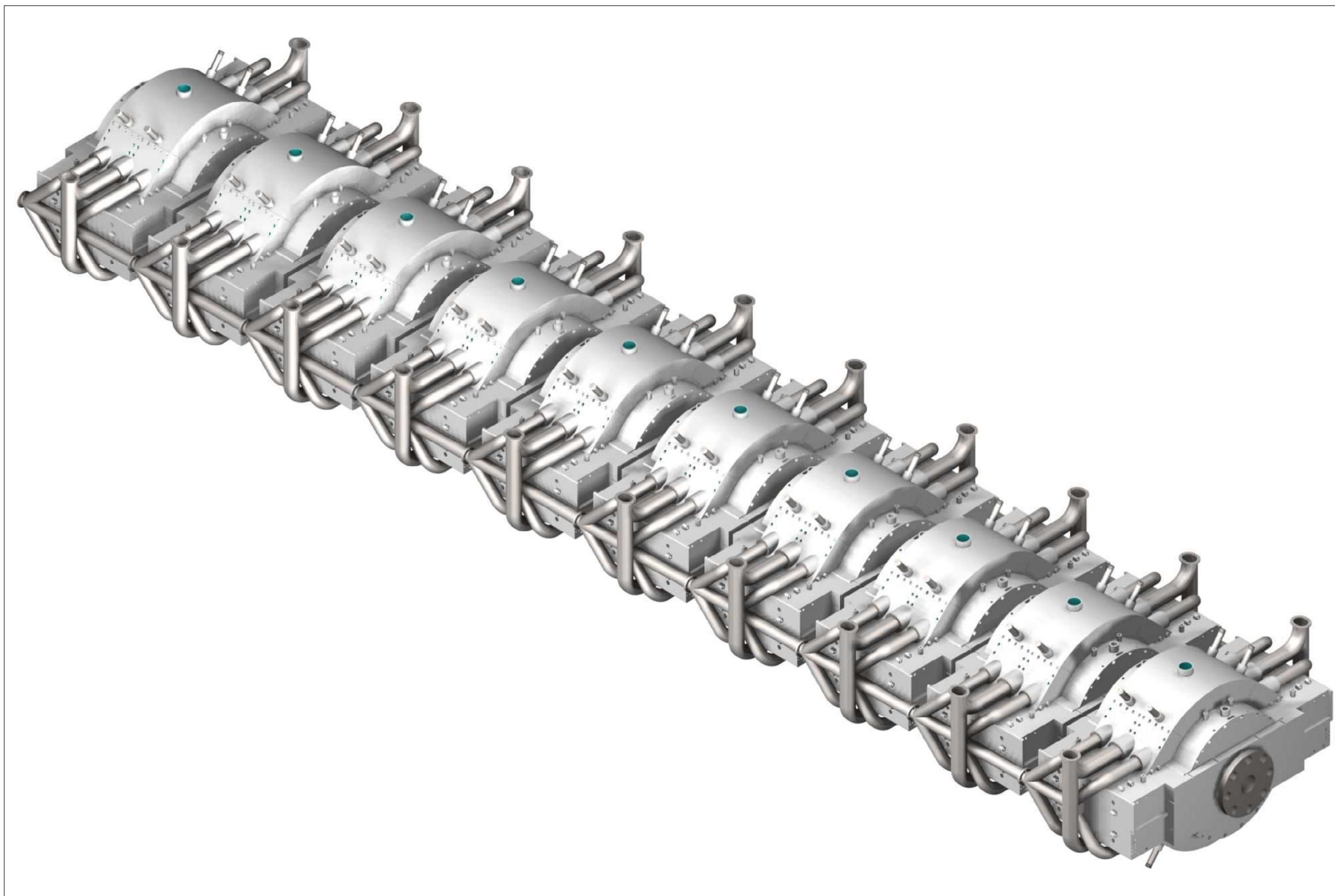


# マシモエンジン技術資料



## 1. はじめに

現在、電気自動車（EV）が地球環境問題により有望視されていますが、本格的に普及するには課題（充電時間が長い、走行距離が短い、高速走行時のバッテリー消費増大、電気スタンドが少ない、バッテリーが重い、EV製造段階での消費電力が一般的ガソリンエンジン車に比較して2倍～2.5倍、コストが高い、電力供給体制が確立していない等）があります。

また、燃料電池における能力の高さ（燃焼効率が良い、排出ガスがない）が話題となり未来の動力源として脚光を浴びていますが、燃料電池搭載製品が本格的に普及するには課題（水素ステーションの設置、水素タンクの取り扱い、燃料電池システムを構成するコンポーネントの小型化・高出力化・低コスト化、燃料改質技術の確立と性能・耐久性・信頼性の確保等）があります。

産業製品の動力源として、クランク機構（往復直線運動を回転運動に変換）によるエンジンが広く使用され、産業製品における極めて重要な役目を担っていますので、その重要性のために、小型化・軽量化・摩擦損失の低減・振動の低減などの課題を解決すべく、エンジンへの応用を考えた数多くの機構が提案・提唱されてきましたが、現在に至るまでに機構が複雑・摩擦損失が大きい・振動が大きい・気密性が悪い・潤滑性が悪いなどにより実用化（ロータリーエンジンを除く）されておられません。

そこで、エンジンの歴史と動作機構の利点および欠点を徹底的に分析・解析・比較した結果、最適な機構を考案（米国特許US6334423B1：リンク機構）することが出来たので、そのリンク機構（根源特許）をマシモエンジンに応用することにしました。

考案したリンク機構によるエンジン技術は、超小型・超軽量（パワーレシオはガスタービンエンジンと同等以上）・大出力（最大240万馬力超）・高性能・高効率・低燃費・低振動・低騒音・耐久性抜群なエンジンを確実に実現しますので、その技術によるマシモエンジン（製品名）の詳細設計図面（2D及び3Dで微細加工・鋳造中子・組立治具・加工治具等を含む）をライセンス供与（最重要な設計解析ソフトは除く）します。

## 2. 主要部品の構成

### 2-1 ハウジング部品・マニホールド部品

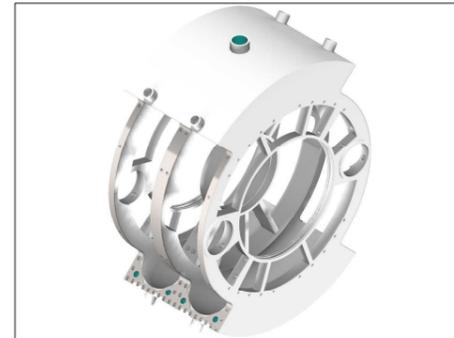
- ・シリンダーブロック上下
- ・ガスケット左右
- ・シリンダーヘッド左右
- ・シリンダーヘッドカバー左右
- ・クランクケース前後
- ・クランクギアプレート前後
- ・ギアケース前後
- ・排気マニホールド左右
- ・吸気マニホールド左右
- ・締結部品



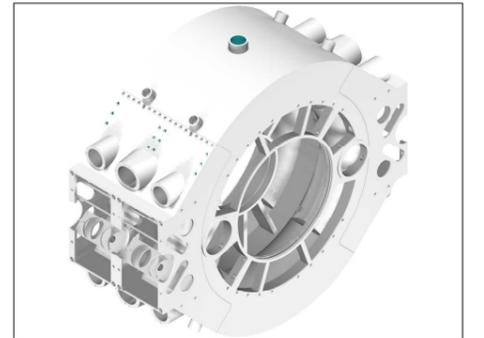
シリンダーブロック上と下



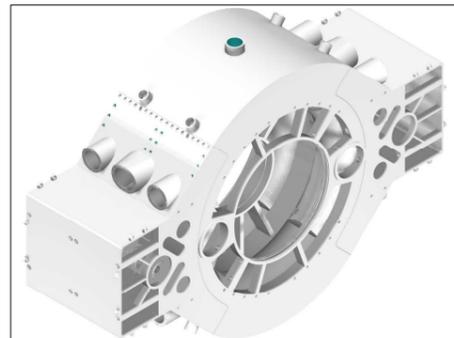
シリンダーブロック上+下



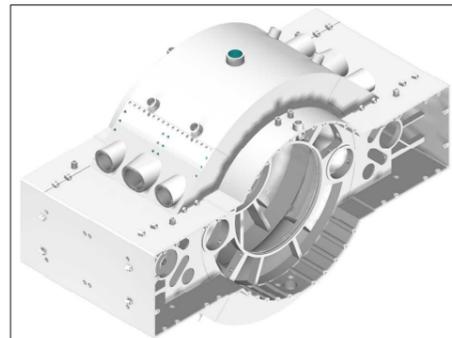
+ガスケット



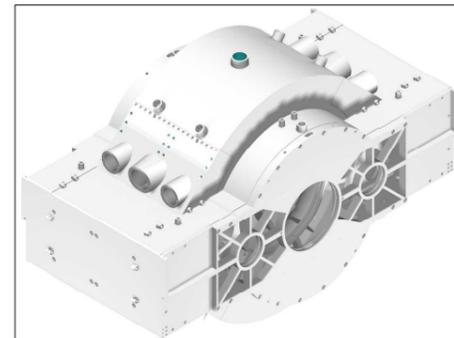
+シリンダーヘッド左右



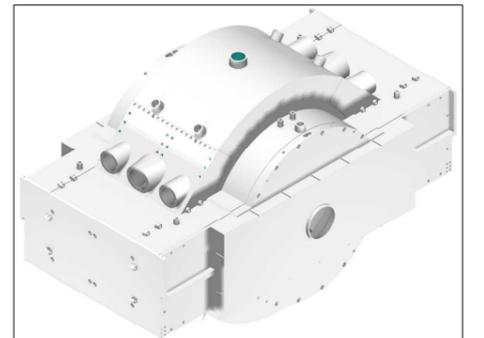
+シリンダーヘッドカバー左右



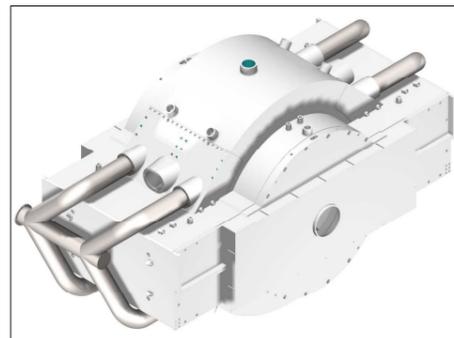
+クランクケース前後



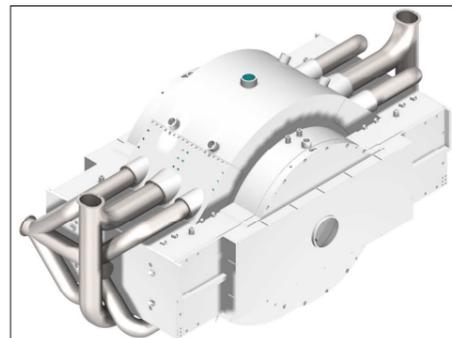
+クランクギアプレート前後



+ギアケース前後



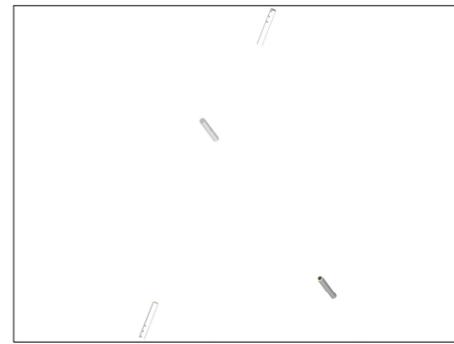
+排気マニホールド左右



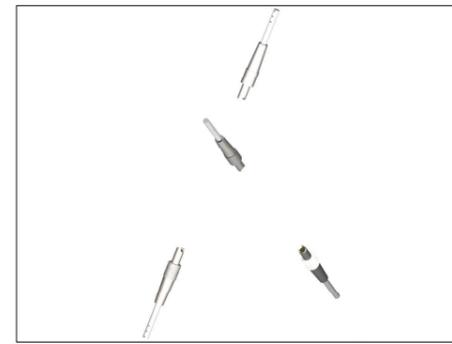
+吸気マニホールド左右

## 2-2 往復円弧部品・回転部品・弁機構部品

- ・ピストン内オイル供給管
- ・ピストンオイル供給管
- ・ピストン半割
- ・ローター
- ・ローターリング・ピストンリング
- ・コンロッド・クランクシャフト
- ・カムシャフト
- ・弁機構
- ・出力シャフト
- ・軸受
- ・取付キー



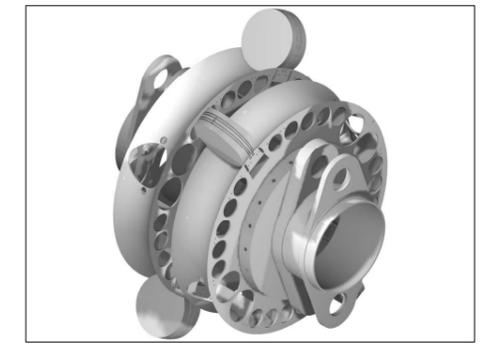
ピストン内オイル供給管



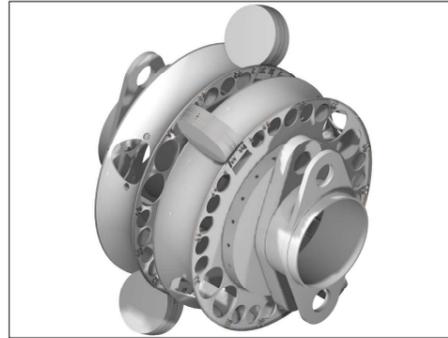
+ピストンオイル供給管



+ピストン半割



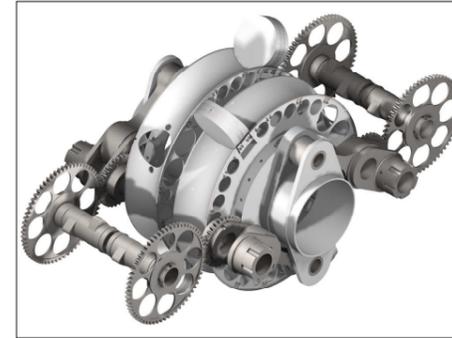
+ローター



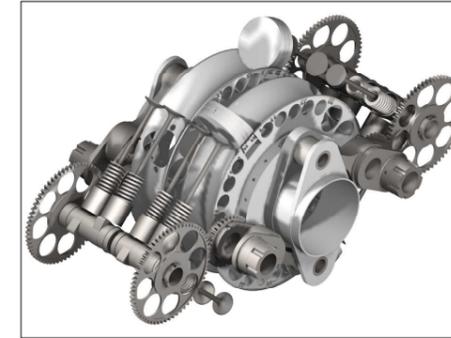
+ローターリング+ピストンリング



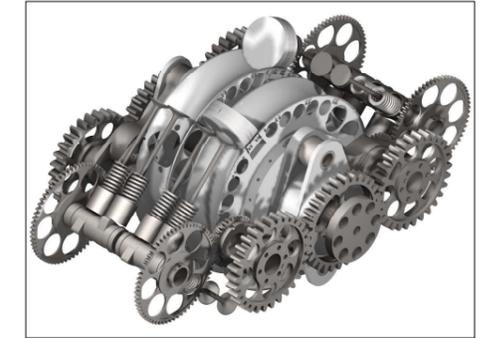
+コンロッド+クランクシャフト



+カムシャフト



+弁機構



+出力シャフト

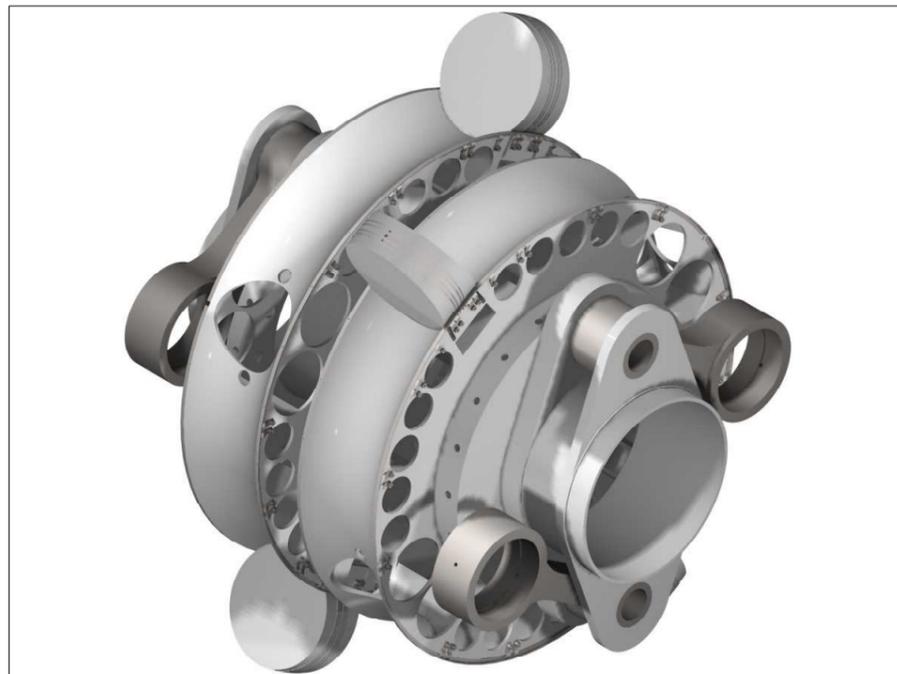
## 3. 往復円弧運動を回転運動に変換する機構について

ローターに固定された円弧動ピストンが燃焼作用によりローターを揺動駆動させ、ローターアームに接合したローターピンとクランクシャフトピンをコンロッドで連結してクランクシャフトを回転させます。

