

B. c. IV.

地質調査所報告第169号

本邦天然ガス鉱床の
地質学的研究

地質調査所

昭和31年11月

553.981 : 550.8 (52)

地質調査所報告

所長 兼 子 勝

本邦天然ガス鉱床の地質学的研究

通商産業技官 兼 子 勝

目 次

I. 緒 言	1
II. 本邦天然ガス鉱床の地理的分布	2
II. 1 ガス田および産ガス地	4
II. 2 ガス徴候地	5
III. ガス田各論	6
III. 1 石狩平野ガス田	6
III. 2 池田ガス田	8
III. 3 長万部町ガス田	9
III. 4 青森市産ガス地	10
III. 5 津軽平野産ガス地	12
III. 6 象潟ガス田	12
III. 7 酒田ガス田	15
III. 8 煙山ガス田	16
III. 9 山形ガス田	17
III. 10 新潟ガス田	19
III. 11 射水ガス田	23
III. 12 河北潟ガス田	23
III. 13 南関東ガス田	25
III. 14 諏訪湖ガス田	27
III. 15 清水ガス田	29
III. 16 焼津ガス田	30
III. 17 琵琶湖産ガス地	32
III. 18 大阪産ガス地	32
III. 19 簸川平野産ガス地	34
III. 20 熊本平野産ガス地	37
III. 21 宮崎産ガス地	39
III. 22 加久藤産ガス地	40
III. 23 敷根産ガス地	41
IV. 天然ガス鉱床の地質学的考察	42
IV. 1 天然ガス鉱床におけるガス譜・相岩および母層	42
IV. 1. 1 ガス譜	43

IV. 1. 2 帽 岩	45
IV. 1. 3 母 岩	46
IV. 2 ガス胚胎層の地質時代と堆積環境	46
IV. 2. 1 ガス胚胎層の地質時代	46
IV. 2. 2 ガス胚胎層の堆積環境	46
IV. 3 ガス水比およびガス質・附随水	47
IV. 3. 1 ガス水比	47
IV. 3. 2 ガス質	48
IV. 3. 3 天然ガス附随水	49
IV. 4 ガス鉱床の形成と破壊の一般運動	50
V. 結 論	52
文 献	53
Abstract	1

本邦天然ガス鉱床の 地質学的研究

通商産業技官 兼 予 勝

I. 緒 言

現在わが国において“天然ガス”と一般に呼称されるものは、おむね石炭や石油と共存することなく、産出するとき共存水を伴ない、主として向斜構造の地域に賦存する可燃性天然ガスのことである。このガスは第2次大戦末期における国内の燃料逼迫に原因して、当時の実際利用の必要から、急激に開発が問題視されるに至つたもので、爾来広く単に“天然ガス”と呼称されるようになった。したがつて、この種の天然ガスに関する地質学的研究が、活潑に、しかも組織的に行われたのは昭和21年以後であつて、現在もその努力は続けられている。資源に乏しいわが国としては、このガスに対して地球科学的な面から考察を加えることは、きわめて重要であると考えられる。

この論文は、わが国における上述の“天然ガス”鉱床の地質学的解釈について記述することを目的としている。

わが国における天然ガスならびにその附随水について賦存状態を調査した結果、この種の天然ガスは第三紀以後の堆積岩中に存し、鉱床としての規模で賦存するものは、往時に海底または湖底であつた地域に発達していると結論することができた。

なお、とくに本文中で取り扱われている“天然ガス”すなわち狭義の天然ガスについて一言しておく。

元来天然ガスとは、地殻から自然に得られるガスを意味することは当然であるが、これに属するものとしては、火山ガス・温泉ガス等いわゆる火成活動に関係深いガスのほか、石炭層の近辺から産出する石炭層ガス、油田地帯から産出する油田ガス、非油田地帯の水成岩層から水とともに産出するいわゆる水溶性の“天然ガス”、変成岩や古期岩類等から出るいわゆる雑ガス等があり、またこれらの天然ガスのほかに、現在の海底・湖底・泥炭地その他地表近くで発生している可燃性のガスもまた天然ガスに属させうる。

上述した各種の天然ガスは、その地質学的産状においても、また化学性においても、互に漸移して判然と区別できない場合も多いが、本論文で取り扱うものは上述の水溶性の天然ガスをさし、化学組成上からは CH_4 、 CO_2 、 N_2 を3主成分とする可燃性ガスであり、その産状が共存する水と密接に関連するところから、近來溶解性ガス・共水性ガス等の名で呼ばれるに至つたものである。

昭和15年(1940)頃から地質調査所においては“天然ガス”の調査が始まり、以来筆者はこれに従事してきた。

当初は方法論的には全く霧中の状態で出発したが、筆者が初めて微量ガス分析計を用い、千葉県茂原ガス田において、メタンと炭酸ガスとの量的相関関係を認めたが、さらに深くこれを追及する暇なく、戦渦のうちに突入するに至つた。戦後国内の液体燃料資源の逼迫によつて、燃料資源としての天然ガスの調査がますます要望され、そ

の調査に挺身することができた。爾來、諸賢の応援を得て、天然ガス鉞床調査に地球科学的な解析を試み、現在においては、一応わが国の水溶性天然ガス鉞床の実態を科学的に把握しうるに至つた。すなわち昭和23年、筆者は静岡県清水ならびに焼津の両ガス田の調査の際、藤原健一技官ならびに当時の福泉化学株式会社本島公司技師（現在地質調査所技官）の応援を得て、天然ガス鉞床と地質構造との関連を明らかにして、両ガス田の天然ガスが第三紀層に由来するものであることを明示した。その後元通商産業技官小野暎氏とともに、石川県河北潟ガス田調査の際、ガスおよび附随水の化学性を検討して、天然ガス鉞床の地球化学的解析を試み、調査方法を一段と躍進させることができた。さらに大規模な鉞床である新潟ガス田の調査に際しては、地球化学的な方法を駆使するとともに、金原均二博士・伊田一善博士および石和田靖章技官らの努力によつて、天然ガス鉞床の堆積環境・ガス水比等の問題が究明され、水溶性天然ガス鉞床の実態把握に効果を挙げえた。また一方、千葉県茂原ガス田の精密調査も行われ、これらの総合知識を基として、理論検証の場を南関東に選び、その結果、東京ガス田を発見した。

水溶性ガス鉞床の解析については、不幸にして、われわれはまだ海外からその科学的知見を得ていない。しかし本論文で明らかにされた水溶性天然ガス鉞床の地質的必要条件を満足する未開発地域が諸外国にも存在すると推定されるので、著者がわが国の天然ガス鉞床の研究によつて体系づけを行つた地球科学的解析方法を用いて、新生代堆積盆地の調査を実施するならば、世界の未開発水溶性天然ガス鉞床の開発利用も、近い将来可能となるであろう。

このように、上述の諸兄ならびにこれに協力、努力してきた地質調査所石油課の人たちによつて、方法的発展をとげつつ天然ガス鉞床の実態が明らかになつてきた。

現時の石油化学工業の勃興期に際し、天然ガス資源の効率的開発に資すべきガス工学的今後の発展や、さらにひいては水溶性天然ガス鉞床の堆積学的検討と、こゝに体系づけられつつある地球科学的解析方法の基礎理論の確立とについて、上述諸兄の活躍を望むとともに、わが国の水溶性ガス鉞床に関して、こゝに一集成を得さしめた諸兄に衷心からの感謝を捧げる次第である。

末筆ながら論文内容を検討していただいた名古屋大学松沢勳教授ならびに地質調査所金原均二博士に厚く謝意を表する。

II. 本邦天然ガス鉞床の地理的分布

北緯45°余の北海道北端から、北緯31°前後の南九州にわたるわが国は、四面海に囲まれ、気候はおゝむね湿潤で雨量も多く、植物に富み、山地を構成する地質も複雑をきわめる。

地上へ降下した雨雪の一部は、水の形で重力によつて流動し、最終的には海洋へ流れ込む。河川をなして直接海洋へ注ぐ天水もあり、一度地形的な緩斜地帯でやゝ停滞し、やがてそこをふたゝび出発して海洋をめざして流下する部分もある。河川の伏流水の行動も、重力的な安定基準面を海水面におくことには変わらない。そしてある場合には被圧面地下水を形成して、人文地理学的にも重要な1因子をなしている。

本論文に扱ういわゆる“水溶性の天然ガス”はその産状において地下水と密接に関連する。しかも、その地下水はガスを多量に地上へ湧出する地域では堆積岩によつて構成された地帯において被圧面地下水を形成してガスと共存している場合が多く、一般には地表水および自由面地下水は多量のガスと共存しない。このように、水とともに産出するガスは、飲料水の探査のための鑿井によつてその存在を確認される場合が多い。元來、水溶性のガスでは、そのガスの産圧は、油田系天然ガスの産圧に較べて一般には低く、おゝむね地表から深度10 mを増す

ごとに1気圧を増す計算値に近い値を示す。したがって、特殊な場合を除いて、いわゆるガス徴としては、地層の割れ目などから高圧力で噴出するものはない。

このように水に関連して考えると、比較的岩相が粗く、被圧面地下水を含み、井戸を掘るのに困難でないような性質をもつ地層が発達する地域において、かつ比較的人口稠密でしかも地表水や自由面地下水に乏しいが、その水質が不良な場合において、地下におけるガスと水の資源が把握され易い。

事実、わが国における大多数の水溶性ガス田はこのような場合に発見され、開発されたものが多い。そして1地域の浅層のガス分布がみつけれ、さらに深部にわたってより優秀なガス層が発見された例が多い。いまこのような観点から天然ガスの分布状況を一応ながめてみよう。しかし、昭和26年に発見された東京ガス田のように、純然たる科学的論拠から出発して開発されたガス鉱床もあるので、以下に述べる天然ガスの分布は、水溶性天然ガスに関する科学と技術との進歩によつて、ある程度変えられるであろうことを予期しながら、説明をすゝめる。

なお記載にあつて、わが国における天然ガス鉱床^{註1)}のあり方を、産状を主とした観点から、便宜上次のように格付けして記述することにしたい。

ガス田 現在企業的に採ガスされている地域、および近い将来企業化される可能性が、鉱床学的にみて非常に濃厚な地域。

産ガス地 ガス田に較べて貧弱な鉱床であり、現状では企業化に相当な困難が伴う地域。

ガス徴候地 天然ガスが貧弱な状態で存在する地域。

これら3種の天然ガス賦存地域のうち、ガス田と産ガス地とのおもなものについては、次章で“ガス田各論”としてやゝ詳細に説明する。

まず北東日本から南西日本へ順をおつて分布を記載する(第1図参照)。

II. 1 ガス田および産ガス地

北海道石狩平野ガス田 明治初年から開拓された米産地帯であつて、地表近くには泥炭層が発達して水質が悪い。幸に地下水が豊富なために鑿井され、水に伴うガスも利用されるに至つた。こゝは海拔20 m以下の低地帯である。

十勝平野池田ガス田 十勝平野の北東部を占める同町字千代田の水井戸鑿井によつて、昭和26年(1951)頃発見された。目下企業化調査の段階である。

長万部町ガス田 噴火湾北岸地帯の、かつて筆者が推定ガス田地帯として報告した地域内にあり、古く大正時代に、用水井の掘鑿によつて浅層のガスが発見され、昭和29年に深層の採掘に成功した。

青森市産ガス地 用水井によつて発見されたもので、現在企業化が計画されている。青森市街地の陸奥湾沿いがおもな産ガス地帯である。

津軽平野産ガス地 津軽平野の東および北に偏在し、青森県庁によつて試錐されたが、未だ企業化されていない。冬期間の積雪は、天然ガスの開発にも大きな障碍となることを実証した地域である。

象潟ガス田 昭和26年(1951)日本海岸の秋田県由利郡象潟町^{このうち}一金浦町間に発見されたもので、油田地質とガス田地質との観点から試錐されて成功をおさめた水溶性ガス鉱床である。地質学的に未知の点が多々あるが、都市ガスに利用されている。

酒田ガス田 酒田市街地附近を中心とするもので、都市ガスに僅かに利用されている。

註1) 広義の天然ガス鉱床の意味で、ガス田・産ガス地・ガス徴候地等を含めたものをさす(Natural gas accumulation)。

煙山ガス田 盛岡市の南方約 8 km にあるが、やはり用水井の鑿井の際に発見された。現在小規模に稼行されている。

山形ガス田 村山盆地内の山形市街地の北東方に中心をもち、海拔 90~120 m 附近に産ガス井がある。徳川時代の開田に必要な鑿井によつて発見された。目下数社によつて稼行されている。

新潟ガス田 新潟平野と北蒲原平野の両方に跨がる広大なもので、わが国における最大の代表的水溶性ガス鉱床である。最も活潑に開発されていて、天然ガス開発の技術にはこゝから生れたものが数多くある。

射水ガス田 富山平野の一部を占め、富山市街地の北西にあたる。目下都市ガスとして利用されており、発見の端緒は用水井によるものと思われる。

河北潟ガス田 河北潟東岸の平野を占める被圧面地下水地域で、企業化が行われている。

南関東ガス田 茨城県龍ヶ崎市・千葉県茂原市・大多喜町・九十九里浜地域・富津町・千葉市・船橋市・市川市を経て、東京都の江東地区・神奈川県川崎市等の産ガス井分布地域を結ぶ広大な地域を占める。産量が新潟ガス田に次ぐ水溶性ガス田で、企業化されている。

諏訪湖ガス田 天竜川上流の海拔 760 m 前後の諏訪盆地内にあつて、諏訪湖周辺の湖南・湖中・湖北にわたつていて、古くから稼行されている。

清水ガス田 清水市北西 4 km の押切附近にあり、ガスのみ地表徴候と水井戸との双方から発見され、深掘されて化学工業原料用に企業化されている。

焼津ガス田 用水井のガスから発見され、都市ガスに利用されている。焼津漁港が鉱床の中心と一致している。

琵琶湖産ガス地 湖の東岸が主であり、昭和 22 年頃まで山田村附近で稼行された。

大阪産ガス地 工業用水井のガスから発見されたもので、市内・市外にわたつているが、ガス水比がよくない。昭和 24 年 (1949) 頃企業化されたが目下休止中である。

簸川平野産ガス地 ほとんど同平野全般にわたつてガスがみられ、島根県庁で 3 坑試錐したが、企業化されていない。

熊本平野産ガス地 用水井から発見されたがガス量は少ない。白川・緑川によつて挟まれた島原湾岸のきわめて狭い低地である。

宮崎産ガス地 宮崎市の西および南の地域にガスがみられている。県庁によつて試錐されたが、まだ未知数である。

加久藤産ガス地 霧島火山の北方にあたる宮崎県の西部および鹿児島県の北部を占め、海拔 220 m に及ぶ加久藤盆地の西部にあつて、第 2 次大戦中企業化されたが、いまは自家用の程度しか産しない。用水井から発見されたようである。

敷根産ガス地 鹿児島湾にのぞむ低所にある。静水圧は高い方ではない。

II. 2 ガス徴候地

北海道網走市 第三紀中新世の地層から僅かに産出する。

秋田県舟越町 第四紀層中に僅かのガスがあるが、下部は含水層のみでガスをもたない。

宮城県矢本附近 第四紀層中の深度 50 m 前後の地層中に水溶性ガスがある。家庭炊事用程度のものである。

福島県会津平野 坂下附近の第四紀湖成層と思われる地層の深度 50~60 m 附近にガスがみられる。

新潟県佐渡 国中平野の第三紀層の含ガス層から水を伴って自噴している。

福井県九頭竜川下流 第四紀層中に含まれ、深度 100 m 以浅に限られる。木部村附近が中心で面積は狭い。

福井県三方町 鳥浜で第四紀層中から採ガスして、自家用に使用している。

長野県小諸市 明らかに水とともに産出する所はみられない。CO₂ と CH₄ が主成分で、火山活動の影響を受けた炭化水素ガスと解釈される。

静岡県浜名湖北岸 第四紀層中の貧弱なガス徴で水を伴なう。

千葉県銚子市 犬吠崎北北西の白堊紀層から僅かに産する。ガス水比は低く、水には塩分が相当にあり、清水ガス田北部のものに似ている。白堊紀層は炭質物を少し含むが泥岩も含み海成層と考えられる。

静岡県三島市 三島市の南方にあり、第四紀層中の浅層部から湧出する。70 m 以深の水は清水である。

愛知県木曽川下流 灌漑用水井のなかにガスがみられる。第四紀層から出るもので、ガス水比もガス質も良くない。こゝは非常に地盤が低く、排水困難なためガスの利用は困難である。

岐阜県養老郡下多度村養老 第四紀層の浅層部から、かつて自噴採取によつて企業化していたが、昭和 23 年 (1948) 頃休止した。ガス質は良くない。

以上に説明した天然ガス賦存地域は、大阪より北東の地方と南九州とに偏在し、中国・四国地方においては、叡川平野を除いて著名なガス賦存地が存在しない。この分布状況は、後述するように、天然ガスの地質学的研究上非常に重要な事実である。なお、近い将来に詳細な調査を進めなければならない比較的大規模な推定水溶性ガス田としては、北海道の十勝・根釧両平野があることを附言する。

III. ガス田各論

以下にわが国の主要なガス田と産ガス地とについて、地質学的、地球化学的な説明を行う。記載は前述の地理的分布で述べた順序にしたがった。

III. 1 石狩平野ガス田^{84) 95) 114) 142) 164)}

石狩平野一帯に分布する第四紀含ガス層の状況は、昭和 25 年以來の数次にわたる地化学調査・試錐調査等によつて逐次判明しつつある。

ガスの分布する地域は第 2 図^{註2)} に示すように、函館線の幌向一上幌向から長沼にわたる地区を中心部として、その東西南北に拡がっている。岩見沢一勇払の南北にわたる低地帯では、

註2) 各論におけるガス賦存地域の平面的区分は、原則的にはガス水比により、一部はガス水比と相関のある単坑井当りの自噴ガス量によつて行つた。すなわち、

(1) 開発地域：ガス水比が理論飽和度*を超える値を示す産ガス井が分布する地域。

(2) 産ガス地域：ガス水比が理論飽和度以下の値を示す産ガス井が分布する地域。

(3) ガス徴地域：探行対象にはなっていないが、ガス水比が低い値を示す自家用井またはガス徴候が存在する地域。

* ガス層の深度が 10m 増すごとに、層圧が 1 気圧増加するものとし、また地下増温率を 30m につき 1°C として、便宜上深度に対応させた純水に対する CH₄ の溶解する量を容積比であらわしたものを本論文では CH₄ の理論飽和度という(第 4 図、文献 37)。

ガス田は現在の地形に較べて東に偏して中心があり、江別一札幌間では南に偏する。含ガス層の存在は最大深度約 150 m までであるが、石狩平野全般を通じての水理地質的な特徴が、このようなガスの分布を規定する 1 因となつたとみられる。すなわち、苫小牧市の近くでは、恵庭・樽前両火山の水系が影響し、江別一恵庭附近では、野幌丘陵の水系がガスのあり方を左右しているようである。

石狩平野の地下地質は、100 m 以浅に比較的多くの泥炭その他の有機質物が存在する特徴がある。100 m 以深では、いずれの地域でも有機物の少ない砂・礫・粘土の互層となり、深度を増すと粒度が大になる傾向がある。恵庭町釜加に掘られた試錐では、45 m まで樽前火山系の火山灰からなり、以下 500 m まで砂・礫等の粗粒な堆積物が主であることが判明した。これらの地層は化石の産状などからおそらく、大部分が第四紀の海水の影響があつた所に堆積したのからなつていてと考えられる。

深度に対応するガスの賦存状況を明示する資料を第 1 表として掲げる。

石狩平野には、深度 50 m 以浅の地層水で Cl^- を数 100mg/l 以上含有するものがある。その 1 例が岩見沢市お茶の水附近の産ガス中心地にあつて、こゝでは水中の Cl^- 量とガス水比、 NH_4^+ 、産ガス量、坑口ガス中の $\text{CO}_2\%$ とが正の相関をよく示し、周囲の産ガス状況のやゝ悪い地区と比較すると、含ガス層の形成と破壊とに関する資料が得られる。すなわち高ポテンシヤル部においては、ガス胚胎層が海成～汽水成であり、かつガス附随水もその特徴を保有しているのに対して、低ポテンシヤル部では、附随水は化学成分上汽水を指示するもの（溶解塩類）を含有せず、淡水になつている等、その例である。石狩平野東半部の、深度 50～150m 間における地層の平均有効含砂礫率は 35.3% であるから、平均孔隙率を 25% とすると、ガスの飽和埋蔵量は 1 km² 当り $2.46 \times 10^6 \text{m}^3$ となる。したがつて、第 2 図に示された約 100 km² の I の地域に対しては、 $2.46 \times 10^8 \text{m}^3$ の飽和埋蔵量が得られ、II の地域と合計すると $6 \times 10^8 \text{m}^3$ 程度の飽和埋蔵量が算出される。

第 1 表

(岩見沢市上幌向附近)

			A 層*	B 層
試 験 深 度 (m)			85~90	180~225
水	温	(°C)	13.3	16.8
水	量	(m ³ /d)	309	540
ガ	ス	量 (m ³ /d)	75	20
ガ	ス	水 比	1:4.1	1:27
	pH		6.6	—
	RpH		7.2	7.6
	HCO_3^- (mg/l)		324	314
	free CO_2 (mg/l)		62	30
	NH_4^+ (mg/l)		7.5	2.7
	Cl^- (mg/l)		30	—
ガ	ス	組 成 CO_2 (Vol. %)	15**	1.3
		O_2 (Vol. %)	0.1**	0.3
		CH_4 (Vol. %)	80**	53.2
		N_2 (Vol. %)	5**	45.2

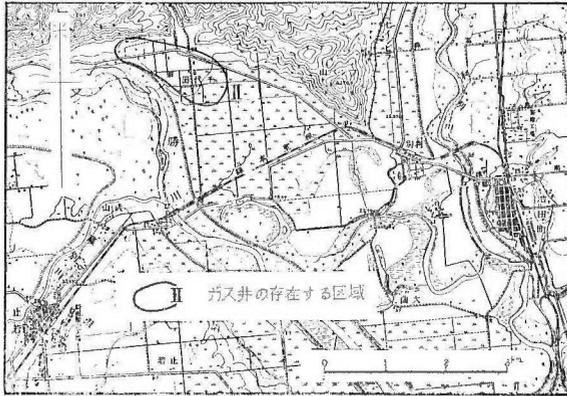
* A, B は同一坑井で、完全仕上後、両層を別々に試験したものである。

** 附近におけるガス井で測つたガス質の概略値。

III. 2 池田ガス田^{144) 157)}

帯広市の東方約 20 km にある池田町字千代田には、深度 50～130 m の産ガス自家用井が数坑存在する。こゝは十勝平野が北につきる所に位し、四周の山には第四紀の下部洪積層といわれる帯広層が、不整合に最上部第三紀に属するといわれる池田層を覆つて分布している。これらの地層は巨視的には平野に中心をおく盆地状構造を示し、また、両層は亜炭を挟有し、かつ泥質部から海棲ないし汽水棲の貝化石を産する。

地下地質の資料はほとんどないが、現在の産ガス層はおそらく池田層に属する砂層であろう



第3図 池田ガス田

と推定される。現在の産ガス地域は第3図に示したようにきわめて狭く、面積 1 km² 余にすぎないが、地質学的にはさらに広い地域に産ガス層が存在すると期待できる。ガスは塩気のある附随水とともに産出し、ガス水比は理論飽和度またはそれを僅かに上廻る数値を示している。口径3吋級の井戸から自噴で湧出するガスの量は 15~65m³/d/

坑と測定され、坑井の完成後1~2年程度では産ガス量の減退が目立たない。

坑口ガスの組成 (Vol. %)は、

CH ₄	89.7~94.1
CO ₂	0.4~0.9
N ₂	5.2~9.3
O ₂	0.1~0.2

となつていて、CH₄が多く、CO₂とN₂とが少ない特徴がある。一方ガス附随水は、

pH	7.0~7.4	RpH	7.5~7.8
HCO ₃ ⁻	240~425 mg/l	free CO ₂	4~7 mg/l
Cl ⁻	1.045~1.720 mg/l	NH ₄ ⁺	0.3~0.8 mg/l
KMnO ₄ cons.	29~35 mg/l		

