

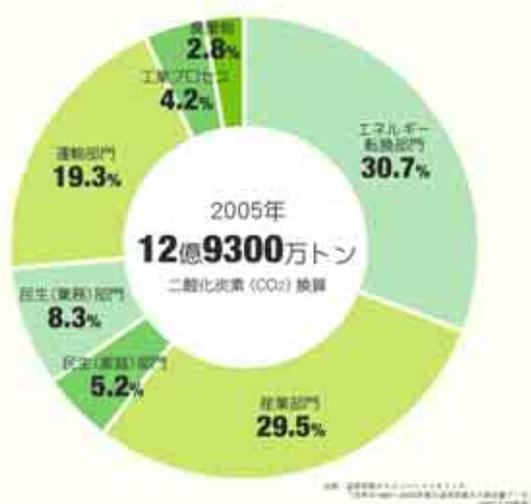
3. メーカーサイドからの対応

3-1. 潤滑油と省エネルギー

環境問題が大きな社会問題となる中、地球温暖化防止京都会議(COP3)の合意を契機として、CO₂などの温室効果ガス削減のため、政府は「改正省エネルギー法」と「地球温暖化対策推進法」を施行し、省エネや温暖化効果のより一層の強化を実施しています。

CO₂の排出量は、運輸部門が全排出量の約2割、また産業部門が約3割を占めています。

日本の部門別二酸化炭素排出量の割合
- 各部門の直接排出量 -



日本の部門別二酸化炭素排出量の割合
- 各部門の直接排出量 - (2005年) (出典*1)

運輸部門からのCO₂については、このうち9割が自動車から排出されるといわれており、排出されるCO₂を抑制するため、自動車には燃費の向上が求められています。ガソリン乗用車では車両重量別に10・15モードでの目標基準値を達成することが求められており、2010年度までに平均で1995年対比22.8%の向上を求められています。

地球温暖化への対策から、内燃機関の効率を上げ、燃焼によって排出されるCO₂量を下げることが重要なテーマとして、潤滑油メーカー等において、エンジン摩擦の低減等の研究が現在盛んに行われています。

自動車における省エネルギー目標 (出典*2)

	創設年度	目標年度	省エネ効果 (%)	比較年度
乗用自動車 (ガソリン)	1999	2010	23	1995
乗用自動車 (ディーゼル)	1999	2005	15	1995
乗用自動車 (LPガス)	2003	2010	11.4	2001
貨物自動車 (ガソリン)	1999	2010	13	1995
貨物自動車 (ディーゼル)	1999	2005	7	1995

また産業部門については、省エネルギー法に基づく措置により、エネルギーの自主管理の強化が図られてきています(詳細は次章「法規制・制度の最新状況、3-1.省エネ法」をご覧ください)。

現在、各工場における省エネルギーへの取り組みが積極的に進められていますが、新たに設備投資を必要としない油圧作動油をはじめとする設備油に対する省エネルギー効果の期待が高まっています。

エンジン油や油圧作動油における潤滑油メーカーの取り組みについて以降に示しました。

エンジン油の省エネルギー対応技術

潤滑油の性能を表す最も基本的な項目としては「粘度」があります。その潤滑油がどのくらい「ねばっこい」か「さらさら」しているかは「粘度」の数値によって表現されます。

「SAE10W-30」とか「SAE40」等がエンジンオイルの容器に表示されているのをご覧になったことはありませんか。これはSAE粘度番号といい、SAE(アメリカ自動車技術者協会)で制定された潤滑油の粘度を分類したもので、エンジン油とギヤ油の2つの分類があります。エンジン油については0Wから60までの11種があり

ます。添字の「W」があるSAE粘度番号は冬季に想定される最低温度における粘度を考慮しており、添字の「W」がないものは夏季に想定される最高温度における粘度を考慮した動粘度によって範囲が規定されます。またよくいわれるマルチグレードエンジン油とは、「W」(Winter)グレードと高温100における動粘度グレードを同時に満足するものをいいます。マルチグレードエンジン油は「10W-30」のように表示され、広い温度範囲に適用可能です。また、潤滑油は温度変化によって粘度が変化します。粘度指数(VI:Viscosity Index)とはこの温度変化による粘度変化の程度を数値によって示したものです。数値が大きければ大きいほど、温度変化による粘度変化が小さい潤滑油といえます。

