

8.6 自動車排出ガス試験法

8.6.1 はじめに

昭和48年の自動車排出ガスの重量規制の開始に伴い、10モード排出ガス試験法が制定され、さらに平成6年規制では自動車からの粒子状物質（PM）の規制がこれに加わり自動車からの有害物質の測定方法はある程度確立された。

8.6.2 測定装置概要

自動車排出ガス測定上必要な装置は、①自動車の路上走行状態を再現（動力吸収と制御を行う）する装置、②排出ガスサンプリング装置、③分析装置、④データ処理装置である

(1) 動力吸収・制御装置

試験車両又はエンジンを条件設定したうえで運転し、発生した動力を吸収する装置をダイナモメータと言う。動力計は種々の制御装置、周辺機器を組み合わせるシステムが構成される。実車の状態での動力吸収システムをシャシダイナモメータと言い、エンジンのみの動力吸収システムをエンジンダイナモメータと言う。

シャシダイナモメータでは道路の代わりに回転するローラを無限平坦路とし、ローラ上に駆動輪を乗せて動的試験を行うものである。代表的なシステム構成例を図8.6.1に示す。この場合、ローラ軸には実際に道路を走行する際の走行抵抗を動力計から与え、慣性抵抗はフライホイールを接続することで与えられ、道路上での実走行状態が近似される。通常走行抵抗は、平坦路定常走行抵抗を考える。

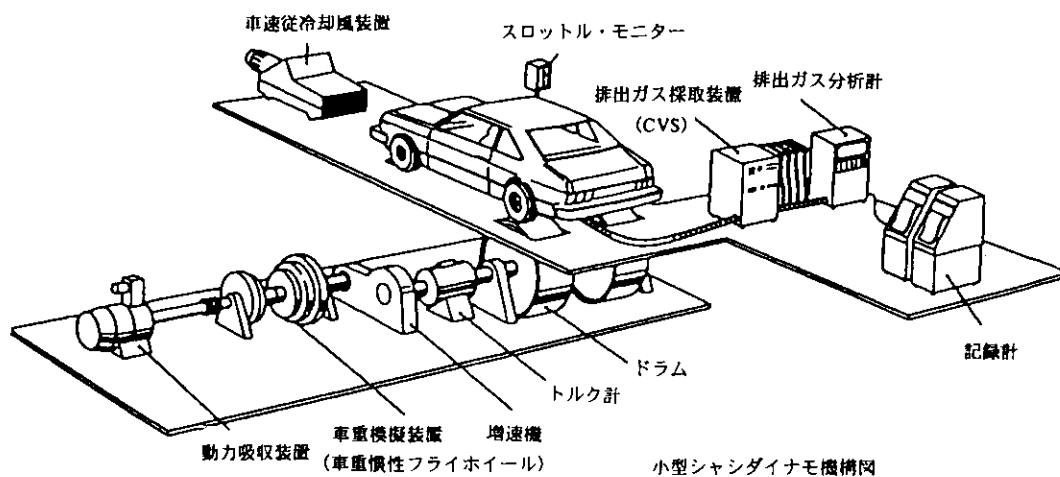


図 8.6.1 排出ガス測定機器

転がり抵抗は、低速では速度に関係なく一定、高速になると増大する。空気抵抗は速度の自乗に比例して大きくなる。シャシダイナモメータ上の試験車の発生する動力は、大部分は動力計で吸収されるが、加減速時はフライホイールでも吸収し、また、一部はメカロス（機械損失）として吸収される。

エンジンダイナモメータもエンジンからの出力を吸収、制御するもので機能的にはシャシダイナモメータと同じである。エンジンダイナモメータの基本概念は、エンジンを台上に取り付け、操作卓・制御盤からの指令に基づきアクチエータを駆動することにより、エンジンを運転、その時発生する動力を直接又はプロペラシャフトを介して動力計に伝達して吸収するものである。測定目的に応じて種々の機器が付加されるが、都市実走行モードのような過渡運転を行う場合には、フライホイール、ブレーキ装置等を取り付け、走行抵抗は動力計で、加減速時の慣性抵抗はフライホイールで与えることにより、シャシダイナモメータ同様に路上走行状態が再現される。エンジンダイナモメータでは、エンジンからの出力を直接動力計へ伝えているので、シャシダイナモメータに比べ駆動系の損失やタイヤスリップが無く、動力測定としては精度の良い結果が期待できる。又、条件設定が機械的に精度良く行えることから、再現性も良く、長時間の連続運転も可能であり、測定法の検討や、排出ガス低減システムの耐久テスト等に最適である。エンジンダイナモメータは、車両を実験室内に入れる必要も無く、システムがコンパクトにまとめられ、効率的な試験が可能である。

