

BYD海豹06DM-i 120KM尊享型 (PHEV)

<エンジン構造概要及びHEVユニット概要調査レポート>

株式会社 コベルコ科研

1. 納入品

- 本レポートは、購入者名を記載し、PDF形式の電子ファイルにて納品いたします。
- 本レポート内のグラフ、測定結果に関する電子データは含まれません。
- 納入後1年以内に本レポート内容の不備、データの誤りが確認された場合は、修正版を納品いたします。

2. 知的財産権

- 本レポートについての著作権を含む知的財産権は、コベルコ科研に帰属し、購入者に実施または使用許諾をするものではありません。
- 購入者による契約書およびご注文書に記載される著作権を含む知的財産権の取扱いと相違がある場合は、上記の同意を得た場合のみ販売いたします。

3. 利用制約

- 本レポートの購入者外の第三者への開示、利用、譲渡、再販売はお断りいたします。

4. 免責事項

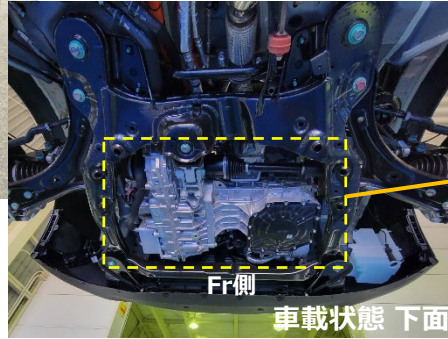
- 購入者が本レポートを利用することにより生じた損害については一切責任を負いません。

以上

| | | | | |
|----------------------|-------|-------|---------------------|-------------|
| 1. 車両 主要諸元 | | P. 3 | 5) 点火系部品 | |
| 2. 車両及びPHEVシステムの概要 | | P. 5 | 6) 吸気系部品 | |
| 1 海豹 (Seal) 06 について | | | 7) 排気系部品 | |
| 2 HEVシステム用エンジンの比較 | | | 8) エンジンマウント部品 | |
| 3. エンジン構造概要 | | P. 10 | 4. HEVユニット概要 | P. 54 |
| 1 DM-i 用エンジン技術ハイライト | | P. 11 | 1 動力伝達システムの構成 | P. 55 |
| 1) 第4, 5世代エンジンの低燃費技術 | | | 1) 駆動部のオーバービュー | |
| 2) 第5世代エンジンの冷却系 | | | 2) 電気駆動部 | |
| 3) 第5世代エンジンの潤滑系 | | | 3) 機械駆動部 | |
| 4) 第5世代エンジンの燃焼系 | | | 2 熱マネジメントシステム | P. 72 |
| 5) 第5世代エンジンの低NVH設計 | | | 1) 熱マネジメントシステムの全体構成 | |
| 2 第5世代エンジンの詳細 | | P. 30 | 2) 冷媒系の回路 | |
| 1) 大物構造物 | | | 3) エンジン冷却系 | |
| 2) 主運動系部品 | | | 4) モータ、ジェネレータの冷却系 | |
| 3) 動弁系部品 | | | | |
| 4) 燃料系部品 | | | | |

(全85項)

- 調査対象となる車両 BYD 海豹06DM-i (PHEV) の主要諸元を示す。



車載状態 下面



車載時右面



車載時左面

| 車体名称 | BYD 海豹06DM-i 120KM尊享型 | | 動力 | 1.5L プラグインハイブリッド | |
|----------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|-------------------|---------------------------------------|
| 現地価格[元]/[円] (24年10月) | 12.98万元/271万円 | 航続距離(CLTC)[km] | 120 | 型式 | VG6 |
| 座席数 | 5 | 風抵抗係数(Cd) | 0.255 | バック寸法 (L×W×H)[mm] | 1235×880×97 (実測) |
| 車体寸法(mm) | 4830 × 1875 × 1495 | エンジン型式 | BYD472QC | バックメーカ | Shao'xing FinDreams Battery Co., Ltd. |
| ホイールベース(mm) | 2790 | 排気量(L)/最大出力(kW) | 1.5/74 | バッテリー種類・セル数 | LFP・104セル |
| Fr/Rrトレッド(mm) | 1620 | 環境基準適合 | 国VI | 定格電圧[V]/容積[Ah] | 332.8/47.7 |
| 車体重量/最大重量(kg) | 1775/2150 | HEVシステム | EHS電気ハイブリッドシステム | 定格電力[kWh] | 15.87 |
| 燃料タンク容量(L) | 65 | トランスミッション | E-CVT | 最大充電電力[kW] | 23 |
| 手荷物室の容積(L) | 550 | モータ種類 | 永久磁石同期 | DC/AC充電時間[h] | 0.42/2.5 |
| 最小回転半径(m) | 5.5 | モータ最大出力[kW] | 160 | | |
| | | モータ最大トルク[N・m] | 260 | | |

※公開情報に基づき作成、公式HP以外の値も含む

2. 車両及びPHEVシステムの概要

1) BYDラインナップでの海豹の位置づけ

現在のBYDのモデル数は、仕向地などでもバリエーションが増え膨大である。その中からBEV及びPHEVをピックアップしプロットしたものが下図で（一部生産終了モデルも含む）、PHEVはBEVより車格がやや上で、多用途車を多数ラインナップしている。

