

AI・IoT とマシン汚れ防止技術の融合による 生産性向上と働き方改革の両立

坂田 人丸

(株)メンテック 富士事業所・アプリケーション開発課

Improvement of Paper Machine Productivity and Efficiency by Integrating AI & IoT and “Drypart Surface Passivation” Technologies

Hitomaru Sakata

Application Development Team

Fuji Technology Development Center, Maintech Co., Ltd.

ABSTRACT

Maintech’s innovative technology Dryer Surface Passivation (or DSP) has been introduced on over 200 paper machines across the world and become a Global Standard for recycled papermaking. In recycled papermaking, as the deposit levels and profiles on the fabric and rolls often change, it is required to adjust the chemicals and chemical spraying equipment according to the conditions. However, it is dangerous for workers to check the fabric condition inside the dryer hood in a high temperature and humidity environment. Therefore, we have developed an “Intelligent Deposit Control System (IDCS)” utilizing the AI, IoT, image processing, field network and sensing technologies. We report that we have developed a system “phase 1” to optimize chemical dosage according to the deposit conditions by visualization of the deposition on the fabric in the dryer hood with heat resistant cameras and by quantification by use of image processing.

1. はじめに

当社は独自に開発した薬品と薬品散布装置を用いて抄紙機の汚れを防止する技術を販売しており、当社のドライパート汚れ防止技術は欠点・断紙対策として国内板紙工場の95%で採用され、国内外で600台以上の薬品散布装置ミストランナー・シャワーランナーが稼働している。古紙を原料とするリサイクル抄紙においては、古紙原料中の汚れ量の変動、季節要因などによって日々刻々とマシンの汚れ状況が変化しているため、そのつどマシンコンディションや汚れ状況を確認して、汚れ防止薬品やマシン洗浄設備の調整が必要となっている。

しかし、稼働中のドライヤーフード上段においては、100℃を超える高温・多湿の環境に加え高速で機械が稼働してい

る状態であり、同個所に入ってカンバス汚れ状況を確認することは安全な作業とは言い難い。そこで当社はドライヤーフード内のカンバス汚れを見える化、さらには定量化したうえで、汚れ量に応じて薬品の散布量を最適化するシステム「IDCS (Intelligent Deposit Control System)」の開発を行っており、本稿ではその概要を紹介したい。

2. 現在の課題

2-1. 抄紙機における課題

抄紙機においてピッチ欠点が発生した際は、マシンオペレーターが欠点の大きさ、形状、紙へのピッチ埋もれ具合から、過去の経験、ノウハウを頼りに欠点発生箇所を推定して対処するため、原因の同定と対策の精度はオペレーターの技能に依存している。なお、欠点形状で発生個

所を特定できない場合は、フード内に入って汚れ状況を確認するケースもゼロではなく、これらの作業を改善する必要がある。また、いったん欠点が発生すると比例で増加するため、早急に対処する必要があり、全長100mを超える抄紙機では長い距離を行き来して原因調査と対策を行うため作業負担になっている。欠点対策を実施したとしても、欠点発生個所の推察が間違っていた場合は、欠点数の増加を止められず損紙が発生、さらには断紙に繋がり生産性が低下してしまう(図1)。

他方、紙パルプ産業に限らず全産業での課題として、熟練者の高齢化を背景とした技術継承の問題や、少子化を背景とした業務負担の増加が想定され、日本の製紙産業の技術力を維持・向上させるためにも、働く職場の環境改善に取り組み