(2) 排出ガスサンプリング装置

7) 直接ガスサンプリング

自動車排出ガスの直接サンプリングにおける問題点としては、①オイルや黒煙によるサンプリング経路の汚れ、②燃焼排出ガス中に多量に含まれる水分の調整、③有害物質成分の管壁への吸着或いは凝縮水への溶解等の点である。サンプリング経路の汚れの原因となるオイル等はオイルキャッチャーで、黒煙は加熱フィルターで除去された後分析系に導入される。排出ガス中の水分については、有害物質測定の妨害になる恐れがあるので、電子クーラーで凝縮除去する措置をとっている。吸着性の強い汚染成分は、流路系を加熱する措置がとられる。HCの加熱導入管は、190℃に、NO_xの加熱導入管は60℃に加熱されている。そのほか直接ガスサンプリング特有の問題として、ハングアップ（排出ガス中のHCが、測定経路中で吸着された後脱着される現象）がある。このような現象を防止するには、管材質を吸着の少ないテフロン管にしたり、サンプリング系接ガス部を表面積の小さいものを選択するほか、分析していない間バックフラッシュ（エアを二次フィルターの前から逆に排出ガス導入口に向け流す）を行って吸着したHCの脱離を図る。

1) 希釈ガスサンプリング

直接サンプリングにおける問題点を解決し、変動の激しい過渡運転における有害物質濃度・量を適正に把握する方法として、希釈ガスサンプリングいわゆるCVS法（Constant Volume Sampling）がある。米国では1972年から自動車排出ガス規制の公定法として採用され、我が国でも1973年の10モード規制の公定法として取り入れられた。ヨーロッパ（EC）でも1983年それまでのトータルバッグ法を改めCVS法を採用している。

CVS法は、排出ガスを全て採取し清浄な空気（マイクロガラス繊維で粉塵を除去、チャコールフィルターでHC除去したもの）で希釈（10～10²倍）するもので、排出ガスと希釈空気の総量は常に一定になるようにブローワーで吸引する。ブローワーでの吸引方法にはPDP（Positive Displacement Pump）法とCFV（Critical Flow Venturi）法とがある。PDP方式ではルーツブローワーを定回転で運転することにより、常に一定量排出ガスと希釈空気の含量が吸引されていることになる。CFV方式は気体を音速にすると流量が一定になると言う原理を利用したもので、必要とする流量に対応したベンチュリーを選定、セ

ットすることにより流量コントロールが可能となる。

このようにCVS法では、排出ガスと希釈空気の総流量は常に一定となるようになっており、その総流量の中の有害物質濃度はその排出重量に比例する。したがって、この希釈排出ガスから一定比の流量で測定用ガスをサンプリングバッグに採取し、走行モード運転終了後分析計に導入測定すれば、試験車の重量ベースの有害物質排出量は容易に求められる。ただし、希釈空気の汚染が問題となる場合が多いので、希釈空気についても別途バッグサンプリング並びに分析を行い、バッググラウンド値として差し引く必要がある。ここで使用されているバッグの材質は、TEDLAR（フッ化ビニール樹脂 PUF50 μ ）製で、容量150~200 ℓ 、サンプリング量は5~10 ℓ /min。CVS法は、排出ガスがマフラーからでた後直ちに大量のエアで希釈し、排出ガスを一瞬にして常温にするシステムであるため、採取系に水分除去の低温トラップ等を置く必要がないので、水溶性ガスの損失が避けられること、希釈されるので化学的活性の強い物質の相互反応による組成の変化が少ないこと、HCのハンガアップも考えなくて良い等の利点がある。ただ、ディーゼル車排出ガス中のHCの測定の場合、HCのバッグへの吸着の恐れがあるので、希釈排出ガスをバッグに充填しないで、そのまま分析計に導入、連続測定して濃度を積分することにより試験モードのHC排出量を求める。

ウ) 希釈トンネル

自動車排出ガス中粒子状物質サンプリング用希釈トンネルの構造図を図 8.6.2 に示す。図に見る通り希釈トンネルシステムは大別して①主希釈トンネル、②2ndトンネル、③PMサンプリング装置、④CVS装置の4つに区分される。