一般にエンジンオイルの粘度を下げる(さらさらにする)ことはオイルの粘性抵抗が減少するという面から、燃費を向上させるのに効果的であるといわれていますが、行き過ぎると高温かつ高負荷条件においては軸受等の摩耗が懸念されます。このためSAE粘度規格には、150の高温高せん断粘度(HTHS粘度)の下限が規定されています。SAE粘度規格を満足しつつ、一般走行や10・15モードで頻度の高い低中温域での粘度を下げることにより、燃費を向上させること

エンジン油のSAE粘度グレード(SAE J 300-1999)

SAE 粘度グレード	規定温度における 最大粘度(mPa・s)	100の動粘度(mm ² /s)	
		最小	最大
0W	6200 (-35)	3.8	-
5W	6600 (-30)	3.8	-
10W	7000 (-25)	4.1	-
15W	7000 (-20)	5.6	-
20W	9500 (-15)	5.6	-
25W	13000 (-10)	9.3	-
20	-	5.6	9.3未満
30	-	9.3	12.5未満
40	-	12.5	16.3未満
50	-	16.3	21.9未満
60	-	21.9	26.1未満

が可能となります。これには、温度によるエンジン油の粘度変化が少ないこと、すなわち粘度指数が高いことが重要です³。現在省燃費油といわれる5W-30以下の低粘度油には高性能なHVI(High Viscosity Index:高粘度指数)基油を使用することが必要となります。これらの条件を満足するマルチグレードエンジン油を製造するためには、基油の粘度指数で115程度が必要となります。潤滑油メーカーでは、粘度指数120以上の高粘度指数基油を製造しこれに対応しています⁴。

このように、エンジンオイルの低粘度化は燃費向上に有効であると考えられますが、反面低粘度化による低沸点化により、オイルが蒸発し易くなり、オイル消費が増大したり、また低速高温時において油膜切れを起こしたりする懸念があります。

エンジン油とは下表に示しますように、基油や性能向上のための各種添加剤の混合物であるといえます。

エンジン油の組成(主なもの)(出典*5)

基油	主に鉱油
摩耗防止剤 酸化防止剤	ZnDTP(ジアルキルジチオリン酸亜鉛)
金属系清浄剤	金属石けん(Caスルホネート、Caサリシレートなど)
無灰分散剤	ポリブテニルコハク酸イミドなど
無灰酸化防止剤	フェノール系、アミン系など
摩擦調整剤	エステル、アルコール、有機系モリブデンなど
粘度指数向上剤	分子量数十万のポリマー
流動点降下剤	ポリメタクリレート

先程も述べましたとおり、基油の低粘度化に伴い油膜切れ等が懸念されますが、この相反する潤滑性能を維持するため、エンジン油には一般的に油性剤と呼ばれる無灰系FM(フリクションモディファイヤー)や有機モリブデン(Mo)系FM等の摩擦調整剤が使用されます。無灰系FMは長鎖のアルキル基を持つエステルやアルコ

ールなどであり、金属表面に吸着し金属の直接接触を防ぐことにより摩擦係数を低下させます。またMoDTC(モリブデンジチオカーバメート)をはじめとする有機モリブデン系FMは、境界潤滑部分で二硫化モリブデン(MoS₂)の層状結晶を生成することにより摩擦を著しく低減させます。油性剤は比較的低温、低荷重領域すなわち穏やかな潤滑条件で効果があるのに対し、有機モリブデン系FMは比較的厳しい条件で効果を発揮します⁵⁾。

ガソリンエンジンでは、排出ガスの後処理装置として三元触媒及びNOx吸蔵型触媒が用いられていますが、触媒の被毒物質として燃料、エンジン油中のリン化合物及び硫黄化合物が挙げられており、触媒寿命の延長のためエンジン油にも低リン化、低硫黄化が求められています。現在、これらの元素を含まずに低摩擦係数を維持させることが可能な添加剤の開発が進められています。

