

Readout

HORIBA Technical Reports

特集 環境・エンジン・計測

September 1997 ■ No.15

高精度広域帯ガス分割器

A Precise Gas Mixing Device for Calibration Service:
the HORIBA GDC-703

平井 仁史

Hitoshi HIRAI

(Pages 43-46)

株式会社 堀場製作所

高精度広域帯ガス分割器

A Precise Gas Mixing Device for Calibration Service : the HORIBA GDC-703

平井 仁史
Hitoshi HIRAI

【要旨】

エンジンが急速に低エミッション化する近年では、より高精度なエンジン排ガス測定装置が望まれており、ホリバはエンジン排ガス測定装置MEXA-7000を製品化した。分析精度を左右する要因の一つとして濃度目盛校正用検量線の適正な維持管理がある。我々はMEXA-7000の開発と同時に、高精度な検量線を作成するためのマスフローコントローラを使った高精度ガス分割器(GDC-703)を開発、製品化した。GDC-703は発生流量4 0l/m, 最大分割比1/500の性能を持っている。本稿では、GDC-703の動作原理、機能、さらに分割精度の検証結果について紹介する。

Abstract

By means of flow rate dilution, GDC-703 generates calibration gases of desired concentrations with a single reference and a base gas. Mass flow controllers are equipped for accuracy that meets the requirements for low emission vehicle testes. The dilution ratio of 1/500 allows to evaluate sample gas just on a wider range. The GDC-703's operating principle and its applications are described.

1 はじめに

エンジン排ガス測定システムは近年、急速に高精度化、自動化が進められている。その流れの中で、1996年にホリバはエンジン排ガス測定装置MEXA-7000シリーズを市場に投入した。

MEXA-7000の分析計では、濃度レンジ比50倍という広いダイナミックレンジを実現した(最低レンジを100ppmとすると最高レンジは5000ppm)。この分析計と高分解能のガス分割器を組み合わせることにより、従来の多数レンジで行っていた測定を1つのレンジで測定することができる。このガス分割器を使うと、レンジ相関や測定レンジの自動切り替えなどの操作が不要になるだけでなく、校正ガスの使用本数の大幅な削減にも役立つ。

2 GDC-703によるガス分割

ガス分割器は、既知濃度のスパンガスと希釈ガスとを所定の割合で混合し、所定の濃度のガスを取り出すのに使われる。ガス分割の手法としては、従来、キャピラリー方式が一般的であったが、今回製品化した高精度ガス分割器GDC-703で

は、半導体プロセスに使用されているマスフローコントローラ(MFC)を組合せて、広範囲にわたり高い分割精度を実現した。

GDC-703のガスフローを図1に、主な仕様を表1に示す。

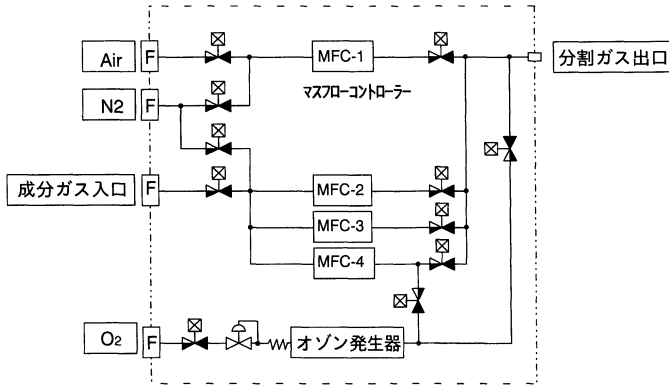


図1 GDC-703フロー
Flow schematic of GDC-703

項目	規格
型式	GDC-703
ガス発生方式	マスフローコントローラによる流量比混合
分割ポイント	100, 90, 88, 80, 2, 0%
分割精度	±1.0%RS
再現性	±0.5%RS
分割時の発生流量	4.0l/m
発生圧力	30±5kPa
原料ガス供給力	100±10kPa
バランスガス	N ₂ もしくはAir
成分ガス	CO 10~12000ppm CO ₂ 0.5~20vol% O ₂ 1.0~25vol% CH ₄ 1.0~2000ppm C ₂ H ₆ 0.3~2000ppm n-C ₆ H ₁₄ 1.0~1000ppm NO 1.0~1000ppm
コンバーター発生流量	2.2±0.4l/m
NOxガス発生濃度範囲	10~1000ppm
ノイズ	±1.0%FS
電源	AC 100~240V 50/60Hz
消費電力	±1.0%FS
使用温度範囲	5~45°C 精度保証範囲15°C~35°C
暖機時間	1時間
外形寸法	430(W)×177(H)×450(D)

