

日本フルードパワーシステム学会誌

フルードパワー

JOURNAL OF THE JAPAN FLUID POWER SYSTEM SOCIETY

システム

Sep. 2022 Vol. 53 No. 5

特集「フルードパワーとカーボンニュートラル」

日本フルードパワーシステム学会誌

フルードパワーシステム

目 次

特集「フルードパワーとカーボンニュートラル」

【巻頭言】

「フルードパワーとカーボンニュートラル」発刊にあたって	岩田 将男	194
-----------------------------	-------	-----

【解説】

油圧ショベル向け油圧蓄圧式ハイブリッドシステム	土方 聖二	195
油状態センサを用いた油圧機器向け状態監視システム	亀田 幸則	200
低炭素化社会実現に向けた油圧要素機器の開発	三枝 直人	205
Sustainable Management of CO ₂ —CO ₂ 削減の取組み—	妹尾 満	210
フルードパワーのカーボンニュートラルへの挑戦	風間 俊治	214

【トピックス】

学生さんへ、先輩が語る —他分野から空気圧機器メーカーに勤めて—	江川 千晶	220
笑顔で活躍—お仕事フルードパワー便 —理系進学を選択して—	相良 桃子	223

【企画行事】

2022年春季講演会併設セミナー「進化を続ける空気圧機器」	張本 護平	226
-------------------------------	-------	-----

【会告】

2022年度オータムセミナー「フルードパワーシステム開発におけるMBD活用」	204
日本フルードパワーシステム学会・日本機械学会 共催 2022年秋季フルードパワーシステム講演会	204
日本フルードパワーシステム学会2022年度受賞候補者募集のお知らせ	209
日本フルードパワーシステム学会2022年度フェロー認定者推薦のお願い	209
理事会・委員会報告	229
共催・協賛行事のお知らせ	230

会員移動

232

一般社団法人 日本フルードパワーシステム学会 賛助会員一覧表

233

次回予告

■表紙デザイン：浅賀 美希 勝美印刷㈱

一般社団法人 日本フルードパワーシステム学会

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-5-22 機械振興会館別館102

TEL：03-3433-8441 FAX：03-3433-8442

E-Mail：info@jfps.jp

JOURNAL OF THE JAPAN FLUID POWER SYSTEM SOCIETY

FLUID POWER SYSTEM

Contents

Special Issue “Fluid Power and Carbon Neutral”

[Preface]

On the Special Issue “Fluid Power and Carbon Neutral”	Masao IWATA	194
---	-------------	-----

[Review]

A Hybrid Hydraulic Regeneration System for Excavators	Seiji HIJIKATA	195
Condition Monitoring System for Hydraulic Equipment	Yukinori KAMEDA	200
Development of Hydraulic Element Equipment for the Realization of a Low-carbon Society	Naoto SAEGUSA	205
Sustainable Management of CO ₂	Mitsuru SENOO	210
Challenge of Fluid Power Against Carbon Neutrality	Toshiharu KAZAMA	214

[Topics]

Seniors talk to students —Working for a Pneumatic Manufacturer, After Learning in a Different Field—	Chiaki EGAWA	220
Active with a smile! —Report on Fluid Power’s work —The Choice of Entering a Science Course—	Momoko SAGARA	223

[JFPS Activities]

Seminar in Spring Conference 2022 —Ever-Evolving Pneumatic Components—	Gohei HARIMOTO	226
--	----------------	-----

[JFPS News]

204, 209, 229, 230, 232, 233

巻頭言

「フルードパワーとカーボンニュートラル」発刊にあたって

著者紹介

いわ た まさ お
岩 田 将 男CKD株式会社
〒485-8551 愛知県小牧市応時2-250
E-mail: ms-iwata@ckd.co.jp

2004年名古屋工業大学電子情報工学科修了。同年CKD株式会社入社。空気圧シリンダの位置検出用センサの開発等に従事。日本フルードパワーシステム学会会員

1. はじめに

世界の平均気温は2017年時点で、工業化以前（1850～1900年）と比べ、すでに約1℃上昇したとされている。また近年、国内外でさまざまな気象災害が発生している。個々の気象災害と気候変動問題との関係を明らかにすることは容易ではないが、気候変動にともない、今後、豪雨や猛暑のリスクがさらに高まることが予想されている。日本においても、農林水産業、水資源、自然生態系、自然災害、健康、産業・経済活動等への影響が出ると指摘されている。

地球規模の課題であるこの気候変動問題の解決に向けて、2015年にパリ協定が採択され、世界共通の長期目標として、

- ・世界的な平均気温上昇を産業革命以前に比べて2℃より十分低く保つとともに、1.5℃に抑える努力を追求すること（2℃目標）

- ・今世紀後半に温室効果ガスの人為的な発生源による排出量と吸収源による除去量との均衡を達成すること

などを合意した。

この実現に向けて、世界が取り組みを進めており、120以上の国と地域が「2050年カーボンニュートラル」という目標を掲げている。

本特集では「フルードパワーとカーボンニュートラル」と題し、各分野での温室効果ガス排出ゼロの目標達成に向けての取り組みを紹介する。

●油圧分野

土方聖二氏（日立建機㈱）には、油圧ショベル向け油圧蓄圧式ハイブリッドシステムを採用した油圧ショベルの紹介、回生可能エネルギーを利用しエネルギーの効率化を図るシステムの解説をしていただいた。

亀田幸則氏（カヤバ㈱）には、メンテナンス時期の最適化を図ることができ、むだな廃棄をなくすことでの環境に配慮した油の状態監視システムを解説いただいた。

三枝直人氏（油研工業㈱）には、低炭素化社会実現に向けた油圧要素機器の開発として、省エネ、ライフサイクルの観点より自社製品の性能改善事例を解説いただいた。

●空圧分野

妹尾満氏（SMC㈱）には、エコプロダクツ（製品の小型化や配線レスによる部品製造におけるCO₂の削減）、エコファクトリー（グリーン調達や3R等の実践）、省エネシステム（純粋に消費するエネルギーを削減する製品）の3つをテーマに自社での取り組みを解説いただいた。

●研究機関

- ・風間俊治氏（室蘭工業大学）には、エネルギーの効率化、LCAの観点について、過去の状況および現状、未来への必要な取り組みを解説いただいた。

稿末ながら、貴重な解説・見聞記事をご寄稿いただきました執筆者の皆様および本特集の発刊にご尽力いただきました編集委員各位に心よりお礼申し上げます。

今回「カーボンニュートラル」についての取り組みを紹介させていただいたことで、各分野において2050年の目標達成に向けての課題解決となる情報提供ができていることを切に望む。

本特集は、佐藤恭一教授（横浜国立大学）とともに企画をさせていただいた。

（原稿受付：2022年8月8日）

解説

油圧ショベル向け油圧蓄圧式ハイブリッドシステム

著者紹介



ひじ かた せい じ
土 方 聖 二

日立建機株式会社
〒300-0013 茨城県土浦市神立町650

2008年日立建機株式会社入社。現在に至る。
油圧システムの研究開発に従事。日本フルード
パワーシステム学会の会員

1. はじめに

SDGs (Sustainable Development Goals) に対する社会の認識の深まりや、気候変動への対応から、環境負荷低減技術の開発は非常に重要である。また、カーボンニュートラル実現のためには、CO₂を排出しない電動化技術などは重要である一方、コストの観点から動力源にエンジンを搭載する建設機械への要望は変わらず大きいと考えられる。

当社における代表的な燃費低減技術としては、蓄電デバイスと電動+油圧旋回モータ、アシストモータで構成される20tクラスショベル向けの電動式ハイブリッドシステムが挙げられる¹⁾。

一方、20tクラスに比べ年間の稼働時間が少なく、絶対的な燃料消費量の少ない12tクラスにおいて、20tクラスのような電動式ハイブリッドシステムをそのまま搭載した場合には、そのコスト増大にともなう投資額を、効率向上によるランニングコストの低減で回収するのは困難である。

そこで、電動式ハイブリッドシステムに比べ、コスト増大がより抑えられる油圧蓄圧式ハイブリッドシステムを開発した。本稿ではハイブリッドシステムの比較および、開発した油圧蓄圧式ハイブリッドシステムの特徴について紹介する。

2. ハイブリッドシステムの比較検討

ハイブリッドシステムの説明を明確にするために、まずは基本的な油圧ショベルの構造について説明する。

図1に12tハイブリッドショベルを示す。油圧

ショベルは大きく分けてフロントと呼ばれる作業機やキャブと呼ばれる運転席からなる上部旋回体と、車体の走行を可能にする下部走行体から構成される。上部旋回体は、車体の中心を軸として、油圧の旋回モータにより360°旋回することができる。上部旋回体に取り付けられているフロントは、ブーム、アーム、そして砂利や土をすくうためのバケットによって構成される。さらに、フロントのそれぞれのパーツは、ブームシリンダ、アームシリンダ、そしてバケットシリンダの各シリンダによって駆動することができる。



図1 12tハイブリッドショベル

つぎにハイブリッドシステムについて説明する。

ハイブリッドシステムとは、2つのパワーソースを用いてアクチュエータを駆動する技術であり、油圧ショベルにおいて、パワーソースの1つはディーゼルエンジンである。そしてもう一つのパワーソースとして、蓄電デバイスと電動モータからなる電動式ハイブリッドシステムと、油圧のエネルギーを蓄えられるアキュムレータを用いた油圧式ハイブリッドシステムが、油圧ショベルでは主に用いられている。

ハイブリッドシステムの特徴としては、従来熱として捨てられている制動エネルギーをエネルギー蓄積デバイスで回収し、再利用する回生動作が挙げられる。

油圧ショベルにおける回生可能エネルギーとしては図2に示すように、フロントを上下させるブームの位置エネルギーと、上部旋回体が旋回している状態から減速する際に発生する旋回の制動エネルギー



図2 油圧ショベルの回生可能エネルギー

が挙げられる。

次に回生可能エネルギーの大きさを示すため、図3を用いて説明する。図3は油圧ショベルで典型的な動作である、砂利ダンプ積み込み動作時のアクチュエータの合計動力と、ブームと旋回の回生可能動力を示している。

砂利ダンプ積み込み動作では、フロントの先端に取り付けられているバケットで砂利をすくい、その後はフロントを持ち上げながら90°旋回し、車体の傍に待機しているダンプに放土する。その後は、再度90°旋回し、最初の掘削位置に戻る。図3は、この動作におけるアクチュエータの出力を正の値として示し、回生可能動力はアクチュエータから放出されるエネルギーなので、負の値として示している。

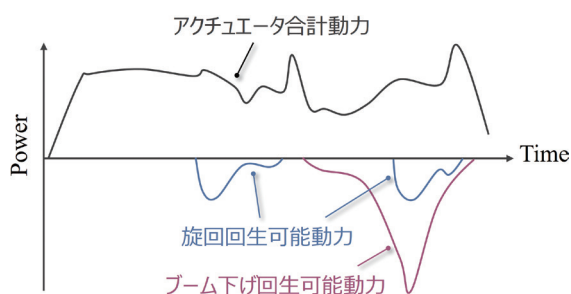


図3 アクチュエータ合計動力と回生可能動力

図3の通り、旋回は行きと戻りがあるので2回、回生可能動力が発生することに対し、ブームは1度のみ動力が発生することがわかる。また、この動作に見られるように、旋回の回生可能動力に対して、ブームの回生可能動力が大きいことが特徴である。旋回とブームの回生可能動力はアクチュエータの合計動力と比較しても大きいことから、このエネルギーを回生することにより、大きく燃費を低減できると考えられる。

ハイブリッドシステムの検討のため、図4には代表的な回生システムの概要を示す²⁾⁻⁵⁾。左側に電動回生システム、右側に油圧回生システムを示し、さらに回生対象として旋回とブームの場合の代表的な構成をそれぞれ示す。

旋回の電動回生システムに関しては、上部旋回体

を駆動するアクチュエータを油圧モータから電動モータに変えることにより、旋回制動時のエネルギーをバッテリーやキャパシタなどに蓄え、さらに蓄えた電気エネルギーで駆動することができる。ブームに関しては、ブーム下げ時にブームシリンダから排出される圧油で、油圧モータを回転させ、油圧モータに連結されている発電機で発電する。このことにより、電気エネルギーを蓄電デバイスに蓄えることができる。

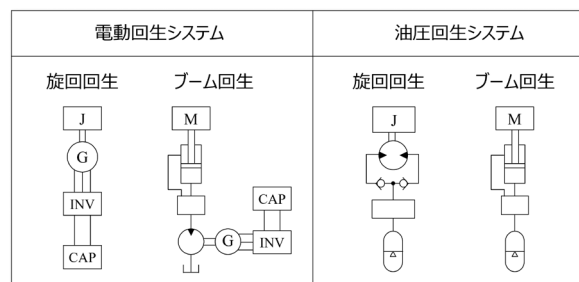


図4 代表的な回生システムの概要

一方で油圧回生システムに関しては、旋回の場合、旋回モータの戻り油をチェック弁と回生用のバルブを介してアキュムレータに送り、油圧のエネルギーとして蓄積することができる。蓄えられた圧油はアクチュエータ駆動時に利用することができる。ブームに関しては旋回と同様に、ブーム下げの戻り油はバルブを介してアキュムレータに蓄えることにより、油圧のエネルギーを再利用することができる。

それぞれのシステムのメリットとデメリットを表1に示す。電動回生システムのメリットに関しては、旋回の場合では、機械エネルギーを電気エネルギーに変換する必要があるが電動コンポーネントは比較的効率が良いので回生効率を高くすることができる。また、蓄電デバイスのSOC (State Of Charge) に余裕があれば、基本的にどのような負荷でも回生を行うことができる。

一方でデメリットとしては、電動コンポーネントは油圧コンポーネントと比較し、一般的にコストが高くなる。また、ブームの回生システムのように、ブームシリンダからの油圧エネルギーを油圧モータの機械エネルギーに変換し、さらに電動モータで電気エネルギーに変換することから、変換ロスが大きくなり回生効率が悪化する、という課題がある。

油圧回生システムにおいては、油圧エネルギーを油圧のまま回生することができるため、アキュムレータの圧力を適切に設定することにより効率の良い回生動作を行うことができる。また電動回生システムに対して、イニシャルコストを抑えることがで

表1 回生システムの比較

		メリット	デメリット
電動回生システム	旋回回生	・回生効率が高い ・回生の制約が比較的小さい	・コストが比較的高い ・ブームほど回生可能エネルギーが大きい
	ブーム回生	・回生可能エネルギーが大きい ・回生の制約が比較的小さい	・コストが高い ・エネルギー変換ロスが大きく回生効率が低下する
油圧回生システム	旋回回生	・回生効率が高い ・コストを比較的抑えられる	・回生の制約が比較的大きい ・ブームほど回生可能エネルギーが大きい
	ブーム回生	・回生可能エネルギーが大きい ・回生効率が高い ・コストを比較的抑えられる	・回生の制約が大きい

きる。

反対に油圧回生システムのデメリットとして、アキュムレータの設定圧に起因する、回生動作の制約が挙げられる。以下で具体的に説明する。

油圧の特性上、圧力は高い方から低い方に流れるため、アクチュエータの戻り油を蓄える時は、アキュムレータの設定圧をアクチュエータの圧力よりも低く設定する必要がある。しかし、アキュムレータでアクチュエータを駆動するときは、アキュムレータの圧力がアクチュエータの圧力よりも高くなっている必要がある。特にブーム下げ動作においては、砂利ダンプ積込み動作のブームのメータアウト圧力は10MPa前後と低いため、このエネルギーをアキュムレータで蓄えても、駆動する時にはアクチュエータ圧力の方が高く、せっかく蓄えたエネルギーを利用できないという課題がある。一方で旋回に関しては、旋回制動時のメータアウト圧は高圧になるため、ブームほど大きな問題にならないと考えられる。

一方で、ブームは旋回よりも大きい回生可能エネルギーがあることから、この圧力に起因する回生動作の制約を解決できれば大きな燃費低減効果が期待できる。さらに油圧回生システムは、電動回生システムと比較して、安価な構成が可能になるというメリットもある。

よって、当社では旋回よりも大きな回生可能エネルギーをもつブームを対象に、ハイブリッドシステムの開発を行った。

3. 油圧蓄圧式ハイブリッドシステムの概要

当社で開発した油圧蓄圧式ハイブリッドシステムの概要を図5に示す⁶⁾。

本システムの特徴としては、ブーム下げの油圧エネルギーをアキュムレータで蓄え、アキュムレータの圧力が高いときは、アキュムレータの圧油でメインポンプをアシストし、アキュムレータの圧力が低い場合はパイロットポンプをアシストすることにより、燃費低減を図っている。

パイロット回路は、パイロットポンプやパイロットバルブから構成される回路であり、メインポンプやアクチュエータからなるメイン回路に比べて圧力が低いという特徴がある。そのため、アキュムレータの圧力が低下しても、蓄えた圧油をパイロット回路に戻し、その分パイロットポンプの出力を低減することにより、燃費を抑えることが可能となる。また、本ハイブリッドシステムを適用した12tクラスの油圧ショベルは、20tクラスと比べてパイロットポンプの出力の割合が、全体の出力と比べて比較的大きい。そのため、本ハイブリッドシステムは12tクラスに適したシステムであるといえる。

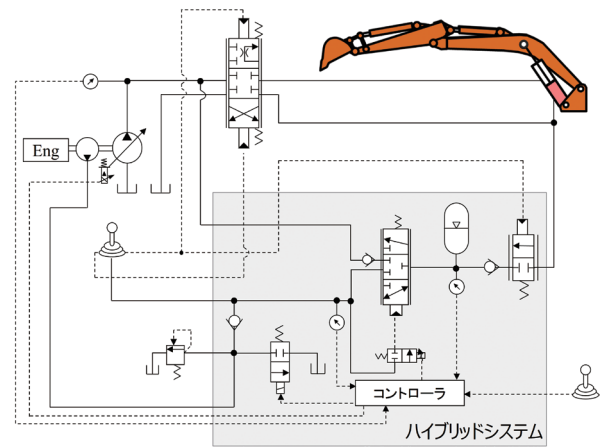


図5 油圧蓄圧式ハイブリッドシステム

図5より、ハイブリッドシステムの構成としては、ブームの戻り油をアキュムレータに送るための制御弁、アキュムレータに蓄えた油をメイン回路かパイロット回路に戻す3ポート3位置方向制御弁、パイロットポンプの圧油をタンクに送りパイロットポンプの負荷を低減するためのアンロード弁、アンロード時のパイロット回路の圧力を確保するためのチェック弁から構成される。さらに電子制御のために、アキュムレータ圧、パイロット回路圧、ポンプ圧を検出するための圧力センサ、各圧力センサと各レバー操作量の信号が入力されるコントローラを備

えている。またコントローラは、入力された信号にもとづき3ポート3位置方向制御弁、アンロード弁、そしてメインポンプを制御する。

次に、動作について説明する。

図6はブーム下げ時に、ブームシリンダからの戻り油をアキュムレータに蓄える動作を示している。この場合、回生用の制御弁を切り換えるとともに、ポンプにつながっているコントロールバルブ内のスプールを切り換えることにより、ブームシリンダからの戻り油の一部をロッドに再生し、ロッドのキャビテーションを防止することができる。

