

# フィールド計測技術の中国市場への適用

## LQ520 Microwave Density Meter to Meet Requirements of Chinese Market

渡邊 一弘

坂田 真一郎

木村 真

■ WATANABE Kazuhiro

■ SAKATA Shinichiro

■ KIMURA Makoto

中国では都市部に人口が集中しており、下水量及び汚泥量の増加に対応して下水処理場の増設や建設が進められている。中国の下水処理プロセスでは間欠的な濃度管理が行われているが、わが国や北米のように連続的な濃度管理を行えば、最適な薬品注入や脱水汚泥濃度の安定化が可能であり、薬品コストや脱水汚泥の処理コストを低減できる。国内外の下水処理場や、紙パルプ産業、食品加工産業などで使われているマイクロ波濃度計は、連続的な濃度管理が可能であり、今後も増加する中国の下水処理場の処理負担低減に有効である。

そこで東芝は、下水道市場に必要な機能及び性能をそのまま継承して、小型軽量化と大幅なコスト低減を実現するマイクロ波濃度計LQ520を開発しラインアップした。

The rising proportion of the Chinese population living in urban areas has led to the construction of sewage treatment plants to accommodate the increasing amounts of sewage and sludge. In Japan and various other countries, the concentrations of sewage and sludge are generally measured continuously using microwave density meters in the sewage treatment process at sewage treatment plants and in the pulp and paper, food, and other industries, to achieve stabilization of both optimal chemical dosing and the concentration of dehydrated sludge. In China, on the other hand, sewage treatment plants employ intermittent concentration measurement without the use of microwave density meters. Hence, in order to reduce the processing cost per unit amount of sewage and sludge in China, it is necessary to accelerate the dissemination of microwave density meters there.

In response to this situation, Toshiba has developed the LQ520, a new type of microwave density meter with appropriate performance and functionality for the Chinese market. We achieved reductions in the size, weight, and cost of the LQ520 by reducing the detector weight and the number of circuit boards.

## 1 まえがき

上下水道などの社会インフラや、紙パルプ産業及び食品加工産業の各種製造プロセスでは、測定対象によって種々のセンサが使用される。東芝は、流量や、圧力、濃度、振動など様々なセンサを製品化しているが、海外市場には、液体の流量を測定する電磁流量計や流体の固形分を測定するマイクロ波濃度計を提供している。

成長著しいアジアの国々の中にあって、中国の市場規模は大きく、その中でも特に社会インフラ市場ではセンサの需要が多い。当社は、マイクロ波濃度計の有望市場として、中国の下水処理プラントを選定し、中国で下水処理プラントのフィールドテストを行った。その結果を踏まえて中国市場向けマイクロ波濃度計 LQ520を開発した。

