

第2章

エンジン・その周辺の熱マネジメントと
排熱利用技術



今後、燃費/電費改善の観点で熱マネジメントの開発を進めていく中で、エンジン/モータ(+PCU)の効率改善が進めば進むほど、使える熱エネルギーは減少する。そのため今後は、エンジン/電動システムの暖気、車両空調(電動コンプレッサによる冷房や電気ヒータによる暖房)に関わるエネルギーの最小化に着目した熱マネジメント効率向上の検討が必要になる。

表1にReduce, Reuse, Recycleの観点で、燃費、電費をはじめとする各種性能改善のアプローチについてまとめたものを示す。従来のエンジン車と次世代車において、対応すべき項目の概略を整理した。詳細について、エンジンとその周辺での検討例を以下に解説する。

表1 Reduce, Reuse, Recycleの観点での熱マネジメント

	狙い	熱マネジメント	対応内容	具体策	ICE	HV	PHV	EV	FCV
Reduce	燃焼室断熱	熱効率	冷却損失低減	低熱容量・低熱伝達	材料置換	○	○	○	
	油・水量制御	熱効率	冷却損失低減	メカ⇒電子制御 (P, WP電動)	○	○	○		
	ブロック隔壁断熱・遮熱	熱効率	放熱抑制	材料置換	○	○	○		
	オイルパン断熱・遮熱	熱効率	放熱抑制	遮熱カバー	○	○	○		
			放熱抑制	材料置換	○	○	○		
	モータ発熱低減	モータ効率	電氣的対応	巻線効率誘導化		○	○	○	○
Reuse	PCS発熱低減	PCS効率	電氣的対応	パワーデバイス改良		○	○	○	○
	早期エンジン暖気	熱効率(冷間)	軸受機械損失低減	エンジン内熱輸送	○	○	○		
	暖房/排気改善		排気熱活用	冷却水昇温	○	○	○		
	暖房		バッテリー廃熱利用	冷却水昇温				○	○
Recycle	早期システム暖気/暖房		暖気水活用	蓄熱	○	○	○		
	熱⇒発電⇒蓄電	システム効率	廃熱低減・活用	熱電変換	○	○	○		
			廃熱低減・活用	ランキンサイクル	○	○	○		

4. 熱エネルギーの回収効率

図4は運動エネルギーと熱エネルギーそれぞれのエネルギー原資と動力への変換効率を示したものである。一般的に動力変換のもととなるエネルギーは、熱エネルギーと運動エネルギーである。運動エネルギーは、動力あるいは電気への変換効率が高く、CO₂削減に有用である。一方、熱エネルギーは動力あるいは電気への変換効率が低く活用の技術難易度が高いが、エネルギー原資が大きいいため活用検討を強力に進めることが必要である。

ガソリンエンジンは燃料(ガソリン)を気化させ、火花点火して燃焼させる。図6に吸気マニホールドのインテーク管内壁面温度に対する気化割合を示す⁶⁾。ガソリン燃料が $10\mu\text{m}$ より大きい粒径の場合、気化していないと判定する。この場合、気化割合とは、全燃料に対する気化した比率である。インテーク管の温度は、エンジン自体から受熱するので、エンジンが早期に暖機できれば、インテーク管温度も高くなる。なお、引用した文献では、インテーク管温度は“Riser”(ライザー)部と称している。まさに吸気温度を上げる部分として相応しい呼び方である。

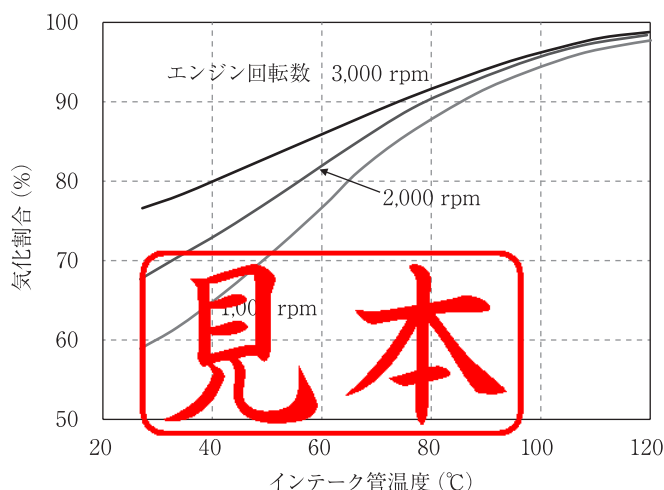


図6 エンジンのインテーク管温度に対する気化割合(参考文献⁶⁾を元に作成)

