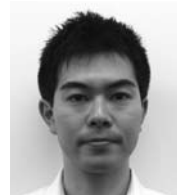


解 説

# 二輪車用・船外機用4サイクルエンジン油の規格について

潤滑油販売部潤滑油2グループ きうち よしき  
木内 芳樹



## 1. まえがき

二輪自動車（以下二輪車）や船外機に搭載されるエンジンは四輪自動車（以下四輪車）のエンジンとは機構が異なるため、潤滑油の供給方法や潤滑油に要求される性能が異なる。近年、環境保護の立場から燃費の改善が強く求められており、四輪車用エンジン油では低粘度・低摩擦の潤滑油が市場に流通している。しかし、こうした潤滑油は二輪車や船外機のエンジン油としては時として動力伝達機構などに悪影響を及ぼす恐れがあり、適切な潤滑油を選定するためには選定基準を明確にする必要がある。

本稿では二輪車用4サイクルエンジン油の選定基準となる規格として制定されたJASO規格、船外機用4サイクルエンジン油の選定基準となる規格として制定されたFC-W規格についてその制定経緯と規格内容を解説する。

## 2. 二輪車用4サイクルエンジン油の規格 (JASO T903, T904) について<sup>1) 2) 3) 4)</sup>

### 2.1 JASO規格の目的、経緯

近年、四輪車用エンジン油には環境保護の立場から省燃費性能の向上や排ガス浄化システムへの適合性が強く求められている。こうした背景から低粘度化・低灰化の技術を取り入れたエンジン油が市場に広く流通するようになった。しかし、エンジンとクラッチシステムおよびトランスミッションの潤滑油が共用となる二輪車に低粘度油、低灰油が充填された場合には動力伝達機構などに支障をきたす恐れがある。特に低粘度油に関してはギヤの耐久性低下やクラッチのすべりの発生が懸念される。また、アメリカ石油協会 (American Petroleum Institute, API) 規格や国際潤滑油標準化認定委員会 (International Lubricant Standardization and Approval Committee, ILSAC) 規格では二輪車への適合性が考慮されていない。よって、API規格やILSAC規格とは別に二輪車ユーザーがエンジン油を選ぶ際の的確な情報を与えることが必要となった。

1994年秋頃から日本自動車工業会エンジンオイル分科会二輪ワーキンググループにおいて市販4サイクルエンジン油の性状調査、実機評価試験を行うなどの活動が行われた。こうした準備期間を経た後、1996年4月に自動車技

術会二輪部会内に二輪4サイクルエンジンオイル分科会が組織され、二輪車4サイクルエンジン油に適用できる潤滑油評価法やこれに基づく規格の制定作業が開始された。1998年にはJASO T903規格（二輪自動車-4サイクルガソリンエンジン油）およびJASO T904規格（二輪自動車-4サイクルガソリンエンジン油-クラッチ摩擦特性評価試験方法）を制定した。

制定以降、API規格、ILSAC規格などの4サイクルエンジン油規格が主に耐久性向上、省燃費性向上および触媒被毒防止の観点から改正されたことを受け、最新規格適合品が二輪車の要求を満足しない可能性が生じた。そこで、二輪4サイクルエンジンオイル分科会はJASO T903規格およびJASO T904規格の改定を検討し、2006年3月に一部改正を行った。

現在の動向としては、四輪車用4サイクルエンジン油の更なる低粘度化を受け、二輪4サイクルエンジンオイル分科会においてトランスミッションギヤの耐久性（ピッチング寿命）を評価する試験方法の開発が検討されている。また、クラッチ摩擦特性評価試験法の標準油と摩擦材の供給性確保も課題として挙げられている。

### 2.2 JASO規格内容 (JASO T903, T904)

#### 2.2.1 エンジン油の品質規格

JASO T903は主にクラッチ性能とギヤの耐久性を規定するものであり、エンジン潤滑性、清浄性などは表1に示すような4サイクルガソリンエンジン油規格のいずれかに適合する品質が要求される。1998年のJASO規格制定以降、APIやILSACの四輪車用4サイクルエンジン油規格は改定されて性能が向上してきた。二輪車用4サイクルエンジン油においても更なる性能向上を目的とし、2006年に適合可能な4サイクルガソリンエンジン油規格の見直しを実施された。APIを例にとるとSE及びSFが削除され、SMが適用可能となった。