その際、ローターアームの揺動回転動力は2本のコンロッドにより、クランクシャフトを均等な回転トルクにて振分回転駆動させます。

下図は、2個のローター（動作は逆揺動回転）に固定された円弧動ピストン揺動運動からローターアームに接合した4本のローターピンと4本のクランクシャフトピンを4個のコンロッドで連結して4本のクランクシャフトを振分回転駆動させ、4本のクランクシャフトに取付けたギアにより出力シャフトを連動させて出力回転を取り出す機構です。

特徴としては、軽量・コンパクト・フリクションが少ない・振動が少ない・高速回転化に適する（往復質量が軽い）・安価・出力シャフトが点対称中心（重心が低い）になります。



#### 4. 吸気弁機構と排気弁機構の動作について

クランクシャフトに取付けたギアによりカムシャフトに取付けたギアを回転駆動します。

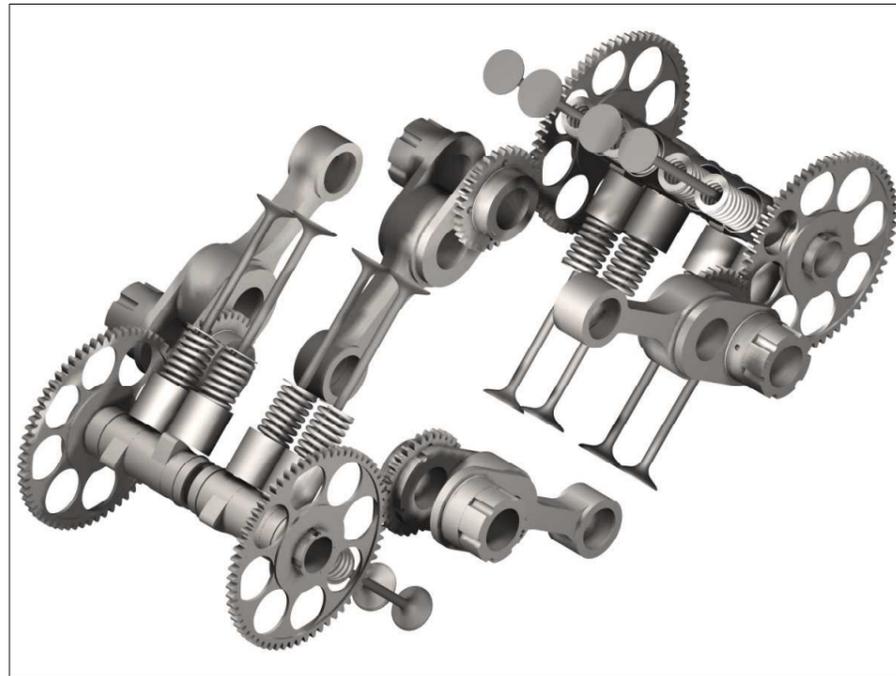
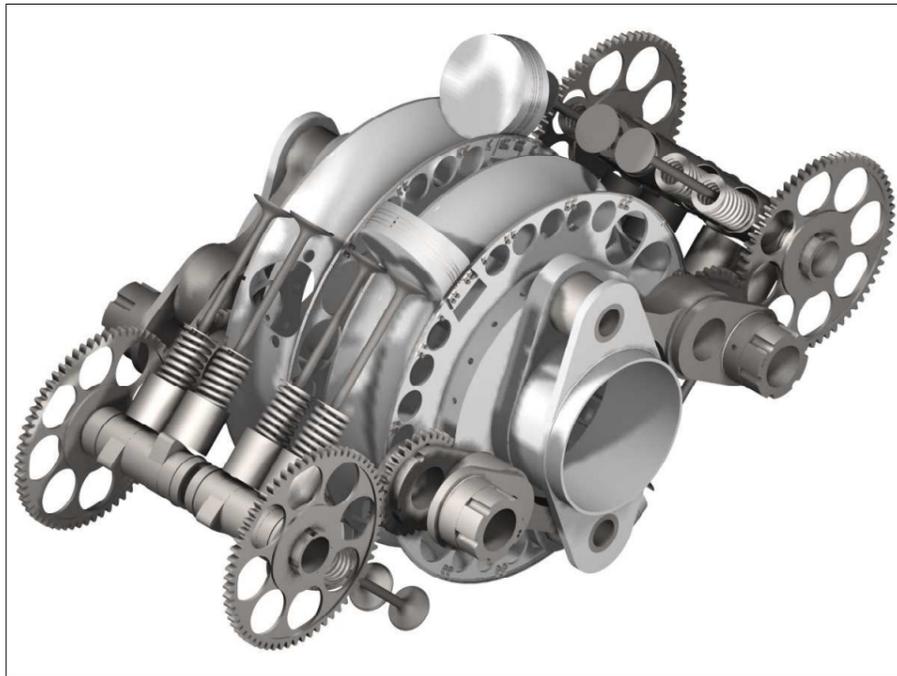
その際、ギア比を1：2にしてカムシャフト回転速度を2分の1に減速します。

左右カムシャフトの吸気弁開閉カムと排気弁開閉カムにより吸排気バルブを開閉させてマシモエンジンを4サイクルで作動させます。

下図は、2個のローター（動作は逆揺動回転）に固定された円弧動ピストン揺動運動からローターアームに接合した4本のローターピンと4本のクランクシャフトピンを4個のコンロッドで連結して4本のクランクシャフトを振分回転駆動させ、4本のクランクシャフトに取付けたギアにより4本のカムシャフトに取付けたギアを回転駆動させて4本のカムシャフトの吸気弁開閉カムと排気弁開閉カムにより吸排気バルブを開閉させます。（複動式4気筒ですので、8気筒エンジンに相当します。）

特徴としては、タイミングチェーン伝動機構またはプッシュロッド伝動機構が不要になりますので、軽量・コンパクト・フリクションが少ない・振動が少ない・確実な動作・高速回転化に適する・耐久性向上・安価などになります。

また、カムシャフトも軽量・コンパクト・振動が少ない・安価になります。



#### 5. 冷却について

##### 5-1 シリンダーブロックとシリンダーヘッドの冷却

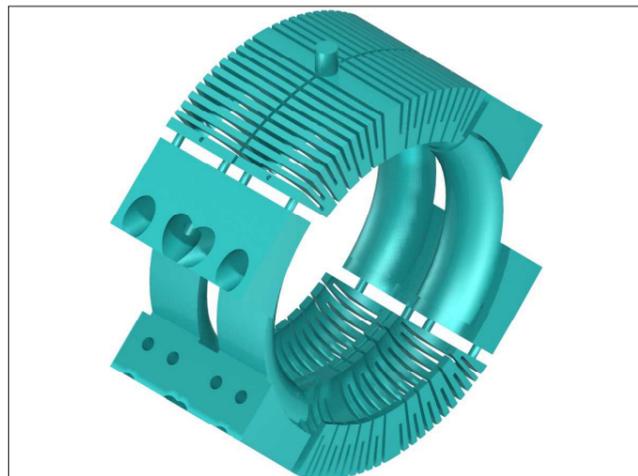
ウォータージャケットがシリンダーブロックとシリンダーヘッドに対して高密度に設けてありますので、冷却効果が高まります。

また、冷却水が上から下に流れますのでウォーターポンプの負担を軽減します。

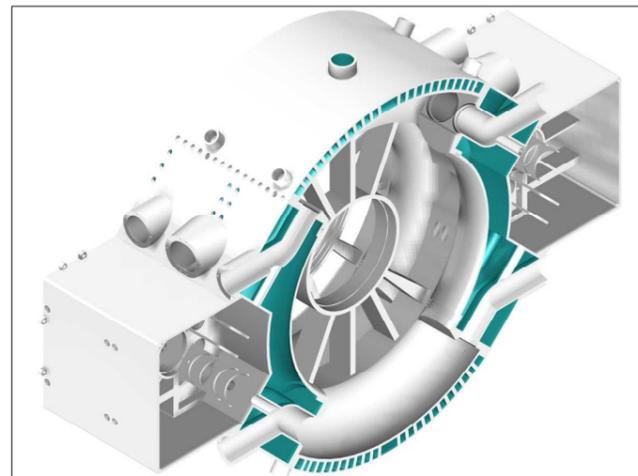
下図は、シリンダーブロック内のウォータージャケットとシリンダーヘッド内のウォータージャケットを示します。

供給経路は上部シリンダーブロックウォータージャケット→左右のシリンダーヘッドウォータージャケット→下部シリンダーブロックウォータージャケットになります。

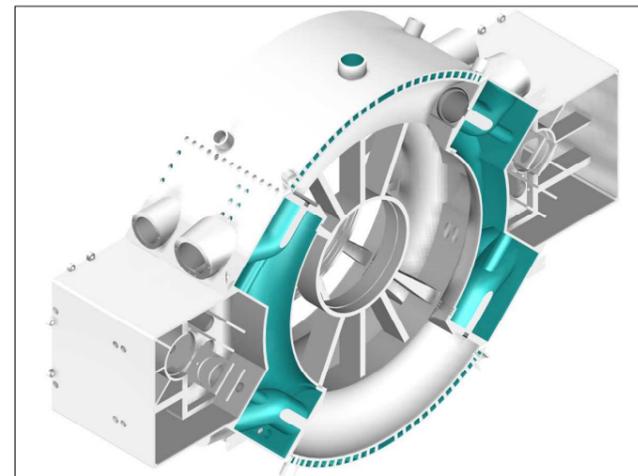
なお、シリンダーブロック内・シリンダーヘッド内ウォータージャケットはシリンダーブロック・シリンダーヘッドの剛性と冷却水の流れを考えた設計になっています。



ウォータージャケット



断面1



断面2



断面3

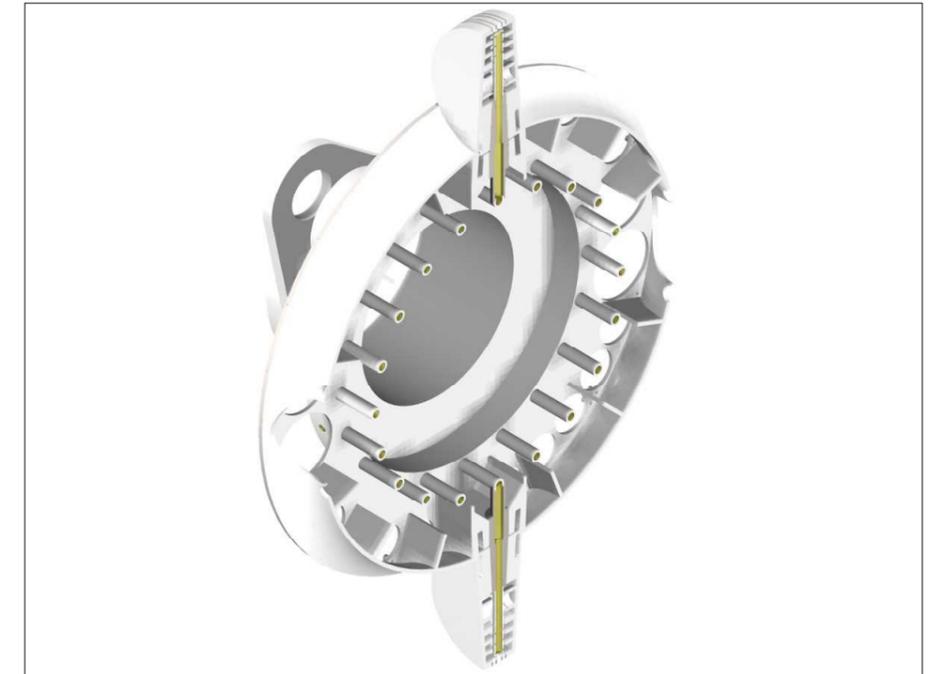
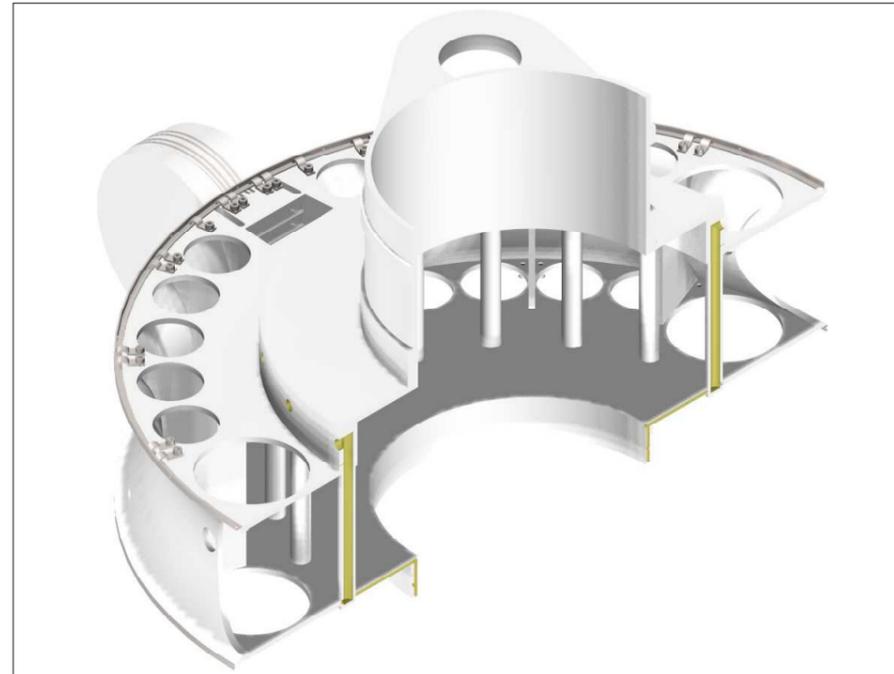
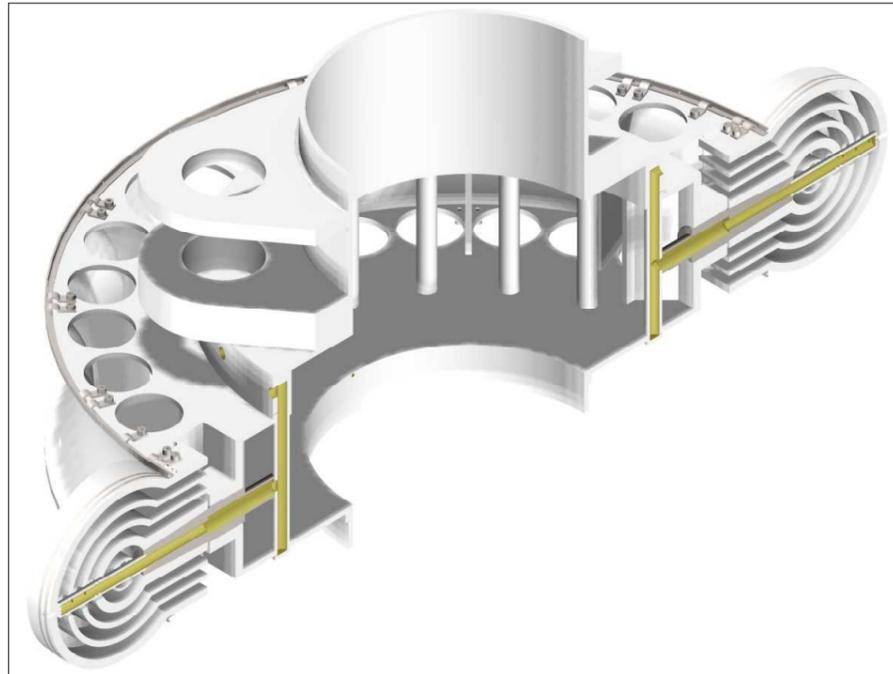
## 5-2 ローターと円弧動ピストンの冷却

