

第5章 産業ガスの広がりに

ガス屋は、空気を分離して酸素、窒素を製造し供給するビジネスから始まった。その後、新元素アルゴンも商材となり、基本的には「純ガス」を技術基盤としてきた。ガス屋は、純ガスの品質管理のために分析技術を習得し、高圧ガスを取り扱うための様々なノウハウを蓄積し、空気を分離するためのガスの冷却技術を開発してきた。分離技術に加えて分析技術、高圧ガス技術、低温技術がガス屋の技術基盤を支えてきた。20世紀後半からは、純ガスだけではなく、様々な品質の混合ガス（ブレンドガス）、基盤技術を利用したガスの利用技術（雰囲気ガス、真空技術、低温利用）、などを取り扱うようになった。

120年前、ラムゼー教授の希ガスの研究のために BOC のハンブソンは何日もかけてわずか数リットルの液体空気を製造した。最初の酸素は、ライムライト照明用の支燃性ガスとして利用された。

しかし、現在の空気分離装置からは一日に千トン以上の酸素ガスが製造され、一部の製品はタンクローリーによって大量輸送されており、全く規模が異なり、その利用方法も非常に様々である。

5. 産業ガスの広がり

産業ガスの製造法を説明するために、深冷空気分離の仕組みを紹介した。産業ガスの歴史は、ガスの冷却技術に始まる酸素の製造が基本技術となっている。ヘリウムは日本国内では生産されないが、輸送技術や液化技術に深冷分離の技術が利用されている。現在では、産業ガスは、酸素だけではなく、様々な広がりをみせている。(図は全て大陽日酸(株)Web サイトより)



図 5-1-ASU の全景

図 5-1 は ASU の全景。中央の高い箱がコールドボックス。中に蒸留塔と熱交換器が格納されている。

周囲には圧縮機の冷却用のクーリングタワーや液体製品の貯槽がある。四角い建屋のようなものは、機械室と呼ばれる工場建屋で、原料空気圧縮機などの周辺機器や運転操作室（中央操作室）などがある。

図 5-2 は、酸素同位体 ^{18}O の製造プラントのコールドボックスである。蒸留塔は、充填塔であるが、多段のカスケードになっており全長はかなり長い。中央の同位体分離用のコールドボックスは、左の方に見える ASU のコールドボックスよりも高い。一般的な ASU は、1日に千トン程度の酸素を製造するが、こちらは年間で 100~300kg（現在稼働準備中のものを含めて深冷分離プラントは国内 3 基）と製品量の桁が大きく異なる。



図 5-2-酸素同位体 ^{18}O 製造プラント

図 5-3 は、同位体 ^{18}O が 98%以上含まれる FDG-PET 用の原料水 (H_2^{18}O 標識水) である。産業ガスメーカーが水を製造するのは珍しいが、同位体分離装置で製造された同位体濃縮酸素ガスと超高純度の水素からアルゴン雰囲気中で同位体濃縮水を生成、写真のようなバイアル瓶に充填している。顧客が、

酸素18同位体を濃縮した酸素ガスではなく、濃縮された酸素18でできた「水」を必要とする場合、ガスではなく水の形で供給する。酸素ガスの同位体を濃縮したものと水素から水を製造する。

図5-4は、スーパーインシュレーション真空断熱方式の液体窒素容器（内槽ステンレス製シーベル型魔法瓶、外槽はアルミニウム製）である。液体窒素を実験室で小規模に使用する際に用いられる。容量は5～50リットル。容器の上部から専用の手動ポンプを使って液体を取り出して低温実験などに利用する。液体窒素容器は、液体酸素など他の低温液化ガスには使用できない。



図5-3-酸素同位体
 $H_2^{18}O$



図5-4-液体窒素容器



図5-5-液体窒素容器

図5-5は、アルミニウム製の液体窒素容器で、口径が大きくなっており液体の注入・取り出しが容易になっている。

容積は5.5～30リットル。熱伝導による侵入熱を低下させるため入口部（ネックチューブ）は非金属製。二重構造真空断熱容器となっており、液体窒素などの実験などに用いられる



