

解 説

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）—

佐脇貴幸<sup>1)</sup>，金子信行<sup>1)</sup>，猪狩俊一郎<sup>1)</sup>，前川竜男<sup>1)</sup>，徳橋秀一<sup>1)</sup>，  
中嶋 健<sup>1)</sup>，棚橋 学<sup>1)</sup>，坂田 将<sup>1)</sup>，森田澄人<sup>1)2)</sup>

(平成 20 年 11 月 7 日受付，平成 20 年 12 月 18 日受理)

Geological and Geochemical Study on Natural Gas  
Resources of Dissolved-in-Water Type Beneath  
the Kanto Plain (Minami-Kanto Gas Field) :  
Outcome as Guidelines for Development of Hot Springs,  
Use of Deep-Seated Geothermal Water, etc.

Takayuki SAWAKI<sup>1)</sup>, Nobuyuki KANEKO<sup>1)</sup>, Shun-ichiro IGARI<sup>1)</sup>,  
Tatsuo MAEKAWA<sup>1)</sup>, Shuichi TOKUHASHI<sup>1)</sup>, Takeshi NAKAJIMA<sup>1)</sup>,  
Manabu TANAHASHI<sup>1)</sup>, Susumu SAKATA<sup>1)</sup> and Sumito MORITA<sup>1)2)</sup>

Abstract

The Minami-Kanto gas field is the largest natural gas deposit of dissolved-in-water type in Japan. However, geological information on the gas field has not been updated since 1976. So, the new research project “Geological and geochemical study on natural gas resources of dissolved-in-water type beneath the Kanto Plain (Minami-Kanto gas field)” has begun in FY 2008. In the project, the authors are getting the geological and geochemical data on the origin and distribution of the natural gas, and underground geological structures in and around the field. The collected data will be integrated and published as a new fuel resource geological map that will include the latest geological information of the Kanto region. The authors expect that results of the study will be used as basic information for estimation of geo-resources in Japan, and that the integrated geo-information will lead to outcomes as guidelines for safe and effective development of natural gas resources and deep-seated geothermal water, and global warming mitigation measures for methane.

<sup>1)</sup> 産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門 〒305-8567 茨城県つくば市東 1-1-1 産総研つくば中央第 7 事業所. <sup>1)</sup> National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Institute for Geo-Resources and Environment (GREEN), AIST Tsukuba Central 7, 1-1, Higashi-1, Tsukuba, Ibaraki 305-8567, Japan.

<sup>2)</sup> 現在 産業技術総合研究所地質調査情報センター. <sup>2)</sup> AIST, Geoinformation Center.

Key words : Minami-Kanto gas field, natural gas resources of dissolved-in-water type, deep-seated geothermal water, guidelines for development of hot springs, updating of geological information.

## 要 旨

南関東ガス田は、日本における水溶性天然ガスの最大賦存地域である。しかしながら、その水溶性天然ガスに関わる地質学的情報は、今から 30 年以上前の 1976 年の「日本油田・ガス田分布図 (第 2 版)」の出版以降正確には把握されていない。これを踏まえ、平成 20 年度から「関東平野における水溶性天然ガス鉱床の分布に関する地質・地化学的調査研究」が開始された。この研究の中で、我々は、南関東ガス田地域における天然ガスの起源、分布等の最新の地質学的・地化学的データを取得し、上述の資源図のうち、関東平野に関わる部分について最新の資源情報を盛り込んだ燃料資源地質図へと改訂することを目指している。また、アウトカムとしては、天然ガス資源や深層熱水資源の安全で効率的な利用、メタンが原因となる地球温暖化現象への対策のための基本的情報の提供等が想定される。

キーワード : 南関東ガス田, 水溶性天然ガス, 深層熱水, 温泉開発指針, 地質情報整備

## 1. はじめに

小論においては、産業技術総合研究所 (産総研) 地圏資源環境研究部門において、平成 20 年度より開始した南関東ガス田にかかわる研究「関東平野における水溶性天然ガス鉱床の分布に関する地質・地化学的調査研究」について紹介する。

