

振動式ガス密度計GDシリーズ

Family of The Model GD Gas Density Meter

鈴木 順一^{*1}
SUZUKI Jun-ichi

従来型振動式密度計に対してアプリケーションごとに特化した新型振動式ガス密度計GDシリーズを開発した。大別してガス密度計、ガス熱量計、水素純度計の3種類のアプリケーションに対応している。特に水素純度計は今回追加された新機能で発電所のタービン冷却用水素監視モニター用である。測定ガスは、水素(H₂)、二酸化炭素(CO₂)、空気に限定され、それぞれのガス濃度を表示し、従来の熱伝導率式ガス濃度計に比べて、1台で2台分の働きをする。性能では外部振動特性、ノイズ特性、温度特性が改良されている。振動体は4つのOリングで保持され、外部振動を完全に吸収する。電気回路にはノイズフィルタを多用しノイズの影響を減少させた。温度についてはソフトによる温度補正の精度を向上させた。

We have developed new vibratory gas density meter with some special applications. It has mainly three applications, gas density meter, Gas calorie meter and Hydrogen purity meter. Hydrogen purity meter is new function in them, added especially this time, used for Hydrogen gas concentration monitor in cooling of the power plant turbine. It measures only three gas concentrations, H₂, CO₂ and AIR, and has role of two thermal conductivity gas calorie meters. Characteristic of outside-vibration, noise and temperature has been improved. Vibrator, which is held by four O-rings, absorbs outside vibration entirely. Noise filters in electric circuit reduce influence of noise. In respect of temperature, accuracy of temperature compensation by software is progressed.

1. はじめに

振動式ガス密度計は約10年前に開発され発売されてきた。この間に対象としてきたアプリケーションも様変わりしてきており、ユーザにとってより使いやすい機能が要求されるようになってきている。これまでのガス密度計のアプリケーションとしては、ガス密度、比重、熱量、分子量、濃度を測定することができたが、特にあるアプリケーション用として専用に使え機能は持っていなかった。例えば電力会社の発電タービンを冷却するためにH₂ガスを使用するアプリケーションがある。常時はH₂雰囲気であるが定期点検時にH₂を排出してAIRに置換するため一度CO₂置換を間に入れる。従来型の密度計で対応しようとするとその都度設定値変更及び校正を要するか3台の密度計を必要とした。今回、このアプリケーション専用として水素純度計機能を追加搭載し、1台で3役をまかなえるようにした。これによりユーザの工数削減及び、コスト削減に貢献している。また性能的にも

従来機の性能を改善し、特に耐振動特性、耐ノイズ性を強化した。

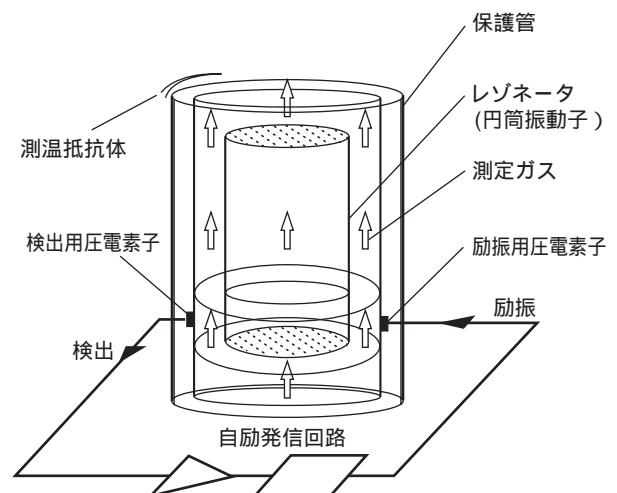
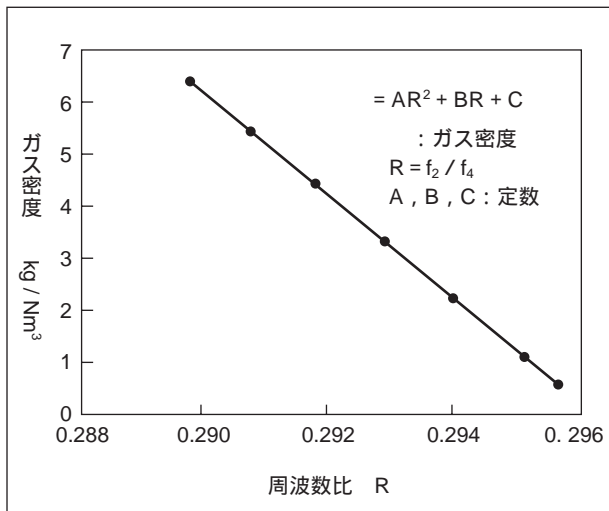


