

機械洗浄による効果

< 超高压ウォータージェット工法 >

新興プランテック㈱ 佐藤 琢磨
Takuma Sato

1. はじめに

石油精製、石油化学等大型装置を有する定修工事（以下、SDM という）では多くの機器が開放される。

そこで、本稿ではSDM中の熱交換器をはじめ、容器類、及び配管等、汚れが厳しい設備に対して機械化した洗浄方法を採用することにより従来法と比較し、洗浄品質、洗浄時間、並びに安全性が格段に向上している効果について記載する。

2. 超高压ポンプの選定

従来、プラント設備の汚れを除去するために利用されていた方法は、高压ウォータージェット工法が中心に施工されてきた。しかし、汚れが厳しい設備ではSDMの洗浄期間の中では十分な品質を確保して復旧する事ができないケースが多々あった。

当社は平成8年から超高压ポンプ（圧力：100MPa、流量：180L/min）に着目し、ポンプ能力を最大限に発揮するためには機械化への取組みが必要不可欠であると判断し、その取組みを積極的に行ってきた。第1表に従来一般的に活用されてきた高压ポンプ、超々高压ポンプと超高压ポンプの能力評価を行った結果を示す。

第1表 ポンプ能力の比較表

	高压ポンプ	超高压ポンプ	超々高压ポンプ
圧力 (P)	25MPa	100MPa	200MPa
流量 (Q)	40L/min	180L/min	20L/min
反動力 (F)	15kgf	134kgf	21kgf

$$F = 0.0238 \times \sqrt{P \times 9.8} \times Q \quad \dots(1)$$

F：反動力 (kgf) P：圧力 (MPa)

Q：流量 (L/min)

第1表から、洗浄能力（反動力）は、流量に比例

し、圧力の平方根に比例する。そのため、設備内の堆積物を効果的に除去するには、単に圧力を上げるだけでなく、大流量により堆積物を破砕すると共に一気に汚れを落とすことがきわめて有効であるといえる。

また、同表から、反動力Fは超高压ポンプが一番大きく、高压ポンプと比較して約8倍、超々高压ポンプと比較しても約6倍という高い結果となっている。そのため、超高压ポンプを選択することが洗浄品質を向上させるためには必要と判断した。

3. 機械化への取組み

当初、定修工事の中でクリティカルな工事である熱交換器にターゲットを絞り、その中でチューブバンドル外面及び内面の機械化に取組み、適用実績を重ねてきた。チューブバンドルの洗浄に使用した機械仕様を第2表に記載する。

その後、配管、大型容器へと拡大し、プラント設備全般の難洗浄機器への適用が可能となった。

第2表 外面洗浄及び内面洗浄機械仕様

外面洗浄機械	AJ (オートジェット) 工法 AJコンテナタイプ
適用サイズ	① チューブシート径：1,800mm ② バンドル長さ：9m ③ バンドル重量：25トン
操作方法	コントロールボックスからの遠隔操作
その他	ターニングローラーにより、バンドル回転
内面洗浄機械 I	DL (デュアルランス) 工法
適用サイズ	チューブID：> 14mm バンドル長：6.5m
操作方法	コントロールボックスからの遠隔操作
内面洗浄機械 II	TF (トリプルフレックス) 工法
適用サイズ	チューブID：> 1B バンドル長：6.5m
操作方法	コントロールボックス遠隔操作及び半自動

3 - 1 熱交換器

(1) 特徴

チューブバンドル外面洗浄は、バンドルのバブル部をローラー台で受け、バンドルを回転しながら洗浄する方法であり、バンドルの回転並びに洗浄方法、共にコントロールボックスから遠隔操作により実施することが可能である（写真1）。



写真1

また、チューブバンドルを洗浄する際に発生する強力な飛沫を養生ができ、しかも洗場のない場合でも利用できるようにコンテナに搭載したタイプも準備している（写真2参照）。



写真2

チューブバンドルの内面洗浄は、内面のスケール付着状況により2種類の機械を準備している。

完全閉塞しているチューブへの適用は、2本のランスがエア駆動により回転し、特殊ノズルによりスケールを破碎しながら排出することができ

るDL工法（写真3）を採用し、一方完全閉塞していないような場合は、3本同時にフレキシブルランスをチューブ内にエア駆動により挿入・巻取りを行い、チューブ内面を洗浄できるTF工法を採用して実施している。



