해외논문 소개

관개배수의 실행지표

Performance Indicators for Irrigation and Drainage

정 상 옥*
Chung, Sang-ok

1. 서 론

본 논문은 현재 관개실행 연구(Research Program on Irrigation Performance)에서 사용되고 있는 실행지표를 요약한 것이다. 본 연구에서 약 40가지의 학제간 실행지표를 정량화하고 테스트하기 위하여 현장자료를 관측하고 수집하였다. 이러한 지표들은 물 배분, 물사용 효율, 유지관리, 관개의 지속가능성, 환경측면, 사회경제적 측면 및 경영 등을 포함한다.

이런 지표들에 대한 현장의 경험들은 여러 논문에 발표되었다(Bos 등, 1993; Vos 등, 1997; Bustos 등, 1997; Marre 등, 1997). 일반적으로 어떤 여건하에서 필요한 지표의 숫자는 정량화 하고자 하는 실행의 정도에 따라 다르고, 관개배수에서 조사항목(물수지, 경제성, 환경,경영)에 따라 다르다. 그러나 시스템의 실행을 서로 비교하는 데는 다음 절에 소개한 지표 중에서 고를 것을 추천한다.

실행평가에 관한 과거의 연구(Murray-Rust & Snellen, 1993; Bos 등, 1993)에서 서로 다른 목적을 가지는 세 단계의 조직으로 구분하였다.

- 관개배수 시스템 수준
- 기관 수준
- 구역단위에서의 계획 및 정책 환경

각 조직간의 목적이 서로 다른 데도 불구하고 실행에 대하여 동일한 정의가 제안되었다.

- 기관의 생산품이나 서비스가 고객이나 사용자의 필요성에 상응하는 정도
- 기관이 자원을 분배하는 효율

여러 고객이나 사용자가 있다는 것을 인식하는 것은 자금 제공자, 정치가, 시스템관리자 및 농민과 같이 다양한 그룹의 목표를 구분하는 것을 훨씬 쉽게 만든다. 사용하여야 할 지표의 개수는 고객이나 그룹에 따라서도 달라진다.

2. 실행평가 과정

실행평가 과정은 한 기관의 관리자의 두가지 간단한 질문에 대답하는 능력에 좌우된다.

- "내가 일을 바르게 하고 있는가?" 이것은 제공하고자 하는 서비스의 수준(설정되었고 계약된)이 달성되겠는가를 묻는 것이다. 이것은 훌륭한 운전실행의 기본이다.
- "내가 바른 일을 하고 있는가?" 이것은 더 광범위한 목표가 달성될 수 있는가, 또는 효율적으로 달성될 수 있는가를 찾아내기 위한 질문이다. 후자는 전략적 실행에 대한 평가과정의

* 경북대학교 농과대학

키워드 : 배수, 환경, 관개, 유지관리, 경영, 실행
사회경제

일부이다.

운전실행이란 계약된(또는 미리 설정된) 서비스를 통상적으로 수행하는 것과 관련된다. 이것은 특별히 어떤 시각에서 목표가 달성된 정도를 측정하며, 따라서 실제의 투입과 생산이 규칙적인 기준에 의하여 측정되어야 한다.

전략적 실행은 모든 가용자원이 계약된 서비스 수준을 효율적으로 달성하기 위하여 잘 사용되었는지 여부와, 이 서비스의 달성이 더 광범위한 목표 Set를 달성하는지 여부를 평가하는 보다 더 긴 기간의 활동이다. 이 활동에서는 보통 지표의 시계열과 지표의 변화율이 사용된다. 여기서 가용자원이란 재정자원, 자연자원 및 관개시스템을 운전하고 유지관리하는 인적 자원도 포함한다. 전략적 경영은 시스템 관리자 뿐만 아니라 기관내 높은 수준의 간부와 국가 차원의 계획과 정책수준을 포함한다.