図1 測定原理

*1 IA環境機器事業部 技術部



共振周波数

$$f_i = A \times \left(\frac{\Delta_i}{(1 - \rho^2)} \right)^{\frac{1}{2}} \times (1 + T) \times \left(1 + \log \left(\frac{t}{t_0} \right) \right)$$

周波数比

$$R = \frac{f_i}{f_j} = \left(\frac{j}{i} \cdot \frac{\Delta_i}{\Delta_j} \right)^{\frac{1}{2}}$$

A : 定数
 ρ : 当価流体密度
 Δ_i : i次モード周波数定数
 i : ポアソン比
 α : 温度係数
 β : 経時変化率係数
T : 温度
t : 時間

図2 周波数比の密度依存性

2. 原理

図1に原理図を示す。薄肉円筒振動子の共振周波数は、その周りを流れるガスの密度に依存して変化する。この共振周波数を測定することによってガスの密度を求めることができる。円筒振動子の円周上には2組の圧電素子を取り付けられている。各組の圧電素子はそれぞれ励振用と検出用に使用され、振動子に独立した2つの共振モードを発生させている。共振周波数は図2に示す式で表されるが、密度を単一周波数のみで求めようとすると温度依存性が大きく、完全に補正することは難しい。そこで、温度依存性を減少させるために2つの周波数の比Rを用いてガス密度を求めている。また周波数比を用いることで振動子の経時変化の影響も小さくすることができる。図2のグラフにガス密度と周波数比の関係を示す。ガス密度は周波数比の2次式で近似される。この際、ガス密度は、温度と圧力に依存するため、これらを同時に測定することによって補正し、基準として標準状態(0℃, 101.33 kPa)でのガス密度を求めている。図3にガス密度計による7種類の測定量の関係を示す。密度計は、まず最初にセンサの周波数信号から実際のガス密度(実密度)を求める。次に温度、圧力信号を用いて実密度を標準状態ガス密度、或いはユーザが必要な任意温度、任意圧力の補正密度に変換する。振動式ガス密度計は、基本的にガスの密度しか測定できない。しかし、2成分の混合ガスの場合は、2成分の各々のガス密度が既知ならば、測定した混合ガスの密度から各々のガス濃度を求めることができる。さらにこのガス濃度から混合ガスの分子量、比重及び熱量を求めることができる。但し、特別な場合を除いて、一般的には3成分以上の混合ガスの

各成分濃度は求められない。

3. 機器の構成

図4に製品の構成を示す。製品は、検出器と変換器及び圧力計から構成される。検出器GD300Sは、屋外設置防雨型でJIS本質安全防爆規格を取得しているため広くあらゆる環境で使用できる。変換器は非防爆構造とJIS耐圧防爆構造の2種類が用意されている。また検出器+変換器でCEマークを取得しており、グローバル仕様に対応している。このほか標準仕様の中で圧力計としてEJA310(絶対圧圧力計)を装備している。

変換器には検出器と圧力センサ(EJA310)が接続される。変換器のディスプレイ上では、図3で示した各種測定値及びガス温度、圧力、周波数値を見ることができる。外部出力として2つのアナログ出力(4~20 mA)と1つの接点出力を持つ。

