

ISSN 1880-7410

KYB TECHNICAL REVIEW

KYB技報
OCT. 2017 No.55

K
Y
B
技
報

KYB TECHNICAL REVIEW NO. 55 OCT. 2017



KYB 株式会社

KYB

KYB株式会社

(2015年10月1日よりカヤバ工業株式会社は商号をKYB株式会社に変更いたしました)

本社・営業 東京都港区浜松町二丁目4番1号（世界貿易センタービル） ☎105-6111 ☎(03)3435-3511

基盤技術研究所	神奈川県相模原市南区麻溝台一丁目12番1号	☎252-0328	☎(042)745-8111
生産技術研究所	岐阜県岐阜市土田60番地	☎509-0206	☎(0574)26-1453
KYB開発実験センター	岐阜県加茂郡川辺町鹿塩白砂1185番地の4	☎509-0307	☎(0574)52-1323
工機センター	岐阜県岐阜市土田60番地	☎509-0206	☎(0574)26-5310
電子技術センター	神奈川県相模原市南区麻溝台一丁目12番地1	☎252-0328	☎(042)761-8145
名古屋支店	愛知県名古屋市中村区名駅三丁目11番22号（IT名駅ビル）	☎450-0002	☎(052)587-1760
大阪支店	大阪府吹田市江坂町一丁目23番20号（TEK第2ビル）	☎564-0063	☎(06)6387-3221
福岡営業	福岡県福岡市博多区博多駅東二丁目6番26号（安川産業ビル）	☎812-0013	☎(092)411-2066
第二営業部	静岡県浜松市中区神明町315番地1（浜松しみずビル）	☎430-0931	☎(053)454-5321
広島営業所	広島県広島市東区光町一丁目12番16号（広島ビル）	☎732-0052	☎(082)567-9166
相模工場	神奈川県相模原市南区麻溝台一丁目12番1号	☎252-0328	☎(042)746-5511
熊谷工場	埼玉県深谷市長在2050番地	☎369-1193	☎(048)583-2341
岐阜北工場	岐阜県岐阜市土田2548番地	☎509-0298	☎(0574)26-5111
岐阜東工場	岐阜県岐阜市土田505番地	☎509-0297	☎(0574)26-1111
カヤバシステムシナリー機	東京都港区芝大門二丁目5番5号（住友不動産芝大門ビル）	☎105-0012	☎(03)5733-9441
KYBトロンデュール機	東京都府中市長圃西一丁目3909番地	☎949-5406	☎(0258)92-6903
機タカコ	京都府相楽郡精華町祝園西一丁目32番地1	☎619-0240	☎(0774)95-3336
KYB金山機	岐阜県下呂市金山町戸部字舟野4350番地の130	☎509-1605	☎(0576)35-2201
KYB-Y S機	長野県埴科郡坂城町埴科9165	☎389-0688	☎(0268)82-2850
KYBモーターサイクルガスベンション機	岐阜県岐阜市可児市土田2548	☎509-0298	☎(0574)27-1170
KYBエンジニアリング	東京都港区芝公園一丁目6番7号住友不動産ランドマークプラザ	☎105-0011	☎(03)6895-1260
アンドサービス機			
KYBシステメリット機	岐阜県岐阜市土田505番地	☎509-0226	☎(0574)26-1110
KYBロジスティクス機	岐阜県可児市姫ヶ丘二丁目16番	☎509-0249	☎(0574)26-6427
ジャパン・アナリスト株式会社	東京都港区浜松町二丁目9番3号（NBC浜松町ビル）	☎105-0013	☎(03)3436-5660

KYB Corporation

(Kayaba Industry Co., Ltd. employed “KYB Corporation” as the popular name from October 1st, 2015.)

Head Office

World Trade Center Bldg, 2-4-1, Hamamatsu-cho,
Minato-ku, Tokyo 105-6111, Japan Tel：(81)3-3435-3511

Overseas Subsidiaries and Affiliates		
[Americas] KYB Americas Corporation 2625 Noth Morton, Franklin, Indiana 46131, U.S.A. TEL: (1)317-736-7774	KYB Advanced Manufacturing Spain, S.A.U. Poligono Industrial Perguita Calle B. No.15. 31210 Los Arcos Navarra, Spain TEL: (34)948-640336	永華機械工業股份有限公司 KYB Manufacturing Taiwan Co., Ltd. No. 493, Kuang Hsing Road, Bade City, Taoyuan Pref. 33450, Taiwan TEL: (886)3-368-3123
Takako America Co., Inc. 715 Corey Road Hutchinson, Kansas 67504-1642, U.S.A. TEL: (1)620-663-1790	KYB Manufacturing Czech, s.r.o. U Panasonicu 277, Stare Cvice, 530 06 Pardubice, Czech Republic TEL: (420)466-812-233	KYB Motorcycle Suspension India Pvt. Ltd. Pilot No. 6, Sipcot Industrial Park, Vallam Vadagal Village, Sriperumbudur Taluk, Kancheepuram District 631604 Tamil Nadu, India TEL: (91)44-3012-4444
KYB Corporation Aircraft Components Division Seattle Representative Office 701 5th Ave Suite 1160 Seattle, WA, 98104-7002, U.S.A. TEL: (1)425-365-1392	KYB CHITA Manufacturing Europe s.r.o. Prumyslova 1421, 53701 Chrudim, Czech Republic TEL: (420)469-363-302	KYB-Conmat Pvt. Ltd. 702-703, Beside N. H. No. 8, Por, Vadodara 391243, Gujarat, India TEL: (91)960-1551608
KYB International America, Inc. 2625 North Morton, Franklin, Indiana 46131, U.S.A. TEL: (1)317-346-6719	LLC KYB Eurasia 117638 Odesskaya street 2 building A, Moscow, Russian Federation TEL: (7)495-7716010	KYB Corporation Chennai Branch Pilot No. 6, Sipcot Industrial Park, Vallam Vadagal Village, Sriperumbudur Taluk, Kancheepuram District 631604 Tamil Nadu, India TEL: (91)44-37106016
KYB Mexico S.A. de C.V. Circuito San Roque Norte 300, Parque Industrial Santa Fe Ampliacion 1, 101, 36275 Silao Guanajuat, Mexico TEL: (52)472-748-5000	[Asia] KYB Steering (Thailand) Co., Ltd. 700/829 Moo 6, T. Nongtamlueng Amphur Panthong, Chonburi 20160,Thailand TEL: (66)3-818-5559	KYB Middle East FZE Office No. 2010 20th Floor, Tower-A JAFZA One, Jebel Ali Free Zone, PO.BOX:261819, Dubai, UAE TEL: (971)4-887-2448
KYB Latinoamerica, S.A. de C.V. Blvd. Manuel Avila Camacho 32 Int. 403, Col. Lomas de Chapultepec, 1 seccion, Del. Miguel Hidalgo, Distrito Federal, C.P. 11000, Mexico TEL: (52)55-5282-5770	KYB (Thailand) Co., Ltd. 700/363 Moo 6, Amata Nakorn Industrial Park2, Bangna-Trad Road, K.M. 57, Tambol Don Hua Roh, Amqhur Muang, Chonburi 20000, Thailand TEL: (66)3-846-9999	[China] 凱達必(中国)投資有限公司 KYB (China) Investment Co., Ltd. Wei 3 Road121, dingmao, Zhenjiang New Zone, Zhenjiang, Jiangsu, 212009, China TEL: (86)511-8558-0300
KYB-Mando do Brasil Fabricante de Autopeças S.A. Rua Francisco Ferreira da Cruz, 3000, Fazenda Rio Grande-Parana, CEP 83820-293, Brazil TEL: (55)41-2102-8200	KYB Asian Pacific Corporation Ltd. 4345 Bhiraj Tower at BITEC, Unit 1209-1211, 12th Floor, Sukhumvit Road, Bangna District, Bangkok 10260 TEL: (66)0-2-300-9777	凱達必機械工業(鎮江)有限公司 KYB Industrial Machinery (Zhenjiang) Ltd. Wei 3 Road 38, dingmao, Zhenjiang New Zone, Zhenjiang, Jiangsu, 212009, China TEL: (86)511-8889-1008
Comercial de AutopeCas KYB do Brasil Ltda. Rua Cyro Correia Pereira, 2400 Suite 07-Cidade Industrial, Curitiba-PR, 81460-050, Brazil TEL: (55)41-2102-8244	KYB-UMW Malaysia Sdn. Bhd. KYB-UMW Steering Malaysia Sdn. Bhd. Lot 8, Jalan Waja 16, Telok Panglima Garang, 42500 Kuala Langat, Selangor, Malaysia TEL: (60)3-3322-0800	無錫凱達必拓普減震器有限公司 Wuxi KYB Top Absorber Co., Ltd. No. 2 Xikun North Road, Singapore Industrial Zone, Wuxi New District, Jiangsu 214028, China TEL: (86)510-8528-0118
[Europe] KYB Europe Headquarters B.V. Godsweetersingel 77, 6041 GK Roermond, the Netherlands TEL: (31)475-3863-53	PT. KYB Hydraulics Manufacturing Indonesia JL. Irian X blok RR2, Kawasan Industri MM2100 Desa Cikedokan Kec. Cikarang Barat, Kabupaten Bekasi, 17845, Indonesia TEL: (62)21-28080145	常州朗銳凱達必減振技術有限公司 Changzhou KYB Leadrun Vibration Reduction Technology Co., Ltd. No. 19 Shunyuan Road, New District, Changzhou, Jiangsu 213125 China TEL: (86)519-8595-7206
KYB Europe Headquarters GmbH Kimpler Strasse 336, 47807 Krefeld, Germany TEL: (49)2151-9314380	PT. Kayaba Indonesia JL. Jawa Blok ii No. 4 Kawasan MM2100, Cikarang Barat 17520, Indonesia TEL: (62)21-8981456	知多彌峯工業(鎮江)有限公司 CHITA KYB Manufacturing (zhenjiang) Co., Ltd. No. 8 Building-1F, New Energy Industrial Park (North Park), No. 300, Gangnan Road, Zhenjiang New District, Jiangsu 212132, China TEL: (86)511-8317-2570
KYB Europe GmbH Kimpler Strasse 336, 47807 Krefeld, Germany TEL: (49)2151-931430	PT. Chita Indonesia JL. Jawa Blok ii No. 4 Kawasan MM2100, Cikarang Barat 17520, Indonesia TEL: (62)21-89983737	凱達必貿易(上海)有限公司 KYB Trading (Shanghai) Co., Ltd. B1008-1009 Far East International Plaza, 317 Xianxia Road, Shanghai 200051, China TEL: (86)21-6211-9299
KYB Suspensions Europe, S.A.U. Ctra, Irurzun S/No. 31171 Ororbia Navarra, Spain TEL: (34)948-421700	KYB Manufacturing Vietnam Co., Ltd. Plot I 10-I 11-I 12, Thang Long Industrial Park, Dong Anh District, Hanoi, Vietnam TEL: (84)24-3881-2773	
KYB Steering Spain, S.A.U. Poligono Industrial de Ipertegui No. 2, nave 12, CP-31160, Ororbia Navarra, Spain TEL: (34)948-321004	Takako Vietnam Co., Ltd. 27 Dai Lo Doc Lap, Vietnam Singapore Industrial Park, Thuan An District, Binh Duong, Vietnam TEL: (84)650-378-2954	

複写をご希望の方へ

KYB(株)は、本誌掲載著作物の複写に関する権利を一般社団法人学術著作権協会に委託しております。

本誌に掲載された著作物の複写をご希望の方は、(一社)学術著作権協会より許諾を受けて下さい。但し、企業等法人による社内利用目的の複写については、当該企業等法人が公益社団法人日本複製権センター（(一社)学術著作権協会が社内利用目的複写に関する権利を再委託している団体）と包括複写許諾契約を締結している場合にあっては、その必要はございません（社外頒布目的の複写については、許諾が必要です）。

権利委託先 一般社団法人学術著作権協会
〒107-0052 東京都港区赤坂9-6-41 乃木坂ビル
FAX：03-3475-5619 E-mail：info@jaacc.jp

複写以外の許諾（著作物の引用、転載、翻訳等）について

直接、KYB(株)へお問い合わせください

Reprographic Reproduction outside Japan

One of the following procedures is required to copy this work.

1. If you apply for license for copying in a country or region in which JAC has concluded a bilateral agreement with an RRO (Reproduction Rights Organisation), please apply for the license to the RRO.
Please visit the following URL for the countries and regions in which JAC has concluded bilateral agreements.
http://www.jaacc.org/

2. If you apply for license for copying in a country or region in which JAC has no bilateral agreement, please apply for the license to JAC.

For the license for citation, reprint, and/or translation, etc., please contact the right holder directly. JAC (Japan Academic Association for Copyright Clearance) is an official member RRO of the IFRRO (International Federation of Reproduction Rights Organisations).

Japan Academic Association for Copyright Clearance (JAC)
Address9-6-41 Akasaka, Minato-ku, Tokyo 107-0052 Japan
E-mail info@jaacc.jp Fax: +81-33475-5619

KYB技報

第55号 2017-10

目 次

巻頭言

量より質 小山 紀 1

随筆

KTS駐在記 長江 達彦 2

ACTIVE研修体験（イギリス，スペイン） 大森 裕介 6

技術解説

斜板式ピストンポンプ・モータの解析技術 佐藤 直人 10

アルミニウム合金摺動部品の表面処理技術 中瀬 拓也 18

櫻木 研治

製品紹介

外付け式ソレノイド減衰力調整ショックアブソーバの開発 鎌倉 亮介 25

古田 雄亮

森 俊廣

富田 浩平

用語解説

「セミアクティブサスペンション」 伊藤 直樹 31

製品紹介

静油圧無段変速機用油圧ポンプ，減速機付油圧走行モータの開発 稲田 隆則 33

三浦 拓也

松阪 慶太

薪割機用コントロールバルブの開発 石地 令 39

可変減衰型オイルダンパ 榊原 健人 43

技術紹介

車載用ベーンポンプ評価設備の開発 釣 琢弥 48

藤井 稔彦

小寺 康大

検査用Windows PCシステムの標準化 小木曾茂寿 53

紹介

KYBにおけるISO 26262全社標準化活動の取り組み 上妻 文英 57

化学のカラクリで産廃を削減～塗装系産業廃棄物の減量作戦～ 早川 義敬 62

IIP知財塾に参加して 井上 輝彦 67

編集後記

（表紙写真（表）：外付け式ソレノイド減衰力調整ショックアブソーバ [P.25参照]，（裏）：静油圧無段変速機用油圧ポンプ，減速機付油圧走行モータ [P.33参照]，薪割機用コントロールバルブ [P.41参照]）

KYB TECHNICAL REVIEW

No. 55 OCT. 2017

CONTENTS

Foreword

Quality over Quantity OYAMA Osamu 1

Essay

Report on Residence at KTS NAGAE Tatsuhiko 2

Experience of ACTIVE Training (England, Spain) OHMORI Yusuke 6

Technology Explanation

Analysis Technology for Axial Piston Pumps and Motors SATO Naoto 10

Surface Treatment of Aluminium Alloy for Tribological Applications NAKASE Takuya 18
SAKURAGI Kenji

Product Introduction

Development of Externally-Mounted Shock Absorber with Adjustable Solenoid Damping Force
KAMAKURA Ryosuke 25
FURUTA Yusuke
MORI Toshihiro
TOMITA Kohei

Glossary

“Semi-Active Control” ITO Naoki 31

Product Introduction

Hydraulic Pump and Track Motor for Hydrostatic Transmission INADA Takanori 33
MIURA Takuya
MATSUZAKA Keita

Development of Control Valve for Wood-Splitting Machine ISHIJI Rei 39

Variable Damping Type Oil Damper SAKAKIBARA Kento 43

Technology Introduction

Development of Equipment for Evaluating Automotive Vane Pumps TSURI Takuya 48
FUJII Toshihiko
KODERA Yasuhiro
Standardization of Windows PC System for Inspection OGISO Shigetoshi 53

Introduction

Company-wide standardization activities about ISO 26262 at KYB KOZUMA Fumihide 57

Reduction of Industrial Wastes By Chemical Trick ~Wastes from Painting Could be Reduced~
HAYAKAWA Yoshitaka 62

Participating in an IIP Intellectual Property School INOUE Teruhiko 67

Editors Script

(Cover Photograph: Externally-Mounted Shock Absorber with Adjustable Solenoid Damping Force [see p.25], Hydraulic Pump and Track Motor for Hydrostatic Transmission [see p.33], Control Valve for Wood-Splitting Machine [see p.41]).

巻頭言

量より質

小山 紀*



求人時期になれば企業から求人資料として会社の発行誌が送られてきます。学生に仕事の内容を知ってもらいたいのでしょう、社員が自己の仕事体験を紹介する記事があるので必ず目を通します。あるとき気づいたことがあります。自分のおこなった仕事に対して、「……を短期間に完成させた」、「……従来の半分の開発期間で……」などと書いていることがとても多かったです。その仕事を終えた満足度について仕事の重要性などの質よりも、時間すなわち量で表現しているのです。もしや決められた期間内の完了を強制させられていたのでは、と余計なことが思われて気の毒になってしまいました。

量と質はときどき対句のように使われます。意識の上では質のほうが上位にあるようです。「安かろう悪かろう」「安物買いの銭失い」は物が大量に、安価に生産され消費されることへのアンチテーゼでしょうか。量的に満たされることの幸福感が、やがては他に代えがたい質に対する憧れに変わってゆくのだと思います。この量と質の関係について面白い説を拝見しました。「ゾウの時間 ネズミの時間」で有名な本川達雄氏の「生物学的文明論」（私の持っているのは新潮新書版：2011年発行）です。氏は生物学者で執筆当時工業大学に勤務されており、数学・物理的発想で「いけいけどんどん」の方々ばかりに囲まれた経験から、科学技術について痛烈な批判を展開されています。例えば、生物の種は30年後に5分の1が絶滅し2000万種になると危惧されるが、まだ2000万種も残っているから大丈夫、と考えるのは浅はかだ。生物個々の種の連鎖が環境を支えているのであり、どの種も他に代えることはできない、すなわち質が重要なのである。単純に要素の足し算ですべてが決定されるとする要素還元主義を主流とする科学技術は、専ら量を扱う数式や数値データなどに専念するばかりで質を顧みようとしない、とのご指摘です。

科学技術という大きなくりについて私が答弁する資格はありませんが、言われてみれば心あたりが

無いでもありません。本来は質を表す筈の事象がしばしば量である数値で表現され、そして何の違和感なく受け入れられています。例えば経済の状態ではGNP（国民総生産）、GDP（国内総生産）、GNI（国民総所得）などですが、数値化するには何かの仮定（モデル化）が用いられるのでしょうか。この仮定が吟味されることなく数値が独り歩きしていることは事実です。技術の分野でも異質なものをそれぞれ数値化し、本来不自然なはずの演算により評価することを当然のこととして受け入れています。例えば性能とコストを数値化して、適当な重みをつけて足し合わせて評価関数とするなどです。本来ならば質で評価されなければならないものが、（不当に？）量に置き換えられていると言われるかも知れません。

それでも科学技術は量のみを追求してきたのではない、と反論をしたくなります。質が付く用語でまず思い当たるのは品質です。品質を管理する分野においても指標となるのは数値化されたデータかも知れませんが、最重要視されるのは人の貴重な経験や思考など数値化できない質の部分ではないでしょうか。最近話題になっているAI（人工知能）はどうでしょう。AIこそ大量のデータを、すなわち量を扱うのではないかと糾弾されそうですがその手本になっているのは生物でしょう。生の思考を具象化する過程でその質が悪ければ、どんな大量のデータを用いて学習しても駄目なものではないのでしょうか。

現在大変注目を浴びているAIですが、少し前には下火になっていた時期があったといわれます。コンピュータを使った知能への限界が指摘されていたこともあったようです。見切りをつけて研究者はかなり減っていたかもしれません。でも信念をもって研究を継続した者により再び火を噴いたわけです。少し前に火を噴いたGA（遺伝的アルゴリズム）は、ある研究者がその効用に注目されることがなくても怯むことなく研究を続けた成果だと聞いたことがあります。ここにももう一つの、量より質の関係があるように感じます。

*明治大学理工学部 教授

随筆

KTS駐在記

長江達彦

1. はじめに

2014年7月から2017年1月まで中国上海にあるグループ会社のKYB Trading Shanghai（以下KTS）で海外赴任を経験した。

妻と子供3人帯同での中国生活であったが、つい最近まで一人っ子政策が実施されていた中国では子供が3人いる家庭は皆無に等しく（2人でも珍しい）、子供を連れて街を歩くといつも注目の的で良く話し掛けられるという多少面倒ではあるが面白くも楽しい駐在生活の一部を紹介したいと思う。



写真1 自宅からの風景

2. 中国生活

上海は日本人駐在員が約6万人、出張者も含めると常時10万人の日本人がいる都市なため、日本人向けの飲食店やデパート、スーパーは多々あり、それぞれのクオリティも高い。また公共交通機関が安く街中に張り巡っているため移動にも困らず、生活についてはほとんど困ることは無い。ただしバスは運転手の運転がかなり荒いため、酔い易い人や怖がりの方はあまり乗らない方が良い。

空気は日本でも報道されているように非常に汚い。北京や河北省など北の方と比べれば上海は良い方で

はあるが、やはり日本の空気とは比べ物にならない。自分も最初は気にかけて外出時にマスクを着用していたが、毎日だと面倒な上にPM2.5を完全に除去できるマスクは高額で見た目もガスマスクのようなデザインでかっこ悪いため、結局ほとんど付けることは無かった。



写真2 PM2.5

住居は家賃が東京並みに高い割には故障が多い、防音性が無い、衛生環境が悪いと散々であった。防音は我家の場合は迷惑を受けるというよりは掛ける方であったが、中国人の多くは子供が好きなので我家に子供が3人いることが分かるとだいたい仕方がないという事で許してくれる。

子供は日本人学校に通わせていたが2,000人以上の児童がいるマンモス校である。尖閣問題が起きる以前はもっと多くて3,000人規模だった。現在は児童数が世界一の日本人学校はバンコクだが、上海は2,000人クラスの学校が2校あるため総児童数ではやはり上海が世界一である。1年生が最もクラスが多く高学年になる程クラスが減っていく。中学受験のために帯同家族のみ帰国する家庭が増えるからだ。教育のレベルは日本から選出された志の高い教職員の方が多く、児童も教育熱心な家庭が多いことから

総じて学習意欲が高いと感じた。ただし日本人学校なので外国語の能力はほとんど伸びない。そのため日本人学校でなくインターナショナル校に通う日本人の子供も一定数に籍している。

グループ会社のKYB Industrial Machinery (Zhenjiang) (以下KIMZ)がある鎮江へは出張で何度も出向いたが、上海と違って日本人が30~40人しかいない都市なので日本語は全く通じない。日本食料理屋は日本食ブームもあり10軒以上はあるが、その多くが「なんちゃって」日本食なので味はダシが入っていなかったり味付けが中華仕様になっていたりと総じて微妙である。また移動はタクシーがメインだったが上海と違ってマナーが悪く、客が乗っているにも関わらず同じ方向の他の客がいればどんどん相乗りさせるため訳が分からない状態になることも間々ある。ただ異国文化を経験するという点は上海よりも鎮江の方が断然優れており、日本語も通じないので中国語のスキルを伸ばしたい、中国をどっぷり感じたいという人には良い場所である。



写真3 日本人学校の運動会

3. 中国語

日本人は漢字が理解できるため読解は漢字を見れば予備知識なしでも6~8割は理解できる。

一方で発音は非常に難しく、中国人との会話は慣れるまでにそれなりの苦勞を要した。一つの発音、例えば「ま」(発音記号でma)という言葉ひとつ取っても四声と呼ばれるイントネーションが4種類ありそれぞれ意味が全く異なるためにそれが言い分けられないと相手に言いたい事が伝わらないということがよくある。中国人は相手の言っていることがよく分からないと露骨にしかめっ面をする(悪気は無い)ので強いメンタルを持って臨まなければ心が折れてしまうだろう。

4. 中国での調達業務

私が所属していたKTSの本業はショックアブソーバの市販だが、グループ会社のKIMZやWuxi KYB Top Absorberが調達する原材料(鋼材・アルミ・作動油)に関わる部分は各メーカーや商社が上海に拠点をもっているケースが多く、情報収集の面で利があることから、やはりグループ会社であるKYB (China) Investment (KCI)の資材調達部門の私がKTSに籍をおいて調達活動を行っていた。

私が駐在していた期間は中国の設備投資過剰に起因する生産能力過剰の問題から原材料価格が低下の一途を辿っていた時期であり、各鉄鋼・アルミメーカーとも赤字が続き厳しい時期であった。調達である私の立場からすれば各メーカーとも喉から手が出るほど(価格を無理してでも)仕事が欲しいという時期であったため、調達としては仕事のやりやすい環境下だったと思う。

中国の鉄鋼メーカーと言えば国営企業や半国営企業が大半を占め、コントロールが難しい、どちらが客か分からないといった評判を事前情報でよく聞いていたが、実際には上述のような環境下ということもあり、非常に前向きで協力的だったという印象を持っている。ただ技術力がKYBの要求する品質レベルに追い付いていないため、気持ちはあるが実績が伴ってこない。結果が出せないと評価も悪くなってしまおうというジレンマのある状況下にあった。だが、学ぶ姿勢がある企業はいずれ技術力でも日本に追い付いてくると思う。



写真4 出張先で食べた本場の四川料理

5. 中国人とのビジネス

日本人と比較してYes・Noをはっきり言うのでその点においては個人的には好感を持っている。ただやれるかどうか分からないことははっきりYesと

言ってしまう傾向があるため、ビジネスにおいては本当にYesと捉えて良いのかこちらで判断をする必要があると感じた。逆にNoの場合は完全なNoと捉えて良い。

また一度仲良くなるとすごく親切にしてくれる国民性なので、中国でのビジネスを語られる場合によく人と人の繋がりが重要と言われるのはこのことを示していると思われる。ただプライベートであれば仲良くなるに越したことは無いのだが、利害関係にある取引先と仲良くなるというのはリスクや将来的なしがらみを作る可能性も含んでいる為には是非の判断が難しい。中国文化と中国語が完全に理解できて、しがらみを超越した関係が作れたらベストかもしれないが駐在期間でその関係を構築するのは簡単ではないと感じた。

中国人は日本人と比較して交渉事がうまいと感じる。日本人は早々に妥協点を見出そうとする傾向があるが中国人は最後の最後まで主張を曲げない傾向が強い。それでも本当に折れざるを得ない時の妥協策はきちんと準備しているという、あざとさも持っている。

中国人のいい事ばかり書いているようだが、癒着問題や決断が速すぎるゆえの失敗（過剰投資や発注など）など危うい面もある。また基本的に家族や仲の良い相手を除く、他人に対しては冷たい傾向があるので、結果として中国人は不親切だと感じる日本人が多いのはそのためだと思う。



写真5 人で賑わう上海虹橋駅

6. 中国国内旅行

日本へ戻ったら中国へ旅行するという機会は余程中国を好きにならない限り無いだろうという発想から、暇を見つけては旅行に行っていた。

チベットやモンゴルなどの奥地やハルピンなどの寒冷地を除いて凡そ日本人が行きそうな観光地は訪

れた（万里の長城、九寨溝、桂林、峨眉山、楽山大仏、黄山、張家界、海南島など）。加えて中国語が多少喋れるようになってからは、日本人が観光で行くことはまず無いだろうという所にも家族を連れて行ったりもした（南昌や武漢など）。

最初の頃は日本人向けのツアーで行っていたが、ツアー代が異常に高額な上に自由行動が出来ないことから個人手配で行くことが多かった。

個人旅行をする際に最も困るのは移動手段である。チャーター車を手配すれば楽なのだが安心できる所に依頼すると地方でも1日貸切り3～4万円と高く、且つ日本語も大体通じないため割に合わない。そのため余程辺境の地に行く場合を除いて、駅や空港からタクシーを使って目的地へ行くことが多かった。その場合に困るのは帰りの移動手段である。帰りはタクシーが捕まらないことが多く、公共交通機関も大混雑するため個人タクシーをよく使った。個人タクシーは危ないと思われがちだが有名なタクシー配車アプリを使えば安全かつ比較的リーズナブルに車を手配することが出来る。最初は言葉がうまく通じないため色々苦労したが慣れてくれば片言の中国語でも何とかできるようになってくる。

このタクシー配車アプリは1,500万人以上の運転手が登録しており、ユーザが3億人以上もいる世界最大の市場である中国でシェアの9割を占めている。地方だとなかなか運転手が捕まらないこともあるが、その場合もチップを上乗せすればそれ程苦も無く手配することが出来る。日本はタクシー業界の抵抗と法的縛りが多いため配車市場はほとんど浸透していないが非常に便利なシステムなので是非浸透して欲しい。

話は旅行の件に戻るが、中国の観光地にはそれぞれ格付けが施されており、☆1～☆5までランクがある。中国というと不潔・不便・不親切・人が多い・



写真6 万里の長城

トイレが無いなど負のイメージが付きまとうが☆5の観光地であれば人が多くてやかましい点を除いて払しょくされており快適に観光することが出来る。

7. 中国の方言と食文化

中国には中国人でも把握できていない程の無数の方言と料理がある。

言葉は基本的に北京語（標準語）を使っていれば全国どこでも通じるが、北京語とは別にその地方独自の方言が各所にあり、上海であればそれは上海語ということになる。上海語は上海にいれば頻繁に聞くことが出来るが何を喋っているのかは全く分からない。北京語と上海語とでは単語も発音も異次元レベルに違うためだ。上海には時折、年配の方などで上海語しか理解できない人も一定数おり、そういった方の場合は上海語の分かる上海人しかコミュニケーションが取れないということになる。

こういった方言が中国大陸のあちこちにあり、上海から車でたった1時間ほど移動しただけの無錫市という所にも無錫語があり、上海語同様に無錫人しか理解できない言語があるという。

料理も方言同様に多種多様な料理があり、出張で色々な地方に出向き色々な料理を食べてきたが、い



写真7 中国の国宝であるパンダ（上海動物園）

まだに初めて食べる食材や味付け、料理に出会うことができる。

8. おわりに

KTS, KCI, KIMZと一緒に仕事をしたローカルスタッフや駐在員の皆様、また海外駐在という自分や家族の人生においても貴重な経験を積む機会を与えてくれた会社に紙面を借りてお礼を申し上げたいと思う。

ありがとうございました。

著者



長江 達彦

2008年入社。調達本部第一調達部部品調達室。同資材調達室、KTS調達部を経て現職。

随筆

ACTIVE研修体験（イギリス、スペイン）

大森 裕介

1. はじめに

2015年3月から2015年8月の半年間イギリスにて語学研修、2016年の1年間スペインにて現場研修を経験した。入社当初より海外で働くことに興味があり、ACTIVE (Ambitious & challenging Traineeship for Intercultural Value added Experience / 海外研修制度) にて機会を頂き、本研修を通じて貴重な経験をさせて頂いた。本研修は、語学研修であるため語学について経験したことを紹介する。

2. 語学学校

まず一般的な英語を学ぶため、ボーンマスに3ヶ月間滞在した。ボーンマスは、イングランドの南海岸近くに位置する町である。

ヒースロー空港に着き、イギリス人のタクシー運転手にピックアップされ、2時間程かけてボーンマスに移動した。車中は、いきなりイギリス人と二人きりとなり、何を言っているかわからず不安になったことを覚えている。

滞在予定のホームステイ先に到着し、ホストファミリーと会った。イギリス人夫婦の優しい方達だった（写真1）。



写真1 ホストファミリー

ご子息は、既に家を出ているため、その部屋を利用してホームステイの受け入れをしているとのことだった。

彼らは、熱狂的なラグビーファンであるため、試合がある時は、部屋から叫び声が聞こえてきて、慣れるまで度々驚かされた。また、ホームステイ先では、韓国人の学生も1名滞在していた。

到着直後から学校への行き方、バスの乗り方、ご飯の時間等説明して頂いた。理解できたのは少しだけだったが、それでも緊張からOK、OKと言って、その場をやり過ごしてしまった。

翌日から学校に通い始めたが、運良く、韓国人学生も同じ学校に通っており、学校に連れて行ってくれたため、なんとか難を逃れることができた。

最初にオリエンテーションとして学校の説明を聞き、クラス分けの実力テストを行った。休憩時間等の空き時間では隣の生徒と話してと言われて、振り向くと南米の方がいたので、知っている単語を並べてトライしたが、会話とは程遠かった。

日本人は、私一人しかおらず、拙い英語のみが頼りだった。

本校では、大学生や高校生が多く、連休中に英語を勉強したい、国から援助を受けての英語勉強、大学進学等、様々だった。中には軍人の方もいた。

私のクラスメイトの国籍は、韓国、メキシコ、オマーン、トルコ、クウェート、コートジボワール、コロンビア等だった（写真2）。

ペーパーテストでクラスが決められるため、Speakingは全くできないにも関わらず実力以上のクラスに入れられ非常に困惑した。授業はもちろん全て英語で行われ、質問も英語で行う必要があった。いきなり自己紹介してと言われて10人以上の前で自己紹介させられた時は、とても緊張した。

これまで英語教育を受けてきたが、その授業内容とは大きく異なり、Speaking中心の授業内容に、大変驚かされた。日本の学校では、英語を聞いて、読んでA、B、C、Dの内から答えを選ぶようなもの、穴埋め問題等だったが、聞いたこと、読んだことを



写真2 クラスメイト

要約して話す、それについてどう考えたかをクラスメイトと話す等、常にOUTPUTを求められる授業内容だった。

また、先生が質問する際も、日本では、指されてから答えることが一般的だと思うが、早押しクイズのように我先に全員が話し出す光景には、ただただ驚かされた。全員が上手、下手関係なしに自分が知る語録、文法を並べ、言いたいことを伝えきるという姿勢に非常に影響を受けた。

積極的に話す生徒は、成長が早く、この環境では、自発的に喋らない限り、自分が喋る機会はなかなか生れず、英語の上達が遅れてしまうため、他の生徒のように間違えること自体は気にしないように心がけて積極的に喋るようにした。

しかし、留学前は、外国人に囲まれ英語を話す環境を経験したことがなかったため、最初は、会話することが怖く、このように思えるようになるまでには、1.5ヶ月程度掛かった。だが、この頃から、ふと「なんとなく会話が続くようになった」と感じるようになり、少しずつ自信をつけ、英語での会話を楽しめるようになった。

今振り返ってみると、わからない単語が出てきた時に、異なる表現でなんとか伝えてその場を乗り切るというテクニックを覚えてから会話が続くようになったと思う。

授業中にそれぞれの国の文化の違いについて話すこともあり、中東の方達は、ラマダン（断食）は、貧しい人達の気持ちを分かることができるから好きだという方もいて、私にとって不思議な習慣に思えた。

週に一度、授業の後に、サッカーのアクティビティ

があり、趣味のサッカーを介してクラスメイト以外の友達を作ることができた。また、特に最初のうちは、英語ができないことによるストレスのせいか、サッカーが今まで以上に楽しく思えた。プレー中は、お願いをしようとしても伝え方がわからず、お願いされても理解できないことがあり、海外でプレーし、活躍するプロスポーツ選手達の努力を知った。同時にその堂々と話す姿を見て学習のモチベーションとなった（写真3）。



写真3 授業後のアクティビティ（サッカー）

少しずつではあるが、朝から晩まで英語に触れ続け、注文、買い物、予約、移動等少しずつ自分で行えるようになり、イギリスでの生活に慣れてきたところでビジネス英語を学ぶために違う町へ移動した。チェルトナムと呼ばれるウェールズ国境近くに位置する田舎町である。