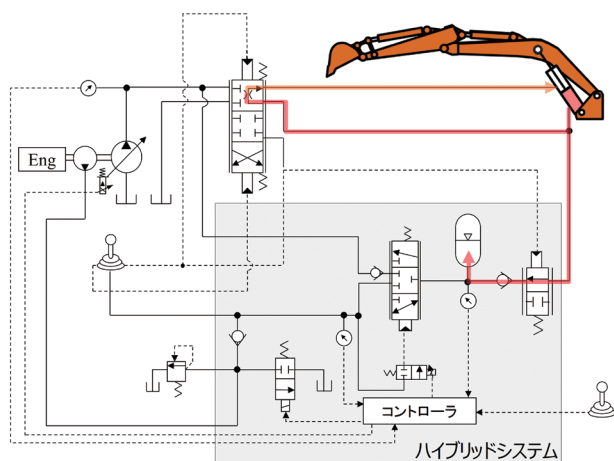


図6 ブーム位置エネルギーの回生

図7は、アキュムレータの圧力が高いことから、メインポンプにアシストする場合の動作を示している。アキュムレータの圧力がポンプ圧よりも高いとコントローラが判断すると、3ポート3位置方向制御弁を切り換え、メインポンプに圧油を供給する。このことにより、図示しないアクチュエータに圧油を送り、メインポンプの出力を抑え、燃費を低減することができる。

図8はアキュムレータの圧力が低いことから、パイロットポンプに圧油を戻す動作を示している。この時、同時にパイロットポンプの圧油をアンロード弁でタンクに送ることにより、パイロットポンプの出力を抑え、燃費を低減することができる。

図9は、アキュムレータの圧力が低下したため、パイロットポンプでアキュムレータをチャージする動作を示している。このように、アキュムレータの圧力がコントローラであらかじめ設定した圧力まで低下すると、アンロード弁を閉じパイロットポンプの圧油をパイロット回路に送るとともに、アキュムレータをチャージする。このことにより、パイロット回路に必要な圧力はパイロットポンプで確保することができる。アキュムレータがチャージされた後

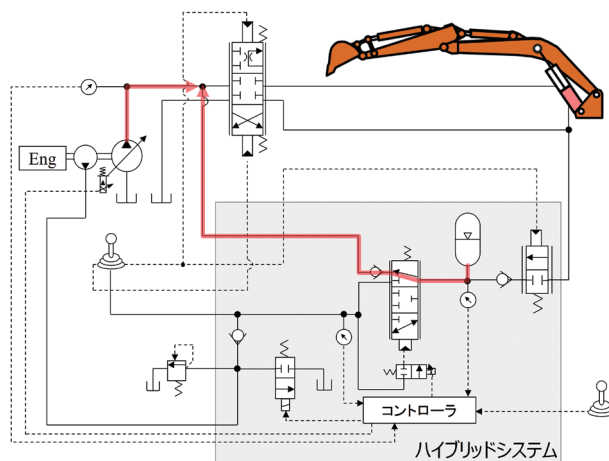


図7 メインポンプのアシスト

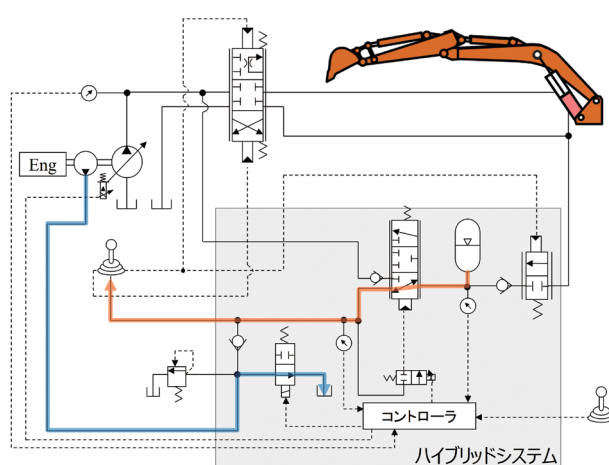


図8 パイロットポンプのアシスト

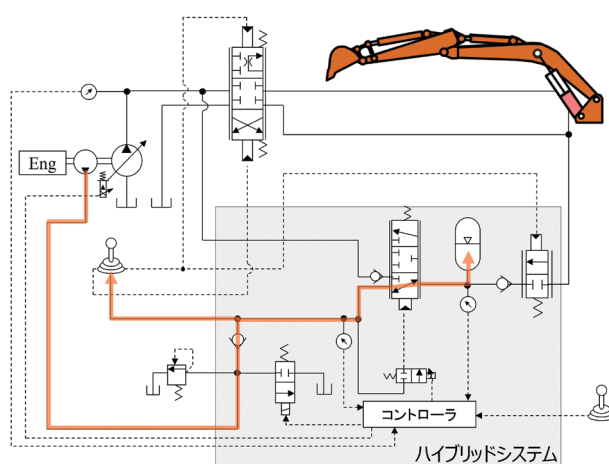


図9 アキュムレータのチャージ

は、図8に戻り、パイロットポンプの圧油をアンロードし、燃費を低減することができる。

通常パイロットポンプは、固定容量式のため流量が必要ではないときも一定の流量を送りリリースしている。そのため、本システムの構成にすることにより、不必要なリリースによるエネルギーの損失を

低減することができる。

4. 12tハイブリッドショベルの概要

油圧蓄圧式ハイブリッドシステムを搭載したハイブリッドショベルは、電動コンポーネントを必要とせず、油圧によりエネルギーの回収・アシストを行えるため、ハイブリッドであることを意識せず、通常の油圧ショベルのようなスムーズな操作感を実現している⁷⁾。

図10には油圧蓄圧式ハイブリッドシステムの外観を示す。

図10に示す回生バルブには、図5で示した回生用の制御弁、3ポート3位置方向制御弁などが組み込まれている。

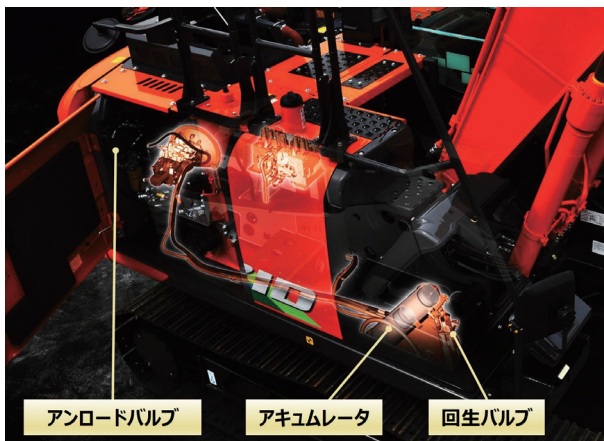


図10 油圧蓄圧式ハイブリッドシステムの外観

本システムを搭載した12tハイブリッドショベルは、標準油圧ショベルに対して6%の燃費低減を実現した。

5. おわりに

本稿では、大きな回生可能エネルギーを備えたブームを対象に、イニシャルコストを抑えられる油圧蓄圧式ハイブリッドシステムについて紹介した。今後、カーボンニュートラルの実現のため電動化が進み内燃機関が電動コンポーネントに置き換わっても、回生可能エネルギーの利用によるシステム効率の向上は、今後も変わらず重要な技術であると考えられる。

参考文献

- 1) <https://www.hitachicm.com/global/jp/6series/zh200/>
- 2) Nishida, Y., Nihei, T.: Introducing the HB335/HB365-1 Hybrid Hydraulic Excavators, Komatsu technical report, Vol. 59, No. 166, p. 1-8 (2013)
- 3) 久保隆, 佐野公則, 石山寛: 作業機械の制御装置, 特許第4773883号, 2011. 7. 1 (2011)
- 4) <https://www.equipmentworld.com/equipment/article/14951801/a-look-under-the-hood-of-caterpillars-new-336e-h-hydraulic-hybrid-excavator>
- 5) <https://www.en.eco-nergy.fr>
- 6) 土方聖二, 釣賀靖貴, 石川広二, 高橋究, 星野雅俊: 建設機械, 特許第6785203号, 2020. 11. 18 (2020)
- 7) 木村信行: ハイブリッド油圧ショベル ZH120-6, 建設機械, 2019年5月, p. 70-72, PDF版 (2019)

(原稿受付: 2022年6月8日)

解説

油状態センサを用いた油圧機器向け状態監視システム

著者紹介

かめ だ ゆき のり
亀 田 幸 則カヤバ株式会社
〒252-0328 神奈川県相模原市南区麻溝台1-12-1
E-mail: kameda-yuk@kyb.co.jp

2005年東京電機大学大学院工学研究科修士課程修了。同年カヤバ工業株式会社（現・カヤバ株式会社）入社。電動アクチュエータおよびセンサの開発に従事。日本フルードパワーシステム学会会員。

1. はじめに

IoT (Internet of Things) ですべての人とモノがつながり、さまざまな知識や情報が共有され今までにない新たな価値を生み出すことで、さまざまな課題を克服する社会としてSociety5.0¹⁾への注目が高まり、さらに近年ではSDGsやカーボンニュートラルの観点からも状態監視への注目が高まっている。さまざまな業界で設備などのメンテナンス担い手不足が課題となっており、メンテナンスの質を低下させることなく、今後重要性が増すメンテナンスへの対応が必要である。

本稿では、油圧機器向けに開発中の状態監視システム（以下、本システム）²⁾に関して、そのシステム構成と適用事例について紹介する。

2. 油圧機器のメンテナンスの課題

従来、油圧機器のメンテナンスにおいては、予防保全である時間基準や採油分析による定期メンテナンスを行うことが多く、リアルタイムな状態監視や劣化・故障診断といった予測技術は、多くは普及してこなかった。このため、メンテナンスサイクルが最適とはいえず、油交換によるむだな廃油の発生や、メンテナンス不足による機器故障などの課題があった。近年、機器のIoT化が進み一部のデータは収集されるものの、油圧機器は使用される環境や負荷条件、使用油などが機器ごとに異なることが多く、事前にデータ収集や分析の仕様を決めることが難しい現状がある。このため、リアルタイムな状態監視や

劣化・故障診断などを行う場合は、小規模なIoTシステム構築によるスモールスタートで、導入効果を確認しながら進める必要がある。

3. 油圧機器向け状態監視システム

3.1 システムの概要と特長

本システムの概要を図1に示す。本システムは、設備や試験機等の油圧機器に設置され、油の劣化状態を検出する油状態センサをはじめとする各種センサ、通信端末によって構成されており、近距離ワイヤレス通信にて各種センサデータを収集する機能を有する。ワイヤレス通信のメリットである設置の柔軟性をいかし、実現性と有効性をスモールスタートで検証できるように、インターネットなどの回線は使用しない場合でも構成可能なシステムを採用している。ワイヤレス通信端末に接続された各種センサにて、対象機器の状態（油状態、振動、温度など）を検出する。検出した信号は、ワイヤレスセンサネットワークによりIoT-Gatewayに集約される。有線LANで接続されたPCへ直接保存したデータや、社内サーバに収集したデータを専用ソフトなどで可視化、分析、診断を行うことが可能である。また、IoT-Gatewayからインターネットに接続することで、クラウドにデータを保存し、可視化、分析、診断を行うことも可能である。

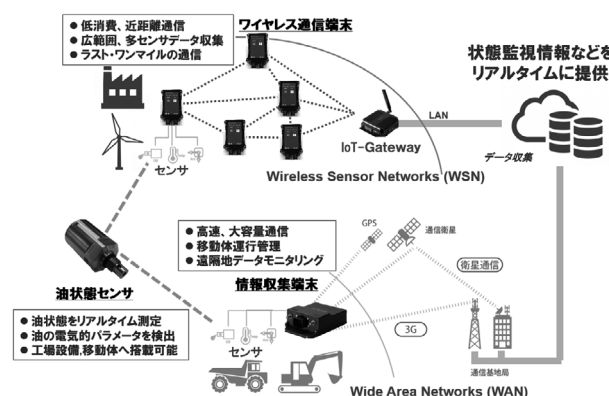


図1 システム概要図

本システムを用いることで、設備や試験機等の油

圧機器に設置した各種センサデータから、設備の現在の状態や劣化傾向などを予防保全よりも早期に把握できる。劣化が顕著な部分をいち早く交換する、劣化や故障がみられない部分は交換周期を延伸するなど、メンテナンスサイクルを最適化できるため、むだな廃油をはじめとする廃棄物の削減、メンテナンスの質を下げずに発生費用や工数の負荷を減らすことができる。

なお、各種センサデータを収集する通信端末として、移動体に対応した情報収集端末を用いることで、建設機械などにも対応可能である。

3.2 油状態センサ

油圧機器のトラブルの約6割は作動油の劣化が原因というデータもあり、作動油の酸化劣化や汚損といった状態変化を把握することは、油圧機器の状態を監視するうえで非常に重要である³⁾。また油圧機器の劣化と診断法については図2のように表されることが知られており、油分析法は摩耗や損傷が始まる比較的初期段階で、振動や温度よりも早期に異常が検知できる⁴⁾。そこで、油圧機器の劣化を早期に把握するため、作動油の状態変化をリアルタイムに検出可能な油状態センサを開発した。

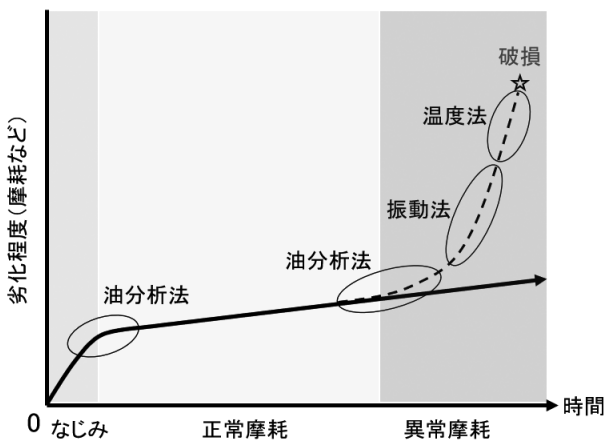


図2 油圧機器の劣化と診断法

3.2.1 検出パラメータ

一般的に作動油の性状分析は、専門の分析機関にて行われており、酸化劣化の指標である全酸価や、汚損に関連する汚染度、金属元素、水分といった項目の分析が行われている⁵⁾。これら項目と油状態センサで検出する電気的パラメータとの関係性を調査すると、図3のようになり、各分析項目と比誘電率および導電率との間に関係性があることがわかっていく。このことから、比誘電率と導電率を検出することで油の状態変化を推定できると考え、油状態センサの検出パラメータとして比誘電率と導電率を採用している。

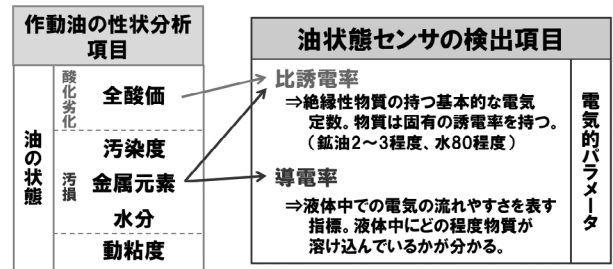


図3 性状分析項目と油状態センサ検出値との関係

3.2.2 検出原理

油状態センサの比誘電率と導電率の検出原理を図4に示す。作動油に浸漬した電極に電圧を印加して、この応答から測定対象である作動油の静電容量と抵抗値を検出する。検出された静電容量と抵抗値から、測定対象である作動油の比誘電率と導電率を算出する。また、作動油の比誘電率と導電率は温度依存性を有するため、事前に作動油の温度特性を測定して作成した補正マップを用いて温度補正を行い、40℃相当の値に補正した比誘電率と導電率を出力する。

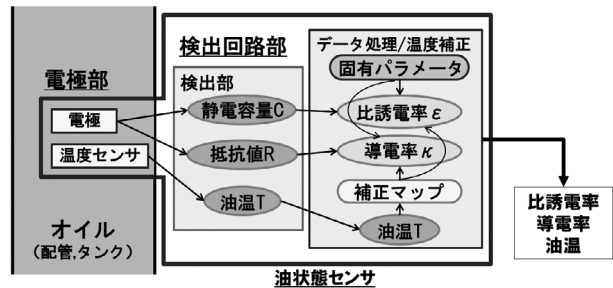


図4 油状態センサの検出原理

3.2.3 仕様

油状態センサの主な仕様を表1、外観を写真1に示す。サイズは検出部を含みφ42×87mmであり、油圧機器への取り付けを考慮して小型化が図られている。また、電源電圧はDC9～32V、センサ出力としてCANを採用し、建設機械などへの搭載も考慮した仕様である。

表1 油状態センサ仕様

項目	主な仕様
検 出 項 目	比誘電率、導電率、油温
サ イ ズ	φ42×87mm（コネクタ部除く） 取付け部ネジサイズ：G3/8
電 源 電 圧	DC9～32V
出 力	CAN J1939
動作雰囲気温度	－40～85℃
耐 圧 性	1.0MPa以下
本 体 構 造	保護等級IP67



写真1 油状態センサ 外観

3.2.4 検出例

開発した油状態センサを用いて実際の作動油を測定した結果の一例を示す。油状態センサの検出値である比誘電率と分析機関での性状分析結果である全酸価との関係を図5に、検出値である導電率と分析機関での性状分析結果である水分量との関係を図6に示す。油状態センサの検出値である比誘電率と導電率にて油の状態変化を検知できると考えられる。

また、しゅう動摩耗が発生した際のサンプル油を用いて、油状態センサの検出値である導電率としゅう動摩耗有無の測定結果を図7に示す。新油に対してしゅう動摩耗が発生した際のサンプル油①～③の

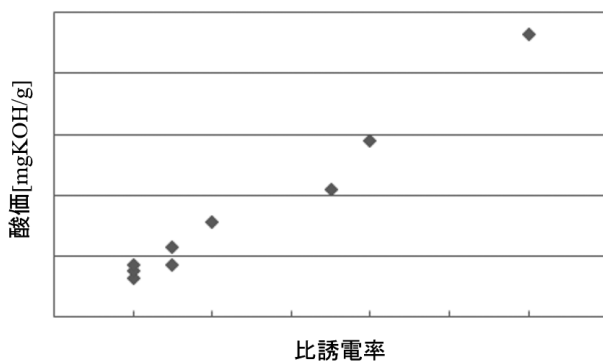


図5 比誘電率と全酸価の関係

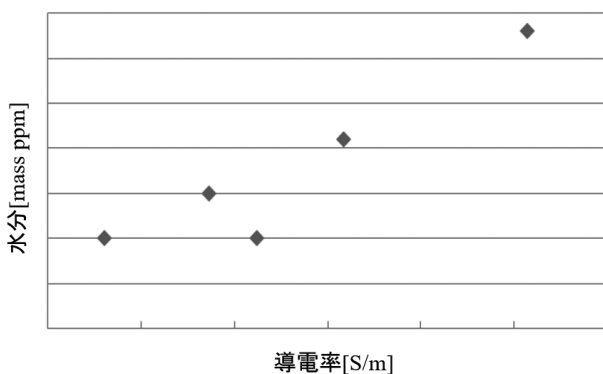


図6 導電率と水分量の関係

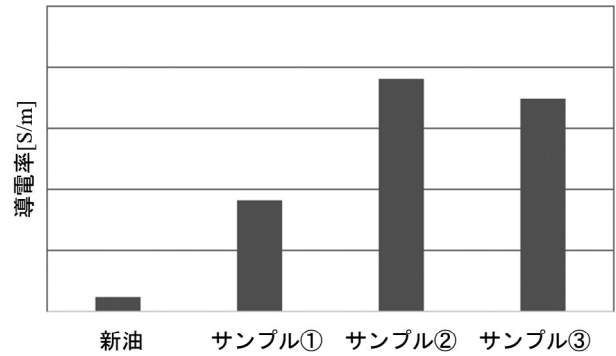


図7 新油としゅう動摩耗発生油の比較

導電率が大幅に上昇し、油状態センサにて機器のしゅう動摩耗を早期に検知できると考えられる。

3.3 ワイヤレス通信端末

前記の油状態センサをはじめとする各種センサのデータを簡単かつ安定的に収集するため、近距離ワイヤレス通信を用いた通信端末を開発した。

3.3.1 無線モジュール

無線通信を運用する際の課題としては、長期通信安定性やセンサを含めた動作安定性、消費電力、セキュリティなどが挙げられる。設備や試験機等は、金属配管や装置に囲まれた見通しがきかないエリアに設置されることが多く、無線通信経路上に障害物があるため通信品質の悪化が懸念されるが、実際の使用環境を事前に予測することは困難である。

