



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。表紙は卓越した技術で制作された作品で飾りました。“独創的な技術開発”という弊社の開発理念をこの作品に託し、メッセージといたします。

筑後和傘(ちくごわがさ)

— 繊細な巧みの技が生み出す美しさと実用性 —

■解説

「筑後和傘」は、複雑な100以上の工程からなる細工が施された美しさと実用性を兼ね備える工芸品です。17世紀初めに地元の日吉神社の神官が副業としたことが発祥とされ、柄や傘骨の材料となる真竹が筑後川経由で入手できたこと、和紙や柿渋の名産地が近かったこと、技術を持つ職人が多かったことなどを背景に、和傘の一大産地となりました。昭和20年ごろ、町内に500人いたとされる職人も今は途絶え、地元・城島の伝統を残そうと発足した保存会により、技術が継承されています。

(表紙写真 福岡県提供)

目次

巻頭言	・フジコー技報第23号によせて			
	九州工業大学 学長	松永 守央	1	
随想	・逆光写真と人生			
	公益財団法人 北九州産業学術推進機構 ものづくり革新センター センター長	野田 松平	4	
技術解説	・材料複合学からみた耐摩耗性材料の組織			
	九州大学大学院工学研究院 材料工学部門	教授 宮原 広郁	6	
	・アジアの都市の飲用水事情と浄水器の開発			
	北九州市立大学 国際環境工学部 エネルギー循環化学科	教授 石川 精一	11	
	・歯周病をご存知ですか？			
	九州歯科大学 口腔機能学講座 歯周病学分野	助教 村岡 宏祐 教授 中島 啓介	16	
	・世界トップの高殺菌、消臭機能を有した光触媒高機能浄化製品の開発			
	株式会社フジコー 技術開発センター	センター長 永吉 英昭	20	
技術論文	・CPC法による熱間圧延用ワークロールの製造と改善取り組み			
	園田 晃大、花田 喜嗣、牟 用煥、姜 孝京、永吉 英昭		25	
	・介護施設における汚染度の実態把握と光触媒建材による除菌効果の実証			
	焼山 なつみ、山本 清司、斐 銀榮、高島 伽央里、樋口 友彦		31	
	・二酸化チタンスラリーの分散性と一次粒子径が溶射膜に与える影響			
	野村 大志郎、増住 大地、志賀 真、永吉 英昭		37	
新製品・新技術	・高性能ブリケットロール製品			
	古田 博昭、宮崎 裕之		42	
運営組織図				43
事業所・工場所在地				44

CONTENTS

Foreword	
Morio Matsunaga	1
Memoir	
Matsuhei Noda	4
Commentary	
• Consideration of Wear Resistant Material from the Point of View of Composite Theory	
Hirofumi Miyahara	6
• The Drinking Water Situation in Asian City and the Development of Water Purifier	
Seiichi Ishikawa	11
• Do you know the periodontal disease?	
Kousuke Muraoka, Keisuke Nakashima	16
• Development of High Sterilization of the World's Top and Photocatalytic High-performance Purification Products with Deodorizing Function	
Hideaki Nagayoshi	20
Technical Paper	
• Manufacturing and Improvement of Work Roll for Hot Strip Mill by Using CPC Process	
Akio Sonoda, Yoshitsugu Hanada, Yong-Hwan Mo, Hyo-Gyoung Kang, Hideaki Nagayoshi	25
• Understanding of Actual Condition of Bacterial Contamination in Nursing Home for Elderly and Demonstration of Bacteria Elimination by Photocatalyst Product	
Natsumi Yakiyama, Kiyoshi Yamamoto, Eunyong Bae, Kaori Takabatake, Tomohiko Higuchi	31
• Dispersibility of Titanium Dioxide Slurry and Influence of Primary Particle Diameter on a Spray Film	
Daishiro Nomura, Daichi Masuzumi, Makoto Shiga, Hideaki Nagayoshi	37
New Products and New Technology	
• High-performance Briquette Roll Products	
Hiroaki Furuta, Hiroyuki Miyazaki	42
Organization	
	43
Offices and Factories Contact	
	44

フジコー技報第23号によせて

北九州を日本型イノベーションの拠点に

九州工業大学 学長

松永 守央

Morio Matsunaga



フジコー技報に寄稿する機会をいただき、感謝いたします。

アベノミクスの効果が津々浦々に浸透したとはいえない状況ですが、バブル崩壊後の失われた20年に亘るデフレ基調からは脱しつつあり、北九州でも多くの企業が売上を増やしています。しかし、マイナス成長により生じた様々な歪みや格差拡大は、東日本大震災や数多くの自然災害の後遺症と相俟って、本格的な経済復興への道筋を阻んでいます。アベノミクス第二ステージとして発表された「新三本の矢」のGDP600兆円という数字は、池田内閣の所得倍増計画に類似した高揚感を期待させますが、高度成長期とは全く異なる経済下では、具体的な策なしには机上の空論になりかねません。

1970年代に日本の高度成長の影響を蒙った米国は、1980年代初頭の歳出削減、減税、規制緩和、安定的なマネーサプライという4本柱のレーガノミクスを進める一方で、知財戦略に基づく世界制覇を進めました。さらに、アメリカンドリームという意識の下で、ベンチャー企業の飛躍的成長を醸成する環境を創り出しました。マイクロソフトを代表とするベンチャー群がシアトル周辺に拠点をづくり、シリコンバレーでは産学官の境界を廃する社会構造が生まれ、多くの有力企業を輩出しました。これらの変革は20世紀の機能であったクローズド・イノベーションを終焉させ、世界各国の巨大企業が中央研究所の機能の廃止に拍車

をかけました。オープンイノベーションの時代に移行したのです。残念なことに、わが国はこのムーブメントを現在でも実現できたとは言えない状況にあります。

H. Chesbroughはオープンイノベーションを次のように説明しています。まず、優秀な人材を抱えたベンチャー企業の活躍が、20世紀末の米国の発展を誘導した事実があります。理工系の人材が大学など教育機関で得た知識を活かし、ベンチャーキャピタルの支援を受けて起業することが、米国では当たり前の仕組みとして定着しました。企業の研究開発部門は、世界中のベンチャー企業を調査し、自社にとって有効な新技術を探し出して、自己の機能と組み合わせる能力が求められ、その成果が企業力を飛躍的に高めています。さらに重要なことは、開発期間の短縮が成否の鍵となった変化の速さです。基礎研究から自前で商品を生み出している顧客ニーズや技術動向の変化に間に合わない時代の到来こそが、オープンイノベーションを技術革新の中核に高めました。

このような世界の変貌を理解することは必要です。しかし、日本には独自の企業文化があります。終身雇用を基本として、働く人を大切にす労働環境が守られ、世界でも類を見ない長寿企業国家です。創業200年以上の企業の半分以上が日本に集中し、ドイツの4倍近くに上ります。長寿企業の存在は、時代を越えた企業努力とともに、社会から必要とされていることが原点にあります。そ

れ故、米国型とは異なる独自のオープンイノベーション社会を築けるはずです。イノベーション型とトラディショナル型が融合・共存する経済構造を目指すべきと考えています。DRAMや液晶テレビのように、一時は世界を席卷した日本製品が後発国に置き換えられる事例は沢山あります。しかし、ドイツと競争しながら世界トップを維持している製造・検査装置や、スマートフォンの新機能を支える部品生産など、世界を席卷する製品を我が国の企業は供給しています。日本企業の誇りである人材、魂、技術を基軸とするイノベーション社会の構築を共通認識となるように、一刻も早く地域を変革することが、地方創成につながると思います。

北九州市は1979年から人口の減少が続いていますが、公害を克服した意識の高い市民が存在し、地域を愛する市民が満ち溢れた街です。OECDがグリーン成長のモデル都市と認定した実績も典型的な事例です。高度成長期の新産業都市建設法の煽りを受け、基幹産業の停滞や縮小を経験したにもかかわらず、基盤技術の継承が街を支えています。大田区でも東大阪市でも見つからない技術が北九州市には残っていると、大手企業の技術者から聞くことも度々あります。トラディショナル型の成長として活かせる要因です。イノベーション型の芽生えには、環境都市、スマートコミュニティと言え北九州と言われるような事例を積み上げることが大切です。現在でも、学術研究都市における他地域を凌ぐ活動業績、リノベーションスクールなど、日本をリードする活動が着実に増えつつありますので、イノベティブな活動をさらに多面的に展開することにより、世界各国から人材が流入する都市に変貌することを期待しています。

IoTとインダストリー4.0が、世界戦略の典型的な方向性として注目されています。しかし、我が国の企業が改善してきた方針の転換努力を鑑みると、それほど恐れる必要はありません。インターネットを利用した新技術や手法の開発と採用は、

先端的な日本企業では既に既定路線となりつつあります。ただし、企業間を超えた連携となると、まだまだ大きな意識の転換が必要です。ICT技術の活用はオープンイノベーション時代の速度に不可欠であり、ソフトウェアによるユーザー視点の使いやすい機能の付与は市場拡大に欠かせません。この観点が我が国の弱点の一つと感じています。本学は毎年400名以上の情報技術者を輩出していますが、質量ともに十分ではなく、数年後には時代が求める情報技術者を社会に送り出せるための教育改革を進めています。

時代とともに不可欠となってくる要素を理解して、共有化した事業再編や先端的な事業の創出は、常に中堅企業の経営者の皆様の頭痛の種と推測します。基盤技術が残されている北九州では、産学官の構成員のすべてが将来予測を試み、連携した戦略を実現することが重要です。九州工業大学は、国立大学の法人化を契機として、徹底的に民間基準の経営戦略の導入を試みています。10年以上前に、使用するスペースを有料にするスペースチャージ制度の全学的に導入し、大学にとって最も大切な研究者を役員会が選考する仕組みを構築し、教職員の意識改革を浸透させてきました。このような意識を持つ研究者を地元の企業の皆様に活用して戴くことを希望しています。

わが国は、少子化等による人口減、それに伴う国内需要停滞が引き起こす産業の空洞化、高齢化に伴う医療費と年金の負担増や、国家財政のプライマリーバランスの課題など、危険な課題が山積しています。これらを解決しなければ明るい未来を展望することは困難です。その根幹として経済活動の抜本的な革新が求められ、企業活動の飛躍的な発展が不可欠です。日本型の成長モデルにより世界を席卷するためには、トラディショナル型の技術活用を着実に転換するとともに、常にイノベーション型の経営姿勢を持つことが望まれます。イノベーション型の核心には産産連携に学が絡む構図があります。二つの先端的な技術が融合すれば、新しい技術や製品が生まれ、そこにビジネス

センスに優れた人材が参画すると、間違いなく優良な事業に繋がります。この人材が不足していることが我が国の大きな課題となっており、文部科学省が強く批判された人文社会系学部の縮小・改組の理由は、このような現実に起因すると推測しています。

もう一つの重要な視点は特異な才能を活用する度量を持つことです。日本人とは異なる感覚を持つ外国人の活用だけでなく、これまで我が国が最も苦手とした身障者やLGBTの人々を活かせる労働環境を、北九州がいち早く導入することを期待しています。これまでの日本企業では想像できなかった発想を持つ人材を私達は排除してきたと思います。イノベーションは新しい感覚から創られることを考えれば、従来とは異なる感覚の人材が必要であることは自明です。

臥薪嘗胆、長きにわたり耐えてきた北九州が生まれ変わることが、世界から人々を引き寄せ、新たなビジネスの拠点となると考えています。その意識を持たれた社が、これまで培われた技術開発や生産管理をさらに深化されるとともに、新規な感覚のビジネスを展開され、大きな成果に結実されることを期待します。

【履歴書】

まつなが もりお
松永 守央

学位：工学博士（京都大学）

専門分野：電気化学、熔融塩化学、表面処理

【略 歴】

昭和47年 京都大学工学部工業化学科卒業

昭和52年 京都大学大学院工学研究科工業化学
専攻博士課程 単位取得満期退学

昭和52年 米国テネシー大学博士研究員

昭和53年 九州工業大学工学部講師

昭和55年 九州工業大学工学部助教授

平成08年 九州工業大学工学部教授

平成12年 九州工業大学地域共同研究センター長

平成14年 九州工業大学附属図書館長・副学長

平成16年 国立大学法人 九州工業大学理事（研究・産学連携担当）

平成22年 国立大学法人 九州工業大学長

現在に至る

随 想

公益財団法人 北九州産業学術推進機構
ものづくり革新センター
センター長



野田 松平
Matsuhei Noda

逆光写真と人生

私の趣味は写真であるが、もっぱら静物画、特に花と木を対象としている。

写真を撮るとき、何が最も重要であろうか？もちろん被写体はそれなりに大事である。しかし、私が考える“写真の3要素”とは、一に「光」、二に「背景」、三に「構図」である。

「背景」、「構図」の重要性を知らされた恥ずかしい話がある。30年以上も前の話で、友人夫婦と家族旅行に行き、旅行先の教会を背景に3人の写真を友人と交代で撮った。当時、写真は全てフィルムカメラであり、帰って現像・焼き付けをして、初めて写真の出来栄を確認することができた。現像に出して普通1週間程度かかる。

前述の写真が出来上がった後、友人と写真2枚を見比べた。驚き、呆れ、穴が有ったら入りたい気持ちだった。私の撮った写真は人物だけに気を取られ、上半分が欠けた教会が背景の無残な構図であった。当然友人から罵詈雑言を浴びせられ、情けなさに打ちひしがれた。背景・構図の重要性に気付かされた時であった。

3要素の重要性が良く表れた写真として、英彦山参道の紅葉を撮った写真を図1にご紹介する。

「背景」は真っ黒で紅葉の輝きを引き立てている。本当は背景に薄暗い山林が写っているのであるが、紅葉の明るさと背景の暗さのコントラストを強くして、背景を真っ黒にしている。

次は「光」であるが、この写真は「もみじ」の葉を透過した光を結像させた逆光の写真である。

そのため文字通り被写体の透明感が際立ち、普通の順光で見る紅葉とは全く趣の異なる写真となる。

「構図」の重要性はなかなか説明しにくいですが、ここでは葉の密集度や、右下の空間と紅葉とのバランスなどを考慮した。

以上、3要素の重要性を述べてきたが、その重要性は逆を考えると良く分かる。もし背景が明るかったら、ここで言う紅葉の良さは全く消えてしまう。また曇っていたら、背景とのコントラストがつかず、背景の山林が表れて、紅葉が際立たなくなると共に、ごちゃごちゃの構図となる。

特に逆光の写真では、逆光に照らされて初めて被写体の良さ（真髄）が見えてくる。しかも普段とは全く異なる姿が見え、毎回新しい発見をしているようで、私は逆光の写真が好きだ。



図1 逆光で浮かび上がった紅葉の真髄（美）

人生における自分と社会、組織との関係にも似ているように思われる。自分が曲りなりにも光を放てるのは、所属する社会、組織が背景光として照らしてくれているからと思う。

その感謝の念を忘れないようにすると共に、“部下の良さ”を浮き上がらせる“逆光のような存在”になりたいと願っている。

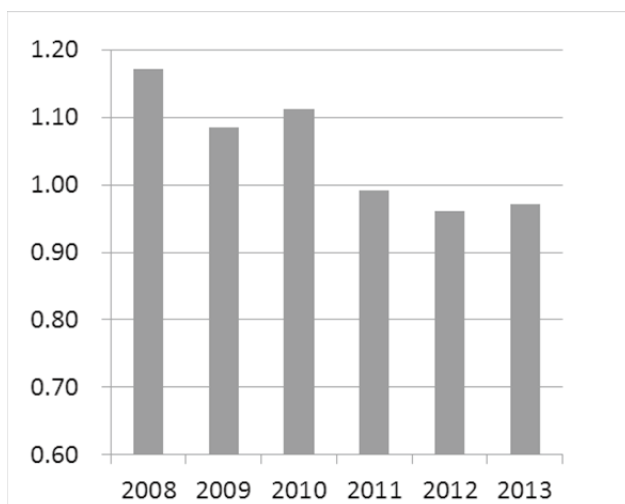
ところで私が所属する“組織”であるが、略称を FAIS（フェイス）といい、北九州市の外郭団体である。市内にある大学の先生方と個々の企業とが連携したコンソーシアムを形成し、国の研究開発公募事業への応募、採択後の運営等を支援することを主な業務の一つとしている。

設立後 15 年が経とうとするが、これまで支援してきた北九州市の製造業全体を、生産性という観点から最近 5 年間の概観してみよう。

“ものづくりの町”として謳ってきた北九州市、その製造業全体の労働生産性は、表 1 に示すように、2008 年には全国製造業の生産性を 2 割程上回り、面目躍如たるものがあつた。しかしその後は一時期を除き下降を続け、2011 年には全国平均を下回り、その後も更に下降幅を拡大している。

その原因調査を兼ねて、今や製造業の基盤技術であり、生産性革新ツールとなってきた 3D 技術（CAD/CAM/ CAE 等）の導入率を調査したところ、市内企業は全国平均から大きく遅れていることが分かった。生産性低下の原因の一つのように思われる。この事実は“ものづくりの町”を謳う北九州市としては忌々しき問題ではなからうか。

表 1 北九州市内製造業の労働生産性比較
(対全国平均比)



出展：工業統計から執筆者が編集

私は FAIS に入溝してから 10 年になるが、2 年程前から最近の製造業環境の急速な変化を感じ、北九州市あるいは FAIS による企業支援の在り方を変えるべきではないかと強く考え始めた。

これまでの支援は、個々の先生あるいは企業の自主性を最大限尊重してきた制度のように思われる。その中で(株)フジコーは、その支援制度をうまく活用し、独自の新技术を新事業にまで育て上げられた尊敬に値する企業であるが、そのような会社は決して多くはない。残念ながら、これまでの FAIS の支援効果は面的広がり（波及）には繋がらず、前述の通り北九州全体の製造業の生産性は概略下降を続けて来た。従って今後は北九州全体の生産性を革新するような面的支援の比重を増やすべきではないかと考えている。

このような背景から、市の政策として“産業ロボット導入支援センター”が 2 年前に設立された。また今年 4 月には私の構想も反映され、“ものづくり革新センター”が設立され、生産性革新に向け、産業ロボットや 3D 技術導入・活用支援を始めている。

今後は、現在急速に進展している IoT(Internet of Things) に対応できるよう、3D 技術導入・活用をベースに、例えば製品バリューチェーン毎の“中小デジタル連携”といったネットワークの立上げ・強化を図る必要があるように思われる。それらのデジタル連携をベースに、その中で得られるビッグデータ収集・分析も反映させた北九州デジタル生産性革新（北九州 IoT）に繋がればと考えている。まだ個人的レベルであるが、それらの考えを纏めた“ビッグデータ&3D 技術活用による北九州ものづくり革新・実証構想”を案画中である。

最後に、FAIS が“北九州製造業ルネッサンス”活動で、各々の中小企業の本当の良さ（真髄）を浮かび上がらせる“逆光的存在”になることができたらと願っている。

技術解説

材料複合学からみた耐摩耗性材料の組織

Consideration of Wear Resistant Material from the Point of View of Composite Theory

九州大学大学院工学研究院
材料工学部門
教授博士(工学) 宮原 広郁
Hirofumi Miyahara

1. はじめに

圧延を目的としたロール材は、鋼材を高品質かつ高精度で加工成形させることを目的として開発されてきたが^{1,2)}、それは表面を白銑部（チルド部）、内部をネズミ銑部に制御したチルドロールに始まり、製造プロセス開発と共に構成組織も大きく変化してきた（Fig.1）。グレン铸铁ロールはチルドロールが持つ共晶セメンタイトと基地組織に片状黒鉛を分散させた組織を持つ铸铁系ロール材であり、さらに高合金グレン铸铁（ニハード铸铁）組織は4～8%Niを含みマルテンサイト基地に改質したものである。また球状黒鉛を分散させたダクタイルロールも用いられ、このようなロールは黒鉛による圧延時の肌荒れ向上および焼付防止を目的とした組織設計と考えられる。

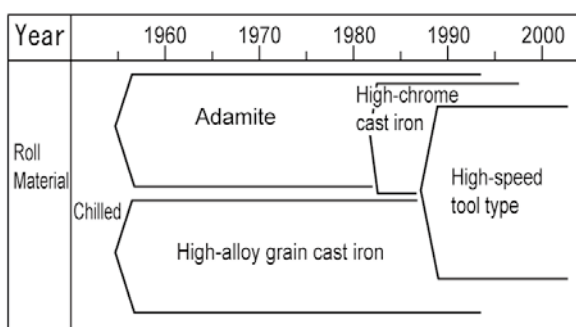


Fig.1 Development of roll materials.

一方、アダマイトロール材は铸鋼と铸铁の中間の組織で、高炭素オーステナイト生地に共晶セメンタイトが分散した組織を有しており、その後、強い白銑化傾向を有するCrの添加により M_3C 、 M_7C_3 、 $M_{23}C_6$ 等の炭化物を分布させた高クロム铸铁³⁾、さらに1980年後半には、VI A属元素（W、Mo等）、VA属元素（V等）のMC、 M_2C 炭化物⁴⁾を分布さ

せたハイス系ロールが研究開発され、マルテンサイト基地に2次炭化物が微細に分布した基地組織へ制御することにより強度、耐摩耗性、耐熱性を兼ね備えた高品質ロールが製造されている。ここでは、ロール材を始めとする耐摩耗性材料についてマトリックス相（母相）と強化相（硬質分散相）の複合組織を、高合金铸铁やセラミックス分散アルミニウム合金等の組織を用いて各構成相の効果や役割について組織学的に検討してみた。

2. 複合則

複合材料の設計において、複合化プロセスと共に複合後の性質の予測は重要である。最も単純な形状としてFig.2(a)に示すモデルによる引張強さを考えると、Fig.3に示すように強化相が破断されない歪の領域では金属（ σ_1^* ）と強化相（ σ_2 ）から予測される特性の向上が期待される。しかしながら、マトリックス金属は大きく歪むことに対し、強化相単独では大きな歪に耐えられず、小さな歪で破断することから、破断後の引張強さはFig.3(b)の金属単体の強さ（ σ_1 ）からも低い値となる。

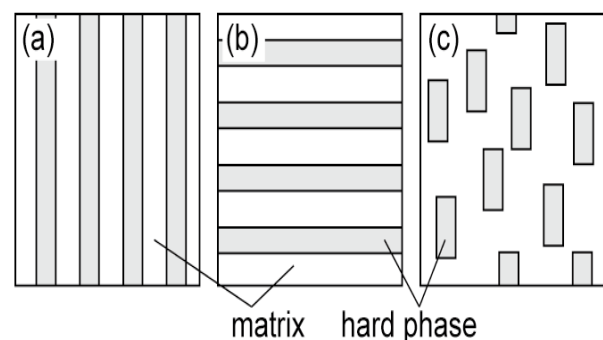


Fig.2 Array of hard phase, (a)parallel-type, (b)series-type, (c)short-fiber-type

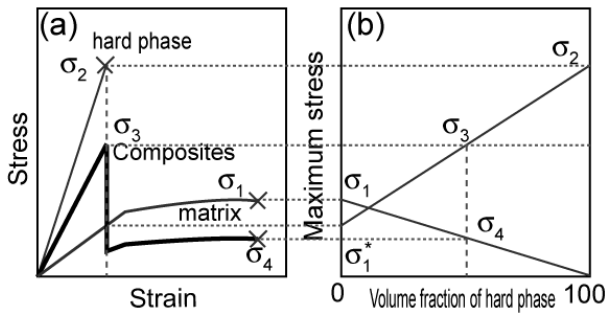


Fig.3 Stress-strain curve of matrix, hard phase and composites(a), and maximum stress of composites before and after breakdown(b).

