

수험대비 통합본

IPACT-B001

# 그린 IT 평가사

(Green IT Valuer)

강정진, 이영대 공저

(사)국제문화기술진흥원

The International Promotion Agency of Culture Technology

[www.ipact.kr](http://www.ipact.kr)

# 차 례

## [과목1] 친환경에너지(Green Energy)

### 제1장 에너지와 인류

- 1.1 에너지 정의와 중요성
- 1.2 인류와 인구문제
- 1.3 인류의 생존을 지배하는 식량과 수자원
- 1.4 에너지 특성
- 1.5 에너지의 과제
- 1.6 에너지 현황 및 전망

### 제2장 에너지 이용과 절감 기술

- 2.1 에너지 소비의 목적과 구성
- 2.2 산업용 기기·설비의 효율향상
- 2.3 민간용 기기·설비의 효율향상
- 2.4 에너지 절약형 공정(process) 개발
- 2.5 폐열 등의 유효이용
- 2.6 열공급 이용 시스템
- 2.7 폐기물 재이용 시스템
- 2.8 태양열에 의한 주택 냉난방 및 급탕

### 제3장 대용량 전기 에너지 발생과 전기 에너지 시스템의 개발

- 3.1 전기 에너지 에너지 시스템의 개괄, 성장률 및 주요 에너지 원
- 3.2 폐기물 에너지
- 3.3 수력 발전
- 3.4 화력발전의 개요
- 3.5 원자력 발전

### 친환경에너지 예상문제

## [과목2] 정보기술공학(Information Technology)

### 제1장 지능기반사회와 정보통신

- 1.1 인류 사회의 변천 과정과 지능 기반 사회

- 1.2 정보 통신 기술
- 1.3 유비쿼터스 기술

## 제2장 정보통신 시스템

- 2.1 정보 통신 시스템
- 2.2 정보 전송 시스템 (데이터 전송계)
- 2.3 정보 처리 시스템 (데이터 처리계)

## 제3장 정보전송 방식 및 기술

- 3.1 정보 전송 시스템과 정보 전송 기술의 개요
- 3.2 정보 전송 시스템과 기본 요소
- 3.3 정보 전송 방식
- 3.4 정보 전송 기술

## 제4장 통신 프로토콜과 표준화

- 4.1 통신 프로토콜과 표준화의 개요
- 4.2. 대표적인 통신 프로토콜
- 4.3 프로토콜의 구조
- 4.4 프로토콜의 기능과 구성요소
- 4.5 표준화와 표준화 기구

## 제5장 정보통신망과 근거리 통신망

- 5.1 정보통신망의 개념과 필요성
- 5.2 정보통신망
- 5.3 근거리 통신망

## 제6장 광역 통신망과 고속 광역통신망

- 6.1 광역 통신망과 고속 광역 통신망의 개요
- 6.2. 광역 통신망 및 고속 광역 통신망의 프로토콜
- 6.3 광역 통신망 및 고속 광역 통신망의 교환 방식
- 6.4 광역 통신망의 서비스
- 6.5 고속 광역 통신망의 서비스

## 제7장 인터넷과 서비스

- 7.1 인터넷의 개요
- 7.2 인터넷 상에서의 프로토콜과 주소 체계
- 7.3 인터넷의 각 계층별 프로토콜의 종류

## 제8장 이동 통신과 다양한 정보통신망 서비스

- 8.1 다양한 정보통신망과 서비스의 개요
- 8.2 무선 통신
- 8.3 이동 통신
- 8.4 마이크로파
- 8.5 라디오파
- 8.6 위성 통신
- 8.7 지능망
- 8.8 xDSL
- 8.9 VAN
- 8.10 정보통신 보안

## 제9장 뉴미디어와 멀티미디어 통신 서비스

- 9.1 뉴미디어와 멀티미디어 통신 서비스의 개요
- 9.2 통신 분야의 뉴미디어 - 텔레텍스
- 9.3 통신 분야의 뉴미디어 - 비디오 텍스
- 9.4 통신 분야의 뉴미디어 - 팩시밀리
- 9.5 통신 분야의 뉴미디어 - 영상 응답 시스템
- 9.6 통신 분야의 뉴미디어 - 화상 회의 시스템
- 9.7 방송 분야의 뉴미디어 - CATV
- 9.8 방송 분야의 뉴미디어 - HDTV
- 9.9 방송 분야의 뉴미디어 - 문자 다중 방송
- 9.10 패키지 분야의 뉴미디어

## 제10장 최근의 정보통신 기술과 서비스

- 10.1 최근의 정보통신 기술과 서비스의 개요
- 10.2 8대 신규 서비스
- 10.3 3대 첨단 인프라
- 10.4 9대 신성장 동력

## 정보기술공학 예상문제

### [과목3] Green IT 윤리(Green IT Ethics)

#### 제1장 인터넷 윤리의 개념과 필요성

- 1.1 인터넷의 특성
- 1.2 인터넷의 순기능과 역기능

### 1.3 인터넷 윤리

## 제2장 인터넷 사회 문제점

- 2.1 유해정보
- 2.2 인터넷 중독(Internet Addiction)
- 2.3 개인정보와 지적재산권
- 2.4 해킹과 컴퓨터 바이러스 피해
- 2.5 인터넷 사기
- 2.6 인터넷 광고, 스팸공해

## 제3장 네티켓

- 3.1 에티켓(etiquette)
- 3.2 사이버 공동체(cyber community)
- 3.4 네티켓(Netiquette)
- 3.5 버지니아 셰어(Virginia Shea)

## 제4장 인터넷 윤리 관련 법률

- 4.1 정보통신관련 현행 법령 체계
- 4.2 정보통신윤리 관련 법규

## 제5장 인터넷 윤리 관련 기관과 제도

- 5.1 인터넷 윤리 관련 기관
- 5.2 인터넷 윤리 관련 제도

Green IT 윤리 예상문제

## 참고문헌

## 참고사항(References)

1. IWBC 자격증 종류
2. IWBC 자격증 안내
3. IWBC 자격증 견본
4. 자격증 응시절차

[과목1]

친환경에너지  
(Green Energy)

# 차 례

## 제1장 에너지와 인류

- 1.1 에너지 정의와 중요성
- 1.2 인류와 인구문제
- 1.3 인류의 생존을 지배하는 식량과 수자원
- 1.4 에너지 특성
- 1.5 에너지의 과제
- 1.6 에너지 현황 및 전망

## 제2장 에너지 이용과 절감 기술

- 2.1 에너지 소비의 목적과 구성
- 2.2 산업용 기기·설비의 효율향상
- 2.3 민간용 기기·설비의 효율향상
- 2.4 에너지 절약형 공정(process) 개발
- 2.5 폐열 등의 유효이용
- 2.6 열공급 이용 시스템
- 2.7 폐기물 재이용 시스템
- 2.8 태양열에 의한 주택 냉난방 및 급탕

## 제3장 대용량 전기 에너지 발생과 전기 에너지 시스템의 개발

- 3.1 전기 에너지 에너지 시스템의 개괄, 성장률 및 주요 에너지 원
- 3.2 폐기물 에너지
- 3.3 수력 발전
- 3.4 화력발전의 개요
- 3.5 원자력 발전

# 제1장 에너지와 인류

## 1.1 에너지 정의와 중요성

-에너지 정의 : 물리학에서 나온 개념으로 일하는 능력

-에너지 종류 : 운동에너지, 위치에너지, 열에너지, 기계에너지, 전기에너지 및 화학에너지 등

-에너지 특성

- 에너지 사이에는 서로 변환이 가능
- 경제학적 측면 : 거의 모든 경제활동의 필수재(必需財)로 규정
- 산업생산활동에서 어떤 시스템에 재료, 노동력, 자본과 함께 투입되어 재화를 얻게 되는 필수재

## 1. 에너지 중요성

-경제활동, 산업생산, 가정, 산업용 및 수송 분야 → 에너지 이용의 중요성이 너무 크기 때문

→ 에너지원의 불균형으로 인하여 세계 및 국내경제에 지대한 영향을 미침

-에너지 문제로 인하여 각국의 정치, 경제, 사회적 및 외교적 문제를 일으킴

-예 : 석유 파동(우리나라

비산유국(우리나라) : 원유 도입단가 변동에 따라 → 수출입 불균형 → 경제에 미치는 영향이 크다

## 2. 에너지 분류

-시스템에 따른 분류

표 1.1 에너지 분류

에너지 분류	에너지 예
1차 에너지	- 석유, 석탄 등의 에너지 자원 - 재생에너지(태양에너지, 풍력, 수력, 지열, 해양에너지)
↓	← 에너지변환장치 : 발전소, 정유공장, 가스공장 등
2차 에너지	전기, 석유제품, 가스 및 알코올 등
↓	← 에너지 사용기기 : motor, heater, 자동차, 가전제품 등
최종 에너지	열, 운동 및 전기에너지
↓	
service	냉난방, 열가공, 수송, 통신

-에너지 자원에 따른 분류

■ 에너지 자원(비순환 에너지)

-장점 : 순간적으로 다량의 에너지와 집중적인 에너지를 사용 가능

-단점 : 한 번밖에 쓸 수 없는 점, 환경문제 및 안전문제(방사성물질) 발생



■ 재생 에너지(순환 에너지)

-장점 : 반영구적이고 청정에너지(clean 에너지)

-단점 : 분산형(分散形 : 태양, 풍력 등), 일정량 밖에 사용하지 못하고 유동적(수력 등)

## 1.2 인류와 인구문제

### 1. 에너지 중요성

-에너지 사용

■ 식량, 생활 및 사회활동

-식량 : 세계평균 1인당 약 2,800[kcal/日]

■ 생산활동 : 세계평균 1인당 56,000[kcal/日] (1995년) 인간의 문명의 진전 그리고 시대와 함께 증가 → 위의 수치는 세계 인류 전체의 평균치이고 각국의 경제력에 따라 다르게 나타남

-인구의 증가

■ 에너지, 식량 기타의 자원 또는 환경문제 등으로부터 지구의 장래를 좌우하게 되는 큰 과제로 대두되게 된다.

■ 토머스 맬서스(Thomas Malthus) : 인구문제를 처음으로 제기함 (1798년)

인구가 기하급수적으로 증가 → 식량은 등차급수로 증가 → 전쟁, 기아, 질병 및 사회적 혼란 초래

■ 포스터(Foerster) 등

도시화, 공업화 및 의학의 발달 → 사망률이 출생률보다 급히 감소 → 인구는 크게 증가

■ 그림 1-1 : 세계, 선진지역 및 개발도상지역의 인구추이

## 1.3 인류의 생존을 지배하는 식량과 수자원

### 1. 식량

-인류의 생존을 위한 가장 중요한 것

-각국 : 식량 자급자족 → 식량무기화

■ 경지(耕地)와 수자원(水資源)은 곡물생산을 위하여 필수적인 바, 국토 및 수자원 확보

■ 경지(耕地) 확보 : 산지의 개간, 간척사업

■ 수자원(水資源) 확보 : 댐 건설, 인공강우 및 빗물유효이용 연구

-생활용수, 공업용수 및 농업용수에 필수

-지구상의 수자원은 아시아(10.5), 남아메리카(10.4), 북아메리카(6.9), 구소련(4.4),

아프리카(4.■, 유럽(2.■ 및 오세아니아(2.0)[10의 12제공m3제공]의 순

-우리나라 물부족 국가로 인식 → 일정규모 이상의 빌딩 공장 등에는 중수도 개념을 도입  
소수력댐의 건설, 빗물의 유효이용 등에 대한 연구

-세계의 인구와 곡물생산 → 표 1-1

1960년에서 2000년 사이에 인구는 약 2배 증가 → 곡물생산은 2.46배

\* 중수 : 산화중수소라고도 함.

보통 수소의 2배의 질량을 갖는 수소의 동위원소와 산소의 복합체로 이루어진 물

-분자식은 D<sub>2</sub>O, 분자량 : 20이며(중수소의 원자량 2의 2배와 산소의 원자량 16의 합)

보통물(H<sub>2</sub>O)의 분자량은 약 18이다.

-가장 자연적인 방법으로 얻은 보통물 : 약 보통 수소원자 6,760개당 중수소 원자 1개를 갖는다.

#### 1.4 에너지 특성

##### 1. 에너지 자원의 편재성

-지역적 편재성(偏在性) 석탄, 천연가스, 석유 및 우라늄 등 : 지리적으로 분포 한계를 가지고 있음

-시기적 편재성 수자원(水資源), 풍력(風力)

##### 2. 에너지 자원의 파생수요

어느 사회에 속한 구성인의 취향, 문화수준 및 생활환경 등에 따라 필요한 에너지가 결정

-예

■ 전기 heater 사용 → 전기에너지

■ 석유 heater 사용 → 석유 자원

##### 3. 에너지 자원의 개발 장기성

-에너지자원은 탐사에서 생산 : 장기간 때로는 10년 이상 소요

-발전소 건설 : 5~10년 정도

#### 1.5 에너지의 과제

-에너지는 거의 모든 경제활동의 필수재 → 에너지 사용에 따라 환경문제를 야기 → 환경문제 극복  
→ 에너지 절약, 이용기술개발 및 에너지 시스템에 수반되는 다양한 분야에 적합한 관련 기술개발이  
주요과제이다.

-생산된 전기 에너지 → 심야에 일반적으로 에너지가 남음 → 이 잉여에너지를 이용한 각종 에너지  
저장방법을 연구

#### 1.6 에너지 현황 및 전망

##### 1. 세계 에너지 자원의 현황 및 전망 → 1차 에너지 에너지 수요 전망 [그림 1.3 참고(p.p 8)]

-석유

■ 전체에너지 수요의 약 38 % 점유 예상(2025년)

■ 수요 증가 원인 OECD의 수송용 에너지와 비 OECD국가들의 수송, 가정/상업, 산업, 발전부분 소비증가

-천연가스

■ 전체에너지 수요의 약 28 % 점유 예상 (2025년)

■ 천연가스 약 58 % 소비 : 비 OECD 아시아 지역 (2025년)

■ 수요 증가 원인

-복합사이클가스터빈(CCGT)기술의 개발로 전력부문의 천연가스 소비의 급증

-석탄과 비교하여 극히 낮은 탄소 및 오염배출량

-주 공급원 : 러시아, 중동

-선행 투자 : 천연가스 수요 확대 → pipe line 등 대단위의 하부구조 구축

-석탄

- 전체에너지 수요의 약 22.5 % 점유 예상 (2025년)
- 수요 감소 원인
  - 환경규제 강화 ➡ 전력부문에서 석탄사용 규제
  - 산업 및 가정 : 석탄을 대체한 천연가스 사용 증가
- 원자력 발전
  - 전체에너지 수요의 약 12 % 점유 예상 (2025년)
  - 수요 감소 원인
    - OECD 국가들이 원자력 발전에 대한 제한
    - 원자력이 다른 화석연료와 경쟁관계에 있는 점
    - 천연가스를 이용하는 CCGT(복합사이클가스터빈)의 기술적 우수성이 경제성을 확보력 발전을 포함한 신재생 에너지를 포함
  - 전체에너지 수요의 약 14 % 점유 예상 (2025년)
  - 수요 증가 요인 ➡ 기후변화협약의 이행
  - 수요 확대 제약 요인 ➡ 상대적으로 낮은 화석연료 가격

**\* 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 배출**

-비 OECD 국가들의 연평균 증가율은 2.9 %로 OECD 국가들의 1.3 %보다 2배 이상 높다➡ 석탄 등 화석에너지에 대한 의존도가 높으므로

**2. 우리나라 에너지 자원의 현황 및 전망**

-국내 에너지 자원 개발 현황

- 석유 및 천연가스 : 대륙붕(남한 면적의 약 3배)을 대상으로 탐사가 계속 진행 중
  - CCOP(Committee for Coordination of Joint Prospecting Mineral Resources in AsiaOffshore Area) : 아시아 연안 합동 광물 탐사 조정위원회(UN산하 기구)➡ 1968~1969에 광역 물리 탐사
  - 1970년 해저광물 자원법이 제정
  - 석유탐사
    - ㉠ ~ 1986년까지 : 주로 외국 조광 회사의 주도
    - ㉡ 1986년 이후 : 대륙붕 개발계획에 의거 정부 주관
    - ㉢ 1987년 : 울산시 동쪽 40~100km 거리에 있는 6-1광구 내의 여러 곳에서 천연가스 분출➡ 석유 및 천연가스를 생성할 수 있는 근원암의 존재와 지속적인 탐사개발의 필요성 확인
- 석탄 : 생산 중
  - 주 분포 지역: 강원도의 삼척(가체 매장량 약 50%), 정선, 경북의 문경, 충남의 충남 탄전, 전남의 호남 탄전



그림 1.1 우리나라 에너지 자원의 분포지역

- 우라늄 : 확보된 바 있으나 저품위(U: 0.03~0.04[%] : 80~130[US\$/kgU])에 불과
  - 매장량 : 약 1억 ton 이상
  - 분포지역 : 충북 괴산에서 대전 남쪽
- 해외 에너지 자원 개발 현황
  - 석유 개발 : 대륙붕(남한 면적의 약 3배)을 대상으로 탐사가 계속 진행 중
    - 개발 생산 중인 사업 : 예멘, 인도네시아, 아르헨티나등지에서 26개
      - ↳ 육지 광구로서 지질이 잘 알려지지 않은 지역에서 물리탐사를 실시하여 첫 시추공에서 상업적 석유 발견에 성공
    - 탐사 사업 : 베트남, 리비아, 중국 등에서 24개
  - 석탄 개발 : 인도네시아, 호주, 캐나다 등 4개국에 진출
    - 인도네시아 파시르 탄전 개발 사업이 가장 활발 → 한인나자원개발(주)이 단독 개발 방식으로 생산 중

## 제2장 에너지 이용과 절감 기술

### 2.1 에너지 소비의 목적과 구성

#### 1. 최종 수요의 소비목적별 분류

-열원으로써 이용

- 열 자체를 이용 : 냉난방, 급탕, 조리, 목욕 등
- 산업부분에서 이용되는 열 : 대부분 필요한 화학반응으로 열을 얻음 새로운 촉매 및 화학반응 과정을 개발하면 동일한 제품을 만들어도 이용하는 에너지의 양을 절약
- 에너지 소비의 큰 특징 : 필요한 온도수준이 목적에 따라서 크게 변함
  - 동일한 100[kcal]의 열에너지 사용 → kcal : 질량 1kg을 14.5°C에서 15.5°C까지 1°C 올림
  - 주택의 냉난방, 조리, 목욕 : 100 °C 이하 사용
  - 제철(製鐵) : 1500 °C 이상 사용 → 동일한 열에너지를 고온에서 저온이 될 때까지 몇 번이나 재이용 가능
    - ↳ 작은 온도차를 유효하게 이용하는 기술 필요

-열에너지 이용

-온도차를 이용하는 것 → 에너지 자원으로부터 가능한 한 큰 온도차를 얻는 것이 필요

#### ■ 열전달

-열전달 매체

㉠기체 → convection(대류)

㉡액체 → convection

\* convection : 유체의 온도가 높아지면 부피가 팽창하여 밀도가 낮아지고 부력이 커져서 결국 위로 올라가려고 하기 때문에 생기는 순환운동

㉢고체 → conduction (직접 접촉에 의하여 높은 열에너지에서 낮은 열에너지로 이동)

-radiation(복사, 방사)

발생원으로부터 에너지가 나와서 주위의 매질을 통해 전파되어가는 과정 (빛, 소리)

-단열성이 좋지 않으면 → 수송·저장 중에 열이 방산(放散)하여 큰 열손실이 생김

㉠ 수송·저장에 필요한 시간을 단축

㉡ 단열성 향상

-동력원으로써 이용

- 내연기관 : 석유제품 사용 (가솔린, 경유, lpg 등)
  - 수송기관(자동차) : 효율은 20~30 %, 매연 및 NO<sub>x</sub> 등의 환경유해물질 발생
- 전동기 : 전력 이용
  - 전기 철도에만 사용 → 수송기관에는 거의 이용하지 않음
  - 용도 : 공장 등 대부분의 모든 동력기계를 구동하는 곳에 이용
  - 효율 : 대형 기계에는 90 % 이상
- 고려 요인
  - 발전소의 전환효율
  - 에너지 수송시 수반되는 손실, 에너지 저장의 어려움
  - 공해

-전기원 및 광원으로써 이용

- 전기원의 이용 : 전기분해, 전자석, 전기계측기, 통신기, 전자계산기 등
- 광원의 이용 : 백열전구, 형광램프, 수은램프 등
  - 효율 : 나쁘다 (백열전구 수 %, 형광램프 20 %) → 광원의 효율 증대 기술 개발

-원재료로써 이용

- 석유를 비롯한 화석연료 : 플라스틱, 합성 고무, 윤활유, 인조섬유, 나프타 등 제품의 원료
  - 상당 부분 : 다시 에너지로 사용 가능

## 2.2 산업용 기기·설비의 효율향상

-산업용 기기·설비

- 에너지 변환장치 : 연소기, boiler, 전기로, motor
- 열 전달 장치 : 전열관
- 동력 전달 장치 : clutch, 변속기, 구동축 등
- 작동 장치 : pump, fan, compressor

### 1. 효율 향상 방법

-촉매연소(觸媒燃焼)

- 연료 연소에 촉매 이용 → 연소조건, 연소형태의 제한이 줄어들고, 불필요한 에너지 소비의 방지가 가능
- 백금(Pt)촉매 사용 기술 → 자동차의 배기가스 처리(백금촉매장치:HC,CO,NO<sub>x</sub> 저감), 가정용 연소기구

-heat pipe → 그림 2.1 참고

- heat pipe 뜻 : 열 수송 가동 기구가 없는 장치
  - 작동유체(N<sub>2</sub>,NH<sub>3</sub>,H<sub>2</sub>O,Hg,Na,K등)를 고온부에서 증발 → 증기를 압력차에 의하여 저온부로 수송 → 증기를 저온부에서 응축시켜 방열 → 열 수송

\* 작동유체 → 고온형 : Na, K과 같은 액체금속, 저온용 : 액체질소 등

- 다공질체의 wick : 저온부에서 응축한 작동유체를 고온부까지 옮길 수 있는 heat pump

→ 모세관 현상 이용

-재료 : stainless steel, 유리섬유(glass fiber)

- 일반적으로 직경 : 1~2 cm, 길이 : 수십 cm의 것이 많지만 점차 소형으로 개발
- 외부용기 재료
  - 저온용 : Al, Cu
  - 고온용 : stainless steel, 유리, ceramic
- 용도
  - 열 수송, 방열 등 열전달이 필요한 곳
  - 효율이 좋은 열교환기

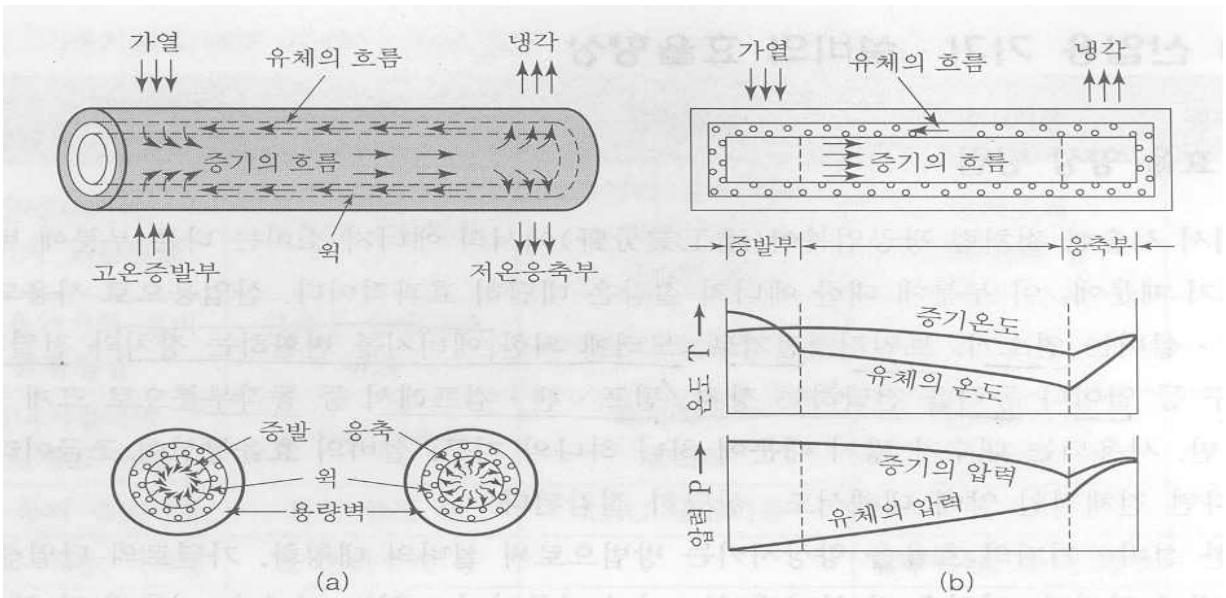


그림 2·1 히트 파이프

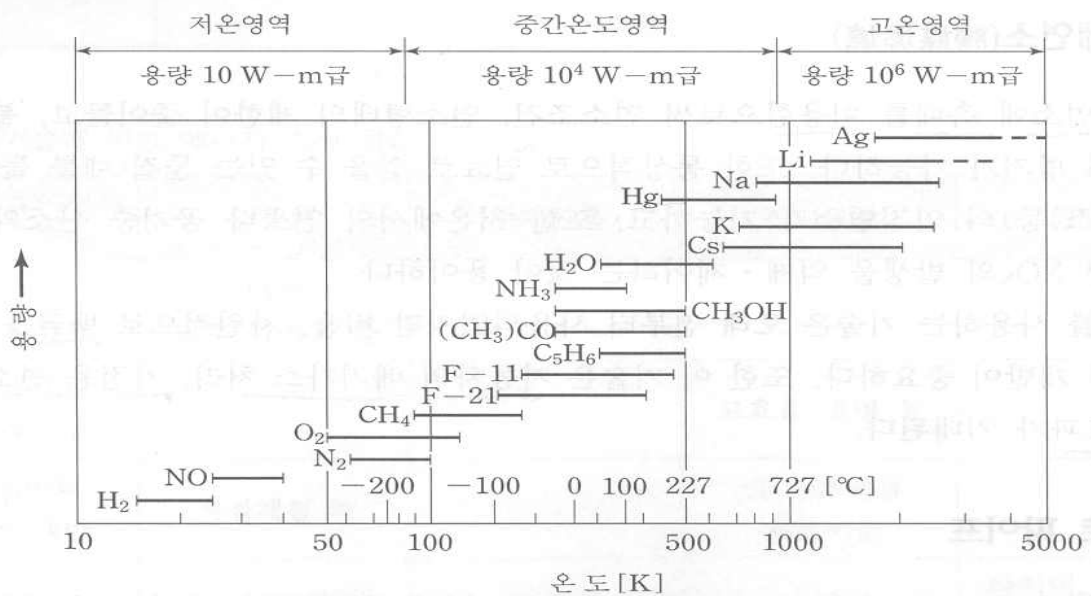


그림 2·2 작동유체별 작동온도

## 2.3 민간용 기기·설비의 효율향상

\* 민간용 기기·설비 : 일반주택, 가옥, villa(빌라)

### 1. 가옥용 내구 소비재의 효율개선

-가옥용 내구 소비재 전기제품 : 냉장고, air conditioner, 전기온수기 등

■ 가정용 소형 motor 효율 : 약 50~70 %

➔ 효율 향상 : 정류 brush의 반도체화 및 무접점화

■ 냉장고, air conditioner의 에너지 소비율 향상 : 냉매 및 시스템 설계 개량

### 2. 조명 효율 개선

-빌딩 및 가정 등의 조명은 수은을 봉입한 형광램프 사용

↳ 효율 향상 : 메탈할로겐 등과 같이 백색광 특성을 가진 형광램프 개발 ➔ 30~40% 효율향상

-빌딩 및 가정

■ 자연채광 이용,

■ 반사율이 높은 조명설비 채용

-조명기구의 반사갯이나 구(球)의 정기적 청소

### 3. 냉난방 설비의 효율개선

-냉난방 시스템 전체 효율 개선

■ Zone Control 채용

-냉난방 부하의 특성에 맞추어 건물을 몇 개 구역으로 분할하고, 각 구역을 독립적으로 공조하는 방식 ➔ 과냉, 과열 억제



공조하는 경우의 냉난방 부하는 빌딩이나 주택의 외측에 접하는 부분에는 건물 방향(일조방향), 계절, 시간 등에 따라 변화, 건물의 중심부에는 조명이나 인간의 밀도에 따라서 변화
--

■ Spot 공조

-Hall, Lobby, 회의장 등과 같이 큰 공간 중 인간이 특정한 장소에 모이는 경향이 있는 곳

➔ 공간 전체를 공조하지 않고 사람이 모이는 곳에만 Spot적으로 공조

-성층 현상(成層現象)을 이용하는 방법

-기기설비 자체 효율 개선

■ 개개의 기기, 소비의 효율 개선

■ 히트펌프 등 효율이 우수한 기기 사용

-기타

■ 실내 복사기 등의 발열량이 큰 기구에서 나오는 배열 ➔ 다른 방의 난방

### 4. 건물 단열성 개선

-벽, 천장 : 단열재 ➔ 가장 효과적

- 창 면적 감소하고 → 반사유리, 흡열 유리, 이중 단열 유리 채용 → 가장 효과적
- 냉난방 부하 감소시킴 ← 건물 방향, 형상, 면적을 고려
  - 새시(sash) 사용 : 기밀성 향상
- 냉방부 : 일사(日射)를 차폐하는 설비 채용

## 2.4 에너지 절약형 공정(process) 개발

### 1. 제조 공정(process)의 효과적인 에너지 절약

- 개개의 기기·설비의 대형화, 효율 향상
- 제조 공정을 연속화하고, 공정 도중에 생기는 폐열을 이용하여 원재료를 예열
- 제조 공정 layout 합리화
- 조업 조건 최적화
- 새로운 공정 개발 : 신재료, 신촉매를 이용하여 반응조건 향상

## 2.5 폐열 등의 유효이용

### 1. 폐열 이용방법

-발전, 석유정제 등 1차 에너지 → 2차 에너지 전환

↳ 각종 광공업부문에서 발생하는 폐열, 폐가스, 배압 등이 상당히 배출

↳ 고온 : 발전용 연료, 연소를 위한 공기, 원재료의 예열, 난방급탕에 이용

- LNG 냉열 에너지 : 식품의 동결, 폐기물 파쇄(破碎)
- 온도가 낮은 배수(排水)
  - 농업이나 용설(融雪)등에 이용
  - 저온 turbine cycle : 낮은 온도차를 이용
  - heat pump : 열을 저온열원에서 고온열원
- 열병합 발전 시스템

### 2. 저온 turbine cycle

- 작동유체 : 끓는 점이 낮은 이소부탄, 프론, 암모니아 등을 이용 → 폐열에 의한 낮은 온도차
- 고효율 열교환기 개발 필요 ← 폐열매체와 작동매체와의 온도차가 작기 때문
- 저온 터빈 열 cycle : 통상적으로 기력 터빈의 열 cycle 동일하여 과열, 재열, 재생
- 실용상 문제점 : 작동유체 선택
- 작동유체 성질
  - ①저온에서 증발 가능할 것
  - ②증발기 또는 응축기를 작게 하기 위해 증발이나 잠열이 작을 것
  - ③터빈 날개의 통과속도를 낮게 하기 위하여 고분자량일 것
  - ④순환유량을 줄이고, 열전달을 좋게 하기 위하여 비열이 클 것
  - ⑤열교환기를 작게 하기 위해 열전도율 및 밀도가 클 것
  - ⑥배관크기 펌프의 소요동력을 줄이기 위해 액밀도(液密度)가 클 것
  - ⑦그 외 폭발성, 독성이 작고 값싸고 쉽게 구할 수 있을 것



- ⑧ (①~⑦) 조건을 만족하는 것 : 무기수(無機水) 및 암모니아, 저급 탄화수소, 프론등
- ⑨ 일반 열 회수용 작동유체 : 방향족 탄화수소 및 할로젠 화합물, 알코올계 저비점 매체

### 3. Heat pump

-작동 원리 : 일반 냉동기를 역(逆)으로 사용

➔ 냉매의 응축열 및 잠열을 이용하여 저온의 에너지를 고온의 에너지로 변환

-성능 : 성적계수(performance index)로 표시

- 성적계수(performance index) : 출력(고온측에서 본 에너지)/입력(히트 펌프의 구동에너지)
- 성적계수가 100 %를 초과하는 것이 대단히 많고 주택용으로서도 250 % 정도로 높다.

