

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年5月21日現在

機関番号：10101

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2009～2011

課題番号：21310101

研究課題名（和文）メタン取扱施設における安全管理のための簡便メタンモニタリング
手法の開発研究課題名（英文）Development of a convenient monitoring method for safety management
in facilities using methane gas

研究代表者

石井 一英 (ISHII KAZUEI)

北海道大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号：70292050

研究成果の概要（和文）：本研究では、生ごみや家畜ふん尿のバイオガス化施設、温泉利用施設、クローズドシステム処分場等(以下、メタン取扱施設と記す)の現場におけるメタンガスの漏洩対策と爆発等の安全管理のために、オープンパス型メタン測定器を用いた簡便メタン測定を中心とした安全管理モニタリング方法を、現地での実測データや現地ニーズを踏まえて構築した。

研究成果の概要（英文）：In methane-handling facilities, such as biogas plants for kitchen waste or cow manure, hot-spring hotel, closed system final disposal sites, safety management including monitoring systems and measures for preventing methane gas leakage and explosion is required. This study developed convenient monitoring method with portable type open path analyzer based on the field investigations and needs analysis.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	4,300,000	1,290,000	5,590,000
2010年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2011年度	1,100,000	330,000	1,430,000
年度			
年度			
総計	7,300,000	2,190,000	9,490,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム工学・安全システム

キーワード：メタン、モニタリング、安全管理、最終処分場、温泉、バイオガス施設

1. 研究開始当初の背景

廃棄物系バイオマスの有効活用と適正処理を図るために、生ごみや家畜ふん尿のバイオガス化し、バイオガス中のメタンをエネルギーとして利用する施設の設置数が少しずつ増加している。また、最近の温泉ブームを反映して、地下深部から汲み上げた温泉の利用施設が増加しているが、汲み上げた温泉にはメタンが含まれている場合がある。すなわち、身近な場所に、可燃性ガスとして幅広い爆発範囲を有するメタンが発生する可能性のあるメタン取扱施設が増加している。

これらのメタン取扱施設では、メタン発酵槽、発生するバイオガス中のメタンを利用した発電機、汲み上げた温泉水の貯留槽等が建屋内に設置される場合が多く、建屋内でのメタンの漏洩による事故発生が考えられる。そのため、バイオガス化施設や温泉利用施設の設置にあたっては、メタン漏洩対策が考えられている。しかし、この数年間に、ごみ固形燃料製造施設でのメタン爆発事故、大都市の温泉利用施設での可燃性天然ガスの爆発事故などが起こり、メタンの安全管理に対して社会的な関心が高まっている。

温泉利用施設での爆発事故を教訓に、事故

発生を未然に防止するために、温泉利用施設におけるメタン濃度の測定が義務づけられ、メタン測定マニュアルが整備された。ただし、メタン測定マニュアルに規定されているモニタリング方法は、ある限定された場所における空気中のメタン濃度が 0.1%程度以上の漏洩を検知するものであり、少量のメタン漏洩は検知できない。

今後も、生ごみや家畜ふん尿のバイオガス化施設や温泉利用施設は増加すると考えられ、社会的に求められているそれらのメタン取扱施設でのメタンの安全管理が十分になされ、安全安心な生活環境が確保されていることを住民等に示す必要がある。そのためには、万全なメタン漏洩防止対策を講じるとともに、少量のメタン漏洩を早期に検知して、メタンに起因する爆発事故発生を未然防止するためのモニタリング手法を開発してその実用性を明確にすることが是非とも必要である。

2. 研究の目的

本研究では、生ごみや家畜ふん尿のバイオガス化施設、温泉利用施設、クローズドシステム処分場等(以下、メタン取扱施設と記す)の現場におけるメタン漏洩対策と安全管理のためのモニタリング方法の現状把握を行って問題点を抽出するとともに、現場ニーズに適合したメタンの安全管理モニタリング方法を提案することを目的とする。

