

① ヘリウム資源について…………… 1  
 ② 国連主催空中探査講習会 地質調査所で開催…………… 9  
 ③ 硫化鉱物の微量成分—方鉛鉱—…………… 10  
 ④ シラス…………… 14  
 ⑤ インドに旅して—その1—…………… 18  
 ⑥ ソ連技術者 地質調査所を見学…………… 24  
 ⑦ 各部課を尋ねて—15—…………… 25

地質ニュース No. 87

かつての秘境 岐阜県の白川郷も今は庄川のあいだでダム建設で 合掌造りで代表される昔日の面影が失われつつあるのはおしい 有名な日本一のロックフィルダム—御母衣ダム—は おもに流紋岩 花崗岩類からなるこの地に建設された この流紋岩類は 後期中生代のものでこの付近から南方にかけて広く分布する 萩町付近のある Cutting でみごとな板状節理を見出した 晩秋の陽をうけて切口は鋭く美しい(石)

プリモ・オート トップコール 75mm F3.5 ネオパンSS  
 f11 100分の1秒 D-76 月光V-3 コレクター

# ヘリウム資源について

今から40年も前のこと 世界中で 飛行船の研究が盛んであって あの大型の風船をふくらますために ヘリウムを探したことがあった 当時は ヘリウムの軽い性質と不燃性が重視されたのであって わが国でも東京大学の航空研究所で 飛行船用に利用するための調査研究が行なわれた 飛行船はその後 飛行機の異常な発達につれて 現在 ほとんど姿を消した ところが 科学技術の発展につれて ヘリウムの新用途が続々開拓され ことに原子炉関係の用途は 大変に注目されるようになった このような ヘリウムの資源については 最近では まとまった報告がわが国では見られないので ここに日本のこと アメリカのことを中心にして解説をしてみよう

## 何に使われるか

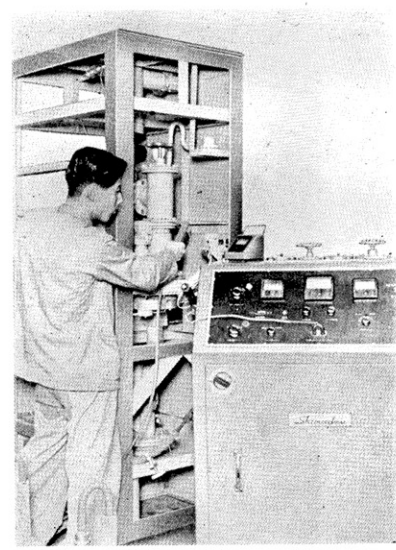
1. 気球 用……気象観測・軍事・玩具など
2. 医療 用……He 79% O<sub>2</sub> 21% の混合気体は慢性喘息や気管支炎の治療に用いられる また He は血液に多く溶けない性質があるために この混合気体は 潜涵病の治療にも大きな効果があるといわれる
3. 冶金 用……マグネシウム・チタニウム・ベリリウム・アルミニウムなどの金属を He 気流中で製造する
4. 防火 用……坑内火災防止・高圧スイッチ・モーター冷却など

## ヘリウムとはどんなものか

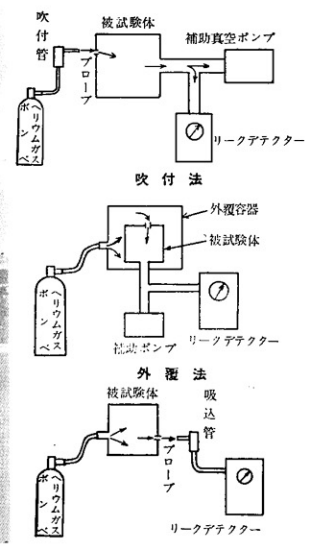
ヘリウムは 化学記号では He と記される。原子番号は2番で アルゴン ネオン クリプトン キセノンなどと ともに希ガスの一種である。安定同位元素には <sup>4</sup>He と <sup>3</sup>He があり その地球上の存在割合は