ガソリンエンジン油の最近の動きとしては、2004年7月にILSAC GF-4がスタートしました。ILSAC(ILSAC: The International Lubricant Standardization and Approval Committee)とは、自動車エンジンオイルの国際規格を作るために日米の自動車工業会が設立した組織名で、ILSACが制定した規格がILSAC GF規格です。ILSAC GF-4は、2004年の米国排出ガス規制強化(Tier 2)に対応して、排気触媒及びO₂センサーなどの排出ガス浄化システムに悪影響を与えない性質ならびにその持続性を強化したエンジンオイルの規格です。併せて、CO₂排出抑制のために省燃費性能とその持続性がいっそう強化されています。現在、さらなる省燃費性向上や触媒寿命延長化のための低リン化等に向け、次期GF-5規格に対する検討が日米共同で行われています。

またディーゼルエンジンでは、浮遊粒子状物質(PM: Particulate Matters)低減の一つの方策として、ディーゼル微粒子捕集フィルター

(DPF: Diesel Particulate Filter)の装着が普及しつつあります。このDPFの技術的な課題としては、エンジン油中に含まれる灰分(主としてCaなどの金属分)を燃焼できないため、これがフィルター内部に堆積することによって目詰まりを起し、排圧の増加、排気温度の上昇や燃費の悪化につながることに懸念されています。このため、エンジン油を低灰化、無灰化しDPFへの堆積物を抑制することが急務となっています⁶⁾(詳細は次章「法規制・制度の最新状況、5-3.自動車NOx・PM法」をご覧ください)。

欧州では、欧州自動車工業会(ACEA: European Automobile Manufacturers Association)規格が主に用いられており、2年ごとに改定が行われています。排出ガス規制や省燃費への動きに対応して、2004年11月に規格の改訂が行われました。

以前のACEA規格ではガソリン乗用車のA分類とディーゼル乗用車のB分類を設けていましたが、欧州では日米の市場と異なり、ディーゼル乗用車の比率が高いことより、需要家への利便性から両分類を併記したA1/B1、A3/B3、A3/B4、A5/B5の4規格が追加されました。さらに低灰分油規格として乗用車用触媒適合エンジン油C1、C2、C3、が新たに導入されました。また他に大型車ディーゼルエンジン用のEカテゴリーE2~E7の中に、DPF装着エンジン用としてE6が規定されました。

種 類	特 徴
ACEA A/Bシリーズ (ガソリン+ 軽負荷ディーゼルエンジン用)	低フリクション、低粘度、ロングドレイン 省燃費 (ACEA A1/B1 & A5/B5 : 比較油RL191比 2.5%以上)
ACEA Cシリーズ (後処理装置付ガソリン+ 軽負荷ディーゼルエンジン用)	DPF対応、低フリクション、低粘度、省燃費 (ACEA C1 & C2 : 比較油RL191比 2.5%以上)
ACEA Eシリーズ (高負荷ディーゼルエンジン用)	高負荷運転、 ロングドレイン

各潤滑油メーカーでは、低粘度油であること及び高い油膜形成保持能力を有し、耐摩耗性をも両立させる省燃費性に優れたエンジン油を開発しています。ガソリンエンジン油において、ユーザーを対象にした省燃費テストの結果、従来品より約6%の省エネ効果があることを確認したという報告もあります⁷⁾。詳細につきましては各潤滑油メーカー等にお問い合わせ下さい。参考として巻末に「潤滑油メーカー問い合わせ窓口一覧」を掲載しました。

なお省燃費タイプエンジンオイルの使用に際する注意点としましては、低粘度の高性能オイルにおいて、一部の設計の古いエンジンに使用した場合、シール（密封）性などの問題でうまく対応できない可能性がありますので、オイルの交換時には自動車メーカー等への事前のチェックが必要となります⁸⁾。

