

AHP기법에 의한 관개용수로 조직의 평가

Evaluation of Irrigation Canal Systems by the AHP(Analysis Hierarchy Process) Method

박재홍* · 김선주** · 김필식***

Park, Jae Heung · Kim, Sun Joo · Kim, Phil Shik

Abstract

Agricultural water occupies the largest portion of total water use in Korea, and generally researches on the development of agricultural water have been stressed on the demand of agricultural water itself. But it is unavoidable to change a policy from the development of water resources to cope with the increase of water demand to the effective management of existing water resources.

Evaluation of the decrepitude of irrigation facilities and their reasonable maintenance are important for the effective supply and use of agricultural water. Therefore it is necessary to develop evaluation technique that diagnoses the current condition of irrigation canals and suggest a countermeasure to improve the found problems.

25 items in 6 classes were selected for the evaluation of irrigation canal systems, and the weighted value between the items was calculated using AHP (Analysis Hierarchy Process) method. The current condition of the irrigation facilities was evaluated from the class evaluation marks, and ranking was decided from the total marks between the projects, and finally the priority of the project for the improvement was given.

Keywords : Irrigation canal systems, AHP(Analysis Hierarchy Process), Evaluation method for irrigation canal systems

I. 서 론

우리나라 수자원 이용률 중 가장 많은 비중을 차지하고 있는 농업용수의 연구는 지금까지 개발과 수요에 대한 연구가 중점적으로 수행되어 왔으나, 현재 수자원의 개발은 지역이기주의와 환경문제 등으로 제한을 받고 있다. 따라서, 용수원 개발을 위주로 증가하는 수요에 대처하는 방식에서 기존의 수자원을 얼마나 효율적으로 공급하고 손실을 줄이

* 농업기반공사 농어촌연구원
** 건국대학교 생명환경과학대학
*** 건국대학교 대학원
* Corresponding author. Tel.: +82-2-450-3753
fax: +82-2-444-0223
E-mail address: sunjoo@konkuk.ac.kr

는 방법에 대한 연구가 대두되고 있다.

2001년 말 현재 저수지, 양수장, 도수로, 보, 관정과 집수암거를 합하여 67,582개소의 수리시설을 갖게 되어 지금까지 농업생산기반조성사업으로 축조된 저수지나 양수장 등 수원공과 수로 및 수리구조물은 방대한 규모이다. 그러나 설치된지 20년이상 경과된 수리시설이 66%를 차지하고 있고, 수로나 수리구조물 역시 이와 비슷한 실정이라 할 수 있다. 이와 같이 노후화 되고 있는 농업수리시설물의 개·보수와 이의 효율적인 관리를 위해서는 전국을 대상으로 하는 농업 수리구조물에 대한 관리기법의 연구가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 수리시설의 계획단계에서부터 설계, 시공, 유지관리를 위한 기초자료로 활용될 수 있도록 시설 용수로 조직에 대하여 평가항목을 선정하고 평가할 수 있는 기법과 평가된 내용에서 취약부분을 찾아 개선사항을 제시하고 지구별 투자 우선 순위를 결정할 수 있는 관개용수로 조직의 평가기법을 제시하고자 한다.

II. 용수로 조직 평가기법

1. 평가목적 및 항목

가. 평가목적

용수로조직의 평가목적은 용수로를 설치하였을 당초의 기능을 얼마나 유지하고 있는가 하는 것이다. 이를 위하여 용수로의 시설구조적인 부분과 시설물의 유지관리 부분, 용수로 본연의 기능인 용수 공급 능력 부분에 대하여 평가하는 것을 목적으로 하고 있다.

나. 평가항목 및 선정시 고려사항

용수로조직의 평가항목 선정시 고려사항으로는 다음 6가지를 들 수 있다.

첫째, 평가목적의 구체성

둘째, 목적에 합당한 평가항목

셋째, 공간적, 시간적 포괄성

넷째, 평가항목과 평가기준은 모두 용수로의 기능적 측면과 유지관리 측면을 고려하여 선정하였는지 여부

다섯째, 자원관리자들간의 의사소통

여섯째, 정량적 평가를 고려한 평가항목 선정

용수로 조직을 효과적으로 평가하기 위해서 평가집계를 부문집계와 총괄집계 2단계로 구분하였다. 부문집계는 5개의 각 부문별 평가로 1개 지구내에서 부문간의 비교가 가능하여 그 지구의 취약한 부분을 찾을 수 있게 하며, 총괄집계는 평가 지구간의 순위를 구분할 수 있게 함으로서 지나친 함축과 상세함 사이의 공백을 부문평가지수가 설명하여 평가결과의 설명력을 높일 수 있고, 평가결과를 유지관리에 활용할 수 있도록 하였다(Table 1).

2. 평가항목의 중요도 선정

가. 중요도 선정기법의 선정

용수로 조직의 평가항목은 수혜지구 특성과 용수로 기능 및 목적에 따라 중요도가 동일하지 않으므로 평가항목의 중요도 평가를 위하여 평가기준이 복수이고 모델화 또는 계량화가 어려운 주관적 가치판단을 합리적으로 지원하는 기법인 AHP(Analysis Hierarchy Process)법을 이용하였다. 이 방법은 평가체계별 평가요인의 비교치를 바탕으로 일종의 고유치 해석방법을 통해서 그 중요도를 결정하는 과학적인 방법이다.

