

1960-11

表紙の写真

電気石花崗岩 四国路⑨ (5万分の1 柏島)

- ① 構造性ガス..... 2
- ② わが国の鉱産資源.....10
- ③ 太平洋臨海ベルト工業地帯のさく井適地.....14
- ④ 地すべり地に生きる人たち.....20

地質ニュース No.75

花崗岩は「みかげ石」とも称され わが国に広く分布している 粗粒の長石類・石英・黒雲母から構成されていて美しいために 石材などとして多方面に愛用されている 花崗岩の中で黒雲母のかわりに電気石の入ったものは 電気石花崗岩と呼ばれ 珍しいものである これは西南日本外帯に時として認められる この写真は柏島で発見したものである(石)

Arist Photo 120mm 使用 FD 111

吉野 FS-3 コレクター

構造性ガス

1. ま え が き

ここ数年来 新潟県下を中心として 構造性ガスの探鉱の重要性を耳にすることが少なくない。しかし「構造性ガス」とは 今日広く慣用されているにもかかわらず 明確な定義を与えられた術語ではない。

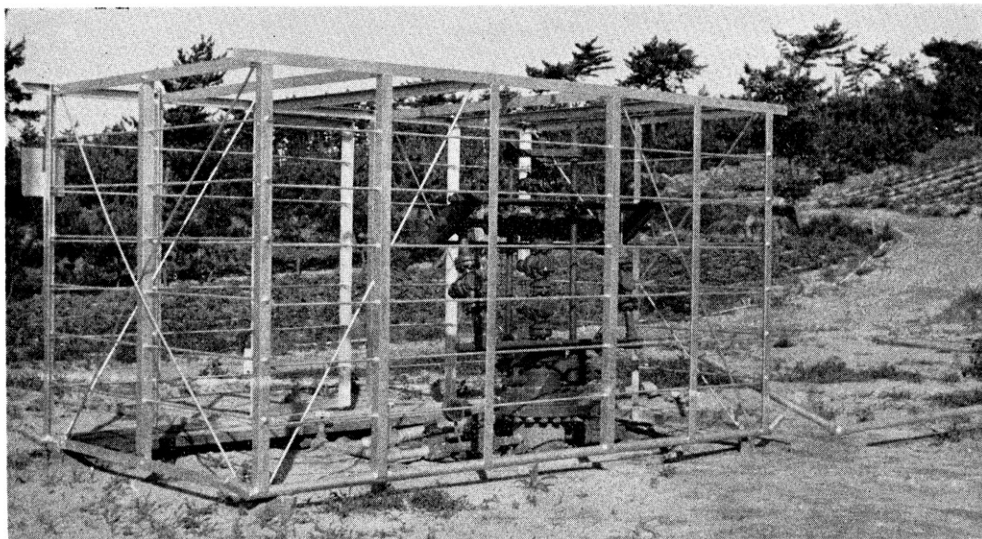
時には いわゆる石油系ガス田のガスをさし 時には structural trap から産する遊離ガスをさしている。そこで 話を進める便宜上 ここでは たとえば 背斜構造のような集積構造によって形成された structural trap をなす 遊離型ガス層 から産するガスを意味するものとして受取ることにしてしよう。したがって たんに石油系ガス田の場合のみならず 水溶性ガス田の一部に存在する集積構造によって形成された 遊離型ガス層から

の産出ガスも包含して考えることとする。

構造性ガス探鉱の急務が 説かれるようになったのは 新潟地区の地盤沈下も深く関係している。ここでは詳説しないが 各種のデータから水溶性ガス層からの大量・急速な揚水が沈下の主要原因と推測され ガス採取に相ついで制約を課されるに至っている。

そこで 揚水せずに採取しうる天然ガス源として 構造性ガスが 世人の注目のまとなったのである。すなわち 最も普通に遊離型ガス層を形成するものとして structural trap が取上げられたのである。

さて ここでガス層の型について述べてみよう。ガス層はガスの存在状態にしたがって水溶性 油溶性および遊離型に3大別される。



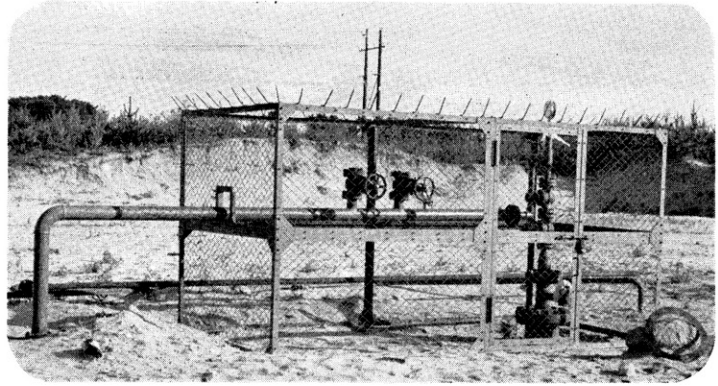
←東新潟ガス田1,440 m 層 発見井 (石油資源開発KK東新潟SK-1)

