

北海道石狩炭田夕張地区のヘリウム資源について

牧 真一* 永田松三* 粕 武* 根本隆文**

**Exploration for Helium Resources in the Yubari District of the
Ishikari Coal Field, Hokkaido**

By

Shin'ichi MAKI, Shozo NAGATA, Takeshi KOMA & Takabumi NEMOTO

Abstract

Exploration for helium resources in the Yubari district of the Ishikari coal field, Hokkaido, was done in 1964. The natural gas reserve in the Ishikari coal field is estimated to be the greatest in the same kind of coal fields in Japan.

In this district, the natural gases exist in the coal seams, coal bearing formations and surrounding formations.

The gas in the coal seams is divided into two types according to the state of presence, the free gas and absorbed, whereas the gas in the coal bearing formations and surrounding formations is the free gas derived from the coal seams.

According to the chemical analysis of natural gas, in the free gas from the coal bearing formations (Ikushumbetsu, Yubari and Noborikawa Fs.) and the surrounding formations with the exception of coal seams, helium was detected. Both in the absorbed and free gases from the coal seams, helium was not detected. Therefore, it is considered that helium derived from the Cretaceous basement rocks in the field has been mixed with the free gases derived from the coal seams but has not been mixed with the gases having high pressure in the coal seams. This seems to be an important fact to explain the existence of helium in the coal field gas.

The helium content of gases in the coal field is 0.000–0.016 vol. %, and the value of N_2/He ratio of the highest helium content gas is 216. This value is nearly equal to that of free gas from the Iwaki formation in the Jōban coal field. Therefore, the helium content of the conseptional original N_2 type gas which might be derived from the Cretaceous basement rocks of this coal field may also be nearly equal to or slightly lower than that of the Jōban coal field (about 2.2 vol. %).

According to the present data on the concentration of helium in the natural gases from the coal field, the contents of helium are not enough to extract helium economically under the present technical level.

The authors conclude that the existence of helium deposits of economic scale is hardly expected in the surveyed area.

要 旨

天然ガス中のヘリウム (He) 資源を調査・研究する場

合、わが国可燃性天然ガスの産出量の重要な部分を占める炭田ガスについて、ガス中に占める He の割合および賦存状況を把握することが必要である。このためわが国屈指の炭田で、最大量の炭田ガス埋蔵量を包蔵しているとされている北海道石狩炭田のうち、夕張地区につ

*技術部
**北海道支所

いて He 資源の調査・研究を行なった。

調査試料としては、幌内区域の新幌内鉱、夕張区域の平和鉱第2坑・夕張鉱第2鉱、大夕張区域の大夕張鉱、稲里区域の稲里鉱の各坑内における探炭ボーリング井、ガス抜ボーリング井、坑内ガス徴および夕張区域の坑外探炭ボーリング井からガスと地下水を採取し、あわせて測点地質調査と地化学調査を行なった。

調査結果の概要は下記のとおりである。

1. 夕張区域の清水沢付近における幾春別層と夕張層に掘さくした坑外探炭ボーリング井からのガスは He を tr ないし 0.005 vol. % 含有している。

2. 新幌内鉱でもっともガス産出量が多いとされている幾春別層の稼行最上位炭層である五番層の上・下盤からのガスには He が他の層に比較して多く、それぞれ 0.004 vol. %, 0.010 vol. % を含有している。

3. 地質構造的に複雑な地域にある平和鉱第2坑の夕張平安8尺層と6尺層の間からのガスには He を 0.016 vol. % 含有している。また石狩層群の最下位夾炭層である登川層の炭層上部からのガスには He が tr ないし 0.007 vol. % で、夕張層のものより He 含有量は少ない。

4. 夕張地区で平和鉱第2坑と同じ地域にあり、地質構造的に穏やかな単斜構造で、各地層が比較的規則正しく分布している地域にある夕張鉱第2鉱の夕張層および登川層からのガスには He が 0.000 vol. % ないし tr でほとんど含有していない。

5. 大夕張区域における大夕張鉱の夕張層からのガスおよび稲里区域の稲里鉱の登川層からのガスには He が 0.000 vol. % で認められない。

以上の結果から、本調査地域の炭田ガス中の He は、一般に炭層そのものに存在するガスには含有されなくて、炭層の上・下盤に存在する2次的遊離型ガスに含有されている。

調査地域の炭田ガスには、炭層から遊離した2次的遊離型ガスが少なく、He 含有率も小さいので、経済的になりたつ He 鉱床は期待できない。今後は炭層上位ならびに下位に孔隙率の大きな地層が発達しているかあるいは亀裂、破砕帯などが多く、多量の2次的遊離型ガスが貯留できる条件をそなえた地域を選び、試錐をもちいた調査・研究を行なう必要がある。

1. 概 論

炭田ガスとは、一般に炭田地帯で炭層、夾炭層および夾炭層付近の地層から産出するガスを総称したものである。しかしその大部分のガスは、炭層に由来し、石炭の

石炭化作用の過程で生成されたものである。この石炭化作用で生成されたガスは、石炭のミセル間隙には吸着型ガスとして、石炭の粒子間隙には初生的遊離型ガスとして存在する。また炭理・亀裂などの間隙には2次的遊離型ガスとして存在する。これらの炭層内のガスは、炭層の上・下盤の岩質が孔隙率の小さな頁岩・泥岩のような場合には、炭層内で数 10 kg/cm^2 に達するような高圧状態となって存在する。したがってこの炭層のガス圧は、石炭のガス発生量、石炭のガス吸着力および炭層上・下盤にある堆積岩の孔隙率の大小に直接関係している。

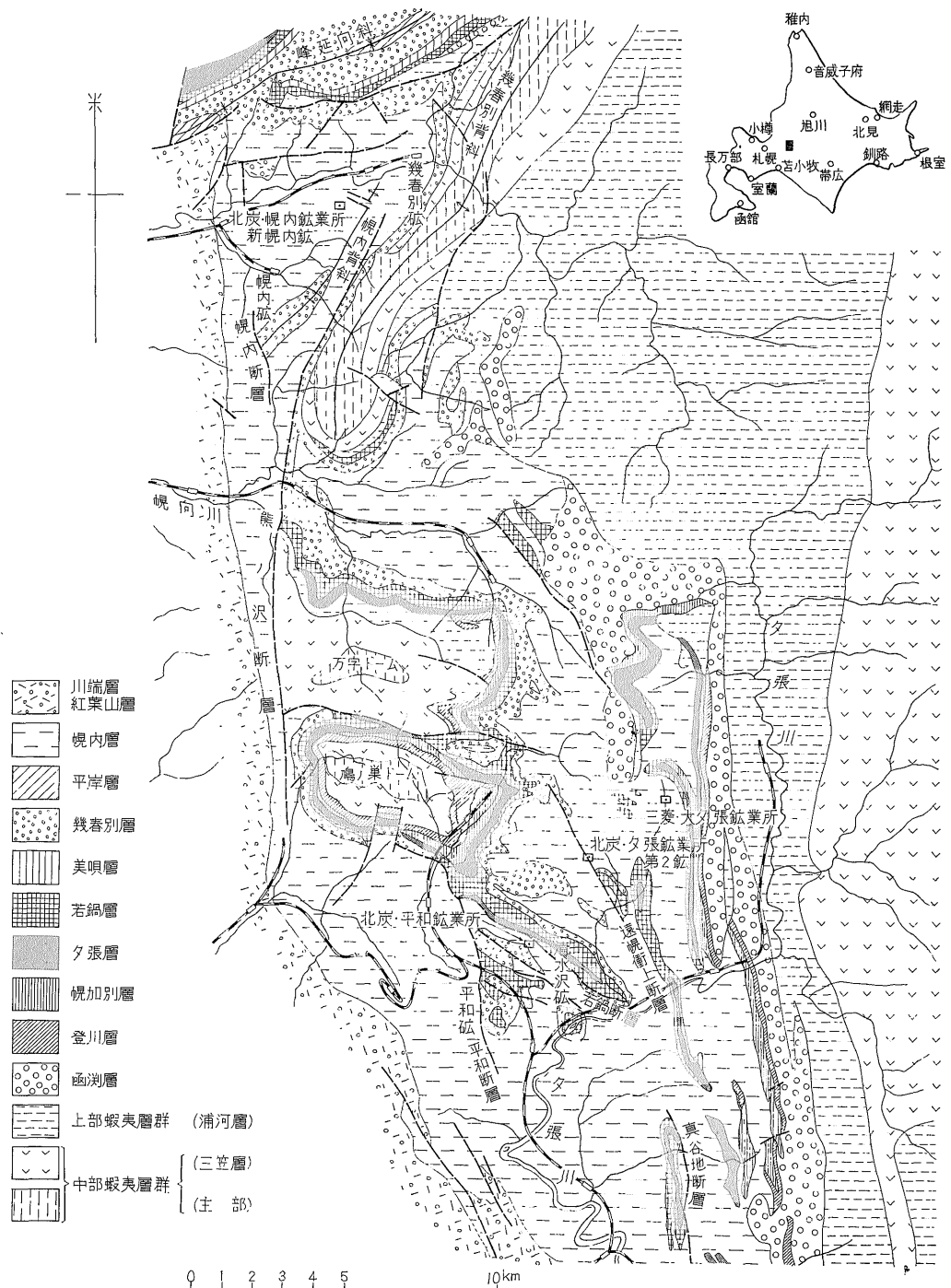
炭層中のガスが上記のようなガス圧を有する高圧状態にある場合には、基盤岩から逸出・移動した He が、炭層に混入することは考えにくい。炭田ガス中に He が混入できる条件として、炭層から遊離して炭層の周辺の孔隙率の大きな岩石ならびに亀裂、破砕帯に2次的遊離型ガスとしてガスが存在することが必要と考える。この遊離型炭田ガスの代表的な例として、筆者ら(1969, 1970)が調査した常磐炭田ガスがある。この炭田ガスは、石城砂岩層に挟在する炭層のガスが、圧力の変動によって炭層から遊離し、石城砂岩層、上位の浅貝砂岩層および亀裂・破砕帯などの間隙の大きな所に2次的遊離型ガスとして存在している。したがって基盤岩から逸出し、移動した He を含有する N_2 型ガスは、これらの炭層から遊離して存在するガスに混入する。この炭田ガスには He を 0.02~0.04 vol. % と比較的均一に含有している。

