

SmartPapyrus® が実現する製紙工場の働き方改革

— カンバス汚れの遠隔モニタリングと汚れ防止アプリケーションの連動による欠点防止対策 —

坂田 人丸^{*2}

(株)メンテック 富士事業所^{*1} 開発一課

The SmartPapyrus® Realizes Work Style Reform in Paper Mills

Hitomaru Sakata^{*2}

Technology Development Team, Fuji Technology Development Center^{*1},
Maintech Co., Ltd.

ABSTRACT

Maintech has been providing paper machines with Dryer Section Passivation technology (chemical application combined with chemical products, equipment, and application methods) for over 30 years to prevent defect/sheet break due to dryer section depositions. As of July 2021, the number of applications being operated over the world has topped 800 units. In recent years, the number of problems caused by machine deposits has been increasing due to the worsening of the raw material of pulp situation. In addition, it is becoming increasingly difficult to respond to machine dirt deposits in a timely and appropriate manner due to the decrease in the working population at production sites and the retirement of experienced employees. To address this issue, we are developing “SmartPapyrus®”, a system to prevent defects and sheet breaks by visualizing machine dirt deposits using IoT, analyzing it using artificial intelligence, and using machine dirt deposit prevention technology. In SmartPapyrus® Ver.1, we developed “SmartDepo.®”, which quantifies the contamination level by visualizing and quantifying the dirt deposit status of the fabric in real time with a camera that can be used in high temperatures in the hood exceeding 100 degrees Celsius. We have also developed “SmartChemical®”, which is linked to “FabriKeeper®”, a fabric cleaning system, and controls chemicals according to the stain status of the fabric.

This time results of the application of SmartPapyrus® Ver.1 will be reported.

Keywords: Artificial Intelligence, Internet of Things, Connected Factory, FabriKeeper®, SmartPapyrus®, defect, sheet break, Camera, SmartDepo.®, SmartChemical®

1. はじめに

当社はリサイクル抄紙の課題であるマシン汚れによる欠点・断紙を防止するソリューションとして、ドライパート汚れ防止アプリケーション（薬品、装置、適使用方法）を1980年代より製紙会社に提供しており、その後多くの技術改良を経て、2021年8月現在では国内・海外の約250機のマシンで約800のアプリケーションが稼働している。

近年、原料事情の悪化でマシン汚れによるトラブルは増加する一方で、労働

人口の減少、熟練者の退職により、マシン汚れに対するタイムリーかつ適切な対応が困難となりつつある。この課題に対して当社はマシンの汚れをIoTで見える化、AIを用いて欠点・断紙の予兆解析を行い、マシン汚れ防止技術を用いて欠点・断紙を未然に防止するシステム“SmartPapyrus®”を開発している。その第一弾であるVer.1では、カンバス汚れ状況をリアルタイムで可視化するため100℃を超えるフード内の高温にも耐えるカメラと数値解析により汚れレベルを定量化する“SmartDepo.®”と、カンバ

ス洗浄装置である“ファブリキーパー®”との連動や汚れ防止薬品のコントロールによりカンバス汚れ状況に応じた制御を行う“SmartChemical®”を開発した。

本報告では、SmartPapyrus® Ver.1を国内板紙工場で適用した結果と実績について報告する。

2. SmartPapyrus® の開発コンセプト

2-1. 現場の抱える課題

抄紙機において欠点が発生した際には、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

*1 〒417-0003 静岡県富士市依田橋町9-22 / 9-22 Yodabashi-cho, Fuji-shi, Shizuoka, 417-0003, Japan

*2 E-mail : info@maintech.co.jp

所を推定して対策を講じるが、原因の同定や対策の精度はオペレーターの技能と経験に大きく依存している。

また、欠点形状で発生箇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多く、いったん欠点が発生すると時間とともに増加するため、全長100mを超える抄紙機において、長い距離を行き来して原因調査を行った上で対策を打つ必要があり、これらは製造現場の大きな負担になっている。