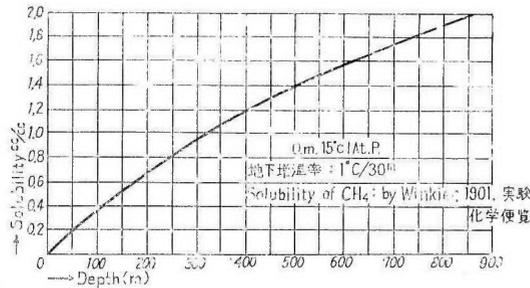
程度の組成を示し、他のガス田の附随水に比較すると、NH₄⁺とKMnO₄ cons.の値が 1/10~1/3 程度である。

このガス田に対しては、平面的にも垂直的にも、非常に調査が不充分であることがわかり、近い将来地質学・地化学の両面から、さらに地球物理学の面からも調査を進める必要がある。

III. 3 長万部町ガス田^{92) 146) 178) 179)}

長万部駅附近では古くからガスの湧出が知られていたが、最近数年間にわたる調査の結果、新第三紀の海成層に属する瀬棚・黒松内両層中に水溶性ガス鉱床が存在することが確認された(第5図参照)。駅附近の地下地質は第6図に示した通りで、微化石群集型は *Uvigerina*—*Elphidium* ないし *Angulogerina*—*Uvigerina*, *Globigerina*—*Angulogerina* であつて、40 m までは沖積層、40~130 m は瀬棚層、以下は黒松内層と考えられる。

間隙水の塩分は、深度160 mで急増して Cl⁻ 約5,000 mg/l に達し、613 m の約9,000 mg/l まで徐々に増加する。地質構造は周辺の地質状況から考えて、市街地を通る背斜の裏部にあつているものと推定される。深度380~613 m から産するガスのガス水比は理論飽和度をやゝ下廻る値で、水温は36~49°Cに達している。ガス質は



第4図 メタンガス溶解度曲線(篠山原図)



第5図 長万部町ガス田図

CH ₄	87.0~93.5	Vol. %
CO ₂	1.5~1.6	〃
N ₂	4.7~10.9	〃

であり、水質は

Cl ⁻	5,219~9,216	mg/l
HCO ₃ ⁻	351~1,340	〃
pH	7.8~7.9	〃
RpH	8.4~8.6	
NH ₄ ⁺	20~50	mg/l
Fe total	0.2~6.7	〃
CaO	188~206	〃
MgO	32~74	〃

という値が得られた。水量はガスリフトによると1,200 m³/d程度が4吋級の井戸から得られる。

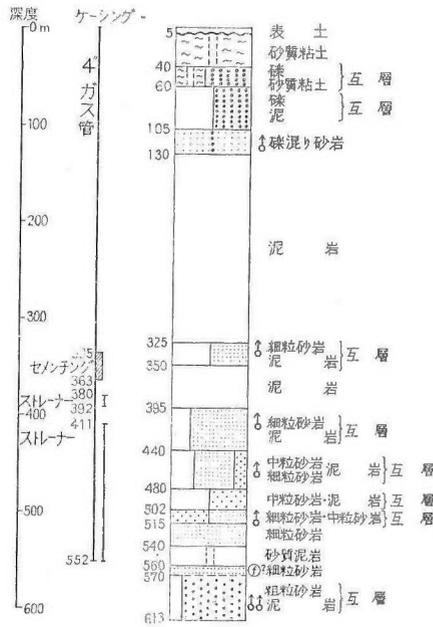
III. 4 青森市産ガス地^{140) 181)}

青森市街地附近には、陸奥湾に沿う細長い地域にわたつて、第四紀に属する深度100 m以浅の産ガス層がある。第三紀層については不明の点が多く、かつ現在までに問題とされて探査された浅層のガスは、一応第三紀層と切り離して考えてよい(第7図参照)。

この地下地質は、砂・礫・粘土の互層からなつていて、全地域を通じて、粘土よりは砂の部分が多い。地質構造は現在のところ資料不足のため不明であるが、堆積相は浅層には海棲種の貝殻破片が多量に含まれ、この地層は海成堆積物と推定される。

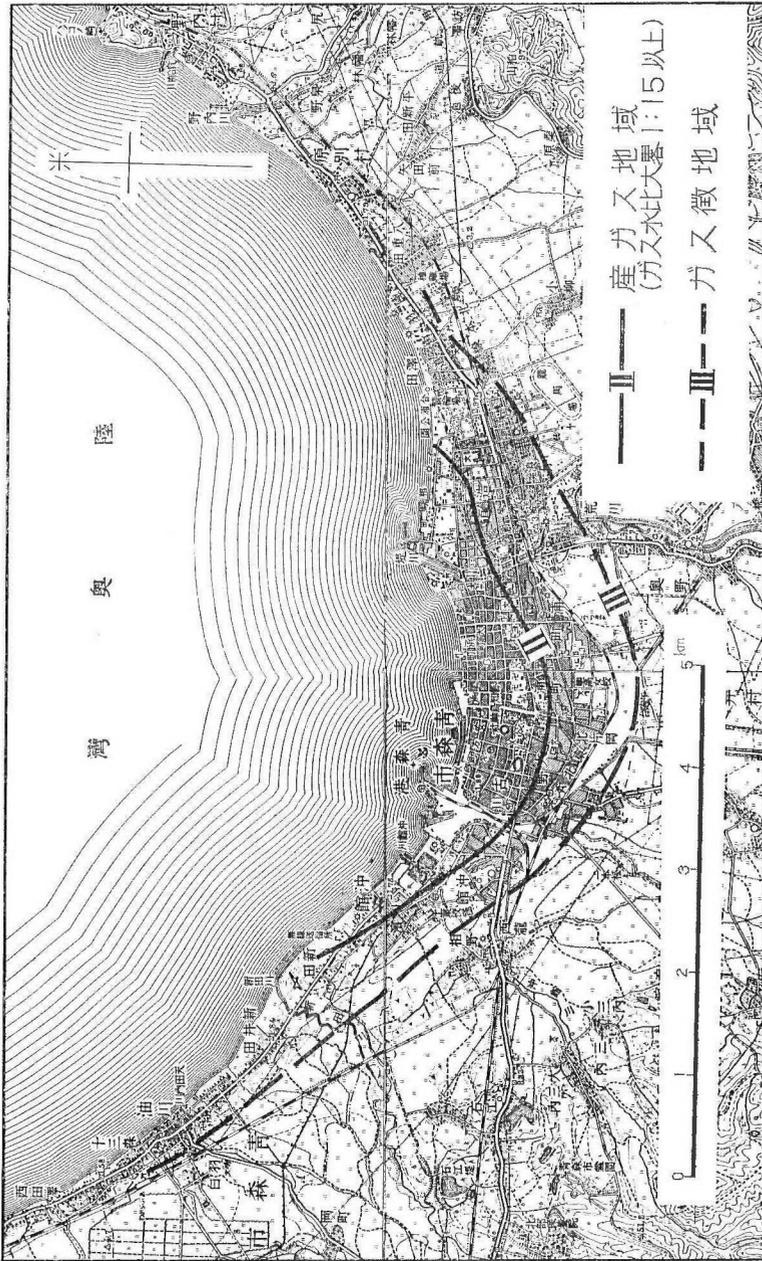
リフト試験の結果深度60~70 m、口径4吋級の動力揚水井においては、水量約1,000 m³/d、ガス量約100 m³/d前後の数値が得られた。ガス組成は、

CH ₄	27~73	Vol. %
-----------------	-------	--------



第6図 長万部R-1 坑井柱状図

①---断層



第7図 青森市産ガス地略図

CO₂ 0.5~3.4 Vol. %

N₂ 24~72 "

程度である。地下水の組成は、

Cl⁻ 14~95 mg/l

HCO₃⁻ 70~230 "

NH₄⁺ 1~2.5 "

程度の数値が得られて、Cl⁻が少ないことは注目すべきである。ガス質・水質・地質状況・地下水状況等を総合して考えると、たとえこの産ガス地域が陸奥湾にまで連続しているものであっても、現状では非常にポテンシャルの低いガス田であるとみなされる。

本島公司・安国昇¹⁴⁰⁾¹⁸¹⁾によると、この産ガス地の飽和埋蔵量は面積約 18 km² の地域について、数 100m³ 万あるいは数 1,000 万m³ と算出されて意見の一致をみないが、いずれにしても、上記の数値は相当希望的なものであるといえよう。

III. 5 津軽平野産ガス地⁴⁹⁾⁵⁶⁾

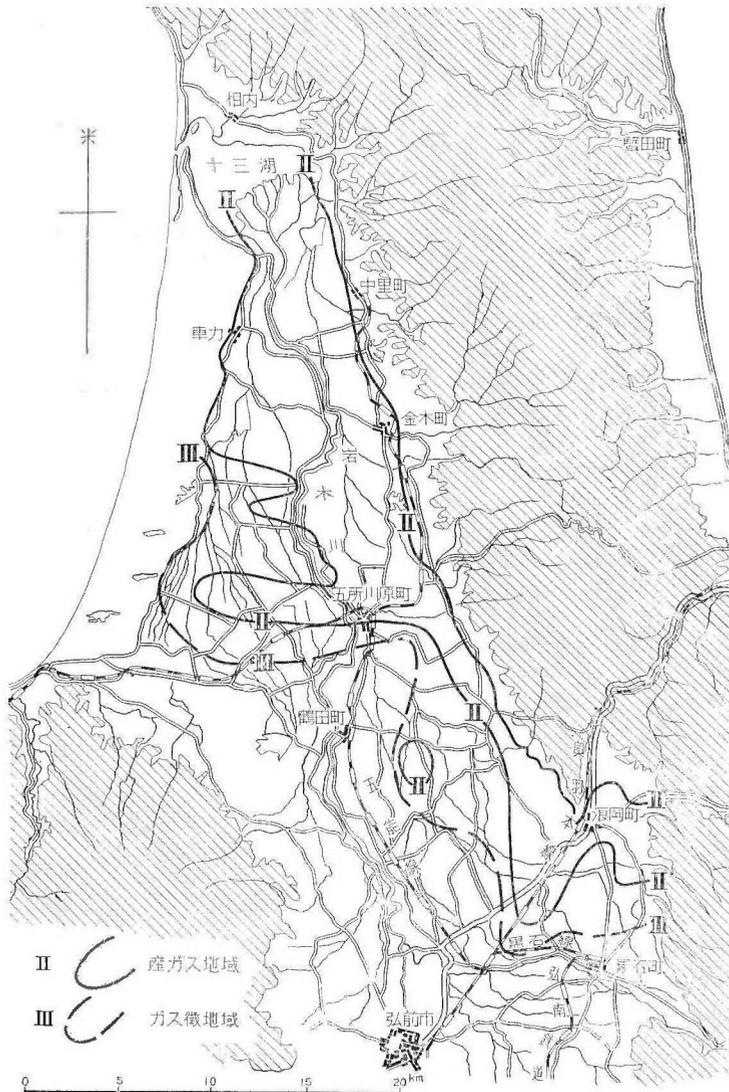
岩木川流域に発達した津軽平野には、北部の十三湖に近い車力村を中心とした地区から、南部の浪岡町を中心とする地区にわたって、第四紀層中に水溶性ガスが胚胎する(第 8 図参照)。北部では十三湖の方向へポテンシャルティーを増し、南部は岩木川の伏流水が流入しないいわゆる影の部分に残留した低ポテンシャルティーのガス鉱床である。秋田大学教授藤岡一男らによれば、五能線以北における沖積層は 150 m 以上の層厚を有し、細礫・砂・泥からなるといわれ、50 m 以浅の地層では、砂層には *Corbicula*、泥層には *Viviparus* を産し、淡水堆積相であることがわかる。津軽平野の含ガス層はすべて沖積層とみてよく、浪岡方面におけるその層厚は約 200 m に達し、下半部は半淡半鹹水中の堆積層であろうといわれる。含ガス層は砂礫層を主とし、一般に砂礫部が多く、粘土が少ない。含ガス層は深度 40~60 m および 100~170 m の浅・深 2 層があるが、北部ではやや鹹味をもつた水を産出する。全般に浅層の方がガス組成中の CO₂ と CH₄ とが多くなり、附随水中の成分も浅層に NH₄⁺、HCO₃⁻ 等が多くなり、pH は酸性に傾むく。浪岡附近のガスは、56 m 層において CO₂ 3.6%、CH₄ 81.8% であるが、170 m 附近では CO₂ 1.2%、CH₄ 66.4% と、ガス質がはなはだしくおちる。ガス中の CH₄ % はわが国の他のガス田に較べると少なく、CH₄ > 70% の地域は浪岡附近の約 15 km² と、車力附近の約 50 km² の範囲とを占めるにすぎない。

この産ガス地は、低ポテンシャルティーをもつた含ガス層が比較的広範囲にわたって分布する例と解せよう。ガス水比はほとんど全地域にわたって理論飽和度を下廻るようである。

III. 6 象潟ガス田^{102) 163) 180)}

本ガス田は第 9 図に示したように、開発の主力が象潟地区きさかたにおかれているが、可採地域は金浦まで延びる。平沢町における試掘の不成功に鑑み、象潟ガス田をもつて代表される仁賀保地区ガス田の北限は、金浦・平沢間までと判断される。

ガス賦存状況(主として象潟地区)についてみると、深度 100 m 余までの沖積層には、ガス微程度のガスが知られているようである。同深度で深にガス層が存在し、特に上部笹岡層(豆腐岩層)にはいるとポテンシャルティーが上昇する。しかし、さらに下部へ向かい桂根層に至るとポテンシャルティーは低下する。しかし附随水の塩分は低下しない。また、上部笹岡層基底のガス層(C層)も海岸から遠ざかるに従い急速にポテンシャルティーが低下する。その低下は附随水中の Cl⁻ 含量の低下、およびガス層深度の変化に伴うガス水比の理論飽和度の低下に比較してさらに著しい。金浦地区については、現在、県試掘井 1 坑の不十分な資料のみ



第8図 津軽平野産ガス地略図

で、判断し難いことが多い。

秋田県鉱務課の発表によれば、金浦地区では、象潟地区のような通常の水溶性ガス鉱床ではなく、少なくとも、一部には free gas を胚胎する部分があるのではないと思われ、さらに一部のガスと水は第四紀層に由来する疑もあるという。しかし、正常な型の鉱床であるとするならば、象潟地区から金浦地区へ向かい、ガスのポテンシャルは低下しているものと推測される。

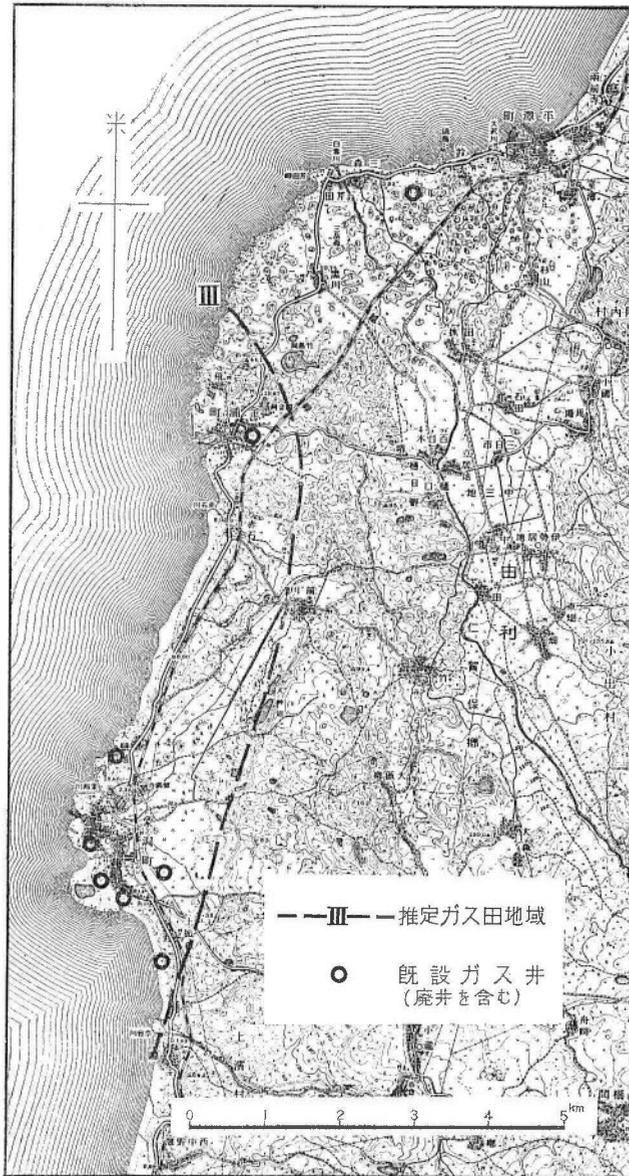
深度約 100 m までは、火山岩屑および砂層からなる沖積層で、それ以深は海成第三紀層である。第三紀層は上部笹岡層以下のものであるが、上部笹岡層は厚さ 90 m 前後の砂質泥岩を挟有する砂岩層で、暖流の影響を強く受けた浅海成 (neritic) 堆積物である。下部笹岡層は薄い砂岩を挟む青緑色泥岩からなり、220 m 内外の層厚を有し、その下は厚さ 230m 余の桂根層を

経て船川層相当層に移過する。現在の稼行層(C層)は上部笹岡層(豆腐岩層)の基底部に位置する。E層は桂根層最上部で、帝石象潟 R-7号、R-8号でテストされたが、ガス水比は理論飽和度に比べはるかに低く、ほとんど稼行しえなかつたという。

第三紀層の地質構造は走向 N23° E, 6~7° W の単斜構造を示すが、距視的には大飯郷背斜の西翼にあたる。同背斜附近では、C層の下位は不整合であるという。

金浦地区の地質構造は不詳であるが、地震探鉱の結果からみると、県試掘井はほぼ金浦背斜軸上に位置すると判断される。

ガス成分は CH₄ を主とするが、他の第三紀層中の水溶性ガス田に比べ、CO₂ がやゝ多い。



第9図 象潟ガス田図

例: 帝石象潟 R-6 (C層) (帝石分析)

CH ₄	CO ₂	O ₂	残	
92.35	6.10	0.40	1.15	(%)

附随水は堆積物の地質時代が比較的古いこと、および海成堆積相であることから当然考えられるように、きわめて Cl⁻ が多い。しかし注目に値することは、地表からの深度があまり大きくなく、かつ地層の傾斜が大である割合に Cl⁻ の濃度が著しく高く、かつ変化が小さいことである。次にC層の採ガス井2坑の例を第2表に掲げる。

現在象潟地区の採ガス井は1坑、採ガス予定井2坑、金浦地区の採ガス井1坑となつている。

第 2 表

	帝石 R-6*	県 R-B**
C層上限深度 (m) (水準面下)	135	310
ガス水比	0.42	0.91
pH	—	7.1
Cl ⁻ (g/l)	12.15	14.31
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	1,503	1,000
Na ⁺ (g/l)	—	8.498
K ⁺ (g/l)	—	0.453
Ca ²⁺ (g/l)	—	0.286
Mg ²⁺ (g/l)	—	0.289
H ₂ S ⁻ (g/l)	—	0.0013
HBO ₂ ⁻ (g/l)	—	0.4445

分析: * 帝石, ** 秋田大学

第 3 表

坑井番号	ガス量(m ³ /d)	ガス水比	C層深度 (m)
県 R-A	700	0.84	242
〃 R-B	1,500	0.91	300
帝石 R-4	930	0.85	290
〃 R-6	250	0.42	138

また象潟地区では、いずれもC層を稼行の対象として仕上げられている。C層より上位のガスについては、帝石象潟R-5によつてテストされた結果、ガス量微少で放棄された。下部笹岡層上部に細互層(D層)があるが未知である。また桂根層中のE層はガス水比がかなり低いようである。稼行価値の有無は今後の試験完了をまたねば決定されない。現在までのところ、象潟地区では第3表のような初産量を示している。

なお、飽和埋蔵量は象潟一金浦間の陸上面積を基として、次のようになる。

14km² (面積) × 60m (層厚) × 0.50 (孔隙率) × 0.65 (平均ガス水比) = 2.7 億m³
(ただし、推定可採面積に対するC層飽和埋蔵量)

III. 7 酒田ガス田^{89) 104) 126) 127)}

酒田市・西荒瀬村・中平田村・本楯村・西遊佐村・稲川村等の庄内平野において、ガスのポテンシャルが比較的高い地域を酒田ガス田という(第10図参照)。現在企業化され、開発されているのは酒田市内である。酒田市内ではガス層の深度はおおむね50~110mであるが、60~80mぐらいが最もガス水比が高く、その値は約0.4に達する。深度80m以深ではガス水比が急速に低下し、酒田市内における山形県試掘井の記録によると、少なくとも1,200mまでは、ほとんど清水によつて充たされている。含ガス層は非海成沖積層と考えられ、酒田市またはさらに西方を中心とするごく緩い盆地構造を示している。産ガス量は4~6吋口径で50~300m³/d/坑程度であるが、しばしば成功後ガス量の減退がみられる。これはガス水比の減退によるものもあるが、出砂埋没に原因する場合が少なくない。

ガス質はCH₄ 54.5~95.6%, CO₂ 0.0~20.5%, N₂ 1.8~45.3%であるが、最上川以南および日向川以北ではN₂が増加し、その場合でも浅層ほどCH₄のパーセントは高い。

第4表 附随水成分の例

	A (ガス田 中心部)	B (同 周辺部)
pH	6.5	7.2
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	775	157
free CO ₂ (mg/l)	112	5
NH ₄ ⁺ (mg/l)	4.5	0.2
Cl ⁻ (mg/l)	120	22
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	0	6
全 Fe (mg/l)	122	50
KMnO ₄ cons. (mg/l)	7	2

(採取・分析: 地質調査所, 1951)



第10図 酒田ガス田図

附随水の性質はガス附随水としての性格は有するが、 Cl^- は 50 mg/l 以下である。これは堆積環境が非海成であることからすれば当然であろう(第4表参照)。

推定飽和埋蔵量は $1.66 \times 10^9 \text{ m}^3$ と算出されている。

III. 8 煙山ガス田^{77) 156)}

本ガス田は盛岡市の南方約 8 km の北上川右岸の段丘上にある(第11図参照)。このガス田は、わが国の稼行ガス田のうちで最も深度の浅いガス田である。

第三紀以前の古い岩層はこのガス田と直接的な関係がなく、含ガス層は深度 10 m 以浅の第四紀に属する陸成の砂礫と粘土との互層部にある。 10 m 以深約 150 m までは、砂礫がきわめて発達し、薄い泥炭が介在する。ガス徴候はその泥炭の部位で僅かに認められるにすぎない。 1 坑井当りの産ガス量は $2 \sim 20 \text{ m}^3/\text{d}$ で、ガス質は悪く、水質も含ガスポテンシャルの低い性質を示している。すなわち、ガス組成 (Vol. %) は

CH_4 47.0~73.3

CO_2 4.3~9.1

N_2 22.3~45.8

であり、水質は



第 11 図 煙山ガス田

$$\text{Cl}^- < 10 \text{ mg/l}$$

$$\text{HCO}_3^- = 100 \sim 200 \text{ mg/l}$$

$$\text{pH} = 6.2 \sim 6.7$$

$$\text{RpH} = 6.8$$

$$\text{KMnO}_4 \text{ cons.} = 43 \sim 220 \text{ mg/l}$$

$$\text{NH}_4^+ = 0.3 \sim 0.6 \text{ mg/l}$$

の組成を示している。ガス井の成功当初は、相当な圧力の自噴ガスがみられるようであるが、産ガス量の減退は非常に急激で、埋蔵量があまり大きくないことを実証している。舟山裕士⁷⁷⁾の調査結果によると、

確定可採埋蔵量

約 $6.4 \times 10^5 \text{ m}^3$ ……面積 0.36 km^2 について

推定可採埋蔵量

約 $11.7 \times 10^5 \text{ m}^3$ ……面積 2.64 km^2 について

と算出されている。

現在の泥炭地における天然ガスの発生および保存の状況と、このガス田とを比較研究することは大切なことであると考えられる。

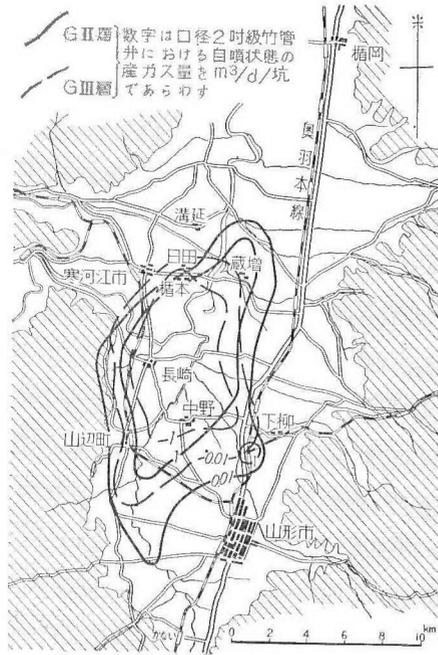
III. 9 山形ガス田^{19) 27) 37) 83) 85) 86) 158)}

