

47. 兵庫県下の温泉付随メタンの地域分布特性と安全対策に関する研究

矢野美穂・川元達彦・山崎富夫・三橋隆夫

(旧 兵庫県立健康環境科学研究所センター 現 兵庫県立健康生活科学研究所)

中野 武(旧 兵庫県立健康環境科学研究所センター 現 環境研究センター)

前田幹雄(旧 兵庫県立健康環境科学研究所センター 現 兵庫県を退職)

【 目 的 】

2007年6月、東京都渋谷区の温泉利用施設で温泉付随メタンガスを原因とする爆発死亡事故が発生した。この爆発の原因物質は、温泉水と一緒に噴出されたメタンガスであり、この地域には関東ガス田と呼ばれるガス田の存在¹⁾が分かっている。メタンは、爆発下限界値5%、爆発上限界値15%の可燃性ガスであり、空気中のメタン濃度がこの範囲にある場合には火気の存在により爆発する。この事故を受けて2007年11月には温泉法が改正(2008年10月施行)され²⁻⁴⁾、温泉法の目的に可燃性天然ガスによる災害防止が加えられた。これにより、温泉水の採取に伴う許可が新設され、利用する全ての源泉に対してメタン測定が義務付けられた。当研究所では、これまでから兵庫県下の源泉について温泉法に基づく成分分析を多数実施してきたが、メタンガスについては温泉法による規制が無かったことから、本県としても殆ど実態を把握していない状況であった。しかしながら、災害防止の観点から源泉の安全性の確認のためにはメタンガスの実態把握が必要と考え、事故発生直後より緊急にメタン調査を実施した。

【 方 法 】

メタン分析には、現地での可燃性ガス検知器法と試験室でのガスクロマトグラフ(以下GCとする)法がある。JIS^{5,6)}及び環境省が示す方法⁷⁻⁹⁾に準拠して、これら2種類の方法でメタン測定を実施した。なお、可燃性ガス検知器はその原理から数種類が市販されているが、本研究では温泉法で規定された測定濃度レベルや汎用性の点から接触燃焼式ガス検知器(理研計器 GP-88A)を、GC法ではGC-FIDあるいはGC-TCDを用いた。また、試料のサンプリング方法は、原則として源泉井戸での水上置換法¹⁰⁾とした。

1. サンプリング及び分析方法の検討

(1) サンプリング方法の検討

水上置換法によるメタンガスの回収率を

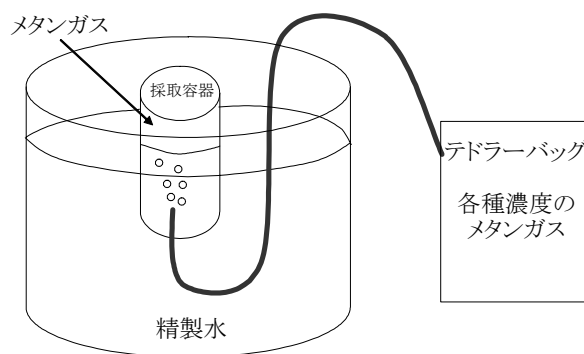


図1 水上置換の模式図

求めた。テドラーバッグ中に空気を用いて一定濃度のメタンガスを調製し、そのガス試料をチューブを通して放出させ、水上置換法により採取容器にガスを捕集した(図1)。捕集したメタンガスをGC法及び検知器法で測定した。試料の採取容器は、検知器法では100mL以上のポリプロピレン製容器を、GC法では気密性の高いVOC測定用の45mLバイアル瓶を用いた。

(2) 分析方法の検討

メタンの標準ガスと空気を用いて0~100%LELの濃度範囲で7濃度のメタンガス試料を調製し、GC法及び検知器法で測定し、両者の測定値の相関性について検討した。

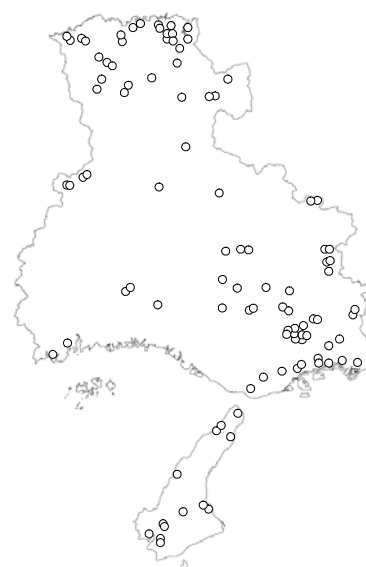


図2 兵庫県下の調査地点(107源泉)