모든 수준에서 실행은 여러 가지 목표의 조합에 의하여 평가되어야 한다. 목표는 여러 수준에서의 경영자의 목적을 반영한다. 시스템 관리자는 목표를 연간 또는 계절간 계획과정의 생산에다 기본목표를 설정하기가 쉽다. 따라서 상부기관의 관리자는 설계기준을 목표로 삼기가 쉽다. 왜냐하면 이 설계기준이 초기의 투자결정의 토대가 되기 때문이다. 광범위한 목표와 관련되는 정책입안자는 자연자원의 이용과 관련하여 가능한 실행에 대하여 생각할 것이다. 따라서 설계목표와 허용되는 범위는 지역실정이 반영된다 할 것이다. 그러므로 이것들은 전반적인 생태여건과 관개시스템의 크기에 영향을 받는다.

3. 계약된 서비스 수준

관개기관에 의하여 물사용자에게 제공되는 서비스는 "계약된 서비스 수준"에 의해 결정되며, 고려해야 할 주요 요소는 다음과 같다.

• 써비스를 지향하는 관개배수기관은 다음 조건에 부합하여야 한다.

- 농민들의 요구에 부응하기 위해 모든 노력을 다한다.
- 농민들에게 서비스를 최저의 가격으로 제공한다.
- 앞의 2개항에 대하여 농민들에게 책임을 진다.

• 관개기관과 물 사용자간의 서비스 계약에는 다음 사항을 명기한다.

- 제공될 서비스
- 서비스에 대한 대가로 농민들이 제공할 금액이나 자원
- 계약한대로 서비스가 제공되고 대가가 지불되었는지를 검사하는 절차
- 분쟁을 조정할 기관
- 계약내용을 갱신 또는 개선하는 절차

• 대규모 관개시스템에서는 관개수가 개별 농민에게 도달하기 전에 관개기관이나 물사용자 조합을 거치게 된다. 이러한 경우에는 한 기관에서 다음 기관으로 물이 이동하는 단계에 따라 따로 서비스 계약을 체결하여야 한다. 이러한 한 셀의 관개서비스 계약은 물이용자 조합에 대하여 물사용자와 기관으로서의 이중 역할을 규제한다.

• 기관은 서비스 계약 체결을 위해 법률적인 권한을 가져야 한다. 기관의 규정은 기관내의 행동에 대한 규칙을 명시하여야 하며, 이 규칙은 서비스 계약에 대한 절차를 명기하는것 외에 기관의 목적, 기관의 구조, 이사의 선출과 직원채용에 관한 절차, 이사, 직원 및 회원의 권리와 의무에 대해서도 명확히 해야 한다.

• 관개배수 시스템의 서비스 지향적인 경영이란 서비스 계약과 기관의 규정에 기초하여 지속가능한 시스템의 가동을 위하여 필요한 기술상 및 제도상의 개선점을 파악하고, 설계하고, 실행하는 과정이다.

기관이 고객들에게 제공하여야 할 서비스 수준에 따라 위의 다섯 항목을 합하면 다음 식을 얻을 수 있다.

$$\text{계약된 서비스 수준} = \frac{\text{공급된 자원의 목표수준}}{\text{고려된 자원의 수요수준}}$$

따라서 각 분야에 있어서 계약된 서비스 수준은 고려된 파라메터의 부분집합의 목표 값을 정량화 한다. 계약된 서비스 수준은 월별로 다를 수 있으므로, 모든 하위 지배면적에 대하여 정의해 주는 것이 좋다. 물공급 방법에 따라 임계 기간동안에는 더 짧은 기간(10일 또는 그 이하)을 사용해야 할 때도 있다.

계약된 서비스 수준의 주 목적은 사용자가 설정한 참고수준에 비하여 '배달된 자원의 목표 값'을 정량화 하는 것이다. 참고수준은 관련된 관개지역에 적합하여야 하며 시간이 지나도 일정한 값이어야 한다. 그 실제의 값은 덜 중요하다. '배달된 자원의 목표 값'을 결정할 수 없으면 실행을 측정할 수 있는 기준 잣대가 없는 것이 된다. 따라서 '배달된 자원의 목표 값'은 매우 중요하며, 서비스 수준은 자원(예; 물, 에너지, 인력, 자금)의 이용가능성의 변화에 따라 수정되어야 한다.

