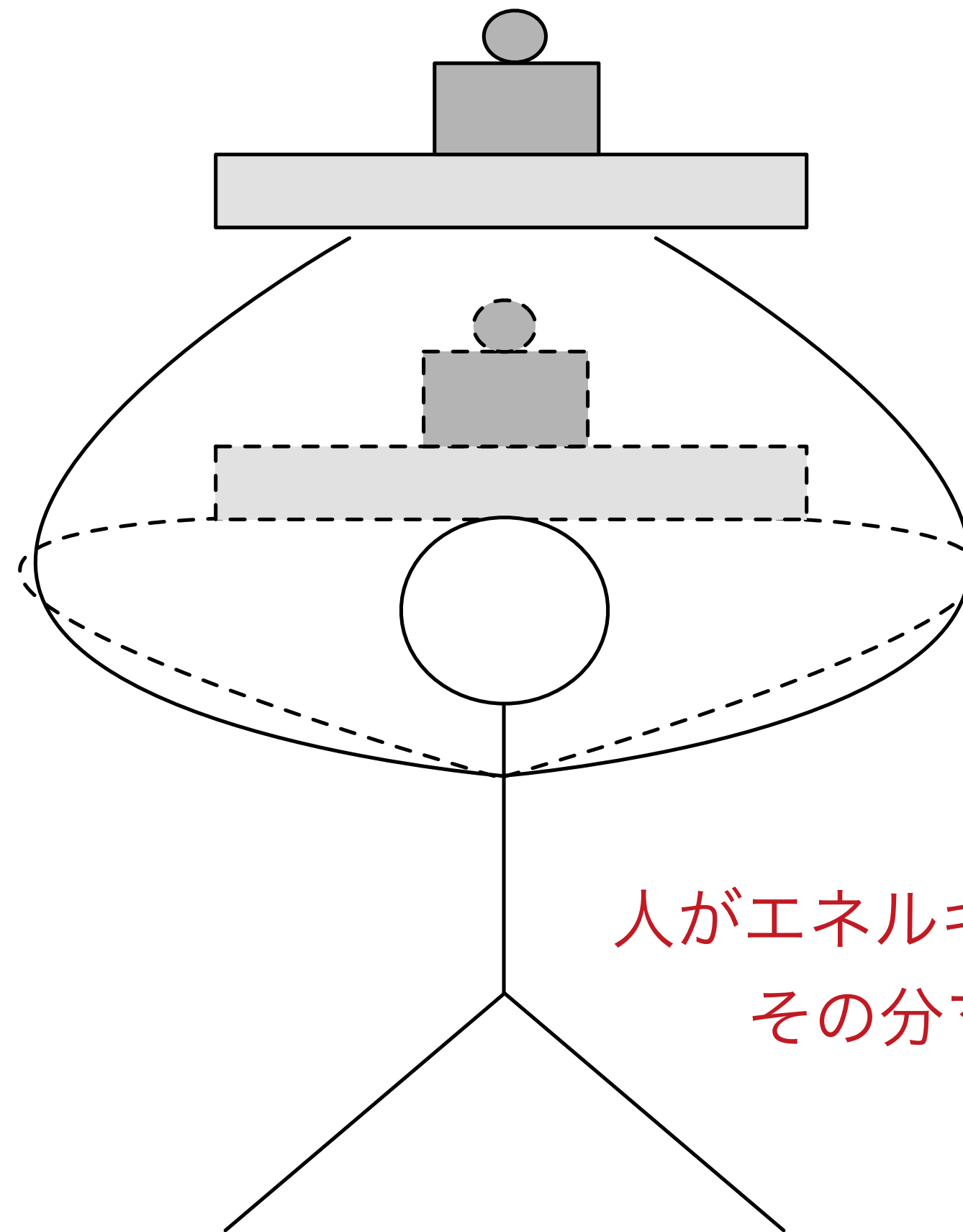
