

대규모 관개지구의 가뭄시 물관리

- 1994년 일본 관개 사상 최대 가뭄시의 香川 용수지구 사례로 -

Water Management in the Large-scale Irrigation Area against the Drought in Japan

- As the Case Study of the Gagawa Irrigation Project in 1994 -

宮本幸一*

윤경섭**역

요 약

1994년에 일본 서부지역에서 100년 빈도 이상의 극심한 가뭄으로 각지에서 농작물의 가뭄피해가 발생하였다. 그러나 현재까지 정비해 온 관개시설과 물관리의 새로운 방식으로 과거와 같은 심한 피해를 피할 수 있었으며 전체적으로는 오히려 평년 이상 풍작이었다. 구체적인 물관리의 갈수 대책으로는 취수량을 제한하고, 물의 용도별 배분, 급수율을 철저히 감시하는 방법, 순환관개, 비상용 양수기를 설치하는 등이 가뭄 극복의 효과적인 대책이었다.

이번 가뭄 경험으로 보아, 앞으로 물 이용상에 위기적인 상태에 이르는 경우, 보다 원활하고 효율적으로 대응하기 위해 검토되어야 할 몇 가지 사항이 있다. 즉 절수규칙을 설정하는 방법, 수리조정 조직을 구성하는 방법, 가뭄의 정도를 평가하는 방법, 물의 용도별 전용량을 설정하는 방법, 용수로를 관수로화하는 등을 열거할 수 있다. 이같은 사항에 대한 한가지 제안으로 소규모 저수지의 단위저수량(저수량/관개면적)값을 이용한 물관리 규칙을 제시하여 그 유효성을 입증하였다.

1. 머리말

1994년은 전국적으로 연초부터 강우가 적었으며 특히 6~8월의 강우량은 각지에서 기록적인 이상현상의 가뭄이었다. 이번 가뭄은 일반적인 관개시설계획 기준년인 10년 빈도 강우량을 훨씬 초월한 100년 빈도 이상의 가뭄으로 전국적으로 가뭄 피해가 상당히 발생하였다.

이같은 가뭄에 대해 각지의 관개지구에서 기존 관개시설을 유효 적절하게 활용하고 많은 인력을

투입하여 물관리를 강화하는 등의 여러가지 방법을 실시하여 가뭄의 피해를 피하거나 최소화시키려고 노력하였다.

일본의 서부 시고꾸(四國)지방에 있는 대규모 관개사업지구인 가가와(香川) 용수지구에서도 6~8월의 강우량은 평년의 1/3에 해당하는 양으로 관측기록상 최소를 기록하였다. 이 때문에 일부 구역에서는 가뭄피해가 발생하였으나, 정비된 근대적 관개시설로 옛부터 지구내에 설치해온 많은 소규모 저수지를 적극 활용하는 등 인력을

* 일본 농림수산성 농업공학연구소

** 농어촌진흥공사 농어촌연구원

동원한 물관리의 강화로 큰 가뭄 피해를 면하게 되었으며, 본 지구의 평균 비 작황지수는 110으로 오히려 평년보다 높은 풍작이었다.

본 발표에서는 1994년의 갈수상황과 가가와 용수지구에서 실시된 갈수대책의 실태를 소개하고자 한다. 또한 이번 가뭄 경험에 비추어 보아 금후의 물의 이용 측면에서 위기에 효율적으로 대처하기 위해 소규모 저수지를 활용하는 물관리 방법에 대해 의견을 제시하고자 한다.

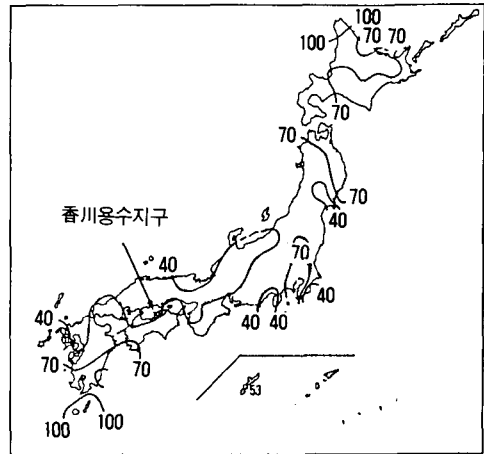
2. 1994년 가뭄상황

가. 전국의 강우상황

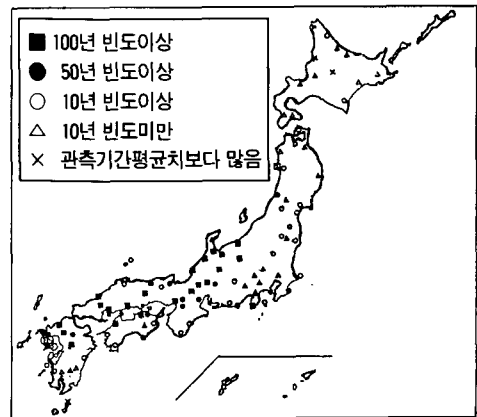
1994년의 전국 6~8월의 강우는 특히, 서부지역에서 가뭄 경향이 현저하였고 확률상으로 평가한다면 1/100년 확률을 초월하고 있는 가뭄지역이 많았다. <그림-1>은 각 지역의 강우량의 평년대비이고 <그림-2>는 확률상으로 평가한 결과이다.