<sup>3</sup>He = 1.3 × 10<sup>-4</sup>%    <sup>4</sup>He = 99.9999%

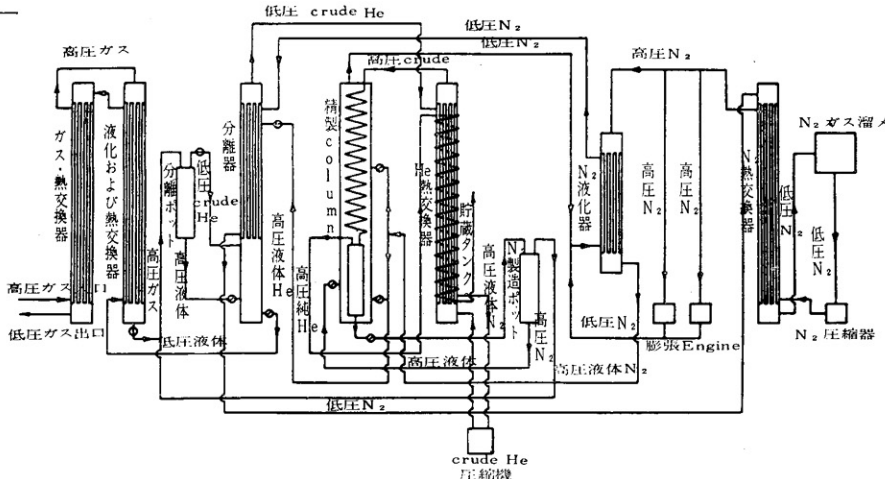
であるから ヘリウムとよべば <sup>4</sup>He で通常代表される。その原子量は 4.003 無色・無味・無臭・無毒・化学的に他の元素と化合しない。臨界温度は -267.9°C 臨界圧力は 2.26 気圧 沸点は -268.8°C きわめて液化しにくい。また空気に対する比重は 0.1381 で非常に軽い。



リークデテクター：超高压電子顕微鏡の排気装置の漏れを検知しているところ



リークデテクター使用法 (共に島津製作所提供)



1950	2,305,000
1951	3,170,000
1952	4,092,000
1953	4,560,000
1954	5,400,000
1955	5,695,000
1956	6,858,000
1957	8,250,000
1958	9,460,000

アメリカ テキサス州 Amarillo にある ヘリウムプラントのヘリウム分離方式 The Science of Petroleum, Vol. II, P. 1521 による

計 約 72,960,000 m<sup>3</sup>

価格は 1938~1940年間に

5. ロケットおよびミサイル用
6. 風洞用...shock-tube 試験用
7. 原子炉用...nuclear fuel reactor
8. 実験用...漏洩検出・ガスクロマトグラフ・低温研究・Si と Ge 結晶成長
9. 温度計用...gas thermometer 製造
10. 食品工業用...冷蔵庫・ほかに食品保存

は 政府買上げ 8.4~11.2ドル/1,000ft<sup>3</sup> (28.3m<sup>3</sup>) 民需が 11.2~15.1ドル/1,000ft<sup>3</sup> であった。 1958年では同じく前者において 15.50ドル/1,000ft<sup>3</sup> 後者(民需)においては 21ドル/1,000ft<sup>3</sup> となっている。