本研究は、将来にわたる資源の安定供給に資するために、関東地方における水溶性天然ガスの賦存状況に関わる正確な地質学的情報を把握することを目的としており、最終的には、南関東ガス田を中心とした関東地方の燃料資源地質図を作成することを目指している。また同時に、本研究成果のアウトカムとして、都市平野部での温泉 (深層熱水) や燃料資源についての安全で効率的な開発・利用の指針の策定、地球温暖化対策のための基本的情報の寄与等が考えられるものである。

## 2. 研究の背景

近年、都市平野部での温泉開発が盛んに進められる一方で、温泉水に含まれている水溶性天然ガスが原因となった爆発事故が連続している。例えば、平成 17 年 2 月の東京都北区の温泉掘削現場でのガス炎上事故、平成 19 年 6 月の渋谷区での温泉施設爆発事故などが記憶に新しい。これらの事故が発生した地点は、「南関東ガス田」と呼ばれる水溶性天然ガスの分布域内に入っている。

南関東ガス田はわが国最大の水溶性天然ガス田であり、1976 年に地質調査所 (現 産総研・地質調査総合センター) によって出版された「日本油田・ガス田分布図 (第 2 版)」(以下油田ガス田図) にその分布範囲が示されている (Fig. 1; 地質調査所, 1976)。すなわち、千葉県 (房総半島中部)、茨城県 (南部の利根川付近まで)、埼玉県 (東部)、東京都 (東部)、神奈川県 (横浜以東) にまたがる範囲が南関東ガス田に相当する。その炭化水素資源量 (原始埋蔵量) は、1975 年に地質調査所によって、5,500~6,600 億  $\text{m}^3$  と見積られている (地質調査所石油課, 1975)。

この水溶性天然ガスは、地下深くに胚胎する鹹水 (化石海水) に溶存しているものであり、主成分はメタン (成分比で 90% 以上; 例えば、福田, 1979) である。胚胎層となっているのは約 250 万年~40 万年前に海底に堆積した上総層群である。その胚胎深度は、房総半島九十九里付近では浅く西に向かって深くなる傾向があるが、数百 m~2,000 m 程度の深さに胚胎している。九十九里周辺