나. 중요도 선정

평가부문과 항목간의 중요도(가중치) 산정의 객관성을 유지하기 위하여 관련분야 전문가 집단(농어촌연구원 10명, 농업기반공사 조사설계처 2명, 용수관리처 2명, 도본부 6명)을 구성하였으며, 그 중에서 11명이 조사에 응답하였다. 전문가집단의 응답결과를 개인별 집계 및 평균과정을 통해 중요도에 대한 최종평가결과로 도출하였다.

Table 1 The Evaluation items of canal systems (Index)

Section	Item No.	Evaluation items
Deterioration	3	Completion year, Damaged number per unit length(km), Repair results
Facility structure	4	Ratio of earthwork section, Ratio of waterweed prosperity section, Ratio of soil reclamation, ratio of canal loss
Water management	5	Water supply per unit area, Waterweed remove, Ratio of water reuse, Canal length per unit area, Method of water supply
Environmental influence	4	Number of sewage & wastewater inflow spot, Number of pollutant abandonment, Establishment of eco-corridor in a canal, Execution of environmental friendly method
Residential somesthesia	5	Water supply condition, Flood experience, Drought damage, Water quality damage, Condition of canal management
Public benefit	4	Water benefit area, Increase and decrease of water benefit area, Water supply for other purpose, Whether flood exclusive facility is established or not

Table 2 Consistency ratio distribution of importance by each class

CR range	≤ 0.1	≤ 0.2	≤ 0.3	≤ 0.4	≤ 0.5	≤ 0.6	≤ 0.7
Items	34	65	71	73	74	76	77
Ratio(%)	44	84	92	95	96	99	100

일관성검증은 일관성비율(CR, Consistency ratio)을 이용하여 판단하게 되는데, CR값이 0에 가까울수록 일관성이 높은 것이며, 숫자가 커질수록 반대로 일관성이 낮아지는 것이다. Saaty는 일관성비율이 0.1보다 큰 경우에는 그 판단에 일관성이 없는 것이라고 주장하였으나 본 연구에서는 참여 전문가들의 수가 많지 않으며, 일관성비율의 분포를 분석한 결과 0.1 이하가 44%, 0.2 이하가 84%로 분석되었다. 본 연구에서는 일관성비율이 0.2 이하의 경우만을 선정하여 그 평균값을 중요도(가중치)로 적용하였다.

CR≤0.2의 경우는 총 77개중 65개이었으며, 이들의 평균 CR=0.09이었다. 중요도 산정결과, 물관리가 0.232로 가장 높았고 시설구조, 공익성, 지역주민체감, 노후도, 환경영향 순으로 나타났다. 시설 자체의 문제보다는 시설을 운영하는 부문을 더 중요하게 판단하였으며, 아직까지 농업용수의 환경영향 부문은 다른 부문에 비해 그 중요도가 낮게 평

가되었다(Table 2~4).

3. 등급기준설정

등급기준설정이란 평가항목별 질·양적 수준에 대한 합리적인 판단기준을 제시하므로서 표준화된 정량적 표현의 기저를 제공하는 과정이다.

본 연구에서는 자료관리의 편의성과 분석절차의 간소화를 위해 계급수를 5개로 제한하고, 합리적인 평가를 위해 통계처리를 원칙으로 기본체계를 설정하였다.

계급간 간격은 평가목적 및 평가자에 따라 달리 설정되기 때문에 공통적으로 인정할만한 등급간격은 아직 설정되어 있지 않다. 본 연구에서는 Fig. 1에서와 같이 확률통계론을 근거로 등간척도 개념을 도입하여 등급간격을 설정하여 최대 5등급으로 나누었다. 등급별 점수는 5점을 만점으로 1점씩을 감하여 설정하였다.

Table 3 Consistency ratio tabulation except CR0.2 case

Appraiser		Consistency ratio(CR)							Avg.
		Among sections	Among items					Public benefit	
			Deterioration	Facility structure	Water management	Environmental influence	Residential somes-thesia		
Research group	Expert1	0.09			0.12	0.13	0.10	0.00	0.09
	Expert2	0.03	0.03	0.02		0.07	0.07	0.00	0.04
	Expert3	0.05	0.03	0.04	0.02	0.11	0.09	0.02	0.05
	Expert4	0.04	0.00	0.19	0.05	0.19		0.04	0.09
	Expert5	0.00	0.12	0.06	0.03	0.04	0.07	0.18	0.07
	Expert6		0.03	0.06	0.14	0.10	0.11	0.14	0.10
	Expert7	0.19	0.12	0.06		0.11	0.17	0.18	0.14
	Avg.	0.07	0.06	0.07	0.07	0.11	0.10	0.08	0.08
Working group	Expert8	0.11	0.12	0.12	0.11	0.01	0.07	0.18	0.10
	Expert9	0.11	0.12	0.11		0.11			0.11
	Expert10	0.14	0.00	0.00	0.18		0.06	0.11	0.08
	Expert11	0.10	0.12	0.00			0.08	0.11	0.08
	Avg.	0.12	0.09	0.06	0.15	0.06	0.07	0.14	0.10
Avg.		0.09	0.07	0.07	0.09	0.10	0.09	0.10	0.09

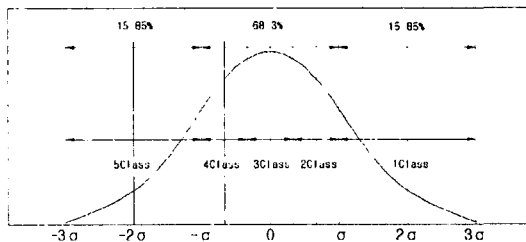


Fig. 1 Interval distribution among classes for setting grade standard

한편, 저수지지구는 1942~1985년사이의 준공되었고, 관개면적은 122~2,063 ha범위이며, 유효저수량은 359~17,200천m³으로 중소규모지구에서 대규모지구까지 다양하게 분포되었다.

