

〈研究発表〉

赤外線レーザー光を用いた汚泥消化ガス中メタン濃度の連続測定技術の開発

野本 睦志¹⁾, 曾根 啓一¹⁾, 安部 健²⁾, 原 毅³⁾¹⁾ 東京都下水道サービス(株)

(〒100-0004 東京都千代田区大手町2-6-2 E-mail: chikashi-nomoto@tgs-sw.co.jp)

²⁾ 東京ガスエンジニアリングソリューションズ(株) (〒144-8421 東京都大田区蒲田5-37-1)³⁾ アンリツ(株) (〒243-8555 神奈川県厚木市恩名5-1-1)

概要

東京都下水道局森ヶ崎水再生センターでは、発生した下水汚泥の一部を消化槽で嫌気性消化させ、PFI事業により発電を行っている。東京都下水道サービス(株)は消化槽の運転管理を受託しており、消化ガスを安定供給することが求められている。原料となる汚泥の性状は刻々と変化するため、それに伴って発生する消化ガス中のメタンガス濃度も変動すると考えられるが、これまでメタンガス濃度をリアルタイムで連続測定する方法がなく、消化槽運転条件とメタンガス濃度の関係は不明であった。そこで、消化ガスを効率的に生成するための条件検討を行うために、メタンガス濃度を連続測定する技術を開発したものである。

キーワード：嫌気性消化、消化ガス発電、レーザー濃度計、リアルタイム濃度計測

原稿受付 2015.6.30

EICA: 20(2・3) 40-42

1. 森ヶ崎水再生センターにおける消化ガス発電

東京都下水道局森ヶ崎水再生センターは、汚水処理能力 1,540,000 m³/日の日本では最大規模の下水処理場である。この施設では、水処理工程で発生した汚泥の一部を嫌気性消化させ、発生する消化ガスによる発電事業を平成16年から行っている。Fig. 1に汚泥消化及び消化ガス発電プラントのフローを示す。1日当たりの消化汚泥量は約 2,500 m³、ガス発生量は 38,000

m³ でありである。発電事業は、下水道局が供給する消化ガスを用いて、PFI事業により民間企業が設置、運用する発電設備(3,200 kW ガスエンジン)により行っており、水再生センターで使用する電力の約 20% をまかなっている。東京都下水道サービス(株)は消化槽の運転管理を受託しており、PFI事業者は消化ガスを安定的に供給できるよう、効率的な運転管理が求められている。消化ガスの原料となる汚泥の濃度、性状は刻々と変化するため、それに伴って発生する消化ガス中のメタンガス濃度も変動するが、これまでメ

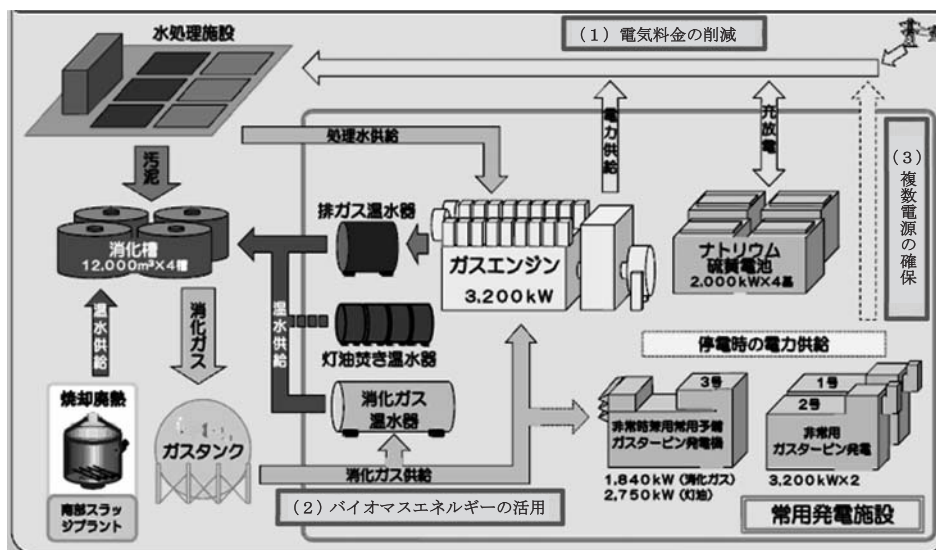


Fig. 1 Outline diagram of digestion-gas electricity generator

タンガス濃度をリアルタイムで連続測定する方法がなかったため、消化槽運転条件とメタンガス濃度の関係は不明であった。そこで、消化ガスを効率的に生成するための条件検討を行うために、メタンガス濃度を簡単に連続測定する技術の確立を目的に本開発を行った。

