

KDS 67 40 20 : 2018

# 논관개

2018년 04월 24일 제정

<http://www.kcsc.re.kr>



농림축산식품부



### 건설기준 코드 제·개정에 따른 경과 조치

이 코드는 발간 시점부터 이미 시행 중에 있는 설계용역이나 건설공사에 대하여 발주기관의 장이 필요하다고 인정하는 경우 종전에 적용하고 있는 기준을 그대로 사용할 수 있습니다.

## 건설기준 코드 제 · 개정 연혁

- 이 기준은 KDS 67 40 20 : 2018 으로 2018년 04월에 제정하였다.
- 이 기준은 건설기준 코드체계 전환에 따라 기존 건설기준 간 중복 · 상충을 비교 검토하여 코드로 통합 정비하였다.
- 이 기준의 제·개정 연혁은 다음과 같다.

건설기준	주요사항	제 · 개정 (년. 월)
농지개량사업 계획설계기준 관개편	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 농지개량사업 계획설계기준 관개편 제정</li> </ul>	제정 (1969. 12)
농업생산기반정비사업 계획설계기준 관개편	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 농업생산기반정비사업 계획설계기준 관개편 개정</li> <li>• 하나의 체계로 되어 있던 설계기준을 변경하여 기준, 편람의 2개 체계로 구분하되 1권으로 합본</li> <li>• 기준에는 모든 설계에서 지켜야할 기본적인 명확한 사항만을 규정하여 수록</li> <li>• 편람에는 기준에서 규정하지 않은 사항이나 설계에 참고가 되는 사항으로 수록하여 설계자의 편의 도모</li> <li>• 새로운 법령이나 제도의 신설에 따라 필요한 사항을 개정하고, 가급적 확장 실무자의 편의를 도모하기 위하여 평이하고 정확하게 기술</li> </ul>	개정 (1998. 12)
KDS 67 40 20 : 2018	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 국토교통부 고시 제2013-640호의 “건설공사기준 코드체계” 전환에 따른 건설기준을 코드로 정비</li> <li>• 건설기술진흥법 제44조 및 제44조의 2에 의거하여 중앙건설심의위원회 심의 · 의결</li> </ul>	제정 (2018. 04)

제 정 : 2018년 04월 24일  
 심 의 : 중앙건설기술심의위원회  
 소관부서 : 농림축산식품부 농업기반과  
 관련단체(작성기관) : 한국농어촌공사(한국농공학회)

개 정 :   년   월   일  
 자문검토 : 국가건설기준센터 건설기준위원회

# 목 차

1. 일반사항 .....	1
1.1 목적 .....	1
1.2 적용 범위 .....	1
1.3 참고기준 .....	1
1.4 용어의 정의 .....	1
1.5 기호 정의 .....	1
1.6 시설물의 구성 .....	1
1.7 해석과 설계원칙 .....	1
1.8 설계 고려사항 .....	1
1.9 신규기술적용 .....	4
1.10 구조설계도서 .....	4
2. 조사 및 계획 .....	4
2.1 조사 및 계획 일반 .....	4
2.2 조사 .....	5
2.3 계획 .....	7
2.4 수온상승 .....	16
2.5 사업효과 .....	19
3. 재료 .....	22
3.1 재료 일반 .....	22
3.2 재료 특성 .....	23
3.3 계획 .....	23
4. 설계 .....	23

## 논관개

### 1. 일반사항

#### 1.1 목적

- (1) 이 기준의 목적은 사업계획을 수립할 때 많은 비교 안에 대하여 가급적 쉽게 계획 작업을 할 수 있도록 적합한 지침을 주는 것이며, 적용범위는 농어촌정비법에 근거한 논관개의 계획, 조사 및 설계에 관한 것이다.
- (2) 이 기준에 사용되는 용어의 정의는 농공학용어집의 정의에 따른다.

#### 1.2 적용 범위

· 내용 없음

#### 1.3 참고기준

· 내용 없음

#### 1.4 용어의 정의

· 내용 없음

#### 1.5 기호 정의

· 내용 없음

#### 1.6 시설물의 구성

· 내용 없음

#### 1.7 해석과 설계원칙

· 내용 없음

#### 1.8 설계 고려사항

##### 1.8.1 수온

- (1) 수도작과 수온  
벼의 생육과 수확량은 수온에 크게 좌우되며 벼의 일생을 통하여 주야의 수온을 일정하게 보존하였을 경우에는 대략 30~32℃가 적온이다. 그러나, 수온의 영향을 벼의 생육시기 또는 주

## 논관개

야로 나누어 볼 때에는 위험수온으로 보이는 고수온(35℃ 이상)이나 저수온(15~20℃)이 생육기간 또는 주야별에 따라 전혀 해를 끼치지 않을 뿐더러 오히려 좋은 영향까지 미치는 수가 있다. 수도의 다수확을 위하여 생육기별로 적정 수온이 되도록 적절한 관개방법 및 시설을 하여 수온을 조절하는 방법을 강구해야 한다.

### (2) 하천수온

하천수온은 수면과 하상의 태양복사열에 의한 열교환으로 하천횡단면 내에서도 수온분포가 상이하며, 하천수가 유하하는 도중에 복류수, 용천수, 용설수 등이 합류하는 경우도 영향이 있다. 수면의 열교환 외의 영향인자는 실측해야 하며 하천수를 관개용수를 활용코자 할 때에는 적절한 방법으로 수온을 판단해야 한다.

### (3) 호소 및 저수지의 수온

호소나 저수지를 관개용수원으로 이용할 경우에는 수온의 수직분포에 주의해야 한다. 호소나 저수지 수온은 각기 유역 및 저수지의 형상이나 수문학적 특성에 따라서 다른 양상을 나타낸다.

### (4) 지하수의 수온

지하수 또는 복류수의 이용계획에 있어서는 먼저 그 취수량 및 산출위치에 따른 수온변화 관계를 고려하여야 한다.

### (5) 논 수온

관개수의 온도는 수원의 종류나 수원으로부터의 거리에 따라서 크게 다를 수가 있다. 논은 물의 단위용적당 수열면적이 하천이나 용수로에 비하여 훨씬 크므로 논에 들어간 용수의 온도는 기상조건에 따라서 정해지는 온도에 급속히 접근된다. 따라서, 관개수온은 직접 벼의 생육을 지배하는 일은 적고 논안에 퍼진 다음에 형성된 논 수온이 벼 생육과 수확량을 지배하는 요소가 된다.

## 1.8.2 수온대책

하천수, 댐, 기타 수리시설을 축조하여 자연적인 물흐름에 변화를 주었을 때는 필연적으로 유량과 함께 수온의 변화를 가져오게 된다. 따라서 냉수온 대책을 생각할 때는 단순한 물리적 취급 외에 벼와 수온과의 생리적 영향도 아울러 검토해야 한다. 또한 수원시설, 용수로, 포장 등의 위치에 따라 수리적 열교환 특성이 다르므로 경제적 효과도 생각하여 종합적으로 판단해야 한다.

### (1) 온수대책

수원으로부터 논 물꼬까지의 온수대책에는 필요에 따라 저수지에서의 온수취수시설, 온수지 및 온수로의 설치와 수원교환 등을 고려해야 한다.

### (2) 논 수온대책

논벼의 적정생육과 다수확을 위하여 논 수온상승을 꾀함에 있어 필요에 따라 사용수량의 절약, 관개방식의 개량, 물꼬에서의 대책, 약품사용, 재배기술에 의한 방법 등 적절한 대책을 강구하여야 한다.

## 1.8.3 수온 상승기구

논이나 온수지의 수온은 그를 둘러싸고 있는 공기와의 사이에 일어나는 열의 교환에 의해 정해진다.

(1) 열수지방정식

열수지방정식을 이용하여 온수지의 수온상승도를 계산할 수 있다. 열수지방정식을 구성하는 항목은 순방사, 현열전달, 유입·유출열량, 잠열, 저장열, 지중전도 등으로 되어 있다.

(2) 평형수온과 수온상승도의 계산

평형수온을 알 수 있으면 온수지에 의한 수온상승도의 계산이 용이하다. 이 계산은 비교적 알은 온수지나 온수로의 수온상승 예측에 유효하다.

### 1.8.4 수온상승 시설

(1) 계획상의 기초조건

수원의 상승이 18℃ 이하인 경우와 관개기간의 평균수온이 18℃ 이상인 곳에서도 관개초기 또는 유수형성기 등에 냉수피해를 받는 경우에는 수온상승시설의 계획을 수립한다.

(2) 수온상승시설의 종류

수온상승시설은 논구획안에서 조작하는 간이시설을 제외하면 온수지와 온수로로 대별되며 온수지는 저수형과 유수형으로 구분된다.