省エネルギー油圧作動油

油圧作動油からの対策、アプローチには次の3点があげられます。

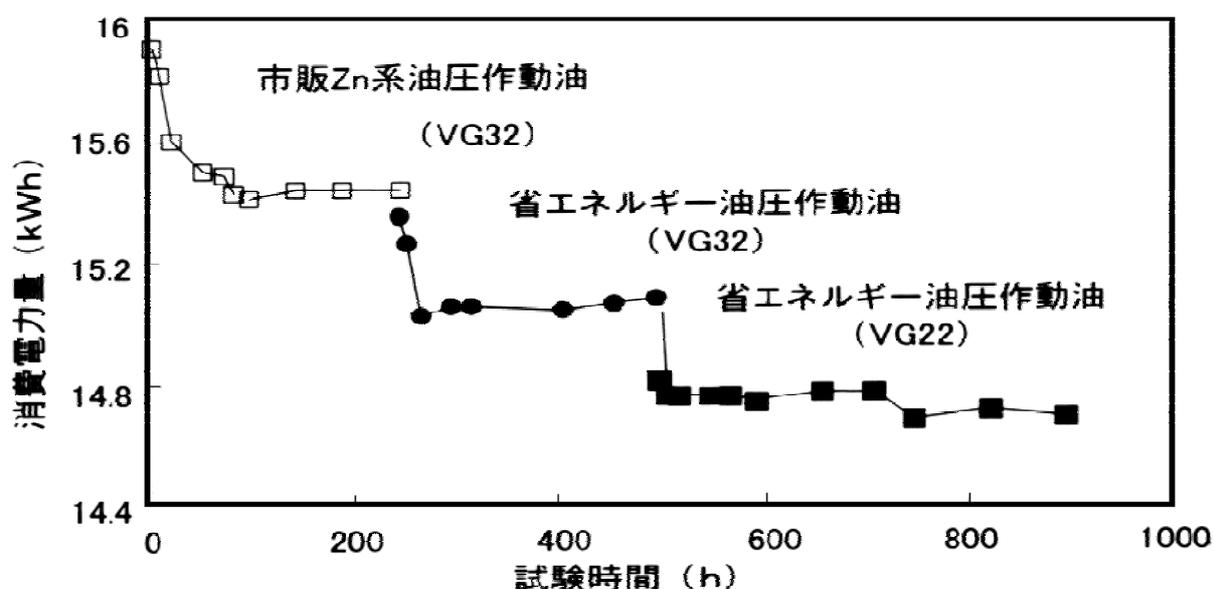
まず低粘度化。油圧作動油の粘度を下げることは油圧システムの配管抵抗の低減に最も有効

であると考えられます。例えば粘度グレードをVG32からVG22に切り替えた場合、配管抵抗による圧力損失は理論上30%低減可能といわれています。

2つ目は摩耗防止剤によるしゅう動抵抗の低減。アクチュエータ等のしゅう動部分における摩擦抵抗の低減も有効な手段です。

3つ目は基油の高粘度指数化です。油圧作動油の高粘度指数化は低温時における粘性抵抗を小さくします。高粘度指数の油圧作動油は温度による粘度変化を受けにくいいため、機械を運転状態にするため暖気運転を行う冬季の工場などでは、運転時間の短縮が可能となります。またその間の配管抵抗を低減することも可能であり、消費電力の低下につながると期待されます。

以前より摩耗防止剤として、エンジン油にも添加されていたZnDTP（ジアルキルジチオリン酸亜鉛）を使用する油圧作動油専用油が、1960年代に初めて開発され、現在でも鉱物油系油圧作動油の中では最も多く使用されています。しかしZnDTPの変質によるスラッジの生成といった不安定要素を同時に包含していることが明らかとなり、新たな鉱物油系スラッジレス油圧作動



