

[제 1장] 관개배수의 발달

I. 관개배수의 중요성

1. 관개배수의 의의와 목적

- 관개배수 : 물이 부족하거나 과다하여 농사를 지을 수 없는 땅에, 강수·증발산·침투 등 자연의 물 순환을 보완하여 인공적으로 농경지의 물 환경을 조절하는 것
관개(물이 부족할 때 물을 보급하는 것) + 배수(물이 과잉될 때 이를 배제하는 것)
- 목적 : ① **작물의 생육환경을 개선해 농업의 토지 생산성 ↑**
 ② **농작업의 환경을 개선해 노동 생산성 ↑**
 ③ 농지의 개선이라는 공동의 목적을 달성하기 위해서 언제나 관개와 배수를 함께 고려해야 함

2. 관개배수와 농업생산

- 작물 생육에 좋은 환경 : **태양에너지, 토지, 물 조건이 적절히 조합**
 ↳ 조절 불가능 ↳ 기상조건과 토지조건에 따라 다르기는 하지만 비교적 조절하기 쉬움
 ⇒ 농업생산에 관개배수가 널리 보급됨

3. 관개배수와 지역사회의 영향

- ① **식량과 의류공급** : 식량공급을 통해 집단주거를 가능하게 하고 의류작물을 재배하여 의류섬유를 제공함으로써 인류문화를 크게 발전시킴
- ② 주민 자치능력 부여 : 관개사업을 하면서 한 곳에 정착하여 농사를 지을 수 있게 됨
 → 물 분쟁이 발생
 → 분쟁을 없애기 위해 물 사용 규칙을 만들고 이를 지키기 위해 공동의 노력이 이루어짐
- ③ **지역 환경보전**
 - ↳ 홍수조절 : 저류효과 - 논, 밭 > 댐
 - ↳ 지하수 함양 : 용수원
 - | 논의 경우 55%는 배수되거나 복류수형태로 하천으로 흘러가고 45%는 지하수로 침투
 - | → 지하수의 무절제한 양수로 지반을 침하시키는 현상 예방가능
 - ↳ 대기 냉각 : 논의 물이 증발하거나 비를 통하여 증산하게 됨으로써 대기를 냉각
 - ↳ 대기 정화 : 온실효과와 주원인인 CO₂를 흡수하고 O₂를 내보냄
 - ↳ 토양유실 방지 : 밭에서 유실되는 비옥한 표토가 하부에 위치한 논으로 유입됨으로써 토양유실방지
 - ↳ 수질정화 : 토양은 오염물질을 흡착하는 성질을 가지고 대기중에 가스로 방출됨
- ④ 생태계 보존 : 생태계 = 자연생태계 - 농업생태계(두 생태계를 연결해 주는 고리) - 도시생태계
 ↳ 생태계 전체를 보존하며 쾌적한 인간의 삶을 유지해줌
 아름다운 국토경관을 만들고 산림과 야생동물들을 보호
- ⑤ **지역 개발의 투자** : 자급자족의 농업에서 시장기능을 활용하면서 자본축적 → 축적된 농업자본이 타 산업에 투자됨

II. 지속가능 농업과 관개배수

1. 지속가능 농업

- 21세기에 접어들면서 모든 자원을 가용하게 내에서 개발해야 하고, 개발된 자원도 효율적으로 사용해야 한다는 생각이 일반화하기 시작
- 1977년 인간과 환경에 관한 UN회의 : 생태 보존적 개발과 지속가능 개발
- 1990년 FAO : 지속가능 농업
 현재의 인간과 미래의 후손들이 함께 경제와 사회적으로 성취감과 만족감을 느낄 수 있도록 기술과 제도를 적용하여 농업개발 사업을 추진하고, 이를 보존할 수 있는 농업
 농지와 수자원 이용의 한계와 제한 조건을 충실히 지킴으로써 생산성을 높이고 환경을 건전하게 보존하여 미래까지 지속할 수 있는 농업
- 1992년 UNCED : 환경적으로 건전하고 지속가능한 개발

2. 농업용수 보전의 필요성

- ① 자연적 측면 : 우리나라는 강수량의 시간적, 공간적 분포가 고르지 못해 수문 기상학적으로 수자원의 관리에 불리한 여건을 갖고 있기 때문에 저류 시설을 건설하여 강수량을 최대한 활용하는 담수관리가 필요
물 수요의 많은 비율을 농업용수가 차지(약 80%)
 점원(대도시 주변으로부터의 생활하수 및 산업폐수, 축산폐수;오염지 얇)이나 비점원(비료·농약의 과다한 사용;오염지 모름)에서 오염물질 배출로 수질악화 cf) 농업용수의 오염은 주로 유기성이며, 고농도의 질소
기존 농지의 과잉 관개 → 관개수원 ↓, 지하수위 ↑
관개지역 내의 배수시설이 부족 → 토양내의 염분 제거 ↓
- ② 사회·경제적 측면 : 국가 경제의 발달과 생활수준의 향상으로 농업 이외 부문과의 물 수요 경쟁이 심화
 까다로운 환경 규제, 지역주민의 반대, 공사비의 80%에 이르는 보상비 과다 등 때문에 새로운 대규모 수원공의 건설불가능

3. 농업용수의 보존방안

- ① 환경보존적 농업용수 개발 : 중규모의 다목적 댐이나 저수지 건설, 지하수 개발하여 발 용수나 생활 용수로 사용
 기존 저수지를 보강·개발함으로써 환경피해와 보상비 지출을 최소화
 저수지근의 연계운영과 하천수계간 연계공급 체제구축
- ② 합리적 물관리와 시설유지관리에 의한 용수 절약 : 저수량의 효율적 이용, 절수관개, 콘크리트 용수로 건설, TM/TC에 의한 집중 물관리
- ③ 수질오염의 방지 : 광역적 수질관리, 오염물질 배출규제, 환경기체시설의 확충과 수질감시기능강화, 지하수보전
- ④ 관리체제 및 법규정비

[제 2장] 토양, 물 및 작물

I. 토양과 물

1. 토양의 성질

- 토양 : 지구표면 가까이 암석의 풍화되고 부스러진 부분
 고체(대개 광물질이며 소량은 유기물)
 + 액체(토양수분; 공극 내의 액체상태의 물 > 용해된 광물질과 기체상태의 수분) ⇒ 작물생육, 관계배수와 가장 밀접한 관계
 + 기체(토양공기 > 탄산가스를 많이 함유 → 질소가 대다수인 대기와 다름)

① 토양의 물리성

- 토양의 물리적 성질 : 토성, 토양구조, 보수성, 모관력, 투수성, 통기성
- 토성 : 토양입자의 크기별 분포
 토립자의 구성비율에 따라 사토, 사양토, 양토, 식양토, 식토(점토) 등으로 구분
 모래 지름의 상한인 2mm보다 큰 입자는 제외시키고 분석 cf) 사질점토 : 자갈이 10% 이상 섞여 있는 경우
- 토양구조 : 토양의 기하학적 형상과 결합상태
 ▫ 단립구조 : 토양입자가 하나하나 분리된 상태로 집합되어 있는 구조
 ▫ 입단구조 : 많은 토양입자가 모여서 입단을 만들고 이들 입단이 다시 집합하여 만들어진 구조
 단립입자보다 보수성, 통기성 및 투수성이 양호하여 작물생육에 좋음
- 비중 ▫ 진비중 : 토양입자의 비중 cf) 광물질 토양 > 부식질 토양
 ▫ 가비중(겉보기 비중) : 토양시료를 건조시킨 후의 비중 cf) 사토 > 식토 > 부식토 > 이탄토
 cf) 습윤밀도 : 수분을 함유한 상태의 토양시료의 단위 부피당 무게
- 공극 : 입자두께 ↓, 유기물 ↑, 입자크기 다양성 ↑ ⇒ 공극 ↑
 ▫ 모관공극 : 모세관작용이 활발하게 이루어져 표면장력에 의한 물의 보존 및 이동을 가능하게 함
 ▫ 비모관공극 : 비교적 큰 공극, 배수와 통기를 이룸
- 토양의 단면 : A층 + B층 + C층 + 기반암
 ↳ 기반암 위의 풍화된 부분

② 토양의 화학성 : 모암의 종류에 따라 달라짐

- 평균 화학조성 : 산소 > 규소가 대부분
- 점토 광물 : 토양생성 과정에서 재합성된 2차 광물
 입경 < 0.002mm인 소립자이므로 표면적이 매우 넓어 토성을 지배하고 물리 화학적 성질을 결정
 결정형은 모두 판상격자로 규산판 + 알루미늄판인 결정단위
 표면에는 음전하 → 각종 양이온의 흡착력을 가짐
- 토양콜로이드 : 입경 < 0.1µm로 표면적이 큼
 표면의 성질이 특이하여 토양의 이화학적 성질을 결정
 많을수록 보수력과 작물생육에 필요한 각종 영양분함유 ↑
- 양이온 치환용량 : 토양 또는 콜로이드가 갖고 있는 치환성 양이온의 총량을 당량으로 표시한 것
 클수록 비옥하고 작물의 비료 영양성분이용률 ↑
- pH : 양분의 유효성에 영향 ⇒ 강산성 → 유효성 ↓, 약산성 → 유효성 ↑
 일반작물은 약산성~약알칼리성(pH 5.6~8.4)에서 잘 자람 ⇒ pH를 6.5부근에 맞추는게 중요
 cf) 내륙지방은 대부분 산성, 간척지와 바닷가의 토양은 알칼리성
 토양산성화의 작물의 장애 ▫ 양분흡수력 ↓, 수소이온이 작물뿌리로 침입하여 효소작용 ↓
 ▫ 점토광물 속 알루미늄이 용해되어 이온이 되고 이온이 1~2mg/L 이상이 되면 작물이 이용 못함 → 인산결핍
 ▫ 염기(칼슘, 마그네슘)결핍 & 미량원소(붕소)의 용탈 ↑ → 양분결핍
 ▫ 세균 ↓ → 질소고정이나 질산화 작용 ↓ & 지렁이 같은 소동물 ↓
 ↳ 중금속(알루미늄, 망간, 구리, 아연, 납 등)의 축적 ↑
- 토양산성화의 원인 ▫ 강우량 ↑로 물이 하층으로 침투될 때 염기도 같이 용탈
 ▫ 질소질 비료사용 ↑로 질산화 작용에 의해 수소이온 ↑
 ↳ 작물에 의해 토양염기가 빼앗김
- 산성토양의 개량방법 ▫ 석회(알칼리성) 사용법
 ↳ 유기물(ex. 퇴비, 녹비) 사용법 : 직접 효과는 적지만 토양의 물리 화학적 성질과 미생물의 성질 개선

알칼리 토양 - 고온건조한 지방에서 토양수가 하층으로부터 작물층으로 상승하며, 토양표면의 물이 증발하므로 염기가 작물층에 집적되어 (간척지) **생김**

염류가 $\left[\begin{array}{l} \text{탄산석회}(CaCO_3, NaCl, Na_2SO_4) - \text{백색, 염류토양} \\ \text{나트륨염}(Na_2CO_3) - \text{흑색, 알칼리토양} \end{array} \right.$

충분히 담수하여 농도가 높은 유리염류를 용탈시키지 않으면 작물의 수분 및 양분의 흡수가 장애를 받아 생육이 불가능

③ 온도

- 태양의 복사열의 크기에 지배

- 지표면에서의 열수지 방정식 \Rightarrow 순복사량(S) = 현열전달량(L) + 잠열전달량(LE) + 지중열전달량(G)

\swarrow ↓ ↓
 = 대류 또는 복사에 의한 토양과 대기 사이의 열전달 + 증발에 의한 열교환 + 토양면과 지중 사이의 열교환량
 $G \propto \text{토양온도}$

- 지표면에서 가장 크고 깊어질수록 지온의 변화 ↓

- 불역층 : 온도의 변화의 진폭이 지표면의 0.1로 감쇄하는 깊이

일변화 = 약 0.5m, 연변화 = 약 0.9m

- 토양입자의 열용량 = 토양수의 열용량의 절반 \Rightarrow 토양함수량이 작으면 토양의 온도가 쉽게 변함

④ 토양공기

- 비모관공극을 점유

- 가스확산 계수가 작기 때문에 자연공기에 비하여 산소 ↓, 탄산가스 ↑

cf) 지표면에 가까울수록 탄산가스 ↓, 지중으로 갈수록 산소 ↓

여름에는 탄산가스 ↑, 겨울에는 산소 ↑

- 토양 표면층에서는 수증기로 거의 포화

- 용기량 : 토양공기의 부피

- 용기율 : 토양의 전체적에 대한 용기량의 비율

작물생육에 적당한 용기율은 10~30%

- 토양의 통기 : 토양공기와 대기의 교류현상

영향인자 \Rightarrow 공기의 압력기울기와 농도 또는 분압의 차이에 의해 생기는 가스확산 > 토양온도, 대기압, 토양수분, 풍속, 지하수위

↳ 확산의 통로가 되는 유효 용기율에 영향받음

2. 토양수의 형태 : 토양입자와 수분과의 결합력의 크기에 따라 구분

- 흡착수 : 대기 중에서 토양입자를 건조시켜도 토양입자에 남아 있는 수분

유동성 × \rightarrow 작물의 이용 ×

105~110°C의 열을 가해야 토양입자로부터 분리

토양입자가 미세할수록 유기물함량 ↑ \Rightarrow 흡착수 ↑

- 모관수 : 흡착수의 바깥쪽에 모세관 작용에 의해 중력에 저항하여 토양공극에 있는 수분

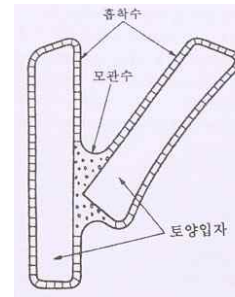
유동성 ○ \rightarrow 작물의 이용 ○

토성, 흙의 구조, 염류 농도, 유기물 양 등에 따라 모관수의 양 다름

ex) 토양입자가 미세할수록 유기물함량 ↑ \Rightarrow 모관수 ↑

- 중력수 : 중력에 의하여 토양공극 속에서 자유로이 유희하는 물

토양의 통기성을 나쁘게 하고 뿌리의 호흡과 토양 미생물의 활동을 방해 \Rightarrow 작물 생육을 돕기 위해서 배제필요



3. 토양 함수량 표시법 : 토양수분을 직접적으로 측정

- 무게단위 함수량 = $\frac{\text{토양시료 중 물의 무게}}{\text{토양입자의 무게}} \times 100$

- 부피단위 함수량 = $\frac{\text{물의 부피}}{\text{토양시료의 전체부피}} \times 100 = \text{무게단위함수량} \times \text{토양의 겉보기 비중} = \text{무게단위함수량} \times \frac{\text{토양시료의 건조밀도}}{\text{물의 밀도}}$

\rightarrow 관개배수 분야에서는 부피단위 함수량이 주로 사용됨

- 공극률 = $\frac{1 - \text{토양시료의 건조밀도}}{\text{토립자의 밀도}} \times 100$

- 함유되어 있는 물의 양 = $\frac{\text{부피단위의 함수량} \times \text{흙의 깊이}}{100}$

- 물이 얼마만큼 물에 차 있는지를 나타내는 지표로서 포화도 또는 습윤도가 쓰임

- pF(토양수분장력) : cm 단위의 수두로 나타낸 것을 상용대수로 취한 값

4. 토양수분의 측정 : 간접적으로 측정 \rightarrow 3번의 직접법보다 시간과 비용이 절약됨

물리량과 토양함수량의 환산곡선으로부터 함수량 결정

① 텐시오미터법 : 석고로 만든 포러스컵에 파이프를 연결하여 물을 채워서, 진공계(부압계)나 수은 액주계를 사용해서 토양공극의 부압을 측정한다 후, 미리 구해 놓은 토양수분 특성곡선으로부터 토양 함수량을 구하는 방법

측정한계 - 0.8기압

선진국에서 발관개에 많이 사용

측정단계 - 2기압

- ③ 중성자법 : 토양 내에서 고속의 중성자를 내보낸 후, 중성자가 토양 중의 물이 갖고 있는 수소원자에 충돌한 뒤 감속되어 되돌아오는 저속 중성자의 수를 세어 토양함수량을 측정하는 방법
짧은 시간 내에 측정가능
방사능에 의한 피해에 주의하고 관측자는 X선 기사가 사용하는 것과 같은 film badge를 착용하고 주기적으로 film의 감광상태를 검사받아야 함
- ④ 감마선법 : 방출된 감마선이 토양을 통하여 이동하는 동안 토양 속의 물과 충돌하게 되어, 토양 함수량이 클수록 검출판에 도달하는 감마선은 적게 되는 원리를 이용하는 방법
실험실에서 주로 이용
- ⑤ TRD법 : 토양 속에 삽입한 도선을 통하여 고주파 전자파를 보냈을 때 전자파의 전파시간을 측정하여 토양의 유전상수를 계산하고 그것으로 토양함수량을 구하는 방법
- ⑥ 초음파법, 레이더파법

5. 토양수분의 이동

① 토양수분 퍼텐셜

- 토양 속의 물이 갖는 총 퍼텐셜 = **운동에너지** + 퍼텐셜에너지
(단위 체적당 에너지) ↳ **≒0 토양수의 흐름이 매우 느리기 때문에 무시 가능**
= 위치퍼텐셜 + 압력(부압)퍼텐셜 + 삼투퍼텐셜 + 흡착퍼텐셜 + 열퍼텐셜 + 화학퍼텐셜 +
↳ **≒0 ex) 토양수 내의 염분농도의 변화율이 크지 않으므로 삼투퍼텐셜≒0**
= (물의 밀도×g×기준면으로부터 높이) + (물의 밀도×g×지하수면으로부터 깊이)
- 수두 H_t (단위 중량당 에너지) = 위치수두 + 압력(부압)수두
= 단위 체적당 에너지 ÷ (물의 밀도×g)
= 기준면으로부터 높이 + 지하수면으로부터 깊이

② 토양수분의 이동

- 토양속에서 물의 1차원 흐름의 속도 = $-K(\theta) \frac{dH_t}{dL}$ (Darcy의 법칙)
= 토양함수량 or 부압수두함수(투수계수) × 수리기율기
= $\frac{\text{유체의 밀도} \times g \times \text{토양의 고유투수능}}{\text{유체의 점성계수}}$ × 수리기율기 ; 포화층일 때

③ 관개 및 배수시의 토양수분 이동

- 논과 밭의 수분환경은 서로 다르기 때문에 토양수분 이동양상이 서로 다르며 관개시 지하 배수시의 흐름양상도 서로 다름
- 근본적으로 **토양수분은 수두가 큰 지점 → 작은 지점으로 이동**
- **밭** : **침투(연직방향 물의 흐름)**: 물이 수평인 지표면을 통하여 토양 속으로 들어가는 과정과 재분배(침투 후에 발생하는 수평방향의 물의 흐름)에 의한 토양수분 분포상태는 작물의 생육과 밀접한 관계 ⇒ **불포화층에서 물의 흐름이 작물생육과 밀접한 관계있음**
밭에서 한 번의 관개를 한 후 시간이 지남에 따라 작물이 흡수함으로써 근근역의 함수량 ↓
⇒ 물이 수두값이 큰 측방향 먼 구역 or 근근역 하부 → 뿌리 쪽으로 이동
총 퍼텐셜 ≒ 압력퍼텐셜이므로 **물의 흐름은 모세관 작용이 주도**
┌ 토양이 건조한 침투 초기 : 지표면의 압력≒0 & 토양 속의 공극압력 = 부압이므로 수리 기율기 ↑ → 침투율 ↑
└ 시간이 경과 : 토양속의 공극압력≒0 되어 중력이 지배하는 흐름이 됨 → 침투율 ↓한 후 일정한 침투율
- cf) **침입 - 고랑과 같이 지표면이 수평이 아닌 때의 침투**
- **논** : 담수재배를 하기 때문에 토양 함수량 ↑
압력수두와 위치수두 모두 중요한 역할
불투수층이 있는 정상상태 지하배수의 경우에 지하수면 아랫부분은 포화상태로 양의 압력을 받고 있으며, 한 연직평면에서 수두값이 거의 일정하기 때문에 연직방향 흐름은 거의 없고 암거를 향한 수평방향 흐름이 주가 됨

II. 물과 작물

1. 작물생육 메커니즘

- 작물이 생육하는 데는 토양, 수분, 공기 광에너지 및 양분이 필요
↳ 생육 = **생장**(작물의 건물중량 & 작물의 크기의 증가) + **발육**(단순한 양적 증가 & 체내의 질적인 변화에 따른 재조정작용이 생김)
↳ 생장 = 광합성에 의한 물질 생산량 - 호흡에 의한 물질 소비량
- **수분의 기본적인 역할** ① 원형질의 생활상태를 유지
② 식물체 구성물질의 성분
③ 물질흡수의 용매
④ 식물체 내의 물질분포를 고르게 하는 매개체
⑤ 필요한 물질의 합성과 분해에 매개체
⑥ 세포의 긴장상태를 유지하여 식물의 체제유지를 가능하게 함

- 작물의 물흡수영향 : 뿌리의 발달 >> 모관작용(모관작용은 속도느림)
 - ↳ 지력, 토양의 통기성 및 토양 온도에 의해 좌우
 - ∞ 토양 내의 2mm 미만 크기의 입자가 차지하는 율
- 작물의 생육단계의 중요한 전환점
 - ┌ 영양생식기(화성전) : 발아 ~ 유수분화 직전, 영양기관(잎, 줄기, 뿌리) 형성, 동화작용에 의하여 만들어진 탄수화물에 의존
 - └ 생식생장기(화성후) : 유수 분화기 이후~성숙기, 생식기관(유수, 화기)형성하고 출수·개화·씨방이 발육, 출수 후에 양분흡수 ↓
- 벼의 생육단계
 - ┌ 파종 후 2~3일 - 발아
 - | 20~25일 - 3~4엽, 모대기를 끝내고 본답으로 이앙
 - └ 이항 후 2~3일 - 활착이 되고 성장시작
 - | 30일 - 최고 분얼기가 되고, 그 이후에 영양생장 → 생식생장
 - | 70~90일 - 출수
 - └ 출수 후 40~50일 - 수확

2. 토양수분과 작물

- ① 작물의 수분 이용성
 - 수분이용 : 공기 중에서 물을 통하여 흡수된 이산화탄소와 화합하고 탄수화물을 생성
 - 토양 속의 비료분을 용해시켜 토양을 비옥하게 함
 - 염분과 같은 유해물질 용해
 - 뿌리의 성장을 촉진하여 작물생장 촉진
 - ┌ 논 : 담수재배를 하므로 토양수분은 포화상태
 - └ 밭 : 지표면에 담수를 허용하지 않기 때문에 모관수(유효수분:AM)를 이용
 - 밭의 토양수분형태 → 범위 잘 알기

| | | | | |
|---------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|---|--|
| pF 작음(포화) | 중력수 | | | |
| | 모관수 :작물이 이용할수 있는 물 =유효수분 | 생장유효수분 : 적절한 생육을 위한 토양함수량 범위 | 포장용수량(1.8) 수분당량 생장저해 수분점 (3.0) | 포장에 충분한 물을 공급한 후, 24시간 정도 경과하여 중력수가 유하고 난 뒤의 토양 함수량 토양수분의 부족으로 작물이 충분한 성장활동을 못하게 되는 토양함수량 함수량이 생장저해 수분점보다 작게 되면 작물의 증발산량이 급격하게 감소되어 생육이 부진함 |
| pF 큼(수분0점) (7.0) | | | 초기위조점(3.8) 영구위조점(4.2) | 작물이 시들기 시작하는 토양 함수량으로 물을 공급하면 작물이 되살아남 작물이 시들어 죽게 되는 시점의 토양 함수량 |
| | 흡착수 | | | |

cf) 최적함수량 : 포장용수량의 60~80%, 공극률의 40~60%

② 작물의 수분흡수 및 증산작용

- 작물이 성장하기 위해서 뿌리에선 물과 양분을 흡수하고 잎에선 증산작용
- 토양(수분퍼텐셜 큼) —(물이동)→ 잎(수분퍼텐셜 작음)
- 수분흐름에 대한 저항 : 토양의 저항, 토양과 뿌리의 경계에서의 저항, 뿌리 내피에서의 저항, 뿌리·줄기의 목질부에서의 저항, 잎에서의 저항
 - └ 토양수분이 충분한 경우 가장 중요한 저항 ───────────┘
- 잎의 수분퍼텐셜 ↓ → 기공이 닫힘 → 저항 ↑ → 증산량 ↓

