



3주차 화석연료의 종말

2교시 에너지 저축

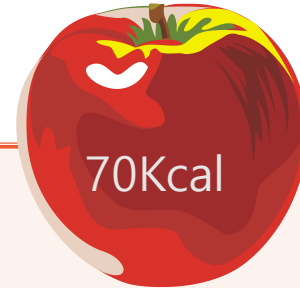
역학 에너지 보존

1. 에너지는 다른 형태의 에너지로 전환될 수 있다.
2. 마찰이 없으면 위치 에너지와 운동 에너지의 합인 역학 에너지는 보존된다.

1. 일과 에너지

예제 1)

사과 70Kcal에서 cal는 무엇을 뜻하는가?



풀이)

cal(칼로리, calorie)는 **줄(J, joule)**과 같은 에너지의 단위입니다.

칼로리란 열에 관한 초창기의 이론에서 비롯되었습니다. 열 이론이 처음 나올 때에 물체는 칼로릭(caloric)이라는 유체를 가지고 있다고 생각하였습니다.

이 생각은 나중에 틀린 것으로 밝혀졌으나 칼로리 라는 말은 에너지의 단위로 종종 쓰입니다.

사과에 포함된 70Kcal란, 이 퍼텐셜 에너지가 인체의 소화과정을 통해서 다른 형태의 에너지로 변환될 수 있음을 뜻합니다.

1cal는 () 1g을 1°C 높이는데 필요한 에너지입니다.

물리학자인 줄(Joule)은 정교한 실험을 통해서 $1\text{cal} = 4.2\text{J}$ 임을 밝혔습니다.

1. 일과 에너지

예제 2)

줄다리기 시합에서 선수들은 많은 일을 하고 있다. 이 말은 옳은 말인가?

풀이)

문제를 바라보는 관점에 주의!

이 말이 옳은지 틀린 지를 알아보려면 문제를 바라보는 관점에 주의해야 합니다. 줄다리기 시합을 할 때 많은 힘이 가해지지만 줄은 거의 평형 상태에 놓여 있습니다. 양편의 힘이 균형을 이루므로써 계의 합력은 0입니다. 따라서 합력이 한 일은 0이라고 판단할 수 있습니다.

그러나 이러한 추론은 전체 물리계를 너무 단순화한 결과입니다. 줄다리기 시합을 할 때 인체의 생물학적 측면을 살펴보면 상황은 매우 다릅니다. 줄을 당기기 위해서 인체 내부의 여러 생화학적 과정이 필요합니다.



심장이 가하는 힘에 의해 동맥으로 피가 흐름으로 심장은 피에 일을 하고 있습니다. 또한 공기를 빨아들이기 위해 폐 역시 일을 하고 있습니다.

1. 일과 에너지

예제 3)

1km를 달리는 것보다 자전거를 타는 것이 더 쉬운 이유는 무엇인가?

풀이)

달리기를 하든, 자전거를 타든 인체의 내부 에너지를 이용하여 1km를 움직인다.

다만 **에너지 변환 과정에 따라** 힘 드는 정도가 달라집니다.

자전거 타기는 인체의 에너지를 운동 에너지로 바꾸는 효율적인 방법입니다.

달리기는 인체의 에너지의 많은 부분이 땅과 발의 내부 에너지로 소모됨으로 비효율적인 방법입니다.

자전거를 탈 때에는 주로 다리만 움직이게 되며, 원 운동을 지속적으로 합니다.

반면 달리기를 할 때에는 한 발짝 마다 정지한 다리를 들어올려 움직인 다음 땅을 디딜 때 다시 발을 정지시켜야 합니다. 따라서 다리는 속도 변화를 급격히 받게 되며 지속적인 가속과 감속이 있어야 합니다.

이러한 과정에서 근육의 생화학적 에너지가 많이 소모되며, 또한 상체의 팔도 흔들려 주어야 균형을 잡기 때문에 이때에도 에너지 소모가 일어납니다.



2. 위치 에너지

여러분은 양수 발전소(남는 전력을 사용하여 물을 산꼭대기의 호수로 퍼 올려 전기가 부족할 때 다시 발전을 하는 발전소)나 수력 발전소를 본적이 있을 것입니다. 수력 발전은 물이 높은 곳에서 낮은 곳으로 떨어지는 낙차를 이용하여 전기 에너지를 얻습니다. 여기서 주목할 것은 바로 “물이 높은 곳에서 낮은 곳으로 떨어질 때 에너지를 얻는다”는 것입니다.

