

# 물관리에 있어서의 시스템 분석 -OR과 인공지능의 적용- System Analysis Aspects in Water Management

中村良太\* , 김진수\*\*역  
Nakamura, Riota Kim, Jin-soo

## 1. 서언

수자원의 부족이 심각해짐에 따라 관개배수분야에서 조작 및 유지관리의 중요성이 점점 더 증대되어 장래에는 관개조작의 전산화가 더 널리 확산될 전망이다. 이미 여러 관개조직의 관리소에는 많은 컴퓨터와 TC/TM(Telecontrol-Telemetry) 시스템이 설치되어 있다.

저명한 경제학자들은 옛부터 기술의 발전이 전체 사회의 변화를 일으키는 주 요인이 된다고 말해왔다. 실제로 컴퓨터의 도입이 전체 사회와 산업의 발전에 많은 변화를 가져왔다. 그러나 관개배수분야에서는 컴퓨터의 도입이 항상 물사용의 효율을 크게 증대시키지는 못해 왔다. 컴퓨터에 의해 얻는 이익이란 원격제어에 의한 원격조절로 인건비를 절감하는 것 뿐이었다. 이에 컴퓨터와 관련된 장래의 관개배수기술의 발전을 위해서는 컴퓨터의 기본개념 또는 시스템화를 더욱 면밀히 검토할 필요가 있다.

본 강연에서는 시스템분석의 기본개념을 관개배수분야에 어떻게 효율적으로 적용할 것인가를 언급하려고 한다. 특히 시스템 분석에 있어서의 OR(Operation research)과 인공지능(Artificial intelligence)의 관개배수 분야에의 적용을 설명하려고 한다. 여기서는 이들 두 방법의 적용에 대한 기본개념을 설명하고 보다 상세한 내용은 참고문

헌<sup>1),2),3),4)</sup>을 참조하길 바란다.

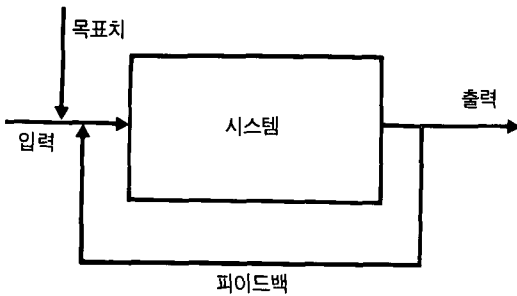
## 2. 피드 백(Feed back) 시스템의 기본개념

오늘날 컴퓨터와 자동화의 발전은 Von Neuman과 Nobert Wiener 같은 위대한 사람 때문이었다. Von Neuman은 컴퓨터 구조에 기여하였고, Nobert Wiener는 자동제어의 기본원리를 연구하였다. 제2차 세계대전중 Wiener는 적기를 지상에서 격추하기 위하여 전투기의 항로를 추적하고 예측하는 일에 종사하였다. 당시에는 지상의 곡사포에서 쏜 탄환이 전투기 높이까지 도달되는 데는 몇 분 걸렸으므로 전투기의 지난 항로를 추적하여 몇 분 후의 항로를 예측하지 않으면 안되었고, 전투기 측에서는 항로를 벗어나 지그재그로 운행하려고 노력하였다. Wiener는 이와 같은 전투기의 장래 항로를 예측하는 데에 추계적방법(Stochastic method)을 이용하려고 하였다.

Wiener에 의하여 창안된 것이 <그림-1>과 같은 피드백(Feed back) 개념으로서 출력값을 참조하여 입력값을 수정하므로써 출력의 일부가 입력으로 되돌려진다. 포수는 출력(포방향)과 목표치를 검색하여, 포방향이 예측된 목표지점의 방향과 차이가 있으면 피드백에 의해 포수의 핸들(입력)은 회전되고 포방향(출력)은 수정되어 목표치에 접

\* 東京대학교 농학부

\*\* 충북대학교 농과대학



<그림-1> 피이드백의 기본개념

근하게 된다. 이런 개념은 다른 개념과 결합하여 후에 자동화기술과 OR이라는 새로운 기술분야를 형성하게 되었다.

