

# 日本の天然ガス中のヘリウム

牧 真 一

## まえがき

地質調査所では 昭和37年から5ヵ年計画で 日本のヘリウム資源の調査を行なっているので 現在までに行なった天然ガス中のヘリウム調査の状況について述べる。

ヘリウムについては 本島技官が地質ニュース (No.87 1961-11) に性質 用途 産量 存在量 国内・国外の資源および日本の資源調査上の問題点について述べているので参照されたい。 今回の調査は この日本の資源調査上の問題点を参考にして行なっている。 また今回の説明の順序として 前述の地質ニュースの内容と重複するところがあることをおことわりしておく。

日本のヘリウムの調査は 大正10年頃東京大学の航空研究所によって全国的に行なわれた。 当時は飛行船が軍用 商業用に使用されていた時代なので この調査は飛行船の浮上用ガスとして水素の代りに不燃性のヘリウムを使用するために行なわれた。

今回の調査は 放射線に対してもまた化学的にも安定で しかも熱伝導度のよいヘリウムを原子炉用冷却剤として使用する計画がなされたために行なうことになった。

ヘリウムは 水素に次いで軽い元素であり 不活性で液化しにくいという特性があるので アメリカにおいては 軍用 原子力関係用および商業用として広く使用され 商業用としては 表(1)にあるように 熔接 リークテスト 冶金 医療などの各方面に使用されている。 政府用と民間用(商業用)の量的関係は 図(1)に示した。 政府用として直接 間接に使用している量は全使用量の

表 1. アメリカにおける商業用ヘリウムの用途別消費割合

用途	全商業用使用 %	使用の区分	
		連邦政府契約%	その他%
熔接	64.5	52.3	47.7
リークテスト	8.5	31.7	68.3
チタン製造と粗造	7.5	83.9	16.1
実験用	5.1	63.2	36.8
空気調整	5.0	22.5	77.5
医療	2.6	0.0	100.0
トランジスター	2.3	67.1	32.9
ジルコン製造	1.6	100.0	0.0
航空機	1.5	99.0	1.0
広告および玩具用気球	0.6	0.0	100.0
飛行船	0.6	0.0	100.0
その他	0.2	27.1	72.9
計	100.0	51.8	48.2

約90%で 残りの10%が純粋の民間用として使用されている。 このヘリウムは カンサス オクラホマ テキサス ニューメキシコ ユタおよびアリゾナの各州からの石油系天然ガス (主としてヘリウム 0.4~1.0%(vol)のもの) から抽出している(将来の需要計画図 図2を参照)。 日本では 年間約10万m<sup>3</sup> のヘリウムをアメリカから輸入しており その市価は約5,000円/m<sup>3</sup> と高価であるので 主として物理 化学実験および分析用に使用されている。

## 存在量

地球上では ヘリウムは稀元素で しかも特種の用途に使用されているので 一般にはなじみが少ない元素である。 しかし地球上では稀元素であるが 宇宙での存在量は 全元素に対して水素が約76% ヘリウムが約23%と水素の次に多く 残りの1%たらずが他の元素である。 宇宙と地殻におけるヘリウム量と珪素量を比較して示すと 表(2)となる。

ヘリウムが太陽系にあることから 地球上のヘリウムは 地球ができる時のガス状物質の一部であって 初めから存在していたものであるとする説があったが 現在ではほとんど支持されていない。 現在考えられているヘリウムの起源は 重い元素すなわちウラン トリウムの放射崩壊によって生成されたものであるとする説が最も有力である。 Damon と Kulp はヘリウムがウラン トリウムの放射崩壊によってできたとして 地殻とマ

ントルでのヘリウムの生成量と この生成されたヘリウムが大気に放出される割合を計算した。 これらの数値を表(3)に示す。 この結果 彼らは大気中に放出されるヘリウムの量は生成量に対して少ないと述べている。 また Rogersは 地球表面から10マイルの深さまでの岩石の放射元素から また Rutherfordと Beckerは 地球の熱損失が radio-active process によ

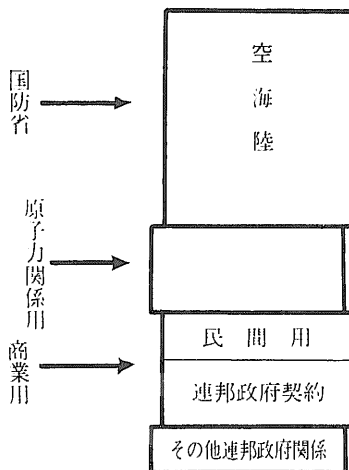


図 1 米国内におけるヘリウム使用量の政府関係と民間の比較

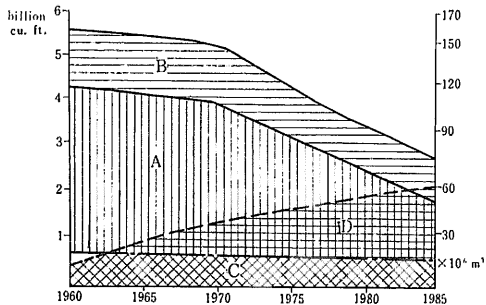


図2 アメリカにおけるヘリウム資源と将来予想される抽出量

- A. 12の最良な装置からの有効ヘリウム量  
77 billion cu ft (2180×10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>)
- B. 良好でない装置からの有効ヘリウム量  
27 billion cu ft (764×10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>)
- C. 現在ある5の装置から予想される抽出量  
15 billion cu ft (452×10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>)
- D. 需要に合わせて予想される抽出量 36 billion cu ft (1019×10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>)  
The Oil and Gas Journal Vol 60, No. 6, 1962

つておぎなわれているとして radio-active processによつて生成されるヘリウム量を計算し 8~30×10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>/yの数値を得た。先の Damon らによる地殻のヘリウム量は ヘリウム 1ml=2.78×10<sup>10</sup> 原子であるので約7×10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>/y となる。

