

電池駆動式 電磁流量計による 広域水道インフラソリューション

Battery-Powered Electromagnetic Flowmeter
Offering New Solutions for Wide-Area Infrastructure of Water Supply

樋口 隆司 飯島 拓也 池上 聡一郎

■ HIGUCHI Takashi ■ IJIMA Takuya ■ IKEGAMI Soichiro

電磁流量計には、他方式の流量計に比べて精度が高い、測定管内に可動部がないため信頼性が高いなど、優れた特長がある。しかし、電磁流量計は外部電源を必要とするため、配線のコストがかかる点や電力インフラの有無に依存する点がデメリットとなり、上水網のような広域インフラでは機械式流量計に比べてあまり採用されていない。一方、世界に目を向けると、新興国の水道インフラ事業を中心に、漏水率を改善する目的でより精度の高い流量監視の必要性が高まっている。

東芝は、これらのニーズに応え、内蔵バッテリーだけで最大9年間稼働し、一般の電磁流量計並みに精度が高い上水向け電磁流量計を製品化した。この製品によって広域水道インフラにおける新しいソリューションを発展させることができる。

Electromagnetic flowmeters have superior features including higher accuracy compared with other types of flowmeters, as well as high reliability due to the absence of moving parts inside the measuring pipe. However, the necessity of power sources and the costs of wiring between power sources and flowmeters limit the use of electromagnetic flowmeters in the field of wide-area infrastructure systems such as water supply networks relative to rotary-type flowmeters. On the other hand, there is growing demand for accurate monitoring as a countermeasure against water leakage in water utilities, particularly in developing countries.

In response to this situation, Toshiba has developed a high-performance battery-powered electromagnetic flowmeter that offers new solutions for the wide-area infrastructure of water supply services. This flowmeter can operate for up to nine years powered by its internal battery, and achieves almost the same accuracy as mains-powered electromagnetic flowmeters.

1 まえがき

電磁流量計はファラデーの電磁誘導の法則を利用した流量計で、導電性流体に磁界を印加すると、流速に比例した起電力が発生する原理を用いている。この方式は、原理的に流体の温度、密度、及び粘度の影響を受けないため、機械式や超音波式など他の方式に比べて精度が高い。また、測定管内部に可動部がないため、羽根車式や容積式といった機械式流量計に見られる部品の摩耗や目詰まりがなく、信頼性が高い。

しかし、一般的な電磁流量計は外部電源を必要とするため、電力設備の整ったプラント施設内で主に使用されてきた。すなわちその需要は、設備投資の多寡に依存して、わが国では頭打ちの傾向にある。

一方、世界的に見ると、経済産業省の報告(2009年10月)では、新興国を中心に拡大する水道インフラ事業の市場規模は2007年に年間36兆円あり、2025年には87兆円に膨らむと予想されている。更に、新興国の上水道の漏水率は30~40%とわが国(東京)の10倍であり(表1)、より高精度な流量監視により無収水率^(注1)を下げるというソリューションは、電磁流量計の市場を開拓する可能性がある。このような状況において、外部電源を必要としない電池駆動式電磁流量計の世界シェア

(注1) 料金を徴収できない比率。

表1. 世界各都市の漏水率

Leakage rates in major cities worldwide

都市名	漏水率 (%)
東京	3.6
ロサンゼルス	9
モスクワ	10
カイロ	20
ロンドン	26.5
バンコク	33
メキシコ	35

は、ABB社(スイス)、Siemens社(ドイツ)、及びKROHNE社(ドイツ)の3社で60%以上を占めており、参入メーカーはまだ少ない。

東芝は、このような状況に対応するため、残留磁気励磁方式の採用で海外メーカーより“性能対電池寿命”に優れる電池駆動式電磁流量計を開発するとともに、この製品をキーコンポーネントとする広域流量監視システムを提案している。