オイルポンプからローター内部と円弧動ピストン内部にオイルを圧送して冷却しますので、極めて高い冷却効果が得られます。

円弧動ピストンの冷却経路は、クランクケース上部オイル給油口→シリンダーブロック上下オイルギャラリー→ローター内部オイルギャラリー→ローター内ピストンオイル供給管→ピストンオイル供給管→ピストン内オイル供給管になります。

その際、ピストン内オイル供給管の先端の細い穴からピストンリングとシリンダー壁面による細隙に潤滑オイルを供給します。

ローターの冷却経路は、クランクケース上部オイル給油口→シリンダーブロック上下オイルギャラリー→ローター内部オイルギャラリー→ローター内オイル供給管になります。



## 6. 潤滑について

### 6-1 ピストンリングとシリンダーヘッドリングの潤滑

ピストンリングとシリンダー壁面の潤滑は、円弧動ピストン先端部の穴より潤滑オイルを供給して潤滑を行います。

シリンダーヘッドリングの潤滑は、ローター側面の穴より潤滑オイルを供給して潤滑を行います。

### 6-2 流体潤滑

①クランクケース上部オイル給油口→クランクギアプレートオイルギャラリー→ローターブッシュ2・クランクシャフトメインブッシュ→クランクシャフトオイルギャラリー→クランクシャフトブッシュ・コンロッド大端部ブッシュ→コンロッド小端部ブッシュの経路により流体潤滑を行います。

②クランクケース上部オイル給油口→シリンダーブロック上下オイルギャラリー→ローター内部オイルギャラリー→ローターブッシュオイル供給管→ローターブッシュ1の経路により流体潤滑を行います。

### 6-3 飛沫潤滑

①クランクケース上部オイル給油口→クランクギアプレートオイルギャラリー→クランクシャフトギア・出力シャフトギア・カムシャフトギア・出力シャフトボールベアリングの経路により飛沫潤滑を行います。

②クランクケース上部オイル給油口→クランクギアプレートオイルギャラリー→クランクケース上部ギャラリー→シリンダーヘッドカバーオイルギャラリー→弁機構・カムシャフトボールベアリングの経路により飛沫潤滑を行います。

③クランクケース上部オイル給油口→シリンダーブロック上下オイルギャラリー→ローター内部オイルギャラリー→ローターリングの経路により飛沫潤滑を行います。

オイルの回収は、クランクケース下部（オイルパン）のオイル排出口により行います。

## 7. 気密について

円弧動ピストンは8本のピストンリング、ローターは2本のローターリング、シリンダーヘッドは12本のシリンダーヘッドリングと2枚のガスケットでシリンダー内のガス漏れを防ぎます。

その際、ローターリングに耐熱ゴムをコーティングしてローター・ピストンリング接合面とシリンダーヘッドリング摺動面の隙間を完全になくします。

ゆえに、シリンダー内を完全に気密します。

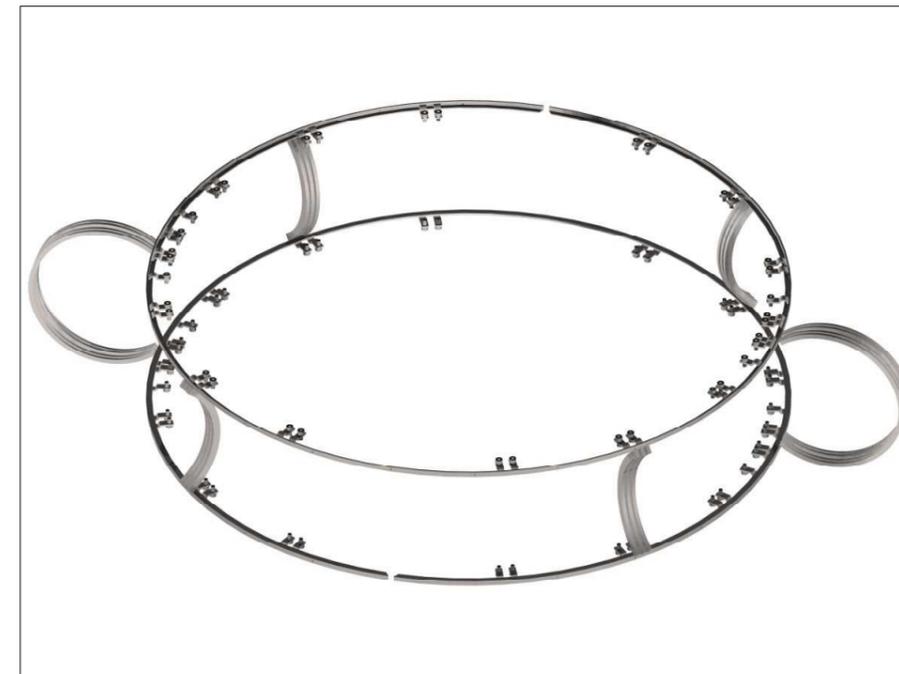
右図は2本のローターリングに8本のピストンリングと12本のシリンダーヘッドリング接合を示します。

特徴としては、ローターリングにピストンリングとシリンダーヘッドリングが接合していますので、熱変形によるリング合口部がない状態となります。

ゆえに、シリンダー内のガス漏れを完全に防ぎます。

なお、熱変形によりローターリングにピストンリングとシリンダーヘッドリングが接合しない恐れが生じるためにローターリングに耐熱ゴムをコーティングして接合を確実な状態に保ちます。

その際、ローターオイル供給管からオイル飛沫によりローターリングを冷却して耐熱ゴムの耐久性を確保します。



## 8. 4サイクルの行程について

円弧動ピストンはトーラス形状のシリンダーを往復運動しますので、往復直線運動ピストンによるレシプロエンジンとは考え方が大きく異なります。

特徴としては、往復動作において円弧動ピストンでは内側と外側の往復運動速度が大きく異なりますが、往復直線運動ピストンではどの部分においても往復運動速度が同一になります。

### 8-1 吸気行程

円弧動ピストンの内側と外側では吸気をするための負圧が大きく異なり吸入ガスは負圧の大きい外側に多量に流入します。

また、引張流体の考えにより吸入ガスは外側シリンダー壁の摩擦抵抗で強く加速されますので、自然吸気に対して1.3倍以上の過給効果になります。

(自然吸気エンジンでありながら自然過給エンジンになります。)

さらに、吸気口を可能な限りシリンダーの外側に配置して吸気効率を向上させて過給効果を増幅させます。

### 8-2 圧縮行程

円弧動ピストンの内側と外側では動作速度が大きく異なるのと円弧動ピストンの遠心力により圧縮ガスに強い渦流と乱流が発生します。

また、圧縮流体の考えにより圧縮ガスは外側シリンダー壁の摩擦抵抗で強く加速されますので圧縮ガス速度が増加します。

### 8-3 燃焼行程

圧縮行程で発生した強い渦流と乱流と加速された圧縮ガスにより燃焼速度が速くなるのと燃焼ガスが外側シリンダー壁の摩擦抵抗により強く加速されますので、円弧動ピストンに作用する圧力が増大します。

また、燃焼は円弧動ピストンの外側で作用しますので出力トルクが増大(5%程度で熱効率も5%程度向上)します。

### 8-4 排気行程

円弧動ピストンの遠心力と排気ガスが外側シリンダー壁の摩擦抵抗により強く加速されますので、排気ガスがシリンダー内に残留することが極めて少なくなります。

また、排気口を可能な限りシリンダーの外側に配置して排気効率を向上させて加速された排気ガスにより燃焼煤を排気します。

## 9. 熱効率について

熱効率を向上させるには、排気損失・冷却損失・ポンプ損失・機械損失の低減により実現されます。

マシモエンジンでは、排気損失・冷却損失・ポンプ損失・機械損失の低減により、熱効率がガソリンエンジンで50%以上、ディーゼルエンジンで60%以上を実現可能にします。

### 9-1 排気損失

排気損失を低減するには、燃焼速度アップによる燃焼効率向上と圧縮比よりも膨張比を高くするアトキンソンサイクル化が重要になります。

①圧縮行程で発生した強い渦流と乱流と加速された圧縮ガスにより、燃焼速度が速くなり、燃焼効率が向上します。

②ボア比（図表1参照）が極めて高い（一般的エンジンでは実現困難）ので、相当な排気損失低減効果になります。

③燃焼行程は円弧動ピストン外側で作用しますので膨張比が自然に高く（アトキンソンサイクル化）になります。

①～③の理由により、排気損失を20%以上低減します。

### 9-2 冷却損失

冷却損失を低減するには、燃焼室SV比の低減とシリンダー一部表面積を小さくして、放熱を抑制するのが重要になります。

①燃焼室SV比は同体積円錐よりも低い値になりますので、現在主流のペントルフ+バルブリセスピストンより低減されます。

②マシモエンジンの最大の特徴は複動式4気筒エンジン（基本構成）でありながら単動式8気筒エンジンと同様になり、シリンダー数が半分になります。

③冷却損失はシリンダーと燃焼室で形成される表面積に比例しますので、複動式により表面積が約50%になります。

①～③の理由により、冷却損失を40%以上低減します。

### 9-3 ポンプ損失

ポンプ損失を低減するには、燃焼力による動力損失を抑えるのと吸排気による吸排気効率を向上させることが重要になります。

①吸気行程におけるピストン動力は、燃焼行程ピストンの動力→ピストンピン→コンロッド→クランクピン→クランクシャフト→フライホイール→クランクシャフト→クランクピン→コンロッド→ピストンピン→吸気行程ピストンの動力伝達経路により行われ、相当な燃焼動力損失になりますが、ローターと円弧動ピストンが一体のマシモエンジンでは、動力伝達経路はなくなり、燃焼動力損失はなくなります。

②排気行程におけるピストン動力は、燃焼行程ピストンの動力→ピストンピン→コンロッド→クランクピン→クランクシャフト→フライホイール→クランクシャフト→クランクピン→コンロッド→ピストンピン→排気行程ピストンの動力伝達経路により行われ、相当な燃焼動力損失になりますが、ローターと円弧動ピストンが一体のマシモエンジンでは、動力伝達経路はなくなり、燃焼動力損失はなくなります。

③吸気口は円弧動ピストン中心位置の外側に配置されるのと吸気口による過流発生が必要でない（円弧動ピストンの内側と外側の負圧が異なる）ので、吸入抵抗が減少して吸気効率が向上します。

④排気口は円弧動ピストン中心位置の外側に配置されるので排気抵抗が減少して排気効率が向上します。

①～④の理由により、ポンプ損失を30%以上低減します。

### 9-4 機械損失

機械損失を低減するには、フリクションロスの低減とピストン動作抵抗の削減が重要になります。

①吸気行程・圧縮行程・燃焼行程・排気行程のシリンダー圧力と揺動回転部による慣性トルクが円弧動ピストンに同時に作用しますので、シリンダー圧力と慣性トルクとの合力となり、コンロッド荷重（詳細は力学について）が減衰されて、フリクションが低減されます。

②コンロッドが4本（従来の8気筒なら8本）になりますので、フリクションが半減します。

③クランクピン・クランクジャーナル部が半分になりますので、フリクションが半減します。

④クランクピン回転半径が半分程度（ローターアーム揺動半径が半分程度）になりますので、クランクピン・クランクジャーナルの径を67%程度に小径化することが可能になり、負荷時におけるフリクションは半径の1.5乗に比例しますから、0.67の1.5乗により、フリクションが45%低減されます。

⑤クランクピン・クランクジャーナル幅が80%に縮小されますので、フリクションが20%低減されます。

⑥ピストン側圧によるフリクションがなくなります。

⑦オイルリングが不要になりますので、フリクションが30%低減されます。

⑧タイミングチェーン・プッシュロッドが不要になりますので、フリクションが激減します。

⑨ピストン形状によりピストンが下降する際の抵抗が相当ありますが、円弧動ピストンではなくなります。

⑩ピストンが下降する際のオイル攪拌抵抗がなくなります。

⑪圧縮行程におけるピストン動力は、燃焼行程ピストンの動力→ピストンピン→コンロッド→クランクピン→クランクシャフト→フライホイール→クランクシャフト→クランクピン→コンロッド→ピストンピン→圧縮行程ピストンの動力伝達経路により行われ、相当な燃焼動力損失になりますが、ローターと円弧動ピストンが一体のマシモエンジンでは動力伝達経路はなくなり、燃焼動力損失はなくなります。

①～⑪の理由により、機械損失を80%以上低減します。

（図表1）

エンジン種類	ボア	行程	ボア比
ガソリンエンジン	44.0mm	82.161mm	1.867
ディーゼルエンジン	60.0mm	160.487mm	2.674
ディーゼルエンジン	90.0mm	240.151mm	2.668
ディーゼルエンジン	160.0mm	401.027mm	2.506
ディーゼルエンジン	320.0mm	802.054mm	2.506
ディーゼルエンジン	480.0mm	1200.184mm	2.500
ディーゼルエンジン	600.0mm	1609.431mm	2.682

## 10. 力学について

### 10-1 往復質量

往復質量（図表2参照）が軽いので、高性能（高回転）になります。

(\*) 1個あたりのローターで4気筒に相当 (図表2)

エンジン種類	往復質量(*)	1気筒換算
ボア44ガソリンエンジン	278.852g	69.713g
ボア60ディーゼルエンジン	1,097.184g	274.296g
ボア90ディーゼルエンジン	3,140.090g	785.023g
ボア160ディーゼルエンジン	13,894.660g	3,473.665g
ボア320ディーゼルエンジン	100,720.460g	25,180.115g
ボア480ディーゼルエンジン	329,306.270g	82,326.568g
ボア600ディーゼルエンジン	644,630.510g	161,157.628g

### 10-2 コンロッド荷重

コンロッド荷重は、吸気行程・圧縮行程・燃焼行程・排気行程のシリンダー圧力と揺動回転部による慣性トルクの合成応力と円弧動ピストン揺動中心半径÷ローターアーム半径÷2により求められます（コンロッド荷重が最大になるのは、揺動回転部減速慣性トルクと圧縮行程圧力の合成時になります）。