**あり方**

地球におけるヘリウムは Damon と Kulp の計算でわかるように 地球表面から一部は大気中に放出されるが 大部分は地殻中に残留し その一部は地球上層部の地層中に貯溜されている。したがってヘリウム資源としては 1. 大気 2. 岩石 3. 天然ガスが考えられる。

1. 大気…地球で生成されるヘリウムは 大気の一部放出されるため 大気中のヘリウム含有量は年々増加するはずであるが 実際には 高度0kmで0.0005%(vol.)であつて、その値はほとんど変化していない。このことは ヘリウムが軽く地球の重力圏外に上昇するため 重力圏外の上層では ヘリウムは増加している。重力圏内で

表2 宇宙と地殻におけるヘリウム存在比(珪素と比較して)

元 素	地殻における存在比		宇宙における存在比 <sup>c</sup>	地殻 / 宇宙比
	原子数比 <sup>a</sup>	重量% <sup>b</sup>		
ヘリウム	2.16×10 <sup>-3</sup>	8×10 <sup>-7</sup>	3.08×10 <sup>7</sup>	7.0×10 <sup>-11</sup>
珪 素	1.00×10 <sup>4</sup>	26.00	1.00×10 <sup>4</sup>	1.00

注 地殻は大気圏・大洋を含む  
a: Cameron による b: Anderson による  
c: Suess and Urey による

表3. 地球の岩石圏中のヘリウム生成量

	生産量の割合	地殻より大気へ放出する割合
地 殻 の ヘ リ ウ ム	1 9 1	
マントルのヘリウム	9 3 4	
計	1 1 2 5	7. 3

単位 10<sup>30</sup>×原子(ヘリウム 1ml 12.78×10<sup>10</sup> 原子)  
(Doman, P. E. and T. L. Kulp: Geoclim)  
Cormochion Acto 13 1958

変化していないことは 地球から放出される量と重力圏外に上昇する量とが同程度で相殺されているためと考えられている(地球から高度 870km までの大気中のヘリウムの総量は 標準状態では58186×10<sup>6</sup>m<sup>3</sup> という数値がある)。この重力圏内での含有量では 経済的に抽出することはできない。

2. 岩 石…稀有元素鉱物のフェルグソン石 モナズ石 サマルスク石およびピッチブレンド中には 1g 中にヘリウム 1.5ml を含有するものがある。鉱物中のヘリウム最高含有量は ソリアナイト石の10.5ml/g である。その他にインドのモナズ石の0.75ml/g 日本の福島県石川産のモナズ石の0.30ml/g などの数値がある。イギリスでは戦争中にインドのモナズ石からヘリウムを抽出したという記録がある。

水成岩 火成岩および変成岩中のヘリウム含有量は ウラン トリウムの含有量の多い火成岩(平均値としてウラン 0.7×10<sup>-6</sup>g トリウム 1.5×10<sup>-6</sup>g) に最も多く 火成岩 1g から1年間に12.4×10<sup>-13</sup>ml のヘリウムが生成されることになる。

3. 天然ガス…ヘリウム資源としては天然ガスが最も重要で アメリカ カナダ ソ連では いずれも天然ガスからヘリウムを抽出している。アメリカでは 先に述べた各

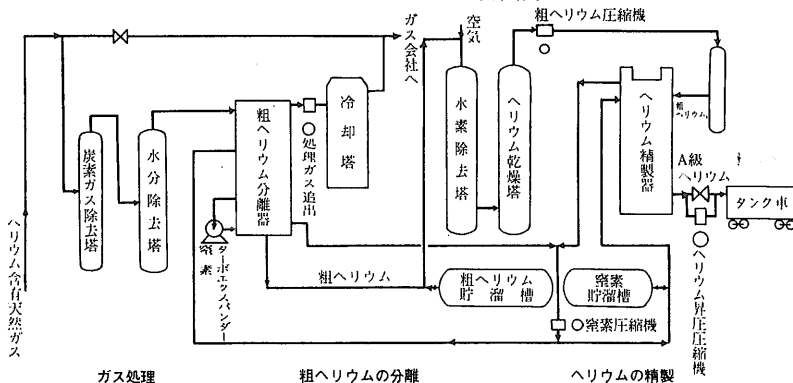


図3. 米国におけるヘリウムの抽出工程

州から産出する主としてヘリウム0.4~1.0%含有の石油系天然ガスから抽出している。アメリカにおけるヘリウム資源と将来の需要計画を 図(2)に示す。この国の抽出可能なヘリウム資源量は約154 billion cu. ft.(4.25×10<sup>9</sup>m<sup>3</sup>)とされている。この量は現在の消費量からすると300年分の量にあたる。

天然ガスから

ヘリウムの抽出法

天然ガスからヘリウムを抽出するには 1. ガス処理 2. 粗ヘリウムの分離 3. 精製の三段階で行なっている これらの行程を図(3)に示す

1. ガス処理…冷却の時に防害となる水 亜硫酸ガス 炭酸ガスなどの不純物を除くため グリコールアミン液の吸収塔と活性ボーキサイト乾燥塔を通す

2. 粗ヘリウムの分離…-260°F(-163°C)で炭化水素類を除き 触媒によって水素を燃焼し水として除く

3. 精製…活性アルミナで水分を除き 粗ヘリウムを 2600 psi (183kg/cm<sup>2</sup>)に圧縮し 液体窒素で冷却ガス状窒素を除き 次に液体窒素の温度下でココナット・チャコールの床を通し 微量の窒素と水素を除き 99.995%のA級ヘリウムとする