水 溶 型 はガスがガス層内で水に溶解しているものをさし 普通の水溶性ガス田はこれを稼行している 油田の端水や底水は やはりこの型のガス層をなしているが わが国では種々の理由から稼行していない

油 溶 型 はガスが 油に溶解しているものでつまり油田の油層にほかならない 油は水に比べて著しく多量のガスを溶解するから 相当の油層圧力を保持している油田は 良好なガス供給源となる 秋田県下の八橋油田 新潟県下の見附油田はその好例である

遊 離 型 はガスが遊離状態としてガス層内にあるものをいう ここにいう構造性ガスはこの型のガス層を対象としたものであるが 油田の gas-cap gas もまた この型のガス層である もっとも 後者の場合十分に稼行しうる油層のあるとき 排油エネルギーの損耗をさけるなどの理由から 原則としてはガスの採取を行わない

以上はガス層の定義的区分であるが 実際には前記3型とも相互に漸移的性格を有し ガス層内の水・油・ガスの飽和率を考慮して定義しがたいために いずれの型とも決めがたい場合がある。 一般には実際の産状も考慮に入れて常識的に判断するのであって たとえば ガス層内に水・ガスの2相があり 水飽和率がかなり高く



東新潟ガス田250m層の坑井(日本瓦斯化学工業KK R-11)

ても ほとんどガスのみ産出していれば 遊離型ガス層と称するのが通例である。

さて 構造性ガスという言葉は新しいが 実態は衆知のものである。 まれな例を除き 諸外国では水溶性ガスなどは稼行しないから ただ gas field といえば構造性ガス田あるいは stratigraphic trap を含む石油系ガス田を意味している。 わが国でも豊富(北海道)東新潟(新潟県)明治(新潟県)の諸ガス田は 構造性ガスなる言葉の生まれる前からよく知られている。

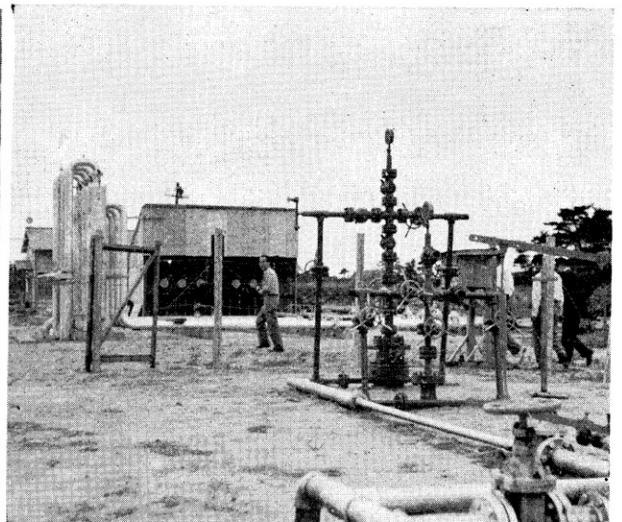
日本の石油史において 構造性ガス田の発見・開発が最近数年間に集中しているのは 過去の探鉱方針が石油を偏重し せっかく有力なガス層に逢着しても油層を発見しない時は放棄して 積極的なガス需要の拡大・開発進展の意欲を欠いていたことも1つの原因であった。

2. 遊離型ガス層の有利性

油溶型ガス層は油層であるから問題の外におき 水溶



東新潟ガス田250m層の坑井 最近水がついて休止井となった(日本瓦斯化学工業KK 松浜 M1-4'井)



東新潟ガス田北阿賀地区 背の高いクリスマスツリーは帝石北阿賀 R3(休止井) その手前のクリスマスツリー " R4(250m層)

型と遊離型とで比較してみる。ただし 遊離型であっても炭田ガスの場合は一応考慮外としておく。

(a) 遊離型ガス層は著しくガスを濃縮していること
端的に比較するため 多少非現実的であるが 次のごと
き仮設ガス層を考えてみよう。

ガスは純メタンとし ガス層圧力は100 気圧(ゲージ) 温度
(Tf) を50°C (323°K) 孔隙率(φ) を0.30とする

水 溶 型 ガ ス 層 の 場 合

水飽和率(σ_w) 1.00とする

ガス水比(R) は間隙水のCl⁻ を5g/lとし ガスを飽和
溶解していると2.0

ガス層1m³ 中の可採ガス量(available gas) をGとす
れば 容積法の計算(volumetric calculation)により

$$G = V \times \phi \times R \quad V: \text{ガス層容積}(1\text{m}^3)$$

$$= 0.60\text{Nm}^3$$

遊 離 型 ガ ス 層 の 場 合

ガス層の絶対圧力(P₀) 101 気圧

ガス層におけるメタンの圧縮係数(Z₀) 0.90

$$G = V \times \phi \times (1 - \sigma_w) \times \frac{273}{T_f} \times \left(\frac{P_0}{Z_0} - 1 \right)$$