(3) 수온상승시설의 열효율과 구조

수온상승시설의 수면적 A와 유입량 q가 수온상승도를 결정한다. 그러나 이들은 지형, 토지조건, 관개면적과 용수량 등에 의해서 많은 제한을 받는다. 여기서는 구조조건의 하나로서 열효율을 좋게 하기 위한 조건에 대해서 기술한다.

(4) 수온의 일변화와 구조

수온의 일변화 조절이 가능한 구조로는 ① 야간에 관개수온을 상승시키는 경우는 유수형 온수지 형식, ② 한낮에 관개수온을 상승시키는 경우는 온수로 형식 등이 있다.

### 1.8.5 온수취수시설

(1) 온수취수의 이론

표층취수에 의하여 고온의 물을 취하려면 저수지가 수온성층을 형성하여 상층이 고온으로 되는 것이 바람직하다. 저수지 표층취수에는 potential 흐름으로 취급하고 밀도의 변화를 가미하는 방법과 밀도차에 의한 불연속면을 갖는 두 층 사이의 흐름으로 취급하는 방법이 있다.

(2) 온수취수시설

농업용수는 물론 발전용으로 취수할 경우에도 하류부 관개답의 수도작에 냉수장해를 줄 염려가 있을 때 우선 온수취수시설을 해야 한다.

### 1.8.6 수온상승효과

(1) 낮은 수온의 영향

낮은 수온이 벼에 미치는 영향은 복잡하다. 일반적으로 발아 이식 후의 착근 및 분얼, 신장 등

## 논관개

의 생육을 방해하는 생육지연형 냉해와 유수의 분화와 발육, 화분의 형성을 저해하는 생식장해형 냉해로 나눌 수 있다.

### (2) 냉수관개에 의한 벼의 감수

적정한 수온일 때 벼의 정상수확량을 기준으로 하여 냉수피해로 인한 감수량의 비율을 냉수피해율이라 하며 이는 수온이 낮을수록 커진다.

### (3) 연속관개논에서의 용수증온의 증수효과

수온의 상승에 따른 증수효과는 냉각량과 피해율 사이의 상관관계를 실제조사에 의해 유도하고 이를 수식화하여 수온상승에 따른 증수효과를 산출한다.

## 1.9 신규기술적용

·내용 없음

## 1.10 구조설계도서

·내용 없음

## 2. 조사 및 계획

### 2.1 조사 및 계획 일반

#### 2.1.1 계획수립

- (1) 계획을 수립하려면 먼저 관개사업의 목적을 명확히 설정한 후, 필요한 관련 자료를 수집한다.
- (2) 논관개 계획수립의 기본방침은 수원공에서 포장까지의 관개시스템이 기술적으로 타당하고, 경제적으로 유리하며, 환경적으로 지속가능한 개발이 되도록 하는데 있다.
- (3) 관개의 주목적은 벼 재배에 부족한 수량을 공급하는 것이며 기타 목적으로는 제염 또는 해독, 수온조절 등이 있다. 이를 달성함으로써 농지의 생산력향상 및 농작물의 품질향상, 토지이용의 안정성 증대와 범용화 등의 효과를 기대할 수 있다.
- (4) 관개계획의 기본방침은 대체로 다음 순서로 정한다.
  - ① 벼 재배에 필요한 용수량은 얼마인가?
  - ② 인근 농촌지역의 생활용수, 공업용수, 환경용수, 수산용수 등의 물수요는 얼마나 되는가?
  - ③ 이들 물수요량을 얻기 위하여 수원시설은 어떤 것을 어떻게 선정할 것인가?
  - ④ 저수지 또는 양수장의 규모는 어느 정도로 한 것인가?
  - ⑤ 단일수원시설에 의할 것인가 댐과 지하수, 댐과 양수장 등 복수 수원시설에 의할 것인가?
  - ⑥ 수질은 허용치 이내에 있는가?
  - ⑦ 용수로 형식은 무엇을 선정하며 물관리시설 및 물관리방법은 어떻게 한 것인가?
  - ⑧ 어느 정도의 관개효과가 기대되는가?
  - ⑨ 다른 수리권과의 조정이 가능한가?



- ⑩ 수원시설지역과 관개구역에 다른 개발 계획은 없는가?
- ⑪ 환경에 미치는 영향은 어떤가?

### 2.1.2 관개계획기준치

- (1) 관개계획기준치(설계빈도)는 원칙적으로 지구의 가뭄피해 자료에 따라 결정하지만 보통 10년에 한번 일어날 정도의 한발을 극복할 수 있도록 결정한다.
- (2) 관개계획기준치에는 필요저수용량, 하천취수량 및 단위용수량 등이 있다.

## 2.2 조사

### 2.2.1 조사 순서

- (1) 계획수립을 위한 조사의 순서는 사업의 규모 및 지역의 특성에 따라 결정해야 한다.
- (2) 조사와 계획작업은 항상 서로 관련을 가지면서 병행 실시하여 합리적이고 효율적으로 수행하여야 한다.
  - ① 예정지조사는 사업의 필요성을 판정하고 계획의 기본구상과 기본조사계획을 작성하기 위하여 개략적으로 현황을 파악하는 조사이다.
  - ② 기본조사는 계획수립을 위하여 필요한 기초자료를 얻기 위한 조사이며 기본구상 및 예정지조사의 결과에 따라 조사계획을 작성한다.
  - ③ 실시설계조사는 기본조사를 근거로 세부적으로 측량·설계하며, 시공계획 수립과 공사비 산정에 필요한 조사를 하는 조사의 최종단계이다.

### 2.2.2 조사범위와 기간

- (1) 논관개사업의 조사범위에는 관개사업은 물론 경지정리, 배수개선 등 관련 부대사업계획의 기본사항도 포함되어야 한다.
- (2) 조사기간은 관개개선사업의 종류, 규모 계획의 난이도, 이용 가능한 기존자료의 양에 따라 조사기간이 좌우된다.
- (3) 관개개선사업의 기본조사기간을 일률적으로 한정시키기는 곤란하지만 통계처리 등 필요한 조사자료수집과 종합적인 조사를 위해서는 1~5년 정도의 기간이 필요하다.

### 2.2.3 조사단계

조사는 농어촌정비법 제6~9조에 규정된 바와 같이 예정지조사, 기본조사 및 실시설계조사 단계로 나누어 시행한다. 기본조사는 농어촌정비법 시행령 제8조에 규정된 ①기본계획의 개요(수해면적 포함), ②사업별 기본설계도서, ③사업별 추정비 수지계산서, ④사업별 추정비 내역(공사비 포함), ⑤사업효율분석결과, ⑥사업대상지역 위치도, ⑦기타 사업시행계획수립에 필요한 사항 등 기본조사 성과내역을 조사한다.

#### (1) 예정지 조사

예정지조사시에는 기본계획수립에 앞서 관련 행정기관의 의견과 당해 유지관리 기관의 의견

## 논관개

을 청취하고, 통계자료와 기존자료를 근거로 현지를 답사한 후, 기본구상수립을 위하여 농민의 의견, 관련된 농업 또는 농업 외의 각종 계획에 대한 저촉여부, 사업의 기술적·경제적 가능성 등을 검토하여야 한다.

### (2) 기본조사

- ① 기본조사단계에서 사업의 기술적·경제적·환경적 타당성을 조사분석하여 관개사업의 시행 여부를 결정한다.
- ② 주요시설물의 기본계획을 확정하고 사업비와 사업규모도 결정하게 되므로 고도의 전문적 기술이 요구된다.
- ③ 특히, 공사비에 있어서는 실시설계의 공사비와 큰 차이가 없어야 한다.
- ④ 이 단계에서 사업규모, 위치, 정비목표수준, 수해면적 등을 결정하게 되므로, 총공사에 큰 영향을 미치는 주요 시설물은 가능한 대안에 대하여 비교설계를 할 수 있는 정도 높은 조사가 이루어져야 한다.

## 2.2.4 기본조사의 항목

### (1) 지형 및 지적조사

- ① 관개계획은 지형에 따라 달라지기 때문에 정확하게 지형조사를 실시해야 하며 계획내용에 상응하는 정도를 갖는 지형도를 작성한다.
- ② 지형조사는 현장측량에 의한 방법과 이미 발간된 지형도와 GIS 수치지도 등에 의한 방법이 있다.
- ③ 지적조사는 용지매수와 관련되므로 원칙적으로는 기본조사단계에서는 실시하지 않는다.

### (2) 기상조사

- ① 기상관측소로부터 가능한 한 최장기간의 기상자료를 수집하여야 한다.
- ② 기상 수문자료는 용수량 결정을 좌우하는 최대인자로서 특히 강우상황은 유역의 식생상황과 더불어 수원과 수량에 영향을 미치므로, 해당지역의 측후소와 기상관측소로부터 가능한 한 최장기간의 기상자료를 수집하여야 한다.