2. 実態調査の概要

調査期間は平成19年10月から平成21年10月の2年1ヶ月とした。調査地点は図2に示した107源泉で、兵庫県下の実態を把握するために県下全域を対象とした。試料の採取方法は、ガスの発生が認められる場合は原則として源泉井戸での水上置換法¹⁰⁾としたが、ガスの発生が認められない源泉についてはヘッドスペース法⁹⁾を用いた。また、それぞれの測定は、検知器法は現地で、GC法は試験室で実施した。

なお、GC測定用に採取した試料は、保冷箱(4)内で倒置して空気の混入が無い状態で試験室に搬入した。

【結果及び考察】

1. サンプルング及び分析方法の検討

(1) サンプルング方法の検証

水上置換法によるメタンガスの回収率結果を表1に示した。GC法、検知器法ともに良好な回収率が得られ、本サンプルング方法を現地での測定に適用できることが示された。

なお、%LELは可燃性ガスの濃度を表わす単位で、可燃性ガス濃度と、その可燃性ガス(この場合はメタン)の爆発下限値(Low Explosion Limit)との比(%)で示される。メタンの爆発下限値は5%であり、メタン1%LELは0.05%に相当する。

(2) GC法と検知器法の相関関係

測定精度の点から、GC法と検知器法の測定値の相関性について検討した。その結果、図3に示すように $y = 0.962x$ ($r=1.000$, $p<0.001$)の有意かつ高い正の相関関係が得られた。これらの結果から、空気をベースとしたガス試料ではGC法と検知器法の測定値は

表1 水上置換法によるメタンガスの回収率

メタン濃度 (%LEL)	GC-FID		ガス検知器	
	R(%)	CV(%)	R(%)	CV(%)
0.5	99.0	0.8	-	-
1	94.0	1.3	95.8	7.5
5	102.0	3.2	94.3	1.3
25	98.3	2.0	96.0	0.0
50	96.7	2.1	95.0	1.3
100	98.7	3.0	96.7	0.0

R(%): 回収率, CV(%): 変動係数

よく一致しており、簡易な測定法である検知器法についても精度良い測定が可能であり、現地における迅速かつ簡便な測定法として有用であることが示された。

2. 実態調査結果

(1) 濃度分布

図 2 に示した県下の 107 源泉のメタン濃度を測定 [写真 1、2] した結果 (n=3) を表 2 に示した。改正された温泉法では、水上置換法で採取した温泉付随ガス中のメタン濃度の基準値は 50%LEL (2.5%)¹¹⁾で、

この値を超える源泉は採取許可の対象となりメタン濃度が基準値以下となるようにメタン対策 (ガスセパレーター等のガス分離設備の設置) が必要となる。今回対象とした 107 源泉の実態調査結果では、22 源泉 (20.6%) が基準値を超過し、メタン対策が必要であることが明らかとなった。なお、表 2 のメタン濃度が 5%LEL 未満の分類には、付

随ガスが認められず水上置換によるガスの捕集が困難であるため、ヘッドスペース法でメタンが含まれないことを確認した源泉を含んでいる (ヘッドスペース法:3L 以上の測定容器に容量の 1/5 量の温泉水を静かに採取し、栓をして強く振とうした

後、開栓し、検知器の吸引部分を迅速に測定容器の内部に差し込み、気相中のメタン濃度を測定する方法 [写真 3])。また、本研究で用いた検知器の測定上限値は 100%LEL であったことから、100%LEL を超える源泉の測定結果は、GC 法による測定値とした。

(2) メタン濃度と地質との関係

本県では、メタン濃度が高い源泉は県南東部に多く、北部ではほとんど検出されなかった。温泉水中のメタンの有無は、その貯留している地層や構造によるところが大きい¹²⁾ことから、源泉の地質 (柱状図) とメタン濃度との関係について解析した。その結果、メタン濃度が高い源泉の地質のほとんど全てが堆積層であり、地質図¹³⁾による分類では大阪層群、神戸層群、和泉層群、丹波層群に分類される地質であった。