4. 실행지표의 일반적 특징

진정한 실행지표는 편향된 양을 평가할 수 있게 하는 실제 값과 목표 값 둘다 포함한다. 그것은 관리자가 그 편향치가 수용될 수 있는지를 판단할 수 있는 정보를 포함하여야 한다. 따라서 가능하다면 실제 관측 값과 목표 값을 비로써 나타낼 수 있는 지표가 바람직하다. 즉,

$$\text{계약된 서비스 수준} = \frac{\text{공급된 자원의 목표수준}}{\text{고려된 자원의 수요수준}}$$

어떤 시스템에 대하여 채택된 지표는 그 시스템의 목적에 대한 실행을 묘사할 수 있어야 한다. 이러한 과정이 지표와 전체적인 실행평가 체제를 연결시켜 준다. 이 점을 고려하지 않는다면 관리자는 당초의 보고에서는 포함되지 않은 활동에 대하여 평가되게 할 것이다. 따라서 좋은 지표는 두가지 방향으로 사용될 수 있다. 어떤 지표는 관리자에게 어떤 시스템에서 현재의 지표가 무엇인지를 알려주고, 다른 지표와 연관하여 그 시스템내에서 실행을 개선시키기 위해서 어떤 행동을 취해야 할지를 알려준다. 이러한 관점에서 장기간 동안 동일한 지표를 사용한다는 것은 중요하다.

5. 물수지 지표

물수지 실행 지표는 관개시스템의 물공급 기능을 평가한다. 이는 일차적으로 관개수요량에 맞추어 물을 공급해 주는 것과, 사용자의 효율적인 물 관리 능력과 공평성이라는 사회적 측면을 고려하는 보다 주관적인 신뢰도 개념을 포함한다. 이러한 3가지 관점이 물수요자에게 제공되어야 하는 서비스 수준의 개념을 나타낸다.

관개시스템내의 물사용자 단체(WUA)에게 물을 분배하고 배달하는 것; 지선의 지배 면적내의 지선구역으로 물의 공급; 지거의 지배 면적내의 4차 구역으로 물의 공급; 4차 구역 내의 각 포장으로의 물의 공급; 관개시스템과 부시스템의 관리자의 1차적인 임무는 계획에 따라 물을 공급하는 것이다. 따라서, 이 절에서의 지표는 물배달 실행의 관점에서 관리자에게 지침을 준다.

가. 물배달 실행

가장 간단하며 중요한 수리학적 실행지표는

(Clemmens & Bos, 1990; Bos et al. 1991)

$$\text{물배달 지표} = \frac{\text{실제 공급된 물의 양}}{\text{배달을 의도한 물의 양}}$$

이다. 이는 조직내에서 관리자가 어떤 장소와 시기에 의도한 양의 물을 어느 수준까지 배달할 것인지를 결정할 수 있게 해준다. 물배달 지표 비율의 1차적인 기능은 조직내의 어느 위치에서 물이 의도한 대로 배달되었는지를 체크할 수 있게 해준다. 빈번한 유량관측에 의하여 실제 물을 배달하였다면 관리자가 의도한 양만큼 실제로 배달할 가능성은 더 커진다.

장기간 동안 물배달 지표 비율이 1에 가까우면 관리가 효율적이었다고 할 수 있으며, 만약 동일 지역내의 다른 블록들의 물배달 지표 비율 값이 서로 비슷하다면 물배달의 균등성이 좋다고 할 수 있다. 따라서 실제의 물배달 균등성은 물배달 지표의 표준편차를 계산하여 정량화 할 수 있다.

나. 물 수지 비율

일반적으로 물 수지 지표는 순간적인 유량보다는 일정 기간의 물 배달량으로 계산한다. 이 비율은 일정 기간에 대한 어떤 공간의 물수지의 성분을 정량화 한다. 따라서 위에서와 같은 유량자료가 필요하다.

