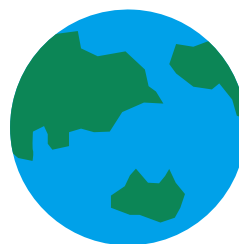


TECHNICAL REVIEW

Vol.62 2020

豊田合成におけるSDGsの取り組み
～技術を未来へつなぐ～



TOYODA GOSEI

目次

巻頭言	「技術を未来につなぐ」	藤田 佳幸	1	
特集	「豊田合成における SDGs の取り組み～技術を未来へつなぐ～」			
特別寄稿	SDGs の採択の背景と業界・企業の動向	松本真由美	2	
座談会	豊田合成の技術・製品は SDGs にどう向き合い、 どう貢献すべきか	鈴木 智子 坂本 大樹 草場 幸助 中村 祥宜 松本真由美 山田 浩二 中村 正	6	
論文	前席ファーサイドエアバッグの開発	林 丈樹 松崎 雄士	10	
	クルマの様変わりへの対応 安心・安全・快適なモビリティ社会の実現に向けて	大松 直樹 金子 岳志 鈴木 滋幸 三沢 明弘	15	
	サクシヨンブロー製ターボダクトの開発	田中 達哉	21	
	誘電アクチュエータ用スライドリング エラストマーの力学物性	東京大学大学院	眞弓 皓一 中井 孝憲	26
	第三世代 Na フラックス法を用いた パワーデバイス用 6 インチ GaN 基板の開発	守山 実希 藤森 拓 浅見 慎也 岩田 康生 佐藤 峻之 長島 加奈 福本 滋 山崎 史郎 永井 誠二	31	
	機械学習手法を活用したウレタンハンドルの不良低減	東條 陽介	39	
	脱炭素社会の実現を目指した取り組み	田中 道人	44	

特 集	新技術紹介	「シームレス社会」の実現に向けた マイクロ波給電技術開発	酒井 智和 千賀 卓也 伊藤 貴弘 阿部 哲平 横山 太郎 中村 祥宜 婦木慎一郎 名古屋大学 牛田 泰久	48
		稲沢めっき工程の廃棄物低減に向けた取り組み	川原 敦	51
		アルミダイカスト用溶解炉の省エネ及び廃棄物削減	村岡 靖浩 久田 悠介	53
	新製品紹介	深紫外水浄化ユニット	林 欣司 川岡 あや	55
一 般	論 文	機械学習を活用した EPDM ポリマー分岐構造解析	菊池 暁 赤神 博	57
	新技術紹介	室内ランプの低コスト化技術	河野 永樹 服部 徳文 木野 徳人	61
		小型 運転席エアバッグ (Φ 140)	岡田 出	63
		ガラスランの遮音性能予測を高速化する技術	猿渡 智之 橋本 善夫	65
		金型強度解析の精度向上	脇 賢司 土山 明子	67
		蛇腹形状押出品の内面検査技術	濱中 悠太 山田 航大	69
	新製品紹介	丸形ワンノブレジスタ	宮之脇 健	71
		高級オープンカー向けウェザーストリップ	玉置 清隆 森 紘亮	73
特許紹介	特許紹介		75	

CONTENTS

Preface	Connecting Technology to the Future	Yoshiyuki Fujita	1
Feature	Efforts for the SDGs at Toyoda Gosei—Connecting Technology to the Future		
Contribution	Background of Adoption of SDGs and Related Trends for Business	Mayumi Matsumoto	2
Round Table Discussion	How Should Toyoda Gosei Technology and Products Approach and Contribute to the Sustainable Development Goals?	Tomoko Suzuki Hiroki Sakamoto Kosuke Kusaba Yoshiki Nakamura Mayumi Matsumoto Koji Yamada Tadashi Nakamura	6
Technical Paper	Development of Far-Side Airbag for Front Seat	Takeki Hayashi Yuji Matsuzaki	10
	Keeping Pace with the Changing Automobile—Achieving a Safe and Comfortable Mobility Society	Naoki Omatsu Takeshi Kaneko Shigeyuki Suzuki Akihiro Misawa	15
	Development of Turbo Ducts with Suction Blow Molding	Tatsuya Tanaka	21
	Mechanical Properties of Slide-Ring Materials for Dielectric Elastomer Actuators	The University of Tokyo Graduate School Koichi Mayumi Takanori Nakai	26
	Development of 6-inch GaN Substrates for Power Device Applications Using the 3 rd Generation Na-Flux Method	Miki Moriyama Taku Fujimori Shinya Asami Yasuo Iwata Takayuki Sato Kana Nagashima Shigeru Fukumoto Shiro Yamasaki Seiji Nagai	31
	Utilizing Machine Learning to Reduce Failures in Urethane Steering Wheels	Yosuke Tojo	39
	Our Actions to Achieve a Zero-carbon Society	Michito Tanaka	44

Feature	New Technology	Development of Microwave Power Transfer Technology for a Seamless Society	Tomokazu Sakai Takuya Senga Takahiro Ito Teppei Abe Taro Yokoyama Yoshiki Nakamura Shinichiro Fuki Yasuhisa Ushida Nagoya University	48	
		Waste Reduction Efforts on Inazawa Chroming Line	Atsushi Kawahara	51	
		Energy Savings and Waste Reduction in Aluminum Die-Casting Furnace	Yasuhiro Muraoka Yusuke Hisada	53	
	New Products	Ultraviolet C Water Purification Unit	Kinji Hayashi Aya Kawaoka	55	
	General Article	Technical Paper	Branch Structure Analysis of EPDM Polymer Using Machine Learning	Akira Kikuchi Hiroshi Akagami	57
		New Technology	Low-Cost Technology for Interior Lamps	Eiki Kawano Norifumi Hattori Norihito Kino	61
Small Driver Airbag (Φ 140)			Izuru Okada	63	
Speed up Prediction Technology of Sound Insulation Performance for Glass Runs			Tomoyuki Sawatari Yoshio Hashimoto	65	
Improved Accuracy of Mold Strength Analysis			Kenji Waki Akiko Tsuchiyama	67	
Inspection Technology for the Inner Surface of Bellow-Shaped			Yuta Hamanaka Kodai Yamada	69	
New Products		One-knob Register of the Round Shape	Takeru Miyanowaki	71	
	Weatherstrips for Luxury Convertible	Kiyotaka Tamaoki Kosuke Mori	73		
Patents	Patents		75		

「技術を未来につなぐ」

Connecting Technology to the Future



執行役員（開発本部 副本部長、
商品企画センター長）
藤田 佳幸
Yoshiyuki Fujita

私の故郷は四日市の山側に位置するのどかな田舎町。昭和36年から18年間毎日きれいな鈴鹿山脈の山々を見ながら過ごしました。しかし眼下に見える海側では恐ろしいことが起こっていたのです。四大公害病の一つ、四日市ぜんそくです。石油化学コンビナートから排出される亜硫酸ガスが多く、地域住民を恐怖に陥れました。私の小学校にも多くの児童が避難のため転校、ぜんそくに苦しむ友達と共に学校生活を過ごすことになりました。経済成長を最優先したばかりに引き起こされた深刻な社会問題を、まさに身近で経験した少年時代でした。

あれから半世紀が過ぎ、世界は大きく変わりました。モータリゼーション、IT革新、エネルギー革新等により随分と便利な世の中になりました。しかしながらその代償として世界中で負の遺産が増え続け、様々な格差問題、地球環境問題が目に見える形で生活を脅かしています。根本的には「あの頃」と何も変わっていないのです。

今回テーマに取り上げたSDGs（Sustainable Development Goals）は国際連合が、国際社会とりわけ企業に対し、地球課題に対する17のゴール、169のターゲットを2030年の期限を持って明確に示したもので、これは長年変わらなかった企業経営モデルを変える羅針盤として大いに期待が持てます。CSV・ESG経営に注力してきた豊田合成にとっても、一段とその活動を加速し企業価値を上げ、持続的成長につなげるチャンスです。一方、技術開発の果たすべき責任と役割は非常に重くなりました。これ以上負の遺産を生まない製品開発・生産技術開発に取り組むことはもちろんですが、加えて目標9「産業と技術革新の基盤をつくろう」への取り組みと具現化が不可欠です。社会課題解決型の新商品・新ビジネスの創出とそれを実現する革新技術にチャレンジし、究極のゴール「SDGsがない世界」に一歩でも近づけるよう貢献しようではありませんか。

きれいな地球を取り戻し、誰もが安心して暮らせる社会の実現は、わたしたち技術者にとって非常に意義のある取り組みと同時に使命だと認識すべきです。

なお、今回の特集にあたり、弊社社外取締役の松本真由美様よりSDGsの背景と最新動向について専門家の見地からご寄稿いただきました。技術者に対する期待、提案もたくさんいただいていますので、熟読の上今後の取り組みに活かすことを期待します。

SDGs の採択の背景と業界・企業の動向

松本真由美^{*1}

Background of Adoption of SDGs and Related Trends for Business

Mayumi Matsumoto^{*1}

1. SDGs 採択の背景

SDGs (Sustainable Development Goals = 持続可能な開発目標) が 2015 年 9 月に採択されて、5 年経ち、SDGs への貢献を掲げる企業が多く出てきている。SDGs は、ミレニアム開発目標^{*1} (MDGs: 持続可能な開発に関する 2015 年目標) とリオ + 20^{*2} で提唱された成果文書「我々が望む未来」の流れを受けた持続可能な開発に関する 2030 年の世界目標である。MDGs は途上国における極度の貧困や飢餓、教育、保健等の社会開発に関する目標が多く、天然資源の持続可能な利用や気候変動、大気汚染、人権などに関するグローバルな問題が十分に考慮されていなかった。

MDGs の限界と課題を踏まえ、リオ + 20 では、持続可能な開発を達成するためには環境、経済、社会の三側面の統合を主流として組み込む必要性を国際社会に訴えた。この三側面統合の概念が、SDGs に引き継がれている。

SDGs 採択文書では表題に「TRANSFORMING OUR WORLD: THE 2030 AGENDA FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT (我々の世界を変革する: 持続可能な開発のための 2030 アジェンダ)」と書いてある。トランスフォーメーション (変革) を担うのは、政府、企業、自治体、市民社会などあらゆるステークホルダーであるが、中でも企業の果たす役割が強く求められている。SDGs 採択文書のパラグラフ 67 に「民間セクターに対し、持続可能な開発における課題解決のための想像性とイノベーション (革新) を発揮することを求める」^{*3} とある。持続可能な発展

をしつつ、環境問題や貧困問題を同時に解決していくことは非常に難しく高い目標であるため、従来のやり方ではとても実現できない。2030 年までに世界を変革していくためには、企業の大きな推進力が必要なのである。

2. 日本の SDGs アクションプラン

日本では、2016 年 5 月に安倍前首相を本部長、全閣僚を本部員とする「SDGs 推進本部」が設置され、2016 年 12 月「SDGs 実施指針」を策定した。2017 年 12 月にはこの実施指針の下、「SDGs アクションプラン 2018」を決定。アクションプランは、① SDGs と連動した官民挙げての「Society 5.0 (IoT や AI などの革新技術を最大限活用した未来社会の姿)」の推進、② SDGs を原動力とした地方創生、③ SDGs の担い手である次世代・女性のエンパワーメント、を中核としている。アクションプランは毎年更新されており、実施指針の主要な 8 分野 (「気候変動対策・循環型社会」、「成長市場の創出・地域活性化・科学技術イノベーション」、「平和と安全、安心社会の実現」など) を実施しつつ、SDGs の推進を通じて企業・地方・社会を変革し、経済成長を実現していく考えだ。

3. 投資家が注目する企業の“成長機会”

2017 年 11 月 8 日、日本経済団体連合会が、Society 5.0 の実現を通じた SDGs の達成を柱として企業行動憲章を改定したことにより、産業界において SDGs への関心が急速に高まった。会員企業に、自社のみならず、グループ企業、サプライチェーンに対しても行動変革を促し、ESG (環境・社会・ガバナンス) に配慮した経営の推進により社会的責任への取り組みを進めることを促している。

ESG のコンセプトは、2006 年 4 月コフィー・アナン元国連事務総長が金融業界に対し、財務情報だけでは捉えられない非財務情報に着目した

※ 1 MDGs は、2000 年の国連ミレニアム・サミットで採択された「国連ミレニアム宣言」を基にまとめられ、極度の貧困と飢餓の撲滅など 8 つの目標が掲げられた。

※ 2 2012 年 6 月ブラジル・リオデジャネイロ開催の「国連持続可能な開発会議」。188 カ国と EU が参加し、環境保全と貧困撲滅などに関する目標を 2015 年までに策定する等の成果文書をまとめた。

※ 3 関正雄「SDGs 経営の時代に求められる ESG とは何か」(第一法規) 参照。

*1 社外取締役

ESG投資を提唱して立ち上げた「責任投資原則(PRI)」で打ち出された。PRIは、投資家に対して、企業分析・評価を行う上で長期的な視点を考慮した投資行動をとることを求めている。これは、金融危機を契機に、過度な短期主義は投資家、企業双方にもたらす弊害の認識の高まりが背景にある。すでに3,000超の世界の機関投資家がPRIに署名しており、ESG投資は世界の運用資産総額に対し、全体の5分の2を占め、メインストリーム化している。日本は欧米に遅れをとったが、2015年9月世界最大の機関投資家であるGPIF(年金積立金管理運用独立行政法人)がPRIに署名し、ESGを重視する姿勢を明らかにしたことで、一気に流れが加速している。

ESG投資を呼び込もうと、SDGsへの取り組みを企業の成長機会と捉えるグローバル企業は確実に増えている。これまで企業は、本業とは切り離された形で植林ボランティアや環境教育などの活動を行ってきたが、SDGsは、自社のサービス・製品ごとに、本業と関連させてSDGsのゴールを取り組むことがポイントとなる。また「SDGsの本業化」においては、バックキャストिंग的^{※4}にサステナビリティ(持続可能性)と中長期計画を一体化して考えることが大事である。

4. 業界・企業の動向

自動車業界では、自動車メーカー各社はSDGsに積極的に取り組んでおり、共通目標として交通事故死傷者ゼロの「目標3:すべての人に健康と福祉を」の実現を掲げている。トヨタ自動車は全方位的にSDGsの17の目標にコミットしており、マスメディアによる産業界(国内)のSDGs取り組み評価で1位にランキングされることもある。自動車業界の「CASE」と呼ばれる技術革新を背景に、100年に一度の大変革の時代を迎える中、トヨタはこの変革をチャンスと捉え、自動車をつくる会社からモビリティカンパニーへとモデルチェンジし、すべての人の移動を自由にするサービス等、提供価値を進化させていく方針を打ち出している。「目標13:気候変動に具体的な対策を」の実現に向けて、電気自動車(EV)や燃料電池自動車(FCV)などの電動車を「普通のクルマ」にしていきたい考えだ。トヨタが2021年着工予定のコネクテッド・シティ構想「Woven City」やMaaS^{※5}タイプの電気自動車「e-Palette」は、「目標13」の他、「目標9:産業と技術革新の基盤をつくろう」、「目標11:住み続けられるまちづくりを」に関わる、課題解決型の事業展開と言えるだろう。

本田技研工業は、時代のニーズを先取りした独

自の技術でモビリティ社会の発展を促していくとして、「目標9:産業と技術革新の基盤をつくろう」や「目標12:つくる責任つかう責任」、「目標17:パートナーシップで目標を達成しよう」などをマテリアリティ(取り組むべき最重要目標)としてSDGsへの貢献を目指している。2019年10月30日、同社は日立製作所など5社と連携し、オートモーティブ事業の経営統合を発表し、グローバル・メガサプライヤーとして競争力ある技術やソリューションを確立し、世界中の顧客に提供していく考えを明らかにしている。他社とのパートナーシップにより、オープンイノベーションを進める姿勢を打ち出したことは、SDGsの取り組みにも重なるものである。

日産自動車もSDGsに積極的に取り組んでおり、2016年度から毎年SDGsの1から17までの各目標のターゲットを絞り、その実績の進捗を同社ホームページ等で公表している。筆者が注目したのは、新車の設計段階から「3R」(リデュース、リユース、リサイクル)の視点を取り入れ、廃棄物削減の目標を掲げており、リサイクル実行率(日本)の進捗は、2016年度と2017年度で99.7%、2018年度99.6%と資源の好循環をつくり、「目標12:つくる責任つかう責任」に貢献していることである。

部品メーカーでは、デンソーは、近年の脱石油系プラスチックの潮流に素早く対応し、植物由来樹脂の研究開発に取り組んでいる。「目標3:すべての人に健康と福祉を」と「目標12:つくる責任つかう責任」、「目標17:パートナーシップで目標を達成しよう」の下、デンブンプ由来のバイオポリカーボネート(PC)やひまし油由来のウレタン樹脂を製品の一部に採用している。同社は2009年からデュボン社と共同でひまし油由来のラジエータータンクを開発、製品化してきた経緯がある。また同社は、特許権利を持つ微細藻類にCO₂を吸収させ、バイオ燃料を生産する研究開発を大学や他企業と進めており、早い時期の量産化を目指している。これは「目標7:エネルギーをみんなにそしてクリーンに」と「目標13:気候変動に具体的な対策を」の達成に資する。微細藻類の一部の藻は、大気中にあるCO₂を吸収して光合成を行い、油を作り体外に放出する特性をもっている。藻類は水で栽培でき、適切な条件下

※4 バックキャストिंगとは、未来のあるべき姿の目標を設定し、現在すべきことを考える思考法。

※5 MaaS(Mobility as a Service: マース)は、ICTを活用して交通をクラウド化し、公共交通か否か、その運営主体にかかわらず、マイカー以外のすべての交通手段によるモビリティ(移動)の一つをサービスとしてとらえ、シームレスにつなぐ新たな「移動」の概念。

であれば数時間で増加し、毎日でも収穫が可能である。藻類バイオ燃料は、トウモロコシやサトウキビなどと比較して面積当たりの生産効率が10～100倍高く、藻から抽出した油は精製すればガソリンに混ぜずにそのまま使えるという特徴がある。

バイオ燃料については、航空業界もバイオジェット燃料^{*6}の導入に動き出しており、全日本空輸（ANA）はバイオジェット燃料の定常的な利用を目指した取り組みを進め、CO₂削減などSDGsに貢献することを表明している。同社は2021年以降、米スタートアップ企業ランザテック（イリノイ州）が開発した排ガス由来のエタノールを生成したバイオジェット燃料を、従来ジェット燃料に50%程度混合して使用する計画である。

この他、化学業界は1960年～70年代の公害の発生源となった教訓から、持続可能性に真剣に取り組んでいる。多くの化学メーカーは、消費生活の「脱炭素化」と「脱石油系プラ」の取り組みを各社のSDGsに紐づけ、植物由来プラスチック素材の開発を活発に進めている。東レは、バイオ燃料の米スタートアップ企業、バイレント（ウィスコンシン州）との共同開発で、サトウキビなどの食用に回らない部分を使った100%植物でできた、ポリエステルの特徴である耐久性や加工のしやすさを確保した合成繊維の試作品を作ることに成功している。発売当初の価格は石油のみを使った繊維より割高になるが、自動車内装品やスポーツウェアなどの利用を見込み、量産技術を開発することで次第にコストを下げる計画である。東洋紡やユニチカは、バイオマス由来原料を用いながらも世界最高レベルの性能を有する耐熱ポリアミド樹脂の開発に成功し、電気・電子部品や自動車関連素材用として、中量産体制で環境に配慮した製品を積極的に展開している。

空調業界では、ダイキンが「SDGsの本業化」と「企業の稼ぐ力」を両立している。同社は、各国政府、国際機関、業界他社などと連携して、エアコン利用が拡大する新興国で、省エネ性能を適切に評価するための目標やラベルの導入、次世代冷媒R32を普及するための支援を行い、地球温暖化抑制およびオゾン層保護への貢献を進めつつ、コア事業であるエアコンの普及拡大を実現している。これまで日本は、欧米で議論され決定された規則などに後から合意するというケースが多かったが、今後は、グローバルなトレンドや市場環境整備（規制や基準などのルール、各種イニシアチブ）に貢献し、事業拡大と自社の強みを活かしたサステナビリティの貢献を同時に実現してほ

しいと思う。

海外でのSDGsに資する開発にも注目だ。2020年2月米スタートアップ企業のグローバル・ファイバークラス・ソリューションズ（ワシントン州）は、リサイクルが困難とされるガラス繊維の風車ブレードを分解できる技術を開発し、建材に用いられるペレットとファイバーボードに再生する技術を開発したことを発表している。同社テキサス州の工場では年6,000枚程度のブレードを処分でき、99.9%の素材がリサイクルできるという。ドアハンドルやインパネ、バンパーなど自動車部品にもガラス素材は使われており、同社のイノベーションが、ガラス繊維製品のリサイクル問題を解決するブレイクスルーになるかもしれない。

5. 技術力こそTGのSDGsの要

豊田合成（以下、TG）は、ゴムや樹脂の高分子素材の自動車部品などを独自の技術で開発・生産するとともに、水素タンクやe-Rubber、深紫外LED水浄化ユニットなどの新領域にも進出し、チャレンジングな企業である。TGのSDGsのマテリアリティ（最重要目標）については、総合企画部サステナビリティ推進グループが中心となり見直しを行い、17の目標のうち8つに絞り込んでいる。まず「目標9：産業と技術革新の基盤をつくろう」へのコミットとして、CASE・MaaS対応のモビリティ商品の開発などのイノベーション技術で新しい価値の創造が期待される。またCASE・MaaS対応のモビリティ商品に関わらず、コア技術を活用した新製品の創出に向けて、プロトタイプの「試作品」を積極的につくってほしいと思う。さまざまな試作品を世の中にアピールし、新たなビジネスチャンスを掴んでほしい。

例えば、近年の世界的な脱石油系プラスチックの潮流において、樹脂製品を主力事業としているTGも社会的責任が問われるだろう。廃プラスチックの輸入禁止を打ち出した中国をはじめ、アジア諸国が輸入制限を強化する中、日本をはじめ先進国は、先々自国内で膨大な量の廃プラを処理しなければならなくなる。ウェザストリップの廃材の有効活用など生産工程での廃棄物の極小化に向けた「廃棄物低減プロジェクト」の推進や、ゴム材料のリサイクル技術の適用検討を進めるとともに、代替プラスチック素材を新たな製品開発に取り入れることも積極的に検討してほしい。

現在、化学メーカーが活発に開発している生物由来の高機能プラスチックは、現況ではコストが高い。しかし今後、代替プラ素材開発の加速と産業全般でのバイオプラスチックの需要が高くなるのは明らかである。TGにおいて、サステナビリティ

^{*6} 植物油、糖、動物性脂肪、廃棄バイオマスなどの持続可能な供給源から製造されるジェット燃料。

ティに資する樹脂製品等の試作品開発を手掛けるチームに活躍してほしいと思う。一方、先端的な環境貢献製品の開発は、一社での対応に限界もあることから、化学メーカーとの連携等、相互の強みを活かしたパートナーシップの構築 [目標 17] を意識してほしい。

[目標 3: すべての人に健康と福祉を] には、エアバッグ開発が直接関わり、多様な事故を想定した安全デバイスの開発において TG 独自の技術が活かされる。この他、コロナ禍で事業活動の停滞を迫られた際に、PCR 検査車両 2 台やエアバッグ生地を用いた防護服などを医療機関に提供したことは、地域社会に安心感をもたらした。また、柔軟で伸縮可能なボディ表皮をもつコンセプト車「フレスピーⅢ」の開発も、SDGs 以前から TG の根底にある技術者たちの「人々の安全」を守りたいという良心の具現であり、[目標 3] に資するものだと思っている。

[目標 7: エネルギーをみんなにそしてクリーンに] と [目標 13: 気候変動に具体的な対策を] は、世界のすべての企業が積極的に取り組むべき目標である。SDGs が国連で採択された 2015 年は、パリで開催された気候変動枠組条約第 21 回締約国会議 (COP21) で、2020 年以降の温室効果ガス排出削減のための国際枠組み「パリ協定」が採択された年でもある。パリ協定は、地球温暖化対策の世界共通の長期目標として、産業革命前からの平均気温の上昇を 2℃ 未満に抑えるとともに、1.5℃ に抑える努力を追求し、今世紀後半にカーボンニュートラルの「脱炭素社会」を目指すものである。TG の水素タンクの開発は、まさに世界の脱炭素化に大きく貢献することが期待される。

脱炭素化を実現するためには、省エネルギーの徹底と再生可能エネルギーの大量導入も重要である。TG は 2030 年度までに、グローバル全体で電力の 20% を再エネでの調達を目指しているが、この目標の実現とともに、再エネ由来の水素 (グ

リーン水素) を溜める水素タンクの新規開発ができないだろうか。その理由として、グリーン水素の技術を成熟させる動きが、欧州や中国で活発化していることがある。欧州委員会 (EC) は、2020 年 7 月「欧州の気候中立に向けた水素戦略」を発表し、2050 年までのカーボンニュートラルを目指し、グリーン水素を水素戦略の柱に据えている。ドイツも「水素国家戦略」を採択し、グリーン水素で世界の水素利用技術のけん引役を目指すと発表した。筆者が 2020 年 2 月視察したドイツの水素関連技術開発拠点「h2herten」(NRW 州ヘルテン市) では、風力発電由来のグリーン水素を開発・貯蔵し、燃料電池自動車「MIRAI」を使って実証実験する等、交通 (乗用車、トラック、バスや列車などの公共交通機関) をはじめとしたグリーン水素の用途拡大を目指した実証研究を行っている。

新型コロナウイルスのパンデミックからの復興を図る上で、世界で「グリーンリカバリー」(持続可能な経済復興) という新たな考え方も生まれている。SDGs を TG のさまざまな製品開発やサービスに取り込み、技術開発に関わるすべての人々が、サステナビリティ (持続可能性) に貢献することが [目標 8: 働きがいも経済成長も] につながることに喜びを感じてくれることを心から願っている。

著 者



松本真由美

豊田合成の技術・製品は SDGs にどう向き合い、どう貢献すべきか

SDGs が掲げるさまざまな課題の解決に貢献していくために、
豊田合成の技術開発・製品開発は今後どうあるべきなのでしょう。
各技術部門のマネジメント職が、松本真由美社外取締役とともに語り合いました。



- ① 鈴木 智子
材料技術部 樹脂材料技術室 室長
- ② 坂本 大樹
SS 技術部 SS 第5 技術室 GL
- ③ 草場 幸助
FC 技術部 FC 第3 技術室 室長
- ④ 中村 祥宜
技術企画部 開発企画室 室長

- ⑤ 松本 真由美
社外取締役

- ⑥ 山田 浩二
総合企画部 経営企画室 主監
兼 サステナビリティ推進 G GL
- ⑦ 中村 正 (司会)
技術管理部 部長

(役職は座談会当時：2020 年 9 月)



取り組んでいるテーマと社会課題の関わり

中村 (司会) ではまず、皆さんがどのような技術や製品の開発に取り組んでいるか、紹介してください。

坂本 ハンドル、エアバッグ、ポップアップフードアクチュエータ^{*1}など、クルマの乗員や歩行者を守るセーフティシステム製品の量産設計を担当しています。目指しているのは、交通事故死亡者数ゼロ。SDGs の目標 3 「すべての人に健康と福祉を」におけるターゲットの一つ「2020 年までに、世界の道路交通事故による死傷者を半減させる」にも直結している業務です。

草場 電動化プロジェクトのサブリーダーとして、水素社会、電動化社会の到来に向けた製品開発を行っています。具体的には、EV(電気自動車)、FCV(燃料電池車)の普及に貢献するために、EV 向けのリチウムイオン二次電池用樹脂ケース

などの部品開発、FCV 向けの水素タンクの開発設計を行っています。さらに自動車に限らず、電池や水素タンクが広く活用されるための商品立案にも取り組んでいます。

鈴木 新材料の企画・開発・設計を行っています。地球環境を意識した材料開発には、20 年以上前から取り組んできました。当時は「脱石油」対応のための、バイオ材料開発などを進めていました。近年は主に燃費向上、CO₂ 削減のための軽量化に向けて高剛性材や高発泡材を開発しています。また、草場室長が開発を進めている FCV 向け水素タンクのための材料開発にも携わっています。

中村 豊田合成の新事業創出を目的に、モノではなくコトを売る「コトビジネス」の企画立案と PoC (Proof of Concept : 概念実証) にチャレンジしています。目指すべき人中心の社会を描き、豊田合成だからこそできる社会課題に向き合ったソリューションを日々考えています。例えば、エアバッグ技術を用いて、自動車以外の領域でも高齢者の移動の安全を守るデバイスやソリューションを提供できないかといった企画です。

^{*1} ボンネット内に搭載され、歩行者が衝突した際にフードを持ち上げ、フードとエンジン間に隙間を確保。歩行者頭部への衝撃を緩和します。

未来を見据えた開発にも取り組む「ゆとり」を

中村（司会） SDGsに対応した取り組みに際して課題と感じていることなど、松本取締役質問や相談したいことはありますか。

草場 事業活動とSDGsの関係についてお聞きしたいのですが、世界中の企業が今、SDGsを意識した取り組みを始めていますよね。その中でも先進的な取り組みを進めている企業は、事業活動とSDGs、どちらの目標を重視しているのでしょうか。

松本 SDGsは従来型の社会貢献や環境活動のように、事業活動と別に取り組む、というものではないですね。「事業活動か、社会貢献か」「事業活動か、環境活動か」と考えるのではなく、両方をうまく取り込みながら両立させていくのがSDGsです。17の目標の169あるターゲットの中でどこにコミットできるか、どこに事業として機会があるか、焦点を当てて、戦略的に考え、そして経済成長を図っていく、これがSDGsへの取り組みにおいて重要なポイントです。

鈴木 材料技術開発の担当として、新たな技術でどうしたら市場へつなげることができるか、お聞きしたいです。バイオ材料やリサイクル材料の技術開発が進んでも、どうしてもコストが高くなり、適用にはなかなか至りません。ボディやガラスの樹脂化による軽量化がなかなか進んでいないのが現状です。世の中のニーズが変わらないと、新技術が市場につながらないことにジレンマを感じています。

松本 すぐに量産化につながらなくても、試作品をつくって発信を続けることが大切だと思います。SDGs、ESG投資が拡大する中、今は市場に乗らなくても「リサイクル素材が入っている」「海洋プラスチック問題に貢献する」「生物由来の素材を使っている」といった新たな素材へのニーズはこの先、必ず高まります。試作品をつくり、日本語だけでなく、英語でも情報を発信しておくことで、どこから声のかかる可能性はあると思います。早期量産化を目指す開発はもちろん重要ですが、それだけではなく、未来を見据えた開発にもしっかり取り組む「ゆとり」のような意識を、経営層が持つておくことが大事だと考えています。

それともう一つは他社と連携すること。自社だけで乗り越えるのが難しい開発課題も、連携することで解決できることがあると思います。パート

ナーシップで目標を実現するという行動自体が今、企業評価として高まる面もあります。

社外への発信と、社内への浸透のために

坂本 今話された情報発信にもつながる課題と思うのですが、私がお聞きしたいのはブランド力についてです。豊田合成が車両メーカー以外の新規顧客を開拓する場合、ブランド力も必要となると思います。ブランド力を向上させるにはどのような手法が有効でしょうか。

松本 私はまずマスコミに名前が載ることが重要だと思います。マスコミに載ることはいわゆる広報なのですが、宣伝費がかかりません。また自社としてもプレスリリースを英語と日本語で出すこと。マスコミ対応とプレスリリース、両方に積極的に取り組むことで豊田合成の名が知れ渡っていくはずですが、その際、「このような技術開発に成功した」という情報だけでなく、「このような技術開発を行っている」というプロセスも積極的に配信していった方がよいと思います。

もう一つは国家プロジェクトやNEDO（国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構）プロジェクトなどに、より積極的に参画し、実証研究に取り組んでいくことが重要です。新たな企業との連携も生まれますし、豊田合成の名前も広がり、ブランド力を高めることにつながっていくと思います。

中村 SDGsの社内浸透について相談させてください。今日集まった私たちマネジメント層はSDGsの重要性を理解しているのですが、その重要性を社員の皆さんに広く浸透させていく必要があります。豊田合成の取り組んでいる事業活動や技術開発は、ほとんどが169のゴールにひも付いていると思います。それを一人一人が自分事として捉え、風土へと醸成していくために、我々マネジメント層が取り組むべきことは何か、アドバイスをいただけますでしょうか。

松本 ワークショップを各部署で開催するとよいと思います。自分の仕事とSDGsの関わりをフリーディスカッションしながら考えてもらうのです。その際、大切なのは前向きな気持ちで参加してもらうことです。「自分のキャリアアップややりがいにもつながる」「より働きやすい環境を作ることができる」「自分の提案したアイデアが事業化につながるかもしれない」といった期待感を持って参加してもらうことがとても大事。部署単



位でワークショップを行う前に、まず会社全体でSDGsの大きなイベントを開催して期待感を高めるのがよいかもしれないですね。体育館（豊田合成記念体育館 エントリオ）も完成しましたし。

設計段階から3Rを考慮した製品開発

中村（司会） 現在、地球環境はどのような課題に直面し、企業には何が求められているのか。多くの課題があると思いますが、松本取締役役にいくつかピックアップして紹介していただけたらと思います。

松本 環境問題ではやはり、地球温暖化対策が重要な課題ですね。化石燃料の大量消費が大きな要因になっており、脱炭素エネルギーへの転換が求められています。自動車業界も非常に関わりの深い課題です。

また、廃棄物問題への取り組みも求められていて、設計段階から3R^{*2}を考慮した製品は、会社としてのPRにもなります。廃プラスチックを海外に輸出できない方向になりますので、日本の企業は自社の中でリサイクルする仕組みが求められています。

草場 設計段階からの3Rのお話は、非常に勉強になりました。私は今、FCV用の高圧水素タンクの開発に取り組んでいるのですが、この製品は高分子材料（樹脂）製の本体に、多くの炭素繊維を巻いて造ります。炭素繊維は軽くて丈夫という材料として優れた性質を持っていますが、一方でリサイクルしにくいという弱点もあります。FCVを普及させることで環境に貢献したい、という視点だけではなく、廃棄物問題についても視野に入れて開発を進めなければ、という思いが強くなりました。

鈴木 材料技術でもこの炭素繊維について、廃棄物にせず、別の製品に転換する方法はないか、検討を重ねています。しかし、なかなか製品化は難しいです。これもゆとりを持って考えるべきテーマの一つかもしれないですね。技術企画部の力の発揮しどころだと思うので、中村室長のもとで新しい視点から製品化のアイデアが出ることを期待しています。

中村 はい、非常に貴重な気付きが得られました。社内のオープンイノベーションをリードし、さらには他社との協業も模索しながら、アイデアを出

していきたいと思います。

坂本 エアバッグ製品においてもすでにリサイクル材料は活用していますが、今後はさらに積極的に使っていきたいと思います。また、リサイクルしやすい新たな材料を鈴木室長のもとで開発していただいて、量産化につなげることができれば、と感じました。



相反する課題と、どう向き合うか

坂本 先ほどの炭素繊維の話のように、セーフティシステム製品の開発においても、複数の課題を同時に解決する大切さと難しさを感じています。各種エアバッグも軽量化を推進することで燃費向上に貢献できますが、一方で「交通事故の死亡者数をゼロにする」という目標を達成するには、既存の製品だけではカバーしきれません。これから自動運転化が進むと事故の形態も変わっていきますし、その変化に対応するエアバッグなどをさらに搭載していくと、クルマの重量は逆に増えていくのではないかと考えています。つまり「人の安全を守る」という課題と「環境を守る」という課題が、相反するところが出てくると思うのです。

鈴木 こうしたジレンマに対して、うまくバランスを取って両立するための基準があるとよいですね。私は17のゴールへの貢献度を総合的に評価する「SDGs度」のようなランク付けがあればと以前から考えていました。



松本 KPI^{*3}を設定し、自社の中でSDGsへの取り組みの進捗を評価している会社はあります。豊田合成もKPIを設定してもよいかもしれないですね。

中村（司会） 総合企画部でSDGs評価の尺度を作ったり、基準作りをすることで、開発者がジレンマに悩むことなく、会社全体の技術開発がよい方向に進むのではないのでしょうか。

山田 開発をさまざまな観点で評価するのは大切だと思います。社外からのアンケートでは、「この製品はSDGsのどのゴールに貢献するか」と同時に「負のインパクトは何か」と問われることもあります。

*2 Reduce（リデュース）、Reuse（リユース）、Recycle（リサイクル）の3つのRの総称。

*3 Key Performance Indicatorの略。組織の目標を達成するために必要なプロセスを評価する指標。

松本 リスクと機会の開示ですね。

山田 どの開発にもリスクと機会があると思います。機会の方がリスクを上回れば、社会課題の解決に貢献できる可能性が高まると考えて支障ないでしょうか。

松本 そう考えていただいでよいと思います。例えば、製造工程におけるCO₂排出量が既存の製品よりも少しだけ増えてしまう新製品があるとしても、その新製品が世の中で使用されることでCO₂が大幅に削減されるのであれば、ライフサイクル全体でのCO₂排出削減に大きく貢献できるということになります。



イノベーションを起こすために日々努力

中村 以前、草場室長と一緒にFCV向け製品の企画に取り組んでいた時、大きな壁に突き当たりました。水素社会を到来させてクリーンな社会づくりに貢献したいと考えていたのですが、現時点では、FCVは水素サプライチェーンの課題も大きく、Well-to-Wheel^{*4}で考えると、大幅にCO₂削減するにはかなりハードルが高いことに気付いたのです。こうした課題に対し、豊田合成が一企業としてできることには限りがあり、企業連合で取り組む続けることが大事なことは先ほどのお話を通じて分かりました。目標をCO₂削減から、さらにカーボンニュートラル^{*5}へと高めていくに当たってのアドバイスがありましたら、お聞きしたいと思います。

松本 今、ヨーロッパの企業の間ではカーボンニュートラルに力を入れる潮流があり、その鍵は再生可能エネルギー、水素、省エネです。カーボンニュートラルは難しいとおっしゃるのは分かります。例えばドイツはこうした課題に理念先行でアプローチしています。実現可能かどうかは10年、20年、30年先のイノベーションに期待して取り組んでいるのです。現在はさまざまな実証研究が進められています。

中村 我々もそうした最新の研究成果は、常にウォッチングしています。太陽光などの再生可能エネルギーとバッテリーと水素を組み合わせると、かなり効率よく電気エネルギーが得られるなど、さまざまな技術革新に関する情報はキャッチしています。

ドイツのお話を伺い、これからもカーボン

ニュートラルという高い目標に向かって日々イノベーションを起こすための努力をする、このスタンスを持ち続けることが私たちにとって重要だと感じました。

草場 日本もヨーロッパに負けてはいられません。水素社会の到来をリードする技術を開発できるよう、今後もチャレンジし続けます。

まとめ

中村（司会） 本日の議論を通じてまず、私たちがこれまでクルマ社会の安全・安心や地球環境問題にしっかりと貢献してきた事実



に、胸を張ってよいのではないかと思いました。そして多岐にわたるグローバル課題に対してどう貢献していくかを、これから考えていかなければならないと改めて実感しました。脱炭素エネルギー、廃棄物問題などに対して何ができるか、開発テーマとしてしっかり受け止めたいと思います。さらに、法規規制や国の実情をよく理解し、予測することで新規マーケットをみつけ、さらに自らが目標設定し開発を進めることが重要です。

また、開発の進め方についても、数多くの新たな気づきが得られました。「積極的に試作品をつくる」「英語でも発信する」「プロセスも公表する」「連携する企業を見つける」——こうした取り組みを重ねることが、ブランド力の向上や、背反する事項の解決にもつながることを理解できました。

そして技術開発に対する「ゆとり」の意識を、経営層に持ってもらうことの大切さを学びました。一方で、私たち技術管理部や総合企画部にもSDGsのワークショップを企画するなど、できることがあると思います。本日集まっていた皆さんの協力も得ながら社内浸透に取り組み、豊田合成社員一人一人がSDGsを「自分ごと」として考える風土を醸成していきたいと考えています。とても有意義な議論ができた座談会となりました。皆さん、ありがとうございました。



^{*}4 燃料採掘から車両走行までのエネルギー効率を表す指標。

^{*}5 CO₂の排出量と吸収量がプラスマイナスゼロの状態になること。

前席ファーサイドエアバッグの開発

林 丈樹^{*1}, 松崎雄士^{*1}

Development of Far-Side Airbag for Front Seat

Takeki Hayashi^{*1}, Yuji Matsuzaki^{*1}

要旨

近年のエアバッグの普及により、交通事故による死傷者は減少してきているが、側面衝突による死傷者は前面衝突に比べて減少率が少ない。

これまで側面衝突事故において、運転席1名乗車時に助手席側から衝突された際の受傷、及び2名乗車時の乗員間同士の衝突による受傷を保護するデバイスはなかった。

我々は交通死亡者ゼロを目指す取り組みとして、上記の受傷モードから乗員を保護するデバイスに着目し、車両センター側で作動する前席ファーサイドエアバッグの開発と実用化を完了したため、この開発内容を以下に報告する。

Abstract

With the recent spread of airbags, traffic fatalities have decreased. However, the rate of decline in side collision fatalities has been smaller than that of front collisions.