ホームステイ先も変更し、モロッコ出身のホストマザーとサウジアラビアの学生と生活することとなった。

その学校では、前の学校と異なり、社会人の方が英語力向上のために来ていた。フランス、ドイツ、チェコ、イタリア、スウェーデン等、ヨーロッパから来ている方達だった。

全員が口を揃えて言うのは、英語ができないと仕事にならないとのことだった。社内は、英語が共通言語だと言う方もいた。

ビジネス英語は、一般的な英語と異なり、見たことがない新しい単語を覚える必要があった。授業も、1クラス当り5人程度の少人数制となり、先生の説明スピードも速くなった。前の学校で3ヶ月掛けて手にした少しの自信は、すぐに消え去り、また一からのスタートとなった。思えば留学中、自信をつけては失っての連続だったと思う。

授業内容は、プレゼンテーション練習、グラフ説明練習、模擬ミーティング等を行い、その中でKYBという会社は何を扱っているのか、それはどういった物なのか、何に使われているのか等の説明練習をした。

語学学校での学習を通して、外国語は、話すものだと考えるようになると、これまで勉強してきた文法、

構文等が、会話の中でどのようにして使われているか理解するようになった。ある程度会話できるようになるまで正直大変ではあるが、外国語に対しての意識が大きく変わり、楽しいものだと思えるようになった。

3. 語学学習

語学学習において発音というのは誰しもぶつかる壁なのではないかと思う。

日本人の苦手な音（R, TH, V等）があり、口の動きをしっかりと作り発音しないと、理解してもらえなかった。留学前は、正直そんなことは大した問題ではないと考えていたが、実際大きな問題だった。ホストファミリーに「DVDを貸して下さい」と言っても、全く理解されず、繰り返しても駄目だった。それからしばらく夕食中、DVDと何回も言われた。

英語を話す際は、口を大きく動かす必要があり、初めのうちは頬が筋肉痛になった。日本語はあまり口を開かなくても発音できる言語であるとのこと。通じるか通じないか分からないがとりあえず話してみても初めて自分の苦手な部分がわかってくるため、とにかく口に出して喋ることが大事だと思う。

動画サイトで日本人がぶつかる壁に対してのアプローチを紹介していて、非常に参考になった。例えばRの発音は、日本語でウーと言って形を作ってから発音すると音が出るのことで、従って実施してみると「何でそんなに急に上達したのか？」と驚かれた。話している本人としては、そんなに変わらないじゃないかと思ったが、ネイティブにとっては大きな違いであるらしい。また、最初のホストファミリーの孫の名前がリーガンといい、初めて会った時、リーガンと「らりるれる」の発音で呼ぶと「違う、ウーリーガンだよ」と教わり、一緒じゃないかと思ったこともあった。とにかくRの発音には苦しめられた。

インターネットでは、多様な英語の勉強方法が紹介されているが、結局自分が好きな物で覚えることが一番だと思う。映画での勉強のお勧めは、「アクションである」という意見や、「ドラマである」という意見等様々あるが、英語学習をしている本人が楽しいと思えることでないと続かないため、教材を探している方は、自分が観たいと思っている物を見ることが一番だと思う。慣れるという意味では、マンガだって何であれ良いと思う。参考書だけでなく、様々な物から吸収していくべきだと思う。語学は、筋トレのようなもので、話し続ければ話せるようになる、聞き続ければ聞けるようになる、書き続ければ書けるようになる、読み続ければ読めるようになると思う。

ホームステイ先が同じだった韓国人学生は、旅先でパスポート、財布を盗まれてしまい、イギリスにすぐに戻れなくなり、大使館、学校等で散々同じ説

明を英語でしたため、盗まれた時の状況説明が話す毎に上手くなっていったと語っていた。

語学は急に伸びるような物ではなく、少しずつ習得していく以外方法はないと思う。

4. KYB Steering Spain, S.A. (以下KSS)

半年間のイギリスでの語学研修の後、2016年1月よりKSS品質保証部で実務研修を行った。

KSSでは、お客様やサプライヤがイギリス、ドイツ、フランス、スペイン等多岐に渡り、それぞれお客様の言語に合わせて会話をする。最も驚いたのは、一つの打ち合わせで英語、スペイン語、フランス語とお客様が使う言語に合わせて使用言語が使い分けられたことである。過去の資料も英語、ドイツ語等で書かれており、現地スタッフは、2,3カ国語ないし、4カ国語を高いレベルで使いこなす方たちが働いていた。英語だけでも必死な私は叩きのめされたような気分になった。

実務での英語は、正確に何を考えているか伝える必要があり、できないとイメージした情報が出てこなかった。また、日本と現地の間に入る業務が多かったが、日本の意図するところを現地に展開、現地が意図することを日本に伝えることは、非常に難しかった。

現地では、全従業員が英語を話すわけではないので現地語で話すということが度々必要となった。アルファベットや数字の読み方すらわからない状態からのスタートだったが、英語を学んだ方法と同じように、とにかくすぐにスペイン語で話始め毎日少しずつ単語を覚え学習した。

日本人駐在員は、立場、駐在先にもよると思うが、英語か現地語の能力が必要となる。社内の打ち合わせでは現地語が用いられ、お客様が来たら英語で話す、また日本とやり取りする場合は、日本語で話し、必要に応じて通訳をする必要が出てくる。

5. カミノデサンティアゴ

スペイン駐在中では、週末や連休を使い、カミノデサンティアゴを歩いた。意味は、「サンティアゴへの道」である。この道は日本のお遍路のようなもので道自体が世界遺産に指定されており、キリスト教徒にとっての巡礼路である。フランス西部からスペイン西部に位置するサンティアゴ・デ・コンポステーラまで約800km続く道で、巡礼者は、コンポステーラにある大聖堂を目指す。道中は、常に矢印のマークがあり、それを辿っていけば自然と目的地に着くようになっているため、基本的には迷わない(写真4)。

きっかけは、KSSがあるパンプローナという町はその道の上に位置し、調べると、様々な国の方達と話すことができるということで挑戦することとした。

全部歩くことは不可能なので、時間が許す限り歩き、電車やバスも使い、目的地を目指した。

毎日朝6時半頃から歩き出し、一日25-35km歩く。バックパックに20kg程の荷物を詰め込み、道中、牛が放牧されているような場所や、ぶどう畑、麦畑を歩いたり、真っ暗な林の中ヘッドライトをつけて歩いたりもした。

長い距離を歩く上で重たい荷物は足枷となるため、不要な物は基本的に捨てていくことが常識になっていた。中には、小説やガイドブックの読み終えたページは、破り捨てるという方もいた。

普段歩き慣れていない巡礼者は、大量のまめを足に作りながら歩いていた。また、真夏に歩いたため、うだる様な暑さの中歩き、「何でこんなところ歩いているのだろうか?」と考えてしまうような時もあった。

夕方頃までにアルベルゲと呼ばれる巡礼者用のホテルに辿り着き、食事を取り、20時頃には疲れ果てて眠る。そしてまた歩くという毎日だった。

アルベルゲは、ボランティアで経営されている場所もあり、10€以下で泊まることができ、安価で旅ができるというのもこの道の人気の理由の一つである。ただ一人部屋ではないため、いびき対策の耳栓は、必須だった。多いときは、約100人一部屋のときもあった。

最終地点のコンポステーラでは、毎日ミサが行われており、旅を終えた巡礼者や観光客が参加する(写真5)。そこでは、ボタフメイロと呼ばれる、天井の滑車に吊るされた大香炉(重さ53kg、長さ1.5m)を大人8人でロープを引っ張りながら最高時速68kmで振り回すという儀式があり、圧巻だった。元々は、ペストや伝染病への予防として始まった儀式とのこと。

世界中からこの道に人が集まっており、朝食、道中、昼食、夕食時等、毎日知らない方達と出会い話すことができた。時には、アイルランド人グループに囲まれ会話したり、時にはスペイン人に囲まれ、スペイン語で会話したりと辞書を使う間もなく話した。実際ネイティブ同士の会話スピードは速すぎて理解は困難だったが、この旅で語学能力は鍛えられたのではないかと思う。言語に興味がある方に、ぜひ一度試して欲しい場所である。



写真4 カミノデサンティアゴ(矢印標識)



写真5 サンティアゴ・デ・コンポステーラ大聖堂

6. おわりに

今回、貴重な研修機会を与えて下さった皆様やKSSと一緒に仕事をしたローカルスタッフや駐在員の皆様にはいつも助けて頂き、非常に感謝しています。紙面を借りてお礼申し上げます。今後本研修で得た経験を業務に生かしていきたいと思っています。

著者



大森 裕介

2008年入社。オートモーティブコンポーネンツ事業本部ポンプ技術部。ベーンポンプの設計、開発に従事。

斜板式ピストンポンプ・モータの解析技術

Analysis Technology for Axial Piston Pumps and Motors

佐藤 直人
SATO Naoto

要 旨

当社の基幹製品である斜板式ピストンポンプ・モータは、母機メーカーから高速化、高圧化、高効率化、小型化、低コスト化等様々な要求がある。これら要求に対応するため、ポンプ・モータ部品形状の最適化による油圧損失の低減、回転摺動部の改良によるトルク損失の低減、油路構造の変更など工夫を行っている。

一方、ポンプ・モータ特性の解析技術においては、従来からロータリーパーツの運動を考慮した解析を行い、予測精度の向上を進めている。特に起動時や微速時については、この解析技術を用いてトルク予測に活用している。しかしながら、高回転域でのポンプ・モータ効率に対しては、細部の解析モデルの検証が不十分な面があった。また、摺動部構造の複雑化（球面化）や、吐出ポートの2分割構造化（スプリットフロー化）に対する対応も、従来の解析技術の課題であった。

そこで今回、様々な製品仕様に対応し、高回転域にも有効なピストンポンプ・モータ特性の解析技術の構築を行った。さらに解析結果については、実験的検証を行い、妥当性を確認した。なお本解析技術は、社内の設計標準ツールとして展開しており、ポンプ・モータ開発に日常的に活用されている。

Abstract

Axial piston pumps and motors are key products of our company, and are subject to various requirements from vehicle manufacturers such as greater speed, higher pressure, higher efficiency, smaller size and lower cost. In order to meet these requirements, various techniques are being devised such as reducing pressure loss by optimizing pump or motor part shape, reducing loss torque by improving rotating and sliding sections, and changing the of oil path structure.

In analysis technology for pump and motor characteristics, on the other hand, progress has been made for some time in improving prediction technology by carrying out analysis taking into account the movement of rotary parts. This analysis technology is used to predict torque when starting and in the low speed range. However, for the prediction of pump and motor efficiency in the high speed range, there are points where verification of the detailed analysis model has not been sufficient. Also, conventional analysis technology has had issues with greater complexity of the sliding section structure (spherical surface) and switching to a two-segment structure of the outlet port (split flow type).

In this paper, analysis technology for piston pump and motor characteristics, effective for the high-speed range, was developed to support various product specifications. In addition, validity was confirmed through experimental verification. This analysis technology has been deployed as a standard tool for design inside our company, and is routinely utilized for pump and motor development.

1 緒言

斜板式ピストンポンプ・モータ（以下、ピストンポンプ・モータまたは単独でポンプ、モータ）は当社の基幹製品であり、建設機械をはじめ産業車両、農業機械などに幅広く採用されている。このピストンポンプ・モータには、母機メーカから高速化、高圧化、高効率化、小型化、低コスト化等様々な要求がある。これら要求に対して、スワッシュプレート（以下、弁板）摺動部を球面化したり、独立した2つの吐出ポート構造（スプリットフロータイプ）といった改良をしたり種々の対応を行っている。

一方、ピストンポンプ・モータの解析技術においては、製品の根幹部位であるシリンダブロック（以下、C/B）とピストン等から構成されるロータリーパーツの設計が重要になる。このロータリーパーツには、

- ①C/B-弁板間
- ②C/B-ピストン間
- ③斜板-ピストン・シュー間

の主要な3つの摺動部位があり、これら3部位の特性がピストンポンプ・モータの性能に影響を及ぼす。特にC/Bは、上記3つの摺動部位全てから大きく影響を受けており、その挙動予測技術を確立することは、ロータリーパーツの最適設計を行う上で必要不可欠である。

当社では従来、C/Bの挙動解析（以下、C/B油圧バランス解析）やシリンダ内圧計算等を行っており、ポンプ・モータ開発に活用している。特に近年では、高速・高効率化の要求に伴い、高回転域におけるC/B挙動や効率の予測が望まれる場面がある。しかしながら、従来のC/B油圧バランス解析では、起動トルクや微速時の駆動トルクを予測する機会が多く、高回転域での検証については不十分な面もあった。また、前述の球面弁板やスプリットフロータイプの対応も課題であった。

そこで、従来のC/B油圧バランス解析の計算モデルをベースとして、様々な製品仕様に対応したC/B油圧バランス解析技術を構築したので、その概要と解析事例について解説する。

2 解析対象

2.1 ロータリーパーツ

図1に、解析対象であるロータリーパーツを示す。この図では、C/B-弁板間摺動部は平面であるが、一般的に球面にすることで高速化、高圧化、性能安定化が可能¹⁾である。なお、ロータリーパーツは、

ポンプとモータで基本的な構造は同じである。ポンプの場合は、駆動軸の回転でC/B内のピストンを往復運動させ、油の吸い込みと吐き出しを行う。一方、モータの場合はポンプとは逆になり、油圧によって駆動軸を回転させる。

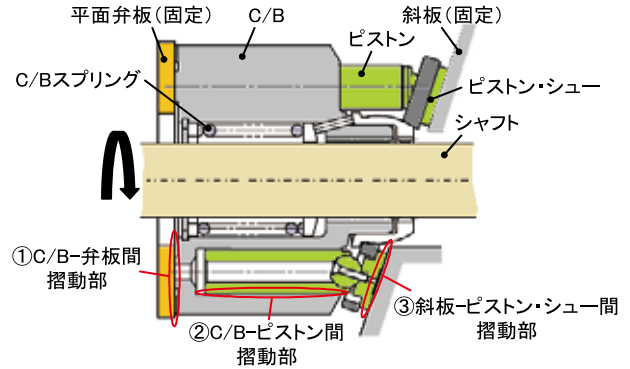


図1 ロータリーパーツ

2.2 各種製品仕様への対応

2種類の弁板（平面、球面）だけでなく、シングルフローおよびスプリットフローの2つのフロータイプに対応できるようにした。ここで、シングルフローは図2(a)に示すように吸込側と吐出側がそれぞれ1つの一般的なタイプ、スプリットフローは図2(b)に示すようにC/Bポートが内外2つに分かれて（内：青色、外：赤色）、独立した2つの吐出が可能

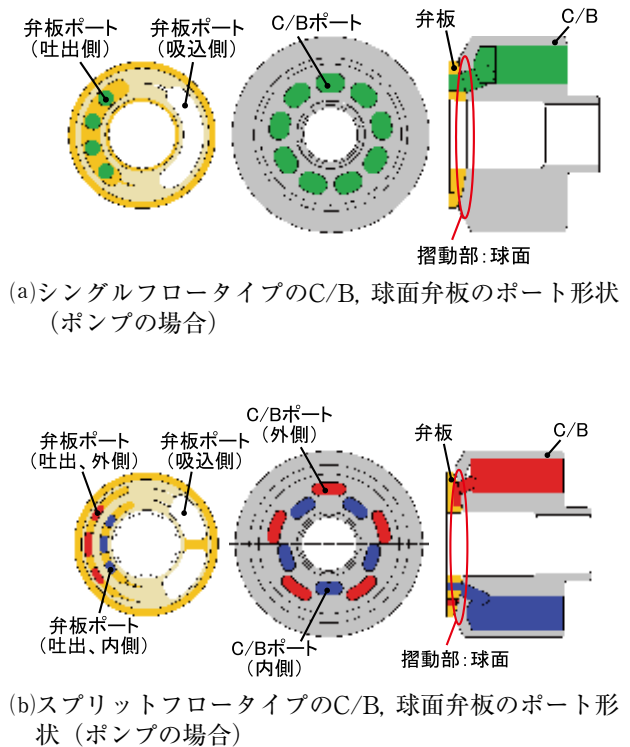


図2 各フロータイプの構造

能なタイプである。

3 C/B油圧バランス

本章では、解析の根幹となるC/B油圧バランスについて説明する。

ピストンポンプ・モータの主な摺動部は前述の3か所であるが、特にC/B-弁板間は、C/B挙動の影響を強く受ける最重要部である。この摺動部からの作動油の漏洩が少なく、かつ摩擦も摩耗も小さくすることが必要である。そのためには、C/Bが浮き上がることや傾くことを防止しなければならない。また、C/Bが過大な力によって弁板に押し付けられることも回避しなければならない。すなわち、C/Bの力学的バランスの取り方が極めて重要である。

C/Bの油圧バランスを最適化するには、摺動部の圧力分布を精度良く把握することが必要であり、油膜圧力解析はその有効な手段である。油膜圧力解析の精度は、摺動部の油膜形状のモデル化の正確性に左右されるため、C/Bの姿勢変動に伴い変化する油膜形状のモデル化が重要になる。

一方、当社では近年、弁板の球面化とりわけ図3に示すようにC/Bの球径 S_c と弁板の球径 S_v の差 C_L ($=S_c - S_v$ 、以下、球径差)を設けた開発を進めている。ここで例として、球径差の違いについて、有効圧力に対する容積効率、全効率の試験結果を、それぞれ図4(a)、(b)に示す。両効率とも、球径差によって大きな差が見られることから、球径差の設計が非

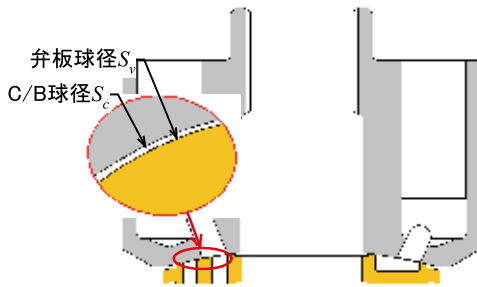


図3 球径差 $C_L(=S_c - S_v)$

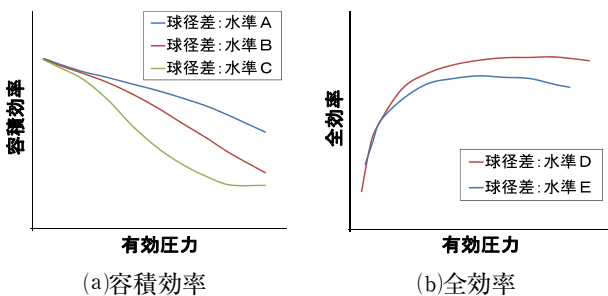


図4 球径差 C_L の影響

常に重要であることが分かる。しかしながら、従来の球面弁板の解析では、C/Bと弁板の球径が等しい($S_c = S_v$)と仮定していたため、球径差を考慮した解析ができなかった。本解析では、球径差を考慮して油膜形状をモデル化したことで、その影響を評価することが可能となった。

4 解析方法

4.1 主な仮定条件

本解析における、主な仮定条件を以下に示す。

- ・変形可能な部品はシャフトのみで、それ以外の部品は剛体とする。
- ・摺動部は、①C/B-弁板間、②C/B-ピストン間、③斜板-ピストン・シュー間の3か所とし、それ以外の部分の摩擦はすべて無視する。
- ・各部品の質量は無視する。

4.2 油膜圧力解析

各摺動部(①C/B-弁板間、②C/B-ピストン間、③斜板-ピストン・シュー間)の油膜形状をC/B、ピストン、ピストン・シューの姿勢から求め、それぞれの油膜にレイノルズ方程式を適用し、有限要素法(または差分法)により油膜圧力分布を計算する。その後、得られた油膜圧力分布から力やモーメント、漏れ流量を算出する。

油膜形状の例として、球面弁板で球径差がある場合のC/B-弁板間摺動部について以下に説明する。図5(a)に示すC/B-シャフト間スプライン結合部のスプライン中心を原点Oとした全体座標系とは別に、まず、球面弁板(球径 S_v)の球面中心 O_v を原点とした局所的な球面座標系を考える。ここで、天頂角を θ_v 、方位角を φ_v として、図5(b)のようにC/B(球径 S_c)の球面中心 O_c を $(e, \theta'_v, \varphi'_v)$ とする。これにより、C/Bと弁板の幾何学的配置が定まる。油膜厚さ h は、 $e \ll S_v/2$ より、近似的に次式で表される²⁾。

$$h = C_L + e \sin \theta_v \sin \theta'_v \cos(\varphi_v - \varphi'_v) + e \cos \theta_v \cos \theta'_v \quad (1)$$

本解析によるスプリットフロータイプの油膜形状

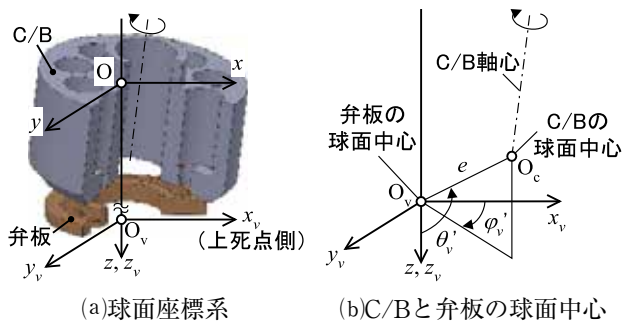
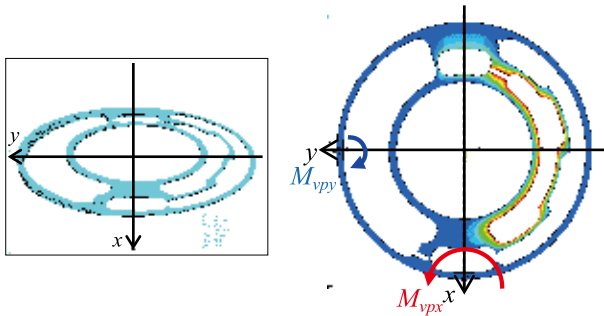


図5 C/Bと弁板の幾何学的配置(球面弁板の場合)

を図6(a)に、圧力分布を図6(b)に例として示す。図6(a)は厚さ方向をデフォルメして表示しているが、摺動面の位置によって油膜厚さ h が変化していることが分かる。摺動部の油膜圧力分布による力 \vec{F}_{vp} とモーメント \vec{M}_{vp} は、図6(b)の圧力分布より算出される。図中の矢印は、 x, y 軸周りのモーメント M_{vpx}, M_{vpy} の大きさと方向を表しており、赤色が正、青色が負である。



(a)油膜形状例 (b)圧力分布例
図6 C/B-弁板間摺動部 (球面弁板の場合)

4.3 シャフト弾性変形解析

シャフトは、図7に示すスプライン中心を原点Oとした直交座標系において、ベアリングで支持されたはりと仮定し、スプライン結合部で受けたC/Bからの反力 \vec{F}_t 、反モーメント $\Delta\vec{M}_t$ によりたわみを計算する。なお、C/B-シャフト間は、スプライン結合部のクリアランスを考慮している。

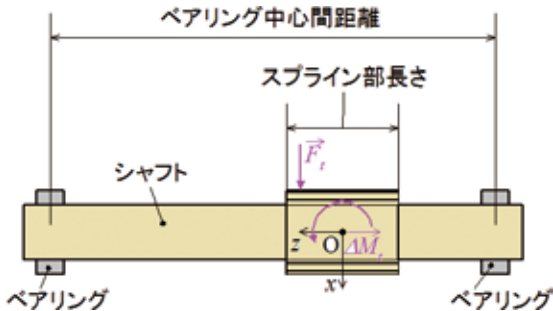


図7 シャフトに作用する力

4.4 C/B姿勢解析

C/Bに作用する力を図8に示す。これらの力は大きく分けて、C/Bシリンダ部に作用する力の合力(\vec{F}_{CB})、C/B弁板部に作用する力(油膜圧力分布による力 \vec{F}_{vp} 、力の不平衡により生じる接触力 \vec{F}_{vm} 、摩擦力による力 $\vec{F}_{\mu v}$)、シャフトから受ける力($-\vec{F}_t$)、C/Bスプリングによる力(F_k)の4つになる。なお、C/Bシリンダ部に作用する力の合力 \vec{F}_{CB} は、ピストン本数分のすべての力を足し合わせたものである。C/Bに作用する慣性力を無視すると、上記4つの力と原点O周りのモーメントのつり合いは次式で表さ

れる³⁾。

$$\left. \begin{aligned} F_{CBx} + F_{vpx} + F_{vmx} + F_{\mu vx} - F_{tx} &= 0 \\ F_{CB y} + F_{vpy} + F_{vmy} + F_{\mu vy} - F_{ty} &= 0 \\ F_{CBz} + F_{vpz} + F_{vmz} + F_{\mu vz} - F_{tz} + F_k &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

$$\left. \begin{aligned} M_{CBx} + M_{vpx} + M_{vmx} + M_{\mu vx} - M_{tx} &= 0 \\ M_{CB y} + M_{vpy} + M_{vmy} + M_{\mu vy} - M_{ty} &= 0 \\ M_{CBz} + M_{vpz} + M_{vmz} + M_{\mu vz} - M_{tz} &= 0 \end{aligned} \right\} \quad (3)$$

ここで、(3)式の各項は、 $\vec{F}_{CB}, \vec{F}_{vp}, \vec{F}_{vm}, \vec{F}_{\mu v}, -\vec{F}_t, \Delta\vec{M}_t$ によってそれぞれ生じるモーメント $\vec{M}_{CB}, \vec{M}_{vp}, \vec{M}_{vm}, \vec{M}_{\mu v}, -\vec{M}_t$ の各軸周りの成分である。

上記(2), (3)式を満足するようにC/Bの姿勢を計算する。

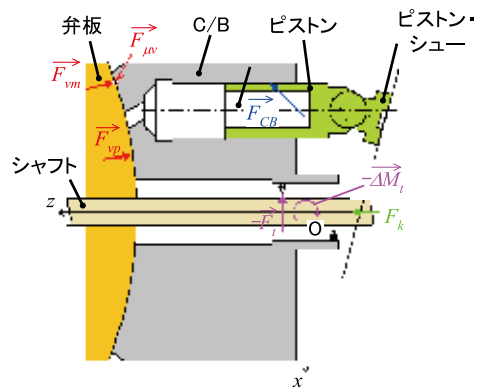


図8 C/Bに作用する力

4.5 C/B油圧バランス解析の解析手順

図9にC/B油圧バランス解析のフローチャートを示す。初期条件設定後、C/B回転角度ごとに油膜圧力解析、シャフト弾性変形解析、C/B姿勢解析を繰り返して、C/Bの姿勢を収束計算する。この計算を、C/B回転角度刻み $\Delta\theta$ ごとに行い、1ピッチ分(360degをピストン本数 n で割った角度)まで実行する。各種効率、C/B回転角度1ピッチ分の漏れ量、損失トルクの平均値から計算する。

5 解析事例

5.1 対象製品

解析事例としての対象製品は、小型油圧シヨベル用1C/BピストンポンプPSVL2-42⁴⁾であり、本解析技術を活用して開発している。図10にPSVL2-42の外観、表1にPSVL2-42の主な仕様を示す。なお、このポンプは球面弁板を採用している。

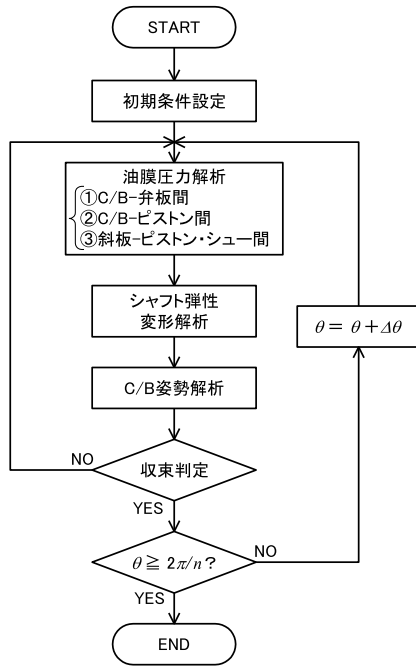


図9 C/B油圧バランス解析のフローチャート

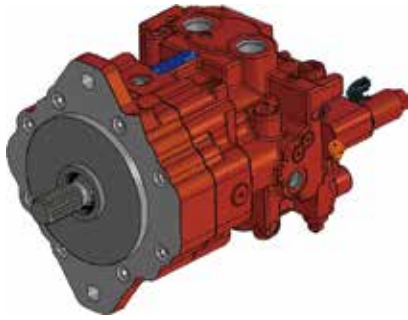


図10 PSVL2-42

表1 PSVL2-42の主な仕様

押しのけ容積 [cm ³ /rev]	スプリットフロー： 42.3+42.3
最高圧力 [MPa]	32
最高回転数 [rpm]	2,200

5.2 解析条件

(1)各摺動部の摩擦係数

各摺動部の摩擦係数は、社内で蓄積した知見および新たに行った試験結果から求めた摩擦係数を設定する。なお、各摺動部の摩擦係数は、回転数に応じて与える。

(2)各摺動部の最小油膜厚さ

各摺動部の最小油膜厚さは、社内で蓄積した知見および新たに行った試験結果から求めた最小油膜厚さを設定する。

(3)シリンダ内圧

当社の設計標準ツールであるシリンダ内圧予測プ

ログラムの計算結果を、油圧バランス解析に使用している。なお、上記プログラムでは、斜板振動や吐出脈動、ノッチ形状等の影響を考慮することが可能である。図11には、PSVL2-42の外側C/Bポートに対応したシリンダ内圧計算結果例を示しており、横軸がC/B回転角度 θ を、縦軸がシリンダ内圧である。C/B油圧バランス解析においては、図11のような吐出側の圧力脈動を考慮することができる。

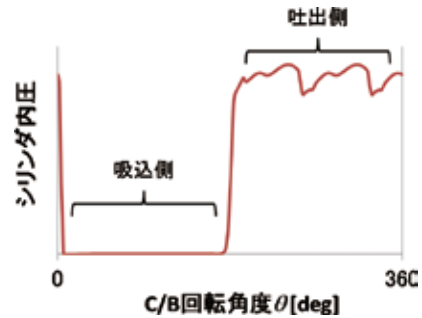


図11 シリンダ内圧計算結果例

5.3 解析結果例

(1)C/B-弁板間摺動部の圧力分布

図12, 13は、それぞれ内側、外側ポート高圧の場合に対するC/B-弁板間摺動部の圧力分布をC/B回転角度20deg刻みで示したものである。両図より、内側ポート高圧の場合、外側ポート高圧の場合ともに、 x 軸周りのモーメント M_{vpx} は常に正で安定しているが、 y 軸周りのモーメント M_{vpy} はC/B回転角度 θ によって正負の逆転が見られる。なお、ピストン本数は内側、外側ポートそれぞれ5本のため、1ピッチは72degである。

(2)モーメント比

モーメント比は、油圧バランス設計指標の1つであり、C/Bに作用する x, y 軸周りのモーメントの比として、それぞれ次式で表される。

$$\eta_x = -\frac{M_{CBx}}{M_{vpx}}, \quad \eta_y = -\frac{M_{CBy}}{M_{vpy}} \quad (4)$$

図14, 15は、球径差2水準について、1ピッチ分の x, y 軸周りのモーメント比をそれぞれ示したものである。 x 軸周りのモーメント比は球径差の違いによる影響は小さいが、 y 軸周りのモーメント比はC/B回転角度 θ によって球径差違いで大きな差が見られる。これは、上記(1)で前述した y 軸周りのモーメント M_{vpy} の正負の切り替わりのタイミングが影響していると考えられる。 x, y 軸周りのモーメント比とも、1ピッチの変動値が設計基準を満足するように設計する。

矢印の向きはモーメントの方向：赤色が正、青色が負

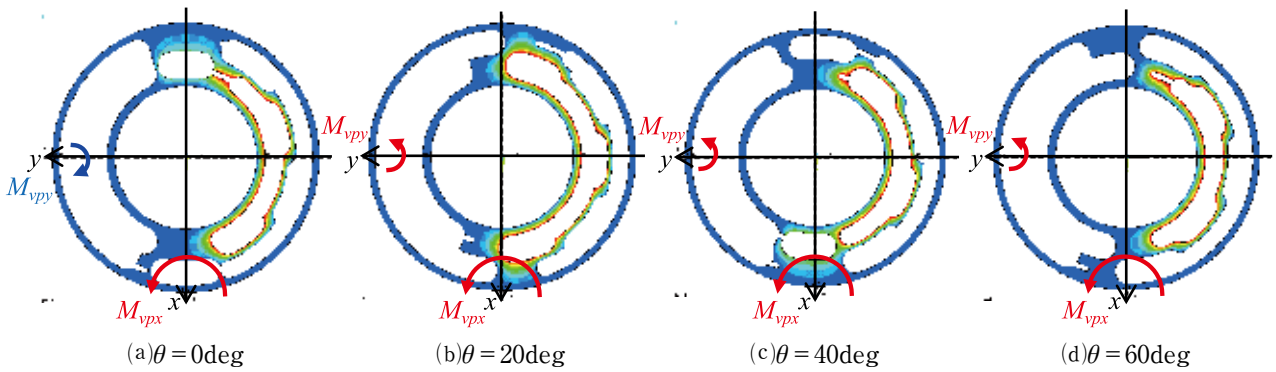


図12 C/B-弁板間摺動部の圧力分布（球径差①：内側ポート高圧）

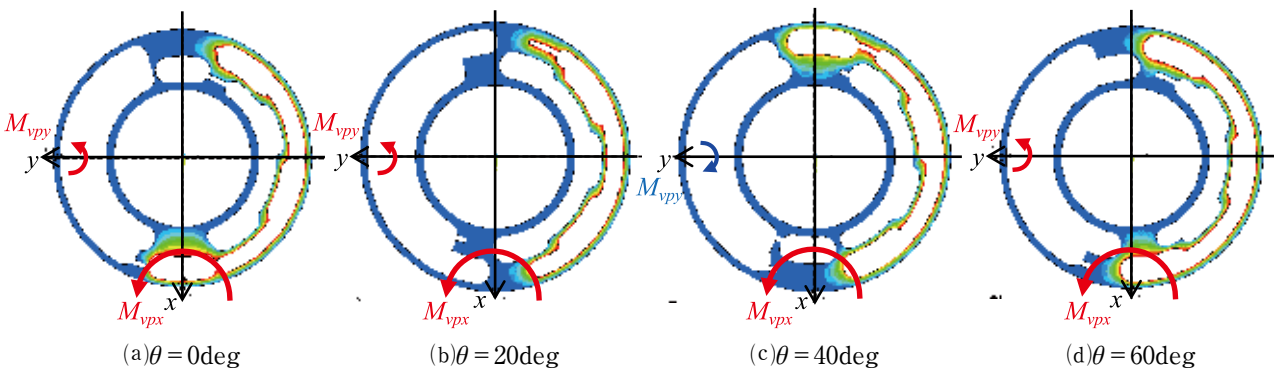


図13 C/B-弁板間摺動部の圧力分布（球径差①：外側ポート高圧）

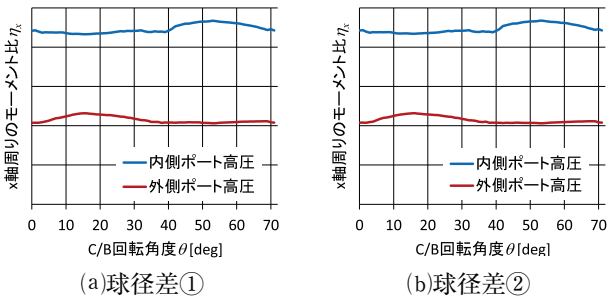


図14 x軸周りのモーメント比 η_x

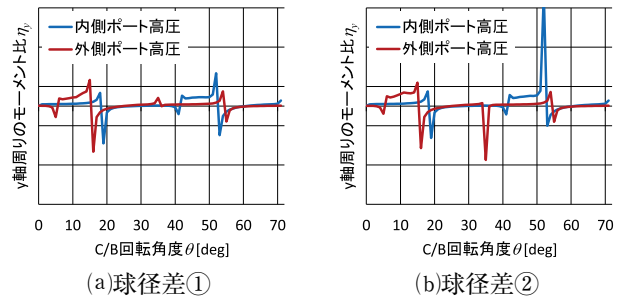


図15 y軸周りのモーメント比 η_y

(3)押付比

押付比は、油圧バランス設計指標の1つであり、C/Bに作用する荷重のz軸方向の比として、次式で表される。

$$\eta = - \frac{F_{CBz} + F_k}{F_{vpz}} \quad (5)$$

図16は、1ピッチ分の押付比を示したものである。内側ポート高圧の場合、外側ポート高圧の場合ともに、C/B回転角度 $\theta=0, 40\text{deg}$ 付近で押付比の変動が見られるが、これは高圧のピストン本数が2本から3本、3本から2本に切り替わるタイミングの影響である。押付比も、モーメント比と同様に1ピッチの変動値が設計基準を満足するように設計する。

