

長寿命エンジンクーラントの開発

Development of Long Life Engine Coolant

大澤 充* 福田 啓三*
Mitsuru OSAWA Keizou FUKUDA
井島 敏郎* 長島 隆*
Toshiro IJIMA Takashi NAGASHIMA

要 旨

有機カルボン酸塩や無機酸塩インヒビタの採用、適量添加により、金属の防食性能の寿命を長くし、かつ冷却系部品に対する影響性も現行クーラントと同等性能とした長寿命エンジンクーラントを開発した。

本クーラントを充てんした車両は、現行に対して2倍以上のメンテナンスインターバルを実現した。さらにこれにより、定期交換時に排出されるクーラント量が約70%以上低減され、廃棄コストおよび焼却量の削減が可能となった。

ABSTRACT

This project, by the use of organic carboxylate, inorganic oxychloride inhibitors, and so on added in appropriate amounts, developed a long life engine coolant that has performance equivalent to current coolant with respect to anti-corrosion performance for extended metal life and impact on cooling system parts.

Vehicles filled with this coolant realized maintenance intervals more than two times longer than with current coolant. In addition, this reduces the amount of coolant waste generated in periodic replacement by approximately 70% or more, and makes it possible to reduce disposal costs and incineration volumes.

1. まえがき

世界的な環境負荷低減要求の中で、リサイクル(Recycle)やリユース(Reuse)に対する関心は大きい。廃液処理によるコスト負担は大きな課題となっている。一方で、自動車保有時のメンテナンスコスト低減に関する要求もあり、消耗品のロングライフニーズは高い。そこで、これらのニーズに対する回答として、筆者らは油脂類の寿命延長に着目した。

特に、クーラントは Fig.1 に示すように、過去に法規制や車検制度の改訂に伴い、クーラント金属防食剤(以下、インヒビタ)処方としてノンアミンタイプが開発され、適用されてきた。メンテナンスインターバルは、90年代に入り初回2～3年が設定されてきたが、最近では初回5年交換を推奨する自動車メーカーが一般的となりつつある。

このような普遍的な社会要求およびクーラントメンテナンスインターバル延長要求を背景に、長寿命エンジンクーラントを開発した。

本稿では、インヒビタの寿命性能、防食メカニズムの解析、および部品適合性評価を通し、本クーラントの開発概要について紹介する。

*栃木研究所

	'85	'90	'95	'00
Law and technical movement	● US ★ Virulent examination of MBT in EPA ('88-) ★ Acceptance of bitterness additive ('93-) ☆ Maintenance interval 2 years → 3-5 years	● JPN ★ Amine export regulation ('88-) (Amine LLC → Non-amine LLC) ☆ Maintenance interval 2 years → 3-5 years	● EU ★ Correspondence to non-amine ('87-)	
Maintenance interval tendency	2 years/30 000-60 000km	3 years/60 000-100 000km	5 years/100 000-240 000km	
HONDA correspondence		☆ Non-amine prescription by law (Conventional LLC)	☆ Maintenance schedule prolongation	

Fig.1 Coolant technical history and maintenance movement

2. 開発目標

内燃機関用冷却水として使用されるクーラントの要求機能は多数あるが⁽¹⁾、要約すると以下の様にまとめられる。

- (1) 低温条件下、又は寒冷地区での冷却系システム流路の凍結防止
- (2) 沸点上昇効果による外気とクーラントの温度差の確保
- (3) 金属防食の確保

(4) 冷却系部品への適合性

このうち、(1)、(2)は基材であるエチレングリコール(以下、EG)と水の組合せの基本特性であり、寿命には関係していない。一方、(3)、(4)はクーラント寿命の決定因子であり、寿命延長に当たりこの2点について、次の開発目標を設定した。

- ・ 現行クーラント比で、2倍以上の金属防食寿命を有すること。
- ・ 各種冷却系部品への影響性に対しては、現行同等に抑えること。

3. クーラントの長寿命化検討

クーラントのメンテナンスインターバル設定の根拠として、金属防食性能の低下が考えられるため、現行クーラントをベースに、金属防食性能の現状把握と長寿命手法の検討を行った。