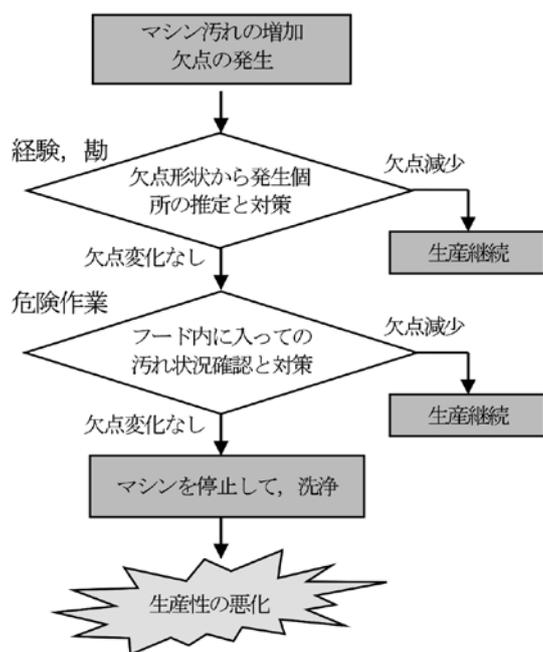


図1 欠点発生時の対応フロー

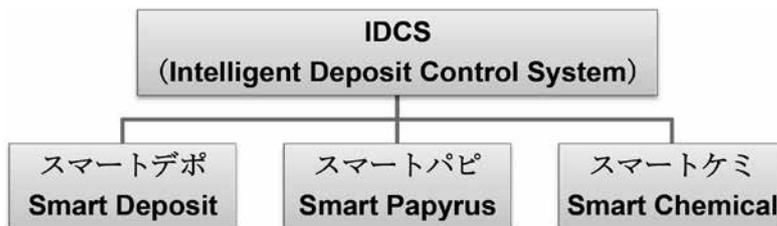


図2 システム構成図

ヒアリングしたうえで、使いやすく、生産性の向上、業務量の軽減（働き方改革）に直結するシステム「IDCS」の開発を進めている。

今回、IDCSの第一弾（フェーズ1）として、高温・多湿の上段カンバスの汚れ量を遠隔モニタリングカメラで定量化「スマートデポ（Smart Deposit）」し、担当者の技能に依存せずに薬品使用量を最適化するシステム「スマートパピ（Smart Papyrus）」と、中央制御室で汚れ防止薬品・装置を一括管理して省力化するためのシステム「スマートケミ（Smart Chemical）」を開発したため報告する（図2）。

3-1. スマートデポによるフード内の見える化

(1) フード内の撮影システム

抄紙機における課題として、上段カンバスの汚れを確認できず、欠点が発生してから汚れの進行に気付くため、欠点発生前に汚れの進行度に応じた対策を打てないことがある。そこで当社は上段カンバスの高温・多湿環境においても稼働できるカメラシステムを開発した。カメラシステムは、多層構造による断熱性の高

なければならない。

2-2. 汚れ防止薬品・適用方法における課題

当社の汚れ防止薬品・適用方法における課題として、下記2点の要望をお客様より頂くことが多い。

(1) マシン汚れに起因するピッチ欠点が発生した際は、汚れ防止薬品を増添することで欠点が減少するが、その後、汚れにくい抄紙条件になったとしてもピッチ欠点の再発を懸念して薬品を増添したまま適用し続けるため、コストアップになってしまう。

(2) 抄造銘柄、抄速によってマシンの汚れやすさが異なるため、銘柄変更に合わせてオペレーターがポンプ設定値をあらかじめ定めている値に変更しているが、ポンプユニットは1階のそれぞれ離れた個所に設置されていることが多く、2階の操作室からの移動と階段の昇降が必要であるため効率的でない。また、ポンプ設定値の変更を忘れてしまうと、汚れがマシンに付着して欠点に至ってしまうことがある。さらには、薬品ドラムの残量管理についても、万一薬品切れが発生した場合は生産性の低下に至るため、

残量が少なくなった際にはこまめにドラム残量を確認する必要がある、そのつどポンプユニットまで確認しに行かなくてはならない。

これらのことから、マシンの汚れ量を定量的に捉えて薬品の増減添を適切に実施でき、薬品使用量と残量を操作室などで一括管理し、銘柄ごとにあらかじめ設定した散布量への自動変更や、ドラム交換を知らせるシステムが求められている。