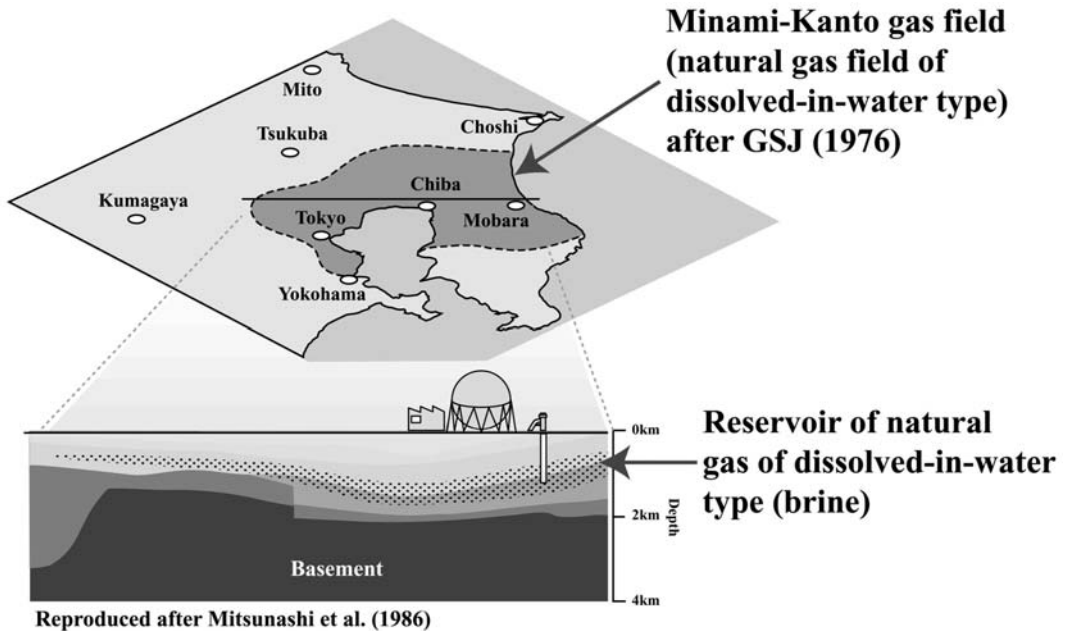


Fig. 1 Schematic geological framework of the Minami-Kanto gas field.  
GSJ : Geological Survey of Japan.

図 1 南関東ガス田の概念図  
GSJ : 地質調査所

(例えば茂原市周辺)では、この胚胎層に到達する坑井から鹹水を汲み上げ、分離した水溶性天然ガス(メタン)を千葉県下に供給している。千葉県における生産量は、平成18年では約4.7億 $m^3$ であり、構造的天然ガス等も含めた日本の天然ガス生産量の約14%に相当している(経済産業省による平成18年度資源・エネルギー統計年報: [http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/seidou/result/ichiran/resourceData/07\\_shigen/nenpo/01\\_sekiyu/h2dhhpe2006k.pdf](http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/seidou/result/ichiran/resourceData/07_shigen/nenpo/01_sekiyu/h2dhhpe2006k.pdf))。また、鹹水には海水の約2,000倍の濃度のヨウ素(ヨード)が溶解しており、水溶性天然ガスを採取すると同時に汲み上げられた鹹水からはヨウ素が分離抽出され、世界の生産量の約1/3をまかなっている(例えば、天然ガス鉱業会による統計とりまとめ: [http://www.tengas.gr.jp/gas\\_japan/index.html](http://www.tengas.gr.jp/gas_japan/index.html); USGS Mineral Commodity Summaries 2008, <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/iodine/mcs-2008-iodin.pdf>)。

このように、南関東ガス田は、人口密集地・都市平野部の直下に広がる天然ガス鉱床、ヨウ素鉱床であり、日本における数少ない優良な鉱床の一つなのである。また、昨今の地下資源の需給動向と将来的な資源(特に燃料資源)の安定供給、特に国としての緊急時への備えの必要性を鑑みると、その資源の賦存状況を改めて正確に把握しておくことが重要と考えられる。

さて、1990年代より、首都圏の地震防災を目的とした観測井の掘削、地震探査を中心とした地質地盤調査が数多く行われ、そのデータをもとに関東平野の地下地質構造の大枠が明らかにされてきた(例えば、鈴木, 1996; 高橋ら, 2005; 高橋, 2006)。しかしながら、この水溶性天然ガスおよび鹹水の賦存状況の詳細、主要胚胎層である上総層群相当層を含めた地下地質状況の詳細については、現在も天然ガス開発が進められている九十九里周辺を除けば、前述の油田ガス田図の出版以降ほとんど未解析のままといっても過言ではない。

