

日刊工業新聞社発行「機械設計2021年10月号」

## ポンプ業界の現状、課題および将来展望

外山技術士事務所 所長 外山幸雄

毎年400万台ものポンプが国内で生産されている。そして、電力、自動車、建設機械、鉄鋼、石油精製、石油化学、化学、食品、パルプ、医療など、国内外のほとんどの産業分野において、ポンプは、送液、循環、加圧用などとして日夜運転され、各産業をしっかりと支えている。

### 1. 現状

#### 1. 1 国内におけるポンプの生産台数および生産金額

まず、ポンプの生産について見てみよう。経済産業省はホームページに、国内におけるポンプ型式別の生産台数および生産金額のデータを公表している。生産金額は販売金額と同じである。このデータを使って、1985年から年別の生産台数の推移を図1に、生産金額の推移を図2にそれぞれ示す。ポンプ全体の生産台数は、概ね600万台で推移してきて、最近の10年間は400万台に落ち込んでいる。一方、生産金額は、3000億円から4000億円の間で比較的安定している。

ポンプの型式別ではどうだろうか。経済産業省のデータを、遠心ポンプなどの「ターボ形ポンプ」、ギヤポンプなどの「容積形ポンプ」および「それら以外のポンプ」の3つに分類して年別にまとめ、生産台数を図1に、生産金額を図2にそれぞれ示す。「ターボ形ポンプ」は生産台数ではポンプ全体の約5割であるが、生産金額では5割を超えている。