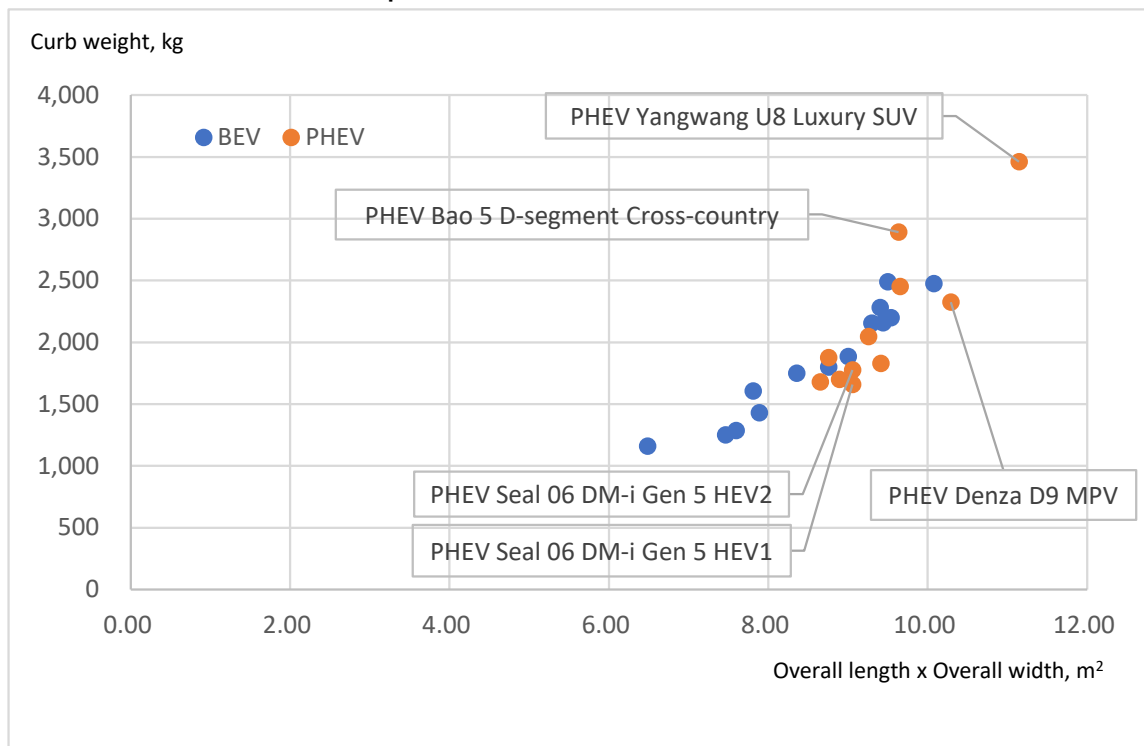
最新の第5世代DM-i は、そのなかでもより燃費/電費が重視される小型寄りのモデルで初投入された。



海洋シリーズ Dolphin



Seal 06 DM-I Gen 5



2) 車両俯瞰

海豹06は、秦 L と同時に最新の第5世代DM-i を搭載した第1号モデルである。車両仕様を右下に示す。秦 L も似通ったセダンで寸法も4,830x 1,900x 1,495 と同等。



後面及び中国現地車名表記

主な車両仕様

| 項目 | 数 値 (無表示単位は mm, kg) | |
|----------------|-----------------------|---------------|
| モデル型式 | BYD7150ADHEV1 | BYD7150ADHEV2 |
| 全長 x 全幅 x 全高 | 4,830 x 1,875 x 1,495 | |
| ホイールベース | 2,790 | |
| 空車重量 (乾燥+燃料油脂) | 1,660 | 1,775 |
| GVWR | 2,035 | 2,150 |
| 乗車定員 | 5 人 | |
| 走行モータ出力 | 55 / 5,000 | 70 / 5,570 |
| 走行用電池種類/容量 | LiB / 37.5 Ah | LiB / 47.7 Ah |
| エミッションレベル | 国 VI b | |
| 燃費 (NEDC) | 1.24 l/100km | 1.56 l/100km |

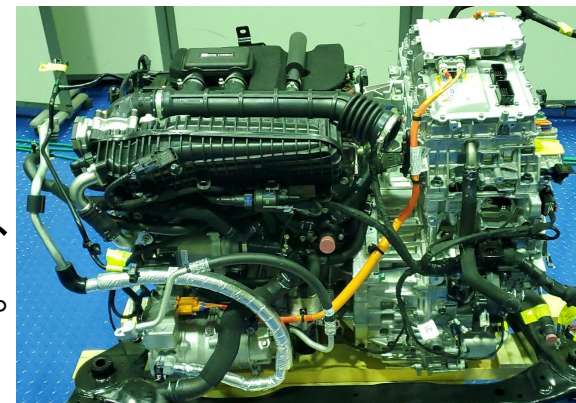
車両全景

○ハイブリッドシステム用エンジンの比較

xEVに用いられる各社のエンジン仕様を下表に示す。

熱効率の比較は測定条件が不明な数値が多く表からは除外したが、トヨタは >40%、日産は約40%との発表がある (BYDは46% →12ページ)。

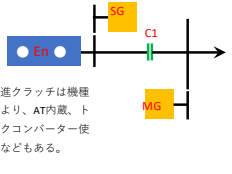
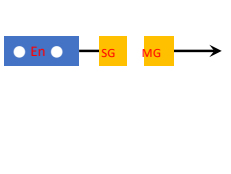
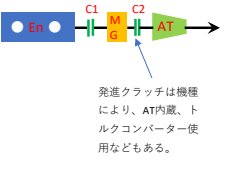
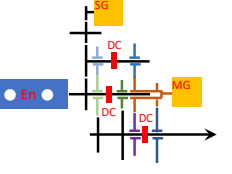
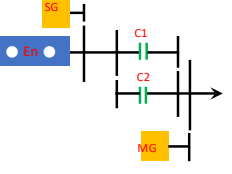
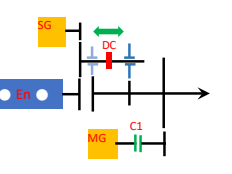
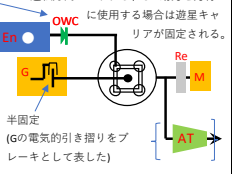
表中で最新のものはBYD第5世代 (本報告の調査機。以降 本機 と呼ぶ) であるが、競合エンジンの仕様をよく睨んでいる — learn from the best & move fast !