ここでは、マイクロ波濃度計の概要を述べるとともに、中国の下水処理プラントでのフィールドテストの結果、及びLQ520の特長について述べる。

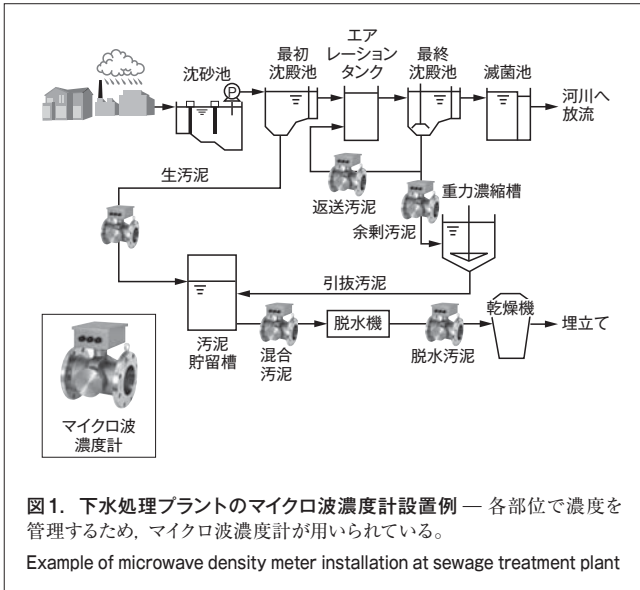
## 2 マイクロ波濃度計の概要

### 2.1 マイクロ波濃度計の特長

マイクロ波濃度計の測定原理は、マイクロ波の伝搬する速度が濃度に応じて変化することを利用し、その速度変化を位相変化として検出する。濃度0%とみなせる清水中を伝搬したマイクロ波の受信信号の位相変化と、測定対象中を伝搬したマイクロ波の受信信号の位相変化との差(位相差)を求めると、この位相差と測定対象の濃度との間には良好な直線関係がある。これを利用して測定対象の濃度を測定している<sup>(1)</sup>。

マイクロ波濃度計は、超音波式濃度計や光学式濃度計と比べて、主として次のような特長がある。

- (1) 測定範囲が広い。50%までの高濃度を測定できる。超音波式濃度計や光学式濃度計など他の方式では、8~20%程度の測定範囲である。
- (2) 流速の影響を受けない。
- (3) 繰返し性及び直線性が良い。測定範囲上限に対して±2%FS (FS:フルスケール)である。
- (4) 機械的可動部がなく、メンテナンスが容易である。
- (5) 汚れや気泡の影響を受けにくい。



## 2.2 マイクロ波濃度計の適用分野

マイクロ波濃度計は様々な分野で使用されている。その代表として、下水処理プラントでの設置例を図1に示す。

下水処理プラントに求められている重要な機能としては、汚い下水をきれいにして河川へと戻すことや、下水処理により発生する汚泥の量を削減することにある。下水処理プラントの様々な箇所でマイクロ波濃度計は使用されているが、設置場所の制約を低減し、取付工事を容易にするためには、小型軽量化が求められる。

中国の国土は広く、北方では周囲温度が0℃以下となるため、幅広い周囲温度範囲に対応する必要がある。また風雨にさらされることがあるため防水性の向上が必要であり、容易に操作ができることや操作するときに防水性能を維持することが要求されている。マイクロ波濃度計を適切に安全に使用するために、耐環境性及び保守性の向上が必要である。

## 3 中国でのマイクロ波濃度計の下水市場と導入アプローチ及びフィールドテスト

### 3.1 中国の下水市場

中国では経済成長とともに、発生する汚水及び汚泥の量が年々増加している。増加する汚水と汚泥を適正に処理するために、500か所/年のペースで下水処理場が新設されている。

下水処理場では、滅菌池での処理後に河川へ放流する際の水質に対して厳しい基準を設けて管理し監視している。放流の水質基準を満足するために、下水処理場へ流入してから河川へ放流するまでの処理プロセス中でも各種計測機器を使用して、pH(水素イオン指数)などの水質項目を管理し監視している。

一方、下水処理場から排出して埋め立てる脱水汚泥に対し

では、含水率80%以下(濃度20%以上)を満たすことが定められているだけである。各プロセスで分離される汚泥の濃度を測定することで処理の効率化と高度化が可能になる。

### 3.2 マイクロ波濃度計の導入アプローチ

中国の下水処理場の多くは、エアレーションタンクのMLSS(活性汚泥浮遊物)濃度は測定しているが、わが国や北米のように配管内の濃度管理・監視はしていない。

中国では、下水処理プロセスにおいて配管内の濃度測定自体の経験がないため、配管内の濃度管理の必要性や管理監視することのメリットなどを提案することから始めた。

広州市の下水処理場数か所に対して訪問を重ねて、下水処理場の抱える課題をヒアリングし、マイクロ波濃度計の導入効果があることを提案している。

現在中国では管理、監視していない、図1に示した脱水機の脱水前及び脱水後の濃度測定を行うことで、脱水処理の効率化が図れ、処理コストを削減できる。それらはマイクロ波濃度計が得意とする高濃度測定であるため、脱水前後の濃度測定によるソリューション提案を中心にプロモーション活動を続けている。