양수장지구는 2개지구로, 대규모지구는 8개의 2단양수장이 운영되며 양수장에서 양수하여 6,959 ha에 도수로로 용수를 공급하는 파주의 P2지구이며, 중소규모지구는 관개면적이 200 ha이며 경지정리가 완전히 이루어진 안성의 P1지구를 선정하였다.

III. 지구선정 및 조사방법

1. 지구선정

조사지구는 농업기반공사에서 2002년에 실시한 물관리 실태조사결과중 2,642지구에 대해 기상조건의 유사성과 조사 및 연구의 편의성, 토공수로와 구조물수로의 구성비율을 고려하여 Table 5, 6에서 보는 바와 같이 경기도 지역에서 8개소를 선정하였다.

2. 자료수집 및 현장조사방법

가. 자료수집

지구별 기본 자료는 객관성을 유지하기 위하여 농업기반공사의 수리시설관리 데이터베이스 자료와 해당 지사에서 소장하고 있는 시설물관리대장, 운영일지, 용수간선 일제조사표 등에서 취득하였으며, 현장조사는 GPS를 이용하여 측량하고 그 내용을 조사하였다.

Table 4 Importance of each item by class (The weighted value)

Section (itme no.)	Section importance (A)	Items	Item importance in section(B)	Total importance (A×B)
Deterioration (3 items)	0.131	completion year	0.230	0.030
		damaged number per unit length(km)	0.486	0.064
		repair results	0.283	0.037
Facility structure (4 items)	0.178	ratio of earthwork section	0.240	0.043
		ratio of waterweed prosperity section	0.193	0.034
		ration of soil reclamation	0.284	0.051
		ration of canal loss	0.283	0.050
Water management (5 items)	0.232	water supply per unit area	0.200	0.047
		number of waterweed remove and section length	0.216	0.050
		ration of water reuse	0.177	0.041
		canal length per unit area	0.109	0.025
		method of water supply	0.298	0.069
Environmental influence (4 items)	0.127	number of sewage & wastewater inflow spot	0.476	0.061
		number of pollutant abandonment	0.239	0.030
		establishment of eco-corridor	0.146	0.019
		execution of environmental friendly method	0.139	0.018
Residential somesthesia (5 items)	0.164	water supply condition	0.180	0.030
		flood experience	0.276	0.045
		drought damage	0.291	0.048
		water quality damage	0.127	0.021
		condition of canal management	0.127	0.021
Public benefit (4 items)	0.167	water benefit area	0.281	0.047
		increase and decrease of water benefit area	0.171	0.029
		whether flood exclusive facility is established or not	0.430	0.072
		water supply for other purpose	0.118	0.020

나. 현장조사방법

1) 용수로 특성

현장조사는 GPS수신기를 이용하여 구간별 위치 및 상태, 각종 시설물, 오물, 파손지점 등에 대해서는 지점의 분류 및 위치를 기록하였다. 구간에 대한 조사항목은 수초구간, 토사퇴적구간, 토사유입구간 등의 통수에 영향을 주는 구간과 수로의 재질(토공, 구조물) 등으로 구분하였다. 지점에 대한 조사항목은 수문 등의 시설물, 파손지점, 외수 유입지점 등으로 구분하였다.

현장에서 수집된 노선, 지점에 대한 속성과 위치좌표는 대전시 천문연구원의 상시관측지점에서 수집된

것을 이용하여 보정 작업을 통해 정확도를 높였다.

2) 관개 특성

관개지구의 실제 용수공급량 산정을 위하여 용수로에 초음파식 자동수위기록장치를 설치하여 관개기간내 용수로 수위를 관측한후 용수공급량을 산정하였다. 관개지구의 용수수급상황과 물관리실태 조사는 농업기반공사 물관리 요원과 현지 농민들의 청문 및 설문조사를 통하여 조사하고, 그 현실을 점검하였다. 물관리 요원은 각 지구당 1명씩을 대상으로 하였고, 농민들은 각 지구당 10명씩 1:1형식으로 조사하였다.