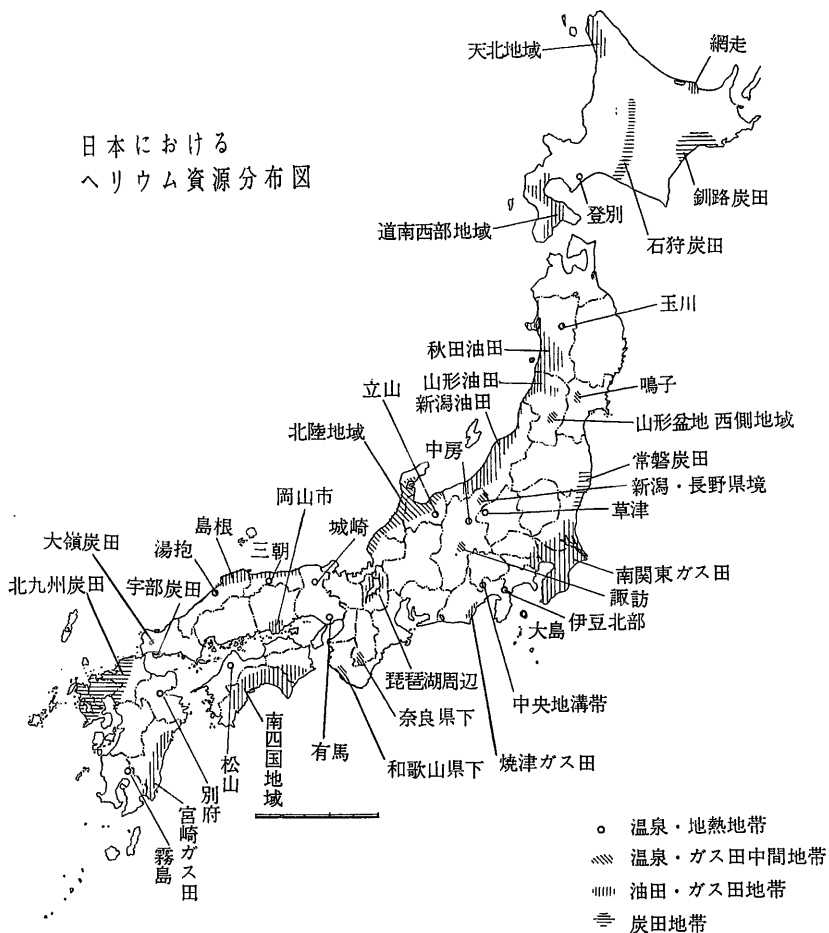
調査の方針

ヘリウムの成因から ヘリウムの生成量は 岩石中のウラン トリウムの含有量と放射崩壊時間の函数である。ウラン トリウムの岩石中の含有量は 堆積岩より火成岩に多く 火成岩の中では花崗岩にもっとも多い(表(4))。岩石のウラン トリウムの放射崩壊時間は その岩石の生成された時期の古いものほど大である。

成因と過去における(大正時代)調査結果から 日本に  
表 4 火成岩中のヘリウム含有量 (R. J. Stresit 1908 から)

岩石	産地	He ml/g
花崗岩	Cornwell, England	0.029
閃緑岩	Mount Sorrel, Leicestershire, England	0.005
礫岩	Trafrain Law, Haddingtonshire, England	0.0086
玄武岩	Ireland	0.0019

日本における  
ヘリウム資源分布図



おけるヘリウムを多く含有する天然ガスの存在する地帯は 次のような地質条件の地帯と考えられる。

1. グリーン・タフ地域のガス田 油田 ガス田・温泉 中間地帯。
2. 基盤に花崗岩をもつガス田 油田 ガス田・温泉 中間地帯
3. 古期岩層の発達する地帯

過去の資料から 温泉ガスにヘリウム含有量の多いものがあり、また外国(アメリカ フランス イタリア)では 鉱泉ガスに多いものが報告されているので 火山ガス特に噴気ガスについて一般の天然ガスと平行して研究調査を行なうことが必要である。このことは、ヘリウムの供給の問題を考える場合に重要な資料になると思われる。以上のことから 日本におけるヘリウム資源調査を必要と考えられる重要地域を 図(4)に示す

今回の調査は 5 ヶ年計画であるので 調査の初めに一応長期計画を立案実施している。 長期計画の概要を下記する。

1・2年度(昭和37 38年度)は 過去の資料ならびに地質的に産出が予想される重要徴候地の調査を行なう。

3・4年度は 地質的に産出が予想される地域で とくに産量に主体を置いた調査を行ない 合わせて重要徴候地の精査を実施し 必要あれば 物理探査および試錐を実施する。

第5年度(昭和41年度)は 重要徴候地の精査を行ない 必要があれば物理探査および試錐を実施し 合わせて補足調査を行なう。

長期計画の実施は予算に左右されるため 完全実施は困難な場合があるが 現在までは基本方針にそって調査が行なわれている。 第4年度にあたる昭和40年度は 重要徴候地である常磐炭田南部の高萩市と磯原町の中間地域に 基盤に達する深度800mの試錐を予定している。

### 調査のやり方

天然ガスの内 水溶性天然ガスについては これまでに地下水との間の化学的相関性を利用することなどによって 地化学的調査法の理論と技術が一応確立されている。 また炭田ガス 構造性ガス 温泉 火山ガスについては それぞれの分野で調査法の研究が進められている。

ヘリウムの原物質はウラン トリウムであるのに対して 新しい時代(第四紀～第三紀)の可燃性天然ガスの原物質は 有機物である。 したがって ヘリウムと可燃性天然ガスとは 原物質および生成の場を異にしている。 しかしヘリウムは 天然ガスと行動を共にしている場合が多いので ヘリウムの調査は 天然ガスの調査と同様に 主として鉱床学的調査と 地球化学的調査を平行して行なっている。 また重要徴候地に対しては地球物理学的調査および試錐を実施することが必要である。

