



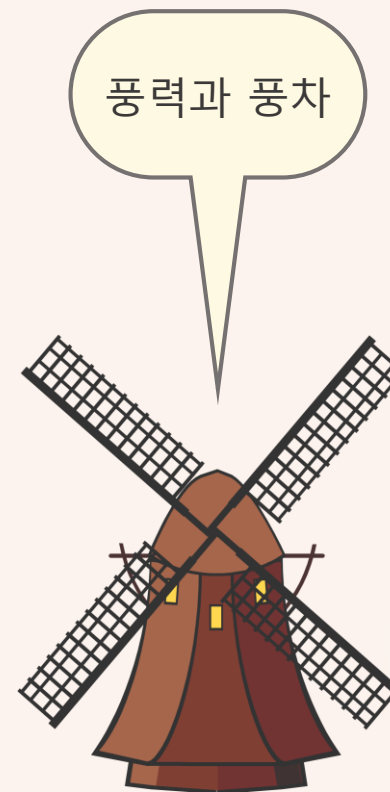
3주차 화석연료의 종말

1교시 에너지란 무엇인가?

일과 에너지

1. 생명은 태양 에너지의 지속적인 공급에 의해서 유지될 수 있다. 인류는 진화과정에서 문명을 발전시키고 다양한 형태의 에너지를 사용했다.
2. 원시시대에는 난방을 위해서 불을 사용했다. 그 후에 물을 이용한 방앗간, 풍력을 이용한 풍차, 동물을 이용한 여러 가지 농기구를 발명하였다.
3. 증기기관이 발명되면서 석탄, 석유 등의 화석 에너지를 동력으로 사용할 수 있게 되었다.

에너지와 일, 어떤 관계인지 알아보까요?



1. 일과 에너지

✎ **에너지란 개념을 처음 생각해 낸 것은 그리 오래된 일이 아닙니다.**

에너지에 대한 개념이 광범위하게 쓰이게 된 것은 증기기관이 발명되고 나서부터 입니다.

자연계에서 에너지는 일상생활에서 돈에 비유할 수 있습니다.

즉, 에너지를 자연화폐로 비유하겠습니다.

에너지 = 자연 화폐

- 경제활동을 통해서 돈이 전달되고 저축되듯이 자연에서 일어나는 여러 가지 과정을 통해서 에너지는 전달되고 저장됩니다.
- 일상생활에서 돈을 벌려면 일을 해야 합니다. 자연계에서도 마찬가지입니다. 어떤 물리적 일을 하려면 에너지(돈)가 필요합니다.

에너지는 저장되거나 전달 또는 변환된다.

우리가 일상생활에서 돈을 예금, 현금, 증권 구입 등으로 저축할 수 있듯이 에너지도 다양한 형태로 저장할 수 있습니다.

에너지 저장 형태

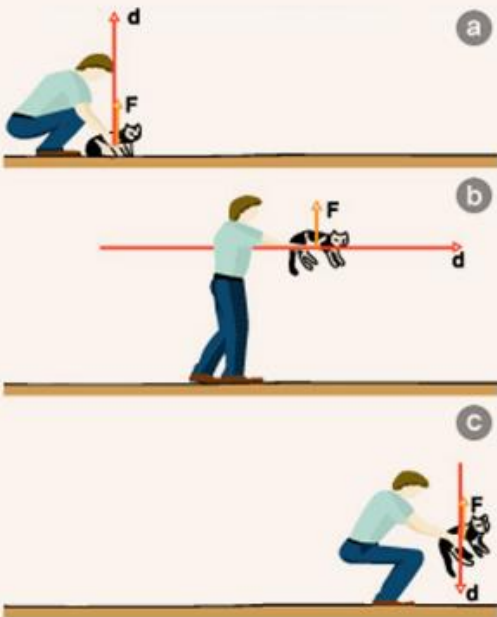
- ✎ 운동에너지-물체가 운동할 때 갖는 에너지.
 - ✎ 퍼텐셜 에너지(위치에너지)-물체의 상대적 위치/방향에 따라 저장되는 에너지.
예) 중력위치에너지, 전기위치에너지, 핵력에 의한 위치에너지, 용수철의 퍼텐셜 에너지.
 - ✎ 내부에너지-분자의 운동에너지와 퍼텐셜 에너지로 저장된 에너지.
- * 화석연료의 화학 퍼텐셜에너지는 분자들의 화학 결합에 저장된 전기 퍼텐셜 에너지의 한 형태이다.