Table1 Simple mixture rule of stress, young's modulus and thermal expansion between metal and ceramics.

maximum stress	
Parallel-type	$\sigma = \sigma_3 = \sigma_1^* V_1 + \sigma_2 V_2$ (before breakdown)
	$\sigma = \sigma_4 = \sigma_1 V_1$ (after breakdown)
Series-type	$\sigma = \sigma_1$
Young's modulus	
Parallel-type	$E = E_1 V_1 + E_2 V_2$
Series-type	$1/E = V_1 / E_1 + V_2 / E_2$
Thermal expansion coefficient	
Parallel-type	$\alpha = \alpha_1 (1 - \theta_2) + \alpha_2 \theta_2$
	where, $\theta_2 = E_2 V_2 / (E_1 V_1 + E_2 V_2)$
Series-type	$\alpha = \alpha_1 V_1 + \alpha_2 V_2$

Table 2 Estimation of stress and Young's modulus of fibrous hard phase reinforced metal matrix composites.

maximum stress	
Short-fiber-type	$\sigma = \sigma_1 V_1 + \sigma_2 V_2 (1 - Lc/2L)$ ($L > Lc$)
	$\sigma = \sigma_1 V_1 + \sigma_2 V_2 (L/2Lc)$ ($L < Lc$) $Lc = \frac{d \sigma_2}{2 \tau}$
	L : length of fiber, d : diameter of fiber
Young's modulus	
Short-fiber-type	$E = E_1 V_1 + E_2 V_2 \left(\frac{1 - \tanh(\beta L/2)}{\beta L/2} \right)$
	where, $\beta = \sqrt{\frac{G_f}{E_2} \frac{2\pi}{A} \ln \frac{R}{r}}$
	A : area of fiber, $2R$: mean distance of fibers, r : radius of fiber

Fig.3 は強化相の体積割合の増加に対して、最大引張強さが直線的に向上しているが、一般に用いられる複合材料 (Fig.2(a),(b)) の特性に関する複合則は、

Table 1 に示すように直線または曲線で向上することが多い。なお、実際の組織は Fig.2(c)のように強化相は短繊維状または粒子状で分布することが一般的であるので、その複合則は Table 2 に示される式となり、特性改善への強化相の効果の見積もりを低く設定する必要がある。また、圧縮強さや硬さに関してもマトリックス合金の特性に影響されることが予想され、適正な推測が重要と考えられる。

3. 強化相の特性向上

ロール材組織を構成する炭化物の種類としては、まとめられた報告があるが、例えば Fig.4 に示されるように C と結合力の強い元素との組み合わせが多く、特にハイス系ロールで設計される元素は第 IV_A 族~VI_A 族が多い⁵⁾。強化相は MC や M₂C 型の高い硬さを持つ炭化物相を積極的に用いるが、Fig. 4 (薄灰色) に示すように MC 炭化物の硬さが比較的高く、続いて M₂C (灰色)、その他の構造 (濃灰色) の順で低くなっている。なお、炭化物だけではなく、炭窒化物を用いて改善を試みた報告もある⁶⁾。

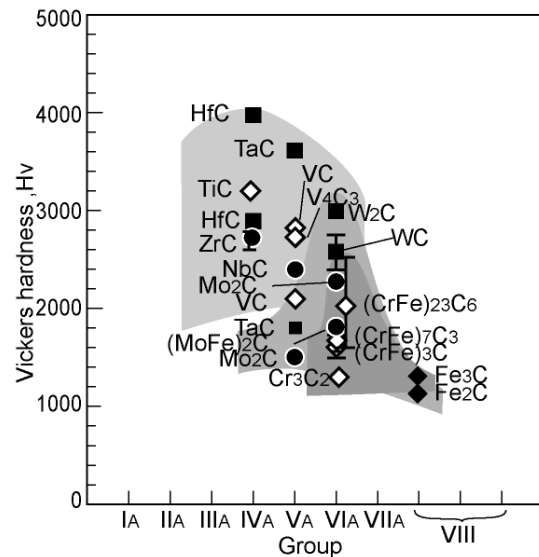


Fig.4 Vickers hardness of carbides.

MC 炭化物の形状は粒状や花卉状のものが多いが、M₇C₃ などは熱流方向に成長した板状のものも多い。炭化物が独立に分布するかネットワーク上に分布するかによりマトリックスへの応力伝達が異なるため、圧縮強度や耐摩耗性に影響を及ぼすと考えられる。一般にロールはころがり摩耗を主として受けると考えられるが、アブレッシブ摩耗

に対するセラミックス配列の影響について報告されており、Fig.5 に示すように、連続アルミナ繊維を摩擦面に対して垂直よりもやや傾いた繊維方向が最も抵抗力が高いとされている。最適な耐摩耗特性を得るためには、表面における摩擦や応力分布を解析し、炭化物の配列が可能であれば制御する必要があると考えられる。

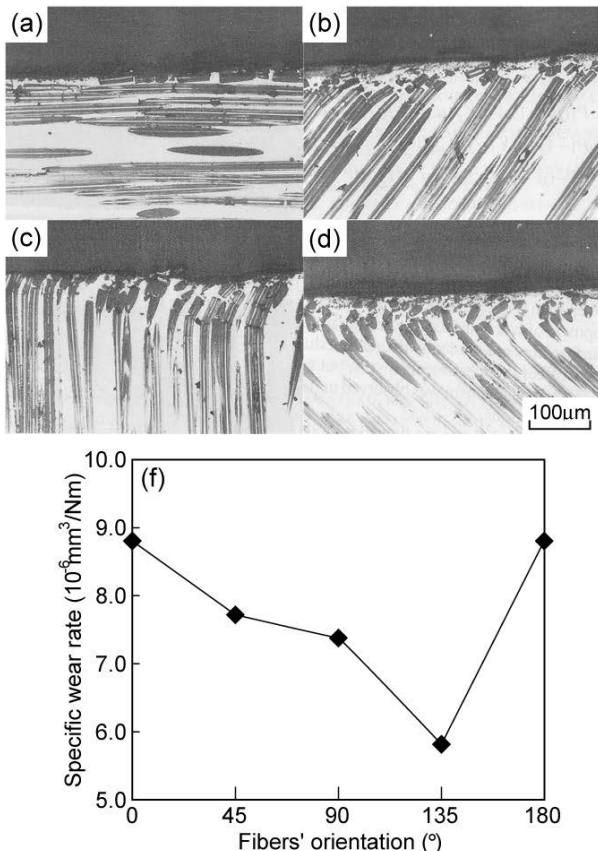


Fig.5 Influence of orientation of alumina fiber on wear resistance of alumina / Al-4.43mass%Cu alloy composite. Fibers are distributed parallel of sliding direction from left to right in sample (a).

4. マトリックス相の特性向上

マトリックス相は Fig.3 にも示したように、強化相の体積割合が低い場合は複合材料全体の特性に大きく影響すると考えられる。チルドロールにおいてもすでにベイナイトまたはマルテンサイト基地に制御されており、ハイス系ロールでも複数回の焼入れ焼戻し処理を行うことによりマルテンサイト組織に調整することが一般的となっている。Fig.6 は Fe-1.7~2.3%C-5%Cr-5%Mo-5%V 合金の焼入れ処理におけるマルテンサイト割合を示したものである⁶⁾。なお割合は全体から残留オーステナイト引

いて換算した。1200K 近傍がほぼマルテンサイトになっているのに対し、1373K 近傍からの焼入れでは 50~90%は残留オーステナイトが分布している Fig.7 は Fig.6 の(A)および(B)試料について2回の焼戻し処理を行った際の硬さとマルテンサイト量の変化について示したものであるが、高合金鋳鉄の場合は焼入れでマルテンサイト相とするよりは初回は残留オーステナイト相とし、複数回の熱処理によりマルテンサイトと2次炭化物の混合組織に制御することによりより高い硬さを得ている。

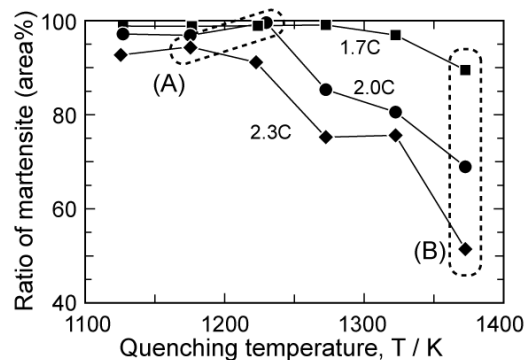


Fig.6 Influence of quenching temperature on the matrix microstructure for Fe- 1.7~2.3%C- 5%Cr- 5%Mo- 5%V alloy.

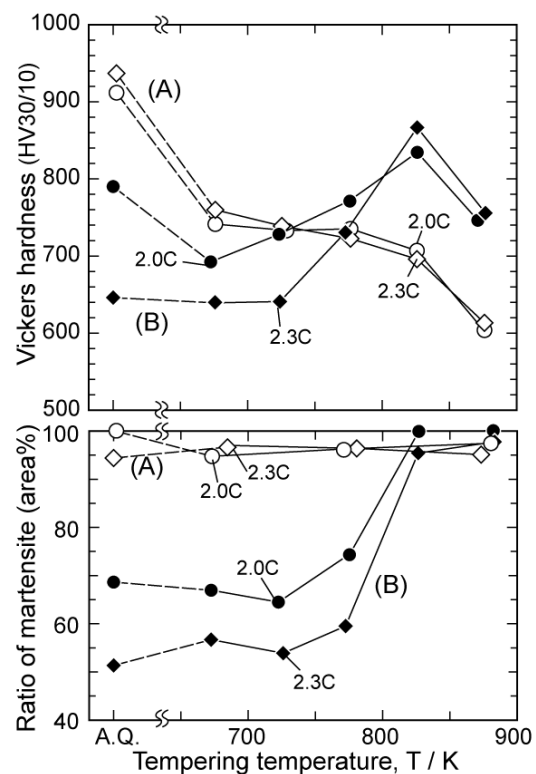


Fig.7 Vickers hardness and ratio of martensite at several tempering temperature, (A) and (B) are quenched sample of Fig. 6.

熱処理によるマトリックス相の組織制御としては、2次炭化物だけでなく、N 添加による改善も試みられており、N の添加は C と同様にマトリックスの硬さや組織に影響を及ぼすこと、Fig.8 に示すように、マトリックス組織内における2次化合物とみられる窒化物の分布によりわずかではあるが改善効果も見られている⁶⁾。また、Al-Si-Cu 合金試料ではあるが、熱処理および冷却中において、熱膨張係数の違いから Al₂O₃ 強化相および Si 相近傍のマトリックス相に転位が多く発生し (Fig.9)、時効硬化を加速させることも示されている⁸⁾。マトリックス相は強化相を保持するとともに強化相にかかる応力を連続的に緩和する必要があり、強化相との界面結合性や周囲の組織も含めた複合材料の熱処理設計が重要と考えられる。

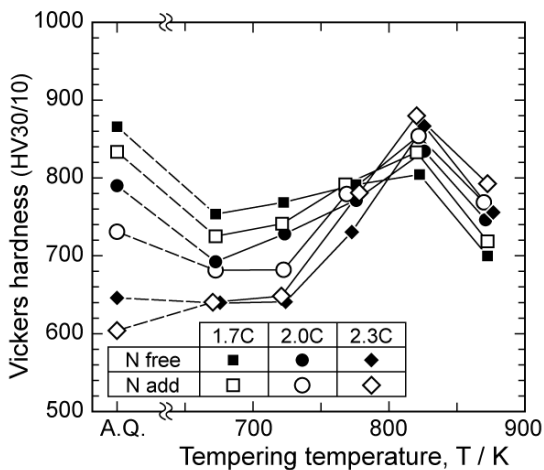


Fig.8 Influence of addition of N on hardness of Fe- 1.7~2.3%C- 5%Cr- 5%Mo- 5%V alloy.

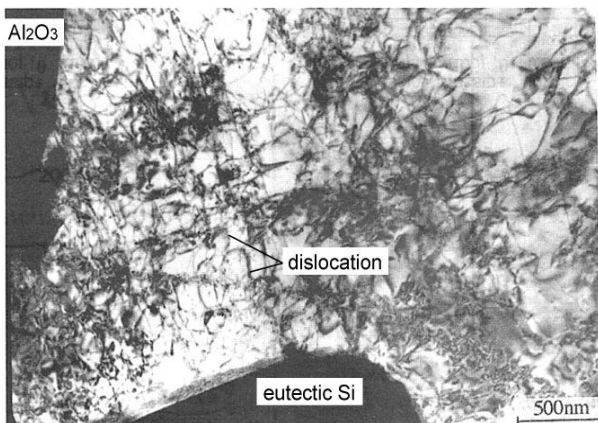


Fig.9 Distribution of dislocation around hard phases (alumina and eutectic Si) in Al-Si-Cu alloy which were solution treated at 773K for 10h.

5. 複合材料の疲労特性

複合材料において、Fig.4 のように引張りなどの静的破壊試験を行う場合、強化相とマトリックス相の界面強度が弱いときには最弱部となる強化相界面 (または黒鉛) からき裂が生成してしまう。しかしながら、切欠き疲労特性のように最弱部とは関係ない動的破壊が生ずる場合は強化相は少し変わった影響を及ぼす。

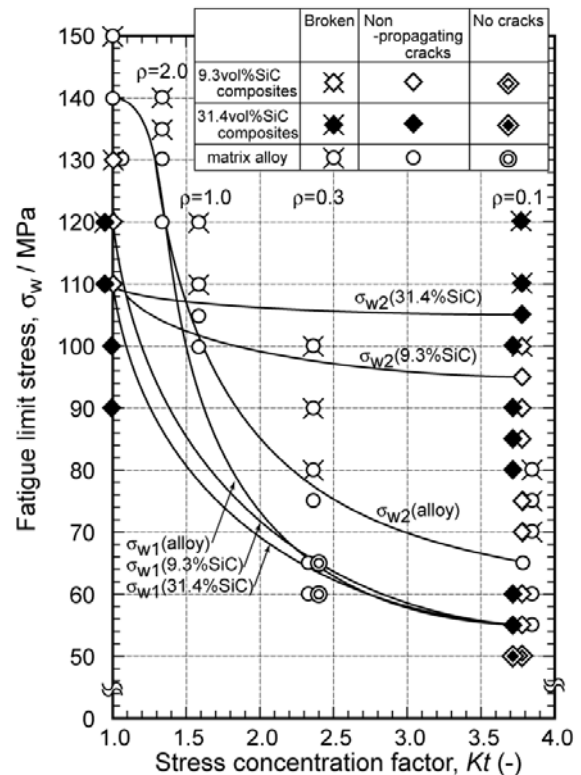


Fig.10 Relation between fatigue limit stress and stress concentration factor for SiC particle reinforced AC4B alloy composites.

Fig.10 に SiC 粒子分散 Al 複合材料の切欠き回転曲げ疲労試験の結果を示した⁹⁾。切欠きが無い平滑試料 (応力集中係数 $K_t=1$) においては、マトリックス合金試料の疲労限度が 140MPa と最も高く、一方、複合試料の値が 110~120MPa と低い値を示す。また、き裂を発生させるための臨界応力すなわちき裂発生応力 (σ_{w1}) および発生したき裂が進展して試料を破壊させる臨界応力すなわちき裂進展限界応力 (σ_{w2}) に明確な差はない。また、切欠き半径が 0.1mm (応力集中係数 $K_t=3.76$) の場合、切欠きの存在によりき裂発生は 55MPa と著しく低くなり、き裂進展限界応力についてもマトリックス試料では 65MPa と低下した。しかしながら、複合試料

では応力集中係数が増加しても、き裂進展限界応力はほとんど変化せず、9vol%SiC 試料で 95MPa、31vol%SiC 試料で 105MPa を示し、特に 31vol%SiC 試料では平滑材の疲労限度 (110MPa) とほぼ同等の値を示す結果が得られた。すなわち、複合材料の切欠き回転曲げ疲労試験では、強化相の分により、き裂が生成しても破断に至らない条件が広がった。そこで、未複合試料および複合試料の疲労破面を 45° 方向から観察し、その結果および破壊の模式図を Fig.11 に示した。マトリックス合金試料では、試験片内部方向へのき裂が比較的直線に進展しており、また、き裂は切欠き底表面に発生し、それらが連結して成長して破断に至っている。一方、複合材では Fig.11 (c, d) に示すように、疲労き裂は切欠き部以外の SiC 粒子凝集部からも多数発生し、非常に凹凸の激しい複雑な破面を形成している。この傾向は 31vol%SiC 試料の方が大きく、き裂の進展方向の変化や分岐の頻度が高い。SiC 粒子凝集部がき裂進展の抵抗となる理由は、今後詳細な調査が必要であるが、SiC 粒子近傍では、上述するようにマトリックス合金との熱膨張係数の差により導入された高密度に存在する転位や、き裂周辺の加工硬化および塑性誘起き裂閉口を助長し、さらに、き裂が分岐することによるき裂先端での応力集中緩和、得られる凹凸の激しい破面により生ずる破面粗さ誘起き裂閉口等も加えて、き裂の伝ば、進展および結合を妨げ、き裂伝ば抵抗ひいてはき裂進展限界応力を向上させたと考えられる。

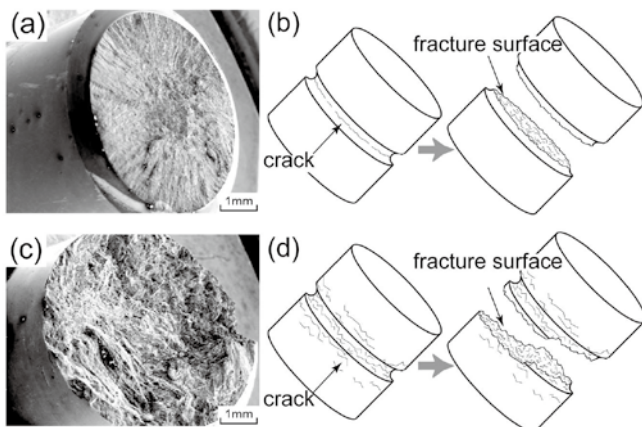


Fig.11 Scanning electron micrographs of fatigue fracture surfaces for unreinforced AC4B alloy (a,b), and 31vol%SiC reinforced composites (c,d).

6. おわりに

ロール材を耐摩耗複合材料としてとらえ、強化相とマトリックス相の材料設計について概説した。組織学的にはマトリックスの特性向上から着目すべきではあるが、マトリックスの特性改善が限界にきているとすると、炭化物そのものの特性の向上、およびマトリックス相との界面強度の向上が今後必要と考えられる。さらに表面粗さや熱応力、熱膨張に起因する熱サイクル疲労など、より現場に直結した問題についても総合的に評価・開発していく必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 鑄造技術講座編集委員会 編: “鑄造技術講座 4 特殊鑄鉄鑄物”, 日刊工業新聞社 (1970), p.253-260.
- 2) F. Neumann, H. Schenck and W. Patterson: *Giesserei*, 47(1960), 25.
- 3) 松原 安宏, 大城 桂作, 松田 公扶: *鑄物* 48(1976)12, 784-789.
- 4) 大城 桂作: *鑄物* 66(1994)10, 764-771.
- 5) H. Miyahara, Sergio V. Bravo, K. Yamamoto and K. Ogi, *ISIJ Int.* 49(7) (2009), 1075-1079.
- 6) 原 隆太郎, 山本 昌宏, 伊東 彦, 上宮田 和則, 成田 一人, 宮原 広郁, *日本金属学会誌*, 79(4)2015, 169-175.
- 7) Hua-Nan Liu and K. Ogi, *J of Materials Science* 34(1999) 5593-5599.
- 8) H.G Kang, M. Kida, H. Miyahara and K. Ogi, *Int. J. Cast Metal Research*, 15(2002), 1-7.
- 9) H. Miyahara, Y. Maruno and K. Ogi, *Materials Transactions*, 46(5) (2005), 950-958.



