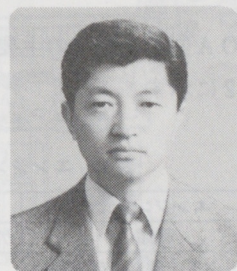


フォード社向け SHOエンジン



自動車エンジン事業部AM第3技術部 青山 建夫

1. はじめに

ヤマハ発動機は、1985年に米国フォード社と高性能DOHCエンジンの開発・生産供給について契約し、1988年7月19日に生産を開始した。

このエンジンは「SHO」（スーパー・ハイ・アウトプット）エンジンと呼称され、フォード社のベストセラーカー「トーラス」のスポーツモデル「トーラスSHO」に搭載されているV6 DOHC 4バルブエンジンである。

最近のニューモデルにあっては、4バルブエンジン化が急速に進んでおり、それも従来のパワー指向から、トータルとしての高性能が求められるようになってきた。

このような要請にこたえて、高出力、スムーズレスポンス、低燃費、静粛性を追求し新開発されたのがこのKOA型エンジンである。

以下にその概要を紹介する。

2. 開発のねらい

(1) 高速出力と低速トルクの両立

- ・可変吸気システムの採用
- ・エアホーンのサージタンク内装着

(2) 静粛かつ低振動な高級感の達成

- ・鍛造タフトクランクの採用と高剛性設計
- ・メインベアリングキャップのビーム連結

- ・アルミダイカストオイルパンの採用
- ・カムベルトカバーのゴムシールマウント
- ・ヘッドカバーのゴムシールマウント

(3) 高信頼性の確保

- ・ベアリングキャップのダクタイル鋳鉄化
- ・クランクシャフト油孔 十文字化
- ・吸気と排気のカム連結 複列チェーン化

(4) 吸気系の外観品質向上と流れの連続性表現

- ・質感及びカラーリングの統一
- ・外観メッキ部品の黄色クロメート廃止
- ・フランジ状の締結部廃止

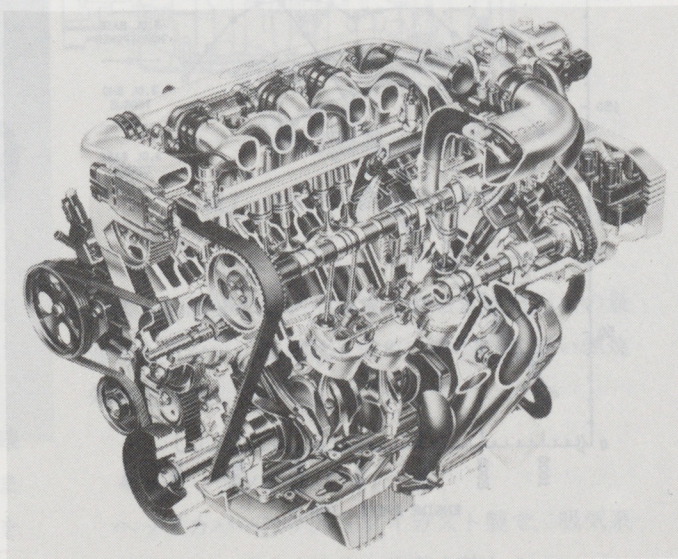


図1 「SHO」エンジン カットモデルイラスト

3. 主要諸元と性能

K O A 型エンジンの主要諸元を表 1，性能曲線を図 2 に示す。

表 1 エンジン主要諸元

エンジン型式		K O A
種類		ガソリン噴射, 水冷 4 サイクル
シリンダー数および配置		60° V 形 6 気筒, 横置き
燃焼室形式		ペントルーフ形
弁機構		DOHC ベルト & チェーン駆動
気筒あたり吸排気弁数		吸気 × 2, 排気 × 2
総排気量 cm ³		2986
内径 × 行程 mm		φ89 × 80
圧縮比		9.8
最高出力 (SAE ネット)	HP/rpm	220/6000
	{ KW/rpm }	{ 164/6000 }
	{ PS/rpm }	{ 223/6000 }
最大トルク (SAE ネット)	FT·LB/rpm	200/4800
	{ N.m/rpm }	{ 271/4800 }
	{ kgf.m/rpm }	{ 27.7/4800 }
最小燃費率 (SAE ネット)	g/KW·h	288
	{ g/PS·h }	{ 212 }
寸法 (長さ × 幅 × 高さ) mm		798 × 683 × 698
整備重量	LB	485
	{ kg }	{ 220 }

