

最近の空気分離装置およびガス分離装置の動向

Some Problems on Tonnage Oxygen Plant and Gas Separation Plant

堀川 正 秀* 木 村 茂*
Masahide Horikawa Shigeru Kimura

要 旨

空気分離装置をはじめ、ヘリウム液化装置、水素液化および回収装置、天然ガス液化装置など低温ガス液化分離装置の最近の状況および問題点などの概要を述べる。

1. 緒 言

1.1 空気分離装置

製鉄製鋼および化学工業など関連業界の技術革新を伴った発展によって、近年、酸素および窒素の需要が急激に増大した。これら関連業界の装置の大形化に対応して、酸素、窒素を発生させる空気分離装置の規模もますます大形化しつつある。特に最近数年間における空気分離装置の進歩は目ざましいものがある。この進歩発展の内容を大別すると二つの傾向があり、その一つは、空気分離装置の容量的な超大形化に関するものであり、ほかの一つは、大容量の液体酸素および液体窒素の製造装置の技術的開発および進歩発達に関するものである。容量的超大形化については、昭和30年以前には、酸素発生量 300 Nm³/h 以下の空気分離装置が大多数を占めていたが、その後、年を追って、1,500 Nm³/h, 2,000 Nm³/h, 4,500 Nm³/h, 6,000 Nm³/h, 10,000 Nm³/h と急速に大形化した。最近数年の間には、15,000 Nm³/h, 25,000 Nm³/h さらに 30,000 Nm³/h という超大形空気分離装置が次々と計画され、建設されるという状況である。実に、約10年の間に、容量が約100倍にまで大形化を成し遂げた装置は、ほかに例がほとんどないと言わねばならない。しかも、装置の規模においても、またその性能においても、外国各社の製品と比べまるとも劣らないと言っても過言ではない。

一方、最近の空気分離装置の形式の変化を考えてみると、酸素および窒素を液状で採取する大形装置の需要が多くなっている。というのは、低温容器の進歩に伴って、ガスの液体の状態での輸送が容易になり、遠隔地への液酸、液窒の輸送が簡単にできるようになったので、今までの需要地ごとに設置されていた小容量の液酸装置に代わり、効率のよい大容量液酸液窒製造装置を設置するようになっている。この大容量液酸装置としては、従来の膨張エンジンを採用した高圧式に代わり、中圧式液化回路方式による新しい装置が開発されている。

以上のような空気分離装置の需要の増大に呼応して、装置の系統や構成機器の高性能化および合理化がなされている概要を述べたいと思う。

1.2 大形装置に要求される条件

装置の超大形化に伴って、装置の性能はもちろんのこと、事故その他により万が一停止した場合、生産への影響がきわめて大きいことを考えると、装置の信頼度、安全性、長期連続運転性に対する重要度がますます大きくなっていく。ここで、大容量空気分離装置に要求される種々の条件の中でおもなものについて述べる。

1.2.1 性 能

空気分離装置の性能は、所定の量および質をもった酸素および窒素を発生させるのに要する電力消費量（電力原単位：一般に kWh/Nm³O₂ で表わす）の大小に集約される。大形化する重要な理由の一つは、製品の原価を低減することにある。空気分離装置

* 日立製作所笠戸工場

の電力原単位は、ほとんど全部が、原料空気圧縮機と酸圧機あるいは、液酸装置の場合は、後述の中圧の循環圧縮機の電力消費量で占められている。したがって、原料空気量に対する発生酸素量の割合（空気量/酸素量）すなわち空気比（air ratio）を極力小さくし、稼働圧力（原料空気圧縮機の吐出圧力約 5.0 kg/cm²G）を少しでも小さくすることは、もちろん重要であるが、上記、圧縮機の効率が原単位に大きく影響する。これら圧縮機には効率の高いものを選ばねばならない。

1.2.2 長期連続運転の可能性

従来、空気分離装置の連続運転を考慮する場合1年ないし2年を対象として検討するのが普通であった。しかし最近では、大容量の装置をさらに効率良く稼働させる必要から4年以上の連続運転を現実を考える時代となっており、実際に稼働している大形空気分離装置の運転実績からしても、4年以上の連続運転を実現させることはさほど困難ではなくなっている。この点、大形空気分離装置に採用される圧縮機は酸素圧縮機を含め、すべて遠心圧縮機であることが必須の条件となってきている。

長期連続運転を完全なものにすることは、考え方によっては装置の性能すなわち原単位を良くすることより重要なことである。したがって、各機器および部品には、じゅうぶん信頼度の高いものを選ばねばならない。また、各部分の信頼度の大小により、必要に応じた予備品を設置あるいは準備することにより、長期連続運転対策を慎重に考慮せねばならない。

1.2.3 運 転 操 作

最近、運転費の低減を目標として、運転人員の削減および合理化に対応して、プラントの集中制御、集中管理方式が採用され、それと並行して自動制御装置が多数採用される場合が多い。また、装置の大形化に伴い、操作弁の寸法、重量なども極端に大きくなっている。したがって電動弁、ダイヤフラム弁、ピストン弁、電磁弁などの遠隔操作の採用、起動操作の自動化などが必要になっている。したがって、少人数で確実に長期の安定運転ができるように信頼性の高い計装を計画し、異常なども早期に知らせる警報システムをじゅうぶん考慮する必要がある。

また、広い範囲で運転できることも必要で、特に液酸液窒製造装置の場合は、ガス状の製品と液体の製品の割合を変えたり、液酸と液窒の採取量の割合を、需要に応じて変えて効率良く運転できることが望ましい。

1.2.4 保 守 点 検

長期間の連続運転をしても性能の低下はないことが望ましい。また、製鉄用空気分離装置の場合、連続運転とはいっても14～20日に一度、8～10時間程度装置を停止してもよい時間が操業上得られる。したがって、この短時間の停止時に、効果的な保守ができるような設計構造あるいは配置配管上の考慮がぜひ必要である。