無線モジュールを選定するにあたり、周波数帯域の異なる複数のモジュールについて、実環境での各種性能比較評価を行い、産業用ワイヤレスセンサネットワークに必要な接続信頼性、長期電池駆動、長期安定性、セキュリティ、設置の容易さの5つの特性を満足する方式であるIEEE 802.15.4e規格準拠のSmartMesh IPTM*1)（アナログ・デバイス社）を採用した。特長としては、99.999%以上の通信データ信頼性と、業界最高レベルの超低消費電力が挙げられる^{6), 7)}。

*1) SmartMesh IPはアナログ・デバイス社の商標

3.3.2 仕様

ワイヤレス通信端末の主な仕様を表2、外観を写真2に示す。電源電圧は2.2～3.7Vで動作可能であり、低温特性に優れた二酸化マンガンリチウム電池（公称電圧：3.0V）を採用した。消費電流が小さい振動センサや温度センサを接続する場合は電池駆動とし、油状態センサなどの消費電流が比較的大きいセンサの信号を入力する場合は、外部電源よりセンサおよび通信端末に電源を供給する。本体は設置、移設を容易にするため、背面のマグネットで固定できる方法をとっているが、ねじまたはベルトでの固定にも対応できる構造としている。

表2 ワイヤレス通信端末の主な仕様

項目	主な仕様
無線通信方式	SmartMesh IP™ (アナログ・デバイセズ) 通信周波数：2.4GHz, 通信速度：250kbps 接続端末数：100台 (max)
センサ入力	アナログ：2ch, デジタル：2ch (SPI, I ² C) 油状態センサ接続時はCAN→SPI変換
測定データ	加速度実効値, 温度, 油状態値 基板上加速度, 基板上温度, 電池電圧
データ送信間隔	15分 (1分～24時間で設定可能)
本体構造	保護等級IP66
電源電圧	DC3.0V (DC2.2～3.7V) 二酸化マンガンリチウム電池
動作温度	－30～85℃
外形寸法, 質量	W68×D92×H42mm, 本体：約230g



写真2 ワイヤレス通信端末

4. データ収集・分析

4.1 フィールドデータ収集

開発した油状態センサやワイヤレス通信端末を当社工場内の生産設備や実験部門の耐久試験機等に設置し、データの収集と可視化、分析を行っている。収集したデータはIoT-Gateway経由で社内ネットワーク上の専用サーバに保存し、PCにて保存したデータを読み込み、収集データの可視化や端末の状態管理などを行っている。データ収集と並行して、各データの経時変化、劣化の傾向分析などを行うことが可能である。表示例を図8に示す。



図8 PCソフト表示例

4.2 データ収集、分析例

当社生産設備の油圧試験機に本システムを取り付け、データ収集した例を紹介する。油状態センサの検出値である比誘電率と導電率、油温のグラフを図9に示す。時間の経過とともに、比誘電率が徐々に上昇し、さらに導電率が急上昇し、その後、油圧試験機の油圧ポンプが故障した。油状態センサの検出値の上昇により事前に油圧ポンプの故障の予兆をとらえることができていた。また、油交換やフィルタ交換など、日常のメンテナンスによる油状態の変化も高感度に検出できることを確認している。

油状態センサの検出値を用いて、油の劣化状態を可視化することで、フィルタ交換や油交換の時期など、適切なタイミングでメンテナンスをうながすことが可能であり、メンテナンスサイクルの最適化を実現できると考える。また、機器の故障予兆をとらえることも可能であるため、計画的な機器の交換、メンテナンスも可能となり、設備のダウンタイムを削減することも可能と考える。

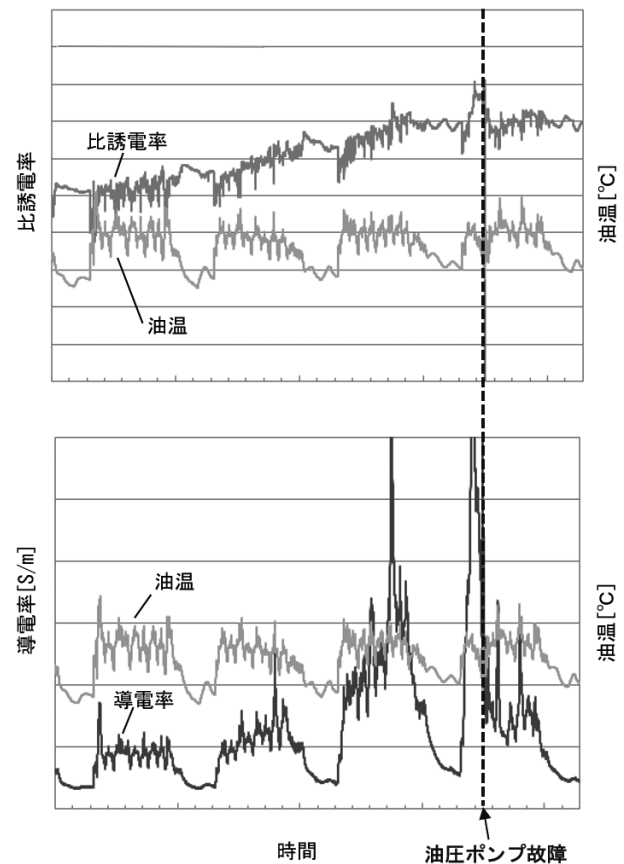


図9 油状態センサの検出例

5. おわりに

IoT/ビッグデータの活用による油圧機器の状態監視は、今後重要になっていくと考える。当社の油圧

機器向け状態監視システムは、現在、フィールドデータ収集とデータ蓄積・分析を進めているが、将来的には、設計、検査、保守、運用、過去不具合等の複数データとの組み合わせで、データ分析の効率化、AIを活用した対象機器の故障予測や寿命予測モデルの最適化が行えるような状態監視システムをめざす。

油圧機器向け状態監視システムを用いることで、油圧機器のメンテナンスサイクル最適化、効率化につながるように、今後も開発を推進していく。

参考文献

- 1) https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/
- 2) 吉田尚弘ほか：状態監視システム，KYB技報，第60号，P 28-35（2020）
- 3) 風間俊治：作動油の劣化とその対策について，フルードパワーシステム学会誌，Vol. 47，No 4，p 7-11（2016）
- 4) ISO18436-4 準拠 機械設備の状態監視と診断カテゴリ I
- 5) <https://www.japan-analysts.com/analyze/set.html>
- 6) 日経BP社：NE Academy「信頼性の高い無線センサーネットワーク構築の勘所」
- 7) 小林純一：勝者のIoT戦略，日経BP社，（2016年）

（原稿受付：2022年6月13日）

会 告

詳細は学会ホームページ（<http://www.jfps.jp/>）をご覧ください。

2022年度オータムセミナー 「フルードパワーシステム開発におけるMBD活用」 開催日時：2022年12月15日（木） 13：00～17：00

モデルベース開発(MBD)は設計自由度の高い構想段階からシステム全体（メカ＋フルードパワー＋制御）の評価を行い、抜け・漏れ・手戻りなく効率的に設計を行う手法である。本セミナーでは、フルードパワーシステム開発におけるMBDの考え方から、活用事例までを取り上げます。

本セミナーはオンラインでの開催を予定しております（※会場での開催はございません）。詳細は学会ホームページに随時掲載いたします。皆様の積極的なご参加を心よりお待ちしております。

日本フルードパワーシステム学会・日本機械学会 共催 2022年秋季フルードパワーシステム講演会 開催日：2022年11月10日（木）・11日（金） 会場：海峡メッセ下関（山口県下関市）

2022年秋季フルードパワーシステム講演会を海峡メッセ下関で開催します。本講演会は新型コロナウイルス対策を講じた上で、通常の対面型での実施を予定していますが、飲食をとまなうイベントはございません。感染状況によってはオンライ

ンに変更する場合がありますのでご承知おきください。詳細につきましては、学会ホームページでご確認くださいようお願い申し上げます。皆様の積極的なご参加をお待ちしております。

解説

低炭素化社会実現に向けた油圧要素機器の開発

著者紹介



さえ ぐさ なお と
三 枝 直 人

油研工業株式会社
〒252-1113 神奈川県綾瀬市上土棚中4-4-34
E-mail: na.saegusa@yuken.co.jp

2014年東京都市大学工学部機械工学科学士課程修了。同年油研工業入社。現在に至る。
主にバルブ製品の研究開発に従事。

1. 事業紹介

弊社の主な事業は3つの柱として、油圧製品、システム製品、環境機械を製造・販売している。

ポンプやバルブなどの油圧製品は、工作機械、成形機業界に多く採用されており、油圧ユニットや標準パワーパックなどのシステム製品は、工作機械用のパワーパッケージ、製鉄設備向けに使用されている。また、自動切くず圧縮機や自動ペットボトル減容機などの環境機械は、地方自治体向けの環境プラント、民間向けの産業廃棄物処理に多く採用されている。



写真1 主要製品群

2. はじめに

2.1 「低炭素化社会」について

低炭素化社会について簡単におさらいする。日本における2020年度の温室効果ガス総排出量は11億5,000万トンであり、その9割以上をCO₂が占めている¹⁾。近年の記録的な気象災害においては、温室効果ガスの継続的な排出が影響を与えているとされており、温室効果ガスの排出量を低減させることが急務になっている。

国内においては、2050年カーボンニュートラルなど低炭素化社会実現に向けての取り組みが進められており、弊社としても、このような動きに対して柔軟に対応していかなければならない。

2.2 市場から求められること

市場から求められることについて3つ述べる。

1つ目に環境への配慮として、環境型作動油、循環型社会への対応を進めていかなければならない。

2つ目に規制対応として、電動機の効率規制対応、排ガス規制対応、環境負荷物質対応などが必要になる。

3つ目に性能改善として、製品の高圧・大容量化、コンパクト化、応答性、低騒音性、防塵・防水性、耐振性などの改善に努める必要がある。

このように、低炭素化社会の実現に向けて、市場からの要求は多岐にわたり、弊社製品が搭載されるユーザーからいただく要望も年々シビアになっている。

3. 油圧製品の歴史

話題が少し変わるが、弊社油圧製品の性能改善とその歴史について紹介する。

主要バルブ製品であるO1サイズ電磁切換弁について新旧製品を比較すると、約40年の間に最高圧力は7 MPaから35 MPa、最大流量は6.3 L/minから100 L/minに向上している。

一方、弊社のポンプ製品開発はベーンポンプから始まるが、現在ではピストンポンプが主力製品になっている。可変容量形ピストンポンプの新旧製品

を比較すると、約20年の間に最高圧力は21MPaから35MPaまで高圧化しており、同時に高効率化も実現している。

近年開発された回転数制御システムを用いた製品は、運転時の消費電力削減に大きく貢献することができ、省エネ化を実現している。

このように、バルブ、ポンプ製品の高圧化や高効率化、省エネ化を実現することで、市場から求められることに応えてきた。

また、2050年以降の次世代に向けては、新たな付加価値をつけた製品を提供することができるよう、これからの開発を進めていかなければならないと考えている。

4. 企業としてできること

4.1 油圧メカとしてできること

低炭素化社会の実現に向けてさまざまな方策が挙げられるが、油圧コンポーネントメーカーである弊社が具体的に何をしなければならないか考えてみる。

方策の大枠として、省エネ、金融政策、規制改革、ライフサイクル、国際連携が挙げられるが、ここでは一企業としてアプローチしやすい省エネとライフサイクルについて着目する。



図1 方策の大枠

4.2 省エネとライフサイクル

省エネとライフサイクルについて、それぞれどのような手法があるか考えてみる。

省エネについては、高圧化、低圧損化、高効率化、代替エネルギーなどが挙げられる。

ライフサイクルについては、長寿命化、故障管理、リサイクル、生産工程改善などが挙げられる。

これら手法の中で弊社が現在取り組んでいるものは、省エネの観点では高圧化、低圧損化、高効率化となり、ライフサイクルの観点では故障管理が挙げられる。



図2 省エネとライフサイクル

4.3 各手法の説明

弊社が取り組んでいる手法について、4つ説明する。

1つ目の高圧化は、製品のエネルギー密度を上げることで、システム全体としての省スペース化、生産性の向上を図ることである。

2つ目の低圧損化は、製品の圧力損失を小さくし、油動力の低減につなげることである。

3つ目の高効率化は、ポンプ効率の改善、高効率モータへの置換により、消費電力量を削減することである。

4つ目の故障管理は、ネットワークを活用して故障予防につながる機能を付与し、製品が故障した際のシステムダウンを防止することである。

4.4 油圧製品の高圧化

弊社が取り組んでいる手法をいくつか挙げたが、一例として高圧化について説明する。

高圧化で得られるメリットとして、エネルギー密度向上による省スペース化、強度UPによる信頼性向上や余剰性能の確保による長寿命化が挙げられる。省スペース化では、システムの生産性向上および運搬コスト低減の効果が得られ、長寿命化では、設備修繕コスト削減、廃棄物発生量抑制の効果をj得ることができる。

このように、高圧化のような取り組みをすることで、油圧コンポーネントとして低炭素化社会の実現に向けて貢献ができると考えている。

5. 弊社の採用事例

5.1 風力発電機

環境に関連したアプリケーションについて弊社製品の採用事例を紹介する。採用事例の1つ目として、風力発電機について弊社製品の導入例を紹介する。

風力発電機のピッチコントロール弁として、直動形高応答比例電磁式方向・流量調整弁が使用されている。ピッチコントロール弁は強風時に風圧を小さくする機能や回転数制御による過回転防止などの安

全・制動装置として用いられている。

バルブは風力発電機のアセル内部にあり、雨風は当たらないが高所、高温下の環境で使われる。そのため、周囲環境に耐える、耐振性、防塵・防水性、放熱性を満足する必要があった。

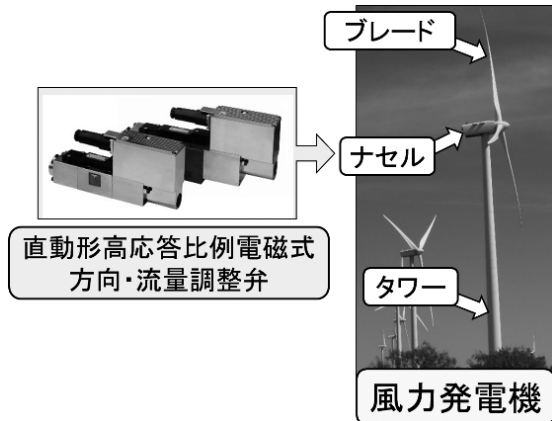


写真2 風力発電機と使用バルブ

5.2 環境機械

採用事例の2つ目として環境機械について説明する。循環型社会の形成に向けて、容器包装リサイクル法や家電リサイクル法などの各種法律が整備され、遵守に際してさまざまな装置が用いられている。そのリサイクルの過程で用いられている装置が広義の呼称として環境機械と呼ばれている。おもな環境機械の役割として洗浄、破碎、破袋、圧縮、選別、搬送があり、その対象物は産業廃棄物、古紙、ビン缶、PETボトル、廃プラスチックなどが挙げられる。

弊社のおもな環境機械として、古紙ベアラや袋掛け装置付容リプラ圧縮梱包機などを提供しており、リサイクルセンターの採用事例では、装置一式を受注販売する例もある。

環境機械に求められることについて、ここでは信頼性、省エネ、M2M・IoTの3つに関して説明する。

信頼性に関しては、機械が故障したとしても、一般家庭からのペットボトルやプラスチックの回収を止められない背景から、性能や機能よりも保全性を強く求められる。



写真3 リサイクルセンターの例

省エネに関しては、自圧式2圧2容量制御、Hi-Lo2ポンプなどの採用による回路効率の向上、ACサーボモータ駆動ポンプの採用による省エネ化を図っている。

M2M・IoTに関しては、自治体のリサイクルセンターに設置されている環境機械は中央制御室からコントロールされ、インターネットに接続されていないが、M2Mは以前から行われている。

今後はIoTを活用することで、プラントの維持保全を請け負っているメカへ、稼働が停止する前に情報を送信できるようにし、故障予知の面で役立てられるようにしたい。

6. ライフサイクルの重要性

6.1 重大事故につながる製品故障

風力発電機や環境機械に搭載する製品が故障すると、重大事故を起こす要因となる可能性が高くなる。

風力発電機に搭載される製品が故障すると、ブレード折損・脱落、倒壊などによる人身事故が予想される。また、環境機械が故障すると、中間処理場がオーバーフローしてしまい、家庭ごみが処理できなくなってしまう。

このような製品故障による重大事故が発生することで、低炭素化社会に向けてのクリーンなイメージが崩れてしまい、分野の成長を阻害されかねない。

6.2 重大事故を防止する手段

重大事故を防ぐためには、設計段階より想定される故障原因を把握し、事前に改善することが重要であるが、その一方で故障を予防あるいは予知する技術も必要になる。

製品の稼働例について、故障予知による改善前後で説明する。改善前は製品の稼働中に故障が発生し、修理交換、復旧まで装置を停止し続けなければならない。改善後は製品の稼働状況について、アラーム情報や稼働時間を把握し、製品の故障前に保全作業をすることができ、結果として装置の停止期間は改善前と比較して短くすることができる。

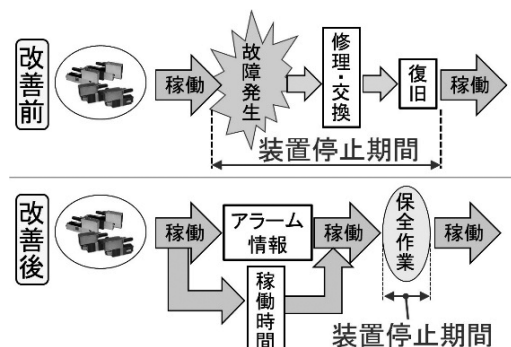


図3 製品の稼働例

7. 実例の紹介

7.1 スプール位置センサレス検出

故障管理の観点で、弊社における開発中の実例を2つ紹介する。1つ目の実例として、電磁切換弁のスプール位置センサレス検出について説明する。

これは従来の電磁切換弁に専用アンプを接続することで、スプール位置を検出できるようにする技術である。

簡単に機能について説明すると、専用アンプが計測した電圧値を正常時の値と比較し、アラーム信号を出力することで、スプール位置を知らせるものである。

また、USBポートを介して専用アンプとモニタ用機器を接続することで、スプールの切換不良やソレノイドの断線・短絡を確認できるため、メンテナンスや交換時期を把握できるようになる。

