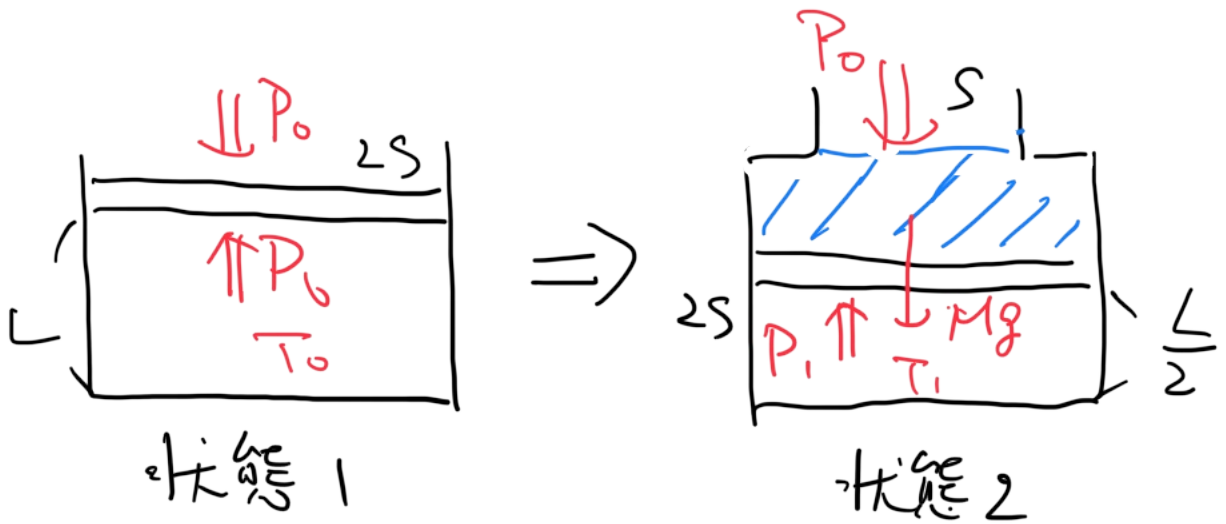


[II]

(1)



State 2 of the piston is in equilibrium.

$$P_0 S + Mg = P_1 \cdot 2S$$

$$\Leftrightarrow P_1 = \frac{1}{2} \left(P_0 + \frac{Mg}{S} \right)$$

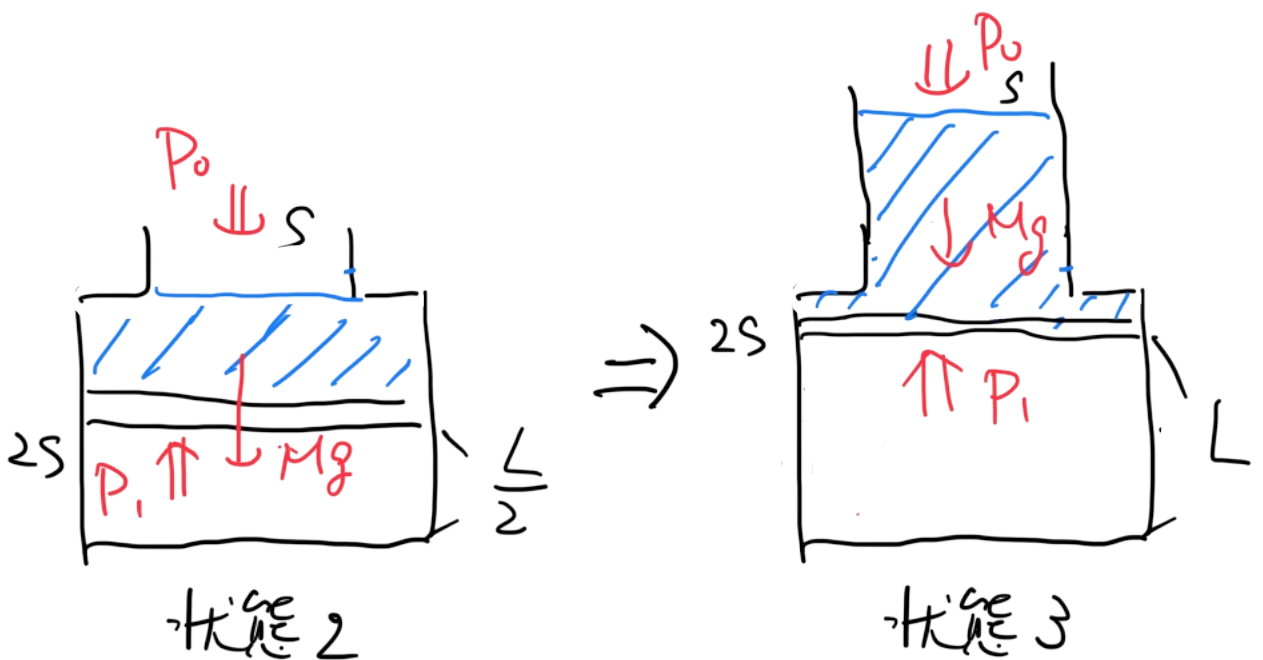
Between State 1 and State 2, the process is isothermal.