1.3 大形全低圧式空気分離装置

図1および図2は、最近の大形空気分離装置の代表的なフローシ

ートの例である。図1は蓄冷器、図2はアルミ製リバーシングをそれぞれ採用した場合のものである。以下順を追って最近採用されている機器の内容について述べる。

1.3.1 遠心圧縮機

空気分離装置の電力原単位および長期連続運転性能は、前述のように酸圧機を含めた圧縮機の効率および信頼度によるところ大である。

遠心圧縮機の最近の進歩には、目ざましいものがあり、圧力はより高圧へ使用範囲を広めている。特に従来もっともトラブルの多いとされていた往復動式酸素圧縮機(吐出圧20~30 kg/cm²G)が遠心式圧縮機に置き換えられるようになったことは、連続運転および保守の点で大きな進歩である。

原料空気圧縮機も大容量化するにつれて効率を高めており、中間冷却器の設置、流路抵抗を考慮した設計により、等温効率は理論値に近い75%程度にも達するようになっている。

1.3.2 アルミニウム製機器

昭和36年ごろまでは、精留塔をはじめとする極低温機器はすべて低温脆(ぜい)性の問題から銅、真ちゅう、ステンレス鋼が使用されていた。しかしその後、アルミニウムの極低温における性質が良いことおよび溶接をはじめとする加工技術の進歩により、低温機器にアルミニウムが急激に使用されるようになり普及した。重量製品の外観、経済性の面からも有利で現在はほとんど全面的に低温部の材料として使用されている。

1.3.3 アルミニウムろう付熱交換器

従来、空気分離装置の保冷槽内の熱交換器には、石材充てん式蓄冷器およびシェルアンドコイル形のハン普森式熱交換器が使用されていた。ハン普森式熱交換器は(1)コンパクトであること、(2)熱交換効率が良いことなどが有利な条件であるとされていたが、アルミニウムのプレート式熱交換器はさらに小形、軽量という点ですぐれている。特に数年前から国産化されるに至って急激に広まってきた。

またこの熱交換器は、リバーシング熱交換器として、石材蓄冷器の代わりに採用することもできる。蓄冷器と比較して、下記のような一長一短があるが、特に長期連続運転を確実にするためには、その設計的な対策をじゅうぶん検討する必要がある。

石材蓄冷器に対しアルミニウムリバーシングの長所

- (1) 重量がきわめて軽い。
- (2) 熱容量が小さいので装置の起動および加温時間が大きく短縮できる。
- (3) 切換時間を長くでき、また、切換時のパージロスが小さい。

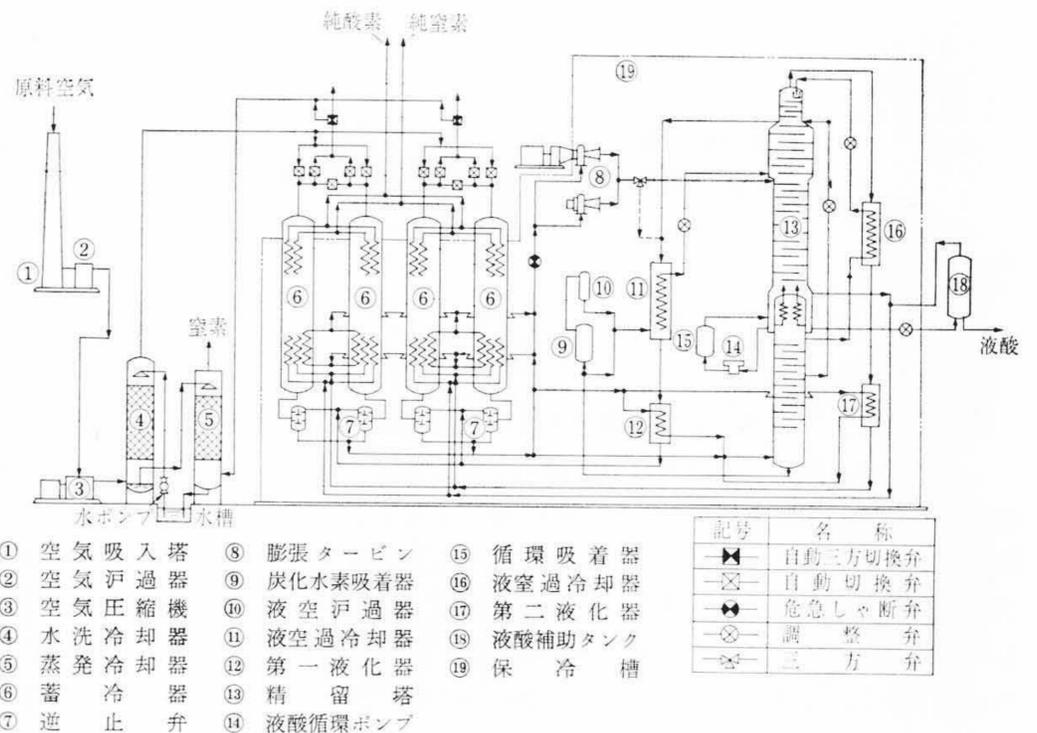


図1 大形空気分離装置フローシート (1)
(蓄冷器使用)