### (3) 토양조사

- ① 토양조사는 사업지역내에 분포한 토양의 화학적, 물리적 제반 성질을 파악하고 분포상황을 답사하여 적합한 작물의 선정, 필요수량, 관개방법, 배수계획, 토층개량계획, 작부계획 등의 자료를 얻는 것을 목적으로 실시한다.
- ② 기존 조사자료(토양도 및 토양조사 보고서 등) 및 관련 자료를 충분히 활용하고 이들 자료가 불충분할 때에는 현지조사를 실시한다.

### (4) 지질조사

지구내외의 지질계통, 모암의 종류 등은 각종 구조물 위치의 적부 및 시공의 적합성, 지하수 부족상황 등과 밀접한 관계가 있으므로 이에 관련 되는 기존 지질자료를 수집함은 물론이고, 필요한 조사시험을 통하여 정확하게 지질을 파악하여야 한다.

### (5) 수리현황 조사

- ① 수리시설의 용수공급능력과 문제점을 파악하여 물부족에 대한 대책을 수립하기 위하여 지구내 및 그 주변에 있는 수리시설의 사용현황을 조사 한다.
- ② 또한 한발에 의한 피해현황 등에 대하여 조사한다.
- (6) 수문 및 수원조사
  - ① 수원계획 수립을 위하여 지구 및 그 주변의 하천, 호소, 지하수 등에 대하여 수량, 수온, 수질 및 수리권 등의 권리 관계를 조사한다.
  - ② 또한 수자원 확보를 위한 수원시설의 선택은 기술적·경제적·환경적으로 타당해야 한다.
- (7) 사회경제조건 조사
 

계획지구의 향후 농업방향을 명백히 하고 이에 맞는 생산기반계획을 수립할 수 있도록 농업을 둘러싼 사회경제조건을 조사한다.
- (8) 영농재배상황조사
 

영농 및 재배상의 문제점과 요인을 명백히 파악하고 개선 방법 및 사업필요성을 검토하여 개발방향의 검토 및 계획의 수립에 이용할 수 있도록 현재의 영농상황 및 재배 관리상황을 조사한다.
- (9) 부대조사
 

사업시행 간접효과 및 지구내외의 용지매수 및 피해보상으로 인한 역효과 및 간접효과를 조사한다.
- (10) 농가의 의향조사
 

관개사업과 장래의 영농구상을 설명하고 농민의 요구사항을 반영하며, 관개사업시행을 위한 동의를 구하기 위하여 농가의 의향을 조사한다.
- (11) 관련 사업 등의 조사
 

지구 및 그 주변에 있어서, 계획과 관련되는 농업생산기반조성사업 및 관련 사업으로서 실시 중 또는 계획 중인 것과 특정지역 지정 등에 대하여 조사한다. 관련 사업의 조사방법은 토양조사, 사회경제여건조사, 영농재배상황조사 등을 조사한다.

## 2.3 계획

### 2.3.1 기본구상

수해지구의 범위, 영농·토지이용계획, 용수계획, 수원계획, 용수주요시설, 물관리계획, 협의·조정사항 등에 대한 종합적 검토와 함께 그 지역의 각종 개발계획 등을 감안하여 기본구상을 수립한다.

#### (1) 수해지구의 설정

수해지구는 행정구획 및 지역개발계획, 장래의 영농방향과 주민요청 및 의향 등에 기초를 두고, 이에 따라 자연, 영농, 사회, 경제 등의 조건 및 관리 운영의 효율성을 고려하여 설정한다.

#### (2) 영농·토지이용계획의 설정

영농·토지이용계획은 관개사업에 의하여 수리시설이 완비된 경우에 지역의 농업생산 및 토지이용이 지향할 상황을 지표로 정하고 농가의 소득향상이나 경영개선의 목표를 정하는 것이다. 영농 토지이용의 변화가 예상되는 경우, 그 변화가 용수계획에 미치는 영향에 대해서도 검토

## 논관개

토하여야 한다.

### (3) 용수계획의 설정

영농계획, 기상, 토양, 수리상태 등의 자료에 기초하여 용수량을 설정한다. 소비수량은 증발산량과 침투량을 합한 수량이다. 전 자료기간으로부터 증발산량을 계산하고 계획기준년(보통 10년) 빈도에 해당되는 증발산량을 결정한다.

### (4) 수원계획의 설정

수원계획에서는 용수공급을 만족시킬 수 있는 수원(하천, 지하수, 복류수등), 개발수량, 수원 시설(취입보, 양수장, 지하수공, 저수지 등), 수혜지구까지의 송수방식 등을 정한다.

### (5) 물수급계획의 조정

용수수급관계는 계획수립의 가능여부에까지 영향을 주므로 기본구상단계에서 충분히 검토해야 한다.

### (6) 주요시설계획의 구상

수원시설, 치수시설, 배수시설 등 주요시설에 대하여 위치, 규모, 구조, 공사비 등을 기술적으로 가능하고 경제적으로 타당하도록 구상해야 한다.

### (7) 물관리 계획

물관리계획은 용수절약 및 균등분배, 수온 및 수질의 보전으로 다수확을 목표로 함과 동시에 물관리시설비, 물관리노력, 관리용수량 등 상호간의 종합적 조정 및 농업기계화를 위한 기반조건이 이루어지는 방향으로 구상해야 한다.

물관리에는 다수확, 용수절약, 용수의 균등배분, 수온 수질, 관리용수량과 관리능력, 물관리시설비의 대체관계를 고려해야 한다.

### (8) 협의·조정사항

사업의 원만한 수행을 위하여 물이용에 관계되는 협의·조정, 문화재의 취득관계, 기타 경제활동과의 조정 등을 사업계획구상시 명확히 해둘 필요가 있다.

## 2.3.2 기본계획의 수립

기본구상에 의한 기본조사결과에 의거하여 영농계획, 용수계획, 수원시설계획 및 용수로계획 등을 종합적으로 검토해서 수혜지구의 확정, 영농·토지이용계획, 관개방식의 확정, 용수계획의 확정, 수원계획의 확정, 용수로 시설계획의 확정 등 기본계획을 수립한다.

### (1) 수혜지구의 확정

수혜지구의 확정은 계획의 기본이므로, 용수부족 또는 기존 수리시설의 노후화 및 기타 원인으로 한해를 입고 있는 지역을 정확히 조사한 다음 기존수리시설지역을 포함하여 개발하고자 하는 지구에 대한 지형, 지세, 수원공의 종류 및 위치, 지방의 관련 사업, 사회적 경제적 여건, 유지관리 및 농가의 의견 등을 종합 검토하여 지구의 범위를 확정한다.

### (2) 영농·토지 이용계획

영농계획에 있어서는 작부면적, 재배방식 등과 아울러 영농유형별 경영동향, 지역농업의 전개방향 등을 감안하여 용수 및 수원계획을 수립하는데 필요한 사항을 정한다.

### (3) 관개방식의 확정

관개방식은 말단부 물이용에 깊은 관계가 있고 말단부의 시설비 및 유지관리비 등에 영향을 주므로 입지조건, 영농조건, 수리상황 등을 충분히 검토하여 그 지구에 가장 적합한 방식을 확정한다.

(4) 용수계획의 확정

용수계획은 수원 및 시설용량을 결정하는 기본이 되므로, 정밀조사결과에 따라 용수량 기초제원, 용수량의 확정, 수원의존량의 검토, 다목적 이용방법 등을 확정 한다.

(5) 수원계획의 확정

용수계획 및 부존수자원에 대한 기본조사결과에 의하여 수원의 종류, 시설의 위치 및 규모를 정하는 동시에 기존 수원시설의 보강개발여부 및 기존 수리 미치는 영향 등도 종합검토하여 수원계획을 확정한다.

(6) 용수로 시설계획의 확정

용수계획, 수원시설계획 및 용수구역에 대한 기본조사결과에 의거하여 용수 계통, 용수로 형식, 용수로와 조절지의 배치관계 등을 정하고 용수로 시설계획을 확정 한다.

### 2.3.3 용수계획

(1) 기본구상

용수계획은 수혜지구에서 필요로 하는 수량, 수질 및 수온을 명확하게 한 후, 수혜지구의 면적 규모, 포장조건, 품종선정 및 재배양식 등 영농경영상태와 배수계통, 시설형태, 물관리방식 등의 용수량 변동요인을 종합적으로 검토하여 계획된 용수량을 공급할 수 있도록 시설계획을 함께 고려하여 작성한다.

(2) 계획용수량의 구성요소

논관개 계획용수량은 작물의 감수심(증발산 침투량 또는 소비수량이라도 함), 재배관리용수량, 시설관리용수량, 유효수량, 지구내 이용가능량 등으로 구성된다.

(3) 계획용수량의 산정

계획용수량은 필지단위용수량을 기본으로 하여, 현재의 취수량 등 용수량에 영향을 주는 수혜지구의 특성을 감안해서 각각의 구성요소에 의해 적절히 정한다.