アジアの都市の飲用水事情と浄水器の開発

The Drinking Water Situation in Asian City
and the Development of Water Purifier工学博士 石川 精一
Seiichi Ishikawa

1. 緒言

二、三十年前までは、ミネラルウォーターは当然のことながら、お茶さえも自動販売機では売られていなかったが、今では、途上国でもミネラルウォーターを利用している状況にある。わが国では、水道水問題に端を発し、安全な水、おいしい水、さらには体に良い機能水と人の要望も高度で多様なものとなっている。

アジアの都市を始め、世界の浄水処理では Al 系凝集剤による凝集沈殿処理、砂ろ過による固液分離、塩素消毒が一般的であるが、水道原水の水質や管渠、維持管理等の問題で、安全に飲める水道水は少ない。そこで、膜処理を主体とした飲用水の製造・販売等の水ビジネスが展開されつつある^{1,2)}。しかし、わが国での飲用水の製造とは異なって、外国での製造は様々な課題がある。本報告では、アジアの都市の飲用水質事情を紹介し、飲用水製造における課題と対策について述べる。

2. 飲用水基準

2.1 日本の水道水質基準

塩素処理生成物やクリプトスポリジウム、環境ホルモン、ダイオキシン類、農薬等の問題が提起され、平成 16 年 4 月 1 日から新たな基準が施行されることになった³⁾。水質基準は 13 項目が追加、9 項目が削除されて 50 項目となった。その他、27 の水質管理目標設定項目、40 の要検討項目及び 101 の農薬類の目標値が設定された。

2.2 「おいしい水」の基準

昭和 60 年、厚生省「おいしい水委員会」は、「お

いしい水」として表 1 の要件を示した⁴⁾。

表 1 「おいしい水」の要件

水温	(°C)	最高20°C ≥
蒸発残留物	(mg/L)	30-200
硬度	(mg/L)	10-100
遊離炭酸	(mg/L)	3-30
臭気強度	(度)	3 ≥
KMnO ₄ 消費量	(mg/L)	3 ≥
残留塩素	(mg/L)	0.4 ≥

昭和 63 年、橋本奨は、「おいしい水」の指標 (O index) を示し、2 以上で「おいしい水」とした⁵⁾。

$$O \text{ index} = (\text{Ca} + \text{K} + \text{SiO}_2) / (\text{Mg} + \text{SO}_4)$$

北九州市水道局においても、平成 5 年、表 2 のような指標を示し、100 を超えるほど「よりおいしい水」としている。

表 2 「よりおいしい水」の指標

①	(2 - 色度) / 5
②	(0 - 臭気強度) / 3
③	(3 - KMnO ₄ 消費量) / 3
④	(0.4 - 残留塩素) / 1
⑤	(0 - トリハロメタン) / 0.1
⑥	(100 - 総硬度) / 300
ただし、10-100の範囲は100とする。	

$$(\text{①} + \text{②} + \text{③} + \text{④} + \text{⑤} + \text{⑥}) \times 10 + 100$$

2.3 医療用水の基準

例えば、透析用水について、平成 19 年に開催された第 52 回日本透析医学会総会学術委員会で提案された基準は、細菌数 100,000 CFU/L 未満、エン

ドトキシシ 50 EU/L 未満である⁶⁾。

3. アジアの都市の飲用水質

3.1 水道水

表 3 アジアの都市の水道水質

	A国	B国①	B国②	C国
pH	7.40	7.12	7.13	7.74
濁度 (度)	6.0	0.0	0.0	0.3
色度 (度)	0.0	6.0	2.5	1.9
TOC (mg/L)	4.8	2.8	2.7	0.8
EC (mS/m)	38.8	12.0	11.6	14.6
Ca (mg/L)	-	9.0	8.6	15.0
Mg (mg/L)	9.08	1.50	1.61	5.22
K (mg/L)	4.77	-	-	-
NO ₃ -N (mg/L)	1.90	-	-	0.51
NO ₂ -N (mg/L)	0.005>	-	-	-
PO ₄ -P (mg/L)	0.20>	-	-	0.20>
SO ₄ (mg/L)	49.1	-	-	22.0
F (mg/L)	0.25	-	-	0.01>
Cl (mg/L)	20.3	-	-	4.0
Br (mg/L)	0.1>	-	-	-
Al (mg/L)	-	0.19	0.17	2.05
Cd (mg/L)	0.012	-	-	-
Pb (mg/L)	0.020	-	-	-
Cu (mg/L)	0.005	0.012	0.015	0.020
Zn (mg/L)	0.011	0.064	0.023	0.273
Fe (mg/L)	0.055	0.061	0.032	0.600
Mn (mg/L)	0.010	0.010	0.007	0.006
T-Cr (mg/L)	0.167	-	-	-
Ni (mg/L)	0.011	0.039	0.026	-
一般細菌(個/mL)	300	-	-	-
大腸菌 (個/mL)	検出	-	-	-

(-: 測定しなかった。□内: 日本の水道水質基準値または目標値を超えている。以下の表も同様。)

表 3 に A 国、B 国及び C 国 の水道水質の一例を示した。浄水処理は、河川水を沈殿池に導入して、その後 Al 系凝集剤で凝集沈殿処理を行っているが、日本の水道水に比べ、濁度や色度が高く、TOC が大きな試料もある。

A 国では、Cr や Ni メッキを行う自動車整備や Hg を用いる金細工、染色等が盛んであるが、排水処理や水質監視が行われていないので、水質汚染に繋がっている。Cd や Pb、T-Cr、Ni 等の金属濃度も高く、原水から除去できていない。また、TOC で示されるように、有機物が多いため塩素が消費されてしまい、一般細菌が多く、大腸菌も検出されている。B 国では Ni が日本の水道水質目標値を、C 国では Al が基準値を超えている。

3.2 地下水

表 4 に A 国の家庭井戸水水質の一例を示した。

表 4 A 国の井戸水の水質

	井戸水①	井戸水②	井戸水③
pH	7.07	7.16	7.14
濁度 (度)	6.0	7.5	3.2
色度 (度)	0.9	0.6	25.5
TOC (mg/L)	11.1	9.7	12.6
EC (mS/m)	72.8	86.6	142
Mg (mg/L)	21.0	23.4	38.6
K (mg/L)	10.7	15.2	21.2
NO ₃ -N (mg/L)	2.08	6.19	2.57
NO ₂ -N (mg/L)	0.005>	0.005>	0.005>
PO ₄ -P (mg/L)	1.10	1.40	1.00
SO ₄ (mg/L)	9.00	17.4	1.90
F (mg/L)	0.05>	0.05>	0.05>
Cl (mg/L)	30.7	35.2	116
Br (mg/L)	0.1>	0.1>	0.1>
Cd (mg/L)	0.011	0.010	0.015
Pb (mg/L)	0.005>	0.005>	0.005>
Cu (mg/L)	0.010	0.020	0.041
Zn (mg/L)	0.016	0.019	0.014
Fe (mg/L)	0.020	0.063	1.30
Mn (mg/L)	0.245	2.14	1.98
T-Cr (mg/L)	0.120	0.148	0.139
Ni (mg/L)	0.052	0.025	0.023

濁度や色度は水道水質基準値を超えており、TOC も日本の中小都市を流れる河川程度で飲用にはならない。し尿の地下浸透が行われているためと考

えられる。この地域では、ミネラルウォーターを飲用に使用し、水道水は料理や洗濯に、井戸水は洗濯やシャワー、便所用に使用している。

住宅以外に豆腐工場(1ヶ所)、パン工場(1ヶ所)、病院(2ヶ所)、小学校(1ヶ所)、中学校(1ヶ所)があり、これらの排水の影響も考えられる。また、CdやFe、Mn、T-Cr、Ni等の金属汚染も見られる。

3.3 ミネラルウォーター

表5にA国、表6にB国⁷及びC国⁷のミネラルウォーター水質の一例を示した。

表5 A国のミネラルウォーターの水質

	A国①	A国②	A国③	A国④
pH	6.68	7.85	7.64	7.79
濁度 (度)	0.2	0.0	0.6	0.2
色度 (度)	1.5	0.0	0.0	1.0
TOC (mg/L)	0.3	0.9	0.9	0.4
EC (mS/m)	29.4	22.0	13.3	22.6
Ca (mg/L)	-	487	144	7.6
Mg (mg/L)	7.59	328	142	27.5
Na (mg/L)	-	140	62.7	26.4
K (mg/L)	2.15	0.05>	0.05>	-
NO ₃ -N (mg/L)	0.73	1.37	5.53	0.30
NO ₂ -N (mg/L)	0.005>	0.005>	0.005>	0.005>
PO ₄ -P (mg/L)	0.58	0.05>	0.05>	0.05>
SO ₄ (mg/L)	1.65	5.12	2.63	0.85
F (mg/L)	0.05>	0.05>	0.05>	0.05>
Cl (mg/L)	1.8	12.7	3.1	1.0
Br (mg/L)	0.1>	0.1>	0.1>	0.1>
Al (mg/L)	-	-	-	-
Cd (mg/L)	<u>0.012</u>	0.001>	0.001>	<u>0.011</u>
Pb (mg/L)	0.005>	<u>0.030</u>	<u>0.021</u>	<u>0.013</u>
Cu (mg/L)	0.005	0.479	0.005>	0.005>
Zn (mg/L)	0.010	0.335	<u>1.07</u>	0.001>
Fe (mg/L)	0.007	0.001>	0.001>	0.039
Mn (mg/L)	0.006	0.043	0.044	0.009
T-Cr (mg/L)	0.112	0.014	0.012	0.013
Ni (mg/L)	<u>0.036</u>	0.005>	0.005>	-

表6 B国及びC国のミネラルウォーターの水質

	B国	C国
pH	7.16	7.41
濁度 (度)	0.1	0.1>
色度 (度)	0.5>	0.5>
TOC (mg/L)	0.5	0.2
EC (mS/m)	61.1	28.2
Ca (mg/L)	6.5	0.1>
Mg (mg/L)	1.12	0.05
NO ₃ -N (mg/L)	0.73	0.18
NO ₂ -N (mg/L)	0.020	0.005>
PO ₄ -P (mg/L)	0.12	0.12
SO ₄ (mg/L)	8.00	0.05>
F (mg/L)	0.06	0.08
Cl (mg/L)	9.0	7.0
Br (mg/L)	0.1>	0.1>
Al (mg/L)	<u>2.70</u>	<u>1.70</u>
Cu (mg/L)	0.005>	0.045
Zn (mg/L)	0.001>	0.004
Fe (mg/L)	0.001>	0.001>
Mn (mg/L)	0.005>	0.005>
Ni (mg/L)	0.005>	0.008

ミネラルウォーター中にも金属類が検出され、Al、Cd、Pb、Zn及びNiが日本の水道水質基準値または目標値を超えている。A国の②、③はCaやMgを多く含むが、C国のものは少なかった。

金属類は陽イオン交換樹脂で除去できそうであるが、実際には、CaやMg等に食われて除去できない。また、RO膜を使用するとミネラル分も除かれてしまう。著者らは、ミネラル分を残し有害金属類を除去する方法を検討している。

4. 浄水器の例

浄水器の製造において、飲用水製造に適した膜の選択が必要である。図1に示すように、MF膜の段階で細菌類を、UF膜ではウイルスも除去できるものがある。NF膜ではSO₄等の比較的大きなイオンを除去できるものがあり、RO膜はNaやClイオンを99%以上除去可能であるため、海水の淡水化に利用されている。飲用水製造用にはUF膜、NF膜、

RO 膜が利用されているが、RO 膜ではおいしい成分も除かれ、また、体にも良くない。

現状では、各処理部品を組み合わせただけの浄水器が多く、洗浄を圧力の増加を見て行ったり、使用期間を決めて膜を交換している。これでは、コストがかかり、また、洗浄に薬剤を使用するため、膜の劣化や環境に負荷をかける。今後は、膜処理システム全体について工夫し⁸⁾、ファウリングを起こさず、低コストで長寿命のものを製造する必要がある。ここで、著者らが係わった浄水器の問題点等を示し、最後に、著者らが開発した膜処理システムを紹介する。

大きさ・孔径	1.0^{-8} cm 1A	1.0^{-7} cm 10A	1.0^{-6} cm 100A	1.0^{-5} cm 1000A	1.0^{-4} cm 1μm	1.0^{-3} cm 10μm
分離対象	CL ⁻ OH ⁻ H ⁺ Na ⁺ Ca ²⁺	しよ糖	フミン酸	各種ウイルス	コロイドシリカ	油エマルジョン ラテックス 大腸菌 ブドウ状球面
膜分離法					精密ろ過膜 (MF)	
			限外ろ過膜 (UF)			
		ナノろ過膜 (NF)				
	逆浸透膜 (RO)					

図1 各種膜のろ過可能物質

4.1 スーパー浄水アクア

北九州市が平成9年に開発した、水道水を原水とした、活性炭、フィルター、特別なNF膜及び紫外線ランプから成る浄水器で、おいしい成分は通し、味を悪くする成分や重金属、化学物質等の有害成分を除く優れた浄水器で、最大10 L/minの処理水が得られる⁷⁾。

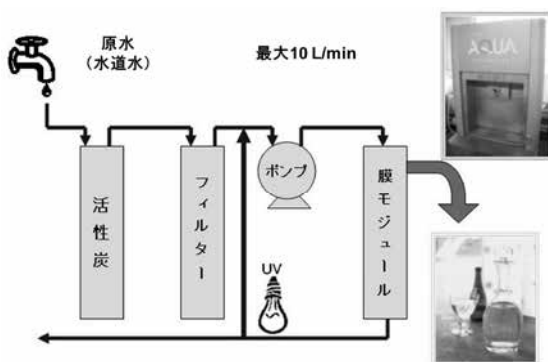


図2 スーパー浄水アクア

1 L 当たり 5 円程度で提供でき、厚生省「おいしい水」の要件を満たし、O index が 3.7、北九州市

水道局「よりおいしい水」の指標が 113 であった。しかし、非常に高額で、販売能力にも問題があつて普及しなかったが、販売価格を家電製品程度に抑えるか、リース等を使えば、今でも十分普及すると思われる。

4.2 B 国の浄水器

フィルター、活性炭、NF 膜、キレート樹脂の構造で、最大 1.3 L/min の処理水が得られる B 国製浄水器について、北九州市の水道水及び河川ろ過水を原水としたときの浄化能と工程別浄化能を調べた⁷⁾。

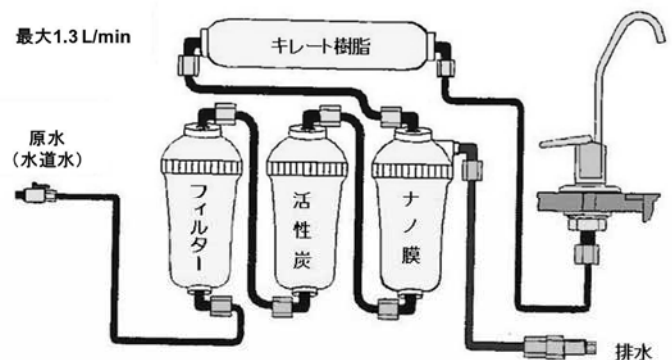


図3 B 国の浄水器

水道水を原水とした場合、硬度や蒸発残留物、NO₃-N、NO₂-N、有害物質の総トリハロメタン、おいしさに関する成分である SO₄ の除去が悪かった。また、浄水器内での一般細菌の増殖が見られた。

河川ろ過水を原水とした場合、硬度や NO₃-N、NO₂-N、SO₄、Cl の除去率は悪かったが、細菌類も除去でき、わが国の水道水質程度に浄化できた。

濁度、色度、TOC、NO₃-N、NO₂-N、Fe 及び一般細菌は活性炭の段階で除去され始め、濁度、色度、Fe、一般細菌及び大腸菌は膜の段階で 100% 除去された。

4.3 D 国の浄水器

フィルター、活性炭及び NF 膜からなる D 国製の浄水器で、B 国都市の水道水を処理した結果、色度や TOC、硬度、多くの金属類を除去できたが、Fe や Mn は除去できず、Mn 及び Ni は日本の水道水質目標値をクリアできなかった。NF 膜の選定に問題があると考えられる。

4.4 長寿命・多目的浄水器

エアレーション及び二重分離タンクを前処理とし、ファウリングが生じ難いようろ過で二方向から定期的に洗浄する膜処理システムを試作した。

UF膜を用いて、高濃度の有機物や金属類を含む人工原水をろ過したところ、6ヶ月間、有機物やイオン、金属類によるファウリングを防ぐことができた。また、RO膜を用いて、海面埋立廃棄物処分場の場内水をろ過したところ、ファウリングを生じることなく可動することができた。

図4に示すように⁹⁾、本膜処理システムに異種類の膜を並列に連結し、それぞれのろ過割合を変えることにより、種々の原水に対し、目的に応じた水質の水が得られる。簡素な構成で、ファウリングや細菌等の増殖を防ぎ、膜や配管の耐久性や寿命、メンテナンス性を大幅に向上させることができ、環境をも考慮した汎用性に優れた膜処理システムを提供できる。

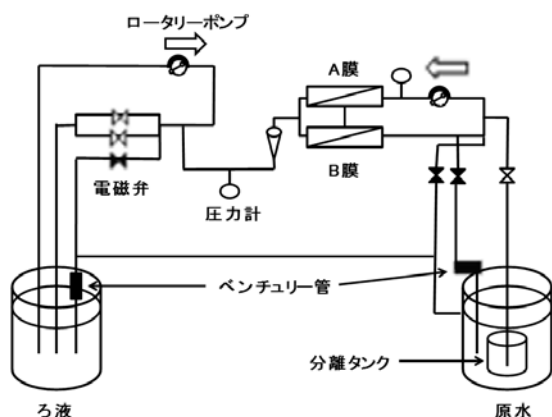


図4 著者らが開発した浄水器

5. 結語

顔に吹き出物が沢山できていた B 国の博士課程の学生が卒業時にはすっかりきれいになっているのを見て、水や食べ物の影響かなと思った。また、著者は途上国の高級ホテルでシャワーを浴びて目がかゆくなったことがあった。途上国の平均寿命は短く、種々の病気を持っている人も多いと思われる。日本の技術を生かして、安全でおいしい水を提供したいものである。

アジアの都市で浄水器を普及する場合、最も注意を払わなければいけないのは有害金属の除去と細

菌等の増殖である。前者については、適切な NF 膜の選択や例えば RO 膜と UF 膜の併用が考えられ、後者については、御社の光触媒を活用することなどが考えられる。

謝辞

膜処理及び医療関係資料を提供していただいた K サイエンスサービス山中邦彦氏に深謝いたします。

参考文献

- 1) 段野孝一郎：最近の水ビジネス市場と主要プレーヤーの動向、
https://www.jbic.go.jp/wp-content/uploads/topics_ja/2014/04/20640/danno_20140317.pdf (2014)
- 2) 水ビジネス国際展開研究会：水ビジネスの国際展開に向けた課題と具体的方策、
<http://www.meti.go.jp/committee/summary/004625/pdf/g100426b01j.pdf> (2010)
- 3) 安藤正典：水道水質基準改正の概要、食品衛生学雑誌、45 (2)、J-151-J155 (2004) .
- 4) おいしい水研究会：おいしい水について、水道協会雑誌、54 (5)、76-83 (1985)
- 5) 橋本奨：健康な飲料水とおいしい飲料水の水質評価とその応用に関する研究、空気調和・衛生工学、63 (6)、463-468 (1989)
- 6) 秋葉隆、川西秀樹、峰島三千男、政金生人、友雅司、川崎忠行、西沢良記：透析液水質基準と血液浄化器性能評価基準 2008、透析会誌、41 (3)、159-167 (2008)
- 7) 伊藤聖恵、石川精一、江口芳夫、江口英範：活性炭-ナノ膜を用いた発展途上国向け浄水器の開発、第 41 回日本水環境学会年会講演集、pp.454 (2007)
- 8) 金成泰、山中邦彦：逆浸透膜自動洗浄機構付逆浸透装置、及び該装置を使用した純水の製造法、特許第 3701012 号 (2005)
- 9) 山中邦彦、石川精一：浄水装置、特許第 5563604 号 (2014)

技術解説

歯周病をご存知ですか？

Do you know the periodontal disease?



九州歯科大学 口腔機能学講座
歯周病学分野 助教
歯学博士 村岡 宏祐
Kousuke Muraoka



九州歯科大学 口腔機能学講座
歯周病学分野 教授
歯学博士 中島 啓介
Keisuke Nakashima

「8020」という言葉をご存知でしょうか。80歳で歯を20本残しましょうというキャッチコピーです。我が国では、残念ながら80歳で20本は残っていません。平成23年度歯科疾患実態調査¹⁾のデータですが、80歳では13.9歯しか残っていません。20本残っている年齢は、60歳後半です。歯がなくなる原因は主に虫歯、歯周病です。つまり歯が抜けるのは老化による自然現象ではないということです。

歯周病は昔、歯槽膿漏と呼ばれていました。歯を支える歯茎や骨の病気です。歯周病菌の数が増えることによって害をおよぼします。虫歯よりも外から見ても変化がわかりにくく、かなり進行するまで痛まないことが多いです。歯周病が進む主な原因は歯垢、歯石がついていることです。歯と歯茎の境目の溝が深くなるほど、歯周病菌は活動しやすくなります。また喫煙、糖尿病などにより細菌に対する抵抗力が弱まり歯周病を進行させます。

歯垢は食べ物のかすと思われがちですが、細菌の塊です。これが歯周病の源です。通常見える歯垢は好気性菌（こうきせいきん）と言われ空気を好む菌です。虫歯の菌がこれにあたります。しかし、歯茎の溝の中にある歯周病菌は独特な菌で、嫌気性菌（けんきせいきん）と言われ空気に触れると死にます。

この歯垢が固まって歯石になります。歯石は、2種類あり、歯石とよく言われているのが歯茎の上に

ある白色の歯石です。また歯茎の下にある歯石は、黒色の歯石になります。この歯石は歯茎の上の歯石よりも固いです。

このような歯周病菌、歯茎の下の歯石などによって歯茎の溝が深くなります。歯茎の溝の深さのことを歯周ポケットと言います。健康な場合の歯茎の溝の深さは3mm以下です。しかし歯周病になると歯茎の溝の深さは4mm以上になります。

歯周病になるとどのような治療を行うかについて説明します。

最初に歯茎の検査、レントゲン、歯の汚れの状態のチェック、お口の中の写真撮影を行います。

第一段階では、歯ブラシと歯茎の上の歯石を取ります。この時行う歯ブラシが重要です。通常は、歯垢を染め出す液を用いてどのくらい歯垢が残っているかのチェックをします。この時、歯を頬つぺた側、裏側、歯の横の2つの面の4つの面に分けてチェックをします。例として歯が20本の場合、測定する面が80面になります。その内、40面に歯垢が付いていれば50%の歯垢が付いていたことになります。健康な歯茎を維持するためには20%以下²⁾にしなくてはなりません。大変ですがこれをしてください。これができなければ歯周病の治療はうまくいきません。

第二段階で、歯周ポケットが4mm以上であれば、麻酔をして歯周ポケット内の歯石などを専用の道具で取ります。この時「がりがり」などの音がしま

すがびっくりしないでください。その後どれくらい治ったかの検査（歯茎の検査，レントゲン，歯の汚れの状態，お口の中の写真）を行います。

第三段階で，再検査後，歯周ポケットが4mm以上の場合は歯周病の手術を行います。これは，歯茎を剥いで炎症性の組織，歯茎の下の歯石などを直接見ながら除去する処置です。近年歯を支える骨を再生する手術方法もあります。しかし，この方法は垂直的に骨が吸収した場合でしか適応ではありません。歯周病の手術をする前提として，お口の汚れが20%以下でないと手術の適応ではありません。お口が汚れたままでは先程お話したとおり歯茎がまた悪くなるからです。手術が終わりましたら再度歯茎の検査を行います。その後，差し歯，入れ歯などの最終的なものを入れていきます。



図1 歯周病でない歯の実験開始前の口腔内写真（0週）

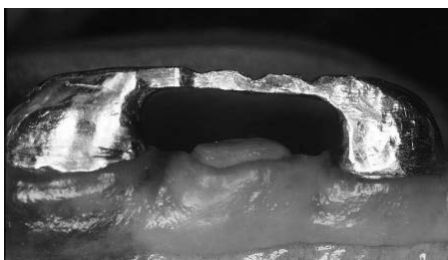


図2 歯周病でない歯の実験終了時の口腔内写真（12週）

最近噛みづらい，若い時は綺麗な歯並びだったのに今はガタガタな歯並びになった，強く噛むと歯が痛いなどと感じたことはなかったでしょうか。これも歯周病による影響かもしれません。歯茎の炎症が歯を挺出させるからです。村岡ら³⁾は，歯周病でない歯と歯周病である歯を比較しました。歯周病でない歯は，12週間で0.4mmほど歯が挺出しました（図1，2）。しかし，歯周病である歯は，12週間で1.3mmほど歯が挺出しました。歯周病が起きると12週

間で約3倍歯が挺出しました（図3，4）。同時に垂直的に歯が浮くだけでなく水平的にも歯が移動することもわかりました。このように歯茎に炎症があると歯が自由自在に動くと言っています。若い時は歯がまっすぐ並んでいたのに今はガタガタな歯並び，最近噛みづらいと感じるのはこの影響の一つです。また歯周病で噛むと痛い原因は，歯周病の炎症によって上の歯と下の歯が動き，上の歯と下の歯が強くあたるようになるためです。しかし歯の痛みの原因はこればかりではなく虫歯，歯の神経の痛み，歯の根っこが出て冷たいものでしみる知覚過敏などがあります。このため歯の痛みの原因に関しては歯医者さんでよく見てもらってください。



図3 歯周病が起きる前の口腔内写真



図4 歯周病が起きた後の口腔内写真（12週）

歯周病と全身の関係についてお話をします。最近の研究により歯周病が肥満⁴⁾，糖尿病⁵⁾，メタボリックシンドローム⁶⁾，低体重児・出産⁷⁾，心臓血管疾患^{8,9)}などに影響していると明らかになっています。発症のメカニズムは完全に解明はされていませんが，歯周病菌が血管に入り，全身の血管に回り，歯周病菌が心臓などの臓器に到達し影響をおよぼすと考えられています。このように歯ブラシが不十分であると歯周病菌が増え，そこから心筋梗塞などの様々な疾患に影響します。特に影響があるのは糖