ただインテーク部で吸気を受熱しすぎると、吸気温度が高くなり吸気密度が低下するため、体積効率が低下して最大出力は低下する。このため暖機時のみ受熱できれば良いことになる。

エンジンは一般に冷却水で冷却される。いわゆる水冷である。この冷却水温度が高いと、エンジン燃焼室壁面温度が高くなり、ノッキングという異常燃焼を起こす。ノッキングとは、点火栓(点火プラグ)で点火したあと、混合気に着火炎が届く前に自着火する現象である。この時、急激な圧力上昇を生じ、これにより燃焼室壁にある温度境界層を破壊するため、高温の燃焼ガスが燃焼室壁を溶融する。ノッキングを放置するとエンジン破損につながるため、ノックセンサでノック発生を判定し、ノック判定になると点火時期を遅らせノッキングを回避する。点火時期が遅れると、一般に出力が低下し、効率が悪化する。一方、冷却水温度が高くてノッキングしないように燃焼を制御できれば、冷却水温度が高いほどエンジン内部のオイル温度も高くなるため、摺動抵抗が低減し、摺動損失は小さくなる(図7)⁷⁾。

摺動損失は、エンジンだけではなく、変速機も無視できない。図8に示すようにエンジン始動時、エンジン冷却水温度は、変速機オイル温度よりも高い^{8,9)}。このため冷却水の熱を使っ

2. 潜熱型蓄熱の特長

冬季の自動車車内快適温度は20℃前後といわれている。一方、暖房に使われている熱源はほとんどが冷却水を用いたもので、その運転時の温度範囲は80～90℃であり、通常は暖房システムもこの熱源および目標室内温度に対応するように設計、配置されている。

蓄熱暖房の元熱源もこの冷却水であり、極力この運転時の温度をそのまま保温することが望ましい。

冷却水を直接断熱保温するか、他の物体に熱移動しての顕熱蓄熱システムと、潜熱蓄熱システムとを比較すると次のような特徴の相違がある。

- ・ 顕熱システムの場合、熱利用をすることにより蓄熱体の温度が低下するのに対し、潜熱システムの場合は一定時間は温度が維持されるため、システムの作動制御が容易である。
- ・ 蓄熱体物質の選定によって、最も使い勝手の良い温度に相変化が起きて潜熱を有効に利用できる。顕熱システムの場合は使用温度範囲の制約は少ない。



3. 潜熱型蓄熱材料の検討

潜熱型蓄熱材料(PCM: Phase Change Material)を用いたシステムの研究や実施例としては次のようなものなどがある。

- ・ 「相変化を用いた蓄熱システムの研究」¹⁾

太陽熱や夜間電力により得られた温水(熱水)の貯蔵に相変化温度58℃の酢酸ナトリウム三水和塩($\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$)を使用して、顕熱型に対し2～3倍の容積エネルギー密度を実現した。

- ・ 「水和物による高効率蓄熱技術の開発」²⁾

シクロペンタン水和物(クラスレートハイドレート)を利用した冷房空調温度の蓄熱技術を紹介した。

潜熱型蓄熱材料のうち、暖房用熱源に使用可能と考えられるものを表1に示す。

第3章

各駆動源における冷却系 / 熱交換器技術と
その改良

見本

第2節 熱交換器技術

はじめに

一般的なガソリン車の場合，熱交換器といえば，次の4種類が多かった。空調用コンデンサ，ラジエータ，エバポレータ，ヒータコアである。しかし新しい駆動源に対応するためには，以下に紹介する新しい熱交換器が必要になる。ここではこれらの熱交換器を説明するとともに最新技術について紹介する。

1. ガソリンエンジン用EGRクーラ

ディーゼルエンジンの排ガスに含まれるNO_x(窒素酸化物)を低減するためには，低温で燃焼させるためにEGRが必要になる。そのため多管式及びチューブ高さの大きな積層型のEGRクーラを使っている(図17)¹³⁾。大型トラックの場合，10万km程度は走行するので，EGRクーラのガス流れ部には多量の「すす」が堆積し，流れにくくなる。このため数十万kmごとに専用の洗浄剤で洗浄する必要がある。

