

■ シリーズ特集 ■ 明日を支える資源 (25)

# ヘリウム資源の現状と将来

## Present State and Outlook of Helium Resources

若松 貴英\*

Takahide Wakamatsu

表1 空気の組成

成分	容量組成 [%]	重量組成 [%]	成分	容量組成 [%]	重量組成 [%]
N <sub>2</sub>	78.084	75.510	CH <sub>4</sub>	2×10 <sup>-4</sup>	9×10 <sup>-5</sup>
O <sub>2</sub>	20.948	23.150	Kr	1.1×10 <sup>-4</sup>	2.9×10 <sup>-4</sup>
Ar	0.934	1.280	H <sub>2</sub>	5×10 <sup>-5</sup>	8×10 <sup>-6</sup>
CO <sub>2</sub>	0.0304	0.0460	NO <sub>2</sub>	5×10 <sup>-5</sup>	3.5×10 <sup>-6</sup>
Ne	1.8×10 <sup>-3</sup>	1.25×10 <sup>-5</sup>	O <sub>3</sub>	4×10 <sup>-5</sup>	7×10 <sup>-5</sup>
He	5.2×10 <sup>-4</sup>	7×10 <sup>-5</sup>	Xe	8×10 <sup>-5</sup>	3.6×10 <sup>-5</sup>

### 1. まえがき

ヘリウム (He) は原子番号2の元素であり、周期律表では0族に属し、ネオン (Ne) やアルゴン (Ar) などと同様に希ガスと言われ、化学的に不活性なガスである。そのスペクトル線によって最初太陽において発見されたのでヘリウムと名付けられた。大気、特殊な鉱物や岩石、天然ガスに含まれる。

表1に空気の組成を示すが<sup>1)</sup>、空気を資源とした場合窒素および酸素がもっとも重要であり、次いで希ガス元素が重要となる。例えば容積組成で見ればアルゴンは0.93%、ネオンは18ppm、クリプトン (Kr) は1.1ppm、キセノン (Xe) は0.08ppmであり、これらの元素は空気を資源として回収されている。一方、ヘリウムは空気中に約5 ppm存在し空気液化分離の際、空気中からも分離可能であるが、現在工業的には含ヘリウム天然ガスを資源として分離精製されている。

さて、ヘリウムは120年前に発見されたものであるが、工業的に大量のヘリウムが製造され始めたのは第2次大戦後である。最近、超電導、核融合、極低温工業などエネルギーや新技術に欠かせない元素として注目され、日本における需要も増加の一途をたどっている。このヘリウム資源の現状を少し眺めてみよう。

### 2. ヘリウムの性質

表2にはヘリウムの物理的性質について、同じ希ガスのアルゴン及びネオンと共に示されている<sup>2)</sup>。ヘリウムは無色、無臭でどの元素とも反応せず、標準状態 (0℃, 1気圧) で密度は0.1785であり水素に次いで軽い。したがって、昔商業用として飛行船が欧米で活躍した頃、水素ガスが浮上用として用いられたが、その爆発性のある事から、ヘリウムがその代替物質として登場して来た。

表2 アルゴン、ネオン、およびヘリウムの物理的性質

性質	アルゴン	ネオン	ヘリウム
融点 (1 atm) (°C)	-189.3	-248.60	-272.2 <sup>3)</sup>
沸点 (1 atm) (°C)	-185.9	-246.1	-268.93
密度 (0℃, 1 atm) (g l <sup>-1</sup> )	1.784	0.899	0.1785
粘度 (0℃) (P)	212×10 <sup>-4</sup>	298×10 <sup>-4</sup>	186×10 <sup>-4</sup>
臨界温度 (°C)	-122.4	-228.7	-267.9
臨界圧力 (atm)	48.0	26.9	2.26
臨界密度 (g cm <sup>-3</sup> )	0.531	0.484	0.069
C <sub>p</sub> /C <sub>v</sub> (15℃, 1 atm)	1.668	1.64 <sup>1)</sup>	1.660 <sup>1)</sup>
熱伝導率 (0℃) λ × 10 <sup>-1</sup> (cal cm <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup> )	3.9	1.1 <sup>1)</sup>	3.19 <sup>1)</sup>