夕張地区においては、夾炭層である幾春別層、夕張層および登川層の岩相が砂岩主、頁岩従の互層からなり、炭層にあるガスは周辺の岩石に移行することが困難で、炭層から遊離して存在するガスが比較的少なく、炭田ガスの大部分は炭層ガス(炭層内に高圧状態で存在するガス)であったため炭田ガス中に占める He の割合も小さいものとする。

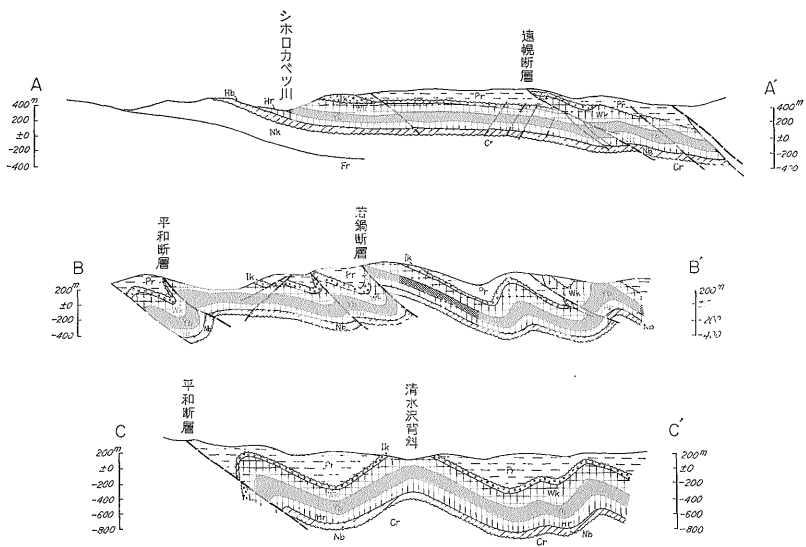
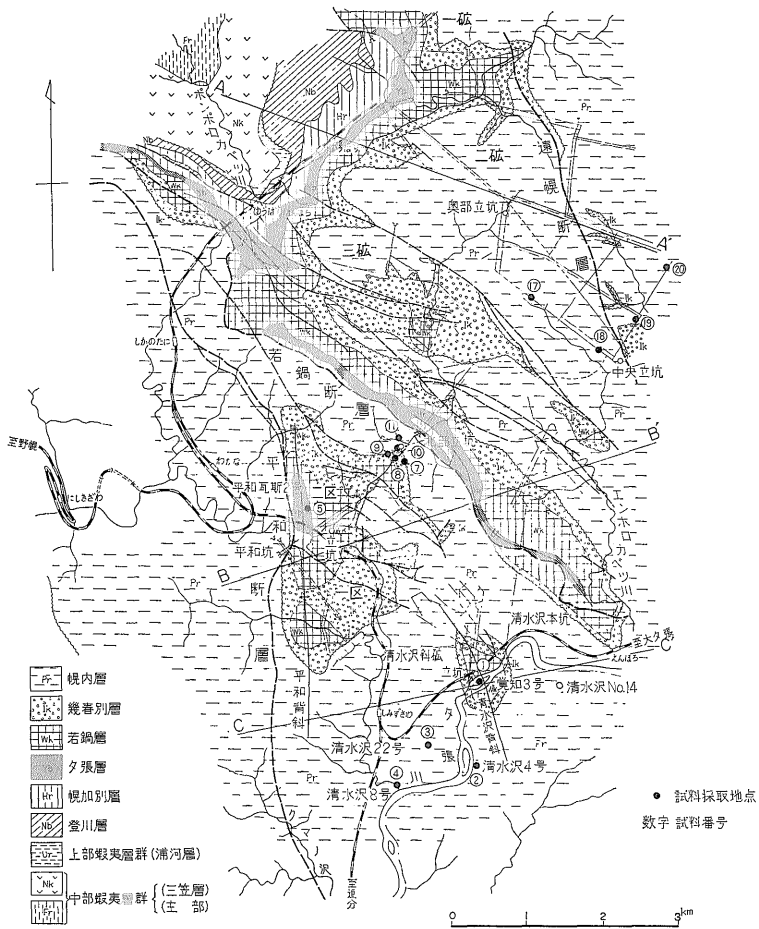
本調査の試料採取に協力された北海道炭鉱汽船株式会社の平和鉱業所、夕張鉱業所、幌内鉱業所、三菱鉱業株式会社大夕張鉱業所、大和鉱業株式会社稲里鉱の方々、ならびに北海道炭鉱汽船株式会社生産部地質課の方々から調査のため多大の便宜をはかっていただいた。ここに記して謝意を表わす。

2. 地質の概要

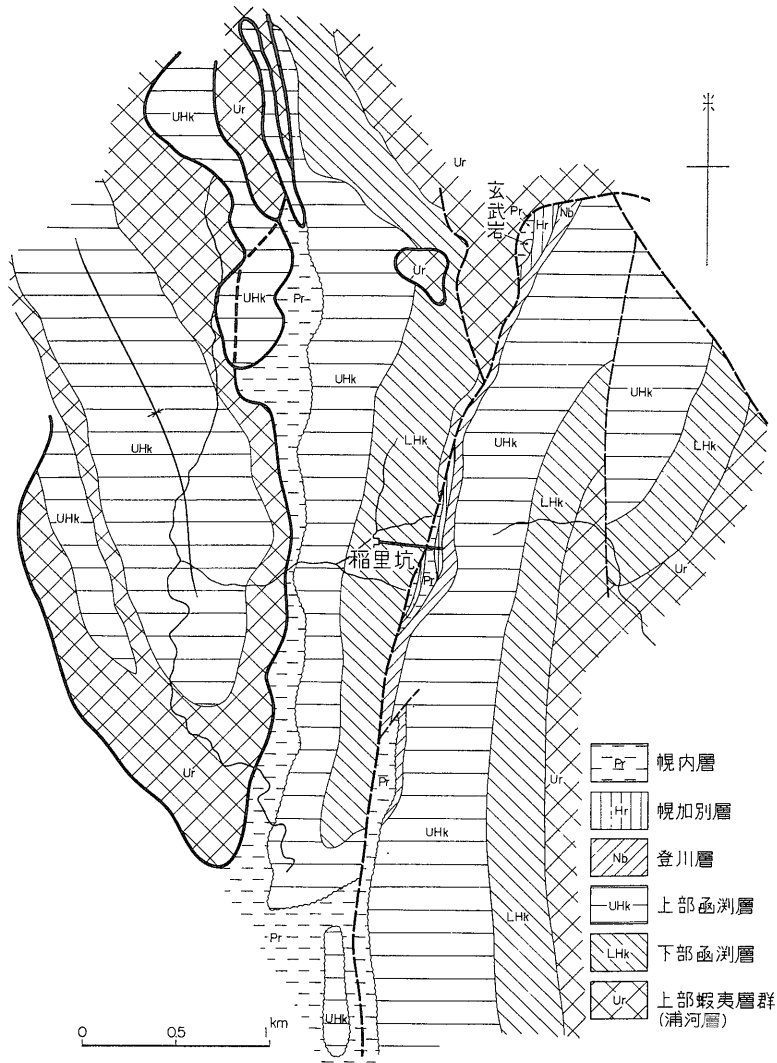
本調査地域の地質については、佐々保雄ら(1964)の5万分の1夕張図幅をはじめ多くの人による地層別、地域別の詳細な報告がある。また石狩炭田ガスに関連したのものとして日本産産誌 V-a (1960)、下河原寿男(1958)、上島宏(1955)、本島公司ら(1959)などの報告がある。