3. 研究の方法

(1) バイオガス化施設や温泉利用施設における安全管理の現状把握と課題・ニーズ調査

生ごみ・家畜ふん尿バイオガス化施設や温泉利用施設に対して、ヒアリング調査を実施して、各施設におけるメタンの発生・取扱フロー、メタン漏洩防止対策、爆発事故防止対策、緊急時の対策(ハード面とソフト面)、漏洩メタンのモニタリング状況、施設管理者のメタン漏洩に対する安全管理の考え方とモニタリング方法等への要望、周辺住民からの苦情・要望の有無と内容等を把握する。

(2) 少量のメタン漏洩を早期に検知できるモニタリング手法の考案

①メタン漏洩早期検知のためのモニタリング手法としては、各施設のメタン漏洩が有り得る場所において、図1に示したオープンパス型メタン計測器と反射板によって一定空間の平均メタン濃度を常時モニタ

リングする。



図1 オープンパス型メタン計測器

(3)現場における既存モニタリング方法との比較等によるメタンモニタリング手法の提案

- ① 類型化したグループの代表的な3施設において、考案手法のオープンパス型メタン計測器と反射板によって建屋内のメタン濃度計測を行うとともに、環境省が示している温泉利用施設におけるメタン測定マニュアルによるメタン計測や代表者の研究室が所有している水素炎イオン化方式炭化水素計によるメタン計測を行い、それぞれのメタン計測値を比較検討することによって、オープンパス型メタン計測器と反射板によってメタン濃度を計測する妥当性を検証し、メタンモニタリング手法を提案する。
- ②施設管理者にヒアリング調査を行い、提案メタンモニタリング手法が現場のニーズに適合するように改善する。その際には、建屋内と敷地境界のメタンモニタリングに分けて考える
- ③各施設のメタン発生・取扱フローをもとにして、メタン漏洩可能性のある施設内の場所におけるメタン濃度を、提案モニタリング手法によって計測し、現場での実用性を確認する。さらに、それらの結果から、各施設におけるメタン漏洩量を推定できることを明らかにする。
- (4) これまで得られた知見をベースとした、現場ニーズに適合したメタンの安全管理モニタリング方法のプロトタイプ構築

4. 研究成果

研究成果として本研究で構築したメタン安全管理モニタリング方法のプロトタイプを示す。

(1)メタン濃度のモニタリングに使用する機器

メタン濃度のモニタリングに使用する機器は、アンリツ(株)製ハンディタイプオープンパス型都市ガス漏れ検知器(商品名はレーザーメタン検知器、以下オープンパス型メタン計測器と記す)とスリーエム社製の三面体キューブ素子を採用したフィルム状の反射板(以下反射板と記す)である。

① オープンパス型メタン計測器

オープンパス型メタン計測器の写真と仕様を図1(既出)、表1に示す。オープンパス型メタン計測器は、電池を内蔵した軽量な可搬タイプの機器であり、天然ガス等のメタンを含むガスの漏洩・滞留を10m程度離れた場所からでも検知するために開発された。長期間の連続測定には、100V電源が必要となる。

オープンパス型メタン計測器によるメタンの測定原理は、計測器の発光部の光源から壁等の任意の標的に照射されたレーザー光の後方散乱光の一部を受光部の検知器で受け、計測器と標的の往復レーザー光の吸収率からレーザー光路上のメタン濃度の積分値であるメタンコラム密度(ppm・m)を約1秒間隔で計測するものである。レーザー光の波長は、メタンの特異的吸収波長を利用し、大気環境中の共存ガスの影響を受けない。また、オープンパス型メタン計測器の校正は、あらかじめ作成された検量線を基にして、使用時に自動的に行われる。

②反射板

反射板は、反射輝度が高く広角性に優れており、また、耐久性があるので道路標識や夜間作業の際の安全性を高める為の作業着の反射ベスト等にも広く使われている。フィルム状であり、任意の大きさのものが入手できるが、50cm×50cm×0.3cm程度のものを利用するのが便利である。