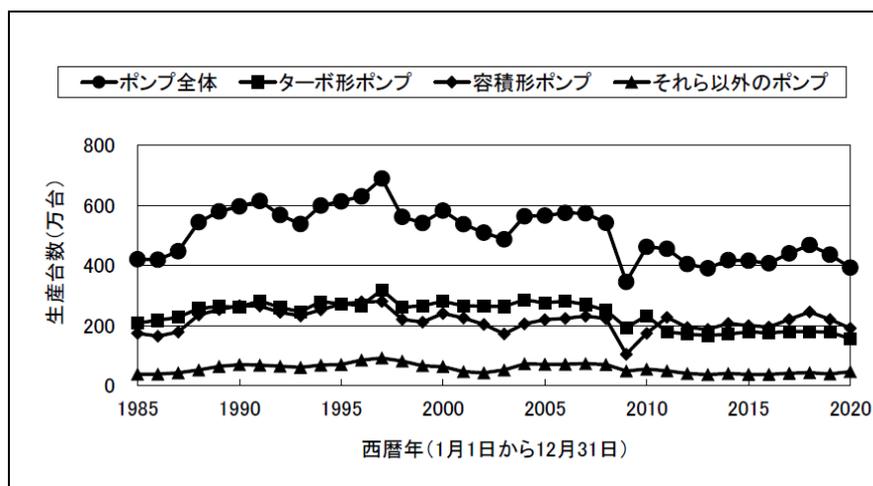


図 1 国内におけるポンプの生産台数

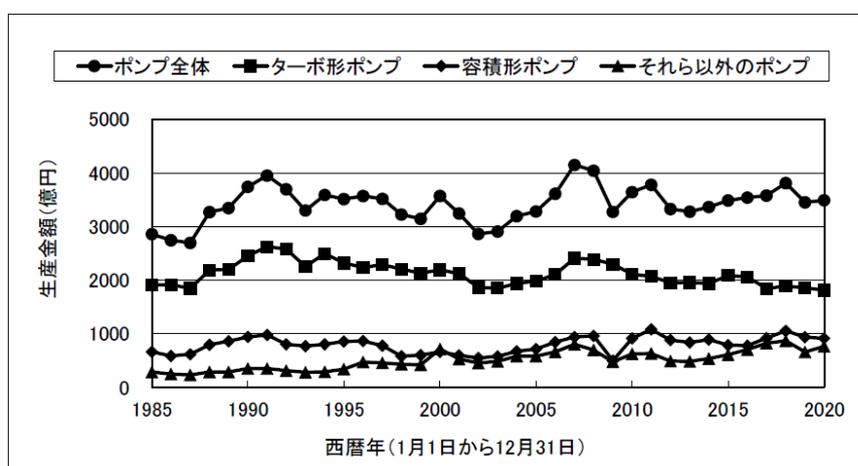


図 2 国内におけるポンプの生産金額

### 1. 2 世界におけるポンプの生産金額

それでは、世界ではどうだろうか。「the McIlvaine Company」の統計によると、世界におけるポンプの生産金額は、図 3 に示すように、2000 年には米ドルで 200 億ドル、2008 年には 320 億ドル、2011 年には 380 億ドル、2015 年には 410 億ドルと右上がりに伸びてきている。

また、[<https://deallab.info/pump/>]によると、次のように市場規模を紹介している。

- ・調査会社のグランビューリサーチによれば 2020 年の産業用ポンプ業界の世界の市場規模は 602 億ドルである。2028 年にかけて年平均 3.9% の成長を見込んでいる。

・調査会社のベロエによると、2019年の同市場規模は626億ドルである。

これらの情報は2つの調査会社のデータなので、同じ基準で推測しているのかどうか分からないが、2020年から2028年までの世界におけるポンプの生産金額は図3に示すように、順調に伸びていくと考えている。

国際通貨基金による経済成長率の統計によると、直近の二十数年間、日本は経済成長がないままの状態が続いている。一方で、欧米諸国などではそれなりに経済は成長してきたし、中国やインドに至っては信じがたいほどの成長を遂げてきている。

その結果、2020年のポンプメーカーの世界売上高ランキングは、[<https://deallab.info/pump/>]によると、表1に示すとおりである。従来では見られなかった中国のメーカー2社がランキングに入ってきていることを気に留めておく必要がある。

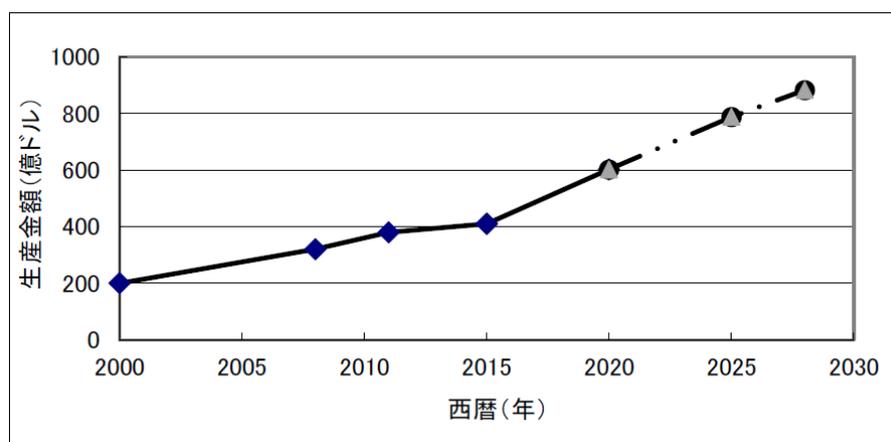


図3 世界におけるポンプの生産金額

表1 ポンプメーカーの世界売上高ランキング 2020年

順位	ポンプ製造メーカ	本拠地	世界市場シェア(%)
1.	グランドフォス	デンマーク	7.0
2.	フローサーブ	米国	4.5
3.	ウィアー・グループ	ドイツ	3.4
4.	ウィロ	英国	2.9
5.	KSB	ドイツ	2.8
6.	荏原製作所	日本	2.7
7.	スルザー	スイス	2.4
8.	インガーソル・ランド	米国	1.7
9.	IDEX	米国	1.5
10.	日機装	日本	1.4
11.	ITT	米国	1.3
12.	ローパーテクノロジーズ	米国	0.8
13.	上海凱泉泵業	中国	0.7
14.	ゴーマンラップ	米国	0.6
15.	上海東方泵業	中国	0.5