4. 各部構造と特徴

エンジンのカットモデルイラストを図 1 に，外観イラストを図 3 に，外観写真を写真 1 に，断面図及び外観図を図 4 ～ 7 に示す。

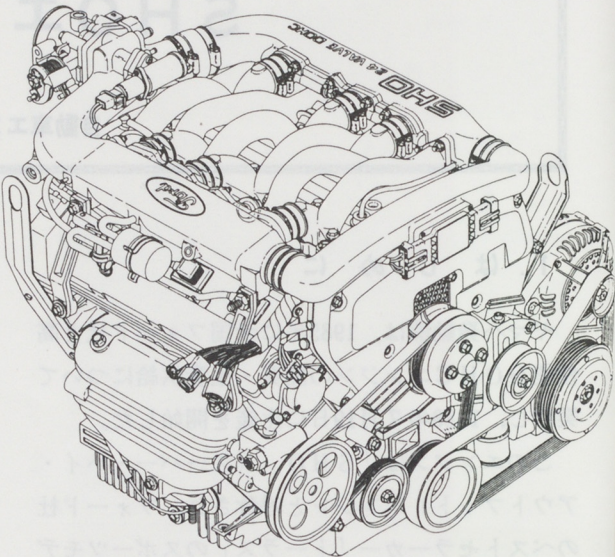


図 3 エンジン外観イラスト

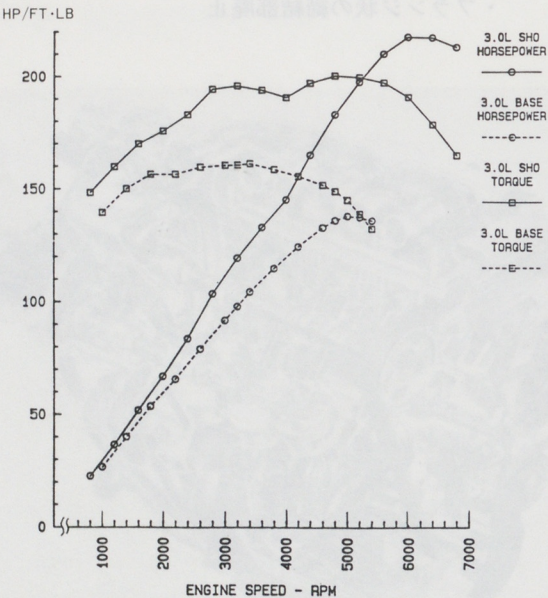


図 2 エンジン性能曲線

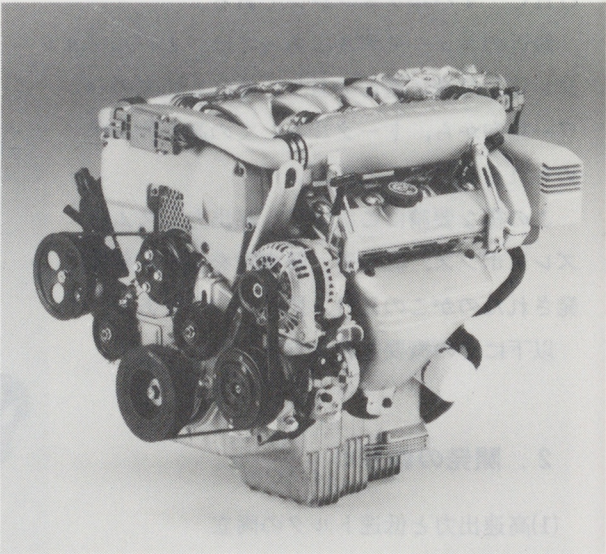


写真 1 「SHO」エンジン外観

4-1 シリンダーヘッド

シリンダーヘッドはアルミ合金鋳物製で，傾斜

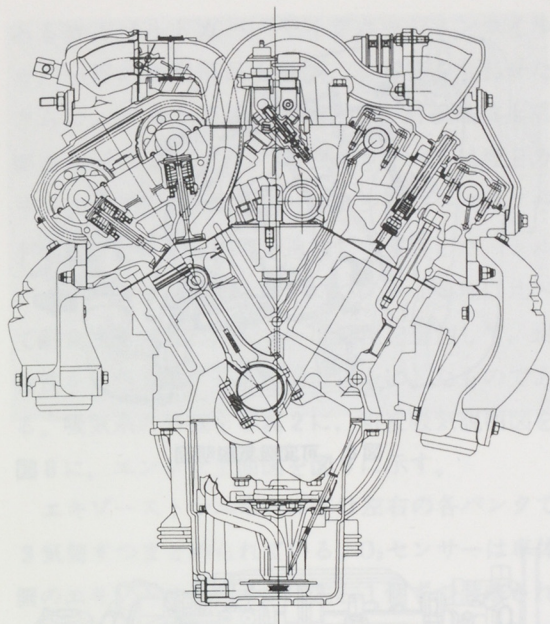


図4 エンジン横断面図

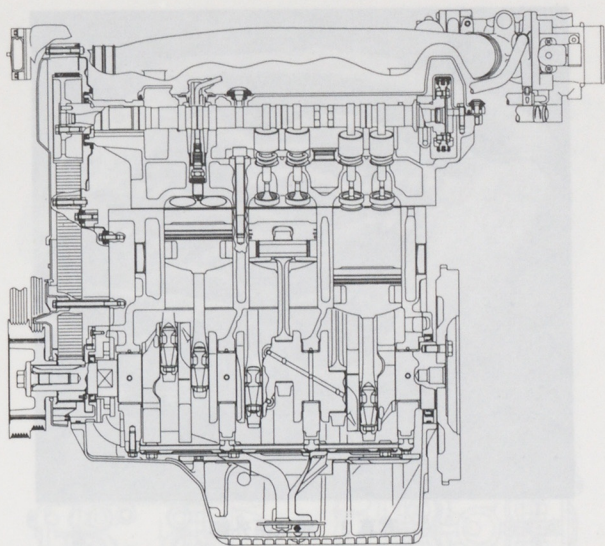


図6 エンジン縦断面図

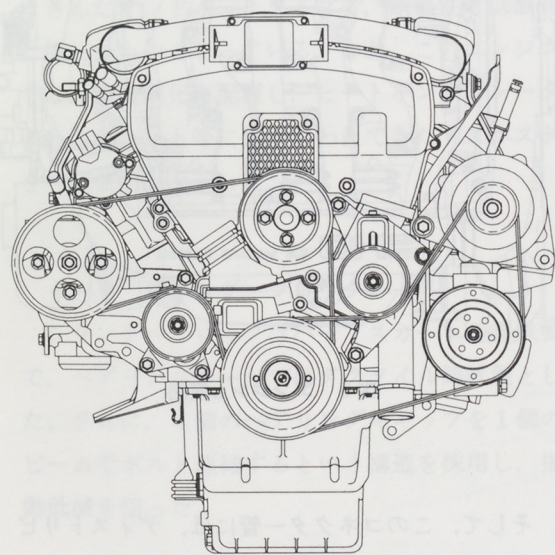


図5 エンジン前面図

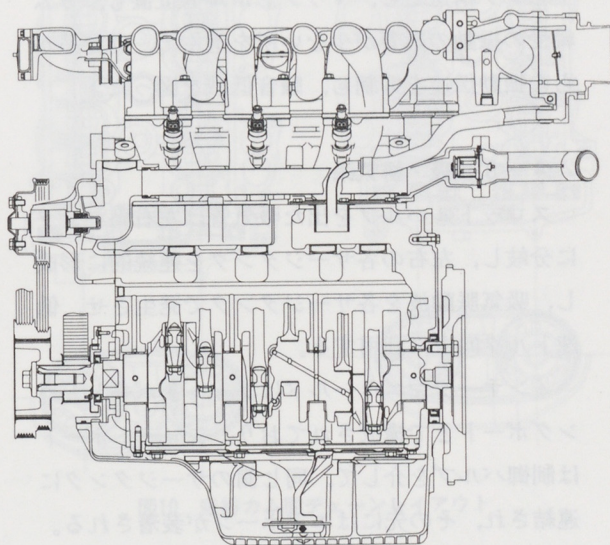


図7 エンジン縦断面バンク間図

鋳造法を採用した。燃焼室はペントルフ形で、バルブの挟み角は 44° として、バルブ通路面積の確保と燃焼室のコンパクト化をバランスさせた。また各気筒の2つの排気ポート間をドリルにて孔を明け、水通路としてプラグ廻りの冷却性確保に配慮をした。また点火プラグを燃焼室中央に配置し、