表1 オープンパス型メタン計測器の仕様

測定原理	測定レンジ (ppm・m)	重量(kg)	電源
波長変調赤外線吸収スペクトル法	9999	1.35	AC 100V および内蔵電池

(2)メタン濃度のモニタリングの原理

オープンパス型メタン計測器と反射板を組み合わせて、図2に示すような方法で、メタン濃度のモニタリングを行う。

オープンパス型メタン計測器からレーザ

ー光を反射板に照射して、オープンパス型メタン計測器と反射板との間(X)のメタンコラム密度(D)を計測し、(1)式によりレーザー光路上のメタン平均濃度(M)を算出する。メタンコラム密度の表示値が変動する場合には、約1秒間隔で得られる10程度の表示値の平均を測定値とする。

$$M=D/X \quad (1)$$

M：レーザー光路上のメタン平均濃度(ppm)

D：メタンコラム密度(ppm・m)

X：測定間隔 (m)

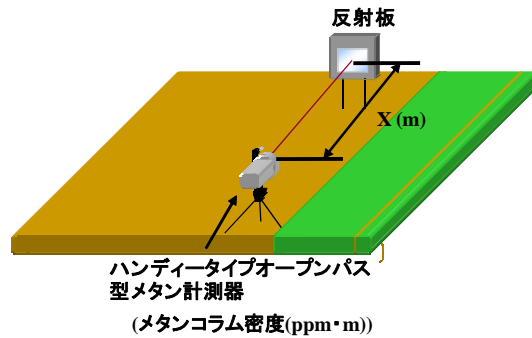


図2 メタン濃度のモニタリングの原理

(3)メタン濃度のモニタリングの特徴と留意事項

①特徴

イ)オープンパス型メタン計測器は固定電源不要で軽量かつ操作が簡単であること、反射板は軽量で光学的調整が不要なことから、これらを最終処分場内の任意の場所に随時移動して、メタンコラム密度およびオープンパス型メタン計測器と反射板との間隔(以下測定間隔とする)を計測すれば、大気環境中メタン平均濃度をリアルタイムで簡便かつ短時間に把握できる。

ロ)オープンパス型メタン計測器と反射板を定置して、100V電源を使用できれば、メタン濃度の連続モニタリングができる。

ハ)モニタリングできるメタン濃度の下限値は、測定間隔が10m程度で約0.02ppmであり、低レベルのメタン計測が可能である。

ニ)計測器の校正が自動化され、操作が簡単であるので、誰でもモニタリングできる。

②留意事項

イ)オープンパス型メタン計測器を定置してメタン濃度のモニタリングを行う場合には、事前に詳細な現場調査を実施して、メタンの発生場所、メタンの発生パターン、メタン濃度分布を把握した上で、モニタリング目的に応じた現場で代表性があるモニタリングポイントを決定する。

ロ)屋外でオープンパス型メタン計測器を使用する際には、雨に濡れない工夫が必要である。

ハ) オープンパス型メタン計測器と反射板との光路が遮蔽されても、モニタリングに支障はないが、なるべく光路が遮蔽されない場所をモニタリングポイントとする。

ニ) メタンの平均空間濃度を計測するので、一定の測定距離(2m 以上)の確保が望ましい。

ホ) 強度が弱いレーザーを使用しているが、万が一の事態に備え、オープンパス型メタン計測器からのレーザー光が人の眼球に長時間照射されないようにする配慮が必要となる。

③その他

イ) メタン濃度のモニタリング頻度が低い場合には、オープンパス型メタン計測器計測器は、自治体や業界団体等が所有して、共同利用することが望ましい。

ロ) メタン濃度のモニタリング計画を事前に策定し、高所等に配置が必要な反射板は、建屋の建設時に予め設置しておくことが望ましい。

(4)具体的なメタン濃度のモニタリング方法

①生ごみバイオガス化施設

家畜ふん尿バイオガス化施設

イ) 目的

- ・施設内でのメタン漏洩の早期検知
- ・施設から環境中へ放出されるメタンの管理(敷地境界でのモニタリング)