$$= 28.2\text{Nm}^3$$

すなわち この場合完全な遊離型ガス層は 完全な水
溶性ガス層に比し47倍の可採ガス量を含むことになる。

(b) 産 出 能 力 の 優 劣

いずれの場合も 定常放射状流(steady-state radial
flow) をなして流体が中心にある坑井に流れこむとする

有効層厚(h) 絶対浸透率(k) 産出坑底圧力(P) な
どが等しいとすると 産出ガス量(Q) は

水 溶 型 ガ ス 層

$$Q = \frac{2\pi k h (P_0 - P)}{\log_e(re/rw)} \times R$$

水の粘性係数を1cp 容
積係数を1とする rw
は坑井半径 reは「排出
半径」(external bound-
ary までの半径)

遊 離 型 ガ ス 層

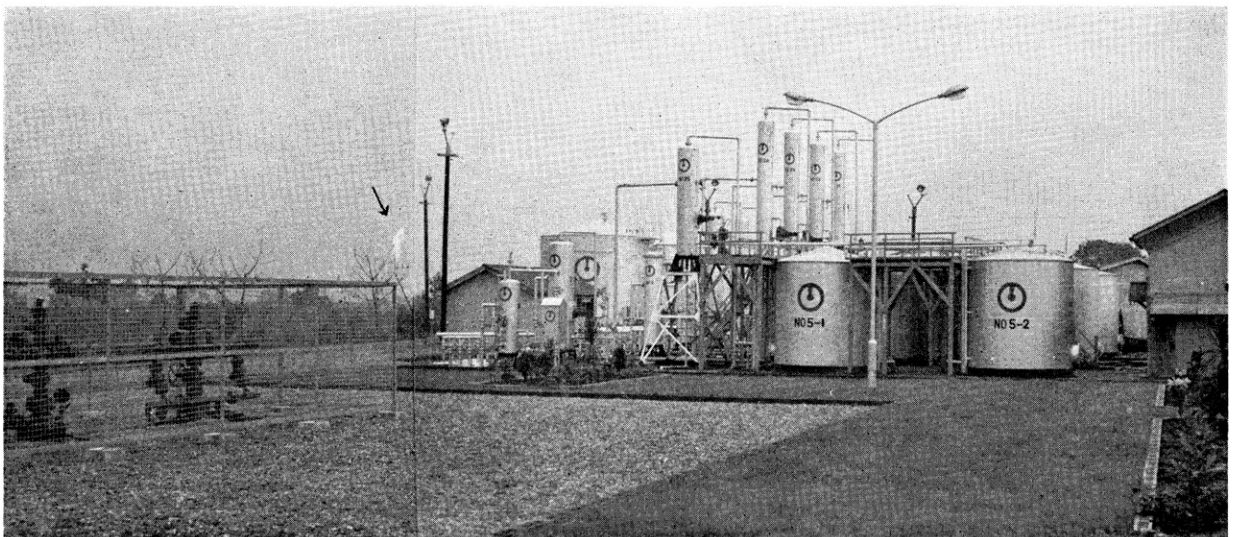
$$Q = \frac{2\pi k h (P_0 - P)}{2\mu z \log_e(re/rw)} \times \frac{273}{T_f}$$

すなわち 同じ産出条件のもとで水溶性ガス層に対す
る遊離型ガス層の産出量の割合は $\frac{(P_0 + P)}{2R\mu z} \times \frac{273}{T_f}$ 倍となり
前項の条件のほかガス層におけるメタンの粘性係数(μ)
を0.014cpとすれば 同一時間内に約3,350倍のガスを
産出しうることにする。

実際には液体飽和率0%のガス層はまずないであろう
し 坑井内の流れの抵抗なども無視した計算で 現実
にはこのような比較はなしがたいが 1坑井当りの産出ガ
ス量が遊離ガスの場合 著しく多い事実をよく説明して
いるであろう。また 水溶性ガス層としては揚水量貧
弱で稼行しえなくとも 遊離型ガス層としてなら稼行し
うる場合もあること 逆にいえば わが国の多くの石油
系ガス田のごとく一般に浸透率の小さいガス層では 遊
離ガスが採取された後に端水がつくと たとえ十分な溶
解ガスがあっても もはや稼行困難となることが容易に
想像されるであろう。

(c) 排 水 処 理 に つ い て

遊離型ガス層の開発は 排水を伴わぬ点に大きな恩恵
がある。地盤沈下に関しては ガス層の地質的条件あ



見 附 油 田 集 油 所 (中央左側の矢印の白い焔は余剰ガスの焼却)

るいは採取の技術的条件いかんによっては 一概には断じえないが 遊離型ガス層の場合 わが国の実際のガス田についてみるなら 一般により安全な条件を備えているとみられる。また 排水管の敷設 ガス・リフトに關するばう大な設備投資と維持費は 遊離ガス層に關しては考慮の必要がない。