ピストン頭部形状とで構成される燃焼室形状の最適化を行ない、圧縮比を9.8にまで高め、高い燃焼効率を実現した。

4-2 ヘッドカバー

ヘッドカバーはアルミダイカスト製で、吸気系部品との統一感を出す為、塗装を施した。

ヘッドへのマウントはゴムシールによるフロー

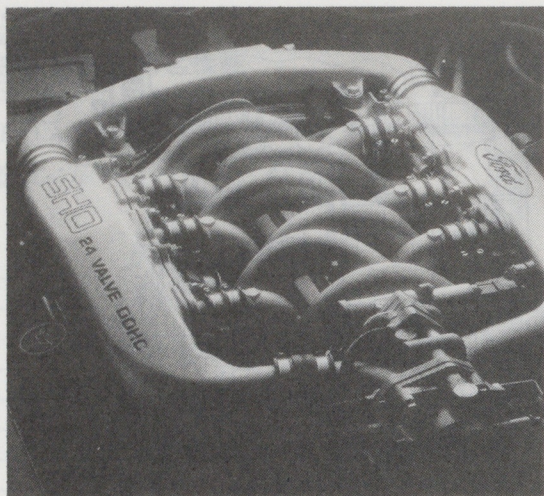


写真 2 吸気系外観

ティング構造とし、マウントボルト位置も、カム軸受の振動の影響が少ない所を選んで、動弁系からの振動伝達を抑制し、騒音低減を図った。

4-3 吸・排気系

スロットルバルブを出た吸気管は左右両バンクに分岐し、左右の各サージタンクを連続的に形成し、吸気脈動波を各サージタンクで発生させ、低速トルク向上に利用する。

インテークマニホールドはショートポートとロングポートとで構成されており、ショートポートは制御バルブを介して、同じ側のサージタンクに連結され、その先にはエアホーンが装着される。

ロングポートは反対側のサージタンクに連結される。

4000rpmまでは制御バルブは閉じており、ロングポートからのみ空気が流れ込み、吸気慣性脈動波を最大限に利用し、低中速域の高トルクを得る。

それ以上の高速では制御バルブが開き、高速出力を得る。

左右のサージタンクをエンジン前側で連結しているコネクター管とショートポートの先に付いているエアホーンは、いずれも、高速側と低速側のつながりをスムーズにする為のものである。

