

低燃費・低エミッションのタイ向け小型二輪車用 4ストロークエンジンの開発

Development of a 4-stroke Engine for Small Motorcycle
with Low Fuel Consumption and Low Emission for Thailand

澤 村 吉 信*

Yoshinobu SAWAMURA

小 林 英 男*

Hideo KOBAYASHI

斉 藤 則 夫*

Norio SAITO

廣 瀬 義 久*

Yoshihisa HIROSE

坂 本 文 一 郎*

Bunichiro SAKAMOTO

要 旨

世界的に環境保護・省エネルギー化への関心が高まる中で、タイ市場の二輪車においても燃費の向上とエミッション低減が強く求められている。そのため、燃費・エミッション性能を大幅に改善した4ストローク 125cm³ エンジンをタイ市場用に開発した。燃費向上のために、ロッカアームおよびピストンのしゅう動面のフリクション、および発電機の機械入力値を低減した。また、スロットル開度に応じて点火時期を切替えて燃焼効率を高めた。エミッション低減のために、エキゾーストポートに新気を導入する二次空気導入システムを採用した。その結果、燃費は前モデルの108cm³ エンジンに対して ECE40 モードで 30%向上した。エミッションはタイ 4 次規制値に対して CO55%減、HC+NOx 60%減を達成した。

ABSTRACT

Concerns about environmental protection and energy saving are growing in the world, and Thailand market also strongly requires an improvement of fuel consumption and emission for motorcycles. Therefore, we developed a 125 cm³ 4-stroke engine with revolutionized fuel consumption and emission for Thailand market. For enhancing the fuel consumption, the friction of contact surfaces of rocker-arm and piston and the mechanical input of generator was reduced. Also the combustion efficiency was enhanced by changing the ignition timing by throttle opening. For reducing the emission, the secondary air pulse induction system, introducing fresh air into an exhaust port, was employed. As a result, the fuel consumption was enhanced 30% in ECE40 mode compared to the 108cm engine of previous model. The emission was reduced 55% in CO and 60% in HC+NOx against the value of the 4th emission regulation in Thailand.

1. まえがき

タイの小型二輪車市場は、Fig. 1 に示すように 1990 年代後半から 4 ストロークエンジン車に移行してきている。Honda は経済不況およびタイ 4 次エミッション規制などの市場状況に対応するため、経済的で環境性能に優れた 4 ストロークエンジン車を積極的に市場投入している。

今回、4 ストロークエンジンの長所を活かして、さらに燃費を向上させ、エミッション低減を目指して小型二輪車用 4 ストローク 125cm³ エンジンをタイ市場用に開発した。本稿では、そのエンジンに適用した燃費向上技術とエミッション低減技術について述べる。

*朝霞研究所

2. 開発のねらい

省エネルギー化・環境保護の観点から、開発目標を次の通り定めた。

- (1) 省エネルギー化: ECE-40 モードにおける燃費を前モデルに対して 30%向上
- (2) 環境保護: タイエミッション 4 次規制値の 1/2 以下(タイ 4 次エミッション規制値 CO/HC+Nox:4.5g/km/3.0g/km)