山形(村山)盆地では、天然ガスの徴候が北方の楯岡町から南方の奥羽線金井駅に至る南北 38 km の間にみられるが、おもな産ガス地は旧西根村日田附近を北限とし、西縁は山辺町、南縁は旧柏倉門伝村、東縁は旧楯山村下柳の間の東西約 6 km^2 、南北約 14 km、面積約 80 km^2 で、この範囲がほぼ推定可採地域にあたる(第 12 図参照)。

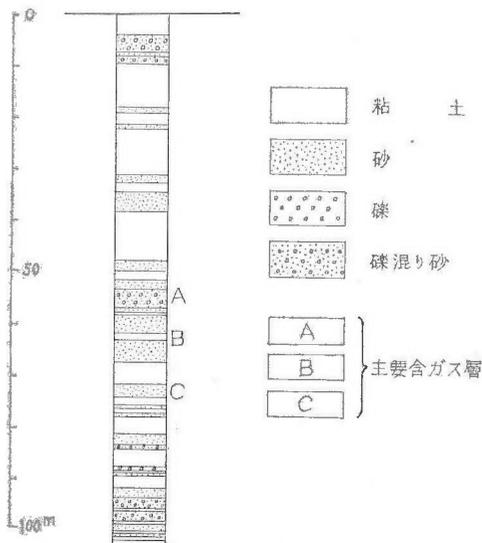
産ガス層は、古山形盆地を満して淡水湖底に堆積したと考えられる第四紀に属する粘土・礫・砂の互層中に存在する。地層は盆地の中心にある溝延村方面へ向かつて、緩い盆地状構造を呈する。200 m 以深は詳細不明であるが、最もよくガスを産出する層は深度 60~100 m の間にあるが、最深 210 m までは若干のガスを産出する(第 13 図参照)。この間に G_I(深度 7~48m)、G_{IIu}(40~80m)、G_{IIl}(55~105m)、G_{III}(100~210m)、の主産ガス層が 4 層あつて、いずれも

下部に存在が推定される含油第三系とは、ガスの賦存については無関係である。GII層に関するガス水比についてその地域的分布をみると、第12図に示した自噴ガス量 $m^3/d/坑$ の線に囲まれた地域では、おむね理論飽和度に相当するガス水比に近いかその2倍程度を示して好状況にある。GIII層に関しては、ほとんど理論飽和度を下廻るガス水比で自噴する井戸が多く、両層の間に顕著な相違が認められる。この産ガス状況はガス質・水質ともよく対応しているが、例を第5表に掲げる。

このような特徴があるので、ガスの採取には、深度100m以浅の4~6時級大口径井によるガスリフト採取が好ましく、実際にも、この場合の単坑井あたりの水量は $800\sim 1,200m^3/d$ であるので、産ガス量は $200\sim 300m^3/d$ に達する。なお、ガス質および水質の各坑井について2ヵ月間の時間的変化をみると、相当大きな日変化を示しながらも、平均値は安定していることがわ



第12図 山形ガス田図



第13図 山形ガス田代表地質柱状図(大郷村中野附近)

かり、この観測を行つた坑井の位置(本楯・蔵増・中野)から考えて、このガス田の規模と特徴とを読み取ることができた。山形ガス田の開発は、現在中野・長崎・本楯において行われているが、これは開発可能地域の一部にすぎず、埋蔵量は大略 $4.41 \times 10^8 m^3$ と算出される。

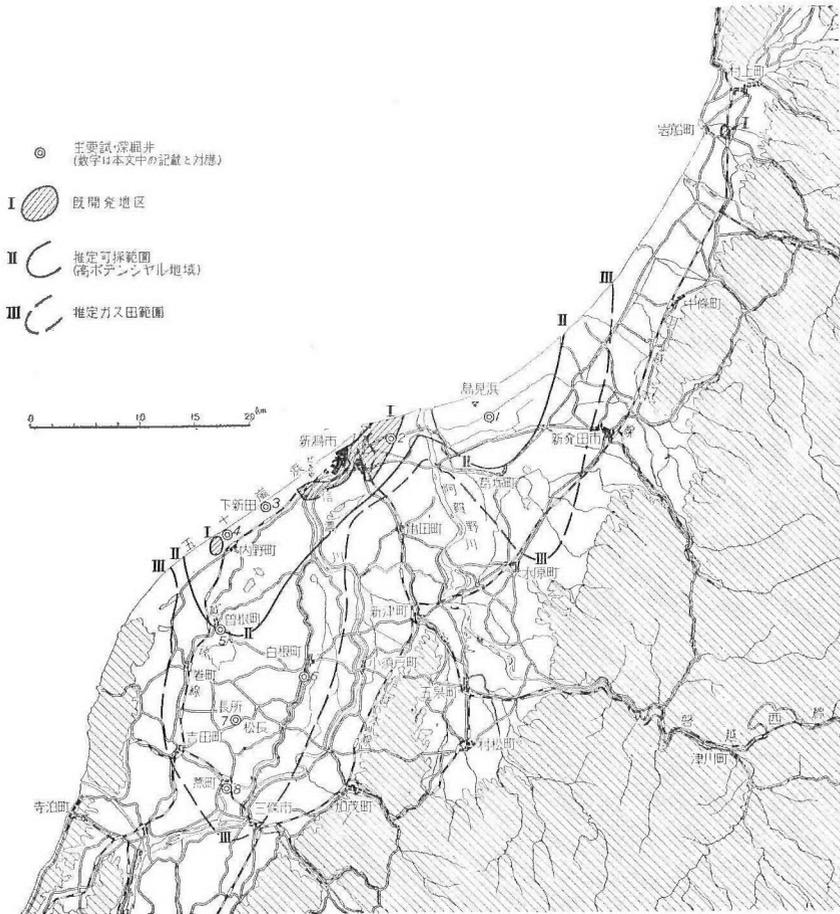
第 5 表

ガ	ス	層	旧大郷村中野附近		旧蔵増村附近	
			GⅡ	GⅢ	GⅡ	GⅢ
坑	井	深 度 (m)	70	180	76.5	113
水		量 (m ³ /d)	24	151	39	26
ガ	ス	量 (m ³ /d)	2.5	0.1	8.5	0.001
ガ	ス	水 比	1:9.6	1:300	1:4.6	1:26,000
水		温 (°C)	14.5	18.2	15.6	16.8
pH			6.7	6.9	6.7	6.9
HCO ₃ ⁻		(mg/l)	413	218	475	144
free CO ₂		(mg/l)	136	35	172	24
全CO ₂		(mg/l)	460	193	516	128
Cl ⁻		(mg/l)	6.5	4.5	2.9	1.1
NH ₄ ⁺		(mg/l)	18	5	10	0.75
NO ₃ ⁻		(mg/l)	0	0	0	0
NO ₂ ⁻		(mg/l)	0	0	tr.	tr.
SO ₄ ²⁻		(mg/l)	0	0	0	0
Ca ²⁺		(mg/l)	30	25	29	16
KMnO ₄ cons		(mg/l)	42	39	71	30
ガス組成	CO ₂	(Vol.%)	6.2	1.6	8.3	4.9
〃	CnHm	(Vol.%)	0	0	0	0.1
〃	O ₂	(Vol.%)	0.3	0.2	0.3	0.3
〃	CH ₄	(Vol.%)	87.7	61.5	84.4	47.6
〃	N ₂	(Vol.%)	5.8	36.7	7.0	49.1

III. 10 新潟ガス田⁴²⁾⁸²⁾⁸⁷⁾¹²⁸⁾¹³⁴⁾¹⁴³⁾¹⁵⁴⁾¹⁵⁹⁾¹⁶⁶⁾¹⁷⁶⁾¹⁷⁷⁾

こゝにいう新潟ガス田とは、阿賀野川以西の西蒲原・中蒲原平野一帯の産ガス地をいうが、以東の北蒲原ガス田も広義の新潟ガス田に入れる。岩船ガス田は沖積層を主採収層として、坑井深度も 200 m 前後であり、背後に黑色頁岩層が露出する北蒲原平野の最北周縁部に位置するにかゝらず、Cl⁻ は 10,000 mg/l を超え、Ca²⁺ の含量高く、HCO₃⁻ 少なく、NH₄⁺ もまた少ないなど、附随水の性格はいわゆるガス田と全く異なり、しかもガス水比は深度に比較してそれほど低くないという点から、新潟市附近のものとは他種の型の産ガス地域である可能性があり、新潟ガス田とは切離しておいた方が現在のところ妥当と考えられる(第 14 図参照)。長岡市北東方に位する大口ガス田は、魚沼統中からのガス産出をみるが、その産状および地理的位置を考えあわせると、本質的には水溶性ガス田であつても、地質構造に関連する孤立したガス田と考える方が適当で、やはり新潟ガス田とは別途に扱つた方がよいと考えられる。

第 14 図に示すように、現在の主開発地域は旧新潟市内であつて、新潟ガス田の一部にすぎない。ガス田の中心は新潟側では関屋から内野に至る海岸沿いの地域であり、北蒲原側では新潟市鳥見浜附近である。主要ガス層は大別して深度 100 m 前後から 800 m 前後の 6 群を認めうる。これら各層のポテンシャルティーは巨視的には並行的な分布を示す。ポテンシャルティーの高い地域では、概してガス水比は深度とともに増加する。しかし一般のようにガス田の周辺へ向かい次第にポテンシャルティーは低下するが、その低下の程度は深層ほど急激であるため、周辺では深層と浅層とのガス水比はそれほど差がなくなり、甚だしい場合は、深層の方がガス水比の低いことも生じてくる。

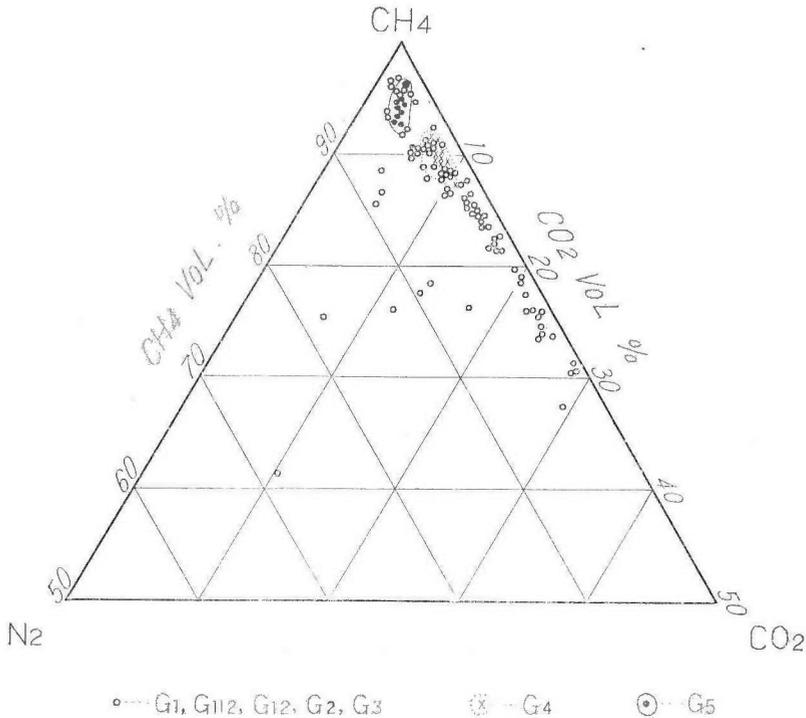


第14図 新潟ガス田図

ガス層はいずれも粗粒含礫砂層ないし礫層で、100~150 mのG₁層を除き、他は最深層G₅層（北蒲原ではG₆層）まで更新統ないし鮮新—更新統に属する。G₁層は沖積層の可能性はあるが、産ガス地域内に関しては、G₂~G₆層間の地層中に不整合は立証されていない。G₁~G₂層間には不整合の存在する可能性もある。G₁~G₆層間の地層は、化石の産状から沿岸浅海成堆積物と潟成堆積物との互層と推定され、多量の炭質物および時に亜炭層が介在している。化石などから判断して、堆積当時最も塩分の少ない水系下に生成したと思われる層位は、G₄層上位の砂質泥層の部分であつて、しばしば藍鉄鉱が発見されている。また、G₁~G₅層の間の珪藻化石は淡水棲種が卓越する^{註3)}。これらガス層を含む地層は大部分魚沼統に対比されるが、その構造は海岸線にはほぼ平行の長軸を有する緩い向斜盆地を形成している。新潟側の巨視的中心は関屋—内野附近であつて、各ガス層のポテンシャルティターの中心もほぼこれと一致している。しかし緩やかな傾斜を有する構造にもかかわらず、ガスのポテンシャルティターは海岸から遠ざかるにつれ急速に低下してゆく。

北蒲原地域の開発は漸く緒についたばかりであるが、新潟地区の現在の開発の主力は、最深層のG₅層（深度600~800 m）に向けられている。本層の単坑初産ガス量は平均4,000 m³/d

註3) 金沢大学市川教授の教示による（松長R-1号）。



第15図 新潟ガス田組成図

(8寸仕上)に達するが、他層を含めても平均初産ガス量は $3,500 \text{ m}^3/\text{d}$ を記録している。ガス水比はほぼ理論飽和度を上下するが、 G_5 層の高ポテンシャル帯の地区ではかなりこれを超えている。

ガスは一般に $\text{CH}_4\{\text{CO}_2-(\text{N}_2+\text{A})\}$ の型であるが、浅層のポテンシャル帯が高い地区では、炭酸ガスの多い傾向があり、20%以上に達することもある。時代的にも深層的にも、最下位にある G_5 層のガスは比較的变化に乏しく、炭酸ガス3~4%内外でメタンのパーセントが大きい(第15図参照)。いずれのガス層においても、ガス田周辺へ向かいガス水比が低下するにつれて、メタンのパーセントは減少し、炭酸ガスも同様減少し、窒素のパーセントが増大してくる。これらの変化は一般に浅層ガスほど著しい。

付随水の塩分は一般に深いガス層ほど高い。また、ガス田の中心へ向かい、いずれのガス層においてもそれぞれ塩分が増大する。ガス層別にみると G_5 層と G_4 層との間に大きな差異がみられ、ガス田中心部で前者は Cl^- 12 g/l を超えるが、後者はたかだか3 g/l 程度にしかない。巨視的には各ガス層とも Cl^- 量はポテンシャル帯に相関するが、仔細に検討すると Cl^- 量の大きな所で、著しくガス水比の低下する所がある。しかし HCO_3^- および全 CO_2 量はよくポテンシャル帯に相関する。 HCO_3^- は高ポテンシャル帯の地区では通常1,000 mg/l 内外に達する。カルシウムとマグネシウムとの比は浅層の方が大きく($\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+} > 1$)深層は一般に小さいが、ポテンシャル帯の低下する地域では大きくなる所がある。アンモニアは一般にポテンシャル帯とよく相関するが、アンモニアと塩素との比($\text{NH}_4^+/\text{Cl}^-$)は浅層の方が深層よりも大きい。第6表に代表的な付随水分析値の例を掲げる。

このガス田に対して従来数回にわたり地質・地化学調査が行われたが、近年広範囲にわたって試掘・探掘が行われ、両者相俟つてガス田の規模がかなり明らかにされてきた。

その主要坑井位置は第14図に示す通りである。すなわち、

1) 新潟市島見浜 深度700 m の試掘を実施し、G₅、G₆ 両層とも優良なガス層であることが判明し、今後の北蒲原ガス田開発の基礎を示した。

2) 新潟市大形 深度1,000 m の探掘を実施した。その結果 G₅ 層以深には優良ガス層の欠けていることが判明した。坑底は灰爪階下部に対比される。

3) 内野町下新田 深度1,000 m の探掘を実施した。G₅ 層は数層の礫層に分かれ、かつ産ガス能力は優秀である。G₄ 層は砂層となり、G₆ 層にあたる砂層（新潟側では砂層）は砂泥の細互層となり、稼行対象にならないことが明白になった。

4) 内野町五十嵐浜 深度1,000 m の試掘を実施した。関屋からこの地点までほとんど地層は平坦で、G₅ 層の発達も良好であることが判明した。G₅ 層の附随水の塩分は関屋から当地点まで大差ないが、下新田試掘井に較べガス水比が低下している点は注目される。

5) 曽根町 深度500 m の試掘をした。G₄ 層の層位のガス層と思われるが、ガス水比は理論飽和度より遙かに低く、すでに高ポテンシャルティーの地域外であることが明瞭である。

6) 白根町 深度500 m の試掘をしたが、ガス水比がきわめて低く廃坑とした。

7) 松長村長所 深度600 m の試掘をした。G₄ ないし G₅ 層の層位と考えられるが、ガス水比がはなはだしく低く(0.1)、廃坑とした。

8) 燕町 500 m の試掘をした。松長村のものと同層位のガス層を仕上げ、都市ガスに使用したが、ガス水比は同様に低く(0.1~0.2)、ガスも N₂ を30% 近く含み、完全に低ポテンシャルティーの地域の性格を示した。

これら諸調査のほか、県では数年来 G₅ 層採収井の長期観測を実施しており、その結果として G₅ 層の附随水中の Cl⁻ 濃度について、次のように報告¹³⁶⁾ している。『…昭和28年4月現在の Cl⁻ 等濃度線は昭和27年12月現在の等濃度線に比して、西方すなわち構造の down-dip 方向に多少の移動を示している。この等濃度線の移動量は up-dip の区域ほど多く、又坑井数の多い地域が顕著である。』

この移動量を図上から計算すると、水平方向へ約4~6 m/month となる。汲水量の多い地域では、特にこの値が大となるようにみえる。

飽和埋蔵量は次のように算出されている。

- 新潟・西蒲原平野……………142.2×10⁹ m³ ⁸²⁾
- 北蒲原平野……………59.8×10⁹ m³ ¹⁴³⁾

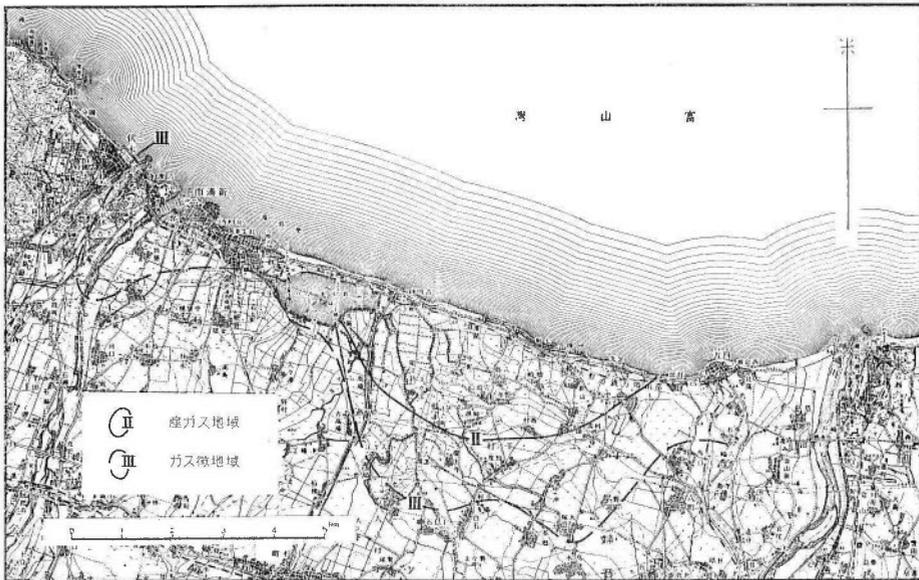
第 6 表

坑	井	ガス層	pH	RpH	Fe ²⁺	Fe tot.	NH ₄ ⁺	KMnO ₄ cons	excess base	Cl ⁻	NO ₂ ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	Mg ²⁺	I ⁻
北越製紙 帝石 三	R-12	G ₅ 層	7.5	8.0	7.9	8.1	54.0	162	16.6	7270	0.000	1	205	264	24
	R-42	G ₄ 層	7.2	7.8	11.8	12.2	54.0	121	15.3	1350	"	"	111	113	6
	R-4	G ₁ 層	6.9	7.6	—	—	7.2	89	7.4	390	"	"	—	—	—

単位: mg/l, excess base meq/l, 分析: 堀内謙雄研究所 1963-9-17

III. 11 射水ガス田^{74) 100)}

富山県射水郡北東部の呉西平野地帯に東西 6 km, 南北 3 km の射水^{いみず}ガス田が存在する(第16図参照)。北陸本線以北の平坦な海岸平野で、古くから旧海老江村・檜ヶ崎・練合等にガス徴候が知られていたが、昭和 23 年に降開発され、昭和 29 年までに網式坑井 9 坑が掘鑿された。掘止深度は 80~220 m, 4 吋あるいは 6 吋仕上げで、ガス層の深度は 60~200 m にわたる。地層



第 16 図 射水ガス田図

は更新統に属する。この地域の更新統は、坑井地質でみると他の地域の地層に比較して砂礫層が著しく、含砂率が甚だ大である。この層は海成の部分と、河床あるいは河口成の堆積物とみられる部分とからなる。構造は大観すると北へ沈む広い向斜部にあたり、東西両隣の神通川・庄川の伏流地帯によつて挟まれ、地質構造上呉羽山と礪波との 2 構造によつてかぎられた性格を有するものである。ガス量はリフトで 100~600 m³/d, ガス水比は 0.2 内外である。

このガス田では附近の民家の炊事用井の水位低下問題が起つたため、現在は深度 50 m 附近あるいはそれ以浅の浅層ガスは採取していない。含ガス層の下位にある鮮新統(水見層群および音川層群上部、いずれも海成層)の地層は、まだ探鉱されていない。

附随水成分中 Cl⁻ は深度 80 m 附近で 300 mg/l, 100 m を越えると 12,000~14,000 mg/l に達する。しかし南部へ向かい急速に塩分は低下し、80 m 附近で約 100 mg/l となる。SO₄²⁻ は全般に少なく、NO₂⁻, NO₃⁻ は 0.0~trace である。KMnO₄ 消費量は 130 mg/l 内外である。

ガス成分はガス田周辺部および浅層へ向かい N₂ が増加し、40% に達するが、180 m 層の中心地域では CH₄ 85.0%, CO₂ 0.2%, O₂ 0.0%, N₂ 13.8% という値が得られている。

III. 12 河北潟ガス田^{25) 65) 66)}

河北潟の東岸には、深度 250 m 以浅にある第四紀層中に水溶性天然ガスが胚胎される。産ガス中心地は井上村川尻附近にあり、湖の東岸に沿う幅約 1.5 km の範囲にガス徴が認められる(第 17 図参照)。



第17図 河北潟ガス田図

第四紀層は、金沢大学市川渡教授¹⁵¹⁾の研究によると、化石珪藻群集から次のような堆積環境が推定されている。

深度 50 m 以浅	汽水底
同 50~200 m	淡水底
同 200~400 m	汽水底

おもな含ガス砂礫層はおおむね深度 25 m から 250 m までに 5 層あり、250 m 以深では含水層となっている。地層は粘土・砂質粘土・砂・礫などからなっていて、浅部には粘土が多いが、深部にはやや粗粒物からなる部分が発達している。坑口ガスの組成 (Vol. %) は次表程度のものである。

CO ₂	7.6~0.9 註4)	3.9
CH ₄	90.1~43.1 註4)	75.1
N ₂	48.7~6.2 註4)	20.4

湖岸のものに CO₂ と CH₄ とが多い。ガス附随水は、最上部砂礫層の水は部分的に褐色を呈しているが、第2層以下はほとんど無色透明である。Cl⁻ は湖へ向かつて徐々に増加する傾向はあるが、大部分の水では 20~80 mg/l 程度を示すにすぎない。pH は 7.0~6.5, total CO₂ は

埋 藏 面 積 (km ²)	飽和埋藏量 (m ³)
イ) 確 定 9.0	2.25 ×10 ⁷
ロ) 推 定 10.75	2.60 ×10 ⁷
ハ) 予 想 34.50	13.425 ×10 ⁷
ニ) 計 50.25	18.275 ×10 ⁷