尿病であると考えられています。糖尿病の合併症として足のしびれ、失明などが有名ですが、歯周病は糖尿病の第六の合併症と言われています。糖尿病治療で病院に行った時に血液検査を行うことがあると思います。この時に診るマーカーとして血糖値が有名ですが、歯科医が一番の指標として診るのがHbA1c（へもぐろびんえいわんしー）です。これは一か月間にどのくらい糖尿病が安定しているかをみる指標です。これが安定、HbA1c が7以下でないと歯を抜く、歯周病の手術といった処置ができません。糖尿病の薬を飲むことはもちろんですが、歯周病の治療、歯ブラシと歯茎の上と下の歯石を取る治療を行うとHbA1c が下がったとの報告¹⁰もあります。このように糖尿病と歯周病は密接な関係であると言えます。

先程から歯周病菌のお話をしていますが、歯がない人は歯周病菌がないと考えていいと思いますか。答えはNoです。総入れ歯を一年以上いれている人の血液を採取すると歯周病菌が存在したとの報告¹¹があります。このように歯がない人でも歯周病菌が多くいることを知ってください。しかし歯周病菌をなくす治療法がないのが現状です。

近年歯周病と生活習慣病以外に、歯周病と舌癌の関係の報告¹²があります。舌癌の白人男性と癌でない白人男性を比較すると、歯を支える骨の吸収が1mm 増加するごとに舌癌のリスクは5.2 倍増加すると述べています。また、アメリカのNHANES という日本でいえば国政調査に相当するものですが、そこで60 歳以上の男女で歯周病と認知機能の関係を調べた報告¹³があります。その結果、歯周病が重度の人は軽度の人と比較すると記憶力は2.89 倍、計算力は1.95 倍それぞれ低下すると述べています。このように歯周病が様々な所で影響していることを察していただけたと思います。

次に歯周病の治療がお口の中に影響するかをお話します。歯周病の治療が終わっても歯垢がある限り、再発の可能性が高いので十分な歯磨きが必要です。また、定期的に歯垢、歯石を取ることで、メインテナンスが重要になります。車のメンテナンスを行うことと同じ意味であると考えてください。とにかく定期的なお口の管理が重要です。歯周病の治療

をすると、歯茎の炎症が無くなり歯茎が退縮します。歯と歯の隙間が大きくなるなどの違和感が出ると思いますが、歯茎にとっては良いことです。また、歯の動揺も減少します。さらに噛み合わせですが、歯周病によって噛み合わせがおかしくなりますが、治療によって噛み合わせが改善していきます。歯周病の治療を行うと噛む力がどれくらい変わるかを牧野ら¹⁴が報告しています。その結果、歯周病治療前の噛む力が481Nでした。歯周病の治療を行うと噛む力が606Nに増加しました。

このように歯周病の治療においても様々な影響することがあります。アメリカ歯科医師会は「floss or die」：フロスをしますか死にますかと強烈なメッセージを出しました。これを信じますか？受け入れますか？

最後に、歯周病対策に用いる歯ブラシの仕方があるのかとよく聞かれます。歯ブラシの方法は様々ありますが、今回はバス法という方法を述べさせていただきます（図5）。この方法は歯周病の治療において主に行っている方法です。バス法は、歯ブラシの毛先を歯に対して45 度に当て、歯周ポケットに入るようにします。動かす歯は、1 から2 本です。横に小刻みに動かし軽い力でお願いします。持ち方ですが、鉛筆持ちでお願いします。利き手と逆（例、右利きであれば左側の歯）はやり易いのですが、利き手の方は難しいですので気を付けてください。

歯間ブラシですが、歯ブラシの補助ではありません。名前を見ていただければ分かるように、歯と歯の間のブラシです。歯間ブラシも歯周病対策に欠かせないものの一つです。毎日普通に歯ブラシを使うのと同じように使ってください。使い方ですが、ただ歯の間に入れて頂くだけでなく歯の間の歯茎の溝に沿わせて入れてください。歯は丸くなっていますので、歯間ブラシをまっすぐ入れるだけではうまく磨けません。汚れが落とせるかはいかに歯の溝に適切に沿わせるかにかかってきます。この時頬側だけでなく、裏側の方も同じように入れてください。

歯医者さんで歯周病のチェックをしてはどうでしょうか。あなたの歯茎は大丈夫？と結びまして終了とします。ありがとうございました。

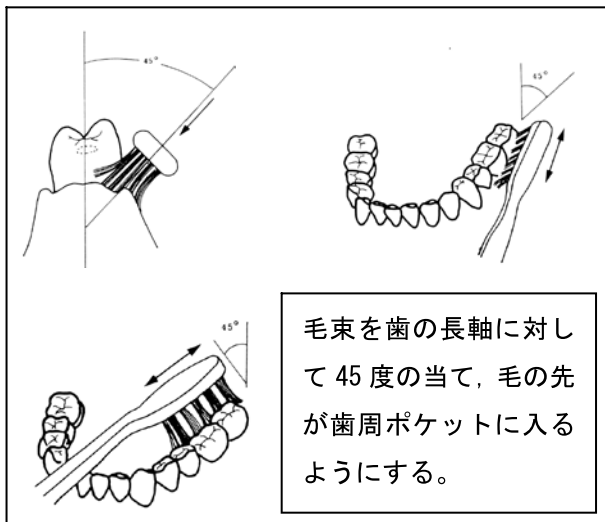


図5 バス法の仕方

参考文献

- 1) 日本口腔衛生学会編：平成 23 年歯科疾患実態調査報告，東京，2013.
- 2) O'Leary TJ, Drake RB, Naylor JE: The plaque control record. J Periodontol , 43: 38, 1972.
- 3) 村岡宏祐，久保田浩三，田代芳之，横田誠：イヌにおけるルートプレーニングが実験的歯周炎歯の挺出に及ぼす影響. 日歯周誌, 44:148-158, 2002.
- 4) Saito T, Shimazaki Y, Sakamoto M: Obesity and periodontitis. N Engl Med, 339:482-483,2001.
- 5) Taylor GW, Burt BA, Becker MP, Genco RJ, Shlossman M, Knowler WC, Pettitt DJ: Severe periodontitis and risk for poor glycemic control in patients with non-insulin-dependent diabetes mellitus. J Periodontol, 67: 1085-1093, 1996.
- 6) Saito T, Shimazaki Y, Koga T, Tsuzuki M, Ohshima A: Relationship between upper body obesity and periodontitis. J Dent Res, 80: 1631-1636, 2001.
- 7) Offenbacher S, Katz V, Fertik G, Collins J, Boyd D, Maynor G, McKaig R, Beck J: Periodontal infection as a possible risk factor for preterm low birth weight. J Periodontol, 67: 1103-1113, 1996.
- 8) Al-Zahrani MS, Bissada NF, Borawski EA: Obesity and periodontal disease in young, middle aged, and older adults. J Periodontol, 74: 610-615, 2003.
- 9) Wood N, Johnson RB, Streckfus CF: Comparison of body composition and periodontal disease using nutritional assessment techniques: Third National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES III). J Clin Periodontol, 30: 321-327, 2003.
- 10) Munenaga Y, The Hiroshima Study Group, Yamashina T, Tanaka J, Nishimura F: Improvement of glycated hemoglobin in Japanese subjects with type 2 diabetes by resolution of periodontal inflammation using adjunct antibiotics: results from the Hiroshima study. Diabetes Res Clin Pract, 100: 53-60, 2013.
- 11) Fernandes CB, Aquino DR, Franco GC, Cortelli SC, Costa FO, Cortelli JR : Do elderly edentulous patients with a history of periodontitis harbor periodontal pathogens?. Clin Oral Implants Res, 21: 618-623. 2010.
- 12) Tezal M, Sullivan MA, Reid ME, Marshall JR, Hyland A, Loree T, Lillis C, Hauck L, Wactawski-Wende J, Scannapieco FA: Chronic periodontitis and the risk of tongue cancer. Arch Otolaryngol Head Neck Surg, 133: 450-454, 2007.
- 13) Noble JM, Borrell LN, Papapanou PN, Elkind MSV, Scarmeas N, Wright CB: Periodontitis is associated with cognitive impairment among older adults: analysis of NHANES-III, J Neurol Neurosurg Psychiatry, 80: 1206-1211, 2009.
- 14) 牧野正敬，村岡宏祐，横田誠：歯周基本治療における咬合状態の変化に関する研究. 日歯周誌, 49 : 37-46, 2007.

技術解説

世界トップの高殺菌、消臭機能を有した 光触媒高機能浄化製品の開発

Development of High Sterilization of the World's Top and Photocatalytic High-performance Purification Products with Deodorizing Function

株式会社フジコー
技術開発センター
常務取締役 センター長



工学博士 永吉 英昭
Hideaki Nagayoshi

溶接・鋳造・溶射などの表面処理技術の中で音速の約 3 倍の高速でかつ酸化を殆ど抑制することに成功した溶射技術開発により、日本独自に開発された光触媒技術開発へと展開ができるようになった。蛍光灯の光（可視光）でも、高性能の殺菌・消臭技術への実証がかなり進められてきて、空間の浄化へと発展して JAXA などの宇宙空間への展開や病院介護分野への殺菌・消臭など、さまざまな分野への展開が進められている。本報告で、産学官の経緯と高機能浄化製品の具体的な内容を報告する。

そこで、弊社（株フジコー）は、表面処理方法の一つである溶射技術に着目して、開発を進めてきた。図 1 に会社概要を示す。株式会社フジコーは、今年（平成 27 年）創立 63 年目で鉄鋼事業を中心に事業展開している会社である。事業の中でも表面処理として、連続鋳造技術（弊社独自技術：CPC）でロールを製造、またさまざまな分野での溶接技術を中心に行われてきたが、溶射は特に高速フレーム溶射に特化して、事業展開してきた。

1. 初めに

国内発の光触媒技術は、超親水性を利用した防汚効果や水の浄化などのさまざまな分野へ応用され、事業化の期待も大きい。

しかし、対象材料に光触媒材料を塗装方法などでコートを行う方法では、耐久性や光触媒特性の発揮を十分行うことができない等の課題があった。

2. 高性能光触媒製品（MaSSC）の内容

2.1 光触媒とは

二酸化チタンの主材料に紫外光を含む太陽光が照射されると、照射された部分に接触した大気中の水分（H₂O）が、酸素イオンと水酸ラジカルの活性酸素に分解し、それらが有害物質や菌と接触すると、酸化分解して二酸化炭素と水などになる現象である。図 2 にその現象を示す。



図 1 会社概要

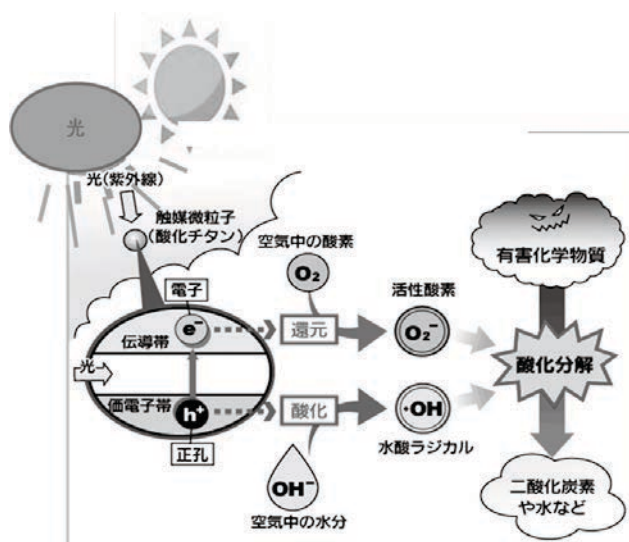


図 2 光触媒による有害物質の分解

2.2 フジコーの光触媒技術

この光触媒技術は、国内で発見されてから数十年経過したが、この間ガラスやタイルなどの材料に光触媒材料を表面処理することにより、超親水性等の効果による防汚分野などに応用された。しかし、表面処理された光触媒材料の光触媒特性や耐久性が低いなどの課題があった。そこで、この課題を克服するために材料の酸化を抑制し、超緻密・超密着性の光触媒材料の表面処理を開発した。

図3に従来品とフジコー品との比較を示す。

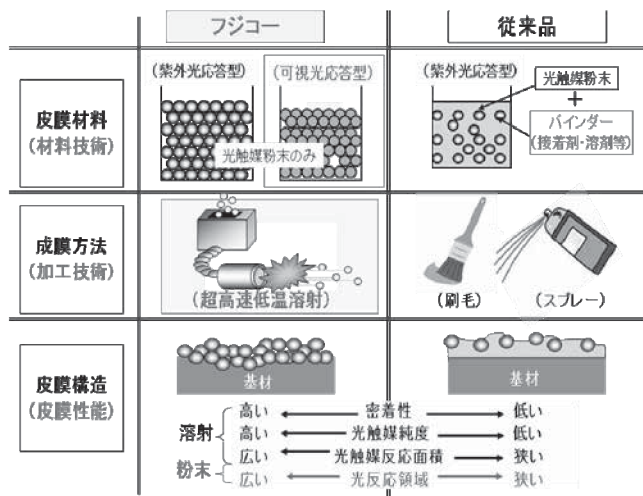


図3 フジコー品と従来品との比較

従来品は、皮膜材料として紫外光応答型の光触媒粉末をバインダーとして接着剤や溶剤等で混合し、成膜方法として刷毛やスプレーで表面処理を行う方法では、皮膜性能として密着性・光触媒純度が低く、光触媒反応面積が狭い等の課題があった。

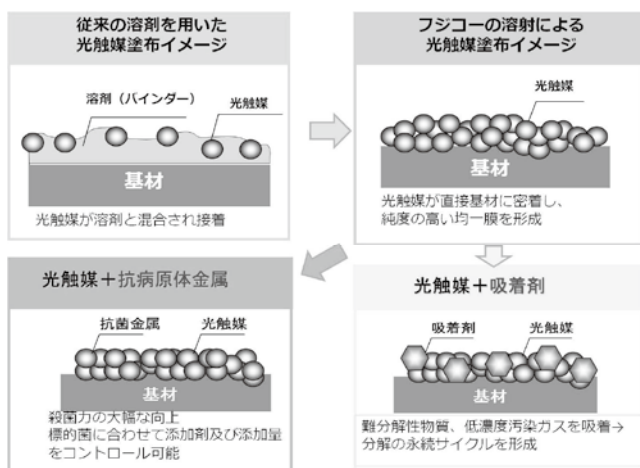


図4 脱臭・殺菌対応光触媒皮膜の実現

そこで、弊社は超高速低温溶射により、紫外光応答型や可視光応答型の材料をバインダー無しで密着性・光触媒純度の非常に高い、高特性の皮膜形成を可能とし、この技術を応用して、図4に示すように環境改善（脱臭・殺菌）に対応できる光触媒皮膜を実現した。

2.3 産学官連携による経緯

この高特性の光触媒皮膜製造技術は、表1に示すように平成13年から鉄鋼製品への溶射による表面処理への高性能化を目的にスタートした。

平成15年から光触媒成膜への応用につながり、今日に至っている。

表1 「産学官」連携の経緯

年度	成果	公的支援先
平成13年度	「省エネルギー型超音速溶射装置の開発」	北九州市
平成14年度	溶射温度の制御に成功	
平成15年度	「TiO ₂ 光触媒ナノ粉末の超高速低温溶射成膜技術開発」	北九州市
平成16年度	高性能・高耐久・高密度光触媒成膜に成功	
平成17年度	第1回ものづくり日本大賞優秀賞受賞	経済産業省
平成18年度	「可視光応答型光触媒材料超高速低温スプレー溶射成膜技術開発」	北九州市
平成19年度	高性能・高耐久・高密度可視光応答型光触媒成膜に成功	
平成19年度	「可視光応答型TiO ₂ 溶射技術を用いた高性能抗菌製品技術開発」	北九州市 九州経済産業局
平成20年度	連携体構築支援事業「光触媒抗菌溶射製品市場化調査」	
平成20年度	九州経済産業局地域資源活用型・地域イノベーション研究開発事業	九州経済産業局 (FAIS職のご支援)
平成21年度	「高性能殺菌、消臭分解機能をもった生活空間浄化製品の開発」	
平成22年度	北九州エコプレミアム押し商品・トライアル発注認定新商品として認定	北九州市
平成23年度	・新連携支援事業「事業化・市場化支援事業」認定・交付 ・光触媒製品販売会社「株式会社MASSCフジコー」設立 ・第4回ものづくり日本大賞特別賞受賞 ・先端技術実証・評価設備整備事業補助金交付	九州経済産業局
平成25年度	光触媒製品製造専用工場「若松智工場」建設稼働	九州経済産業局 北九州市

3. 空間浄化への商品化

3.1 生活空間の衛生・環境問題

人の生活空間では、病院・介護分野での院内感染、高齢者施設の臭いや菌による衛生関連、公共施設の臭いや菌の影響、高気密住宅のシックハウス症候群、食品衛生関連の菌の影響、畜産分野では、口蹄疫や鳥インフルエンザなど衛生・環境問題が、地球規模で広く問題となっている。

そこで、これらの問題を少しでも低減することを目的に、太陽光の紫外光だけでなく室内空間の可視光でも有害な菌の抑制や有害物質のVOCの分解や不快な臭いを消臭する高性能な光触媒材料を表面処理した床・壁・天井材や空間浄化装置を開発してきた。図5に感染経路及び商品の適用例を示す。

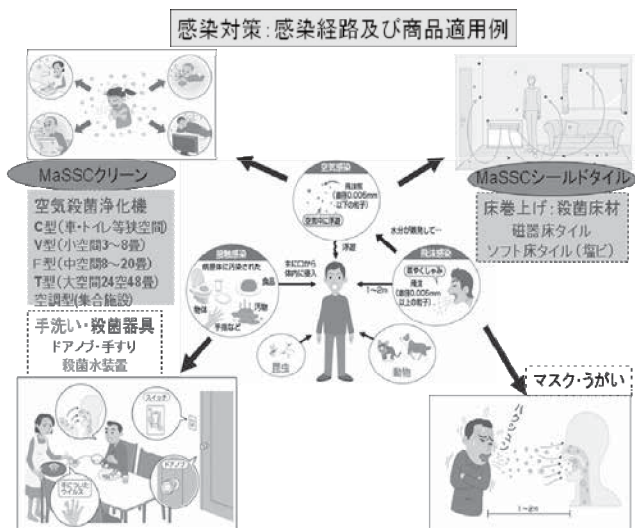


図5 感染経路及び商品の用例

具体的な商品は、床や壁などによる床巻上げなどに対しては、磁器タイルやソフト床タイルとゼオライトボードなどのMaSSCシールドと空間の空気殺菌浄化機としてMaSSCクリーン、更に太陽光を利用したMaSSCソーラーリアクターに分けられる。

このMaSSCとは、「Material with Strong Sterilization Capability」の頭文字を示したもので、“強い殺菌能力を発揮する材料”という意味である。

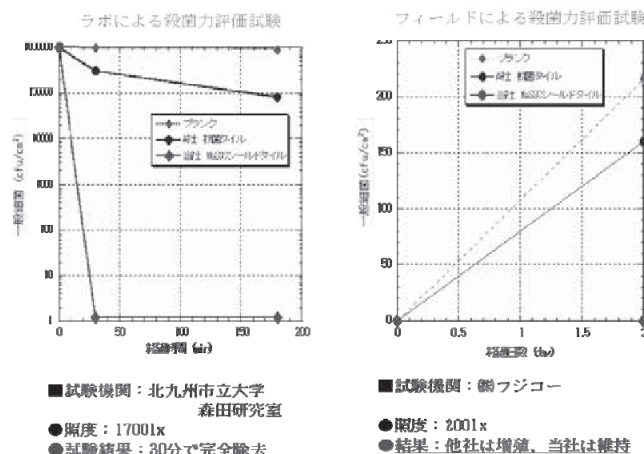


図6 MaSSC シールドタイルでの評価

3.2 MaSSC シールド

床に使用される磁器タイルや塩ビのソフトタイル、壁材のボードなどの床壁材料を総称してMaSSCシールドとして、商標登録されている。

図6に、タイルでの殺菌特性を示している。40wの蛍光灯の10cm直下の明るさである1700ルクスの可視光で、弊社のMaSSCシールドタイルは、1000万個/cm²の一般細菌が約30分で細菌数がゼロになっていることが公的試験機関で実証されている。比較として、これまで有効とされている他社の抗菌タイルでの同様な評価結果を示すが、数時間後でも1桁の殺菌性能を示すレベルである。

3.3 MaSSC クリーン

電気エネルギーを利用するMaSSCクリーンは、弊社独自で製造するアルミ繊維フィルターに高性能光触媒材料を超緻密・超密着性能を持たせた表面処理を行うことによって、低照度の可視光でも、優れた殺菌と消臭を兼ね備えた空気浄化装置で、内容を図7に示す。

ファンにより、菌・ウイルス・臭いの原因物質を強制吸引し、分解・殺菌を行う。そのため、広域な実生活空間に大きな消臭・殺菌効果を発揮する。

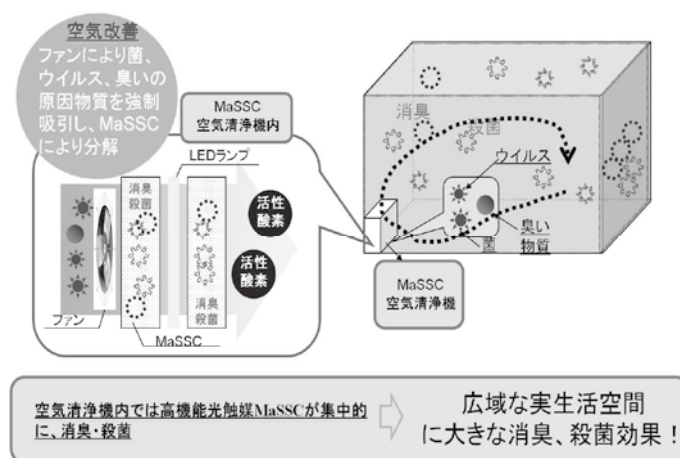


図7 MaSSC クリーンの概要

3.4 MaSSC ソーラーリアクター

MaSSCソーラーリアクターは、工場などの広い空間での浄化に適している。夜間の太陽光のない状態では、弊社の溶射による表面処理した材料に浄化対象の空間の空気を通して吸着させ、昼間の光で光触媒分解させる方法をとっており、分解エネルギーとしての電気はファンのみであることから、省エネ製品といえる。図8にその外観写真を示す。



図8 MaSSC ソーラーリアクターの外観写真

4. 空間浄化への実証事例

4.1 病院・介護分野

実際に MaSSC 製品を病院・介護分野で実証している代表例を紹介する。病院への MaSSC シールドタイルを施工した結果、なにも施工されていない場所に比べて、トイレ・病室・分析室など殆どの箇所で有害菌の抑制効果が実証されている。その例として図9に病院の病理検査室の有害物質のキシレンでの結果を示す。