さらに、欠点対策を実施したとしても、欠点発生箇所の推察が間違っていた場合は欠点の増加を止められず損紙が発生、ひいては断紙に繋がり生産性が低下してしまうため、欠点の発生箇所と原因となる汚れの同定は生産性を維持・向上するうえでの重要課題の1つである(図1)。

2-2. SmartPapyrus® 開発コンセプト

上記の課題に対して、当社では欠点原因を特定し薬品添加や洗浄など対策を行うために、欠点検出機から得られる欠点データやマシンの状態や抄造条件などの情報をビックデータとして解析し、AIによる欠点の事前予知を行い適切な欠点対策をオペレーターに提示するシステム SmartPapyrus® を開発した。

SmartPapyrus® のシステム構成を図2に示す。マシン汚れなどの情報の見える化を数値解析を用いて行う部分を SmartDepo.®, 薬品やクリーナーによる汚れ防止・洗浄対策を行う部分を SmartChemical® と呼んでいる。システムの中核部分となる SmartPapyrus® では、SmartDepo.® やマシンの抄造条件から得られたデータをもとに適切な防止対策をオペレーターに提示し、その判断をベースに SmartChemical® に指示する機能を有している。

3. SmartPapyrus® Ver.1 のコンセプトと機能

SmartPapyrus® の第一弾として開発



図1 欠点発生時の課題

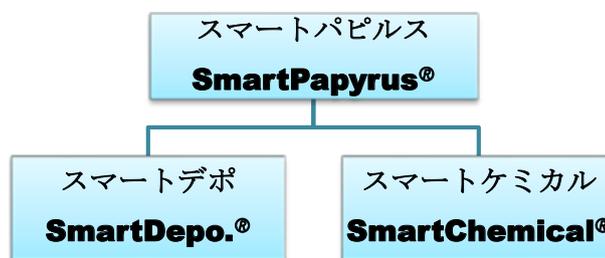


図2 SmartPapyrus® システム構成

した SmartPapyrus® Ver.1 は、2021年7月現在で13台の板紙マシンにおいてカンバス18箇所を導入されている。

SmartDepo.®: 当社が独自に開発した耐熱カメラユニットを用いることにより、高温多湿のフード内カンバス汚れ状態をリアルタイムに撮影し、カンバスの汚れ量を画像処理・数値解析により定量化できる。

SmartChemical®: 当社のカンバス汚れアプリケーションであるファブリキーパー® (薬品散布ノズル+クリーナー) やシャワーランナー (薬品散布装置) と連携を行い、カンバスの汚れ量に応じた装置制御 (Ex. カンバス部分汚れ箇所の集中洗浄や薬品使用量の増減) を行うことでカンバス汚れに対してリアルタイムに対策を講じることができる。

また、薬品ドラムの残量を遠隔で監視

することでドラム残量の見回りやポンプの稼働状態確認など工場内の薬品管理にかかるルーティン業務の省力化が可能となり、ドラム交換のタイミングを意識する必要がない。また、薬品発注が必要になった際には自動的に発注メールを送る自動発注機能を有しており発注の事務作業を最小化できる。

表1に SmartPapyrus® Ver.1 の機能を示す。抄紙工程における省力化、効率化、属人化防止、安全対策に繋がり、工場における働き方改革の一助を担うことを目的に実装している。とくに、従来は危険をとまなう高温フード内に入らなければ確認ができなかったカンバスの状態をリアルタイムに確認できることに加え、作業者のスキルに依存しない形で数値化し記録することでベテランの判断基準を定量的に表現することができるようになった。