脱水機前後の濃度測定には次のメリットがある。

- (1) 脱水前の薬品注入量が最適化できることで薬品量を削減
- (2) 脱水機の運転制御ができることで脱水汚泥の体積を減量化
- (3) 脱水汚泥の減量化に伴って輸送コスト、処分コストを削減
- (4) 脱水機の高効率運転ができることで脱水機の保守期間を延長

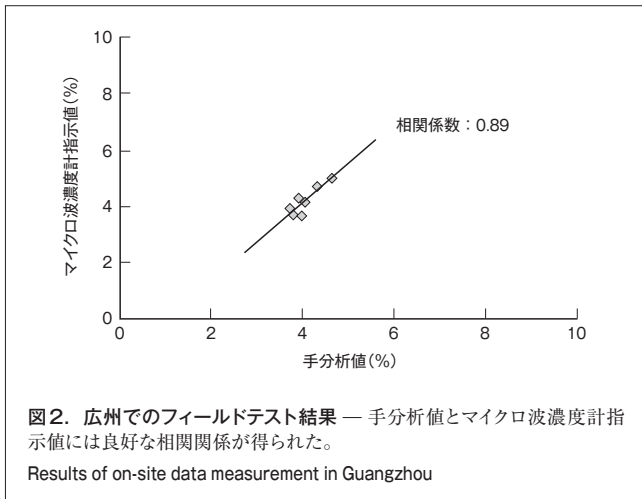
### 3.3 フィールドテスト

中国の下水処理場でもわが国や北米と同様にマイクロ波濃度計で高精度に測定できることを確認するために、広州市の下水処理場で約1年間のフィールドテストを実施した。

フィールドテストは現行製品のLQ500で実施した。重力濃縮槽の後段の配管に設置して、重力濃縮槽からの引抜汚泥の停止制御を目的に試験導入した。従来、下水処理場では、脱水機の運転状態を示すパラメータや作業者の経験則から引抜汚泥の濃度が適正な状態になる前に停止していた。引抜停止濃度をあらかじめ設定し、マイクロ波濃度計で連続濃度測定することで、経験則によらない定量的な方法で引抜制御ができるようになった。

フィールドテストで得られたマイクロ波濃度計の指示値と手分析値の比較を図2に示す。縦軸がマイクロ波濃度計の指示値、横軸が手分析値である。マイクロ波濃度計は実汚泥の濃度による1点校正を実施している。1年間洗浄などのメンテナンスをすることなしで、良好な結果(相関係数<sup>(注1)</sup>0.89)が得られた。

(注1) 二つのデータの関連性を示す係数で、関連性が強ければ1に近づく。



れた。わが国や北米で実績のあるマイクロ波濃度計による濃度測定が、中国の汚泥に対しても同様に測定できることが確認できた。

## 4 新型マイクロ波濃度計LQ520の開発

### 4.1 仕様

マイクロ波濃度計は、2.1節で述べたような特長から、わが国及び北米市場では良好な評価が得られている。しかし、中国下水市場を見据えると、大幅なコスト低減のほか、周囲温度の範囲拡大や操作性の向上など、耐環境性や保守性の向上が望まれている。製品を開発し設計するにあたり、これらの要望を踏まえて仕様を決定した。開発したLQ520の仕様を表1に、外観を図3に示す。

### 4.2 部品共通化と小型軽量化による大幅なコスト低減

他の機種との部品共通化や、基板の統合、検出器の小型軽量化などにより大幅なコスト低減を実現した。

(1) 他機種との部品共通化 わが国や北米市場に提供しているマイクロ波濃度計LQ500及びLQ600は、専用の電子回路構成となっている。濃度測定に必要な機能を確保しながら、量産台数が多い当社製一般形電磁流量計変換器との電子回路の共通化を行った。濃度演算・表示や入出力の機能を備えているCPU基板は、約50%のコスト低減を実現した。