No device has yet been developed to protect front seat occupants from injuries during side collisions, either between the driver and the passenger side of the vehicle when only the driver is on board, or between the driver and passenger when both are on board.

In an effort to minimize traffic fatalities, we focused on protecting occupants from the above injury modes. We have developed and completed commercialization of a front seat far-side airbag that operates at the vehicle's center. The story of the development is reported herein.

1. はじめに

1980年に北米で初めて運転席エアバッグが市販車に搭載されて以降、各国の衝突安全法規・レーティング（衝突安全評価）が整備・導入されてきたことにより、エアバッグの普及が進んできた。現在では運転席エアバッグに加え、助手席エアバッグなど様々なエアバッグが標準装備されるようになり、前面衝突時だけでなく側面衝突時の乗員の保護を目的としたサイドエアバッグやカーテンエアバッグも普及している。

前面衝突事故の死傷者は減少してきているが、側面衝突は前面衝突に比べて減少率が少ない（図-1）¹⁾。側面衝突事故で、衝突側乗員はサイドエアバッグやカーテンエアバッグなどの保護デバイスがあるため、今後の死傷者の減少が予測されるが、反衝突側乗員（図-2）及び2名乗車時

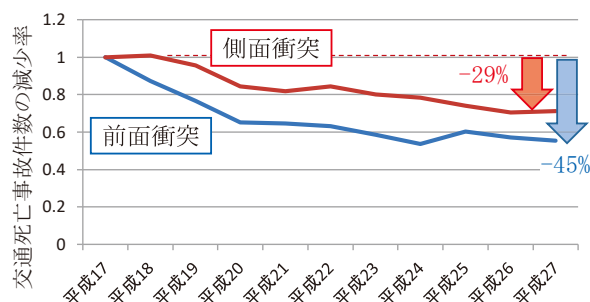


図-1 交通死亡事故件数の減少率
平成28年交通安全白書

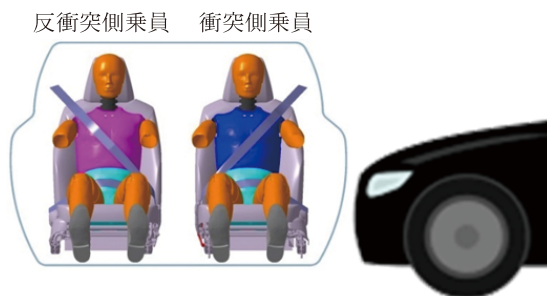


図-2 側面衝突

*1 SS 開発部 新デバイス開発室

の乗員同士の衝突はエアバッグ等の保護デバイスがない。そのため今後も上記の衝突形態による死傷者は減少していかないと考えられる。

反衝突側乗員の主な受傷部位は頭部24%、胸部41%（図-3）。主な原因は、1名乗車時は衝突側から進入してきたドアトリムや、シフトレバー・コンソール等の内装材による受傷（図-4）で、2名乗車の場合は乗員同士の衝突による受傷であることがわかっている（図-5）²⁾。

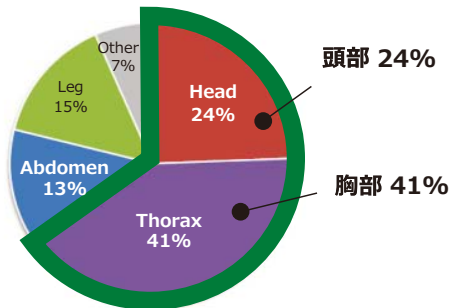


図-3 側面衝突受傷部位の割合 (AIS3+)※ NASS-CDS (2011)

※ Abbreviated Injury Score

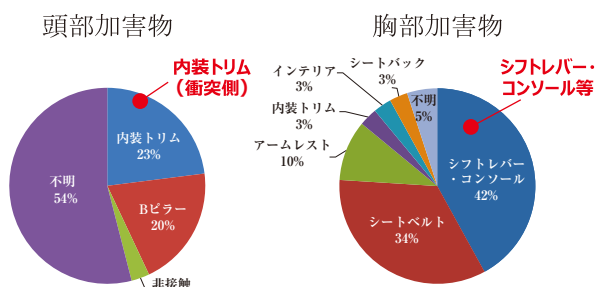


図-4 1名乗員死傷時の加害物 NASS-CDS (2011)

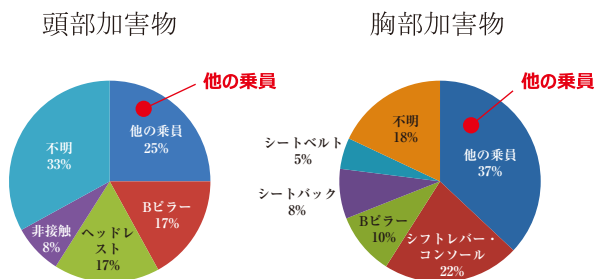


図-5 2名乗員死傷時の加害物 NASS-CDS (2011)

我々は交通死亡者ゼロを目指す取り組みとして、車両センター側で作動（展開）する乗員の頭部から胸部までを保護するエアバッグ（図-6）が必要になると考え、開発し実用化した。

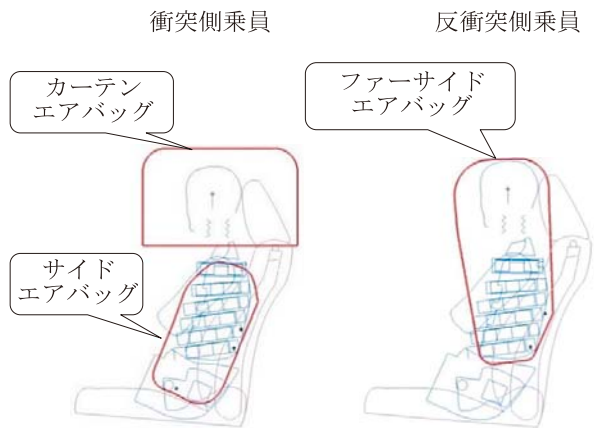


図-6 保護エリア

2. 乗員保護の考え方

2-1. 傷害が発生する原因

2-1-1. 1名乗車時

乗員はシートベルトで拘束されているが、一般的な3点式シートベルトの場合、車両センター側の上半身は拘束されていない（すり抜けが発生）。そのため、1名乗車時に助手席側から側面衝突が起きた場合、乗員は慣性により車両センター側に移動し、その際に隣のシートやコンソールなどの内装物によって頭部や胸部を受傷する。また衝突してきた車により、車両内部に進入してきたドアトリムに頭部を衝突させて受傷する（図-7）。



シートベルトすり抜け

図-7 1名乗員時の側面衝突

2-1-2. 2名乗車時

2名乗車時に側面衝突が起きた場合、反衝突側乗員は1名乗車時と同様、慣性により車両センター側に移動する。一方、衝突側乗員は、衝突してきた車により進入してきたドアトリムに押され、また頭部はカーテンエアバッグの膨張による反発により車両センター側に移動する。この際、乗員の頭部同士あるいは胸部同士が衝突することになり、受傷する（図-8）。

反衝突側 衝突側



図-8 2名乗員時の側面衝突

2-2. 乗員保護の方策

2-2-1. 1名乗車時

側面衝突時に車両センター側に移動する乗員を拘束し、進入してくるドアトリムなどとの衝突を防止するため、下記の機能を備えたファーサイドエアバッグを展開させる(図-9)。

- 1) 車両部品から反力を受けられない車両センター側に対し、乗員がすり抜けないように高圧(硬い)のエアバッグで乗員を拘束する。…機能 a
- 2) 頭部から腰部までを保護する大型のエアバッグをシート内に収納する。…機能 b

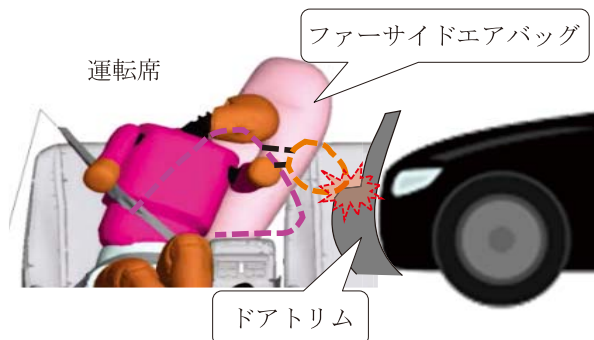


図-9 ファーサイドエアバッグによる1名乗員保護

2-2-2. 2名乗車時

乗員同士の衝突を緩和するため、車両センター側に展開させるファーサイドエアバッグに下記の機能を備える(図-10)。

- 1) 乗員間に引っ掛かる事なくエアバッグを膨張させる。…機能 c
- 2) 乗員同士の頭部の間に安定してバッグを展開させる。…機能 d
- 3) 乗員同士の頭部を柔らかく受け止め、衝撃を緩和する。…機能 e (機能 a と相反する)

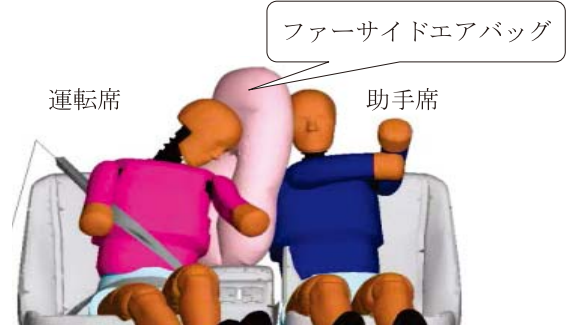


図-10 ファーサイドエアバッグによる2名乗員保護

3. 新開発ファーサイドエアバッグの特徴

3-1. 新テクノロジー1

FRC : Flow Rate Control

前述の機能 a, d, e をエアバッグに備えるため、バッグ内部に隔壁を設定し、胸部チャンバーと頭部チャンバーに分け、開口によりガス流れをコントロールする FRC を開発した(図-11)。

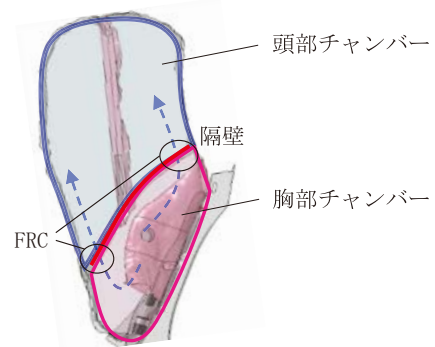


図-11 ファーサイドエアバッグの構造

この FRC により、エアバッグに次の2つの重要な機能を持たせることができた。

3-1-1. 乗員の移動抑制と頭部保護の両立

エアバッグの2チャンバー構造により、胸部チャンバーを高圧にして1名乗車時の乗員移動を抑制し(図-12)、頭部チャンバーを低圧にすることにより2名乗車時の頭部衝突を柔らかく受け止め衝撃を緩和する(図-13)。



図-12 1名乗員時の乗員移動抑制

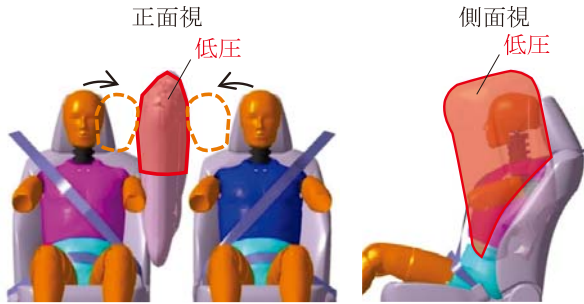


図-13 2名乗員時の頭部衝突緩和

各チャンバーの内圧と、1名乗車時の胸部拘束時および2名乗車時の頭部拘束時の目標内圧を図-14に示す。1名乗員の目標移動量を満足するためには、一定以上の内圧が必要となる。2名乗員の頭部衝撃緩和のためには、エアバッグが柔らかすぎると衝撃を吸収しきれず、頭部同士が衝突してしまう一方で、硬すぎるとバッグからの反力で頭部傷害値が高くなる。したがって、一定以上かつ一定以下の内圧が必要となる。

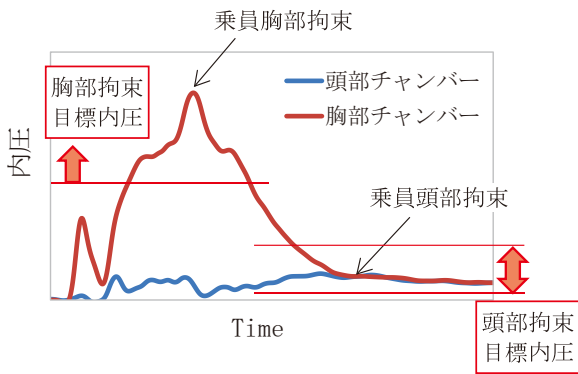


図-14 ファーサイドエアバッグの内圧

1名乗車時の衝突初期に、乗員の肩より下を押さえ乗員を拘束し、2名乗車時の頭部接触発生時に頭部を受け止めて衝撃を緩和できるように内圧をコントロールすることで、1名乗車時と2名乗車時の相反する性能を両立させた。

3-1-2. バッグ内のガス流れ制御による バッグ挙動安定

エアバッグ展開時のバッグ挙動を安定させるために、バッグ内部の流量を制御することに着目した。流量を最適化するためにCAEを活用し、バッグ内部の上側開口幅と下側開口幅の水準などを振ってパラメータスタディを実施した(図-15)。グラフは、目標展開時間以降のエアバッグの最大変位量を示しており、最大変位量が小さいほどエアバッグが安定的に展開することを意味する。結果として、最大変位量が最も小さい上側開口幅と下側開口幅の比率で各開口幅を設定した。

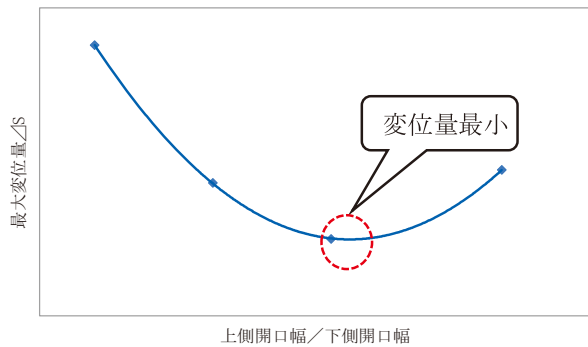
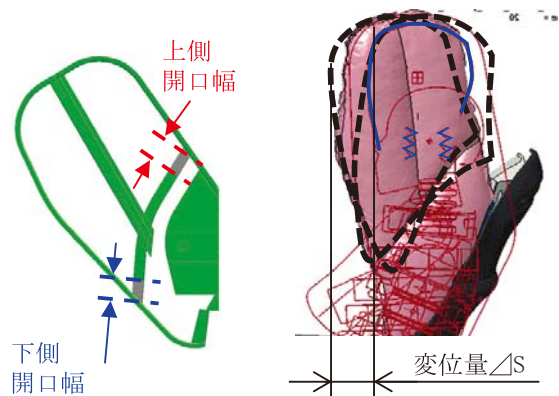


図-15 CAEによる上下開口幅のパラスタ結果

3-2. 新テクノロジー2

FFT : Fan Fold Technology

前述の機能 b, c をエアバッグに備えるため、バッグを扇子状に折り畳む新技術(FFT)を開発し、次の2つの重要な機能を持たせることができた。

3-2-1. 乗員間に大型バッグを展開

2名乗車時、乗員間の狭い隙間に胸部から頭部まで保護する大型バッグを安定的に展開させることが重要である。

腰部から胸部までを保護するサイドエアバッグと比較し大型(約2倍)のファーサイドエアバッグを従来のサイドエアバッグと同じ折り方(図-16)をした場合、バッグが膨張していく過程で頭部保護エリアが車両左右方向に大きく広がるため、助手席乗員に引っ掛かってしまい、頭部まで展開しない(図-17)。

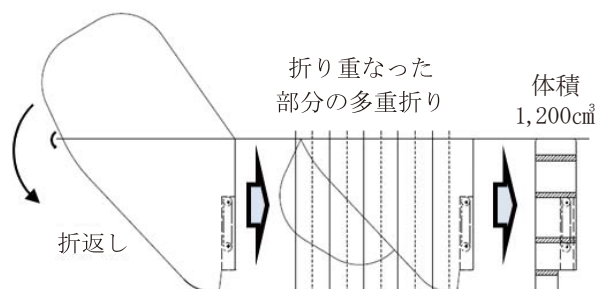


図-16 従来のバッグ折り(サイドエアバッグ相当)

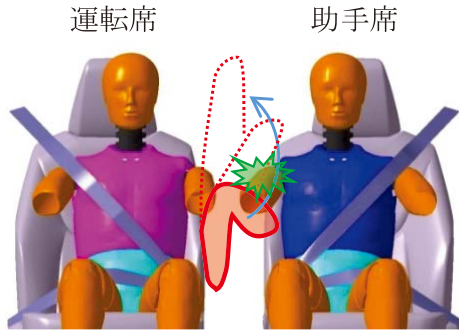


図-17 従来のバッグ折りの展開挙動

そこでバッグ展開途中での引っ掛かりをなくす方策として、扇子の開き方に着目した新たな折り畳み技術（FFT）を開発した（図-18）。

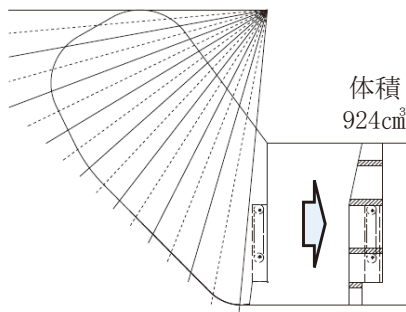
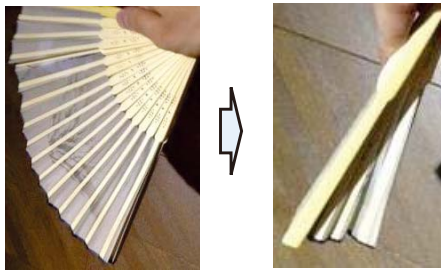


図-18 扇子折り（FFT）

FFTはエアバッグが膨張していく過程で上方方向に展開していくようになるため、乗員間で引っ掛かることがなく、安定的に頭部まで展開させることが可能となった（図-19）。

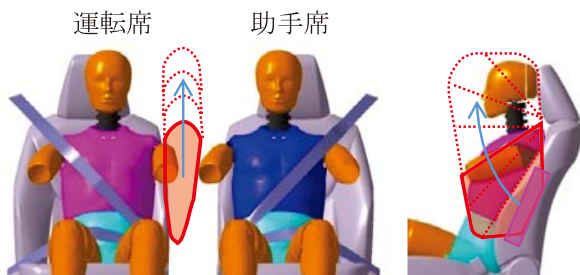


図-19 FFTによるバッグ展開挙動

3-2-2. 大型のエアバッグをシート内に収納

ファーサイドエアバッグを扇子状に折り畳むことは、大型なファーサイドエアバッグをシートへの収納性に対しても有効である。

ファーサイドエアバッグは乗員頭部まで保護が必要でありバッグが高さ方向に大きい。これをサイドエアバッグと同じ折り畳みにした場合には、エアバッグを大きく折り返して高さ方向を小さくする必要があり、折り返して重なり合ったエアバッグをさらに折っていくことにより、モジュールのサイズが大きくなる（図-16）。扇子状に折り畳むことは、左記のように大きく折り返す必要がないため、エアバッグを重ねて折る必要がなく、モジュールのサイズを約23%小さくできる（図-18）。

4. 成果

本内容にて、前席ファーサイドエアバッグの技術開発は完了し現在は量産している。

本ファーサイドエアバッグ技術が採用された車両はEuro-NCAPで満点の安全性能が評価され³⁾、ファーサイド乗員の保護性能の有効性が確認できた。

5. おわりに

本開発にあたりご協力いただきました関係部署の方々に対し、誌面を借りて厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) 内閣府：平成28年交通安全白書
- 2) NHTSA：NASS-CDS 2007-2011
- 3) Euro-NCAP：Rating & Rewards 2020.9

著者



林 丈樹



松崎雄士

クルマの様変わりへの対応 安心・安全・快適なモビリティ社会の実現に向けて

大松直樹^{*1}, 金子岳志^{*2}, 鈴木滋幸^{*3}, 三沢明弘^{*4}

Keeping Pace with the Changing Automobile-Achieving a Safe and Comfortable Mobility Society

Naoki Omatsu^{*1}, Takeshi Kaneko^{*2}, Shigeyuki Suzuki^{*3}, Akihiro Misawa^{*4}

要旨

将来のCASEが浸透したモビリティ社会に向けて、豊田合成はSDGsのゴールNo.3「すべての人に健康と福祉を」、No.9「産業と技術革新の基盤をつくろう」に関する重要課題である安心、安全、快適なシステムの開発に取り組んでいる。インテリアでは、自動運転車に向けた手動-自動の受け渡し技術、さまざまな情報を知らせるディスプレイ、エクステリアでは、センサ向け製品や他車、歩行者との表示によるコミュニケーション製品について目指す姿を紹介する。

Abstract

Toyota Gosei is working to develop safe and comfortable systems related to Sustainable Development Goals No.3, "Good Health and Well-Being," and No.9, "Industry, Innovation and Infrastructure," which are key issues in achieving a future mobility society where CASE technologies have firmly taken root. This article introduces our vision for manual and automatic delivery technologies for autonomous driving and displays that provide various information in vehicle interiors, and products for sensors and communication products that display information to other vehicles and pedestrians for vehicle exteriors.

1. はじめに

豊田合成が取り組む将来モビリティ社会の課題CASE、自動車業界のみならず、将来のモビリティ社会を象徴する言葉として当たり前のように、世界の自動車OEMがCASE戦略としてメディアを賑わし、既に聞き飽きた感もあるが、もともと2016年のパリモーターショーにおいて、Connected（コネクテッド）、Autonomous（自動運転）、Shared & Services（カーシェアリング/サービス）、Electric（電動化）の頭文字をとった造語を使い、当時のダイムラーAG、CEO、メルセデスベンツ会長のディエター・チェツェ氏が提唱した中長期戦略の中で用いたのが始まりである。

高分子自動車製品を主な生業とする豊田合成には縁がなさそうなCASEだが、我々が手掛け

る既存商品の進化に欠かせないキーワードとなると認識している。例えば、Autonomous（自動運転）は2020年から国土交通省の法規にも明文化され、Lv.3（図-1）の自動運転車が市場に登場し始める。

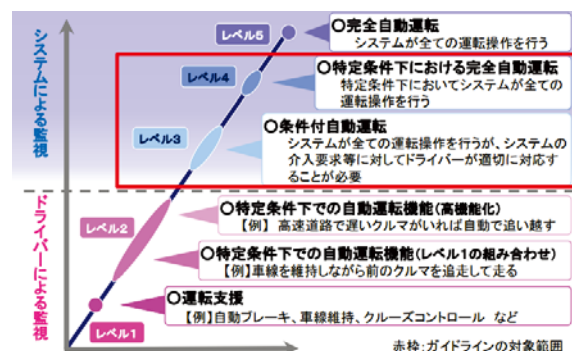


図-1 国土交通省の自動運転計画

*1 商品開発部

*2 商品開発部 内装開発室

*3 商品開発部 ハンドル開発室

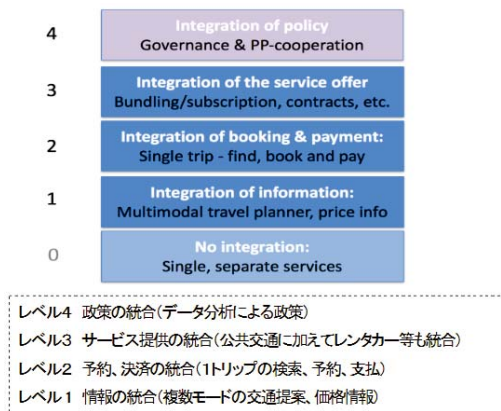
*4 商品開発部 外装開発室

最初は特定の高速道路限定ではあるがクルマ側のシステムに安全義務責任を持たせることでセカンドタスク、例えば車内でドライバーはハンドル操作やアクセル、ブレーキ操作、車線変更や速度制御等、360°あらゆる状況の安全履行をクルマ側が持つことで、例えばドライバーも映画鑑賞ができたり、スマートフォン操作や、当然同乗者とも様々なコミュニケーションをストレスなく楽しむことができるようになると言われていました。

そのような自動運転時代のハンドルとは？自動運転の時の室内の過ごし方は？また従来はドライバーと歩行者がアイコンタクトで取っていたが、自動運転のクルマと歩行者はどうやってコミュニケーションするのか？Electric（電動化）は、エンジンに変わるモーター周りの部品は？電費に影響する空力部品は？燃料タンクに変わる電池周りの部品等々、安心、安全、快適に向けたとりまく課題は枚挙にいとまがない。

また、CASEと同時にモビリティ社会課題解決のキーワードでMaaSという言葉もよく聞かれるようになってきた。様々な移動に係る業種によって定義にばらつきがあるが、一般的には自動車や自転車、バス、電車など、さまざまな交通手段を個別の移動手段としてではなく1つのサービスとして捉え、シームレスにつなぐ新たな移動概念である。

2015年のITS世界会議で設立された「MaaS Alliance」（図-2）では、「MaaSは、いろいろな種類の交通サービスを需要に応じて利用できる一つの移動サービスに統合すること」と定義されている。¹⁾



2 国土交通政策研究所編 69号 2018年夏季

図-2 MaaS Alliance

この中でクルマの役割としては、CASEでいうところのShared & Servicesと親和性が大きく、自家用車やレンタカーの共同利用や、Uber等の配車サービスから将来は無人タクシー等が当てはまると考える。

但し、昨今の新型コロナウイルス感染症の世界的な流行は、この考え方に一石を投じる新たな社会課題をもたらしており、むしろヒトが移動するより、モノやサービスの移動、例えばネット通販、食事のテイクアウト、医薬品等々の自動運転無人配送車ニーズに注目が高まっている。無人運転といえども、いざとなればドライバーが運転を変わり緊急時の対応ができるPOV（Personally Owned Vehicle）と違いすべてをスタンドアロンで制御しなければならない。

自動運転無人配送車も、POV以上に歩行者や、あらゆる社会とのコミュニケーションを取り、安心、安全、快適に目的地にたどり着けるよう、システムやツールが必要となる。

本稿ではこれらの課題に対し、今回はCASEでの、特にハンドルや内装部品に関連するコックピットやキャビンについて、また外装部品、エクステリア周りの将来に向けた取り組みについて紹介していく。

2. コックピットの安心、安全、快適とは

CASEの進化、特に自動運転（Autonomous）の実現で車室内の過ごし方は大きく変化するだろう。独タイムラーが2016年にCASEを唱えてから世界中のOEMが自動運転レベル2を投入しており、今後レベル3投入も控える中、自動運転時のセカンドタスクとして

- ・音楽や映画鑑賞
- ・読書やゲーム
- ・会話
- ・仮眠
- ・食事

等が考えられる。これらは運転から開放された時間を有効に活用する新たな時間と捉えられる（図-3）。



図-3 セカンドタスクのイメージ

一方自動運転については、2020年国土交通省の法規化も進み、レベル3では高速道路等のある条件下ではドライバーがシステムや周辺状況を監視する義務から開放され、セカンドタスクも実現していくことになる。

この自動運転の進化を見据え、“シンプルでより広い、人中心の快適な車室空間”の実現，“自動運転と手動運転を安心、安全に切り替える”コックピットの開発が加速していく。

2-1. コックピットの変化

“シンプルでより広い、人中心の快適な車室空間”の実現として、HMI (Human Machine Interface) に大きな変化がみられる。メーターとセンターディスプレイが大型化されフロントウィンドウにHUD (Head up Display) が表示される。また、スマホ中心に変化したユーザーとつながるディスプレイオーディオの普及や音声認識も格段に進化してきている。将来は、フロントウィンドウ全体がディスプレイに変化したり、快適性へのおもてなしホログラムや照明等が増加し、車がりビングに変化していく (図-4)。



図-4 コックピットの変化のイメージ

同時にスイッチ類を極力減らして、シンプルで多機能な快適車室内を追求する傾向もあり、インパネやハンドルがディスプレイやシート等と連携するために部品メーカー間の連携も重要になるだろう。

2-2. 自動運転での安心、安全

先に自動運転のレベル3投入が近いと言及したが、我々にとって、まだまだ身近なものではなく、世界市場予測でも25年に数十万台、30年に数十万台とゆるやかな成長になるだろう。一方レベル2のような高度運転支援は、成長が予測され、20年500万台、25年は1,300万台、30年は2,500万台と急成長となる。

この高度運転支援を支える技術として

- ・自動ブレーキ

- ・ドライバーモニター
- ・車線維持支援
- ・車線変更支援
- ・側前方衝突回避支援
- ・駐車支援 (カメラ+ソナー、俯瞰映像)
- ・暗視カメラ

等が上げられる。

既に自動ブレーキや駐車支援技術等は身近な技術であるが、今後、拡大が見込まれるドライバーモニターには、ハンズオン/オフ (ハンドルを握っているか/否か)、アイズオフ (運転動作から視線を外す) 等の機能が追加される。これら機能のドライバーへのスムーズな受け渡しを見据えた豊田合成の開発事例を紹介する (図-5)。



図-5 自動運転機能受け渡しイメージ

2-3. 自動運転対応ハンドル

自動車のハンドルは、車とドライバーが最も身近で接点となる製品で、車を操作するときの操舵機能、衝突したときドライバーを保護するエアバッグなどの安全機能、オーディオを操作するスイッチなどの利便機能が装備されている (図-6)。



図-6 ハンドル量産品

今後、自動運転車両の普及が進んでいくが、完全自動運転車両が普及するまでは、ドライバーが

ハンドルを握り運転するシーンが存在し、これまで以上にハンドルが安全性、快適性で重要な役割を果たすことになると考える。

国内における交通事故死亡者数はこれまで衝突安全技術の普及により年々減少してきたが、まだ年間3,000人以上の人が命を落としている。また、運転手の健康状態に起因する事故は、全体の約9%発生している。事故を未然に防ぐ技術としては、人の健康状態を検知する「見守り機能」が考えられる。ドライバーの心理、身体的な状態を判断するため、心拍や体温など人の状態を定量的に測定できる赤外線カメラやサーモカメラの活用が考えられる。このようなセンサーをハンドルに組み込み、ドライバーの正面で生体情報を自動計測し、ドライバーの健康状態を把握することで事故防止に役立つことができる。^{2), 3)}

自動運転技術が進んでも、ドライバーが車両を運転するシーンでは、常にハンドルを握り安全運転を維持することが基本である。しかし、自動運転中はドライバーが車を運転しないシーンも存在するため、これまで以上にドライバーへ車両の状態を分かり易く伝える必要がある。車の状態をドライバーへ直感的に伝える技術としては、「インフォメーション機能」が考えられる。走行車線を逸脱しそうになるとハンドルのディスプレイで危険を表示、LEDの光の色と点灯エリアが変化、ハンドルのグリップが振動、音で注意喚起する。

以上のような通知機能は、ドライバーが運転中に触れるハンドルに装着されることが望ましい(図-7)。

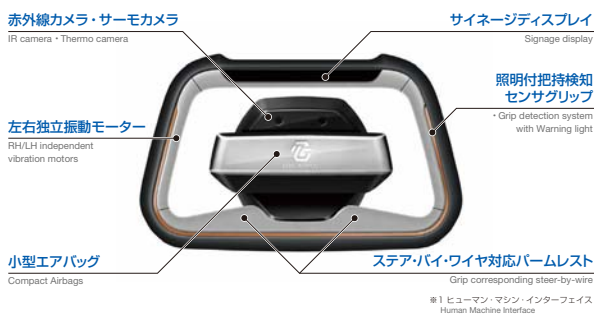


図-7 2019年東京モーターショー出展 自動運転対応ハンドル

また、操作の快適性を向上するためにもハンドルの役割は大きい。これまで車両をUターンするようなシーンでは、ハンドルを操舵する際、ハンドルを2回転以上回し、肩の可動範囲が少ないドライバーの負担となっていた。

将来、ステアバイワイヤ技術が普及すれば、ハンドル操舵は半回転以内となる。この技術の進化により、ハンドルの形状は従来の丸型から四角のような異形状に変化し、ハンドルを回す際にハン

ドルを持ち替えずに回せるようになる(図-8)。



図-8 2019年東京モーターショー出展 バイワイヤ式ハンドル

更にメーターや前方の視界が向上し、車を降りるときに足元空間が大幅に拡大する。

3. エクステリアの将来に向けた取り組み

3-1. エクステリア製品の変化

クルマの自動運転化、電動化に伴い、エクステリア製品も大きく進化をしていく。自動運転化にはミリ波レーダーやLiDARといった各種センサーが車両全周に装備されつつある(図-9)。センサーが搭載されることでクルマのデザインが損なわれる。そこで、センサー機能と意匠デザイン性を確保したエクステリア製品が求められる。

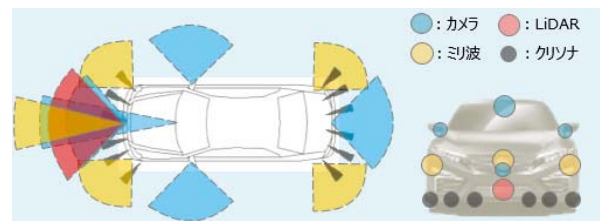


図-9 各種センサー搭載位置例

更に自動運転が進み人が運転しないモビリティが街の中を走行するようになると、今まで運転手と歩行者がアイコンタクトでコミュニケーションを取っていた行為ができなくなる。そうすると運転手の代わりに自動運転のモビリティとコミュニケーションを取る手段が必要になってくる。そのために、光や音などを使ってコミュニケーションをとるエクステリア製品が増えてくると予測される。

電動化においては、走行距離を伸ばしたいため電費向上が求められる。エクステリア製品には、空力特性が求められ、いかに空気抵抗を減らすかが重要になる。そのため、意匠面も凹凸形状からフラット形状になり、開口が必要な部品も必要に応じ開口を閉じるシャッター機能が求められる。

これら変化を捉えた将来の街を描き、そこに必要な開発アイテムを示す(図-10)。



図-10 人とクルマをつなぐエクステリア像

これらアイテムについて、次に紹介していく。

3-1-1. センシング機能関連商品

自動運転に必要なセンサーとして、ミリ波レーダーがある。豊田合成は、そのミリ波を透過するエンブレムを量産している(図-11)。



図-11 ミリ波エンブレム

このようにセンサーの前に電磁波を透過する加飾を施したエクステリア製品を配置することで、車両の意匠性と機能性の両立を実現している。今後は、製品の変化で述べたようにミリ波レーダー以外のセンサーも搭載されていくことから、ミリ波エンブレムと同様に意匠性と機能性を両立した製品が増加していくと予測される(図-12)。



図-12 センサー透過製品例

また、自動運転下では、様々な環境下でもセンサーが作動しなければならない。例えば、降雪の走行時ではミリ波エンブレムのようなセンサー透過製品の表面に雪や汚れが付着しセンサー作動が停止してしまう。そのため、表面の雪を融かす機構や汚れを落とす洗浄機構、更には、雪や汚れが付かない表面状態が求められる(図-13)。このように、自動運転のためにエクステリア製品も機能が向上していく。



図-13 表面洗浄機構事例

3-1-2. コミュニケーション機能付与製品

自動運転レベル4, 5においては、車両システムが全ての運転操作を行うことになる。特に、スマートシティでのラストワンマイル下では、歩行者と自動運転モビリティが共存して通行することが予測されている。その中において、自動運転中のモビリティと歩行者とのコミュニケーションの必要性が求められている。コミュニケーションを取らなければ人とモビリティは、安心、安全、快適に目的地にたどり着くことができない。そのためにエクステリアとしては、光や音を使ったコミュニケーション製品が検討されている。その事例を図-14に示す。



図-14 光と音でのコミュニケーション事例

例えば、前に人が立っていてクルマの前を横切るかを迷っている場合がある。その際、クルマ側のカメラで人を検知し、骨格の動きで行動を予測、グリルを光らせ人に行動を促す(図-15)。



図-15 人検知と表示事例

この技術を使ったコミュニケーション事例を2019年に開催された東京モーターショーに出展したので紹介する（図-16）。

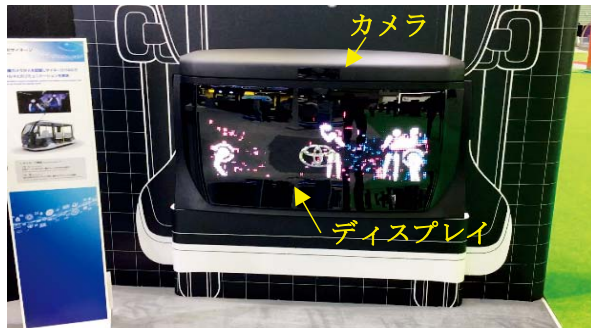


図-16 2019年東京モーターショー出展品

ディスプレイ上部にカメラが搭載されており、そのカメラ画像を人体骨格検知システムにて人の動作を解析、その動作に合わせてディスプレイにコンテンツを表示する提案を行い必要性の反響を得られた。

今後のモビリティには必須のアイテムであり、今回の光表現だけでなく、音声とも兼用することで分かりやすい相互コミュニケーションツールの開発が加速される。

3-1-3. 空力機能付与製品

クルマの電動化において、走行距離を延ばすために空力特性の向上が必要となっている。エクステリア製品においては、走行時に空気の流れを妨げないようにグリルは凹凸形状を無くした同一面意匠になりつつある。また、電池の冷却のために空気の流れ改善の開口が必要な場合においても、充電中など冷却が必要な場合は窓を開け、走行時など空力性能が必要な場合は窓を閉じるアクティブシャッター機能が搭載されつつある（図-17）。



図-17 アクティブシャッター機能事例

このように電動化においてもクルマのエクステリア意匠、機能性が大きく変化していく。

4. まとめ

本報告では、2019年東京モーターショー以降のCASEの取り組みを中心に紹介してきたが、昨今、新型コロナウイルスの蔓延により暮らし方に変化が表れ、MaaS、シェアカー等でのパーソナル空間の安全性が問題になってきている。今後、豊田合成の紫外線LED技術を用いて車室内空間の安全性にも貢献していきたい。

参考文献

- 1) 国土交通政策研究所報 第69号 P2
- 2) 警視庁, 令和元年中の交通事故死者数について, P1
- 3) 国土交通省, 乗務員の健康に起因する事故について 平成24年2月, P6

著者



大松直樹



金子岳志



鈴木滋幸



三沢明弘

サクシヨンブロー製ターボダクトの開発

田中達哉^{*1}

Development of Turbo Ducts with Suction Blow Molding

Tatsuya Tanaka^{*1}

要旨

エンジン吸気系のターボ配管部分の樹脂化について紹介する。従来配管の一部には金属製配管を使用していたが、環境対応で軽量化を求めるニーズに対応すべく、サクシヨンブロー工法を適用した樹脂ターボダクトを開発、量産化を実現。本稿は、その開発事例を紹介する。

Abstract

This paper describes the development of technology to change the material of turbo air pipes in the engine area from metal and rubber to plastic. General turbo air pipes use metal for some parts, but plastic turbo ducts have been developed by Toyota Gosei using suction blow technology in order to respond to the market need for weight reduction and the production of more environmentally friendly parts.

