BIELLA SHRUNK PROCESS
INNOVATIVE ATTITUDE

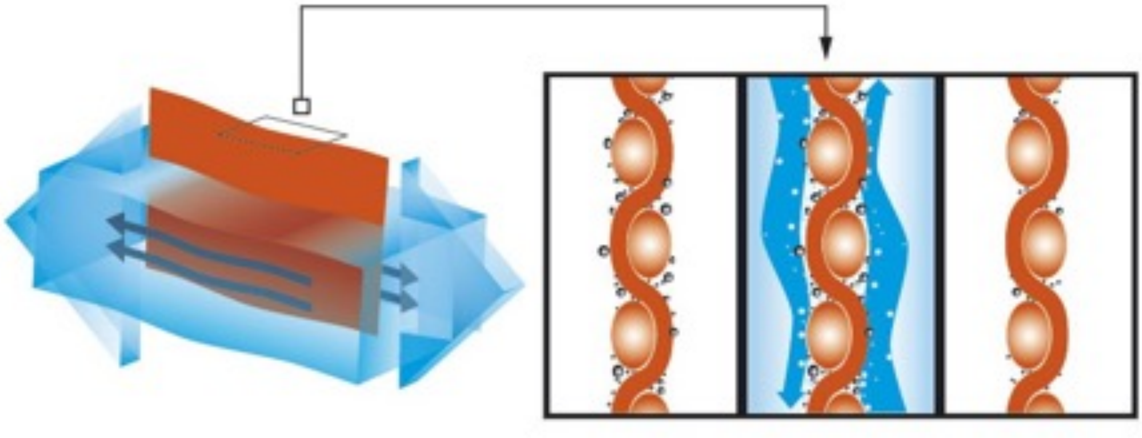
Kinetika：「ダイナミック洗浄ライン」

概要
工業用洗浄プロセスはすべて、下記の四要素の組み合わせによる結果です。

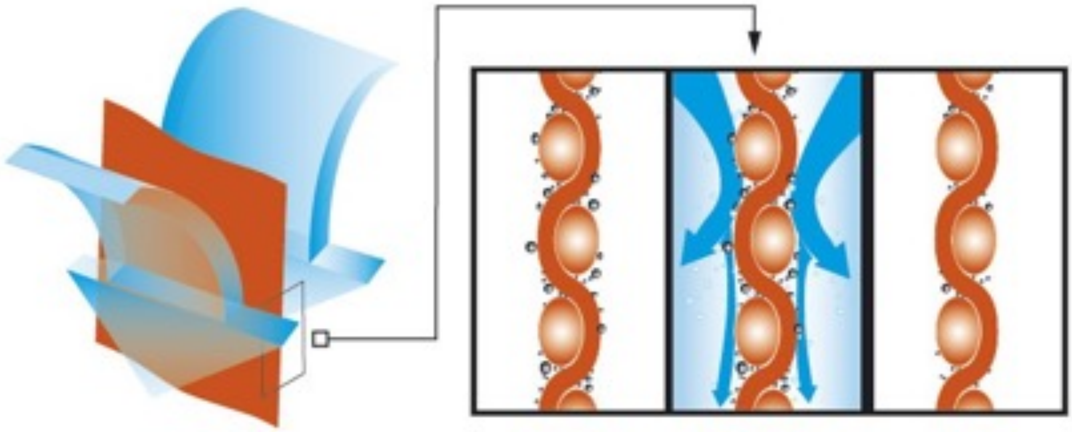
- 時間
- 温度
- 化学的作用（洗剤や洗浄剤など）
- 機械的作用

上記の四要素は、実施する洗浄プロセスに応じた調整が必要です。すなわち、洗浄により除去する対象物質の種類（油剤、糊剤、ワックス、泥付着物、染料、顔料など）や、洗浄する生地の種類（織り方、組成、重量、番手など）により適切な調整を行う必要があります。
上記四要素のうちいずれか一つでも欠如・不足した場合や、不適切な設定を行った場合は、最終的な洗浄結果に悪影響が出たり、不十分な結果となったりする可能性があります。
現代の連続拡布水洗機の場合、上記四要素のうちの三要素については、非常に高度な工程制御が実現されています。その一方で、残りの1要素（「流体の機械的作用」）については、まだ必ずしも十分に活用されているとは言えません。
現代の水洗機に要求されるのは、汚れなどの不要な物質を生地から単に取り除くことだけではありません。各生地の特性や品質を保護するための、繊細な仕上げプロセスが求められているのです。
本書は、革新的な連続拡布水洗機「Kinetika」について、Biella Shrunk Process社が実施した試験や研究開発結果について記載しています。「Kinetika」は、流体の機械的（動的）作用を活用することで、洗浄剤を繊維の奥深くまで浸透させ、効率的な洗浄効果を実現しています。さらに、生地に悪影響を及ぼすことなく、異物を除去する能力を備えています。