3.1. 現行クーラントの市場回収解析

現行クーラントの劣化傾向を把握するため、市場走行車両を対象にクーラントサンプリングを行った。サンプル数は世界中から延べ 300 台分以上を収集した。

(1) インヒビタの推移

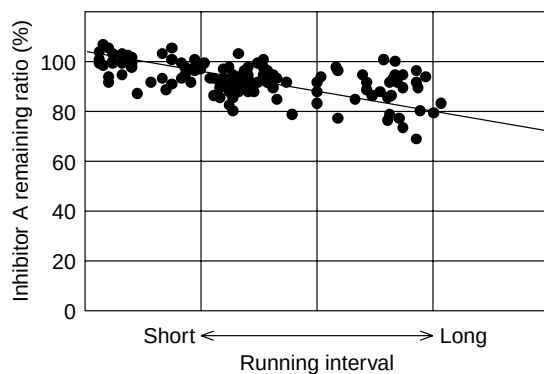


Fig.2 Market deterioration of conventional genuine coolant inhibitor A

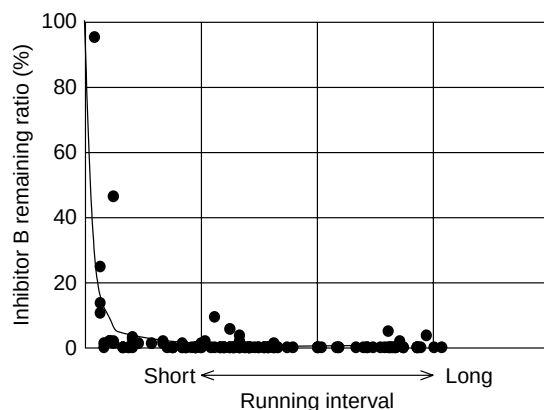


Fig.3 Market deterioration of conventional genuine coolant inhibitor B

車両中のインヒビタの経時変化例を、Fig.2, 3に示す。インヒビタは実車において熱や金属、ポリマ材にさらされるため、分解や吸着により初期添加量から少なからず減少する。ここで解析した結果から、インヒビタは短期で消耗してしまう無機酸系のものと、長期的にほとんど減少しない有機酸系のものに切り分けられることがわかった。以上より、クーラントの防食寿命延長のために、有機酸系インヒビタは有効であることが見出された。

(2) 劣化生成物の推移

基材である EG は、分解すると劣化生成物としてギ酸やグリコール酸へ変化するが⁽²⁾、これらはpHを低下させ、腐食の原因となる。また、その発生原因は、熱、溶存酸素および金属接触による高温酸化によるものである。

そこで現行クーラントについて、劣化生成物発生の推移について経時変化を調べた。結果を Fig.4 に示す。これにより走行期間の経過に伴い、劣化生成物量は増加することがわかった。以上より、劣化対策として、酸化を抑え、pH緩衝性を持たせるクーラント処方が必要であることを見出した。

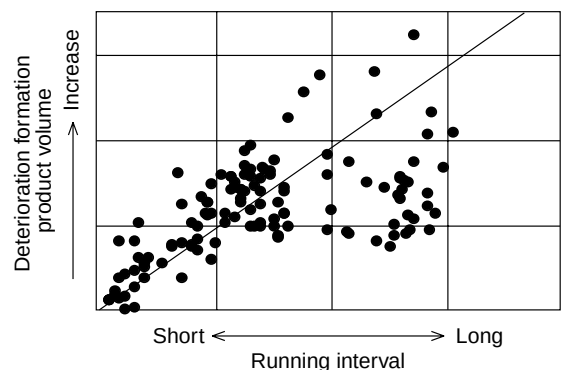


Fig.4 Market behavior of formation product in practical engine by use of conventional genuine coolant