一方、関東平野における深部ボーリング (1,000 m 以深) での温泉開発は、主にこの鹹水を開発ターゲットとしている。すなわち、日本においては、火山活動のある地域以外での地殻上部の平均的な地温勾配は、20-30°C/1,000 m である (例えば鈴木, 1985)。従って、前述の鹹水は、温度という視点からは「深層熱水資源」と見なされることになり (例えば地質調査所, 1980)、これを温泉資源として開発していることになる。このため南関東平野部での温泉開発には、必ずこの水溶性天然ガス (メタン) の処理がつかまとうことになり、このガスを不適切に処理した場合には、前述のようなガス爆発事故に繋がることになる。従って、一見異なる事象のように見える関東平野における温泉開発と水溶性天然ガス・ヨウ素の生産は完全に一体のものである。このような事情から、油田ガス田図が温泉ガス爆発事故対策のための緊急調査 (平成 19 年) を行う上で、行政的な指針の基図として利用されることになった (例えば、平成 19 年 7 月 25 日付の環境省から都道府県知事あての通達: [http://www.env.go.jp/nature/onsen/comm\\_cngsm/05/mat03-2.pdf](http://www.env.go.jp/nature/onsen/comm_cngsm/05/mat03-2.pdf), [http://www.env.go.jp/nature/onsen/comm\\_cngsm/05/mat03-3.pdf](http://www.env.go.jp/nature/onsen/comm_cngsm/05/mat03-3.pdf))。なお、平成 19 年 11 月には温泉法が改正され、温泉に伴うガス成分の分析が、温泉開発利用の際に必須となっている (環境省のマニュアルを参照: [http://www.env.go.jp/nature/onsen/cng\\_safety/facilities.html](http://www.env.go.jp/nature/onsen/cng_safety/facilities.html), [http://www.env.go.jp/nature/onsen/cng\\_safety/dig/full.pdf](http://www.env.go.jp/nature/onsen/cng_safety/dig/full.pdf))。

しかしながら、油田ガス田図は、出版されてからすでに 30 年以上を経ており、それ以降の地質学的情報を盛り込んだ形の更新がなされていない。このため、今後の温泉開発における安全対策を考えた場合、これを最新の水溶性天然ガスの賦存状況、地質学的情報を盛り込んだもの (知的基盤情報) へと更新・改訂する必要があることが、産総研内外から指摘された。

以上のような状況を背景として、平成 20 年度から、産総研・地圏資源環境研究部門の重点化研究項目として、「関東平野における水溶性天然ガス鉱床の分布に関する地質・地化学的調査研究」が開始された。

### 3. 研究の概要

本研究は 3 年計画であり、その主目的は、前述したとおり、将来にわたる日本国内の資源の安定供給に資するために、南関東ガス田域における水溶性天然ガスの賦存状況 (分布範囲、資源量等) に関わる資源情報、関東平野の地下構造に関する地質情報等を整備し、新たな燃料資源地質図として取りまとめることにあるが、また同時に、整備した燃料資源地質図を、

- ① 日本国内の燃料資源および地下水 (温泉) 資源の安定供給・効率的利用に利用していただくこと。
- ② 関東地方で相次いだ水溶性天然ガスが原因となった爆発事故を踏まえ、行政・開発業者等に対して、地質学・地化学的基礎情報と対応指針として利用していただくこと。
- ③ 現在は安全確保のために利用されず排出されているメタンガスの有効利用および地球温暖化対策 ( $\text{CH}_4$  は  $\text{CO}_2$  の約 20 倍の温室効果を持つガス) のための基礎的情報として利用していただくこと。

等のアウトカムを視野に入れている。

研究には産総研・地圏資源研究部門の有機地球化学、燃料地質学に関わる研究者が中心となりチームを作って進めることになっている。研究を進めるに当たっては、以下の方針に沿って研究を実施することになっている。

- (1) 公表されている関東平野周辺の既存坑井データ・物理探査データ・関連資料 (文献等) を収集

し、炭化水素資源ポテンシャルの最も高い上総層群相当層の三次元的な分布状況を調査、解析する。

- (2) 温泉を含め、地層水・ガス試料に関する情報を収集するとともに、既存温泉井等から地層水とおよびそれに含まれる水溶性ガス成分を採取し、ガス組成、メタンと溶存炭酸の同位体比、水質等の分析を行う。これらの地化学データをもとに、天然ガスの成因、地下地質構造との関係、天水浸入の影響等を評価する。
- (3) 上記の(1)、(2)で得られたデータを基に、南関東ガス田における天然ガス胚胎層の分布の概要を把握し、水溶性天然ガス資源の成因明らかにする。
- (4) 以上のデータ解析に基づき、南関東ガス田を中心とした関東平野全域にわたる天然ガスの賦存状況をとりまとめた資源地質図を作成する共に、地質構造に関する三次元断面図を作成する。
- (5) 分布の詳しい実態とより高い精度の炭化水素資源量を明らかにするための今後の研究内容を検討・具体化する。