表1 SmartPapyrus® Ver.1の機能と目的

機能	目的
フード内カンバスの撮影	高温・高圧のフード内をリアルタイムに確認
カンバス汚れ量を数値定量化	人に依らない定量的な結果を表示
カンバス汚れのトレンドグラフ表示	時系列のカンバス汚れ状況を把握
カンバス汚れのプロファイル表示	局所汚れからマシンの異常箇所を推定
カンバス汚れ状態のタイムラプス表示	長期間の微小変動を連続再生で確認
複数のカンバス監視（最大カメラ16台接続）	各群の汚れと欠点の関係性を調査
トレンドグラフ上に銘柄表示	銘柄による汚れ量の違いを把握
銘柄と添加量の連動	原料や抄造条件による添加量最適化
複数のポンプ制御（最大24台）	操業の効率化
複数のタンク、ドラム、コンテナ残量監視（最大12台）	各種薬品管理の省力化
各薬品の使用量実績確認	データの集計作業削減
当社薬品の自動発注	薬品発注業務の削減
カンバス汚れの統計データ出力	過去データの定量的評価
局所汚れに応じたファブリキーパー連動	マシン状態変動時の欠点対策
カンバス汚れ量に応じた薬品添加量連動	マシン状態変動時の欠点対策

ている。また、データを蓄積して各種抄造条件との関係を調査することで、新たな知見の獲得も可能になる。

4. SmartPapyrus® Ver.1実機適用結果

以下、実機に適用し前章で挙げた機能の活用事例をいくつか報告する。

4-1. カンバス汚れの見える化

SmartDepo.®を用いたカンバス汚れの見える化について、2つの事例を紹介する。

(1) ファブリキーパー®適用による効果確認

当社が販売して好評を頂いているカンバスクリーナーであるファブリキーパー®の適用効果について紹介する。

ファブリキーパーは2021年7月現在、販売開始から3年ですでに20台が稼働しており、21年度中にはさらに8台の設置が決まっている。ここでは、21年2月より稼働を開始したファブリキーパー®の効果をSmartPapyrus® Ver.1で確認した結果を記載する。