수로내 유량분포 조사는 간·지선 수로에서 분기

Table 5 Reservoir district status of canal systems evaluation object

District	Location	Completion year	Licence area (ha)	Irrigation area (ha)	Drought frequency (year)	Watershed area (ha)	Effective discharge (1,000m ³)	Percolation (mm/day)
R1	Ansung-si Gongdo-myeon Manjung-ri	1945	160	139	10	375	505	5.0
R2	Yongin-si Namsa-myeon Book-ri	1969	80	63.9	3	328	362	7.0
R3	Yongin-si Yidong-myeon Mookri	1959	257	257	3	1,250	1,003	6.0
R4	Ansung-si Yangsung-myeon Misanri	1985	187	144	10	442	1,698	5.5
R5	Ansung-si Wongok-myeon Banjea-ri	1942	126	122	10	225	359	5.0
R6	Yongin-si Yidong-myeon Aubi-ri	1972	3,123	2,063	3	9,300	17,200	5.0
Avg.		1962	655	464	4.3	1,987	3,521	5.58

Table 6 Water pumping district status of canal systems evaluation object

District	Locaton	Com-pletion yrea	Licence area (ha)	Irrigation area (ha)	Drought frequency (year)	Horse-power (Hp)	Pump no. (number)	Water collection per number (m ³ /s)	Percolation (mm/day)
P1	Ansung-si Gongdo-myeon Gunchun-ri	1972	200	200		50	1	0.500	5.0
P2	Pajusi Papyung-myeon Yulgok-ri	1980	7,167	6,958	10	1,000	6	12.549	4.3
Avg.		1976	3,683	3,579	10	525	3.5	6.524	4.3

되는 지점의 분수량과 분수 전·후의 유량을 측정하여 수로 지점별 유량분포 곡선과 초기유량에서의 분수량의 누계치의 곡선을 비교하는 방식으로, 수로내에서의 유량 측정은 마그네틱 유속계와 프로펠라식 유속계를 사용하여 측정하였다. 수로 손실율과 손실량 공식은 다음과 같다.

$$\text{수로손실율 (\%)} = \frac{Q_L}{Q_0} \times 100 \text{ 여기서,}$$

$$Q_L : \text{수로손실량, } Q_L = (Q_0 - \sum_{i=1}^n q_i) - Q_n$$

위 식에서 Q_n 은 간·지선의 유량이고, q_n 은 지선이나 지거로 분기되는 유량을 나타낸다.

IV. 조사결과

1. 수로조직 특성

가. 간선길이

관개 단위면적당 간선길이와 재료에 따른 구간비율은 Table 7에 나타난 바와 같다. 단위면적당 간선길이는 관개지역 내 간선의 밀도를 나타내며, 지구내 간선의 단위길이당 용수공급 면적의 대소를 나타내는 지표로서 이해할 수 있다.

나. 수로 재질

구조물 수로구간에 비해 토공수로 구간의 손실량

Table 7 Main canal length and section ratio according to material per unit area by district

District	Main canal length (m)	Irrigation area (ha)	Main canal length per unit area (m/ha)	Research section length (m)	Earthwork canal section (%)	Structural canal section (%)
R1	9,750	140.0	69.4	9,083.0	19.6	80.4
R2	2,570	63.9	40.2	5,997.0	62.1	37.9
R3	6,000	227.8	26.3	5,388.0	87.1	12.9
R4	12,222	160.2	76.3	4,700.0	31.8	68.2
R5	4,759	124.0	38.4	4,402.0	2.0	98.0
R6	82,191	1,915.0	42.9	13,292.0	33.8	66.2
P1	5,940*	200.0	29.7*	5,940.0	74.3	25.7
P2	32,600*	4,653.4	7.0*	14,540.0	6.0	94.0
Average	19,504	935.5	41.3	7,917.8	39.6	60.4

* Observed

Table 8 Ratio by essential section of main canal by district (%)

District	Earthwork canal section			Concrete canal section				
	Waterweed	Normal	Sub-total	Waterweed	Soil inflow	Soil reclamation	Normal	Sub-total
R1	19.4	0.3	19.7	32.3	18.9	0	47.6	80.4
R2	62.1	-	62.1	14.7	-	-	23.2	37.9
R3	84.9	2.1	87.0	-	-	-	13.0	13.0
R4	31.8	-	31.8	40.2	-	-	28.0	68.2
R5	2.0	-	2.0	52.5	20.0	7.0	38.5	98.0
R6	33.8	-	33.8	3.8	-	-	62.4	66.2
P1	6.0	-	6.0	-	-	-	94.0	94.0
P2	74.3	-	74.3	-	1.6	-	24.1	25.7
Average	10,344.1	495.4	40.5	4,200.2	22.0	32.4	41.4	60.4

이 많으므로 산술적으로 토공수로 구간이 길거나 비율이 높은 지구는 용수공급 측면에서 불리하다고 분류할 수 있다.

다. 수로현황

수로의 실태는 수초발생, 토사퇴적, 토사유입, 오물퇴적, 파손, 외수유입 지점 등을 중심으로 현장에서 직접 파악하였다(Table 8).

지구별 차이 없이 토공수로에서는 거의 모든 구간에서 수초가 번성하여 심한 곳에서는 수로의 위

치를 파악하기 힘든 상태였다. 또한 구조물수로의 적지 않은 구간에서도 수초가 번성하고 있음을 현장조사에서 확인할 수 있었다.

Fig. 2~3을 보면, R1 지구에서는 구조물 수로구간 비율이 높음에도 불구하고 수초발생구간이 길게 걸쳐 분포하고 있고, P1 지구의 경우 북측 구조물 수로구간에서는 수초발생이 전혀 없는 반면 토공수로에서는 전 구간에 걸쳐 수초가 성장하고 있다.