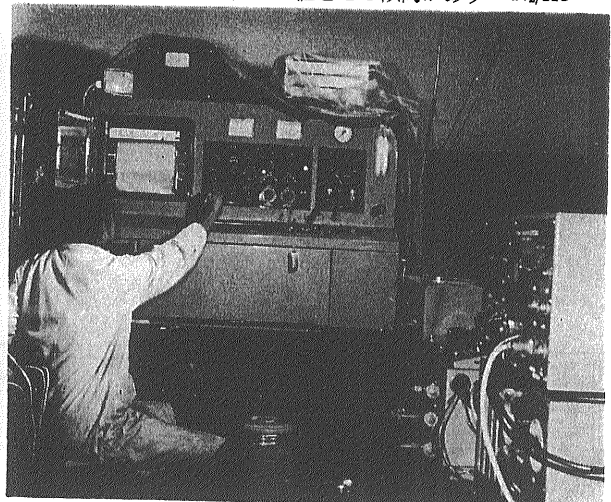
**鉱床学的調査**…日本の可燃性天然ガス鉱床の大部分は第四紀層～第三紀層の比較的新しい時代にできた鉱床であるので ガス中にヘリウムが含まれている場合は その生成の場は ガス鉱床でなく それよりも古い岩層すなわち基盤岩 あるいは火山ガスに求めなければならない。 鉱床調査は可燃性ガス鉱床の調査に加えて とくにガス鉱床と基盤岩あるいは周辺の火山活動との関係について 調査することが重要である。

**地化学的調査**…地下水については ガスと地下水との間の化学的相関性のほかに 温泉 火山ガスおよび基盤岩との関係を調べるのが重要な部分を占めている。 地下水の測定項目および分析は 水温 水量 ガス水比 pH 炭酸塩類 クロル アンモニア 二価鉄 三価の鉄 硫化水素などの各成分および溶存ガス(メタン 窒素 ヘリウム アルゴン 酸素)などを分析する(現地分析を原則とす)。 このほかとくに温泉 火山ガスに係る深いナトリウム カリウム 臭素 沃素 硼酸 カルシウム マグネシウム 硫酸などの成分を分析する。 これらの相互の関係から可燃性天然ガスと温泉 火山ガスおよび基盤との関係を調べる必要がある。

天然ガスについては 主成分であるメタン 炭酸ガス 窒素のほかに微量成分である水素 重炭化水素 ヘリウム アルゴン 一酸化炭素 酸素などの成分を分析する。 また火山ガスの場合には 硫化水素 亜硫酸ガスが主成分の場合が多い。 これらのガス成分の割合いと成分相互の関係 とくに窒素アルゴン比( $N_2/Ar$ ) 窒素ヘリウム比( $N_2/He$ ) の考察などは重要な意味を持っている。  $N_2/Ar$ 比は 天然ガスの生成時代の古いものに大きな値をとる傾向があり  $N_2/He$



写真① ヘリウム調査用測定車 後部に小型ガスクロマトグラフを搭載し 現地の基盤地でヘリウム その他のガス成分を分析する



写真② 大型ガスクロマトグラフ 右側高感度ガスクロマトグラフ 現地分析で困難な成分の分析を 実験室に持ち帰り分析する(島津GC-B)

比は ヘリウムの供給の問題 基盤と鉱床との関係を考察する場合に必要である (後述の常磐炭田南部調査に 実際の試料で考察を行なった結果があるので参照されたい)。

今回の調査は 5 ヶ年計画で日本全国のヘリウム資源を調査する計画のため 短期間に広範囲の地域を調査しなければならない。 また調査中にヘリウムの異状を発見した場合には再調査ができることが望ましい。 このためヘリウム調査用測定車(写真1)に小型ガスクロマトグラフ2台を登載し 基地に必要なヘリウムその他のガス成分を分析できるようにした。 なお調査後実験室では 現地で分析困難なガス成分を大型ガスクロマトグラフ(写真2)で行なっている。

その他 採取した岩石試料 試錐コアなどについては 抽出試験によって 堆積環境および地下水による鉱床破壊状態の考察を行なっている。 コア 岩石中のアルゴン ヘリウムなどの不活性ガスの分析 窒素 アルゴンの同位元素による。 これらガスの成因に関する考察などが必要と考えるので 現在 岩石脱ガス装置および質量分析計による分析の準備を行なっている。

### 調査したおもな地域とその結果

#### 1. 北陸地域(富山 石川 福井県下)

本地域は 古生層(飛騨変成岩)が発達し またグリーンタフ地域であって ヘリウム調査では 最も重要な地域と考えられる。 過去の資料においても 和倉 片山津 および芦原の各温泉ガス中には それぞれ 0.276% 0.306% 0.184%と比較的高含有量のヘリウムが報告されている。 今回の調査でも 表(5)に見るように 和倉温泉ガスの最高 0.493%から山田(0.274%) 片山津(0.258%) 黒薙(0.237%) 湯の谷(0.197%) 芦原(0.146%) 湯涌(0.134%)などの各温泉ガス中に1000分の1台の割合いでヘリウムが含有されている。 とくに注目しなければならないことは 平野のほぼ中心部に位置し 新第三紀層から噴出する神代R1号井の天然ガス中にも 0.029%のヘリウムが含有されていることである。 このことはヘリウムが地下で広範囲に分布していることを意味していると考え。 また上記の各温泉の位置は ほぼ直線上に分布し この線は中生代の地層と第三紀層の分布する境界線にほぼ平行しており 中生代の構造線に関係があるかもしれない。 このことは なおじゅうぶんな精査を行ない明確にしなければならないと考える。