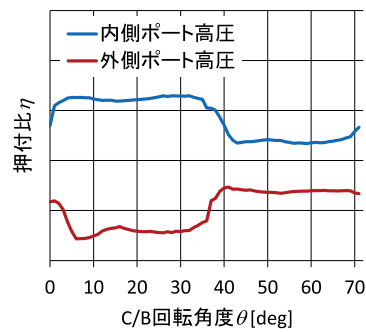


図16 押付比

5.4 解析精度の実験的検証

解析精度の検証のため、図14, 15に示す球径差2水準について、実機試験を行った。実機試験により得られた吐出圧力と各種効率の関係を解析結果と比較したものを図17に示す。図中の実線が解析結果、破線が実測結果である。容積効率については、解析および実測とも、内側ポート高圧に比べて外側ポート高圧の効率が低く、それが球径差①に比べて球径差②の方が顕著に表れている。機械効率については、解析および実測とも、高圧ポート違い、球径差違いで顕著な差は見られない。このため、全効率については、解析および実測とも、容積効率の影響が支配的である。以上の結果から、解析は実測と傾向が良く一致しており、本解析技術では各種効率の定性的予測が可能といえ、設計開発における有効なツールとなる。

6 結言

ピストンポンプ・モータに対して、各種製品仕様（平面・球面弁板、シングル・スプリットフロー）に対応したC/B油圧バランス解析技術を構築した。さらに、高回転域における各種効率計算結果の妥当性を実験的に確認した。なお、本解析技術は、社内の設計標準ツールとして展開しており、ポンプ・モータ開発の効率化や最適設計に活用されている。

今後は、流体潤滑理論を適用している各摺動部に対して、混合潤滑理論や弾性流体潤滑理論の適用を検討し、焼付や摩耗等の品質問題に取り組んでいく。

最後に、本解析技術構築に際して、多大なご協力を頂いた関係各位に対して、深く感謝申し上げます。

主な記号

- C_L : 球径差 ($= S_c - S_v$)
- h : 油膜厚さ
- n : ピストン本数
- F_k : C/Bスプリング力
- \vec{F}_{CB} : C/Bシリンダ部に作用する力の合力, 各軸方向成分 ($F_{CBx}, F_{CBy}, F_{CBz}$)
- \vec{F}_t : C/Bからシャフトに作用する力, 各軸方向成分 (F_{tx}, F_{ty}, F_{tz})
- \vec{F}_{vm} : C/B-弁板間の力の不平衡により生じる接触力, 各軸方向成分 ($F_{vmx}, F_{vmy}, F_{vmz}$)
- \vec{F}_{vp} : C/B-弁板間の油膜圧力分布によって作用する力, 各軸方向成分 ($F_{vpx}, F_{vpy}, F_{vpz}$)
- \vec{F}_{μ} : C/B-弁板間の摩擦力, 各軸方向成分 ($F_{\mu x}, F_{\mu y}, F_{\mu z}$)
- \vec{M}_{CB} : C/Bシリンダ部に作用する力 \vec{F}_{CB} の原点Oに関する合モーメント, 各軸周りの成分 ($M_{CBx}, M_{CBy}, M_{CBz}$)
- \vec{M}_t : C/Bからシャフトに作用する力 \vec{F}_t , 反モーメント $\Delta\vec{M}_t$ により生じるモーメント, 各軸周りの成分 (M_{tx}, M_{ty}, M_{tz})
- \vec{M}_{vp} : C/B弁板部に作用する油膜圧力分布による力 \vec{F}_{vp} により生じるモーメント, 各軸周りの成分 ($M_{vpx}, M_{vpy}, M_{vpz}$)
- \vec{M}_{vm} : C/B弁板部に作用する力の不平衡により生じる接触力 \vec{F}_{vm} により生じるモーメント, 各軸

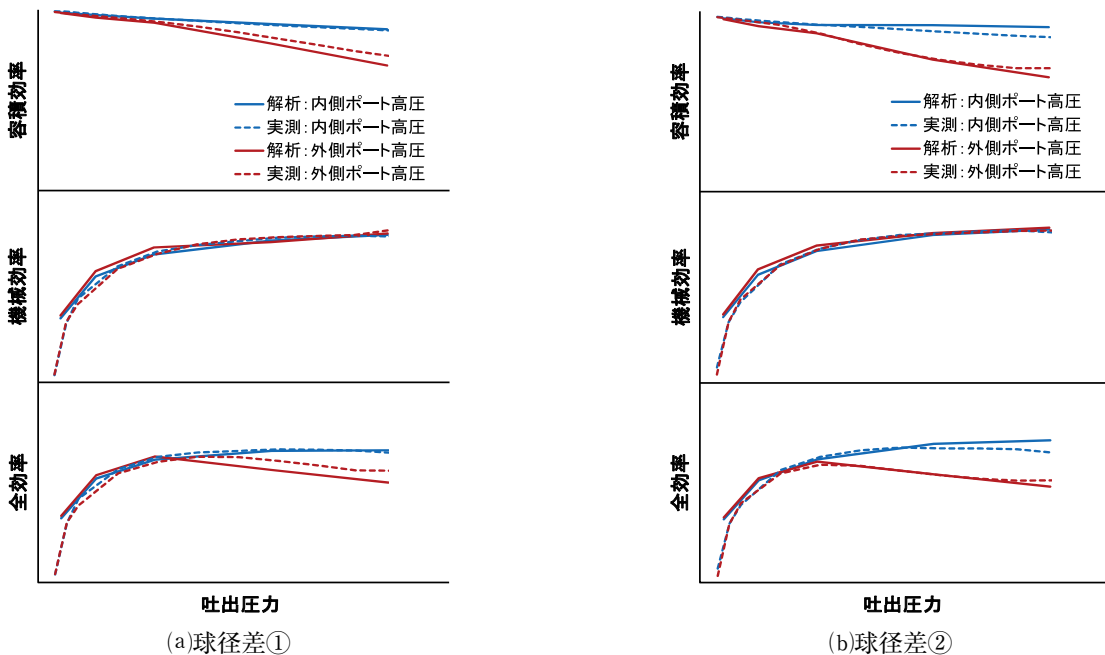


図17 各種効率の精度検証結果例 (ピストンポンプ)

	周りの成分 ($M_{vmx}, M_{vmy}, M_{vmz}$)	刻み
$\vec{M}_{\mu v}$: C/B弁板部に作用する摩擦力 $\vec{M}_{\mu v}$ により生じるモーメント, 各軸周りの成分 ($M_{\mu vx}, M_{\mu vy}, M_{\mu vz}$)	θ_v : 天頂角 φ_v : 方位角
$\vec{\Delta M}_t$: C/Bからシャフトに作用する反モーメント, 各軸周りの成分 ($DM_{tx}, DM_{ty}, DM_{tz}$)	
e, θ_v', φ_v'	: C/B球面中心の座標	
O_c	: C/Bの球面中心	
O_v	: 球面弁板の球面中心	
S_c	: C/Bの球径	
S_v	: 弁板の球径	
η	: 押付比	
η_x, η_y	: x, y軸周りのモーメント比	
θ	: C/B回転角度	
$\Delta\theta$: C/B油圧バランス解析実行時のC/B回転角度	

参 考 文 献

- 1) (一社)日本フルードパワー工業会: 実用油圧ポケットブック (2012年版).
- 2) 山口, 清水: ピストンポンプにおける球面弁板と平面弁板の流体潤滑特性の比較, 油圧と空気圧, Vol. 20, No. 2, (1989年).
- 3) 山口: ピストンポンプ・モータにおける弁板-シリンダブロック間摺動部特性 (第1報, 動圧パッド付弁板), 日本機械学会論文集 (B編), Vol. 51, No. 469, (1985).
- 4) 武井, 阪井: 小型油圧ショベル用ピストンポンプの開発, KYB技報第54号, (2017年).

著 者



佐藤 直人

1999年入社. 技術本部CAE推進部相模分室. 博士 (工学). 各種製品の解析業務に従事.

アルミニウム合金摺動部品の表面処理技術

Surface Treatment of Aluminium Alloy for Tribological Applications

中瀬 拓也 ・ 櫻木 研治
NAKASE Takuya ・ SAKURAGI Kenji

要 旨

アルミニウム合金は軽量合金の代表的な材料であり、KYB製品にも適用が広がりつつある。しかし、アルミニウム合金を機械部品の摺動部に適用する際に、一般的に摩耗しやすいことがその妨げになる。アルミニウム合金の摺動特性を向上させるためには、表面処理を施すことや潤滑性に優れた潤滑油を用いることが考えられる。

アルミニウム合金の表面処理として一般的には陽極酸化処理が用いられる。さらに耐摩耗性が必要な場合を想定し、今回プラズマ電解酸化（Plasma electrolytic oxidation, 以下PEO）処理に着目した。実際に機械部品の摺動部を設計する際には、まず母材の選定が行われるため、母材が皮膜特性に与える影響を知ることは重要である。本報では、3種類のアルミニウム合金に成膜したPEO皮膜の摺動特性について調査した結果を報告する。

また、例えば油圧緩衝器などの機械部品で必要となる作動油の影響について、既報（KYB技報、第51号）ではPEO皮膜に対する種々の作動油の摺動特性について報告した。本報ではさらに潤滑下におけるPEO皮膜の摩擦・摩耗特性について、表面自由エネルギーに基づく濡れ性パラメータを用いて考察する。

Abstract

Among various light-weight materials, aluminium alloy is the most typical material used for products at KYB. However, common aluminium alloys are not sufficiently wear resistant. This is problematic when such alloys are used for tribological application in mechanical parts.

Anodizing is typically used for surface treatment of aluminium. Plasma electrolytic oxidation (PEO) is more wear resistant than anodizing. The first step for designing machinery is to determine the substrate material. Therefore, the influence of substrate material on PEO film is discussed first in this report. The tribological properties of PEO films deposited on three different aluminium alloys are investigated.

In mechanical parts such as hydraulic shock absorbers, it is necessary to consider hydraulic oil. Our last report (KYB Technical Review, Vol. 51) described the tribological properties of PEO film lubricated with several hydraulic oils. In this report the tribological properties of the PEO film are further discussed using a wetting parameter from the view point of surface free energy.

1 緒言

近年の環境意識の高まりから、ますます軽量化に対する要求が顕著になってきている。例として自動車のショックアブソーバを軽量化した場合の効果を以下に示す。

- ・車体軽量化による燃費向上、運動性能向上
- ・バネ下質量低減による乗り心地向上

軽量化設計には構造をコンパクトにする方法や材料を軽量なものに置換する方法が考えられる。軽量材料としては、アルミニウム、マグネシウム、チタンなどの合金や炭素繊維強化プラスチックなどの樹脂が挙げられる。中でもアルミニウム合金はコスト、比強度、耐食性、熱伝導率などはマグネシウム、チタンなど他の軽量合金より総合的に優れるため、第一に検討すべき材料である。また、アルミニウムは

融点が比較的lowく、再溶融により再利用しやすいといったリサイクル性にも優れているサステナブル材料であると言える。

しかし、アルミニウムは鋼に比べて母材硬さが低いため、摩耗しやすいことがしばしば問題となる。機械部品における摺動部の摩耗は性能低下や故障を招く。例えば、ポンプの摺動部が摩耗するとそこからの漏れ量が多くなり、容積効率が低下する。また、摩耗粉によってかじりや焼付きが発生してポンプだけでなくシステムの不具合にもつながることが考えられる。

よって、アルミニウム合金を摺動部に適用するためには、第一に耐摩耗性を向上させることが必要となる。また、摺動部において発生する摩擦は機械効率などの性能に影響を及ぼすため、摩擦を適切に制御する必要性もある。すなわち、アルミニウム合金表面におけるトライボロジー特性は重要である。本報ではアルミニウム合金に形成した表面処理皮膜に関連した種々のトライボロジー技術について解説する。

2 アルミニウム合金の表面処理技術

2.1 陽極酸化処理

アルミニウムの表面処理にはめっきや化成処理などが用いられるが、陽極酸化処理は最も一般的なアルミニウムの表面処理法として知られており、アルミニウム母材に耐食性や耐摩耗性等の機能を付与する手法として古くから用いられている。特に硬質陽極酸化皮膜は高い硬さを有する耐摩耗性に富んだ皮膜である。

陽極酸化処理は、硫酸やしゅう酸、クロム酸などの電解液中で処理対象材料を陽極とし通電させることにより、材料表面に酸化アルミニウムの皮膜を生成させる処理である。この時、与える電流密度や電解液の濃度や温度、時間などにより膜厚や膜質が異なる。この陽極酸化によって生成される皮膜は、アルミニウムの酸化物であるものの特定の結晶構造をもたない。そのため、後述のプラズマ電解酸化処理皮膜のような結晶性のアルミニウム酸化物 (α , γ -アルミナなど) とは構造や硬さ特性が異なる。

ミクロ的視点からの陽極酸化皮膜の構造を図1に示す¹⁾。アルミニウム母材の表面からバリア層と呼ばれる緻密な酸化層を経て、六角柱のセルの酸化層が成長する。セルの中心には微細な孔があり、バリア層の手前まで貫通している。また、めっき処理などとは異なり母材の反応による酸化皮膜である。これらの構成サイズは使用する電解液や電解条件により異なるが、セルはおおよそ300nm、微細孔は10~

30nm、バリア層は150nm程度となる²⁾。

前述のように陽極酸化皮膜は単位セルに微細孔を有するポーラス構造となっている。この理由により、通常皮膜処理を行ったままでは耐食性に劣る。この対策として封孔処理により耐食性を高めている。陽極酸化皮膜の封孔処理は、水蒸気や沸騰水、または酢酸ニッケルなどを用いた電気化学的方法により皮膜表面に水和物を形成させることで微細孔を塞ぐ手法である。ただし、封孔処理は耐食性を向上させる一方で、耐摩耗性を若干低下させることがある。このため、製品の使用用途により、封孔処理の有無や条件の検討が必要である。特に耐摩耗性に重点を置いた硬質陽極酸化皮膜においては封孔処理の実施に留意が必要である。

耐摩耗性に優れた陽極酸化皮膜ではあるが、摺動部材として検討する場合は相手材や摺動条件によっては機械効率低下や高摩擦に起因する不具合に繋がる可能性がある。このため、陽極酸化皮膜へ潤滑性を付与させることを目的とし、皮膜に二硫化モリブデンやフッ素樹脂を複合化させる手法がある。これにより、陽極酸化皮膜のもつ耐摩耗性と潤滑性を両立させている。しかし、それでも皮膜の硬さは通常400~500HV程度であり、合金鋼などと比較すると耐摩耗性は十分とは言えない。

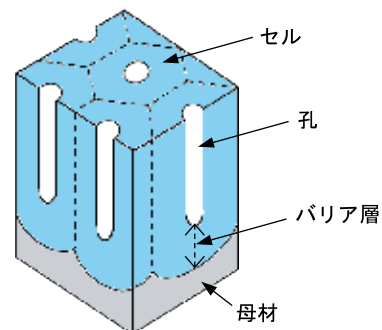


図1 陽極酸化皮膜のマイクロモデル¹⁾

2.2 プラズマ電解酸化 (PEO) 処理

本報ではアルミニウム合金の耐摩耗性を向上させるため陽極酸化皮膜よりも高い皮膜硬さが得られるPEO処理に着目した。PEO処理の原理は、1世紀以上にロシアで発見された。2000年代より欧州をはじめとして開発が進んでおり、近年は国内でも製品化されているが、比較的新しい表面処理手法といえる。陽極酸化処理と同様にアルミニウム合金以外にも軽量金属に適用が可能であり、また陽極酸化処理が困難な材料にも適用される。

前述の陽極酸化処理により生成される酸化皮膜は結晶性の低いポーラスな皮膜³⁾であるのに対し、

PEO処理を用いた酸化皮膜は γ -アルミナを主とした結晶構造⁴⁾を有する。処理法の違いとしては、陽極酸化皮膜は通常の電解による酸化反応であるのに対し、PEO処理は、より高電圧を用いることで処理液中に火花放電を発生させて酸化皮膜を形成するものである。PEO皮膜は皮膜構造が緻密かつ硬質で安定なセラミック皮膜であることから、陽極酸化皮膜に行う封孔処理も不要となる。両者の主な違いについて表1に示す。

表1 陽極酸化皮膜とPEO皮膜の違い^{3),4)}

	陽極酸化皮膜	PEO皮膜
電解液	主に酸性水溶液	塩基性水溶液
膜組成	非晶質アルミナ	結晶性アルミナ (電解液により多様)
硬さ	200~600HV	最大約2000HV
成膜速度	約1 $\mu\text{m}/\text{min}$	最大約4 $\mu\text{m}/\text{min}$
封孔処理	用途により必要	不要

3 PEO皮膜のトライボロジー特性

機械部品摺動部へのPEO皮膜の適用を考えて以下の調査を行なった。

- ・膜厚違いのPEO皮膜の摩擦・摩耗特性
- ・異なる母材に成膜したPEO皮膜の耐摩耗性

3.1 膜厚の違い

PEO膜厚違い（処理時間違いで成膜し、PEO_A, PEO_B, PEO_Cの順に膜厚減）サンプルの摩擦・摩耗特性を調査した結果について示す。

X線回折（以下XRD）により膜厚が比較的薄いPEO_B, Cは γ -アルミナ主体、最も厚いPEO_Aには α -アルミナが含まれている（図2）。PEO_Aの皮膜の断面試料を製作し、ビッカース硬さを調べた。断面の光学顕微鏡画像とビッカース硬さ分布を図3に示す。最も硬さが高いのは最表面から数 μm の膜厚領域であることがわかる。

アルミナの結晶状態によって硬さが異なるが、最も高い硬さを示すのは α -アルミナである。XRDより最も厚いPEO_Aのみ α -アルミナが形成されていたことから、皮膜中のアルミナ結晶状態は傾斜しており、母材側が γ -アルミナで表面側の20 μm 以上の膜厚領域においてアルミナの結晶構造で最も硬い α -アルミナ（文献⁵⁾によると α -アルミナは約2000HV）が存在していると考えられる。最表面は多孔質のため、数 μm の圧痕をつけて測定したビッカース硬さが若干低下したと考えられる。

これらのPEO皮膜の摩擦・摩耗特性を、図4に示す往復摺動摩擦試験機（SRV試験）にて評価した。PEOサンプルは研磨仕上げを行なって最表面のポーラス層を滑らかにしている。相手材はベアリング鋼のコロとし、点接触よりも実部品の摺動形態に近い線接触にて試験した。潤滑油はポリプロピレングリコール（PPG）基油を用いた。PEOとの比較として用いた陽極酸化皮膜は添加剤入りPPGを用いた。試験条件は、荷重50N、振幅 $\pm 1\text{mm}$ 、周波数50Hz、試験温度80 $^{\circ}\text{C}$ 、摺動時間2hrとした。

摩擦・摩耗評価結果を図5に示す。比較評価した陽極酸化皮膜は添加剤入り潤滑油を用いたにもかかわらず、最も比摩耗量が大きかった。いずれのPEOにおいても陽極酸化皮膜より比摩耗量が少なかった。さらに α -アルミナを含むPEO_Aは特に摩耗が少なく、低摩擦であった。

以上のことからPEO皮膜の膜厚が異なると皮膜の結晶構造が異なり、摩擦・摩耗特性が影響を受けることが確認された。

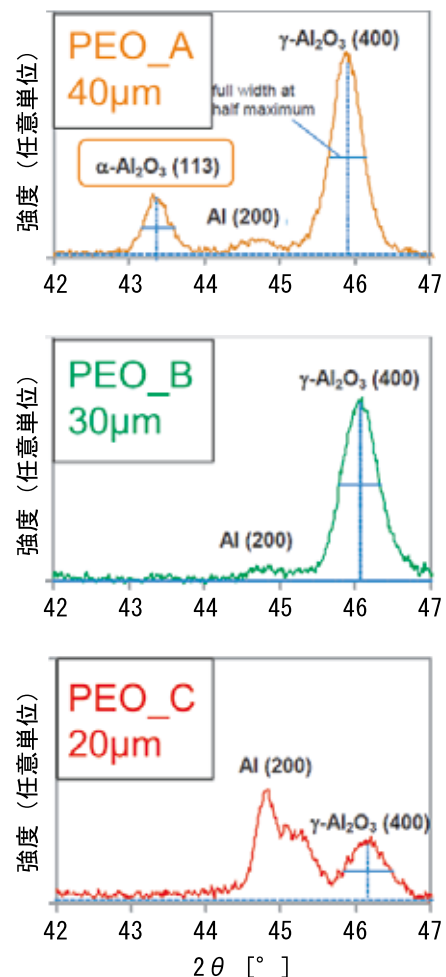


図2 膜厚違いPEO皮膜のXRDスペクトル

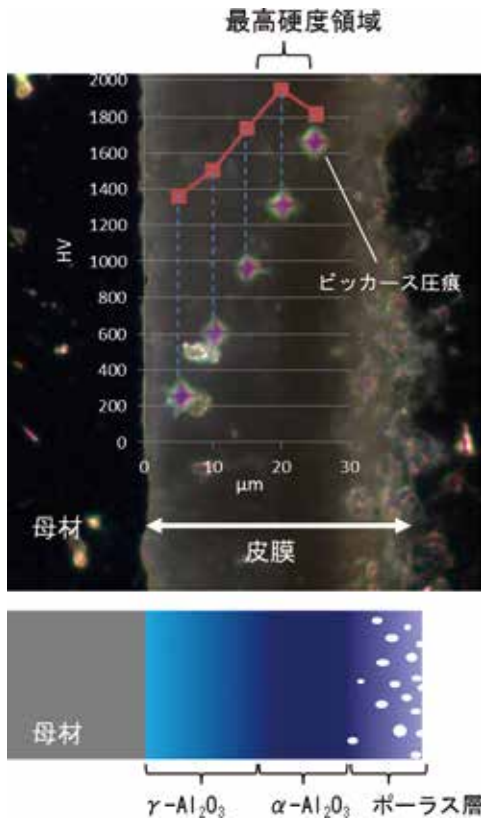


図3 PEO皮膜断面およびビッカース硬さ分布

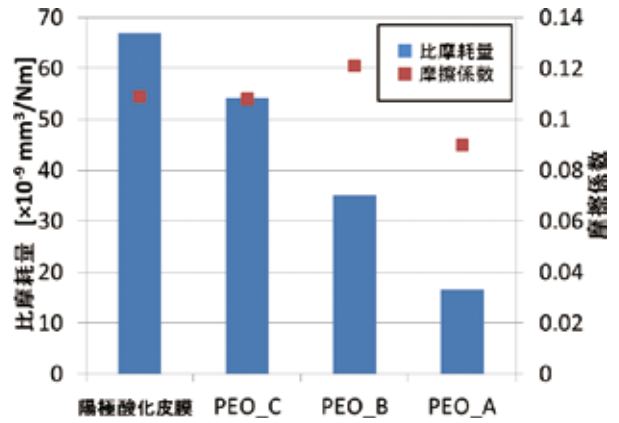


図5 PEOと陽極酸化の摩擦・摩耗特性

3.2 母材の影響

実際の製品設計を考える際には母材の選定がまず行なわれる。母材によって表面処理した皮膜の性質が異なり、当然摺動特性にも影響を与える。今回、3種類の異なる母材にPEO処理を施したサンプルの摺動特性を調査した結果を述べる。

PEO_Aはアルミニウム合金展伸材に処理したサンプル、PEO_A'、PEO_A''は化学組成の異なるアルミニウム合金鋳造材に処理したサンプルである(図6)。3種の母材組織をみると晶出した金属間化合物(母材に点在する粒子)の分布に違いがあることがわかる。

PEOは陽極酸化と同じように電解中に母材表面を溶解しながら皮膜が成長する。そのため皮膜は母材によって異なる組成となり、機械的性質などの物性が異なる。特に鋳造材は母材に含まれるケイ素(Si)が皮膜にも分布する。図7に示す走査型電子顕微鏡/エネルギー分散型X線分光(SEM/EDX)による成分分析結果の黄線で囲まれた皮膜中に分布するやや薄い青色部分がSiである。図6に併記した値は皮膜断面のビッカース硬さであり、分布するSi等の相を含む平均的な硬さを表している。このことから予想されるのは最も皮膜硬さが高いPEO_Aが

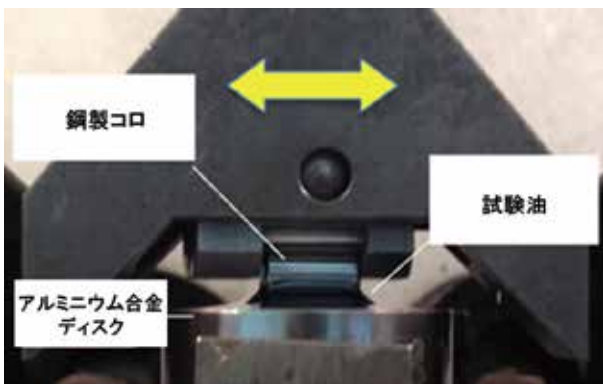


図4 摺動試験方法

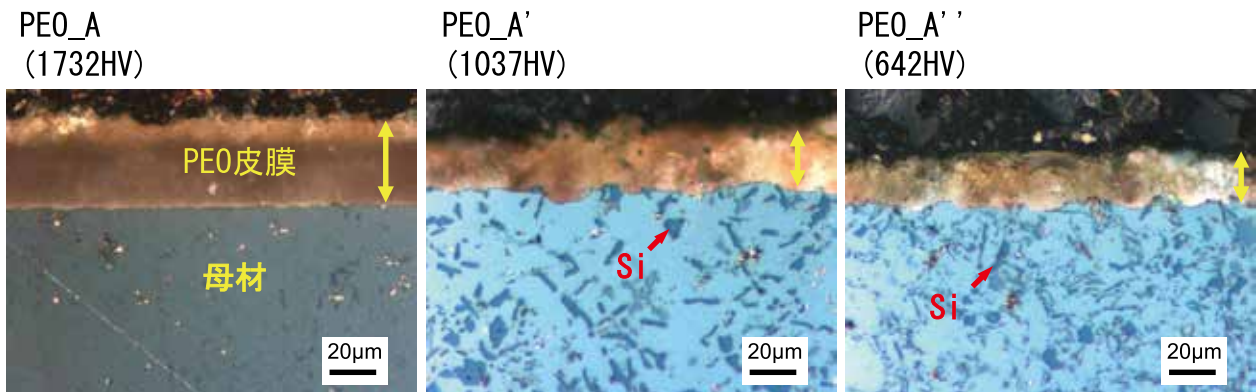


図6 異なる母材に成膜したPEO皮膜断面およびビッカース硬さ (HV)

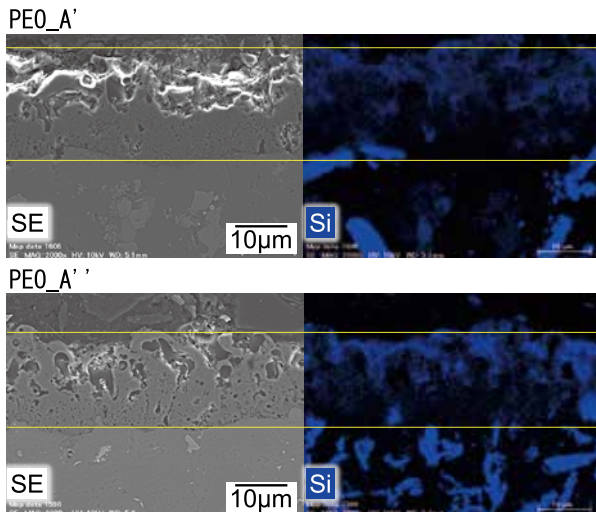


図7 鋳造材に成膜したPEO皮膜断面SEM/EDX分析
(左: SEM像, 右: EDXマッピング像)

最も耐摩耗性に優れると思われる。

そこで、母材違いの皮膜について特に耐摩耗性を把握することを目的として摺動試験を実施した。摩耗を正確に評価するためにSRV試験において相手材をアルミナボールとして摩耗を促進させた。潤滑油は、炭化水素系化学合成油ポリ α オレフィン基油とした。試験条件は、荷重20N、振幅 ± 0.5 mm、周波数50Hz、試験温度 25 ± 2 ℃、摺動時間20minとした。

図8に各種皮膜の比摩耗量を示す。今回調査した皮膜の中では、予想に反して皮膜硬さが最も低いPEO_A'が最も耐摩耗性が高い結果となった。次いでPEO_A'の耐摩耗性が高かった。この理由として、皮膜中のSiが影響している可能性が考えられる。PEO_A以外は母材にSiを含んでおり、形成した皮膜はSiを含有した耐摩耗性の高い組成になっていると考えられる。

ここで、実際の接触面での微小な硬さが耐摩耗性に影響していると考え、皮膜表面のナノインデンテーション硬さ（以下ナノ硬さ）測定を実施した。ナノ硬さ測定時の圧子押し込み深さは50nm一定とし、極微小な接触投影面積（圧痕の面積）での硬さを求めた。図9に各種皮膜のナノ硬さおよび弾性率を示す。皮膜硬さが最も低いPEO_A'はナノ硬さでは最も高い領域に分布している。PEO_A'については比較的多孔質であったため正確に測定できていない可能性があるが、参考に記載した。

以上のことから、PEO_A'が最も優れた耐摩耗性を示した理由の一つとして表面ナノ硬さが高いことが明らかとなった。しかし、PEO_A'のナノ硬さが高くなる理由については、今後、皮膜の詳細分析によって明らかにする必要がある。

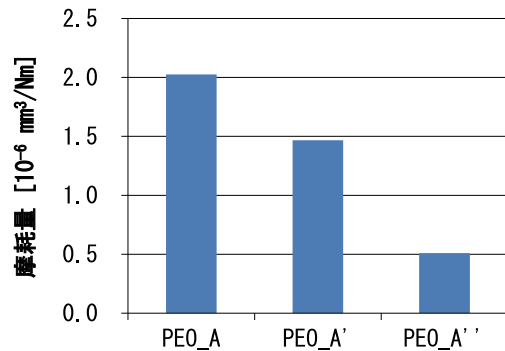


図8 各種PEO皮膜の耐摩耗性

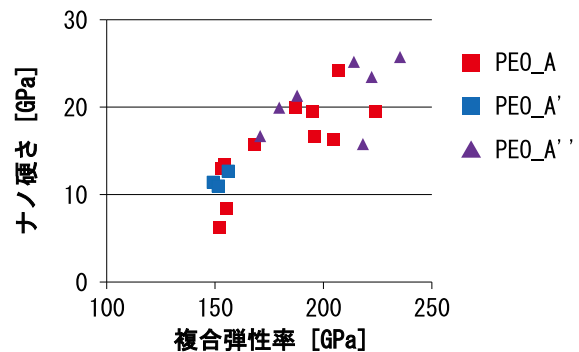


図9 各種PEO皮膜のナノ硬さおよび複合弾性率

4 PEO皮膜に対する潤滑パラメータ

前章で少し潤滑油の作用について言及したが、近年環境対応型潤滑油の利用拡大が進んでいる。環境対応型潤滑油は基油が従来の鉱油と異なり、生分解性が高いエステルやポリグリコールを用いている。基油や添加剤の種類によって摺動特性が異なることからPEO皮膜の摩擦・摩耗特性に与える作動油の影響を調べ、既報にて報告した⁶⁾。

潤滑基油の化学構造が潤滑特性を支配することは数多くの潤滑研究によって明らかにされてきた。それは基油分子の官能基による水素結合力やファンデルワールス力の違いによる表面付着挙動、つまり濡れ性（固体表面に対する液体の付着しやすさ）が異なることが一要因と考えられる。表面の濡れ性は油と表面のそれぞれの表面自由エネルギーより決まる固有の特性である。つまり潤滑下における摩擦係数と濡れ性との間には相関があるはずで、濡れ性は潤滑油設計や選定の一つの有効な指針となることが期待される。

潤滑油には、炭化水素系化学合成油ポリ α オレフィン (PAO)、ポリプロピレングリコール (PPG) および不飽和脂肪酸トリメチロールプロパンエステル (TMP) を用いた。潤滑油の粘度グレードはすべてISO-VG46である。これらの基油に極圧/耐摩耗剤であるジベンジルジスルフィド (DBDS) を1 wt%

添加したブレンド油を作製した。さらにブレンド油として、エステル系の市販油（以下市販油E）を用いた。これらの基油およびブレンド油をPEO_A皮膜に滴下してSRV 試験により評価した（試験条件は3.1と同じ）。

試験終了直前の摩擦係数を表2に示す。基油を比較すると、摩擦係数は高い順にPAO, PPG, TMPであった。DBDS はすべての基油に対し摩擦低減効果が見られた。市販油EはPAO系およびPPG系の基油より低い摩擦を示すことが確認された。

表2 PEO_Aに対する潤滑油の摩擦係数

潤滑油	摩擦係数		
	基油	基油+DBDS	—
PAO系	0.113	0.089	—
PPG系	0.090	0.081	—
TMP系	0.079	0.062	—
市販油E	—	—	0.080

濡れ性評価にはドイツKrüss社製の接触角計DSA100を用い、固体表面に形成された液滴の接触角を測定した。液体および固体の表面自由エネルギーは接触角と次のYoungの式で表される関係を持つ。

$$\cos\theta = \frac{\sigma_s - \sigma_{sl}}{\sigma_l} \quad (1)$$

ここで、 θ は接触角、 σ_s は固体の表面自由エネルギー、 σ_l は液体の表面自由エネルギー、 σ_{sl} は固体と液体の界面エネルギーである。

今回濡れ性に関するパラメータとして付着仕事 W_A に着目した。付着仕事 W_A は液体が固体表面に界面を作るときに消費する仕事量、言い換えれば液体を固体表面から引き剥がすのに必要な仕事量と考えることができる。付着前のエネルギーは固体と液体の個々の表面自由エネルギーの和($\sigma_s + \sigma_l$)で、付着後は固体/液体間の相互作用による界面エネルギー σ_{sl} となることから、式(2)が成り立つ。

$$W_A = \sigma_s + \sigma_l - \sigma_{sl} \quad (2)$$

界面エネルギー σ_{sl} は次式で表される。

$$\sigma_{sl} = \sigma_s + \sigma_l - 2\left(\sqrt{\sigma_s^d \sigma_l^d} + \sqrt{\sigma_s^p \sigma_l^p}\right) \quad (3)$$

ここで、 σ_s^d は固体の表面自由エネルギー分散項、 σ_s^p は固体の表面自由エネルギー極性項、 σ_l^d は液体の表面自由エネルギー分散項、 σ_l^p は液体の表面自由エネルギー極性項である。なお、液体の表面張力および固体の表面自由エネルギーの詳細な求め方は、

文献を参照した^{7),8)}。

油の表面張力（液体の表面自由エネルギー） σ_l はペンダントドロップ法（懸滴法）により求めた。分散項 σ_l^d および極性項 σ_l^p はジメチルポリシロキサン上への液滴法で求めた。

固体の表面自由エネルギー σ_s の算出は、Owens, Wendt, Rabel and Kaelble methodにより求めた。式(1)と式(3)の変形で次式が得られる。

$$\frac{\sigma_l (\cos\theta + 1)}{2\sqrt{\sigma_l^d}} = \sqrt{\sigma_s^p} \frac{\sqrt{\sigma_l^p}}{\sqrt{\sigma_l^d}} + \sqrt{\sigma_s^d} \quad (4)$$

$y = a \cdot x + b$ とすると、

$$x = \frac{\sqrt{\sigma_l^p}}{\sqrt{\sigma_l^d}}, \quad y = \frac{\sigma_l (\cos\theta + 1)}{2\sqrt{\sigma_l^d}}$$

$$a = \sqrt{\sigma_s^p}, \quad b = \sqrt{\sigma_s^d}$$

表面張力が既知の基準液体3種類以上を用い、接触角を測定して $y = a \cdot x + b$ の線形等式によってプロットすると、 $\sqrt{\sigma_s^p}$ は傾き a 、 $\sqrt{\sigma_s^d}$ は切片 b として求めることができる。よって、固体の表面自由エネルギーの極性項と分散項は、それぞれ、 $\sigma_s^p = a^2$ 、 $\sigma_s^d = b^2$ として求めることができる。

以上より求めたPEO皮膜（PEO_A）および各潤滑油の表面自由エネルギーを表3に示す。これらの値を式(1)、(2)を用いて W_A を計算した結果を表4に示す。

表3 表面自由エネルギー（80℃）

固体	σ_s	σ_s^d	σ_s^p
PEO_A	40.65	38.08	2.57
潤滑油	σ_l	σ_l^d	σ_l^p
PAO基油	23.47	17.45	6.02
PAO+DBDS	24.26	20.48	3.78
PPG基油	25.28	17.70	7.58
PPG+DBDS	25.43	19.23	6.20
TMP基油	27.32	20.54	6.78
TMP+DBDS	27.30	22.51	4.79
市販油E	25.87	21.09	4.78

表 4 潤滑油とPEO皮膜の付着仕事

潤滑油	W_A		
	基油	基油+DBDS	—
PAO系	59.42	62.09	—
PPG系	60.75	62.10	—
TMP系	64.28	65.57	—
市販油E	—	—	63.69

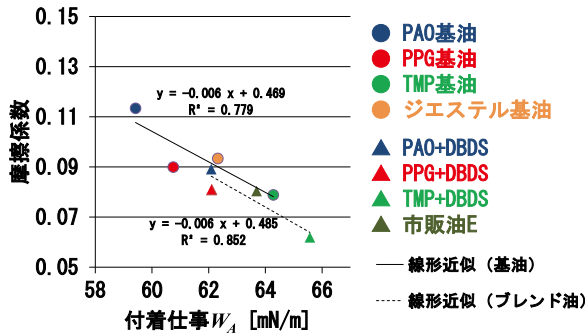


図10 PEO_Aに対する各潤滑油の付着仕事と摩擦係数の相関

図10に摩擦係数と付着仕事 W_A の相関グラフを示す。基油のみに着目すると、付着仕事 W_A が高いほど、摩擦係数が低いという負の相関があることが分かる（基油は種類を1種類（ジエステル）増やし、信頼性を高めている）。一方、DBDSを添加すると W_A は増加し、摩擦係数は低下する傾向にある。

今後、固体と液体の種類を増やして検証を継続していく必要があるが、表面自由エネルギーから導き出した濡れ性パラメータの一つである W_A は、摩擦係数と相関があるため固体表面に対して潤滑油を選定する際に参考となることが考えられる。

5 結言

アルミニウム合金を機械部品摺動部へ適用する際のブレイクスルーの一方策としてプラズマ電解酸化

— 著 者 —



中瀬 拓也

2005年入社。技術本部基盤技術研究所材料研究室。博士（工学）。主にトライボロジーに係る材料技術開発に従事。



櫻木 研治

2011年入社。技術本部基盤技術研究所材料研究室。主に金属材料の表面処理・熱処理の技術開発に従事。

6 謝辞

本報で紹介した一部の内容についてご指導いただいた東京理科大学佐々木信也教授とドイツ連邦材料試験研究所Dr. Mathias Woydt氏に心より感謝申し上げます。

参考文献

- 1) Keller, F., M.S. Hunter, and D.L. Robinson: Structural features of oxide coatings on aluminum, Journal of the Electrochemical Society Vol. 100 Issue. 9, pp. 411-419, (1953).
- 2) (社)日本アルミニウム協会：アルミニウムハンドブック第8版（2017）。
- 3) (社)軽金属学会：新版/アルミニウム技術便覧, (1996)
- 4) Yerokhin, A.L., et al.: Oxide ceramic coatings on aluminium alloys produced by a pulsed bipolar plasma electrolytic oxidation process, Surface and Coatings Technology 199. 2, pp. 150-157, (2005).
- 5) Taylor, E. Wilfred: Correlation of the Mohs's scale of hardness with the Vickers's hardness numbers, Mineralogical Magazine 28. 206, pp. 718-721, (1949).
- 6) 中瀬：プラズマ電解酸化処理したアルミニウム合金に対する代替潤滑油の摩擦低減効果, KYB技報第51号, (2015年10月)。
- 7) D.K. Owens, and R.C. Wendt: Estimation of the surface free energy of polymers, Journal of applied polymer science 13. 8, pp. 1741-1747, (1969).
- 8) D.H. Kaelble: Dispersion-Polar Surface Tension Properties of Organic Solids, The Journal of Adhesion 2. 2, pp. 66-81, (1970).