1. 일과 에너지

✎ 물리학에서 일은 아주 엄격하게 정의됩니다.

일이 존재하려면 물체에 힘이 작용해야 하고 물체의 이동이 있어야 합니다.

일 = (이동방향의 힘 성분의 크기)(이동거리)



힘 F가 한 일

- ① 힘의 방향과 물체의 이동 방향이 같으면 힘은 양(+)의 일을 한다.
- ② 힘과 이동 방향이 수직이면 힘 F가 한 일은 0이다.
- ③ 고양이를 아래로 내릴 때 힘F와 이동방향이 반대이므로 힘 F가 한 일은 음(-)이다.

✎ 물체에 힘이 작용하지 않으면 일을 말할 수 없습니다.

✎ 일의 단위는 줄(J : Joule)을 사용합니다.

✎ 1줄(1J) = 1뉴턴의 힘을 꾸준히 작용하여 물체를 1m 이동시킬 때 힘이 한 일 또는 $1J = 1 Nm$ 입니다.

✎ 물리적인 일을 이야기할 때 어떤 ()에 의한 일인지를 명시하여야 합니다.

다음과 같은 질문은 올바른 질문입니다.

“어떤 학생이 학교까지 걸어갈 때 학생이 한 일은 얼마인가?”

2. 운동 에너지와 일

✎ 물체에 알짜 힘이 작용하면 물체의 속도가 변하여 가속됩니다.

물체에 일정한 힘이 작용하면 가속도 a 역시 일정합니다.

이 힘이 물체를 x 만큼 이동시켰다면 힘 F 가 한 일 W 는,

$$W = Fx = \max$$

가속도는 물체의 초속도와 나중 속도로 표현할 수 있습니다.

따라서 일은,

• 일 = 운동 에너지의 변화 \longrightarrow 이 관계를 일 에너지 정리라 합니다.

• 운동 에너지 = (질량)(속력의 제곱)/2 \longrightarrow 운동 에너지

✎ 질량을 갖는 물체가 운동을 하면 물체는 운동에너지를 갖는다.

✎ 물체의 운동에너지는 물체의 질량에 비례하고, 속력의 ()에 비례한다.

따라서 물체의 속력이 클 수록 물체의 운동에너지는 커진다.

✎ 물체에 작용하는 힘이 한 일은 물체의 운동에너지의 변화를 일으킨다.

2. 운동 에너지와 일

- ✎ 에너지는 "일을 할 수 있는 능력" 을 의미하며, 물체에 한 일은 운동 에너지의 형태로 남게 됩니다.
- ✎ 운동 에너지는 다른 형태의 에너지나 일로 변할 수 있습니다.

물체에 작용한 힘이 한 ()은 물체의 운동에너지로 변환된다.

- ✎ 운동 에너지는 항상 양(+)의 값을 갖습니다.
- ✎ 그러나 운동 에너지의 크기는 절대적인 양이 아닙니다.
- ✎ 모든 물체의 속도는 항상 상대속도이므로 관측자에 따라 값이 달라집니다.
- ✎ 예를 들어 한 물체의 속도를 지상에서 관측한 사람과 운동하는 물체와 같은 방향으로 움직이는 기차에 타고 있는 사람이 관측한 속도는 서로 다릅니다.
- ✎ 따라서 두 관측자는 물체의 운동에너지를 서로 다르게 측정합니다.

2. 운동 에너지와 일

- ✎ 보통 물체에는 한꺼번에 여러 힘이 동시에 작용합니다. 떨어지는 빗방울에는 중력과 마찰력이 동시에 작용합니다.
- ✎ 물체에 작용하는 힘의 합을 알짜 힘(합력)이라 합니다.
- ✎ 따라서 일반적인 일과 운동 에너지 사이의 관계는

물체에 작용한 알짜힘이 한 일은 물체의 운동에너지 변화와 같다.

이 관계를 일-에너지 정리 (work-energy theorem)이라 한다.

1) 일률

✏ 에너지의 변환은 일정한 시간 간격 동안에 일어난다.

같은 양의 에너지라도 변환되는 시간 간격이 다르면 그 효율이 달라진다.

에너지 변화량과 시간 간격의 비를 에너지 변환율 또는 일률(power) 이라 한다.