200~1,000 mg/l である。文献²⁹⁾によると、附随水の Cl⁻ 量と total CO₂ との間には負相関関係が成立すると計算されたが、平面的には正相関であることが明らかであるのは、南部の大場附近と北部の川尻附近とでは鉄床の地

化学的特徴に若干の差異があることに起因する。飽和埋藏量は上表のように算出²⁵⁾されている。

III. 13 南関東ガス田^{註5)}

こゝにいう南関東ガス田とは、古くから知られている千葉県茂原—大多喜ガス田を初めとして、東京ガス田・川崎ガス田・九十九里推定ガス田等をすべて包括したものであり、地質学的には一連の上部鮮新統中に胚胎する水溶性ガス鉄床をいう。これ以外にも関東地方の南部には、第四紀層中の貧弱な水溶性ガスが知られ、一部では民家用として利用されているが(新利根川沿岸の利根町附近等)、鉄床の規模にかんがみ本論では除外し、文献¹²¹⁾のみを挙げておく(第18図参照)。

現在のところ、房総半島北部—東京・川崎両ガス田—三浦半島北部の相互の間における鮮新統の対比は困難であるが、およそ推定しうる関係を記すと第7表のようになる。

すなわち、川崎—市川間のガス田の採取層位は、いずれも三浦半島北部の大船層ないし野島層に対比されるものであるが、野島層の推積相は北東へ尖滅してすべて大船相に置換えられ、実際採取しているガスは深海相(bathyal facies)のいわゆる大船相中に砂層をガス嚢としている。しかし地上において観察すると、これら深海相の地層も、多摩丘陵の北部に近づくにつれて浅海相に遷移し、一部は頻海相にさえ変相してゆく。

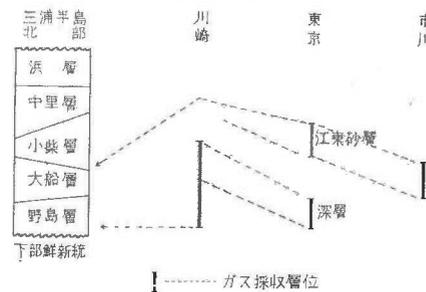
房総半島北部における現稼行ガス田の採取層位を対比してみると、第7表のようになる。

すなわち千葉市ガス田を除くと、いずれも梅ヶ瀬層以下の深海相堆積層から採取している。

房総半島北部におけるガス田と東京・川崎ガス田との対比は困難であるが、従来のいずれの対比説をとつても、地質時代差は(特に千葉市を除くと)それほど大きなものでないことは確かであり、かつ同一の沈積盆地中に形成された一連の上部鮮新統であることは明白であろう。

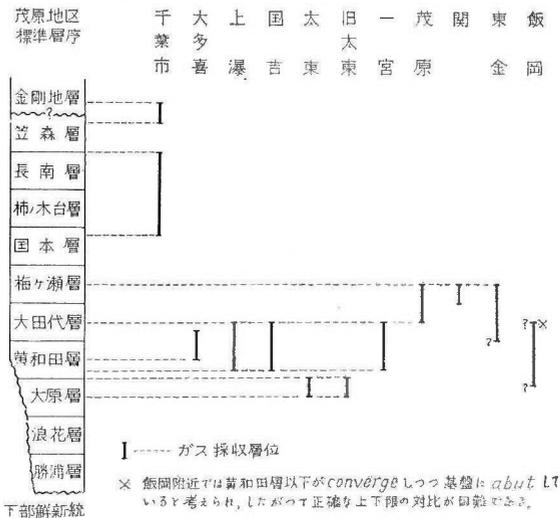
従来の地表地質調査・物理探査および坑井地質記録を総合すると、巨視的にはガスを包蔵す

第 7 表



註4) 昭和25年地質調査所分析, 29例から算出。(文獻65・66参照)
 註5) 文獻 9) 10) 11) 12) 13) 22) 23) 39) 44) 60) 67) 83) 89) 94) 95) 93) 103) 107) 108) 110) 115) 116) 118) 119) 120) 121) 122) 124) 125) 129) 130) 135) 141) 149) 155) 160) 161) 163) 169)

第8表 房総半島北部におけるガス採取層位



る地域の上部鮮新統は、東京湾を中心とした盆地構造をなしていると考えられるが、一般に地層の傾斜が緩いため、個々のガス田においてはほとんど単斜構造とみなすことができる。また断層構造も全体としてはほとんど無視しうるが、房総半島東岸のガス田地域のみは、著しい南北性の断層群が発達し、ガス田形成に大きな関係を有している。

上部鮮新統の層厚は東京地区においては、1,300 m 以上、房総東岸においては

2,500 m 以上に達する。大部分が深海成であるために泥岩を主とし、ガス礫となる砂層は、いわゆる deep-water deposit の砂層であるため、ガス礫の岩相・岩質・層厚には変化が多い。また一部を除き多くは細粒砂層であることも、ガス田開発に重要な影響を及ぼしている。

南関東ガス田の大部分はその地質構造から理解されるように、千葉県関村以南のガス田を除き、ガス水比は深度に対応した値をほゞ示している。しかし川崎ガス田のように孤立した産ガスブロックでは、理論飽和度ないし同深度の他ガス田における値よりも低下しており、関・茂原ガス田では位置的にはむしろ周縁部にあるにもかかわらず、きわめて高いガス水比を有して

第9表 南関東ガス田ガス水比

	ガス水比	採取深度(m)
川崎	0.6~0.8	350~500
東京	1.5~1.6	500~650
船橋	1.7~1.8	700~900
千葉	1.5 ±	600 附近
"	1.7 ±	700 "
飯岡	0.97	350~400
東金	1.7~2.0	750~790
関	平均 8 ±	250~500
茂原	" 4 ±	250~600
大東	0.65~0.85	600~750
国吉	平均 1.3 ±	100~450
大多喜	" 0.6~1.0	? (国吉に近いらしい)

いる。さらに南の大多喜・国吉ガス田では、高塩分の附随水を伴うにもかかわらずガス水比は低い。第9表に大体のガス水比を示す。

すなわち、断層の発達が発弱になつてくる関附近は異常に高いガス水比を示し、断層の発達が著しい南部の大東・国吉・大多喜では逆にガス水比は低下する。

ガス水比は附随水塩分とも関係が深く、一般には Cl^- 5,000 mg/l 以上の場合にはほゞ理論飽和度を前後する値を示すが、それ以下になると次第に不飽和となつてくる。例えば東京ガス田芝浦試掘井は、700~800 m を主採取層とするものであるが、ガス水比は0.6強、附随水の Cl^- は 1,500 mg/l 余である。同様に綱島 R-1 では 700 m 附近の礫層を採取層とするが、

ガス水比は0.3強で、附随水の Cl^- は 400 mg/l 弱である。しかし茂原・関ガス田のように fault trap によつて free gas が貯溜している場合は、必ずしも低塩分で低ガス水比とは限らない。茂原ガス田鶴枝地区では、 Cl^- が 100 mg/l 余であるにもかかわらずガス水比は5 ± という例もある(大多喜天然瓦斯 K. K. の K-1 号井の例)。このように一般には附随水の塩分の多少とガス水比との関係が深いので、南関東ガス田ではガスのポテンシャルリテーを推定するのに、

塩分の濃度分布によることことができる。これがしばしば“塩素度相関型ガス田”と呼ばれるゆえんであるが、このことは開発に対して大きな影響を与える。すなわち稼行に堪えるガス水比を有する地域は、一般に塩害問題を引き起こし易い（例、大多喜・国吉）からである。

附随水は可採地域では高塩分（第10表①②の例）で、化石海水ということができる。ガス田周縁では陸水によつて次第に置換され、深度・層準にかゝりなく低塩分となるが（第10表③の例）、 Cl^- 2,000 mg/l 前後以下では、ほとんどの場合有機物によつて褐色に着色した附随水を伴う。ガス質は一般に $\text{CO}_4\%$ が高いが、ガス田周辺部では著しく $\text{N}_2\%$ の高い場合もある（保土谷 R-1 では36%に達する）。しかし高ポテンシャルティエーの地域から低ポテンシャル

第10表 附随水成分の例 (mg/l)

	pH	RpH	HCO_3^-	free CO_3	CO_3^{2-}	Cl^-	I^-	Br-	NH_4^+	Fe ²⁺	Fe ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	P	KMnO_4 消費量
①	7.7	7.8	780	14		17,130	82	—	107	3.5	0.1	187	460	0.30	176
②	7.7	8.1	1,160	29		9,710	18	48	71	2.5	0.3	126	152	0.35	127
③	8.1	8.1	1,110		147	256	1.2		9.7			5	13		227

- ① 茂原ガス田、大多喜天然ガス R-11
 ② 東京ガス田、江東天然ガス R-2
 ③ 茂原市上永吉における着色附随水の例（ガス水比は低い）。
 NO_2^- 、 SO_4^{2-} はほとんどない。

着色附随水では一般に HCO_3^- 、 KMnO_4 は大きい値を示す。

ティエーの地域へガス質が漸変するのではなく、周辺部で急に変化する場合が多い。このような周辺部を除くとガス質は変化が少ない。

〔例〕

		CO_2	O_2	CH_4	N_2 (Vol. %)
江東天然ガス	R-2	1.7	0.2	95.5	2.6
大多喜天然ガス	R-11	0.4	0.1	98.3	1.1

南関東ガス田は深海成の地層中に胚胎するため、一般に良好なガス礁に恵まれない。すなわち地層は泥相を主とし、かつ変相が激しいため、産ガス能力はあまり大きくなく不安定である。茂原ガス田のように fault trap 型のガス水比の高い地区は揚水量が少ないため、やはり産ガス能力は大きくない。東京・川崎ガス田では、6～8吋管を用いたガスリフトによつて揚水量は400～2,000 m^3/d 内外、茂原ガス田では、4吋管（一部6吋）を用いたガスリフト（tubing flow が多い）で平均1,000～1,500 m^3/d 程度である。

飽和埋蔵量については若干の計算値が従来あげられているが、全域についての正確な値は知られない。その理由はガス田北限を定めるべき試掘坑井数を欠くこと、および関・茂原・一宮大多喜にかけての fault trap 型鉱床では、明らかにガスおよび附随水の垂直移動が認められ、この地区では飽和埋蔵量を全く計算しえない（意味を失う）ことに基づく。しかしかりに第18図に示した陸上の予想埋蔵地域の面積をとり、面積約2,400 km^2 、有効平均層厚100 m、平均ガス水比1.5、孔隙率0.25として計算を強行すると、900億 m^3 という日安の数字を得ることができる。

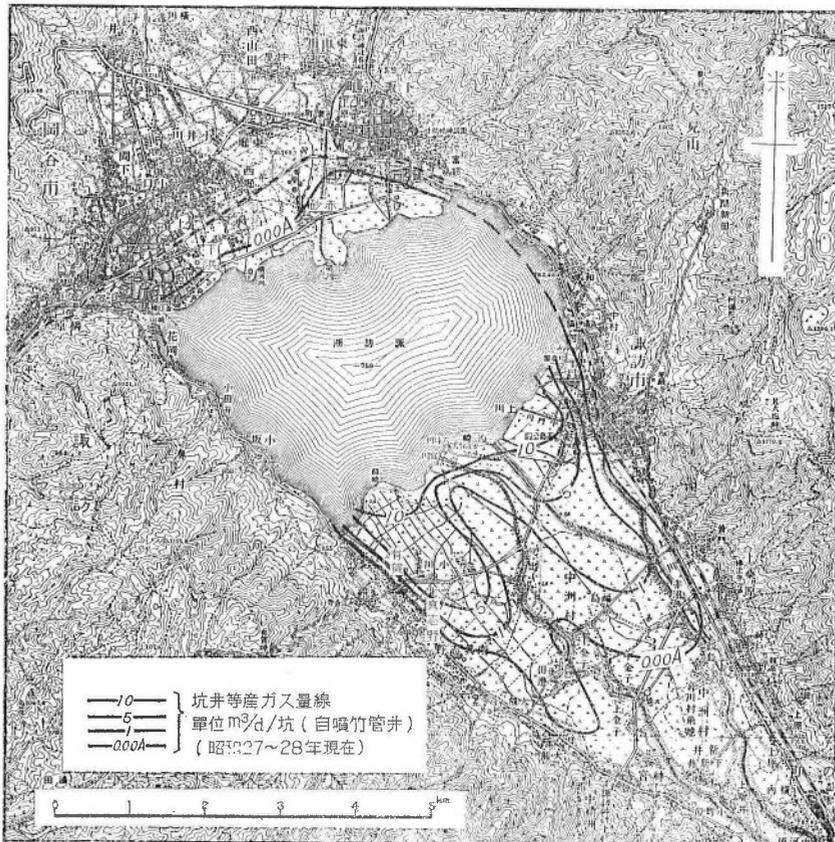
III. 14 諏訪湖ガス田^{1) 2) 15) 113) 117) 131) 139) 172) 174) 175)}

長野県諏訪盆地は、周辺を古生層・御坂層・火山岩類・深成岩等から構成された山々によつて囲まれた断層盆地といわれ、諏訪湖はその北西側にかたよつて位置する。

この地域のガスとの直接関係する盆地内に発達する第四紀層は、化石珪藻¹⁵⁾ 上からも諏訪湖中に堆積したものと考えられる軟質の有機質粘土・砂・礫の互層から構成され、僅かの火山

灰層（安山岩質軽石）を挟む。地層の厚さは諏訪市渋崎で 370 m 以上、岡谷市字下浜で 400 m を越える。地層は湖南側では渋崎附近へ向かつて北へ緩く傾斜するらしいことはうかがえるが、盆地全体の地下地質構造は不明である（第 19 図参照）。

おもな産ガス地は湖南側の上諏訪・文田・小川・有賀・真志野の地籍にあるが、湖北側の岡谷市下浜や下諏訪町赤砂にも微弱な産ガス井が散在する。湖南側の湖岸地区における主産ガス層は、深度 100~200 m 間に存在する砂層であつて、200 m を越えると静水圧は若干上昇するが、産ガス状況（ガス水比その他）は急激に不良となる。湖北側の下浜では地質状況も湖南側と少し異なつて、深度 100~300 m 付近までは礫がよく発達するが、産ガス層は 40~90 m に確認され、さらに 400 m までに 2 層準の推定産ガス層がある。しかし湖北側は、山に近い関係



第 19 図 諏訪湖ガス田図

から被圧面地下水の圧力が非常に強く、採ガスの条件は湖南地区より幾分劣つている。諏訪盆地全般の地形・地質・地化学的特徴などから考えて、湖北と湖南とのガスを一連のものともみなし、これを“諏訪湖ガス田”と呼称する。

湖岸附近のおもな産ガス井では、口径 2 吋級の竹管による自噴によつて 10~40 m³/d、平均 20 m³/d のガスを産し、ガス水比は理論飽和度をやゝ上廻る程度である。しかも同じ位置におけるガス層深度 250~370 m で仕上げた坑井では、ガス水比は理論飽和度の 1/3~1/5 程度を示すにすぎない。現在の開発区域の面積は湖南側の約 4 km²であつて、年々水頭は低下し、また可採区域も 20~30 年間に数 100 m も湖側へ寄つてしまつたといわれる。現在は約 200 坑の竹管井によつて、約 3,000 m³ のガスが日々採取されている。

湖南側から産する坑口ガスの組成は大略

CH ₄	81 ~ 88 Vol. %
CO ₂	4 ~ 10
N ₂	5 ~ 12

を示し、湖北側のガスについては産ガス層は100 m 以浅で、湖南側の深度100~200 m に較べ深度も小であるが、その組成は大略

CH ₄	56 ~ 76.7 Vol. %
CO ₂	0.4 ~ 3.3
N ₂	19.7 ~ 44

となつている。

ガス田中心部から得られるガス附随水は、pH 6.8±, RpH 7.3~7.5, HCO₃⁻>500mg/l, free CO₂>70 mg/l, Cl⁻ 50~100 (小川附近) または 10~20 mg/l, NH₄⁺>1~2 mg/l, dis. O₂ 0.0~0.5 cc/l

程度の組成を示している。

諏訪温泉帯と産ガス地とが重複する部分では、温泉とガスとがともに産しているが、一般的にはガス層の方が上位で温泉脈はその下位にある、とみられる資料が多い。

諏訪湖ガス田の主体をなしている湖南側の産ガス地域は面積が約5.3 km²ある。また、この附近の可能産ガス層の存在する深度を一応50~200 m とおさえ、その間の含砂率を大略50%、砂の孔隙率を30%、平均ガス水比としては対応深度の平均理論飽和度から算出した数値を求めて、飽和埋蔵量を算出すると、大略3.5×10⁷ m³ が得られる。またこのガス田の平面的拡がりか判明していないので、かりに本ガス田の推定存在地域を湖北側にまで拡張して飽和埋蔵量を求めると、面積が約15 km²増加するので、大略1.5×10⁸ m³ となる。したがって開発操作上からも、このガス田では湖中・湖北側のガスに対して充分な探査が必要である。

III. 15 清水ガス田^{24) 81) 68) 71) 76) 171)}

静岡県清水市北西部山麓の旧高部村および飯田村地内の沖積平野にあるガス田を清水ガス田という。北東—南西に細長く長径1 km, 短径400 mの範囲に拡がり、ガスの存在が確認されている最大深度は海水準下200 m までである(第20図参照)。

第四系は海水準下50~120 m 以浅であり、一部非海成の部分に伴なう海成層で、砂・礫・粘土からなり、ガス田の南部へ次第に厚くなり、下位に鮮新統が発達しているが、北部の既開発地では第四系が中新統の静岡層群を直接不整合に覆う。

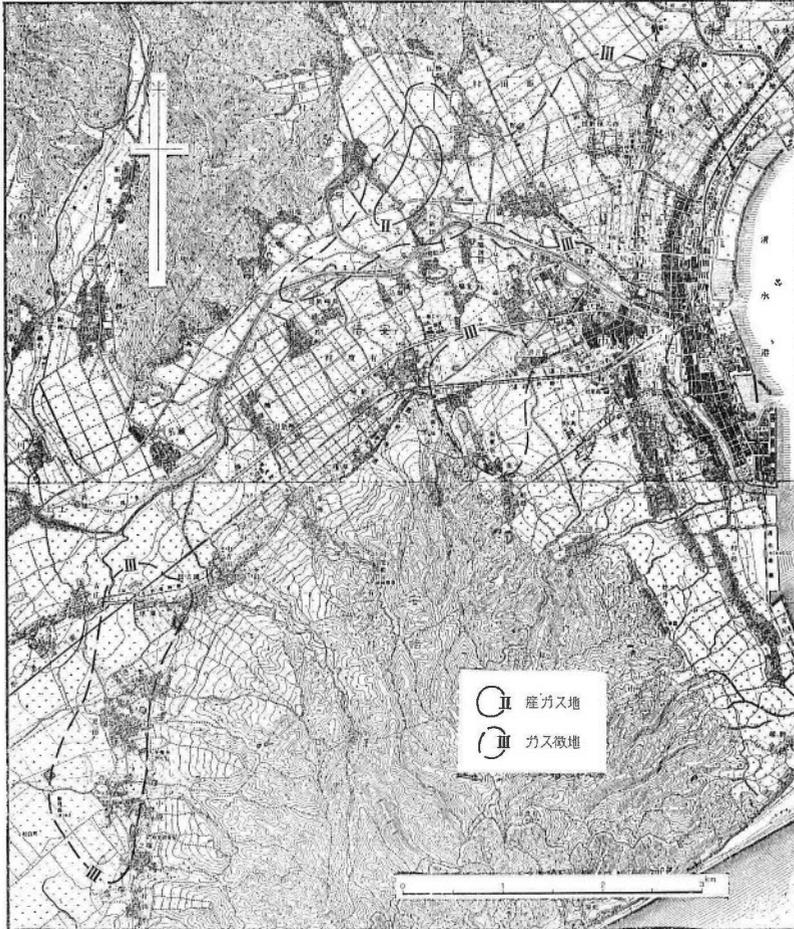
静岡層群は塩基性火砕岩質砂岩と暗灰色頁岩との互層からなり、層厚3,000 m 以上の海成層である。当ガス田の附近ではNE—SWの一般走向で褶曲し、断層が多く発達する。そのうち、1つの走向断層である押切逆断層は破碎帯の見掛けの厚さ2~17 m で、北西へ50° 傾斜しており、この破碎帯中にこのガス田の主ガス層が存在する。本層群を不整合に覆う第四系の一部も副次的な含ガス層となつていて、開発当初はこれが採取の対象となつていたが、昭和21年(1946)以降採取を中止し、その後はもつぱら第三系中のガスを採取している。

総坑井数は17坑(最大口径6吋, 最大掘止深度232m)であるが、昭和30年(1955)現在4坑のリフト採取井と5坑の休止井とがあつて、1坑あたり150~250 m³/d 程量のガスを採取している。ガス水比は1:2あるいは1:3内外であり、附随水の塩分濃度は5,000~11,300 mg/l で、NH₄⁺0.6 mg/l, HCO₃⁻100 mg/l 以下などの含有量が少なく、Ca²⁺の含有量がはなはだ大で2,100 mg/l に及び、このことは本ガス田の著しい特徴となつている。

ガス組成はCO₂ 0.1~0.3%, O₂ 0.1~0.5%, CnHm 0.1%, CH₄ 87.9~98.6%, N₂ 1.0~11.5%である。

新鉱床に対するワイルドキャットの探鉱として、静岡市北東部に浅井の試掘が行われ、清水市元追分にも深度 250 m の試掘が行われている。

また鉱床が断層に伴なっていることに着目し、押切逆断層の南西延長部が存在するとみなされる長崎新田に、放射能探査が昭和 23 年 (1948) に試みられ、その結果、押切逆断層の冲積平野下での延長位置が推定されたが、まだ試掘は行われていない。



第 20 図 清水ガス田図

III. 16 焼津ガス田^{16) 24) 26) 31) 53) 97) 105) 153) 165)}

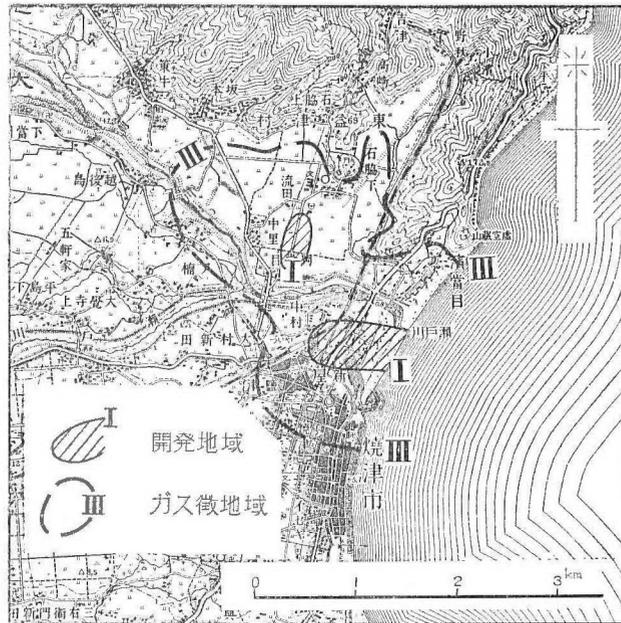
焼津ガス田は静岡県焼津市からその北方東益津村にわたって、海岸平野に面積約 6 km² の地域を占めている。また垂直方向には海水準下 130 m に達する(第 21 図参照)。

ガス田およびその周辺の地質層序は、下位から ① 瀬戸川層群上部〔珪岩・頁岩・砂岩・石灰岩〕(古第三系), ② 女神層〔淤泥岩・灰岩凝〕と高草山火山岩〔塩基性岩岩床・集塊岩・凝灰岩・凝灰角礫岩〕(下部中新統), ③ 焼津層〔砂礫・粘土〕(冲積統) 等の地層からなる。

焼津港地区では、基盤は高草山火山岩の玄武岩が 1 つの潜丘をなし、これを覆う焼津層の基底部にある礫層からなる G₆ 層および G₇ 層がガス層で、孤立した鉱床を構成している。北部の東益津地区では、基盤は女神層または高草山火山岩で、同じく焼津層の基底部にガスが賦存