表1 JASO T903が必要とする4サイクルエンジン油規格  
1998年制定時 2006年改定時

1998年制定時		2006年改定時	
規格	分類	規格	分類
API	SE, SF, SG, SH, SJ	API	SG, SH, SJ, SM
ILSAC	GF-1, GF-2	ILSAC	GF-1, GF-2, GF-3
ACEA	A1, A2, A3	ACEA	A1/B1, A3/B3, A3/B4, A5/B5, C2, C3
CCMC	G-4, G-5	CCMC	廃止

## 2.2.2 物理化学性状

JASO 規格ではエンジン試験や部品単体試験をできるだけ実施せずに、二輪車に必要なとされる油の性能を表2に示す物理化学性状で規定している。2006年の改定では次のような項目が追加された。

### ・リン量

乗用車用エンジン油は触媒被毒防止のために潤滑油中のリン含有量が低減される傾向にある。リン含有量を低減したエンジン油を二輪車に用いた場合、多くの二輪車ではギヤの潤滑をエンジン油が担っていることから、ギヤの耐久性に悪影響を与える可能性が高い。二輪車メーカーの経験・実績に基づき、リン含有量は0.08mass%以上とした。一方、排出ガス浄化装置の触媒被毒を防止するため、リン含有量の上限值は経験・実績に基づき0.12mass%以下とした。

### ・せん断安定性

乗用車用エンジン油では xW-20 油のような低粘度エンジン油も一般的になりつつある。二輪車への低粘度油適用を検討したところ、高温高せん断粘度が従来の規定を満たし、かつせん断安定性が“グレード規定内”であれば、耐摩耗性等のギヤ耐久性に問題はないと判断された。そこで、新たにせん断安定性の項に「その他の粘度グレード」という粘度規定を設け、JASO 規格の適用粘度グレードを拡大した。

表2 JASO T903 が必要とする物理化学性状

測定項目	単位	規定値	試験方法
硫酸灰分量	mass%	1.2 以下	JIS K 2272
リン量 <sup>a)</sup>	mass%	0.08 以上 0.12 以下	JPI-5S-38
蒸発損失量	mass%	20 以下	JPI-5S-41
泡立ち性 (泡立ち度 / 泡安定度)	シーケンス I	mL	10/0 以下
	シーケンス II	mL	50/0 以下
	シーケンス III	mL	10/0 以下
せん断安定性 (試験後の100℃動粘度)	xW-30	mm <sup>2</sup> /s	9.0 以上
	xW-40	mm <sup>2</sup> /s	12.0 以上
	xW-50	mm <sup>2</sup> /s	15.0 以上
	その他 <sup>a)</sup>	mm <sup>2</sup> /s	グレード規定内 <sup>b)</sup>
高温高せん断粘度	mPa·s	2.9 以上	JPI-5S-36

a) 2006年の規格改定時より追加

b) SAE J300を参照

c) ディーゼルインジェクター法 (30 サイクル)を用いる

## 2.2.3 摩擦特性

JASO T903 では、規定されたエンジン油性能および物理化学性状を満たした4サイクルエンジン油について JASO T904 に基づいて試験した結果によって、二輪車用4サイクルエンジン油の性能を MA, MA1, MA2 および MB の4グレードに分類している。各グレードは動摩擦特性指数 (Dynamic Friction Index: DFI)、静摩擦特性指数 (Static Friction Index: SFI) および制動時間指数 (Stop Time Index: STI) という3種類の摩擦特性指数

で分類され、MB グレードは低摩擦特性油として位置づけられている。

1998年の規格制定時は、試験ラボへの新たな装置導入等の負担を避けるために湿式多板クラッチと動力伝達機構が同じである SAE No.2 試験機を用いることが検討された。摩擦材の種類、試験条件などの検討を行い、既に自動変速機油摩擦特性試験方法として制定されている JASO M348-95 に沿った試験方法を採用した。ラボ間の測定値のばらつきを排除することを目的とし、摩擦係数は比較標準油に対する指数を用いる。比較標準油には JAFRE-A (Japanese Four-Stroke Cycle Engine Reference Oil-A, 通常の摩擦特性を持つ潤滑油) と JAFRE-B (低摩擦特性を持つ潤滑油) の2種類を使用する。摩擦特性を評価する供試油と上述の比較標準油の各々に対し、動摩擦係数値 ( $\mu d$ )、制動時間 (ST) および静摩擦係数値 ( $\mu s$ ) を求める。供試油と比較標準油の  $\mu d$ 、ST、 $\mu s$  より DFI、SFI および STI が計算され、表3に示すように MA, MA1, MA2 および MB の4グレードに分類される。