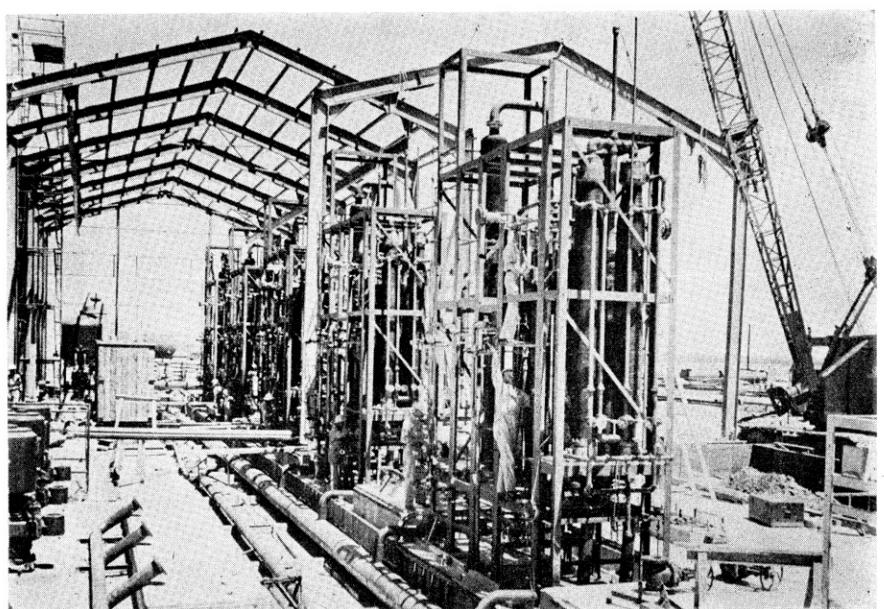
なお 民需の21ドル中には 圧縮料2ドル/1,000ft<sup>3</sup> が加わっている。 なお 日本で購入すると容器(ボンベ)こみで約5万円/6m<sup>3</sup> 容器ぬきで約3万5千円/6m<sup>3</sup> ほどになっている。

**産量と価格**

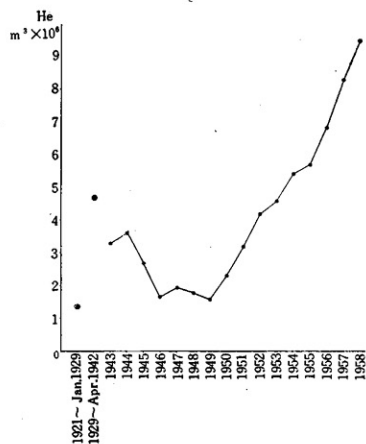
アメリカは 多量の He を天然ガスからとり出している。 ソ連でも欧州地区で 天然ガスから抽出稼行している記録がある。 しかし その他の国では 経済的に稼行されている様子がない。 アメリカは 1958年 鉱山局直属のプラントを4つもっていて この年に 334×10<sup>6</sup> ft<sup>3</sup> He を産したが 需要に追いつかないといわれている。 プラントは テキサス州に2つ カンサス州とニューメキシコ州に 各1つある。 アメリカの1921年以降1958年までの He 生産量は 次のとおりである。

1921~1929年1月	1,302,000 m <sup>3</sup>
1929~1942年4月	4,670,000
1943	3,295,000
1944	3,598,000
1945	2,682,000
1946	1,650,000
1947	1,992,000
1948	1,788,000
1949	1,560,000

わが国の He 輸入量は正確にはわからないが 輸入商事会社の話によると 年間 約100,000m<sup>3</sup> 程度のものであるので その価格は5,000円/m<sup>3</sup>としても 5億円/年に達していると推定される。



アメリカのヘリウム製造工場 1959 Annual Report. U. S. Department of Interior. Secretary of the Interior による



アメリカにおけるHe産量

含ヘリウムガスの分析例 (Vol. %)

地 域	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	He
コロラド州 Model Dome	0.00	0.00	12.19	0.92	79.71	7.18
カンサス州 Dexter	14.85	0.41	0.00	0.20	82.72	1.84
ユタ州 Harley	5.10	2.30	1.10	0.00	84.40	7.16
岡山県 児島湾	42.08	0.00	0.12	0.03	57.80	0.066
山形県 寒河江市	0	0	0.74	0	99.26	0.202

### 地球における存在量とあり方

He はわれわれの知る地球周縁部の岩石圏・水圏・気圏を通じて 89元素中72番目の存在順位をもっている。Clark 数は  $8 \times 10^{-7}$  重量%である。地球では Si 原子  $10^4$  に対して He 原子  $10^{-8}$  ほどの存在量である。

