

## 常磐炭田多賀地域のヘリウム資源について

牧 真一\* 本島 公 司\* 佐々木 実\*\*  
比留川 貴\* 永田 松 三\* 影山 邦 夫\*\*

## Exploration for Helium Resources in the Taga Region of Jōban Coal Field

By

Shin'ichi MAKI, Koji MOTOJIMA, Minoru SASAKI, Takashi  
HIRUKAWA, Syōzō NAGATA & Kunio KAGEYAMA

## Abstract

Exploration for helium resources in the Taga region of Jōban coal field was done in 1964, and this work also aimed at choosing the site of test boring for helium resources in the region.

A summary of the results is shown below.

The concentration of helium in CH<sub>4</sub> type natural gas in the northern part ranges from 0.01% to 0.034% in volume, and that in N<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>-CH<sub>4</sub> type natural gases in the southern part ranges from 0.001% to 0.051%. The productive amount of N<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>-CH<sub>4</sub> type gases is less than that of CH<sub>4</sub> type gas.

The distribution of helium in the natural gases of the region might be mainly controlled by mixing the N<sub>2</sub> type gas highly concentrated with helium and generated from the pre-Tertiary basement rocks with the ordinary coal bed gas in the overlying coal bearing formations. Therefore, reverse interrelation has been observed between the helium concentration and the productive amount of coal field gas.

According to the data on the productivity of gas and the concentration of helium, the authors can hardly expect the existence of helium gas deposits of economic scale in the region.

The test boring site was located at Takado in Takahagi City, where natural gas with high concentration of helium might exist.

## 要 旨

この調査・研究の目的は、常磐炭田多賀地域のヘリウム資源の状況を地質学的ならびに地球化学的に明らかにすることと、ヘリウム資源調査のための深度 800m の試験孔の位置を撰定することである。

これらの目的を達するために、北茨城市高井地区から日立市北部にわたる地域に対して、ヘリウムを対象とした地表からの調査・研究と、同じ地域内にある 5 つの炭鉱、すなわち向洋<sup>なかごう</sup>・中郷<sup>なかつ郷</sup>・磯原<sup>いそはら</sup>・重内<sup>しげうち</sup>・楡形<sup>くしがた</sup>の諸炭鉱の坑内における地質・地化学調査を行なった。えられた調査・研究結果を要約すると下記のものである。

1) 調査地域内で遊離ガスが認められるのは中郷以北

の地区に限られ、この遊離ガスの He 含有量は、地表ガスおよび坑内ガスのいずれにおいても、石城北部地域における炭田ガスの He の含有量とほぼ等しいかやや少なめであって、その量は 0.01~0.028vol. % 程度である。

2) 中郷以南の地区では、地表からは遊離ガスがほとんど認められない。しかし、高萩市の探炭試験孔から湧出する地下水の溶存ガス中<sup>注1)</sup>には、0.104 vol. % の He が認められた。

3) 磯原炭鉱坑内の炭層から産する遊離ガスには He が 0.026vol. % および 0.034vol. % 認められ、また向洋炭鉱坑内のガスでは 0.051vol. % の He が認められた。また坑内水の溶存ガス中の He 含有量<sup>注1)</sup>は、磯原炭鉱で 0.000~0.001vol.%, 向洋・重内両炭鉱で 0.000~0.01vol.

\* 技術部  
\*\* 燃料部

注1)  $\frac{\text{dis. He}}{\text{dis. (O}_2 + \text{N}_2 + \text{Ar} + \text{CH}_4 + \text{He})} \times 100\%$  で示す。

%, 中郷炭鉱で  $tr \sim 0.059 \text{ vol. } \%$  である。

4) 石城北部地域と多賀地域における天然ガスの組成を比較すると、一般には後者において  $N_2/He$  比が大きい。すなわち、多賀地域では、ところどころに He 濃度の高い天然ガスがみられるのであるが、全般的に大気に由来する  $N_2$  の影響が大きいと判断される。

5) 以上の結果から、常磐炭田地域の He の立体的分布を調べる目的で計画された試錐の位置には、炭田ガスによって比較的希釈されることが少なく、He 高含有ガスの産出が予想される高萩市高戸区域が適当と考えられる。

6) 試錐調査によって He のあり方の一面が明らかになると思われるが、常磐石城北部・多賀両地域の調査結果によると、天然ガスの He 含有量とガス賦存量の間には、逆相関関係が巨視的に認められ、したがって比較的 He を多く含む天然ガスを産する地域のガス賦存量は少なく、資源的に大きな He 鉱床の存在は期待できない。調査当時の常磐炭田全域から産出するガスの総量は約  $80,000 \text{ m}^3/\text{d}$  と積算されているので、平均 He 含有量を約  $0.025 \text{ vol. } \%$  として、常磐炭田全域における現在の He の総産出量(放出量)はおよそ  $20 \text{ m}^3/\text{d}$  と計算される。

## 1. 緒言

炭田ガスは、わが国における可燃性天然ガス資源の重要な部分を占めている。したがって炭田ガス中の He を調査することは、He の資源調査の面で欠かすことができない。

常磐炭田のガス鉱床は、かならずしも大きな規模のものではないが、典型的な遊離型のガス鉱床であって、ガスを坑外からボーリングによって採取しやすく、炭田ガス鉱床としては、国内でもっとも開発利用されているものの1つである。このことは採炭におけるガス抜きおよび保安の面においても好都合である。

昭和36年、平市から北茨城市高井区域に至る範囲の炭田ガスの組成について調査・研究を行なった結果(牧ら, 1969), この地域の炭田ガス中には比較的均一に、 $0.01 \sim 0.04 \text{ vol. } \%$  のヘリウム(He)が含有されていることが判明した。また炭田の南部を占める高萩市高戸の探炭井から産出した天然ガスの分析資料<sup>注2)</sup>によると、ガス中に  $0.59 \text{ vol. } \%$  の He が含有され、この値は現在までのわが国における天然ガス分析資料中の最高 He 含有量である。当地域の炭田ガス中の He 含有量と、前記した探炭井でみられたガス中の He の高含有量との相互関係、さらに He のありかたなどを究明するためには、He の立体的分布を調べる必要がある。このため常磐炭田地域

注2) 試料採取: 牧野登喜男, 分析: 永田松三, 地質調査所未公表資料

で基盤に達する深度をもつ試錐をうがつことが計画された。

常磐炭田の炭層は、中粒～粗粒砂岩を主とする石城層に主として介在し、その上位の浅貝層は主として細粒砂岩からなっている。さらに浅貝層の上位には泥岩からなる白坂層が分布している。炭田ガスは石城および浅貝の両砂岩に貯留され、白坂頁岩層がこの地域における主要な帽岩の役割をなしている。しかし石城・浅貝の両砂岩は比較的浸透率が低いので、多量の可採ガスは主として断層封塞帯および基盤岩の潜在隆起の影響による破碎帯などの裂隙の多い場所に貯留されており、ガスのあり方からは一種の構造的ガスに属する。

常磐炭田のガスは、上記のような存在状態を呈しているため、基盤岩中の U, Th の崩壊によって生成し、移動した He は、比較的容易に上位の炭層ガスに混入が可能であり、炭田ガス中に均一化されて含有されることが考えられる。

炭層ガスは、その生成機構に多くの未解決の問題が残されているが、褐炭から歴青炭の間では石炭化が進むほどガス質<sup>注3)</sup>がよくなり、同時にガス量が增大する傾向が明らかである。石炭化という点では、石城北部地域の石炭が常磐炭田内でもっとも進んでいる。これに対して多賀地域の石炭は、比較的炭化がおくれており、この地域におけるガス量は南部に減少し、とくに高萩以南ではきわめて量が少ない(これには白坂層の薄化ないし欠除という現象も原因している)。したがって、多賀地区では、基盤岩から逸出するやや多くの He を含有するガスが、炭田ガスによって希釈される割合が少ないので、比較的高い He の含有量を示す天然ガスが発見されると考えられる。

この調査の試料採取に協力された平石炭支局、向洋炭鉱株式会社、大日本炭鉱株式会社磯原鉱、常磐炭鉱株式会社中郷鉱、重内炭鉱株式会社、櫛形炭鉱株式会社および分析室を借用させていただいた常磐煉炭株式会社の関係各位に厚く感謝の意を表す。

## 2. 地質概説

本地域を構成している主な地質は、下位から先白堊系の花崗岩類・角閃片岩類、第三系の白水・湯長谷および多賀の3層群であり、その一般的分布状況は本地域の西側に先白堊系が分布し、東方に至るにつれて上記の第三紀層が順次分布している(第1図参照)。

各地層の岩質と層厚は第2図に、本地域に発達する主要断層は第1表に示すとおりである。

注3) 天然ガス中に占める  $CH_4$  の割合が大きくなること。



第1図 常磐炭田多賀地域地質および試料採取位置図  
 Geological map of Taga region, Jōban coal field and sampling localities of helium survey

常磐炭田多賀地域のヘリウム資源について (牧・本島・佐々木・比留川・永田・影山)

| 地質時代                | 層群   | 果層               | 層厚 (m)    | 柱状図       | 岩相   |
|---------------------|------|------------------|-----------|-----------|--|
| 鮮新世<br> <br>中新世後期   | 多賀層群 |                  | 70 ~ 160  |           | 凝灰質泥岩<br>凝灰質砂岩                                 |
|                     |      | 湯平層              | 0 ~ 180   |           | 緑灰色集塊岩質砂岩を挟む黄褐色含礫粗粒砂岩<br>青灰色塊状泥岩<br>砂岩 { 凝灰角礫岩 |
| 中新世中期<br> <br>中新世前期 | 長谷層群 | 亀ノ尾層             | 0 ~ 200   |           | 帯紫灰色板状頁岩                                       |
|                     |      | 水野谷層             | 50 ~ 100  |           | 砂岩 { 泥岩  |
|                     |      | 五安層              | 0 ~ 70    |           | 黄色細粒砂岩・粗粒砂岩                                    |
|                     |      | 滝英炭層             | 0 ~ 40    |           | (炭層) 細粒砂岩からなり薄い炭層を挟む                           |
|                     |      | 白坂層              | 0 ~ 140   |           | 灰色泥岩   |
| 漸新世                 | 水層群  | 浅貝層              | 70 ~ 120  |           | 細粒砂岩   |
|                     |      | 石城夾炭層            | 270 ~ 300 |           | 礫岩・砂岩・頁岩・石炭の6~10の小輪廻層からなり、下位の輪廻層中に主要炭層を挟む      |
|                     |      |                  |           |           | (上層)<br>(木層)                                   |
| 先白堊紀                |      | 阿武隈変成岩類・火成岩類・古生層 |           | 角閃岩類 花崗岩類 |  |

第2図 常磐炭田多賀地域地質模式柱状図 (松井 寛・佐藤茂による)  
Geologic columnar section of Taiga region, Jōban coal field

第1表 常磐炭田多賀地域における主要断層一覧表  
Main faults in Taiga region, Jōban coal field

| 断層群 | 正断層   | 走向       | 傾斜       | 最大垂直落差 (m) | 備考                      |
|-----|-------|----------|----------|------------|-------------------------|
| 平瀧  | 平瀧正断層 | E-W      | 70~80°N  | 200±       | 多賀層群を切る<br>W側落下, Sほど落差小 |
|     | 井戸沢   | N-S      |          |            |                         |
|     | 駒木    | N45~60°W | 60~70°SW | 100±       |                         |
|     | 山口    | N10°W    | 70°W     | 180±       |                         |
|     | 松井    | N65°W    |          | 150±       | SW側落下                   |

(松井 寛・佐藤 茂による)

