

技報

創る Vol.31
Report 2023

特集

CPCロール製品の現状と今後の展望

TSUKURU

表紙の言葉

tsukuru [創る]

独創的な複合技術で総合エンジニアリング企業を目指す弊社の企業理念をフジコー技報『創る』に物づくりの原点に立ち返り表現してみました。表紙は当社のロゴデザインの中にその年の特集内容に沿った写真を搭載しました。“独創的な技術開発”という弊社の開発理念と当社の事業展望を本表紙のメッセージといたします。

CPC

■解説

当社が独自に研究・開発したCPCプロセス(Continuous Pouring process for Cladding)は他の製造方法では不可能な特殊な材料をクラッドすることができます。これにより新しい特性を有する材料の製造が可能となり、クラッド層の厚みや形状も自由に設計することができます。また、溶湯を注入してクラッドするCPCプロセスは従来の肉盛法とは比較にならない程のスピードで多量肉盛層を構成できます。

このプロセスで製造される圧延、矯正、搬送ラインなどで使用されるロール・ローラー類は、日本国内はもとより海外においても高い評価を受けており、特に搬送ローラーは高い信頼性からトップシェアの地位を誇っています。



シンボルマークは、富士山の形とフジコーのFをデザイン化したものです。小ブロックが右上がりのHOP、STEP、JUMPと飛躍、拡大していく状態を表現しております。

目次

巻頭言	・フジコー技報第31号によせて 革新(Innovation)と挑戦(Challenge)で、100年企業への飛躍		
	POSCO 専務 設備資材購買室長	金 泰億	1
特集 (製品事業本部)	・혁신(Innovation)과 도전(Challenge)으로, 100년 기업을 향한 도약		
	POSCO 전무 설비자재구매실장	김 태억	3
特集論文	・CPC ロール製品の現状と今後の展望		
	常務取締役 製品事業本部長	石井 芳雄	5
技術論文	・熱間圧延におけるコイラー周り用ロールの開発		
		園田 晃大	7
	・高性能冷間圧延用 CPC ロールの開発状況		
		姜 孝京	13
技術論文	・接触菌対策用光触媒フィルムの検討		
		朝長 昌紀、坂口 昇平	16
	・誘電体バリア放電プラズマと触媒を組み合わせたエタノール分解技術の開発		
	石田 卓也、 柏井 昌彦、 原田 知典	20	
技術論文	・ゴム再生工場におけるオイルミスト除去装置用インパクターの評価		
		水上 義之、 牧野 尚、 山本 清司	26
新製品・新技術	・空気消臭除菌装置 小型機 「MC-S201 -NEW ブルーデオ S 型-」		
		柴田 将貴	32
トピックス	・令和5年度九州・沖縄産業技術オープンイノベーションデーで講演		35
	・令和5年度九州地方発明表彰「福岡県発明協会会長賞」受賞		36
	・北九州市 武内市長との会見について		37
	・調布市 e スポーツイベント電源として、可搬式円筒形太陽光発電モジュールを活用		38

CONTENTS

Foreword	• Toward Our Centennial Company, with Innovation and Challenge	
	POSCO Executive Vice President/ Head of Plant, Equipment of Materials Procurement Office Tae-Eok Kim	1
Special Feature	• Current Status and Future Prospects of CPC Roll Products	
	Yoshio Ishii	5
Special Paper	• Development of Rolls for Coiler Equipments at Hot Strip Mill	
	Akio Sonoda	7
	• Development Situation of High Performance CPC Rolls for Cold Strip Mill	
	Hyo-Gyoung Kang	13
Technical Report	• Development Study of Photocatalyst-Film for Contact Bacteria	
	Masaki Tomonaga, Shohei Sakaguchi	16
	• Development of Ethanol Decomposition Technology Combining Dielectric Barrier Discharge Plasma and Catalysts	
	Takuya Ishida, Masahiko Kashiwai, Tomonori Harada	20
	• Evaluation of Impactor for Oil Mist Removal Device in Rubber Recycling Factory	
	Yoshiyuki Mizukami, Takashi Makino, Kiyoshi Yamamoto	26
New Products and New Technology	• MC-S201	
	Masaki Shibata	32
Topics	• 2023 Kyushu/Okinawa Industrial Technology Open Innovation Day	35
	• 2023 Kyushu Regional Invention Award	36
	• The Meeting with Mayor of Kitakyushu City	37
	• Utilizing Newly Developed Portable Cylindrical Solar Power Generation Module as a Power Source for E-Sports Events	38

巻 頭 言

フジコー 技報 31 号 によせて

革新(Innovation)と挑戦(Challenge) で、100 年企業への飛躍

POSCO
専務
設備資材購買室長

金 泰億
TAE-EOK KIM



フジコーの絶えまない挑戦精神と発想の転換

12 年前、私はフジコーの独創的な技術で開発された熱延工場向け仕上げ圧延用再生ワークロールの光陽製鉄所導入を契機に、貴社山陽工場を訪問したことがあります。貴社は誰もが着目しなかったロールリサイクルという画期的な発想と創造的で情熱的な実践を通じて、現在は SDGs (持続可能な開発目標、Sustainable Development Goals) をリードする圧延用ワークロールのメイン供給メーカーとして多くの貢献をしています。規模の大きい企業とは言えませんが、フジコーを率いる役員と従業員皆様の情熱は、どの大企業よりも大きくて熱いことを直接確認できました。

現在、フジコーは 12 年前に始まったロール再生技術に止まらず、スキンプラス用 CPC ワークロール、熱延工場巻取設備用ユニットロール(ラッパーロール)、上・下部ピンチロール、冷延用ワークロールなど新しい新規製品を積極的に開発・提案しており、POSCO の安定操業と製品の品質向上に継続的に貢献しています。また、環境・衛生分野においても絶えまない挑戦精神で、光触媒フィルターを独自に開発することに成功しました。COVID-19 による世界的なパンデミック状況下で光触媒フィルターを適用した空気清浄装置を開発・普及して社会に貢献しており、また、産業用大型脱臭装置も持続開発し、産業界の環境改善にも貢献しています。

100 年企業への跳躍のための果敢な挑戦

POSCO も始まりは極めて微弱で、創立当時、誰の注目も受けられませんでした。56 年前、世界のどの機関、どの鉄鋼会社も POSCO の出発に関心を持っておらず、むしろ冷笑的でした。しかし、POSCO は無資本、無経験、無技術の状態でも「無から有を創造する」という固い信念と情熱をもとに絶えず挑戦してきて、その結果 POSCO は世界的な水準の鉄鋼会社として生まれ変わることができました。現在、POSCO は単に製造競争力を備えることを乗り越えて、2018 年に宣言した企業市民経営理念を土台にし、社会が直面する問題解決に同参して、より良い世界を創るために努力しています。

フジコーは昨年 6 月、急変する環境の中で会社創立 70 周年という素晴らしい歴史を積み上げて来ました。フジコーは既存の成功的な事業である鉄鋼事業、製品事業、環境事業、技術開発分野に安住せず、医療、宇宙、未来エネルギーなど新たな分野への挑戦を果敢に推進し、100 年企業に向かって進められています。貴社の経営理念「会社活動のあらゆる面において失敗をとがめずチャレンジしたことを評価する」からも分かるように、今のように失敗を恐れずに思い切って挑戦していけば必ず 100 年企業としてそびえ立つと確信しています。

世界最高の技術リーダーとして成長を期待

フジコーが先導している圧延ロール再生技術や光触媒技術を活用した環境にやさしい技術などは、POSCO が標榜している持続可能経営（ESG）と社会貢献の面で共通する点がかなり多いと思います。フジコーが挑戦精神と発想の転換で、その誰も想像できなかった領域に飛び込んで、ついに結実を成し遂げたように、POSCO も「資源は有限、創意は無限」という社内キャッチフレーズをもとに、グローバルエコ未来素材企業リーダーとして 生まれ変わろうとしています。

今のような絶えまない革新と挑戦精神で、役員と従業員皆様の情熱と創造的な思考が続くならば、遠

くない未来にフジコーの時代が開かれると信じています。日本ひいては世界の産業界に占めるフジコーの地位は、今後さらに高まると期待されます。31 回目を迎える貴社の技報からも絶えず成長・進化していく、小さいながらも強い中堅企業の姿を感じることができます。それこそ、未来フジコーの 100 年企業の成功神話を約束する根拠でもあります。

絶えず前進する挑戦精神と 70 年間積み重ねてきた技術力をもとに、フジコーが今後日本、ひいては世界の技術リーダーとして活躍することを願っています。ありがとうございます。

【履歴書】

キム テ オック

金 泰億

1965年 6月 10日生

【学 歴】

1984年 2月	大韓民国、(大邱)永進高等学校卒業
1991年 2月	大韓民国、西江大学校 経営学科卒業(学士)
2003年 4月	Essex University E-commerce(修士)

【略 歴】

1991年 1月	POSCO	入社
2012年 2月	POSCO	設備資材最適化 Mega-Y 推進班長
2014年 2月	POSCO	設備資材購買室 資材購買グループ長
2015年 2月	POSCO	設備資材購買室 購買企画(常務補)
2017年 2月	POSCO建設	購買契約室長(常務)
2020年 1月	eNtoB	代表理事
2021年 1月	POSCO	設備資材購買室 室長(専務)

후지코 기보 31 호 기고

POSCO

전무

설비자재구매실장



혁신(Innovation)과 도전(Challenge)으로, 100년 기업을 향한 도약

김 태억

TAE-EOK KIM

후지코의 끊임없는 도전정신과 발상의 전환

12년전, 저는 후지코의 독창적인 기술로 개발된 열연공장 사상압연용 재생워크롤의 광양제철소 도입을 계기로, 귀사 산요공장을 방문한 바 있습니다. 귀사는 그 누구도 주목하지 않았던 롤 재활용이라는 획기적인 발상과 창의적이고 열정적인 실천을 통하여, 현재는 SDGs(지속가능한 개발 목표, Sustainable Development Goals)를 선도하는 압연용 워크롤 메인공급 메이커로서 많은 공헌을 하고 있습니다. 후지코는 규모가 큰 기업이라고는 말할 수 없겠지만 후지코를 이끌고 있는 임직원 여러분의 열정은 어느 큰 기업보다 크고 뜨겁다는 것을 직접 확인할 수 있었습니다.

현재 후지코는 12년 전 시작한 재활용 기술에서 멈추지 않고, 스킨패스용 CPC 워크롤, 열연공장 권취 설비용 유니트롤, 상·하부 핀치롤, 냉연용 워크롤 등 새로운 신규 제품을 적극적으로 개발하고 제안하여, 포스코의 안정조업 및 품질향상에 지속적으로 공헌하고 있습니다. 또한, 환경·위생분야에 있어서도 끊임없는 도전정신으로, 광촉매 필터를 독자적으로 개발하는데 성공하였습니다. COVID-19로 인한 세계적인 팬데믹 상황에서 광촉매 필터를 적용한 공기청정장치를 개발 및 보급하여 사회에 공헌하고 있으며, 산업용 대형 탈취장치 또한 지속 개발하여 산업계의 환경개선에도 기여하고 있습니다.

100년 기업으로의 도약을 위한 과감한 도전

포스코도 시작은 지극히 미미했으며, 창립 당시 그 누구의 주목도 받지 못하였습니다. 56년 전, 세계의 어떤 기관, 어떤 철강사도 포스코의 출발에 관심을 갖지 않았었고 오히려 냉소적이기까지 하였습니다. 그러나 포스코는 무자본, 무경험, 무기술 상태에서도 “무에서 유를 창조하겠다”라는 굳은 신념과 열정을 바탕으로 끊임없이 도전해 왔으며, 그 결과 세계적인 수준의 철강회사로 거듭날 수 있었습니다. 이제 포스코는 단순히 제조 경쟁력을 갖추는 것을 넘어, 2018년 선포한 기업시민 경영이념을 토대로, 사회가 직면한 문제 해결에 동참하고 더 나은 세상을 만들기 위해 노력하고 있습니다.

후지코는 작년 6월, 급변하는 환경속에서 회사창립 70주년이라는 대단한 역사를 기록하였습니다. 후지코는 기존의 성공적인 사업인 철강사업, 제품사업, 환경사업, 기술개발 분야에 안주하지 않고, 의료, 우주, 미래에너지 등 새로운 분야로의 도전을 과감히 추진하며 100년 기업을 향해 나아가고 있습니다. 귀사의 경영이념 “회사의 모든 활동에 항상 혁신의 뜻을 품으며, 실패를 타하지 않고 도전한 것을 평가한다”에서도 알 수 있듯이, 지금처럼 실패를 두려워하지 않고 과감히 도전해 나간다면 반드시 100년 기업으로서 우뚝 성장할 것으로 확신합니다.

세계 최고의 기술리더로 성장을 기대

후지코가 선도하고 있는 압연 롤 재생기술 및 광촉매 기술을 활용한 친환경기술 등은 포스코가 표방하고 있는 지속가능경영(ESG)과 사회공헌의 측면에서 공통되는 점이 상당히 많다고 생각합니다. 후지코가 도전정신과 발상의 전환으로, 그 누구도 상상할 수 없었던 영역에 뛰어들어 마침내 결실을 이뤄낸 것 처럼, 포스코도 "자원은 유한, 창의는 무한" 이라고 하는 사내 구호를 바탕으로, 글로벌 친환경 미래 소재기업 리더로서 거듭 나고자 합니다.

지금처럼 끊임없는 혁신과 도전정신으로 임직원 모두의 열정과 창의적인 사고가

계속된다면, 머지않은 미래에 후지코의 시대가 펼쳐질 것으로 믿고 있습니다. 일본 및 세계의 산업계에서 차지하는 후지코의 지위는, 향후 더욱 더 높아질 것으로 기대됩니다. 31 번째를 맞은 귀사의 기보에서도 지속적으로 성장 및 진화해 가는, 작지만 강한 중견기업의 면모를 느낄 수 있습니다. 이것이야말로 미래 후지코의 100년 기업의 성공신화를 약속하는 근거이기도 합니다.

끊임없이 전진하는 도전정신과 70년간 쌓아온 기술력을 바탕으로 후지코가 앞으로 일본, 더 나아가 세계의 기술리더로서 활약하기를 기원합니다. 감사합니다.

【이력서】

김 태억

1965년 6월 10일생

【학 력】

1984년 2월 (대구)영진고등학교 졸업
 1991년 2월 서강대학교 경영학과 졸업(학사)
 2003년 4월 Essex University E-commerce(석사)

【약 력】

1991년 1월 포스코 입사
 2012년 2월 포스코 설비자재최적화 Mega-Y 추진반장
 2014년 2월 포스코 설비자재구매실 자재구매그룹장
 2015년 2월 포스코 설비자재구매실 구매기획그룹장(상무보)
 2017년 2월 포스코건설 구매계약실장(상무)
 2020년 1월 엔투비 대표이사
 2021년 1월 포스코 설비자재구매실장(전무)

CPC ロール製品の現状と 今後の展望

株式会社フジコー
常務取締役 製品事業本部長

石井 芳雄



山陽工場は 2023 年度が操業 50 周年になります。この記念すべき年に CPC 製品の特集企画を立てていただき感慨深いものを感じています。

山陽工場の歴史がまさに CPC 製品の歴史と言っても過言ではないと思っています。

操業開始時 CPC 製品は、製鉄所の熱延工場で使用されるホットランテーブルローラーを主力に操業し、その後、粗テーブルローラー、ダウンコイラー関連のラッパーロール、ピンチロール等の製品を逐次開発、商品化してまいりました。

当時の開発と製造に関わられた諸先輩方のご努力の賜物であり、深く敬意を表したいと思えます。

現在の山陽工場 CPC 製品は製鉄所の熱間圧延ロールを主力商品として拡大発展を続けています。

熱間圧延ロールは国内向けからスタートして現在では海外向けが国内向けとほぼ同規模まで拡大することが出来てきました。

2020 年のコロナ禍で策定した現中期販売計画では回復するのに数年掛かるだろうと考えていましたが、2021 年から回復傾向は顕著に表れ 2022 年度販売実績はコロナ前の水準まで回復することが出来ています。

フジコー製品を選んでいただいたお客様には感謝申し上げますとともに、今後も引続きユニークで顧客満足度の高い製品を提供し続ける所存です。

熱間圧延ロールの市場動向については、欧米で開発された Hi-Cr 材やダクタイル系材質が世界市場で多く使用されていますが、日本が主体で開発されたハイスロールがお客様の支持を伸ばしている状況

だと認識しています。

フジコーは CPC によるハイスロールを提供していますが、遠心鑄造によるハイスロールも競合品として競い合っている状態です。

お客様では調達コスト重視派、圧延原単位重視派（トータル寿命重視）等いろいろなお考えのある中でベストな購買をされますので、まず使っていただく事、使いたいと考えていただける事が販売活動では非常に大事な一歩だと考えています。

お客様の設備上の制約と圧延条件や水冷条件等を入念に検討して製品提案をさせていただいていますが、初期導入時の適用材質や仕様決定には細心の注意で取り組んでまいりました。

また、お客様のよりよい使用結果につながるように材質改善や仕様見直しはロールメーカーとしての責務と考えて日々努力しており、長いお付き合いをさせていただけるように心がけております。

フジコーの熱間圧延ロールへの取組は CPC の特徴である長尺鑄造（複数本同時鑄造）を最大限活用するためにロールの軸を継ぐ事に成功し実用化できた事が始まりだと認識しています。

CPC ハイスロールの製造開始初期は CPC 鑄造で複合層を形成させた部分から軸となる部分を機械加工で切削除去してロール形状を製作していましたが、これではコスト的に高価であり市場競争力がありません。