(2) 高周波回路基板を2枚構成から1枚構成へ統合

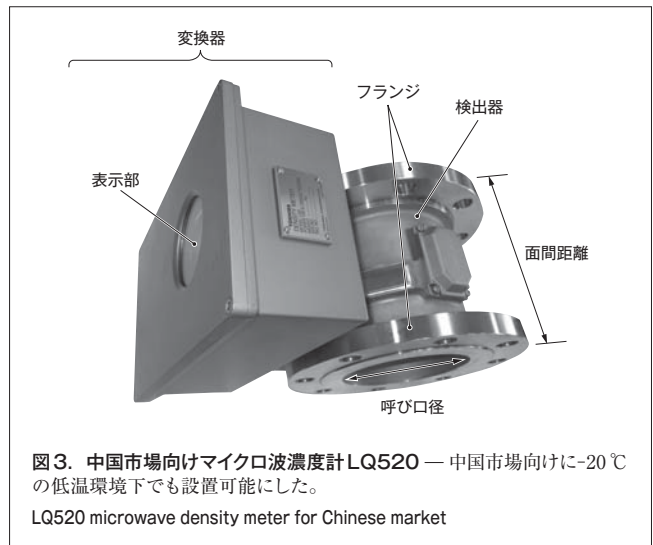
LQ500及びLQ600では、マイクロ波信号を取り扱う高周波回路基板はアナログ回路基板とデジタル回路基板の2枚構成から成る。測定対象は水を主成分とする流体であり、その流体中を伝搬するマイクロ波の減衰が大きく、受信信号は非常に微弱な信号となる。そのため、デジタル回路からアナログ回路へのノイズ混入を防ぐためにアナログ回路とデジタル回路の分離を行っている。今回の開

表1. マイクロ波濃度計LQ520の主な仕様

Main specifications of LQ520 microwave density meter

項目		仕様
総合	測定範囲	スパン範囲：1～50 %TS
	繰返し性及び直線性	(測定範囲を100 % FSとしたとき) ±2 %FS
	周囲環境温度	温度：-20～50 °C
	構造	防浸形 (IP67相当)
	質量	口径100 mm：24 kg 口径150 mm：35 kg
検出器	最高使用圧力	1 MPa
	流体温度	0～50 °C
	流体導電率	口径100 mm：15 mS/cm以下 口径150 mm：10 mS/cm以下
	接液部材質	メインパイプ：SCS13 (SUS304相当) 温度検出器シース：SUS304 アプリケーション窓材：ポリサルフォン アプリケーション窓用シール材：クロロブレンゴム
検出器 (面間距離)	口径100 mm：170 mm 口径150 mm：200 mm	
変換器	濃度測定値出力	4～20 mA (直流) (負荷抵抗 750 Ω 以下、絶縁出力)
	警告機能	半導体接点出力 容量 125 V (交流)、0.1 A (抵抗負荷)
	接点入力 (DI)	外部運動入力信号：無電圧 a 接点 (接点閉：測定実施、接点開：測定停止)
	電源	100～240 V (交流)、50/60 Hz (許容電源電圧：85～264 V (交流))
	消費電力	100 V のとき 6.8 W、240 V のとき 15.1 W

SCS13 : Steel Casting Stainless 13  
SUS340 : ステンレス鋼 304  
DI : デジタル入力



発では、事前にアナログ回路とデジタル回路の模擬接続による評価確認を行うとともに、アナログ及びデジタルの電源の分離を強化し2枚構成から1枚へ統合を行った。これにより、基板面積の約40%削減と、コストの約40%低減を実現した。

(3) 検出器の小型軽量化 LQ500及びLQ600の検出器は、面間距離300 mmである。LQ520では、安定したマイクロ波伝搬経路を確保すること、及び設置時に配管固定

用のボルトとナットを使用する距離確保を考慮して必要最小限となる面間距離とした。その結果、面間距離は口径150 mmで200 mm、口径100 mmで170 mmと30%以上の小型軽量化でき、約40%のコスト低減を実現した(図3)。

その他、アンテナは高誘電率セラミックを採用し部品点数の削減及び小型化を実現した。

#### 4.3 操作性と作業性の向上

操作中でも防水性を確保するため、設定スイッチに赤外線スイッチを採用し、変換器のケースを開けることなく窓越しにスイッチを操作できるようにした(図4)。光学式スイッチのため、蛍光灯などの外乱光に対する誤動作防止と操作の有効性を判別するアルゴリズムを組み込むことにより、誤動作なく操作できるようにしている。