③ 한해와 습해

- 한해 : 토양이 너무 건조하여 수분 부족으로 인하여 작물이 생육장애
 - 수분 ↓ → 광합성 ↓ → 양분 흡수, 물질전류 등의 여러 생리작용 ↓
 - 효소의 작용이 교란되어 합성적 변화 ↓ & 분해적 변화 ↑ → 단백질과 당 ↓
 - 세포가 탈수될 때에는 원형질은 세포막에서 이탈하지 못한 채로 수축하므로 기계적 견인력을 받아 파괴됨
- 습해 : 토양이 과습하여 토양 산소가 부족할 때에 작물이 생육장애
 - 호흡장애 → 무기성분의 흡수 ↓
 - 토양미생물에 의하여 환원성 유해물질이 생성되고 토양산소 ↓
 - 토양 전염병의 전파가 심해짐

3. 수온과 작물

① 벼의 생육과 수온

- 최적수온 : 주야간 평균 30~34°C cf) 출수기이후에는 수온의 영향×
- 저수온 : 21~25°C cf) 유수분화 때 가장 악영향
- 고수온 : 35°C 이상

② 자연수의 수온

- 관개용수원이 되는 지하수 : 하천, 저수지, 호소, 지하수
- 하천 : 최고수온은 최고기온보다 1~3시간 후에 나타나고 최저수온은 최저기온이 나타나는 일출 직전과 거의 같은 시각
 - 적설지대의 융설기의 수온은 관측지점에 따라 다름
 - 수로터널에서의 수온은 복사열과 현열전달의 차단에 의하여 터널설치 전의 하천수에 비해 수온 상승이 적음

- 저수지 :
 - ┌ 표수층 : 기온의 영향을 받아 수온이 높은편
 - └ 변수층(약층) : 온도기울기가 급격히 변화하는 층, 4~7m깊이
 - ┌ 심수층 : 수온이 낮은편
 - ┌ 정렬성층 : 여름에 온도 표수층 > 심수층
 - └ 역렬성층 : 겨울에 온도 표수층 < 심수층
- 저수지에서 매우 깊은 곳의 수온은 대략 4°C

③ 논에서의 열수지

- 논 의 수온 = 수면에서의 복사열 + 현열의 교환 + 기층과의 사이의 잠열 + 지중 열전도
- 논 의 수온영향요소 : 순복사량, 기온, 용수의 온도, 증발산량, 식물체 온도, 번무도, 수심 및 침투량
- 순복사량 = 제어체적 내의 저장열 변화량 + 현열전달량 + 잠열 전달량 + 지중열 전달량
- 열이 제어체적으로 들어오면 (+), 나가면 (-)
- 물꼬를 통하여 논에 유입하는 물의 온도는 생육적온보다 낮으나 논에 들어간 후에 급속히 상승해 냉수장해X

④ 온수대책

- 수온상승시설 조건 : 수원의 수온이 18°C이하일 때
 - 관개기간의 평균수온이 18°C이상인 곳에서도 관개 초기 또는 유수 형성기 등에 냉수 피해를 받는 경우
 - cf) 유수형성기에 야간에 심수관개를 하여 벼의 유수를 물 속에 잠기게 해서 효과적으로 보온가능 → 수온 = 기온 + 4~7°C
- 평형수온 : 수층에 공급되는 순복사량과 공기 중으로 나가는 방열량이 평형일 때의 수온

$$\text{평형수온} = \theta_a + \frac{(S/h - 2D)}{1 + 2\rho} = \text{포화수증기압력} + \frac{(\text{순복사량}/\text{현열전달계수} - 2(\text{포화수증기압력} - \text{공기 중의 수증기압력}))}{1 + 2(\text{포화수증기압력} - \text{온도관개곡선의기울기})}$$

- 수온상승 대책

- ┌ 수원(하천, 저수지, 지하수)에서의 취수대책 : 취수탑이나 취수설비는 **변수층 위의 온수를 취수할 수 있는 구조**로 하거나
 - | 표면수 취수장치(효과 : 플로팅형 > 월류형 > 오리피스형)를 이용
- └ 취수시설에서 논입구까지의 송수대책
 - ┌ 온수지 : 물을 수면적이 넓고 수심이 얇은 저수지에 저류하여 수면에서 받는 태양복사열을 효과적으로 이용하고 평형수온 가까이까지 상승시켜 사용
 - | 농업용 소류지에 비해 체류시간이 짧음
 - | 유수형과 저수형
 - └ 온수로 : 유로의 수면 너비를 넓게, 수심을 얇게 하거나 수로를 아스팔트로 라이닝하는 등 수온상승에 편리하도록 만든 수로
 - | 유수형 온수지와 같음
 - | 유하 중에는 될 수 있는대로 큰 수온상승 발생
- ┌ **논 안에서의 대책**
 - ┌ 누수방지 : 누수가 큰 논에서는 단위수량당 수열량↓ → 수온상승 어려움 → 냉수피해
 - | 객토나 밀다짐공을 실시
 - └ 우회수로 : 낮은 온도의 물이 물꼬에 들어온 후 바로 논 안으로 보내지 않고, 논두렁을 따라 우회수로를 만들어 물을 우회시켜서 그동안에 태양복사열을 받아 수온을 상승시키는 방법
 - └ **간단관개** : 냉수피해가 가장 작게 발생하는 이른 새벽이나 저녁에 관개하고 낮 중에는 관개X
 - | or 물이 다 소비되고 난 후 다시 관개

- 그 외 논 의 수온상승방법

- ┌ **사용수량의 절약** : 평형수온이 될 때까지의 거리 또는 범위(=냉수피해면적)는 유입수의 수온 및 수량에 영향받음
 - | 수온이 낮을 때에는 사용수량을 적게 하기
 - | **누수방지책필요** ex) 객토, 밀다짐, 논두렁개량
- └ 관개방법의 개선 : **내리흘림관개 피하고 간단관개방법이용**
 - | **일출 전에 관개하고 낮에는 지수**
- └ 물꼬에서의 대책 : 물꼬에 웅덩이
 - | 물꼬의 너비↑
 - | 논두렁에 우회수로를 설치
 - | poly tube 또는 분산판을 사용
 - | 물꼬의 위치를 가끔 변동해 냉수를 장기간 한 장소에서만 유입되는 것을 방지
- └ 논 의 평형수온을 상승시키는 방법 : 수면에 OED제(증발 억제약품)를 사용해서 얇은 막에 의해 증발을 방지
 - | 방풍림 등에 의하여 증발에 대한 바람의 영향을 작게 함
- └ 재배기술에 의한 방법 : 내냉성 품종의 선정
 - | 조식(가로세로 줄맞춰서)
 - | 두둑재배방법 cf) 이 재배법은 수온상승이 늦어지는 경향 존재

4. 수질과 작물

- 관개용수성분
 - ┌ 부유물질 : 이토나 모래 등의 미세한 입자가 물에 떠있는 것
 - └ 용해물질 : 이온의 형태로 물에 녹아 있는 물질, 이온함유
- ⇒ 수원의 종류와 하수의 유입여부 등에 따라 존재양 다름

- 수질오염성분

- ① 중금속류와 유해유독 물질 : 중금속(수은, 카드뮴)과 시안, PCB
- ② 유기물 또는 생활관련 항목 : 물 속의 유기물 함량은 생물화학적 산소요구량(BOD), 화학적 산소요구량(COD)으로 나타냄
 유기물 ↑ → 산소가 유기물 분해에 소모 → 용존 산소량(DO) ↓
 현탁성 물질을 부유물(SS)로 분류 ex) 이토, 모래
- ③ 질소와 인과 같은 영양염류 : 그 자체가 유해하지 않으나 과다하면 유해
 총질소(TN) - 유기성, 암모니아성, 질산성, 아질산성 ; 4종
 총인(TP) - 유기성, 인산성 ; 2종

④ 염분 : 관개용수 수질에 중요 → **나트륨흡착률(SAR = $\frac{Na^+}{\sqrt{\frac{Ca^{++} + Mg^{++}}{2}}}$)로 관개용수 수질기준 정함**

전기전도도(EC)를 이용해 나타냄

나트륨은 점토구조를 파괴하여 토양에 나쁜 영향 ⇒ 알칼리성 토양, 투수성 ↓, 배수불량

문제) 관개용수의 수질분석 결과가 다음과 같을 때 염도를 보고 전기전도도를 나타내시오

K+=30mg/L, Na+=200mg/L, Ca++=80mg/L, Mg++=20mg/L, 염도 = 300mg/L
 → EC = 300 ÷ 640 = 0.469mmhos/cm

⑤ 방사능물질과 기름

- 수질관련피해

- ① 도시폐수의 혼입 : 질소과다 → 벼의 도복, 불임 및 생육장애
 가정쓰레기나 비닐 → 수로의 통수장애, 취수나 배수기능 저하, 발관개용 살수기 막힘
- ② 농업용수의 오염 : 산, 알칼리, 염류 및 질소 과잉
 카드뮴이나 수은에 오염된 쌀
 쓰레기나 비닐류로 인해 통수시설 장애와 산성이나 알칼리성 폐수로 인한 금속이나 콘크리트의 부식피해
 약취로 인한 작업장애와 피부습진
 오수 유입시의 약취, 경관의 악화, 영양과다로 인한 부영양화의 발생
- ③ 농업배수로 인한 오염 : 비료의 과다한 살포로 인해 작물이 섭취하고 남은 질소나 인, 농약이 유출되는 경우
 축산분뇨 등으로부터 수질오염이 발생하여 하류지역 용수원의 부영양화

I. 관개의 개요

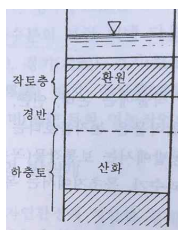
1. 관개의 정의

- 관개 : 작물을 재배하는 데 있어서 작물의 생육에 필요한 물의 일부 또는 전부를 농지에 인위적으로 공급하는 것
 (관(물을 인위적으로 공급하는 것) + 개(물을 점으로부터 면으로 인위적으로 넓히는 것))
 작물재배 등의 농업생산 및 농촌 환경에 직접 혹은 간접적으로 필요한 물을 수원으로부터 포장까지 취수, 송수 및 배분하는 것

2. 관개의 목적

- 작물생육에 필요한 물을 인위적으로 공급하여 수분환경을 조절하고 관개시설의 다목적 이용에 의하여 물 이용의 고도화를 도모
 ⇒ 계획지역의 토지 생산성 및 노동 생산성 ↑
- **논관개의 목적** ① 논벼생육에 필요한 수분공급
 ② 잡초의 억제 및 충해의 방제
 ③ 연작장애의 회피 : 유해물질이 유실되는 효과
 ④ 온도조절 : 물은 높은 비열을 가져 보온효과
 ⑤ 지력의 소모 억제와 비료분의 공급
- **밭관개의 목적** ① 강우만으로는 부족한 토양수분량을 보급 ⇒ 주목적
 ② 파종, 정식, 경기, 정지 등의 재배관리의 합리화
 ③ 풍식방지, 조풍해방지, 동상해 방지 등의 기상재해의 방지
 ④ 병충해 방제, 시비 등의 영농작업의 생력화

3. 논 vs 밭

| | 논 | 밭 |
|--------|---|--|
| 농지구조 | 담수하여 논벼를 기르는 농지 → 담수하고 있으므로 포화되어 있음 지표면은 평평하고 주위는 논둑으로 둘러싸여 있음 강우만으로는 용수의 공급이 불충분해 용수르가 필요 ⇒ 순환형 여분의 물을 배제하기 위한 배수로 필요 관개된 물은 증발산 + 지표 혹은 심층으로 배수 | 담수하지 않고 작물을 재배 지표면은 경사져도 상관× → 논에 비해 간단한 농지구조 저류형 관개된 물은 대부분 증발산 ⇒ 논의 용수량보다 적음 |
| 작물 | 논벼 위주이고 특정기간(5~9월)에 집중 ⇒ 시설의 이용기회↓해서 포장의 고도이용을 이용해 생산성↑ | 논작물보다 여러 종류이며 연중에 걸쳐 재배 ⇒ 시설의 고도이용에 의해 생산성↑ |
| 토양구조 | 물과 공기가 보장되어 있어 양분이 충분하면 토양구조는 영향 적음 단립구조(토양입자가 결합되어 있지 않고 각각 떨어져 있음) 성층토층(투수계수가 서로 다른 토양) → 작토층, 경반, 하층토  작토층 최상층 - 담수 초에는 환원적 담수 후 1개월정도 지나면 최고 분얼로 배수를 해서 산화적 작토층 하층 - 미생물이 유기물을 분해하여 무기 양분을 공급하는 동시에 자기 호흡에 필요한 산소를 소모하기 때문에 환원상태 경반 or 하층토 - 미생물의 번식이나 활동이 약해 산화적 경반은 물이 침투×(불투수층) 지하수에 잠겨져 있는 토층(글레이층) - 산소 결핍되어 환원적 침식 or 청회색 | 물, 공기 및 양분이 동시에 공급필요 → 통기성, 보수성이 좋아야함 입단구조(미사나 점토입자가 결합한 모래입자크기의 암색덩어리) → 물이 침투하여도 파괴× 전 토층이 모두 산화상태 cf) 논과 밭 모두 산화상태이면 황갈색 또는 적색을 띠 |
| 지속가능성 | 담수하기 때문에 환원상태 → 유기물의 분해속도↓ & 유기물축적↑ 인산이나 철 등이 용출되어 논벼에 흡수 경반의 존재에 의해 아래쪽으로는 물의 이동속도↓ → 비료나 농약이 지하수에 유입↓ 과잉의 질소는 탈질균에 의해 질소가스나 아산화질소로서 공기로 방출 | 대공극(벌레구멍, 균열)이 존재하므로 강우가 있으면 화학비료나 농약이 빠른 속도로 하강해 지하수에 도달 → 지속가능한 농업에는 밭이 적합× |
| 양분의 유입 | 관개수에 의하여 공급 | 침식, 용탈에 의하여 소모 |
| 용수량 | 용수의 반복이용↑ → 광역지구에서의 용수량 < Σ단위논에서의 용수량 | 용수의 반복이용↓ → 광역지구에서의 용수량 ≒ Σ단위논에서의 용수량 |
| 배수성 | 불량 | 낮음 |

cf) 논 > 밭 : 지하수위, 질소-인산의 유효화, pH, 환원성 유해물, 홍수조절기능
 논 < 밭 : 투수성, 산소, 환경에의 부하

II. 관개용수의 소비기구

1. 필요수량

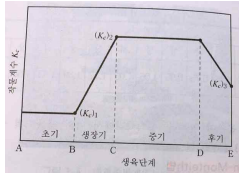
- 소비수량(작물의 생장에 필요한 수량) = 증발산량 + 작물생체수량 ≒ 증발산량 cf) 작물생체수량은 주로 무시
- 필요수량 : 논과 밭의 토층에서 소비되는 수량
 ▮ 논관개에서의 필요수량(=감수심) = 증발산량 + 침투량, 평균적으로 20~25mm/d
 ▬ 밭관개에서의 필요수량(=유효토층내에서 소비되는 수분량) = 증발산량 ; 지하수위가 낮은 곳
 = 증발산량 - 모관보급수량 ; 지하수위가 높은 곳
 ↳ 일부분이 지하수의 상승에 의하여 보급
 평균적으로 논지는 3~5mm/d, 시설원예는 10mm/d

2. 증발산량

① 증발산량의 개요

- 증발산량(ET)은 증발산을 일으키는 기상상태와 물을 소비하는 작물과 포장상태에 따라 결정됨
- **논에서의 증발산량** : 단위 구획의 논에서 순수히 소비되는 기본적인 양
 식물체가 체표면으로부터 방출하는 수분량(증산량) + 경지 or 담수면으로부터 증발하는 수분량(수면증발량)
 생육단계의 차이보다 기상조건이 중요요소 cf) 벼가 성장 → 증발산량 ↑ ⇒ 7월 하순~8월 상순에 최대값
 1일 평균량 = 4~5mm, 1일 최대량 = 8.5mm
- **밭에서의 증발산량** : 식물체가 체표면으로부터 방출하는 수분량(증산량) + 토양면으로부터의 증발량(토양증발량)
 작물의 종류, 생육단계, 기상조건, 토양조건, 피복상태, 지하수위 등의 복합적 영향
 1일 평균량 = 3~4mm < 논에서의 증발산량
- 증발산량 = 작물의 작물계수(K_c) × (잠재 증발산량=증발산위(PET) or 기준작물증발산량(ETr))

$$K_c = \frac{\text{실제증발산량}}{\text{잠재증발산량}}$$



기온 ↑, 습도 ↓ → ∞ K_c ↑

초장이 짧은 식물로 완전히 덮은 지표면에

물의 공급이 충분한 경우에 손실되는 증발산량
 주어진 기상, 지형의 조건에서 증발산량의 최대값

충분한 물의 공급이 있을 경우에

기준작물에 의하여 손실되는 증발산량
 PET 대신 사용

② 증발산량의 산정

- **라이시미터법** : 측정 지역 내에 토양 탱크를 매설하고, 작물을 심어 탱크 내의 물수지를 측정함으로써 직접 증발산량을 측정하는 방법
 정확도 ↑
- **증발계법(증발산비법)** : 잠재 증발산량 = 증발산비(팬계수) × 증발계 증발량 ⇒ 잠재증발산량 ∝ 증발계 증발량을 이용
- **Blaney - Criddle법** : 잠재 증발산량 = 작물계수 × ($\frac{\text{월주간시간}}{\text{연주간시간}} \times 100$) × (0.46 × 생육기별 평균기온 + 8.13) ⇒ 주기시간, 작물계수 이용
 기온밖에 모를 때 사용
- **수정 Penman법** : 습윤지대에서 기온, 습도, 일조시간, 증기압 및 풍속 등의 기상요소를 데이터로 이용하여 구함
 열수지법과 공기역학적인 방법인 Dalton법을 조합하여 제시
- **Penman-Monteith법** : Penman식에 공기역학적 저항과 기공저항 or 균락저항의 개념을 도입 → 다양한 식생 및 수분이 적은 곳에서 사용가능
 가장 합리적이고 세계적으로 사용할 수 있는 공식으로 지정

3. 논에서의 침투량 cf) 밭에서의 침투량은 고려x

- 침투량은 증발산량과 달리 토양의 조건 및 지하수위의 수리조건에 의해 크게 변하므로 확정곤란한 수량
- 논에서의 침투량 = 횡침투 + 강하침투
 - └ **횡침투** : 논두렁을 통하여 침투하는 논두렁침투(by 상류논, 용수로) + 수직으로 침투한 후 인접한 배수로로 다시 유출(by 하류논, 배수로)
 - | → 배수로로 나가는 게 가장 큰 영향
 - | 횡침투량 > 강하침투량 ⇒ 논두렁 바르기 및 비닐시트를 사용해 방지
 - | 건조에 의한 균열이나 대공극 ↑ → 침투 ↑
 - | 하류에서 반복이용
 - └ **강하침투** : 논토양의 심층을 통하여 수직으로 침투해 지하수가 됨
 - | 1~3mm/d
 - | └ **폐쇄침투** : Darcy의 법칙과 물의 연속조건이 단순히 적용될 수 있는 침투
 - | 지하수위가 변하면 변함
 - | └ **개방침투** : 투수계수가 상층 < 하층 & 지하수위 ↓ 일 때
 - | ↳ 하층에 부압이 발생해 이 부압이 어느 한계(한계부압)를 넘으면 부압이 일정한 상태에서 강하침투가 발생
 - | 지하수위가 변하여도 침투속도 일정 cf) 개방침투에서 침투속도 = 투수계수
- **적정침투량** : 논벼의 생육상 가장 좋은 침투량으로 15~25mm/d
 침투투수에 의한 작토층에 생성된 암모니아양, 산소의 공급, Fe^{3+} 의 유실, 유해물질·가스등의 희석, 지온 등에 의해 생육에 영향
 선상지나 높은 지대의 논은 지하수위 ↓, 토양의 투수계수 ↑ → 침투 ↑
 지하수로 됨

4. 유효수량(유효강수량)

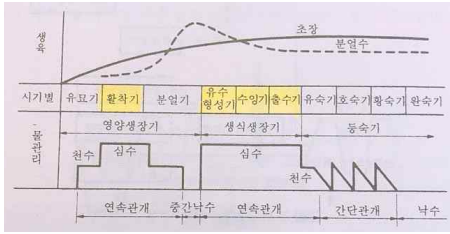
- 포장에서 필요한 수량 중에서 강우로부터 직접 공급되고 이용되는 수량
- **논** : 0 ←하한 5mm→ R (=일우량)의 80% ←상한 80mm→ 64mm(80mm 넘으면 무조건 80mm의 80%)
 연속강우일 경우 2일 째 = 전날의 유효수량 - 일감수심 + 당일의 유효수량을 상한으로 함
- **밭** : 0 ←하한 5mm→ [R (=일우량)의 80% or R_0 (=TRAM - 강우 직전 토양의 잔존수분량)]_{min} ←상한 = R_0
 관개 직후 강우가 있는 경우 토양수분= 포장용수량이므로 유효수량 ≒ 0