다. 포장적용 비율

ICID(1978)가 정의한 포장적용 비율은 다음과 같다.

$$\text{포장적용 비율} = \frac{V_m}{V_f}$$

V_m = 작물이 생육기간 중에 수분 스트레스를 받지 않을 정도의 필요 관개수량

V_f = 어떤 기간 동안에 포장에 배달된 물의 양

실시간으로 V_m의 값을 설정하기란 여러 가지 복잡한 포장 관측이 요구되기 때문에 어렵다. 그러나 전 관개지역내의 각 지역에서 동일한 방법이 사용된다면 V_m의 값을 정량화 하는 방법은 별로 중요하지 않다. 실무에서는 V_m 값이 작물의 증발산량에서 유효강우량을 뺀 값 ET_p-P_e 와 같다고 볼 수 있다. 따라서 포장적용 비율은 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$\text{포장적용 비율} = \frac{ET_p - P_e}{\text{포장에 배달된 수량}}$$

포장적용 비율의 목표 값은 물적용 기법, 기후 및 밭작물 또는 논벼 등에 따라서 다르다.

라. 3차단위 구역의 비율

3차단위 구역의 취수구에서의 물수요량은 작물소비수량(ET_p-P_e), 단위 구역내의 물배달 실행, 수로 침투량 및 위의 포장적용 비율 등에 따라 다르다. 3차 단위구역 비율(R_u)은 다음과 같이 표시된다.

$$\text{3차단위 구역 비율} = \frac{V_m + V_3}{V_d}$$

실제는 V_m을 ET_p-P_e로 대치할 수 있으며, 물배분조직으로부터 비관개용 물배달은 0으로 가정할 수 있다($V_3 = 0$).

마. 총 소비 비율

총 소비 비율 R_p는 관개지역의 물수지에서

작물 증발산에 소비된 비율을 나타낸다. 비관개용 물배달을 0으로 가정하면 이는 다음과 같이 표시된다.

$$\text{총 소비비율} = \frac{ET_p - P_e}{V_c + V_l}$$

V_c = 강이나 저수지로부터 취수된 수량
V_l = 다른 수원으로부터 도수조직으로 유입된 수량

관개지역의 ET_p-P_e의 값은 순전히 작물, 기후 및 간단일수에 의하여 결정된다. 따라서 실제 총 소비 비율은 소구역에 배달된 관개수의 체적인 실제 V_c와 V_l에 의해 변한다.

유입수량인 V_c 와 V_l은 경작면적, 영농방식, 기후자료 등과 함께 1차적으로 측정하여야 하기 때문에 전체적인 소비 비율은 어떤 관개지역에서 제공되는 1차적인 물수지 지표이다. 기존 관개지구에서 물관리를 위하여는 목표 R_p를 먼저 설정하여 놓고, 월간 또는 연간 실제 전체적인 소비비율을 측정하는 것이 좋다.

바. 도수 비율

도수 비율, R_c는 관개조직의 구조물을 포함하여 간선, 지선, 지거 수로의 물수지를 정량화 한다.

$$\text{도수 비율} = \frac{V_d + V_2}{V_c + V_l}$$

V_c = 강이나 저수지로부터 취수된 수량
V_d = 실제 분배조직에 배달된 수량
V_l = 다른 수원으로부터 도수조직으로 유입된 수량
V_2 = 도수조직으로부터의 비관개용 물배달

도수 비율은 단기간(주, 월)과 장기간(계절)에 대하여 계산하여야 한다. 이 비율의 변화율은 보수의 필요성을 나타내는 지표이다. 큰 관개조직에서는 일반적으로 소구역에 대한 도수 비율을 고려한다. 따라서 (1) 조직의 상류측 도수 비율은 관개기관이 관리하고, (2) 하류측 도수 비율은 WUA가 관리하는 것으로 본다.

사. 분배 비율

분배 비율은 도수계통의 하단에서부터 포장 입구까지의 물수지를 정량화 한다. 따라서 이는 3차단위 구역의 물수지를 정량화 한다. 따라서 분배 비율의 정의는 다음 식과 같다.

$$\text{분배 비율} = \frac{V_f + V_3}{V_d}$$

만약 관개구역 내의 모든 3차단위 구역에 대하여 분배 비율이 결정된다면, 물배달의 균등성은 분배 비율 값의 표준편차로 표시할 수 있다. 모든 3차단위 소구역의 분배 비율에 부호(색깔)를 부여한다면 급수 균등성을 지도에 가시화 시킬 수 있다.

