
はじめに

今や自動車は全世界に普及しており、さまざまな使われ方をしている。一方、社会からの要請に基づき、排気規制、安全規制、騒音規制等が各国で実施され、規制値はますます厳しくなる傾向にある。また、燃費向上競争も激しくなっている。各自動車メーカーは、エンジン・車体構造の改善、新システム（ハイブリッド車等）の開発等で対応しているが、これらの適合技術開発の中に、従来の冷却システムの改善、また新冷却システムの開発も含まれる。

すなわち、どんなにエンジンの改善が進んでも、新システムが採用されても、エンジンを適温に保ち、支障が出ない冷却システムが要求されるということである。さらに、冷却システムについて言えば、外気温 $-40\sim+55^{\circ}\text{C}$ 、湿度 $10\sim90\%$ 、高度海拔 0m 以下 $\sim 4500\text{m}$ といった全世界の環境条件、また、高速走行、登坂走行、渋滞走行等の実にさまざまな条件においても、エンジンを適温に保つことが要求される。

しかし、自動車のスタイル、エンジンの性能や構造、排気性能、騒音、足回り、駆動系等は話題性も高く、注目され、特にエンジンに関わる専門書あるいは資料は比較的多く出版されているが、冷却性能に関する専門書あるいは資料は少ない。

そこで自動車用エンジンの冷却性能に絞って、やさしく書いてみたのが本書である。まず、非常に多岐にわたる自動車用エンジンを冷却する要因をわかりやすく図に示したが、その中で主なものについて実例を示しながら説明している。全般に数式をあまり使わず説明を主としているので、専門の人達は物足りなさを感じると思うが、幅広い人達に理解してもらうため、この手法を採用した。

本書は『自動車用エンジンの冷却工学』として2007年に山海堂より刊行されたものに、いわゆる電動車の冷却対策と、筆者の実務経験にもとづくオーバヒート対策を中心に加筆し、一部修正を実施したものである。データを基に解説した書は少ないと思われるので、本書が、多くの人たちにとって、冷却性能についてさらに深く理解するための足がかりになれば幸いである。なお、本書で用いたデータは、自動車用エンジンの冷却性能の概要をわかりやすく解説するために例示したものであり、その概要の本質は変わらないことから、変更を加えずにそのまま掲載している。

本書を執筆するにあたり、特に電動車について広範囲に御指導、助言を頂いた峯岸技術士事務所代表の峯岸俊行氏および、グランプリ出版社長の山田国光氏に深く感謝いたします。

橋本 武夫

目 次

| | |
|---------------------------------|-----------|
| はじめに | 3 |
| 序論 | 9 |
| 冷却性能要因図 | 10 |
| 第1章 エンジンの熱発生源 | 13 |
| 1.1 冷却水放熱量（冷却水に放出される熱量） | 15 |
| 1.1.1 冷却水温の影響 | 15 |
| 1.1.2 空燃比（混合比）の影響 | 17 |
| 1.1.3 吸入空気温の影響 | 18 |
| 1.1.4 潤滑油温の影響 | 20 |
| 1.1.5 循環水量の影響 | 21 |
| 1.1.6 不凍液の影響 | 22 |
| 1.1.7 ターボチャージャの影響 | 24 |
| 1.1.8 点火時期の影響 | 26 |
| 1.1.9 EGR還流率の影響 | 27 |
| 1.1.10 エンジン補機の影響 | 28 |
| (1) クーラコンプレッサ | 28 |
| (2) パワーステアリング | 30 |
| (3) エンジン冷却ファン | 30 |
| (4) オートマチックトランスミッション（AT）のオイルクーラ | 30 |
| 1.1.11 エンジン表面からの対流放熱量について | 30 |
| 1.1.12 油水温と冷却水放熱量の関係 | 32 |
| 1.1.13 冷却水放熱量試験方法 | 33 |
| (1) 最も簡単な方法 | 33 |
| (2) リカルド法その1 | 35 |
| (3) リカルド法その2（加圧型） | 36 |
| 1.1.14 エンジン表面からの対流放熱量の測定 | 37 |
| 1.1.15 電気自動車（EV）、燃料電池車（FCV） | 38 |
| (1) EVについて | 38 |
| (2) FCVについて | 41 |