表3 性能分類と指数基準

1998年制定時

評価試験項目	基準指数	
	MA	MB
動摩擦特性指数 DFI	1.45 以上	1.45 未満
静摩擦特性指数 SFI	1.15 以上	1.15 未満
制動時間指数 STI	1.55 以上	1.55 未満



2006年改定時

評価試験項目	基準指数			
	MA	MA2	MA1	MB
動摩擦特性指数 DFI	1.45 以上 2.50 未満	1.70 以上 2.50 未満	1.45 以上 1.70 未満	0.40 以上 1.45 未満
静摩擦特性指数 SFI	1.15 以上 2.50 未満	1.60 以上 2.50 未満	1.15 以上 1.60 未満	0.40 以上 1.15 未満
制動時間指数 STI	1.55 以上 2.50 未満	1.80 以上 2.50 未満	1.55 以上 1.80 未満	0.40 以上 1.55 未満

1998年に制定された MA 規格において摩擦特性の規格に合致しているが、一部の機種でクラッチ滑りの不具合が生じているとの報告があり、2006年に規格値の見直しが実施された。不具合が発生した市販油、及び二輪車メーカーの純正油のうち摩擦調整剤を用いていないものについて DFI、SFI、STI の測定を行った。検討の結果、一部のクラッチには摩擦係数の高いエンジン油を指定する必要があることが判明したため MA の性能分類を摩擦特性指数の高い MA2 と低い MA1 に見直した。また、届出されているエンジン油のデータを参考とし、2006年の改正に合わせて DFI、SFI、STI の最大値と最小値についても規定されることとなった。

## 2.2.4 二輪車用4サイクルエンジン油のJASO規格オンファイルシステム

オンファイルシステムとはJASOエンジン油規格に適合する潤滑油を販売しようとする者が所定の様式に従って製品の物性・性能データ、オイルコード、ロゴマーク表示例、連絡先、本システムの規定に従うという同意書などをJASOエンジン油規格普及促進協議会（JEOSIP）に届出し、これが受理されてファイル化されるという制度である。二輪車用4サイクルエンジン油のオンファイルは1997年7月から開始されたが、表4に示すとおり2009年3月末には総数800件に達している。地域別登録状況を図1に示すが、アジア地域のオンファイル件数が多く、次いでヨーロッパとなっている。国別では185件の日本が一番多く、これにアメリカ、インド、イギリスが続いている。

表4 二輪車用4サイクルエンジン油のオンファイル件数

年度	MA	MB	MA2006	MB2006	MA1	MA2	合計
1999	56	1	-	-	-	-	57
2000	81	5	-	-	-	-	86
2001	51	1	-	-	-	-	52
2002	75	4	-	-	-	-	79
2003	84	5	-	-	-	-	89
2004	62	1	-	-	-	-	63
2005	81	2	-	-	-	-	83
2006	33	0	21	3	1	29	87
2007	-	-	53	9	2	30	94
2008	-	-	60	10	1	39	110
計	523	19	134	22	4	98	800

