

神奈川県における温泉付随ガスの実態調査結果（第2報）

代田 寧*・小田原 啓*

Incidental gas from hot spring waters in Kanagawa Prefecture (Part II)

by

Yasushi DAITA* and Kei ODAWARA*

1. はじめに

2007（平成19）年6月19日、東京都渋谷区の温泉施設において、温泉の汲み上げに伴うメタンガス（以下、 CH_4 とする）が原因である爆発事故が発生した。事故を起こした源泉は、 CH_4 を主成分とした天然ガスを産出する南関東ガス田（水溶性天然ガス鉱床）といわれる日本有数のガス田地域に位置している（図1）。南関東ガス田の主たるガス貯留層は鮮新統～更新統上総層群であり、地層堆積時に取り込まれた海水（化石海水：学術的には化石水と呼ぶが、明らかに海水の寄与が大きいと考えられるため、ここでは化石海水と呼ぶ）中に有機物の分解により生成した CH_4 が溶け込み、地表に汲み上げられたときに圧力低下によって CH_4 が分離、湧出すると考えられている（営繕工事における天然ガス対応のための関係官公庁連絡会議編、2007）。

神奈川県の一部も南関東ガス田に含まれていること、上総層群に胚胎される化石海水起源の温泉を採取している施設があることなどから、当所では、県内のいくつかの源泉について付随ガスを採取、分析するなど、 CH_4 の湧出実態を把握するための調査を実施してきた（代田ほか、2007；代田・小田原、2008）。ここでは、代田・小田原（2008）以降の2008（平成20）年11月から2009（平成21）年1月にかけて追加調査した結果について報告する。

2. 温泉付随ガスの採取・分析方法

2.1. 採取源泉

神奈川県内における井戸深度1000 m以上のいわゆる大深度温泉を中心とした11源泉（No.19～28とNo.8）について温泉付随ガスの採取、分析をおこなった（図2、表1）。なお、図2には昨年報告した結果（No.1～18）もあわせて記載した。

地質調査所（1976）の区分に従うと、調査源泉の内訳は、

推定・予想（産油・産ガス）地域が7源泉（No.19～24とNo.8）、新生代堆積物で覆われた地帯（炭化水素鉱床の期待できない地域）が3源泉（No.25～27）、基盤地帯（炭化水素鉱床の期待できない地域）が1源泉（No.28）である。

2.2. 採取・分析方法

温泉付随ガスの採取は、代田・小田原（2008）と同様に、水中VOC成分のヘッドスペース測定法などに用いられるアルミシールバイアルを使用した水上置換法でおこなった。また、ガス採取にあわせて、温泉の温度、pH、電気伝導率の測定も実施した。

バイアルに採取した温泉付随ガスの分析は、石油資源開発株式会社へ委託して実施した。分析方法はJIS-2301「燃料ガス及び天然ガスの試験方法」に基づき、酸素（ O_2 ）、窒素（ N_2 ）、二酸化炭素（ CO_2 ）、 CH_4 、エタン（ C_2H_6 ）、プロパン（ C_3H_8 ）、ノルマルブタン（ $n\text{-C}_4\text{H}_{10}$ ）、イソブタン（ $iso\text{-C}_4\text{H}_{10}$ ）、ノルマルペンタン（ $n\text{-C}_5\text{H}_{12}$ ）、イソペンタン（ $iso\text{-C}_5\text{H}_{12}$ ）、ノルマルヘキサン（ $n\text{-C}_6\text{H}_{14}$ ）の11成分についてガスクロマトグラフを用いて定量した。