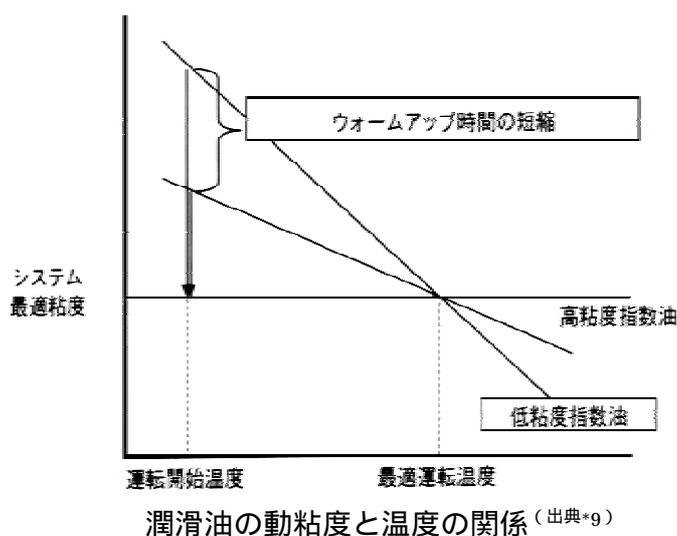
各油の消費電力量比較（出典*11）

油の開発検討が行われました。その結果硫黄系とりん系の各摩耗防止剤を組み合わせたスラッジレス油圧作動油が開発されました。現在鉱物油系耐摩耗性油圧作動油は、これらZnDTPを用いた亜鉛系油圧作動油、SP系摩耗防止剤を用いた非亜鉛系油圧作動油の2種類に大別されます。ZnDTPはしゅう動部金属表面に薄い硫化鉄皮膜と硬いガラス状ポリりん酸塩皮膜を形成し、高い摩擦係数を示すことが知られています。従ってしゅう動抵抗低減という観点からはZnDTPを使用しない非亜鉛系油圧作動油が効果的であるといえます。また同じく非亜鉛系油圧作動油でも、摩擦調整剤を配合したタイプは摩擦係数が低くエネルギー損失低減に効果的であることが考えられます⁹⁾。亜鉛系油圧作動油と非亜鉛系添加剤に摩擦調整剤を配合させた省エネルギー油圧作動油、また同省エネルギー油の粘度グレードを低くした場合の電力消費量の測定結果を次ページに示しました。

省エネ型作動油の性能を発揮させるには以下のような注意が必要です。まずフラッシング。亜鉛系油圧作動油は添加剤の劣化によりスラッジを生成することがありますが、新油への切り替えを行った際に、潤滑ライン内に残存、あるいは配管壁にこびりついていたスラッジによりバルブ開閉不良等のトラブルを引き起こしたり、フィルター閉塞による系内の圧力上昇により省エネルギー効果が現れないことが考えられます。次に慣らし運転。切り替え後100時間程度の慣らし運転を行うことで、摺動面間に皮膜を形成させることにより、省エネルギー効果が発揮されます¹⁰⁾。

省エネ型作動油は台上ポンプ試験によると従来の亜鉛系作動油に比べて6~7%という電力量低減率を示す報告¹¹⁾もあり、今後市場でのさらなる普及が期待されます。

省エネ型作動油の詳細については各潤滑油メーカー等にお問い合わせ下さい。



文献：

*1 全国地球温暖化防止活動推進センター
ホームページ

http://jccca.org/component/option,com_docman/task,cat_view/gid,27/Itemid,622/

*2 資源エネルギー庁ホームページ

<http://www.enecho.meti.go.jp/hokoku/index.html> エネルギー白書 2004 年版

*3 芳本雅博 月刊トライボロジー 2003.12

*4 五十嵐仁一 潤滑経済 2003.1

*5 山田恭久 ペトロテック 第24巻
第6号(2001)

*6 星野崇・久保浩一 潤滑経済 2003.8

*7 出光興産ホームページ

<http://www.idemitsu.co.jp/lube/>

*8 社団法人日本自動車連盟ホームページ

<http://www.jaf.or.jp/qa/advice/>

*9 川手秀樹 月刊トライボロジー 2003.1

*10 川手秀樹 ペトロテック 第26巻
第7号(2003)

*11 小西 徹 日石三菱レビュー
第43巻 第4号(2001.12)

3-2. 長寿命型潤滑油による廃棄物削減

地球規模での環境保護活動の高まりや「循環型社会形成」への動きを受け、潤滑油においても廃油量の削減を目的とした長寿命化が求められています。潤滑油の寿命は、空気中の酸素による酸化劣化によるものや、水溶性切削油のように腐敗劣化によるもの等さまざまです。ここでは潤滑油の寿命延長のために潤滑油メーカーにおいて行われている方策の一部について概説します。

ロングドレインエンジン油

日本国内の一般的なガソリンエンジン油の推奨ドレイン間隔は 15,000 km といわれています。これは自動変速機油 (ATF) が無交換化されていることと比べると著しく短いといえます。