He はどんなところにあるのかというところ

- (1) 大 気 中
- (2) 天 然 ガ ス 中
- (3) 含ヘリウム稀有元素鉱物中に存在する。

#### (1) 大 気 中

高度 0 km の空気組成は次のとおりで 約0.0005% の He があるが 経済的には採取できない

A	0.93%	N <sub>2</sub>	77.14%
O <sub>2</sub>	20.69%	CO <sub>2</sub>	0.03%
H <sub>2</sub>	0.01%	He	0.00053%

#### (2) 天 然 ガ ス 中

世界的にみて これが最も経済的に重要である  
 油田地帯から出る天然ガスは そのうち最も大切で N<sub>2</sub> に富むガスに多量の He が含まれやすい  
 アメリカ合衆国南西部で 多量の含 He ガスを産出するが 地層は Pennsylvanian ~ 第三系であり そのうち古生層にことに多い 0.1%以上の He を含むガスは重要であり そこには最高 7~16 % He のガスが発見されている 水成岩層の下に

古期の酸性結晶質岩石などが存在すると 水成岩中に He が多くなりやすいと考えられている 米国の He 埋蔵量は 約  $2 \times 10^8$  m<sup>3</sup> といわれている

鉱泉ガスとして有名なのは フランスの Sante-nay 産のもので 10.16% の He を含むが その産量は 183 ft<sup>3</sup>/年 で多くない イタリアの噴気ガスは 量も多く 経済的に重視されるが 0.0155% He と含量が低い 同国の Tuscany で硼酸含量が多く 4% も He を含むガスが発見されているが これは CO<sub>2</sub> H<sub>2</sub>S 系のガスである

鉱山のガスでは スウェーデンの例で 6% He が報告されている また Fire damp に He が存在することも知られている

フランスの Pechelbronn では 0.38% He が報告され 同国の Anzin 炭田では 0.044% He であるが ここはガス量が多いので 年間に 約 4,400 m<sup>3</sup> の He を産している計算になる

#### (3) 鉱物中のヘリウム……次のような数値がある

岐阜県苗木産	苗木石	0.056ml He/g
岐阜県苗木産	フェルグソン石	0.24
福島県石川産	モナズ石	0.30
福島県石川産	サマルスク石	1.42

戦時中イギリスでは アメリカからの He 供給が絶えたので インド産のモナズ石から He を抽出したという記録はあるが 現在はこのような方法は行われていない



日本におけるヘリウム資源調査上の主要地域

### 成因

今世紀の前半には 地質時代のバクテリアが固定した He が 分解によってガス状になって産出すると考える 学者もいたようであるが 現在は 次ののべる放射分解の産物であるとの考えにまよっている。

すなわち ヘリウムは地殻中にあるウラン (U) とトリウム (Th) からの崩壊 (radioactive decay) で生成したと考えられる。その生成速度は

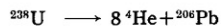
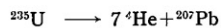
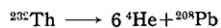
$$1.16 \times 10^{-7} \text{ cc/g U/年}$$

$$2.43 \times 10^{-8} \text{ cc/g Th/年}$$

である。U と Th は現在地殻上層にそれぞれ 4 ppm 11ppm 程度あるので 地質時代の過去に地球で生成さ

れた He 量は 現存量の10倍以上に達する計算であるといわれる。

そして



がその生成式である。地球では年間  $8 \sim 30 \times 10^6 \text{ m}^3$  の He が radiogenic に生成されていると見積られる。

He の多い天然ガスに何故  $\text{N}_2$  が多いかということに対するはつきりした説明はなされていない。しかし  $\text{N}_2$  はおそらく窒素化合物 (主に有機的) の非常にゆっくりした分解から由来したまま He 量と  $\text{N}_2$  量とが正相関する (アメリカでは大略 1 対 30) に至ったのであろうとする見方が有力である

$^3\text{He}$  は  $^{14}\text{N} + n \rightarrow ^{12}\text{C} + ^3\text{T}$  および  $^{14}\text{N} + n \rightarrow 3\ ^4\text{He} + ^3\text{T}$   $^3\text{T} \rightarrow ^3\text{He}$  で表わされる宇宙起源 (cosmogenic) 的なものが主であり 一部は  $^6\text{Li} \rightarrow ^3\text{He}$  ができる。大気の  $^3\text{He}/^4\text{He}$  値はガス井ガスの  $^3\text{He}/^4\text{He}$  値よりも 10倍ほど大きい。