本地域における主要夾炭層は石城夾炭層で、上層・下層の2枚の炭層を挟有し、走向 NS ~ N10°E, 傾斜 10 ~ 13° E を示す。

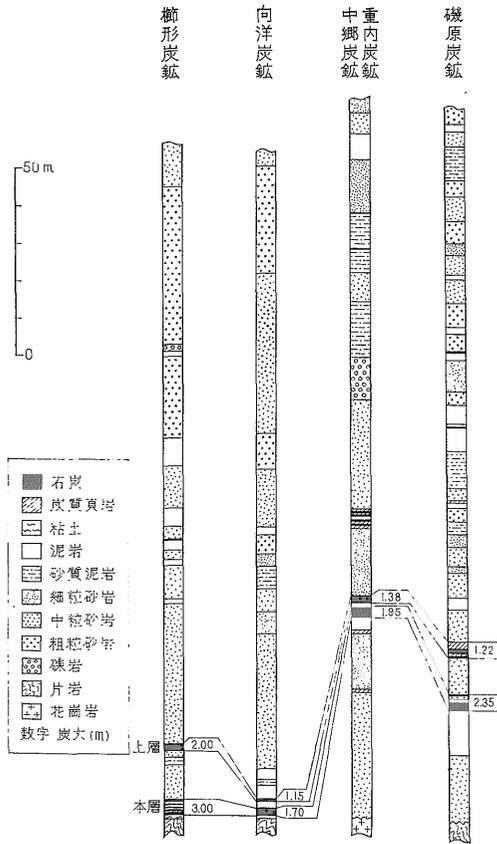
前述の5炭鉱におけるこれらの炭層の炭丈と石城夾炭層の岩質は第3図のようである。またこれらの石炭はい

ずれも JIS 石炭分類の褐炭 F<sub>1</sub> に属する。

3. 調査方法および試料採取測点

調査は予察調査と本調査とに分けられる。予察調査は、昭和39年2月10日から2月16日までの7日間、向洋炭鉱株式会社向洋鉱と常磐炭鉱株式会社茨城鉱業所中郷鉱の坑内で行なった。この調査に続く本調査は、同年6月16日から7月4日の19日の期間に行なわれ、その調査地域は北茨城市から日立市北部に至り、調査方法として地質鉱床・地表地化学的手法を用い、さらに大日本炭鉱株式会社磯原鉱、重内炭鉱株式会社重内鉱および楯形炭鉱株式会社楯形鉱においては坑内調査法を併用した。これら調査ならびに作業の分担は次の通りである。

- |         |                 |
|---------|-----------------|
| 予察調査    | 牧真一・佐々木実        |
| 本調査     |                 |
| 坑内調査    | 佐々木実・永田松三       |
| 地質鉱床調査  | 佐々木実・本島公司・影山邦夫  |
| 地表地化学調査 | 牧 真一・本島公司・比留川貴・ |



第 3 図 櫛形・向洋・中郷・磯原炭鉱における石炭夾炭層地質柱状図

Geologic columnar sections of Iwaki coal bearing formation at Kushigata, Kōyo, Nakagō and Isohara coal mines, Jōban coal field

永田松三・影山邦夫  
 地下水分析 比留川貴・牧 真一  
 ガス分析 永田松三  
 総括 牧 真一

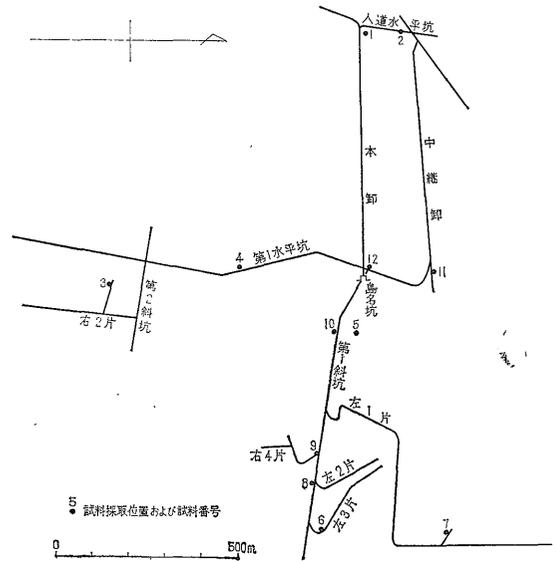
3.1 調査方法

地質鉱床調査では、主としてガスを産出する坑井、ガス徴候地および坑内試料採取場所などの測点地質（ポイント・ジオロジー）ならびにその地点がもっているガス鉱床との関係などについて調べた。

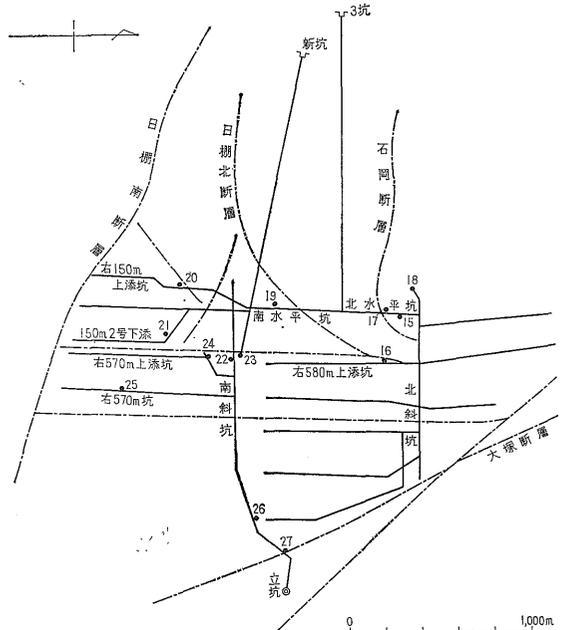
地表地化学調査では、調査地域内にあるガス坑井、探炭井、ガス徴候地および深井戸から産出するガスおよび地下水の産状、ガス組成、地下水成分および地下水溶存ガスを調べ、ガスの分布、ガス中の He の占める割合などから He の産出機構について考察を行なった。

坑内調査はほぼ地表地化学調査と同じ内容で行なった。

なお本調査では現地の分析室にガスクロマトグラフ 2 台を設置し、採取した天然ガスおよび地下水の溶存ガスについて、He, H<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub> を分析し、これ



第 4 図 向洋炭鉱坑内および試料採取位置図  
 Sampling localities in Kōyo coal mine



第 5 図 中郷炭鉱坑内および試料採取位置図  
 Sampling localities in Nakagō coal mine

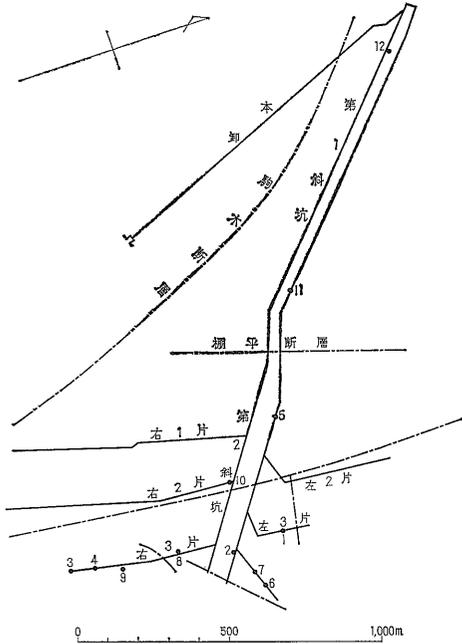
らの分析結果によって重点調査地域を現地で撰択できるようにした。

### 3.2 試料採取測点

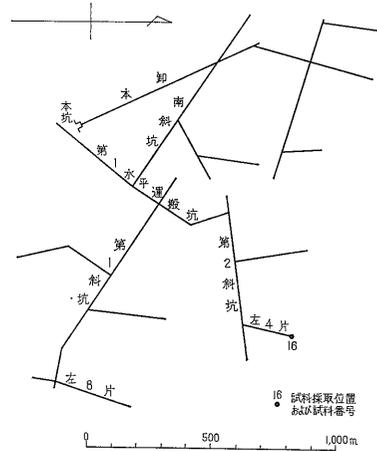
地表の試料採取位置を第1図に、また各炭鉱坑内試料の採取位置を第4～8図に示した。

試料採取測点の内訳は次のようである。

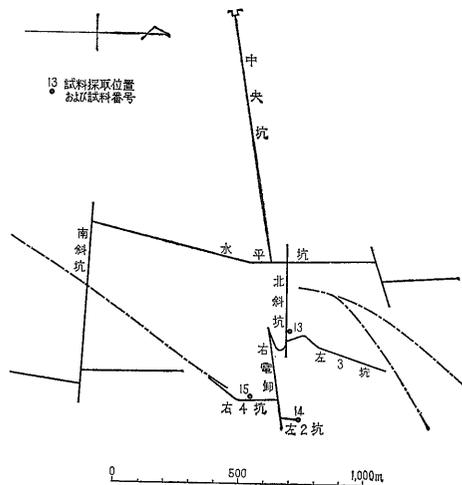
|               |      |
|---------------|------|
| 地表試料          | 50測点 |
| 地表ガス徴候        | 14測点 |
| ガス井, 探炭井, 堀抜井 | 33測点 |
| 湧水            | 3測点  |
| 坑内試料          |      |
| 向洋炭鉱          | 12測点 |
| 中郷炭鉱          | 13測点 |
| 磯原炭鉱          | 12測点 |
| 重内炭鉱          | 3測点  |
| 楡形炭鉱          | 1測点  |



第6図 磯原炭鉱坑内および試料採取位置図  
Sampling localities in Isohara coal mine



第8図 楡形炭鉱坑内および試料採取位置図  
Sampling localities in Kushigata coal mine



第7図 重内炭鉱坑内および試料採取位置図  
Sampling localities in Shigeuchi coal mine

## 4. 調査結果

### 4.1 坑内調査

坑内調査の主眼点を、石城夾炭層中に挟在される石炭層付近および炭層と基盤岩との間から湧出する天然ガスに含まれるHeと、これらから湧出する地下水の溶存ガスに含まれるHeにおいた。坑内で遊離ガスとして採取できた天然ガスの試料は、向洋炭鉱で1、磯原炭鉱の2と合わせて3つにすぎない。

#### 4.1.1 遊離ガス

向洋炭鉱坑内から採取した唯一の遊離ガスは、第2表のNo. 5試料で、炭層の下位から湧出する $N_2$ 型のガスである。Heは0.051vol.%含まれ、 $N_2/He$ は1,950、 $N_2/Ar$ は414で、 $N_2/Ar$ の値が大きいことから、このガスは大部分が基盤岩から移動して来たものと考えられるが、ただ $N_2/He$ が大きく、ガス中に占めるHeの割合が少ない特徴がある。