3. IDCSの開発コンセプト

これら課題に対して、当社では最新技術のフィールドネットワーク、IoT、AIを活用し製紙会社の現場の生の声をよく



写真1 フード内撮影システム



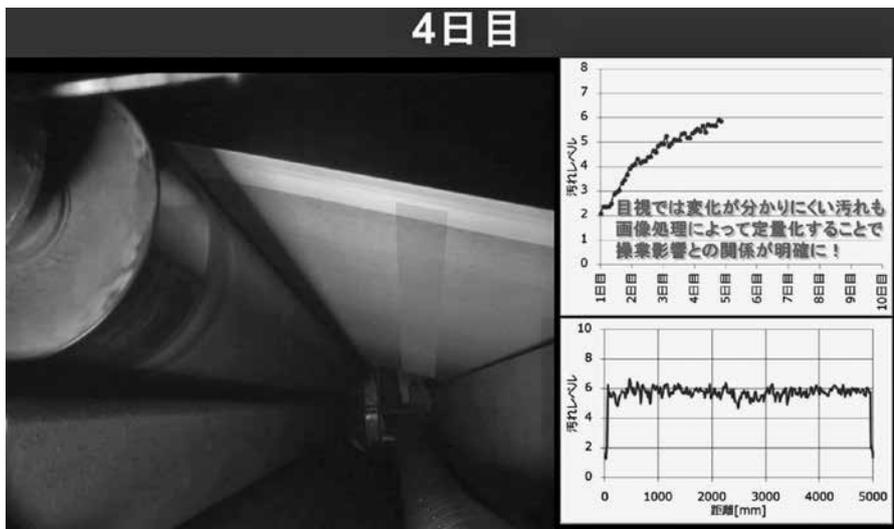


図3 画像処理による汚れ量の定量化

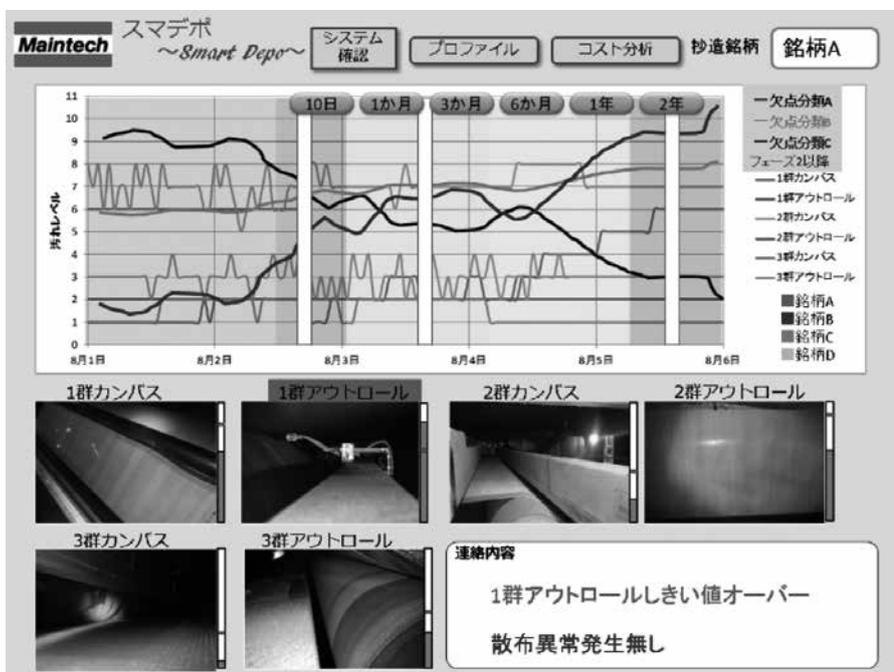


図4 汚れレベル監視システム

いハウジングと、ボルテックスクーラーによるエア冷却方式を採用し、フード内でもカメラが高温にならないように設計した。また、カメラレンズへの汚れ付着や水蒸気による曇りが発生しないようにエアブローも組み込んでおり、125℃の条件においても安定稼働している(写真1)。

(2) カンバス汚れの定量化システム

フード内の撮影システムで、汚れ量をリアルタイムに監視することは可能になったが、どこがどれくらい汚れているかの判断は画像を見るオペレーターの主

観的な評価となり、オペレーターの感覚に委ねられてしまう。また、汚れは数時間単位で進行していくため、現在と過去の画像と比較しないと汚れの変化に気づくことができない。そこで、画像処理システムを用いて汚れ量をレベル0～10に数値化して、縦軸に汚れレベル、横軸に時間またはマシン幅方向のグラフを表示し、あらかじめ設定した汚れレベルに達した際にアラートを出すシステムを構築した(図3)。これによって、汚れへの対応を属人化せずに、定量的に判断す

ることが可能となった。

さらには、過去からの汚れレベルの経時変化をトレンドグラフで確認できるため、原料の変更やフェルト・ワイヤーの交換などの各種イベントと用具汚れの関係性について分析し、対策を実施することが可能である(フェーズ2以降)。