2. レーザー方式によるメタン連続測定装置

消化ガスには、主成分であるメタン、二酸化炭素のほか、硫化水素や水素など反応性の高いガスを含むため、長期間にわたって消化ガス中のメタン濃度を計測することを考えると、①高い耐久性、②長期間に渡る精度の維持が必要になる。本開発では、半導体レーザーを用いたメタン連続測定装置を開発、その装置を実際に設置して長期間に渡って連続的に消化ガス中のメタン濃度を計測できるシステムを構築した。Fig. 2 に測定器の構成を、Fig. 3 にシステム概要を示す。本体とセンサ部は光ファイバで接続されており、センサ部は消化ガスが流れるガス本管から分岐した管に設置され、センサ部内を消化ガスが通過する構造になっている。また、メタン計で測定したデータを運転管理にフィードバックするため、測定値をリアルタイムで把握できるよう、消化プラント管理室に無線によ

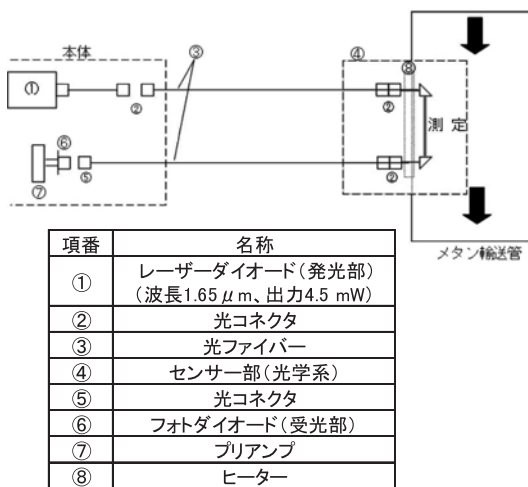


Fig. 2 Principle of laser methane meter

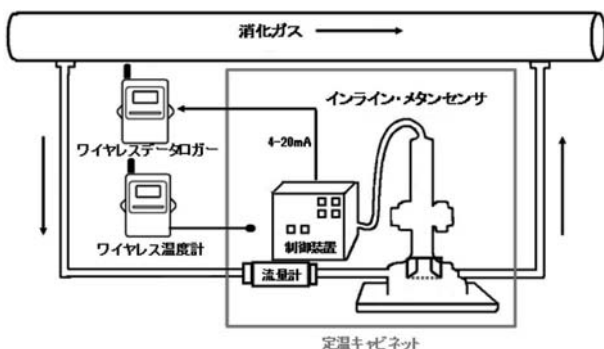


Fig. 3 System construction of laser methane meter

るデータ表示装置を設置した。

本装置の測定原理は、波長可変近赤外半導体レーザー (InGaAsP-DFB レーザー) により、メタンの赤外部における吸収波長のうち水蒸気等のガスの影響の少ない波長 (Fig. 4) のレーザー光を発生させ、消化ガス中のメタンによるレーザー光の吸収量を濃度に換算するものである。その際、長期間の計測における経時変化によるレーザー出力の変動や、装置内の汚れによる受光強度の変化の影響を排除するため、レーザーの強度ならびに波長を振動させることでメタンガスによる吸収以外の要因を排除する技術を用いた¹⁾。本方式ではメタンガスに選択的に吸収される赤外線レーザーを使ってメタン濃度を計測するため、他の可燃性ガスの影響を受けずに精度良くメタン濃度の計測ができ、さらに、可燃性ガスセンサーなどに比べて阻害物質によるセンサ感度の低下や鋭敏化が起きにくいという特長を持っている。