① 계획용수량의 산정방법

논관개에 대한 용수량의 산정은 순용수량(필지단위용수량으로부터 유효수량을 뺀 수량)에 시설관리용수량을 더한 조용수량에서 지구내 이용 가능량을 뺀 것으로 한다.

② 필지단위용수량의 유형 설정

용수계획에서는 지구별 필지단위용수량의 유형을 작성하는 것이 원칙이다. 필지단위용수량은 지구를 대표하는 토양구분별로 개개의 포장 또는 몇 개 필지로 구성되는 소블록의 논을 대상으로 하여 생육기별로 검토하고, 계획지구의 대표적 유형을 설정한다.

(4) 필지단위용수량

필지단위용수량은 각각의 포장을 요소로 하는 소블록에서의 소비수량과 재배관리용수량으로 구성되며 벼생육상태에 따라 다르기 때문에 생육시기를 구분하여 용수량을 결정한다.

① 구성

## 논관개

감수심과 재배관리 용수량은 직·간접으로 측정이 가능한 필지단위 용수량을 기초로 산정하며, 못자리용수, 이앙용수 등 관개기 초기에 사용하는 초기용수와 이앙 후의 활착기 또는 직파재배의 경우 답수재배로 전환하는 시점으로부터 최종낙수까지의 벼생육기에 사용하는 본답기 용수로 구분할 수 있다.

### ② 초기 필지단위용수량

초기용수로서 이앙재배하는 경우에는 못자리용수와 이앙용수, 답수직파 재배를 하는 경우에는 씨레질용수, 건답직파재배를 하는 경우에는 초기관개용수가 필요하며, 계획상 필요한 수량을 각각 확보하여야 한다.

### ③ 본답기 필지단위용수량

본답기 필지단위용수량은 적정한 기별 감수심과 재배관리용수량의 합계치로서 정한다.

## (5) 시설관리용수량

시설관리용수량은 수로시스템의 송수배분기능 및 시설기능의 유지·보전을 위한 용수량으로 적정하고 합리적으로 정해야 한다.

### ① 송수손실수량

가. 일반적으로 송수손실률은 흙수로의 경우 간선용수로 15~25%, 지선용수로 10~20%, 용수지거 10%, 콘크리트 및 아스팔트 수로의 경우 5~7%를 적용한다.

### ② 배분관리용수량

가. 말단부 논의 수요수량을 과부족 없이 배분하기 위해서는 극히 엄밀한 물관리가 필요하지만 사실상 불가능하다. 또한 송수배분조작에 대한 응답의 지연현상이 불가피하며, 말단에서 시시각각 변동하는 물수요에 대응하고, 수로시설과 수혜지구와의 표고분포에 따라 원활히 용수를 배분할 수 있는 수위를 적절히 유지하기 위하여는 지구사정에 상응한 배분관리용수량이 발생한다.

### ③ 시설유지용수량

가. 비관개기에도 다음 관개기까지 수로시설의 기능을 유지하기 위한 통수를 필요로 하는 일이 있고 이것을 시설유지용수로 취급하게 된다.

비관개기의 개수로에는 토사퇴적 또는 오수유입에 의한 수로 내 오염 등이 발생하는 경우가 있다. 특히 도시화가 진행된 지역을 수혜지구 내에 갖게 되는 경우에는 이 경향이 두드러진다. 또한 관수로에서는 밸브 폐쇄부 및 기타 부분으로부터 미량의 누수가 계속되어 관내에 공기의 체류가 생기는 일이 있다. 또한, 용수로청소와 통수기능확보를 위하여 관개용수를 취수하기 전에 통수를 필요로 하는 지구에서는 그 수량을 확보해야 한다. 이 용수량은 수로규모와 통수방식에 따라 다르므로 지구의 실정을 감안하여 정한다.

## (6) 유효우량

유효우량은 강우량 중 실제로 답면에서 이용할 수 있는 강우량을 말하며, 관개용수량의 계획에 있어서는 그 만큼을 감소시킨다.

## (7) 지구내 이용가능량

지구내 이용가능량은 수혜지구안에 있는 보완적 수원 또는 반복이용에 의해 확보되는 용수량이며, 관개용수량계획에 있어 그 만큼 감소시키게 되는 보충수원량이다. 반복이용가능량 Q는

각 블록마다 필지단위용수량  $D$ 로부터 증발산량  $E$ 를 뺀 값에 환원율  $r$  와 논면적  $A$ 를 곱하여 산출되는 양이다.

$$Q = \sum (D - E) \cdot r \cdot A$$

### 2.3.4 수원계획

#### (1) 기본적 계획방법

수원계획은 수혜지구에서 기설 수원의 이용수량, 수질 및 수온에 대하여 명확히 한후, 계획용수량을 충족할 수 있는 수원을 확보할 수 있도록 작성한다. 새로운 수원을 확보해야 하는 경우에는 기술적가능성과 함께 사회적·환경적 타당성을 충분히 검토하여 용수를 안정적으로 공급할 수 있는 수원이 되도록 하여야 한다.

#### (2) 수원계획의 순서

수원계획은 계획기준년에 필요하다고 추정되는 용수량이 충족될 수 있도록 개발가능성 및 타당성을 감안하여 수원 의존량, 수원시설의 용량, 형태, 배치, 위치선정 등을 정하는 것이다.

#### (3) 이용가능수량

이용가능수량은 수원시설이 설치되기 전인 현재의 하천유량, 수리권등을 감안하여 필요한 시기에 이용이 가능한 수량이다.

#### (4) 설계빈도

관개시설의 설계기준이 되는 수문량을 구하기 위해서는 빈도해석을 실시하며, 원칙적으로 10년 빈도를 기준으로 한다. 이때, 장기간의 기상 수문기록을 기초로 하여 정하는 것이 바람직하다.

##### ① 농업용저수지의 설계빈도

저수지설계에서는 10년 빈도 필요저수용량을 채택하고 있다. 농업용저수지의 필요저수용량 설계빈도는 작물의 용수량, 증발량, 한발일수, 강우량, 저수지 유입수량 등의 여러가지 복합사상에 의해 결정되므로 확실적인 확률논리에 의해 결정할 수는 없다.

##### ② 농촌용저수지의 설계빈도

농촌지역의 생활용수, 공업용수, 농업용수, 환경용수, 수산용수 등을 농촌용수라 한다. 이를 공급하는 농촌용저수지의 설계빈도는 용수부족으로 야기되는 경제적·사회적·환경적 문제의 심각성에 따라 서로 다른 설계빈도를 적절하게 적용하여 필요저수용량을 결정해야 한다.

##### ③ 설계빈도 수문량의 결정방법

계획기준년 방법은 유효우량, 연속한발일수, 증발량 또는 하천유량 등의 수문량 가운데 하나를 선택하여 전체년의 수문자료를 확률처리하여 10년 빈도에 해당되는 특정년을 계획기준년으로 결정하고, 그 해의 저수지 필요저수용량 또는 하천 취수가능량을 설계수문량으로 결정한다.

전체년에 걸친 확률처리방법에는 매년의 수문량(필요저수용량, 하천 취수가능량 등)을 계산하고 확률처리하여 10년 빈도를 설계수문량을 결정하는 방법과 매일의 필요저수량 또는 하천

## 논관개

갈수량의 변화를 모의발생하여 고갈되는 횟수를 빈도해석하여 10년 빈도의 설계수문량을 결정하는 방법이 있다. 확률처리방법에는 대수확률지에 의한 근사해법, Iwai법, Gumbel-Chow 법 등이 있으며 실무적으로 가장 많이 적용된다. 고갈빈도 방법은 규모가 큰 관개저수지에서 홍수조절을 하거나 타용도(농촌지역의 생활, 공업용수 등)로 용수를 공급하거나 유역배출(유역면적/관개면적)이 적어 다음 해 만수가 되지 않은 상태로 영농기를 맞는 경우에 적합한 방법이다. 고갈빈도에는 고갈발생년수, 제한급수일수, 공급부족수량 중 어디에 평가의 기준을 두느냐에 따라 적합한 방법을 선택한다.

### 2.3.5 시설계획

#### (1) 기본방침

시설계획에서는 용수계획 및 수원계획을 기초로 수리(水利)시스템을 구성하는 저수시설, 취수시설, 송배수시설(送配水施設), 조절(조정)시설 및 관리제어시설 등에 대한 위치, 형식, 주요 제원 및 개략사업비(概略事業費)를 정한다.

#### (2) 시설용량의 결정

시설의 용량, 규모 등의 제원은 시설의 안정성 및 기능성의 확보 여부와 경제성 등을 감안한 후 계획용수량을 기초로 하여 결정한다.