このうち、(1)については、産総研・地質調査総合センターに保有しているさまざまな既報の地質情報の整理をすると共に、温泉データや天然ガスに関するデータを管理している関東地方の都県庁の担当課、温泉・天然ガスの開発会社等の関係機関の方々と連携を取ることをまず進めている。この地質情報の整理、関係機関との意見交換を通して、既存の地質情報から本研究に利用可能なデータの取捨選択を行った上で、地質断面図や天然ガスの賦存状況を明らかにしていこうとしているところである。

(2)については、上記の機関との意見交換を踏まえた上で、キーポイントとなる地点の坑井等に赴き、天然ガスや地層水を採取し、分析を開始しようとしているところである。

なお、小論を執筆している段階では、まだ(3)以降の段階には進んでいない。

## 4. これまでの進捗

小論を執筆している段階では、上述のように具体的な分析結果は上がってきていないが、以下には、既存・既報の地質情報からわかってきた、関東地方における天然ガスの賦存状況と地質学的な関係を概説する。なお、これまでの進捗については、金子ら(2008)においても報告している。

関東地方の極めて簡略化した模式柱状図はFig. 2のようになる(徳橋, 2000)。すなわち、上位から沖積層、新时期段丘堆積物・新时期関東ローム層、下総層群、上総層群、三浦層群および相当層(保田層群を含む)、先新第三系となるが、以下には、これらのうち、天然ガスに関する既報のデータがある、

- ① 沖積層・新时期段丘堆積物
- ② 上総層群
- ③ 三浦層群および相当層
- ④ 先新第三系

に関して、概査・文献調査段階の地質学的情報および天然ガスについて述べる。

### 4.1 沖積層・新时期段丘堆積物

東京の下町低地や茨城県内の沖積地では、メタンが地表に湧出し、トンネル掘削事故や構造物の建設現場で爆発事故が発生している。ただし、深部に存在する水溶性天然ガスとの関係の詳細は不明、すなわち、深部と浅部の相互のつながりがあるかどうかは未解明の状態である。

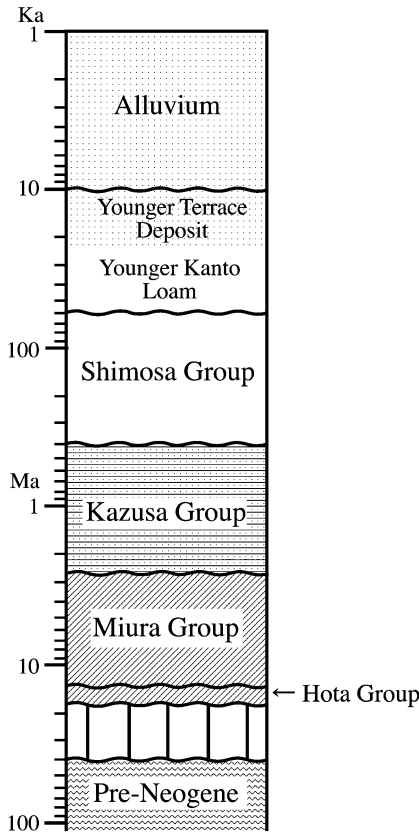


Fig. 2 Simplified geological column in the Kanto Plain, modified after Tokuhashi (2000).

図 2 関東平野における簡略化した模式柱状図: 徳橋 (2000) を一部修正.