フジコーは鑄型の特殊溶接による補修再生事業から創業した会社であり不可能と言われていた鑄鉄鑄型への溶接を可能にしたメーカーです。

ロールの軸継ぎは当初は狭開先溶接機による施工でスタートし、今では摩擦圧接による技術開発を実現して、より高品質な軸継ぎへと変化させてまいりました。

また、大型ハイスロールでは使用後の再生技術を確認し、コスト低減と環境負荷への貢献もできています。

ちなみに大型ハイスロールの再生では CO₂ 発生をロール重量とほぼ同等削減効果として認められ北九州市のエコプレミアム商品の認定を受け、経済産業省産業技術環境局長賞をいただく事もできました。

フジコー独自の技術とアイデアも駆使しながらカーボンニュートラルの実現に向けて積極的に取り組む事や更なるユニークな製品づくりに邁進したいと考えています。

CPC 製品の今後の展望ですが、現在の主力である熱間圧延ロールは今後海外での販売増加を企画推進してまいります。

山陽工場 CPC 製品は現状の2倍規模を2024年度から始まる次期中期計画に織り込みました。

また、生産能力拡大のための大型設備投資は現在すでに実行中であり、新建屋増設、熱処理炉増設、新規加工機の導入等を順次実行してまいります。

2024 年末頃には様変わりした山陽工場になり、お客様に喜んでもらえる QCD を実現してまいります。

更に、現中期計画で開発している冷間圧延用ロールの市場投入に向けた開発の加速化を図り商品メニューの拡大を進めてまいります。

また、ダウンコイラー関連ロールに対する新材質適用を現在推進中ですが、お客様からの評価もいただけるようになってきており、更なる拡販浸透を図る所存です。

CPC 製品ではありませんが、SiC を適用したセラミック圧延ロールを開発センターで研究開発しており、次期中期では市場への早期投入を進めたいと考えています。

CPC の可能性とあくなき挑戦を続けて製品開発を今後も推進していき、お客様と一緒に成長していきたいと考えておりますので、引続きご指導ご鞭撻を賜りますようお願い申し上げます。



図 山陽工場の新棟全景

熱間圧延におけるコイラー周り用ロールの開発

Development of Rolls for Coiler Equipments at Hot Strip Mill

博士（工学） 園田 晃大
Akio Sonoda

1. 緒言

製鉄所での熱間圧延設備におけるコイラー設備は、圧延された鋼板をコイル状に巻き取るためのものである。本稿における熱延コイラー周り用ロールとは、鋼板を巻き取るための押さえであるラッパーロールや、巻取り時の鋼板の誘導や張力を確保するための上下ピンチロールを指し、一般的に、耐腐食性、耐焼付き性、耐摩耗性、耐熱衝撃特性及び耐打ち疵性など多種の耐久性能が要求されている¹⁾。これは、コイル状に鋼板を巻き取る際には、高温の鋼板とロールの接触によって起きる現象のためである。

熱延コイラー周り用ロールの性能が向上すれば、設備のメンテナンスに費やす時間の短縮、コスト削減、鋼板品質の観点でも当然優位に働く。ロールを使用する製鉄所にとっても熱延コイラー周り用ロールの位置づけは非常に重要な要素となっている。

当社では、連続注入クラッド法である CPC 法 (Continuous Pouring process for Cladding) によって、熱延コイラー周り用ロールの材質改善の取組みを行ってきた^{2)~4)}。CPC 法は、1 層盛りのため材質の偏析が少なく、肉盛溶接のようなビード模様の出現がないことや、厚肉盛が容易であることから、耐腐食性や耐衝撃性が必要な熱延コイラー周り用ロールの製造に適した製法といえる。

本稿では、熱延コイラー設備で用いられる、ラッパーロールと上下ピンチロールについて、当社の CPC ロール取組み事例として、材質開発によって生み出されたラッパーロール用材質 FKS-KC5 (以下、KC5 と記す) と、下ピンチロール用材質の FKS-KC7 (以下、KC7 と記す) について、代表的な特性や適用されている実機ロールへの使用状況を報告する。

2. 熱延コイラー設備用ロールの使用条件

熱延工程のコイラー設備とは、鋼板が加熱炉、粗圧延および仕上げ圧延、ホットランテーブル上を通過した後、コイル状に巻き取られる設備のことである。このコイラー設備は、一般的に、上下ピンチロール、ラッパーロール、マンドレルおよびコイル抽出機からなり、この代表的な構成図を Fig.1 に示す⁵⁾。

仕上げ圧延機を通過した鋼板は、板の速度に対して 5~20% のリード速度で回転する上下ピンチロールによりマンドレルへと送り込まれる。この上下ピンチロールは、通常 10~20% のオフセット角にセットされており、ピンチロールに噛み込んだ鋼板は先端が下に曲げられ、ラッパーロールとマンドレルの間へ導かれる。このラッパーロールは、鋼板の先端をマンドレルの周囲に沿って確実に搬送する役目を果たし、適切な圧力で鋼板をマンドレルに押し付ける。このため、鋼板に曲げ変形が生じ、その結果、巻き取られ易い形状となる。

熱延コイラー周り用ロールは、鋼板との接触や衝突によりロール表面に損傷を受けるばかりでなく、繰り返しの加熱冷却を受ける過酷な使用環境下で使われている。そのため、ラッパーロールや上下ピンチロールに要求される特性としては、耐焼付き性、耐摩耗性、耐打ち疵性、耐熱衝撃性、耐腐食性などが挙げられる。

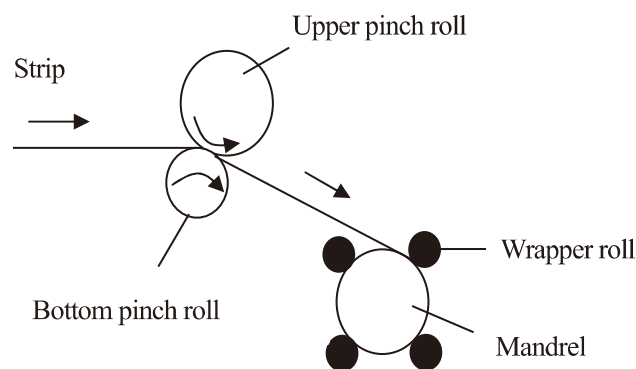


Fig.1 Construction of down coiler at hot strip mill.

特に、下ピンチロールでは、ラッパーロールとは違い、鋼板の押付けによる張力付与が常時必要のため、高温の鋼板と常に接触しロール表面温度が上昇する点では、下ピンチロールの方がラッパーロールよりもより過酷な使用環境といえる。

3. ラッパーロール

3.1 ラッパーロールの現状

現状、各製鉄所におけるラッパーロールには、Fig.2 (a) に示すような溶接肉盛りを下地として、表面に耐摩耗材である Ni 基自溶性合金を基材とした溶射ロールが多く使用されている。この溶射ロールは耐摩耗性や耐焼付き性、耐腐食性などの特性が非常に優れているため、ラッパーロール交換周期の長期化に大きく寄与している。ただし、溶射被膜そのものが耐衝撃性を持たないことから、下地に肉盛り溶接を処理して耐衝撃性を補っていることが特徴であり、一部の縞鋼板を巻取るラインなど、ラッパーロールに高負荷が掛かる箇所では、不特定な時期に溶射被膜が剥離する懸念から使用を控えられていることも実情である。

Fig.2 (b) には、CPC ロールについても示すが、硬化層の厚さは、溶射層は1~2mm程であるのに対して、CPC層は10mm以上の厚さがあり、肉厚である事が特徴である。

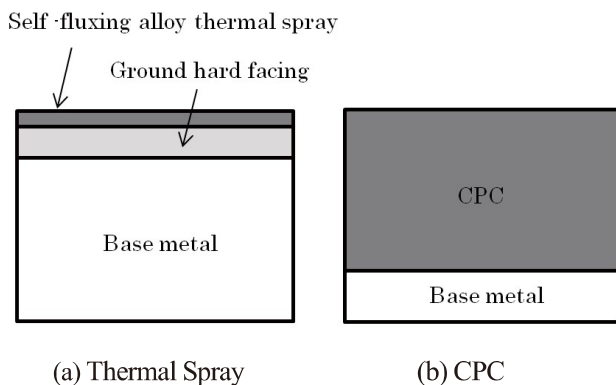


Fig.2 Cross section of thermal spraying roll and CPC roll.

3.2 CPC 法で製造したラッパーロール

当社では、CPC法と特殊熱処理法を用いて Table1 に示す組成の合金 KC5 としてラッパーロールの製造を行っている⁹⁾。Fig.3 に示すように、Cr 量と腐食量には大きな関係があり、10%程度まで Cr 量が増加するとともに腐食量は減っていることがわかる。KC5 では少なくとも10%以上の Cr 量は確保することとし、製造上での多少の成分バラツキがあっても十分に耐腐食性を確保できる14%Crの成分を基本としている。さらに、CoやCuの添加や、Siを比較的多く添加することによって基地の耐熱・耐腐食性や耐酸化性の強化を図っている。また、MC炭化物生成元素としてNbを適量添加することにより、粒界及び粒内へのクロムカーバイドの析出を抑制させ、固溶Cr減少による耐食性の低下防止を狙った。

Fig.4 に KC5 のマイクロ組織代表例を示す。基地は焼戻しマルテンサイトで構成されており、旧 γ 粒界には M_7C_3 炭化物が観察される。また、基地(旧 γ 粒内)には2次析出炭化物が粒状に観察される。

Table 1 Typical chemical composition of KC5

	Composition (wt%)							
	C	Si	Cr	Ni	Mo	Co	Cu	Nb
KC5	0.64	2.94	13.8	2.73	0.8	1.08	0.96	0.36

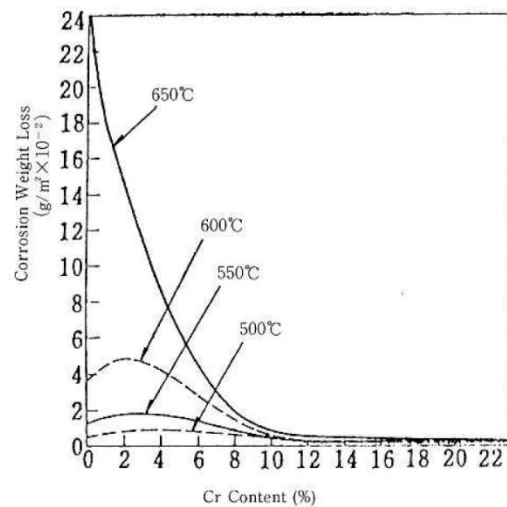


Fig.3 Relation between Cr content and corrosion weight loss in superheated steam.¹⁾

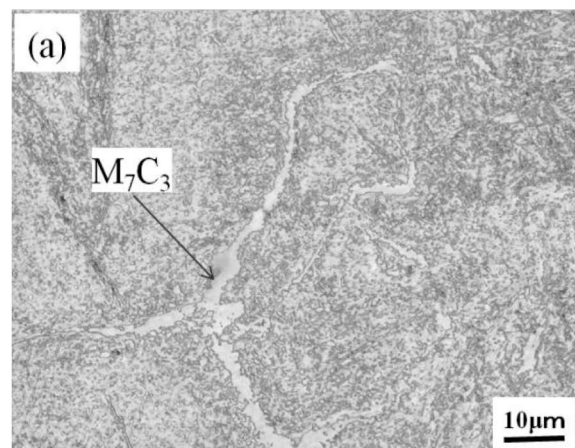


Fig.4 Typical microstructure of KC5.

これら組成やマイクロ組織で構成された KC5 は、ラッパーロールでの使用時に必要な特性である耐焼付き性、耐摩耗性、耐腐食性等を当社従来の CPC 材質と比べて高レベルを有している。

さらに、CPC ロールの特徴としては、10mm 以上厚肉の硬化層を有しているため、耐衝撃性に優れており、使用中も硬化層が剥離するという懸念は無いという事が挙げられる。そのため、厚肉用縞鋼板のコイラー設備のようなラッパーロールに高負荷が掛かる環境においても、CPC ロールは問題なく使用されている。

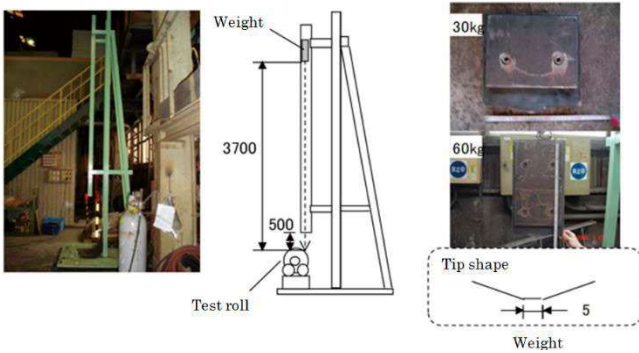
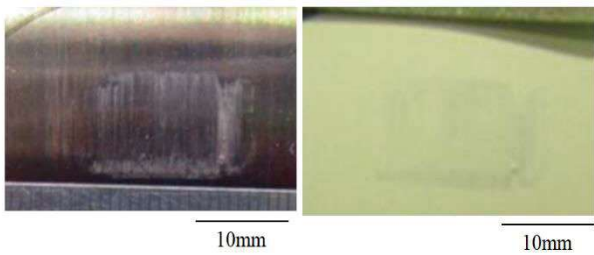
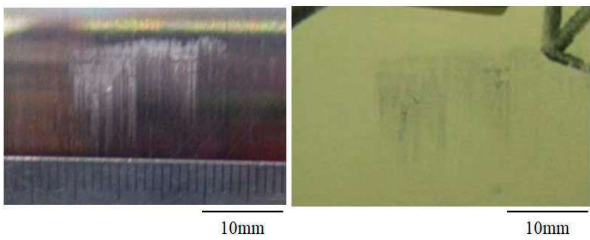


Fig.5 Appearance of drop weight impact test.



(a) Drop weight impact test at 30kg

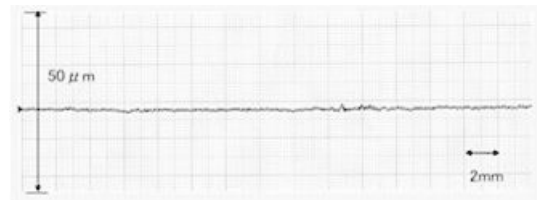


(b) Drop weight impact test at 60kg

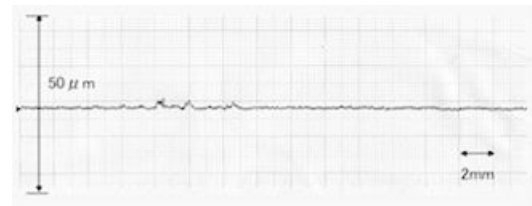
Fig.6 Roll surface after drop weight impact test

ここで、耐衝撃性を評価した試験として、Fig.5 に示すような落重衝撃試験を行った結果について報告する。重さ 30kg および 60kg の鋼板を模擬した相手材を 3.7m の高さから落下させ、ロール状のサンプル(KC5)に衝突させる。この衝突エネルギーは、相手材が 30kg のとき、鋼板が 482m/min で衝突したエネルギーに相当し、相手材が 60kg のときは鋼板が 681 m/min で衝突したエネルギーに相当する。Fig.6 は、衝突疵の深さや割れの有無について評価した結果であるが、衝突疵の外観 (左写真) と、浸透探傷検査 (右写真) を

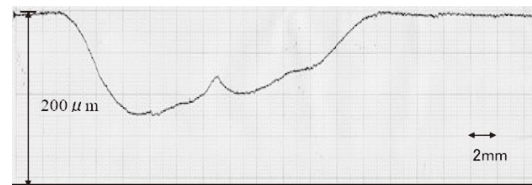
実施したところ、衝突による割れは確認されなかった。さらに、Fig.7(a)、(b)は KC5 の衝突疵の形状を測定したものであるが、凹状の変形は確認されなかった。Fig.7(c)は、溶射層のみのサンプルにおける衝突疵の形状であるが、約 130 μ m の凹みが確認された。衝突による応力 (300MPa~400MPa と推定) が溶射層下の母材まで作用したため、母材が変形した結果と考えられる。溶射層自体は硬質で高強度であるが、耐衝撃性には厚さの要素が重要であることが確認された。これらの結果からも、CPC ロールは厚肉であるため、ラッパーロール実機における鋼板の衝突においても、問題なく使用できることを裏付けている。



(a) Drop weight impact test at 30kg (KC5)



(b) Drop weight impact test at 60kg (KC5)



(c) Drop weight impact test at 60kg (Thermal spray)

Fig.7 Roll surface shape after drop weight impact test

3.3 ラッパーロール使用例

Table 2 に製鉄所におけるラッパーロール使用実績の一例を示す。ロールに掛かる負荷が比較的到低い製鉄所では、溶射ロールが CPC ロールと比べても摩耗量が少なく長期に使用可能である。なお、当社が実施した熱間摩耗試験からも、耐摩耗性は溶射材の方が KC5 よりも約 1.6 倍優れていることがわかっており、耐摩耗性では溶射ロールが CPC ロールよりも優位である。ただし、CPC ロールは、溶射ロールが使用で

きない高負荷の製鉄所においても安定的に適用されており、低負荷の製鉄所と同様に、高負荷の製鉄所でも同等の摩耗量で使用可能となっていることがわかる。

Fig.8 は、ある低負荷の製鉄所における CPC ロールと溶射ロールのロール消費量（再研磨する場合は再研磨量と摩耗量を足し合わせたもの）の一例を示している。CPC ロールは、硬化層が 10mm 以上と厚肉であるため、1 本のロールを 5 回再研磨して 6 年間使用することができる。溶射ロールは CPC ロールよりも消費量が少なく、再溶射を 2 回、すなわち 3 本分のロールを 6 年間で使用することを仮定している。ロールコストの観点では、再溶射に掛かる費用よりも、再研磨に掛かる費用の方が各段に低く、約 1/20 と推定されるため、1 年あたりのロール 1 本分の費用で考えれば、CPC ロールの方が溶射ロールよりも 1.7 倍～2.0 倍程のコストメリットがあると想定される。

Table 2 Comparison results of wear resistance for wrapper Roll (mm/Month)

	Low operation load	High operation load
Thermal spraying roll	Φ0.05～0.06	-
CPC(KC5)	Φ0.08～0.1	Φ0.06～0.1

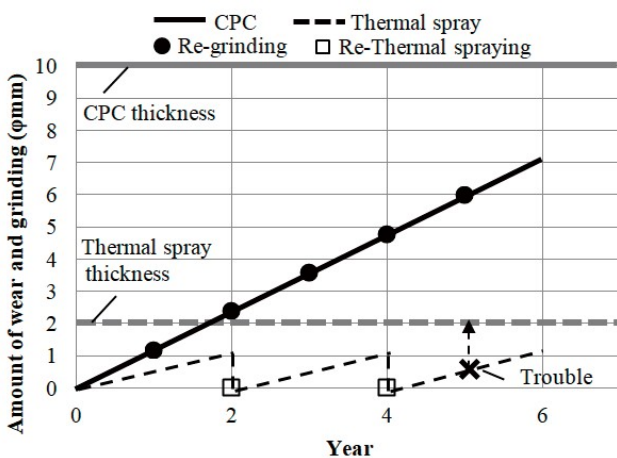


Fig.8 Amount of wear and grinding at CPC roll and thermal spraying roll.