1. はじめに

2015年のパリ協定など地球規模での環境対応を背景に、自動車分野においては、燃費規制対応が求められている。

EVやFCVなど、次世代車の開発が進む一方で、ICE（Internal Combustion Engine、HEVやPHEVを除く内燃機関のみ）の自動車は、富士経済の2019年度レポート¹⁾によると、2030年において50～60%存在すると見込まれていることから、ICE車の燃費向上は、依然として見過ごせない状況である。その対応策の1つとして、車両軽量化＝部品の軽量化は重要であり、今回の部品において、質量▲50%を目標値と置いた。

本稿は、2019年に量産採用されたトヨタグランエース向けサクシヨンブロー製ターボダクト開発に繋がった技術検討結果であり、その設計手法確立を紹介するものである。

2. ターボダクトとは

今回のターボダクトは、ターボエンジンの吸気配管の一部であり、エンジンに空気を供給するための導管である。ターボチャージャーにより

過給された高圧エアを、インタークーラーで冷却してからエンジンに繋がる経路部分に位置する（図-1）。

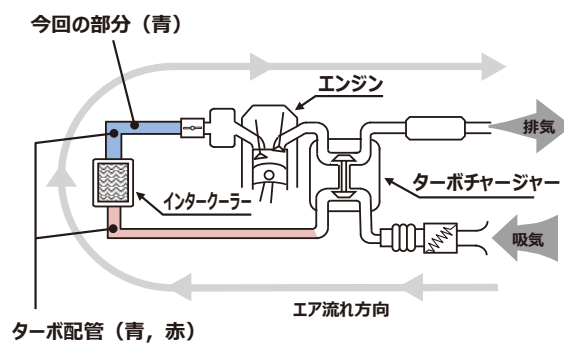


図-1 ターボエンジンの吸気回路図

高温下で高圧が配管内壁に繰り返し加わることから、高分子材料にとって、過酷な使われ方をする部品である。

3. 開発仕様

今回の検討ベース仕様を図-2に示す。

複数の部品を接続した構成であり、試算を行った結果、質量半減するためには全域を樹脂

*1 FC技術部 FC第4技術室

化（樹脂1本化）する必要があることが分かった（図-3）。

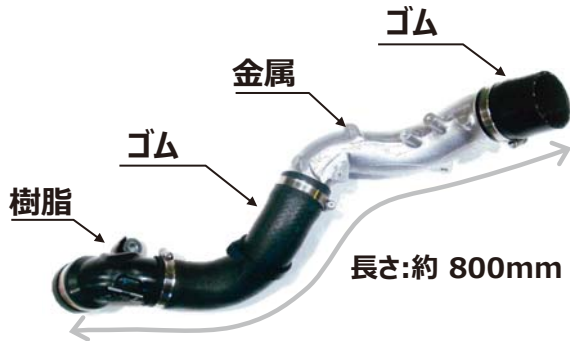


図-2 検討ベース仕様

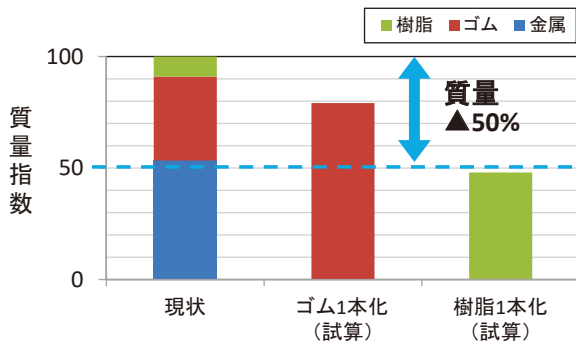


図-3 質量試算結果

検討ベース仕様（図-2）は、各部材質特性に応じ機能を分担する構成である。質量半減仕様は、樹脂1本化の仕様であり、熱やターボ過給圧の入力時において、配管が膨らんで破損しない強さと、エンジンの動きを吸収する柔軟さの2つの相反事象を両立する必要がある。

4. 工法選択

吸気配管は一般に両端径が異なることが多く、径変化させにくい樹脂押出成形は不向きである。今回の樹脂1本化の仕様を行なうためには、筒形状や内径徐変形状を継ぎ目なく成形する必要があることから、ブロー成形を選択した。ブロー成形はダイレクトブロー、エクステンジブロー、サクシヨンブローの3通りに区分できる（表-1）。

表-1 3種類のブロー成形

	ブロー成形		
	ダイレクトブロー	エクステンジブロー	サクシヨンブロー
質量低減率 (従来仕様比)	▲50%	▲30~40%	▲50%前後
製品性能 (耐圧性能)	×	○	○
生産性 (成形サイクル)	○	△	○
総合判定	×	△	○

3種類の工法の特徴について以下に述べる。

ダイレクトブロー工法とは一般に「製品よりも周長の長いパリソン（筒状に吐出した溶融樹脂）を金型で挟みブローする」工法である（図-4）。利点は成形サイクルの短さである。欠点は、金型でパリソンを圧縮融合したPL部が低強度であり、耐圧性が必要な部品では剥離が生じる。よって、高温下で繰り返し加圧されるターボダクトには不適である。

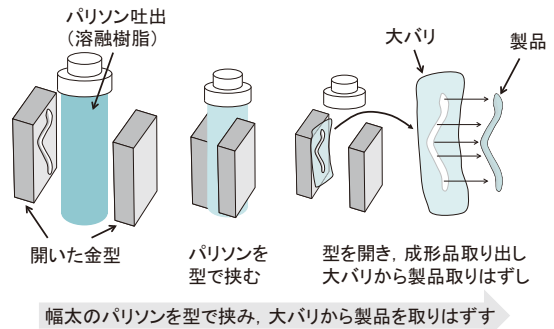


図-4 ダイレクトブロー

エクステンジブロー工法とは「開いた金型に、製品径に見合った太さのパリソンを置き、金型で挟みブローする」工法である（図-5）。利点は、人やロボットが金型にパリソンを置くため、形状自由度の高さ（曲がりの厳しい製品が作れる）にある。欠点は、成形サイクルの長さや質量低減しづらいことである。これは、パリソンを金型に置く際、金型に接触した部分から樹脂の固化が始まることで、先に接触した部分は厚くなり、接触していない部分は固化していないため、その部分がブローにより膨らみ、樹脂が伸びることで肉厚が薄くなる（図-7）。耐圧性が必要な部品では、低強度である薄肉部の肉厚を増す必要があるが、工法的に特定部位のみを選択的に厚くできず、全体の肉厚を一律増すことで、薄肉部の肉厚を確保する。結果的に最初から厚い部分はさらに厚くなるため、質量低減効果が低くなる。

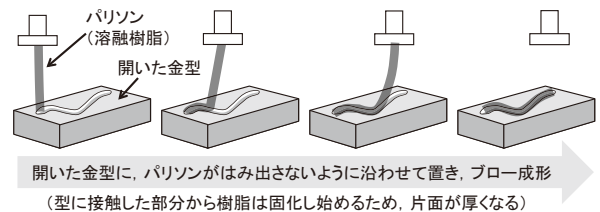


図-5 エクステンジブロー

サクシヨンブロー工法は「閉じた金型内に、パリソンを引き込みブローする」工法である（図-6）。パリソン吐出と同時に、出口側からエア吸引（Suction）を行なうことから、サクシヨンブロー

と呼ばれている（サクシヨンブロー工法の詳細については、豊田合成技報 Vol.61²⁾ 参照）。

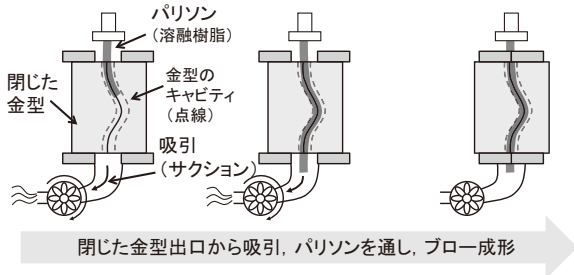
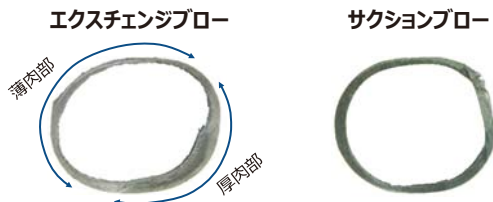


図-6 サクシヨンブロー

サクシヨンブロー工法の利点は、成形サイクルの短さにある。短さゆえに固化の速い材料が成形できることに加え、周方向の厚肉部が比較的少なくなる（図-7）。キャビティ内にパリソンを引き込む工法であり、パリソン片面のみを優先的に冷却固化させないことから厚肉部や薄肉部が発生しにくい。



Exchenge Blowで耐圧性能を確保するには
薄肉部を厚くする → 全体を一律厚くする → 重くなる

図-7 現物断面比較

以上のことから、耐圧性能、成形サイクルに優位性があり、今回の開発目的である質量低減に有利であるサクシヨンブローを工法に選定した。

5. 性能予測技術

5-1. 性能予測技術に必要なツール

ターボ配管の要求機能は、図-8の通りである。配管の端部は、一般にエンジンとボデーに双方に取り付けられることから、配管内でエンジンの動きを吸収する=柔軟さを有しつつ、耐久性が求められる。

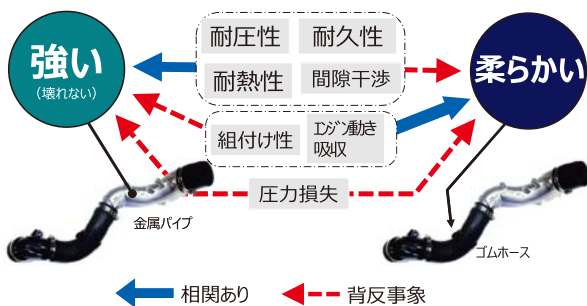


図-8 ターボ配管の要求機能

これを設計段階で必要な予測技術で整理しなおしたものが、図-9である。本稿ではこの中から下記2項目について報告する。

- ・強度設計（強度解析=耐久性予測）
- ・柔軟性設計（反力解析=蛇腹配置の検討）

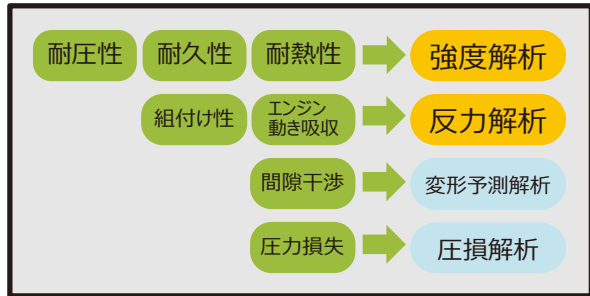


図-9 製品機能と予測技術

5-2. 強度設計

ターボ配管は前述の通り、高温下で、高圧が配管内壁に繰り返し入力するという厳しい使われ方をしている部品である。よって、疲労線図（S-N線図）を用いた寿命予測が必要となる（図-10）。

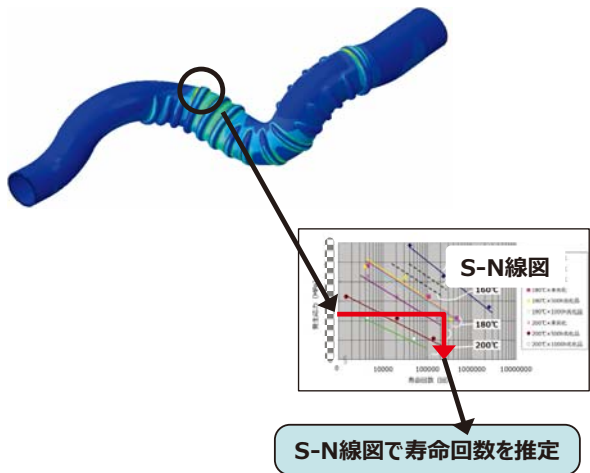


図-10 S-N線図を用いた寿命推定

ブロー製円柱テストピースを用い、製品に加わる熱や繰り返し圧力を負荷する試験で疲労データを測定した。疲労データの蓄積と同時に、同形状で強度解析から応力値を得て、疲労データと解析応力を紐付けたS-N線図を整備した（変形モードや破損部位が実物と解析で一致）。以上のことから、使われ方の厳しいターボダクトで、CAD形状からダイレクトに寿命推定を行なえるようにした（図-11）。

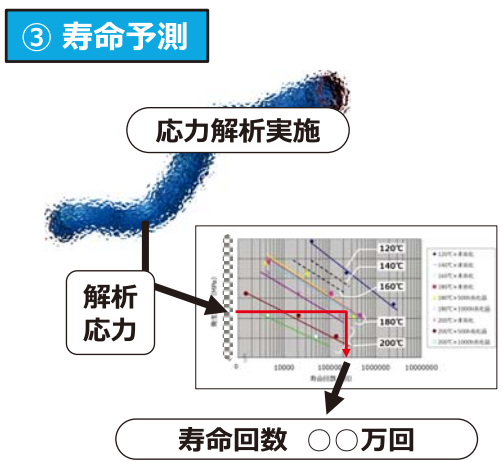
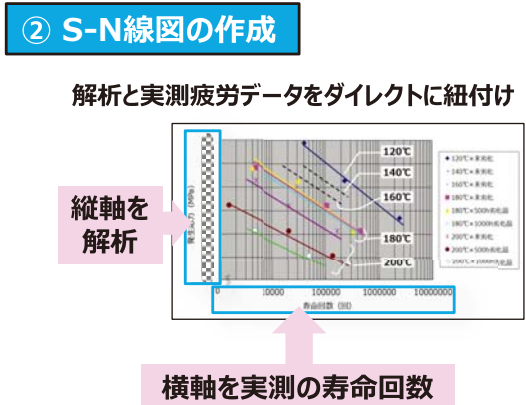
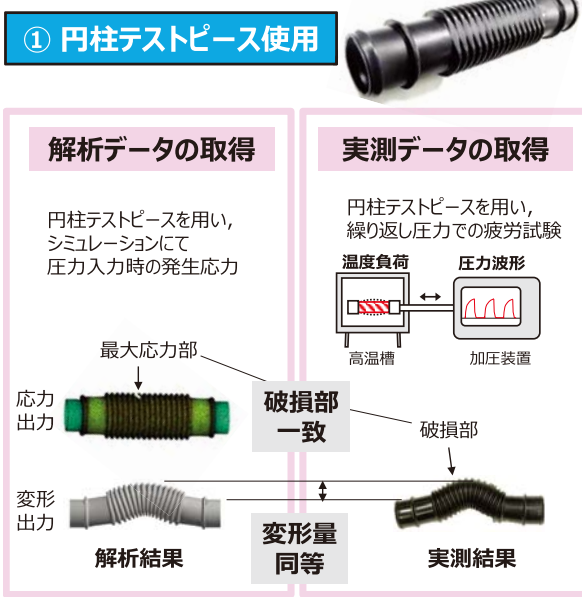


図-11 耐久性予測手法

5-3. 柔軟性設計

柔軟性に関わる機能である組みつけ荷重や屈曲性能は、共にダクト変形時の反力値を指標とした。反力値に寄与する形状要素は、蛇腹配置と蛇腹形状であるが、本稿では、蛇腹配置に絞って記載する。

柔軟性を高める手段として蛇腹を増やすことが考えられるが、この場合、柔軟性は高まるが、背反事象として強度が低下する。

そこで、最適な蛇腹付与設計をするために、まず蛇腹付与エリアをA～Gに区別し(図-12)、各エリアに蛇腹を割付けた時の解析反力値と、前項の強度解析により応力値の出力を行なう。

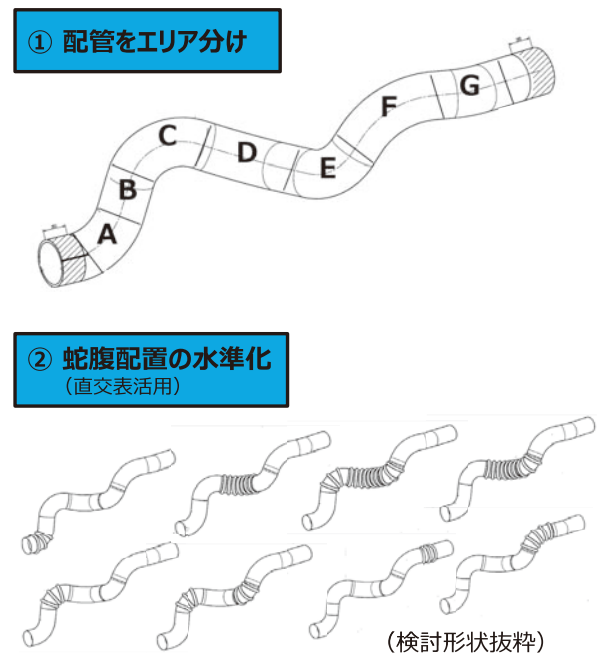


図-12 蛇腹配置の検討形状

これを蛇腹配置ごとに反力値と応力値で整理すると、図-13の通り、相互作用や寄与度が抽出でき、強度と柔軟性を両立した蛇腹数と蛇腹配置が設定できる。なお、蛇腹を付与するほどに、圧損性能は低下するため、圧損解析を用いて、適宜チェックを掛けていくことも重要である。

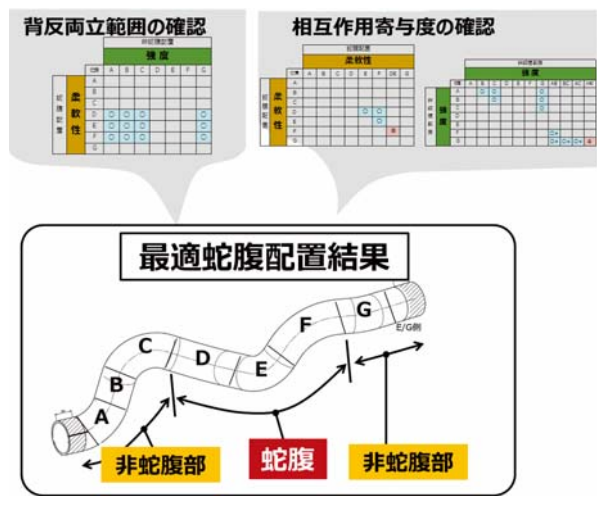


図-13 蛇腹配置の最適化

6. 結果の刈り取り

樹脂1本化仕様にて、質量▲65%に到達(図-14)、実物を用いた検証評価および製品性能のいずれにおいても目標性能を達成した。今回のアプローチをサクシヨンブロー製ターボダクトの設計手法とした。

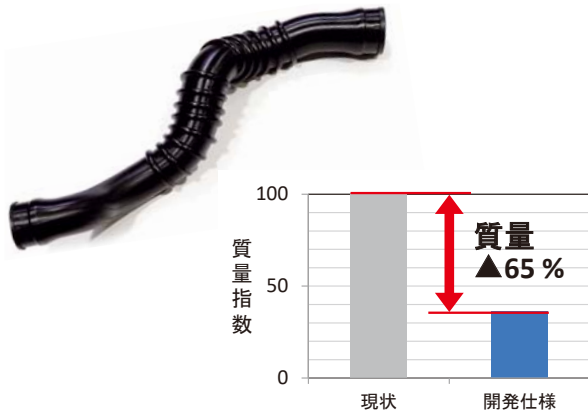


図-14 開発仕様の質量結果

7. おわりに

この取り組みを足がかりに、2019年トヨタグランエース向けターボダクトに量産採用いただいた(図-15)。その開発、量産化に際し、多大にご尽力いただいたトヨタ自動車株式会社 CVボデー設計部、トヨタ車体株式会社 車両基盤企画部の皆様に、改めて感謝申し上げます。



図-15 トヨタグランエース向けのサクシヨンブロー製ターボダクト

参考文献

- 1) 富士経済：2019年版 HEV, EV 関連市場徹底分析調査
- 2) 中井司, 田中達哉, 酒井高明, 千田裕之：豊田合成技報 Vol.61 P56 (2019)

著 者



田中達哉

誘電アクチュエータ用スライドリングエラストマーの力学物性

眞弓皓一^{*1}, 中井孝憲^{*2}

Mechanical Properties of Slide-Ring Materials for Dielectric Elastomer Actuators

Koichi Mayumi^{*1}, Takanori Nakai^{*2}

要旨

高分子エラストマーに環動架橋点を導入することで低ヤング率化, 低ヒステリシスロス化を同時に達成することができる。本稿では, 環動架橋構造を有する環動ゲルの力学物性発現メカニズムについて最新の研究成果を説明する。さらに, 誘電エラストマーアクチュエータ用に開発された SRM において, 環動架橋構造によって低ヤング率と低ヒステリシスロスの両立が実現されたことを紹介する。

Abstract

Slide-ring materials (SRM) are polymeric elastomers with movable cross-linking points composed of ring molecules. The slidability of the cross-links leads to softness and low hysteresis in SRMs, which are beneficial for their application as dielectric elastomer actuators.

1. はじめに

誘電エラストマーアクチュエータは, 従来の無機材料を用いたアクチュエータに比べて軽量であり, 柔らかく大変形可能であるといった特徴を有しており, ソフトロボティクスへの応用が期待されている¹⁾。誘電エラストマーアクチュエータは, 伸縮可能な電極層の間に誘電層である高分子エラストマーが挟まれた構造となっている。誘電エラストマーアクチュエータ用エラストマーに求められる性質としては, 大きな変位を得るために, 誘電率が高く, かつ柔らかい(ヤング率が低い)ことが必要である。さらに, 駆動時のエネルギーロスを最小限にとどめるために, 繰り返し変形時の力学的ヒステリシスも小さくする必要がある。上記の必要要件を満たすために, 豊田合成株式会社は東京大学伊藤耕三研究室と株式会社 ASM との共同で, 誘電エラストマーアクチュエータ e-Rubber[®] の誘電層として, 環動架橋構造を有する新規エラストマー材料である Slide Ring Material (SRM) の開発を行っている¹⁾。環動架橋とは, 高分子鎖同士を環状分子によって連結する架橋構造のことである。東京大学伊藤耕三研究室では, 線状高分子であるポリエチレングリコールが環状分子である α -シクロデキストリンを貫通したネックレス状の超分子

複合体であるポリロタキサンを高分子ネットワークに組み込むことで環動架橋を有するゲル・エラストマー材料を開発しており, 通常の高分子ゲル・エラストマーに比べて低ヤング率かつ低ヒステリシスロスを示すことを明らかにしている²⁾⁻⁴⁾。また, α -シクロデキストリンは大きな双極子モーメントを有しているため, ポリロタキサンを用いることでエラストマーの高誘電率化も期待できる。本稿では, 環動架橋構造が高分子ゲル・エラストマーの力学物性に与える影響について概説した後, 実際に誘電エラストマーアクチュエータに用いられている SRM の力学物性を紹介する。

2. 環動架橋の力学物性への影響

本節では, 環動架橋を導入することで低ヤング率および低ヒステリシスロスを実現できるメカニズムについて, ポリロタキサンを溶媒中で架橋した環動ゲルを例にとりて説明する。

2-1. ヤング率の低減

高分子ゲルおよびゴムを変形させた際に生じる弾性力は, 変形に伴う高分子鎖の形態エントロピー変化が起源である。網目上高分子ネットワークを一軸伸長した際に, 網目構造が材料全体

*1 東京大学大学院 新領域創成科学研究科物質系専攻

*2 先端材料開発部

の変形に相似に変形（アフィン変形）すると仮定すると、材料の弾性率は下記のように表されることが知られている（アフィンモデル）⁵⁾。

$$E_{AF} = \nu k_B T \quad (\text{式-1})$$

ここで、 ν は単位体積当たりの架橋点間部分鎖の数密度、 k_B はボルツマン定数、 T は絶対温度である。

高分子鎖同士が環状分子によって架橋されている場合、架橋点間の部分鎖長が変形に応じて変化するため、この自由度が材料のヤング率にどのような影響を与えるのかを考える必要がある。環動架橋が力学物性に与える影響を調べるため、保田らは粗視化分子動力学（MD）法を用いて環動ゲルの伸長シミュレーションを実施した⁶⁾。まず、軸高分子と環状分子からなるポリロタキサンの分子モデルをバネ・ビーズモデルによって作製し⁷⁾、その後、環状分子同士に結合を生成することで、高分子鎖同士が8の字の架橋点で連結された環動ゲルを作製した（図-1）。環動ゲル内部における環動架橋点のスライドを定量するために、一軸伸長下における架橋点間部分鎖長分布を調べた⁶⁾。その結果、図-2に示したように、伸長状態では、環動架橋点のスライドに伴って、長い部分鎖と短い部分鎖が現れることが明らかとなり、この短い部分鎖の長さが伸長比 λ に対し線形に変化することが分かった。

$$N_{short} = N_0 - N_{slide}(\lambda - 1) \quad (\text{式-2})$$

ここで、 N_{short} は短い部分鎖のセグメント数、 N_0 は伸長前の架橋点間セグメント数、 λ は伸長

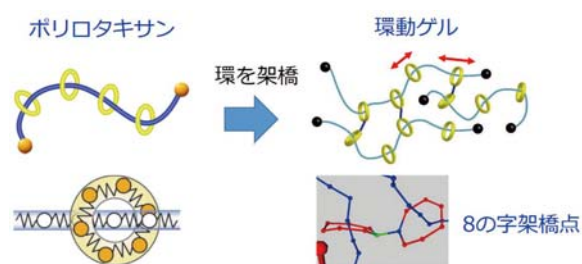


図-1 環動ゲルの作製プロセスと粗視化モデル^{6),7)}

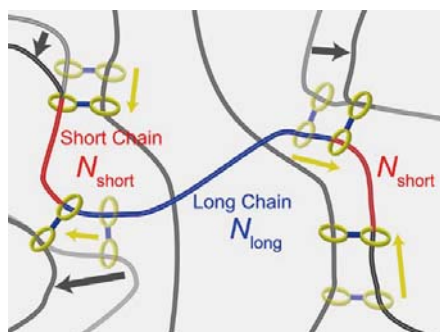


図-2 環動架橋点のスライドによる架橋点間部分鎖長の変化⁶⁾

比である。ここで、 N_{slide} は環動架橋点のスライドする程度を表すパラメーターとなる。以上の知見を元に、環動ゲルの弾性率を記述する理論モデルを構築した⁶⁾。図-3に示したような3 chain modelにおいて、伸長方向をz方向（図-3の垂直方向）とした際に、xおよびy方向からz方向に部分鎖の移動を許すことで環動架橋点のスライドを表現する。z方向の部分鎖のセグメント数は N_{long} 、xおよびy方向の部分鎖のセグメント数は N_{short} となり、式-2に従って伸長に伴って変化するとする。さらに、各方向の部分鎖がガウス鎖であり、網目の変形をアフィン変形であると仮定すると、ヤング率は下記のように計算される⁶⁾。

$$E_{SR} = E_{af} (1 - N_{slide}/N_0)^2 \quad (\text{式-3})$$

ここで E_{SR} は環動ネットワークの弾性率である。式-3は環動架橋点のスライドの程度 N_{slide} と弾性率 E_{SR} をつなぐ理論式となっており、 N_{slide} が0の時（環動架橋点がかたくスライドしない場合）は、ヤング率はアフィンモデルの理論値 E_{AF} に等しく、 N_{slide} が大きくなるにつれてヤング率は E_{AF} から小さくなることを表している。実際に、MDシミュレーションから定量した N_{slide} を用いて式-3から環動ネットワークのヤング率 E_{SR} を計算すると、MDシミュレーションから得られた環動ゲルのヤング率とよい一致を示すことから、理論モデルの正当性が確認された（図-4）。

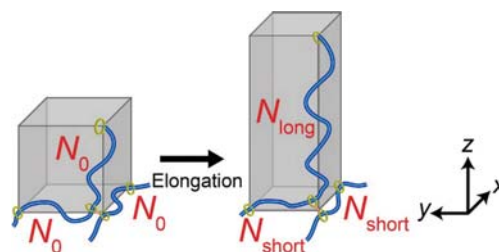


図-3 環動架橋点のスライドを考慮した3 chain modelの模式図⁶⁾

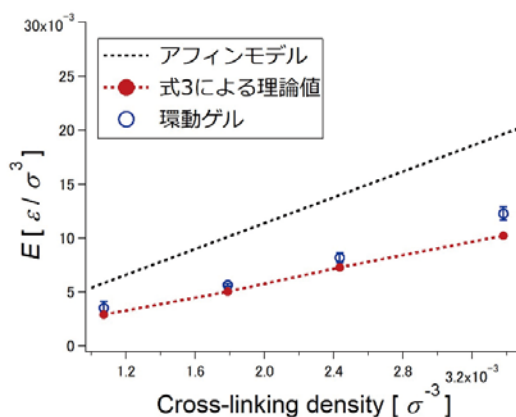


図-4 MDシミュレーションによって得られた環動ゲルにおける弾性率の架橋密度依存性と理論モデルによる予測値⁶⁾

2-2. ヒステリシスの低減

次に、環動ゲルの力学的ヒステリシスについて紹介する。一般に、共有結合によって架橋された高分子ゲル・エラストマーにおいてヤング率を低減しようとする、架橋密度を小さくすることになり、その結果としてダングリッド鎖や網目構造の欠陥の増加によって力学的ヒステリシスロスが増加する傾向がある⁵⁾。このことが、一般の高分子ゲル・エラストマーにおいて、低ヤング率と低ヒステリシスロスを両立することが困難な理由である。環動ゲルにおいては、架橋点のスライドがヤング率の低下につながることは2-1で説明した通りであるが、一方で架橋点のスライドは粘弾性緩和を誘起すると予想される。しかし、実際には、環動ゲルは極めて弾性的な力学応答を示すことが知られており、力学的ヒステリシスは極めて小さい⁸⁾。図-5に環動ゲルの線形粘弾性試験から得られた貯蔵弾性率 E' 、損失弾性率 E'' の周波数依存性を示す。貯蔵弾性率 E' の周波数依存性はほぼ見られず、損失弾性率 E'' よりも十分に大きいことから、弾性的な力学応答を示していることが分かる。また、大変形下における力学応答として、一軸伸長の負荷・除荷試験結果(歪み: 0% → 100% → 0%)を図-6に示すが、力学的ヒステリシスはほぼ見られず、環動ゲルは弾的に振る舞うことが分かる。また、図-6の点線は、理想ゴム弾性理論(Neo-Hookeanモデル)によるフィッティング結果であるが、伸長比2倍程度まで実験データとよい一致を示していることが分かる。環動ゲルの応力歪み特性が広い歪み領域で理想ゴム弾性理論と整合するという結果は、環動ゲルの二軸伸長試験によっても示されている⁹⁾。環動ゲルでは、変形に応じて、環動架橋点のスライドすることで網目構造が均一化され、応力集中が緩和されることが、理想ゴム弾性体としての振る舞いを生み出していると考えられる。

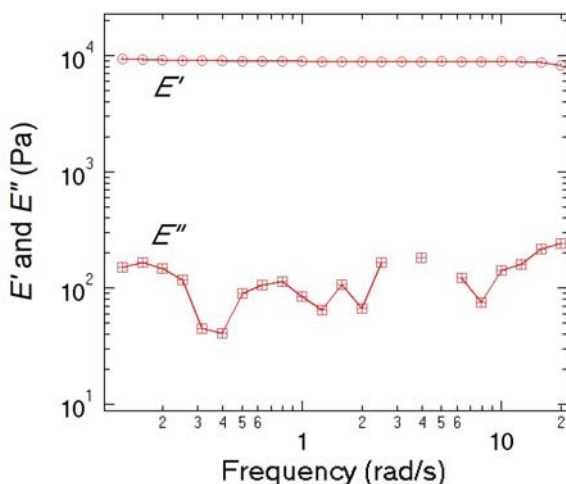


図-5 環動ゲルの粘弾性試験結果⁸⁾

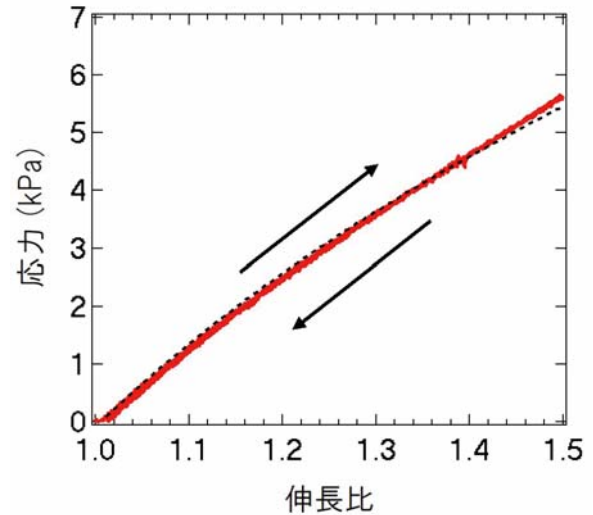


図-6 環動ゲルの負荷・除荷試験における応力・伸長比曲線⁸⁾

以上のように、環動ゲルは広い歪み域において理想ゴム弾性モデルによって記述される弾性的な力学応答を示し、力学的ヒステリシスロスはほぼ観察されないことが分かった。環動ゲルにおいて、可動架橋点のスライドすることによる力学緩和は起こると考えられるが、その緩和時間は、通常の力学試験で測定する時間スケールよりも十分速いと予想される。つまり、環動ゲルにおける8の字架橋点のスライドダイナミクスは、一般的な可逆架橋点の解離ダイナミクスよりも十分速いことが示唆される。実際にポリロタキサンの溶液中における環状分子のスライド拡散係数を全原子MDシミュレーションによって定量したところ、環状分子は10nm程度の距離を μs 程度の短時間で拡散することが明らかとなっている¹⁰⁾。