① 適用マシン

・抄造品種：ライナー

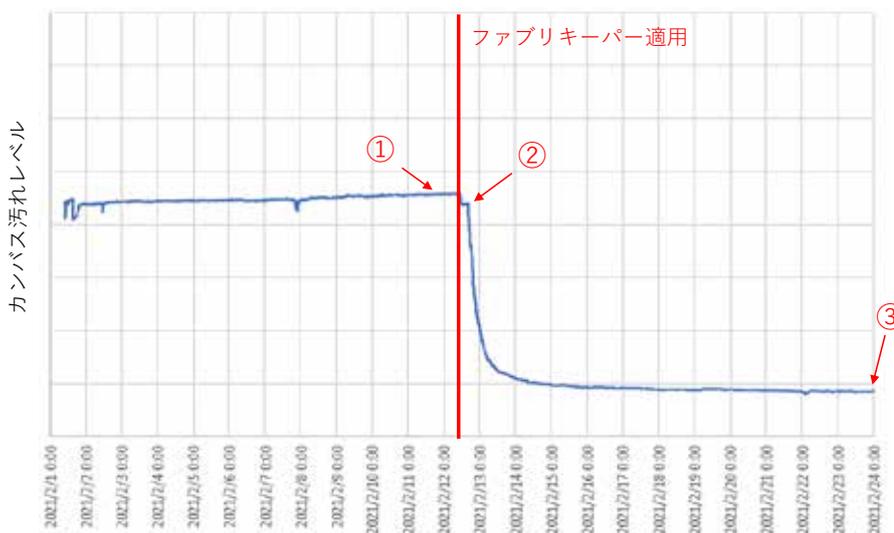


図3 ファブリキーパー適用前後のカンバス汚れレベルの推移

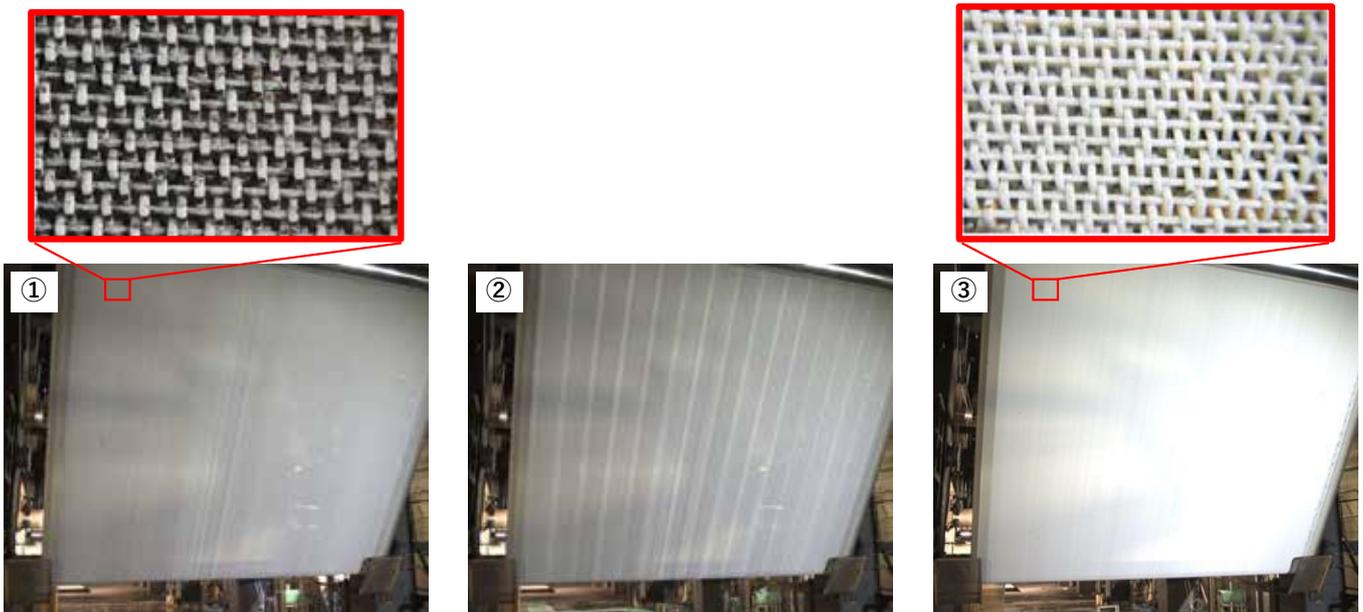


図4 ファブリキーパー適用前後のカンバス画像

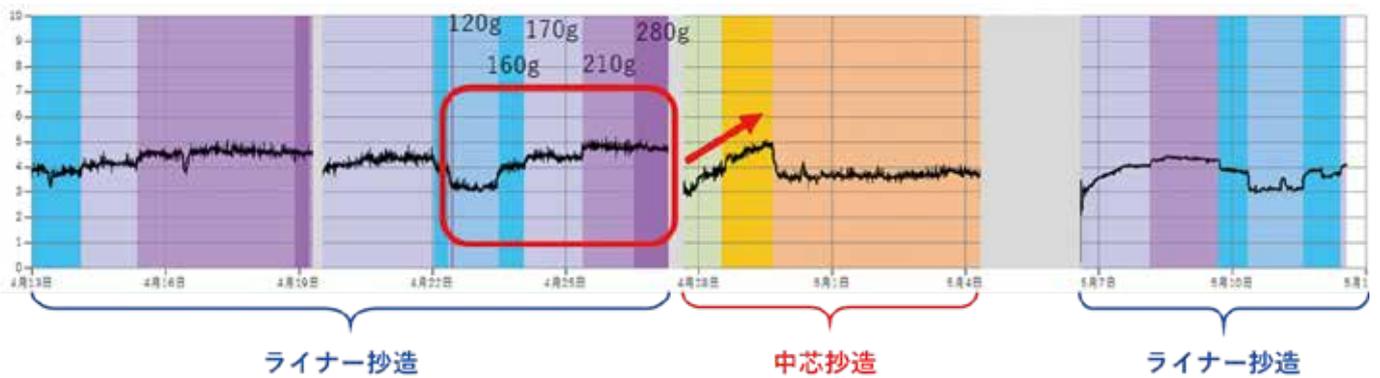


図5 銘柄毎のキャンバス汚れレベル推移

- ・監視対象：3群下段キャンバス
- ・フード内環境：約60℃

② 目的

3群下段キャンバスの汚れ状態を定量化し、新規導入したキャンバス汚れ防止・洗浄システム“ファブリキーパー®”の効果確認を目的とした。

③ 結果

図3に示すようにファブリキーパー適用後、汚れていたキャンバスは時間の経過とともに急速に洗浄され、約2日間で汚れレベルはほぼゼロとなり、実際にキャンバス表面にある汚れはほとんど除去されていることが目視でも確認された(図4)。これらは従来のクリーナーと当社の汚れ防止アプリケーションの組み合わせでは得られなかった効果である。

(2) 銘柄とキャンバス汚れの関係性確認

① 適用マシン