(d) 遠距離輸送の利点

最近はかなり遠距離をパイプ・ラインでガス輸送することが珍しくなくなってきた。水溶型ガス層では溶解ガスをほぼ大気圧下で分離採取するため 遠距離輸送では圧縮機で昇圧せねばならない。しかし遊離型ガス層の場合は 高圧力でガスを産出するから 自噴圧力をもって輸送しうる利点がある。

なお このような場合には圧送圧力に応じて可採ガス量が変化する。産出井における坑口圧力と坑底圧力とは ガス比重・ガス圧縮係数等々の諸要素にしたがって差異はあるが 一応の目安を得るため 次のごときガス層で ガス層圧力が 50~1 気圧に減退するまでの可採量を比較してみる。

原始圧力(Po)	150 気圧(絶対)
温度(Tf)	63°C
孔隙率(φ)	0.33
ガス飽和率(σg)	0.56
有効層厚(h)	6 m
賦存面積(A)	4×10 ⁴ m ²

もし このガス層が採取にともない変形したり 温度

が変わったり あるいは周辺から水が浸入したりしない型に属するとする。ガス層圧力がPになるまでの産出量(ΔG NTP)は 物質収支法(material balance method)の計算により

$$\Delta G = \frac{(P_o/Z_o - P/z)}{P_o/Z_o} \times G_o$$

Goは総鉱量で $G_o = h \times A \times \phi \times \sigma_g \times \frac{P_o}{Z_o} \times \frac{273}{273 + T_f}$
 Zo Zはそれぞれ Po Tf および P Tf におけるガスの圧縮係数 ここではガスを純メタンとする

P (気圧)	ΔG (Nm ³)
50	408.2×10 ⁶
20	523.4×10 ⁶
1	600.6×10 ⁶

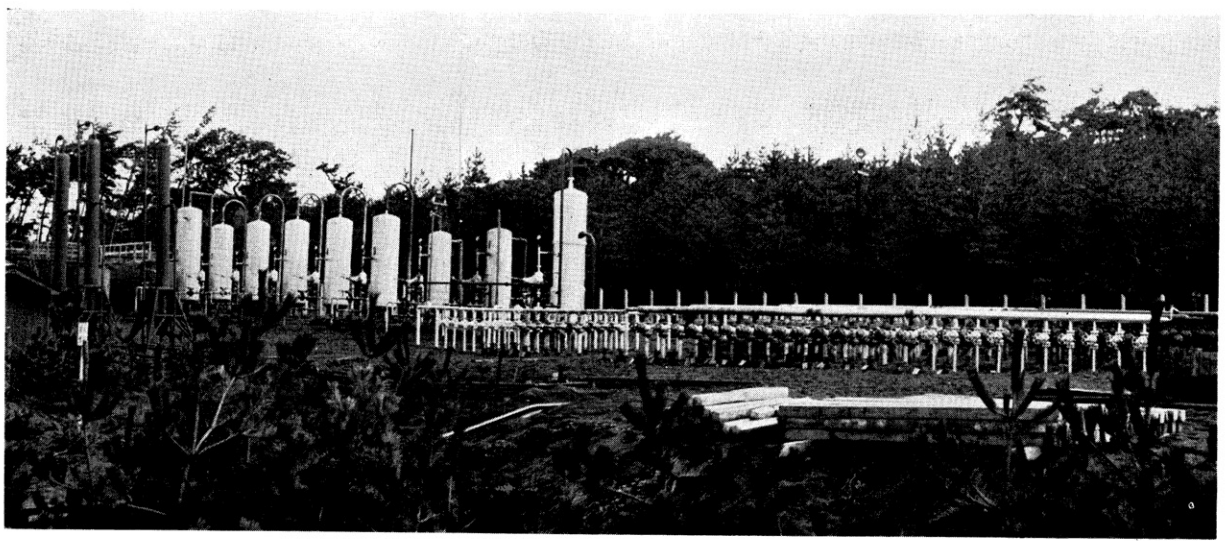
Po=150

以上において もし強い水押し型のガス層であるとするなら 正味浸入水量に応じた補正が必要であり その程度と採取速度に応じて可採率は向上する。

3. 構 造 性 ガ ス の 探 鉱

前述のごとく構造型ガスは 天然ガス供給源としてすぐれた性質を有している。ではなぜ今日まで日本の天然ガス生産の過半が水溶性ガスに占められ 構造型ガスが大きな地歩を占めなかったのであろうか。それには天然ガスに対する過去の評価と探鉱方針 賦存地域の経済地理的条件等も素因をなしているが 探鉱が水溶性ガスのごとく簡単にはいかないところに大きな原因がある。