III. 논용수량

- 논벼를 재배하는 데 필요한 수량
- 논관개에 있어서 수요량을 추정하는 데 사용

1. 작물생육과 용수량

▣ 이양재배 : 못자리에서 육묘한 모를 본답에 이양하는 방식



이양 ~ 활착기 : 심수(7~10cm)로 담수

분얼기 : 줄기형성, 천수(1~3cm)로 논바닥이 노출되지 않을 정도로 담수

최고 분얼기~유수형성기 : 7일간 중간낙수(비담수)를 실시

cf) 중간낙수 : 토양을 건조시켜 실금형성 → 뿌리에 산소 ↑ → 무효분열 ↓ → 이삭확보

수잉기(어린이삭) ~ 출수기(벼의 이삭) : 물이 가장 필요한 시기로 심수로 담수

유숙기 ~ 황숙기 : 담수와 비담수를 반복하는 간단관개

황숙기 이후 완숙기 : 낙수

cf) 이양에서 낙수까지 100~110일

육묘기~ 분얼기 - 영양생장기, 유수형성기 ~ 출수기 - 생식생장기, 유숙기~ - 등숙기

▣ 직파재배 : 육묘를 별도로 하지 않고 본답에 직접 파종하는 것

3~4엽기 이후에는 이양재배와 같은 물관리

▣ 담수직파 : 써린 논에 파종

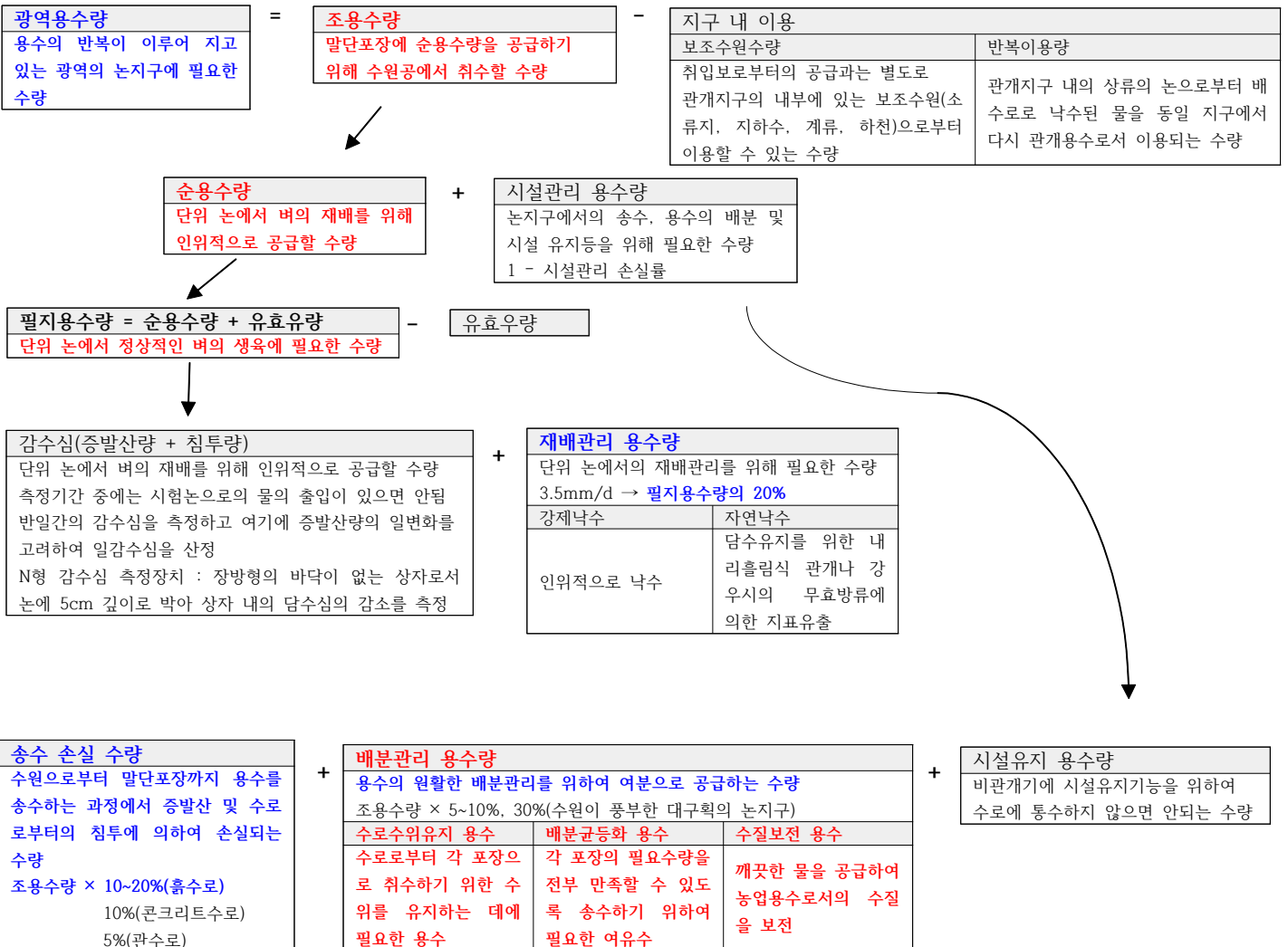
▣ 담수상태에서 써레질을 한 후 천수 상태에서 파종 → 파종 후에는 배수하고 발아하면 관개하기 시작

▣ 건답직파 : 기계를 이용해 건답에 파종

파종하고 3~4엽기에 달했을 때 처음으로 담수를 실시

cf) 써레질 : 육묘의 삽입 및 활착을 용이하게 하고 논의 침투를 억제하기 위한 작업으로 다량의 물이 필요

2. 논용수량의 산정



<광역용수량> 광역(필지)용수량 구하기

① 물수지법

i) 필요수량

$$\Gamma \text{ 필요수량} = \text{지표수의 유입량(=필지용수량)} - \text{지표수의 유출량}$$

$$= (\text{증발산량} + \text{침투량}(\text{심층침투량} + \text{횡침투량}) + \text{재배관리 용수량}) - (\text{횡침투량} + \text{재배관리 용수량})$$

$$= \text{증발산량} + \text{심층침투량}$$

$$\Gamma \text{ 저류량의 변화} = (\text{강우량} + \text{지하수의 유입량} + \text{지표수의 유입량}) - (\text{증발산량} + \text{지하수의 유출량} + \text{지표수의 유출량})$$

물관리가 안정되고 강우가 없는 경우 저류량의 변화 = 0 & 강우량 = 0이므로 이항해 정리하면

$$\text{필요수량} = \text{지표수의 유입량} - \text{지표수의 유출량}$$

$$= \text{증발산량} + \text{지하수의 유출량} - \text{지하수의 유입량}$$

$$\text{지하수 함양량} = \text{심층침투량}$$

⇒ 증발산량 ≒ 일정 하므로 필요수량은 지하수 유동량(심층침투량)에 영향받음

- 환원율 = $\frac{\text{지표수 유출량}}{\text{지표수 유입량} - \text{증발산량}}$ ⇒ 식을 정리하면 대상지구 내에서 다시 지표로 되돌아오지 않는 심층침투량에 영향받음을 알 수 있음

ii) 지형조건과 필요수량

Γ 하천 하류부의 저평지나 높은 평지 : 지하수위 ↑, 지하수면 기울기 ↓, 투수계수 ↓ ⇒ 심층침투량 ↓ ⇒ 필요수량 ≒ 증발산량

$$\text{환원율} = 0.7\sim 1(\text{저평지}), 0.5\sim 0.8(\text{고평지})$$

Γ 선상지의 상류부 : 지하수위 ↓, 지하수면 기울기 ↑, 투수계수 ↑ ⇒ 심층침투량 ↑ ⇒ 필요수량 ≒ 감수심

$$\text{환원율} = 0\sim 0.2$$

그냥 필요수량에 심층침투량도 고려해야된다는 의미

Γ 선상지의 하류부나 평탄지로의 이행부 : 지하수의 유입 > 지하수의 유출 ⇒ 심층침투량 < 0 & 용출수 존재 ⇒ 필요수량 < 증발산량

$$\text{환원율} > 1$$

Γ 저평지 논지구 : 공장이 많이 들어서 지하수 이용 ↑ 해 지하수위 ↓ ⇒ 침투량의 대부분이 지구내의 배수로로 유출되지 않고 지하수로 됨

$$\text{지하수의 유입} < \text{지하수의 유출} \Rightarrow \text{광역용수량} > \text{증발산량}$$

iii) 블록면적과 필요수량

Γ 지역이 클수록 필요수량 ≒ 증발산량

⇒ 증발산량 ∝ 지역의 면적 but 심층침투량은 지역의 상류 및 하류단의 조건에 의하여 결정되기 때문에 영향 ↓

Γ 선상지도 지역이 크면 클수록 한 번 지하수가 된 물은 지역 내에서 다시 지표수가 될 확률이 높기 때문에 필요수량 ≒ 증발산량

→ 위에 보면 선상지의 상류부 필요수량 ≒ 감수심이잖아 근데 면적 크면 무조건 필요수량 ≒ 증발산량이라는 말!!

Γ 충적평야에서는 면적이 작아도 심층침투량이 작아 침투량의 대부분이 배수로로 배출되어 지표수가 되기 때문에 필요수량 ≒ 증발산량

→ 충적평야는 면적 상관없이 필요수량 ≒ 증발산량

Γ 지역이 작을수록 용수의 반복이용기회 ↓ ⇒ 필요수량 ≒ 감수심(증발산량 + 침투량) ⇒ 광역용수량 ≒ 필지용수량

iv) 반복이용의 방법

- 취입보에 의한 방법 : 옛날부터 가장 많이 이용된 반복이용 조직

- 펌프에 의한 방법

- 용·배수겸용 수로에 의한 방법 : 경지정리가 안된 지역, 경사지는 지역 등에서 사용

v) 반복이용가능수량의 추정

- 반복이용가능수량 = (필지용수량 - 증발산량) × 환원율 × 논면적

- 침투수의 재이용이 가능한 규모 → 규모 너무 작으면 환원율이 작아 측정 불가능 저평지에서 > 20~60ha

- 환원율은 물관리가 안정된 기간(보통기)에 실시 ex) 한 여름의 연속적으로 맑은 날

② CB법

- 관계 기간 중 물관리가 안정된 기간에 광역지구의 순용수량을 계통적으로 구하기 위하여 제안된 방법

- 대상지역의 논지구를 용배수 계통에 따라 반복이용이 일어나지 않는 적당한 블록(50ha 전후)으로 분할하여 블록을 분류

Γ NB블록 : 상류블록의 환원수만으로 그 블록의 필요수량을 충족○

$$\text{필요수량} = 0$$

Γ RB블록 : 블록의 환원수만으로는 하류블록의 필요수량을 충족×, 블록의 환원수가 하류블록에 재이용○, 하류에 CB블록이 존재

$$\text{필요수량} = \text{증발산량} + \text{심층침투량} = \text{취수량} - \text{환원량}$$

Γ CB블록 : 블록의 환원수만으로는 하류블록의 필요수량을 충족×, 블록의 환원수가 하류블록에 재이용×, NB만이 존재

$$\text{필요수량} = \text{필지용수량}$$

- 유효수량이 없는 상태에서 광역용수량 = CB블록의 총면적 × 필요수량(필지 용수량) + RB 블록의 총면적 × 필요수량(증발산량 + 심층침투량)

<지역용수>

- 농업용수의 이용이 지역에 가져오는 생산 이외의 효용을 위하여 흘러야 하는 다원적 기능을 가진 물

Γ 지역활동 용수 : 농촌의 생활용수, 방화용수, 소수력 발전(3000kW이하의 소규모의 발전), 양어용수

Γ 환경용수 : 생태계보전 용수, 수질보전 용수

Γ 치수 및 경관용수 : 지역주민의 레저용

3. 시기별 용수량

① 못자리 용수량

- 못자리를 정지하는 기간 ~ 이앙하기 전까지 소모되는 용수량
- 육묘방식 : 포장모판육묘 → 상자육묘
- 육묘기간 : 어린모 - 8~10일, 치모 - 15~20일, 중묘 - 30~35일, 성묘 - 35~45일
- 파종면적 : 상자육묘 - 본답면적의 1/180 이하, 포장모판육묘 - 본답면적의 1/20

② 썩레질 용수량(이앙 용수량)

- 썩레질 ~ 이앙까지 필요한 용수량
- 썩레질 : 수확 후 발상태로 있던 논에 담수하여 토양과 물을 개서 모내기를 용이하게 하고 **누수를 방지할 목적** → 단시간에 다량의 물 필요
- 이앙기에는 일정 깊이의 토양 중에 포함된 공기를 물로 바꿔 논바닥 위에 담수해야 함
- 썩레질 용수량 = $\text{담수심} + \text{작토층의 공기치환량} + \text{심토층의 공기치환량} + \text{수면증발량} + \text{강하침투량} + \text{횡침투량}$
 $30\sim 50\text{mm}$ 3%의 공기를 남기고 경반을 포함한 심토층 논을 썩리는 동안의
 포화하는데 필요한 수량 전체의 공기치환량 증발량, 5mm
 = 140mm(우리나라 평균적인 썩레질 용수량)
 = 평상시의 용수량(일감수심) × 6~10
- 최대용수량을 낮추기 위해서 **윤환관개(썩레질을 일시에 하지 않고 조금씩 순번으로 실시)**
- 이앙일수 : 최대 7~10일 → 길어지면 시설용량 ↓로 유리하지만 7~10일이 넘어가면 벼 재배에 지장
 최대용수량을 결정하는 중요인자
- 이앙기의 물관리 : 썩레질 후 토양의 안정을 기다려 낙수하고 이앙 후 담수관리
- 이앙기간 동안의 용수량 = 당일의 썩레질 용수량 + 전일까지의 이앙완료답에서의 평상시의 필지 용수량
- 이앙방법
 - ┌ 등면적 방식 : 대상 지구를 매일 같은 면적으로 이앙하는 방식
 - | 이앙 기간 중에 최대 용수량 ↑ → 송배수 시설 용량 ↑ → 비경제적
 - | 이앙기 최종일에 용수량이 최대
 - └ 등수량 방식 : 이앙면적을 조절하여 이앙 기간 중의 용수량을 같게 하는 방식
 이앙기 최종일에 썩레질면적이 최소
- ⇒ 총용수량 : 등수량 > 등면적
- ⇒ 최대용수량 : 등수량 < 등면적

문제) 면적이 A=200Ha인 논지구에서 이앙기간이 n=10일, 썩레질용수량이 q=150mm, 평상시 필지 용수량이 d=20mm/d라고 할 경우, 등면적 방식으로 8일째 용수량을 구하여라

⇒ i) 등면적 방식

$$n\text{일째 용수량} = \left[\frac{200}{10} \times 150 + \frac{200}{10} \times (n-1) \times 20 \right] \times 10 \Rightarrow 8\text{일째 용수량은 } 5.8 \times 10^4 \text{m}^3/d$$

$$\text{총 용수량} = \sum_{n=1}^{10} \text{용수량} = 10 \times \text{면적} \times \left[\text{썩레질용수량} + \frac{\text{이앙기간}-1}{2} \times \text{필지용수량} \right]$$

$$\text{썩레질면적} = \frac{200}{10} = 20ha$$

ii) 등수량 방식

$$\text{용수량} = \frac{\text{필지용수량} \times \text{면적}}{1 - \left(\frac{\text{썩레질용수량} - \text{필지용수량}}{\text{썩레질용수량}} \right)^{\text{이앙기간}}} \times 10$$

$$\text{총 용수량} = \text{용수량} \times \text{이앙기간}$$

$$n\text{일째 썩레질면적} = \frac{(\text{썩레질용수량} - \text{필지용수량})^{n-1}}{\text{썩레질용수량}^n} \times \text{용수량}$$

③ 평상시 용수량

- 이앙기 이후 ~ 낙수기까지의 벼재배상 필요한 용수량
- 평상시 용수량 = 필지용수량 × 논면적

문제) 어느 지구내의 각 블록의 감수심이 10, 15, 20mm/d이고, 블록의 논 면적이 각각 10, 20, 30ha라고 한다. 재배관리 용수량이 무도 5mm/d라고 할 때, 지구 전체의 평상시 용수량을 구하라

⇒ 필지용수량 = 감수심 + 재배관리 용수량 = 15, 20, 25mm/d

$$\text{평상시 용수량} = [(15 \times 10) + (20 \times 20) + (25 \times 30)] \times 10 \div 86400 = 0.15 \rightarrow 1\text{일어 } 86400\text{초니까 곱해줄거}$$

④ 시기별 용수량의 산정

- 강우가 없는 경우에 시기별로 논지구에 필요한 용수량
- 시기별 용수량 = 시기별 필지용수량 × 논면적 × 일수

⑤ 최대 용수량

- 관개기간 중에 가장 물을 필요로 하는 시기(이앙기 + 중간낙수 후의 재관개시~출수기)의 용수량
- 최대용수량 = $\frac{\text{시기별 용수량의 최대값}}{\text{시설관리 손실률}}$

4. 특수 용수량

① 직파재배에서의 직파육묘 용수량과 초기 용수량

- 직파육묘 용수량 : 파종 후 ~ 초기 담수 전까지의 기간에 토양수분의 유지와 육묘의 착근에 필요한 공급 용수량
- 초기 용수량 : 직파육묘기간을 지나 처음 담수하게 될 때에 필요한 용수량
- 직파재배방식
 - └ 담수직파재배 : 씨레질 후 자연배수나 낙수를 실시하여 담수심이 0~2mm정도 되었을 때 파종
 - | 발아 ~ 1~2엽이 될 때까지 얇은 수심으로 간단관개하는 직파육묘 용수량이 필요
 - | 1~2엽에 초기 용수량이 필요
 - └ 건답직파재배 : 수분조건을 유지하기 위하여 강우가 부족한 경우 직파육묘 용수량이 필요
 - | 3~4엽에 초기용수량이 필요
 - | 씨레질× → 초기용수량 ↑
 - | 경반층 아래 투수계수의 크기 ↑ & 지하수위 ↓ → 초기용수량 ↑

② 용탈용수량(제염용수량)

- 토양의 염분 농도를 어느 일정한 값 이하로 유지하고 작물의 수확량 감소를 방지하기 위하여 근근역을 통해 침출시키는 최소 용수량
- 간척지와 같은 염해토양에서 초기 3~5년간 제염이 필요
- 용탈용수량 = 필요수량 × $\frac{\text{관개용수의 전기전도도}}{\text{용탈수의 전기전도도}}$

5. 필지 용수량의 변화

① 재배법 및 물관리방식에 따른 변화

- └ 직파재배
 - └ 건답직파 : 침투량 ↑ (씨레질× → 강하침투량 ↑ & 논두렁바르기× → 횡침투량 ↑)
 - | 하층토의 투수성 ↑ & 지하수위 ↓ → 침투량 ↑
 - | 초기 용수량이 증가하여도 전체 관개기간 중의 용수 수용량은 증가× → 이앙재배에 비해 담수기간이 10~20일 짧아서
 - | 담수직파 : 건답직파에 비해 용수량 증가는 영향적음
- └ 논발전환
 - └ 논 → 밭 : 용수량 ↓
 - └ 밭 → 논(환원답) : 밭으로 이용시 토양건조 → 균열 ↑ → 투수성 ↑ → 침투량 ↑ → 용수량 ↑
 - | 지하수위가 낮은 곳에서 밭으로 이용시 균열 ↑ → 씨레질 용수량 ↑ ↑
 - | 씨레질 용수량 = 전용답 × 1.5~2(환원 1년째), 1.3(환원 2년째), 3년 이후에는 영향×

② 포장조건에 의한 변화

- 용배수분리 : 월류관개 없어서 용수의 반복이용 ↓ → 용수량의 20%정도 ↑
- 구획의 확대 : 필지 용수량 중 침투량과 재배관리 용수량의 변화에 영향
 - | 논의 길이 ↑ → 물꼬 ~ 말단까지 도달시간 ↑ → 침투량 ↑
 - | 고름질악화 → 심수 → 재배관리용수량 ↑

③ 건답화에 따른 변화

- 토양이 건조 → 균열이 생겨 투수성 ↑ → 침투량 ↑ → 용수량 ↑ → 1.2~1.3배(보통 답), 2~3배(습답)

④ 냉해대책상의 물관리에 따른 변화

- 담수심 15cm 이상의 심수관개(심수가 유수보호효과 커서) → 용수량 ↑

⑤ 도시화에 따른 변화

- 물관리 수준 ↓ → 관리 용수량 ↑ → **논면적감소해도 용수량감소×**
- 용수의 오염 ↑ & 강우의 유출량 ↑ → 용배수의 분리 → 용수의 반복이용률 ↓

IV. 발용수량

1. 개요

- 용수량 = 400~500mm
- 수일에 한 번씩 관개를 하게 되므로 용수계획에서 1회 용수량과 **간단일수(1회 관개한 후 다음 관개까지의 일수)**의 결정이 중요
- **유효토층** : 증발, 수분흡수, 모관상승 등에 의해 수분소비가 이루어지는 층
 - | **맑은 날이 계속 되어도 수분이 감소하지 않는 깊이까지의 토층**
 - | 40~100cm로서 용수 공급의 대상인 근근역보다 약간 깊음
 - | **제한토층 - 유효토층 중 수분이 포장용수량 → 성장저해수분점까지 가장 빨리 저하되는 층**

2. 필요수량의 실측

- 밭에서의 필요수량 = 유효토층에서의 수분소비 감소량
- 토양수분추적법 : 필요수량 = ∑수분감소량 = $\sum(\frac{1}{10} \times \text{토층의 특정동안의 토양함수량의 변화} \times \text{토층의 두께})$
- 텐시오미터(수분이 많은 영역), 전기저항법(수분이 적은 영역)

3. 발용수량 산정

① 토양수분소비형(SMEP)

- 유효토층을 몇 개의 층으로 분할하고 각 층에서 포장용수량으로 된 후 수분감소량을 측정해서 $\frac{\text{각 층의 수분감소량}}{\text{유효토층 전체의 수분감소량}}$ 을 표시한 것
- 표층 → 하층으로 갈수록 ↓

② SMEP를 고려하지 않는 경우

- 관개를 개시하려고 할 때의 토양수분의 분포상황에 의해 관개수량을 결정하는 방법
- 평균 수분이 성장저해수분점에 도달했을 때 토층 전체가 저류하는 수량 = (포장용수량 - 성장저해수분점) × 토양의 깊이 × $\frac{1}{10}$

③ SMEP를 고려하는 경우

- 총용이 유효수분량(TRAM) : 제한토층 내의 평균토양수분이 포장용수량 → 성장저해수분점까지 저하한 시점에서 유효토층 내에서 소비된 총수분량 토양이 저류할 수 있는 유효수분량의 최대값
1회 최대용수량

$$TRAM = \frac{RAM(\text{제한토층의 성장유효수분량})}{SMEP} \rightarrow \text{②식에서 10 대신 SMEP}$$

$$= (\text{포장용수량} - \text{성장저해수분점}) \times \text{토양의 깊이} \times \frac{1}{\text{제한토층의 SMEP}}$$

- 일반적으로 토층 중에 위 식의 최소점을 TRAM이라고 하고 그 지역을 제한토층으로 함

④ 1회 용수량 및 간단일수의 결정

- 계획 일필요수량 : 계획기준년의 기상상태에 의하여 변동하는 일필요수량을 평균화한 값
- 간단일수 : $\frac{\text{총용이 유효수분량}(TRAM)}{\text{계획일필요수량}}$ 한 후 정수만
- 1회 용수량 = 계획 일 필요수량 × 간단일수

⑤ 1회 용수량의 종류

- 1회 순용수량(1회 용수량) : 1회에 포장의 유효토층에 공급하여야 할 수량
- 1회 포장용수량 : 스프링클러 관개의 경우 포장입구까지 도달되어 스프링클러 노즐로부터 토출되는 수량
말단포장의 관개시설의 용량을 결정에 이용
1회 순용수량 ÷ 적용효율
- 1회 조용수량 : 수원으로부터 취수하여야 할 수량
송수시설 용량의 결정에 이용
1회 순용수량 ÷ 관개효율
1회 포장용수량 ÷ 송수효율

⑥ 순용수량과 조용수량

- 순용수량 = 계획 일 필요수량 × 관개면적
- 조용수량 = 순용수량 ÷ 관개효율

4. 다목적 이용의 용수량

① 재배관리의 합리화

- 파종·정식기의 관개 : 표층토에 대하여 소량으로 빈번히 관개하는데 3일 정도로 전면적에 관개
파종기의 자유선택이 가능하고 활착률 ↑
전체 용수량의 10~15%
- 경운을 위한 관개 : 점질토가 건조에 의하여 단단하게 되었을 경우 경운과 채토 등의 작업을 용이하게 하기 위해 수분을 공급
1일 용수량 = 4mm/d

② 기상재해의 방지

- **풍식의 방지** : 강풍에 의해 풍식이 발생하면 표토·씨앗 유실 → 살수필요
1회 관개량 = 10mm
- **동상해의 방지** : 겨울이나 서리일 때 살수한다면 잠열에 의해 작물체가 0°C로 유지되어 동상해방지
1일 용수량 = 12~32mm/d ⇒ 다목적 이용중 최대
- **조풍해의 방지** : 염분이 붙으면 탈수현상을 일으켜 잎이 떨어짐
단위 용수량 = 12~24mm/d

③ 관리작업의 생력화

- **병충해 방지** : 1일 용수량 = 1mm/d
- **액비의 시용** : 비료성분의 흡수율 ↑ → 비료의 효과 ↑
1일 용수량 = 2~4mm/d
- **분뇨관개** : 1일 용수량 1~2mm/d

5. 시설하우스 관개

- 강우가 차단되어 노지재배에 비하여 물 수요 ↑
- 시설 내 토양수의 이동은 모관현상에 의하여 아래 → 위로 이동 ⇒ 염류가 표토층에 집적하여 염류장애를 일으키기 쉬움
- 관개 개시점 : 근근역이 pF 2.0 전후의 수분점에 도달 cf) 보통 밭의 관개 개시점은 pF 3.0(생장저해수분점)
- 연작장애방지 및 제염을 위한 용수를 사용하는 시기 : 휴경기, 1년에 2회
- 용수량 : 190mm ~ 430mm, 20~45%