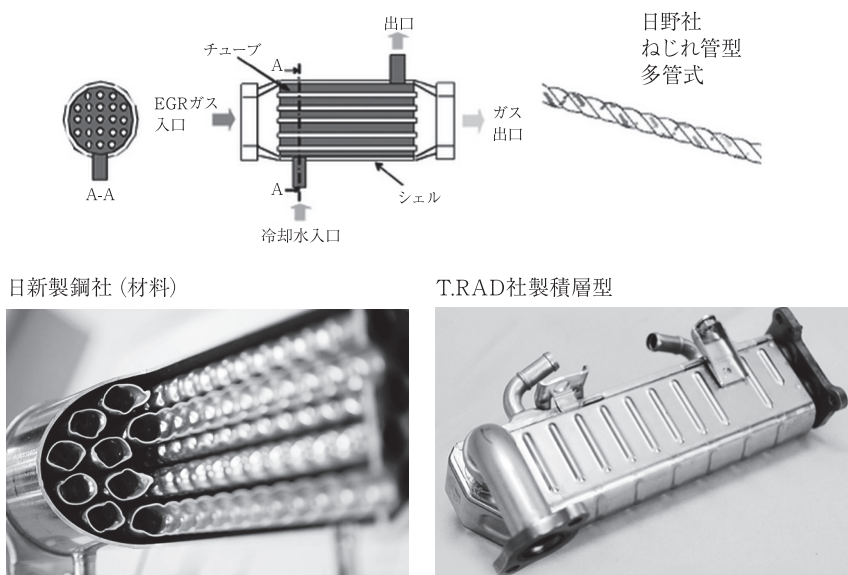


図17 ディーゼルエンジン用EGRクーラ¹³⁾

第4章

各駆動源における車両空調システムと
その改良・省エネルギー化

見本

6. 今後の電気自動車や燃料電池自動車の空調

電気自動車や燃料電池自動車には、エンジン付き自動車に比べて効率がよく、安定的な廃熱源がないので、ヒートポンプ空調がほぼ必須要件になっている。確かにヒートポンプ空調を使うことで、従来のPTCヒータのような電気ヒータの約2倍の効率になり、空調負荷は半分くらいになる。しかしヒートポンプ空調には、以下の課題がある。

- (1) 長時間、稼働すると、デアイス運転が必要になる
- (2) 電気ヒータよりコストが高い
- (3) 電気ヒータより使い勝手が悪い

以下、これらの課題を説明する。

6.1 デアイス

「デアイスモード」とは、室外熱交換器での凍結を解消する運転モードのことである。外気が0～10℃の場合、室外熱交換器内の冷媒温度が外気温より低いため、この室外熱交換器の空気側フィンに外気の水分が凍結する。この時、外気が室外熱交換器を流れなくなり、熱交換しなくなる。これを解除するため、室外熱交換器内に高温の冷媒を流し(=冷房運転)、室外熱交換器表面に氷結した水分を解凍する。

デアイスモード運転時は、暖房できなくなるため、別の暖房手段、例えば空気加熱PTCヒータなどで乗員の空調快適性の低下を防止する必要がある。現在の電気自動車は、ガソリンエンジン車に比べると航続距離が短いため、走行時間も短い。このため一走行時間中に室外熱交換器の凍結を生じない場合がある。今後、電池能力が向上し、一充電の走行時間が増えると、デアイス運転の頻度が増えてくる。そうするとデアイス運転中の暖房能力不足が大きな課題になる。

6.2 コスト

ヒートポンプ空調を構成するためには、冷房専用の冷凍サイクル機器に対して、いくつかの切り換え弁などの新しい機器を追加する必要がある。図21に示すように、切り換えバルブや膨張弁、配管の数量が増えコスト増につながる。

ヒートポンプ空調のためのコストの方が、PTCヒータなどの電気ヒータのコストより一般に高い。そもそも駆動電池などにより車両コストが高い電気自動車や燃料電池自動車にとって、コストの高い空調システムを選択するのは望ましいことではない。