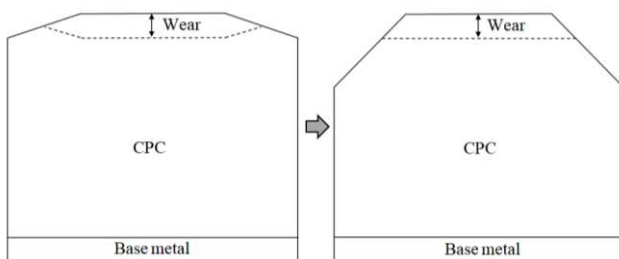


Fig.9 Tapered shape of CPC roll.

また、溶射ロールの場合、負荷条件によっては稀に発生する剥離等のトラブル (Fig.8 で×印で表示) によって、ロールが突然に使用できなくなってしまう懸念もある。硬化層の厚さが約 2mm と薄いこともあり、熱応力や、鋼板との衝突によるき裂が瞬間的に硬化層内部まで到達してしまうからである。このような耐事故性に関しては、CPC ロールの方が前述の落重衝撃試験結果や、実際に高負荷の製鉄所で使用されていることから優位であるといえる。

ラッパーロールでは、適正な押付け圧力を確保するためにテーパ形状が採用されていることが多い。ロール使用中の摩耗によって、このテーパ形状が崩れてくると、鋼板巻取り時に不具合を発生させてしてしまう場合がある。CPC ロールにおいても、適正な交換周期を超えて使用した結果、テーパ形状が崩れ、局所的な段差の影響で鋼板へ転写疵が発生する事例があった。テーパ形状を維持しつつロールを使用するには、適切なロール形状管理と再研磨するタイミングが肝要であり、それらを見極めることが使用上の課題となってくる。厚肉の CPC 層を活用し、Fig.9 のように、予め可能な限り高低差のあるテーパ形状を採用すれば、摩耗に対してもより長期にテーパ形状を維持できる可能性もあり、テーパ形状の変更も重要な要素になると考えられる。この点については、当社では各製鉄所での使用中ロールの定期的な詳細調査を行っており、ロールの最適な運用方法やテーパ形状を提案できる体制を整えて対応している。

4. 熱延下ピンチロール

4.1 下ピンチロール用材質 KC7

次に、下ピンチロール用の材質 KC7 について報告する。下ピンチロールに適用される材質には様々な特性が要求される。これらはラッパーロールの材質にも共通の特性といえる。下ピンチロールとラッパーロールの大きな違いの一つは、下ピンチロールの方は高温の鋼板と常時接触しロール表面温度が上昇しやすいという点である。そのため、高温での硬度がラッパーロールの材質よりも高いということが重要である。つまり、常温においてもラッパーロール用の材質よりも高硬度化が望ましく、ラッパーロール用の優れた諸特性は維持することを指標として材質開発を行うこととした。下ピンチロール用の材質 KC7 は、KC5 をベースとして、特殊微量元素を添加したものとなる。

ラッパーロール用材質と下ピンチロール用材質は、ともに析出硬化型ステンレス鋼であり、固溶化熱処理後に続いて析出硬化処理を行うことにより、過飽和に固溶していた析出硬化元素が析出し、高い硬度が得られる。KC5 及び KC7 の熱処理条件と硬さの関係を Fig.10 に示す (サンプル評価テスト)。いずれも 460℃～480℃の時効硬化処理で最高硬さを示しており、特

殊元素の添加量が増加するにつれて、最高硬さも高くなる傾向が確認された。これは、主に基地中の Cr と特殊元素との析出物が多くなった影響と考えられる。特殊元素を 2.0% レベルで添加すると、高硬度は得られるものの、耐熱衝撃抵抗が大幅に低下してしまい、実機使用が困難であると判断される。そのため、0.5%~1.0% 特殊元素添加したものを下ピンチロール用の材質 KC7 とした。

Fig.11 に KC7 の熱処理後の組織写真を示す。特殊元素の添加によって、結晶粒界に共晶の析出炭化物が大きく生成されているのが特徴である。基地は、焼き戻しマルテンサイトであり、結晶粒界には M_7C_3 の炭化物が確認されている点は、KC5 と同様であるが、結晶粒内の 2 次析出炭化物は、KC5 よりも多く確認された。

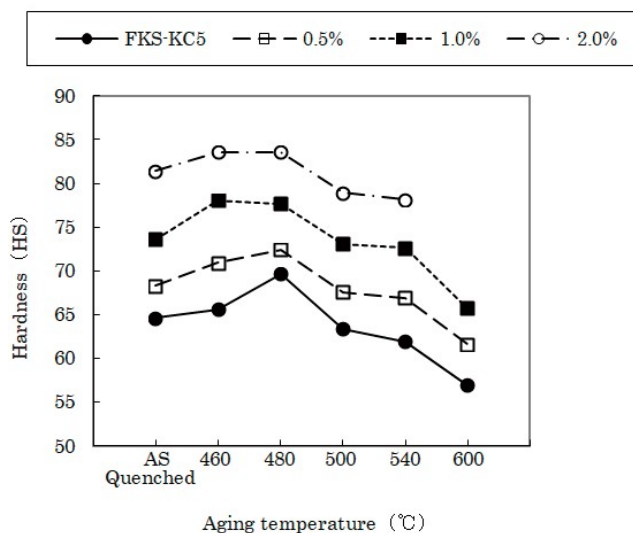


Fig.10 Relationships between hardness and aging temperatures.

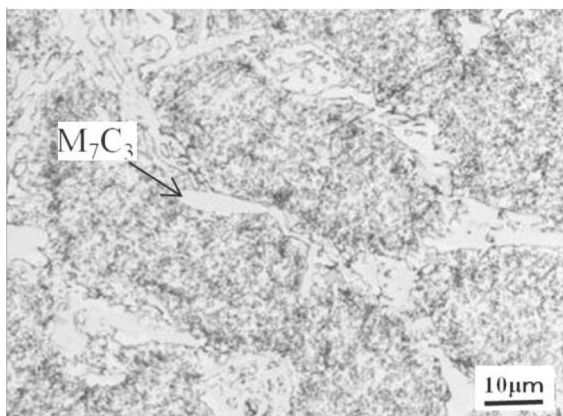
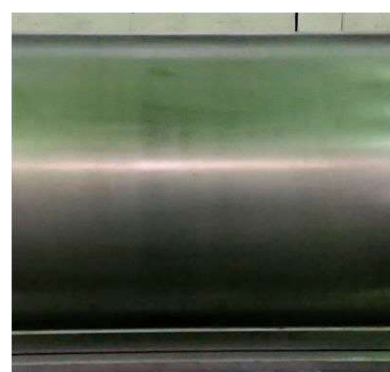


Fig.11 Typical microstructure of KC7.

4.2 下ピンチロール適用事例

CPC 法にて KC7 を表面処理した下ピンチロールは近年製鉄所にて使用され始めている。Fig.12 は、別々の製鉄所にて実際に使用されている下ピンチロールの外観写真である。それぞれ、適用された製鉄所ラインにおける従来ロールの交換周期となったタイミングでの外観であるが、ロール表面は金属光沢を維持し、肌荒れや打ち疵は確認されなかった。

本ロールは、従来ロールよりも長期の使用に耐えるものとして、今後も多くの製鉄所において使用されることが期待される。



(a) Bottom pinch roll used for mill A



(b) Bottom pinch roll used for mill B

Fig.12 Photos showing appearance of bottom pinch rolls.

5. 上ピンチロール開発状況

最後に、熱延コイラー設備用ロールの一つである上ピンチロール製造の取り組みについて紹介する。上ピンチロールは一般的に直径 900mm 以上のサイズであり、ラッパーロールや下ピンチロール（直径 400~500mm 程）と比べてもはるかに大きな直径となっている。当社では、上ピンチロールに近い大径ロールの CPC 法による製造実績も多数持ち合わせており、現在は上ピンチロール開発に取り組んでいる（Fig.13）。この上ピンチロール製造については、2024 年度中には各製鉄所へお届けする計画で開発を推進している。

このように、ラッパーロールや上下ピンチロールなど、熱延コイラー周り用ロールすべてが CPC ロールとして運用され、製鉄所における鋼板の製造コスト低減や品質向上に貢献できるように、当社では重点的に開発に取り組んでいる。



Fig.13 Photo showing typical manufacturing scene of upper pinch roll by CPC.

6. 結論

熱延コイラー周り用ロールの開発について要約すると次の通りである。

- 1) KC5 による CPC ラッパーロールは、溶射ロールより耐摩耗性が劣るものの、厚肉で再研磨しての使用が可能であることから、トータルのロールコスト面では優位である。また、溶射ロールが使用できない高負荷環境でも使用することができる。
- 2) KC5 への特殊元素の添加によって硬度の上昇が確認され、下ピンチロール用の KC7 を開発した。

- 3) KC7 による下ピンチロールは、適用された製鉄所ラインにおける従来ロールの交換周期に達しても、焼付きや疵の無いロール表面を維持しており、ロール長寿命化に期待できる。
- 4) 当社では大径である上ピンチロールの CPC 法による製造も取り組んでおり、熱延コイラー周り用ロール全体の CPC ロール化を推進している。

参考文献

- 1) 坂本、玉川、津田、森高：フジコー技報No.1(1993)9
- 2) 姜、園田、嵩、永吉：フジコー技報No.16(2008) 25
- 3) 園田、花田、肖、永吉：フジコー技報No.22(2014) 25
- 4) 園田、姜、古田、宮崎、永吉：フジコー技報No.24(2016) 24
- 5) 尾崎、姜、園田：フジコー技報No.13(2005)54
- 6) 姜、園田、永吉、山本、恵良： casting 92(2020) 521

株式会社フジコー
商品技術部
部長

高性能冷間圧延用 CPC ロールの開発状況

Development Situation of High Performance CPC Rolls for Cold Strip Mill

博士（工学） 姜 孝京
Hyo-Gyoung Kang

1. 緒言

冷間圧延プロセスの変化や新圧延機の導入など冷間圧延分野における環境変化と共に自動車用鋼板分野の軽量化ニーズによる超高張力鋼の適用比率拡大、また、電気自動車の普及増加に伴い駆動モーターに使用される電磁鋼板の生産量の増加により、ロールに求められる性能として、圧延規制の大幅な緩和、スケジュールフリー圧延の実現など大幅な改善が求められている。そこで、当社は世界で初めて独自技術で開発した連続鑄掛鑄造法である CPC (Continuous Pouring process for Cladding, 以下 CPC と称する) 工法を用いて高性能冷間圧延ロールの開発に着手したのでその開発状況について述べる。

2. 冷間圧延ワークロールのニーズと課題

図 1¹⁾に連続冷間圧延 6 ハイタンドেমミルの概要を示す。標準的ロールサイズはワークロールの場合 $\Phi 300\sim 600$ で、中間ロールは $\Phi 450\sim 610$ である。ロールの高性能化には高合金化で多量の硬質炭化物を晶出する材質系を圧延材が接触する外層材に適用するのが有効であり、それとともに高い圧延荷重に耐用できる高強度内層材をもつ複合構造のロールが必要である。この複合ロール製造においては、高合金外層材と高強度内層材の複合構造を実現可能な当社開発の CPC 工法が適している。²⁾ 1970 年代の冷延タンドেমミル連続化以来、圧延途中での臨時ロール組換度が減少し、ロールの肌荒れや粗度低下による圧延量の規制が起きた。

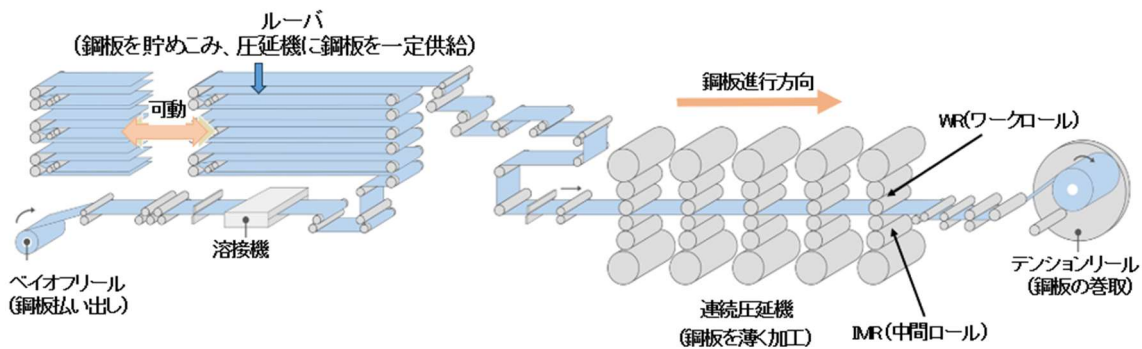


図 1 連続冷間圧延ラインの概要¹⁾

表 1 冷延ワークロールに要求される主な必要特性と開発目標

区分	開発目標値
耐摩耗性(粗度維持性)	5%Cr鍛造ロール対比4~5倍以上
	初期径硬度(HS90~95)、廃棄径硬度(HS88以上)
耐事故性	5%Cr鍛造ロールと同等以上の外層材機械的性質
	5%Cr鍛造ロール以上の耐押し疵性
加工性(研削性)	研削加工時間(5%Cr鍛造ロール対比2倍以下)
	耐熱安定性(例えば、放電ダル加工熱により硬度低下無し)
胴部表面組織均一性	5%Cr鍛造ロールと同等レベル
ロール強度	5%Cr鍛造ロールと同等レベルの軸部強度

表 2 開発材の組織構成と製造プロセス特性比

区分		5%Cr鍛造鋼 ³⁾	CPC開発新材質
組織構成	炭化物	M ₂ C	MC、M ₇ Ca、M ₂ C
	基地	マルテンサイト	マルテンサイト
結晶粒径サイズ(μm)		約400	≤100
硬さ		800HV(HS90) ≤	800HV(HS90) ≤
適用製造(casting)法		ESR+鍛造	CPC
凝固速度		3~5mm/min	15~25mm/min
熱処理	焼入れ	漸進低周波表面誘導加熱	電気抵抗炉一体式加熱
	焼戻し	≤473K	753K ≤

現在、冷間圧延ロールとして主流である鍛造ロールは3%から5%Crへ高合金化され、その後、さらなる高性能化を目指して遠心铸造製の高クロム铸铁や鍛造セミハイス、CPCハイス等が試用されたが、5%Cr鍛造ロールの代替材として普及せず現在に至っている。当社においても1994年頃にCPC工法を駆使したハイス材の冷間圧延ワークロールが開発²⁾し、従来の鍛鋼焼き入れロールに比べて1回の圧延量を3倍に増大できるほか、摩耗量も1/4倍に減少し、かつ圧延後の表面粗さ変化が非常に少ないなど、CPCハイスロール特有の効果をえたが、その後研削課題などの理由で普及までには至っていない状況である。そこで、表1に示す様な開発目標値を定め3~5Cr%鍛鋼製冷延ワークロールの代替可能なCPCロールの開発に着手した。

本稿では、先ず表1を満足できることを基本に新材質の最適な合金設計を行い、新しいCPC冷延ロールを開発したので、現在までの公開できる範囲内での開発状況について紹介する。

3. CPC冷間圧延ロール開発材の特性

開発新材質については、粗度保持性の向上を主目的として、CPC工法の最大特徴である強制冷却による緻密な凝固組織の発現の利点と合わせて、微細で強固な基地組織上に、特殊添加元素の複合添加効果による結晶粒微細化処理と共に硬質炭化物の均一微細化分散を狙った最適の合金設計を適用した。

紙面関係上マイクロ組織の詳細観察結果は省略するが、開発新材質を用いた実ロールサイズ(≒φ500)でのCPC铸造を行い、目標通りのM₂C及びM₇C₃を主体とする硬質炭化物面積率を有しかつ結晶粒サイズ100μm以下の緻密な組織が得られた。表2に5%Cr鍛造鋼と新開発材との組織構成と製造プロセス特性の比較結果を示す。