表1 GDC-703仕様
GDC-703 specification

GDC-703は4つのMFCを搭載しており、1つは希釈ガス用で、残り3つは成分ガス用である。希釈ガスは、窒素(N₂)とAirを選択できるようになっている。任意の分割点に対して、成分用の3つのMFCの中から選択して動作させている。

3. 特長的な機能

3.1 自動検量線作成機能

MEXA-7000は、GDC-703と組み合わせることで、図2に示すような自動検量線作成メニューにて分析計の濃度検量線を作成することができる。この機能を使用することによって、従来のキャピラリー分割器での最高分割点数が10点であるのに対して、GDC-703では100点の分割点数の入力が可能になり、高精度の検量線を作成することができる。夜間に、すべての分析計の検量線を作成できる機能も搭載し、測定業務の大幅な合理化に役立つ。

図2 MEXA-7000での自動検量線作成画面
Auto-linearization data collection screen on MEXA-7000

3.2 コンバータ効率チェック機能

GDC-703は、化学発光法による窒素酸化物(NOx)分析計用のNOxコンバータの変換効率をチェックするためのオゾン発生器も搭載している。化学発光法では、活性化された一酸化窒素分子(NO)が基底状態にもどる際の放射エネルギーを測定することによって濃度を知る。よって、NOxを測定する際は、一度コンバータ(触媒)によってNOに変換する必要がある。変換効率を正しく維持・管理することは、分析精度に直接影響する。

GDC-703に搭載されているオゾン発生器は、約10ppm～約1000ppmNOをNOxに変換する能力を持っており、このオゾンで既知濃度のNO(スパンガス)を酸化し、一定濃度のNOxを発生させる。この既知濃度のNOxを用いて、コンバータの変換効率をチェックする。MEXA-7000では、これらの一連の操作を自動プログラムによって行うことができる。

その測定画面の一例を図3に示す。

The screenshot shows the 'NOx Efficiency Check' interface. It includes fields for 'Line', 'Tailpipe', 'Component', 'NOx', and 'Range' (set to 10 ppm). There are buttons for 'Parameter Setup', 'Auto Mode', and 'Manual Mode', along with a 'Start' button. Below these are 'Ozone Initial Count' (5) and 'Ozone Step Count' (1). A table titled 'NOx Efficiency Steps' lists various test conditions. At the bottom, the 'Results' section displays the formula $Eff = [1 + (c-d)/(a-b)] * 100$ with a value of 98.7% and a 'Pass' status for 'NO2 in NO'. A 'CANCEL' button is at the very bottom.

	O3-gen	O2 flow	Mode	Target	Conc	Std Dev
NO	OFF	OFF	NO	10.00	10.00	0.00
a	OFF	ON	NO	9.00	9.00	0.02
b	ON	ON	NO	1.50	1.50	0.13
c	ON	ON	NOx	9.00	9.00	0.06
d	OFF	ON	NOx	9.10	9.10	0.09
NOx	OFF	OFF	NOx	10.00	10.00	0.01

図3 MEXA-7000での自動コンバータチェック画面
Auto NOx efficiency data collection screen on MEXA-7000

4 分割精度の検証

GDC-703の分割精度を検証するにあたって、分割が正確に行われていれば、分割率に対する成分ガス流量、もしくは発生濃度は一次式になるはずである。この前提にて、以下の方法にてGDC-703の精度を検証した。

4.1 流量比による検証

GDC-703のガス分割精度は、表1に示したように任意の測定点に対して±10%以内を保証している。今回の試験では、数十点の分割点で成分ガスを発生させ、流量を石鹼膜流量計で測定した。その成分流量の総流量(4000ml/m)に対する比率を分割率として求めた。その結果を表2に示す。なお、表2では、MFC2からMFC4までを使う分割点で測定し、その流量測定による分割率精度を“%PT”によって表わしている。