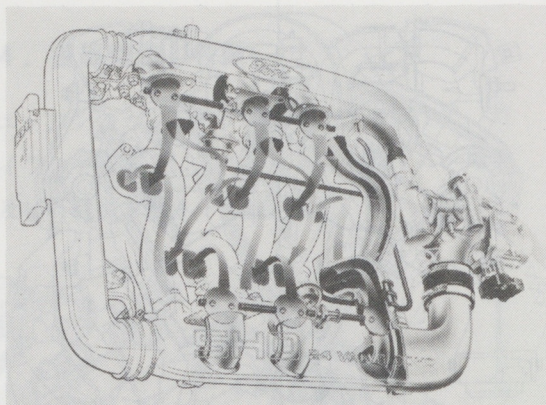


図 8 可変吸気説明図

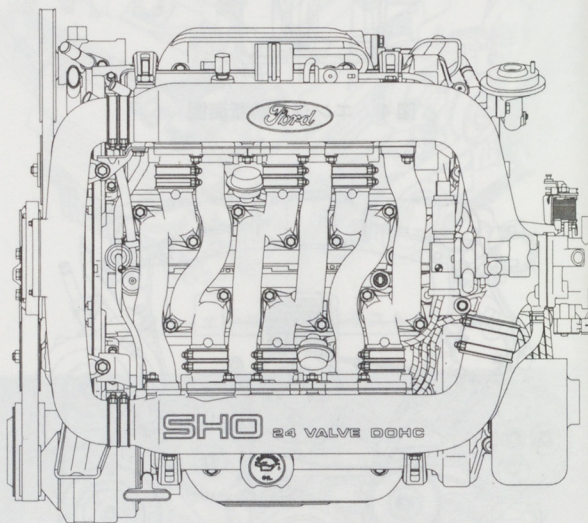


図 9 エンジン上面図

そして、このコネクター管には、ディストリビューターなしの点火システム（DISと称される）のモジュールが取付けられている。モジュールの中に使用されているパワートランジスターのヒートシンクとして利用する為である。

吸気系全体の統一的外観品質については、空気流の連続性が表現できる様、特に配慮した。

フランジ状の締結部を用いず、ゴムホースとクランプでまとめ、連続性を表現した。

吸気系部品の表面のきめ、塗色を揃え、近くに

あるカムベルトカバーやイグニッションコイルカバー等の樹脂部品も色調、シボ等を合わせた。さらに、ボルト等のメッキ部品で外観品質上重要な箇所については、黄色クロメート処理をカラーリング統一の為使用せず、シルバークロメート処理にKコート処理を追加して使用した。シルバークロメート処理は黄色クロメート処理に比べて耐食性が劣る為、Kコート処理を追加して、耐食性を黄色クロメートと同等以上にしたものである。吸気系の外観を写真2に、可変吸気説明図を図8に、エンジン上面図を図9に示す。

エキゾーストマニホールドは左右の各バンクで3気筒ずつまとめられている。O₂センサーは車体側のエキゾーストパイプに左右1個ずつ装着され、その先には触媒が配されている。

ヒートインシュレーターはグラスウールを中にはさんだサンドイッチタイプで、断熱性と低騒音に優れたものとなっている。なお、このエンジンでは、環境浄化に配慮し、ヒートインシュレーター、ガスケット等に従来使われてきたアスベストを一切使用しなかった。

4-4 シリンダーブロック

シリンダーブロックはハーフスカートの鋳鉄製で、ベアリングキャップはダクタイル鋳鉄製とした。さらに、4個のベアリングキャップを1個のビームでボルト連結するという構造を採用し、振動低減を図った。

4-5 ピストンおよびピストンリング

ピストンはアルミ合金鋳物製で、ストラットなしで、スリット入りとした。

ピストンリングの厚さは、トップ1.2mm、セカンド1.5mm、オイル2.8mmとし、トップとセカンドを低面圧とし、摩擦損失低減に配慮した。またトップリングにはバレル形状、セカンドリングにはテーパー形状、オイルリングには組合せ式を採用し