3. エンジンの概要と主要諸元

Fig. 2 に今回開発したエンジンの構造図を、Table 1 に主要諸元を示す。

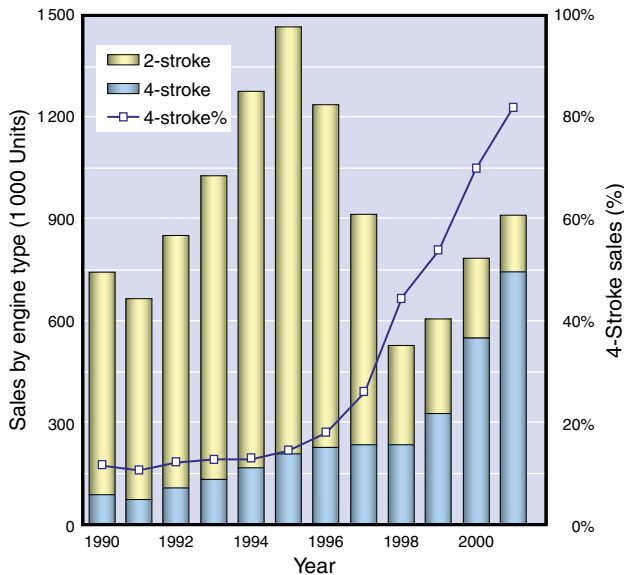


Fig. 1 Motorcycle market demand in Thailand, share by engine types

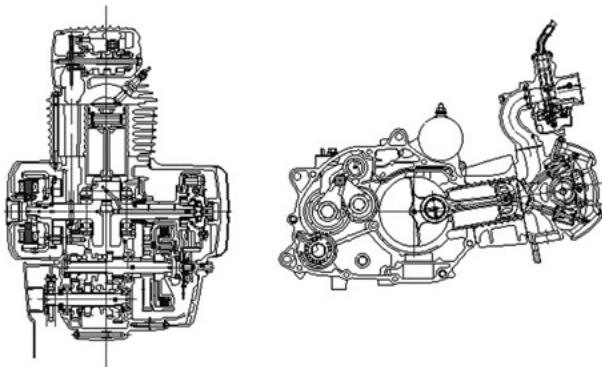


Fig. 2 Sectional drawing of developed engine

本エンジンは、OHC 2バルブ空冷単シリンダ4ストロークエンジンである。排気量は、前モデルの 108cm³ から 125cm³とした。バルブのはさみ角は、66°から49°に変更した。吸気バルブ径を 23mm から 24mm に、排気バルブ径を 20mm から 21mm に変更した。また、圧縮比は、9.0 から 9.3 とした。

4. 燃費向上技術と効果

燃費向上のために採用した技術とその効果について説明する。

4.1. ローラベアリング付きロッカアームの採用

カムとロッカアームのしゅう動フリクション低減のためにロッカアームにローラベアリングを採用した。しかしながら、前モデルと同様のレイアウトとした場合、ローラベアリングを付加することで動弁系の慣性等価質量が増加する。動弁系の慣性等価質量の増加はエンジン高回転時にバウンスによる耐久性を阻害する。バウンスを抑制するためにバルブスプリング荷重を増加すると、フリクションは増加することになる。そこで、Fig. 3に示すようにバルブはさみ角を前モデルの 66°から 49°に変更してロッカアームのコンパクト化を図った。さらに、バルブをオフセットすることで、ロッカアームも Fig. 4 に示すようにストレート形状にして軽量化を図った。その結果、ローラベアリングを採用したにもかかわらずロッカアーム質量を前モデルと同等にできた。

また、バルブをオフセットしたことでバルブ径を大きくすることができたので、バルブリフトを増やすことなく混合気流量の確保ができた。

以上より、Fig. 5 に示すようにバルブ駆動によるフリクションをエンジン回転速度 4 000r/min で 24%低減することができた。

Table 1 Major specifications of engines

Items	Developed engine	Previous engine
Engine type	4-stroke, single-cylinder	4-stroke, single-cylinder
Bore × Stroke (mm)	52.4 × 57.9	50 × 55.5
Displacement	125	108
Compression ratio	9.3	9
Valve train	SOHC 2-valves	SOHC 2-valves
Valve diameter (mm)	IN 24, EX 21	IN 23, EX 20
Included valve angle (deg)	49	66
Clutch type	Automatic centrifugal	Automatic centrifugal
Transmission	4 speed constant mesh	4 speed constant mesh