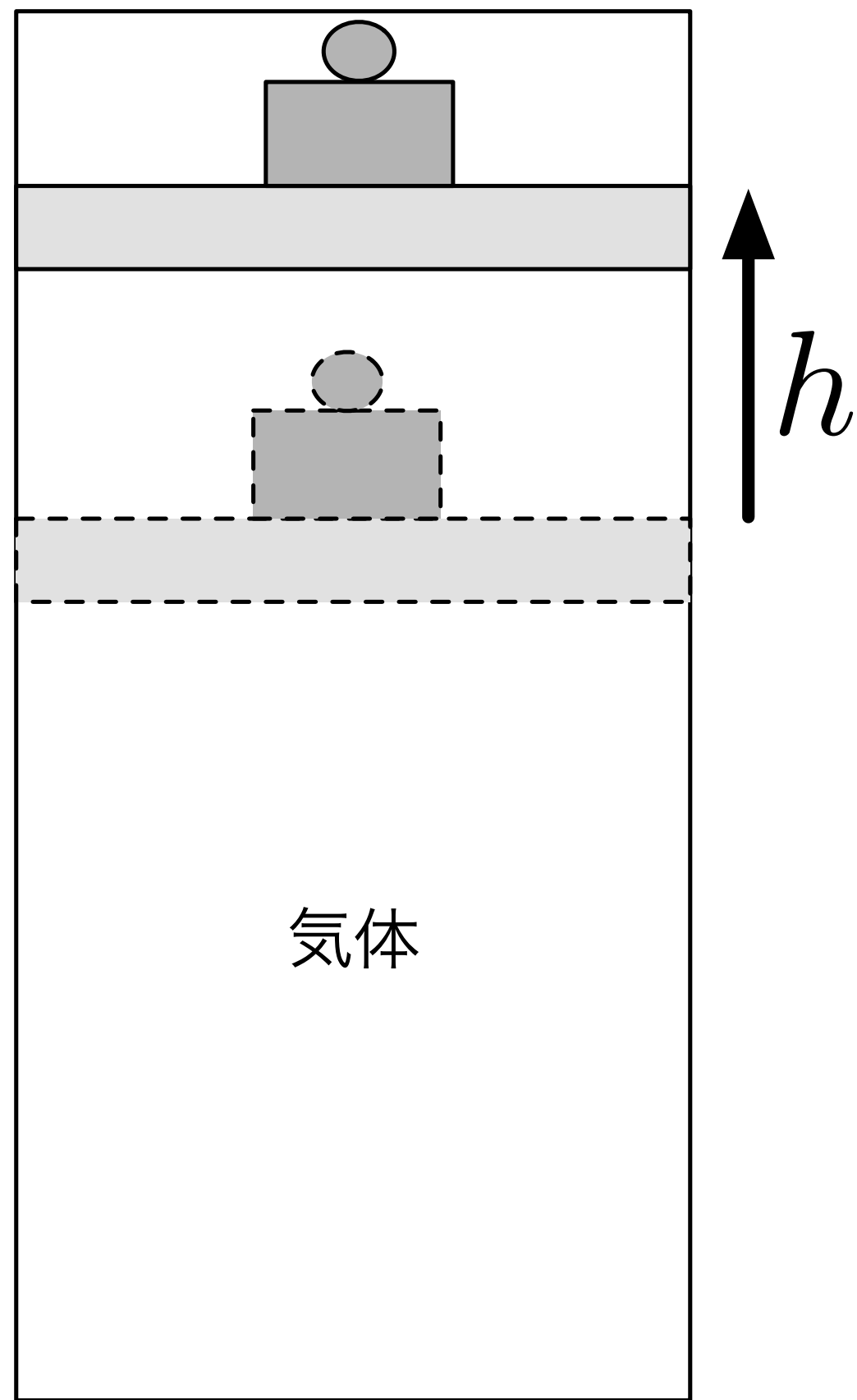