製品紹介

外付け式ソレノイド減衰力調整 ショックアブソーバの開発

鎌倉 亮介 ・ 古田 雄亮 ・ 森 俊廣 ・ 富田 浩平

1 はじめに

2000年以降、自動車では操縦安定性と乗心地を両立させるため、セミアクティブサスペンション（用語解説「セミアクティブサスペンション」p.31参照）を搭載した車両が増加し、今後も増加していくことが予測される（図1）。

自動車用減衰力調整ショックアブソーバ（以下減調SA）の形式としては、制御電流に応じて無段階に減衰力調整ができ、切替調整の応答性に優れる比例ソレノイドバルブを搭載した減調SAが主流である（図2）。

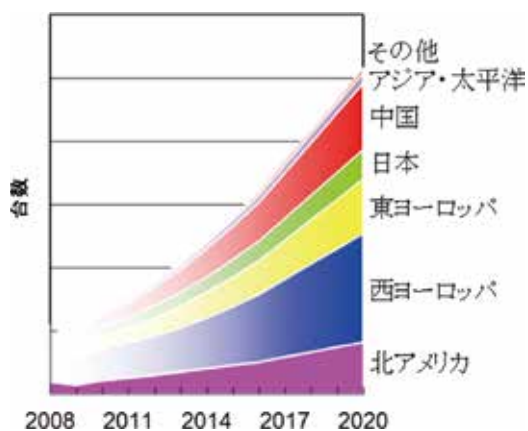


図1 セミアクティブサスペンション搭載車数量予測

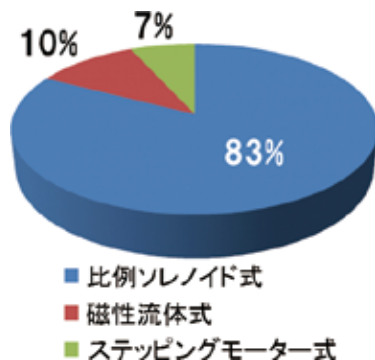


図2 減衰力調整方式の割合 (2016年度)

その搭載範囲はCセグメントのみならずBセグメントにまで採用されている（図3）



図3 セグメント別の搭載割合

ソレノイド減調SAには、ショックアブソーバ内にソレノイドバルブを設置する内蔵式とショックアブソーバ外側にソレノイドバルブを設置する外付け式の2種類の形式がある。その割合は、ショックアブソーバ諸元の成立性が高い外付け式が過半数を占めている。

KYBにおいては、2016年末より量産を開始した。本報では、外付け式ソレノイド減調SA（以下外付け式SOL減調SA）の開発について紹介する。

2 製品概要

2.1 外観

外観を図4に示す。



図4 外付け式SOL減調SA外観

2.2 仕様

外付け式SOL減調SAの仕様を表1に示す。

表1 外付け式SOL減調SAの仕様

基本構造	3重管ユニフロー構造
制御方法	圧力制御
バルブ部体格 (最外径×高さ)	φ39×53以下 車両搭載性に優位性を持たすため、世界最小サイズとした。
電流	低電流 ソフト 高電流 ハード
切替応答性	当社既製品 (ステッピングモーター式) に対して8倍以上 ソフト⇄ハード
フェールセーフ時の減衰力	ハード減衰力相当に設定可能なこと

2.3 減衰力特性の狙い

セミアクティブサスペンションでは、ショックアブソーバの減衰力可変幅を大きく（ソフト減衰力を低く、ハード減衰力を高く）設定し、その切替応答性を上げることで、操縦安定性と乗り心地を高次元で両立できると考える。外付け式SOL減調SAにおいても、世界最小のバルブ部体格を達成しつつ減衰力の可変幅を大きく、高い切替応答性を狙い仕様を設定した。減衰力特性の狙いイメージを図5に示す。

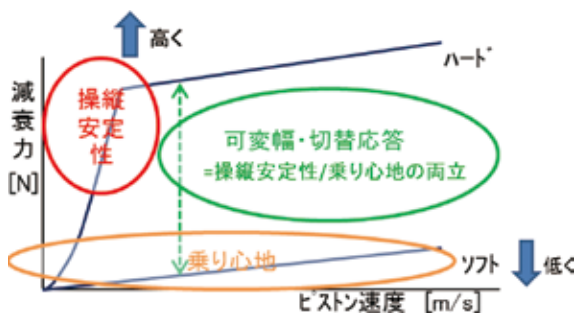


図5 減衰力特性の狙いイメージ

3 外付け式SOL減調SAの開発

3.1 3重管構造

ショックアブソーバの外側に設置したソレノイド制御弁（以下SOL弁）に油を導くためにシリンダ・中間パイプ・アウターシェルで構成される3重管の構造を採用した。また、伸行程と圧行程を1つのSOL弁で減衰力を調整するために、作動油の流れをユニフロー（一方向流れ）とした。図6に、3重管

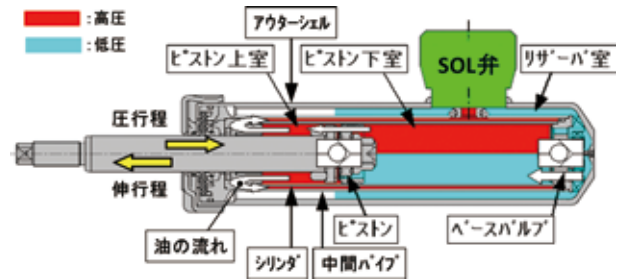


図6 3重管ユニフロー構造図

ユニフローの構造図と作動油の流れを示す。

本構造では、ピストン・ベースバルブは原則チェック弁になっており、主に減衰力はSOL弁で発生させる。伸/圧行程共に、ピストン上室は高圧となりシリンダ～中間パイプ間を通りSOL弁までが制御圧となる。その後、SOL弁から吐出される作動油はリザーバ室へ戻り、伸行程時にピストン下室容量分はベースバルブを通して供給する構造となっている。

3.2 制御方法

SOL弁は流体の圧力差を用いて弁体を駆動させるパイロット方式の電磁比例リリーフ弁を用いる。パイロット弁の制御方法には、圧力制御と開口面積制御の2種類がある。減衰力特性のイメージを図7に示す。

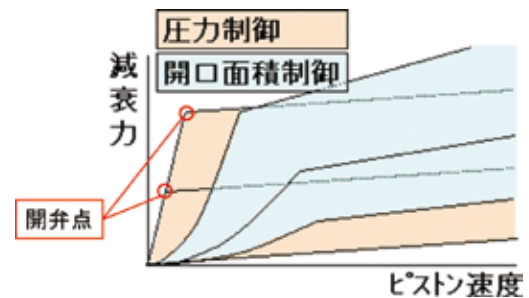


図7 圧力制御と開口面積制御の減衰力特性イメージ

圧力制御の場合、制御電流でパイロット室の圧力（パイロット圧）をコントロールするため、開弁点は変化するがソフトからハードまで減衰力/ピストン速度の勾配は一定となる。そのため、低速域の減衰力可変幅で操縦安定性を高めた時でも、中～高速域減衰力の上昇を抑えられ乗り心地を悪化させない。

この勾配が一定となる特性は、標準的なパッシブダンパと電流にのみ依存し減衰力を発生させる可変ダンパを1本に集約できている特性になる（図8）。

一方、開口面積制御の場合、制御電流でパイロット弁の開口面積をコントロールするため、減衰力/ピストン速度の勾配は制御電流ごとに変化し、減衰力は電流と速度の両方で決まる。

これらを用いて、スカイフック制御等のセミアク

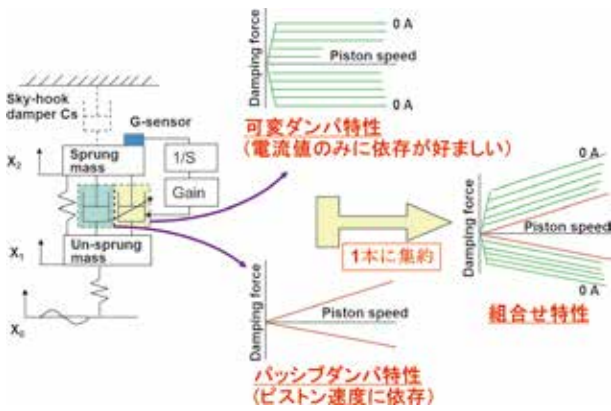


図8 圧力制御と制御性

ティブ制御を実現させる場合、圧力制御のように減衰力を電流のみで設定できればピストン速度を検出する必要がなくなるというメリットがある。また、開口面積制御の場合、部品寸法を高精度にする必要があるため高コストになる。

各制御方式については、市場において採用されている実績はあるが、本開発品においては、操縦安定性と乗り心地を両立させやすく、また、制御性と部品精度の面から圧力制御を採用した。

3.3 SOL弁構造

SOL弁の簡易モデル図を図9に示し、作動原理を図10に示す。

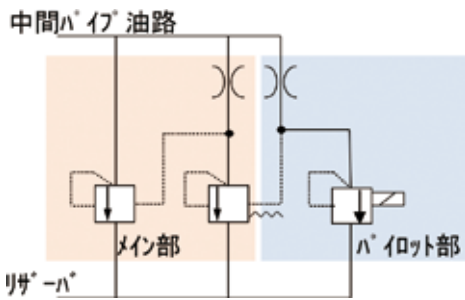


図9 SOL弁の簡易モデル図

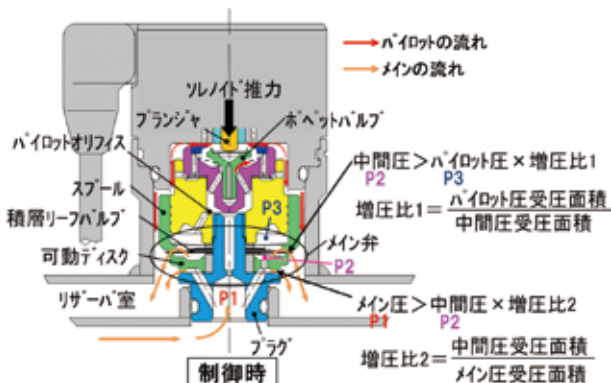


図10 作動原理

SOL弁における制御時の作動油の流れについて説明する。

パイロットの流れ：メイン流れから一部はプラグに設けられたパイロットオリフィスを通りパイロット室内に流入する。そこで、ソレノイド推力で設定された圧力に制御され、それを超えるとポペットバルブが押し上げられパイロット室から吐出される。

メインの流れ：低流量時（中間圧=メイン圧）メイン弁は積層リーフバルブとスプールで構成されており、その下側に中間圧・上側にパイロット圧を受け、中間圧がパイロット圧の設定増圧比倍に達するとリーフバルブを押し上げリザーバ室へ吐出される。流量が増加すると（中間圧<メイン圧）、下側に配置された可動ディスクの上下側で同様の動きとなり可動ディスクを押し上げリザーバ室へ吐出される。

代表的な減衰力特性イメージを図11に示す。

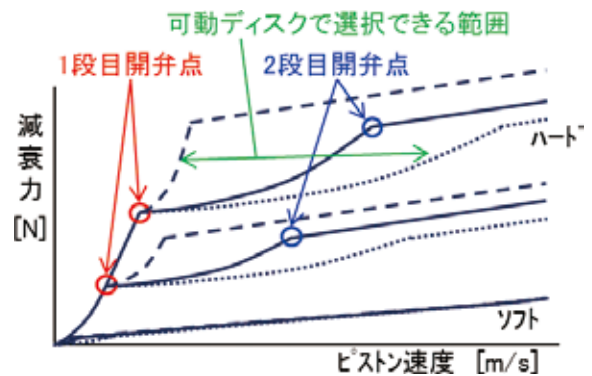


図11 減衰力特性イメージ

3.4 SOL弁の開発

SOL弁は要素開発段階に抽出した以下課題を改善しつつ開発した。関連部位を図12に示す。

- ①バルブの安定作動（減衰力振動波形改善）
- ②ソフト減衰力の低減化
- ③高応答化

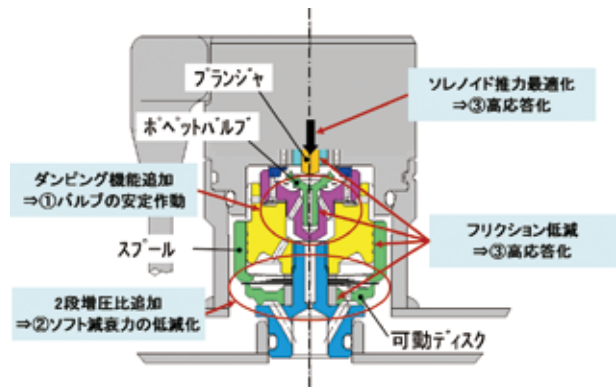


図12 開発関連部位

①バルブの安定作動（減衰力振動波形改善）

要素開発段階で、ショックアブソーバ加振時の減衰力に異常な振動波形が認められた。ポペットバルブの自励振動が原因であり、振動抑制にはポペットバルブを減衰させることが効果的であるためダンピング機能を取り入れた。ポペットバルブ拡大図を図13に示す。

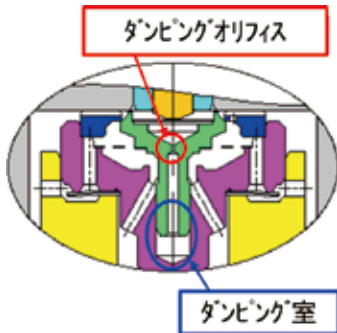


図13 ポペットバルブ拡大図

②ソフト減衰力の低減化

要素開発段階では、バルブ開弁は1段のみで、ハード側の減衰力可変幅を大きく確保するために開弁圧を高く設定していた。そのため、ソフト減衰力も増加するという課題があった。対策として開弁点を2段階とし、低速域では開弁圧力を抑えソフト減衰力を低減し、常用速度域では2段目の開弁圧力を高く調整可能な構造とした。また、開口部を2系統に分けることで開口面積を大きく設定し、中～高速域の減衰力の増加を抑えた構造とし、乗心地の質を向上した。メイン弁部を図14に示す。

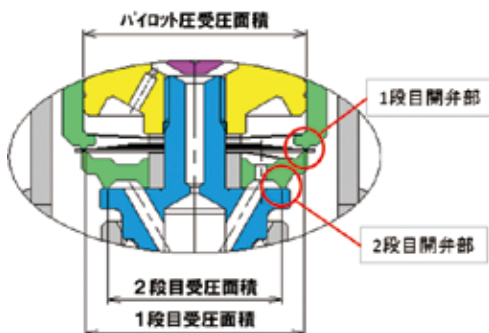


図14 メイン弁部

③高応答化

高応答化については、ソレノイド推力の応答性向上と、SOL弁内のプランジャ、ポペットバルブ、スプール、可動ディスクが摺動する際の摺動抵抗の低減が有効であると考えられた。

ソレノイド推力の応答性については、動特性解析

を品質工学の手法を用いて実施した（図15、16）。その結果、ソレノイド推力と応答性は相反する傾向があることが解り、ソレノイド推力を必要最小とすることで応答性を向上させた。

また、摺動部については最適となる形状及び、材質を選定することで摺動抵抗の低減を図り、各部のスムーズな動きを実現し、高応答化を実現した。

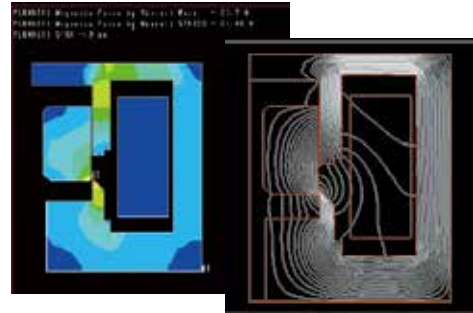


図15 動特性解析の例

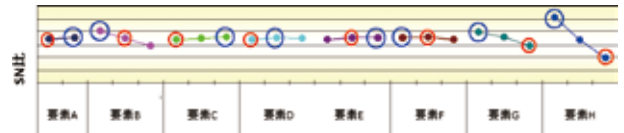


図16 品質工学における要因効果図の例

4 中間パイプ開発

中間パイプ（図17）は、外付け式SOL減調SAに欠かせない構成部品であり、その外径側に突き出した横穴油路によってSOL弁で発生した油圧力をピストン上室へ導く油路を形成する。



図17 中間パイプ外観

中間パイプは十分な耐圧疲労強度を確保する必要がある（図18）。減衰力調整の可変幅を大きく、また、



図18 中間パイプに加わる圧力

ユニフロー構造であるため、伸／圧行程の減衰力発生に伴う繰返しの圧力変動を受けるため、静的な強度だけでなく十分な疲労強度も求められる。

中間パイプが繰返し内圧を受ける際、円周方向に引っ張る力（一般にフープ応力と呼ばれる）が生じる。この力が特に横穴油路付近に応力集中を生じ、その結果、亀裂が発生して圧力が抜け減衰力を生み出す機能を喪失してしまうことがある（図19）。

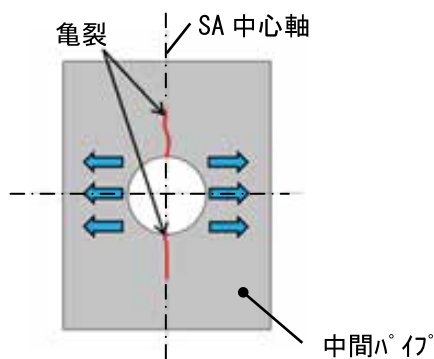


図19 亀裂の形態

応力低減を図るためには、パイプ板厚を上げることが有効であるが、質量増加の懸念及び構造上外周側スペースに制約があり、中間パイプ板厚を上げることなく強度を確保する必要があった（図20）。

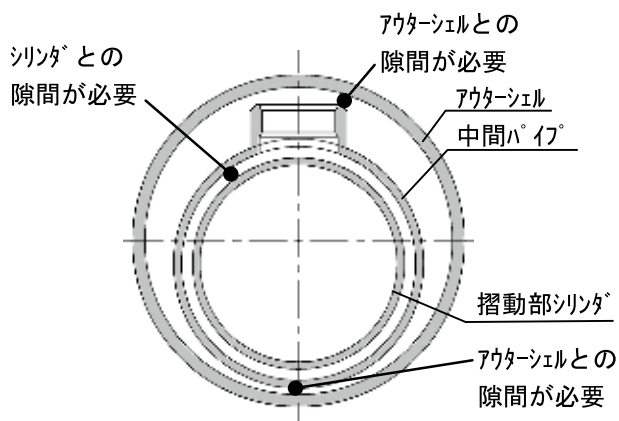


図20 組付け時外筒・内筒とのスペース制約

応力緩和の手段として、FEM応力解析及び実機検証を行い、中間パイプの横穴を丸形状から長穴形状とし応力集中部の最大応力を約4割低減した（図21）。その結果、耐圧性を満足するにはパイプの必要板厚は2.2mmほど必要であったところ、横穴形状の長穴化によって1.3mmの薄肉状態で強度を確保することができた（図22）。

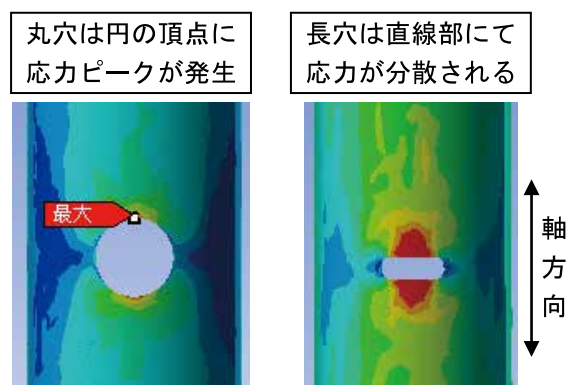


図21 長穴の応力解析結果例

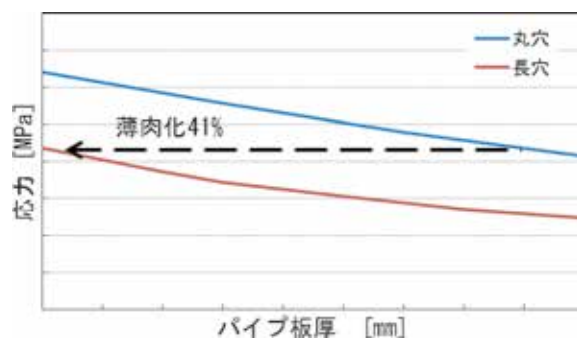


図22 穴形状-板厚-パイプ応力の関係

5 採用状況

本開発製品は2016年11月より量産を開始し、現在も多数の車種に採用が検討されており、適用開発を進めている。また、標準ショックアブソーバとは一線を画す高付加価値製品としての位置付けで、今後の主力製品として展開を進める予定であり、採用車種・生産数ともに拡大が期待される（図23）。

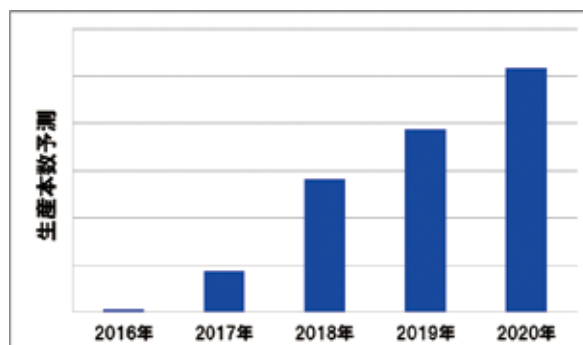


図23 外付け式SOL減調SAの生産本数予測

6 おわりに

車両搭載性にも優れ、高い次元で操縦安定性と良質な乗心地の提供を可能とした、外付け式SOL減調SAが開発できた。今後、更なるニーズに応えるた

めの製品種類として、内蔵式SOL減調SAの開発も進めていく。

最後に本開発にあたりご指導、ご協力頂いた関係各位に、この場を借りて厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 君嶋：微低速域高減衰バルブの開発, KYB技報第54号, (2017年4月).

著 者



鎌倉 亮介

1994年入社. オートモーティブコンポーネンツ事業本部技術統轄部製品企画開発部. ショックアブソーバの要素開発に従事.



古田 雄亮

2000年入社. オートモーティブコンポーネンツ事業本部サスペンション事業部技術部第一設計室. ショックアブソーバの開発に従事.



森 俊廣

2006年入社. オートモーティブコンポーネンツ事業本部サスペンション事業部技術部第一設計室. ショックアブソーバの開発に従事.



富田 浩平

2012年入社. オートモーティブコンポーネンツ事業本部サスペンション事業部技術部第一設計室. ショックアブソーバの開発に従事.

用語解説

「セミアクティブサスペンション」

「外付け式ソレノイド減衰力調整ショックアブソーバの開発」(p. 25) に記載

KYB技報編集委員 伊藤直樹

1 セミアクティブサスペンション

セミアクティブサスペンションは時々刻々と変化する路面からの入力に対し、リアルタイムで減衰力を制御するシステムのことです。アクティブサスペンション(後述)を減衰力可変ショックアブソーバ(以下SA)で近似的に実現しようとするものです。

その制御方法については種々ありますが、代表的なものとしてスカイフック制御が一般的に知られています。

図1はスカイフック制御のモデル図で、空中のある高さ一端を固定した仮定のダンパ(=スカイフックダンパ)を、ばね上(車体)速度に減衰係数 C_s を乗じた力を発生させることで実現しています。スカイフックダンパ C_s と並列に設けてあるパッシブ(=制御されていない受動的な)ダンパ C_p は減衰力可変SAのソフト減衰力に相当します。

このモデルで路面入力としてランダム入力を与え、スカイフックダンパとパッシブダンパの減衰力を足した必要減衰力と、ばね上ばね下(タイヤ等)間の相対速度(ピストン速度)の関係を例示すると、図2のようになります。必要減衰力は第1~第4象限の全ての領域に現れます。

SAの減衰力は伸縮に対する抵抗力であるので、可変SAにしても第1, 第3象限でしか減衰力を発生させることができません。すなわち、第2, 第4象限の必要減衰力を実現するには負の減衰力を発生しなければならないのですが、これは不可能です。図3に示すように、ピストン速度-ばね上速度の座標平面において、第1, 第3象限にあるときは必要減衰力(適値)に、第2, 第4象限にあるときは最小の減衰力に制御されることになります。

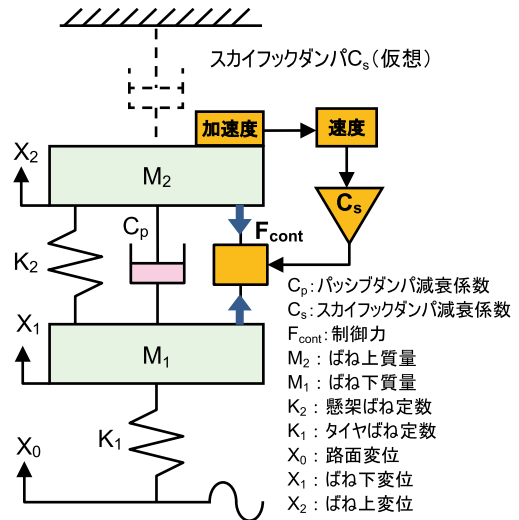


図1 スカイフック制御モデル

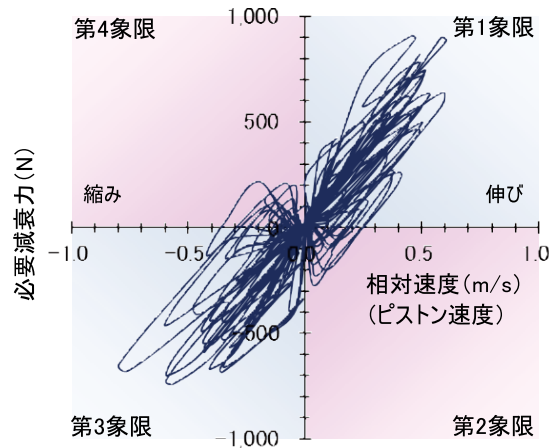


図2 必要減衰力と相対速度

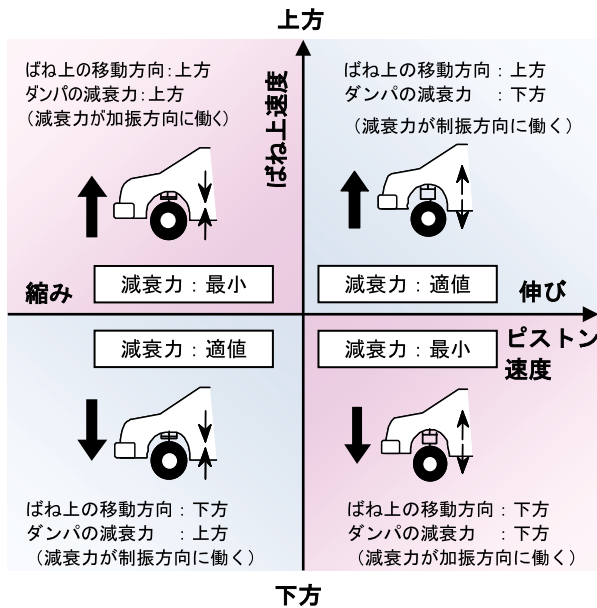


図3 セミアクティブ制御の概念図

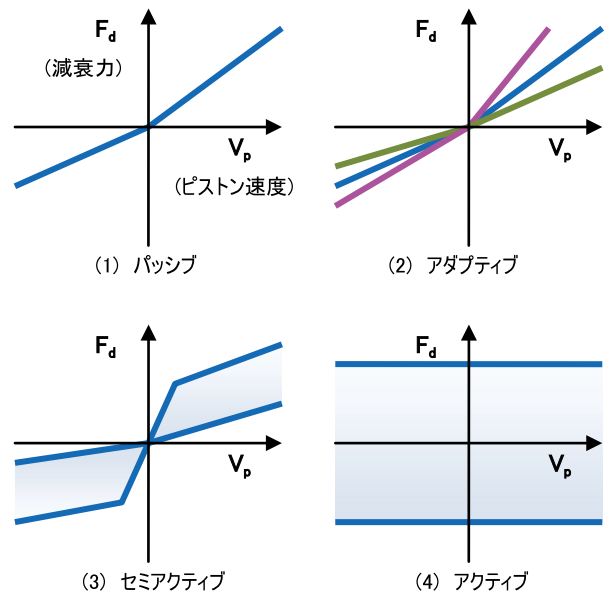


図4 各システムのポテンシャル概念図

2 アクティブサスペンション

アクティブサスペンションは究極のサスペンションと呼ばれ、振動制御（スカイフック制御）、ロールやダイブ、スクワットを小さくする姿勢制御、ステア特性制御、車高制御など様々な機能を持っています。

振動制御においては、セミアクティブサスペンションが図2の第2、第4象限で力を発生できないのに対し、アクティブサスペンションではこの領域でも所望の力を発生することができます。この違いによりアクティブサスペンションでは優れたばね上制振効果を生み出すことができます。

3 各減衰力制御システムの比較

減衰力を制御するシステムは、アダプティブ（調整式）、アクティブ、セミアクティブと変遷をたどってきていますが、これらのシステムのポテンシャル

をピストン速度 V_p と減衰力 F_d の座標平面で考えると図4のようになります。

標準的なSAを用いたパッシブサスペンションは(1)のように一つの特性で表されます。

(2)に示すアダプティブサスペンションは複数の特性の選択で、(3)に示すセミアクティブサスペンションは第1、第3象限の領域で、(4)のアクティブサスペンションはすべての領域で制御可能なポテンシャルを有しています。

アクティブサスペンションは第2、第4象限で力を発生できることにより、セミアクティブサスペンションに対して大幅な振動低減が図れますが、システムが大型化する等の課題があり、現在ではセミアクティブサスペンションを採用する車両が増えています。

参考文献

- (1) 政村：制御サスペンションの変遷，KYB技報第47号，(2013年10月)。

静油圧無段変速機用 油圧ポンプ，減速機付油圧走行モータの開発

稲田 隆 則 ・ 三 浦 拓 也 ・ 松 阪 慶 太

1 はじめに

建設機械や農業機械など，油圧駆動により走行する機械は多岐に渡る．速度制御が容易，前後進でギア切替えが不要などのメリットから，一般的にそれらの走行システムは油圧ポンプ・モータによる走行用変速機として静油圧無段変速機（Hydro Static Transmission，以下HST）が使われている．KYBでも対応するポンプ・モータの生産を行ってきており，ポンプ・モータが1つのハウジング内に構成されるものを一体形HST，ポンプ・モータがそれぞれ独立し，油圧配管にて閉回路を構成するものを分離形HSTと称している．今回，キャリア（写真1）や，ローダ等，クローラで走行する母機の分離形HST市場要求に答えるべく，斜板制御方式を変更した油圧ポンプと高出力化・高速回転化（従来比）を達成した走行モータを開発し，新たな分離形HSTをラインアップに加えたので，本報ではその概要について紹介する．



写真1 クローラキャリア C30R-3
(ヤンマー建機様ホームページより)

