

# Operation peration and Management of Irrigation System

## -Concept and Technology-

Masaharu KURODA, Ph.D.

President, The Japanese Society of Irrigation Drainage and Reclamation Engineering  
Prof., Faculty of Engineering, Kyushu-Kyoritsu University

### Abstract

The control system is very important for the precise operation and suitable management of irrigation system. The Japanese Society of Irrigation, Drainage and Reclamation Engineering has a committee for investigating irrigation system control. The committee is trying to set up a manual for the control system. The concept of the control system in the preparing manual will be discussed in this report.

Key words: irrigation system, operation and management, control system, concept of control, flow chart for planning, unreliability and non-linearity in irrigation system

### 1. Introduction

A number of countries in the world have faced very severe restrictions on water resources. In addition, the demand of water is increasing year by year due to human activities, population increases and economic expansion. The demand of water has already exceeded the supply capacity in various water project areas. Since the agriculture sector usually consumes the great portion of water resources as irrigation water, the sector will have to cope with this severe situation (Kuroda 1999).

Effective and reasonable water use in agriculture depends on efficient operation and adequate management of irrigation water systems. For keeping the efficient operation and the adequate management, it is very effective to set up the control system such as the telemeter system (TM) and the tele-control system (TC) in the irrigation water system. It will ultimately lead to sustainable agriculture.

The Japanese Society of Irrigation, Drainage and Reclamation Engineering has a committee for investigating irrigation system control. The committee is trying to set up a manual for the control system (Annual Report of the Committee, 1999). The concept of the control system in the preparing manual will be discussed in this report.

### 2. Purposes of Operation and Management of Irrigation System

Irrigation water system is one of the enormous system composed of various facilities, and the command area of the system reaches, in usual, from thousands hectares to tens of thousands hectares. Main facilities composing the irrigation system are (1) water source, reservoir, (2) diversion dam, head works, (3) main canal, open channel, conduits, pipeline etc., (4) regulating reservoir and farm ponds, (5) delivery works, (6) lateral canal and tertiary canal, (7) individual farm plots.

The purposes of the operation and management of the irrigation system are summarized in three items as follows.

(a) Keeping accurate response due to precise operation of each facility in the irrigation system.

(b) Realizing the integrated control of the irrigation system under linking with operation of each facility.

(c) Preventing disasters due to accidental hazards.

### 3. Unreliability and non-linearity of phenomena in irrigation system

(a) Water resources are strongly affected by probability process of rainfall events and non-linearity of hydrologic process. The supply capacity of water is, in usual, unreliable.

(b) Water demand has fluctuations in short term, because it is also affected by rainfall events. In addition, water demand is changeable due to cropping patterns and so on.

(c) Water conveyance, for example, long open channel has a large time lag between operation and response. And this is one of the delicate nonlinear phenomena.

The integrated control of irrigation system has, therefore, delicate matters to treat sufficiently. There are many complicated problems to solve.

### 4. Systematization of irrigation system control

To realize the efficient operation and the adequate management of irrigation system, the control system should be built in. Fig.1 shows the essential terms and a flowchart for building the control system in an irrigation system.

#### (1) Purpose of irrigation system control

There are many purpose items for controlling irrigation system such as "efficiently water use", "instant response of operation", "stability of response", "minimization of operation loss", "minimization of energy cost" and so on. The purpose should be made clear, at first. Some of items above mentioned might be treated as restricted conditions.

#### (2) Establishing simulation technique for hydraulic dynamics in irrigation system

The simulation model should be established as a computer-software for analyzing the complicated non-linear hydraulic phenomena in irrigation system with various conditions.