実証事例：病院・病理検査室

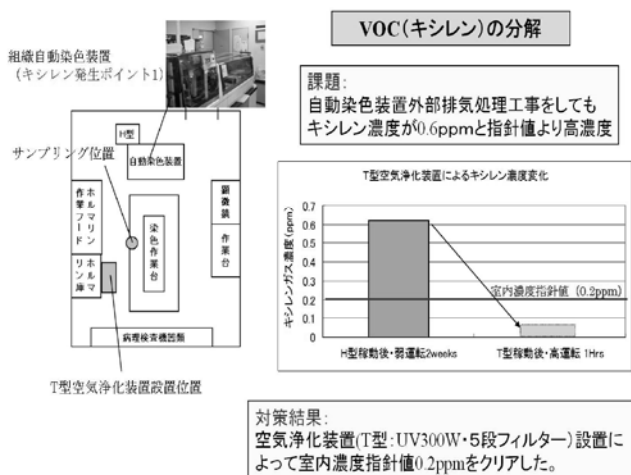


図9 病理検査室でのキシレンの低減効果

従来は、自動染色装置外部排気処理工事を行ってもキシレン濃度が 0.6ppm と国の定める指針値よりも高濃度であった空間が、MaSSC クリーン設置によって室内濃度指針値 0.2ppm をクリアした。また、尿検査室事前調査で、日本病院設備協会規格・病院

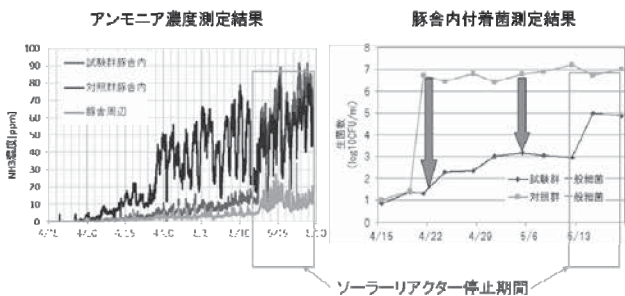
空調設備の設計・管理指針 HEAS-02-1998 の検査室清浄度クラスV 500cfu/m³ を大きく上回った空間が、空気浄化装置 MaSSC クリーン (UV300W・5段フィルター) 設置によって室内の浮遊菌濃度が大幅減少し、日本病院設備協会規格・病院空調設備の設計・管理指針 HEAS-02-1998 の特殊検査室清浄度クラス III 200cfu/m³ 以下の状態となった。さらに病室例では、6床病室事前調査で、日本病院設備協会規格・病院空調設備の設計・管理指針 HEAS-02-1998 の一般病室清浄度クラスIV 500cfu/m³ を上回った病室が、空気浄化装置 (UV70W・2段フィルター) 設置によって室内の浮遊菌濃度が大幅減少した。日本病院設備協会規格・病院空調設備の設計・管理指針 HEAS-02-1998 の ICU 清浄度クラス III 200cfu/m³ 以下の清浄度クラス II 100cfu/m³ の状態となった。

病院でのリネン室の例では、リネン室に殺菌タイル設置によって、床菌が清浄度クラス III の準清潔基準レベルまで大幅激減・臭いの発生がなくなり、室内の浮遊菌濃度もゴミ回収状態でもクラス IV の一般清潔基準レベルまで大幅減少した。

4.2 畜産分野

数年前、宮崎県で口蹄疫 (こうていえき) の発症により、牛や豚の数十万頭の処分が行われるなど、大変な対応が宮崎大学の獣医学関係の先生方も対応されたが、そのきっかけとして弊社の光触媒技術での実証が今でも行われている。その例を挙げると、宮崎大学獣医学の場所にセミウィンドウレスタイプ豚舎を2つ用意し、一方に循環型 MaSSC ソーラーリアクターを設置した試験群、他方を対照群に設定、比較評価した。その豚舎に子豚を5頭ずつ飼育し、豚舎内外の環境変化について調査を行った。また、舎内は換気せず、糞尿もそのままの条件で実験を行った。その結果、床面のブドウ球菌他・空気中の浮遊菌数・空気中の浮遊菌数・アンモニア・アセトアルデヒド・ノルマル酪酸の低減が確認できた。図10にアンモニア・細菌の比較を示す。ソーラーリアクターを停止すると、試験群豚舎内の NH₃ 濃度及び付着細菌数が急激に増加したことから、循環式ソーラーリアクターシステムは、アンモニア・細菌の低減にも大変有効であることが実証された。

ウィンドウレス豚舎内での実証実験Ⅱ (循環型ソーラーリアクターの効果実証)



【結果のまとめ】ソーラーリアクターを停止すると、試験群豚舎内のNH₃濃度及び付着細菌数が急激に増加した。

⇒循環式SRシステムはアンモニア、細菌の低減に有効である

図 10 ウィンドウレス豚舎内での循環型 MaSSC ソーラーリアクターの実証

4.3 一般施設

平成 21 年に、北九州市のモノレール駅で特に男性用トイレがアンモニアなどの悪臭がひどく、苦勞されているとの相談があり、北九州市立大学とも連携して、その対象となる床に MaSSC シールドタイルを施工した結果、臭いがほぼなくなり、現状でも維持されている。図 11 にテレビや新聞に掲載された情報を示す。

人間の尿は、一般的には臭いは少ないが、床に存在する細菌が尿をアンモニアに分解することによって臭いがきつくなるため、床の菌の抑制が重要であることがこの事例でも確認できる。

MaSSC商品紹介 (殺菌タイル)

フィールド試験・評価 (北九州モノレール平和通駅)

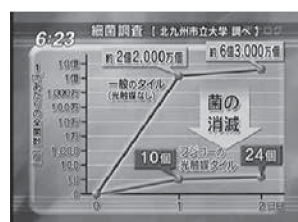
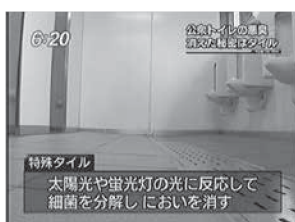


図 11 モノレールのトイレでの MaSSC シールドタイルの臭い抑制事例

現在、JR の新橋駅や横浜も北口側のトイレなど、公共トイレ等さまざまな場所への使用が行われ、殺菌・消臭の効果が確認されている。

5 終わりに

太陽光や室内の可視光を利用した弊社の高性能光触媒製品 MaSSC は、人や畜産の空間の浄化に徐々にあるが浸透してきていると感じている。この高性能溶射技術を駆使した製品及び光触媒技術は、2012 年に国内のものづくり日本大賞の特別賞を受賞し、さらに宇宙ステーションなどの空間の浄化にも役立つことにつながってきている。病院・介護関係および畜産関係のご専門の先生方が、昨年(平成 26 年) から本格的に感染学会や畜産学会で発表されることが頻繁に行われてきている。これらの技術をさらに、さまざまな分野の方々からご指導やご協力をいただきながら、少しでも空間の浄化に役立たせていきたい。

参考文献

- 1) 末吉 益雄：フジコー技報 No.22(2014) 11
- 2) 山本 清司、張 文皓、焼山 なつみ、原賀 久人、大野 京一郎：フジコー技報 No.22(2014) 33
- 3) 株式会社マスクフジコーホームページ
http://www.massc.jp/about/thermal_spray.php

技術論文

CPC 法による熱間圧延用ワークロールの製造と改善取組み

Manufacturing and Improvement of Work Roll for Hot Strip Mill by Using CPC Process



技術開発センター
商品・生産技術開発室 室長
博士(工学) 園田 晃大
Akio Sonoda

技術開発センター
商品・生産技術開発室
係長 花田 喜嗣
Yoshitsugu Hanada

技術開発センター
メカトロニクス開発室 室長
博士(工学) 牟 用煥
Yong-Hwan Mo

技術開発センター
副センター長
博士(工学) 姜 孝京
Hyo-Gyoung Kang

技術開発センター
センター長
博士(工学) 永吉 英昭
Hideaki Nagayoshi

要 旨

当社では CPC プロセスによって熱間圧延用ワークロールの製造を行っている。製鉄所で製造される製品の品質や生産性にワークロールは大きく関わってくる。そのため、製鉄所からワークロールに要求される様々な品質やコストに応えることが重要である。本稿では、当社で行ってきたワークロール製造についての改善取組みについて紹介する。独自のワークロール再生技術や重切削加工技術、摩擦圧接技術、熱処理技術、新材質設計技術を適用した結果、ワークロールの生産性向上や特性改善が大きく見込まれた。

Synopsis:

FUJICO has been producing work roll for hot strip mill by using CPC process. The work rolls are greatly related to quality and productivity of the product produced in steel works. Therefore, it is important to respond at various quality and cost necessary for the work roll from steel works. In this paper, the challenge of the improvement on the work roll manufacturing in our company is described. Productivity improvement and characteristic improvement of the work roll are expected, by applying various new techniques as follows: original regeneration technique, heavy-duty machining technique, friction-welding technique, heat treatment technique and new materials design technique.

1. 緒言

製鉄所で製造される鉄鋼製品は、熱間圧延の工程を経て様々な寸法や形状に形成されている。この熱間圧延では、鋼材は熱間圧延用ロール（以下ワークロールと記す）を介して大きな圧力が加えられて塑性変形する。そのため、ワークロール表面の性情が直接鉄鋼製品の品質に結びつくため、鉄鋼メーカーからワークロールに対して要求される諸特性も様々である。また、生産性の観点からも、摩耗が少なく長期間使用できるワークロールが望まれている。

ワークロールに要求される代表的な特性は、耐摩耗

性であり、近年では、従来の高クロム鑄鉄ロールや、グレン鑄鉄ロールに代わって、耐摩耗性に優れたハイスロールが広く適用されている¹⁾ (Fig.1)。当社においても、特許第 552637 号 (特公昭 44-4903) で代表される独自の CPC (Continuous Pouring process for Cladding) 法を用いて、ハイス材を肉盛り層としたワークロールをこれまで多く製造してきた²⁾。

上述のように、各製鉄所からワークロールに要求される内容も多くあるため、その要求に応えるべく、当社でも様々な改善の取組みを行っている。本稿では、ワークロール製造に関わるコスト低減、生産性向上や

機能性改善など、当社で行っている取組みについていくつか紹介する。

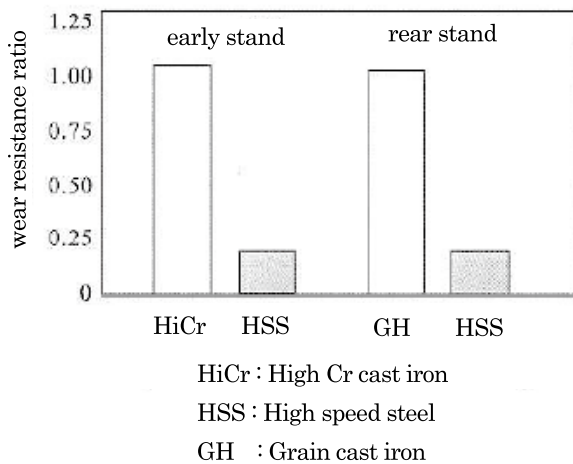


Fig.1 Wear resistance of work roll for hot strip mill at finishing stand¹⁾

2. CPC プロセスによるワークロールの製造

ここでは、CPC 法を用いたハイスを肉盛り材としたワークロールの製造方法の概要を説明する。Fig.2 に示すように、CPC 法では中実の芯材をモールドの中心にセットし、モールドと芯材の間にクラッドしようとする熔融金属を鑄込み、高周波誘導加熱により芯材に溶着攪拌をさせながら、断続的に引き抜くことで複合素材を製造する。そのため、遠心鑄造法のように、元素の偏析がなく均一な一層肉盛りが可能となる。ハイス系のように Cr、Mo、V、W 等の炭化物生成元素を多く含む成分系においては、肉盛り層の中で元素の偏析があると、生成した硬質の炭化物も偏析してしまい、欠陥発生の要因となることから、ロールとしての機能性を損なう場合もある。このような点からも、CPC 法は多合金の材料を肉盛りする手法として優れているといえる。

さらに、芯材には強靱な SCM 鍛鋼を使用することができるため、CPC 法で製造したワークロールの軸部は、圧延時の高い機械的負荷にも十分耐えうる強度を合わせ持つことになる。このように、CPC 法はワークロールの製造法として最も適している手法といえる。

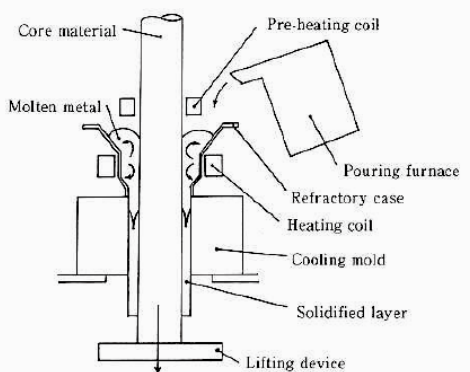


Fig.2 Schematic diagram of CPC process²⁾

3. ワークロールにおける改善の取組み

本章では、当社がこれまで取り組んできたワークロールの様々な改善の取組みについて紹介する。

3.1 再生ワークロール

通常、ワークロールは廃却径まで使用されると廃棄処理されていたが、当社ではこの廃棄ロールに着目し、新たに廃棄ロールから使用可能なロールに再生する技術確立を試みた³⁾。なお、再生ワークロールについては、フジコー技報 No.18 (2010) P.62 に紹介されているが、ここでも概要について以下に抜粋する。

この再生ワークロールの製品イメージを Fig. 3 に示すが、廃棄ロールを芯材として、Fig.1 で示す CPC 法により、圧延製品と接触する胴体部に硬質なハイス層を再成形する。さらに、軸部は特殊溶接法を駆使することで形状を復元する。このようにして、胴体部と軸部を新品ロールと同様の形状に復元することで、廃棄ロールを新たなロールとして再生することができる。

この新技術で製造されたロールは、耐摩耗性、耐肌荒れ性、強靱性およびロール形状のすべてにおいて新品ロールと同等以上の性能を有することになる。

なお、再生 CPC ワークロールの期待効果は大きく、以下のような点が挙げられる。

- ①廃棄ロールを芯材として再利用し、新品ロール対比約 20%以上のコストダウン可能
- ②芯材の製造に関わる納期(従来 6 ヶ月~1 年)の短縮可能(最終製品納期が 1/2 に短縮)
- ③CPC ハイスロールのコストパフォーマンス確保による適用拡大可能 (Table 1)
- ④鉄鋼メーカーの積極的導入により、鋼板品質の向上可能及び製造コスト削減可能
- ⑤芯材を再利用することで、芯材製造に関する CO₂ 排出量を大幅に削減可能 (Fig.4)。

また、本技術は特許第 5268431 号など 3 件特許取得済みである。

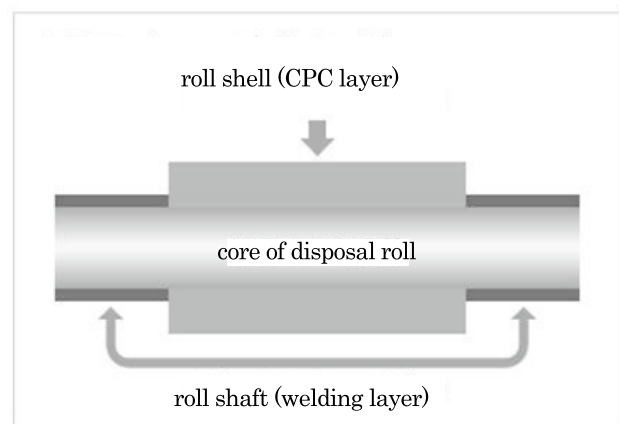


Fig.3 Schematic diagram of regeneration work roll³⁾

Table 1 Roll performance effect for regeneration work roll³⁾

	Roll performance	Cost	Cost performance
Centrifugal cast HSS	1	1	1
CPC HSS	1.5	1.2	1.25
Re-CPC HSS	1.5	1	1.5

Roll performance : Rolling amount of production per 1 mm roll consumption in diameter on the average

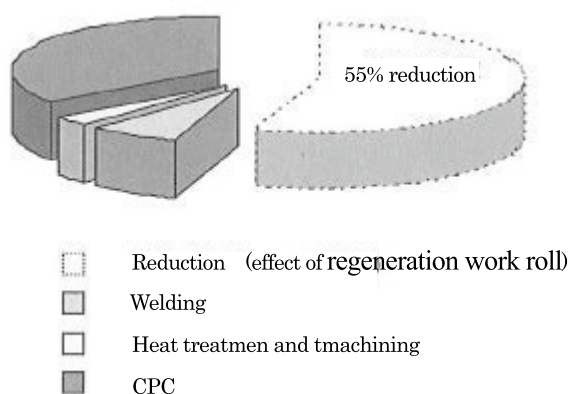


Fig.4 CO₂ reduction effect for regeneration work roll³⁾

3.2 重切削加工技術

当社では、ワークロールのような大型ロールの製造を行っていく上で、独自設計による高性能で低コストな重切削加工旋盤の開発を行ってきた⁴⁾。

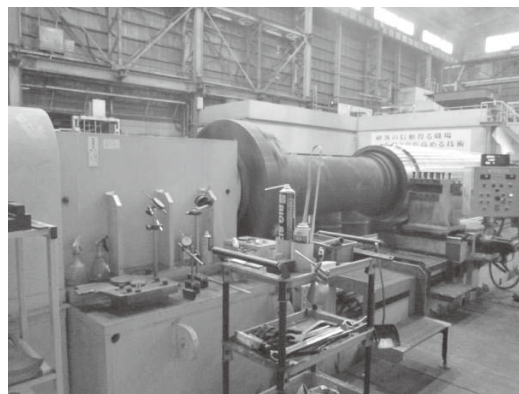
3.1 章で記載した再生ワークロール製造の場合、引き取った廃棄ロールには、胴部に HS80 以上の非常に硬いハイス材が約 30mm 程厚く残存しており、最初この層を機械加工で除去する必要がある。その際、既存旋盤を用いて加工する場合は、旋盤の剛性やチップ損耗、加工時間などの問題で軟化焼鈍熱処理によりハイス材の硬さを下げる必要があった。

また、再生ワークロールや新品ワークロール製造に限らず、CPC 法で製造したワークロールは、CPC 直後の肉盛り層の硬さが HS60~90 とバラツキが大きく、軟化焼鈍熱処理により肉盛り材の硬さを HS40 程度までに平均化しないと切削加工することが困難であった。

このような難切削材の加工に関して、まず加工長 1,900mm までの重切削加工技術を開発し、短時間での硬質なハイス層の切削が可能となった。そこで、さらに重切削加工技術を加工長 8,000mm の長尺製品に応用し、安価な溶接構造体で、短納期で切削が可能な重切削加工機を開発を行った。Fig.5 は、新たに開発した重切削加工機の外観と加工状況である。

また、Table 2 は、本重切削加工機による加工条件と従来までの加工条件を示した一例である。長尺対応

の重切削加工技術によって、軟化焼鈍熱処理を省略し、低コスト、短納期でのワークロールの量産化が可能となった。



(a) Machine appearance



(b) Machining for regeneration work roll

Fig.5 Heavy-duty machining lathe for regeneration work roll

Table 2 Comparison of machining condition

	Conventional	Developed
Speed (mm/min)	20	20
Feed (mm/rev)	0.8	0.5
Cutting depth (mm)	3	15
Cutting quantity (cc/min)	48	150

3.3 摩擦圧接技術

再生ワークロール製造技術に、当社独自の摩擦圧接技術を応用することで、再生ワークロールの製造コスト削減と、さらにエネルギー効率の良い廃材等の再利用が可能となる⁵⁾。当社では、更なる大型ワークロールの省力製造のため独自設計による摩擦圧接機を開発を行ってきた。Fig.6 は、導入した大型ワークロール対応の摩擦圧接機である。

3.1 章で記載した通り、再生ワークロールの軸部の形状復元には溶接法を用いている。現状、復元溶接には大量の溶接材料の使用と長期の施工時間、施工に関わる工賃など、製造コストの面では不利な点が多い。そこで、Fig.7 のように、製鉄所で使用されたワークロール等の廃棄材から軸部を切断・回収し、CPC 法によって表面処理した胴部と摩擦接合することによって、大幅な材料費削減と施工時間の短縮 (20%以上 down)、コスト改善 (70%以上 down) が可能となった。

なお、本技術も特許第 5756889 号を取得済みである。



Fig.6 Friction-welding machine

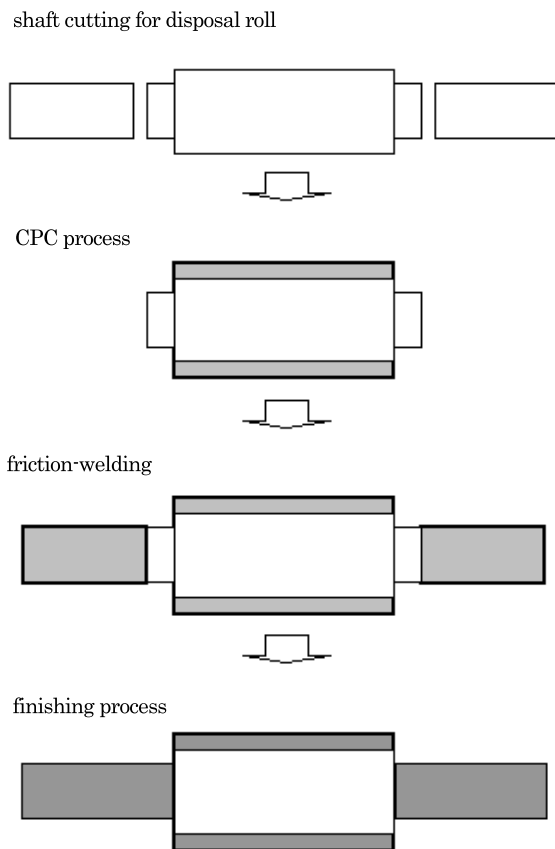


Fig.7 Workroll manufacturing by friction-welding

3.4 熱処理の改善

ワークロールの製造には、焼鈍し・焼入れ・焼戻しなどの複数回の熱処理工程が入る。この熱処理には数日~2週間ほどの期間を要し、生産を律速している主な工程と言え、ワークロール生産能力に大きく関係してくる。

そこで、当社では、新たな高性能熱処理炉の導入による生産性の向上や、熱処理方法の短縮・改善によるハイス肉盛り層の機能改善の取組みを行ってきた。

Fig.8は、新たに導入した熱処理炉である。本装置を導入する事によって、単純な生産能力は1.3倍に向上し、熱処理工程の整流化が可能となった。さらに、既存の設備は処理可能容量が20tonであったものに対し、本装置は30tonの容量があるため、一度に熱処理可能なワークロールの本数についても、従来の1本から2本に増えることとなる。加えて、本装置はファン方式による炉内雰囲気温度の均一化を行うことができるため、再生CPCワークロールの品質安定化についてもより向上するものとなっている。

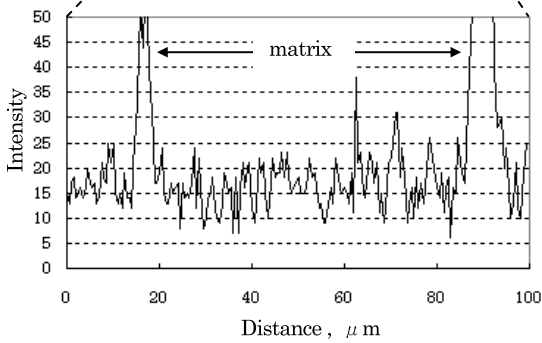
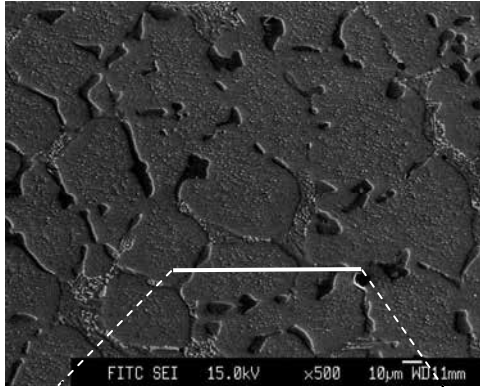


