

中圧大容量ガスメーターCMPの開発

Development of a large capacity gas meter CMP for medium pressure

株式会社 山武 **大石 安治**
アドバンスオートメーションカンパニー Yasuharu Ooishi

株式会社 山武 **藤田 俊宣**
アドバンスオートメーションカンパニー Toshinori Fujita

キーワード

マイクロフローセンサ、ガスメーター、レンジアビリティ、電池駆動、計量取引

中圧での課金で使用されるガスメーターは従来メカニカル式のルーツガスメーターが主流であった。このたび、マイクロフローセンサを用いることにより高精度で計量範囲が広く、ルーツメーターと比較してコンパクトで軽量の取引用ガスメーターを開発したので報告する。

Mechanical Roots gas meters have been predominantly used for the billing process in medium pressure gas supply systems. We have now developed a new gas meter for commercial use, which is more compact and lighter in weight than the Roots meters and features higher accuracy and a wider measurement range by virtue of a built-in micro flow sensor.

1. はじめに

都市ガスでは主に一般家庭用の低圧ガス供給ラインと工場などの中圧ガス供給ラインに分けられる。中圧ガスの計量取引メーターとしてはルーツメーターが主に使用され、計量室にローターを設置してその回転により流量を計測する方式を使用したいわゆる体積式流量計である。このほどマイクロフローセンサを利用してルーツメーターに替わる電子式ガスメーターCMPの開発を終了した。ここでは主に高流速計測技術と電池駆動技術について報告する。

2 CMPの概観と構造図

図1にCMPの概観を示す。また、図2に流路の内部構造図を示す。



図1 CMPの概観

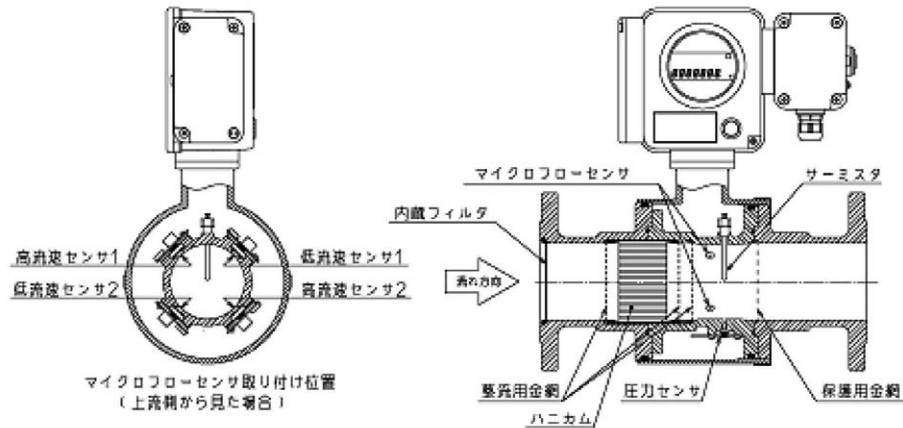


図2 CMPの流路構造

流路入口からダストよけの内蔵フィルタ、整流金網とハニカムを一体化した整流ユニット、低流速センサと高速センサを各2台、保護用金網を設置している。この他にサーミスタ温度センサと圧力センサを内蔵しており、質量流量からのずれ補正用として利用している。流路上部にはLCDによる積算表示部を設け、このケース内部には10年間駆動するに十分なリチウム電池を内蔵している。