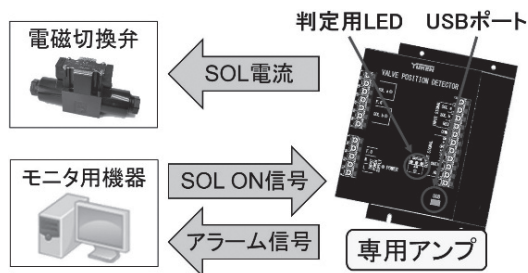


図4 センサレス検出システム

7.2 センサレス検出方法

センサレス検出方法の説明にあたり、電磁切換弁の構造を改めて確認する。電磁切換弁はソレノイドコイルに通電し、可動鉄心が固定鉄心に吸着することで、プッシュピンを介してスプールを押す構造になっている。この時、可動鉄心が固定鉄心に吸着するにつれてソレノイド電圧は増大していく。よって、この電圧変動を計測することで、スプール位置を間接的に検出することができる。

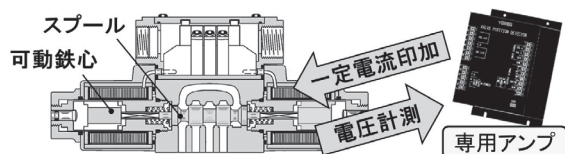


図5 電磁切換弁構造

仮にコンタミのかみ込みなどによりスプールがロックし、切換えが不完全な状態になったとしても、電圧波形からスプール位置を検出できるため、バルブの分解を要せずに異常を検知することができる。

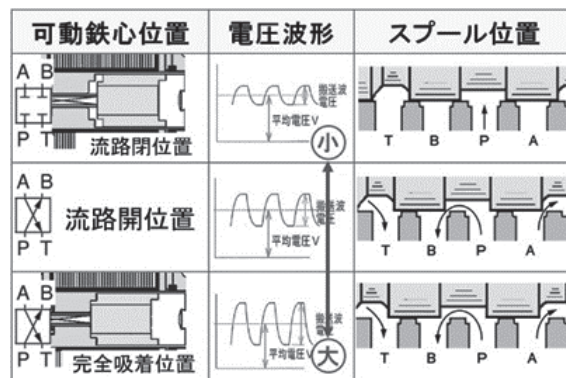


図6 可動鉄心位置と電圧波形

7.3 アンプのデジタル化

2つ目の実例として、直動形高応答比例電磁式方向・流量調整弁用アンプのデジタル化について説明する。

従来使用されるアナログ方式のアンプをデジタル化することにより、設定の簡素化やIoT対応に必須となる通信機能を強化する。IO-LinkやUSBといった通信ポートを新規に追加しており、これにより産業用ネットワークやパラメータ設定用のパソコンに接続できるようになる。

産業用ネットワークに接続することで、機器の作動履歴を容易に確認でき、故障予防につなげることができる。また、PC上でパラメータ設定が可能となるため、従来品と比較して微調整や再調整が容易になる。モニタ可能な情報としては、機器情報、スプール変位、ソレノイド電流、アラーム信号、稼働情報、出力履歴などがある。

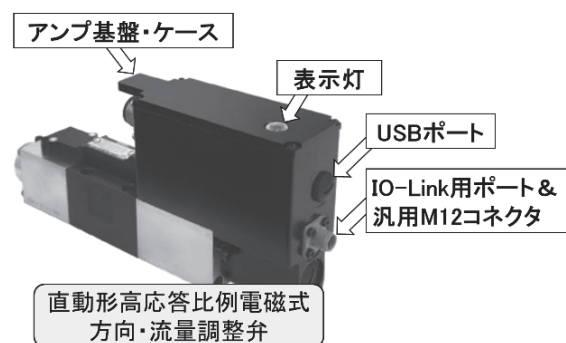


図7 デジタルアンプ外観

8. ま と め

総括として、今後の展望を3つ挙げる。

1つ目に弊社の取り組みとして、より高性能・高性能で、環境に配慮した製品の開発を考えている。

2つ目に油圧業界の変化として、環境保護に対する規制強化やIoT/M2M技術の利用がますます進ん

でいくと考える。IoT/M2M対応製品については、ラインナップとサービスの拡充がより必要になると考えている。

3つ目に作動油の使用量削減として、環境型作動油への対応が必要になると予想されるため、今後は対応製品の機種拡大が進められていくと考える。

環境問題に対する意識は日々向上しており、より高いレベルの製品開発が求められていくと考える。

具体的には、省エネやライフサイクルの観点を踏まえて、より高圧化対応を図った製品開発をしていくよう努めていく所存である。

参考文献

- 1) 環境省HP (<https://www.env.go.jp/>)『2020年度（令和2年度）の温室効果ガス排出量（確報値）』より

（原稿受付：2022年5月30日）

会 告

詳細は学会ホームページ (<http://www.jfps.jp/>) をご覧ください。

日本フルードパワーシステム学会 2022年度受賞候補者募集のお知らせ

当学会は、わが国の油圧・空気圧・水圧工学の振興と発展の奨励を目的として毎年優れた研究・技術を表彰しております。本年も当学会の「表彰規程」にもとづき、日本フルードパワーシステム学会2022年度受賞候補者を募集いたします。

つきましては、独創的な研究、画期的な新技術、累積効果抜群な研究者、技術者などについて、適格な受賞候補者をご推薦ください。

募集要項など詳しくは学会ホームページをご覧ください。

日本フルードパワーシステム学会 2022年度フェロー認定者推薦のお願い

日本フルードパワーシステム学会フェローは、フルードパワー技術の進展に貢献した正会員、本学会の諸活動に貢献した正会員に贈られる名誉ある称号です。認定された本人には本学会より認定証を交付します。

本年も当学会の「フェローに関する規程」にもとづき、日本フルードパワーシステム学会フェロー認定者の推薦をお願いいたします。

推薦の方法など詳しくは学会ホームページをご覧ください。

解説

Sustainable Management of CO₂

—CO₂削減の取組み—

著者紹介

せの お みつる
妹 尾 満

SMC株式会社

〒300-2493 茨城県つくばみらい市絹の台4-2-2

1996年愛媛大学大学院工学研究科機械工学専攻修士課程修了。同年SMC株式会社に入社。現在に至る。空気圧システムの省エネルギーに関する研究に従事。日本フルードパワーシステム学会会員

1. はじめに

SMC株式会社は、数年にわたり環境への影響を最小限に抑えることで、サステナブルな社会を推進するという社会的責任の主導的役割を果たしてきた。特に地球温暖化の要因であるCO₂削減を最重要テーマとして活動を行っている。

製品設計では、包括的なアプローチとして、製品をよりコンパクトに、より軽く設計することで、原材料を低減し、製造プロセスにおける加工時間の短縮や、また同時に製品そのものが使用するエネルギー消費を削減させることも考慮した設計を進めている。

さらに、グローバルな対応で、技術・製造・営業が三位一体となり、世界のお客様の要望に応えるべく、地球環境という大きな目標を掲げて、日々探求を続けている。

本解説では、当社のCO₂削減の取り組みとして、図1に示すようなエコプロダクツ、エコファクトリー、省エネシステムをテーマに紹介を行う¹⁾。



図1 CO₂削減の取組みテーマ

2. エコプロダクト¹⁾

当社は、製品の設計・開発から製品のライフサイクルとしての環境負荷の低減を進めている。また、製品アセスメントにより、省資源（小型・軽量）、長寿命、省エネルギー、安全性、梱包材の種類と量および廃棄方法などの観点から、製品の環境への影響を評価し、環境に配慮した製品の開発を進めている。

図2にCO₂排出量削減に対する方針を示す。

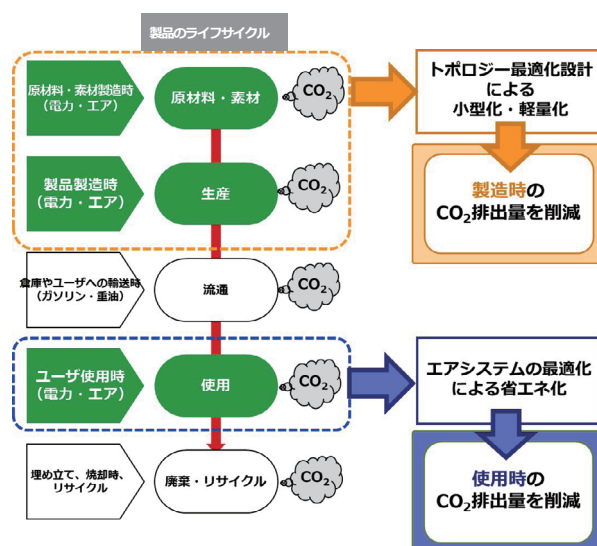
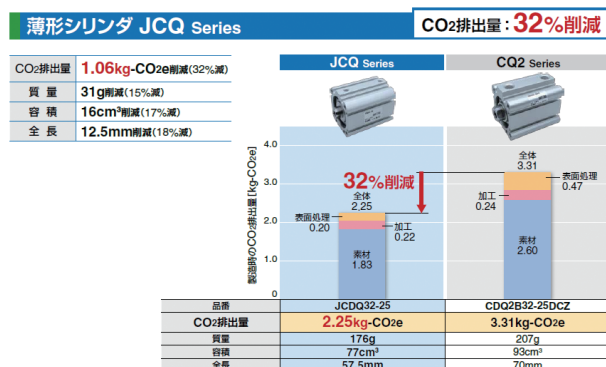


図2 カーボンフットプリントによる製品のCO₂排出量削減の方針

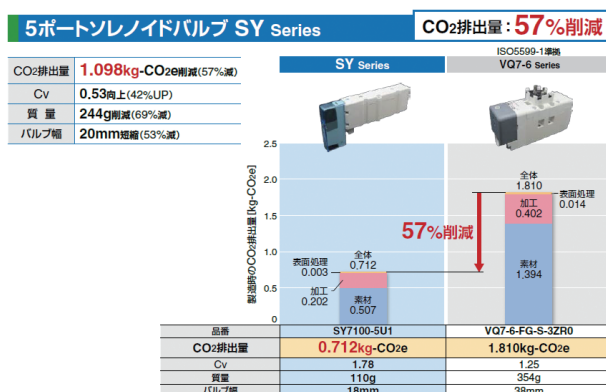
当社の製品は、トポロジー最適化設計により小型化、軽量化を実現し、製造時におけるCO₂排出量を大幅に削減している。製品の小型化、軽量化は、CO₂排出量削減だけではなく、お客様の装置の小型／軽量化、工場内スペースの有効活用、タクトタイムの向上による生産性向上に貢献している。ここで、トポロジー最適化（topology optimization）とは、数学的・力学的根拠にもとづき、構造物の最適な形状と形態を求める方法論である。

薄形シリンダの製造時のCO₂排出量削減事例を図3に示す。コンパクト製品は、従来製品と比較し、幅、高さ、全長を大幅に短縮し、CO₂排出量を32%

図3 薄形シリンダの製造時のCO₂排出量削減事例

減の1.06kg-CO₂e削減できる。

5ポートソレノイドバルブの製造時のCO₂排出量削減事例を図4に示す。当社のバルブは、ISO規格に準拠したバルブと比較し、CO₂排出量を57%減の1.098kg-CO₂e削減できる。

図4 5ポートソレノイドバルブの製造時のCO₂排出量削減事例

無線システムは、無線により通信を行うため、有線システムと比較し、通信線のケーブルを削減できる。さらに、通信線のケーブルが不要になるため、配線工数・スペース・コスト削減、断線リスク低減になる。無線システムと有線システムの構成例を図5に示す。

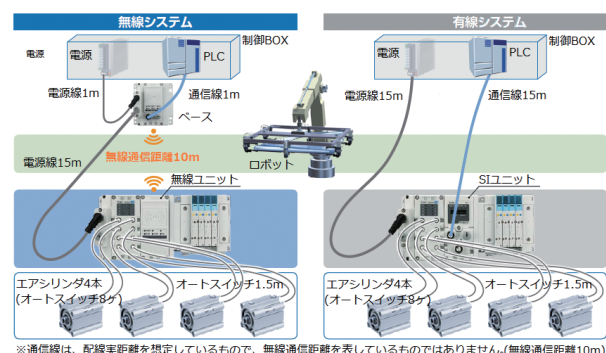
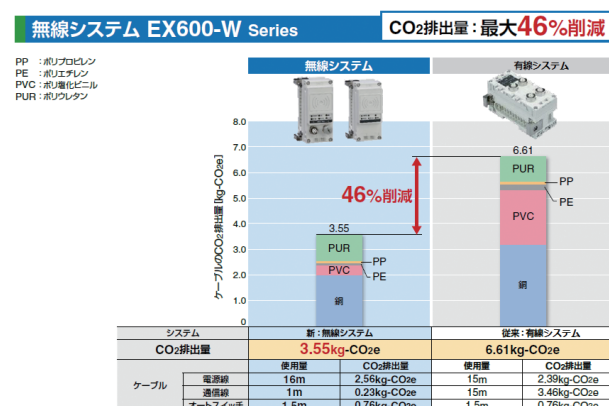


図5 無線システムと有線システムの構成例

無線システムのCO₂排出量削減事例を図6に示す。無線システムは、有線システムと比較し、通信線のケーブルを削減することよりのCO₂排出量を46%減の3.06kg-CO₂e削減できる。

図6 無線システムと有線システムのケーブルのCO₂排出量削減事例

3. 省エネシステム²⁾

当社では、新製品は、従来製品よりも省エネルギー性能の優れた製品開発を行い、使用時における空気消費量および消費電力の削減を行っている。このような製品を使用することにより、お客様の工場における使用時のCO₂排出量削減に貢献している。

・中間サイズエアシリンダ

中間サイズを設定したエアシリンダの最適サイズ選定による空気消費量の削減例を図7に示す。通常エアシリンダのサイズバリエーションに中間サイズを設定することにより細かなサイズが選定できる。例では、φ80に対して必要な出力に近いφ67のサ



図7 中間サイズによるエアシリンダの空気消費量削減例

イズが選定でき、空気消費量を29%削減できる。

・省エネエジェクタ

省エネエジェクタによる空気消費量削減の例を図8に示す。真空エジェクタの真空ポートの圧力が設定真空圧到達時に圧力スイッチで供給エアをカットする省エネ機能を設け、空気消費量を90%削減でき、さらに、真空エジェクタの効率化により空気消費量を30%削減できる。全体で、空気消費量を93%削減できる。

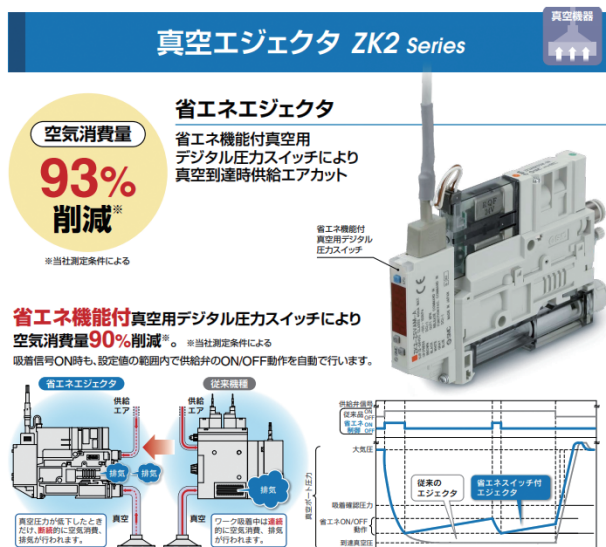


図8 省エネエジェクタによる空気消費量削減例

・ソレノイドバルブの節電回路

節電回路によるソレノイドバルブの通電時の消費電力削減例を図9に示す。通電後に節電回路により保持時のむだな電力を削減することにより消費電力を低減できる。これにより、節電回路付のバルブ

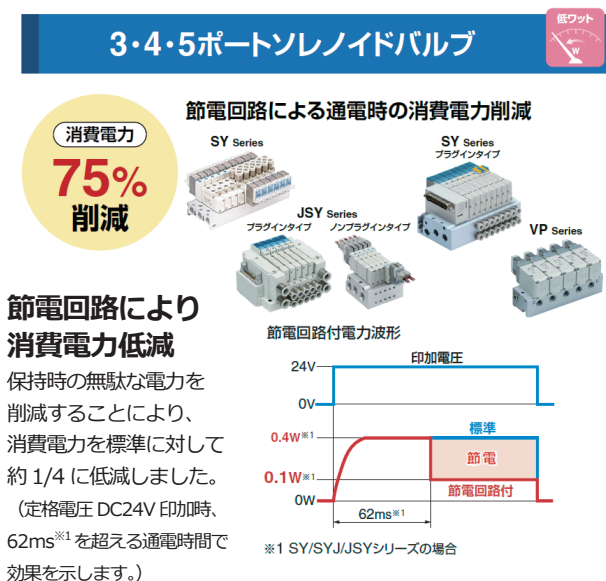


図9 節電回路による通電時の消費電力削減例

は、標準のバルブと比較して、消費電力を約1/4に低減し、75%削減できる。

・インパクトブローガン

インパクトブローガンの使用時の空気消費量削減事例を図10に示す。インパクトブローガンは、高いピーク圧と衝撃力を持ち、同仕事において従来製品と比較し、空気消費量を87%削減でき、さらに、作業時間も削減できる。



図10 インパクトブローガンの使用時の空気消費量削減事例

4. エコファクトリー¹⁾

当社は、1998年から環境マネジメントの国際規格であるISO14001を導入し、工場における環境・省エネルギーの組織的な取り組みを開始し、翌1999年にこの規格を取得した。

・エネルギー消費量・CO₂排出量

事業活動におけるCO₂の最大の発生原因である電力の使用によるものであり、当社は、地道な節電努力の積み上げによりCO₂の排出削減をめざしている。CO₂排出削減状況を図11に示す。1998年度比で約50%までCO₂の排出を削減している。

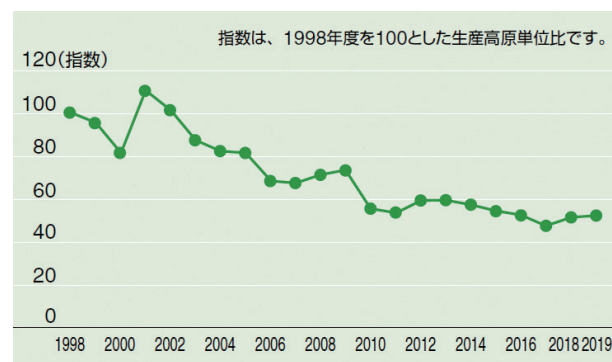


図11 CO₂排出削減状況

・化学物質の適正管理

温暖化係数の低い代替フロンへの切り換えや、化学物質の使用量削減（蒸発防止、持出防止、再利用）に取り組んでいる。化学物質使用状況を図12に示す。2017年度から化学物質の使用量は減少傾向になっている。



図12 化学物質使用状況

・産業廃棄物削減

廃棄物の分別を徹底し、3R（リデュース：排出量削減，リユース：再使用，リサイクル：再資源化）を推進している。使用しなくなったPC、プリンタなどはリサイクル業者へ有価物として売却し、処理費用の削減も図っている。廃棄物排出削減状況を図13に示す。2002年度比で約50%まで廃棄物の排出量を削減している。

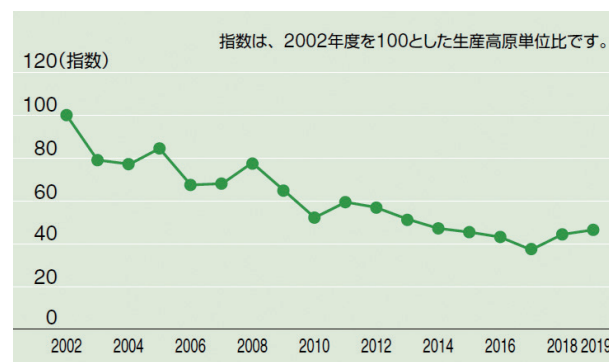


図13 廃棄物排出削減状況

・マテリアルバランス

当社では、製品の設計開発・製造などにとともう資源・エネルギーの消費などにより、環境に与える負荷を把握している。事業活動のインプットおよびアウトプットを図14に示す。