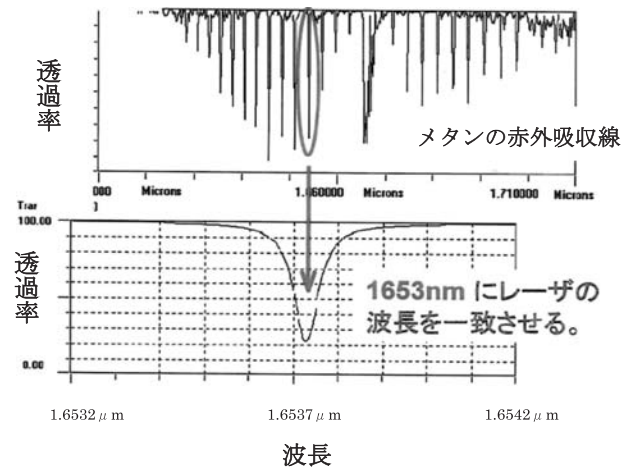


Fig. 4 Absorption characteristics of Methane

3. 試験結果

平成 25 年度に連続測定試験を実施した結果、レーザー光の吸収量は他のガス成分の影響を受けないが、レーザーによるメタン濃度測定値は装置の設置場所の外気温の影響を大きく受けることが分かった。そのため、外部温度変化の影響を抑えるため定温キャビネット (Photo 1) に測定装置を入れるとともに、測定値の温度依存性をラボ試験により定量化し、温度補正を行うことで、正確な測定値の計測を行えるようになった。Fig. 5 にガスクロマトグラフ測定値との相関図を示す。Fig. 5 に黒で示した線はレーザーメタン計の95% 信頼区間である。測定値はすべてこの範囲に入っており十分な精度が得られている。

Fig. 6 に平成 26 年度に実施した7か月の連続測定結果から、典型的な2か月間のメタン濃度測定結果及



Photo 1 Constant-temperature box

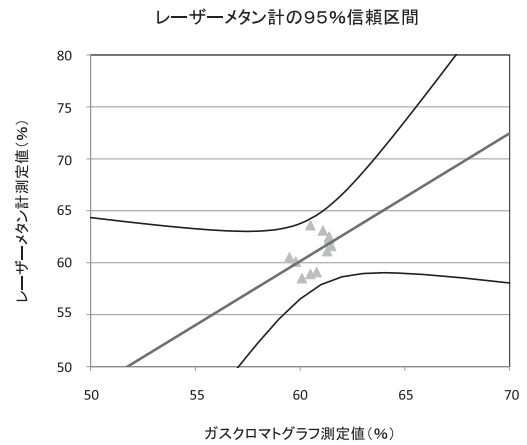


Fig. 5 Comparison of gas chromatograph and laser methane meter

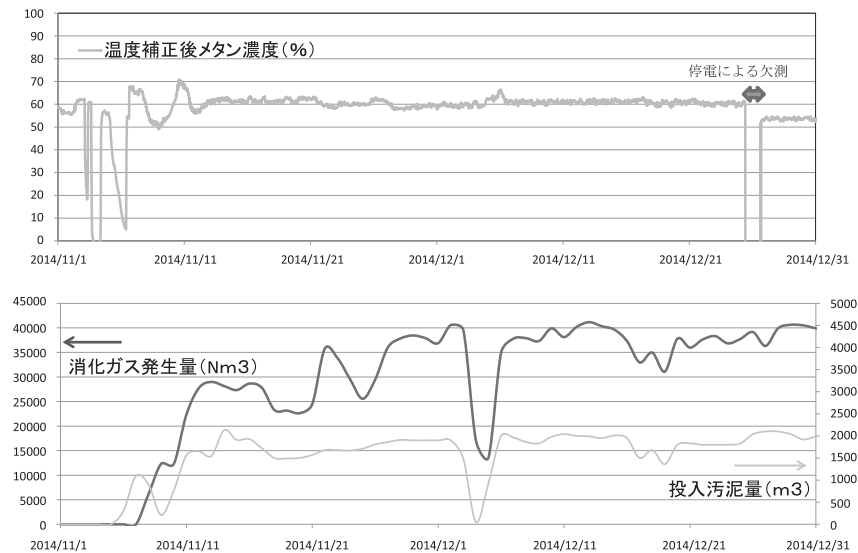


Fig. 6 Continuous measurement results

び消化槽運転状況のグラフを示す。消化ガス発生量は、汚泥投入量の変化に応じて変動しているが、メタン濃度は消化槽の運転立ち上げ時には大きく変動するものの、その後の通常の運転状況ではほぼ60%前後で安定していることが分かった。また、ここに示した期間以外も含めて、汚泥投入量が大幅に減った際には、一時的にメタン濃度が上昇する傾向が見られた。

4. 今後の展開

開発したメタン計により、消化ガス中のメタン濃度を長期間にわたり安定的に測定することが可能となった。今後は、この測定器を用いてメタン濃度をリアルタイムにモニタリングしながら、消化日数、投入汚泥

性状、消化温度、攪拌強度などのパラメーターを変化させることで、効率的な消化槽の運転条件を設定したい。また、将来消化ガスの多方面での利用が求められていく中で、消化ガスの精製などの際のメタン濃度管理にも活用できると考えている。さらに、この測定原理は様々なガス濃度を連続測定する測定器への応用が見込まれる。

参考文献

- 1) T. Iseki, A Portable Remote Methane Detector Using An InGaAsP DFB laser, Environmental Geology, 46: 1064-1069 (2004)