3 .CMPの仕様

配管径50Aから150Aに対応して4機種から構成されている。これらの仕様について表1にまとめた。ルーツメーターとの比較で差別化ポイントは次の4つである。

- 1) 計測範囲が広い。
- 2) 温度圧力補正後の器差が小さい。
- 3) コンパクトで計量である。
- 4) 稼働部がなく、更新時期も10年と長い

同口径のルーツメーターとの大きさ比較を図3に示す。

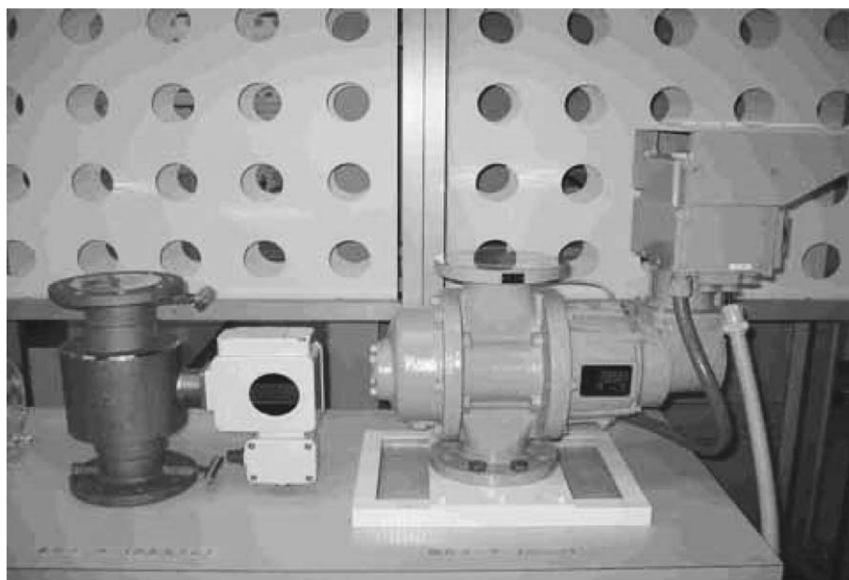


図3 ルーツメーターとの大きさ比較

機種	CMP050	CMP080	CMP100	CMP150
サイズ(口径)	50A	80A	100A	150A
器差保証範囲 (m ³ /h)	1~160	2.5~400	4~650	10~1600
器差 Xm ³ /hにて	±2.5%RD	1 X<8	2.5 X<20	4 X<32.5
	±2.0%RD	8 X<16	20 X<40	32.5 X<65
	±1.0%RD	16 X<160	40 X<400	65 X<650
質量	15kg	24kg	29kg	45kg
計測対象気体	都市ガス13A			
流量出力信号	瞬時流量：4~20mA 積算流量：パルス出力			
取り付け姿勢	水平or垂直(形番にて指定)			
使用温度範囲	-25~60			
使用圧力範囲	大気圧~1MPa			
圧力損失	2.5kPa以下(内蔵フィルタ無 空気：圧力50kPaにて)			
電源	内蔵リチウム電池にて10年間稼動			

表1 CMPの仕様

4 高流速センサの開発

開発当初は一般家庭用の電子化ガスメーター用に開発した低流速センサ(図4)しかなかった。このセンサはチップのダイアフラム中央にヒータRhを配置してその両脇に流れ方向にそって温度センサRuとRdを配置している。図でもわかるようにヒータから距離をはなしたところに温度センサを配置しているため、微流速でも温度変化が効率よく計測できる最適な配置にしている。この低流速センサは10m/sくらいの流速になるとセンサ出力は増加しなくなり、飽和曲線を示して計測が困難となる。このセンサでは流路の流速の設計は7m/sがやっとでルーツメーターと比較してもそれほど大差ない大きさになってしまう恐れがあった。このため、3倍の流速を検出できる高流速センサの開発を行った。

高流速センサの設計コンセプトは低流速センサと反対の発想で温度センサをヒータに可能な限り接近させて熱的な結合を高めたため、高流速においても出力の飽和が発生しにくい。このセンサの特性差異を表したのが図5で30m/sにおいても出力の増加は認められ、目標を達成することが可能となった。

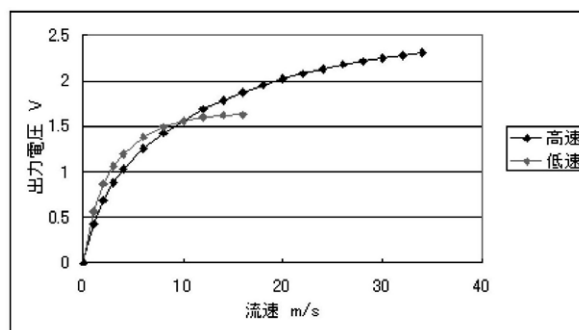


図5 高流速センサの特性

5 高流速計測を可能にするセンサ設置方法

高流速センサを開発したあと、流路に取り付ける方法は従来どおりに水平としたためものばらつきによっては10m/sを超えるあたりからセンサ出力が乱れて変動が大きくなり平均化してもセンサの出力が飽和したり出力低下するものが現れた。原因はセンサチップの取り付けばらつきが原因であった。流れ