$$\frac{P_0 \cdot 2SL}{T_0} = \frac{P_1 \cdot 2S \cdot \frac{L}{2}}{T_1}$$

$$T_1 = \frac{1}{2} \frac{P_1}{P_0} T_0$$

$$= \frac{1}{4} \left(1 + \frac{Mg}{P_0 S} \right) T_0$$

(2)



状態3のピストンに作用する力は $(P_0 S)$ 、
 液体の重力 (Mg) の反作用である。気体の圧力は P_1 の時
 平衡をとる。状態2から状態3への変化は定圧変化
 である。

$$\begin{aligned} W &= P_1 2S \times \left(L - \frac{L}{2}\right) \\ &= P_1 SL \\ &= \frac{1}{2} \left(P_0 + \frac{Mg}{S}\right) \cdot SL \\ &= \frac{1}{2} (P_0 S + Mg) L \end{aligned}$$

定圧変化の際 $PV = nRT$ より

$$P \Delta V = nR \Delta T \quad \text{両辺を2倍する}$$

$$\Delta U = nC_v \Delta T = \frac{3}{2} nR \Delta T = \frac{3}{2} P \Delta V$$

よって

$$\begin{aligned} \Delta U &= \frac{3}{2} P_1 \left(2SL - 2S \frac{L}{2}\right) \\ &= \frac{3}{4} \left(P_0 + \frac{Mg}{S}\right) \cdot SL \\ &= \frac{3}{4} (P_0 S + Mg) L \end{aligned}$$

(3) 第一法則より

$$\begin{aligned} Q &= \Delta U + W \\ &= \frac{5}{4} (P_0 S + Mg) L \end{aligned}$$

定圧変化の際

$$\begin{aligned} Q : \Delta U : W &= nC_p \Delta T : nC_v \Delta T : P \Delta V \\ &= C_p : C_v : R \end{aligned}$$