3-2. スマートパピによる汚れレベルに応じた薬品添加量の自動調整

撮影システム、画像処理システムで汚れレベルを定量的に監視することが可能になったが、それだけでは増加した汚れへの対策として汚れ防止薬品をどのくらいまで増添するのか、汚れ量が減少した際にいつ、どのくらいまで元の使用量に戻すのかはオペレーターの経験と判断に依存してしまうため、必ずしも生産性向上には至らない。そのため、汚れが一定量にまで増加した際には自動的に使用量を増加させ、汚れが一定量以下に減少した際には使用量を減少させるシステムを構築した(図4)。

これにより、監視個所の汚れ量と欠点の関係性を調査したうえで、監視個所の汚れが欠点に至る(汚れが成長して用具から脱落する)汚れレベルよりも低い位置で薬品を増添する設定にすれば、監視個所の汚れを欠点が発生するレベル以下に抑えられるので欠点を未然に防止し、生産性を向上させることができる。また、汚れレベルが一定以下に減少した際には薬品を通常使用量に戻すように設定すれば薬品の浪費を防止し、必要最小限の薬品コストで操業することができるので、汚れ防止薬品の費用対効果を最大化することができる。

3-3. スマートケミによる薬品の集約制御システム

(1) 当社装置の集約制御

当社の装置は、薬品を摺動散布する「ミストランナー・シャワーランナー」、薬品・エアを供給する「ポンプユニット」、それらをコントロールする「操作盤」で

構成されている。マシン1台に対して当社装置は複数台納入されているが、それぞれ個別に制御を行っているため、現場の担当者は銘柄が変わるごとに各装置のポンプ設定値を変更する必要がある。また、薬品ドラムの残量が少なくなると、薬品切れを起こさずに最後までできる限り薬品を使用しようとするため、残量確認をこまめに行う必要がある。

そこで、現場の働き方を効率的にするために装置にセンサを追加してポンプ設定値、ドラム残量、ノズル摺動速度、装置異常信号などの情報をマスター操作盤に集約し、それを中央制御室に設置することでオペレーターが待機している場所で情報を見える化し、その場で薬品使用量調整やドラム残量確認などができるシステムを構築した(図5)。

このシステムによって銘柄変更時の添加量変更は中央制御室で容易に行えるようになり、かつ薬品ドラムの交換タイミングもシステムからのアラートで実施すれば良いので、こまめに確認する作業や薬品切れによる欠点増加の懸念をなくすることができる。

(2) 薬品の一括管理システム

当社の薬品に限らずポンプの添加量、ドラムの残量を管理するための接続システムをオプションとして搭載した。本システムにより、各種薬品の使用量調整や薬品ドラム交換のタイミングを1画面上で完結することができる(図6)。また、本システムを使用すれば、薬品の使用量やコストの集計管理の負担を軽減することもできる。