### 日本のヘリウム資源

日本における He の調査は 主として天然ガス中のものを対象にして大正10年 (1921) ころ行なわれているが その後の研究はほとんどない。大正年間の He 調査は 飛行船に使用する目的で東京大学の航空研究所が中心となって行なわれた。その調査結果の概要は 次のようであるが 量的な面は今後の資料で再検討するとしてまず 問題になる質的面を記載する。

分析成分 CO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>S 重炭化水素 O<sub>2</sub> CO  
CH<sub>4</sub> C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> H<sub>2</sub> 不活性ガス He

平均含有量 (0.001% He 以上のもの)

ガスの型	平均 He%	例数
N <sub>2</sub> 型温泉ガス	0.1060	15
CO <sub>2</sub> 型温泉ガス	0.0012	11
噴気孔ガス	0.0011	8
メタン型温泉ガス	0.0047	6
		計 40

He を含む天然ガスの分析例 (古い市町村名)

山形県最上郡八向村	0.004% He
山形県西村山郡寒河江	0.20
山形県西村山郡平塩	0.037
山形県飽海郡吹浦	0.009
秋田県南秋田郡道川	0.002
新潟県南蒲原郡見附	0.002
静岡県志太郡東益津	0.007
静岡県田方郡修善寺	0.037 ※
静岡県田方郡長岡	0.029 ※
長野県上諏訪	0.038 ※
石川県鹿島郡和倉	0.272 ※※
石川県江沼郡片山津	0.308 ※※
福井県坂井郡芦原	0.184 ※※
滋賀県東浅井郡小谷村	0.017
滋賀県坂田郡米原	0.018
鳥取県東伯郡三朝	0.076 ※
鳥取県鳥取郡吉方	0.214 ※
島根県八束郡玉造	0.088 ※
兵庫県美方郡温泉	0.045 ※
福岡県筑紫郡二日市	0.087 ※
鹿児島県指宿郡指宿	0.003 ※
鹿児島県日置郡市来	0.009
北海道夕張郡若菜辺	0.004~0.007

注 ※……温泉ガス

※※……温泉であるが新第三紀層から出湯しガ  
ス中に CH<sub>4</sub> が多いガス

無印……油田・ガス田・炭田のガス

分布の特長……ガス質を N<sub>2</sub> CH<sub>4</sub> CO<sub>2</sub> 型および噴気に分けると N<sub>2</sub> 型に He が多い 油田・

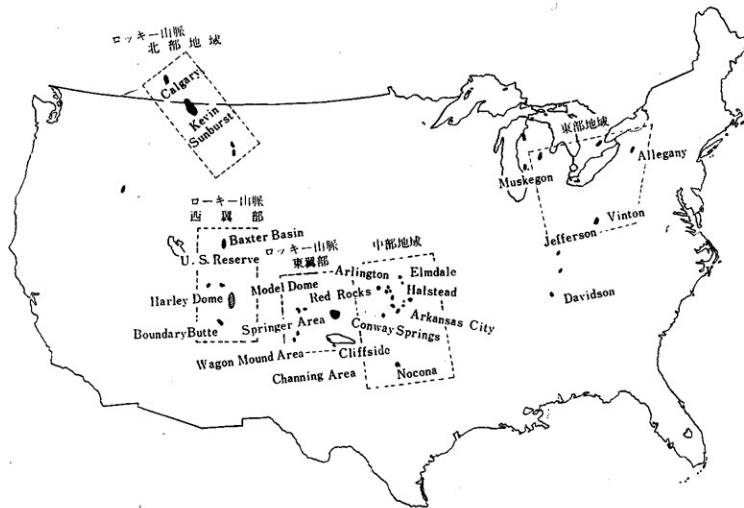
ガス田・炭田のガスにくらべると 温泉ガスは He % が大きい 産ガス量は少ないようである 油田・ガス田産の He は放射能と無関係であるが 温泉ガスでは He 高含有のものは放射能が高い