| | | |
|------------|---------------------|-----------|
| 1.1.16 | 冷却水放熱量まとめ | 41 |
| 1.2 | 潤滑油放熱量(潤滑油に放出される熱量) | 42 |
| 1.2.1 | 冷却水温の影響 | 43 |
| 1.2.2 | 給油量の影響 | 44 |
| 1.2.3 | メタルクリアランスの影響 | 44 |
| 1.2.4 | エンジン回転数の影響 | 44 |
| 1.2.5 | オイルパン油量の影響 | 45 |
| 1.2.6 | ターボチャージャの影響 | 46 |
| 1.2.7 | ピストンオイルジェット | 47 |
| 1.2.8 | オイルクーラ | 48 |
| (1) | 水冷式 | 48 |
| (2) | 空冷式 | 49 |
| 1.2.9 | その他の部品 | 49 |
| (1) | メタルの種類 | 49 |
| (2) | オイルポンプ | 49 |
| 1.2.10 | 潤滑油放熱量の測定法 | 50 |
| 1.2.11 | 潤滑油放熱量まとめ | 52 |
| 第2章 | 冷却メカニズム | 53 |
| 2.1 | 冷却系部品 | 53 |
| 2.1.1 | ウォーターポンプ | 53 |
| (1) | ウォーターポンプの特性 | 55 |
| (2) | ウォーターポンプ性能に影響する要因 | 56 |
| (3) | キャビテーション | 63 |
| (4) | 冷却水路系水抵抗の推定 | 70 |
| (5) | 冷却系の圧力について | 71 |
| (6) | ベーンシール | 72 |
| (7) | 単体試験法 | 73 |
| (8) | ウォーターポンプまとめ | 74 |
| 2.1.2 | 冷却ファン | 75 |
| (1) | ファン単体性能 | 75 |
| (2) | 車載時の冷却ファン性能 | 84 |

| | |
|--------------------------|------------|
| (3) 冷却ファンまとめ | 112 |
| 2.1.3 ラジエータ | 113 |
| (1) ラジエータの種類 | 113 |
| (2) ラジエータの材質と板厚 | 117 |
| (3) ラジエータ性能に影響する本体要因 | 117 |
| (4) ラジエータ性能に影響する外的要因 | 123 |
| (5) 計測・試験法 | 127 |
| (6) ラジエータまとめ | 130 |
| 2.1.4 サーモスタット | 131 |
| (1) サーモスタットの基本構造 | 132 |
| (2) サーモエレメントの構造 | 133 |
| (3) サーモスタットの種類 | 134 |
| (4) サーモスタットの性能 | 135 |
| (5) サーモスタットまとめ | 140 |
| 2.2 通気率 | 140 |
| 2.2.1 フロントエンドの影響 | 140 |
| (1) フロントグリル開口率の影響 | 141 |
| (2) バンパ形状の影響 | 142 |
| (3) エンジンフード(ボンネット)先端の影響 | 144 |
| (4) エプロン形状の影響 | 144 |
| (5) ラジエータ空気抵抗の影響 | 144 |
| (6) キャブオーバー車の場合 | 148 |
| 2.2.2 エンジンルームの影響 | 148 |
| (1) エンジン容積比の影響 | 148 |
| (2) ラジエータ後面とエンジンとの間隙の影響 | 148 |
| (3) エンジンルーム内の空気の抜け方 | 149 |
| (4) ラジエータコアサポートパネル通気孔の影響 | 149 |
| 2.2.3 通気率まとめ | 150 |
| 第3章 熱発生源に影響する要素 | 153 |
| 3.1 車両諸元 | 153 |
| 3.1.1 走行抵抗の影響 | 153 |

| | | |
|------------|------------------------|------------|
| 3.1.2 | トランスミッション形式の影響 | 155 |
| 3.1.3 | 最終減速比の影響 | 156 |
| 3.2 | 使用環境条件 | 157 |
| 3.2.1 | 気象条件 | 157 |
| (1) | 外気温 | 157 |
| (2) | 湿度 | 157 |
| (3) | 日射 | 158 |
| (4) | 路面輻射 | 158 |
| (5) | 気圧 | 158 |
| (6) | 外気風 | 158 |
| 3.2.2 | その他の影響 | 158 |
| (1) | 登坂路の影響 | 158 |
| (2) | 慣らし運転の影響 | 159 |
| (3) | 前方走行車両の影響 | 159 |
| (4) | 運転条件 | 159 |
| 3.3 | 熱発生源に影響する要素まとめ | 160 |
| 第4章 | オーバーヒートとその対策の変遷 | 163 |
| 4.1 | オーバーヒートとは | 163 |
| 4.2 | 1960年代のオーバーヒート | 163 |
| 4.3 | 不凍液によるオーバーヒート | 164 |
| 4.4 | 通気率低下によるオーバーヒート | 164 |
| 4.5 | レース用エンジンのオーバーヒート | 165 |
| 4.6 | その他のオーバーヒート | 166 |
| 4.7 | オーバーヒートを未然に防ぐための手法 | 167 |
| 4.7.1 | 天皇御料車の冷却について | 167 |
| 4.7.2 | プロトタイプレーシングマシン | 167 |
| 4.7.3 | 冷却風の出口風の流れを変える | 169 |
| | 参考文献 | 170 |
| | 索引 | 171 |

序 論

冷却性能とは、冷却水をウォータポンプによりエンジンに送り、そこで熱を吸収し、ラジエータで冷却するにあたり、冷却しすぎないように、サーモスタットでラジエータに冷却水を送る量を調整する等して、常にエンジンを適温に保つ性能を言う。この冷却性能に関する要素は多岐にわたるが、それを大別すると、①エンジンの熱発生源、②冷やす部分（冷却メカニズム）、③熱発生源に影響する要素となる。これを冷却性能要因図で表してみたので、参照してもらいたい。