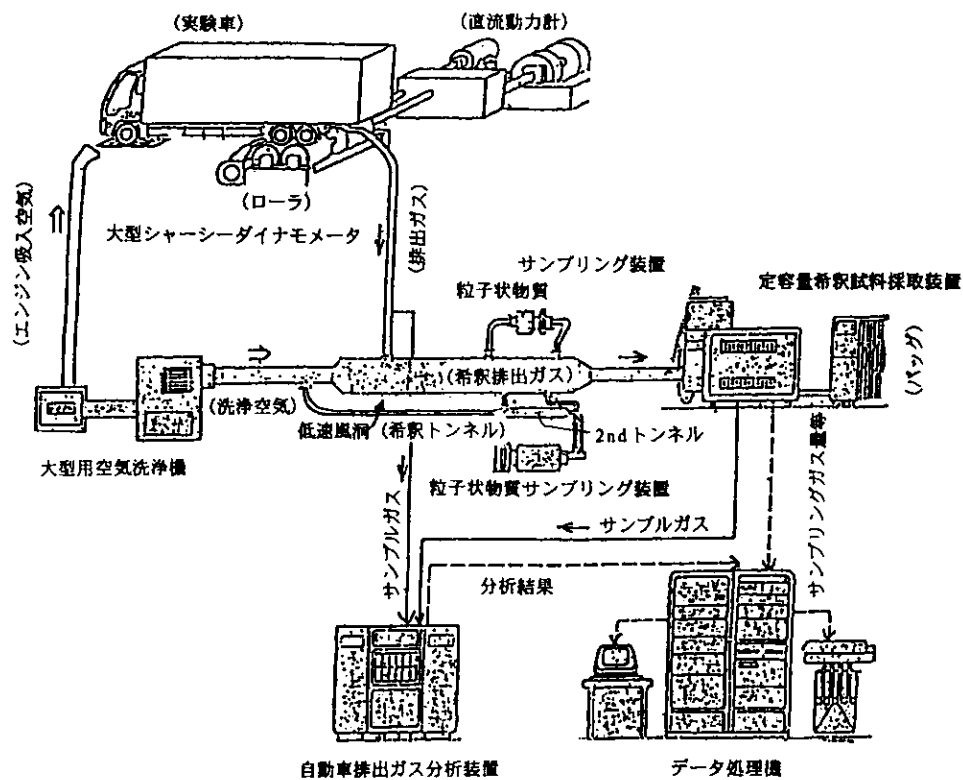


図 8.6.2 希釈トンネル構造図

(3) 排出ガス分析装置

自動車排出ガス成分のうち黒煙・PMを別にすると、その分析対象となるガス成分は、各国で規制の対象になっているNO_x、HC、COとエンジンの燃焼状態、燃費把握のために必要なO₂、CO₂等である。このような自動車排出ガス成分を分析する場合要求される基本的性能は、感度、分析値の直線性、応答速度、干渉効果、安定性（ドリフト）等であり、それぞれ測定目的に応じて分析法が選択されねばならない。表8.6.1に我が国の公定法で定められている測定項目毎の測定原理一覧を示す。^{2) 3) 4) 5)}

表 8.6.1 日本の公定法に定められている測定原理

車種		モード名称	NO _x	CO, CO ₂	HC
GVW 2.5 t 未満の 自動車	ガソリン車	10-15モード	CLD	NDIR	FID
	ディーゼル車	10-15モード	CLD	NDIR	HFID
GVW 2.5 t 以上の 自動車	ガソリン車	ガソリン 13モード	CLD, NDIR	NDIR	FID
	ディーゼル車	ディーゼル 13モード	HCLD, CLD, NDIR	NDIR	HFID

CLD：化学発光分析計、NDIR：非分散形赤外線分析計、FID：水素炎イオン化分析計、
HCLD：加熱化学発光分析計、HFID：加熱式水素炎イオン化分析計

自動車排出ガス測定の目的（検査、認証、研究等）、対象車種（ガソリン、ディーゼルの別）に応じて、使用すべき分析計の測定項目、測定原理、サンプリング方法等を選択し、2～10数台の分析計を組み合わせて自動車排出ガス連続測定装置が構成される。表8.6.2に各測定項目別に測定範囲、測定精度、応答速度等の一覧を示す。この装置では加熱・保温経路の各点における温度表示を行ない、クーラーユニット異常、循環水異常、加熱ライン温度異常、水素炎点火、ドレンレベル異常が発生した時警報回路が作動する。

表 8.6.2 各種分析計の仕様

項目	CO (Hi)	CO (Low)	CO ₂	HC	NO	THC	NO _x	O ₂
測定原理	NDIR	⇐	⇐	⇐	⇐	FID	CLD	磁気
測定範囲	5,000 ppm ↓ 10%	100 ppm ↓ 3,000	1 % ↓ 20%	100 ppm ↓ 1,000	500 ppm ↓ 6,000	10 ppm ↓ 5,000	10 ppm ↓ 5,000	5 % ↓ 25%
レンジ数	4	4	4	4	4	9	9	3
再現性	フルスケールの±1%以内							
ゼロドリフト	フルスケールの±1%/8時間（周囲温度±5℃にて）							
スパンドリフト	同上（同上）							
直線性	フルスケールの±1%以内							
90%応答	1.5～3.0 Sec					1.5 Sec	1.5 Sec	2.0 Sec