| 国・地域 | 中国 | | | | 日本 | | | |
|-----------------|-------------------|-----------------------------|---------------|------------------|----------------|------------------|---------------|-------------------------|
| メーカー | BYD | | | | ホンダ | トヨタ | 日産 | |
| エンジン型式 | BYD472QC | | BYD472QA | BYD476ZQC | LEB | M15A-FXE | HR14DDe | KR15DDT |
| 排気量 [c.c. 吸気形式] | 1,498 NA | 1,498 NA | 1,498 NA | 1,497 TC | 1,496 NA | 1,490 NA | 1,433 NA | 1,497 TC |
| 気筒内径x行程/比率 | 72 x 92/ 1.3 | 72 x 92/ 1.3 | 72 x 92/ 1.3 | 76.5 x 81.4/ 1.1 | 73 x 89.4/ 1.2 | 80.5 x 97.6/ 1.2 | 78 x 100/ 1.3 | 84 x 88.9~90.1 |
| 燃焼方式 | ミラー/アトキンソン | ミラー/アトキンソン | ミラー/アトキンソン | ターボ過給 | ミラー/アトキンソン | ミラー/アトキンソン | ミラー/アトキンソン | 可変ストロークミラー |
| 用途 | 発電、車輪直動 | 発電、車輪直動 | 発電、車輪直動 | 発電、車輪直動 | 発電、車輪直動 | 発電、車輪直動 | 発電専用 | 発電専用 |
| 出力/回転数 [kW/rpm] | 74 / 6000 | 81 / 6000 | 72 / 6000 | 102 ~ 115 | 78 / 6000-6400 | 67 / 5500 | 72 / 5600 | 106 / 4400~5000 |
| 幾何的膨張比 | 16.1 | 15.5 | 15.5 | 12.5 | 13.5 | 14 | 13 | 可変ストローク機構 8.0 ~ 14.0 |
| 実圧縮比 | 可変(VVT) | 可変(VVT) | 可変(VVT) | 可変(VVT) | 吸気VVT+リフト2段切替 | 可変(VVT) | 可変(VVT) | |
| 気筒数 (1筒バルブ数) | 4 (4) | 4 (4) | 4 (4) | 4 (4) | 4 (4) | 3 (4) | 3 (4) | 3 (4) |
| ガソリンオクタン価 | RON 92 | | | | RON 91~92 で同等 | | | |
| 代表モデル [市場] | 海豹 (Seal) 06 [中国] | 秦 (Qin) + [中国] | シーライオン 6 [日本] | 漢 (Han) L [中国] | フィット [日本] | ヤリス [日本] | セレナ [日本] | エクストレイル [日本] |
| 備考 | DM-i 第5世代 | DM-i 第4世代 (次ページ参照) 上市 2021年 | | | 上市 2020年 | 上市 2020年 | 上市 2023年 | 上市 2022年 |

○エンジン/モータ動力混合機構の諸方式と得失

BYDのシステムは、動力混合するものの中ではクラッチを1個とした最もシンプルな構成で（ホンダも同様の機構であったが最新のものは2クラッチ）、コスト対効果を重視した構成である。

| 減速機 | 減速機 | AT | AMT | AMT | CVT | |
|--|---|---|--|--|--|--|
| BYD DM-i 第4~5世代 | 日産 e-Power | 日米欧中 多数 | Renault E-TECH | ホンダ e:HEV 2速版 | 三菱 e:MOTION | トヨタTHS II (eCVT) |
|  <p>発進クラッチは機種により、AT内蔵、トルクコンバーター使用などもある。</p> |  |  <p>発進クラッチは機種により、AT内蔵、トルクコンバーター使用などもある。</p> |  |  |  |  <p>エンジン逆転方向でロックし、Gの動力を力行に使用する場合は遊星キャリアが固定される。 半固定 (Gの電氣的引き摺りをブレーキとして表した)</p> |
| <p>SG：電池充電のための発電機とエンジンスタータを兼ねる。 MG：駆動モーターと減速時再生発電機を兼用する C1：湿式多板クラッチ <u>メリット</u>＝シンプルな構成でエンジン+モータの動力を混合できる。 <u>デメリット</u>＝エンジン動力が変速機を介さず車輪に伝わるため、エンジンを高効率で使用できる回転域が狭い (通常はモータの非効率領域のみをカバー)。</p> | <p>建設車両などに多いエンジン-電気駆動ドライブであるが、エンジンは走行負荷変動を直接受けず電池が変動を吸収する。 SG, MG：左のBYDと同。 <u>メリット</u>＝動力の制御が簡単で切替の継目がない円滑な走行が可能である。また、BEVとの機器共通化も織込み易い。 <u>デメリット</u>＝機械⇄電気変換によるエネルギー損失を全域で被る。高回転で非効率なモータ特性も不可避。</p> | <p>AT：遊星ギアトレインと多板クラッチからなる変速機 MG：駆動モーターと減速時再生発電機を兼用 C1, C2：プレートクラッチ <u>メリット</u>＝エンジンとモータの出力の単純和がシステム出力となり、両原動機を同時に最大出力で使用でき、高性能である。非HEVのAT車に展開しやすい。 <u>デメリット</u>＝エンジン回転数がATギア比の通りステップ的に変化するためCVT系より燃費は劣る。</p> | <p>FF用MTギアボックスを流用したAMTの一種であるがRenault特有。 SG：エンジンスターター、変速時調速、減速時再生用 DC：ドグ・クラッチ。MTのクラッチハブスリーブと同様の形状で、シャフトとスプライン嵌合し左右に摺動する。シンクロリングはない。 ・3つのDCの噛合いを切替えることでエンジン4スピード、MG2スピードの有段変速ができる。</p> | <p>SG, MG：左例と同。 C1, C2：いずれか一方を係合、あるいはNとする。国内ではC1のみの構成であったが、北米 Accord, CR-V で先行採用され2026年2月に国内でもCR-V発売。 <u>メリット</u>＝牽引などに対応できる低いギア比 (減速比: 1.409) を設定することで、燃費節減側のギア比を思い切って高く (同: 0.708) 設定できる (各ギア比は北米用)。 <u>デメリット</u>＝C2クラッチ追加で複雑・高コスト化。</p> | <p>SG, MG：左例と同。 DC：ドグ・クラッチ。MT技術の応用。 C1：MG未使用時に連れ回り損防止のため接続を絶つ。 <u>メリット</u>＝ホンダ e:HEV と同様。併せてMGに誘導機をでなく同期機を用いながら空転ロスの削減を行う。 <u>デメリット</u>＝作動に機械式DCと油圧式C1、及びそれらの制御機構の追加が必要。 [技術動向]の項で詳報。</p> | <p>OWC：ワンウェイクラッチ。機能は図中参照。 Re：減速ギア。初期THSにはなかった。 AT：一部モデルのみ。 <u>メリット</u>＝変速比及びエンジン/モータの動力混合比が無段階に変化する。 <u>デメリット</u>＝エンジンとモータが1つの遊星で繋がっているため、両方同時に最高出力にできない。現行車のシステム最高出力はエンジン+モーター最高出力合計の75%未満である。</p> |