ここでは、それらの概要を述べる。

2 開発品の概要

当社が開発した電池駆動式電磁流量計の外観と概略の構

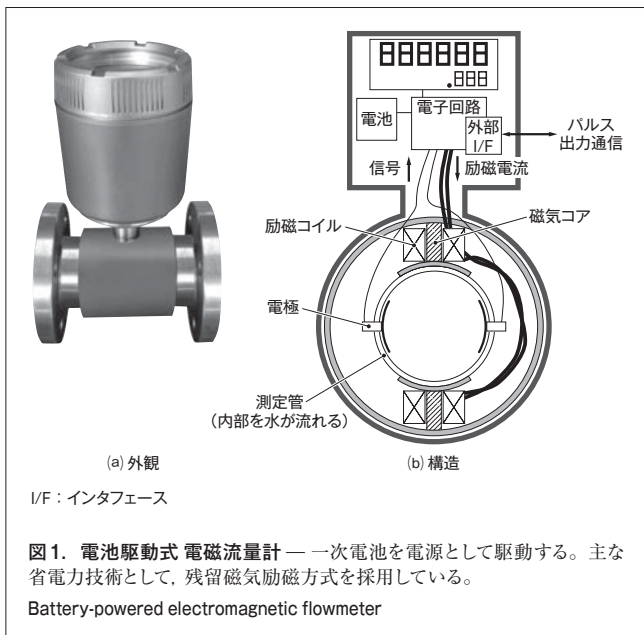


図1. 電池駆動式電磁流量計 — 一次電池を電源として駆動する。主な省電力技術として、残留磁気励磁方式を採用している。
Battery-powered electromagnetic flowmeter

造を図1に示す。

電源として一次電池の塩化チオニルリチウム電池（定格出力：3.6 V、容量：17 Ah）を最大で4本内蔵し、9年間駆動することができる^(注2)。

測定精度は±0.4 % of rate ±2 mm/sであり、一般的な電磁流量計の精度である±0.5 % of rateに劣らないものとなっている。なお、一般的な電磁流量計が瞬時流量精度を意味するのに対し、この製品が上水道などにおいて定期的に積算量を計量するという運用形態に特化しているため、ここで言う精度とは積算体積精度を意味する。

3 技術的ポイント

3.1 磁気回路と励磁方式

電磁流量計の電力は、電源効率による損失を除けば70 %

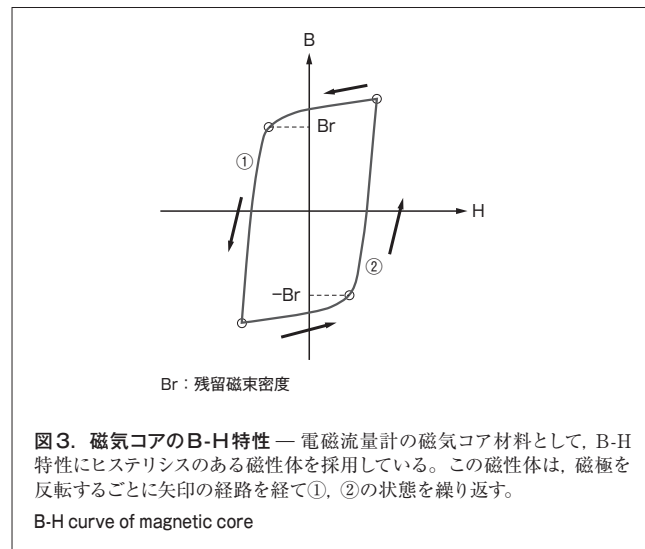


図3. 磁気コアのB-H特性 — 電磁流量計の磁気コア材料として、B-H特性にヒステリシスのある磁性体を採用している。この磁性体は、磁極を反転することに矢印の経路を経て①、②の状態を繰り返す。

以上が励磁によって消費されるため、電池駆動式を実現するための最大の技術ポイントは励磁方式にある。

図2は、電磁流量計の各種励磁方式を比較したものである。

一般的な電磁流量計は、コイルに定電流を流し、安定磁界を発生させた状態で流体に発生する起電力を検出する。直流ノイズの影響を避けるため、20 Hz程度で極性を反転させる方形波励磁方式を採用している。

これに対し残留磁気励磁方式では、磁界を発生させる励磁コイルの磁気コアの材料としてB-H (B: 磁束密度, H: 磁界)特性にヒステリシスのある磁性体(図3)を採用し、コイルに数msという短時間の電流を流して磁化させることで安定磁界を発生する。この方式自体は公知の技術だが、磁気コアに最適なB-H特性を持たせる点が最大の技術的な特異性となっている。

低消費電力化のための他の励磁方式としては、間欠励磁方式があり、海外メーカーが採用している。これは、励磁周波数を非常に低くして、信号検出に不要な期間はコイルに流す電流を停止させる方式である。海外メーカーでは0.1 Hz程度の周