4. IDCS の適用効果

4.1. 上段カンバスへの耐熱カメラ適用事例

フード内撮影システムの耐熱カメラについては、現在までに1群上段カンバスで5件、2群上段カンバスで1件適用されており、すべて正常に稼働している。

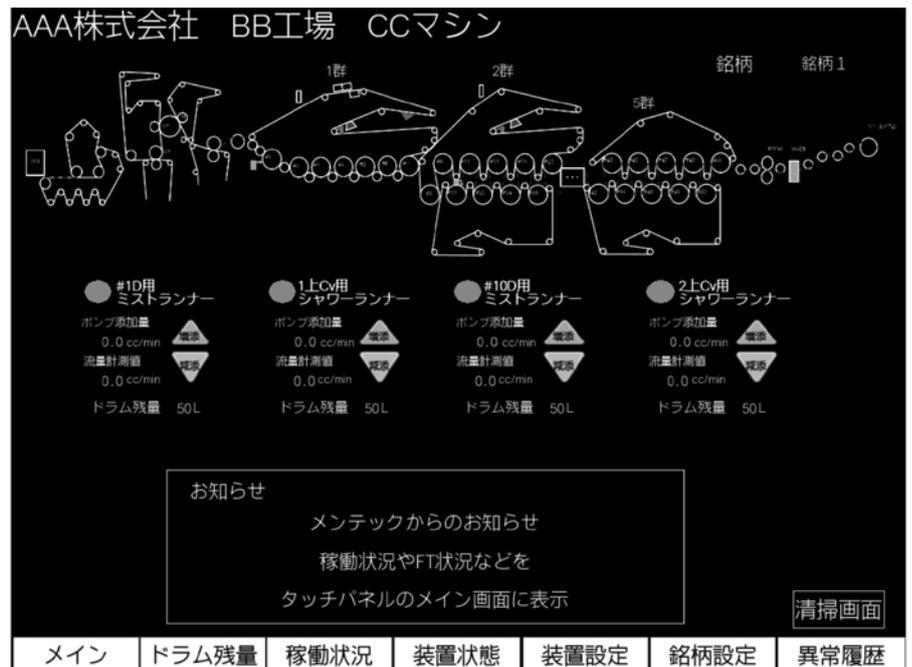


図5 集約制御システム

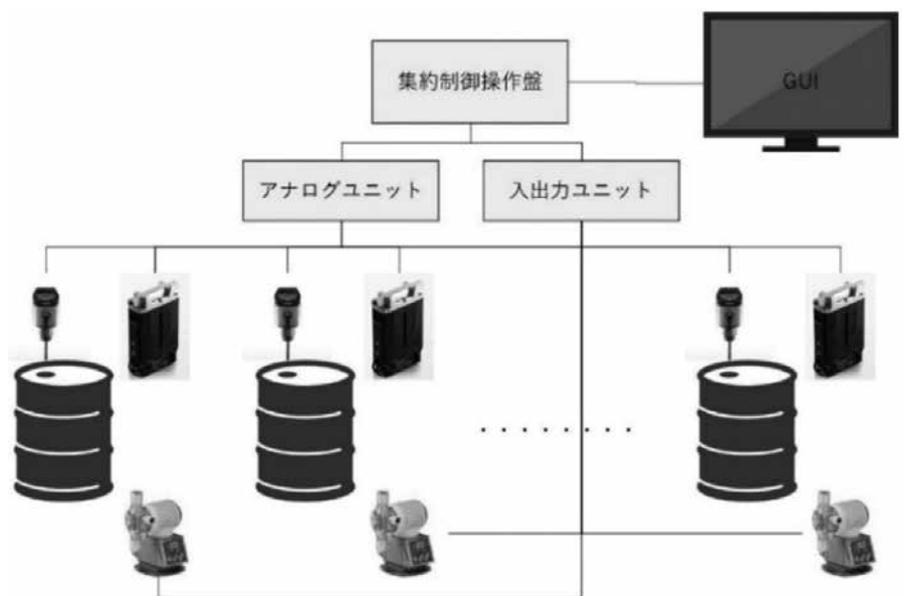


図6 薬品一括システム構成

今回は、そのうち2件についての適用結果を報告する。

(1) 1群上段カンバス汚れの監視

① 適用条件

- ・抄造品種：中芯
- ・紙幅：約4m
- ・抄速：約1,000m/min
- ・フード内環境：約120℃
- ・撮影対象：1群上段カンバス表面、および、アウトロールの汚れ

② 目的

マシン断紙・ワインダー断紙の原因となりうる1群上段カンバス汚れを監視し、断紙が発生した際の原因特定に使用することを目的とした。

③ 結果

耐熱カメラで作業中の1群カンバスを撮影した画像を写真2に示す。汚れ量が画像で判断でき、現在、断紙原因の原因特定に活用されている。



写真2 画像処理システムによる汚れの定量化



写真3 作業中のファブリキーパーヘッド

表1 IDCSの導入メリット

区分	内容	メリット
危険作業の改善	作業中の上段カンバスへの立ち入りがなくなる	安全 人材の定着化
生産性の向上	断紙回数が1回/月減少 欠点損紙が5t/月減少	152万円/月
業務量の減少	欠点発生時の汚れ調査と散布量調整が3回/月減少 欠点の継ぎ手処理が5回/月減少 直1回のポンプユニット見回り時間が減少 残量が少なくなった際のドラム確認時間が減少 銘柄変更時のポンプ設定値の変更時間が減少 薬品使用量とコストの集計時間が減少	35h/月の削減

[シミュレーション条件]

- ・日産：800t
- ・紙製品販売価格：70円/kg
- ・断紙による生産ロス時間：30分/回
- ・ミストランナー・シャワーランナー台数：6台
- ・薬品使用量：5ml/分/台