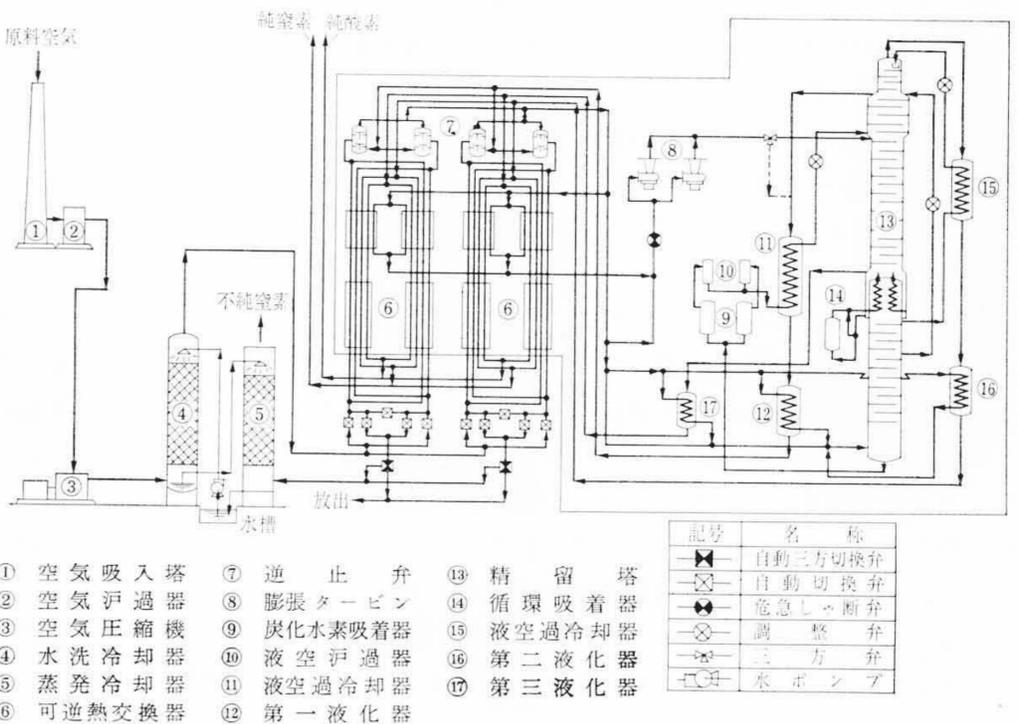


図2 大形空気分離装置フローシート (2)
(アルミリバーシング熱交換器使用)