第1図 夕張炭田地質図
Geological map of Yubari coal field



第2図 夕張付近地質図
Geological map of Yubari region



第3図 大和稲里炭鉱付近地質図
Geological map of Inazato coal mine region

地質調査は、地化学的研究に必要な試料採取地点のみについて行ない、地域全般の地質については既存の資料によった。

石狩炭田夕張地区の地質図、夕張付近地質図および大和鉱業稲里鉱付近の地質図をそれぞれ第1図、第2図および第3図に示す。また夕張付近の地質柱状図を第4図に示す。

夕張地区のおおまかな層序区分は中生代白堊紀の堆積物を基盤岩として、上部漸新世から中・下部始新世の堆積物である幌内・石狩両層群、その上位に中新世の川端層群の堆積物がある。

2.1 幌内地域

本地域の層序は白堊紀の中川層（海成層）を基盤岩として緩斜不整合に石狩層群上部の幾春別層（主として淡水成層）および幌内層群（海成層）が畳重している。

幾春別層は砂岩主、頁岩従の互層で炭層を挟む。幌内鉱における稼行炭層は下位から一番下層、一番層、一番前層、二番層、三番層、四番層および五番層の7層である。この地域には北東-南西性の幾春別背斜および幌内背斜の2大背斜がある。このうち、幌内背斜は単純雄大な正常背斜で、背斜軸は10~20°の角度で北東に沈降する。この背斜構造部に新幌内・幌内の両鉱がある。

時代	層 序		層 厚 (m)	柱 状 図	記 事
古 第 三 紀	幌 内 層 群	幌 内 層	700 (+)		暗灰色頁岩 泥灰岩 団球挾在 海捷動物化石多数 不整合 基底海緑石質含礫砂岩
		幾 春 別 層	0~80		虎の皮層 淡緑灰色細~粗粒砂岩 植物化石多産 灰色砂質頁岩~頁岩 虎の皮層
	若 鍋 層	第 1 砂岩	200		灰色細粒砂岩 砂管
		第 1 頁岩		暗灰色砂質頁岩~頁岩 砂管	
		第 2 砂岩		灰色細粒砂岩 砂管	
		第 2 頁岩		暗灰色頁岩 海緑石挾在 海棲動物化石多産	
	第 3 砂岩	灰色細粒砂岩 砂管			
	第 3 頁岩	暗灰色頁岩 海緑石挾在 海棲動物化石多産			
	第 4 砂岩	灰色細粒砂岩 (含礫) 海緑石 不整合 砂管			
	夕 張 層	夕 張 層	80~180		上層炭群 暗灰色砂質頁岩~頁岩 灰色細~粗粒砂岩(含細礫) 平安 8 尺層 植物化石多産 6・8 尺層 10 尺上層 10 尺層
幌 加 別 層		110		暗灰色頁岩 菱鉄鈣質岩挾在	
登 川 層		70		淡灰色細~粗粒砂岩(含礫) 暗灰色頁岩~砂質頁岩 植物化石 3 番層(下層) 不整合	
白 堊 層 群	函 淵 層	0~50		灰色細~粗粒砂岩(含礫) 海棲動物化石	
	上部蝦夷層群 (浦河層)	0~200		暗灰色頁岩 海棲動物化石多産	
	中部三笠層	700		暗緑灰色細~粗粒砂岩(含礫) 不整合 海棲動物化石多産	
	夷主部層群	600 (+)		暗灰色頁岩 灰色細粒砂岩 海棲動物化石	

第 4 図 夕張付近地質柱状図
Geologic columnar section of Yubari region

2.2 夕張区域

本地域は南部の過褶曲地帯と北部の東西性波状褶曲帯とに分けられる。地層は白堊紀の上部蝦夷層群を基盤として緩斜不整合に石狩層群が発達する。石狩層群は下位から登川層 (主として淡水成層)、幌加別層 (主として淡水成層)、夕張層 (主として淡水成層)、若鍋層 (主として海成層) および幾春別層 (主として淡水成層) の5層に分けられ、その上位に幌内層群がある。おもな夾炭層は登川・夕張の両層である。

白堊紀層

下位から上位に中部蝦夷層群、上部蝦夷層群および函渕層群に区分される。中部蝦夷層群は主部と最上部の三笠層に分けられている。主部は細粒堆積物からなりアンモナイト等の化石をわずかに含む。三笠層は砂質岩および礫質岩からなり、浅海性、一部瀬海性の堆積物である。上部蝦夷層群は泥質岩からなり、化石は全体として少ない。函渕層群は砂岩および礫岩からなる。

登川層

本層は砂岩主、頁岩従の石狩層群最下位夾炭層であり、夕張地区では1ないし2枚の稼行炭層を挟む淡水成層で、層厚は100m前後である。

幌加別層

本層は暗灰色の頁岩からなり、層厚100m前後で、層中には層状ないし扁豆状の菱鉄鉱を挟む還元性環境の堆積物である。本層は淡水成層とされているが、最上部堆積相は一時海水の浸入があったとされている。

夕張層

本層は夕張区域の主要夾炭層で、かつまた主要ガス根源岩層である。本層には5ないし6回の堆積小輪廻が識別される。小輪廻は下位から粗粒砂岩-砂岩-砂岩頁岩-頁岩-炭層-頁岩の基本形成であるが、地域により多少異なる。十尺層および平安八尺層のほか数枚の炭層を挟在し、層厚約160mである。本層は淡水成層であるが堆積初期には海水の浸入があったと推定されている。

若鍋層

本層は海進下の堆積物であり、下位の夕張層と局部的に不整合関係を示すことがある。本層は上半部が砂岩・頁岩の互層、下半部が頁岩で、層厚は一般に140m前後である。

幾春別層

本層は前述したように幌内地域で炭層がよく発達し、稼行可能炭層が7枚前後あるが、夕張区域では貧化し、粗悪な炭層となり例外を除いて稼行に堪える炭層を欠いている。岩相は砂岩を主、泥岩・砂質泥岩を従とする。層厚は東幌内炭田東部から美流渡炭田にかけて150~200

m内外、これより東の万字鉱付近で60m前後まで薄くなる。さらに夕張各鉱一帯、平和鉱付近は70~80mとわずかに厚くなるが大夕張鉱付近で削去されている。

幌内層

本層は幾春別層の上位に緩斜不整合をもって接する海成の塊状無層理の暗灰色泥岩で、層厚は1,000mを超える。本層はこの地域における炭田ガスの帽岩の役割をなしている。

3. 調査結果

本調査において試料を採取した個所ならびに炭鉱は、夕張区域では清水沢付近の坑外ボーリング井、平和鉱第2坑、夕張鉱第2鉱、大夕張区域の大夕張鉱、稲里区域の稲里鉱および幌内区域の新幌内鉱である。稲里鉱を除く各炭鉱の位置を第1図に、坑外ボーリング井位置、ならびに平和鉱第2坑、夕張鉱第2鉱の坑内試料採取位置を第2図に示した。

また調査各炭鉱の位置、地層および炭層対比図を第5図に示した。

採取した各試料の測点地質の概要を第1表に、試料の分析値を第2表に一括表示した。

3.1 坑外ボーリング

調査した各坑外ボーリング井の地質断面図を第6図から第10図にそれぞれ図示した。いずれの坑井も清水沢背斜、向斜および平和背斜に掘さくしたものである。各ボーリング井からのガス量は、試料番号2の幾春別層から採取している坑井が720 m³/dのガスを産出している。その他の坑井では過去において700 m³/d以上のガスを産出していたが現在では数 m³/dないし数10 m³/dを産出しているにすぎない。