この地域はガス田・温泉中間地帯の代表的地域であるので さらに精査をし 試錐を行なって ヘリウムの垂直的な分布を調べ 産量の把握をする必要がある。

#### 2. 立山

立山は ヘリウム資源の重要徴候地と考えられる北陸

表5 天然ガス分析表(ヘリウム 0.01%以上) vol. %

採取場所	He	おもなる成分
富山県 神代温泉	0.029	CH <sub>4</sub>
〃 山田村ガス井	0.115	CH <sub>4</sub> +N <sub>2</sub>
〃 山田温泉	0.274	N <sub>2</sub>
〃 湯ノ谷	0.197	N <sub>2</sub>
〃 湯涌温泉	0.134	N <sub>2</sub>
〃 黒薙温泉	0.237	
石川県 山代温泉	0.086	N <sub>2</sub>
〃 山中温泉	0.014	N <sub>2</sub>
〃 片山津温泉	0.258	N <sub>2</sub>
〃 和倉温泉	0.493	N <sub>2</sub>
福井県 芦原温泉ベニヤ	0.146	N <sub>2</sub>
山形県 天童温泉	0.036	N <sub>2</sub>
〃 東根温泉	0.037	CH <sub>4</sub> +N <sub>2</sub>
〃 楯岡天然ガス	0.024	CH <sub>4</sub>
〃 河島天然ガス	0.016	CH <sub>4</sub> +N <sub>2</sub>
〃 左沢温泉	0.041	N <sub>2</sub> +CH <sub>4</sub>
〃 中山町天然ガス	0.039	CH <sub>2</sub>
〃 平塩温泉	0.127	N <sub>2</sub>
〃 成沢温泉	0.071	N <sub>2</sub>
〃 上ノ山温泉	0.073	N <sub>2</sub>
〃 葉山温泉	0.089	N <sub>2</sub>
〃 山辺天然ガス	0.043	CH <sub>4</sub> +N <sub>2</sub>
〃 瀬見温泉	0.021	N <sub>2</sub>
〃 銀山温泉	0.020	N <sub>2</sub>
〃 寒河江上野温泉	0.112	N <sub>2</sub>
〃 鮭川村曲川	0.013	CH <sub>4</sub>
〃 赤湯温泉	0.043	N <sub>2</sub>
〃 小野川ホテル	0.039	N <sub>2</sub>
〃 尾花沢	0.016	CH <sub>4</sub> +N <sub>2</sub>
新潟県 月岡温泉	0.152	N <sub>2</sub>
〃 雲母温泉	0.184	N <sub>2</sub>
〃 瀬波温泉	0.033	CH <sub>4</sub>
和歌山県 那智勝浦町	0.016	N <sub>2</sub> +CH <sub>4</sub>
〃 東牟婁郡 川島	0.015	N <sub>2</sub> +CH <sub>4</sub>
奈良県 吉野郡十津川温泉	0.011	CH <sub>4</sub> +N <sub>2</sub> +CO <sub>2</sub>
三重県 紀州 鉾山	0.015	N <sub>2</sub> +CH <sub>4</sub>
〃 〃	0.018	N <sub>2</sub>
茨城県 高萩市・探炭坑	0.059	N <sub>2</sub> +CH <sub>4</sub>
島根県 鷲の湯温泉	0.019	N <sub>2</sub>
〃 玉造温泉 新宮	0.054	N <sub>2</sub>
〃 海潮温泉	0.030	N <sub>2</sub>
〃 〃	0.049	N <sub>2</sub>
〃 小浜温泉	0.012	CO <sub>2</sub>
〃 湯迫温泉	0.040	N <sub>2</sub>
北海道西南部 当別館	0.015	CH <sub>4</sub> +N <sub>2</sub>
〃 松前町二ツ石	0.069	N <sub>2</sub>
〃 知内村小谷石	0.010	N <sub>2</sub>
〃 湯の川ぬ号井	0.015	CO <sub>2</sub>
〃 五厘沢慶喜温泉	0.058	N <sub>2</sub>
〃 長万部R1号	0.011	CH <sub>4</sub>
〃 八雲町	0.010	CH <sub>4</sub> +N <sub>2</sub>
〃 恵山原田温泉	0.015	N <sub>2</sub>

N<sub>2</sub> 窒素70%以上のもの CH<sub>4</sub> メタン 70%以上のもの  
 CO<sub>2</sub> 炭酸ガス 70%以上のもの  
 CH<sub>4</sub>+N<sub>2</sub> メタンと窒素で70%以上のもので CH<sub>4</sub>%>N<sub>2</sub>%  
 N<sub>2</sub>+CH<sub>4</sub> 窒素とメタンで70%以上のもので N<sub>2</sub>%>CH<sub>4</sub>%  
 CH<sub>4</sub>+CO<sub>2</sub>+N<sub>2</sub> メタンと炭酸ガスと窒素で70%以上のもの  
 分析者 米谷技富 永田技富

地域の近くに位置している。この火山ガス中のヘリウム資源を調べることは、北陸ならびに周辺のヘリウム供給の問題を考える場合の重要な資料になると思われる。

立山の地獄谷の噴気ガスは、97%以上が硫化水素、硫酸ガスおよび炭酸ガスであって、残りの3~4%が窒素である。微量成分としてヘリウム、水素、アルゴン、メタンを含み、ヘリウムの含有量は0.0011~0.0016%である。硫化水素、亜硫酸ガスおよび炭酸ガスの主成分はいずれも反応しやすいガスで、これらのガス成分が地下に貯留された場合には、周囲の岩石や地下水と反応して減少し、ヘリウムの濃縮が行なわれる。仮にこれらのガスが全部反応したとすると、ヘリウムは約0.1%になるが、この値は北陸付近におけるヘリウムの供給の問題を考える場合にはやや低くすぎる数値である。

3. 山形県下（置賜、山形、新庄の各盆地およびその周辺）  
本地域はグリーン・タフ地域で、置賜、山形、新庄の各盆地周辺には花崗岩が分布している。この各盆地および周辺の堆積岩からは温泉、天然ガス、石油が産出している。過去の資料によると、山形盆地西北部の寒河江付近の石油廃坑井からヘリウム0.20%が報告されている。今回の調査でも、寒河江付近の上野温泉ガスには0.112%、平塩鉱泉ガスには0.127%のヘリウムが含有されていた。山形盆地の東側の天童、東根の各温泉ガスは0.02~0.04%、盆地南部の成沢、上ノ山、葉山の各温泉ガスには0.07~0.09%、盆地西側の中山町の天然ガスおよび山辺町の天然ガス中にはそれぞれ0.039%、0.043%のヘリウムが含有されているので、山形盆地の周辺にヘリウムが比較的多く存在する。