目につく He の多い例……片山津温泉ガスは He が 0.308% もあって 外国の例にくらべてもかなり多い その近くにある和倉の 0.272% 芦原の 0.184% も注目される このガス質は CH<sub>4</sub>≒N<sub>2</sub>≒50% であり 温泉は新第三紀層と産状において密接な関連を示している 普通の火山地帯の温泉と産状を異にする 寒河江のガスも油田第三系の発達する領域から出て塩水を伴い ガス量は 0.25m<sup>3</sup>/日と記録されているが 地質条件は最近 (1950年代) そこにおける温泉の発見により 前記の北陸地方の温泉地帯に似ていることが判明した このほか鳥取・島根など山陰のグリンタフ地域ないし花崗岩地帯や北九州などにやや He が多い 表日本では前記の地域と地質条件が やや類似する伊豆半島北西部などに He の多い例がある

地質調査所では 昭和35年度から天然ガスの微量成分に関する地球化学的研究をとりあげた。 分析例数は現在 100 をこえるが そのうちの主なものを下記する。

(文献⑥から引用)

凡例	C……炭田ガス	O……油田ガス	G……ガス田のガス	H……温泉ガス
北海道赤平 3 坑	C			0.001% He
北海道 北坑	C			0.000
北海道平和 2 坑	C			tr
北海道長万部 R1		O・G		0.004
北海道新幌内	C			tr
茨城県水戸市日東化学井	G			0.002
新潟県新潟市帝石 40 号	G			0.000
新潟県中条日鉱 26-3	G			0.000
千葉県横芝	G			0.019
千葉県矢指ヶ浦鉱泉	G			0.007
千葉県銚子市あしか島	G			0.020
岐阜県小坂町湯川温泉	H			0.005



アメリカの He 含有地域分布図  
 The Science of Petroleum, 1938 Vol. II P. 1519  
 の図, R. R. Bottom 原図

外国のヘリウム資源

飛行船用 He として 1910～1920年代に各国で組織的な調査と研究を行なったが そのおもな実施国は フランス・ドイツ・イタリー・ポーランド・ルーマニア・ニュージーランド・アメリカ・カナダ・日本などである。

外国では アメリカの Plat form 型の油田に属する広義の Mid-continent 油田地帯が最大の He 鉱床になっている。

群馬県伊香保温泉 3 号	H	0.005
長野県諏訪ガス田	G	0.002
長野県諏訪ガス田諏訪湖荘	G・H	0.025
高知県仁淀川わらび谷	G	0.016
宮崎県宮崎ガス田塩鶴鉱泉	G	0.004
宮崎県宮崎ガス田県 1 号	G	0.009
宮崎県宮崎ガス田住友 2 号	G	0.017
宮崎県宮崎ガス田日南 6 号	G	0.007
岡山県児島湾 3 号	G	0.066
静岡県焼津 43 号	G	0.002

0.5～1.0% He の天然ガスは その排ガスが燃料に利用できることから アメリカでは最も経済的な原料ガスになっており He が 1% をこえると N<sub>2</sub> が多くなりすぎるので歓迎されない。

アメリカの He 産地は 次の 5 つに大別されるがうち 4 つは Mississippi 河以西にあり 分布地域は 8 つの州にまたがる。

- ① 中央地区……Kansas と Oklahoma の中部および西部・Texas 中央北部を占める 産ガス層は 古生層 (Ordovician～Permian) で 3 つの主要産ガス地を含む初日産ガス量は 1 井当り 1～7×10<sup>6</sup> ft<sup>3</sup> で 圧力は 260 lbs/in<sup>2</sup> 程度を示す 埋蔵量は 約 5×10<sup>7</sup> m<sup>3</sup> He とされる
- ② Rocky 山脈 東部地区……Colorado 南東部 New Mexico の北東部 Texas Oklahoma にまたがる 現在 最も重要な He 産地で 5 つの主要産ガス地を含む 鉱山局のプラントがある 石炭紀～白堊紀 (一部漸新世) の地層から産出する 埋蔵量は 約 3×10<sup>7</sup> m<sup>3</sup> He とされている
- ③ Rocky 山脈 西側地区……Wyoming 南西部 Utah 東部 Arizona 北東部 New Mexico 北東部 Colorado 西部にわたる 4 つの主要産ガス地を含むが 現状では あまり開発されていないようである 埋蔵量は 約 7×10<sup>7</sup> m<sup>3</sup> He といわれる