### 3. 재고관리론의 물관리에의 적용

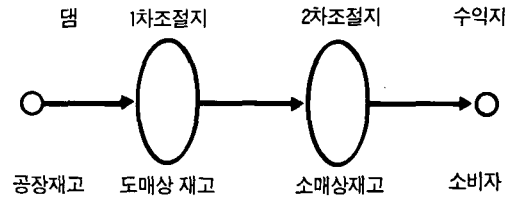
OR(Operation research)은 상품의 제조, 유통을 포함하는 기업의 경영계획을 수치적기법에 의하여 합리적으로 수행하는 것으로 많은 기업들이 이를 이용하고 있다. 그러나 OR의 기본적인 생각은 수리 시스템에 있어서 성립하는 면이 많다.

OR의 가장 기본적인 생각으로서 Trade off의 개념이 있다. 이것은 한쪽의 손실을 적게하면 다른 쪽의 손실이 증가하는, 한쪽이 기울어지면 다른 쪽이 서게되는 그런 관계를 말한다. 댐관리자는 하류의 사람들에 대하여 가능한 많은 물을 방류하여 충분히 사용하게 하고 싶다. 그러나 지나치게 많은 물을 방류하면 답수율은 낮게 되어 장기간의 가뭄과 같이 정말로 물이 필요로 될 때 방류할 수 없게 된다. 이것은 현재의 최적과 미래의 최적의 모순하는 하나의 예로서, 결국 용수조작의 문제는 이런 Trade off의 조정의 문제에 해당된다.

OR의 구체적인 응용분야의 하나에 재고문제가 있다. 이것은 전쟁시 작전에 필요한 물자를 어느 곳에 얼마만큼 운반해두면 좋을까 하는 연구로부터 시작되었다. 일반상품의 경우 말단의 매상(수요)은 시간적으로 불확정적으로 변동한다. 이에 대하여 재고가 많게 되면 보관비용이나 이자 등의 손해를 보게된다. 또한 재고가 없으면 고객이 증가하였을 때 역으로 물건을 판매할 수 없게 되어 불이익이 발생한다. 이 양자의 사이에는 기본적으로

Trade off의 관계가 존재하고 있다.

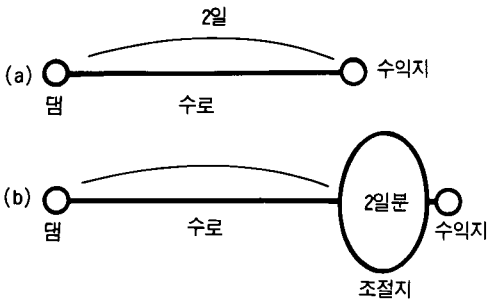
이와 같이 상류댐으로부터 방류하여 하류의 受益地(농지)까지 보내는 용수의 흐름과정과 일반상품이 공장으로 부터 소비자까지 도달되는 상품의 유통과정 사이에는 매우 흡사한 공통점이 있다. 두 경우에 있어서 문제가 되는 것은 “수요량의 불확정적인 변동”과 상품(또는 용수)이 공급측에서 수요측까지 도달되는데 걸리는 “도달시간”이다. 이 때 상류댐은 공장재고에, 간선수로상에 있는 대형조절지는 도매상재고에, 말단에 가까운 조절지는 소매상재고에, 그리고 수익지는 소비자라 비교할 수 있다(그림-2).