(3) 金属イオンの推移

経時変化によって溶出する金属イオンの変化を調査した。Fig.5 にアルミニウム(以下、Al)イオン発生量を、Fig.6 に銅(以下、Cu)イオン発生量を示す。結果、Alイオンの発生

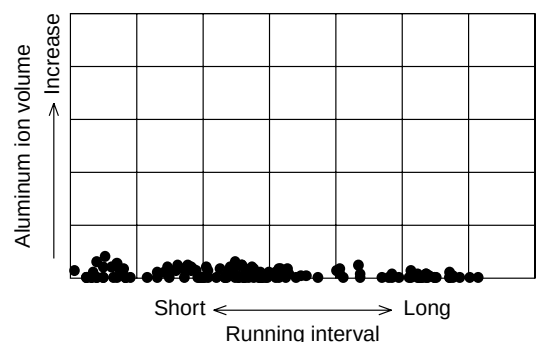


Fig.5 Aluminum ion occurrence in practical engine by use of conventional coolant

は微量であるが、Cuイオンは長期使用時に増加する傾向が見られた。よって、現行クーラントの寿命延長課題として、Cu 防食寿命の長期化も必要であることが分かった。

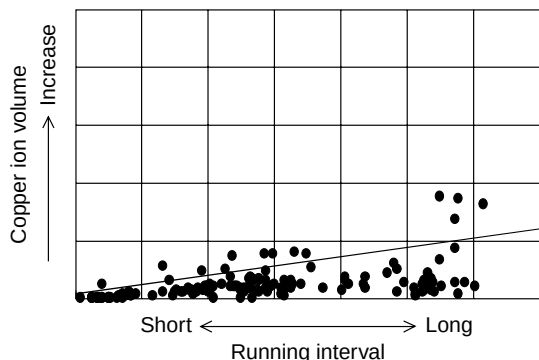


Fig.6 Brass ion occurrence in practical engine by use of conventional coolant

4. 新クーラントの検討と性能評価

新クーラントの処方にあたっては、上述のように現行クーラントの補強に対して、長寿命インヒビタの採用、pH緩衝性の向上、および Cu 防食寿命の延長化手法の3点についてを検討した。

具体的には、有機酸インヒビタをメインに、耐熱性、耐食性、冷却系材料との適合性を有するものを選定した。この選定にあたっては、金属部品全般にわたる耐循環系腐食性能、耐キャビテーション腐食特性、ポリマ材物性変化の確認試験に最も時間を割くこととなった。

4.1. 金属耐食性の評価結果

長寿命インヒビタとして最適な有機酸を選定し、有機酸タイプ処方の試作クーラントを作成し、防食性能を評価した。金属腐食試験の結果を Fig.7 に、ベンチテストからの部品回収結果を Fig.8 に、現行クーラントと比較して示す。

これより、現行クーラントでは全く異常は確認されなかった。一方、試作クーラントでは、実験室での金属耐食性は Al の黒化が見られたものの重量増減は発生せず良好であったが、実車回収部品からは白色沈殿物が確認された。また、この沈殿物を分析したところ、実機環境にて発生した腐食に起因する Al 塩であることが判明した。

そこで対策として、インヒビタの変更を行い、初期耐食性において実機をシミュレートできる循環腐食試験などを設定することで、Al 部品の防食機能を維持する新クーラント処方を設定した。

この新クーラントの防食性能の評価として、Al 伝熱面腐食試験⁽³⁾を Fig.9 に、循環腐食試験の結果を Fig.10 に示した。Fig.9 からは、著しい変色、Al イオンの溶出もないことが確認された。また Fig.10 からは、クーラント循環条

	Metal appearance after dipped in coolant					
	Aluminum	Cast Iron	Steel	Brass	Solder	Copper
Organic acid prototype coolant						
Weight loss toughness	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Current coolant						
Weight loss toughness	OK	OK	OK	OK	OK	OK

Fig.7 Metal corrosion test by use of organic acid prototype and current coolant

	Radiator lower tank after practical running
Organic acid prototype coolant	
Current coolant	