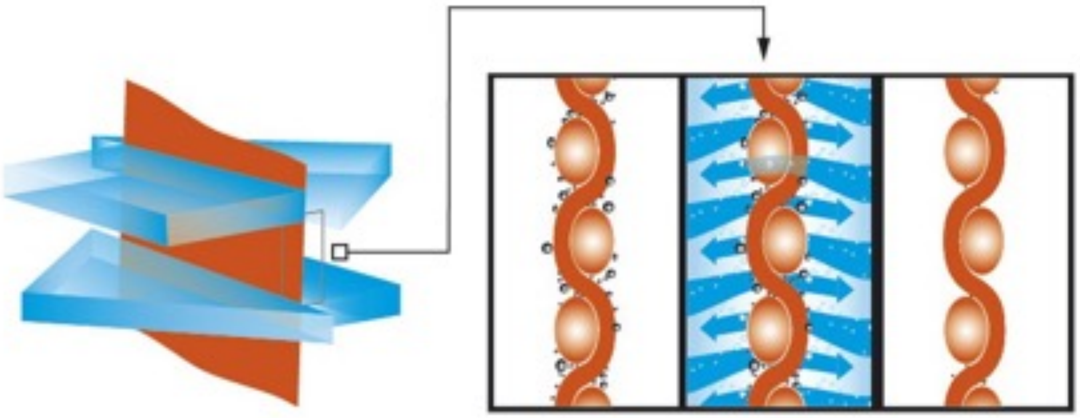
「初期仮説」：「インターチエンジ」の増強
Kinetikaプロジェクトの基礎となるのは、生地と洗浄液との"相互交流"を意味する「インターチエンジ」の量を増やすことです。「インターチエンジ」とは、生地の質量と水溶液の質量の比率を意味します。この比率が高ければ高いほど、高い浄効率が得られます。
効率的な「インターチエンジ」を得るためには、洗浄槽内において生地と洗浄液との効果的な"相互作用"が必要となります。例えば、水流が生地の表面上のみを循環したり、水流が生地表面から跳ね返ったり、生地表面に沿って流れたりする場合には、十分な「インターチエンジ」は得られません。洗浄液と生地との効果的な相互作用を実現するには、洗浄液が生地内部を通過するための、適切な水流の機械的作用が必要となります。
「インターチエンジ」効果を増強するためには、水速度を増加させ、水の動的エネルギーを最大化することが求められます。



水流が生地の表面上のみを循環する場合 ⇒「インターチェンジ」不足



水流が生地表面から跳ね返る場合や生地表面に沿って流れる場合 ⇒「インターチェンジ」不足



水流が生地内部を通過する*Kinetika*の場合 ⇒「インターチェンジ」良好

採用したソリューション

水の動的作用を活用するため、Kinetikaには700本を超えるノズルを生地方向に向けて設置しています。
カウンターフロー方式のフラット型噴射を採用したことで、洗浄液が生地に確実に届く設計になっています。
ノズルからの最高噴射速度は秒速32メートル、最大水圧は15バールです。
下図（図**1**）は、洗浄部の正面を図示したイメージです。生地に対するノズルの配置を図示しています。
ノズル配置は、生地全体を均等にカバーし、かつ、生地幅全体に均一な洗浄ができるように設計されています。