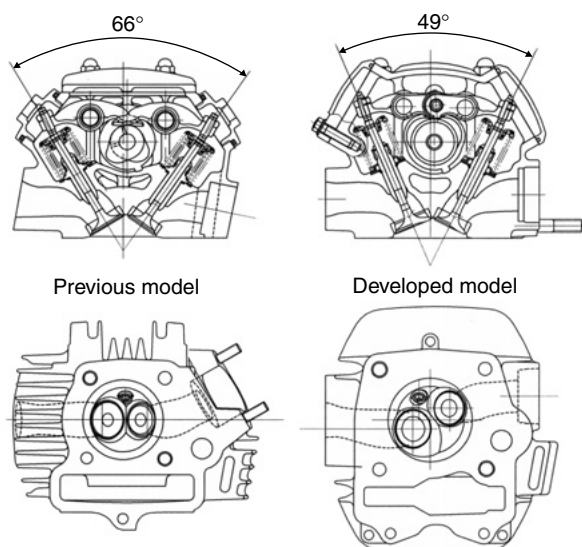


Fig. 3 Comparison of valve systems

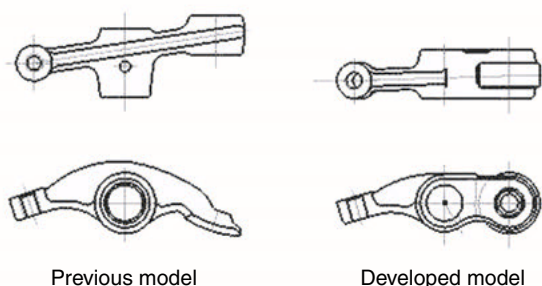


Fig. 4 Comparison of rocker-arms

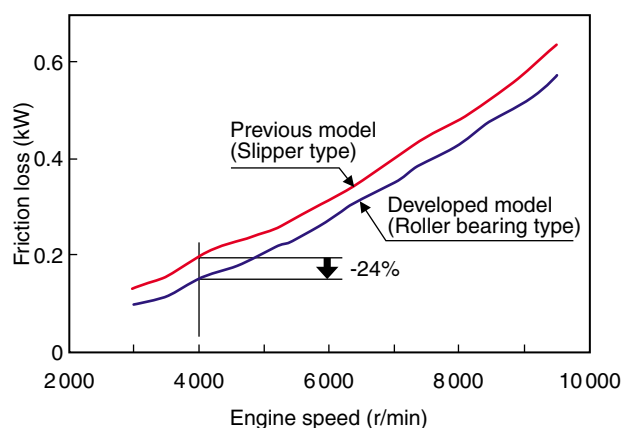


Fig. 5 Result of friction reduction by roller bearing type rocker-arm

4.2. ピストン系フリクション低減

ピストンしゅう動フリクション低減のため、Fig. 6 に示すようにピストンスカート部に二硫化モリブデン樹脂コート処理⁽¹⁾を行った。また、潤滑性向上のため、条痕加工を施しオイル溜りの溝を設けた。さらに、ピストンリング板厚を TOP/2ND/OIL リングで前モデルの 1.0mm/1.0mm/2.0mm から 0.8mm/0.8mm/1.5mm にすることでピストンリングの張力は前モデルに比べ 22%低減した。

以上の結果、既存モデルの 125cm³ クラスのエンジンに比べてピストン全高は、8 mm 短くすることができたため、ピストン系質量は、28%の軽量化を達成した。これらのフリクション低減技術の採用により、Fig. 7 に示すようにエンジン回転速度 4 000r/min 時のフリクションを 5 %低減できた。

4.3. 常用エンジン回転速度の低速化によるフリクション低減

エンジン回転速度の増加とともに増えるフリクションを下げるため、排気量を増やすことでより低速、高トルク型のエンジンとして、ギヤレシオを高く設定した。これにより、常用するエンジン回転速度を低く設定することができた。Fig. 8 に示すように前モデルに対して出力を約 20%向上させ、同じ車速走行時のエンジン回転速度を前モデルに対して約 20%の低速化を行った。