一方、使用過程車の排出基準遵守状況をチェックする自動車整備点検検査用排出ガス測定装置は、連続自動分析計とは違った仕様が要求される。時には路上検査にも用いられることから①軽量コンパクトであること、②ランニングコストが安いこと、③操作が簡単で暖機時間が短いこと等の条件が求められる。これらの条件を満足する機器として、NDIR方式のCO・HC計がある。

ディーゼル車の黒煙濃度についても排出基準があるが、日本の黒煙濃度測定公定法は、反射式スモークメータが用いられる。この方式では排気管から排出ガスの一部を吸引ポンプでサンプリングし、その排出ガスを濾紙に通過させ、濾紙上に生じた黒煙スポットに一定の光をあて、その反射光を光電素子で受けて、スモーク濃度を求める。濾紙はテープ状のものをいい、一回の測定が終わると自動的に移動する。

(4) データ処理装置

計測装置制御並びに測定結果演算用コンピュータ。試験条件に対応して予め作られたプログラムに従って分析計、CVS装置に指示を与え、測定システム全体の制御及び運転管理を行うとともに、排出ガス濃度、エンジン運転状態等の各種計測データの収録、単位換算、濃度・重量計算を行い、必要に応じてCRT画面、記録用紙にアウトプットを行う。

8.6.3 自動車排出ガス試験手順

(1) 排出ガス試験準備

- ア) 試験車の選定：排出ガス対策、市場占有率、既走行距離等を勘案して選定すること
- イ) 路上走行抵抗データの取得：シャシダイナモメータに走行抵抗の負荷設定を行うための路上走行抵抗データの測定の実施。代表的な測定方法として①試験車を基準にした方法（試験車の車速に対応した吸気負圧の計測）、②シャシダイナモメータを基準にした方法（路上走行時の惰行データ計測）等がある。
- ウ) 試験車両の固定：駆動輪をローラの中心に据え付け、従動輪をY型クランプ、ワイヤー等で固定する。試験車マフラーとCVS排出ガス採取管を接続して、各種計測機（ブースト計、燃料消費量計、吸入空気量計、エンジン回転計）を取り付ける。
- エ) 測定施設の調整：①シャシダイナモメータの暖機と負荷設定、②分析計、CVS装置の暖機、③分析計の校正を行う。

(2) スタート条件の選定

自動車は走り始めとある程度走行した時点とでは、排出ガスの性状がかなり変化する。したがって、排出ガス試験もエンジン始動直後に試験をスタートさせるコールドスタート法と十分暖機してから試験をスタートさせるホットスタート法とでは、測定結果に違いが出てくる。コールドスタートの場合、シリンダー壁の冷却効果によるクエンチングゾーンが広がるため、ホットスタート法に比べHCやCOの排出量が多くなる。触媒装置もその機能を発揮するためには、暖機時間を必要とし、始動直後はどうしても有害物質の低減効果がうすれる。ただ、ホットスタート試験では、短時間（速度60 km/hで15分程度）で試験車を一定の状態に持っていくことが可能であるが、コールドスタート試験では、

試験自動車の冷却水、潤滑油、トランスミッション、デフレンシャルギアなどの各部の状態を室温放置で一定状態にするには長時間を必要とする。コールドスタート試験のソーク時間は、米国では12時間以上、日本では6時間以上と規定している。

(3) 試験車の運転

7) 非定常運転

テストドライバーは非定常運転の場合、ドライバーズエイドのCRT画面にリアルタイムに表示されるテスト走行チャートに追従するように車両を運転するが、この場合の速度及び時間の追従誤差は、速度 ± 2 km/h、時間 ± 1 秒以内と規定されており、許容範囲を逸脱した回数が多い測定については再試験が必要となる。ガソリン乗用車など小型車における公定法の走行モードは、各国とも非定常のモード試験が採用されている。地域の有害物質排出総量算出のための Emission Factor 設定の基礎資料とする実走行パターンも非定常運転で行う。