磯原炭鉱坑内から採取した2つのガス試料は、いずれも炭層の下位から湧出して、 $CH_4$ 型に属し、Heの含有

第 2 表 常磐炭田多賀地域向洋炭鉱・常磐炭

Analytical data of coal mine waters from

| 番号 | 採取場所               | 深度<br>(海水準<br>m) | 含水層<br>層位 | 水量<br>(kl/d) | 水温<br>(°C) | 水の産状                   | pH  | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>(mg/l) |
|----|--------------------|------------------|-----------|--------------|------------|------------------------|-----|---|
| 1  | 向洋炭鉱本御坪下           | -195             | 本層下位      | 896          | 28.4       | 湯花有り, 出水のもの            | 7.4 | 172                                     |
| 2  | " 人道水平坑 2号ダム       | -209             | "         | 604          | 29.5       | "                      | 8.8 | 129                                     |
| 3  | " 第2斜坑右2片クロス       | -360             | 5番層上位     | 12           | 28.5       | 古洞水                    | 7.2 | 634                                     |
| 4  | " 第1水平坑            | -303             | 本層下位      | 43           | 26.2       | "                      | 8.8 | 190                                     |
| 5  | " 第1斜坑排気卸          | -335             | "         | 13           | 28.8       | ガス試料のみ                 | —   | —                                       |
| 6  | " " 左3片            | -463             | 5番層上位     | 694          | 33         | 少量の古洞水混入断層帯            | 7.2 | 191                                     |
| 7  | " " 左1片 8割2<br>クロス | -481             | 本層上位      | 163          | 34.5       | H <sub>2</sub> S 臭古洞水  | 7.2 | 907                                     |
| 8  | " 第一斜坑左2片          | -429             | 5番層上位     | 14           | 27         | FeO <sub>3</sub> 多し古洞水 | 6.8 | 111                                     |
| 9  | " " 右4片            | -406             | 本層下位      | 327          | 29         | 古洞水                    | 7.0 | 673                                     |
| 10 | " " 右1片ポンプ<br>座    | -250             | "         | 229          | 29         | 大部分出水のもの               | —   | —                                       |
| 11 | " 中継卸入気斜坑          | -339             | "         | 656          | 30         | "                      | 8.9 | 145                                     |
| 12 | " 第1斜坑巻揚裏          | -315             | "         | 136          | 28         | 出水のもの                  | 7.4 | 243                                     |
| 15 | 中郷炭坑下水平坑           | -325             | 上層上位      | 104          | 25         | ボーリング孔から湯花(白色)         | 8.4 | 482                                     |
| 16 | " 北斜坑 580m上添       | -429             | 本層下位      | 2,128        | 34         | 断層帯                    | 7.5 | 62                                      |
| 17 | " 北水平坑連            | -321             | "         | 261          | 27.5       | "                      | 7.3 | 117                                     |
| 18 | " 北斜坑巻裏            | -305             | 本層探掘跡     | 1,685        | 22         | 古洞水, ほとんど地表水           | 7.2 | 917                                     |
| 19 | " 南水平坑連            | -322             | 上層上位81m   | 19           | 25         | "                      | 8.6 | 404                                     |
| 20 | " 150m 1号上添        | -351             | 本層下位17m   | 10           | 26.5       | 断層帯                    | 7.2 | 89                                      |
| 21 | " 150m 2号下添        | -408             | 本層下位      | 446          | 33.4       | 留水, 古洞水少量混入            | 7.1 | 466                                     |
| 22 | " 南斜坑連 300〃目抜      | -407             | 上層上位37m   | 1            | 28         | 滴下水                    | 8.4 | 474                                     |
| 23 | " 新坑詰              | -341             | " 80m     | 4            | 24         | 断層帯                    | 8.5 | 846                                     |
| 24 | " 南斜坑 570m上添       | -444             | 本層下位      | 78           | 27.8       | "                      | 7.9 | 43                                      |
| 25 | " " 下添             | -510             | "         | 1,440        | 36.7       | ボーリング孔から流出             | 7.3 | 591                                     |
| 26 | " " 連水平部           | -480             | 上層上位      | 10           | 34.0       | ボーリング孔から断層帯            | 8.0 | 400                                     |
| 27 | " " "              | -480             | 上層上位80m   | 20           | 28.7       | "                      | 8.1 | 305                                     |

No. 5 遊離ガス He% Ar% O<sub>2</sub>% CH<sub>4</sub>% N<sub>2</sub>% N<sub>2</sub>/He N<sub>2</sub>/Ar  
0.051 0.24 0.25 0.19 99.28 1,950 414

量は、それぞれ 0.026vol.% と 0.034vol.% で、その N<sub>2</sub>/He は 224 および 245 となり、この値は常磐炭田の石炭北部地域の炭田ガスで得られた N<sub>2</sub>/He とほぼ等しい。

#### 4.1.2 坑内水

坑内水の分析値は、向洋・中郷両炭鉱については第2表に、磯原・重内および櫛形の3炭鉱については第3表に示した。

これらの坑内水は、各炭層の地表からの賦存深度によってそれぞれ特徴が見られる。すなわち磯原炭鉱以南では西部地域に基盤岩の花崗岩・片岩が露出しており、東方に至るにつれて炭層の深度が増加する単斜構造であって、このような地質構造では、夾炭層は西部地域ほど天水による影響が大きく、酸化されやすい条件を備えている。

各坑内水の Cl<sup>-</sup> の濃度変化は、磯原炭鉱で 900~7,500 mg/l、中郷炭鉱で 28~700 mg/l、重内炭鉱で 100 mg/l 前

後、向洋・櫛形両炭鉱では 100 mg/l 以下であって、Cl<sup>-</sup> は磯原炭鉱→中郷炭鉱→重内炭鉱→向洋・櫛形両炭鉱の順に減少している。また SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> は磯原炭鉱では少なく、他の炭鉱では大部分が 1,000 mg/l 以上と多い。くわえて、磯原炭鉱では Ca<sup>2+</sup>/Mg<sup>2+</sup> も大きいことから、この坑内水はいわゆる閉じた系に属する海成堆積物の化石水の性質をそなえていると判断される。

#### 4.1.3 坑内水の溶存ガス

重内・中郷・向洋の3炭鉱における坑内水の溶存ガスは、N<sub>2</sub>型に属し、He を 0.001~0.058vol.% 含有している。一方磯原炭鉱における坑内水の溶存ガスは、CH<sub>4</sub>-N<sub>2</sub>型に属し、その He 含有は 0.000~0.00n vol.% で、きわめて He が少ない。

#### 4.2 地表調査

地表調査の範囲は、北茨城市高井付近から日立市北部に

鉾中郷鉾坑内水分分析表 (調査, 1964年)

Kōyo mine and Nakagō mine in Taga region, Jōban coal field

| free CO <sub>2</sub><br>or CO <sub>2</sub> <sup>-</sup><br>(mg/l) | Cl <sup>-</sup><br>(mg/l) | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup><br>(mg/l) | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N<br>(mg/l) | Ca <sup>2+</sup><br>(mg/l) | Mg <sup>2+</sup><br>(mg/l) | Ca <sup>2+</sup> /<br>Mg <sup>2+</sup> | dis. gas<br>(ml/l) | dis. O <sub>2</sub><br>(ml/l) | dis. N <sub>2</sub><br>(ml/l) | dis. Ar<br>(ml/l) | dis. CH <sub>4</sub><br>(ml/l) | dis. He<br>(ml/l) | dis. He<br>(vol. %) |             |      |       |       |     |    |  |
|---|---------------------------|---|---|----------------------------|----------------------------|--|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------|---------------------|-------------|------|-------|-------|-----|----|--|
| 4.3   | 12                        | 232                                     | tr  | 3.9                        | 5.2                        | 0.75                                   | 17.52              | 1.94                          | 14.776                        | 0.399             | 0.405                          | 0.0006            | 0.0034              | ガス分析<br>値欄外 |      |       |       |     |    |  |
| CO <sub>2</sub> 12  | 10                        | 82                                      | 0.09                                      | 3.0                        | 2.0                        | 1.5                                    | 19.25              | 1.44                          | 16.694                        | 0.443             | 0.673                          | tr                |                     |             |      |       |       |     |    |  |
| 26  | 69                        | 3,100                                   | 0.10                                      | 34.2                       | 26.6                       | 1.3                                    | 17.72              | 5.57                          | 11.736                        | 0.344             | 0.067                          | 0.000             |                     |             |      |       |       |     |    |  |
| CO <sub>2</sub> 21  | 24                        | 1,320                                   | 0.10                                      | 6.0                        | 3.5                        | 1.7                                    | 18.75              | 0.88                          | 17.400                        | 0.431             | 0.039                          | 0.0017            | 0.0091              |             |      |       |       |     |    |  |
| —   | —                         | —                                       | —   | —                          | —                          | —                                      | —                  | —                             | —                             | —                 | —                              | —                 | —                   |             |      |       |       |     |    |  |
| 13  | 83                        | 2,480                                   | 0.08                                      | 15.0                       | —                          | —                                      | 17.22              | 2.56                          | 12.557                        | 0.371             | 0.712                          | 0.0022            | 0.0136              |             |      |       |       |     |    |  |
| 33  | 96                        | 2,540                                   | 0.13                                      | 21                         | —                          | —                                      | 14.41              | 1.90                          | 10.785                        | 0.284             | 1.441                          | tr                |                     |             |      |       |       |     |    |  |
| 13  | 96                        | 4,240                                   | 0.13                                      | 137                        | —                          | —                                      | —                  | —                             | —                             | —                 | —                              | —                 | —                   |             |      |       |       |     |    |  |
| 26  | 71                        | 1,792                                   | 0.09                                      | 20                         | —                          | —                                      | —                  | —                             | —                             | —                 | —                              | —                 | —                   |             |      |       |       |     |    |  |
| —   | —                         | —                                       | —   | —                          | —                          | —                                      | —                  | —                             | —                             | —                 | —                              | —                 | —                   |             |      |       |       |     |    |  |
| CO <sub>2</sub> 12  | 34                        | 570                                     | 0.09                                      | 5.0                        | 0.8                        | 6.3                                    | 18.60              | 1.12                          | —                             | —                 | 0.654                          | 0.0012            | 0.0070              |             |      |       |       |     |    |  |
| 4.3   | 22                        | 536                                     | 0.08                                      | 4.1                        | 2.5                        | 1.6                                    | 19.13              | 5.40                          | 13.343                        | 0.387             | 0.00                           | tr                |                     |             |      |       |       |     |    |  |
| 24  | 153                       | 590                                     | tr  | 5.0                        | 5.1                        | 1.0                                    | 15.75              | 2.69                          | 12.639                        | 0.395             | 0.025                          | 0.0005            | 0.0032              |             |      |       |       |     |    |  |
| 2.6   | 139                       | 1,398                                   | tr  | 97                         | 4.0                        | 24.3                                   | 17.01              | 3.02                          | 13.555                        | 0.333             | 0.098                          | 0.0048            | 0.0282              |             |      |       |       |     |    |  |
| 4.3   | 123                       | 1,248                                   | 0.07                                      | 111                        | 6.3                        | 17.6                                   | 20.00              | 0.64                          | 17.561                        | 0.472             | 1.327                          | 0.0099            | 0.0495              |             |      |       |       |     |    |  |
| 22  | 28                        | 156                                     | 0.05                                      | 20                         | 8.3                        | 2.4                                    | 18.50              | 0.54                          | 16.624                        | 0.493             | 0.843                          | 0.0007            | 0.0038              |             |      |       |       |     |    |  |
| CO <sub>2</sub> 12  | 169                       | 1,384                                   | 0.05                                      | 12                         | 8.3                        | 1.4                                    | 16.78              | 5.14                          | 11.313                        | 0.288             | 0.039                          | 0.0009            | 0.0054              |             |      |       |       |     |    |  |
| 2.6   | 153                       | 1,400                                   | tr  | 65                         | 8.5                        | 7.6                                    | 18.00              | 5.29                          | 12.324                        | 0.352             | 0.034                          | 0.00025           | 0.0014              |             |      |       |       |     |    |  |
| —   | 191                       | 1,286                                   | 0.26                                      | 48                         | 13.7                       | 3.5                                    | 18.22              | 0.71                          | 12.268                        | 0.407             | 4.835                          | 0.0021            | 0.0115              |             |      |       |       |     |    |  |
| CO <sub>2</sub> 18  | 695                       | 614                                     | 0.09                                      | 18                         | 12.2                       | 1.5                                    | 17.05              | 4.95                          | 11.728                        | 0.343             | 0.029                          | tr                |                     |             |      |       |       |     |    |  |
| CO <sub>2</sub> 30  | 305                       | 22                                      | 0.05                                      | 3.6                        | 3.7                        | 1.0                                    | 18.40              | 2.74                          | 15.100                        | 0.391             | 0.169                          | tr                |                     |             |      |       |       |     |    |  |
| 2.6   | 139                       | 2,700                                   | 0.07                                      | 98                         | 3.8                        | 25.8                                   | 14.95              | 3.18                          | —                             | —                 | —                              | 0.0039            | 0.0261              |             |      |       |       |     |    |  |
| 8.7   | 154                       | 3,100                                   | 0.06                                      | 32                         | 9.6                        | 3.3                                    | 10.12              | 0.68                          | 9.084                         | 0.354             | 0.000                          | 0.0020            | 0.0198              |             |      |       |       |     |    |  |
| 4.3   | 199                       | 1,692                                   | tr  | 16                         | 3.9                        | 4.1                                    | 18.80              | 0.45                          | 10.289                        | 0.280             | 7.770                          | 0.011             | 0.0585              |             |      |       |       |     |    |  |
| 4.3   | 219                       | 2,580                                   | tr  | 32                         | 7.8                        | 4.1                                    | 12.91              | 2.43                          | 10.231                        | 0.243             | 0.006                          | tr                |                     |             |      |       |       |     |    |  |
| No. 26 溶存ガス   |                           |   |   |                            |                            |  |                    |                               |                               |                   |                                |                   | 0.058               | 1.49        | 2.38 | 41.40 | 54.67 | 940 | 37 |  |