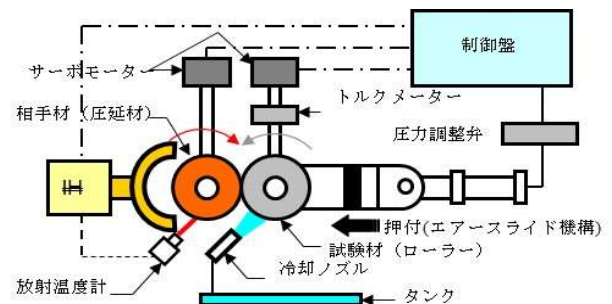
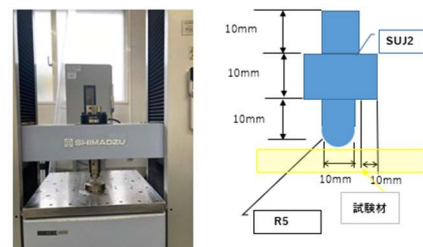


図2 接触型円筒摩耗試験機の概要
(常温試験 誘導加熱(IH)は使用していない)



メーカー	SHIMADZU
最大荷重	80kN
押し込み速度	6mm/min, 12mm/min
保持時間	10s
試験材材質	開発材(≒HS90)&鍛鋼ロール材(≒HS90)
試験材サイズ	50mmX25mmX10mm
押し込材材質	SUJ2(≒HS80-90)

図3 耐押し込み疵性試験機概要
(マイクロストレインテスト)

表 3 開発材の機械的性質、物性及び性能比較結果

区分		5%Cr鍛造鋼 ³⁾	CPC開発新材質
硬さ		800HV(HS90) ≤	HS90~95
機械的性質	圧縮強度(MPa)	3000	2890~2950
	引張強度(MPa)	920	886~911
	破壊靱性値 (MPa・m ^{1/2})	20	23~25
物性値	線膨張係数 (×10 ⁻⁶ /°C)	11.3	10.0
	ヤング率 (GPa)	214	220~221
耐摩耗性	アブレッシブ摩耗比(摩耗減量)	1	1/5
	接触型円筒摩耗比(摩耗減量)	1	1/4
耐押し疵性	マイクロストレインテスト(疵深さ)	1	1/1.2
研削性	研削加工時間	1	1~2

次に、表 1 に示した冷間圧延ロールに求められる要求特性と開発目標値を満足しているかを検証するために、先述の実サイズ CPC 試作ロールからリング試験片を採取後所定の熱処理を行い、ミクロ組織の確認、機械的性質の評価、耐摩耗性、耐押し込み疵性及び研削性について調査を行った。表 3 の特性評価の中で、耐摩耗性および耐押し込み疵性の性能比較のために用いた試験装置の概略を図 2 と図 3 に示す。

表 3 に、従来の 5%Cr 鍛鋼材³⁾ と CPC 開発新材質の比較結果を示す。外層部の硬さは外層全域において目標としたビッカース硬さ 800HV 以上の高硬度が確保できた。機械的性質を見ると、圧縮強度と引張強度はほぼ同レベルであるが、破壊靱性値は CPC 開発材が約 1.2 倍優れておりスポーリング発生のような耐事故性面においても CPC 開発材が優位であると判断できる。熱的物性値としては、線膨張係数及びヤング率ともに従来の 5%Cr 鍛鋼と大差がないことから、クラウン等のロールセット条件や圧延条件の大幅な変更は特に必要ないと思われる。耐摩耗性については、CPC 開発材はアブレッシブ摩耗比と接触型摩耗比がそれぞれ 5 倍及び 4 倍以上優れる結果を示しており、最適な合金設計による硬質炭化物の微細均一分散の相乗効果の現われであると推察できる。研削性については、従来材と比べて当初開発目標の加工時間 2 倍以内に抑えることを確認できた。

耐熱安定性については新開発材の焼き戻し温度 500°C であること、また耐押し疵性テストにおいても同一荷重において凹み深さが 20~35% の小さいことが確認できた。機械的性質以外にも試作ロールを用いてスチールショットダル施工を行い表面模様（偏析）の問題がないことも確認できた。上記の機械的性質並びにダル施工評価結果から本開発品は冷延ワークロールに求められる特性と開発目標を満たしていると推定している。

4. 結論

最適な合金設計を通じた新開発材を用いて当社独自の CPC 製造技術により、今回紹介した CPC 新開発材の冷間圧延ロールは、従来の 5%Cr 鍛鋼ロールに比し、冷延ロールとしての必要特性を満たし、実運用上支障のないと思われる研削性と 3~4 倍以上の高い耐摩耗性（粗度維持性）を具備した冷間圧延ロールであると確信できる。次回の報告では、新開発材ロールに対して実際の圧延適用結果について報告する予定である。

参考文献

- 1) https://www.tmeic.co.jp/product/steel/cold_rolled/
- 2) 坂本、斎藤、津田：フジコー技報 tsukuru No.2(1994)34
- 3) 田中、橋本、小家、大友、綾垣、井上、山下：新日鉄技報、第 376 号(2002)74

技術論文

接触菌対策用光触媒フィルムの検討 Development Study of Photocatalyst-Film for Contact Bacteria



技術開発センター
第二開発室 主任技師
朝長 昌紀
Masaki Tomonaga

技術開発センター
第二開発室 リーダー
博士(工学) 坂口 昇平
Shohei Sakaguchi

要旨

菌・ウイルスの接触感染対策に用いる光触媒フィルムの検討、開発を行った。

光学特性は全光線透過率 93.6%、ヘイズ 71.7%で透明度が高く、防眩性に優れたフィルムを開発した。また、塗膜硬度は鉛筆硬度試験で 2H であった。

抗菌性能は大腸菌 *Escherichia coli*(ATCC8739)に対して抗菌活性値>4.2(2000lx、3時間)であり、市場に流通している抗菌フィルム(同条件で抗菌活性値 0~1.9)と比較して短時間で高い効果が得られるという結果であった。

今後、①抗菌・抗ウイルス性能評価の拡充②ラインナップ拡充に向けた低ヘイズ仕様の開発③生産性向上のための乾燥時間短縮④製品価値向上のための塗膜硬度向上に取り組む、製品化に繋げていきたい。

Abstract:

In this study, we report the examination results of the developed photocatalyst-film for contact bacteria and viruses control.

We have obtained a film with excellent anti-glare properties that the exterior shows highly transparent with total light transmission of 93.6% and haze of 71.7%. Also, the coating hardness of film is 2H by pencil hardness test.

The antimicrobial performance is >4.2 against *Escherichia coli* (ATCC8739), the results show that the film is highly effective in a shorter time compared to antimicrobial films available on the market (0 to 1.9 under the same conditions).

In the future, we intend to work on (1) expanded antimicrobial and antiviral performance evaluation, (2) development of low haze specifications, (3) shortening drying time, and (4) improving coating film hardness to bring the product to market.

1. 緒言

新型コロナウイルスの世界的流行を発端とし、抗菌や抗ウイルスに対する関心が高まっている。新型コロナウイルスの流行直後は新型コロナウイルスがエン

ベロープを持つ、すなわちエタノールによる消毒効果が期待できる、という情報以外はなく、消毒用エタノールが不足しその流通に混乱が生じた。その後、醸造用エタノールや食添用エタノールなど別用途の高濃

度エタノールの転用¹⁾、新型コロナウイルスの不活化に有効な環境清拭用洗剤の選定²⁾などにより落ち着きを取り戻したが、未知の菌やウイルスへの対応の難しさが浮き彫りになった。

一方で抗菌・抗ウイルス性能を有する光触媒のメカニズムは酸化分解によるものであり、分解対象の選択性がないため、菌・ウイルスの種類に関わらず効果を発揮し、未知の菌・ウイルスに対してもその効果が期待できる。

当社では光触媒の持つ性能、とりわけ消臭・除菌性能に着目し、空気清浄機や光除菌タイルを開発、販売してきた。それらの商品群は空間中に存在する菌・ウイルスへの対策用に設計されており、物を介した接触感染対策には必ずしも有効ではない。近年は人と人の接触機会を減らす動きやタッチパネルが普及していることもあり、接触感染対策製品を望まれる機会も多くなっている。

本稿では、接触感染対策に有用な、光触媒フィルムの検討、開発を行ったので報告する。

2. 実験方法

2.1 基本構成

基本構成はベースフィルム+アンダーコート+光触媒コートとした。アンダーコートは光触媒層のベースフィルムへの密着、その他物性をフォローする構想である。ベースフィルムは汎用性の高いPETフィルムで、透明性が高く易接着処理がされているコスモシャイン（東洋紡製）を選定した。

2.2 アンダーコート

光触媒は酸化分解により作用するため、アンダーコートには高い耐久性、光触媒層及びPETフィルムへの親和性が要求される。そのためベース樹脂にはある程度可撓性があり、耐候性（耐久性）に優れるアクリルシリコン樹脂を選定した。このベース樹脂はエマルジョンタイプ（水系）であり、これに造膜助剤、耐傷性向上剤、濡れ剤、消泡剤、増粘安定剤を適宜添加し、アンダーコートを調製した。

2.3 光触媒コート

光触媒コートは水ベースのソリューションタイプを選定した。この光触媒コートは酸化チタンと抗菌金属を配合し、明所、暗所いずれでも抗菌性能を発揮するハイブリッドタイプである。これに濡れ性向上のため、界面活性剤を微量配合した。

2.4 外観及び光学特性

塗膜外観は目視及びレーザ顕微鏡 VK-X3000（キーエンス製）にて観察した。塗膜の光学特性はヘイズメーターHZ-V3（光源：D65、スガ試験機製）にて、全光線透過率、ヘイズを測定した。

2.5 塗膜硬度

塗膜の硬度は鉛筆硬度試験（JIS K5600-5-4 準拠）にて評価した。鉛筆はuni（MITSUBISHI PENCIL 製）、鉛筆硬度試験器（750g 荷重、オールグッド製）を使用した。試験はそれぞれの硬度にて3回繰り返し、2回以上塗膜にキズが生じる一つ手前の硬度を塗膜硬度とした。

2.6 抗菌性評価

塗膜の抗菌性はフィルム密着法（JIS R1752 準拠）にて評価した。無加工品として未処理PETフィルム、光源には蛍光灯（FPL27EX-N、Panasonic 製）を使用し、照度計（LM-331、アズワン製）にて照度 2,000lx となるように調整して実施した。また、試験に使用した菌種は *Escherichia coli* (ATCC8739) で、菌数が 1.0×10^6 個～ 2.5×10^6 個となるように調製し、これを各試料に 0.15ml ずつ滴下後、PP フィルムをかぶせ、接触時間は3時間とした。規定時間経過後、SCDLP 培地（「ダイゴ」、塩谷エムエス製）10ml にて回収、生理食塩水を用いて10倍希釈系列を作成し、その各々を用いて評価用寒天培地を作成、 $37 \pm 1^\circ\text{C}$ で約24時間培養した。培養後、観測したコロニー数から式(1)に従い抗菌活性値を算出した。

$$R = \log(B/A) - \log(C/A) = \log(B/C) \dots(1)$$

ここで、

R：抗菌活性値

A：無加工品の接種直後の生菌数

B：無加工品の接種から規定時間経過後の生菌数

C：加工品の接種から規定時間経過後の生菌数

2.7 対照

対照として市場流通品から以下3品番を選定した。それぞれの特長を Table 1 に示す。抗菌・抗ウイルスフィルム市場において、光触媒フィルムは一般的ではないため、いずれも無機系抗菌剤を配合する製品である。

① 対照 A

銅系抗菌剤、高防眩タイプ

② 対照 B

銀系抗菌剤、親水性クリアタイプ

③ 対照 C

銅系抗菌剤、撥水クリアタイプ

Table 1 Specifications of comparisons

Test items	Comparison A	Comparison B	Comparison C
Total transmittance	90.5%	91.0%	89.0%
Haze	34.7%	5.0%	1.1%
Pencil hardness test	3H	2H	2H
Antibacterial material	Copper	Silver	Copper

3. 実験結果及び考察

3.1 塗布条件

アンダーコートはバーコーターNo.18 (WET 膜厚約 40 μ m) で塗布した。光触媒コートはエアスプレーにて 1 m^2 あたり 15g (WET) となるように塗布した。

3.2 乾燥条件の検討

アンダーコートの乾燥条件としてはメイン樹脂の加熱特性データから、140 $^{\circ}$ Cで 20 分、強制乾燥させるのが望ましい。そのため、調製した下塗りを 140 $^{\circ}$ Cで 20 分強制乾燥したところ、樹脂の縮合が進行して表面が疎水化され、上塗りを塗布することが困難であった。これを改善するため、アンダーコート塗布後は 80 $^{\circ}$ Cで乾燥し、光触媒コート塗布後に 140 $^{\circ}$ Cで乾燥させることとした。アンダーコートの乾燥に伴う耐水性を確認したところ、15 分で十分な耐水性が得られたため、アンダーコートの乾燥条件は 80 $^{\circ}$ Cで 15 分とした。光触媒コートの乾燥には特別配慮すべき条件はなく、140 $^{\circ}$ Cであれば数分で十分であるため、アンダーコートの乾燥条件にあわせて 20 分、強制乾燥することとした。

アンダーコートを 80 $^{\circ}$ C、15 分で乾燥させた後、光触媒コートを塗布し 140 $^{\circ}$ Cで 20 分強制乾燥したところ、フィルムに大きく反りが生じた。急激な温度変化を加えたため、塗膜表面の硬化が急速に進行した結果、生じたと推測される。これを改善するため、塗膜を予熱してから乾燥させる加熱条件を変更し、80 $^{\circ}$ Cで 5 分経過後、10 分程度で 140 $^{\circ}$ Cに昇温、20 分程度 140 $^{\circ}$ Cで保持した。この乾燥条件であれば反りもほとんど出ず、十分な硬度も得られたため、光触媒コートの乾燥条件とした。

3.3 塗膜の性能評価

塗膜の光学特性を Table 2 に示す。全光線透過率 93.6%、ヘイズ 71.7%であった。ベース樹脂と、配合しているフィラーの屈折率の差が大きく、塗膜中で透過光が拡散するためにヘイズの高いフィルムとなっている。

塗膜の硬度は鉛筆硬度 2H であった。ベース樹脂の鉛筆硬度 (F~H) と比較すると向上しており、フィラーによる耐傷性向上が確認できた。

塗膜の全光線透過率、硬度は市場流通品と比較して遜色ない結果となっている。

Table 2 List of test product's specifications

Test items	Test product
Total transmittance	93.6%
Haze	71.7%
Pencil hardness test	2H

実際の塗膜外観を Fig.1 に示す。未処理フィルムと比較して、十分に透過しているにもかかわらず、蛍光灯の映り込み (反射) が見られない。



Fig.1 Test product appearance of visual observation
(left) test product (right) untreated film.

この塗膜外観の一部をレーザー顕微鏡にて観察した様子を Fig.2 に示す。2 つは同じ視野を異なる光源で観察した画像であり、左は同軸落射光源による正反射光の画像、右はリング光源による側射光の画像を並べている。前者からは表面に微細な凹凸が満遍なく広がっている様子が、後者からは反射光の映り込みが無くフィルムの中の図柄がはっきりと見える様子が観察できる。Fig.3 の画像は試作品を切断し、その断面を観察したものである。PET 基材の上に均一にコーティングできているのが観察できる。尚、光触媒層はアンダーコートに比べて非常に薄いため、直接観察できているのはアンダーコートである。

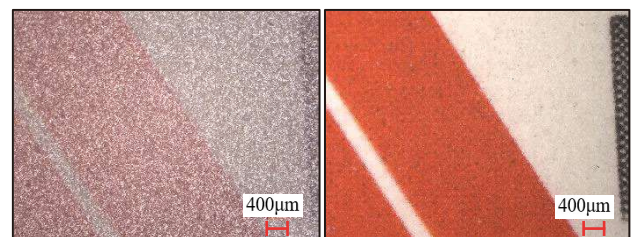


Fig.2 Test product appearance of CLSM
(left) coaxial lighting (right) ring lighting.

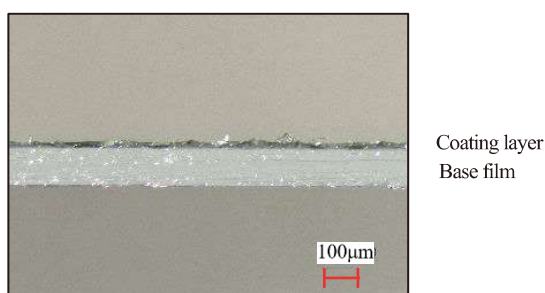


Fig.3 A test product cross section of CLSM.