・グリーン調達

当社は、地球環境の保全が人類共通の課題であり、経営上も配慮すべき事項と認識し、“次世代に持続可能な地球環境を引き渡すことができるよう、あらゆる産業分野のオートメーションに貢献する空気圧

技術を通し、保全活動に取り組む”ことを基本理念として、環境負荷を継続的に低減するために、環境にやさしい製品を開発、提供する。その一環として、設計・開発・生産過程で調達する製品、原材料、部品、半製品、副資材、梱包材などについて、グリーン調達を実施している。



※1：生産活動CO₂は、エネルギー使用に伴うCO₂排出量

※2：リサイクルは、有価物として排出しマテリアル、サーマルとしてリユース・リサイクルされる量

図14 事業活動のインプットおよびアウトプット

5. おわりに

当社のCO₂削減の取組みを紹介した。オートメーションを支える自動制御機器の総合メーカーとして、今後もエコプロダクツ、エコファクトリー、省エネシステムをテーマに持続可能な社会の実現に向けて、環境に配慮した製品の開発と省エネシステムの提案でお客様の工場におけるCO₂排出量削減へ貢献したいと考える。

参考文献

- 1) SMCパンフレット：Sustainable Management of CO₂—CO₂削減の取組み
- 2) SMCパンフレット：省エネシステムのご提案

(原稿受付：2022年6月22日)

解説

フルードパワーのカーボンニュートラルへの挑戦

著者紹介



かざ ま とし はる
風 間 俊 治

室蘭工業大学大学院
〒050-8585 北海道室蘭市水元町27-1
E-mail: kazama@mmm.muroran-it.ac.jp

1988年 横浜国立大学大学院修了。2005年 室蘭工業大学教授。現在に至る。フルードパワーを中心に、トライボロジー、キャビテーション、設計工学などの教育研究に従事。日本フルードパワーシステム学会、日本機械学会、日本トライボロジー学会等の会員。博士（工学）。

1. はじめに

カーボンニュートラルとは「温室効果ガスの排出量と吸収量を均衡させること」とされる。2050年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロとする目標（二酸化炭素をはじめとする温室効果ガスの排出量から、植林、森林管理などによる吸収量を差し引いて、合計を実質的にゼロにする）が掲げられた（図1）¹⁾。この背景には、地球規模の喫緊の課題に位置づけられる気候変動問題が横たわっている。2015年のパリ協定の「世界的な平均気温上昇を産業革命以前に比べて2℃より十分低く保つとともに、1.5℃に抑える努力を追求すること（2℃目標）」（図2）²⁾ならびに「今世紀後半に、温室効果ガスの人為的な発生源による排出量と吸収源による除去量との間の均衡を達成すること」の採択により、具体的な数値目標が定められた。現在、わが国の関連法令としては「地球温暖化対策の推進に関する法律」や「エネルギーの使用の合理化等に関する法律」があり、いずれも改正された後、2022年4月1日に施行された³⁾。

その経緯を足早に概観してみよう。大きな要因のひとつとしては、18世紀の産業革命による大量生産・消費と環境汚染に端を発するとされている。産業革命以降、先進国を中心に生活は豊かになったが、20世紀に入ると隠れた側面が取り沙汰されてきた。1962年に「沈黙の春」⁴⁾が発刊され、環境破壊に警鐘を鳴らした。翌年の1963年には「宇宙船地球号」

の観点⁵⁾が再認識された。そして1972年の「成長の限界」⁶⁾により環境・資源・人口問題が大きく世に問われた。さらに、1988年のIPCC（気候変動に関する政府間パネル）の設立⁷⁾、1997年のCOP3（地球温暖化防止京都会議）の開催などをへて、上述の、2015年のCOP21における世界共通の長期目標について言及もなされた⁸⁾。

地球の加速的な温暖化ならびにその影響は、次々と明らかになっている。たとえば、大気や海洋の平均気温の上昇、南極や北極の氷および山岳氷河などの減少、平均海面水位の上昇等が世界各地で観測されている。実際に、1902～2010年の世界平均海面水位は0.16mも上昇した。また、最近50年の気温上昇は、過去100年の上昇速度の約2倍に相当しているといわれており、今後、平均気温が1℃上がると国内の猛暑日は1.8倍になるとの予測もある⁹⁾。

本解説では、フルードパワー機器ならびにシステムに軸足を置いて、省エネルギーや効率化に対するこれまでの取り組みなどを交えながら、カーボン

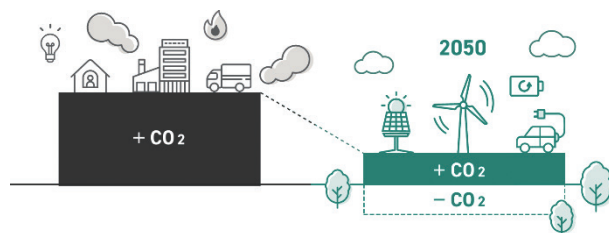


図1 カーボンニュートラル説明図

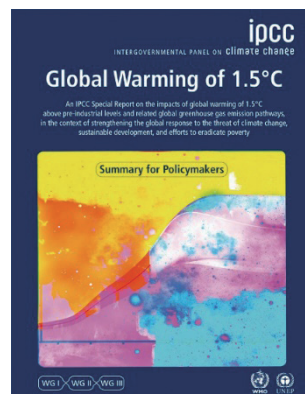


図2 1.5℃特別報告書

ニュートラル（カーボンネットゼロ）への今後の向き合い方などについて述べてみたい。

2. 学会および工業会の動き

日本フルードパワーシステム学会（前身の日本油空圧協会ならびに日本油空圧学会を含む）では、1970年の設立以来、定期的に発行している学会誌において、都度、時流に乗った特集号を組んでいる。脱炭素化の先駆けともなるキーワードとしては、効率化、省資源・省エネルギー、環境調和などが思い浮かぶ。これらの用語を拠り所として少し時代を遡ってみると、つぎのような特集号が目に残る（各号の記事タイトルは附録を参照）。

1978年の緑陰特集号においては、パワーショベル、コンプレッサ、油圧装置の省エネルギーが取り上げられた¹⁰⁾。1993年になると自動車や建設機械の技術的な環境対応として、燃費改善や回生システムなどが解説された¹¹⁾。1996年には、空気圧システムについて圧縮機から各機器までの省エネルギー化について議論された¹²⁾。2006年を迎えると京都議定書を踏まえつつ、作動油やバルブから油圧ユニットやインバータ制御などを含む、油圧と空気圧の両システムの省エネルギー対応が論じられた¹³⁾。2011年¹⁴⁾ならびに2012年¹⁵⁾には、生分解性や電動式、リユースや減容、圧力源や配管などのテーマが、水圧も絡めて紹介された。直近の2020年の特集号では、フルードパワーの要素や機器からシステム全体を包括する視点で効率向上が論じられた¹⁶⁾。

日本フルードパワー工業会においても、省エネルギーや環境に関するテーマは機関誌等で数多く取り上げられてきた。たとえば、創立60周年記念特集号¹⁷⁾では、油圧、空気圧、水圧の各産業・技術分野における課題や対策、動向や事例がくまなく紹介されている。

3. フルードパワーシステムの脱炭素化

3.1 効率とLCA

フルードパワーの温室効果ガス（GHG：Greenhouse Gas）への方策を考えた場合、機器自体での直接的な吸収量の獲得（いわば、バイオマス発電や海洋吸収などによるネガティブエミッション）は想定しがたく、現状では排出量の削減を推進する道をたどることになる（その点ではカーボンニュートラルは究極の目的であり、低炭素化が当面の目標におかれると筆者は考える）。ここでは、機器やシステムの動作時や作業時のエネルギー、つまり効率の視座と機器の製造からシステムの運転、さらに廃棄に至る一連の流れの中での、つまりLCA（Life Cycle Assessment）の視座のふたつ

に大別して考えてみたい。

3.2 省エネルギー化への取り組み

まずはLCAの中の、使用・運転時に生じる環境負荷に焦点を当てることとして、フルードパワーシステムの省エネルギー対策に着目する。しかしながら、油圧（水圧）あるいは空気圧のいずれかのシステムに絞り込んでも、機器や回路、動作や条件は多種多様であり、対応策の完全な統一を図ることは不可能に近い。そこで、フルードパワーを備える機械システムを大きくくりにとらえて、図3に示すような概念図で考える。同図において流体が関与する損失を検討すべき機器や部分は、機械的エネルギーから流体へのエネルギーの変換を司るポンプや圧縮機、伝達媒体である作動液や空気の流れる管路部、流れの制御をになうバルブ、流体のエネルギーから機械的エネルギーへの再変換を司るアクチュエータ、加えて、温度やコンタミネントの管理をはじめとする流体の調質などを受け持つ補器類となる。

ところが、フルードパワーシステムの効率が議論される際には、その前後を含めた、すなわち、電動機を含む原動機への入力から負荷への出力までに至る、系全体で評価される場合も少なくない。当然のことながら、その効率は系の構成や運転の諸条件に大きく左右されるとともに、フルードパワーシステム単体の場合に比して大幅に低下する。一般論として数値を正確に挙げることはきわめてむずかしいが、たとえば、油圧システムの有効エネルギーは、系への入力の60%～40%程度¹⁸⁾などといわれている。また、発電所やディーゼルエンジンの発熱エネルギーが負荷に伝達されるエネルギーは、油圧で10%程度¹⁹⁾、空気圧で1～2%との見方²⁰⁾もある。

もう少し具体的な事例を見てみよう。油圧ショベルの掘削作業時のシステム効率について計測した結果によれば（図4）²¹⁾、有効出力と損失は約半々であり、配管系の損失の合計は、その約8割に達している。また、油圧ショベルの掘削作業1サイクルに

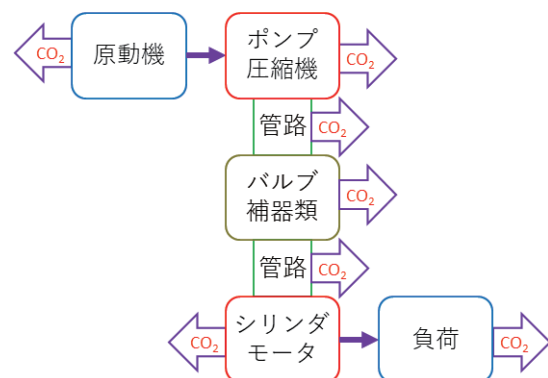


図3 フルードパワーシステムの概念図

対するシミュレーション結果を図5²²⁾に示す(縦軸は損失動力を表している)。各損失は動作に強く依存しており、かつ大幅に変動していることがわかる。あわせて、配管損失が無視しえない割合を占めることも読み取れる。

ここで、フルードパワーシステムの省エネルギー化を、ふたつの視点でとらえてみたい。ひとつは必要とするエネルギーのみをシステムに供給して利用するアプローチであり、もうひとつはシステムを構成する機器や要素(流路やしゅう動部)に生じる損失をできる限り抑制するアプローチである。

前者については、負荷に応じて必要なエネルギーのみを外部から投入する方法に加えて、アキュムレータ等を利用して、回路内で生じる不要なエネルギーの再利用や余剰分の蓄積、または回生による方法も含まれる。例として、油圧に関しては、バルブ制御ではなくポンプ制御に切り換えて²³⁾、あるいは併用して、さらには回転速度制御とすることで、制御流れ等に基因するむだを抑えて効率の向上を図る手段である。さらに踏み込んで、ポンプ、アクチュエータ、バルブ、配管のみならず、原動機側や制御回路に生じる損失対策を施すことや相対的に大きくはないものの有効活用はされていないアイドリングや待機時の使用動力や電力を抑えることにより、一層の向上が望める。このような観点から、電動機一体型のインバータ制御による小型化と省エネルギー化を同時に満たす製品化²⁴⁾やエンジンと油圧ポンプを合わせて制御する建設機械に対する試み²⁵⁾などが行われている。なお、ポンプ側での制御とした場合、バルブによる流体制御に比較して多少の応答性は犠牲になる。

後者について、機器のしゅう動部²⁶⁾であれば、その一案はすきまを小さくして漏れを抑えつつ、吸着膜や表面改質などにより摩擦や焼き付き対策を施して、同時に摩擦も低減させることが不可欠である。なお、摩擦は回収不可能なエネルギーに位置づけられることから、トライボロジーの立場から、特に自動車については、摩擦低減にもとづく効果に関する精緻な見積りがなされている²⁷⁾。このアプローチは、油圧機器についても参考になる。管路²⁸⁾については、管路断面積が変化する領域の流れに注意しつつ、管径を大きくとり流速を抑えることで、基本的には流動にともなう管摩擦による損失を低減させることができる。加えて、油圧機器への対策²⁹⁾としては、静圧軸受機構の積極的な採用³⁰⁾などもありうる。また、ピストンポンプの型式について、特に低粘度作動油を用いる場合、斜板式よりも斜軸式の方が効率が高い結果が得られている。これは、管路対

策による損失削減効果との相乗効果も期待できる。一般論的な議論はむずかしいが、その一例として、油圧ポンプの効率に関しては文献31, 32を参照願いたい。

作動液の観点では、水道水³³⁾の利用にもとづく水圧システム³⁴⁾が注目される。作動油に対しては、現存の油圧システムの利点を生かすべく、省エネルギー型の作動油³⁵⁾が開発されている。その基本的なコンセプトは、低摩擦、低粘度、高粘度指数である。摩擦調整剤等により境界摩擦特性を向上させて低粘度基油により流動摩擦損失を低減させるとともに、粘度指数向上剤等によりアイドリング時間を短縮させることで、時間軸を含めた全体の効率を高められる³⁶⁾。ただし、極圧性と酸化安定性の両立は困難とされることから、添加剤の配合に工夫を要する。なお、1973年の第1次オイルショックを機に、高含水作動液(HWBF/HWCF: High Water Based/Content Fluid)の研究開発³⁷⁾が進んだが、これは資源の枯渇への対応が主題であったといえよう。

他方、空気圧について考える場合³⁸⁾、加工組立などを担うラインなどで使用される割合が大きいと思われることから、生産工場に設備される空気圧システムに注目することは自然であろう。その損失割合の一例を図6³⁹⁾に示す。エアブローは6割を超え、漏れも2割を占めている。エアブローについては、

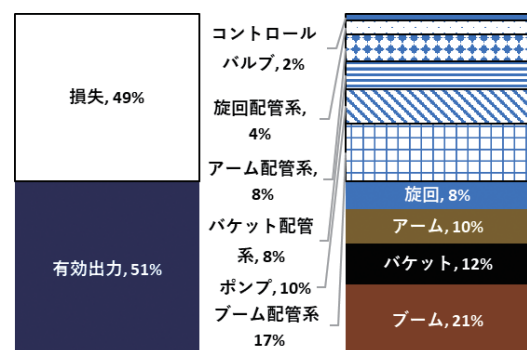


図4 油圧ショベル全体の効率実測結果

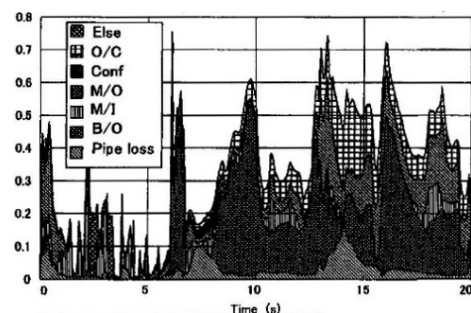


図5 油圧ショベルの効率シミュレーション結果 (O/C: オイルクーラ, Conf: 合流バルブ, M/O: メータアウトバルブ, M/I: メータインバルブ, B/O: ブリードオフバルブ)

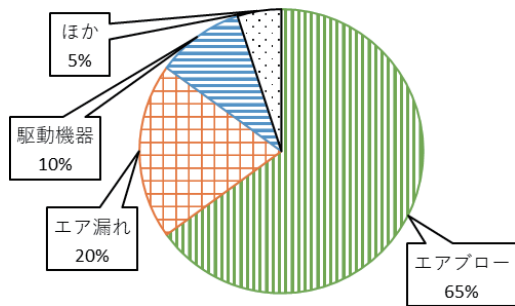


図6 工場における空気の使われ方

間欠式による吐出空気量の削減がひとつとなる⁴⁰⁾。工場で多用される空気圧配管では、漏れの低減、配管のループ化、空気圧タンクの最適設置などの対応がなされている⁴¹⁾。

また、圧縮仕事が損失となることから、圧力を下げて使用する方法も採用されている。ただし、力や動力の低下による動作不良に注意が必要である。

加えて、エアパワーによる評価⁴²⁾ならびにその測定による損失の見える化⁴³⁾や空気の膨張過程のエネルギーを利用する、差動回路にもとづく空気圧シリンダの提案⁴⁴⁾などもある。なお、圧縮機の型式では、スクリー圧縮機の効率が一般に高い。

以上を簡単にまとめる。大雑把にとらえれば、原動機の損失が半分を占める。バルブを含む配管系においても損失は運転条件に強く影響され、かつおおむね大きい。それがゆえに、システム構成面での一層の省エネルギー対応としては、機器ごとの損失削減はもとより、一段と掘り下げて、人工知能（AI：Artificial Intelligence）やモノのインターネット（IoT：Internet of Things）等も活用しつつ、原動機や使用条件のハードとソフトの両面を総合的に加味した最適設計・制御が奏効といえる。配管系の損失は分散系となるために、対応か所は多く、すべてに目は行き届きづらい。保守性や簡便性も念頭に置いた、補器類を含めた最適配管が有効であろう。

3.3 サプライチェーン排出量の視点

地球温暖化対策は、LCAあるいは（カーボンフットプリント⁴⁵⁾がGHGプロトコルのスコープ3として継承された）サプライチェーン排出量の見地でもとらえることが肝要となる。図7にフルードパワーシステムのみならず、幅広い機械システムのLCAに対するイメージをフローで描く。機器やシステムの運転時のみならず、素材の準備から部材の加工、機器の組み立て、装置の据え付け、故障の修理、廃棄の処理までの、輸送や再利用なども含めて、製品のライフサイクルにおけるGHGの削減を考えることになる。その中では、使用の主に上流側における、開発・設計および調達・生産におけるさまざまなロス

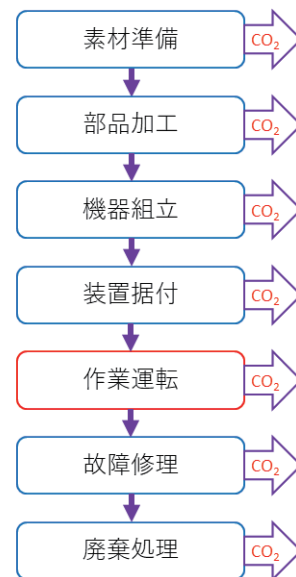


図7 LCAの視点によるイメージ

の削減、ならびに主に下流側における、機器や作動油等のロングライフ化⁴⁶⁾やリサイクル・リユースならびにメンテナンスのしやすさに向けた対応は大きな柱となる。因みに、フルードパワー要素の寿命にかかるおもな因子としては、たとえば、油圧ホースの劣化、空気圧シールの摩耗、作動油の酸化などが挙げられよう。

4. む す び

ヒトは毎日、2,000～3,000 kcalの熱量を含んだ食物と2リットルの水を要する⁴⁷⁾。けれども、現代の生活では、国や地域等による差異は小さくないが、これを遥かに上回る資源とエネルギーを消費するとともに、大量の廃棄物とCO₂を排出している。

これらに対して技術的解決を図ることは人類が負うべき課題であり、とりわけ、先進国に要請されて久しい。その方法は、ローマクラブの報告書においても引用されている、G. Hardinの「人間の価値観や道徳律をほとんどあるいはまったく変えることなく、自然科学上の技術の変化のみを必要とするような解決」⁴⁸⁾になるが、その限界もおぼえる。なお、同書においては、技術進歩として「廃棄物の回収、汚染の防除、不用物を再生利用するための新しい方向」をはじめとした、いくつかの例が挙げられたのち、社会の第一義的な価値や目標の切り替えの必要性が述べられている。

兼好法師は「徒然草」の第55段にて「家のつくりやうは夏をむねとすべし」と記している。江戸時代⁴⁹⁾には、すでに舗装技術がありながら、あえて泥道を残すことで真夏における打ち水の気化冷却効果を利用したようである。温故知新を礎として、先達

の見識に真摯に向き合いつつ、未知のパラドックスを解き進める⁵⁰⁾ことで、エポックメイキングな解決策が見出せると信じている。フルードパワーにおいても、カーボンニュートラルへの取り組みが喫緊の課題であることは明らかである。引用した文献や論点の解釈に筆者の偏りや誤解があることをおそれる。

附録

1978年:増刊「緑陰特集号」[トピックス]

省エネルギーの課題:パワーショベル、コンプレッサ、油圧装置

1993年:特集「自動車・建機の環境対応における油圧技術の現状と将来」

自動車-建機の環境対応と技術開発について

CVTによる燃費改善

電子制御油圧駆動クーリングファンシステムの開発
パワーステアリングの省エネ技術

油圧アクティブサスペンションの省エネ技術

大型バスにおける油圧式エネルギー回生システム

大型バスにおける電気式エネルギー回生システム

パワーショベルの油圧システムと環境対応技術

ホイールローダの油圧システムと環境対応技術

1996年:特集「省エネルギーの視点からみると空気圧システムは？」

建築におけるライフサイクルアセスメントの動向
圧縮機の効率向上はどのように進められているのか
空気冷凍サイクル技術

空気圧システムの省エネルギー

空気圧駆動システムの制御と省エネルギー化

空気圧メーカは省エネルギーについてどのような試みをしてきたか

空気圧機器およびシステムの省エネ対策

空気圧システムは生き残れるか?

