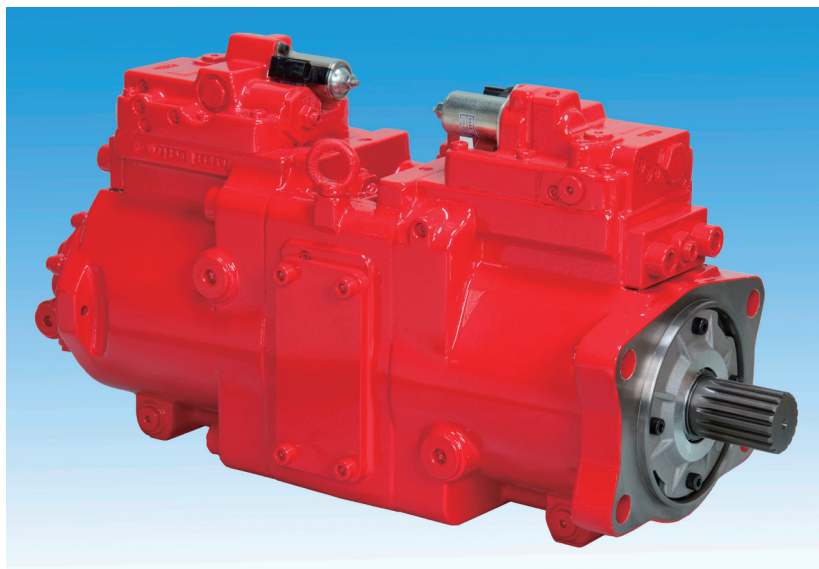


## フルードパワー製品のさらなる効率追求 — トップを目指し、挑んだ限界を超える戦い —



競合メーカーがひしめき合い、  
激しい性能競争が繰り広げられる油圧機器分野。  
川崎重工はそこで世界トップブランドを目指しています。  
今後そのポジションを維持するために求められるのが  
頭一つ抜きん出た高効率の性能。  
すでに限界に達しているとされる効率追求のその先へ。  
これは、いわば限界を超える戦いの記録です。



野村 陵  
Ryo Nomura

技術開発本部  
技術研究所  
機械システム研究部 研究三課  
基幹職  
工学博士

### 油圧機器効率向上プロジェクトのメンバーに

学生時代、流体力学の研究を行っていましたが、入社後、まず「超音速風洞」の開発に携わりました。風洞とは、ロケットや航空機の開発に用いる模型試験用の装置で、数m四方のトンネルのような筒に超音速の気流が流れるようになっています。ご存じのようにロケットや航空機の評価基準は非常に厳しく、極めて高い精度で一様化された気流が求められました。そのため流体解析技術を用いて、壁の形状をミリ以下の単位で調整するなど繊細な気流制御を実現しました。結果、要求性能を達成した風洞は(独)宇宙航空研究開発機構 JAXA に納入され、流体解析技術の有用性を認識しました。こうして流体力学の専門家となり、2005年、これまで全く携わったことのない油圧機器の効率化プロジェクトの一員となりました。

油圧機器といっても一般にはあまりなじみがないかもしれませんが、建設現場で活躍する油圧ショベルなどの心臓部として使われている重要なパーツです。この油圧ショベルは大きな力を発揮し、重たい土砂を次々とすくいますが、



油圧機器が搭載されたパワーショベル（イメージ）

その強大な力を作り出しているのが、「油圧ポンプ」に代表される各種油圧機器です。油圧機器の特徴は、比較的小型の装置で大きな力を作り出せる点にあります。出力密度が大きいので、同じパワーなら電動機よりも小型化が可能です。

油圧ショベルは、まずエンジンが油圧ポンプを回転させ、このポンプが高圧油を吐き出す、すなわち回転力を油圧力に変換する仕組みになっています。この吐き出された高圧の油は、油圧ショベルのアームなど各所のシリンダへと流し込まれ、油の持つ圧力によってアームを曲げるなどの動作をさせています。この際、各所に油を振り分ける機能を果たすのが「コントロールバルブ」です。

