



二輪車の排出ガス低減技術

新田 豊 (スズキ株式会社)

1. はじめに

四輪車では 1960 年の米国カリフォルニア州での制定以降、年々排出ガス規制が強化されてきていますが、二輪車でも 1990 年代以降、米国・欧州・日本をはじめとして世界各国で排出ガス規制の制定・強化が行なわれるようになっていきます⁽¹⁾。当初は、公害防止という観点からいわゆる光化学スモッグなどの人体に対する健康影響への対応が主でしたが、近年はもっと広く地球的な視野での環境負荷について議論されるようになっていきます。

本稿では、主に大型二輪車について、排出ガス規制の状況と、排出ガス浄化技術を紹介いたします。

2. 各国の排出ガス規制

米国・欧州・日本の 3 地域について以下に説明します。いずれの地域でも、規制対象とされている物質は一酸化炭素 (CO)、全炭化水素 (THC) および窒素酸化物 (NOx) です。規制の数値は排出濃度ではなく、単位走行距離あたりの排出重量(g/km)で表されます。評価試験に用いる走行パターン(モード)は各地域の法規ごとに規定されています。実際の試験では、シャーシダイナモ上で規定されたモードに沿って供試車両を走行させ、その際の排出ガスを CVS 装置 (定容量採集装置) を用いて一部を密閉バッグに採取し、排出ガス全量とバッグ中の対象成分濃度から単位走行距離あたりの排出重量を算出します。

走行パターンは、北米 (カナダを含む) の場合、通称 LA-4 と呼ばれるモードで、市街地およびハイウェイの実走を模擬したパターンです。欧州の場合、当初は 1990 年のスイスをはじめ、各国ごとの個別法規が制定されていましたが、1999 年以降は EU として統一認証制度が制定されています。EU ではいわゆる台形モードの組み合わせとなっており、2006 年発効ユーロ III 規制では速度範囲が拡大しています。また、将来的な走行パターンとして実走を模擬したパターンへの移行も検討されています。日本では、1998 年から排出ガス規制が実施されました。基本的には欧州指令と調和していますが、国内の使用実態を踏まえた詳細な基準が制定されています。

欧州での規制値の推移を Fig.2 に示します。年々、規制は

厳しくなり、1999 年のレベルと比較すると 2006 年では 6 分の 1 以下の値となっています。

広義の自動車の排出ガスとしては、大気中に蒸散する燃料成分 (エバポ) も含まれ、カリフォルニア州や台湾で規制対象となっていますが、本文中では、燃料の燃焼によって生成されて排気管のテイルパイプから大気へに放出される通常の意味での排気ガスについて論じることとします。