①エンジンの熱発生源では、冷却水放熱量、潤滑油放熱量に分け、それぞれに影響する要因を記載した。それぞれ冷却機能を持つ冷却水と潤滑油の温度を上げる要因となっているもの、という意味である。

②冷やす部分（冷却メカニズム）では、エンジンで発生した熱を冷やす冷却系部品（ウォータポンプ、冷却ファン、ラジエータ、サーモスタット）および通気率に影響する要因を記載した。

③熱発生源に影響する要素では、冷却水への放熱をさらに増大させる要因を車両諸元と使用環境条件に分けて記載してあるが、これはいわば冷却水放熱量を増大させる外的要因とも言えるものである。

このように、カテゴリ毎に分類して示したものが冷却性能要因図である。冷却性能は各要因が影響しあって決まってくるものではあるが、各要因の特性を知ることは大切なことである。本書では、主に単体特性を主眼

第 1 章

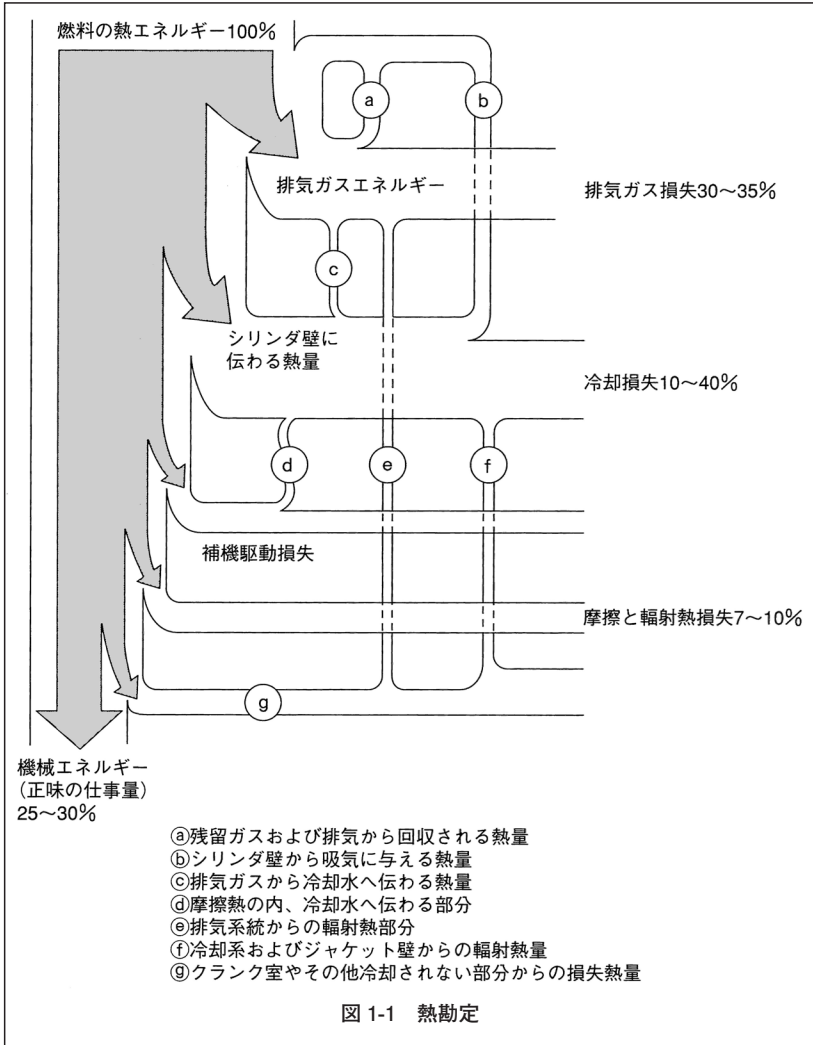
エンジンの熱発生源

自動車用エンジンは、供給された燃料を燃焼室内で燃焼させ、その熱エネルギーを機械エネルギーに変換するものである。しかし、発生した熱エネルギーがすべて機械エネルギーに変わるものではなく、機械エネルギーになるのは、条件にもよるが約25～30%程度（図1-1、ディーゼルエンジンは圧縮比が高く熱効率が良いので最大40%程度になるものもある）である。しかし、リーンバーンエンジンあるいは成層燃焼エンジンでは30%を超えるものもある。

冷却系に放熱される熱量（冷却損失）は10～40%、排気ガス損失は30～35%、輻射熱損失は7～10%である。このように、供給された熱エネルギーに対する、消費されるエネルギーの割合を熱勘定という。一見、冷却損失（冷却水へ放熱される量）は無駄のように思えるが、シリンダ、ピストン、メタル、バルブ等を一定温度以下に保つ必要性から、また、潤滑油（エンジンオイル）を適温に保つためには決して無駄ではない。