6. 관개계획

① 관개계획의 목적

- 관개량의 결정
 - └ 최대용수시기의 용량을 취수 또는 송수하기 위한 관개시설의 크기를 결정
 - └ 실제로 용수를 관리하기 위한 매일 공급량의 크기를 결정 ⇒ 관개계획에 의하여 수행
- **관개계획의 목적** : 작물의 최대생산과 최대수익의 목표를 달성하기 위하여 **관개시기와 관개수량을 결정**
- 한정된 수자원을 효율적으로 사용, 관개용수의 적효율 ↑, 작물의 생산성 ↑, 한발극복, 집중물관리에 따른 수리시설의 운영을 위한 의사결정 과정에서 중요한 역할

② 관개시기의 결정

- 직접적인 방법 : 각종 자료를 직접 측정하여 관개시기를 결정
 - 장점 - 비교적 정확하게 관개시기를 정함
 - 단점 - 비용 ↑, 다음 관개를 해야 할 관개시기를 예측하는 데 어려움
 - └ **논** : 담수심 측정에 의한 방법 및 각각의 증발산량과 침투량 측정값에 의한 방법
 - └ **밭** : 토심별 토양수분측정에 의한 방법, 작물의 잎 온도측정에 의한 방법, 작물의 수분 스트레스 측정에 의한 방법
- 간접적인 방법 : 각종 자료를 이용하여 만들어진 여러 모형에 의해 관개시기를 결정
 - 장점 - 기상예측 등을 통하여 미래의 관개시기를 결정
 - └ **논** : 기상자료를 이용한 증발산량, 침투량, 재배관리용수량 및 유효우량을 고려한 논외 담수심을 모의조작해주는 물수지모형
 - └ **밭** : 기상자료를 이용한 증발산량과 유효우량을 고려한 토양물수지모형과 토양수분모형을 이용

- **논에서의 관개시기 결정**

- i) **물이 풍부할 때** : 논외 담수심은 최대 수확량을 얻을 수 있는 조건에 의해 물관리
 - 벼의 생육단계와 재배방법에 따라 물관리 방법과 최대 및 최소 담수심이 다름
 - 관개시기는 담수심이 최소담수심 이하로 내려갈 때 행함**, 중간 낙수기와 낙수기에는 관개×
 - └ **이앙재배** : 심수담수기는 이앙기(140mm)를 제외하면 활착기, 수잉기, 유수형성기 및 출수개화기로서 보통 7~10cm 깊이로 | 담수하며, 천수담수기는 분얼기, 호숙기로서 보통 1~3cm 깊이로 담수
 - └ **담수직파재배** : 담수심은 이앙기(140mm)와 초기용수기에 크고, 직파육묘기에 작은 것을 제외하면 이앙재배방법과 동일
 - └ **건답직파재배** : 담수심은 초기용수기에 크고, 직파육묘기에 습윤상태로 관리하는 것을 제외하면 이앙재배방법과 동일
- ii) **물이 부족할 때** : **절수재배(벼의 생육에 영향이 많은 기간에 중점적으로 관개하고 영향이 적은 기간에는 절수)를 실시**

| | 활착기 | 유수형성기 | 수잉기 | 출수개화기 | 분얼기 | 호숙기 | 무효분얼기 | 황숙기 |
|-------------|------|-------|------|-------|------|------|-------|-----|
| 물이 약간 부족할 때 | 담수 | 지표관개 | 지표관개 | 지표관개 | 토양습윤 | 토양습윤 | 단수 | 단수 |
| 물이 많이 부족할 때 | 지표관개 | 지표관개 | 지표관개 | 토양습윤 | 단수 | 단수 | 단수 | 단수 |

← 벼의 수확에 가장 많은 영향 →

- **밭에서의 관개시기 결정**

- i) **물이 풍부할 때**
 - └ **토양수분점을 기준으로 할 때** : 토양수분 < 생장저해수분점(포장용수량 × 50%) 수중이 되는 때를 관개시기로 결정
 - | 생장저해수분점 이하에서는 작물이 수분스트레스를 받아 목표되는 생산량을 기대할 수 없음
 - └ **수분스트레스 상태를 측정** : 토양수분량이 임계값에 도달하는 때를 관개시기로 결정
 - 토양수분조사를 통하여 포장용수량과 위조점을 결정하고, 매일 토양수분을 측정하여 간단일수를 계산 SMEP을 고려하는 경우 최상위 토층의 토양수분이 가장 빨리 소비하게 되므로 이 토층의 TRAM을 임계값으로 함 과거와 현재의 토양수분 상태를 정확히 표현해 주기는 하지만 미래의 기상조건과 작물의 필요수량 예측 어려움
- ii) **물이 부족할 때** : **절수관개를 계획하여 관개시기를 결정**
 - 작물의 수확량과 품질에 영향을 많이 주는 시기(개화기와 성숙기)에 가급적 관개를 하도록 하고, 생장유효수분량의 범위 안에서 유지하도록 물관리를 하며 그 외의 생육시기에는 유연하게 토양수분조건을 운영
 - └ 토양의 유효수분 < 생장저해수분점일 때 관개

- **관개량의 산정**

- └ **논관개량 산정** : 벼의 생육기별 최대담수심 - 관개예정일의 담수심 or 필지용수량 × 간단일수
- | 조건 - 관개수심 + 관개예정일의 담수심 < 생육기별 최대담수심
- └ **밭관개량 산정** : 위에 3. 발용수량 산정을 참고

7. 관개효율

- ① **적용효율** : 수원으로부터 포장에 도달된 물 중에서 작물에 이용될 수 있도록 유효토층 내에 저류된 물의 비율
 - 포장에서의 관개여부를 결정하는 중요한 지표
 - > 70%(지표관개), 80~90%(스프링클러관개)
- ② **송수효율** : 수원으로부터 취수한 물 중에서 포장에 도달된 물의 비율
 - > 90~95%(콘크리트 수로), 95%(관수로)

- ③ 관개효율 : 수원으로부터 취수한 물 중에서 포장의 유효토층에 저류되는 물의 비율

$$\text{적용효율} \times \text{송수효율} \div 100$$
- ④ 저류효율 : 관개 전에 유효토층에 필요한 물 중에서 관개에 의해 유효토층에 저류된 물의 비율

$$\downarrow \text{포장용수량} - \text{관개 직전의 수분량}$$
- ⑤ 배분효율 : 포장에서의 평균 침투심에 대한 가장 작은 침투심으로부터 25%에 해당하는 작은 침투심까지의 평균값의 비
 80%이상이 바람직

문제) $0.04m^3/s$ 의 용수가 5ha의 포장에 4일동안 공급되어 깊이 10cm의 토양수가 유효토층에 저류되었을 때 적용효율은?

$$\Rightarrow \text{유효토층에 저류된 수량} = 0.1 \times 5 \times 10^4$$

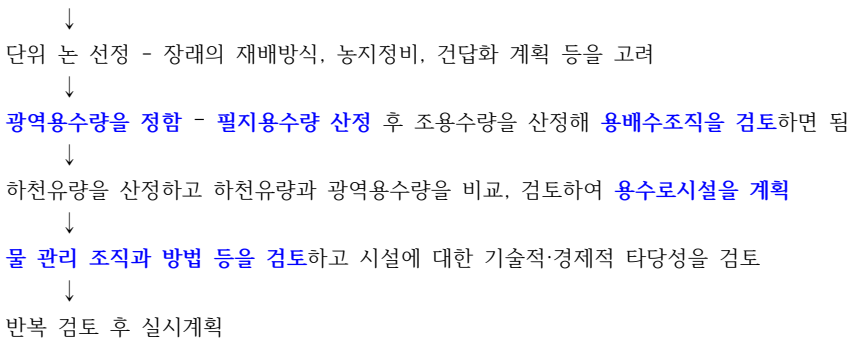
$$\text{포장에 도달된 수량} = 0.04 \times 4 \times 86400$$

$$\text{적용효율} = \frac{\text{유효토층에 저류된 수량}}{\text{포장에 도달된 수량}} \times 100 = 36\%$$

V. 관개사업계획

1. 관개사업계획의 체계

대상지역을 선정 후 현황조사 - 관개의 필요성, 현재의 용배수계통, 용수량, 자연조건, 영농 및 재배실태, 수질, 수온, 공사조건



2. 관개지구의 선정 및 현황조사

- ① 대상지역선정 : $\frac{1}{50000}$ or $\frac{1}{25000}$ 의 지도상의 계획에 의거 답사한 후 계획에 넣을 대상지역의 범위를 정함
- ② 현황조사 : 작물의 피해량조사, 부족수량 조사, 용배수계통조사, 지형·지질·토양 및 지하수위조사, 기상조사, 수문조사, 영농 및 재배실태조사, 수온 및 수질조사

3. 관개사업계획

- 사업계획안 내용 : 용배수계통의 규모(수혜구역의 범위 및 시설의 크기 등의 결정)
 용배수시설의 기본구조(기간시설, 즉 댐·취입보·양수장·수로 등의 배치 및 구조의 결정)
 공사비의 산정 및 사업효과의 추정
 용배수시설의 관리방법

① 계획기준년의 선정

- 계획기준년: 보통 10년에 한 번 나타나는 정도(10년 빈도)의 한발년
 cf) 10년 빈도의 한발보다 큰 해를 계획기준년으로 정하면, 한발에 대해서는 안전하지만 관기시설이 커져 건설비와 관리비 ↑
- 계획기준년의 결정방법
 - └ 연속한발일수 혹은 필요저수용량 등에 대하여 10% 초과 확률값을 구해 10년 확률년에 가까운 해를 선택
 - └ 최근 10년에서 제1위의 한발년을 계획기준년으로 함
 - 제 1위의 해를 이상한발의 해로 보는 경우 제2위의 한발년 혹은 10년 빈도의 한발년에 상당하는 해를 선택

② 계획 용수량

- 계획기준년이 관개기 중에 나타나는 용수량
- 설계 용수량(계획 최대용수량) : 취수장치의 규모, 양수기의 구경, 용수로의 통수단면의 크기를 결정하는 기준
 논의 경우에는 짧은 기간 내에 물을 가장 많이 필요로 하는 시기(이앙시, 중간낙수 후의 재관개시기)에 나타남

③ 관개방식의 선정

- 논 : 용배수분리를 원칙으로 함
 산간부 - 용배수 겸용수로 → 경제적이고 물관리면에서 볼 때 유리
 수원이 부족 - 간단관개 or 순환관개방식
 지역이 광활 - 물의 균등배분이 어렵기 때문에 윤번관개방식
- 밭 : 일반적으로 간단관개방식이 채용
 사질토(보수력 ↓, 투수성 ↑) or 수원이 부족 - 스프링클러 관개 or 물방울 관개, 지표관개×
 경사지 - 스프링클러 관개

④ 수원계획

- 계획기준년에 이용가능수량(취수예정지점의 유입량 - 하류 쪽으로 보낼 책임방류량(기득수리권수량 + 하천유지 용수량))과 생육기별 용수량을 비교검토한 후 전관개기관에 걸친 부족수량을 파악
- 총족× : 신규개발수원으로서 저수지에 의한 수원확보를 생각 → 댐터선정 중요(저수지의 공급수량의 확보, 경제성·안전성 등과 중대한 관계) 계획저수량을 확보하는 데 있어서 자기유역이 부족한 경우 - 간접유역으로부터의 취입을 검토·계획
- 총족○ : 취입보·양수장·관정 등의 설치를 계획 → 취수위치의 선정, 취수방법의 결정, 시설용량의 결정 등이 중요
하천수를 이용하는 경우 - 하류 쪽에 있는 기득수리권을 침해하지 않도록 유의
하천의 수위를 약간 높임으로써 자연관개가 가능한 곳 - 취입보의 시설계획
농경지가 높게 위치하여 자연관개가 불가능한 곳 - 양수장계획
시설용량은 일반적으로 계획최대 용수량을 기준으로 하여 결정

⑤ 송배수계획

- 관개지역의 구역분할 : 송배수하기에 적합한 구역으로 분할하고, 계획 용수량을 기준으로 하여 배분할 수량결정
- 수로노선의 선정 : 수원의 취수지점과 관개지역과의 관계, 지형, 지질, 지가, 토지이용상황 등을 고려하여 수리구조물의 위치선정
- 소요수두의 결정 : 각 포장단지의 입구의 표고와 필요한 수심 또는 수압에 의하여 정함
- 통수용량의 결정 : 계획용수량, 물의 배분방법, 예상 손실 수량 등으로부터 정함
- 송수와 배분조작 방법의 선정 : 조작 및 분수 방법에 따른 분수공·수문·밸브의 기능 및 구조 등을 정하고, 평상시와 갈수시(가뭄), 홍수시에 대해서도 고려해야 하며, 안전시설과 조정시설의 필요성을 검토하여 설치장소를 정함
- 조정지의 배치 : 용수 관리 도중의 손실 수량을 억제하거나 용수 관리를 용이하게 하기 위하여 수로의 중간부 또는 하류부에 설치
용량은 최대 또는 최소사용수량, 유량변경 조작시간의 간격, 수원 또는 상류 쪽 조정지로부터의 용수 도달시간, 허용무효방류량 등의 요소로부터 선정

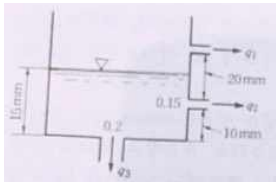
⑥ 시설의 운영관리계획

4. 수문해석

① 장기 유출해석

- ┌ 가지야마식 : 월별 유출량 = $\sqrt{\text{월별 강우량}^2 + (138.6 \times \text{계수} + 10.2)^2} - 138.6 \times \text{계수} + \text{월별보정계수}$
- | 하천에서의 유출률 = 40~70%, 평균 = 55%
- | 유역에서 연평균 유출량 = 500mm(f=1)
- | cf) 300mm(f=1.4), 400mm(f=1.2), 600mm(f=0.8), 700mm(f=0.6)
- | 유출량 적음 ←—————→ 유출량 많음
- | f = 1.4 ⇒ 유역 내에 농경지와 임야가 많고 경사가 느리며 연평균기온이 높고, 유하 거리가 길어 유역 내의 소비수량이 가장 많아 유출량이 가장 적은 경우
- | f = 1.2 ⇒ 위와 대략 같지만, 유역 내에서의 소비수량이 비교적 많아 유출량이 비교적 적은 경우
- | f = 0.6 ⇒ 유역 황폐 급경사, 유로 짧아 유출량이 가장 많은 경우
- | 기저유량 = 10.2
- | 유역 내에서 월평균강우량이 어느 한도 이상이 되면 유역 내에서 최대 소비한도는 186.6mm로 한정
- | 계절적 또는 월강수량에 따라 보정값 E 변함
- └ 지역화 물수지 회귀 모형 : 하천유출량의 물수지를 강우량, 토양수분변화량, 증발산량으로 단순화하고, 유역강우량, 전월유출량, 증발계증발량을 변수로 하여 회귀모형화
- | 월유출량 = 절편 + (강우중에서 차단, 지표저류량 및 하도손실량을 뺀 직접 유출성분의 지표 × 유역강우량)
- | + (토양수분의 변화에 따른 유출지체를 나타내는 기저유출의 지표 × 전월유출량)
- | + (토양수분과 토양 피복 상태에 따른 유역증발산에 의한 손실의 지표 × 증발계증발량)
- | → 개관식이기라 간단순화지표 × 변수으로 그냥 양기... ex) 위에 설명 순으로 함. 강우량에 의한 지표 - 유역강우량!! 식 자체를 안 외워도 되지 않을까..

┌ 탱크모형 :



- 1단 탱크의 측벽의 구멍(q1) - 하천의 유출공
- 하단의 구멍(q2) - 그 아래 탱크로의 침투공
- 가정 - 유출량 ∝ 각 구멍의 높이를 넘는 수심 ex) q2 = (15-10) × 0.15 q3 = 15 × 0.2
- 그 날에 대한 하천유출량 = ∑ 각 탱크로부터의 유출량

② 한발(가뭄)해석

- 한발 ┌ 주어진 기간의 강수량이나 연속한발일수 등으로 정의하는 기상학적 강수한발
- └ 월별 또는 연별 평균값과 당해연도의 월별 또는 연별 강수량과의 백분율로 정의하는 기후학적 강수한발
- └ 기온, 바람 및 습도 등에 의하여 정의하는 대기한발
- └ 농작물의 생육에 직접 관계되는 토양수분에 의해서 정의하는 농업한발
- └ 하천, 저수지, 지하수 등의 수위에 중점을 두고 용수 부족에 의해 정의하는 수문한발
- 용수 수요와 수문학적 입력자료의 극한적인 조합에 의해 이루어지는 한계기간을 한발분석의 경계조건으로 사용
- Parlmer 지수 : 한발을 평가하는 데 가장 널리 알려진 지수
증발산량, 지하수 보충량, 유역의 유출량 등을 물수지식으로 표현
- SWSI : 표면유출인자(강우, 강설, 하천유출, 저수지저수량)으로 구성, DRP에서 개발
- cf) 가뭄해석지수 : palmer지수, SPI, SWSI, CMI

1. 논관개

- 담수재배를 하기 때문에 담수법
- 물의 이용방법에 따라

① 연속관개 : 관개기간 중에 계속하여 물을 공급하는 방법

물을 충분히 공급받을 때, 누수 많을 때, 수온조절이 필요할 때, 산간지의 논에 내리흐림식관개를 할 때
 장점 - 물관리용이, 기온 ↑ 할 때 고온장해를 제거시켜 뼈뿌리에 활력제공
 단점 - 물의 낭비 ↑, 비료성분의 용탈 및 유실 ↑, 한랭지에서 냉수장해

② 간단관개 : 하루 또는 며칠 간격으로 관개하는 방법

물의 양이 풍부하지 않을 때, 풍부하더라도 벼의 다수확을 할 때
 장점 - 관개용수를 절약, 제한된 수량을 유효하게 이용, 작물의 건전한 성장에 기여

③ 윤번관개 : 관개 지역을 몇 개의 블록으로 구분하여 순차적으로 물을 일정한 간격으로 제공, 간단관개를 조직화한 것

공동경영 또는 넓은 면적의 농장, 용수원이 풍부하지 못할 때
 블록의 크기는 작물의 소비수량, 간단일수, 관개효율 또는 말단 포장유량에 의해 결정

④ 순환관개 : 배수로로 나온 물을 모두 받아서 펌프로 다시 상류의 용수로로 보내 이를 다시 관개하든가, 취입보를 설치하여 하류부용수로로 보내서 다시 이용하는 관개방법
 용배수가 분리된 지구

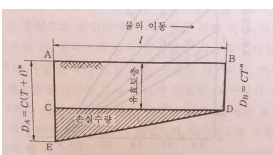
- 관개 형태에 따라 : 저류법(담수재배), 월류식 관개방식(완만한 경사지의 논에서 등고선에 평행하게 설치된 급수로로 이용)

2. 밭관개

- 담수상태에서는 자랄 수 없어 습윤관개를 하므로 상황에 따라 알맞은 관개방법을 이용
- 관개 형태에 따라

① 지표관개(침입도 < 50mm/h)

- i) 부분관개 - 고랑관개법(경사도 < 17° or 침입도 < 75mm/h) → 지표관개 중 여면 침입도 다름
- 고랑을 만들어 옆에서 물을 스며들게 하여 수분을 공급하는 방법
- 이랑재배작물(밭벼, 밀, 보리)이나 줄뿌림작물의 관개에 이용
- 전면관개에 비하여 토양이 굳어지거나 터지는 등의 피해를 경미하게 할 수 있음
- 고랑의 초입과 말단에서 토양으로 스며들기 시작하는 시간이 다르고 고랑에 공급된 물은 수직방향 뿐만 아니라 옆방향으로도 흡수되어 작물의 근근역으로 퍼지게 됨
- 감자, 옥수수밭, 과수원 - 깊은 고랑, 곡물, 사탕무 - 얕은 고랑
- 용수로는 콘크리트나 비닐, 금속판 등을 매설하고 그것에 일정한 간격마다 수직분기관을 세우며 밸브를 조작함으로써 관개고랑에 급수
- 용수로는 개수로로 마련하여 그 수로의 측벽을 관통하는 목통이나 토관을 개폐함으로써 고랑에 급수
- 배수로에 보조수로를 병설하여 보조수로에 유입한 것을 다시 분수관을 개폐하여 고랑에 물을 공급
- 고랑에 관개할 경우 플라스틱제 사이편을 이용
- 물의 침입도 : 물이 단위 시간에 지표면에서 토양 속으로 스며드는 비율 → 관개방법, 관개시간 등을 결정하기 위해 측정해야함
 - ┌ 원통법 : 강제 원통을 깊이 20~30 cm 정도 가만히 때려 박고 그 겉둘레 약 20cm의 곳에 독을 만든 다음 원통의 안과 밖을 수심 10~20cm가 되도록 물을 주어 양쪽 수위가 같게 유지
 - | 침입량을 측정하지 또는 정수두 급수장치로 측정하고 각 시간에 있어서의 누가침입량과 침입도를 구함
 - | 누가침입량 = CT^n (T=경과시간(분), n=직선의 기울기, C=T가 1일 때 상수) —(머뭇)→ 침입도 = ChT^{n-1}
 - └ 고랑법
 - ┌ 고랑담수법 : 고랑 사이에 담수한 후 침입도를 측정하는 방법
 - | 실제의 관개와 동일한 조건 하에서 고랑을 따라 50cm 간격으로 차수판을 약 50cm 깊이까지 묻고
 - | 정수두 급수장치에 의해 항상 일정한 수위를 유지하면서 각 시간의 침입량을 측정
 - | 누가침입량 = $CT^n \times \frac{\text{통수폭}}{\text{고랑폭}}$
 - | 침입도 = $ChT^{n-1} \times 60 \frac{\text{통수폭}}{\text{고랑폭}}$
 - └ 유입유출법 : 실제로 고랑에 물을 공급하면서 침입도를 측정하는 방법
 - | 실제로 고랑을 따라 5m 간격으로 측정지점을 설치하고 단위시간당 유입수량과 유출수량을 측정
 - | 침입도 = $10 \frac{\text{침입수량}}{\text{고랑의 넓이}} = 10 \frac{\text{유입수량} - \text{유출수량}}{\text{고랑의 길이} \times \text{폭}}$
- 고랑관개의 소요시간 : 누가침입량 식에 대입하면 T를 알 수 있음
- 고랑의 길이 및 유량의 결정 : 유효토층 아래쪽으로 침투가 적게 되도록 고랑의 길이, 유량, 기울기, 관개시간 등을 결정



$$\text{심층손실률} = \frac{\text{전손실수량}(\text{TRIANGLEECD})}{\text{전관개수량}(\square AEDB)} \times 100 = \frac{D_A - D_B}{D_A + D_B}$$

t : 고랑의 길이 l을 흘러가는 소요시간

T : 침입도의 측정에서 얻은 필요한 관개량을 충당하는 데 소요되는 시간

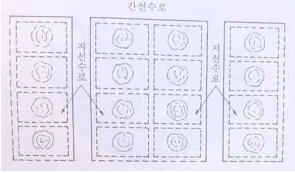
유입구 A점에서 물의 침입시간 = T+t → 누가침입량(D_A) = $C(T+t)^n$

말단 B점에서의 침입시간 = T → 누가침입량(D_B) = CT^n

침입도의 측정에 의하여 정해진 n에 대해 심층손실률을 가정해 t를 계산가능

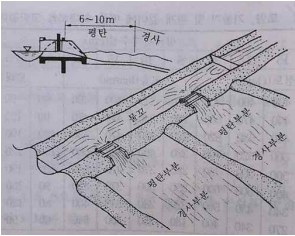
t가 결정되면 실제로 포장에서 여러 가지 유량과 고랑의 길이에 대해 시험을 통하여 t로써 고랑의 말단에 물이 도달할 수 있는 유량과 고랑의 길이를 결정

iii) 전면관개 - **수반법**(경사도 < 3°)