에너지 변환율 또는 일률은

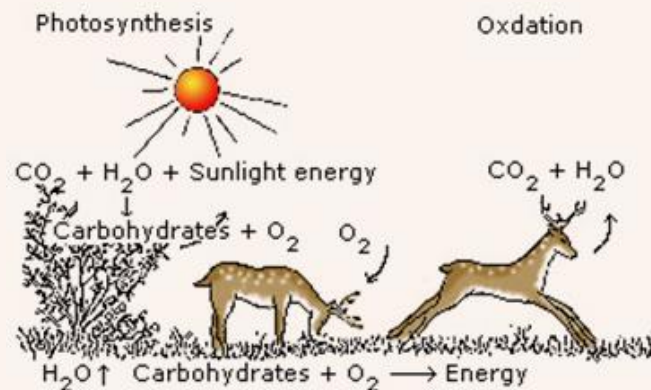
$$\frac{\Delta U}{\Delta t} = \frac{\Delta Q}{\Delta t} - \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

$\Delta U / \Delta t$ = 에너지의 변화량

$\Delta Q / \Delta t$ = 열손실 또는 이득의 변화율

$\Delta W / \Delta t$ = 일의 변화량

세 물리량은 모두 에너지/시간의 또는 일률(1W=1J/s)의 단위를 가진다.



[그림] 광합성과 산화에 의한 에너지 변환

? 질문: 휴식을 취하고 있는 성인 남성의 일률은 몇 W 쯤 될까?

2) 인체의 에너지 소모율

✎ 인체의 각종 기관의 에너지 소모율

: 휴식 상태에서 에너지 소모 백분율은 간이 가장 크다.