나. 가뭄피해

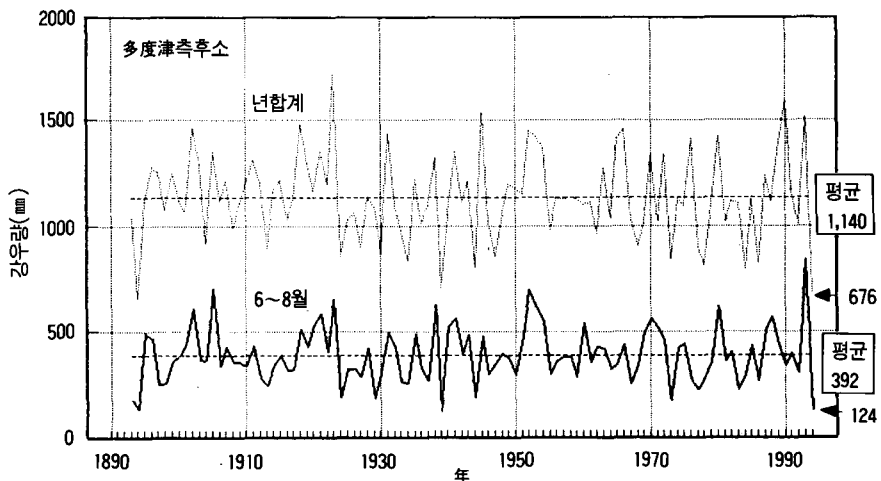
이 가뭄으로 전국에서는 전체 농지의 10%가 넘는 약 620천ha에서 약 1,400억엔에 달하는 농작물의 가뭄피해가 발생하였다.



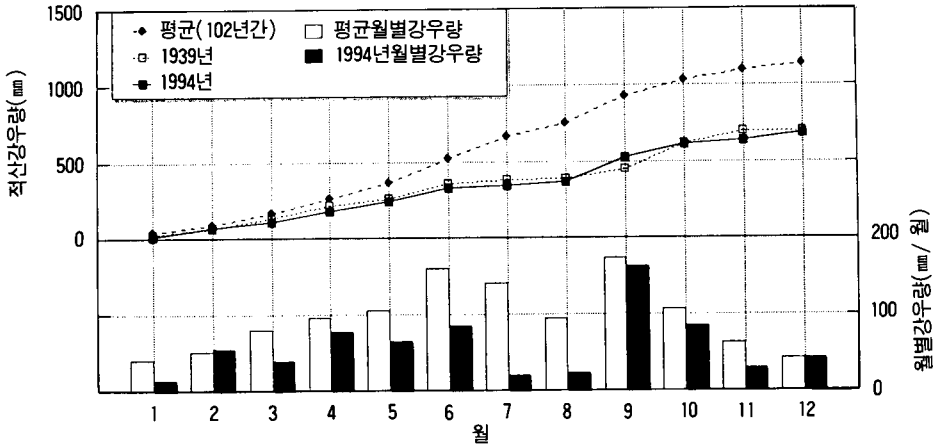
<그림-1> 강우량 평년비(%) (1994년 6~8월)



<그림-2> 확률평가(1994년 6~8월)



<그림-3> 연강우량의 추이(香川用水 多度津 지점)



〈그림-4〉 1994년의 강우량(香川用水 多度津 지점)

다. 가가와(香川)용수지구의 강우량

이 지구의 강우상황은 지구내에 있는 다도뜨(多度津)관측소의 기록에 의하면, 매년 주요 수원으로 되고 있는 장마철(6월~7월 상순)의 강우량이 적은 데다가 여름철은 태평양 고기압이 안정되어 가뭄일이 계속되었다는 점과, 태풍이 적었기 때문에 1994년 6~8월 강우량은 124mm로 평년치의 31.6%에 불과하고 과거 102년간(1893~1994)의 관측기간중 최소치를 기록하였다. 이를 수문통계 처리하여 재현 기간을 구한다면 100년을 초과하고 있다. 〈그림-3〉은 과거 연강우의 추이이고 〈그림-4〉는 1994년 강우량과 1994년과 비슷한 갈수년이었던 1939년의 누계 강우량이다. 이러한 이상현상의 강우는 9월 중순의 태풍 등으로 인한 강우가 있을 때까지 계속하였다.

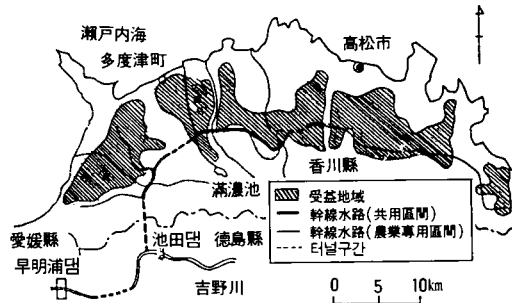
경사이고 연장이 짧아 자연하천수의 이용이 어려운 지형조건으로 이 지역은 상습적인 물 부족으로 어려움을 겪어 왔다. 이러한 가뭄에 지역내에서는 16,000개소가 넘는 소규모 저수지를 축조하여 옛부터 적은 물을 유용하게 이용하기 위한 취수, 저수, 배수(配水) 등에 관한 엄격한 관습(이하 수리 관행이라 함)이 형성되어 물관리에 많이 노력해 왔다.