Fig.8 Heat treating furnace

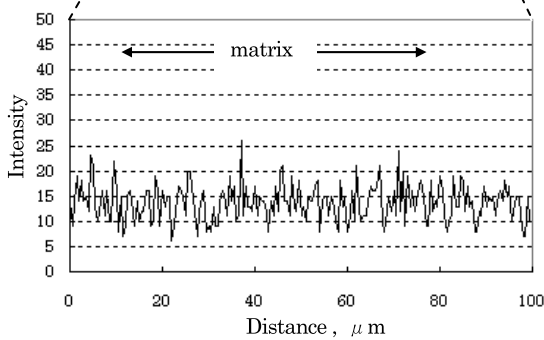
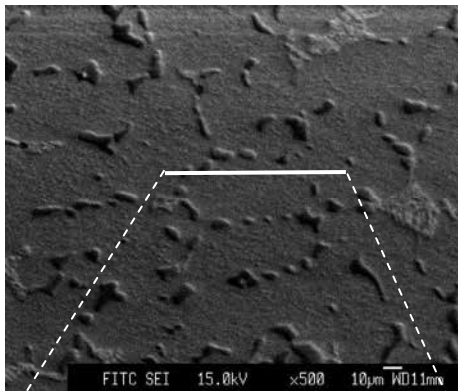
次に、Fig.9 では、改善した特殊熱処理方法と従来の熱処理方法による同一成分のハイス材を成分分析した結果を示す。分析は、EPMA によりある元素 X の線分析を行った結果である。従来の熱処理方法では、基地部の元素のバラツキが大きいのに対し、改善熱処理方法では、そのバラツキが少なくなっている傾向が確認された。

ワークロールは高圧下で高温の鋼材と接触する使用環境であるため、ロール表面が損傷し、肌荒れを起こす場合がある。このような肌荒れが早期に発生すると、鋼材の品質確保の観点からもワークロールの連続使用回数が制限され、ロールパフォーマンスが低下する等の問題となってしまう。

ロール表面損傷の原因には、様々な要因が考えられるが、一つの要因としては、金属組織中の局所的な摩耗やクラック発生・進展が考えられる。そのため、改善した熱処理方法によって均一な基地組織が得られれば、局所的な損傷が抑制され、耐肌荒れ性への改善効果が期待できる。



(a)Conventional



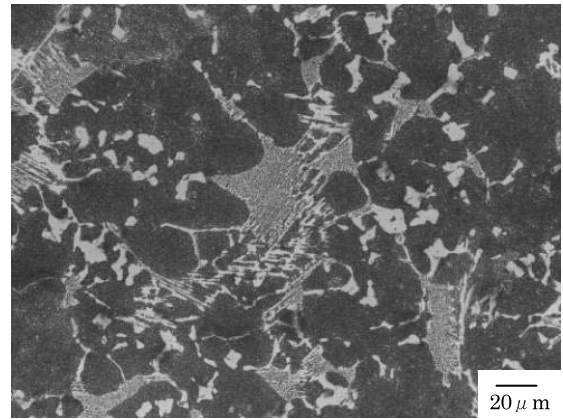
(b)Developed

Fig.9 Result of line analysis

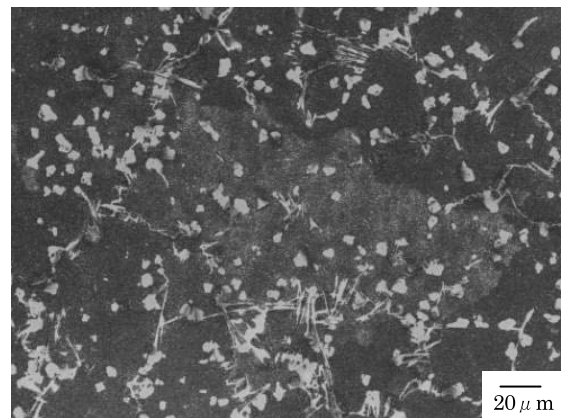
3.5 ハイス材質の改善

ハイス材のように硬質の炭化物を多く含む組織では、結晶粒径が小さいほど、すなわち、炭化物と炭化物間の距離が小さい方が基地部の優先摩耗を抑制でき、耐摩耗性に効果があると考えられる。当社においても、最適な合金設計や特殊元素の添加と CPC 時の冷却制御および特殊熱処理法を組み合わせることによって、ハイス材の組織改善を行っている。

Fig.10 はその一例であり、改善材は従来材よりも MC 炭化物や M_2C 共晶炭化物が分散しており、結晶粒も小さくなっている。Table 3 示す条件で熱間摩耗試験を行い耐摩耗性を比較すると、Fig.11 に示すように改善材は従来材よりも 1.74 倍の良好な耐摩耗性を示した。



(a) Conventional



(b) Developed

Fig.10 Microstructure of high-speed steel

Table 3 Experimental conditions of wet rolling-sliding wear test at high temperature

Counterpart material	S45C
Size of counterpart piece	φ 100×15mmt
Size of test piece	φ 80×10mmt
Load	10kg
Rolling velocity	600rpm
Sliding ratio	5%
Temperature of counterpart material	600°C
Cooling conditions	Water cooling, 600ml/min
Test time	50min&15min

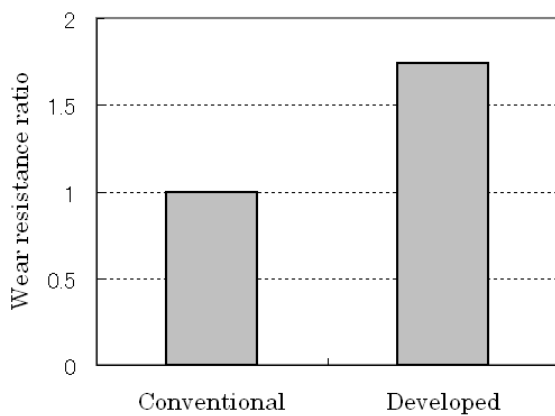


Fig.11 Result of wet rolling-sliding wear test

4. CPCワークロールの実機適用

以上のように、当社においてはワークロール製造に関する様々な改善取組みを行っている。そして、各製鉄所において、当社ワークロールの使用実績が認められ、多くの製鉄所に採用されている。その結果、Fig.12に示すように、当社のワークロールの出荷高はここ数年で大きく増加していることがわかる。

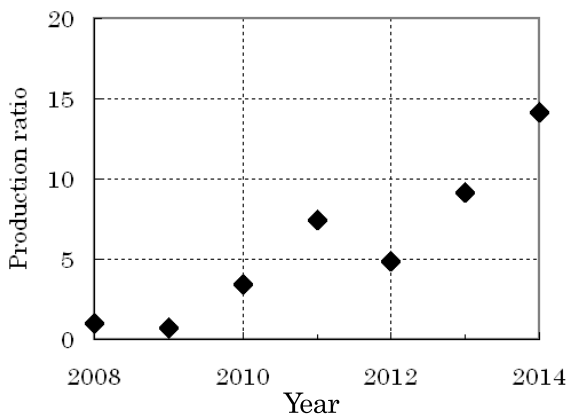


Fig.12 Production transition of work roll

最後に、当社ではお客様である各製鉄所の要望に応えるべく、ワークロールの長寿命化のための機能性向上や製造能力向上と製造コスト低減など、さらなる改善活動を推進していく。

5. まとめ

CPC 法におけるワークロールの製造に関わる様々な改善の取組みを行った結果を以下に示す。

- 1) CPC 法は均一組織の肉盛り層を形成するためワークロールに用いられるハイス材を肉盛りする手法として適している。
- 2) 使用済みのワークロールに再度 CPC を行い、再生ワークロールとして製造する再生技術を開発した。これにより、ワークロールのコストパフォーマンスが大幅に改善された。
- 3) ワークロールに対応する大型の重切削加工機を導入し、加工効率が大幅に向上した。
- 4) 独自の摩擦圧接技術を用いて、ワークロールの軸接合を行い、生産能力向上・製造コスト低減が可能となった。
- 5) 熱処理設備増強や手法改善によって、さらなる生産能力向上や機能性改善を図っている。
- 6) ハイス材の最適な合金設計や特殊元素添加による材質改善を行い、従来材よりも良い耐摩耗特性を得た。

参考文献

- 1) 橋本：フジコー技報 No.12(2004) 23
- 2) 坂本、玉川、斉藤、津田、山本：フジコー技報 No.3(1995) 10
- 3) 芳谷：フジコー技報 No.18(2010) 62
- 4) 牟、寺村、友清、永吉、高巢：フジコー技報 No.20(2012)35
- 5) 木村、園田：フジコー技報 No.21(2013) 53

技 術 論 文

介護施設における汚染度の実態把握と光触媒建材による除菌効果の実証 Understanding of Actual Condition of Bacterial Contamination in Nursing Home for Elderly and Demonstration of Bacteria Elimination by Photocatalyst Product



技術開発センター
事業化開発室
焼山 なつみ
Natsumi Yakiyama

技術開発センター
事業化開発室
係長 山本 清司
Kiyoshi Yamamoto

技術開発センター
事業化開発室
係長 博士(工学) 裴 銀榮
Eunyoung Bae

技術開発センター
事業化開発室
高島 伽央里
Kaori Takabatake

技術開発センター
事業化開発室
室長 樋口 友彦
Tomohiko Higuchi

要 旨

当社は、高速フレイム溶射法によって光触媒(TiO₂)の成膜技術を確立して以来、光触媒抗菌タイルや空気浄化装置など様々な光触媒機能を付与した製品を開発してきた。壁材や床材に溶射された光触媒コーティングは殺菌効果を示すことが知られており、免疫力の低下した患者や利用者が多い医療介護関連施設等での光触媒製品の活用が期待されている。そこで本報では、介護施設における細菌類による汚染度の実態把握と、実環境における光触媒抗菌タイルによる除菌効果の検証を目的に、種々の環境表面における付着菌数の測定を行った。結果、介護施設トイレ床面の汚染度が、対象群の中で最も高いことが確認できた。さらに、介護施設のトイレ床面および学校の保健室床面においても、光触媒抗菌タイルの施工前後の付着菌数変化に基づく環境評価を行うことで光触媒抗菌タイルによる除菌効果を確認できた。

Synopsis:

FUJICO has developed various photocatalytic(TiO₂) products since we had established the deposition technology of photocatalyst by a high-speed flame spraying method. It was well known that the photocatalytic materials sprayed on wall and floor show a sterilization effect. Therefore, the use of photocatalytic products are expected to be used in medical facilities and nursing home for the many elderly patients and users having low immunity. In this study, we measured the number of the adhesion bacteria in the environmental surface for the purposes of understanding of the actual condition of bacterial contamination in nursing home for the elderly and demonstration of bacteria elimination by the photocatalytic products. As a result, we have confirmed that the pollution degree of toilet floor was identified as the largest. We have also confirmed the sanitization effect with the photocatalytic antibacterial tile in the toilet floor for nursing home and in the floor for school infirmary.

1. 緒言

現在、医療介護関連施設では、病原体の水平伝搬を抑制するために様々な感染対策が実践されている。特に超高齢化社会を迎え、医療が高度化している今日、入院患者や介護施設利用者の免疫低下が顕著であり、感染症発症抑制は非常に重要である。また、世界規模での薬剤耐性菌の蔓延など、感染対策の徹底が急務である。しかしながら、これまでの標準予防策、目的別感染対策、環境清掃には限界がある。

当社は、高速フレイム溶射法によって光触媒(TiO₂)被膜を成膜する溶射技術を確立して以来、空気清浄機(商品名: MaSSC クリーン)や抗菌タイル(商品名: MaSSC シールドタイル)など、様々な光触媒製品を商品化してきた。特に、壁材や床材に溶射された光触媒は除菌効果を示すことが知られている。

本報を含む一連の実証試験では、各施設における室内環境の汚染度の現状把握と評価方法の確立(実証評価に最適な手法の選定)を行ってきた。その結果、付着菌は高頻度接触部位で安定数検出されたため、施設内の汚染度の評価指標として有効であることが明らかになっている。

本報では第一段階として、消毒薬と清掃による従来の感染対策を実施している介護施設の汚染度の実態を調査した。具体的には、介護施設内において高汚染が想定される高頻度接触部位を中心とした箇所的一般細菌、黄色ブドウ球菌、大腸菌の付着菌分布状況の調査を行ない、療養環境下において抗菌建材を使用した際に有効に機能する可能性のある箇所を特定した。

第二段階として介護施設と特別養護学校内に光触媒抗菌タイルを施工し、各施設の施工前後の汚染度を比較することにより、実環境における光触媒抗菌タイルの除菌効果を検証したので、その結果について報告する。

2. 介護施設の汚染度の実態把握

2.1 目的

従来の消毒薬と清掃による感染対策を実施している介護施設の汚染度の実態を調査して、療養環境下において、抗菌建材を使用した際に有効に機能する可能性のある箇所の特定を行う。

2.2 方法

介護施設における高頻度接触部位を含む4箇所の付着菌数を2時間おきに11回22時間測定し、経時変化における汚染度の調査を行った。併せて、施設利用者および介護従事者の行動分析も実施した。

2.2.1 測定日時

平成26年5月20日10:00～5月21日8:00

2時間毎に付着菌のサンプリングを実施。

2.2.2 測定場所および測定箇所

介護施設 2F グループホームフロア

1) 便器前方のトイレ床面、2) トイレ内便器横手すり、3) トイレ入口ドア取手、4) 洗面台の各部位の計4箇所の測定を行った。各測定部位において①、④で一般細菌②、⑤で大腸菌、③、⑥で黄色ブドウ球菌の採取を行った。(Fig.1)

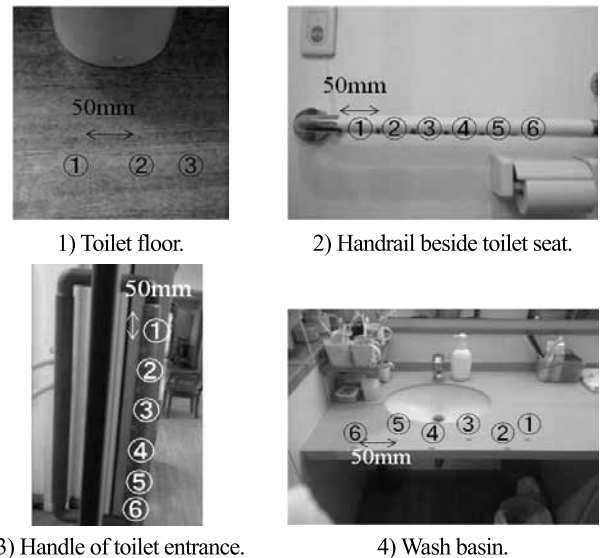


Fig.1 Photos showing measurement points.

2.2.3 測定方法

栄研化学製ぺたんチェック25を用い、培地表面を測定対象物に押し付けることで付着菌を採取し、恒温室内で所要時間培養し、培地表面に生育した菌数(コロニー数)をカウントした。分析対象は一般細菌、黄色ブドウ球菌、大腸菌とした。各菌に対する選択培地は、CASO培地(一般細菌)、卵黄加マンニット培地(黄色ブドウ球菌)、ESコリマーク(大腸菌)を使用した。

2.3 結果と考察

各箇所での一般細菌の結果をFig.2に、黄色ブドウ球菌の結果をFig.3に、大腸菌の結果をFig.4に示す。

一般細菌は、菌数の経時変化から測定箇所により、その増減に違いがある結果が示された。高頻度接触部位であるトイレ内便器横手すりの一般細菌数は、行動分析の結果から、利用者が触れることで一時的に増加する結果を示した。一方、トイレ床面の一般細菌数は消毒及び清掃によって一旦大幅に減少し、23:30の消毒及び清掃まで経時的に増加する結果であった。また、手すりや洗面台の①と④の菌数に違いが表れている点から、同一部位でも接触頻度や手洗い等の汚染水の飛沫の影響で汚染箇所の菌数にばらつきがあることが示唆された。

黄色ブドウ球菌は、一般細菌同様に利用者との接触で一時的に増加する傾向が示された。大腸菌は床面以

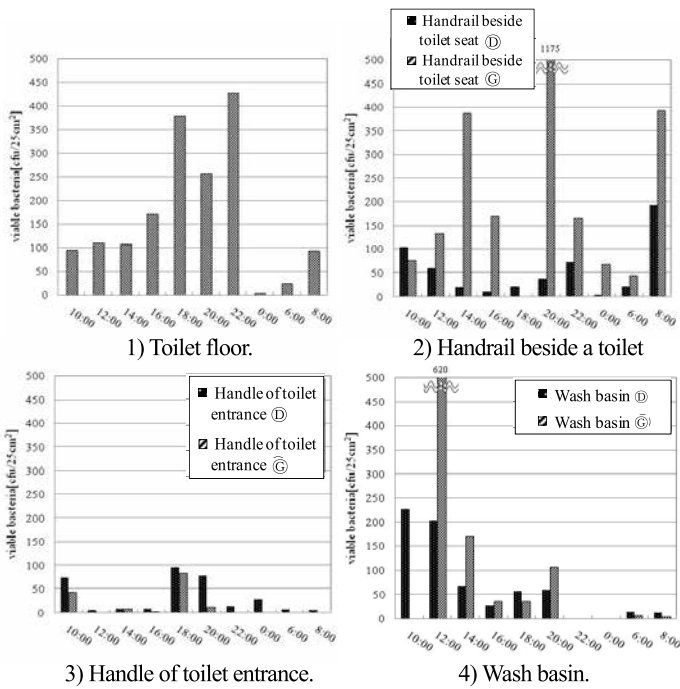


Fig.2 Colonies number of viable bacteria in per place.

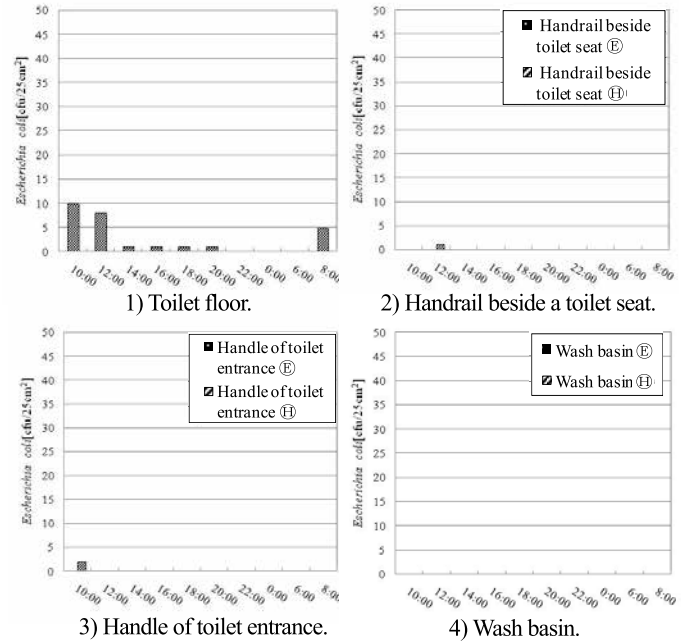


Fig.4 Colonies number of *Escherichia coli* in per place.

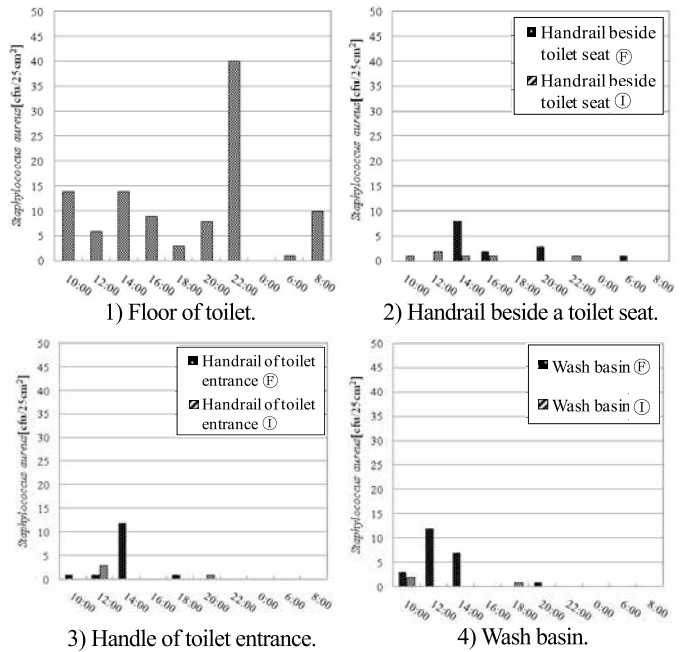


Fig.3 Colonies number of *Staphylococcus aureus* in per place.

れ、汚染度の評価を行う箇所として適切であることが示唆された。

3. 介護施設(トイレ床面)における光触媒建材の除菌効果の検証

3.1 方法

光触媒建材として Fig.5 に示す当社 MaSSC シールドタイル(MTS)を前項の汚染度の実態把握において、汚染度が最も高かったトイレ床面に施工し、施工前後各

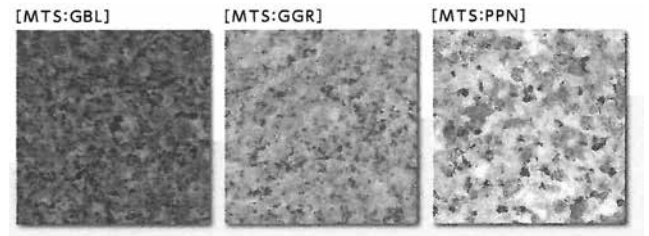


Fig.5 FUJICO MaSSC Shield Tile (MTS).

10 日間で菌数を測定することで除菌効果の検証を行った。

3.1.1 測定日時

光触媒建材施工前(計 10 日間)
平成 26 年 7 月 29 日～8 月 1 日、5 日～8 日、11 日、12 日

光触媒建材施工後(計 10 日間)
平成 26 年 12 月 1 日～5 日、15 日～19 日
11:00 に次亜塩素酸でトイレ床全体の消毒を行い、およそ 5 時間後の 16:00 に測定を行った。

3.1.2 測定場所

介護施設 3F グループホーム
トイレ床(便器前方)の計 1 箇所の測定を行った。(Fig.6)

外ではほとんど検出されず、床面においても他の菌に比べて、検出された菌数は少なかった。測定を行った各部位において大腸菌に比べて黄色ブドウ球菌の菌数が多く、特にトイレ床面の汚染が進んでいることが確認された。

2.4 結論

介護施設における各部位測定箇所の付着菌数を 2 時間おきに 22 時間測定し、経時変化における汚染度の調査を行ったところ、トイレ床面の汚染度が最も高かった。加えて、床面の菌数は人の出入りによる変動が小さく、清掃後から次の清掃時まで増加する傾向が示さ



1) Before construction 2) After construction
 Fig.6 Photos showing measurement point in toilet floor.