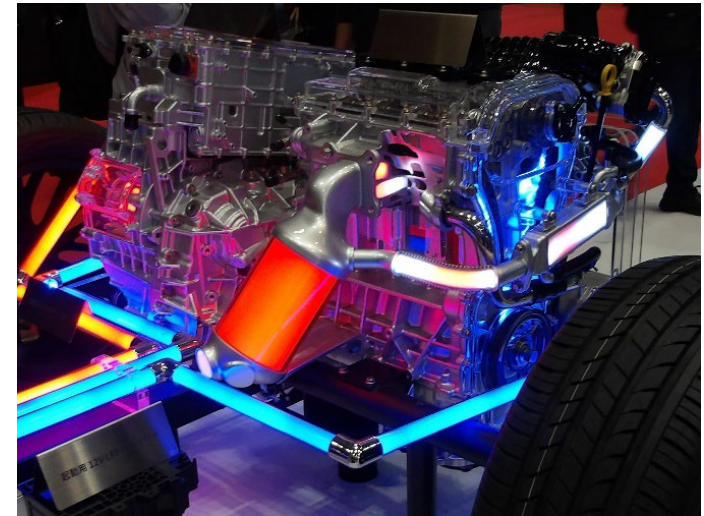
1) 第4, 5世代エンジンの低燃費技術

第4, 5世代の定義

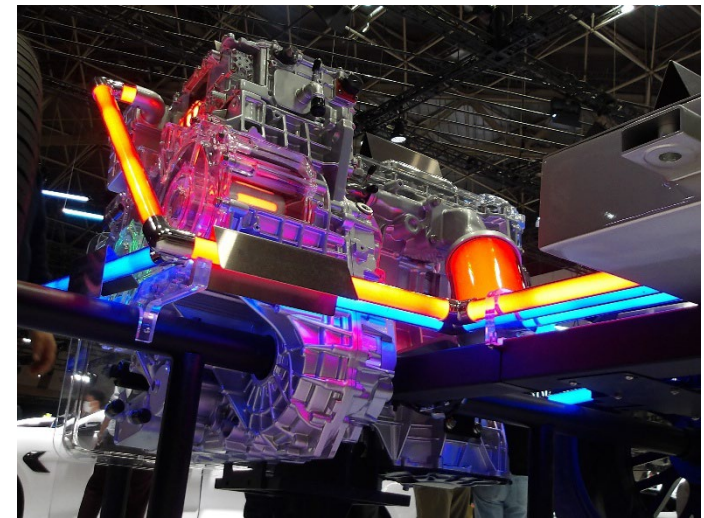
世代の定義はBYDに問うしかないが、日本での技術プレゼンテーションに於いて「第3世代とは2018年に上市したシリーズハイブリット+多段DCTを指し、第4世代とは2021年に開発したエンジンを補助的に使用したシステムである」との発言があり、故に次ページの通り分類した。

なお第4世代には2026年3月頃日本で発売される4WD版シーライオン6も含まれ、このモデルはターボ過給が組み合わされる予定である。

右写真は2025年ジャパンモビリティショーに展示されたDM-i 第4世代と称されるものである。エンジン鑄造品の外側（外型）形状は以降に示す第5世代と同一に見える。



第4世代展示品



第4世代展示品

1) 第4, 5世代エンジンの低燃費技術

無過給第4, 5世代の比較

今回は性能試験を行っていないため、以降の情報はメーカ発表をそのまま転記したものである。また第4世代エンジンの現機調査も行っていないため、目視でわかる仕様も一部「不明」とした。

第4, 5世代に共通する低燃費技術は、超ロングストローク、排気を冷却供給するクールドEGR、燃焼室内の高強度タンブル、機械式/電制式の2連冷却水サーモスタット、低摩擦DLCコーティングピストン、低張力ピストンリング、低粘度 (0W-16) エンジンオイル等である。

一方、第4 → 5世代で変更された仕様も多く、それらを次表にまとめた。

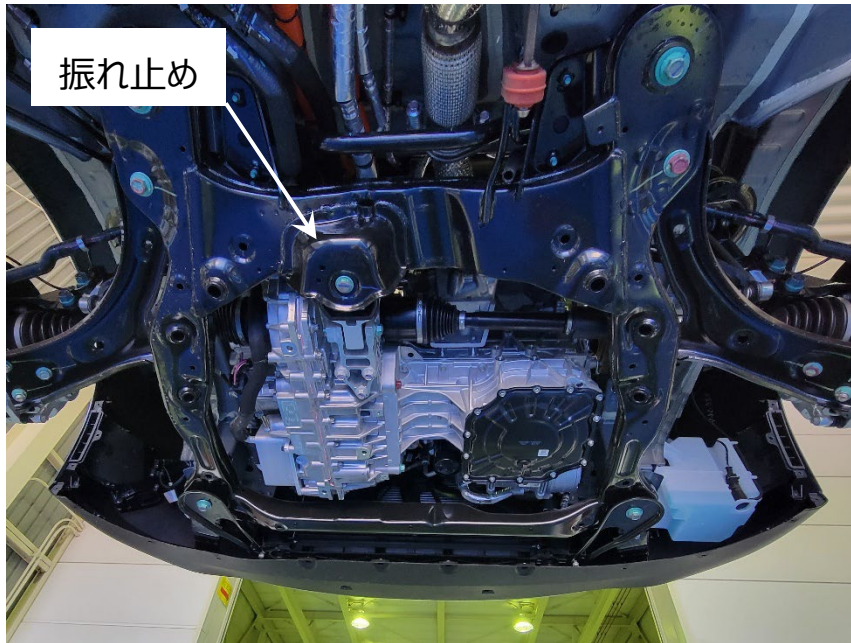
| 項目 | 第4世代仕様 | 第5世代仕様 |
|--------------------|-------------------|-------------------------|
| 最大出力 | 81 kW / 6000 rpm | 74 kW / 6000 rpm |
| 膨張比 (圧縮比はVVTにより可変) | 15.5 : 1 | 16.1 : 1 |
| ピストン冷却 | (ベース) → | 高膨張比対応最適化、ピストン温度 10°C低減 |
| 最大熱効率 | 43.04 % (BYD発表ママ) | 46.06 % (BYD発表ママ) |
| EGR比 | 不明 | 約 30% |
| 筒内タンブル比 | (ベース) → | 15 %増加 |
| 潤滑システム | 詳細不明 | 電制可変吐出圧ポンプ |
| 燃焼室形状 | (ベース) → | 高膨張比に対応し最適化 |
| コイル点火エネルギー | (ベース) → | 増加 |
| スタート/ストップ戦略(制御仕様) | (ベース) → | 1回当り燃料消費 16 %削減 |