ガス分析  
値欄外

溶存ガス  
(%) 欄外

わたる間にあり、この地域内に存在するガス井 (ガス抜試錐孔), 探炭井 (探炭試錐孔), 露頭および堀抜井戸からガスと地下水の試料を採取した。これら採取試料の分析値を第4表に示す。

#### 4.2.1 遊離ガス

調査地域内では、調査当時、小野矢指と関口を結ぶ線の北側には各所にガスの露頭ならびに探炭井およびガス井が存在していたが、この線以南には遊離ガスは認められていない。しかし約10年前 (1956) に行なわれた井島信五郎らの調査・研究によると、高萩市周辺でもガス微の存在が報告されている。また前記の高萩市高戸の探炭井注4) (No. 128 号井) からも CH<sub>4</sub>-N<sub>2</sub> 型のガスの湧出が記録されている。

採取した遊離ガスの数多くは CH<sub>4</sub> が 85vol.% 以上含

注4) 牧野登喜男未発表資料 (地質調査所)

まれる CH<sub>4</sub> 型に属し、さらに、CH<sub>4</sub> を 95vol.% 前後も含有する CH<sub>4</sub> に対して高濃度の CH<sub>4</sub> 型の天然ガスがその中の大部分を占めている。次いで CH<sub>4</sub>-N<sub>2</sub> 型と N<sub>2</sub> 型のガスがそれぞれ3カ所で認められた。上述したすべての遊離ガスは、He を 0.001vol.% 以上含有しているが、CH<sub>4</sub> を多く含む CH<sub>4</sub> 型のガスには、He を 0.01~0.03 vol.% 含有するものが多い。これらのガスの He 含有量を常磐炭田石城北部地域の炭田ガス中の He 含有量と比較すると、等しいか、やや少なく、一方 N<sub>2</sub>/He はやや大きい。

また試料 No. 46 の N<sub>2</sub> 型のガスを除くと、N<sub>2</sub> 量の増加と共に He 含有量は減少している。

CH<sub>4</sub> 90% 以上の天然ガスには、CO<sub>2</sub> が 1% 以下でその含有量は少なく、さらに H<sub>2</sub> もわずかではあるが存在するなどのことから判断すると、これら天然ガスの CH<sub>4</sub>

第3表 磯原炭鉱・重内炭鉱・楡形炭鉱

Analytical data of coal mine gases and coal

| 試料番号 | 試料採取箇所         | 含水層層位 | 深度 (海水準 m) | 水温 (°C) | 水量 (kl/d)   | ガス量 (m³/d) | 試料種類                 | 遊離ガス組成 (vol. %) |                |                |                |                 |                 | N <sub>2</sub> /He |  |
|------|----------------|-------|------------|---------|-------------|------------|----------------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------------|--|
|      |                |       |            |         |             |            |                      | He              | H <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | CO <sub>2</sub> |                    |  |
| 1    | 磯原炭鉱第2斜坑左3片    | 本層上   | -548       | 34.7    | 69.1        |            | 古洞水                  |                 |                |                |                |                 |                 |                    |  |
| 2    | 磯原炭鉱第2斜坑左3片    | "     | -548       | 34.3    | 3.5         |            | "                    |                 |                |                |                |                 |                 |                    |  |
| 3    | 磯原炭鉱第2斜坑右3片    | 本層下   | -543       | 28.2    | 0.7         | 0.2        | 破砕帯, 化石水             | 0.026           | 0.003          | 0.33           | 5.82           | 93.73           | 0.12            | 224                |  |
| 4    | 磯原炭鉱第2斜坑右3片    | "     | -541       | 29.0    | 0.7         |            | "                    |                 |                |                |                |                 |                 |                    |  |
| 5    | 磯原炭鉱第2斜坑右1片    | 本層上   | -494       | 33.6    | 17.3        |            | 古洞水                  |                 |                |                |                |                 |                 |                    |  |
| 6    | 磯原炭鉱第2斜坑連卸切替   | "     | -559       | 33.7    | 1.7         |            | 化石水                  |                 |                |                |                |                 |                 |                    |  |
| 7    | 磯原炭鉱第2斜坑連卸切替   | 本層下   | -559       |         |             | 少量         | 破砕帯                  | 0.034           | 0.00n          | 0.54           | 8.34           | 90.73           | 0.39            | 245                |  |
| 8    | 磯原炭鉱第2斜坑右3片揚   | 本層上   | -525       | 29.3    | 小滴水<br>20カ所 |            | 化石水~古洞水              |                 |                |                |                |                 |                 |                    |  |
| 9    | 磯原炭鉱第2斜坑右3片ゲート | "     | -526       | 33.0    | 136.1       |            | 破砕帯, 混合水<br>(化石水+淡水) |                 |                |                |                |                 |                 |                    |  |
| 10   | 磯原炭鉱第2斜坑右2片    | "     | -539       | 27.7    | 2.9         |            | 古洞水                  |                 |                |                |                |                 |                 |                    |  |
| 11   | 磯原炭鉱第2斜坑第1斜坑連卸 | "     | -478       | 32.5    | 49.4        |            | "                    |                 |                |                |                |                 |                 |                    |  |
| 12   | 磯原炭鉱第2斜坑1目抜    | 上層上   | -309       | 24.5    | 11.5        |            | "                    |                 |                |                |                |                 |                 |                    |  |
| 13   | 重内炭鉱北斜坑左3片     | 本層上   | -228       | 25.6    | 1.7         |            | "                    |                 |                |                |                |                 |                 |                    |  |
| 14   | 重内炭鉱右電卸左2坑     | 本層下   | -388       | 25.6    | 1.7         |            | 化石水                  |                 |                |                |                |                 |                 |                    |  |
| 15   | 重内炭鉱右電卸右4坑     | 本層上   | -330       | 26.8    | 少量<br>(留水的) |            | 古洞水                  |                 |                |                |                |                 |                 |                    |  |
| 16   | 楡形炭鉱第2斜坑左4片    |       |            |         |             |            |                      |                 |                |                |                |                 |                 |                    |  |

は、多分石炭の炭化過程で生成された炭層ガスに主として由来し、天然ガスに混じるHeの大部分とN<sub>2</sub>, Ar (分析しなかったが)の一部分は基盤岩から移動して、炭層ガスに混入したものと推察される。

4.2.2 地下水

採取した試料の内、2次的汚染のおそれのある試料No. 48 (小野矢指)と、ドレン水である試料No. 32, 33, 36, 37 (いずれも高井)の分析結果は参考値として表示するにとどめ、一般的考察の際は除くことにした。

pHは7.2~8.9で中性ないし弱アルカリ性であり、高萩市以南の地下水は湧水を除くとすべて8.1以上の弱アルカリ性を示している。

Cl<sup>-</sup>はすべて1,690 mg/l以下である。浅貝, 石城両層から産出する地下水は、多賀層から産出するものと比較してCl<sup>-</sup>が多い。

HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>は36~515mg/l, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>は0.08~5.76 mg/lあり、その含有量は比較的大きく変化するが両者の間には第9図に示すようにほとんど相関関係がない。またガス量とこれら成分の間にも同様に相関関係は認められない。

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は1.2~188 mg/lで、一般の地下水注5)と比較して溶存量は多い。SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>とNH<sub>4</sub><sup>+</sup>の間には第10図に見られるような弱い逆相関関係がある。

Ca<sup>2+</sup>は0.33~105 mg/lで、pHがアルカリ性の地下水にやや少ない傾向が見られる。

Mg<sup>2+</sup>は0.32~18.2 mg/lで、Ca<sup>2+</sup>に比較して少なく、したがってCa<sup>2+</sup>/Mg<sup>2+</sup>は0.15~13.6の間にあり、

注5) 一般の地下水水質の参考までに、三宅泰雄による本邦河川水の化学成分の平均値を示すと次のようである。  
Ca<sup>2+</sup> 10.4mg/l, Mg<sup>2+</sup> 3.6mg/l, Ca<sup>2+</sup>/Mg<sup>2+</sup> 2.9, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> 12mg/l