2 油圧ポンプ

本製品の基本構成は斜板式アキシャルピストンポンプ2台を背面合わせにてドッキングしたタンデム専用のコンパクト設計である．従来製品（PSVH2-28シリーズ）は，草刈り機等の走行用としてマニュアルレバーでの制御方式をとってきた．市場では操作性・付加機能追加の容易さから，近年，ポンプ斜板制御の油圧パイロット化・電子制御化の要求があり，当社としても対応の必要があった．これらの要求に対応するため，従来製品をベースとして油圧パイロット制御化を図った本製品を開発した．従来製品との仕様比較を表1に，本製品の外観を写真2に示す．ポンプの内部構成は図1に示すように斜板式ピストンポンプ部，斜板制御部，馬力制御バルブ部，ギヤポンプからの構成となっている．

表1 従来製品と本製品の仕様比較

形式	従来製品	本製品
	PSVH2-28CGH	PSVH2-28C-R35-SP
押しのけ容積設定 [cm ³ /rev]	2×28.1	2×22.0~28.1
仕様圧力 [MPa]	最大有効圧：25.0 最大吐出圧：25.9	最大有効圧：34.3 最大吐出圧：37.3
定格入力回転数 [rpm]	2800	3000
理論最大吐出流量 [L/min]	78.7	84.3
付属機能	制御方式	マニュアルレバー
	馬力制御	装備無し
製品質量 [kg] (ギヤポンプ含む)	40.0	55.0



写真2 本製品の外観 (PSVH2-28C-R35-SP)

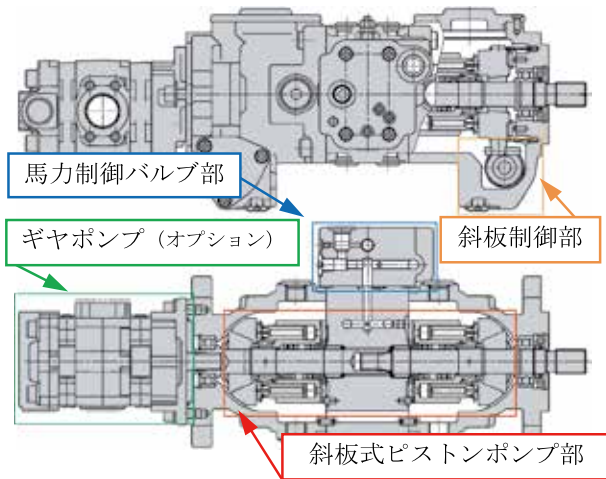


図1 ポンプ内部構造

2.1 機構の特長

2.1.1 油圧パイロット制御方式

従来品はマニュアルレバーによる斜板操作方式であったが，本開発品はパイロット圧力による油圧ダイレクト方式を採用した．油圧パイロット制御には，斜板傾角フィードバック方式，油圧ダイレクト方式の2種類がある．フィードバック方式では，パイロット圧力に対して目標の斜板傾角に制御されるよう，斜板制御ピストンに導かれる制御圧力が自動調整されるのに対し，油圧ダイレクト方式では，パイロット圧力がそのまま制御圧力となるため，斜板傾角は斜板の傾転モーメント力と斜板制御ピストンの推力のつり合いにより決定される．

2.1.2 斜板の傾転モーメント

ポンプ斜板は，複数本で構成されるピストンの油圧反力を受ける．1つのピストンが吸込み工程・吐出工程を経て1回転する際には，大きな圧力変動を経るため，ピストンの本数やバルブプレートの設定による内圧変動パターンの特性により，斜板を加振・

傾転させるモーメントが斜板に作用する．

その傾転方向や加振力はバルブプレートの設定によりチューニングが可能である．

2.1.3 自己馬力制御特性

本開発品は，高負荷時には斜板傾転モーメントが増加するよう設計した．その結果，登坂時などモータ駆動負荷が高くなった際には，傾転モーメントが斜板制御ピストンの推力に打ち勝ち，自動的にポンプの斜板傾角が減少する．本特性を図2に示す．

ここで，油圧ポンプの理論消費トルクは(1)式で示される．

$$T = \frac{V \cdot P}{2\pi} \quad \dots(1)$$

T ：油圧ポンプ理論消費トルク， V ：油圧ポンプ押しのけ容積， P ：油圧ポンプ吐出有効圧力

(1)式より，高負荷時には斜板傾角が減少し，押しおのけ容積が減少することで，ポンプの消費トルクが自動的に低減されることがわかる．本特性によって不意な負荷増加によるエンジnstールを抑制することができる．

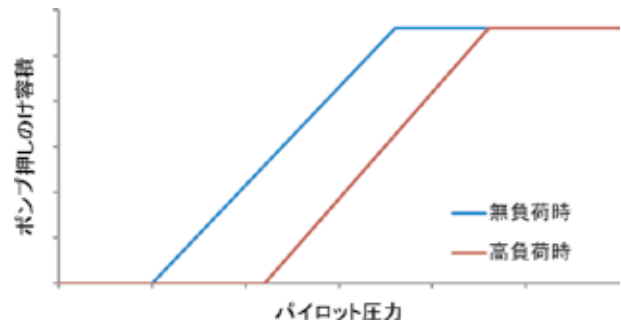


図2 油圧パイロット制御特性

2.1.4 走行曲進補正

開発品 (HST) の油圧回路図を図3に示す．本

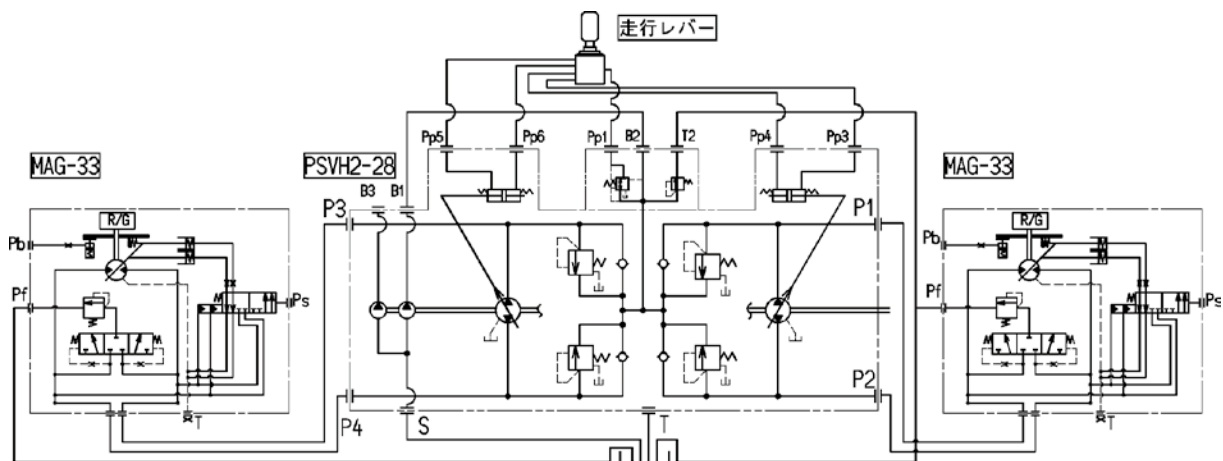


図3 HST回路図

品は、2ポンプ2モータのクローラ走行システムであり、2つのモータは車両の左右それぞれのクローラを駆動する。本システムにおいて、車両が直進しようとする際には、タンデムポンプそれぞれの吐出流量差が、そのまま車両の曲進を引き起こす要因となる。最大吐出流量は、製品組立ラインでの出荷検査時に2つのポンプの吐出流量差が無いよう調整されるが、中間域での吐出流量は、前述のようにパイロット圧力やエンジン回転数、モータ負荷圧によって制御されるため、左右のポンプ流量を合わせる事は容易ではない。この時2.1.3節で述べた、「高負荷時に斜板傾角が減少するセッティング」が曲進を補正するよう働き、直進性を高めている。

例えば、直進操作時に、車両が左へ緩曲進をしてしまうとき、左輪は回転速度が遅く、右輪は回転速度が速い。そのことで、回転速度の遅いモータは、逆側のモータ駆動による車両の前進に引きずられる形で、負荷が減少し、回転速度の速いモータは、負荷が増加する。このとき、負荷が減少した側のポンプは吐出流量が増加し、逆側のポンプは吐出流量が減少することで、最終的に左右モータの回転速度差が減少し、直進性が高まるよう働く。

2.2 馬力制御 (スピードセンシング)

本開発品では馬力制御用オプションとしてスピードセンシングバルブを追加した。本バルブは、オペレータが操作する走行レバーへ供給する圧力(図3中Pp1)を制御するバルブである。制御特性を図4、5に示す。母機エンジン回転数の増減に応じて制御圧力の上限を制御することで、エンジン負荷を超える作業をした場合に、エンジン回転のドロップに従って自動的にポンプへのパイロット圧力を低下させ、斜板傾角を減少・ひいては消費馬力を低減し、完全なエンジンストールを防止する。最大のエンジンストール量は、前述の自己馬力制御特性とスピードセンシング特性、エンジン馬力によって決定され、あらかじめ設定した回転数以下までエンジン回転ドロップすることはなくなる。これによりオペレータはエンジン馬力を意識せずに運転が可能となり、作業負荷の低減に貢献することができた。

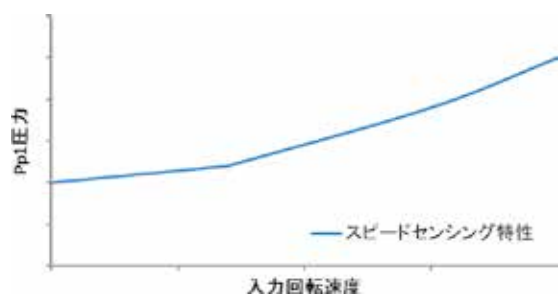


図4 スピードセンシングバルブ特性

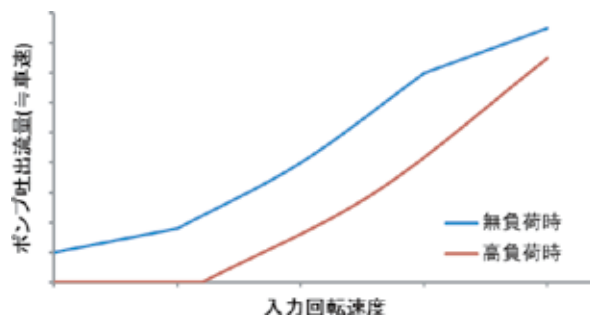


図5 馬力制御特性

2.3 低騒音化と坂道停止性能の両立への課題

圧力仕様の高圧化に伴い、斜板に作用する振動振幅が増加し、特に高負荷時の騒音が大きくなるのが従来よりわかっており、本開発品も騒音低減が課題の一つであった。騒音低減の手段としては様々な方法があるが、本開発ではバルブプレートの諸元見直しによる、ピストン内圧変動パターンの最適化を実施した。

また、走行用にHSTを使用する場合の特徴として坂道での停止性能がある。1本のレバーで前進・停止・後進を実現し、停止時には油圧のダイナミックブレーキを利用できる点がHSTの利点であるが、坂道に停止した場合など、ポンプが中立・モータへ持続的な負荷がかかる状況では閉回路内の内部リーク量だけモータが回転し、坂道を微速でずり落ちてしまう。ポンプのバルブプレートは、内部リークの最も大きい部分の一つであり、この点についても考慮して最適化を実施する必要があった。

以上より、バルブプレートの最適化を実施した結果、騒音の低減および坂道停止性と、2.1.3節にて紹介した斜板制御特性の全てを満足するバルブプレートを設計することができ、お客様実機評価においても、改善効果が認められるとの評価を頂いた。最適化の結果を表2に示す。

表2 バルブプレートの最適化結果

内部リーク量	50.7%低減
斜板加振力	11.6%低減
斜板傾転モーメント振幅	15.2%低減
吐出圧力脈動振幅	17.6%低減
高負荷時騒音	3.1dB低減

3 閉回路用走行モータ

本製品はクローラ用ケース回転型減速機付き油圧モータである。従来製品はリリース時から仕様変更

することなく生産してきた。クローラキャリアに代表される閉回路用走行モータはショベル走行用モータに比べ走行頻度が高く要求寿命は長い。加えて出力トルクアップ，高回転化の市場要求があり，それらの要求に対応するため，従来製品をベースとした長寿命化，高トルク化，高回転化に対応した本製品を開発した。

表3 従来製品と市場要求仕様比較

形式	従来製品	市場要求仕様
	MAG-33VP-550	—
最大出力トルク〔N・m〕	3649	4000以上 (10%UP以上)
最大出力回転速度〔rpm〕	130	140以上 (8%UP以上)
外形寸法 (高さ×最大外径)	313×φ286	←
取付寸法 (車両側)	はめあい径： φ200 締結穴数： 10×M14×2.0	←
取付寸法 (出力側)	はめあい径： φ230締結穴数： 9×M14×2.0	←
寿命比	100%	170%以上 (70%UP以上)
付属機能	変速機構	マニュアル変速 または自動変速
	駐車ブレーキ機能	標準装備
	フラッシングバルブ	装備可能



写真3 本製品の外観 (MAG-33VP-650)

本製品の外観を写真3に示す。走行用油圧モータの内部構成は図6に示すように制御バルブ部，斜板式ピストンモータ部，減速機部からの構成となっている。

当社の走行用油圧モータの主な特長を下記にまとめる。

- ①クローラ駆動用に最も適したケース回転型の専用設計であり，クローラ幅に収まる小型設計である。
- ②ケース回転型遊星減速機と油圧ピストンモータ

の採用により，高い走破性（＝高出力トルク）を実現している。

- ③移動モードと牽引モードの変速機構を搭載しており，移動モード時は負荷を検知して高負荷になると牽引モードに変速する自動変速機構を選択することが可能である。移動モードと牽引モードは同流量で最大2倍の速度比を可能としている。
- ④作業環境によっては傾斜地での作業性・停留性が求められる。駐車ブレーキ機能装備により傾斜地での作業・停車を可能にしている。また，欧州などでは駐車ブレーキ機能の装備を法規化している地域もある。

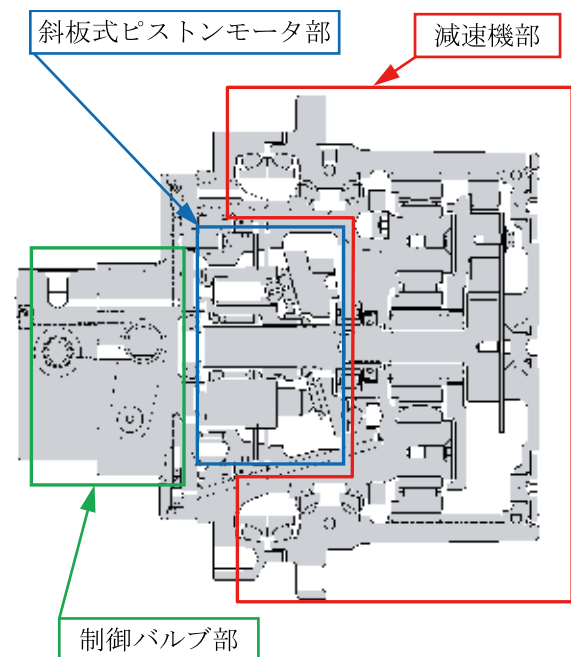


図6 走行用油圧モータ断面

3.1 長寿命化，高出力化への課題

走行用油圧モータを長寿命化するにはロータリーパーツ摺動部の強化による耐久性向上，歯車のモジュール拡大や歯幅拡大による減速機強度・耐久性向上などの手法があり，高出力トルク化するにはモータ容積拡大，モータ高圧化，減速比拡大などの手法がある。このような従来手法で弱点を強化すると走行用油圧モータは大型化してしまう。

建設機械メーカーからの要求として，従来製品との取付け互換性維持（従来機へ搭載可能な事）があり，図7に示す車両側・出力側はめあい径を変更することなく，“長寿命化・高出力化”させることが要件となる。

以上より本製品の開発において，外形寸法を変えることなく建設機械の車速を維持しながら長寿命化，

高出力化するには、ロータリーパーツについては高圧化による高出力化を図り、かつ摺動性強化による長寿命化が必要であり、同時に減速機部は歯車サイズを大きく変えることなく、歯車の強度・耐久性を向上させることが不可欠となる。

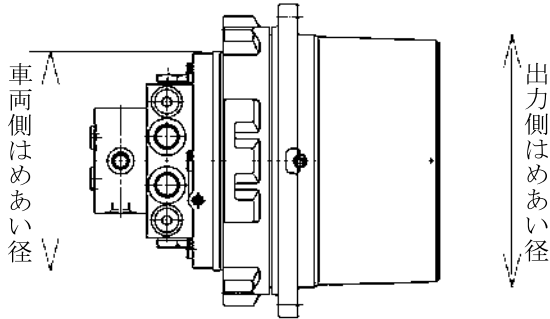


図7 車両取付けの取合い径

3.2 長寿命化, 高出力化, 高速回転化の開発技術

3.2.1 ピストンモータ部

ピストンモータは、各ロータリーパーツが摺動することによって、油圧のエネルギーを回転とトルクに出力する。

ロータリーパーツは図8に示すとおり、シリンダブロックやスワッシュプレート表面处理を最適化。ピストンシューは従来のシングルパッドから多重パッドに変更して高圧作用時のシュー変形を抑え耐摺動特性の強化を図ることで長寿命化、高圧化による高出力化、高速回転化に対応することができた。

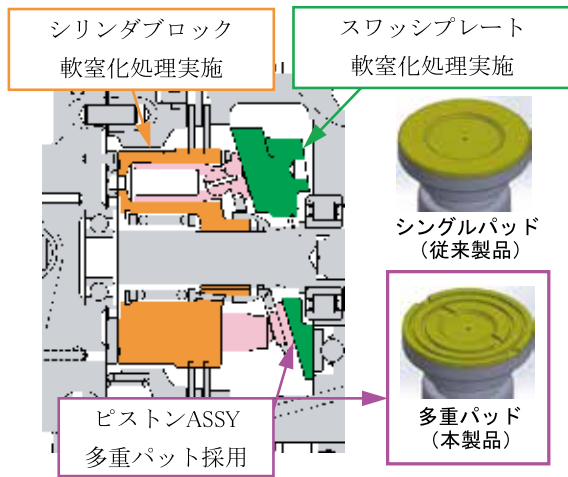


図8 ピストンモータ部断面

3.2.2 減速機部

本製品は従来外形寸法を変更することなく減速機部の長寿命化、高出力化、高速回転化を実現できた。その内容の一部を以下に説明する。

(1) 歯車強度と歯車軸剛性

歯車はモジュールが大きいほど曲げ強度が向上し、歯幅が長いほど接触面圧が低下して耐久性は向上する。しかし、モジュールや歯幅を変更すると、減速機が直径方向や出力軸方向に大型化するため従来製品と同じはめあい径、同じ全長での構成が困難である。

また、歯車自体の強度が向上しても、適正な噛みあい状態にならなければ歯面にピッチング等の損傷が発生するため耐久性は向上できない。適正な噛み合いを確保するためには軸剛性が重要な要素となる。

そこで、減速機構成部品を組み合わせた全体の剛性バランスを検討し、軸たわみ量を抑えて軸剛性を確保、加えて歯車形状の見直しにより歯車同士のかみ合いの適正化を図り、適正な歯車のかみあい状態にすることで長寿命、高出力化を確保できた。

(2) フローティングシール

高速回転化にはフローティングシールの摺動発熱対策が不可欠となる。フローティングシールの材質変更、リング形状変更によりシール荷重を低減し、耐土砂侵入性を低下させることなく高速回転に対応可能としたシールを開発、本製品にて採用した。

3.3 本製品の特長

表4に本製品の主な製品仕様を示す。従来製品と全く同じ外形寸法で従来比77%の長寿命化、従来比約11%の高出力トルク化を達成し、出力回転速度は従来比約15%の高速化ができた。

変速機構については従来のマニュアル変速に加え、自動変速機構をラインアップに追加することができた。

表4 本製品と従来製品の仕様一覧

形式	従来製品	本製品	
	MAG-33VP-550	MAG-33VP-650	
最大等価容積 [cm³/rev]	863	←	
最大圧力 (入口) [MPa]	30.9	37.3 (20%UP)	
チャージ圧力 [MPa]	3.0	←	
最大モータ回転速度 [rpm]	3600	4000 (11%UP)	
減速比	25.526	←	
最大出力トルク [N・m]	3649	4050 (11%UP)	
最大出力回転速度 [rpm]	130	150 (15%UP)	
寿命比	100%	177% (77%UP)	
外形寸法 (高さ×最大外径)	313×φ286	←	
取付寸法 (車両側)	はめあい径：φ200 締結穴数：10×M14×2.0	←	
取付寸法 (出力側)	はめあい径：φ230 締結穴数：9×M14×2.0	←	
付属機能	変速機構	マニュアル変速	マニュアル変速 自動変速 (オプション)
	駐車ブレーキ機能	標準装備	←
	フラッシングバルブ	装備可能	装備
	製品質量 [kg]	55.0	←

4 おわりに

市場から求められる油圧パイロット制御化，長寿命化，高出力化，高速回転出力化を実現し，分離形HSTのラインアップを拡充することができた。本報で紹介した開発品はお客様において量産採用が決定し，2017年春より量産納入を開始している。

本開発に際して，シミュレーションの活用等によ

り，種々の課題に対し効率的に製品開発を進めることができた。より高度化していく建設機械・農業機械の市場要求においては，更に電子化・高効率化・低コスト化など多岐に渡り，今後もこれらの要求に遅れることなく，製品開発に尽力していきたい。最後に，本製品の開発・量産化に当たり，関係各位の多大なるご支援，ご協力に心より感謝申し上げます。

著者



稲田 隆則

2009年入社。ハイドロリックコンポーネンツ事業本部技術統轄部相模油機技術部ポンプ・モータ設計室。油圧ポンプ・モータ製品の開発に従事。



松阪 慶太

2008年入社。ハイドロリックコンポーネンツ事業本部技術統轄部相模油機技術部ポンプ・モータ設計室。油圧モータ製品の開発に従事。



三浦 拓也

2014年入社。ハイドロリックコンポーネンツ事業本部技術統轄部相模油機技術部ポンプ・モータ設計室。油圧ポンプ・モータ製品の開発に従事。

薪割機用コントロールバルブの開発

石 地 令

1 はじめに

KYBエンジニアリングアンドサービス(株)は農業機械や建設機械等さまざまなお客様へ油圧製品を納入している。

今回、薪割機の輸入販売会社である(株)ホンダウォーク様から新しい薪割機の開発にあたり油圧システムの提案を依頼された。

油圧システムの仕様は、現行の薪割機を協同で調査測定して決めていくことから始めた。

コントロールバルブの話の前に、薪割機について説明する。

2 薪割機

一般的な薪割機は、動力源を持ち、刃物又は丸太を移動させて細かく割る機械で、設置式又は移動式がある(写真1)。



写真1 薪割機の例
(株)ホンダウォーク様カタログより)

薪割機の刃はテーパ状になっており、切ると言うより裂くという働きで、英語ではLOG SPLITTER MACHINE(木材を裂く機械)と表現される。昔も今も、斧を振り下ろして丸太を割り、薪は作られている。よって、体力と技術が必要なために機械化が考案されてきた。刃を振り下ろす代わりに、重力の

利用や、機械式、電気式、油圧式で丸太を割る構成で多くの種類が製造販売されている。

今回、開発対象となった薪割機は、エンジンを用いて油圧ポンプを駆動し、コントロールバルブで作動油を制御して、油圧シリンダで刃物を押すことで丸太を割ることが可能な油圧システムを搭載、クローラやタイヤを装備し、移動を可能とした物である。この構成が多く、販売数も一番多い。

3 薪割機の油圧の特徴

3.1 2ステージポンプ

丸太を割る一連の作業は、大きく分けて2つの工程に分けられる。

1つ目は、あまり力を必要としない工程である。

刃物を移動させているだけのときが、この工程であり力よりも刃物の移動スピードが求められる。この場合、低圧で容量の大きなポンプが必要である。

2つ目は丸太を割る工程である。

この工程は速度よりも油圧力が必要とされ、油圧力が丸太を割る力の元になる。この場合は高圧で容量の小さいポンプとなる。

薪割機として、低圧大容量ポンプを使用した速度重視の工程と、力を必要とする高圧低容量ポンプとが自動的に切り替わることが求められる。

サイクルタイムを早くし、エンジン馬力が小さくても丸太が割れるように、ほとんどの薪割機に採用されている方式である。

3.2 コントロールバルブの作動

コントロールバルブの動きはレバーの位置で次の3つの動作からなる(図1)。

①中立

レバーを動かさない中立時、作動油は油圧ポンプからタンクへ流れ、油圧シリンダは動かない。

②引き(油圧シリンダ 伸び作動)

レバーを引くと油圧シリンダは伸びて丸太を割り始め、手を離すと中立に戻り油圧シリンダは止まる。

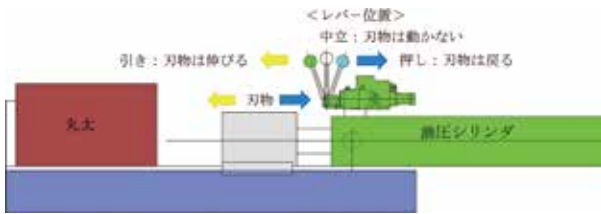


図1 レバー位置と油圧シリンダの動き

③押し (油圧シリンダ 縮み作動)

丸太が割れたら、レバーを押すとレバー位置は保持され、手を離しても油圧シリンダは縮み続ける。

この間に作業者は、次の丸太をセットすることができる。この機能はほとんどの薪割機で採用されていると考えられる。

これらの一連の動作と油圧回路図を図2に、薪割機の動きや圧力・流量を測定したものを図3に示す。

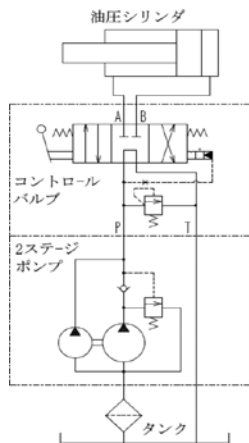


図2 薪割機の油圧回路図

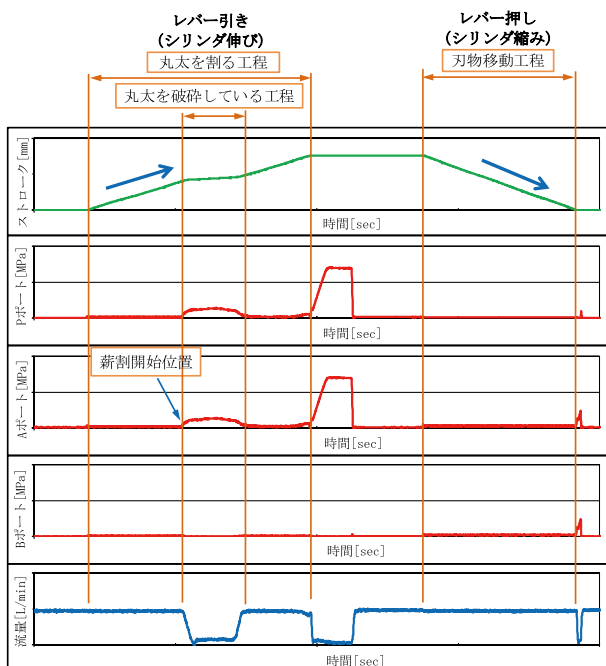


図3 薪割機の動きと圧力計測

4 コントロールバルブの開発

4.1 仕様

現行機の実測結果やお客様のご要求からコントロールバルブの仕様(表1)を決定した。

表1 コントロールバルブの仕様

項目	仕様
最高使用圧力	20.6MPa
常用流量	30L/min
許容背圧	1.5MPa
リリーフバルブセット圧力	20.6MPa at 6.5L/min
使用作動油	ISOVG32相当油
使用油温範囲	-20℃~80℃
シリンダポート漏洩量	6~60cm ³ /min at 6.9MPa
製品質量	4.5kgf

コントロールバルブに盛込む薪割機に必要な機能は以下の通りである。

- ①中立 P-Tオープン
- ②引き スプリングリターン
- ③押し デテント機構による保持

以上については3.2で説明済である。

- ④押し フルストロック時オートリターン

オートリターンとは、シリンダがフルストロックすると、ポンプ圧力が上昇して自動で中立に戻る機構のことである。従来の技術では経験がなかった機構であるが、スプールの受圧面積を利用することで可能とした。また、レバーやリリーフバルブは、実績のある部品を共通使用することで信頼性と原価低減を図り、新規部品採用を少なくした。

4.2 試作テスト後の改良点

(1)デテント保持力のUP

油圧シリンダの縮み工程中は、レバー位置を保持させるためにスプールをデテント機構により固定しているが、スプールが戻されて中立になった。原因はデテント保持力が弱く、低い圧力で解除されたためである。対策としてスプール径を変更し面積差を小さくし、標準部品や標準シールが使用できるようにスプール長さも変更した。同時に保持力を大きくするため溝角度やスプリング力を強くし、目標を満足させた(図4)。

(2)レバー操作力の低減

現行機は連続したレバー操作を行うと疲れやすいため、開発品はレバー操作力を現行機より軽減することを狙った。使用条件の範囲で、戻り不良が発生しないようリターンスプリングの荷重をできる限り小さくした。

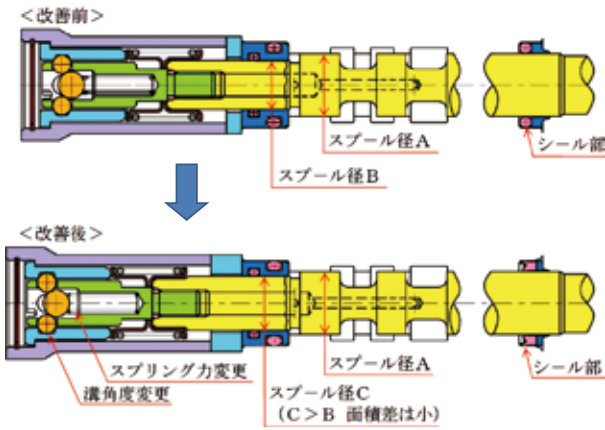


図4 デテント保持力のUP

(3)シール部の耐久性

作動耐久テスト中に、シール部から外部漏れが発生した。デテント保持状態から中立に戻る時の速度が早くシール性能に問題があることが判明し追従性の良いシールに変更し耐久性を満足させた(図5)。

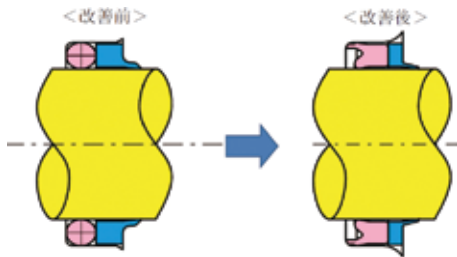


図5 シールの改善

4.3 ボディの鋳物化

試作の削り出しから鋳物化を実施する際に、油圧シリンダとバルブボディの取付を、現行のねじ込み式から油圧シリンダにマウントする方式に変更した。これにより配管部品及び取付費用の低減と、ねじ込み配管の緩みによる油漏れをなくすことができた(図6)。

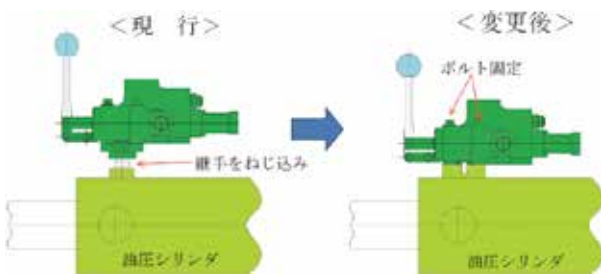


図6 バルブ取付方法

これらの改善を実施し、無事に量産へ進めることができた。写真2にコントロールバルブ外形、図7に外形図を示す。



写真2 コントロールバルブ外形

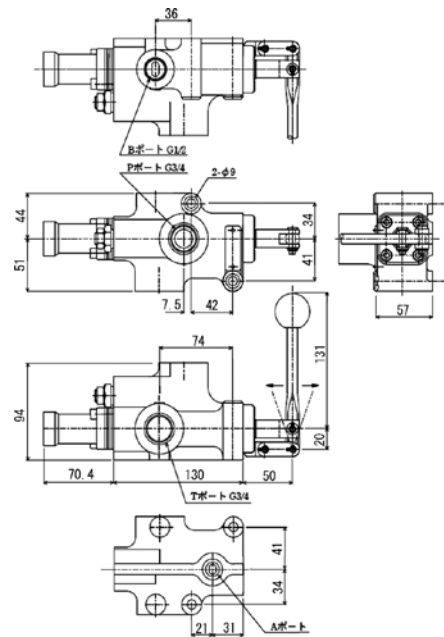


図7 コントロールバルブの外形図

5 今後の展開

今回、(株)ホンダワーク様と協同で開発した薪割機MS4000Jを紹介する(表2、写真3)。

また、国産化機種に続いて、コスト面を重視したもの、油圧システムを変更した機種の開発も続けて



写真3 薪割機MS4000Jの外観写真 (株)ホンダワーク様カタログより)

表2 薪割機MS4000J 主要諸元
(株)ホンダワーク様カタログより)

主要諸元		
型式番号		MS4000J
エンジン	メーカー	ヤマハ
	形式	空冷4サイクル傾斜型OHV ガソリンエンジン
	エンジンモデル	MZ175
	排気量	171cc
	燃料タンク容量	4.5リットル
	エンジンオイル量	0.6リットル
	プラグ	NGK BPR4ES
シリンダ推進力		20トン
破壊力		40トン
寸法	横型長さ	1,850mm
	横型高さ	1,150mm
	幅	690mm
	縦型長さ	1,800mm
	縦型高さ	1,730mm
乾燥質量		310kgf
作動油タンクオイル容量		16リットル (油圧用オイル32番)
最大破碎寸法		630mm
駆動		前進2速, 後進1速
サイクルタイム		21秒 (出12秒/戻9秒)

いく。これらにおいて、コントロールバルブは共通部品としてご使用して頂ける予定である。

6 おわりに

今回開発した製品を搭載した薪割機の生産販売は始まったばかりである。

薪割経験者や購入者からの意見・感想では、現行機に対する改良要望は多い様である。

この要望に対し、今回開発した製品を搭載して頂いたメリットは多いと考える。

最近では、薪より燃えやすいチップやペレットなどで発電する木質バイオマスとして木材が見直されている。これらは大量生産でないと成り立たない。また、おがくずなどを固めたブリケット（人工薪）などが出てきているが、コスト面で薪より優位ではないようだ。

まだまだ薪割機の需要は続くと考えられる。

今後もお客様のご要望に対応できる製品を開発していきたいと考える。

最後に薪割機用コントロールバルブの開発にあたって、社内外関係者各位へこの場を借りてお礼申し上げます。

著者



石地 令

2013年入社。KYBエンジニアリングアンドサービス(株)油圧機器事業部技術本部技術部。油圧バルブ設計に従事。

可変減衰型オイルダンパ

榊原 健人

1 はじめに

地震による被害から人々の命と財産を守るため、建物に対して様々な地震対策がとられている。そのうちの一つである「免震構造」に用いられるオイルダンパについて、KYB技報52号で都市型狭小土地向け免震ダンパ（減衰力切替機構外付）、KYB技報54号でロック機構付き免震用オイルダンパシステム（電気制御を用いた風揺れ低減システム）を紹介してきたが、本報では減衰力可変機構を内部に組み込んだオイルダンパを紹介する。

2 長周期地震動などの巨大地震に対する課題

近い将来の発生が危惧される南海トラフや相模トラフの巨大地震では、ゆっくりとした揺れを長時間にわたり繰り返す長周期地震動に見舞われる可能性が高いと考えられている。こうした長周期地震動に対してゆっくりと揺れる免震建物は、これまでの設計で想定した揺れを大きく上回る揺れになる可能性がある。例えば、長周期地震動に対する検討が行われていない初期の免震建物では、免震層（免震装置の入る地面と建物の間）の許容変形範囲が小さいため、建物が擁壁（免震層の壁）に衝突する可能性も指摘されている。また、新築の免震建物でもアイソレータ（積層ゴム、滑り支承など）の限界変形を超えるような大きな揺れが生じることも想定される。