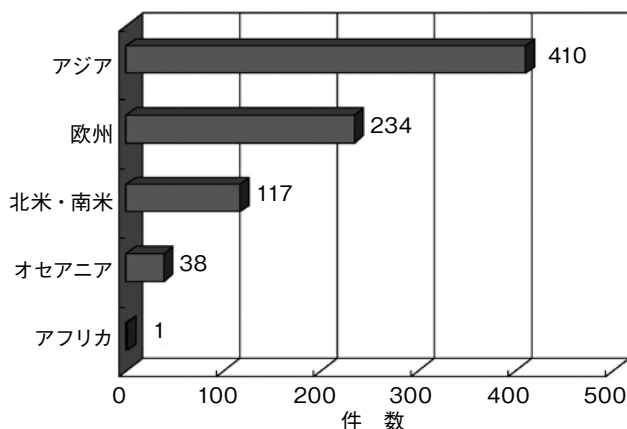


図1 地域別オンファイル状況（2009年3月末）

## 3. 船外機用4サイクルエンジン油の規格(FC-W)について<sup>5) 6)</sup>

### 3.1 FC-W規格化の目的、経緯

二輪車用4サイクルエンジン油と同様に船外機用4サイクルエンジン油もエンジン機構の違いから四輪用4サイクルエンジン油とは要求性能が異なる。船外機用4サイクル

エンジン油にはエンジンの置かれている環境から次のような性能が要求される。

#### (1) 耐腐食性

海水による腐食が想定されるため、これに対応できるような耐腐食性が要求される。

#### (2) オイル希釈

一般的にアイドルもしくは低速回転で長時間運転していると、燃料によるオイルの希釈や水分の混入が懸念される。また、船外機用4サイクルエンジンは冷却効率の高い水冷が主流であり、エンジン油温が上がりにくい、燃料や水分が十分に蒸発しにくい使用環境にある。よって、オイルが希釈されてもエンジン油本来の性能を発揮できることが要求される。

#### (3) 耐摩耗性

船外機用エンジン油では長時間にわたり高負荷あるいはそれに近い状態で運転されることが多く、優れた耐摩耗性が必要となる。

最近の四輪車用4サイクルエンジン油は前述の通り低粘度化・低摩擦化の方向に進んでおり、上記のような厳しい条件下で使用される船外機用4サイクルエンジン油としての性能を確保しているとは必ずしもいえない。

一般ユーザーはこうしたエンジン油の事情を把握していないことが多いことから、船外機用4サイクルエンジン油に関する適切な規格を設けることを目的とし、国際舟艇製造者協会(National Marine Manufacturers Association, NMMA)のオイル認証委員会の中に4サイクル小委員会が2001年7月に設置された。様々な検討を経て2004年にFC-Wと呼ばれる船外機用4サイクルエンジン油の規格が制定された。

### 3.2 FC-W規格内容

FC-W規格ではAPI SG以上のエンジン油性能をベースとした上で、表5に示す性能が要求される。

#### (1) 空気混入による泡立ち防止性能

長時間にわたり、高負荷状況下に置かれる船外機エンジンでは、オイルの発泡や空気の混入が懸念される。APIで用いられているSJ/GF-2の基準値を適用し、ASTM D892で4サイクルエンジン油の泡立ち性(泡立ち度/泡安定度, ml)を評価し、シーケンスIとIIIでは10/0以下、シーケンスIIでは50/0以下、シーケンスIVでは200/50以下であることが要求される。

#### (2) フィルターの詰まり防止性能

GM EOFT(エンジン油ろ過性能試験, ASTM D6795)を適用し、最大流量変化が50%以下であることが要求される。

#### (3) 耐摩耗性(オイル粘度)

船外機用4サイクルエンジン油のオイル粘度としてSAE

J300 を基準として検討された。高温高せん断粘度 (HTHS 粘度) は、乗用車用エンジン油では燃費を向上させるために低くなる傾向にあるが、船外機でそのまま用いるとベアリングの摩耗が懸念される。市販されている船外機メーカーの純正油を評価したところ、船外機用4サイクルエンジン油にはHTHS粘度3.3cP以上が必要であると判断された。

#### (4) エンジン耐久性能

Yamaha 115HP エンジンを用いてエンジン油が7%以上の燃料希釈条件下において100時間のエンジン耐久試験を実施して評価する。試験後にエンジンの各部品の摩擦状態等をヤマハのサービスマニュアルに規定された基準に適合しているかを判定する。

エンジン試験を表6に示す条件で実施し、耐久試験終了後にエンジン部品にスカuffing、スポーリング、スコアリングおよびリングワイピングの発生が無いことを確認する。また、エンジン清浄性(カーボン堆積物、ワニス、スラッジ量)を点検し、標準オイルと同等以上の性能があることが必要である。

#### (5) さび止め性能

船外機用エンジンは海水にて使用されることが多い。エンジン停止時のカムシャフトの位置によっては排気バルブが数箇所開放されたままであり、海水の浸入によりエンジン内部の腐食が懸念される。よって、エンジン油には優れたさび止め性が求められる。FC-W 認証試験では塩水噴霧条件下で試験片のさび発生状況を確認し、基準油(標準オ