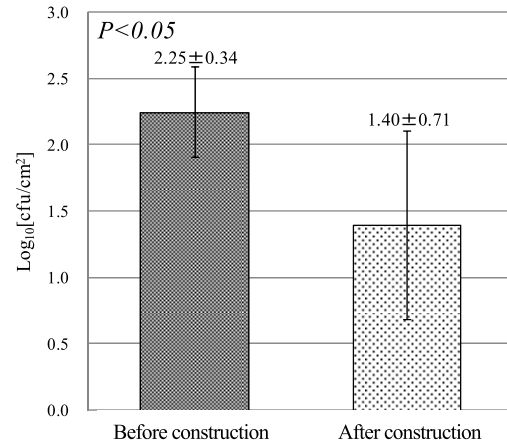


Fig.8 Average value of viable bacteria.

3.1.3 測定方法

栄研化学製ふき取りキットを用い、トイレ床面(10cm×10cm)をスワブで拭き取り付着菌を採取後、培養し菌数をカウントした。分析対象は一般細菌、大腸菌、黄色ブドウ球菌とした。各菌数を測定する選択培地として、一般細菌はCASO寒天培地(メルク製)、大腸菌はXM-G寒天培地(日水製)、黄色ブドウ球菌は卵黄加マンニット培地(メルク製)を使用した。前項の調査より、同一部位においても測定箇所によって汚染度の違いが示唆されたため、本項ではこのバイアスを抑えるために同一箇所から分離培養可能なスワブ法に切り替えて測定を行った。

3.1.4 統計学的評価

光触媒抗菌タイルの除菌効果の有効性については、施工前後の菌数をt検定にて比較することにより評価を行った。

3.2 結果と考察

Fig.7に光触媒建材施工前後における一般細菌数の結果を示す。Fig.8に光触媒建材施工前後における一般細菌数の平均値およびt検定の結果を示す。

Fig.8より、光触媒建材施工後の一般細菌数(10日間の平均値)は施工前と比較し、有意に減少していること

が示された($p < 0.05$)。光触媒建材施工前の測定時期が夏期、施工後の測定時期が冬期であることから菌の繁殖に影響していることが懸念されるものの、冬期におけるトイレ室内は空調が効いていたため、平均室温が22℃であった。このことから菌の繁殖には影響がなかったものと考えられる。

以上のことから、光触媒建材は環境菌に対して総菌数を低減する効果があることが示された。

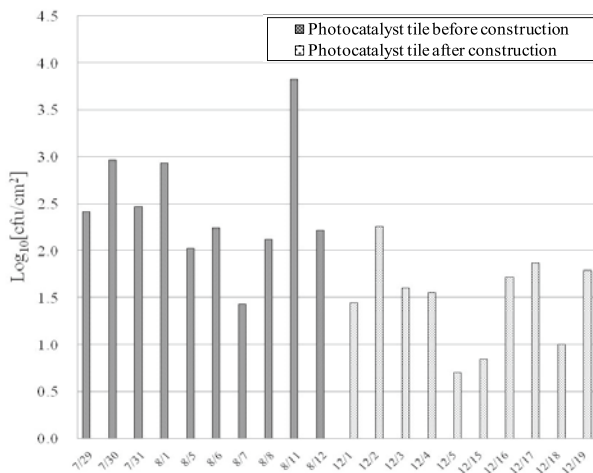


Fig.7 Colonies number of viable bacteria.

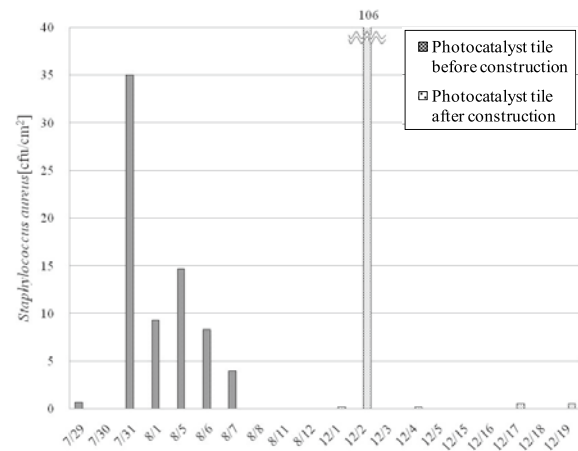


Fig.9 Colonies number of *Staphylococcus aureus*.

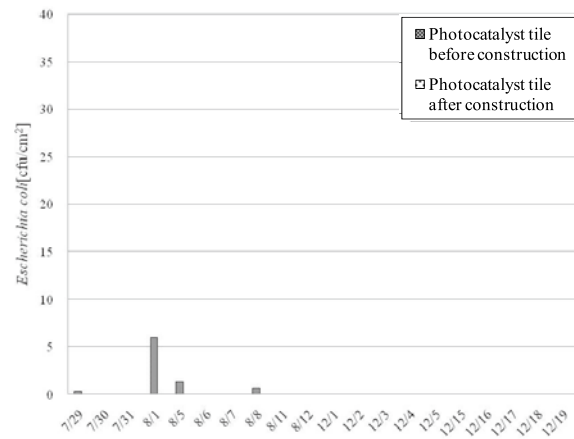


Fig.10 Colonies number of *Escherichia coli*.

Fig.9、Fig.10 に光触媒建材施工前後における黄色ブドウ球菌数、大腸菌数の結果を示す。

Fig.9 より、光触媒建材施工後に黄色ブドウ球菌の汚染が著しい日が1日(12月2日)現れた。当社の抗菌タイルは光触媒に抗菌金属を合わせたハイブリッド光触媒であるため、溶出した金属イオンが黄色ブドウ球菌に対して殺菌力が低く、そのため即時応答性が低いことが示唆され、黄色ブドウ球菌は保菌者が測定対象に触れたことで一時的に増加したと想定される。今回もこのケースが考えられるため、今後も検討が必要である。Fig.10 より、大腸菌は光触媒建材施工前で4日間分離されたのに対し、施工後は分離されず、大腸菌に対して優れた除菌効果を示した。黄色ブドウ球菌および大腸菌におけるt検定も行ったが、建材施工前後において共に有意差は得られなかった。(黄色ブドウ球菌： $p=0.756$ 、大腸菌： $p=0.175$)その理由として、黄色ブドウ球菌については12月2日に外れ値が検出させたためと考えられる。また大腸菌については施工前に検出された菌数が少なかったことが要因として考えられる。

3.3 結論

前項の調査において介護施設で最も汚染度が高かったトイレ床面に光触媒建材(MTS)を施工したところ、光触媒建材施工後の一般細菌数(10日間の平均値)は施工前と比較し、有意に減少していることが示された($p<0.05$)。光触媒建材は、環境菌に対して除菌効果があることが示された。

4. 特別支援学校保健室における光触媒建材の除菌効果の検証

4.1 方法

当社 MaSSC シールドタイル(MTS)を特別支援学校の保健室床面に施工し、施工前後各3日間で菌数を測定し、除菌効果の実証を行った。

4.1.1 測定日時

光触媒建材施工前(計3日間)
平成27年3月20日、22日、23日

光触媒建材施工後(計3日間)
平成27年4月13日～15日

4.1.2 測定場所

北九州市立八幡西特別支援学校
(A)廊下入口奥、(B)廊下入口手前、(1)保健室内入口奥、(2)保健室内入口手前、(3)中央、(4)洗面台下における床面の計6箇所の測定を行った。(A)および(B)は各試験期間における汚染状況把握のコントロールとして測定した。(Fig.11)

4.1.3 測定方法

栄研化学製ふき取りキットを用い、保健室床面(10cm×10cm)をスワブで拭き取り付着菌を採取した

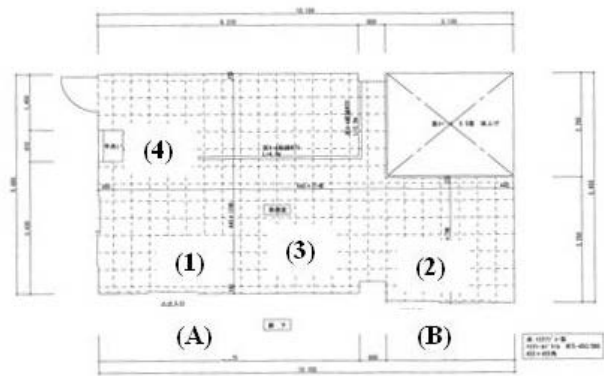


Fig.11 Ground plan showing measurement points.

後、培養し菌数をカウントした。分析対象は一般細菌とし、培養にはCASO寒天培地を使用した。

4.1.4 統計学的評価

光触媒抗菌タイルの除菌効果の有効性については、施工前後の菌数をt検定にて比較することにより評価を行った。

4.2 結果と考察

Fig.12 に光触媒建材施工前後における一般細菌数の結果を示す。Fig.13 に(A)および(B)の光触媒建材施工前後における一般細菌数の平均値およびt検定の結果を示す。Fig.14 に(1)～(4)の光触媒建材施工前後における一般細菌数の平均値を示す。

Fig.12 より、全期間において一般細菌数はほぼ30 cfu/10cm²であり、保健室の床面の汚染度は全体的に軽度な汚染であった。Fig.13 よりコントロールにおける光触媒建材施工前後の一般細菌数に有意差がないことが示された($p=0.597$)。一方、Fig.14 より光触媒建材施工を行った箇所での一般細菌数の平均値は、有意に減少しており($p<0.05$)、光触媒タイルによる除菌効果が確認できた。

Fig.15 に菌の繁殖しやすい水周り部分の施工前後の平均値を示す。特に水周りの菌が繁殖しやすくなる場所においては、サンプル数を少なくした条件でも、一般細菌数は施工後に有意に減少しており、光触媒タイルによる除菌効果を確認できた。

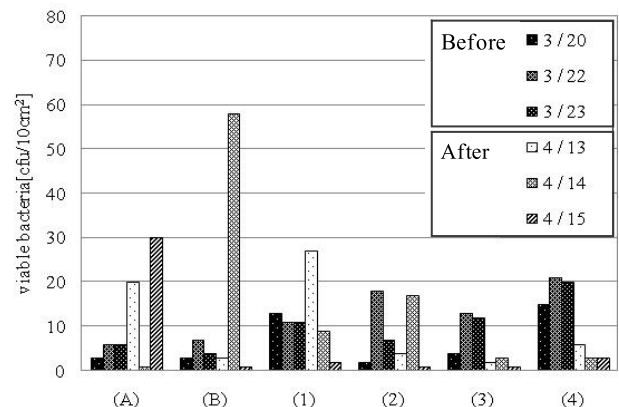


Fig.12 Colonies number of viable bacteria.

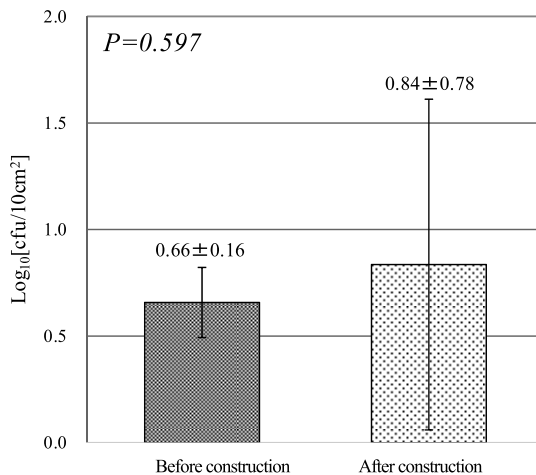


Fig.13 Average value of viable bacteria in school infirmary (A),(B).(n=6)

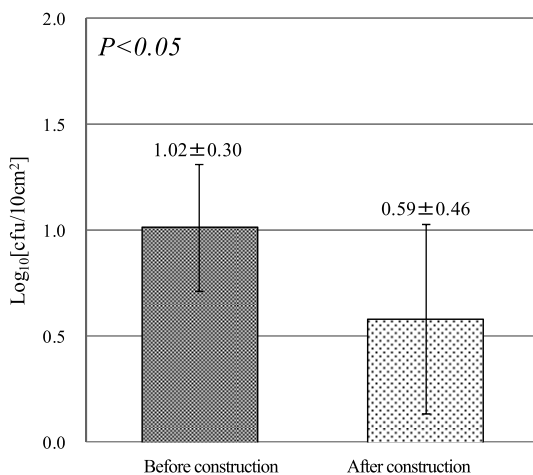


Fig.14 Average value of viable bacteria in school infirmary (1) ~ (4).(n=12)

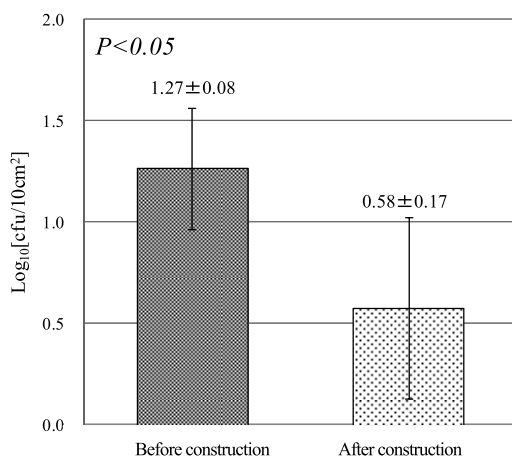


Fig.15 Average value of viable bacteria in school infirmary (4).(n=3)

4.3 結論

特別支援学校保健室床面に光触媒建材(MTS)を施工し、建材施工前後における付着菌数を各3日間測定した。コントロールにおける光触媒建材施工前後の一般細菌数に有意な変動はなかったが、光触媒建材施工を行った箇所での一般細菌数の平均値は、施工後に有意に減少しており、光触媒タイルによる除菌効果を確認することができた。

5. 結語

本報では介護施設の汚染度の実態把握を目的として、経時的に付着菌数の測定を行った。介護施設の調査から、トイレ床面の汚染度が最も高い傾向を示すことを確認した。加えて、菌数の挙動から汚染度の評価箇所として、今回の一連の試験においては最適であることが示唆された。さらに、その介護施設トイレおよび特別支援学校保健室の床面に光触媒タイル(MTS)を施工し、付着菌数を測定した。光触媒タイルを施工することで有意に菌数が減少しており、実空間における光触媒抗菌建材の除菌効果が確認できた。

謝辞

本研究は北九州市内の病院関係者と共同で進めており、産業医科大学病院 鈴木 克典助教、市立八幡病院 伊藤 重彦副院長、中川 祐子看護部感染管理担当係長のご助言及びご協力に感謝いたします。また、調査にご協力いただいた各施設および北九州市立八幡西特別支援学校関係者の方々に感謝いたします。

参考文献

- 樋口友彦, 原賀久人, 吉永宏, 梅田陽平, 山崎健之: フジコー技報 17 (2009) 49
- 樋口友彦, 原賀久人, 吉永宏, 梅田陽平: フジコー技報 16 (2008) 54
- 樋口友彦, 原賀久人: フジコー技報 15 (2007) 68
- 樋口友彦, 古田博昭, 野村大志朗: フジコー技法 14 (2006) 37
- 樋口友彦, 尾崎龍宏: フジコー技報 13 (2005) 43
- 尾崎龍宏: フジコー技報 12 (2004) 48
- 菊池靖志. 抗菌性金属の現状と課題: まてりあ 第39巻 第2号(2000),p148
- L.T.CATE: J.Appl.Bact., 28, p221-223(1965)

技術論文

二酸化チタンスラリーの分散性と一次粒子径が溶射膜に与える影響

Dispersibility of Titanium Dioxide Slurry and Influence of Primary Particle Diameter on a Spray Film



技術開発センター
基盤技術開発室
室長 野村 大志郎
Daishiro Nomura

技術開発センター
基盤技術開発室
係長 増住 大地
Daichi Masuzumi

技術開発センター
センター長付
係長 志賀 真
Makoto Shiga

技術開発センター
センター長
博士(工学) 永吉 英昭
Hideaki Nagayoshi

要旨

スラリー化した二酸化チタン粉を材料として、高速フレイム溶射法を用いて吹き付ける事で、FTO(フッ素ドーパド酸化スズ)ガラス上に二酸化チタン多孔膜を形成出来る事を報告している。しかしながら、その成膜メカニズムについては不明な部分が多く、用途に応じた膜構造の最適設計を行う上で妨げになっている。本報では、一次粒子径および分散性の異なるスラリーを FTO ガラス基板に吹き付けることで得られた溶射膜を評価することで、スラリー設定の影響について調査した。その結果、スラリーの粒度分布が成膜速度に影響することを明らかにした。また、スラリーの一次粒子径が二酸化チタン膜の表面粗さ、密着性、透過率に影響を与えることを明らかにした。

Synopsis:

We have reported that it is possible to form a porous titanium dioxide film on FTO glass by spraying using a high-speed flame spraying method as materials using of TiO_2 slurry. However, it is difficult to optimum design of the film structure depending on the application, because there are many unclear points about the film forming mechanism. In this study, the sprayed coatings obtained by spraying the primary particle diameter and each different of slurry dispersion on the FTO glass substrate, which were evaluated and were investigated on the effects of slurry setting. As a result, it was clear that the particle size distribution of slurry affected film forming speed. It was also clear that the diameter of a primary particle affected film's surface coarseness, adhesion, and transmissivity.

1. 緒言

スラリー液を用いた高速フレイム溶射法により、透明導電膜付ガラス基板(FTO:Fluorine doped tin oxide)上に二酸化チタン膜が形成出来ることを見出している。しかしながら、その成膜メカニズムについては不明な点が多く、用途に応じた膜構造の最適設計を行う上での明確な指標が無いのが現状である。従って、スラリー材料が変わった時には、最初から条件出しを行う必要がある。また、本来の材料が持つ特性を十分に活か

しきれないまま、成膜条件設定が不十分な状態で試験を終了し、不当な評価で結論付ける危険性が懸念される。

上記の課題を踏まえ、スラリーに含まれる粒子の分散性および一次粒子径が成膜速度および膜構造に与える影響について調査した。

2. 溶射法による二酸化チタン膜の形成

利用した高速フレイム溶射装置の構造を Fig.1 に示

す。スラリーはバレルの先端に設けた供給口(ティップ部)から投入した。

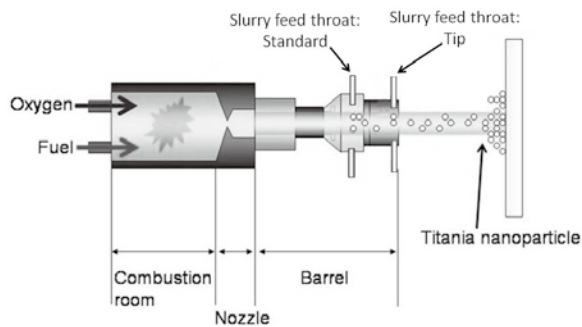


Fig.1 Schematic illustration showing structure of HVOF thermal spray gun

燃焼条件として、酸素および灯油の供給量は全て一定とした。灯油に対して酸素リッチになるように酸素の流量を調整した。スラリーの原料として用いた二酸化チタン粉体は P90 粉体と F3 粉体を用いた。各粉体一次粒子の平均粒子径を Table 1 に示す。各粉体を純水に 20wt.% 加え、更に弱酸性に pH 調整してスラリーを調製した。

厚さ 2.7mm の FTO ガラス基板にスラリーを吹き付けることで二酸化チタン膜を形成した。各スラリーを 1、4、7 回積層することで、膜厚の異なる二酸化チタン膜を作製して評価した。

Table 1 Characteristic of various materials

Material	Mean particle size(nm)	Company
P90	14nm	NIPPON AEROSIL
F3	40nm	SHOWA DENKO

3. 調製したスラリーの粒度分布測定

調製した P90、F3 スラリーを超音波によるキャビテーションで生じる衝撃力を用いて分散させた。超音波の出力は 1200W、周波数は 78kHz に設定した。分散時間は 0h、0.5h、1.0h、3.0h、6.0h として、超音波処理後のスラリーについてレーザー回折散乱法粒度分布測定装置を用いて、分散性を評価した。

4. 二酸化チタン膜の評価方法

スラリー、積層回数を変更して成膜した二酸化チタン膜の膜厚および表面粗さを測定した。測定は粗さ・形状測定装置(PGI-1240：テーラーホブソン社製)を用

いて行った。サンプル毎に 4 点測定した平均値を膜厚とした。また、表面粗さの測定は JIS 規格：JIS B0601 に準じて行った。

ヘーズメーターを用いることで二酸化チタン膜の透過率を計測した。光源として、D65 光を用いた。Fig.2 に JIS に規格される太陽光スペクトル AM1.5 と D65 光のスペクトルを示す。

二酸化チタン膜と FTO ガラス基板との密着性を鉛筆硬度試験により、評価した。試験概要を Fig.3 に示す。また、FTO ガラス上の二酸化チタン膜を剥離させた後に、BET(AUTOSORB-1：カンタクロームインストルメンツ・ジャパン社)を用いて、比表面積を計測した。

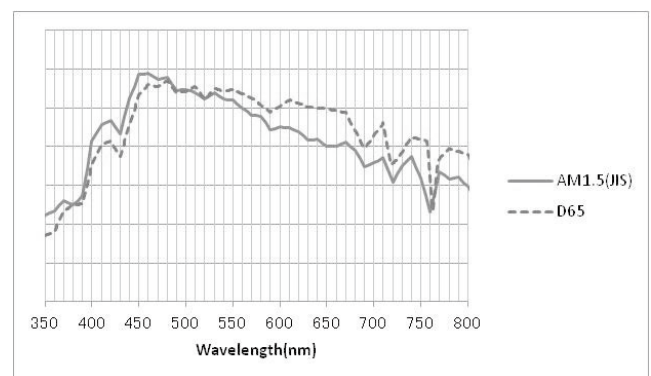


Fig.2 Spectrum comparison :Sunlight and D65-light

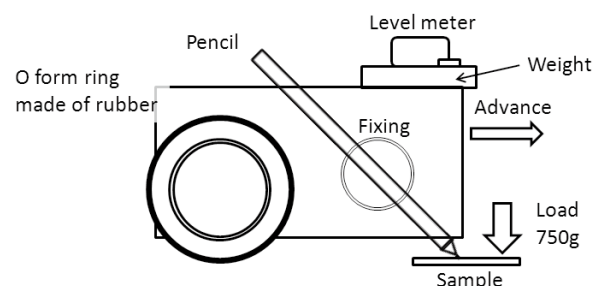


Fig.3 Schematic illustration showing scratch examination using pencil

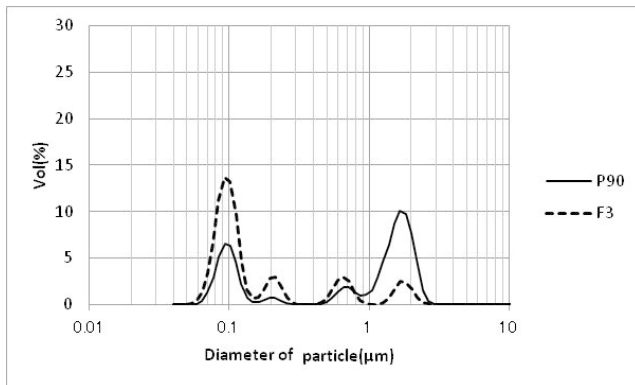
5. 超音波分散時間の影響

P90 および F3 スラリーの分散時間ごとの粒度分布を Fig.4 に示す。60~300nm の粒子(以下、二次粒子と呼ぶ)と、500~3000nm の粗大な粒子(以下、凝集体と呼ぶ)が計測された。分散前について、P90 スラリーは、半数以上が凝集体として存在したのに対し、F3 スラリーは、二次粒子の割合が高かった(Fig.4(a))。