1) 第4, 5世代エンジンの低燃費技術

エンジンの車載位置・周囲環境

車両は前輪駆動で、エンジン及びハイブリッド駆動系はすべて一体となりペンデュラムマウントされている（振れ止めはサスペンション・サブフレームに結合されている）。

上面ではエンジン及び駆動系に防音カバーが装着されており、NVHIには留意している。



車載状態 下面



車載状態 上面

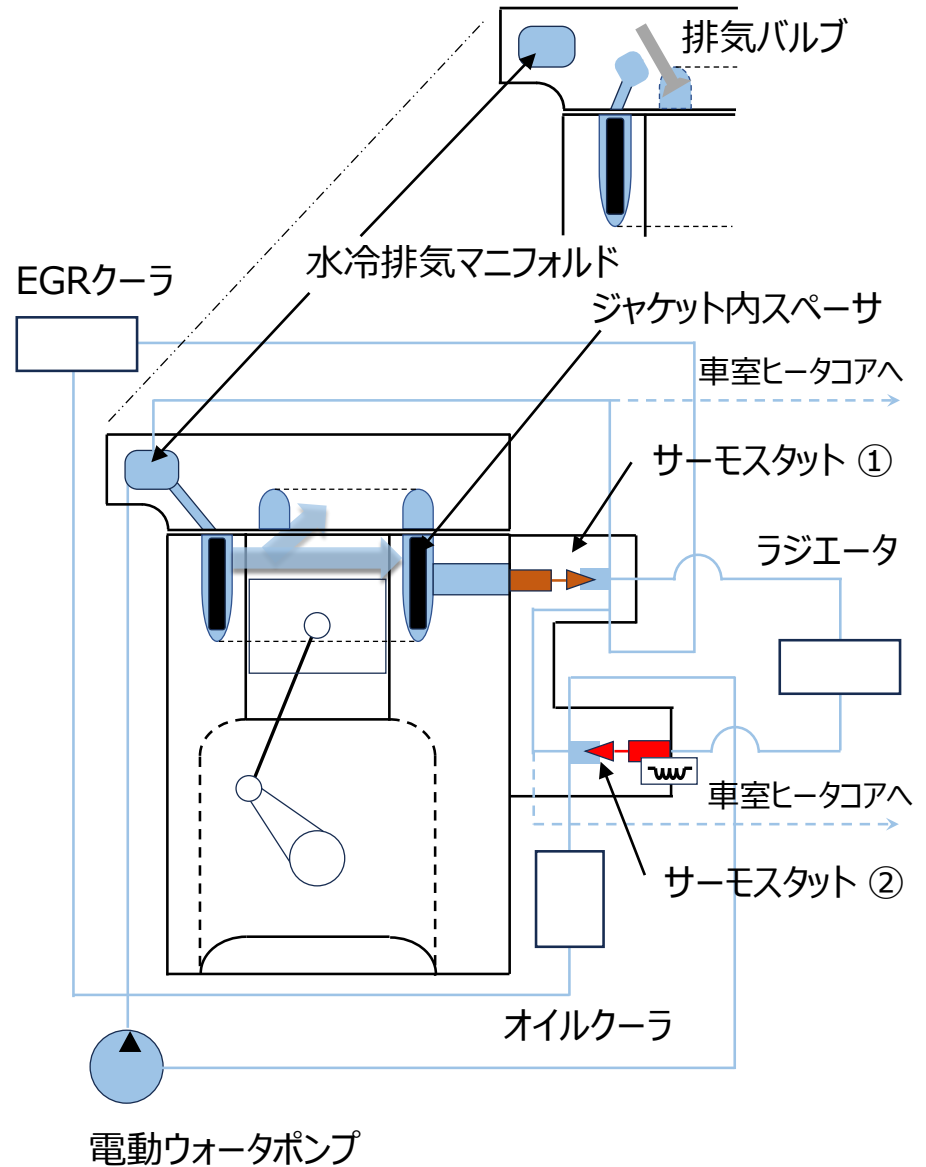
2) 第5世代エンジンの冷却系

エンジン冷却システムの回路構成

エンジンとバッテリー/パワーエレクトロニクス機器の冷却回路は基本的に分離されており、相互の熱授受はない。

本機の最大の特徴は2連のサーモスタットであり、動作組み合わせでエンジン各部の温度分布が制御できる(詳細は次ページ)。ただしヨタHEVなどで強制開閉弁+サーモスタットの構成で同様な作動を可能にするものがある。

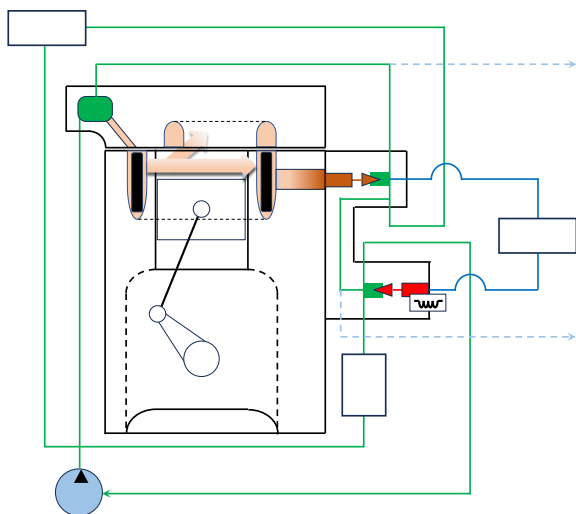
- ① 開弁温度固定(メカニカル)サーモスタット
設定温度: 開始 70°C 全開 85°C
- ② 開弁温度電制サーモスタット
無通電設定温度: 開始 97°C 全開 113°C