オイル消費に優れたものとした。

4-6 コンロッドおよびクランクシャフト

コンロッドは大小端の重量調整を実施し、ボルトについてはM9サイズで、ニッケルクロームモリブデン鋼とした。

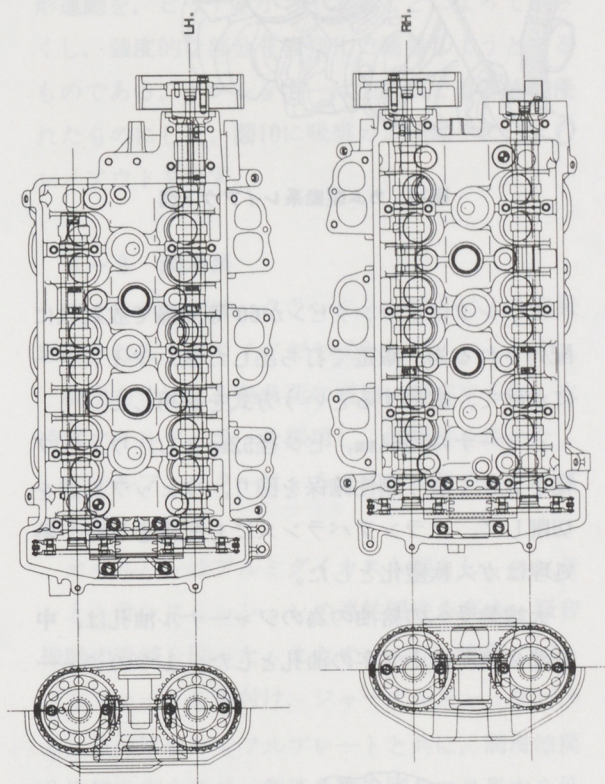


図10 吸排カム間チェーンレイアウト

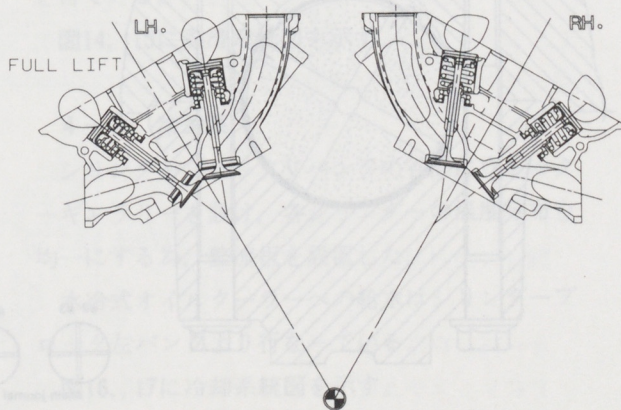


図11 動弁系レイアウト図

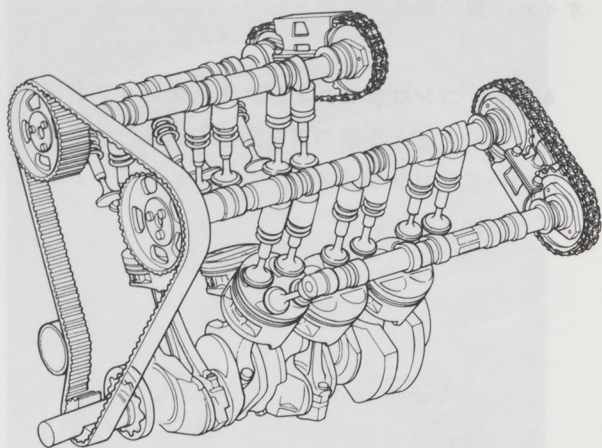


図12 カム駆動系レイアウト図

クランクはクランクピンが 60° 等間隔で放射状に配列される為、鍛造で打ち出した後、ツイスターにかけて、成形するという方式を採用した。

ジャーナル径64mm、ピン径52mmとし、ウェッブ幅を大きく取り剛性確保を図り、ウェッブ外周を切削して、クランクバランスにも配慮をした。熱処理はガス軟窒化とした。

大端軸受への給油の為のジャーナル油孔は、中央部2箇所は十文字の油孔とした。1つのジャー

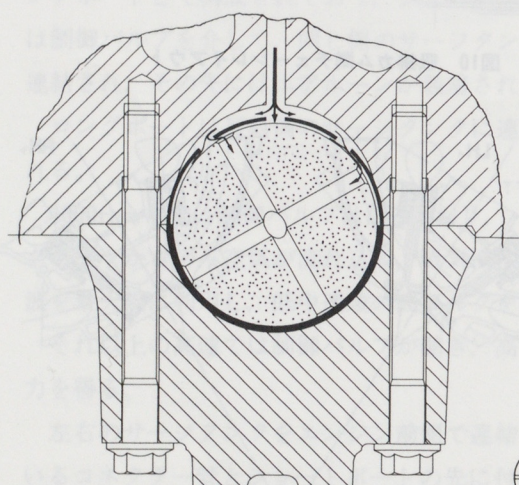


図13 ジャーナル十文字孔図

ナルから2個の大端（クランクピン）へ給油している為である。図13にクランクジャーナル十文字孔図を示す。

クランクの先端にはクランクシャフトのねじり振動を抑えるダンパーとしての役目を兼ねている補機駆動用プーリーが装着されている。

そのプーリーと#1ジャーナルの間にはカムドライブプーリーが配されており、そのドライブプーリーには点火タイミング用クランクシャッター（クランク角度検出用）が組付けられている。

4-7 動弁系

カムシャフトはチル硬さの安定化に優れた高クローム鋳鉄とし、軽量化の為に、中空に鋳出されている。また、右バンク排気カムシャフトの先端には点火タイミング用カムシャッター（気筒判別用）が取付けられている。

カムシャフトの駆動方式はクランク→左右両吸気カムをタイミングベルトで駆動し、吸気カム→排気カム間は複列のプッシュドチェーンで駆動する方式を採用した。タイミングベルトはエンジンの前方に配され、プッシュドチェーンはカムシャフトの後端に配置されている。カム駆動系レイア