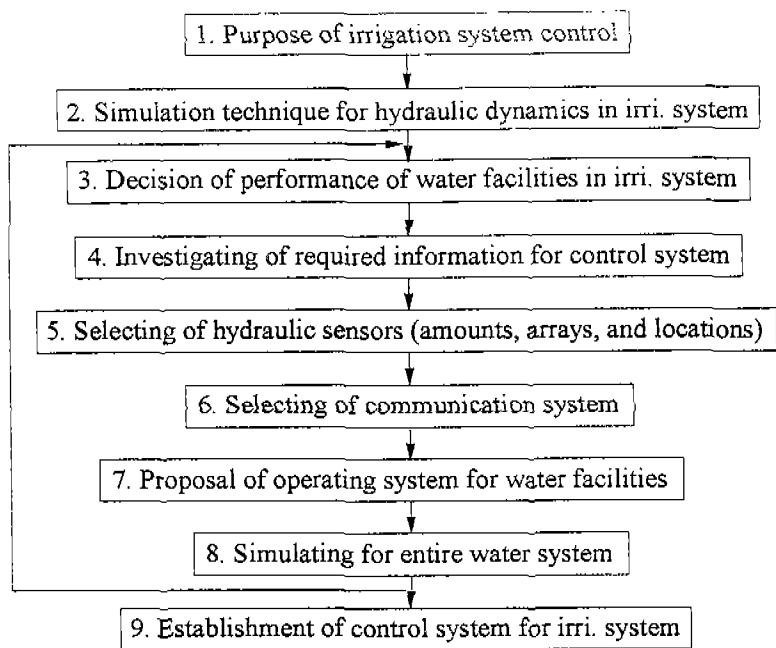


Fig.1 Planning and designing process. (After Shiraishi,1979)

(3) Decision of performance of water facilities in irrigation system

The performances of water facilities are determined in keeping of stability and reliability of irrigation system as the results of simulation above mentioned. The control system for irrigation system should be designed with the same time of planning of irrigation system. But, in usual, the control system is considered after completion of irrigation system. In this case, some of compromises are not able to avoid between irrigation system and control system.

(4) Investigating of required information for control system

Information has to be investigated not only amounts but also qualities. How to treat the accumulated information is preliminary examined for using as the data given to control system after completing the system.

(5) Selecting of hydraulic sensors (amounts, arrays and locations)

Hydraulic sensors (amount, arrays and locations) are determined after investigation of required information mentioned in the item (4).

(6) Selecting of communication system

It is investigated, to where and how to send the information data obtained by sensors. In this stage, the investigations will be tried, which is suitable, the minor-loop control or the central control and so on. Also, communication system (wire relaying or telemeter) is investigated and finally selected.

(7) Proposal of operating system for water facilities

The operating system of water facilities is inquired, for example, concerning oil pressure methods or motor-operated methods, etc. The operations for emergency have to be considered in this stage.

#### (8) Simulating for entire water system

Computer simulations for the entire water system are carried out to various conditions on presumed events in the system. Here, the entire water system is defined as a combination of the irrigation system and the control system. And it has to be confirmed that the entire system is stable and reliable for various conditions. If the stability or the reliability is not satisfied, the plan should be feedback to the item 3.

#### (9) Establishment of control system for irrigation system

The hardware of the control system is established through the series of process above mentioned. The layout of the control center, sub-centers and satellite stations is finally settled.

### 5. Conclusion

The big problem to be solved is a severe phenomenon occurred at the joint of open channel and pipeline. Open channel has a large delay between operation and response, and the order of the delay is hourly. Especially, it takes several hours in long channel. On the contrary, the response of pipeline is very short. The response time is counted with the second unit in pipeline. In case of jointing open channel and pipeline, it is recommended to construct a regulating reservoir. If there is not any regulating facility, a big amount of operation loss of water appears at the joint site.

### References

Kuroda,M.,(1999): Scarce Water Resources and Irrigation System Management. Rural and Environmental Engineering No.37 pp.1-3, JSIDRE.

Annual Report (1999): the Committee for Investigating Irrigation System Control pp.3-21.JSIDRE.

Shiraishi,H.,(1979): Operation and Control of Water Management System. Water and Japanese Agriculture pp.138-152 (Ed. by Ogata), University of Tokyo Press.

# 관개조직의 유지관리

## Operation and Maintenance of Irrigation System

Masaharu KURODA, Ph.D.

일본 농업토목학회 회장, 九州共立大學 교수

### 요약

관개조직의 정확한 운영과 적절한 관리에 있어 조절 시스템은 대단히 중요하다. 일본농업토목학회는 관개조직 조절을 조사하는 위원회를 가지고 있다. 이 위원회는 조절 시스템을 위한 편람을 만들려고 한다. 편람을 만드는데 있어서의 조절 시스템의 개념을 여기에서 다루고자 한다.

