

神奈川県における温泉付随ガスの実態調査結果（第4報） － 2011（平成23）年から2013（平成25）年の追加調査－

代田 寧*・小田原 啓*

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

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、温泉付随ガスに含まれるメタン等可燃性天然ガスによる爆発事故が発生した。事故を起こした源泉は、メタン（以下、 CH_4 と表記する）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（図1）、主に上総層群に胚胎される温泉水を汲み上げていた。

神奈川県内にも上総層群に胚胎される温泉水を採取している施設があることから、これまで当所では、県内の大深度温泉を中心とした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 等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；代田・小田原2009；代田・小田原2010）。県内の温泉付随ガスの概況については代田・小田原（2010）で総括しているが、以下にその概要を示しておく。なお、本文ならびに表中の％は、全て体積％である。

- (1) 調査した全ての温泉付随ガスから CH_4 が検出され、 CH_4 が主体でおおむね80％以上を占めるタイプA、 N_2 が主体でおおむね80％以上を占めるタイプB、それらの中間のタイプCに分類できる。また、 CH_4 以外の可燃性天然ガスはほとんど含まれていなかった。
- (2) 井戸深度1000m以上のいわゆる大深度温泉においては、地質調査所（1976）の区分による南関東ガス田地域に限らず、県央部から県西部までの広範囲にわたって、高濃度の CH_4 を含む。また、温泉水の主成分は塩化ナトリウムである場合が多く、 CH_4 が溶け込んだ化石海水が主な起源となっていると考えられる。そのため、泉質としては、ナトリウム－塩化物強塩泉や、ナトリウム－塩化物泉が多いのが特

徴である。

- (3) 爆発事故当初に問題となった上総層群だけではなく、三浦層群や葉山層群を主な温泉採取層としている源泉においても高濃度の CH_4 を含む。
- (4) CH_4 湧出の可能性が低いと考えられていた基盤地帯においても、70％以上の CH_4 を含む源泉がある。
- (5) 南関東ガス田地域においては、井戸深度が200m以下の浅い源泉においても50％以上の CH_4 を含む源泉があり、井戸深度に関係なく注意が必要である。本資料では、主に新規に掘削された源泉を対象として、代田・小田原（2010）以降の2011（平成23）年から2013（平成25）年に追加調査した5源泉の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

代田・小田原（2010）以降に追加調査を実施した5源泉（No.35～39）の概要を表1に、源泉の位置を図2にそれぞれ示した。試料番号は、当所がこれまでに調査を実施した源泉（No.1～34）からの通し番号とし、図2には、それらの位置もあわせて記載した。地質調査所（1976）の区分に従うと、No.37と39は推定・予想（産油・産ガス）地域に、No.35、36、38は炭化水素鉱床の期待できない地域に、それぞれ位置しており、No.39以外は井戸深度1000m以上のいわゆる大深度温泉である。

2.2. 採取・分析方法

これまでの調査（たとえば、代田・小田原（2008））と同様、温泉付随ガスの採取は水上置換法によりおこなった。また、温泉付随ガスの組成は、ガスクロマトグラフにより定量した。なお、分析は石油資源開発株式会社へ委託しておこなった。分析項目は、酸素（ O_2 ）、窒