坑内ガスおよび坑内水分析表

mine waters from Isohara, Shigeuchi and Kushigata mines, Jōban coal field

| 溶存ガス組成 (vol. %)  |       |                             |                |                |                 |              | N <sub>2</sub> /<br>Ar | pH  | Cl <sup>-</sup><br>(mg/l) | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup><br>(mg/l) | CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup><br>(mg/l) | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup><br>(mg/l) | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup><br>(mg/l) | Ca <sub>2</sub> <sup>+</sup><br>(mg/l) | Mg <sup>2+</sup><br>(mg/l) | K <sup>+</sup><br>(mg/l) | Na <sup>+</sup><br>(mg/l) | Ca <sup>2+</sup> /<br>Mg <sup>2+</sup> |
|------------------|-------|-----------------------------|----------------|----------------|-----------------|--------------|------------------------|-----|---------------------------|---|---|---|--|--|----------------------------|--------------------------|---------------------------|--|
| Total            | He    | H <sub>2</sub>              | O <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | Ar           |                        |     |                           |   |   |   |  |  |                            |                          |                           |  |
| 100.004<br>23.46 | 0.00n | 0.044<br>0.010              | 1.41<br>0.33   | 18.11<br>4.25  | 79.99<br>18.76  | 0.45<br>0.11 | 40.2                   | 7.0 | 6,390                     | 418                                     | 0.0                                     | 351                                     | 3.86                                   | 931                                    | 22.6                       |                          |                           | 41.2                                   |
| 100.00<br>20.00  | 0.00n | 0.040<br>0.008              | 9.85<br>1.97   | 40.96<br>8.19  | 48.16<br>9.64   | 0.99<br>0.20 | 41.4                   | 6.8 | 7,540                     | 178                                     | 0.0                                     | 391                                     | 4.86                                   | 1,171                                  | 63.5                       |                          |                           | 18.4                                   |
| 100.005<br>22.80 | 0.00n | 0.055<br>0.001              | 4.69<br>1.07   | 39.16<br>8.93  | 55.19<br>12.59  | 0.91<br>0.21 | 43.0                   | 7.5 | 3,830                     | 171                                     | 0.0                                     | 41.6                                    | 3.42                                   | 339                                    | 17.4                       | 20.0                     | 2,210                     | 19.5                                   |
| 100.004<br>22.42 | 0.001 | 0.073<br>0.000 <sub>2</sub> | 1.20<br>0.016  | 28.78<br>6.45  | 69.00<br>15.48  | 0.95<br>0.21 | 30.3                   | 7.4 | 1,270                     | 348                                     | 0.0                                     | 15.2                                    | 1.05                                   | 53.9                                   | 4.84                       |                          |                           | 11.1                                   |
| 100.002<br>17.80 | 0.000 | 0.092<br>0.016              | 10.51<br>1.87  | 46.64<br>8.30  | 41.64<br>7.41   | 1.12<br>0.20 | 41.6                   | 7.0 | 3,530                     | 888                                     | 0.0                                     | 27.9                                    | 2.91                                   | 366                                    | 26.6                       |                          |                           | 13.8                                   |
| 100.006<br>13.23 | 0.000 | 0.026<br>0.003              | 26.38<br>3.49  | 70.59<br>9.34  | 1.18<br>0.16    | 1.83<br>0.24 | 38.6                   | 7.7 | 2,540                     | 200                                     | 0.0                                     | 1.4                                     | 2.07                                   | 168                                    | 9.48                       |                          |                           | 17.7                                   |
| 13.82            | 0.000 | 0.031                       | 2.21           |                |                 |              |                        | 7.2 | 4,690                     | 135                                     | 0.0                                     | 41.6                                    | 3.56                                   | 331                                    | 22.2                       |                          |                           | 14.9                                   |
| 100.009<br>24.80 | 0.00n | 0.019<br>0.004              | 1.41<br>0.35   | 21.46<br>5.32  | 76.53<br>18.98  | 0.59<br>0.15 | 36.4                   | 7.3 | 4,130                     | 142                                     | 0.0                                     | 3.0                                     | 3.67                                   | 376                                    | 22.2                       |                          |                           | 16.9                                   |
| 100.002<br>16.95 | tr    | 0.012<br>0.002              | 30.80<br>5.22  | 37.01<br>11.36 | 0.30<br>0.05    | 1.88<br>0.32 | 35.6                   | 7.3 | 3,130                     | 663                                     | 0.0                                     | 741                                     | 0.12                                   | 361                                    | 31.1                       |                          |                           | 11.6                                   |
| 100.004<br>12.77 | 0.000 | 0.034<br>0.004              | 13.31<br>1.70  | 80.02<br>10.22 | 4.45<br>0.57    | 2.19<br>0.28 | 36.5                   | 7.1 | 912                       | 1,018                                   | 0.0                                     | 156                                     | 0.55                                   | 88.1                                   | 9.88                       |                          |                           | 8.9                                    |
| 100.005<br>15.07 | tr    | 0.035<br>0.005              | 4.98<br>0.75   | 70.53<br>10.63 | 22.61<br>3.41   | 1.85<br>0.28 | 38.1                   | 6.5 | 3,970                     | 343                                     | 0.0                                     | 316                                     | 3.60                                   | 403                                    | 47.6                       |                          |                           | 8.5                                    |
| 100.000<br>17.13 | 0.000 | 0.040<br>0.007              | 30.36<br>5.20  | 67.48<br>11.57 | 0.38<br>0.06    | 1.74<br>0.30 | 38.8                   | 8.3 | 64.4                      | 618                                     | 25.4                                    | 2,994                                   | 0.10                                   | 150                                    | 39.1                       |                          |                           | 3.8                                    |
| 100.005<br>17.67 | 0.010 | 0.045<br>0.008              | 27.45<br>4.85  | 70.29<br>12.41 | 0.37<br>0.07    | 1.84<br>0.33 | 38.1                   | 8.2 | 129                       | 322                                     | 12.7                                    | 1,418                                   | 0.28                                   | 25.9                                   | 2.42                       | 10.7                     | 875                       | 10.7                                   |
| 13.17            | 0.000 | 0.017                       | 0.75           |                |                 |              |                        | 7.5 | 167                       | 496                                     | 0.0                                     | 3,651                                   | 1.46                                   | 183                                    | 17.8                       |                          |                           | 10.3                                   |
| 16.10            |       |                             | 3.74           |                |                 |              |                        | 7.3 | 69.4                      | 161                                     | 0.0                                     | 1,235                                   | 0.25                                   | 7.98                                   | 3.63                       |                          |                           | 2.2                                    |

多くは3~9の間に分布し、わが国の一般の地下水と比較するとその値はやや大きい。

#### 4.2.3 地下水の溶存ガス

地下水の溶存ガス組成をガスのタイプという面からみると、調査地域の北部ではCH<sub>4</sub>型およびCH<sub>4</sub>-N<sub>2</sub>型になり、南部ではN<sub>2</sub>型になる。北部のCH<sub>4</sub>型およびCH<sub>4</sub>-N<sub>2</sub>型の溶存ガスは、それらに対応する遊離ガス中にはHeを含有しているにもかかわらず、1例を除いてHeの占める割合が0.001vol. %以下で、ほとんどHeを含有していない。しかし、南部の高萩市川側にある探炭井跡(測点 No. 40)から産出する遊離ガスを伴わない地下水の溶存ガス中には、Heが0.104vol. %認められ、さらに南部では他の4測点でもHeがわずかに検出された。

## 5. 考 察

### 5.1 坑内のガスおよび地下水

調査地域内における主要炭層は、基盤岩を構成する花崗岩ないし片岩の上に乗る石城層中に挟在し、基盤岩から上位に数m~数10mの位置に賦存している。基盤岩から移動する天然ガスのN<sub>2</sub>/He比に近似した値をもつ第三系中の天然ガスは、炭鉱坑内の炭層付近からその下位にかけて湧出してくると考えられるので、これらの天然ガスを主な対象にして坑内調査を行なったことは前述のとおりである。

遊離ガスとして採取できた3試料のうちの2試料は、ガス成分の大部分が炭層ガスに由来した磯原炭鉱産のものであり、基盤岩から移動してきたガス成分が天然ガス成分の大部分を占めると考えられるガスは、向洋炭鉱坑内

第4表 常磐炭田多賀地域地下  
Analytical data of groundwaters and natural

| 測点番号 | 試料採取地             | 地質                | ガス・水などの産状              | ガス量<br>(m <sup>3</sup> /d) | 水量<br>(kl/d) | 水温<br>(°C) | 遊離ガス組成 (vol. %)  |                  |                |                  |                  |                 |  |  |
|------|-------------------|-------------------|------------------------|----------------------------|--------------|------------|------------------|------------------|----------------|------------------|------------------|-----------------|--|--|
|      |                   |                   |                        |                            |              |            | He               | H <sub>2</sub>   | O <sub>2</sub> | N <sub>2</sub>   | CH <sub>4</sub>  | CO <sub>2</sub> |  |  |
| 1    | 北茨城市磯原<br>天妃山     | 駒木断層の上<br>深度 200m | Air lift で揚水           |                            |              | 19.1       | 0.005            | tr               |                |                  |                  |                 |  |  |
| 2    | " 豊田              | 周辺は白坂層<br>断層の上    | 水田中のガス兆                | 2~5                        |              |            | 0.018            | 0.00n            | 1.00           | 3.71             | 94.74            | 0.55            |  |  |
| 3    | " 中妻              | "                 | 水田中に2週間前まで<br>ガス兆あり    |                            |              |            |                  |                  |                |                  |                  |                 |  |  |
| 4    | " 車               | "                 | 探炭ボーリング・ガス<br>兆なし      |                            |              |            |                  |                  |                |                  |                  |                 |  |  |
| 5    | " 松井の南部           | 周辺は白坂層            | 水田中のガス兆                | 2~3                        |              |            | 0.028<br>(0.013) | 0.004<br>(tr)    | 0.54<br>(0.00) | 4.97<br>(3.68)   | 93.63<br>(95.69) | 0.86<br>(0.63)  |  |  |
| 6    | " 中郷千手堂           | 深度約10m            | 掘井戸中のガス兆               | 10                         |              |            | 0.012            | tr               | 1.42           | 8.72             | 89.27            | 0.59            |  |  |
| 7    | " 松井の北西           | 周辺は白坂層            | 水田中のガス兆                | 0.n                        |              |            | 0.002            | 0.002            | 0.41           | 47.40            | 47.10            | 5.09            |  |  |
| 8    | " 上桜井             | "                 | "                      | 1~3                        |              |            | 0.023            | 0.003            | 0.93           | 8.73             | 88.51            | 1.73            |  |  |
| 9    | " 豊田の北部           | 周辺は白坂層<br>断層の上    | "                      | 1~3                        |              |            | 0.023<br>(0.022) | 0.007<br>(0.002) | 0.21<br>(0.00) | 10.30<br>(5.50)  | 85.82<br>(91.94) | 3.67<br>(2.56)  |  |  |
| 10   | " 和久              | 周辺は白坂層<br>および浅貝層  | "                      |                            |              |            | 0.021            | 0.002            | 1.21           | 9.70             | 86.68            | 2.41            |  |  |
| 11   | " 平潟<br>保養館       | 亀ノ尾層平潟<br>断層の上    | 井戸中のガス兆                | 0.n                        | 0.014        | 16.2       | 0.007            | 0.001            | 0.38           | 6.16             | 93.10            | 0.36            |  |  |
| 12   | " 栗野<br>鈴木辰男      | 亀ノ尾層平潟<br>断層の上    | "                      | 4~5                        |              | 13.6       | 0.019            | tr               | 0.22           | 4.65             | 94.84            | 0.27            |  |  |
| 13   | " 高井 常陽<br>タクシー   | 亀ノ尾層              | ガス兆なし                  |                            |              | 14.9       |                  |                  |                |                  |                  |                 |  |  |
| 14   | 日立市上相田            | 多賀層               | 掘抜井戸・自噴・ガス<br>兆なし      |                            | 86           | 16.3       |                  |                  |                |                  |                  |                 |  |  |
| 15   | 多賀郡十王町川尻<br>の南    | "                 | 湧水 ガス?                 |                            | 96+          | 14.6       |                  |                  |                |                  |                  |                 |  |  |
| 16   | 多賀郡十王町黒磯<br>小池栄雄  | 花崗岩               | " ガス兆なし                |                            | 15           | 15.1       | (0.001)<br>0.001 | (tr)<br>tr       | (0.00)<br>4.41 | (96.48)<br>92.80 | (0.00)<br>0.00   | (3.52)<br>2.79  |  |  |
| 17   | 北茨城市神岡上           |                   | 水田中のガス兆                | 0.0n                       |              |            | 0.007            | 0.007            | 0.57           | 5.27             | 93.32            | 0.84            |  |  |
| 18   | " 湯の網             | 周辺は白坂層            | "                      | 3~5                        |              |            |                  |                  |                |                  |                  |                 |  |  |
| 19   | " 下石岡大部           | 浅貝層               | 掘抜井戸・深度約40<br>m僅かにガスあり | 0.00n                      |              |            | 0.003<br>(0.002) | 0.00n<br>(tr)    | 0.77<br>(0.00) | 12.58<br>(89.03) | 86.22<br>(7.09)  | 0.43<br>(3.88)  |  |  |
| 20   | " 和久の西部           |                   | 水田中のガス兆                | 0.0n                       |              |            | 0.001            | tr               | 11.55          | 83.47            | 3.22             | 1.76            |  |  |
| 21   | " 松井              | 周辺は白坂層            | "                      | 20~30                      |              |            | 0.028            | 0.00n            | 0.78           | 5.68             | 93.45            | 0.19            |  |  |
| 22   | " 神岡上探炭<br>40号    | 多賀層下部             | 深度 220m                | 0.n~n                      | 75           | 21.5       |                  |                  |                |                  |                  |                 |  |  |
| 23   | " 神岡下の北<br>西探炭41号 |                   | ガス兆あり                  | 1.5                        |              |            | 0.013            | 0.001            | 0.78           | 15.81            | 82.98            | 0.43            |  |  |
| 24   | " 湯の網西部           | 周辺は白坂層            | 水田中のガス兆                | 3~4                        |              |            | 0.007            | 0.00n            | 0.31           | 5.63             | 93.67            | 0.39            |  |  |
| 25   | " 湯の網大作           | "                 | "                      |                            |              |            | 0.007            | 0.00n            | 0.44           | 5.85             | 93.34            | 0.27            |  |  |