図5-6-ステンレス製デュワー瓶

が、低温用だけでなく高温用としても使用可能となっている。0.3～6リットル。図5-6は、ステンレス製デュワー瓶（vacuum flask）である。真空二重構造断熱の魔法瓶はデュワー瓶と呼ばれるが、これは、低温物理学の先駆者であるジェームス・デュワー（英国）が、液体酸素の保存用に真空断熱容器を発明した（1892年）ことに因んでいる。当時、デュワー瓶は、テルモス（熱、ギリシャ語）という商品名で発売されたが、金属製では脱ガスを防ぐことが

困難であったためガラス製であった。現在は、金属製デュワー瓶が製造可能で、実験用器具だけでなく、家庭用の水筒、卓上用魔法瓶や調理器具などに真空断熱魔法瓶が広く普及している。

図 5-7 は、液化ガス専用の可搬式低温容器（LGC、Liquefied Gas Container）である。こちらデュワー瓶同様、真空層で断熱する液化ガス容器であるが、加圧して充填されているため、構造はかなり複雑で上部に取り出し・充填バルブ、安全弁、圧力計、液面計、破裂板（安全装置）などを持つ。LGC は直接液体を取り出して使用することもあるが、蒸発器



図 5-7-可搬式低温液化ガス容器（LGC）

を内蔵し、ガスを供給することができるため、ELF（portable Evaporator Liquid Flask、エルフ）と呼ばれたこともある。

図 5-8 は、液体ヘリウムの専用容器である。スーパーインシュレーション／真空断熱方式、蒸発ガスシールド方式。容積は 30～1000 リットル。ユーザーの多くが、ガス化したヘリウムではなく液体ヘリウムをそのまま使用するため、液体移送ポートを装備しており、クライオスタット（cryostat、超低温を維持する装置。cyogenic + stable）と接続するための専用の液体ヘリウムトランスファーチューブが使用される。



図 5-8-液体ヘリウム容器



図 5-9-細胞凍結保存容器



図 5-10-全自動細胞凍結保存装置

図 5-9 は、細胞凍結保存容器。液体窒素で低温状態が維持される。種類は、液体窒素保存容器、気相保存容器（吸着材で液体窒素を保持し低温気相部分で凍結保存する）、液相・気相用などがある。写真のものは、容積 920 リットル（気相保存）／760 リットル（液相保存）の大型保存容器で液体窒素が自

動的に供給される。

図 5-10 は、全自動細胞凍結保存システム。細胞保存容器が自動的に管理されるもので、再生医療分野での利用拡大が期待されている。

図 5-11 は、スペース・チェンバー。高真空と冷却技術を用いて、宇宙空間環境を作り出し、人工衛星などの地上試験を行う環境試験施設である。中央がチェンバーに送られる試験体。右側はチェンバーを真空にする時の蓋。真空容器としては巨大である。深冷分離技術や真空断熱技術など、産業ガスの基盤技術が宇宙空間を模擬する施設に用いられている。

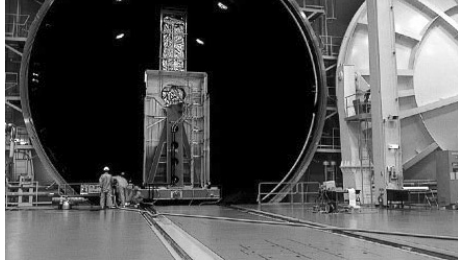


図 5-11-スペース・チェンバー（商品名：スペース・シミュレーション・チェンバー）

図 5-12 は、医療用酸素ガス容器。産業用の容器に比べると小型・軽量化されている。高圧ガス容器は、英語ではガス・シリンダー（gas cylinder）である。

高圧ガスの容器は、シリンダー「円筒」形状からこのように呼ばれるが、容器という意味の英語としては、コンテナ（container）がある。産業ガスでは、液体の容器と気体の容器の両方が流通するため、液体用はコンテナ、気体用はガス・シリンダーと呼ぶことが多い。

また、同じ円筒形であるピストンエンジンのシリンダーや油圧機器のシリンダーと間違えられることもないのでガス・シリンダーを略してシリンダーと呼ぶことも多い。シリンダー・ビジネス、シリンダー・キャビネット（毒性ガスなどの容器を使用する際に格納する装置）等の用語が使われる。