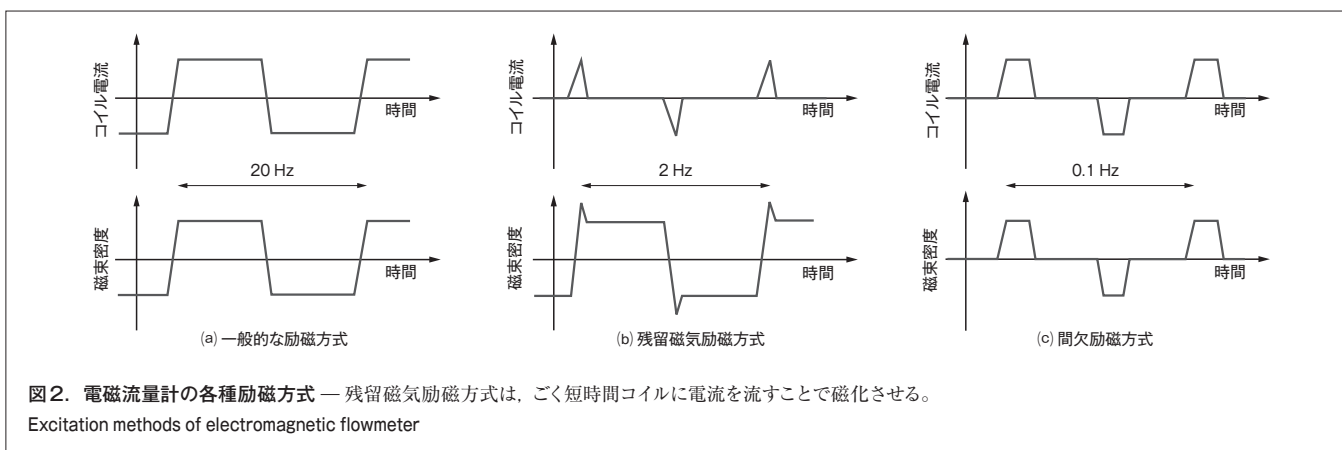
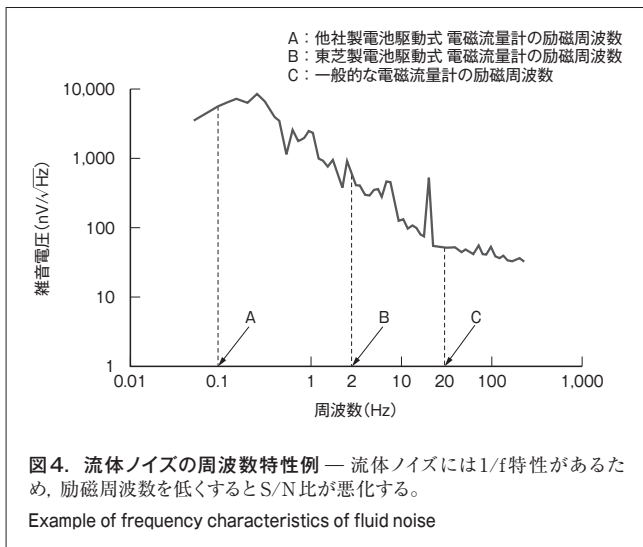


図2. 電磁流量計の各種励磁方式 — 残留磁気励磁方式は、ごく短時間コイルに電流を流すことで磁化させる。
Excitation methods of electromagnetic flowmeter