## 2.6 열공급 이용 시스템

### 1. 열 에너지 종합이용

열의 전환, 수송 및 이용의 각 부문을 결합하여 전체적으로 열의 종합이용효율 향상

-열병합 발전 시스템

원자력, 화력발전의 복수기(=응축기:condenser)에서 폐기되는 열 에너지

➔ 열수(고온의 물 : thermal water) 또는 증기의 형태로 지역 난방 등으로 공급

-열공급 결합(combine)

■ 여러 단계 증기 온도를 이용 하여 ➔ 다양한 보일러 설치 ➔ 증기 형태의 열에너지 공급

-total 에너지 시스템

■ 빌딩 등 집중된 일정지역에 열(열수, 증기, 냉수 등)이나 전력 : 중앙 에너지 center부터 공급받음

-열이용 콤비네이트(combine) : 열공급 결합과 유사

■ 온도 이용이 다른 다양한 업종 : ➔ 열을 고온열원에서 저온열원으로 순차단계적으로 이용

-저온 폐열 이용 시스템

■ 발전소나 공장 등에서 배출되는 100 ℃ 이하의 대량 온배수 등의 폐열을 유효하게 이용

-각종 시스템 열원

■ 중유, 천연가스, 원자력, 폐기물 소각열, 지열, 철강업의 공장폐열

-열의 수요

■ 증기 소비가 많은 산업 : 철강업(고온측), 요업, 화학공업, 식품가공, 종이펄프(저온측) 등

■ 화력발전 배열에 의한 해수의 담수화, 지역집중 난방, 농업으로의 이용, 용설(融雪)

-열에너지의 종합 이용 효율을 높이기 위한 충족조건

■ 전력수요와 열 수요에 대한 협조가 이루어질 것

■ 계절적으로 안정된 에너지 수요가 확보 가능할 것

■ 열의 수송손실을 작게 하기 위하여 소비지역이 집중될 것

■ 수요 밀도나 부하율을 높일 것

■ 에너지 센터를 소비지역에 근접하여 설치할 것

■ 배관 등 설비공사의 관점에서 도시계획이나 콤비네이트 계획 전체와 조화를 이루게 할 것

### 2. 열병합 발전 및 지역 난방

-열병합 발전 시스템 : 열 및 전기에너지 공급, 열수요로 구성

-열병합 발전

■ 열병합 발전 방식 → 그림 2.4 참고

-배압식 : 70~100 ℃의 저온 에너지 공급

-추기복수식 : 100~120 ℃의 중간 온도 에너지 공급

-가스터빈(오픈 사이클식) : 130~170 ℃의 고온 에너지 공급

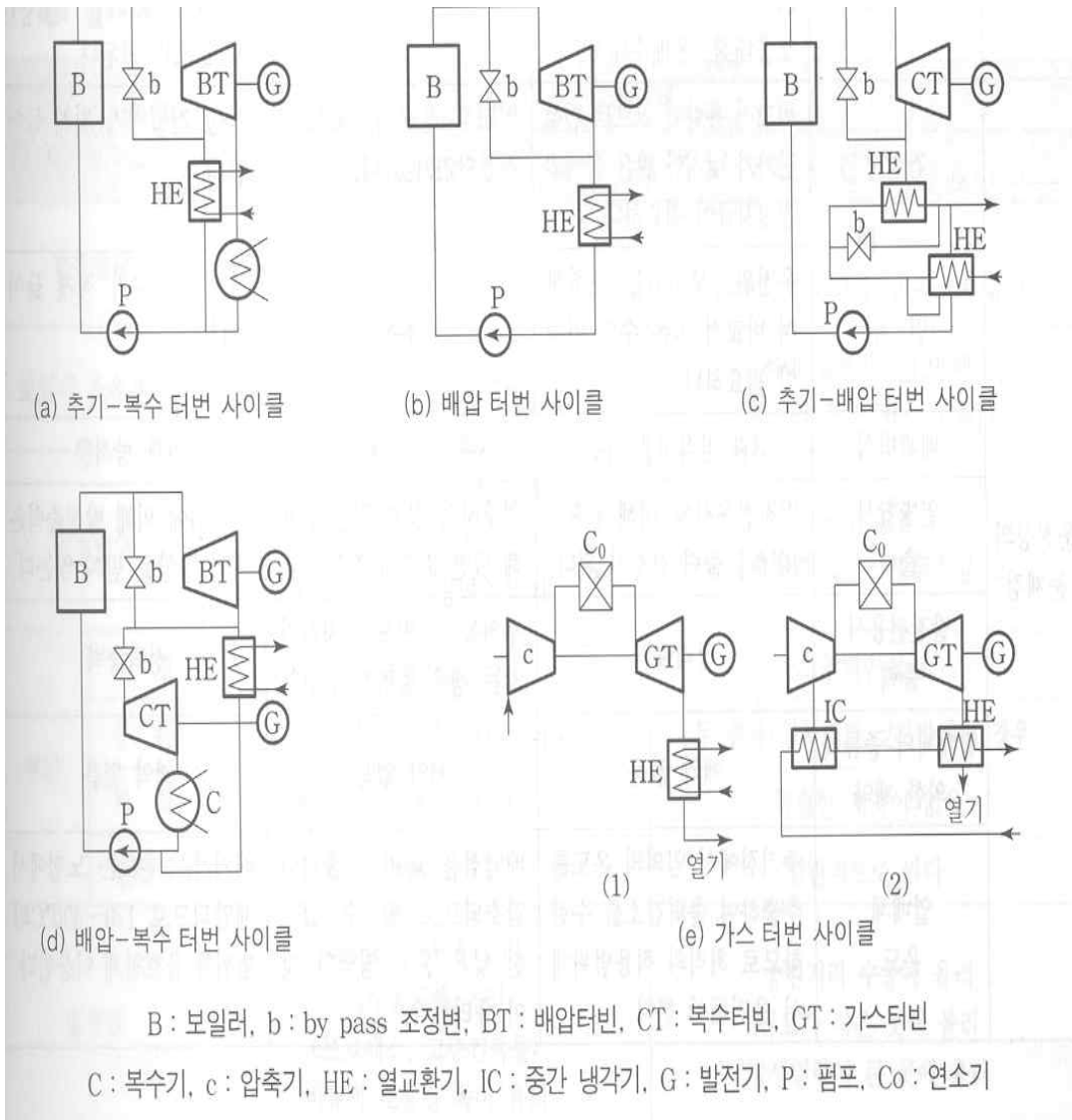


그림 2.3 기본적인 열병합 발전 방식

- 송열(送熱)매체 : 온수와 증기 → 부하형태나 지리적 조건 등에 따라서 선택 (표 2.5)
- 에너지 유효이용 측면에서 효과가 있음
- 열공급원 집중화 → 공해방지와 방재대책이 용이한 이점
- 문제점 : 안정한 열수요 및 전력수요의 균형을 통하여 열수요를 확보하는 문제

- 대형 열병합 발전 : 잠실롯데월드, 신라호텔, 대구의 비산 염색단지, 반월공단
- 주택분야 : 목동, 여의도, 반포, 동부 이촌의 남서울지방, 일산, 산본, 분당

-열수요 : 열병합발전으로부터 공급된 열을 이용하는 방법

➔ 지역 냉난방, 하수처리, 용설, laser 설비, 공업적 결합(combinate), 해수담수화

■ 지역 냉난방

- 열병합 발전소에서 가까운 곳의 apt. 개인주택, 학교, 및 공공시설 등에 사용
- 공급되는 열 온도는 다양 : 냉방, 난방 및 급탕 등
- 송열(送熱)매체 : 온수보다 증기가 유리하다.
- 송열 방식

- 1차 온수 직접 이용
- 2차 온수 이용 : 열교환기 설치

■ 하수 처리

■ 공업적 결합 : 각종 기업을 1개소에 집중 ➔ 공동 열병합발전소 운영

■ 해수 담수화 ➔ 그림 2.4

조합 방식	특징
	<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 발전, 물 제조와 함께 base load 운전을 행하는 경우 적합하다.</li> <li>(2) 물 제조 플랜트 가열 증기량이 발전 플랜트의 주증기량에 비하여 그 비율이 적지 않을 때 채용된다.</li> <li>(3) 추기압력은 0.8~3.0 기압의 추기를 대상으로 하고, 터빈의 부하변동에 대하여 추기점을 압력이 높은 쪽으로 전환하여 조수량의 확보를 도모할 수 있다.</li> </ol>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 특별히 대용량의 조수를 필요로 하는 경우에 적합하다.</li> <li>(2) BHT(brine heater)가 복수기의 역할을 하기 때문에 열효율이 높다. 단 brine의 가열 온도를 지나치게 낮게 하면 flash 온도범위가 작게 되고 설비비가 늘어나게 된다.</li> <li>(3) 발전량은 작지 않다.</li> <li>(4) 전력과 물 제조 수요의 불균형으로 운전상의 융통성이 부족하다. 물 제조를 행하지 않을 때는 발전이 되지 않음.</li> </ol>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 발전, 물 제조량이 큰 경우에 적합하다.</li> <li>(2) 발전량 또는 물 제조량이 어느 한쪽에 의해 제한된다.</li> <li>(3) 물 제조가 필요하지 않은 경우에는 발전량이 제한된다.</li> </ol>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 대용량 발전, 대용량 물 제조를 행하는 경우에 적합하다.</li> <li>(2) 발전량, 물 제조량과 함께 운전의 유연성(Flexibility)이 풍부하며, 부하의 변동이 흡수가능하여 이용율이 향상된다.</li> <li>(3) 물의 제조가 필요하지 않은 경우에는 발전 전용 터빈만이 운전가능하다.</li> </ol>
	<ol style="list-style-type: none"> <li>(1) 발전과 용수가 제한적일 때 적합하다.</li> <li>(2) 발전출력의 감소없이 플랜트 전체의 열효율이 크게 향상된다.</li> <li>(3) 연료중에 유황이 함유된 경우 저온부식 또는 부식의 우려가 없는 경우에도 scale 문제가 전열판에서 발생하기 때문에 EGB를 설치하는 것이 좋다.</li> </ol>

R : Reactor, B : Boiler, HP : 고압 터빈, LP : 저압 터빈, BP : 배압 터빈  
 CP : Compressor, G : Generator, BHT : Brine heater, EVP : Evaporator  
 DRC : Drain cooler, C : Condenser, GT : Gas turbine, AB : After burner  
 Co : 연소기, EGB : 배가스 보일러

그림 2.4 해수담수화 조합 방식과 특징

## 2.7 폐기물 재이용 시스템

### 1. 폐기물에 의한 자원 및 에너지 회수

-생활 폐기물, 산업폐기물 : 유용한 자원, 에너지 함유

➔ 유용한 자원 및 에너지 회수 ➔ 폐기물 처리기술

-폐기물 소각에 따라 발생하는 열 회수 : 물리적 방법

■ 가연성 쓰레기 소각 열 ➔ 지역 냉난방, 하수처리 에너지, 발전용으로 실용화 ➔ 표 2.8 참고

-발전용 이용 경우

- 가연성 쓰레기 질에 따른 증기조건 변동 ➔ boiler 등 부식 ➔ 안정적인 증기공급 필요

- 소각로의 내식성으로 인한 연소제어기술 필요

-얻어지는 에너지 : 약 6,000 ~ 8,000 [kcal/kg]

-얻어지는 증기온도 : 약 200℃ ~ 300℃

-열분해에 의한 연료 회수 : 화학적 방법

■ NO<sub>x</sub>, 염화수소 등의 배출량이 적다.

■ 생성가스 또는 연료유는 간단한 처리로 청정에너지로 된다.

■ 소각로의 경우와 비교하여 열분해 노(furnace)내의 온도가 낮기 때문에

➔ 산화로 인한 노재(furnace material)의 부식이 일어나기 어렵다.

-생물이용에 의한 폐기물의 연료화 : 생물이용 방법

혐기성(Anaerobic[æˈnærəʊbɪk]) 미생물

➔ 각종 쓰레기, 소변 및 가축분뇨 등의 농업폐기물을 발효

➔ 메탄(CH<sub>4</sub>) 생성

-용존 산소와의 관계에 따른 미생물 분류

■ 호기성(好氣性)(Aerobic[æəˈrɒbɪk]:산소의, 에어로빅의, 신체의 산소) 미생물

: 산소가 있는 곳에서 정상적인 생활을 하는 미생물

■ 혐기성(Anaerobe) 미생물

: 유리된 산소 분자가 있는 상태에서는 생육할 수 없는 세균의 총칭

■ 임의성(Facultative[fækʌltətɪv]) 미생물 : 호기성, 혐기성 관계없이 성장하는 미생물

## 2.9 태양열에 의한 주택 냉난방 및 급탕

### 1. 주택에서 태양열 이용

-경제성, 내구성, 신뢰성이 중요하다.

-태양열 급탕

■ 개별식 : 개인 주택의 옥상 등에 집열기를 설치함

-여름 : 50℃ ~ 60℃, 겨울 : 20℃ ~ 30℃의 온수를 약 200 liter 얻음

■ 집중식 : 집합주택(apt), 병원, 학교 등의 옥상 등에 고효율 집열기를 설치함

■ 효율향상, 수명연장에 대한 연구가 필요함

-태양열 난방 ➔ 그림 2.9

■ 태양열 ➔ 평판형 집열기 사용 ➔ 낮 동안 30℃ ~ 50℃ 집열 ➔ 축열기에서 축열

→ 열 순환 → 난방

■ 전체 난방에너지의 50 ~ 60%은 태양열 공급 가능, 나머지 에너지는 보조보일러로 연료를 연소

-태양열 냉난방

■ 동계 난방 : (2)번의 태양열 난방과 같이

■ 여름 : 집열된 태양열 → 흡수냉동기의 동력원으로 이용

■ 시스템 구성 → 그림 2.5

집열기, 고온 축열조, 냉동기, 냉각탑, 보조보일러, 저온 축열조, 실내 냉난방장치, 열전달 매체

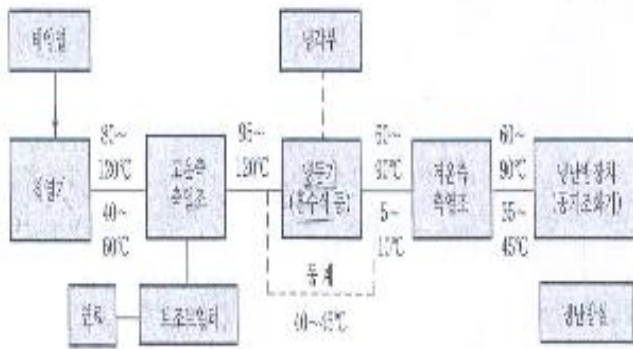


그림 2.5 태양열 냉난방

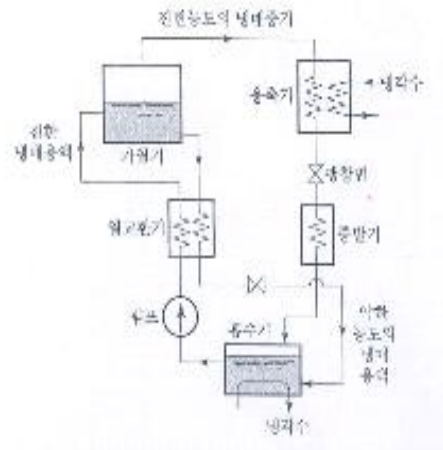


그림 2.6 흡수냉동기의 동작

-흡수냉동기 : 열을 가하여 물체를 냉각하는 장치

-동작원리 : 식염(먹는 소금)을 공기 중에 두면

→ 공기 중의 습기를 흡수(조해 현상)

↳ 식염의 온도가 내려가기 때문에 공기는 주변으로부터 다시 습기 흡수

↳ 주변으로부터 기화 잠열을 빼앗게 된다.

◎ 습기를 흡수한 식염에 열을 가하면 → 건조되면서 수분을 방출하기 때문에

→ 식염 다시 습한 공기에 두면 습기 흡수

-암모니아 냉매의 흡수 냉동기 → 그림 2.6

-냉매증기 압축 : 용매로의 흡수 및 용액으로부터 방출

↳ 진한 암모니아 용액 → 가열(가열기) → 진한 암모니아 증기

↳ 남은 용액 : 묽은 암모니아 용액

-진한 암모니아 증기 → 액화(condenser에서) → 팽창되고 냉동효과(팽창밸브)

→ 저온·저압의 암모니아 증기(evaporator에서)

-가열기에서 농도가 약한 암모니아 용액

→ 흡수기 [저온·저압의 암모니아 증기도 흡수(evaporator에서)]

→ 진한 암모니아 용액으로 환원

-냉매 종류

-0°C 이상 고온 영역의 대형 흡수 냉동기 : 염화 리튬(LiCl), 브롬 리튬(LiBr)의 수용액

- 0 ~ 25 °C 중온용 흡수 냉동기 : 암모니아(NH<sub>3</sub>) 수용액
- -25 ~ -50°C 저온용 흡수 냉동기 : 암모니아 수용액과 NH<sub>3</sub>-LiNO<sub>3</sub>
- 흡수 냉동기에 필요한 열원 온도 : 80 ~ 120 °C

-태양열 히트 냉난방 ➡ 그림 2.7

■ 동계 난방

-태양열 집열기 : 태양열을 10 ~ 20 °C로 집열 ➡ 전동 히트 펌프에 의해 30 ~ 50 °C로 상승

■ 여름 냉방

-전동 히트 펌프 : 냉동기로 이용

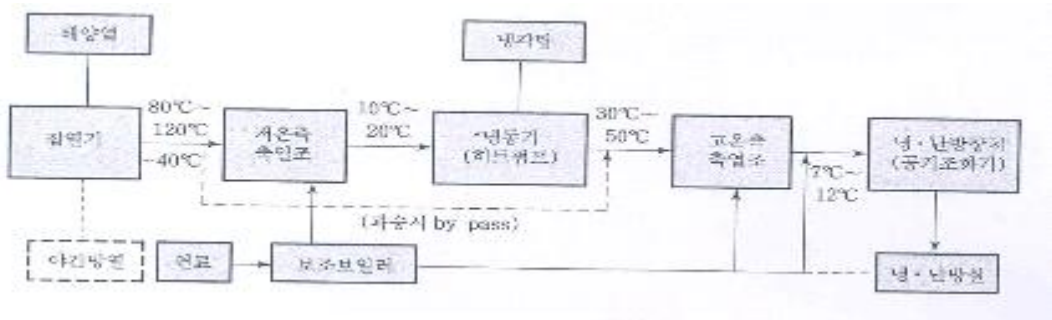


그림 2.7 태양 히트 펌프 냉난방

### 제3장 대용량 전기 에너지 발생과 전기 에너지 시스템의 개발

#### 3.1 전기 에너지 시스템의 개발, 성장률 및 주요 에너지 원

##### 1. 전기 에너지 시스템의 개발

-화력 발전소에서 수용가까지의 전력 공급 과정

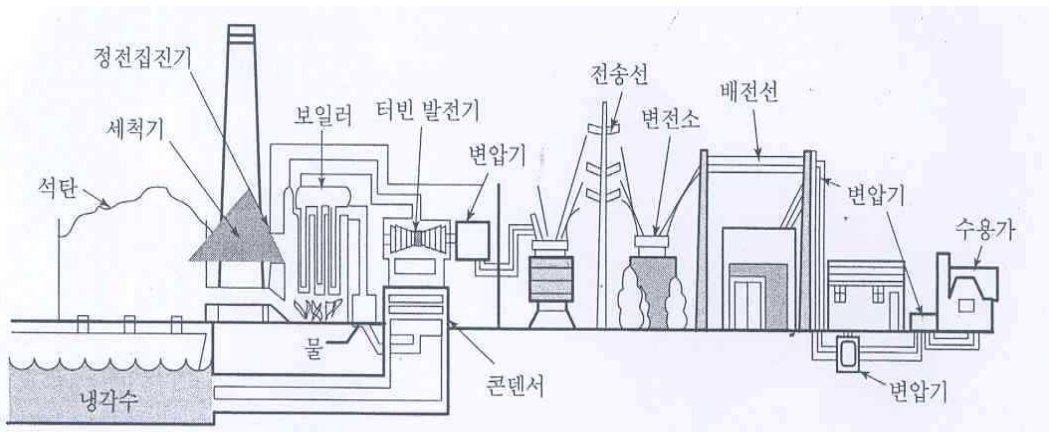


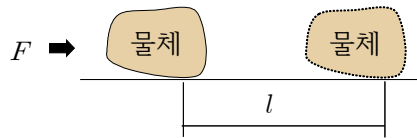
그림 3.1 화력 발전소에서 수용가까지의 전력 공급 과정

- 발전기 측의 변압기
  - 전기 에너지의 전압을 상승
- 수용가 측의 변압기
  - 전기 에너지의 높은 전압을 적절하게 강하

## 2. 에너지와 힘

-일  $W$  (Work)

- 변위  $l$ 가 힘  $F$  방향으로 변하는 경우의 일  $W$



$$W = Fl \quad (3.1)$$

$F$  : 물체에 가해진 힘       $l$  : 선형 변위

- 변위  $l$ 가 힘  $F$  방향으로 변하지 않는 경우의 일  $W$

$$W = Fl \cos \alpha \quad (3.2)$$

$\alpha$  : 힘  $F$ 와 변위  $l$ 사이의 각

- 일의 단위

$$1 \text{ J} = \text{Nm} \quad \Leftrightarrow \text{N} : \text{Newton}$$

-전기 에너지

- 전기 에너지의 기본 단위

$$1 \text{ J} = \text{Ws} \quad (3.3)$$

여기서,  $W$  : Watt       $s$  : second

- 전기 에너지 양의 측정 : kWh 로 측정

$$1 \text{ kWh} = 3.6 \times 10^6 \text{ [J]} \quad (3.4)$$

-Kinetic 에너지  $K_E$

$$K_E = \frac{1}{2}mv^2 \quad \text{[J]} \quad (3.5)$$

$m$  : mass       $v$  : 물체의 velocity

-Potential 에너지  $P_E$

$$P_E = mgh \quad \text{[J]} \quad (3.6)$$

$m$  : mass       $g$  : gravity acceleration       $h$  : 지표면의 height

-Thermal 에너지

- 단위

-cal : 15°C에서 물 1gram을 1°C올리는데 필요한 열

$$1 \text{ cal} = 4.186 \text{ J} \quad (3.7)$$

-Btu(British thermal unit)

$$1 \text{ Btu} = 1.055 \times 10^3 \text{ [J]} = 0.252 \times 10^3 \text{ [cal]} \quad (3.8)$$

-전력

■ 정의

-시간에 대한 에너지 변화율

■ SI 단위 : W (Watt)

$$1 \text{ W} = \text{J/s} \quad (3.9)$$

■ W, hp 및 PS 의 관계

-1 hp = 76 kg·m/s = 745.7 [W]

-1 PS = 75 kg·m/s = 735.5 [W]

### 3. 성장률

-미국의 에너지 관련 내용 : 책 참고

### 4. 주요 에너지 원의 개괄

-대체 에너지 원

■ 태양 에너지

-지구 표면으로부터 입사되는 평균전력 : 182 W/m<sup>2</sup> → 매일 평균에너지 4.4 kWh/m<sup>2</sup>

-태양전력 생산에 가장 적합한 장소 : 사막

-태양열 에너지를 대규모로 사용하기 위해

태양전지 가격, 태양열 집열기-열교환시스템 및 매일 변화하는 부하에 대응하는 적당한 에너지 저장 시스템 개발에 대한 해결책이 필요함

-태양전지 : 직류 생산

↳ 교류 생산을 위해 → inverter와 부가장치 필요

■ 풍력 에너지

-에너지원 : 바람 → 태양에너지의 간접적 사용

↳ 저밀도의 유체 → 운동에너지를 유용한 형태의 에너지 변환 → 큰 치수의 날개

-풍력에 의한 전력

-SI 단위

$$P = 0.296 D^2 u^3 \quad [\text{W}]$$

Power : 전력, D : 날개의 직경 [m], u : 풍속 [m/s]

\* 소형 풍력 발전기 출력 : 풍속 20 ~ 50 km/h에 대하여 → 0.7 ~ 7.0 kWh

-인치계 단위

$$P = 2.46 \times 10^{-3} D^2 u^3 \quad [\text{W}]$$

Power : 전력, D : 날개의 직경 [feet], u : 풍속 [miles/hours]

-터빈 형태의 풍력에너지 발생기 바람의 운동에너지 → 회전축 운동 → 전기에너지

-바람의 크기와 방향 불규칙 → 에너지 저장 필요

-풍속은 지표면 높이에 비례하여 증가, 유효전력은 풍속 3승에 비례

↳ 풍력 발전소 장소 선택이 중요

-풍력 에너지 이점

- 광범위한 유용성

- 환경적 장애가 적다

- 발전설비에 필요한 소요 면적이 적다.

- 환경오염(탄소산화물, 질소산화물 등) 감소

-풍력 에너지 단점 → 표 3.2



- 전력 단가가 비싼 편임
- 수력 에너지 ➔ 수력발전소 : 그림 3.2
- 에너지원 : 물
- 위치 에너지 ➔ 운동 에너지

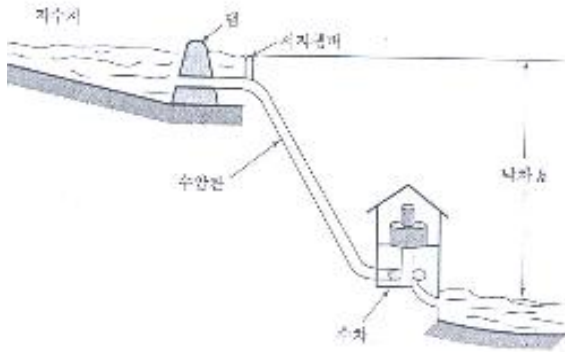
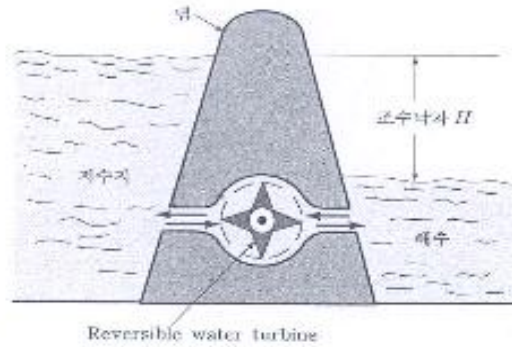


그림 3.2 수력발전소의 개략도 그림



3.3 조력발전터빈 댐 및 저수지

- 조력 에너지(tidal 에너지) ➔ 조력발전소 : 그림 3.3
- 에너지원 : 밀물과 썰물에 의한 조력
- 조력 시간 : 12시간 25분
- 평균 조력  $P_{av}$

$$P_{av} = 0.219H^2 \text{ [MW/km}^2\text{]} \quad \text{여기서, } H : \text{최대 표고(수위)차}$$

- 대규모 조력발전소[GW급] : 경제적, 기술적 문제로 불가능

- 지열 에너지 ➔ 지열발전소 : 그림 3.4

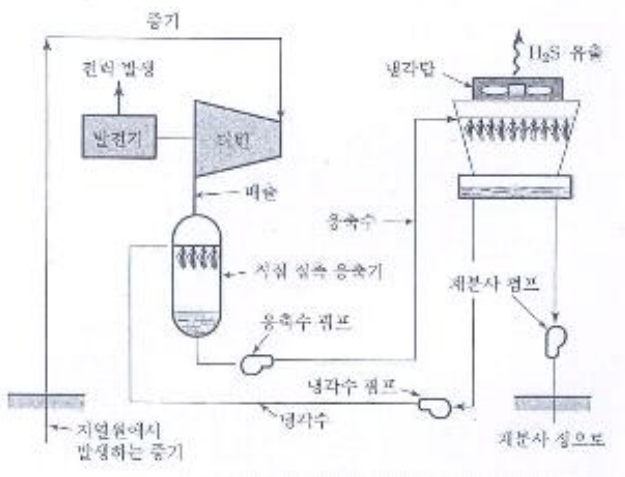


그림 3.4 직접접촉식 응축기를 사용한 지열발전소의 개략도, 캘리포니아 The Geysers에 설치된 모든 발전소들은 1979년까지 이러한 형태를 사용하였다.

- 에너지원 : 지표면에서 약 1 ~ 2 km 깊이의 지열
- 지표면에서 평균 발열 전력 밀도 :  $0.063 \text{ [W/m}^2\text{]}$
- 지열에 의한 증기 : 액체와 부유물질(원심분리기에 의해 분해될 수 있는) 포함

■ 핵 에너지 → 그림 3.5

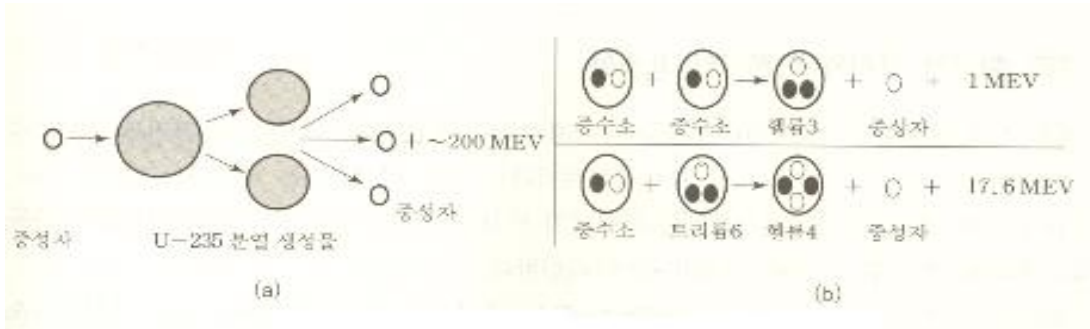


그림 3.5 (a)핵분열 반응, (b)핵융합 반응

-핵 분열

-우라늄  ${}_{92}\text{U}^{235}$  : 무거운 핵 → 원소 기호 : 92, 원자량 : 235

-핵 융합

-중수소(D) : 중수소의 원자량 2 → 수소(H : 원자량 1)

-과학적으로 가능 → 공학적 문제 해결 안됨 (핵 융합 원자로 개발이 안됨)

※ Electronvolt (전자 볼트) : eV

$$1 \text{ eV} = 1.60217646 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$1 \text{ MeV} = 1.60217646 \times 10^{-13} \text{ J}$$

■ 바이오매스(Biomass) 에너지

- 바이오매스는 식물과 동물에서 만들어지는 유기물 재료로, 햇빛으로부터 저장된 에너지를 함유
- 식물은 광합성 과정을 통하여 햇빛 에너지를 흡수하며, 식물의 화학에너지는 동물과 사람들이 먹을 수 있는 음식물로 전환
- 바이오매스는 나무와 농작물로 성장하고 폐기물이 항상 존재하기 때문에 재생에너지임



그림 3.6 바이오매스의 성장, 재배, 수확과정

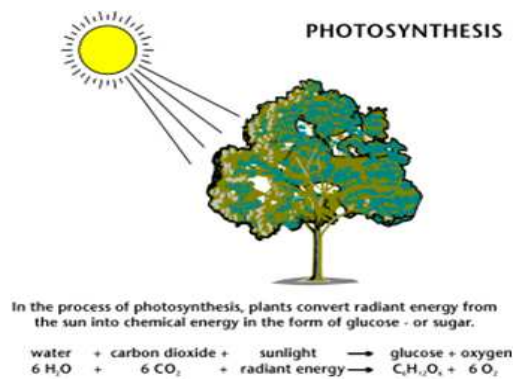


그림 3.7 광합성 과정

-연소가 일어나면, 바이오매스의 화학에너지는 열로 방출된다.