이와같은 상황을 해소하기 위해 1968년에 가가와 용수사업이 착수되었다. 계획은 시고꾸(四國)지역의 최대 하천인 요시노(吉野)천(유역면적은 약 3,750km²)이고, 하천연장은 약 195km임)에 축조되는 사메우라(早明浦)담을 수원으로 하여 106km의 간선수로(개수로)로 약 3,100ha농지에 농업용

3. 가가와(香川)용수계획 개요

가. 계획의 착수

가가와 용수지구가 위치하는 가가와현 지역은 일본에서 대표적으로 강우량이 적은 지역이며 과거 102년간의 다도뜨(多度津)측후소의 연강우량은 최대 1,714mm이고 최소 662mm, 평균 1,140mm로서 전국 평균의 2/3량 수준이다. 또한 하천은 급



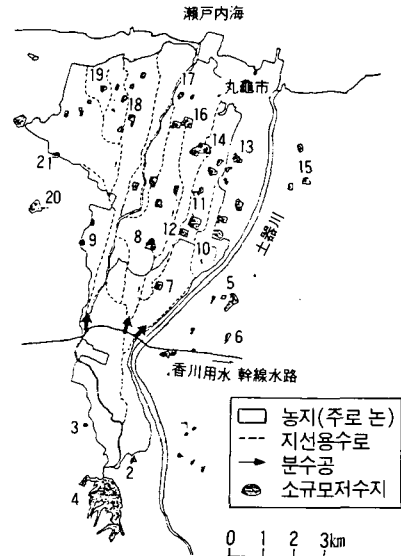
〈그림-5〉 香川용수지구의 계획 개요도

수와 도시용수(공업용수, 생활용수)를 공급할 목적으로 1978년부터 통수되고 있다. <그림-5>는 가가와 용수지구의 계획 개요이다.

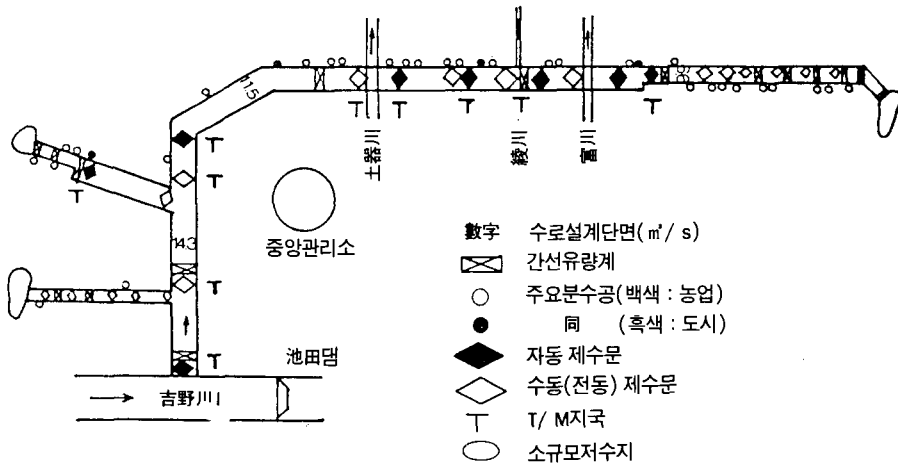
나. 물관리 계획

가가와 용수가 완공되기 전에는 소하천과 많은 기존 소규모 저수지들을 수원으로 관개하였기 때문에 매년 용수부족을 겪었으며 적은 양의 수자원을 어디에나 공평하고 유효하게 나누어 주는데는 오랜동안 많은 애로를 겪어 왔다. 이를 해소시키기 위해 가가와 용수계획은 신규댐과 간선용수로 설치하여 요시노천의 물을 각 소규모 저수지에 공급하므로 안정된 관개를 목적으로 하고 있다.

물의 이용상 가가와 용수로부터의 새로운 공급



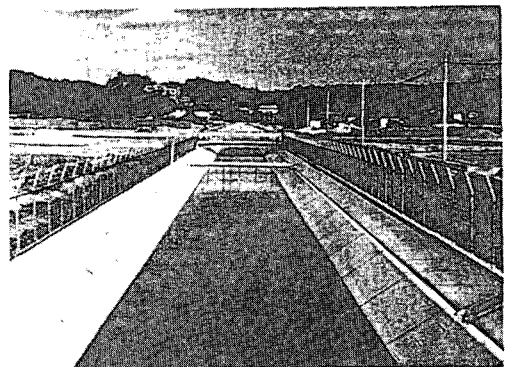
<그림-6> 香川용수지구내 土器川수계의 용수계통도



■ 早明浦 댐(h=106.0m, ec=289×10⁶ m³)



■ 간선용수로 댐(Qmax=15.8m³/s)



<그림-7> 香川용수관리시설의 모식도와 주요시설

수를 우선적으로 이용하고 부족한 양은 종래의 소규모 저수지를 새로운 관개시스템에 포함하여 활용하는 점이 특징이다. <그림-6>은 가가와 용수지구내의 한 수계에 대해 용수간선 용수로와 지선용수로 및 소규모 저수지들에 의한 관개용수 계통도이다.

다. 물관리 시설

가가와 용수에는 취수공, 간선수로 106km, 농업용 분수공 179개소, 도시용수 분수공 4개소 등의 주요시설로 구성되어 있으며, 이를 종합적으로 관리하고 용수의 적절한 배분을 위해서 현대적인 집중 관리시스템을 도입하고 있다.

즉 취수공, 간선수로의 주요지점, 주요 분수공에 T/M장치를 설치하여 중앙관리소와 통신회선으로 연결하여 원방감시(물관리에 필요한 정보의 수집, 처리, 표시, 기록 등)하며 이중 일부는 원방제어 시설도 되어 있다. 원방감시는 분수량 0.3m³/s 이상 규모를 갖는 46개소의 농업용수 분수공의 유량, 4개소의 도시용수 분수공의 유량, 9개소의 간선의 유량, 주요 소류지 13개소의 수위와 7개소의 강우량을 관측하고 있다. 또한 원방제어 시설은 취수공 1개소, 분수공 1개소, 도시용수 분수공 4개소를 제어 하고 있다.