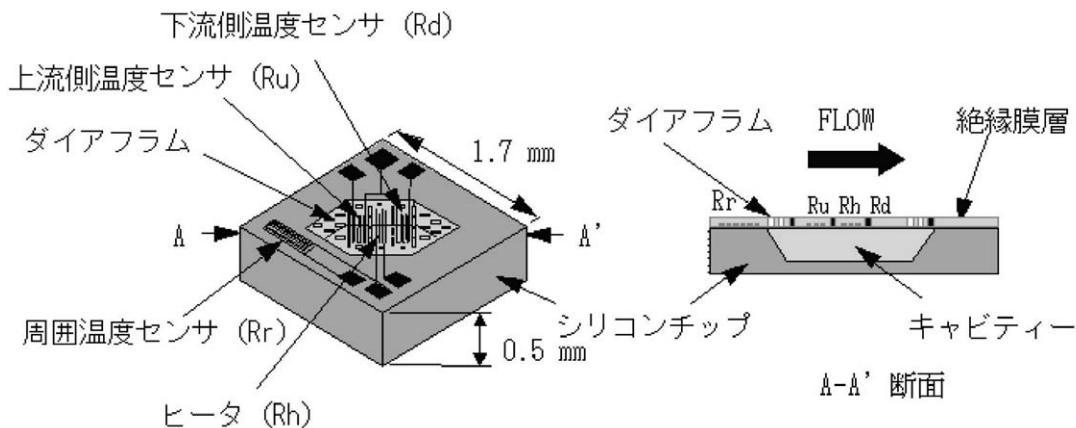


図4 低流速センサの構造

方向に対して俯角に取り付けられたセンサはチップの縁で渦を生じこの渦の流れをセンサが計測してしまうことが判明した。この対策として図6に示すようにチップの取り付け角度のばらつきを考慮して俯角とならないようにセンサユニットをわざと傾斜させて取り付けの手法を採用した。

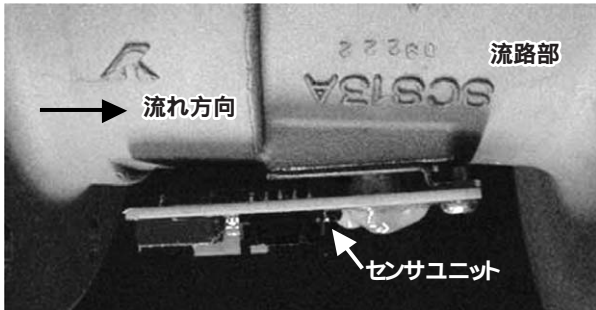


図6 センサを斜めに取り付けた状態

この結果図7に示すように高流速での出力のばらつきは大幅に改善された。

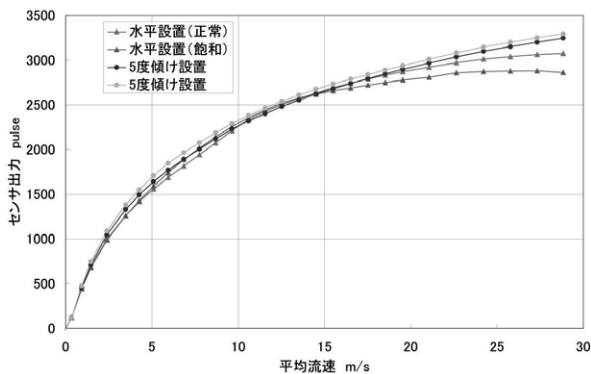


図7 斜め取り付け後の特性改善度合い

6 . 温度差のある環境での計量誤差

一般的にガスメーターは屋外に設置されることもある。このため太陽光がメーターや配管をあたためて温度が上昇する。これとは別にガス配管は地中をめくらせており、工場の近くで地上にできることになる。地中の温度は季節により変化が小さいため、ガス温度の変化も小さい。例えば夏の場合はメーターが太陽光で熱せられて温度が上がっているのに対してガス温度は低いという温度差のある状態で計測しなければならない。マイクロフローセンサはヒータ温度をガス温度に対してある一定温度だけ上昇させることが理想である。ガス温度計測はチップ上の周囲温度センサRRで計測しておりこのチップ温度はガス温度よりメーターボディ温度に近い。このため温度差のある環境では計測誤差が生じることが判明した。

この対策として、チップの取り付け方法にある工夫を施してみた。図8のように熱伝導の小さいガラスを採用してこの上にチップのダイボンを行った。これによりメーターボディの温度の影響が少なくなり計測するガス温度に対してヒータ温度を制御することができるようになった。

図9は実際に太陽光があたった現場で基準メーターと比較した結果を示す。実際の温度差がある環境においても $\pm 1\%$ の誤差範囲に改善され、実用レベルに到達していることがわかった。