Fig.8 Collecting parts from each practical engine test by use of organic acid prototype and current coolant

Coolant	New coolant	Organic acid prototype coolant
Appearance		
Weight loss by corrosion	No problem	No problem
Aluminum anti blacking	Good	Bad

Fig.9 Anti-corrosion performance on heat transfer aluminum surface

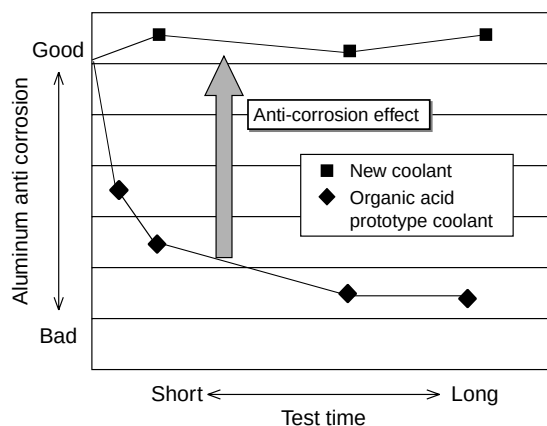


Fig.10 Circulation corrosion test result

件下において、十分な Al 耐食性を持つことが確認された。一方、上述した試作有機酸クーラントは、Al 防食が十分でなく、Al 伝熱面の著しい黒化、流水腐食の発生が見られた。

4.2. ポリマ材への適合性

添加剤により意図的にポリマ材の酸化劣化などを抑えることは難しいため、処方するクーラントの耐ポリマ劣化を評価し、ポリマ寿命に影響を与えないことを確認する必要がある。そこで、ポリマ材として、ゴム材、ナイロン系樹脂部品に対する適合性試験を実施した。一例をそれぞれ Fig.11, 12 に示す。

ゴム材については、硬度変化、体積変化、伸び変化、引張り強さ変化も含め、現行クーラント同等の適合性を保持することを確認した。また、ラジエータのナイロン部位の耐クリープ性も、限界特性は従来品と変わらず、耐熱性や耐圧性を損ねることのないことを確認した。