그림 3.8 바이오매스 연료로 단순히 사용되는 예

- 바이오에너지라고도 불리는 바이오매스는 전기생산, 열, 화학제품, 또는 차량용에 고체연료로 사용되거나, 액체 또는 기체형태로 변환 되어 이용되며, 정미 (net) 온실가스를 발생시키지 않음
- 다른 재생에너지와는 달리 수송용에 사용하기 위하여 직접 액체로 변환될 수 있는 바이오매스를 바이오연료 (biofuel)라고 하며, 에탄올과 바이오디젤의 2가지로 분류
- 알콜인 에탄올은 맥주 양조과정과 유사하게 옥수수 같은 탄수화물을 고도로 발효시켜 생산 에탄올은 차량의 일산화탄소와 스모그를 유발하는 배기가스를 감소하기 위하여 보통 연료첨가제로 사용
- 에스테르인 바이오디젤은 식용유, 동물의 지방, 해조류, 재생된 요리용 수지 등을 이용하여 만들어 짐
- 차량의 배기가스를 감소하는 디젤첨가제로 사용되거나 순수하게 차량연료로 사용가능 바이오매스는 미국에서 재생에너지 생산량 중 수력 다음으로 많이 사용하며, 주요에너지 생산량의 약 4.5%를 점유
- 현재 설치된 용량이 7,000 MW 이상인 바이오매스는 매해 370억 kWh의 전기를 생산

■ 바이오매스

- 바이오매스의 종류 : 나무, 농작물, 쓰레기, 알콜연료, 쓰레기 매립지 가스 등
- 나무 부스러기와 목재생산 산업의 잔류물은 전기를 발전하기 위한 가장 경제적인 바이오매스 연료로 사용
- 인구가 많은 생산시설 부근에는 사용된 화물선적 팔레트와 정원의 잘라낸 부스러기들이 저가의 바이오매스 근원
- 에너지 농작물 : 벼 껍질, 사탕수수사탕무의 찌꺼기로 연료나 펄프의 원료인 바가수, 빨리 성장하는 나무 등
- 쓰레기 : 음식, 섬유 등의 유기부산물과 위험하지 않은 도시 고체폐기물 등

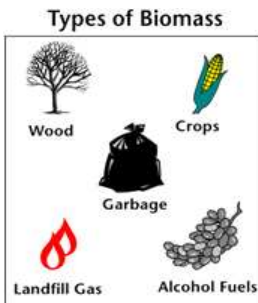


그림 3.9 바이오매스의



그림 3.10 나무 부스러기



그림 3.11 상단 왼쪽부터 옥수수, 보일러에 사용하기 위하여 저장된 후 건조되는 바이오매스 연료, 쓰레기 매립장, 하단왼쪽 스위치풀 바가수, 잡종 포플러

■ 바이오매스 전력 생산 기술

- 화석연료를 사용하는 Rankine 사이클과 유사한 장치를 이용하여 재생 바이오매스 연료를 열과 전기로 변환하는 것으로, 이미 입증된 기술
- 미국에서 재생에너지 자원 중에 바이오매스로부터 생산되는 전기가 수력 다음으로 많으며, 설치된 용량은 10 GW에 달함



그림 3.12 California 주의 Anderson 시에 위치한 50 MW급 바이오매스 전력발전소

- 직접연소 (direct-combustion)

- 과잉공기와 바이오매스가 연소되는 것으로, 보일러에서 열교환을 통하여 증기를 발생하는데 사용되는 고온의 가스를 생산
- 이러한 증기는 증기터빈 발전기에서 전기를 생산한다.

- 공동연료 (co-firing)

- 기존 발전소의 연소기에 연료로 사용되는 석탄을 바이오매스로 대체

- 새로운 바이오매스 전력발전을 도입하기 위하여 단기적으로 가장 경제적인 방안
- 주요한 변경 없이 대부분의 기존발전소 장비를 사용하기 때문에, 공동연료는 새로운 바이오 전력발전소를 건설하는 것 보다 저렴
- 석탄의 액체화 (pulverized coal), 사이클론, 유동층 베드 (fluidized bed), 확산급탄기 (spreader stoker)를 포함하는 다양한 보일러 기술에 대하여 평가

-가스화 (gasification)

- 바이오매스의 가열에 의해 작동되는 바이오 가스화 시스템
- 고체 바이오매스가 가연 가스로 생성되기 위하여 분해되는 환경에서 바이오매스를 직접 연소시키는 장점이 있음
- 청정 바이오 가스가 필요할 때, 화학적 화합물의 문제를 제거하기 위하여 여과할 수 있으며, 이렇게 생산된 바이오 가스는 가스터빈 상부 사이클과 증기터빈 하부 사이클로 구성되는 복합사이클 전기발전소에서 연료로 사용

-유기화합물의 열분해 (pyrolysis)

- 바이오매스의 열분해는 바이오매스가 공기가 부족한 환경에서 고온에 노출된 과정에 근거하며, 바이오매스의 분해를 유발
- 열분해의 최종생산물은 고체 (숯), 액체 (산소 처리된 오일), 기체 (메탄, 일산화탄소, 이산화탄소)의 혼합물

-혐기성 소화 (anaerobic digestion)

- 산소가 없는 환경에서 메탄과 다른 부산물을 생산하기 위하여 유기물질이 박테리아에 의해 분해되는 과정
- 주요 에너지 생산물은 보통 50~60%의 메탄으로 구성되는 저질에서 중질의 열발생 가스



그림 3.13 혐기성 소화과정의 흐름도

-모듈 시스템 (modular system)

- 위에서 설명한 기술들의 일부를 채택한 모듈 시스템은 마을, 농장, 소형 산업체에 적용 가능한 소형 규모
- 이러한 시스템은 현재 개발 중으로, 바이오매스가 풍부하고 전기가 부족한 원격지역에서 가장 유용하며, 특히 개발도상국에서는 이러한 시스템이 효과적일 것으로 생각됨

-장점

- 재생에너지원으로서 바이오전력은 기존 에너지원의 대안
- 환경문제, 시골지역의 경제성장, 국가에너지 안전 등의 장점이 있음
- 바이오전력은 연소과정을 통하여 기존 에너지원 보다 적은 배기가스를 배출
- 바이오매스는 화석연료의 사용과 관련된 배기가스의 상쇄로 인하여 실제로 환경의 질을 향상
- 쓰레기를 사용함으로써 쓰레기 매립문제를 해결 가능
- 바이오전력의 성장은 새로운 시장과 현재 경제적인 어려움에 직면한 농부들, 삼림노동자들의 고용을

창출할 수 있음 => 시골사회에 새로운 과정, 분배, 서비스 산업이 정착될 수 있음

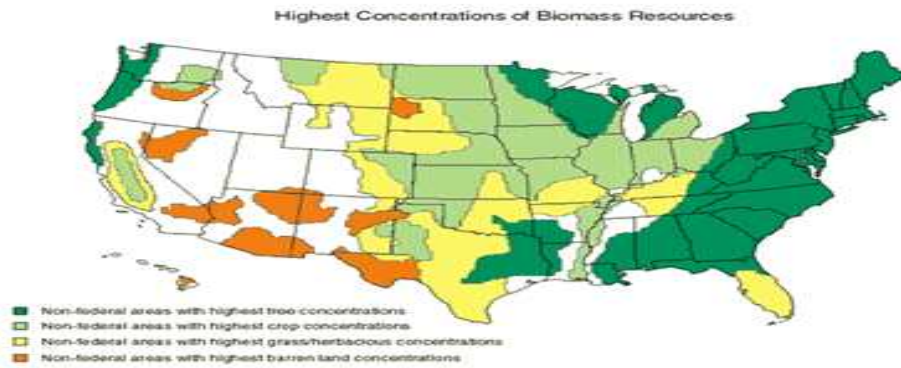


그림 3.14 미국 전역에 걸친 바이오매스

**Global BioPower Resources:**  
Energy Potential Greater Than 5 GW

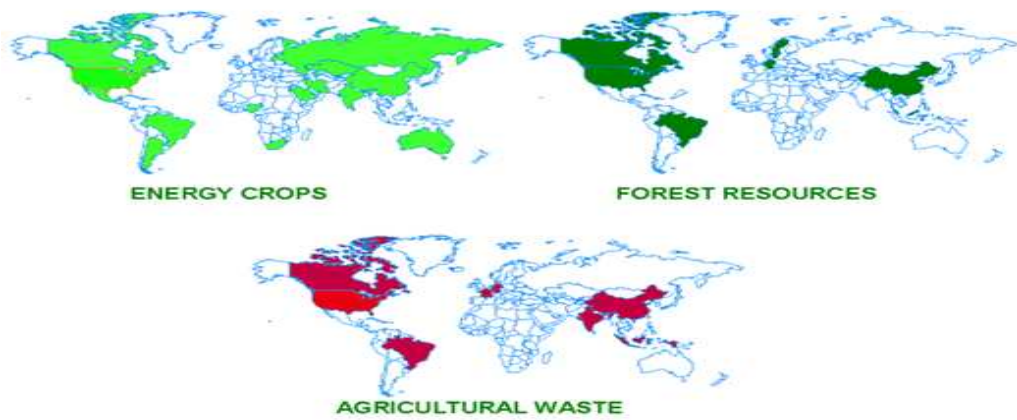


그림 3.14 세계 바이오전력



그림 3.15 Vermont 주 Burlington 시의 McNeil 발전소

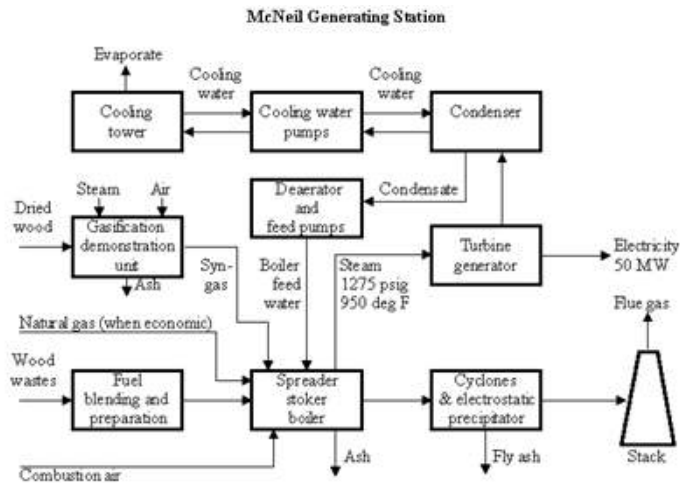


그림 3.16 McNeil 발전소의 계통 흐름도와 설계정보

-바이오 연료

- 바이오 연료 : 살아있는 생물체 또는 상대적으로 최근까지 생명이 붙어있던 물질 부터 얻어진 고체, 액체, 또는 가스 상태의 연료로 정의되며, 장기간 동안 죽어있던 생명체로부터 얻어진 화석연료와는 다름
- 다양한 농작물과 농작물에서 추출된 재료가 바이오연료 생산에 사용
- 세계적으로 바이오연료는 수송용 차량, 주거용 난방과 요리에 가장 일반적으로 사용



그림 3.17 바이오연료나 그림

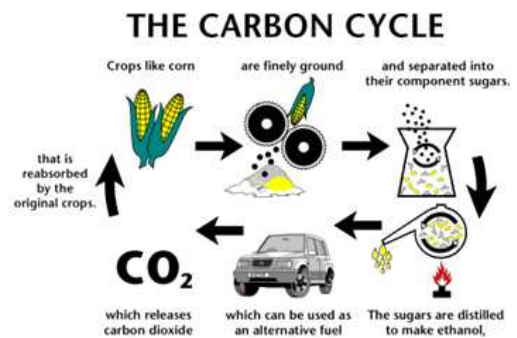


그림 3.18 이산화탄소 사이클

-바이오 에탄올

- 에탄올은 현재 가장 많이 사용하고 있는 바이오연료
- 매해 미국에서 가솔린에 첨가되는 양이 15억 갤런 이상으로 차량 성능을 향상시키고 대기오염을 감소시키기 위하여 사용되고 있음
- 알콜인 에탄올은 전분(녹말) 농작물이 당분으로 변환되고, 당분이 에탄올로 발효된 후, 맥주 양조과정과 유사한 방법으로 증류되어 만듦
- 에탄올 제조 원료인 녹말과 당분은 상대적으로 유용한 식물 재료에 많지 않으나, 당분 분자의 중합체인 섬유소는 대부분의 바이오매스에 대량으로 함유

- 바이오에탄올 : 기존의 공급재료인 전분 농작물 대신에 섬유소 바이오매스 재료로부터 만들어지는 에탄올
- 에탄올은 가솔린의 옥탄가를 증가하고 배기가스의 질을 향상시키기 위하여 사용
- E10 (10% 에탄올과 90% 가솔린) 혼합연료가 가장 일반적으로 보급됨
- E85와 E95는 북미주의 정부 차량, 적응 연료 차량, 도시순환버스에 성공적으로 시험되고 있음



그림 3.19 E85 적응연료를 사용하는 2005 Volvo의 FlexiFuel S40 차량

-바이오 에탄올 공급재료

- 농산물 폐기물 : 곡물의 겉겨, 줄기, 잎 등과 같은 농작물의 잔여 재료
- 삼림 폐기물 : 제재소의 나무 부스러기와 톱밥, 죽은 나무, 나뭇가지
- 도시의 고형폐기물 : 가정의 쓰레기와 종이 생산물
- 음식 가공 쓰레기와 산업 폐기물 : 종이 생산 시 발생하는 부산물
- 에너지 농작물 : 빨리 성장하는 나무와 풀들

-바이오매스 주 성분

- 섬유소 (cellulose)
- 반섬유소 (hemicellulose)
- 목질소 (lignin)

-바이오 에탄올 생산

■ 가수분해

- 천연 공급재료 내에 있는 복잡한 다당류가 단순한 당분으로 변환하는 화학과정
- 바이오매스가 바이오에탄올로 변환되는 과정에서, 산과 효소는 이러한 반응에 촉매작용을 함

■ 발효

- 당분을 에탄올로 변환하는 일련의 화학작용
- 당분을 공급하여 기르는 효모나 박테리아가 원인
- 당분으로 생산되는 에탄올과 이산화탄소는 소비됨

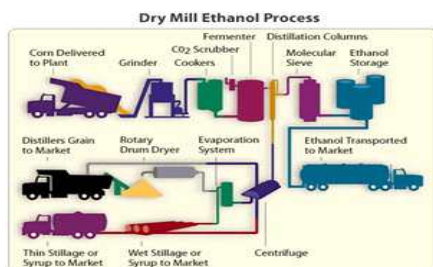


그림 3.20 건조제분 에탄올 생산공정

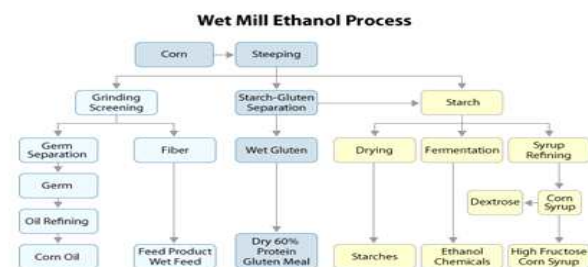


그림 3.21 습식제분 에탄올 생산공정



### Schematic of a Biochemical Cellulosic Ethanol Production Process

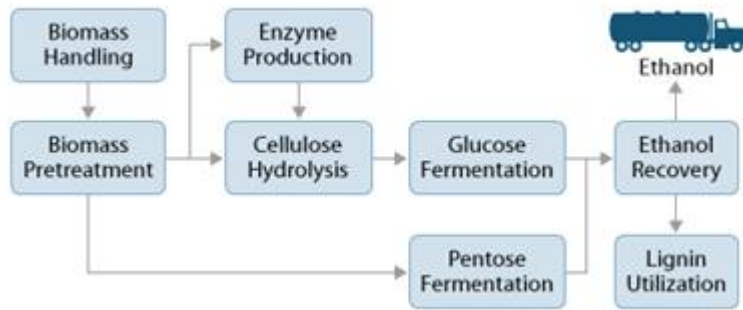


그림 3.22 생화학적 섬유질 에탄올 생산공정의 개략도

### Schematic of a Thermochemical Cellulosic Ethanol Production Process

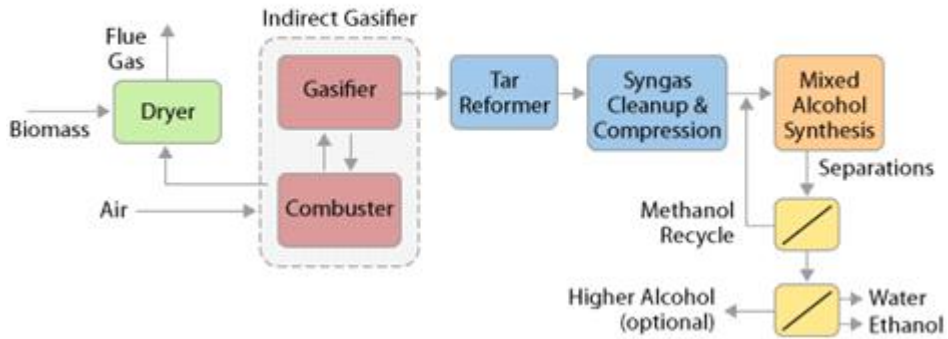


그림 3.23 열화학적 섬유질 에탄올 생산공정의 개략도



그림 3.24 옥수수 같은 식물재료로 에탄올과 메탄올을 생산하는 정제시설

-재생디젤

- 재생디젤은 디젤엔진에 사용되는 연료로, 석유 디젤과 혼합되거나 식용유, 동물지방과 같은 재생 근원 또는 풀이나 나무와 같은 바이오매스의 다른 형태로부터 만들어짐
- 바이오디젤은 현재 미국 전역에 걸쳐 사용되는 재생 디젤연료의 한 예
- 바이오디젤은 모두가 다 재생 가능한 식용유, 동물지방, 재활용된 식당기름 등으로부터 제조
- 차세대 재생 디젤연료인 E-디젤은 혼합물의 성능을 향상시키기 위하여 에탄올, 디젤연료, 다른 화학약품을 혼합한 것임
- E-디젤의 에탄올 부분은 옥수수과 같은 알곡으로 구성되기 때문에 재생가능
- 바이오디젤은 석유디젤과 20% 정도 혼합 (B20)되어 연료첨가제로 사용
- B20과 같이 혼합된 바이오디젤은 디젤엔진에서 작동되며, 혼합된 양에 따라 오염물질이대략 비례적으로 감소



그림 3.25 연료로 가솔린 대신에 에탄올을 사용하는 버스

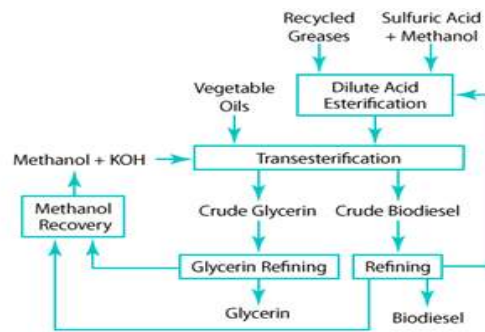


그림 3.26 바이오디젤

-바이오정제소 (Biorefinery) 개념

- 바이오 정제소는 바이오매스 변환 과정과 바이오매스로부터 연료, 전력, 화학약품을 생산하는 장치를 통합하는 시설
- 당분 (sugar) 플랫폼은 생화학적 변환 과정을 기본으로 하며 바이오매스 공급재료로부터 추출되는 당분 발효가 관심의 대상
- 합성가스 (syngas) 플랫폼은 열화학적 변환 과정을 기본으로 하며 바이오매스 공급재료의 가스화와 변환과정에서 발생하는 부산물이 중요

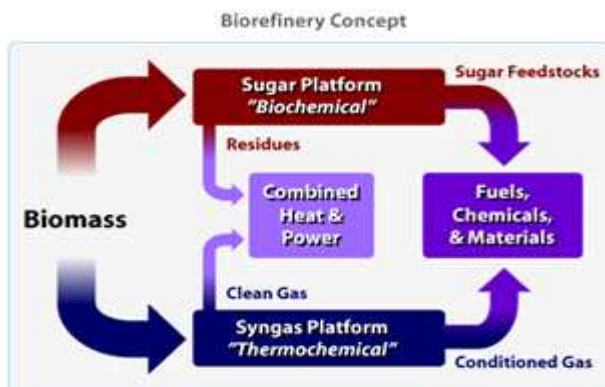


그림 3.27 바이오 정제소의 개념

## 3.2 폐기물 에너지

### 1. 폐기물에너지란?

-사업장 또는 가정에서 발생하는 가연성 폐기물 중 에너지 함량이 높은 폐기물을 열분해에 의한 오일화기술, 성형고체연료의 제조기술, 가스화에 의한 가연성 가스 제조기술 및 소각에 의한 열회수기술 등의 가공·처리방법을 통해 고체 연료, 액체 연료, 가스 연료, 폐열 등을 생산하고, 이를 산업생산활동에 필요한 에너지로 이용될 수 있도록 한 재생에너지

### 2. 폐기물의 분류

- 이용하는 방법에 따른 분류
  - 소각열 회수에너지
  - 고체연료에너지
  - 열분해 생성물에너지
- 폐기물의 종류에 따른 분류
  - 생활폐기물에너지
  - 사업장폐기물에너지
- 폐기물 상태에 따른 분류
  - 고상 폐기물에너지
  - 액상 폐기물에너지
  - 기상 폐기물에너지

### 3. 폐기물의 에너지화 기술

- 폐기물 소각
  - 가연성 성분을 연소하는 연소설비, 폐열을 회수하는 냉각폐열 회수설비, 발생한 대기오염물질, 수질오염물질 및 재를 처리하는 공해방지설비 및 폐기물의 공급을 원활히 할 수 있는 전처리 설비 등 일련의 설비로 하나의 시스템을 구성한다.
  - 폐기물의 소각로는 소각시설의 기능과 연소방식에 따라 다른 분류방법이 사용되고 있다. 폐기물 소각시설은 기능에 따라 크게 연속식과 회분식 소각로로 구분되며 주요설비의 기계화 정도에 따라 준연속식 소각로와 기계화 회분식 소각로로 세분된다.
- 폐기물 열분해 기술
  - 가연성 폐기물을 오염물질이 극히 적게 발생하는 방법으로 처리하여 에너지를 회수 이용하는 기술의 하나로써 열분해 공정이 많이 주목받고 있다. 열분해는 유기물을 무산소 또는 저산소 속에서 고온(500~1000℃)으로 가열하여, ①수소, 메탄 등의 탄화수소, 일산화탄소 등으로 되는 가연성 가스, ②상온에서 액상인 식초산, 아세톤, 메탄올과 같은 유기화합물을 함유하는 타르(tar)분 또는 유분, ③순탄소와 유리, 금속, 토사를 함유하는 숯(char)의 3가지 군으로 화학적으로 분해되는 공정이다.
- 폐기물 가스화 기술
  - 가스화(Gasification)란 고체 및 액체 유기물질들을 가스로 전환하는 기술로서 생성된 가스 주 성분은 H<sub>2</sub>와 CO가스이다. 가스화기술은 석탄을 가스화 함으로서 이미 200년전에 실용화하여 가정용 및 조명용으로 사용된 바 있다. 최근 석탄, 석유코크스 및 중질잔사유 등의 가스화에 의한 대형 가스화복합발전소가 절현하게 되었으며 또한 환경규제가 강화되고 폐기물 매립지의 한계로 소형 폐기물 가스화 기술에 의한 환경친화적인 에너지 회수 및 합성가스 생산 시설이 개발·보급되고 있다.
- 폐기물의 RDF 기술
  - RDF라 함은 Refuse Derived Fuel로써 폐기물을 연료로 하는 모든 기체, 액체, 고체 연료를 총칭한

다. 고유가 시대에는 고발열량의 가연성 폐기물인 폐플라스틱을 고체 연료화하는 RPF(Recycled Plastic Fuel)와 RDF 이용기술이 급속히 발전할 가능성이 높다. RDF는 가연성 폐기물을 파쇄→분쇄→건조→선별→혼합→성형→제품화의 과정을 거쳐 제조하게 된다. 이 경우 기존 폐기물은 수분함량이 40~60%인데 반하여 RDF는 5~10% 정도로 조절이 가능하고 동시에 불연성 물질을 제거함으로써 발열량을 1,000~3,000 kcal/kg에서 3,500~4,500 kcal/kg으로 향상시켜 연료로써 이용가치를 높이는 데 있다. 이렇게 할 경우 폐기물의 부패 및 악취가 방지되고 장거리 수송 및 장기 저장이 가능해진다.

#### 4. 폐기물 신재생에너지의 종류

##### ■ 성형고체연료(RDF)

-폐기물 중에 포함된 병, 깡통과 같이 타지 않는 불연물을 제거하고 수분도 건조하여 제거하면, 종이, 플라스틱과 같은 가연성분만 남게된다. 이것을 분필이나 막대모양으로 성형한 것을 폐기물고형연료 또는 RDF(Refuse Derived Fuel)라고 한다.

##### ▶ RDF의 장점

- 높은 칼로리( High calorific value)
- 낮은 함수율(Low water content)
- 적은 회재량(Low ash content)
- 대기오염 저감(Low pollutant emission)
- 균일한 조성 및 크기(Homogeneous composition, size distribution)
- 수송 및 저장성 향상(Easy transport and storage)
- 취급 자동화(Mechanical handling)

##### <제조된 상형 RDF 모습>

##### ■ 폐유 정제유

자동차 폐윤활유 등의 폐유를 이온정제법, 열분해 정제법, 감압증류법 등의 공정으로 정제하여 생산된 재생유

##### ■ 플라스틱 열분해 연료유

플라스틱, 합성수지, 고무, 타이어 등의 고분자 폐기물을 열분해하여 생산되는 청정 연료유

##### ■ 폐기물 소각열

가연성 폐기물 소각열 회수에 의한 스팀생산 및 발전, 시멘트킬른 및 철광석소성로 등의 열원으로서의 이용 등

#### 5. 폐기물 에너지의 장점

- 종이, 플라스틱, 나무, 주방쓰레기, 폐타이어, 폐유, 폐용제 등 가연성 성분이 많이 포함되어 있기 때문에 발열량이 높음
- 비교적 단기간내에 상용화 가능
  - 기술개발을 통한 상용화 기반 조성
  - 타 신재생에너지에 비하여 경제성이 매우 높고 조기보급이 가능
- 폐기물의 청정 처리 및 자원으로의 재활용 효과 지대
  - 폐기물 자원의 적극적인 에너지자원으로의 활용
  - 인류 생존권을 위협하는 폐기물 환경문제의 해소
  - 지방자치단체 및 산업체의 폐기물 처리 문제 해소

#### 6. 국내·외 기술개발 현황 및 계획

##### ■ 해외 현황

■ RDF 기술

- 미국은 RDF와 석탄 혼소발전소가 30여곳에서 가동되고 있음
- 일본에서는 15MW급 RDF전용 화력발전소가 건설중임.