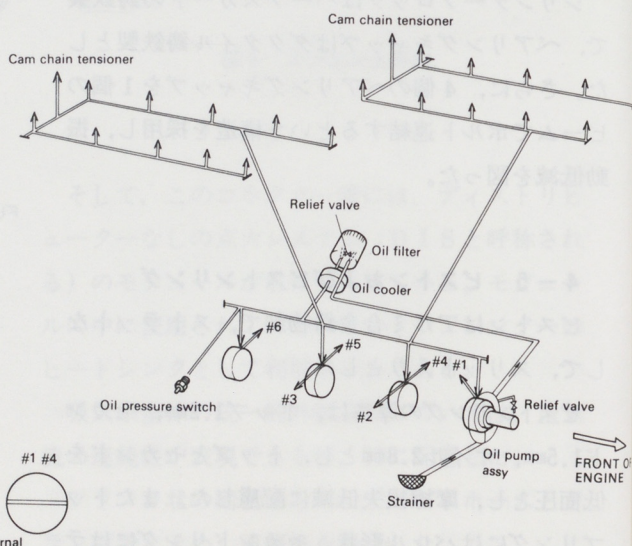


図14 潤滑系統図

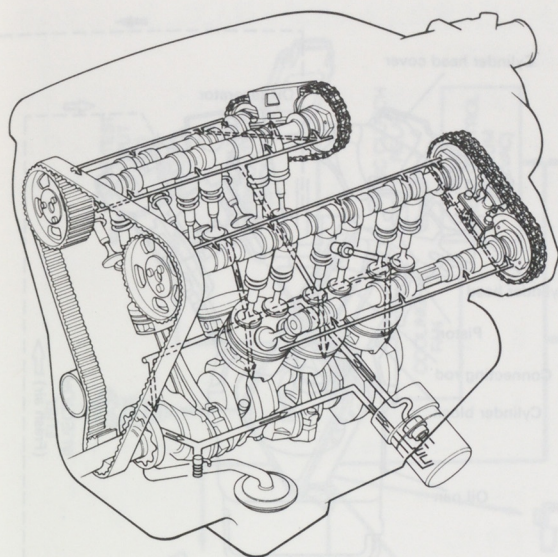


図15 潤滑系統図 (実体)

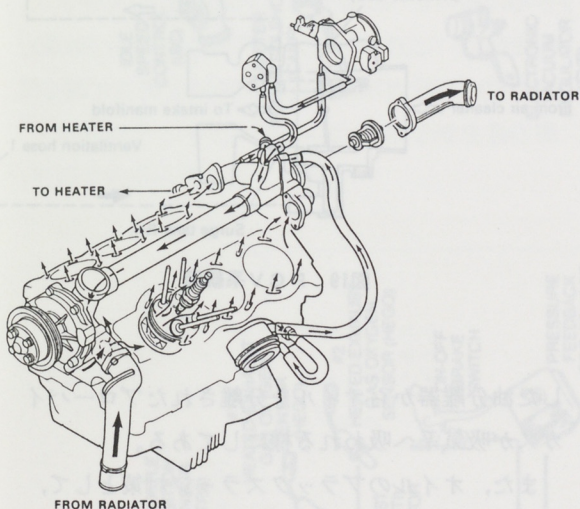


図16 冷却系統図 (実体)

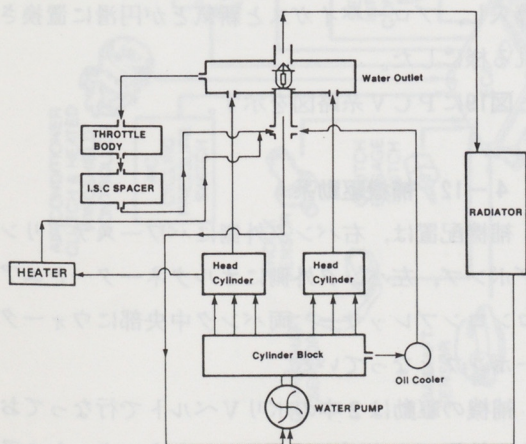


図17 冷却系統図

ウト図を図12に示す。

カムドライブベルトカバーはゴムシールでフローティングマウントし、低騒音化を図った。また樹脂カバー部を3分割、板金カバー部を2分割し、整備性の優れたものにした。

吸排カム連結駆動複列ブッシュドチェーンの採用意図は、スプロケットからチェーンに伝わる多角形運動を、ピッチを小さくすることによって小さくし、強度的な部分を複列化で補強しようとするものである。テンショナーは油圧式で応答性の優れたものにした。図10に吸排カム連動チェーンのレイアウトを示す。

4-8 潤滑系

オイルポンプは、クランクシャフトにより直接駆動されるトロコイドギヤ式とした。

高出力化による熱負荷の増加に対応する為、水冷式オイルクーラーを採用し、信頼性を高めた。

オイルフィルターは、ろ紙式フルフロータイプである。

オイルパンはアルミダイカスト製とし、エンジンとトランスミッションの連結剛性を高め、騒音振動の低減を図った。またオイルパン内部にバッフルプレートを取付け、ジャーナルキャップビームに取付けたバッフルプレートと共に、潤滑油戻り性能を向上させ、気液分離を図りロス馬力を低減させ、車両急旋回時の油面変動を抑え高信頼性を得ている。