우리는 지구에 살고 있고, 물체가 높은 곳에서 낮은 곳으로 떨어지는 원인이 중력에 의한 힘임을 알고 있습니다.



즉, 물체가 높은 곳에서 낮은 곳으로 떨어질 때 중력이 일을 한 것입니다.

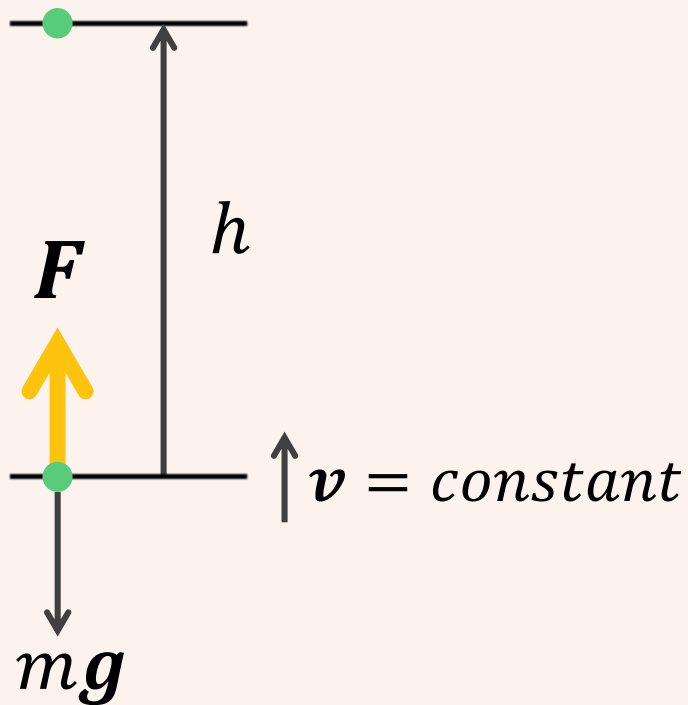
반대로 물체를 낮은 곳에서 높은 곳으로 올리기 위해서 중력에 대항해서 사람이나 기계가 일을 해야 합니다.

이렇게 외부에서 해준 일은 다시 높이 차이에 의한 에너지로 저장됩니다. 물체를 더 높이 올리려면 더 많은 일을 해주어야 합니다.

이와 같이 “중력 하에서 높이 차이에 의해서 생기는 에너지를 중력 위치에너지 (또는 퍼텐셜 에너지, potential energy)”라 합니다. 위치 에너지는 물체의 질량, 중력 가속도, 지상으로부터의 높이에 의해서 결정됩니다.

$$\text{중력 위치 에너지} = (\text{질량})(\text{중력가속도})(\text{높이})$$

2. 위치 에너지



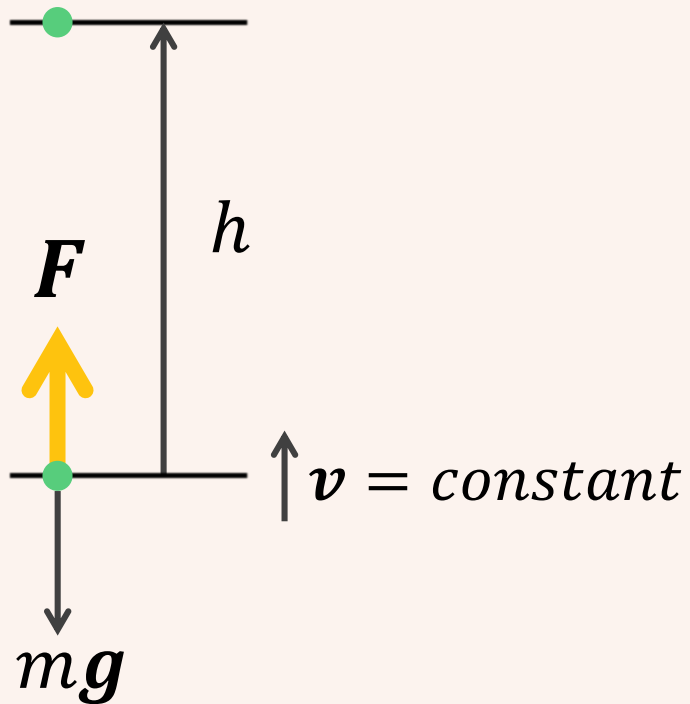
질량 m 인 물체를 높이 h 만큼 들어올릴 때 중력에 대항해서 힘이 해준 일은 (무게)(높이)= mgh 이다.