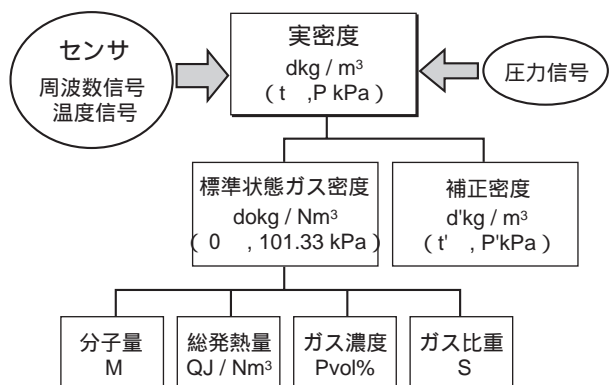


図3 ガス密度計による7測定量の関係



図4 製品の構成

4. 製品の特長

GDシリーズは従来のガス密度計と比較して以下の点が改善されている。

(1) 耐振動特性

図5に検出器の構造を示す。レゾネータ(振動子)は、4つのOリングで保持され、外部のX、Y、Zあらゆる方向からやって来る振動に対して吸収体として働き、内部のレゾネータに影響を与えない。図6に検出器の耐振動特性の一例を示す。検出器に加えた加速度は2Gであるが、200 Hz近傍に共振点を持っているため、この時の検出器の加速度は10Gを越えている。しかし、(1)のグラフに見られるように、密度指示に与える影響は 0.3 g / Nm^3 以下でありほとんど無視できる。この構造のもう一つの長所

は、外部からの配線、配管に対しても影響を受けないということである。通常、防振ゴムで検出器を防振しても検出器に繋がったガス配管や配線を通して振動が伝わってしまい、これを防ぐことは非常に難しい。ところが図5の検出器の場合、振動体をOリングで外部から完全に浮かせているために、外部配線、配管の影響を全く受けない。さらにこのOリングは、ガスのシールとして重要な役目を果たし、またレゾネータへの熱の断熱体としても働いている。

(2) 配線の2線化

これまで多芯であった検出器 - 変換器間を2線化し、ユーザの配線工数削減をはかった。2線には、24V DC電源、測温抵抗体の温度信号、レゾネータの2つの発信周波数(2KHz、6KHz)信号が重畳されて伝送されている。

