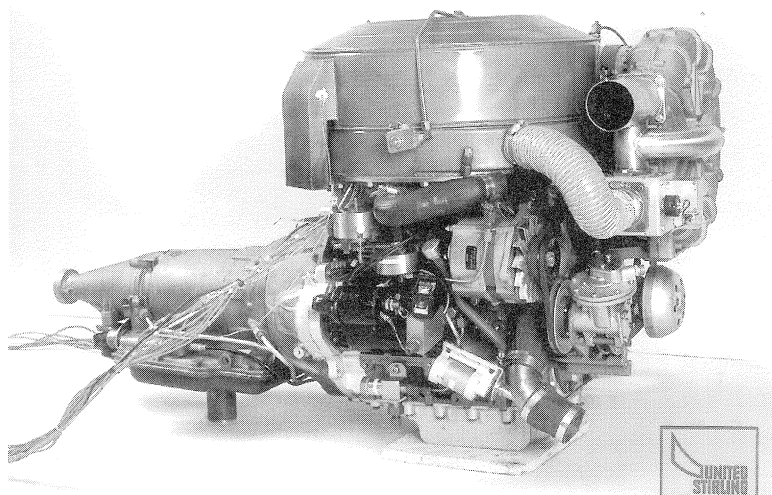


2. スターリングエンジン

塚原茂司



P-40 Automotive Stirling Engine⁽¹⁾

1. まえがき

スターリングエンジンは1816年に発明された古いエンジンで、一時は内燃機関の登場により衰退したが、1936年からオランダのフィリップス社が携帯用小型発電機用エンジンとして精力的に開発を進め、高性能エンジンを作り上げて息を吹き返した。その後、同社のさらなる開発と同社と技術提携した欧米の企業が高出力エンジンの研究開発を進め、現在の高度に発達したエンジンになった。

スターリングエンジンは燃費や排気特性その他に本質的に優れた性能を有し、早い時期から実用化を期待されながら、まだ広い分野での展開には至っていない。ここでは開発状況を踏まえながらその原因を考え、実用化について展望していくこととしたい。まずは、スターリングエンジンとはどんなエンジンなのかについて説明する。

2. 運動の原理と構造、形式

スターリングエンジンの分類は、密閉サイクル往復動式外部燃焼機関である。はじめから難しい言葉が出たが、以下の説明からこの言葉は容易に理解されると思う。まず、ガソリンエンジン等の内燃機関は空気を外部からシリンダ内に吸入し、圧縮・燃焼・膨張・排気して1サイクルを終える。このように空気を外部（大気）から吸入して最後に燃焼ガスを外部（大気）に排気する方式は開放サイクル（open cycle）と呼ばれる。それに対しスターリングエンジンでは、いったんシリンダ内に入れたガス（作動流体という）は外部に放出されず（出力制御時に別置きタンクに出たり入ったりすることはあるが）シリンダ内に留め置かれて圧縮・加熱・膨張・冷却を行い、外部とガスの出入りはない。これを密閉サイクル（closed cycle）という。往復動式とはピストンがシリンダの中を往復動することでガソリンエンジン等と同じだが、シリンダの中の空気に熱を与える方法が内燃機関とは異なる。内燃機関（内部燃焼機関）では、燃料が直接シリンダ内の空気中で燃焼し、空気を高温・高圧にしてピストンを押し下げて仕事をするが、スターリングエンジンは蒸気機関と同じように、外部で燃焼等により発生した高温エネルギーは、加熱器（ヒータ）の管壁を通して中のガスを高温・高圧にし、シリンダ内のピストンを押し下げて仕事をする。このようなエンジンを外部燃焼機関（外燃機関）という。

ではスターリングエンジンはどのように動くのであろうか。図1はスターリングエンジンの運動をモデル化したものである。この図が密閉サイクル往復動式外燃機関であることは容易に理解されることと思う。そして、高校物理で習得したボイル・シャルルの法則「 $pV = MRT$ 」を頭によみがえらせて