表5 FC-Wに要求される性能

API性能分類		2004年制定		2009.9改定予定
		SG以上		SG以上
動粘度 (40°C)	ASTM D 445	mm <sup>2</sup> /s	報告	報告
粘度指数	ASTM D 2270		報告	報告
密度 (15°C)	ASTM D 1298 or D 4052	g/cm <sup>3</sup>	報告	報告
塩基価(HC10 <sub>4</sub> 法)	ASTM D 2896	mgKOH/g	報告	報告
酸価	ASTM D 664	mgKOH/g	報告	報告
元素分析	ASTM D 4951, D 4927, D 4628, D 5185	Ba, B, Ca, Mg, Mo, Zn mass%	報告	報告
元素分析	ASTM D 4951, D 4927, D 4628, D 5185	P mass%	報告	0.06%~0.08%
元素分析	ASTM D 4951, D 4927, D 4628, D 5185	Si mass%	報告	0.002%以下
硫黄	ASTM D 5453, D 2622, D 4294, D 6443	mass%	報告	報告
窒素	ASTM D 5291, D 5762	mass%	報告	報告
IRスペクトル	ASTM E 168		報告(添付)	報告(添付)
<b>実験室評価試験</b>				
試験の粘度グレード		10W-30, 10W40, 15W-40, 15W-50, 20W-40, 20W-50, 25W-40, 30, 40	報告	報告
動粘度 (100°C)	ASTM D 445	mm <sup>2</sup> /s	SAEグレード相当	SAEグレード相当
CCS粘度	ASTM D 5293	mPa·s	SAEグレード相当	SAEグレード相当
MRV粘度	ASTM D 4684	イールドストレス mPa·s	SAEグレード相当	SAEグレード相当
せん断安定性 (30サイクル)	ASTM D 6278	mm <sup>2</sup> /s	報告	SAEグレード相当
せん断安定性後の高温高せん断粘度	ASTM D 3945, ASTM D 4683	30サイクル後のHTHS粘度 mPa·s	≥3.3	SAEグレード相当
あわ立ち性 (泡立ち度/泡安定度)	ASTM D 892 ASTM D 6082	Seq. I, II, III Seq. IV (150°C) 最大ml/ml 最大ml/ml	10/0, 50/0, 10/0 200/50	10/0, 50/0, 10/0 200/50
さび試験	NMMA FC-W™ 法 (Mercury 24h)	塩水噴霧標準 (4枚の鉄製試験片OHT4T-001-1)、試験成立: 校正オイル 49P52Zのさびが40%~60%、RE05973:20%~40%	さび発生% ≤標準オイル5973	≤標準オイル5973
NOACK蒸発量 (250°C, 1h)	ASTM D 5800	mass%	報告	22%以下
フィルター詰り	GM EOFT (ASTM D 6795)	最大流量変化 %	≤50	≤50
<b>エンジン試験</b>				
115 HP GPET (一般性能エンジン試験)	Yamaha 115HP NMMA FC-W™ 法	摩耗評価 (カムローブ, カムキャップ, カムジャーナル, カムベアリング, ピストンリング, ピストン, コンロッドベアリング, シリンダボア, メインベアリング, クランクジャーナル, 燃料ポプのローブ) 清浄性 メリット	かじり, 剥落, 引っかき傷, リングワイピング (擦り) の発生なし ≥NMMA標準オイル 4T-115B	かじり, 剥落, 引っかき傷, リングワイピング (擦り) の発生なし ≥NMMA標準オイル 4T-115B
摩耗評価試験	Sequence IVA	μm	規定なし	90以下

ル5973) 対比で同等以上の性能であることが要求される\*。

**\* FC-W さび試験の概要:**

4枚の金属試験片をオイルサンプルに浸したのち、ASTM B117 に準じて制御された(5 ± 1%塩化ナトリウム、pH6.5 ~ 7.2、キャビネット温度 95+2/-3°F に維持) 塩水噴霧チャンバーの中に 24 ± 0.5 時間置く。試験後の試験片はさびで覆われている部分の割合で評価される。なお、4枚のうち1枚は異常値として除外が可能。4枚(1枚除外した場合は3枚)の評価を平均した結果が最終的な評価となる。なお、基準油のさび発生状況が20%未満または40%以上であった場合はその試験は無効とされ、再試験を要する。