토사의 퇴적은 지구의 개발 또는 이용에 따라서 영향을 크게 받는 것으로 판단된다. 주변지역의 개

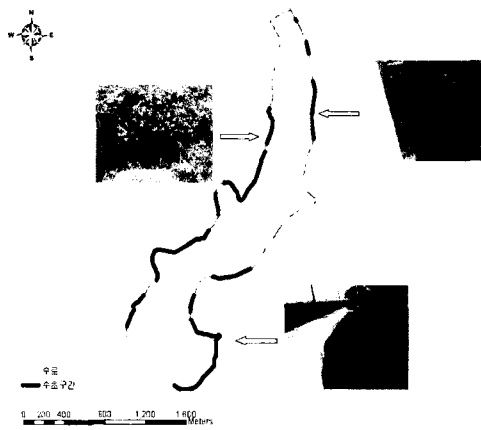


Fig. 2 Waterweed section of R1 district (thick line)

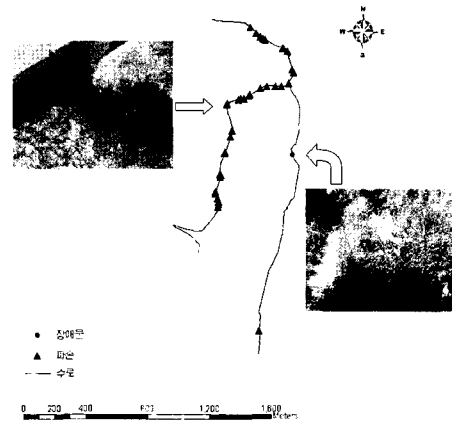


Fig. 5 Main problem spot of R1 district



Fig. 3 Waterweed section of P1 district (thick line)

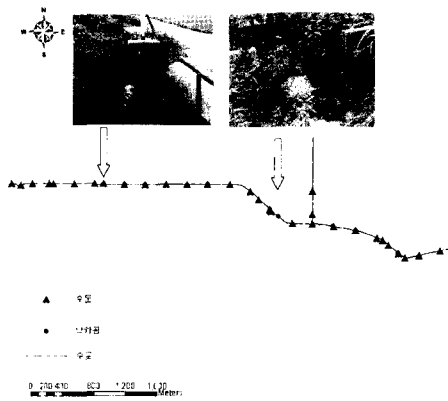


Fig. 4 Main facilities of P1 district

발이 비교적 급속하게 진행되고 있는 R1, R5 지구에서는 토사의 유입 및 퇴적이 확인되었다.

주요 문제지점에 대한 조사는 수문과 같은 시설물뿐만 아니라, 오물이나 파손 지점 등에 대하여 확인하였다. Fig. 4에서와 같이 P1 지구의 남측에 위치하고 있는 토공수로 구간에서는 일정간격으로 배치되어 있는 다수의 수문과 낙차공을 확인할 수 있었다. 주변지역의 개발이 상당히 진행된 R5 지구 서부간선 중앙부 주변에서는 Fig. 5에서와 같이 수로의 파손지점이 밀집되어 있었다.

Fig. 6은 우수 배제를 위해 농민이 임의로 수로벽을 파손하여 만든 외수 유입구를 통해 강우시 유출수가 유입되는 것을 보여주고 있다. 이 때 유출수와 함께 다량의 토사가 유입되고 있음을 알 수 있다.

Table 9에서는 용수간선 단위길이당 주요문제지점의 수를 나타내고 있다. 유입구는 강우시 인접지역에서 발생하는 유출수 배제를 위해 용수로에 연결된 것이고, 파손은 지반침하, 노후화 등의 문제로 균열 등의 파손된 지점을 의미한다. 장애물은 수로내에 수위를 상승시키기 위해서 농민이 임의로 설치한 것, 오물은 수로내에 방치된 쓰레기 등으로 파악하였다.

주변지역의 개발이 빠르게 진행되는 R1, R5 지

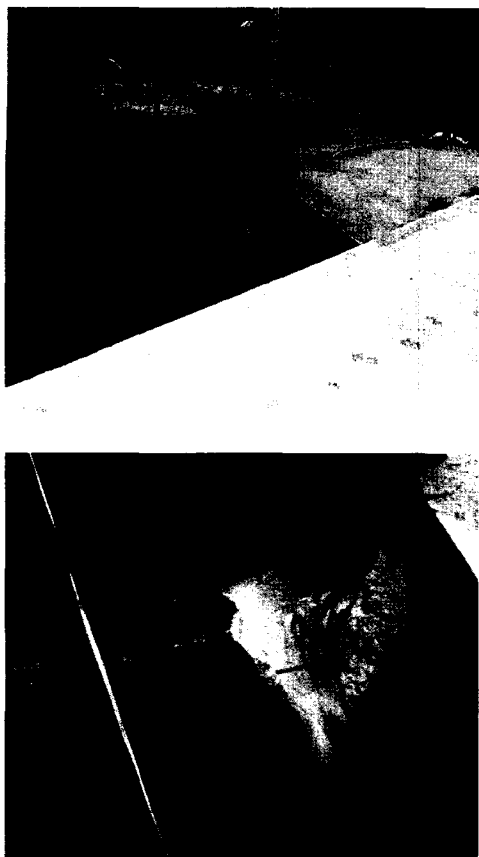


Fig. 6 Exterior water inflow hole for removing rain-fall (rainwater) by giving damage to canal

Table 9 Number of main problem spot per unit length of irrigation canal (Unit : part/km)

District	Inflow hole	Damage	Obstacle	Filth
R1	4.3	1.2	0.2	0.3
R2	2.2	0.5	0	0
R3	2.2	0	0	0
R4	0.6	0.2	0	0
R5	4.1	0.7	0.2	0
R6	2.2	0.2	0	0
P1	0.2	0	0	0
P2	0.1	0.1	0	0
Average	2.0	0.36	0.05	0.04

구에서는 모든 항목에서 그 빈도가 높게 나타났다. 이 두 지구의 준공이 1940년대에 이루어졌기 때문

에 노후화로 볼 수 있으나, 개보수 사업으로 구조물 수로의 비율이 대단히 높다는 것을 감안한다면 주변지역의 특성과 개발이 그 원인으로 파악할 수 있다.