라. 시설관리자와 계획 취수량

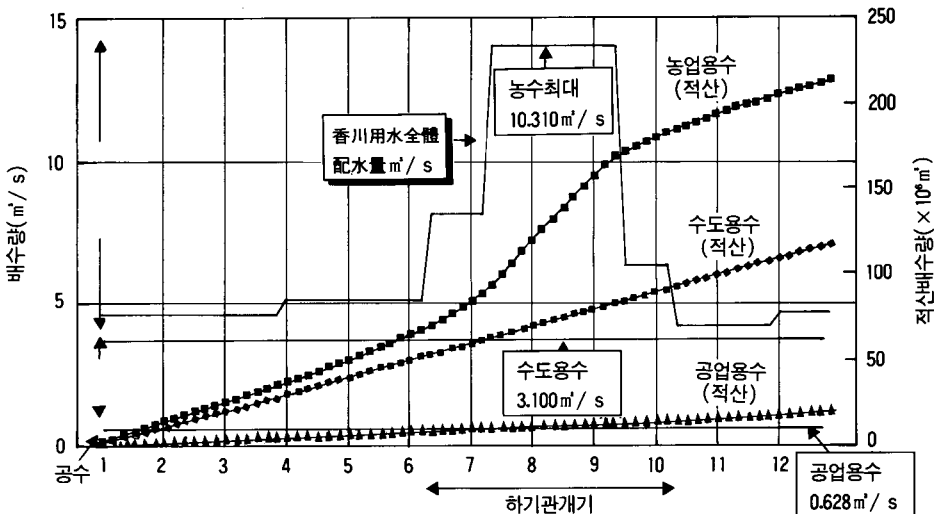
이들 시설관리는 사메우라(早明浦)댐과 농업용수와 도시용수가 공동으로 사용하는 간선용수로 구간은 수자원개발공단이 맡고 있으며, 농업용수 전용간선수로 구간은 가가와용수 토지개발구(조합원 5,900명)가 맡고, 지선구간 이하는 각 지역의 관련 토지개발구가 관리하고 있다.

지구내로 배분하는 수량은 매년 가가와 용수 토지개발구가 지구내의 약 70개소의 말단 토지개발구의 요청을 받아 기별 취수량, 연간 총취수량을 결정하고 있다. 1994년 당초의 취수 계획은 <그림-8>과 같다.

4. 갈수시의 물관리 실태와 과제

가. 가가와(香川)용수의 취수량과 가뭄피해 상황

1994년의 농업용수는 연간 96.5×10⁶m³의 취수가 계획되었다. 그러나 이상 가뭄으로 취수를 제한하였고 수원인 사메우라(早明浦)댐이 고갈(저수량이 0으로 됨)되었기 때문에 연간 계획 취수량의 67.3%, 여름철 관개기에 59.6%가 취수실적이었다. 그러나 앞에서 말한바와 같이 작황지수는 110



<그림-8> 1994년의 香川用水取水計劃

이 되어 오히려 풍년작이었다. 1994년과 거의 비슷한 강우량이었던 1939년은 벼수확이 거의 없던 비참한 상황이었다. 과거 사례를 본다면, 이 결과는 그 후의 관개시스템의 정비와 주민들에 의한 현명한 갈수대책의 성과로 볼 수 있다.

• 농업용수 내부에서 가뭄상태가 심한 지역에 물을 공급하는 『집중관개』를 실시하였다.

〈표-1〉 가가와 용수의 취수계획과 실적

| 용도 | 기별 | 계획취수량A (천㎡) | 취수실적B (천㎡) | 취수률(B/A) (%) |
|------|-----|----------------|---------------|-----------------|
| 농업용수 | 여름철 | 76,500 | 45,010 | 59.6 |
| | 연간 | 96,450 | 64,920 | 67.3 |
| 생활용수 | 여름철 | 32,680 | 22,750 | 69.36 |
| | 연간 | 97,000 | 78,210 | 80.0 |
| 공업용수 | 여름철 | 6,620 | 2,780 | 41.7 |
| | 연간 | 19,800 | 13,100 | 66.2 |
| 계 | 여름철 | 115,800 | 71,120 | 61.4 |
| | 연간 | 214,050 | 156,230 | 73.0 |

주 : 여름철은 6월 11일~10월 10일 일

1) 취수제한

취수원인 사메우라(早明浦)댐의 저수율이 50%가 된 6월 29일부터 취수를 제한하기 시작하여 각 물의 이용자는 일률적으로 30%를 절수하였다. 그 후 댐수위가 계속 저하됨에 따라 물이용자의 절수율도 강화되었다. 그러나 댐의 저수율과 절수율의 관계는 명확한 근거 없이 과거 경험에 따라 『요시노(吉野)천 이수조정위원회』(이하 위원회라 칭함)의 협의에 따라 설정하였으나 합리적 근거에 따라 실시함이 바람직할 것이다.

위원회 위원은 건설성 담당기관(하천관리행정), 농림수산성 담당기관(농업용수행정), 통상산업성 담당기관(공업용수행정), 가가와(香川)현, 도쿠시마(徳島)현, 고우찌(高知)현, 아이완(愛媛)현, 수자원 개발공단(가가와 용수의 농업, 수도, 공업 공동 이용구간의 관리자)과 전력회사로 주로 행정 대표자로 구성되어 실제로 물을 사용하는 이수자의 대표는 참여하고 있지 못한 실정이다.