当社は、これら油圧ポンプ、コントロールバルブ、旋回モータといった各種油圧機器を製造していますが、こうした油圧機器メーカーは世界に多数あり、激しい性能競争を繰り返しています。その中で川崎重工は世界トップブランドのポジションを目指していますので、常にさらなる性能向上にチャレンジしていかなければなりません。とはいえ、当社は約50年という長きにわたる油圧機器開発を通して、着実に技術を進展させ、より高性能・高効率を実現してきました。もはや、改良の余地がほぼないと考えられるほどに洗練を極めた製品、それが油圧機器でした。たとえば、プロジェクトに招集された当時の油圧ポンプの効率（ポンプに与えられたエネルギーが、ポンプの力として無駄なく使われる割合）は実に90%に達していました。この限界とも思われる壁を越えて、さらなる高効率化を実現し、シェ

ア拡大を図る、本プロジェクトのミッションは、限界への挑戦ではなく、限界を超える戦いと言えました。

### 複雑きわまりない損失の仕組み 油圧ポンプをゼロベースで見つめ直すところから

油圧ポンプの効率を上げるためには、大きく分類すると、「機械損失」と「容積損失」の2つの損失を低減させる必要があります。油圧ポンプの駆動軸は毎分約2,000回転で回転しており、駆動軸と連動する回転パーツ同士が干渉して摩擦が起こると、それがブレーキとなって効率が落ちる「機械損失」を招きます。また激しい摩擦は故障の原因にもなるため、油圧ポンプ内では、パーツ間に意図的に設けられた隙間から油を少量ずつ漏らし、表面に潤滑油膜が形成されるようにしています。この潤滑油として使われる油は、本来の目的であるポンプからの吐出油としては使われないため、「容積損失」となってしまいます。摩擦を避けようと潤滑油を多くすると、機械損失は低減されるものの容積損失は増加してしまうという、両者は二律背反の関係にあるわけです。さらに細かく見ていくと損失はいくつかに分類され、それぞれの低減が求められる一方で、二律背反の関係が複雑に絡み合うため、高効率化への道筋は容易なものではありませんでした。

