

はじめに

高度経済成長期から 40 年余りが経過し工場設備の老朽化が進んでいる中で、薬液配管の劣化による環境汚染・健康被害に繋がる事故の発生リスクは年々高まっている。近年では、震災時の配管破損による二次災害や FRP タンク踏み抜きによる死亡事故等も発生しており、益々、保全・メンテナンスの必要性が高まっている。また、施工作業員の世代交代や人員不足による施工不良が漏洩事故を引き起こす事例も発生しており、より確実な施工とそのチェックが重要である。

こういった事故を未然に防ぐためには、工場配管の状態を適切に把握する必要がある。当社では、生産ラインを止めることなく診断できる高度な非破壊診断技術と、塩酸をはじめ苛性ソーダ、過酸化水素、硝酸等多種多様な薬液ラインにおける豊富な実績により、事故のリスクを早期に予測し適切な予防保全を提案することで、お客様の設備管理のサポートに取り組んでいる（診断実績 1200 件以上）。

本稿では、樹脂配管の寿命予測や保全計画・対策のための専門医 AVPipingDoctor™ としての活動事例として、硬質ポリ塩化ビニル管（以下塩ビ配管）の劣化診断について紹介する。

保全の考え方

工場配管の保全については、これまで、破損してから修理する「事後保全」が主流であった。しかしながら、近年、環境保全のための法規制改定や企業の社会的責任の高まりから、破損が起る前に保全をする「予防保全」が主流となりつつある。特に、酸やアルカル等の薬液配管に於いては、環境汚染や人的被害につながる可能性があるため、「予防保全」による対策が必須である。

予防保全には一般的に、時間基準保全（TBM : Time Based Maintenance）、状態監視保全（CBM : Condition Based Maintenance）の 2 つの考え方がある。前者は、一定の時間間隔でメンテナンスを実施し故障を事前に予防する方法であり、使用期間や使用回数でメンテナンスを決定するため管理しやすい。しかしながら、故障や劣化が生じていない場合に修理することもあるため、オーバーメンテナンスとなりやすく、必要以上の更新によって初期故障の機会が増えるといったデメリットがある。一方、後者は、傾向管理を行い、劣化の兆候が見られた時に必要な部分のみメンテナンスを実施する方法であり、不必要な更新を避けることができるため維持管理コスト縮減が可能である。ただし、これには適切な診断技術とデータ蓄積が必要である。

製品の故障には、初期不良による故障と、長年の使用による部品や製品の老朽化から生じる故障が多い（図 1 参照）。当社は、新たに確立した非破壊診断技術と長年蓄積してきた診断実績を活用して、故障率が高まる時期に工場配管を診断する。それにより、配管の状態を適切に把握し VE 提案※を含めた状態監視保全（CBM）を実現することで、トータルコストの縮減へ貢献する。

※VE 提案 : VE(Value Engineering)、適正材質の選定、設計、工法の見直し等を含めた提案

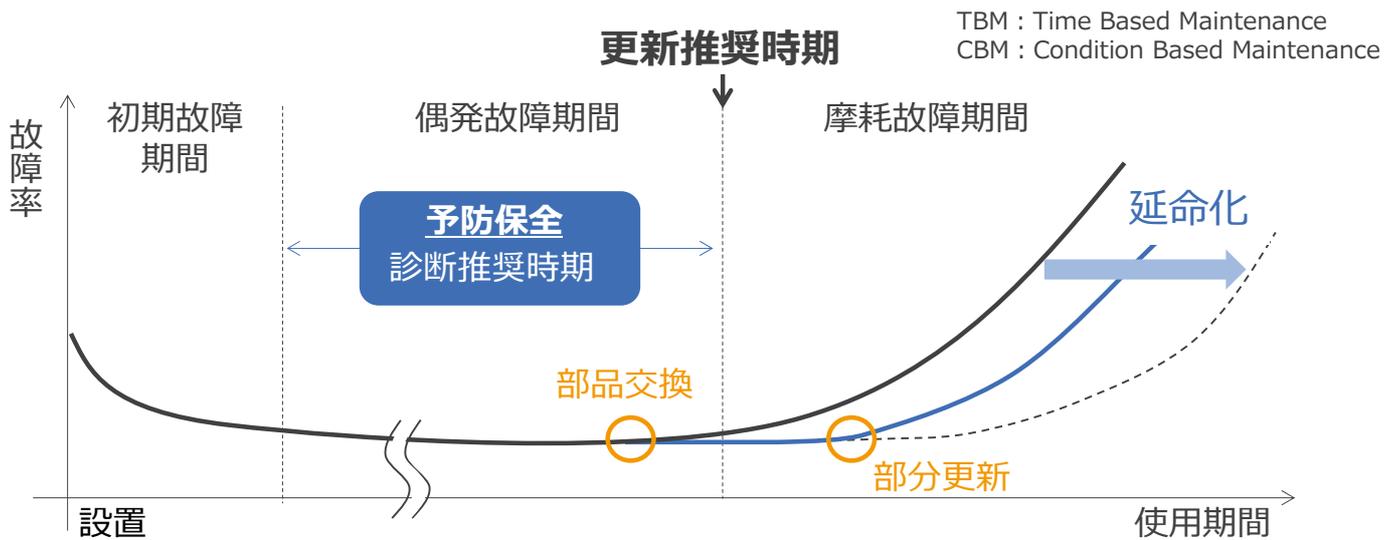


図 1. 予防保全の考え方 (バスタブ曲線)