나. 용수간선의 물관리

가가와 용수간선의 가뭄에 대처하기 위한 물관리로

- 전체적으로 취수량을 감축하는 『취수제한』
- 다른 물의 이용 용도별 간에 『물의 용도 전용』(구체적으로 농업용수와 공업용수에서 생활용수로 용도 전용)

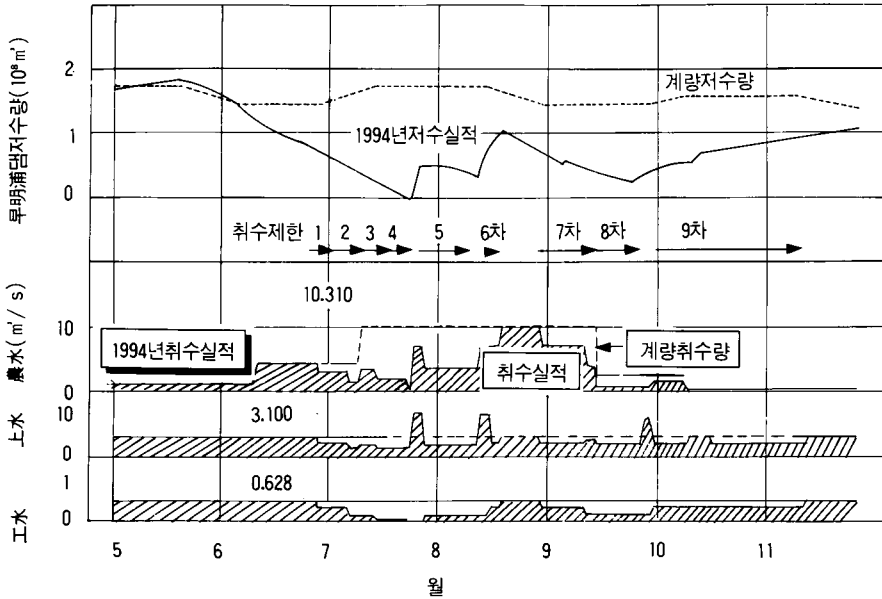
2) 물의 용도별 전용

가뭄이 계속되어 사메우라(早明浦)댐의 저수율이 하강하여 7월 4일에 가가와 용수지구 전역에 60%의 취수제한을 실시하도록 했을 때 생활용수

〈표-2〉 香川용수의 취수제한과 물의 용도별 전용

| 순위 | 기간 | 취수제한율(%) | | | | 평균 | 早明浦댐 | 비고 |
|----|-------------|----------|-----|-----|--------|----|---------|----|
| | | 농업 | 수도 | 공업 | 저수율(%) | | | |
| 1 | 5/29~ 7/ 8 | 30 | 30 | 30 | 30 | 17 | 早明浦댐 고갈 | |
| 2 | 7/ 8~ 7/11 | 65 | 51 | 70 | 60 | 29 | | |
| | 7/11~ 7/16 | 65 | 41 | 70 | 60 | 22 | | |
| 3 | 7/16~ 7/24 | 60 | 55 | 85 | 70 | 10 | | |
| 4 | 9/24~ 7/25 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0 | | |
| 5 | 7/27~ 8/13 | 65 | 41 | 70 | 60 | 29 | | |
| 6 | 8/17~ 8/19 | 30 | 30 | 30 | 30 | 50 | | |
| 7 | 8/31~ 9/13 | 30 | 30 | 30 | 30 | 49 | | |
| 8 | 9/13~ 9/18 | 80 | 14 | 65 | 50 | 30 | | |
| 9 | 9/15~ 9/28 | 85 | 34 | 70 | 50 | 26 | | |
| | 10/ 1~10/12 | 30 | 30 | 30 | 30 | 28 | | |
| | 10/17~11/14 | 30 | 30 | 30 | 30 | 46 | | |

주 1) 취수제한율=(계획급수량-취수량)/계획급수량



〈그림-9〉 阜明浦댐의 저수량과 취수제한

관리자로부터 물을 용도 전용 해주도록 요청이 있었다. 『위원회』에서 협의하여 농업용수와 공업용수의 일부를 생활용수로 전용해 줄 것을 결정하였다. 이 결과 각 용도의 취수 제한율이 농업용수 65%, 생활용수 41%, 공업용수 70%로 되었다. 또한 가뭄상황은 그 후 보다 심각해져서 용도별로 전용되는 양이 증가되어 전용량이 최대시의 취수 제한율은 농업용수 80%, 생활용수 56%, 공업용수 85%였다(〈그림-9〉와 〈표-2〉 참조).

3) 집중 관개

가가와 용수지구는 동서 100km, 남북 20km에 걸쳐 간선용수로는 몇개의 수계를 횡단하고 있다. 이 때문에 지구내에서는 강우나 하천수량에 서로 차이가 있어 가뭄 정도에도 차이가 있다. 농업용수 전체를 관리하는 가가와 용수토지개량구에서는 이를 평준화하기 위해 각 지역의 가뭄상황에 따라 경험적 판단으로 농업용수 일부를 특히 가뭄이 심한 지역에 중점적으로 배분하였다. 가가와 용수지역에서는 이를 집중관개라 부르고 있다.