エンジンを適温に保つためには、冷却系へ放熱された熱量を冷却しなければならないが、冷却方法には空冷式と水冷式がある。

空冷式は、シリンダヘッドやシリンダライナに冷却効果を上げるための冷却フィンを設け、送風機あるいは走行風によって冷却を行うものであるが、多気筒エンジンでは全体に冷却風を均一に送風するのがむずかしく、温度分布が大きくなりやすい。また、燃焼音やピストン摺動音等が冷却



フィンを通して直接外部に放出される。一方、送風機（遠心式ファンが多い）の音も大きいので騒音問題でも不利であり、現在では2輪車の一部のみ使用されている。

これに対して水冷式は、シリンダヘッド、シリンダライナの周りが冷却

$$Q_E = G_W \cdot C_P \cdot (T_{W2} - T_{W1}) \dots\dots\dots 1-2式$$

Q_E : エンジン冷却水放熱量 [kW]

G_W : 循環水量 [kg/h]

C_P : 水の比熱 [J/(kg°C)]

T_{W1} : エンジン入口水温 [°C]

T_{W2} : エンジン出口水温 [°C]

図1-18の場合、循環水量が多く、また $T_{W2}-T_{W1}$ が4～10°Cと小さいため、水温を正確に計測しないと誤差が大きくなる。例えば循環水量100ℓ/minで温度差5°Cの時、もし0.5°Cの誤差があると、放熱量では10%の誤差になる。

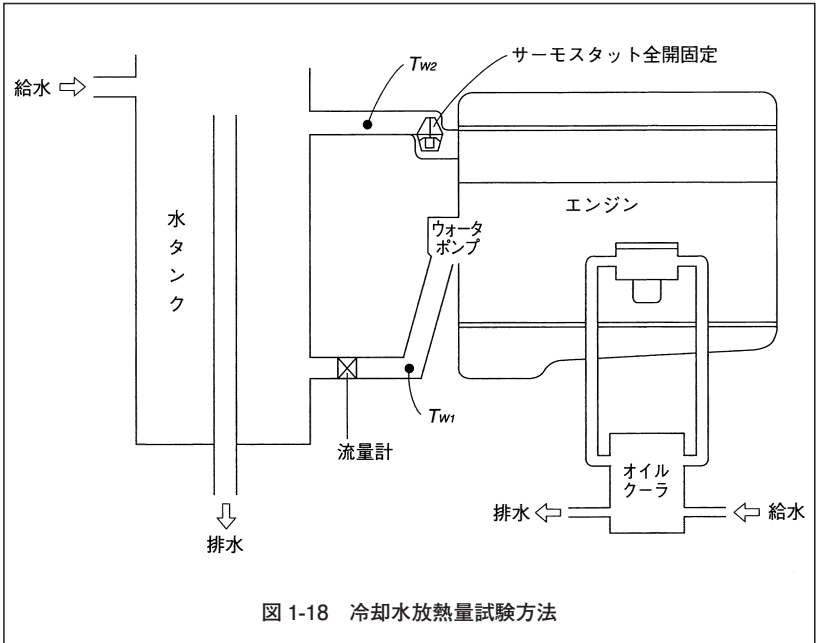


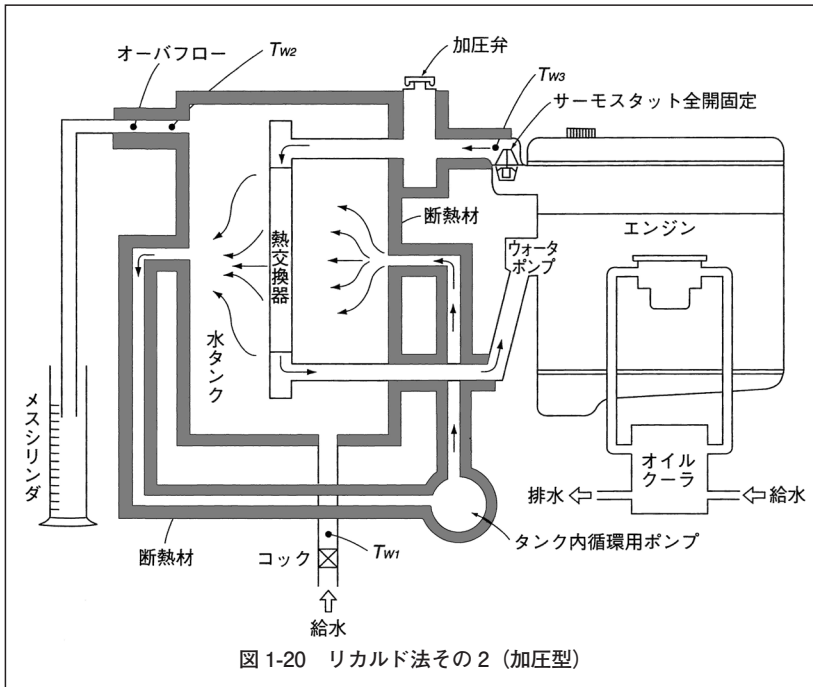
図 1-18 冷却水放熱量試験方法

バフロー分の水が垂れ流しのため、不凍液は使用できない。

この欠点を補ったのが次に示す加圧型リカルド法であり、水温110℃程度までは測定可能である。また不凍液での測定も可能である。

(3) リカルド法その2 (加圧型)