아. 신뢰성

어떤 기간 동안 물이 배달되는 양상은 소비비율에 직접 관련되며, 작물생산에 직접 영향을 미친다. 이 원리는 물 공급량과 시간을 예상하기 어려울수록 물사용자는 더 많은 관개수를 사용하는 것을 뜻하고, 또 그들이 작물 생산보다도 작물 생존에 신경을 쓴다면 비료와 같은 적정량의 다른 투입요소들을 사용하지 않을 것이다.

물배달의 신뢰성을 측정하는데 사용하도록 제안된 첫째 지표는 계획된 물 배달시간과 간

단일수와 실제 값과의 비교이다. 즉,

$$\text{관개시간 신뢰성} = \frac{\text{실제 물배달 시간}}{\text{계획 물배달 시간}}$$

$$\text{간단일수 신뢰성} = \frac{\text{실제 간단일수}}{\text{계획 간단일수}}$$

시각에 관련된 신뢰성 외에 이 부분의 평가에 있어서 유량과 수로 수위도 포함되어야 한다. 많은 관개활동에 있어서 물사용이 효과적이기 위해서는 유량과 수로 수위는 목표 값에 가까워야 한다.

유량의 예측성을 평가하는 가장 간단한 방법은 물배달 실행 비율의 표준편차를 결정하는 것이다. 이 분석에서 비교될 관측기간은 물배달 양식에 따라 다르다. 대부분의 관개지역에서는 월별이나 2주간의 자료가 유량의 예측성에 대한 좋은 척도가 된다.

6. 환경지속성과 관개배수

가. 관개의 지속성

관개관리자에 의하여 영향을 받게 되는 물리적 지속성의 양상은 주로 과다 또는 과소 관개로 인한 침수나 염분축적과 관계된다. 따라서 가장 간단한 지속성의 척도는

$$\text{관개지역의 지속성} = \frac{\text{현재 관개면적}}{\text{초기 관개면적}}$$

이다. 초기 관개면적이란 설계시나 개수시의 전 관개면적을 말하며, 이 비율은 초기 관개면적에 대한 침수나 염분축적 면적의 비율로 나타낼 수 있다. 따라서 나중 단계에서는 물론 생산불가능 지역이 되는 원인을 알 필요가 있다.

나. 지하수위

관개의 환경에 대한 악영향은 지하수면까지의 깊이의 변화율에 많이 관련된다.

- 비효율적인 배수나 지표수 공급체계에 비하여 배수조직의 축조가 늦어지면 종종 지하수면이 작물 근군역까지 상승한다. 건조지역에서는 이것이 종종 침루보다도 모관상승을 증가시킴으로써 근군역의 염분축적을 유도한다.
- 만약 관개를 위한 지하수의 양수가 재충전량을 초과하면 지하수면이 저하한다.

위의 두 경우에 관개의 지속성은 다음 비율의 시계열 분석으로 결정할 수 있다.

$$\text{지하수면 상대 깊이} = \frac{\text{실제 지하수면 깊이}}{\text{한계 지하수면 깊이}}$$

침수나 염분축적의 경우 한계 지하수면 깊이는 작물의 유효 근군역 깊이, 관개수의 이용효율 및 토양의 수리특성에 지배된다.

다. 물의 오염

관개수의 실행평가의 개념에서 소비와 이용을 구분한다.

- 물이 작물에 의해 소비되면 물이 그 계통을 떠나며 그 계통내의 다른 부분에서 소비되거나 재이용될 수 없다.
- 관개 과정 중에서 물은 여러 가지 다른 목적으로 이용될 수 있다. 이는 관개와 직접 관련될 수도 있고(조직관리, 침사세척, 용탈, 침루 등), 다른 물 이용그룹(발전용, 주운용, 도시용, 위락용 등)과 관련될 수도 있다. 따라서일반적으로 수질은 사용을 거듭할수록 저하한다고 본다.