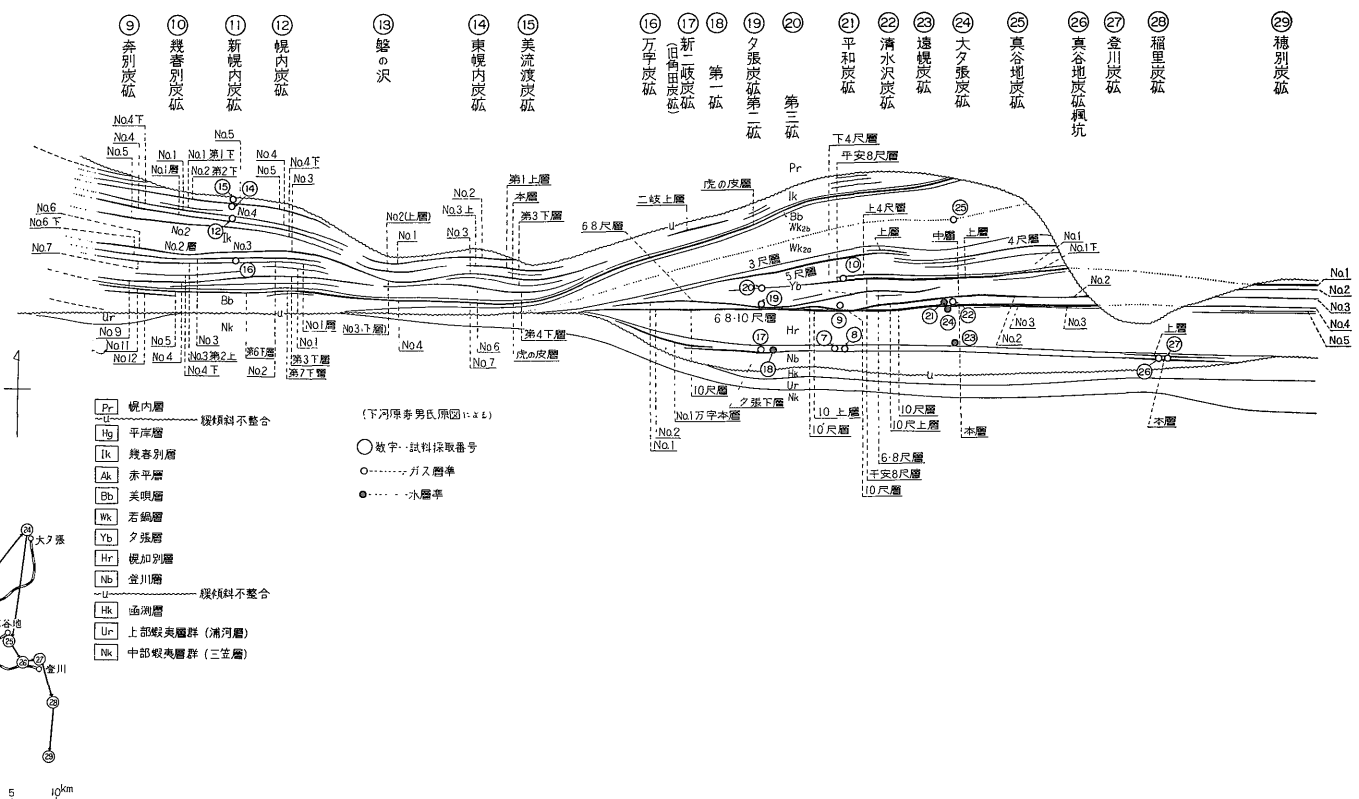
3.1.1 ガス

坑外ボーリング井から採取したガス中のHe含有量はtr^{注1)}~0.007 vol.%である。N₂/He比は589~4,920と大きな変化を示している。夕張層からのガスと幾春別層からのガス組成を比較すると、ヘリウム含有量は幾春別層からのガスの方がやや少なく、N₂/He比も大きな傾向がみられる。

3.1.2 地下水

幾春別層 (試料番号2) と夕張層 (試料番号4) からの地下水を比較すると、夕張層からの地下水の方がCl⁻、Ca²⁺、Mg²⁺ともに多く、Ca²⁺/Mg²⁺比は小さい。幾春別層からのものは13 ppmのSO₄²⁻を含有し、しかもH₂Sをとまなっている。第11図にCl⁻とHCO₃⁻および第

注1) この場合のtrとは0.001 vol. %以下0.0001 vol. %以上の存在を意味する。



第5図 夕張炭田地層および炭層対比図
Geological correlation of the formation and coal bed in Yubari coal field

北海道石狩炭田夕張地区のヘリウム資源について (牧・永田・狛・根本)

第1表 石狩炭田夕張地区調査試料採取地点の地質の概要
The table of geological setting of the locations

試料番号	試料採取地点	掘進深度 (m)	孔底・坑内深度 (m)	試料採取層	掘進目的	地質構造の概要
1	覚知3号ボーリング 孔口標高 178m	175.34	2.66	夕張平安8尺層付近	夕張層の探炭	清水沢背斜頂部
2	清水沢4号ボーリング (掘進中) 孔口標高 171.7m	374.10	-202.3	幾春別層	地下構造の究明	清水沢背斜西翼部
3	清水沢22号ボーリング 孔口標高 194m	700.39.9.18 現在	-506.	夕張平安8尺層の上位約500m付近	夕張層の探炭	清水沢向斜東翼部
4	清水沢8号ボーリング 孔口標高 167.40m	750	-582.6	夕張層	夕張層の探炭	平和背斜東翼部
5	平和ガス2号ボーリング 孔口標高 264.52m	173.65	90.87	夕張平安8尺層付近	地下構造の究明	平和背斜の頂部付近で、平和断層の衝上部にあたる
6	清水沢14号ボーリング掘進中	920		夕張平安8尺層付近	夕張層の探炭	清水沢背斜の東翼部
7	平和2坑添卸下部ガス抜No. 1065 坑内排水準-98.2m	51.2 角度-10°	-107.2	登川層上部		平和断層の衝上部
8	平和2坑添部ガス抜No. 1098 坑内排水準-98.5m	106.0 角度+12°	-77.5	登川層上部		平和背斜と遠幌背斜間に存在する小褶曲部で、平和断層の衝上部
9	平和2坑東向運搬添坑道ガス抜No. 1101 坑内排水準-98.5m	65.1 角度+3°		夕張10尺層下部	10尺層のガス抜	
10	平和2坑北部排気坑道ガス抜No. 1051 坑内排水準-98.0m	63.8 角度+60°	-430.	夕張平安8尺層と6尺層の間	8尺層のガス抜	病院断層 (衝上断層) のダウンブロック
11	平和2坑ベルト坑道		-100.	幾春別層		平和第1断層衝上部
12	新幌内5片坑道		-446.	幾春別層四番層下部		幌新境界断層衝上部
13	新幌内孔6片右5番層冠坑道		-509	幾春別層五番層上盤		幌新境界断層衝上部
14	新幌内6片奥立入5番上層 坑内排水準-509	7m 角度+63°		幾春別層五番層と五番上層間の砂岩	五番層の探炭	幌新境界断層のダウンブロック
15	新幌内北6片立入		-509	幾春別層五番層下盤		幌新境界断層のダウンブロック
16	新幌内北連斜坑7片捲立		約-580	幾春別層二番層下盤		幌新境界断層のダウンブロック
17	夕張2鉱右2号排気卸		0付近	登川層		東傾斜の単斜構造
18	夕張2鉱右4片連絡坑道 坑内排水準-230m	31.29	-261.29	登川層上部	登川層の探炭	東傾斜の単斜構造
19	夕張2鉱右4坑道捲立		約-227.4	夕張平安10尺層上盤		東傾斜の単斜構造
20	夕張2鉱右4坑道ガス抜No. 33 坑内排水準約-227.4m	100 角度-60°	-313.4	夕張平安8尺層	平安8尺層のガス抜	東傾斜の単斜構造
21	大夕張南第4入沿層卸ガス抜		-200	夕張本層上部	本層中のガス抜	雁皮原衝上断層下の順層部
22	大夕張南第4沿層卸ガス抜		-200	夕張本層・本層上部	本層中のガス抜	雁皮原衝上断層下の順層部
23	大夕張南10片水抜坑道		-200	幌加別層と登川層の境付近		雁皮原衝上断層下の複褶曲部
24	大夕張南卸1片盤下坑道		-200	夕張本層下盤	夕張本層の探炭	南大夕張向斜底部
25	大夕張奥部立入連絡坑道		-200	若鍋第2砂岩層		雁皮原衝上断層の順層部
26	稲里鉱南2片坑道No. 3 ボーリング 坑内排水準-210m	26.85	183.15	登川層	登川本層の探炭	豊進断層東部のダウンブロック
27	稲里鉱南2片坑道		210		登川本層上盤	豊進断層東部