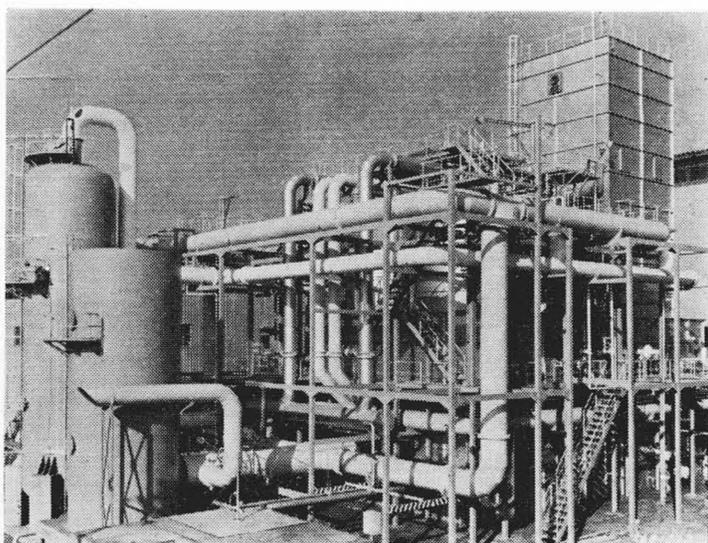


図3 屋外形大形空気分離装置の外観

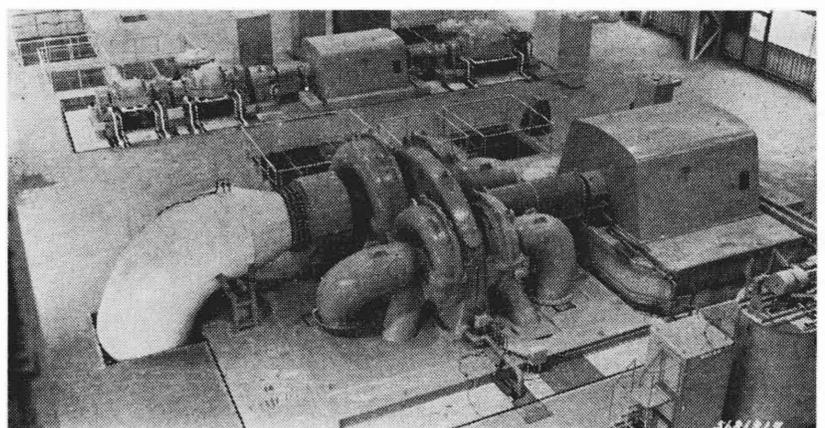


図4 大形空気分離装置用原料空気圧縮機(手前)と酸素圧縮機

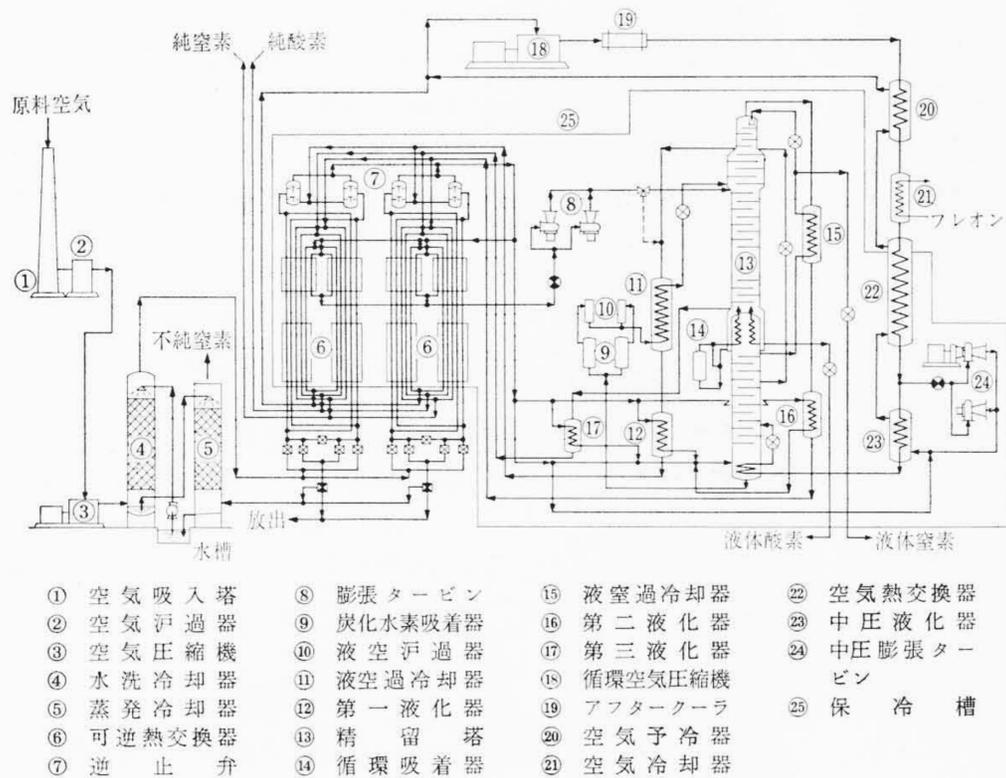


図5 中圧液化回路を使用した液酸素プラントフローシート

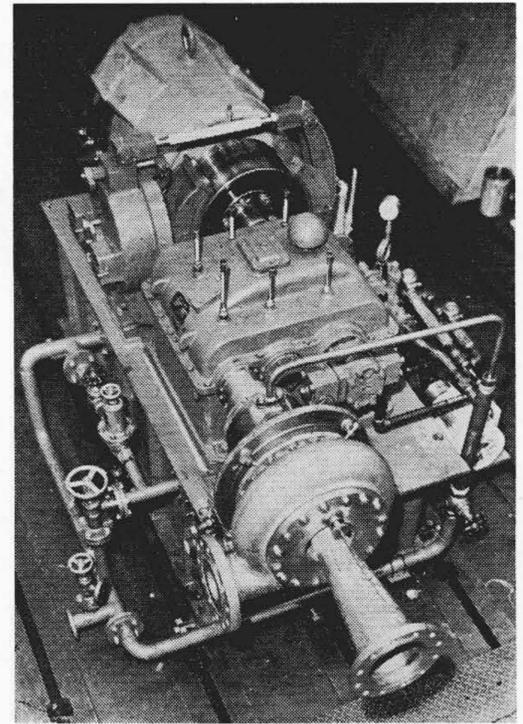


図6 動力回収形中圧膨張タービン

(4) 切換弁を地上に近く設置できるので、保守点検に便利である。

石材蓄冷器に対しアルミニウムリバーシングの短所

- (1) ユニットの寸法が小さいため、大形装置用として採用すると、多数のユニットを配管でまとめねばならず、流体の分配調整機構に特に意を用いるなど複雑な配管となる。
- (2) (1)により流量バランス、温度バランス、調整用の弁を多数設けねばならない。
- (3) 熱容量が小さいため運転中および停止時、温度バランスとか温度変化をばらつかせないよう、高度な設計的配慮が必要である。

1.3.4 液酸素循環吸着器

フローシートに示すとおり、主凝縮器でのアセチレンの濃縮を防ぐため、最近ではゲルを充てんした循環吸着器を採用設置している。

従来は、主凝縮器から液酸素を新陳代謝(たい)謝の目的で引き抜き、これを副凝縮器でガス化する方式を採用していたが、この場合は副凝縮器系統を定期的に加温せねばならず、また必ずしも100%安全であるとはいえなかった。

これに対し、ゲルによる吸着はより安全であるが、高級炭化水素についてはその蓄積を防ぐために、液酸素の一部を排出する必要がある。

1.4 大形液酸素液室製造装置

前述の液酸素液室の需要の増大と、遠心式圧縮機の中圧への使用範囲拡大とによって最近開発されたものである。

これは、中圧式液化回路を利用した低圧式液体酸素製造装置で、従来の往復動式の原料空気圧縮機と膨張エンジンとを用いた運転圧力が、 $180 \text{ kg/cm}^2\text{G}$ にも及ぶ高圧式液体酸素プラントとは全く異なっている。すなわち、稼働圧力が約 $5 \text{ kg/cm}^2\text{G}$ の全低圧空気分離装置に最高稼働圧力が $25 \text{ kg/cm}^2\text{G}$ 以下の中圧式液化回路を組み合わせたものである。プラントに必要な寒冷は、高効率の動力回収形中圧膨張タービンにより発生させる。以下このプラントの特長と構成の概要を述べる。