図1-20のように、断熱された水タンクの中に熱交換器を入れ、これにエンジン冷却水を流し、エンジン出口水温 T_{W3} が設定した温度で平衡するように水タンク内に給水して、 T_{W3} が平衡した時の給水量（オーバフロー量）と、その時の給水温度 T_{W1} とオーバフロー水温 T_{W2} からエンジン冷却水放熱量を1-2式で算出する。タンク内の循環ウォーターポンプ（W/P）は、熱交換器に温度分布ができないように均一な流れにするものである。なお、いずれの場合にもエンジンオイルクーラを入れ、油温をコントロールできるようにする。



第 2 章

冷却メカニズム

2.1 冷却系部品

2.1.1 ウォータポンプ

ウォータポンプは、図2-1のようにエンジン前面に取り付けられ、エンジンによって駆動される。冷却水はウォータポンプにより圧送され、シリンダブロック、シリンダヘッドのウォータジャケットを通り、サーモスタットが閉じていればバイパス回路を通過してサーモスタットハウジングからウォータポンプに戻る。サーモスタットが開けばラジエータへ流れ、サーモスタットハウジングを経てウォータポンプへ戻る。

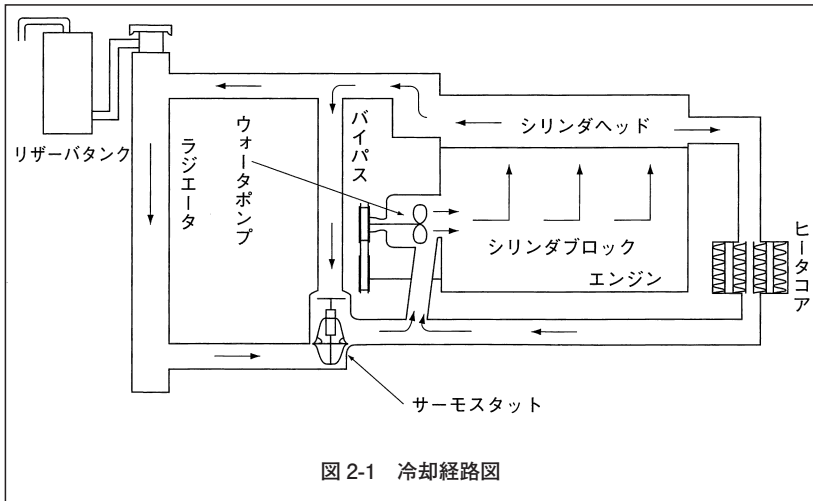
このように、ウォータポンプはエンジン各部を適温に保つために必要な冷却水を、冷却水路系内に循環させる目的を持っている。

必要循環水量は2-1式に示される。

$$G_w = \frac{Q_E}{C_P \cdot \gamma_w (T_{W1} - T_{W2}) \cdot 3600} \dots\dots\dots 2-1式$$

G_w : 冷却水流量 [m³/h]

Q_E : エンジン冷却水放熱量 [W]



- C_p : 水の比熱 [J/(kg°C)]
- γ_w : 冷却水の密度 [kg/m³]
- T_{w1} : エンジン出口水温 [°C]
- T_{w2} : エンジン入口水温 [°C]

一般的に $T_{w1}-T_{w2}$ が4～10°Cになるように、循環水量を決定する。

$T_{w1}-T_{w2}$ が大きくなると循環水量は減少し、エンジンウォータージャケット内の温度分布が大きくなったり、局部沸騰等で、シリンダライナの熱変形が大きくなってピストン焼き付きの原因になることもあるので、 $T_{w1}-T_{w2}$ は小さい方がエンジンにとって有利である（4～6°C程度）。