* 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46巻，37-42，2014

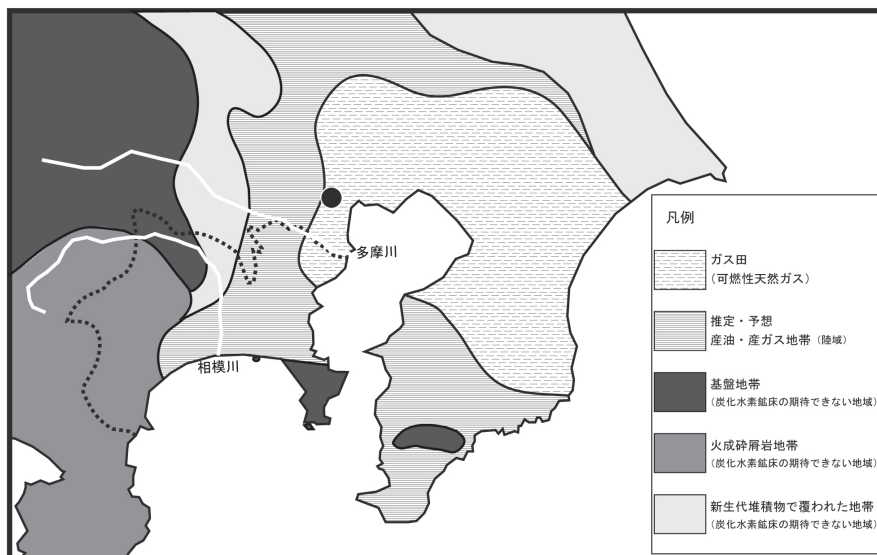


図1 南関東地域におけるガス田分布図。

●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。

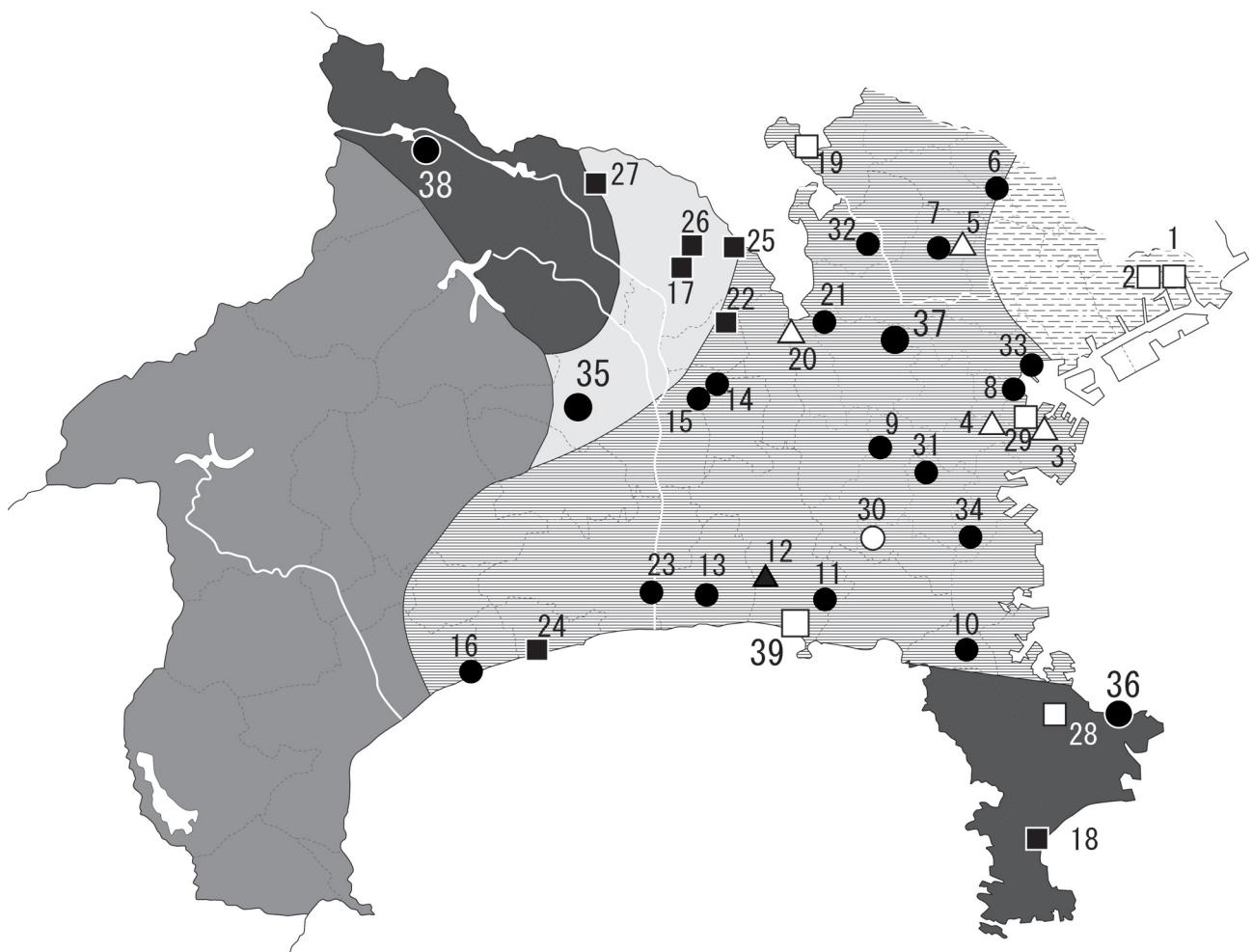


図2 調査源泉の位置。

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。これまでの結果(代田・小田原, 2008; 代田・小田原, 2009; 代田・小田原, 2010)もあわせて記載した。地質区分の凡例は図1と同じ。地質調査所(1976)をもとに作成。

表 1 現地調査結果および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)	付随ガスのタイプ	温泉付随ガスの組成 (vol%)						ガス水比 (聴取)
						O ₂	N ₂	CO ₂	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈ ~C ₆ H ₁₄	
35	1352	23.6	7.5	0.65	A (CH ₄ 主体)	0.2	6.9	0.2	92.6(93.6)	0.09	0.01	0.2
36	1800	37.8	7.4	4.62	A (CH ₄ 主体)	1.2	7.2	1.2	90.3(95.9)	0.05	0.01	0.1
37	2000	28.9	7.7	1.58	A (CH ₄ 主体)	0.1	3.5	1.1	95.3(95.6)	0.07	0.00	0.84
38	2000	25.6	9.7	0.12	A (CH ₄ 主体)	0.4	8.6	0.0	90.9(92.7)	0.07	0.00	0.44
39	910	26.7	7.3	4.22	C (中間)	0.9	47.3	0.4	51.4(53.6)	0.00	0.00	0.02

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。付随ガスのタイプは、A が CH₄ 80%以上、B が N₂ 80%以上、C がそれらの中間を示す。ガス水比は源泉所有者または掘削業者からの聴取によるもの。

