

Readout

HORIBA Technical Reports

特集 量から質へ 環境分析

March 1995 ■ No.10

船舶用排ガス分析計 EXSA-240

Portable NO_x/O₂ Analyzer for Measuring
Exhaust Gas from Marine Engines EXSA-240

福島宏和

Hirokazu FUKUSHIMA

(Pages 47-52)

株式会社 堀場製作所

船舶用排ガス分析計 EXSA-240

Portable NO_x/O₂ Analyzer for Measuring Exhaust Gas from Marine Engines EXSA-240

福島 宏和
Hirokazu FUKUSHIMA

【要旨】

現在、船舶から排出されるNO_xが大きな環境問題となっているなか、NO_x削減の声が高まっている。またその一環として船舶からの排出ガスを測定する分析計が要望されている。そこで船舶用分析計としての必要条件を満たすNO_x/O₂分析計、EXSA-240の開発を行った。

本稿では、分析計の構成と原理を述べるとともに、船舶用として過酷な設置条件にも耐えられる特長、標準規格と仕様などを紹介する。

Abstract

Currently, NO_x emitted from marine engines is a major environmental problem that has led to calls for reduced levels of NO_x. This has also created a demand for analyzers capable of measuring exhaust gas from marine engines. HORIBA has developed the EXSA-240 NO_x/O₂ analyzer capable of fulfilling the conditions required of an analyzer for marine engine exhaust. This paper describes the structure of the EXSA-240 and its principle of operation, and also introduces the features, standard ratings and specifications that allow the EXSA-240 to stand up to the exacting installation conditions of use on board marine vessels.

1. はじめに

現在、地球規模の環境問題が注目されているなか、酸性雨の源でもある船舶からの排出ガス中のNO_x削減を求める声が高まってきている。また船舶は世界中を移動するため、世界の環境を守るという見地からも、NO_x低減の対策は急務である。このような状況の中で、船舶からの排出ガス中のNO_xを容易に測定できる分析計が要望されている。

陸上、海上ともに対応できる船舶用エンジンの排出ガス分析計の必要条件は、容易に持ち運びができ、耐腐食性、耐振動性に強いことである。

そこでこれらの必要条件を満たした軽量でコンパクトなNO_x/O₂分析計、EXSA-240の開発を行った。

2. 分析計の構成と測定原理

分析計の構成は、船舶の煙道の排出ガス採取用フランジ部からプローブにて排出ガスのサンプリングを行い、NO_x分析部までを55℃以上に加熱する方式を採用している(ISO 8178*1準拠)。

このように加熱を行うことにより、サンプリングラインで水分が凝結することによるNO₂の溶解損失*2を抑え、精度の高い測定を可能としている。そのうえ凝結水分量を補正する必要がないため、エンジンからの排出ガス流量を測定値に乗じることにより単位時間当たりの排出ガス質量を容易に求めることができる。

また、NO_xの分析と同時にO₂の分析も行っている。EXSA-240の外観図を図1に、フロー図を図2に示す。

*1 ISO 8178

オフロード用往復動内燃機関の排出ガス・排出物の計測方法について定めた国際的な規格。

*2 NO₂の溶解損失

NO_xのうちNOはほとんど水に溶けないが、NO₂は水に溶け込むため、サンプルガス中の水分の凝結にともない一部失われる。



図1 船舶用排ガス分析計 EXSA-240
Portable NO_x/O₂ analyzer for measuring exhaust gas from marine engines EXSA-240

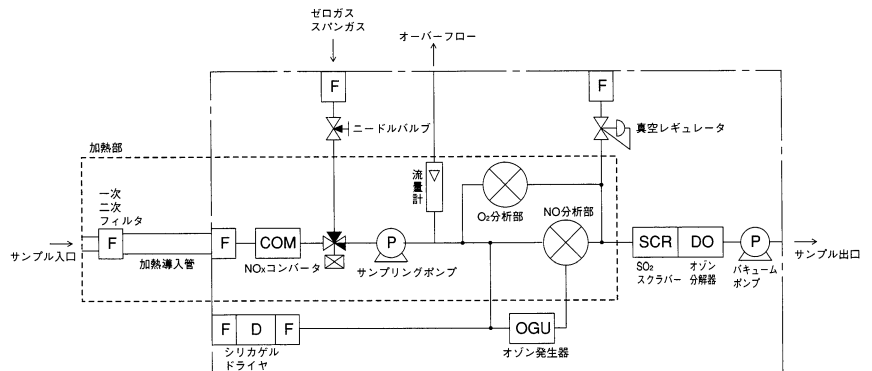


図2 EXSA-240のフロー図
EXSA-240 Flow chart

2.1 NO_x測定原理

NO_x測定原理として実用化され、よく知られているものは以下の3種類である。

- ①化学発光法(Chemiluminescence Detector:CLD法)
- ②非分散型赤外分析法(Non-Dispersive Infrared:NDIR法)
- ③定電位電解法(Electro Chemical Cell)

