

# 低圧複合水流洗浄機 (キャビテーションクリーニング) によるプラント設備洗浄の可能性

## 1. はじめに

低圧複合水流洗浄機は、高圧水、薬品、化学的変化などを一切使用せず、水とエアで物理的な方法にて水管内部に付着したスラッジを除去する。これにより従来必要としていた分解、薬液の管理や廃液など高コストをかけずに、分解せず薬品未使用にて低コストでかつ環境にやさしい洗浄を実現する。

## 2. 洗浄方法

対象物のINとOUTに0.8MPa以上の耐圧ホースで接続し、0.4MPaにて水を送水、そこにキャビテーションの核になるように細かいエアを混ぜ、更に水流方向を急激に反転させることで衝撃波を発生させ、微細エアが膨張収縮することでキャビテーションが発生する。また、エアの粒がダンパーとなることでキャビテーション力をコントロールしているため、対象物を傷めることなく洗浄することが出来る。

## 3. 樹脂成型金型水管の洗浄効果事例

850Tクラスの成型機でパネル部品を成型している顧客での事例を紹介する。今回洗浄した金型は、新規製作し、生産開始から約7年経過している金型である。現場での洗浄方法は水管をエアで吹き飛ばすという方法のみであったため、導入時の成型サイクルは113秒で生産していたにも関わらず、現状123秒でないと成型が出来ない金型である。まず洗浄前と洗浄後を比較するために、金型の通水流量と初期条件の113秒で生産し型温が安定したところで金型をサーモグラフィ測定し、金型の温度分布と成型品の不良状態を比較する。

### 【考察】

全体流量は、Table1のように改善した。洗浄前はFigure1の丸印部分2個所に面ヒケが発生し、成型サイクル

は123秒必要であった。これに対して、洗浄後は、金型温度分布が良好になり、面ヒケは無くなり不良が解消した。また、全体的に温度が下がっているが、樹脂の流動が変化したことにより温度が上がっている部分があるため、該当箇所を温度を下げるために初期条件よりはサイクルを伸ばす必要があり、結果初期条件+2秒の115秒で問題なく生産出来ることが分かった。

### 【結果】

8秒間のサイクル短縮に成功した。

この金型を定期的に洗浄することで水穴のトラブルは無くなり安定して生産できることが分かった。また、薬品と異なり溶解させないため、高頻度に洗浄しても金型にダメージを与えることは無いということも分かっている。

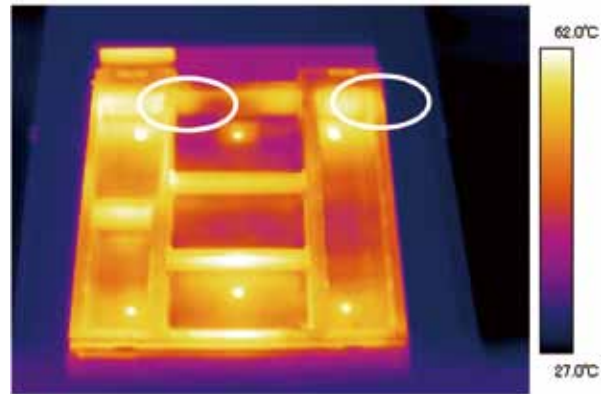


Figure1 洗浄前金型温度分布及び不良箇所

Table1 洗浄前・洗浄後の数値比較

項目	洗浄前	洗浄後
全体流量 (0.2MPa)	59.6L/min	74.6L/min
回路1	1.1L/min	4.2L/min
回路2	8.1L/min	10.3L/min
回路3	3.2L/min	5.3L/min
回路4	5.4L/min	7.0L/min
回路5	10.8L/min	12.5L/min
サブ回路1	16.9L/min	19.5L/min
サブ回路2	14.1L/min	15.8L/min
成型サイクル	123秒	115秒
成型不良 (初期条件にて)	面ヒケあり	不良なし

## 4. 洗浄機の販売実績

プラント向けの実績はまだ限定的であるが、樹脂成型業界向けには多数の実績を持っており、特に自動車部品メーカーには多数の実績がある。金型だけではなく成型機のホッパー下、チラーの熱交換機の洗浄など、水管であれば洗浄出来るので、他用途としても利用可能である。最近ではペットボトル工場のプリフォーム成型金型、取り出し機の水管など、従来は、約3日間かけて分解洗浄していたところを、当該洗浄機にて洗浄することで24時間に短縮することが出来ている。更に金型だけではなく、生産設備のプリフォームネジ部分の焼結機、回転式ブロー機の水管洗浄に利用出来ることが分かり、ペットボトル業界への展開の可能性も期待出来る。他にはアルミダイカストなどの金型水管洗浄に利用されている。プラント向けは限定的であるものの顧客評価では薬品洗浄を100とすると80程度の洗浄効果があり、洗浄後生産運転した際に薬品洗浄したラインは薬品残留トラブルが発生することもあるが、当該洗浄機で洗浄した場合はトラブルがない。また、シェル&チューブ式熱交換機(シェル側)の洗浄は、高圧洗浄しても表面しか洗浄出来ないが、当該洗浄機の場合は、チューブ同士の間が洗浄出来ることに評価が得られている。また、プレート式熱交換機は、分解せずに洗浄出来るため、パッキン交換費用も削減出来ると評価をいただいている。