図2-2に、エンジン出力に対する必要循環水量を示す。このように、必要循環水量は、ほぼエンジン出力に比例している。

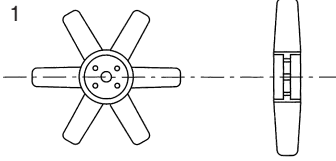
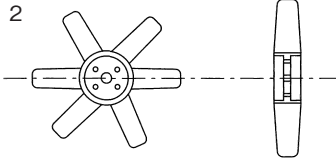
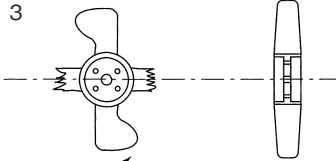
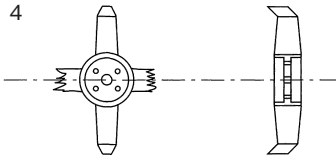
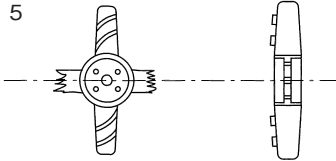
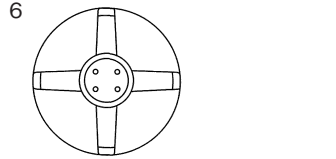
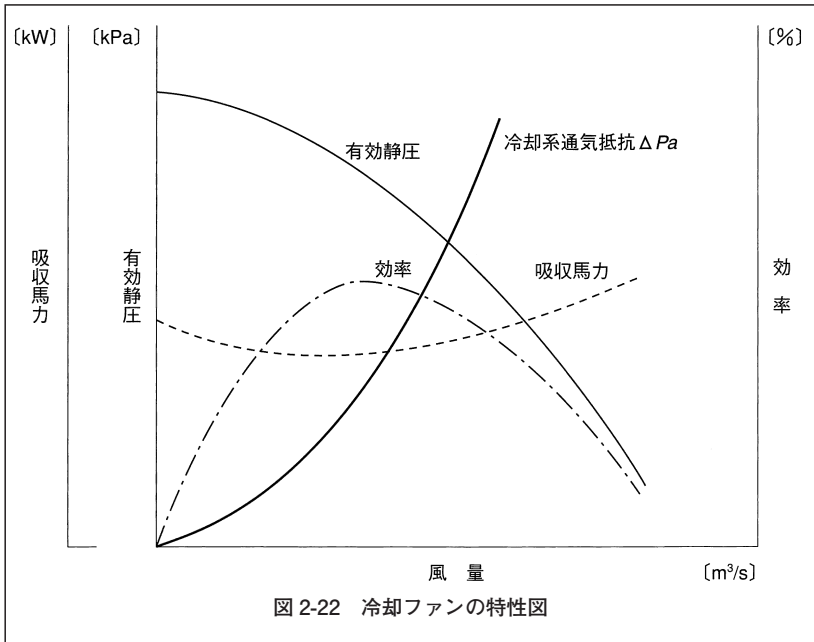
| 形状 | 名称 | 特徴 |
|--|------------|--|
| <p>1</p>  | 等ピッチファン | エンジン駆動、カップリングに装備されることが多く、羽根車数は6～8枚が多い |
| <p>2</p>  | 不等ピッチファン | 羽根の干渉によってファン騒音低減を図っている。エンジン駆動カップリングに多く使用されていたが、電動ファンにも使用されている |
| <p>3</p>  | 低騒音ファン | ファン先端を回転方向に突き出す形を取って先端でのカルマン渦を少なくし、騒音低減を図っている。電動ファンに多く使用されている。現状ではさらに変形したファンも使用されている |
| <p>4</p>  | チップベンドファン | ファン先端を前方へ曲げ空気の流れを円周方向にして、ファン後方抵抗の影響を減少させた。一般のファンに比べ、風量は10%ほど増加する。 |
| <p>5</p>  | ガイドベーン付ファン | 円周方向の流れを作るために羽根にガイドベーンを設けたもので、一部の車種に使用された。現状ではこのタイプはほとんど使用されない。 |
| <p>6</p>  | リング付きファン | ファン先端の巻き込みを防止できるため、リングなしに比べ風量は10%増加する。また、騒音低下にも寄与しており、電動ファンに多く使用されている |

図 2-21 ファン形状と特徴



この特性図に冷却系の通気抵抗をプロットすれば、車載した場合の風量が得られる。

③ファン特性曲線からみたファンの特徴

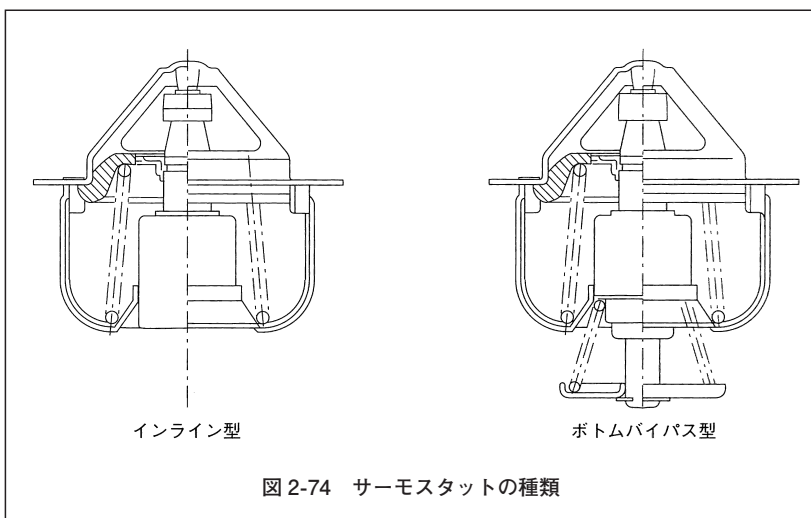
ファンの特性を大きく分けると、図2-23のA、B、Cになる。

Aのような特徴を持つファンはヒネリ角が小さく、羽根枚数が少ない（3～4枚）が、羽根面積が大きい扇風機型ファンであり、風量が出るが有効静圧が小さく、抵抗の大きい冷却系には適さない。Bのような特性を持つファンは最も一般的であり、実際にも数多く使用されている。Cのような特性のファンは、弦長を小さくして羽根枚数を多くし、ヒネリ角を大きく取ったタービンのようなファンであり、風量が出ないが、有効静圧が大きいファンである。要は、冷却系の実状にマッチしたファンの選定が大切である。

