

世界に羽ばたく プロセス用圧縮機

LNG BOGレシプロ圧縮機と酸素ターボ圧縮機の開発、改良の軌跡

世界初のLNG BOGレシプロ圧縮機開発から約40年、
いまやIHIの生産プロセス用圧縮機は世界各国のプラントに欠かせない存在だ。
プラントの心臓部ともいえるプロセス用圧縮機の中で、
世界をリードする超低温LNG BOGレシプロ圧縮機と酸素ターボ圧縮機、
IHIが誇るこれら2つの圧縮機の軌跡を追った。

世界初、マイナス162℃への挑戦

日本でコンビナート建設が相次いだ1960年代、世界中でエネルギー需要が急増する中で、環境汚染も加速度的に進行し問題化していた。石油に替わるエネルギー源としてLNG（液化天然ガス）へのニーズが高まっていたが、LNG受入基地でLNG貯蔵タンクから発生するマイナス162℃という超低温のLNG BOG（Boil Off Gas：貯蔵タンク内で蒸発して発生するガス）を、安全かつ効率よく処理するプラントは実現していなかった。

そんな中、日本のガス会社が都市ガス供給用と発電用の燃料ガス供給用として世界最高の省エネ効率を誇るLNG受入基地建設に乗り出した。パートナーに指名されたのは、当時世界で唯一低温ガス圧縮機を開発していたIHIだ。とはいえ、その実績はエチレン

ガス用としてのマイナス100℃まで。LNGのマイナス162℃という超低温の世界は、IHIにとっても大きなチャレンジだった。

「このプロジェクトは納期が短かすぎる、と社内でも反対意見がありました」

しかし、当時の設計責任者は、世界初の超低温圧縮機を開発することへの技術陣の情熱に動かされ、幹部からゴーサインを引き出した。

金高勇は、入社8年目の1966年当時をこう振り返る。「そもそもプラントは同じものが二つとなく、実際に稼動してみなければわからないことが多いんです。その要がLNG BOG圧縮機です。世界初の高度な機械なのに、納期までたった3年しかなかったんです。ガスや電気というインフラに関わるプラントだけに、失敗は許されません」この緊迫感が、技術者たちの結束を一段と固くした。そんな大胆なチャレンジを後押ししたのは、ユーザから寄せられた熱い期待だった。

ユーザとの信頼関係で初号機誕生

世界で初めてのLNG BOGレシプロ（往復運動するピストンによって圧縮する方式）圧縮機を極めて短い期間で開発するということは、ユーザにとっても重大なリスクだ。だが、彼らはIHIの技術力に多大な信頼を寄せており、共同で世界初の省エネ型プラントを造ることに強い熱意を抱いていた。その熱意

に応え、IHIは前人未踏のプロジェクトに挑戦することを決断したのだ。

まず超低温ガスを吸引するシリンダ本体と構成部品の材料の選定に苦心した。次にそれらの部品が超低温下で確実に作動するか、またどれほどの耐久性があるかを確認する必要がある。特に超低温で、かつ無潤滑の条件下で使用される樹脂製リング材およびパッキン材については未知の領域であった。そこで、世界初の全雰囲気型磨耗試験機を製作し、マイナス162℃の環境下での試験を重ねた。研究開発部門の協力を得て、現地での試運転にこぎつけたのは納期間近の1969年10月であった。

絶対に失敗が許されない状況で、慎重の上にも慎重を期す必要がある。そこで技術陣が考え出したのは、液体窒素を使用した試運転だ。マイナス196℃の液体窒素をタンクローリーで大量に運び込み、それをガス化させてマイナス150℃まで温度を上げて

使用するという大規模な実証試験だ。

「この試験、実はすごくコストがかかったんですよ。でも、やった甲斐がありました」と立ち会った金高が言う。

この試運転で安全性と性能が実証され、初号機が無事運転開始となった後は、ほかのガス会社、電力会社からの注文が続々と舞い込んだ。その後、新規受注の際には、この液体窒素による試運転が必ず要求された。