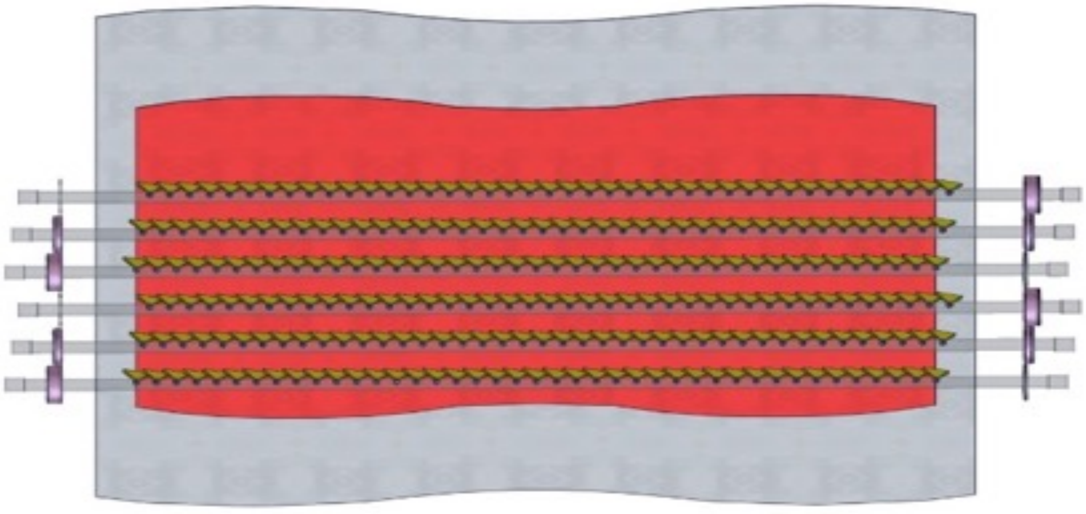


図*1*: 生地に対するバーとノズルの配置（正面図）

一般的に、連続洗浄ラインにおいて動的エネルギーを増加させると、生地品質に悪影響が及ぶリスクがあります。すなわち、機械的作用が生地特性を悪化させ、シワや折れ、生地伸びなどの原因となる可能性があるので

す。これらの悪影響を防止するため、Kinetikaには、透水性コンベアベルトが**2**本装備されています。
透水性コンベアベルトは、モノフィラメント糸を用いたスパイラル製法を採用し、ジョイント部が見えないノンマーキング仕様を実現しています。コンベアベルトにより搬送される生地は、三層サンドイッチ構造（図**2**参照）の洗浄路を通過します。これにより、生地伸びの発生を防止します。また、「高圧式ダイナミック・ディープ・ウォッシング・プロセス」（Biella Shrunk Process社の国際特許技術）を通過する際、生地は完全にフラットな状態を維持することができます。