技術開発本部がまず行ったことは、油圧ポンプの機構と機能をゼロベースで見つめ直すことでした。そのために、何度もカンパニーに足を運び、分解した複雑な要素部品を

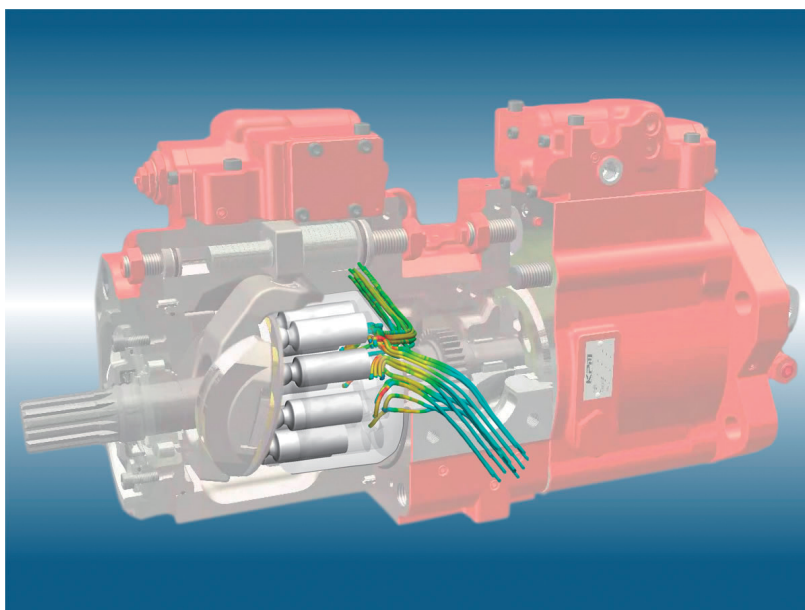


高度な擦り合わせ技術による高効率油圧ポンプ

前に、製品設計者に繰り返しヒアリングを行いました。また、半年間カンパニーに身を置いて設計業務を経験したほか、逆にカンパニーから技術開発本部に人材を迎えるなどして積極的な技術交流を図り、カンパニーと技術開発本部それぞれで保有する高度なテクノロジーをお互いに共有しながら一丸となって取り組みました。

このようにして製品理解を深めながら、技術開発本部として解析技術や性能評価への取り組みを進めていきました。「HYPAM」という独自の性能評価設備を用いての高

度な計測と、シミュレーションによる検証の繰り返しです。前述の機械損失と容積損失の理想的なバランス点を探るべく、さまざまな条件・形状でテストを実施しました。具体的には、回転数やトルク、圧力といった各種の性能を計測したり、高速度カメラで潤滑油の漏れる現象を分析したりといった検証を、何百回も重ねました。そして、得られた計測データをもとに、機構解析や流体解析などの各種シミュレーションを行い、各パーツの関係性が抵抗や損失にどう影響するかを一つずつひもといていきました。



複雑な油の流れ解析によるポンプの高効率化

## 一気に現れ始めた改良効果 ふたを開ければ損失30%低減を達成

気がつけばプロジェクト始動から、あっという間に数年が経過していました。その間、目に見える成果は一切ないという厳しい状況でした。現状を把握するだけでも非常に難しく、改良の方向を見出すことができずにいたのです。それでも決してあきらめることなく、一つ一つの現象を根気よくつかんでいくうちに、膨大なデータが蓄積され、数多くの仮説検証結果がそろってきました。同時に、個々の部品についてミクロンレベルで最適解を導き出すことにより、一つ一つは小さいものの数多くの改良点が見つかるようになりました。中には、従来、効率にはほぼ無関係と考えられていたものが、実は大きな影響を及ぼすことが証明された、画期的な発見もありました。いったん改良点を見出し始めると、数年がかりで蓄積してきた膨大な裏づけデータに助けられ、目に見える効果が一気に現れ始めました。

パーツごとの最適化を図るミクロな視点と、油圧システム全体としての最適化を図るマクロな視点の両方から検討を重ね、従来手法では着目していなかったところまで検討対象とすることによって、最終的に、エネルギー損失を30%低減させることに成功しました。限界とされていた90%の効率を93%へと飛躍的に向上させ、世界トップレベ

ルと言える効率を達成しました。現在、当社はショベル分野における油圧ポンプ、コントロールバルブ、旋回モータでは世界トップシェアを誇りますが、本プロジェクトの成果は、このポジションの維持を支えるものであると同時に、トップメーカーだからこそ果たさなければならない環境負荷低減という命題に応えるものだと言えます。

現在は、プロジェクト始動時の数人から50人規模に増加したメンバーで、油圧機器製品の効率向上や新製品開発に取り組んでいます。油圧は「Fluid (流体) Power」と称される通り、流体機械の一つに数えられます。今後は油圧ポンプだけでなく、モータやバルブなど他製品の性能向上にも貢献していきたいと考えています。また、油圧機器は建設機械のシステム構成品あるいは制御機器であるとの観点に立ち、建設機械システムの中で最適に用いられる製品の開発にマクロな視点まで幅を広げて取り組んでいきます。

油圧機器の開発は、幅広い専門知識に加えミクロ・マクロ両方の視点が求められ、技術者の守備範囲が広い分、非常にやりがい大きい分野です。これからも世界のトップメーカーであり続けるために、カンパニーと一体となり、多くの技術者と協力しながら、限界を超える高性能製品の開発を目指します。



開発者たち