■ 페플라스틱 열분해 기술

- 일본의 후지리싸이클, 이화학연구소 등 15여개 기관에서 기술을 개발하여 상업화 규모의 플랜트를 가동
- 독일 BASF(5,000톤), 영국 BP사(125,000톤/년) 등에서 기술개발 및 상용화

■ 폐유 정제 기술

- 미국의 경우 필터링 및 이온정제를 통한 중유 대체연료유로 활용하였으나 현재는 열분해 및 증류공정을 통한 고급정제유 생산기술을 개발하여 9,000톤/년 규모 플랜트를 실용화함
- 일본의 경우, 산백토 처리와 같은 단순처리에 의하여 재생 유탄기유(base oil)로 활용하였으나 현재는 정제유를 생산하여 연료유로 활용하고 있음

※ 활성화방안

- 환경기초시설이므로 지자체와 연계하여 환경부 등 관련부처의 폐기물 처리 관련 기금으로 기초 시설을 지원하고 에너지 회수에 필요한 시설을 설치하는데 필요한 투자비의 일부를 보조금 또는 융자금 등으로 지원
- RDF제조설비에 대해 보조금지원(건설비의 10%)
- 시범 보급사업이나 지역에너지사업으로 시범플랜트 건설 및 운영 추진

3.3 수력 발전

1. 수력 발전의 개요

-수력 발전 원리 ➡ 그림 3.28

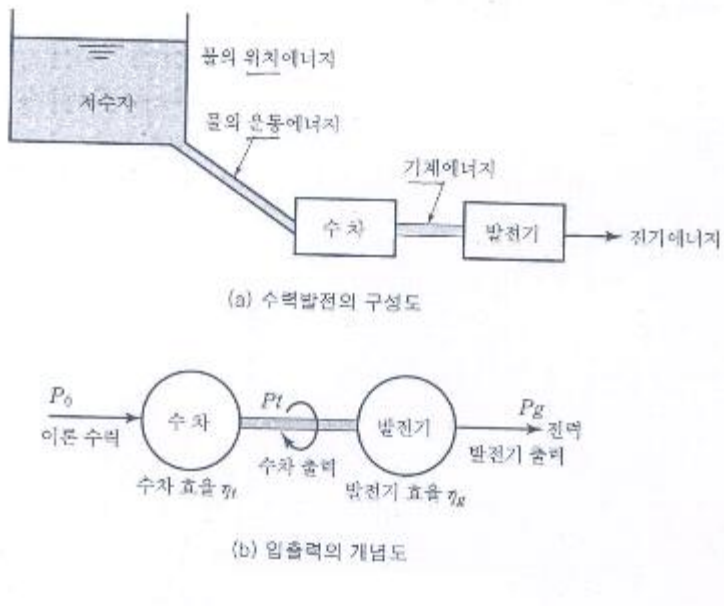


그림 3.28 수력발전의 개요

■ 물의 위치 에너지 ➡ 물의 운동 에너지 ➡ 기계 에너지(수차: Turbine) ➡ 전기 에너지 (발전기)

■ 이론 동(출)력  $P_o$

$$P_o = 9.8QH \text{ [kW]} \quad (3.2 \blacksquare)$$

여기서, - Q : 유량 [m<sup>3</sup>/s]                      - H : 유효 낙차

■ 수차 동(출)력  $P_t$

$$P_t = 9.8QH\eta_t \text{ [kW]} \quad (3.24)$$

여기서,  $\eta_t$  : 수차 효율 [80 ~ 90%]                      아래첨자 t : turbine

■ 발전기 동(출)력  $P_g$

$$P_g = 9.8QH\eta_t\eta_g \text{ [kW]} \quad (3.25)$$

여기서,  $\eta_g$  : 발전기 효율 [90 ~ 97%]                      아래첨자 g : generator

■ 유효낙차 H [m] → 예제 3.7 풀어 보세요

$$H = H_o - H_l$$

여기서, -  $H_o$  : 총 낙차 [m]                      -  $H_l$  : 손실 낙차 [m]

■ 연간 발전 전력량 W → 예제 3.8 풀어 보세요

$$W = P_g \cdot U \cdot 365 \cdot 24 \text{ [kWh]} \rightarrow U : \text{발전설비 연간 이용율(\%, 365:1년, 24:공휴일 뺀 일수)}$$

-수력 발전소의 종류

■ 취수 방법에 의한 분류

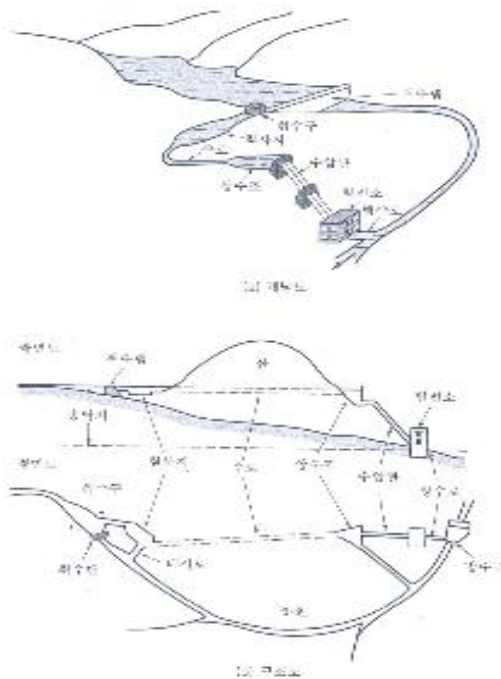


그림 3.29 수로식 발전소의 개념도

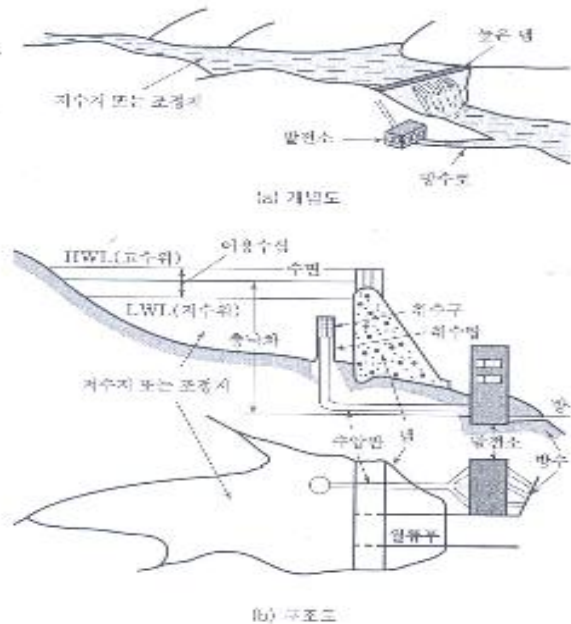


그림 3.30 댐식 발전소의 개념도

-수로식 수력 발전소 → 그림 3.29

- 하천의 상중류부에서 경사가 급하고 굴곡된 곳을 짧은 수로로 바꾸어서 높은 낙차를 얻음
- 취수댐(상류측)→취수구→침사지→수로→상수조→수압관→발전소→방수로→방수구
- 화천발전소

-댐식 수력 발전소 → 그림 3.30

- 상류측 수위를 올려서 하류측과의 사이에 낙차를 얻음
- 댐에 저장되는 수량이 풍부할수록 경제적이고 유리
- 경사가 완만하고 수량이 풍부한 한강 중·하류 : 춘천, 의암, 팔당, 소양강

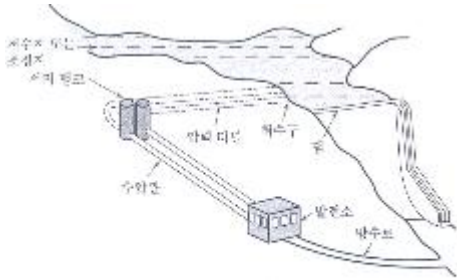


그림 3.31 댐수로식 발전소의 개념도

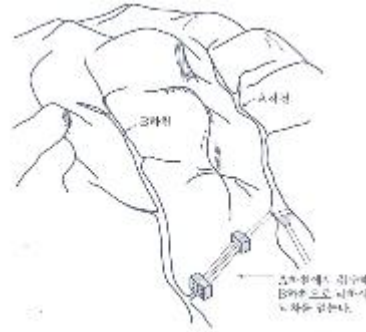


그림 3.32 유역 변경식 발전소의 개념도

-댐수로식 수력 발전소 → 그림 3.31

- 댐식과 수로식을 병행한 것
- 화천발전소

-유역변경식 수력 발전소 : 두 하천사이에 큰 낙차를 얻을 수 있는 경우 → 그림 3.32

■ 운용 방법에 의한 분류 : 하천 유량을 사용하는 방법

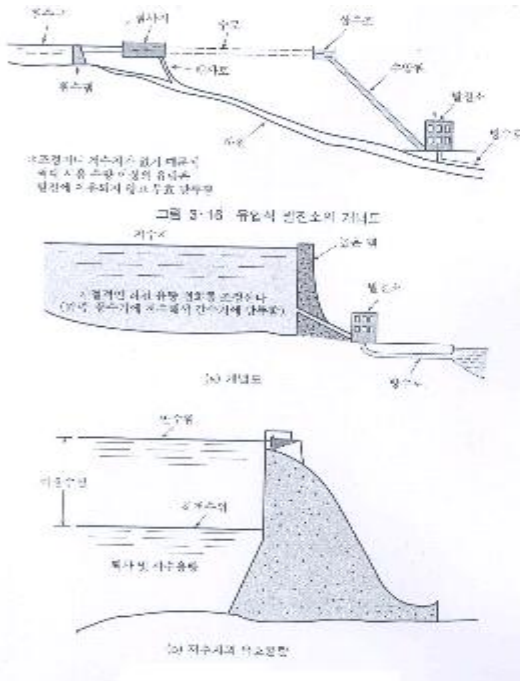


그림 3.33 저수지식 발전소의 개념도

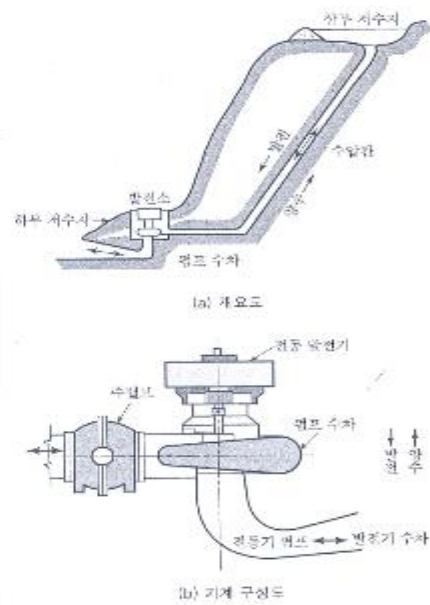


그림 3.34 양수 발전소의 개념도

- 유입식 수력 발전소

- 최대 사용 수량(水量)의 범위 내에서 하천의 자연 유량을 그대로 발전에 이용
- 저수지나 조정지가 없는 수로식 발전소
- 우리나라에는 없다 → 수량이 풍부한 하천
- 저수지식 수력 발전소 → 그림 3.34
  - 계절적인 하천의 유량변화를 조정할 수 있는 대용량 저수지가 있음
    - ↳ 풍수기 : 남는 물 저장, 갈수기 : 방출
- 소양강댐 저수량 : 19억톤
- 충주댐 저수량 : 18억톤
- 양수식 수력 발전소 → 그림 3.18
  - 조수식 또는 조정지식 발전소의 한 종류로써, 전력수요가 적은 심야 또는 주말 등의 경부하 시에 원자력 발전 등의 잉여전력 이용 → pump로 하부 저수지의 물을 상부 저수지에 양수 → 첨두(peak) 부하시에 발전
  - 혼합식 양수 발전소
    - 상부저수지에 하천으로부터 자연 유입량이 있고 부족되는 수량만 양수하여 발전함
  - 순 양수 발전소 : 청평(40만 kW) 및 삼랑진(60만 kW) 발전소
    - 상부저수지에 전혀 자연 유입량이 없고 양수된 수량만으로 발전함

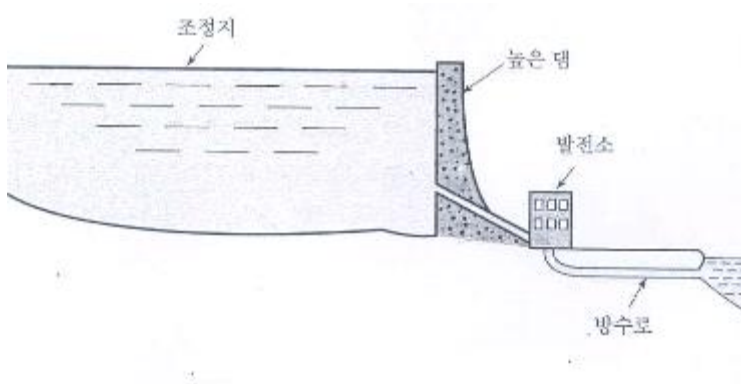


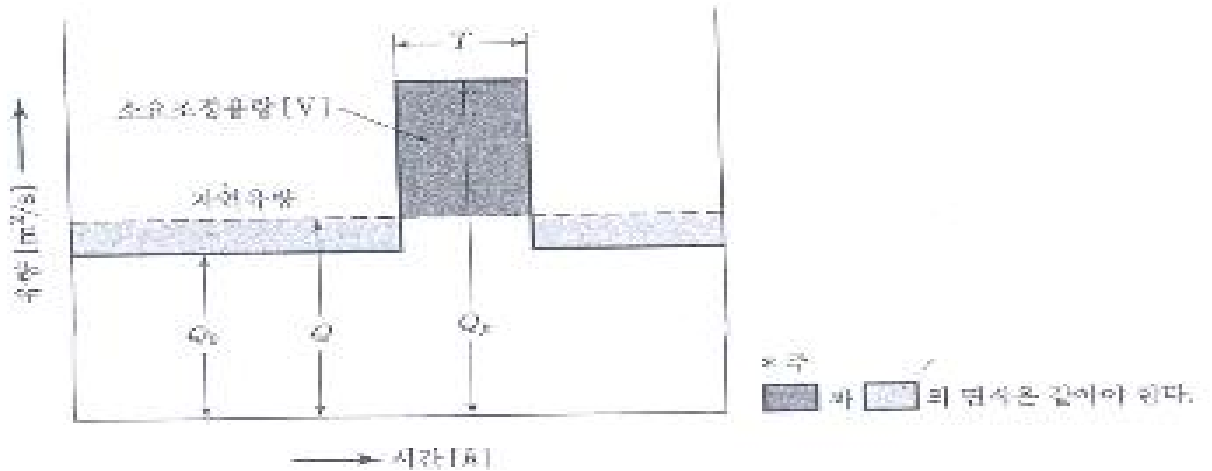
그림 3.35 조정지식 발전소의 개념도

- 조정지식 수력 발전소 → 그림 3.35
  - 수로 도중 또는 취수구 앞(댐식)에 조정지를 설치 → 하천으로부터의 취수량과 발전에 필요한 수량의 차를 저수하거나 방출함으로써 → 수 시간 또는 수 일간에 걸친 부하변동에 대응
  - 하천의 취수량보다 발전소 최대 수량을 상당히 크게 할 수 있다.
  - Peak(첨두)용 발전소라기도 한다. ← 첨두부하를 분담하기 때문
- 조력 발전소
  - 바닷물의 조수 간만에 의한 해수 높이 변화의 낙차를 이용
  - 시화호 : 조력발전소 건설 중
  - 프랑스 랭스 조력발전소 : 10,000 kW x 24기

■ 조정지 및 저수지의 운용 계산

그림 3.36 조정지의 운용





-첨두 부하(peak)시 사용유량  $Q_p$  → 그림 3.36

$$V_c = (Q_p - Q) \cdot T_p \times 3600 \quad [\text{m}^3] \quad (3.26)$$

$$\rightarrow Q_p = Q + \frac{V}{3600 \cdot T_p} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (3.28)$$

여기서, -  $Q$  : 유입량(자연유량)  $[\text{m}^3/\text{s}]$       -  $V_c$  : 조정지 용량  $[\text{m}^3]$  ; control

-  $T_p$  : 첨두부하시 발전 계속 시간  $[\text{h}]$

-상시 저수시 사용유량  $Q_o$  → 그림 3.20

$$V_c = (Q - Q_o)(24 - T_p) \times 3600 \quad [\text{m}^3] \quad (3.27)$$

$$\rightarrow Q_o = Q + \frac{V}{3600 \cdot (24 - T_p)} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (3.29)$$

여기서, -  $Q$  : 유입량(자연유량)  $[\text{m}^3/\text{s}]$       -  $V_c$  : 조정지 용량  $[\text{m}^3]$  ; control

-  $T_p$  : 첨두부하시 계속 시간  $[\text{h}]$

## 2. 수리학(水力學)

-물의 물리적 성질

- 물의 밀도 : 대기압, 4℃에서 최대
- 물의 중량 :  $1 \text{ g/cm}^3$
- 비압축성 ← 압력을 가하면 극히 작은 값이지만 체적 감소하므로

\* 점성(viscosity) 또는 내부마찰

운동하고 있는 액체 내부에서 유속의 차가 있으면 그 상대 운동에 저항하는 힘

-정수리학(靜水力學)

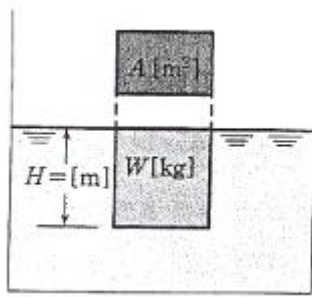


그림 3.37 정수압

■ 수주 : 정지하고 있는 수면으로부터 깊이가 H[m], 단면적 A [m<sup>2</sup>]

-수주의 전중량 :  $wAH$  [kg]

$w$  : 물의 단위체적당 중량 [kg/m<sup>3</sup>],  $AH$  : 수주체적 [m<sup>3</sup>]

-수주는 밑바닥에서 위의 방향으로 작용하는 물의 힘  $W$ 에 지탱되어서 평형상태

$$\hookrightarrow W = wAH$$

-수주의 밑바닥부분에서 물이 받는 압력(=H 깊이에서의 압력 세기)  $p$

$$p = \frac{W}{A} = \frac{wAH}{A} = wH \quad [\text{kgf/m}^2]$$

- 압력 수두 H

$$H = \frac{p}{w} \quad [\text{m}] \quad \leftarrow \quad p = wH$$

### -동수력학(動水力學)

■ 流體 운동

-유동(流動)

-층류(streamline flow) : 유선이 규칙적인 상태에서 흐름

-난류(turbulent flow) : 유선이 불규칙적으로 혼란한 상태에서 흐름 → 수력발전소

-와동(渦動)

-파동(波動)

■ 관로나 수로에서 유량  $Q$

$$Q = A \cdot v \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (3.31)$$

$A$  : 流水의 단면적 [m<sup>2</sup>]       $v$  : 평균 유속 [m/s]

■ 연속성의 원리

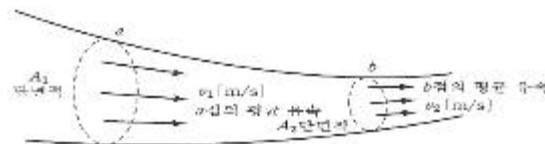


그림 3.38

고체로 둘러싸인 관로 등에서 외부에서 물의 출입이 없는 한, 유입되는 물의 양과 유출되

는 물의 양은 항상 일정하다.

$$A_1v_1 = A_2v_2 = Q = \text{const} \quad (3.32)$$

$A_1$  : 유입되는 관로의 단면적 [ $\text{m}^2$ ]       $v_1$  : 유입되는 물의 평균 유속 [ $\text{m/s}$ ]

$A_2$  : 유출되는 관로의 단면적 [ $\text{m}^2$ ]       $v_2$  : 유출되는 물의 평균 유속 [ $\text{m/s}$ ]

→ 식 (3.3)로부터 : 물의 유속은 좁은 장소에서 빠르고, 넓은 장소에서 느리다

■ 베르누이 정리(Bernoulli's theorem)

-참고 사항

-정지하고 있는 물의 평형 : 외력과 압력에 의해

-운동하고 있는 물의 평형 : 외력, 압력 및 가속도에 의해

-에너지 보존법칙

유입되는 곳의 에너지 합 = 유출되는 곳의 에너지 합

$$wQh_1 + Qp_1 + \frac{wQv_1^2}{2g} = wQh_2 + Qp_2 + \frac{wQv_2^2}{2g} \quad [\text{kg}\cdot\text{m/s}] \quad (3.33)$$

$w$  : 물의 단위체적당 중량 [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

$h_1$  : 유입되는 곳에서 기준면으로부터 높이 [ $\text{m}$ ]

$h_2$  : 유출되는 곳에서 기준면으로부터 높이 [ $\text{m}$ ]

$p_1$  : 유입되는 곳에서 압력 [ $\text{kg}/\text{m}^2$ ]       $v_1$  : 유입되는 물의 평균 유속 [ $\text{m/s}$ ]

$p_2$  : 유출되는 곳에서 압력 [ $\text{kg}/\text{m}^2$ ]       $v_2$  : 유출되는 물의 평균 유속 [ $\text{m/s}$ ]

$g$  : 중력가속도 = 9.8 [ $\text{m/s}^2$ ]

식 (3.33)을 일반적으로 다시 표현하면

$$\frac{wQh}{\text{㉠}} + \frac{Qp}{\text{㉡}} + \frac{wQv^2}{2g} = wQH \quad [\text{kg}\cdot\text{m/s}] \quad (3.34)$$

$$\text{㉠} = 1,000QH \quad [\text{kg}\cdot\text{m/s}] \quad (3.35)$$

$$= 9.8QH \quad [\text{kW}] \quad (3.36)$$

→  $wQH$  : 총 파워 또는 총 수력(1초당 총 에너지)      단, H(Height) : 정수

㉠위치 파워(potential power)

기준면으로부터 h의 높이에 있는 유수가 갖는 1초당 위치 에너지(=위치 수두)

㉡압력 파워 (pressure power)

유량이 갖는 1초당 압력 에너지(=압력 수두)

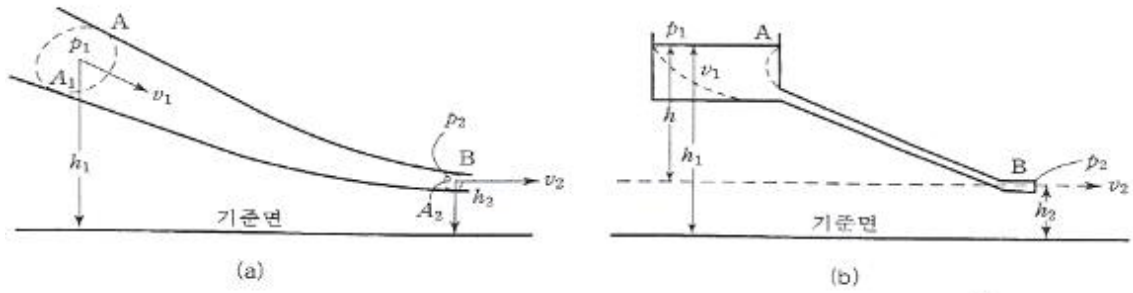
㉢속도 파워(velocity power) 또는 운동 파워(kinetic power)

유량이 갖는 1초당의 운동 에너지(=속도 수두)

-베르누이 정리 (Bernoulli's theorem)

식 (3.34)의 양변을  $wQ$  로 나누면

그림 3.39 베르누이 정리 설명도



$$\underbrace{h}_{\text{㉠}} + \underbrace{\frac{p}{w}}_{\text{㉡}} + \underbrace{\frac{v^2}{2g}}_{\text{㉢}} = H \text{ [m]} \rightarrow \text{Bernoulli's theorem} \quad (3.37)$$

$H$  : 전 수두(total head)      ㉠ 위치 수두      ㉡ 압력 수두      ㉢ 속도 수두

\* 낙차 : 위치 수두의 차이 =  $h_1 - h_2$

-손실을 고려한 베르누이 정리 일반식

$$h + \frac{p}{w} + \frac{v^2}{2g} + h_l = H \text{ [m]} \quad (3.38)$$

-  $h_l$  : 실제로 물이 흐를 때 받게 되는 여러 가지 손실에 해당하는 손실 수두(loss head)

■ 토리첼리의 정리(Torricelli's theorem)

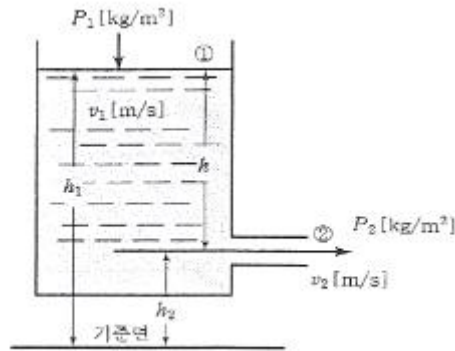


그림 3.40

-위의 그림 3.32에 베르누이 정리를 적용하여, 분출구 orifice ㉡ 물의 속도  $v_2$ 에 대하여 정리하면

$$h_1 + \frac{p_1}{w} + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{w} + \frac{v_2^2}{2g} \quad (3.45)$$

여기서,  $p_1 = p_2 = p_a$       ←  $p_a$  : atmosphere pressure

$v_1 \approx 0$  : 무시      ← 분출구 orifice ㉡의 단면적보다 훨씬 크기 때문에

낙차 :  $h = h_1 - h_2$

그러므로, (3.45)는

$$h + \frac{p_a}{w} + \frac{0}{2g} = \frac{p_a}{w} + \frac{v_2^2}{2g}$$

$$v_2 = \sqrt{2gh} \quad [\text{m/s}] \quad \rightarrow \text{Torricelli's theorem} \quad (3.46)$$

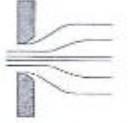
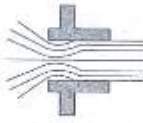
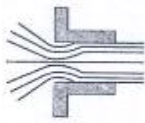
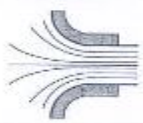
☆ 물의 점성, 분출구에서의 마찰 손실 등을 고려한 분출구 속도  $v_2'$ 는  $v_2$ 보다 약간 작아져 아래 식과 같이 된다.

$$v_2' = c_v \sqrt{2gh} \quad [\text{m/s}] \quad (3.47)$$

$c_v$  : 유속계수 ; 0.95 ~ 0.99

↳ 수심  $h$  또는 orifice의 지름이 커질수록 커진다.

표 3.1 유속 계수의 예

분출구의 모양				
유속계수	0.97~0.98	0.72	0.82	0.96

### 3. 流量과 落差

#### -降水量과 流量

- 수력 발전을 하기 위한 고려사항 : 유량과 낙차
  - 낙차 : 상세한 지형도를 사용해서 실측함으로써 비교적 쉽게 결정
  - 유량 : 계절, 년에 따라 큰 변화가 있기 때문에 장기간에 걸쳐 면밀하게 조사할 필요가 있다.
- 降水量(precipitation) 또는 雨量(rain fall) : 하천의 유역에 내리는 비나 눈
  - 단위 : [mm]    ← 수심 기준
  - 연강수량 : 강수량을 1년간 적산한 값
    - 우리나라의 평균 연강수량은 1,100[mm] 정도로써 비교적 많은 편이다.
  - 강수량 중에서
    - ↳ 대부분 : 지표수(surface water) → 하천으로 흘러 들어가서 → 하천 유량
    - ↳ 상당한 부분 → 증발 → 다시 대기로
    - ↳ 일부분 → 땅으로 스며들어 지하수
- 유출률(run-off ratio) 또는 유출계수(run-off coefficient) : 강수량과 하천 유량과 비
  - 보통 0.4 ~ 0.8 정도
  - 지질이나 산림 상태 등에 따라서 약간 다름
- 하천 연평균 유량  $Q_y$

$$Q_y = \frac{kpA \times 10^3}{365 \times 24 \times 60 \times 60} \approx 3.17kpA \times 10^{-5} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (3.48)$$

$k$  : 유출계수 (0.4 ~ 0.8)     $p$  : 연강수량 [mm]     $A$  : 하천 유역 면적 [ $\text{m}^2$ ]

- 하천의 유량 : 계절 및 해에 따라서 변화
  - 겨울 : 갈수
  - 여름 : 풍수

**-流量的 변동과 표현**

- 갈수량, 갈수위 : 1년 365일 중 355일은 이것보다 내려가지 않는 유량 또는 수위
- 저수량, 저수위 : 1년 365일 중 275일은 이것보다 내려가지 않는 유량 또는 수위
- 평수량, 평수위 : 1년 365일 중 185일은 이것보다 내려가지 않는 유량 또는 수위
- 풍수량, 풍수위 : 1년 365일 중 95일은 이것보다 내려가지 않는 유량 또는 수위
- 고수량, 고수위 : 매년 1~2회 생기는 출수의 유량 또는 수위
- 홍수량, 홍수위 : 3~4년에 한번 생기는 출수의 유량 또는 수위
- 최대갈수량, 최대홍수량 : 과거의 기록, 구전 등으로 판정한 최저 또는 최대의 유량
- 유량도(hydrograph) : 하천 유량의 변동 상황을 쉽게 알 수 있다. ➡ 아래 그림3.38

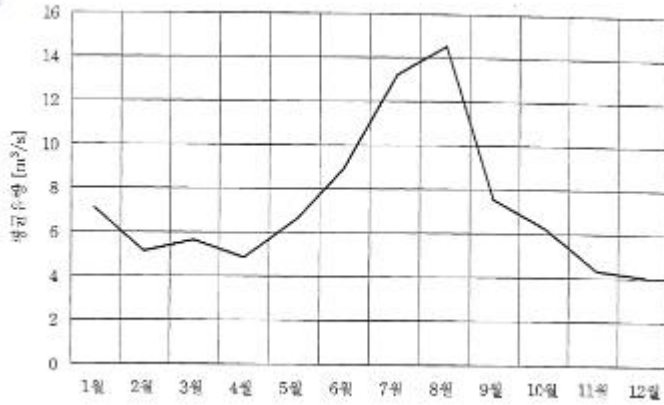


그림 3.41 유량도의 일례

- 유황곡선(Discharge-duration curve) ➡ 아래 그림 (b)  
유량도를 사용해서 가로축에 1년의 일수를, 세로축에 유량을 취하여 매일 유량 중 큰 것부터 순서적으로 1년분을 배열하여 그린 곡선
- 발전 계획 수립에 유용하게 사용할 수 있는 자료로써 보통 수십 년간의 기록
- 발전소의 사용 유량 등을 결정하는데 사용
- 갈수위 경우 : 부족한 전력소요량을 화력발전소 등에서 메워줄 전력소요량 계산에 도움

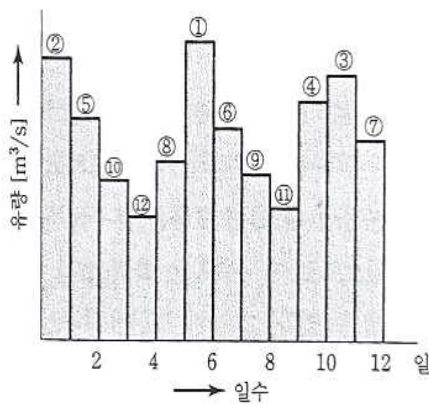


그림 3.42(a) 유량도

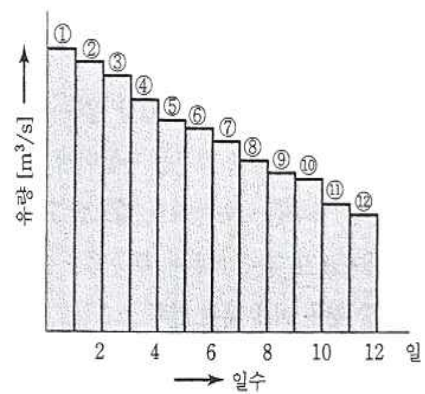
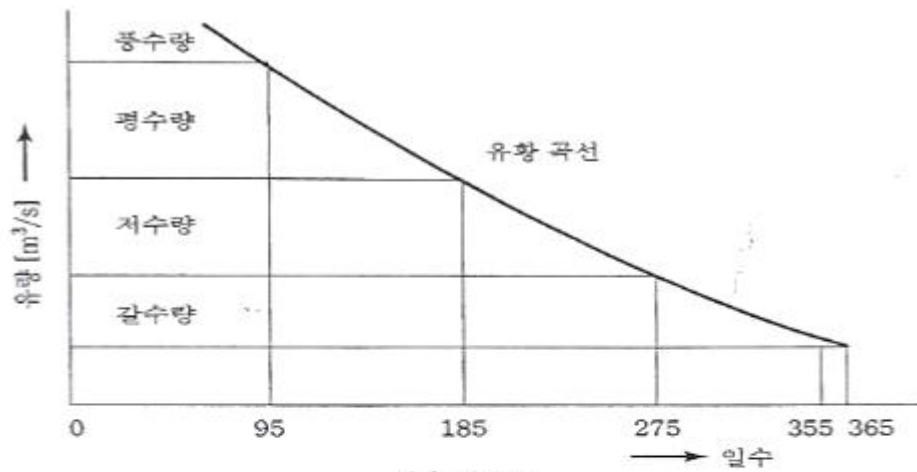
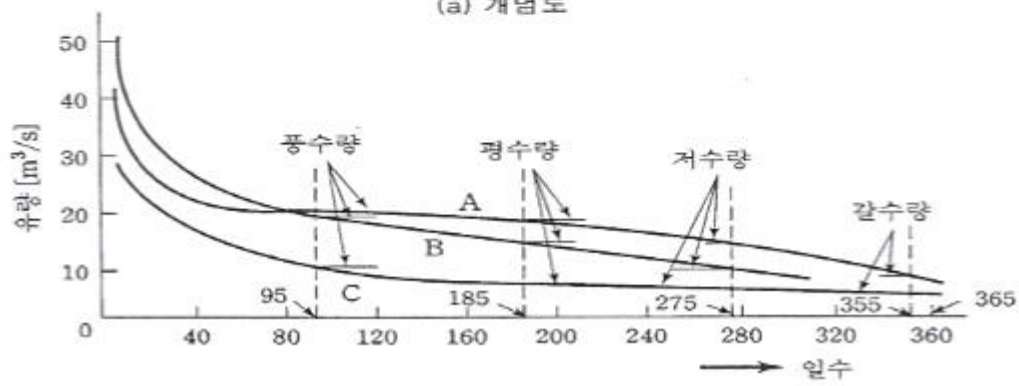