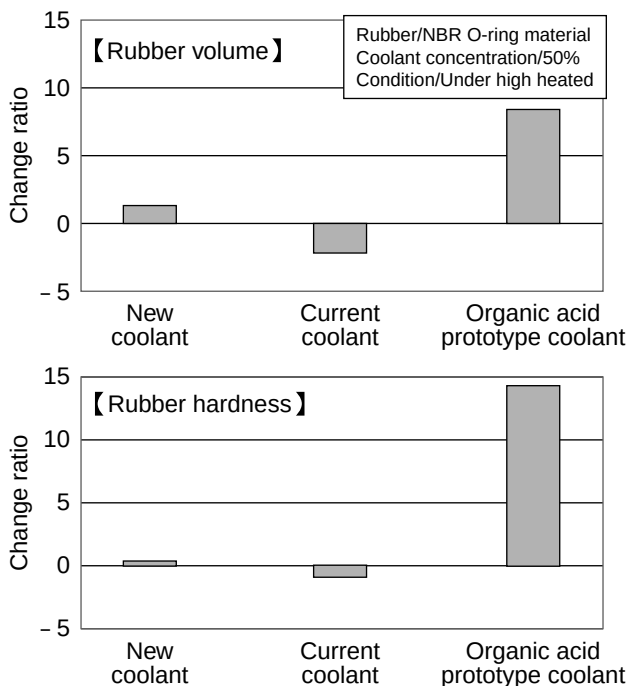


Fig.11 Coolant application performance for rubber

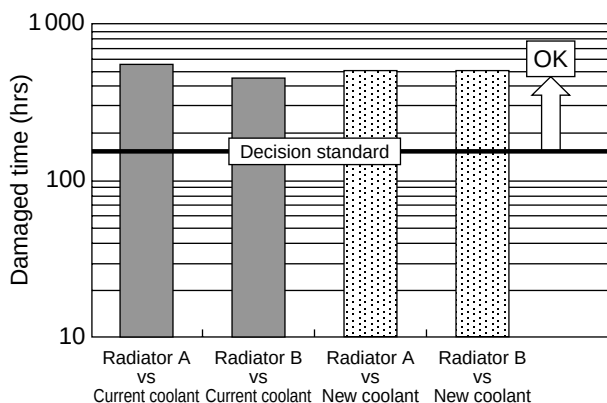


Fig.12 Creep performance of radiator plastics tank

4.3. 冷却系部品への適合性

新クーラントの適用においては、冷却系システムを構成する全ての部品に対しても、十分な適合性を持つことが必要である。

中でもウォーターポンプはクーラント循環をしつつシールすることが要求され、その中心部となるメカニカルシールは冷却系において最もクーラント処方に敏感な部位とされている⁽⁴⁾。Fig.13にしゅう動部からの漏れルートを示した。また、メカニカルシール単体回転におけるシール特性に関する評価結果を Fig.14 に示す。これより、現行クーラント同様、クーラントリーク量はシール性を損なうことなく判定基準を満足し、またメイティングリングとシールリングしゅう動面への異物堆積、面荒れもなく、十分な適合性を持つことが確認された。

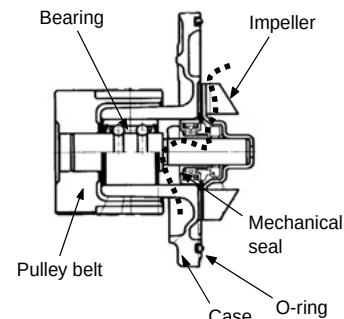


Fig.13 Coolant leak mechanism of water pump

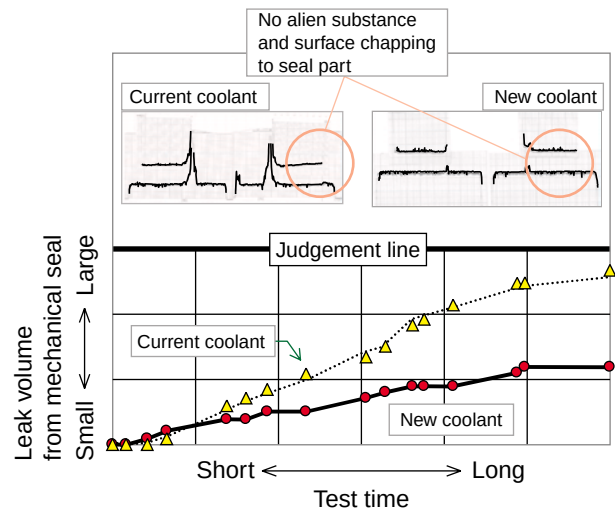


Fig.14 Adjustment of new coolant for water pump mechanical seal

4.4. 実機試験結果

実機を用い、総合的なエンジン適合性確認も行った。結果を Fig.15～17 に示す。Fig.15はエンジンヘッドのウォータージャケット部の写真であるが、Al 伝熱面の腐食は生じず、耐食性は保持されていた。また Fig.16 はウォーターアウトレットの一部を断面カットし表層を観察したものであるが、新クーラントでは腐食による著しい凹凸もなく、さらに Fig.17 から Al 酸化皮膜も維持されていることが確認され

たため、これらエンジン部品への適合性は良好と判断した。一方、参考に示した試作有機酸クーラントでは、表層のAl腐食が進行しており、流水腐食の兆候が見られた。

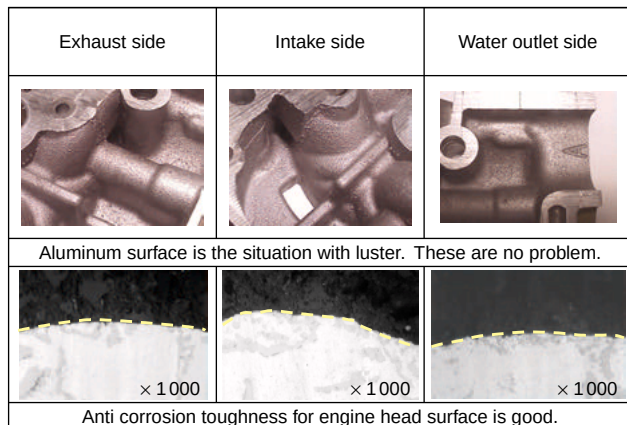


Fig.15 The heating surface situation of engine head after bench test by use of new coolant