し、面積800×700 mの区域に5坑井掘鑿されているが、現在までのところでは開発の中心は南部の焼津港を中心とする焼津港地区にある。こゝには面積1,500×700 mの区域に30坑が掘鑿され、採取井は一般に8吋口径の11坑である。現在いずれもガスリフトを行い、1坑井当りの産量としては1,300 m³/dを最高とするが、大体の産量は300 m³/dである。この地区の飽和埋蔵量は189,000 m³であるにもかかわらず、昭和30年前半の産量は90,000 m³/monであり、すでに過去10年以上の採掘の歴史を有するものである(このように従来までの産出量は、面積・厚さ・孔隙率を基準とした計算埋蔵量を遙かに超えている)。したがってこの鉱床は、現在ほかから莫大な量を常時補給されつつある2次的鉱床であると考えられるふしが多い。開発地の中心部では、深度に対する増温率が人で温度相閉型の鉱床であり、またCl⁻濃度は最高3,000 mg/l台の塩素度相閉型水溶性ガス鉱床でもある。平均ガス水比は0.3内外であつて、これらは前記の潜丘を中心として、時とともに変動する特殊な性格を帯びている。下位の第三系に対して深度200~300 mの試掘を再三試みられているが、まだ成功井をみていない。

面積800×700 mの区域に5坑井掘鑿されているが、現在までのところでは開発の中心は南部の焼津港を中心とする焼津港地区にある。こゝには面積1,500×700 mの区域に30坑が掘鑿され、採取井は一般に8吋口径の11坑である。現在いずれもガスリフトを行い、1坑井当りの産量としては1,300 m³/dを最高とするが、大体の産量は300 m³/dである。この地区の飽和埋蔵量は189,000 m³であるにもかかわらず、昭和30年前半の産量は90,000 m³/monであり、すでに過去10年以上の採掘の歴史を有するものである(このように従来までの産出量は、面積・厚さ・孔隙率を基準とした計算埋蔵量を遙かに超えている)。したがってこの鉱床は、現在ほかから莫大な量を常時補給されつつある2次的鉱床であると考えられるふしが多い。開発地の中心部では、深度に対する増温率が人で温度相閉型の鉱床であり、またCl⁻濃度は最高3,000 mg/l台の塩素度相閉型水溶性ガス鉱床でもある。平均ガス水比は0.3内外であつて、これらは前記の潜丘を中心として、時とともに変動する特殊な性格を帯びている。下位の第三系に対して深度200~300 mの試掘を再三試みられているが、まだ成功井をみていない。



第21図 焼津ガス田図

て、これらは前記の潜丘を中心として、時とともに変動する特殊な性格を帯びている。下位の第三系に対して深度200~300 mの試掘を再三試みられているが、まだ成功井をみていない。

第11表
ガス組成 (Vol. %)

坑井名	CnHm	CH ₄	CO ₂	O ₂	N ₂ etc.
焼津天然ガス31号井	0.1	92.8	0.5	0.2	6.4
焼津天然ガス24号井	0.1	92.0	0.2	0.2	7.5

(分析1950-12, 地質調査所)

ガス附随水の組成

坑井名	坑井深度	採ガス法	水温(°C)	free CO ₂ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	total CO ₂ (mg/l)	pH	RpH	Fe ²⁺ (mg/l)
焼津天然ガス31号井	109.7	ガスリフト	29.8	26.4	125	91.1	7.2	7.6	1.03
焼津天然ガス24号井	131.8	〃	26.0	10.6	104	85.1	7.6	7.6	0.62

坑井名	Fe ²⁺ (mg/l)	P (mg/l)	NO ₂ ⁻ (mg/l)	dis. O ₂ (cc/l)	Cl ⁻ (mg/l)	NH ₄ ⁺ (mg/l)	I ⁻ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)
焼津天然ガス31号井	0.04	0.6	0.000	0.41	2,480	2.50	—	—	—
焼津天然ガス24号井	0.34	0.5	0.000	0.26	848	1.65	0.8	226	7.8

(分析: 地質調査所, 1954-12)

本ガス田のガスおよび附随水の分析値を示せば、第11表の通りである。

III. 17 琵琶湖産ガス地^{20) 21) 51) 91)}

琵琶湖周辺には古くからガス徴が知られている。第2次大戦前後において、北岸の今津町お



第22図 琵琶湖産ガス地略図

よび南岸の草津町北山田において企業化されたが、現在は今津町の採ガス事業のみが残存している(第22図参照)。琵琶湖周辺の山地は主として花崗岩・古生層からなり、東岸には淡水成の第三紀層が一部に分布する。また東西両岸には淡水成古琵琶湖堆積物が発達している。ガス層はその沖積層の粘土層中に介在する砂層および細礫層である。

ガス徴および産ガス地域は、第22図に示すように湖岸の沖積平野に散在するが、東岸に広く分布する。各地区の深度方向の賦存状況には若干の差異があるが、大局的には30~150m附近である。西岸の賦存下限深度の方が東岸(特に野洲附近)に較べて概して浅い(例:今津附近で約80m,北山田附近で約150m)のは、西岸側は湖岸に近く高い山地をひかえ、かつ扇状地堆積物が広く分布しているのに対し、東岸は概して沖積平野が広いことに関連があるように思われる。ガス水比は正確な資料が少ないが、0.14以下が大部分と思われる。すなわち理論飽和度には達していない。しかし水位は高く、ガス井のほとんどが自噴井である。ガス量は自噴で7m³/d以下である。

堆積環境から明らかなように、附随水中の塩分はきわめて少なく、KMnO₄消費量や、NH₄⁺、HCO₃⁻などがガスを伴わない地下水に較べてやゝ多い。水色はすべてほとんど無色で、僅かに微緑色を帯びるものもある。

〔分析例〕 近江八幡市市井町、深度70m,1954年3月地質調査所採取分析、ガス水比約0.1

水	pH	RpH	free CO ₂ (mg/l)	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)		
...	6.6	7.0	36.5	143	8.9		
ガス	H ₂ O	N ₂	A	O ₂	CO ₂	CH ₄	(Vol. %)
...	0.02	3.14	0.06	0.03	1.58	95.17	

III. 18 大阪産ガス地^{50) 54) 58) 72) 73) 75)}

大阪の天然ガスは戦後稼行され大阪ガス田と称せられたが、いまは稼行されていないのでここでは産ガス地として取り扱う。稼行当時は大阪市港区市岡附近を主とし、さらに産ガス設備は生駒山西麓^{すみのどう}の住道にも設けられたが、稼行せずに終わっている。第23図には大阪市内の市岡鉱場のみを示した。

第12表

		3号井	6号井
坑口ガス	CH ₄	41.7	75.2
	CO ₂	1.8	3.3
	O ₂	9.4	0.4
	残	47.1	21.1
附随水分	pH	7.2	6.8
	KMnO ₄ cons (mg/l)	44	19
	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	834	468
	Cl ⁻ (mg/l)	4,441	637
	NH ₄ ⁺ (mg/l)	20	10
	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	26	60
	Ca ²⁺ (mg/l)	114	86
Mg ²⁺ (mg/l)	303	82	
ガス量	(m ³ /d)	150	80
ガス水比		1/9	1/10
ガス層		G ₁ , G ₂	G ₁ , G ₂

(採取・分析:地質調査所,1950)

市岡鉱場附近では G₁~G₃^{註6)}の諸

註6) 合層ガスと称せられ、G₁~G₁₆の16層が記録されている。



第 23 図 大阪産ガス地略図

ガス層を対象として坑井が仕上げられているが、ガス水比は $1/7 \sim 1/11$ であつていずれも大差ないが、80 m 附近が最も良く、深層は含ガスポテンシャルが低いようである。

採取ガス層中 G_1 は沖積層と思われる天満層中にあり、 G_2 、 G_3 は大阪層群上部に属し、下部更新統とされる。天満層は浅海成堆積物であり、大阪層群は部分的に非海成層を挟有する浅海成堆積物といわれる。大阪層群は全体として大きな向斜構造を示すが、多くのきわめて緩い褶曲構造がみられる。しかしガスの賦存状況が特にこの小褶曲構造に関連性があるとは思われない。

大部分海成堆積物であること、大阪府補助試掘井の試掘結果、実測ガス水比および次に記す附随水の性質からみて、大阪ガス田はほとんど陸水によって破壊された産ガス地で、平面的にも垂直的にも諸所に断続して、多少ガスの多い所が小ブロックとなつて残存している程度のものである。

第 12 表にガスおよび附随水の若干の例を掲げる。

III. 19 釜川平野産ガス地^{25) 55) 80) 93) 111) 185)}

島根県大田湖西岸の釜川平野は斐伊川と神井川との下流域を占めている。沖積平野は斐伊川

によつて東西に2分されるが、この2地区にそれぞれ産ガス地が存在する。

第24図は、深度10~100 m程度の竹管自噴井における測定値から求めた等産ガス量線図である。図からわかることは、産ガス中心地が東部の久木村地区と西部の一畑線遙場駅南方地区との2カ所にあることである。自噴産ガス量は1~10 m³/d/坑に達し、久木附近では主として第三紀泥岩層直上および深度10~25 m附近に産ガス層が位し、遙場方面では第四紀砂礫層中にある。

久木附近の地下地質は深度約25 mまで砂礫層、約55 mまで砂質粘土層、以下200 mまではほとんど塊状の第三紀砂質泥岩層からなる。これに対して、大社駅の北方約500 mの大社神門附近においては、深度200 mまでは第四紀層で全般に砂礫が多く、深度45~56 m間と深度139~161 m間とに、貧弱な泥炭層を僅かに挟む。主産ガス層は深度61~86 m間にある。遙場駅南方では、深度30 mまで砂、51 mまで有機質粘土、66 mまで砂質粘土、72 mまで砂礫となり、こゝまでが第四紀層であるが、以下300 mまで硬質の砂岩で、おそらく第三紀層と思われる。こゝの不整合面の基底礫岩はガスを産せず、水質も潜水である。

すなわち、箆川平野のガスは地区別に第13表のように、地質的なあり方を異にしている。

第13表

大 社	通 場	久 木
深度 200mまで第四紀層。	深度 65 m まで第四紀層	8~26.5m 第四紀層 53~67 m 第三紀層
リフト { Vg ≒ 200m ³ /d Vw ≒ 8,000~1,000m ³ /d Cl 100 mg/l	リフト { Vg ≒ 82~123m ³ /d Vw ≒ 200~260m ³ /d Cl ⁻ 150 mg/l 位 NH ₄ ⁺ 6 mg/l HCO ₃ ⁻ 1.525 mg/l	リフト { Vg ≒ 200m ³ /d Vw ≒ 1,000m ³ /d Cl ⁻ 5,080mg/l NH ₄ ⁺ 3mg/l HCO ₃ ⁻ 363mg/l
	85m 附近基底礫岩層…潜水 85m 以深第三紀層	
	リフト { Vg ≒ 20m ³ /d Vw ≒ 20m ³ /d Cl ⁻ 4,770mg/l NH ₄ ⁺ 3.5mg/l HCO ₃ ⁻ 381mg/l	

すなわち当地の第三紀層に達するまでの深度は、東部に浅く西部に深い。また東部においては、第三紀層と第四紀層とは地化学的に連続的であるが、西部では両者の間に不連続が存在することが推定される。

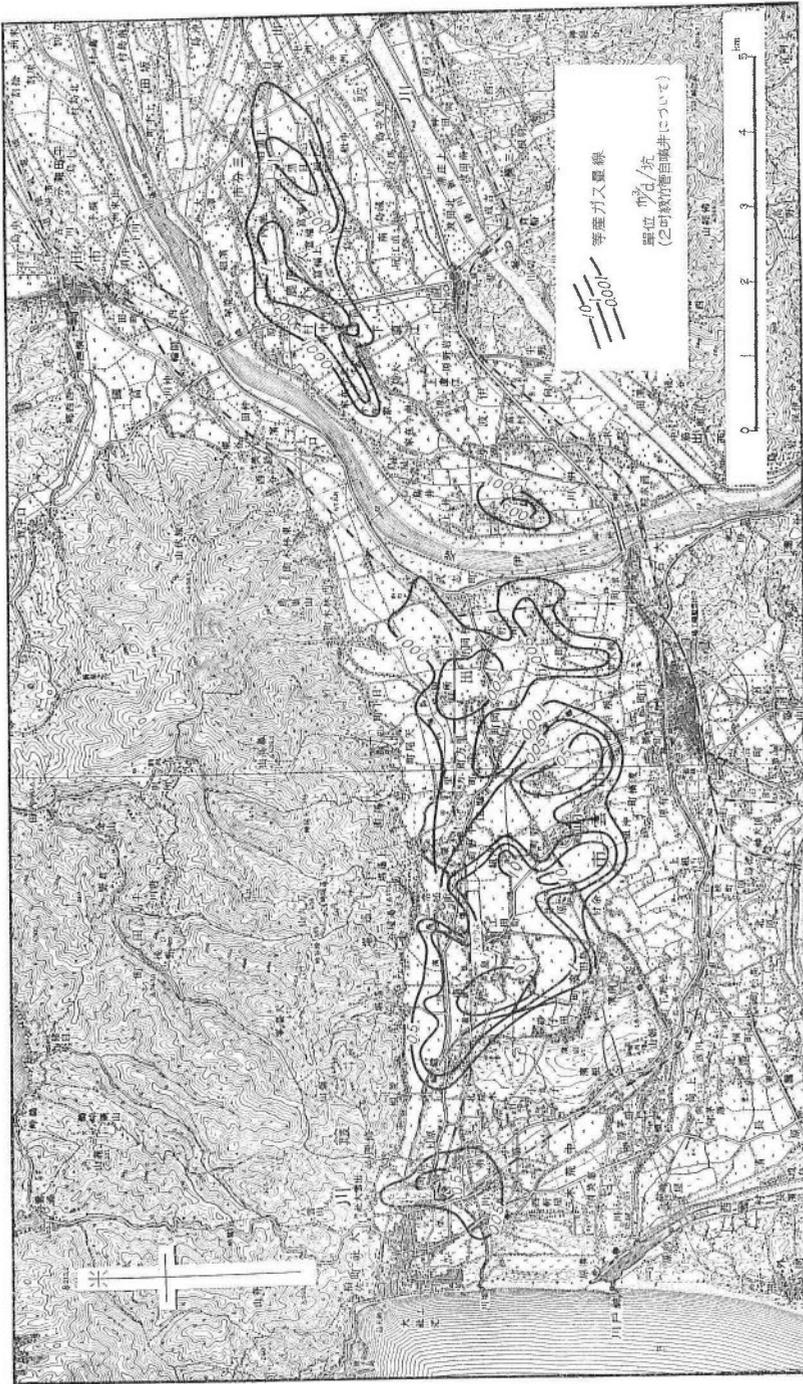
当地産ガスの組成(第25図参照)は、大略

CH ₄	56~98	Vol. %
CO ₂	0.5~20.5	"
N ₂	0.5~61.5	"

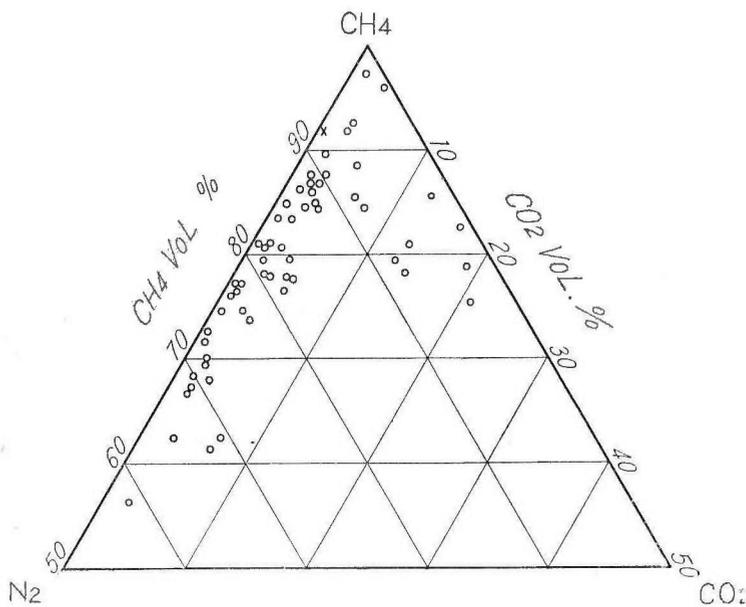
の間にあるが、大部分は

CH ₄	70~90	Vol. %
CO ₂	0.5~5	"
N ₂	10~30	"

の組成である。ただし CO₂ > 10 Vol. % を示すガスは東部の久木地区に多く、こゝでは、



第24図 篠川平野産ガス地略図



X 東村役場前湖中第三紀層から自噴するガス

○ 平野部の第四紀層から産出するガス

第 25 図 鏡川平野産天然ガス組成図 (Vol. %)

CH₄ 75~85.5 Vol. %

CO₂ 12.5~20.5 "

N₂ 1~8 "

という値を示し、化学成分からはいわゆる第四紀層ガスで、CH₄ と CO₂ とが多く、N₂ の少ない型のガス組成がみられる。

久木地区における飽和埋蔵量は、面積 5.5 km² について、深度 40~70 m の第四紀砂礫層を対象として、産ガス井の平均ガス水比 1:2 を採用して算出すると、

1×10⁷ m³ となる。

なお遙堪地区では、面積 2.5 km² に対して、ガス水比が 1:5 となるので、深度 70 m までの飽和埋蔵量は、

1×10⁶ m³ となる。

したがって、当産ガス地の総予想飽和埋蔵量は

1.1×10⁷ m³ になる。

III. 20 熊本平野産ガス地⁶¹⁾

白川・緑川下流にできた熊本平野には、有明海に面した南北約 10 km、東西約 2 km の南北に狭長な地域にガス徴地が存在する(第 26 図参照)。この附近は第四紀沖積層からなり、大略次のような層序を示している。

深度 5~10 m 粘土

20~25 m 砂

45~55 m おもに青色粘土(下部に泥炭)

- 75~80 m 粘土・砂・礫の互層
- 130 m 位 軽石
- 135 m 礫
- 以下不明

深度40~50 m にあ
る厚さ1~3 m 程度
の泥炭層は水平的によく
連続するので、これを
鍵層として地下構造を
解いてみると、大略水
平距離2 km について
約10 m 海の方(西)
へ傾斜している。産ガ
ス層は深度40~60 m
附近の砂礫層がおも
であり、80 m 以深には
ほとんどガスが認めら
れない。口径2吋級の
井戸で、自噴状態で1
m³/d 以上の産ガス井
が存在するのは、岬口
村乙岬口・海路口村二
の丸の2カ所の数井に
限られている。ガス質
はN₂が多く、CO₂と
CH₄が少なく、次の
ような組成である。

- (a) 比較的良質のガス
 - CH₄ 68~48 Vol. %
 - CO₂ 0.5~3.5 "
 - N₂ 29.5~51 "
- (b) CH₄ がきわめて
少ない坑口ガス
 - CH₄ <30 Vol. %
 - CO₂ 0.5~6.5 "
 - 残余は N₂



第 26 図 熊本平野産ガス地略図

このガス質は、第四紀層中のものとしては、国内の他のガス田のそれに徴し、非常に産ガス
状況の悪いところから得られるものと同類である。

附随水の水質は

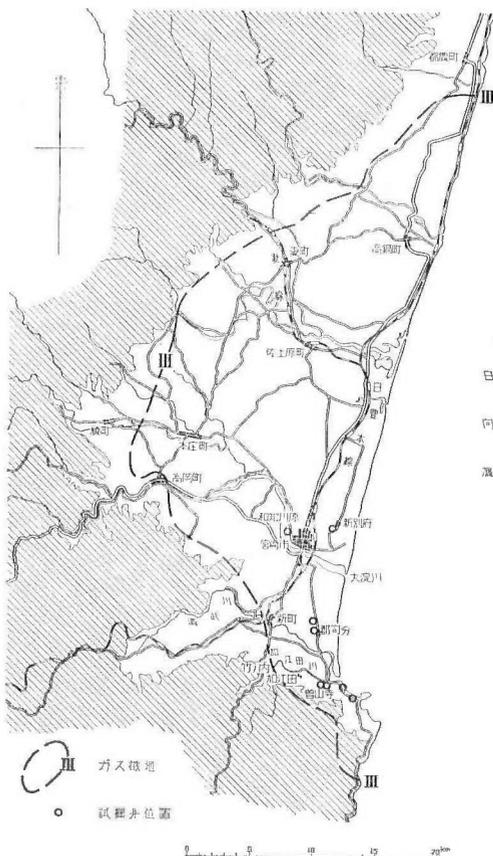
- Cl⁻ 400~1,000 mg/l
- free CO₂ >40 mg/l
- HCO₃⁻ >200 mg/l
- NH₄⁺ > 4 mg/l

で、海岸近くに Cl^- がやゝ多い。

以上の性質から、この産ガス地は、海水と河川水との双方の影響を受けつつ堆積した地層のなかに生成されたガスが、白川・緑川の地表水と地下伏流水とによつて、漸次押されて海岸近くのみに残留するに至つたものと解せられる。なお、当地域の自家用水自噴井の分布地域・密度・水量および水田の開拓年月を計算の基礎として、地下地質状況と対応させて水理地質上の計算を行うと、上記の推定がさらに確認される。

III. 21 宮崎産ガス地^{33) 34) 152) 163)}

宮崎市を中心とする東西 12 km、南北 21 km の範囲には、若干の可燃性ガスの徴候がある(第 27 図参照)。昭和 15~24 年(1940~1949)にすでに加江田川沿岸に上総掘浅井が存在し少量のガスを採取していたが、昭和 27 年(1952)宮崎市曾山寺に構造試錐として口径 100mm



第 27 図 宮崎産ガス地略図

の坑井 2 井(原試掘第 1 号井甲, 掘止深度 82.4 m および第 1 号井乙, 掘止深度 100.8 m) が相接して掘られ、第三系妻層群中の深度 52 m 附近で曾山寺断層の破砕帯に遭遇、掘止位置では $310 \text{ m}^3/\text{d}$ 、 $3 \text{ kg}/\text{cm}^2$ の出水をみたため予定深度に達せず、掘鑿を中止した。

その後、宮崎駅東北東 1.7 km の新別府に深度 400 m、同じく西北西 2 km の和知川原に深度 550 m、同じく南 7 km の群司分に深度 200 m の 3 坑井が掘鑿され、新別府および和知川原の両井は、コア試験の結果では比較的高い塩分を含むことが認められたが、坑井仕上げは不成功に終わり、群司分の坑井のみ若干のガスをみた。昭和 30 年(1955) 7 月現在、曾山寺東方に試掘が行われている。この地域のガスを包含する地層の層序学的分布ははなはだ広く、中新統妻層群全般にわたっている。ガスの深度分布に関しては、現在のところ坑井資料に乏しく、結論を得るに至っていない。地域内の妻層群は海成層で、灰色ないし黒色頁岩と

細粒~粗粒砂岩との規則正しい互層で、北東あるいは南東へ傾斜し、E-W 性または NE-SW 性の断層によつて断たれた単斜構造を示している。地表で測定した全層厚は 3,000 m 以上に達する。この厚大な妻層群の分布地帯で、加江田川以南の海岸を除く山地はポテンシャルリティーが低く、ガス田の縁辺部にあたると考えられる。これに対し加江田川河口附近から宮崎市街地にわたつての試掘井では、いずれも附随水の Cl^- 濃度は $1,200 \sim 2,000 \text{ mg}/l$ の値を示している。

ガスおよび附随水の組成を第14表に掲げる。

第14表 ガスおよび附随水の組成

位 置	深 度 (m)	ガ ス 組 成 (Vol. %)				
		CO ₂	CH ₄	CnHm	O ₂	残
宮崎市青島中学校庭の井戸	約 300	0.2	91.0	0.0	0.1	8.7
宮崎市武之内井のガス井	約 10	1.5	93.5	0.0	0.2	4.8