구분법 : 논과 같이 두둑으로 둘레를 막고 여기에 용수로에서 물을 대어 담수시키는 방법
 ex) 수반법 - 밀생작물 or 과수원 등에서 실시하는 구분법
 침투가 적은 특수한 토양에만 가능
 투수성인 토양일수록 구획↓
 물은 지선수로에서 직접 각 수반에 분수하거나 파이프·호스 등으로 급수

iv) 전면관개 - **보더관개법(월류관개법)**(경사도 < 3°)



밭을 낮은 두둑으로 길게 구획을 짓고 일정한 기울기를 붙여 물을 용수로에서 끌어들이어 유하시키는 방법
 채소, 원예작물 등에 부적합하고 논에서도 이용가능
 기울기↑ → 유속↑ → 침식 & 작물의 손상 ⇒ 경사의 한계를 1/50로 함
 물을 고르게 유하시키기 위해 구획의 가로방향으로 평탄하게 세로 방향으로 균일하게 정지작업필요
 침입도가 극단적으로 큰 곳이거나 작은 곳에서는 적용×
 보더관개법에서 가장 중요한 것은 구획의 크기
 ⇒ 기울기 정해짐 → 허용최대유량 정해짐 → 해당 토양에 따라 구획의 크기가 정해짐

$$\text{허용최대유량} = 0.0017 \times \text{기울기}^{-0.75}$$

 토양의 침입도↓할수록 유량↓ & 구획의 길이↑
 ex) 사토 ---- 사양토 ---- 미사질양토 ---- 양토 ---- 식토
 침입도, 유량 큼 ←-----→ 침입도, 유량 작음
 구획최대길이 작음 ←-----→ 구획최대길이 큼

v) 전면관개 - 등고선 월류 관개법(경사도 < 27°)

- 등고선을 따라 기울기가 느린 용수로를 만들고 임의의 위치에서 월류시키는 방법
- 밀생작물의 관개에 적용
- 보더관개나 수반관개처럼 대규모의 정지작업은 하지 않고 자연기울기를 이용한 전면관개 방법 → 등고선도랑을 만들고 취수하여 관개
- ㄱ 기울기가 급한 경우 : 간선용수로 - 등고선에 직각, 지선용수로 - 등고선에 평행
- ㄴ 기울기가 작은 경우 : 간선용수로 - 등고선에 평행, 지선용수로 - 등고선에 직각
- 수로에 설치되어 있는 취수구 or 도랑을 막아 수위를 높인 다음 월류시켜 관개
- 등고선 도랑(지선용수로)의 기울기는 보통 1/10000정도로 균일, 간격 - 15~45m cf) 사질토에서는 20m
- 경지면에 균일하게 물이 흘러내리기 어려우므로 항상 물의 분포상태에 유의

② 지하관개

- 지표면 밑으로 물을 공급하여 모세관 작용에 의해 근근역에 스며들게 하는 방법
- 조건 : 토성이 워낙 나빠 옆으로 빨리 수분을 모관 이동
 깊은 곳으로 침투해 버리는 물의 손실을 방지할 수 있도록 지표 밑 2~3m의 위치에 불투수층이 존재
 토양의 배수가 양호
- ㄱ 개수로식 : 일정한 간격으로 용수로를 배치하여 거기에 물을 내려 보내면 수로의 측면과 바닥에서 침투하여 근근역에 물이 공급되는 방법
- ㄴ 암거식 : 지하 30~60cm 깊이에 지름 5~10cm의 토관이나 PVC유공관을 토성에 따라 1~10cm 간격으로 매설하여 물을 보내 관개
- ㄴ 피처식 : 주로 채소밭, 과수원
 플라스틱이나 흙으로 만든 항아리를 지하에 묻고 항아리에 물을 공급하면 측면의 작은 구멍을 통하여 물이 공급되거나 항아리에 연결된 유공호스를 통하여 근근역에 물을 공급

③ **살수관개(스프링클러 관개)** (경사상관×, 침입도 > 50mm/h)

- 압력수를 노즐로 분사시켜 빗방울이나 안개 모양으로 만들어 관개하는 방법
- 장점 : 관개량 - 살수관개 < 지표관개법
살수관개의 침투형태 = 강우의 침투
 관개로 인한 굳은 표층형성×
정지작업이나 지반조성이 필요× → 경지의 비옥도가 저하될 염려가 없음
 관로의 고정부분이 지하에 매설 → 귀폐지발생× → 경작지를 유효하게 이용 & 경운작업이나 농지관리에 지장×
관개수에 비료, 농약을 혼합시킬 수 있어 별도살포×
 비가 오는 경우와 마찬가지로 옆면이나 줄기에 덮여 있는 먼지를 세척하는 역할을 하여 기공을 열어줌
 살수강도를 낮게 할 수 있으므로 표토침식방지가능
 용수량을 조절가능 → 말단 용수로의 배수에 대한 문제×
 고랑관개처럼 사람이 항상 현장에서 작업× → 노동력↓
 고랑관개와 달리 토질에 따라 고랑의 길이 제한×
- 단점 : 관로시설에 적당한 압력이 필요하기 때문에 시설비 및 경상비가 지표관개보다 많이 듦
 바람의 영향이 큼 → 바람이 강할수록 살포 불량 & 관개효율↓ → 5m/sec 이상의 바람이 계속 부는 지방에는 스프링클러관개×
계단식 밭에서는 비탈면에도 살포하므로 용수손실↑
 관개수의 일부가 작물의 가지나 잎에 의해 차단 → 용수손실

농약이 씻겨짐

침투가 불량한 토양에서는 지표에 물이 고임 → 증발↑ & 포장이 진창이 되어 작업을 곤란

병충해의 전파를 조장

- ㄱ 이동성의 정도 : 고정식, 이동식(set-move식, continuous-move식), 준이동식

ㄴ 관개방법 ㄱ 고정식 : 머리 부분에 이동×

- | 장점 - 지름 3.5~7.5m의 범위에 거의 균등하게 살수
- | 단점 - 살수범위가 좁기 때문에 간격을 좁혀야함, 비용↑, 나지에서 침식발생
- | 경운작업에 방해, 회전식에 비해 관개량이 커서 경량의 관개 불가능.

ㄷ 회전식 : 종류다양(선회식, 완전식)

| → 선회식 > 완전식 : 회전속도, 선회식 < 완전식 : 살수면적, 수명 ⇒ 완전식을 많이 이용

ㄹ 분사관로식 : 90°의 범위로 회전

비교적 비용이 많이 들기 때문에 수익성이 큰 특수한 작물 이외에는 사용×

- 풍속, 수압, 회전속도 등을 조절하여 관개용수가 안개모양으로 토양면에 살포되어 지표면을 흘러내리지 않도록 하고 전구역에 균일하게 살포되도록 해야함 cf) 수압 ∝ 유량범위, 살수범위 & 살수강도는 반대경향

- 저압식 - 0.3~1kg/cm², 보통압식 - 1~2kg/cm², 중간압식 - 2~3.5kg/cm², 고압식 - 3.5 ~ 7kg/cm², 초고압대용량식 - 5 ~ 8kg/cm²

- 스프링클러 관개를 위한 조사 : 기초침입도, 살수분포시험, 효율, 적용효율

ㄱ 기초침입도 : 침입도의 감소율이 10%가 되었을 때의 값

| 관개방법을 결정하는 중요한 지표로 그 값이 50mm/h이상인 밭에서는 부적합

| 기초 침입도에 해당하는 시간 = 600(1-n)

| 기초침입도 = 60C × n [600(1-n)]ⁿ⁻¹

ㄷ 살수분포시험 : 살수분포는 풍향 및 풍속의 영향을 받아 크게 변화됨으로 과거의 오랜 기록을 검토해야 함

| 지름 약 10cm, 길이 약 10cm의 물받이 캔을 2~4m 간격의 격자형으로 배치하고, 노즐로부터의 살수량을 바람이 거의 없는

| 상태와 풍속 2m/s 정도에서 실시하여 살수분포의 변동상황을 조사

ㄹ 효율 ㄱ 증발·비산에 의한 손실 : 노즐의 분사량 - 지상 낙하량 ⇒ 증발, 비산, 엽면차단에 의한 손실의 합(h_r)

ㄷ 엽면차단에 의한 손실

ㄷ 살수분포의 불균일에 의한 손실 : 물배분효율 = $\frac{\text{최소수심}(h_m)}{\text{평균 살수심}(h_a)} \times 100$

| 최소 수심 = 전체 물받이통의 25%수의 살수심의 평균값

| 물배분효율이 80%이상 되도록 설계해야 함

| 균등계수 = $100(1 - \frac{\sum h_a \text{와 각 점의 살수심과의 차}}{h_a \times \text{관측점의 수}})$

| ⇒ 물배분효율과 균등계수는 바람에 영향을 받기 때문에 가장 높은 효율이 될 수 있도록 조절

ㄹ 적용효율 : 위의 3개의 손실을 총괄한 것으로 스프링클러 관개에서의 적용효율은 물적용효율이라고 함

적용효율 = $\frac{h_m}{h_a + h_r} \times 100 = \frac{h_a}{h_a + h_r} \times \text{물배분효율}$ cf) h_a, h_m은 물받이통으로 실측, h_r은 조건에 따라 다름

보통 6~28%

- 스프링클러 관개의 설계

살수기 간격 및 지거관의 간격결정 : 관개효율이 좋은 지거관과 살수기의 간격 및 지거관의 방향을 결정하고 물배분효율을 결정

↓

살수기 용량 결정 : 용량 = 살수기간격 × 지거관 간격 × 살수간격 cf) 용량(l/min)과 살수강도(mm/h)니까 시간 단위 맞춰줘야함

|

노즐유량 ∝ 유량계수 × 노즐의 단면적 × √노즐에서의 압력

|

노즐 ↑ → 유량계수 ↓

↓

살수기 살수 형상 조사 : 살수강도 ↑ → 1회의 관개시간 ↓ → 1일관개면적 ↑

|

적용효율 > 70%이 되도록 설계 cf) 증발, 비산, 엽면차단에 의한 손실 < 12.5%여야 함

↓

살수기 기종 선정 및 간격결정 : 풍속 ↑ → 살수기 간격 ↓

↓

지거관 및 간선관의 지름결정 : 적절한 수두 손실하에서 설계유량을 통수할 수 있도록 선정

↓

펌프와 동력의 결정 : 필요 최대 전압정을 결정

cf) 펌프와 동력 살수기의 배치 및 설계기본 원칙 : 살수기와 지거관의 간격 ↑ → 노동력 ↓

간선관 - 상향 or 하향, 지거관 - 경사방향 or 직각방향

지거관 지름은 최대로 2가지 사용가능

우물은 구역의 중앙부에 위치

이동식 시스템의 배치는 장비의 이동이 최소가 되도록 해야 함

구역 내 극히 일부에서 큰 펌프압력이 필요할 때에는 부스터 펌프를 고려

설계구역 내에서 토성이 변할 때에는 살수심을 변화시킬 수 있도록 수정

- 고려사항 : 윤번구획 내의 최대 통수량(수로 내 손실, 포장 손실) < 말단 지선 수로의 통수능력
 윤번구역의 크기 < 관개 최성기의 통수량으로 최단 간단일수 내에 1회 관개할 수 있는 면적
 윤번관개의 최대 통수량은 관개방법과 노동력면에서 요구되는 유량을 만족
 윤번구획의 구분은 지선 용수로 내의 말단에서부터 상류 쪽으로 향하여 될 수 있는 대로 수계별로 함
 윤번구역 내의 통수량은 일정하게 하고 밭의 간단관개로 발생하는 수량의 조절은 지구 내의 논과 조정지 등을 이용하도록 계획

VII. 용수시설

1. 종류 : 용수로시설, 분수 및 조절시설, 보호보안시설, 부대시설, 관리시설

2. 용수로의 종류

- 수원 → 도수로 → 간선용수로 → 지선용수로 → 지거용수로 → 경지

간선용수로 : 전체 노선을 몇 개의 특성 있는 구간으로 나누고 각 구간에 대하여 특성을 살릴 수 있는 계획을 수립

$$\text{수로 기울기} = \frac{1}{3000} \sim \frac{1}{5000}$$

지선 및 지거용수로 : 우선 관수로나 암거화에 의한 수로망으로 계획

그렇지 않고 개수로로 하는 경우 수리적, 구조적 안정성과 수로의 기능성, 물관리의 생략화 등을 고려해 수로단면형식을 정함

$$\text{수로 기울기} = \text{지선} \frac{1}{1000} \sim \frac{1}{3000}, \text{지거} \frac{1}{300} \sim \frac{1}{1000}$$

- 농경지보다 높은 곳에서 등고선방향으로 유하하면서 가능한 높은 지대의 농경지에도 자연급수가 되도록 설치하는 것이 일반적

- 환경친화적 용수로 : 물의 이용 ex) 농경지에 필요한 물을 공급, 잉여수 등을 적기에 배제 cf) 하류로 갈수록 단면이 축소되지만 본래 기능 유지
 자연환경의 보전

농촌생활환경의 개선과 어메니티의 창출, 농촌관광 ex) 휴식의 장소, 교육의 장소

▣ 용수간선 : 절·성토한 부분을 가능한 원상태에 가깝도록 완전하게 복구

| → 수로의 구조적 안정성을 유지 & 생태계의 변화를 최소화 & 경관유지

| 수로가 등고선을 따라 설치되므로 생태계가 단절될 수 있으므로 생태통로를 조성해 생태계 변화 최소화

| 수로에 들어갔던 동물들이 안전하게 빠져나올 수 있도록 탈출로를 설치

| 환경용수 확보를 통해 연중 물이 흐르는 곳은 물 흐름의 연속성을 유지

| 낙차공은 완만한 기울기의 전단면 어도구조(계단공 등)로 어류 등의 생물이동이 가능하도록 함

▣ 용수지선 및 지거 : 경지정리의 용수로망을 계획할 때는 관수로 및 암거화에 의한 수로망으로 계획

관수로나 암거화로 하지 않고 개수로로 할 경우 수로 단면은 상황에 맞게 구조형식을 정함

농로의 옆이나 수로 독을 이용하여 나무를 심어 녹지선의 구축

콘크리트 수로 안에 들어갔던 동물들이 빠져나올 수 있도록 탈출로를 설치

개수로로 만들면 물관리의 생략화를 고려하여 생태계의 영향을 최소화 하는 구조물 형식으로 계획

- 통수시설 : ▣ **개수로** : 대유량을 안전하고 경제적으로 유송, 손실수두↓, 유지보수용수

| ▣ **흙수로** : 자연지반을 굴삭 또는 성토해서 형성한 라이닝을 하지 않은 수로

| | 누수방지를 생각할 필요가 없고 유수에 대해 충분히 저항할 수 있는 토질로 침식의 염려가 없는 장소에 사용

| ▣ **라이닝수로** : 표면피복제로 라이닝한 수로

| | 누수를 방지, 유수에 의한 침수방지, 수로비탈면의 평활화

| ▣ **플룸** : 수로의 벽자체가 내수압 or 배면수압을 지지하고 구조적 안정성을 갖는 개수로

| | 통수단면이 작은 경우, 기초공이 저렴한 가격으로 시공이 가능하고 라이닝수로에서는 토공비가 고가가 되는

| | 경우, 용지비가 비쌀 때 사용하면 효과적

▣ **관수로** : 관리조작용이, 손실수량↓, 유지비↓, 오수의 유입↓, 지형에 상관없이 필요한 수압확보 가능 → 개수로보다 많이 사용

▣ **개방형** : 수로 중의 수두가 저하해도 분수위가 확보 가능하도록 함

| 관수로 도중의 일정한 구간마다 분수스탠드를 배치하고 이것을 분수공 또는 방류공으로 함

| 분수스탠드의 월류보 케이트밸브를 사용해서 수위 유량을 조절하고 여수는 모두 방류

| 분수스탠드의 2차 수조의 용적이 작고 1차 수조와의 낙차가 클 때 → 관로 내의 혼입공기가 유입해서 압력 및

| 유량변동을 일으키고 불안정한 유황이 됨 → 관체파손

| ⇒ 분수스탠드 2차수조의 용적 > 1차수조의 3배 or 유량조절

▣ **폐쇄형** : 상류로부터 말단까지 폐관으로 용수가 흐르고 말단의 취수밸브급수전의 조작에 의하여 용수를 급수하는 형식

▣ **반폐쇄형** : 플로트 밸브류를 연속적으로 배치한 형식

하류측의 밸브를 열지 않는 한 물이 흐르지 않음

▣ **수로터널** : 산지나 구릉을 가로지르는 경우

| 지질이 터널의 설계 시공상 가장 중요한 요소

| 최소 단면 크기 - 가로 1.2~1.5m × 높이 1.5~1.8m

| 단면은 원형이 역학적으로 가장 유리하지만 시공의 편의상 보통 말굽형이 많음

▣ **암거** : 철도·도로·제방 등을 가로지르는 경우 cf) 그 외 개수로로 우회하는게 힘들거나 터널도 설치하기 힘든 곳에서도 사용

| 단면은 직사각형과 원형이 많음 cf) **유량이 많은 곳** - 직사각형, **말굽형**

- └ 역사이편(잠관)or 수로교 : 하천이나 함몰지역을 가로지르는 경우
 - └ 역사이편 : 계곡이 깊고 넓을 때 ex) 프리캐스트관, 직사각형단면의 철근콘크리트
 - └ 수로교 : 계곡이 얇고 좁을 때 ex) 철근콘크리트 수로교, PS빔 수로교, 강재수로교
- └ 급류공 or 낙차공 : 급경사지를 통과하는 경우
 - 수로의 비탈을 느리게 하고 유수로 생기는 침식을 방지하여 수로의 안전도모
 - 토공량을 조절하기 위하여 높은 위치의 수로에서 낮은 위치로 이동
 - └ 급류공 : 높은 곳에서 낮은 곳으로 비탈면을 따라 사류로 흐르게 함, 토사량이 적을 때
 - └ 낙차공 : 수직으로 낙하하도록 함, 토사량이 많을 때

- 분수 및 조정시설 : 수로상호간 또는 수로로부터 용수를 배분하는 시설 및 분수:배수량 조절을 위하여 수로 내의 수위 유량을 조정하는 시설
 - └ 분수공 : 간선수로에 보내진 용수를 소정의 지구로 그 필요량에 따라 배분하기 위하여 용수로의 분수지점에 설치하는 시설
 - └ 유량을 조절하는 분수공 : 유량조절장치(게이트, 밸브 등)이 있는 것
 - └ 게이트식 분수공 : 게이트의 조작에 의해 각 지선으로 분수되는 것으로서 합리적인 배분조작을 하기 위해서는 양수장치(파살플룸)를 붙임
 - └ 이중 오리피스게이트 분수공 : 정수두형 분수형
 - 전면의 제 1게이트로 오리피스의 면적을 조절하고 후면의 제 2게이트로서 간선수로와 조정수조의 수위차가 5~6cm이 되도록 필요한 수량을 취입
 - └ 비율분수공 : 간선수로의 유량의 증감과는 관계없이 항상 일정한 비율로 분수되는 것
 - 일반적으로 개방식이라 관리가 편이
 - 물수요의 변동에 맞추어 배분하기가 힘들
 - └ 수로식 분수공 : 간선수로의 흐름을 칸막이벽으로 일정한 비율로 나누어서 분수
 - └ 월류보식 분수공 : 물이 넘쳐흐르는 웨어의 마루부를 일정한 비율로 나누어서 분수
 - └ 사류식 분수공 : 수로에 광정웨어를 마련하여 사류가 생기게 하고 그 초임계류부를 칸막이로 일정한 비율로 나누어 분수
 - └ 원통분수공 : 간선수로에서의 유수를 잠관(역사이편)을 사용하여 원통분수탱크의 중앙부로 나오게 하여 분수비에 따라 분할된 원호 위로 월류
 - └ 수로물넘이(spillway) : 수로의 안전과 유지관리를 위하여 홍수시나 취입수문의 고장으로 유입하는 물을 조절할 수 없는 경우 남는 물을 수로 밖으로 배재하기 위한 시설
 - └ 방수공 : 긴급시에 통수량 전부 또는 일부를 수로 밖으로 방류해서 수로의 안전을 도모하기 위한 장치

- 중간저류시설
 - └ 조정지 : 취수량-통수량-용수량이 시간적으로 크게 변동하는 수로조직에 설치 → 불균형을 조정하므로써 수량손실을 방지하고 용수수요에 부응
 - 장점 - 상류부 간선수로의 단면↓, 수로조직의 단순화, 하천의 여유수를 유효하게 이용, 배수조작이 원활하게 되어 조작 손실수량↓ 수로의 유지보수용이
 - 간선수로 - 중간 및 말단에 설치, 수혜지 내의 수로 - 짧은 구간에 설치
 - 규모는 저수지로의 유입량 7~10일분 정도의 저수용량으로 함
 - └ 팜폰드 : 발관개를 주체로 하는 지선수로서는 말단 용수로의 통수량과 용수량을 조절하기 위해서 설치
 - 지선의 분수점 아래에 지선수로 최상부의 지형상 유리한 지점에 설치
 - 1일조정용량 = $\frac{10 \times \text{관개면적} \times 1\text{일조용수량} \times (24 - \text{관개시간})}{24}$
 - 최대 조정용량은 T=12일 때 발생하며 최대 1일 조정용량 = $\frac{60 \times \text{관개면적} \times \text{피크시조용수량}}{\text{피크시관개시간}}$

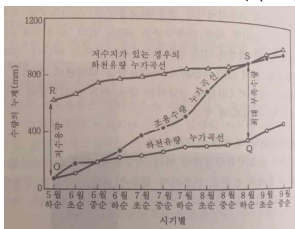
VIII. 수원시설

1. 수원의 종류

- 조건 : 이용가능수량의 총량 및 최소치가 클 것
 - 수온 및 수질이 양호할 것
 - 취수하기 쉽고 안정되어 있을 것
 - 관개지역에서 가까울 것
- 종류 : 하천, 저수지, 호소, 지하수
 - ① 하천 : 관개용수원으로서 가장 경제적, 알맞은 수온, 수위가 높고 수량이 풍부하면 보나 양수장과 같은 간단한 시설로서도 이용가능 현재 농업용수수원의 30%정도를 차지
 - ② 저수지 : 하천으로부터 안정한 관개용수를 얻을 수 없을 지역에서 이용되는 수원
 - 관개기간 중 강우량이 적은 지방에서 중요
 - 장점 - 풍부하고 계획된 수량, 단점 - 하천에 비하여 시설비↑ & 수질↓
 - 우리나라의 농업용수의 수원 중에서 60%이상을 차지
 - ③ 호소 : 기본적으로 저수지와 같고 안정된 취수
 - 인공적으로 조성된 하구호나 담수호는 유역의 하류에 위치하여 수량은 충분하나 수질이 악화될 우려가 있어 주의필요
 - ④ 지하수 : 다른 수원에 비해 보조적인 역할
 - 장점 - 간단한 시설, 단점 - 수온↓ & 수량↓
 - 수량은 연간 변화가 비교적 작고 갈수기에도 안정된 취수 가능