表 2 温泉水の成分分析結果。

No.	陽イオン (mg/L)					陰イオン (mg/L)					遊離成分 (mg/L)		成分総計 (mg/L)	泉質
	Na	K	Mg	Ca	NH ₄	Cl	Br	SO ₄	NO ₃	HCO ₃	H ₂ SiO ₃	HBO ₂		
35	831	3.5	0.52	598	0.6	2310	7.31	0.13	0.00	20.5	4.10	6.39	3790	Na・Ca-Cl
36	11000	274	289	416	180	19000	107	0.04	0.00	400	88.1	4.72	31800	強Na-Cl
37	3680	103	23.2	86.2	40.1	5660	23.8	0.02	0.00	798	123	35.0	10600	Na-Cl
38	325	2.93	0.01	0.69	2.8	48.1	0.15	6.33	0.00	335	45.0	63.3	980	単純温泉
39	10100	360	445	703	-	17900	63.1	384	0.00	185	83.1	19.6	30200	強Na-Cl

泉質の Na・Ca-Cl はナトリウム・カルシウムー塩化物泉、強 Na-Cl はナトリウムー塩化物強塩泉、Na-Cl はナトリウムー塩化物泉を示す。

素 (N₂)、二酸化炭素 (CO₂)、CH₄、エタン (C₂H₆)、プロパン (C₃H₈)、ノルマルブタン (n-C₄H₁₀)、イソブタン (iso-C₄H₁₀)、ノルマルペンタン (n-C₅H₁₂)、イソペンタン (iso-C₅H₁₂)、ノルマルヘキサン (n-C₆H₁₄) の 11 成分である。また、ガス採取時に、温泉水の温度、pH、電気伝導率の測定もあわせて実施し、調査時に立ち会っていただいた源泉所有者または掘削業者の方からガス水比（温泉水に対するガスの体積比）の測定結果を聴取した。さらに、温泉水を採水し、鉱泉分析法指針に基づいた方法で主要成分の測定をおこなった。

3. 結果

表 1 に示したように、全ての温泉付随ガスから CH₄ が検出されたが、C₂H₆ ~ n-C₆H₁₄ 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ほぼ CH₄ のみであった。これは、これまでに当所が実施した調査結果 (No.1 ~ 34) と同様の特徴を示している。大深度温泉である No.35 ~ 38 については、CH₄ の占める割合が非常

