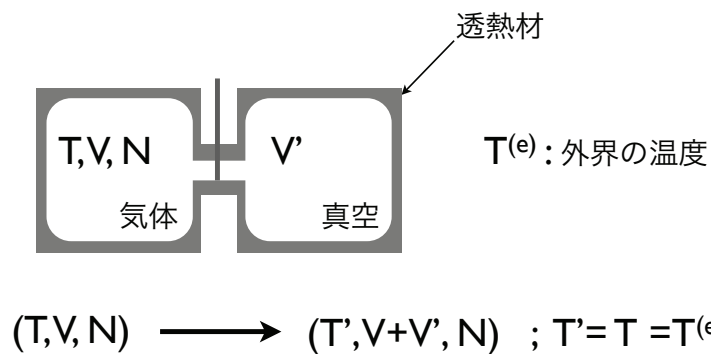


問題 2-1 (緩和過程 (不可逆変化) と準静的過程)

等温環境下での自由膨張によって変化した気体の状態を, もとの状態にもどすような準静的過程を与えよ。

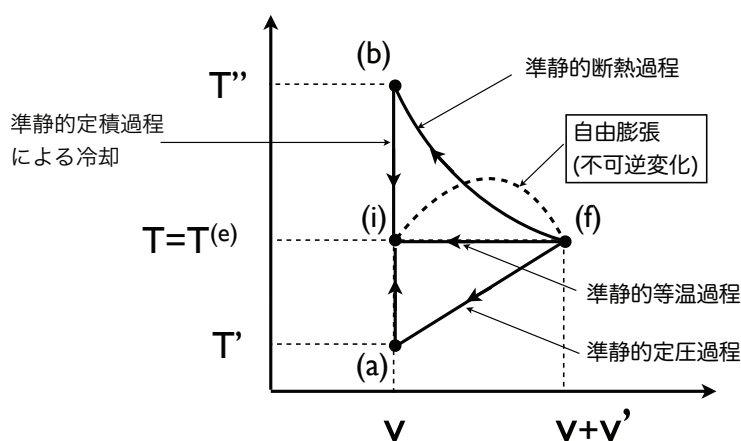


問題 2-2 (自由膨張と準静的膨張の違い)

極めて小さい体積変化をともなう自由膨張を多数回, 繰り返して, 気体の体積を有限の量だけ, 増加させる過程を考える。1 回の自由膨張での体積変化を無限小にする極限で, この過程は準静的な過程になるといえるか。

問題 2-3 (ガソリンエンジン, ディーゼルエンジンを表す準静的サイクル)

ガソリンエンジン, および, ディーゼルエンジンの動作の特徴を, 作業物質の状態変化に着目して, 準静的サイクルによって表してみよ。



容器が透熱材で作られているため、気体の温度は、自由膨張の前後で、外界の温度 $T^{(e)}$ に等しい。すなわち $T = T^{(e)}$ 。

方法 1: 準静的等温圧縮によって、気体の体積を V まで減少させる。図中、 $(f) \rightarrow (i)$ の過程。

方法 2: はじめに、準静的定圧圧縮によって、気体の体積を V まで減少させる。このときの気体の温度 T' ははじめの温度 T よりも低くなっている。(cf. シャルルの法則) その後、準静的定積過程によって温度 T まで加熱する。図中、 $(f) \rightarrow (a) \rightarrow (i)$ の過程。

方法 3: はじめに、準静的断熱圧縮によって、気体の体積を V まで減少させる。このときの気体の温度 T'' ははじめの温度 T よりも高くなっている。(理由は第 4 章参照) その後、準静的定積過程によって温度 T まで冷却する。図中、 $(f) \rightarrow (b) \rightarrow (i)$ の過程。

(注) これらの過程は可逆である。逆過程によって、自由膨張によるものと同じ状態の変化を、準静的に気体に及ぼすことができる。ただし、気体以外の外界に生じている変化には違いがあることに注意。