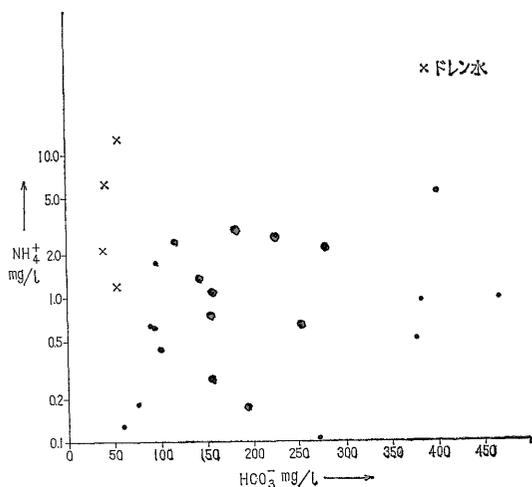
地質調査所月報 (第21巻第5号)

| 測点番号 | 試料採取地                 | 地質     | ガス・水などの産状                                    | ガス量<br>(m <sup>3</sup> /d) | 水量<br>(kl/d)    | 水温<br>(°C) | 遊離ガス組成 (vol. %) |                |                |                |                 |                 |
|------|-----------------------|--------|--|----------------------------|-----------------|------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|
|      |                       |        |  |                            |                 |            | He              | H <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | CO <sub>2</sub> |
| 26   | 北茨城市根岸                |        | 水田中のガス兆                                      | 10                         |                 |            | 0.018           | 0.00n          | 0.35           | 5.58           | 93.65           | 0.42            |
| 27   | 北茨城市粟野 関山<br>鉱泉の前     |        | 深度 500m                                      | 0.0                        | 14.4            | 17.5       |                 |                |                |                |                 |                 |
| 28   | 北茨城市粟野の北<br>大望荘 探炭95号 |        |  | 100                        |                 |            | 0.020           | 0.005          | 0.10           | 3.90           | 95.83           | 0.17            |
| 29   | 北茨城市神の上<br>探炭31号の近く   |        | 水田中のガス兆                                      | 30~40                      |                 |            | 0.013           | tr             | 0.50           | 5.24           | 94.03           | 0.23            |
| 30   | 北茨城市天妃山の北<br>探炭9号跡    |        | 坑井のかん没跡                                      | 0.0n                       |                 |            | 0.004           | 0.011          | 0.79           | 27.21          | 71.32           | 0.68            |
| 31   | 北茨城市天妃山の北<br>探炭13号    |        |  | 0.0n                       | n               | 15.6       | (0.006)         | (0.00n)        | (0.00)         | (37.45)        | (62.22)         | (0.33)          |
| 32   | 北茨城市大津の北<br>日水高井1号    | 浅員層下部  | ガス自噴・密閉圧<br>13 atom/cm <sup>2</sup>          | 1,000                      |                 |            | 0.023           | 0.005          | 0.15           | 4.72           | 94.66           | 0.47            |
| 33   | 北茨城市大津の北<br>日水高井11号   | "      | ガス自噴・密閉圧<br>10 atom/cm <sup>2</sup>          | 300                        |                 |            | 0.020           | 0.006          | 0.58           | 4.36           | 95.48           | 0.08            |
| 34   | 北茨城市大津の北<br>日水高井5号    | "      | ガス自噴・密閉圧<br>7 atom/cm <sup>2</sup>           | 300~<br>500                |                 |            | 0.020           | 0.004          | 0.15           | 3.77           | 95.57           | 0.51            |
| 35   | 北茨城市大津の北<br>日水高井14号   | "      | ガス自噴・密閉圧<br>5 atom/cm <sup>2</sup>           | 休止中                        |                 |            | 0.015           | 0.013          | 0.12           | 2.90           | 96.64           | 0.14            |
| 36   | 北茨城市大津の北<br>日水高井16号   | "      | ガス自噴・密閉圧<br>13~16 atom/cm <sup>2</sup>       | 10,000                     | 相当あ<br>り        |            | 0.021           | 0.004          | 0.37           | 3.55           | 95.87           | 0.21            |
| 37   | 北茨城市大津の北<br>日水高井19号   | "      | ガス自噴・密閉圧<br>13 atom/cm <sup>2</sup>          | 4,000                      |                 |            | 0.022           | 0.005          | 0.49           | 5.10           | 94.10           | 0.31            |
| 38   | 高萩市宮脇探炭38号            | 多賀層下部  | 水は自噴・ガス兆なし                                   | 0.0                        | 8.7             | 17.4       |                 |                |                |                |                 |                 |
| 39   | 高萩市石滝工業高校             | "      | ガス兆なし、ストレ<br>ーナー、深度 167~<br>185m, 191~1,925m | 0.0                        | 掘さく<br>時<br>144 | 18.8       |                 |                |                |                |                 |                 |
| 40   | 高萩市川側探炭7号             | 石城層上部  | ガス兆なし<br>深度 450m<br>水は60~70mのもの              | 0.0                        | 4.3             | 17.1       |                 |                |                |                |                 |                 |
| 41   | 多賀郡十王町花貫川<br>の南       | 多賀層    | 掘抜井戸・ガス兆なし                                   | 0.0                        | 8.6             | 13.9       |                 |                |                |                |                 |                 |
| 42   | 高萩市下手綱 松岡<br>小学校      | "      | 掘抜井戸・ガス兆なし                                   | 0.0                        | 6.3             | 17.4       |                 |                |                |                |                 |                 |
| 43   | 多賀郡十王町 探炭<br>19号      |        |  |                            |                 |            |                 |                |                |                |                 |                 |
| 44   | 高萩市上手綱 松岡<br>中学校 探炭8号 |        |  |                            |                 |            |                 |                |                |                |                 |                 |
| 45   | 高萩市高戸 伊藤宅             |        | 掘井戸・ガス兆なし                                    | 0.0                        |                 |            |                 |                |                |                |                 |                 |
| 46   | 北茨城市小野矢指              |        | 掘抜井戸   | 0.00n                      | n               |            | 0.013           | 0.002          | 0.69           | 97.56          | 1.67            | 0.08            |
| 47   | 北茨城市磯原神の山<br>探炭48号    |        |  | 100+                       | 0               |            | 0.012           | 0.000          | 0.04           | 20.79          | 78.32           | 0.85            |
| 48   | 北茨城市小野矢指<br>常磐練炭工場    | 炭殻の埋立て | 掘井戸  | 0.0                        |                 |            |                 |                |                |                |                 |                 |
| 49   | 高萩市下小幡                | 基盤花崗岩  | 湧水   | 0.0                        | 800             | 16.7       |                 |                |                |                |                 |                 |
| 50   | 高萩市高萩駅の東<br>高萩館       |        | 自噴・深度 206m                                   |                            |                 | 19.4       |                 |                |                |                |                 |                 |

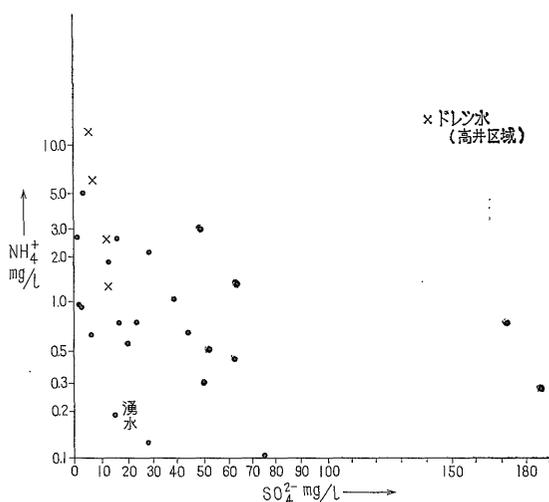
( ) 内数字は、O<sub>2</sub>=0.00%としての空気補正値

常磐炭田多賀地域のヘリウム資源について (牧・本島・佐々木・比留川・永田・影山)

| N <sub>2</sub> /He | 溶存ガス組成 (vol. %) |       |                |                |                |                 |      | 地 下 水 (pH 以外は mg/l) |       |                 |                               |                               |                               |                              |                  |                  |                |                 | 備考        |
|--------------------|-----------------|-------|----------------|----------------|----------------|-----------------|------|---------------------|-------|-----------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------|------------------|----------------|-----------------|-----------|
|                    | Total           | He    | H <sub>2</sub> | O <sub>2</sub> | N <sub>2</sub> | CH <sub>4</sub> | Ar   | N <sub>2</sub> /Ar  | pH    | Cl <sup>-</sup> | HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> | CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup> | SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> | NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> | Ca <sup>2+</sup> | Mg <sup>2+</sup> | K <sup>+</sup> | Na <sup>+</sup> |           |
| 310                | 100.002         | 0.000 | 0.022          | 1.64           | 95.09          | 0.65            | 2.60 |                     |       |                 |                               |                               |                               |                              |                  |                  |                |                 |           |
|                    | 18.24           | 0.000 | 0.004          | 0.30           | 17.35          | 0.12            | 0.47 | 36.6                | 8.9   | 15.4            | 142                           | 31.7                          | 67.4                          | 1.41                         | 3.46             | 0.32             |                |                 |           |
| 195                |                 |       |                |                |                |                 |      |                     |       |                 |                               |                               |                               |                              |                  |                  |                |                 |           |
| 403                |                 |       |                |                |                |                 |      |                     |       |                 |                               |                               |                               |                              |                  |                  |                |                 |           |
| 6,800              |                 |       |                |                |                |                 |      |                     |       |                 |                               |                               |                               |                              |                  |                  |                |                 |           |
| (6,240)            |                 | tr    | 0.000          |                |                |                 |      |                     |       |                 |                               |                               |                               |                              |                  |                  |                |                 |           |
| 6,730              | 60.15           |       |                | 0.40           |                |                 |      |                     | 7.6   | 1,060           | 225                           | 0.0                           | 18.2                          | 2.74                         | 93.6             | 6.86             | 11.2           | 660             | ( )空気補正值  |
| 204                |                 |       |                |                |                |                 |      |                     | 8.2   | 9.1             | 36.0                          | tr                            | 13.7                          | 2.36                         | 11.6             | 1.70             |                |                 | 地下水はドレンの水 |
| 218                |                 |       |                |                |                |                 |      |                     | 7.3   | 30.1            | 57.9                          | 0.0                           | 15.4                          | 1.21                         | 27.9             | 1.61             |                |                 | "         |
| 189                |                 |       |                |                |                |                 |      |                     |       |                 |                               |                               |                               |                              |                  |                  |                |                 |           |
| 193                |                 |       |                |                |                |                 |      |                     |       |                 |                               |                               |                               |                              |                  |                  |                |                 |           |
| 100.00             | 0.00n           | 0.00n | 0.31           | 50.05          | 48.85          | 0.79            |      |                     |       |                 |                               |                               |                               |                              |                  |                  |                |                 |           |
| 169                | 47.90           |       |                | 0.15           | 23.90          | 23.47           | 0.38 | 63.4                | 8.7   | 1,690           | 32.2                          | 25.4                          | 8.9                           | 6.29                         | 49.2             | 4.24             |                |                 |           |
| 100.003            | tr              | 0.013 | 16.74          | 40.53          | 41.62          | 1.10            |      |                     |       |                 |                               |                               |                               |                              |                  |                  |                |                 |           |
| 232                | 24.02           | 0.003 | 4.02           | 9.74           | 10.00          | 0.26            | 36.8 | 8.0                 | 9,350 | 57.8            | tr                            | 9.5                           | 13.57                         | 1,737                        | 25.2             |                  |                |                 | 地下水はドレンの水 |
| 100.009            | 0.015           | 0.004 | 0.62           | 96.38          | 0.40           | 2.59            |      |                     |       |                 |                               |                               |                               |                              |                  |                  |                |                 |           |
| 17.83              | 0.003           | 0.001 | 0.11           | 17.19          | 0.07           | 0.46            | 37.2 | 8.7                 | 26.0  | 378             | 54.5                          | 54.8                          | 0.50                          | 1.46                         | 1.61             |                  |                |                 |           |
| 100.00             | 0.000           | 0.00n | 8.33           | 88.92          | 0.29           | 2.46            |      |                     |       |                 |                               |                               |                               |                              |                  |                  |                |                 |           |
| 19.56              | 0.000           |       | 1.63           | 17.39          | 0.06           | 0.48            | 36.1 | 8.5                 | 20.4  | 167             | 19.0                          | 17.2                          | 0.72                          | 14.4                         | 4.20             |                  |                |                 |           |
|                    | 0.104           | 0.053 | 0.89           | 96.06          | 0.40           | 2.47            |      |                     |       |                 |                               |                               |                               |                              |                  |                  |                |                 |           |
| 21.37              | 0.022           | 0.011 | 0.19           | 20.54          | 0.08           | 0.53            | 38.9 | 8.7                 | 587   | 212             | 31.7                          | 174                           | 0.78                          | 6.52                         | 1.53             | 7.4              | 565            |                 |           |
| 100.00             | ?               | ?     | 2.07           | 95.33          | 0.00           | 2.60            |      |                     |       |                 |                               |                               |                               |                              |                  |                  |                |                 |           |
| 19.30              |                 |       | 0.40           | 18.40          | 0.00           | 0.50            | 36.7 | 8.2                 | 15.1  | 96.5            | 7.6                           | 21.9                          | 0.55                          | 24.6                         | 5.97             |                  |                |                 |           |
| 100.011            | 0.006           | 0.035 | 1.35           | 89.63          | 6.56           | 2.43            |      |                     |       |                 |                               |                               |                               |                              |                  |                  |                |                 |           |
| 19.33              | 0.001           | 0.007 | 0.26           | 17.33          | 1.27           | 0.47            | 36.9 | 8.8                 | 79.4  | 277             | 44.3                          | 30.9                          | 2.27                          | 0.33                         | 2.26             |                  |                |                 |           |
| 100.00             | 0.000           | 0.000 | 0.34           | 97.09          | 0.31           | 2.26            |      |                     |       |                 |                               |                               |                               |                              |                  |                  |                |                 |           |
| 17.80              | 0.000           | 0.000 | 0.06           | 17.28          | 0.06           | 0.40            | 43.0 | 8.1                 | 9.9   | 63.3            | 3.8                           | 29.5                          | 0.13                          | 19.0                         | 3.07             |                  |                |                 |           |
| 100.00             | 0.000           | 0.000 | 1.37           | 95.41          | 0.80           | 2.42            |      |                     |       |                 |                               |                               |                               |                              |                  |                  |                |                 |           |
| 19.70              | 0.000           | 0.000 | 0.27           | 18.79          | 0.16           | 0.48            | 39.4 | 8.9                 | 272   | 271             | 57.1                          | 75.7                          | 0.10                          | 0.40                         | 1.86             |                  |                |                 |           |
| 100.00             | 0.000           | 0.000 | 18.81          | 78.77          | 0.41           | 2.01            |      |                     |       |                 |                               |                               |                               |                              |                  |                  |                |                 |           |
| 20.57              | 0.000           | 0.000 | 3.87           | 16.21          | 0.08           | 0.41            | 39.2 | 6.7                 | 105   | 155             | 0.0                           | 188                           | 0.28                          | 105                          | 18.2             |                  |                |                 |           |
| 100.016            | 0.008           | 0.008 | 0.50           | 94.25          | 2.71           | 2.54            |      |                     |       |                 |                               |                               |                               |                              |                  |                  |                |                 |           |
| 7,500              | 19.82           | 0.002 | 0.002          | 0.10           | 18.68          | 0.54            | 0.50 | 37.1                | 8.6   | 339             | 187                           | 25.4                          | 51.9                          | 3.00                         | 9.8              | 3.71             |                |                 |           |
| 1,730              |                 |       |                |                |                |                 |      |                     |       |                 |                               |                               |                               |                              |                  |                  |                |                 |           |
|                    | 17.02           |       |                | 0.05           |                |                 |      |                     | 6.4   | 43.6            | 193                           | 0.0                           | 668                           | 0.17                         | 146              | 12.5             |                |                 |           |
| 100.00             | tr              |       | 7.22           | 90.07          | 0.15           | 2.56            |      |                     |       |                 |                               |                               |                               |                              |                  |                  |                |                 |           |
| 19.52              |                 |       | 1.41           | 17.58          | 0.03           | 0.50            | 34.9 | 7.4                 | 8.0   | 74              | 0.0                           | 15                            | 0.19                          | 17                           | 5.9              |                  |                |                 |           |
| 100.004            | 0.004           |       | 3.19           | 93.52          | 0.47           | 2.82            |      |                     |       |                 |                               |                               |                               |                              |                  |                  |                |                 |           |
| 19.15              | 0.001           |       | 0.61           | 17.91          | 0.09           | 0.54            | 32.9 | 8.6                 | 172   | 515             | 20                            | 7.5                           | 0.08                          | 1.6                          | 1.4              |                  |                |                 |           |



