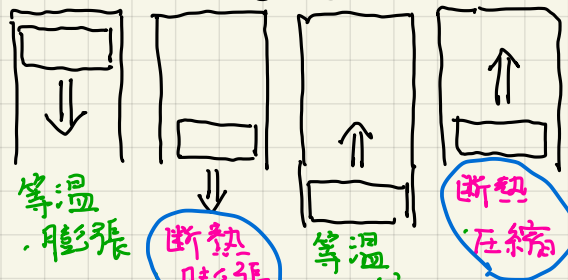


24/5/7

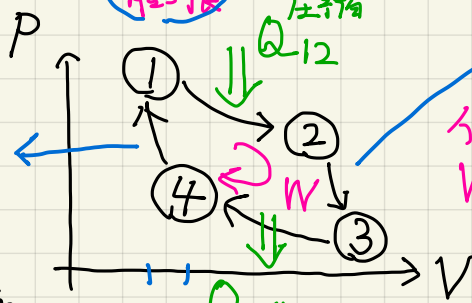
①→② ②→③ ③→④ ④→①



“冷藏庫”

断熱圧縮

温度上昇
“空気入れ”
“ポンプ”
等温
 $\Delta T = 0$



断熱膨張 “熱力学”
温度低下 仕事 熱

$$0 = \Delta E = \Delta W + \Delta Q$$

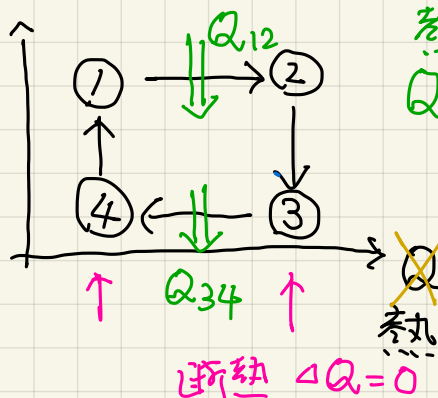
$$= \Delta(p \cdot V) + \Delta(T \cdot S)$$