그림 3.43(b) 유황 곡선도

- 유량 누가곡선(Discharge mass curve) = 積算유량곡선(Mass curve of water quantity)  
매일 수량을 차례로 積算해서 가로축에 일수를, 세로축에 적산 유량을 그린 곡선



(a) 개념도



(b) 하천의 종류에 따른 유황 곡선의 예  
그림 3.44 유황곡선

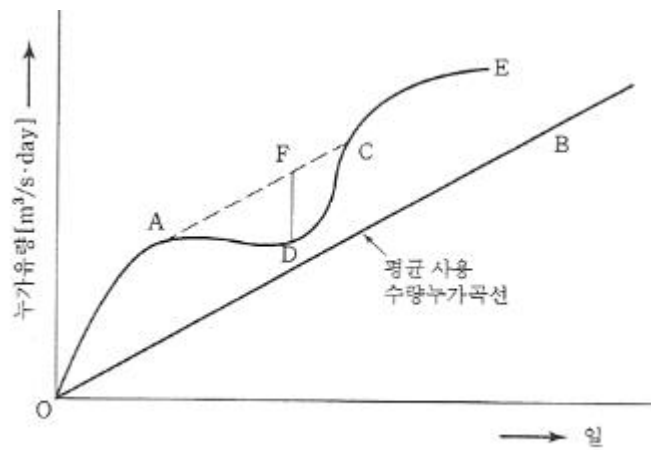


그림 3.45 유량누가곡선의 개념도

- 단위 :  $[m^3/s \cdot day]$
- 일수 기점 : 유량이 풍부한 시기를 선정
- 유량 누가 곡선 : OADCE
- OB : 평균 사용 수량 누가곡선

-FD : 저수지의 소요 저수용량

A(만수점)에서 OB에 평행하게 그은 AC(점선)와 유량 누가 곡선의 최대 수직 거리

-AD : OB보다 기울기가 완만함 → 유입량 < 사용 유량 : 저수지로 물의 양 보급

-DC : OB보다 기울기가 급격함 → 유입량 > 사용 유량 : 저수지에 저수

-저수량  $V_s$ (s:storage) : 아래와 같은 관계식이 성립한다.

$$V_s = Q_p \times 3,600 T_p \quad [m^3] \quad (3.49)$$

-  $Q_p$  : 첨두 부하(peak)시 사용유량      -  $T_p$  : 첨두 부하시 발전 계속 시간 [h]

-발전전력량  $W$

$$W = P_g T_p = 9.8 Q_p H \eta_t \eta_g \times T_p \quad [kWh] \quad (3.50)$$

-  $P_g$  : 발전기 출력 [kW]    -  $H$  : 유효낙차 [m]    -  $\eta_t$  : 수차 효율    -  $\eta_g$  : 발전기 효율

식(3.50)에 식(3.49)를 대입하여 정리하면,

$$W = \frac{9.8 V_s H \eta_t \eta_g}{3,600} \quad [kWh] \quad (3.51)$$

- 홍수위, 이용 수심, 최대 사용 수(水)량을 고려하여 각각에 대하여 발전 전력량을 계산

→ 전력량과 공사비 비교 → 가장 경제적인 발전소 건립

- 과거 : 최대 사용 유량을 갈수량에 가까운 값으로 채택하는 것이 보통

- 최근 : 최대 사용 유량이 갈수량의 3~4배

→ -전력 계통이 커져서 저수지 및 조정지 용량 증가  
-대용량의 기력 발전소가 개발됨에 따라

↳ peak 발전을 수력 발전에 의존

■ 역조정지(逆調整地, equalizing pond)

같은 하천에 여러 개의 조정지 또는 저수지식 발전소가 건설될 경우

↳ 전력 수요에 따라서 사용되는 물의 양 변화 → 하류에서의 방류량이 크게 변화

↳ 농업 용수, 주운(舟運) 및 관광에 지장

-목적 : 농업 용수, 주운(舟運:배 운송) 및 관광 이용에 애로사항이 없도록 하기 위함

-설치 장소 : 하천 하류

-예 : 충주 수력 발전소의 하류

-流量 측정법

■ 간접적인 유량 측정법

-유속계법(Current Meter Method)

① 계산 방법

propeller형의 날개차를 흐르는 물에 회전시켜 → 회전수로부터 유속을 구함

㉠그림 3.46 (a)

propeller형의 날개차를 흐르는 물에 회전시켜 → 일정한 회전마다 음성이나 전기 pulse 발생

→ 수화기나 계기로 회전수를 파악

→ 유속 측정

㉡그림 3.46 (b)

단면을 일정한 간격으로 구분



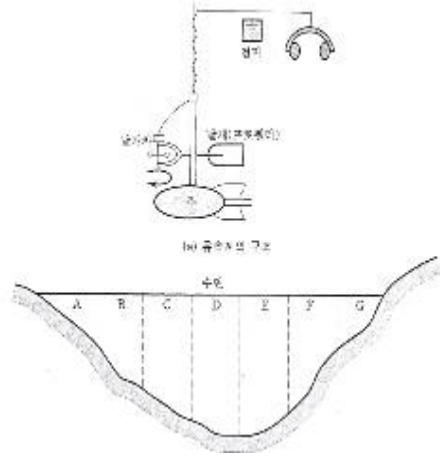
- ➔ 각 부분마다 유속계 사용
- ➔ 평균 유속 산출 ➔ 면적을 곱해서
- ➔ 전체 유량 산출 ( $Q=AV$ )

- ㉔ 측정 장소 : 하천 직선 부분
- ㉕ 대유량 측정
- ㉖ 회전수  $N$ 와 유속  $v$ 과의 관계

$$v = aN + b \quad (3.52)$$

$N$  : 회전수[rps]     $v$  : 속도[m/s]

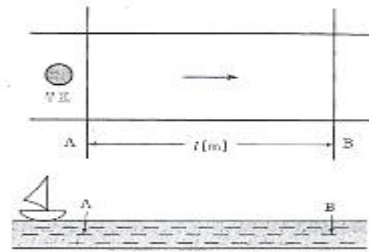
$a, b$  : 계수



-부표법(Float Method) ➔ 그림 3.47

- ㉑ 계산 방법
- 흐름이 안정된 하천의 직선 부분에 부표를 띄워서 두 점간의 거리  $l$  과 통과 시간  $t$ 로부터 유속을 구함
- ㉒ 수(표)면의 유속만 알 수 있다.
  - ➔ 표면 유속과 단면내의 평균 유속이 다르므로 관계를 미리 파악할 필요가 있다. ➔ 그림 3.48
- ㉓ 평균 유속  $v_a$  : 일반적 표면 유속의 80% 이다.

그림 3.46 유속계법의 개념도



$$v_a = 0.8 \frac{l}{t} \quad [\text{m/s}] \quad (3.52)$$

그림 3.47

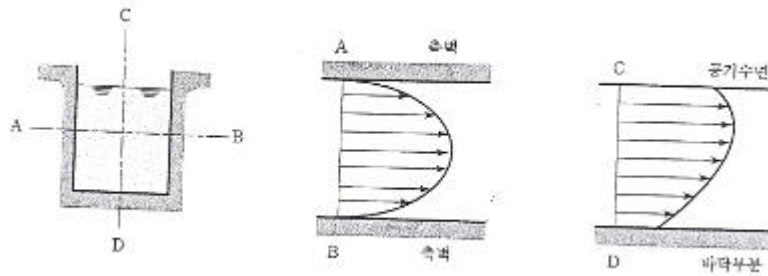


그림 3.48 유 속

-염수속도법(Salt Velocity Method) ➔ 그림 3.49

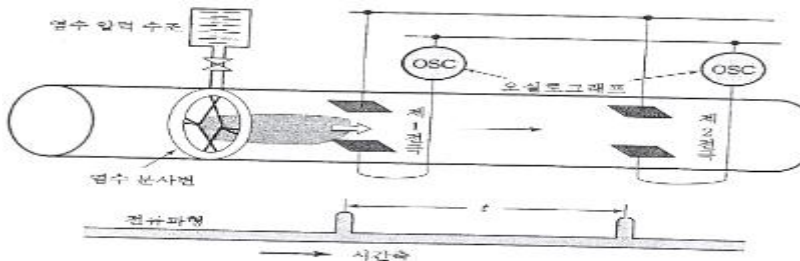


그림 3.49 염수속도법

㉠ 계산 방법

수압관이나 수로 등의 흐르는 물에 일정한 농도의 소금물(鹽水)을 주입

- 염수 부막을 만들고
- 임의의 두 지점에 전극 설치하여 전압을 가함
- 염수가 통과하면 전류가 급증
- 두 지점간의 거리  $l$  과 통과 소요 시간  $t$  측정
- 유속 계산

㉡ 염분 농도 측정 : 정량분석법 또는 도전율에 의하여 측정

-수압시간법(Gibson Method) → 그림 3.50

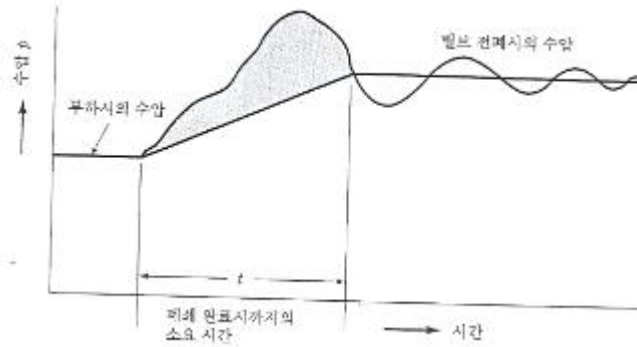


그림 3.50 수압시간의 개요

㉠ 계산 방법

수차(turbine) 입구의 안내 날개(guide vane)를 서서히 폐쇄 하여 유속을 저하

- 수압관내의 수압 상승하는 것을 응용하여
- 수압의 변화와 시간으로부터 유량 계산

㉡ 상승 수압과 시간의 곱 = 흐르는 물에 생긴 운동량 변화

$$A \int_0^t p dt = \frac{wAl}{g} (v_o - v_t) \quad [\text{kg}\cdot\text{s}] \quad (3.54)$$

$$v_o - v_t = \frac{g}{wl} \int_0^t p dt \quad (3.55)$$

식 (3.55)에 식(3.30)  $p = wh$  를 이용하여 정리하면

$$v_o - v_t = \frac{g}{l} \int h dt = \frac{g}{l} S_t \quad [\text{m/s}] \quad (3.56)$$

- $A$  : 수압관의 단면적 [ $\text{m}^2$ ]
- $w$  : 단위 체적당 물의 중량 [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]
- $v_t$  : valve 폐쇄 개시로부터  $t$ 초 후의 유속 [ $\text{m/s}$ ]
- $l$  : 수압관의 길이 [ $\text{m}$ ]
- $S_t$  :  $p$  와  $t$  관계 그림(그림3.47)에서 면적
- $p$  : 상승 수압 [ $\text{kg}/\text{m}^2$ ]
- $v_o$  : valve 폐쇄 전의 유속 [ $\text{m/s}$ ]
- $g$  : 중력가속도 9.8 [ $\text{m}/\text{s}^2$ ]

-피토우관법(Pitot Method) → 그림 3.51

㉠ 계산방법

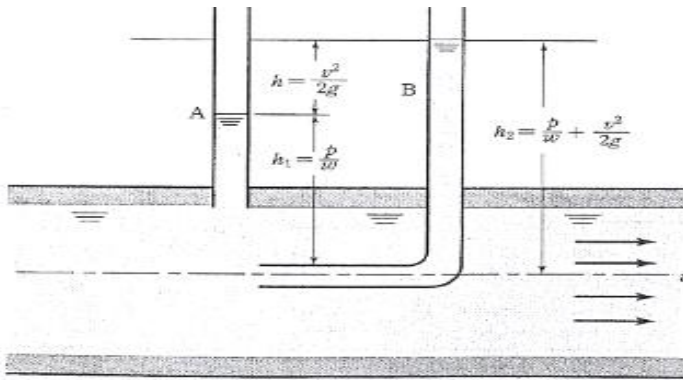


그림 3. 51 피토우관의 원리

-정상류에 대하여 적용

-수압관 벽 : Pipe A 설치  $\rightarrow h_1 = \frac{p}{w} \quad (p = wh)$

- 수압관 중심 : 굵은 Pipe(Pitot Pipe) B 설치  $\rightarrow h_2 = \frac{p}{w} + \frac{v^2}{2g}$

$$\therefore h = h_2 - h_1 = \frac{v^2}{2g} \quad \rightarrow \quad v = \sqrt{2gh} \quad (3.57)$$

■ 직접 유량 측정법

-염분법(Salt Solution Method)

하천의 상류에서 농도가 알려져 있는 식염수를 일정량의 비율로 유수 중에 주입

→ 섞여서 내려온 물을 하류에서 받아 염분량을 측정해서 유량 계산

- 분석에 상당한 숙련이 필요 → 현재는 쓰이지 않고 있다.

- 언측법(Weir Method) → 그림 3.52

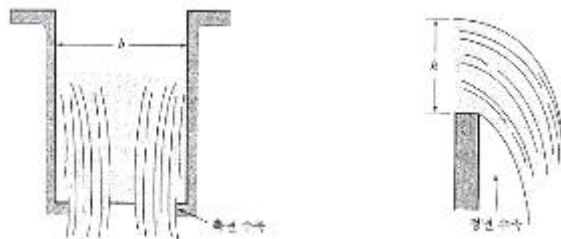


그림 3.52 구형언의 예

㉠ 계산 방법

- 하천의 흐름을 가로질러서 차단벽[언(堰)]을 설치

→ 흐르는 물이 차단벽[언(堰)]을 월류(越流) 할 때의 수위 측정

→ 유량 계산

㉡ 측정이 쉽고, 정확한 결과 얻음

㉢ 적용 : 소하천 또는 수로용

㉣ 유량 Q

$$Q = 1.838 \left(b - \frac{n}{10}h\right)h^{3/2} \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (3.58)$$

- $h$  : 월류(越流) 수심 [m]
- $b$  : 구형언의 폭 [m]
- $n$  : 구형언의 모양에 따라 결정되는 상수

-수위관측법 → 그림 3.53

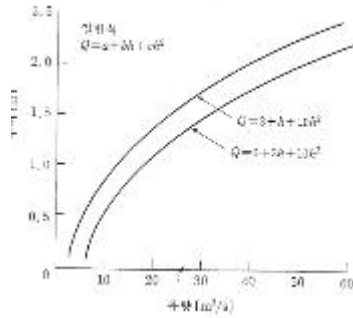


그림 3.53 수위 유량도

㉠ 계산 방법

하천의 유량과 수위와의 사이에는 일정한 관계 있는 것을 이용하여

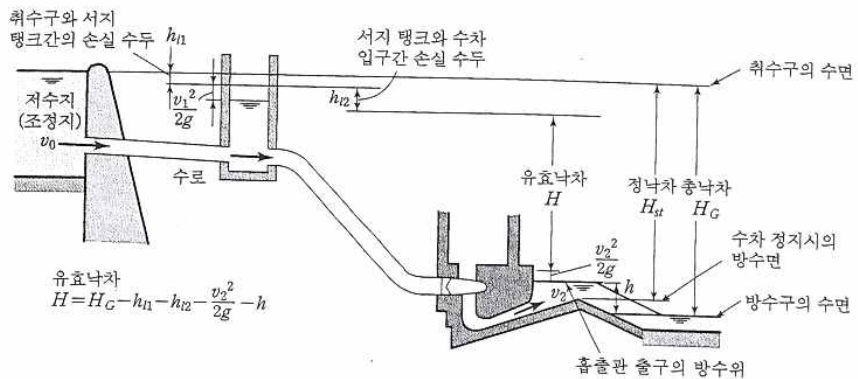
- 측정 지점에서의 수위 유량도를 미리 구해 놓고 양수표로 수위를 측정
- 아래 일반 관계식으로부터 유량  $Q$ 를 쉽게 계산

$$Q = a + bh + ch^2 \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad (3.59)$$

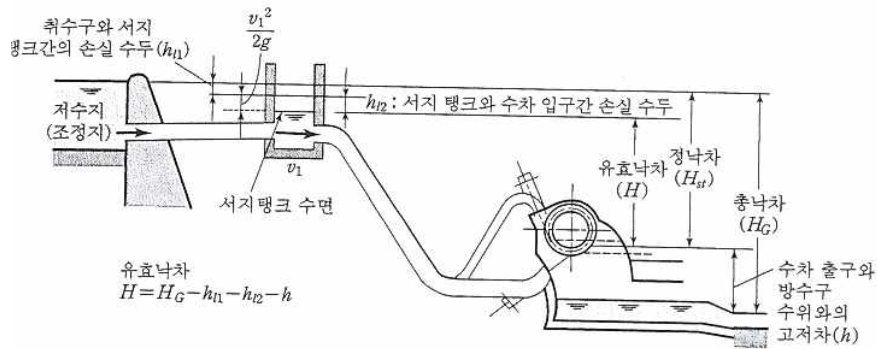
단,  $-h$  : 수위 [m],  $-a, b, c$  : 계수

-낙차(落差)와 손실

- 하천 상류 : 낙차는 쉽게 얻을 수 있지만 유량은 많지 않다
- 하천 하류 : 평탄부에서 유량은 많지만 낙차는 작아지게 된다.
- 같은 출력의 수차인 경우
  - 낙차가 높은 편 : 기계가 작아지고 공사비도 싸다.
- 발전소 건설 지점
  - 발전소의 용량, 운반비, 기타의 조건 등을 고려하여 종합적으로 검토해서 결정
- 낙차의 정의 → 그림 3.54



(a) Reaction turbine(반동 수차)



(b) Impulse turbine(충동 수차)

그림 3.54 각종 낙차의 설명도

-총 낙차(Gross head)

수로의 취수구 수면과 방수구 수면과의 위치 수두의 차

-정 낙차(Static head)

발전기의 수차 전부가 정지하였을 때 상수조 수면과 방수위 수면과의 위치 수두의 차

-유효 낙차  $H$  (Effective head) : 운전 중인 수차에 작용하는 전(全) 수두

$$H = H_o - H_l$$

여기서, -  $H_o$ : 총 낙차 [m]      -  $H_l$ : 손실 낙차 [m]

#### 4. 수력설비(水力 設備)

-수력설비의 개요

- 유량과 낙차의 손실이 가능한 한 적게 되도록 건설
- 기능에 따른 분류 → 그림 3.55

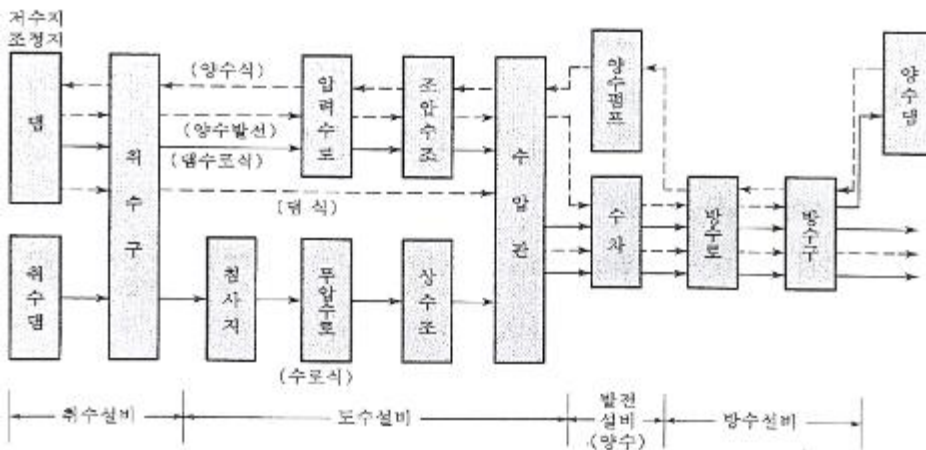


그림 3.55 수력설비의 구성도

■ 취수(取水: Intake) 설비

-취수 댐(Intake Dam) : 하천 흐름에 거의 직각 방향으로 물을 막아주는 설비

-취수구(Intake) : 취수댐 바로 상류의 하안(河岸)에 물을 취수하는 설비

-조정지나 저수지로부터 취수할 경우 ➡ 침사지를 설치하지 않음

↳ 조정지나 저수지가 침사지 역할을 겸하기 때문

■도수(導水) 설비

-침사지(Sand basin) : 流水 중의 토사(土砂:흙과 모래)를 침전, 취수구 가까이에 설치

-상수조

여수로(spill way)를 설치 → 갑자기 부하가 줄어서 → 수위가 규정치를 넘었을 때

→ 잉여수를 하천에 방류

①댐식 발전소 : 저수지가 상수조 역할을 하게 되므로 상수조를 설치하지 않음

-도수로(=수로:Head race) : 취수구 바로 뒤부터 상수조 입구까지

①압력 수로 : 수로 전체에 압력이 걸림 ➡ 조압 수조(Surge tank) 사용

②무압 수로 : 대기와 접하고 있는 자연유하식 ➡ 상수조 사용

■발전(發電) 설비

-수차(Turbine) : 위치 에너지 → 기계 에너지

-발전기(Generator) : 기계 에너지 → 전기 에너지

-양수 pump : 양수식 발전소

■방수(放水) 설비

-방수로(Tail Race) : 전기 에너지를 발생 → 물을 다시 하천에 방류

■위의 설비들은 지형에 알맞게 설계하고, 각 설비를 잘 조합 시켜

➡ 그 지점이 갖는 수력을 가장 유효하게 활용할 수 있도록 계획

-발전용 댐

■댐 축조 중요한 주의 사항

■설계 : 홍수, 기타 외력에 견디도록 안전하게

■댐 형식 : 지형 및 지질을 고려해서 가장 경제적인 것을 선정

■수몰 피해 최소화

배수(Back water) : 댐 상류측 수위가 올라가게 됨으로써 수몰되는 현상

■홍수 시 ➡ 최대 유량을 안전하게 방류 ➡ 발전 설비, 하류의 모든 시설물을 안전하게 유지

■사용 목적에 따른 분류

■취수 댐

-목적 :수로식 발전소에서 취수

-댐 높이 : 낮은 편임

■저수 댐

-목적 : - 상류측 수위를 높여서 낙차 얻음, - 水量 조절

-대규모의 높은 댐임

-조정 능력의 크기에 따라 : 조정지와 저수지로 분류됨

■사용 재료에 따른 분류

■Concrete Dam

-재료 : 시멘트, 모래, 자갈을 혼합한 Concrete

-안전도가 높기 때문에 현재 가장 많이 사용

■ 흙 댐(Earth Dam)

- 재료 : 모래, 자갈, 점토를 혼합 → 현지에서 재료가 조달될 경우 경제적
- 설계 : 상류, 하류 양면의 경사를 완만하게 해서 안정 유지
- 중력 댐

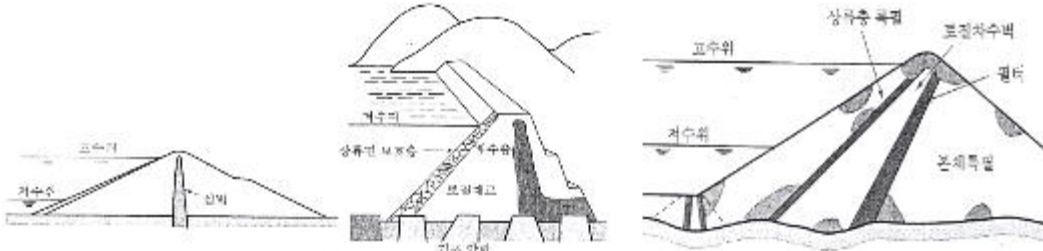


그림 3.56 흙댐 그림

3.57 암석댐

■ 암석 댐(Rockfill Dam)

- 재료 : 암석 → 현지에서 재료가 조달될 경우 경제적
- 흙 댐에 비하여 댐을 높게 할 수 있음
- 흙 댐에 비하여 안전도가 높지만 자체 중량이 크기 때문에 기초를 튼튼히 할 필요가 있음
- 중력 댐

■ 역학적 구조에 따른 분류

■ 중력 댐(Gravity Dam)

- 현재 가장 널리 사용됨
- 둑 본체의 자체 중량으로 외력에 대하여 안정도를 유지
- 설치장소 : 암반 ← 큰 압력이 기초에 걸리기 때문
- 재료 : 주로 콘크리트 댐(그림3.58), 이외 흙 댐(그림3.56), 암석 댐(그림3.57)

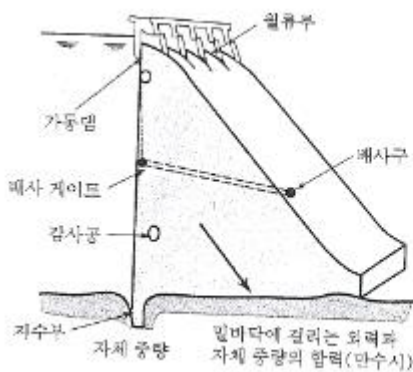


그림3.58 콘크리트 중력댐

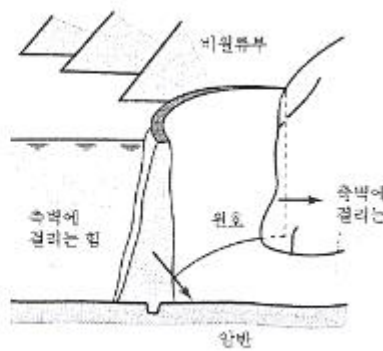


그림3.59 아치댐

■ 아치 댐(Arch Dam)

- concrete로 축조
- 댐 수평방향의 아치 작용에 의해서 수압 지지 → 양벽 암반으로 안정 유지  
↳ 기초 및 양쪽 벽은 튼튼한 암반으로 해야 됨

-담 두께 : 중력 댐에 비하여 가늘어도 됨 → 콘크리트 소요량을 상당히 줄일 수 있음

■ 중공 댐 = 부벽 댐(Buttress Dam)

-표면 차수판을 부벽(수직벽 : 철근 콘크리트)으로 지지

↳ 경사를 완만하게 하여 수압의 수직분력이 작용

-중공부(댐 내부의 일부 공간 비움) 있음 → 콘크리트 수화열의 방산이 용이

↳ 콘크리트 소요량을 60~70% 절약

-너무 높은 댐에는 적합하지 않음

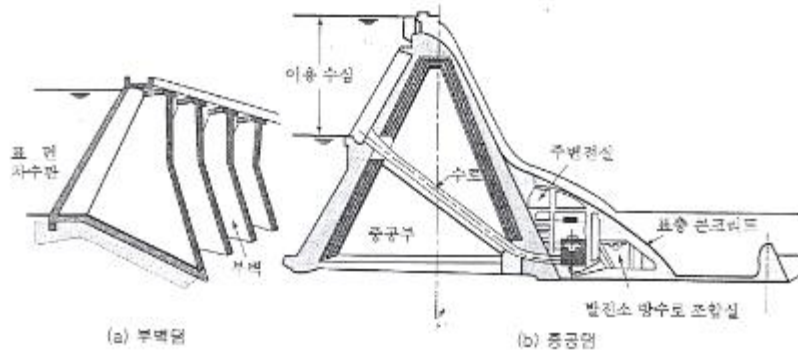


그림 3.60 중공(부벽) 댐

-가동(可動) 댐

■ 역할

■ 갈수 : 가동댐 폐쇄 → 댐 상류측의 수위를 높여 → 취수 용이

■ 홍수 : 가동댐 열음 → ① 수위가 지나치게 올라가는 것을 방지

② 댐 상류측에 퇴적된 토사를 제거

■ 설치 장소 : 고정 댐 상부

■ 가동 댐에 사용되는 수문(Gate)의 종류

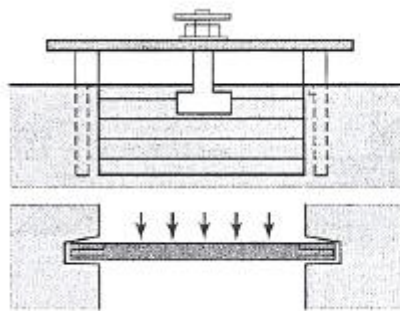


그림 3.61 슬루스 게이트

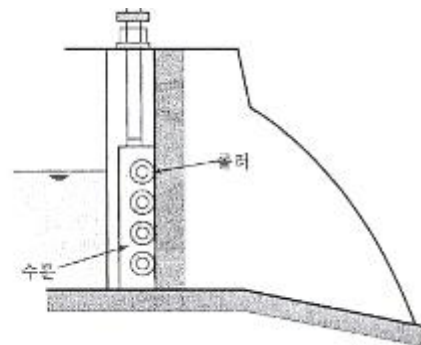


그림 3.62 롤러게이트

■ Sluice Gate → 그림 3.61

-소규모 댐에 사용

-수문 상하 개·폐 : 사각나사 Handle의 상하 운동

■ Roller Gate → 그림 3.62



- 문틀과 문의 접촉부분의 마찰저항을 감소시키기 위해 → Roller 사용
- 수문 상하 개폐 : 보통 Wire Rope와 권상기

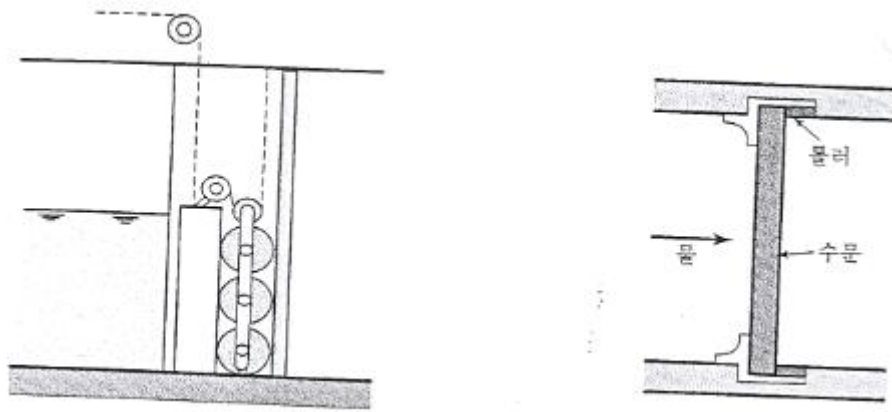


그림 3.63 스톤니 게이트

■ Stoney Gate → 그림 3.63

- 문틀과 문의 접촉부분의 마찰저항을 감소시키기 위해 → 사다리형 Roller 사용
- 대형 수문용 : 큰 수압을 받는 조정지의 취수구 등에 사용