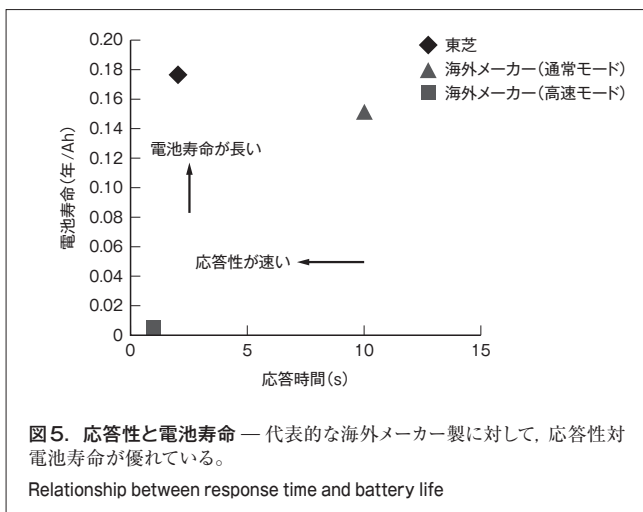
(注2) 平均周囲温度 20 °C のとき。



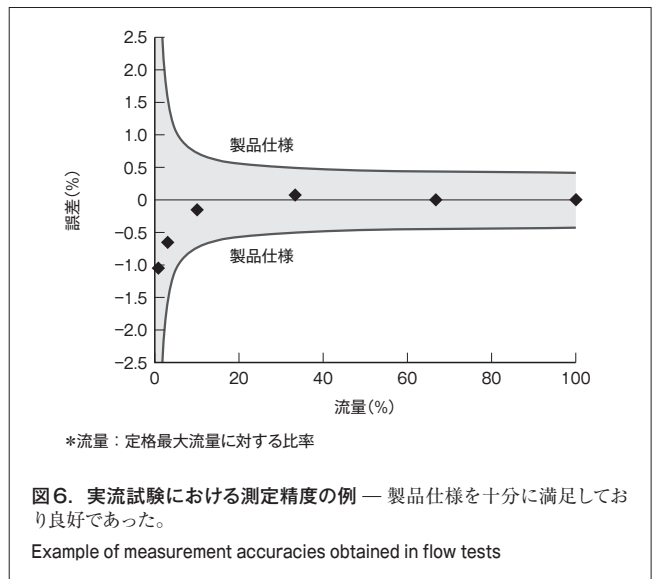
波数で駆動する。しかし、図4に示すように、流体が発生するノイズには1/f (f: 周波数) 特性^(注3)があり、励磁周波数を低くするとS/N比 (信号と雑音の比) が悪くなるという欠点がある。また、実質10sに1回しか測定しないため、応答性が悪い。

表2. 電磁流量計の消費電力比較
Comparison of power consumption of conventional and battery-powered electromagnetic flowmeters

項目	消費電力	
	一般的な励磁方式	残留磁気励磁方式 (電池駆動式)
励磁回路	5 W	1 mW
信号処理回路	0.4 W	0.2 mW
CPU周辺	1 W	0.2 mW
その他	0.6 W	0.01 mW以下
電源の損失	3 W	—
合計	10 W	1.4 mW



(注3) 周波数が低いほど振幅が大きくなる特性。



当社は残留磁気励磁方式を採用することで、2 Hzという電池駆動式としては高い励磁周波数にもかかわらず、励磁にかかる電力を従来の5千分の1、回路全体で7千分の1に低減した(表2)。図5に示すように、応答性対電池寿命が海外メーカーの製品より優れている。

3.2 性能

開発した製品を実流中で試験したときの測定精度の例を図6に示す。製品仕様を十分に満足しており、一般形電磁流量計並みの良好な精度であった。

4 上水道インフラにおけるソリューション

従来、上水網のような広域インフラでは、主として機械式流量計が採用されてきた。特に水道インフラが拡大しつつある新興国では、電力インフラがまだ不安定な地域が多く、外部電源を必要とする流量計では信頼性に問題がある。しかし一方で、新興国においては機械式流量計に以下の問題がある。

- (1) 上水道の水質はわが国ほど清浄ではないため、水中の不純物が付着して早期の性能劣化があり、無収水率が増加する一因となる。
- (2) 構造が複雑なため、メンテナンスが容易でない。

上水中の不純物の多くは、酸化第二鉄 (いわゆる赤さび) 及び炭酸カルシウムや酸化ケイ素といったミネラル分の可能性が高い。いずれも絶縁物であり、機械的には問題だが電気的な影響は少ない。

4.1 無収水率及び保守コスト削減ソリューション

当社は機械式流量計を電磁式に置き換えることによって、前記のような機械式流量計の問題点を解決し、使用量の正確な計量により無収水率を削減し、保守コストを削減するというソリューションを提案できる。

一般家庭などに給水する小口径の流量計では、コスト面で機械式が有利なため、置換えは主に幹線や大口需要家への引込み管路を対象とする。これらの管路に設置される流量計の台数は、漏水監視ソリューションによって拡大することが期待される。

4.2 漏水監視ソリューション

漏水箇所の検出は、現地で作業員が漏水音を検出するセンサを使用して直接的に特定していくのが一般的である。しかし、広範囲な上水網においては、調査に要する時間や費用が大きくなる問題がある。