その結果、エンジン回転速度の低速化により同じ車速走行時に発生するエンジンフリクションを前モデル比で 40%低減させた。

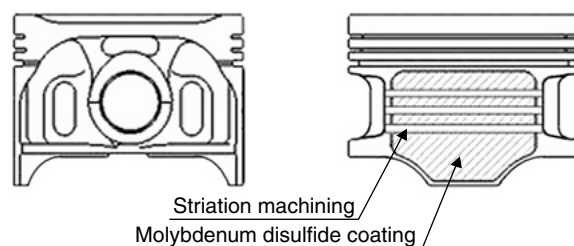


Fig. 6 Sectional drawing of developed piston

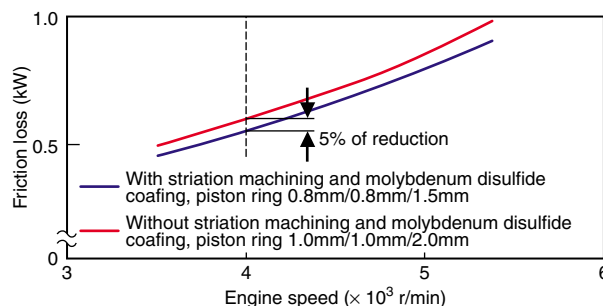


Fig. 7 Result of friction reduction by developed piston

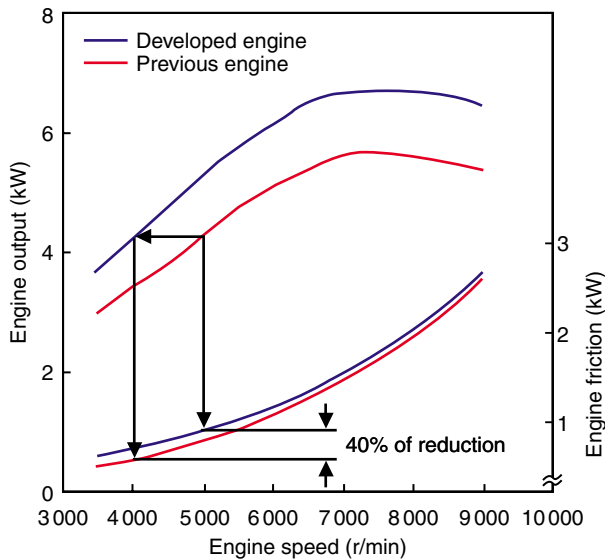


Fig. 8 Engine output and friction

4.4. 発電機の機械入力低減

エンジン回転速度の低速化に伴ない、発電機の充電出力も低回転時からの増加が必要となる。

しかし、単純に発電容量を増加させると磁力増による発電機への機械入力が増大する。このため、エンジン回転速度 4 000r/min 時の機械入力が前モデルに対し 20%増加した。

そこで、従来の発電電圧制御では短絡させて熱損失としていた点灯側の規定電圧以上の電圧を、Fig. 9に示すように無通電とする方式に変更し、発電機のフリクションを減少させた。

その結果、Fig. 10 示すように充電出力を増加させても、発電機への機械入力を減少させることが可能になった。その結果、エンジン回転速度 4 000r/min 時の機械入力値を前モデル比で 67%低減できた。

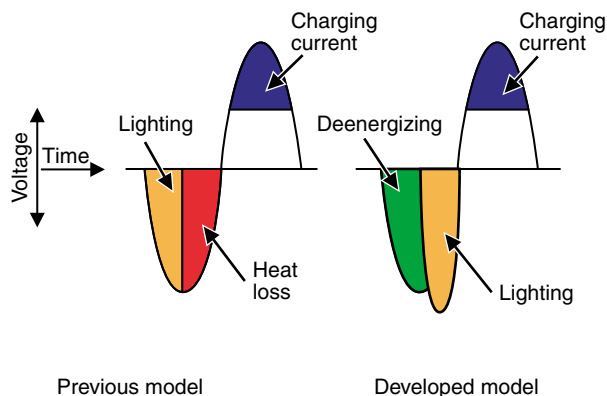


Fig. 9 Comparison of charging characteristics

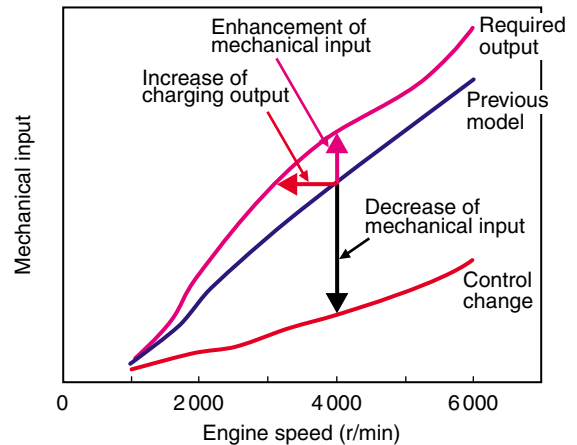


Fig. 10 Reduction of mechanical input

4.5. 点火時期の最適化による燃焼効率向上

燃焼効率の向上のため、単に点火時期の進角や圧縮比を上げるとノッキングの発生が問題となる⁽²⁾。そのため、スロットル開度とエンジン回転数により変化する要求点火時期の制御を行う必要がある。Fig. 11 に示すようにキャブレタのスロットルバルブの横にスロットル開度検出用スイッチを設けてスロットル開度を検出している。このスイッチでスロットル開度 40%付近で点火時期の切替を行っている。Fig. 12 に示すように点火時期を制御することで、スロットル開度 40%以上で発生しやすいノッキングを回避して圧縮比を前モデルの 9.0 から 9.3 にすることが可能となった。その結果、エンジン回転速度 4 000r/min 時の BSFC は 17%向上した。点火時期を変更したときの BSFC の比較を Fig. 13 に示す。