2. 저수지

- 변동하는 하천유량을 인공적으로 저류함으로써 인위적으로 유량을 조절하고 기준갈수량을 증강시켜 이용유량 증가 가능
- 개발유량 : 하천자연유량의 기준갈수량을 넘어 증가시킨 유량
만들기 위해서 하천자연유량의 부족분을 보충할 저수용량이 필요
- 위치선정 : 필요한 수량을 집수, 저류 가능
누수가 없고 구조의 안정이 얻어지는 지질
단위 저수량당의 건설비가 저렴
 - ▮ 댐터 - 불투성의 지반이 비교적 얇은 곳에 있고 지하수가 낮은 위치에 있는 곳이 적당한 위치
 - ↳ 지층에 단층, 균열, 공동 등이 있어 활동이나 누수가 생길 가능성이 없음
 - 지질에 향사(지질층의 골짜기 부분)이 많은 것 cf) 배사(지질층의 봉우리)는 누수 등의 위험성이 존재
 - 저수지 하류에 민가 등이 가까이 있지 않은 지점을 선정
 - 만수 후의 과잉수를 배제시키기 위한 물넘이는 제체와 떨어져 있는 장소로 자연산지를 굴착하여 단단한 암반 위에 설치
 - ↳ 저수역 - 필요한 저수량을 집수할 만한 유역이 존재
 - 주택지가 없고 농업에 이용할 수 없는 토지
 - 저수지는 댐터 상류 하천의 종단기울기가 느린 구역을 선정 → 종단기울기가 느리면 저수용적 ↑
 - 축제지점은 계곡이 좁고 그 상류 쪽의 골짜기가 평탄하며 면적이 넓고 작은 계류가 수 많이 유입되는 지역
 - 댐의 길이가 짧아도 큰 저수용적을 가질 수 있는 지역이 좋음
- 지층이 향사층이 바람직
관개지역에 되도록 가까우며, 유지관리가 용이한 곳
수몰지의 보상비가 적게 들며 축제공사에 필요한 재료의 운반이 편리한 곳
- 저수용량의 산정 : 관개기간 중에 필요한 용수량은 생육기별로 다르므로 보통 관개기간을 10일 또는 5일씩 구분하여 산정
저수계획 단계 - 저수지점의 하천유량을 파악
 - 하천유량으로부터 기득수리권수량과 하천유지유량 등을 빼서 이용가능수량을 파악
 - 관개지역에 대한 조용수량 or 광역 용수량을 산출
 - 조용수량과 이용가능수량의 관계로부터 계획기준년과 계획저수용량을 결정
 - 저수지의 위치 및 저수시설의 형식을 결정
- 하천유량의 산정
 - ▮ 실측법 : 근방에 있는 장기간 관측자료를 이용하여 유역면적의 비에 의하여 해당지점의 유량을 추정
 - 근방에 있는 장기간 관측자료를 이용하여 비유량에 의하여 해당 지점의 유량을 추정
 - 장기 유량자료가 있는 관측지점과 해당지점의 유량과의 상관식을 이용하여 장기 유량을 추정
 - 강우와 유량과의 관측자료로부터 탱크모형을 설정하고, 탱크모형과 장기 강우자료에 의하여 장기 유출량을 추정
 - ↳ 간접법 : 가지야마 식에 의하여 계산
 - ↳ 시기별 조용수량의 산정 : 계획기준년의 증발산량과 강우량에 의거하여 산정
 - ↳ 계획저수용량의 산정 : $\text{계획저수량} = \sum(\text{조용수량} - \text{하천유량}) + \text{저수지손실량의 최대값}$
저수지손실량 = 최대 부족수량 × 5%
지구 내 이용가능수량이 있는 경우 조용수량 대신 광역용수량을 이용
OR (= SQ)가 저수용량을 나타냄



농업용 저수지에서는 일반적으로 OR점에 상당하는 양을 비관개기간 중에 저수하여 관개기의 직전에 만수해 됨

- 저수지의 수위와 저수량 및 저수면적 : 등고선측량결과에 따라 저수부지 내의 높이에 대응하는 저수지의 용량을 산출하여 Y축에 취하고 수위를 X축에 취하면 각 수위에 대응하는 저수량을 구할 수 있음
계획조용수량이 결정되면 만수면이 수위가 결정되고 각 수위에 대응하는 저수면적을 산출할 수 있음

3. 취입보

- ▮ 자연취수방식 : 하천 유량이 풍부하고 농지에 비해 수위가 높은 경우
 - ↳ 보취수방식 : 농지의 위치가 높은 경우에 하천을 횡단하는 보를 설치해서 수위를 높여 취수하는 방법
→ 이 때의 설비를 총칭하여 **취입보시설(취수보 + 취수구 + 부대시설)**이라고 함
- **취수보** : **설치 조건** - 갈수시에도 소요수량의 확보가 가능한 지점
하상이 고정되어 있어 유심이 이동하지 않는 지점
수해지역으로부터 가급적 근거리에 위치하여 **공사비가 저렴하고 유지관리가 용이한 지점**
보설치에 의해 상하류에 미치는 영향이 적은 지점
많은 토사가 유입되지 않는 지점
시공이 편리한 지점
 - ▮ 고정보 : 하상에 고정시켜 물이 보마루 위를 월류
 - ↳ 가동보 : 가동부를 조절함으로써 수위를 조절
- **취수구** : ▮ **통관식** : 하천의 상태가 양호하여 홍수 때 **토사의 유입이 적은 곳**, 구조가 간단하고 조작하기 쉬움
↳ **월류식** : **토사가 많이 흐르는 하천에 적합**
위치선정 - **취수보의 직상류에 설치하며, 물길로부터 취수가 가능한 지점** cf) 양안취수×

- **부대시설** :
 - ┌ **배사구** : 취수구 쪽에 설치하여 물길을 유지하고 취수구 앞에 퇴적하는 토사를 배제하는 동시에 홍수량의 일부를 방류
 - └ **어도** : 배사구에 접하여 설치해 어족의 통행을 위해 만들어 주는 통로
 - | 사면식, 계단식
 - ┌ **통선로** : 뗏목이나 선박이 다니는 하천에 보를 설치하려고 만드는 통로
 - | 보를 설치한 후 물길을 형성하는 배사구에 인접하여 설치하며 그 크기는 뗏목 도는 취항하는 선박의 크기에 따라 정함
 - └ **침사지** : 토사함량이 많은 하천에서 취수할 경우에는 토사를 침전시켜 배제하기 위해 설치

4. 양수장

- 자연취수시설이나 보취수시설을 이용하여 하천과 호소 등지에서 농지로 물을 끌어들이기 어려운 경우나 우물·집수암거·집수지 등의 지하수를 모아 이것을 관개용수로 이용하는 경우 동력이 필요해 설치
- 고려해야할 것
 - ① **위치** : 하상이 고정되어 있고 유심에 변동이 없는 지점
 - ┌ 갈수기에도 소요수량을 얻을 수 있는 지점
 - └ 수역지역에서 되도록 가까운 지점
 - ┌ 양정이 비교적 얕은 지점
 - └ 시공관리가 용이한 지점
 - ② **양수량** : 계획용수량(관개개별 용수량을 산정하여 결정)과 **펌프의 운전시간(논-16~22시간, 밭-8~12시간)**에 따라 결정
 - ③ **양정** : 펌프로 양수되는 높이
 - ┌ 실양정 : 흡수면 ~ 토출수면의 연직거리
 - └ 전양정 : 물이 흡입관에 들어와서부터 토출관으로 나갈 때까지의 각종 손실수두를 가산한 것
 - ④ **펌프** : 축류펌프, 사류펌프, 원심펌프
 - ⑤ **원동기** : 펌프를 가동

5. 집수암거

- 가뭄시에도 지하수위가 높고 투수계수가 큰 토층을 갖고 지하수위의 이동이 활발한 곳에 설치하여 지하수를 집적하는 시설
- ┌ 하천부지에 매설하는 경우 물길에 가깝고 하상의 변동이 적은 곳을 선택
 - └ 경지에 매설하는 경우 기설 관정의 영향이 없고 지상의 장애물이 없는 곳을 선택
- 설치 방향 : 지하수 유동방향과 평행
- ┌ 지표면과 지하수면의 기울기가 급한 경우 : 자연유하
 - └ 기울기가 완만하거나 양수할 필요가 있는 경우 : 집수조를 설치

I. 농지배수의 개요

1. 농지배수의 정의

- 농지배수 : 관개의 반대개념
농경지의 과잉수분(ex. 홍수, 높은 지하수위, 과습한 토양수분)을 인공적으로 배제시키는 것

2. 농지배수의 목적

- ① 파괴적 피해의 방지 : 홍수의 범람으로 독이 터지면 시설물이나 농지에 피해 입히는 것을 방지
- ② 침수피해 방지 : 홍수로 농지가 침수되는 것 방지
- ③ 토양수분 조절 : 지하배수를 통해 작물생육과 농작업에 최적의 조건을 유지
- ④ 토양침식 방지 : 강우시 비옥한 표토가 유실되는 것 방지
- ⑤ 제염 : 증발산에 의하여 지하로부터의 수분 상승과 함께 작토층에 알칼리염류가 집적하여 작물생육에 지장을 주는 것을 방지

3. 건토효과

- 지하수위가 높은 배수불량지구에서 지하수위를 낮추면 얻을 수 있는 것
- ① 지력↑ : 하층토양 산화 → 유기물분해 → 뿌리의 활력↑ → 다수확 & 품질↑
- ② 토양물리성 개량 : 지하수위가 저하되면 강우와 증발산에 의해 습윤과 건조가 반복 → 투수성과 통기성이 좋은 입단구조로 변화
→ 토양 유효수분량↑ & 뿌리의 심근화 & 유해물질 희석·용탈
- ③ 토양온도↑ : 비열이 큰 토양의 물이 제거
- ④ 지내력↑ : 함수량↓ → 지내력↑ → 농기계작업원활
- ⑤ 논발윤환 가능성↑ 및 토지이용도↑
- 건토화가 일어나면 용수량↑하므로 대책강구 필요

4. 농지배수불량의 원인에 따른 해결책

- ① 하천 또는 해면 수위 > 농경지 & 지구 내로부터의 자연배수× : 배수문을 설치하거나 기계배수방법 이용
- ② 지표수나 지하수의 유입 : 지표수 - 승수로, 지하수 - 승수로나 승수암거를 등고선에 평행하게 설치해 유입수를 지구 밖으로 보냄
- ③ 지형이 오목한 분지모양 : 개거를 등고선에 나란히 설치, 기계배수시설 설치
- ④ 지형이 평탄하여 배수를 위한 충분한 기울기를 확보× : 적절한 기울기를 가진 배수로로 설치하여 기계배수
- ⑤ 지구내의 하천, 배수로, 배수펌프의 능력부족 : 배수로 통수단면 확장, 배수로 노선과 위치의 변경, 펌프의 증설과 교환
- ⑥ 지하수위↑ : 암거배수설치
- ⑦ 불합리한 배수관행 : 좁고 경사진 유역 - 짧은 시간의 강우량, 넓고 평평한 유역 - 태풍이나 불연속선 등에 내리는 연속 강우량을 기준으로 배수계획을 수립

5. 논배수와 밭배수

- ① 논배수
 - 논은 담수재배를 하기 때문에 큰 강우로부터의 배수가 중요
 - 홍수시의 논배수는 어느 정도 담수 허용가능 → 허용담수심과 허용담수시간을 감안하여 배수계획수립
- ② 밭배수
 - 담수를 허용하지 않기 때문에 강우를 비교적 단시간 내에 밭에서 배제해야 함 → 고랑이나 승수로 등을 이용해 신속하게 지표배수
 - 지하과잉수는 주로 암거배수
 - 밭의 지표배수의 주목적
 - └ 작물의 생육환경 개선 : 지형을 이용해 배수로 배치하고 배수로만으로 충분하지 않으면 지하배수
 - | cf) 파상지형은 자연배수의 물 흐름이 차단되어 습해가 발생하므로 배수로 배치유의
 - └ 토양침식 방지 : 사면의 길이가 길면 우적침식, 면상침식, 세류침식, 걸리침식 등이 생기므로 등고선에 연속하여 승수로 설치 & 상부의 경지로부터의 유출수와 유하토사 차단
 - 유입토사로 인해 배수로 고장 안 나게 유지관리 중요

6. 농지배수불량의 피해

- ① 홍수범람피해
- ② 침수피해 : 벼는 수잉기와 출수기 때의 침수피해가 가장 심함
- ③ 과잉 토양수분피해 : 뿌리의 썩음, 통기불량에 의한 산소의 결핍, 유해가스의 축적

7. 발작물의 침수피해

- 과습상태 지속시 침수피해가 있고 일반적으로 벼보다 그 피해가 더 심함
- 주 원인은 지하수위↑ → 공기의 소통, 비효분의 분해, 영양분의 흡수↓, 유해물질 발생
- 무, 배추(12시간 이내), 고추(6시간 이내) 마늘, 참깨(24시간 이내), 토마토(6시간 이내), 땅콩(40시간 이내) 배수처리하면 괜찮음

II. 농지배수 방식

1. 광역배수

- 지역 전체(농지, 부락·산지로부터의 유입수)에 대한 배수

- 배수방식 선정 : 내수위와 외수위의 관계고려

평상시 - 내수위 = 외수위 + 수로와 수문을 통해 배출되는 과정에서 생기는 손실수두

홍수시 - 내수위 = 평상시 내수위 + 저류에 의해 발생하는 담수심

┌ 자연배수 : 최대외수위 < 최대내수위 < 허용담수심 & 담수시간 < 허용담수시간

| 시설비와 유지관리비가 적게 소요되므로 배수문배수나 기계배수보다 우선고려

| 배수가 지형기울기에 좌우되기 때문에 배수조건 좁음

| 안정성영향 - 외수조건(배수량 ∝ 내외 수위차의 평방근이므로 외수위의 작은 상승에도 배수량이 영향)

| 배수구 ⇒ 담수해석 후 최대 담수위 < 허용내수위하도록 배수구 규모결정

└ 배수문배수 : 최대내수위 < 허용담수심 < 최대외수위 & 담수시간 < 허용담수시간

| 제방으로 외수의 침입을 막고 배수구에 수문을 설치하여 외수의 역류 방지

| 수문이 닫혀 있으므로 내수위변화×

| 외수위 < 내수위할 때는 수문을 열어 배수해 내수위 ↓

└ 기계배수 : 허용담수심 < 최대담수심(최대내수위 or 최대외수위) & 허용담수시간 < 담수시간

자연배수나 배수문배수로는 부족하여 기계배수(=배수문과 배수펌프가 필요한 배수문배수)

수문이 닫혀져 있어도 펌프로 물 배출시켜 내수위 ↓ (동력으로 과잉수를 배제)

비용이 많이 들기 때문에 적합한 배수펌프 용량을 정하는 것이 중요

동력을 이용하기 때문에 배수구역의 과잉수가 배수 펌프장으로 집결되는 유입량과 배수펌프에 의해 지역 밖으로 물을 배제하는

유출량 사이에 균형을 잡기 힘들 → 구역 내의 물을 지체없이 흡수조에 모으기 위하여 충분한 통수능력을 가진 배수로 배치

배수펌프의 운전조작을 원활하게 하기 위해 흡수조 가까이 충분한 저류수위를 확보

장점 - 자연배수 어려운 농경지의 배수불량 해결

지형의 기울기에 영향이 없어 배수계획이 쉬워짐

담수시간 ↓ 해 작물피해 ↓

자연배수와 조합하여 배수효과 ↑

대규모 배수가능

2. 필지배수(포장배수)

- 포장 블록에 대한 배수이며, 평상시나 홍수시 전답에 내린 강우의 배제

- 필지(농지)의 과잉수를 단시간 내에 배제

- 필지배수 = 지표수와 지하침투수의 차단 + 지표배수 + 지하배수 ⇒ 지표배수와 지하배수를 서로 연관해 계획

지표배수 : 지표의 과잉수의 지표유출촉진

지표수는 지하 정체수에 비해 유출·정체시간이 빠르고 작물에 주는 피해 ↑ → 배수량과 배수위가 중요

┌ 배수량 : 홍수시(20년에 1~3회 정도 발생하는 예상호우)를 주대상으로 하여 계획배수량을 배제할수 있도록 계획

| 벼 단일작 - 1일 우량을 1일 배제, 답리작 or 밭 - 4시간 우량을 4시간 배제

└ 배수위 : 계획수위 < 경지

지하배수보다 단위시간당 배수량이 크며 배수효율 ↑

촉진방법 ┌ 경지면에 배수도랑을 설치 : 논외 면적이 클 경우 배수도랑 외에 논두렁 안쪽을 따라 가배수로나 낙수구 근방에 반원형

| 낙차부를 설치하여 효과증진

└ 경지면경사법 : 지표기복의 영향 > 경사의 영향 → 지면을 평탄하게 해야 효과 ↑

└ 장변 단축법 : 장변을 20m정도로 짧게 하여야 효과 ↑ (cf) 논에서는 사용 불가능

배수로 - 표토의 유실이나 침식방지에 조심하여 경사조절

초생과 콘크리트로 내면을 피복하여 수로침식방지

낙차공이나 침사지를 설치하여 유수의 파괴력

지표수 ↓

↓

지하배수 : 지표배수를 한 다음에 지표의 잔류수와 토양 중에 있는 과잉수의 지하유출촉진 or 지하수위의 저하목적

투수계수 ↓ or 지하수위 ↑ 할수록 배수효율 ↓

┌ 개거배수 : 토양의 투수성 ↑ 할 때 지상에 보이는 배수로울 통해 배수

| 공사비 ↓, 배수관리 용이 but 귀폐지가 발생하여 경작기계의 운행방해

└ 암거배수 : 토양의 투수성 ↓ 할 때

개거배수보다 설치범위 넓음

지표잔류수 존재여부 고려필요

┌ ○ : 배수일수에 따라 배수량을 배제

| 습해가 있을 때 경지고르기, 배수구, 심토파쇄, 보조암거 등을 시공해 배수촉진

└ × : 강우시 투수성이 큰 토양에서는 조직배수량 ↑

→ 허용시간 안에 잔류수가 배제되게 함

계획수위 < 경지에서 요구되는 지하수위(벼 단일작 < 목초, 발운환 일반 발작물 < 다년생 작물: 이용에 따라 다름)

지하배수량 ↓

↓

증발산단계

3. 농지배수 관리

① 광역배수

- 홍수시 배수
- 홍수시에는 내부 구역의 유출량↑ & 외수위↑ → 지구 밖으로 배수하는 것이 어려움 → 배수구역 안에 담수발생 → 빨리 배수하도록 계획
- 배수계획 : 내부구역에서 배수구역으로 유입하는 유량은 계획기준 강우를 유출해석법으로 계산
 - └ 배수구역에서 물의 저류현상 고려× : 승수로 계획
 - | 침투유량 → 배수해석 or 수로단면 설계
 - └ 배수구역에서 물의 저류현상 고려○ : 배수로나 배수펌프 계획
 - | 유입수문 곡선과 배수구의 배출량에 따르는 유출량·저류를 고려 → 담수해석
 - | → 내수위의 추이를 계산 → 계산된 내수위가 계획 내수위를 초과하는지 검토
 - | 담수해석에서 계획기준 우량, 계획기준 외수위, 계획 내수위 ⇒ 배수시설의 규모를 결정
 - | 계획 내수위 ⇒ 소요경비, 담수 피해액을 결정
 - | 토지용도에 따라 계획 내수위 결정과 배수계획의 규모다름

② 포장배수

- 전답에 직접 내린 중·소강우의 배제와 평상시의 지하배수
- 배수량을 계획기준 외수위 아래에서 정상적으로 배수구역 밖으로 배제하도록 할 때, 그 배수로 수위가 계획기준 내수위를 유지하도록 계획
- 배수계획 : 지하수위를 가장 낮게 유지하고 싶은 시기(ex. 논에서 비관개기간)을 고려해서 계획 기준치를 선정
 - | 배수로의 수위를 요구되는 높이로 유지하도록 배수로 내의 정상류에 대해서 수리계산 → 배수로 단면과 수로바닥 높이 결정
 - | 암거배수 고려(계획기준 내수위가 암거배수와 연관있음)

4. 전담혼용지대의 유출 및 배수 특징

① 전담혼용지대의 지표배수방법

- 규모에 따라 영농배수, 블록배수, 지구배수로 나눔
 - └ 영농배수 : 전 전환율 적어 산발적 & 소규모인 농가
 - | 작은 경비로 제일 먼저 검토해야할 배수방식
 - | 전환밭의 경우 고랑에 담수하면 작업능력↓ & 일시적이라도 이랑 위까지 침수되면 타격↑ → 빨리 지표배수처리
 - | └ 트랜치(포장 내 배수소구)에 의한 배수 : 포장 내에 10~20m로 트랜치를 배치하여 고랑의 장유수를 배제
 - | └ 고랑에 의한 배수
 - └ 두둑↑ : 강우가 고랑에 일시 저류 → 두둑 위까지 침수×
 - | 논보다 낙수구가 정비되므로 고랑에 집중한 빗물의 유출용이
 - | └ 고랑 고르게 : 고랑의 기복 존재시 저류된 강우가 스며들
 - | └ 고랑길이↓ : 고랑과 직교되도록 20m 이내로 포장 내 트랜치를 설치
 - └ 블록배수 : 전담혼용이 집단화된 저지대의 배수조건이 나쁜 지역(지구배수가 이루어지지 않은 지구)에서 많이 사용
 - | 홍수시 지구 외로부터의 침입수 차단과 지구 내 배수처리를 위하여 승수로를 설치하여 펌프배수로 지구 외로 배수
 - | 평상시 부분적으로 수도작 이외의 발작물을 도입함에 따라 지하수 조절이 필요한 경우에도 이용
 - | 전담혼용, 지내력↑, 적정침투 등을 위해 배수로 수위↓해야 하므로 배수간선, 지선을 다시 깊게 굴착 → 개수공사비↑
 - | └ 전환밭지역 주변에 승수로 설치 → 지표침입수 침입방지
 - | └ 전환밭지역 주변에 개수로나 암거 설치 → 지하수 침입방지
 - | └ 용수도가 흡수로인 경우 용수로로부터 침입된 용수에 의해 용수도가 과습하게 되는 경우가 있으므로 주의
 - └ 지구배수 : 전담혼용이 집단화된 지구에서 배수로의 확대, 펌프의 증설 등 본격적인 배수개선과 포장정비사업으로 시행
 - | 계획배수량은 미래 발전환율과 도입작물에 따라 결정
 - | 계획배수량 = 발전환율×밭계획배수량 + 논전환율×논의 계획배수량

② 전환밭 고랑에서의 배수

- 이랑과 고랑의 모양에 따라 밭이랑에서의 배수형태가 다름
 - ex) 수박 - 넓은 이랑, 딸기·가지 - 보통, 무·콩 - 좁은 이랑

Ⅲ. 농지배수 사업계획

1. 현황조사

- 배수개량의 필요성을 밝히기 위해 유역면적 및 수혜면적을 결정하고 과거의 피해상황과 그 원인을 구명해서 계획수립에 적용할 제원을 설정하는데 필요한 자료를 수집
- 답사, 지형, 면적, 토양, 지하수위, 강우량, 유출량, 외수위, 배수상황, 피해상황, 배수관행, 다른 사업과의 관련성

2. 농지 배수계획 기준

- i) 계획기준값
 - 계획작성의 기초가 되는 조건값으로 사업의 규모, 효과, 소요경비 등을 좌우
 - └ 환경조건에 관계되는 것 : 계획기준 강우량, 계획기준 외수위
 - └ 배수 정도를 기준으로 하는 목표조건에 관계되는 것 : 계획기준 내수위
 - cf) 논의 경우 허용담수심으로 표시 가능