写真3

(2) 洗浄時間

平成8年から現在までAJ工法の実績機器数は約800基に及んでおり、機械化による効果が各事業場で認識され、積極的に採用されている。石油精製関係の堆積物種類による洗浄時間の比較を第3表に示す。

第3表

スケール状況	高圧ジェット	超高压ジェット	備 考
	従来法	機械化洗浄	
タール状 (強粘性)	< 8 ~ 24Hr	3 ~ 8Hr	従来法では、洗浄難。バキューム・トッパーボトム系の汚れ
泥 状(弱粘性)	1.5 ~ 3Hr	1 ~ 1.5Hr	従来法でも可
固形状(粘性無)	1.5 ~ 2Hr	0.3 ~ 1.0Hr	乾燥、鉄系汚れ

一方、内面洗浄装置もH10から実機適用を重ね、設備上閉塞が問題となる機器に適用してきており、従来法との比較を第4表に示す。

第4表

チューブ本数	従来法	超高压TF (Hr)	超高压DL (Hr)
1,068本 (閉塞ぎみ)	7.5Hr	3Hr	-
	8Hr	5Hr	-
908本 内面閉塞	3日	-	1.5日
1,034本 内面固着	2.5日	-	1.5日

第3表、第4表から明らかのように、短縮化傾向のSDMの中で、従来法と比較して機械化による洗浄時間の短縮は非常に大きな成果といえる事がわかる。

(3) 洗浄品質

外面洗浄

洗浄品質は、洗浄後の外観（あるいは排出スケール量）と運転性能（U値）の比較から評価可能である。

第5表に従来法と比較したU値を示す。

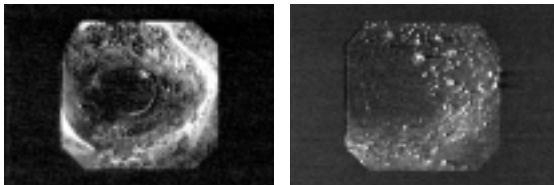
第5表

事例1：洗浄方法	U値
高圧ジェット	147kcal/m ² /hr/
超高压洗浄（AJ）	217kcal/m ² /hr/
事例2：洗浄方法	U値
高圧ジェット	320kcal/m ² /hr/
超高压洗浄（AJ）	440kcal/m ² /hr/

従来法と比較してU値は、35%以上の効果が現れていることがわかる。

内面洗浄

一方、内面洗浄品質による効果は、内視鏡による確認も同時に行っている。従来の人力による方法では完全に除去しきれない堆積物が、機械化することで洗浄品質が向上していることが写真4からも判明している。



(a) 従来法

(b) DL工法

写真4

(4) 作業の安全性

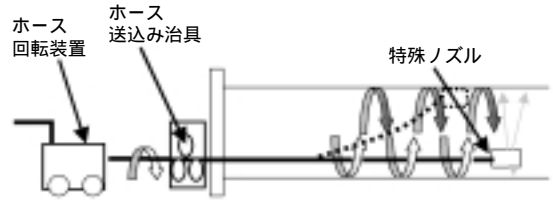
従来法と比較して機械化することにより、洗浄作業はオペレーターによる遠隔操作となるため極めて安全といえる。

3 - 2 配管

(1) 特徴

配管洗浄の機械化は、H11年から取組み、特に難洗浄物に対する適用を重ねてきた。洗浄機械の特徴は、超高压ホースを回転装置とホース送込み治具に特殊ノズルを採用しているため、配管内壁をスパイラル状に洗浄することができる。

第1図に施工概要図を記す。



第1図 施工概要図

配管機材適用仕様を第6表に記す。

第6表

配管洗浄機械	SJ（スパイラルジェット）
適用サイズ	配管径 : 50mm ~ 2m 配管長 : 200m 90°曲り部 : OK（150A以上）
操作方法	自動
その他	ホース回転装置に、超高压ホース延長作業が伴う。

(2) 洗浄時間

SJ工法の適用箇所は、従来の洗浄方法では不可能であった汚れに対して施工することが非常に多い。そのため洗浄時間は施工実績に基づくものとなっている。

第7表に配管内部の堆積物の種類による単位時間当たりの除去時間を記載する。

第7表

堆積物の種類	単位時間除去量（m ³ /min）
微粉固化系（60%堆積）	10B × 70m : 0.02
製紙固化系（10%堆積）	6B × 65m : 0.02
汚泥固化系（60%堆積）	6B × 18m : 0.01
ポリマー系（30%堆積）	16B × 18m : 0.008
硬質皮膜系（5mm）	26B × 12m : 0.002