こうした背景のもと、免震層の変形量を小さくする試みが行われている。免震層の変形抑制には、アイソレータと併設するダンパの減衰力を大きくすることが効果的である。しかし、想定される最大の地震をもとにダンパの減衰力を設定すると、免震層全体が固くなる。そのため、発生頻度が比較的高い中小地震では、地震による変形量ももともと小さいため、変形を抑えすぎてしまい、地震の揺れを建物に伝えないという本来の性能（加速度低減効果）を損なう恐れがある（図1）。

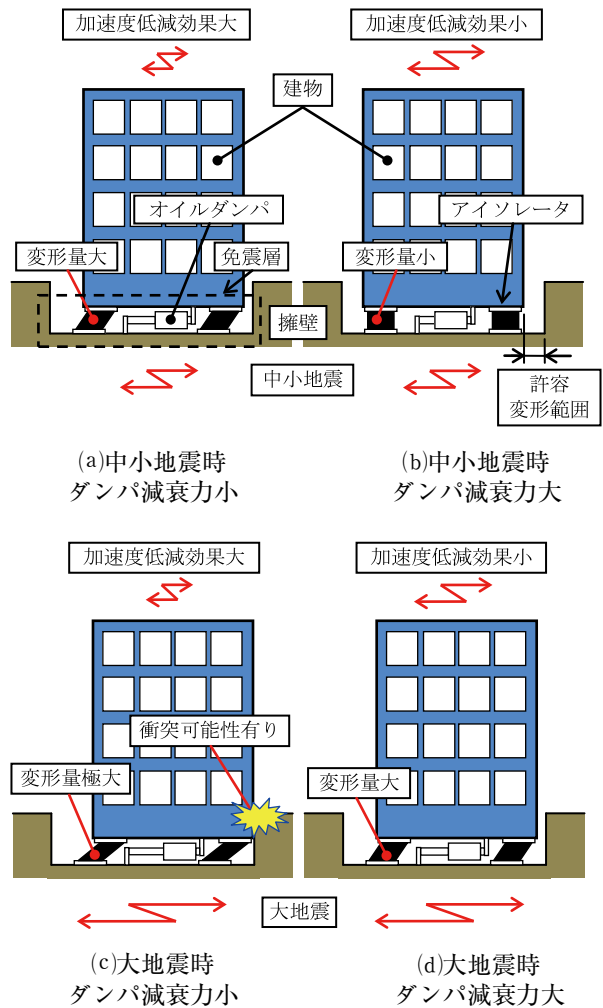


図1 ダンパ減衰力による免震建物への影響

3 開発背景

本報で紹介する可変減衰型オイルダンパは清水建設(株)様と共同開発した製品である。前述した通り、巨大地震を想定してダンパの減衰力を設定してしまうと、発生頻度の高い中小地震において、アイソレータによる加速度低減効果を阻害してしまう。

この一見矛盾する課題は、巨大地震と中小地震に対して、それぞれに適した減衰性能に切り替えるこ

とができれば、居住性の向上と大地震時の過大変形防止を実現して解決できる。そのためには地震の大きさを検知する必要があるが、センサや電磁弁などを用いた電気制御による切替方式では、停電時に性能が発揮できないといった問題も残る。

そのため、地震の大きさを免震層の変形量（オイルダンパの変形量）により検知し、電気を使わず機械的に地震の大きさに応じた減衰性能に切り替わる「変位による減衰性能切替型の免震装置」が考案されている。その多くは設定変位を超えると大地震用の特性に変化し、一旦特性が切り替わると大きなダンパ減衰力を保持する構造としている。このため免震層の変形抑制効果が大きく発揮される。しかしながらその特徴ゆえに、地震終了後に人的作業により装置の特性を中小地震用の特性に戻すことになる。

一方、本報で紹介する可変減衰型オイルダンパはダンパ変形量に応じて機械的に減衰性能を切り替えることが可能な構造としており、ダンパ変形が小さい中央付近では中小地震用の特性である低い減衰力、設定変位を超えた場合は大地震用の特性である高い減衰力へ随時切替わる特性を有する。そのため、ダンパの減衰力と変位量をグラフとして表すと標準的オイルダンパが図2の楕円形状となるが、可変減衰型オイルダンパは図3のように中央部が凹んだH型形状となる。これにより大地震時の変形抑制効果が若干低くなるが、常に性能が切り替わることから地震後に手動操作を行う必要がない。

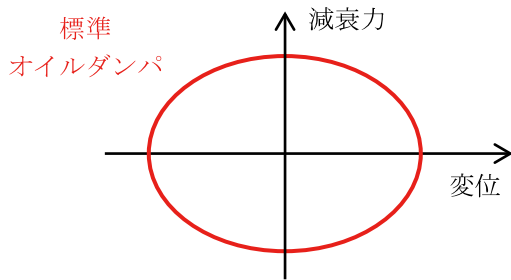


図2 標準オイルダンパ 履歴曲線形状

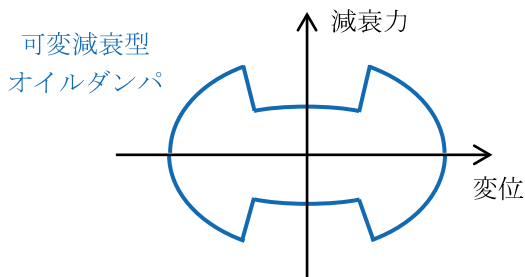


図3 可変減衰型オイルダンパ 履歴曲線形状

4 開発ダンパの構造と作動原理

図4に可変減衰型オイルダンパの構造を示す。可変減衰型オイルダンパの主要構成部品は、シリンダチューブ、インナーチューブ、ピストンロッド、ピストン、作動油などからなる。また、シリンダ内部には速度に応じた減衰力を発揮するための調圧弁、リリース弁及びチェック弁を設けており、カヤバシステムマシナリーの標準的な免震用オイルダンパBDS (Building Damper hi-Speed type) と同様の構成となっている。標準オイルダンパ (BDS) に関する詳細は、KYB技報26号にて紹介している。

可変減衰型オイルダンパは、減衰性能を変形量に応じて切り替えるための機構として、切替ロッドが加わった構造となっている。切替ロッドには、中央部の一定区間に軸方向へ伸びる溝を設けている。さらに、切替ロッドはピストンを貫通して設置され、ピストンと溝により構成される流路をそれぞれの位置関係により開閉することで減衰性能を切り替えることができ、減衰性能の切り替わるポイントを切替変位と呼称する。

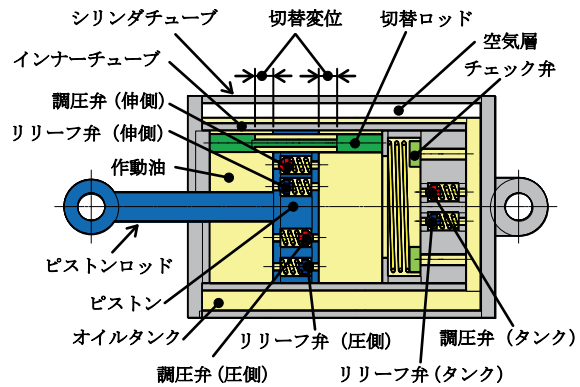


図4 可変減衰型オイルダンパ構造

また、減衰性能を可変とする機構（切替ロッド）は全てオイルダンパ内部にて完結しているため、標準オイルダンパ (BDS) と同形状、同寸法となっている（写真1）。



写真1 試験体外観

図5に可変減衰型オイルダンパの計画特性を示す。ダンパ変形量の小さな範囲での低い減衰性能を低減衰、ダンパ変形量が大きい範囲での高い減衰性能を高減衰と呼称する。低減衰時の1次減衰領域では伸側と圧側にて減衰性能が異なる。これは、可変減衰型オイルダンパが片側のみにピストンロッドが伸びた構造であり、圧側と伸側にて受圧面積が違うのに対し、切替ロッドの溝面積を圧側も伸側も一定としているためである。

減衰性能は高減衰、低減衰ともにバイリニア型とし、一定の速度で減衰性能が切り替わる特性とする。一定速度までは、低速時から高い減衰力を発揮できる特性（1次減衰領域）とし、一定速度を越えると最大速度まで過度な減衰力が出ないように、減衰力を保持する特性（2次減衰領域）に切り替わる。この特性は標準オイルダンパ(BDS)にも用いられている。

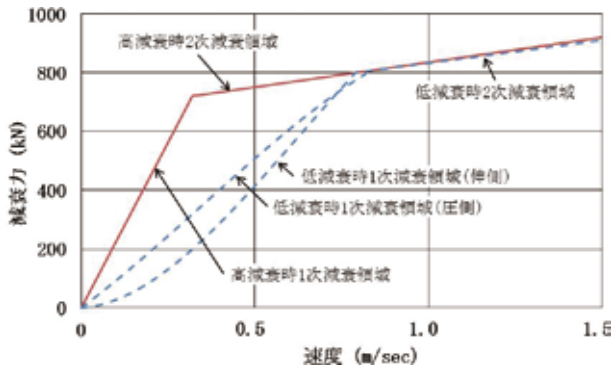


図5 計画特性

可変減衰型オイルダンパの作動原理について、以下に説明する。

(1)作動原理（伸方向、低減衰）

伸方向、低減衰での作動原理を図6に示す。可変減衰型オイルダンパは両端に取付けられる物体相互の振動に応じて伸縮する。ピストンロッドが伸びると連結されたピストンが動き、A室の圧力が上昇し、作動油は調圧弁（伸側）、リリーフ弁（伸側）及び切替ロッドの溝を通りB室に流出する。この時の油圧抵抗がピストン速度に応じた減衰力として作用する。調圧弁（伸側）、リリーフ弁（伸側）よりも切替ロッドの溝を優先して作動油が流れることにより、調圧弁（伸側）、リリーフ弁（伸側）に流れる油の量が少なくなり、調圧弁（伸側）、リリーフ弁（伸側）のみを作動油が流れる時に比べ、速度に応じた減衰力は低くなる（低減衰）。1次減衰領域は調圧弁で減衰力を制御し、2次減衰領域はリリーフ弁で減衰力を制御する。また、A室はB室よりピストンロッド分の作動油が少ないため、チェック弁よりオイルタンクからB室へ作動油を供給し、次の圧縮行程に

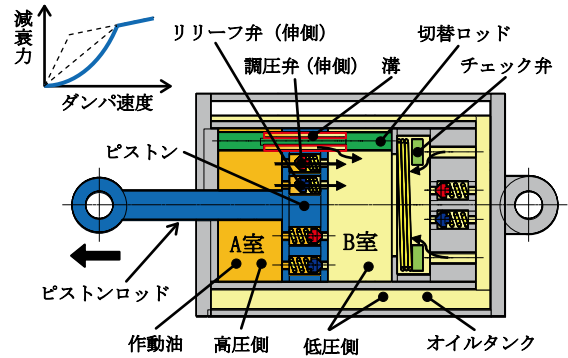


図6 作動原理（伸方向、低減衰）

備える。

(2)作動原理（伸方向、高減衰）

伸方向、高減衰での作動原理を図7に示す。ピストンロッドが更に伸び、ダンパ変形量が切替変位を超えると、ピストンが切替ロッドに設けられた溝を超え、作動油が切替ロッド部を流れなくなり調圧弁（伸側）、リリーフ弁（伸側）のみを流れるようになる。そのため、作動油は調圧弁（伸側）、リリーフ弁（伸側）を通りB室に流出し、調圧弁（伸側）、リリーフ弁（伸側）に応じた油圧抵抗がピストン速度に応じた減衰力として作用する（高減衰）。

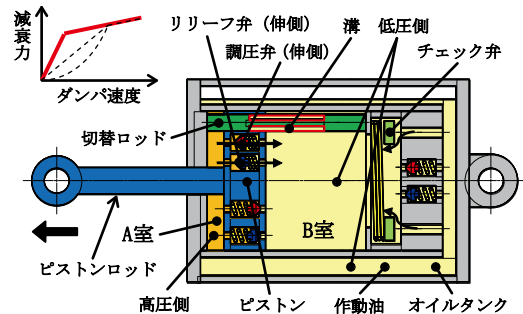


図7 作動原理（伸方向、高減衰）

(3)作動原理（縮方向、低減衰）

縮方向、低減衰での作動原理を図8に示す。ピストンロッドが縮むとチェック弁が閉じ、B室の圧力が上昇する。そして、作動油は調圧弁（圧側）、リリーフ弁（圧側）及び切替ロッドの溝を通りA室へ流出する。伸作動と同様に、1次減衰領域は調圧弁で減衰力を制御し、2次減衰領域はリリーフ弁で減衰力を制御する。この時の油圧抵抗がピストン速度に応じた減衰力として作用する。調圧弁（圧側）、リリーフ弁（圧側）よりも切替ロッドの溝を優先して作動油が流れることにより、調圧弁（圧側）、リリーフ弁（圧側）に流れる油の量が少なくなることから、調圧弁（圧側）、リリーフ弁（圧側）のみを作動油が流れる時に比べ、速度に応じた減衰力は低くなる（低減衰）。また、ピストンロッド分の作動油は調

圧弁（タンク）、リリース弁（タンク）を通りオイルタンクへ流出するが、こちらも切替ロッドの溝を優先して作動油が流れるため、速度に応じた減衰力は低くなる。

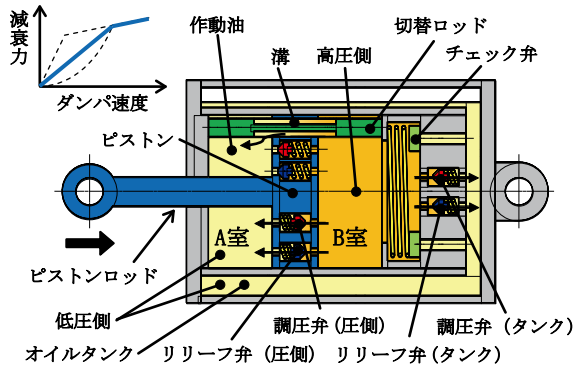


図8 作動原理（縮方向，低減衰）

(4)作動原理（縮方向，高減衰）

縮方向，高減衰での作動原理を図9に示す。ピストンロッドが更に縮み、ダンパ変形量が切替変位を超えると、ピストンが切替ロッドに設けられた溝を超え、作動油が切替ロッド部を流れなくなり調圧弁（圧側）、リリース弁（圧側）のみを流れるようになる。そのため、作動油は調圧弁（圧側）、リリース弁（圧側）を通りA室に流出し、調圧弁（圧側）、リリース弁（圧側）に応じた油圧抵抗がピストン速度に応じた減衰力として作用する（高減衰）。また、ピストンロッド分の作動油は調圧弁（タンク）、リリース弁（タンク）を通りオイルタンクへ流出する。この時の油圧抵抗がピストン速度に応じた減衰力として作用する。

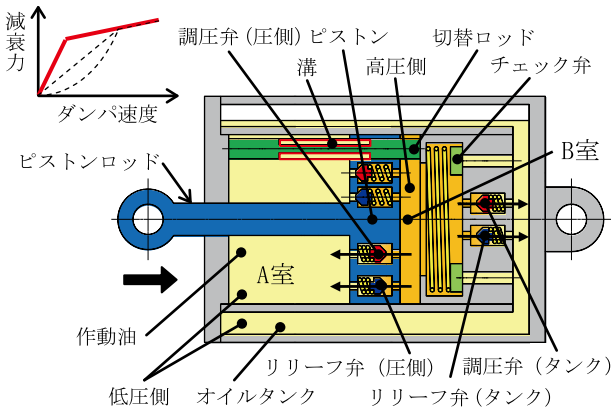


図9 作動原理（縮方向，高減衰）

5 可変減衰性能の確認

可変減衰型オイルダンパの性能に関して、計画特性の再現性を確認した。低減衰及び高減衰のそれぞれ

れでの性能を確認するため、加振開始位置を変化させて正弦波による加振実験を行った。低減衰計測時は取付長、高減衰計測時は切替変位を超えるまで縮めた状態を加振中心とした。

図10に低減衰での結果、図11に高減衰での結果を示す。それぞれ5種類の加振速度での実験結果を重ねたグラフであり、変位が大きくなるほど速度も大きくなるため、減衰力が高くなっていく。また、低減衰では外側の2条件、高減衰では5条件全てが2次減衰領域での実験結果であり、リリース弁の効果により、減衰力が一定の値から上がりにくくなり、四角形に近い形状になっていることが分かる。

高減衰及び低減衰において、各速度時の最大減衰力をまとめたグラフを図12に示す。計画特性との比

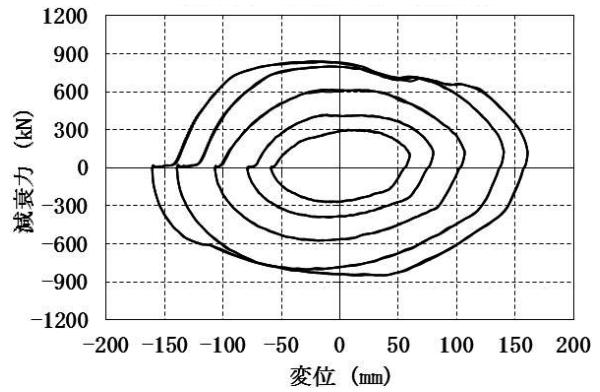


図10 減衰力-変位履歴曲線（低減衰）

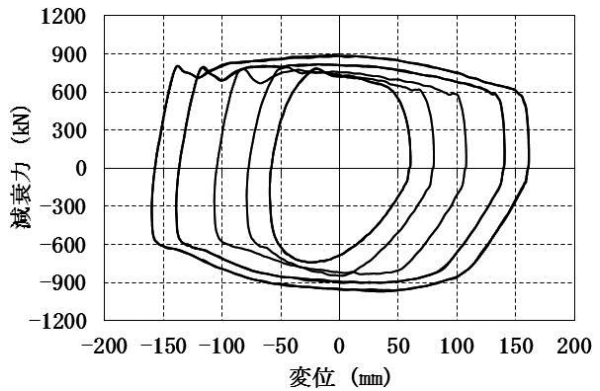


図11 減衰力-変位履歴曲線（高減衰）

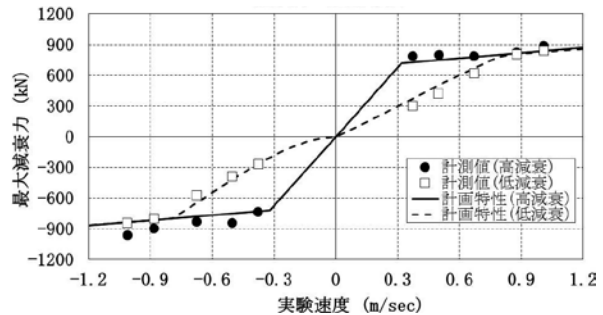


図12 最大減衰力-速度特性

較のため、図5の計画特性を実線及び破線にて表す。高減衰、低減衰ともに計画特性通りの性能であることが確認できる。

切替性能の確認として、切替変位を超える加振振幅での正弦波及びランダム波での実験を行った。図13に大振幅加振でのグラフを示す。このとき、可変減衰型オイルダンパの切替変位は±200mmとしており、どの速度条件においても変位200mmを境に減衰性能が切り替わっていることが確認できる。

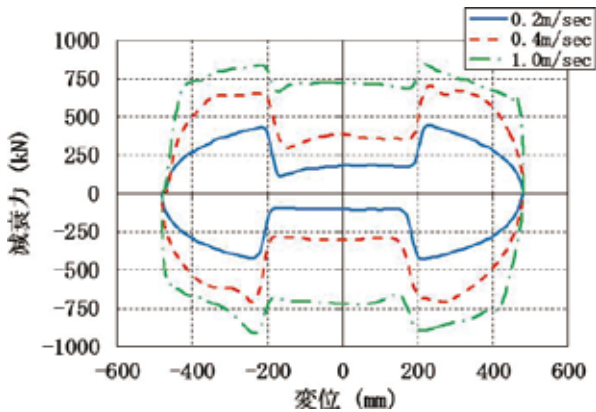


図13 減衰力-変位履歴曲線（大振幅加振）

また、ランダム波を入力とした加振実験により、計測結果と解析結果の比較を行った。図14に計測結果と解析結果を重ねた履歴曲線を示す。計測結果と解析結果の履歴曲線を比較すると、繰り返し切替変位±200mmにて減衰性能が切り替わっていることが確認できる。また、解析結果と比較して、計測結果に

においても減衰性能が切り替わる際に時間的遅れがほとんどないことが確認できた。そのため、免震建物の耐震性能を検証する地震応答解析においても、切替にかかる時間を考慮する必要はないと考えられる。

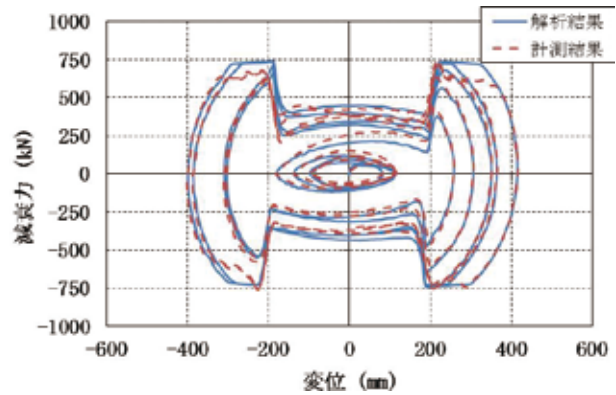


図14 減衰力-変位履歴曲線（ランダム波）

6 おわりに

可変減衰型オイルダンパは、2017年4月に免震用部材として大臣認定（認定番号MVBR-0576）を取得した。今後、免震建物の中小地震時における居住性の向上、及び大地震時における免震建物の擁壁への衝突防止に役立つことが期待される。

最後に、本製品の開発にあたってご協力いただいた清水建設(株)のご担当の皆様、社内各部門、関連協力業者の皆様には、深く感謝申し上げます。

著者



榑原 健人

2011年入社。カヤバシステムマシナリー(株)三重工場技術部。オイルダンパ開発業務に従事。

車載用ベーンポンプ評価設備の開発

釣 琢 弥 ・ 藤 井 稔 彦 ・ 小 寺 康 大

1 はじめに

自動車メーカ各社が環境へ配慮した自動車づくりへ取り組む中、環境負荷低減のため部品メーカにも車載部品の性能向上が求められている。

KYBが取り扱う製品も日々性能向上へ取り組む中で、製品としての成立性を評価する実験部においても、製品を評価するために必要な技術（試験機）開発、試験精度向上、試験の高効率化等、様々な課題に取り組んできた。

2 製品紹介

2004年に量産化したCVT^{注1)}用ベーンポンプは右肩上がりに生産数を伸ばし、現在では当社の主力製品である。

世界初のCVT用ベーンポンプ6Kから始まり、アルミダイカストカバーを採用した中・小型車向けベーンポンプ7K、更なる性能向上を達成した6K2、フローコントロールバルブを廃止し、トルク低減を達成した7K3（写真1）と様々なモデルの開発を行ってきた。

現在では、中国、タイ、メキシコまで生産拠点を増やし、数十万台/月を生産しており、お客様からは、性能、品質において高い評価を頂いている。

注1) Continuously Variable Transmission（無段階変速機）のこと。



写真1 CVT用ベーンポンプ (7K3)

3 実験部の取り組み

ベーンポンプは、CVTの油圧源に使用されており、トランスミッションの性能に大きく寄与する。そのため、性能向上に対するお客様からの要求は厳しく、流量、駆動トルクの値は多用途用で使用されているポンプと比較し、1/100の小さな値を議論することも多い。

製品を評価する上で、試験機や測定のばらつきが製品仕様のばらつきより大きいと正確に評価ができない。従って測定値に影響するさまざまな外乱の排除やデータの処理方法を工夫して計測精度を向上させていくこと、並びに試験機の開発は、実験部の重要な役割である。本報では、その取り組みの一部について紹介する。

4 性能試験機の開発

ポンプの重要な基本特性にP-Q特性と駆動トルク特性がある。P-Q特性は圧力（P）負荷時のポンプ流量（Q）を測定する試験であり、駆動トルク特性はポンプを駆動した際に発生するフリクションを測定する試験である。

試験機の開発を行う前は、段取りから測定まで全ての作業を人が行っていた。しかし、測定に人が介在すると操作方法（温度、圧力、ポンプ回転数の調整）に微妙な違いが生じるため、ばらつきの要因になる。そのため、製品の特性を正確に評価するためには、試験機の操作方法によるばらつき（人の影響）をなくす必要がある。

対策として以下の項目を盛り込んだ新規性能試験機を開発した。

- (1) 圧力調整の自動化
- (2) トルク測定方法変更
- (3) 測定ジグの共通化

以下、これらについて詳細に紹介する。

4.1 圧力調整の自動化

ポンプは油圧源であるため油の吐出が最大の役割である。また、その流量は圧力によって変動するため、圧力調整は試験を行う上で重要な管理項目の1つである。圧力変動が大きいと流量が安定しないだけでなく、トルク変動にも大きな影響を及ぼす。よって、圧力をより安定させるため、圧力調整にはバランスピストン型のリリーフバルブを使用している。

以前の試験機では、圧力調整バルブの調整速度が試験を実施する作業者で異なるため、流量にばらつきが生じていた。そのため詳細な差を判断しようとした時に、差が供試品に起因するのか、測定の際のばらつきなのか判断できなかった。そこで、圧力調整の自動化に取り組んだ。

まず検討したのは市販の比例ソレノイドバルブの使用である。しかし、スプールが内蔵されている比例ソレノイドバルブでは、油にエアが介在した時や配管の固有振動数とスプールの共振周波数が重なった時に、スプールが発振することが懸念された。よって、これまで使用しているリリーフバルブを使用し、サーボモータでリリーフバルブの開弁圧調整を行う自動バルブを考案した。更にサーボモータの回転速度は、圧力をフィードバックし、制御する機構とした。この自動バルブによって圧力上昇速度の定速化が図れ、従来までばらつきの要因として挙げられていた圧力調整速度に対する議論はなくなった。

しかし、自動バルブを導入して数ヵ月後に新たな問題が発生した。それは圧力調整軸の摩耗である。使用しているリリーフバルブは安全弁として設計されているため、圧力調整用として頻繁にバルブを開閉することは想定されていない。圧力調整を自動にしたことで、送り速度の変化、原点復帰による送りの距離が増加したため、圧力調整ねじ部が摩耗したと推察された。その対策として潤滑を良好にするためのグリスニップルを設けて摩耗発生の問題を解決した(写真2)。

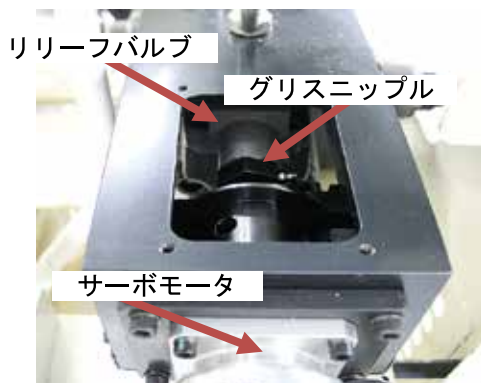


写真2 開発した自動バルブ

4.2 トルク測定方法変更

圧力調整の自動化に伴いトルク測定方法の見直しを同時に実施した。今までは回転数、圧力を指定値に固定し、ポンプが発生させるトルクの平均値を算出していた。しかしこの方法では、調圧を行う作業者間で微小に圧力がずれ、試験結果に差が生じていた。

平均値による算出方法に対し、指定値をまたいで圧力を上昇させ、圧力に対するトルク値を線形補間し、指定圧力を代入する方法に変更した。

トルクに影響を及ぼすジグや計測器、ポンプの軸受、内部部品の局部温度を安定させるために一定時間の暖機運転も設定した。

図1に測定したグラフを示す。ばらつきが低減する結果となった。

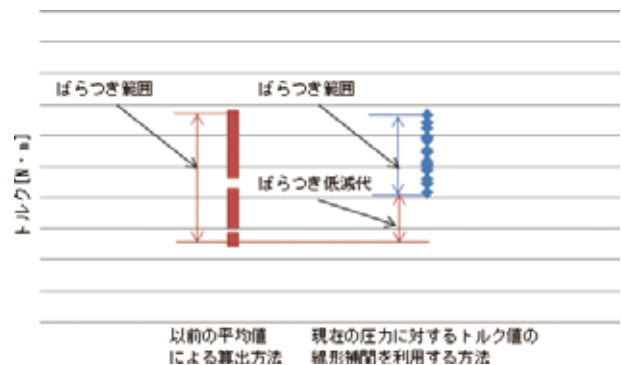


図1 トルク測定方法変更によるばらつき低減効果

4.3 測定ジグの共通化

2基存在していたジグの共通化を行った。

開発前は、P-Q測定ジグと駆動トルク測定ジグの2基を試験機にのせ、入力軸のプーリーに掛けるベルトを付け替え測定していた(写真3)。理由は、常にトルク計を装着しておく、過大なトルクが発生した時に、高価なトルク計を破損させてしまうからである。

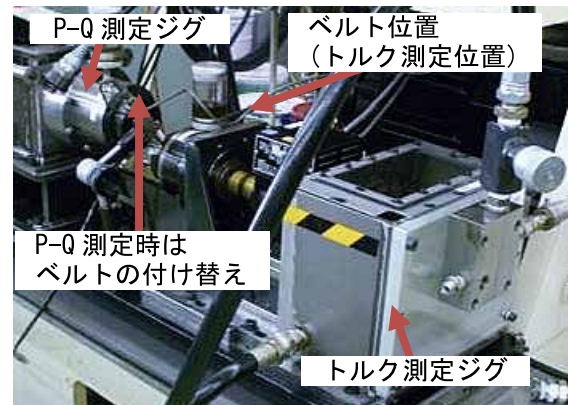


写真3 開発前の性能試験機

ジグを共通化するため、P-Q特性を測定していたジグをベースに中間軸を設けて、リニアガイドに

沿ってトルク計と中間軸を交換できるように設計した。この改善によって段取り工数を大幅に減らすことができた（写真4）。

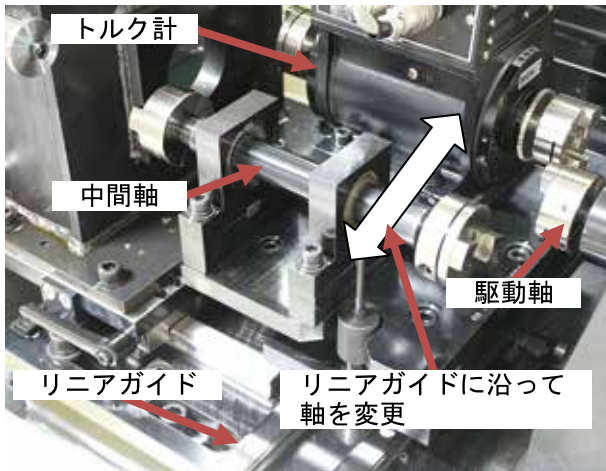


写真4 開発品のジグ

4.4 全自動化による効果

性能試験機の開発によって、作業者は段取り実施後、評価開始ボタンを押すだけで油温の上昇から計測器のゼロ点補正、評価までを自動で実施できるようになった。また、全自動化により測定精度の向上に加え、評価効率も向上させることができた。

開発した性能試験機は、各海外拠点からの強い要望により、水平展開を行っている。日本の試験機のコピーがKST（タイ工場）、KMEX（メキシコ工場）そしてKIMZ（中国工場）に導入されている。

試験機の設置にも日本から現地へ支援に行き、計測データの相関取りから使用方法、日常・定期メンテナンス、スタッフの教育まで幅広く実施した。これにより、日本国内と同品質で評価することが可能となった。

今日も性能試験機はKYBグループの全拠点で日々の評価に使用している（写真5）。



写真5 全自動化した性能試験機

5 微小トルク試験機の開発

次に紹介するのは前述の1/100オーダーのトルク測定を可能にした微小トルク試験機である（写真6）。

燃費に重要な規格は低回転、低圧域のトルク値であり、実測値が効率100%時の理論値に近く、非常に小さい値である。

以前の試験機では測定ばらつきが大きく、ポンプ仕様の変化による差を確認するのに何度もやり直しが必要であった。そこで微小なトルクを高精度で測定するための試験機の開発に取り組んだ。

新たな試験機の開発にあたり、まずトルクに影響する要因の洗い出しを行い、以下の項目を見直すこととした。

- (1)計測器の精度（トルク計、圧力計）
- (2)駆動方法
- (3)軸芯振れ
- (4)油温管理

5.1 計測器の精度（トルク計、圧力計）

前述したトルク試験機は、作動範囲全てを測定する目的で製作された試験機であり、ポンプ仕様の最大値に合わせた容量のトルク計を使用していた。

まず測定精度を向上させるために、トルク計の検討を行い精度、納期、費用から最適なトルク計を選定した。また、圧力計の選定においても同様に測定条件にとって最適な圧力計を選定した。

5.2 駆動方法

前述した開発前の試験機はモータの回転出力をベルトを介してポンプへ伝達している。しかし、ベルトを介すと、ベルトでのすべりや回転変動が発生し、回転変動がトルク変動に悪影響を及ぼす。

そのため回転変動が発生しないように、ポンプの駆動をモータ直結とした。また、使用するモータはサーボモータを使用し、速度変動率を0.01%以下とした。

5.3 軸芯振れ

ジグとポンプの軸芯がずれると芯振れが発生し、トルク変動となり、ばらつきの要因となる。そのためジグの精度も厳しく設計した。芯振れを最小限に抑えるため、ジグの加工から組み付けまでを一環して実施し、3次元測定器を用いて軸芯の高さ方向の寸法を管理した。

5.4 油温管理

作動油の粘度によってポンプ内のしゅう動摩擦が変化し、トルクの値が変化するため、温度（粘度）管理を厳しく行った。

測定した結果を図2に示す。トルク測定結果を3 σ でばらつき計算すると、目標としていたばらつきに対して未達であったため、新たに処理方法の改

善を行った。

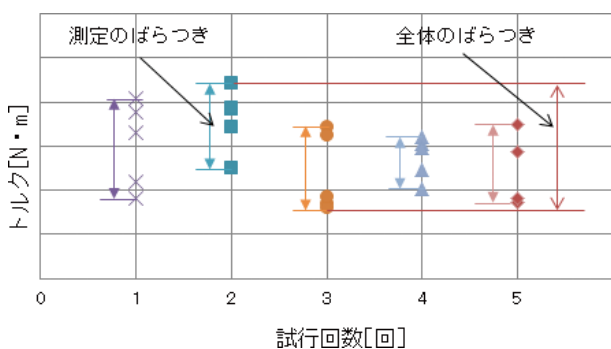


図2 測定ばらつき

測定のばらつきを更に小さくするため、以前まで実施していた1回の測定から、5回測定し平均値を記録することにした。その結果、 3σ で1ケタ精度を向上させることができた。

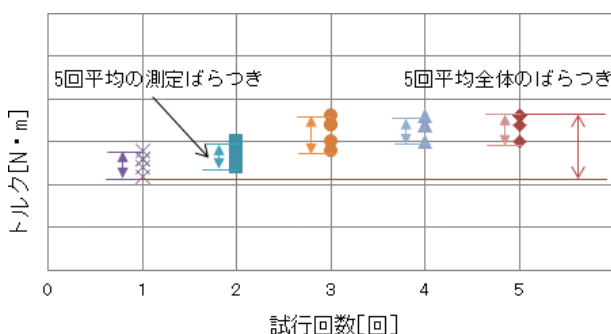


図3 平均値による測定ばらつき

今後更に燃費低減要求が強くなっていく中で、微小な値に対して、ポンプ特性なのか、試験機のばらつきなのかを判別していくことがますます難しくなっていく。微小な値が評価できるよう更なる精度にこだわった測定に果敢に挑戦していきたい。