ロ) 建屋内でのメタン濃度モニタリング

- ・メタンが発生する可能性のある建屋内の区画・部屋をあらかじめ点検し、モニタリング対象を絞り込む(たとえば、メタン発酵槽、メタン貯留タンク、発電機室、ボイラ室、バイオガス配管等)
- ・オープンパス型メタンガス計測器にて、連続モニタリングを行う(1週間単位)。
- ・濃度レベルや濃度の変動を確認し、特に濃度の高い箇所、変動の大きい箇所については、その原因を明らかにするとともに、常時モニタリング体制を検討する。

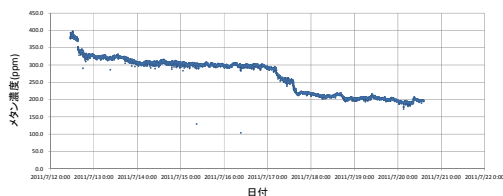


図3 生ごみバイオガス化施設の発電機室での連続モニタリング結果の例

図3に示すように、一般大気バックグラウンド値が2ppmであるのに対して、200～400ppmのメタン濃度が観測される場合もあることがわかった。

ハ) 敷地境界における安全確認のためのモニタリング

- ・ガスホルダーの場所、主な風向き、住宅などの周辺環境を勘案しモニタリングすべき敷地境界を定め、基本的に常時モニタリングを行う。

②温泉施設

イ) 目的

- ・地下からポンプで汲み上げた温泉水中に含まれるメタンに起因する事故発生の前兆を早期に検知する。

ロ) 建屋内でのモニタリング

- ・地下から温泉水を汲み上げるポンプや貯湯槽が設置してある建屋内のメタン濃度を、6カ月に1回程度測定する。
- ・図4に示すように、メタン濃度は、温泉水を汲み上げるポンプ稼働時に高くなる間欠的变化を示すので、モニタリングの際には、ポンプの稼働状況を把握する。
- ・建屋内は狭い場所が多いので、作業通路をふさがらないようなモニタリング場所を選定する。

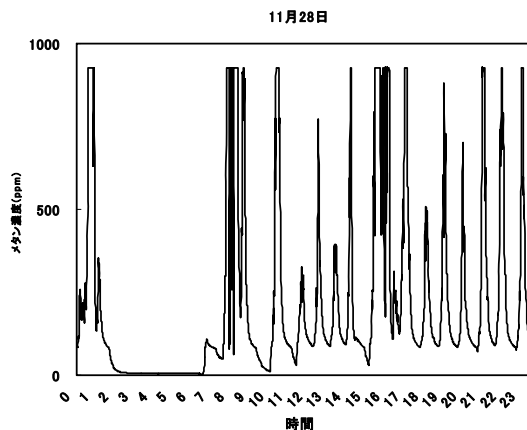


図4 温泉施設貯湯槽建屋内でのメタン濃度測定例

③最終処分場

イ) 目的

屋根付き最終処分場(CS 処分場)における場内作業者の安全確保

ロ) 最終処分場内でのモニタリング

- ・CS 処分場の設計、建設時からモニタリング実施を計画し、建屋内の数か所に反射板をあらかじめ設置する。
- ・埋立作業に支障がない代表的な場所1か所を常時モニタリング場所とし、日常的には1時間に1回(1分間程度)、間欠的にメタン濃度モニタリングを行う。
- ・年に2回程度5分間に1回計測の24時間連続測定を行うとともに、CS 処分場内のメタン濃度分布を把握して、常時モニタリ