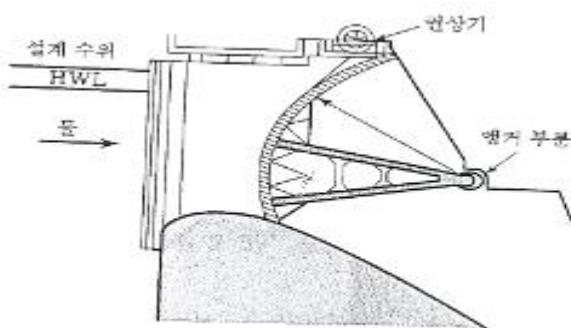


그림 3.64 테인터 게이트

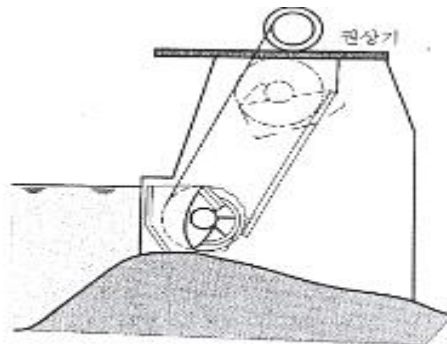


그림 3.65 롤링 게이트

■ Tainter Gate → 그림 3.64

- 차수판 : 호(원통면의 일부)로 되어 있음
- 수문 개폐 : Anchor를 중심으로 회전

■ Rolling Gate → 그림 3.65

- 수문 개폐 : 강철제 원통형 게이트 회전
- 구조가 견고 流木에도 견딤 → 취수댐에 많이 사용

-수로(Head Race)

- 정의 : 취수구 바로 뒤부터 상수조 입구까지
- 구성

Tunnel, 개거[open channel(conduit)], 암거(지하 수로:culvert), 역 사이펀(inverted siphon), 수로

교(aqueduct bridge) 또는 수로관(conduit pipe)

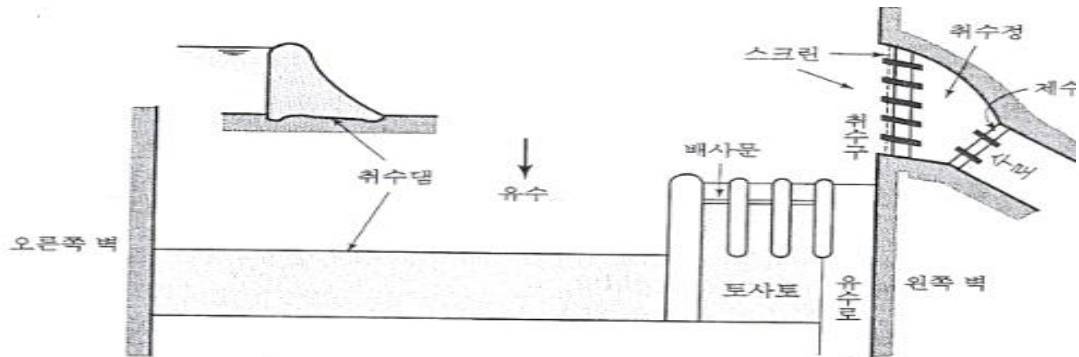


그림 3.66 수로식 발전소의 취수구

■ 취수구(intake)

-하천의 물을 발전소로 유도하기 위한 수로의 유입구

-구성

- ① 제수(劑水) 및 도수 설비
- ② 유지 설비(토사 유입 방지 및 부유물 제거 장치)
- ③ 배수(back water)

댐이 축조되면 상류 수위

↳ 본래의 하천 수위보다 상승되어 → 댐의 전수면 수위까지 상류로 퍼지는 현상

① 배수 거리 : 배수가 영향을 미치는 거리

② 배수 곡선 : 배수면이 만드는 종단 곡선 → 댐 높이 결정할 때 상세하게 검토

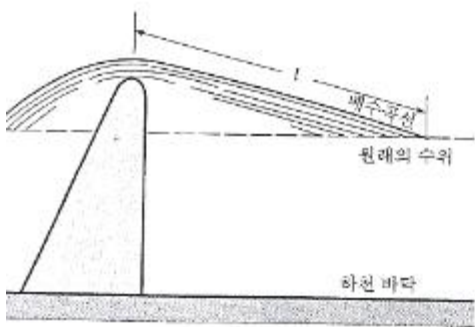


그림 3.67 배수곡선의 개념도

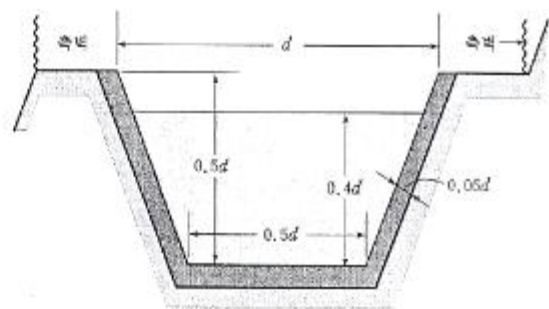


그림 3.68 개거의 일례

■ 침사지(Settling basin)

-기능

취수구 부근에 수로보다 넓은 못을 조성 → 유속을 작게 → 유입되는 물속의 작은 土砂 침전

-설치 장소

- ① 취수구 부근 : 보통

㉠수로 도중 : 지형에 따라

■ 개거[open channel(conduit)] → 그림 3·68

- 수로의 일종으로써 지표면을 사다리꼴 또는 직사각형의 단면으로 굴착
  - 안쪽 면을 콘크리트 또는 돌로 만들
- 단위 길이 당의 공사비가 싸다.
- 공사 기간 짧음
- 터널처럼 산을 직선적으로 통과할 수 없기 때문에 → 수로가 길어지고 손실 낙차도 커짐
- 토사, 낙엽 등이 혼입되게 때문에 → 보통 소규모에 사용

■ 암거(지하 수로:culvert) → 그림 3·69

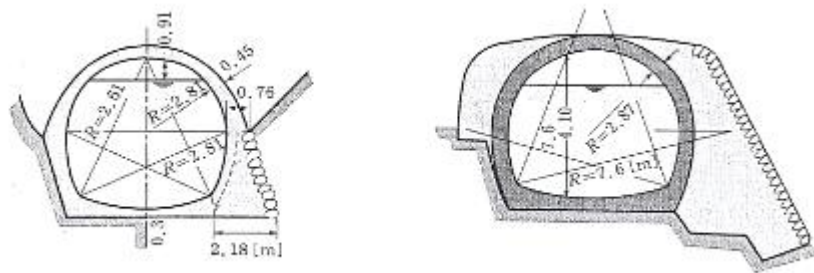


그림 3.69 암거의 일례

지표면을 굴착해서 시공한 후 뚜껑을 입혀서 다시 묻어 주는 것

↳ 토사, 눈에 덮일 염려가 없기 때문에 → 보수 용이

■ Tunnel → 그림 3·69

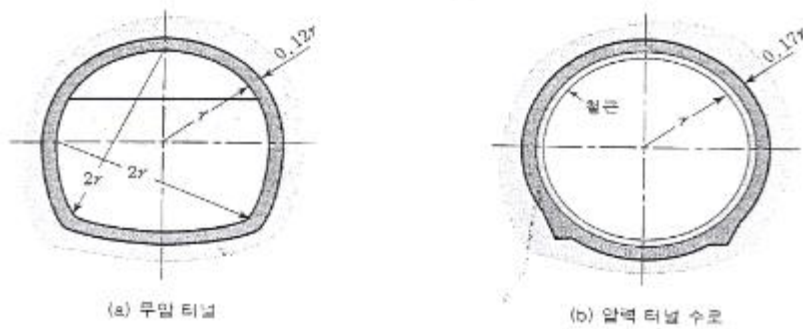


그림 3.69 터널

- 철근 concrete로 축조되는 중요한 발전용 수로의 대부분 차지 → 최근
- 토목 기술의 진보 → 대규모의 것도 단시일에 완성
- 다른 수로에 비해 단위 길이 당 건설비가 비싸다.
- 내부 점검 및 감시가 불편
- 수로 길이를 가장 짧게 할 수 있음
  - ↳ 장점 ㉠ 손실 낙차가 적다.

- ㉞외부로부터의 손상에 대해서 안전
- ㉞토사, 낙엽들이 혼입될 염려가 없음

-무압 tunnel tunnel 상부에 공간을 남겨서 물이 자연 流下함  
-압력 tunnel

㉞단면 내에 물이 충전 → 단면 상부까지 압력이 걸림

㉞경사 자체가 손실 낙차로 되지 않기 때문에 1/300~1/400 정도의 큰 경사를 취할 수 있음

■수로교(水路橋, aqueduct bridge) 및 역 사이펀(inverted siphon)

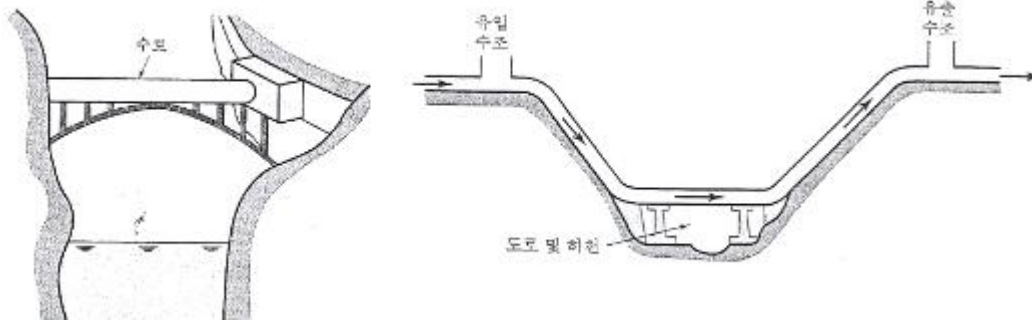


그림 3.70 수로교의 일례 그림

3.71 역사이펀의 일례

-수로교 → 그림 3.70

깊은 계곡이나 하천이 있을 경우 → 이들을 가로 질러서 수로를 끌어가는 것

-역 사이펀(inverted siphon) → 그림 3.71

계곡이나 하천을 횡단하는 데 수로가 길어지거나 높은 곳일 경우

→ 그 부분을 낮추어서 압력 수로로 한 것

■수로관(水路管, conduit pipe)

- 유량이 크지 않은 수로에 사용
- 재질 : 목재, 강철관, 철근 콘크리트 등
- 지중에 매설되거나 받침대로 지지

-수조(水操, tank)

■설치 장소 : 도수로와 수압 철관의 접속부

■분류

■상수조(上水槽, head tank)

-무압 수로와 수압관을 연결하는 접속부에 설치되는 못

-기능

㉞유하 토사의 최종적인 침전

(유수의 정화)

㉞부하가 갑자기 변화하였을 때 유량의 과부족을 조정

→ 조정 용량(보통 최대 사용 수량의 1~2분 정도 필요)

-그림 3.72

㉞부속 설비 :

토사 배출구, 제(劑)수문, 부유물 제거용 스크린

여수 배출구(부하 경감시 생기는 여수(餘水)를 배출)

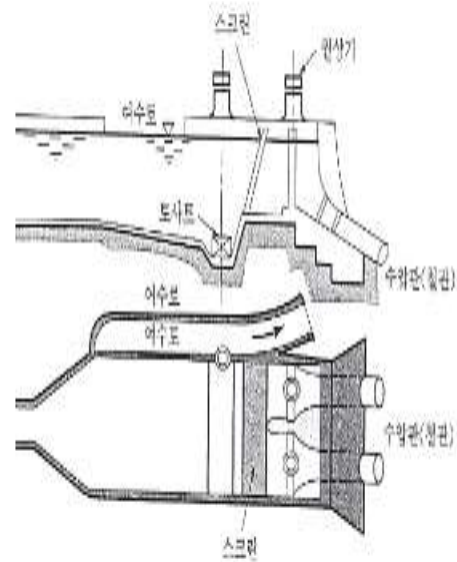
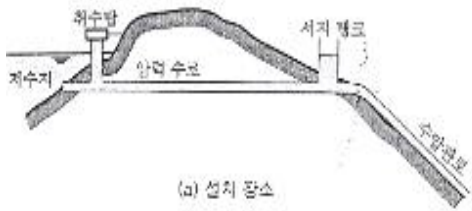
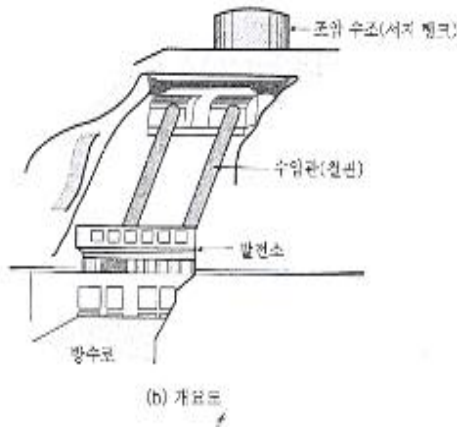


그림 3.72 상수조

■ 조압 수조(調壓水槽, surge tank) ➡ 그림 3.73



(a) 설치 장소



(b) 개요도

그림 3.73 서지 탱크

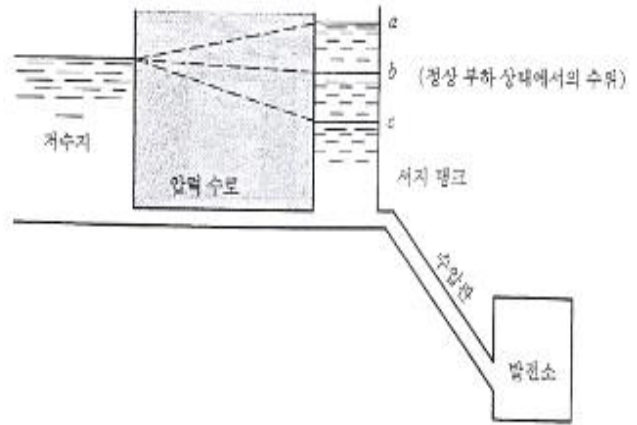


그림 3.74 조압수조의 기능

-압력 수로와 수압관을 접속하는 장소에 자유수면을 가진 수조  
-기능

- ① 수격 작용(water hammering) 흡수
  - ➡ 부하가 급격하게 변화하였을 때 생김
- ② 서징(surging) 작용 흡수
  - ➡ 수차의 사용 유량 변동 때문에 발생

-그림 3.74

- ① 갑자기 부하가 차단 ➡ 수차로 유입이 정지 ➡ 조압 수조 내의 수위가 상승하여 a 로 됨
  - ↳ 조압 수조의 수위가 저수지 수위보다 더 높아짐
    - ➡ 물은 압력 수로를 역류해서 수위 c 에서 정지하면
    - ↳ 저수지 수위가 조압 수조의 수위보다 더 높아짐
      - ➡ 물은 저수지에서 조압 수조로 흐름 ➡ 이런 현상 되풀이
      - ➡ 수로 내의 마찰손실에 의하여 최종적 평형 수위 b
- ② 갑자기 부하가 급증 : 갑자기 부하를 차단하는 경우와 같은 현상 발생

-서징(surging) 작용 ➡ 그림 3.75

급격한 부하 증감에 따라 조압 수조 내의 수위가 시간과 더불어 상하 진동하는 현상  
(➡ 그림 3.74에서 설명한 것처럼)

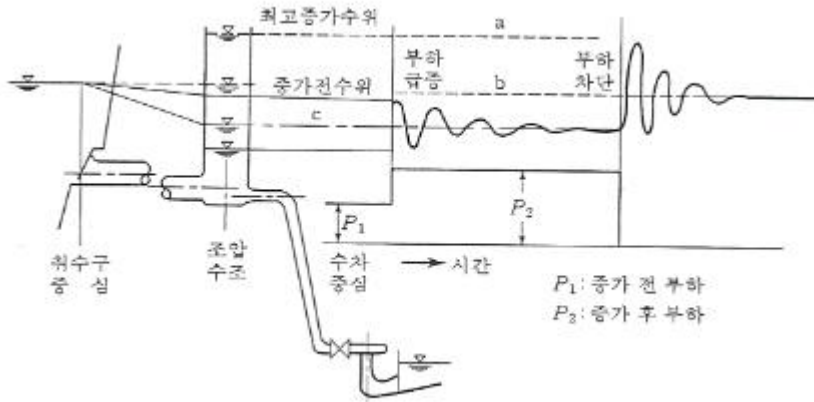


그림 3.75 조압수조의 서징 작용

-조압 수조 분류 → 그림 3·76

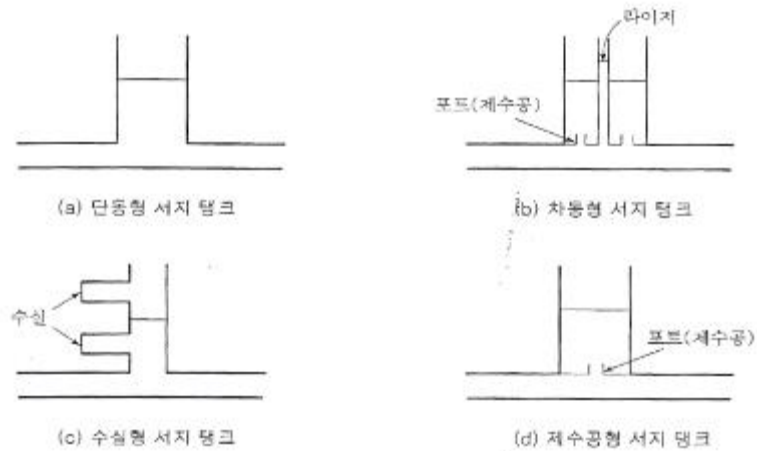


그림 3.76 서지 탱크의 각종 형식 예

㉠ 단동(單動) 서지 탱크(simple surge tank)

㉠ 수조와 수로를 연결만 해준 가장 간단한 구조

㉡ 큰 용량의 수조 필요

↳ 부하 변동시 → 수면의 승강(乘降:Up-Down)이 완만하여(다른 형식의 것에 비하여)  
 → 수로의 유속변화에 대한 움직임이 둔하기 때문

㉢ 발전소 운전이 안정

↳ 수격 작용 흡수가 확실, 수면의 승강이 완만하기 때문에

㉡ 차동(差動) 서지 탱크(differential surge tank)

㉠ 구조 : 복잡

수조 내부에 수로 단면적의 70~100[%]을 갖는 라이저(riser)를 세워 수로를 직결함과 동시에 수조와 수로를 제수공(制水孔:Port)으로 연결

㉡ 수로 내 유수의 속도가 신속하게 부하 변동에 적응

↳ 부하 급증 → 라이저 내의 수위가 재빨리 운동하여 승강하기 때문

- ㉔ 수량의 과부족은 port를 통해서 보충되고 → 진동은 1~2회 정도에서 평형
- ㉕ 수격 작용 감쇠가 빠름
- ㉖ 수조 용량 : 단동식의 50[%] 정도

㉗ 수실(水室) 서지 탱크(chamber surge tank)

- ㉘ 수실 : 수조의 상·하단에 설치
  - 수량의 과부족 조정
- ㉙ 수조 부분 : 단면적을 작게 → 차동 서지 탱크의 라이저 역할
  - 부하 변동에 의한 서징 작용 억제
- ㉚ 저수지의 이용 수심이 크고 지형에 따라 직립 원통형 수조를 설치할 수 없는 경우
  - 수실 모양을 적당히 맞추어서 시공할 수 있다.

㉛ 제수공(制水孔) 서지 탱크(restricted orifice surge tank)

- ㉜ 수조와 수로를 조그마한 제수공(制水孔, orifice)으로 결합한 것
- ㉝ 부하 변동으로 생긴 수량이 수조에 들어갈 때 제수공에 의해서 마찰 손실이 생기게 함
  - ↳ 손실 수두를 크게 → 수조 용량을 작게 한 것 : 구조가 간단하며 경제적
- ㉞ 수격 작용을 충분히 흡수할 수 없다.

-수압관로 : 수압관을 지지하기 위한 공작물 등을 총칭 → 그림 3.77

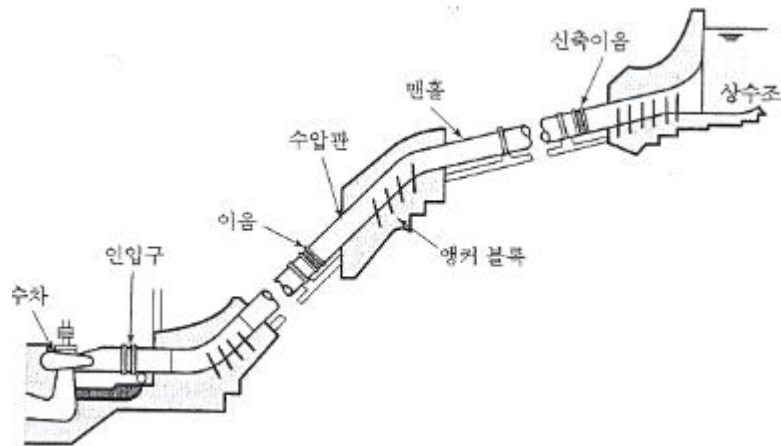


그림 3.77 수압관로 단면도

- 수압관(penstock) : 상수조(또는 조압 수조)와 발전소의 수차 입구에 이르기까지의 도수관
- 수압관 위치 : 상수조(조압 수조)와 발전소와의 위치에 따라 가능한 한 최단 거리
- 수압관 지름 : 건설비나 손실 수두를 고려하여 관내 유속이 3~5[m/s]정도 되도록
- 수압관 수
  - 기본 : 수차 1대에 1관
  - 고낙차 & 수량이 적을 경우 : 수차 2대에 1관
- 수압관 두께  $t$

정수두(靜水頭), 서징 수두, 수격 작용 등의 최대 수압에도 충분히 견딜 수 있도록 결정

$$t = \frac{pD}{2\sigma\eta} + \epsilon \quad [\text{cm}] \quad (3-60)$$

- $D$  : 수압관 직경 [cm],
- $p$  : 최대 수압 [ $\text{kg}_f/\text{cm}^2$ ]
- $\eta$  : 관의 접합 효율을 [%]
- $\epsilon$  : 부식에 대한 여유 두께 [cm]
- $\sigma$  : 강철 재료의 허용 응력도(응장력) [ $\text{kg}_f/\text{cm}^2$ ]

#### -방수로 (放水路, tail race)

- 수차로부터 나오는 물을 하천에 방류하기 위한 수로
- 위치 : 하천의 흐름에 원활하게 합류하게끔 가능한 한 수심이 깊은 장소를 선정
- 방류 방향 : 하천 흐름과 같은 방향
- 방수구(放水口) : 방수로와 하천 본류(本流)가 합류되는 곳

### 3.4 화력발전의 개요

#### 1. 화력발전소의 개요

- 화력발전소 종류
  - 화석 연료의 주성분인 탄소가 연소되면서 열 에너지 발생
    - ➔ 물을 증기로 바꾸고(boiler) : 증기 에너지
      - ➔ Turbine, 발전기(Generator) 회전 : 기계 에너지
      - ➔ 전기 에너지
- 기력 발전소(steam power plant)
  - 연료 : 석탄, 가스, 중유
  - 연료 연소 ➔ 증기 발생(boiler) ➔ Turbine, Generator를 운전
  - 간접적으로 기계 에너지를 전기 에너지로 변환
  - 오늘날 대부분 화력발전소
- 내연력 발전소(internal combustion power plant)
  - 연료를 기관 내에서 연소 ➔ 동력 발생 ➔ 발전기 회전 ➔ 전기 에너지 얻음
  - 설비 간단
  - 운전 용이
- 폐열 이용 발전소(power plant by waste heat)
  - 제철소의 용광로 가스( $650\sim 850[\text{kcal}/\text{Nm}^3]$ ), 코크스 가스( $4,000\sim 4,4500[\text{kcal}/\text{Nm}^3]$ ), 정유 공장의 분해 가스( $10,000[\text{kcal}/\text{Nm}^3]$ ) 등의 잉여 가스 및 남은 여열을 이용
  - 발생가스가 시간적으로 변동할 때는 안정된 전력을 얻을 수 없음
    - ↳ 중유를 보조 연료로 사용하여 발전하는 방식
- 열병합 발전소(co-generation)



- 열과 전력을 공동 boiler에서 발생
- 복수식 발전소의 냉각수가 가져가는 증기 증발열
  - ↳ 공장 작업용 증기 및 가정용 난방으로 사용

■ 2유체식 발전소(binary fluid power plant)

- 수은(높은 온도 작동유체)과 증기(낮은 온도 작동유체)의 2유체 사용
- 열기관에서 증기(작동유체)의 결점을 제거
- 수은을 제 1 유체 → 제 1 turbine으로 초 온도에서 중간 온도까지 일을 시킴
  - ➔ 적당한 장치로 응축시키는 동시에 방출된 증발열
    - ↳ 제 2 유체 물을 가열시켜 증기 발생
    - ➔ 제 2 turbine에서 발전

■ 지열 발전소(natural steam power plant)

- 지중(地中)에서 분출하는 고온의 증기 이용 → 증기 turbine을 운전하여 발전

■ 가스 터빈 발전소(gas turbine power plant)

- 고온, 고압 의 연소 가스 또는 공기가 사용
- 밀폐 사이클(closed cycle) 및 개방 사이클(open cycle)의 gas turbine 등이 있다.
- 기동, 정지가 간단
- 최근에 첨두 부하용으로 많이 사용

■ 용도에 따른 화력발전소 분류

■ 기저 부하 발전소(power plant for base load)

- 연간을 통하여 기저 부하로서 운전하는 발전소
- 대용량 고효율에 중점
- 단 시간의 peak 부하를 담당하는 발전소 → 단시간 출력이 증가되도록 설계
- 연 부하율이 극히 낮기 때문에 발전소 건설비 저렴

■ 보급 발전소

- peak 부하용과 갈수기 보급용이 있음
- 연 부하율이 대단히 낮음 → 운전 융통성, 건설비 및 운전비에 대한 경제성 고려하여 건설

■ 화력발전소의 구성 및 설비 → 그림 3.78

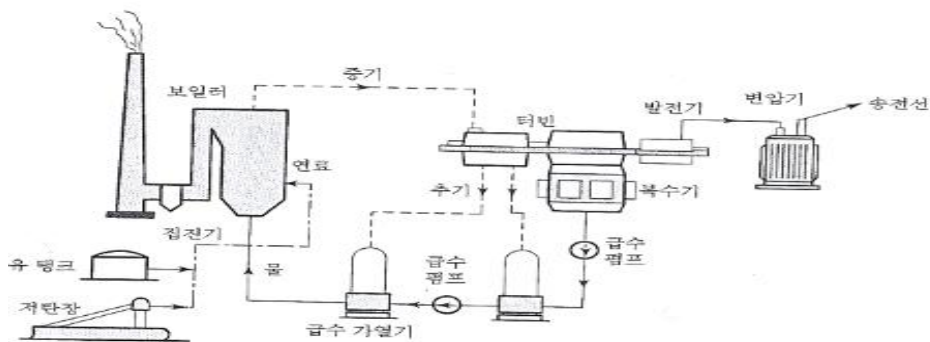


그림 3.78 기력발전소의 주요설비

■ 구성

- 연료 및 연소장치
- Boiler
- Boiler 부속설비
- 통풍 및 집진 장치
- 증기 turbine
- 복수 설비 등

■ 연료 및 연소장치

- 화력발전용의 연료 선택 필요 조건
  - 연료의 용적 또는 중량당의 발열량이 클 것
  - 수송 및 취급이 용이할 것
  - 유향의 함유량이 적을 것
  - 매연 등 기타의 폐기물이 적을 것
  - 발생열량당의 가격이 저렴할 것
  - 축적, 보존 등이 용이할 것
- 고체 연료 : 석탄
- 액체 연료 : 증유, 원유, 나프타
- 가스 연료 : 액화 천연 가스[LNG : Liquefied Natural Gas : 주성분 메탄(CH<sub>4</sub>)]  
액화 석유 가스(LPG : Liquefied Petroleum Gas : 프로판 및 부탄 가스) 등
- 많이 사용되고 있는 연료 : 저유황 증유, 원유 등 액체연료와 LNG 및 석탄
- 연소 장치
  - ㉠ 석탄 연소 장치 : 스토커 연소장치와 미분탄 연소장치(발전용)로 구분
  - ㉡ 액체(증유) 연소 장치
  - ㉢ 가스체(LNG) 연소 장치

■ Boiler

- 액체를 채운 관에 열을 흡수시켜 고온, 고압의 증기를 발생시키는 장치
- 관내에 넣은 작동 유체(액체) : 보통 물 ➡ 수은 등이 사용되는 경우도 있음
- Boiler 구조 : 열 흡수 방법과 관수(Pipe water)의 순환방법에 따라 크게 다름
- 열 흡수율을 높이기 위한 조건
  - ➡ 열의 전도(conduction), 대류(convection) 및 복사(radiation)를 양호
  - 가열 면적을 크게 할 것
  - 연소 가스의 온도를 높일 것
  - 연소 속도와 연소 가스의 유속을 높일 것
  - 가열면의 전열 저항을 감소시킬 것
  - 관수의 순환을 좋게 할 것
- 급수의 순환방법 : 자연 순환식, 강제 순환식, 강제 관류식, 복합 순환식
- 사용 연료에 따른 Boiler 종류
  - 석탄 연소, 증유 연소, 석탄·증유의 혼합 연소, 가스 연소용 boiler
- 사용 압력에 따른 Boiler 종류 : 저 임계압, 초 임계압 boiler

■ Boiler 부속설비

-과열기(super heater)

드림에서 발생한 포화 증기(수분 함유)를 다시 가열하여 → 과열 증기로 만드는 장치

-재열기(reheater) : 재열사이클의 경우, turbine 도중에 증기 추출 → 재열에 이용하는 장치

-급수 가열기(feed water heater)

turbine의 팽창한 증기 일부를 복수기(응축기:condenser)에 보내기 직전에 추출 → boiler 물을 가열하는 장치

-절탄기(economizer)

boiler 본체, 과열기를 통과한 배기가스의 여열 이용 → 보일러에 공급되는 급수를 예열

→ 연소 소비량을 줄이거나 증발량을 증가시키기 위해서 설치하는 여열 회수 장치

-공기예열기(air preheater)

절탄기를 나온 연소 가스의 열을 회수 → 공기 예열 → 이 공기를 화로로 보내어 연소 효율을 높임 → boiler 효율을 높이기 위한 장치

■ 통풍(draft plant) 및 집진장치(precipitator)

-통풍 : 연소에 필요한 공기를 화로에 공급하고, 연소 가스를 곧바로 배출하는 작용

-통풍 장치 : 통풍을 원활하게 하기 위하여 통풍력을 주기 위한 장치

-집진 장치 : 배기가스를 대기환경 규제에 적합하도록 배출하기 위하여 그을음, 분진 등을 분리 포집하는 장치

■ 증기 터빈(steam turbine)

boiler에서 보내온 고온, 고압의 증기가 팽창하여 얻어지는 운동에너지의 일부가 turbine 날개에 작용하여 회전력을 발생시키는 장치

■ 복수 설비(condensing plant)

-증기 turbine 배기실에 직결된 복수기

-turbine의 배기를 → 응축시켜 물로 환원하는 동시에 남은 불응축 가스를 공기 펌프로 흡출하여 터빈의 배압을 진공에 가까운 값에 유지하여 열낙차를 될 수 있는 한 크게 하는 장치이다.