$$= \frac{5}{2}R : \frac{3}{2}R : R$$

$$= 5 : 3 : 2$$

この比は、この二つの温度比でも、この二つの

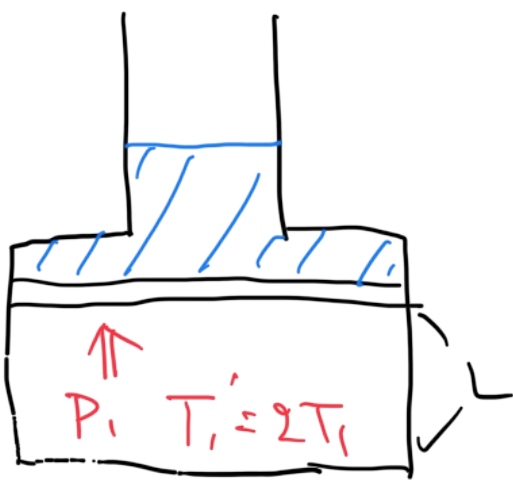
また、状態3の温度を T_1' とおくと

状態2と3との間のエネルギー保存則より

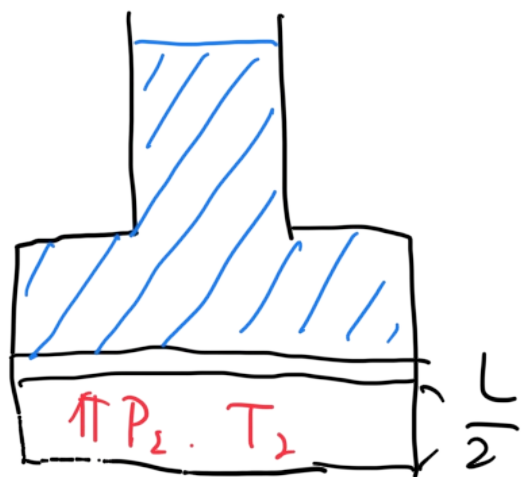
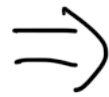
$$\frac{2S \cdot \frac{L}{2}}{T_1} = \frac{2S \cdot L}{T_1'}$$

$$\therefore T_1' = 2T_1 = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{C_p}{P_0 S} \right) T_0$$

(4)



状態3



状態4

断熱変化のため PV^γ の法則より $PV^\gamma = \text{一定}$

$$\therefore P_1 \times (2SL)^\gamma = P_2 \times \left(2S \cdot \frac{L}{2} \right)^\gamma$$

$$\Leftrightarrow P_2 = 2^\gamma P_1$$

また、エネルギー保存則より

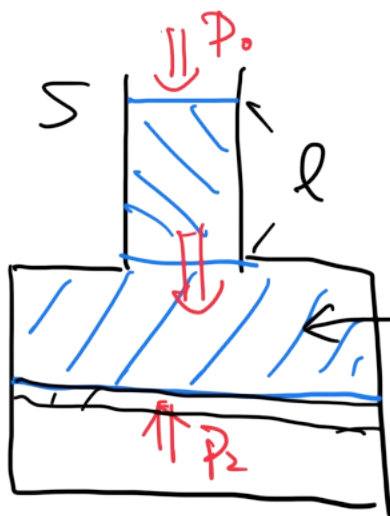
$$\frac{P_1 \cdot 2SL}{T_1'} = \frac{P_2 \cdot 2S \cdot \frac{L}{2}}{T_2}$$

$$\Leftrightarrow T_2 = \frac{P_2}{P_1} \times \frac{1}{2} T_1'$$

$$= 2^{n-1} T_1'$$

$$= 2^{n-2} \left(1 + \frac{M_f}{P_0 S} \right) T_0$$

(5)



この部分の(2,1)の液体の質量 M

つまりこの水の体積は $S l$ である。この質量は $\rho S l$ である。よって液体全体の質量は $M + \rho S l$ である。ピストンにかかる力のつりあいを

$$P_0 S + (M + \rho S l) g = P_2 \cdot 2S$$

$$\begin{aligned} \Leftrightarrow P_2 &= \frac{1}{2} \left(P_0 + \frac{Mg}{S} \right) + \frac{\rho l g}{2} \\ &= P_1 + \frac{\rho l g}{2} \end{aligned}$$

$$\Leftrightarrow 2^n P_1 = P_1 + \frac{\rho l g}{2}$$

$$\Leftrightarrow \frac{\rho l g}{2} = (2^n - 1) P_1$$

$$\Leftrightarrow l = \frac{2(2^n - 1)}{\rho g} P_1$$