東京都内に関しては、過去に大量の揚水により地下水位が低下したが、この過程で一度は還元環境下に置かれた地下の有機物が、空気による酸化分解を受けた後に再び還元環境に置かれ、メタン生成菌がメタンを生成している。その後の近年の地下水位の回復により、地下から押し上げられた形で、空井戸からメタンを含んだ空気が湧出していることが知られている (東京都土木技術研究所, 1993)。

#### 4.2 上総層群

南関東ガス田の主要貯留層は、房総地域では海成層である上総層群中部の黄和田 (きわだ) 層・大田代 (おおただい) 層・梅ヶ瀬層であるが、現在の沈降地域となっている東京湾岸ではそれらの上位層準の国本 (こくもと) 層も加わる。また、南関東ガス田の範囲は、上総層群基底深度が 1,000 m (東部) ~ 千数百 m (東京・神奈川) より深い範囲に一致する。

ガス田縁辺域では詳細な層序は確立されていないが、テフロクロノロジーの研究 (鈴木ら, 2006) や石灰質ナンノ化石 (千代延ら, 2007) から、都内の黄和田・大田代・梅ヶ瀬層の層序と分布が明らかになりつつある。

水溶性天然ガス (メタン) の起源・性状については、金子ら (2002) により、CO<sub>2</sub> と H<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O からアーケアが生成した微生物起源ガスであることが明らかになっている。しかしながら、南関東ガス田全体のガスの性状の解明のためには、房総地域において鉱床の形成過程を明らかにし、過飽和状態でのガスの移動を考慮すると共に、移動したガスの再溶解と天水の侵入によるガス胚胎層 (鉱床) の破壊過程を地化学データの解析から正しく認識

する必要があり。

#### 4.3 三浦層群および相当層

上総層群分布地域周辺部では、上総層群より下位の海成層である三浦層群および相当層から揚湯する温泉にメタンが付随するケースが認められている。すなわち、温泉ガス爆発事故が起こると上総層群だけが注視される、といった状況があるが、それ以外にも鉱床規模ではないにせよ、上総層群よりも下位の層準にも顕著な量のメタンが賦存している可能性があることを認識する必要がある。具体的には、埼玉~群馬に至る地域で基盤深度が大きく新第三系の厚く堆積した地域 (鈴木, 2002) や、棚倉破砕帯に沿う堆積盆内にも、メタンを含む温泉が存在するようである。

燃料資源地質図として最終的にとりまとめる際には、このような南関東ガス田とは成因・分布が異なった天然ガスについても、その地質学的・地化学的データに基づいて峻別した形で示す必要がある。

#### 4.4 先新第三系

常磐堆積盆に面する茨城県北部沿岸部には、常磐炭田と同じ古第三系を起源とする炭田ガス（もしくは石炭起源の天然ガス）が賦存している。これは、前述の油田ガス田図にも記されているガス田である。この天然ガスは、熱分解起源のメタンであり、従ってこの地域の温泉に付随するガスも同じく熱分解起源のメタンガスと考えられる。

また、西南日本外帯の四万十層群中の温泉ガスには、しばしば熱分解起源と考えられるメタンが認められている。例えば、矢崎ら（1981）は、四万十層群分布域である山梨県早川町でガス兆候地を報告している。このことは、先新第三系の分布域であるからといってメタンガスが噴出する危険がないわけではないことを示唆している。

### 5. おわりに

本研究では、独自の地質学的・地化学的分析とともに、地方自治体、開発業者（天然ガス、温泉）等の方々のご協力を仰ぎつつ、関東地方の天然ガスの賦存状況、地下地質構造を明らかにしようとしているところである。また、天然ガスおよび水質データから、生成したメタン量を推定する手法を開発し、地質データとともに資源量の計算を行う予定であり、これらの成果を通して、安全・安心な社会構築のための地質学的な基礎情報を提供していくことが我々に課せられた使命であると認識している。

さて、本研究と同じように、地下の地質構造を明らかにしていく研究（例えば、地震防災を目的とした都市地質の研究など）を実施する際にしばしば問題となるのは、地下地質に関する情報（地質地盤情報：例えば、ボーリングデータ）が各所に散在しており、貴重で二度と得ることのできないデータが未整理のまま、あるいは場合によっては廃棄されつつあることである。このため、研究の実施がさまざまな場面で壁に突き当たり、スムーズに進まないことがしばしばある。これは、研究成果を社会に還元し、ひいては安全・安心な社会を構築していく上で看過できない問題である。これまでのそのような状況を改革し、必要な法的整備の下で、地質地盤情報が安全・安心な社会を構築するために重要でかつ国民が共有すべき社会的資産・知的基盤情報として理解され、広く公共のものとして利用できるようなシステムが早急に構築されることを切に願っている。なお、この点に関しては、産総研が事務局となって編集した、地質地盤情報協議会の提言書（地質地盤情報協議会、2007；<http://www.gsjp/Sgk/teigensho.pdf>）に詳しく記してあるので、興味のある方はご一読いただければ幸いである。