(3) サーモスタットの種類

サーモスタットは、大きく分けてインライン型とボトムバイパス型がある（図2-74）。インライン型にはバイパス回路をふさぐ機能はなく、バイパスは常時流れている。また、バイパスのないエンジンにも使用されている。ボトムバイパス型は、サーモスタットが開弁するとバイパスバルブでバイパス回路を閉じてバイパス流量をラジエータへ流すため、インライン型よりラジエータ循環水量は増え、その分冷却性能も向上する。このほかにサイドバイパス型があるが、現在はほとんど使われていない。

これまではサーモスタット単品で使用されてきたが、取り付け作業の簡素化、コスト低減を図るため、サーモスタットハウジングのキャップと一体化したキャップ一体型サーモスタット、さらにサーモスタットハウジングと一体型のサーモスタットが使用されている（図2-75）。いずれも小型化、ブリッジ廃止による水抵抗軽減につながり、さらにハウジングの材質も今まではアルミが使用されていたが、現在は樹脂製に代わっている。



第 3 章

熱発生源に影響する要素

3.1 車両諸元

車両諸元は範囲が広いが、熱発生源に影響する要素の主なものは、走行抵抗ギヤ比（ミッション、ディファレンシャルギヤ）、ミッション形式等である。

3.1.1 走行抵抗の影響

車両が走行する際の車両にかかる抵抗は、一般に次式にて示される。
車両にかかる全抵抗を R として、

$$R = R_r + R_a + R_g + R_i \text{ [kg]}$$

$$R_r = \mu_r \cdot W \text{ (転がり抵抗)}$$

$$R_a = C_D \frac{\rho}{2} \cdot A \cdot V^2 \text{ (空気抵抗)}$$

$$R_g = W \cdot \sin \theta \text{ (勾配抵抗)}$$

第 4 章

オーバヒートとその対策の変遷

4.1 オーバヒートとは

自動車用の動力源（エンジン等）の温度を適温に保つために、その車両の動力源が発生する熱量を、諸条件下でコントロールするのが冷却装置である。冷却装置は、あらかじめその車両の動力源がどの程度の熱量を発生するかを、実験的あるいは経験的な見地から勘案して、冷却系部品の性能を総合的に決めていく。

それらを組合せた冷却装置を装備した車両を、多種多様な条件で実験し、適温が保てることを確認して市場へ提供される。

しかし予想もしない環境（使われ方を含む）で使用されたとき、適温が保てなくなり冷却液が沸騰し、外部に噴出する現象をオーバヒートと言う。このように冷却液が減少すると動力源に思わぬ故障が発生することがある。

以下は、筆者の実務経験も踏まえながら、その対策の変遷を述べる。

4.2 1960年代のオーバヒート

この時代の初期には、まだエアコンディショナは車両に搭載されることは稀で、冷却ファンは銅板製の4枚ファンをエンジンのクランクプーリからファンプーリへVベルトで駆動していたが、特にオーバヒートの現象は

参考文献

- 1) 安部静生ほか：エンジンルーム内風流れのシミュレーション、自動車技術会学術講演会前刷集952、1995-5
- 2) 栗野誠一：内燃機関工学、山海堂、1958
- 3) 尾形俊捕：改訂ファン・ブロワ、省エネルギーセンター、2003
- 4) 岡本敏治：サーモスタット、内燃機関、山海堂
- 5) 梶原滋美：ポンプとその使用法、丸善、1957
- 6) 片桐晴郎ほか：エンジン冷却ファンの特性評価と諸元の影響、自動車技術論文集 No.28、1982
- 7) 木村清治ほか：電子制御油圧駆動クーリングファンの開発、自動車技術会学術講演会前刷集901、1990-5
- 8) 日本自動車部品工業会 熱交換器系技術委員会ラジエータ小委員会：自動車ラジエータ（第2次改訂版）、2005
- 9) 中井明朗兄ほか：自動車用ガソリンエンジンの基礎と実際(4)、内燃機関、山海堂、1985
- 10) 中井明朗兄ほか：自動車用ガソリンエンジンの基礎と実際(5)、内燃機関、山海堂、1986
- 11) 中島泰夫ほか：自動車用ガソリンエンジンの基礎と実際(1)、内燃機関、山海堂、1985
- 12) 長山勲：自動車エンジン基本ハンドブック、山海堂、2006
- 13) 星満：自動車の熱管理入門、山海堂、1979
- 14) 増田哲三ほか：自動車に搭載されている水冷機関用冷却器の前面風速、内燃機関、山海堂、1966
- 15) 増田哲三：車速風による乗用車の機関側冷却液の対流放熱量、日本大学理工学部学術講演会論文集、1981
- 16) 増田哲三：断熱運転における水冷式機関シリンダ内壁温の実験的推定—混合比による影響—、日本大学理工学部学術講演会論文集、1982
- 17) JIS B8330：送風機試験法
- 18) JIS B8301：ポンプ試験法
- 19) 当摩節夫：プリンス自動車、三樹書房、2014
- 20) 新型MIRAIのFC開発、トヨタ自動車講演資料、2020