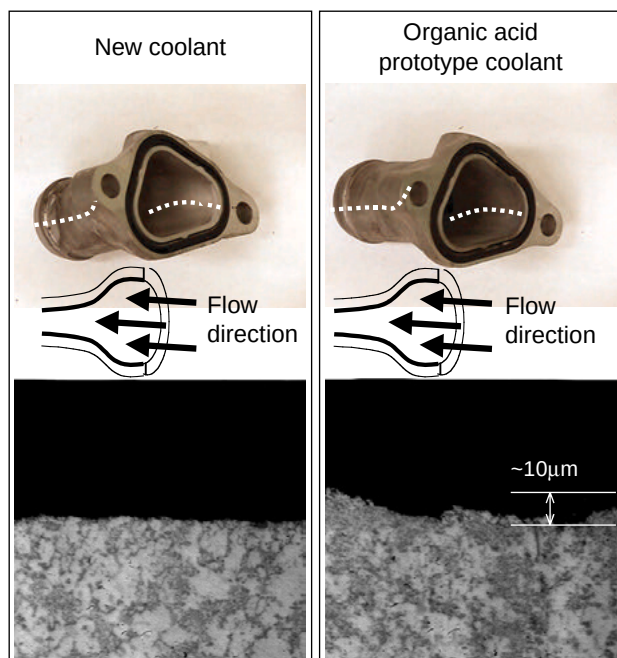


Fig.16 Surface section of water outlet part

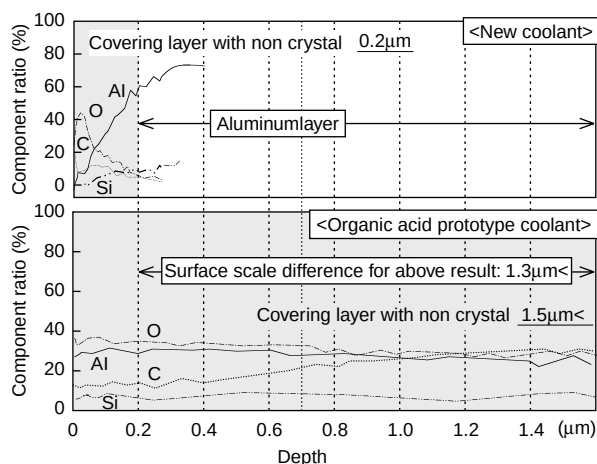


Fig.17 Element formation through depth direction on water outlet surface

4.5. 耐久性評価結果と寿命判定

クーラント新液による初期性能を確認する一方で、クーラント劣化時を想定し、実車の負荷を考慮した腐食試験を実施した。Table 1 は、市場 10 年相当の単体劣化クーラントに金属浸漬した際の耐食性結果である。これにより、新クーラントは冷却系材料として使用されるAl、鋳鉄、鋼、はんだ、黄銅、純銅の全てに対して重量増減などの腐食も発生せず、金属防食能力は十分保持されていた。

また、Fig.18 は実車におけるクーラント劣化をシミュレートした結果であるが、現行クーラントと比較して2倍以上の金属防食寿命を持つと判断した。同時にこれにもとづき、メンテナンスインターバルの延長化を実施することが可能となった。

Table 1 Corrosion toughness by coolant roughly equal to 10 years used

	Aluminum	Cast Iron	Steel	Brass	Solder	Copper
General organic acid type coolant	×	×	○	○	×	○
Current coolant	○	×	○	○	×	○
New coolant	○	○	○	○	○	○