図14, 15に潤滑系統図を示す。

4-9 冷却系

シリンダーブロックVバンクの谷間にウォーターギャラリーを設け、各シリンダーの温度分布を均一にする為、整流板を設置した。

水冷式オイルクーラーへの給水はシリンダーブロック左バンクより行なっている。

図16, 17に冷却系統図を示す。

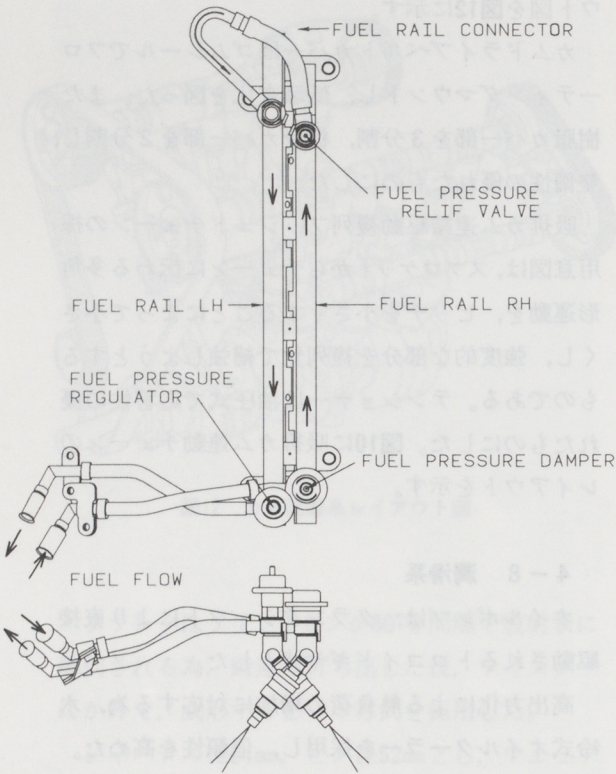


図18 燃料系統図

4-10 燃料系

フューエルレール（燃料ギャラリー）はアルミ押し出し材を採用した。左右バンクのレール間はナイロンチューブとスチールパイプから成る連結パイプで連通し、そのジョイントボルトの所には燃圧チェックバルブを配設した。