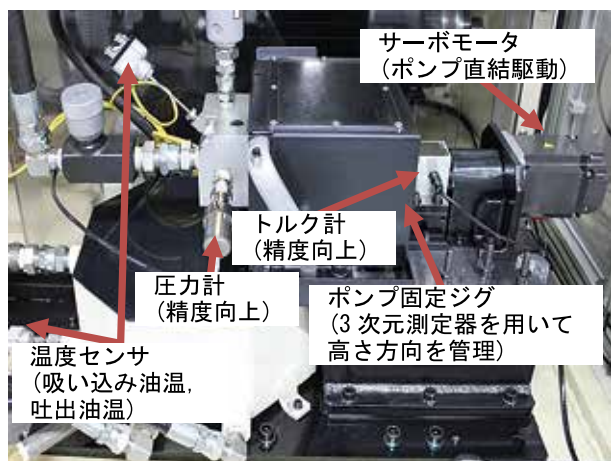


写真6 開発した微小トルク試験機

6 環境性能試験機の開発

ベーンポンプはロータのスリットに收容されたベーンをカムリング内径に張り出させ、ロータ、ベーン、カムリングで形成された部屋の容積を回転によって増減させ油を吸い込み、吐出する構造である。そのため、ベーンが張り出すためには遠心力の作用に加えベーンの背後に圧力を導く必要があり、ベーンが張り出すまでの時間は油を吐出することができない。

この時間が最も長くなるのが寒冷地である。油の粘度が高くなるとベーンのしゅう動抵抗が増えるため、油を吐出するまでの時間が長くなる。

また、低温時はポンプ吸い込み配管の圧力損失も増大するため、吐出できる流量も低下し、CVTへ必要な流量を供給できない可能性がある。このようにベーンポンプは構造上、低温時の評価が開発において必須であり、低温評価試験機の稼働率も高くなっている。

次に紹介するのは低温時の評価工数を低減した環境性能試験機である。以前の低温評価試験機は大きな恒温槽にジグを設置し、恒温槽の室温で油温を調整していた。そのため、油温の冷却にとっても時間が掛かっていた。また、ポンプを始動させると、ポンプの発熱によって油温が上昇し、1日に測定できる回数も限られていた。

そこで油温の冷却時間短縮と低温時の連続運転を目指した試験機の開発を行った。

6.1 油温の冷却時間短縮

まず取り組んだのが作動油の冷却効率を上げるため、雰囲気温度による冷却から熱交換による冷却へ変更することである。メインの油圧回路とは別にサブの油圧回路を設け、サブの油圧回路を冷却し、熱交換によってメインの油圧回路内の温度を冷却させる。この方法であれば直接作動油を冷却することができるため、冷却時間の大幅な短縮が図れる。

冷却媒体は凝固点が高いオイルを使用し氷点下40℃以下でも流動性が保てるものを選定することにした。

6.2 最適な試験機的设计

放冷、霜付着が冷却能力に大きな影響を及ぼすため、恒温槽内にジグ、配管を設置することとした。放冷の影響を抑制し、最適な熱交換器を選定することで試験機の冷却能力を最大限に引き出せるようになった。その結果、冷却効率も高くなり、ほぼ計算値と同等の冷却能力が得られた。完成した試験機を写真7に示す。

試験機の導入により、今まで冷却に掛かっていた時間を図4に示す様に大幅に短縮させることができ、試験効率が向上した。また、作動油を直接冷却させ

ることで低温時の連続運転が可能となった。

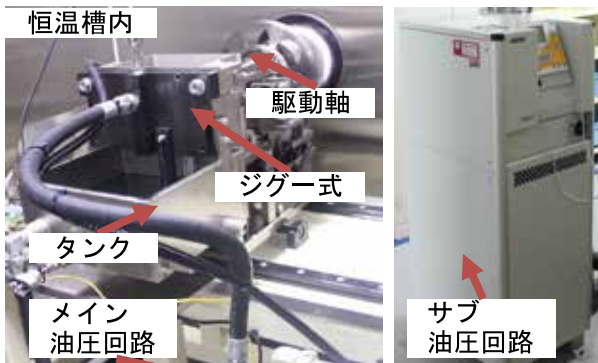


写真7 完成した環境性能試験機

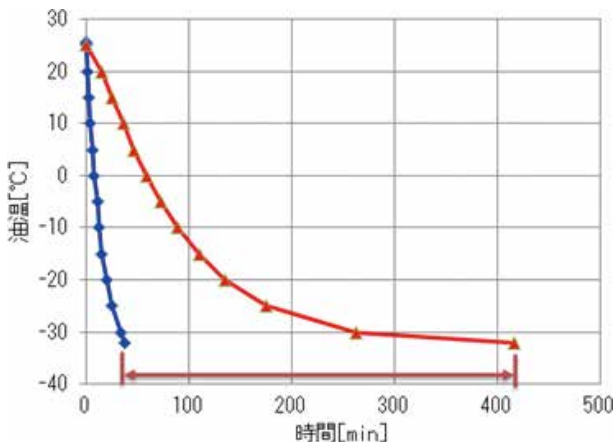


図4 試験機導入による効果時間

今回の新規設備を製作したことで、評価効率を高めてペーンポンプの低温特性改善のスピードアップに大きく寄与することができた。

7 今後の取り組みについて

CVT用ペーンポンプを評価して十数年、実験は新たなフェーズに入ろうとしている。

これまでは、ポンプ単体で評価を実施してきたが、単体試験機での評価ジグや評価条件ではトランスミッション内の動作環境と差が生じてしまう。お客様の製品構造、使用環境を理解した上で製品を開発していくことがお客様の求める製品に繋がり、喜びへ繋がると考える中で、私達もその方向へ舵を切っていく必要がある。

実際にお客様の製品を目で見て、触れて、使用環境を整えて、ポンプ単体からの目線ではなく、ユニットに目線を合わせ眺めることで、今まで考えることのできなかった新たな思想や発想のひらめきへ繋げていきたいと思う。

8 おわりに

本報では評価設備の開発に焦点をあて、実験部の取り組みを紹介してきた。新製品開発を行うためには同時に評価方法の開発や精度向上が求められることが増えている状況の中で、更に自分たちの技術、知識を活かして、実験部としての役割を全うしていきたいと思う。

最後に試験機の開発に携わってくださった関係会社様、関係者各位、ならびにご指導、ご支援くださった方々にこの場をお借りして厚く御礼申し上げます。

著者



釣 琢弥

2004年入社。オートモーティブコンポーネンツ事業本部ステアリング事業部実験部に所属。ペーンポンプの開発に従事。



藤井 稔彦

1986年入社。オートモーティブコンポーネンツ事業本部ステアリング事業部実験部に所属。ペーンポンプの開発に従事。



小寺 康大

2009年入社。オートモーティブコンポーネンツ事業本部ステアリング事業部実験部に所属。ペーンポンプの開発に従事。



検査用Windows®PCシステムの標準化

小木曾 茂 寿

1 はじめに

KYBの生産工程における重要な製品検査は、多くのノウハウが含まれていることから検査装置を内製化している。その中にショックアブソーバ（以下SA）用の性能検査システムや画像処理による外観検査システムがある。これらの検査は大容量のデータを高速に処理する必要があるためPCを使用している。しかし価格の安いOA用PCはモデルチェンジが半年～2年と短く、故障時の交換や増設時に同じPCを入手できない問題があった。

このような背景からSA用の検査システムでは長期に渡り入手可能な産業用PCに、組み込み機器向けOS^{注1)}を組み合わせたシステムを2007年に内製化開発して運用してきた。そのような状況の中、これまで使用してきたWindows^{®注2)}XPの組み込み機器向けOSであるXP Embedded (Windows[®]XP Embedded) が、2014年にメーカーサポート終了となった。

これらの検査システムは、ネットワークに接続して生産データの収集と一元管理やリモートによる保守作業をしている。しかしサポート終了後、OSに深刻なセキュリティホールが見つかった場合に、メーカーからセキュリティパッチなどの対策はリリースされないことになっている。セキュリティホールの内容によってはネットワーク接続が出来なくなり、全ラインのPCから直接データを収集するための作業が必要になる。また、リモートで保守が出来ないと対応が遅れが発生する。そこで早急に新しいOSのシステムを再構築する必要があった。

同様にPC本体も内蔵部品の生産が終了しており、新しいハード構成に更新する必要があった。

上記で説明したシステム以外にも古いPCシステムが稼働しており、将来これらの更新も必要となる。

そこで、標準となる検査用Windows[®]PCシステムを開発する必要があった。

注1) 事務やサーバ用以外の計測器、ATM、自動販売機、ゲーム専用機などに使用するOS。

注2) Windowsは、米国Microsoft Corporationの米国およびその他の国における登録商標または商標です。

2 仕様

基本的な仕様は表1の通りである。

外観検査における画像処理技術は、年々、難易度が上昇しており処理も複雑になっている。そこで、PCの基本性能を上げるため、CPUの処理速度向上とメインメモリの容量を増強した。

また、従来のバス仕様はPCI互換のCompactPCIを使用している。CompactPCI規格は、振動や接触不良に強いことを特徴としている。2世代前のPCシステムでは、ボードの接触不良による不具合が多発しており、この問題を解決するために採用した。しかし、この規格の市場シェアは減少傾向にあり、今後の部品供給に不安を残している。そこで、昨今のボードの品質が大幅に向上していることを理由に、現在も主流であるPCIバスを採用することにした。

表1 基本仕様一覧

	旧PCシステム	新PCシステム	
	SA性能検査用画像処理用	SA性能検査用	画像処理用
OS	Windows [®] XP Embedded (32bit)	Windows [®] Embedded Standard7 (64bit)	
CPU	Intel [®] PentiumM Intel [®] Core2Duo	Intel [®] Corei7 (3th) 1.7GHz	
メインメモリ	512MB	2 GB	4 GB
バス仕様	CompactPCI	PCI	PCI Express PCI
Cドライブ容量	1 GB	8 GB	16GB
セキュリティソフトの方式	なし	ホワイトリスト方式	

注3) PentiumM, Core2DuoおよびCore i7は、Intel Corporationの米国およびその他の国における登録商標または商標です。

社内の類似のシステムのほとんどはPCIバスを使用しており問題ないことを確認している。また、PCIバスにすることで類似したシステムの更新時に共有化できる利点もある。PCI Expressは、PCIを高速にした規格であり、カメラからの画像データを高速転送するため必要であった。

3 システムの特徴

再開発したシステムの4つの特徴について説明する。

3.1 互換性

新システムは、従来システムとの互換性を維持して開発することが重要であった。

SA用の性能検査システムは、旧来より国内外に多数導入されている。しかし高価な設備本体の機械寿命に対して、電子機器のPCシステムは寿命が短く、定期的に更新する必要がある。そこで約20年以上前の旧システムとの互換性を維持することは課題となっており部品交換で効率よく更新できることは重要である。画像処理装置においても当社で開発した検査ソフトと使用中のカメラとの互換性は重要である。

SA用の検査システムにおける互換性の具体例について説明する。図1は、1世代前の検査用PCから新しいPCに交換した場合の例である。

PCに接続する主な機器は下記の3点である。

- ①専用アンプ
- ②タッチパネル
- ③シーケンサ（図1ではケーブルのみ表示）

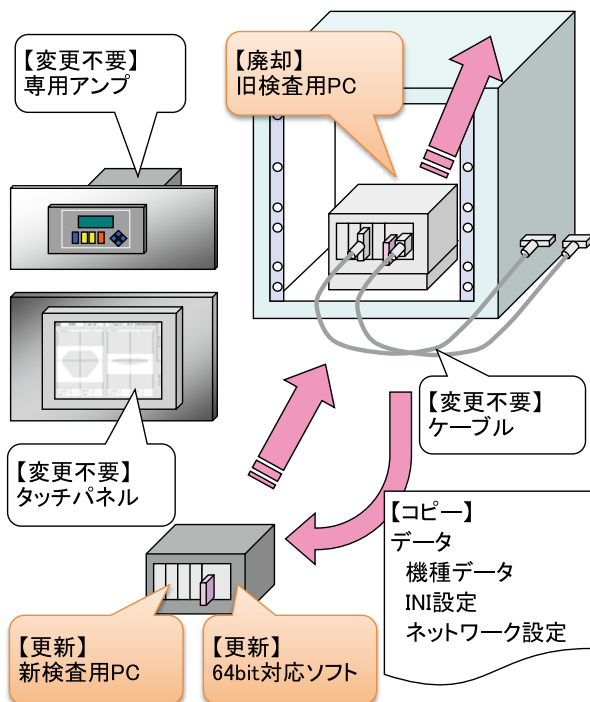


図1 システム更新時の互換性

交換は、旧検査用PCを撤去して、セットアップ済みの新検査用PCに置き換えて接続する。このとき周辺機器はそのまま利用可能である。検査ソフトは32bit版を64bit版に更新した互換バージョンを使用する。検査規格を設定するための機種データや各種設定ファイルは共通であるため、そのままコピーして使用できる。

以上の作業及び動作検証をラインの設備で実施して問題ないことを確認している。

また2世代前のシステムについては、PCとモニタが一体式であるため、タッチパネルの追加を必要とする。また周辺機器のコネクタの違いは変換ケーブルを準備しており、少ない追加コストで載せ替え可能である。

3.2 堅牢性

ソフトやハードの互換性を維持するため、OSはWindows®を前提条件としている。さらに堅牢性の高い組み込み機器向けOSにする必要があり、2014年開発当時に当社で実績のあるWindows®7の組み込み機器向けのWES7 (Windows® Embedded Standard7) を選択した。また画像処理においては大容量の入力画像に対応するため、32bit版から64bit版に変更した。

WES7の特徴は、設定などを変更しても電源の再投入で元の状態に戻ることである。つまり、OSを含むシステムの記録領域は書き込み禁止になっており、普通に設定を変更すると仮想ドライブに書き込まれる。そのため電源を切ると仮想ドライブはクリアされ、次の起動はオリジナルのドライブから起動する。書き込みが必要な場合は、設定の後に特別なコマンドを使用する必要がある。これにより停電時の破損やマルウェア^{注4)}などに感染しても電源投入で復帰できる。

堅牢性については、すでに稼働中のシステムが数台あり、導入後に異常の発生していないことを確認している。

注4) ウィルス、ワーム、トロイの木馬など悪意のある機能を有するプログラムの総称。

3.3 セキュリティ対策

組み込み機器向けOSでも稼働中にマルウェアなどに感染する可能性があり、セキュリティ対策ソフトは必要である。一般的なセキュリティ対策ソフトは定期的なウイルス定義ファイルの更新を必要とする。しかし、ネットワークに接続していない一部の海外拠点のシステムは定義ファイルを自動更新できない。また、定義ファイルの更新中に停電や操作間違いなどで電源を切断するとOSが破損して最悪の場合、ライン停止に直結する。そこで組み込み機器向けOS用に更新が不要なセキュリティ対策ソフト

を採用している。

セキュリティ対策ソフトには大きく分けて、ブラックリスト方式とホワイトリスト方式があり、本システムではホワイトリスト方式を採用している。

2つの方式は、事前にファイルのリストを持っておりソフトが起動する際に照合して、起動の可否を判断する。それぞれのソフトは許可の仕方の違いで下記の通り挙動が異なる。

(1)ブラックリスト方式

悪意のあるソフトのリストを持っており該当するソフトの起動を禁止する。

(2)ホワイトリスト方式

安全なソフト（PCに存在しているソフト）のリストを持っており該当するソフトのみに起動を許可する。

2つの方式の具体的な動作の違いを表2で説明する。ブラックリスト方式はOS機能やアプリの更新を許可する一方、ホワイトリスト方式では更新を禁止している。またマルウェアに関して、ブラックリスト方式では未知のマルウェアに対応できない場合がある一方で、ホワイトリスト方式はマルウェアを含むすべてのソフトの起動を禁止できる。

このようなことから、産業用途にはホワイトリスト方式が向いていると云われている。

実際に今年の5月に世界で大規模感染を引き起こしてニュースになったランサムウェア^{注5)}の「Wanna Cryptor」についても、感染リスクを調査した結果、ホワイトリスト方式のセキュリティ対策ソフトで感染を防御できることをメーカーに確認している。

他にもセキュリティ対策としてファイヤウォール、ユーザアカウント制御（UAC）などの組み合わせでシステムを保護している。

注5) PC内のデータを暗号化することでパスワードと引き替えに身代金などを要求するマルウェアの一種。

表2 ブラックリスト方式とホワイトリスト方式

		ブラックリスト方式	ホワイトリスト方式
OS機能	起動の可否	○	○
	更新の可否	○	×
アプリ	起動の可否	○	○
	更新の可否	○	×
既知のマルウェア	起動する	×	×
未知のマルウェア	起動する	△	×

○…動作する ×…動作しない △…どちらもいえない

3.4 セットアップの自動化

本システムは毎年、複数台のPCシステムを複数の部門が立ち上げている。立ち上げ作業では通常、ネットワークやセキュリティなどの設定項目が多岐にわたり、またカスタマイズを伴う周辺機器のドライバのインストール作業なども必要となり、人が作業すると間違いを誘発しやすい。また、すべて手作業で実施すると半日から1日程度の工数を必要とする。

そこで誰でも同じ品質のPCシステムを短時間で立ち上げ可能にするため、自動インストーラを構築した。

セットアップを自動化するためのインストーラの作成について紹介する。

はじめにWES7の標準の開発キットを使用して、ディスク構成やユーザアカウントなど、OSの基幹部分のインストール機能を作成する。次に周辺機器をリリースしているメーカーから提供されるドライバのインストーラを準備する。インストール時に画面指示に従い操作しているキー入力やマウスの動作をプログラムできるソフトと組み合わせ、インストールを自動化する。最後にインストールする順番やWindows[®]のパラメータ設定を自動化するため、バッチファイル^{注6)}を作成して完成する。

実際の作業においてWindows[®]XP以降のOSは、セキュリティが厳しくなっている。具体的にはソフトのインストールや機能の変更時は、人による承諾行為を必要とする仕様になっており、自動化を困難にした。そのため、承諾が不要なタイミングを見つけてセットアップする順番を決める必要があり、開発に工数を要した。今後の開発においては注意が必要である。

開発した自動インストーラでセットアップしたところ、準備時間を除いたインストール時間は約30分と短時間でできることを確認した。

注6) OSの動作コマンドを実行する順番に記載したファイルで、実行もできるファイル。

4 システムの維持管理

PCシステムのインストールを簡易化したことで、複数の部門にセットアップできる担当者が増えつつある。そこで最新版のインストーラ、取扱説明書、不具合情報を共有化する仕組みが必要になった。従来であれば社内のネットワークのファイル共有で最新版を配布していたが、セキュリティ強化が図りやすいWebを使用した。

既存の社内向けWebサーバを利用して、図2のホームページを立ち上げ、情報を共有する仕組みを構

築した。ホームページの閲覧の権限は、関連部門のみとしている。

5 おわりに

PCを用いた生産設備は特殊であり、設備の割合からすると非常に少ない。そのため15年程前は、開発から維持管理を2名で対応していた時期もあり大変苦労した。このような運用面の難しさはあるが、PC搭載の生産設備は製品品質上、なくてはならないということに工場の運用に関わる部門が理解を示してもらい、国内から海外までの展開及び運用が関連部門主導で進んでいる。展開、運用に携わっている方々にこの場をお借りして感謝申し上げます。

これからも現場のニーズに対応できるよう、より完成度の高いシステム構築に向けて努力していきたい。



図2 社内向けホームページ

著者



小木曾 茂寿

1991年入社。技術本部生産技術研究所第二研究室。主に画像処理技術の研究開発に従事。



KYBにおけるISO 26262全社標準化活動の取り組み

上 妻 文 英

1 はじめに

2011年11月に自動車用電気電子システム向け機能安全の国際規格であるISO 26262が発行された。KYBでは、自動車用電動パワーステアリングから本規格への適用を始め¹⁾、現在ではそれ以外の自動車関連製品へも対応が進んでいる。

2013年には、機能安全に対応する部門間を横断し、その活動を推進することを目的として、技術本部技術企画部内に新組織が発足した。

本報では、ISO 26262および関連する開発活動に対する全社標準化活動について紹介する。

2 ISO 26262および関連規格の概要

本題に入る前に、ISO 26262および関連する規格について示す。

2.1 ISO 26262の概要

本規格が目的とする機能安全とは、「E/E^{注1)}システムの機能不全のふるまいにより引き起こされるハザード^{注2)}が原因となる、不合理なリスクの不在」と定義される。すなわち本規格は、E/Eシステムの不具合によって生じるリスクを、許容可能なレベルまで低減することを求めている。また、機能安全アセスメントを含む確証方策によって、そのシステムの安全性を評価することを求めている。

ISO 26262では、上記の要求を達成するための事項および100近い作業成果物が定義されており、表1に示す10部で構成される。ASIL^{注3)}に基づいた安全設計を行うための、また、要求から設計、テストに至るトレーサビリティを確保するための開発プロセスがPart3～Part6に記載される。また、安全文化を維持するための体制や管理方法がPart2に、開発を支援する様々な方策がPart8に記載される。

注1) Electrical and/or Electronic (電気電子) のこと。E/Eシステムは、電子制御ユニット (ECU)、センサなどの入力装置、アクチュエータなどの出力装置など

で構成される (図1)。

注2) 人に対する傷害や被害になりうる原因。

注3) Automotive Safety Integrity Level (自動車用安全度水準) のこと。ASILはA～Dの4段階があり、Dが最も厳しい。また、ASILによって実施すべき内容が異なる。

表1 ISO 26262の構成

Part1	用語集
Part2	機能安全の管理
Part3	コンセプトフェーズ
Part4	システムレベルにおける製品開発
Part5	ハードウェアレベルにおける製品開発
Part6	ソフトウェアレベルにおける製品開発
Part7	生産及び運用
Part8	支援プロセス
Part9	自動車用安全度水準 (ASIL) 指向及び安全指向の分析
Part10	ISO 26262ガイドライン

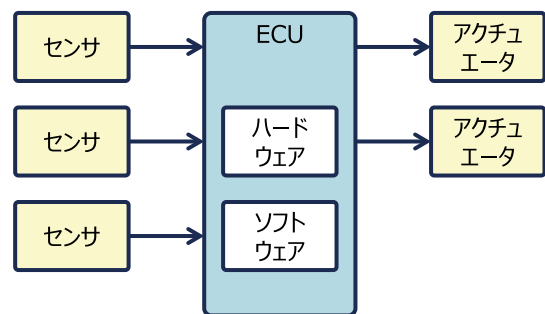


図1 E/Eシステムの構成例

2.2 Automotive SPICE^{注4)}の概要

Automotive SPICEとは、欧州自動車メーカーが策定した車載ソフトウェアの業界標準プロセスモデルであり、2005年に初版が発行されている。ソフトウェアのプロセス改善を狙いとしており、表2に示す3

種類のプロセスカテゴリー、8種類のプロセス群で構成される。また、各プロセス群のなかで詳細化されたプロセスモデルを用いたアセスメントを実施することで、組織の能力判定が可能となる。

先に示したISO 26262ではプロセスインフラの構築を要求しており、そのベストプラクティスとしてAutomotive SPICEが多くの企業で採用されている。

ISO 26262の適用範囲と比較すると、ハードウェア開発に関する記載がなく、ソフトウェア開発およびその要求元であるECUシステム開発に重点が置かれている点が異なる。ただし、ECUシステム開発とソフトウェア開発とで構成されるプロセスは、V字モデル^{注5)}を意識した記載となっており、この点はISO 26262と共通である。

注4) Automotive SPICEは、ドイツ自動車工業会(VDA)の登録商標です。

注5) 開発プロセスの一種。V字の左側で要求分析から設計を行い、右側でテストを行う。このとき、V字の同じ高さは要求/設計とテストのレベルが同じことを意味する。

表2 Automotive SPICEの構成

【主要ライフサイクルプロセスカテゴリー】
取得プロセス群 (ACQ)
供給プロセス群 (SPL)
システムエンジニアリングプロセス群 (SYS)
ソフトウェアエンジニアリングプロセス群 (SWE)
【支援ライフサイクルプロセスカテゴリー】
支援プロセス群 (SUP)
【組織ライフサイクルプロセスカテゴリー】
管理プロセス群 (MAN)
プロセス改善プロセス群 (PIM)
再利用プロセス群 (REU)

3 当社製品を取り巻く業界動向

先にも述べたように2011年に自動車機能安全規格であるISO 26262が発行された。2017年現在、国内外の自動車メーカーや大手サプライヤは同規格への対応が完了していると言われており、車載電気電子製品の受注を確保するためには、同規格へ準拠した開発活動が必須である。また、2018年にはISO 26262第2版への改訂が計画され、適用範囲が二輪車や大型車まで拡大する見込みである。

当社の製品としては、自動車・二輪車向けだけではなく、鉄道・航空機・建設機械・産業機械・農業機械・特装車両向けなど多岐にわたり、それぞれの製品の電子化が加速している²⁾。

ISO 26262対応をはじめとした自動車業界の動向を受け、それ以外の業界でも機能安全に関する関心が高まりつつあり、母機メーカーからKYBなどサプライヤに対する機能安全対応の要求が加速するものと想定される。

参考として、図2に安全に関する国際規格の体系を示す。ISO 26262は、特定の機械に対する詳細な安全要件を規定するC規格に該当し、この階層には当社製品の対象となる鉄道や建設機械に関する規格が存在する。なお、航空機に関しては、図2とは異なる独自の規格体系を持っている。

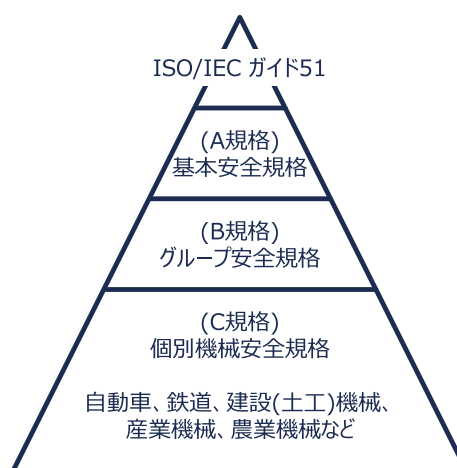


図2 安全に関する国際規格の体系

4 ISO 26262全社標準化活動の狙い

ISO 26262および関連する開発活動に対する全社標準化活動の狙いを以下に示す。

- ①電気電子製品の開発において、機能安全だけではなく、そのベースとなる開発標準プロセスを定義すること。
- ②開発担当者個人の力量任せではなく、世界で通用する「共通の言葉」「共通のやり方」を、全社共通のマニュアルとして定義すること。
- ③そのマニュアルを適用することで、顧客や市場の要求を満足する電気電子製品の品質を実現すること。

これらの標準化活動の結果として、下記のような効果が期待される。

- ①開発プロセスの抜け漏れ抑制による「製品品質の保証」
- ②担当/部門/会社間の連携強化による「相互理解の向上、対会社間の信頼性向上」
- ③ノウハウや設計/評価技術の共有と蓄積による「開発技術力の向上」
- ④開発プロセスの改善機会の創出による「開発プ

プロセスの改善, 改善の効率化」

5 標準化活動の概要

我々技術企画部は、「顧客・市場要求を満足する電気電子製品の開発活動を支援する」をスローガンとし、以下の3項目を活動の柱として、全社標準化活動を進めてきた。

- ①全社標準プロセスの構築・展開・改善
- ②開発環境の整備・運用
- ③関連部門における実プロジェクト支援

図3に本活動のイメージ図を示す。活動当初のフェーズ1では、ISO 26262対応に先行する技術部門と開発プロセスの標準化に関する検討を行い、全社標準プロセスを定義した「E/E全社標準類」を制定し、当社における電気電子製品開発の基盤を構築した。あわせて、開発活動を評価するアセスメントのルール作りやアセスメントに対する人財の育成、開発活動をサポートするソフトウェアの選定と導入などを実施した。

現在はフェーズ2の段階にあり、自動車向け以外の電気電子製品開発へも全社標準プロセスの展開を進め、適用する部門が拡大しつつある。フェーズ3では各部門における運用を強化し、最終的には当社全体で全社標準プロセスを定常運用することを目指している。

以下に、具体的な活動内容について示す。

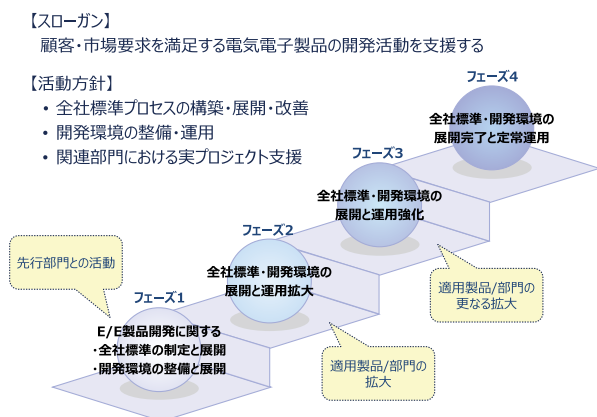


図3 全社標準化活動のイメージ

5.1 全社標準プロセスの構築・展開・改善

5.1.1 全社標準プロセスの構築

当社は、各工場拠点にてISO 9001もしくはISO/TS 16949に準拠した品質マネジメントシステム（以下QMS）を運用している。当社製品の大半は機械製品であり、各工場拠点にて運用されるQMSは電気電子業界の視点からすると、充分であるとは言い難かった。

そこで、電気電子製品開発の全社標準プロセスを整備するために、Automotive SPICEをベースとし、ECUハードウェア領域まで範囲を拡大した「エレクトロニクス開発マニュアル」を、また、ISO 26262自動車機能安全に対応するための実施事項を定義した「機能安全マニュアル」をE/E全社標準類として制定した。これらマニュアルの制定にあたっては、既存のQMSに定義されるプロセス（開発イベントやゲート）との矛盾が生じないように注意した。

また、上記のマニュアルをもとに、各開発部門が独自の標準類を整備するためのガイドライン「エレクトロニクス開発に関する部門標準作成ガイドライン」と「機能安全に関する部門標準作成ガイドライン」を、E/E全社標準類の一部として制定した。両ガイドラインそれぞれには、実際に開発部門が部門標準を作成する際に参照できるテンプレート集を含めた。このテンプレート集は、代表的な開発プロセス（例えば、ソフトウェア開発プロセスや変更管理プロセス）に対応した複数のテンプレートで構成され、開発部門の開発範囲や特性に合わせて選択できるように配慮した。

図4にE/E全社標準類と各工場拠点における部門標準類との関係を示す。ここでは自動車向け製品を対象とした関係を示しているが、それ以外の製品分野における規格類の適用検討も進めている。また、関連規格の改訂に遅れることなく対応するために、日常的な調査活動を継続している。

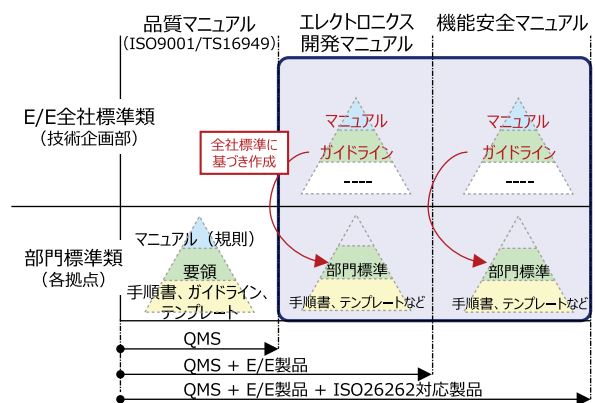


図4 E/E全社標準類と部門標準類との関係

5.1.2 全社標準プロセスの展開

上に示したE/E全社標準類は全社データベースに登録しており、開発部門が必要ときに参照できるような環境を整えている。ただし、標準化活動はルールを定義するだけでなく、それを展開し、実際に運用してもらうよう働きかけていくことが重要である。そのために、エレクトロニクス開発マニュアルおよび機能安全マニュアルに関する教育コースを整

備し、展開活動の一部としている。

なお、教育コースは他にも整備しており、その体系については5.2.3節にて紹介する。

5.1.3 全社標準プロセスの改善

現在も展開活動を進めている現行E/E全社標準類の改善検討も継続している。具体的には、読者が迷うことなく理解・利用できるか、そのために文章の記載粒度が適切であるか等の表現的な観点の他、全社標準類と部門標準類とで重複や矛盾が無いか、適用製品や適用規格が増えたときの全社標準はどのようにあるべきか等の構造的な観点があげられる。

その他の改善活動としては、作業成果物の標準テンプレートの整備があげられる。ISO 26262およびAutomotive SPICEでは、開発活動を通して作成すべき作業成果物が非常に多く定義されている。そこで、これら作業成果物のテンプレート集を整備し、社内でも共有できる環境を構築した。テンプレートは技術企画部で作成したものもあるが、多くは実際に開発を行う複数の部門から提供されたものである。なお、それぞれのテンプレートは、テンプレート本体・記入ガイド・記入例で構成されており、実際に使用する際にイメージしやすいよう配慮した。今後は様々な開発に対応できるように、記入例を拡充していく予定である。

5.2 開発環境の整備・運用

機能安全に対応する部門が開発活動を行うためには、ルールを定めるだけでなく、それに付随する環境を整備することが重要となる。ここでは、以下の3項目について示す。

- ①アセスメント
- ②管理ツール
- ③教育

5.2.1 アセスメント

先にも述べたように、ISO 26262では機能安全アセスメントによる安全性評価を要求事項としており、開発製品毎の対応が必須である。また、Automotive SPICEに基づいたプロセスアセスメントでは、開発活動における課題を抽出し、改善に繋げることが可能である。これらアセスメントの実施にあたるのがアセッサである。

当社では、アセッサの社内人材育成を進めてきた。そのために、アセッサの役割と要件を定義し、認証機関による公的資格取得を進めてきた。この資格取得者は技術企画部だけではなく、開発部門にも広がっている。

また、アセスメントの実施については、作業を標準化するための実施ガイドを作成し、アセッサ内で共有化している。さらに、アセスメント評価結果の

ばらつき抑制と品質向上とを目的として、アセッサによる評価指針の整備を継続している。この活動を通して規格への理解を深め、アセッサのスキル向上に役立てている。

なお、実際のアセスメントでは、製品開発プロジェクト毎に進捗状況に応じた複数回の社内アセスメントを実施しており、その結果を開発部門へフィードバックしている。また、顧客から当社へのアセスメントや、当社から協力会社へのアセスメントにも対応することがある。

5.2.2 管理ツール

電気電子製品の開発において扱う情報量は非常に多く、これら情報のトレーサビリティ確保を人力で行うには限界がある。また、ISO 26262やAutomotive SPICEでは、成果物に対する構成管理、変更管理や問題管理を行うことが要求される。これら管理業務を効率的に行うために管理ツールと呼ばれる専用ソフトウェアが市販されており、当社でも運用している。

技術企画部では、開発部門が管理ツールを利用するために、操作手順書を作成し、導入時の教育を行っている。また、日常的なユーザからの問い合わせにも対応しており、そこで得た情報をFAQ^{注6)}として定期更新し、ユーザにフィードバックしている。

なお、管理ツール導入にあたり専用サーバを構築しており、インフラを安定して運用するための日常メンテナンス業務も技術企画部にて実施している。

注6) Frequently Asked Questions (よくある質問)のこと。

5.2.3 教育

電気電子開発における全社標準プロセスの啓蒙(5.1.2節)、アセッサ人材の育成(5.2.1節)、管理ツールの導入(5.2.2節)のために、表3に示す教育コースを運用している。全ての教育コースの講師は技術企画部員が担当し、開発部門からの要請に基づき不定期に開催している。なお、受講結果は能力の証拠として管理される。

表3 E/E開発における教育コース一覧

エレクトロニクス開発教育コース
機能安全概要教育コース
機能安全パート別教育コース
アセッサ教育コース
管理ツール教育コース

5.3 関連部門における実プロジェクト支援

ここまで示した全社標準プロセスや開発環境に関する活動以外に、実際の製品開発プロジェクトへの支援も重点活動項目のひとつとしている。主な活

動としては、先に示したアセスメントの実施や管理ツールのユーザ支援となる。それ以外では定期的な打合せの機会を設け、標準プロセスの導入や実施におけるアドバイスをを行っている。