図1・図2・グラフ1・グラフ2・グラフ3・グラフ4・グラフ5・グラフ6・グラフ7を参照すると、起動してから連続最大回転数まで低下してから上昇します。

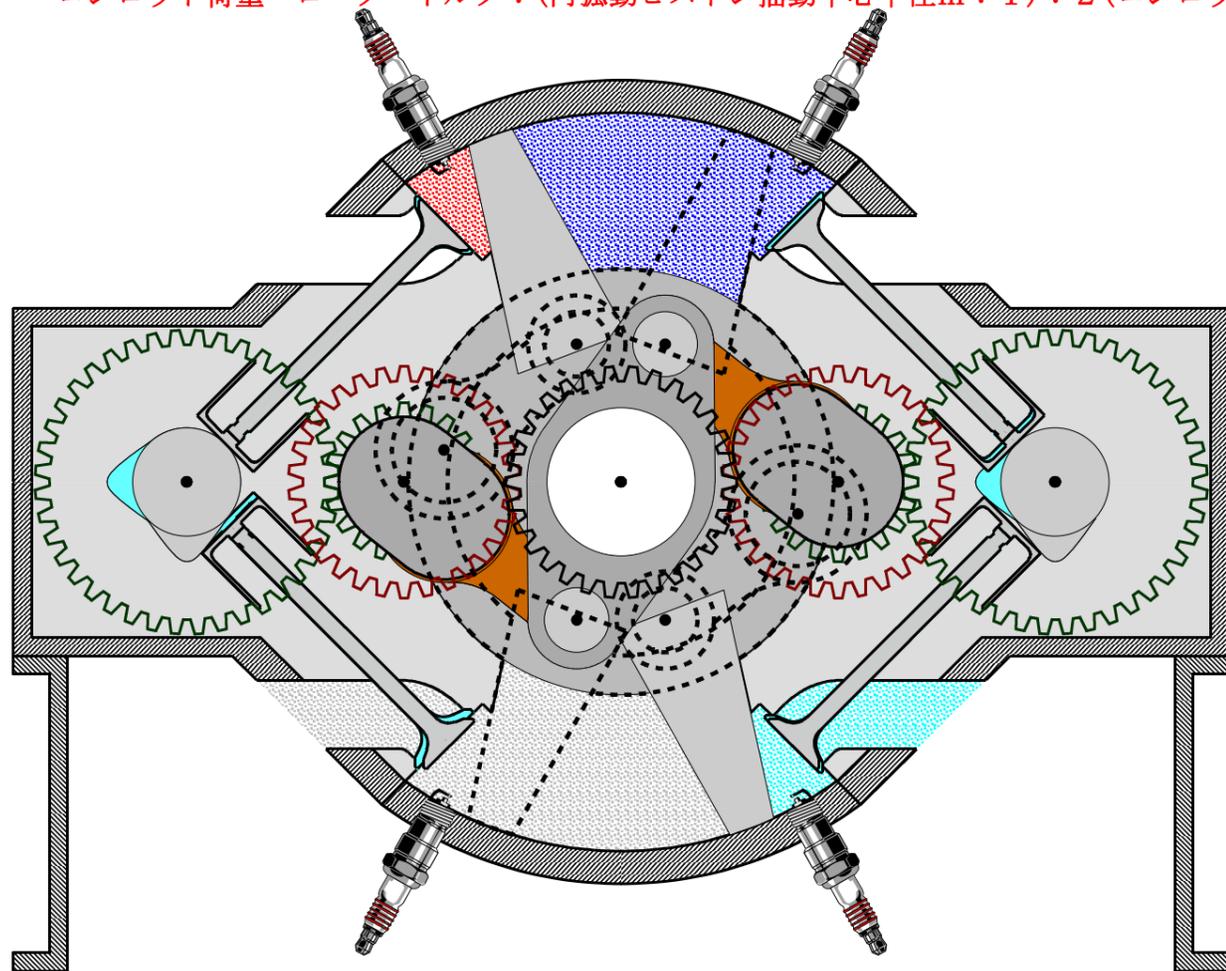
ゆえに、連続最大回転数の時、コンロッド荷重は最小（最大効率）になります。

図表3により、ガソリンエンジンよりディーゼルエンジンの方がより高性能（これは特質すべき現象）になります。

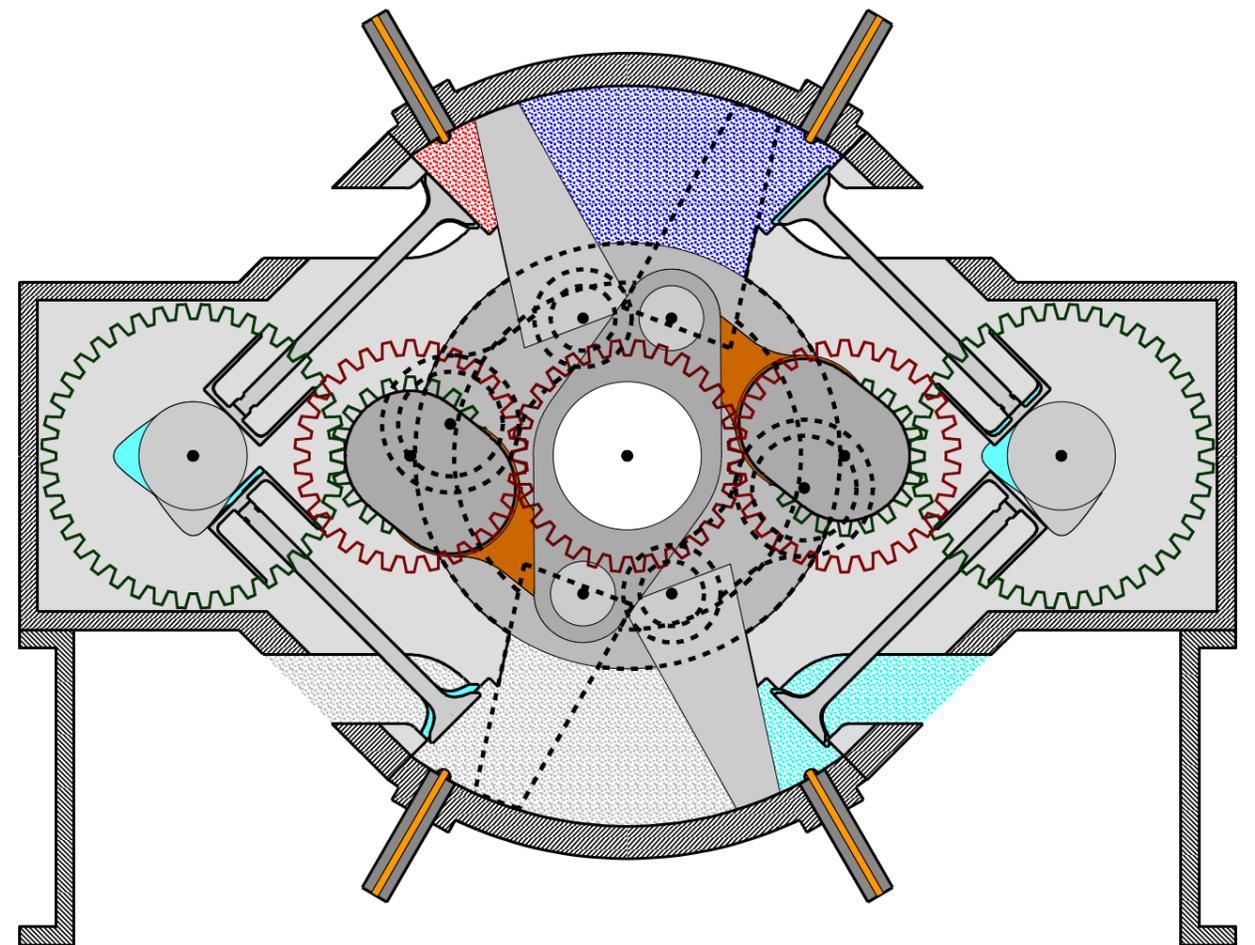
これは、ディーゼルエンジンの方がガソリンエンジンより燃焼圧力・圧縮圧力が高くなるために起因します。

ロータートルク = (燃焼圧力 + 圧縮圧力 + 吸気圧力 + 排気圧力) × (円弧動ピストン揺動中心半径  $m$  ÷ 1) + 慣性トルク

コンロッド荷重 = ロータートルク ÷ (円弧動ピストン揺動中心半径  $m$  ÷ 1) ÷ 2 (コンロッドが2個) × (円弧動ピストン揺動中心半径 ÷ ローターアーム)

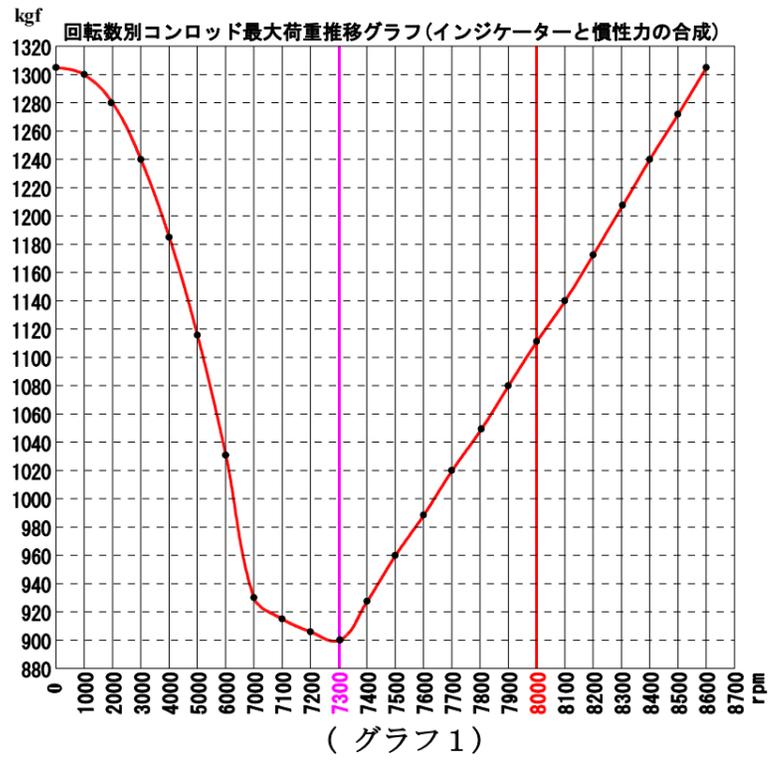


(図1)

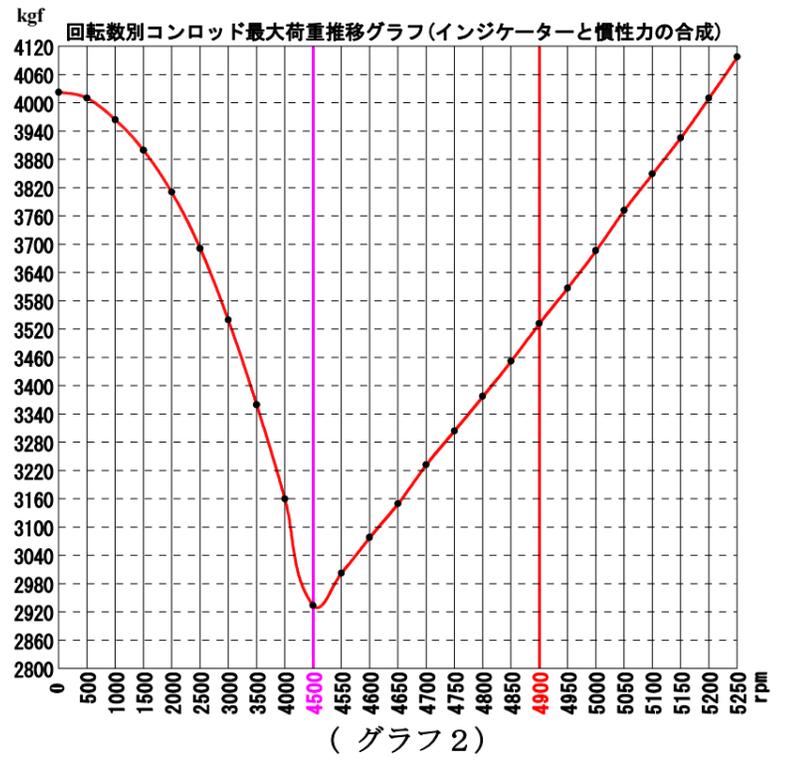


(図2)

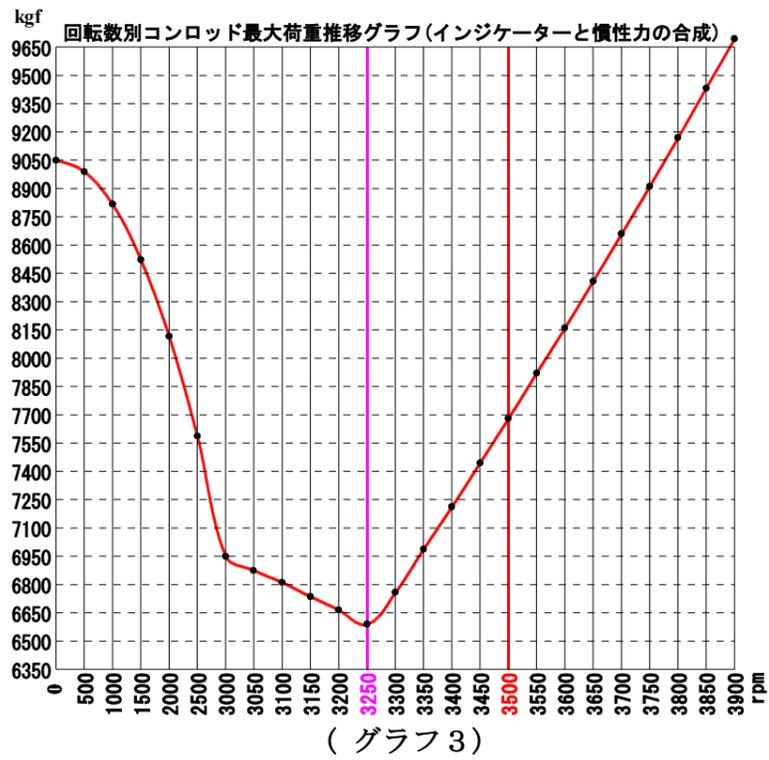
\*\*\*\*\*ボア44ガソリンエンジンの動作解析\*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\*設計情報\*\*\*\*\*  
 クランク回転半径 = 19.750000000000mm  
 揺動アーム揺動半径 = 42.500000000000mm  
 揺動軸〜クランク軸の距離 = 68.000000000000mm  
 シリンダボア = 44.000000000000mm  
 ローター中心半径 = 85.000000000000mm  
 ピストン・ローター部往復質量 = 0.278852000000kg  
 \*\*\*\*\*エンジントルクの計算と出力\*\*\*\*\*  
 ++++++ピストンに作用する力と仕事+++++  
 平均有効圧力(1燃焼) = 1.100000000000Mpa  
 ピストントルク作用半径 = 0.088090889366m  
 ピストン半径 = 2.200000000000cm  
 ピストン揺動角度 = 55.382377845520度  
 ピストンに作用する力 = 170.497852066382kgf  
 ピストン動作距離 = 0.085149080108m  
 ピストンに作用する仕事 = 14.517735263865kgfm  
 ++++++揺動アームに作用する力と仕事+++++  
 揺動アーム半径 = 0.042500000000m  
 揺動アームに作用する力 = 176.697734394412kgf  
 揺動アーム動作距離 = 0.082161411484m  
 揺動アームに作用する仕事 = 14.517735263865kgfm  
 ++++++クランクに作用する力と仕事+++++  
 クランク軸回転半径 = 0.019750000000m  
 クランク軸に作用する力 = 116.990852138914kgf  
 クランク軸動作距離 = 0.124092909817m  
 クランク軸に作用する仕事 = 14.517735263865kgfm  
 クランク軸のトルク(1燃焼) = 2.310569329744kgf・m  
 エンジントルク(8燃焼) = 18.484554637948kgf・m  
 ++++++最大エンジン出力回転数(8000rpm)+++++  
 エンジン出力(基本) = 206馬力(151KW)  
 エンジン出力(2連) = 412馬力(303KW)  
 エンジン出力(4連) = 825馬力(607KW)  
 エンジン出力(6連) = 1238馬力(911KW)  
 エンジン出力(8連) = 1651馬力(1214KW)  
 エンジン出力(10連) = 2064馬力(1518KW)  
 エンジン出力(12連) = 2477馬力(1822KW)  
 エンジン出力(14連) = 2890馬力(2126KW)  
 \*\*\*\*\*