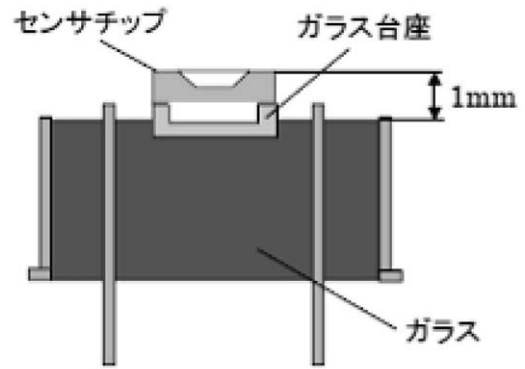


図8 熱絶縁を施したセンサパッケージ

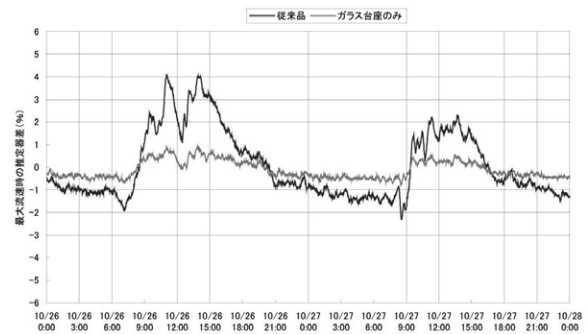


図9 温度差対策後の改善度合い

7 CMPの全体回路構成

図10にCMPの内部回路のブロック図を示す。CMPの概観と構造図で示した4つの流速センサはセレクト回路をもつMPX基板を介してCPUに接続されている。

CMPがルーツメーターに変わる電子式ガスメーターとなるためには、10年の計測と信頼性を電池駆動で実現することが要求される。CMPではマイクロフローセンサの特性を生かした省電力での計測を実現する回路を構成した。

8 電池

電池は定格電圧3Vの二酸化マンガンリチウム電池を使用している。

ガスメーターで使用する電池には、10年の動作を実現するための容量と十分な信頼性が必要となる。CMPでは省電力回路にした上で回路消費電流を詳細に計算してリチウム電池で内部回路を10年動作させるのに必要な容量分の本数を使用している。電池はマイコンメーターや電子式補正装置等のガスメーター関連機器で使用されておりガスメーターの使用環境での実績と信頼性のあるものを使用している。

ガスメーターとしての安全性のため、CMPの内部回路はすべて電池で駆動される回路構成をとり昇圧回路は使用していない。

電池部分は独立した基板として構成し電池単体での交換を可能にしている。

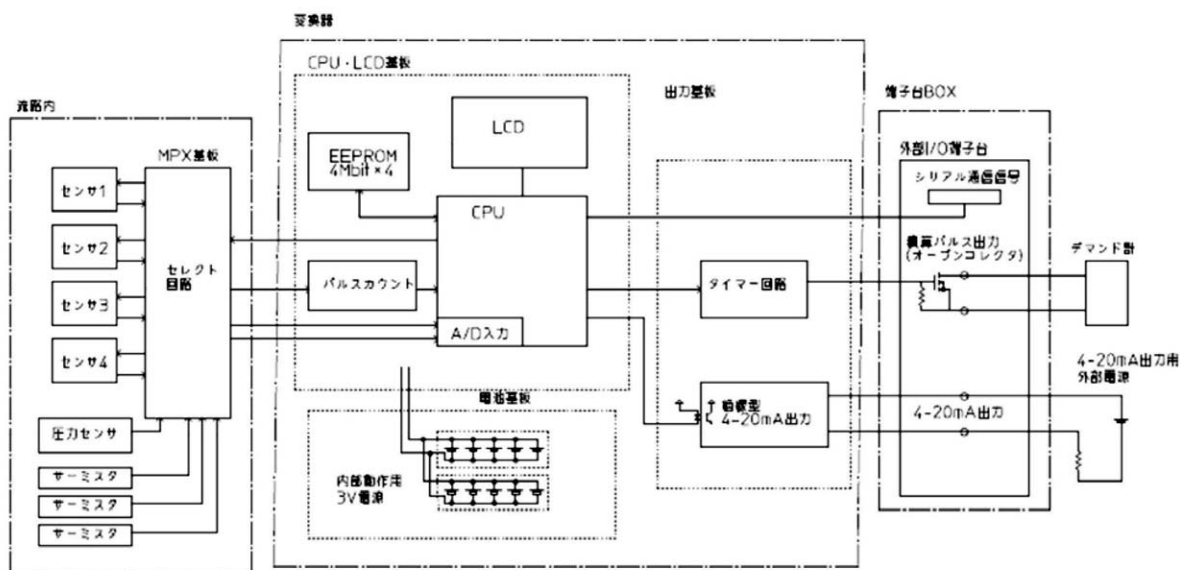


図10 CMPの内部回路ブロック図

9 センサ回路

センサはガスメータとしての計量の応答性を満足させ、省電力を達成するために1秒ごとの間欠駆動で動作している。

マイクロフローセンサの計測には瞬間的には数mAの電流を必要とするが、高速応答という特性を生かして数十msのセンサ駆動で計測を行ない電力消費を削減している。センサ基板にはAD変換機能と計測シーケンス制御機能も持った専用ICを使用しセンサ周辺回路の消費電力の削減と省配線を実現している。