エンジン油の長寿命化対策を考える上で難しいのは、エンジン油が高温でも低温でも劣化するということです。まず高温では熱・酸化劣化により無灰酸化防止剤の高性能化の他に、清浄分散剤の耐熱性の向上が必要です。一方低温においては酸性の水分などが油中に混入することにより、ZnDTPの加水分解などが発生します。このため耐水性に優れた添加剤の開発が必要となります¹⁾。

もちろん基油の高性能化も必要で、水素化分解により製造された高粘度指数基油が重要になってきます。現在、この基油の品質向上がエンジン油長寿命化の切り札として期待されています。

例えばガソリンエンジン油ではAPI (アメリカ石油協会) のSJ級油までは連鎖停止型の酸化防止剤の配合が長寿命化の主要な技術でした。日米の自動車工業会がおよそ10年前にエンジン油のさらなる品質向上を目指して「ILSAC」を形成し、活動を始めたのと時を同じくして、石油業界でもエンジン油の基油そのものを高性能化し、

高性能、長寿命エンジン油を製造する技術に注目するようになりました。

エンジン油基油、特に原油を精製して得られる石油系基油は、炭化水素を中心とした非常に多くの化合物の混合物です。潤滑油の寿命は基油組成の影響を強く受けます。基油に多種、多量の添加剤を配合して成るエンジン油においてもこの事実は明確に認識され、APIによりグループ ~ Vまで基油の分類がなされています。

API (アメリカ石油協会) のエンジン油基油分類

グループ	基油の種類	粘度指数	飽和炭化水素分 vol%	硫黄分 mass%
	鉱油	80 ~ 120	< 90	> 0.03
	鉱油	80 ~ 120	90	0.03
	鉱油	120	90	0.03
	PAO (ポリ-α-オレフィン)			
	これら以外の基油			

グループ ~ が原油の精製によって得られる石油系基油であり、基油組成を硫黄量 (質量%)、飽和炭化水素量 (質量%) 及び粘度指数 (Viscosity Index、VI) で規定しています。グループ が最も一般的な合成系基油ポリ-α-オレフィン (PAO) であり、PAO以外のエステルなどの合成油はグループ として分類されています。

水素化分解法で製造されるグループ 、油は、水素化分解によりエンジン油の酸化安定性を低下させる極性化合物 (硫黄、窒素化合物) や芳香族炭化水素成分が大幅に減少します。またグループ 油は製造条件等によりPAOに類似したイソパラフィン構造となるため、粘度 - 温度特性が向上するだけでなく過酸化物ラジカル生成に対する耐性もPAOに劣らず優れたものとなり

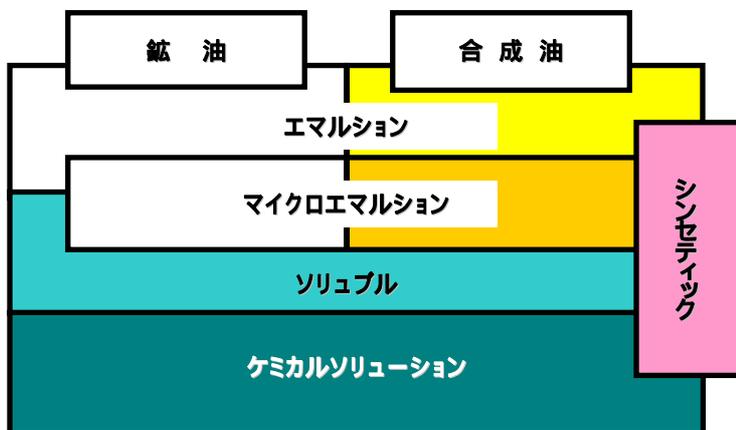
ます。計算上ではグループ油の使用により全く同一の添加剤処方のもとで、酸化寿命 15,000 km が 23,000 km まで延長されることとなります。このようにグループ油や合成油PAOなど高品質基油の適用は、エンジン油の長寿命化に非常に大きな効果があることが明らかになってきています²。

シンセティッククーラントの適用

切削油剤についてもロングライフ化への要望が高まっています。そこで作業環境の改善やクーラント寿命の延長による原液使用量削減を図るべくシンセティッククーラントが開発されました。シンセティッククーラントとは、「鉱油を含まない、化学合成された潤滑成分を適用したクーラント」の総称です。鉱油の代わりに合成油や水溶性潤滑油を使用しています。鉱油と合成油を使用したセミシンセティッククーラントもあります。