3. 誘電エラストマー用 SRM の力学物性

3-1. SRM の分子構造

ここから誘電アクチュエータで用いられている環動エラストマー(SRM)について紹介する。図-7にSRMの模式図を示す。線状高分子であるポリエチレングリコールが環状分子である α -シクロデキストリンを貫通したポリロタキサンを合成し、さらにポリロタキサンの α -シクロデキストリンにポリ ϵ カプロラク톤をグラフトした。このポリロタキサンのポリ ϵ カプロラク톤末端水酸基同士を架橋剤で連結することで環動ネットワークを作製した。架橋部位の高分子鎖部分にポリロタキサンとの相溶性が高いためポリエチレングリコールを用いることで溶媒を用いないエラストマー作製を実現している。また、ポリエチレングリコールは、主鎖に酸素

原子を有する A 型高分子であり、高い誘電率を有しているため分子構造内に組み込むことで α -シクロデキストリンの大きな双極子モーメントを失われず SRM が高い誘電率を有している。

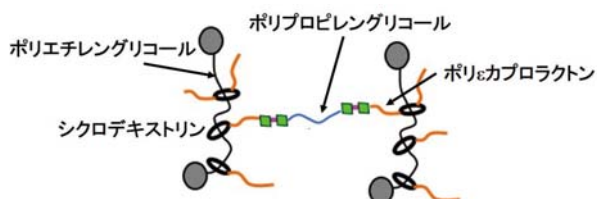


図-7 SRM の模式図

3-2. 粘弾性特性および大変形挙動

図-8にSRMの粘弾性試験結果を示す。図-5に示した環動ゲルの場合と同様に、SRMの貯蔵弾性率 E' は損失弾性率 E'' よりも十分大きく、また測定した温度範囲で力学緩和は観察されなかった。 E' は0.8MPa程度と極めて小さく、環動架橋による低ヤング率化が達成されていると考えられる。また、貯蔵弾性率 E' の絶対温度に対する依存性を図-9に示す。貯蔵弾性率は絶対温度 T に比例していることが分かり、環動架橋材料のヤング率を表す式-3と整合した。このことから、SRMの力学応答はエントロピー弾性に支配されていることを確認することができた。

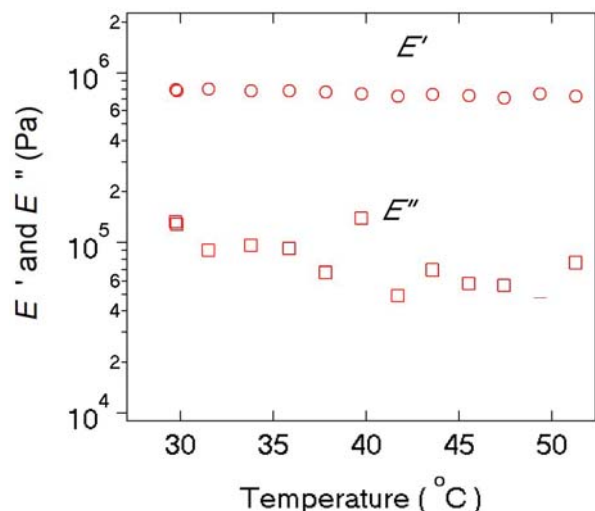


図-8 SRM の粘弾性試験結果

図-10に負荷・除荷試験時におけるSRMの応力・伸長比曲線を示す。図-6に示した環動ゲルの場合と同様に、ヒステリシスはほとんどないことが分かる。このことから、SRMは大変形下においても低ヒステリシスロスを示すことが明らかとなった。また、図-10の点線が理想ゴム弾性モデルによるフィッティングになるが、伸長比1.5程度まで理想ゴム弾性モデルとよい

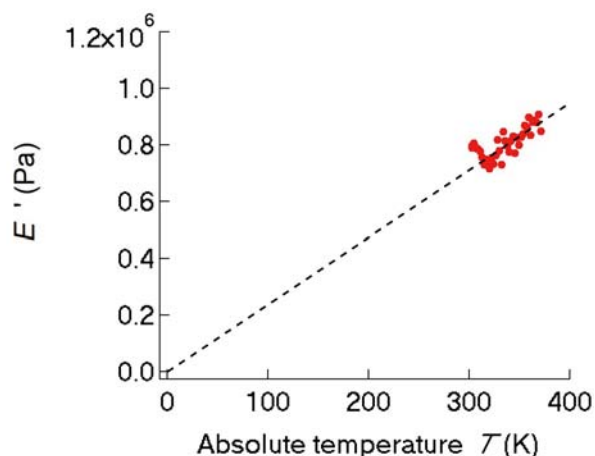


図-9 SRM の貯蔵弾性率の温度依存性

一致を示すことが分かる。以上の結果は、環動ゲルと同様であり、SRMにおいても、環動架橋点のスライドによって低ヤング率化と低ヒステリシスロスの両方が達成されたことが示唆された。

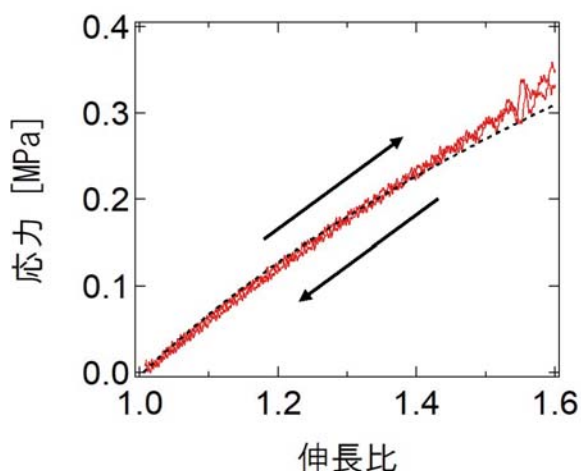


図-10 SRM の負荷・除荷試験における応力・伸長比曲線

4. まとめ、おわりに

本稿では、環動架橋点のスライドによる低ヤング率化、低ヒステリシスロスのメカニズムを説明し、また誘電エラストマーアクチュエータ用に開発されたSRMにおいても環動架橋による低ヤング率と低ヒステリシスロスの両立が達成されたことを紹介した。誘電エラストマーアクチュエータは今後様々な用途に展開されることが想定されており、環動架橋構造の最適化によって、SRMの更なる力学物性改質を目指していきたい。

参考文献

- 1) 眞弓 皓一, 中井 孝憲, 高分子, 69 (5), 212 (2020)
- 2) Y. Okumura, K. Ito, *Adv. Mater.*, 13, po.485 (2001).
- 3) K. Ito, *Polym. J.*, 39, p.489 (2007).
- 4) K. Ito, K. Kato, K. Mayumi, Polyrotaxane and slide-ring materials, Royal Society of Chemistry (2015).
- 5) M. Rubinstein, R. H. Colby, Polymer physics, Oxford university press (2003).
- 6) Y. Yasuda, T. Masumoto, K. Mayumi, M. Toda, H. Yokoyama, H. Morita, K. Ito, *ACS Macro Lett.*, 9, p.1280 (2020).
- 7) Y. Yasuda, M. Toda, K. Mayumi, H. Yokoyama, H. Morita, K. Ito, *Macromolecules*, 52, p.3787 (2019).
- 8) C. Liu, H. Kadono, K. Mayumi, K. Kato, H. Yokoyama, K. Ito, *ACS Macro Lett.*, 6, 1409 (2017).
- 9) Y. Kondo, K. Urayama, M. Kidowaki, K. Mayumi, T. Takigawa, K. Ito, *J. Chem. Phys.*, 141, 134906 (2014).
- 10) Y. Yasuda, Y. Hidaka, K. Mayumi, T. Yamada, K. Fujimoto, S. Okazaki, H. Yokoyama, K. Ito, *J. Am. Chem. Soc.*, 141, 9655 (2019).

著 者



眞弓皓一



中井孝憲

第三世代 Na フラックス法を用いた パワーデバイス用 6 インチ GaN 基板の開発

守山実希^{*1}, 藤森 拓^{*1}, 浅見慎也^{*1}, 岩田康生^{*1}, 佐藤峻之^{*1}
長島加奈^{*1}, 福本 滋^{*1}, 山崎史郎^{*1}, 永井誠二^{*1}

Development of 6-inch GaN Substrates for Power Device Applications Using the 3rd Generation Na-Flux Method

Miki Moriyama^{*1}, Taku Fujimori^{*1}, Shinya Asami^{*1}, Yasuo Iwata^{*1}, Takayuki Sato^{*1}
Kana Nagashima^{*1}, Shigeru Fukumoto^{*1}, Shiro Yamasaki^{*1}, and Seiji Nagai^{*1}

要旨

窒化ガリウム (GaN) パワーデバイスの実用化には、GaN 基板の高品質化と大口径化が不可欠である。豊田合成は、環境省が主導する国家プロジェクトに参画し、Na フラックス法を利用した高品質 6 インチ GaN 基板の実現に取り組んでいる。本稿では、大阪大学と連携して実施中の第三世代 Na フラックス法による GaN 結晶成長技術の開発状況と、その実用化に向けた取り組みについて説明する。

Abstract

Higher quality and larger diameter GaN substrates are essential for practical applications of gallium nitride (GaN) power devices. Toyoda Gosei is participating in a national project led by the Ministry of the Environment and is working with Osaka University to achieve high-quality 6-inch GaN substrates using the Na-flux method. This paper describes the development status of GaN crystal growth technology with the third-generation Na-flux method implemented in this project, and efforts for practical applications.

1. はじめに

1-1. SDGs に対する次世代パワーデバイス用 材料開発の重要性

先端材料開発部では、自動車領域に限らず、新たな事業領域における将来ビジネスの創出に向けて、様々な材料開発テーマに取り組んでいる。自動車領域においては、CASE や MaaS への対応に代表される「安全・快適」への寄与を、そして新事業領域においては「Sustainable Development Goals (SDGs: 持続可能な開発目標)」に掲げられた 17 の開発目標の中から「7. エネルギーをみんなにそしてクリーンに」「13. 気候変動に具体的な対策を」への寄与を念頭に置き、材料開発テーマを幅広く選定している。それらの中でも、エネルギー消費量の低減による低炭素社会の実現は喫緊の課題と捉えており、“早く、広く”普及可能な省エネルギー技術として、新半導体材料を用いた

高効率デバイス技術への期待は大きい。

豊田合成では、窒化ガリウム (GaN) を用いた高効率青色・白色 LED 製品の開発、量産で培った技術や知見を活かし、GaN パワーデバイスの研究開発を続けている。これまでに、大電流・高速動作が可能な縦型 GaN パワーデバイスの開発を通じ、その潜在能力の高さを実証してきた^{1),2)}。同技術を“早く、広く”普及させ、SDGs への貢献を果たすためには、素子の高性能化と低価格化が不可欠であるが、それには高品質・大口径・低価格の全てを満足する GaN 基板の実現が急務となっている。

このような背景から、先端材料開発部ではコアコンピタンスの一つである GaN 結晶成長技術を生かし、パワーデバイス実用化に向けた大口径 GaN 基板の開発に取り組んでいる。その中核となる技術が、ナトリウム (Na) フラックス法による GaN 結晶成長技術である。

*1 先端材料開発部

1-2. 豊田合成における Na フラックス法の開発状況 (～ 2017 年)

Na フラックス法とは、Na を溶媒とした液体原料 (Na-Ga 溶液) を利用することにより、800℃～900℃、3MPa～5MPa の窒素雰囲気において、GaN 結晶の液相成長を可能にする方法である^{3)~5)}。われわれは、2004 年から大阪大学森勇介先生のご指導を仰ぎ、Na フラックス法の研究開発を開始した。その後、経済産業省/NEDO 主管の国家プロジェクトにも参画し、2011 年には直径 8 インチ以上の大口径結晶を成長可能な大型育成炉を社内に設置した。同炉を用いた 2 インチ結晶の多数枚同時成長や 6 インチサファイア基板全面へのクラックフリー成長技術の開発⁶⁾を通じ、Na フラックス法による大口径 GaN 基板の実現可能性を見出すことができたが、実験再現性の低さと結晶内部の残留 Na (インクルージョン) の二つが実用化に対する大きな課題として残されていた。国家プロジェクト後はこれらの課題解決に向け、Na フラックス法の実験再現性に影響を与える諸因子の抽出に注力し、成長環境の厳密管理による実験再現性の向上とともに、雑晶およびインクルージョンの抑制にも成功した。社内に蓄積された要素技術やノウハウを利用することにより、サファイア基板上に Na フラックス法で育成した GaN 結晶を用い、インクルージョンフリーの GaN 基板を作製する工法を確立した (図-1)。できるだけ短時間に大量の結晶を成長可能なシンプルな成長法を採用することにより、大口径結晶の大量生産にも対応可能な工法を構築できたが、品質とコストの面では既存の基板製造法に対して特別の優位性を見出すには至らず、大口径基板の実用化に対しても、他の製造法と同様の課題を抱えていた。このまま技術開発を継続していても、早期の課題解決は困難であることが明らかであったことから、開発の方向性を大きく変えることを余儀なくされた。



図-1 3インチサファイア基板上にNaフラックス法 (第一世代)で成長後、剥離した自立GaN結晶。(左)研磨後の結晶(右)as grown結晶

1-3. GaN 基板実用化の課題

社内での Na フラックス法開発に限らず、パワーデバイス用 GaN 基板の実用化が難航している原因の本質は、引き上げ法によるバルク結晶成長法が使えないところにある。その代替として最も広く使われているのが、異種基板上に厚い GaN 結晶をヘテロエピタキシャル成長させる方法であり、既存の比較的安価な大口径基板を種基板に使える利点に対して、基板と GaN との物性差に起因して転位や反りの発生を招きやすいという欠点を持つ。as grown 結晶に反りが生じると、研磨による平坦化のために余計な厚膜化が必要になるのに加え、研磨後の基板面内にオフ角の面内分布が生じてしまう⁷⁾。基板表面の性質はオフ角の変化に敏感であり、オフ角分布を有する基板上では素子特性の面内分布拡大による歩留まり低下が懸念されるため、as grown 結晶の反りは可能な限り抑制すべきと考えられる。これらの問題は 2 インチ程度の基板では大きな問題にはならないとしても、6 インチ以上の大口径基板の製造にとっては致命的になる。

より高品質で反りの小さい結晶が得られる成長手法として、横方向成長を利用した口径拡大法などが提案されており、最近では 4 インチ基板の可能性に言及した報告例も存在するが⁸⁾、パワーデバイスの製造に適用可能な 6 インチ以上の高品質 GaN 基板の実現可能性を具体的に語る方法は筆者の知る限り存在していない。基板開発の遅れは、デバイス開発に対する停滞感、消極性を助長し、それがまた基板の開発を遅らせるという悪循環を招くことになる。両者の関係は鶏と卵の関係ではあるが、SiC や酸化ガリウムなどの競合と比べて GaN 基板の実用化は明らかに遅れをとっていることを考えれば、基板開発の進展を急ぐことが先決であろう。

1-4. 国家プロジェクト参画による新たな試み

こうした状況を打破するには、反りのない大口径 GaN 結晶を実現可能な革新的な結晶成長技術の開発はもちろん、基板が実用化されるまでの期間、ある程度リスクがあっても企業内で基板やデバイスの研究開発や量産検討を進められるような「仕掛け」が不可欠になってくる。そういった観点から、国家プロジェクトによる技術開発、支援体制の構築は極めて重要な意味を持つ。

われわれは 2018 年度から環境省が主導する国家プロジェクト「未来のあるべき社会・ライフスタイルを創造する技術イノベーション事業」^{注1)}に参画し、従来の社内基板開発とは異なる視点、

注1) 以下、本稿ではこれを環境省プロジェクトと表記する

体制で GaN 基板開発を再スタートさせた。環境省プロジェクトは、GaN 基板の開発をベースに、その上のエピ成長技術や光・電子デバイスなどの研究開発と、開発された高性能素子を使った応用製品の開発、社会実装による CO₂ 削減効果の検証を主眼においた大型プロジェクトである。本稿では大阪大学を中心とする GaN 基板開発グループにおける取り組みのうち、豊田合成が担当する技術範囲に絞って説明する。次節では、同プロジェクトで取り組んでいる、新規の Na フラックス法についてその概要を説明し、第三章では社内大型炉における具体的な開発状況について紹介する。第四章では GaN 基板実用化に向けた取り組み状況と、今後の展望について述べる。

今後、企業における技術開発では、SDGs への貢献への要求はさらに高まると予想される。こうした時代に対応するには、産官学の連携による国内産業および大学・研究機関の活性化は重要なテーマであり、本プロジェクトにおける取り組みは非常に興味深い。プロジェクトが現在進行形であるため、途中経過での報告となり技術論文としては些か物足りない内容になってしまうが、今後の基板開発動向や同プロジェクトにおける様々な技術開発成果に少しでも期待や関心を持ってもらえれば十分と考え、本誌で紹介させていただくことにした。

2. Na フラックス法を用いた高品質 GaN 結晶成長技術の進展

本章では Mori らのレビュー⁹⁾に習い、Na フラックス法による GaN 結晶成長技術の進展について説明する。従来の成長法（第一世代）に対して、高品質結晶を成長するため新たに開発された Na フラックス法を第二世代、第三世代と分類し、それぞれの概要を説明する。

2-1. 第二世代 Na フラックス法

第二世代の Na フラックス法（以下、2GFx 法と表記する）では、数百 μm 径の MOCVD-GaN 種結晶（ポイントシード：PS）をサファイア基板上に分散配置したマルチポイントシード（MPS）基板（図-2）を種基板に使い、各 PS 上に選択的に GaN 結晶を核生成させた後、成長→合体させることで GaN の連続膜を得る（図-3）。2GFx 法の特徴、利点としては（1）基板全面にシード層が形成された種基板を用いる従来法に比べ、反りを大幅に低減できる、（2）GaN 微結晶の成長・合体に伴う横方向成長により、貫通転位密度の低減が期待できる、（3）サファイア基板と GaN 結晶の接合面積が少なくなるため、サファイア基板から GaN を剥離しやすくなる、などが挙げられる。

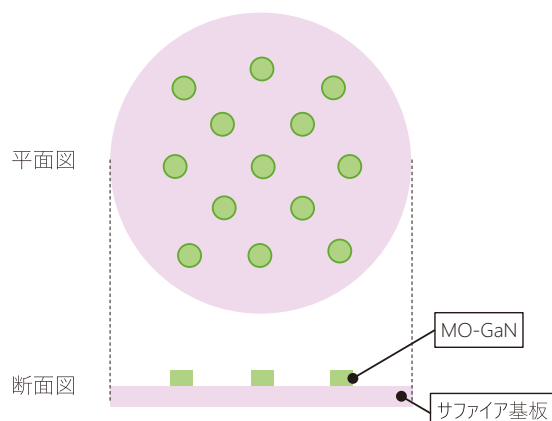


図-2 マルチポイントシード（MPS）基板の模式図

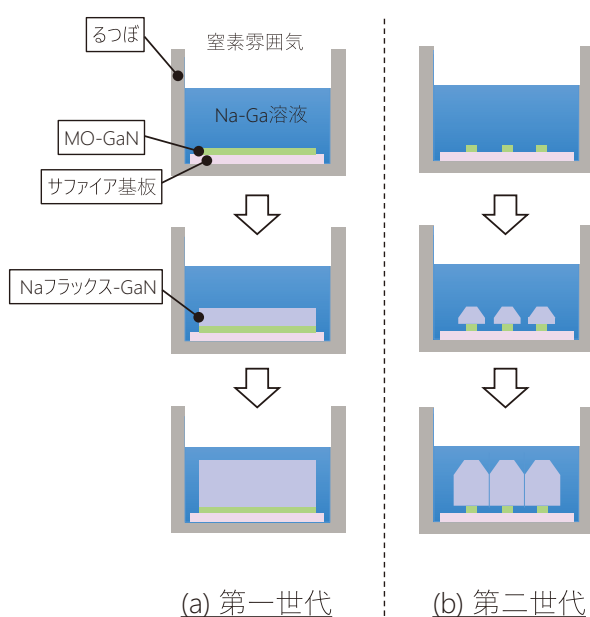


図-3 第一世代および第二世代のNaフラックス法

2GFx 法を成立させるために最も重要なのは、PS 以外の領域（サファイア基板表面）に余計な GaN 結晶を全く成長させないことであるが、一般的な気相法ではこのような成長は難しい。2GFx 法は、MPS 基板上での GaN シード層への成長選択性が高いという Na フラックス法の特徴を巧みに利用することにより、数百 μm 径/間隔の MPS 基板上への GaN 微結晶の成長、合体による連続膜の成長を実現している。

2-2. 第三世代 Na フラックス法

2GFx 法を利用することにより、GaN 結晶の反りを低減することが可能になるが、微結晶同士が会合した界面が結晶中に残るため、そのままでは基板として使用することが難しい。これを解決するため、Flux Film Coated (FFC) 法による平坦化技術と、1GFx 法による C 面方向の厚膜化成長を組み合わせた第三世代 Na フラックス法（以下、

3GFx 法と表記する) が考案された (図-4)。3GFx 法は「2GFx 法→FFC 法→1GFx 法」という成長工程からなる。まず 2GFx 法で MPS 基板上に GaN 微結晶を成長させた後、成長炉内で MPS 基板を原料溶液から液外に引き上げる。引き上げられた MPS 基板上では、微結晶表面のファセット面で囲まれた凹み部分に原料溶液が溜まった状態が実現される。この状態のまま炉内で保持しておく、原料溶液が溜まった凹み内部だけで Na フラックス法により GaN を成長させることができる。原料溶液中の Ga が消費されると成長は停止してしまうので、再び MPS 基板を原料溶液に浸漬し、引上げ→保持→浸漬…のサイクルを繰り返すことで凹みを埋めていく。一回のサイクルで成長する GaN の厚さは数 μm 程度であるが、下地のファセット面を維持したまま層状成長が繰り返されるので、FFC 法を利用することで凹み内部を精度よく埋め込み、平坦化させることができる。FFC 法による平坦化が完了した後は、結晶を原料溶液中に浸漬させたまま保持し、通常の 1GFx 法を使って GaN を c 面方向に成長させて厚膜化する。十分な厚さまで成長させた後、再び結晶を原料溶液外に取り出したまま降溫すると、冷却による熱歪みによりサファイア基板から GaN 結晶が自己剥離し、GaN 結晶を自立化することができる。

FFC 法では、成長炉内で結晶を数百回レベルで上下移動させるため、炉内に稼働機構をもたせ、結晶を保持するための治具ごと原料溶液に浸漬しなければならない。これらの外乱因子が結晶成長に与える影響が懸念されるが、大阪大学では 3GFx 法を用いて 3 インチ MPS 基板からクラック

フリー GaN 結晶を自立化し、2 インチ GaN 基板を作製することに成功しており⁹⁾、同手法による基板作製が可能であることは実証済みである。得られた基板の貫通転位密度や反りが、市販 GaN 基板と比べて大幅に改善されることも報告されている。大阪大学では、2 インチ GaN 基板の試作・高品質化を軸に、結晶品質向上のメカニズム解明や、高品質 GaN 結晶の作製指針となる基礎的な研究開発に精力的に取り組んでおり、3GFx 法による 2 インチ GaN 基板のさらなる高品質化が期待される。

3. 社内大型育成炉における大口徑 GaN 結晶成長技術の開発状況

3-1. 大型育成炉への技術移管に対する課題と開発の進め方

本プロジェクトにおける豊田合成の役割は、社内大型炉に大阪大学で開発された 3GFx 法の技術を移管し、6 インチおよび 8 インチの MPS 基板から、それぞれ 4 インチおよび 6 インチの高品質 GaN 基板を作製することにある。しかし、量産工程で広く使用されている MOCVD 法や HVPE 法とは違い、未だに開発段階にある Na フラックス法の技術移管を短期間を実現することは容易ではない。実際に事前の検証実験により、大阪大学で使用している標準的な温度、圧力などの実験条件を社内炉に適用したところ、両者の成長挙動が全く異なることが明らかになった。この結果をうけ、大阪大学の成長レシピを単に模倣するのではなく、従来の社内での成長条件をベースとして、大型炉

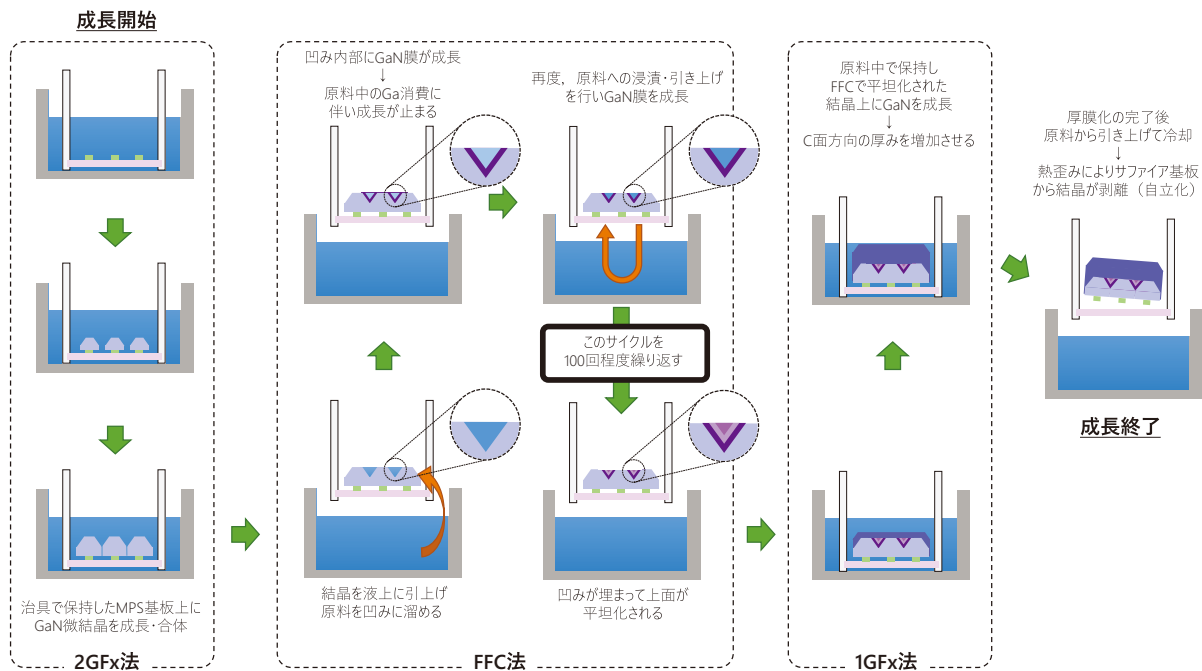


図-4 第三世代 Na フラックス法における工程の流れ

の 1GFx 法で確立された結晶成長挙動の制御法やノウハウを利用した条件修正を適宜行っていく方法を選択した。できるだけ短期間で 3GFx 法による GaN 結晶の自立化を成功させることを最優先の目標に設定し、育成実験を開始した。

3-2. 大口径 MPS 基板の開発

大型炉における Na フラックス法の育成実験について述べる前に、3GFx 法におけるもう一つの重要開発テーマである大口径 MPS 基板開発について述べる。MPS 基板の作製法には、MOCVD 法を用いたいわゆる選択成長法を用いており、あらかじめサファイア基板に形成されたマスクパターンを用いて、ドット状の GaN を形成させる。大口径化にあたっては、PS 形状の面内均一性が求められる。特に PS の抜けた場所が存在すると、そこを起点としてインクルージョン等のマクロ欠陥が生じるため、PS 抜けは全面でゼロにしておかなければならない。現在では、6 インチ MPS 基板にシード欠損ゼロの基板を作製できており、実験前の検査によりシード異常の少ない基板を選別し、育成実験に投入することで歩留まりを上げる工夫をしている。8 インチ径までの MPS 基板が作製されており、育成実験に投入可能なレベルの面内均一性が得られている (図-5)。現在は、さらなる高品質化、歩留まり向上に加え、スケールアップへの対応力が高い Na フラックス法の長所を生かすため、大型炉で育成可能な 10 インチ級の大口径 MPS 基板の作製も視野に入れ、開発を進めている。

3-3. 3GFx 法による大口径化検討

以下では、大型炉における結晶成長の制御性の高さと、大口径結晶成長に対する 2GFx 法および 3GFx 法の適用性の高さを示すため、開発着手からの経緯を時系列に沿って説明する。第 1 回の成長実験では、大口径結晶作製の保持治具を使わずに、2GFx 法による 3 インチ MPS 基板上への成長

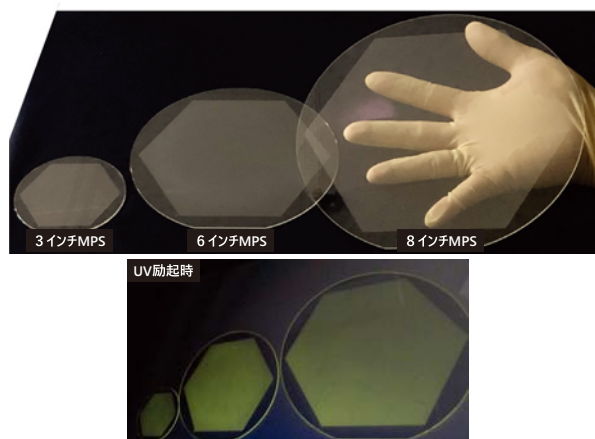


図-5 試作した大口径 MPS 基板の外観

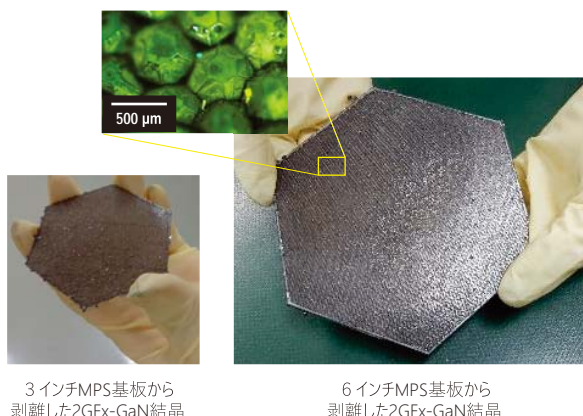


図-6 第二世代 Na フラックス法を用いて大型炉で作製した自立 GaN 結晶

実験を行った。1 回目の成長実験では、7 種類の成長条件で 3 インチ MPS 基板上への成長実験を行ったにもかかわらず MPS 基板上への GaN 成長が全く観察できなかったが、核生成を促進する条件への修正を図った 2 回目の成長実験では、早くも 3 インチ MPS 基板上への全面成長、剥離による自立化に成功した (図-6 (左))。内部クラックはあるが割れなく全面が自立化されており、従来の 1GFx 法による結晶に比べて反りが小さいことが確認された。

次に、2GFx 法により大口径基板上に均一な結晶成長が可能であることを示すため、3 インチの成長条件をベースとして、6 インチ MPS 基板での条件調整を行なった結果、翌月には 6 インチ MPS 基板上から 2GFx-GaN 結晶の自立化に成功した (図-6 (右))。図中黄色枠で示すように、2GFx-GaN 結晶の特徴である結晶表面の凹凸は大きく平坦化はされていない。厚膜化が不十分な状態であったが、自立結晶の反りは十分小さいことも確認できた。膜厚や微結晶のサイズ・形状の面内均一性は良好であり、懸念された成長不良による GaN の欠損箇所は観察されなかった。

2GFx 法で 6 インチ MPS 基板全面への均一成長が確認できたため、成長治具を使った 3GFx 法の実験に移行した。実験の結果、懸念されていた治具の導入による成長条件の変化は小さく、十分に補正可能な範囲であることがわかった。大型炉で FFC 成長を行った結晶の断面蛍光顕微鏡像を図-7 に示す。FFC 成長の 1 サイクルごとに、厚さ数 μm の GaN 層が精度良く、繰り返し成長されている様子が見てとれる。大型炉においても、大阪大学で実現されているような FFC 法による特徴的な成長挙動 (ファセット成長、埋め込み性など) を再現できることが確認された。温度や圧力等の微調整を数回にわたって実施したところ、3GFx 法を用いて 6 インチ MPS 基板から厚さ約 1 mm の GaN 結晶自立化に成功した (図-8)。この自立

結晶には結晶端部を起点とした曲線状のクラックが一本内包されており、完全なクラックフリー結晶を得ることはできなかったが、結晶端部にいくつか観察される粗大結晶粒を除いて特別な異常はなく、大口径 GaN 結晶を成長し自立化できる手応えが得られた。図-6 に示した 2GFx-GaN 結晶と比較すると、結晶表面の周期的な凹凸がなくなり、光沢のある平滑な表面が形成されていることから、FFC 法によるファセット部の埋め込み、平坦化が機能していることが示唆される。また、as grown 結晶においても形状の反りは十分に小さく外観上は大阪大学で作製される 3GFx-GaN 結晶の特徴がほぼ再現された(図-8 下図)。

以上の結果は、大型炉を使った 2GFx 法および 3GFx 法の成長実験着手からほぼ半年間(10 回程度)の成長実験で得られており、3GFx 法の

基本的なコンセプトが大阪大学の実験環境以外においても、また、大口径 MPS 基板に対しても十分有効であることが実証できた。もちろん、大型炉における実験再現性や、結晶成長挙動の制御性の高さが、これらの成果を支えていることは言うまでもない。

その後、3-2 節で説明した 8 インチ MPS 基板上へのテスト育成をしたところ、初回で 3GFx-GaN を全面成長、剥離できた(図-9)。同画像では大量のクラックや割れ、雑晶の固着などの異常が確認できるが、これらの傾向は、その前後で実施された 6 インチ MPS 基板上への育成結果と同様であり、基板サイズの拡大による成長条件の変化は、十分小さいことがわかった。これらの結果を考えると、6 インチ MPS 基板上で育成条件が確立されてしまえば、8 インチ MPS 基板上での条件確立は比較的短期間で可能になると予想される。

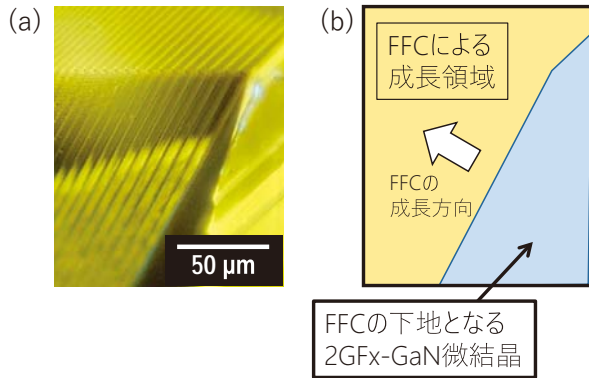


図-7 GaN 微結晶の斜面上に成長された FFC 法による埋め込み領域の断面蛍光顕微鏡像

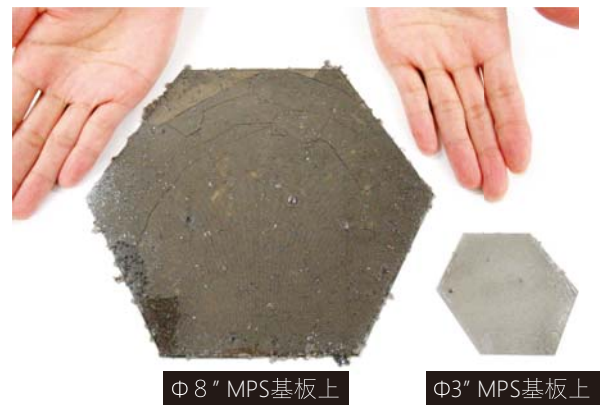


図-9 第三世代 Na フラックス法を用いて 8 インチ MPS 基板上に成長した GaN 結晶



図-8 第三世代 Na フラックス法を用いて 6 インチ MPS 基板上に大型炉で作製した大口径自立 GaN 結晶

3-4. 高品質化に向けた取り組み

比較的短期間で大口径 GaN 結晶の自立化には成功したが、品質面では多くの問題が残っていた。特に問題となっていたのは図-9 に見られたような、クラックおよび雑晶の発生であった。また、結晶を詳細に観察すると、初期の微結晶同士の会合不良やマクロステップなどの欠陥が広く分布しており、大阪大学の成長技術を移管できたとはとても言えない状態であった。これらの問題を解決する指針として、3GFx-GaN 結晶の断面構造、特に 2GFx 法で形成される初期の微結晶 GaN の形状の違いに着目した。社内大型炉で大阪大学製基板と同じ断面構造を持つ結晶の成長を狙い、成長条件の大幅な見直しを実施した結果、雑晶の大幅な抑制と断面構造の最適化の両立が実現された。最近では、4 インチ基板形状に加工されたクラックフリー GaN 結晶サンプルが得られている(図-10)。断面構造の最適化により as grown 結晶

の曲率半径は 20 m ~ 30 m に改善されており、研磨後には更なる反りの低減が期待できる。結晶品質の改善も進んでおり、X 線ロックアップカーブの半値幅による評価では、同じ光学系を用いて貫通転位密度が $10^5/\text{cm}^2$ 未満の高品質 GaN 基板から得られた値を凌ぐ値が得られている。多光子フォトルミネッセンス法やカソードルミネッセンス法を用いたミクロな欠陥評価においても、貫通転位密度 $10^5/\text{cm}^2$ 以下の広い領域が観察されているが、現時点では品質の面内分布が大きく、改善の余地がある。最近では 3GFx 法における転位密度低減メカニズムへの理解も進んでおり¹⁰⁾、今後の高品質化が期待される。