タンクという呼び方は、大型の液体容器にも気体容器にも、いずれにも用いられる。液体窒素や液体酸素の輸送用のトラックは、石油などを輸送するトラックと同じように、通常のトラックシャーシの上に専用の容器を載せたもので、タンク・トラックと呼ぶ。ただし、日本では、米語のトラックでは



図 5-12-医療用酸素ガス容器

なく英語の「タンク・ローリー」の呼び方の方が普及している。日本では貨物を運ぶ車をトラック、液体を運ぶ車をローリーと呼ぶが、意味は同じである。

業界用語で「液酸ローリー」という言葉があるが、これは液体酸素（法令では液化酸素）を高圧ガスタンクに積載するトラックのことである。

日本では、耐圧容器（高圧ガス容器やLPG容器）のことをボンベと呼んでおり、今でもよく耳にする。高圧の耐圧容器だけでなく、あるいはもっと低圧の容器までボンベと呼ぶことがある。この言葉がいつから使われるようになったのかはよく知らないが、由来は爆弾（Bombe、ドイツ語）のようである。形状なのか音なのかその理由は不明。

おそらく、日本以外では、「ボンベ＝高圧ガス容器」という言葉では通じない。LPGやブタンガスなどは液体容器もボンベと呼ぶようであるが、液体酸素や液体窒素の場合は、ボンベとは呼んでいない。産業ガス業界では、古くから容器のことを「瓶 びん」と呼ぶ。ドイツ語の Gasflasche、(ガスの瓶、フラスコ) からと思われるが、瓶といってもガラス瓶ではなく、通常は、鋼鉄製である。軽量であることが必要な場合は、CFRPの複合容器とすることもある。

ガス溶接や実験室などでよく見かける酸素や窒素の容器は、7000 瓶（または 47 リットル瓶）と呼ばれ、内容積 47 リットルの容器に 14.7MPa (35°C) の圧力で充填すると 1atm で約 7m³ のガスが入る。

これよりも小型の容器には、3000 (20 リットル)、1500 (10 リットル)、500 (3.4 リットル)、1 リットル、0.35 リットル瓶などがある。容器の中に高圧ガスが充填され未使用のものを「充瓶、じゅうびん」と呼び、かなり使用して圧力が低下したものを「空瓶、くうびん」と呼んでいるが、完全に使い切ってしまうのではなく、「残圧、ざんあつ」がある状態で空瓶が回収されている。1 本ずつのものを「バラ瓶」と呼び、大量消費のために、複数本をバンドルし集合管でつないでいるものを「カードル」(集合容器、9 本組～30 本組) と呼ぶ。

図 5-13 は FCV 用水素ディスペンサー。FCV (水素燃料電池自動車) の燃料である水素を車載の高圧ガス容器に充填するための装置である。図 5-14 は FCV に水素を充填する移動可能なステーション。パッケージ型ステーションになっており、オフサイト充填および出張充填が可能となっている。FCV の普及に向けた水素供給システムの整備には産業ガスの持つ技術が非常に重

要になっている。



図 5-13-FCV 用水素ディスペンサー



図 5-14-FCV 用水素移動ステーション

図 5-15 は超電導機器を冷却するためのネオン冷凍機。希ガスであるネオンガスを冷媒とした逆ブレイトンサイクルでサブクール液体窒素を作り、超電導超電導送電線などを高効率に冷却する冷凍機であり、ネオンガス駆動膨張タービン、再圧縮機などが装備されている。ガスの物性、熱交換器、低温の回転機など産業ガスの技術やノウハウが詰まった新しい冷凍システムが開発されている。



図 5-15-ネオン冷凍機

ガス屋は基本的には「素材を供給する産業」のひとつであるため、社会や経済の構造が変わっていても、長期にわたって必要とされる産業である。一方で、その基盤技術やガスの特性を利用した様々な応用技術は、基本的にはガスの消費拡大を狙ったものであるが、時代の変化に伴って様々な利用方法が考案されてきており、いくつかの製品は、やがて社会に必須のものになっていくものと思う。