第9図 地下水の  $\text{HCO}_3^-$  と  $\text{NH}_4^+$  の関係  
Relation between  $\text{HCO}_3^-$  and  $\text{NH}_4^+$  in groundwaters



第10図 地下水の  $\text{SO}_4^{2-}$  と  $\text{NH}_4^+$  の関係  
Relation between  $\text{SO}_4^{2-}$  and  $\text{NH}_4^+$  in groundwaters

から採取した試料 No. 5 (第2表) のみである。このガスは、He を 0.051vol. % 含有する  $\text{N}_2$  型のガスで、その  $\text{N}_2/\text{He}$  は 1,950 に達し、常磐炭田の石城北部地域の炭田ガスがしめす  $\text{N}_2/\text{He}$  の値 150~200や、高萩市高戸の探炭井から産出したガスの  $\text{N}_2/\text{He}$  の値 96 (空気補正値80) と比較しておよそ1桁大きい。さらに No. 5 (向洋炭鉱) の  $\text{N}_2/\text{Ar}$  は大きく、その値は 414にも達するので、このガスの大部分は基盤岩から移動してきたものと考えられる。基盤岩直上にある天然ガスの  $\text{N}_2/\text{He}$  比が大きいことは、その天然ガスから He が優先的に逸散

してしまったか、He 含有量の少ないガスが局部的に基盤岩から移動してきたかのいずれかであると思われる。

礫原炭鉱の坑内で採取した他の2つの遊離ガス試料は、He 含有量、 $\text{N}_2/\text{He}$  共に石城北部地域の炭田ガスの値とほぼ等しい。すなわち、少なくとも常磐炭田平市付近から礫原付近までの地域においては基盤岩から移動した He を含有する  $\text{N}_2$  型のガスは、ほぼ均一な組成をもつものと考えられる。

坑内水は化学組成の2次的変化、とくに空気との接触による成分の変化および周辺の岩石との化学成分の受授による変化などがあり、地下水成分について考察する場合には以上のことを十分に考慮する必要がある。 $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$  および  $\text{Ca}^{2+}$  などとはとくにこれらの影響を受けやすい成分である。

坑内水の化学組成のうちでは、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$  について、各炭鉱ごとにそれぞれ含有量に特徴がある。

まず  $\text{Cl}^-$  についてみると、すでに述べたように榊形・向洋両炭鉱→重内炭鉱→中郷炭鉱→礫原炭鉱の順に含有量が増加している。この現象は炭層の地表からの賦存深度との関連によって理解されることも前述した通りであり、すでにこのことは佐々木実・永田松三(1964, 1965)によっても指摘されている。礫原炭鉱以外の炭鉱では、天水の地下への浸透によるガス鉱床の破壊が顕著で、ここでは坑内水は酸化状態にあることが溶存酸素量などの分布などからも考えられる。

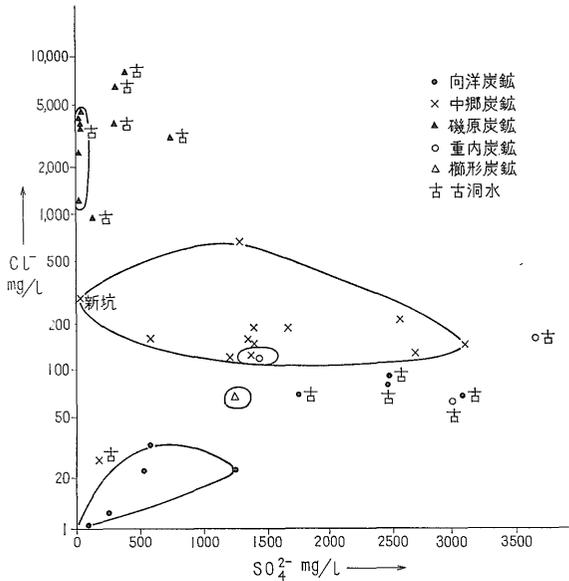
$\text{SO}_4^{2-}$  は礫原炭鉱では少ないが、他の炭鉱では多く、やはり酸化状態にある結果と思われる。

$\text{Cl}^-$  と  $\text{SO}_4^{2-}$  の関係を第11図に示す。各炭鉱による特徴が明確である。

$\text{Ca}^{2+}$  と  $\text{Mg}^{2+}$  の関係は第12図に示す。図でわかることは、中郷炭鉱では  $\text{Ca}^{2+}$  量には無関係に  $\text{Mg}^{2+}$  量はほとんど変化がないことである。向洋・礫原両炭鉱では  $\text{Ca}^{2+}$  量の増加と共に  $\text{Mg}^{2+}$  量も増加し、 $\text{Ca}^{2+}$  量は礫原炭鉱の方が向洋炭鉱よりも多い注6)。 $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$  は礫原炭鉱で 8~41の間であって、大部分は10~20の間を示すのに対して、向洋炭鉱では 0.7~6.3にあるが、大部分は 1~2 の間に分布し、その値が小さい。

以上に述べた  $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  などの各成分の関係から判断すると、礫原炭鉱は最も強い還元環境にあるとみられる。このような、各炭鉱の坑内水が保持している地化学的状況が遊離ガス中の  $\text{N}_2/\text{He}$  比に反映され、礫原炭鉱付近から北で産出する炭田ガスと比較して、それよりも南から産出する炭田ガスの  $\text{N}_2/\text{He}$  比は大き

注6) 向洋炭鉱坑内水は古洞水を除くと  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$  とともに変化が少ない。



第11図 坑内水の  $\text{Cl}^-$  と  $\text{SO}_4^{2-}$  の関係  
Relation between  $\text{Cl}^-$  and  $\text{SO}_4^{2-}$  in groundwaters

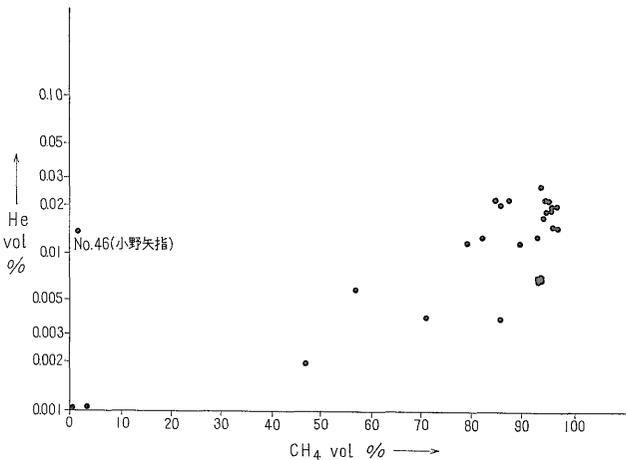
い。

坑内水の溶存ガスが示す  $\text{N}_2/\text{He}$  比は、935 ないし無限大で、遊離ガスが示す値よりも大きい。これには前記の酸化環境が原因している。磯原炭鉱の溶存ガス中に、He が 0.000 ないし 0.001 vol. % 程度しか含まれていないのは、 $\text{CH}_4$  による希釈のためであり、また  $\text{N}_2$  型の溶存ガスは多くの場合古洞水と関係する産状の地下水にみられ、その主要部分を構成している  $\text{N}_2$  は大気に由来するものと思われる。