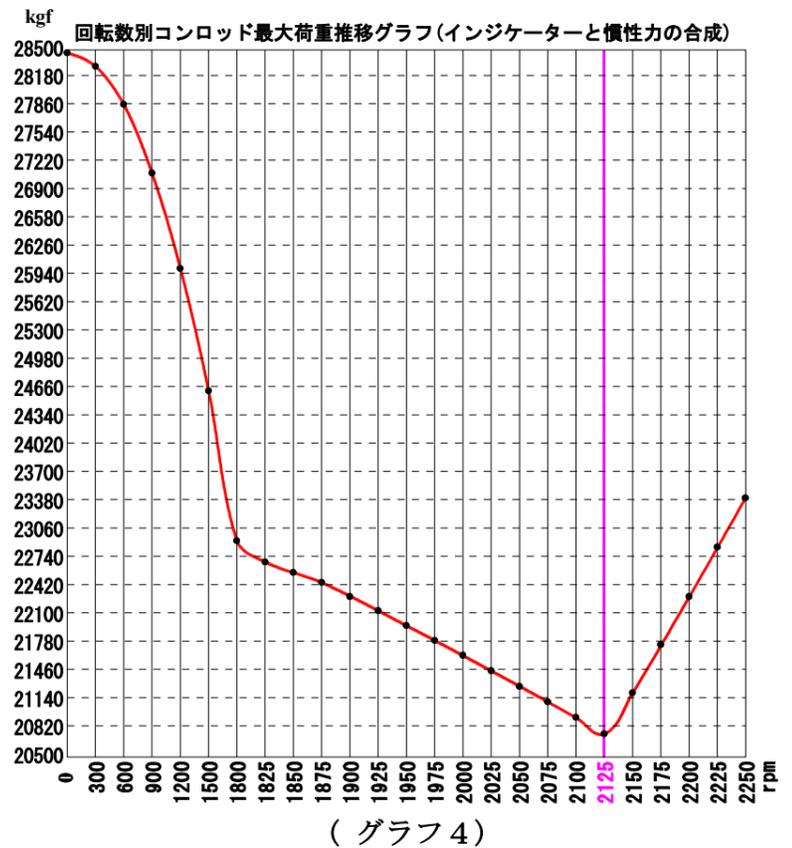
\*\*\*\*\*ボア60ディーゼルエンジンの動作解析\*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\*設計情報\*\*\*\*\*  
 クランク回転半径 = 39.000000000000mm  
 揺動アーム揺動半径 = 76.500000000000mm  
 揺動軸〜クランク軸の距離 = 120.000000000000mm  
 シリンダボア = 60.000000000000mm  
 ローター中心半径 = 150.000000000000mm  
 ピストン・ローター部往復質量 = 1.097184000000kg  
 \*\*\*\*\*エンジントルクの計算と出力\*\*\*\*\*  
 ++++++ピストンに作用する力と仕事+++++  
 平均有効圧力(1燃焼) = 2.000000000000Mpa  
 ピストントルク作用半径 = 0.156391815219m  
 ピストン半径 = 3.000000000000cm  
 ピストン揺動角度 = 61.301539880257度  
 ピストンに作用する力 = 576.439019007301kgf  
 ピストン動作距離 = 0.167325746837m  
 ピストンに作用する仕事 = 96.453089361180kgfm  
 ++++++揺動アームに作用する力と仕事+++++  
 揺動アーム半径 = 0.076500000000m  
 揺動アームに作用する力 = 589.217938207900kgf  
 揺動アーム動作距離 = 0.163696797240m  
 揺動アームに作用する仕事 = 96.453089361180kgfm  
 ++++++クランクに作用する力と仕事+++++  
 クランク軸回転半径 = 0.039000000000m  
 クランク軸に作用する力 = 393.615024315799kgf  
 クランク軸動作距離 = 0.245044226980m  
 クランク軸に作用する仕事 = 96.453089361180kgfm  
 クランク軸のトルク(1燃焼) = 15.350985948316kgf・m  
 エンジントルク(8燃焼) = 122.807887586529kgf・m  
 ++++++最大エンジン出力回転数(4900rpm)+++++  
 エンジン出力(基本) = 840馬力(617KW)  
 エンジン出力(2連) = 1680馬力(1235KW)  
 エンジン出力(4連) = 3360馬力(2471KW)  
 エンジン出力(6連) = 5041馬力(3707KW)  
 エンジン出力(8連) = 6721馬力(4943KW)  
 エンジン出力(10連) = 8402馬力(6179KW)  
 エンジン出力(12連) = 1万0082馬力(7415KW)  
 エンジン出力(14連) = 1万1762馬力(8651KW)  
 エンジン出力(16連) = 1万3443馬力(9887KW)  
 エンジン出力(18連) = 1万5123馬力(1万1123KW)  
 エンジン出力(20連) = 1万6804馬力(1万2359KW)  
 \*\*\*\*\*



\*\*\*\*\*ボア90ディーゼルエンジンの動作解析\*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\*設計情報\*\*\*\*\*  
 クランク回転半径 = 58.500000000000mm  
 揺動アーム揺動半径 = 115.000000000000mm  
 揺動軸〜クランク軸の距離 = 180.000000000000mm  
 シリンダボア = 90.000000000000mm  
 ローター中心半径 = 225.000000000000mm  
 ピストン・ローター部往復質量 = 3.140090000000kg  
 \*\*\*\*\*エンジントルクの計算と出力\*\*\*\*\*  
 ++++++ピストンに作用する力と仕事+++++  
 平均有効圧力(1燃焼) = 2.000000000000Mpa  
 ピストントルク作用半径 = 0.234136567828m  
 ピストン半径 = 4.500000000000cm  
 ピストン揺動角度 = 61.153973569516度  
 ピストンに作用する力 = 1296.987792766428kgf  
 ピストン動作距離 = 0.249902900393m  
 ピストンに作用する仕事 = 324.121011186673kgfm  
 ++++++揺動アームに作用する力と仕事+++++  
 揺動アーム半径 = 0.115000000000m  
 揺動アームに作用する力 = 1320.314218751653kgf  
 揺動アーム動作距離 = 0.245487783577m  
 揺動アームに作用する仕事 = 324.121011186673kgfm  
 ++++++クランクに作用する力と仕事+++++  
 クランク軸回転半径 = 0.058500000000m  
 クランク軸に作用する力 = 881.802753680384kgf  
 クランク軸動作距離 = 0.367566340470m  
 クランク軸に作用する仕事 = 324.121011186673kgfm  
 クランク軸のトルク(1燃焼) = 51.585461090302kgf・m  
 エンジントルク(8燃焼) = 412.683688722420kgf・m  
 ++++++最大エンジン出力回転数(3500rpm)+++++  
 エンジン出力(基本) = 2016馬力(1483KW)  
 エンジン出力(2連) = 4033馬力(2966KW)  
 エンジン出力(4連) = 8067馬力(5933KW)  
 エンジン出力(6連) = 1万2100馬力(8900KW)  
 エンジン出力(8連) = 1万6134馬力(1万1866KW)  
 エンジン出力(10連) = 2万0167馬力(1万4833KW)  
 エンジン出力(12連) = 2万4201馬力(1万7800KW)  
 エンジン出力(14連) = 2万8234馬力(2万0766KW)  
 エンジン出力(16連) = 3万2268馬力(2万3733KW)  
 エンジン出力(18連) = 3万6301馬力(2万6700KW)  
 エンジン出力(20連) = 4万0335馬力(2万9666KW)  
 エンジン出力(22連) = 4万4368馬力(3万2633KW)  
 \*\*\*\*\*



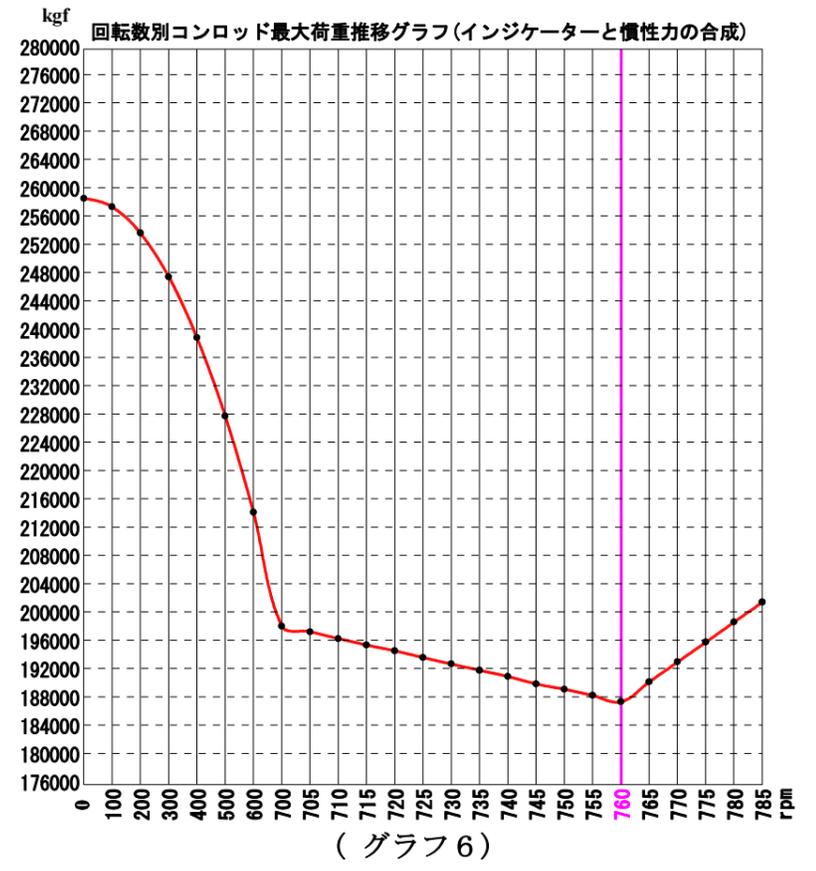
\*\*\*\*\*ボア160ディーゼルエンジンの動作解析\*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\*設計情報\*\*\*\*\*  
 クランク回転半径 = 98.000000000000mm  
 揺動アーム揺動半径 = 190.000000000000mm  
 揺動軸〜クランク軸の距離 = 300.000000000000mm  
 シリンダボア = 160.000000000000mm  
 ローター中心半径 = 370.000000000000mm  
 ピストン・ローター部往復質量 = 13.894660000000kg  
 \*\*\*\*\*エンジントルクの計算と出力\*\*\*\*\*  
 ++++++ピストンに作用する力と仕事+++++  
 平均有効圧力(1燃焼) = 2.000000000000Mpa  
 ピストントルク作用半径 = 0.388590195383m  
 ピストン半径 = 8.000000000000cm  
 ピストン揺動角度 = 62.100478233572度  
 ピストンに作用する力 = 4.099121912941tf  
 ピストン動作距離 = 0.421176519026m  
 ピストンに作用する仕事 = 1.726453898355tfm  
 ++++++揺動アームに作用する力と仕事+++++  
 揺動アーム半径 = 0.190000000000m  
 揺動アームに作用する力 = 4.191785750133tf  
 揺動アーム動作距離 = 0.411865968651m  
 揺動アームに作用する仕事 = 1.726453898355tfm  
 ++++++クランクに作用する力と仕事+++++  
 クランク軸回転半径 = 0.098000000000m  
 クランク軸に作用する力 = 2.803812979015tf  
 クランク軸動作距離 = 0.615752160104m  
 クランク軸に作用する仕事 = 1.726453898355tfm  
 クランク軸のトルク(1燃焼) = 0.274773671943tf・m  
 エンジントルク(8燃焼) = 2.198189375548tf・m  
 ++++++最大エンジン出力回転数(2125rpm)+++++  
 エンジン出力(基本) = 6522馬力(4797KW)  
 エンジン出力(2連) = 1万3044馬力(9594KW)  
 エンジン出力(4連) = 2万6088馬力(1万9188KW)  
 エンジン出力(6連) = 3万9132馬力(2万8782KW)  
 エンジン出力(8連) = 5万2177馬力(3万8376KW)  
 エンジン出力(10連) = 6万5221馬力(4万7971KW)  
 エンジン出力(12連) = 7万8265馬力(5万7565KW)  
 エンジン出力(14連) = 9万1310馬力(6万7159KW)  
 エンジン出力(16連) = 10万4354馬力(7万6753KW)  
 エンジン出力(18連) = 11万7398馬力(8万6348KW)  
 エンジン出力(20連) = 13万0443馬力(9万5942KW)  
 エンジン出力(22連) = 14万3487馬力(10万5536KW)  
 \*\*\*\*\*



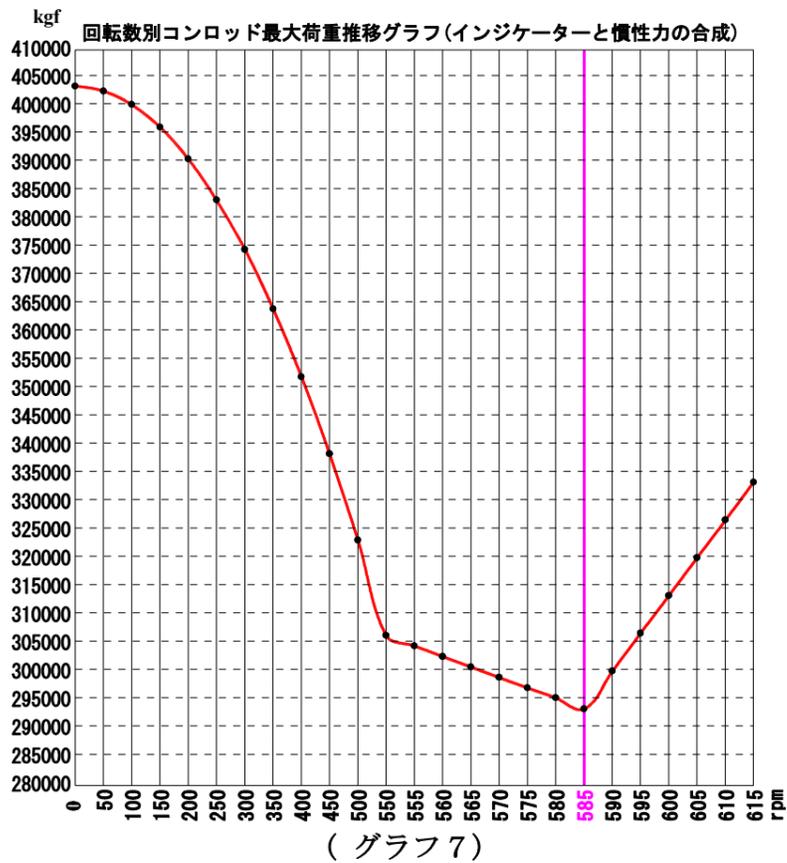
\*\*\*\*\* ボア320ディーゼルエンジンの動作解析\*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\* 設計情報 \*\*\*\*\*  
 クランク回転半径 = 196.000000000000mm  
 揺動アーム揺動半径 = 380.000000000000mm  
 揺動軸〜クランク軸の距離 = 600.000000000000mm  
 シリンダボア = 320.000000000000mm  
 ローター中心半径 = 740.000000000000mm  
 ピストン・ローター部往復質量 = 100.720460000000kg  
 \*\*\*\*\* エンジントルクの計算と出力\*\*\*\*\*  
 平均有効圧力(1燃焼) = 2.000000000000Mpa  
 ピストントルク作用半径 = 0.779347603248m  
 ピストン半径 = 16.000000000000cm  
 ピストン揺動角度 = 62.100478233572度  
 ピストンに作用する力 = 16.396487651763tf  
 ピストン動作距離 = 0.844701988230m  
 ピストンに作用する仕事 = 13.850145719428tfm  
 \*\*\*\*\* 揺動アームに作用する力と仕事\*\*\*\*\*  
 揺動アーム半径 = 0.380000000000m  
 揺動アームに作用する力 = 16.813899148792tf  
 揺動アーム動作距離 = 0.823731937302m  
 揺動アームに作用する仕事 = 13.850145719428tfm  
 \*\*\*\*\* クランクに作用する力と仕事\*\*\*\*\*  
 クランク軸回転半径 = 0.196000000000m  
 クランク軸に作用する力 = 11.246526294847tf  
 クランク軸動作距離 = 1.231504320207m  
 クランク軸に作用する仕事 = 13.850145719428tfm  
 クランク軸のトルク(1燃焼) = 2.204319153790tf・m  
 エンジントルク(8燃焼) = 17.634553230320tf・m  
 \*\*\*\*\* 最大エンジン出力回転数(1120rpm) \*\*\*\*\*  
 エンジン出力(基本) = 2.7577万馬力(2.0283万KW)  
 エンジン出力(2連) = 5.5154万馬力(4.0566万KW)  
 エンジン出力(4連) = 11.0308万馬力(8.1133万KW)  
 エンジン出力(6連) = 16.5463万馬力(12.1699万KW)  
 エンジン出力(8連) = 22.0617万馬力(16.2266万KW)  
 エンジン出力(10連) = 27.5771万馬力(20.2833万KW)  
 エンジン出力(12連) = 33.0926万馬力(24.3399万KW)  
 エンジン出力(14連) = 38.6080万馬力(28.3966万KW)  
 エンジン出力(16連) = 44.1234万馬力(32.4532万KW)  
 エンジン出力(18連) = 49.6389万馬力(36.5099万KW)  
 エンジン出力(20連) = 55.1543万馬力(40.5666万KW)  
 エンジン出力(22連) = 60.6697万馬力(44.6232万KW)