1 回の自由膨張での体積変化を無限小にする極限をとっても、自由膨張によって気体が真空の領域を満たし、体積全体を占めるまでの時間は、自由膨張の緩和時間 (熱平衡に達するまでに要する時間) と同程度か、それよりも短い時間になっている。したがって、無限小極限でも、この過程は準静的過程とはいえない。

ガソリンエンジンでは、あらかじめ燃料を空気と混合し、これを圧縮した後に、点火プラグの火花によって着火、燃焼させる。この燃焼は瞬間的に起こるから、この間、ピストンは静止しており、体積は一定になっていると見なせる。

このようなガソリンエンジンの動作を表すものとして、(1) 断熱圧縮、(2) 定積加熱、(3) 断熱膨張、(4) 定積冷却の 4 過程からなる準静的なサイクルを考えることができる。このサイクルはオットーサイクルとよばれる。(1876 年に火花点火機関を制作した、ドイツ人、オットーにちなむ。)

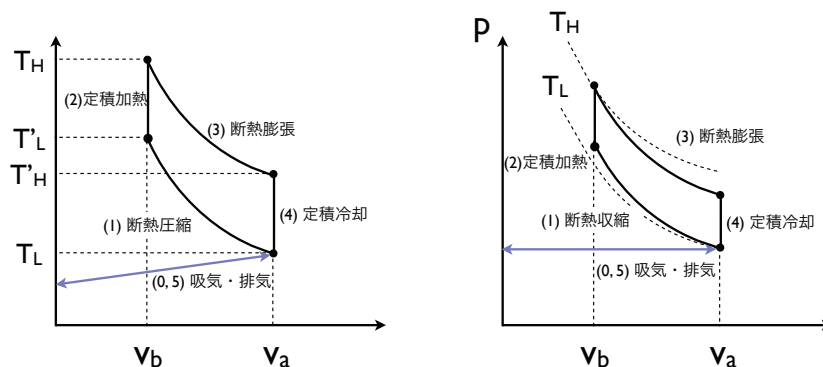


図 1: オットーサイクルの TV 図, pV 図

ディーゼルエンジンでは、圧縮し、十分高温になった空気に燃料を吹き付ける事で自然着火、燃焼させる。この燃焼過程は比較的長い時間持続する。低速のディーゼルエンジンの場合、この間、圧力が一定になっていると見なす事ができる。

ディーゼルエンジンの動作を表すものとして、(1) 断熱圧縮、(2) 定圧加熱、(3) 断熱膨張、(4) 定積冷却の4過程からなる準静的なサイクルを考える。このサイクルはディーゼルサイクルとよばれる。

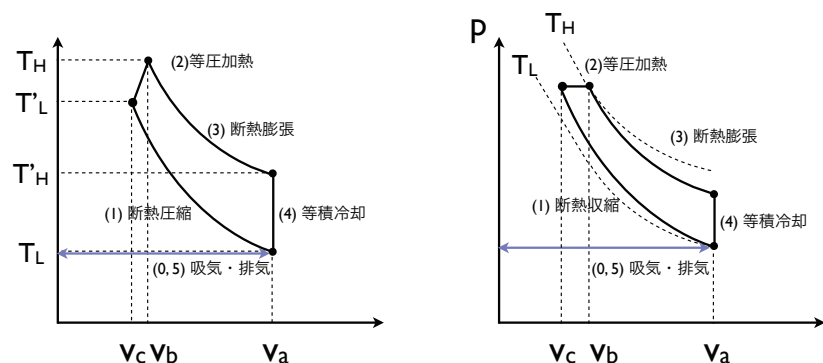


図 2: ディーゼルサイクルの TV 図, pV 図

燃料と空気の混合気体を圧縮するガソリンエンジンでは、自然発火による着火時点のずれをさけるため、圧縮率をあまり大きく取る事ができない。これに対して、ディーゼルエンジンでは高い圧縮比を実現できる。この圧縮比に関する制限はエンジンの効率に影響を与える。

また、中・高速のディーゼルエンジンでは、燃焼過程を定圧とみなす近似は悪くなる。定積と定圧を組み合わせた準静的なサイクルが用いられる。このサイクルはサバテサイクルとよばれる。