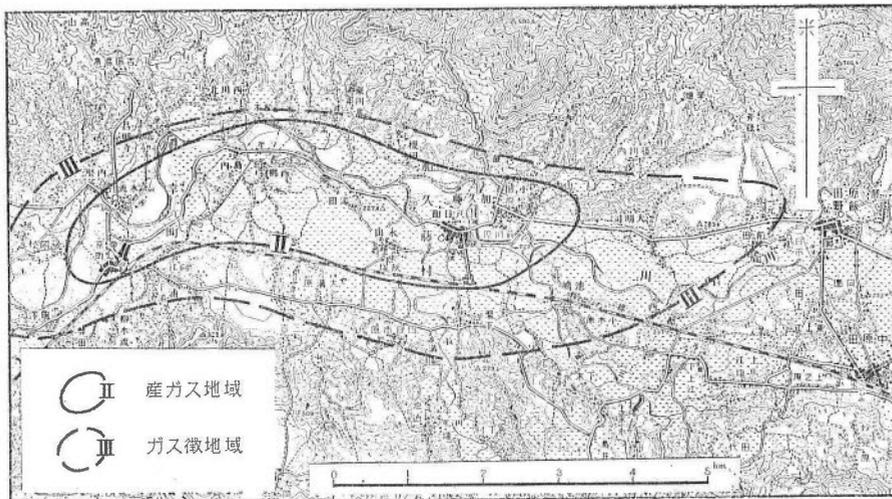
位 置	深 度 m	地 下 水 の 組 成									
		pH	RpH	HCO ₃ ⁻ (mg/l)	CO ₃ ²⁻ (mg/l)	Cl ⁻ (mg/l)	SO ₄ ²⁻ (mg/l)	Ca ²⁺ (mg/l)	Mg ²⁺ (mg/l)	KMnO ₄ cons (mg/l)	
宮崎市青島中学校庭の井戸	約 300	8.7	8.7	513	63	50	2	3.8	0.9	31.6	
宮崎市武之内井 ガ ス	約 10	8.2	8.3	854	93	2,890	2	21.6	9.2	39.2	

(昭和29年3月調査の未発表資料，調査：本島公司，分析：牧 真一)

本地域にはすでにワイルドキャットの的に数坑の試掘井が掘鑿され、成功井はないが検討の余地は充分あると考えられる。したがってほかに比較的例の少ない中新統中のガス鉱床として鉱床の性格を究明する一方、大淀川・清武川の中流・下流流域あるいは高鍋方面にわたつて、海岸平野を探鉱する必要がある。

III. 22 加久藤産ガス地^{83) 79)}

霧島火山の北方に位置する加久藤産地は、海拔220 m余を保ち、そこに第三紀鮮新統に属する加久藤層群と称される泥・砂・凝灰砂等からなる淡水湖底堆積層が発達する。この地層中にある含ガス層は、距視的にはE-Wに長軸をもつた緩い向斜盆地をなし、その構造上の底部に水溶性ガスが賦存する。第28図に示されるように、産ガス地は東西約6.5 km、南北約



第28図 加久藤産ガス地略図

2.3 km, 面積約 15 km² にわたっている。

産ガス層は約 80~150 m の深度にあり, それ以下では急激にガスが存在しなくなる。産ガス中心地にあたる加久藤町湯田附近においては, 竹管 2 吋級の自噴井では最大 5.7 m³/d のガスを産し, 多くの坑井では 2~5 m³/d 程度である。ガス水比は理論飽和度を上廻る数値を示す 3 坑を除き, 他の数 10 坑井においては理論飽和度の 60~90 % 程度のもが多い。坑口ガスの組成は次のように CO₂ が少なく, ほとんど CH₄ と N₂ の 2 成分系である。

CH ₄	78.5~42.5 Vol. %	(大多数は 78.5~65.0)
CO ₂	0.5~4.5 "	(" 0.5~1.5)
N ₂	19.5~53.0 "	(" 19.5~33.5)

ガス附随水の質は大略次の通りである。

HCO ₃ ⁻	300~400 mg/l
free CO ₂	20~40 "
NH ₄ ⁺	10~40 "
pH	7.0±0.1
RpH	7.4~7.6
Cl ⁻	3.5~14 mg/l
P	1~5 "
KMnO ₄ cons.	70~90 "
dis. O ₂	0.2~0.5 cc/l
Ca ²⁺	15~40 mg/l
Ca ²⁺ /Mg ²⁺ (wt)	1.1~1.2 "
Fe ²⁺	1.5~4.5 "
Fe ³⁺	0.00~0.5 "

飽和埋蔵量は, 深度 80~150 m の含ガス層について算出すると, 15 km² の面積について 2.6×10⁷ m³ となる。

この数値は, 1.7×10⁸ m³/km² となり, 第四紀ガス田について算出した全国平均値に非常に接近している。

現在ガスは自家用燃料として 10 数坑が利用されているすぎない。

III. 23 敷根産ガス地^{33) 37)}

敷根産ガス地とは鹿児島県始良郡敷根にあつて, 鹿児島湾に面した東西 2 km, 南北 3 km の範囲のガス徴候地帯をいう(第 29 図参照)。既開発地はこのうち敷根部落内の 200×200 m の狭隘な区域であつて, この区域内に延 50 坑以上が掘鑿された。掘止深度は 30~70 m で一般に 45 m である。

地層は上部鮮新統または下部更新統の非海成の国分層群であるが, ガス採取地の南および東には, それぞれ玄武岩質安山岩および輝石安山岩が露出し, 坑底附近まで延びている。この安山岩露出地に CO₂ ガスの露頭があり, 産ガス地全体として CO₂ の含有量が大きい。

ガス組成 (Vol. %)

	CO ₂	O ₂	CH ₄	N ₂
50m以浅	1.54~5.22	0.29~0.37	65.02~70.05	24.36~32.67
50m以深	21.17~37.92	0.31~0.55	42.71~65.82	12.46~20.49

附随水組成 (mg/l)

	pH	H ₂ S	I ⁻	Cl ⁻
50m以浅	6.8~6.9	0.0000	0.0000	10.7~17.8
50m以深	5.8~5.9	0.0000	0.0000	14.3



第29図 敷根産ガス地略図

明治41年(1908)から昭和25年(1950)頃まで稼行されたが、ガス量は1坑井当り15m³/d以下で、4~24坑の採掘井が存在した。上述の狭隘な採掘地以外、ことに国分層群の厚く発達する地域ではあまり採掘されていない。

IV. 天然ガス鉱床の地質学的考察

上述したわが国各地に散在する天然ガス鉱床の実態について、次に項目別に地質学的な考察を述べる。

IV. 1 天然ガス鉱床におけるガス礁・帽岩および母層

天然ガス鉱床が成立するために必要と思われるいくつかの条件のうちで、ガスが発生するこ

と（母原質の存在と、それからの生成との双方を含む）と、これが保有されていることが最も重要なものである。こゝでは母層（Mother formation）に関する問題と、ガス罫（Gas reservoir）および帽岩（Cap rock）とについて考察をすゝめる。

IV. 1. 1 ガス罫

地下において水溶性ガスを保有し、かつこれから相当な速度でガスを地上へ取り出しうるようなガス罫の性質としては、有効孔隙率（Effective porosity）の大きいことと、滲透率（Permeability）が大きいことが必要である。このような性質をそなえたものを堆積岩中に求めると、砂岩・礫岩等であるが、あまりに続成作用（Diagenesis）のすゝんだ岩層にあつては孔隙率・滲透率が減少して、上述の岩石もガス罫としての必要条件を失なう。このように、滲透性を失なつた砂岩や礫岩からなる地層中で、ガス罫になりうるものは断層破碎帯である。第三紀中新統中にあるガス田に、この断層破碎帯をガス罫とするものがある。

鮮新統のガス罫には砂を主とする所として象潟・東京ガス田（南関東ガス田の一部）・茂原市附近・加久藤・池田が、礫を主とする所としては新潟ガス田の一部等がある。一般に第四紀層のガス罫は、ほとんど砂と礫との混合したものからなるが、やゝ粒度の細かい例としては諏訪湖南岸地区・山形の一部がある。

立体的賦存状況

地下におけるガスの賦存状況は、これを立体的に眺めると、ガスが賦存する堆積岩層の堆積盆地の大小にかかわらず、地表下比較的浅い深度において良好な状態を示し、その上位と下位では悪化する。また平面的にも、最良地区を中心として、四周に漸次ガス賦存状況が悪くなる。すなわち、立体的なガス賦存の状況は、あたかも水中に沈めたレモンのような形態を示すのが一般的といえる。

第四紀層を含ガス層とする天然ガス鉱床においては、概してその規模が小さく、平面的に最良の産ガス状況を示す所においてさえも、最良のガス層を含む地層の深度の範囲が、次例のように限定される。

地 域 名	最良含ガス層深度	これらの水溶性ガス鉱床では、きわめて垂直的に限られた深度に最良産ガス層が位置しており、上記深度を超えた下部では多くの場合に急激に含ガス状況が悪くなる。その顕著な例を挙げると、石狩平野・青森市・煙山・山形・簗川平野・熊本平野・九頭竜川下流・静岡県三島市附近等がこれに属する。
石 狩 平 野	40~100	第四紀層中に賦存する天然ガス鉱床の平面的な拵りは非常にまちまちであるが、これに対してガス層深度は前述のように、ほぼ40~100 mの間に限定される例が多い。したがつて、この形式のガス鉱床の埋蔵規模を考へる場合には、ガス水比が理論飽和度に近い数値を示す地域の面積によつてその大小が規定される。石狩平野・簗川平野・山形盆地等の
青 森 市	40~ 70	
津 軽 平 野	40~ 60	
煙 山	4~ 10	
山 形	60~100	
簗川平野(西部)	40~ 65	
諏 訪 湖	100~200	
琵琶湖	40~125	
熊 本 平 野	40~ 60	
宮城県穴本附近	30~ 80	
福島県会津平野	50~ 60	
九頭竜川下流	25~ 65	
静岡県三島市附近	60	

飽和埋蔵量算定の場合に、その単位面積あたりの数値が $2 \times 10^6 \text{ m}^3/\text{km}^2$ に近いところへ落ち着くことは、このような天然ガスの立体的な（この場合には垂直的）あり方が、その原因をなしているものである。

第三紀鮮新世の含ガス層においても、下方で含ガス状況が不良になり、前述した第四紀層中

のガスのあり方と共通した立体的なガス賦存状況を示しているらしいことがうかがえる。

南関東ガス田に関しては、現在のガス井位置と、ガス井深度（最大深度は市川における1,054 m）とからは、垂直的な状況はうかがい知ることができない。

第三紀に属する加久藤産ガス地（一部洪積層であるかもしれない）では、含ガス状況が最も良い地層の深度は大略80~140 m 附近にあつて、それ以深においては含ガス状況が不良になつて、立体的なガスのあり方は第四紀層中にあるものと同じ形態を示している。

第三紀中新世の地層中における天然ガスについては、清水・焼津・宮崎の各地において、主含ガス層としては、前記した鮮新世以後の新しい地層における砂礫層とは異なり、おもに断層破砕帯部の多孔質・滲透性（流通性）の大きな部分があつている。したがつて、この時代に属する地層中にあるガスの空間的な拡がり、前記の鮮新世以後の新しいガス賦存状況とは全く異なり、次に述べる地質構造に密接な関係がある。

ガス鉱床の構造

次にガス鉱床の構造地質的な面について考察する。

各論に述べたわが国の各地に分散する含ガス地域の鉱床の地質構造は、次のように分類される。

第三紀中新統中にある鉱床

(a) 断層破砕帯

(b) 単斜構造

このうち、(a)に属するもので現在開発されている鉱床としては、断層破砕帯中のガスを水とともに採取している清水と焼津との2例があるが、焼津ガス田の主産ガス地区をなしている臨港部も、おそらく断層破砕帯に直結された第四紀砂礫層から、採取されていると考えられる資料が多い。各論の焼津ガス田の項においても「……したがつてこの鉱床は現在ほかから莫大な量を常時補給されつつある2次の鉱床であると考えられるふしが多い。」と述べた。

(b)に属するものとしては、宮崎市附近にガス徴地としてこの特徴を示すものがある。

第三紀鮮新統中にある鉱床

(a) 向斜あるいは盆状構造の低部

(b) 単斜構造（向斜または盆状構造の翼部）

(c) 単斜と断層との両構造部にあるもの

(a)に属するものとしては、わが国における最大の水溶性ガス鉱床である新潟ガス田を初め、南関東ガス田の大部分、加久藤産ガス地等がこれに属する。そのほか長万部町ガス田や池田ガス田もおそらくこれに属する。

(b)には象潟ガス田が属する。

(c)に属するものとしては千葉県茂原市附近に代表的なものがある。

こゝに一言したいことは、(a)と(b)との関係で、例えば向斜軸部と、それを挟んで両側の翼部とにガスが存在することが認められた場合には(a)になるが、これに対して、向斜構造の一部であろうことは推定されても、翼部のガスの存在のみしか確認されない場合、最も構造上低い部分にもガスの存在が推定されても、地質構造からの分類上は(b)に属することである。本来(a)と(b)とは、水溶性ガスの附随水が重力的に低部へ動くことから由来することであつて、本質的な分類とはいえず、場合によつては両者を一括してもさしつかえない。

しかしながら(c)の場合は根本的に異なるものであつて、垂直的(重力的あるいは浮力的)に動こうとするガス附随水と地下における気状ガスとの動きが、単斜構造を切る断層によつて大きく左右される。

第三紀層中にある鉱床

- (a) 向斜あるいは盆状構造の低部
- (b) 単斜構造
- (c) 不整合

(a) に属するものが大部分で、山形・新潟浅層・河北潟・諏訪湖・浅水浅層等がその例である。

(b) に属するものにも、例外として、単斜構造の高まり (up-dip) にガスを貯溜するものがあるが、これは平均値的観察によれば、構造の高所にあるものとして、独立の分類を設ける意味を認めない (例：熊本平野南西部)。

(c) のものには大きなガス田はないが、焼津ガス田南部、あるいは清水ガス田の一部のように、第三紀中新統と第四紀層との間の不整合面附近から採収している場合もあり、この場合一応産ガス層は第四紀砂礫層であるから、こゝに入れておく。

以上述べたガス鉱床の構造的分類を一括すると、第15表のようになる。

第 15 表

	断層破砕帯	断層閉塞	不整合	向斜・単斜 (向斜の翼)
Miocene	◎	×	。	。
Pliocene	。	◎	。	◎
Quaternary	×	×	○	◎

- ◎ 非常に関連性あるもの
- 関連性あるもの
- 。 やゝ関連性あるもの
- × 関連性ないもの

いわゆる天然ガスが地下水とともに保有され、かつ産出されるという事実を充分認識したうえで、ガス鉱床の地質時代と地質構造とを組み合わせると、鉱床のあり方は第15表のようになるということは、きわめて重要なことである。

IV. 1. 2 帽岩

石油地質学においては、帽岩は非常に重要な事項で、鉱床成立の3~4の主要条件の1つに数えられているが、水溶性の天然ガス鉱床にあつては、通常、地下水が大気と釣合いを保ちつつ運動することが確認される例が多いことからわかるように、石油鉱床における帽岩に較べて、その拡がりや岩石の物理性においてそれほど厳格でない。それは、高圧の油田においては、わが国ではガス押し (Gas drive) 型が多く、この場合には完全な帽岩による閉塞が炭化水素を逸散させない必要条件である。しかし、本来比較的良好な大気と相通じ、かつ水と行動をともにするガス鉱床では、石油の場合の水から分離し、移動するのは異なつて、地下における水圧勾配によるガス状天然ガスの移動および拡散は、Closed system 中においては垂直方向の因子は大して重要でなく、地表との連絡部へ向かう水平方向の因子の方がより重要である。すなわち帽岩に関しては、油田の場合よりも遙かにその価値の認められ方が低い。しかしながらガス層上部の不透性岩層は、その下部のガス層を保護するうえで大切であることには変わりない。例えば、新潟ガス田や南関東ガス田における鉱床形態にみられるように、垂直方向における急激なポテンシャルティーの上昇は、多くの場合に泥岩部に起こっているのである。

一方、第四紀ガスにおいては、不透性層としてはきわめて貧弱であつても、このような層があれば、理論ガス水比に近い産ガス状況を示す含ガス層がその層の下位に接して存在することが多い。例えば島根県大社附近のものがそれである。

細粒岩石は、多くの場合有機物を含んでいて、陸成でも海成でも泥岩は肉眼的には一見岩相上大差がない。たゞ、陸成ないし汽水性堆積層中には、泥炭がしばしば挟まれていて、その浅層にあるものは往々含ガス層を形成すると思われるのに対し、圧縮 (Compaction) のすゝんだ泥炭は不透性層になっている。石狩平野ガス田・簸川平野産ガス地がその例である。有機質細粒岩石は、帽岩の役目をすると同時に、その分解によつて CH_4 ガスを発生しうる原物質を保有する点で、母層としての重要性をも持つている。

IV. 1. 3 母層

水溶性の天然ガスは、各論において記載したように、有機質の細粒岩からなる地層中によく存在する。すなわち、陸成の泥岩や有機質泥岩、海成ないし汽水性の有機質の泥岩等が、ガス発生の根源層になっていると考えられる。

わが国の油田における石油母層は、黒色頁岩といわれる特定の海成有機質岩であると考えられているのに反して、天然ガス鉱床におけるガス母層には、いろいろな範囲の有機質をもつた細粒岩 (泥炭などは異常に有機物が集中した有機質細粒岩と解釈する) が、これになりうると思われる。この点については、将来さらに化学的な研究が必要と考えられ、また実施されるであろう。

IV. 2 ガス胚胎層の地質時代と堆積環境

IV. 2. 1 ガス胚胎層の地質時代

わが国の水溶性ガスとして地質時代の最も古いものは銚子市大映崎附近の白堊紀層中のものである。ちなみに本ガスは白堊紀に属する砂岩泥岩互層部から産出すると考えられる。この1例以外は、すべて第三紀以後の水成岩中に胚胎する。

こゝに地質時代的に、前述した各地のガスを分類する。なお、以下本論文では、地域名に付けたガス田・産ガス地・ガス徴地等の字句は、特に必要とする場合以外には省略して、単に地域名だけを記載する (例えば石狩平野ガス田は石狩平野とする)。

1) 白堊紀

銚子市

2) 第三紀中新世

清水の主ガス層、焼津の北部および西部地区、宮崎

3) 第三紀鮮新世

池田・長万部町・象潟・新潟深層・南関東・加久藤・敷根・佐渡

4) 第四紀

石狩平野・青森市・津軽平野・酒田・煙山・山形・新潟浅層・射水・河北潟・簸川平野・南関東の上層および新利根地区・大阪・諏訪湖・清水浅層・焼津南部地区・琵琶湖・熊本平野・船越町・矢本・会津平野・九頭竜川下流・三方・浜名湖北岸・三島市・木曾川下流・養老・宮崎平野

こゝで重要なことは、水溶性ガスは第三紀鮮新世以後の地層中に特によく存在し、古第三紀以前の地層では、現在までに企業化されるような大規模な鉱床が発見されていないことである。

IV. 2. 2 ガス胚胎層の堆積環境

水溶性ガスを胚胎する堆積岩にはいろいろの環境下で堆積したものが含まれている。これを地層が堆積した水域の塩分によつて分けてみると次のようになる。

海水域堆積層

大きい水溶性ガス鉱床がこれに属しているので最も重要である。われわれは地層中に保存さ

れている化石によつて堆積環境を推定するのであるが、保存されている化石からみると、次のように浅海ないし半深海成 (Neritic~Bathyal) 堆積物中のガス鉄床が多い。

例 池田 M~B	簸川平野 M~B	長万部町 M
清水 M	青森市 M	象潟 M
新潟G ₅ 層以下M	焼津 M	射水 M~B
宮崎 M	網走 M	

B : 汽水域 M : 海水域

汽水域堆積層

海と陸とが接する附近においては、地層は半鹹・半淡水の下に堆積する。すなわち一般に海進・海退期に認められるものである。

地層は海成層と陸成層とに2大別されるものであるが、汽水成層は水質変化の激しい場所における堆積層である。Gesser は、水域の塩分濃度による分類を次のようにしている。

淡水	Cl ⁻ < 0.1 (g/l)
低鹹水	0.1 < Cl ⁻ < 1
中鹹水	1 < Cl ⁻ < 10
高鹹水	10 < Cl ⁻ < 17
海水	17 < Cl ⁻

} 汽水

生態学者が水塊の水質と現世物のあり方とを対応させる場合などと、地質時代の堆積物の堆積環境を求める場合とでは取扱上おのずから差があつて、平均値的な取扱いが必要になつてくる(地層の微細区分的な取扱いでない)。すなわち、化石による判定では、淡水ないし低鹹水棲生物を産する地層が、海水棲生物を産する地層と互層する場合には、汽水型鉄床として分類されることが多い。この汽水域堆積層にあるガスとしては、新潟ガス田浅層 (G₁~G₅ は海成・非海成層の互層)、石狩平野お茶の水附近、河北潟・大阪・熊本平野等がある。

淡水域堆積層

淡水底に堆積した地層中にガスを貯溜する例としては、酒田・煙山・山形・諏訪・琵琶湖・加久藤等がある。これらの堆積層の環境は、主として古生物学的には珪藻・植物・花粉によつて判定される場合が多く、鉄物としては藍鉄鉄の存在による例が多い。

こゝに述べた3つの堆積環境は、後述する地化学的状況と比較するとき、鉄床の1次的な条件を知ることができるので、非常に重要な事柄である。たゞ現在のところ、堆積環境を知る直接的手段とされている地下地質標本の採取が経済的に困難であり、特に軟質な地層からなり、かつ水質変動の激しい場所に堆積したものが多き第四紀ガス鉄床において古生物資料を蒐集しにくいという困難さがある。海成層中の大きな鉄床については、コア採取の少なかつた従来に較べ、最近はコア尊重の気運が一般開発業者間に浸透しつつあるので、堆積環境に関する詳細な研究に対しては、今後の努力が期待される。

IV. 3 ガス水比およびガス質・附随水

IV. 3. 1 ガス水比

水溶性天然ガスを胚胎する地域に掘鑿された井戸を通じて観測される事実のなかで、1つの重要な事項は、坑口附近で測定される自然水位が普通地表面を基準として±5m以内におさまることである。換言すれば、地下にある水層の水圧は、現在の地表面からの水柱圧にほぼ対応するということである。元来、ガス体が水に溶解する量は、大略圧力に比例する。したがつて、地下深所にある被圧水は、ガスを溶解する能力が大きくなる。

以上を念頭において、各論で述べた各ガス田のガス水比の坑口における測定値をみると、ポテンシャルの高い地域とは、ガス水比がその含ガス層の理論溶解度(第4図参照)から

求めた値に近いが、またはそれ以上を示す坑井の存在する場所である。

1 気圧下において清水が溶解するガス体の量は、20°C において

CH ₄	33.08 cc/l
C ₂ H ₆	47.24 "
CO ₂	87.8 "
N ₂	15.45 "

である。元来、水溶性天然ガスの組成は後述するように、一般には CH₄ を主成分とし、30Vol. %以下の CO₂ と、5%以下の N₂ との混合気体である。したがって天然ガスの溶解度は各構成ガスの分圧に従うわけである。

ポテンシャルテーパーの高い地域から産出するガスの組成は CH₄ が多いが（第三紀型にこの例が多い）、一般にはガス中に 10~30%程度の CO₂ を含む（第四紀型にこの例が多い）ものが多い。しかしこの程度の組成の変化では、天然ガスの組成を CH₄ ガス 100%としてガス水比を算出しても大きな差は出ない。その理由は、ガス附随水の塩分濃度の不定、水温の不定等によるほか、坑口におけるガス量と水量との測定の精度を上げ得ないことにもある。

ガス層深度に対応させて求めた実測ガス水比の数値は、新潟ガス田および南関東ガス田の東京地区等の第三紀大型ガス鉱床を初め、第四紀に属する全国群小ガス田・産ガス地においても、理論ガス水比によく対応する値が得られる。

ガス水比が現在の地表面からの深度に対応するという事実は、この種のガス鉱床が水溶性または溶解性ガス鉱床といわれるゆえんであつて、この種の鉱床の最大の特徴である。また、ガス開発面では、ガス水比は坑井当り、ガス層当り、地区当り、地域当りの採ガス量を左右する因子ともなるので、天然ガス鉱床の調査・開発上最も重要な数値の1つである。

各論におけるガス賦存地域の平面的な区分は、原則的にはガス水比にたより、一部はガス水比と非常に関連性の多い単坑井あたりの自噴産ガス量によつて行つた。

IV. 3. 2 ガス質

坑口において採取する天然ガスの組成は、ガス水比が理論飽和度前後の産状を示す場合には N₂ が少なく、CH₄ あるいは CH₄ と CO₂ とが多くなる。精密な分析（例えば質量分光分析計等による）は順次行われるであろうが、主としてオルザット分析装置と、他の少数の特殊分析法によつて得られた天然ガスの化学組成にも、地質学的に注目すべき特徴が現われている。