## 2. 課題

### 2. 1 技術的課題および経営的課題

ポンプの技術的課題として、信頼性向上、高効率化、省エネルギー化、保守管理の簡便化、大型化、小型化、高速化、低コスト化などを挙げることができる。これらのうち、筆者は、いかに信頼性が高く、低コストのポンプを製造できるかが最重要であると考えている。トラブルが起これば使用者に多大な損失を被らせてしまうし、販売価格が高ければ受注が難しいからである。

残念ながら、トラブルは時々発生する。腐食、浸食、シール漏れ、振動・騒音、温度上昇、性能低下などのトラブルである。例えば、腐食に対してはステンレス鋼や高ニッケル鋼などを使用すれば解決できるし、シールの問題はシールレスポンプに替えれば回避できる。しかし、1台数万円のポンプにこのような対策を講ずると、高コストになるために、購入者には認められないのが一般的である。いわば、高信頼性と低コスト化は二律背反の関係にある。どこを妥協点にするかは、技術力に依存すると筆者は考えている。

技術的課題と切り離せないのが、経営的課題である。経営的課題として、競争の激化、技術者不足、技術の伝承、人件費の負担増、従業員の高齢化、設備の老朽化、為替レートの変動、電力需給リスクなどが挙げられる。ポンプメーカは、海外での製造、海外からの部品調達、コンピュータの導入

による生産管理の効率化、数値流体力学などを利用した高効率化、小型化、製造コスト低減のための要素開発、製造技術開発などを実現しながら現在に至っている。ポンプメーカーは、いろいろな課題を抱えながらも、日々絶え間ない努力をして、生産金額を安定させてきたのである。

長年ポンプの製造を続けているポンプメーカーは、ポンプを買ってくれる顧客がいるということである。そこには、必ずや他社にない独自の強みがあるからである。将来に向かって重要なことは、この強みを継続して維持し発展させていくことである。日本は外国に頼ることなく国内で利用できる高い製造技術を持っている。これを利用して、新製品の開発や製品の改良に力を投入できる有利な環境にある。具体的には、大学との連携、産業技術センターの活用、中小企業庁などの補助金制度の活用、技術提携なども一つの選択肢になり得る。

設計を担う技術者は、日常、ポンプの設計・改良を始め、自社の営業からの問い合わせ、顧客からの問い合わせ、ときには突然発生したトラブルの解決に当たるなど、大変忙しいと思う。ポンプメーカーが発展していくための一つとして、設計を担う技術者の時間的な余裕を生み出すことが重要であると筆者は考えている。

その解決手段として、設計の標準化とトラブルの対策の2つについて次に述べる。

## 2. 2 設計の標準化

設計の標準化とは極論すれば、ポンプの設計を2、3年経験した技術者が、吐出し量と全揚程を与えられてポンプを設計した場合、誰が設計しても同じポンプになるということである。