- ・抄造品種：中芯・ライナー
- ・監視対象：1群キャンバス
- ・フード内環境：約100℃

② 目的

SmartDepo.®を用いて抄造銘柄とキャンバス汚れレベルを確認し、抄造条件とキャンバス汚れレベルとの関係性を把握する。

③ 結果

図5に示すように、ライナー抄造時においては坪量の増加にともない汚れレベルも増加する傾向が見られた。また、中

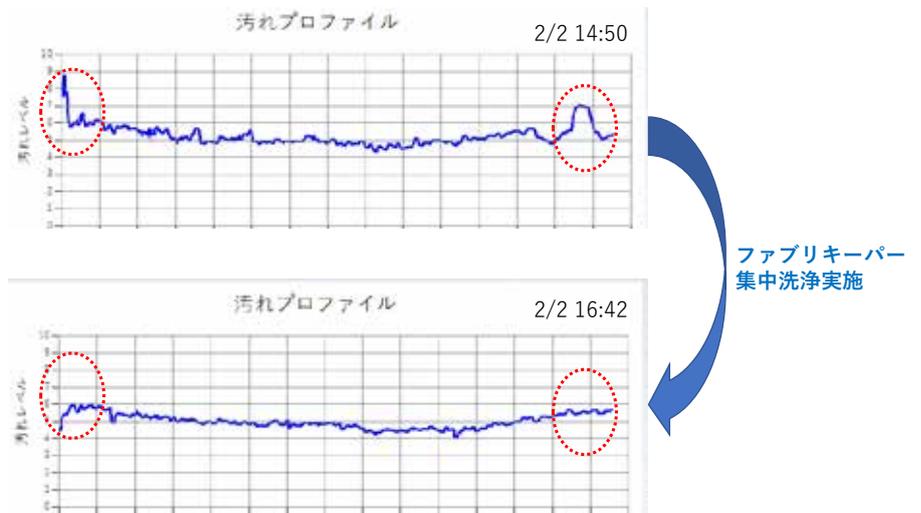


図6 ファブリキーパー集中洗浄前後の汚れレベル変動確認結果

芯抄造開始時は汚れレベルが上昇することが確認された。当該マシンでは、坪量が大きくなると抄速を下げてドライヤー温度を上げる調整をしている。汚れの持ち込みは抄速を下げることで抑制されているが、ドライヤー温度が上がることでピッチの粘性が変化しキャンバス汚れが増加しているものと推察される。

また、中芯抄造は、ライナー抄造時と比べて原料の持ち込み汚れが増加するため汚れの持ち込みが多く、抄造開始時に汚れレベルが急激に増加していることが確認できる。すなわち、キャンバスの汚れ状況をリアルタイムに監視することで、操業データとの関係性を定量的に考察することが可能になる。