3.4 抗菌性能評価

開発品及び市場品の抗菌性評価結果を Table 3 に示す。塗膜の抗菌性は明所、暗所とも検出限界未満（抗菌活性値はそれぞれ4.2以上、4.3以上）であった。市場品の抗菌活性値は0~1.9であり、開発品の方が効果は高い。通常の抗菌・抗ウイルス剤は樹脂等に練りこまれており、これが微量ずつ溶出して作用するため、樹脂の種類によっては薬剤の効果が表れ難く、特に硬質のプラスチックでその傾向が強い³⁾。開発品はフィルム表層に光触媒及び抗菌金属が高濃度に分布しているため、より短時間で高い効果を発揮したと推測される。

Table 3 Antibacterial activity value of comparisons

Items	Antibacterial activity value
Test Product	>4.2 (indoor light illumination) >4.3 (dark place)
Comparison A	0
Comparison B	1.5
Comparison C	1.9

4. 結論

高い抗菌性能を付与した防眩タイプの光触媒フィルムを開発できた。この光触媒フィルムは接触感染対策用途として一定の需要が見込まれるが、上市に向けて改善すべき点もいくつかある。具体的には以下を改善することを望まれる。

1) 抗菌・抗ウイルス性能評価の拡充

開発した光触媒フィルムは大腸菌をはじめとする一部菌・ウイルスに有効であることは判明しているが、より多くの種類に対して、定量的なデータが必要と考える。

2) 高透明タイプの設定

防眩タイプではショーケースなど中を見せたい場合に使用できず、用途が限定される。高透明タイプと防眩タイプの両方をラインナップすることで幅広い用途をカバーできる。

3) 乾燥時間の短縮

近年フィルム製造の現場では高速化が進んでおり、毎分数十 m~百 m 程度の速さで製造されて

いる。それと同様の設備で生産しようとする、乾燥時間がトータルで 50 分（下塗り 15 分、上塗り 35 分）かかるという開発品の現状はフィットしない。特殊な設備や条件の適用は生産コストに大きな負担となり、結果として製品価格にも影響を与える。膜厚の設定や詳細な雰囲気温度調整により、乾燥時間の短縮が望まれる。

4) 塗膜硬度の向上

市場にあるフィルム（手が触れる箇所に使用するもの）の耐傷性は鉛筆硬度試験で 2H のものも多いが、それ以上の耐傷性を持つ製品もある。実環境においては 2H のフィルムでも傷が目立つケースがあり、製品価値向上のためにはより高い鉛筆硬度が必要となる。

これらの課題解決に取り組み、より市場価値の高い、市場ニーズに応える製品へと繋げていきたい。

参考文献

- 1) 「新型コロナウイルス感染症の発生に伴う高濃度エタノール製品の使用について (改定(その2))」、厚生労働省医政局経済課他発 令和2年4月22日付事務連絡
- 2) 「新型コロナウイルスに対する代替消毒方法の有効性評価(最終報告)」、独立行政法人製品評価技術基盤機構 令和2年6月26日
- 3) 檜山：繊維製品消費科学 No.9(1999) 576

技術論文

誘電体バリア放電プラズマと触媒を組み合わせた エタノール分解技術の開発

Development of Ethanol Decomposition Technology Combining Dielectric Barrier Discharge Plasma and Catalysts



技術開発センター
第三開発室 技師
石田 卓也
Takuya Ishida

技術開発センター
第三開発室 リーダー
柏井 昌彦
Masahiko Kashiwai

技術開発センター
第三開発室
原田 知典
Tomonori Harada

要 旨

病院や介護施設のように日常的にアルコールなどの薬剤を使用し、低濃度の VOC が滞留している空間においては、短時間で空間中の VOC を処理する技術が必要である。本論文では、大気圧低温プラズマによる低濃度 VOC の効率的な処理を目的として、バリア放電プラズマと触媒を組み合わせたプラズマリアクタによるエタノールの分解実験を行った。その結果、3 ppm のエタノールでは 97% の分解率を実現し、触媒を用いなかった場合に比べて二次生成物のオゾンとアセトアルデヒドの発生を低減した。さらにオゾン分解フィルターと組み合わせた装置により、オゾンとアセトアルデヒドの排出量を環境基準値以下に抑えることに成功した。この装置は多段化することによって大流量の処理にも対応できるため、実用的な VOC 分解処理装置として期待できる。

Abstract:

In spaces such as hospitals and nursing facilities where alcohol and other chemicals are used on a daily basis and where low concentrations of VOCs are present, technology is needed to treat VOCs in the space in a short time. In this paper, we conducted ethanol decomposition experiments using a discharge device that combines barrier discharge and a catalyst for the purpose of efficient treatment of low-concentration VOCs by atmospheric-pressure low-temperature plasma. As a result, under the conditions of ethanol concentration of 3 ppm, the decomposition rate of ethanol reached 97% or more, and the generation of by-products ozone and acetaldehyde was reduced compared to when no catalyst was used. Furthermore, by using a device combined with an ozone decomposition filter, we succeeded in keeping ozone and acetaldehyde emissions below environmental standards. This device can handle large flow rates by being multi-staged, so it is expected to be a practical VOCs decomposition device.

1. 緒言

揮発性有機化合物 (Volatile Organic Compounds : VOC) は常温、常圧で揮発性を有する有機化合物の総

称であり、溶剤、金属洗浄剤、農薬、殺虫剤等、幅広い用途で使用されており、トルエン、キシレン、酢酸エチルなどが代表的である。VOC は人体に対して有

害であり、室内空間ではシックハウス症候群等の健康被害が知られている。特に、病院や介護施設のように日常的にアルコールなどの薬剤を使用する空間では低濃度 VOC が滞留しており^{1,2)}、一般的には換気に対応されている。また、新型コロナウイルスの流行により、一般家庭でも消毒にエタノールなどの薬剤を使用する頻度が増えてきている。しかし、一般の空気清浄機では広い空間に対して短時間で処理する能力が不足しており、頻繁なフィルター交換や中間生成物の発生といった課題がある。特に消毒剤として多く使用されているエタノールは酸化分解されると中間生成物としてアセトアルデヒドが生成される。しかしながら、アセトアルデヒドは特定悪臭物質に含まれており、厚生労働省が定める室内濃度指針値は 30 ppb³⁾であるため、低濃度の VOC を 1Pass にて処理できる技術が求められており、大気圧低温プラズマが期待されている^{4,5)}。

プラズマによる VOC 分解は、プラズマ中で発生する活性種などによる化学反応を利用した分解技術である。特に空気中で反応を行う場合、空気中に含まれる窒素、酸素、水蒸気などから反応性の高い N、O、O₃、OH などの活性種が生成されることで反応が起こり、VOC の分解が行われる。ただし、O₃ は人体に有害な物質であるため、日本産業衛生学会により作業環境基準が定められており⁶⁾、装置から排出されるオゾン濃度は低く抑える必要がある。そこで筆者らは、プラズマと触媒を組合せることで、プラズマにより発生するオゾンと低減するとともにオゾン分解時に生じる活性酸素をガス分解に利用する技術⁷⁻⁹⁾を実用化するための装置開発を行っている。この技術を室内空間で使用する製品化を行うためには以下の性能を満足する必要がある。

- 1) 中間生成物の排出濃度が指針値以下
- 2) プラズマ放電により発生するオゾンの排出濃度が 0.1 ppm 以下

本稿では、誘電体バリア放電プラズマと触媒を組み合わせ合わせた技術により、空气中エタノールの分解実験を行った結果と、上記の条件を満足するための装置構成を検討した結果について報告する。

2. 実験方法

2.1 プラズマリアクタの構成

電極形状を Fig.1、放電リアクタの構成を Fig.2 に示す。放電電極は量産性を考慮して、リジットプリント積層基板の製造技術を利用して製造した。誘電体には FR-4 (ガラスエポキシ樹脂)、導体には銅箔を使用し、両側バリア放電を発生させるため、誘電体が表面になるように製作した。導体は type A (1.5mm-1 本) と type B (1.5mm-2 本) の 2 種類を作成した。誘電体表面には MnO₂ と TiO₂ の複合触媒をコーティングした。電極間

距離が 1.5 mm となるように PTFE 製のスペーサーを使用し、電極を積層した。

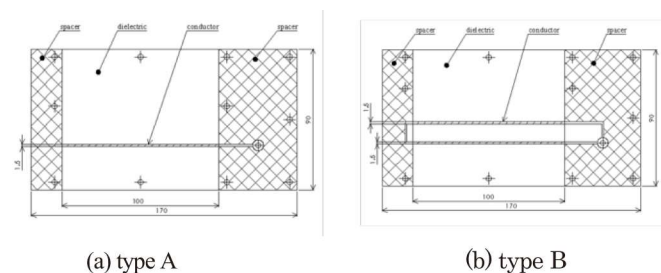


Fig.1 Types of electrode shapes for plasma reactors.

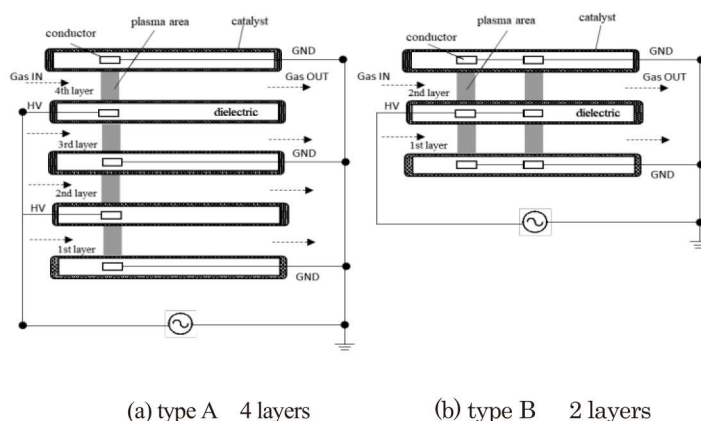


Fig.2 Setup of plasma reactor combined with catalyst.

2.2 プラズマリアクタのガス分解性能測定方法

Fig.3 に実験装置の概略図を示す。活性炭を通過した空気にバブリングして気化したエタノールを混合し、プラズマリアクタに導入した。

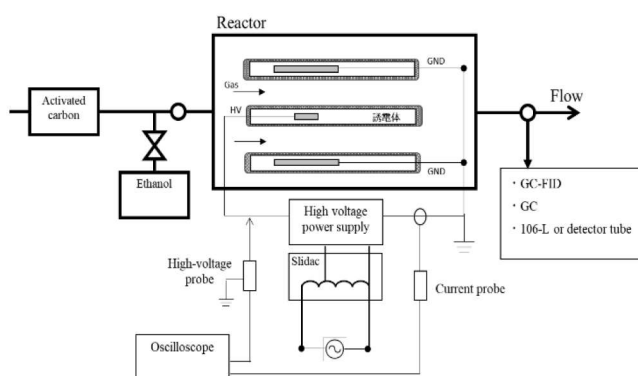


Fig.3 Schematic of experimental apparatus.

エタノールの濃度測定は GC-FID (GC-2014、島津製作所製)、中間生成物のアセトアルデヒドの測定は SGC (SGEA-P3、Nissha FIS 製)、オゾン濃度の測定は 106-L (2B Technologies 製) とガス検知管 (ガステック製) を使用した。高圧電源には 100 V/60 Hz 入力において出力電圧 20 kV_{p-p}/出力周波数 5 kHz となるように調整した電源を用いた。出力電圧を 18~22 kV_{p-p} に可変でき

るように入力側にスライダックを用いた。出力電圧の測定には高電圧プローブ (HV-P30A、IWATSU 製)、出力電流の測定には電流プローブ (CT6700、HIOKI 製) を用い、波形をオシロスコープ (DS-5624A、IWATSU 製) で測定した。

2.3 製品化試作の装置構成とガス分解性能測定方法

装置構成の概略図を Fig.4、プラズマリアクタ構成を Fig.5 に示す。気体の導入側から、プレフィルター、準 HEPA フィルター、プラズマユニット、オゾン除去フィルター、ファンの順番に配置した。準 HEPA フィルターはプラズマユニットへの塵などの侵入を防ぐために 0.3 μm の粒子に対して 95%以上の捕集率を有するフィルターを選定した。プラズマユニットは type B 電極を電極間距離 1.5 mm で 6 層積層した。オゾン除去フィルターは酸化マンガンに触媒主成分としたハニカム状フィルターとした。ファンは PWM コントローラーによって回転数制御できるようにし、風量が 0.1 m³/min になるように調整した。高電圧電源は 100 V/60 Hz 入力で出力電圧 22 kV_{pp}/出力周波数 5 kHz となるように設計したものを使用した。

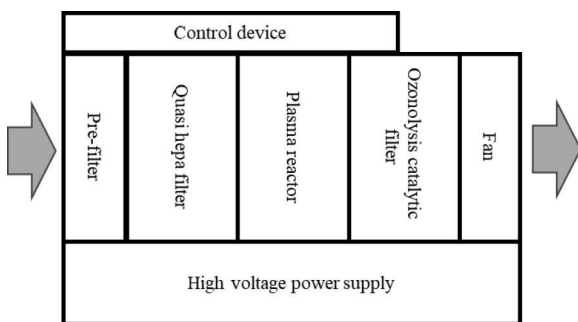


Fig.4 Schematic diagram of equipment configuration.

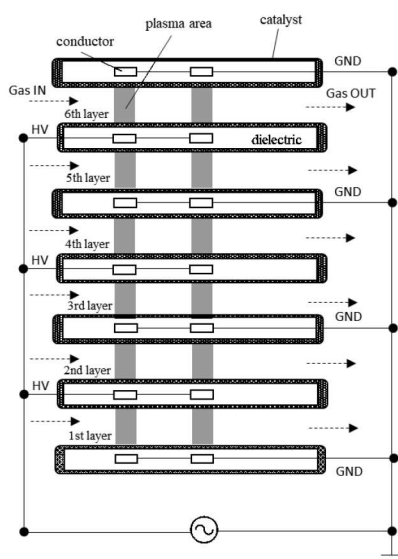


Fig.5 Setup of plasma reactor combined with catalyst.

3. 実験条件・結果及び考察

3.1 触媒の有無によるエタノール分解性能の比較

試験条件を Table 1 に示す。

Table 1 Test conditions

Types of electrode shapes	Type A
Number of layers	4
Catalyst	Coated / Uncoated
Applied voltage	18~22kV _{pp}
Air volume	0.06 m ³ /min
Ethanol concentration	3 ppm

印加電圧および複合触媒の有無によるエタノール分解率の関係を Fig.6 に示す。この試験系では印加電圧 18 kV_{pp} 以上で安定した誘電体バリア放電が維持された。触媒コートを用いない条件では、エタノールの分解率は 64~72%であった。2kV 昇圧するごとにエタノール分解率が約 4%ずつ向上する傾向が見られた。このことは、昇圧によって誘電体表面の放電密度が増加し、オゾンや他の活性種の発生を促したことを示していると考えられる。一方、触媒コートを用いた条件では、18~22 kV_{pp} の範囲でエタノール分解率が 95%以上となり、ほとんどのエタノールが 1 Pass で分解することができた。以上より、触媒コートと誘電体バリア放電の組み合わせはエタノールの 1 Pass 分解という観点では有用である事が実験的に明らかとなった。

次に、エタノール分解時の二次生成物の測定を行った。Fig.7 にエタノール分解時のアセトアルデヒドとオゾンの発生濃度を示す。触媒コートを用いない条件では、印加電圧に比例してアセトアルデヒドとオゾン濃度が上昇した。22 kV_{pp} ではアセトアルデヒドが 955 ppb、オゾンが 205 ppm 発生しており、室内濃度指針値を大きく上回る数値となった。

一方、触媒コートを用いた条件では、22 kV_{pp} でアセトアルデヒドが 260 ppb、オゾンが 18 ppm の発生となり、触媒を用いない場合と比べて大幅に低減した。これは、触媒とオゾンが反応することで活性酸素が生成され、これによってアセトアルデヒドの酸化分解が促進されたものと考えられる。印加電圧を増加させることでアセトアルデヒドとオゾンの発生濃度が低下したことから、触媒を用いた場合は昇圧することで二次生成物のさらなる低減が見込めると考えられる。よって、エタノールの分解において、アセトアルデヒドとオゾンの発生量を低減するためには触媒コートが有効である事が明らかとなった。

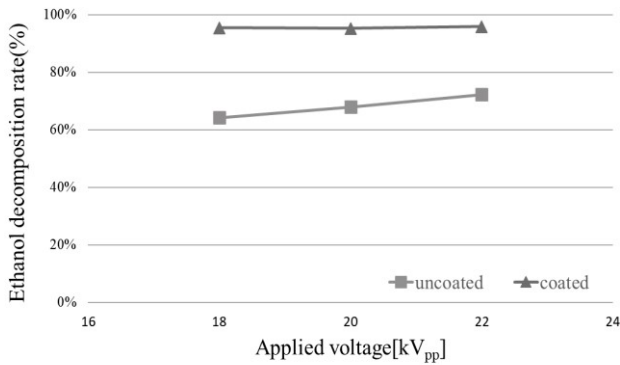


Fig.6 Comparison of ethanol decomposition performance between with and without coating.

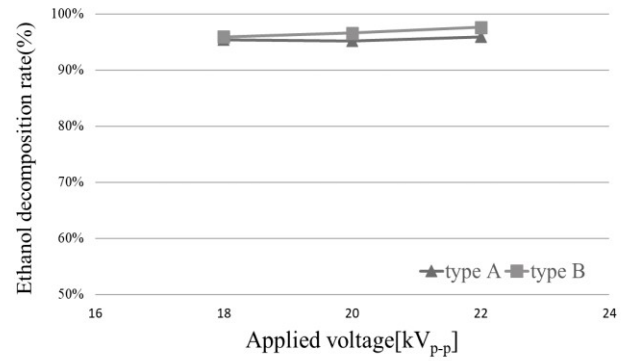


Fig.8 Comparison of ethanol decomposition performance between type A and type B.

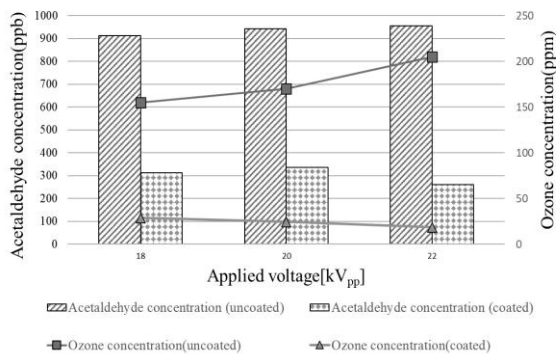


Fig.7 Acetaldehyde and ozone concentrations during ethanol decomposition.