これらの対策によりAD変換を含めたセンサ基板単体は1秒間の平均電流にすると流量ゼロの場合約 120 μ A の消費電流を達成している。

10 CPU

CMPの動作でもっとも消費電流を必要とするのはセンサ部分とCPU部分である。このため、省電力化のためにS/Wを含めてCPU部は最適動作を行なっている。

CPUは通常は低消費電力のサブクロックのスリープモードで動作し1秒間に1回の計測動作とセンサの出力信号から流量信号への変換と出力の駆動を行なっている。

CMPは取引用ガスメータとして要求される高精度の流量計測を実現するために温度や圧力によるセンサ出力シフトの補正を含めた流量変換演算を行い、他のマイクロフロー製品より複雑な計算を行なっている。流量演算は消費電流の大きいメインクロックのアクティブモードで動作しているため、流量変換の計算時間を短くすることが消費電流削減になる。このため要求される流量精度を実現しより少ない計算時間で流量への変換できるアルゴリズムを検討しS/Wを実装している。

11 出力回路部

CMPは積算使用量を計測するため積算パルス出力と瞬時流量を計測するため4-20mAの2つの出力を持っている。

大容量ガスメータの積算パルス出力はデマンド計と接続されて使用される。デマンド計は電池で動作し入力部の検出電流が小さいためON時残留電圧が低く漏れ電流が小さい出力形式が必要となる。このため非絶縁のオープンドレイン出力とした。

積算パルス出力の駆動は、省電力のためタイミング作成回路を作成しCPUからのタイミング信号で動作させている。

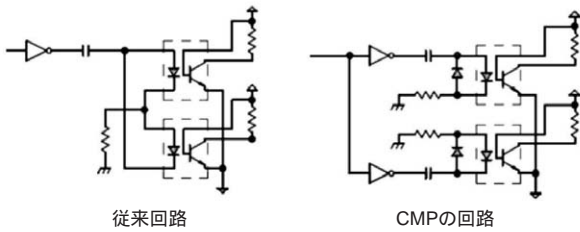
4-20mA出力部は内部電池の電力を使用しないように外部電源で動作する2線式出力形式とし、積算パルスを接続するときに問題がないように4-20mA出力を内部回路と絶縁する構成にした。

4-20mA出力回路の伝送信号は内部電池から駆動されるので低消費電力で低電圧でも動作させる必要がある。このため絶縁型の信号伝送回路として2線式流量計等で使用しているフォトカプラでパルスの信号を伝送する回路を修正して採用した。

従来の回路では駆動信号の立上りと立ち下りを伝送する2個のフォトカプラにコンデンサを介して接続しており、この回路ではフォトカプラが交互に駆動と逆バイアス時の電圧制限を行なっているため、駆動信号レベルが2個のフォトカプラの順電圧以上必要である。電池電圧をそのまま使用するCMPでは電池電圧が下がってくると動作条件を満たせなくなる。

このため低電圧でも動作するように立上りと立ち下りの駆動を別々にし、フォトカプラの逆バイアス時の電圧を順電圧の低いショットキーダイオードで制限する回路に変更した。変更回路はフォトカプラとショットキーダイオードの順電圧の合計以上の電源電圧があれば動作するので、2.3V以上の電池電圧があれば

動作する。



12 おわりに

この製品は東京ガス株式会社 株式会社竹中製作所殿との共同開発により実現しました。長期にわたる開発でしたが社内外を問わず 関連されたかたがたのご苦労に対してここに厚く感謝する次第です。

参考文献

- (1) 温井他 整流器内蔵流路の壁面に流速センサを配置した気体流量計の開発 第17回センシングフォーラム(2000),4 B-5 .
- (2) Kazumitsu Nukui , DEVELOPMENT OF THE GAS METER WITH THE THERMAL FLOW SENSORS ARRANGED ON THE SURFACE OF THE RECTIFIED FLUID PATH", FLOMEKO2000
- (3) 福浦他 大容量気体質量流量計CMLの開発 セーブメーションレビュー Vol No. P82-P87 2002

商標

マイクロフローセンサは、株式会社山武の登録商標です。

著者所属

大石 安治	アドバンスオートメーションカンパニー マイクロフロー事業推進部 開発グループ
藤田 俊宣	アドバンスオートメーションカンパニー マイクロフロー事業推進部 開発グループ