第2表 石狩炭田夕張地区ガス
The table of geochemical data on coal field gas and

試料番号	試料採取場所	ガス・地下水採取層準	気温 (°C)	水温 (°C)	水量 (kl/d)	ガス量 (m ³ /d)	水中の溶存ガス (mg/l)					
							He	H ₂	Ar	O ₂	N ₂	CH ₄
1	夕張清水沢 覚知No. 3	夕張平安8尺層付近				10~20	—	—	0.10	0.46	2.86	24.50
2	夕張温泉 清水沢 No. 4	幾春別層		20.0	300	720						
3	夕張温泉 清水沢 No. 22	夕張平安8尺層の上部					—	0.021	0.11	0.73	2.72	20.52
4	夕張温泉 清水沢 No. 8	夕張層		16.7	7	3						
5	夕張 若菜 平和ガスNo. 2	夕張平安8尺層付近				n × 10						
6	清水沢 清水沢No. 14	"										
7	平和2坑添卸坑道	登川層上部ボーリング井										
8	"	(ガス抜ボーリング井)		35.9	52		tr	0.017	0.06	0.93	2.08	20.10
9	東向運搬添坑道	夕張10尺層下部 (ガス抜ボーリング井)		31.8	62							
10	北部排気坑道	夕張平安8尺層と6尺層の間		24.3	1							
11	ベルト卸	幾春別層		16.8								
12	新幌内炭鉱 5片坑道	幾春別層四番層下部(密閉)	28.0			2,310						
13	" 6片右5番層冠	幾春別層五番層上盤	27.0	26.0			0.0003	0.004	0.04	0.55	1.96	23.20
14	" 6片奥立入5番上層	幾春別層五番層上盤砂岩 (探炭ボーリング井)	24.5									
15	" 6片立入道	幾春別層五番層下盤		25.0		2						
16	" 北連斜坑排気卸	幾春別層二番層下盤				1,400						
17	夕張2鉱右3号排気卸	登川層上部幌加別層の境 (探炭ボーリング井)	22.0	25.0	14	6	tr	0.006	0.01	0.46	2.86	24.50
18	" 右4片連絡坑道	登川層上部幌加別層の境	25.0	26.6		100						
19	" 右4坑道捲立	夕張10尺層上部 (ガス徴ガス)				n						
20	" 右4坑道	夕張平安8尺層 (ガス抜ボーリング)		25.5		27	870					
21	大夕張炭鉱南第4入沿層卸	夕張本層上部 (ガス抜ボーリング)										
22	" 南第4沿層卸	夕張本層上部 (ガス抜ボーリング)	22.5	26.2		n × 100 c						
23	" 南10片水抜坑道	登川層と幌加別層の境	26.5	28.3			0.003	0.009	0.35	0.38	10.88	3.27
24	" 南卸1片盤下坑道	夕張本層下盤	21.3	28.0			0.003	0.002	0.54	1.28	15.34	1.23
25	" 奥部立入連絡坑道	若鍋第2砂岩層										
26	稲里炭鉱南2片坑道	登川層 (探炭ボーリング井)	14.5	11.2		10						
27	"	登川層上盤	14.3	12.1	10.2~0.3			0.011	0.15	0.60	5.24	30.59

12図に Cl⁻ と Ca²⁺/Mg²⁺ 比との関係を示した。

3.2 坑内

3.2.1 新幌内鉱

ガス

幾春別層の各炭層別に採取したガスの He 含有量は、

二番層下盤のガスが tr(大部分空気混入のため参考値)、四番層下部の密閉ガスが 0.001 vol. % (半分空気混合)、五番層上盤に掘さくしたボーリング井からのガスが 0.004 vol. %, 五番層下盤からのガス徴ガスが 0.010 vol. % である。五番層以外のガスは不完全試料であるが、最上部

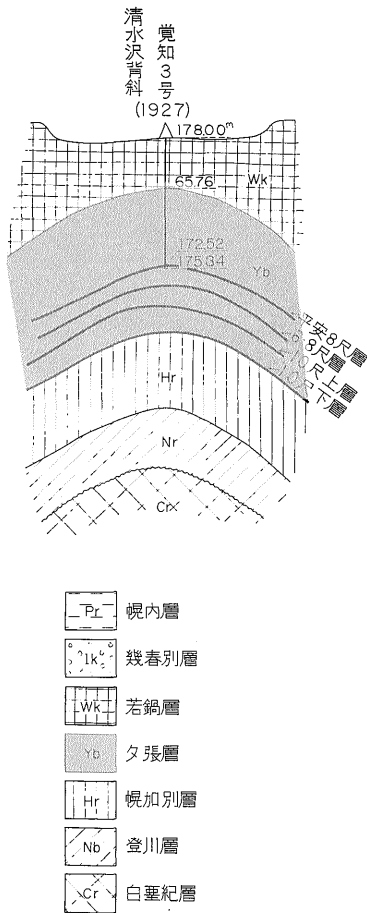
および地下水分析表
ground water in Yubari district of Ishikari coal field

He	H ₂	O ₂	N ₂	CH ₄	CO ₂	N ₂ /He	pH	RpH	free CO ₂	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺ /Mg ²⁺
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)				(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	(mg/l)	
0.004	0.000	2.97	7.93	88.18	0.92	1,982												
0.002	0.000	1.44	9.84	88.09	0.63	4,920	8.2	8.4	—	391	25	695	13.0	626	23	43.7	4.2	10.4
0.005	0.004	0.35	3.68	95.70	0.27	736	7.9	8.3	18.0	548	—	2,708	0.0	2,000	11	78.1	20.2	3.8
tr	tr	3.42	16.27	78.76	1.55													
0.005	0.000	0.89	5.56	93.06	0.49	1,112												
0.007	0.022	1.03	4.12	94.40	0.45	589												
							7.3	7.5	64.0	69	—	9,660	0.0	5,200	27	1,335	37.7	35.4
tr	tr	0.45	2.26	97.00	0.29		7.6	8.2	36.0	408	—	7,690	2.0	4,820	17	337	46.0	7.3
0.016	0.000	0.41	3.50	95.34	0.75	219	6.0	8.4	—	1,190	34	10,290	0.0	6,660	21	94	76.6	1.2
							7.6	8.3	27.0	330	—	2,740	166.0	1,800	9.7	182	5.4	33.7
0.001	tr	9.43	53.88	35.57	1.12	53,880												
							7.2	8.0	41.3	248		12,200	0.0			349	41.3	8.4
0.004	tr	0.43	2.71	96.23	0.63	678												
0.010	tr	0.45	3.48	95.62	0.45	348												
tr	0.005	17.55	75.35	7.04	0.06													
							7.4	7.9	49.0	156	—	6,150	0.0	3,300	21	746	19.7	37.9
tr	tr	0.61	2.21	96.29	0.89		7.4	7.8	45.0	115	—	7,320	0.0	4,000	20	910	39.2	23.2
0.000	0.000	0.25	2.01	97.20	0.54													
0.000	tr	0.31	1.87	97.40	0.32		8.6	8.7	—	4,170	255	4,110	0.0	4,600	15.5	24.0	28.0	0.8
							8.4	8.6	—	6,200	223	899	0.0	3,500	15	18.9	13.3	1.4
0.000	0.000	0.37	2.90	90.89	5.84		8.7	8.8	—	5,940	364	903	0.0	3,400	15	12.8	16.1	0.8
							9.1	8.9	—	37	49	13	7.0	55	3.2	0.8	0.5	1.6
							7.9	8.2	1.8	236	—	29	0.0	101	1.1	3.2	0.9	3.5
0.000	0.000	0.47	1.94	96.16	1.43		7.5	8.5	2.5	1,010	—	67	5.0	444	3.2	11.2	1.9	5.9
							7.4	8.3	7.1	1,450	—	56	0.0	623	3.6	34.4	4.9	7.0

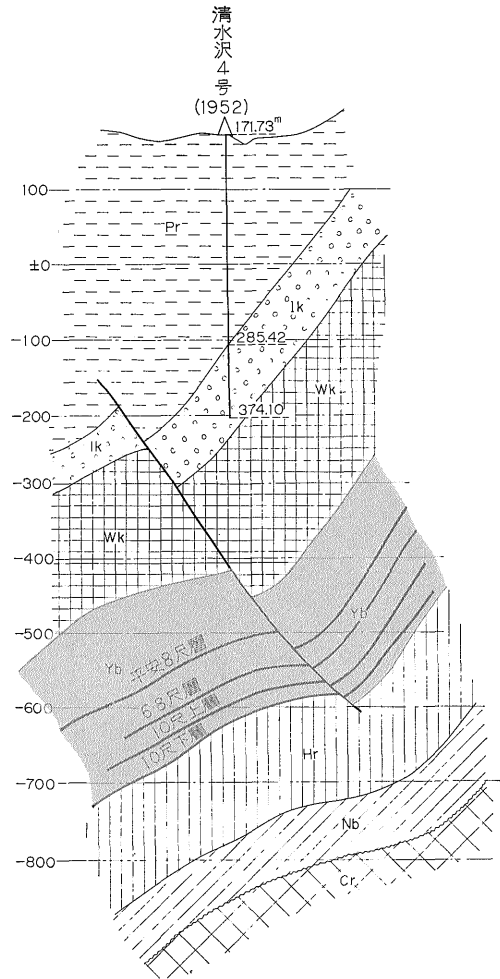
炭層である五番層上・下両盤のガスに He が多い。この五番層は他の炭層と比較して CH₄ 産出量が多いとされている。このことは五番層の上・下部が多量に含砂率が高いため、炭層から遊離したガスが多いことに原因していると考えられる。