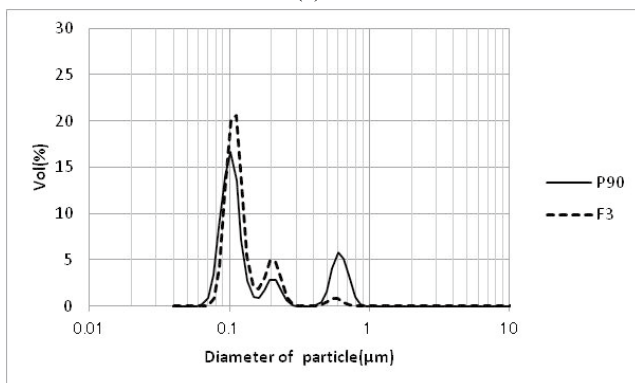
超音波分散を 1h 処理した時、1000nm 以上の凝集体が分散された。一方、P90 スラリーについて、500~1000nm の凝集体が存在したのに対し、F3 スラリーは凝集体がほぼ分散されていた(Fig.4(b))。

超音波分散を 6h 処理した時、P90、F3 スラリーとも凝集体は完全に分散されていた。しかしながら、二次粒子が分断され、一次粒径近くまで、分散されることは無かった(Fig.4(c))。超音波のキャビテーションによる分散では、強固にネッキングされた粒子を分散するには至らなかった。

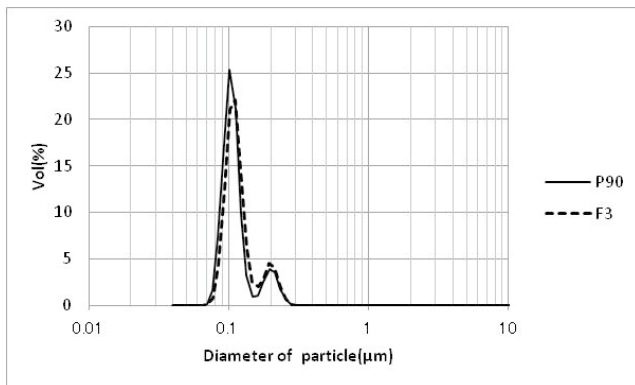
Fig.5 に P90、F3 スラリーの分散時間に対するスラリーの平均粒子径を示す。超音波分散を行う事で、各スラリーの平均粒子径の差は小さくなり、6h 分散処理を行った時、P90、F3 スラリーの平均粒子径はそれぞれ 123nm、130nm とほぼ同等になった。



(a)



(b)



(c)

Fig.4 Particle size distribution when processing time is changed (a)0h, (b)1h and (c)6h

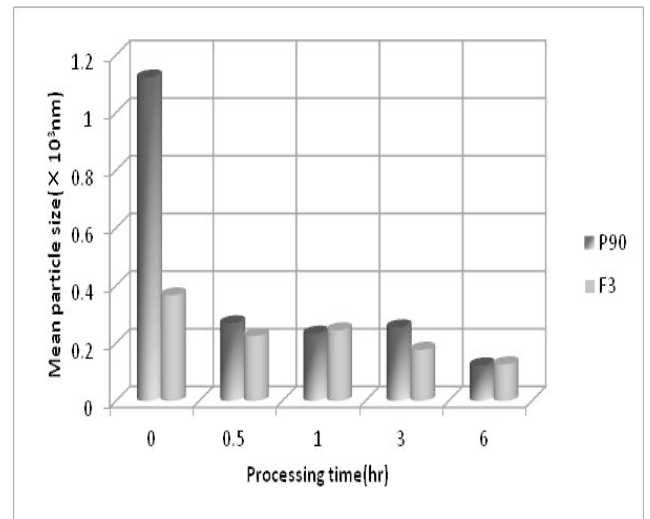


Fig.5 Mean particle size of each processing time

6. スラリー粒度分布の成膜性への影響

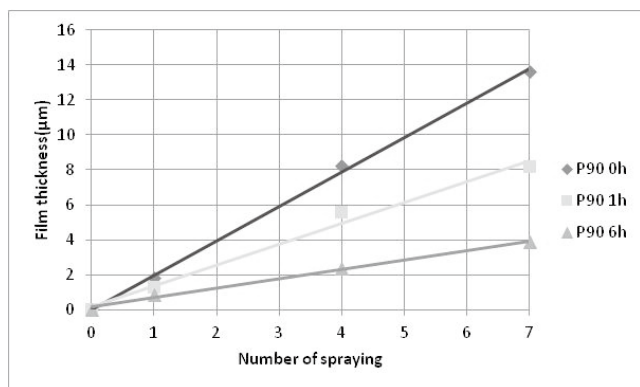
分散無し、分散処理 1h、分散処理 6h のスラリーを用いてガラス基板に溶射成膜した時の膜厚を Fig.6 に示す。

P90 スラリーについて、分散処理時間を長くするほど、膜厚は低下していた(Fig.6(a))。一方、F3 スラリーについて、分散処理時間に対して、膜厚の差は見られなかった(Fig.6(b))。また、F3 スラリーの吹き付け回数毎の膜厚は、分散処理を 6h 行った P90 スラリーと同等程度であった。

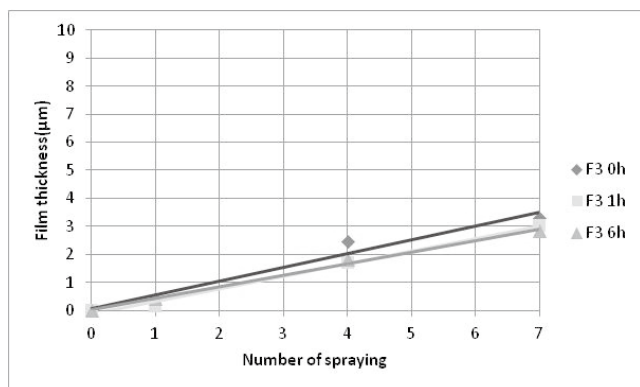
このことから、FTO ガラス基板への、スラリー粒子の付着は、粒子径が 300nm 以下の二次粒子に比べ、500nm 以上の凝集体の方が起こり易いことが分かる。

300nm 以下の微粒子が基板に付着しない現象は、同じく低温セラミックス成膜技術であるエアロゾルデポジション(AD)法でも報告されている。そのメカニズムについて Fig.7 に示す。吹き付けガス(高速フレーム溶射の場合、火炎ガス)は基板に衝突した際、基板に平行に流れるが、その際、質量の小さな微粒子はガスの流れに追従するため、基材への衝突速度が大幅に低減され、基材に付着されないと説明されている²⁾。高速フレーム溶射法を用いたスラリー溶射についても、同様のメカニズムが発生していると推測される。

以上の結果から、粉体のカタログ値だけでは無く、粉体をスラリー状にした際の粒度分布を溶射成膜試験前に把握することが、成膜条件の選定および成膜結果を評価する上で、重要であることが分かる。



(a)P90



(b)F3

Fig.6 Relation between processing time and film thickness

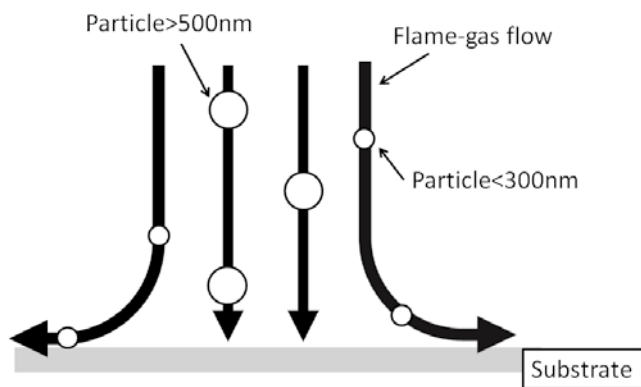


Fig.7 Film forming mechanism of slurry spraying

7. 一次粒子径が溶射膜に与える影響

スラリーの粒度分布がほぼ同一である分散処理 6h の、P90 と F3 スラリーを用いた溶射膜を比較することで、一次粒子径が溶射膜に与える影響を調査した。

膜厚に対する膜表面の算術平均粗さを Fig.8 に示す。P90、F3 スラリーとも、膜厚の増大に伴い、算術平均粗さが増大していた。また、P90 に比べ、F3 スラリーを使用した方が、同一の膜厚下で低い表面粗さを示すことが分かった。

P90 膜と F3 膜の比表面積を測定したところ、P90 膜は $113.5\text{m}^2/\text{g}$ 、F3 膜は $52.9\text{m}^2/\text{g}$ であったことから、P90 に比べ、F3 スラリー中の粒子の比重量は大きいと考えられる。従って、同一の粒度であっても、より質量の大きい F3 粒子が、ガラス基板に強く叩きつけられた結果、緻密な膜が形成され、低い表面粗さを示したと推測される。

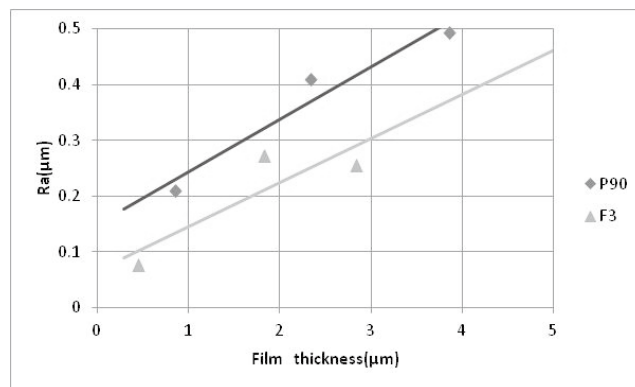


Fig.8 Relation between film thickness and surface rough degree

Table2に6hの分散処理をしたスラリーを用いて作製した溶射膜の鉛筆硬度測定結果を示す。P90 膜に比べ、F3 膜が高い鉛筆硬度を有しており、一次粒子径が大きいスラリーを用いた時、より密着性の高い膜が形成出来る事が分かった。このことから、スラリー粒子の基板へ与える衝撃力が、密着性に大きく影響を与えていると推測される。

Table2 Result of scratch examination using pencil

	HB	F	H	2H	3H	4H
P90	○	○	×	×	×	×
F3	○	○	○	○	○	×

○...Passing
×...Failure

Fig.9 に膜厚に対する透過率を示す。F3 膜に比べ、一次粒子径の微小な P90 膜の方が、同一厚さに対して、高い透過率を示した。膜厚 $2.8\mu\text{m}$ の F3 膜と、膜厚 $3.8\mu\text{m}$ の P90 膜の透過率はそれぞれ、53%、75%であったため、膜厚の薄い F3 膜のほうが、肉眼では厚く成膜されているように見えた。以上の結果から、肉眼での膜厚判断は、不可能であり、成膜後の膜厚管理を毎回、行っておくことが、データの信頼性を得る上で必須である。

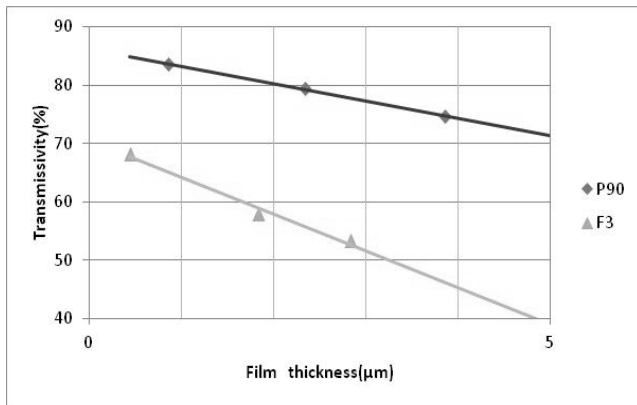


Fig.9 Relation between film thickness and transmissivity

8. 結論

今回、本稿により得られた結果を要約すると以下の通りである。

- 1) 粒子径 500nm 以上の凝集体は粒径 300nm 以下の二次粒子に比べ、ガラス基板に対する高い付着率を示した。
- 2) 同等の粒度分布になっているスラリーにおいて、一次粒子径が大きいスラリーを用いると、膜の表面粗さの低減、基材との密着性の向上、光透過率の低減が確認された。

参考文献

- 1) 坂口 昇平, 野村 大志郎, 増住 大地, 藤田 和憲, 永吉 英昭 : フジコー技報, 18(1999), 56-61
- 2) 明渡純 : 溶接学会誌, 75(2006), 8, 29-37

新 製 品

新 技 術

高性能ブリケットロール製品

1. はじめに

近年、鉄鋼分野においては、鉄鋼製造過程で発生する製鉄ダストを還元鉄にして固形化し、再生資源として利用する技術が確立されております。粉体状の製鉄ダストを固形化する工程で、ロール型圧縮成形機の部品としてブリケットロールが使用されています。ブリケットロール表面は、複数のポケット状の加工が施され、2対のロールを回転させることで高密度の成形体（ブリケット）が得られます。このロールの機能としてポケット形状の維持が重要で、耐摩耗性の高い高クロム鋳鉄材やハイス材が使用されています。

CPC 製法にて耐摩耗性、耐スポーリング性に優れたブリケットロールを開発しましたのでご紹介致します。

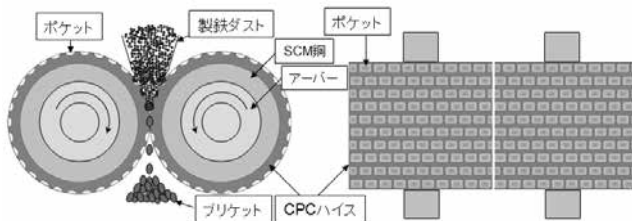


図1 ブリケットロール使用イメージ図

2. ブリケットロールの特徴

従来は、高硬度のスリーブとアーバーの分割構造が主流で使用されており、耐摩耗性が要求されるスリーブは韌性に乏しいため、硬い粉体を扱う場合や硬質の異物が混入した場合、ポケットの割損やスポーリングにより、部品交換が発生しておりました。

本製品は、スリーブの外層を高硬度ハイス材とし、内層材に高韌性のSCM鋼を使用することで、耐摩耗性と耐スポーリング性を兼ね備えた性能を発揮します。

CPC法の特徴として、合金偏析が少ない微細な鋳造組織が得られますので、他の鋳造方法で製造したスリーブ材と比較しても、優れた耐摩耗性を示します。

従来の加工方法は、焼入れ後に放電加工または機械加工にてポケット加工を行っていましたが、ポケット部を仕上げ加工した後に、弊社が開発した特殊熱処理を行う事で、加工時間が大幅に低減され、一般的な切

削機械でも加工することが出来る様になり、納期短縮とコスト削減を実現しております。

3. 使用実績例

3ヶ月以上実装したロールのポケット部の残存深さを計測し1ヶ月間の平均摩耗量を算出した結果、遠心鋳造法と比較して、2倍以上の耐摩耗性を示した。

製造区分	硬度 HS	摩耗速度 mm/Month	耐摩耗比
遠心鋳造	80~85	0.305	1
CPC①	83~86	0.125	2.4
CPC②	90~91	0.080	3.8

4. 製品仕様

製造方法 : CPC
 形状 : スリーブ、セグメント
 製品径 : 最大Φ850 (スリーブ)
 材質 : ハイス (外層) SCM 鍛鋼 (内層)
 硬度 : HS 80~90

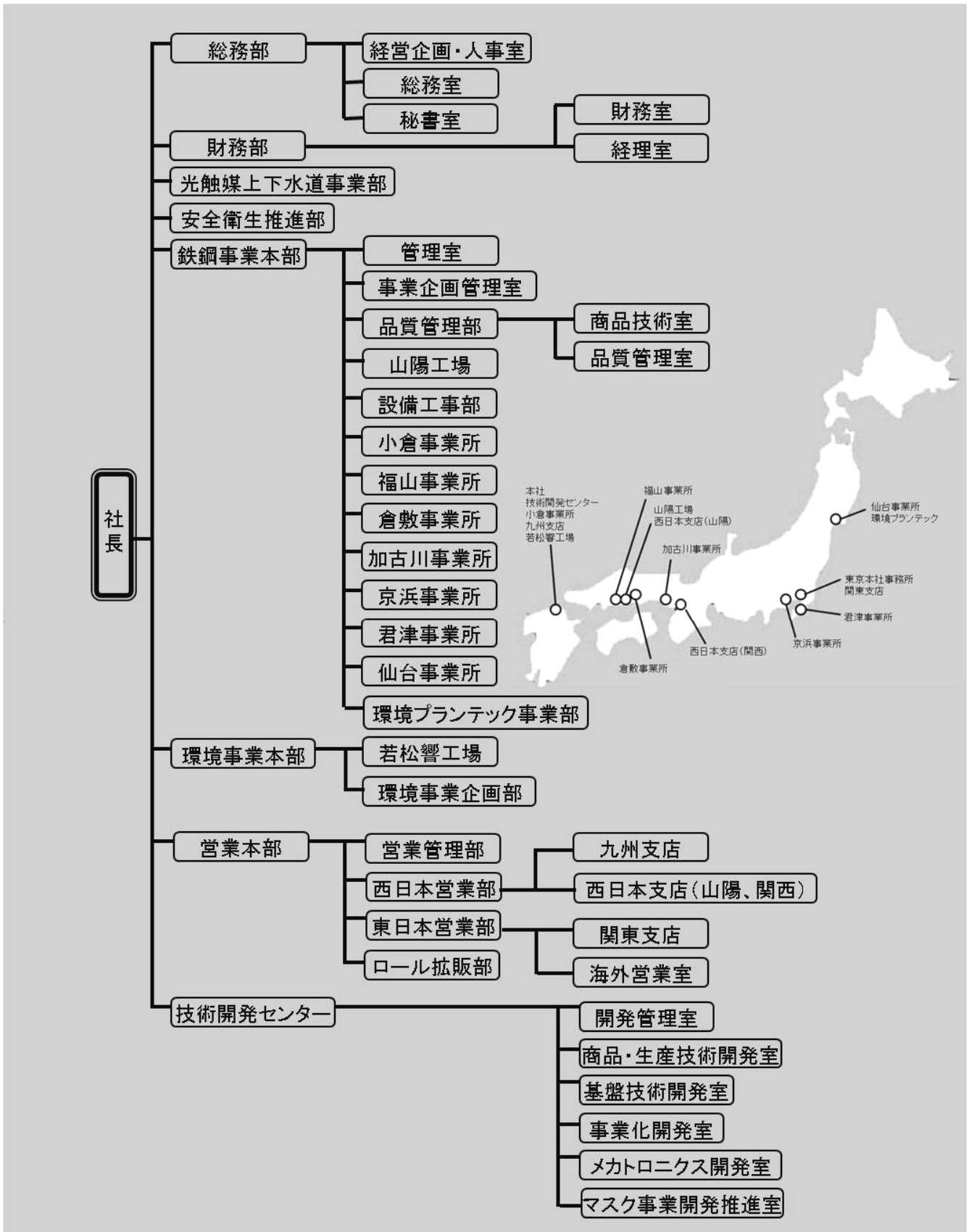
上記仕様外の場合でも、ご検討させていただきます。

問い合わせ先
 鉄鋼事業本部 山陽工場
 担当：古田 博昭
 TEL 0865-44-5151
 FAX 0865-44-5154

本社 商品技術室
 担当：宮崎 裕之
 TEL 093-871-3724
 FAX 093-884-0009

FUJICO 運営組織図

平成27年12月1日現在



FUJICO 事業所・工場所在地

平成 27 年 12 月 1 日現在

□本 社

〒804-0011 福岡県北九州市戸畑区中原西2丁目18-12
☎ 093-871-3724 FAX 093-884-0009/884-0048

□東京本社事務所

〒104-0032 東京都中央区八丁堀2丁目11番7号
MC 八丁堀ビル7階
☎ 03-3537-2450 FAX 03-5541-8300

□技術開発センター

〒804-0054 福岡県北九州市戸畑区牧山新町4-31
☎ 093-871-0761 FAX 093-882-0522

■工 場

□山陽工場

〒719-0253 岡山県浅口市鴨方町鳩ヶ丘1-1298
☎ 0865-44-5151 FAX 0865-44-5154

□若松響工場

〒808-0021 福岡県北九州市若松区響町1丁目110-5
☎ 093-701-6245 FAX 093-701-6849

□環境プラントック

〒989-2421 宮城県岩沼市下野郷字新南長沼87-1
☎ 0223-24-2450 FAX 0223-29-2084

■事業所

□仙台事業所

〒983-0001 宮城県仙台市宮城野区港1丁目6-1
JFE 条鋼(株) 仙台製造所内
☎ 022-258-4182 FAX 022-258-4183

□君津事業所

〒299-1141 千葉県君津市君津1番地
新日鐵住金(株) 君津製鐵所構内
☎ 0439-52-0497 FAX 0439-52-0498

□京浜事業所

〒210-0868 神奈川県川崎市川崎区扇島1-1
JFE スチール (株) 東日本製鐵所 京浜地区構内
☎ 044-288-5565 FAX 044-288-5563

□加古川事業所

〒675-0137 兵庫県加古川市金沢町1番地
(株) 神戸製鋼所加古川製鐵所構内
☎ 0794-35-0393 FAX 0794-35-9641

□倉敷事業所

〒712-8074 岡山県倉敷市水島川崎通1丁目
JFE スチール(株) 西日本製鐵所 倉敷地区構内
☎ 086-448-3035 FAX 086-448-3037

□福山事業所

〒721-0931 広島県福山市鋼管町1番地
JFE スチール(株) 西日本製鐵所
福山地区構内
☎ 084-941-0924 FAX 084-941-0937

□小倉事業所

〒803-0803 福岡県北九州市小倉北区許斐町1番地
新日鐵住金(株) 八幡製鐵所
小倉地区構内
☎ 093-561-2081 FAX 093-561-2083

■営業部・支店

□九州支店

〒804-0011 福岡県北九州市戸畑区中原西2丁目18-12
☎ 093-871-3724 FAX 093-884-0009/884-0048

□西日本支店 (山陽)

〒719-0253 岡山県浅口市鴨方町鳩ヶ丘1-1298
山陽工場内
☎ 0865-45-9255 FAX 0865-45-9657

□西日本支店 (関西)

〒530-0001 大阪市北区梅田2丁目5番6号
桜橋八千代ビル4F B号室
☎ 06-6440-1305 FAX 06-6440-1306

□関東支店 (含海外営業室)

〒104-0032 東京都中央区八丁堀2丁目11番7号
MC 八丁堀ビル7階
☎ 03-3537-2450 FAX 03-5541-8300

■関連会社

□株式会社 アソートフジ

〒983-0001 宮城県仙台市宮城野区港1丁目6-1
JFE 条鋼(株) 仙台製造所内
☎ 022-786-1451 FAX 022-786-1451

□株式会社 フジケア

〒803-0826 福岡県北九州市小倉北区高峰町3番3号
☎ 093-562-1112 FAX 093-562-1175

□株式会社 マスクフジコー

〒803-0826 福岡県北九州市小倉北区馬借1丁目5-18
ランドスペース馬借2F
☎ 093-513-2450 FAX 093-513-2453

フジコー技報 - tsukuru No.23 平成27年12月16日

発行人 永吉英昭
発行所 株式会社フジコー
技術開発センター
〒804-0054 北九州市戸畑区牧山新町4番31号
☎093-871-0761 FAX093-882-0522



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。



本社 福岡県北九州市戸畑区中原西2丁目18-12
PHONE 093(871)3724(代) FAX 093(884)0009