3.2 導体の形状とエタノール分解性能の関係

導体 type A の試験結果を踏まえ、エタノール分解とアセトアルデヒド分解性能向上を目的として、2本目のプラズマ発生部を type A の風下に追加した type B の電極を作成し、試験条件 Table 2 にてエタノール分解試験を実施した。導体 type A と type B におけるエタノール分解率と印加電圧の関係を Fig.8 に示す。積層数については、高圧電源の容量を考慮し放電面積の合計が一致するように設定した。type B でのエタノール分解率は 22kV_{pp} 条件で 97%に達した。type A に比べて 0.5~1.7%程度の向上となった。これは1本目のプラズマ発生部で大部分のエタノールが分解するため、2本目のプラズマ発生部では極低濃度の処理となり、エタノールと活性種との接触率が低下したためと考えられる。

Table 2 Test conditions

Types of electrode shapes	Type A	Type B
Number of layers	4	2
Catalyst	Coated	
Applied voltage	18~22 kV _{pp}	
Air volume	0.06 m ³ /min	0.03 m ³ /min
Ethanol concentration	3 ppm	

Fig.9 にエタノール分解時のアセトアルデヒドとオゾンの発生濃度を示す。type B で 20 kV_{pp}、22 kV_{pp} と印加電圧を増加させるにつれて、アセトアルデヒド濃度が下がっていることから、プラズマ発生部の追加は中間生成物の分解にも効果があることが確認された。以上の結果から、エタノールを分解し、中間生成物であるアセトアルデヒドの発生を低減させるためにはプラズマ発生部の拡張が有効であることがわかる。

一方で、type A と比べて type B のオゾン発生濃度は 2~3 倍に増加した。室内濃度指針値を達成するためには、アセトアルデヒド分解のために放電部を増やす必要があるが、同時に排出オゾン濃度が増加することが課題となる。そこで、次項ではプラズマリアクタの後段にオゾン分解フィルターを使用することでオゾンの処理を行う構成を検討した。

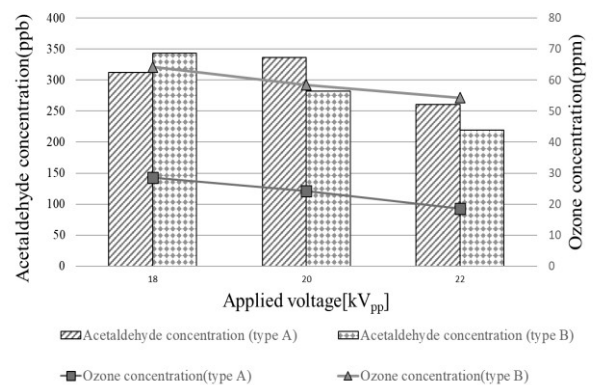


Fig.9 Acetaldehyde and ozone concentrations during ethanol decomposition.

3.3 装置によるエタノール分解性能

前節までの試験結果を踏まえ、製品化を視野に入れて 2.3 節に示した装置を作成した。オゾンの排出濃度基準 0.1ppm 以下を満たすため、プラズマユニット後段には酸化マンガンを触媒主成分としたオゾン分解フィルターを配置した。本装置にて 1Pass でのエタノール分解試験を実施した条件を Table 3 に示す。

Table 3 Test conditions

Types of electrode shapes	Type B
Number of layers	6
Catalyst	Coated
Applied voltage	22kV _{pp}
Air volume	0.1 m ³ /min
Ethanol concentration	5~35 ppm

プラズマリアクタ出口でのエタノール分解率と装置出口でのオゾン濃度、アセトアルデヒド濃度の結果を Fig.10 に示す。この試験濃度範囲 (5~35 ppm) では、プラズマリアクタの出口でエタノールの分解率が95%を超え、装置の出口では検出限界 (<0.1 ppm) 以下までエタノールが分解された。オゾン濃度については、エタノール低濃度域 (5~10 ppm) で試験した際にプラズマユニットの出口で4 ppm程度の値となることもあったが、後段のオゾン除去フィルターによって、実験を行ったすべての条件で装置出口のオゾン濃度が15 ppb以下となった。

これにより、開発目標値の0.1 ppm (= 100 ppb) を実現する事ができた。中間生成物のアセトアルデヒドはエタノール濃度の増加に伴って増加し、プラズマリアクタ出口では最大約300 ppbに達した。しかし、オゾン除去フィルターを通過した装置出口では5~20 ppb程度となり、目標値の30 ppbを下回った。オゾン除去フィルターを用いない3.1~3.3項の結果と異なることから、オゾン除去フィルターによってオゾンが分解される際に発生する活性種⁹⁾によって、アセトアルデヒドが分解されたと考えられる。

以上のように、オゾン除去フィルターはオゾン排出量だけでなく二次生成物の排出量低減にも寄与し、高濃度のオゾンが発生させる大気圧プラズマ放電と組み合わせることで高いガス分解性能が得られる事が明らかとなった。

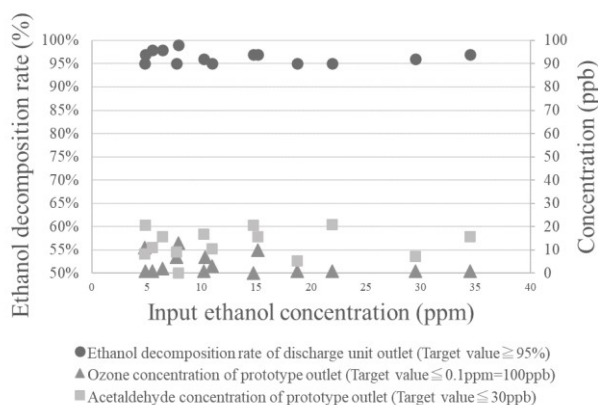


Fig.10 Ethanol decomposition result of the prototype.

4. 結論

本研究で得られた結果を以下にまとめる。

- 1) 触媒を用いない誘電体バリア放電プラズマではエタノール分解率は64~72%であったが、誘電体表面にMnO₂とTiO₂の複合触媒をコーティングすることでエタノール分解率が95%以上に向上した。
- 2) 誘電体表面の触媒はプラズマにより発生するオゾン濃度を低減するとともに、エタノールやアセトアルデヒドの酸化を促進し、アセトアルデヒドの発生量の低減についても効果を示した。
- 3) プラズマリアクタの後段にオゾン分解フィルターを搭載することでオゾン分解の際に発生する活性種を利用して、プラズマにより発生する二次生成物の処理が可能となった。
- 4) 以上により、排出ガスが室内濃度指針値を満たす製品化の可能性が示された。

本研究では平行平板を利用したプラズマリアクタとしたため、要求される気体の処理量に応じて積層数を変えることが可能である。ただし、本稿では述べていないが、処理量の増加には必要なエネルギー量も増加するため、これに対応した高電圧電源が必要となり、装置の大型化や安全設計などの検討が求められる。また、今回の試験で使用した電極は連続運転による表面劣化が発生し、発火に至る事もあった。製品化を行うためには、誘電体材料の検討が重要な課題である。今後は、製品化に向けたこれらの課題解決と、エタノール以外のVOCガスの分解実験を行っていく予定である。

謝辞

本論文の執筆にあたり、東京工業大学の沖野晃俊准教授に多くのご指導・ご助言を賜りました。心から感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 朴俊錫ら：空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集、C-10 (2002) pp.149-152
- 2) 西村直也ら：空気調和・衛生工学会 論文集、37、185 (2012) pp.11-18
- 3) 厚生労働省：“室内空气中化学物質の室内濃度指針値について” 厚生労働省ホームページ
https://www.mhlw.go.jp/web/t_doc?dataId=00tc3866&dataType=1&pageNo=1
- 4) 久保隆之ら：廃棄物資源循環学会論文誌、26 (2015) pp.128-136
- 5) Mao Xu *et al.*, Plasma, 6, 2 (2023) pp.212-224

- 6) 日本産業衛生学会：産衛誌、64、5 (2022) pp.253-285
- 7) 尾形敦：エアロゾル研究、21、3 (2006) pp.215-219
- 8) 吉田恵一郎ら：静電気学会誌、28、2 (2004) pp.138-142
- 9) 永長久寛：フジコー技報、27 (2019) pp.6-10

技 術 論 文

ゴム再生工場における オイルミスト除去装置用インパクトの評価

Evaluation of Impactor for Oil Mist Removal Device in Rubber Recycling Factory



技術開発センター
第四開発室 技師
水上 義之
Yoshiyuki Mizukami

技術開発センター
第四開発室 技師
牧野 尚
Takashi Makino

技術開発センター
第四開発室 リーダー
博士(工学) 山本 清司
Kiyoshi Yamamoto

要 旨

ゴム再生工場は臭気問題を始めとする幾つかの問題を抱えながら稼働している。これら課題に関して、弊社は臭気の原因となっているオイルミスト対策の依頼を受け、オイルミスト除去装置の開発を進めている状況である。オイルミストを除去する手法として新たな機構を検討する中で、今回、我々はインパクト機構に着目した。インパクト機構は駆動部や消耗品が少なく、メンテナンス性に優れていることから、安定したオイルミスト除去性能を長期間に亘り維持できることが期待されている。そこで、現地工場内でインパクト機構を採用した様々な実証試験を実施した。試験結果から、インパクト機構にはオイルミスト除去効果があることが示された。特に通過風速が 15.0～20.0m/s の領域で、圧力損失が約 500Pa においてオイルミスト除去率が 80%前後となった。本稿ではインパクト機構の成果と今後の展望を報告すると共に、その他の検証結果についても提示する。

Abstract:

Rubber recycling factories are operating with several problems, including odor troubles. With regard to these issues, FUJICO has received a request to take measures against oil mist with odors and is currently developing an oil mist removal device. While considering a new mechanism for removing oil mist, we focused on the impactor mechanism. The impactor method has few driving parts and consumables, and is easy to maintain, so it is expected to have stable oil mist removal performance over a long period of time. Therefore, we conducted various demonstration tests using the impactor device at the customer's rubber factory. Field test results showed that the impactor mechanism is effective in removing oil mist. In particular, when the passing wind speed range was between 15.0 to 20.0 m/s, the oil mist removal rate was around 80% at a pressure loss of approximately 500 Pa. This paper reports on the results and future prospects of the impactor mechanism, and also presents other experimental results regarding this technology.

1. 緒言

本報におけるゴム再生工場はその名の通り、古くなり廃棄されたゴムを再生し再利用することを目的とした工場である。ゴムの再生工場自体は多くないものの、昨今のサステナブル社会においては重要な産業分野である。¹⁾ しかしながら、ゴム再生工場では、ゴム

を再生する工程で主に以下の3つの課題が絶えず発生している。第1の課題は臭気であり、あらゆる工場に当てはまるが工場内から外部に臭気が漏れ出ることによって近隣住民からのクレームに繋がっている。^{2,3)} 第2は環境問題であり、ゴム再生過程で排出される排水やオイル、廃棄物が環境へ悪影響を及ぼすことが懸念され

ている。第3の課題は健康問題であるが、工場内で作業する従業員への影響である。粉塵による塵肺被害や溶剤等の化学物質が人体に悪影響を与えるため、当然ながら企業及び工場としてはそれぞれの対応が必須課題となる。

これらの課題対応のため、このゴム再生工場では過去にフィルター方式やスクラバー方式を弊社品である脱臭装置(Fig.1)を含めて採用して来ている。しかし、オイルミスト以外に粉塵も多く含まれていたため、短時間でフィルターが目詰まりを起こし、高頻度でのフィルター交換が必要とされていた。そこで、今回は脱油装置の性能向上を弊社に依頼された。



Fig.1 Deodorization and degreasing system.

一般的なオイルカットの手法として、フィルター式、静電式、スクラバー式、慣性衝突式、遠心分離式が挙げられる。⁴⁾ フィルター式は最も簡易な方式であり、オイルミストの条件に合わせてフィルターの仕様を変更することで除去性能を向上させることが可能である。例として、疎水性の不織布フィルターを採用したり、HEPA 相当の目の細かいフィルターを選定したりすることでオイルカット性能を向上させることができると考えられる。しかしながら、フィルター方式の問題として、使用していくにつれてフィルターが詰まり、圧力損失が増加する点や表面に油分が付着することで除去性能が低下する点が懸念される。

静電式は、高電圧を使用してオイルミスト粒子を帯電させ、帯電した粒子を収集板に引き寄せる方法である。メリットは、高効率な除去性能を示すことである。一方、デメリットとして、高額な初期コストや、電極等の汚れや劣化の恐れにより、高頻度でのメンテナンスが必要となる点が挙げられる。また高電圧のリスクがあるため、使用環境に制限を設けられることも多い。

スクラバー式は、液体を使用してオイルミスト粒子を捕集する装置であり、オイルミストがガスまたはエアフローと接触すると、スクラバー内の液体に吸収され粒子が取り除かれる技術である。この装置は化学薬品を使用しないため、環境負荷が少ない点及び一般的に大きな粒子に適していることが特徴である。一方、微細粒子には効果が制限されることや、装置が大型になるため設置場所に制約を受ける点が課題である。

遠心分離式は、高速回転を利用してオイルミストを物理的に分離するため、高い分離効率を提供し、微細

なオイルミスト粒子も効果的に捕集できる。デメリットとしては、初期コストが高額になる点や回転部品の交換や清掃の定期メンテナンスが必要な点、騒音、振動を発生する恐れがある点が挙げられる。

このような技術的背景がある中で、新規オイルカット技術の開発過程において、我々はインパクト機構というものに着目した。インパクト機構は慣性衝突式に分類される手法である。具体的にいえば、排気口付近でガス流路を急速に絞り、通過風速を大幅に上げて壁面に衝突・付着させて空気中のオイルを除去する、という方式である。^{5,6)} この機構の大きな特長はメンテナンス性に非常に優れている点である。これは、駆動部が少ないこと、時間経過とともに目詰まり等で性能低下を引き起こすフィルターを使用しないことによる。

本報ではこの機構を採用して、ゴム再生工場内で実施している実証試験から有意な成果が得られたため、試験結果と今後の展望について報告する。

2. 実験方法

2.1 インパクト試験 (Impactor A)

本報における標準条件を Table 1 にまとめて示す。

Table 1 Standard conditions

	Inlet	Impactor		
		A	B	C
Velocity [m/s]	1.0	14.8	14.8	6.6
Duct diameter [m]	0.077	0.020	0.020	0.030
Air volume [m ³ /min]		0.28		
Nonwoven fabric filter	-	×	○	○

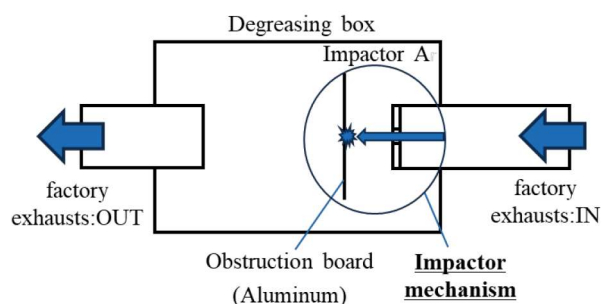


Fig.2 Diagram of impactor A without nonwoven fabric filter.

ゴム再生工場外壁に隣接する形で試験装置を設置し、工場内のオイルミストを発生する装置専用の排気ダクトより塩ビダクト(内径 0.077m)を用いて排ガスを試験装置(Fig. 2)に風速 1.0m/s で供給する。塩ビダクトの内径は、試験装置入口部(インパクト部)で 0.020m に絞られる。インパクト部で加速されたミストガスをアルミ製の邪魔板に衝突させて、ガス中からオイルミ

トと粉塵の除去を試みる。入口部のオイルミスト量とインパクト後方のオイルミスト量の測定値からインパクトにおける除去率を算出する。

インパクトAは本報における標準条件であり、邪魔板表面には不織布を取り付けておらず、ミストが衝突する面はアルミ面となる。この条件により、アルミ面への衝突のみによるミスト除去性能を測定し、検証した。

2.2 不織布付きインパクト試験 (Impactor B)

2.1 と構造的条件を変えたインパクト試験を実施する。本条件では、インパクト部分のミストを衝突させる邪魔板表面に不織布フィルターを取り付けている(Fig.3)。使用した不織布フィルターは、NH1610(新北九州工業製、厚さ10mm)であり、撥水撥油機能がない標準的なものである。

本条件における風速等の試験条件、測定項目は2.1と同条件とし、不織布の有無によるオイルミストの除去効果を検証した。

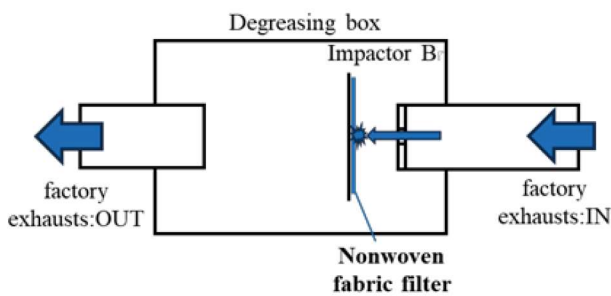


Fig.3 Diagram of impactor B with nonwoven fabric filter.

2.3 プレインパクトー接続試験 (Impactor B+C)

メインのインパクトBの前段にインパクトのダクト径を0.030mに拡張し、通過風速を低くした条件のインパクトCをプレインパクトとして接続する。連結した2つのインパクトの略図をFig.4に示す。プレインパクトC及びメイン(インパクトB)のオイルミスト除去率と総除去率を算出し、多段式における除去効果を確認した。本条件における2つのインパクト部分の邪魔板の表面には同じ仕様の不織布を取り付けてある。

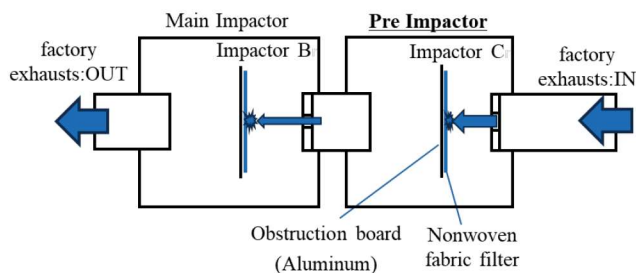


Fig.4 Diagram of multistage impactor B and C.