물체가 다시 땅으로 떨어지면 위치 에너지는 운동 에너지로 변합니다. 물체의 운동 에너지는 수력 발전소에서 터빈을 돌리는 일로 쓰이며, 위치 에너지가 운동 에너지로, 운동 에너지가 전기 에너지로 에너지 형태는 변합니다.

중력과 같은 힘은 물체가 어떤 위치에서 있을 때, 그 물체의 위치 에너지와 운동 에너지를 합하면 항상 일정한 성질을 가집니다. 이러한 성질을 가지는 힘을 ()(**conservative force**)이라 부릅니다.

$$\text{역학 에너지} = \text{위치 에너지} + \text{운동 에너지} = \text{일정}$$

2. 위치 에너지

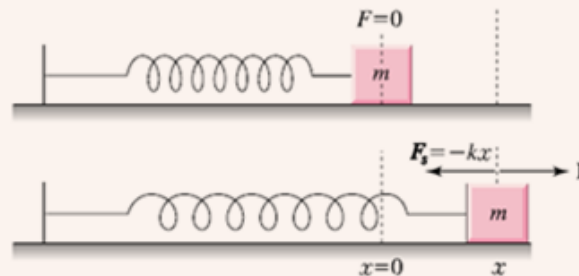


물체를 공중으로 던졌을 때 공기 저항이 없다면, 물체가 임의의 위치에 있더라도 그 물체의 위치 에너지와 운동 에너지의 합인 **역학에너지 (mechanical energy)**는 일정합니다.

역학 에너지가 일정한 현상을 "()보존법칙"이라 합니다.

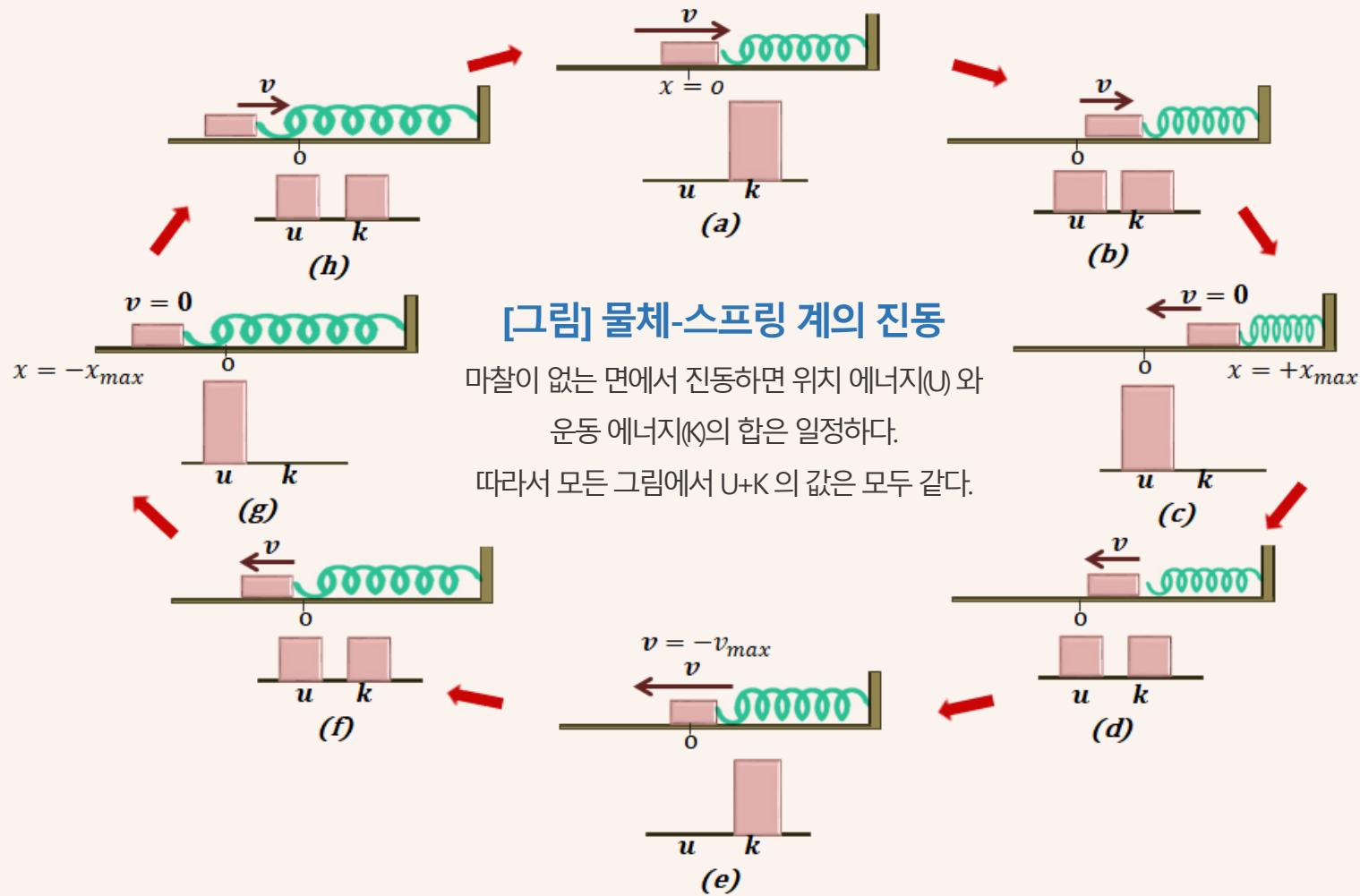
스프링에 매달린 물체를 평형 위치에서 x 만큼 잡아 늘였을 때 위치 에너지는