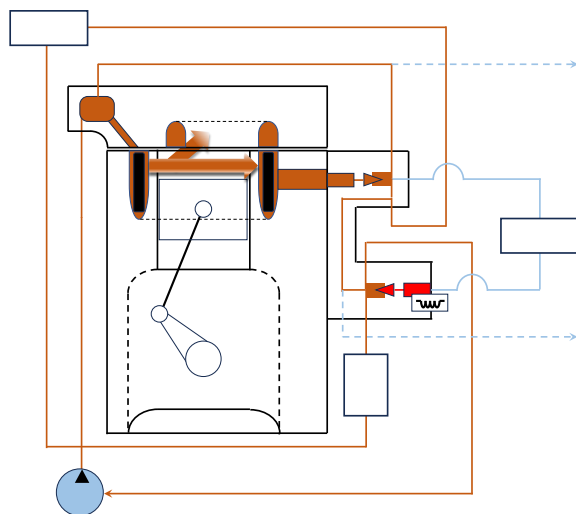
2) 第5世代エンジンの冷却系

エンジン冷却システムの回路構成

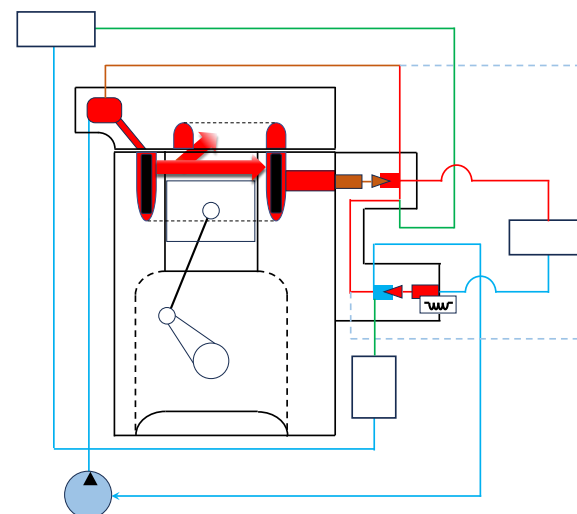
- A. 始動後水温 70°Cまではエンジン内部に流れはなく速やかな暖機が行われ、油温上昇による摩擦損の低減が図れる。このときサーモ②を開けばラジエータで緑色回路の冷却が可能である。
- B. 水温 70°Cでサーモスタット①の開弁が始まる。ただしサーモスタット②の開弁まではラジエータに流れは生じず、エンジン温度はゆるやかな上昇を続ける。
- C. サーモスタット②が開弁を始めるとラジエータによる冷却が始まり、オーバヒートを防止する。



A. 水温 70°Cまで



B. 水温 70°C以上 サーモ②開まで



C. 水温 70°C以上 サーモ②開以降

4. HEVユニット概要

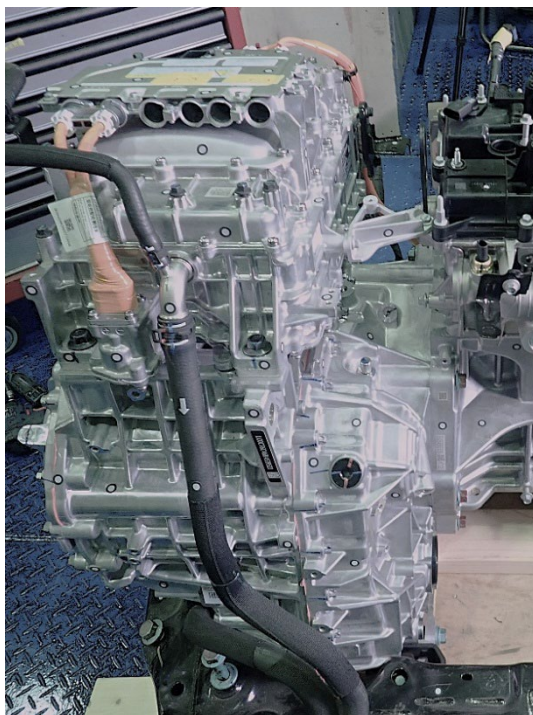
1) 駆動部のオーバービュー

分解前の Front Driving Device

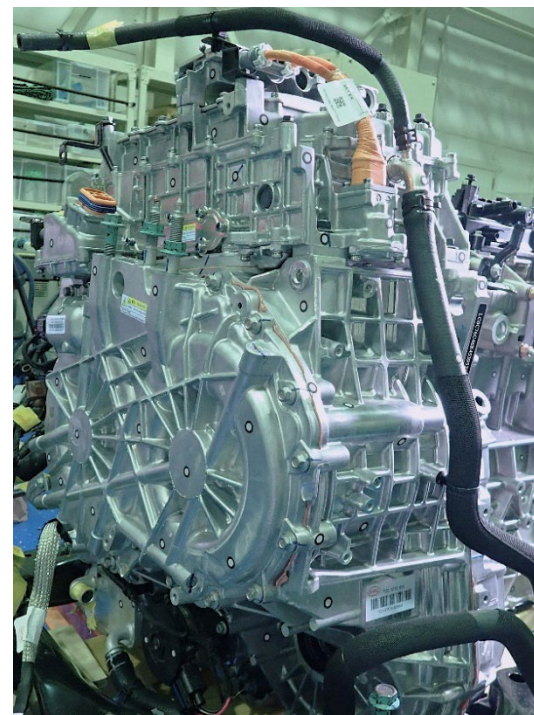
BYD は駆動部Ass'y をフロントドライビングデバイスと呼び、モータ、ジェネレータ、制御機器、減速/動力切替ギアボックス、熱マネジメント機器（一部別置き）等を高度に統合している。また、エンジンに組付け一体化したうえで車載され、マウント支点などをエンジンと共有している。