3. 結果

表1に示したように、昨年度と同様、全ての温泉付随ガスから CH_4 が検出された。しかし、 C_2H_6 ～ $n\text{-C}_6\text{H}_{14}$ はほとんど含まれておらず、温泉に付随する可燃性天然ガスは予想されたとおりほぼ CH_4 のみであった。No.20については、施設の構造上ガス採取時に空気が混入したため、 O_2 濃度が高くなっている。 O_2 を全て空気によるものと仮定して補正をすると、 CH_4 濃度は9.3%となる。そのほか、 O_2 濃度が1%以上のものについては、 O_2 の全てが空気の混入によるものと仮定して補正した CH_4 濃度を括弧内に併記した。

温泉付随ガスのタイプ分けとしては、代田・小田原

* 神奈川県温泉地学研究所 〒250-0031 神奈川県小田原市入生田586

資料，神奈川県温泉地学研究所報告，第41巻，73-76，2009.

図1 南関東地域におけるガス田分布図。

●は、渋谷区爆発事故源泉の位置を示す。地質調査所(1976)をもとに作成。

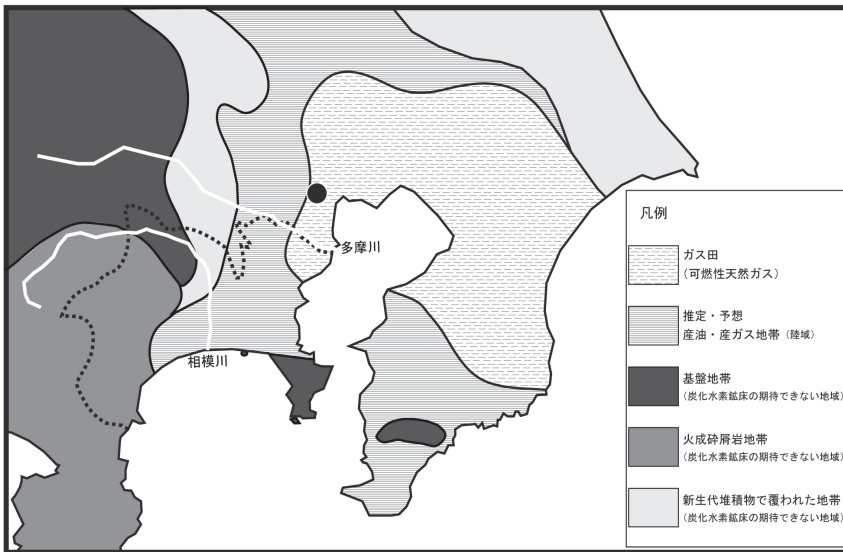


表1 温泉付随ガス測定結果

No.	深度 (m)	泉温 (°C)	pH	電気伝導率 (S/m)	泉質	付随ガスのタイプ	温泉付随ガスの組成 (vol%)					
							O ₂	N ₂	CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈ ~C ₆ H ₁₄
19	850	27.9	8.3	0.16	Na-HCO ₃	C (中間)	1.2	52.8	0.9	45.1 (47.9)	0.004	0.00
20	800	28.4	8.4	0.19	Na-HCO ₃	B (N ₂ 主体)	11.4	83.9	0.4	4.3 (9.3)	0.00	0.00
21	1500	45.7	7.5	1.41	Na-Cl	A (CH ₄ 主体)	0.8	7.7	1.2	90.2	0.07	0.00
22	1300	36.7	8.1	0.45	Na-Cl-HCO ₃	C (中間)	0.7	20.4	1.2	77.7	0.09	0.00
23	1500	23.3	7.6	1.88	Na-Cl	A (CH ₄ 主体)	0.4	11.2	0.3	88.1	0.01	0.00
24	1600	25.1	8.3	4.27	Na-Ca-Cl	C (中間)	0.7	24.3	0.0	75.0	0.01	0.00
25	1400	27.4	8.1	0.29	Na-Cl-HCO ₃	C (中間)	0.7	23.1	0.6	75.5	0.03	0.00
26	1300	41.2	8.1	0.38	Na-Cl-HCO ₃	C (中間)	0.9	28.6	0.7	69.8	0.01	0.00
27	1700	29.8	9.0	0.18	Na-Cl-HCO ₃	C (中間)	1.3	64.9	0.0	33.7 (36.0)	0.00	0.00
28	802	29.6	8.3	0.42	Na-Cl	C (中間)	3.5	34.4	0.1	62.0 (74.1)	0.01	0.00
8	1500	35.7	7.6	2.87	Na-Cl	A (CH ₄ 主体)	0.4	3.8	1.3	94.3	0.05	0.01