$$\Delta S = \frac{Q_{12}}{T_H} + \frac{Q_{34}}{T_L}$$

エントロピー-増大

エントロピー-効率
 $\eta = \frac{\text{出力}}{\text{入力}} = \frac{\Delta W}{T_H}$

温度 T

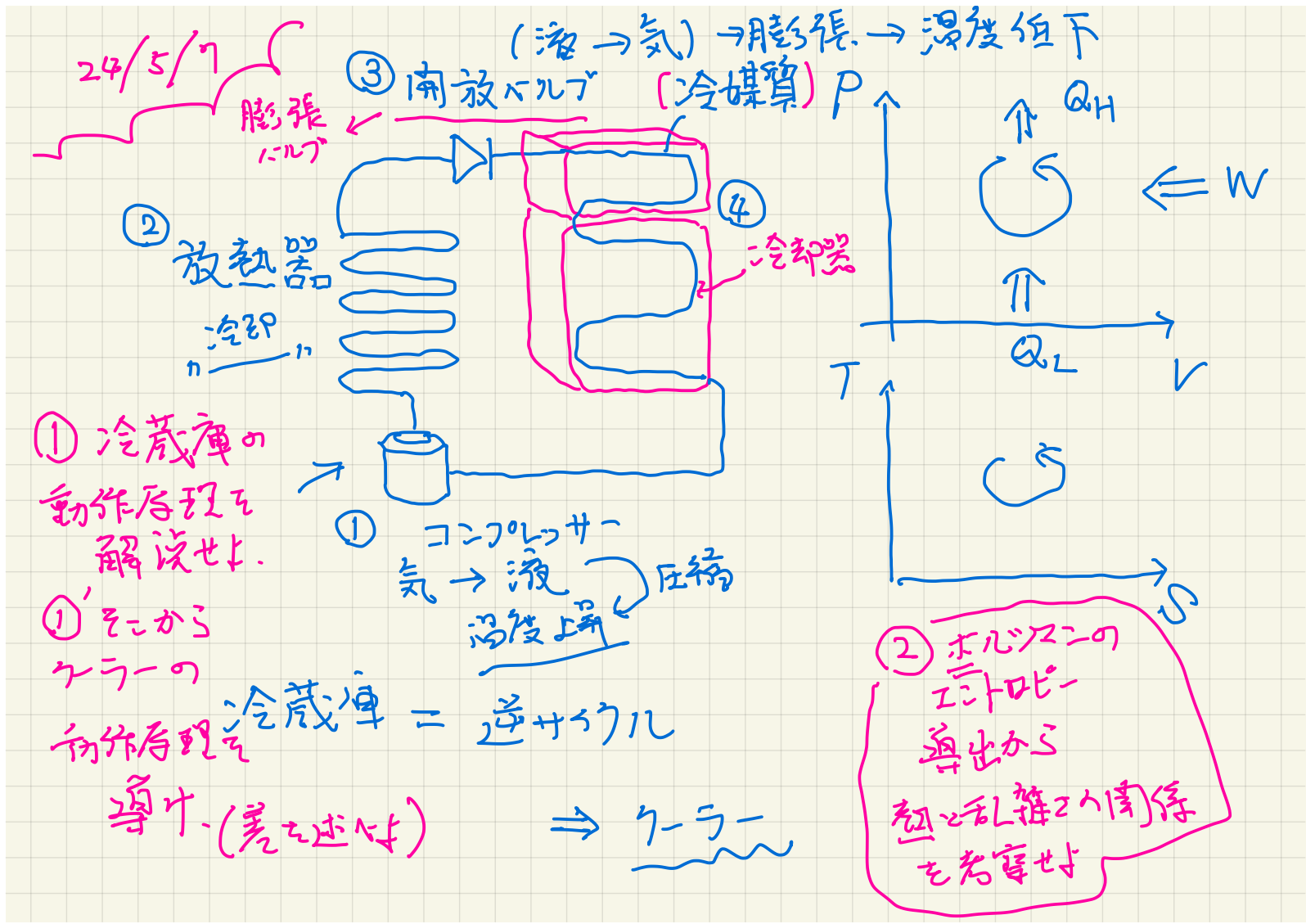


$$Q = \Delta(T \cdot S)$$

$$S = \frac{Q}{T}$$

熱

断熱 $\Delta Q = 0$



24/5/7

"热力学"

仕事 熱

$$\begin{aligned} 0 = \Delta E &= \Delta W + \Delta Q = 0 \quad \Delta W = -\Delta Q \\ &= \Delta(p \cdot V) + \Delta(T \cdot S) \quad Q_H - Q_L \end{aligned}$$

$$\Delta S = \frac{Q_{12}}{T_H} + \frac{Q_{34}}{T_L} > 0 \text{ 不可逆}$$

$$\boxed{\text{エントロピー-増大}} = 0 \text{ 可逆} \quad \text{— (カルノーサイクル)}$$

エントロピー-効率 > 0

$$\eta = \frac{\text{出力}}{\text{入力}} = \frac{\Delta W}{T_H} = \frac{Q_H - Q_L}{T_H} = \frac{T_H - T_L}{T_H}$$

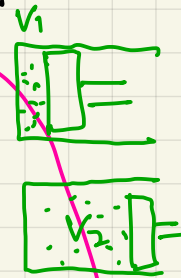
熱機関

$$\approx 1 - \frac{T_L}{T_H} \quad \leftarrow \text{①}$$

②

24/5/7

② ボルツマンの
エントロピー
導出から
箱と粒子の関係を
考える



① 270

$$S = \frac{Q}{T} = k_B \ln W$$

② 270

場合の数

$$S_2 - S_1 = \int_{V_1}^{V_2} dS = \int_{V_1}^{V_2} \frac{dQ}{T}$$

等温 = 定エネルギー

$$0 = dE = dQ - dW$$

$$dQ = dW = d(p \cdot V)$$

$$= \int_{V_1}^{V_2} \frac{d}{T} (pV) = \int_{V_1}^{V_2} \frac{p}{T} dV$$

$$= \int_{V_1}^{V_2} \frac{nR}{V} dV \leftarrow pV = nRT$$

$$= [nR \ln V]_{V_1}^{V_2}$$

$$= nR \ln V_2 - nR \ln V_1$$

$$= nR \ln V_2/V_1$$

270式

$$S_2 - S_1 = nR \ln V_2/V_1$$

$$\ln \frac{W_2}{W_1} = N_A \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$S = k_B \ln W$$

ボルツマンの1粒子式

$$W = \omega^N$$

$$W_1 = \omega_1^N = \left(\frac{V_1}{v_m} \right)^N$$

$$W_2 = \omega_2^N = \left(\frac{V_2}{v_m} \right)^N$$

$$\frac{W_2}{W_1} = \frac{\left(\frac{V_2}{v_m} \right)^N}{\left(\frac{V_1}{v_m} \right)^N}$$

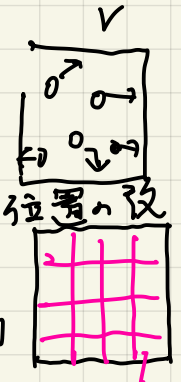
$$= \left(\frac{V_2}{V_1} \right)^N$$

$$\ln \frac{W_2}{W_1} = \ln W_2 - \ln W_1$$

$$= N \ln V_2/V_1$$

$$\frac{R}{N_A} = k_B$$

Avogadro's 数 Boltzmann 定数.



N個の粒子
の配置の
場合の数