<그림-2> 용수의 흐름과 상품의 유통의 유사성

일본에는 상류산간부에 있는 댐으로부터 하류수익지까지 방류한 물이 도달하는 데 2~3일씩 걸리는 관개지구가 여러 곳 있다. 방류수의 도달시간 때문에, 댐관리자는 도달시간에 해당하는 만큼의 시간의 전에 하류수익지의 일기를 예측하지 않으면 안된다. 만약 일기예측이 불가능하다면 맑은 날로 생각하여 최대를 방류하려고 한다. 이 때 예상치 않았던 비가 내린다면 수요가 없게 되어 댐에서 이미 방류된 물은 무효방류가 되어 바다로 흘러 들어가고 만다. 이렇게 하여 수로를 콘크리트로 라이닝하고 최신의 설비를 갖추고서도 때로는 수십퍼센트에 미치는 무효 방류가 생기는 것으로 알려져 있다.

이런 문제를 해결하기 위하여 어떻게 하면 좋을까? 하류의 수익지근처에 소매점창고에 해당하는 조절지라고 불리는 소규모의 중간저류시설을 만드는 것이 필요하다. 가령 댐으로부터 하류의 수익지 까지 2일의 도달시간이 걸린다고 하자. 본래 댐측에서는 2일 앞의 수요량을 예측하여 미리 방류하지 않으면 안된다(그림-3). 그러나 수익지측에 최대유량의 2일분 용량의 조절지가 있고, 그 저수



(a) 수로만 있는 경우  
(b) 수로에 조절지가 있는 경우

〈그림-3〉 도달시간을 갖는 수로계의 기본형

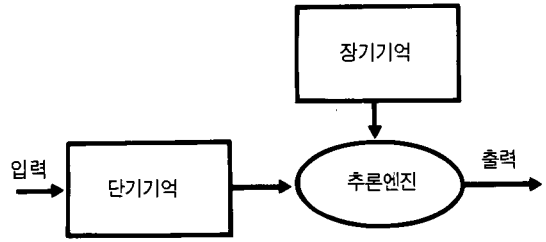
량의 정보를 댐측에서 알 수 있다고 하면 사정은 크게 바뀐다. 만수상태의 조절지의 경우, 가령 하류측에 최대유량의 수요(취수)가 발생하고 그날 조절지로의 유입량이 전혀 없다고 하더라도 2일간은 조절지의 물로 견디어 낼 수 있다. 따라서 수요가 발생한 날 댐으로부터 방류하여도 조절지가 비게 될 때는 댐의 물이 도달되어 물부족을 방지할 수 있다. 이런 작용에 의하여 무효방류를 방지시킬 수가 있는 것이다.

일본의 아이치(愛知) 용수의 경우 조절지를 설치함으로써 송수효율을 70%에서 95%를 증가시킬 수 있었다. 그러면 조절지의 위치와 크기는 어떻게 정해야 좋은가? 이 문제는 참고문헌 1에서 상세히 다루고 있다.

#### 4. 관계계획에 이용되는 인공지능

컴퓨터는 초기에는 계산이 주기능이었지만 최근에는 정보처리, 지식처리 등과 같은 지능적인 면이 강조되고 있다. 인공지능(Artificial intelligence)은 인간이 지각하고 기억하고 생각하는 지능의 작용메카니즘을 컴퓨터 위에 실현시키려는 것으로, 전문가시스템(Expert system)은 가장 강력한 인공지능의 적용방법 중의 하나이다.

전문가시스템은 전문가가 아닌 사람이 자신의 문제를 해결하기 위하여 컴퓨터에 의해 전문가의 판단정보를 지원받을 수 있는 시스템이다. 다시 말하면 전문가의 지식을 인위적으로 컴퓨터에 저장시켜 놓고 컴퓨터로부터 원하는 결과를 얻는 자문형(Consulting)시스템을 말한다. 전문가 시스템



〈그림-4〉 전문가시스템의 개념

의 기본개념구조는 〈그림-4〉로서 인간의 두뇌가 어떻게 작용되고 있는가를 보여준다. 두뇌에는 두 가지 기억, 즉 단기 기억과 장기 기억이 있다. 인간이 어떤 결정을 하고자 하면 먼저 문제의 상황을 찾아서 이것을 일시적으로 단기 기억에 저장한다. 추론엔진은 이런 단기 기억을 장기 기억에 저장된 과거의 경험 또는 지식들과 비교한 후 최종결정을 하게 된다.