CH₄の()内の数値は、O₂の全てが空気の混入によるものと仮定したときの補正值。泉質のNa-Clはナトリウム-塩化物泉、Na-HCO₃はナトリウム-炭酸水素塩泉、Na-Cl-HCO₃はナトリウム-塩化物・炭酸水素塩泉、Na-Ca-Clはナトリウム・カルシウム-塩化物泉を示す。付随ガスのタイプは、AがCH₄80%以上、BがN₂80%以上、Cがそれらの中間を示す。

(2008)と同様、CH₄が主体でおおむね80%以上を占めるものをタイプA、N₂が主体でおおむね80%以上を占めるものをタイプB、それらの中間のものをタイプCとした。

3.1. 推定・予想(産油・産ガス)地域 (No.19~24とNo.8)

この地域は、ほぼ上総層群の分布と一致し、ガス田ほどではないが産油・産ガスが予想される地域である。代田・小田原(2008)によると、この地域に位置する大深度温泉の多くは、上総層群または三浦層群を主な温泉採取層としており、高濃度のCH₄を含むガスが湧出するタイプAであった。上総層群および三浦層群は主に海成の堆積岩から構成され、地層堆積時に取り込まれた有

機物が分解してCH₄が生成する。さらに、同じく地層堆積時に海水も取り込まれ、CH₄はこのいわゆる化石海水中に溶け込んでいると考えられる。高濃度のCH₄を含むガスが湧出するこの地域の大深度温泉の泉質は、強Na-Cl泉またはNa-Cl泉が多く、CH₄が溶け込んだ化石海水を汲み上げていると考えられる。今回の結果をみると、井戸深度1000m以上の源泉No.21~24とNo.8のうち、No.21、23、8がタイプAであった。また、これらの泉質は全てNa-Cl泉であった。No.8については、前回の調査(代田・小田原、2008)が掘削終了直後であったため、その後定常的に利用した場合における濃度を確認する意味で再分析をおこなった。その結果、1年前はCH₄濃度94.0%であったのが、今回の調査では94.3%であり、CH₄濃度に時間的な変化はみられなかった。