다. 지선용수로와 소규모 저수지에서의 물관리

가가와 용수간선 수로에서 분수된 농업용수는 지선용수로(개수로)의 물관리, 소규모 저수지의 물관리, 포장에서의 물관리를 거쳐 말단 포장에 관개된다. 이들 과정에서는 주로 가가와 용수시스템의 완성 이전의 옛 수리관행에 의해 관리되었다.

또한 말단에서는 비상용 펌프의 설치, 우물파기 등의 시설대책도 수립되어 유효적절하게 기능을 발휘하였으나 본고에서는 후자의 물관리에 대해 기술하고자 한다.

1) 지선용수로의 물관리

가뭄시에는 가가와 용수지구 전체에 계획 취수량보다 적은 양밖에 취수할 수 없으며 이것을 각 이용자가 나누어 이용하여야 한다. 이때 용수로 상류부의 이용자가 용수를 지나치게 취수하지 못하도록 기존 수리관행에 따라서 그 지선용수로에 배분된 분수량만 받도록 감시하였다. 이 감시 활동은 가뭄이 지속된 100일이상 사이에 지구내 많은 분수공에서 각각 3~4명이 동원되어 이용자에게 과대

한 부담이 되었다.

2) 소규모 저수지의 물관리

가가와 용수지구의 농지는 어느 곳이나 소규모 저수지에서 용수공급을 받고 있다. 그러나 그 소규모 저수지는 지형적인 조건이나 역사적인 조건 때문에 용수를 공급하는 포장 면적에 대한 저수용량은 동일하지 않다. 따라서 가뭄이 지속되어 주변이나 가가와 용수에서 소규모 저수지에 용수 공급량이 부족하면 저수용량이 상대적으로 적은 저수지는 저수율이 급격히 감소하여 가뭄에 대한 위험도가 크다. 가가와 지역내는 동일한 관개지역이므로 이와같은 차이를 해소시키는 것이 바람직하다. 한편 평년은 적당한 강우량으로 각 소규모 저수지간에 이와같은 위험도 차이는 없다.

3) 포장에서의 물관리

가뭄이 지속되면 각 포장에 필요한 수량을 공급할 수 없기 때문에 각 포장을 여러 블록으로 나누어 윤회체제를 만들어 물의 단위시간당 공급량과 공급시간을 줄이는 방식을 취했다. 이 방식은 『윤회관개』라 부르고 가가와 용수지구만이 아닌 갈수시 사용하는 방법으로 전국 널리 이용되고 있다.

즉 포장에 공급량 V 는 다음식과 같다.

$$V=qt \tag{1}$$

여기서 q : 단위시간당 공급량(m^3/s)

t : 공급시간(sec)

가뭄으로 용수가 부족하므로 q 와 t 를 갈수정도에 맞춰 줄이는 것이다.

일반적으로 q 가 아닌 t 를 조정하는 경우가 많다. 예를 들면 평년은 계획취수량 q 를 매일 취수하나 가뭄이 들면 초기는 q 를 2일간 관개하고 1일은 비관개하고 더욱 가뭄이 심해지면 1일 관개 1일 비관개, 또한 갈수 심하도가 더욱 크면 q 를 3/4로 줄이는 등 절수가 강화된다. 이 물관리도 주야로 나누어 실시하므로 절수에는 효과적이거나 많은 노력이 든다.

라. 가뭄 대책상의 과제와 대응방향

1/100년 확률을 초월하는 이번 가뭄대책 결과로 금후에는 원활하고 합리적인 대책을 수립하기 위한 과제와 검토 방향을 다음과 같이 정리하였다.

1) 절수규칙의 설정

취수제한의 개시 시기와 각 이용자에 대한 절수율을 설정하기 위한 객관적 규칙을 만들 필요성이 있다. 가가와 용수지구에서는 댐 저수율을 기준으로 한 경험과 『위원회』의 협의로 절수율을 결정하였으나 과학적으로 합리적인 절수곡선을 설정함이 바람직하다. 이때 가가와 용수지구는 농업용수, 생활용수, 공업용수 등의 성격상 다른 용수를 공급하고 있으므로 각 용도별 가뭄에 따른 영향도를 고려한 절수율을 설정하는 방법을 검토할 필요가 있다.

2) 수리조정조직의 구성

각 용도별로 절수율은 앞에서 언급한 바와같이 댐 저수율을 보고 『위원회』의 협의로 결정하고 있다. 이 조직은 행정기관으로 구성되어 있으며 실제로 갈수시에 절수하여 참고 견뎌야 하는 지역의 이용자 대표는 참가하지 않고 있다.

일본 하천법에서는 농업용수, 생활용수, 공업용수 등의 각 이용자에게 중요도의 차이가 없이 갈수시의 조정은 관계 이용자의 합의로 조정하며, 조정이 되지 않을 때에 행정담당자(하천관리자)가 재조정하거나 알선하게 되어 있다. 이 지구에서는 앞으로 이용자 자신들이 이와같은 조정을 하기 위해 조직을 구성하는 것이 바람직하다. 또한 이때 물을 많이 사용하고 있는 농업용수측이 조직 구성에 주도적인 역할을 하여 추진하는 것이 중요하다고 생각한다.

3) 가뭄정도의 평가와 물의 용도별 전용량 설정

가가와 용수지구는 광역이므로 지구내에서도 강우상황이 달라 가뭄의 정도도 다르다. 이 때문에 지역적인 가뭄정도를 표현할 지표가 검토되어야 하며 물의 용도를 전용할 지역, 유량과 시기를 판

정하는 담당자의 주관만 아닌 객관적으로 평가하는 방법이 정비되어야 하겠다. 이 평가 기준의 하나로써 지역에 많은 소규모 저수지의 저수율 변화를 이용하는 방법이 있다. 다음 5)에서 그 방법을 설명하고자 한다.