4.6. 燃費改善の結果

各部フリクションの低減と燃焼効率の向上により、燃費は前モデルに対して 30%向上した。ECE-40 モードにおける燃費の測定結果を Fig. 14 に示す。

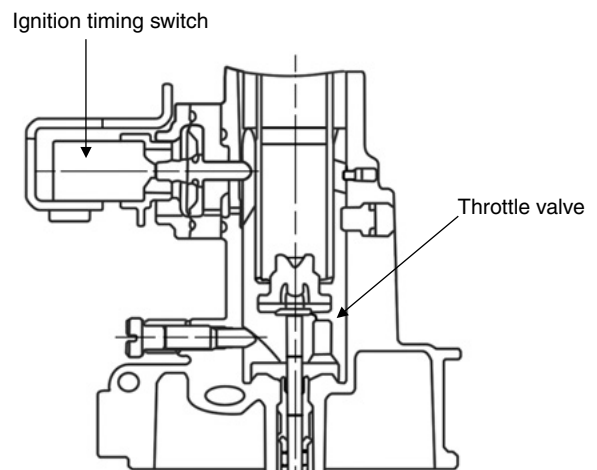


Fig. 11 Sectional drawing of developed carburetor

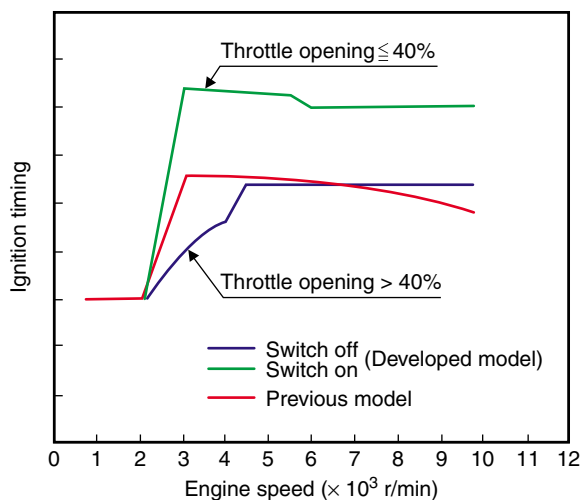


Fig. 12 Characteristic of ignition timing

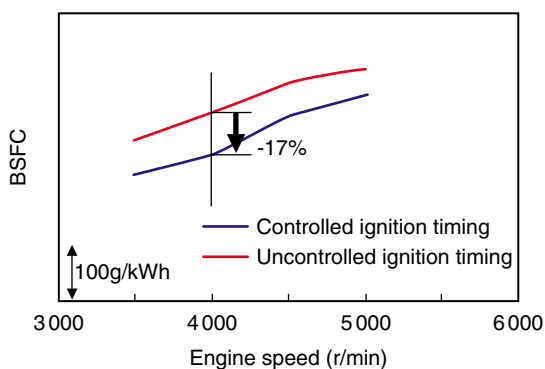


Fig. 13 Result of BSFC reduction by controlling ignition timing

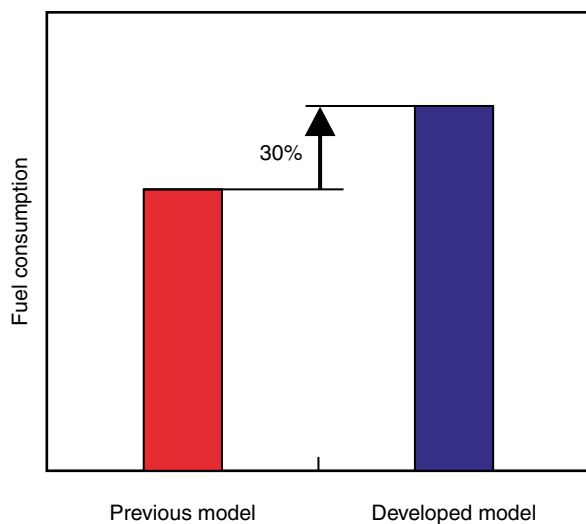


Fig. 14 Result of fuel consumption in ECE-40 mode

5. エミッション低減技術と効果

燃焼室から排気ポートに排出された未燃ガスを燃焼させるため、排気ポートに二次空気導入システム⁽³⁾を採用した。Fig. 15にその構造図を示す。本システムは、排気ポートに発生する負圧の変化を利用して新気をASV(エアサクションバルブ)によって排気ポートに導いている。

二次空気導入システムの採用により、Fig. 16に示すように、タイ4次エミッション規制値に対してCOを55%減、HC+NOxを60%減を達成した。