フューエルインジェクターには2噴口式を採用し、シーケンシャルインジェクション方式で各気筒の吸気タイミングに同期させて噴射を行なっている。

燃料経路でナイロンチューブを使用した箇所には、全て耐炎カバーを施した。

図18に燃料系統図を示す。

4-11 PCV系

PCVシステムは、クローズドシステムを採用し、シリンダーブロックのVバンク中央部に配置

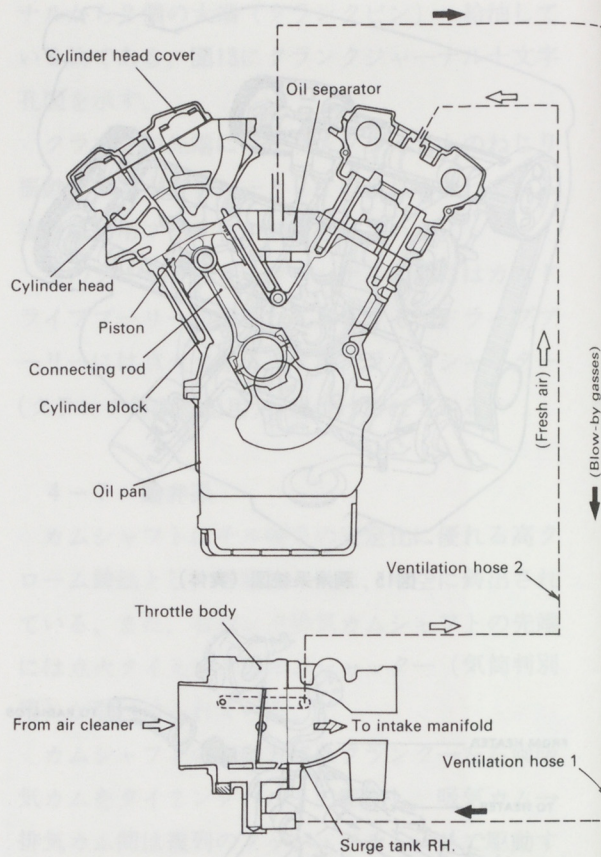


図19 PCV系統図

した油分離器からオイルを分離されたブローバイガスが吸気系へ吸われる様にしている。

また、オイルのブラックスラッジ対策として、スロットルボディ部より新気をヘッドカバーへ導入し、ブローバイガスと新気とが円滑に置換されるようにした。

図19にPCV系路図を示す。

4-12 補機駆動系

補機配置は、右バンク外側にパワーステアリングポンプ、左バンク外側にオルタネーターとエアコンコンプレッサー、両バンク中央部にウォーターポンプとなっている。

補機の駆動は2本のポリVベルトで行なっており、外側の6リブベルトでオルタネーターとエア

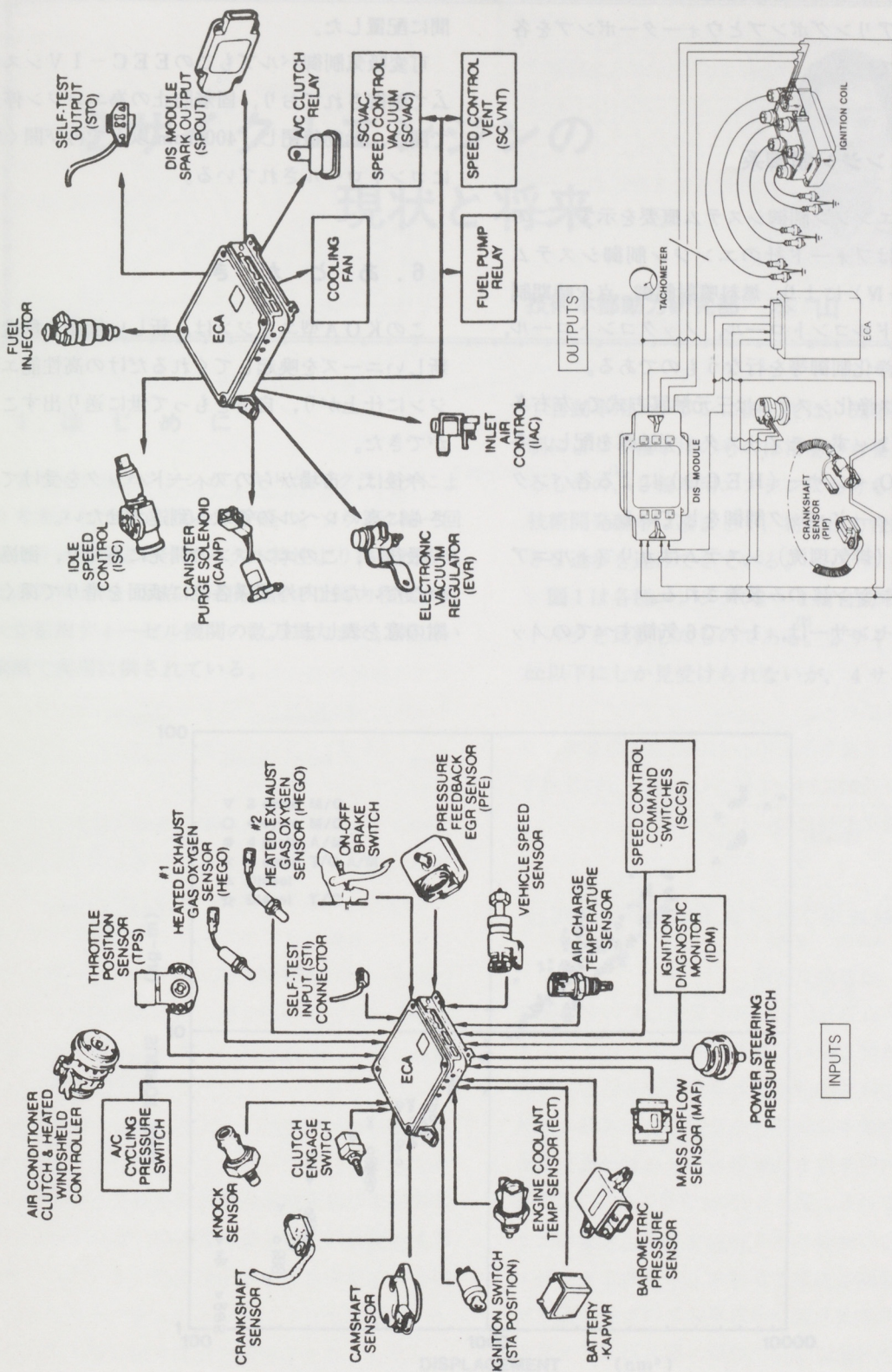


図20 エンジン制御システム概要

コンプレッサーを、内側の4リブベルトでパワーステアリングポンプとウォーターポンプを各々駆動している。

5. エンジン制御系

図20にエンジン制御システム概要を示す。このシステムはフォード社のエンジン制御システム（EEC-IV）により、燃料噴射制御、点火時期制御、アイドルコントロール、ノックコントロール、排出ガス浄化制御等を行なうものである。

排出ガス浄化システムは三元触媒方式で、左右各バンクに1ヶずつモノリスタップ触媒を配し、各バンクのO₂センサー（HEGO）による各バンク独立のフィードバック制御をしている。

EGR（排気環流）システムはカリフォルニア州向けエンジンにのみ装着される。

ノックセンサーは、1ヶで6気筒すべてのノッ

キングを検出できる位置を選んで、Vバンクの谷間に配置した。

可変吸気制御バルブもこのEEC-IVシステムで制御されており、固着防止の為エンジン停止で開き、始動後閉じ、4000rpm.以上で再び開く様にコントロールされている。

6. あとがき

このKOA型エンジンは、新しい価値を創造し新しいニーズを喚起してくれるだけの高性能エンジンに仕上がりに、自信をもって世に送り出すことができた。

今後は、市場からのフィードバックを受けて、さらに高いレベルの領域へ到達させたい。

最後に、このエンジンの開発にあたり、御協力いただいた社内外関係各位に紙面を借りて深く感謝の意を表します。