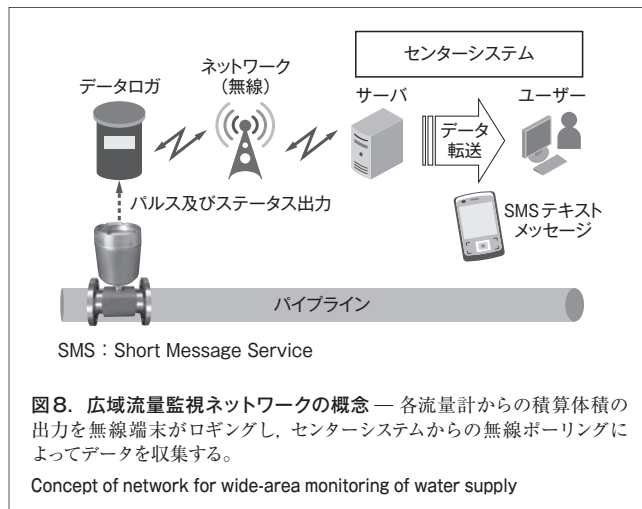
流量計を使った漏水監視ソリューションは、上水網の各分岐点に流量計を設置し、管路の流入量と吐出量を比較することで漏水のある管路網を特定するものである(図7)。

漏水のある管路網をあらかじめ絞り込めるため、調査に要する時間と費用を削減できる。設置する流量計は、幹線網の比較的大きい口径となるため、電池駆動式電磁流量計が最適である。

4.3 広域流量監視システムソリューション

流量計による漏水監視を行うには、各流量計の通過体積(日量データ)を効率よく収集する手段が必要である。作業員による現地検針では人的コストが大きすぎ、また、作業員の検針ミスや改ざんも防止しなければならない。これらの課題を解決するには、流量監視のネットワーク化が有効である。ただし有線による通信では新たに配線コストがかかる。

図8は、当社が提案する広域流量監視システム概念である。各流量計からの積算体積の出力を無線端末(図中のデータロガ)がロギングし、センターシステムからの無線ポーリングによってデータを収集する。無線通信にはGSM(Global System for Mobile Communications)を使用する。GSMは第2世代(2G)の移動体通信規格で、わが国や韓国を除く200か国以上で運用されており、世界の携帯電話の80%がこの方式を採用している。現在、産業プロセス用途として様々なフィールド無線通信の技術開発と規格化が進められているが、これらは主



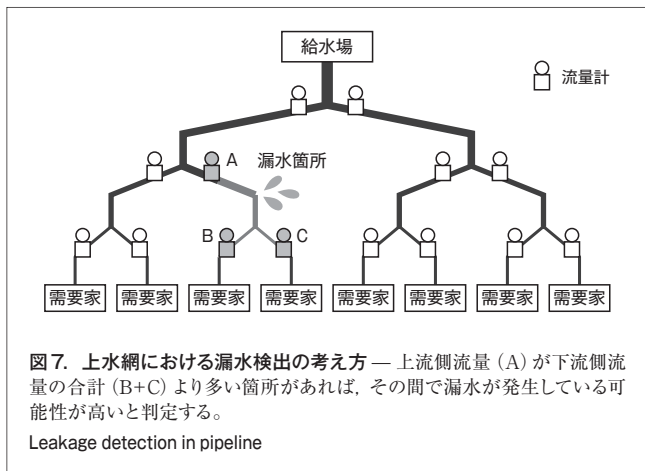
にプラント施設内での使用を前提としているため、現時点では、広域上水網をカバーする無線方式としてGSMは適している。

このシステムによれば、広域上水網において、各管路の時間ごとの流量を効率よく正確に収集することができる。また、無線を使用することで、電池駆動式電磁流量計は配線コストが不要であるというメリットを損なうことがない。更に、無線端末からの情報には流量計本体と無線端末の電池残量が含まれるため、適切な電池交換時期を計画することもできる。

5 あとがき

ここでは、電池駆動式電磁流量計を使用して、漏水率を切り口にした上水インフラに対するソリューションについて述べた。

今後、更なるソリューション展開の課題として、2013年をめぐりに統合が進められている上水用体積計のISO 4064(国際標準化機構規格4064)とOIML R49(国際法定計量機関勧告R49)への適合に取り組んでいく。



樋口 隆司 HIGUCHI Takashi

社会インフラシステム社 府中事業所 計測制御機器部主務。
電磁流量計の設計・開発に従事。
Fuchu Complex



飯島 拓也 IIJIMA Takuya

社会インフラシステム社 府中事業所 計測制御機器部主査。
電磁流量計検出器の設計・開発に従事。日本機械学会会員。
技術士(機械部門)。
Fuchu Complex



池上 聡一郎 IKEGAMI Soichiro

社会インフラシステム社 ソリューション・自動化機器事業部
計装制御営業部。電磁流量計の営業・マーケティング業務に従事。
Automation Products & Facility Solution Div.