前述したように、天然ガスは CH₄、CO₂、N₂ を主成分とする混合気体であつて、僅かに H₂S、O₂、Heavy Hydrocarbon、C_nH_m群^{註7)}、CO(?)、H₂(?)、He、NH₃(?) 等を含むことがある。したがって、CH₄、CO₂、N₂+etc. の3成分系によつて顯示するのが最も簡明である。

第30図に三角座標の3頂点をそれぞれ CH₄、CO₂、N₂+etc. として、本邦産天然ガスの組成を图示した。ただし O₂ のみは、完全に採取される場合には、その含有量は 0.0~0.3%程度であり、それ以上含まれる時は空気混入の場合であるから、このような場合には O₂=0.0~0.2%として、ガス組成に対して空気補正を行い、元のガス組成を近似的に算出した。ガス質の特徴としては、

(1) 高ポテンシャルテーパーの場合

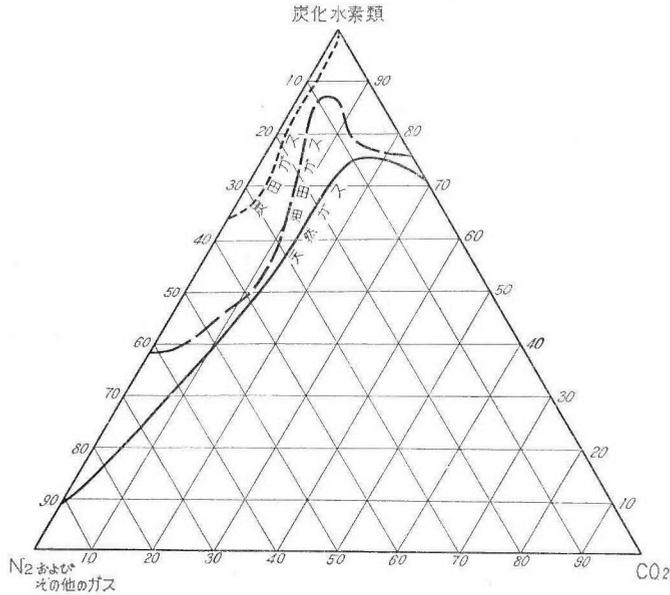
A. 第三紀ガス： CH₄ (多)、CO₂ (少)、N₂ (少)

B. 第四紀ガス：(a) CH₄ (多)、CO₂ (多)、N₂ (少)

(b) CH₄ (多)、CO₂ (少)、N₂ (少)

(2) 低ポテンシャルテーパーの場合

註7) Conc. H₂ SO₄ または Sat. Brsror に吸収されたもの。



第30図 可燃性天然ガス成分分布図 (Vol. %) (日本の燃料地下資源, p. 202)

A. 第三紀ガス : CH_4 (やや多〜少), CO_2 (少), N_2 (多)

B. 第四紀ガス : CH_4 (やや多〜少), CO_2 (少), N_2 (多)

ということが挙げられる。これも非常に重要な事実である。例えば、新潟ガス田について浅層から深層にわたってガス質を集約的にみると、第16表のようになる。

第 16 表

ガス層	CH_4 (%)	CO_2 (%)	N_2 (%)
$G_1 \sim G_3$	70~97	1~30	1 ~2.5
G_4	88~91	8~9	1.5~3
G_5 (または P)	93~95	2~4	2 ~4

すなわち、下位となるにしたがつて CH_4 が増加し、 CO_2 は減少し、 N_2 はやや増加する傾向のあることがわかる。

一般に地質時代の古い地層中に含まれるガスと、高ポテンシャル帯の第四紀浅層ガス層の地圧が深度に対応する水柱圧に近い場合のガスとには、ほとんど CH_4 のみからなるものがある。しかし概してガス水比が理論飽和度前後の時には、含ガス層の地質時代が古くなるとともに CH_4 が増し、 CO_2 が減じ、したがって N_2 がやや増加する傾向にある。

ガス質と産ガス状況とを対応させることも大切であるし、特にガスの利用面からすれば、 CH_4 - CO_2 - N_2 の3成分の割合は重要である。

IV. 3. 3 天然ガス附随水

ガス附随水の著しい特徴は、含ガス層が第三紀中新統に属する場合を除いては、他の一般地下水と異なつて、その有する化学組成のうち HCO_3^- 、全 CO_2 、 NH_4^+ 、 KMnO_4 消費量、 Fe^{2+} が多く、 NO_2^- 、 NO_3^- 、 SO_4^{2-} 、 dis. O_2 が少ないことである。

海水域堆積層中に胚胎する高ポテンシャルの天然ガス鉱床にあつては、実測ガス水比と理論飽和度との比較値と、附随水中に含まれる塩素イオンの量とが、正相関するいわゆる塩素相関型を示す場合がある（例：新潟ガス田および南関東ガス田等）。この場合には、 I^- 、 Br^- が異常に多く存在する。pH はおむね中性よりもやゝアルカリ性を示す。

汽水域堆積層中に胚胎する鉱床でも、高ポテンシャルの含ガス層が賦存する地域にあつては、塩素相関型を示すことがある。例えば北海道岩見沢附近・河北潟・熊本平野等である。

海水域堆積層と汽水域堆積層のガス附随水は、海水中の Cl^- 量に対応する Mg^{2+} 量に比較して、非常に Mg^{2+} が少なくなる傾向にある。

淡水域堆積層中にあるガス附随水は、 Cl^- を多く含まないのが普通であつて、数 100 mg/l 以下、通常は 5~50 mg/l 程度である。たゞ、この種のガス附随水については、一般に浅いので、地表からの人類生活による影響があることも考えなければならない場合がある。pH は弱酸性を示す。

以上にガス附随水の特徴を示したが、要するにこの水は還元的な性格をもつたいわゆる“よこれた水”であつて、ガスの産出状況と水質との間によく関連性が認められるので、水溶性ガス鉱床では、ガスと水との双方を成因的に重視するのである。

IV. 4 ガス鉱床の形成と破壊の一般運動

水溶性の天然ガスは、有機物を含んだ地層が水底に堆積して還元的な環境が成立し、嫌気性生物化学反応が起きたときに、成立の第一歩が築かれると考えられる。このことは、第III章各論と第IV章のIV. 1~IV. 3の各項とにおいて考察したところから歸結される。水の存在のもとに生成したガスは、続成作用 (Diagenesis)・地層の圧縮 (Compaction) によつて、砂・礫層などの多孔質層のなかに水とともに移動し集積する。

このガスの生成・移動・集積は、IV. 3 項で述べたように地層の堆積直後から現在まで、連続的に起こっているものと考えられる。

新潟・南関東両ガス田のような大規模な海成第三紀ガス鉱床の成立には、有機質泥岩類の大規模な沈積と、それに接近して多孔質、透水性の地層の存在が必要である。第四紀層中にみられる小規模の鉱床の成立にも、それ相応のガス母層と集積岩^{註8)}とを必要とする。

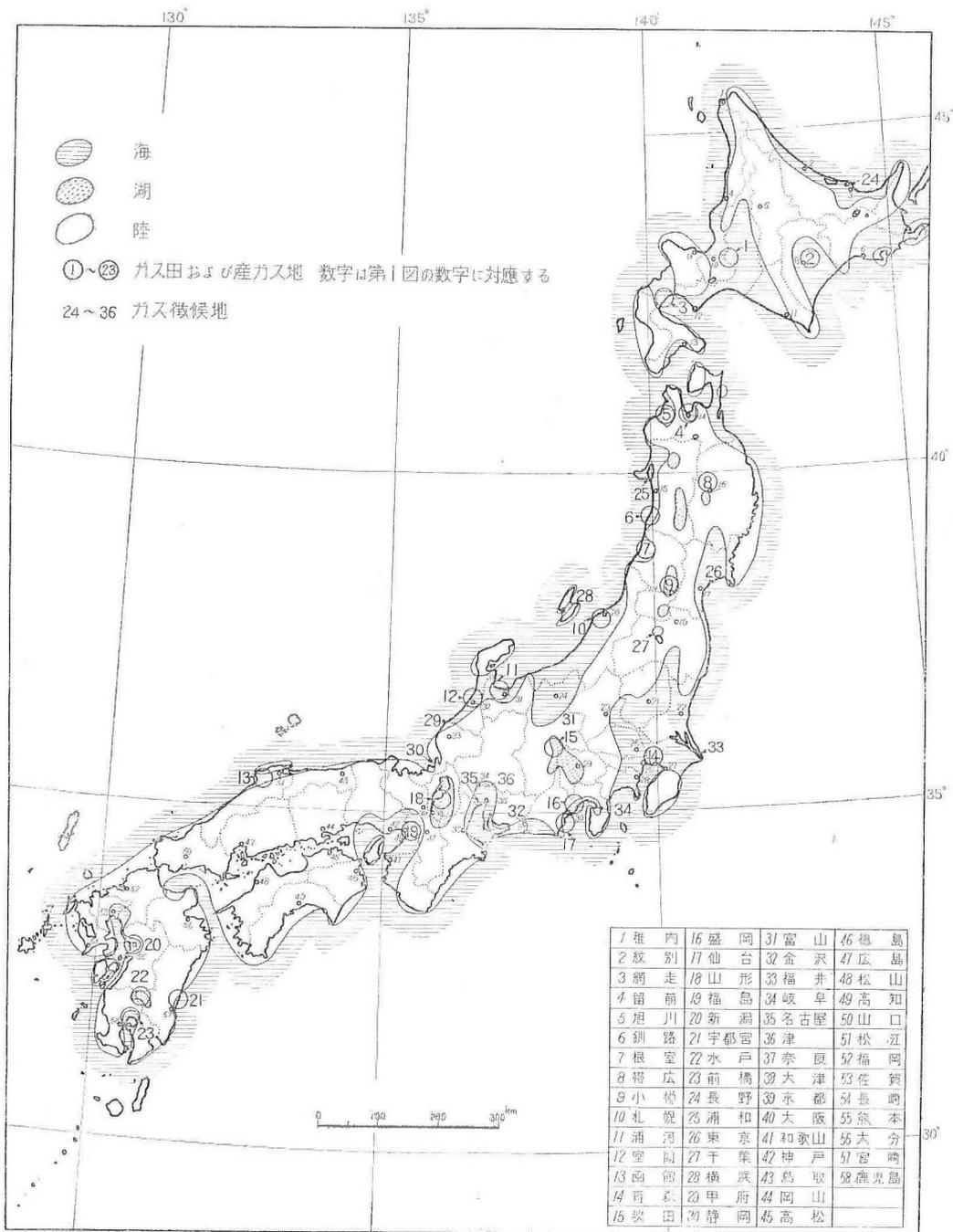
一般に深海成で、かつ海進期の堆積層には細粒岩が多く、透水性多孔質岩は細粒岩の下位にくるか、またはその発達が悪いことが多い。したがつて、このときにはガス鉱床成立のための集積岩に、量的あるいは質的な不足を来たすことがある。これに反して海退期の堆積層は、その下位に海進期ないしそれに続く比較的細粒の岩石が発達し、その上方に砂・礫等の発達をみやすい。そして一般に水の産出指数^{註9)}が優れているガス田が埋蔵量がより大で、産出指数の小さいガス層しか有しないガス田に較べ、かえつてガス田としては優れている（産出ガス量が多い）場合が生じうる。

南関東ガス田（ガス産貧弱）に較べて、新潟ガス田（砂礫層の発達良好）がガス田として優れている原因の一部は、このように説明することができる。

水底において、ガス胚胎層中に天然ガスが生成し始めると同時に、ガスの水中への拡散その他による逸散現象が起る。ガス胚胎層に天水 (Meteoritic Water) がいわゆる循環水となつて侵入してくると、そこにガス鉱床の破壊が起る。水溶性ガス鉱床の生成・破壊は、各論に述べたことや、ガスおよび附随水の性質から推考すると、化学的には還元・酸化の因子によつて左右されている。天水が侵入しにくい地質構造上の底部に、破壊・酸化の進まない高ポテンシャルの部分が残る。各論に述べられているガス鉱床の大部分は、このような主として生

註8) ガス母層 (reservoir) になりうる物理的性質を有するもの。

註9) 産出指数 (Productivity index) とは、単位坑底圧力の変化に対する産出水量をさす。単位 $kl/day/kg/cm^2$



第 31 図 第三紀末から第四紀初めにかけての水陸分布と天然ガスの分布図

化学的な生成と、破壊の動的な状態の断面とを示しているものとして解くことができる。地下水に溶解するガスは、地化学的ならびに地質構造上還元的な部位に長く保有される。

以上述べたところは、ガス胚胎層の形成と鉱床の破壊に関する一般的な運動とである。これらの考えは、ガス鉱床に関する地質構造・岩石の地化学的性質・岩相状況・地層の堆積環境・地質時代・鉱床の古地理的位置・地下水の性質などから導かれたものであつて、これらから、現在われわれが対象としているガス鉱床の過去と未来とについて、その状態を推定することもできると考える。

V. 結 論

1) わが国の水溶性天然ガス鉱床のうち、第三紀中新統中のガス礁は断層破碎帯のもの以外、それほど産ガス能力を示すものはない。これに反して、大部分の鮮新統以後の堆積岩中のもは、埋蔵量の面からも、賦存地域の数のうえからも、重要な天然ガス鉱床である。この事実を一括してさらに明瞭にするために、天然ガスの分布とわが国における鮮新世末から第四紀初めにかけての水陸分布とを、第31図に示した。図によれば、わが国におけるほとんど大部分の水溶性天然ガスの賦存地が、当時にあつては、海底または湖底であつた地域と一致することが瞭然と示されている。すなわち、大規模な第三紀海成ガス鉱床である新潟と南関東のガス田は、鮮新世以降においても、最も大きな海底堆積盆地 (sedimentary basin) であり、山形・諏訪湖・加久藤ガス田のあるところは、内陸の淡水湖底の堆積地域に該当している。

鮮新世以降連続的に地層の堆積をみている広範な堆積盆地にあつては、非常に規模の大きなガス胚胎層が存在し、現在の地形・水系によく関連性をもつた含ガス状況がみられる。

2) 前述のように水溶性ガスは、第IV章に説明したような立体的な賦存状態を示し、かつ有機質細粒岩石がよく発達している場所に賦存するのであるから、成因的には有機物の分解によつて生じた炭酸ガス・メタン・窒素が重大な意味をもつと考えられる。しかも、ガス水比の実測値が理論飽和度に近いものが多いことは、現在、あるいは地質学的に非常に現在に近い過去に、天然ガスの生成が行われ、かつ保存され、かつ破壊されるという動的平衡を保つものと思われる。そして一般に、鮮新世以後の地層中に、還元的气体付随水とガスとが共存し、その水が有機物の生物化学的の分解で生成される化学成分であるアンモニア・炭酸ガス、時に多量の沃度等を含むということは、それらの地層中で、現在にきわめて近い地質時代に、生物化学的に天然ガスが生成されたことを示すものである。

3) かくして、筆者は第三紀鮮新世以降の大小堆積盆地に、それぞれ有機物の分解に起因するガスとその付随水とが存在し、重力的に地質構造の低所で、しかも現在における天水の侵入から、地質的に地化学的に保護されることの多い部分に、比較的多くの天然ガスが存在すると結論づけるものである。

“本邦天然ガス鉱床”に関する文献

(地質調査所資料は未発表手記)

- 1) 岩崎 重三：諏訪湖の天然ガス，地学雑誌，Vol. 4, No. 38, 1892
- 2) 河野 密：信濃上諏訪町附近温泉及瓦斯調査，地質調査所報告，No. 41, 1913
- 3) 渡辺 久吉：福井県三方湖地質及湧水調査報文，地質調査所報告，No. 63, 1917
- 4) Yamada, N. : In the Contents of Helium and other Constituents in Japanese Natural Gas, 東京大学航空研究所報告，Vol. 1, No. 6, 1923
- 5) 上床 国夫：本邦に於けるヘリウム含有天然ガスの研究—特に内地油田ガスの化学的研究と地質学的考察一，石油時報，7月号，9月号，10月号，1924
- 6) 上床 国夫：日本に於けるヘリウム含有天然ガスの研究，地質学雑誌，Vol. 31, No. 71~74, 1924
- 7) Kanō, Y. & Yamaguchi, B. : On the Contents of Helium and other Constituents in the Natural Gas of Japan, 東京大学航空研究所報告，Vol. 1, No. 13, 1926
- 8) Uwatoko, K. : The Sedimentary Natural Gas from Oil and Coal Field of Japan, A.A.P.G., Vol. 10, No. 2, 1927
- 9) 三川 逸郎：千葉県大多喜町附近の天然ガス及びこれらに伴う地下水の地化学的研究，日本鉱業会誌，Vol. 49, No. 4, 1933
- 10) 三川 逸郎：千葉県大多喜町のガス井，石油技術協会誌，Vol. 1, No. 1, 1933
- 11) 三川 逸郎：天然瓦斯に就て，石油時報，6月号，10月号，11月号，1937
- 12) 三川 逸郎：天然瓦斯に就て，石油時報，3月号，5月号，1938
- 13) 三田 正一：千葉県の天然ガスに就いて，千葉県庁報告，1939
- 14) 千谷好之助：本邦に於ける天然ガス資源，燃料協会誌，Vol. 19, No. 215, 1940
- 15) 片山勝：長野県下天然ガス其の他鉱産地質調査報文，地質調査所資料，1940
- 16) 近藤信興・平塚隆治：静岡県焼津附近天然ガス調査報告，地質調査所資料，1940
- 17) 韭崎文雄，吉沢善吉：八幡油田産出の天然瓦斯及びガソリンの分析，石油技術協会誌，Vol. 8, No. 2, 1940
- 18) 金原 均二：油田地化学探鉱調査報告，地質調査所資料，1941
- 19) 兼子 勝：山形県山形盆地最上川沿岸に於ける天然ガス概査報文，地質調査所資料，1941
- 20) 兼子勝・斉藤一雄：滋賀県下天然ガス調査報告，地質調査所，地質調査所資料，1941
- 21) 兼子 勝：滋賀県琵琶湖北岸天然ガスについて，地質調査所輯報，No. 1, 1942
- 22) 兼子勝・阿部道起：千葉県茂原町における微量ガス分析計による地化学的探鉱調査試験について，石油技術協会誌，Vol. 10, No. 1, 1942
- 23) 三川 逸郎：千葉県茂原鉱山及び大多喜鉱山の現況に就いて，石油技術協会誌，Vol. 10, No. 3, 1942
- 24) 片山 勝：静岡県下天然ガス調査報文，地質調査所資料，1943
- 25) 松井 寛：鳥根・鳥取・福井・石川諸県下の天然ガス調査概報，地質調査所資料，1943
- 26) 井尻正二・山崎純夫・小川賢之輔・武藤勇：相良焼津間の天然ガス，石油技術協会誌，Vol. 12, No. 3, 1944
- 27) 石田与之助：山形県東村山郡蔵増村附近及酒田市天然ガス調査報告，地質調査所東北資，No. 7, MS, 1945
- 28) 藤原健一・斉藤一雄：群馬県磯部町附近炭酸ガス調査報文，地質調査所速報，No. 19, 1946
- 29) 舟山 裕士：山形県天童天然ガス調査報告，地質調査所資料，1948
- 30) 藤原 健一：長野県，犀川附近天然ガス調査報告，地質調査所資料，1948

- 31) 藤原健一・本島公司：静岡地方の天然瓦斯鉍床について，石油技術協会誌，Vol. 13, No. 4, 1948
- 32) 藤原健一・下河原達哉：瓦斯鉍床に対する地化学探査の新方法，石油技術協会誌，Vol. 13, No. 4, 1948
- 33) 伊田 一善：南九州の天然ガスと地質について，石油技術協会誌，Vol. 13, No. 4, 1948
- 34) 伊田 一善：宮崎県青島附近の天然ガス地質調査報告，地質調査所速報，No. 67, 1948
- 35) 石和田靖章：群馬県磯部附近の瓦斯鉍床，石油技術協会誌，Vol. 13, No. 4, 1948
- 36) 兼子 勝：本邦における天然瓦斯の分布，石油技術協会誌，Vol. 13, No. 4, 1948
- 37) 兼子勝・舟山裕士：山形盆地の天然ガスについて，石油技術協会誌，Vol. 13, No. 4, 1948
- 38) 兼子勝・藤原健一：山梨県中巨摩郡天然ガス徴候調査報告，地質調査所資料，1948
- 39) 三川 逸郎：千葉県茂原町及大多喜附近の天然ガス，石油技術協会誌，Vol. 13, No. 4, 1948
- 40) 篠山 昌市：メタンの溶解曲線の一例，石油技術協会誌，Vol. 13, No. 4, 1948
- 41) 宗宮知行・荒木峻：天然瓦斯微量分析の二三の方法について，石油技術協会誌，Vol. 13, No. 4, 1948
- 42) 帝石開彦部：新潟ガス田について，石油技術協会誌，Vol. 13, No. 4, 1948
- 43) 藤岡一男・栗原浩三郎・三河内謙爾：青森県津軽平野の天然ガス，秋田大学地下資源開発研究所報告，No. 2, 1949
- 44) 金原均二外9名：千葉県茂原町附近の天然ガス（千葉県下の天然ガス，特別号その1），石油技術協会誌，Vol. 14, No. 6, 1949
- 45) 兼子 勝：本邦の天然ガスについて，地学雑誌，Vol. 58, No. 3, 1949
- 46) 兼子勝・本島公司・小野暎・上野道文：焰長による天然瓦斯量測定の予備実験に就いて，石油技術協会誌，Vol. 14, No. 4, 1949
- 47) 本島 公司：福井県三方郡八村天然ガス調査報告，地質調査所速報，No. 81, 1949
- 48) 本島 公司：福井県九頭竜川沿岸天然ガス調査報告，地質調査所速報，No. 82, 1949
- 49) 本島 公司：福井県九頭竜川北岸の地質概査報告，地質調査所速報，No. 86, 1949
- 50) 大阪府商工部：大阪天然ガス調査報告書，1949
- 51) 滋 賀 県：地下資源調査報告会資料，1949
- 52) 下河原達哉：ガス鉍床の携帯用地化学探査の新装置，石油技術協会誌，Vol. 14, No. 4, 1949
- 53) 下河原達哉：静岡県志太郡天然ガス化学探鉍調査，地質調査所速報，No. 73, 1949
- 54) 下河原達哉・高田康秀：大阪市附近天然ガス地化学探鉍調査報告，地質調査所速報，No. 97, 1949
- 55) 山根新次・山口謙次：箆川平野における天然ガス調査報告書，島根県，1949
- 56) 藤岡一男外6名：青森県津軽平野の天然ガス，秋田大学地下資源開発研究所報告，No. 4, 1950
- 57) 伊田一善・篠山昌市・斉藤一雄・加藤甲壬：鹿児島県敷根天然ガス地質調査報告，地質調査所月報，Vol. 1, No. 2, 1950
- 58) 石和田靖章：大阪市天然ガス，地質調査所燃料調査ニュース，No. 28, 1950
- 59) 金原均二・小野暎・本島公司：静岡県三島市附近の天然ガス，石油技術協会誌，Vol. 15, No. 5, 1950
- 60) 金原均二・小野暎・本島公司・石和田靖章：東京都内より天然ガス産出の可能性，地質調査所燃料調査ニュース，No. 27, 1950
- 61) 金原均二外5名：熊本県緑川白川川口附近天然ガス調査概報，地質調査所資料，1950
- 62) 兼子 勝：天然ガス資源とその鉍床，工業技術月報，Vol. 2, No. 2, 1950