可燃性の天然ガス中のヘリウムは、基盤からくるとして窒素とヘリウムおよびアルゴンからなるガスが天然ガス中に混入したと思われるので、天然ガスによって基盤からきたガスが希釈されたことになる。基盤岩からのガス組成をごく概念的に知るには、窒素ヘリウム比( $N_2/He$ )を考えると便利である。山形県下の天然ガスの $N_2/He$ 比は、新庄盆地鮎川村の曲川の天然ガスが177と、もっとも小さく、次は山形盆地西側の中山町の天然ガスが393、山形盆地の北東部の楯岡の天然ガスが490で、これらはいずれもメタン系天然ガスであって、他の温泉ガスはいずれも500以上である。このことはメタン系天然ガス中に、温泉ガスよりも高濃度のヘリウムが混入したことになる。メタン系天然ガス中の窒素は、大気および有機物からの窒素もあると思われるので、同じ組成のガスが基盤からきたとすると、火山ガスと比較してむしろ大きな値となるはずである。

メタン系天然ガスの $N_2/He$ 比が小さな値であるという問題に対して、次のような疑問が考えられる。

1. 基盤からのガスの中で、ヘリウムが窒素より優先的に（拡散速度大）上位のガス層に混入した
2. 地層中の微生物の脱窒素化作用によって、窒素ガスが固定され、窒素ガスが減少した

この内、2の窒素ガスの減少は、嫌気状態では微生物の脱窒素化作用は考えにくいので、1の可能性の方が大である。上記のメタン系天然ガス地域に実際にヘリウムの多いガスが混入したのか、あるいは他の原因でヘリウムの割合が大きくなったのかは、試錐による垂直分布、窒素の同位体の研究などによって、解明しなければならない。

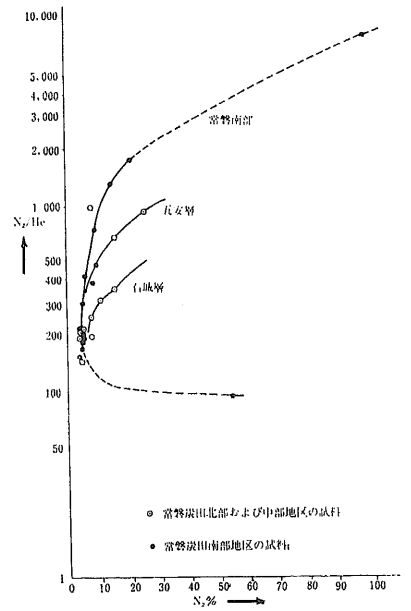
#### 4. 常磐炭田南部

本地域の基盤は、変成岩、未変成の古生層および花崗岩からなっている。この基盤岩の上位に、炭田ガスの母層である石城炭層、その上部に貯溜層の役をしている浅貝砂岩層、さらに上層にガス層の帽岩の役をしている白坂頁岩層（一部の地域では欠如）がある。この常磐地域の炭田ガス産出量は、約10万 $m^3$ /日であって、主として化学工業の原料に使用されている。先に炭田ガスの地化学調査を行なった結果では、炭田ガス中には平均してヘリウム0.02~0.04%が含有されていた。したがってこの地域から1日に約20~40 $m^3$ 、年間7200~14000 $m^3$ のヘリウムが放出されていることになる。またこの地域の南部高萩市付近の探炭ボーリング井からのガスを分析した結果、ヘリウム0.59%が測定され、この値は、現在までの日本の最高値である。このため常磐炭田南部の調査を行なった。

調査は、地表調査と坑内調査の両面から行なった。調査で採取した試料の分析結果を表(6)に示す。炭田ガス中のヘリウムは、露頭ガス、坑口ガスとも平均して0.02%で、比較的均一に含有されている。この分析結果から窒素の%と $N_2/He$ 比の関係を調べると図(5)となる。窒素の増加と共に石城層のガス、五安層のガス、南部地域のガスの順に $N_2/He$ 比の値が大きくなる。 $N_2/He$ 比が大きくなることは、大気による窒素の影響が大きいことを意味する。したがって $N_2/He$ 比の大きなガスは、ガスが存在する地層付近の封塞状態が悪いことを示している。この図でわかるように石城層付近のガスは、北部、中部および南部地区のガスとも $N_2/He$ 比はだいたい100~250の間に散在し、上位層の五安層および南部のガス徴ガスは500以上である。このことから下部の基盤岩に近くなるほど $N_2/He$ 比が小さくなり