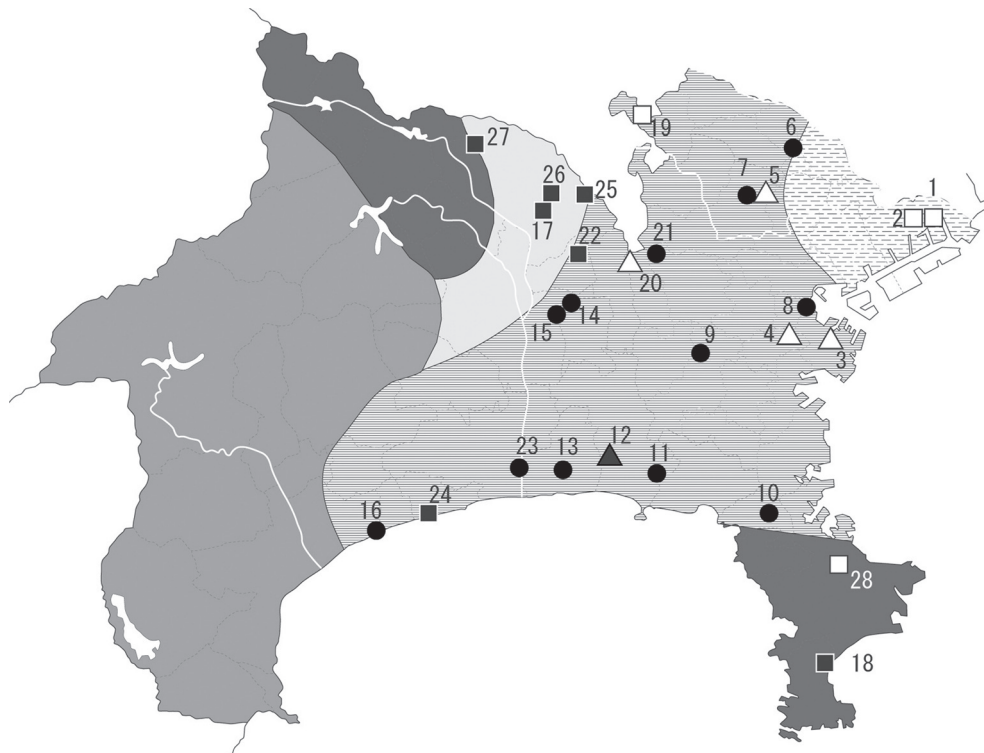


図2 調査源泉の位置。

図中の数字は表1のNo. に対応し、○はCH₄が主体のタイプ、△はN₂が主体のタイプ、□は中間のタイプ、塗りつぶしは井戸深度が1000 m以上の大深度温泉をそれぞれ示す。昨年の結果（代田・小田原、2008）もあわせて記載した。凡例は図1と同じ。地質調査所（1976）をもとに作成。

No.22 と 24 は、CH₄濃度が75%程度（タイプC）であり、この地域の大深度温泉としてはやや低い値を示した。その理由については今後検討する必要があるが、No.22 はNa-Cl・HCO₃ 泉、No.24 はNa・Ca-Cl 泉で、単純な化石海水起源の温泉ではないと考えられ、温泉の成因が影響している可能性もある。

No.19 と 20 は、茶褐色を帯びた腐植質を含むNa-HCO₃ 泉であり、温泉水中のCl濃度を測定したところ10mg/ml程度と低く、化石海水はほとんど含まれていないと考えられる。代田・小田原（2008）によると、このような源泉はN₂が主体のタイプBであり、No.20 は同様の結果であった。一方、No.19 はCH₄濃度が47.9%で、それらより高かった（タイプC）。No.19 のCH₄濃度が高い理由については今後検討していく必要がある。

3.2. 新生代堆積物で覆われた地帯（No. 25～27）

この地域では、掘削する場所と深度により、上総層群または三浦層群に胚胎される化石海水を汲み上げる可能性があり、相当量のCH₄が湧出する可能性がある（代田・小田原、2008）。今回、No.25～27の3源泉について調査した結果、No.17（代田・小田原、2008）と同様に、全てがタイプCであった。また、推定・予想（産油・産

ガス）地域から遠ざかる西側に位置する源泉ほどCH₄濃度が低くなる傾向が認められた。これは、この地域における上総層群の基底深度が西側に向かって浅くなっている（小沢・江藤、2005；小沢ほか、1999）ことと関係している可能性がある。

3.3. 基盤地帯（No. 28）

本県における基盤地帯は、新第三紀以前の地層の分布域を指し、三浦半島地域および県北・県央地域がそれにあたる。今回測定した三浦半島の北部に位置する源泉（No.28）は、空気補正後の値で74.1%のCH₄を含んでいた（タイプC）。同地域に位置するNo.18（代田・小田原、2008）の23.7%と比較してかなり高濃度であり、地質調査所（1976）で基盤地帯に区分される地域においても高濃度のCH₄を含むガスを湧出する可能性があることが明らかとなった。

4. まとめ

神奈川県内の大深度温泉を中心とした11源泉において温泉付随ガスを採取・分析し、地質調査所（1976）による区分と対比するとともに、昨年報告した結果（代田・小田原、2008）と比較した。