探鉱方法については詳説しないが まず第1にガス賦存に好適 すなわち 地質的に可能性の大きい地域内において集積構造を探知することが必要である。



潟 町 地 区 集 油 所

集積構造は裏日本油田地帯のような褶曲地帯では背斜やドーム構造が最も普通である。しかしかかる褶曲地帯でないところでも関東地方の平原地域などは潜丘構造の存在を期待することも不可能ではないであろう。地表地質精査は山地のごとく地層の露出があれば効果的に行われるが平原部や海上では物理探査が構造探査に大きな威力を発揮する。

重力探査・地震探査は最も知られた方法であるが海上の場合弾性波探査の一種であるスパーカーも最近では使用されとくに浅部構造の解明に役立っている。

また物理探査に主力がおかれる場合であっても周辺の地質既存坑井による地下地質の情報は総合的解釈をなすのに重要な役割を演ずることを忘れてはならない。

かくして構造の形態と位置が推定されると通常は背斜・ドーム構造の極隆部付近に試掘が行われる。試掘は鉱床賦存の最下限の層位に到達する深度とかまたは層序学的知識を得る目的がしばしばあわせ考慮されるため第1井はかなり大深度となることがある。

いずれにしても高圧の油層・ガス層に逢着することを予期しているから試掘井の装備は水溶性ガスの場合に比して一般に大きくならざるを得ない。またガス層を適確に探知するため掘さくに伴ない各種の試験が行われる。泥水中のガスを自動的連続的に検査するパロイド・ロッキングをはじめ各種の電気検層 D. S. T. (drillstem test)・C. S. T. (core sample taker) の使用はその代表的なものである。

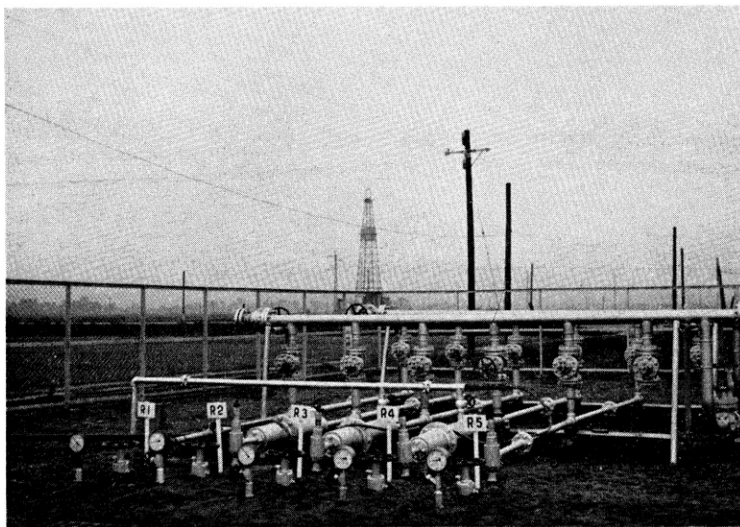
電気検層は水溶性ガス田において岩質の定性的判定対比および天水の浸入状況を知るのに重用されており油層や遊離型ガス層の場合は孔隙率水飽和率の定量的解析に重要な価値を有する。

D. S. T. C. S. T. も産出能力や鉱量を推定する基礎数値(油層・ガス層常数)を得るために電気検層と共に大切な役を演ずる。水溶性ガス田では「適当な長さ」に孔明管を挿入して坑井を仕上げるのが普通であるが遊離型ガス層では坑井内に水の浸入を防ぐため適確に当該層のみを仕上げるのが要求される。

そこでしばしばガンパー仕上げが行われるが正確な位置で弾丸を発射するためカラー・ロケーターを併用することもある。このように水溶性ガス田の試掘や採取井掘さくに比し多くの面で高度の技術を要するから探鉱～試掘に当って多額の費用を要する。

またわが国では一般に遊離型ガス層は水溶性ガス層に比べて立体的に著しく局限された空間に限定されるから試掘井の成功率が水溶性ガスにくらべて劣る。この成功率が低いほど企業全体としてガス・コストを上昇せしめることになる何故ならば鉱業の本質として不断の探鉱作業と共に企業が進展していくものだからである。

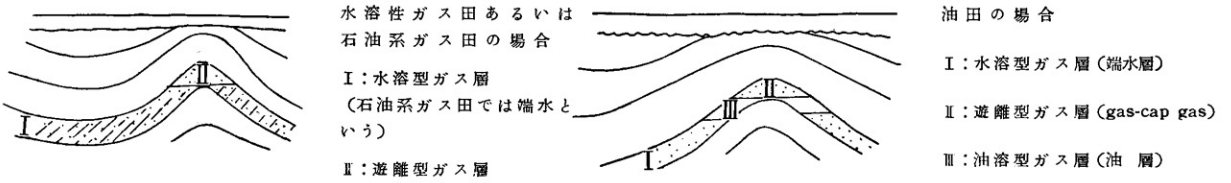
構造の探査から試掘成功までにすでに多くの投資を必要とするが現実に企業化するまでには予定される生産量が大きであるほどより正確に鉱量を把握する必要がある。そのためにはガス層の広がりや性状を知るため