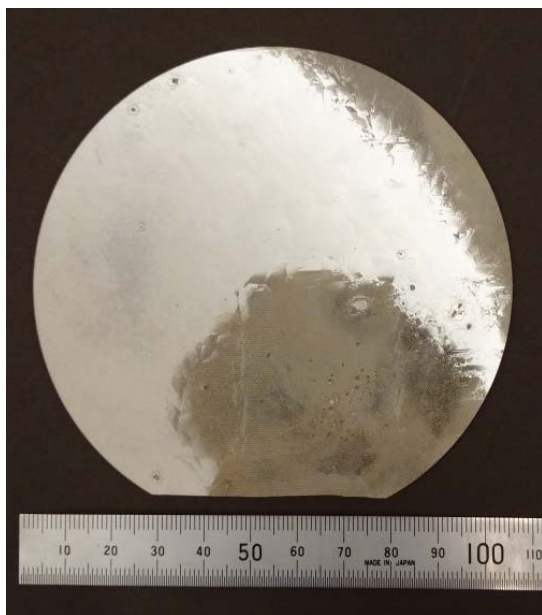


図-10 第三世代 Na フラックス法を用いて 6 インチ MPS 基板上に成長した GaN 結晶を加工して作製された 4 インチ GaN 基板 (研磨前)

4. 高品質 GaN 基板の低コスト化促進に向けた取り組み

これまで述べてきたように、3GFx 法を大型育成路に適用することにより、早期に高品質 6 インチ GaN 基板を作製できる可能性は高まっていることは間違いないが、量産性の観点では課題が山積しており、3GFx 法だけを使って大口径 GaN 基板の早期実用化を果たすという計画は現実的でない。そこで本プロジェクトでは、Na フラックス法で作製した高品質 GaN 結晶は「種結晶」としてのみ利用し、HVPE 法のようにすでに GaN 基板の製造法として実績のある成長法を使って種結晶の上に GaN を厚く再成長し、高品質 GaN 基板を作製することを検討している。これにより、3GFx 法による種結晶の必要生産枚数を大幅に減らすことができ、技術的に早期解決が難しい Na フラックス法の量産技術開発を待たずに、大口径 3GFx-GaN 基板開発の成果を、基板サンプルの供給という具体的な形にすることができる (図-11)。プロジェクト内では、すでに大阪大学製 2 インチ 3GFx-GaN 基板を種結晶として、HVPE 法による再成長および基板作製の試みが開始されている (図-12)。本年 10 月 1 日には、環境省プロジェクトの成果である GaN 基板作製技術を使い、デバイス開発用の GaN 基板を供給するベンチャー企業「teamGaN」が起業された。当面は 2 インチ基板の製造と販売を中心に事業を継続し、GaN 基板実用化に向けた技術的・商業的な課題抽出を行う。これらの取り組みで得られた貴重な知見は、大型炉で作製した大口径 GaN 種結晶を利用した 4 インチおよび 6 インチ GaN 基板の開発にフィードバックされる。これらの試みにより、大口径 GaN 基板の実現可能性が認知されれば、他社の GaN 基板

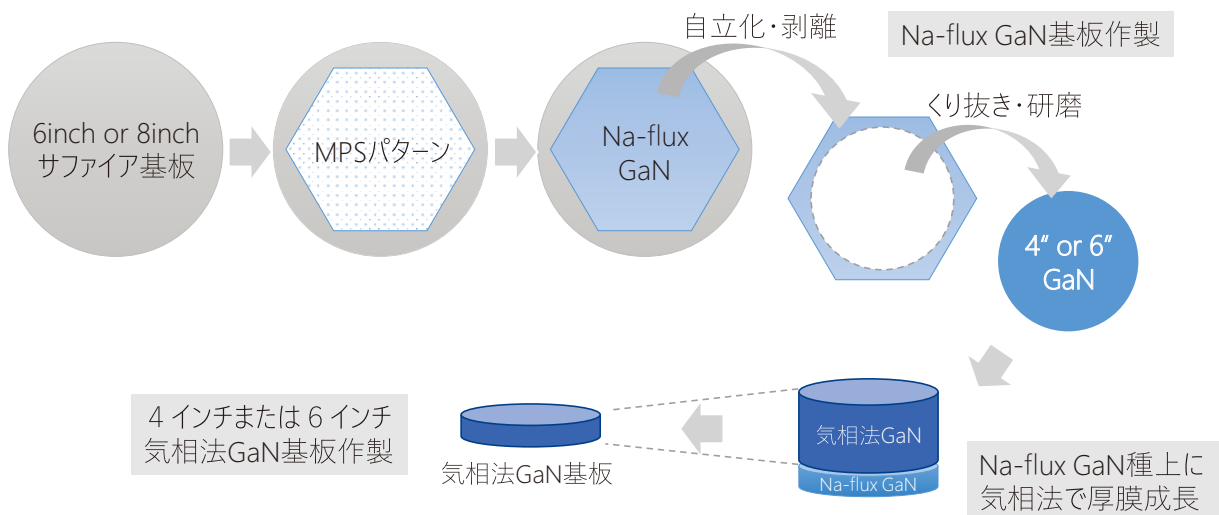


図-11 第三世代 Na フラックス法と HVPE 法を用いた GaN 基板作製工程

開発やデバイス開発が促進され、開発競争が激化することにより、さらなる低価格化と製品市場の創出を加速する効果も期待される。

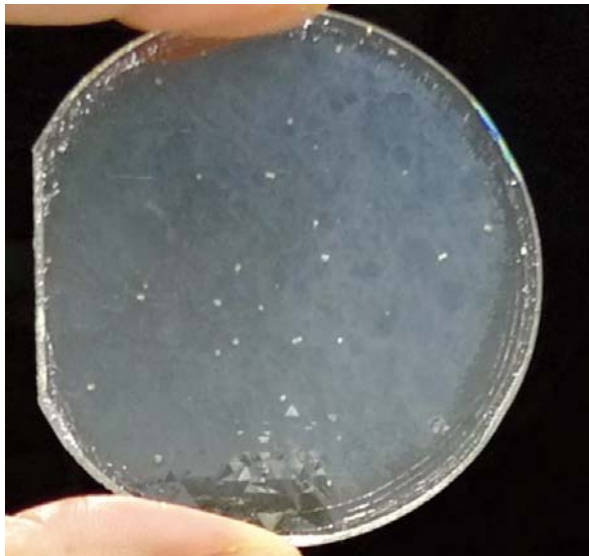


図-12 第三世代 Na フラックス法で作製した 2 インチ GaN 種基板上への HVPE-GaN 再成長例¹¹⁾

5. おわりに

本稿では、環境省プロジェクトに参画して実施中の第三世代 Na フラックス法による大口径 GaN 結晶成長技術の開発状況について述べた。同プロジェクトにおける技術開発は現在進行形であり、大口径 GaN 結晶成長技術には解決すべき課題も残っているが、プロジェクト最終年度となる 2021 年度には 6 インチ径の 3GFx-GaN 種基板および、同種基板を利用して作製した 6 インチ HVPE-GaN 基板によるデバイス試作、性能検証を実現したい。

本プロジェクトに参画し、幅広い議論を行う機会を得られたことで、改めて Na フラックス法の可能性を広げる余地が残されていることを実感している。大口径 GaN 基板の実用化を促進することにより、パワーデバイスのみならず、GaN 半導体デバイス領域の更なるブレークスルーに貢献すべく、今後も Na フラックス法による GaN 成長技術に磨きをかけていく所存である。

謝辞

本稿に掲載された第三世代 Na フラックス法による大口径 GaN 基板開発は、環境省の「未来のあるべき社会・ライフスタイルを創造する技術イノベーション事業」の支援を受けて行った。プロジェクト運営をしていただいている環境省、

森先生をはじめとする大阪大学の皆様はもちろん、素晴らしい成果でいつも刺激を与えて下さるプロジェクト参画メンバー各位、並びに基板開発に尽力していただいている先端材料開発部のスタッフ一同、これまで協力していただいたスタッフ一同に、この場を借りて改めて感謝いたします。

参考文献

- 1) 岡ら, 豊田合成技報, Vol. 57, p.34 (2015) .
- 2) 西井ら, 豊田合成技報, Vol. 60, p.15 (2018) .
- 3) H. Yamane *et al.*, Chem. Mater., 9, p. 413 (1997) .
- 4) Ricoh Technical Report No.30, p.9 (2004) .
- 5) 森ら, 豊田合成技報, Vol. 50 (1) , p.2 (2008) .
- 6) 守山ら, 豊田合成技報 Vol. 56, p.61 (2014) .
- 7) 藤倉ら, 住友化学: 技術誌 p.38 (2018) .
- 8) D. Tomita *et al.*, Appl. Phys. Express 13, 055505 (2020)
- 9) Y. Mori *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. 58, SC0803 (2019) .
- 10) M. Imanishi *et al.*, Applied Physics Express 13, 085510 (2020) .
- 11) 本画像は大阪大学森勇介先生よりご提供いただいた

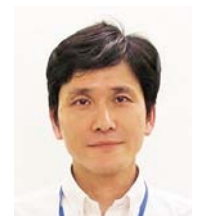
著 者



守山実希



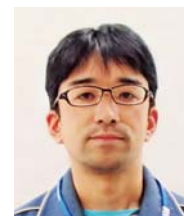
藤森 拓



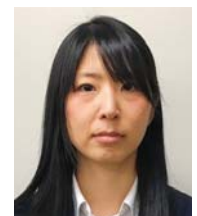
浅見慎也



岩田康生



佐藤峻之



長島加奈



福本 滋



山崎史郎



永井誠二

機械学習手法を活用したウレタンハンドルの不良低減

東條陽介^{*1}Utilizing Machine Learning to Reduce Failures
in Urethane Steering WheelsYosuke Tojo^{*1}

要旨

ウレタンハンドルの高品質化・低コスト化を進めるために、材料開発と生産技術開発に取り組んでいる。その成果として不良率は減少してきているが、近年では下げ止まり傾向となっている。この理由は特定できていない不良要因が残存しているためであると考えられる。

そこで、従来からの変化点として機械学習手法を活用し、ウレタンハンドルのネック不良対策に取り組んだ。その結果、新たな不良要因を特定し、不良低減を実現できたのでその内容を報告する。

Abstract

Development of material and production technology has led to higher quality and lower costs in urethane steering wheels. This resulted in a decreasing failure rate, but in recent years that decrease has leveled out. The reason is that there are still some defect factors that have yet to be specified.

As a new approach, we utilized machine learning methods in working to develop measures to prevent neck failure. As a result, we were able to identify a new failure factor and further reduce the number of failures.

1. はじめに

私たちは生活をする上で大量の資源を使い、大量の二酸化炭素を排出し続けている。このような活動が、地球環境に大きな負担をかけている。

豊田合成は樹脂やゴムの専門メーカーとして次世代に繋がる持続可能な発展のために、つくるだけでなく廃棄まで責任を持って二酸化炭素排出量ゼロや廃棄物ゼロを目指す責任がある。

その活動として、設備の蒸気/エアレス化、コンパクト化、統合などによる省エネの追求、リサイクルによる廃棄物低減、ビッグデータを活用した不良ゼロ活動などを行っている。

今回は、その中で機械学習手法を活用したウレタンハンドルの不良低減について報告する。

2. 背景

ウレタンハンドルは、車両の進行方向を制御する機能を有しており、耐久性、外観品質、触感品質が求められる製品である。そのため、長年に渡って高品質化、低コスト化を目指した材料開発と

生産技術開発に取り組んでいる。

製品は、型内成形によって芯金の周りにポリウレタンを形作る構成である（図-1）。また製造工程としては、材料を配合して設備に投入し、ウレタン成形した後に仕上げ検査が行われる（図-2）。

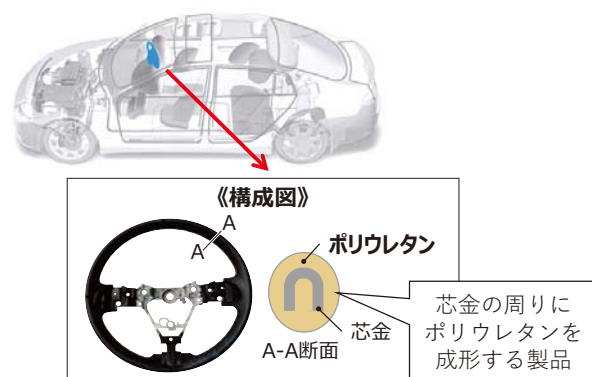


図-1 ウレタンハンドルの概要



図-2 製造工程の概要

*1 生産技術統括部 IoT 推進室

3. 問題の明確化

ウレタンハンドルの不良率は、長年の製造現場における不良低減活動によって減少傾向となっている。その一方で、近年では不良率が下げ止まりとなっている。このような状況の中で、これまでと同様のスキル・経験に基づいた不良低減活動に加え、新たな取り組みが必要だと考えられる。

実際に製造工程で使用している代表的なウレタン材料の不良率を比較すると従来材に比べて開発材の不良率が高い(図-3)。従来知見を反映している場合、本来であれば開発材も従来材と同等レベルの不良率であるべきだと考えられる。このことから「開発材の不良率が高い」ことが問題であると考えた。

更に開発材の不良の発生状況を確認すると、外観不良(図-4)が多いことが確認できた。また、このような外観不良の他材料での発生状況を確認すると、開発材での発生が多いことも分かった。

以上のことから、問題点は「開発材特有のネック不良として外観不良があること」と考えた。

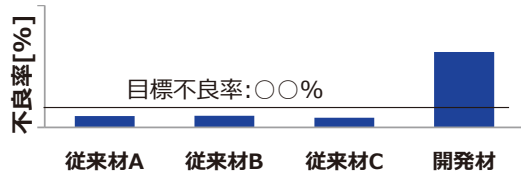


図-3 材料別の不良率比較

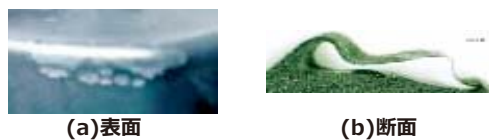


図-4 外観不良の様子

4. 目標設定

本テーマでは、一連の取り組みによる効果を最大にするため、開発材の外観不良低減及び、新たな不良要因を見出すことを狙って、不良対策の取り組みに機械学習手法を活用し、真因追究を実施した。併せて、必要な情報をデータ化するための環境構築も行った。

5. 要因解析

5-1. データ収集環境構築

対象工程は、原材料の配合作業及び、配合材料の設備への投入を人作業によって行っている。また、既設の設備であるため、データの収集・蓄積が考慮されていない設備である。そのため、配合結果と成形条件と成形結果を紐付けする必要がある。

あった。

そこで、原材料の配合結果と配合時間及び、材料の設備への投入時間についてはデータロガーを用いてデータ化を行った。また、成形条件については、成形設備のPLCに各種センサ情報を集約して1成形ごとのデータを蓄積した。この波形データを用いてVBAによって特徴量を計算し、1成形ごとの特徴量のデータ化を行った。以上の取り組みによって、ウレタン成形工程のデータ収集環境を構築した(図-5)。

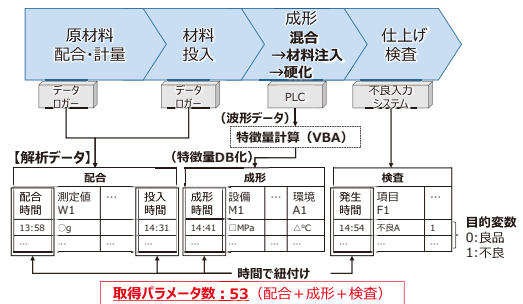


図-5 ウレタン成形工程データ化の概要

5-2. 工程データの紐付け

工程のデータを全て活用するためには、配合から検査までのデータを紐付けする必要がある。ウレタン成形工程においては、各工程の時間関係に着目して紐付けを行った(図-6)。

配合時間	投入時間
2020/7/1 9:00	2020/7/1 10:00
紐付け	
2020/7/2 13:05	2020/7/2 13:35
紐付け	

着眼点① 配合時間と投入時間の関係
配合と投入は必ず交互に作業実施
⇒ 配合直後の投入時間と紐付け
(a) 配合時間と投入時間の紐付け

投入時間	成形時間
2020/7/1 10:00	2020/7/1 9:58
紐付け	2020/7/1 10:03
	...
2020/7/2 13:35	2020/7/2 13:30
紐付け	2020/7/2 13:40

着眼点② 投入時間と成形時間の関係
投入直後の成形から配合の影響を受ける
⇒ 投入時間の以降の成形時間と紐付け
(b) 投入時間と成形時間の紐付け

成形時間	検査時間
2020/7/1 9:58	2020/7/1 10:02
紐付け	
2020/7/1 10:03	
2020/7/1 10:08	2020/7/1 10:12
紐付け	

着眼点③ 成形時間と検査時間の関係
成形した後すぐに検査実施
⇒ 検査直前の成形時間と紐付け
(c) 成形時間と検査時間の紐付け

図-6 データ紐付けの考え方

5-3. 特徴量計算

収集したデータを解析するために、蓄積した波形データを良品と不良に分類し、波形の差を可視化した(図-7)。手順としては、検査結果を基にして良品波形と不良波形に分類し、それぞれ重ね合わせて描画する。これにより、良品と不良のそれぞれでのばらつきが分かる。更に両方を重ねることで良品と不良の差(=特徴)が生じるポイントが分かる。

以上を踏まえて、特徴が出る点における成形条件の値から特徴量を計算し、成形データを用意した。更に、材料重量を示す配合データと、不良の有無(0:良品, 1:不良)を示す検査データを紐付けることで、解析に必要な配合データ、成形データ、検査データが揃ったデータマトリックスを作成した。

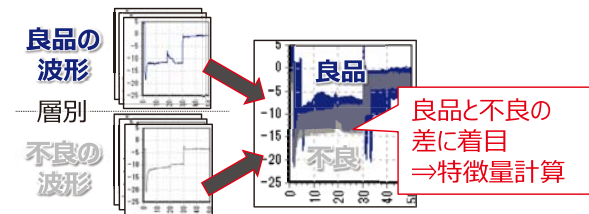


図-7 特徴量の考え方

5-4. 不均衡データの是正

解析に使用したデータは殆どが良品データであり、不良データは数%以下のレベルである。このようにデータサイズに偏りがある場合、不良の情報量が少ないために解析精度が低くなる。仮に全てを良品と判定する解析モデルであっても予測精度が高いという結果になる恐れがある。このような状況では不良を良品と予測することになるため、意味のある結果が得られない可能性が大きい。

このような不均衡データへの対策として、Synthetic Minority Over-sampling Technique (SMOTE)¹⁾に着目した(図-8)。

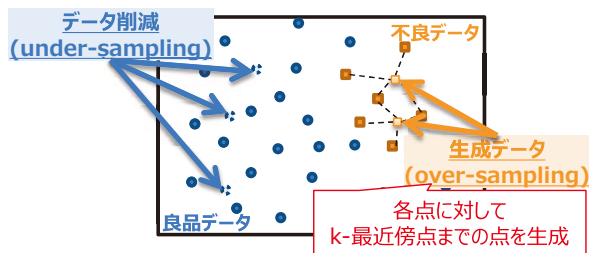


図-8 SMOTE 処理の概要

SMOTEは少数データの増加(オーバーサンプリング)と多数データの減少(アンダーサンプリング)を併せて実施する手法である。少数データに対しては、データの分布を維持しながら

近傍データを合成する。一方で、多数データについても同様にデータの分布を維持しながらデータを削減し、データ量の不均衡を是正する。

そこで、検査データの0,1をラベルとしたSMOTE処理を行った。元データに対してSMOTE処理を行うことで、不良データを生成し、解析用データ(SMOTE後データ)とした(図-9)。結果として不良データ量を10倍程度まで増加させることができた。このとき、それぞれのデータの分布を確認すると、SMOTE後データは元データと似た分布になっていることから(図-10)、SMOTEによって生成したデータは、元データと同じ特性を保持しながら不良データの情報量が増加したことが分かる。

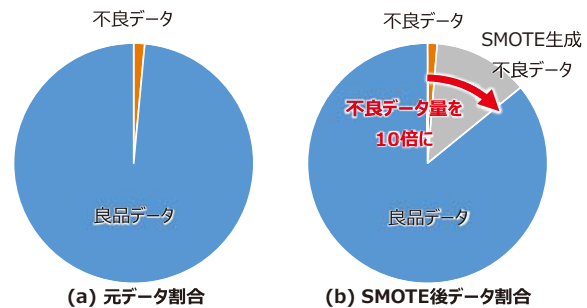


図-9 SMOTEによる不良データ増加

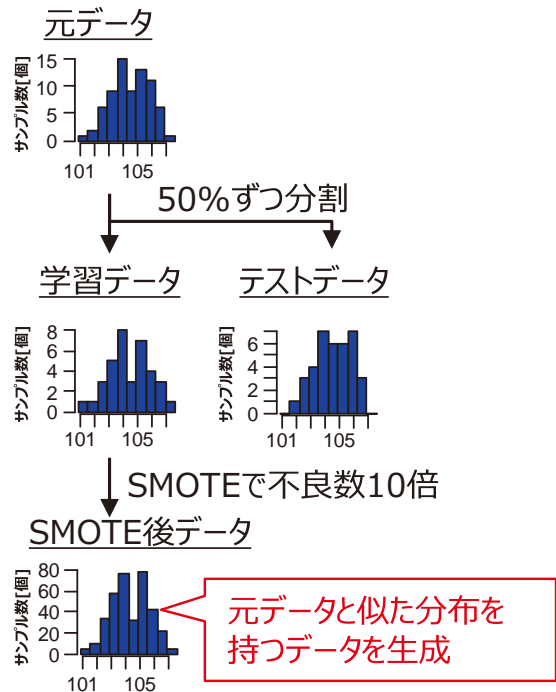


図-10 SMOTE後のデータ分布例

5-5. 解析方針

目的変数は不良の有無(0:良品, 1:不良)とする。また、説明変数と目的変数の関係性が不明であるため、解析には線形モデルと非線形モデルの両者を試みる。説明変数間に多重共線性がある

ことも懸念点であるため、多重共線性がある場合でも解析可能な手法を用いる必要があると考えた。

以上の条件より、線形モデルの解析手法として正則化回帰、非線形モデルの解析手法としてランダムフォレストの2手法によって不良の要因解析を進めた。

5-6. 不良要因の絞り込み

正則化回帰の解析結果を図-11に、ランダムフォレストの解析結果を図-12に示す。このとき、両方の手法で影響度が高い因子として配合に関係する因子が抽出された。また、上位2因子が共通しており、今回は最も影響度が大きいと判定された配合因子Aに着目した。

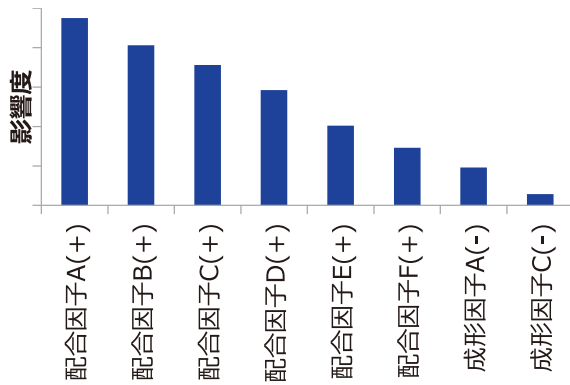


図-11 正則化回帰結果

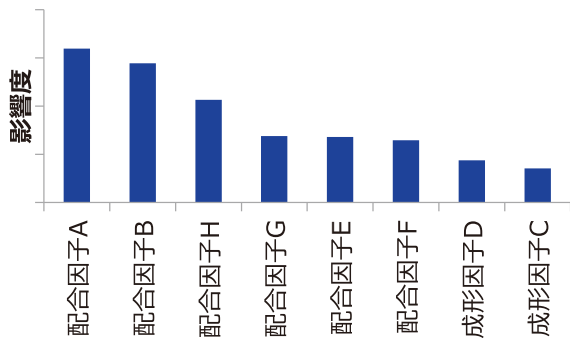


図-12 ランダムフォレスト結果

5-7. 解析結果の検証

続いて、配合因子Aの影響を検証するために、配合因子Aの条件を変化させたときの外観不良の不良率との関係性を散布図によって確認した(図-13)。その結果、配合因子Aが小さい程外観不良の不良率が減少する傾向が確認できた。これは正則化回帰の結果と一致している。

配合因子Aの役割には、材料の反応を促進するものがある。そのため、本来であればウレタンが型に追従してから硬化するが、配合因子Aが大きい場合ではウレタンが型の形状に追従する前に硬化してしまうことで、外観不良が発生すると考えられる(図-14)。

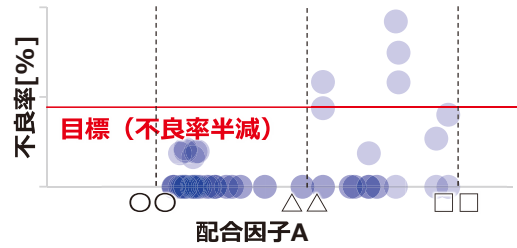


図-13 外観不良の不良率と配合因子Aの関係

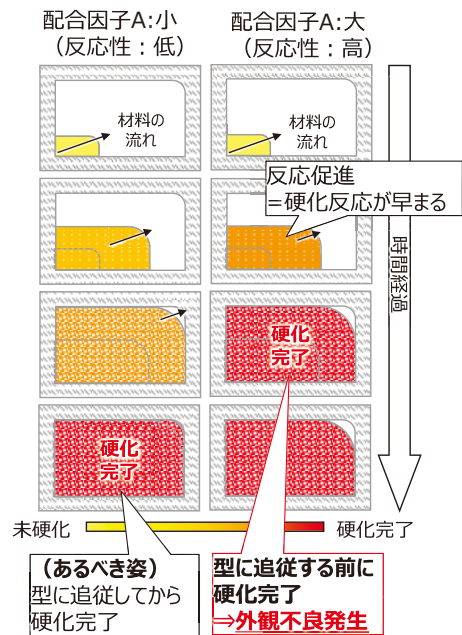


図-14 外観不良への配合因子Aの影響

6. 対策立案

解析結果及び検証結果を踏まえて、配合因子Aの上限値を下げる対策を提案する。上限値を下げるにあたっての懸念事項としては、実際の工程能力から実現可能な設定にできているかという点がある。そこで現状の条件幅(〇〇~□□)での配合実績から工程能力を確認したところ、バラツキ幅としては××%であることが確認できた(図-15)。これは、提案する条件幅(〇〇~△△)以下であることから、作業として実現可能な条件幅であることが確認できたので、配合因子Aの条件を変更した。

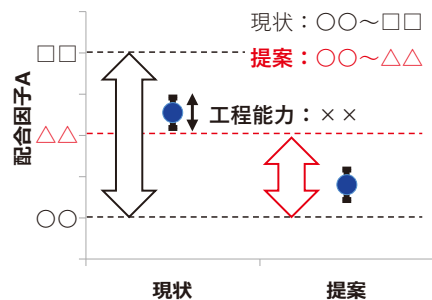


図-15 配合因子Aの条件提案

7. 効果確認

配合因子 A の条件変更前後での外観不良率の推移を図-16 に示す。対策を実施したタイミングでの不良率が低減していることが確認できた。また、対策前後の期間でそれぞれ不良率を算出した結果、外観不良が 51% 低減し、不良率を半減させることができた。

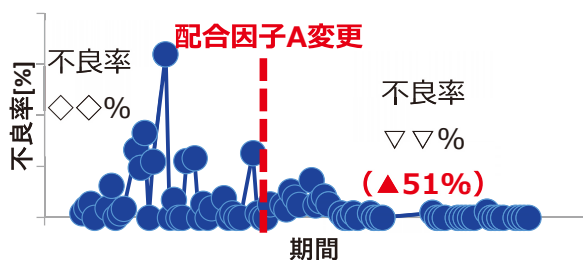


図-16 対策前後の外観不良率推移

8. まとめ、おわりに

機械学習手法を活用することで、新たな不良要因を抽出することができ、不良対策に寄与することができた。今回の取り組みで抽出した因子については、製造・生技を交えて条件設定・管理の見直しを進める。

一方で解析精度向上は大きな課題である。この課題を解決するためには、解析技術の向上と、設備の状態や設備内の材料物性をリアルタイムで把握できるようなセンシング技術の向上が必要になってくると考える。今後も世の中の技術動向を把握しながら継続して検討していく。

参考文献

- 1) 本橋智光：前処理大全 [データ分析のための SQL/R/Python 実践テクニック], 技術評論社, 2018, p.146

著 者



東條陽介

脱炭素社会の実現を目指した取り組み

田中道人^{*1}

Our Actions to Achieve a Zero-carbon Society

Michito Tanaka^{*1}

要旨

産業革命以降、温室効果ガスが主要因とされる気温上昇により様々な自然災害が発生していると言われている。地球温暖化に対する企業としての取り組みについて、中長期の計画とその取り組み内容、環境の先端技術を盛り込んだ「いなべ工場」について紹介する。

Abstract

It is said that climate change mainly caused by greenhouse gases has brought various types of natural disasters since the Industrial Revolution. This article introduces our medium to long-term goals, actions we have taken to achieve them and our environmentally friendly Inabe plant for our response to climate change.

1. はじめに

昨今の地球環境を取り巻く状況は目まぐるしく、世界的な地球温暖化の影響と思われる気温上昇、水害、山火事などが毎年のように発生している。2016年にはパリ協定が発効され世界各国も目標を掲げ取り組みを開始し、SDGsの13番目の目標にも「気候変動に具体的な対策を」が掲げられるなど環境の問題は世界共通の課題となっている。我々は「環境基本方針」のもと、1993年から5年毎に環境取り組みプランを策定し、中期の環境課題に積極的に取り組んできた。2016年

には「TG2050環境チャレンジ」を公表し、6つのチャレンジを掲げ長期の取り組みを進めている。その中でも豊田合成の特徴は環境マネジメント（企業風土と人づくり）である。豊田合成は持続的な環境取り組みを進めていくため、従業員一人ひとりの環境意識を高めることが重要と考え、全従業員への環境意識調査による強み・弱みの解析を行い、環境講演会、環境展示会、階層別環境教育など様々な施策を行いながら、環境意識の向上に努めている。

本稿では環境問題の中で、脱炭素社会へ向けた取り組みについて説明する。

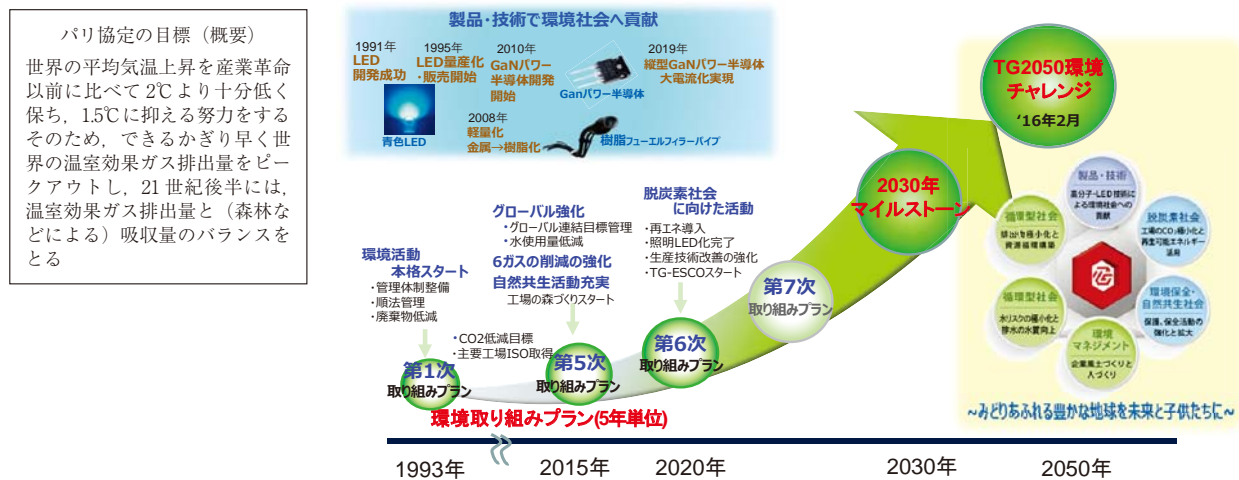


図-1 TG2050環境チャレンジ

*1 環境部 環境企画室

2. 地球温暖化防止への取り組み

2-1. 中長期目標の設定

2016年に公表しました「TG2050 環境チャレンジ」の中で、脱炭素への豊田合成の取り組みとして、2050年までにCO₂排出量を極小化することを目指している。それまでの環境取り組みプランは、従来の延長の活動に留まっていたが、30年先の長期目標を設定することによって、従来の発想を超えた取り組みや長期に取り組むべきテーマに対して計画的に方策を検討できるようになった。2050年のCO₂極小化については政府の目標より厳しい数値ではあったが、パリ協定など世界の流れ、顧客の動向などを考え、今後ますます温暖化への対応は厳しくなると想定し、極小化目標を設定し公表した。とは言え、2050年の目標となると実現への具体的な道筋はイメージしづらいことから、バックキャストの考え方で2030年にマイルストーンを設け具体的な目標と実行シナリオを設定することとした（CO₂排出量を2015年比で43%削減）。また、更に2030年目標を確実に達成させるため、2025年までの具体的な目標である第7次環境取り組みプラン（'21～'25年）も設定し取り組みをスタートする。

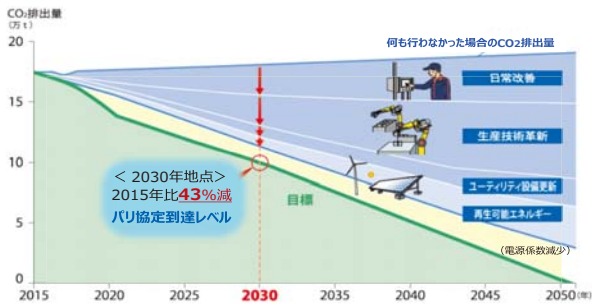


図-2 2030年CO₂削減のマイルストーン

2-2. 取り組み体制

推進体制としては、社長をトップとする環境委員会を組織し、経営施策に係る中長期計画やグローバル取り組みについて審議・決定を迅速に進

環境組織体制図

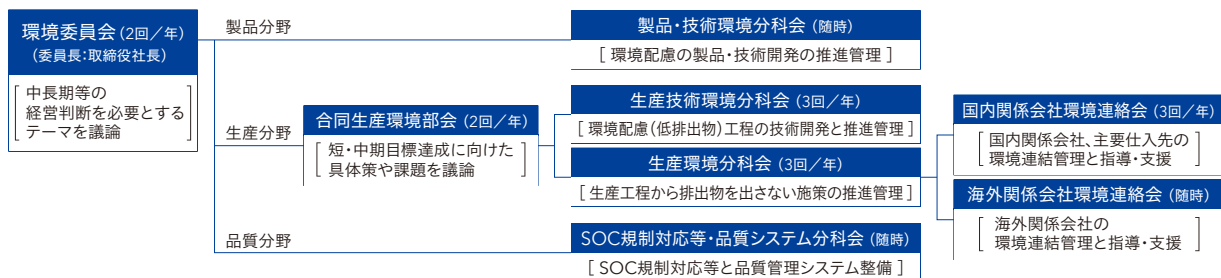


図-3 環境の取り組み体制

めている。また具体的な取り組みを推進するため、製品・生産・品質分野や仕入先を含めた国内外関係会社の分科会も設けている（図-3）。

2-3. 低減の取り組み

2030年目標の達成のための大きな施策として、①日常改善、②生技革新、③ユーティリティ更新、④再生可能エネルギーの導入を柱としてテーマの掘り起こしをしている。

①日常改善

従来の工場主体の非稼働時停止やエアリーク補修、高効率機器への切り替えなどの日常改善の取り組みだけでは、目標達成は難しく、その活動に加えエネルギーロスを徹底的に洗い出し対策を推進していく専門チーム「TG-ESCO^{※1}」を立ち上げ、最新省エネ技術や大規模な投資を伴う改善を工場に入り込み現地現物で進めている。ESCO活動は、初期の段階から工場の製造部にも参画してもらい、省エネ手法や対策方法などを共有化を図り、対策の迅速化や人材育成も図っている。

※1 ESCO: Energy Saving Collaborative Operations

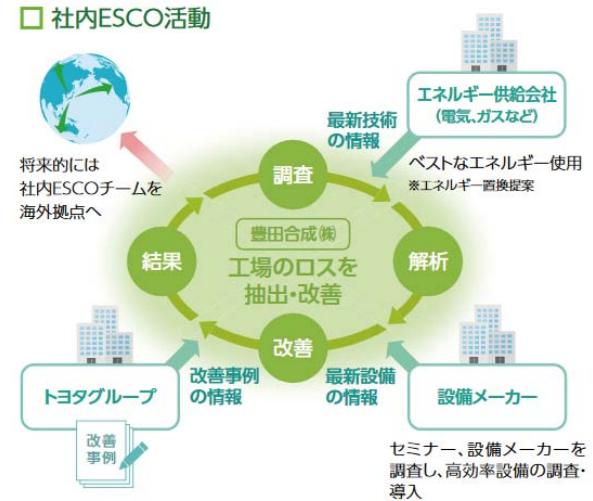


図-4 社内ESCOイメージ

②生技革新

2016年から生産技術環境分科会を発足させ、従来の既存設備の改善だけでは限界があることから生産設備や工法そのものを大幅に革新させることにより大きな省エネ効果を生み出す活動を進めている。塗装工程のコンパクト化や押出工程のサイクルUPなど大幅な改善を図り大きな成果を上げている。

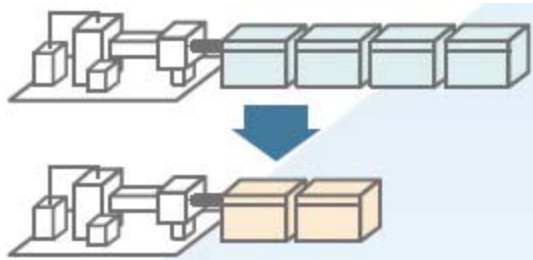


図-5 押出工程 1/n イメージ

③ユーティリティ更新（エネルギー置換含む）

老朽化したユーティリティ設備（エアコンプレッサ、ボイラ、冷凍機など）は、生産支障のリスクだけではなくエネルギー効率も劣ることから、効率が最大になるような仕様を設定し、中期の計画に落とし込み計画的に更新を図っている。また、ボイラ等で使用するエネルギーをCO₂を多く発生させる重油から低CO₂のLNGへ切替えるなどのエネルギー置換も積極的に推進している。