## 5. プラント設備の洗浄効果事例

### 5-1) シェル&チューブ式熱交換機(横型)の効果事例

Figure2のような横型シェル&チューブ式熱交換機を洗浄した。洗浄前は、Figure3のようにシェル側に赤褐色の付着物がついており、指で擦ると取れるレベルの付着物である。洗浄機のIN・OUTをハンドホールに接続し、そのまま洗浄を行った。洗浄中は、Figure4タンクに付着物が大量に析出し、Figure5フィルターもすぐに目詰まりする状態で、かなりの量の汚れが剥離出来たと予想される。また、Figure6の洗浄後の接続口の様子を確認すると、この部分は勢いがあるため綺麗にゴミが除去出来ていることが確認された。

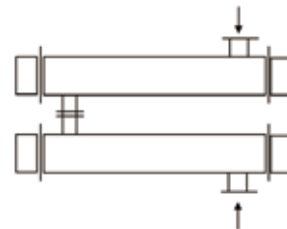


Figure2 熱交換機形状



Figure3 洗浄前の状態



Figure4 洗浄中タンクの状態



Figure5 フィルターの状態



Figure6 洗浄後の状態

### 5-2) 大型シェル&チューブ式熱交換機の効果事例

洗浄前はFigure7のように酸化物がチューブとチューブの間を閉塞するように詰まっているが、洗浄後はFigure8のように閉塞しているものが取れて無くなっていることが分かる。チューブ表面の酸化物は取り切れていないが、運転時の熱交換を計測したところ洗浄効果が出ていることが分かった。



Figure7 洗浄前の状態



Figure8 洗浄後の状態

### 5-3) 大型プレート式熱交換機の効果事例

プレート枚数410枚、伝熱面積391.7m<sup>2</sup>の大型のプレート式熱交換機を分解せずにFigure9のように接続して冷却水側50時間/循環水側70時間洗浄した。

結果、Table2のように、循環水流量が約45%向上し、熱交換量が約75%向上した。プレートを分解していないため、パッキン交換の必要がないというところに顧客は注目している。

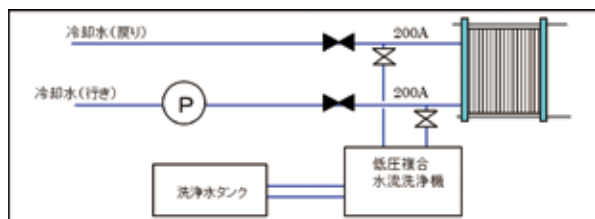


Figure9 接続概略図

Table2 大型プレート式熱交換機の洗浄前後数値比較

	冷却水温度 (°C)			循環水温度 (°C)			循環水量 m <sup>3</sup> /hr	熱交換量 Kcal/hr	熱貫流量 Kcal/m <sup>2</sup> ·hr·°C
	入側	出側	差	入側	出側	差			
洗浄前	28.7	35.3	6.6	47.0	42.3	4.7	150	705000	143
洗浄後	27.5	36.0	8.5	45.5	39.8	5.7	216	1231200	290



Figure11 洗浄前



Figure12 洗浄後

## 6. おわりに（プラントへの展開）

この度、日本バルカー工業様と大型機(NR-2000)の開発に着手しましたので、従来は、薬品、高圧洗浄しか工法がなかった箇所、分解出来ないため洗浄出来ずに機器を更新していた箇所に、当該洗浄機を利用して、プレート式熱交換機、シェル&チューブ式熱交換機(シェル側)の洗浄などの実績が出来ていくと思います。

また、プラント設備を洗浄する際は流路面積がかなり大きくなることが予想されるため、金型洗浄で発生しているキャビテーションで洗浄するというよりは、2層流体によるバブリング効果と流れ方向を切り替えた際の乱流効果で洗浄力が発揮出来ると考えており、洗浄効果に対しての物理的現象を更に追及していく必要があると考えております。

### 5-4) 温泉設備小型プレート式熱交換機インライン洗浄

プラントとは異なるが、温泉設備でもプレート式熱交換機が利用されており、目詰まりにより分解洗浄に悩まされている場合がある。そこでインラインタイプ(オフラインタイプより効果が低い)の洗浄機を利用して小型プレート式熱交換機を洗浄した際、プレートを開いて確認した。Figure10のように接続しプレートを2時間洗浄した。

結果、Figure11の洗浄前はプレート全体が付着物で覆われているが、2時間洗浄後は、Figure12のようにプレートの80%程度の表面が確認できるようになった。これにより熱交換量と圧力損失が回復し、正常に稼働できるようになっている。

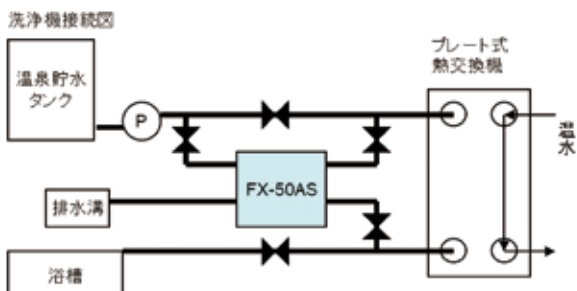


Figure10 洗浄機接続図



北川 将

ブルーエンジニアリング株式会社