**表6 FC-W エンジン耐久試験条件**

慣らし運転時			耐久試験		
ステージ	回転数 min <sup>-1</sup>	時間 min	ステージ	回転数 min <sup>-1</sup>	時間 min
フェーズ1-1回-1時間			フェーズ1-54回-90時間		
1	700	5	1	700	40
2	2000	55	2	6000	6
フェーズ2-6回-1時間			3	2400	6
1	3000	9	4	700	20
2	6000	1	5	4800	14
フェーズ3-8回-8時間			6	2400	6
1	2000	11	7	3600	8
2	3000	11	フェーズ2-1回-10時間		
3	4000	11	1	6000	600
4	6000	5			
5	4000	11			
6	3000	11			

- \*使用エンジン: Yamaha 115HP エンジン
- \*大型循環水式船外機用試験水槽の中で試験を実施
- \*全開時のエンジン回転数を制御する負荷装置としてカットダウンプロペラを使用
- \*試験用燃料: Halterman Sequence VG Mark II (SVG M2)
- \*標準オイル: NMMA 4T-115B
- \*エンジン作動パラメータ:

パラメーター	許容範囲
試験水槽温度	10 - 13°C
吸気温度	16 - 21°C
相対湿度	75%

- \*エンジン油充填量: 4,400ml (耐久試験開始後 25,50,75 時間目のインターバルではオイルレベルを調整するために700mlを限度として新油を追加することが可能)
- \*慣らし運転終了後および試験開始後 25, 50, 75, 90, 100 時間にはオイル(60ml)を採取し、燃料希釈レベルを判定(ASTM D3525M-FDG)する。試験開始後50時間までに燃料希釈レベルが7%に達し、試験終了時までそのレベルを維持しなければならない。

**3.3 FC-W規格の今後の動向**

近年船外機エンジンにおいても環境への配慮から排ガス浄化装置の装着率が増加している。4サイクルエンジン油に含まれるリンは排ガス浄化装置に用いられる触媒を被毒することが知られており、FC-W規格を改定する検討が行われている。リン含有量はAPI SM 同様 0.06mass%以上 0.08mass%以下と規定される見込みである。また、リン含有量が低減されることにより摩耗が懸念されるため、API規格の摩耗評価試験である Sequence IV A が規格に追加される見込みである。

次に挙げる項目が2009年9月よりFC-W認証試験の要求性能に追加される見込みである。

- (1) リン含有量: 0.06mass%以上 0.08mass%以下
- (2) Si 含有量: 0.002mass%以下
- (3) NOACK: 22%以下
- (4) SAE J300: グレード規定内
- (5) 摩耗評価試験 (Sequence IV A): 90 μm 以下

**4. あとがき**

本稿では二輪車用4サイクルエンジン油の規格であるJASO規格および船外機用4サイクルエンジン油の規格であるFC-W規格を解説した。四輪車とエンジン機構が異なる二輪車や船外機に省燃費型四輪車用エンジン油を用いることにより問題が発生する可能性がある。メーカーはJASOやFC-Wといった規格でエンジン油性能を保証し、一般ユーザーはこの規格に合ったエンジン油を選定することがトラブルを未然に防ぐための有効な手段である。今後も環境規制は強化されていく傾向にあり、その規制動向やこれに伴って改正されていく二輪車や船外機のエンジン油規格動向を常に確認していく必要があると考えられる。

**— 参考文献 —**

- 1) 加賀谷峰夫: 日石三菱レビュー, 43, 3, 110 (2001)
- 2) 自動車技術会: "JASO T903-2006 二輪自動車-4サイクルガソリンエンジン油" (2006)
- 3) 自動車技術会: "JASO T904-2006 二輪自動車-4サイクルガソリンエンジン油-クラッチ摩擦特性評価試験方法" (2006)
- 4) JASO エンジン油規格普及促進協議会: "二輪自動車-4サイクルガソリンエンジン油 (JASO T904-2006) の規格利用マニュアル" (2006)
- 5) National Marine Manufacturers Association: "Four-Stroke Cycle, Water-Cooled Gasoline Engine Lubricant, Certification Procedure Manual" (2004)
- 6) David T. Montgomery et al: 04SETC-51, "FC-W: An Oil Standard For Four-Stroke Cycle Outboard Engines" (2004)