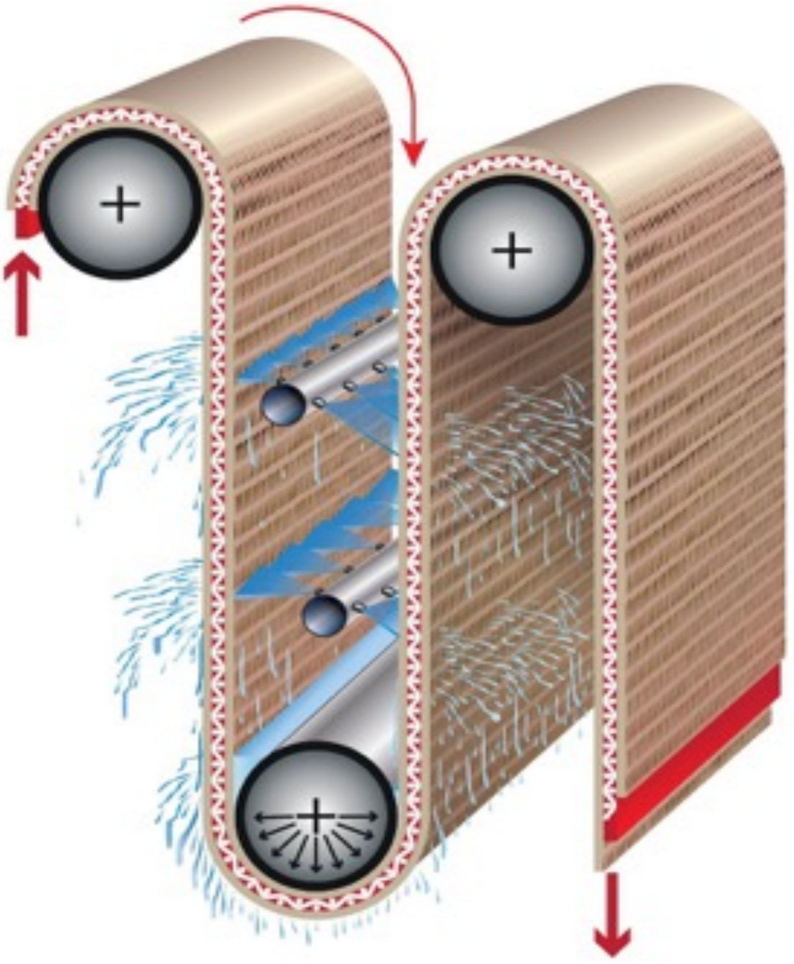


図2: 三層サンドイッチ構造

洗浄プロセス

Kinetikaの洗浄プロセスは、主に次の4つの処理部から構成されます。

- 投入部：ロールまたはトロリーから生地が引き込まれ、ダブル・スプレッダ・バーと自動センタリング装置により、生地の含浸準備が行われます。また、ブラッシング装置をオプションで設置することも可能です。
- ソーピング部：「タンデム式」タンク2基が装備されています。浸水式スラットドラムのほか、上部に設置したモーター駆動式ゴムローラー、さらに昇降式カウンターローラーが湿潤作用とソーピング作用を促進させます。洗浄力を強化するため、特殊ポンプを用い多孔パイプから生地に向けて気泡を拡散させることが可能です。ソーピング部の終端には、脱水装置（パッドマングル（ローラー2本）または真空バー）が配置されています。
- 洗浄＆すすぎ部：この部分を構成するKinetikaモジュールには、１対の透水性コンベアベルト、高圧スプレーバー（16本）、ポンプ（3台）、自浄式回転フィルタ、プレフィルタベルト、生地の洗浄ルートを誘導するステンレス鋼製ローラー、回収タンク（2基）が装備されています。内部には、3つの流体回路（洗浄工程、予備すすぎ工程、最終すすぎ工程）があます。透水性コンベアベルトから離れた生地は、絞り（または吸引され）、余分な水分が取り除かれます。
- 排出部：折り畳みアームが設置されています。