車載時右面



車載時後面



車載時左面

1) 駆動部のオーバービュー

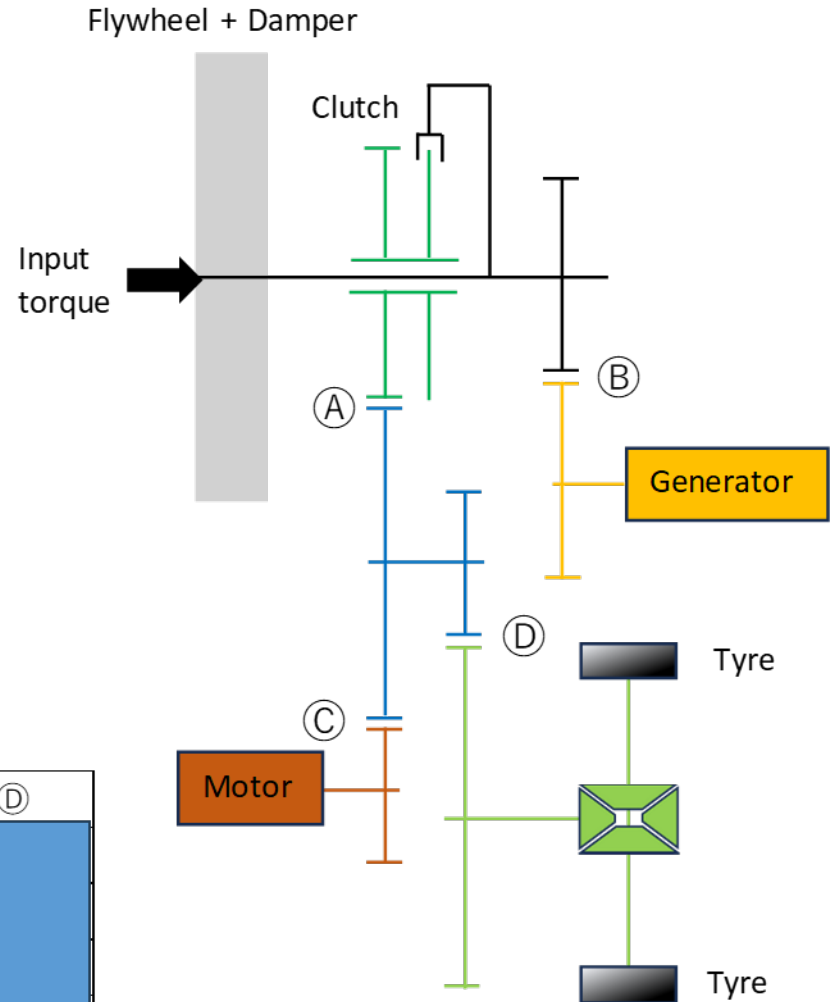
全体構成と増/減速関係

先の9ページでは機能比較のため簡略図で表したが、実際のドライビングデバイスは右図に示すような構造である。

モータは常時車輪とつながっており、電動走行や制動力回生などを行うが、不使用時も車輪と連れ回る。

エンジンは、クラッチを接続すれば車輪を直接駆動できる。

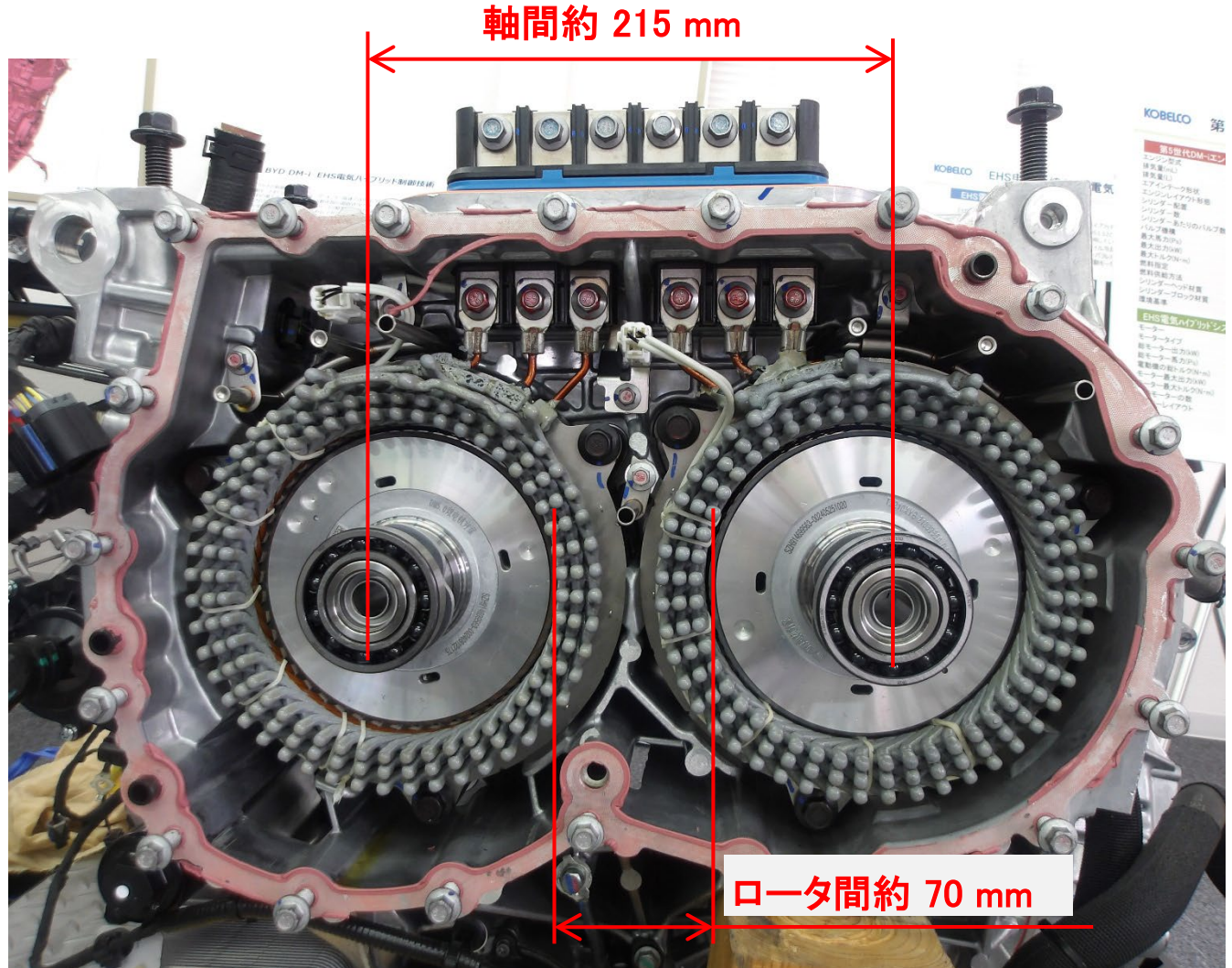
| 噛合い箇所 | | (A) | (B) | (C) | (D) |
|--------|------|-----|-----|-----|-----|
| 歯数 | 駆動側 | | | | |
| | 被駆動側 | | | | |
| ギア比 | | | | | |
| ギア比の意味 | | | | | |