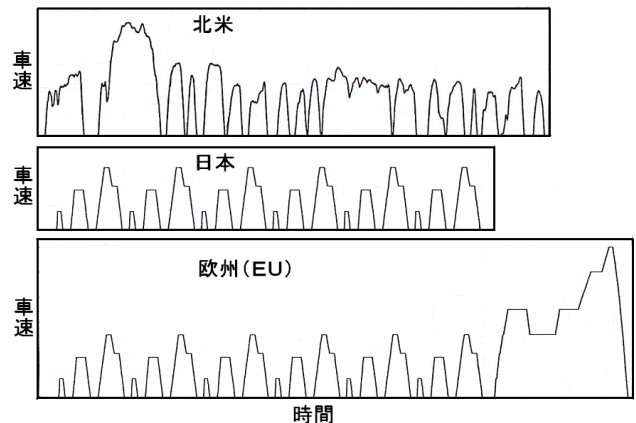


Fig.1 3 地域の排出ガス測定走行パターン

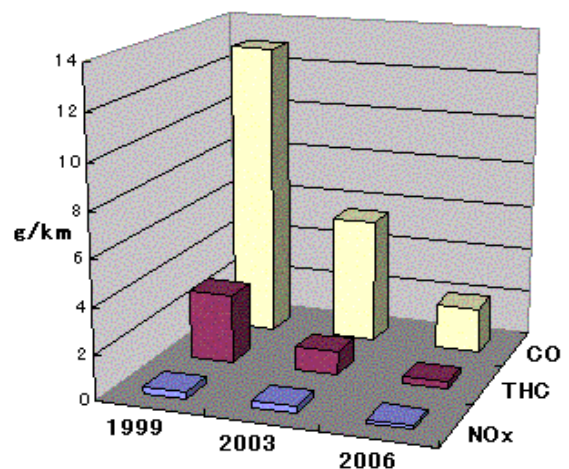


Fig.2 欧州での規制値の推移 (150cc 以上)

3. 二輪車の排出ガス低減技術

3.1. 空燃比セッティングのリーン化

一般的にエンジンに供給する混合気空燃比(A/F)を薄く(リーン化)するとCOとTHCは低減します。よって、ごく初期の排出ガス規制にはキャブレターのセッティングのリーン化で対応しました。ただし、リーンにしすぎると始動性の悪化、加速時の息つき症状、および定常走行時のサージング感などのドライバビリティに悪影響を与えるため、限界があります。

3.2. 2次エアシステム

空燃比制御による対策では上記のような制約があるため、二輪車のエンジンは理論空燃比よりも濃い(リッチな)状態で運転されるのが一般的です。この状態では燃焼ガス中の酸素が足りず、燃え残った炭化水素やCOが完全燃焼できずに排出されることとなりますが、燃焼が終わった後のまだ高温の排出ガス中に再度空気を混入して酸化を促進させるのが2次エアシステムです。構造としては、排気バルブ付近に出口がある空気通路にリードバルブ(1方向流れ機構)が設けられ、排気の脈動により外気が吸い込まれます。この際、2次エアの投入される位置が重要であり、ガス温度が十分に高い排気バルブ近傍に投入されないと排出ガスの酸化効果は十分に得られません。また、このシステムを設定した時には高回転の減速時などにはアフターバーン(排気管からの酸化作用による破裂音)の発生原因になる場合もあるため、負圧あるいはソレノイド式のカットバルブを併設して2次エア流入のON-OFF制御を行ないます。2次エア通路も初期はベースのエンジンに配管を外付けするタイプでしたが、最近の機種では通路抵抗を減らすためにビルトインタイプ(fig.3参照)が主流となってきています。