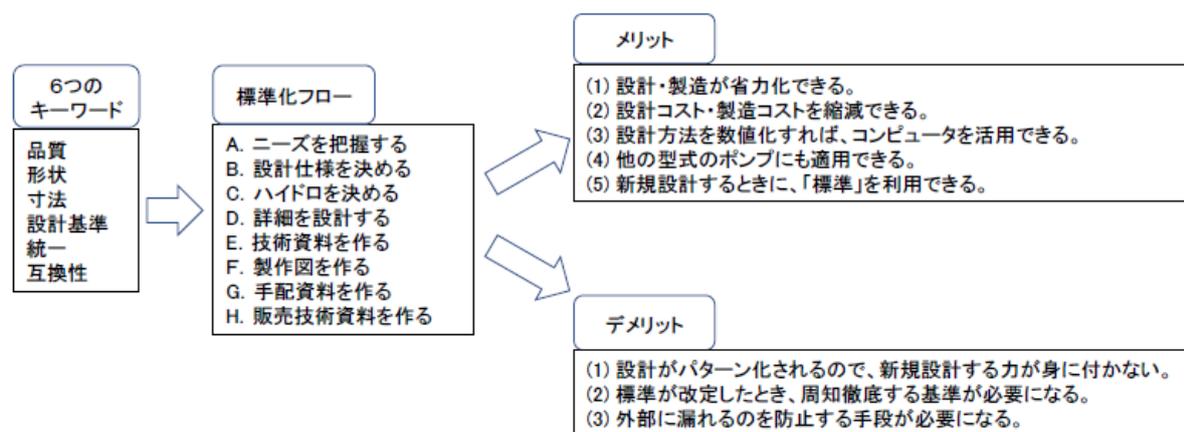
例えば標準化していない場合、顧客の仕様に合わせてその都度設計するので、いつも新規設計に費やす時間が必要になるし、木型はいつも新規で製作することになる。部品を在庫する場合は、数も多くなり管理が煩雑になるなど、設計時間や製造コストを縮減できない。

設計の標準化には、**表2**に示すように、設計基準、統一など6つのキーワードがあり、誰が設計しても同じポンプにするための指針である。そし

て、標準化フローAからHでは、それを具体化していく段階である。標準化フローではAから始めていくが、BからDはうまくいかなければ、納得が得られるまで何度も繰り返すのが普通である。

このようにして標準化が完了すれば、設計・製造の省力化など多くのメリットがあるが、設計がパターン化されるために新規設計する力が身に付かないなどのデメリットもある。しかしながら、筆者の経験から、メリットの方がはるかに大きいことを実感している。

表 2 設計の標準化



### 2. 3 トラブルの原因と対策

トラブルはなぜ起こるのか。実際に起こったトラブルの事例ごとに、トラブルになった原因を技術的原因、人的原因および経済的原因の3つに分けて、表3にまとめて示す。トラブルの原因は単純ではなく、複数の原因が入り交じって起こっている。

用途別に起こりやすいトラブルを表4示す。該当するポンプの設計において、特に注意する必要がある。

表5に流れの中でのアプローチを示す。「(1) 日常」はトラブルを起こさない、起こったときに迅速に対応するために、日常取り組む具体例である。「(2) 製作前」から「(4) 製作後」は、製品についてトラブルを起こさないために実施する必要がある項目である。