以上の資料のうちでは 岡山の例に注目されるものがある。ここでは 基盤を花崗岩とし それをおおう中新世海成頁岩層の中からガスを産する。

また 高知 (二疊～デボン紀) 銩子 (白堊紀) などのやや地質時代の古い地層からのガスに He が多いのも目立つ事実である。さらに関東でも横芝のように やや堆積の中心をはずれたところに He が存在しているのは堆積物の厚い新潟市で全く He がないらしいことと対照的である。

以上をまとめると 北陸地方 山形盆地 岡山市付近などの天然ガスは He の含量において経済的に注目されるものがある。

④ 北 部 地 区……Montana 中央北部地区 Alberta  
南部にまたがり 0.8% He の天然ガスを産する  
He はとられていない

⑤ 東 部 地 区……Michigan Ontario 南部 New  
York 西部 Ohio 東部を占める 古生層から産出し  
経済的には たいした重要性をもたない

以上にのべた ①②③ の主要 He 産地の埋蔵量は  
すでにのべたように 約  $2 \times 10^8 \text{ m}^3$  He であるといわれ  
る。

### 日本のヘリウム資源調査上の問題点

He を天然ガスから分離するには 技術面と経済面の  
双方から検討する必要があるが アメリカの例からすると  
0.5~1.0% He の炭化水素系の天然ガスは この面では  
最も好ましいものとされている。

わが国の天然ガスでは He 含有量の多いものとして  
北陸の片山津・和倉・芦原からそれぞれ0.308% 0.272  
% 0.184% のメタン系のガスが報告されていて そ  
の数值は経済的にも注目すべき He 含有量である。こ  
の地区は新第三紀層と密接に関係した地質状況を示すの  
で 富山・石川・福井三県下のガスについてはとくに注  
意して資料をあつめることが大切である。

堆積岩地帯から出る 0.01% He 以上のガスとしては  
琵琶湖周辺の第四系の水溶性ガス 山  
形盆地西側の寒河江市付近のガス 千  
葉県九十九里から銚子までの第三系な  
いし白堊系の水溶性なガス 岡山市  
南の中新統のガス四国の古生層の炭化  
水素ガスなどがある。これらの産ガ  
ス地域も 今後の精査を要するところ  
である。