なんで  $dW = -PdV$  でマイナス (−) がつきますか？

ここが躓きの最初の一步！？

大気圧の代わりにおもりを置く  
重力は鉛直下方に

おもりの位置エネルギーは増加した  $+mgh$



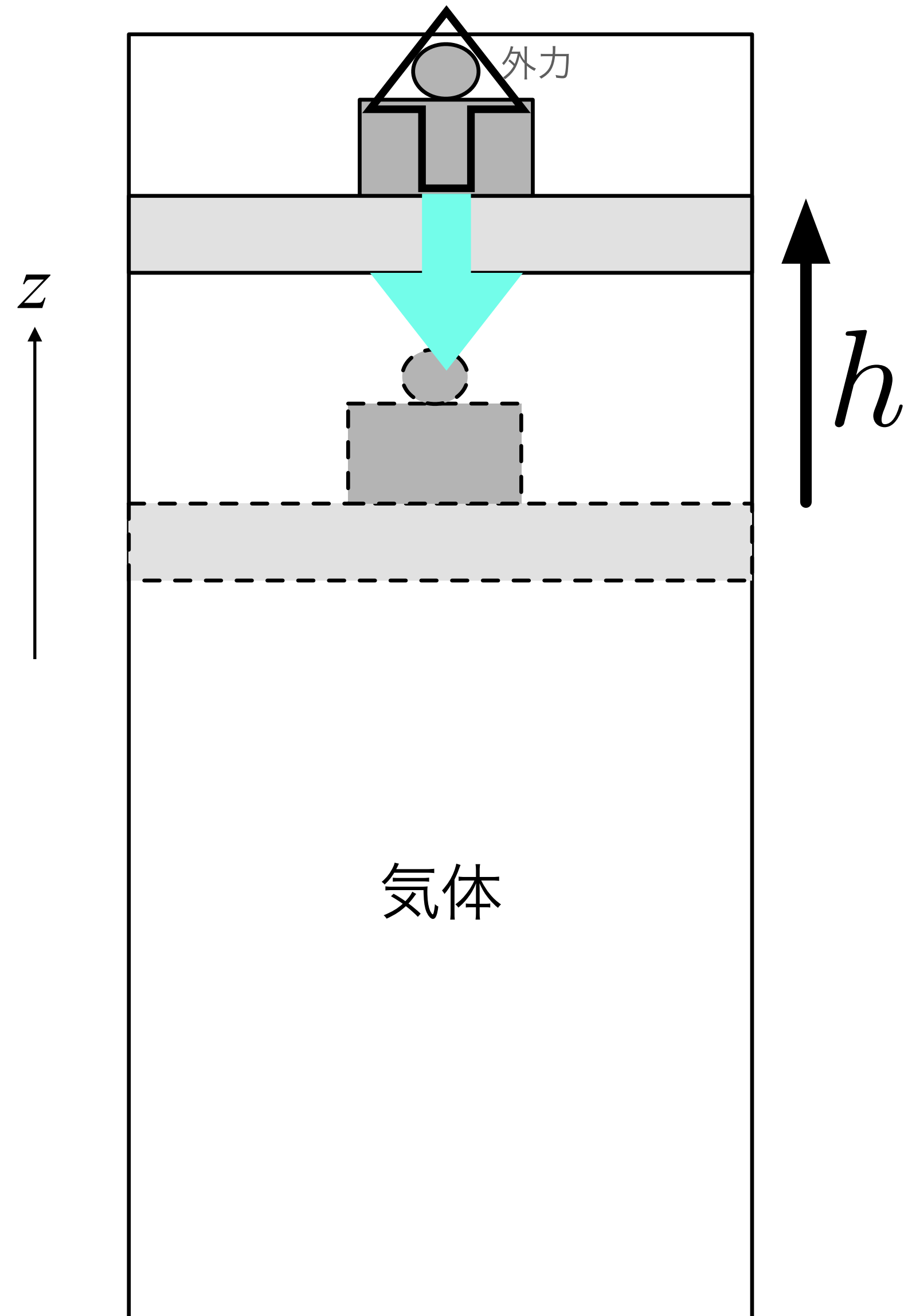
人がエネルギーを与えた  
その分マイナス

気体がエネルギーを与えた  
気体のエネルギーは減少した

エネルギー保存則から  
おもりの位置エネルギーが  
増加した場合、  
その分何かのエネルギーが  
減少して差し引きゼロとなる