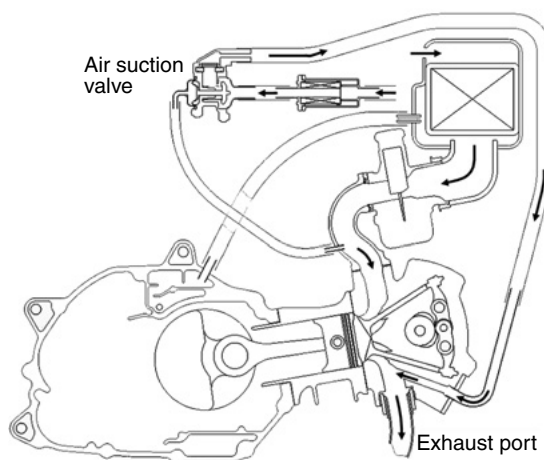


Fig. 15 Diagram of secondary-air pulse induction system

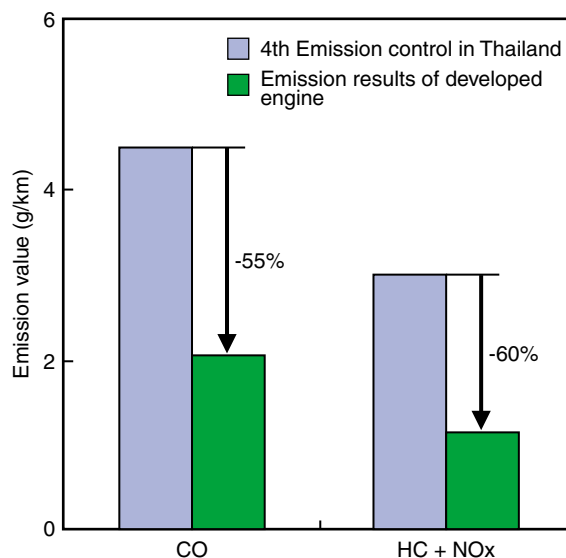


Fig. 16 Results of emission

6. まとめ

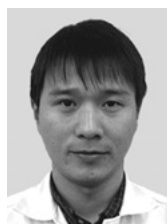
エンジンのフリクション低減，燃焼効率向上およびエミッション低減技術の導入により新開発のエンジンは下記の結果を得た。

- (1) 4000r/min 時のフリクションは，前モデルに対して 40% 低減できた。
- (2) ECE40 モードで燃費を前モデルに対して 30% 向上を達成した。
- (3) エミッションをタイ 4 次規制値に対して CO を 55% 減，HC+NO_x を 60% 減を達成した。

参考文献

- (1) 自動車用ピストン編集委員会(編著):ピストンの表面処理，自動車用ピストン，東京，山海堂，1997, p.167-173
- (2) 中島泰夫，村中重夫：第 2 章燃費の向上，改訂・自動車ガソリンエンジン，東京，山海堂，2001, p.29-31
- (3) 中島泰夫，村中重夫：第 4 章排気の清浄化，改訂・自動車ガソリンエンジン，東京，山海堂，2001, p.109-110

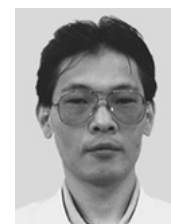
■ 著 者 ■



澤村吉信



斉藤則夫



坂本文一郎



小林英男



廣瀬義久