1.4.1 特長

1.4.1.1 高効率動力回収中圧膨張タービンの採用

本プラントは、寒冷発生源として、従来の往復動形膨張エンジ

ンに代わり、約 $23 \text{ kg/cm}^2\text{G}$ から約 $5 \text{ kg/cm}^2\text{G}$ まで効率良く空気を断熱膨張させる中圧膨張タービンを採用している。本タービンは、液化ガス製造のために特に開発されたもので、90%にも及ぶ高効率を誇っている。

1.4.1.2 運転保守が簡単で長期連続運転が可能

本プラントの操作圧力は、主要部である空気分離部分は約 $5 \text{ kg/cm}^2\text{G}$ 、液化回路部分は約 $25 \text{ kg/cm}^2\text{G}$ であり、従来の液体酸素プラントに比べ非常に低い。このため、圧縮機にはすべてターボ形の遠心圧縮機が採用され、膨張エンジンに代わる中圧膨張タービンの採用とあいまって、すべて回転式の機械でまとまるため、処理ガス中に油分が混入することなく取り扱いが容易である。しかも空気中の水分および炭酸ガスは従来の低圧空気分離装置の蓄冷器あるいは、可逆熱交換器により連続的に除去できるので、長期連続運転が可能である。

1.4.1.3 大容量プラントに最適である

液体酸素あるいは液体窒素の需要増加に伴い、液体酸素プラントの容量もしだいに大きくなりつつある。従来の製作上制約のあった高圧の往復動式機械と異なり、本プラントの場合には、各機械が回転式のため、容量の増加とともに効率が向上し、電力原単位設備費、据付面積そのほかあらゆる点で有利となり、 $10,000 \text{ Nm}^3/\text{h}$ 以上の大容量液酸素プラントでも容易に製作できるようになった。

1.4.1.4 カ性ソーダなどの消耗副資材が全く不要

原料空気中の水分および炭酸ガスは蓄冷器または、アルミニウム可逆熱交換器による低温凝結法で除去する方法を採用している。また、圧縮ガス中に潤滑油が混入しない回転式機械の採用で従来の液酸素プラントのような炭酸ガス除去のためのカ性ソーダ、圧縮機類の内部潤滑油などの副資材が不要である。

1.4.2 フローシートの説明

図3は、中圧式液化回路を採用した液酸素プラントのフローシートの一例である。

本プラントは全低圧式空気分離装置が母体となっており、これに操作圧力が約 $25 \text{ kg/cm}^2\text{G}$ の中圧式液化回路を組み込んだフローシートになっている。この中圧回路の説明のみを述べる。