4) 소규모 저수지의 가뭄에 대한 위험도의 평준화

소규모 저수지의 저수량에 대해 관개면적이 각기 다르므로 각 저수지간에 가뭄에 대한 위험도 차이는 가뭄이 계속됨에 따라 증대하였다. 그러나 각 지역은 가가와 용수라는 현대 시스템하에 평등하므로 가가와 지역 전체에서 가뭄에 대한 위험도가 같도록 관리되는 것이 바람직하다. 다음 5)는 이 문제에 대한 한가지의 제안이다.

5) 수로의 관수로화

적은 유량을 배분하려면 개수로의 경우 수로의 누수가 상대적으로 증가하고 관리수위 확보 등으로 필요한 유량은 상대적으로 증가하며, 윤회관개를 실시하는 경우 노력 증대 등의 문제가 있으므로 지선수로 이하는 관수로화의 유효성이 주목되었다. 금후의 기반정비에는 용수로의 관수로화가 중요하다고 생각된다.

또한 관수로화 지구에서도 적은 유량을 공급하는 경우 펌프장 등의 수원에서 멀리 떨어져 있는 구역과 지구의 한가운데에 표고상 높은 눈에서는 물이 나오는 상태가 불량한 경우가 있어 밸브조작 등으로 특별히 고안하는 것이 필요하다.

5. 소규모 저수지를 활용한 가뭄시의 물관리 제안

가. 운용법칙

가뭄이 계속되어 각 저수지간에 가뭄에 대한 위험도의 차이가 확대되는 경우 이를 평준화하는 방법으로 『단위저수량』 방식으로 저수지들을 활용하는 물관리를 제안한다.

각 저수지의 관개 능력을 표시하는 지표로써 각 저수지마다 『단위저수량』(저수지 저수량 V/관개면적 A)으로 정의한다. 이 지표는 그 시점에서 저수지로 관개가능한 유량을 수심으로 표시하는 것으로, 가뭄에 대한 위험도를 각 저수지에서 동일하게 하기 위한 기본법칙은 『검토 시기 마다 각 저수지의 저수량고를 하나의 수계내에서 동일하게 함을 목표』로 하여 저수지간에 물의 용도별 전용이나, 가가와 용수와 같은 간선수로에서 저수지에 물을 공급하는 방식이다. 목표로 하는 수계내의 평균 단위 저수량은 다음과 같이 표시한다. 계산단위는 일 또는 반순(5일)으로 한다.

$$\frac{V(1, k)}{A(1)} = \frac{V(2, k)}{A(2)} = \dots = \frac{V(N, K)}{A(N)}$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^N V(i, k)}{\sum_{i=1}^N A(i)} \tag{2}$$

여기서

v(i, k) = 저수지 i의 k계산 단위시에 저수량

A(i) = 저수지 i의 관개면적

N = 저수지 개수

평균 단위 저수량 :

$$P(k) = \frac{\sum_{i=1}^N V(i, k)}{\sum_{i=1}^N A(i)} \text{ 로 하면} \tag{3}$$

저수지 i의 안전율을 동일수준으로 하기 위한 조정량 Cv는 다음 식이 된다.

$$Cv(i, k) = P(k)A(i) - V(i, k) \tag{4}$$

또한 다음 계산 단위의 저수지의 저수량 V는 다음식으로 표현된다.

$$V(i, k+1) = V(i, k) - QD(i, k) + QI(i, k) + Cv(i, k) \tag{5}$$

여기서

QD(i, k) = 저수지 i에 관련된 포장의 필요 수량

QI(i, k) = 저수지 i에 유입량

즉 저류지 i 는 $Cv(i,k)$ 만 지역내의 저수지 평균에 비교하여 저수량이 과부족하므로 이를 함께 가가와 용수에서 공급하거나 다른 저수지에서 공급받는 등의 조치를 취하면 좋다.

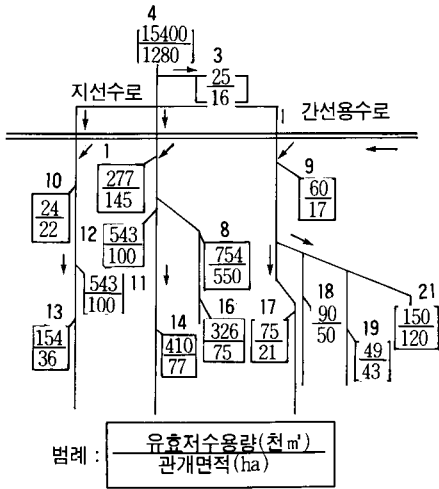
또한 이때 하류 저수지에서 상류 저수지로 송수할 수 없는 점과 방류조작에 대해서는 시설규모에 의한 최대 방류량이나 받는 측의 저수지 용량이나 송수하는데 까지 수로용량(최대 도입 유량)에 제

한이 있다는 점을 고려하여야 한다.

나. 계산 사례

<그림-10>과 <그림-11>, <표-3>은 수계내에서의 계산 사례이다.

예를 들면 <표-3>의 최저 단위 저수량의 실적과 시산을 비교하면 시산은 저수지들간에 차이가 감소하여 위험상태이나 평준화되고 있다. 각 저수지에서는 위치관계, 도수·방류 능력의 제약, 주변 유입등이 있으며 운용후의 각 저수지의 단위 저수량은 같은 값이 된다.