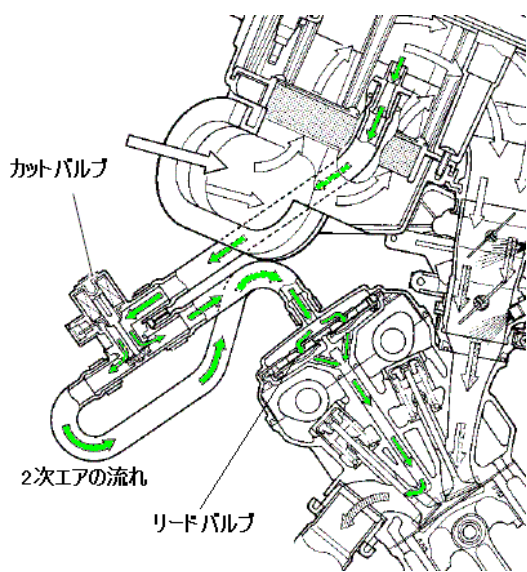


Fig.3 ビルトインタイプ2次エア供給通路

3.3. 触媒コンバータ

リーン化や2次エアではCOおよびTHCに効果はあるものの、NOxに対しては効果がありません。NOxは、一般的に燃焼状態が高温になるほど発生量が多くなるため、空燃比をリッチな状態から理論混合比に近づけるとCOおよびTHCは減少するものの排出ガス温度が上昇しNOxは逆に増加する傾向となります。これら成分の排出量のバランスを2次エアと空燃比のセッティングで調整できるようにしても、排出量の絶対値制御には限界があり、近年の排出ガス規制で要求されるレベルへの対応は難しくなっています。そこで、さらに排出ガスを浄化させる手段として触媒が採用されるようになりました。触媒は、それ自体は反応しないものの、高温の燃焼ガスと接することによってガス成分の化学反応を促進させるものです。通常、白金やロジウムなどの貴金属が用いられ、アルミナ基材のコーティング上に特殊な処理によって付着(担持)されます。触媒を担持する構造体(担体)は、多くの四輪車ではセラミックハニカムも使われていますが、使用回転数範囲の広い二輪車では振動などの機械的な条件が厳しいので、ステンレススチールを用いたメタルハニカムが主流です。



Fig.4 メタルハニカム触媒

3.4. 電子制御燃料噴射(FI)

燃料供給装置として、長らくキャブレターが広く使われてきました。キャブレターは、吸入される空気の流れそのものを利用して必要な燃料を吸い出す仕組みです。燃料流量は、アイドル用、低速域用、高速域用にそれぞれ設けられた絞り(ジェット)にて管理されます。しかし、広い運転範囲(温度、気圧、エンジン回転数、スロットル開度)にわたって過不足なく最適な供給量を確保することや、機械的な流量バラツキを抑えることに関してどうしても限界があり、燃料供給量を人為的にコントロールできる電子制御燃料噴射装置(FI)に移行してきています。

FIでは、ポンプで加圧された燃料(通常300kPa前後)をデリバリーパイプに送り、エンジンの吸気通路に設けられたインジェクターから燃料が噴射されます。噴射量は、スロットル開度、回転数、外気温、冷却水温などの各種センサーからの情報をもとに制御モジュール(ECM)にて必要量を演算し、1サイクルあたりのインジェクター開弁(通電)時間に

て制御されます。

FIの導入によって、温度や気圧に応じた燃料供給量の補正以外にも、減速中の燃料カットも行なえるようになり、余分な燃料の消費を抑制できるようになりました。最近では、燃料供給量のみならず空気量も最適な量に制御するために電子制御サブスロットルバルブを用いるシステムも多くなってきました。また、1気筒あたりに大小2つのインジェクターを装備し、負荷や回転数に応じて噴射割合を制御するタイプも開発され (fig.5 参照)、主にスポーツモデルを中心に採用されています。

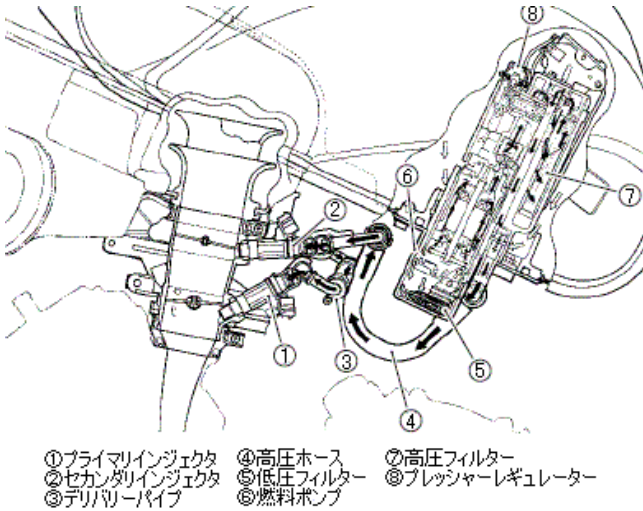


Fig.5 燃料供給系統 (サブスロットル付2インジェクター)

3.5. フィードバックシステム

触媒を効率よく働かせるためには、理論空燃比付近の非常に狭い範囲にA/Fを合わせる必要があります。(Fig.6 参照)