第7表から堆積物を単位時間あたりに除去可能な量は、0.008 ~ 0.02m³/minの範囲で可能であると考えられる。

この表は、配管サイズ、曲り部の有無（個数含む）により若干異なる。

(3) 施工実績並びに洗浄品質

施工実績は、平成13年から石油化学、石油精製を中心に30件以上の実績を上げている。

また、一旦採用されると施工時間、施工品質が确实

なことから再施工を要望されている。写真5は、ポリマー系堆積物が16B配管内部に固着している状況を示し、写真6はSJ工法による除去結果を示す。従来法では除去しきれず、配管を切断し、新規製作していたものである。

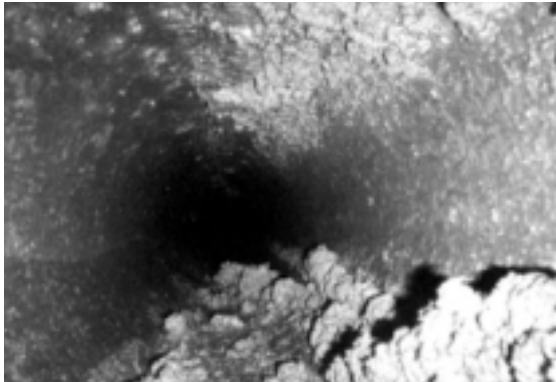


写真5

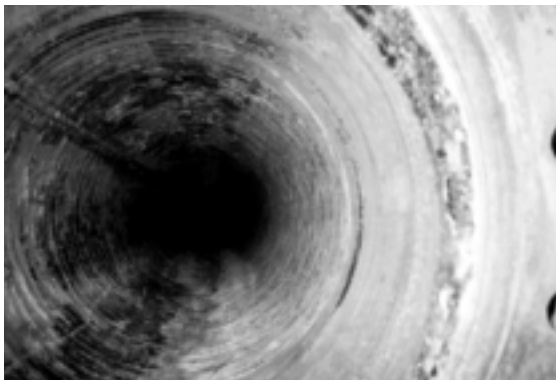


写真6

3 - 3 大型容器

大型容器への適用は、従来入槽作業による人力作業が中心となっていたが、機械化することで安全に、作業効率も向上し、しかも高品質に内部の堆積物を除去できることが可能となった。

写真7に示すものは、内径約5,000mm、高さ約12,000mmの容器に適用した状況であり、入槽作業の削減により安全性は格段に向上している。

4 . おわりに

今まで記載してきたように超高圧ポンプを利用した機械化により、従来法と比較して作業時間の短縮、品質向上と共に安全性の向上が図れていることがご理解



写真7

いただけたと思います。今後更なる取組みを積極的に実施していきたいと考えています。

【筆者紹介】

佐藤琢磨（昭和29年12月24日生・東京都出身）

新興プランテック(株) 技術本部 技術開発部 部長

〒235-0017 横浜市磯子区新磯子町27-5

TEL : 045-758-1964 FAX : 045-758-1979

E-Mail : satpita@s-@plantech.co.jp

主なる業務歴及び資格

1980年入社後、高圧ガス大臣認定「管類」、電気事業法「溶接方法の認可」取得といった業務を行い、現在は、今回執筆した洗浄技術の機械化への取り組みの他、非開放洗浄技術としての化学洗浄技術へも積極的に展開している。

新興プランテック株式会社

代表者 新庄 信

本社住所 〒230-0052 横浜市鶴見区生麦4-5-11

TEL : 045-509-7331 FAX : 045-509-7359

URL : <http://www.s-plantech.co.jp>

資本金 1,997 (百万円)

年商 64,633 (百万円)

従業員数 897名

主要取引先

新日本石油グループ、エクソンモービルグループ、出光興産及び出光石化 等 石油精製、石油化学 各社

事業内容及び会社近況

- ① 石油精製、石油化学、ガス、一般化学、電力、原子力、製鉄、食品、医薬品・医療その他各種産業設備、及び民生用設備の企画、設計、製作、建設、保全。
- ② 集塵装置、廃水処理装置、廃棄物処理装置その他各種公害防止装置の企画、設計、製作、建設、保全。
- ③ 塔槽、貯槽、加熱炉、熱交換器その他化工機類の設計、製作、保全。