$$U(x) = \frac{1}{2}kx^2$$



여기서 k 는 스프링의 스프링 상수라 하고, k 가 클수록 스프링은 잡아 늘이기 어렵습니다.

2. 위치 에너지



[그림] 물체-스프링 계의 진동

마찰이 없는 면에서 진동하면 위치 에너지(u)와 운동 에너지(k)의 합은 일정하다.

따라서 모든 그림에서 $u+k$ 의 값은 모두 같다.

3. 에너지의 보존의 법칙

우리가 에너지를 사용할 때 일부의 에너지는 유용하게 쓰이지만 일부의 에너지는 쓸모 없는 형태의 에너지로 (예를 들면 내부에너지, 열에너지) 변환된다.

그런데 이렇게 쓸모없는 형태의 에너지를 다시 우리가 쓸 수 있는 유용한 에너지의 형태로 완전히 변환하는 것은 불가능하다(열역학 제2법칙).

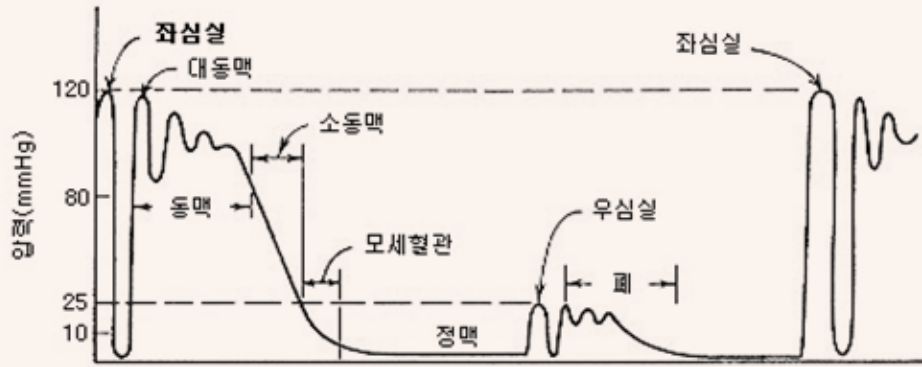
우리는 일상생활에서 휘발유를 태울 때 우리에게 유용한 화학적 퍼텐셜 에너지를 “쓸모 없는” 내부 에너지의 형태로 끊임없이 변환하고 있다. 물론 휘발유를 태워서 일부는 기계를 돌리는데 사용하지만 항상 우리가 쓸 수 없는 쓰레기 열을 방출해야 한다. 따라서 우리가 사용할 수 있는 유용한 에너지는 지구상에서 끊임없이 줄어들고 있다. 즉 에너지 고갈은 피할 수 없다.