신체 부위	에너지 소모 백분율
골격근	18%
심장	7%
뇌	19%
신장	10%
간과 비장(Spleen)	27%
배설과 오줌	5%
나머지	19%

[표] 휴식 상태에서 에너지 소모 백분율

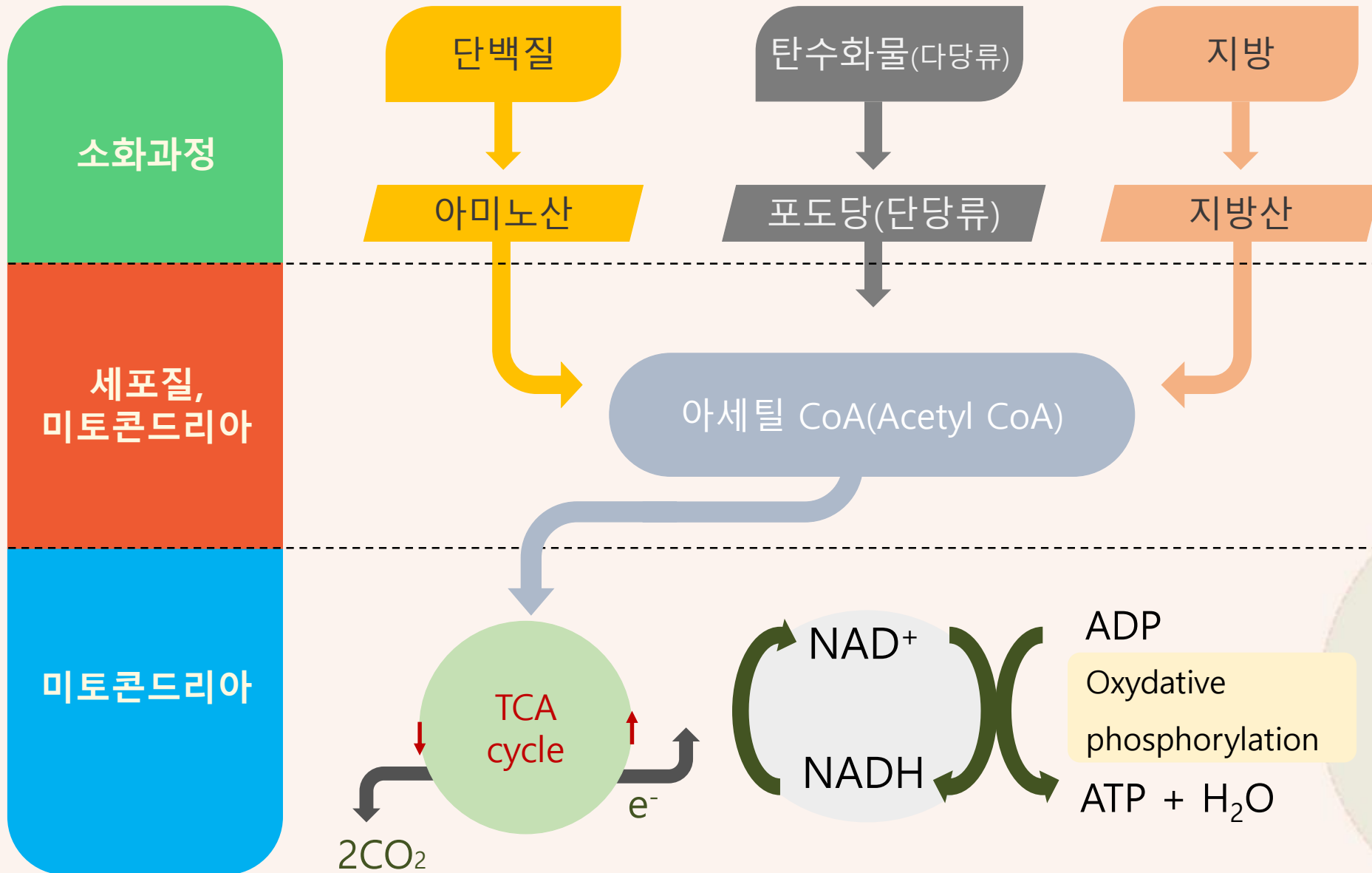
• 인체에서 에너지의 역할



- 호흡
- 혈액의 순환
- 장기의 동작 (장기, 뇌, 신경)
- 체온의 유지
- 외부에 일을 함 (근육의 동작)
- 배설과 배뇨
- 지방으로 저장

인체의 에너지 생산 과정

생활과 과학



3) 음식물의 산화

영양소 중에서 1g 당 발생하는 에너지는 지방이 제일 크다.

지방(fat), 단백질(protein), 탄수화물(carbohydrate)에 대해서 비슷한 계산을 할 수 있다.

음식물과 연료에 대한 열량을 표에 나타냈다.

[표] 음식과 연료의 에너지 비교

음식 또는 연료	사용된 산소 1리터당 방출되는 에너지(kcal/l)	1g 당 칼로리(kcal/g)	소화율
탄수화물	5.3	4.1	0.98
단백질	4.3	4.1	0.92
지방	4.7	9.3	0.95
알코올	5.65	7.0	1
일반적인 식사	4.8-5.0	-	-
가솔린	-	11.4	-
석탄	-	8.0	-
소나무	-	4.5	-

: 인체는 음식물에서 에너지를 매우 효율적으로 추출한다.

일반적으로 대변에 남겨진 에너지는 음식물 전체 에너지의 약 5%에 불과하다.

4) 기초 대사율이란 무엇인가?

기초 대사율

BMR, basal metabolic rate

안정 상태에서 호흡, 혈액 순환과 같은 최소한의 인체 기능을 유지하는데 필요한 에너지이다.

- 정상인의 기초 대사율(BMR) = 약 92kcal/hr = 107W
- 인체의 기초 대사율 조절 부위 = 갑상선(thyroid)
- 갑상선 기능 항진증 = 정상 갑상선 기능을 가진 사람에 비해 높은 기초 대사율을 가진다.
- 갑상선 기능 저하증 = 정상 갑상선 기능을 가진 사람에 비해 낮은 기초 대사율을 가진다.

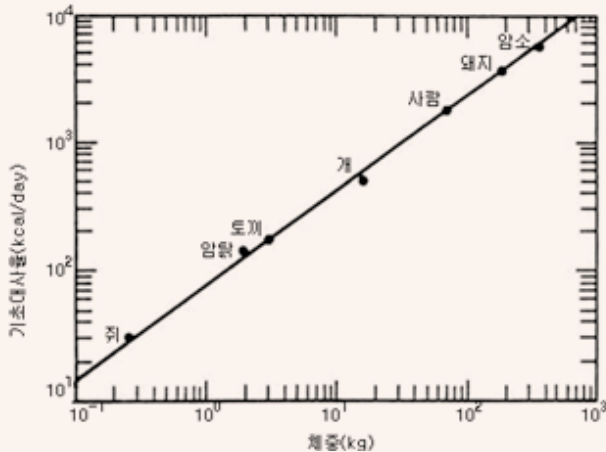
체표면적:

- 남성: 1.85m²
- 여성: 1.4m²

$$1\text{met} = 50\text{kcal} / \text{m}^2\text{hr} = 58\text{W} / \text{m}^2$$

5)포유류의 기초 대사율

- ✎ 기초 대사율에 사용되는 에너지는 주로 ()에서 소실되는 열 때문에 생긴다.
- ✎ 따라서 기초 대사율은 인체의 표면적이나 부피에 관련된다.
- ✎ 그림 4.1은 체중에 따른 다양한 동물의 기초 대사율을 보여 준다.



[그림] 동물의 질량과 기초 대사율의 관계 - 가로축과 세로축은 로그 눈금으로 나타내었다.

$$\log(\text{기초대사율}) = \text{상수} + \frac{2}{3} \log(\text{체중})$$

$$BMR = (mass)^{2/3}$$

- 동물의 기초 대사율은
- 기초 대사율은 체온에 크게 의존한다.
- 많은 동물의 기초 대사율이 기울기 2/3인 직선과 잘 일치한다.

6) 기초 대사율에 영향을 주는 요인

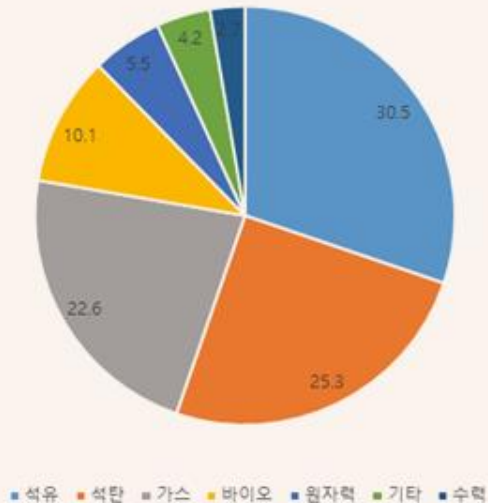
기초 대사량은 인체의 표면적과 체온에 크게 의존한다.

기초 대사량 증가 요인	기초 대사량 감소 요인
근육량 증가	연령증가
열량섭취 증가	열량섭취 감소
표면적 증가	영양불량
갑상성호르몬 증가	월경시작 후
환경의 온도가 낮아짐	환경의 온도가 증가
유전적 요인	유전적 요인
니코틴, 카페인	-
배란	-
스트레스	-
고열발생	-

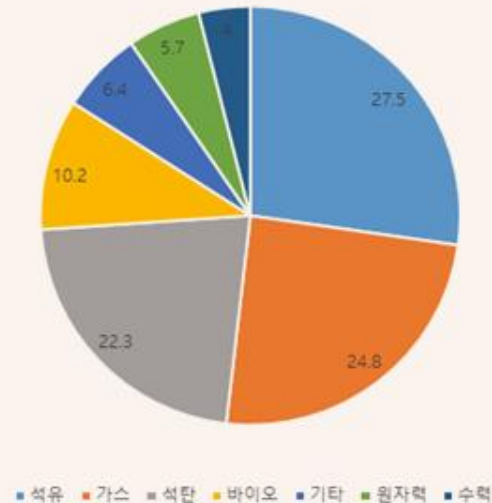
3. 에너지원과 점유율

- ✎ 일상생활에서 우리는 다양한 에너지원에서 에너지를 생성하여 사용합니다.
- ✎ 우리는 사용하는 에너지는 석유, 석탄, 원자력, LNG, 수력 등에서 얻습니다.
- ✎ 2025년과 2040년(추예측)의 에너지원 수요는 다음과 같습니다. ()의 에너지 수요가 가장 큼니다.

2025년 에너지 수요 전망



2040년 에너지 수요 전망



- ✎ 전세계의 에너지 점유율을 살펴보면 여전히 화석연료가 차지하는 비율이 높으며 신 재생에너지의 점유 비율이 점차로 증가할 것입니다.
- ✎ 전세계 에너지 원으로 석유, 천연가스, 석탄의 비중이 높을 것을 볼 수 있습니다. 화석연료가 고갈 된다면 인류는 심각한 에너지 문제에 봉착할 것입니다.