\* 1 19℃, 1 atm. \* 2 λ × 10<sup>-1</sup>. \* 3 26atm

また、あらゆる元素の中で沸点がもっとも低く、表2からわかるように、1気圧下で-268.97℃ (4.2° K) である。この事から、絶対0° 付近の極低温における研究や極低温を利用した技術には欠かせない元素である。

さらに、熱伝導率3.14×10<sup>-1</sup> (0℃) は空気の8倍であり、冷却ガスとしても重要性がある。その他、窒素ガスと異なり血液中に溶け込まないので、O<sub>2</sub>と混合され海洋開発など特殊目的の人工空気として使用されている。

### 3. ヘリウムの存在と埋蔵量

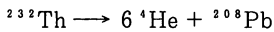
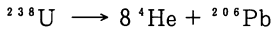
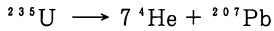
ヘリウムには、安定同位体元素として<sup>3</sup>He, <sup>4</sup>Heがある。その他、核融合反応により<sup>5</sup>He, <sup>6</sup>He, <sup>8</sup>Heが知られているが、いずれも半減期が短く天然には存在しない。又、<sup>3</sup>Heは地球上の存在量は極めて少く1.3×10<sup>-4</sup>%であり、大部分のヘリウムは<sup>4</sup>Heである。

このヘリウムの地球上での存在は1895年、イギリス

\* 京都大学工学部資源工学科教授  
〒606 京都市左京区吉田本町

のWilliam Ramseyによりウラン鉱物の分析に際して初めて確認された。又天然ガス中のヘリウムは、H. P. CadyとD. F. Mcfarlandにより、1905年、米国カンサス州のDexterガス田からの天然ガス分析に際して確認された。

地球上に存在するヘリウムの生成は、地殻内でのウラン (U) 及びトリウム (Th) の放射性崩壊によるものと現在考えられている<sup>3)</sup>。その関係する反応式としては、



である。これらの天然放射性元素からのヘリウムは地殻から大気中に拡散し、ヘリウムが重力圏外へ散逸する分と釣り合い、現在の大気中におけるヘリウム濃度5 ppmになっていると想定している。

フェルグリン石、モナズ石などの希有元素鉱物やウラン鉱中にはヘリウムが含有すると言われているが<sup>4)</sup>、工業的な生産目的のヘリウム資源としては前述のように、天然ガスがもっとも重要である。世界的に見てヘリウムの工業生産は、古くから又ほとんど大部分米国で行なわれている。現在、ヘリウム含有量0.3%以上の天然ガスから回収されている。しかし、このヘリウム含有量の大きな天然ガス田は極めて偏在しており、開発の進んでいる米国に集中している。その他に、ソ聯、カナダ、アルゼリア、ポーランド、中国、英国、ノルウェーにも存在すると言われている。

1984年1月現在のヘリウム資源量が表3に示されている<sup>5)</sup>。表3より、経済的に分離回収できるヘリウム資源量(含ヘリウム0.3%以上の天然ガス田の確認埋蔵量と備蓄している粗製ヘリウムを対象にしたもの)は2,420億立方フィートであり、この値に近き将来には経済的に分離回収が見込まれる準経済的資源量(主として含ヘリウム0.3%以下だが回収の有望視される天然ガス田の確認埋蔵量を基礎としたもの)を含めた基礎資源量は世界総計で6,040億立方フィートである。

表3 世界のヘリウム資源量

(単位: 10億立方フィート)

地域	経済的資源量	基礎資源量
米国	242	484
世界諸国 (米国, ソ連以外)	—	120
世界総計	242	604

米国のみ基礎資源量は4,840億立方フィートである。なお表3における世界諸国(米国, ソ連以外)に対して1,200億立方フィートの基礎資源量が示されているが、これはカナダの350億立方フィートおよびアルゼリアの850億立方フィートの合計である。

1987年1月現在の米国におけるヘリウムの基礎資源量は5,390億立方フィートと報告されている<sup>6)</sup>。3年間で550億立方フィートの増加となっているが、探査活動により含ヘリウムガス田の確認埋蔵量が増加した結果によるものと考えられる。