다. 제안의 특징

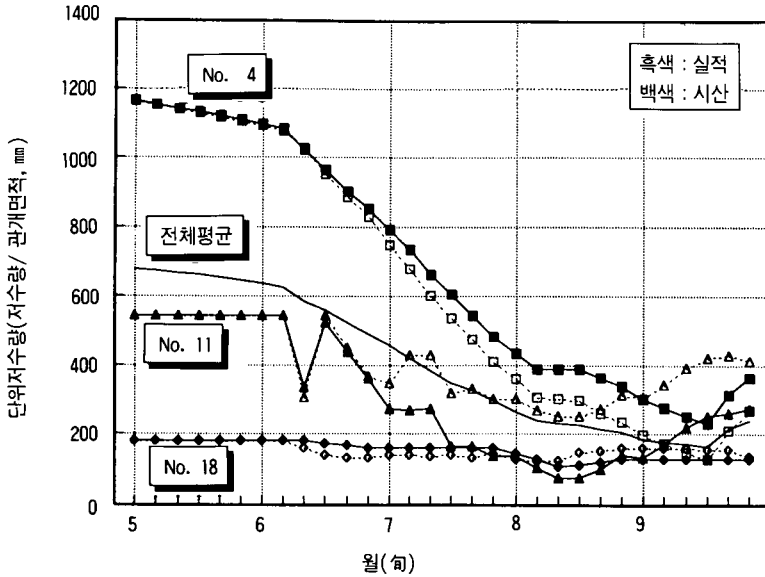
제안한 방식은 이용자의 합의를 얻기가 쉽고 분명하게 기초적인 제원에 근거한 지표에 따른다는 점, 주변의 지하수 유입 등 불분명한 요소도 저수지 저수량에 반영된다는 점 등의 특징이 있다. 본 방식의 적용에 필요한 자료는 기초 제원으로써 각 저수지의 저수 용량과 관개 면적, 변동량으로 시산단위 마다의 저수지 저수량에 관한 정보이다.

또한 이 방식은 물의 이용상 위기시에 각 저수지에서 같은 수준의 절수대책을 취하고 있다는 점

<그림-10> 시산수계의 용수계통도
(주 : 이수계는 <그림-6>과 동일)

<표-3> 단위저수량 방식에 의한 시산결과

| 저수지 No. | 저수지 위치 | 유효단위* 저수량(mm) | 평균단위저수량(mm) | | 최저단위저수량(mm) | |
|---------|--------|---------------|-------------|--------|-------------|-------|
| | | | 실적 | 시산 | 실적 | 시산 |
| 3 | 상류유역 | 156.3 | 71.15 | 119.05 | 17.19 | 81.25 |
| 4 | - | 1203.1 | 685.8 | 632.3 | 228.6 | 127.1 |
| 7 | - | 190.9 | 104.5 | 156.6 | 57.3 | 96.8 |
| 8 | - | 137.1 | 86.8 | 106.5 | 49.4 | 70.5 |
| 9 | - | 339.0 | 249.9 | 291.5 | 169.5 | 224.5 |
| 10 | - | 109.5 | 69.5 | 90.4 | 34.0 | 70.1 |
| 11 | - | 543.0 | 306.3 | 403.0 | 76.0 | 248.7 |
| 12 | - | 356.3 | 90.4 | 274.3 | 7.1 | 209.6 |
| 13 | 하류유역 | 428.3 | 218.0 | 353.4 | 21.4 | 220.8 |
| 14 | - | 532.5 | 358.7 | 348.5 | 159.7 | 167.2 |
| 16 | - | 433.5 | 292.9 | 346.3 | 0.0 | 181.9 |
| 17 | - | 362.3 | 182.5 | 317.0 | 0.0 | 234.2 |
| 18 | - | 180.0 | 153.0 | 163.6 | 108.0 | 124.2 |
| 19 | - | 115.0 | 90.5 | 93.5 | 51.8 | 56.9 |
| 21 | - | 125.0 | 110.3 | 194.8 | 62.5 | 73.0 |
| 평균 | | 347.5 | 204.7 | 252.7 | 69.5 | 145.8 |



〈그림-11〉 주요 저수지의 단위저수량 추이

을 전제로 한 것이나 그렇지 않는 경우에는 저수지 저수량 V의 보정이 필요하다.

도별 수요량의 증가, 수자원개발의 어려움을 고려하면 앞으로도 물의 이용상 위기에 강한 농업용수 시스템을 구축하는 것이 검토되어야 한다고 생각된다.

6. 맺는말

지역의 관개는 주어진 조건에서 변동하는 「물」에 대응하여 「관개 시설」과 「사람의 관리 행위」가 종합화된 농업용수 시스템으로 구성되어 있다. 각지에서 관개를 보다 안정화하기 위해 시스템의 고도화를 목표로 여러가지 기반시설을 정비해 왔다. 농업 관련자의 노력으로 이번의 100년 빈도를 초월하는 이상가뭄에도 과거 같이 참혹한 가뭄 피해는 피할 수 있게 되었다. 그러나 금후 각 물의 용

약 력

윤 경 섭



- 1973. 서울대학교 농과대학 농공학과 졸업
- 1985. 강원대학교 대학원 농공학 석사
- 1991. 일본 경도 대학교 농업공학 박사
- 현재 농어촌진흥공사 농어촌연구원 수석연구원