#### (3) 저수시설

저수시설은 용수계획에서 산정한 계획용수량과 수원계획에서 산정한 수원 의존량을 충족시켜주는 기능을 갖는 안전하고 경제적인 구조물이 되도록 그 위치, 형식, 주요 제원 등의 요소에 의해 계획한 시설이다.

##### ① 물수지분석의 기본구조

저수지의 저류량의 거동을 나타내는 기본 저류방정식으로부터 필요 저수용량을 결정한다. 물수지분석에 적용하는 시간간격은 저수시설과 조절시설의 저수용량의 크기와 기능에 따라 년, 월, 일, 시간별로 정한다.

물수지분석에 필요한 인자는 유입량, 취수량, 수면증발량, 침투량 등이 있다.

##### 가. 저수지 유입량의 계산

대상지점에서 장기간 관측한 강우-유량자료를 분석하여 저수지 유입량을 계산하는 것을 원칙으로 한다.

##### 나. 농촌용수의 수요량 계산

농촌지역의 생활용수, 공업용수, 농업용수, 축산용수, 환경용수 및 소수력발전용수, 관광요수 등의 수요량을 계산해야 한다.

##### (가) 생활용수

농촌지역의 생활용수는 농업용저수지와 지하수에서 공급하며 예상인구, 보급률, 1인당 급수량에 따라 원단위  $m^3/일/인$ 을 적용하여 계획한다.

##### (나) 농업용수

농업용수는 논관개용수와 밭관개용수를 합한 것을 용수계획에 따라 계산한다.

##### (다) 축산용수



축산용수는 가축이 생리적으로 필요한 물, 사육관리작업과 환경개선을 위한 물, 초지 및 사료작물의 관개용수 등을 포함한다. 축산용수의 원단위용수량은 한·육우, 건유우 50~60 l/두/일, 젖소(착유우) 120~150 l/두/일, 돼지 20~30 l/두/일, 닭 0.3~1 l/수/일 등을 기준으로 한다.

초지소요면적은 한우의 경우, 부엽 15두/ha, 전엽 6두/ha를, 젖수의 경우, 소규모 20두/ha, 부엽 10두/ha, 전엽 4/ha를 참고하며, 초지관개용수는 알팔파 기준으로 연간 300mm 정도이다.

#### (라) 공업용수

농촌지역의 공업용수는 일반적으로 원단위법을 적용하여 m<sup>3</sup>/일로 나타내는데, 여기에는 종업원 원단위, 출하액 원단위, 부지면적 원단위 등이 있고, 우리나라에서는 대부분 부지면적 원단위를 적용한다.

#### (마) 환경용수

농촌용수 중 환경용수는 농촌지역의 하천생태계보전을 위한 최소한의 하천 기능유지는 물론 환경개선의미를 포함하고 있어 환경과 하천유지용수를 동시에 만족시키는 용수를 뜻한다. 농촌지역의 하천유지용수는 하천생태계보전, 하천경관유지, 하천수질보전, 지하수위유지 등 하천의 정상적인 기능을 수행하는데 필요한 최소한의 하천유량을 말한다. 환경용수는 유역의 평균갈수량과 집단마을 하수처리를 위한 희석수 중 큰 값으로 한다. 관개용저수지를 이용한 소수력발전은 관개저수용량과의 용수사용 경쟁, 사용기간 및 낙차 등 많은 제약이 있다. 특히, 하천유황은 연도별, 시기별로 변화가 크고, 관개기에만 용수를 공급하게 되며, 벼 생육시기별로 소비수량에 차이가 있으므로 발전 최대사용수량을 일반적으로 유황곡선의 25%로 취해야 하는 제약이 따른다. 그러나, 도시화에 따라 관개면적이 격감한 관개저수지의 경우, 하천경관을 개선하고 시민정서함양을 위한 친수공간 확보차원에서 소수력발전과 연계하여 환경용수를 공급할 수 있다.

#### 다. 저수지의 증발산량 계산

저수지 수면으로부터의 증발손실량은 인근 측후소의 증발계 증발량에 환산계수(보통 0.7)를 곱하여 추정한다.

$$Q = CAE$$

여기서, Q : 증발손실량 (m<sup>3</sup>),

A : 수면적 (m<sup>2</sup>),

E : 관개기간 중 증발계 증발량(m),

C : 일사, 바람, 기압, 습도 등의 기상요인에 의한 계수로서 0.68~0.72

#### 라. 침전량 계산

저수지는 유역에서의 유사현상으로 어느 정도의 침전량이 있게 마련이며 이에 따라 저수용량이 감소하게 되므로, 저수지의 설계수명 동안의 침전량을 고려하여 저수용량을 결정한다. 퇴사량은 실측하는 것이 원칙이나 자료가 없을 때에는 저수지용적의 3~5%로 계상하고 저수지 사수역내에서 퇴사량용적을 확보하도록 계획한다.

③ 저수지 필요저수용량 결정 방법

저수지 필요저수용량은 10년 빈도 한발년을 기준으로 결정하며 그 산정방법은 타당성조사 단계에서 개략적으로 분석하는 누가곡선(mass curve)방법과 실시설계와 저수지 관리에 적합한 거동분석(behavior analysis) 또는 모의발생(simulation analysis)방법이 있다.

가. 누가곡선방법

저수지의 필요저수용량을 도해로 구하는 방법으로 Ripple(1882)이 제시하여 타당성단계에서 개략적으로 분석하는데 널리 이용되고 있다. 매월의 유입량을 누가하여 유입량 누가곡선(Mass curve)과 매월의 취수량을 누가하여 취수량 누가곡선을 그린다. 매월 취수량이 일정한 경우에는 직선, 매월 취수량이 변하는 경우에는 곡선이 된다. 취수량이 일정한 경우에는 취수량곡선과 평행한 직선을 그었을 때 유입량 누가곡선과 형성되는 최대종거가 필요저수용량이 된다. 이러한 유입, 취수 누가곡선에 대한 작업을 전체 분석기간 또는 10년 빈도에 해당되는 계획기준후보년에 대하여 실시하여 적합한 빈도의 필요저수용량을 구하게 된다. 이때 교차점이 없는 경우에는 그 기간동안의 공급량이 수요량보다 작은 것이므로 이 하천에서는 계획취수량을 공급할 수 없는 것을 뜻한다.

나. 거동분석(모의발생)방법

저류방정식의 시간단위를 일단위로 취하여 저수지의 저류량 거동을 분석하여 매년의 필요저수용량을 빈도분석하는 방법과 일별로 연속적으로 시행착오법에 의한 고갈빈도로부터 필요저수용량을 구하는 방법이 있다.

(가) 매년의 필요저수용량으로 10년 빈도 필요저수용량을 계산하는 방법

보통 20~40년간의 자료를 거동분석방법으로 분석하여 매년의 필요저수용량을 산정하고, 이 값들을 대수확률지법, Iwai법, Gumbel-Chow법, 정규분포법 등 가운데 가장 적합한 분포의 빈도분석방법을 선정하여 10년 빈도 필요저수용량을 구하는 방법으로 실무에서 가장 많이 이용되고 있다.

(나) 저수량 고갈횟수로 10년 빈도 필요저수용량을 계산하는 방법

가정한 필요저수용량에 대하여 장기간 기상수문자료로부터 경년적으로(carry-over) 연속하여 포장으로의 취수량과 유역으로부터의 유입량으로 저수량변화를 모의발생하여 가정된 필요저수용량이 분석기간내에 얼마나 부족한가를 해당설계빈도의 고갈률로 나타내는 시행착오법으로 구하는 방법이다.

④ 설계홍수량

콘크리트댐 물넘이 설계홍수량은 200년 빈도를, 필댐의 경우 안정성을 고려하여 콘크리트댐의 설계홍수량에 20% 가산한 값을 적용함을 원칙으로 한다. 임시배수로 단면결정에는 10년 빈도 설계홍수량 적용을 원칙으로 한다. 산정방법으로는 합리식, 단위도법, 관측 최대홍수량 적용방법, 기존홍수 관측자료의 확률처리 방법 등이 있으며 산정된 값 가운데서 가장 큰 값을 선택한다.

⑤ 홍수조절능력의 검토

홍수조절능력의 검토는 홍수도달시간이 길고 만수면적이 유역면적의 1/30보다 큰 경우에 실시하는 것이 원칙이며 이 경우에도 물넘이의 규모를 과도하게 축소해서는 안된다. 유역

면적이 5km<sup>2</sup> 이하이고, 홍수도달시간이 1시간 미만인 농업용 필담 물넘이의 계획설계에서는 저수지의 홍수조절 능력을 고려하지 않는 것으로 한다.

#### ⑥ 댐의 여유고

댐의 여유고는 주로 파고에 대한 안전과 수문조작, 방류시설의 기능사고 등에 대비한 여분의 여유도 고려하여 결정한다.