ング場所が適格であることを確認する。
 ・温度、湿度等の室内環境に留意しながら、計測器と反射板は1週間に1回程度点検する。

④不法投棄環境修復現場

イ) 目的

- ・メタン濃度を指標とした不法投棄・埋立物掘削現場(掘削現場)での作業環境の安全管理の徹底を図る。
- ・メタン濃度を指標として、不法投棄環境修復作業に伴う環境負荷に対する住民の不安の解消の一助とする。

ロ) 掘削現場でのモニタリング

- ・掘削現場で発生する有害ガスの中で作業環境への影響が最も懸念される有害ガスとその有害ガスのメタン濃度比の最大値を把握する。
- ・掘削現場での有害ガスの管理値とメタン濃度比の最大値に対応したメタン濃度の管理値を設定し、その値を超えた際の具体的安全措置を決める。
- ・掘削現場において、図5に示すように、掘削作業前後のメタン濃度を連続計測する(5. 主な発表論文等〔雑誌論文〕①参照)
- ・現場に設置した風向風速計の風向と風速の測定値に配慮しながら、掘削作業中のメタン濃度計測値の変動を監視し、現場が掘削穴の風下となる風向時のメタン濃度計測値がメタン濃度の管理値近くになる場合には、掘削ガス中の有害ガス濃度が管理値を超える可能性があるかと判断し、所定の具体的安全措置をとる。

ハ) 敷地境界でのモニタリング

- ・主風向の風下となる現場の敷地境界において連続モニタリングを行い、メタン濃度を指標として、不法投棄環境修復作業に伴う環境負荷が軽微であることを示す。主風向が代わる場合には2カ所以上でのモニタリングが望ましい。
- ・風向風速計を併設し、現場の作業内容とメタンモニタリング結果との関係を明確にする。

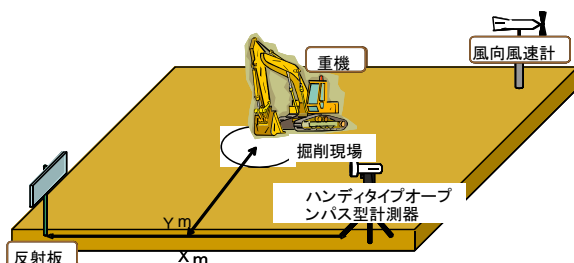


図5 不法投棄・埋立物掘削現場におけるメタン濃度のモニタリング例

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計1件)

①谷川昇、古市徹、石井一英、岩崎謙二、メタンを指標とした不法投棄物・埋立廃棄物の掘削現場における有害ガス簡便モニタリング手法の検討、廃棄物資源循環学会誌、21巻、1-9、2010、査読有

〔学会発表〕(計3件)

①神尾英俊、古市徹、石井一英、埋立時期を特定した廃棄物の時系列分析によるメタン発生量の経時変化の推定、第39回環境システム研究論文発表会、2011年10月22日、桜美林大学(町田市)

② K. Ishii, T. Furuichi, H. Kamio, Estimation of Change in Methane Generation Rate by Analysis of Age-defined Wastes in a Landfill site, Sardinia 2011, 2011年10月5日、フォルテヴィレッジリゾート(イタリア)

③岩崎謙二、古市徹、谷川昇、石井一英、クローズドシステム最終処分場における場内作業環境の安全管理に関する研究-埋立ガス濃度と換気効果の検討-、土木学会第38回環境システム研究論文発表会、2010年10月23日、広島修道大学(広島市)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

○取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ

<http://kanri-er.eng.hokudai.ac.jp/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

2009~2010年度

谷川 昇 (TANIKAWA NOBORU)

北海道大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号: 80343010

2011 年度

石井 一英 (ISHII KAZUEI)

北海道大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号：70292050

(2)研究分担者

古市 徹 (FURUICHI TORU)

北海道大学・大学院工学研究院・教授

研究者番号：90127134

2009～2010 年度

石井 一英 (ISHII KAZUEI)

北海道大学・大学院工学研究院・准教授

研究者番号：70292050

(3)連携研究者

なし