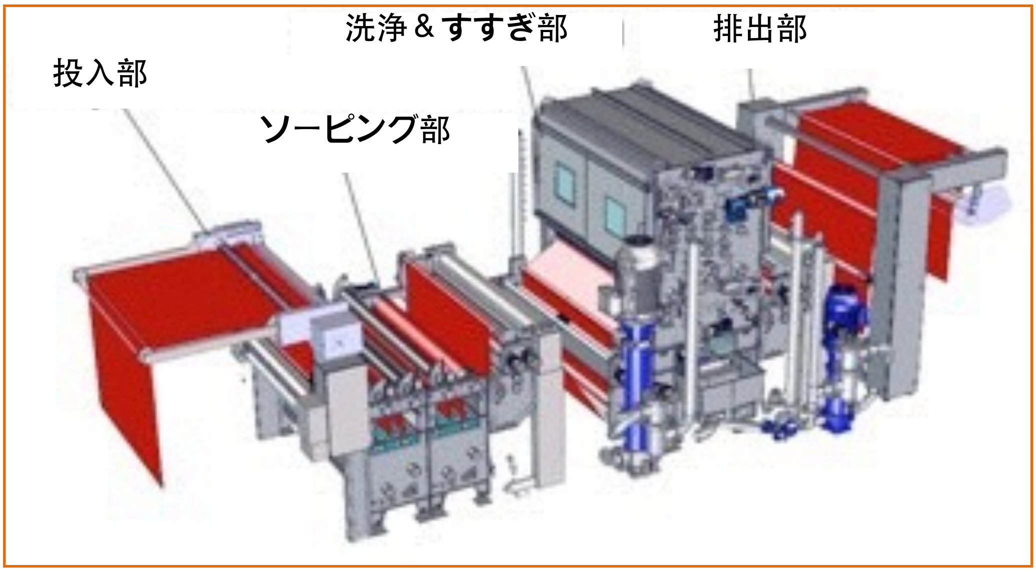


図3：*Kinetika*ラインを構成する各モジュール

技術的特徴

Kinetikaベルト式洗浄装置には、スプレーバーが16本搭載されています。各バーには、3台のポンプから洗浄液が供給されます。3台のうちの2台のポンプは、大量の洗浄液（1時間に160,000リットル）を循環させるために使用されます。これは、生地速度が分速30メートルと仮定した場合、生地1メートル当たりに使用する洗浄液量は90リットルとなります。この「流体の衝撃力」により、洗浄液が生地内部を通過することが可能となります。

洗浄液は、自浄式回転フィルター（2個）とプレフィルタベルトにより連続してろ過されます。この機能により、各ノズルから不純物や異物などを取り除くことで、ノズル孔の閉塞を防止する役目を果たしています。残り1台のポンプは、すすぎ工程用です。このポンプにより、清浄水が最終のスプレーバーに送水されます。この水は、予備すすぎ用タンク内に回収されます。タンク容量を抑えることで、短時間（5分毎）に水の完全な入れ替えが行われます。その結果、良好な清浄度を維持することが可能となります。平均的な水消費量は、1時間あたり6,000リットルです。標準的な洗浄ラインの処理速度は、毎分60メートルです。ロードセルのほか、各位置に配置されたダンシングローラセンサーにより、正確な生地テンション制御を実現しています。その結果、生地伸びの発生を大幅に低減します。

