洪水時操作と空容量의確保, 日本農土誌 53(3), pp.221~216.
 12. 増田明德, 1984, 迫川上流地域の水利開發, 日本農土誌, 52(7), pp.599~604.
 13. 佐藤政良, 1979, 降雨確認候の豫備放流, 日本農土論集 81, pp.35~44.
 14. 佐藤政良, 1978, 多目的ダムにおける洪水調節操作の分析, 日本農土論集 76, pp.45~53.
 15. 山崎不二夫, 1979, 多目的ダムの異常出水時のダム操作について, 日本農土誌 47(2), pp.85~90.