

# 問いと図で確かめる

## 熱現象の不可逆性と熱機関

自然な熱移動の向きと、1周期で働く熱機関のエネルギー収支を分けて考えます。

### 問題 1

80°Cのお茶と20°Cの周囲を考えます。外から仕事を加えず、周囲の熱を勝手に集めてお茶を熱くすることは起こりますか。

01

熱いお茶が冷めても  
周囲から勝手に  
熱を集めないのはなぜ？

### 問題 2

熱機関が1周期で1000 Jを吸収し、正味の仕事300 Jを外へします。熱効率は何%ですか。

01

1周期で吸収1000J、  
正味の仕事300J。  
熱効率は何%？

### 問題 3

同じく周期的に働く熱機関が1周期で800 Jを吸収し、正味の仕事200 Jを外へします。効率と外へ出す熱は？

01

1周期で吸収800J、  
正味仕事200J。  
効率と外へ出す熱は？

# 解答と理由

## 熱現象の不可逆性と熱機関

### 問題 1 の解答

自然には起こりません。熱は高温側から低温側へ移ります。

この条件で自発的に逆向きへ熱が移るわけではありません。外の変化や仕事を伴って元の温度へ戻すことと、自然に逆戻りすることは別です。

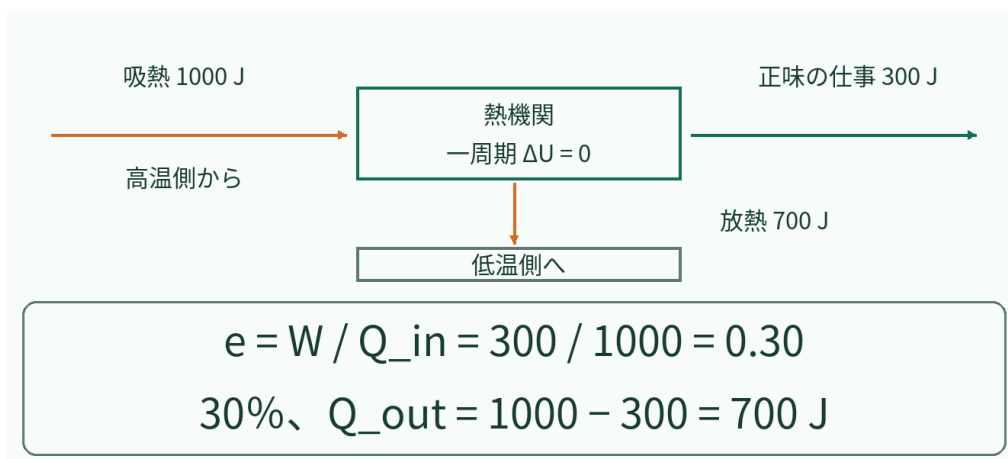
01

熱いお茶が冷めても周囲から勝手に熱を集めないのはなぜ？

### 問題 2 の解答

$e=300/1000=0.30=30\%$ 、放出する熱 $Q_{\text{out}}=700\text{ J}$

1周期で元の状態に戻り、内部エネルギー変化は0です。熱と仕事をやり取りするので、 $Q_{\text{in}}=W+Q_{\text{out}}$ より $Q_{\text{out}}=1000-300=700\text{ J}$ です。吸熱・放熱は正の大きさで表します。



## 解答と理由（続き）

### 熱現象の不可逆性と熱機関

#### 問題3の解答

$e=200/800=0.25=25\%$ 、 $Q_{\text{out}}=600\text{ J}$

$Q_{\text{out}}=800-200=600\text{ J}$ です。分母は吸収した熱で、仕事は正味の値です。300/1000の場合より効率は小さくなります。

01

$$e = 200 / 800 = 0.25 \rightarrow 25\%$$

02

$$\begin{aligned} Q_{\text{out}} &= 800 - 200 \\ &= 600\text{ J} \end{aligned}$$

#### 不可逆性と外の変化

不可逆という言葉は、外に変化を残しても元の状態を作れないという意味ではありません。自発的な熱移動の向きと、外部の仕事を伴う操作を区別します。

#### 1周期の収支

熱機関は周期的に働き、1周期で同じ状態に戻るので $\Delta U=0$ です。熱と仕事だけなら、吸収した熱 $Q_{\text{in}}$ は正味の仕事 $W$ と外へ出す熱 $Q_{\text{out}}$ の和です。

#### 効率の分母と単位

熱効率 $e=W/Q_{\text{in}}$ は比です。0.30は30%、0.25は25%です。外へ出る700 Jや600 Jもエネルギーとして残り、仕事に変わらなかった分が消えたわけではありません。

#### 100%の機関について

正の有限温度の低温側をもつ周期機関を考えます。単一の熱源から受け取った熱を全て仕事へ変え、それ以外に変化を残さない第2種永久機関は認められません。摩擦をなくすことだけでは100%の効率にはなりません。

#### 固定した条件

この例では1周期で元の状態へ戻り、エネルギーの出入りは熱と仕事だけです。お茶80℃、周囲20℃、逆向きへ動かす外部の仕事は0 Jで、自発的な逆移動を主張していません。