이런 종류의 시스템중 가장 유명하고 성공을 거둔 것이 의학분야에서의 MYCIN이다. 이것은 장기 기억에 경험있는 의사의 지식을 컴퓨터에 넣어 두어 두통, 복통, 체온, 혈압 등의 환자의 현 증상을 입력하여 감염자의 진단과 치료에 쓰는 시스템이다.

오늘날 농업수리사업의 시행에 있어서 많은 환경론자들은 왜 이 사업이 이런 시기와 장소에서 시행되어야 하는가하는 문제를 제기한다. 이런 환경론자의 문제제기에 대하여 계획을 담당한 농업토목기술자들은 논리적이고 확신적인 답변을 하지 못하고 있다. 이와 관련하여 경제적인 이익을 제시할 수도 있으나 그것으로는 환경론자에게 충분한 답변이 되지 못한다.

대개 사업의 추진과정에 있어, 주요 골격이 확정된 후에 세부사업에 대해서는 많은 자료나 편람을 얻을 수 있다. 그러나 사업계획의 초기단계에서 골격을 짜는 논리는 기술자의 경험에 의존할 뿐 명확히 확립되어 있지 않다. 사업계획의 초기단계는 매우 중요하다. 왜냐하면 다른 용수와의 치열한 수자원의 경합 속에서 농업수리사업을 다른 개발계획과 어떻게 균형을 맞출 것인가하는 문제 또는 농업수리사업을 반대하는 지역주민과 어떻게 교섭할 것인가 하는 등의 문제들에 대한 해답을 갖고 있을

수 있기 때문이다. 여기에 사업의 초기단계에서 기술자의 논리나 사고방식을 인공지능의 기법을 이용하여 확립한다면 이런 문제들을 해결할 수 있을 것이다. 참고논문 2에서 제시된 시스템은 사업계획의 초기단계에서의 전문가의 사고과정을 보여주는 것이다.

## 5. 결론

본 강연에서는 시스템 분석의 기본개념과 이것의 관개배수 분야에서의 적용에 대해 설명하였다. 과거에는 컴퓨터시스템이 시스템의 피상적인 지식만을 다루어 비효율적인 측면도 있었으나, 오늘날은 시스템분석의 기본개념에 대한 이해를 통하여 관개배수 분야에의 이용을 가능하게 하고 있다. 그러나 이런 기본개념을 깊이 이해한다는 것은 그렇게 쉬운 일이 아니고, 실패와 이를 극복하려는 연구노력의 반복에 의하여 얻어진다. 이런 시스템분석에 대한 이해와 관개배수분야에의 적극적 이용은 보다 효율적인 농업용수의 관리는 가능하게 하리라고 생각한다.

### 참고문헌

1. Nakamura, R., 1978. Practical graphic-method for optimizing the operation and capacity of regulating reservoir in irrigation systems, Trans. of the ICID 10, 1 (B), pp. 587~599.
2. Nakamura, R. and Tsukiyama H., 1992. Analysis by expert system of initial irrigation canal renovation project planning, 6, pp. 223~233.
3. 中村良太, 1976. 用排水系の在庫管理的な操作諸量群の結合則に関する基礎理論, 農土論集 41. pp. 28~37.
4. 中村良太, 1979. 用排水系の在庫管理論, 水と日本農業, pp. 123~137.

### 저자 약력

中村良太



1964. 東京대학교 농학부 농업공학과 졸업  
현재 東京대학교 농학부 농업공학과 교수  
ICID 부회장

### 역자 약력

김진수



1985. 서울대학교 공과대학 토목공학과 졸업  
1987. 일본 동경대학교 대학원 농학석사  
1990. 일본 동경대학교 대학원 농학박사  
1991. 미국 Cornell대 연구원  
현재 충북대학교 농대 농공학과 조교수  
KCID 편집 및 학술분과위원