### (4) 취수시설

취입보, 양수장, 지하수 이용시설(우물, 집수암거 등) 등 취수시설은 계획용수량인 10년 빈도 갈수량을 취수할 수 있는 기능을 가지며 안정성과 경제성을 갖는 구조물이 되게 한다.

#### ① 취입보

취입보시설은 설계취수량이 취수가능량(갈수량)을 상회하지 않도록 계획하고 홍수시에 위험한 사태가 발생하지 않는 구조로 한다.

#### ② 양수장

양수장 계획은 취입보시설과 동일하게 설계취수량이 하천갈수량을 상회하지 않도록 하며, 운전시간의 제한과 그에 따른 도수시설의 확대, 동력비 및 경상비 등을 고려하여 반드시 타 수원공과의 경제성을 비교, 검토하여 결정해야 한다.

#### ③ 지하수 이용시설

지하수 이용시설에는 우물(관정), 집수지, 집수명거, 집수암거 등이 있으며, 시설계획은 투수시험을 하고 적절한 채수방식과 규모를 검토하여 수립한다.

### (5) 송배수시설

취수시설로부터 논 포장에 이르기까지 용수의 송수 또는 배수를 주목적으로 하는 용수로 및 이에 부수하는 분수공 등을 송배수시설이라 한다. 송배수시설은 조정시설, 관리제어시설 등을 포함한 송수배분시스템 전체로서의 경제성 및 유지관리면을 고려한 유기적 연관을 형성할 수 있게 통수 또는 분수를 위한 구조물의 배치, 수로 등의 노선, 시설의 형식, 용량 등의 요소에 의해 계획된다.

### (6) 조절시설(調節施設)

조절시설은 도수로 또는 용수로의 길이가 길어 말단부 경지에 필요한 수량을 필요한 시기에 공급하기 어렵거나, 첨두용수량이 커져서 용수로단면이 커질 경우, 중간에 조절지를 설치하여 효율적 물관리와 경제성을 확보하기 위한 것이며, 구조물의 위치, 형식, 용량 등은 수원과 포장에서의 물수지 분석에 의한 모의발생으로 결정한다. 조절시설은 간선수로의 중간 또는 말단에 설치되며, 1일~3일의 수요조정을 목적으로 하는 조절지, 몇시간~1일 이내의 짧은 시간의 수요조정을 꾀하는 것을 목적으로 하는 조정지, 그리고 20~60분 정도의 펌프운전, 시설의 연계동작의 조정 및 과도현상을 완화시켜 시설을 보호하기 위한 배수조 등이 있다.

## 2.3.6 물관리계획

### (1) 기본구상

물관리계획수립의 기본인 시설조직, 수량측정, 수로손실, 관개방법, 관리요원 등에 대해 종합적으로 검사하여 기본구상을 설정해야 한다.

## 논관개

### (2) 물관리와 윤환관개

윤환관개는 합리적인 물관리 방법으로서 용수를 절약할 수 있고 수확량도 증가시킬 수 있다.

### (3) 윤환관개계획

윤환관개를 성공적으로 시행하려면 적절한 용수배분 및 조절·측정시설과 용수량 공급 및 물 분배 계획 등 두 가지 요소가 중요하다. 여기에서는 분수 및 조절·측정장치에 대하여 적절한 계획을 수립해야 한다.

### (4) 용수의 균등배분을 위한 물관리

용수의 균등배분은 용수의 효과적 이용, 적기이용, 물수요자의 물분쟁의 해결 등을 위하여 필요하며 이를 위하여는 용수시설, 물공급 및 이용방식, 관개방식 등에 대한 종합적 검토와 대책을 강구하여야 한다.

### (5) 용수절감을 위한 물관리

절수를 위한 용수관리계획은 물관리시설과 물관리운영시스템 및 재배관리상의 낭비요인에 대한 대책을 종합적으로 검토하여 가능한 한 효과적인 절수가 되도록 하여야 한다. 여기에는 조절지, 재이용시설, 유량 측정장치, 손실수량 억제방안, 상류제어 물관리방식 등을 도입한다. 훌륭한 물관리는 최적의 토양수분을 유지하여 농작업을 용이하게 하고, 물의 낭비를 방지하면서도 증산의 목적도 달성하도록 하는 것이다.

## 2.4 수온상승

### 2.4.1 수온

#### (1) 벼의 발육에 대한 최저, 최적, 최고온도

벼는 고온의 경우 43℃에서 20~30분, 저온의 경우는 -0.8~1.6℃에서 0℃ 이하가 2시간 지속하면 지하부가 죽는다.

#### (2) 고수온 및 저수온 피해

저수온피해가 나타나는 수온은 25~21℃ 이하로 보통 23℃ 이하이며, 고수온 피해가 나타나는 수온은 35~38℃ 이상으로 보통 36℃ 이상이다. 고수온과 저수온에 의한 피해는 유수형성기가 가장 심하고 감수분열기는 경미하다.

#### (3) 수도작과 수온

벼의 생육과 수확량은 수온에 크게 좌우되며 벼의 일생을 통하여 주야의 수온을 일정하게 보존하였을 경우에는 대략 30~32℃가 적온이다. 그러나, 수온의 영향을 벼의 생육시기 또는 주야로 나누어 볼 때에는 위험수온으로 보이는 고수온(35℃ 이상)이나 저수온(15~20℃)이 생육기간 또는 주야별에 따라 전혀 해를 끼치지 않을뿐더러 오히려 좋은 영향까지 미치는 수가 있다. 수도의 다수확을 위하여 생육기별로 적정 수온이 되도록 적절한 관개방법 및 시설을 하여 수온을 조절하는 방법을 강구해야 한다.

#### (4) 하천수온

하천수온은 수면과 하상의 태양복사열에 의한 열교환으로 하천횡단면 내에서도 수온분포가 상이하며, 하천수가 유하하는 도중에 복류수, 용천수, 융설수 등이 합류하는 경우도 영향이 있다. 수면의 열교환 외의 영향인자는 실측해야 하며 하천수를 관개용수를 활용코자 할 때에

는 적절한 방법으로 수온을 판단해야 한다.

(5) 호소 및 저수지의 수온

호소나 저수지를 관개용수원으로 이용할 경우에는 수온의 수직분포에 주의해야 한다. 호소나 저수지 수온은 각기 유역 및 저수지의 형상이나 수문학적 특성에 따라서 다른 양상을 나타낸다.

(6) 지하수의 수온

지하수 또는 복류수의 이용계획에 있어서는 먼저 그 취수량 및 산출위치에 따른 수온변화 관계를 고려하여야 한다.

(7) 논·밭의 수온

관개수의 온도는 수원의 종류나 수원으로부터의 거리에 따라서 크게 다를 수가 있다. 논은 물의 단위용적당 수열면적이 하천이나 용수로에 비하여 훨씬 크므로 논에 들어간 용수의 온도는 기상요건에 따라서 정해지는 온도에 급속히 접근된다. 따라서, 관개수온은 직접 벼의 생육을 지배하는 일은 적고 논안에 퍼진 다음에 형성된 논·밭의 수온이 벼 생육과 수확량을 지배하는 요소가 된다.

## 2.4.2 수온대책

하천수, 댐, 기타 수리시설을 축조하여 자연적인 물흐름에 변화를 주었을 때는 필연적으로 유량과 함께 수온의 변화를 가져오게 된다. 따라서 냉수온대책을 생각할 때는 단순한 물리적 취급급외에 벼와 수온과의 생리적 영향도 아울러 검토해야 한다. 또한 수원시설, 용수로, 포장 등의 위치에 따라 수리적 열교환특성이 다르므로 경제적 효과도 생각하여 종합적으로 판단해야 한다.

(1) 온수대책

수원으로부터 논·밭까지의 온수대책에는 필요에 따라 저수지에서의 온수취수시설, 온수지 및 온수로의 설치와 수원교환 등을 고려해야 한다.

(2) 냉수온대책

논·밭의 적정생육과 다수확을 위하여 논·밭의 수온상승을 꾀함에 있어 필요에 따라 사용수량의 절약, 관개방식의 개량, 물꼬에서의 대책, 약품사용, 재배기술에 의한 방법 등 적절한 대책을 강구하여야 한다.

## 2.4.3 수온 상승기구

논이나 온수지의 수온은 그를 둘러싸고 있는 공기와의 사이에 일어나는 열의 교환에 의해 정해진다.

태양의 단파방사에 의한 수온변화에 유효한 순방사는 공기 중으로의 방열(현열전달), 증발에 의한 열손실(잠열전달), 수온상승에 쓰여진 열량, 물밑에서 지중으로 전달된 열량으로 분배되며, 식이 천수층에 대한 열수지식이다. 식에서  $w$ 는 깊이  $H(m)$ 의 수층전체를  $o$ 는 수면에서의 현상,  $s$ 는 토양중의 현상을 표시하고 있다.