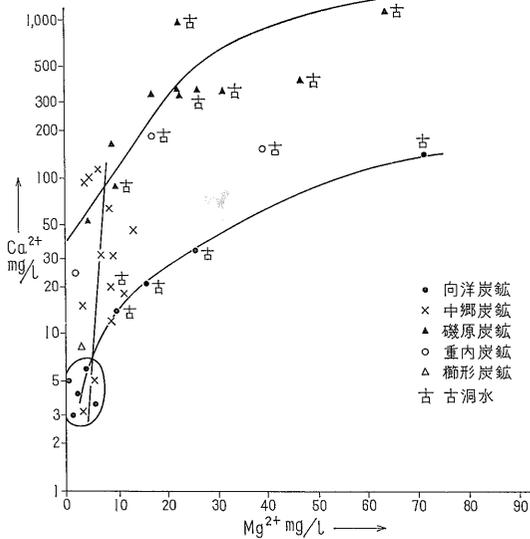
## 5.2 地表ガスおよび地下水

地表で採取した遊離の天然ガスをそのガス質と産出頻度から分類すると、 $\text{CH}_4$  (75 % 以上) 型のガスが 24 試料、 $\text{CH}_4\text{-N}_2$  型のガスと  $\text{N}_2$  型のガスがそれぞれ 3 試料である。これらのガス中の  $\text{CH}_4\%$  と He % の関係は第 13 図に示す通りである。一見して、この関係図から両者の間に正の相関関係があるように判断される。このことは、前述の He が基盤岩から  $\text{N}_2$  ガスと共に逸出して炭田ガスに混入したとすることと矛盾する。この矛盾のおこる理由は、この調査地域では基盤岩から由来する  $\text{N}_2$  よりも、大気に由来する  $\text{N}_2$  が全体的にまとめた場合により強い影響を与えることにある。すなわち調査地域北部に分布する  $\text{CH}_4$  型のガスが示す  $\text{N}_2/\text{He}$  比が、 $\text{N}_2$  型のガスおよび  $\text{CH}_4\text{-N}_2$  型のガスのそれよりも小さいことは、 $\text{CH}_4$  型のガスは、ガス量が多いため大気  $\text{N}_2$  の影響が少なく、基盤岩から逸出するガスの  $\text{N}_2/\text{He}$  比に近くなることを現わしている。このことは第 14 図に示された  $\text{N}_2\%$  と  $\text{N}_2/\text{He}$  比の関係図からも明らかである。この図によると、 $\text{N}_2$  が 3~16 vol. % のガスでは  $\text{N}_2/\text{He}$  比は 170~1,220 の間にあり、いっぽう  $\text{N}_2$  が 20 vol. % 以上のガスでは、試料 No. 46 (小野矢指) を除いて、 $\text{N}_2\%$  の増加とともに  $\text{N}_2/\text{He}$  比が大きくなり、 $\text{N}_2$  の増加に対して He は激減する。これは He を含まない大気の  $\text{N}_2$  によってガスが混合されたことを示している。このような一般傾向のなかにあって、小野矢指や高戸など、調査地域の南半部で、 $\text{N}_2/\text{He}$  比が全体よりもやや小さい天然ガスを産する点は注目される。

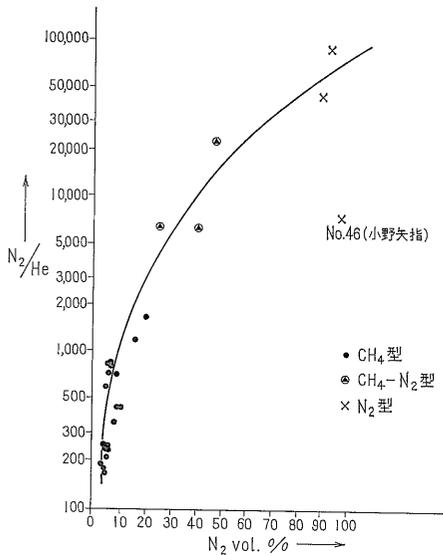
$\text{CH}_4$  型のガスにおける産ガス量とガス質の関連を大局的に求めてみると、産量が少ないガス徴候地で得られたガス中に He % が小さく、さらに  $\text{N}_2/\text{He}$  比が大きい。



第13図 地表遊離ガスの  $\text{CH}_4$  と He の関係  
Relation between  $\text{CH}_4$  and He in casinghead gas and seepage gas



第12図 坑内水の  $\text{Ca}^{2+}$  と  $\text{Mg}^{2+}$  の関係  
Relation between  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$  in groundwaters



第14図 地表遊離ガス  $\text{N}_2$  Vol. % と  $\text{N}_2/\text{He}$  の関係  
Relation between  $\text{N}_2$  and  $\text{N}_2/\text{He}$  in casinghead gas and seepage gas

このことは、前述した炭田ガスの賦存量とそのガス中に占める He % の間には逆相関関係がある、という点と相反する現象である。しかしながら、筆者らが昭和36年に調査・研究した石城北部地区の炭田ガスにおいても、すでに同様な現象が認められている。この種の現象が観察される原因として、大気源  $\text{N}_2$  の地下への影響以外に、

ガス層の天然ガスに対する閉塞性の不完全さによっておこる  $\text{CH}_4$  に対する He の優先的逸散を、筆者らは重視したい。

地下水については、一般の水溶性ガス鉱床におけるガス付随水で見られるような  $\text{HCO}_3^-$  量および  $\text{NH}_4$  量とガス量との間の相関関係は認められない。地下水の成分相互の間には  $\text{NH}_4$  がわずかに  $\text{SO}_4^{2-}$  の少ないものに多い傾向が見られるだけである。また  $\text{SO}_4^{2-}$  は 1.2~188 mg/l と多く、 $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$  も本邦における一般地下水と比較して大きいことなどから、調査地域の地下水は一般に炭田地帯でみられる地下水の水質を示している。

ガスの産状・組成および地下水の水質から判断して、地下水の存在場所とガスの生成の場所は異なっており、ガスの大部分はいわゆる水溶性ガスではなく炭層ガスであると考えられる。

### 5.3 ガス鉱床と He 資源

調査地域の北部を占める北茨城市北東部の高井および磯原地域の天然ガスは、牧野登喜男ら (1955)、江口元起ら (1957, 1960) によって調査・研究され、また南部の高萩付近の天然ガスは井島信五郎ら (1956) によって調査・研究が行なわれている。いっぽう各炭鉱坑内の炭田ガスすなわちいわゆる炭鉱ガスについては佐々木実ら (1964, 1965) によって調査・研究が行なわれている。

調査地域内から産する天然ガスは、いわゆる炭層ガスがその主なものとなっており、その推定根源岩としては主として石炭をあげることができる。

第1図に示されるように、これら推定根源岩となっている石炭は採炭会社の手によって採掘・搬出されていて、すでに採掘済になっている区域もかなり広く認められる。この石炭が採掘された既採炭区域は年々その面積と深さを拡大しつつある。また調査地域の地層は東傾斜の単斜構造をなしており、西側の山地には基盤岩となっている花崗岩と片岩とが分布している。したがって磯原以南では、採炭状況および地質構造の面などから、ガス鉱床としては東部の海岸によった地域が重要と考えられる。高井区域ではすでにガス開発が活発に行なわれ、おもに封塞型断層破砕帯あるいは潜丘基盤岩の影響による破砕帯の発達している地域に対してガス井の掘削が行なわれ、調査当時 20,000m<sup>3</sup>/d 以上のガスが坑井から採取され、小名浜の日本水素工業株式会社へ送られて化学工業原料として利用されていた。このガスは、He を 0.015~0.023vol. % 含有している。

磯原・中郷両区域から産出するガスは、高井区域のガスと比較して  $\text{N}_2$  が多く、He もわずかに多いが、 $\text{N}_2$  に

対する He の割合は小さい。このことは磯原・中郷両区域のガス賦存量が、高井区域のガス量と比較して少ないので大気由来する  $N_2$  が多いためである。

また高萩区域では他の区域と比較して He の含有量は比較的多いが、ガス量は少ない。

常磐炭田全域にわたるガス組成から判断すると、基盤岩から逸出する天然ガスは  $N_2/He=45$  のガス組成<sup>注7)</sup>、すなわち He をおよそ 2.2vol. % 含有する  $N_2$  型のガスであると推察される。いま常磐炭田全域から産出する炭田ガスの平均 He 含有量を 0.025vol. % とし、総産出量として 80,000m<sup>3</sup>/d<sup>注8)</sup> を採用すると、純 He 量として 20m<sup>3</sup>/d が放出されている計算になり、これは He を 2.2vol. % 含有する  $N_2$  型のガス 900m<sup>3</sup> に相当する。

以上、He を稼行対象として常磐炭田のガスを見た場合には、ガス量の多い石城北部地域では He 含有量が 0.02~0.04vol. % と少なく、He 含有量 0.1 vol. % 以上が期待される多賀地域南部ではガス賦存量が少なく、これら両地域でみる限りでは天然ガスの He 含有量と賦存量は逆相関関係にあり、He を対象とした大きなガス鉱床の存在は常磐炭田においてはあまり期待できない。なお高萩市高戸の探炭井から採取した  $CH_4-N_2$  型のガスの He 含有率 0.59vol. % は、現在までの調査結果では、わが国の天然ガスについて得られた最高の数値である。

## 6. 結 論

常磐炭田から産出する天然ガスを、ヘリウム資源の面から検討をすすめた。その際の調査研究資料には、昭和39年の予備調査と本調査で得たもの以外に、昭和36年におこなった野外研究で得たものをあわせて用いた。その結果によると、石城北部地域と、多賀地域北部の高井・磯原間における石城夾炭層から産出する石炭層ガスには、He が 0.02~0.04vol. % 含まれることが多く、その  $N_2/He$  比は 200前後のものが多い。これらの事実から、炭田全域においてその基盤岩から逸出・移動するガスは、比較的均一な He を含有する  $N_2$  型のものと考えられる。また天然ガス中の He の含有比率は、ガスの賦存

注7) 牧 真一・本島公司(1966):常磐炭田地区の He について、地球化学討論会講演要旨による。

注8) 常磐地区天然ガス開発技術研究会(1962):常磐地区の天然ガス、第1輯による。

量によって左右され、この両者の間にはほぼ逆相関関係が成立する。

磯原以南の地域では、比較的 He 含有率の高い天然ガスが認められたが(地質調査所の資料によると最高0.59%)、その坑口における自噴量は少なく、また産状は水溶性であって、経済的稼行の対象になるような大きなヘリウム鉱床をそこに期待することは困難である。

ヘリウムの立体的分布状況をおもな調査目標にして掘削される試掘井の位置としては、基盤岩に由来する He 含有量の多い  $N_2$  型のガスが炭層ガスによって希釈されることが少なく、比較的 He を多く含有する天然ガスの産出が予想される、高萩市高戸区域が適していると思われる。

(昭和44年11月稿)

## 文 献

- 江口元起・鈴木舜一(1952):高萩市付近の天然ガス開発利用調査報告、茨城県地下資源調査報告書, no. 2, p. 1~10
- 江口元起・鈴木舜一・村田広吉(1960):常磐炭田南部地区茨城市高井付近の天然ガス鉱床、東北鉱山, vol. 7, no. 1, p. 1~8
- 井島信五郎・伊田一善・影山邦夫(1956):高萩市および北茨城市南東部天然ガス、茨城県地下資源調査報告書, no. 6
- 常磐地区天然ガス開発技術研究会(1962):常磐地区の天然ガス開発、第1輯
- 牧真一・米谷宏・安藤直行(1969):常磐炭田の天然ガスに関する地球化学的研究、地質調月, vol. 20, no. 6, p. 29~48
- 牧野登喜男・品田芳二郎(1955):北茨城市北東部炭田ガス、茨城県地下資源調査報告書, no. 5, p. 1~23
- 佐々木実・永田松三(1964):常磐炭田多賀地区における炭田ガスの調査研究報告(I)、地質調月, vol. 15, no. 11, p. 43~54
- 佐々木実・永田松三(1965):常磐炭田多賀地区における炭田ガスの調査研究報告(II)、地質調月, vol. 16, no. 10, p. 12~29