また、機能安全に対応する複数の部門を集めた定例会議を主催しており、関連規格の動向や内容、各プロジェクトの進捗および課題などについて情報の共有化を図っている。

6 おわりに

世の中の様々な製品や技術において、電子制御化の波が加速していると言われて久しい。当社製品においても電子制御化の動向は同様であり、機能安全

対応を含めたプロセスや規格へ準拠する機会と必要性は、ますます高まるものと想定される。

新しいルールが定められる度に、開発部門の工数が増えていくことは容易に想像できる。多少矛盾した言い方となるが、開発部門の方々には「正しい設計の根拠」を示すためのツールとして、標準プロセスや各種規格をうまく利用していただきたいと考える。

参 考 文 献

- 1) 石末：EPS開発におけるISO 26262対応への取組み，KYB技報第50号，(2015年4月)。
- 2) 松田：KYBグループにおける電子機器製品と将来展望，KYB技報第50号，(2015年4月)。

著 者



上妻 文英

1991年入社。技術本部技術企画部技術標準化推進室室長。基盤技術研究所、カヤバシステムマシナリー(株)、ハイドロリックコンポーネンツ事業本部を経て現職。技術標準化推進業務に従事。



化学のカラクリで産廃を削減

～塗装系産業廃棄物の減量作戦～

早川 義敬

1 はじめに

我々人類はゴミを出さずには生きていけない。

多くの企業にとって、特に当社のような製造業にとって、世に役立つ製品と同時に産業廃棄物という名の負の遺産も産み出すことは宿命、言わば、光と影のようなものであろう。

光ばかりではなく、影の部分の対策に如何に注力できるか、企業の体制が問われるようになってきている時代だ。

周囲を住宅街に囲まれたKYB岐阜東工場（写真1）では、建設時から地域環境に配慮した工場づくりをテーマに掲げ、さまざまな方策を講じてきた。



写真1 住宅地に隣接した岐阜東工場（写真中央）
（国土地理院の地理院地図を利用して作成）

塗装ラインに水性塗料を採用したのもその一環で、工場排気からの有機溶剤（いわゆるシンナー）の臭気対策や労働環境の向上を果たし、順調なスタートを切れたと思っていた。

2 「環境配慮型」故に生じた問題点

塗装工程からは主として①～③の三種類の産業廃棄物が発生する。

- ①塗料付着物 ウェスや手袋、マスキングテープなど布やビニール・紙類（写真2）
- ②塗料カス 製品外に付いて固まってしまった塗料を清掃したもの（写真3）
- ③塗料廃液 色替え時の混色塗料や配管やノズルを清掃した廃液（写真4）

この内、③塗料廃液については、水性塗料を採用するまで、産業廃棄物としての認識がなかった。

従来の有機溶剤塗料から出る不要な液は、そのほとんどが溶剤リサイクルとして業者買取り、あるいは大気中に蒸散されてしまうことで、廃棄物として処分されるようなものがほとんどなかった。



写真2 ①塗料付着物（実物例）



写真3 ②塗料カス (実物例)



写真4 ③塗料廃液 (実験用サンプル)

しかし、環境配慮型の水性塗料を採用した結果、

- 1) 廃液を買い取ってくれる業者がない
- 2) 蒸発しにくい

3) 洗浄能力が劣るのですすぎ水が余計に必要という悪循環が生じ、③塗料廃液という廃棄物を多量に産み出してしまっていた。つまり、「環境配慮型の塗料を採用したがために環境負荷が増える」という矛盾を抱え込んでしまっていたのである。

塗料廃液について存在の認識がなかったせいで、廃棄方法や処分について何の考慮もされておらず、製造現場では苦し紛れに、ウエスに意図的に浸み込ませて塗料付着物として廃棄したり、本来乾燥して水分がほとんどないはずの塗料カスに紛れ込ませたりして処分させていた。

その結果、廃棄されるドラム缶の本数の割に重さが増して廃棄コストもかかり、産廃業者の処分場にも水分が多いことで迷惑をかけていた。

同種の油機製品を作っている岐阜南工場の塗装工程から排出される産業廃棄物に比べ、岐阜東工場からの同廃棄物量は少ないものの、その単位重量が明

らかに重い。という統計データ (図1) を見つけるまで何も問題意識が生じなかったことが最大の反省点である。

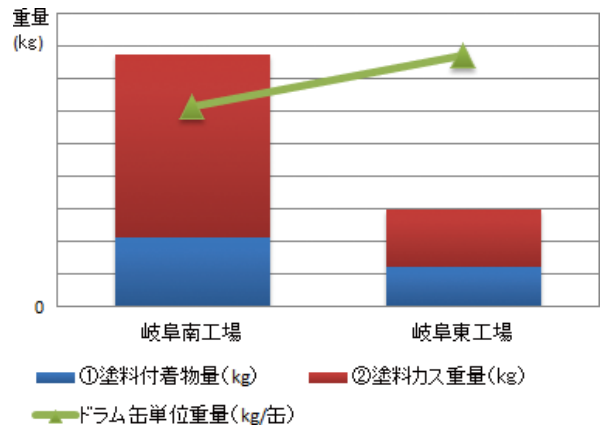


図1 両工場の塗装系廃棄物量と単位重量 (2013年度：対策実施前のデータより)

まずはこの③塗料廃液について、排出元である製造現場から他の廃棄物と混ぜないようにすることで分別を徹底し、「廃液」として別容器で回収する手順を周知することから対策を始めた。

3 対策で次の問題が発生

「廃液」さえ分別してもらえば、工場敷地内にある廃水処理場で処分すればよいと甘く考えていた。しかし、この廃液は決して簡単に片づけられる汚水ではなかった。

廃液を受ける容器でこぼれた、あふれた、汚れが取れない、運搬が遅い、空容器が間に合わない…、数々のトラブルが頻発した。

最も煩わしかったことは、廃液を処理するために吸い込むポンプやホースに詰りが生じるようになったことだった。

塗料とはいずれ固まる液体である。

ポンプやホースの中がその固まる場所だったことが想定外、というよりは知見の甘さであった。

金属や異分子であるホースの樹脂と接すれば固まっていくのが塗料の性質なので、それを都合よく固まらないようにするにはどうすればよいのか？容易に処理できない理由はたくさんあった。

我々が処理しなければならないのは純粋な塗料だけではなく、洗浄水で希釈され、他のごみも多少混じった品質にムラのある廃液である。固まるタイミングや条件がいつも同じではない (写真5)。

とは言え、処理の都度、水で流してすすいだり、廃液を希釈したりしては処理時間もかかり、非

効率的でコストアップとなってしまう。



写真5 固まる時が予測不能な塗料廃液

ポンプやホースの詰りの大半は半固まりのドロドロ状態、その汚れを取り除くには水洗いだけでなく、希硫酸を使った酸洗浄が有効であった。ほとんどの塗料はアルカリ性の液体であり、塗料自体が（一部の樹脂製部品を除き）機械金属を傷めることはない。

しかし、塗料独特の粘着性で摺動部や回転部を固着させてしまうため、金属にとってはあまり歓迎したくない酸を使用した洗浄で部品の動きを取り戻して潤滑油を再塗布するといった手間のかかる作業がその都度発生していた。

4 遊び心にヒント

ある日のこと、いたずら半分で、

「詰まってから毎度酸洗浄することになるなら、先に酸で薄めてしまえっ!」と、思いついた。

バケツにあった塗料廃液に希硫酸を投入したところ、投入した液面付近に泡立ちのような小さな変化があり、これをかき混ぜると見る見る内に水中で塗料同士が固まり、ふわふわの泥状物と液体との二層に分離し、沈殿することを発見した。

化学反応のカラクリで廃液の内部で何かが変化しているのは明らかだった。

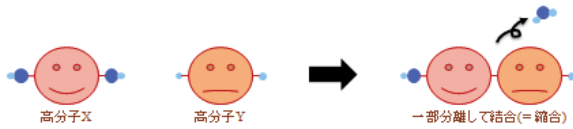
固液分離の反応時間はわずか数分程度だが、沈降分離のための静置時間を長めにとると写真6のように半透明な上澄み液と沈殿物に分離した。

この現象は、縮合^{注1)}と呼ばれる結合が連続的に生じる縮重合^{注2)}、あるいは縮合重合ともいわれる、高分子化学結合反応のひとつである。



写真6 酸によって自ら固まっていく様子

注1) 二つの有機化合物が互いの分子の一部からH₂Oなどの簡単な分子体を合成排出することで両者が結合する状態(図2)のこと



例) 代表的な縮合反応: エステル化反応の化学式

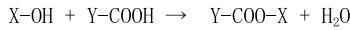
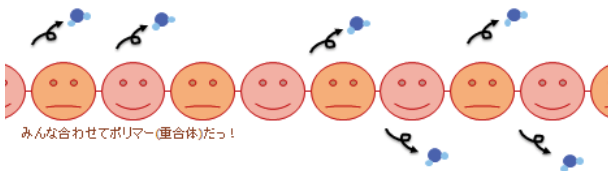


図2 縮合のイメージ

注2) 縮合が連続的に反応(重合)し(図3), 鎖状高分子を形成した状態のこと。



例) 重合体をポリマーと呼び, 例えばエステル化反応が連鎖し重合体となればポリエステルと呼ばれる。

図3 縮重合のイメージ

酸化重合乾燥型の塗料が固まる機構は, 大気中に溶剤(この場合は水)が揮発していく過程で, 塗料中のある分子が空気中の酸素に触れ酸化されることで縮重合反応を起こし高分子化し, 化学的に結合しながら乾燥することによる。

希硫酸添加によって強制的に酸化される雰囲気とされることで, 塗料が固まろうとする元来の性質が誘発され, その結果, 水中であっても次々に自ら固まっていくという現象を偶然にも発見したわけである。

この発見は, 特許出願, 世紀の大発見, ノーベル賞候補..., というような大それた新発見ではなく, 化学業界, 塗装メーカーにとっては昔から当たり前にある常識の反応が起きていただけだった。

とは言え, この固液分離現象の新発見は, 元々の目的である産業廃棄物対策には非常に有効な発見となった。

幾度ものビーカ実験の結果, 当工場の塗装ラインから出てくる塗料廃液の処理方針が定まった。

- 1) 塗料が濃すぎるものは固まりすぎて逆に処理し難い。しかし, 当工場から通常排出されるすすぎ水などが混じっているものは, ほぼ問題なく固液分離され処理可能。
- 2) 使用する酸は希硫酸に限らず, 希塩酸でもその他の酸でも塗料廃液を中性から弱酸性にする

ことができれば可。強酸性にしても処理は可能だが, 薬品の無駄避け及び装置を傷める原因ともなりかねないため, 弱酸性までの中和とする。

- 3) 上澄みの液体はポンプやホースに固着トラブルを起こさず, 他の廃液と同様に無理なく処理できる。
- 4) 絞って天日乾燥までさせれば, 塗料廃液は最高条件で容積が20分の1, 重量が50分の1まで減容化可能。
- 5) 絞った固形物残渣は塗料カスとして産業廃棄物処分が可能(写真7)。

これをバケツやドラム缶のサイズで実用化すれば, かなりの減容化が見込め, すなわち塗装系の産業廃棄物の大幅削減に繋がる。



写真7 ウエスで濾過する試験

5 廃棄品で廃棄物を処分する

廃水処理するための施設なので, 希硫酸は常に用意されているが, 新品の薬液を使用はしない。何しろ, 廃液や廃棄品の集まる施設なので, 化学反応の新発見よりもわかりやすい効果が得られる。

生産にとっては耐用期限切れとなった廃塩酸が定期的に廃棄されてくる。これを再利用すれば, 処理用の薬液が無料よりも安いランニングコストフリーとなる。

また, 処理設備の新設についても, 沈殿したドロドロ状態の塊を濾過して水分を絞るためにちょうど良い部品カゴやウエスの廃棄品が(これもまた無料以下で)手に入るため, これを再使用することでインシャルコストもほとんどかけることなく, 今回の発見を実用化することができた(写真8)。



写真8 廃棄品ばかりで自作したろ過装置

環境配慮に関するキーワードに3R（Reduce, Reuse, Recycle：減量，再使用，再利用）という言葉があるが，ひとつの活動でこの三つとも実用して，ゴミでゴミを減らすことができた事例である。製造現場の担当者の協力もあり，

分別→満タン→容器入替
↑

と，廃棄をルーチン化でき，また場内処分側も，

受入→酸化処理→空容器準備
↑

という処理ルーチンができ，コラボレーションで本活動の継続的サイクルを確立することができた。

その結果，当初の目的であった塗装系廃棄物のドラム缶の単位重量も半減し，それにより年間で約20tの減量に成功，またそれをこれからも維持していくことができるようになった（図4）。

これは岐阜東工場の産業廃棄物年間排出量の約15%削減に相当する。

著者



早川 義敬

2011年入社。ハイドロリックコンポーネッツ事業本部生産技術部環境防災課東環境係。建屋施設維持及び生産ユーティリティの供給と廃棄物処理の管理を主に従事。

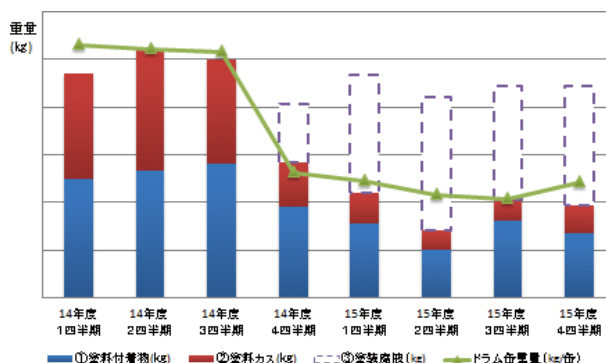


図4 塗装系廃棄物の排出量と単位重量の推移 (点線部分が削減実量，折れ線は単位重量)

6 おわりに

冒頭に製品と産業廃棄物は製造業にとって光と影のごとき存在と述べた。

本活動の芯部は偶発的な発見が発端ではあったが，それに加えてコストを意識したアイデアと工夫で，光を減らすことなく影だけを減らすことができたと自負している。

また，当社とお付き合いいただいている産業廃棄物取引業者様にとっては取引金額の減少という痛みを負担いただいたとは言え，本活動により，運搬や処分に係る燃料消費削減などができ，地球環境に対してもわずかばかりの恩返しのできたのではないだろうか。

最後に，結果の見通しもないままの見切り発車の無理な依頼に対応いただけた製造課塗装関係者各位および，突飛な思い付きを実現してくれた職場の同僚に対しこの場を借りて感謝申し述べたい。



IIP知財塾に参加して

井上 輝彦

1 はじめに

2016年6月より1年間、一般財団法人知的財産研究所が主催するIIP知財塾に参加した。

本塾の目的は、知的財産制度の在り方について大所高所から提言できる人材の育成であり、普段の業務とは異なった、知的財産制度論といった大きな視点で論ずるものである。

知的財産に関わる、業種や立場を超えた様々な参加者同士により、高度な議論を行った。

また、1年間の議論の成果は、政府関係者および大学教授といった有識者に対して、成果報告書および成果報告会という形で発信できた。

本報では、IIP知財塾の活動内容と、私が取り組んだ研究テーマについて簡単に紹介する。

2 IIP知財塾とは

IIP知財塾は、一般財団法人 知的財産研究所が、知的財産関連業務の実務経験をベースとし、知的財産制度の現場を踏まえ、社会、国家、国際関係等の大所高所からの視点で物事を捉える人材の育成を目指して、平成17年に開講し、2016年で第10期となる。

参加者は、オブザーバの現役裁判官、講師に大学教授等の有識者を始め、知的財産分野の第一線で活躍する弁護士、弁理士、企業における知財実務家、行政官としての特許庁審査官・審査官のみに限定され、論文による入塾試験を経て選抜される(図1)。

入塾後は、知的財産制度論について、各塾生の出身母体の立場にとらわれず、日本の将来への貢献度、大所高所(社会、国家、国際関係等)の観点から調査・検討・議論を行う。

これまでの実績としては、活動成果としてまとめた報告書が、国の政策形成過程で引用され、また塾生OBの中から政府の審議会委員等を輩出するなど、各界で活躍する人材を多数輩出してきた。

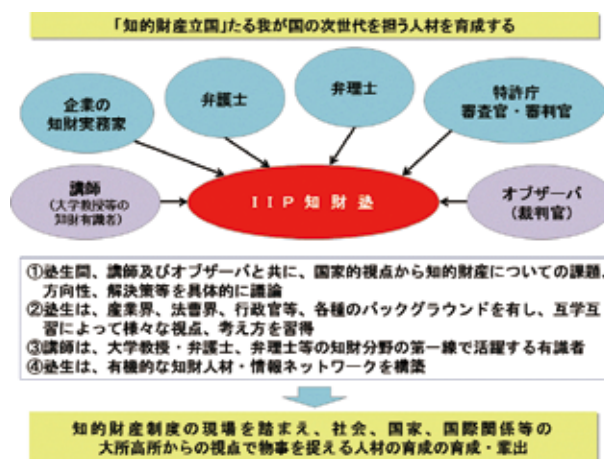


図1 IIP知財塾の目的と構成¹⁾

3 IIP知財塾に参加した動機

私がIIP知財塾への参加を決めた動機を3点述べる。

①経営学ではよく挙げられるダーウインの進化論は、知的財産分野においても言える事で、社会環境の変化に適応して、常に進化を続ける必要がある。

進化を続けていくためには、日常業務から生じる課題を解決していただくだけでは足りず、知的財産制度の根本的な課題を解決していかなければならない。

このような状況の中で、知的財産制度を根本的に論ずることができる場合は、IIP知財塾以外は存在しない。

②知的財産分野の第一線で活躍している様々なバックグラウンドを持った塾生等から、最新の情報を得る事ができ、かつ、そこからつながる人的ネットワークも構築することができる。

③弁護士、弁理士、企業の知財実務家、特許庁の審査官・審査官および裁判官等が、それぞれの実務経験に基づいて議論をすることによって、実務的な視点、法律的な視点、企業経営

的な視点、行政的な視点からの課題解決策を学ぶことができる。

4 活動内容

IIP知財塾での1年間の活動内容について、簡単に述べる。

4.1 研究テーマの提案

まず塾生が、1年間の活動期間を通して研究したいテーマについて、各自プレゼンを行う。

その後、塾生に対して、プレゼンに関するアンケートを行い、事務局が評価の高かったテーマを選定し、そのテーマ毎に塾生をグルーピングする。

また、各グループには、知的財産分野の第一線で活躍する大学教授・実務家が講師として選定される。

私が提案した研究テーマは、日本の研究開発拠点とそこから生み出される知的財産が、将来海外へ流出するのを防止すると共に、海外から高付加価値の研究開発拠点を日本へ誘致する方法として、法律面および税制面からの新たな施策を積極的に検討するといった「グローバル・タックス戦略を可能にする知的財産権の管理手法」を提案した。

ただし、このテーマは、各国の知財法制度の研究に加え、税制といった高度な専門的な知識が必要であり、1年間の活動だけでは結論を出すことが困難であるとの事務局の判断により、選定されなかった。

4.2 テーマの決定

各塾生から提案されたテーマから、以下に示す4つのテーマが選定された。

- ①特許侵害訴訟における査察制度導入の検討
- ②パイオニア発明に対するサポート要件の緩和についての検討
- ③データ利活用社会に向けた制度提案
- ④共同研究開発を促進するための環境整備

4.3 研修会

研修会では、担当グループが研究テーマについて、その時点での検討結果や、今後の方向性等の発表を行った後、他のグループを交えた全体討議を行う。

各グループは、研修会の発表に向けて、担当講師の指導・助言を受けつつ議論を重ね、現状と問題の所在、解決策等を整理する（写真1）。

4.4 合宿研修会

都内近郊にて、1泊2日の合宿研修会が開催された。今年の議論のテーマは、

- ・「いま日本の知財政策に必要なのは何か」
- ・「医療関連発明の特許保護の在り方について」

であり、合宿参加にあたっては、事前に上記のテーマについて、論文を提出する必要がある。



写真1 研修会の様子

合宿では、有識者の講演の後、その論文を基に有識者を交えて議論を行う。

4.5 有識者講演会

研修会や合宿の間に数回程度、有識者による講演が行われる。有識者として、企業の知財責任者、特許庁幹部および裁判官等が、各社の知財戦略や法改正の現状など普段は聞く事ができない内容について講演をして頂く。

4.6 成果報告書・成果報告会

1年間のグループ討議や研修会等を通して得た研究成果は、成果報告書としてまとめ、成果報告会にて外部に公表する。

成果報告会の詳細については、後述する。

5 第10期メンバ

第10期メンバ全22名の構成は、以下のとおりである。

- ・[オブザーバ]
知財高裁・東京地裁の裁判官 3名
- ・[塾生]
特許庁審査官 4名
弁護士 5名
弁理士 6名
企業知財部 4名

6 活動テーマの内容

私が所属したグループのメンバは、特許庁の審査官、弁護士、弁理士、企業知財部2名の計5名で構成され、研究テーマは、前述の④『共同研究開発を推進するための環境整備』となり、テーマ提案者はメンバの一人である特許庁の審査官である。本テーマに対して、現状分析、各企業が抱える課題の特定および課題解決手段のための提言を行った。以下に各検討項目の詳細を述べる。

6.1 現状分析

近年、世界（特に欧米、中国）では、国や業種の枠を超えた共同研究開発や提携が活発であるため、共同出願件数も増加傾向にある（図2）。

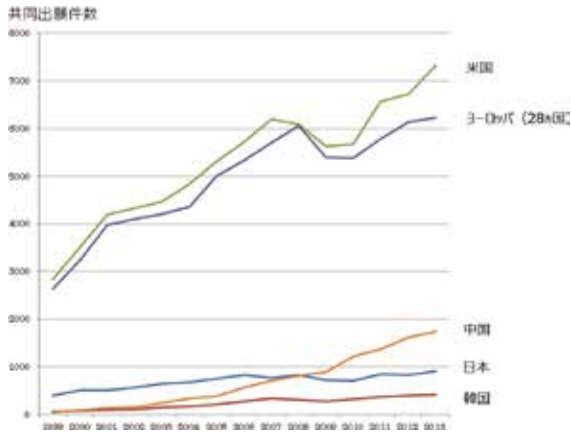


図2 国際的な共同研究開発に関する各国比較²⁾

次に、我が国の共同研究開発についての現状をみると、他国に比べると活発ではないが国内、海外ともに増加傾向にあり、この傾向は今後も継続していくものと予想される（図3）。

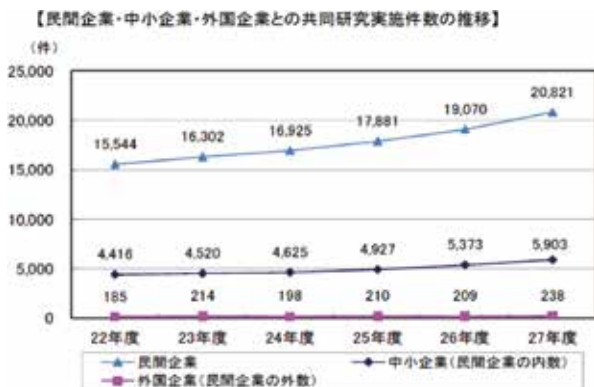


図3 日本国内の共同研究開発件数の推移³⁾

6.2 各企業が抱える課題

グループ内で特定した課題は以下に示す2点である。

課題① 出願から権利化までの審査期間の長さ

日本国特許庁は、他国に比べると比較的審査期間が短いといえるが、製品のライフサイクル短縮化が進む中、未だ十分ではない（表1）。

製品ライフサイクルとは、「製品が市場に登場してから退場するまでの間」であり、これが短いということは、その製品分野での新商品の開発期間が短いということである。

表1 各国特許庁の一次審査通知までの期間⁴⁾

	一次審査通知までの期間	最終処分期間
JPO（日本国特許庁）	9.3か月	15.2か月
USPTO（米国特許商標庁）	18.1か月	27.0か月
EPO（欧州特許庁）	9.1か月	22.8か月
SIPO（中国国家知識産権局）	12.5か月	21.8か月
KIPO（韓国特許庁）	11.0か月	16.7か月

課題② 共同研究開発の連携先の発見

共同研究開発には、他企業等の資源を活用した効率的なイノベーションが期待されるため、必要な技術やアイデア等を有する適当な連携先を見つけることが鍵となるが、多くの企業や大学では、工数や費用をかけずに、必要な技術やアイデア等を有する適当な連携先を見つけることが難しい。

6.3 各企業が抱える課題解決手段のための提言

私達のグループは、これらの課題を解決して、共同研究開発の利便性を高めることで、より一層の共同研究開発の利用を促進し、イノベーションの活発化を図るべきであると考えた。

そこで今後、より一層増加していくと考えられる共同研究開発について、それを促進するための制度として、3つの提言を行った。

提言① スーパー早期審査制度の拡充

課題①で挙げた、現状の特許庁の審査期間の長さを解決するためには、迅速な権利付与しかない。

現行制度上では、早期審査よりもさらに短期間での審査が可能なスーパー早期審査制度がある。

ただし、スーパー早期審査制度の適用対象は、既に実施している発明、または近く実施予定の発明についての出願が対象となっており、特に企業と大学および公的研究機関との共同研究開発においては、必ずしも実施を前提としない発明も多い。

そこで、我が国の共同研究開発のより一層の普及促進を図るために、スーパー早期審査制度の適用対象を企業同士、企業と大学および公的研究機関との共同研究開発の成果物まで拡大することを提案した（図4）。

スーパー早期審査を利用した場合、権利化までの審査期間は、最短1ヶ月以内となり、より早期の権利化が可能である（早期審査の場合は、3ヶ月以内）。

提言② 早期国際予備審査制度の新設

製品ライフサイクルの短縮化傾向に伴って、市場で利益を得られる期間も短縮化する傾向は、国内のみならず、外国で流通させる製品についても同様に



図4 スーパー早期審査制度の拡充 概要

当てはまると考えられる。

むしろ、表1に示されるように、外国特許庁の平均処理期間は日本特許庁よりも遥かに長く、特許権の排他的効力を十分に活用できるとはいえない。

また、現在の国際予備審査制度は、必ずしも十分な応答手続きが担保される制度とはなっていない。

そこで、共同研究開発の成果物にかかる出願における、外国での早期権利化を図ることを目的とし、日本国特許庁としては国際予備審査の請求日から2ヶ月以内に見解書を作成し、出願人としては見解書に対して1ヶ月以内に応答を求めることを要件とした、早期国際予備審査制度を新設することを提案した(図5)。

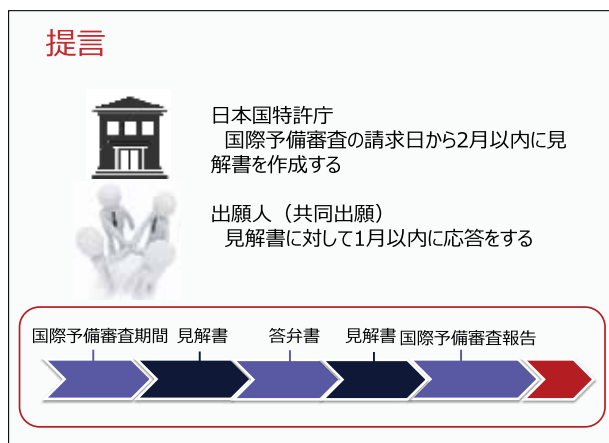


図5 早期国際予備審査制度の新設 概要

提言③ 新しいマッチング方法

必要な技術やアイデア等を有する適当な連携先が見つけられないという課題②に対しては、積極的に連携先を探すという意識を持った企業同士が、共同研究開発に利用してほしい特許技術の開示および共同研究開発に利用したい技術の要望をより積極的に行うことで、互いをアピールすることができるような仕組みを造ることを提案した(図6)。

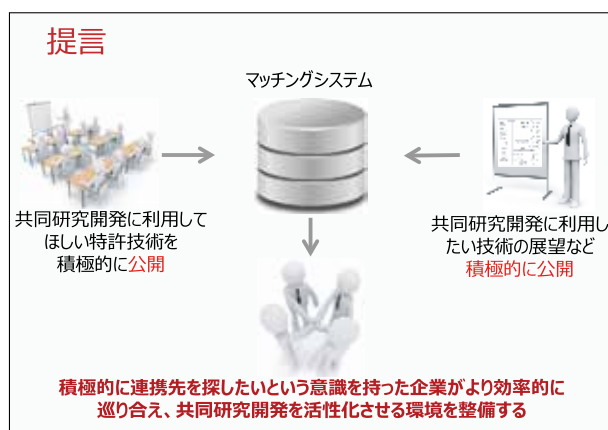


図6 新しいマッチング方法 概要

本検討に際し、当初は「日本は他国と比べて国際的な共同発明の割合が少ないことから、この割合を高めることにより、外部技術等の利活用機会が増大し、我が国のイノベーション促進につながるのではないか」という、やや漠然とした問題意識を把握しているにとどまっている状況であり、データに基づく現状分析、各企業が抱える課題の特定および課題解決手段の提示を行った既存の調査研究等については承知していなかった。

そこで、そもそも「なぜ共同研究開発の推進がイノベーション促進につながると言えるのか？」

「何が課題となって日本企業による国際的な共同研究開発の割合が低い状況になっているのか？」について、グループ討議や研修会等の場で多くの時間を費やして議論を重ね、担当講師からの助言や他の塾生や裁判官からの叱咤激励のおかげで、一定の成果を報告書にまとめ上げることができた。

7 活動報告会

2017年4月7日、1年間の活動成果を報告する成果報告会が全国町村会館で開催された。

出席者の多くは、政府関係者、大学教授をはじめ、知的財産分野の第一線で活躍されている有識者で占められ、総勢100名を超える大盛況であった。

この1年間は、就業後に週に1~2回のペースでグループ討議を重ね、研修会発表前や論文執筆前には、徹夜で議論を行ったこともあった。

また、土日に活動を行うことも多く、肉体的にも精神的にも非常に苦しい1年であった。

成果発表前は、錚々たる顔ぶれの前になかなか緊張したが、苦労を共にしたメンバとの最後の共同作業の場として、悔いのない発表をしよう、楽しもうという気持ちで臨んだ。



写真2 成果報告会での発表の様子



写真3 修了証書授与式の様子

そのおかげで本番では、緊張することなく、研究成果を十分にアピールする事ができた。

発表後の質疑応答では、出席者からの質問が相次ぎ、私たちの研究テーマに対する関心の高さが伺えた。

成果報告会終了後は、修了式が行われ、無事に修了証書が授与された。

様々な課題を解決し、将来にわたるKYBの成長と安定に貢献してきたと考えている。

最後に、業務面でのサポートや、アドバイスを頂いた関係各位に深く感謝の意を表します。

参 考 文 献

- 1) 「IIP知財塾とは」(一般財団法人 知的財産研究教育財団 知的財産研究所ホームページ
<http://www.iip.or.jp/juku/index.html>)
- 2) 「OECD.Stat」(OECD)〈<http://stats.oecd.org/>〉を利用して、PCT出願のうち国籍を異にする2以上の発明者による発明の出願件数の推移を国別に集計し、折れ線グラフとして示したもの。
- 3) 文部科学省：平成27年度大学等における産学連携等実施状況について、(2017年1月)。
- 4) 特許庁：特許行政年次報告書2016年版、(2017年1月)。

8 おわりに

近年、ビッグデータ、IoT、人工知能(AI)を活用したサービス等の技術開発とその実用化の進展が目覚ましく、知的財産の分野でも、急速な技術革新の動きに合わせて、政府や各企業において知的財産の在り方を含めた構造改革に取り組もうとしている。

そのような状況の中で、わたしは、IIP知財塾で学んだ課題解決手法、人的ネットワークを活かして、今後私たちが直面するであろう複雑に絡み合った

著 者



井上 輝彦

2012年入社。技術本部知的財産部第一知的財産室。知財渉外、グローバル知財制度の設計、商標ブランドプロテクション業務に従事。

編集後記

(株)タカコがKYBグループの一員になって早10年が経ち、その間グループの一員として本誌へ3回の執筆を行ってきました。執筆数は少ないですが掲載によってあらゆる方面のお客様に(株)タカコの開発製品について認知頂けたのではないかと考えております。

今後も(株)タカコの会社イズムである『世界にない工法で世界中の会社ができなかったことを実現する会社』の精神で工法開発も含め技術開発に精進し、本誌を通じて世の中にその技術を紹介していきたいと考えております。(河野委員)

KYB技報委員になり、電子以外の技術文献を熟読する機会ができた。油圧・機構の技術分野の報告は、新鮮ではあるが、その技術内容を理解できないことも多々あり、編集委員会での読み合わせで苦労することが多く、他の編集委員と比べ時間がかかっている。油圧の動きを図解している報告を自分なりに頭の中で展開し、理解できなかったものは、文献を見たりしている。これからも技報委員会を通して、油圧など自身の新たな技術の習得に励んでいきたい。(金井委員)

未来を見据えて、優先順位を決め、計画・行動し、実現することを目指して仕事に取り組んでいるつもりだが、現実には目の前の課題の対応に追われ続ける日々を過ごしている気がしている。技報編集委員会では未来に繋がる新しい技術や自分達では実現できなかったことを達成している記事に出会うと刺激になる。又、過去に関わりのあった名前を見つけると、その人の成長の証として喜びを感じる。最新号発行完了がまた次のスタートとなり、新しい執筆テーマを探さなければならない。繰り返し次の技報へ繋いでいくことが我々の使命として頑張っていきたい。(野口(浩)委員)

編集委員

◎手塚 隆	技術本部技術企画部部长	赤堀 正弘	KYBモーターサイクルサスペンション(株)生産技術部
中村 善也	技術本部基盤技術研究所要素技術研究室	野口 浩市	HC事業本部岐阜南工場生産技術部
村上 敏和	技術本部生産技術研究所	地口 慎一	経営企画本部経営企画部
小倉 雅則	技術本部知的財産部第一知的財産室	野口 恵伸	技術本部事業開発推進部
小川 義博	HC事業本部技術統轄部鉄道緩衝器設計室	岩田 達也	人事本部
吉村 光明	航空機器事業部生産部	伊藤 好文	カヤバシステムマシナリー(株)技術部
川島 茂	特装車両事業部熊谷工場技術部	宮嶋 勝昭	KYBエンジニアリングアンドサービス(株)技術部
伊藤 直樹	AC事業本部技術統轄部製品企画開発部	河野 義彦	(株)タカコ技術本部開発部
赤塚浩一朗	AC事業本部ステアリング事業部ポンプ技術部	仙田 貴弘	KYB-YS(株)設計部
米澤 和彦	AC事業本部サスペンション事業部実験部	金井 昭文	KYBトロンデュール(株) 技術部
横島 伸	AC事業本部サスペンション事業部生産技術部	○廣瀬 光彦	技術本部技術企画部

◎編集委員長

○編集事務局

HC事業本部：ハイドロリックコンポーネンツ事業本部

AC事業本部：オートモーティブコンポーネンツ事業本部

KYB技報 第55号

〔禁無断転載〕 〔非売品〕

発行 行

2017年10月1日

編集発行人

KYB技報編集委員会

発行所

KYB株式会社

(2015年10月1日よりカヤバ工業株式会社は商号をKYB株式会社に変更いたしました)

〒105-6111

東京都港区浜松町二丁目4番1号

世界貿易センタービル

電話 03-3435-6451

FAX 03-3436-6759

印刷所

勝美印刷株式会社/東京・白山

ホームページへの掲載のお知らせ

日頃、KYB技報をご愛読いただきありがとうございます。第50号(2015年4月発行)から、より多くの方々にご覧いただくことを目的とし、弊社ホームページへの掲載を行っております。是非ご利用下さい。

なお、冊子の発行は従来通り行ないますので、こちらをあわせてご利用下さい。

〈KYBのホームページアドレス〉

<http://www.kyb.co.jp/>

(トップ画面からKYB技報バナーをクリックして下さい)