循環空気圧縮機で昇圧された空気はアフタークーラ、空気予冷器、空気冷却器を流れ -30°C 程度まで冷却されたのち、さらに空

気熱交換器で $-120\sim-125^{\circ}\text{C}$ まで冷却される。さらに必要な循環空気は中圧膨張タービンにはいり約 $4.7\text{kg}/\text{cm}^2\text{G}$ まで膨張する。膨張し -170°C 程度に温度低下した循環空気は、液化器に流れ、 $25\text{kg}/\text{cm}^2\text{G}$ の中圧空気の一部と熱交換して中圧空気を液化したのち、空気熱交換器、空気予冷器を流れて常温になり再び循環圧縮機にはいる。液化した中圧空気は液体空気でさらに冷却されたのち、下塔に吹き込まれる。液体酸素は上塔底部から、液体窒素は下塔頂部から抽出される。

1.4.3 膨張タービン

1939年に Kapitser 氏により開発されて以来、幅(ふく)流高速膨張タービンは、重要な寒冷発生機関として広く利用されてきた。この液酸プラントの完成にも、高効率中圧膨張タービンの開発が大きく影響している。われわれは、この膨張タービンを日本で最初に開発し、以来今日までにガスベアリング式超高速ヘリウム膨張タービンを含め300台以上の製作実績をもっている。

大容量液酸プラント用の中圧膨張タービンは、中圧式小形空気分離装置用として1959年に開発された小形中圧膨張タービンを基礎として完成したもので、その効率は90%にも達する。

従来の膨張エンジンは、往復動であることからその保安点検に手間がかかり連続運転に対して信頼度がない。また、機体が大きく構造的に保冷槽と別設置とせねばならない。しかし、この中圧膨

張タービンは入口圧力 $10\sim30\text{kg}/\text{cm}^2\text{G}$ 、出口圧力 $4.4\sim4.8\text{kg}/\text{cm}^2\text{G}$ の範囲で適用でき、次のような特長をもっている。

- (1) radial, inward, flow の反動タービンである。
- (2) 非常に小形コンパクトである。
- (3) 保冷槽にほかの機器といっしょに組み込めるので、装置全体がコンパクトになる。
- (4) 比較的小容量のものでも80%以上のエンタルピー効率が得られる。
- (5) 長期連続運転に対して信頼度が高い。

1.4.4 液酸プラントの運転実績の一例

表1は液酸プラントの主要運転データの一例を示したものである。この例に示すものは、液酸発生量が $2,000\text{Nm}^3/\text{h}$ 程度のものでこの形式のものとしては小形のものである。さらに、容量が大きいもの場合には、大幅にその性能は向上すると考えられる。

2. ガス分離装置

ガス液化および分離装置における最近の進歩の状況を簡単に述べることにする。

2.1 ヘリウム液化装置

従来、大学の研究所で採用されているヘリウム液化装置は液化量 $1\sim8\text{l}/\text{h}$ の小形で、連続運転時間も $100\sim200$ 時間程度である。最近超電導マグネットなど極低温応用技術の大形化に歩調を合わせ、液

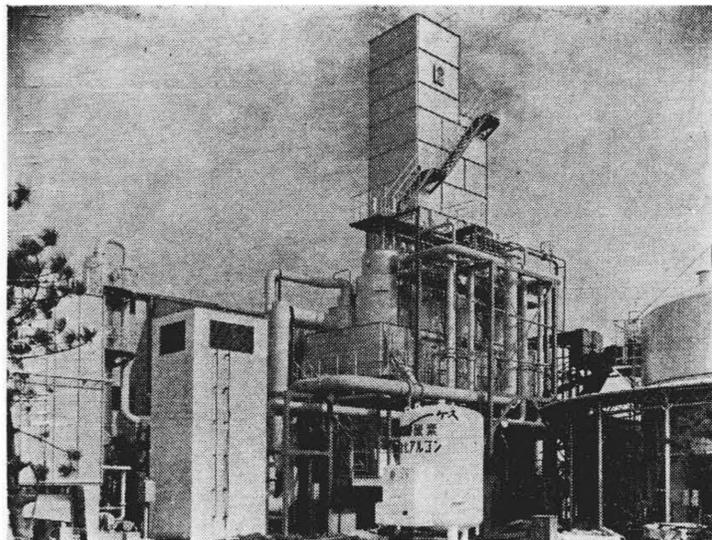
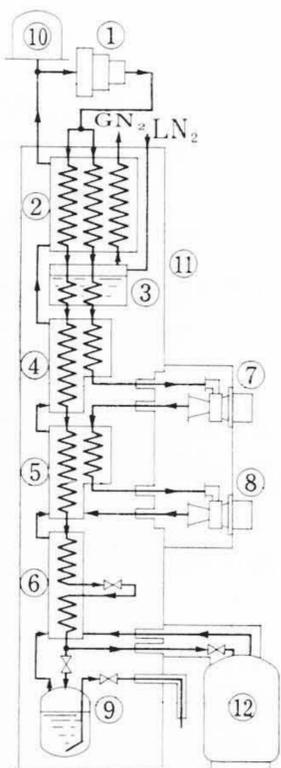


図7 大形液酸液室製造装置

表1 中圧液化回路利用による液酸液室製造装置 運転実績の一例

項目	単位	操作(1)	操作(2)	操作(3)
		運転実績	運転実績	運転実績
液酸発生量	Nm^3/h	2,170	1,898	1,357
純度	%	99.88	99.9	99.89
ガス酸発生量	Nm^3/h	0	92	544
純度	%	—	99.9	99.89
液窒発生量	Nm^3/h	0	0	533
純度	%	—	—	99.99998
液アルゴン発生量	Nm^3/h	0	47.5	41.2
純度	%	—	99.998	99.997
原料空気量	Nm^3/h	11,867	11,237	11,000
原料空気圧縮機吐出圧	$\text{kg}/\text{cm}^2\text{G}$	5.0	4.8	4.8
循環空気圧縮機吐出圧	$\text{kg}/\text{cm}^2\text{G}$	24.0	22.8	22.7
原料空気圧縮機消費動力	kWh	1,052.3	1,020.0	1,002.0
循環空気圧縮機消費動力	kWh	2,272.3	2,162.0	2,100.0
補機雑電力	kWh	78.5	80.9	76.5
膨張タービン回収動力	kWh	-42.0	-220.0	-210.0
製品原単位	kWh/m^3	1,291	1,386	1,362