表示部には、従来はキャラクタタイプのLCD(液晶ディスプレイ)を使用し濃度単位は“%TS(TS: Total Solids)”だけであったが、128×128フルドットマトリクスLCDを採用し、中国で使用されている複数の単位を選択できるようにした。また、計測値をバーグラフや警報などの画面に表示して見やすくした。

#### 4.4 環境調和型製品への取り組み

当社は、循環型社会に向けて、製品ライフサイクル全体にわたり環境負荷を低減した環境調和型製品(ECP: Environmentally Conscious Products)の開発に取り組んでいる。

LQ520は、当社従来機種のパフォーマンス及び品質を維持しつつコストを低減するとともに、製品の質を20%削減し、消費電力を半減するなどライフサイクルにおける環境負荷を大幅に低減した製品である。

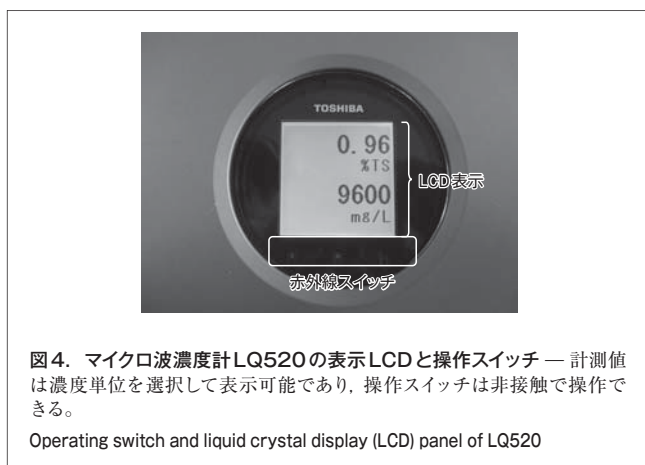


図4. マイクロ波濃度計LQ520の表示LCDと操作スイッチ — 計測値は濃度単位を選択して表示可能であり、操作スイッチは非接触で操作できる。

Operating switch and liquid crystal display (LCD) panel of LQ520

## 5 あとがき

マイクロ波濃度計は、下水処理プラントや、紙パルプ産業や食品加工産業の製造工程など、種々のプロセスで使用されている。濃度の自動測定により手分析作業の低減や、間欠的な測定から連続測定への変更が可能になるため、種々の運転管理の最適化などに貢献している。

中国は社会インフラへの投資規模が大きく、これからも有望な市場である。今回、わが国や北米の下水処理プラントで実績のあるマイクロ波濃度計を中国市場に投入するにあたり、中国の下水処理プラントでフィールドテストを行い濃度測定による薬品量低減や脱水汚泥濃度の適正化が可能であることを確認できた。そこで、低コスト化や、耐環境性、保守性など中国下水市場のニーズに適合する競争力のある高性能なLQ520を開発しラインアップした。

今後、更に適用範囲を広げたマイクロ波濃度計を開発し、あらゆるプラントにおけるプロセスでの測定及び管理に貢献していく。

## 文 献

- (1) Yamaguchi, S. New Type of Sludge Density Meter Using Microwave for Application in Sewage Treatment Plants. Water Science and Technology. 33, 1, 1996, p.53-60.



#### 渡邊 一弘 WATANABE Kazuhiro

社会インフラシステム社 府中社会インフラシステム工場 計測制御機器部主務。マイクロ波濃度計の開発・設計に従事。電気学会、計測自動制御学会会員。

Fuchu Operations-Social Infrastructure Systems



#### 坂田 真一郎 SAKATA Shinichiro

社会インフラシステム社 セキュリティ・自動化システム事業部 計装制御営業部主務。計測機器の商品企画に従事。電気学会、応用物理学会会員。

Security & Automation Systems Div.



#### 木村 真 KIMURA Makoto

社会インフラシステム社 府中社会インフラシステム工場 計測制御機器部。計測機器の製造及び品質保証業務に従事。

Fuchu Operations-Social Infrastructure Systems