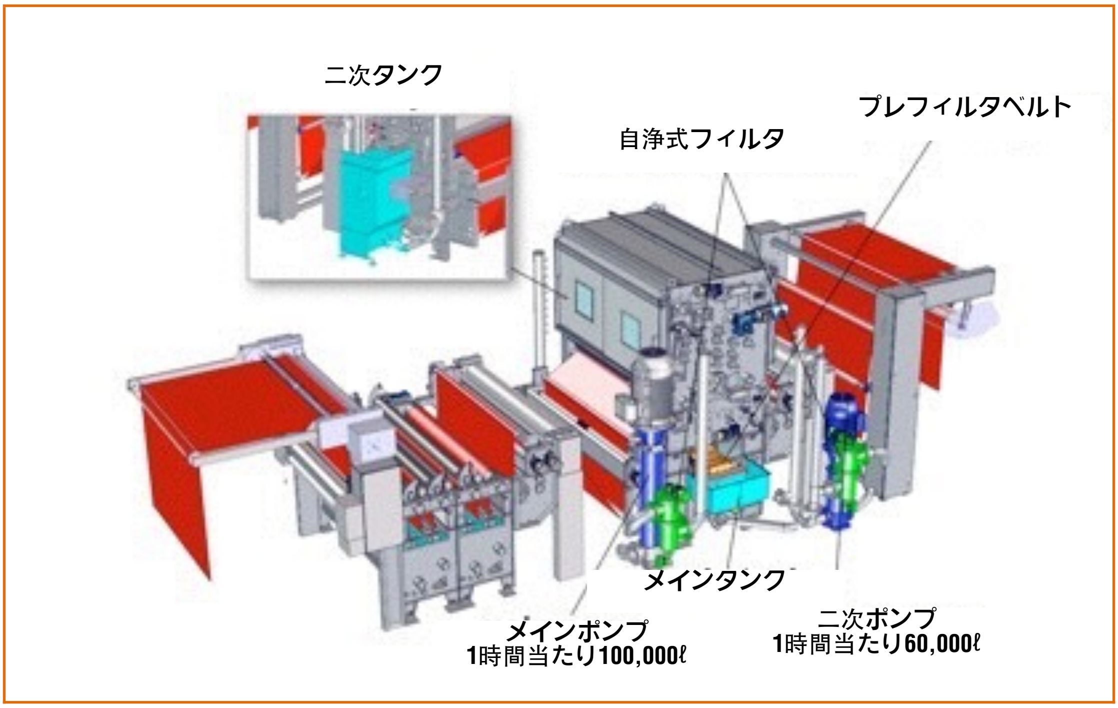


図 4: ポンプ、フィルタ、タンク

試験ラボでの洗浄試験結果

Kinetikaの洗浄効率を測定する目的で、ソツクスレー抽出試験（図5を参照）を試験所に委託して実施しました。試験実験では、**3**種類の異なる溶剤（石油エーテル、アセトン、エチルアルコール）を使用。
同種類の生地について、Kinetika洗浄システムで洗浄した場合と、従来型の連続拡布水洗機を用いて洗浄した場合との試験結果を比較しました。従来型洗浄機については、一部のエンドユーザの協力を得て実施しました。

図*5*：ソツクスレー抽出装置

z6のグラフは、試験の比較結果を示しています。比較結果（生地速度、洗剤濃度、洗浄液の温度は同一条件）では、タンク数**4**〜**5**基を備えた従来型の著名メーカー製洗浄機と比較し、Kinetikaの洗浄力のほうが平均して若干高くなっているのがわかります。

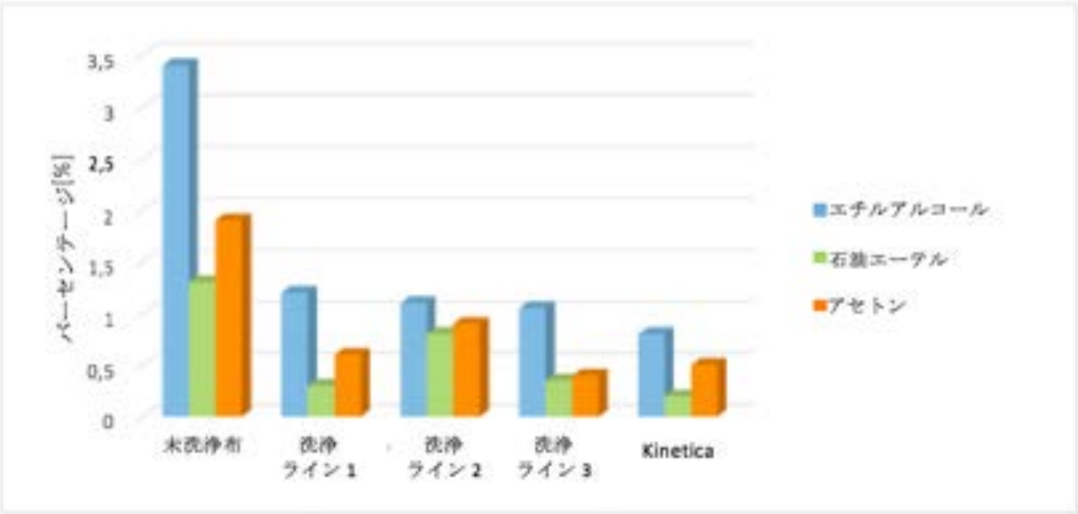
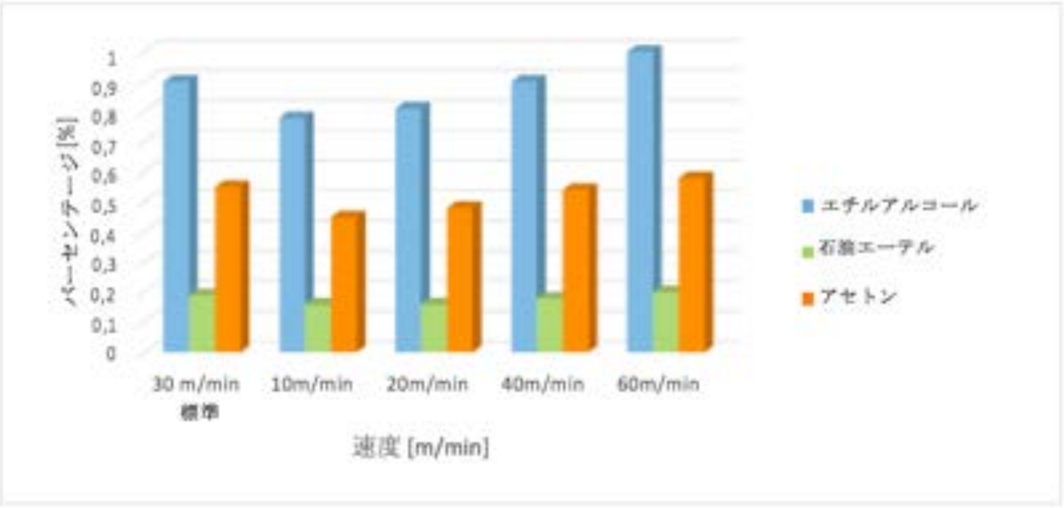