2. 열역학(熱力學)

■ 위(單位)

■ 열량(熱量)의 단위

-1 kcal : 공업 단위

표준기압에서 순수한 물 1[kg]을 14.5[°C]에서 15.5[°C]로 1[°C] 높이는데 소요되는 열량

-1 BTU : 미국, 영국에서 사용

표준기압에서 순수한 물 1 Pound[1b]를 61.5[°F]에서 62.5[°F]로 1[°F]높이는데 소요되는 열량

-1 [BTU] = 0.252 [kcal]

-SI 단위 : 1 J = N·m → 일, 에너지, 열량의 SI 단위임

■ 압력의 단위

-공업 단위 : kgf/m<sup>2</sup>, kgf/cm<sup>2</sup>

- SI 단위 :  $1 \text{ Pa} = \text{N/m}^2$
- 1 [at] =  $1 [\text{kg}_f/\text{cm}^2] = 735.52 [\text{mmHg}]$  (0°C 일 때)
- 절대 압력[ata], 게이지 압력[atg], 대기압[atm] 관계  
 $\text{절대 압력[ata]} = \text{대기압[atm]} + \text{게이지 압력[atg]}$
- 1[atm]=760[mmHg]=1.01325[bar]=1.0332[kg<sub>f</sub>/cm<sup>2</sup>] (0°C 일 때)
- psi(pound per square inch) [lb<sub>f</sub>/inch<sup>2</sup>] : 미국, 영국에서 사용

■ 완전 기체(가스)의 법칙 및 상태변화

■ 완전 기체(가스)의 법칙

-공업적으로 이용되는 기체는 실용상 gas와 증기로 대별한다.

- 공기나 연소가스 등의 실제가스가 극저온이나 극고압이 아닌 범위 → 고온
- 수증기 등이 저압 상태에 있을 때 → 저압

↳ 근사적으로 완전 기체라고 가정

-완전 기체 : Boyle-Charles(Gay-Lussac)의 법칙에 의해서 아래 상태방정식을 고온저압 상태에서 만족하는 이상적인 기체

$$Pv = RT \quad (3.61)$$

- $P$  : 압력 [kg<sub>f</sub>/m<sup>2</sup>]      -  $v = V/m$  : 비체적 [m<sup>3</sup>/kg]
- $R$  : 기체정수  $847.81 [\text{kg}\cdot\text{m}/\text{kmol}\cdot^\circ\text{K}] = 8.31434 [\text{J}/\text{Kmol}\cdot^\circ\text{K}]$
- $T$  : 절대온도 [°K]

다른 표현법

$$PV = NR_u T \rightarrow - V : \text{체적} \quad - N : \text{몰수} \quad - R_u : \text{일반기체상수} (8,315 \text{ J/Kmol}\cdot\text{K})$$

$$PV = mRT \rightarrow - m : \text{기체 질량} \quad - R = R_u/MW : \text{특정기체상수} \quad - MW : \text{분자량} (\text{Kg/Kmol})$$

$$P = \rho RT \rightarrow - \rho = m/V : \text{밀도}$$

■ 완전 기체(가스)의 상태 변화 → 보통 가역 변화로 간주함

-등온 변화 : 일정 온도하에서 팽창 혹은 수축 변화

$$Pv = \text{constant} (\text{정수}) \rightarrow \text{Boyle 법칙}$$

-등압 변화 : 일정 압력하에서 팽창 혹은 수축 변화

$$\frac{T}{v} = \text{constant} (\text{정수}) \rightarrow \text{Charles(Gay-Lussac) 법칙}$$

-등적 변화 : 일정 체적하에서 팽창 혹은 수축 변화

$$\frac{P}{T} = \text{constant} (\text{정수})$$

-가역 단열 변화 : 외부와 열 교환이 없이 팽창 혹은 수축 변화

$$Pv^k = \text{constant} (\text{정수}) \quad k = \frac{C_p}{C_v} > 1$$

$k$  : 비열비,       $C_p$  : 정압 비열       $C_v$  : 정적 비열

-폴리트로프(polytropic) 변화

$PV^n = \text{정수로 나타내는 변화로써 공업열역학 상으로 일어나는 일반적인 변화}$

$$PV^n = \text{constant (정수)} \quad 0 < n < \infty$$

- ㉠  $n = 0 \rightarrow$  등압변화 :  $PV^0 = \text{constant (정수)} \quad P = \text{constant (정수)}$
- ㉡  $n = 1 \rightarrow$  등온변화 :  $PV = \text{constant (정수)}$
- ㉢  $n = k \rightarrow$  단열변화 :  $PV^k = \text{constant (정수)}$
- ㉣  $n = \infty \rightarrow$  등적변화 :  $PV^\infty = \text{constant (정수)}$   
 $\hookrightarrow P^{1/\infty}V = \text{정수} \rightarrow V = \text{정수}$

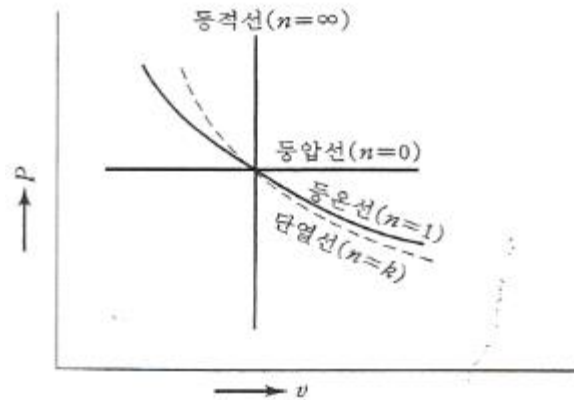


그림 3.78 상태변화곡선

### -열역학 제 1 법칙

- 열은 에너지 형태이고, 일을 열로 변화시키는 것과 열을 일로 변화시키는 것도 가능
- 에너지 보존 법칙이다.

$$W = JQ \quad Q = AW \quad (3.6 \blacksquare)$$

$J$  : 열의 일당량 = 427 [ $\text{kg}_f \cdot \text{m}/\text{kcal}$ ]  $\rightarrow 1 \text{ kcal} = 426.79 \text{ kg}_f \cdot \text{m}$

$A$  : 일의 열당량 = 1/427 [ $\text{kcal}/\text{kg}_f \cdot \text{m}$ ]

- 1 cal = 0.42679 x 9.8[J]  $\approx$  4.18605 J
- 1 kcal =  $\frac{1}{860}$  kWh  $\rightarrow 1 \text{ kWh} = 860 \text{ kcal}$
- 내부 에너지 : 운동 에너지와 위치 에너지와 차

$\hookrightarrow$  ㉠ 정지되어 있는 물체에서 운동 에너지 : 0

-열적상태변화 전후의 위치 에너지 변화 : 보통 무시

$\hookrightarrow \therefore$  열현상을 취급할 때는 주로 내부에너지가 대하여 고려됨

-열을 물질에 공급할 때

$\hookrightarrow$  물질이 상태 변화(고체 $\rightarrow$ 액체, 액체 $\rightarrow$ 기체)를 하지 않을 경우에는

$\hookrightarrow$  원자의 열적 운동 에너지가 증가

$\therefore$  물질 경계를 통해서 가해지는 에너지 차를 측정하여 내부 에너지 변화를 알 수가 있음

-현열(sensible heat)



■ Enthalpy

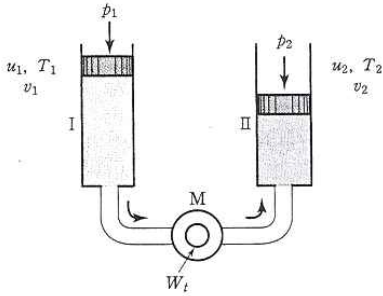


그림 3·80 연속적으로 하는 일

▷ 동작 물질(유체)

$P_1, T_1$  상태에서  $\rightarrow$  M을 통과 :  $W_t$  일  $\rightarrow P_2, T_2$  상태로 변화

▷ 가정(assumption)

- ① 압력  $P_1, P_2$  : 마찰 없는 하중 piston에 의해 일정하게 유지
- ② 시스템 : 외부와 열 절연  $\rightarrow dQ = 0$

■ 열역학 제 1 법칙(식3.67)은 다음과 같이 쓸 수 있다.

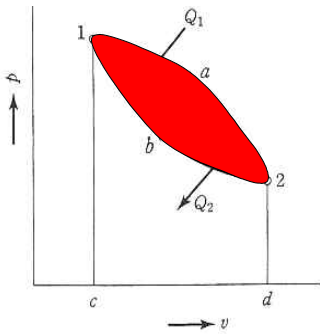


그림 3·81 사이클에 있어서의 열과 일의 관계

$$dQ = du + APdv + AW_t$$

$$\rightarrow 0 = du + APdv + AW_t$$

$$0 = (u_2 - u_1) + A(P_2v_2 - P_1v_1) + AW_t$$

$$AW_t = (u_1 + AP_1v_1) - (u_2 - AP_2v_2) = h_1 - h_2$$

$$\therefore \text{Enthalpy} : h = u + APv \quad (3.70)$$

식 (3.70)을 미분하면

$$dh = du + A(Pdv + vdP)$$

식 (3.70-1)을 식 (3.67)에 대입하여 정리하면 (3.70)

$$dQ = dh - AvdP$$

-Cycle

■ Cycle 정의

유체가 여러 가지의 연속적 상태변화를 받아서 출발했을 때의 본래 상태로 다시 돌아가는 연속적 변화의 과정

■ Cycle에서 열과 일의 관계

-일  $W$

$$W = \text{팽창 외부일} - \text{압축일}$$

$$= \text{면적 } 1a2dc - \text{면적 } 2b1cd = \text{면적 } 1a2b1(\text{빨간색})$$

$$= \int Pdv$$

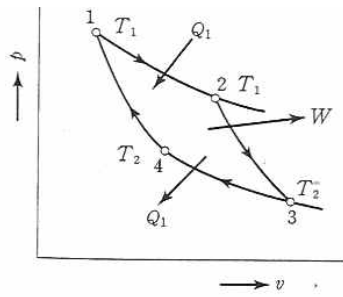
② 일과 열의 관계 : 열역학 제1법칙(에너지 보존법칙)

$$AW = Q_1 - Q_2 \quad (3.86)$$

③ 열효율  $\eta$

$$\eta = \frac{AW}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} = 1 - \frac{Q_2}{Q_1} \quad (3.87)$$

■ Carnot cycle



- ① 1 → 2 : 등온 팽창 →  $Q_1$  열량 얻음
- ② 2 → 3 : 단열 팽창 →  $T_1$ 에서  $T_2$ 로 하강
- ③ 3 → 4 : 등온 압축 →  $Q_2$  열량 방출
- ④ 4 → 1 : 단열 압축 →  $T_2$ 에서  $T_1$ 으로 상승

그림 3·82 카르노 사이클

### 3. 증기 성질

-등압 증발과정 → 그림 3.83

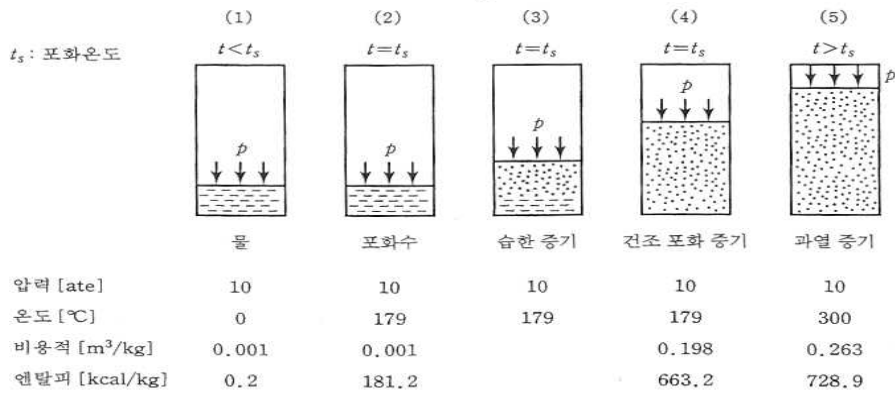


그림 3·83 등압증기발생 중의 상태변화

- 실린더 내에 0°C의 물 1[kg]을 넣어 가동 피스톤에 일정 압력 10[ata]으로 가열
- 물 온도가 상승하여 포화 온도(179°C)에 달하면 → 증발 시작 → 급히 체적 증가
- 물 전부가 증발하기까지는 어떠한 열을 가해도 그 온도는 일정
- 발생한 증기를 다시 가열하면 온도는 다시 상승 → 과열 상태로 됨
- 습증기 : 액체가 혼입되어 있는 증기
- 건포화증기 : 전부 건조상태로 된 증기
- 과열증기 : 건포화증기를 다시 가열한 상태의 증기
- 증발과정 P-V 선도 → 그림3.84

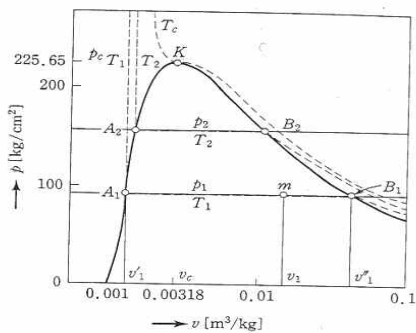


그림 3·84 증발과정에 대한 p-v 선도



- A<sub>1</sub> : 압력 P<sub>1</sub>에서 포화온도의 물 상태점
- A<sub>2</sub> : 압력 P<sub>1</sub>보다 높은 압력(P<sub>2</sub>)에서 포화온도의 물 상태점
  - ➔ 압력 P<sub>1</sub>보다 포화액체 체적 : 증가
- A<sub>1</sub> - A<sub>2</sub> : 포화 액체 (체적)선
- B<sub>1</sub> : 압력 P<sub>1</sub>에서 건포화 상태점
- B<sub>2</sub> : 압력 P<sub>2</sub>에서 건포화 상태점
- B<sub>1</sub> - B<sub>2</sub> : 건 포화 증기 (체적)선
- 압력 P<sub>1</sub>보다 높은 압력(P<sub>2</sub>)에서 증발시키면
  - ↳ ㉠ 증발 온도 : 상승    ㉡ 포화액체 체적(A<sub>2</sub>) : 증가    ㉢ 건포화 증기 체적(B<sub>2</sub>) : 감소

- 임계점 : K
  - ㉠임계 온도 : 374.15℃
  - ㉡임계 압력 : 225.65[kg/cm<sup>2</sup>]    ㉢ 비체적 : 0.00318[m<sup>3</sup>/kg]
  - ㉣엔탈피 : 505.6[kcal/kg]    ㉤ 엔트로피 1.0642[kcal/kg°K]
  - ㉥A<sub>1</sub> - A<sub>2</sub> - K 선 좌측 : 액상수
  - ㉦A<sub>1</sub> - A<sub>2</sub> - K - B<sub>1</sub> - B<sub>2</sub> 곡선 아래 부분 : 습증기
  - ㉧K - B<sub>1</sub> - B<sub>2</sub> 선 우측 : 과열 증기
  - ㉨임계 압력 이상에서 임계점에 도달한 물은 체적 변화없이 ➔ 증발과정을 거치지 않고 증기로 변함
  - ㉩습증기 건도 x
  - ㉪ 습증기 1[kg] 중에 포화된 건포화 증기량으로 표시한다.

$$x = \frac{1[\text{kg}] \text{ 습증기안에포함되는건포화증기량}}{\text{습증기}1[\text{kg}]} \quad (3.92)$$

- ㉫건도 : 0 ~ 1
- ㉬습도 = 1 - x

### 3. 기력 발전소의 열 Cycle

- steam turbine을 원동기로 사용하는 기력 발전소
  - boiler furnace(노)내에서 연료 연소 과정 : 고 열원
  - condenser(복수기=응축기) : 저 열원
- Carnot cycle
  - 가역 Carnot cycle : 열기관 중 가장 이상적인 cycle
  - T-S 선도

- ㉠ 1-2-3-4 : 건포화 증기를 이용한 경우의 Carnot cycle
- ㉡ 1'-2'-3-4 : 과열 증기를 이용한 경우의 Carnot cycle

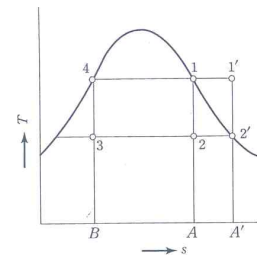


그림 3·85 카르노 사이클의 T-s 선도

-랭킨 사이클(Rankine cycle)

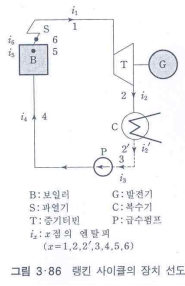


그림 3-86 랭킨 사이클의 장치 선도

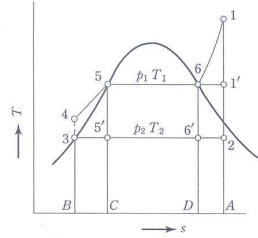
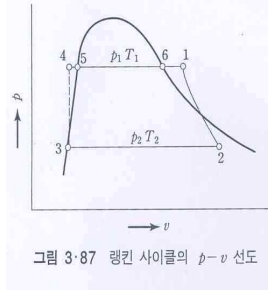


그림 3-88 랭킨 사이클의 T-s 선도

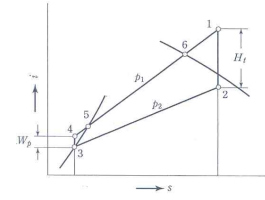


그림 3-89 랭킨 사이클의 Mollier 선도

■ 그림 3.86

- Boiler : 등온, 등압에 의한 증발
- Super heat(과열기) : 열을 공급함
- Steam turbine : 단열 팽창 → 기계적 일
- Condenser(복수기=응축기) : 등온, 등압으로 전부 복수[포화상태의 물(액체)] → 저 열원
- ⑤ Pump : 단열 압축

■ 각 선도 과정

- 1→2 : 과열증기의 터빈 내에 있어서의 단열 팽창 과정
- 2→3 : Condenser 내 증기의 복수과정(열손실이 가장 많음) → 방열량 : T-s 선도의 면적(A23B)
- 3→4 : 급수 펌프 내에서 복수기압력  $P_2$ 부터 보일러압력  $P_1$ 까지 상승하는 단열압축 과정
- 4→5 : Boiler 내에 있어서 등압  $P_1$ 하에서 포화온도까지의 가열과정  
 → 수열량(계에 공급되는 열량) : T-s 선도의 면적(B45C)
- 5→6 : Boiler 내의 등압 가열과정 → 수열량 : T-s 선도의 면적(C56D)
- 6→1 : Super heat 내에서의 등압 가열과정 → 수열량 : T-s 선도의 면적(D61A)

■ 랭킨 사이클의 이론 열효율  $\eta_{Rankine}$

T-s 선도에 있어서

- $Q_1$  = 보일러 및 과열기 내의 수열량(계에 공급되는 열량)  
 $= h_1 - h_4 =$  면적(B4561A)  
 $= h_1 - h_3 - AW_P = h_1 - h_2' - AW_P$
- $Q_2$  = 복수기 내의 방열량  $= h_2 - h_3 = h_2 - h_2' =$  면적(A23B)
- $AW =$  유효일  $= Q_1 - Q_2 = (h_1 - h_2) - (h_4 - h_2') = H_t - AW_P =$  면적(1234561)
- $H_t = h_1 - h_2 =$  단열 열강하
- $AW_P = h_4 - h_2' =$  급수펌프 일

$$\therefore \eta_{Rankine} = \frac{AW}{Q_1} = \frac{(h_1 - h_2) - (h_4 - h_2')}{(h_1 - h_2) - AW_P} = \frac{H_t - AW_P}{(h_1 - h_2) - AW_P}$$

■ 증기의 초 압력이 입계 압력(225.65[at])을 넘을 경우의 랭킨 사이클 T-s 선도 → 그림3.90

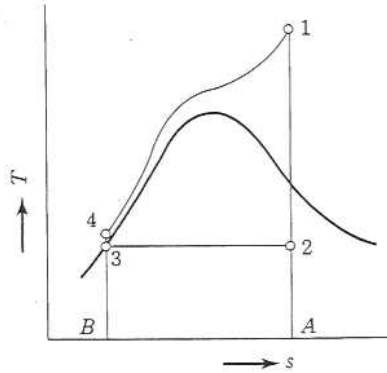


그림 3·90 초임계압력 랭킨 사이클의 T-s 선도

- Boiler : 등온에 의한 증발이 없음
  - Boiler 압력이 높을 때
    - 급수펌프 일  $AW_P$ 의 단열 열강하  $H_t$ 에 대한 비율은 대단히 크다
  - $p_1$ 과  $p_2$ 의 압력차가 너무 크게 되면
    - 급수펌프 일  $AW_P$ 의 단열 열강하  $H_t$ 에 대한 비율은 대단히 적다
- ↳ ∴ 급수펌프 일  $AW_P$  : 생략 가능

$$\therefore \eta_{Ran} = \frac{AW}{Q_1} = \frac{H_t}{h_1 - h_2}$$

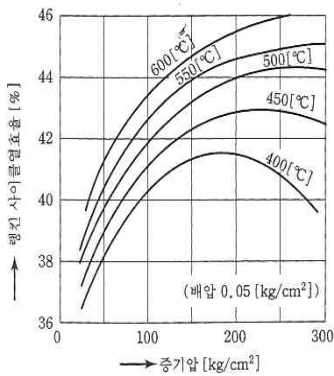


그림 3·91 랭킨 사이클 열효율에 미치는 증기초압 및 온도의 영향

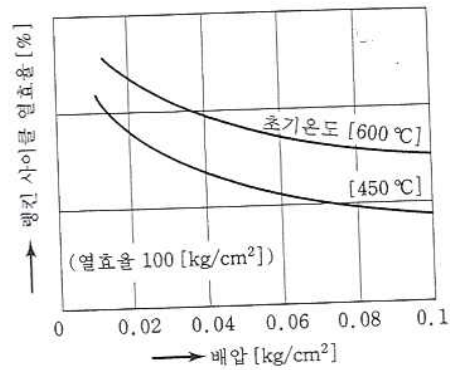
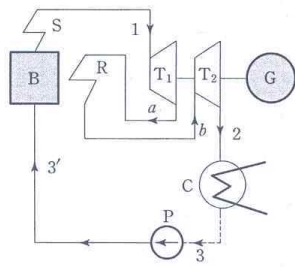


그림 3·92 랭킨 사이클 열효율에 미치는 배압의 영향

- 랭킨 사이클의 효율에 미치는 증기의 초기 압력 영향 → 그림3.91
  - 증기 초기 온도와 배압 일정 → 온도가 높은 경우 : 압력이 증가하면 효율은 증가
- 랭킨 사이클의 효율에 미치는 증기의 초기 온도 영향 → 그림3.91
  - 초기 압력일 일정한 경우 : 초기 온도가 증가하면 효율은 증가
- 랭킨 사이클의 효율에 미치는 배압 영향 → 그림3.92
  - 배압을 낮게 할수록(복수기 진공도 높임) 효율은 증가
  - 압을 너무 낮게 하면 → 비용적이 크게 되며 온도가 증가 → 대체로 배압은 약 0.05 kg/cm<sup>2</sup>
- 재열 사이클(Reheating cycle)



R: 재열기, T<sub>1</sub>: 고압터빈, T<sub>2</sub>: 저압터빈  
B, S, G, C, P: 그림 3·86과 동일

그림 3·93 재열 사이클의 장치 선도

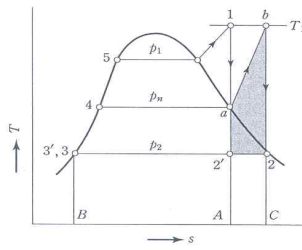


그림 3·94 재열 사이클의 T-s 선도

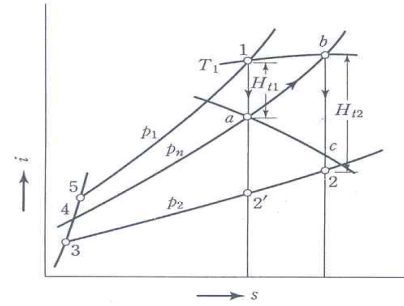


그림 3·95 재열 사이클의 Mollier 선도

- 증기가 turbine 내의 팽창 도중에서 높은 습도 상태로 되기 전에 그 압력 그대로 증기를 다시 boiler에 보내어 과열시켜 이용하면 효율의 저하를 막을 수 있는 cycle → turbine 내부 손실을 줄여 열효율 상승

- 그림 3.94 및 그림 3.95

- 증기를 건포화 상태까지 팽창 → 증기 초온도까지 재열

- a - b : 재열

- AabC 면적 : 재열과정 중에 가해진 열량

- ab2'2' 면적 : 재열 때문에 증가한 증기 일

- A2'2C 면적 : 복수기내의 열량 증가

- 사용 목적

turbine 내부손실을 감소, turbine 날개의 부식 등을 방지

↳ 실제 cycle에서는 증기 초기 압력의 상승 → 포화 온도도 높아짐

↳ 과열도는 점차 감소 : turbine 내에 작용하는 증기는 빨리 습증기 상태로 됨

↳ turbine 내부손실을 증가, turbine 날개의 부식 등을 촉진

- 재열 사이클 : 보통 1~2단으로 함 → 단수를 늘리면 오히려 복잡하고 고가

- 재열 사이클의 이론 열효율  $\eta_{reh}$

$$- Q_1 = \text{총 공급 열량} = (h_1 - h_a) + (h_b - h'_3) = \text{면적}(B351abC)$$

$$= (h_1 - h'_3) + (h_b - h_a) = (h_1 - h'_3) + RH$$

$$\Rightarrow RH : \text{Reheating value} = (h_b - h_a)$$

$$- H'_t = \text{turbine 내의 斷熱 降下} = \text{유효일} = AW$$

$$AW = H_{t1} + H_{t2} = (h_1 - h_a) + (h_b - h_2) = (h_1 - h_2) + (h_b - h_a) = (h_1 - h_2) + RH$$

$$\Rightarrow H_{t1} : T_1 \text{에서의 斷熱 降下}$$

$$\Rightarrow H_{t2} : T_2 \text{에서의 斷熱 降下}$$

$$\therefore \eta_{reh} = \frac{AW}{Q_1} = \frac{(h_1 - h_2) + RH}{(h_1 - h'_3) + RH}$$

- 재생 사이클(Regenerative cycle)

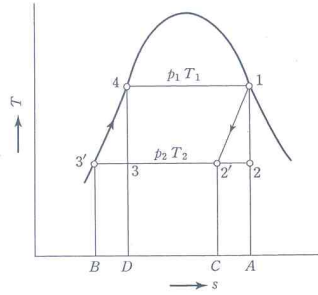


그림 3-96 건조포화증기를 이용하여 초기온도까지 급수가열하는 경우의 재생 사이클

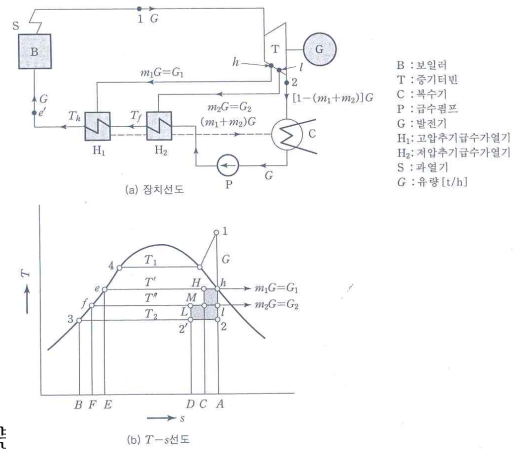


그림 3-97 2단추기 재생 사이클의 장치선도와 T-s 선도

- turbine 내 증기의 팽창 과정 중에 증기의 일부만 이용되어 열효율을 높일 수 있는 cycle

■ 그림 3.96

-재생 cycle : 1 - 2' - 3' - 4

-Carnot cycle : 1 - 2 - 3 - 4 (재생 cycle과 같은 온도범위에서 작동하는 경우)

■ 재생 사이클 열효율  $\eta_{reg}$  → 그림 3.97

- ◎ 고압 추기 급수가열기 : H<sub>1</sub>      ◎ 저압 추기 급수가열기 : H<sub>2</sub>
- ◎ 추기점 h → 온도 T', 압력 P', 추기량 G<sub>1</sub> ,
- ◎ 추기점 ι → 온도 T'', 압력 P'', 추기량 G<sub>2</sub> ,
- ◎ turbine 입구에서 총 공급 증기량 G와 추기점 h, ι에서 가열에 필요한 추기량과의 비를 각각 m<sub>1</sub>, m<sub>2</sub>라 놓으면,

$$m_1 = \frac{G_1}{G} \qquad m_2 = \frac{G_2}{G}$$

위치	추기량	turbine 내 통(배)기량
1 → h	m <sub>1</sub> G	G
h → ι	m <sub>2</sub> G	(1 - m <sub>1</sub> )G
ι → 2		[1 - (m <sub>1</sub> + m <sub>2</sub> )]G

가정(assumption)

turbine에서 배기량[1 - (m<sub>1</sub> + m<sub>2</sub>)]G와 추기 급수 가열기에서의 응결수(m<sub>1</sub> + m<sub>2</sub>)G를 합한 G는 : ▷ 고압 추기 급수가열기 H<sub>1</sub>에서 → 추기 온도 T'까지 가열

▷ 저압 추기 급수가열기 H<sub>2</sub>에서 → 추기 온도 T'까지 가열

◎  $AW = H_t =$  turbine 내의 斷熱 降下 = 1 cycle 유효일 = 면적 ( 3 4 1 h H M L 2' )

$$= (h_1 - h_h) + (1 - m_1)(h_h - h_l) + [(1 - m_1 - m_2)(h_l - h_2)]$$

$$= (h_1 - h_2) + [m_1(h_h - h_l) + (m_1 + m_2)(h_l - h_2)]$$

$$= (h_1 - h_2) + [m_1(h_h - h_2) + m_2(h_l - h_2)]$$

↳ 단위당 투입 증기 : G = 1 로 함

◎ Boiler 총 공급 열량 Q<sub>1</sub>

$$Q_1 = h_1 - h_e' = \text{면적} ( E e 4 1 A )$$

Boiler 입구에서 급수 상태 : e

∴

$$\eta_{reg} = \frac{AW}{Q_1} = \frac{\text{면적}(341hFML2)}{Ee11A} = \frac{(h_1 - h_2) + [m_1(h_h - h_2) + m_2(h_l - h_2)]}{h_1 - h_e}$$

- 추기의 단수(건설비의 경제적 견지에서 보통 5~9단)가 많을수록 → 효율은 좋아짐
- 재열 - 재생 사이클(Reheat - Regenerative cycle)
- 사용 목적 : 재열 - 재생 사이클의 특징을 살리면서 열효율 향상

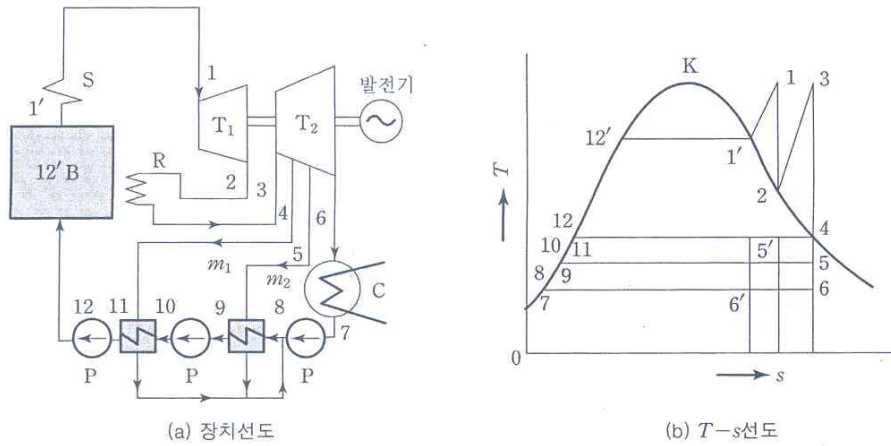


그림 3·98 재열-재생 사이클의 T-s 선도

■ 실제 열 유선도(heat flow diagram)

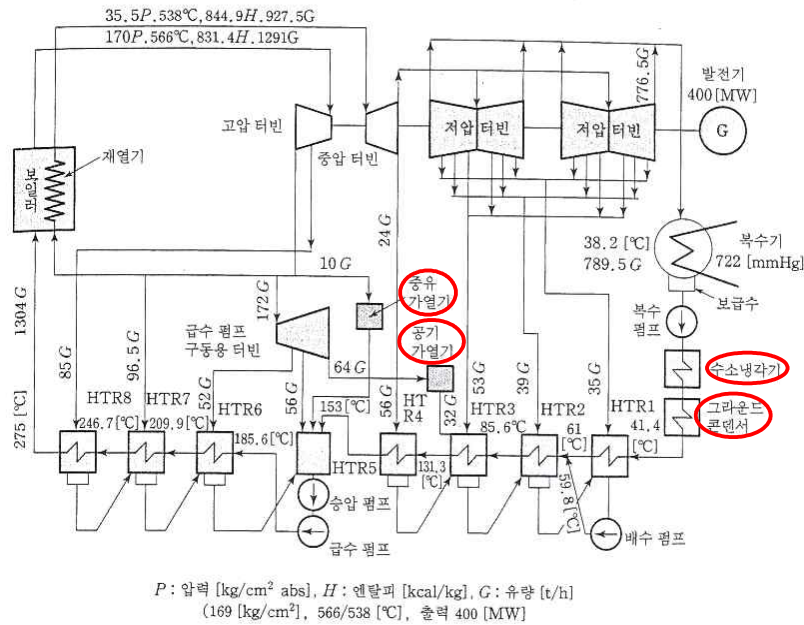


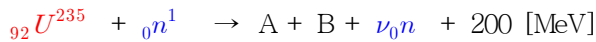
그림 3.99 400 MW Unit Heat Flow Diagram

- main turbine의 추기 : 중유 가열기, 보일러의 공기가열기 등에도 공급
- 수소 냉각기 : 발전기 냉각용 수소 가스의 열을 회수
- grand condenser : 저압 turbine 증기의 열을 회수
- 실제 발전소의 최종설계 : 엄밀한 열평형계산이 필요하다.