おもりの位置エネルギーは増加した

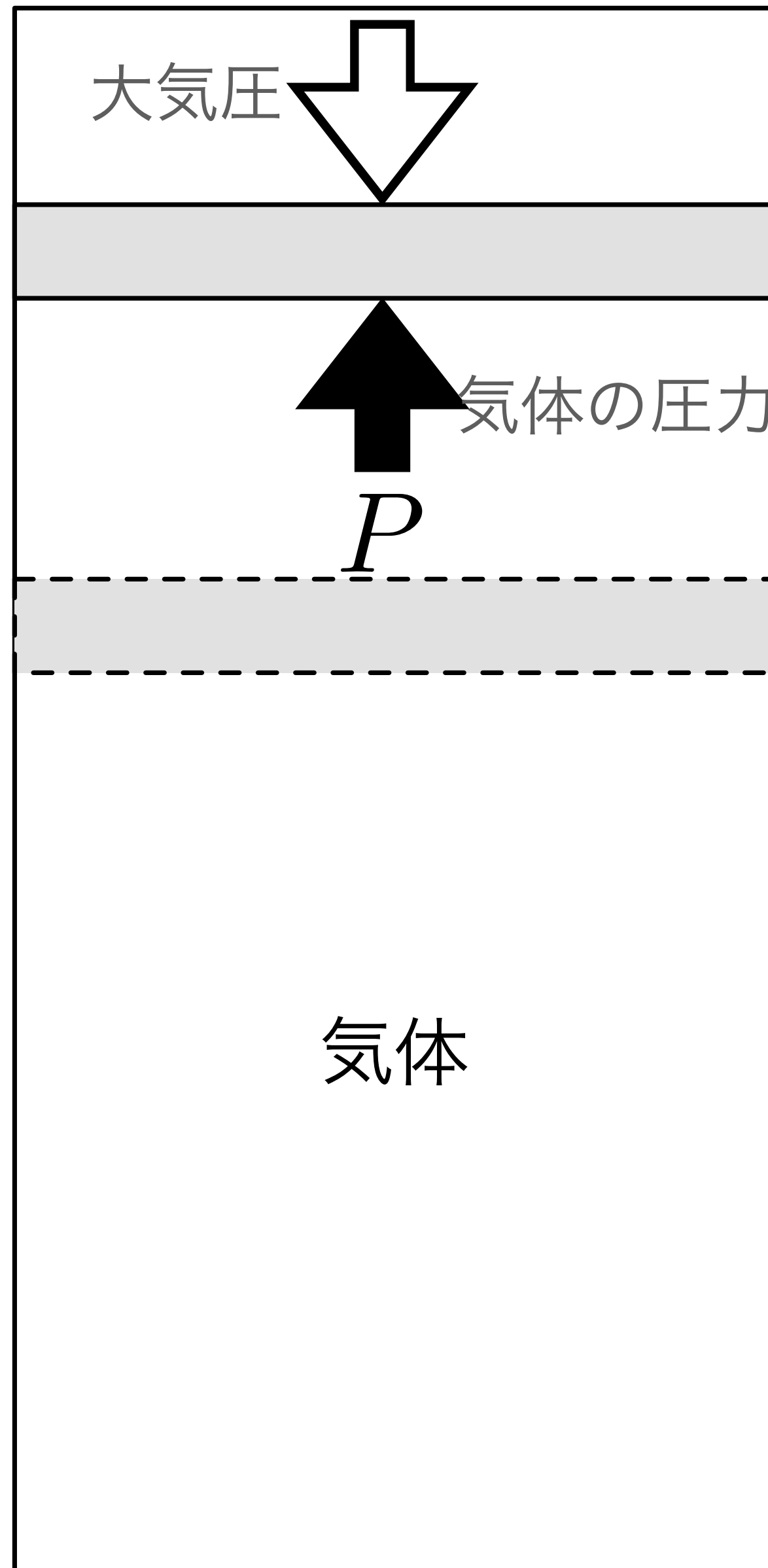
位置エネルギーの変化 =



$$\int_0^h F_{\text{ext}} dz = \int_0^h (+mg) dz = +mgh \quad (*)$$

(\*)おもりが気体からされた仕事は正の量である。

逆に気体（人）の立場から見れば  
気体がおもり（外界）に仕事をしたので  
その分の気体のエネルギー変化は**負の量**となる。



微小変化

$$dh > 0$$