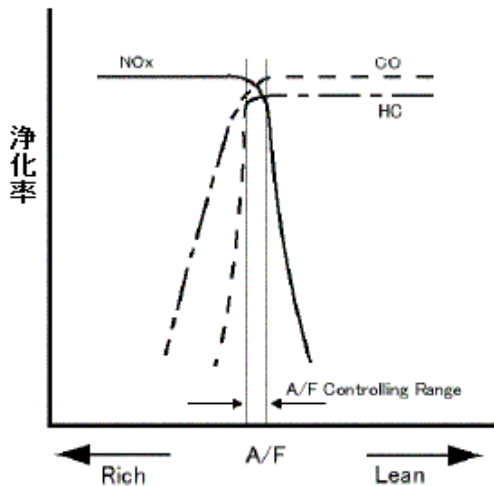


Fig.6 空燃比と触媒浄化性能 (2)

電子制御燃料噴射 (FI) であれば、センサーでA/Fをモニターしながら噴射量に対してフィードバックし、最適A/F値に修正しながら運転させることが可能です。最近の二輪車ではフィードバックシステム付の機種が多くなってきました。

フィードバック用センサーとしては、リニアにA/F値を検出できるもの (任意のA/Fに制御可能) と、理論空燃比に対してリッチであるかリーンであるかのみ検出可能 (理論空燃比制御のみ可能) なセンサーの2種類がありますが、二輪車での排出ガス浄化を目的としたセンサーでは後者が一般的です。これらのセンサー (Fig.7 参照) は、振動や被水に弱いため、取り付け位置に配慮を要する部品のひとつです。

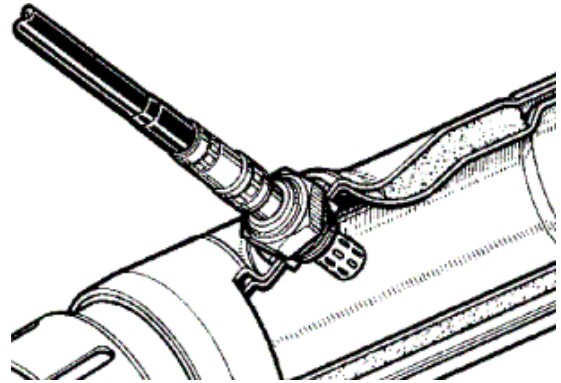
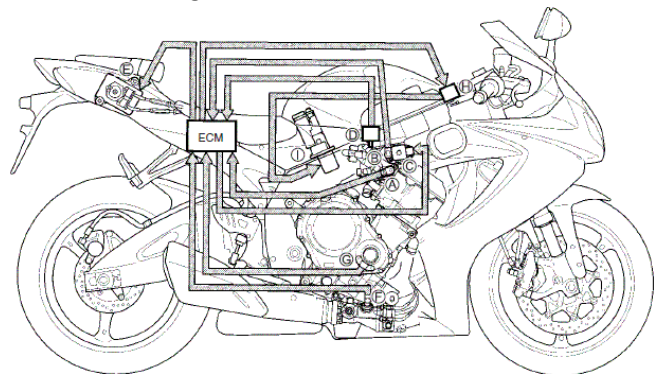


Fig.7 フィードバック用センサー



- Ⓐ Throttle position sensor
- Ⓑ Secondary throttle position sensor
- Ⓒ Secondary throttle valve actuator
- Ⓓ Intake air pressure sensor
- Ⓔ Exhaust control valve actuator
- Ⓕ HO2 sensor
- Ⓖ Crankshaft position sensor
- Ⓖ Fuel pump relay
- Ⓘ Fuel pump

Fig.8 制御システム

4. まとめ

二輪車における主な排出ガス低減技術を紹介しましたが、それらを含めた対策技術は常に進歩しています。当面の課題としては、始動後の触媒早期活性化、より正確な空燃比制御、浄化性能の経年劣化抑制などがありますが、各コンポーネントのみならず、車両全体をシステム (Fig.8) として対策技術を向上させていくことが非常に重要になっています。

参考文献

- (1) 福留武志：二輪車の排出ガス・燃費規制動向について、エンジンテクノロジー第35号、p.8-10 (2004) 山海堂
- (2) Nitta et al : Development of a Fuel Injection System for High-Performance Motorcycles : Small Engine Technology Conference (SETC) 2002