この超低温LNG BOGレシプロ圧縮機開発の成功に対して1973年度の日本機械学会賞が授与された。

改良を重ねてトップメーカーに

短期決戦で完成させたLNG BOGレシプロ圧縮機は、その後さまざまな改良を加えられ、国内のLNG基地に次々と採用されていった。1982年にはアメリ



BOG圧縮機（吊上げ中）



世界最高の吐出圧力6.5MPaのBOG圧縮機



霜で覆われたシリンダ



元回転機械事業部
金高 勇

カに進出し、以降、IHIのレシプロ圧縮機は世界各国のLNG基地で活躍することになった。

この圧縮機が高い評価を受けているのは、改良を重ねることによって圧倒的に優れた性能を発揮しているからだ。なかでもシリンダ内のシール材の耐久性は特筆に価する。シリンダ内で往復運動するピストンに装着されたリング材およびピストンロッド

が貫通する部分であるシール装置のロッドパッキン材は最も磨耗が激しい部分であり、その耐久性向上は大きな課題だった。初号機で2,000時間だった耐久時間は、材料と構造を何度も改良することによって徐々に延びてきた。現在では、改良型充填材入り樹脂系材料を使用することで、長いものでは数万時間という長寿命を実現している。

30年以上LNG BOGレシプロ圧縮機の開発と改良に携わってきた金高は言う。

「自社の工場を実験に使われるなんて普通は嫌がるものです。ところが、複数のお客様がやらせてくださった。ありがたいことです。よほどIHIを信頼してくださっていたのですね」今もIHIと関連特許を共有している客先が何社もあるということが、それを物語っている。

IHIのLNG BOGレシプロ圧縮機は、開発から40年

納入実績表

納入国	納入台数	1台あたりの最大能力
日本(電力、ガス会社関連)	30基地 110台	310kW~3100kW
米国	4基地 13台	150kW~1875kW
欧州 (ベルギー、ギリシャ、フランス、イギリス、イタリア)	6基地 20台	260kW~3100kW
アフリカ、中近東 (エジプト、UAE、クウェート)	3基地 6台	530kW~3100kW
アジア (韓国、中国、インド)	8基地 34台	550kW~1150kW

近く経った今でも世界のトップシェア(国内97%、世界70%以上)を占めており、性能面で他の追随を許さない。この実績は「多くのお客様との信頼関係の上に成り立っている」と金高は語った。

「これら実績の上に胡坐をかくことなく、緒先輩が築き上げてきた世界トップレベルの圧縮機の更なる拡販と改良が、我々後輩に託された使命です」と金高の後を継いだ阿部充は語った。

新型酸素ターボ圧縮機で世界を狙う

レシプロ圧縮機がピストン運動により気体(空気や酸素など)を圧縮するのに対し、回転運動で圧縮するのがターボ圧縮機だ。IHIは、高効率の酸素ターボ圧縮機を40年以上前から開発し、国内の製鉄所に数多く納入してきた。

酸素ターボ圧縮機は、高圧・高純度の酸素を製鉄所の高炉・転炉やガス化炉などに吹き込むための機械である。高純度の酸素に異物が混入すると、激しく燃焼して大爆発を招きかねない。危険度が高い分、非常に高度な技術が要求されるので、国内で製作を続けているのはIHIのみというのが現状だ。

そんなIHIの酸素ターボ圧縮機に新しい技術が取り入れられたのは2003年。ドイツ発祥のギヤード型という新型酸素ターボ圧縮機を自社開発したのだ。長年主流であった一軸多段型と比べ、ギヤード型は



酸素ターボ圧縮機全景

小型で高効率。今後主流になることが予想され、海外進出も想定しつつ改良に力を入れている。開発を担当している西山直紀に意気込みを聞いた。

「2003年に初号機を製作、その後5年で約10台製作し、今年も2台受注しましたが、まだまだ新しいアイデアもあります。改良する上で、「ここはIHIが世界で初めてやった」という部分をつくりたいですね」

難易度の高い機械だけに、失敗もある。しかし、進化を続けるプラントの生産プロセスの中で使用される圧縮機は、失敗からしか学べない部分があることも事実である。「失敗を糧にして、さらに技術を磨いていきたい」と西山は語り、前を見据えた。

西山の言葉に答えるように金高は言う。

「机上の計算だけではどうしてもわからないことがある。その点、機械は正直ですね。本質を見極めて直していけば、必ず応えてくれます」

30年以上プロセス用圧縮機の改良に携わってきたエンジニアの言葉に、入社10年目の西山はかみ締めるようにうなずいていた。IHIの地位を築いた改良への執念が、今確実に引き継がれようとしている。



回転機械事業部
阿部 充



回転機械事業部
西山 直紀