本分析計は、船舶内での測定ということから振動に強く、また国際規格であるISO 8178に明記されている①化学発光法(以下CLD法とする)を採用した。

2.1.1 CLD法(Chemiluminescence Detector)

NOはO₂と接触するとゆっくり反応してNO₂へと酸化されるが、オゾンを用いて急激に酸化させると、その中の10%程度が励起状態のNO₂*となる(温度によって割合は変わる)。このNO₂*はエネルギー的に不安定であり、すぐに安定(基底状態)なNO₂に変化する。このとき、両エネルギー準位のギャップに相当する光(波長:590~2500nm)を放出する。

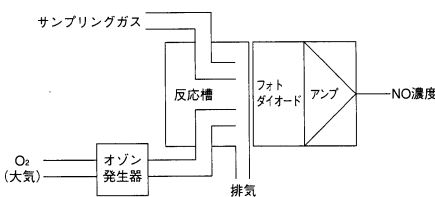
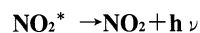
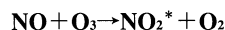


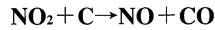
図3 CLD法原理図
Principle of CLD method



この光エネルギー(hν)は、NOの存在量に比例するので、この光量を測定することによりNOの濃度を求めることができる。この手法をCLD法という。原理図を図3に示す。

2.1.2 コンバータ

CLD法は、本来NO濃度を測定する方法であるため、排出ガス中のNO_xを測定するには、分析部に導く前にNO₂をNOに還元する必要がある。このためにコンバータを用いる。コンバータ内部には還元触媒(モリブデン-炭素系)が入っており、次のような反応を起こさせている。



このように、サンプル中のNO₂はコンバータの後段ではNOとなり、NO_xを精度よく測定することができる。

2.1.3 オゾン発生

CLD法で必要なオゾンを得る方法としては、放電法、電解法、光化学法等があるが、本分析計には安定で信頼性の高い放電法を採用している。原理は、電極間に高電圧をかけて放電をおこさせ、酸素からオゾンが発生させている。

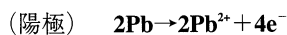
酸素の供給源は大気を利用してポータブル化を行っているが、大気中に水蒸気があるとオゾン発生能力の低下が生じる。そこで、大気をシリカゲルにて乾燥させた後、放電部を通過させる構造にしている。

2.2 O₂測定原理

O₂測定原理には、①磁気力式 ②磁気圧式 ③ジルコニア式 ④電気化学式があり、本分析計では、構造が簡便であり、ISO 8178¹⁾に明記されている④電気化学式であるガルバニ電極法を採用した。

2.2.1 ガルバニ電極法

原理は、図4に示すように陰極にAu、陽極にPbを用い、電解液にKOHやKClを用いる。この電極に適当な負荷抵抗を接続すると、酸素は気体透過膜を通してセル内部に入り、酸素は次に示すような電気化学反応により陰極で還元される。



このとき生じた起電力を測定することにより、酸素濃度を検出している。

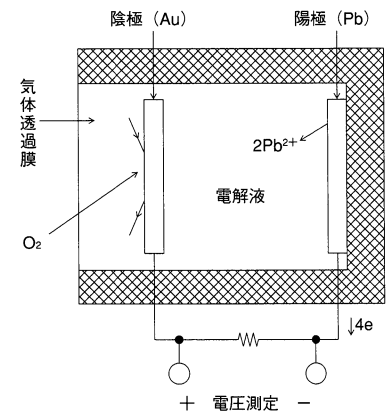


図4 ガルバニ電極法原理図
Principle of galvanic electrode method

3. 船舶用分析計としての特長

3.1 腐食対策

船舶からの排出ガス中のSO₂濃度は、200~1000ppmと広範囲にわたっており、その濃度は燃料である重油のS含有量(表1)に依存する。さらにこのSO₂は液化した水分が存在すれば硫酸ミストを生成し、配管系腐食の原因となる。