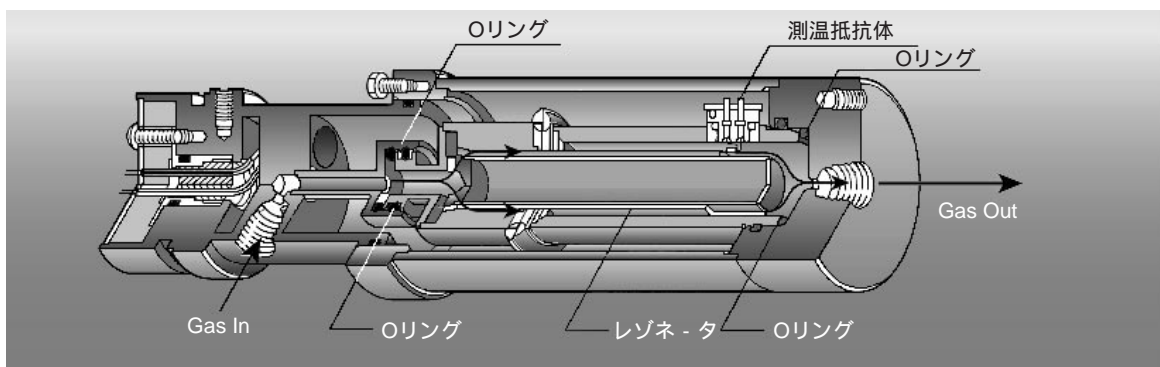


図5 検出器の構造

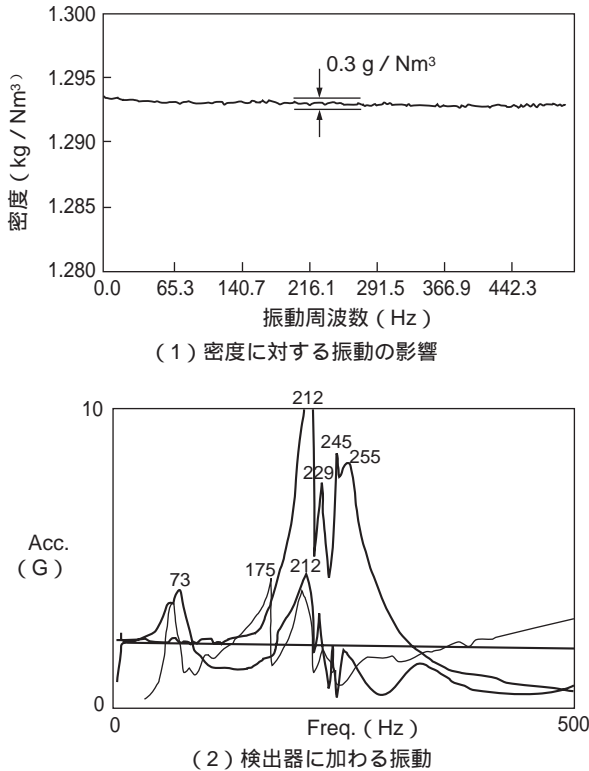


図6 検出器の振動特性

(3) 精密な温度補正

図5でガス流通路内に微小な測温抵抗体(PT100)を設置し、正確なガス温度を測定している。またレゾネータの温度依存性を3次式で近似して補正し、精度を向上している。

(4) 耐ノイズ性の向上

CEマーク取得のためノイズフィルタの多用、シールド板の設置等、徹底したノイズ対策を講じている。特に検出器 - 変換器間のケーブルには2重シールド線を使用して耐ノイズ性を強化している。

5. アプリケーション

先にも述べたがGDシリーズは、従来の密度計、熱量計の他に新機能として水素純度計を搭載している。このアプリケーションを図7に示す。電力会社の大型発電機はH₂ガスを使用して冷却されている。運転中の発電機内には、H₂ガスが圧力0.2~0.6 MPa abs.で封入され、通常約98%の濃度で管理されている(残りの2%はAIR)。H₂濃度が下がると水素ポンベからH₂が加圧供給される。定期点検時には、発電機内のH₂を排出し、炭酸ガスポンベからCO₂を供給して一旦CO₂で置換する。その後さらにCO₂を

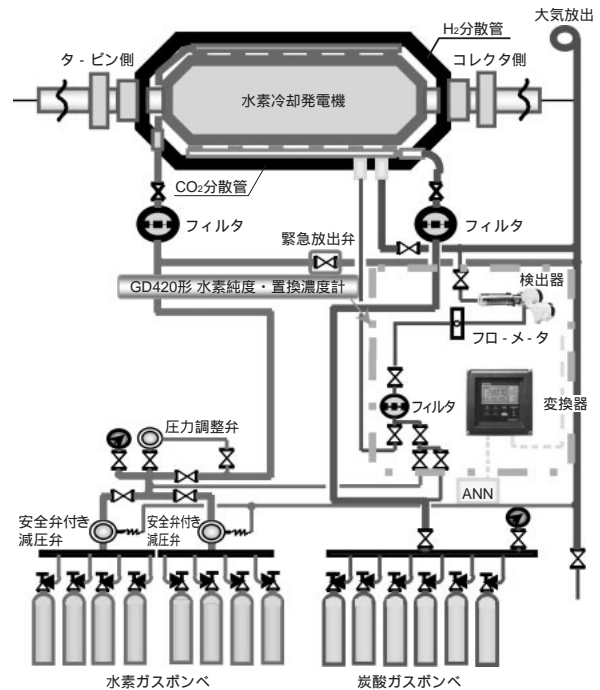


図7 発電機の水素および置換ガス濃度管理

AIRで置換し点検を行う。立ち上げはこの逆のプロセスになる。従って分析計としては、AIR中のH₂濃度、CO₂中のH₂濃度、CO₂中のAIR濃度が必要とされる。GDシリーズGD420には3機種あり、H₂純度計: AIR中のH₂濃度を測定する 置換計: CO₂中のH₂濃度及びCO₂中のAIR濃度を測定する H₂純度置換計: 上記を併せ持つ、の3タイプが用意されている。従来は、熱伝導率式の濃度計が使用されていたが上記プロセスで2種類の濃度計を必要としていた。GD420ではこれを1台で対応することができ、ユーザのメンテナンスコスト削減に寄与している。

この他に熱量計(GD410)として天然ガス、LNGガスの高精度熱量調整用としてまた各種ガス密度計(GD400)として使用されている。

6. おわりに

水素純度計に特化した機能を追加した新型ガス密度計を開発した。従来型熱伝導率式濃度計に比べて1台で2役をこなすことができる。今後も水素純度計アプリケーションでユーザのメンテナンス工数削減に寄与するものと期待している。