#### 謝 辞

本論を執筆・投稿するに当たっては、産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門 野田徹郎氏、丸井敦尚氏、潮田みどり氏および査読者の皆様のご尽力をいただいた。ここに記して、感謝の意を表す。

#### 引用文献

- 地質調査所（1976）：1：2,000,000 地質編集図 No. 9「日本油田・ガス田分布図（第2版）」、川崎。  
地質調査所（1980）：1：2,000,000 地質編集図 No. 20「日本地熱資源賦存地域分布図」、つくば。  
地質調査所石油課（1975）：水溶型ガス鉱床の埋蔵量。石油技術協会誌，40，183-185。  
地質地盤情報協議会（2007）：地質地盤情報の整備・活用に向けた提言 一防災、新ビジネスモデル等に資するボーリングデータの活用一，38p，地質地盤情報協議会，つくば。

- 千代延俊, 佐藤時幸, 石川憲一, 山崎 誠 (2007): 東京都中央部に掘削された温泉井の最上部新生界石灰質ナンノ化石層序. 地質学雑誌, **113**, 223-232.
- 福田 理 (1979): 共水性ガスとその鉱床 (その 1). 地質ニュース, 294 号, 1-15.
- 金子信行, 前川竜男, 猪狩俊一郎 (2002): アークアによるメタンの生成と間隙水への濃集機構. 石油技術協会誌, **67**, 97-110.
- 金子信行, 佐脇貴幸, 棚橋 学 (2008): 関東平野下に賦存する可燃性天然ガスについて. 日本地質学会第 115 年学術大会 (秋田大会) 講演要旨集, P-90, 216.
- 三梨 昂, 尾田太良, 江藤哲人 (1986): 新生代東北日本弧地質資料集 (北村 信 編) 第 3 巻一付録 関東地方地質断面図, 宝文堂, 仙台.
- 鈴木宏芳 (1985): 関東平野の地中温度. 防災科学技術センター研究報告, No. 35, 139-154.
- 鈴木宏芳 (1996): 江東深層地殻活動観測井の地質と首都圏地域の地質構造. 防災科学技術研究所研究報告, No. 56, 77-123.
- 鈴木宏芳 (2002): 関東平野の地下地質構造. 防災科学技術研究所研究報告, No. 63, 1-19.
- 鈴木毅彦, 村田昌則, 中山俊雄 (2006): 武蔵野台地地下における第四紀前半のテフロクロノロジー. 月刊 地球, **28**, No. 1, 44-48.
- 高橋雅紀 (2006): 日本海拡大時の東北日本弧と西南日本弧の境界. 地質学雑誌, **112**, 14-32.
- 高橋雅紀, 林 広樹, 笠原敬司, 井川 猛, 川中 卓, 須田茂幸 (2005): 関東平野下に伏在する中新世ハーフグラベン群 — 地表地質からみた地下地質構造の新たな視点 —. 防災科学技術研究所研究報告, No. 67, 13-28.
- 徳橋秀一 (2000): 第 1 回ティーチャーズ・サイエンスキャンプ '99 (地質調査所) を振り返って. 地質ニュース, 548 号, 39-52.
- 東京都土木技術研究所 (1993): 東京下町低地における可燃性天然ガスの噴出について. 東京都土木技術研究所特別報告, 第 1 号, 42p.
- 矢崎清貴, 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.

(2008 年 9 月 26 日 日本温泉科学会第 61 回大会にて発表)