2006年:特集「フルードパワーシステムの省エネルギー化技術」

京都議定書とCO₂削減対策

空気圧システムの省エネルギー化における問題と方策

用途特化形インバータモータによる流体の省エネ制御

ハイブリッド形油圧システム

インバータ駆動式省エネ油圧ユニット

圧縮機の省エネルギー

省エネルギー油圧電磁切換弁

空気圧省エネバルブ

省エネルギー油圧サーボ

油圧作動油の省エネルギー化

エアブローのブロワ化ーブロワ化実現への道のりー

2011年:特集「油圧システムと環境調和」

生分解性作動油の動向

環境配慮型油脂の建設機械への応用

油圧作動油による高温高压条件下での省エネルギーへのアプローチ

バッテリー駆動による電動式ショベル

油圧シリンダのリユース

バンパ減容システム

高性能林業機械と環境調和

2012年:特集「未来に向けた省エネルギー技術」

油圧システムの省エネルギー化技術の動向と展望

空気圧の省エネルギー技術と評価

水圧技術の省エネルギー化

油圧作動油の省エネルギー効果の評価方法ー配管
圧力損失の逐次計算法ー

管路損失の低減法

スクリュコンプレッサシステムの最新制御

アキュムレータを用いたアイドリングストップ式

油圧源の省エネルギー

再生可能エネルギーの普及と需要家の参画ー東京
工業大学先進エネルギー国際研究センターの取
組みを事例にー

2020年:特集「トータルシステムの効率向上」

建設機械におけるロードセンシングシステムにつ
いて

油圧ショベル用省エネ油圧システム(3ポンプシ
ステム)

電空ハイブリッド超精密鉛直位置決めステージの
制御

転がり軸受の低トルク化技術

自動車用トランスミッションにおける効率向上シ
ステム

空気圧システムのエネルギー消費の評価

鉄道車両用真空式トイレの省エネルギー

参考文献

- 1) 環境省:脱炭素ポータル, https://ondankataisaku.env.go.jp/carbon_neutral/about/ (アクセス日:2022年4月30日)
- 2) 脇岡靖明:1.5℃特別報告書のポイントと報告内容が示唆するもの, 地球環境研究センターニュース, Vol. 29, No. 10 (2019)
- 3) e-GOV:法令検索, <https://elaws.e-gov.go.jp/> (アクセス日:2022年6月5日)
- 4) R. Carson:沈黙の春, 新潮社, (1974)
- 5) R. Buckminster Fuller:宇宙船地球号操縦マニュアル, 筑摩書房, (2000)
- 6) D. H. Meadows, D. L. Meadows, J. Randers, W. W. Behrens III:成長の限界ーローマ・クラブ「人類の危機」レポート, ダイヤモンド社 (1972)
- 7) 国土交通省気象庁:気候変動に関する政府間パネル

- (IPCC), <https://www.data.jma.go.jp/cpdinfo/ipcc/index.html> (アクセス日: 2022年4月30日)
- 8) 環境省: 気候変動の国際交渉, <http://www.env.go.jp/earth/ondanka/cop/index.html> (アクセス日: 2022年4月30日)
 - 9) Imada, Y., Watanabe, M., Kawase, H., Shiogama, H., and Arai, M.: The July 2018 High Temperature Event in Japan Could Not Have Happened without Human-Induced Global Warming, Vol. 15A, SOLA, p. 8-12 (2019)
 - 10) 増刊「緑陰特集号」, 油圧と空気圧, 9-5 (1978)
 - 11) 特集「自動車・建機の実環境対応における油圧技術の現状と将来」, 油圧と空気圧, 24-6 (1993)
 - 12) 特集「省エネルギーの視点からみると空気圧システムは?」, 油圧と空気圧, 27-3 (1996)
 - 13) 特集「フルードパワーシステムの省エネルギー化技術」, フルードパワーシステム, 37-3 (2006)
 - 14) 特集「油圧システムと環境調和」, フルードパワーシステム, 42-3 (2011)
 - 15) 特集「未来に向けた省エネルギー技術」, フルードパワーシステム, 43-4 (2012)
 - 16) 特集「トータルシステムの効率向上」, フルードパワーシステム, 51-6 (2020)
 - 17) 日本フルードパワー工業会創立60周年記念特集号, フルードパワー, Vol. 30, No. 2 (2016)
 - 18) 西本栄司: HWBFを用いる油圧システムの現状と問題点, 日石レビュー, Vol. 24, No. 4, p. 181-188 (1982)
 - 19) 岡部信也: 油圧ショベル大全, 日本工業出版, (2007)
 - 20) 日比昭: 省エネルギー雑感, 油圧と空気圧, Vol. 26, No. 1, p. 26-27 (1995)
 - 21) 杉山玄六: 建設機械の油圧システムと省エネルギー, トライボロジスト, Vol. 51, No. 5, p. 371-376 (2006)
 - 22) 今西悦二郎, 南条孝夫, 広岡栄子, 井上喜雄: 油圧駆動による柔軟リンクシステムの動的シミュレーション, 日本機械学会論文集, C編, Vol. 69, No. 685, p. 2336-2343 (2003)
 - 23) 眞田一志: 環境面を考慮した最新油圧技術, 計測と制御, Vol. 54, No. 9, p. 627-632 (2015)
 - 24) 木原和幸: 油圧機器・システムの省エネ設計, 機械設計, Vol. 54, No. 12, p. 20-28 (2010)
 - 25) Murrenhoff, H., Sgro, S., and Vukovic, M.: An Overview of Energy Saving Architectures for Mobile Applications, The 9th International Fluid Power Conference, (2014)
 - 26) 風間俊治: すきま流れの理論と液圧機器のトライボロジー, フルードパワーシステム, Vol. 39, No. 2, p. 103-106 (2008)
 - 27) Holmberg, K., Andersson, P., and Erdemir, A.: Global Energy Consumption due to Friction in Passenger Cars, Tribology International, Vol. 47, p. 221-234 (2012)
 - 28) Kazama, T.: Transmitted Power of Piping and Wiring in Hydraulic, Pneumatic, and Electric Drive Systems (Considerations for Loss in Pipes and Wires), JFPS International Journal of Fluid Power System, Vol. 13, Issue 2, p. 9-16 (2020)
 - 29) 上原一男: 油圧システムの省エネルギー総論, 油圧と空気圧, Vol. 14, No. 3, p. 191-196 (1983)
 - 30) 喜多康雄: より省エネルギーの液圧駆動を目指して, 油圧と空気圧, Vol. 26, No. 3, p. 250-252 (1995)
 - 31) 山口惇: 油圧機器の潤滑, 潤滑, Vol. 31, No. 10, p. 685-690 (1986)
 - 32) 風間俊治: 油圧ポンプ素描, フルードパワーシステム, Vol. 50, No. 1, p. 7-12 (2019)
 - 33) 山口惇: 水圧システムの挑戦, フルードパワーシステム, Vol. 29, No. 7, p. 592-596 (1998)
 - 34) Trostmann, E.: Water Hydraulics Control Technology, Dekker (2019)
 - 35) 置塩直史: 油圧作動油による省エネルギー技術, トライボロジスト, Vol. 59, No. 7, p. 400-406 (2014)
 - 36) 風間俊治: 省エネルギー化を狙う油圧作動油の技術動向—油圧システムの基本特徴を踏まえて—, トライボロジスト, Vol. 65, No. 2, p. 81-86 (2020)
 - 37) 石原智男: 「高濃度含水作動油の油圧機器への適用」調査報告, 科学研究費総合研究B, (1981)
 - 38) 高橋隆通: 空気圧システムの省エネルギー, 油圧と空気圧, Vol. 27, No. 3, p. 362-365 (1996)
 - 39) 森口翔太: エア消費を半減するパルスブロー製品, フルードパワーシステム, Vol. 53, No. 3, p. 109-111 (2022)
 - 40) 小根山尚武: 配管の圧力降下と圧送損失, 省エネルギー, Vol. 50, No. 3, p. 78-85 (1998)
 - 41) 高松信夫: 空気圧システムの省エネを考える, 空気省エネの概要, フルードパワー, Vol. 31, No. 2, p. 64-66 (2017)
 - 42) 蔡茂林, 藤田壽憲, 香川利春: 空気圧駆動システムにおけるエネルギー消費とその評価, 日本油空圧学会論文集, Vol. 32, No. 5, p. 118-123 (2001)
 - 43) 加藤友規, 山本円朗, 小林敏也: エアパワーメータを活用した空気圧システムの省エネルギー化, フルードパワーシステム, Vol. 47, No. 2, p. 65-67 (2016)
 - 44) 北川能: 空気消費量が半減する空気圧シリンダ“DCA”, フルードパワー, Vol. 36, No. 2 (2022)
 - 45) 石塚明克: カーボンフットプリントの最近の動向(国内の制度等), 日本LCA学会誌, Vol. 6, No. 3, p. 168-173 (2010)
 - 46) 北川泰章: IFPEX2021 出展社ワークショップ「カーボンニュートラル実現に向け空圧機器が貢献できること」, フルードパワーシステム, Vol. 53, No. 1, p. 30-32 (2022)
 - 47) 内嶋善兵衛: 地球温暖化の植物生態系への影響予測, 日本機械学会誌, Vol. 98, No. 917, p. 251-253 (1995)
 - 48) Hardin, G.: The Tragedy of the Commons, Science, Vol. 162, No. 3859, p. 1243-1248 (1968)
 - 49) 江戸の暮らしに学ぶ, 新しい循環型社会の在り方, SAFE, Vol. 86, p. 5-9 (2010)
 - 50) 風間俊治: パラドックス, Tea Time, フルードパワー, Vol. 28, No. 4, p. 62 (2014)

(原稿受付: 2022年6月10日)

トピックス

学生さんへ，先輩が語る —他分野から空気圧機器メーカーに勤めて—

著者紹介



え が わ ち あ き
江川 千晶

株式会社コガネイ
〒184-8533 東京都小金井市緑町 3-11-28
E-mail: egawa@koganei.co.jp

2016年山形大学理学部物質生命化学科を卒業，同年株式会社コガネイに入社，現在は開発本部駆動開発部に所属し，エアフィルタを主とする設計開発業務に従事。

1. はじめに

1.1 自己紹介

私が大学で学んできた分野は化学であり，入社するまで機械分野や加工分野に触れたことがなかった。大学での学びの中で 実在するものを作る仕事に関心を持ち，就職活動で環境に配慮したエネルギーのひとつとして空気圧を知り，株式会社コガネイへ入社した。入社当時より調質機器（エアフィルタ，レギュレータ等）の設計・開発に携わり，現在は圧縮空気内の異物等を除去するエアフィルタの開発を主に行っている。



図1 調質機器の一例

1.2 企業紹介

株式会社コガネイは空気圧機器総合メーカーであり，生産工程の自動化・省力化を通して広く「モノづくり」を支えている。近年は空気圧製品だけでなく，電動製品やロボット用ハンドリング製品，また空気圧製品・電動製品を組み合わせたシステム製品

での提案を通して，よりニーズへ応えるべく邁進している。

1.3 職場紹介

弊社の開発拠点は本社（東京都小金井市）および駒ヶ根事業所（長野県駒ヶ根市）にあり，入社から現在まで本社に勤務している。本社の見どころとしては，敷地内にある立派な桜の木を挙げたい。小金井市は桜の名所として有名な小金井公園もあり，毎年春になるとお花見を楽しみにしている。生産の主要拠点は駒ヶ根事業所であるが，本社でも一部製品の生産を行っている。



図2 本社外観



図3 駒ヶ根事業所外観

2. 学生時代を振り返って

2.1 学生時代について

大学では専門分野の他、選択として専門外も学ぶことが出来たため、認知心理学や博物館学等、興味を持ったものを学んでいた。専門では化学実験を2年間実施し、無機化学、有機化学、生化学等の基礎実験を学んだ。化学実験では、実験手順や計量、器具の洗浄具合によって結果が大きく変わってしまうことも多い。よってきちんとした手順で実行すること、器具の使用方法を学ぶことの大切さを痛感した。また化学の中でも分析化学は、物質を分析するためのさまざまな分析方法の原理を学ぶ学問であり、当時に学んだ赤外分光法、X線回析といった分析は現在も評価や調査で使用している。

一方で、学生時代では高校程ではないが答えのある物事に触れることが多く、選択肢が複数存在する中で自ら判断するという場面が少なかったと今、振り返ると思う。社会人になり、開発業務の中で答えがあることはあまりなく、データと理論を踏まえて決定する必要があるため、分析力や判断力が課題だと感じた。

2.2 学生時代にしておいた方がよいこと

よく耳にする話ではあるだろうが、学生のころにしたいこと、興味のあることには積極的に取り組み、さまざまな経験を積んでほしい。社会人になると一週間、一日の中で自由にできる時間が限られる。そのためまとまった時間を作り、長くひとつのことをすることがむずかしくなるのが実情である。学生生活では専攻分野の勉強が中心となっているだろうが、空いた時間で専攻外の分野を学ぶ、課外活動やアルバイトに打ち込む、長期の旅行等何か決めて取り組むと良いと思う。自分で決めて取り組んだ経験は、どんな結果であっても後の人生への財産となる。学生生活の中でこれからの人生を豊かにする種を見つけてもらえればと思う。そして社会人になっても業務に関わらず新しいことに取り組む機会が多い。そんな折、少しでも知っていることであれば自らきっかけを見つけ、取り組んでいきやすいだろう。

3. 社会人の仕事紹介とやりがい

3.1 仕事内容紹介

入社直後の3ヶ月間は、社内研修があり空気圧機器の基礎を座学や実習を通し学び、工場で実際の製品組立を経験した。初めて学ぶことばかりで、とにかく内容を理解し覚えていくことに必死であった。その後調質機器の開発グループに配属され、製品の評価試験や製図、設計業務をこなしながら学んで

いった。図面の書き方や加工方法等、機械分野出身者ならすでに理解していることに対して一からのスタートであり、OJTを通し少しずつ学んでいった。さらに現在はCAEを使用した設計も実施しており、実製品の強度結果と解析結果を刷り合わせることでより精度の高い設計ができるように努めている。

空気圧機器は空気をエネルギーとし、一般的には力学によって作動を表すことができる。ただし、エアフィルタで利用しているろ過原理や物質の特性は化学的現象も複合する。現在私が携わっている調質機器においては、化学の知識を活用できているように感じる。

私はこれまでに、調質機器の製品開発に携わってきた。開発業務とは製品を新規設計し発売することを思い浮かべると思うが、時として既存製品を選びやすく、使いやすく整備することも開発のひとつであると考え。まず製品は使用されてこそのものである。つまり製品自体の魅力をお客様に届けるため、製品を知ってもらい、選びたくする工夫が必要になる。それにはお客様の求めている性能を満たしつつ、製品の構成内容や利便性、メンテナンス性等を整備し、利点を作ることが重要である。したがって、新規設計品、既存製品のどちらでも受け取り手を考えた開発が大切と考えている。

3.2 仕事で心がけていること

まず「連絡をよく取ること」である。ひとつの製品が出来るまでには多くの部門が関わっており、互いに協力し合って完成する。開発業務とは製品の構想を社内でも共有し、製品の製造方法、品質基準を決定し、製品が世に出るところまでに携わるものである。誰も知らないことを伝えるため、伝えたいことや理解してほしいことを食い違ひなく伝える必要がある。そのため、お互いにどの程度共有できているかを、都度自ら確認するようにしている。また確認する際は、文面のみでのやり取りだけにならないよう、電話や打ち合わせ等も組み合わせている。

次に「ちょうどいい加減」をめざすことである。例として製品開発を挙げる。製品の目標仕様を満たすために、構成部品の精度を上げ、性能を上げていくことは一定のコストをかければできる。しかしお客様の求める製品仕様を満たしていても、価格が合わなければ選択肢に入らない。よって性能と製造コストのバランスを考慮しつつ、適切な答えを見極めなければならない。同様に、その他の業務においても目的に合わせたバランスを考えることは大切であると思う。私自身、適切な加減を日々模索しているところである。

3.3 仕事で使うおすすめの道具

テレワークの導入を含め、ペーパーレス化が進んでいる中あまり参考にならないかもしれないが、インデックスとしても使えるプラスチック製クリップをおすすめしたい。仕事でクリップと言えば、基本ゼムクリップ、枚数が多い場合はダブルクリップを使用している。しかしゼムクリップは点での固定であり、書類を重ねた時に外れてしまうことが多く、書類を取りまとめる用途では使いにくいと感じていた。このプラスチック製クリップは書類を約20枚挟むことができ、固定部が広いので書類がずれにくい。さらにインデックス機能もあり、油性ペンで要件をメモしておけるため、用途別に整理しやすい。研究を進める中で、ファイルから取り外して使う資料や論文等文献の取りまとめにも活用できるのではないだろうか。