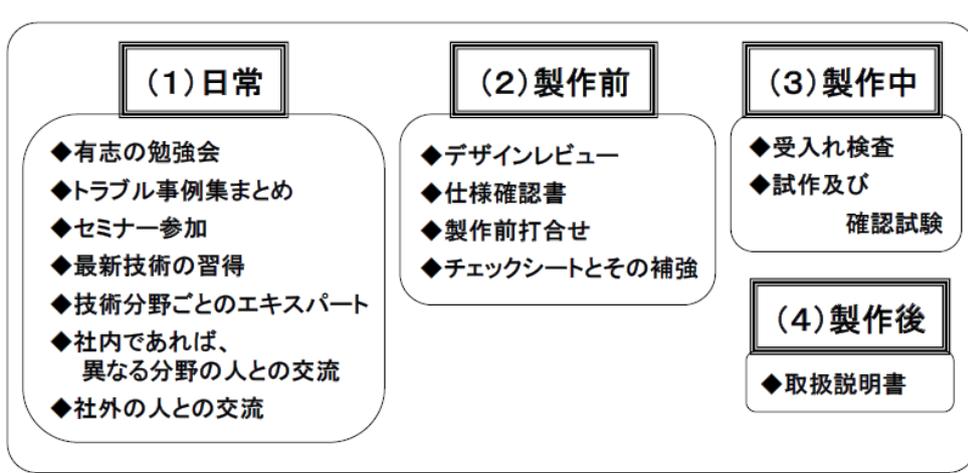
表 3 トラブルの原因

技術的原因	人的原因	経済的原因
(1) 新規設計 (2) 新用途 (3) 知識不足及び経験不足 (4) 人材不足 (5) 顧客から仕様がでない (6) 顧客からの間違った仕様 (7) 顧客の知識不足 (8) 予期しない運転 (9) メンテナンス不備	(1) 製作指示不明瞭 (2) 製作図は同じなのに ( 図面に現れない技術) (3) 情報伝達不足 (4) 人員不足 (5) 時間不足 (6) 購入品の信頼 (7) 間違った材料の入庫 (8) 出荷前検査不備 (9) 運転ミス	(1) 納期厳守 (2) 赤字受注 (3) コストダウン (4) 低価格材料使用 (5) 為替レート変動

表 4 用途別の起こりやすいトラブル

用途	起こりやすいトラブル
石油精製ポンプ	シール漏れ、かじり、浸食など
化学ポンプ	腐食
高速ポンプ	振動、騒音、シール漏れ
高温ポンプ	かじり、浸食、シール漏れ
スラリーポンプ	摩耗
海水ポンプ	腐食
上水送水ポンプ	ウォータハンマ
下水ポンプ	詰まり
排水ポンプ	腐食、浸食
デスクレーンポンプ	振動、かじり

表 5 流れの中でのアプローチ



3. 将来展望

### 3. 1 海外進出と設計規格

ポンプは、目指す市場に相当と考えられる設計規格に合致または準じて設計されている。顧客は適用されている規格を見ると、ポンプのグレードを理解できるし、また使用するポンプのグレードを判断して、ポンプメーカーに適用する設計規格を指定することもできる。ポンプメーカーはその規格に合わせて設計すれば、トラブルの少ないポンプにすることができるので、規格はポンプメーカーと顧客双方にとって便利である。

遠心ポンプの設計規格にはさまざまなものがあり、世界的な設計規格として、表 6 に示す「API 610」、「ANSI B 73.1」および「ISO 規格」がある。

また、容積形ポンプの世界的な設計規格として「API 676 Positive Displacement Pumps – Rotary」がある。

海外進出するときには、ポンプ 1 台が数万円以下の汎用ポンプであれば設計規格を適用していなくても売れるかもしれないが、ポンプ 1 台が数十万円以上の産業用ポンプになると、世界的に有名な会社であっても、市場に相当と考えられるいずれかの世界的な設計規格を適用しないと売れないと考えられる。

表 6 遠心ポンプの世界的な設計規格

No.	規格番号	規格名称	適用	
			ポンプの型式	概要
1	API 610	Centrifugal pumps for petroleum, petrochemical and natural gas industries	片持6種類 両持5種類 立型7種類	経験上、次のいずれか一つでも超える場合に適用すると、コストに見合う効果が期待できる。 (1) 吐出し圧力 19 bar (2) 吸込圧力 5 bar (3) 取扱液温 150 °C (4) 回転速度 3600 min <sup>-1</sup> (5) 全揚程 120 m (6) 羽根車直径(片持ポンプに限り) 330 mm
2	ISO 13709		2021年1月まではAPI 610と同一	
3	ANSI B 73.1	Specification for horizontal end suction centrifugal pumps for chemical process	横軸単段- エンド・トップ	ポンプの寸法、吐出し量と全揚程の標準要目が規定されている。化学用ポンプに適用される。
4	ISO 2858	End-suction centrifugal pumps (rating 16 bar) – Designation, nominal duty point and dimensions	横軸単段- エンド・トップ	最高使用圧力は16bar。ポンプの寸法、吐出し量と全揚程の公称要目が規定されている。
5	ISO 5199	Technical specifications for centrifugal pumps –Class II	単段・多段、 横軸、立型、直動	一般用途の単段、横軸又は立軸で、あらゆる駆動及び据え付け方式の遠心ポンプに対するクラス II の要求事項について標準化を行い、生産及び使用の合理化、品質の向上を図るために制定した。化学用ポンプに適用されると考えられる。