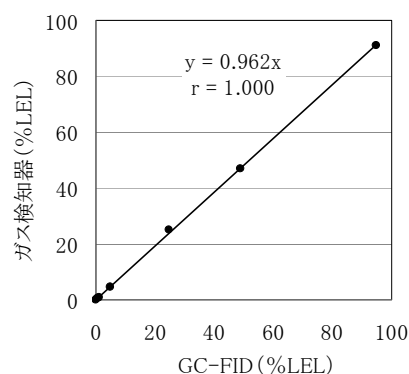


図 3 GC 法と検知器法の比較



写真 1



写真 2



写真 3

表2 兵庫県下の温泉付随メタン濃度分布

許可	メタン濃度(%LEL)	源泉数	%
確認申請	<5	78	79.4
	<50	7	
	<100	3	
採取許可	<300	5	20.6
	300<	14	

(3) メタンの除去対策

採取許可の対象となる源泉では、メタン濃度を基準値以下とするためのメタン対策が必要である。メタンの除去設備としては、ガスセパレーターの他に貯水槽を直列に接続する方法も大変有効であることが現地測定の結果から明らかとなった。



一例として写真4に示す施設では、源泉井戸でのメタン濃度は340%LELと高濃度であったが、井戸内のガス抜き配管及び換気ファンを有する複数の貯水槽の設置によりメタンガスが排気され、写真左から源泉槽（槽内の空気中メタン濃度：46.7%LEL）、沈殿槽（1.4%LEL）、処理水槽（0.4%LEL）と順にメタン濃度が低減化されていた。槽内空氣の基準値は25%LELであり、十分にメタンを除去することが出来る方法（対策）であることが示された。

【まとめ】

メタンガスによる爆発死亡事故の発生により温泉法が改正され、利用する全ての源泉に対してメタン測定が義務付けられた。兵庫県においても、安全・安心の温泉利用を確保するため、県下の源泉についてメタン調査を実施することとした。調査の実施に当たり、サンプリング方法及び分析方法について検討を行った結果、水上置換法によるメタンガス試料の回収性は良好であること、空気をベースとしたガス試料ではGC法と検知器法の測定値には相関性が認められることが分かった。また、これらの検討結果をもとにGC法及び検知器法を併用して兵庫県下の107源泉のメタン濃度調査を実施した結果、20.6%の源泉で基準値を超過し、メタンの対策が必要であることが明らかとなった。また、メタンが高い源泉は県南東部に多く分布しているという地域的な分布特性を明らかにした。さらに、現在は県行政機関によるメタン対策指導と連携して、対策後の安全確認調査を継続して実施している。本研究により、本県の温泉付随メタンの濃度分布を把握するとともに、温泉の災害防止に対して有用なデータを得ることができた。

【謝辞】

本研究の一部は、大同生命厚生事業団「地域保健福祉研究助成」により実施致しましたので、ここに記して感謝申し上げます。また、本研究を遂行するに当たり、ご協力頂いた兵庫県業務課ならびに県下の健康福祉事務所関係各位に深謝します。

【参考文献】

- 1) 地質調査所：日本油田・ガス田分布図（第2版）（1976）。
- 2) 環境省：平成19年度法律第121号（2007.11）。

- 3) 環境省：平成 20 年度政令第 184 号 (2008.5).
- 4) 環境省：平成 20 年度環境省令第 5 号 (2008.5).
- 5) JIS M 7653, 携帯型可燃性ガス検知器 (2006).
- 6) JIS K 2301, 燃料ガス及び天然ガス - 分析・試験法 (2002).
- 7) 温泉に関する可燃性天然ガス等安全対策検討会 (環境省): 可燃性天然ガスによる災害の防止に関する技術基準《報告書》(2008.3).
- 8) 環境省自然環境局：温泉法におけるメタン濃度測定手法マニュアル (2008.7).
- 9) 環境省自然環境局：温泉法におけるメタン濃度測定手法マニュアル(改訂Ⅱ) (2008.12).
- 10) A. Urabe, T. Tominaga, Y. Nakamura, H. Wakita : Geochem. J. , 19, 11 (1985) .
- 11) 環境省：環境省告示第 58 号 (2008).
- 12) 兵庫県土木地質図編纂委員会：兵庫の地質 (1996), (財団法人 兵庫県まちづくり技術センター).
- 13) 氏家良博：石油地質学概論, p.118-122 (1994), (東海大学出版会).

【 経費使途明細 】

物 品	金 額 (円)
可燃性ガス検知器の点検費	11,655
ガスタイトシリンジ、針等の消耗品	66,528
標準ガス (メタン、窒素、二酸化炭素)	227,955
ハイロート採水容器	40,425
マイクロピペット	19,110
現地調査に係る資材 (撮影機)	18,900
文献調査	14,490
地質図 (兵庫県内、東京都等)	16,660
書籍	43,092
地図作製ソフト	24,990
DVD-RAM ドライブ	7,350
資料整理用棚	8,505
プリンターインクカートリッジ	785
合 計	500,445