## 논관개

$$S = L_o + lE_o + B_w + B_s$$

여기서,  $S$ : 순방사량 ( $\text{cal}/\text{m}^2/\text{s}$ ),

$L_o$ : 현열량전달 ( $\text{cal}/\text{m}^2/\text{s}$ ),

$lE_o$ : 잠열전달 ( $\text{cal}/\text{m}^2/\text{s}$ ),

$E_o$ : 수면증발량 ( $\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$ ),

$l$ : 증발의 잠열 ( $580\text{cal}/\text{g}$ ),

$B_w$ : 수층저수량의 변화 ( $\text{cal}/\text{m}^2/\text{s}$ ),

$B_s$ : 지중전도열량 ( $\text{cal}/\text{m}^2/\text{s}$ )

### (1) 열수지방정식

열수지방정식을 이용하여 온수지의 수온상승도를 계산할 수 있다. 열수지방정식을 구성하는 항목은 순방사, 현열전달, 유입·유출열량, 잠열, 저장열, 지중전도 등으로 되어 있다.

### (2) 평형수온과 수온상승도의 계산

평형수온을 알 수 있으면 온수지에 의한 수온상승도의 계산이 용이하다. 이 계산은 비교적 알 온 온수지나 온수로의 수온상승 예측에 유효하다.

## 2.4.4 수온상승 시설

### (1) 계획상의 기초조건

수원의 상승이  $18^\circ\text{C}$  이하인 경우와 관개기간의 평균수온이  $18^\circ\text{C}$  이상인 곳에서도 관개초기 또는 유수형성기 등에 냉수피해를 받는 경우에는 수온상승시설의 계획을 수립한다.

### (2) 수온상승시설의 종류

수온상승시설은 논구획안에서 조작하는 간이시설을 제외하면 온수지와 온수로로 대별되며 온수지는 저수형과 유수형으로 구분된다.

### (3) 수온상승시설의 열효율과 구조

수온상승시설의 수면적  $A$ 와 유입량  $q$ 가 수온상승도를 결정한다. 그러나 이들은 지형, 토지조건, 관개면적과 용수량 등에 의해서 많은 제한을 받는다. 여기서는 구조조건의 하나로서 열효율을 좋게 하기 위한 조건에 대해서 기술한다.

### (4) 수온의 일변화와 구조

수온의 일변화 조절이 가능한 구조로는 ① 야간에 관개수온을 상승시키는 경우는 유수형 온수지 형식, ② 한낮에 관개수온을 상승시키는 경우는 온수로 형식 등이 있다.

## 2.4.5 온수취수시설

### (1) 온수취수의 이론

표층취수에 의하여 고온의 물을 취하려면 저수지가 수온성층을 형성하여 상층이 고온으로 되는 것이 바람직하다. 저수지 표층취수에는 potential 흐름으로 취급하고 밀도의 변화를 가미하는 방법과 밀도차에 의한 불연속면을 갖는 두 층 사이의 흐름으로 취급하는 방법이 있다.

## (2) 온수취수시설

농업용수는 물론 발전용으로 취수할 경우에도 하류부 관개답의 수도작에 냉수장해를 줄 염려가 있을 때 우선 온수취수시설을 해야 한다.

## 2.4.6 수온상승효과

### (1) 낮은 수온의 영향

낮은 수온이 벼에 미치는 영향은 복잡하다. 일반적으로 발아 이식 후의 착근 및 분얼, 신장 등의 생육을 방해하는 생육지연형 냉해와 유수의 분화와 발육, 화분의 형성을 저해하는 생식장해형 냉해로 나눌 수 있다.

### (2) 냉수관개에 의한 벼의 감수

적정한 수온일 때 벼의 정상수확량을 기준으로 하여 냉수피해로 인한 감수량의 비율을 냉수피해율이라 하며 이는 수온이 낮을수록 커진다.

### (3) 연속관개 논에서의 용수승온의 증수효과

수온의 상승에 따른 증수효과는 냉각량과 피해율 사이의 상관관계를 실제조사에 의해 유도하고 이를 수식화하여 수온상승에 따른 증수효과를 산출한다.

## 2.5 사업효과

### 2.5.1 관개사업의 효과

관개사업의 효과는 ① 지목변경, ② 작부체계 개선 및 농지이용률 제고 ③ 단위면적당 수확량 증가, ④ 생산비 절감, ⑤ 기타 효과(환경보전, 생태계 유지, 지역사회발전기여, 논·농지의 저수기능, 홍수 조절, 관광자원조성 등)를 기대할 수 있으며 이를 객관성 있게 그리고 적절하게 평가하여야 한다. 농업생산기반정비사업이 과거 관개배수개선사업 위주에서 최근에는 경지정리, 정주권개발, 농촌환경정비, 농촌생활용수 등 형태가 다양하며 특히 환경보전개선과 삶의 질 향상 등 행복의 충족도 향상의 기여도를 포함시켜야 하는 측면을 중시하여야 하고 투자효과도 사업의 성격과 유형에 따라 다름을 중시해야 한다. 그리고 사업유형은 기존답의 생산성을 개선하는 농업용수사업과 새로운 농지를 개간, 간척하는 농지조성사업이 있음을 유의하여야 한다.

#### (1) 지목변경

지목변경효과를 알기 위하여 시행 전후 지목변경표를 작성하여야 한다. 시행 전 농지면적에는 폐쇄될 면적을 포함시키고 시행 후에는 농지개량시설부지의 면적을 농지외의 기타 면적으로 표시하여 순경지 면적과 구분 시켜야 한다.

#### (2) 작부체계 개선 및 농지이용률 제고

사업효과 계산을 위해 사업시행 전후 작부체계 개선표를 작성한다. 시행전 작부체계는 개발 대상지의 농업조사를 통하여 파악하고 시행 후 작부체계는 사업내용과 성격에 따라 개발 후에 달라지는 요인을 기초로 하여 이와 유사한 개발사업을 시행한 타 지역의 경험과 각종자료 및 농업기술 전망 등을 고려하여 추정한다.

#### (3) 단위 수확량 증가

## 논관개

사업시행 전 수확량은 풍흉을 고려한 사업지구의 평년수확량을 현지조사 한다. 이 때의 수확량은 개발기간의 자연증가 추세치가 제외되어 있으므로 이를 고려해야 한다. 사업시행 후의 수확량은 개발효과가 완전한 수준에 도달했을 때의 수확량을 추정하고, 그 이전년도에 것은 숙답률 또는 숙적화율을 적용한다.

### (4) 생산비 절감

사업을 실시하면 농작물 재배에 시행후에 생산비가 증가하는 비목과 감소되는 비목이 있으므로 사업시행 전후 작물별 생산비표를 각각 작성해야 한다.

### (5) 기타 효과

사업의 직접효과는 지목변경, 작부체계 개선 및 농지이용률을 제고, 단위당 농작물 증수, 생산비 절감 등에 의한 농업순수익의 증가로 나타나며, 간접효과는 직접효과외에 사업으로 인하여 파생되는 모든 경제적 편익을 말한다. 간접효과는 가능한 한 수량으로 표시하며, 비가측적 효과는 내용을 상세하고 간결하게 서술하여야 하며, 객관성 있는 근거를 제시하여야 한다.

## 2.5.2 경제 및 재무분석

### (1) 분석지표

경제분석 지표로는 편익비용비율(B/C ratio), 증가순수익 현재가치(NPW), 경제적 투자수익률(EIRR) 등이 활용되고 재무분석 자료로는 재무적 투자수익률(FIRR), 대표농가수지분석(TFBA) 등이 사용된다.

### (2) 분석의 기준시점

사업에 투입된 비용과 사업에서 산출되는 편익을 어느 특정연도 즉, 염연도의 시점에 일치시킨 가격으로 분석해야 한다. 경제분석을 위한 기준연도는 대체로 설계단가의 기준연도와 일치시키는 것이 바람직하다.

### (3) 사업기간 및 시설물 내용연한

모든 사업은 내용연한이 다른 시설물이 합하여 이루어진 종합적 유기체이므로 방조제, 철근 콘크리트와 같은 내구수명이 긴 시설도 있는가 하면 토공수로, 양수기 등과 같이 수명이 짧은 시설도 있다. 효과분석의 기간 결정은 주된 시설물(저수지, 용수간선 등)의 내구수명을 기본으로 하여 결정한다.

### (4) 농산물 가격

농산물 가격은 경제분석의 경우는 잠재가격을, 재무분석의 경우는 농가 수취가격을 적용하여야 하며 수요와 공급의 불균형에서 오는 어느 특정연도에 형성된 특수성은 배제되어야 한다.

### (5) 투입물 가격

농업생산비 및 건설비에 포함되는 각종 재화 및 요소의 가격은 경제분석 시점에서 가격의 불확실성 또는 의제가격 등을 배제하고 위장된 가격을 배제하기 위하여 시장가격을 잠재 가격으로 조정 적용하여야 한다.