に高く、90%以上であった。温泉付随ガスのタイプ分けは、代田・小田原 (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 として示した。以下に、源泉ごとの結果について記述する。なお、以後、CH₄ 濃度は 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 (表 1 の () 内の値) として示す。

3.1. No. 35

本源泉は、地質調査所 (1976) による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) に位置し、火成碎屑岩地帯にも近いと、メタンガスの湧出は少ないものと考えられたが、90%以上の CH₄ を含むガスが付随しており、この地質区分に位置する源泉においても非常に高濃度の CH₄ を含む付随ガスを湧出する場合があることがわかった。ただし、ガス水比は 0.2 であり、県東部の化石海水起源の温泉ではガス水比が 1 前

後となる事例があることを考慮すると、付随ガスの量自体はそれほど多くない。源泉の様子を写真1に示したが、クリーム状の泡が立っていた。

表2より温泉水の成分から特徴をみると、泉質はナトリウム・カルシウム塩化物泉であり、硫酸イオンを失った化石海水が地層中のカルシウムイオンとのイオン交換によって変質を受けて形成されたと考えられる（板寺ほか（2010）のグループ2-A）。ただ、塩化物イオン濃度は2310mg/Lであり、海水（約20000mg/L）と比べて1/10程度であるため、化石海水の寄与はそれほど多くはないと考えられる。また、神奈川県自然環境保全審議会温泉部会に提出された資料によれば、井戸深度が1352mで、温度検層による孔底温度は40.58℃であるのに対し、汲み上げられた温泉水の温度は23.6℃と低い。井戸の状況を見ると、深度400mで水止めをし、500mぐらいからスリット型スクリーンが設置されていることから、浅層の温度の低い水が混入している可能性がある。そのため、温泉水の成分も希釈されていて塩化物イオン濃度が低くなっているのかもしれない。

3.2. No. 36

本源泉は、地質調査所（1976）による基盤地帯（炭化水素鉱床の期待できない地域）に位置しているが、CH₄濃度は非常に高く、95.9%であった。ただし、目視によれば、ガスの湧出量はそれほど多くはなく（写真2）、ガス水比は0.1であり、No.35と同様に付随ガスの量は少ない。

温泉水の成分から特徴をみると、電気伝導率が高く（4.62 S/m）、非常に高濃度の塩化ナトリウムを含むナトリウム塩化物強塩泉であり、硫酸イオンの濃度が低い（0.04mg/L）ことから、いわゆる化石海水を主として汲み上げていると推定される。これまでの調査結果でも、化石海水を主体とする源泉では90%以上の非常に高濃度のCH₄を含むガスを湧出していた。今回の調査結果から、大深度温泉の場合には、地質調査所（1976）により基盤地帯とされる地域においても、非常に高濃度のCH₄を含むガスが湧出する可能性があることが明らかとなった。

3.3. No. 37

本源泉は、地質調査所（1976）による推定・予想（産油・産ガス）地域に位置し、これまでの調査結果から予想されたとおり高濃度のCH₄を含むガスが付随していた。また、写真3に示したように非常に大量の泡が立ち、ガス水比は0.84と高く、No.35、36と比較して付随ガス

の量が多い。このような源泉ではCH₄濃度が高いだけでなく、湧出量も多いため、爆発事故に対する危険性が高くなり、さらに万全な安全対策を指導していく必要がある。温泉水の成分をみると、泉質はナトリウム塩化物泉であり、周辺の大深度温泉と同様に、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。

3.4. No. 38

本源泉は、地質調査所（1976）による基盤地帯（炭化水素鉱床の期待できない地域）に位置しており、CH₄の湧出は少ないものと考えられたが、表1のとおり90%以上のCH₄を含むガスが付随していた。源泉の様子を写真4に示したが、クリーム状の泡が立ち、ガス水比は0.44であった。