MFC				設定分割点(a/500)と流量		実測流量 (ml/min)		分割精度 (ml/min)	
1	2	3	4	設定分割点(a)	分割比(%)	希釈ガス	成分ガス	実測分割比%	%PT
			○	500	100.0%		4001.0	100.0%	0.00%
○			○	450	90.0%	402.0	3600.0	89.96%	-0.04%
○			○	300	60.0%	1599.0	2401.0	60.03%	0.03%
○			○	200	40.0%	2398.0	1602.0	40.05%	0.05%
○			○	63	12.6%	3499.0	505.0	12.61%	0.01%
○	○			62	12.4%	3504.0	497.0	12.42%	0.02%
○	○			40	8.0%	3679.0	320.0	8.00%	0.00%
○	○			20	4.0%	3840.0	162.0	4.05%	0.05%
○	○			8	1.6%	3936.0	64.9	1.62%	0.02%
○	○			7	1.4%	3945.0	55.8	1.39%	-0.01%
○	○			5	1.0%	3959.0	40.3	1.01%	0.01%
○	○			2	0.4%	3985.0	16.0	0.40%	0.00%
○	○			1	0.2%	3993.0	8.4	0.21%	0.01%
○				0	0.0%	3999.0		0.00%	0.00%

表2 GDC-703分割精度の流量比による検証結果
Evaluation results of GDC-703 performance using flow rate method

それぞれの流量測定点での±1.0%(相対誤差; ±1%PT)以内であり, 分析計検量線作成の上, 十分な精度であることが確認できた。

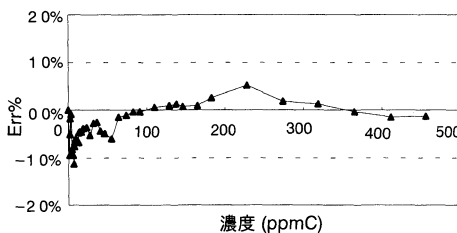


図4 GDC-703によるTHC計の検量線誤差評価
Calibration curve error of THC analyzer with GDC-703

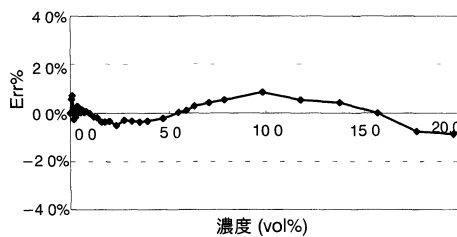


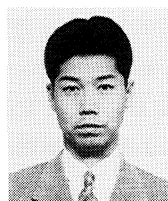
図5 GDC-703によるCO₂計の検量線誤差評価
Calibration curve error of CO₂ analyzer with GDC-703

4.2 分析計の検量線による検証

流量による検証では, GDC-703の精度は十分なものであることは分かった。しかし, 実際に分析計の検量線作成で, その精度が保たれているかどうか検証する必要がある。そこで, GDC-703にてプロパン(C₃H₈)の500ppmCスパンガスを用いて, 全炭化水素化合物分析計(THC計)の0~500ppmCのレンジにて検量線を作成した。THC計の測定原理は水素炎イオン化法であり, 一般に, その検量線は直線近似が可能であるといわれている。その結果を図4に示す。この図中の誤差(Err%)とは, 実測の分割点濃度と理論分割濃度(計算によって求められる分割濃度)の差の割合を示したものである。図4に示すように, GDC-703を用いたTHC計の検量線の誤差は±2.0%以内であることが検証されている。一方, GDC-703を使って他の成分の検量線誤差の測定結果を図5に示す。ここでは, 非分散形赤外線CO₂分析計の0~20vol%の広い範囲で40点に分割して検量線の作成を行った。

5 おわりに

高精度ガス分割器GDC-703の動作原理, 特長, さらに検証結果を紹介した。MEXA-7000シリーズとGDC-703を組み合わせることによって, 高精度な1つのワイドレンジによる排ガス測定が可能になる。従来, 測定濃度範囲ごとに多数のボンベガスが必要であった濃度目盛り校正作業を大幅に削減し合理化をはかり, しかも高精度に行なうことができるようになった。今後は, 測定機器の性能向上はもちろん, 一層使いやすい機器の提供を通じて, お客様の要望に応じていきたいと考えている。



平井 仁史

Hitoshi HIRAI

エンジン計測設計部

1993年入社

自動車排ガス分析装置の研究 開発