\*\*\*\*\* ボア480ディーゼルエンジンの動作解析\*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\* 設計情報 \*\*\*\*\*  
 クランク回転半径 = 291.000000000000mm  
 揺動アーム揺動半径 = 570.000000000000mm  
 揺動軸〜クランク軸の距離 = 900.000000000000mm  
 シリンダボア = 480.000000000000mm  
 ローター中心半径 = 1120.000000000000mm  
 ピストン・ローター部往復質量 = 329.306270000000kg  
 \*\*\*\*\* エンジントルクの計算と出力\*\*\*\*\*  
 平均有効圧力(1燃焼) = 2.000000000000Mpa  
 ピストントルク作用半径 = 1.166103946435m  
 ピストン半径 = 24.000000000000cm  
 ピストン揺動角度 = 61.397787466271度  
 ピストンに作用する力 = 36.892097216467tf  
 ピストン動作距離 = 1.249589461480m  
 ピストンに作用する仕事 = 46.099975893588tfm  
 \*\*\*\*\* 揺動アームに作用する力と仕事\*\*\*\*\*  
 揺動アーム半径 = 0.570000000000m  
 揺動アームに作用する力 = 37.736859786317tf  
 揺動アーム動作距離 = 1.221616640988m  
 揺動アームに作用する仕事 = 46.099975893588tfm  
 \*\*\*\*\* クランクに作用する力と仕事\*\*\*\*\*  
 クランク軸回転半径 = 0.290000000000m  
 クランク軸に作用する力 = 25.300134620282tf  
 クランク軸動作距離 = 1.822123739082m  
 クランク軸に作用する仕事 = 46.099975893588tfm  
 クランク軸のトルク(1燃焼) = 7.337039039882tf・m  
 エンジントルク(8燃焼) = 58.696312319054tf・m  
 \*\*\*\*\* 最大エンジン出力回転数(760rpm) \*\*\*\*\*  
 エンジン出力(基本) = 6.2286万馬力(4.5812万KW)  
 エンジン出力(2連) = 12.4572万馬力(9.1624万KW)  
 エンジン出力(4連) = 24.9144万馬力(18.3248万KW)  
 エンジン出力(6連) = 37.3717万馬力(27.4872万KW)  
 エンジン出力(8連) = 49.8289万馬力(36.6497万KW)  
 エンジン出力(10連) = 62.2861万馬力(45.8121万KW)  
 エンジン出力(12連) = 74.7434万馬力(54.9745万KW)  
 エンジン出力(14連) = 87.2006万馬力(64.1370万KW)  
 エンジン出力(16連) = 99.6579万馬力(73.2994万KW)  
 エンジン出力(18連) = 112.1151万馬力(82.4618万KW)  
 エンジン出力(20連) = 124.5723万馬力(91.6242万KW)  
 エンジン出力(22連) = 137.0296万馬力(100.7867万KW)  
 エンジン出力(24連) = 149.4868万馬力(109.9491万KW)



\*\*\*\*\* ボア600ディーゼルエンジンの動作解析\*\*\*\*\*  
 \*\*\*\*\* 設計情報 \*\*\*\*\*  
 クランク回転半径 = 391.000000000000mm  
 揺動アーム揺動半径 = 765.000000000000mm  
 揺動軸〜クランク軸の距離 = 1200.000000000000mm  
 シリンダボア = 600.000000000000mm  
 ローター中心半径 = 1500.000000000000mm  
 ピストン・ローター部往復質量 = 644.630510000000kg  
 \*\*\*\*\* エンジントルクの計算と出力\*\*\*\*\*  
 平均有効圧力(1燃焼) = 2.000000000000Mpa  
 ピストントルク作用半径 = 1.560951576792m  
 ピストン半径 = 30.000000000000cm  
 ピストン揺動角度 = 61.475737344256度  
 ピストンに作用する力 = 57.643901900730tf  
 ピストン動作距離 = 1.674829279878m  
 ピストンに作用する仕事 = 96.543694709770tfm  
 \*\*\*\*\* 揺動アームに作用する力と仕事\*\*\*\*\*  
 揺動アーム半径 = 0.765000000000m  
 揺動アームに作用する力 = 58.810025859071tf  
 揺動アーム動作距離 = 1.641619660925m  
 揺動アームに作用する仕事 = 96.543694709770tfm  
 \*\*\*\*\* クランクに作用する力と仕事\*\*\*\*\*  
 クランク軸回転半径 = 0.391000000000m  
 クランク軸に作用する力 = 39.297714162186tf  
 クランク軸動作距離 = 2.456725455107m  
 クランク軸に作用する仕事 = 96.543694709770tfm  
 クランク軸のトルク(1燃焼) = 15.365406237415tf・m  
 エンジントルク(8燃焼) = 122.923249899318tf・m  
 \*\*\*\*\* 最大エンジン出力回転数(585rpm) \*\*\*\*\*  
 エンジン出力(基本) = 10.0405万馬力(7.3849万KW)  
 エンジン出力(2連) = 20.0810万馬力(14.7698万KW)  
 エンジン出力(4連) = 40.1621万馬力(29.5397万KW)  
 エンジン出力(6連) = 60.2432万馬力(44.3095万KW)  
 エンジン出力(8連) = 80.3243万馬力(59.0794万KW)  
 エンジン出力(10連) = 100.4054万馬力(73.8492万KW)  
 エンジン出力(12連) = 120.4865万馬力(88.6191万KW)  
 エンジン出力(14連) = 140.5676万馬力(103.3889万KW)  
 エンジン出力(16連) = 160.6487万馬力(118.1588万KW)  
 エンジン出力(18連) = 180.7297万馬力(132.9286万KW)  
 エンジン出力(20連) = 200.8108万馬力(147.6985万KW)  
 エンジン出力(22連) = 220.8919万馬力(162.4683万KW)  
 エンジン出力(24連) = 240.9730万馬力(177.2382万KW)



(図表3)

エンジン種類	連続最大回転数	最大回転数	平均ピストン速度
ボア44ガソリンエンジン	7300rpm	8000rpm	21.9097m/s
ボア60ディーゼルエンジン	4500rpm	4900rpm	26.2128m/s
ボア90ディーゼルエンジン	3250rpm	3500rpm	28.0176m/s
ボア160ディーゼルエンジン	2125rpm	2125rpm	28.4061m/s
ボア320ディーゼルエンジン	1120rpm	1120rpm	29.9433m/s
ボア480ディーゼルエンジン	760rpm	760rpm	30.4046m/s
ボア600ディーゼルエンジン	585rpm	585rpm	31.3839m/s

### 10-3 クランクシャフト荷重

クランクシャフトには、1本のコンロッドによる応力が加わりますので、クランクシャフト荷重とクランクシャフト回転力以外には力が加わりません。  
ゆえに、クランクシャフトの偶力と捻じる力は発生しません。

### 10-4 出力トルク

図表4の解析結果から、出力シャフトには、負のトルクが殆んど発生しません（4連以上なら発生しません）。

ゆえに、出力シャフトによるねじり振動が殆んど発生しません（4連以上なら発生しません）。

ねじり振動の大きな要因は、燃焼時の正トルクとピストン加速時慣性力の負トルクになりますので、燃焼時の正トルクと加速時慣性力の負トルクを合成したトルクでは、負のトルクが殆んど発生しません。

また、圧縮時の負トルクとピストン減速時慣性力の正トルクになりますので、圧縮時の負トルクとピストン減速時慣性力の正トルクを合成したトルクでは、負のトルクが殆んど発生しません。

(図表4)

エンジン種類	単体トルク(最大/最小)	基本トルク(最大/最小)	2連トルク(最大/最小)	4連トルク(最大/最小)	6連トルク(最大/最小)
ボア44ガソリンエンジン	27.08kgf・m/-1.40kgf・m	44.30kgf・m/ -3.83kgf・m	69.80kgf・m/ -3.44kgf・m	118.28kgf・m/ 27.26kgf・m	162.32kgf・m/ 47.27kgf・m
ボア60ディーゼルエンジン	175.88kgf・m/-7.79kgf・m	269.22kgf・m/-12.03kgf・m	466.44kgf・m/-18.47kgf・m	758.36kgf・m/165.27kgf・m	1030.95kgf・m/280.82kgf・m
ボア90ディーゼルエンジン		882.36kgf・m/-35.39kgf・m	1544.83kgf・m/-47.81kgf・m	2533.35kgf・m/566.99kgf・m	3446.70kgf・m/961.66kgf・m
ボア160ディーゼルエンジン		4.086tf・m/-0.072tf・m	7.601tf・m/0.136tf・m	13.020tf・m/ 3.381tf・m	17.770tf・m/ 5.655tf・m
ボア320ディーゼルエンジン		32.815tf・m/-0.599tf・m	61.102tf・m/1.024tf・m	104.538tf・m/ 27.060tf・m	142.664tf・m/ 45.265tf・m
ボア480ディーゼルエンジン		109.288tf・m/-2.116tf・m	203.019tf・m/3.050tf・m	347.983tf・m/ 90.289tf・m	475.337tf・m/151.452tf・m
ボア600ディーゼルエンジン		229.071tf・m/-4.412tf・m	427.305tf・m/5.773tf・m	730.747tf・m/187.212tf・m	997.515tf・m/313.904tf・m

エンジン種類	8連トルク(最大/最小)	10連トルク(最大/最小)	12連トルク(最大/最小)	14連トルク(最大/最小)	16連トルク(最大/最小)
ボア44ガソリンエンジン	211.49kgf・m/ 65.18kgf・m	263.71kgf・m/ 82.36kgf・m	317.12kgf・m/ 100.83kgf・m	368.59kgf・m/ 115.68kgf・m	
ボア60ディーゼルエンジン	1342.12kgf・m/ 385.99kgf・m	1680.20kgf・m/ 490.18kgf・m	2016.19kgf・m/ 597.73kgf・m	2343.94kgf・m/ 687.79kgf・m	2677.51kgf・m/ 801.75kgf・m
ボア90ディーゼルエンジン	4485.02kgf・m/1320.43kgf・m	5615.25kgf・m/1675.67kgf・m	6738.48kgf・m/2042.63kgf・m	7834.20kgf・m/2351.01kgf・m	8947.96kgf・m/2738.20kgf・m
ボア160ディーゼルエンジン	23.123tf・m/ 7.722tf・m	28.929tf・m/ 9.766tf・m	34.713tf・m/ 11.879tf・m	40.355tf・m/ 13.695tf・m	46.099tf・m/ 15.877tf・m
ボア320ディーゼルエンジン	185.642tf・m/ 61.819tf・m	232.263tf・m/ 78.187tf・m	278.695tf・m/ 95.107tf・m	323.994tf・m/109.641tf・m	370.109tf・m/127.123tf・m
ボア480ディーゼルエンジン	618.534tf・m/206.834tf・m	773.493tf・m/261.584tf・m	928.269tf・m/318.258tf・m	1079.306tf・m/366.818tf・m	1232.916tf・m/425.414tf・m
ボア600ディーゼルエンジン	1297.960tf・m/428.868tf・m	1623.413tf・m/542.506tf・m	1948.184tf・m/660.086tf・m	2265.061tf・m/760.809tf・m	2587.255tf・m/882.427tf・m

エンジン種類	18連トルク(最大/最小)	20連トルク(最大/最小)	22連トルク(最大/最小)	24連トルク(最大/最小)	最大回転数
ボア44ガソリンエンジン					8000rpm
ボア60ディーゼルエンジン	3015.49kgf・m/ 899.25kgf・m	3348.38kgf・m/1000.34kgf・m			4900rpm
ボア90ディーゼルエンジン	10078.61kgf・m/3071.39kgf・m	11191.63kgf・m/3417.54kgf・m	12265.03kgf・m/3757.43kgf・m		3500rpm
ボア160ディーゼルエンジン	51.931tf・m/ 17.833tf・m	57.670tf・m/ 19.848tf・m	63.202tf・m/ 21.815tf・m		2125rpm
ボア320ディーゼルエンジン	416.933tf・m/142.782tf・m	463.001tf・m/ 158.910tf・m	507.412tf・m/ 174.662tf・m		1120rpm
ボア480ディーゼルエンジン	1388.674tf・m/477.578tf・m	1542.209tf・m/ 531.742tf・m	1690.211tf・m/ 584.446tf・m	1844.203tf・m/ 638.625tf・m	760rpm
ボア600ディーゼルエンジン	2914.423tf・m/990.739tf・m	3236.589tf・m/1102.983tf・m	3547.112tf・m/1212.371tf・m	3870.305tf・m/1324.758tf・m	585rpm

### 11. 振動・騒音について

- ・ピストン側圧がありませんので、燃焼力・圧縮力・慣性力による側圧振動がありません。
- ・多気筒による偶力がありませんので、燃焼力・圧縮力・慣性力による偶力振動がありません。
- ・燃焼時の正トルクとピストン加速時慣性力の負トルクによるねじれ振動は、燃焼時と減速時慣性力の正トルクと加速時慣性力の負トルクを合成したトルク（図表4を参照）では、殆んど負トルクは発生しません（4連以上での負トルクは、発生しません）。  
ゆえに、ねじれ振動は、殆んど発生しません（4連以上でのねじり振動は、発生しません）。
- ・ピストン側圧がありませんので、ピストンとシリンダーの衝突騒音が発生しません。
- ・バルブリフターと吸排気バルブの隙間をバルブリフタースプリングにより、常に密着してありますので、バルブリフターと吸排気バルブの衝突騒音は発生しません。

## 1 2 . 耐久性について

耐久性は、極めて重要な因子であり、設計する上での最重要課題になります。

### 1 2 - 1 すべり軸受

すべり軸受は、極めて重要な部品であり適切に設計・製造されれば、半永久的に使用可能です。

このすべり軸受は、偶力による片当たりの影響と潤滑オイルの温度上昇により、焼き付きが発生します。

潤滑オイルの温度上昇を防ぐために、クランクシャフトシャフトのクランクピンとクランクジャーナルを中空（剛性を考慮した設計）にしました。

また、クランクシャフトには、偶力が発生しませんので、偶力による片当りは発生しません。

なお、組付け不良を防ぐために、すべてブッシュタイプにしました。

（クランクシャフトの冷却・オイル劣化防止・カムシャフト組付位置決めのために、クランクケースの上部に冷風吸入口とブローバイガス熱風排出口を設けます。）

図表 5 は、P V 値（動的最大荷重で最大回転数における）を示します。

(図表 5)

エンジン種類	コンロッド大端部ブッシュ	クランクメインブッシュ	クランクブッシュ	ローターブッシュ 1	ローターブッシュ 2
ボア44ガソリンエンジン	34.93Mpa*10.89m/s=380.39	32.64Mpa*10.89m/s=355.45	30.30Mpa*10.05m/s=304.52	3.78Mpa* 7.22m/s=27.29	3.19Mpa* 7.22m/s=23.03
ボア60ディーゼルエンジン	34.96Mpa*11.54m/s=403.44	32.54Mpa*11.54m/s=375.51	32.54Mpa*11.54m/s=375.51	5.34Mpa* 9.35m/s=49.93	4.23Mpa* 9.35m/s=39.55
ボア90ディーゼルエンジン	35.64Mpa*12.09m/s=430.89	33.15Mpa*12.09m/s=400.78	33.15Mpa*12.09m/s=400.78	5.08Mpa* 9.78m/s=49.68	4.36Mpa* 9.59m/s=41.81
ボア160ディーゼルエンジン	31.85Mpa*12.23m/s=389.53	31.35Mpa*12.23m/s=383.41	31.35Mpa*12.23m/s=383.41	6.25Mpa*10.06m/s=62.88	4.63Mpa*10.06m/s=46.58
ボア320ディーゼルエンジン	33.45Mpa*12.54m/s=419.46	33.90Mpa*12.54m/s=425.11	33.90Mpa*12.54m/s=425.11	5.94Mpa*10.64m/s=63.20	4.83Mpa*10.64m/s=51.39
ボア480ディーゼルエンジン	33.85Mpa*12.49m/s=422.79	33.83Mpa*12.49m/s=422.54	33.83Mpa*12.49m/s=422.54	7.41Mpa*10.83m/s=80.25	4.69Mpa*10.83m/s=50.79
ボア600ディーゼルエンジン	31.83Mpa*12.86m/s=409.33	32.58Mpa*12.86m/s=418.98	32.58Mpa*12.86m/s=418.98	7.65Mpa*11.09m/s=84.84	4.83Mpa*11.09m/s=53.56

### 1 2 - 2 ころがり軸受

ころがり軸受は、専門メーカーによる定格荷重が定められていますので、決められた計算方法により耐用時間が算出できます。

耐用年数は、最大回転で動作しても30年以上になります。

図表 6 は、耐用時間（最大回転数における）を示します。

**\*\*3は三乗、Kは回転係数(1000000÷最大回転数÷60)**

(図表 6)

エンジン種類	出力シャフト軸受(基本)の耐用時間	出力シャフト軸受(最大連数)の耐用時間	カムシャフト軸受の耐用時間
ボア44ガソリンエンジン	CP=(320/1)**3, K=1.9 <62259200時間>	CP=(635/1.5)**3, K=1.9 <144145470時間>	CP=(455/10)**3, K=3.8 < 357946時間>
ボア60ディーゼルエンジン	CP=(625/4)**3, K=3.1 <11825561時間>	CP=(1380/9.1)**3, K=3.1 < 10811221時間>	CP=(740/17.5)**3, K=6.2 < 468783時間>
ボア90ディーゼルエンジン	CP=(1300/12)**3, K=4.7 < 5975636時間>	CP=(2750/32)**3, K=4.7 < 2982950時間>	CP=(1440/37.5)**3, K=9.5 < 537919時間>
ボア160ディーゼルエンジン	CP=(2440/33)**3, K=7.8 < 3152987時間>	CP=(5660/158)**3, K=7.8 < 358568時間>	CP=(2540/75)**3, K=15.7 < 609841時間>
ボア320ディーゼルエンジン	CP=(10900/240)**3, K=14.9 < 1395828時間>	CP=(48400/1230)**3, K=14.9 < 907835時間>	CP=(8850/250)**3, K=29.7 <1317547時間>
ボア480ディーゼルエンジン	CP=(24900/784)**3, K=21.9 < 701607時間>	CP=(113400/4240)**3, K=21.9 < 418972時間>	CP=(15700/500)**3, K=43.8 <1356010時間>
ボア600ディーゼルエンジン	CP=(43500/1590)**3, K=28.5 < 583608時間>	CP=(186400/8650)**3, K=28.5 < 285189時間>	CP=(17000/750)**3, K=56.9 < 662636時間>