#### 4. ヘリウムの供給と需要<sup>5), 6)</sup>

1973~1983年におけるヘリウム\*の世界的な供給と需要は表4に示されている。米国以外の供給国はカナダ、フランス、ポーランド、ソ連である。だが米国以外の供給量は不確かな点が多く、また年によって不安定である。一方、米国のヘリウム供給はほぼ年毎に増加をしており、さらに1983年における供給は13.63億立方フィートであり世界供給量の約93%を占めている。また、米国のヘリウムの国内需要および輸出量も毎年増大傾向にある。

表5は1982~1986年における米国のヘリウム輸出傾向を示しているが、毎年輸出割合は減少し、内需が大となっている事を示している。

さて、米国のヘリウム生産量の推移を示すと図-1のようである。図-1に示されているように、ヘリウム生産量は1962~1973年において著しく増加した。これは天然ガスの需要拡大に伴いヘリウムを分離回収する必要のある事およびアポロ計画によるロケット打上げに多量のヘリウムを必要とする事などのために、1960年にヘリウム保存計画法が議会で可決された為である。

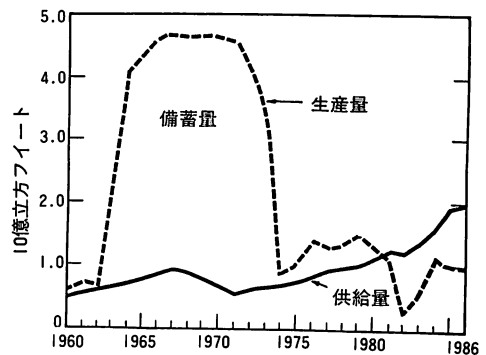


図-1 米国におけるヘリウムの生産量および供給量

\* Grade Aヘリウム (He純度99.995%以上)

表4 世界的なヘリウムの供給と需要 (単位: 百万立方フィート)

	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983
(世界的な生産)											
アメリカ	647	699	745	808	941	988	1,100	1,174	1,255	1,245	1,363
その他	132	140	146	146	149	149	181	120	100	150	100
合計	779	839	891	954	1,090	1,137	1,281	1,294	1,355	1,395	1,463
(アメリカの供給内訳)											
鉱山局	180	198	224	308	418	438	432	388	321	356	307
民間企業	467	501	521	500	523	550	668	786	934	889	1,056
計	647	699	745	808	941	988	1,100	1,174	1,255	1,245	1,363
輸出	<sup>e</sup> 117	<sup>e</sup> 129	144	174	168	190	245	298	389	378	368
国内需要	<sup>e</sup> 530	<sup>e</sup> 570	601	634	773	798	855	876	866	867	995

e 推定値

表5 1982~1986年における米国のヘリウム  
輸出と内需 (単位: 百万立方フィート)

年 度	1982	1983	1984	1985	1986
内 需	867	995	1,245	1,444	1,509
輸 出	378	368	392	439	432
供給総計	1,245	1,363	1,637	1,883	1,941
輸出割合%	30.4	27.0	23.9	23.3	22.3

1961年よりこの計画がスタートし、当時枯渇しかけていたテキサス州アマリロ地域のクリフサイド・ガス田に粗製ヘリウム(He純度約70%)を備蓄した。この計画は諸事情により1971年に打切られている。

最近では、需要が生産量を上廻り(図-1参照)、供給

表6 1982~1986年における米国のヘリウム  
供給と生産量 (単位: 百万立方フィート)

年 度	1982	1983	1984	1985	1986
需 要	1,245	1,363	1,637	1,883	1,941
供 給					
備蓄より	-1,012	-787	-464	-885	-947
生産量	233	376	1,173	998	994

(負の値は、政府備蓄からの供給量を示す)

は政府が備蓄している粗製ヘリウムを精製して提供している。表6は1982~1986年における米国のヘリウム供給量の内訳を示している。現在、ヘリウムの備蓄分からの供給を除いた生産量は約10億立方フィートである。