西長岡ガス田(帝石長岡基地)



潟町海岸の人工島築造工事



に多くの探掘を実施しなければならない。

ガス鉱量計算には前に述べた通り容積法と物質収支法の2つがあるが 後者は相当量の生産実績がなければ計算できず また端水の浸入程度を知ることにはなかなかむずかしい。 いずれにせよ ある一層について極端に少ない坑井で鉱量計算を行うことは無理であって 試掘成功後企業化にいたるまでに その規模に応じて さらに投資を続けなければならない。 たとえば 新潟ガス田が比較的安易に急速な発展をとげたことと 大きな対照をなしているのである。

4. 構造的ガス田の現況

構造的ガス田は 北海道から秋田・山形・新潟にいたる油田地帯 さらに 北陸・長野・静岡・関東地方等にも将来なお発見される可能性がある。 しかし現存する著名なガス田は新潟県下に集中し かつ最近遊離型ガス層に逢着 成功した試掘井も同県下に多い。

次に主要なものについて概要を述べてみよう。

(1) 東新潟ガス田

新潟市の東部松浜地区にある。 この付近は新潟水溶性ガス田の一部で 600m 以浅の水溶性ガス層を稼行する坑井も多数ある。 これら浅層ガス層もゆるい隆起構造を示すが その一部に遊離型ガス層を保持している。

石油資源開発K Kが1959年この構造の深部に對し石油試掘を行ったところ(東新潟SK-1 深度3.036m)1.440mに遊離型ガス層を発見し 本格的に東新潟ガス田として発足することになった。

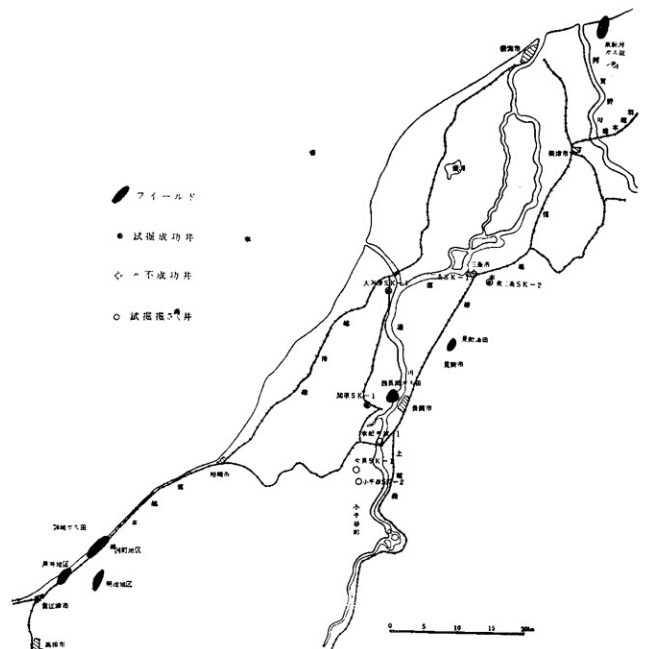
1.440m 層は西山階^{はまつだ}浜忠互層中の厚さ5m内外の凝灰質細～中粒砂岩である。 浸透率170～830md 孔隙率31～35%程度 水飽和率 44%余であって 産出に際し少量の天然ガソリンを伴う。

現在 松浜～北阿賀地区において遊離ガスを産出している坑井は12をかぞえるが そのうち3坑は1.440m層を採取し 日産約16～17万m³ 他は深度120～310m間の4ガス層を採取し 日産約17.6万m³ である。

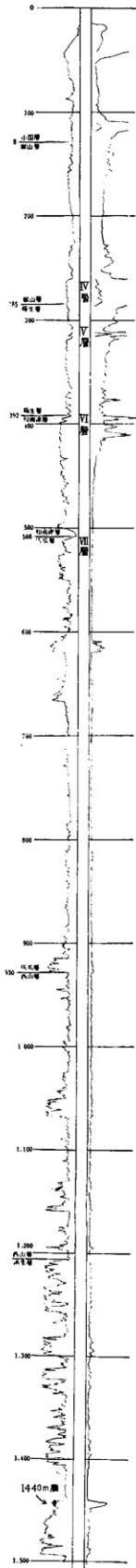
前者はいわゆる石油系ガスに属し 後者は水溶性ガス鉱床の一部に形成された遊離型ガス層であって 当地区で最も多く採掘されている250m層は 新潟地区のいわゆるG₄層直上の砂層(G_{4b}層)である。 第2図は東新潟ガス田の層序と主要ガス層とを示し 第3図はSK-2 (現在日本瓦斯化学工業KK R-11となっている)の250m層および310m層の両遊離型ガス層を示す。 遊離ガス採取井は 通常油井と同じ構造をしているが 浅層の場合低圧であるため 簡単な構造となっていることもある。