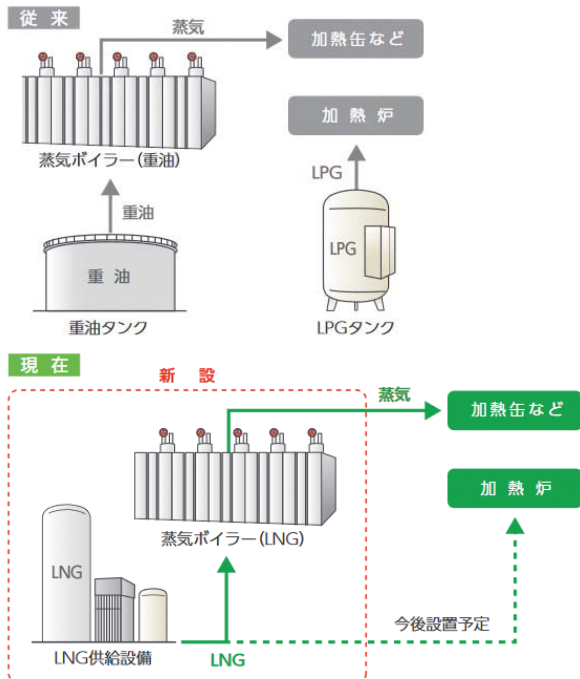


図-6 燃料のLNG化

④再生可能エネルギーの導入

CO₂を発生させない再生可能エネルギーについては、太陽光発電を中心に進め、耐荷重上問題

のない全ての屋根に太陽光パネルの設置を進めている。また、他の再生可能エネルギー（風力、地中熱利用など）についても効果の検証を図るため導入を進めている。



図-7

3. 新たな工場での取り組み

今後の普及が期待できるFCV（燃料電池車）に搭載する高圧水素タンクを製造する、いなべ工場の環境取り組みについての説明する。



図-8

いなべ工場については、FCVの環境イメージに相応しいエコ先端工場として、環境対応のモデル工場を目指し、新設段階からの省エネ設備の盛り込みを積極的に実施している。

〔新工場の概要〕

- 1. 工場名 豊田合成株式会社 いなべ工場
- 2. 所在地 三重県いなべ市 藤原工業団地内
- 3. 生産品目 高圧水素タンク
- 4. 面積 敷地 約 130,000m²
建屋 約 21,000m²

〈エネルギー供給のコンセプト〉

2030年、2050年を見据えた負荷低減の実証検証も兼ねた工場として、再生可能エネルギーを最大限に取入れ、「エネルギーの見える化」による効率的なエネルギー管理（FEMS^{※2}）を行いCO₂排出量を削減する。

※2 FEMS：Factory Energy Management System



図-9 いなべ工場完成予想図

以下に主な省エネ設備を紹介する。

3-1. 太陽光発電装置

再生可能エネルギーの導入として、1,600kWの太陽光パネルを設置（20年12月設置予定）。このことによるCO₂削減量は約600t-CO₂/年を見込んでいる。いなべ工場の使用電力の約10%を再生可能エネルギーで賄う計画である。また、再生可能エネルギーの安定化や休日など再生可能エネルギーに余剰が発生した時には充電し、電力のピークカットに活用したり、災害時に活用できるよう蓄電池（500kWh）も設置している。



図-10 太陽光発電装置

3-2. 地中熱空調（豊田合成 初）

地中は年間を通じて5～15℃と安定した温度を保っており、その熱を利用した地中熱空調を採用し、エントランスの空調負荷の抑制を図っている。

工場用該コーナーの全体空調として、地中熱空調を導入することで、空調電力低減を図った

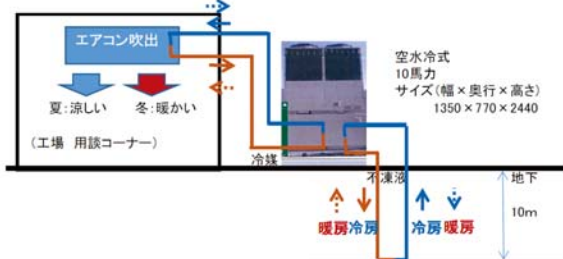


図-11

3-3. 水素燃料電池

豊田合成初である水素燃料電池（3.5kW）を設置し、今後の水素社会に向け、運用方法・効果検証など実施していく。



図-12

3-4. 風力発電

豊田合成として最大出力の風力発電（5kW × 2基）を設置し、今後の再生可能エネルギーの拡大に向け、運用・効果検証などを実施していく。



図-13

3-5. エネルギーマネジメントシステム(FEMS)

工場全体または個別で電力の見える化と生産設備の稼働状況の把握をし、エネルギーのロスをなくした最適なシステムの運用を図る。

上記の取り組みとして工場全体でCO₂として、年間約870t-CO₂の削減が見込める。

今回の取り組みを踏まえ、今後の新設建物建設においては、従来比で、CO₂を50%以上の削減を目指した建物にするため、「建物・ユーティリティグローバル省エネ標準」をつくり、取り組みを進めている。

4. 終わりに

脱炭素社会の実現に向けて、更なる改善を進め、みどりあふれる、豊かな地球を未来と子供たちに残すため、これからも着実な推進を続けていく。

著者



田中道人

「シームレス社会」の実現に向けたマイクロ波給電技術開発

酒井智和^{*1}, 千賀卓也^{*2}, 伊藤貴弘^{*2}, 阿部哲平^{*1}
横山太郎^{*3}, 中村祥宜^{*1}, 婦木慎一郎^{*2}, 牛田泰久^{*4}

Development of Microwave Power Transfer Technology for a Seamless Society

Tomokazu Sakai^{*1}, Takuya Senga^{*2}, Takahiro Ito^{*2}, Teppei Abe^{*1}
Taro Yokoyama^{*3}, Yoshiki Nakamura^{*1}, Shinichiro Fuki^{*2}, Yasuhisa Ushida^{*4}

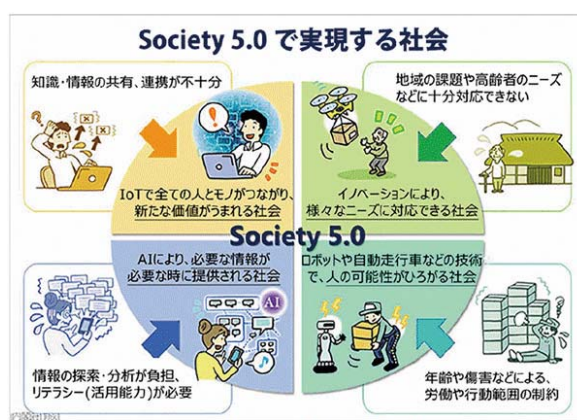
1. はじめに

昨今、企業価値の向上のためには事業活動によって得られる収益向上を目指す「経済的価値」の向上だけでなく、SDGsを始めとした社会課題の解決に取り組む「社会的価値」を高めることも併せて求められており、豊田合成では「SDGs 8つの重点項目」を定めて取り組んでいる（図-1）。



図-1 持続的成長のための取り組み

我々、技術部門において、内閣府のスーパーシティ構想¹⁾や Society5.0（図-2）を軸に将来の社会環境を描き、バックキャスト型での事業創出の取り組みに着手しており、その中でも本報告書で取り上げる非接触給電技術は、我々の生活を支える電力というインフラをよりシームレスに使うことができる先端技術と考えている。



Society 5.0 で実現する社会（内閣府 HP より）

図-2 Society5.0 で実現する社会（内閣府）²⁾

一方、企業価値向上を目指す活動のひとつとして、将来性の高い技術を保有するベンチャーへの出資（CVC）を強化している。また、2014年より非接触給電技術の研究開発に着手しており、LED照明への非接触給電を実用化した。その中で、次世代技術としてマイクロ波による非接触給電に着目し、その先進技術を保有する Ossia 社への出資を19年9月に実施し現在、共同開発を進めている。その技術により、我々は車室内空間の快適性を向上させる新たな価値の製品化を目指している。

Ossia 社が保有する非接触給電技術は室内空間において特に高効率送電と安全性を両立しており、デバイスやアンテナの技術進歩と共に今後益々の発展が期待される。

*1 技術企画部 開発企画室

*2 技術企画部 技術戦略室

*3 総合企画部 ベンチャー投資企画室

*4 名古屋大学 豊田合成 GaN 先端デバイス応用産学共同研究部門

2. 提供価値

マイクロ波による非接触給電技術の確立により創造される提供価値として、安全で快適な生活の創造を目指したLaaS (Living as a Service) 向けの提供価値及び、車室内の快適性の向上を目指したMaaS (Mobility as a Service) 向けの提供価値が考えられる。

LaaSにおいては、室内に置かれた電力伝送装置からスマートフォンや家電など複数の電気機器へ同時に無線給電するシームレスな空間(図-3)を提供する。電気機器から電気配線がなくなることにより自由な生活空間を実現することができる。また、人が介在するような室内空間ではOssia社独自のシステムが有する人体を避けて給電するという特徴が活かされている。



図-3 シームレス空間の提供 (LaaS)

MaaSにおいては、車内に設置された電力伝送装置からモバイル機器への給電をおこなうことで、ポケットやカバンにモバイル機器を入れた状態でのシームレスな給電(図-4)を実現する。LaaSと同様、車内空間は人体を避けて給電するという特徴が活かされる空間である。

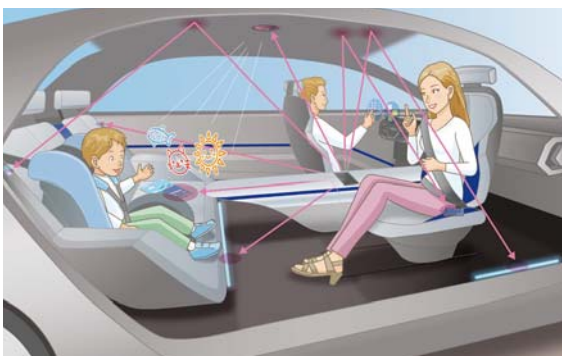


図-4 シームレス空間の提供 (MaaS)

このようにOssia社の技術を活用したマイクロ波による非接触給電は、将来の社会を見据えた人中心の新たな価値創造をしていくために必要になってくる技術であると言える。

3. 技術課題

一般に、マイクロ波による非接触給電技術が取り組むべき課題は空間伝送効率を始め、電波防護指針に従う人体防護性能、高周波変換効率、移動体追従給電、電波干渉等様々なものがあり³⁾、また係る法規制に関しては、総務省情報通信審議会においてISMバンドの中で検討されている⁴⁾。

3-1. 伝送エネルギーと距離

送電アンテナから受電アンテナへ放射される電力、即ち等価等方輻射電力(EIRP)は空中線電力(P_A)と送電アンテナ利得(G_A)の和により求まる。送電アンテナと受電アンテナ間の距離を $d[m]$ としたとき、受電電力密度(P_U) [dBm/m^2]は以下の式で定まる。

$$P_U = \text{EIRP} / 4\pi d^2 = (P_A + G_A) / 4\pi d^2$$

この電力を高効率に受電するためには、レクテナ(rectifying antenna)の応用機器に対応した最適設計が求められる。

3-2. 電磁界シミュレーション

電波防護指針への適合設計において、電磁界シミュレーションによる電波伝搬解析と曝露の理論検証は不可欠である。我々はフェーズドアレイアンテナの放射強度計算から電波伝搬、電波反射、受電電力の解析を進めている(図-5)。

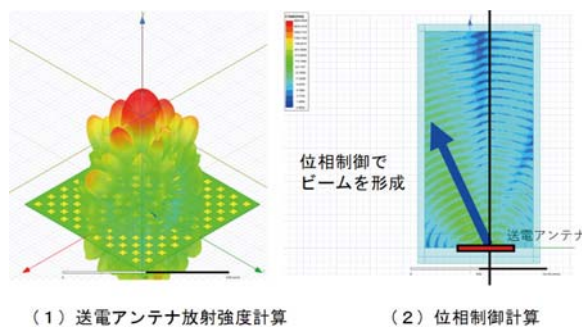


図-5 電波伝搬シミュレーション

4. 今後の取り組み

我々が目指すLaaSやMaaSにおけるシームレスな社会生活の実現に向け、マイクロ波給電プロトタイプ機を準備し、社内施設を活用した検証作業をすでに開始している。今後はさらに、社外施設や一般参加者にご協力いただき、検証を加速していく予定である。実証の主な目的としては2つある。1つ目はBtoBtoCのお客様に対し、我々のコンセプトによって新たな体験価値を与えること

ができるかどうかの検証と改善であり、2つ目はそれらを実現するための技術的な実現可能性の検証である。その中で給電性能と安全性の両立を図り、顧客の声を聞きながら市場が求める水準へ早期に押し上げていく。

また本件では、マイクロ波給電周辺技術を扱う企業との技術交流も並行して進めており、オープンイノベーションを積極的に活用し、仲間づくりを大切にしている。日本では非接触給電に対する法規制が十分に整っていない側面もあり、エコシステムを構築して社会整備を進めていく必要があると考えている。その拠点として、名古屋大学の豊田合成 GaN 先端デバイス応用産学共同研究部門を活用し、産官学一体となった共同開発体制を目指し、事業企画の早期実現と、活動の効果を示していく。

5. おわりに

我々は車載事業で培ってきた「安心/安全/快適」の理念や技術を基盤とし、社会課題に向き合ったソリューションを創出することで、人中心の豊かで笑顔があふれる社会作りに今後も奮闘していきたい。

謝辞

本開発を遂行するにあたり、CVC 出資、企画、開発、プロトタイプ製作等、社内外の多くの方々にご支援いただきました。特に Ossia 社の CRO である Doug Stovall 氏を始め Cota チームには格別のご支援をいただきました。この場を借りて感謝申し上げます。開発はまだ半ばであり、引き続きご指導ご鞭撻をお願い致します。

参考文献

- 1) 内閣府, スーパーシティ構想, <https://www.kantei.go.jp/jp/singi/tiiki/kokusentoc/supercity/openlabo/supercitycontents.html>
- 2) 内閣府, Society5.0 で実現する社会, https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/index.html
- 3) 篠原真毅; ワイヤレス給電技術 科学技術出版社 (2013)
- 4) 総務省, 情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会空間伝送型ワイヤレス電力伝送システム作業班 (第1~8回), https://www.soumu.go.jp/main_sosiki/joho_tsusin/policyreports/joho_tsusin/idou/b_wpt_wg.html

著 者



酒井智和



千賀卓也



伊藤貴弘



阿部哲平



横山太郎



中村祥宜



婦木慎一郎



牛田泰久

稲沢めっき工程の廃棄物低減に向けた取り組み

川原 敦^{*1}

Waste Reduction Efforts on Inazawa Chroming Line

Atsushi Kawahara^{*1}

1. はじめに

豊田合成では近年の地球環境保全意識の高まりを受けた持続的な成長に向けて、循環型社会の構築を目指しており、稲沢工場でもその一環として廃棄物低減活動に取り組んでいる。

図-1に示すグラフより、'18年～'19年1月の期間で稲沢めっき工程の廃棄物内訳はめっきスラッジと硝酸剥離廃液が廃棄物全体の7割近くを占めることが分かった（'18年～'19年1月）。

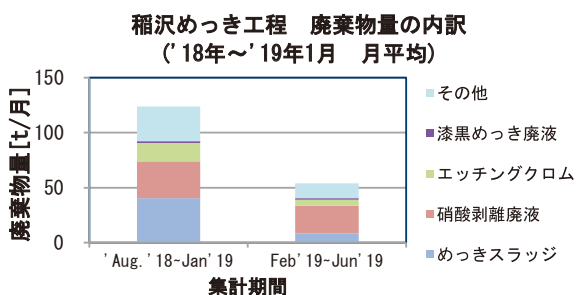


図-1 稲沢めっき工程の廃棄物内訳

このうち、めっきスラッジは'19年2月以降、有価物として処理する目処が立ったため、それ以降は硝酸剥離廃液量低減に取り組むこととなった。

めっき工程ではハンガーと呼ばれるめっき加工専用の治具を使った装飾めっきを行っており、大きく次の3工程に分けることができる。

絶縁物である樹脂部品を化学的に導電化する前処理工程、導電化された部品の表面に金属皮膜を電氣的に生成する電解めっき工程、そして電解めっき工程でハンガーの接点に付着した金属を化学的に溶解する治具剥離工程（図-2）である。

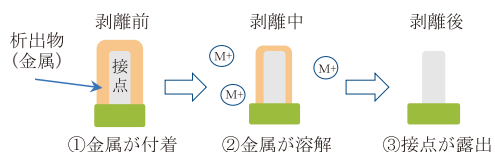


図-2 接点金属の剥離イメージ

この治具剥離工程で使用する硝酸の金属イオン含有液を廃液として計上しており、今回の硝酸剥離廃液低減の取り組みはこの治具剥離工程に関連している。

2. 硝酸回収工程での廃液量低減

以下に治具剥離工程の詳細を述べる。めっき工程の剥離処理は図-3に示すように硝酸剥離工程、硝酸回収工程、硝酸水洗工程の3つから成り立ち、これらから生じる硝酸廃液は剥離工程の更新廃液と回収工程の更新廃液の2つに分かれる。

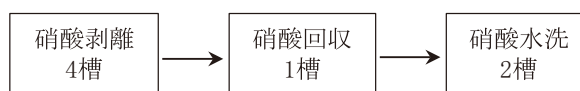


図-3 治具剥離工程の構成

稲沢工場では行政の定めた硝酸濃度基準値よりも厳しい社内基準値を設けて管理しているが、規定濃度以下に希釈しきれない廃液については専門の廃棄物処理業者による引取りを実施している。

2-1. 硝酸回収工程の調査

硝酸水洗工程には生産中に常時給水し、この水洗槽から排出される排水は社内基準値以下の窒素濃度であることを常時監視している。この窒素濃度の推移を確認したところ、社内基準値に対して余力があることが分かった。

硝酸を含有する廃液のうちで排水されるものは硝酸水洗工程からの排水であり、本工程の硝酸濃度は直前の硝酸回収工程の硝酸濃度に依存するため、硝酸回収工程は毎週全て廃棄し新たに給水を実施していた。この廃棄量を低減するために硝酸剥離回収液の処理に改善の余地があると考え、更新頻度および更新量の調整によって回収液の廃棄量低減を実現すべく取り組むことにした。

2-2. 硝酸濃度理論値の計算

硝酸回収工程に硝酸剥離工程から持ち込まれる硝酸量と硝酸水洗工程へ持ち出される硝酸量の収

*1 IE 生技部 めっき生技室

支より、処理パー数 n に対して硝酸濃度 c の変化量 dc/dn の理論値を計算したグラフ（図-4）から、硝酸回収工程の持ち込みと持ち出しの液に含まれる硝酸濃度が近づくと dc/dn が小さくなることが分かる。

回収液を更新せずに使い続ければいずれ濃度上限値を超えると予測されるが、液の全更新を毎週実施するのではなく、ある間隔で部分更新を挟むことで硝酸水洗工程の排水に含まれる硝酸濃度増加を有利な方向に進められると考えられる。

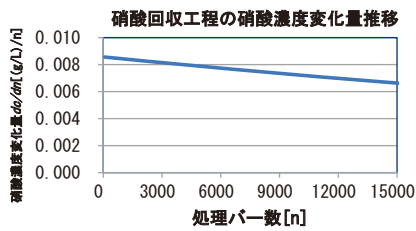


図-4 硝酸濃度傾き推移の理論値グラフ

2-3. 硝酸回収槽の液更新作業の見直し

硝酸回収液の廃棄量低減を具現化する取り組みとして、次の2点について検証を実施した。

1) 回収液の連続使用による上限の確認

毎週末の硝酸回収液の更新頻度を抑えるために数週間、液更新なしでの連続使用を試みたところ、3週連続の時点で社内基準値を超えたため、本工程は2週以内に液更新する必要があることが分かった。

2) 部分更新を含む更新頻度の適正化

1)の結果から、全更新を実施した週を起点に2週間使用後に実施する処理が重要と考えられる。

そこであらかじめ算出した理論値（図-5）に基づき、2週目に硝酸回収液の50%部分更新による濃度低下を試みたところ、この場合は3週目に無更新で基準濃度以下を維持できることが分かった。

以上より、従来は全更新で3500L/週×4週=14000Lだった回収液の廃棄量を全更新後から数えて1週目無更新、2週目50%更新（1750L）、3週目無更新、4週目全更新（3500L）とすることで5250L（従来廃液量の約37%相当）に低減できた。

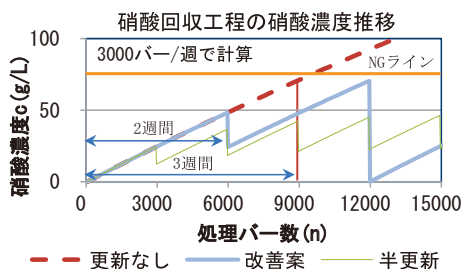


図-5 硝酸回収工程の硝酸濃度理論値グラフ

2019年7月以降、本取り組みで決めた更新頻度での運用を問題なく継続できている。

3. 硝酸剥離工程の廃棄量低減

硝酸剥離工程はハンガーの付着金属を溶解する工程で、液中金属濃度の増加に伴い剥離能力が低下するために本工程は定期的に液を部分的に更新する必要があります。都度大量の廃液が発生する。

この更新頻度を下げするために金属濃度の上限基準について見直しを実施した。

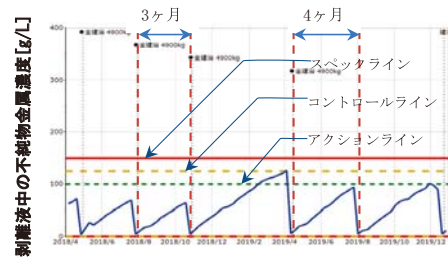


図-6 硝酸剥離液中の金属濃度推移グラフ

硝酸剥離液に含まれる金属濃度の上限値を見直した結果、更新頻度を約3ヶ月から約4ヶ月に延長できたことで年間104kLの廃棄量を78kL（従来廃棄量の約75%相当）に低減できた。

4. おわりに

本取り組みでは、設備改造することなく作業の見直しのみで硝酸剥離および回収工程からの廃棄物量を低減できた。また、これらの廃棄頻度を下げられたことで作業工数の低減にも繋げることができた。

今後はめっき工程の生産量増加に伴う硝酸剥離工程の負荷増を含めて経過観察する必要がある。

謝辞

本件の具現化において、ご協力いただいためっき製造課および環境部の皆様に感謝いたします。

著者



川原 敦

アルミダイカスト用溶解炉の省エネ及び廃棄物削減

村岡靖浩^{*1}，久田悠介^{*1}

Energy Savings and Waste Reduction in Aluminum Die-Casting Furnace

Yasuhiro Muraoka^{*1}，Yusuke Hisada^{*1}

1. はじめに

豊田合成ではハンドル用芯金をダイカスト成形で生産している。ダイカスト成形とは「精密な金型に、溶融合金を高温で圧入して高精度で、鋳はだのすぐれた鋳物を、短時間に大量生産する鋳造方式」¹⁾である(図-1)。本工程はアルミ合金を700℃程度まで昇温し溶解・保持するため、消費エネルギーが大きな工程である。

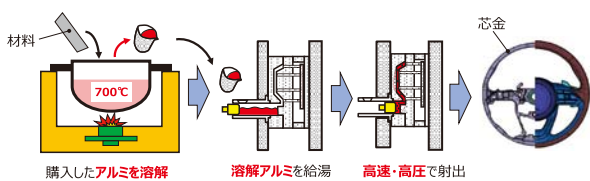


図-1 ダイカスト成形フロー

豊田合成では「環境基本方針」のもと、5年毎の環境取り組みプランによりCO₂排出量削減と廃棄物削減を推進している。

今回この目標達成に向け、溶解炉の構造を見直し、熱効率の向上と廃棄物半減の目標を達成したので紹介する。

2. 現状把握調査

ダイカスト工程における消費エネルギーの調査結果を示す(図-2)。本調査結果より溶解工程の消費エネルギーが74%と大きな割合を占めている。その溶解炉の熱効率は20%であり非常に低いことがわかった(図-3)。



図-2 CO₂排出の割合 図-3 消費エネルギーの内訳

よって、環境目標の達成に向け、溶解炉に対し取り組むこととし、削減目標を設定した(表-1)。

表-1 新規溶解炉導入における目標値

項目	省エネ		廃棄物
	熱効率	CO ₂ 排出量(t-CO ₂ /年)	酸化物削減率
既存設備	20%	235	—
目標値	35%以上	117.5以下	50%以上

3. 溶解炉の仕様検討

豊田合成で量産実績のある溶解炉は2種類に大別できる。以下に概要を示す(図-4)。

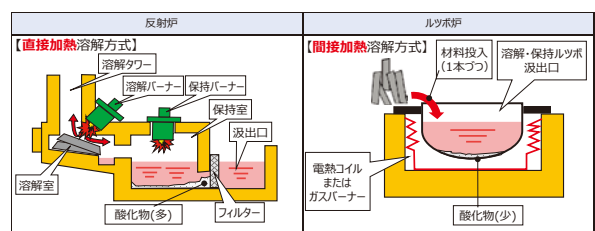


図-4 各溶解炉の概要

3-1. 反射炉

溶解室壁面からの反射熱とバーナーによる直接加熱で溶解する炉。

〈長所〉

- 1) 保持室を持つため溶湯温度の変化が少ない
 - 2) フィルター設置により溶湯品質をよくできる
- 〈短所〉

- 1) 直火が材料に当たるため酸化物が多量に発生

3-2. ルツボ炉

ルツボと呼ばれる鍋の溶湯で溶解させる炉。

〈長所〉

- 1) 溶湯内で酸素と触れることなく溶解させるため酸化物が少ない
 - 2) 溶解に必要な熱を加熱するだけでよく、無駄な加熱を抑えられる
- 〈短所〉

- 1) 材料投入時の温度変化が大きい
 - 2) 濾出口に酸化物が溜り溶湯品質が不安定
- 以上のことを踏まえ反射炉とルツボ炉の長所を合わせ持つ2段式ルツボ炉の導入を決定した。以下に炉の概要を示す(図-5)。

*1 SS生産技術部 SS第1生技室

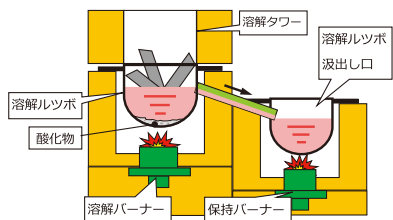


図-5 2段式ルツボ炉の概要

3-3. 2段式ルツボ炉

溶解ルツボと保温ルツボの2段のルツボで構成される炉。溶解ルツボで溶湯内溶解により酸化物量を抑制し、保持炉を別に設定することでルツボ炉の短所である温度変化を抑制できる。

4. 2段式ルツボ炉導入の課題と対策

4-1. 課題

本溶解炉は連続溶解を目的に材料供給部をタワー構造とし、材料成分の安定を目的に黒鉛を採用している。そのため以下の課題が生じる(図-6)。

- 1) 材料投入時に材料がルツボに衝突し破損
- 2) 炉の上面からの放熱

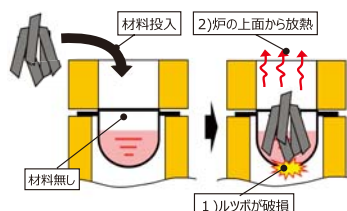


図-6 2段式ルツボ炉の課題

4-2. ルツボ破損対策

材料投入時に直接ルツボに衝撃を与えないためタワー部に未溶融材料が充填されていることが必要である。

今回、充填量を管理するシステムを構築した(図-7)。

- 1) 遮光センサーによる在荷確認

タワー部に遮光センサーを設置し未溶融材料が規定以上充填されていることを確認。

- 2) 温度センサーによる雰囲気温度の確認

排気の熱が未溶融材料に奪われ雰囲気温度が下がることに着眼し規定以上充填されていることを確認。

上記の対策により材料投入時のルツボ破損を防止できた。

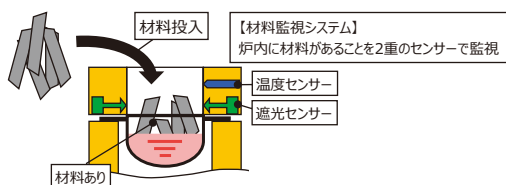


図-7 破損防止の概要

4-3. 炉の上面からの放熱対策

炉の上面から放熱される熱を未溶融材料の予熱として活用することで熱効率を向上できる。

本溶解炉では充填率を増加させるため、材料を横置き状態で充填可能となる径まで拡大させた。

その結果、充填率が75%まで増加し熱効率を標準仕様と比較し約6%向上できた(図-8)。

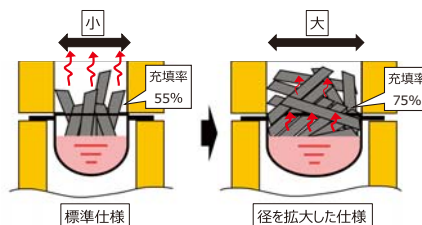


図-8 材料充填の違い

5. まとめ

本取り組みによる効果を(表-2)に示す。

既存設備と同様の品質を維持した上で、熱効率を40%まで向上、これに伴いCO₂排出量を114t-CO₂/年まで削減し、第6次環境取り組み目標達成に貢献することができた。また、廃棄物である酸化物削減目標も達成できた。

最後に、本活動に際し、ご支援、ご指導いただきました関係者の皆様に厚くお礼を申し上げます。

表-2 評価結果

項目	省エネ		廃棄物
	熱効率	CO ₂ 排出量 (t-CO ₂ /年)	酸化物削減率
目標値	35%以上	117.5以下	50%以上
実績	40%	114	51%
判定	○	○	○

参考文献

- 1) 菅野友信, 植原寅蔵: ダイカスト技術入門, 日刊工業新聞社, 1971, p.1

著 者



村岡靖浩



久田悠介

深紫外水浄化ユニット

林 欣司^{*1}, 川岡あや^{*1}

Ultraviolet C Water Purification Unit

Kinji Hayashi^{*1}, Aya Kawaoka^{*1}

1. はじめに

新型コロナ禍で人びとの殺菌への意識が高まり、UVC-LEDによる菌、ウイルスの不活化が注目されている。UVC-LEDの発光効率向上に伴い、光源のLED化が始まり市場拡大が進んでいる。豊田合成は液晶バックライト・照明分野で培った高輝度青色LED技術を応用し、高性能UVC-LEDを開発した。本稿においてはそのUVC-LEDを搭載した深紫外水浄化ユニットを紹介する。

2. 製品概要

2-1. UVC-LEDとは

図-1に一般的な波長領域を示す。波長280nm未満がUVCと呼ばれ、大腸菌やウイルスの不活化に有効とされる領域である。なお本製品には270-280nmのUVC-LEDが搭載される。

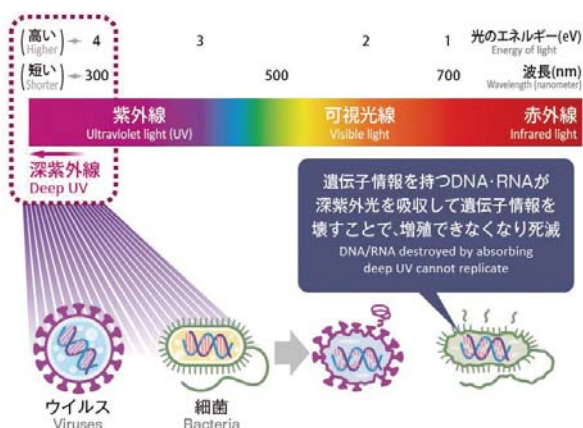


図-1 波長領域

2-2. 深紫外水浄化ユニット

図-2にユニット構造を示す。LEDの特長である瞬時点灯を生かし、オンデマンドで水浄化ユニットを動作させることができる。深紫外水浄化ユニットの製品仕様を表-1に示す。

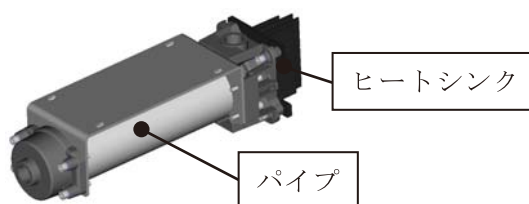


図-2 深紫外水浄化ユニットの構造

表-1 深紫外水浄化ユニットの製品仕様

項目	仕様
搭載LED出力	50mW以上@350mA
搭載LED波長	270-280nm@350mA
搭載LED指向角	2θ1/2 35°
不活化率	大腸菌NBRC3972不活化率 99.999%相当@5ℓ/min
本体寸法	280×70×70mm

3. 開発のポイント

3-1. UVC-LED

深紫外水浄化ユニットに搭載するLEDは、放熱性が高い窒化アルミニウムの基板に高出力UVC素子を搭載し、内側にキャビティを有する石英レンズを接合した構成となっている。UVCはエネルギーが高く樹脂材料を劣化させてしまうため、レンズ材料は石英を採用した。ポイントとなるのはレンズ形状であり、最適な不活化率が得られるよう、レンズ装着によるロスを最小限に抑えながら指向角35°に集光できるように設計を行った。

3-2. 放熱性

UVC-LEDは投入電力の大半が熱として消費されるため、放熱対策が重要である。CAEによる最適ヒートシンク設計を実施し空冷方式を採用した。一般的な水冷方式に対し、仮に作動中に水が供給されない場合でも放熱可能とした。

*1 光源デバイス開発部 光源モジュール開発室

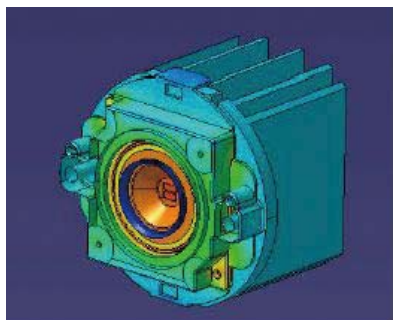


図-3 放熱シミュレーション

3-3. 構造最適化

不活化性能を向上させるにはUVC-LED 指向角と流水管寸法の設定が重要である。光学シミュレーションにより不活化性能が最大となるように、これらを組み合わせて評価し、構造の最適化を行った。

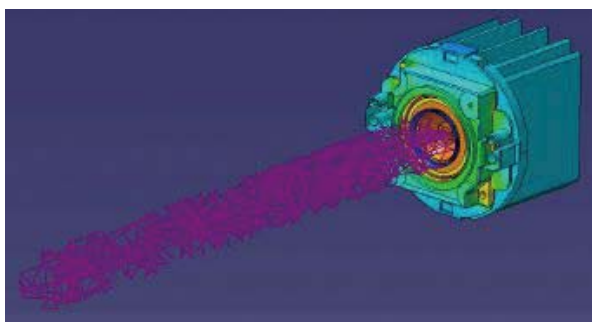


図-4 光学シミュレーション

4. 効果の確認

第三者機関で不活化試験を行い、5ℓ/minにて大腸菌 NBRC3972 不活化率 99.999% 以上を達成した。

5. まとめ

この深紫外水浄化ユニットはSDGsのゴール9「産業と技術革新の基盤をつくろう」として、将来的には水のインフラ基盤構築への入口となる技術である。今後も引き続きUVC-LED技術を生かし、高効率、長寿命化の技術開発に取り組み、水や空気の浄化など、幅広い用途で人びとの安心な暮らしに貢献していく。

6. 今後の展開

本ユニットに搭載されているUVC-LEDを用い、新型コロナウイルス（SARS-CoV-2）の不活化検証に取り組み、5秒以内に99.999%以上の不活化を確認した。今後は空気表面除菌に応用することを検討していく。

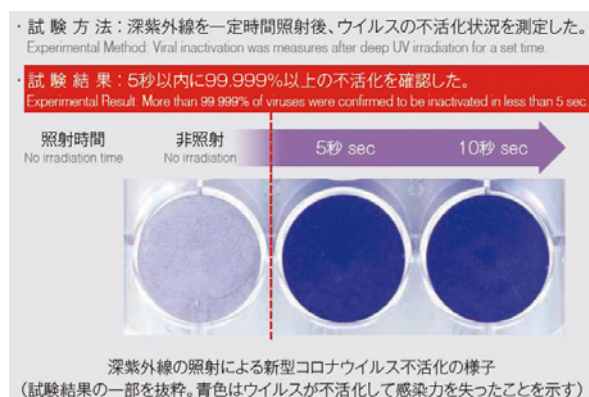


図-5 新型コロナウイルス不活化試験結果

7. おわりに

本製品の開発、量産化に向けた取り組みに際し、ご尽力いただきました関係者の皆様に厚くお礼を申し上げます。

著 者



林 欣司



川岡あや

機械学習を活用した EPDM ポリマー分岐構造解析

菊池 暁^{*1}, 赤神 博^{*1}

Branch Structure Analysis of EPDM Polymer Using Machine Learning

Akira Kikuchi^{*1}, Hiroshi Akagami^{*1}

要旨

豊田合成における SDGs (Sustainable Development Goals) の取り組みとして、安心・安全・快適なモビリティ社会に貢献する製品開発を自動車 4 事業領域で行っている。その中で、主要製品の一つであるスポンジゴム製品は軽量化・静粛性が求められており、それらの要求を満たすためには、スポンジゴムの発泡を分子レベルで制御しなければならない。そこで、スポンジゴムの原材料である EPDM ポリマーの分岐構造について、GC-MS 分析 (ガスクロマトグラフィ-質量分析) と機械学習の組み合わせにより、解析を試みた。その結果、機械学習手法の一つである Lasso 回帰で解析することで、15 万本のクロマトグラムピークから分岐構造に対応するピークを特定し、分岐構造の予測モデルを構築することができた。

Abstract

In working for the Sustainable Development Goals (SDGs), Toyoda Gosei is developing products in four automotive business areas that contribute to a safe, secure, and comfortable mobility society. Sponge rubber products, one of Toyoda Gosei's main product areas, need to be lightweight and quiet. To achieve this, the foaming of sponge rubber must be controlled at the molecular level. We attempted to analyze the branched structure of EPDM polymer, the raw material of sponge rubber, by combining gas chromatography-mass spectrometry (GC-MS) analysis and machine learning. As a result, we were able to identify the peak corresponding to the branch structure from 150,000 chromatogram peaks, and build a prediction model of the branch structure by conducting an analysis with Lasso regression, which is one method of machine learning.