### 3.5 원자력 발전

#### 1. 개요

- 핵력(nuclear force)
  - 원자핵의 내부에서 양성자와 중성자를 결합시키고 있는 힘
  - 원자핵을 형성하기 위한 양성자와 중성자 한 개 당의 결합에너지  
원자핵의 질량수에 따라 그 크기가 달라진다.  
↳ 양성자 + 중성자 = 원자핵의 무게
- 핵 에너지
  - 핵 에너지는 굉장히 크다 → 소량의 물질로부터 많은 에너지를 얻음
- 핵분열 에너지 : 질량수가 큰 원자핵의 우라늄  ${}_{92}U^{235}$  이용
  - 핵 분열을 일으켜서 이 결합 에너지의 일부를 방출
  - 현재의 원자력 발전소에 주로 사용
  - 핵 분열 반응식



여기서, A, B : 핵분열 생성물,  $\nu$  : 방출 중성자수(평균 2.5)

#### 해설

${}_{92}U^{235}$ 의 원자핵에 열 중성자  ${}_0n^1$ (0.025[eV])가 충돌

→ 핵분열이 일어나 → 분열생성물과 평균 2.5개의 중성자 생성, 약 200[MeV]의 에너지를 방출

③  ${}_{92}U^{235}$  1g의 핵 분열 방출 에너지(=석탄의 3.3 ton 연소 에너지)

$$200 \text{ [MeV]} \times \frac{6.02 \times 10^{23}}{235} = 8.2 \times 10^{10} \text{ [J]} = 23,000 \text{ [kWh]} = 950 \text{ [kW-day]}$$

↳  ${}_{92}U^{235}$  1g의 원자수

- 핵 융합 에너지 : 질량수가 작은 원자핵의  ${}^1_1H$  (경수 : 원자핵이 양성자 1개: 원자량
- 이용 → 중수( ${}^2_1H^2$ ) 리튬( ${}^6_3Li^{6.9}$ ) 이용에 관한 연구 개발 추진 중
- 두 개의 원자핵이 한 개의 원자핵으로 융합할 때 에너지를 방출

※ 원자량 단위 : u (amu : atomic and molecular masses)

$$1 \text{ u} \approx 1.660538782(8) \times 10^{-27} \text{ kg}$$

※ 수소 동위 원소



## 2. 원자력 발전의 특징

- ${}_{92}U^{235}$ 은 석탄보다 약 300만 배의 에너지를 얻음 → 발전소 출력에 대한 연료소비량이 작다.
- 증식로 : 연료를 소비하는 동시에 새로운 연료 생성.
  - $U^{238} \rightarrow Pu^{239}$  (plutonium)
  - $Th^{232}$  (thorium)  $\rightarrow U^{233}$
- 원자로의 폭주(run away)로 인해 출력이 과대해지면
  - 원자로의 파손뿐만 아니라 주위에 심한 피해를 초래
  - 원자로 및 냉각계의 수동에 충분한 고려가 있어야 한다.
- 운전 중인 원자로는 물론 사용된 연료나 냉각재 등에도 방사능(radioactivity)을 띠게 되므로 방사능 오염이 없도록 차폐, 밀봉, 원격조정 및 방사능 감시체제를 엄격히 확립해두어야 한다.
- 사용한 연료의 방사능을 감소시키거나 재처리하는 시설이 필요하다.
- 물질 유출사고는 그 파급효과가 크므로 건설 당시의 철저한 입지조건 조사 및 시스템 운전제어 등에 고도의 기술이 요구된다.

## 3. 원자력 발전의 구성

- 원자로에서 발생한 에너지를 외부에 열의 형태로 끄집어내고 이 열에너지로 증기를 발생하여 turbine을 구동해서 이것에 coupling된 generator로 전력을 얻음
  - 전력 발생 기기 : turbine, generator 등
  - 증기 발생 기기 : 원자로 계통 기기
  - 원자로 구성

※ 원자로 : 핵분열의 연쇄 반응을 이용해서 그 에너지를 제어된 상태에서 얻어낼 수 있게 한 장치

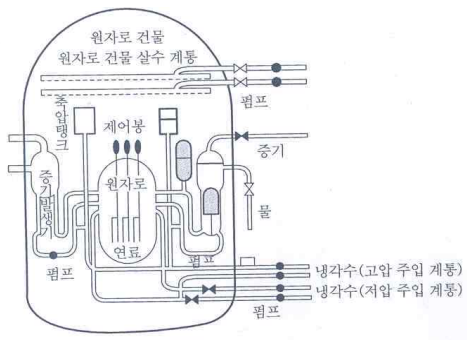


그림 3.100(a) 비상 노심 냉각 장치(ECCS)

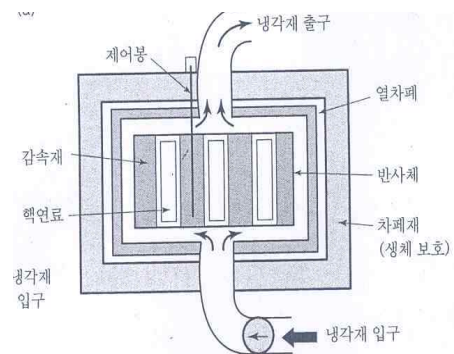


그림 3.100 (b) 열중성자로

※ 비상 노심 냉각 장치(ECCS : Emergency Core Cooling 시스템)

- 원자력 발전소가 냉각재 상실사고 같은 일이 발생할 경우, 대량의 냉각재를 노심에 공급해주어 노심을 안전하게 정지시키는 장치
- 그림 3.100(b)는 원자로의 가장 기본적인 형식인 열중성자로의 개념도이다. 일반적으로, 그림에서도 알 수 있듯이 원자로는 핵연료, 감속재, 냉각재, 반사체, 제어봉, 차폐재로 구성되고 있다.

※ 열중성자로에 사용되는 연료

- 천연 우라늄 : ①  ${}_{92}U^{238}$  : 약 99.3 %      ②  ${}_{92}U^{235}$  : 약 0.7 %



-저 농축 우라늄 :  ${}_{92}\text{U}^{235}$  : 약 2~3 %

-핵연료(nuclear fuel)

※ 노심(reactor core) : 원자로에서 직접 핵분열을 일으키고 있는 부분

㉠ 핵연료 : 노심(reactor core) 속에 임계량 이상을 넣어서 핵분열(연소)을 일으킴

㉡ 핵연료 종류

㉢ 천연 우라늄

㉣  ${}_{92}\text{U}^{238}$  : 핵분열을 일으킬 수 있는 양은 약 99.3%

↳ 직접 핵분열을 일으키지 못하지만 중성자를 흡수하면  ${}_{94}\text{Pu}^{239}$ (plutonium)로 바뀜

↳ 핵분열을 일으키게 됨

㉤  ${}_{92}\text{U}^{235}$  : 핵분열을 일으킬 수 있는 양은 약 0.7%

㉥ 농축 우라늄(enriched uranium)

천연 우라늄  ${}_{92}\text{U}^{235}$ 의 함유율을 수[%]~90[%]까지 되도록 천연 우라늄을 농축

㉦ 연료봉

㉧ 우라늄 등의 핵연료는 원자로에 사용되는 냉각재인 물, 액체금속, 가스 등에 의해서 부식되기 쉬우므로 핵연료를 보호하기 위해서 다른 재료로 피복하고 있는 봉.

㉨ 동력용 원자로 : 연료봉을 수십 개 묶어서 연료 집합체로써 사용

-감속재(moderator)

※ 핵분열로 발생하는 중성자 : 높은 에너지

중성자는 발생 속도가 너무 고속이어서(고속 중성자) 새로운 핵분열을 발생시키는데 부적당

㉠ 필요성

원자로 내에서 핵분열을 일으키기 쉽게 ◀ 어느 정도 이 중성자의 속도를 떨어뜨려 줄 필요

㉡ 핵분열로 발생한 고속 중성자의 에너지(=속도)를 낮추어서 열중성자로 바꾸는 작용

㉢ 중성자의 감속 : 중성자의 원자핵에 의한 산란으로 중성자가 에너지를 잃게 되는 것을 이용

㉣ 감속 효과가 크고, 중성자 흡수가 적은 물질 : 경수, 중수, 흑연, 산화 베릴륨 등 사용

㉤ 균질 원자로 : 연료와 감속재가 균일하게 혼합

㉥ 불균질 원자로 : 연료와 감속재가 일정한 규칙에 따라 분리되어 공급

㉦ 현재 사용하고 있는 동력로의 대부분은 불균질 원자로(열중성자로)

㉧ 고속 중성자로 : 원칙적으로 감속재는 사용하지 않음

### 3. 냉각재

냉각재는 원자로 내에서 발생한 열에너지를 외부로 배출시키기 위한 열매체이다. 냉각재는노심을 통과해서 열에너지를 배출시킴과 동시에 노 내의 온도를 적당한 값으로 유지할 필요가있기 때문에 그 구비 조건으로서는 열전달 특성이 좋고 중성자 흡수가 적으며 열용량이 큰것이 요구된다. 보통냉각재로서 사용되고 있는 것은 물,액체 금속,가스 및 용해염 등이다

### 4. 제어봉

원자로를 연속적으로 안전하기 위해서는 핵분열의 연쇄반응으로 발생하는 중성자 수로적당히 조절할 필요가 있다.

제어봉은 원자로 내의 중성자를 흡수에서 열중성자가 연료에 흡수되는 비율을 제어하기 위한 것

이다. 즉, 이것은 노 내에서의 핵분열연쇄반응을 제어하고 또한 중성자의 배율을 변화시키는 작용을 하는 것으로서 통상 이것은 막대기 모양으로 가공해서 노심에 삽입하고 필요에 따라 넣고 뺄 수 있도록 설계하고 있다. 제어재로서는 중성자 흡수가 큰 물질, 즉 카드뮴, 붕소, 하프늄, 또는 이들의 합금 등이 사용되고 있다.

## 5. 반사체

반사체는 핵분열로 발생한 고속 중성자 또는 열중성자가 원자로의 외부에 누출되는 것을 방지하기 위한 것으로서 통상 노심의 주위에 설치하여 중성자를 산란에 의해서 반사시키도록 하고 있다.

반사체에 요구되는 성질은 감속재와 같아서 통상 반사재로는 경주, 중수, 흑연, 베릴륨 같은 것을 사용하고 있다

## 6. 차폐재

차폐재는 원자로 내부의 방사선이 외부에 누출되는 것을 방지하기 위한 벽의 역할을 하는 것이다. 차폐에는 중성자라든가  $\gamma$ 선이 차폐재 내에 침입해서 차폐재가 열적으로 파괴되는 것을 방지하기 위한 령차폐와 노심으로부터  $\gamma$ 선이나 고속 중성자가 누출해서 인체에 영향을 미치지 않도록 하는 생체차폐의 두 가지가 있다. 전자는 노심의 바로 바깥쪽에 설치되어서 생체차폐가 방사선의 흡수에 의한 발열 때문에 파괴되는 것을 막는 것으로서 보통 철판과 같이 열전도가 좋은 것이 사용된다. 후자의 생체차폐는 노의 맨 바깥쪽에 설치되어서 운전원을  $\gamma$ 선이나 방사선으로부터 보호하는 역할을 하는 것으로서 보통 콘크리트, 물, 돌 등이 사용되고 있다.

### -원자로 냉각계와 증기 발생기

증기 발생기는 보일러와 같은 것으로 원자로에서 발생된 열을 냉각재라는 매체를 통해 이곳에서 급수를 증기로 변환시킨다. 이와 같이 증기발생기와 원자로 사이에 냉각재를 순환시키기 위해서 재순환펌프와 1차 냉각배관이 있다. 한편 비등수형에서는 원자로에서 직접 증기를 발생시키므로 증기발생기는 필요 없으며 가압수형에서는 관로의 일부에 가압기를 설치한다.

### -원자로 보조계

원자로와 1차계통의 사고는 예측할 수 없으므로, 비상운전 및 확보를 위해서 원자로냉각계의 정화장치, 원자로 정지 후의 붕괴열을 제거하기 위한 비상냉각계통 및 긴급 사고시에 대비한 냉각계 등의 열제거를 위한 보조계통이 필요하다.

### -격납용기

원자로 및 1차계통에서 누설된 방사능이 부지 외에 방산되는 것을 방지하기 위하여 이들을 둘러싼 강철제인 기밀 내압용기를 설치하며 이 격납용기는 내부 압력이 외부보다 낮게 유지되어 있다. 또한 폭발사고 때의 파편 등 충격압력에도 충분히 견디어야 한다.

## [과목1] 친환경에너지 예상문제

01. 다음 중 친환경 에너지가 아닌 것은?  
①풍력발전  
②화력발전  
③태양열 발전  
④조력발전
02. 화학기호 H<sub>2</sub>와 O<sub>2</sub>가 가지는 화학적 에너지를 화학적 반응에 의해 직접에너지로 바꾸는 에너지 전환장치는?  
①질소연료전지  
②산소연료전지  
③탄소연료전지  
④수소연료전지
03. 열역학 2법칙이 의미하는 것은?  
①열은 낮은 곳에서 높은 곳으로 전달된다  
②열은 높은 곳에서 낮은 곳으로 전달된다  
③제1종 영구기관에 대한 법칙이다  
④에너지가 소멸한 양과 생성된 양은 동일하다
04. 내연기관은 어떤 에너지의 전환방식인가?  
①열에너지->전기에너지  
②열에너지->운동에너지  
③열에너지->자기에너지  
④전기에너지->운동에너지
05. 태양열의 기본 요구 기술이 아닌 것은?  
①태양열을 효율적으로 집열하는 기술  
②에너지를 단시간 동안 축열하는 기술  
③열손실을 억제하는 단열기술  
④열전달 열교환 기술
06. 태양전지에 적절한 의미에 해당하는 것은?  
①화학전지  
②물리전지  
③수소전지  
④센서전지
07. 조명도를 나타내는 단위는 ?  
①럭스

- ②암페아
- ③볼트
- ④와트

08. 전체 태양전지 시장의 95%이상을 차지하는 것은?

- ①비결정질 실리콘전지
- ②결정질실리콘전지
- ③박막태양전지
- ④하이브리드 태양전지

09. 가장 널리 쓰이는 태양전지 소재는 무엇인가?

- ①규소
- ②탄소
- ③수소
- ④질소

10. 다음 중 초기 투자비가 가장 큰 발전방식은?

- ①풍력발전
- ②태양광발전
- ③조력발전
- ④화력발전

11. 울돌목은 다음 중 무슨 방식의 발전이 유력한가?

- ①조류발전
- ②온도차발전
- ③원자력발전
- ④화력발전

12. 수소 개질의 방법이 아닌 것은?

- ①수증기 개질
- ②부분산화법
- ③메탄화반응
- ④지열반응법

16. 수소저장합금의 성질이 아닌 것은?

- ①가역적으로 수소를 저장·방출하는 특징을 가지고 있다
- ②반응속도가 빠르다
- ③저장시에 흡열, 방출시에 발열을 수반한다
- ④수소라는 화학에너지를 열,기계 또는 전기에너지로 변환한다

17. 바이오디젤의 특징이 아닌 것은?

- ①특성이 석유계 디젤과 비슷하다
  - ②기존 디젤엔진 기관을 개조해야 한다
  - ③곡식물의 가공처리에서 발생하는 부산물기름, 폐식용유를 원료로 한다
  - ④닭고기, 쇠고기의 가공에서 발생하는 동물성지유도 사용가능하다
18. 수송용 에탄올 연료의 특징이 아닌 것은?
- ①유기배출물의 반응성이 낮다
  - ②엔진 효율이 높다
  - ③이산화탄소 배출이 작다
  - ④저온 시동성이 좋다
19. 수소의 특징이 아닌 것은?
- ①무한한 양의 에너지
  - ②청정에너지
  - ③저장이 용이
  - ④폭발위험
20. 수소의 저장 기술이 아닌 것은?
- ①저압기체저장
  - ②수소합금에 저장
  - ③제올라이트에 저장
  - ④카본 나노 튜브에 저장
21. 현재 수소 에너지의 특징이 아닌 것은?
- ①대부분 기체 상태로 저장이 이루어진다
  - ②다른 에너지에 비해 체적 및 밀량당 에너지 밀도는 높다
  - ③액체수소는 증발이 용이하고 단열성이 높은 특수용기가 필요하다
  - ④금속이나 합금에 수소를 저장하기도 한다
22. 연료전지의 단위를 무엇이라 하는 가?
- ①연료
  - ②세퍼레이터
  - ③스택
  - ④셀
23. 수소 개질의 방법이 아닌 것은?
- ①수증기 개질
  - ②부분산화법
  - ③자열반응법
  - ④리튬이온개질

24. 다음 중 인공위성, 무인등대, 섬지역에 자주 사용되는 에너지는?

- ① 풍력에너지
- ② 연료전지
- ③ 태양에너지
- ④ 지열에너지

25. 다음 중 재생에너지가 아닌 것은?

- ① 지열에너지
- ② 풍력에너지
- ③ 폐기물에너지
- ④ 석탄에너지

26. 열에너지는 어떻게 정의되는가?

- ① 외부에너지와 일
- ② 내부에너지와 일
- ③ 내부에너지와 외부에너지
- ④ 헬름홀츠 자유에너지

27. 극저온을 얻는 데 사용되는 방법은?

- ① 전기에너지-발열체
- ② 전기에너지-단열체
- ③ 자기에너지-단열체
- ④ 자기에너지-발열체

28. 열역학 3법칙이 의미하는 것은?

- ① 에너지가 소멸한 양과 생성된 양은 동일하다
- ② 열은 높은 곳에서 낮은 곳으로 전달된다
- ③ 절대영도에서 완전 결정의 엔트로피는 0이다
- ④ 절대영도에서 완전 결정의 엔탈피는 0이다

29. 휘발유 4행정 기관의 작동원리는?

- ① 흡입->폭발->압축->배기
- ② 흡입->압축->폭발->배기
- ③ 흡입->배기->압축->폭발
- ④ 흡입->배기->폭발->압축

30. 모터는 어떤 원리로 동작하는가?

- ① 전기에너지 ->운동에너지 -자기에너지
- ② 전기에너지->자기에너지->운동에너지
- ③ 운동에너지->전기에너지->자기에너지
- ④ 자기에너지->운동에너지->전기에너지

31. PN접합 태양전지에 빛을 쬐면 무엇이 발생하는가?  
 ①전자와 양자  
 ②정공과 양자  
 ③전자와 소립자  
 ④전자와 정공
32. 태양전지를 구성하는 가장 작은 단위는?  
 ①셀  
 ②젤  
 ③모듈  
 ④앨리
33. 태양전지의 장점이 아닌것은?  
 ①햇빛이 있는 곳에 간단히 설치할 수 있다  
 ②좁은 면적에 고밀도로 설치할 수 있다  
 ③일단 설치하면 유지비용이 거의 들지 않는다  
 ④연료비가 없고 대기오염이나 폐기물이 발생되지 않는다
34. 화학에너지를 전기화학적 산화, 환원반응에 의해 전기에너지를 변환하는 방식을 무엇이라 하는가?  
 ①인버터  
 ②컨버터  
 ③전지  
 ④전기분해
35. 패키지형 연료전지 구성기기가 아닌 것은?  
 ①연료전지본체  
 ②연료개질장치  
 ③인버터  
 ④컨버터
36. 수소저장합금의 조건이 아닌 것은?  
 ①비활성화가 용이  
 ②수소저장능력이 클 것  
 ③수소의 흡수방출속도가 클 것  
 ④적합한 생성열(반응열)을 가지고 있을 것
37. 화석연료인 천연가스, 메탄올, 석유, LPG, 석탄 등에서 수소를 얻는 것은 무엇의 개질 반응에 의한 것인가?  
 ①이산화탄소

- ②탄화수소
- ③메탄가스
- ④수증기

38. 탄화수소를 직접 전기로 변화시키는 연료전지는?

- ①용융탄산염 연료전지
- ②고분자전해질 연료전지
- ③고체산화물연료전지
- ④직접메탄올 연료전지

39. 다음 중 전력의 단위는?

- ①볼트
- ②암페어
- ③오姆
- ④와트

40. 전이 되지 않아 한번 쓰고 버리는 전지는?

- ①1차전지
- ②2차전지
- ③연료전지
- ④수소전지

41. 수소 저장 합금의 특징이 아닌 것은?

- ①극저온에서 수소를 액화한다
- ②무거운 고압bomb를 사용할 필요가 없다
- ③폭발위험이 있는 수소를 안전하게 저장 운반할 수 있다
- ④수소의 흡열 발열반응을 이용 냉난방을 할 수 있다

42. 광합성에 의한 수소생산의 특징이 아닌 것은?

- ①반응조가 간단하고 작은 규모에서 큰 규모 플랜트까지 가능하다
- ②재생산 가능한 자원인 바이오메스를 원료로 한다
- ③태양에너지를 이용하므로 자연에너지를 효율적으로 이용할 수 있게 한다
- ④이산화탄소발생 등으로 환경에는 해롭다

43. 바이오에너지를 얻는 방법이 아닌 것은?

- ①동물성 지유를 알칼리 촉매하에 가공하고 지방산에스테르를 얻는다
- ②당을 생성하는 작물에서 추출된 당을 효모나 박테리아로 발효한다
- ③곡식물의 가공처리에서 발생하는 부산물기름, 폐식용유를 정제한다
- ④화석연료인 석탄, 석유 천연가스를 이용한다

45. 다음 중 바닷물의 간만의 차이에 의한 운동에너지를 이용하는 발전은?



- ①조력발전
  - ②풍력발전
  - ③수소에너지
  - ④연료전지
46. 다음 중 폐기물에너지의 가공형태가 아닌 것은?
- ①폐기물의 열분해에 의한 오일화 기술
  - ②가스화에 의한 가연성 가스 제조 기술
  - ③소각에 의한 열회수 기술
  - ④전기분해에 의한 수소 추출 기술
47. 절대온도에 도달할 수 있는 이론적인 법칙은?
- ①아인슈타인의 법칙
  - ②퀴리의 법칙
  - ③뉴턴의 법칙
  - ④플레밍의 법칙
48. 열기관의 효율은 이상적인 카르노 열기관의 효율보다 어떻게?
- ①언제나 작다
  - ②작거나 같다
  - ③크다
  - ④크거나 같다
49. 태양열의 주 응용 기술이 아닌 것은?
- ①가정용 및 업무용 냉난방 급탕 시스템
  - ②공업용 대량 전력 발생 시스템
  - ③농업관련 온실 난방 및 건조시스템
  - ④주택관련 냉난방시스템의 응용
50. 다음중 전력을 나타내는 단위는?
- ①암페어
  - ②볼트
  - ③와트
  - ④럭스
51. 효율은 낮지만 저렴한 가격으로 대량생산이 가능한 태양전지는?
- ①단결정 실리콘 태양전지
  - ②비정질실리콘태양전지
  - ③다결정실리콘태양전지
  - ④화합물반도체태양전지

52. 태양전지에서 발생하는 직류를 교류로 변환하는 장치를 무엇이라하나?  
 ①컨버터  
 ②변압기  
 ③인버터  
 ④충전지
53. 다음중 현재 풍력발전이 많은 국가의 내림순은?  
 ①스페인-미국-독일-덴마크  
 ②미국-스페인-독일-덴마크  
 ③독일-스페인-미국-덴마크  
 ④덴마크-스페인-미국-독일
54. 극지 또는 깊은 바다의 저온고압상태에 천연가스가 물과 결합된 고체로 차세대 청정에너지원  
 은?  
 ①망간  
 ②하이드레이트  
 ③드라이아이스  
 ④메탄가스
55. 충방전이 가능하며 반복사용할 수 있는 전지를 무엇이라하는가?  
 ①1차전지  
 ②2차전지  
 ③3차전지  
 ④4차전지
56. 연료전지에서 화학적으로 반응하여 전기에너지로 쓰이는 원소는?  
 ①수소와 질소  
 ②이산화탄소와 수소  
 ③수소와 산소  
 ④이산화탄소와 질소
57. 수소저장 합금의 조건이 아닌 것은?  
 ①활성화가 용이  
 ②저장능력이 클것  
 ③수소의 흡수 및 방출속도가 작을 것  
 ④사용온도에 적합한 생성열을 가지고 있을 것
58. 인산형 연료전지의 특징이 아닌 것은?  
 ①전기생산에 수수한 수소(70%이상)요구  
 ②약 20도의 운전온도  
 ③반응에 의한 열의 냉각필요

④전극은 촉매로 백금 또는 백금 혼합물 포함

59. 수소 연료전지 자동차가 실용화에 있어 해결해야 할 문제가 아닌 것은?

- ①환경 오염
- ②저장 비용
- ③에너지효율
- ④충전시간

60. 다음 중 활성화에너지에 대해 틀린 것은?

- ①화학반응과 물리현상의 속도를 결정하는 에너지장벽을 말한다
- ②활성화에너지가 작으면 반응속도가 증가한다.
- ③속도상수는 활성화 에너지의 직선함수이다
- ④속도상수와 활성화 에너지의 관계는 아레니우스의 식으로 표현된다

61. 수소와 산소를 반응하여 전기에너지를 생성하는 동시에 물이 생성되는 장치는?

- ①연료전지
- ②1차전지
- ③2차전지
- ④커패시터

62. 바이오메스의 장점이 아닌 것은?

- ①재생이 가능하다
- ②물과 온도조건이 맞으면 어디서나 구할 수 있다
- ③최소의 비용으로 이용기술의 개발이 가능하다
- ④넓은 면적의 토지가 필요없다

63. 바이오에탄올의 특징이 아닌 것은?

- ①일반적으로 유독성이 크다
- ②작물에서 추출된 당을 효모나 박테리아를 통해 생성한다
- ③화학적으로 합성이 가능하다
- ④생물공정을 이용시 상온, 상압 반응이므로 시설비가 적게 든다

64. 원자력발전이나 원전의 원리로 핵융합에서 발생하는 에너지 E는 빛의 속도를 c 질량을 m이라 하면 어떻게 정의되는가?

- ①  $E = m \cdot c$
- ②  $E = m/c$
- ③  $E = m + c$
- ④  $E = m \cdot (c \text{의 제곱})$

65. 엔트로피는 무엇을 의미하는가?

- ①혼란도

- ②반에너지
- ③반물질
- ④열역학법칙

66. 다음 중 태양에너지의 장점이 아닌것은?

- ①거의 무한한 양이다
- ②직접 에너지 비용이 들지 않는다
- ③환경오염 물질의 배출이 없다
- ④초기 장작 비용이 저렴하다

67. 태양전지의 원리에 해당하는 것은?

- ①열에너지->전기에너지
- ②열에너지->자기에너지
- ③빛에너지->전기에너지
- ④빛에너지->자기에너지

68. 풍력에너지를 대별할 때 세 가지 구성에 속하지 않는 것은?

- ①날개
- ②변속장치
- ③인버터
- ④발전기

69. 바닷물의 운동에너지화 자원인 방식이 아닌 것은?

- ①파력 발전
- ②염도차발전
- ③조력발전
- ④해류발전

70. 시화호는 다음 중 무슨 발전의 유력후보인가?

- ①파력발전
- ②온도차발전
- ③조력발전
- ④해류발전

71. 불타전지가 아닌 것은?

- ①연료전지
- ②알칼리건전지
- ③납축전지
- ④니켈-카드뮴건전지

72. 연료전지의 장점이 아닌 것은?

- ①열효율이 높다
- ②수소를 대량으로 구하기 쉽다
- ③간편하고 다양한 크기로 설치하고 탄력적으로 가동한다
- ④친환경적이다

73. 경제적인 수소의 제조방법은?

- ①화석연료의 개질
- ②물의 전기분해
- ③물의 광분해
- ④미생물을 이용한 물분해

74. 수소저장합금에서 수소를 흡수하는 반응은?

- ①발열반응
- ②흡열반응
- ③산화반응
- ④질화반응

75. 연료전지의 특징이 아닌 것은?

- ①탑재형 수소저장시스템의 가격이 고가이다
- ②수소저장시스템의 무게 및 부피가 크다
- ③수소압축과 액체수소화시 에너지 소모가 적다
- ④충전시간을 줄일 필요가 있다

76. 다음 성질이 다른 하나는?

- ①축전지
- ②충전지
- ③커패시터
- ④2차전지

77. 다음 중 수소에너지의 성질이 아닌 것은?

- ①거의 무한적인 자원에너지에서 얻을 수 있는 청정에너지이다
- ②친환경적이나 에너지의 저장 및 수송이 가능하지 않다
- ③연료전지 시스템을 사용하여 직접 발전이 가능하다
- ④에너지 변환 매체이다

78. 수소와 산소를 반응시켜 전기에너지를 발생시키는 동시에 물이 생성되는 것은?

- ①1차전지
- ②2차전지
- ③연료전지
- ④커패시터

79. 물을 3300K 이상으로 가열하여 수소와 산소를 분리하는 방법은?

- ① 생물학적 제조법
- ② 광화학적 제조법
- ③ 직접 열분해법
- ④ 전기분해법

80. 바이오메스의 단점이 아닌 것은?

- ① 토지 이용면에서 농업과 경합한다
- ② 자원 부존량의 지역차가 크다
- ③ 문란하게 개발하면 환경파괴를 일으킨다
- ④ 재생이 불가능하다