에너지 고갈을 해결할 수 있는 방법으로 인공태양을 만드는 것입니다.
즉, 핵융합 기술을 완성한다면 인류는 에너지 걱정에서 해방될 것입니다.

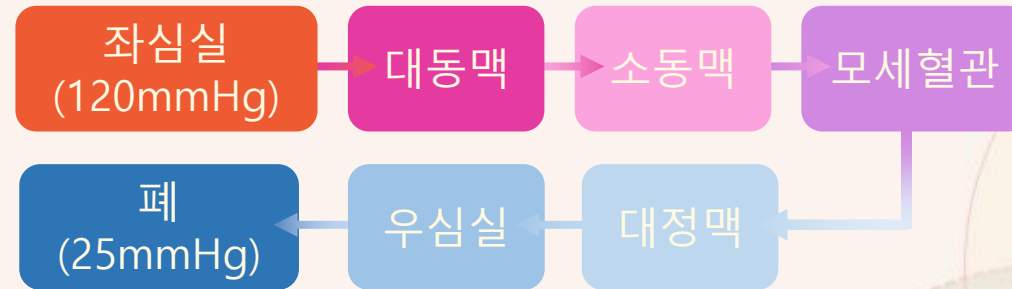
3. 심장이 한 일

✏ 심장은 혈액을 순환시킨다.

- 심장이 한번 수축할 때 내보내는 혈액 : 80ml



"그림은 심장이 한 번 뛸 때 심장의 압력변화를 나타낸다."



- 심장 박동주기(cardiac cycle)에서 수축기(systole) 동안 압력=120mmHg
- 심장 박동주기(cardiac cycle)에서 안정기(확장기, diastole) 동안 압력 = 80mmHg

- 압력=힘/단면적
- 힘=(압력)(단면적)
- $1\text{Pa}=1\text{N/m}^2$
- 1기압=760mmHg
- 1기압= $1.013 \times 10^5 \text{N/m}^2$

좌심실의 압력이 크기 때문에 좌심실의 근육이 우심실의 근육보다 3배 두껍다.

4. 심장의 일률

✎ 심장이 한 일률(Power)

$$\text{Power} = P\Delta V / \Delta t$$

여기서 P 는 심장의 평균 압력이고, ΔV 는 심장이 펌프질할 때 혈액의 양, Δt 는 심장의 박동 시간이다.

심장의 평균 압력은

$$P = 100\text{mmHg} = 104 \times 10^5 \text{ dynes} / \text{cm}^2 = 13\text{kPa}$$

이고, 심장이 매초 $\Delta V = 80\text{ml}$ 의 피를 펌프질 한다면 (즉, 맥박수가 분당 60회 일 때), 심장이 한 일률은

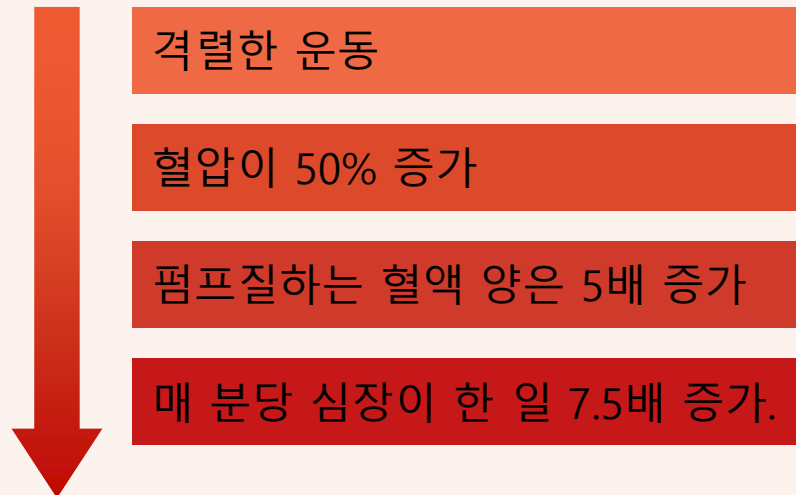
$$\text{Power} = (1.3 \times 10^4 \text{ Pa})(8 \times 10^{-3} \text{ m}^3) / 1\text{s} = 1.1\text{J} / \text{s} = 1.1\text{W}$$