라. 염도

근군역으로부터 염분의 용탈이나 지하수의 재이용으로 인하여 관개지역내의 지하수 수질은 점차로 악화되는 경향이 있다. 또한 관개조직내의 수질도 환원수로 인하여 악화되는 경향이 있다. 관개지역내의 한 지점에서의 염도의 상대적 변화는 다음 식으로 정량화 할 수 있다.

$$\text{전기전도도 상대 비율} = \frac{\text{실제 전기전도도}}{\text{한계 전기전도도}}$$

한계 전기전도도는 관개작물의 내염성에 좌우된다. 수로조직에서 어떤 물 사용자가 염도에 미치는 영향을 조사하기 위해서는 그 사용자의 수로 상단과 하단에서 전기전도도를 관측하는 것을 권장한다.

마. 유기물

관개수의 유기물 농도는 주로 두가지 근원에서 온다. 즉, (1) 수로연변의 나무와 식생에서 떨어진 잎과 가지와 (2) 수로연변의 주민이 버린 쓰레기이다. 총 용해유기물, 부유물, 색깔, 냄새 등을 관측할 것을 권장한다. 전기전도도에서 소개한 것과 동등한 비율을 사용하면 된다.

바. 생물학적 오염

주된 미생물학적 오염원은 수로조직으로 흘러들어오는 미처리된 도시 및 공장하수이다. BOD와 COD를 관측할 것을 권장한다. 전기전도도에서 소개한 것과 동등한 비율을 사용하면 된다.

사. 화학물질

주된 화학물질 오염원으로는 농업과 비농업이 있다. 수로조직으로 흘러들어오는 도시 및 공장하수와 작물 근군역에서 용출된 농약과 비료이다. 질산염과 인을 관측할 것을 권장하며, 특정 지역에서는 다른 것도 관측할 필요가 있을 수 있다. 전기전도도에서 소개한 것과 동등한 비율을 사용하면 된다.

7. 유지관리 지표

가. 총 론

유지관리는 세가지 주목적을 달성하기 위한 것이다.

(1) 안전

(2) 침투를 최소화하고 수위와 유량-수위 관계를 유지하도록 수로를 양호한 상태로 유지

(3) 물 제어시설을 양호한 상태로 유지한다.

관개조직에서 도수효율의 수로수선이 필요한지를 판단하는 가장 좋은 방법을 제공한다. 도수효율의 변화를 추적함으로써 언제 수로의청소나 수리가 필요한지를 나타내는 기준설정을 할 수 있다. 많은 경우에 있어서 이것은 분석적인 접근보다는 주관적으로 외관에 의하여 판단된다.

나. 수위와 수위-유량 관계의 지속성

수로조직 설계시 각 수로구간에 대한 설계유량과 수위가 결정된다. 수로조직의 수리학적 실행은 이 설계 값이 실제로 어느 정도로 유지되느냐에 주로 좌우된다. 예로서 수위가 높으면 침투와 수로제방의 월류 가능성을 증가시킨다. 수위가 높거나 낮으면 수로 분수시설의 분수량을 변화시킨다. 분수량의 변화정도는 분수시설의 수리학적 유연성에 좌우된다. 관개수로 구조물의 수위변화는 관개수 배달 목표량을 변동시키는 가장 중요한 요인이다.

목표 수위의 지속성에 대한 실제적인 정보

를 주는 지표는 :

$$\text{수위의 상대변화} = \frac{\text{변화 수위}}{\text{목표 수위}}$$

관개 배수 관수로의 경우 수위조사는 복잡하다. 그러나 관의 기능은 관의 상류단과 하류단의 수위차에 대하여 이론적인 유량과 실제 관측 유량을 비교함으로써 정량화 할 수 있다. 따라서 관의 실행은 다음 비로서 정량화 할 수 있다.

$$\text{유량 비} = \frac{\text{실제 관측 유량}}{\text{설계 유량}}$$

동일한 유량 비가 수로조직내의 구조물의 기능효율을 정량화 하는데 이용될 수 있다. 구조물의 종류에 따라서 실제 유량은 동일한 수위차(잠수 수문, 암거 등), 또는 동일한 상류 문턱 높이 (월류 수문, 보, 플륨 등) 조건하에서 관측하여야 한다. 일반적으로 5%이상 차이가 나면 유량조절구조물의 수리나 개조가 필요하다.