ヘリウム液化装置フローシート

図8 膨張タービン式大形ヘリウム液化装置

- ① 圧縮機
- ② 第一熱交換器
- ③ 第二熱交換器
- ④ 第三熱交換器
- ⑤ 第四熱交換器
- ⑥ 第五熱交換器
- ⑦ 高圧膨張タービン
- ⑧ 低圧膨張タービン
- ⑨ 液体ヘリウムタンク
- ⑩ ガスホルダ
- ⑪ 保冷容器
- ⑫ 液体ヘリウム貯蔵タンク

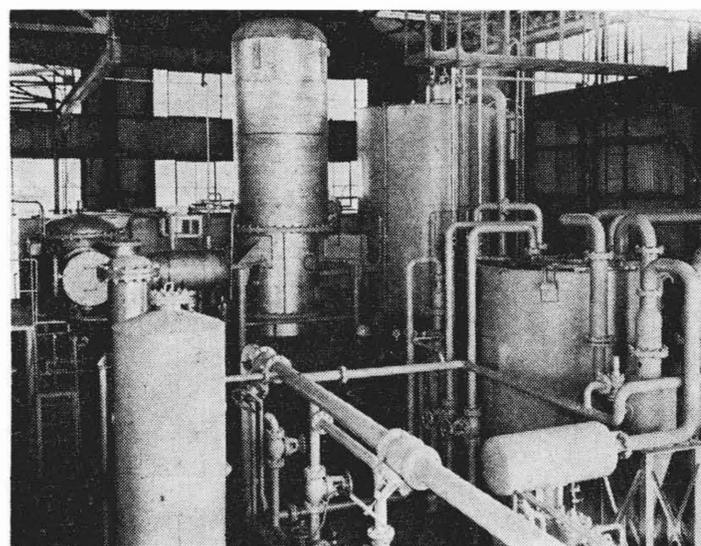


図9 膨張タービン式大形ヘリウム液化装置

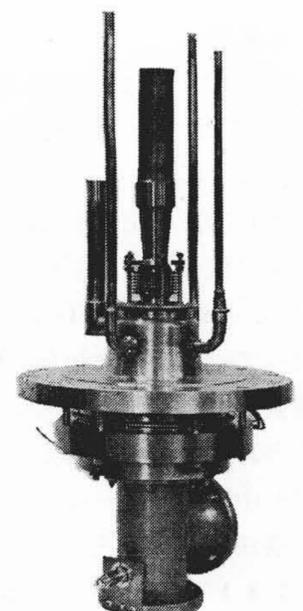


図10 ガス潤滑式ヘリウム膨張タービン

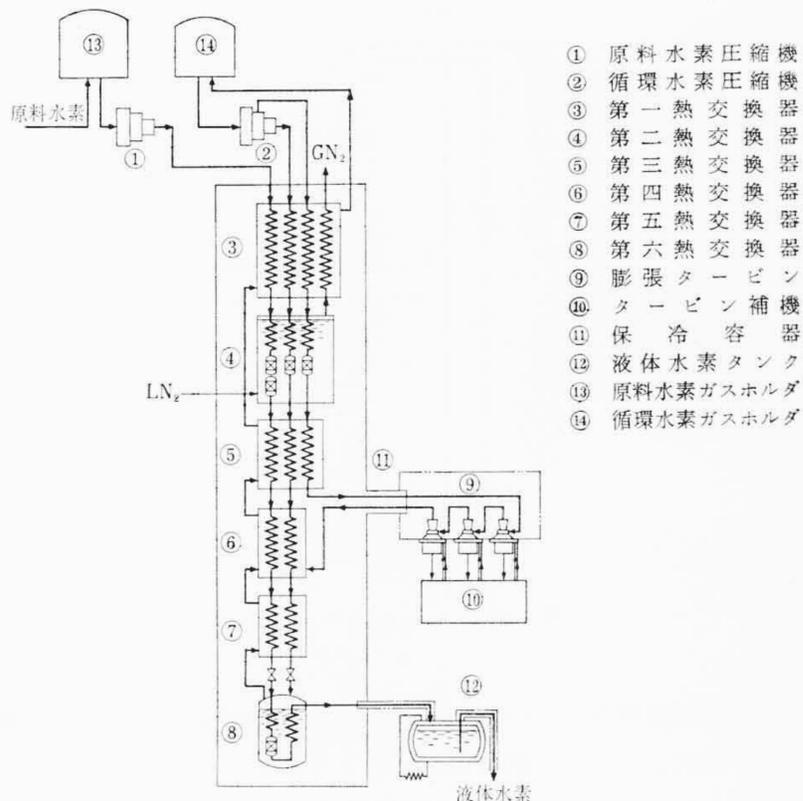


図 11 水素液化装置フローシート

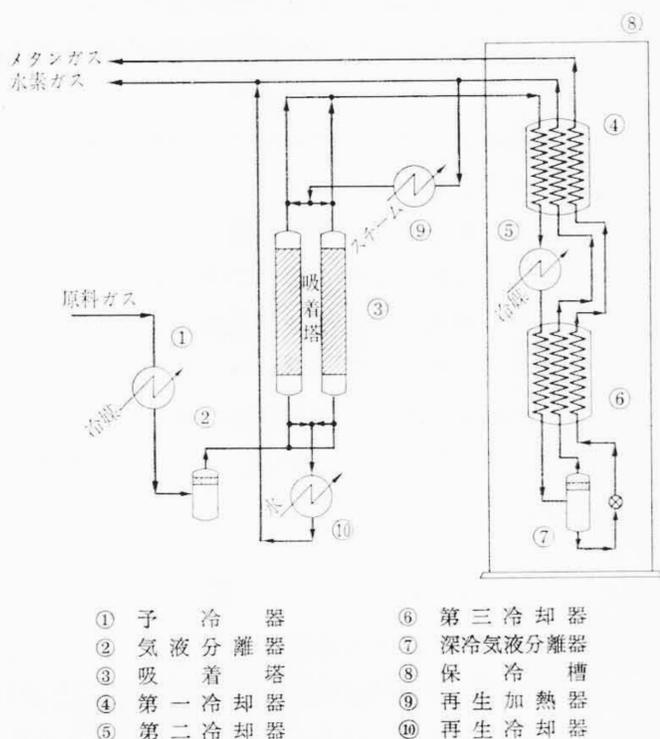


図 12 水素回収装置フローシート

化量 100l/h 以上で長期間連続運転の可能な膨張タービン式の大型ヘリウム液化装置が出現している。

日立製作所では昭和 43 年秋、膨張タービン式ヘリウム液化装置を建設し、液化量 150 l/h、冷凍量 (4.5°K) 500 W の成績をあげ、連続 500 時間以上の運転を行ない、数千時間の長期連続運転も可能の見通しを得た⁽¹⁾⁽²⁾。このヘリウム液化装置のフローシートを図 8 に、その外観を図 9 に示す。

この成功により今後超電導マグネット、泡(あわ)箱の大形化についてなら問題はなくなった。

このヘリウム液化装置で使用している膨張タービンは油ブレーキ、油潤滑式の半径流反動タービンで回転数 11 万 rpm と従来のタービンに比較して高速である。油潤滑式に引き続いてガス潤滑式の膨張タービン(回転数 20 万 rpm)で運転を行ない、液化量 120 l/h を得ている。

ガス潤滑式は油潤滑式に比較して

長 所

(1) 油を使用しないので油による汚染がない。

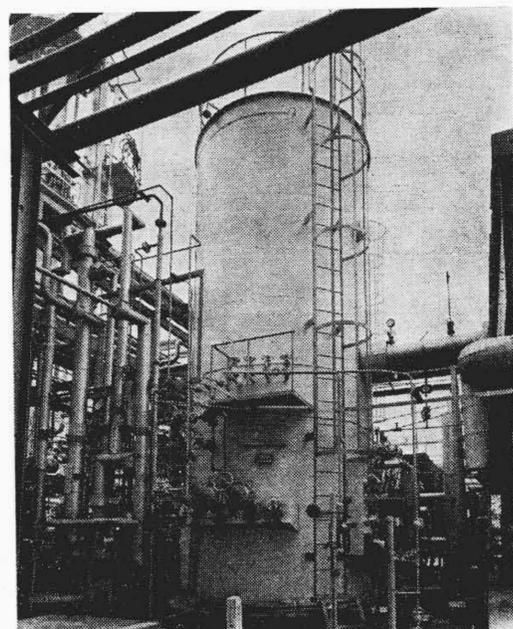


図 13 水素回収装置

(2) 回転数を高くすることができる。

短 所

(1) 軸受負荷容量が小さい。

(2) 潤滑用ガスが必要。

という長短がある。したがって、ガス潤滑式は小形装置に適しており、大形装置では油潤滑式のほうが性能的に良いことがわかった。

2.2 水素液化装置

欧米では 1~60 t/d の水素液化装置が約十数基稼働しており、製造される液体水素の用途は宇宙関係および航空機関係がほとんどである。わが国では宇宙、航空機の分野への液体水素の利用はまだ見られず、大学の研究所で小形の液体窒素冷却形の液化装置が実験用に使われているにすぎないという現状である。

しかし、すでに液体酸素、液体窒素、液体ヘリウム、液化天然ガスは液化状態で大量輸送されており、工業的に利用される可能性のあるガスとしては、わずかに水素が残っているのみである。遠からずわが国にも液体水素の大量輸送が行なわれるものと予想される。

液化水素を経済ベースにのせるためには、かなり大形の液化装置を必要とすると考えられ、寒冷発生方式としては膨張タービン以外にない。

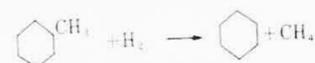
図 11 は水素液化装置の代表的フローシートを示したものである。製品水素はオルト・パラ変換を必要とするため、液化回路と循環回路を分けている点がヘリウム液化装置と異なる点である。水素膨張タービンはヘリウム膨張タービンと大差なく製作可能である。

水素源としては規模の小さい場合は電解水素が、規模の大きい場合は石油精製廃ガスまたは天然ガス、プロパンの水蒸気改質ガスなどが使われる。

2.3 水素回収装置⁽³⁾

最近、深冷ガス分離法により水素を回収し、水素の有効利用を図ることが多くなっている。

図 12 は水素回収装置の一例としてベンゼン製造プラント用に建設されたもののフローシートを、図 13 はその外観を示したものである。本装置は日立製作所が製作納入したもので、このプラントはコークス製造の際副生する軽油やナフサ分解で副生する分解油に含まれるトルエン、キシレンより下のような水素化脱アルキル反応によってベンゼンを製造するもので、反応主成ガスより深冷分離によりメタンを除去して、水素を回収し再び反応に使用する。