温泉水の成分から本源泉の特徴をみると、泉質は単純温泉であるが、陽イオンではナトリウムイオンが、陰イオンでは炭酸水素イオンが主成分であり、塩化物イオンは少なく、化石海水の寄与は低いと考えられる。また、表2には記載していないが、フッ化物イオン（23.1mg/L）と炭酸イオン（128mg/L）の濃度が高い特徴があり、神奈川県内では珍しい温泉と思われる。また、周辺の大深度温泉では、ガス湧出が認められないか、または認められても基準値以下であり、温泉の採取にあたっては温泉法第14条の第5項による確認申請を行っている。当所で詳細に調査した源泉の中で最も近くに位置するのはNo.27であるが、CH₄濃度は36%とそれほど高くはない（代田・小田原、2009）。また、No.17、22、25、26、27において、おおよそ西側ほどCH₄濃度が低くなる傾向が認められることや（代田・小田原、2009）、さらに西側の源泉ではガス湧出が認められないことから、これまでは本源泉が位置する基盤地帯とされる地域ではほぼメタンガスの湧出の可能性は低いものと考えられていたため、今回、本源泉で高濃度のCH₄が湧出することを確認できたのは非常に重要な知見であるといえる。その理由については温泉水の成因も含めて今後検討していく必要があるが、同様に基盤とされている四万十帯から南関東ガス田地域で見られる水溶性のガスとは異なる構造性ガスが湧出するという報告がある（矢崎ほか、1981）ことから、断層破碎帯に貯留されたガスに起因している可能性もある。

3.5. No. 39

本源泉は、地質調査所（1976）による推定・予想（産油・産ガス）地域に位置し、いわゆる大深度温泉ではないが井戸深度は910mと比較的深い。CH₄濃度は53.6%



写真 1 No. 35 源泉の状況。
クリーム状の泡の湧出が認められる（ガス水比は 0.2）。



写真 2 No. 36 源泉の状況。
ガス湧出はそれほど多くはない（ガス水比は 0.1）。クリーム状ではなく、小粒の泡が湧出している。



写真 3 No. 37 源泉の状況。
非常に大量の泡をとまう（ガス水比は 0.84）。



写真 4 No. 38 源泉の状況。
基本的にクリーミーな泡状であるが、時々まとまった大きな泡が出ることもある（ガス水比は 0.44）。



写真 5 No. 39 源泉の状況。
ガス湧出は非常に少なく、少量の泡である（ガス水比は 0.02）。

で、中間的なタイプCであるが、ガスの湧出量は非常に少なく（写真5）、ガス水比は0.02であった。

温泉水の成分から特徴をみると、電気伝導率が高く（4.22 S/m）、非常に高濃度の塩化ナトリウムを含むナトリウム―塩化物強塩泉である。ただし、海水ほどではないものの、マグネシウムイオンと硫酸イオンを相当量含む点で、同じく推定・予想（産油・産ガス）地域に位置するNo.37とは異なる。この源泉の海岸線からの直線距離が約500mと近いことから、化石海水と現海水が混合している可能性も考えられる。

4. おわりに

今回、代田・小田原（2010）以降に追加調査した5源泉について、付随ガスの組成や温泉水の特徴などについて報告した。その結果、地質調査所（1976）による炭化水素鉱床の期待できない地域に位置する源泉においても、非常に高濃度（90%以上）のCH₄を含むガスが付随することが明らかとなった。さらに、それらの中で、温泉水の成分が神奈川県内では珍しい特徴をもつものがあり、高濃度のCH₄が付随する理由について、温泉水の成因も含めて今後検討していく必要がある。

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、県環境衛生課ならびに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），矢崎清貫（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.
- 代田 寧・小田原 啓（2009）神奈川県における温泉付随ガスの実態調査結果（第2報），温地研報告，**41**, 73-76.
- 代田 寧・小田原 啓（2010）神奈川県における温泉付随ガスの実態調査結果（第3報），温地研報告，**42**, 67-72.
- 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.
- 板寺一洋・菊川城司・小田原 啓（2010）神奈川県の大深度温泉水の起源，温泉科学，**59**, 320-339.
- 矢崎清貫・影山邦夫・粕 武（1981）山梨県早川町における四万十帯の天然ガス徴候地について，地質調査所月報，**32**, 259-274.