気体がピストンを押す力

$$P = F/A$$

ピストンの面積

$$dW = -Fdh = -PA dh = -PdV$$

仕事

力×距離

体積の変化

=ピストンの面積×移動距離

👉 このマイナスが大事！ 気体が仕事をしてエネルギーがその分減ったことを意味する

気体の体積

$$V \rightarrow V + dV$$

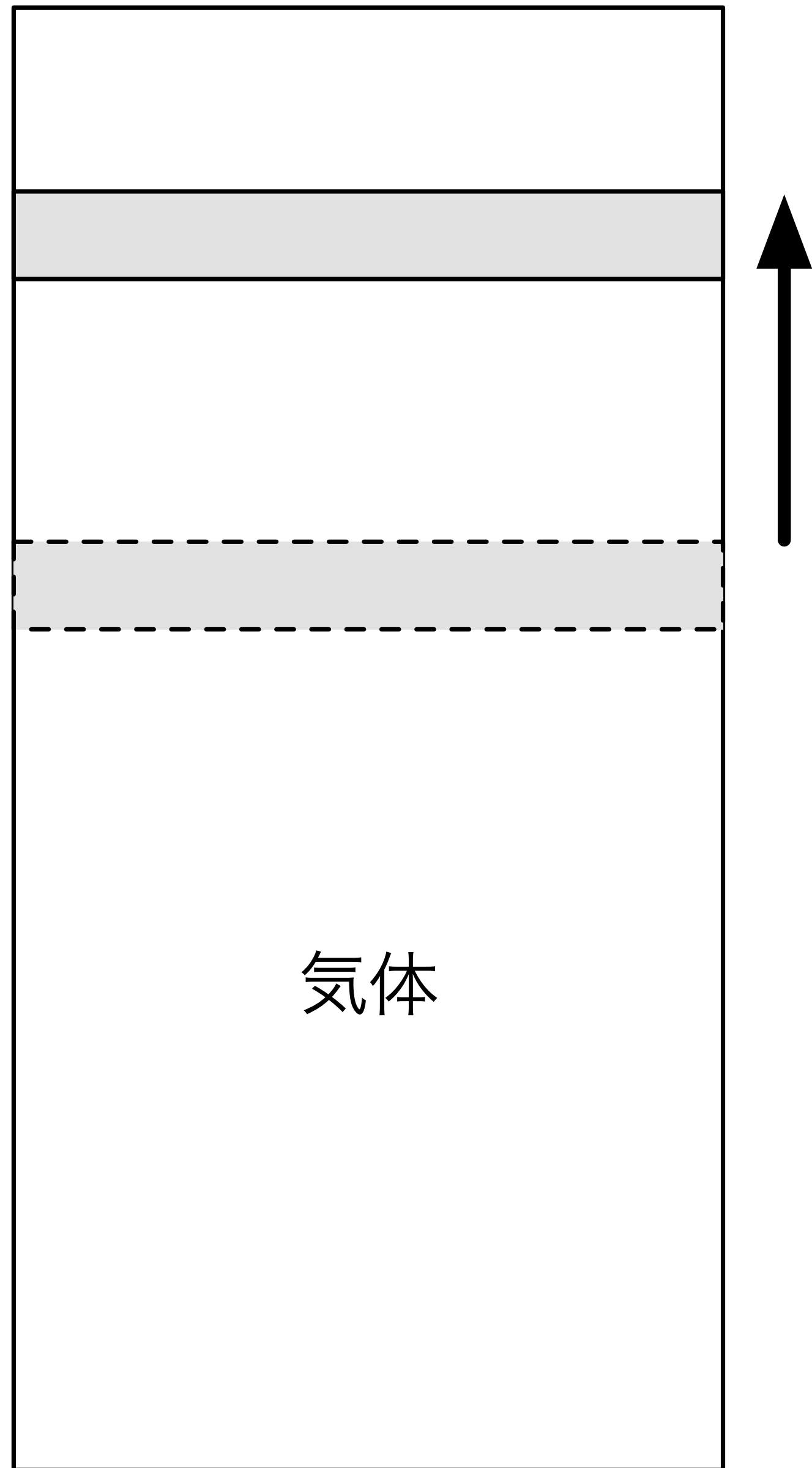
気体の体積：膨張の時は

$$1.0 \text{ m}^3 \rightarrow 1.0 + 0.0001 \text{ m}^3$$