以上に述べたガス中の He 含有状況  
から それに対応する地質条件を考え  
ると He の多い地帯は

- 油田・ガス田が基盤に花崗岩をも  
つところ
- 油田・ガス田に温泉活動が接した

ところ

- 古期岩層の発達をみる

などであるように思われる。そしてそれは堆積岩中の  
ウラン調査の際の着眼点と類似性があるように思われ  
る。

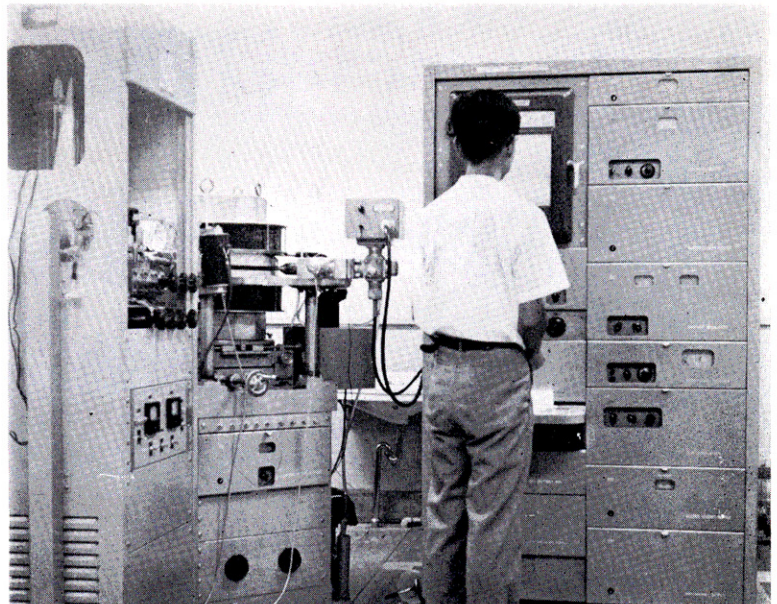
近年 油田・ガス田ともに深部探査が進んでいるので  
1920年代よりも深部の He 調査が可能になっている。

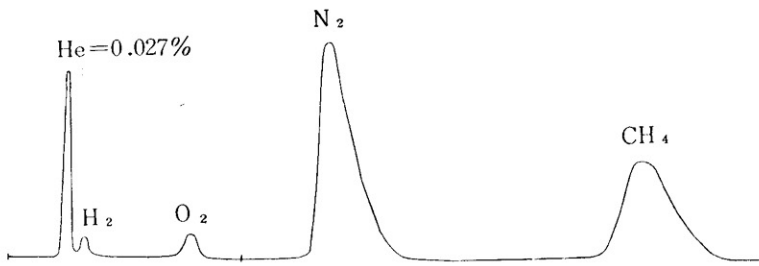
また グリントフ地域の温泉に He が多い傾向があり  
その地域も近年地質学的知見が急増しているの で そ  
このガス関係の調査は有意義である。

以上要するに最近の地質的資料をもとにして 40年間  
行なわれていない わが国の He 資源を吟味するのは大  
変に意味あることと思われる。

なお 最近の He ガス分析技術は ガスクロマトグラ  
フおよび質量分析計を中心にして 非常な進歩がみられ  
ている。天然ガスとくに炭化水素系天然ガス中の He  
定量法は 地質調査所においては ガスクロマトグラフ  
により 0.001% (容積) の感度で一応の完成をみてい  
る。(8頁に参考文献を示す)

(技術部 地球化学課 本島公司課長)





← 地質調査所におけるガスクロマトグラフによる分析例

⑥ 米谷 宏 ; 炭化水素鉱床における微量成分の研究 地質調査所未公表資料 1961

文 献

① G. S. Rogers ; Helium-bearing Natural Gas, U. S. G. S., Prof. Paper, 121, 1921

② F. A. Paneth ; Helium, The Science of Petroleum, Oxford Univ. Press, Vol. 2, 1938

③ R. R. Bottoms ; Occurrence and Production of Helium in the United States, The Science of Petroleum, Oxford Univ. Press, Vol. 2, 1938

④ K. Uwatoko ; Natural Gas of Igneous Origin in Japan, Jour. of Geol., Vol. 35, No. 6, 1927

⑤ K. Uwatoko ; The Sedimentary Natural Gas from Oil and Coal Fields of Japan, Bull. Amer. Assoc. Petrol. Geologists, Vol. XI, No. 2, 1927

⑦ Mineral Year Book, Fuels, 1958

⑧ A. P. Pierce ; Studies of Helium and associated Natural Gases, U. S. G. S., Prof. Paper, 400-B, 1960

⑨ W. J. Boone ; Helium-bearing Natural Gases of the United States, U. S. Bureau of Mines Bull. 576, 1958

①は1920年当時のレベルで世界全般のヘリウムについてふれており アメリカの鉱床の地質学的記載がとくにくわしい良書 ②③も同じ傾向の論文 ④⑤は日本のものを地質的に検討しており 今後の調査研究の出発点になる貴重な書 ⑦は産量の統計書 ⑧は成因的に鉱床を扱いかい今後資源調査を進めるときの1つの指針を示し ⑨は最近のガス分析法の解説と大量の分析結果をまとめたものである