4-2. キャンバス汚れとファブリキーパーの連動

SmartDepo.®とファブリキーパー®を連動させて自動的に欠点、断紙対策を行った事例を紹介する。

① 適用マシン

- ・抄造品種：ライナー
- ・監視対象：1群キャンバス
- ・フード内環境：約80℃

② 目的

キャンバスの部分汚れをカメラで検知してファブリキーパー®で集中洗浄を行うことで、部分汚れによるトラブルを回避できるか確認する。

③ 結果

キャンバスエッジ部の汚れをカメラで検

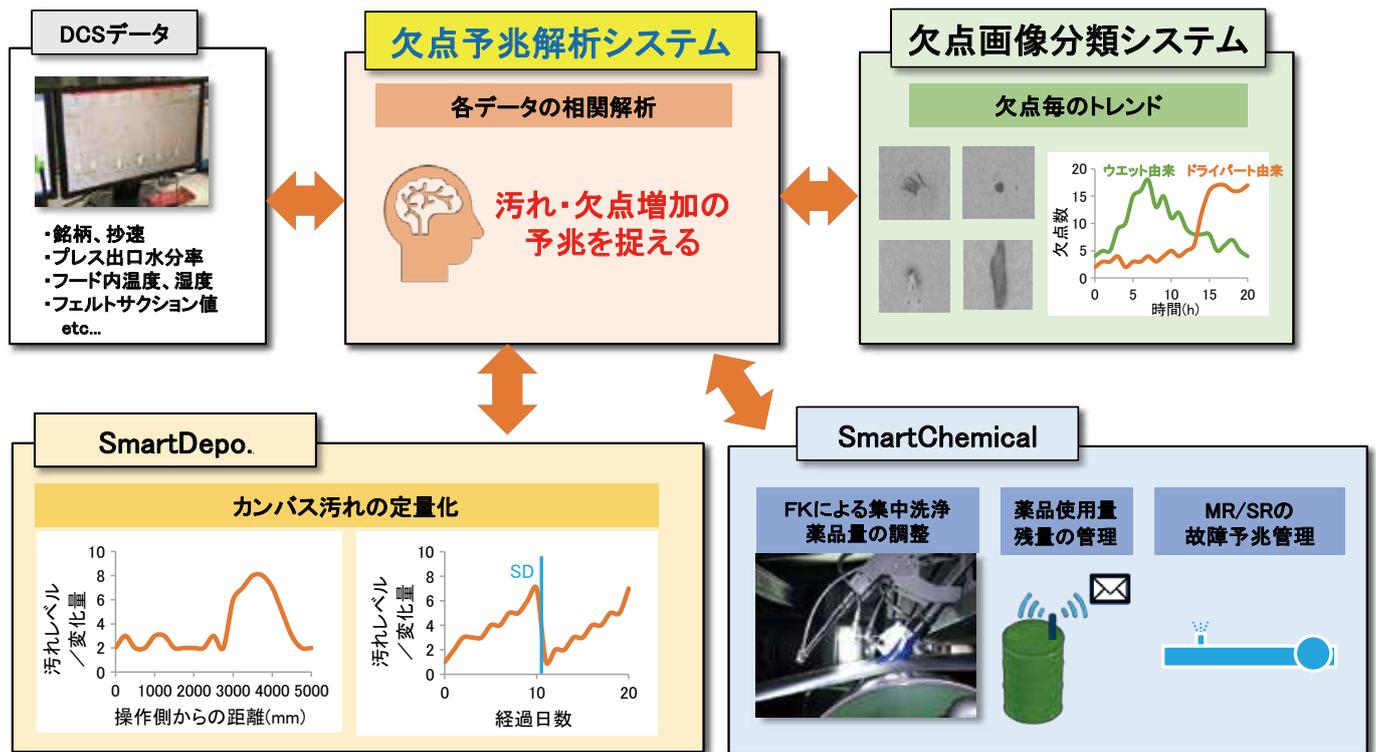


図7 SmartPapyrus 構想

知し、その位置情報と汚れレベルをファブリキーパー®に伝えることによりエッジ部の集中洗浄を行うようなセッティングとした。集中洗浄後にエッジ部の汚れレベルが解消されていることが確認でき、局所汚れによる欠点トラブルをタイムリーに防止できることがわかった。