図4 プラスチック製クリップ

3.4 ライフワークバランスのとり方

仕事は、計画に沿って業務を進めていくが、時として突発的な業務が入ってくることもある。またデスクワークは勿論のこと、評価試験の実施等、頭と体のどちらの体力も必要とされる。新社会人のころから、先輩にオンオフを切り替えることが大切と聞いていたが、忙しい時ほどメリハリをつけ、しっかり休むことが大切だと感じている。私は日頃から疲れが溜まったと感じたとき、ゆっくりと入浴するようにしている。季節を問わず、体をしっかり温めると次の日まで疲労が残りにくいと感じている。

そして土日は基本的に休みであるため、どちらか一日は外出するようにしている。最近は都内の公園や庭園に足を運び、散歩しながら季節の植物を眺め、写真を撮って過ごすことが多い。平日は会社と家との往復になりがちであるため、休日は違う場所に行



図5 公園での写真



図6 公園での写真

き気分転換をするようにしている。それから自身の趣味だけでなく、友人に誘われるお出かけもまた、新しい楽しみを見つけるきっかけになりおすすめである。

4. 最後 に

ここ数年はコロナウイルスの影響により、生活の形、仕事の形は転換の過渡期を迎えているように思う。思うような学生生活を過ごせていない方も多いかもしれない。むずかしい環境ではあるが、その中でも興味を持ったことや熱中できることには積極的に取り組んでほしい。社会人として働くことというのは、学生時代には想像しにくいかもしれないが、学生時代の学びや遊びはまちががなく土台になる。本稿がこれから社会に出て働くことを思い描く際の一助になれば幸いである。

(原稿受付：2022年6月6日)

トピックス

笑顔で活躍—お仕事フルードパワー便— —理系進学を選択して—

著者紹介



さが ら もも こ
相良桃子

慶應義塾大学大学院
〒223-8522 神奈川県横浜市港北区日吉3-14-1
E-mail: sagarapeach@keio.jp

2021年慶應義塾大学理工学部機械工学科卒業、
同大学大学院理工学研究科開放環境科学専攻に
進学し、振動センサを用いてヒトの触感を定量的
に評価する手法について、学部から継続して
研究を行っている。

1. はじめに

「理系の大学院生で機械工学が専門だ」と説明すると、女性なのに珍しいね、と言われることが多い。私自身理系進学を決めた当時、自分が機械工学科を選択して、大学院に進学するとは夢にも思っていなかった。

私の所属していた慶應義塾大学理工学部では学門制を採用しており、入学時には5つの学門からひとつを選び、学部1年間の勉学を通じて自分の興味を絞ったうえで、学部2年進級時に、各学門において進学可能な学科の中から希望学科を選択する。私はこの制度の利点を最大限に活用し、学部2年進級時には入学時に志望していた学科とは異なる機械工学科を選択した。学部4年次には、現在所属する研究室への配属が決定し、同大学大学院理工学研究科に進学した現在まで継続してヒトの触感をセンシングする研究に取り組んでいる。

現在の研究テーマを決定するに至るまでさまざまな選択をしてきたが、本稿では自身が理系進学を決めたきっかけ、志望学科を変更した経緯を中心に理系学生としての学生生活の振り返りを記す。

2. 理系進学のも機

2.1 理系への興味

思い返せば、両親が科学実験教室に通わせてくれたことや、好きな漫画に発明品を次々と生み出す博士が登場していたことが、理系への興味の根源になっていたように思う。小さいころから科学館の展

示を見ることや手を動かしてモノを作ることが好きで、数字に対する嫌悪感もなかった。算数や数学はパズルのような感覚で、正しい答えにたどり着いた瞬間には達成感を覚え、負けず嫌いな自分の性格も相まって、どんどん新しい問題に挑戦したい、すばやく解けるようになりたいと考えていた。学校の授業や受験勉強を通じて、世の中の現象の原理や解を求めるための筋道の立て方を学ぶ理系科目の方が得意であると感じた私は、中学生のころには漠然と理系進学に興味を持ち始めていた。

2.2 学部の選択

年齢を重ね、進路を自分で決定する機会が増えていく中で、自分の進学先とそれに付随した「将来何になりたいか」という質問に対する答えが定まったのは高校生1年生のころだった。当時、医療系分野に強い興味がなく、生物・化学よりも数学・物理の方に興味があったからという曖昧な理由で私は理工学部進学を希望していたが、理工学部に進学して、その先でどのような職業に就きたいのか、大学院に進学したいのか、など具体的な将来については何も考えていない状態であった。

「なぜ他の理系学部ではなく、理工学部を希望するのか、理工学部で何をしたいのか」と当時の担任の先生に質問されたとき、初めて自分の将来について本気で向き合ったのを覚えている。既存の制度や文化について学びを深めるよりも、科学技術や物事の原理について学んで、人々の生活をより豊かにするような製品・サービスを生み出したいと考えた私は、担任の先生の質問に対して「モノを作る仕事に就きたいから理工学部に進学したい」と返事したことを今でも記憶している。あまりに漠然とした返答に、担任の先生も面食らっていたが、学んだ理工系の知識をもとに新たなモノを生み出したい、というシンプルな想いこそ、私が理系を選択した最大の動機であり、就職活動にも通じる自分の一番の軸となっている。

3. 理系大学生としての選択

3.1 機械工学科という選択

前述のとおり、慶應義塾大学では学門制が採用されており、理工学部進学者は入学前にひとつ学門を選択する必要がある。モノを作りたいという想いはあるものの、具体的に何を作りたいのかが定まっていなかった私は、建物の間取り図やさまざまな製品デザインを見ることが好きだったことから建築系や人間工学への興味を強めていたことから機械・システム分野の学門を選択した。当時、私の選択した学門からは機械工学科、システムデザイン工学科、管理工学科、応用化学科に進学が可能であり、建築系の資格を取得することのできるシステムデザイン工学科への進学を検討していた。

しかし、いざ大学の授業を受講すると、どの分野の授業も新鮮に感じられ、大学1年の年度末にはどの学科に進学するか決めきれずにいた。機械工学科では製図の基礎を学ぶことができると知り、興味は抱いていたものの、機械工学科といえば、「車や飛行機が好きな学生が多く、機械油にまみれながらスパナでボルトを締めるような古典的な作業が多い」という勝手な先入観を抱いており、なかなか決断ができなかった。しかし、学科分け説明会で、機械工学科の1人の教授が、「機械工学は目に見えない小さいものからプラントのように大きいものまで、どんなモノを作るのにも必要な学問だ」と説明してくださり、「モノづくりに携わりたい」という自分の軸と合致するのはここしかないと確信した。女子学生が少ないがゆえに、進学先を決めた際には珍しいと言われることも多かったが、何を作りたいのかを絞り込めていなかった自分にとって、物作りの基礎を学ぶことのできる機械工学科の選択は正解であったと思う。

3.2 大学院への進学

自らの学生生活を振り返って、大学院への進学は学科の選択と並んで自分にとって大きな選択であったと思う。特に女性は男性と比較して、学部卒業で就職する割合が高く、進学か就職かを悩む友人も多かったように感じる。そのような中で、私が大学院への進学を決定したのは大きくふたつ理由がある。

ひとつ目に数年をかけて研究活動に専念したいと考えたためである。学部で卒業する場合、研究室にはわずか1年しか在籍できず、学会参加や論文投稿のハードルはぐんと高くなる。そのため、理系に進学したからには論文投稿に挑戦したいと考えていた私に大学院進学は必要な選択であると判断した。事実、学部の1年間だけで初めての研究活動に慣れ、

一定の成果を出し、論文という形で研究内容をまとめ上げることは自分にはむずかしいことであったと感じる。

ふたつ目に新しいモノを作りたいという自分の想いを実現するためには、深い専門性が必要であると感じたためである。研究内容と仕事内容が全く一致することは珍しいと思うが、エンジニアとしてモノ作りに携わっていく中で、何かひとつ自分の武器となるような深い専門性を身につけておくことは、自らの自信につながると考えた。また、学部卒業後に就職するという進路を選択する場合、研究室に配属されていない学部3年生の時期に就職活動を行わなくてはならない。モノづくりに携わると一言にいても、研究職、設計職、生産技術職、生産管理職とその関わり方は多様である。研究活動を経験しない状態で就職活動を行うことは、自分の可能性を狭めることにつながるのではないかと感じた。実際にメーカーの技術職では、大学院生を積極採用することも多い。自分の志望する職種を見極めるため、またその職種に自信を持って就職するためにも、大学院への進学が必要だと感じた。

実際に大学院へ進学をして1年強たつ今、社会人となった文系同期の話を聞いて、学生とは異なる社会人生活という新たな世界への羨ましさを感じることがないというのは嘘になる。しかし、国際会議への参加や企業との共同研究など、大学院に進学してからこそ経験できることも多いと私は思う。特に、大学院へ進学したことにより、研究職への自らの適性を見極めたうえで就職活動をすることができ、職種のミスマッチを防ぐことができたと感じている。

20代の2年間で学生として過ごすか、社会人として過ごすかを決定する、大学院への進学有無は非常にむずかしい決断である。もちろん一度社会人になってから、学生として戻ることは可能であるが、学部生からそのまま進学することよりも体力も精神力も必要なことだと聞いたことがある。自身の経験も踏まえ、アカデミアや企業の研究職を志望していても、技術職を志望する人や研究活動を興味深いと感じる人であれば、大学院への進学を検討してみるべきなのではないかと私は思う。

4. 理系進学してよかったこと

私の主観にはなるが、理系に進学して良かったと感じた点は大きく2点ある。

1点目に、自分の興味を突き詰めることができるという点である。研究室では自分で研究課題を設定し、仮説を立て、実験を行う必要がある。座学の授業とは異なり、一からすべて自分で実行するのは大

変な反面、ある程度の自由を持って自分の興味に自分のアプローチで取り組むことができるという楽しさがある。自分で設計したデバイスが完成した時や自分で記述したプログラムが正しく動作した時の喜びは、研究活動の醍醐味ではないだろうか。2点目に、職業選択の幅を広げることができるという点である。文系学部に進学した場合、一部の職種をのぞいて技術職に就職することは一般的に難しい。その一方で、理系学部を進学したのちに事務職に就職することは可能である。たとえ進路を決定する段階で技術職を志望していなくとも、新製品や新しい技術に興味があるという人であれば、理系への適性があると私は思う。むしろ、私自身のように将来やりたいことが漠然としている人ほど、理系に進学して、自らの興味を模索すべきだ。理系で身につけた専門性や論理的思考力は、たとえ技術職に就職しなくとも必ず社会で役にたつと私は確信している。

5. おわりに

理系女子を指す「リケジョ」という単語を近頃頻繁に耳にする。もちろん日本の理系分野において女性が少ないことは問題であり、今後力を入れて増やしていくべきであると思う。しかし、理系男子のことは「リケダン」と呼称しないのに、理系女子の

ことだけ「リケジョ」という名前でラベリングしてしまうことは、近年薄れつつある「女性が理系に進学することは珍しいこと」という価値観を再燃させるかのようで、いささか疑問を感じることもある。「リケジョ」という言葉の裏側には「少数派」「珍しい」という意味が含まれているような気がしてならない。「リケジョ」という言葉による負のイメージがより一層女子学生の理系進学を妨げているようにすら感じる。

現象のメカニズムを知りたい、新しい機構を生み出したい、これまでにできなかったことを実現させたい、新しいテクノロジーを生み出したい。SF映画や未来の生活にワクワクする自然な感情の延長線に理系への興味があると私は思う。自らの進路を決定していく小学生、中学生、高校生向けに理系分野のおもしろさに触れる機会を増やし、男女問わず興味を持ってもらうこと、そして、女性が理系分野に興味を持ち、突き詰めて研究がしたいと思うことをごく普通のこととして扱う世の中を実現することが、理系を選択する女性を増やすことにつながるのではないだろうか。

(原稿受付：2022年6月9日)

企画行事

2022年春季講演会併設セミナー 「進化を続ける空気圧機器」

著者紹介



はりもとごへい
張本 護平

SMC株式会社

〒300-2493 茨城県つくばみらい市絹の台4-2-2

1995年上智大学大学院修了（工博）。現在SMC（株）技術研究部に勤務。空気圧システムの省エネ、特性解析など基礎研究に従事。日本フルードパワーシステム学会会員。

1. はじめに

2022年春季講演会併設セミナー「進化を続ける空気圧機器」が2022年5月26日（木）に開催された。今回はコロナ禍の影響で中断して3年ぶりの再開であるが、完全オンラインでの開催となった。参加者は、個人26名、1団体（8名）、それに講師5名の計39名であった。

春季講演会併設セミナーは、学会誌の制作を担当する編集委員会と講演会やセミナーの企画を担当する企画委員会との合同企画事業である。本年度は企画委員会が主導で特集号の作成とセミナーの実施を担当した。本セミナーは、先に学会誌（53巻第3号（2022年5月号））で同じテーマで特集を組み、執筆された方々の中から数名の講師をお招きして講演を行っていただいた。セミナーは、この学会誌をテキストとして講演いただくことで、解説記事を深く理解する機会としている。

ここでは、本セミナーの趣旨および当日行われた各講演の概要について報告する。

2. 開催趣旨

社会環境やものづくりの環境が時代とともに変化する中、生産現場における各種の自動化・省力化装置への要求は刻々と変化している。最近では、IoT対応のためのデジタル化、無線化、環境保全のための小型軽量化、省エネ化、コロナ禍で人同士の接触を避けるためのロボット化、省人化、さらに、防爆、酸化防止など特殊な用途と環境への対応が求められるようになった。これらの要求に応えるため、空気圧機器も着々と進化している。

そこで、本併設セミナーでは、空気圧機器のデジタル化、無線化、省エネ化、小型軽量化など技術動向を代表する最近の製品と技術に対して、開発現場で活躍されている技術者にその開発背景、製品の進化および使用用途を紹介いただき、空気圧技術に携わる技術者に最新情報を提供する機会を設けた。

3. セミナーの概要

3.1 デジタル化を図った空気圧サーボシステム¹⁾

フエスト(株)の柴山考司氏より、「デジタル化を図った空気圧サーボシステム」について講演いただいた。

柴山氏からは、会社紹介に引き続き、空気圧サーボシステムについて、その強み、構成、選定、応用および今後の取り組みなどを解説いただいた。

まず、空気圧サーボシステムの強みについて、アクチュエータの多様性、軽量コンパクトな構成、広い負荷範囲、高加速性、耐環境性などが挙げられた。とくに、ユーザの要望を満たすトータルコストメリットを達成できるのが一番の強みであることが説明された。

つぎに、最近の空気圧サーボシステムは、制御コントローラと一体化された軸コントローラ、圧力センサ内蔵の比例流量制御弁、エンコーダ搭載のアクチュエータから構成され、1軸に1ケーブルで閉ループのデジタル制御が確立されており、プログラムレス制御、状態監視なども可能となったことが説明された。また、2軸の同期位置制御の動画を使って、サーボシステムの構成と動作のイメージを説明していただいた。

空気圧サーボシステムは、標準空気圧ではできない、電動ほどの複雑さや高精度が必要としないモーションタスクに適用することが説明された。負荷質量10kg以上の場合、電動よりも導入価格が有利だということである。また、選定時の指南となる主なパラメータおよび留意点も説明された。許容負荷重量が下限ライン以上、推力制御が理論推力の90%以下にする必要があるとのことである。

応用例として、木材加工機、ラベルピッカ、ロ

ボットハンドリング、エアバランサなどを、動画も使って紹介していただいた。耐環境性、高応答性、軽量コンパクトなど空気圧サーボシステムの特徴を生かした例であった。

最後に、空気圧サーボシステムの今後について、エネルギーセービング、CO₂排出量の削減による環境改善への貢献、デジタル化によるエネルギーの見える化、設備の予兆保全、データ分析の回帰サイクルなど将来に向けての取り組み、動画による空気圧サーボシステムの協働ロボットへの応用のイメージなどを紹介いただいた。

3.2 空気圧機器の無線通信システム²⁾

SMC(株)の阿木智彦氏より、「空気圧機器の無線通信システム」について講演いただいた。

生産現場から、設備の可動部のケーブル断線やスリッピングの接点不良による設備のチョコ停の防止が要望されている。これをきっかけに、SMC(株)は空気圧機器の無線通信システムの開発を進めた。本講演では、無線化の技術課題、空気圧機器の無線化とそのアプリケーション事例などについて解説いただいた。

通信の信頼性は無線システムの最も重要な基本性能である。それを確保するために、電波干渉対策、データ欠損対策および秘匿通信対策が重要となることが説明された。電波干渉の回避について、CCA(クリヤーチャンネルアセスメント)による他の無線通信への衝突の回避、FHSS(フリーケンシーホッピング)による可変周波数の通信、およびFCSによる周波数の制限など対策が解説された。データの欠損について、CRCによるパケットエラー検出、ACK(アクノレジメント)信号によるデータ伝達確認、IDによる通信対象の特定など対策が解説された。また、通信の秘匿を確保するために、非公開対称鍵やリアルタイム鍵データ可変などの独自の暗号化技術を開発したことが説明された。

つぎに、空気圧機器の無線化について、上位PLCからの情報を無線の親局で受けて、そこから無線で空気圧の制御機器、センサを接続している子局に送受信するという構成が説明された。また、このような構成で、PLCからの制御だけでなく、末端の各種センサ情報をグラントシステムへ伝達することによって、生産制御を行いながら、リアルタイムでの情報管理や状態監視なども可能となっていることが説明された。

最後に、無線システムのアプリケーションとして、治工具の脱着が必要なツールチェンジャ、スリッピングなどが必要な回転ジグ、および配線困難な閉鎖空間などへの応用例が紹介された。

講演後、無線のような過去になかった新技術の初期導入や人材育成、また、電動システムと比べて空気圧特有の課題、不正ログイン防止対策などについて、質疑応答が行われた。

3.3 エア消費を半減するパルスブロー製品³⁾

(株)コガネイの寺木功一氏からは、「エア消費を半減するパルスブロー製品」について講演いただいた。

多くの企業でCO₂排出量削減の動きが活発化している昨今、環境対策に貢献可能な製品を普及させていくことが求められている。本講演では、その目的で開発したパルスブロー製品について紹介いただいた。

まず、製品の開発背景について説明いただいた。空気圧の諸用途の中、エアブローの空気消費量はコンプレッサーの吐出エアの約65%を占め、その削減による環境負荷の低減効果が大きいことから、パルスブローに注目し製品の開発を進めたとのことである。

つぎに、製品の形態について、手持ちで作業するガンタイプと、装置や設備に設置して使ったり、既存のエアガンにつけて使ったりするユニットタイプがあることが説明された。作動原理について、パルス発生バルブがONになると出口からのフィードバックエアによって自分をOFFさせ、OFFになると入口の供給エアによって自分をONさせるという繰り返しの過程を、アニメを使ってわかりやすく説明いただいた。

さらに、製品の特徴について、通常の連続ブローと比べて、空気消費量、消費電力およびCO₂排出量が削減できるだけでなく、除塵性能も向上するメリットがあることが説明された。また、パルスのデューティー比について、省エネ効果と除じん性能を両立させるために、ON時間とOFF時間を同一としたことが説明された。

最後に、使用事例として、パルスブローユニットを通常のエアガンに取り付けてクリーンルーム内のごみ除去作業や、ノズルの手前につけてコンベア上のワークに付着した水滴やごみなどの除去に使用する事例を紹介いただいた。

講演後に、パルス周波数の範囲と調整方法、パルスブローユニットの接続制限、空気以外の流体への応用の可能性および回転機構によるパルス発生の可能性などについて質疑応答が行われた。