1. はじめに

自動車業界の動向として、CASE/MaaS などのモビリティ産業の到来、世界的な CO₂ 削減取り組みから、自動運転 /EV/FCV などの次世代車の開発・販売加速が進んでいる。豊田合成においても、SDGs (Sustainable Development Goals) の取り組みとして、安心・安全・快適なモビリティ社会に貢献する製品開発が行われている。その中で、**図-1** に示す主要製品の一つであるスポンジゴム



図-1 スポンジゴム製品¹⁾

製品には軽量化・静粛性が求められている。

そのためにはスポンジゴムの発泡を分子レベルで制御する必要がある。具体的には分子量、発泡剤分散、分岐構造を制御しなければならないが、分岐構造のみ、解析技術がなく、制御できていない。そこで、適切な分析手法を選定し、人によるバラツキがなく、短期間にビックデータを解析できる機械学習を活用し、EPDM ポリマーの分岐構造の解析技術を確立する。

2. 背景

2-1. EPDM ポリマーの特徴

スポンジゴムの原材料は、EPDM ポリマー、カーボンブラック、オイルなどであり、EPDM ポリマーはエチレン (E) /プロピレン (P) /ジエン (D) の共重合体である (**図-2**)。

*1 材料技術部 材料分析室

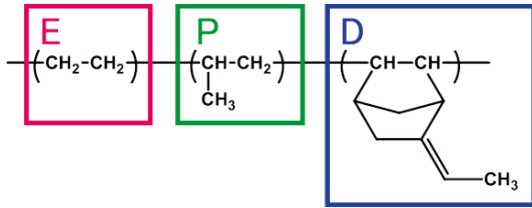


図-2 EPDM ポリマーの分子構造

スポンジゴム製品の要求特性として、機械特性、耐熱性、耐候性、発泡特性、形状維持性が挙げられる。これらの特性は EPDM ポリマーの高分子構造に依存し、主鎖が機械特性、耐熱性、耐候性、分岐鎖が発泡特性、形状維持性に影響を及ぼしている (図-3)。また、分岐鎖の分岐構造は分岐数と分岐の長さで定義される (図-4)。

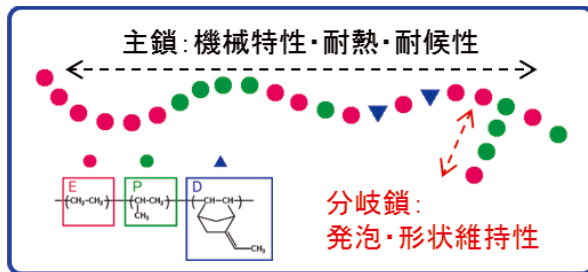


図-3 EPDM ポリマーの主鎖と分岐鎖

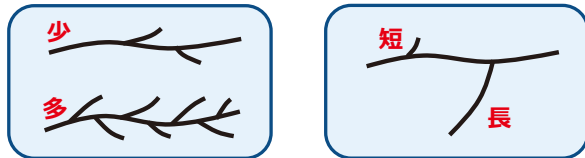


図-4 分岐鎖の分岐数 (左) と長さ (右)

2-2. 分岐構造による発泡制御の考え方

分岐構造は発泡特性に大きく影響する。分岐数が多く、分岐が長いほど、ポリマーの絡み合いが生じ、伸び、張力が高くなる。その結果、泡と泡の間の壁が破れにくくなり、独泡化すると考えられる。また、その逆の場合、連泡化する (図-5)。

発泡を制御することで、軽量化・静粛性向上検討や歩留まり向上活動が効率的に行える。

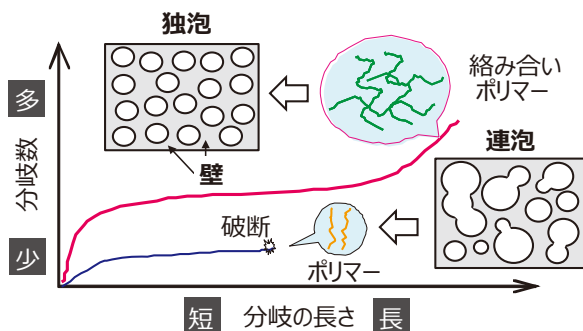


図-5 EPDM ポリマーの発泡状態

3. 現状把握

3-1. EPDM ポリマー分岐構造分析手法

表-1 に示すように、EPDM ポリマーの分岐構造を測定する手法として、粘弾性法、ゲル浸透クロマトグラフィー (GPC)²⁾、核磁気共鳴 (NMR)、ガスクロマトグラフィー質量分析法 (GC-MS)³⁾ が挙げられるが、分岐数と分岐の長さ、両方を推定できる手法は GC-MS のみである。GC-MS の概要を図-6 に示す。

表-1 EPDM ポリマーの分岐構造分析手法

分析手法	分岐数	分岐の長さ	測定時間	解析時間
	推定			
粘弾性法	○	×	0.5h	1h
GPC	○	×	24h	1h
NMR	×	○	12h	2h
GC-MS	○	○	1h	8h

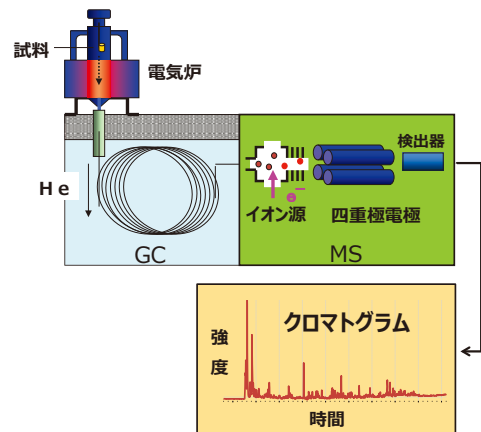


図-6 GC-MS 装置概要

試料を加熱された電気炉へ導入することで試料は瞬時に熱分解され、その分解物は GC カラムで分離後、質量分析計 (MS) でクロマトグラムとして検出される。その後、出力されたクロマトグラム解析によって、試料の定性・定量分析を行う。また、少量のサンプルを短時間で測定できるのも特徴である。しかし、クロマトグラム解析に 8h を要するため、分岐構造解析まで至っていないのが現状である。

3-2. GC-MS クロマトグラム

GC-MS 手法による EPDM ポリマーの分岐構造のクロマトグラム解析に工数がかかる理由として、ピーク数が多いことが挙げられる。GC-MS クロマトグラムのデータ構造は図-7 に示すように $X = \text{時間}$, $Y = \text{強度}$, $Z = \text{ある時間の分子量分布 (m/z: 質量電荷比)}$ の 3次元データ構造をもつ。そのため、ピーク数は $54 [\text{min}] \times 2700 [\text{m/z}]$ となり、15 万本程度になる。

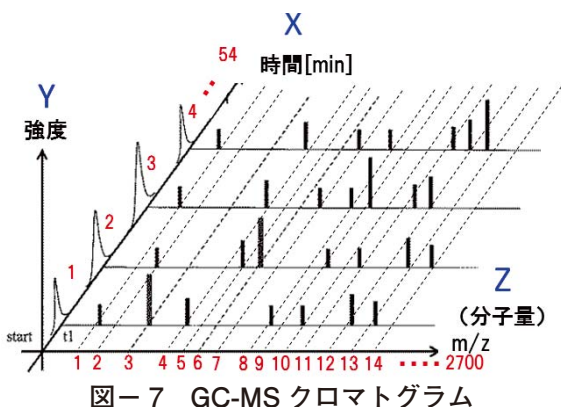


図-7 GC-MS クロマトグラム

4. 目標設定

本稿では、分岐数の予測モデル構築を目標とする。目標値は分岐数の予測誤差を±3ポイント、解析工数（データセット準備工数）を1h以内に設定した。

5. 実施内容

EPDM ポリマーの分岐構造に対応するピークを特定し、分岐数を予測するために、機械学習を活用する。手順は下記に示す。手順3の分岐構造のピーク特定、分岐数の予測モデル構築を行う際に、表-2に示す機械学習手法の一つである Lasso 回帰を採用する。Lasso 回帰により、分岐構造に対応するピークだけが自動的に選択され、モデルの解釈が容易になる。

1. EPDM ポリマーサンプルと教師データ準備
2. GC-MS クロマトグラムよりデータセット作成
3. 分岐構造のピーク特定、分岐数の予測モデル構築
4. 予測モデルの妥当性確認

表-2 回帰手法⁴⁾

手法	回帰	多重共線性	過飽和	変数選択
SQC	重回帰	×	×	△
機械学習	Ridge	○	○	×
	lasso	△	△	○
	Elastic net	○	○	△

$$S_{\lambda}(\beta) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \{y_i - (x_{i1}\beta_1 + \dots + x_{ip}\beta_p)\}^2 + \alpha \lambda \sum_{j=1}^p |\beta_j| + (1 - \alpha) \lambda \sum_{j=1}^p \beta_j^2$$

$\alpha = 0$ Ridge
 $\alpha = 1$ lasso
 $0 < \alpha < 1$ Elastic net

6. 実施結果

6-1. サンプルと教師データ準備

4種（A～D）のEPDMポリマーについて、粘弾性測定により算出した分岐数をAIの学習データ（教師データ）とした（表-3）。

表-3 分岐数（粘弾性法）

水準	分岐数
A	1.3
B	5.5
C	17.5
D	28

6-2. データセット作成

GC-MS クロマトグラムのデータ構造は3次元構造をもつため、説明変数を時間またはm/z（質量電荷比）で表すことが可能である。（表-4、表-5）分岐構造のピークを特定する目的から、説明変数は分子構造を表すm/zを採用する。

表-4 データセット（説明変数：時間）

水準	説明変数			目的変数
	時間 (min)			
	1	...	54	分岐数

表-5 データセット（説明変数：m/z）

水準	説明変数			目的変数
	m/z (質量電荷比)			
	20	...	60	分岐数

本GC-MS装置で取得できるm/zは20～600であり、その間に離散的に2700本のピークが存在する。解析精度が著しく低下しないように、データ数と説明変数を1：5程度に抑える方策を考える。サンプルが4個であり、サンプル1個に対して、54分のデータが存在するため、データ数は216個となる。また、説明変数を1000個程度にするために過去の技術的知見からm/zを20～91に選定し、説明変数を1011個に絞りこみ（図-8）、データセットを作成した（表-6）。

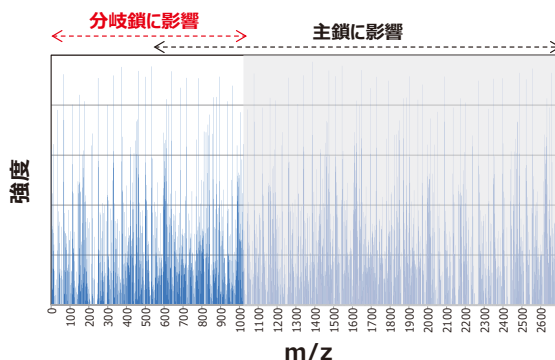


図-8 GC-MS 質量ピーク（水準A）

表-6 データセット (最終)

水準	時間	説明変数							目的変数 分岐数
		ピーク No. (m/z)							
		1	2	3	1009	1010	1011		
		20,014	20,519	21,993	91,141	91,165	91,187		
A	1								1.3
	54								
B	1								5.5

6-3. 分岐構造のピーク特定と分岐数の予測モデル構築

汎化能力を向上させるため、R⁵により、交差検証 (Cross Validation) と lasso 回帰を実施した。その結果、分岐構造に影響する 9 ピークを特定できた (図-9)。

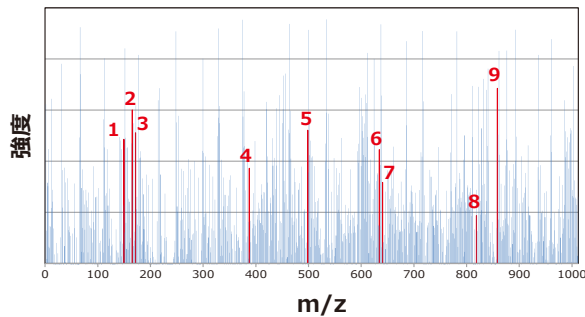


図-9 GC-MS 質量ピーク (水準 A)

また、特定したピークより、分岐数の予測モデルを構築することができた (図-10)。

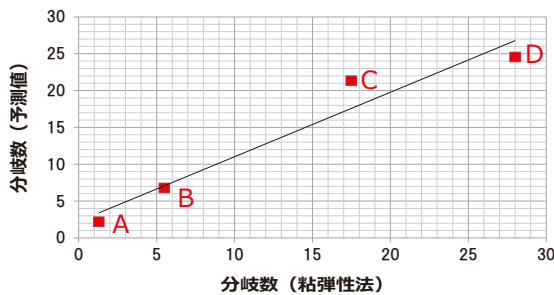


図-10 分岐数の予測モデル

6-4. 予測モデルの妥当性確認

6-1 と同様に、4 種 (E ~ H) の EPDM ポリマーについて、粘弾性測定により算出した分岐数を妥当性確認用データとした (表-7)。

表-7 分岐数 (粘弾性法)

水準	分岐数
E	7.8
F	8.7
G	12.5
H	20.2

その後、GC-MS クロマトグラムを取得し、6-3 で特定した 9 ピークを用いて、予測モデルの妥当性確認を実施した結果、予測誤差は最大で 5 ポイントであった (図-11)。

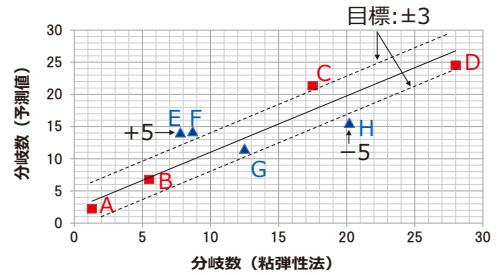


図-11 予測モデルの妥当性確認

7. まとめ

機械学習手法 (Lasso 回帰) を活用することで、分岐構造に対応する GC-MS クロマトグラムを特定し、分岐数の予測モデルを構築した。予測誤差は最大で 5 ポイントで目標未達であったが、解析工数は 0.5h で目標値 1h 以内を達成できた。本技術により、発泡を制御することが可能になり、スポンジゴム製品の軽量化・静粛性に貢献していく。

謝辞

この論文を作成するにあたり、ご協力いただいた滋賀大学山口先生、三井化学株式会社殿ほかにご場を借りて厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 2008 豊田合成技報 vol.50/No.2 2008, 2009 豊田合成技報 vol.51
- 東レリサーチセンター the TRC News, No.120 (2015)
- 柘植新, 熱分解 GC の高性能化と高分子の微細構造キャラクタリゼーションへの応用 (総合論文), p.421 (1986)
- トヨタグループ機械学習講義用テキスト 2019
- 使用ソフト: R3.1.0

著者



菊池 暁



赤神 博

室内ランプの低コスト化技術

河野永樹^{*1}，服部徳文^{*1}，木野徳人^{*1}

Low-Cost Technology for Interior Lamps

Eiki Kawano^{*1}，Norifumi Hattori^{*1}，Norihito Kino^{*1}

1. はじめに

環境意識の高まりと共に、住宅をはじめ店舗・オフィスにおける照明のLED化が急速に進み、家電量販店の店頭には様々なLED照明製品が立ち並ぶようになった。

自動車においてはストップランプをはじめとした外装用照明からLED化が始まり、車室内においても足元照明、間接照明といった雰囲気演出を目的としたイルミネーションとして、LEDの採用が進んでいる。

豊田合成における車載照明のLED化は、1996年、小型、長寿命、低消費電力などLEDの特徴を生かしたコンソールBOX照明用ランプユニットから始まる。当初はハーネス式コネクタを備えたランプユニットであったが、コネクタを一体化したダイレクト型ユニットを開発し汎用性の向上を図っていった。

2. 従来品の課題と低コスト化

2-1. ランプユニット紹介

小型ランプユニットは比較的明るさを必要としない低照度領域において、汎用性の高さから足元照明やクラブBOX照明イルミネーションなどの様々なアプリケーションに使用され室内空間の照明演出に寄与している(図-1)。



a) 足元照明 b) クラブBOX照明
図-1 照明製品例

また、照明色に豊富なバリエーションを持つことで多様な顧客ニーズにも対応している(図-2)。

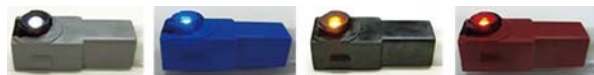


図-2 小型ランプユニットバリエーション

一方で、レクサスをはじめとする高級車から採用が始まり、その後小型車/軽自動車へと多くの車両において室内空間雰囲気向上やグレードマネージメントアイテムとして採用は拡大しているものの、コスト高により更なる適用拡大への障害となっている一面もある。より多くの車両への普及を図るべく、新たな構造による低コスト化を実現した小型ランプユニットの開発事例を紹介する。

2-2. 従来品のコスト課題

従来のランプユニットは、リード型の電子部品を立体型のインサート回路体へ溶接による接合する構造を採用していた(図-3)。この構造は、工程の自動化が比較的容易であるが、近年主流である小型電子部品への対応が困難であり、また溶接の加工サイクルが長いことから、更なるコスト低減に向けては限界であった。

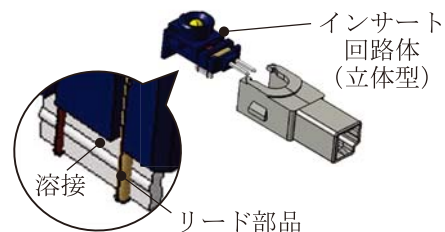


図-3 従来構造

2-3. 低コスト化の取り組み

そこで今回、低コスト化に向けた対応として、電子部品の実装をはんだ実装に変更。小型表面実装部品に対応するとともに、高速での実装による加工費低減を実現。また、一般的に適用されているガラスエポキシ等を材料とするプリント基板に変えて、板金プレスによる電気回路形成品を樹脂インサート成形した、プリント基板型インサート回路体を開発(図-4)。コスト面での優位性とともに放熱特性にも優れることから、ランプの高

*1 照明技術部 照明開発室

照度化による汎用性向上にも貢献している。

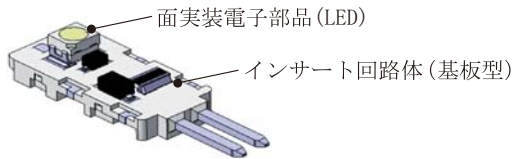


図-4 基板型インサート回路体

また、ランプ構成部品の組立に際し全部品一方からの組立を可能とする構造を採用することにより、ランプアセンブリの組立工程を自動化するとともにタクトを大幅に短縮、加工費低減にも寄与している(図-5)。

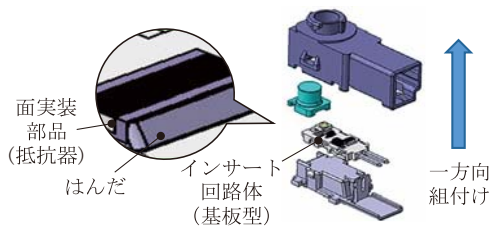


図-5 低コスト構造

3. 低コスト化技術の具現化

3-1. 熱マネジメントによる小型化

インサート回路体を構成する板金、樹脂共に、熱伝導性の高い材料を選定することで、一般的に使用されるプリント基板に対し、より良好な放熱特性を保有しているが、小型で安価な基板型インサート回路体を実現するために、熱伝導部となる板金部のパターンを熱シミュレーションを用いて最適化を図った。LED照明の発光部となるLEDチップは半導体であることから第一に考慮しなければならない発熱源であり、半導体素子の寿命を考慮した熱設計が必要なためである¹⁾。また、抵抗器等の回路を構成する電子部品も発熱源であるため部品同士のあおり熱についても板金部形状により熱集中の抑制を図り、回路体全体として放熱特性の向上を図っている(図-6)。

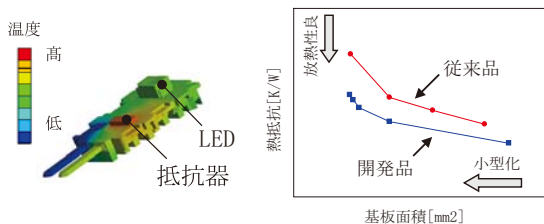


図-6 熱解析結果

3-2. はんだ接合信頼性

基板型インサート回路体と電子部品は、はんだにより物理的、電気的な接続をとる。インサート

回路体と電子部品の線膨張には差異があり、温度変化の激しい環境においては、この線膨張係数の差異による熱応力がはんだ部に集中し、物理的/電気的接続の信頼性低下が懸念される。

接合信頼性を確保するための取り組みとして、インサート回路体の樹脂材料の線膨張係数を考慮した材料を選定し熱応力を低減する、更にインサート成型金型と成形条件の最適化により樹脂の流動方向を均一化、樹脂フィラーの流動方向差による線膨張係数の異方性を抑制し接合信頼性を確保した。(図-7)に抵抗器のサイクル試験後のはんだ断面を記すが良好な接合状態が確保されている。

また、インサート成形時に発生する樹脂バリを抑制するため、板金のダレ形状を反映した金型形状とすることで、電子部品搭載のパッド寸法を一般的なプリント基板と遜色ない精度を実現した。

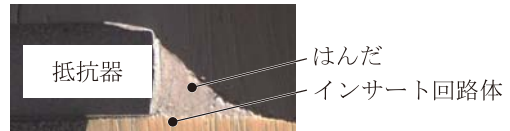


図-7 サイクル試験後のはんだ断面

4. まとめ

低コスト化技術を折り込んだ小型ランプユニットを開発することにより、低コスト化ニーズへ対応した。今後の更なる室内照明のLED化拡大に本技術が活用されることを期待する。

5. おわりに

本技術の開発・製品量産化にあたり、社内外の多くの関係者の皆様からのご支援とご協力を賜り、厚く御礼を申し上げます。

参考文献

- 1) LED照明推進協議会, LED照明信頼性ハンドブック, p.99 (2009)

著者



河野永樹



服部徳文



木野徳人

小型 運転席エアバッグ (Φ140)

岡田 出^{*1}

Small Driver Airbag (Φ140)

Izuru Okada^{*1}

1. はじめに

運転席エアバッグモジュールはステアリングホイールの中心に配置されておりドライバーの最も視界に入る自動車内装部品となっている。

近年はデザイン注目度も上昇傾向にあり、その中でも運転席エアバッグモジュールの小型化が市場動向調査より年々進んでいる (図-1)。

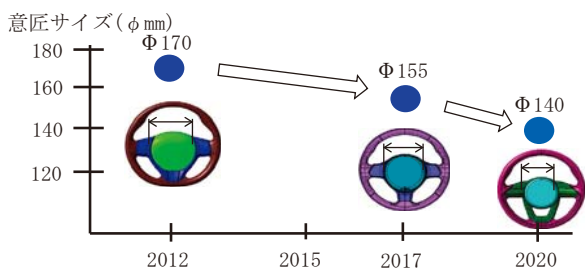


図-1 運転席エアバッグモジュール意匠サイズの変遷

従来の運転席エアバッグモジュールの意匠サイズはΦ155～Φ180程度 (図-2) であるが、将来のニーズを予測するとΦ140サイズの運転席エアバッグモジュールを開発する必要がある。

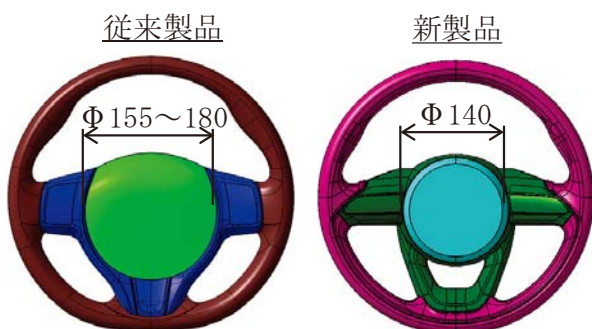


図-2 運転席エアバッグモジュール意匠サイズ

意匠サイズをΦ140サイズに小型化すると各構成部品 (図-3) も同様に小型化する必要がある。エアバッグはパッドカバーの収納スペース

(図-4) に折りたたまれて格納されているため、意匠サイズダウンにより収納スペースが大幅に減少した。従来製品は収納スペースが四角形状であるため、エアバッグ折りたたみ後の形状も直方体であった。新製品は収納スペースが縮小し且つ円形状であるため、従来の折りたたみ方法のままでは格納できない。

今回は小型意匠に対応できるエアバッグを丸く小さく折りたたむ技術を開発したためその概要について紹介する。

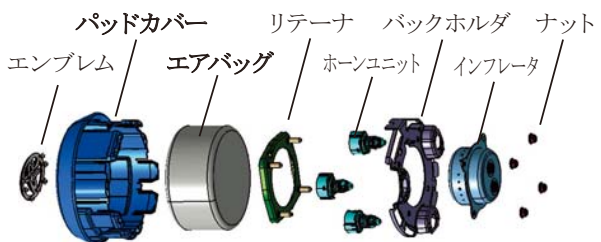


図-3 運転席エアバッグモジュール構成例

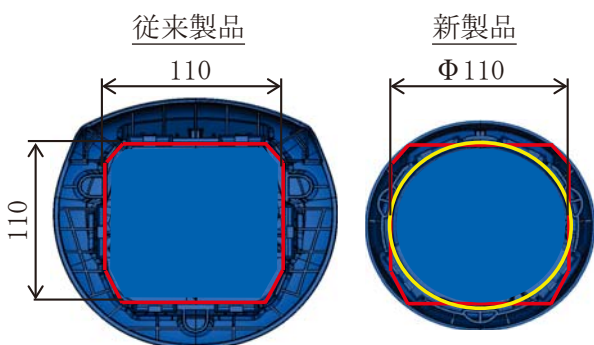


図-4 運転席エアバッグ収納スペース

2. 製品の概要

従来製品はパッドカバー内のエアバッグ収納スペースが四角形状であった。これはエアバッグを平面に置き上下、左右に折りたたんで四角形状にしている (図-5)。その折り方を工夫することによりエアバッグの展開挙動を制御している。

*1 セーフティシステム技術部 セーフティシステム第1技術室

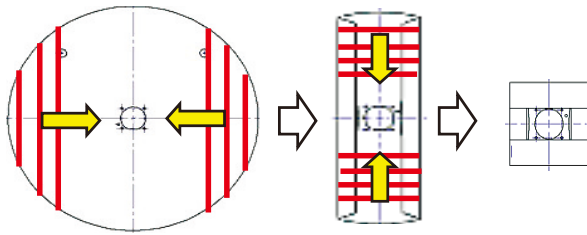


図-5 従来製品のエアバッグ折りたたみ

新製品は丸く小さくなったΦ140の小型意匠に対応するため、デッドスペースを有効活用した円柱型にする必要があるが、単純に円柱型に折りたたむのではなく、先に挙げたエアバッグの展開挙動を制御することが可能な折りたたみとする必要がある。

発想として展開形状の逆再生のようにエアバッグ外周部8箇所を中心側に圧縮する。更に残りのエアバッグ外周部を中心側に圧縮し円形に整え、形状を保持させている(図-6)。

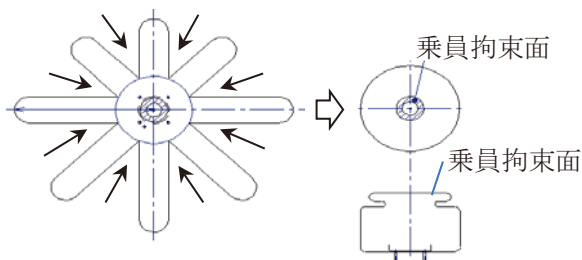


図-6 新製品のエアバッグ折りたたみ

3. 製品の特長

3-1. 乗員保護性

車両衝突時に乗員がエアバッグへ侵入する際、エアバッグの展開で乗員方向に飛び出すのを抑制していないと眼や胸への傷害が悪化してしまう傾向にある。そのためエアバッグの展開初期段階において乗員拘束面を早期に形成させ、直進性を防ぐ必要がある。

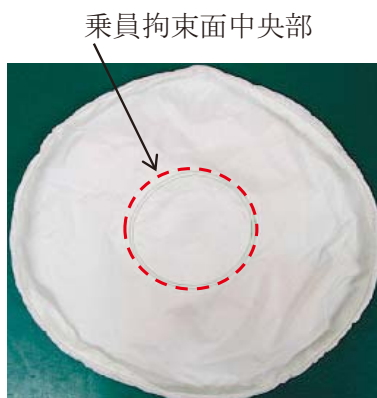


図-7 運転席エアバッグを広げた状態

新製品は、左記を考慮して折りたたみ状態において上部に乗員拘束面の中央部が来るようあらかじめ設定することで展開安定性を確保することができ、従来製品と同等性能を確保することが可能となる(図-7, 図-8)。

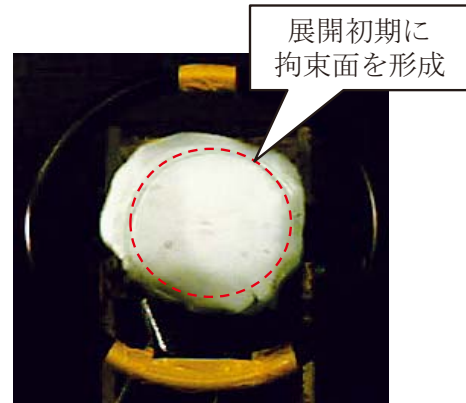


図-8 新製品のエアバッグ展開時のコマ撮り

3-2. 効果

新製品は運転席エアバッグモジュールを小型化させ、従来と同等性能を確保できた。結果として収納パッケージを20%低減した。また各種構成部品も小型軽量化されたことにより、質量を10%低減することができる。

4. おわりに

今回紹介した運転席エアバッグモジュールについては、2020年1月にヤリスより生産開始となりました。

最後にこの製品の開発・量産化に対し、ご指導ご協力いただいたトヨタ自動車株式会社関係部署の方々に深く謝意を示します。

著者



岡田 出

ガラスランの遮音性能予測を高速化する技術

猿渡智之^{*1}, 橋本善夫^{*1}

Speed up Prediction Technology of Sound Insulation Performance for Glass Runs

Tomoyuki Sawatari^{*1}, Yoshio Hashimoto^{*1}

1. はじめに

HV, EV の急速な普及によりエンジンノイズが低減し、車室内の静粛性に向けた遮音性能向上のニーズが高まっている。

遮音性能に寄与する部品の一つに窓ガラスの摺動部に装着されるガラスランがある (図-1)。

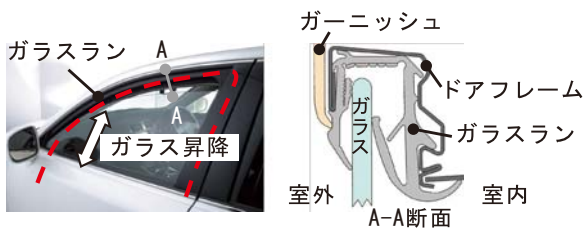


図-1 ガラスラン

車外騒音の車室内への侵入は、車外騒音がガラスを加振し、ガラス表面から車室内へと音が放射されることで生じる (図-2)。そこで遮音性能向上には放射音の低減 (=ガラス振動の低減) が必要である。

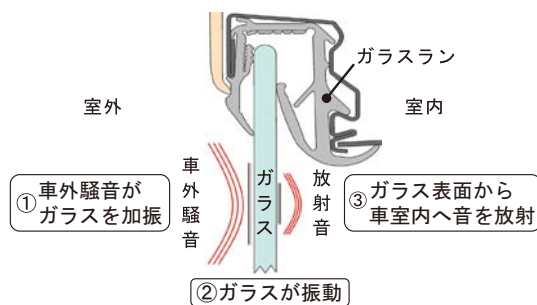


図-2 車室内への音の侵入メカニズム

ガラスランは、ガラスに接触しているためガラス振動の低減に寄与し、ガラスラン形状や材料特性が低減量に影響する。そのガラス振動を評価する手段としてCAEを活用しており、実用上十分

な予測精度 (図-3) を有しているため、製品仕様の選定に利用している。

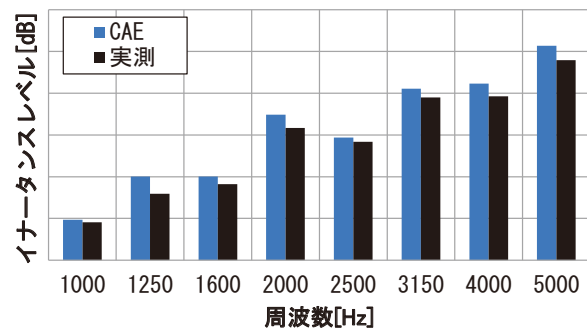


図-3 ガラス振動の予測精度

2. ガラス振動 CAE の課題

遮音対象である車両走行時の風切り音は、周波数帯が広く (1 ~ 5kHz)、CAE で周波数毎の計算が必要となるため、形状や材料特性を組み合わせると計算回数が多くなる。加えて、ガラスラン形状を忠実に再現するため、細かいメッシュサイズを使用するので計算量が大きくなり、1回の計算時間が長くなる傾向にある。ガラス振動 CAE は上記要因から、全周波数での計算を行うと長期化する課題があり、CAE を製品開発に効率よく活用していくためには、計算の高速化が必要である。

3. 計算の高速化に向けた取り組み

3-1. 実施内容

計算の高速化に向けて、総メッシュ数の 90% を占めるガラスランに着目し、メッシュ数の低減を図る取り組みを実施した。

ガラスランは、ガラスが挿入された際に接触し、ガラスを押さえつける反力が発生する。この反力の振動時の変動 (動的反力) が、ガラス振動の予

*1 性能実験部 予測技術室

測に重要であることに着目し、動的反力の再現ができれば、ガラスランのメッシュがなくても予測精度を低下することなく計算の高速化が可能である。

まず、ガラスランの形状を排除するためにガラスランをバネに置き換える手法(図-4)を用い、メッシュ数の低減を図った結果、従来のメッシュ数から約1/8へ大幅に低減した。

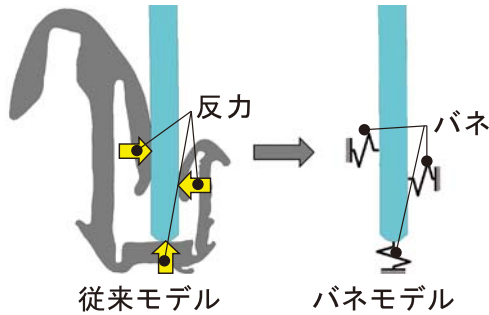


図-4 ガラスランの計算時間短縮方法

次に、ガラスランの反力を再現するため、同等の力を発生させるためのバネ特性を求め、形状と材料を考慮した条件として与えられるようにした。バネ特性の算出においては誤差を低減するため、市販ソフトウェアと連携し剛性マトリックスからバネ特性を計算(図-5)ができるようにした。

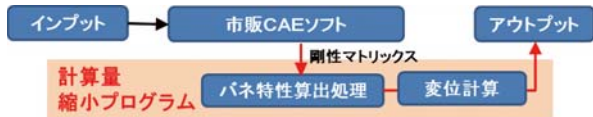


図-5 計算実施フロー

3-2. 検証結果

図-6にガラスランの反力とバネの反力の比較を示す。バネの反力はガラスランの反力とよく一致(誤差1%以内)しており、ガラスランのメッシュ数低減が精度よく実施できていることが確認できた。

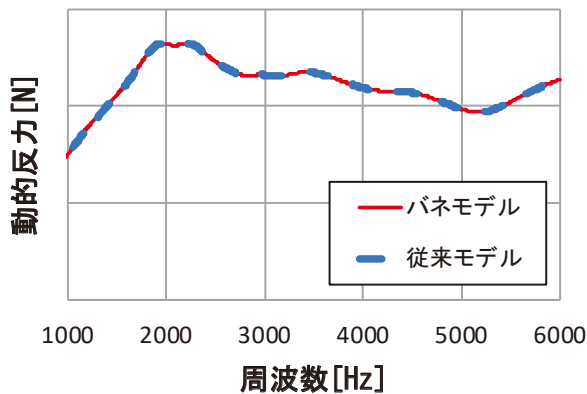


図-6 ガラスラン動的反力の比較

図-7にバネモデルの予測結果を示す。従来モデルと同等の精度があることが確認できた。

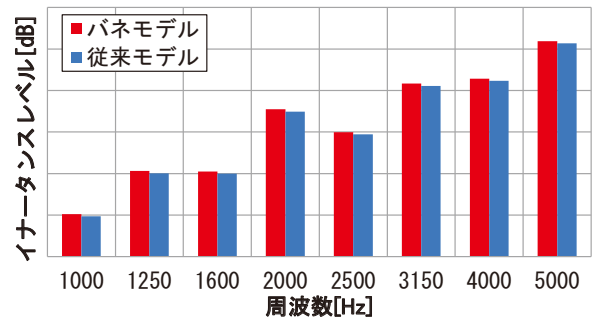


図-7 バネモデルの予測精度

また、計算時間は従来モデルの1/10となった。

4. まとめ

CAEの計算時間を短縮して製品開発により活用するために、ガラスランをバネ要素に置き換える手法を開発し、従来と同等の解析精度で計算時間が1/10となることを確認した。

今後は同様な手法を他の製品へ展開していく。

著者



猿渡智之



橋本善夫

金型強度解析の精度向上

脇 賢司^{*1}，土山明子^{*1}

Improved Accuracy of Mold Strength Analysis

Kenji Waki^{*1}，Akiko Tsuchiyama^{*1}

1. はじめに

近年フロントグリルは、レクサスを中心に製品の大型化と意匠形状の複雑化（横格子から網目格子）が進んでいる（図-1）。それに伴い金型も大型化しており、品質を確保するための金型強度設計が重要になっている。