本分析計ではその対策として、サンプルガスと接触する部分にステンレスおよびテフロンを用い腐食性ガスの対策を行っている。またサンプル入口からNO_x分析部までの間を加熱することにより、ミストの発生を防いでいる。

	軽油	A重油	B重油	C重油
密度(15℃)	0.824	0.838	0.897	0.936
硫黄分(wt%)	0.49	0.89	1.99	2.44

表1 燃料油分析表
Combustion oil analysis result

3.2 ダスト対策

船舶からの排出ガス中のダスト量は多く、分析計の配管を詰まらせ、光学系の窓を汚染し測定値の変動を引き起こす原因にもなる。そのため、サンプリング部に、ろ過径が比較的大きな2段のフィルタ(前段はメッシュが粗く後段はメッシュが細かい)を設け、さらに分析部入口に保護用フィルタを設置している。また、フィルタの清掃・交換も容易な構造としている。

3.3 振動対策

船舶という設置環境面で特徴的なことの一つに、エンジンから発生する振動が挙げられる。

振動影響の参考として国際規格ISO 6954²⁾の規格値を図5に示す。この規格は、5~100Hzの周波数において、振動の最大速度が9mm/s、加速度は100Hzのときが最大で0.577Gと厳しい条件が見込まれる。

そこで、分析部は振動に強いCLD法、ガルバニ電極法を採用している。図6に振動試験結果を示す。測定結果からもわかるように、1G程度では、ほとんど振動影響を受けていないのがわかる。

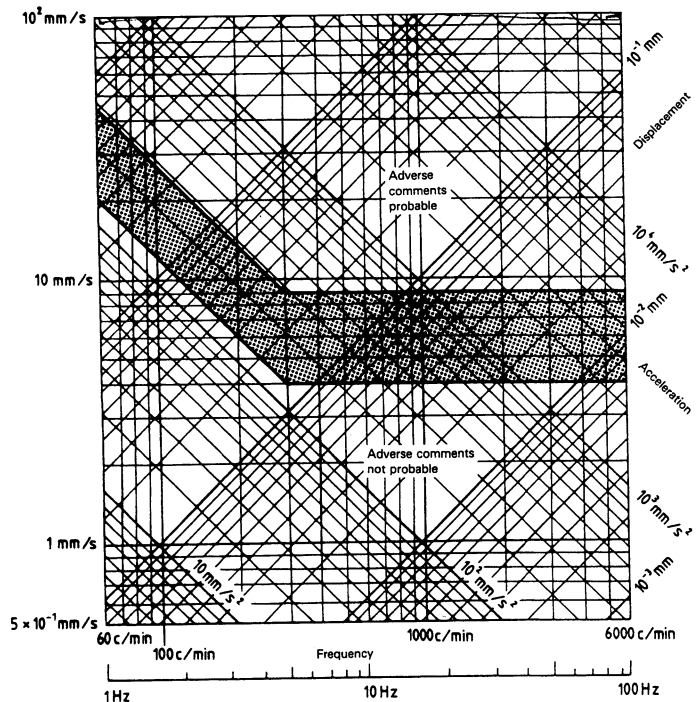


図5 ISO 6954振動基準²⁾
ISO 6954 vibration criteria

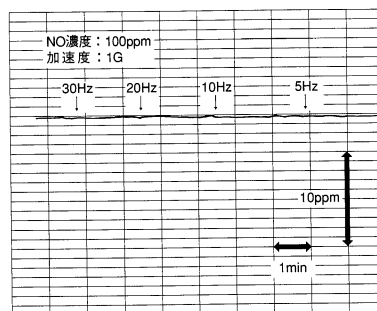


図6(A) NO分析部振動試験結果
NO Analyzer vibration test results

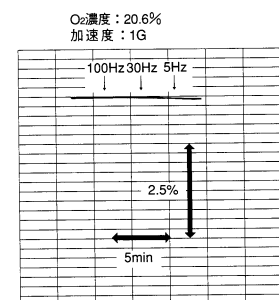


図6(B) O₂分析部振動試験結果
O₂ Analyzer vibration test results

3.4 O₂換算NO_x表示機能

NO_x排出量測定においては、測定ガス濃度を燃焼空気量によって補正する必要があり、通常酸素濃度がその補正に用いられる。

補正式は、次の関係式で表される。

$$C = \frac{21 - O_n}{21 - O_s} \cdot C_s$$

- C:換算したNO_x濃度 (ppm)
- O_n:基準酸素濃度 (%)
- O_s:排出ガス中の酸素濃度 (%)
- C_s:排出ガス中のNO_x濃度 (ppm)