2.4 測定方法

工場が稼働している期間中は、常時試験機内に標準条件でオイルガスが通気されており、現地での試験機の性能測定は週1回の間隔で実施した。

オイルミストに関しては、オプティカルパーティクルサイザー(以下OPS) Model 3330(TSI製)で測定した。

インパクト部の風速については、熱線式風速計 testo425(テスト製)を使用して測定した。

圧力損失については、差圧計 DM-280 (アズワン製)を使用してインパクト部の前後の圧力を測定し、圧力差から圧力損失を算出した。

3. 試験結果及び考察

3.1 試験結果

各インパクトでの試験結果を以下に示す。インパクトAの結果はTable 2に全5回の結果を合わせて示す。インパクトBとCの結果については、全3回の結果をまとめてTable 3に示す。

Table 2 Measurement data of impactor A

	1	2	3	4	5	Ave.
Air volume [m ³ /min]	0.443	0.315	0.332	0.352	0.339	0.356
Velocity [m/s]	23.53	16.73	17.6	18.67	18.01	18.91
Pressure loss [Pa]	500	320	350	370	420	392
OPS inlet [μg/m ³]	6452.8	61.1	957.1	155.6	253.9	1576.1
OPS outlet [μg/m ³]	633.7	16.3	237.4	51.4	24.5	192.7
Removal rate [%]	90.2	73.3	75.2	67.0	90.4	79.2

Table 3 Measurement data of impactor B and C

	Impactor	1	2	3	Ave.
Air volume [m ³ /min]		0.278	0.292	0.319	0.296
Velocity [m/s]	C	6.56	6.88	7.52	6.99
	B	14.77	15.48	16.93	15.73
Pressure loss [Pa]	C	60	20	20	33
	B	460	400	545	468
OPS [μg/m ³]	Inlet	7642.3	19.0	447.1	2702.8
	C	1445.4	5.9	420.5	624.0
	B	566.6	3.7	106.9	225.7
Removal rate [%]	C	81.1	68.9	5.9	52.0
	B	60.8	37.3	74.6	57.3
	Total	92.6	80.5	76.1	83.1

3.2 流速、処理流量

インパクトA及びBの吹き出し部の風速を測定し、その測定データから処理流量及びインパクトC部の流速を算出した。Table1に示した標準条件として、入口ダクト部の流入速度を1.0m/s、処理流量を0.28m³/minと設定しているが、測定日によって数値にばらつきが生じる結果となった。流量がばらついた要因としては、工場内部から排気ガスを取り入れている送風機や配管等の試験系全体の静圧系の圧力変動が考えられる。次節以降では流量がばらついたことを基に風速が変化した場合の性能依存性について考察した。

3.3 圧力損失

各インパクトの圧力損失はインパクトA及びBで300~550Pa、インパクトCで20~60Paとなった。インパクト部の通過風速と圧力損失の相関をFig.5に示す。不織布無のインパクトAにおいては、風速が増加するにつれて、圧力損失が単調増加する傾向が示された。不織布有のインパクトBについては、不織布無に比べて圧力損失が高くなる傾向が示された。通過風速を半分以下に下げたインパクトCについては、圧力損失は1/10程度まで低下する結果が得られた。

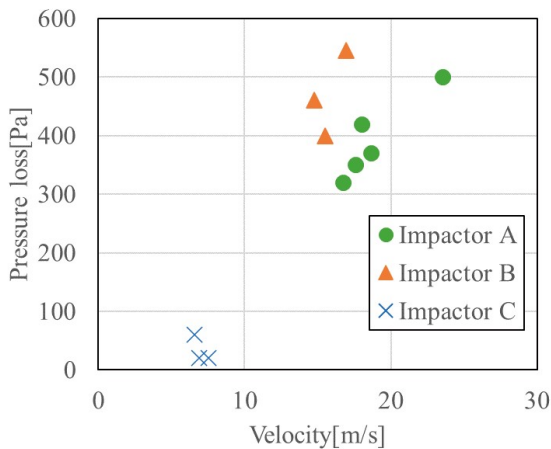


Fig.5 Dependence of velocity and pressure loss in each impactor.

3.4 風速とオイルミスト除去率の関係

各インパクトの通過風速とオイルミスト除去率の相関をFig.6に示す。インパクトAとBにおいて、風速を上昇させることでオイルミスト除去率の向上が見込まれるが、20m/s以上ではそれ以上の向上は望めないことが示唆された。風速5m/s前後の低速域では、除去率の変動が大きく、性能が不安定である。風速15.0m/s~20.0m/sの領域ではオイルミスト除去率が60%~90%に分布している。

オイルミスト除去率はインパクトAで平均79.2%、インパクトBで平均57.3%という結果が得られた。慣性衝突式の除去率としては理論値では80%程度で

あるため、A、B共に安定した性能を示していると考えられる。⁵⁾ この結果から設計時には15~20m/sの範囲内の風速になるよう設計をすることが望ましいと考えられる。

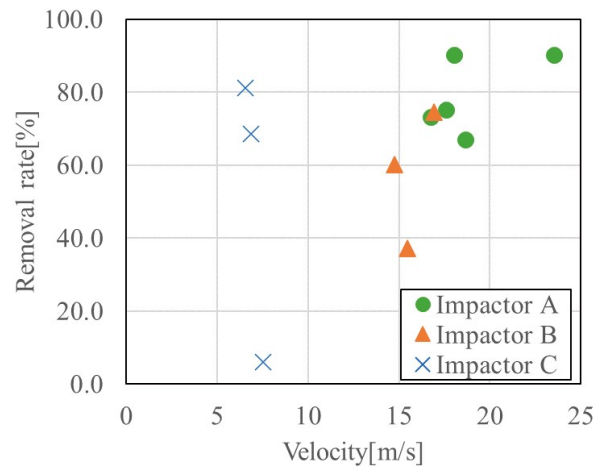


Fig.6 Dependence of velocity and Oil mist removal rate in each impactor.

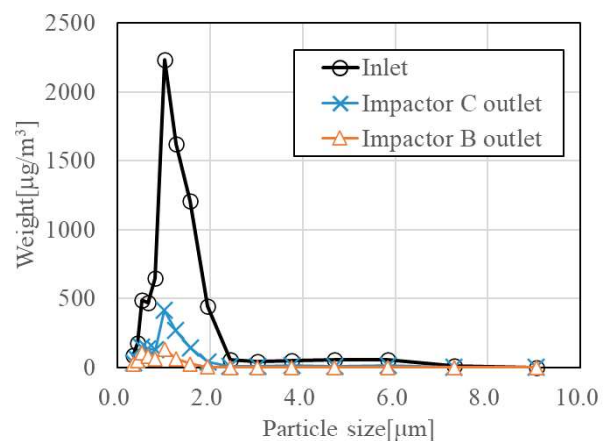


Fig.7 Comparison of particle size distribution measurement results of Impactor B + C.

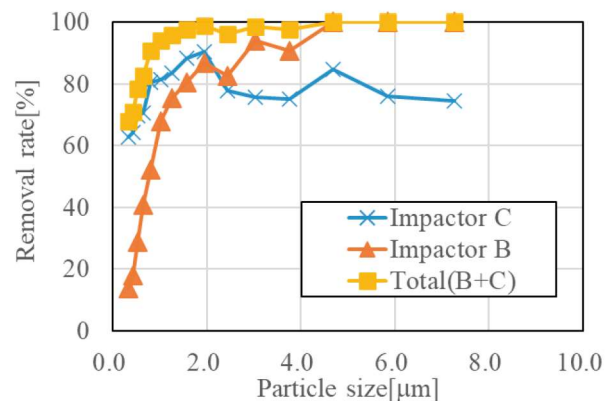


Fig.8 The relationship between particle size and Oil mist removal rate of Impactor B + C.

また、邪魔板の不織布の有無(A と B)の比較については、不織布無の A 条件の方がオイルミスト除去率は高い結果となった。本来であれば、不織布有の条件で性能が高くなるのが期待されたが、今回は逆の傾向を示す結果となった。

その理由として、インパクトBについては、多段式インパクトの後段で試験を実施した影響があったと考えられる。Fig.7 に多段式試験系の OPS 測定の粒度分布結果を示す。まず試験を実施している環境内のオイルミストは、 $1\mu\text{m}$ にピークを示し、ほとんどの粒子が $2\mu\text{m}$ 以下に存在することが分かる。慣性衝突式では $1\mu\text{m}$ 以下では著しく除去性能が低下することが知られているが、今回の環境では $1\sim 2\mu\text{m}$ の領域に粒子が多く存在していることから、十分な除去性能が示されたと考えられる。

次に各インパクトでの除去性能の粒径依存性の結果を Fig.8 に示す。プレ部の C においても広範囲で 80% 近い除去性能を示す結果が得られている。これに対して、メインの B では、 $2\mu\text{m}$ 以上の領域では 90% 近い除去率を示しているが、 $2\mu\text{m}$ 以下では、著しく除去性能が低下する傾向が示された。この傾向自体は慣性衝突式の性質と一致しているが、通過風速の低い C 条件に比べて、B 条件で除去率が低下する点は合致しない。

B 条件で除去率が低下した理由として、多段式の試験系の構成が原因と考えられる。多段式では、まずプレ部の C でオイルミストが大幅に除去され、その後絶対数を大幅に減らしたオイルミストがメインの B に流入し、その除去率から B の性能が算出されることが影響している。このため、B の性能は実際の性能に比べて、低く見積もられている可能性が示唆される。

そのため、不織布有無の正しい評価も含めて、プレ部を除いた状態で条件 B の再評価の必要がある。

また、これらのデータからインパクト部で $1\mu\text{m}$ 以上のオイルミストや粉塵は 90% 以上が除去されることが示され、 $1\mu\text{m}$ 以下については多段式であっても 60% しか除去できていないことが示された。 $1\mu\text{m}$ 以下の除去については、インパクト機構では限界があることが示された。今回の現場であれば、脱油性能は総重量で評価しているため、インパクトのみでも十分な性能を示すことが出来ているが、 $1\mu\text{m}$ 以下の粒子が多い現場や高い清浄度が求められる現場においては、後段に HEPA フィルター等の高性能フィルターを設置する必要がある。

前段のインパクトで $1\mu\text{m}$ 以上の粉塵を大幅に除去し、後段の高性能フィルターで $1\mu\text{m}$ 以下の粒子を取り除くという構成は、後段フィルターの寿命を延ばす観点からも有用な運用方法と考えられる。

3.5 オイルミスト除去率の経時変化

各インパクトのオイルミスト除去性能の経時変化を Fig.9 に示す。それぞれのインパクトによるオイルミストの除去率を比較した場合、測定値に多少のバラツキがあるものの、安定した除去性能を示した。この要因として、インパクト機構には駆動部が無いことと経時劣化するフィルター部が少ないことが挙げられる。またインパクト(B+C)の除去性能比較では、インパクトAと同程度の性能を示した。ただ、インパクトを2機設置した場合でも、オイルミスト除去率としての限界も見られた。特にプレ部のインパクトCの除去性能は安定しない結果が示されており、3週目ではほぼ除去できず、後段のインパクトBでの除去性能がそのまま反映される形となり、見た目上ではBの性能が向上している結果となった。

この点から、インパクト機構を2機直列の多段式で設置することには、試験機の除去性能を高性能で維持する相互補助という点では一定の効果があることが分かる。また、インパクトを追加するにつれ圧力損失も増加するため、プレ部等は低圧損条件で設計する必要があると考えられる。

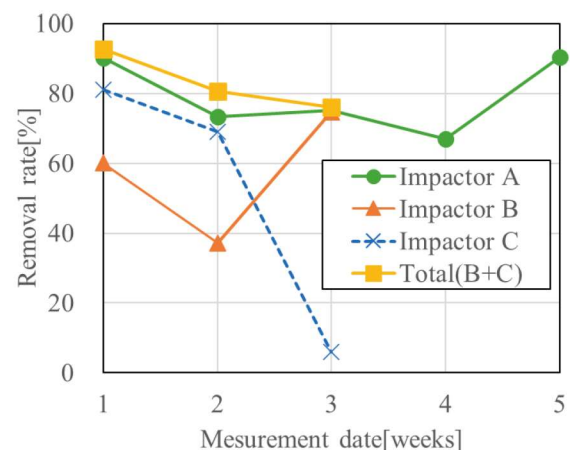


Fig.9 Comparison of oil mist removal rate in each impactor.

4. 結論

本研究で得られた結果を以下に要約する。

- 1) オイルミスト除去において、インパクト機構は一定の効果があることが分かった。通過風速が $15.0\sim 20.0\text{m/s}$ の領域で、圧力損失は約 500Pa でオイルミスト除去率が 80%前後となる。この数値はインパクト機構の設計時の基本仕様となる。
- 2) 不織布フィルターや中性能フィルターを使用しない条件でもオイルミストを除去することができることが示された。不織布有の条件で性能が向上するかについては、再検証が必要である。

- 3) 多段式のインパクトについては性能向上という点よりも、安定性の観点から採用することが望ましい。
- 4) インパクト機構のみでは、オイルミストを完全に除去できている訳では無いので、インパクト機構で除去できていないと思われるオイルミスト(特に 1 μ m 以下)に関しては、後段に HEPA フィルター等を使用することで、除去性能の向上が期待できる。

今後装置を設計する上で、以下の点を追加で検討予定である。

- ① インパクト機構と各種フィルターの併用による脱油性能の向上
- ② 不織布有無によるインパクト機構の再検証
- ③ 既存脱油装置へのインパクト機構の転用
- ④ 脱臭に対してのインパクトの有効性の確認
- ⑤ インパクト内の邪魔板までの距離の最適化

今後の予定として、ゴム再生工場内にインパクト機構を搭載したオイルミスト除去装置を年度内に納めることを計画している。

参考文献

- 1) 加茂徹：日本ゴム協会誌 93.4 (2020) 129-135
- 2) 大西真人, 森本信一：日本ゴム協会誌 51.2 (1978) 82-87
- 3) 能塚博資, et al.：日本ゴム協会誌 51.2 (1978) 114-120
- 4) 福森幹太, et al.：空気調和・衛生工学会大会 学術講演論文集, 第 7 巻 空気質編 (2020) 61-64
- 5) 呉馳飛, et al.：エアロゾル研究 15.2 (2000) 143-149
- 6) トヨタ紡織. 堀内洋志ら. オイルセパレータ. 特開2011-256761. 2011-12-22

新 製 品

新 技 術

空気消臭除菌装置 小型機 「MC-S201 -NEW ブルーデオ S 型-」

1. はじめに

光触媒は光が当たることにより、水分と酸素から酸化力の強いフリーラジカルを発生させ、水や空気中の有害物質を分解し、水処理や空気浄化、抗菌、脱臭を行うことができる。弊社ではその光触媒をアルミ不織布やエキスパンドなどのフィルターに当社独自のコーティング技術で成膜した光触媒フィルターを適用した商品開発を行っている。

2019年1月、弊社は光触媒フィルターを搭載した小型の空気消臭除菌装置であるブルーデオ S 型(MC-S101 図1)の販売を開始し、2023年3月までに約4万台を出荷している。S101の販売開始から約3年が経過し、お客様からも次期商品を切望されていたため、S101のバージョンアップモデルとして後継機であるMC-S201の開発を2022年4月からスタートした。



図1 MC-S101

2. 開発方針

開発方針を以下の4点に定めて、開発を進めた。

① 脱臭性能3倍を目指す

弊社の空気消臭除菌装置の特長のひとつである、高い脱臭性能に関して、前衛モデルのS101から3倍の性能を目標に開発に取り組んだ。脱臭性能3倍を達成

するために、まず光源のLED化を行っている。S101では光触媒用の光源としてCCFL管を使用しているが、LED化をすることで、光量を増やすことが可能となる。また、光触媒フィルターの基材においては、これまでのエキスパンドメタルからメタルフォームへ変更を行うことで、光触媒の皮膜量を増やすことに成功している。光源のLED化および光触媒フィルターの基材変更を行うことで、目標であった脱臭性能3倍を達成している。

② 交換品は一切なし

前衛モデルS101では集塵フィルターとして、準HEPAフィルターを採用していたが、使用環境によって半年~1年でのフィルター交換を推奨していた。元々光触媒フィルターについては交換不要だったが、集塵フィルターは交換の必要があったため、今回のS201に関しては、この集塵フィルターについても交換不要にすることを開発方針の一つとして開発を行っている。

交換不要にするために、集塵フィルターを水洗いするという点に着目し、メーカーと協力して、水洗いが可能な材を使用した、「洗える集塵フィルター」を開発し、S201に採用している。このフィルターを採用したことで、交換品一切なしを実現している。

③ 基本コンセプトの踏襲

S型はコンパクトであることがお客様にとっても好評である。S101は小さくて持ち運びも簡単だが、適用床面積8畳という所が基本コンセプトとしてあったため、S201に関してもそのコンパクトというコンセプトはそのまま踏襲するという開発方針としている。

光源のLED化や光触媒フィルター基材の変更、また洗える集塵フィルターの採用等を行っているが、本体スクロールをそのまま使用し、その中に納まるように新規部品を設計することで大きさをほとんど変更することなく、開発を行っている。