### (6) 환율적용

외환율이란 국내화폐의 대외구매력의 척도로서 외화 1단위에 대한 국내화폐의 교환율을 말한다. 경제분석을 위해 환율을 적용할 경우에는 반드시 잠재환율을 구하여 적용하여야 한다.



## (7) 미숙련공 노임

농업노동에 대한 기회비용 적용은 일반적으로 농업노동의 특수성에서 오는 농한기 취업기회의 제한 때문에 취업가능일수와 실제취업일수를 비교하여 고용률을 산출하고 농촌노임은 반드시 기회비용으로 처리하는 것이 바람직하다.

## (8) 예비비

예비비는 가격변동에 대처하기 위한 가격 예비비와 예기치 않은 추가 공사 또는 추가물량 수요에 대처하기 위한 물량 예비비의 두가지가 있다. 이 가운데 물가상승 예비비는 경제분석에서 계상할 필요가 없으나 물량변동 예비비는 실제 투입될 가능성이 많으므로 비용으로 처리되어야 한다.

## (9) 효과분석을 위한 사업비 조정

공사비 중 제세 공과금, 업자이윤, 물가상승, 예비비는 국민경제적 입장에서 보면 실질비용이 아닌 이전적 지출 또는 의제된 제출이므로 투자비용에서 제외시켜야 하며 실제환율과 잠재환율과의 차이 및 미숙련공 노임은 기회비용으로 조정하여 분석해야 한다.

## (10) 유지관리비

조합경상비는 재무분석의 경우 전액을 계상하여야 하나 경제분석의 경우에는 경상비중 시설 개량사업비, 개보수비, 제세 공과금 및 시설 적립금이 포함되어 있는 점을 고려하여 경제분석 종합 조정계수를 사용하여 조정하여야 한다.

## 2.5.3 경제분석

## (1) 투자효율 분석

투자효과 분석의 지표는 사업의 비용 및 편익을 현재가치로 할인하지 않는 경우의 투자효율을 표시하는 방법과 현재가치로 할인하는 방법으로 대별되고 있으며 후자의 경우는 ① 순수익의 현재가치법(NPW), ② 회수기간법(PP), ③ 편익비용 비율법(B/C), ④ 내부투자 수익률법(IRR) 등 네가지 방법이 있는데 일반적으로 IRR과 B/C를 쓰고 있다.

## (2) 현재가치와 할인율

시간의 경과와 더불어 변화하는 편익과 비용의 시계열적 흐름의 총계를 비교하기 위하여 어떤 일정시점에서의 현재가치로 환산하는데 사용되는 계수를 할인율이라 한다. 적절한 할인율 결정에는 사회적 기회비용의 개념과 시간적 선호율의 개념 및 시장이자율의 개념이 있다. 일반적으로 사회적 기회비용의 개념을 기준으로 한다.

## (3) 투자효율산정식의 선택

투자효율을 산출하는 방식으로 영농비와 유지관리비를 어떻게 처리하느냐에 따라 세가지 유형이 있는데 본 설계기준에서는 사업시행 전후의 농업조수익을 차액으로부터 시행 전후의 영농비의 차액을 공제한 증가 순수익을 분자로 하고 투자와 유지관리비 등의 비용을 분모로 하는 방법을 일반적으로 사용한다.

## 논관개

$$\begin{aligned} B/C &= \frac{G_w - C_w - (G_o - C_o)}{I + O\&M} = \frac{(G_w - G_o) - (C_w - C_o)}{I + O\&M} \\ &= \frac{\text{증가농업순수익}}{\text{투자+유지관리비}} \end{aligned}$$

여기서, I는 투자액, C는 사업비용, G는 사업수익임.

### (4) 불확실성에 대한 감응도 분석

모든 사업의 효과분석은 불확실성에 대한 검토가 필요하며 가격변동, 사업추진지연, 비용초과, 생산량변동 등을 고려하여 ① 수익 10% 감소시, ② 사업비 10% 상승시, ③ 공사기간 2년 지연시, ④ 사업비 10%증가 및 공기 2년 지연시 등에 대하여 개연성을 분석하는 것이 바람직하다.

### (5) 매물가치

투자사업 선정의 기준이 되는 것은 장래 투입할 비용에 대한 예상수익임으로 현시점에서 볼 때 과거에 지출된 매물비용은 투자우선 순위결정에 아무런 영향을 줄 수 없다. 따라서 과거의 투자부문은 영으로 처리한다.

### (6) 대체투자 및 잔존가치

모든 사업은 각각 내용연수가 다른 시설물이 모여 이루어 졌으나 사업분석 기간은 동일해야 한다. 이 때 분석기간 중에 수명이 끝나는 주요 시설물에 대하여는 대체투자비를 계상해야 하고 경제적 수명이 끝나지 않은 시설에 대하여는 분석기간의 최종연도에 잔존가치(시설물가치의 약 10%)를 계상하여야 한다.

## 2.5.4 재무분석

재무분석은 농민, 농업, 기업체, 공공단체 등 사업참여 단위가 투자한 사적 자본에 대한 재무적 수익성을 측정하는 것이다. 농업생산기반정비사업에 대한 재무분석은 농민이나 단체가 사업비의 일부를 부담(융자금이든 지원부담금이든)하는 경우에만 필요한 것이다.

## 2.5.5 효율분석의 전산처리

모든 분석의 기준(가격, 환율, 수익성, 기회비용, 설계연도, 종합내구수명 등)을 일정하게 고정(농진공의 분석기준 또는 감독관청의 지침)시켜 확정된 전산프로그램에 의해 분석함으로써 조사자 또는 분석자의 주관적인 자료 취택에 따른 오류 가능성을 배제하여 산출결과와 공명성과 투명성을 확보하여야 한다.

## 3. 자료

### 3.1 자료 일반

· 내용 없음

### 3.2 재료 특성

·내용 없음

### 3.3 계획

·내용 없음

## 4. 설계

·내용 없음



집필위원	분야	성명	소속	직급
	관개배수	김선주	한국농공학회	교수
	농업환경	박종화	한국농공학회	교수
	토질공학	유 찬	한국농공학회	교수
	구조재료	박찬기	한국농공학회	교수
	수자원정보	권형중	한국농공학회	책임연구원



자문위원	분야	성명	소속
	농촌계획	손재권	전북대학교
	수자원공학	윤광식	전남대학교
	지역계획	김기성	강원대학교
	수자원공학	노재경	충남대학교
	농지공학	최경숙	경북대학교
	관개배수	최진용	서울대학교

건설기준위원회	분야	성명	소속
	총괄	한준희	농림축산식품부
	농업용담	오수훈	한국농어촌공사
	농지관개	박재수	농림축산식품부
	농지배수	송창섭	충북대학교
	용배수로	정민철	한국농어촌공사
	농도	조재홍	한국농어촌공사 본사
	개간	백원진	전남대학교
	농지관개	이현우	경북대학교
	농지배수	남상운	충남대학교
	취입보	김선주	건국대학교
	양배수장	정상옥	경북대학교
	경지정리	유 찬	경상대학교
	농업용관수로	박대선	한국농어촌공사 본사
	농업용담	손재권	전북대학교
	농지배수	김정호	다산건설턴트
	농지보전	박중화	충북대학교
	농업용담	김성준	건국대학교
	해면간척	박찬기	공주대학교
	농업수질및환경	이희억	한국농어촌공사 본사
	취입보	박진현	한국농어촌공사 본사

중앙건설기술심의위원회	성명	소속
	이태욱	평화엔지니어링
	성배경	건설교통기술협회
	김영환	한국시설안전공단
	김영근	건화
	조의섭	동부엔지니어링
	김영숙	국민대학교
	이상덕	아주대학교

농림축산식품부	성명	소속	직책
	한준희	농업기반과	과장
	박재수	농업기반과	서기관

설계기준  
KDS 67 40 20 : 2018

## 논관개

---

2018년 04월 24일 발행

농림축산식품부

관련단체 한국농어촌공사

58217 전라남도 나주시 그린로 20(빛가람동 358) 한국농어촌공사

☎ 061-338-5114 E-mail : webmaster@ekr.or.kr

<http://www.ekr.or.kr>

(작성기관) 한국농공학회

06130 서울시 강남구 테헤란로 7길 22(역삼동 365-4) 과학기술회관 본관 205호

☎ 02-562-3627 E-mail : j6348h@hanmail.net

<http://www.ksae.re.kr>

국가건설기준센터

10223 경기도 고양시 일산서구 고양대로 283(대화동)

☎ 031-910-0444 E-mail : kcsc@kict.re.kr

<http://www.kcsc.re.kr>

※ 이 책의 내용을 무단전재하거나 복제할 경우 저작권법의 규제를 받게 됩니다.