図*6*：抽出試験：　*Kinetika*と従来型連続拡布水洗機との比較

図7のグラフは、**4**種類の速度条件下における残留抽出の結果を示しています。
使用した速度条件は、分速10メートル、分速20メートル、分速40メートル、分速60メートルの４種類です。

通常、生地速度と洗浄効果とは反比例の関係にあります。しかしながら、試験結果では、以外なことに、速度条件に関係なく結果に大差はありませんでした。このことは、各要素の中で、動的洗浄特性の影響力が最も大きいことを示しているものと思われます。
この点について、他の抽出試験では、洗剤濃度についても、最終的な洗浄結果に与える影響は小さいことが示されています。



7：抽出試験：*Kinetika*と従来型連続拡布水洗機との比較（速度別）

優れた汎用性

Kinetikaは、非常に強力で効率性が高いだけでなく、非常に汎用性の高い洗浄機です。
洗浄可能な生地範囲が広く、非常に軽量の生地（重量：1メートル当たり60グラム）や、シワが発生しやすい婦人服用シルク混紡生地、厚手のウール生地、弾性生地、コットン生地、ポリエステルやその他の合成繊維の工業用布など広範囲な生地に対応可能です。さらに、ラボ試験で実施したすべての実験で、生地伸びが最小限に抑えられているほか、シワ跡や耳折れが発生しないことが実証されています。

図8は、白／グレイ生地をKinetikaシステムで洗浄する前と後の試験結果を示しています。生地幅の伸び縮みがなく、さらに経糸方向にも生地伸びが発生していません。このことは、繊細な取り扱いが必要とされる生地を洗浄する上で、Kinetika洗浄機のメリットを示しています。
Kinetikaは、生地の形態を固定させる（「クラッビング」）に使用するスチームチャンバーや、テフロン加工の乾燥ローラーなど、既存ラインに統合することも可能です。