3.4 重量物の搬送をサポートする助力装置⁴⁾

CKD(株)の若杉諭氏からは、「重量物の搬送をサポートする助力装置」について講演していただいた。

製造業における業務上疾病において、8割を超えているのが腰痛である。また、これからの少子高齢化の進行による労働人口の減少のため、女性やシニアの活躍が必要となることから、職場環境の改善が

課題とされている。このような社会環境の変化に貢献するために、CKD(株)は、空気圧技術を活用し、重いものも軽く持ち上げることができる助力装置を開発した。本講演では、この助力装置の構造原理、動作特性および市場の要望に応えた製品の進化について解説いただいた。

助力装置の基本原理解について、負荷質量を精密レギュレータで制御した空気圧シリンダの出力でバランスし、作業者はしゅう動抵抗と吸排気抵抗に相当するわずかな力で重いものが動かせることが説明された。構造は、四節リンク機構を使っているが、シリンダを機構の内部に配置する新構造を採用することにより、装置の小型化、軽量化を実現したとのことである。

リンク機構が採用されているので、シリンダに一定の圧力を供給した場合、リンクアームの上昇力は上昇角度によって変化するという特性が説明された。その変化を抑えるために、四節リンクの支点位置の最適化を行い、さらに、可動部のしゅう動抵抗の低減などを工夫することによって、搬送時に操作者が感じる操作力の低減を図ったということである。

2014年自動車部品の組み立て向けの第一世代機から始め、市場ニーズに応え、2019年グローバルな需要に対応する第三世代機に進化してきた。人と協働する製品として、高い安全性とメンテナンス性を重視して進化してきた。また、多品種少量化が進む現場では、搬送質量の変化に対応するために、ロードセルや比例制御弁を用いて負荷重量を自動検出し、必要なバランス圧を自動に調整するシステムが紹介された。

講演後に、慣性負荷と衝撃負荷の検出、PLC制御、装置設置時の制約、最大搬送質量と移動範囲、双腕小型ロボットとの比較などについて質疑応答が行われた。

3.5 小型軽量化を実現した積層樹脂マニホールド⁵⁾

SMC(株)の吉田豊氏からは、「小型軽量化を実現した積層樹脂マニホールド」について講演いただいた。

空気圧機器メーカーを含む各企業は環境負荷物質低減努力を進めている。SMC(株)は、これまで医療/分析装置メーカーに向け、流体の可視化を主目的として確立してきた樹脂材料の積層技術を生かし、流体ユニットに加え、幅広い業種へ展開し、製品の小型軽量化を図っている。本講演では、この積層樹脂マニホールドの製作、性能評価、アプリケーション事例および設計に活用したCAE解析例について紹介いただいた。

積層樹脂マニホールドの製作方法には、拡散接合工法と特殊接着工法があり、前者は流路のみを加工した板材を加熱加圧して積層し、積層後に再び取付ネジ加工等の最終加工を行い、後者は、流路を含む

最終形状に加工した板材を特殊接着法で積層することが説明された。積層した製品の性能評価について、耐環境性、耐圧性、耐久性など試験によって、エア漏れ、接合面の剥離、外観変化、ネジ部のクラックなどを評価しているとのことである。

アプリケーション事例として、防爆仕様の装置に使われたオールエア回路ユニットとロボットアームに搭載された電磁弁マニホールドユニットを紹介いただいた。従来のユニットに比べ、前者は、スペース50%減、重さ70%減、配管作業が不要となり、後者は、同等の流量特性で重さ34%減、CO₂35%減となっているとのことである。

最後に、樹脂マニホールドの設計段階で事前に特性を把握するためにCAEを活用した解析例を紹介いただいた。気密性、積層強度を評価するためにANSYS Workbenchによる相当応力解析を行い、流量特性を評価するために、ANSYS Fluentによる熱流体解析を行ったことが説明された。

講演後に、搭載機器のマウント面の漏れ対策、接合面の接着不良の検査、通路の構成と応力集中問題、3Dプリンタでの製作の可能性などについて、質疑応答が行われた。

4. おわりに

本稿では2022年春季講演会併設セミナーの概要について報告した。講演は、空気圧機器の最近の製品と技術動向を代表する大変興味深い内容であった。空気圧関連のテーマであるが、油圧、水圧、電動等他分野からも多数の参加が得られた。講演後の質疑応答も活発に行われ、セミナー内容に対する関心の高さがうかがわれた。

最後に、本セミナーで貴重な講演をいただいた講師の皆様、セミナーの司会をお務めいただいた赤木委員、セミナーの実施にご協力いただいた企画委員、編集委員および学会事務局の皆様、深く感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 柴山孝司：デジタル化を図った空気圧サーボシステム、フルードパワーシステム、Vol. 53, No. 3, p. 5-8 (2022)
- 2) 阿木智彦：空気圧機器の無線通信システム、フルードパワーシステム、Vol. 53, No. 3, p. 9-12 (2022)
- 3) 森口翔太：エア消費を半減するパルスブロー製品、フルードパワーシステム、Vol. 53, No. 3, p. 13-15 (2022)
- 4) 若杉論：重量物の搬送をサポートする助力装置、フルードパワーシステム、Vol. 53, No. 3, p. 16-18 (2022)
- 5) 吉田豊：小型軽量化を実現した積層樹脂マニホールド、フルードパワーシステム、Vol. 53, No. 3, p. 19-22 (2022)

(原稿受付：2022年6月28日)

会 告

〈理事会・委員会日程〉

6月27日	論文集委員会
7月 4日	庶務委員会
7月 7日	企画委員会
7月19日	理事会
7月25日	基盤強化委員会
7月26日	情報システム委員会
8月 2日	編集委員会

〈理事会報告〉

2022年度第2回理事会

7月19日 15:00～17:00

Web開催（参加者19名）

- (1) 国際シンポジウム広島2024開催準備状況
- (2) 2022年秋季講演会開催準備状況
- (3) 2022年春季講演会最優秀講演賞選考について
- (4) 2022年度学会賞各賞の選考について
- (5) フェロー候補者の推薦について
- (6) 規程類の改訂
- (7) 会員の推移
- (8) 各委員会からの報告
- (9) その他

〈委員会報告〉

2022年度第1回論文集委員会

6月27日 11:00～12:00

Web開催（参加者6名）

- (1) 委員会構成メンバーについて
- (2) JSTコンサルティングへの対応／作業について
- (3) 論文のページ数について
- (4) 修正論文の受付期限について
- (5) 国際シンポジウム広島2024に関する準備について
- (6) その他

2021年度第1回庶務委員会

7月4日 15:00～16:00

Web開催（参加者5名）

- (1) 規程類の修正について
- (2) 規程の改訂について
- (3) その他

2022年度第1回企画委員会

7月7日 15:00～17:00

Web開催（参加者22名）

- (1) 委員の構成について
- (2) 2022年春季講演会開催報告について
- (3) 2022年秋季講演会開催準備状況について
- (4) オータムセミナーについて
- (5) ウィンターセミナーについて
- (6) 日中韓共同ワークショップについて
- (7) 2023年春季講演会について
- (8) その他

2022年度第1回基盤強化委員会

7月25日 16:00～17:00

Web開催（参加者6名）

- (1) 委員の構成について
- (2) 2022年度の基本方針について
- (3) 学生会員等へのキャリア教育について
- (4) 賛助会員企業への出前講座について
- (5) 学会Webページのバーチャルミュージアムについて
- (6) FP道場14の延期企画への対応について
- (7) その他

2022年度第1回情報システム委員会

7月26日 13:00～15:00

Web開催（参加者11名）

- (1) 委員の構成、交代について
- (2) 学会HPの更新状況について
- (3) 会議報告について
- (4) 50周年記念セミナー資料のHP掲載について
- (5) Google Driveの活用について
- (6) その他

2022年度第2回編集委員会

8月2日 15:30～17:00

Web開催（参加者22名）

- (1) 会誌特集号の現状と企画
 - 1) Vol.53 No.E1「緑陰特集」
 - 2) Vol.53 No.5「フルードパワーとカーボンニュートラル」
 - 3) Vol.53 No.6「社会を支える分離技術」
 - 4) Vol.54 No.1「フルードパワーとソフトロボティクス」
 - 5) Vol.54 No.2「フルードパワーとハイブリッド」
 - 6) Vol.54 No.3「医療を支えるフルードパワー技術」
- (2) その他
 - 1) 会議報告
 - 2) EBSCO hostへの会誌記事情報の収録について
 - 3) 今後の特集について

会 告

共催・協賛行事のお知らせ

共催・協賛行事

SICEセミナー「モデルベース制御設計 ～モデリングから制御系設計までを系統的に学ぶ～」2022

主 催：公益社団法人 計測自動制御学会 制御部門

開 催 日：2022年9月15日(木)～9月16日(金)

会 場：オンライン開催

U R L：https://www.sice-ctrl.jp/jp/wiki/wiki.cgi/c/semi?page=design2022

2022年度 計算力学技術者（CAE技術者）資格認定事業

(固体力学分野の有限要素法解析技術者・熱流体力学分野の解析技術者・振動分野の有限要素法解析技術者)

主 催：一般社団法人 日本機械学会 計算力学技術者資格認定事業委員会

試験日程：2022年9月17日(土) 上級アナリスト認定試験二次試験(固体力学分野)

2022年9月25日(日) 上級アナリスト認定試験二次試験(熱流体力学分野・振動分野)

2022年12月2日(金) 1級認定試験(固体力学分野・熱流体力学分野・振動分野)

2022年12月8日(木) 2級認定試験(熱流体力学分野・振動分野)

2022年12月9日(金) 2級認定試験(固体力学分野)

会 場：下記HPを確認ください

U R L：https://www.jsme.or.jp/cee/

日本機械学会 第35回計算力学講演会（CMD2022）

主 催：一般社団法人 日本機械学会 計算力学部門

開 催 日：2022年11月16日(水)～11月18日(金)

会 場：オンライン開催

U R L：https://confit.atlas.jp/guide/event/cmd2022/top

日本機械学会 第21回機素潤滑設計部門講演会（MDT2022）

主 催：一般社団法人 日本機械学会 機素潤滑設計部門

開 催 日：2022年12月5日(月)～12月6日(火)

会 場：オンライン開催

U R L：https://www.jsme.or.jp/conference/mdtconf22/

連携講習会（全4回）「機械-電気の統合モデルによるモデルベース開発」

主 催：一般社団法人 日本機械学会 交通・物流部門

開 催 日：2022年12月9日(金)、2023年1月11日(水)、2月10日(金)、3月8日(水)

会 場：ハイブリッド開催（東京飯田橋、ZOOM）

U R L：https://www.jsme.or.jp/event/22-80/

連携講習会「つながる機械 ～機械と通信の融合～」

主 催：一般社団法人 日本機械学会 交通・物流部門

開 催 日：2022年12月14日(水)

会 場：ハイブリッド開催（東京飯田橋、ZOOM）

U R L：https://www.jsme.or.jp/event/22-92/

第23回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会（SI2022）

主 催：公益社団法人 計測自動制御学会 システムインテグレーション部門

開 催 日：2022年12月14日(水)～12月16日(金)

会 場：幕張メッセ国際会議場（千葉県千葉市美浜区中瀬2-1）

U R L：https://sice-si.org/conf/si2022/

連携講習会（全2回）「機械のサイバーセキュリティ ～つながる機械の落とし穴～」

主 催：一般社団法人 日本機械学会 交通・物流部門

開 催 日：2022年12月22日(木)，2023年1月10日(火)

会 場：ハイブリッド開催（東京飯田橋，ZOOM）

U R L：https://www.jsme.or.jp/event/22-90/

Grinding Technology Japan 2023

企 画：日本工業出版株式会社，株式会社産経新聞社

開 催 日：2023年3月8日(水)～3月10日(金)

会 場：幕張メッセ（千葉県千葉市美浜区中瀬2-1）

U R L：https://gtj-expo.jp/2023/jp/

日本混相流学会 混相流国際会議2023 (ICMF2023)

主 催：日本混相流学会

開 催 日：2023年4月2日(日)～4月7日(金)

会 場：神戸国際会議場（兵庫県神戸市中央区港島中町6-9-1）

U R L：http://www.jsmf.gr.jp/icmf2022/

新型コロナウイルスの影響で協賛行事の開催予定が変更になっている場合があります。
各行事の最新情報は、主催者のホームページまたは各行事のURLからご確認ください。

会 告

会 員 移 動

会員の種類	正会員	海外会員	学生会員	賛助会員
会員数 (8月10日現在)	827	8	93	127
差引き増減	+1	±0	±0	±0

正会員の内訳 名誉員17名・シニア員68名・ジュニア員79名・その他正会員663名

〈新入会員〉

正会員

ZEBING MAO (東京工業大学)

三嶋 英賢 (ナブテスコ株式会社)

松尾 政浩 (川崎重工業株式会社)

大磯雄一郎 (川崎重工業株式会社)

木村 哲也 (株式会社YDKテクノロジーズ)

会 告

一般社団法人 日本フルードパワーシステム学会
賛助会員一覧表

(株)IH
(株)アイシン
(株)明石合銅
アズビル(株)藤沢テクノセンター
アズビルTACO(株)
(株)アドヴィックス
アネスト岩田(株)
イートン(株)
出光興産(株)
イナバゴム(株)
イハラサイエンス(株)
(株)インターナショナル・
サーボ・データー
(株)ウェーブフロント
(株)打江精機
(株)エイムテック
エコ技術研究所 (合)
SMC(株)
SMC中国有限公司
(株)NF1
ENEOS(株) 潤滑油カンパニー
(株)荏原製作所
(株)大阪ジャッキ製作所
大瀧ジャッキ(株)
オカダイナストリ(株)
鹿島通商(株)
(株)桂精機製作所
神威産業(株)
川崎重工業(株)精密機械・
ロボットカンパニー
川崎油工(株)
川重商事(株)
(株)神崎高級工機製作所
キャタピラー・ジャパン(合)
協和シール工業(株)
旭東ダイカスト(株)
(株)クボタ
KYB(株)
KYB-YS(株)
(株)工苑
甲南電機(株)
(株)古河製作所
(株)コガネイ
コスモ石油ブリカンツ(株)

(株)小松製作所開発本部
(株)小松製作所試験センタ
(株)小松製作所油機開発センタ
(株)阪上製作所
(株)鷺宮製作所
佐藤金属(株)
産経新聞 東京本社
三輪精機(株)
三和テック(株)
(株)ジェイテクト
CKD(株)
(株)島津製作所
勝美印刷(株)
ジヤトコ(株)
新電元メカトロニクス(株)
住友建機(株)
住友重機械建機クレーン(株)
住友重機械工業(株)
制御機材(株)
第一電気(株)
ダイキン工業(株)
ダイキン・ザウアーダンプフォス(株)
大生工業(株)
(株)TAIYO
タイヨー・インタナショナル(株)
ダイワ(株)
(株)タカコ
(株)タダノ
(株)都筑製作所
TMCシステム(株)
東京計器(株)
東京計器パワーシステム(株)
東京メータ(株)
東北特殊鋼(株)
東明工業(株)
東レエンジニアリング(株)
同和発條(株)
特許機器(株)
特許庁
TOHTO(株)
豊興工業(株)
(株)豊田自動織機
長津工業(株)
中西商事(株)

長野計器(株)
中村工機(株)
ナブテスコ(株)
(株)南武
日新濾器工業(株)
日本アキュムレータ(株)
日本機材(株)
日本クーラー・ケミカル(株)
日本工業出版(株)
日本精器(株)
日本製鉄(株)交通産機品カンパニー
日本電産トーソク(株)
(一社)日本フルードパワー工業会
日本ムーグ(株)
(株)野村商店
(株)ハイダック
ピー・エス・シー(株)
日立建機(株)
(株)日立建機ティエラ
(株)日立製作所
廣瀬バルブ工業(株)
フエスト(株)
(株)フクダ
(株)不二越
二見屋工業(株)
ボッシュ・レックスロス(株)
昌富工業(株)
(株)増田製作所
マックス(株)
松巳鉄工(株)
三國機械工業(株)
三菱電線工業(株)
ヤマシフイルタ(株)
ヤマハモーター・ハイドロリック
システム(株)
(株)山本金属製作所
油研工業(株)
(株)ユーテック
横河計測(株)
理研精機(株)
リバーフィールド(株)
(株)レンタルのニッケン

編集室

次号予告

—特集「社会を支える分離技術」—

【巻頭言】「社会を支える分離技術」発行にあたって

飯尾昭一郎

【解説】

高性能液体サイクロン技術

福田 寛人

マイクロバブルを用いた水溶性加工油からの異物分離

谷井 章寛

信大クリスタルを用いた汚染水からの重金属イオン分離

手嶋 勝弥

河川水からの最新塵芥除去技術

牧志 龍男

下水処理における膜処理技術

新井 喜明

建設機械油圧回路中の気泡の分離と除去

石塚 信

固体吸収材を用いた火力発電所からのCO₂分離回収実証

西部 祥平

【トピックス】

学生さんへ、先輩が語る—学生時代の経験が未来の自分を作る—

今村 亮介

研究室紹介—香川大学 佐々木研究室

佐々木大輔, 門脇 惇

【企画行事】

春季講演会

伊藤 和寿

2022年度「フルードパワーシステム」編集委員

委員長 柳 田 秀 記 (豊橋技術科学大学)

委員 佐 藤 恭 一 (横浜国立大学)

副委員長 山 田 宏 尚 (岐阜大学)

妹 尾 満 (SMC(株))

委員 飯 尾 昭一郎 (信州大学)

谷 口 浩 成 (大阪工業大学)

飯 田 武 郎 (コマツ)

中 野 政 身 (東北大学)

岩 田 将 男 (CKD(株))

中 山 晃 (日立建機(株))

加 藤 友 規 (福岡工業大学)

藤 田 壽 憲 (東京電機大学)

北 村 剛 (油研工業(株))

丸 田 和 弘 (コマツ)

窪 田 友 夫 (KYB(株))

村 岡 裕 之 (株コガネイ)

栗 林 直 樹 (川崎重工工業(株))

吉 満 俊 拓 (神奈川工科大学)

五 嶋 裕 之 (株工苑)

担当理事 伊 藤 隆 (KYB(株))

齋 藤 直 樹 (秋田県立大学)

学会事務局 成 田 晋

佐々木 大 輔 (香川大学)

編集事務局 竹 内 留 美 (勝美印刷(株))

(あいうえお 順)

会 告

複写される方へ

本会は下記協会に複写に関する権利委託をしていますので、本誌に掲載された著作物を複写したい方は、同協会より許諾を受けて複写してください。ただし(公社)日本複写権センター(同協会より権利を再委託)と包括複写許諾契約を締結されている企業の社員による社内利用目的の複写はその必要はありません。したがって、社外頒布用の複写は許諾が必要です。

権利委託先：(一社) 学術著作権協会

〒107-0052 東京都港区赤坂9-6-41 乃木坂ビル

TEL: 03-3475-5618 FAX: 03-3475-5619 E-mail: info@jaacc.jp

なお、著作物の転載・翻訳のような、複写以外の許諾は、学術著作権協会では扱っていませんので、直接本会へご連絡ください。

〒105-0011

東京都港区芝公園三丁目五-21 機械振興会館別館101 電話 (03) 3433-8441 FAX (03) 3433-8442
編集兼発行人 一般社団法人 日本フルードパワーシステム学会 振替口座 東京00-110-31233690

東京都文京区白山1-23-7 アクア白山ビル5階
印刷所 勝美印刷株式会社