(2) 西長岡ガス田

地震探査の結果によれば 長岡市西方の三郷屋^{みつごや}付近か



第1図 新潟県下の構造的ガス田位置図



第 2 図
東新潟ガス田
の電氣柱状図

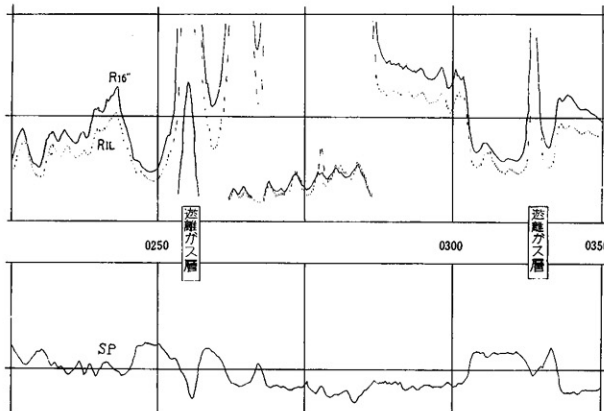
ら北に向かい巻島・高見・大口に至る細長い一連の大きな背斜構造を認めることができる。

大口付近は古くから共水性ガスを産しており また 戦後再開した石油探鉱の努力は耳新しいところである。現在はまず古正寺を中心とした地域が主として開発され これに隣接して信濃川河畔に天然ガスを原料とするアンモニア系肥料工場もほとんど完成している。

過日ガス井の火災で名をはせた鉱場は古正寺に南隣する三郷屋部落のはずれにあり 現在 8.6 万 m³ 程度の遊離ガスを日産し 遠く新潟ガス田内野プラントへ自噴圧力でパイプ輸送をしている。この付近は西長岡背斜の南端に近く ゆるい構造隆起部に当り 現に採取されている主要遊離型ガス層は深度 1,100~1,200 m 内外に位置し 灰爪層下部ないし西山層上部に属している。C. S. T. によって得られたコア分析例(細~中粒砂岩)をあげると下表の通りである。

坑井	深度	浸透率	油飽和率
帝石 R 1	1,170.60m	(360 md)	7.51%
水飽和率	孔隙率	CI-	
72.62%	39.94%	+ 1.978mg/l	
* 産出水 13,439mg/l NaCl			

三郷屋地区の坑井は制限孔 1²/₆₄” で 13,500~38,000m³/日 程度の産出能力を



第 3 図 東新潟ガス田 浅層
遊離型ガス層の例 (日本瓦斯化学工業 R-11)

示し 坑井によっては僅少の水・油を併産する。

西長岡ガス田全体として眺めると ガスの産状は必ずしも遊離ガスばかりではなく 稼行にたえる水溶型ガス層も存在する。水溶型ガス層は 700m 以下 1,100m 付近までの灰爪階中に数群認められるが 遊離型ガス層と共に岩相・岩質の変化が相当認められる。南部地区は西山階上部から すなわち現採取遊離型ガス層直下から厚い凝灰岩が発達するが 北部に向って急速に薄化する。

この凝灰岩もガス層を介在するが 以深の探鉱はまだ十分に行われていない。

(3) 頸城ガス田

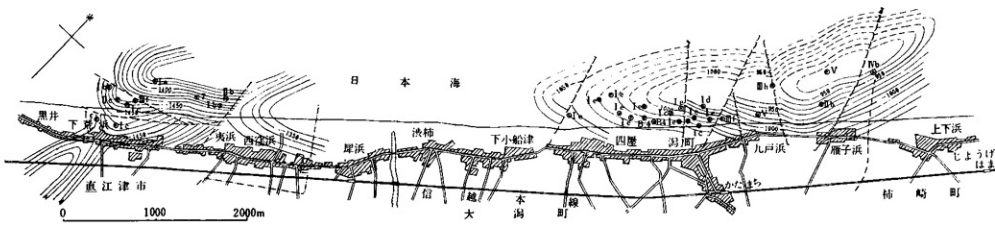
頸城ガス田は今日のところ潟町・黒井・明治の 3 地区を総称した名称である。これらガス田の位置は第 1 図に示したが そのうち明治ガス田は最も早く 1954 年に成功井が仕上げられた。また 1955 年以降の探鉱の努力により 1959 年に相ついで黒井・潟町の両ガス田に成功井が竣工し ここに頸城ガス田が脚光をあびるにいたった。

現在平均日産 65kl の原油と 16 万 m³ のガスを生産しているが 大半は潟町地区によるものである。なお 活発に開発が進行中であるが 現在稼動ガス井は潟町地区に 9 坑 黒井地区に 4 坑 明治地区に 1 坑あり また稼動油井は潟町地区に 15 坑 黒井地区に 1 坑ある。