○: Good for anti-corrosion ×: Bad for anti-corrosion

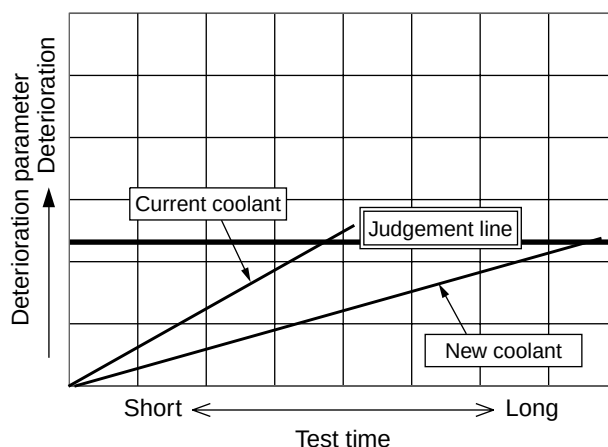


Fig.18 New coolant long life performance compared with current

5. 廃液量削減と品質向上に対する効果

クーラント寿命延長による廃液量削減効果を世界各地のメンテインターバルをもとに算出した。結果を Fig.19 に示す。これより車両 1 台当りのクーラント廃棄量は 14 年保有された場合、70%以上削減可能となることが見積られた。このように新旧のクーラント切替によるこの減量化(Reduce)により大幅な環境負荷軽減、資源節約が期待される。

また、この寿命延長によって、新車購入から廃車になるまで、ユーザは本クーラントを継足すだけで交換が必要のない場合も考えられ、粗悪クーラント、粗悪水の混入による品質低下の防止が促進できるというメリットもある。

この新クーラントは、2001年モデルを皮切りに、全機種、全世界への展開を図る予定である。

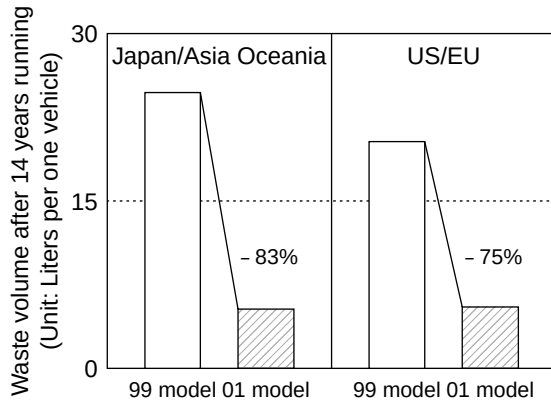


Fig.19 Coolant waste reduction volume through the new coolant

6. まとめ

本開発の概要をまとめると、次のようになる。

- (1) 有機系カルボン酸塩や無機酸塩インヒビタの採用と適量添加により、現行比で2倍以上の金属防食性能を有するクーラントを開発した。
- (2) 本クーラントは、冷却系のポリマや部品に対して、現行と同等の適合性を有することを確認した。
- (3) 本クーラント採用により、全世界で約70%以上のクーラントにまつわる廃液削減が可能(車両 14 年保有時)となることが見積もられた。

7. 謝辞

開発にあたり、クーラントメーカーであるシーシーアイ(株)の皆様、適合性評価にご協力頂いた冷却系部品メーカー各社の皆様に、心より感謝申し上げます。

参考文献

- (1) 日本オートケミカル工業会編、オートケミカル自動車用化学製品, p.96-100, 幸書房(1991)
- (2) 化学大辞典 1, p.908, 共立出版(1989)
- (3) D4340, Standard Test method for Corrosion of Cast Aluminum Alloys in Engine Coolants Under Heat-Rejecting Conditions, ASTM 15.05, p.158-161 (1999)

- (4) Kiryu, K., et al : The Relationship Between Sealing Performance of Mechanical Seals and Composition of Coolants for Automotive Engines, 1993 American Society for Testing and Materials, p.215-233 (1993)

■ 著 者 ■



大澤 充



福田 啓三



井島 敏郎



長島 隆