2. 관개 특성

가. 용수공급량

관개지구별 실제 용수공급량을 산정하기 위하여 2002년 4~9월까지 측정된 자료와 농업기반공사에서 관리하고 있는 통수일지, 강우자료를 활용하여 비교·분석하였다.

Table 10 Water supply quantity by irrigation district (Unit : part/km)

District	Irrigation area (ha)	Canal length per unit area (m/ha)	Water supply (m ³ /year)	Water supply per ha (m ³ /ha/year)
R1	139	70.1	853,099	10,664
R2	64	95.2	108,713	7,765
R3	257	57.0	7,209,059	28,051
R4	144	51.9	2,318,275	16,099
R5	122	39.0	200,701	3,345
R6	2,063	39.8	40,449,569	19,607
P1	200	29.7	1,491,428	7,457
P2	5,804	5.6	60,029,600	10,343
Average	1,099	48.5	14,082,556	12,916

※ Observed period : April~September 2002. P2 district was applicable to feel canals.

Table 10에서 보는 바와 같이 8개 지구의 평균 1 ha당 용수공급량은 12,916 m³/ha/년으로 저수지 지구의 경우 ha당 평균 용수공급량은 14,255 m³/ha/년이고, 양수장지구의 경우 평균 용수공급량은 8,900 m³/ha/년으로 산정되었다.

나. 수로내 유량분포

용수로의 지점별 유량분포는 수로손실을 알기 위하여 측정하였다. 수로 손실은 수로자체손실과 유

말공에서 방류되는 손실을 측정하였다. 측정수로는 R3지구의 용덕간선 일부, R6지구의 5호 5-1, 5-2, 방아지선, 그리고 P2 지구의 건천간선을 선정하였다.

수로손실율은 6.5~46.3% 범위로 많은 차이를 보이고 있었다. 수로재질별 평균 손실률은 토공수로가 21.4%, 구조물수로가 30.4%로 나타나 수로 자체의 손실은 유지관리상태에 따라, 유말공에서의 방류손실은 물관리방식에 따라 차이가 남을 알 수 있었다.

R6 지구 방아지선의 경우 1차측정결과, 1.51 km구간에서 42.9%의 손실률을 나타냈다. 주로 수로 횡단구조물이 설치된 곳의 연결부위에서 다량의 손실이 발생하고 있었다. 그 손실량을 측정할 결과 0.073 m³/s로 전체 손실량의 85%를 차지하여 손

실의 대부분이 여기서 발생하였다. 2차 측정에서는 1.18 km 구간에서 46.3%의 손실률을 나타냈다. 1차조사 때보다 많은 유량을 공급함에도 불구하고 용수가 수로의 말단까지 미치지 못하고 있었으며, 그 원인은 6월보다 9월에 수로내 수초가 더 많이 자라 통수를 방해하게 되고 이로 인해 수로자체에서의 손실을 증가시킨 것으로 판단된다(Fig. 7).

다. 주민체감도 조사

1) 물부족 체감도

농민이 느끼는 물부족 체감도 설문조사를 한 결과는 Fig. 8에 나타난 바와 같다. 물부족 체감도는 수원공의 용량에 영향을 받는 것으로 추측할 수 있으나 실제로 농민이 느끼는 체감도는 다소 다르게 나타났다. R2 지구의 경우 단위면적당 유효저수량이나, 산정된 용수공급량이 다른 지구에 비해서 상대적으로 크에도 불구하고 부정적으로 나타났다.

2) 가뭄경험 수준

가뭄경험에 대한 반응은 물부족의 체감도와는 다소 차이가 있는 것으로 나타났다. 조사결과는 Fig. 9와 같다.

R1 지구의 경우 물부족 체감도가 가장 부정적임에도 불구하고 실제로 가뭄을 경험한 경우가 가장 낮았다. 양수장 지구인 P1 지구에서는 물부족 체감도가 비교적 양호한 반면 가뭄 경험빈도가 높은 것으로 나타났다. 이와 같은 사실은 관개지구의 여건과 관계가 있는 것으로 판단된다.