① 계획기준 강우량

- 기준 : 20년 빈도 정도의 발생확률을 갖는 강우량
- 인명피해가 예상 : 안전성 때문에 더 큰 강우가 기준
- 외수의 영향을 받기 쉬운 경우(ex.저지대) : 외수위와 강우의 관계를 검토해 담수량이나 담수위 등의 피해요인에 의해 10년 빈도의 피해량이 발생하는 경우의 강우가 기준
- 승수로, 공공배수로 : 20년 빈도 이상의 큰 값
 승수로는 **첨두유출량**의 대소가 배수로의 규모를 좌우
 ↳ 홍수도달시간 내의 유효 강우강도에 영향 받으므로 단시간의 강우강도가 중요
 cf) 승수로 : 높은 지대에 내린 강우로 인한 유출수의 지구내 유입을 차단해서 지구 외로 배제
- 저위부에 일시적으로 담수시켜서 배수펌프나 배수문에 의해 배수 : 유출량 or 내수위 등의 수문곡선이 필요
 상당히 장시간의 연속강우를 계획기준 강우량의 대상으로 검토
 소규모홍수조절 댐 - 1일 강우량
 대규모 홍수조절 댐 - 2일 강우량
 평야지대의 기계배수계획 - 1~3일 강우량
- cf) 유출량 수문곡선 : 임의의 지속기간에 대한 확률 강우량추정 → 단위시간마다 우량을 배분하여 우량주상도를 결정
 우량배분방법 ▢ 단봉강우를 대상으로 하는 적당한 식 or 그림을 이용한 최대강우를 첫 시작으로 순서대로 분포를 합성
 ▣ 과거의 호우분포를 고려하여 계획기준 강우량을 비례 배분함으로써 강우파형을 합성
 ▤ 과거의 호우분포의 통계적 성질을 추출하여 확률적으로 모의발생
 확률 강우 강도 추정방법 ▢ 강우 기록 있는 경우 ▣ 개략 추정방법 : 확률지법
 확률강우량을 지속기간으로 나눈 값 | ▤ 정밀하고 이론적인 추정방법 : 확률분포형을 고려하는 빈도계수법
 단위시간당 평균 확률 강률 강우량 ▥ 강우 기록이 없는 경우 : 각 지역별 확률강우강도식, 확률강우량이용

② 계획기준 외수위

- 외수위 : 내수가 배출되는 하천이나 바다의 수위
- 외수위 < 내수위 할 때에는 자연배수가 가능하며 외수위 검토× cf) 기계배수는 외수위가 중요
- 바다에 배수하는 경우 ▢ 자연배수 : 외수위 = 소조 때의 평균조위곡선의 최대값
 ▣ 기계배수 : 외수위 = 대조 때의 평균조위곡선의 최대값
- 하천에 배수하는 경우 : 배수하천의 10~20년 빈도 홍수량과 홍수위에 대한 수문곡선 자료를 수집
 → 대상지구로부터의 배수량과 지구 내의 담수심 등을 종합하여 이들의 시산결과를 분석하여 계획기준 외수위로 정함

③ 계획기준 내수위

- 홍수시 : 첨두 홍수량 발생시의 허용상한수위
 수해지구 내의 가장 낮은 포장면 표고
 수해지구 내에서 담수를 허용하는 경우 - 지구 내 가장 낮은 포장면의 표고 + 허용 담수심
- 평상시 : 평소의 배수목표인 배수로 수면표고(수해지구의 지하수위를 필요한 깊이까지 낮추는 데 소요되는 높이)
 단작 - 지표면 아래 40~50cm 아래, 밭 - 지표면 아래 50~60cm 아래

④ 허용담수

- 수잉기(초장이 30cm이상)에 담수피해 ↑ & 7~9월에 홍수피해 ↑ ⇒ 허용담수심 = 30cm
- 담수심이 30cm를 초과해도 1~2일의 담수라면 피해율 < 30% ⇒ 허용담수시간 = 24시간 이내
- 담수허용면적 < 수해면적 × 10%, 100ha
- 논밭 전환이나 논밭혼용에 의해 발작물이 도입되는 경우에는 원칙적으로 담수허용×

ii) 계획배수량

- 배수시설의 용량을 결정
- 산정방법 ▢ 담수가 생기지 않는 경우 : 뒤에 IV. 농지 배수량의 산정을 참고
 ▣ 담수의 허용으로 저류현상 존재 : 지구 내 유출량을 기준으로 외수위의 변동, 허용담수위, 배수구·배수펌프의 용량 등을 고려
 | 외수위가 높은 경우 - 지구 내 유출량의 수문곡선, 담수량~담수위 곡선, 외수위 수문곡선 등을
 | 사용해 계산 후 소요계획배수량과 배수펌프 용량을 결정
 ▤ 논지대 경지정리에 따른 지거배수로 : 논 - 24시간(1일) 확률강우강도 × 유출량 → 유출률 = 0.6~0.8
 | 밭 - 4시간 확률강우강도 × 유출량
 | 건답화를 위한 배수로 부지의 표고가 그다지 낮지 않은 경우에는 더 큰 배수량 적용가능
 ▥ 암거배수 : 10~50mm/d

3. 농지배수개량 방식의 선정

- 기본적 방침
- ① 외수의 침입방지 : 하천제방 높이기, 승수로 - 주변으로부터의 지표 유입수차단, 승수거 - 지하로부터의 침입수
- ② 내수배제의 촉진 : 배수로망의 정비, 배수펌프나 배수구의 개수, 암거배수
- ③ 배수피해의 분산 : 원래의 배수관행을 존중
 가능한 자연배수를 우선 생각하고 배수로의 신설, 개수, 노선위치의 변경 등을 검토
 외수위의 영향을 받아 담수를 해야 하는 경우에는 배수문배수나 기계배수 검토

- 대상지구의 현황별 방침

① 내수위 > 외수위

┌ 배수로의 통수능력 ↓ : 배수계통의 변경, 배수로의 신설·개수, 지구 밖으로부터의 유입수 차단을 위한 승수로의 설치

└ 배수구의 능력 ↓ : 배수계통의 변경, 배수구의 확대 혹은 위치의 변경

 바다로 배수할 때 배수구가 막힌다면 도류제를 설치, 배수구를 암거형식으로 바다 가운데로 돌출시키는 공법 필요

② 외수위 > 내수위 (일시적)

┌ 담수가 허용한도 이내 : ①방법 이용

└ 담수가 허용한도를 초과 : 유수지를 설치하여 일시저류

 허용범위 이상이 되면 기계배수하고 외수의 역류 방지를 위한 배수문을 설치

③ 고위부만 자연배수가 가능한 경우 : 아주 낮은 쪽은 통과하지 않고 배수하천과 연결된 방수로 설치

 저위부에서는 역류방지 배수문을 설치하고 필요에 따라 기계배수

④ 외수위 > 내수위 (장기간) : 기계배수하고 유수지를 설치하여 배수펌프 용량 ↓

IV. 농지 배수량의 산정

- 농지배수량 : 강우에 의하여 유역으로부터 흘러나오는 유출량 or 전답에 침수되는 수량 중 공작물의 안전과 작물의 건전한 생육을 위하여 배제되어야 할 지표 배수량 + 지하수위가 높은 농경지의 토층 중에서 지하를 통하여 배제되어야 할 지하배수량

1. 광역 배수량

- 홍수량은 그 유량이 매우 커서 대상지구의 기간배수시설(배수로, 배수문, 배수펌프 등) 규모를 결정하는 데 사용됨

- 농지유역의 유출량의 영향 ┌ 강우특성 : 총강우량, 강우강도, 지속기간, 강우의 시간적 및 공간적 분포

 | 홍수량의 크기, 홍수량상에 영향을 줌

 | 농지는 산지보다 저류효과 ↑ → 강우강도보다는 총강우량이 홍수량에 영향이 큼

└ 지역특성 : 수해지구의 넓이, 지형, 지질, 토양, 지표면의 피복상황, 논의 비율, 배수로의 방향

 홍수량의 크기, 침투, 홍수량의 발생시각에 영향을 줌

 호소, 습지 등의 비율 ↑ or 화산, 산록과 같이 퇴적물 ↑ → 유출 ↓

 유역의 경사 ↑ & 투수성 ↓ → 홍수량 ↑

 논의 경우 저류효과 ↑ & 홍수조절기능 → 홍수량 ↓

- ┌ 실측값이 있는 경우 : 실측값을 이용하여 유도한 단위도 or 유량 배분률 등이 있으면 농지배수량 결정가능

 | 여러 지역의 단위계획 배수량을 알고 있으면 대상지구의 배수량을 개략적으로 계산가능

└ 배수량 실측자료가 없을 경우 : 농지에서의 각종 수문학적 유출모형을 사용하여 계획기준강우량에 대한 유출량 산정가능

 유출유출량의 산정이나 관측은 유역의 지형을 분석해 기준이 되는 지점을 정하고, 이 지점을 기준으로 실시

 ↳ 유역경계가 명확

 홍수시에 범람으로 인해 저류가 생기지 않는 지점

┌ 배후의 산림 : 단위도법, 우수류모형을 이용해 유출량에 대한 수문곡선을 추정

 | 승수로를 통해 직접 지구 밖으로 배수하는 경우 - 합리식을 사용하여 승수로의 용량을 결정

└ 경사진 농지 : 배수로에서 배수현상이 생기지 않을 정도로 경사 - 합리식을 적용하여 침투홍수량을 추정

 | 유출량이 하류유역에 영향을 미치는 경우 - 우수류모형을 이용한 수문곡선 필요

└ 낮고 평탄한 농지 & 배수현상 : 논에서 배수로에 배수현상이 생겨 부정류 해석이 필요한 유역

 | 배수 펌프장을 설치하는 경우에는 정밀도가 높은 수문곡선이 필요

└ 낮고 평탄한 농지 & 담수현상 : 주로 기계배수

 유입량이 주어지면 부정류 모형에 의한 담수해석에 의해 기계배수량을 결정

cf) 유출해석 모형

┌ 선형모형 : 합리식, 단위도법

└ 비선형모형 : 저류함수법, 우수류 모형, 탱크모형

① 합리식(선형모형) : 침투홍수량 = $\frac{\text{홍수도달시간내의 유효강우강도} \times \text{배수유역면적}}{3.6}$

= $\frac{\text{홍수도달시간내의강우강도}(r) \times \text{침투홍수량에대한유출계수}(f_p) \times \text{배수유역면적}(A)}{3.6}$

홍수도달시간 - 유역의 최원점에 내린 빗물이 유역 하류단에 도달하는 시간

 유역특성(유역의 지형, 지표면의 피복, 표층토의 성질, 유로망 구성)과 수문특성(유효강우의 파형, 유량)에 따라 변함

 유역 ↑, 유효강우강도 ↓ → 홍수도달시간 ↑

 홍수도달시간 = 홍수도달시간계수 × 유역면적^{0.22} × 평균유효강우강도^{-0.35} (Kadoya Fukuzima식)

침투홍수량에 대한 유출계수 - 유역의 표층조건(토양, 토지이용)이나 선행강우조건(토양수분)에 따라 변함

 관측지 지형 상태에 따른 최대값을 사용

- ② 단위도법(선형모형) : 기본가정 - 같은 유역에서는 같은 유효유량 → 같은 파형의 유출(시간불변의 원리) ★ 최연우 합격 가즈아!! ★
 수문곡선의 종거 \propto 강우강도 but 유출량의 시간적 배분비율은 불변(선형원리/비례법칙)
 긴 지속기간의 유효강우에 의한 유출 = Σ 단위시간으로 분할한 각 유효강우에 상응하는 유출량(중첩의 원리)
 유의할 점 - 단위도의 결정에는 여러 개의 강우와 유량에 대한 관측자료가 필요
 단시간 강우에 의한 유량자료를 이용할 때에는 강우가 전 유역에 걸쳐 균일하게 내렸는지를 확인
 단위도법에서는 범람의 영향을 고려하지 않기 때문에 유량 관측점의 선정에 유의
 단위도는 유효강우를 기초로 하여 작성
 단위도는 유출 규모에 따라 변화할 가능성이 크므로, 구릉산지 유역에서는 강우강도에 따라, 저평지에서는 총강우량에 따라 단위도를 작성한다.
 단위도의 단위 시간 = 지체시간 \div 2
 cf) 지체시간 : 단위 강우의 중심위치와 단위도의 첨두홍수 시각과의 시간차
 연속강우에 대한 우량 주상도의 첨두값과 첨두 홍수량이 나타나는 시각의 시간차로부터 근사적으로 추정

- ③ 우수류법(비선형모형) : 유역을 지형의 변화, 하도의 분기점 또는 합류점, 토지이용의 차이 등을 고려해서 몇 개의 소유역으로 분할
 → 각각의 소유역을 하도와 그에 상응하는 사면으로 모형화하고 사면 및 하도의 우수류를 추적
 사면류 = 지표를 흐르는 표면류 + 표층 내를 흐르는 중간류 \Rightarrow 둘 다 고려
 유로의 유입량 수문곡선을 적당한 시간간격으로 주상도화해 사면류의 기초식을 이용해 하도류의 기초식으로 바꿀 수 있음 \Rightarrow 하천 합류점이나 다음 블록 유입점에서의 유량을 구할 수 있음

- ④ **담수해석** : 배수방식이나 배수규모를 결정하기 위하여 내외수위와 담수의 관계를 추적하는 것
 배수펌프용량 = 배수펌프의 용량을 여러 가지로 가정하여 이에 상응하는 배수량을 구한 후, 가정된 배수량 하나하나에 대하여 계산 후 허용조건(담수위, 담수시간, 담수면적 등)을 충족시켜 주는 가상 배수량들 중 가장 작은 것
 홍수시 유출수를 배수하천으로 배제하는 경우, 자연배수시의 배수구규모나 기계배수시의 배수펌프 용량을 첨두 홍수량에 맞추면 과한 시설 \Rightarrow 담수를 허용함으로써 계획 기준이 되는 첨두 홍수량의 크기 \downarrow \rightarrow 작은 시설규모로도 배수가능
 배수구 크기·구조 \rightarrow 배수량, 배수구의 수리특성(수문의 유량계수와 개폐도) \rightarrow 최고 내수위에 영향
 자연배수에서 담수해석은 그래프를 사용 : 시간당담수심 = $\frac{\text{배수구 or 배수펌프장지점의유입량} - \text{배수량}}{\text{담수면적}}$
 ▢ **유입량 수문곡선** : 내부 유역의 계획기준 강우량에 대한 수문학적 유출해석을 하여 얻음
 ▮ **지역 내의 담수면적과 담수위와의 관계** : 배수지역의 지형도에 의해 작성
 ▮ **외수위 수문곡선** : 배수구가 있는 배수본천이 수문조사에서 얻음
 ▮ **배수구에서 (내수위 - 외수위)와 배수량과의 관계** : 배수구의 수리특성에서 얻음

2. 포장배수량

- 포장배수 : 평상시 강우로 인한 지표과잉수나 높은 지하수위로 인한 땅 속의 과잉수를 배제하여 포장내의 토양수분 조절을 목적으로 실시하는 배수
- 포장배수량 : 평상시 강우로 인한 지표지구 내의 지하수 유출, 농경지의 지표 및 지하배수, 택지의 하수 등을 고려하여 추정
 ▢ 관개기의 배수량 - 배수펌프의 설치대수를 계획
 ▮ 비관개기의 배수량 - 지하배수에 적합한 배수로의 바닥 높이를 결정하는데 사용

① 평상시 배수량

- 각 기간중의 배수량에 대한 도수분포를 조사하여, 이들 기간 안에 확률적으로 가장 기대가 되는 유량 \rightarrow 통계량으로서는 최빈값을 택하여 계산
- 배수하천의 외수위가 수리적 경계조건이 되기 때문에 그 조건에 따라 자연배수 or 기계배수의 방법을 선택하여 처리
- 암거 배수량 : 배수의 대상으로서는 평상시 배수와는 다르지만, 배수의 성격상으로는 평상시 배수에 포함시키는 것이 좋음
 평상시 배수량의 상한값 = 암거 배수량의 상한값

② 계획암거배수량

- 지표잔류수가 있는 경우에는 이를 허용시간 안에 배제하고, 지표잔류수가 없는 경우 또는 지표잔류수를 배제한 후에는 토양 중력수를 허용시간 안에 계획지하수위까지 저하시키도록 하는 양
 ▢ **지표 잔류수 배제시** : 단위계획암거배수량 = $0.1157 \times \frac{\text{지표잔류수심}(D)}{\text{배제일수}(N)}$, 보통 20mm/d이고 최대값은 50mm/d
 | 받음 지표수가 포장 안에 정체하지 않도록 신속하게 배제
 | 논의 지표 잔류수 배제허용일수 - 관개기(1~3일이내), 비관개기(1일)
 ▮ **토양 중력수 배제시** : 단위계획암거배수량 = $0.1157 \times \frac{\text{유효토층두께} \times \text{유효공극률}}{\text{배제일수}}$

V. 농지배수 시설

- 배수로, 승수로, 배수문, 배수펌프장, 매립, 하구처리시설, 암거배수조직, 제방, 방수공, 우수지, 침사지
 ▢ 자연배수시설 : 배수로, 승수로, 배수문
 ▮ 기계배수시설 : 배수문, 배수펌프장, 우수지, 침사지

1. 농지배수시설의 배치

- 가능하면 자연배수방식으로 처리하고 불가능하면 고위부는 자연배수 저위부를 기계배수
- 저위부도 배수계통을 적당히 분할하여 경제적인 배수시설을 배치하도록 함

2. 배수로

- 배수용 수로
 - ┌ 배수로 : 지구 내의 배수를 모아서 배수구를 통하여 배수지구 밖으로 유도하기 위해 배치하는 수로
 - | 개수로가 일반적
 - └ 승수로 : 지구 밖의 배후지로부터 유출수나 용출수가 배수지구 안으로 유입하는 것을 방지하기 위하여 그 경계에 설치하는 수로
 - | 하천제방이나 해안제방의 안쪽에 설치하여 하천수나 해수의 침투수를 받아서 처리하기 위한 배수로
 - └ 방수로 : 승수로로 유입된 유량이 계획유량을 초과하는 경우 이 초과유량을 배수지구 밖으로 배수구로 연결시키는 수로
 - ex) 배수로와 하천을 연결하여 홍수를 안전하게 배제하는 침수로

① 배수로의 종류와 배치

- 배수로의 종류
 - ┌ 지거배수로 : 포장에 인접하여 설치하며 포장의 낙수, 암거로부터의 배출수를 받아들이는 수로
 - └ 지선배수로 : 지거배수로로부터의 배출수를 받아 간선배수로로 유도하는 수로
 - └ 간선배수로 : 지구 전체의 배출수를 모아서 배수지구 밖으로 배제하기 위한 수로
- 간선배수로의 설치 : 자연배수가 가능한 지구 또는 지하수 배제가 필요한 지구에서는 가능한 낮은 지대에 설치
 - 일부를 기계배수해야 하는 지구에서는 고위부 배수로 - 자연배수, 저위부 배수로 - 기계배수
 - 전체가 기계배수를 해야 하는 지구에서는 배수펌프의 용량을 절감하기 위하여 고위부, 중위부, 저위부 등으로 나누어 배수로를 상하 2단식 혹은 상, 중, 하 3단식으로 설치
 - 될 수 있는 대로 용지매수비, 토공비, 유지관리비가 저렴하고, 또 인가나 교통에 위험을 초래하지 않을 곳을 선정
- 지거배수로 및 지선배수로 : 평탄한 논 지대에서는 용수 지가와 교대로 평행하게 배치하고, 지선배수로는 지거배수로에 직각으로 설치
 - 경사지에서 지거배수로는 경사방향으로 하고, 지선배수로는 등고선방향으로 함
 - 용수와 배수로를 겸용할 경우에는 논을 밭으로 전환하여 이용하거나 용배수 관행 등을 충분히 고려
- 밭에서의 배수로 조직 : 승수로는 등고선에 대하여 대략 평행으로 설치
 - 승수로의 물을 모아서 배수하는 집수로(지선배수로)는 등고선에 대하여 대략 직각방향으로 간선배수로에 연결
 - ┌ 계곡부 지선배수로 방식 : 계곡에 지선배수로를 설치하고 승수로는 산등성이로부터 계곡 쪽으로 향해서 배치
 - └ 산등성이부 지선배수로 방식 : 계곡에 지선배수로를 설치하고 승수로를 산등성으로 향하여 배치
- 배수구의 위치 : 가장 경제적으로 지구 내 배수를 할 수 있는 곳
 - 가능한 한 자연배수가 될 수 있는 곳
 - 배수문이나 배수펌프장을 설치하는 경우에는 기초가 양호한 곳
 - 유사나 비사 등으로 배수구가 폐쇄되지 않을 곳
 - 홍수·고조 등에 대하여 안전한 곳
 - 부근에 허용담수를 실시할 유수지의 설치 가능성이 있는 곳

② 배수로의 수리

- 수혜구역의 지형, 배수로 노선의 배치 및 배수구의 위치로부터 허용 최대유속 및 최소유속을 고려하여 가장 유리한 것으로 결정
- 중단기울기 : 최대허용유속 이내에서 급경사일수록 유리
 - 경사가 너무 급하여 최대허용유속을 초과할 경우는 낙차공, 급류공을 삽입하여 기울기 ↓ or 라이닝으로 최대허용유속 ↑
 - 기울기가 너무 완만할 경우에는 유출토사의 퇴적이나, 수초의 번무로 통수능력을 크게 저해하는 일이 있으므로, 통수장애물을 쓸어 내려갈 정도의 유속을 갖도록 설계
- 간선배수로 - $\frac{1}{3000} \sim \frac{1}{5000}$, 지선배수로 - $\frac{1}{1000} \sim \frac{1}{3000}$, 지거배수로 - $\frac{1}{300} \sim \frac{1}{1000}$
- 허용 최대유속 : 수로표면에 침식이나 세굴이 일어나지 않을 범위 안에서 최대 허용되는 유속
 - 가급적 좁은 통수단면으로 계획 배수량을 배제할 수 있어야 하므로 유속이 빠를수록 좋음
 - but 유속이 너무 빠르면 수로의 표면에 침식이나 세굴과 같은 손상이 일어날 수 있기 때문에 유속제한
- 허용 최소유속 : 배수로에 토사가 침전되거나 잡초가 무성하면 통수능력이 저하되므로 이를 제거시킬 유속이 필요
 - 이토를유하시키는최소유속 ∝ 수로의수심^{계수}

- 배수로의 단면현상 : Manning의 평균유속공식(유량 = 유수 단면적 × 평균유속 = 유수단면적 × $\frac{\text{동수반지름}^{\frac{2}{3}} \times \text{동수기울기}^{\frac{1}{2}}}{\text{조도계수}}$)을 사용하여 계산한
 - 설계유량을 통수시킬 수 있도록 결정
 - 배수의 바닥높이는 경지의 지반높이보다 낮을수록 배수기능 ↑, 토공비 ↑
 - 계획수로의 깊이는 계산에 의하여 구한 필요 최소 절토깊이와 현지포장암거의 매설깊이 등에 의하여 구해진 현황 최소 절토깊이를 비교하여 원칙적으로 큰 쪽을 채용
 - 현황 최소 절토 깊이 = 포장암거매설깊이(=1m) + 평상시 수심(=평상시 배수량)
 - 홍수시 계획유량을 배제할 수 있는 충분한 능력을 가질 수 있도록 고려한 다음, 사면 및 구조적 안정, 경제적 효율성과 함께 친환경적인 단면계획을 해야함 → 축조재료, 지능, 기능 등에 따라 다양
 - 배수로 주변의 토양배수불량에 대비한 복합단면(저위부 개거)과 생태계 파괴 최소화를 위한 자연형 하천공법의 도입을 검토
 - 수리상 안전확보를 위해 여유고 더해 통수단면 결정
 - cf) 흙수로 및 콘크리트 라이닝 수로에서 최소여유고 = 0.15m
 - 흙수로 및 콘크리트 라이닝 수로의 여유고 = 0.05 × 계획최대유량에 대한 수로의 수심 + 속도수두 + (0.05~0.15)
 - 옹벽형 수로의 여유고 = 0.07 × 계획최대유량에 대한 수로의 수심 + 속도수두 + (0.05~0.15)

- 배수로의 수로구조물
 - ┌ 호안공 : 흐르는 물의 작용으로부터 배수로의 비탈을 보호하기 위해 배수로의 안쪽비탈 또는 안쪽소단에 설치
 - | 호안 높이는 배수로 설치 지점의 토질, 배수로 내의 최대유속, 담수에 의한 수위변동 또는 수위 급강하에 의한 영향, 융설, 동결 때의 영향 등을 검토한 다음, 필요한 범위까지로 함
 - └ 낙차공 : 배수로의 안전한 기능유지를 위하여 수로의 기울기를 적정하게 배분하면서 생기게 되는 잉여낙차를 조정
 - | 수로 중에서 큰 에너지가 집중하는 곳
 - | **단단식 낙차공 - 지형조건에 따라 급류공이 유리한 경우도 있으므로 검토필요**
 - | 위치는 직선부로 흐름이 안정된 지점을 선정하며 직상류나 직하류에 굴곡이 있는 지점을 피함
 - | **잠류상태로 되면 감세효과를 크게 상실케 되므로 가급적 잠류하지 않도록 하류수위를 취함**
 - | 부득이 잠류상태로 될 경우는 하류 쪽 보호구간의 길이↑
 - | **낙차공의 규모는 상류 쪽 개수로의 수면 폭을 축소하지 않도록 해야함**
 - | **어도의 설치**
 - └ 유말공 : 지구 내 배수지거로부터 배수하는 시설
 - └ 합류공 : 승수로의 흐르는 물을 배수로로 안전하게 합류시키기 위한 시설