本分析計は、NO_x濃度、O₂濃度から上式にもとづく演算をCPUにておこない、O₂換算NO_x濃度を出力している。なお、基準酸素濃度はキー操作により設定可能としている。

3.5 平均濃度プリントアウト機能

NO_x測定の試験方法はエンジン負荷を一定条件にした、定常モードにおける計測が予想される。そのため、瞬時濃度を測定している状態から(アベレージ)キーを一度押すだけで、NO_x、O₂、換算NO_x濃度の平均値を計測日時とともにプリントアウトする機能を備えている。

3.6 シリカゲル再生機能

本分析計では、ポータブル化のためCLD法で必要となるオゾン供給源は大気としている。ところで、2.1.3で述べたように安定なオゾンを確認するには、除湿した大気が必要となる。このためにシリカゲルにて除湿を行っているが、その除湿能力が低下した場合には、分析計内蔵のヒータにて加熱を行い、シリカゲルを再生できる機能を備えている。

3.7 多種電源対応

電源仕様は、船舶ごとに異なるため、分析計の電源電圧は、100, 120, 200, 220, 240Vのいずれにも、周波数は、47~63Hzの範囲に対応できるものとしている。

4. 標準規格と分析計仕様

船舶は、世界中を移動するので、本分析計仕様は国際規格を基本とした。

ISO 8178は、オフロード用往復動内燃機関の排出ガス・排出物の計測方法について定めた国際的な規格であり、全体は、7つのパートに分かれている。その概要を表2に示す。

パート1は陸上での試験、パート2は船上での試験について記されており、パート2の概要は、パート1に準拠している(計測方法、負荷条件、精度等について、船上での測定が困難な場合には公的機関の了解の基に可能な方法を選定しても良いとの記述がある)。

1.ガス状及び粒子状排出物の台上試験
2.ガス状及び粒子状排出物の現地計測
3.定常状態における排出ガスマークの定義と計測方法
4.各種エンジン用途の試験サイクル
5.試験用燃料の特性
6.測定結果の報告と試験報告
7.エンジンファミリーの決定

表2 ISO 8178概要
ISO 8178 outline

表3にパート1, パート2に記されている分析計に関する規格とEXSA-240の仕様を示す。

このように, EXSA-240はISO 8178¹⁾に適合した仕様となっている。

	ISO 8178規格	EXSA-240仕様
測定原理 窒素酸化物 酸素	NO _x コンバータを備えた化学発光分析計 (CLD法) NO _x コンバータを備えた加熱形化学発光分析計 (HCLD法) パラマグネチック検出器 二酸化ジルコニア計 電気化学計 (ガルバニ式)	HCLD法 電気化学計 (ガルバニ式)
レンジ	測定される排出ガス濃度が測定レンジの15~100%以内	NO _x : 0-2500ppm O ₂ : 0-25%
測定誤差	干渉ガスによる影響も含めて指示値の±5%あるいはフルスケールの±3.5%以内	±2%FS 以内 (直線性)
再現性	±1%FS 以内	±0.5%FS 以内
ゼロドリフト	2%FS/1h 未満	±1%FS/4h 以内
スバンドリフト	2%FS/1h 未満	±1.5%FS/4h 以内

表3 ISO 8178の規格とEXSA-240の仕様
ISO 8178 standards and EXSA-240 specifications

5. おわりに

船舶におけるNO_x測定は, 環境問題面からますます重要となっている。今回は, 船舶という過酷な設置条件にも耐えられる軽量コンパクト, 操作が容易なNO_x/O₂分析計EXSA-240についての報告を行った。

EXSA-240が, 船舶のNO_x測定を通じて地球規模の環境問題に貢献できることを願っている。

参考文献

- 1) ISO 8178 Reciprocating internal combustion engines - Exhaust emission measurement -.
- 2) ISO 6954 Mechanical vibration and shock - Guidelines for the overall evaluation of vibration in merchant ships - (1984) .



福島 宏和

Hirokazu FUKUSHIMA

エンジン計測開発部 主任
1992年入社
排ガス分析装置の研究・開発に従事