クーラントのタイプとしてはエマルション、ソリュブル（マイクロエマルション）、ケミカルソリューションがありますが、広く使用されているのはクーラントに透明感のある、合成油を使用したソリュブルタイプとケミカルソリューションタイプのシンセティッククーラントです。

シンセティッククーラントはこれまでのエマ



水溶性切削油剤の種類と位置付け（出典^{*3}）

ルションと比べ 2 ~ 3 倍の耐腐敗性を示します。これにより使用期間が延長され、廃液を 1/2 ~ 1/3 に削減することができます。

文 献：

^{*1}五十嵐仁一 トライボロジスト
第 45 巻 第 11 号 (2000) P19

^{*2}山田恭久 月刊トライボロジー
2001.10 P42

^{*3}佐々木節夫 潤滑経済 2002.3 P7

3-3. 石油業界の省エネルギー・環境保全の取り組み

石油業界では1997年に地球温暖化防止、廃棄物抑制対策を主に2010年度までの数値目標を設定しました。現在、「地球環境保全自主行動計画」に沿って、2010年度までに1990年度対比、エネルギー消費原単位で10%削減することを目標としています。エネルギー消費原単位は製品を生産する際のエネルギー効率を示すものです。現在は、環境対応に伴う軽油低硫黄化、ガソリンのベンゼン低減等による、脱硫や分解など製品高度化のための二次装置が増強されているため、「製油所の各設備の消費エネルギーは常圧蒸留塔に換算するとどのくらいの量の原油を処理したことに相当するか」を考慮して求められています。石油製品輸送に係わる燃料削減では、元売各社の再編成、製品相互融通その他の合理化で、すでに2010年の目標を上回る結果を得ています¹⁾。

製油所の省エネルギー

製油所は、原油から各種石油製品を精製する際、蒸留や反応などの工程で熱エネルギーを必要とし、加熱炉やボイラーで重油、ガス、石炭などの燃料を使用しています。

製油所の省エネルギーの取り組みは、1973年の第一次石油危機以後に本格化し、当初は、資

源の有効活用と精製コストの削減が目的でしたが、1990年代には地球温暖化防止が加わりました。製油所の省エネはすでに限界に近いところまでできているといわれていますが、近年は、低温高活性触媒の採用、コンピュータ制御・シミュレーション技術による運転の最適化など、高度な技術を活用したものになっています。

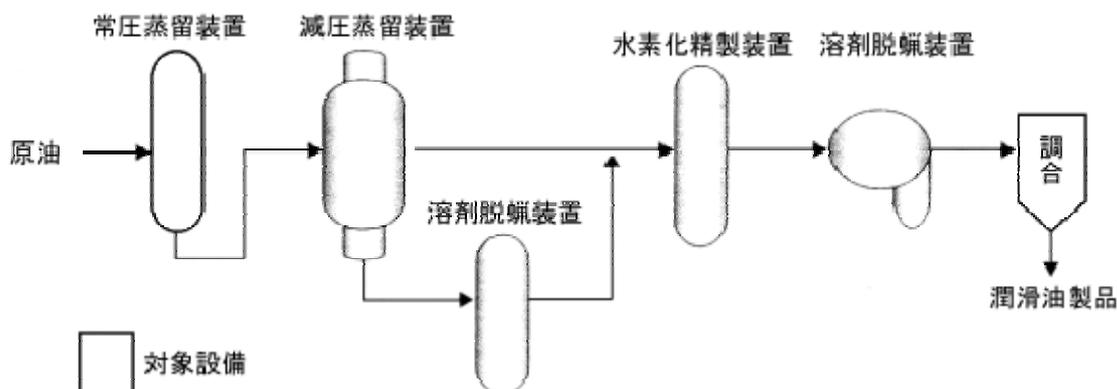
潤滑油製造プラントにおける省エネ対策

製油所の潤滑油製造プロセスであらゆる種類の蒸気損失をなくする省エネルギーを小集団活動によって行った事例を紹介します²⁾。

この製油所ではロスのマップを作って対策を検討し、トレンドグラフで効果を確認しながら、蒸気トレースの最適化・トラップ集合化・プロセス蒸気削減を順次実施しました。行った対策としては、加熱炉デコーキング蒸気導入量の削減、停止可能なトレース蒸気の徹底管理、凝縮水を回収できる集合トラップによるトレース削減の3項目です。