- 배수로 호안공법의 장단점

| | 장점 | 단점 |
|----------|--|--|
| 토공 | 공사비 저렴, 환경적으로 유리 | 잡초, 갈대 번성으로 통수단면 확보 곤란, 유지관리비용 ↑ |
| 돌망태 | 공사비 저렴, 굴요성이 좋아 지형의 변화에 적응잘함 | 조도계수 ↑, 종이·비닐 등이 걸려 미관을 해침, 인근에서 석재 구하기 곤란한 지역에서는 시공 어려움 |
| 섬유대 | 수중시공 용이, 배면과 부착력이 좋음, 시공속도 ↑ 물푸기나 가물막이 필요 | 연약지반상에서 시공부실로 인한 조악한 시공이 될 수 있음 구조물 연결부위 시공이 어려움 |
| 콘크리트 라이닝 | 잡초나 갈대 등의 식생 억제효과 좋음, 유지관리 용이 | 배수공을 설치하더라도 토양수분배제 곤란 결빙기 빙압에 파손되기 쉬움 |
| 블록 | 유지관리 용이, 미관이 좋음 | 수중시공이 곤란, 배면토압이나 수압에 의해 부풀림 현상이 생김 |
| 콘크리트 개거 | 유지관리 용이, 통수단면 확보용이, 내구연한 ↑, 식생억제효과 좋음 | 지하배수 곤란, 공사비 ↑, 생태계 보호 미약 |

- 호안공법의 종류

- ┌ 라이닝형 : 콘크리트 라이닝, 아스팔트 라이닝, 섬유대 호안공
- └ **옹벽형 : 콘크리트 블록쌓기, 돌쌓기, 돌붙임, 콘크리트 옹벽, Gabion 옹벽공법**
- └ 시판형 : 콘크리트 시판, 강 시판
- └ 자연형 하천공법 : 그 외

3. 배수문

- 배수문 : 홍수시 외수위가 내수위보다 높아져 위수가 지구 안으로 역류할 때는 문을 닫아 외수의 침입을 막고, 반대로 내수위가 높아지면 문을 열어 내수를 배출
 - ┌ 수문 : 제방의 일부를 완전히 절단하여 설치
 - └ 통관, 통문 : 제방에 매설된 관에 붙여 설치

① 위치선정

- 될 수 있는 대로 넓은 면적의 배수가 가능하도록 함
- 수해지역의 최저부에 위치하여 배수능력이 클 것
- 공사가 용이하며 기초지반은 지지력이 양호하고 불투수성
- 풍파나 조류 등의 충격을 받지 않는 곳일 것
- 유사퇴적으로 모래톱이나 얇은 여울이 부근에 생기지 않은 곳
- 배수지구가 아주 넓은 경우는 수문을 2개소 이상으로 나누어 설치

② 배수문 턱의 표고 및 단면결정

- 배수문 턱의 표고는 배수로의 필요 표고와 외수위간의 관계로부터 결정
- 표고는 낮을수록 효과적이지만 너무 낮으면 건설비↑, 배수문을 통한 유출수의 유세↓, 하류부에 토사를 집적↑, 수문의 개폐를 방해
- 단면은 계획배수량에 따라 결정
- 수문을 폐쇄하고 있는 동안 지구 안에 담수 되는 수위가 허용담수위 이하가 되거나 허용담수시간 이내로 머무는지 여부를 검토
- 단면을 가정하여 외수위곡선과 지구 안으로의 유입량을 사용해서 적당한 시간간격(0.5~1시간)으로 구획을 하여 유출량을 계산하고 내수위곡선을 구하여 담수위와 담수시간을 검토
- 계획 외수위, 평상시 외수위, 기계배수계획의 유무 등에 따른 단면결정의 기본적인 값
 - ┌ 계획외수위일 때 계획 최대홍수량을 배출시킬 수 있는 단면 → 기계배수 계획× & 지구내 담수× & 유수지×
 - └ 평상시 외수위일 때 계획 최대홍수량을 배출시킬 수 있는 단면 → 지구내 담수 & 유수지, 기계배수 계획
 - └ 지구내 담수 또는 저수지나 유수지를 고려하고 허용담수심(30cm) 이하 및 허용 담수시간(24시간) 이내에 배출시킬 수 있는 단면
- 배수문 유량 : 배수문의 유출은 내외수위의 시간적 변화에 따르는 비정류이지만 문비의 개방시간을 적당한 시간간격(0.5~1시간)으로 구분하여 그 시간동안에는 내외수위 모두를 일정하다고 보고, 각 시간간격 처음과 끝의 각 수위 평균값을 채용 문비를 통하여 유출하는 비정상류를 각 시간간격 동안은 정상류로 생각
- 배수문을 증설하거나 신설할 경우에는 어류생태계를 보전하기 위하여 어류의 이동통로인 어도를 설치

4. 암거배수

- 암거배수 : 토양이 너무 습윤해서 생산성이 낮은 농지의 땅속에 암거를 매설하여 유해한 과잉수를 배제하는 것
- 암거배수를 실시하면 농지의 토양수분환경 개선, pF ↑, 균열의 발생 → 토양조건 개선, 지내력 ↑, 영농조건개선

① 계획시 고려사항

- 포장의 배수불량을 일으키는 원인을 밝혀서 해소
- 지구배수와와의 관계 : 암거배수의 기능이 손상되지 않도록 지구내 배수로의 통수능, 배수위의 제어기능, 배수관리조직 검토
 배수구의 높이 = 배수로의 계획수위 + 5~20cm
- 포장의 영농형태와 환경조건 : 논 - 충분한 배수기능과 필요시 지하수위를 수압에 의해 제어
 밭, 과수원 - 과수의 근근역을 고려하여 암거를 매설해야 하지만 지하수위를 조절하는 수압필요×
 토성의 고려가 가장 중요요소 cf) 그 외 경사, 외수, 기상
- 보조암거의 필요성 검토 : 포장의 투수계수가 $1 \times 10^{-5} \text{cm/s}$ 인 난투수성토양의 경우에는 본암거만으로는 배수효과가 불충분함으로 보조암거를 이용하여 효과 ↑
- 계획 지하수위의 검토 : 논밭윤환의 범용농지에서는 계획암거배수량 - 50mm/d, 강우 후 2~3일의 계획지하수위 - 40~50cm
 평상시 지하수위(강우 후 7일) - 50~60cm로 낮추는 게 목표
 흡수구의 깊이 - 얇은 부분에서 60cm이상, 깊은 곳에서 100cm 정도가 필요

② 암거배수의 조직

- 논
 - ┌ **흡수거** : 배수구역의 지표잔류수나 토양 중의 중력수를 직접 흡수하여 흘러보내는 흡수관과 토층으로부터의 과잉수를 쉽게 또 연속적으로 흡수구에 유입시키기 위한 소수재 또는 피복재로 이루어짐
 - └ 관암거 : 토관, 도관, 콘크리트관, 플라스틱관 등의 원형단면관
 - ┌ 통수량의 산정이 비교적 용이하고 지속성 ↑, 설계시공 및 관리가 쉬우며 자재를 구하기 쉬움
 - └ 간이암거 : 쇠, 나무, 대, 석력 등을 사용하여 지중에 통기공을 만드는 공법
 - ┌ 통수량의 산정이 어려움, 내용연수 ↓, 요즘에는 사용×
 - └ 무자재 암거(탄환암거) : 점토질 토양, 간척지나 이탄지에서 단독 또는 보조암거로 사용하는 공법
 - ┌ 자재사용×, 지중에 탄환모양의 물체를 트랙터로 견인해서 통기공을 만들고 이것이 흡수거의 역할을 함
 - └ 관암거와 조합시공하면 효과 ↑
 - └ 집수거 : 흡수거에 의해 모아진 물을 배수구까지 도수하는 암거로서 흡수거의 연직하방에 설치, 주로 관암거를 사용
 - └ 수압 : 관 내부의 흐름을 제어하며 조절 cf) 밭이나 과수원에서는 사용×
 - ┌ 흡수거 또는 집수거의 도중에 설치하며 관개에는 닫고 비관개기에는 연다
 - └ 맨홀 : 침사 및 암거의 점검을 위한 구조물, 합류점이나 경사가 급변하는 곳에 설치
 - └ 배수구 : 집수거 또는 흡수거로부터 배수된 물을 간지선 배수로 또는 하천으로 배출시키는 시설로서 항상 배수로 수면위에 위치
 - └ 승수거 : 지구 밖에서 침입하는 유입수를 차단하기 위해 필요한 경우 설치하는 시설
 - ┌ 직접 배수하천에 연결 but 경우에 따라 집수거에 연결
 - 이탄지 : 부등침하에 의한 고장을 처리해야 하는 경우가 많기 때문에 될 수 있는 한 침하의 속도를 느리게 하거나 균일한 침하가 되도록 함
 → 간이 보조암거에 의해 배수를 해서 포장의 안정을 유지하고, 그 후에 본 암거를 일반적인 경우보다 약간 깊게 매설
 분해가 불량한 이탄지에서는 부등침하를 막기 위해 흡수거의 관접합부에 불량한 연결부분이 발생하지 않도록 유의
 본 암거의 경우, 이탄층의 상태에 따라 흡수거의 매설깊이 - 0.8~1.2m, 간격 - 10~20m
 지하수위 ↓ 위해 본 암거와 직각으로 보조암거를 시공
 - 간척지 : 지표배수를 위한 소배수구, 보조암거, 본 암거
 - ┌ 소배수구 : 신속한 지표배수를 목적, 도랑을 갱고랑을 향하도록 적절하게 많이 배치
 - └ 보조암거 : 토층의 건조화가 진행된 후 하부토층의 배수를 촉진시키기 위한 것
 - └ 본암거(흡수거) : 토층건조에 따른 토양구조의 발달이 지표면 아래 50~60cm까지 파급되었을 때 흡수관과 소수재를 보조암거에 연결되도록 배치

③ 암거배수조직의 배치방식

- ┌ 직접 배수방식 : 흡수거를 배수지거에 직접 연결하는 방식
 - ┌ 조직이 간단하기 때문에 시공이 쉽고 고장이 적음
 - ┌ 배수지거에 물막이를 설치하여 수위를 조절함으로써 암거배수를 조절가능
 - ┌ 배수지거의 유지관리가 완전하지 않으면 효과×
- └ 집수거 배수방식 : 배수지거는 지표배수 전용으로 하고 흡수거에서 나오는 물은 집수거를 통하여 지선배수로에 배출시키는 방식
 - ┌ 배수지거는 지표배수만을 대상으로 한 얇은 수로로서도 좋으므로 궤폐지 ↓
 - ┌ 집수거의 하단을 지선배수로에 연결시킬 수 있으므로 유지관리가 쉬운 대신 동일 암거조직 내에서 자유로운 배수관리는 제한
- └ 직접 + 집수거 배수방식 : 각 포장마다 흡수거를 모아 집수거에 의하여 배수지거에 배출시키는 방식
 토지이용을 자유롭게 전제한 평탄한 논 or 논과 밭의 윤환답 or 단차가 큰 경사지의 논

④ 암거배수조직의 설계

- **흡수거의 매설깊이** : 흡수거의 매설깊이 = 계획지하수위 + 여유고
 cf) 여유고 : 배수로의 깊이, 포장 지하수위의 강하속도, 배수개랑에 따른 지반의 수축침하, 영농기계의 주행하중, 동결심도 등을 고려
 난투수성토양·연약한 지반 - 0.2, **사질토양·사력** - 0.4, 이외의 토양 - 0.3

흡수거의 상하류단은 관내 유속을 고려해 매설깊이 ± 0.1m

흡수거 상류단에서는 0.6~1m, 하류단에서는 0.8~1.2로 매설

주흡수거의 상단부 매설깊이 > 0.6m

- 흡수거의 간격 : 흡수거 사이의 중앙부에서 강우 후 1~2일 이내에 계획지하수위~지하수위를 강하시키는 데 필요한 흡수거 사이의 거리
 - ┌ 정상상태·비담수상태 : 일정한 강도와 평형을 이루고 있는 지하수면을 유지
 - └ 정상상태·담수상태 : Kirkcham의 식
 - └ 비정상상태 : 암거의 매설간격은 계획암거배수량 및 계획 지하수위 저하속도가 모두 계획 기준값을 만족하는지 검토해서 대략 10~33m 범위로 정하는 것이 일반적

⑤ 암거의 기울기, 유속 및 지름

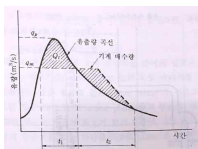
- 기울기 : $\frac{1}{100} \sim \frac{1}{1000}$
- 암거의 관내 유속 : 관 주변의 토사를 빨아들이거나 토사의 퇴적이 생기지 않는 유속
 - 0.2~0.5m/s로 0.3m/s가 일반적
 - 집수거는 흡수거로부터 집수된 물을 신속하게 배출하는 유도관으로서의 역할이 주 기능 → 흡수거보다 1.5배 정도 유속 ↑
 - 통수면적은 최대유량에서 수심이 관경의 70~80%가 되도록 관 지름을 정하고, 흡수거의 관 지름을 최소가 되도록 결정하고 적어도 50mm 이상이 되도록 함
 - 흡수거 내의 유속계산시 기울기 = 흡수거의 설치기울기
 - 암거 1개선당의 암거배수량 = 단위계획암거 배수량 × 암거 1개선당의 배수면적

5. 기계배수

- 유출수가 지구 내에 저류되어 어느정도의 담수가 되는 것을 허용 → 계획 배수량 < 침투유출량
- 홍수시 배수량과 평상시 배수량으로 구분하여 각각 따로 처리
- 단위배수량 = $0.6 \sim 1 m^3/s/km^2$ 로 자연배수때보다 작다

① 기계배수의 계획

- 배수량 :



하천계획 및 저수지의 물넘이 설계에서는 유역 유출량곡선의 침투유량 q_p 를 채용하면 시설이 과대해 비경제적
 침투유량보다 작은 값 q_m 보다 작은 값을 채용하여 기계배수의 용량으로 함
 기계배수의 용량을 초과하는 기간 t1동안의 유량 Q_1 는 지구 내에 담수시키고 유출량이 기계배수 용량보다 적은
 t2시간에 배제시키는 것으로 함

- 양정 : 실양정 - 흡입수위와 배출수위의 차이
 - 전양정 - 실양정에 관로계통에서 발생하는 각종 손실양정을 더한 것
 - 계획 실양정에 있어서 흡수부 ~ 배출부까지의 배관이 결정되면 배수펌프 용량에 대한 각종 손실수두가 산출되어 전양정을 구할 수 있음
 - 전양정 = 실양정 + \sum 손실수두 = 흡입실양정 + 배출실양정

② 배수펌프

- 종류
 - ┌ 원심펌프 : 우근차의 회전에 의해 물에 원심력을 주어서 압력과 속도에너지로 변화시켜 양수하는 펌프
 - └ 벨트류 펌프 : 케이싱에 의해 압력수두 변환
 - └ 터빈 펌프 : 안내우근에 의해 압력수두 변환
 - └ 사류펌프(4~10m) : 원심펌프와 축류펌프의 중간적인 것으로 우근차에 의한 회전력과 추진력으로 양수
 - └ 물은 축방향으로 비스듬하게 유입해서 우근차로부터 비스듬한 방향으로 배출
 - └ 축류펌프(1~4m) : 회전하는 우근차의 추진력에 의해 양수하는 펌프
 - └ 물은 우근차 안으로 축방향으로부터 유입해서 축방향으로 유출
 - 저양정·대용량의 경우 사용
- - ┌ 횡축 : 펌프축이 수면에 대하여 평행, 주요부가 수면상에 존재
 - └ 조립, 보수·점검이 쉽고 부식, 가격이 입축보다 저렴, 넓은 설치면적이 필요, 흡입양정이 높아 공동현상, 호수장치필요
 - └ 입축 : 펌프 축 방향이 수면에 대하여 수직, 주요부가 수중에 존재
 - └ 부식, 조립과 보수·점검 불편, 낮은 수면의 양수, 공동현상, 호수장치, 설치면적이 좁아도 되고 홍수에 의한 침수의 위험성 ↓

cf) 공동현상 : 급회전에 의한 펌프 내의 국부적 진공상태 유발현상

- 배수펌프의 선정 : 배수량 ↑ & 양정 ↓ → 축류펌프(저양정(4m이하)에서 대배수량 보낼 때) 또는 사류펌프(4~10m 양정)가 적합
 - 배수펌프의 설치 대수는 여러 대로 하는 것이 좋음
 - 설치대수를 결정한 후 한 대당의 배수량을 결정하고 배수펌프의 구경을 결정
- 배수펌프 바닥면의 결정 : 펌프위치는 캐비테이션을 방지하기 위하여 낮을수록 좋음 but 배수펌프장이 홍수에 침수되거나 배수불능에 빠지면 안됨
 - 최대의 강우가 발생하여 흡입수위가 상승하더라도 침수되지 않도록 최고 내수위에 여유고를 감안하여 기계실 바닥표고를 결정
 - 배수장 기계실의 표고는 최대강우량에 의한 내수위와 50년 빈도 강우량에 의한 내수위를 비교하여 높은 수위에 여유고 30cm를 더한 높이
 - 전기시설은 어떠한 경우라도 침수가 되지 않도록 계획 제방고 이상으로 하되 국가하천급 이상은 100년 빈도 홍수위 이상으로 바닥표고를 결정

- 원동기와 소요동력 :
 - ┌ 전동기 : 전원을 간단히 얻을 수 있고 상시배수를 해야 하는 곳
 - └ 디젤엔진 : 전원을 얻기 힘든 곳이나 연간 배수펌프의 운전시간이 아주 제한되어 있는 곳
- cf) 배수가 불량하고 호우시에 곧바로 침수피해를 입으며, 매우 긴 시간 동안 높은 외수위가 계속되는 곳
→ 전동기와 디젤엔진을 병용

수동력 \propto 물의 단위중량 \times 계획배수량 \times 전양정

$$\text{축동력} = \frac{\text{수동력}}{\text{펌프효율}}, \quad \text{소요동력} = \frac{\text{축동력}(1+\text{여유율})}{\text{전달효율}} = \frac{\text{수동력}(1+\text{여유율})}{\text{펌프효율} \times \text{전달효율}} = \frac{0.222 \times \text{배수량} \times \text{전양정} \times (1+\text{여유율}(\alpha))}{\text{배수펌프효율}(\eta_p) \times \text{전달효율}(\eta_t)}$$

- 배수 펌프장 : 위치 - 간선배수로와 배수하천이 만나는 합류점 부근의 최저위부
 재해의 유무, 진동에 의한 영향 등을 고려하여 하천, 호소 등의 제방에 너무 근접하여 설치×
 배수 펌프장 및 그 부대시설의 크기에 알맞은 공간을 충분히 확보할 수 있을 것
 기초지반 상태는 설계하중에 충분히 견딜 수 있게 견고한 곳
 평상시 배수를 전동기에 의지하는 일이 많은 지구나 지하수 배제도 동시에 해야 하는 배수지구에서 필요성이 큼

구조 - 기장 + 흡입수조 + 배출수조

대부분의 기장은 흡입수조 내의 홍수위보다 약간 높은 위치에 설치

흡입수조의 폭은 펌프구경의 3배 이상으로 해야하고, 펌프를 2대 이상 나란히 설치할 때는 흡수관 중심에서 펌프구경의 3배 이상 길이의 도류벽을 설치해야 함

제진기 - 배수로 내를 유하하는 각종 찌꺼기가 펌프 안으로 유입하는 것을 방지하기 위해 흡입수조 입구에 바-스크린과 스크린에 걸린 찌꺼기를 기계적으로 제거하는 자동제진기를 설치해야함

┌ 배제량 $5m^3/s$ 미만인 지구 - 고정식 바-스크린만 설치

└ 배제량 $5\sim 10m^3/s$ 인 지구 - 지역 상류에 공장지대가 많거나 쓰레기 하치장 등이 있어 특별히 부유물이 많은 지구나 비닐하우스가 있는 지역 또는 농경지 면적이 유역면적의 70% 이상

└ 자동제진기를 설치

└ 배제량 $10m^3/s$ 이상인 지구 - 자동제진기를 설치

침사지 - 유수 속에 토사가 많이 함유된 곳에 펌프보호를 위하여 설치

배수구에 가까운 제내지에 설치하며 정사각형이나 직사각형으로 함

침사지의 구조는 철근콘크리트조, 유입부는 편류를 방지하도록 함

유수지를 침사지의 기능을 겸하도록 할 수 있음

침사지 내에서의 평균유속 - $0.15 \sim 0.3m/s$, 체류시간 - 30~60분

인수로 - 침수지역으로부터 배수펌프장까지 홍수량을 유도하는 배수로

계획수위 이하에서도 배수펌프를 가동하여 최대한의 초기배제를 도모

계획유량은 수초와 매몰에 의하여 수로단면이 축소될 것을 감안하여 배수펌프량의 1.5배로 하며 구조는 배수로와 같음

6. 유수지

- 배수문 배수나 기계배수의 경우에 첨두홍수량을 완화시키기 위하여 제방의 내측에 물을 일시적으로 저류할 수 있는 지역

- 내수위 변화를 완화시킬 뿐만 아니라 배수구 부근에 설치한 배수펌프의 운전을 용이하게 함

- 시간당 유수지의 수위 = 강우량 + $\frac{\text{유수지의 변화량}}{\text{유수지의 } H \text{에 대응하는 수표면적}}$

7. 기타 농지 배수시설

┌ 제방 : 지구와 경계를 이루는 하천, 기타 외수의 침입이 예상되는 위치에 축조

└ 자연배수 지구로서 수문을 설치하지 않고 배수하는 경우, 외수의 배수효과가 지구 내에 미칠 때에는 지구 내의 하천이나 간선수로에

└ 제방을 축조하여 농지를 보호

└ 방수공 : 지구 내의 유출량 > 계획배수량 하는 비상시에 배수펌프장이나 제방 등을 보호하고 피해를 경감하기 위하여 계획 고수위선의 제방에

└ 설치하는 방류시설

└ 하구처리시설 : 하천이 배수로로서의 기능을 충분히 발휘하도록 하거나 개량을 위하여 시행

하천의 합류점이나 하구부근에서 유로가 토사의 퇴적으로 인하여 교란되는 것을 방지할 목적으로 그 지점에 설치하는 제방인 도류제나 하구암거 등을 말함

<하천과 수질지표>

1급수(옆새우), 2급수(하루살이 유충), 3급수(거머리), 4급수(물달팽이류), 5급수(장구벌레, 실지렁이)

<집중물관리>

- 그 목적에 알맞은 기능을 발휘할 수 있도록 여러시설을 중앙에서 집중적이고 체계적으로 관리하는 것

- 목적 : 물의 효율적 이용, 합리적 배분, 재해·관리해 경감

<농촌유역 오염물질>

- 점원 오염 : 오염물질이 일정한 배출경로를 통해 비교적 일정하게 배출되는 오염 ex) 공장, 가정하수, 축산농가

- 비점원 오염 : 불특정한 장소에서 불특정한 오염 물질 배출 ex) 도시, 도로, 농경지

빨간색 - 동명사 관개배수공학 연습문제, 파란색 - 한농준 카페 문제, 형광색 - 기술 키워드