今回、CAEによる金型強度解析（変形予測）の精度向上に取り組んだ事例を紹介する。

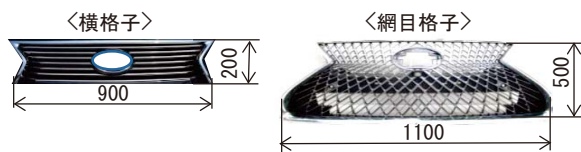


図-1 フロントグリル

2. 従来の金型強度解析と課題

従来の金型設計では、金型単体のモデルにて強度解析を実施している。製品面に成形圧力を等分布に付加したときの金型の変形量（タワミ量）を評価し、目標の変形量以内になるように金型の構造（厚み、スパーサー配置など）を決める。

今回検討品として、平板形状を成形する金型を対象に、従来同様に金型単体でのCAEにより設計を行い、成形検討を実施した（図-2）。

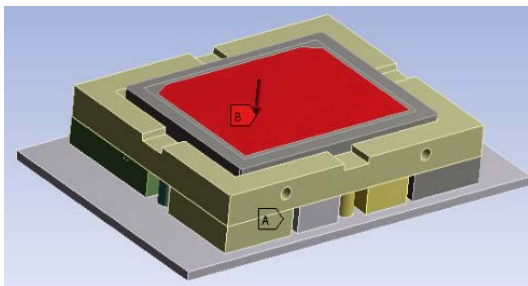


図-2 金型モデル

成形品の板厚偏差を金型タワミ量としてとらえ、CAEのタワミ量と比較した結果、実際の金型の方がCAEの約2.4倍大きく変形していた（図-3）。この結果より、これまでのCAEでは実際の変形を再現できておらず、CAEの見直しが必要であると判断した。

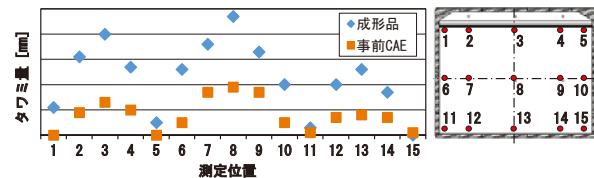


図-3 成形品・CAEの比較結果

3. CAE予測ズレ発生要因

構造解析のポイントとして、下記の3点があげられる。その中で1)と2)について確認を実施した。

- 1) 荷重条件
- 2) 解析モデル・拘束条件
- 3) 材料物性データ（金属物性）

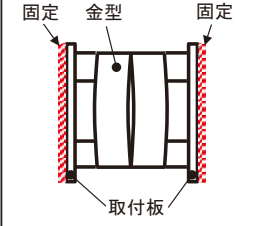
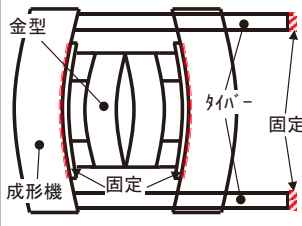
3-1. 荷重条件

従来のCAEでは、荷重を等分布に付加して実施している。しかし、実際の成形では流動パターンにより製品面に加わる荷重は等分布ではなく、場所ごとに差が発生している。そのため、CAEと実機の変形に差が生じていると考えた。

3-2. 解析モデル・拘束条件

従来のCAEによる変形と実際の変形の違いを図-4に示す。従来は金型モデルのみで解析を実施していたが、実際には成形機も変形しており、金型の変形に影響していることが予測される。そのため、成形機を含めた解析モデルと拘束条件の設定が必要と考えた。

*1 モールド事業統括部 金型技術室

<p><従来 金型モデルのみ></p> 	<p><実機></p> 
<p><拘束条件></p> <ul style="list-style-type: none"> ・金型の取付板を固定 	<p><拘束条件></p> <ul style="list-style-type: none"> ・金型の取付板と成形機を固定 ・タイバー端部を固定
<p><変形></p> <ul style="list-style-type: none"> ・金型の取付板は変形せず、主型のみが変形する 	<p><変形></p> <ul style="list-style-type: none"> ・成形機と金型が一緒に変形する

図－4 金型変形の考え方

4. 解析精度向上の取り組み

4-1. 荷重条件の設定

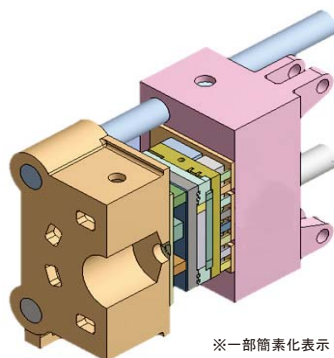
金型に負荷する荷重について、実際の成形圧力分布を再現するため、流動解析による圧力の結果を使用して金型構造解析を行う「連成解析」を実施した。

4-2. 解析モデル・拘束条件の設定

成形機を含めたCAEを実施するに当たり、成形機のモデリングと拘束条件設定を新しく行う必要があるため、下記の3点を実施した。

- ①成形機モデルの作成（実機の寸法測定）
- ②拘束条件設定
- ③CAE結果と実測合わせ込み
 - ・成形時の金型及び成形機の挙動測定

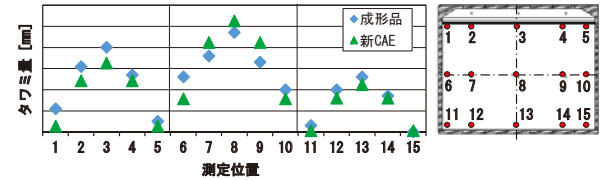
今回作成したCAEモデルを図－5に示す。



図－5 成形機含めたCAEモデル

5. 結果

成形機を含めたCAEを実施した結果、実機との差が10%程度に収めることができた（図－6）。



図－6 成形機含んだCAE結果

6. おわりに

連成解析と成形機を含めた構造解析により、金型強度解析の精度向上を実現することができた。量産金型の設計に活用することで、金型強度による不良低減に効果が得られ始めている。

最後に、本技術を確立させるにあたり、ご協力いただいた方々へ厚く謝意を表します。

著 者



脇 賢司



土山明子

蛇腹形状押出品の内面検査技術

濱中悠太^{*1}, 山田航大^{*1}

Inspection Technology for the Inner Surface of Bellow-Shaped Extruded Tubes

Yuta Hamanaka^{*1}, Kodai Yamada^{*1}

1. はじめに

検査品質の安定性確保と高騰する人件費の抑制を目的として、人による目視検査（外観検査）を機械化するニーズが高まってきている。豊田合成においては、めっきグリルなどの大型部品からカップ・シール部品などの小物部品まで国内外で生産する様々な製品を対象として、外観検査技術の開発を進めている。本稿では、蛇腹形状押出品であるフィルターパイプの内面検査技術について述べる。

2. 検査対象と検出目標

2-1. 検査対象

検査対象を図-1に示す。給油口と燃料タンクをつなぐ樹脂製の管（フィルターパイプ）が今回の検査対象である。フィルターパイプは多層コルゲート成形（押出成形）で生産され、他の構成部品との組み付け、曲げ加工を行い製品となる。本技術では、曲げ加工前のフィルターパイプを検査対象としている。また、フィルターパイプの形状は、主に蛇腹とストレートの部位から構成される。

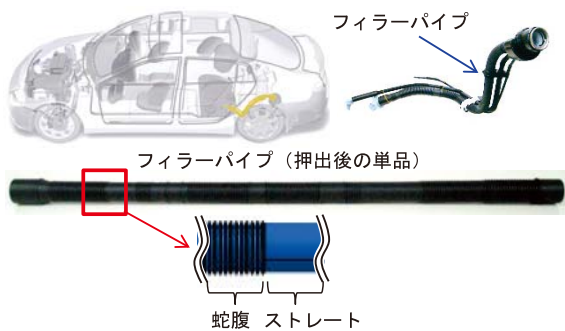


図-1 検査対象

2-2. 検出目標

樹脂押出成形においては、押出流路に滞留した樹脂材料が長時間の加熱により変質し、ブツ不良、メヤニ不良として内面に表出するものや、成形収縮の過程で起こる凹み不良などが発生する。それらの不良を、人の目視検査と同等レベル以上で押出成形工程内（インライン）にて自動で検出することを目標とした。

3. 撮像系の選定

管形状の製品の内部検査において、一般的な産業用カメラとレンズの組み合わせでは、被写界深度の限界から全長にわたってワークの内面を可視化することはできない。そこで本検査技術では、図-2に示すように、内視鏡をホース内に挿入しながら連続撮像することでワーク全長にわたって検査することを可能とした。

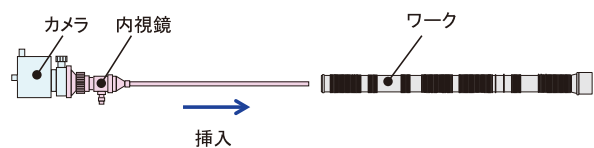


図-2 撮像方法

4. 検査プログラムの内製開発

4-1. 開発ツール

本検査機では、画像処理開発ライブラリを用いてプログラムの内製開発をした。豊富に用意された関数を使用することで複雑な処理も短時間で開発ができること、開発したプログラムを他テーマにも応用しやすいなどの利点がある。

*1 マシンエンジニアリング部 設備開発室

4-2. 処理の流れ

検査プログラムの処理の流れを図-3に示す。前処理、検査領域の設定について次項で述べる。

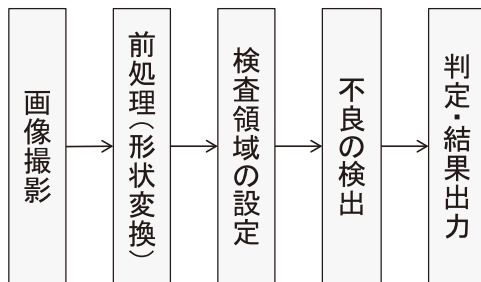
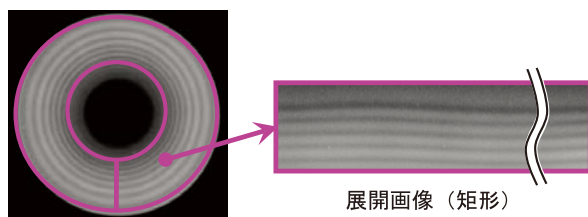


図-3 処理の流れ

4-3. 前処理

撮影画像に写った不良は同じ大きさでも、手前と奥で画像上でのサイズが異なっている。そこで手前と奥での見え方の補正を目的として、図-4に示すように環状の撮影画像から矩形の展開画像へ形状変換を行っている。



撮影画像 (環状)

図-4 形状変換

4-4. 検査領域の設定

蛇腹部とストレート部では、不良の画像への写り方が異なるため、蛇腹部とストレート部で検出プログラムを使い分けることが必要である。そこで図-5に示すように、画像に写っているのが蛇腹部・ストレート部のいずれの部位かをそれぞれの特徴量をもとに識別し、部位毎で使用するプログラムを自動で切り替えるようにした。これにより、1枚の画像上に蛇腹部とストレート部が混在するといった場合においても、正しい検査をすることが可能となった。

展開画像
(蛇腹部・ストレート部混在)

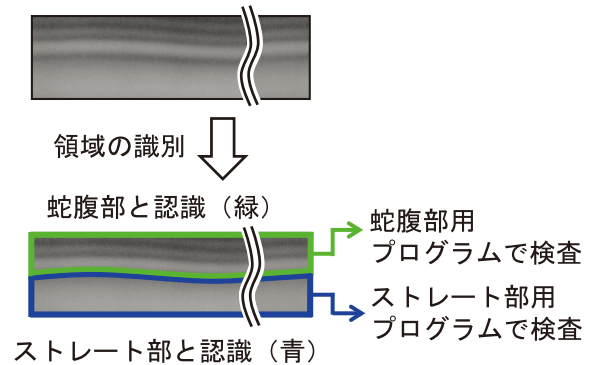


図-5 部位の識別

5. まとめ、おわりに、謝辞

撮像系の選定と検査プログラムの開発により、蛇腹形状押出品の内面検査技術を開発した。開発した検査機は、現在、豊田合成 平和町工場の生産ラインで稼働中である。今後は、IoT (Internet of Things) を活用して、検査機の判定結果を製造工程の生産情報と紐付けすることで、不良の発生源対策につなげていく。また、海外拠点への展開や他製品への応用も視野に入れ、開発を進めていく考えである。最後に、ご協力いただきました関係部署の皆様には厚く謝意を申し上げます。

著 者



濱中悠太



山田航大

丸形ワンノブレジスタ

宮之脇 健^{*1}

One-knob Register of the Round Shape

Takeru Miyanowaki^{*1}

1. はじめに

近年、内装製品におけるレジスタで丸形の意匠が増加傾向にあり、顧客からも LEXUS 品質を満足する新しい丸形レジスタの要望がある。

従来のレジスタは、風量および風向の調整で2つのノブが必要であったが、近年では高意匠を求められるためワンノブ化したレジスタが開発されている (図-1)。

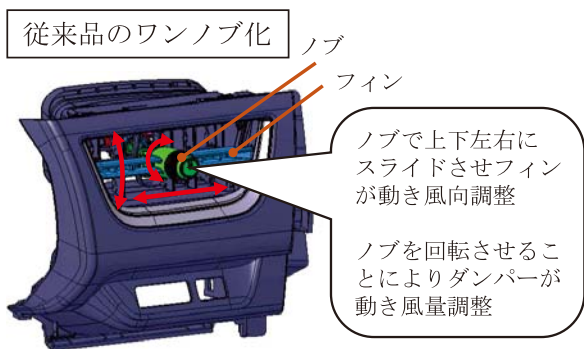


図-1 従来ワンノブレジスタ

今回はワンノブで風向を調整できる丸形レジスタを開発、量産したので紹介する (図-2)。

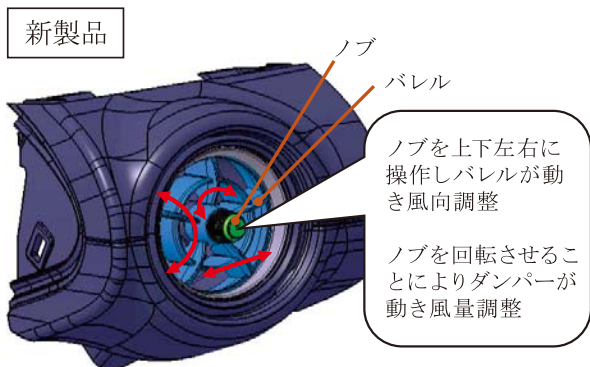


図-2 開発品丸形ワンノブレジスタ

2. 製品の概要

開発品において、丸形の意匠性を持ちワンノブでバレルを動かすことによる風向調整とダンパーによる風量調整の両立を可能とした構造を実現した (図-3)。

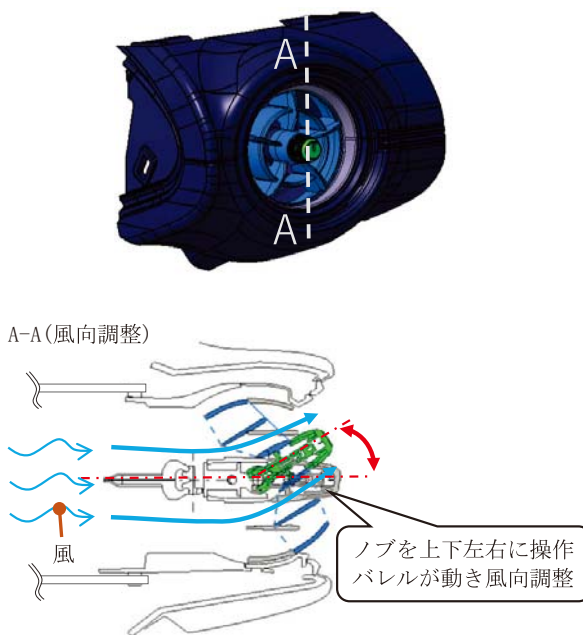


図-3 風向調整と風量調整

^{*1} IM 技術部 IM 第2技術室

3. 開発の狙いとポイント

LEXUS 品質を満足するため操作荷重のバラツキ低減、操作フィーリングの即応性（操作開始から狙い荷重になるまでの角度の最小化による）を材料選定とラップ設計により達成した。

バレル操作荷重は、ラップ設計によるもので、動摩擦係数×接触面積×面圧の関係式から設定した。

ノブ操作荷重は、スプリング荷重と構成部品材料の摺動抵抗の関係から設定した。

操作フィーリングは操作荷重の即応性を調査して設定した（図-4）。

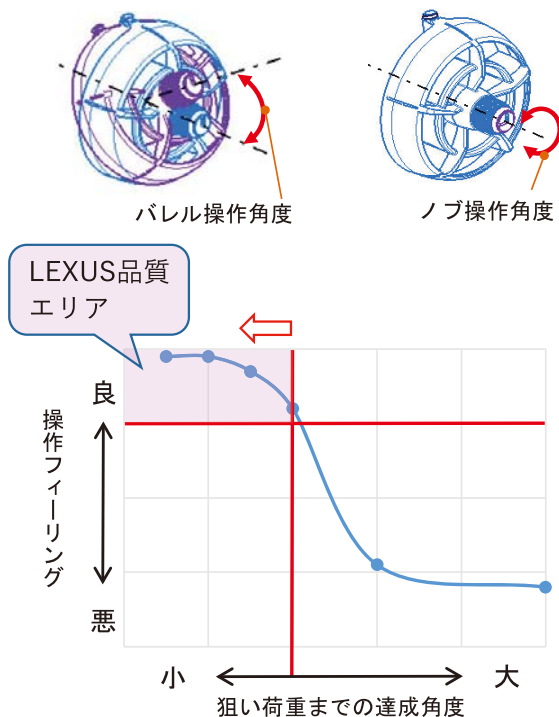


図-4 操作フィーリング調査結果

豊田合成が得意とする機構設計とラップ構造で、バレル操作荷重と操作フィーリングが満足した丸形ワンノブレジスタの開発ができた。

4. おわりに

今回紹介したレジスタはLEXUS ISに採用され量産化されました（図-5）。



図-5 LEXUS IS 内装

最後に、この製品の開発・量産化に際し、御支援・御指導いただきましたトヨタ自動車株式会社、トヨタ車体株式会社、並びに関係部署、関係会社の方々に厚くお礼を申し上げます。

著 者



宮之協健

高級オープンカー向けウェザーストリップ

玉置清隆^{*1}，森 紘亮^{*1}

Weatherstrips for Luxury Convertible

Kiyotaka Tamaoki^{*1}，Kosuke Mori^{*1}

1. はじめに

トヨタ自動車株式会社から2020年7月に発売されたフラッグシップクーペLEXUS LCのオープンモデルである、「LC500 Convertible」(図-1)に、ドアやラゲージ、エンジンフード周りなど、20種類、34本のウェザーストリップが搭載された。オープンカー特有の複雑な形状に対応し、LC500 Convertibleの流麗な車両デザインを支えているウェザーストリップ製品の中で、特に多数の機能を有する「クォータウェザーストリップ」について紹介する。



図-1 LC500 Convertible

2. 製品概要

クォータウェザーストリップは、クォータガラスの金属リテーナに嵌合する事で取り付けられる部品である(図-2)。

クォータウェザーストリップ周辺は、電動ルーフ、ドアガラス、クォータガラスと3つの可動部品が重なり合う構造となっており、その可動を阻害させることなく、ドアガラスとのシール機能(雨、ホコリ、音の車内への侵入防止)、ルーフを閉じた際、ドアガラスとクォータガラスの隙間を段差なく繋ぐルーフとのシール機能が要求される製品である。その周辺構造を図-3に示す。

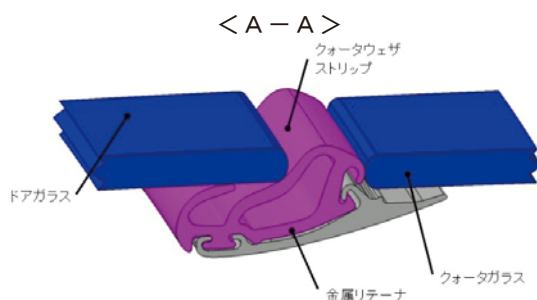


図-2 クォータウェザーストリップ装着状態

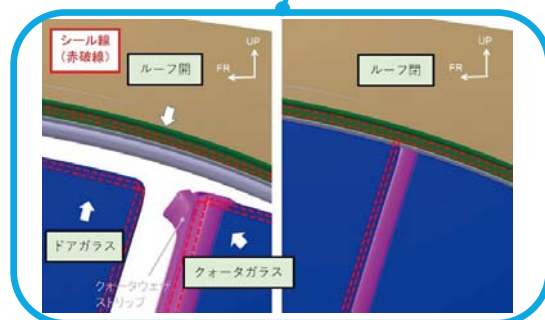
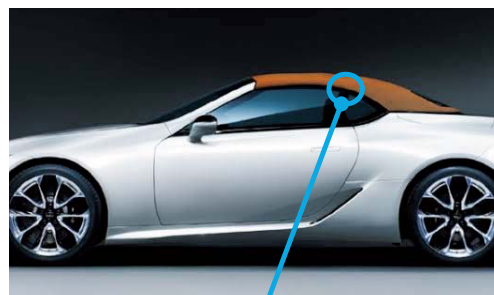


図-3 クォータウェザーストリップ周辺構造

*1 WS技術部 WS第2技術室

3. 設計のポイント

ドアガラスとのシール機能を代表として、**図-4**を用いて説明する。クォータウェザーストリップは中空形状(①)とリップ形状(②)を有し、中空形状で水の勢いと量を抑え、リップ形状で止水する2重シール構造とした。ところが、ドアガラス上端部では、リップ形状とドアガラスとの間のわずかな隙間より水が室内へ侵入するため、リップ形状(③)を追加(3重シール)し、確実にシールする工夫をした。

従来製品は中空形状のみの1重シール、もしくは中空形状とリップ形状の2重シールで設計されている事が多く、今回このシール構造を開発したことにより競合他車よりも高いシール性能を実現する事ができた。

謝辞

本製品の開発にご支援、ご指導いただいた関係者の方々に厚く御礼申し上げます。

著者



玉置清隆



森 紘亮

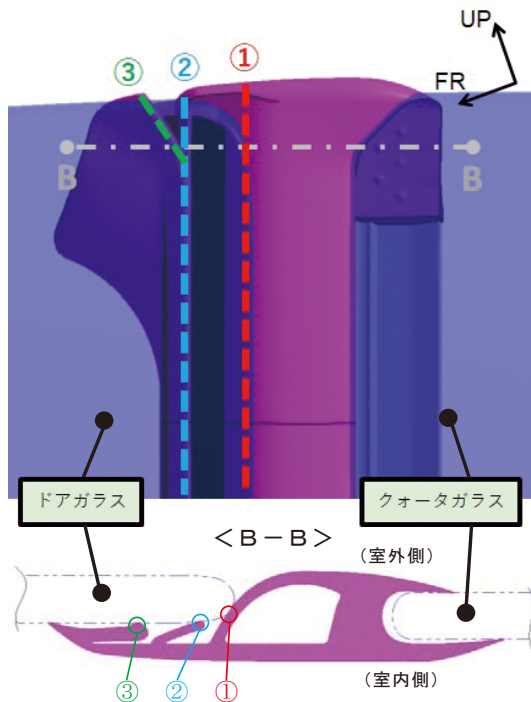


図-4 ドアガラスシール構造

蓋付き収納装置

特 許 No. 6413923

発明者 小玉易広, 木村 聖, 頭師 洋

[発明の属する技術分野]

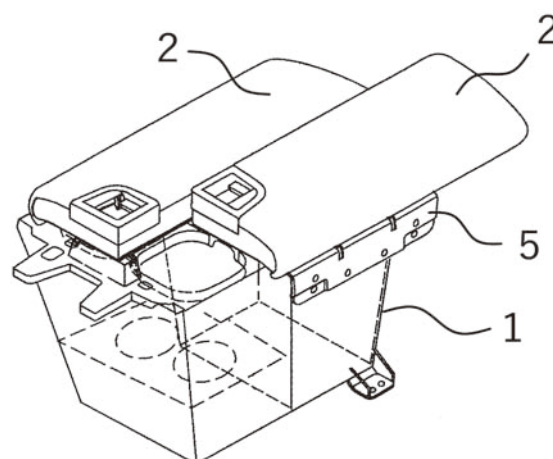
本発明は、蓋付き収納装置に関する。

[発明の概要]

ボックス本体 (1) に対して、蓋体 (2) を前後方向にスライド可能、且つ上下方向に回動可能とする開閉機構を備えたコンソールボックスであり、左右の開閉機構は、それぞれ、ボックス本体 (1) と蓋体 (2) との間のベース部材 (5) と、ベース部材 (5) をボックス本体 (1) に対して回動可能に支持する回動支持部と、ベース部材 (5) に対して蓋体 (2) を前後方向にスライドさせるスライド部を備える。

[発明の効果]

左右一対の蓋体が、別々にスライドと回動することができるため、蓋体が観音開きとスライド開きを兼有し、操作性がよい。



ドアウェザストリップ

特 許 No. 6439656

発明者 鈴木寿之, 山口 大, 岡島輝行

[発明の属する技術分野]

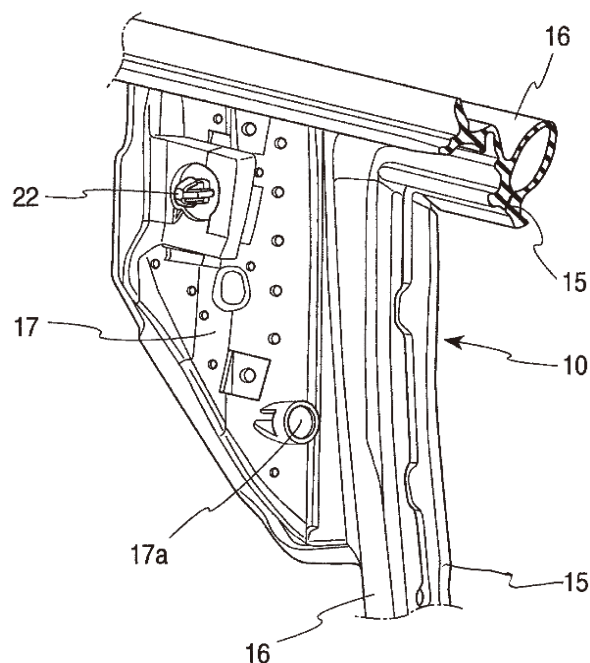
本発明は、ドアウェザストリップに関する。

[発明の概要]

ドアフレームの縦辺部のドアパネルの先端部分にドアパネル貫通孔を形成し、ドアウェザストリップ (10) のコーナー部の縦辺部側の部分は、取付基部 (15) と、シール部 (16) と、延出部 (17) が形成され、延出部 (17) にドアパネル貫通孔を覆い隠す延出部孔閉塞部 (17a) が形成されるとともに、延出部孔閉塞部 (17a) を含む範囲に剛性部材が配置され、剛性部材又は延出部 (17) にドアパネルと係合する係合部材 (22) が設けられている。

[発明の効果]

ドアパネルとチャンネル等を溶接するとき、ドアパネル貫通孔により溶接の位置決めをすることができる一方、ドアパネル貫通孔からの騒音の侵入を防止できる。



燃料供給装置

特 許 No. 6337813

発明者 関原敦史, 平松義也

[発明の属する技術分野]

本発明は、燃料供給装置に関する。

[発明の概要]

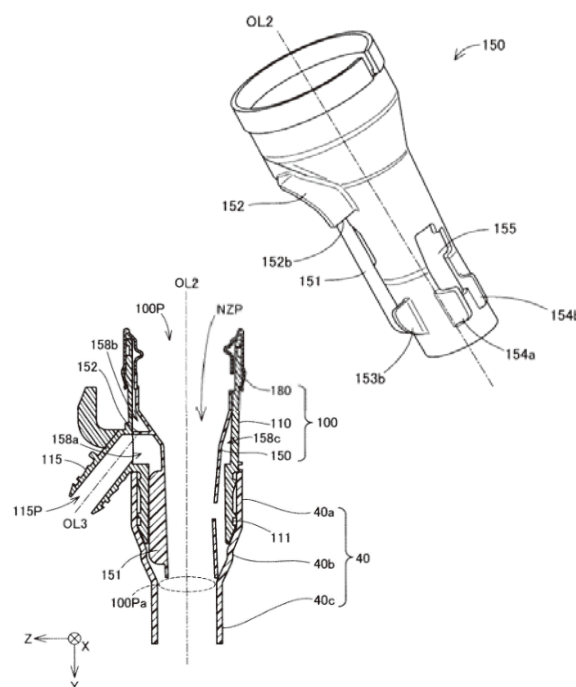
燃料給油装置 100 は、燃料通路 100P を形成するフィルターネック本体 110 と、その内側に配置された給油ノズルを導くノズルガイド 150 からなる。

さらに、ノズルガイド 150 には、燃料通路 100P と連通する開口部 155 と、燃料タンクを満たした後に、フィルターネック本体 110 へ戻ってくる燃料を、開口部 155 へ導くように形成されたリブ 154a, 154b がある。

リブ 154a, 154b は、開口部 155 の幅方向の両側に配置され、車両の内部に搭載された状態において、ノズルガイド 150 の外周面から下方向に向かって突出している。

[発明の効果]

本発明の燃料供給装置は、燃料が供給されて液面が上昇する際に、開口部に沿って形成されたリブによって、燃料が開口部へと導かれる。これにより、給油ノズルの先端のセンサーは、開口部に導かれた燃料の所定の位置での液面を検知する。そのため、燃料供給装置では、供給された燃料の液面を、給油ノズルのセンサーにより早く検知させることで、供給された燃料が溢れ出すことを抑制できる。



エアバッグ装置

特 許 No. 6252406

発明者 三浦 渉, 重村 孝, 古野剛士

[発明の属する技術分野]

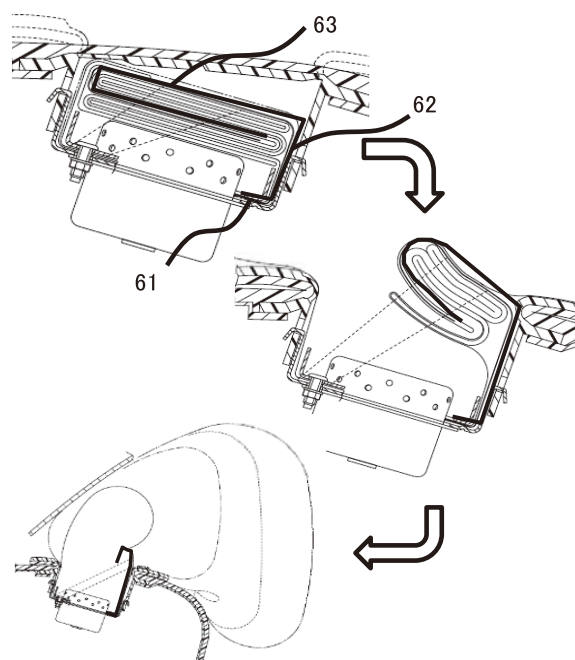
本発明は、助手席用エアバッグ等に好適なエアバッグ装置に関する。

[発明の概要]

エアバッグの一部の展開膨張を規制する規制部材を備えるエアバッグ装置。規制部材が、エアバッグの一部の折畳部を解放可能に仮保持する仮保持部 (63) と、エアバッグ収納部に取り付けられる取付部 (61) と、取付部 (61) と仮保持部 (63) とを連結する連結片部 (62) と、を備えて構成。エアバッグの折畳完了体の天井面に仮保持部 (63) を配設させたエアバッグ装置。

[発明の効果]

本発明に係るエアバッグ装置では、エアバッグは、膨張用ガス流入時に、仮保持部によりエアバッグの一部となる折畳部を仮保持させた状態を維持することが可能となり、エアバッグの初期展開膨張部の展開膨張を規制することができる。



編集後記

今年はコロナ禍により大変な1年となりましたが、技報は社外向けの重要な情報発信媒体であるため、例年どおり発刊することにしました。

今号はSDGs特集と題して、豊田合成技報初の試みである社外取締役とマネジメント層のエンジニアによる座談会も企画しました。本技報を通じて、豊田合成のSDGsに関する様々な取り組み（コア技術を活用した新規産業の創出、交通事故死亡者数ゼロをめざした安心・安全・快適なモビリティ社会の実現、CO₂排出量削減、廃棄物低減、等）を知っていただければ幸いです。

最後にお忙しい中、原稿の執筆に尽力いただいた執筆者、また座談会参加者各位、編集委員各位にお礼申し上げます。

表紙デザインコンセプト

特集テーマにある「SDGs」の17の目標一つ一つをパズルのピースに見立て、シンプルさを意識してデザインしました。

あえてパズルを未完成の状態にすることで、まだ目標を達成できていない現状と、今後の目標達成に向けた豊田合成の可能性を表現しました。また、ピースが一つでも欠けると成立しないことを強調しており、豊田合成の社員一人ひとりにさらに「SDGs」に対する理解を深め、意識を持ってほしい、という思いを込めています。

デザイン開発部



平岡 穂乃花

豊田合成技報編集委員会

編集委員長	中村 正	(技術管理部)
編集委員	守山 実希	(先端材料開発部)
	稲垣 聡	(材料技術部)
	佐々 道成	(知的財産部)
	渡邊 千穂	(技術企画部)
	荒川 哲也	(デザイン開発部)
	富田 彰	(商品開発部)
	佐藤 壽朗	(光源デバイス開発部)
	堀邊 隆介	(電子技術部)
	木野 徳人	(照明技術部)
	関谷 隆	(EM技術部)
	西村 直人	(IM技術部)
	田中 豊	(SS開発部)
	高瀬 智宏	(WS技術部)
	西 博	(FC技術部)
	丸田 康博	(性能実験部)
	加藤 剛	(生産技術統括部)
	野竹 知義	(モールド事業統括部)
	鈴木 哲也	(マシンエンジニアリング部)
	田口 誠人	(WS生産技術部)
	田中 克巳	(FC第1生産技術部)
	箕浦 健二	(IE生産技術部)
	日比野 伊久哉	(エンブレム事業部)
	久一 勝敏	(SS生産技術部)
	松永 直人	(e-Rubber部)
	千田 昌伸	(半導体部)
	田中 道人	(環境部)
事務局	三輪 聡彦	(技術管理部)
	岩本 真由美	(技術管理部)
	花木 貴子	(技術管理部)
	家田 与一	(技術管理部)

TOYODA GOSEI TECHNICAL REVIEW

豊田合成技報 Vol. 62 2020 (禁無断転載)

2020年12月24日発行

発行所 豊田合成株式会社
〒452-8564
愛知県清須市春日長畑1番地

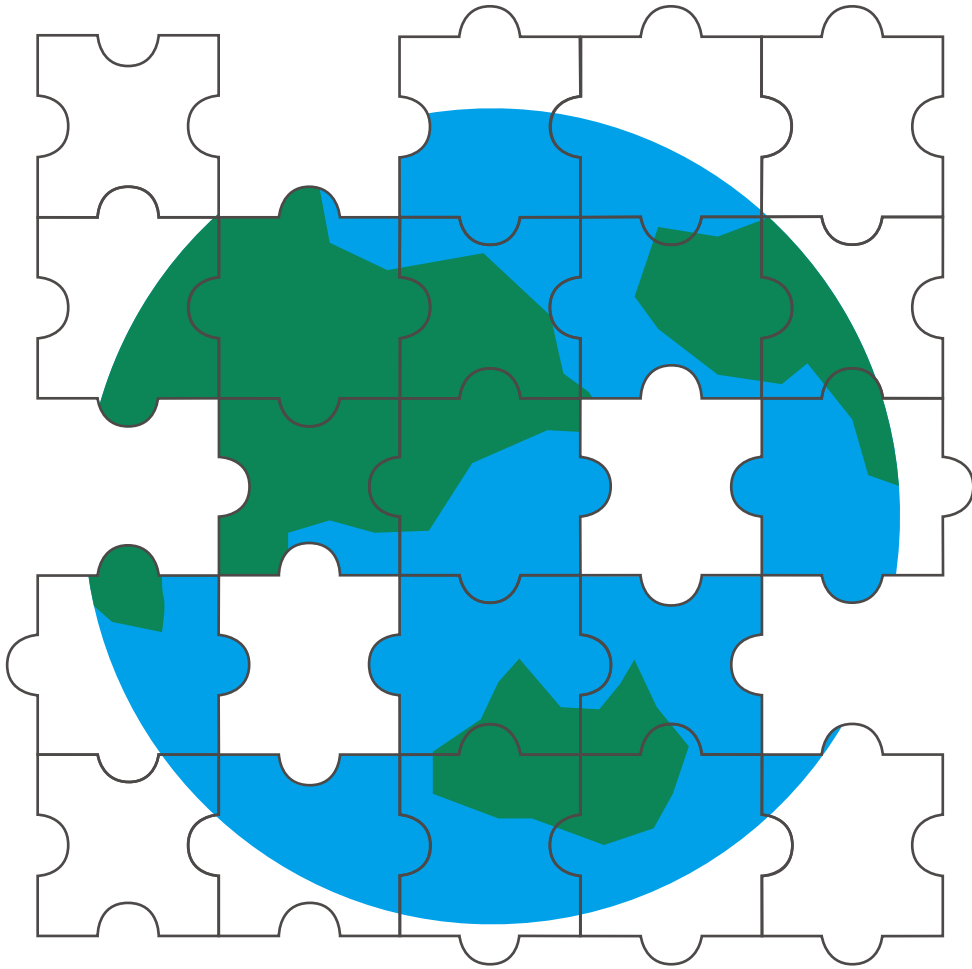
発行人 石川 卓

編集人 豊田合成技報編集委員会

事務局 〒492-8540
愛知県稲沢市北島町の町30番地
Tel 0587-34-3295
Fax 0587-34-3309

印刷所 竹田印刷株式会社

Copyright(C) TOYODA GOSEI CO., LTD. All rights reserved.



TOYODA GOSEI

TECHNICAL REVIEW Vol.62 2020
<https://www.toyoda-gosei.co.jp/>