加熱炉デコーキング蒸気導入量の削減では、導入スチーム量を加熱炉設計値に立ち返り、加熱管質量速度、境膜温度推定、フローパターン等の検討、及び蒸留塔分留シミュレーションを実施し、下表のような効果を得ました。

潤滑油精製装置



対象設備概略フロー（出典*2）

改善前後のスチーム量 (t/h) (出典*2)

	改善前	改善後	削減量
加熱炉 A	6.2	5.4	0.8
加熱炉 B	10.3	9.0	1.3
加熱炉 C	1.2	0.6	0.6
TOTAL	17.7	15.0	2.7

改善後のスチーム使用量は以下のとおりです。

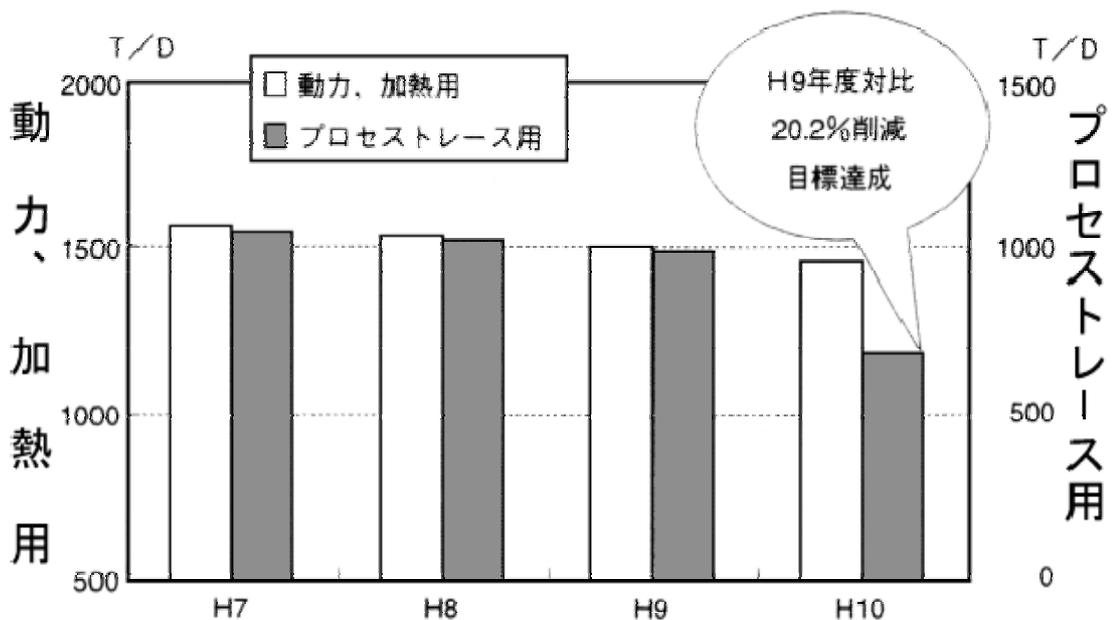
文 献：

*1 石油連盟編 石油資料月報 2001.10 P64

*2 平成 11 年度省エネルギー優秀事例全国大会・資源エネルギー庁長官賞受賞事例 省エネルギー Vol.52 No.3 2000 P25

またトレース蒸気の徹底管理では、プロセス配管の固化防止、冬季の凍結防止及び緊急停止時の固化防止を目的に 2,500 箇所施工されているスチームトレースについて、内部の流体が高温にもかかわらず加熱している等、削減が可能と考えられる箇所が点在していたため、対象機器と対応法についてのルール「トレース停止の考え方」を作成し、これに従って停止可能なトレースについて、「トレース停止リスト」により管理を行いました。スチーム削減量 2.0t/h という効果が得られました。

集合トラップによるトレース削減は、今まで分散していたトラップを 1ヶ所に集合させることで、今まで捨てていた凝縮水の回収等効率化を図り、1.8t/hのスチーム削減を達成しました。



改善後のスチーム使用量 (出典*2)