表7 ヘリウムの生産工場と生産物の純度

所 有 者	場 所	生産物の純度
政府所有: Bureau of Mines	Masterson, TX	Crude and Grade-A helium. <sup>1</sup>
民間企業:		
Air Products and Chemicals Inc	Hansford County, TX	Grade-A helium. <sup>1</sup>
Cities Service Cryogenics Inc	Scott City, KS	Crude helium. <sup>2</sup>
Cities Service Helix Inc	Ulysses, KS	Crude helium.
Exxon Co. U. S. A	Shute Creek, WY	Grade-A helium. <sup>1,3</sup>
Kansas Refined Helium Co	Otis, KS	Grade-A helium. <sup>1</sup>
Navajo Refined Helium Co	Shiprock, NM	Do.
Northern Helix Co	Bushton, KS	Crude helium.
Phillips Petroleum Co	Dumas, TX	Do.
Do	Hansford County, TX	Do.
Union Carbide Corp., Linde Div	Bushton, KS	Grade-A helium. <sup>1</sup>
Do	Elkhart, KS	Do.
Do	Ulysses, KS	Do.

註1 液化装置を設備している。

" 2 粗製ヘリウムはパイプ流送しUlysses, K.Sで精製

" 3 生産開始は1986年10月

### 5. 米国のヘリウムガス田とヘリウム回収プラント<sup>5), 6)</sup>

米国でのヘリウムガス田は主としてアメリカ中央部ロッキー山脈内に存在する。前述の経済資源量を与える含ヘリウム0.3%以上の天然ガス田は95のガス田に及び、米国の11州にわたって存在している。しかし、この資源量の約91%は、カンサス州、オクラホマ州およびテキサス州の3州に広がるHugotonガス田、オクラホマ州のKeyesガス田、テキサス州のPanhandleガス田とCliffsideガス田、およびワイオミング州のRiley Ridgeガス田に基づくものである。

また、ヘリウム回収プラントは表7に示すように、1987年1月現在で、米国鉱山局所有の1工場、および私企業9社が所有する12工場が操業している。この中、ワイオミング州のExxon社が所有する工場は1986年10月に操業開始したものである。ヘリウム回収プラントには次の3種がある。(1)純度70%程度の粗製ヘリウム (Crude helium) のみの生産工場、(2)粗製ヘリウムと高純度ヘリウム (Grade-A helium) の両者を生産する工場、および(3)高純度ヘリウムのみを生産工場である。また、高純度ヘリウムを生産する工場ではすべてヘリウム液化機を設置している。分離精製法としては、低温気液分離法 (Low temperature gas-liquid separation process) で粗製ヘリウムを回収、さらに粗製ヘリウムを圧力スィング吸着法 (PSA法, Pressure swing adsorption process) で精製している。

### 6. 米国におけるヘリウムの利用<sup>6)</sup>

米国におけるヘリウムの利用分野は図-2に示されている。第1位は極低温用 (液体ヘリウムによる絶対0℃付近の温度領域における超電導現象などを利用する例えばMHDや核融合の分野)、第2位は溶接用 (金属の工業的溶接用イナートガス)、第3位は宇宙開発用 (ロケット打上用の液体水素や液体酸素の加圧用など) となっている。その他、雰囲気調整用、漏洩テスト用、合成呼吸ガス用、熱交換用、クロマトグラフィ用、気球用など利用範囲は極めて広い。