앞에서 말한 바와 같이 유지관리는 조직을 사용가능한 상태로 유지하기 위하여 필요하다. 이를 위하여 구조물은 설계에서 의도한 대로 가동할 수 있어야 한다. 따라서 유지관리 실행은 다음 식으로 정량화 될 수 있다.

$$\text{하부구조의 효율} = \frac{\text{작동하는 구조물 수}}{\text{전체 구조물 수}}$$

위의 3가지 비율은 곧 바로 관리자가 물을 제어할 수 있는 정도를 가리켜 준다.

8. 사회 경제적 실행

이 지표들은 운전전략이나 농업전략의 추구에 대한 장기적인 영향에 관한 것이다. 이 지표들은 경제적 실행가능성, 사회적 실행가능성, 관개의 물리적인 환경의 지속성 등 3가지로 나누어진다.

가. 경제적 실행가능성

계획자, 정책입안자, 기관의 직원, 농민 등 관개분야의 각 참여자는 경제적 실행이 무엇을 뜻하는가에 대하여 서로 다른 견해를 가지고 있다. 따라서 서로 다른 목표를 반영하기 위하여는 각각의 지표가 필요하다.

나. 관개조직의 재정적 실행가능성

한 종류의 지표는 유지관리 비용과, 종종 개개의 관개조직의 초기비용을 충당하기 위하여 물 사용자로부터 수입을 올리기 위한 노력과 관련된다. 첫 번째 지표는 시스템의 전체적인 재정적 실행가능성이다.

$$\text{재정자립도} = \frac{\text{실수입}}{\text{전 유지관리 비용}}$$

전 유지관리 비용은 세부 예산에 근거해야 한다. 이 지표는 "비용"이 단위 관개면적당 기관에 고용된 인원에 크게 좌우되기 때문에 객관적으로 받아들여진다. 어쨌던, 이것은 그 기관의 재정자립도의 지표를 나타낸다.

실제 물 배달, 수로와 구조물의 유지측면에서 관개기관의 효율성을 정량화 하기 위하여 유지관리비 비율이 사용된다.

$$\text{유지관리비 비율} = \frac{\text{유지관리 비용}}{\text{기관의 전 예산}}$$

이 지표는 실제 운영(수문관리자 등)을 위한 급여와 유지관리비 및 시스템의 소규모 투자

(수로나 관로 및 파손된 구조물의 교체) 비용과 관계가 있다.

농민들로부터 징수한 수세중 WUA나 관개기구에 지불되는 비율은 수요자인 농민들의 관개용수의 배달에 대한 만족도를 나타내는 중요한 지표가 된다. 이 지표의 정의는 다음과 같다.

$$\text{수세 징수 실행} = \frac{\text{수세 징수 금액}}{\text{수세 고지 금액}}$$

이 비율은 관개구역의 모든 물 사용자 조합에 대하여 정량화 되어야 한다.

다. 관개농업의 수익성

어떤 투자사업에서 경제적 실행가능성이나 물이나 다른 자재를 공급하는 기관의 실행가능성과는 별도로 농민들은 개별 농장의 수준에서 수익성에 관심이 많다. 조직전체 수준의 경제분석은 주로 큰 초기투자액으로 인하여 손해를 보는 경우에도 농민들은 지속적으로 이익을 내는 경우가 많다. 토지의 수익성과 배달된 물의 수익성의 서로 다른 양상을 나타내기 위하여 두가지 지표가 제안되었다.

$$\text{생산량 대 물 값 비율} = \frac{\text{작물의 부가 가치}}{\text{관개수의 비용}}$$

이 지표는 관개한 작물의 값에서 관개 안한 작물의 값을 뺀 값의 계산이 필요하다. 관개수의 비용은 시스템의 초기투자가 사비용(Sunk cost)인가 아닌가에 따라서 이에 대한 이자를 포함할 수도 있다. 위의 식에서 금액을 물로 대치하는 것이 논리적이다.