表6 常磐炭田南部地区

採取場所	ガス採取状況	He	H <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	N <sub>2</sub> /He	産ガス量 m <sup>3</sup> /日	備考
北茨城市 磯原町豊田	遊離	0.018	0.00n	1.00	3.71	94.74	0.55	205	2±	水田中のガス徴候
松井南部	〃	0.028	0.004	0.54	4.97	93.63	0.86	177	2±	〃
中郷町千手堂源邊タツ	〃	0.012	tr	1.42	8.72	89.27	0.59	726	10±	〃
上塚井	〃	0.023	0.003	0.93	8.73	88.51	1.73	380	1±	〃
豊田北部	〃	0.023	0.007	0.21	10.30	85.82	3.67	446	1±	〃
和久	〃	0.021	0.002	1.21	9.70	86.68	2.41	460	10±	〃
栗野鈴木辰雄	〃	0.019	tr	0.22	4.65	94.84	0.27	246	4±	深さ2.5mの井戸
松井	〃	0.028	0.00n	0.78	5.68	93.45	0.19	203	20±	水田中のガス徴候
探炭41号	〃	0.013	0.001	0.78	15.81	82.98	0.43	1215	1±	探炭井
根岸	〃	0.018	0.00n	0.35	5.58	93.65	0.42	310	10±	水田中のガス徴候
常磐探炭95号(大銀荘)	〃	0.020	0.005	0.10	3.90	95.83	0.17	195	100	探炭井
神の山探炭31号付近	〃	0.013	tr	0.50	5.24	94.03	0.23	404	30±	〃
日水高井1号	〃	0.023	0.005	0.15	4.72	94.66	0.47	204	1,000	探ガス井
〃高井11号	〃	0.020	0.006	0.58	4.36	95.48	0.08	218	300	〃
〃高井5号	〃	0.020	0.004	0.15	3.77	95.57	0.51	188	300±	〃
〃高井14号	〃	0.015	0.013	0.12	2.90	96.64	0.14	192	休止井	〃
〃高井16号	〃	0.021	0.004	0.37	3.55	95.87	0.21	169	10,000	〃
〃高井19号	〃	0.022	0.005	0.49	5.10	94.10	0.31	231	4,000	〃
高萩市 向洋探炭38号	水溶	0.015	0.004	0.62	99.23	0	0	不明	0	探炭井
川側 高萩探炭7号	〃	0.104	0.053	0.89	98.95	0	0	不明	0	〃
北茨城市 小野矢指	遊離	0.013	0.002	0.69	97.56	1.67	0.08	7500	0.00n	
磯原町神の山探炭48号	〃	0.012	0.000	0.04	20.79	78.32	0.85	1730	100+	
磯原探炭 右三替	〃	0.026	0.003	0.33	5.82	93.73	0.12	224	0.2	坑内 -543m水準
〃 通野切替	〃	0.034	0.00n	0.54	8.34	90.73	0.39	245	少量	坑内 -559m水準



第5図 常磐炭田ガス N<sub>2</sub>%とN<sub>2</sub>/He比の関係

基盤からのガスはおそらく100以下となることが予想される。高萩市付近の探炭井から採取した基盤近くのガスは N<sub>2</sub>/He比 96である。

本年(昭和40年度)この地域に試錐を実施するがこれによってヘリウムの垂直的分布が調べられ 基盤岩とガス母層間のガス組成を知ることができる。この資料は他の炭田ガス地域のヘリウム資源調査法の確立と調査精度の向上のため重要と思われる。

5. 北海道西南地域

本地域はグリーン・タフ地帯で 古生層と花崗岩が分布している。古生層の分布する松前半島地域のガス中のヘリウムは 0.01~0.07%で その平均は0.038%である。他の地域の平均は0.008%であって 前者と比較して少ない。

6. 近畿南部

本地域は大阪市付近および紀伊半島一帯を仮称した。紀伊半島には中央を横断する中央構造線があり その南部には古生層の変成岩が分布し また北部には花崗岩が

分布する。本地域は古期岩層の発達する地域であるが調査の結果は予想に反して天然ガス中のヘリウム含有量は少ない。わずかに那智勝浦町(0.016%) 東牟婁郡本宮町(0.015%) 南牟婁郡紀和町の紀州鉾山(0.015~0.018%)のガスに含有されていたほか 兵庫県有馬温泉ガス(0.004%) 大阪府和泉市の炭酸ガス(0.003%)に痕跡に近いヘリウムが含有されていたにすぎない。したがってこの地域では大きなヘリウムの鉱床は期待できない。他の地域のガスと同様に ヘリウムは炭酸ガス系の天然ガスに比較して窒素メタン系の天然ガスに多い。この問題はなお各地の資料を検討し とくに火山ガスの調査研究によって解明しなければならない。

7. 石狩炭田夕張地区

石狩炭田地域の炭田ガスは ガス産出量が多く 天然ガス資源としてきわめて重要である。ヘリウム資源調査のためにも見のがすことはできない。本地域の地質は 中生代白亜紀を基盤として、これに不整合に古第三紀層の石狩層群がおおっている。おもなる夾炭層は石狩層群の登川 夕張 幾春別の各層である。

調査試料は 各層別炭層ガスを坑内・外から採取した。

夕張地区の炭田ガスは 常磐炭田と異なり遊離型でない。炭層の上・下には泥岩があって このためガスは炭層そのものに吸着あるいは収着しており 炭層そのものが母層と貯溜層をかねている。したがって炭層のガス圧は高く 他のガスの混入ができないために炭層ガス中にはヘリウムは含有されていない。かえって払跡密閉ガスにわずかにヘリウムが含有されていた。この地区の炭田ガスの中にヘリウムが含まれていないことは 常磐炭田のような適当な貯溜層が存在しないためドーム構造を調査しないかぎり ヘリウム鉱床は期待できない。

### 8. 新潟県下

新潟地区は日本における第1級の可燃性天然ガス産出地である。地質はグリーン・タフ地域で天然ガスが産出する地層は第四紀層～第三紀層にまたがり 堆積環境は上部から下部に向かって内湾性から公海性に移っている。また県の北東地域には花崗岩が分布している。本県下の天然ガスの開発は活発で 近年次第に開発深度を増加し 3000m級の坑井も存在する。

調査は主要ガス田 油田について 各層別試料を採取した。結果は中新世第三紀層の七谷層から採取したガス(見附)にわずかにヘリウムが含有されていたほか 七谷層以浅の地層から採取したガスには含有されていない。

県北東部のガス田・温泉中間地帯である 月岡温泉(0.161%) 雲母温泉(0.189%) および瀬波温泉(0.033%)の各ガスには比較的高濃度のヘリウムが含有されている。これらのガスはいずれも七谷層から流出している。