このほかアンモニアプラントに水素回収を組み込んで Ar, CH₄ を除去している例⁽⁴⁾、アンモニアパージガスより水素を回収している

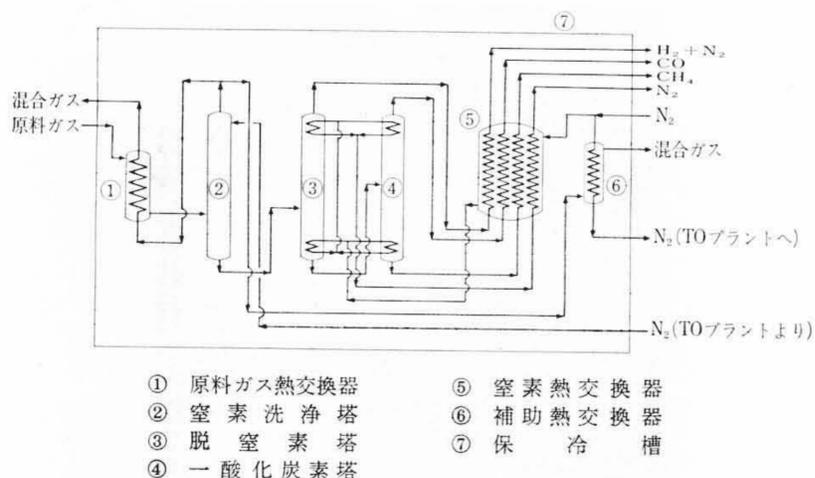


図14 一酸化炭素分離装置フローシート

例⁽⁵⁾があり、今後とも水素回収装置の応用分野は広がることが予想される。

2.4 一酸化炭素分離装置

一酸化炭素(CO)は合成原料として水素ほどではないがかなり広範囲に使われている。ただ一酸化炭素の原料ガス中の濃度が低い場合が多く、取り扱いガス量が製品量に対し大きくなるほか、沸点の近い窒素、アルゴンなどを分離する必要があるため一酸化炭素の単価が割高となることが多い。しかし条件をよく検討すれば経済的に採取することはもちろん可能である。

図14はその一例として日立製作所で製作納入した一酸化炭素分離装置のフローシートである。これはテキサコ法アンモニアプラントの液体窒素洗浄装置の廃液から一酸化炭素を分離するもので、一酸化炭素の濃縮した廃液を原料とすることにより処理ガス量を少なくすることができる。

2.5 天然ガス液化装置

アラスカから横浜市根岸への液化天然ガスの大量輸送も1969年秋より開始され、いよいよわが国も液化天然ガスの時代にはいった感が深い。

天然ガス液化装置は大量液化輸送中としてはアルジェリア、アラスカの二つが稼働にはいっており、ピークシェービング用としてはアメリカに13、カナダに3の基地ができています。これらのうち液化サイクルの判明しているものについて分類してみると次のようになる。

大量輸送用

三元カスケード 2

ピークシェービング用

三元カスケード 5

膨張タービン 6

混合ガスカスケード 2

三元カスケード方式と膨張タービン方式がほとんどであるが、混合ガスカスケードが出てきているのは注目される。標準的なカスケード冷凍方式ではプロパン、エチレン、メタンの三冷媒を使用して各冷媒ごとの圧縮機が必要であるが、混合ガスカスケードでは図15のように圧縮機は1台だけで、冷媒にプロパン、エチレン、メタンを混合したものを使用する。三元カスケードに比較して若干動力は増大するが、圧縮機の数減らす利益は大きい。今後、混合ガスカスケードが採用される可能性は増加すると思われる。

2.6 大形ハンブソン形熱交換器

ハンブソン形熱交換器は伝熱管をコイル状に巻いたもので古くか

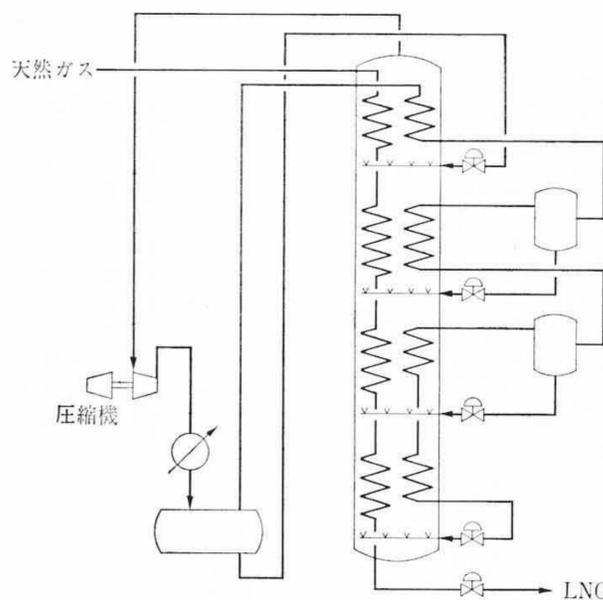


図15 混合ガスカスケード法

ら深冷装置に採用されていたが、近年、アルミ製プレートフィン形熱交換器の進出によりその数は少なくなってきている。しかし、最近大形プラントにハンブソン形が多数使用されるようになってきている。たとえばアルジェリアの天然ガス液化装置には多数使用されており、またリビアの液化装置には1基で伝熱面積20,000 m²以上で重量約250 tという大形ハンブソン形熱交換器が数基使われている⁽⁶⁾。

これら大形の天然ガスプラントにハンブソン形が採用されている理由は二つ考えられる。

- (1) コンパクトにまとまり、据付面積が小さい。
- (2) 1ユニットで大形のものが製作でき、ガスの分配の問題がない(ほかの形式の熱交換器の場合、1ユニットの伝熱面積がハンブソン形より小さいため、多数の熱交換器を並列に並べるためガス流の均一な分配が非常にむずかしい)。

これからプラントが大形化するに従い、ハンブソン形熱交換器がクローズアップされることが予想される。

3. 結 言

以上、空気分離装置およびガス分離装置の最近の状況と問題点を述べたが、空気分離装置は転炉への酸素吹込み実施などと並行して、今後、酸素発生量20,000 Nm³/hないし30,000 Nm³/hの大形装置がどんどん建設される情勢である。また液酸プラントも同様に大形化しており、中圧液化回路利用による液酸プラントは、今後の液酸プラントの主流になることはまちがいないと思われる。

一方、水素精製あるいは回収装置、水素液化装置、ヘリウム液化装置、そのほか低温技術を応用した装置の需要も年々増加の傾向にあり、われわれの製品が広い分野で活躍できるよう期待したい。

参 考 文 献

- (1) 松本, 木村, 野中ほか: 低温工学 4, 176 (昭和44)
- (2) 松本, 木村, 野中: Japan Chemical Quarterly, 5, No. 3, 37 (1969)
- (3) 木村, 沼田: 石油と石油化学 13, 108 (昭44)
- (4) B. J. Grotz: Hydrocarbon Processing, 46, No. 4, 197 (1967)
- (5) Okada: Japan Chemical Quarterly, 5, No. 2, 29 (1969)
- (6) D. M. Latimer: "ESSO's Libyan Venture." 1st International Conference on LNG. (1968)