4.3. 薬品の自動発注実績と業務効率化

SmartChemical®の薬品残量監視と自動発注機能により業務改善を行った事例を紹介する。

① 適用マシン

- ・抄造品種：中芯・ライナー
- ・監視対象薬品種類：3種類
- ・薬品適用箇所：#1ドライヤ, 1群上段カンバス, 2群上段カンバス, 1群ファブリキーパー, カレンダー

② 目的

薬品ドラムの残量監視を行い、自動発注を行うことで業務の自動化・効率化を図る。

③ 結果

2021年1月に運用を開始してから薬品自動発注を32回実施しており、発注漏れなどのミスなく薬品を納入することができている。薬品監視、自動発注を適用することで年間約352時間の作業時間が削減することがわかった。また、21年7月現在で、薬品自動発注は4機のマシンで安定して稼働している。

5. まとめ

以下にSmartPapyrus®の成果と実績をまとめる。

(1) SmartPapyrus®Ver.1の導入により、カンバス汚れモニタリング機能SmartDepo.®でカンバス汚れを操業管理室で視覚的かつ定量的に確認しながらSmartChemical®の薬品添加量の遠隔調整機能を用いてカンバス汚れ由来の欠点を防止できるようになった。これまでは熟練者の経験（暗黙知）をもとに坪量、抄速、銘柄などの操業条件からの推定となっていたり、欠点が発生してから的事後対応（薬品の増添やカンバスのバッチ

洗浄など）となっていたものが、抄造銘柄や抄速などとの関係性を定量的に把握したうえで適切な対処ができるようになった。

(2) ファブリキーパー®の適用効果がSmartDepo.®で定量的に把握でき、ファブリキーパー®との連動により局所汚れに対して集中洗浄をタイムリーに行い、欠点や断紙を未然に防止できることもわかった。

(3) SmartChemical®の導入により、薬品の管理ではこれまで当たり前だった薬品の残量見回り、ポンプのエア噛み確認、薬品の発注作業から解放され、オペレーターはより生産的な業務に時間を充てることできるようになった。

6. 今後の開発予定

SmartPapyrus®Ver.1では、SmartDepo.®でカンバス汚れが数値化されたことにより、カンバス汚れと欠点との相関性が定量的に把握できるようになった。更なる開発として、各マシンから欠点情報と

DCSやBM計から得られた抄造条件、マシン状態や信号をIoT技術も活用して入手し、カンバス汚れデータとの関係性をデータ解析するPoC（Proof of concept：概念実証）を実施しているが、この中ではこれまでの熟練者の長年の操業経験による暗黙知とされていたことが定量的に証明され、マシン間でパラメータの重要度が異なる結果も出てきている。

ひと昔前には各マシンにノウハウを持った熟練者が必ず配置されていたが、今後も同じように配置することは難しく

なっている。SmartPapyrus®はこれからデータや現場の知見の収集と分析を行い、各パラメータとの相関分析を行いオペレーターに対策を提示することで、だけれども、どのマシンでも熟練者と同じもしくはそれ以上の判断を行えるソリューションを提供することを目指している（図7）。

現在、SmartPapyrus® Ver.1に続く次期フェーズとして欠点検出器の画像データを解析することで欠点発生箇所の絞り込みと傾向監視を行うシステムを実機にて検証中であり、2022年度には正式リ

リースする。本システムにより欠点のマシンのどの部分に由来するものであるかがトレンドとともにタイムリーに分析でき、ドライパート由来の欠点に対しては適切な対策をタイムリーに講じることができるようになる。

今後も現場の皆様の意見を幅広く取り入れた開発を推進し、SmartPapyrus®が今後も現場の皆様とともに成長し続けることで、製紙産業における操業改善、働き方改革のために無くてはならないシステムであり続けたいと考えている。