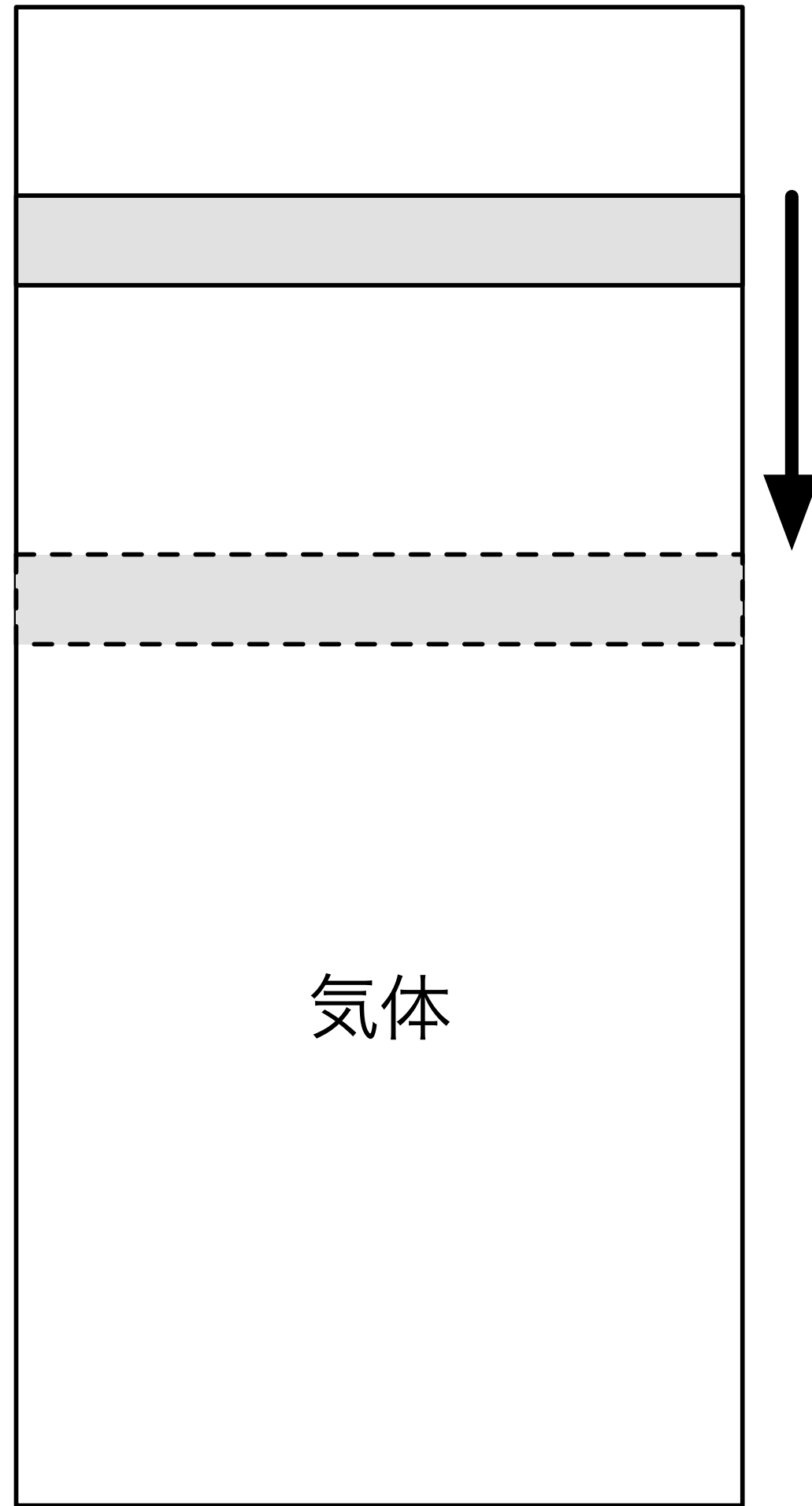
気体

$$dV > 0$$

$$dW = -PdV < \underline{0}$$



## 気体の体積



$$V \rightarrow V + dV$$

気体の体積：圧縮の時は

気体が外界から仕事をされてエネルギーが増加

$$1.0 \text{ m}^3 \rightarrow 1.0 - 0.0001 \text{ m}^3$$

$$dV < 0$$

$$dW = -PdV > 0$$