### 1 2 - 3 限界荷重

限界荷重に対しての安全係数は、エンジン設計での重要な要素で、概ね8倍以上になるように設計しております。

図表 7 は、安全係数（動的最大荷重における）を示します。

**ローターピン、コンロッド、クランクシャフトは、起動時安全係数～動作時最大安全係数を示す**

(図表 7)

エンジン種類	シリンダー	シリンダーヘッド	ピストン	ローター	ローターピン	コンロッド	クランクシャフト
ボア44ガソリンエンジン	18.627	52.002	18.161	15.472	14.734~21.221	5.983~8.618	47.886~68.970
ボア60ディーゼルエンジン	13.000	27.363	12.168	15.038	10.083~13.720	5.848~7.957	34.479~46.917
ボア90ディーゼルエンジン	14.398	21.439	13.019	13.925	9.557~13.009	5.777~7.863	33.042~44.974
ボア160ディーゼルエンジン	13.135	18.596	14.379	10.745	9.016~12.289	5.700~7.769	31.344~42.765
ボア320ディーゼルエンジン	14.766	13.578	15.817	10.781	9.776~13.364	6.052~8.274	28.494~38.951
ボア480ディーゼルエンジン	13.603	11.173	10.632	10.347	9.789~13.421	6.194~8.493	28.007~38.399
ボア600ディーゼルエンジン	13.930	10.892	11.071	11.135	9.807~13.394	6.158~8.409	31.722~43.321

## 1 2 - 4 限界トルク

限界トルクに対しての安全係数は、エンジン設計での重要な要素で、概ね8倍以上になるように設計しております。

図表8は、安全係数（出力トルクにおける）を示します。

なお、出力シャフトには、ねじれトルクが殆んど発生しないとします。

(\*)単体～最大連数の最小安全係数～最大安全係数

(図表8)

エンジン種類	ロータートルク(平均)	クランクシャフトトルク	出力ギアトルク	出力シャフトトルク(*)
ボア44ガソリンエンジン	198.310	65.162	10.881	9.081～11.875
ボア60ディーゼルエンジン	160.038	45.769	14.451	7.984～8.417
ボア90ディーゼルエンジン	144.548	44.432	14.167	8.014～8.252
ボア160ディーゼルエンジン	110.455	40.981	13.457	7.690～8.091
ボア320ディーゼルエンジン	110.142	35.976	13.418	7.847～8.159
ボア480ディーゼルエンジン	106.164	36.534	13.606	7.984～8.166
ボア600ディーゼルエンジン	114.019	41.795	14.437	7.851～8.104

## 1 3 . エンジン諸元について

### 1 3 - 1 ボア44ガソリンエンジン（シリンダ径=44mm×行程=82.161mm、ボア比=1.867、圧縮比=10.540）

図表9にボア44ガソリンエンジンの諸元を示します。

(図表9)

製品コード	構成	排気量	連続最大回転数	最大回転数	出力(馬力)	出力(KW)	幅(mm)	高さ(mm)	長さ(mm)	質量(kg)
G44-01-02	単体	500cc	7600rpm	8800rpm	113	83	382.0	250.0	143.5	5.821
G44-01-04	基本	998cc	7300rpm	8000rpm	206	151	425.0	250.0	242.0	10.955
G44-02-08	2連	1996cc	7300rpm	8000rpm	412	303	425.0	250.0	452.0	22.179
G44-04-16	4連	3992cc	7300rpm	8000rpm	825	607	425.0	250.0	872.0	46.146
G44-06-24	6連	5988cc	7300rpm	8000rpm	1,238	911	425.0	250.0	1,291.0	71.070
G44-08-32	8連	7984cc	7300rpm	8000rpm	1,651	1,214	425.0	250.0	1,710.0	97.883
G44-10-40	10連	9980cc	7300rpm	8000rpm	2,064	1,518	425.0	250.0	2,130.0	125.250
G44-12-48	12連	11976cc	7300rpm	8000rpm	2,477	1,822	425.0	250.0	2,549.0	154.224
G44-14-56	14連	13972cc	7300rpm	8000rpm	2,890	2,126	425.0	250.0	2,968.0	185.817

### 1 3 - 2 ボア60ディーゼルエンジン（シリンダ径=60mm×行程=160.487mm、ボア比=2.674、圧縮比=24.276）

図表10にボア60ディーゼルエンジンの諸元を示します。

(図表10)

製品コード	構成	排気量	連続最大回転数	最大回転数	出力(馬力)	出力(KW)	幅(mm)	高さ(mm)	長さ(mm)	質量(kg)
D60-01-02	単体	1815cc	4750rpm	5400rpm	462	340	655.0	416.0	204.0	22.882
D60-01-04	基本	3630cc	4500rpm	4900rpm	840	340	710.0	416.0	375.0	44.791
D60-02-08	2連	7260cc	4500rpm	4900rpm	1,680	1,235	710.0	416.0	709.0	92.054
D60-04-16	4連	14520cc	4500rpm	4900rpm	3,360	2,471	710.0	416.0	1,374.0	192.794
D60-06-24	6連	21780cc	4500rpm	4900rpm	5,041	3,707	710.0	416.0	2,040.0	298.444
D60-08-32	8連	29040cc	4500rpm	4900rpm	6,721	4,943	710.0	416.0	2,705.0	411.141
D60-10-40	10連	36300cc	4500rpm	4900rpm	8,402	6,179	710.0	416.0	3,371.0	522.801
D60-12-48	12連	43560cc	4500rpm	4900rpm	10,082	7,415	710.0	416.0	4,036.0	648.639
D60-14-56	14連	50820cc	4500rpm	4900rpm	11,762	8,651	710.0	416.0	4,702.0	764.083
D60-16-64	16連	58080cc	4500rpm	4900rpm	13,443	9,887	710.0	416.0	5,368.0	896.476
D60-18-72	18連	65340cc	4500rpm	4900rpm	15,123	11,123	710.0	416.0	6,034.0	1,045.037
D60-20-80	20連	72600cc	4500rpm	4900rpm	16,804	12,359	710.0	416.0	6,700.0	1,186.903

1 3 - 3 ボア 9 0 ディーゼルエンジン (シリンダ径=90mm×行程=240.15mm、ボア比=2.66、圧縮比=24.80)

図表 1 1 にボア 9 0 ディーゼルエンジンの諸元を示します。

(図表 1 1)

製品コード	構成	排気量	連続最大回転数	最大回転数	出力(馬力)	出力(KW)	幅(mm)	高さ(mm)	長さ(mm)	質量(kg)
D90-01-04	基本	12.22ℓ	3250rpm	3500rpm	2,016	1,483	1,058	862	538	134.849
D90-02-08	2連	24.44ℓ	3250rpm	3500rpm	4,033	2,966	1,058	862	1,023	277.926
D90-04-16	4連	48.88ℓ	3250rpm	3500rpm	8,067	5,933	1,058	862	1,990	578.895
D90-06-24	6連	73.32ℓ	3250rpm	3500rpm	12,100	8,900	1,058	862	2,957	904.455
D90-08-32	8連	97.76ℓ	3250rpm	3500rpm	16,134	11,866	1,058	862	3,924	1,241.066
D90-10-40	10連	122.20ℓ	3250rpm	3500rpm	20,167	14,833	1,058	862	4,891	1,599.655
D90-12-48	12連	146.64ℓ	3250rpm	3500rpm	24,201	17,800	1,058	862	5,858	1,985.161
D90-14-56	14連	171.08ℓ	3250rpm	3500rpm	28,234	20,766	1,058	862	6,825	2,355.643
D90-16-64	16連	195.52ℓ	3250rpm	3500rpm	32,268	23,733	1,058	862	7,792	2,727.746
D90-18-72	18連	219.96ℓ	3250rpm	3500rpm	36,301	26,700	1,058	862	8,759	3,170.447
D90-20-80	20連	244.40ℓ	3250rpm	3500rpm	40,335	29,666	1,058	862	9,726	3,617.164
D90-22-88	22連	268.84ℓ	3250rpm	3500rpm	44,368	32,633	1,058	862	10,693	4,112.669

1 3 - 4 ボア 1 6 0 ディーゼルエンジン (シリンダ径=160mm×行程=401.02mm、ボア比=2.50、圧縮比=24.66)

図表 1 2 にボア 1 6 0 ディーゼルエンジンの諸元を示します。

(図表 1 2)

製品コード	構成	排気量	連続最大回転数	最大回転数	出力(馬力)	出力(KW)	幅(mm)	高さ(mm)	長さ(mm)	質量(kg)
D160-01-04	基本	64.5ℓ	2125rpm	2125rpm	6,522	4,797	1,763	1,008	922	559.556
D160-02-08	2連	129.0ℓ	2125rpm	2125rpm	13,044	9,594	1,763	1,008	1,750	1,153.725
D160-04-16	4連	258.0ℓ	2125rpm	2125rpm	26,088	19,188	1,763	1,008	3,400	2,465.644
D160-06-24	6連	387.0ℓ	2125rpm	2125rpm	39,132	28,782	1,763	1,008	5,050	3,859.743
D160-08-32	8連	516.0ℓ	2125rpm	2125rpm	52,177	38,376	1,763	1,008	6,700	5,342.598
D160-10-40	10連	645.0ℓ	2125rpm	2125rpm	65,221	47,971	1,763	1,008	8,350	6,884.347
D160-12-48	12連	774.0ℓ	2125rpm	2125rpm	78,265	57,565	1,763	1,008	10,000	8,605.664
D160-14-56	14連	903.0ℓ	2125rpm	2125rpm	91,310	67,159	1,763	1,008	11,650	10,238.939
D160-16-64	16連	1032.0ℓ	2125rpm	2125rpm	104,354	76,753	1,763	1,008	13,300	11,828.070
D160-18-72	18連	1161.0ℓ	2125rpm	2125rpm	117,398	86,348	1,763	1,008	14,950	13,888.140
D160-20-80	20連	1290.0ℓ	2125rpm	2125rpm	130,443	95,942	1,763	1,008	16,600	16,005.474
D160-22-88	22連	1419.0ℓ	2125rpm	2125rpm	143,487	105,536	1,763	1,008	18,250	17,886.804

1 3 - 5 ボア 3 2 0 ディーゼルエンジン (シリンダ径=320mm×行程=802.05mm、ボア比=2.50、圧縮比=24.86)

図表 1 3 にボア 3 2 0 ディーゼルエンジンの諸元を示します。

(図表 1 3)

製品コード	構成	排気量	連続最大回転数	最大回転数	出力(馬力)	出力(KW)	幅(mm)	高さ(mm)	長さ(mm)	質量(kg)
D320-01-04	基本	516ℓ	1120rpm	1120rpm	27,577	20,283	3,458	1,952	1,726	3,783.560
D320-02-08	2連	1032ℓ	1120rpm	1120rpm	55,154	40,566	3,458	1,952	3,280	7,904.237
D320-04-16	4連	2064ℓ	1120rpm	1120rpm	110,308	81,133	3,458	1,952	6,380	16,729.579
D320-06-24	6連	3096ℓ	1120rpm	1120rpm	165,463	121,699	3,458	1,952	9,480	26,373.733
D320-08-32	8連	4128ℓ	1120rpm	1120rpm	220,617	162,266	3,458	1,952	12,580	36,444.566
D320-10-40	10連	5160ℓ	1120rpm	1120rpm	275,771	202,833	3,458	1,952	15,680	47,171.086
D320-12-48	12連	6192ℓ	1120rpm	1120rpm	330,926	243,399	3,458	1,952	18,780	59,549.699
D320-14-56	14連	7224ℓ	1120rpm	1120rpm	386,080	283,966	3,458	1,952	21,880	71,204.130
D320-16-64	16連	8256ℓ	1120rpm	1120rpm	441,234	324,532	3,458	1,952	24,980	81,967.759
D320-18-72	18連	9288ℓ	1120rpm	1120rpm	496,389	365,099	3,458	1,952	28,080	96,279.620
D320-20-80	20連	10320ℓ	1120rpm	1120rpm	551,543	405,666	3,458	1,952	31,180	111,129.239
D320-22-88	22連	11352ℓ	1120rpm	1120rpm	606,697	446,232	3,458	1,952	34,270	127,002.544

1 3 - 6 ボア 4 8 0 ディーゼルエンジン (シリンダ径=480mm×行程=1200.18mm、ボア比=2.50、圧縮比=24.86)

図表 1 4 にボア 4 8 0 ディーゼルエンジンの諸元を示します。

(図表 1 4)

製品コード	構成	排気量	連続最大回転数	最大回転数	出力(馬力)	出力(KW)	幅(mm)	高さ(mm)	長さ(mm)	質量(kg)
D480-01-04	基本	1737 $\frac{1}{2}$ ℓ	760rpm	760rpm	62,286	45,812	5,184	2,916	2,560	11,782.044
D480-02-08	2連	3474 $\frac{1}{2}$ ℓ	760rpm	760rpm	124,572	91,624	5,184	2,916	4,865	24,776.973
D480-04-16	4連	6948 $\frac{1}{2}$ ℓ	760rpm	760rpm	249,144	183,248	5,184	2,916	9,460	52,360.436
D480-06-24	6連	10422 $\frac{1}{2}$ ℓ	760rpm	760rpm	373,717	274,872	5,184	2,916	14,055	82,661.570
D480-08-32	8連	13896 $\frac{1}{2}$ ℓ	760rpm	760rpm	498,289	366,497	5,184	2,916	18,650	114,629.692
D480-10-40	10連	17370 $\frac{1}{2}$ ℓ	760rpm	760rpm	622,861	458,121	5,184	2,916	23,245	152,021.464
D480-12-48	12連	20844 $\frac{1}{2}$ ℓ	760rpm	760rpm	747,434	549,745	5,184	2,916	27,840	186,922.133
D480-14-56	14連	24318 $\frac{1}{2}$ ℓ	760rpm	760rpm	872,006	641,370	5,184	2,916	32,435	223,725.125
D480-16-64	16連	27792 $\frac{1}{2}$ ℓ	760rpm	760rpm	996,579	732,994	5,184	2,916	37,030	257,591.118
D480-18-72	18連	31266 $\frac{1}{2}$ ℓ	760rpm	760rpm	1,121,151	824,618	5,184	2,916	41,625	302,107.550
D480-20-80	20連	34740 $\frac{1}{2}$ ℓ	760rpm	760rpm	1,245,723	916,242	5,184	2,916	46,220	349,052.417
D480-22-88	22連	38214 $\frac{1}{2}$ ℓ	760rpm	760rpm	1,370,296	1,007,867	5,184	2,916	50,815	399,655.906
D480-24-96	24連	41688 $\frac{1}{2}$ ℓ	760rpm	760rpm	1,494,868	1,099,491	5,184	2,916	55,410	449,679.449

1 3 - 7 ボア 6 0 0 ディーゼルエンジン (シリンダ径=600mm×行程=1609.43mm、ボア比=2.68、圧縮比=24.74)

図表 1 5 にボア 6 0 0 ディーゼルエンジンの諸元を示します。

(図表 1 5)