Table 11 Canal loss measurement results

District	Canal	Length (km)	Material	Loss (%)	Remark
R3	Yongduk	1.87	Earth	37.4	a part of canal
R6	5-1	2.45		16.6	
P2	Gunchun	2.31		15.6	
	Sub-average	2.21		16.1	
R6	5	2.67	Concrete	6.5	
	5-2	2.93		25.7	
	Banga	1.51		42.9	
		1.18		46.3	
	Sub-average	2.07		30.4	
Average		2.13		25.9	

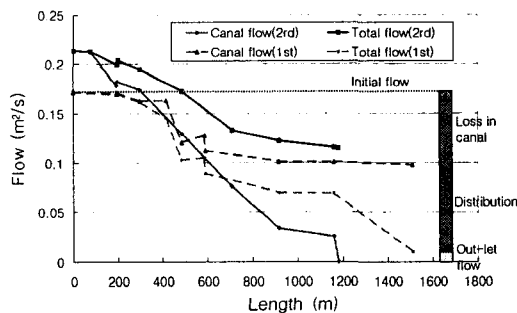


Fig. 7 Canal loss of Bang-a lateral (1st, 2nd)

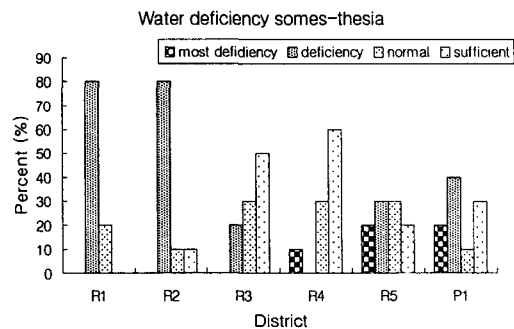


Fig. 8 Recession chart of water deficiency by district

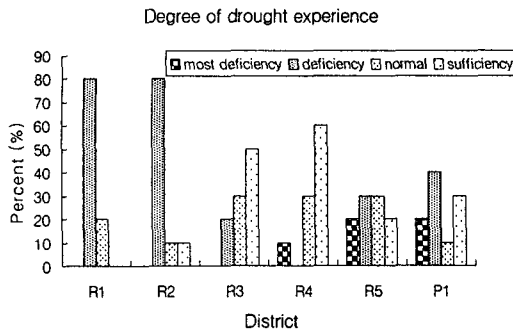


Fig. 9 Degree of drought experience by district

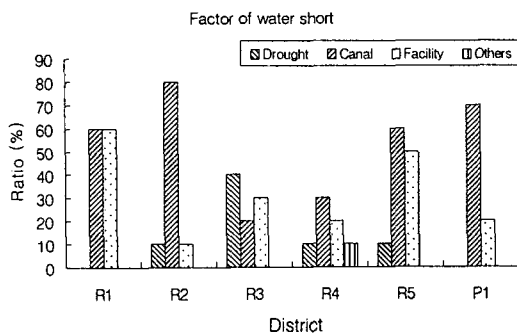


Fig. 10 Factor of water deficiency by district

R1 과 R5 지구 저수지의 단위면적당 유효저수량은 다른 지구에 비해서 상대적으로 작음에도 불구하고 가뭄 경험정도는 비교적 낮은 것으로 나타났다. 이는 물부족 체감도와 가뭄 경험정도가 수원공의 능력과 직접적으로 관계가 있지는 않다는 것을 시사하고 있다.

3) 물부족원인

물부족에 대한 원인을 조사했을 때, 지구별 구분 없이 전체 응답자의 53% 이상이 수로 문제, 32%가 수원공의 용량부족으로 인식하는 것으로 나타났다. 약 12%만이 가뭄 또는 강수량의 부족으로 생각하고 있었다. Fig. 10에서 나타난 결과는 복수 응답자의 수가 포함되어 있다.

물부족의 원인이 농민이 인식하는 수원공 용량부족이나 가뭄보다는 수로의 문제가 실질적으로 가장 크다고 한다면, 앞으로 수로의 개보수에 있어서 이와 관련된 문제점을 파악하고 반영하는 것이 중요

할 것이다.

4. 지구별 수로조직의 평점화 결과

8개의 대상지구에 대하여 조사한 항목들을 가지고 평가한 결과 Table 12, 13에서 보는 바와 같다. 전체 가중치를 적용한 평점을 가지고 지구별 순위를 논하고, 각 부문별 평점으로 그 상태를 살펴보았다.

8개 지구의 평점은 2.801~3.466으로, 평균 3.249로 산정되었다. 평가지구 중 P1 지구가 가장 높은 평점을 받았고 R5 지구가 가장 낮은 평점을 받았다. 지구별 평가결과에 따른 양호, 불량부문을 구분하면 Table 12와 같다.

Table 13에서 중요도를 적용할 때와 적용하지 않을 때의 평가지수와 순위를 비교한 결과, 지구별 순위에서 상위 2개 지구와 하위 2개 지구는 변동이 없었으나 중간 4개 지구의 순위변동을 볼 수 있었다. 이처럼 각 부문과 항목의 중요도가 다르기 때문에 중요도를 적용하지 않았을 경우 지구별 상대적 평가를 위한 객관적인 판단이 어렵다는 것을 알 수 있었다.

V. 요약 및 결론

본 연구에서는 수로조직의 평가를 위하여 경기도 지역에 저수지 6개 지구와 양수장 2개 지구, 총 8개 대상지구의 수로조직을 GPS를 이용하여 용수로의 노선과 현 상태, 수리시설물의 위치 및 문제지점을 조사하고, AHP기법을 이용하여 항목간의 중요도를 산정한 후 각 항목을 5등급으로 구분하고 평점화하였다.

5개 부문 25개 항목에 대하여 자료를 수집하고 평가한 결과, 지구별 평점을 이용하여 상대적인 순위를 결정할 수 있었으며, 각 부문별 평점으로 지구별 수로조직의 현 상태와 개선사항을 파악할 수 있었다.