4. 심장의 일률

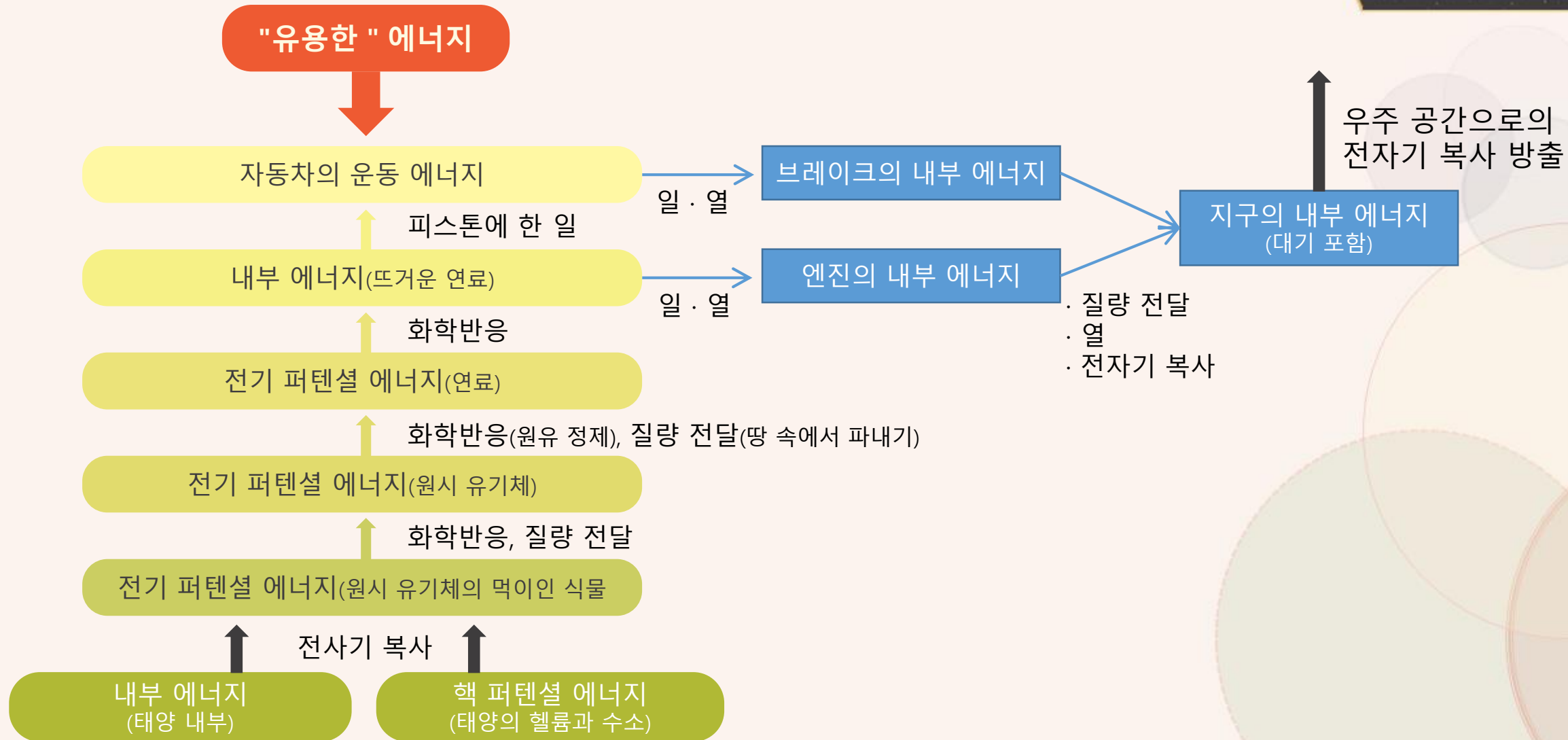
실제 심장 박동주기의 1/3 동안 심장의 수축이 일어나며, 2/3 주기 동안은 휴식을 취하므로
심장의 일률은

$$\text{Power} = 1.1\text{W} / (1/3) = 3.3\text{W}$$

- 🪄 심장의 효율 : 10%
- 🪄 심장의 평균 에너지 소비율 ~ 10W이상



5. 에너지의 흐름의 예



다음시간에는 대체 에너지에 대해서 살펴봅시다.