$$\text{생산량 대 물 공급량 비율} = \frac{\text{작물 추가 생산량}}{\text{배달된 관개수량}}$$

여기서 다시 작물 추가 생산량이 결정되어야 한다. 농민의 시각에서 볼 때 배달된 관개수량은 포장입구나 경지의 상단에서 관측할 수 있으며 관개의 경제성은 또한 물의 상대 비용으로 정량화 할 수 있다.

$$\text{물의 상대 비용} = \frac{\text{관개수의 총 비용}}{\text{주작물의 총 생산비}}$$

주작물의 총 생산비는 물값, 종자값, 비료값, 농약값, 노임 등을 포함한다. 지표관개의 경우 이 비율은 보통 0.03과 0.04 사이이고 지하수를 양수하는 경우에는 0.10까지 높아질 수 있다. 이 비율이 높아질수록 농민들은 관개를 기피하게 된다.

라. 사회적 역량

사회적 역량이란 관개농업조직을 관리하고 지속성있게 유지하는 사람과 기구의 사회적 역량을 말하며 다음의 두가지 지표를 조사하였다.

$$\text{기술지식 직원} = \frac{\text{일에 필요한 지식}}{\text{직원의 실제 기술지식}}$$

$$\text{관개조직의 사용자 참여도} = \frac{\text{활성적인 물사용자 단체수}}{\text{총 물사용자 단체 수}}$$

직원에게 요구되는 기술지식은 분장업무의 한 부분이다. 직원의 실제 기술지식은 정규 훈련프로그램의 시험을 통하여 확인하여야 한다. 또는 연간 직무평가 보고서를 활용할 수도 있다.

물사용자 단체의 '활동성'은 정규모임을 갖는 물사용자 단체의 비율, 회의에 참석하는 물 사용자 비율 및 합의된 데로 수세 징수, 유지보

수, 물 배분 등을 수행하는 단체의 수 등에 대한 자료로부터 정량화 할 수 있다.

9. 결 론

관개의 실행지표에 대한 연구과제는 International Irrigation Management Institute (IIMI), International Institute for Land Reclamation and Improvement(ILRI), 및 International Institute for Infrastructural, Hydraulic and Environmental Engineering(IHE)의 공동 연구과제이다. 이 3개 기관은 세계의 여러나라에서 현장실험을 하고 있다. IIMI가 수행한 연구는 아르헨티나의 멘도자에서 Centro Regional Andino for the National Water Resources Institute(INCYTH-CRA)와 National University of Cuyo와 공동으로 수행하였다.

이들은 멘도자 지방의 Middle Tunuyan Irrigation Project의 실행에 대하여 조사하으며, 이 조사연구의 목표는 다음과 같다.

- 관개배수의 실행을 정량화 하고 정성화 할 수 있는 지표를 선정하고 검정한다. 실제 관개와 관개관리에 초점을 둔다.
- 연구프로그램을 바탕으로 하여 관개기술과 관개경영절차에 대한 조정기법을 공식화 한다.
- 수용된 조정기법이 실행에 미치는 영향을 모니터링한다.

참고문헌

1. Bos, M.G., D.H. Murray-Rust, D.J. Merrey, Johnson, H.G. & Snel- len, W.B. 1993. Methodologies for assessing performance of irriga- tion and drainage management. Irrigation and Drainage Systems, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Vol. 7 No. 4.
2. Bos, M.G., W. Wolterss, A. Drovandi, & J.A. Morabito, 1991. The Viejo Retamo secondary canal-Perfor mance evaluation case study: Mendoza, Argentina. Irrigat- ion and Drainage Systems 5:66-88.
3. Murray-Rust, D.H. & W.B. Snellen, 1993. Irrigation system performance assessment and diagnosis. Colombo, Sri Lanka, IIMI.
4. Vos, S., M.G. Bos, P. Morabito, & R. Brouwer, 1997. The agreed service level between the Irrigation Department and the Water Users Associations, Tunuyan system, Mendoza, Argentina. Irrigation and Drainage Systems (submitted for publication).