## 3.2 着目するポンプ

### 3.2.1 化学用ポンプ

国外の市場を見ると、中国、インド、東南アジアなどでは、電力や下水道などインフラのためのポンプ需要はまだ伸びるであろう。そして、次の段階として生活の向上に力点に移り、市場においては化学工業が伸びると推測する。化学工業に最適な設計規格は「ANSI B 73.1」と「ISO 5199」である。

### 3.2.2 液化ガス用ポンプ

液化ガスとして、液化天然ガス、液化窒素、液化酸素などがあるが、これらの液化ガスは極低温の液体である。

液化ガス用ポンプの材料は、極低温でも使用できるオーステナイト系ステンレス鋼やアルミニウム合金など異種材料の組み合わせになることが多い。ポンプの組立は常温で行うが、ポンプの運転時は極低温になるために、極低温のときにポンプを円滑に運転できるように、線膨張係数の差を考慮した設計をする必要がある。

国内では液化ガス用ポンプの多くは輸入に頼っている。ポンプの保守点検および修理も輸入元に依頼せざるを得ず、かなりのコスト高になっている。輸入に頼らなくて済むように、国内メーカーが開発することを期待している。

### 3.2.3 小型高速ポンプ

ポンプに使用する材料の価格は一定ではない。上がったたり下がったり常に変動している。価格に振り回されると経営が安定しない。材料費を縮減することを検討する必要性を感じている。

ポンプの材料費を下げるための1つの方法として、同じ性能を出すのであれば小形のポンプにすることである。そのためにできることは、ただ1つ、高速化である。

高速化には2つの方法がある。1つは「ギヤ増速」、もう1つは「モータ

の可変速」である。「ギヤ増速」は振動と騒音が課題で、「モータの可変速」はモータの価格が課題である。

どちらにしても、国内だけでなく、海外のギヤまたはモータのメーカー、あるいは大学や研究所と協業して、高速化を達成する道があり得る。

### 3. 3 技術者育成

子供たちは国家の宝であるように、技術はメーカーの宝である。技術をどのように蓄えて伸ばしていくかは、経営者の判断によるが、そこには必ず人が存在する。そして、技術を担うのが技術者である。技術者はプロであるから、結局は自分の意志で成長していくべきものである。しかし、ほんの少しのきっかけで飛躍的に成長することがある。例えば、学会への参加、セミナーへの参加、社内での勉強会、懇親会など、その気にさせる動機付けは必要だと考えている。

日本人は勤勉で高い倫理観を持った国民である。これは日本の強みであり誇りである。工学系の勉強をした日本の若者たちは、自分で技術を伸ばしていく素質を持っている。

### 3. 4 技術士を目指そう

ポンプの技術者は、流体力学など多くの工学を応用し、実務の経験を積み重ねながら成長していく。成長することを自分自身に課すために、技術士を目指していただきたい。技術士になるためには、業務上の課題について幅広く考えて結論を出し、適切な技術経営ができる能力が必要になる。

受験することを決心した日から、仕事に取り組む姿勢が変わってくることを実感できるはずである。日常の仕事を抱えながら受験勉強することは大変だと思うが、その勉強は将来必ず役に立つ。合格する秘訣は「受かるまで受ける」である。

## 参考文献・引用文献

- ・「経済産業省」ホームページ
- ・「the McIlvaine Company」の統計

- ・「ポンプの選定とトラブル対策」外山幸雄著、日刊工業新聞社
- ・「<https://deallab.info/pump/>」
- ・「API 610」 American Petroleum Institute などの米国の規格
- ・「ISO 2858」 International Organization for Standardization などの  
ISO 規格

以上