索引

[英数字]

| | |
|-----|----|
| EGR | 27 |
| MBT | 26 |

[あ行]

| | |
|-----------------|-----|
| アルミメタル | 49 |
| アングシュート | 135 |
| 入口制御 | 140 |
| インライン型 | 134 |
| ウォータポンプ | 53 |
| 遠心式ポリユートポンプ | 55 |
| オイルジェット | 47 |
| オイルポンプ | 49 |
| オーバクル | 131 |
| オーバシュート | 135 |
| 温度感知式フルードカップリング | 86 |

[か行]

| | |
|----------|---------|
| 潰食 | 63 |
| 管内流速 | 116,120 |
| 気泡率 | 122 |
| キャビテーション | 63 |
| 給油量 | 44 |
| 空燃比 | 17 |
| 空冷式 | 13 |

| | |
|-----------|-----|
| クロスフロー型 | 115 |
| ケルメットメタル | 49 |
| コルゲートフィン型 | 114 |
| 混合比 | 17 |

[さ行]

| | |
|---------------|-------|
| サーモスタット | 131 |
| サーモスタット入口制御方式 | 136 |
| サーモスタット出口制御方式 | 135 |
| 最終減速比 | 156 |
| 最大出力空燃比 | 17 |
| 最良燃費空燃比 | 17 |
| 軸流ファン | 75 |
| 主油管 | 43 |
| 潤滑油 | 20,42 |
| 潤滑油放熱量 | 42 |
| 水冷式 | 14 |
| 積層式 | 49 |
| 全揚程 | 56 |
| 走行抵抗 | 153 |
| 走行風 | 106 |

[た行]

| | |
|-----------|-----|
| ターボチャージャー | 24 |
| 対流放熱 | 30 |
| ダウンフロー型 | 115 |
| 多板式 | 48 |

| | |
|-------|-----|
| 調圧弁 | 124 |
| 通気抵抗 | 148 |
| 通気率 | 140 |
| 出口制御 | 140 |
| 電動ファン | 91 |

【な 行】

| | |
|------------|-----|
| 慣らし運転 | 159 |
| 日射量 | 158 |
| 熱勘定 | 13 |
| 粘性カップリング駆動 | 84 |

【は 行】

| | |
|----------|-----|
| 羽根車外径 | 56 |
| 羽根高さ | 56 |
| 羽根出入口角度 | 56 |
| 羽根枚数 | 56 |
| ハンチング | 135 |
| ファンかぶり量 | 100 |
| ファンシュラウド | 95 |
| フィンルーバ | 118 |

| | |
|------------|-----|
| 不凍液 | 22 |
| フルードカップリング | 85 |
| プレートフィン型 | 113 |
| ボトムバイパス型 | 134 |
| ポリユート室容積 | 56 |
| ホワイトメタル | 49 |

【ま 行】

| | |
|----------|----|
| メカニカルシール | 72 |
|----------|----|

【や 行】

| | |
|---------|----|
| 油圧駆動ファン | 95 |
| 有効静圧 | 75 |

【ら 行】

| | |
|--------|-----|
| リーク量 | 139 |
| リカルド法 | 35 |
| 冷却水放熱量 | 15 |
| 冷媒回路 | 125 |
| 路面輻射熱 | 158 |

〈著者紹介〉

橋本 武夫(はしもと たけを)

1938年 東京都杉並区生まれ。

1957年 富士精密工業(株)入社。自動車エンジンの車両冷却実験に従事。

1966年 プリンス自動車工業(株)と日産自動車(株)の合併後も、日産自動車(株)にて一貫して車両冷却・熱害実験に従事。

1987年 日本サーモスタット(株)に出向。技術開発部にて、サーモスタット、サーモスイッチ等の実験に携わる(～1998年)。

自動車用エンジンの冷却技術

著 者 橋本武夫

発行者 山田国光

発行所 株式会社グランプリ出版

〒101-0051 東京都千代田区神田神保町1-32

電話 03-3295-0005(代) FAX 03-3291-4418

振替 00160-2-14691

印刷・製本 モリモト印刷株式会社