Table 12 Evaluation result by district

District	Rank	Marks	Satisfactory part	Delinquency part
R 1	3	3.434	water management, residential somesthesia, public benefit	deterioration, facility structure
R 2	4	3.347	water management, environmental influence	facility structure, residential somesthesia, public benefit
R 3	7	3.077	residential somesthesia	facility structure, water management, public benefit
R 4	5	3.300	deterioration, facility structure, residential somesthesia, public benefit	water management, environmental influence
R 5	8	2.801	water management	deterioration, facility structure, environmental influence, public benefit
R 6	2	3.453	deterioration, facility structure, environmental influence, residential somesthesia	water management, public benefit
P 1	1	3.466	deterioration, facility structure, water management, environmental influence, residential somesthesia	public benefit
P 2	6	3.117	deterioration, environmental influence	public benefit
Average		3.249		

Table 13 Evaluated index comparison of before & after applying importance

Classification	R1	R2	R3	R4	R5	R6	P1	P2	Average
Before applying importance	3.182	3.227	3.000	3.227	2.727	3.545	3.682	3.273	3.233
(Rank)	6	4	7	4	8	2	1	3	
Applying item importance in part	3.129	3.114	2.858	3.131	2.482	3.378	3.403	3.083	3.072
(Rank)	4	5	7	3	8	2	1	6	
Applying total importance	3.434	3.347	3.077	3.300	2.801	3.453	3.466	3.117	3.249
(Rank)	3	4	7	5	8	2	1	6	

자료수집 및 현장조사 과정에서 다음과 같은 사실을 발견할 수 있었다.

① 수로에서의 손실은 유지관리상태와 물관리상태에 따라 그 차이가 크게 나타났다.

② 수로내 유량 분포곡선은 유지관리측면에서 집중관리구간을 선정할 수 있는 자료로 활용 가능성이 있었다.

③ ha당 용수공급량은 관개면적이 큰 지구가 작은 지구보다, 저수지지구가 양수장지구보다 많았다.

④ 실제 물부족 체감도 및 가뭄경험정도는 수원공 능력보다 관개구역의 개발과 재이용시설, 대체수원의 활용 등 지구여건에 큰 영향을 받고 있었다.

⑤ 물부족의 원인조사에 농민의 53%가 수원공의 용량부족이나 가뭄보다 수로의 문제라고 응답하였다.

용수의 안정적인 공급을 위해서는 일반적으로 지적되는 수초제거나 퇴적토사의 제거, 오물이나 장애물 등의 제거와 같은 상시 유지관리 뿐만 아니

라, 파손된 시설물에 대한 신속한 개·보수가 뒷받침되어야 하며, 지구별 개발현황 및 계획을 참고하여 용수로의 우수 배제와 같은 복합적 요구 및 앞으로의 용수 수요량의 변화 등을 고려하는 것이 바람직하다.

용수로 조직의 개선사항은 지구별 특성에 따라 차이를 보이고 있었으므로 전국적으로 많은 지구를 대상으로 조사한 결과를 이용하여 평가가 이루어진다면 전반적인 지구별 특성에 따른 개선사항을 알 수 있으리라 판단된다.

본 연구에서 개발한 용수로조직 평가기법을 활용하여 개·보수사업의 우선 순위를 결정할 수 있으며, 이는 객관적이고 신뢰성 있는 농정에 도움을 줄 수 있을 것이라 기대한다.

References

1. Koo, J. W., K. C. Lee, J. Y. Kim and J. Y. Lee, 1982, A Study on the estimation of water loss rates in irrigation canals, *Journal of the Korean Society of Agricultural Engineers* 24(2), pp.56-66. (in Korean)
2. Kim, S. J., J. H. Park, and K. Y. Lee. 1998. A Study on the Evaluation Technique of Maintenance and Management Level for Irrigation and Drainage Facilities. *Daesan Nonchong Vol. 6*, pp.245-255
3. Ministry of Agriculture & Forestry, 2000, Report for intergrated Research of Hydraulic Facilities Repair Project
4. Park, J. H. 1998. Development irrigation facility inquiry system(IFIS) for an investitive study on the characteristics of irrigation facilities. Master's Program in Agricultural Engineering: Konkuk University.
5. Joo, S. H., 1985, Field Evaluations of Water Delivery Losses and Conveyances in Earth Canals on Farm Irrigation Systems, Seoul National University
6. Cho. Y. H. 1997. Development of an evaluation method of stream naturalness for ecological restoration of stream corridors. Ph. D. Program on Landscape Architecture: Seoul National University.
7. Han, K. S. 1999. Development of Rural Resources Evaluation System on the Village Level, Ph. D. Program in Agricultural Engineering: Chungnam National University
8. Saaty, T. L., 1980. The Analytic Hierarchy Process, New York : McGraw-Hill
9. Saaty, T. L., 1994. Highlights and Critical Points on the Theory and Application of the Analytic Hierarchy Process, *European Journal Operational Research*, Vol. 74
10. Tatiana Streltosova, 1974. Method of additional seepage resistances theory and application, *Trans. of ASCE*, 100(HY8), pp.1119-1120
11. Watters, C. Z., 1971. Hydrodynamic effects of seepage on bed particles, *Trans. of ASCE*, 97(HY3), pp.421-439