また、オフタイムでの適用になるが画像処理システムを適用すると、実際の汚れ量に応じて汚れレベルが変化し、汚れ量を定量化することができた。

(2) 1群上段カンバスの当社ファブリキーパーの監視

① 適用条件

- ・抄造品種：中芯
- ・紙幅：約3.9m
- ・抄速：約560m/min
- ・フード内環境：約120℃
- ・撮影対象：1群上段カンバス用ファブリキーパー

※カンバス汚れ洗浄防止装置「ファブリキーパー」は、湿紙からのピッチ汚れや紙粉をカンバスに付着し難くするとともに、コンパクトなクリーナーヘッドで付着した汚れを高い回収率で洗浄するシステムである。クリーナーヘッドと薬液散布ノズルを直線上に配置し同期して摺動するため、均一かつ安定した汚れ防止効果を発揮することができる。

② 目的

新設した1群カンバス用ファブリキーパーを最適条件で使用するために、ヘッドからのブラッシュの有無をカメラで確認し、高圧水ノズルの角度とベンチュリーエア圧を調整し、ウォーターマークの防止と汚れの回収率向上を目的とした。

③ 結果

ファブリキーパー立ち上げ後、クリーナーヘッドからのブラッシュを画像で確認でき、高圧水ノズルの角度とベン

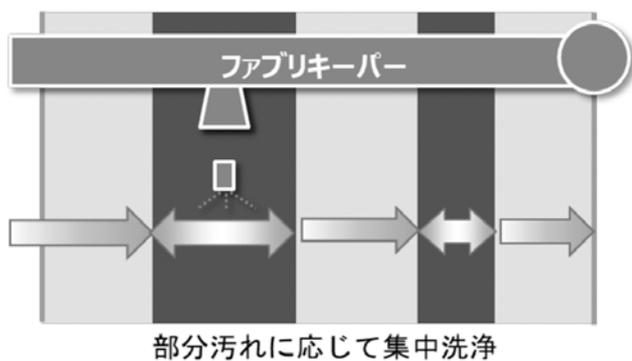
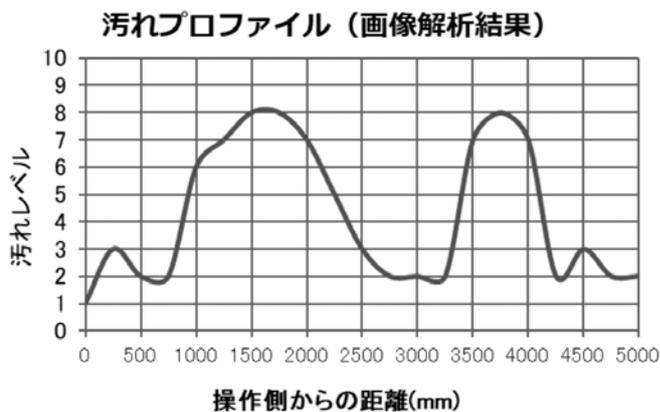


図7 カンバス汚れ防止・洗浄装置ファブリキーパーとの連動

チュリーエア圧を調整し、スプラッシュを改善することができた。これにより、立ち上げ直後からウォーターマークなどのトラブルを発生させずにファブリキーパーを連続稼働させることができた。

4.2. IDCS の導入メリット

IDCS の導入により危険作業の改善、生産性の向上、業務量の減少を図ることができるため、それらメリットをシミュレーションし、表 1 にまとめた。

5. 今後の開発について

IDCS により、これまで困難であったフード内の状況を操作室で監視すること

ができ、汚れレベルに応じて汚れ防止薬品の使用量を最適化することが可能となるため、危険作業の改善、生産性の向上、薬品コストの適正化を図ることができる。また、スマートケミによる集約制御によって、業務の減少にも貢献することが可能となる。今回報告したフェーズ 1 では、用具の汚れを定量化して汚れレベルの増減に対して処置を行うシステムになっているが、今後は欠点検出器との連携、フェルト・ワイヤー状態などの抄紙工程のプロセスデータを AI で解析することで、用具が汚れる前に処置を行うシステムの開発を進めていく。

また、汚れ発生時の処置を汚れ防止薬品だけで行うのではなく、洗浄機能を搭載したファブリキーパーと連動して汚れ個所を集中洗浄する機能の開発を進めている（図 7）。さらに、現在はドライパートでの取組みであるが、今後はフェルト・ワイヤーなどウエットパートの監視および処置についても実施していく予定である。

今後とも当社は現場の現実に基づく装置・薬品・適用方法の開発・改良を顧客とともに進め、製紙会社の働き方改革の一助となるシステムを構築し、生産性向上のお手伝いをしていく所存である。