### 1. 서언

세계 여러 나라는 심각한 물 부족에 직면해 있다. 인간의 활동, 인구 증가 및 경제 발전 때문에 해마다 물의 수요는 증가하고 있다. 물의 수요는 이미 여러 사업지역에서 공급 가능량을 초과하고 있다. 농업부문은 관개용수로서 많은 양의 수자원을 사용하고 있으므로 이 문제를 심각하게 다루지 않으면 안 된다.

농업에서 물의 효과적이고 합리적인 사용은 관개용수조직의 효율적인 운영과 적절한 관리에 좌우된다. 효율적인 운영과 적절한 관리를 위해서는 관개용수조직에서 TM, TC와 같은 조절 시스템을 설치하여야 하며, 결과적으로 이는 지속 농업을 가능케 할 것이다.

일본농업토목학회는 관개조직의 조절을 조사하는 위원회를 가지고 있다. 이 위원회는 조절 시스템을 위한 편람을 만들려고 한다. 편람을 만드는데 있어서의 조절 시스템의 개념을 여기에서 다루고자 한다.

### 2. 관개조직의 유지관리의 목적

관개용수조직은 여러 시설과 수천ha에서 수만ha에 이르는 관개면적으로 구성된 대규모 조직이다. 관개조직을 이루는 주 시설로는 1) 수원, 저수지, 2) 분수언, 두수공, 3) 간선수로, 개수로, 관수로 등, 4) 조절지, 팜폰드, 5) 송수 구조물, 6) 지선과 지거, 7) 각 농장 필지 등이 있다.

관개조직의 유지관리의 목적은 다음과 같이 세 가지로 요약할 수 있다.

- 가. 관개조직에서 각 시설의 정밀한 운영에 따른 정확한 반응을 유지하는 것
- 나. 각 시설의 운영을 연결하여 관개조직의 종합적 조절을 실현하는 것
- 다. 사고에 따른 재해를 방지하는 것

### 3. 관개조직에서 나타나는 현상의 비신뢰성과 비선형성

가. 수자원은 강우의 확률과정과 수문과정의 비선형성에 크게 영향을 받는다. 물의 공급 가능성은 보통으로 신뢰성이 없다.

나. 물 수요는 그 것이 강우에 의해 영향을 받기 때문에 단기적으로 변동한다. 그리고 물 수

요는 작부체계 등에 따라 변한다.

다. 송수시설, 예를 들어 긴 개수로는 운전과 반응 사이에 큰 시간 지체가 있다. 그리고 이것이 비선형성 현상을 일으키는 하나의 요인이다.

그러므로 관개조직의 종합적 조절은 잘 다루기 어려운 일이며 해결해야 할 많은 문제점들을 가지고 있다.

#### 4. 관개조직 조절의 조직화

관개조직의 효율적인 운영과 적절한 관리를 실현하기 위해서는 조절 시스템이 설치되어야 한다. 그림 1은 관개조직에서 조절 시스템의 설치를 위한 핵심 용어와 흐름도를 나타내고 있다.