坑内水

新幌内鉱で採取した坑内水は、幾春別層の五番層上部ガス抜ボーリング井からの地下水のみである。この地下水は Cl⁻ 12,200 mg/l, HCO₃⁻ 249 mg/l, Ca²⁺ 349 mg/l, Ca²⁺/Mg²⁺ 比 8.4 で、夕張区域の幾春別層からの地下



第6図 覚知3号付近地質柱状図(試料番号1)
Geologic columnar section in the neighborhood of
Kakuchi No. 3 well



第7図 清水沢4号付近地質柱状図(試料番号2)
Geologic columnar section in the neighborhood of
Shimizusawa No. 4 well

水である坑外ボーリング井(清水沢 No.4 井)および平和
鉦第2 坑坑内(試料番号11)からの地下水と比較すると大
いに水質を異にしている。幾春別層は主として淡水成堆
積相とされているので、これらの地下水は本島ら(1959)
の報告にあるように海成層である上位の幌内層、若鍋層
および下位の白堊紀に由来するものかもしれない。

3.2.2 平和鉦第2 坑

ガ ス

本坑内における夕張層中の炭層である夕張平安 8 尺層
のガス抜ボーリング井から採取したガス(試料番号10)
の He は 0.016 vol. % で、本調査地域におけるガス中
の He 含有率としては最高値を示した。夕張層の平安 8
尺層の下部炭層である10尺層からのガスの He 含有量は
tr、さらに下位にある登川層上部のガス抜ボーリング井
(試料番号7)からのガスの He 含有量は 0.007 vol.
%である。これらの結果からでは、基盤岩である白堊紀

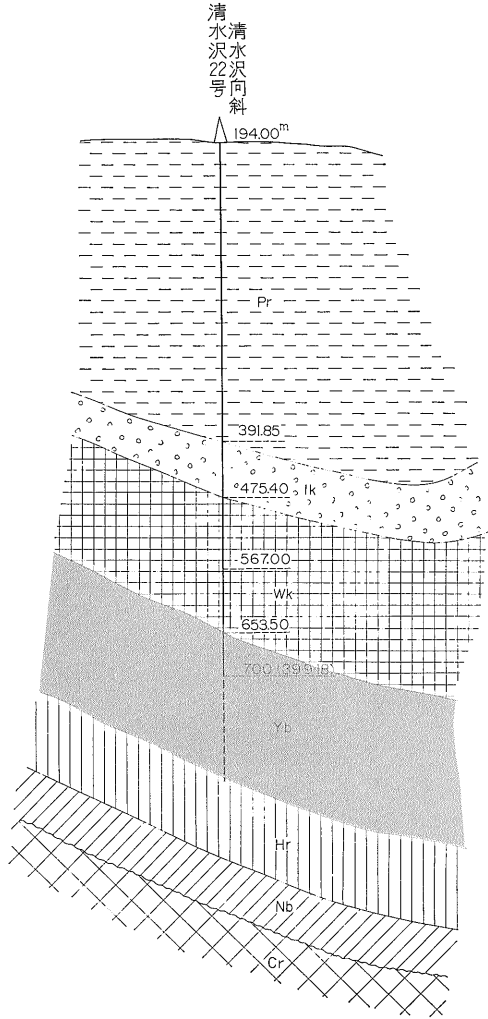
層に近い登川層からのガスにかならずしも He 含有量
が多いとはいえない。

夕張層の平安 8 尺層から産出するガスで He をもっと
も多く含有するもの(試料番号10)の N_2/He 比は 219
である。この値は常磐炭田における石城夾炭層から産出
するガスの N_2/He 比 200^{注2)}前後の値と比較してほぼ等
しい。

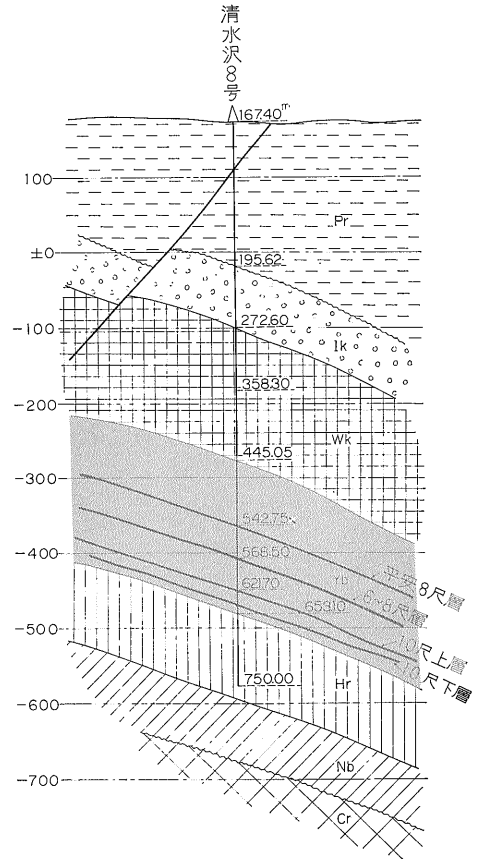
坑 内 水

本坑内水の Cl^- は、幾春別層から採取した地下水が
2,740mg/l で比較的少ないほかは登川層のものが 9,660

注2) 常磐炭田地域の石城夾炭層から産出するガスの N_2/He は 80~
600 であるが特殊のガスを除くと大部分が 200前後の値を示す。
牧真一・米谷宏・安藤直行(1969)

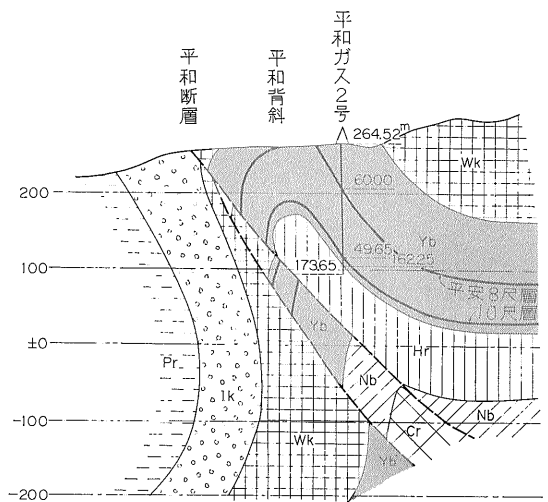


第8図 清水沢22号付近地質柱状図 (試料番号3)
Geologic columnar section in the neighborhood of Shimizusawa No. 22 well

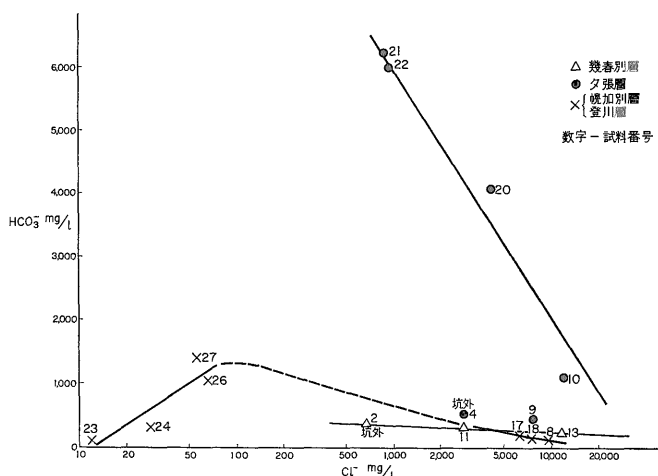


第9図 清水沢8号付近地質柱状図 (試料番号4)
Geologic columnar section in the neighborhood of Shimizusawa No. 8 well