推定・予想（産油・産ガス）地域に位置する大深度温泉5源泉のうち、No.21、23、8の3源泉は昨年と同様に高濃度のCH₄を含むガスが湧出していた（タイプA）。これら3源泉の泉質は全てNa-Cl泉であり、CH₄が溶け込んだ化石海水を主に汲み上げていると考えられる。一方、No.22と24の2源泉は、CH₄濃度がやや低いタイプCであった。CH₄濃度が低い理由については今後の検討課題であるが、温泉の成因に関係している可能性がある。また、やや井戸深度が浅く、茶褐色を帯びた腐植質を含むNa-HCO₃泉のNo.19と20のうち、No.20は昨年と同様にCH₄濃度が低くN₂が主体のタイプBであった。No.19はCH₄濃度が47.9%と高かった（タイプC）が、その理由については今後検討していく必要がある。

新生代堆積物で覆われた地帯においては、今回調査した3源泉（No.25～27）とも昨年と同様にタイプCであった。ただし、掘削位置によりCH₄濃度に差があり、推定・予想（産油・産ガス）地域から遠ざかる西側ほどCH₄濃度が低くなる傾向が認められた。

基盤地帯においては1源泉（No.28）しか測定できなかったが、74.1%のCH₄を含むガスが湧出していた。これは、昨年の結果（No.18、23.7%）と比較してかなり高濃度であり、基盤地帯に区分される地域においても場所によっては高濃度のCH₄を含むガスを湧出する可能性があることがわかった。

5. おわりに

温泉に付随して湧出するCH₄対策を考える上では、CH₄を含む天然ガスの賦存状況など地質学的情報が非常に重要であるが、現在その拠り所となっている「日本油田・ガス田分布図（第2版）」は30年以上も前に発行されたものである。独立行政法人産業技術総合研究所の地圏資源環境研究部門では、南関東ガス田およびその周辺地域における天然ガスの起源や分布などの最新の地質学的情報を盛り込んだ燃料資源地質図への改訂を目標として、平成20年度から3カ年計画で研究を実施しており（佐脇ほか、2009）、神奈川県内においては当所が共同で研究を進めている。今後は、CH₄濃度と地質（地域）、井

戸深度、温泉水の成分などとの関係について詳細な考察をして論文としてまとめるとともに、その結果を温泉掘削および利用時の安全性に役立てていきたいと考えている。

謝辞

本調査を実施するにあたり、源泉所有者の方々には温泉付随ガスの採取を快く許可していただきました。また、関係する保健所の温泉担当者の方々には、ガス採取に関してご協力いただきました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 地質調査所（1976）日本油田・ガス田分布図（第2版）、矢崎清貴（編）、1:2,000,000地質編集図No.9.
- 代田 寧・菊川城司・小田原 啓・板寺一洋・萬年一剛・原田麻子（2007）神奈川県における温泉付随ガス中のメタンガス対策について、温地研報告，39, 89-98.
- 代田 寧・小田原 啓（2008）神奈川県における温泉付随ガスの実態調査結果（第1報），温地研報告，40, 79-84.
- 営繕工事における天然ガス対応のための関係官公庁連絡会議編（2007）施設整備・管理のための天然ガス対策ガイドブック，99p.
- 小沢 清・江藤哲人（2005）神奈川県中・東部地域の大深度温泉井の地質および地下地質構造，温地研報告，37, 15-38.
- 小沢 清・江藤哲人・大山正雄・長瀬和雄・松沢親悟（1999）温泉掘削井による神奈川県中央部の地下地質，温地研報告，30, 41-52.
- 佐脇貴幸・金子信行・猪狩俊一郎・前川竜男・徳橋秀一・中嶋 健・棚橋 学・坂田 将・森田澄人（2009）水溶性天然ガス資源（南関東ガス田）の研究—温泉開発，深層熱水利用等の指針策定への貢献（アウトカム）—，温泉科学，58, 302-309.