1) 定常運転

車両総重量2.5t以上の試験車における公定法は、エンジン回転数と負荷の組み合わせポイント毎の排出ガス測定となる。この場合シャシダイナモメータによるエンジン制御は技術的に難しいので、一般的にはエンジンダイナモメータで試験が行われる。定常状態におけるエンジンの制御は、手動（ダイヤル設定）によるか制御盤からの制御指令による。何れの場合でもステップ状の運転モードとなり、このモードに合わせて排出ガス測定が行われる。定常運転の場合も日本ではホットスタートであり欧米ではコールドスタートである。日本におけるGVW 2.5 t以上の重量車に適用される13モードも定常運転で行われるものである。

(4) 排出ガス測定

排出ガス測定は、希釈ガス測定と直接ガス測定とで行われる。非定常試験では一般的に希釈ガス測定が行われる。CVS 装置によって希釈された排出ガスの一部がバッグに充填され、バッグの中の混合過程で試験モードの平均化が行われ、バッグ内有害物質濃度とCVS装置で吸引した希釈ガス量とから有害物質排出量が計算される。バッグへのサンプリング量は5~10 l/minに設定されるが、実走行パターン等では測定時間の長短でサンプリング量を調整する必要がある。希釈排出ガスの充填⇒分析⇒排気⇒ページといった一連の測定動作はコンピューター制御で自動的に行われる。定常状態の排出ガス測定を直接ガス測定で行う場合は、燃料消費量、吸入空気量の測定も同時に行われなければならない。

PMの採取は主希釈トンネル内排出ガス温度が51.7℃以上の場合は、2ndトンネルを使用することになるが、排出ガス温度条件のほかに排出ガス中PM濃度の多い車両の排出ガス試験でも、吸引ポンプ能力を超えることがあり2ndトンネルを使わざるを得ない場合がある。PMの採取が終わったフィルターは、1~80時間の範囲内でソーク後天秤で秤量しPM排出量を求める。

(5) 黒煙測定

日本における新型車に対する黒煙排出基準は全負荷状態で最高出力時回転数の40%、60%、100%の時の黒煙濃度が対象である。したがって、試験を行う場合はシャシダイナモメータ又はエンジンダイ

ナモメータを使用しなければならない。使用過程車に対する黒煙測定は無負荷急加速モードが適用される。

8.6.4 指摘課題

自動車排出ガス測定は大がかりな装置を必要とするもので、どこの機関でも測定できるものではない。測定データが未だ十分でない現状を考えると測定施設の整備、充実が早急に望まれる。特に自動車からの有害化学物質測定法の確立と実態把握が急務である。

(8.1) 参考文献

- 1) 日本規格協会；JISハンドブック 10, 環境測定, 日本規格協会 (1996)
- 2) 環境庁規格調整局研究調整課監修；環境測定分析法注解, 日本環境測定分析協会 (1984)
- 3) 大気汚染研究全国協議会編；大気汚染ハンドブック(1) 測定編, コロナ社 (1975)
- 4) 氷見康二；実用ばいじん測定, 日本熱エネルギー技術協会 (1974)
- 5) JISB8330
- 6) JISB8222

(8.2) 参考文献

- 1) 日本規格協会；JISハンドブック 10, 環境測定, 日本規格協会 (1996)
- 2) 大気汚染研究協会；大気汚染ハンドブック(4) 燃焼編, コロナ社 (1979)

(8.3) 参考文献

- 1) 日本規格協会；JISハンドブック 10 環境測定, 日本規格協会 (1996)
- 2) 大気汚染研究全国協議会編；大気汚染ハンドブック(1) 燃焼編, コロナ社 (1975)

(8.4) 参考文献

- 1) 日本規格協会；JISハンドブック 10 環境測定, 日本規格協会 (1996)
- 2) 日本規格協会；JISハンドブック 12 石油, 日本規格協会 (1983)
- 3) 大気汚染研究協会；大気汚染ハンドブック(4) 燃焼編, コロナ社 (1979)

(8.5) 引用文献

- 1) 氷見康二；実用ばいじん測定, 日本熱エネルギー技術協会 (1974)
- 2) JISB9909
- 3) JISB9910
- 4) JISZ8808

(8.6) 引用文献

- 1) 環境庁大気保全局；日本の自動車環境対策, 平成 8 年 9 月 (1996)
- 2) (株)堀場製作所；ZERO EMISSION (ゼロへの挑戦) (1993)
- 3) 運輸省自動車交通局；ディーゼル自動車 13 モード測定の技術基準, 平成 5 年 11 月
- 4) 運輸省自動車交通局；ガソリン自動車 10-15 モード測定の技術基準, 平成 3 年 7 月
- 5) 運輸省自動車交通局；ディーゼル自動車 10-15 モード測定の技術基準, 平成 3 年 7 月
- 6) 運輸省自動車交通局；ガソリン自動車 13 モード測定の技術基準, 平成 4 年 9 月