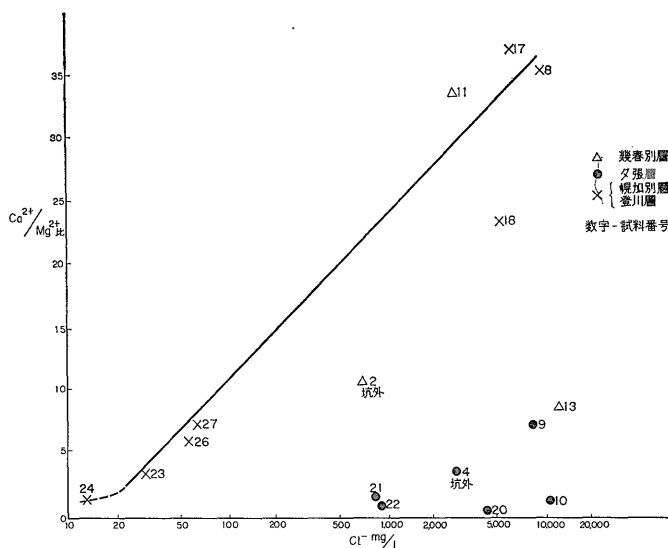
mg/l, 夕張層の平安8尺層のものが 10,290 mg/l と多く、ほぼ海水中の濃度の半分である。これらの堆積相は主として淡水成層といわれているが、下河原寿男(1958)によると夕張層は数回の小輪廻が識別され、小輪廻基底部堆積時には海水の侵入があったと推測している。また登川層堆積初期にも海水の侵入があったと推測している。したがって上記の Cl^- 濃度をもつ地下水はこれら地層の堆積時の海水の侵入による化石水である可能性が考えられる。また本島ら(1959)によればこれらの地下水は、登川層の下位に不整合にある海成層の白堊紀層および夕張層の上位にある海成層の若鍋層と幌内層の地下水にその根源を求めることが妥当であると報告しているのでその可能性も考えられる。



第10図 平和ガス2号付近地質柱状図 (試料番号5)
Geologic columnar section in the neighborhood of Heiwa gas No. 2 well



第11図 Cl⁻ と HCO₃⁻ の関係
Relation between Cl⁻ and HCO₃⁻



第12図 Cl⁻ と Ca²⁺/Mg²⁺ 比の関係
Relation between Cl⁻ and Ca²⁺/Mg²⁺

夕張層の地下水と登川層の地下水の成分を比較すると、Cl⁻ はほぼ等しいが、HCO₃⁻ は夕張層のものが 408 mg/l および 1,190 mg/l と多いのに対し、登川層のものは 69 mg/l と少ない。また Ca²⁺ は夕張層のものが 94 mg/l および 337 mg/l であるのに対し登川層のものは 1,335 mg/l と多い。このような傾向は後述する夕張鉦第 2 鉦の坑内水についても認められる。

3.2.3 夕張鉦第 2 鉦 ガ ス

本鉦鉦内で採取したガスのうち、He は幌加別層から

のガス徴ガス (試料番号18) にのみ tr が認められ、夕張層のガス抜ボーリング井およびガス徴からのガスには認められなかった。

坑内水

登川層と幌加別層の境から湧出する試料番号17および18の2試料の地下水は類似しており、前記の平和鉦第2坑の登川層からの地下水と比較して Cl⁻ はやや少なく、HCO₃⁻ は約2倍量多く、Ca²⁺ および Mg²⁺ は少ないが Ca²⁺/Mg²⁺ 比はほぼ等しい。また夕張平安8尺層の水質も平和鉦第2坑の同一層準の地下水と比較して同じ傾

向であって、 Ca^{2+} および Cl^- が少なく、また $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ 比も小さい。

登川層と幌加別層の境から湧出する地下水中の溶存ガスの He 含有量は、幌加別層からの遊離ガスの He 含有量と等量の tr が認められた。

3.2.4 大夕張鉦

ガス

南坑内夕張層の探炭ボーリング井から採取したガスには He が 0.000 vol. % で存在が認められない。

坑内水

夕張層の探炭ボーリング井から採取した試料番号21と22の地下水は、それぞれ Cl^- が 899 mg/l, 903 mg/l, HCO_3^- が 6,200 mg/l, 5940 mg/l と同種の水質を示すが、幌加別層と登川層の境からの地下水 (試料番号23) と夕張層下盤からの地下水 (試料番号24) は、それぞれ Cl^- が 13 mg/l, 29 mg/l と少なく、 HCO_3^- も 37 mg/l, 236 mg/l と比較的少ないので、水質は夕張層を境として大いに異なっている。

幌加別層からの地下水中の溶存ガスには、He 0.003mg/l が含有されている。

3.2.5 稲里鉦

ガス

登川層の探炭ボーリング井跡からのガス徴ガスには He が 0.000 vol. % で存在が認められない。

坑内水

本鉦の登川層の坑内水および大夕張鉦の幌加別層と登川層の間から流出する地下水 (試料 No. 23) とを比較すると、 Cl^- は 56 mg/l および 67 mg/l で、大夕張鉦のものよりやや多い程度であるが、 HCO_3^- は 1,000 mg/l を超えて多く、 $\text{Ca}^{2+}/\text{Mg}^{2+}$ 比も 5.9 および 7.0 とやや高い。

4. 考 察

炭田地帯にあっては、炭層は炭田ガスの母層であり、帽岩であると同時に貯留層の役割をしていると考えられている。しかし炭層が貯留層としての役割は、その石炭の吸着力や炭層の周辺の岩石の孔隙率によって大きく支配される。例えば前述の常磐炭田の場合では、炭田ガスはほとんど遊離型ガスとして存在し、炭層は貯留層の役割をほとんどはたしていない。しかし石狩炭田の場合は、炭層の石炭の吸着能力が比較的大きく、また各夾炭層は砂岩・頁岩の互層のため炭層中のガスは周辺の岩石に移行しにくく、炭層が主要な炭田ガスの貯留層の役割をしている。このような炭田ガスの産状を示す場合は前述の概論で述べたように He が炭層ガス中に混入するこ

とができないと考える。次に述べるように2次的遊離ガスの存在が多いと推測される炭層の上・下盤から採取したガスに He を含有している調査結果が得られている。

a) 夕張区域の平和鉦第2坑の坑内ガスおよび同区域の坑外ボーリング井からのガスは tr~0.016 vol. % の He を含有している。坑内ガスでは下位の白堊紀層にもっとも近い登川層からのガスよりも、ガス産出量の多い上位層の夕張層のガスに He 含有量が多い。これに対して平和鉦と同じ区域にある夕張鉦第2鉦の坑内ガスには He がほとんど含有されていない。この原因として、平和鉦第2坑の位置する区域が、平和背斜、平和・温泉・病院などの断層および褶曲の影響を受けた複雑な地質構造地域で、おそらく2次的空隙ができやすく、炭層ガスは遊離型ガスになりやすいことが考えられる。これに対して、夕張鉦第2鉦の位置する場所は、石狩炭田地帯では地質構造的にまれに見る穏やかな区域で、各地層が比較的規則正しい分布をし、褶曲および断層のとくに著しいものはない。このことから夕張鉦第2鉦付近には2次的空隙が少なく、炭層中にあるガスは遊離型ガスに移行できないことが考えられる。

b) 幌内区域の新幌内鉦で探炭している幾春別層は基盤岩である白堊紀層に不整合に直接堆積している。この幾春別層の最上位炭層である五番層の上部ならびに下部から採取したガスに He が多い。このことは He の供給が白堊紀層からとすると一見矛盾する。五番層付近のガス中に He の多い原因は、五番層上部および四番層と五番層の間の地層が下位の他の地層と比較して含砂率が多く、したがって、五番層以外の炭層付近と比較して遊離型ガスが多いことが考えられる。

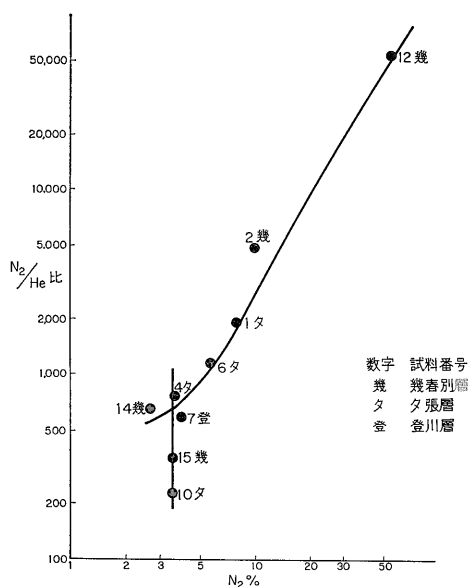
c) 大夕張区域の大多夕張鉦坑内の夕張層は雁皮原衝上断層下にあつて、炭層ならびに炭層付近の地層には2次的空隙が予想され、遊離型ガスの存在も予想されたが、ガス抜ボーリング井から採取したガスの分析結果では He は 0.000 vol. % で存在しない。このガス抜ボーリング井は断層の順層部にある夕張層のガスを採取しているもので、このガスは炭層内のガスが大部分である可能性が考えられる。幌加別層から採取した地下水の溶存ガス中に He が 0.003 mg/l 含有されていることは、炭層付近に下位の白堊紀層から He が供給されていることを示している。