各地区とも背斜トラップであるが 翼部の傾斜はゆるい。ガス層は上下部寺泊層にわたり 10 群以上が数えられるが 一般に連続性にとぼしい凝灰質細粒砂岩の薄層の集りで 一部凝灰岩層も含まれる。

主要ガス層の一部についてのコア分析によると 孔

隙率は 30~35% 油飽和率 0~6% 水飽和率 60~85% 前後となっている。コア分析値の水飽和率は実際の値よりやや高いと思われるが これはガスの産出に際し僅少の水を伴う坑井が多いためである。第 5 図に潟町地区の層序と主要層を 第 4 図に潟町~黒井地区の推定構造図を示した。図に明らかな



第4図 潟町～黒井地区構造図 Ie層頂面による

ごとく 潟町～黒井地区では構造軸部が海上にあるため多数の坑井は方位掘さくをなし 今日のところ南東側翼部のおおよその構造しか判明していない。 将来の発展に備えて人工島の築造も進みつつあるから いずれは全貌が明らかになってくるであろう。

このガス田は 枯渇型排出道程 (depletion drive performance) をたどるものと推測されているが 今日までのところ 油層の開発に重点がおかれ また累計生産量もそれほど多くないため ガスの確定鉱量を計算する時期に到達していないように見うけられるが 規模の大きいガス田と推定され 隣接地域に対する探鉱と共に今後急速に開発が進歩するものと思われる。

(4) 新潟県下の試掘成功井

以上開発の進みつつあるガス田以外に構造性ガスと思われる試掘成功井が若干ある。 なおこれらはいずれも今年に入ってからの石油資源開発KKの探鉱活動の結果によるものである。

(a) 東三条 SK1・2号井 深度1,220～1,265m のガス層はいずれも下部寺泊層の下に発達するいわゆる小栗山凝灰岩層に属し 試ガスにおいては制限孔6.5mmで8～10万m³の日産ガス量が得られた。 SK-2号井は深度2,000mに達したが テストの結果 現在位置では下位に良好なガス層のないことが判明した。 他方深度570m 付近の魚沼層群中に遊離型ガス層の存在が電気検層によって認められているがまだテストされていない。

(b) 大河津 SK-1号井 深度830m 付近の西山層基底付近のガス層を仕上げ試ガスにおいて 日産6万m³のガス量を得た 今後なお深部の探掘計画がある。

(c) 関原 SK-1号井 深度880～900mの灰爪層基底付近のガス層を発見し 試ガスにおいて13mm制限孔で日産5.6万m³のガス量を得た。

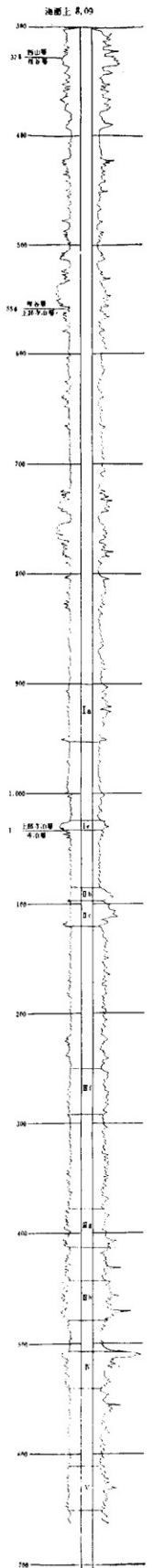
5. 結 言

わが国の石油資源は自給率を考慮するなら決して豊富とはいえないが しかしそれ故にこそ国土に埋もれている天然ガス資源を有効に利用せねばならない。 わが国の天然ガス生産に大きく寄与してきた新潟ガス田が 揚水—水位低下—地盤沈下の関係から ガス採取に制限措置をとられたことは確かに大きな痛手であったが 以上述べたように新潟県下は構造性ガス資源にめぐまれ かつ探鉱と開発もその緒についたばかりであり その将来性はきわめて有望である。 さらに ここではふれなかったが見附油田は 近い将来日産1,000klの原油生産を目標としており その暁には溶解ガスを17～18万m³生産しうるのである。 また広大な蒲原平野は 周辺の地質状況から判断して構造性ガス鉱床の潜在が予期されるにもかかわらず 三条以北については見るべき探査が行われていない。

単に新潟県下ばかりではなく 地質的にみて可能性のある地域について 今後探鉱努力をそそぐべきであるが とくに新潟県下はその経済地理的条件にかんがみ あるいは既存の天然ガス工業の維持発展のためにも 既に発見した構造性ガス田を総合的にすみやかに利用しうるような状態にし さらに残された未探鉱地域の探査に早く着手することが目下の急務であろう。

われわれは東新潟ガス田や西長岡ガス田の遊離ガス生産のみに頼らず さらに新潟県下全域について 総合的に探鉱・開発・利用の方策がとられることを希望してやまないものである。

(燃料部 石油課)



第5図 潟町油田電気柱状図の例