以上の結果から ヘリウムは基盤から七谷層付近までは上昇してくるが これより上位の層には分析感度(0.01%)以下か あるいは存在しない。

### 9. 島根県下

島根県下の花崗岩地域にある温泉 火山ガスおよび天然ガスについて調査を行なった。調査の結果 ヘリウムは 玉造温泉(0.054%) 海潮温泉(0.049%) 湯迫温泉(0.040%)などの各温泉ガスにあるほかは0.01%以下であった。この地域のガスは 炭酸ガス系と窒素系の二種類であって ヘリウムはやはり窒素系のガスに多く  $N_2/He$ 比は 窒素系のガスの平均値が255に対して 炭酸系のガスの平均値は2700と10倍高い値となり 窒素系のガスにヘリウムが濃縮していることになる。

### 10. その他の地域

現地調査が終ったが 試料の分析ならびに整理の段階にある地域は 九州西部の炭田ガス地域 秋田県下の天然ガス地域 日高油田地域(予察) 十勝ガス田地域および昭和新山地域(予察)である。

今後調査を必要とするおもな地域は 九州北部の炭田地域(昭和40年2月調査) 阿蘇・霧島火山地域 宮崎ガス田地域 別府温泉地域 宇部および大嶺炭田地域 鳥取・島根ガス田地域 四国西北部および南部の天然ガス地域 新潟・長野県境のガス田 油田地域 中央地溝帯の天然ガス地域 静岡県下のガス田地域 伊豆温泉地域 大島地域 南関東ガス田 八幡平温泉火山地域 北海道網走ガス田および天北ガス田地域などである。



写真③ 露頭ガスの採取  
(北海道檜山郡見市温泉)



写真④ 温泉ガスの採取(万座温泉姥湯源泉)



### 今後の問題点

日本の天然ガスの場合は主として第四紀～第三紀の比較的新しい時代の地層に胚胎するガスであるので天然ガス中のヘリウムは基盤岩の花崗岩層からきたと考えられるが実際にどのようにしてどのようなガス組成のものが基盤岩からきたのかを把握していない。この調査をするには基盤に達する試錐を実施しヘリウムの立体的分布を調べることが必要である。

アメリカではヘリウム含有量0.4～1.0%の天然ガスから抽出しているが将来の抽出技術の進歩を見越して0.1%以上含有する天然ガスをとくに注目して調査をしている。日本における0.1%以上のヘリウムを含有する天然ガス産出地域は現在までの調査結果ではガス田・温泉中間地帯の北陸山形県寒河江市付近および新潟県北東部と炭田ガス地帯の常磐炭田南部である。

調査の結果によるとヘリウムは一般の天然ガスと同様に比較的均一に分布していると考えられる。資源調査のためには上記の重要徴候地の内ガス田・温泉中間地帯と炭田ガス地帯に少なくとも各1本づつの試錐を実施して立体的分布を調べ調査法の確立と調査精度の向上をはかる必要がある。

一方ヘリウム調査の応用面としては温泉地熱などの分野でヘリウムその他の微量成分を対象とした新しい地化学調査法確立の可能性がじゅうぶんに考えられる。

またウランとヘリウムは親子の関係にあるので地下のウラン鉱床探査にヘリウムを使用する調査を行なうことも分析技術の向上によっては夢ではないように思われる。

(筆者は地球化学課)

### 地学と切手



大山隠岐国立公園 堀内恵彦

昭和11年2月1日に大山地域124.03km<sup>2</sup>が国立公園として指定を受けておりましたが昭和38年4月10日付で大山の南に隣接する蒜山(ひるせん)地区64.88km<sup>2</sup> 島根半島地区27.87km<sup>2</sup> 三瓶山地区26.79km<sup>2</sup>および隠岐島地区75.70km<sup>2</sup>を加えて鳥取・岡山・島根の3県にわたる総面積319.27km<sup>2</sup>の自然公園となったわけです。これらの地域は景観上それぞれ異なる特性を有しておりますが大山を中心に比較的近接しており地理的な関係から相互に関連して利用されるべきであるという理由でまとめられたものです。

**大山・蒜山地域**……中国地方最高のトロイデ式火山で伯耆富士(あるいは出雲富士)と呼ばれる大山(だいせん)を中心にそれに連なる火山群およびその南に続く蒜山とそれらの山麓を含む地域で春の新緑 夏の行楽 秋の紅葉 冬のスポーツと四季を通じて探勝に利用できる適地です。

**島根半島地域**……島根県の東北部に東西に伸び

た扁平な半島で公園地域には海食による代表的景観である東部の地藏崎付近の沈降海岸である美保の北浦 洞門洞窟として有名な多古の七ツ穴(実際は九個) 加賀の潜戸(くけど)などを含み中央郡を除いて西部の日御崎付近から出雲大社付近を含む地域まで日御崎の先端にある経島(ふみしま)はウミネコの蕃殖地として有名です。

**三瓶山地域**……出雲・石見の国界にそびえるトロイデ式の三瓶火山群を中心にした山麓から三瓶(もと志学)温泉から三次街道の湯抱温泉までを含む地域で登山 ハイキング スキーなどに利用されます。

**隠岐島地域**……島根半島の北約40カイリの海上に散在する火山群島で島前(どうぜん)と島後にわけられ島前は西南部で中ノ島 西島 知夫里島の三島にわかれ 島後はその東北方にあるほぼ円形の島です。知夫里島の知夫里の赤壁(岩石中の鉄分の酸化で赤褐色) 西島西岸の国賀(くぬが)海岸(海食断層崖) 島後東岸の布施海岸浄土ヶ浦(10円切手) 北岸の白島海岸などはぜひ見るべきものでしょう。この地域はこれからの期待される観光地で現在は宿泊その他の設備がじゅうぶんではありませんがありのままの島の様子を見ることもまたおもむきがありましょう。

切手は昭和14年4月20日発行 瀬戸内海と共に2銭切手に大山風景 本年1月20日発行の5円(赤松池のから大山) 10円があります。