稲里区域の稲里鉦坑内の登川層からのガス徴ガスにも He は 0.000 vol. % である。この地域は第3図でわかるように登川層と基盤岩の白堊紀層が露出しており、白堊紀層から逸出する He を含有する N_2 型ガスの大部分は貯留されずに大気中に放散されていることが考えられ

る。

以上の結果から、石狩炭田夕張地区のガス中の He は、白堊紀層から N₂ 型ガスの一成分として逸出し、断層ならびに亀裂などを通して上位の地層に分布する2次の空隙に存在する遊離型炭田ガス中に混入したもので、したがって炭田ガス中に占める He の割合は炭層中のガスと炭層から遊離して存在する遊離型ガスの混合物 (例えば、ガス抜ボーリング井からのガス) の場合には、遊離型ガス量の占める割合に正の相関、遊離型ガス絶対量に対して負の相関関係にあると考える。

第13図に N₂ % と N₂/He 比の関係を示した。巨視的には N₂ % の増加とともに N₂/He 比が大きくなるので、この N₂ は白堊紀層から逸出・移動したのではなく、大部分が大気由来した N₂ と思われる。ただ平和鉱第2坑の夕張層の平安8尺層と10尺層の間から採取したボーリング井からのガスと、新幌内鉱の幾春別層における五番層下部のガス徴から採取したガスの N₂/He 比はそれぞれ 216, 348で、両ガスの N₂ % もほぼ等しい。このことはあるいは夕張区域の方が幌内区域に比較してやや白堊紀層から逸出・移動したガス中の N₂ 含有率が高いことを意味しているとも考えられる。またこれら N₂/He 比の値は筆者ら (1969) の調査した常磐炭田の石城層から産出する炭田ガスの N₂/He 比よりやや高いので、本地区の白堊紀層から逸出・移動するガスは常磐炭田地域の先白堊紀基盤岩から逸出・移動するガスの He 含有率約 2.2 vol. % (牧ら, 1970) とほぼ等しいか、やや少な



第13図 N₂ % と N₂/He 比の関係
Relation between N₂ % and N₂/He ratio

い 1~2 vol. % の He を含有する N₂ 型ガスと推察される。

夕張地区の坑内水および坑外地下水については先に本島公司ら(1959)による報告があり、夕張鉱第2坑、平和鉱第2鉱の各夕張層から採取した坑内水と、新幌内鉱の幾春別層から採取した坑内水との間には Cl⁻ と I⁻, Cl⁻ と HBO₂, Cl⁻ と Ca²⁺/Mg²⁺ 比などの関係から層位的あるいは地域的な差を示すと述べている。本調査は He を対象とした調査のため、夕張層の下位相である登川層と幌加別層から湧出する地下水に主眼点を置いた調査を行なったので、主としてこの点について述べる。

夕張地区の登川層からの地下水を見ると、平和鉱および夕張鉱の登川層からの地下水は、稲里鉱の登川層の地下水および大夕張鉱の登川層と幌加別層の境からの地下水と比較すると水質に大きな相違が認められる。すなわち平和鉱および夕張鉱の登川層の地下水は、Cl⁻ が多く、HCO₃⁻ が少なく、Ca²⁺/Mg²⁺ 比が高いのに対して、稲里鉱の登川層の地下水は Cl⁻ が少なく、HCO₃⁻ が多く、Ca²⁺/Mg²⁺ 比が小さい。大夕張鉱の登川層と幌加別層の境から湧出する地下水は、Cl⁻ が少なく、HCO₃⁻ が少なく、Ca²⁺/Mg²⁺ 比が小さい。

Cl⁻ と HCO₃⁻ の関係を第11図に示した。大夕張鉱の夕張層の地下水は、Cl⁻ の増加とともに HCO₃⁻ の減少が著しい。夕張区域の平和鉱および夕張鉱の夕張層からの地下水、および坑外ボーリング井の夕張層から流出している地下水の HCO₃⁻ は 1,200 mg/l 以下で、大夕張鉱のものと比較して少ない。登川層および幌加別層からの地下水は、Cl⁻ が 13 mg/l から 67 mg/l までは Cl⁻ の増加とともに HCO₃⁻ も増加するが、Cl⁻ 6,000 mg/l 以上では HCO₃⁻ は 200 mg/l 以下でほとんど変化がない。

Cl⁻ と Ca²⁺/Mg²⁺ の関係を第12図に示す。この図から大夕張鉱の登川層と幌加別層の境の地下水、夕張鉱と稲里鉱の登川層からの地下水は Cl⁻ の増加とともに Ca²⁺/Mg²⁺ 比は一般に増加している (試料番号18は坑道天盤水)。夕張区域の夕張層の坑内・坑外地下水は Cl⁻ 量に関係なく Ca²⁺/Mg²⁺ 比が 1.2~7.3 と比較的小さな値を示す。

以上の結果から、夕張地区の登川層の地下水と大夕張および稲里地区の登川層の地下水とは水質を大いに異にしている。大夕張および稲里地区の登川層の地下水は登川層が淡水堆積相であることから、堆積時の化石水と考えられるが、Cl⁻ と Ca²⁺/Mg²⁺, Cl⁻ と HCO₃⁻ の関係から稲里地区の登川層の地下水は天水の浸入も考えられる。また夕張地区の夕張鉱および平和鉱の登川層の地下水は Ca-Cl 型の閉じた水系の化石水であり、稲里鉱の登

川層の地下水は Na-HCO_3 型の開いた水系の地下水と考えられる。稲里鉱の登川層の坑内ガスに He が認められないことは、登川層の地下水が天水の浸入を許すような地質状況、すなわち封塞状態の不完全性によって前述したように白堊紀層から逸出・移動した He が大気に散逸されるためと考える。

5. 結 論

石狩炭田夕張地区の炭田ガスは、大部分が石炭層中に存在するガスである。このようなガスでは白堊紀層から逸出・移動して来る He を含有する N_2 型ガスの混入はきわめて困難である。しかし断層・褶曲などによって炭層ならびに炭層付近に生じた 2 次的間隙に遊離型ガスとして存在するガスには He を tr ないし 0.016 vol. % 含有している。したがって本炭田ガスの He 含有率は炭田の遊離型ガスの存在量と直接関係している。常磐炭田ガスのように大部分が遊離型ガスの場合には He 含有率は比較的均一であるが、本炭田ガスのような場合にはきわめて不均一である。

夕張区域の平和鉱の夕張層から採取したガスは調査地域で採取したガスのうちで He 含有量がもっとも多く、その N_2/He 比は 219 である。この値は常磐炭田地域の石城層から産出するガスの値に近く、夕張地区の基盤岩である白堊紀層から逸出・移動した He を含む N_2 型ガスの He 含有率は 1 ~ 2 % と推定される。夕張地区ではこのようなガスが断層・亀裂などを通して上部の地層に移動し、石炭の遊離型ガス中に混入したものと考察される。

石狩炭田夕張地区の炭田ガス中の He は、0.016 vol. % 以下であって、企業の対象となる含有率ではない。

今後炭田地帯の He 資源調査は、石炭遊離型ガスの集積が地質的に予想される 2 次的間隙の多い地域、例えばドーム構造を有する炭田地域について試錐をもちいた調査・研究を行なう必要がある。

(昭和45年4月稿)

文 献

- 上島 宏 (1955) : 北海道石狩炭田夕張地区石炭層ガス予察報告, 地質調査所月報, vol. 6, no. 8, p. 451~462
- 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, 地質調査所月報, vol. 20, no. 6, p. 395~414
- 牧 真一・他 6 名 (1970) : 常磐炭田多賀地域のヘリウム資源について, 地質調査所月報, vol. 21, no. 5, p. 309~325
- 本島公司・他 2 名 (1959) : 北海道石狩炭田夕張地区炭田ガス予察報告, 地質調査所月報, vol. 14 no. 2, p. 111~122
- 日本鉱産誌 V-a (1960) : 「主として燃料となる鉱石—石炭—」, 地質調査所
- 佐々保雄・他 2 名 (1964) : 5 万分の 1 地質図幅「夕張」, 同説明書, 184 P., 北海道開発庁
- 下河原寿男 (1956) : 夕張炭田のガス地質, 鈴木醇教授遷曆記念論文集