- 63) 兼子 勝：我が国におけるメタンガス資源に就いて，燃料協会誌，Vol. 29, No. 292, 1950
- 64) Kaneko, K. : Inflammable Natural Gas as the Resources of Motive Power in Japan, 万国動力会議提出論文, 1950
- 65) 兼子勝・小野暎・安国昇：石川県天然ガス調査報告，石川県，1950
- 66) 兼子勝・小野暎・安国昇：河北潟天然ガス調査報告，石油技術協会誌，Vol. 15, No. 1, 1950
- 67) 河井興三・内尾高保・上野道文・保月光五郎：千葉県大多喜町附近の天然ガス（千葉県下の天然ガス特別号その2）石油技術協会誌，Vol. 15, No.4, 1950
- 68) 牧野登喜男・牧真一：静岡県清水市内の天然ガス調査報告，地質調査所月報，Vol. 1, No. 5, 1950
- 69) 本島 公司：名古屋市西方地域の天然ガス，石油技術協会誌，Vol. 15, No.5, 1950
- 70) 本島 公司：可燃性天然ガスを主とした本邦産天然ガスの三角座標法による標示について，石油技術協会誌，Vol. 15, No. 1, 1950
- 71) 本島公司・牧野登喜男：静岡県清水市内の天然ガス，地質調査所燃料調査ニュース，No. 29, 1950
- 72) 村上 政嗣：大阪の天然ガスについて，地質（第1号），地下資源協会，1950
- 73) 大阪府商工部：大阪府天然ガス調査総合報告書，1950
- 74) 田久保実太郎・鶴飼保郎・池田周作：射水郡本江村及海老江村地域の天然瓦斯鉱床物理探査報告，昭和25年度地下資源調査報告書，富山県，1950
- 75) 地質調査所大阪支所：大阪天然ガス第二次調査速報，地質調査所月報，Vol. 2, No. 1, 1951
- 76) 藤原健一・下河原達哉・高山康秀：静岡県清水附近天然ガス鉱床地化学探査調査報告，地質調査所月報，Vol. 2, No. 2, 1951
- 77) 舟山 裕士：岩手県柴波郡煙山村天然瓦斯調査報告，地質調査所月報，Vol. 2, No. 1, 1951
- 78) 伊田 一善：静岡県袋井の天然ガス予察報告，地質調査所月報，Vol. 2, No.11, 1951
- 79) 伊田 一善・篠山昌市：宮崎県加久藤天然ガス地質調査報告，地質調査所月報，Vol. 2, No. 3, 1951
- 80) 飯塚赴・今岡榮一：出雲市北西部天然ガス調査報告，騰写出版，島根県，1951
- 81) 石和田靖章：本邦の油田・ガス田における有孔虫化石の応用について，石油技術協会誌，Vol. 16, No. 6, 1951
- 82) 石和田靖章：佐渡島新潟交通 K3 号調査報告，地質調査所資料，1951
- 83) 兼子勝・本島公司：山形ガス田の自噴井における化学成分の変動，石油技術協会誌，Vol. 16, No. 4, 1951
- 84) 兼子勝外10名：石狩国空知郡幌向村附近天然瓦斯調査報告，北海道地下資源調査報告，No. 4, 1951
- 85) 兼子勝外7名：山形市附近天然ガス調査速報，地質調査所月報，Vol.2, No.3, 1951
- 86) 兼子勝外7名：山形市附近天然ガス調査報告，地質調査所および山形県資料，1951
- 87) 兼子勝外18名：新潟市西蒲原郡及中蒲原平野天然ガス調査報告，地化学編，新潟県，1951
- 88) 河井 興三：千葉県茂原ガス田西方地域の地質及天然ガス，石油技術協会誌，Vol. 16, No. 3, 1951
- 89) 河井 興三：茂原ガス田の地下地質調査に適用せる重鉱物分析について，石油技術協会誌，Vol. 16, No. 5, 1951
- 90) 経済安定本部外：日本の燃料地下資源，商工会館出版部，1951
- 91) 清島 信之：琵琶湖周辺天然ガス調査報告，地質調査所大阪支所資料，1951

- 92) 本島 公司：北海道長万部町附近の天然ガス，石油技術協会誌，Vol. 16, No. 2, 1951
- 93) 本島公司・品田芳二郎・下河原達哉・島田信位：山雲市北東部天然ガス調査報告，騰写出版，島根県，1951
- 94) 埼玉県地下資源調査研究会：埼玉県下に於ける天然ガス資源の調査報告書，騰写印刷，1951
- 95) 齊藤昌之外5名：石狩低地帯天然瓦斯予察調査報告，北海道地下資源調査報告，No. 3, 1951
- 96) 品田芳二郎・高田康秀：千葉県国吉町附近の鹹水沃度調査，石油技術協会誌，Vol. 16, No. 6, 1951
- 97) 篠山昌市・野口祐三：焼津附近のガス鉱床について，石油技術協会誌，Vol. 16, No. 3, 1951
- 98) 植村癸巳男：埼玉県の天然ガス，日本天然ガス協会会報，No. 42, 1951-7
- 99) 安国 昇：山形県庄内平野の天然ガス調査報告，地質調査所資料，1951
- 100) 安国昇・前田憲二郎：富山県射水郡天然ガス概査報告，地質調査所資料，1951
- 101) 安国昇・前田憲二郎：宮城県桃生郡天然ガス調査報告，地質調査所および宮城県資料，1951
- 102) 秋田県鉱務課：秋田象潟地区に於ける天然瓦斯について，1952
- 103) 淵田 隆門：千葉県茂原ガス田におけるガンマ線探鉱法による潜在断層の探査，石油技術協会誌，Vol. 17, No. 1, 1952
- 104) 舟越 竜：酒田市附近の天然ガス及びその利用価値について，石油技術協会誌，Vol. 17, No. 6, 1952
- 105) 伊田 一善：静岡県藤枝町天然ガス地質調査報告，地質調査所月報，Vol. 3, No. 4 ~5, 1952
- 106) 石和田靖章・品田芳二郎・高田康秀：静岡県気賀町の天然ガスについて，地質調査所月報，Vol. 3, No. 12, 1952
- 107) 金原 均二：東京ガス田について，石油技術協会誌，Vol. 17, No. 3, 1952
- 108) 河井 興三：茂原ガス田西方周辺地域の地質及天然ガス，石油技術協会誌，Vol. 17, No. 1, 1952
- 109) 河井興三・保月光五郎：天然ガス試掘井のコアー試験—川崎R1号井についての1例—，石油技術協会誌，Vol. 17, No. 3, 1952
- 110) 久保田敬介：茂原ガス田の特性，石油技術協会誌，Vol. 17, No. 1, 1952
- 111) 丸里尚一・本島公司：簗川平野天然ガス試掘井R-3調査報告，地質調査所，MS, 1952
- 112) 本島公司：天然ガスに関する二、三の問題，石油技術協会誌，Vol. 17, No. 2, 1952
- 113) 本島公司・石和田靖章・牧野登喜男：諏訪湖天然ガス鉱床予察速報，地質調査所月報，Vol. 3, No. 12, 1952
- 114) 本島公司・牧野登喜男・牧真一・望月常一：北海道岩見沢幌向附近天然瓦斯調査報告—特に地化学的解析について—，地質調査所，MS, 1952
- 115) 本島公司外6名：東京都内天然ガス地化学調査報告，地質調査所，MS, 1952
- 116) 村井 勇：茂原町及大多喜町附近に於ける天然ガス鉱床と地質構造との関係—特に節理系及び断層系との関係について—，石油技術協会誌，Vol. 17, No. 1, 1952
- 117) 中村久由・大和栄次郎：岡谷市下浜沖弁天釜附近調査報告，地質調査所月報，Vol. 3, No. 12, 1952
- 118) 大山 桂：茂原・鶴舞間の長南・笠森累層の貝化石群集，石油技術協会誌，Vol. 17, No. 1, 1952
- 119) 品田芳二郎：千葉県国吉町附近の地質及び鹹水沃度調査，地質調査所月報，Vol. 3, No. 1, 1952

- 120) 品田芳二郎：千葉県国吉町附近の地質および鹹水沃度調査報告，地質調査所月報，Vol. 3, No. 4~5, 1952
- 121) 島田忠夫・牧野登喜男・牧真一：茨城県新利根川流域天然ガス調査報告，地質調査所月報，Vol. 3, No. 6, 1952
- 122) 杉山 友紀：千葉県市川地方重力探鉱調査報告，地質調査所月報，Vol. 3, No. 4~5, 1952
- 123) 東京都：東京天然ガス調査報告，1952
- 124) 内尾 高保：千葉県茂原町西方の天然ガス地質，石油技術協会誌，Vol. 17, No. 1, 1952
- 125) 上野直文・保月光五郎・西芦谷良雄・長岡重孝：茂原ガス田の地下構造，石油技術協会誌，Vol. 17, No. 1, 1952
- 126) 安国昇・高田康秀・磯野清・金子博裕：庄内平野北部天然ガス調査報告，地質調査所資料，1952
- 127) 石和田靖章：山形県試掘酒田1号井調査資料，地質調査所資料，1953
- 128) 石和田靖章・品田芳二郎：新潟 R-61 号井試掘調査報告，地質調査所資料，1953
- 129) 石和田靖章・品田芳二郎：東京ガス田江戸川試掘井におけるコア試験について，石油技術協会誌，Vol. 18, No. 1, 1953
- 130) 石和田靖章・牧野登喜男・安国昇：千葉県における天然ガス試掘井のコア試験について，石油技術協会誌，Vol. 18, No. 2, 1953
- 131) 加来 一郎：諏訪市上諏訪 R-1 号井内電気探査報告，地質調査所月報，Vol. 4, No. 9, 1953
- 132) 兼子 勝：最近の探鉱成果——天然ガス地区，石油技術協会誌，Vol. 18, No. 4, 1953
- 133) 兼子勝・本島公司・牧野登喜男・安国昇：本邦第四紀天然ガス鉱床の地球化学—第1報総論—，地質調査所月報，Vol. 4, No. 1, 1953
- 134) 小林 進：新潟ガス田，石油技術協会誌，Vol. 18, No. 3, 1953
- 135) 九里尚一・本島公司：篠川平野天然ガス試掘井（R-3）調査報告，地質調査所月報，Vol. 4, No. 3, 1953
- 136) 牧山鶴彦外5名：新潟ガス田における水の流動と地下構造との関係，石油技術協会誌，Vol. 18, No. 3, 1953
- 137) 本島 公司：最近の探鉱成果——地化学調査，石油技術協会誌，Vol. 18, No. 4, 1953
- 138) 本島 公司：坑口ガスと溶存ガスとの組成について，地質調査所月報，Vol. 4, No. 5, 1953
- 139) 本島公司・品田芳二郎・牧真一：諏訪湖天然ガス鉱床調査報告，地質調査所月報，Vol. 4, No. 9, 1953
- 140) 本島公司・安国昇：青森市内天然ガス調査報告，地質調査所資料，1953
- 141) 本島公司外5名：東京ガス田の地球化学的調査について，石油技術協会誌，Vol. 18, No. 5, 1953
- 142) 本島公司外9名：石狩国岩見沢市幌向附近天然ガス調査報告，北海道地下資源調査報告，1953-3
- 143) 新潟 県：天然ガス調査報告—北蒲原平野—，1953
- 144) 島田 忠夫：北海道帯広地区止若および千代田の天然ガス予察報告，地質調査所月報，Vol. 4, No. 10, 1953
- 145) 島田忠夫・矢崎清貫・伊藤聰：網走市天然ガス調査概報，網走市，1953
- 146) 島田忠夫・矢崎清貫・松井公平：北海道長万部地方天然ガス概査報告，石油技術協会誌，Vol. 18, No. 5, 1953
- 147) 田辺 嘉幸：天然ガスの処理，石油技術協会誌，Vol. 18, No. 4, 1953

- 148) 田中 正三：ガスを溶解する水の流動に関する一考察，石油技術協会誌，Vol. 18，No. 6，1953
- 149) 東京都：東京都天然ガス調査報告，1953
- 150) 舟越 竜：都市瓦斯を目的とする浅層天然瓦斯の開発とその供給方法について，石油技術協会誌，Vol. 19，No. 6，1954
- 151) 市川 渡：諏訪湖堆積物中の化石珪藻について，石油技術協会誌，Vol. 19，No. 5，1954
- 152) 伊田 一善：宮崎・青島間天然ガス調査報告，地質調査所月報，Vol. 5，No. 2，1954
- 153) 伊田一善・本島公司・牧真一・三梨昂：焼津ガス田附近の地質学的地球化学的調査報告，地質調査所資料，1954
- 154) 石和田靖章・牧真一・品田芳二郎・影山邦夫：新潟ガス田新潟地区地化学調査報告，地質調査所資料，1954
- 155) 河井興三・石和田靖章：天然ガス鉱床の地化学的研究におけるコアの利用，石油技術協会誌，Vol. 19，No. 6，1954
- 156) 本島 公司：岩手県盛岡市外煙山ガス田について，地質調査所月報，Vol. 5，No. 5，1954
- 157) 本島公司・牧野登喜男・安国昇・斉藤仁：北海道十勝国池田町字千代田附近の天然ガス，石油技術協会誌，Vol. 19，No. 4，1954
- 158) 本島公司・品田芳二郎：山形市附近天然ガス地化学調査報告，地質調査所報告，No. 161，1954
- 159) 新潟 県：新潟地区天然瓦斯鉱床の調査研究，1953
- 160) 品田芳二郎：千葉県国吉町における民家井の水位低下およびガス徴について，地質調査所月報，Vol. 5，No. 10，1954
- 161) 東京都：東京天然ガス調査報告，1954
- 162) 矢崎 清貫：北海道新幌内坑における坑内ガスに関する考察，石油技術協会誌，Vol. 19，No. 1，1954
- 163) 秋田県鉱務課：金浦町の天然ガス試掘の結果について，天然瓦斯協会誌，No. 84，1955
- 164) 北海道：千歳町字長都天然ガス第6号井コア試験について，北海道地下資源調査所所蔵資料，1955-3
- 165) 伊田 一善：焼津ガス田，石油技術協会誌，Vol. 20，No. 1，1955
- 166) 伊田 一善：新潟ガス田の地質，地質調査所月報，Vol. 6，No. 6，1955
- 167) 井島信五郎：野尻湖附近天然ガス地域の地質について，石油技術協会誌，Vol. 6，No. 5，1955
- 168) 石和田靖章・品田芳二郎：房総東岸の鹹水ヨードの産状について，地質調査所資料，1955
- 169) 神奈川県：神奈川県下の天然ガス地下資源，1955
- 170) 本島 公司：野尻湖畔ガス試掘のコア試験，石油技術協会誌，Vol. 20，No. 5，1955
- 171) 本島公司・伊田一善・牧野登喜男・三梨昂：静岡県庵原郡高部村附近天然ガス調査報告，地質調査所報告，No. 166，1955
- 172) 本島公司・牧野登喜男・牧真一：長野県諏訪湖北岸天然ガス調査報告，地質調査所月報，Vol. 6，No. 5，1955
- 173) 本島公司・石和田靖章・安国昇・遠藤昭二・影山邦夫：長野県小諸附近の天然ガス，石油技術協会誌，Vol. 20，No. 3，1955
- 174) 本島公司・矢崎清貫・加来一郎・堀川義夫・畑瀬安彦：長野県岡谷市天然ガス試掘井調査報告，地質調査所月報，Vol. 6，No. 7，1955
- 175) 本島公司・品田芳二郎：長野県諏訪ガス田におけるコア試験，地質調査所月報，Vol. 6，No. 7，1955

- 176) 本島公司外 7 名：新潟油田の地化学的予察報告，地質調査所月報，Vol. 6, No. 2, 1955
- 177) 新潟県：天然ガス調査報告—北蒲原平野西部地域—第二次地化学調査，1955
- 178) 島田 忠夫：北海道長万部町天然ガス試掘井の成功について，天然瓦斯協会会報，No. 88, 1955
- 179) 島田忠夫・矢崎清賢・狛武：北海道長万部町における天然ガス試掘井（長万部 R-1 号）のコア試験およびリフト試験，石油技術協会誌，Vol. 20, No. 5, 1955
- 180) 帝石山形鉱業所：陸内油田及象潟瓦斯田に就いて，石油技術協会総会案内書，1955
- 181) 安国 昇：青森市内天然ガス調査報告書，地質調査所，MS, 1955
- 182) 安国昇・遠藤昭二：野尻湖附近天然ガス地域の地質について，石油技術協会誌，Vol. 20, No. 5, 1955
- 183) 伊田 善・本島公司・安国昇：宮崎県小林市附近天然ガス調査報告，地質調査所報告，No. 168, 1956

Natural Gas Accumulation in Japan

By

Katsu KANEKO

Abstract

This summary deals principally with the geology of natural gas contained in the subsurface-waters in Japan.

Natural gas has been used as fuel in Japan for many years. After World War II, it became, in addition, an important raw material for the chemical industry and now large-scale exploitation prevails on Japan. Among the many gas fields in Japan, the two largest producers, Niigata and Southern Kwantō gas fields, may be cited as typical of this exploitation. The Niigata field covers 600 square kilometers, and its reserves reach 2×10^{10} cubic meters, while Southern Kwantō covers 2,400 square kilometers and has reserves of 9×10^{10} cubic meters.

The principal report, this summary has been written in the following chapters and topics:

- I. Distribution of natural gas accumulations in Japan
- II. Description of each of 23 actual or potential gas-producing fields in Japan
- III. Geology of natural gas accumulation
 1. Gas reservoir, cap rock, and source beds
 2. Geologic age and sedimentary environment of gas-bearing formation
 3. Gas-water ratio, gas composition, and associated subsurface-water
 4. Processes of formation and dilapidation of gas accumulations

Summary of conclusions

List of references

In Japan, natural gas occurs in about 36 areas widely scattered from Hokkaidō to Kyūshū, with the exception of Shikoku. These natural gas areas in Japan may be broadly grouped as follows:

- 1) Gas field: actual production area from which gas is obtained economically. Includes 14 areas.
- 2) Gas-producing area: development not economically at present. Includes 9 areas.
- 3) Gas indication area: no commercial production expected.

The 14 gas fields of the first group are: Ishikari plain, Ikeda, Oshamambe, Kisagata, Sakata, Kemuyama, Yamagata, Niigata, Imizu, Kahokugata, Southern Kwantō, Lake Suwa, Shimizu, and Yaizu.

The 9 gas-producing areas of the second group are: Aomori-shi, Tsugaru plain, Lake Biwa, Osaka, Hikawa plain, Kumamoto plain, Miyazaki, Kakutō, and Shikine.

The occurrence of natural gas accumulations in Japan is restricted to marine or lake sediments of later Tertiary or Quaternary age, consisting of gravel, sand, and clay. The gas is dissolved in subsurface-waters of

the lower parts of sedimentary basins which are being protected from the invasion of meteoric water. The main constituents of the gas are CH_4 , CO_2 , and N_2 , produced through the disintegration of organic matter in the sediments. The proportion of these three chemical components is a good indicator for the potentiality of gas production. The subsurface-water in which the gas is dissolved is under reducing condition and, for instance, Cl^- , HCO_3^- , total CO_2 , NH_4^+ , and KMnO_4 consumption are characteristic. The quantity of these is available for the interpretation of the sedimentary environment of the gas-bearing formations, so that, utilizing the variation in their proportions, we can know at what stage of formation or dilapidation of the gas accumulation exists.

Reservoir, cap rock, and source beds. — Most of the reservoirs of natural gas are found in sand and gravel with high porosity and permeability. Because reservoir pressures of gas accumulation are low, as compared with oil reservoirs, good gas reservoirs do not occur in formations with low porosity and permeability or in formations where diagenesis is well advanced. Accordingly, in Japan, we cannot find good gas accumulations in older formations.

The existence of gas accumulations is limited in vertical distribution. In Quaternary reservoirs, the limits of gas accumulation are from 40 to 100 meters, and at lower depths, gas production falls off sharply. Where the water contained in Quaternary reservoirs is saturated with gas, the reserves may generally be estimated as 2×10^6 cubic meters of gas per square kilometer.

As the water in which gas is dissolved is migrated toward the lower parts as the form of the gravity flow, gas accumulations generally occur in the lower parts of major structures, that is synclines or the down-dip extremity of monoclines. In the Shimizu and Yaizu gas fields accumulations occur in a fault-brecciated zone in Miocene mudstone or an alluvial basal gravel bed unconformably overlying the Miocene formations. Gas of the Mobara field, in the southern Kwantō plain, is found in a fault trap.

Although the character of the cap rock is not so great factor in gas reservoirs of this type as in oil reservoirs, it is, nevertheless, important in preserving high-potential gas accumulations area, where the reservoir pressure is relatively high and the gas-water ratio is higher than theoretical saturation.

Additional research is needed especially in the chemistry of organic matter in source beds, such as mud, coal, coaly clay, etc. Organic clays in terrigenous sediments, as well as marine muds, constitute source beds.

Environment. — Most of the marine deposits containing gas are neritic to bathyal sediments, and all such deposits should be investigated as being potential producers. Although sediments deposited in a brackish environment during either transgression or regression of the sea may produce gas, the deposits of regressive stages are generally the more productive. Fresh-water sediments with gas accumulations mostly belong to old lake deposits. The gas fields of Lake Suwa, Lake Biwa, and Kakutō are examples of this deposit.

Gas-water. — In deposits of marine or brackish environment, the gas potential depends on the chlorine content of the gas-water (subsurface

water associated with gas), or more specifically, the difference between the measured gas-water ratio and theoretical gas saturation is proportional to the chlorine content. When subsurface-water containing dissolved gas under reducing condition is invaded by meteoric water, oxidation takes place, and, as a result, the gas accumulation is dilapidated, while the subsurface-water becomes free of gas.

Processes of formation and dilapidation of gas accumulations. —

Almost immediately after the fine clastic sediments containing organic matter have been deposited, biochemical processes begin to generate natural gas. The gas generated during the progress of diagenesis dissolves into the subsurface-water, and can migrate to reservoirs having favourable porosity and permeability. However, at the same time, meteoric water can invade into the gas accumulation from the direction of up-dip, and the gas accumulation is dilapidated from the surroundings. Processes of formation and dilapidation of gas accumulations are carried out in unstable equilibrium, and the gas accumulation remains only in the lower parts of the structure where the water persists in a reducing condition.

These factors lead to the following conclusions as regards the occurrence of natural gas accumulations in Japan and to the suggestions for future prospecting. Detailed studies of the paleogeography of Japan from late Pliocene through Quaternary times should be made. Because the natural gas accumulations are restricted to marine and lake sediments of those ages. The most productive accumulations occur in large sedimentary basins where thick sediments were laid down continuously during those ages.

The search for additional productive gas fields would be greatly aided, if additional information on the geochemistry of gas and gas-water and the formation and dilapidation of gas accumulations could be acquired, and accordingly, additional basic research in these field is recommended.

The Geological Survey of Japan has published in the past several kinds of reports such as the Memorirs, the Bulletin, and the Report of the Geological Survey.

Hereafter all reports will be published exclusively in the Report of the Geological Survey of Japan. The Report will be consecutive to the numbers of the Report of the Imperial Geological Survey of Japan hitherto published. As a general rule each issue of the Report will have one number, and for convenience's sake, the following classification according to the field of interest will be indicated on each Report.

- | | | |
|------------------------------|---|---|
| A. Geology & allied sciences | } | a. Geology
b. Petrology and Mineralogy
c. Palaeontology
d. Volcanology
e. Geophysics
f. Geochemistry |
| B. Applied geology | } | a. Ore deposits
b. Coal
c. Petroleum and Natural Gas
d. Underground water
e. Agricultural geology
Engineering geology
f. Physical prospecting
Chemical prospectng & Boring |
| C. Miscellaneous | | |
| D. Annual Report of Progress | | |

Note: In addition to the regularly printed Reports, the Geological Suavey is newly going to circulate "Bulletin of the Geological Survey of Japan," which will be published monthly commencing in July 1950.

本所刊行の報文類の種目には従来地質要報・地質調査所報告等があつたが、今後はすべて刊行する報文は地質調査所報告に収めることとし、その番号は従来の地質調査所報告を追つて附けることにする。そして報告は1報文につき報告1冊を原則とし、その分類の便宜のために、次の如くアルファベットによる略号を附けることにする。

- | | | | |
|---|-------------------|---|--|
| A | 地質およびその基礎科学に関するもの | } | <ul style="list-style-type: none">a. 地質b. 岩石・鉱物c. 古生物d. 火山・温泉e. 地球物理f. 地球化学 |
| B | 応用地質に関するもの | } | <ul style="list-style-type: none">a. 鉱床b. 石炭c. 石油・天然ガスd. 地下水e. 農林地質・土木地質f. 物理探鉱・化学探鉱および試錐 |
| C | その他 | | |
| D | 事業報告 | | |

なお刊行する報文以外に、当分の間報文を謄写して配布したものに地下資源調査所速報があつたが、今後は地質調査所月報として第1号より刊行する。

昭和 31 年 11 月 20 日印刷

昭和 31 年 11 月 25 日発行

著作権所有 工業技術院
地質調査所

印刷者 田 中 春 美

印刷所 田中幸和堂印刷所



REPORT No. 169
GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN
Katsu KANERO, Director

NATURAL GAS ACCUMULATION
IN
JAPAN

by

Katsu KANEKO

GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN
Hisamoto-chō, Kawasaki-shi, Japan
1956