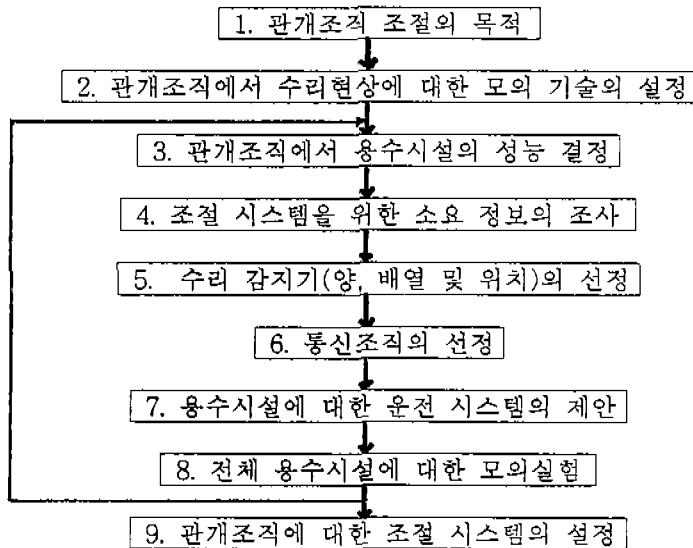


그림 1. 계획 및 설계 과정

##### 가. 관개조직 조절의 목적

관개조직을 조절하는 목적에는 효율적인 용수 이용, 운전의 즉시 반응, 반응의 안정화, 운전 손실의 최소화, 에너지 비용의 최소화 등이 있다. 이들 중 어느 것은 제한 조건으로 취급될 수 있다.

##### 나. 관개조직에서 수리현상에 대한 모의 기술의 설정

여러 가지 조건을 가진 관개조직에서 복잡한 비선형 수리현상을 분석하기 위한 컴퓨터 소프트웨어로서의 모의 모델이 설정되어야 한다.

##### 다. 관개조직에서 용수시설의 성능 결정

용수시설의 성능은 위에서 언급한 모의 조사의 결과에서 관개조직의 안정성과 신뢰성을 확보하도록 결정하여야 한다. 관개조직의 조절 시스템은 관개조직의 계획과 함께 설계되지 않으면 안 된다. 조절 시스템은 관개조직을 완공한 후에 고려하는 것이 보통인데, 이렇게 하면 관

개조직과 조절 시스템간에 어떤 타협을 하게 되고 따라서 완전한 것을 얻기 어렵다.

라. 조절 시스템을 위한 소요 정보의 조사

소요 정보는 양적인 것뿐 아니고 질적인 것도 조사되어야 한다. 수집된 정보는 예비적인 검사를 통해 조절 시스템의 완공 후에 필요한 자료로 제공된다.

마. 수리 감지기(양, 배열 및 위치)의 선정

수리 감지기(양, 배열 및 위치)는 라. 항에서 언급된 소요 정보의 조사 후에 결정한다.

바. 통신조직의 선정

감지기로 얻은 정보 자료를 어떻게 어디로 보낼 것인가를 조사하여야 한다. 이 단계에서 minor loop 조절, 중앙조절 등에서 어느 것이 적합한지 조사하여야 한다. 또한 통신 시스템도 유선, 무선 중 어느 것으로 할 것인지 검토하고 최종 선정을 하여야 한다.

사. 용수시설에 대한 운전 시스템의 제안

용수시설의 운전 시스템을 유압식으로 할 것인지 모터 운전식으로 할 것인지 검토하여야 한다. 또, 이 단계에서는 비상시의 운전문제에 대해서도 검토하여야 한다.

아. 전체 용수시설에 대한 모의실험

가정된 상황하에서 여러 조건에 대해 전체 용수시설에 관한 컴퓨터 모의실험을 시행하여야 한다. 여기서 전체 용수시설이란 관개조직과 조절 시스템을 합한 것을 말한다. 이 경우 여러 가지 조건하에서 전체 용수시설의 안정성과 신뢰성이 확인되는 것이 필요하다. 만약 안정성 또는 신뢰성이 만족스럽지 못하면 이 계획은 다. 항으로 되돌아가야(feed back) 한다.

자. 관개조직에 대한 조절 시스템의 설정

조절 시스템의 하드웨어는 위에서 언급된 일련의 과정을 통하여 설치되고, 조절 센터, 하부 센터 및 위성지소(satellite station)의 배치가 최종적으로 결정된다.

## 5. 결론

해결해야 할 주요 문제는 개수로와 관수로의 합류점에서 생기는 수리현상이다. 개수로는 운전과 반응 사이에 큰 시간 지체가 있고 지체의 크기는 시간 단위이다. 긴 수로에서는 몇 시간이 되기도 한다. 반대로 관수로의 지체시간은 대단히 짧다. 개수로와 관수를 연결시키는 경우에는 조절지를 설치하는 것이 좋다. 만약 조절 시설이 없는 경우에는 많은 양의 용수 운전손실이 합류점에서 발생한다.