エンジン input torque を受けるすべての駆動系

2) 電気駆動部

分解前の駆動部
ジェネレータ及びモータは写真のハウジング内に完全に格納されており、隣接する駆動ギアボックスとパワーエレクトロニクス機器と併せ電動走行系の冷却・潤滑・走行機能が集中している。
エンジンと一体で車載されるが、冷却・潤滑ともエンジンとは連携していない。



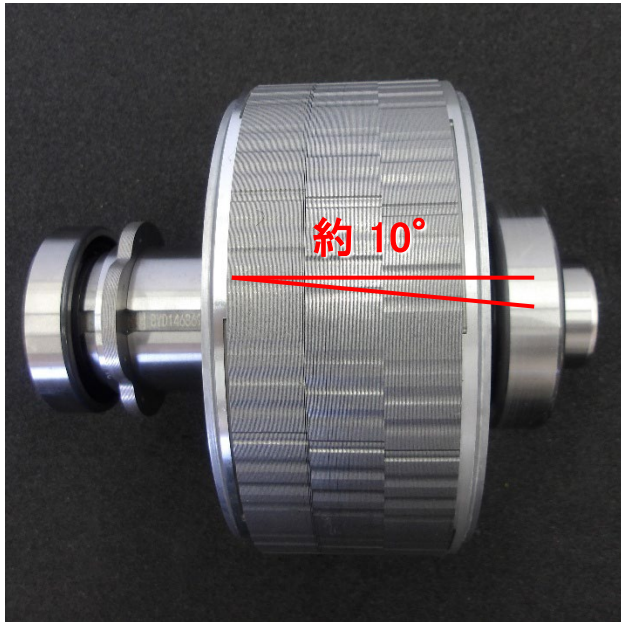
組込状態のジェネレータ(左)及びモータ(右)

2) 電気駆動部

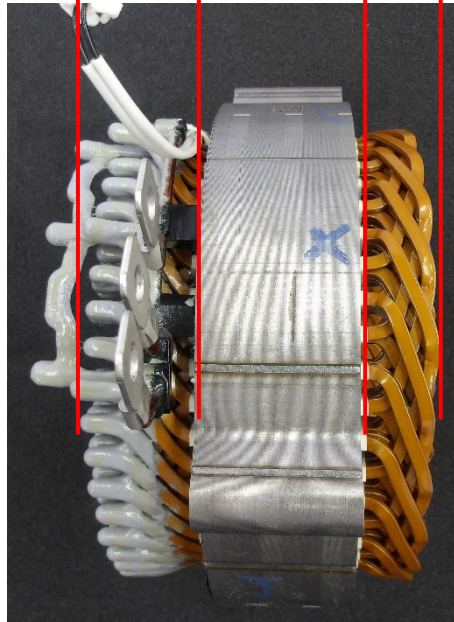
ジェネレータ

ロータのスキューは1方向斜行約 10° で積層鋼板総厚さ51.4 mmのなかを3段に分けて施されている。ロータ直径は約 144.5 mmである。

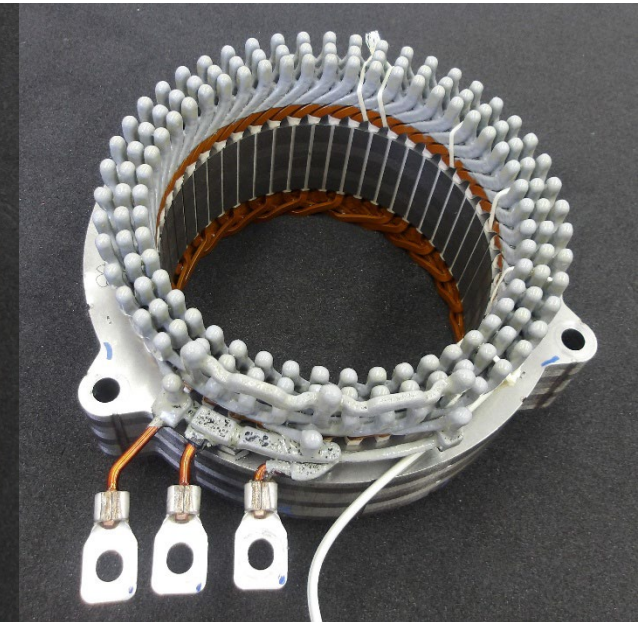
ステータは積層鋼板総厚さ50.3 mm、**約 38~39 mm** **約 25 mm**
 スロット数は 48である。



ロータ



ステータ

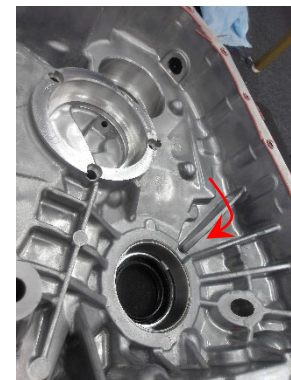


ステータ

3) 機械駆動部

E: 終減速及びディファレンシャル機構

終減速比は 3.739 (57ページ参照) でエンジン車と大差ないがやや小さめで、オーバードライブレシオのクラッチ軸増速 (0.761) と併せ、高速燃費の向上を指向したギア比に設定されている。円錐ころ軸受は、はねかけ潤滑される (右写真)。



ベアリング外輪への油流



傘歯車側



裏側