

熱機関の (理論的) 熱効率を上げるためにはどうすればよいか。その実現にはどのような制約があるか。関係する物理量の定義や法則も用いて説明せよ。

(解答)

1. 熱機関において、1 サイクルの間に、系が高温熱源 (絶対温度 T_H) から得る熱エネルギーを Q_H 、系が低温熱源 (絶対温度 T_L) に排出する熱エネルギーを Q_L 、系が外界に行う仕事を W とする。熱機関の熱効率 η は $\eta \equiv W/Q_H$ と定義される。熱機関の理想的極限としての可逆サイクル (カルノー機関) の熱効率 $\eta_c = 1 - T_L/T_H$ で、カルノーの定理より、 $\eta \leq \eta_c$ である。

熱効率を上げるには T_L/T_H を小さくする必要がある。しかし、 T_L は外界 (環境) の絶対温度で変えることは不可能である。従って、高熱熱源の絶対温度 T_H を高くすることが必要である。

2. 制約：しかし、高熱熱源の絶対温度 T_H を高くすることは自動的に可能というわけではない。すべての材料の耐熱性には限界がある。例えば、鉄の融点は 1530°C である。

以下、関連する補足。

1. 本問題作成の参考文献：伊東敏雄「なーるほど！の熱学」学術図書出版社、1995年。特に、pp.58-59.
2. 備考：熱機関の熱効率 $\eta \equiv W/Q_H = 1 - Q_L/Q_H$ において、 Q_L をゼロにすることは (熱力学第2法則から) 不可能であるが、複数個の熱機関を複合することにより、全体としての Q_L をできるだけ少なくすることにより、熱効率を大幅に改善できることも分かっている。これは、ガス蒸気複合のカスケード方式の熱機関として実現している。
 - (a) 深井 有「気候変動とエネルギー問題」中公新書、2011年。p.186.
 - (b) コンバインド・サイクル (日本機械学会)
<http://www.jsme.or.jp/interview/jsme04/yougo.html>
 - (c) 蒸気タービン・ガスタービン複合発電
<http://www.kz.tsukuba.ac.jp/abe/ohp-energy/en2013-05.pdf>
 - (d) Combined Cycles in Stationary Gas Turbine for Power Production
<http://web.mit.edu/16.unified/www/FALL/thermodynamics/notes/node67.html>