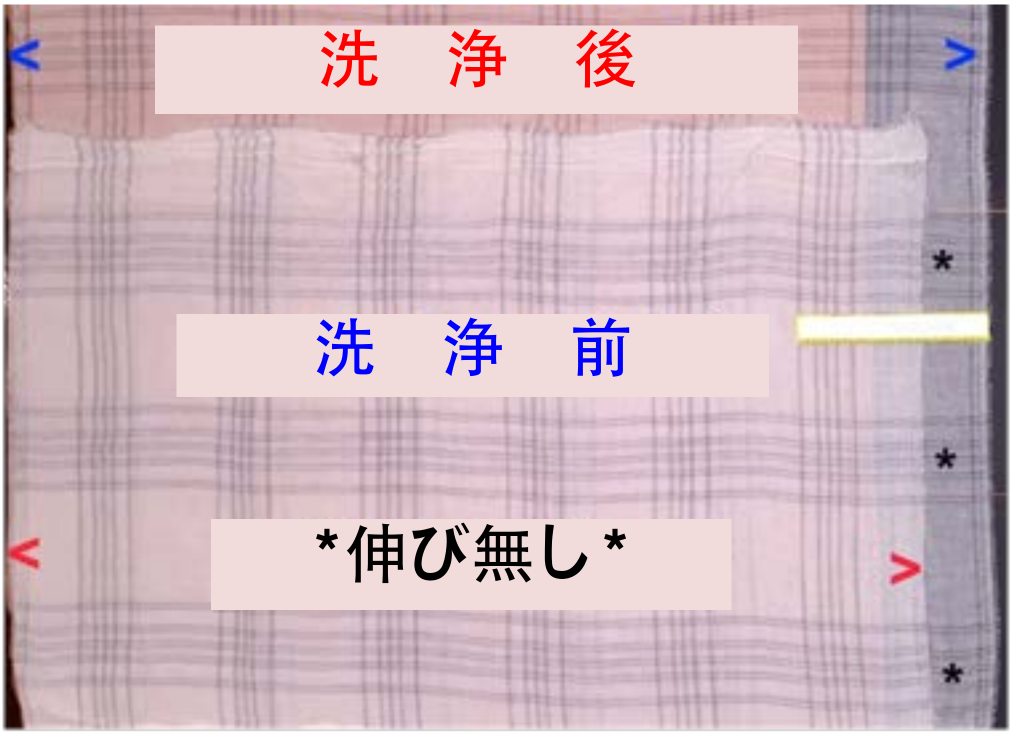


図8：　*Kinetika*を使用した洗浄前後の生地寸法

機械サイズの縮小化

Kinetikaプロジェクトの目標の一つは、機械サイズを縮小化です。現代の連続拡布水洗機は、仕上工程関連としては最も大型な設備の一つです。その理由はタンクの数にあります。高い洗浄効果と、洗浄速度の高速化ニーズに対応するためには、タンクの設置数を増やす必要があるのです。
Kinetikaの場合、標準的洗浄ラインの長さは30メートル以下となっています。洗浄水を生地内に通過させることで生地と流体との「インターチェンジ」を最大化（1時間あたり最大160立方メートル）することで、小型化を実現しています。

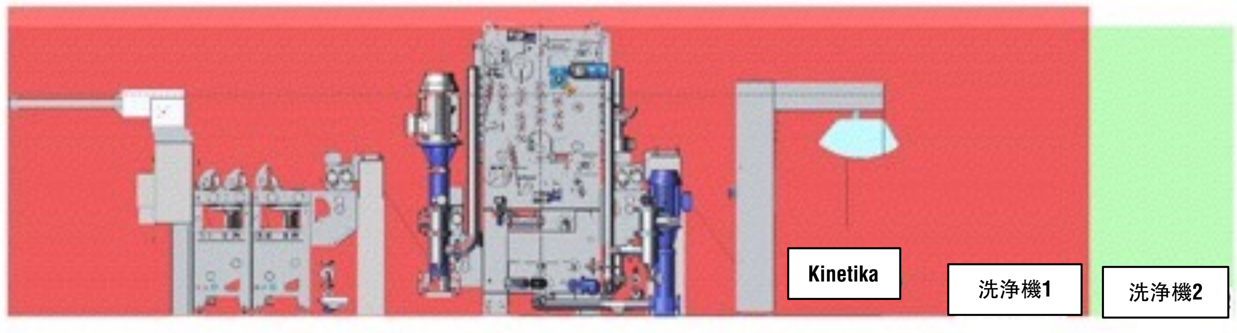


図9：*Kinetika*洗浄ラインと従来型連続洗浄ライン（2種類）との寸法比較