製品コード	構成	排気量	連続最大回転数	最大回転数	出力(馬力)	出力(KW)	幅(mm)	高さ(mm)	長さ(mm)	質量(kg)
D600-01-04	基本	3640 $\frac{1}{2}$ ℓ	585rpm	585rpm	100,405	73,849	6,860	3,840	3,178	24,213.279
D600-02-08	2連	7280 $\frac{1}{2}$ ℓ	585rpm	585rpm	200,810	147,698	6,860	3,840	6,011	50,321.328
D600-04-16	4連	14560 $\frac{1}{2}$ ℓ	585rpm	585rpm	401,621	295,397	6,860	3,840	11,662	108,414.366
D600-06-24	6連	21840 $\frac{1}{2}$ ℓ	585rpm	585rpm	602,432	443,095	6,860	3,840	17,313	171,065.669
D600-08-32	8連	29120 $\frac{1}{2}$ ℓ	585rpm	585rpm	803,243	590,794	6,860	3,840	22,964	237,785.805
D600-10-40	10連	36400 $\frac{1}{2}$ ℓ	585rpm	585rpm	1,004,054	738,492	6,860	3,840	28,615	307,728.128
D600-12-48	12連	43680 $\frac{1}{2}$ ℓ	585rpm	585rpm	1,204,865	886,191	6,860	3,840	34,266	378,514.482
D600-14-56	14連	50960 $\frac{1}{2}$ ℓ	585rpm	585rpm	1,405,676	1,033,889	6,860	3,840	39,917	452,054.452
D600-16-64	16連	58240 $\frac{1}{2}$ ℓ	585rpm	585rpm	1,606,487	1,181,588	6,860	3,840	45,568	526,684.155
D600-18-72	18連	65520 $\frac{1}{2}$ ℓ	585rpm	585rpm	1,807,297	1,329,286	6,860	3,840	51,219	618,753.512
D600-20-80	20連	72800 $\frac{1}{2}$ ℓ	585rpm	585rpm	2,008,108	1,476,985	6,860	3,840	56,870	714,936.870
D600-22-88	22連	80080 $\frac{1}{2}$ ℓ	585rpm	585rpm	2,208,919	1,624,683	6,860	3,840	62,521	816,968.821
D600-24-96	24連	87360 $\frac{1}{2}$ ℓ	585rpm	585rpm	2,409,730	1,772,382	6,860	3,840	68,172	921,898.599

## 1 4 . エンジンの特徴と用途

### 1 4 - 1 ボア 4 4 ガソリンエンジン (シリンダ径=44mm×行程=82.161mm、ボア比=1.867、圧縮比=10.540)

#### 特徴

- ① 単体構成 (重量5.8kg・幅382mm×高さ250mm×長さ143.5mm・113馬力) と基本構成 (重量11kg・幅425mm×高さ250mm×長さ242mm・206馬力) は、超軽量・超小型・高性能・高効率・低燃費 (\*1) ・低振動・低騒音・耐久性抜群なガソリンエンジン。
- ② 2 連構成～1 4 連構成 (重量22.2kg～185.8kg・幅425mm×高さ250mm×長さ452mm～2,968mm・412馬力～2,890馬力) は、超軽量・超小型・高性能・高効率・低燃費・低振動・低騒音・耐久性抜群なガソリンエンジン。
- ③ ガスタービンエンジンと同等以上のパワーレシオ。
- ④ ガスタービンエンジンと比較して低速回転になるので、取り扱いが容易 (減速機器の負担減) になります。

(\*1) 乗用車に用いた場合、車体重量 5 0 % 以下・熱効率 5 0 % 以上向上・タイヤ細幅化により燃費を 5 0 % 以上低減

#### 用途

大型自動二輪車・軽乗用車・普通乗用車・軽トラック・携帯発電～小型発電・軽飛行機・船外機・ヘリコプター・ドローン・小型垂直離着陸機 (\*2)

(\*2) 全く滑走しないで垂直方向に離着陸する4人乗り～50人乗り未来小型航空機 (航続距離3,000km以上) で、個人乗用・観光用・物流用、2 連×4 を4基搭載時の最大離陸重量=15トンで、機体重量=7トン、燃料=3トン、積載 (乗員含む) =5トンになります

### 1 4 - 2 ボア 6 0 ディーゼルエンジン (シリンダ径=60mm×行程=160.487mm、ボア比=2.674、圧縮比=24.276)

#### 特徴

- ① 単体構成 (重量23kg・幅655mm×高さ416mm×長さ204mm・462馬力) と基本構成 (重量45kg・幅710mm×高さ416mm×長さ375mm・840馬力) は、超軽量・超小型・高性能・高効率・低燃費 (\*3) ・低振動・低騒音・耐久性抜群なディーゼルエンジン。
- ② 2 連構成～2 0 連構成 (重量92kg～1,187kg・幅710mm×高さ416mm×長さ709mm～6,700mm・1,680馬力～16,804馬力) は、超軽量・超小型・高性能・高効率・低燃費・低振動・低騒音・耐久性抜群なディーゼルエンジン。
- ③ ガスタービンエンジンと同等以上のパワーレシオ。
- ④ ガスタービンエンジンと比較して低速回転になるので、取り扱いが容易 (減速機器の負担減) になります。

(\*3) 乗用車に用いた場合、車体重量 5 0 % 以下・熱効率 8 0 % 以上向上・タイヤ細幅化により燃費を 6 0 % 以上低減

#### 用途

普通乗用車・小型バス～大型バス・小型トラック～大型トラック・農業機械・小型建設機械～大型建設機械・小型航空機～中型航空機・小型船舶～大型船舶・大型ヘリコプター・大型ドローン・中型垂直離着陸機 (\*4)

(\*4) 全く滑走しないで垂直方向に離着陸する50人乗り～250人乗り未来中型航空機 (航続距離6,000km以上) で、乗用・観光用・物流用、建設用、2 連×4 を4基搭載時の最大離陸重量=60トンで、機体重量=25トン、燃料=10トン、積載 (乗員含む) =25トンになります

### 1 4 - 3 ボア 9 0 ディーゼルエンジン (シリンダ径=90mm×行程=240.15mm、ボア比=2.66、圧縮比=24.80)

#### 特徴

- ① 基本構成 (重量135kg・幅1,058mm×高さ862mm×長さ538mm・2,016馬力) は、超軽量・超小型・高性能・高効率・低燃費・低振動・低騒音・耐久性抜群なディーゼルエンジン。
- ② 2 連構成～2 2 連構成 (重量278kg～4,113kg・幅1,058mm×高さ862mm×長さ1,023mm～10,693mm・4,033馬力～44,368馬力) は、超軽量・超小型・高性能・高効率・低燃費・低振動・低騒音・耐久性抜群なディーゼルエンジン。
- ③ ガスタービンエンジンと同等以上のパワーレシオ。
- ④ ガスタービンエンジンと比較して低速回転になるので、取り扱いが容易 (減速機器の負担減) になります。

#### 用途

大型建設機械・小型航空機～大型航空機・中型船舶～大型船舶・小型発電～中型発電・大型ヘリコプター・大型ドローン・大型垂直離着陸機 (\*5)

(\*5) 全く滑走しないで垂直方向に離着陸する250人乗り～500人乗り未来大型航空機 (航続距離8,000km以上) で、乗用・観光用・物流用、建設用、2 連×4 を4基搭載時の最大離陸重量=150トンで、機体重量=70トン、燃料=30トン、積載 (乗員含む) =50トンになります

#### 1 4 - 4 ボア 1 6 0 ディーゼルエンジン (シリンダ径=160mm×行程=401.02mm、ボア比=2.50、圧縮比=24.66)

##### 特徴

- ①基本構成 (重量560kg・幅1,763mm×高さ1,008mm×長さ922mm・6,552馬力) は、超軽量・超小型・高性能・高効率・低燃費・低振動・低騒音・耐久性抜群なディーゼルエンジン。
- ②2連構成～22連構成 (重量1,154kg～17,887kg・幅1,763mm×高さ1,008mm×長さ1,750mm～18,250mm・13,044馬力～143,487馬力) は、超軽量・超小型・大出力 (\*6) ・高性能・高効率・低燃費・低振動・低騒音・耐久性抜群なディーゼルエンジン。
- ③ガスタービンエンジンと同等以上のパワーレシオ。
- ④ガスタービンエンジンと比較して低速回転になるので、取り扱いが容易 (減速機器の負担減) になります。
- ⑤船舶用ガスタービンエンジンを完全に陵駕する出力性能。

(\*6) 14万3487馬力で重量17.887トンの大出力ディーゼルエンジンは、現時点での世界最大馬力ディーゼルエンジンを超える出力

##### 用途

超大型建設機械・超大型航空機・大型船舶～超大型船舶・小型発電～中型発電・超大型ヘリコプター・超大型ドローン・超大型垂直離着陸機 (\*7)

(\*7) 全く滑走しないで垂直方向に離着陸する未来超大形航空機 (航続距離10,000km以上) で、物流用、建設用

2連×4を9基搭載時の最大離陸重量=1000トンで、機体重量=400トン、燃料=200トン、積載(乗員含む)=400トンになります

#### 1 4 - 5 ボア 3 2 0 ディーゼルエンジン (シリンダ径=320mm×行程=802.05mm、ボア比=2.50、圧縮比=24.86)

##### 特徴

- ①基本構成 (重量3,784kg・幅3,458mm×高さ1,952mm×長さ1,726mm・27,577馬力) は、超軽量・超小型・高性能・高効率・低燃費・低振動・低騒音・耐久性抜群なディーゼルエンジン。
- ②2連構成～22連構成 (重量7,904kg～127,003kg・幅3,458mm×高さ1,952mm×長さ3,280mm～34,270mm・55,154馬力～606,697馬力) は、超軽量・超小型・大出力 (\*8) ・高性能・高効率・低燃費・低振動・低騒音・耐久性抜群なディーゼルエンジン。
- ③ガスタービンエンジンに匹敵するパワーレシオ。
- ④ガスタービンエンジンと比較して低速回転になるので、取り扱いが容易 (減速機器の負担減) になります。
- ⑤ガスタービンエンジン (発電用設置型) を超える出力。

(\*8) 60万6697馬力で127.003トンの大出力ディーゼルエンジンは、世界最大馬力ディーゼルエンジンを完全に陵駕する大出力

##### 用途

超大型建設機械・超大型航空機・大型船舶～超大型船舶 (高速航行) ・中型発電～大型発電・超大型ヘリコプター・超大型ドローン・超大型垂直離着陸機 (\*9)

(\*9) 全く滑走しないで垂直方向に離着陸する未来超大形航空機 (航続距離10,000km以上) で、物流用、建設用

2連×4を9基搭載時の最大離陸重量=4000トンで、機体重量=2000トン、燃料=500トン、積載(乗員含む)=1500トンになります

#### 1 4 - 6 ボア 4 8 0 ディーゼルエンジン (シリンダ径=480mm×行程=1200.18mm、ボア比=2.50、圧縮比=24.86)

##### 特徴

- ①基本構成 (重量11,782kg・幅5,184mm×高さ2,916mm×長さ2,560mm・62,286馬力) は、超軽量・超小型・高性能・高効率・低燃費・低振動・低騒音・耐久性抜群なディーゼルエンジン。
- ②連構成～24連構成 (重量24,777kg～449,680kg・幅5,184mm×高さ2,916mm×長さ4,865mm～55,410mm・124,572馬力～1,494,868馬力) は、超軽量・超小型・大出力 (\*9) ・高性能・高効率・低燃費・低振動・低騒音・耐久性抜群なディーゼルエンジン。
- ③ガスタービンエンジンに匹敵するパワーレシオ。
- ④ガスタービンエンジンと比較して低速回転になるので、取り扱いが容易 (減速機器の負担減) になります。
- ⑤ガスタービンエンジン (発電用設置型) を完全に陵駕する出力。

(\*9) 149万4868馬力で449.680トンの大出力ディーゼルエンジンは、世界最大馬力ディーゼルエンジンを完全に陵駕する大出力

##### 用途

超大型建設機械・超大型航空機・大型船舶～超大型船舶 (超高速航行) ・中型発電～超大型発電・超大型ヘリコプター・超大型ドローン・超大型垂直離着陸機 (\*10)

(\*10) 全く滑走しないで垂直方向に離着陸する未来超大形航空機 (航続距離10,000km以上) で、物流用、建設用

2連×4を9基搭載時の最大離陸重量=9000トンで、機体重量=4000トン、燃料=1000トン、積載(乗員含む)=4000トンになります

## 1 4 - 7 ボア 6 0 0 ディーゼルエンジン（シリンダ径=600mm×行程=1609.43mm、ボア比=2.68、圧縮比=24.74）

### 特徴

- ①基本構成（重量24,214kg・幅6,860mm×高さ3,840mm×長さ3,178mm・100,405馬力）は、超軽量・超小型・高性能・高効率・低燃費・低振動・低騒音・耐久性抜群なディーゼルエンジン。
- ②2連構成～24連構成（重量50,322kg～921,899kg・幅6,860mm×高さ3,840mm×長さ6,011mm～68,172mm・200,810馬力～2,409,730馬力）は、超軽量・超小型・大出力（\*11）・高性能・高効率・低燃費・低振動・低騒音・耐久性抜群なディーゼルエンジン。
- ③ガスタービンエンジンに匹敵するパワーレシオ。
- ④ガスタービンエンジンと比較して低速回転になるので、取り扱いが容易（減速機器の負担減）になります。
- ⑤ガスタービンエンジン（発電用設置型）を完全に陵駕する出力。
- ⑥現時点での世界最大発電出力（1基）を超える出力。

（\*11）240万9730馬力で921.899トンの大出力ディーゼルエンジンは、世界最大馬力ディーゼルエンジンを完全に陵駕する大出力

### 用途

超大型建設機械・超大型航空機・大型船舶～超大型船舶（超高速航行）・中型発電～超大型発電・超大型ヘリコプター・超大型ドローン・超大型垂直離着陸機（\*12）

（\*12）全く滑走しないで垂直方向に離着陸する未来超大形航空機（航続距離10,000km以上）で、物流用、建設用

2連×4を9基搭載時の最大離陸重量=15000トンで、機体重量=6000トン、燃料=2000トン、積載(乗員含む)=7000トンになります

## 1 5 . 物流について

物流は、輸送システムにより行われ、その中核を担う運送機械には、数多くのエンジンが使用されております。

そのエンジンを小型化・大出力化・省燃費化は、極めて重要な問題になっております。

- ①垂直離着陸機（最大7000トン）により、大量物資を道路を使用せずに運搬可能になりますので、燃料費・人件費の削減による物流コストが大幅に削減されます。
- ②陸上輸送は、ディーゼルエンジンの超軽量化と道路状況が大幅に改善されますので、燃料費の大幅削減により、物流コストが大幅に削減されます。
- ③海上輸送は、ディーゼルエンジンの超大型化・超軽量化により航海速度が2倍（エンジン出力が8倍以上）以上になり、運航日数が大幅に短縮されて、燃料費・人件費の削減による物流コストが大幅に削減されます。
- ①～③により、二酸化炭素の排出が大幅に削減されます。

## 1 6 . 環境問題について

近年、二酸化炭素の大量排出が地球温暖化の原因とされています。

また、持続可能な開発目標（SDGs）が国連サミットで採択されました。

### 1 6 - 1 生産財

エンジンの超小型化（\*1）により生産財が大幅に削減されますので、工場での電力が大幅に削減されます。

ゆえに、自然エネルギーでない発電（\*2）の二酸化炭素の排出が大幅に削減されます。

（\*1）ガソリンエンジンでは、一般的ガソリンエンジンの15分の1～20分の1、ディーゼルエンジンでは、一般的ディーゼルエンジンの50分の1～200分の1と超小型になります

（\*2）ディーゼルエンジン発電においては、有り余るパワーと排出エネルギーにより、二酸化炭素除去装置で二酸化炭素を90%以上除去可能になります

### 1 6 - 2 省燃費

エンジンの高効率化（\*3）により、自動車・バス・トラック・小型船・船舶・飛行機・航空機・農業機械・建設機械・発電の運転時における燃料が大幅に削減されます。

（\*3）ガソリンエンジンでは熱効率50%以上、ディーゼルエンジンでは熱効率60%以上になります

### 1 6 - 3 地球環境

- ①垂直離着陸機により、ダム建設により水力発電所を設置して、自然エネルギー発電を増大します。
- ②垂直離着陸機により、ダムの水を砂漠化した土地に移動して、砂漠を緑地化します。
- ③垂直離着陸機により、大規模火災を消火します。
- ④垂直離着陸機により、治水・防水を行います。
- ⑤垂直離着陸機により、各種建設工事の生産性を高めて、大幅な工期短縮による燃料費削減とコスト削減を実現します。
- ①～⑤により、地球環境の改善・農業資源の増強（食糧危機解消）・二酸化炭素排出量の大幅削減を計り、カーボンニュートラルを早期に実現します。

## 1 7 . まとめ

1876年の4ストロークガソリンエンジン（オットー機関）以降に様々な改良により、エンジン技術は飽和状態になっております。

そこで、エンジンの仕組みを根源的に改良することで、マシモエンジン技術の有用性を確認されることになると、強く確信しております。

それゆえに、マシモエンジン技術を世界の多くの企業にライセンス供与することで、世界を有益な方向に変えられることを、強く確信しております。