④ 低消費電力化

ブルーデオS101では光触媒用の光源としてCCFL管を使用しているが、S201においては光源をLED化することで、製品の低消費電力化を図った。

3. デザイン

デザインに関しては、バージョンアップモデルを開発するのであれば、デザインは変更したいという営業要望があった。ただし、製品のコンパクトさを実現させるために、本体スクロールはそのまま使用したかったため、外観部品であるフロントパネルおよびバックパネルの形状を変更し、デザインの小有変更を実施している。(図2)。



図2 MC-S201

4. 製品仕様

主な製品仕様を表1に記載する。

表1 製品仕様

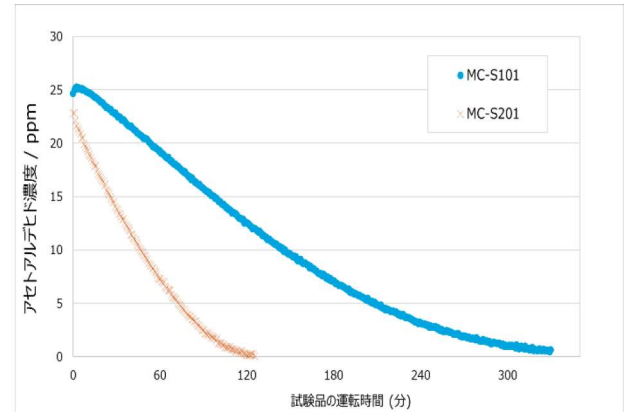
品名	空気消臭除菌装置		
ペットネーム	ブルーデオS型		
型名	MC-S201		
推奨床面積	8畳(当社基準)		
製品寸法	幅	187 mm	
	奥行き	145 mm	
	高さ	268 mm	
重量	約1.3 kg (ACアダプター除く)		
運転モード	弱	標準	強
風量	0.10 m ³ /min	0.24 m ³ /min	0.70 m ³ /min
消費電力	6.4 W	6.9 W	12.5 W
騒音値	21 dB	26 dB	46 dB
コード長さ	約1.5 m		

5. 性能

1) ガス分解性能 (アセトアルデヒド)

脱臭性能として、アセトアルデヒドの分解性能を確認している。アセトアルデヒドの分解性能は、初期濃度約23ppmが約120分で1ppmまで落ちている(図3)。

前衛モデルのS101では、1ppmまで落とすために約400分程度かかるため(図3)、S201では目標であった脱臭性能3倍を達成している。ガス分解性能は、S101と比較してはるかに向上している。



試験機関：(株)フジコー 技術開発センター

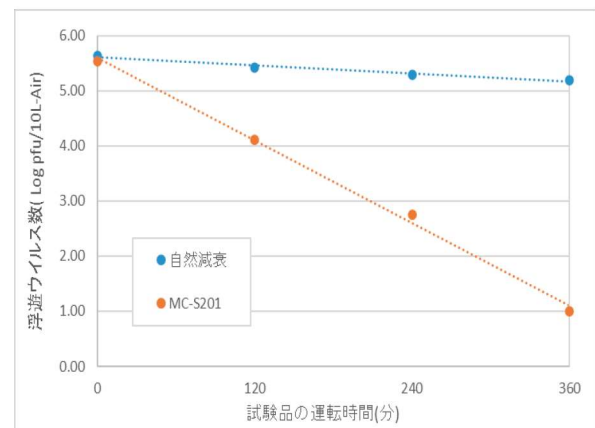
試験ガス：アセトアルデヒド

初期濃度：25ppm(悪臭防止法基準の500倍)

測定装置：INNOVA 光音響マルチガスモニタ

試験方法：0.5m³チャンバー内で本体を標準モードで稼働

図3 ガス分解性能 (アセトアルデヒド)



試験機関：(株)フジコー 技術開発センター

試験ウイルス：大腸菌ファージ

試験方法：JEM1467に準拠

25m³チャンバー空間内で培養したファージを噴霧および拡散させ、強モードで本体を稼働させて、ファージの減少数の変化を計測する。

図4 集塵性能 (ウイルス試験)

2) 集塵性能 (浮遊ウイルス試験)

集塵性能は浮遊ウイルス試験結果から、99%減までの時間は約180分となり、適用床面積8畳を満足する結果となっている。(図4)。

6. まとめ

ブルーデオシリーズはS101を2019年1月から販売開始し、今回新たにバージョンアップモデルであるS201を2023年7月から販売している。光触媒製品としても、空気消臭除菌装置としても認知度はまだまだだが、今後、たくさんの方に購入して頂き、効果を実感して頂けることを、開発者として願っている。

問い合わせ先

技術開発センター
担当：柴田 将貴
TEL 093-701-4500
FAX 093-701-4501

トピックス

令和5年度九州・沖縄産業技術オープンイノベーションデーで講演

令和5年10月5日（木）、佐賀県鳥栖市民文化会館にて開催された経済産業省九州経済産業局・産業技術総合研究所九州センター（以下、「産総研」という。）主催による「九州・沖縄産業技術オープンイノベーションデー」に参加し、特別講演として、「オープンイノベーションによる既存技術の拡大と新規事業の創造」について当社技術開発センター長が講演しました。また、ポスター展示にも出展し、当社のオープンイノベーションを活用した成果の事例を紹介しました。

本イベントは九州・沖縄各県の公設試験研究機関（以下、「公設試」という。）や産総研の最先端技術や企業と公設試等との共同研究成果等の情報を積極的に発信し、産業競争力の強化に貢献する地域イノベーションの創出を目的としており、13回目となる今年度は4年ぶりのリアル開催となりました。来場者は約250名で、官公庁関係者、産総研及び公設試関係者、さらに各県の企業関係者が参加し、情報交流会もあり活発な情報交換が行われました。

当社の講演では、創業からこれまでの技術開発の歴史、オープンイノベーションや国、県等の助成金を活用した技術開発の事例紹介と商品化による当社事業拡大への貢献、過去の技術開発における成功や失敗の事例、さらには今後の開発方針や開発の仕組み改善などを紹介しました。講演後は、当社の開発内容や補助金活用例に関して興味を持っていただき、ポスター展示のブースにて多くのご質問やご意見を頂きました。

また、ポスター展示では、光触媒事業で好評発売中の空気清浄機2機種を展示すると共に、鉄鋼事業で基礎研究中のSiCセラミックス材料と新環境事業にて開発中の円筒型太陽光発電デバイスの技術紹介を行いました。

今回、多くの方に当社のオープンイノベーションへの取組みに加え、当社の既存事業分野と今後の開発分野に関心を持っていただき、研究開発型企业として知名度向上を図ることができました。ご来場者様より頂いたご意見等を今後の技術開発に活かし、引き続き早期事業化を進めてまいります。

今井 愛（開発管理室）



中山センター長による特別講演



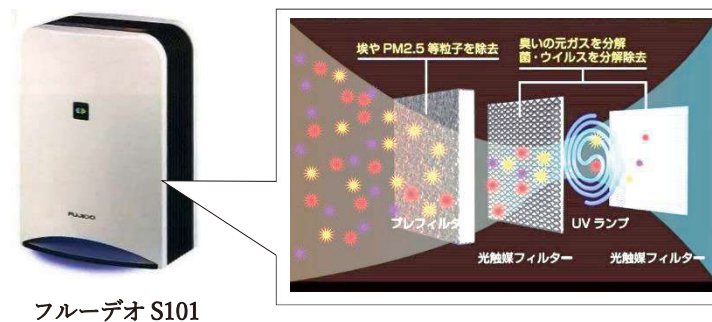
展示ブース

トピックス

令和5年度九州地方発明表彰「福岡県発明協会会長賞」受賞

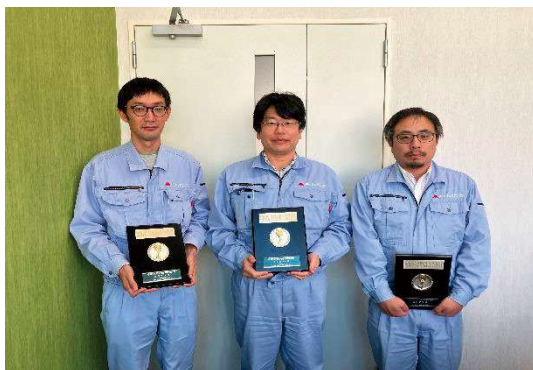
当社は、「令和5年度九州地方発明表彰」（主催：公益社団法人 発明協会）において、「高機能フィルタを備えた空気清浄機」の発明（特許第 6433916 号）で、「福岡県発明協会会長賞」を受賞しました。

今回受賞した発明は、「アルミ繊維に特殊な加工を施すと共に、繊維表面に二酸化チタンなどの光触媒機能を有する金属化合物により溶射皮膜を形成した空気清浄用フィルタ」に関するもので、この発明を製品化したフィルタは、空気清浄機「ブルーデオ」や「マスククリーン」などに採用されています。



ブルーデオ S101

この特許の発明者は、大野京一郎、坂口昇平、森次晋介、永吉英昭、横山義明、植田勝裕です。2023年11月2日に福岡の博多サンヒルズホテルで表彰式が行われ、発明者に表彰状が授与されました。



写真左から、森次 晋介、大野 京一郎、坂口 昇平



表彰式の様子

当社は、今後も、鉄鋼関連製品や消臭除菌関連製品などの開発技術をさらに進化させて発明を創出し続け、人々の健康と環境に貢献する製品の研究開発に取り組んでまいります。

■ 地方発明表彰

大正10年に創設された地方発明表彰は、地方における発明の奨励・育成を図り、科学技術の向上と地域産業の振興に寄与することを目的として、全国を8地方に分け、優秀な発明等の功績を称え表彰するものです。

※令和5年度地方発明表彰については、下記 URL よりご確認下さい。

公益社団法人発明協会 九州地方発明表彰 http://koueki.jiii.or.jp/hyosho/chihatsu/R5/jusho_kyushu/index.html

今井 愛（開発管理室）

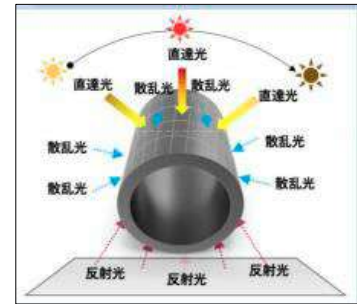
トピックス

北九州市 武内市長との会見について

2023年2月20日に北九州市長に就任された武内市長と、株式会社フジコーの萩尾社長が、2度にわたり会見を行いました。

■ 1回目（2023年5月24日 フジコー事業概要と「円筒形発電デバイス」等ご説明）

萩尾社長を含め3名で市庁舎を訪問し、武内市長、市産業経済局の池永局長、森永部長と会見を行わせて頂きました。事業概要のご説明の後、現在、当社が事業化に取り組んでいる「小型円筒形発電デバイス」の実物サンプルをお持ちして、説明を行いました。これは、従来の平板型と異なる特長・メリットがあり、市の環境局や企画調整局のご協力を得て、実証実験の準備を進めていること等をご説明し、今後のご支援をお願い致しました。



■ 2回目（2023年10月30日 宇宙関係の取り組み等ご説明）

前回5月の面談で、武内市長が宇宙事業に非常に関心をお持ちであり、北九州市の成長に向けたキーワードとして、市への宇宙産業の集積推進を計画されていることから、今回は、当社の宇宙関係の取り組み内容をご説明させて頂きました。

① 国際宇宙ステーション（ISS）内のマウス飼育ケージへの光触媒加工（実現済）

光触媒の有機物分解の機能を活かしたもので、現在も依頼の都度、製作納入させて頂いています。

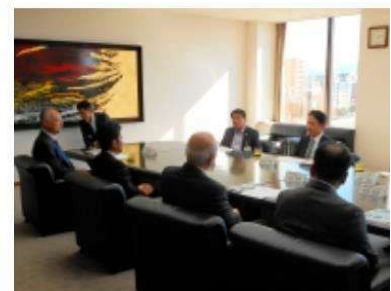
② 月周回有人拠点（Gateway）搭載予定機器への光触媒加工（実現見込み）

光触媒のもう一つの大きな特性である「超親水性」を活かしたものです。

③ 宇宙関連機器に適用できる異種材料接合（研究開発テーマ）

金属と炭素繊維の接合について、現在の機械式よりも強力に接合できる方法を探求するものです。

今回、市長の「北九州市への宇宙産業の集積」に関する当社への期待も感じましたし、私共としても、その一翼を担うべく、研究開発に取り組んでまいりたいと思います。



江藤 武（光触媒事業企画部）

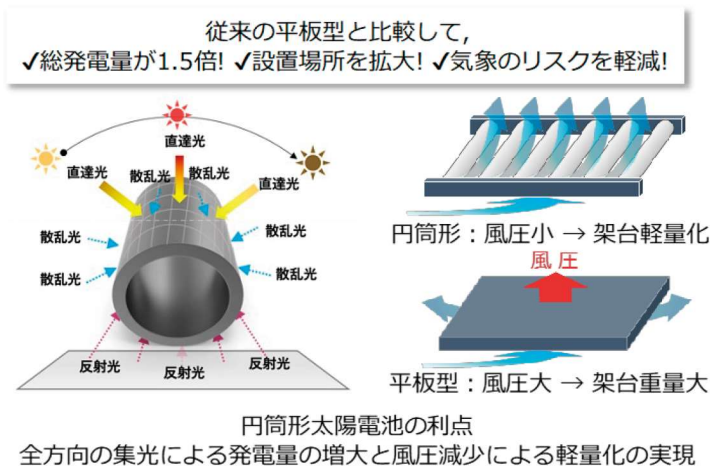
トピックス

e スポーツイベントの電源に持ち運び可能な円筒形太陽光発電モジュールを活用

調布市、国立大学法人電気通信大学（以下「電気通信大学」）、東日本電信電話株式会社 東京武蔵野支店（以下「NTT 東日本」）及び、株式会社NTTe-Sports（以下「NTTe-Sports」）は、新規開発の可搬式円筒形太陽光発電モジュールを活用した e スポーツ体験イベントを、2023 年 12 月 6 日に市内のしばさき彩ステーションで開催します。

調布市は 2022 年度から、東京都の補助金を活用して、NTT 東日本、NTTe-Sports、電気通信大学と協働（※1）で、「e スポーツを基点とした包摂的な市民交流体験機会の創出事業」を実施しています。また、2021 年度にゼロカーボンシティ宣言をしている調布市としては、e スポーツ事業の「ゼロエミ化」を通じて、持続可能なコミュニティの活性化を目指すために、電気通信大学と連携して本事業で新たに「円筒形太陽光発電システムの可搬式化」を開発・実証します。

その中で当社は、電気通信大学チームとして電気通信大学 i-パワードエネルギーシステム研究センターの早瀬修二特任教授、ウシオ電機株式会社、CKD 株式会社との共同研究で研究開発を進めてきた円筒形太陽電池技術を用いて、「可搬式円筒形太陽光発電システム」の実証試験を支援する為、円筒形太陽電池ユニットを製作し、電気通信大学に提供しました。軽量でだれでも安全に扱えるといった要望に従い、提供したユニットの重量は 1 本あたり 300g 未満、出力電圧は 30V 未満になるように設計されています。今回の事業では、このユニットを組み合わせたモジュールを可搬化することで、e スポーツの会場を含めて、さまざまな場面でエネルギーを創り出し、活用実証することに挑戦しています。



円筒形太陽電池ユニット

2023 年度末には、今回イベントの運用結果を踏まえ、イベント規模を拡大させた「再エネを活用した複数施設間の e スポーツ体験イベント」も計画中です。また、2024 年度には今回と異なるタイプの可搬式・可動式発電システムが、新たに 2 基完成予定です。本事業における連携先の各施設への導入を見据え、開発・調整を進めます。当社は、調布市、電気通信大学、NTT 東日本グループの持続可能な、共生社会の充実につながる取組を今後も支援して参ります。

（※1）本事業の産学官連携パートナー

NTT 東日本グループ：e スポーツ事業の実施・調整等、 電気通信大学：新たな太陽光発電システムの開発

本件内容は調布市行政経営部企画経営課産学官連携担当：山岸様、長井様よりご提供いただきました。

野村 大志郎（第三開発室）

編集後記

この度、新たな編集方針で作成した FUJICO 技報「創る」の第 31 号を無事発刊することができました。

本誌の制作にご協力・ご尽力頂きました関係者の皆様、特に巻頭言を執筆頂きました POSCO の金専務様には、この場をお借りして深く御礼申し上げます。

弊社は昨年に創立 70 周年を迎えることができ、且つ本誌も発刊 30 号という節目を迎えることができました。今年度は創立 71 周年、又本誌発刊 31 号となるのを機に編集方針を見直し、新たに特集を設け弊社の各重点事業の展開方針とそれを支える技術開発内容を年度ごと掲載すると共にトピックスを充実することとしました。新たな技報により、弊社の事業の向かう方向やそれを支える技術開発の中身をより多くの方々に知って頂きたいと考えております。

弊社はこれからも社会をより良くする技術開発に挑戦してまいりますので、本誌を通じてお届けする弊社の技術や製品が、少しでもお客様のお役に立てますと幸甚でございます。

フジコー技報アンケートのご案内

今後、更なる内容を充実させていくためアンケートにご協力いただけますと幸甚です。

右記載の QR コードよりご回答くださいますよう、よろしくお願い致します。



「創る」技報編集事務局
編集責任者 中山 輝路
編集員 牟 用煥
今井 愛

フジコー技報 技報—tsukuru No.31 令和 5 年 12 月 1 日

発行人 中山 輝路
発行所 株式会社フジコー
技術開発センター

〒808-0021 北九州市若松区響町 1 丁目 110-10

☎093-701-4500 FAX093-701-4501



FUJICO ホームページ

非売品 禁無断転載



TSUKURU