### 7. 日本におけるヘリウム事情

ヘリウム資源に関する全国調査に関しては、1922～1926年にわたり東大航空研究所により行なわれた。又戦後、1962年 (昭和37年) から5ヶ年計画で第2次の

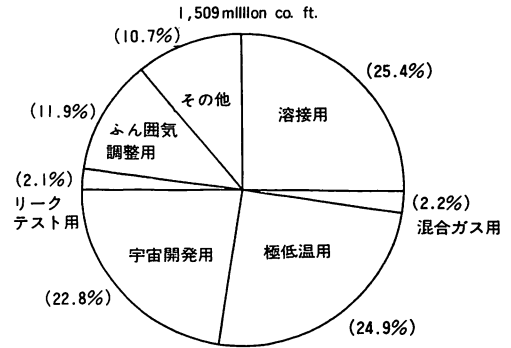


図-2 米国におけるヘリウムの利用状況

全国的調査が地質調査所によって行われた。1例として、常盤炭田ガスの調査では平均してヘリウム0.02～0.04%含有し、高萩市高戸 (同炭田の南端) の探鉱ボーリング孔からはわが国最高値の0.58%Heが認められた。一方、九州や北海道の炭田ガスからは常盤炭田ガス程のヘリウムは認められなかった。わが国の天然ガスにおいて0.1%He以上を含有するのは窒素系ガスで大部分温泉ガスであり、ガス量はいずれも少ないものである<sup>7)</sup>。

わが国のヘリウム需要は1960年 (昭和35年) より毎年増加の一途をたどっている。国内にヘリウム資源を有しないわが国では、ほぼ全量を米国から輸入している。

表8 日本のヘリウム輸入量

(単位: キログラム)

年度	輸 入 先				総 計	前 年 比 度
	米 国	フ ラ ンス	西 ド イ ツ	中 国		
1980	246,318	2	—	—	246,320	—
1981	294,288	5	—	—	294,293	1.194
1982	332,315	—	—	—	332,315	1.129
1983	356,560	—	—	—	356,560	1.073
1984	422,220	—	—	—	422,220	1.184
1985	503,464	—	—	—	503,464	1.192
1986	565,815	3	50	—	565,868	1.124
1987	711,818	7	—	3	711,828	1.258

る。最近の1980～1987年におけるヘリウムの輸入量は表8のようである<sup>8)</sup>。表8からわかるように、1980年から1987年の8年間に輸入量は約3倍に増加しており、毎年の増加率は平均16.5% (7.3～25.8%) である。又、米国以外では、フランス、西ドイツ、中国から極く僅かの量であるが輸入している、この輸入傾向は今後も続くものと予想される。

### 8. ヘリウム資源の今後の問題

先端技術に関する基礎研究や応用研究が益々盛んに

なるわが国として、ヘリウムの需要は将来もさらに増大する事が推察される。このような背景下でわが国のヘリウム事情を健全に保つためには、次の諸項目を絶えず検討しておく必要があろう。

- i) 米国および諸外国のヘリウム資源の動向や供給能力の把握
- ii) わが国におけるヘリウム需要の予測
- iii) 国内のヘリウム資源調査
- iv) 国外におけるヘリウム資源調査の海外協力
- v) 含低濃度He天然ガスからのヘリウム回収法の開発
- vi) 空気からの効率的分離法の開発
- vii) ヘリウムの備蓄
- viii) 利用したヘリウムの回収技術

## 9. むすび

以上、ヘリウム資源についての現状と今後の問題点を述べた。ヘリウムは物理化学的に多くの特性を有しており、前述のように超電導、核融合、宇宙開発など将来の科学文化を開く新分野と密接な関係のある元素である。日本においてその需要は益々増加するものと考えられる。輸入先は米国のみと言って良いが、米国

の資源供給にも限りがありわが国独自の対応を検討しておく必要が大いにあるものと思われる。

## 参 考 文 献

- 1) 日本化学会編；化学便覧（応用化学編）I（1986）丸善，78
- 2) 同上，301
- 3) 牧真一；ヘリウムについて，石油技術協会誌，38巻，1号（1973）28～38
- 4) 岩波，理化学辞典（1953），岩波書店，1238
- 5) bureau of Mine；Mineral Facts and Problems，1985 ed. 357-368
- 6) U. S. Department of the Interior；Minerals Yearbook 1986，vol. I Metals and Minerals，481-488
- 7) 3)と同じ
- 8) 大蔵省編；日本貿易月報（1980～1987）

その他の参考文献

- ・田中聖三；わが国のヘリウム事情，化学と工業，（1971）24巻，8号 826～829
- ・菊池一成；技術革新のかぎを握るヘリウム，化学と工業（1979），32巻，9号 674～677
- ・山村政彦；天然ガス資源，低温工学（1979）14巻，5号 213～221
- ・田中聖三；ヘリウムの利用とその需要，高圧ガス（1979）16巻2号 59～69