■ 塩ビ配管の劣化診断

塩ビ配管は、耐食性・施工性・軽量性に優れ安価であることから、上下水道をはじめ農業用水や工場配管等、多岐に渡って使用されている。当社塩ビ製品はその耐食性の高さから、特に、各種工場の薬液配管に多く採用いただいている。

プラスチック材料は一般的に、熱や光、薬品等さまざまな要因によって劣化現象を示す。塩ビ配管もこれら複数の要因から、使用条件(流体、温度、圧力等)や使用環境(紫外線、配管応力等)によって、変色、変形、割れ、浸透等さまざまな変化を生じる。また、近年では、施工不良による継手部の抜け・液漏れ事故も多く発生している。

当社では、塩ビ配管の劣化診断として、下記のとおり 4 ステップでの診断、提案を推進している (図 2 参照)。

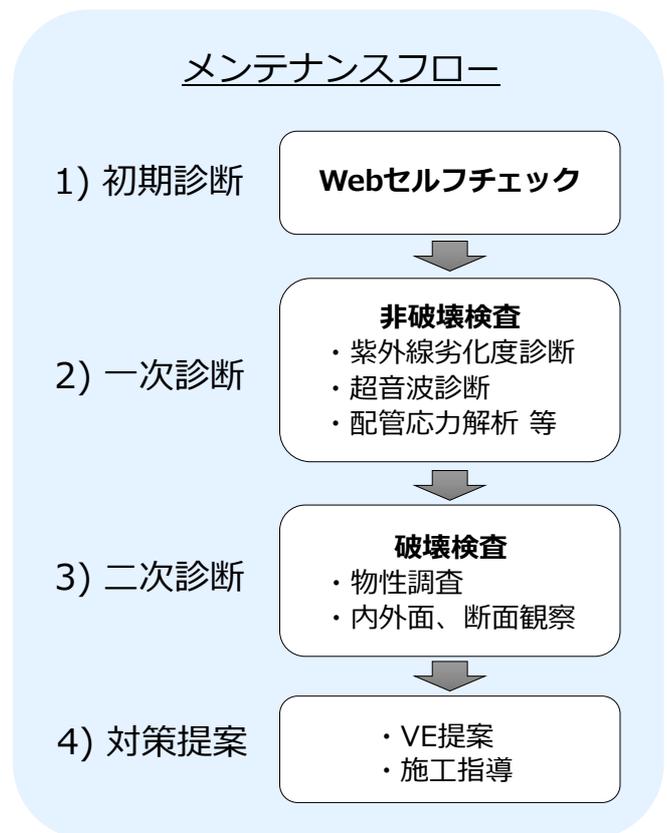


図 2. 塩ビ配管のメンテナンスフロー

1) 初期診断

長年使用してきた配管の状態把握について、どこから始めたら良いかわからない場合はまず、1st ステップとして Web セルフチェックの利用を推奨したい。長年の診断実績から使用条件と劣化度との関係性を導き出したビックデータを活用したシステムであり、配管の使用条件を入力するだけで、おおよその劣化度を予測することが出来るサービスである。劣化が懸念される結果が得られた場合に、次ステップに進むと効率的である。

<https://expservice.asahi-yukizai.co.jp/sindan/>

図 3. Web セルフチェック

2) 一次診断

Web セルフチェックにて配管の劣化が懸念された場合は、2nd ステップとして次に非破壊診断が有効である。「非破壊」であるため、生産ラインを止める必要が無いことから、定修時以外でも実施可能である。非破壊診断メニューとしては、

- 1) FT-IR による紫外線劣化度診断
 - 2) 配管肉厚検査
 - 3) 継手挿入部検査
 - 4) 配管応力解析
- 等がある。

(1) FT-IR による紫外線劣化度診断

屋外配管の場合、紫外線が塩ビ配管に与える影響は非常に大きく、長年使用した塩ビ配管表面は白色あるいは黒色に変化する。これは、塩ビの化学構造が変化していることを示し、それにより塩ビは、柔軟性を失い硬脆い性質へと変化する。

この変化は配管の極表層のみではあるが、突発的な衝撃等によって破損するリスクが高くなり、地震による衝撃やひずみ、ウォーターハンマー等、配管に二次的応力が加わることで下記のような破損事故が起こり、生産ラインの停止や薬液漏洩等につながる危険性がある。



【事事故例】

配管表面が紫外線によって劣化し強度が低下した状態で配管に衝撃が加わり破損。

材質	U-PVC	温度	20℃
呼び径	VP250	使用期間	17年
流体	水	取付場所	屋外

図 4. 塩ビ配管の破損事故事例

紫外線劣化の進行状態を調査するには、抜管による物性調査が最も有効であるが、生産ラインを停止する必要があることから容易に出来ない場合が多い。そういった場合には、FT-IR (フーリエ変換赤外分光光度計)による非破壊診断サービスを推奨したい。

この診断は日焼けした塩ビ配管の極表層部分からサンプル採取 (図 5 参照) するが、その薄さは僅か 100 μ m 程度であるため、配管強度への悪影響無く診断が可能である。



2 mm x 10 mm 程度

図 5. 紫外線劣化度診断用サンプル採取

採取したサンプルを基に、塩ビ樹脂の紫外線劣化により起こる添加剤の変質や、脱塩酸や酸化によって生成するポリエーテル構造、カルボン酸、水酸基、カルボキシ基等の量を測定し、物性とFT-IR分析結果との相関に関する蓄積データから、物性保持率を予測する。抜管による物性調査結果との整合性は8割以上であり、高確率で紫外線劣化の進行状況を予測することが可能である。

(2) 配管肉厚検査

ソーダ電解工業の高温塩素水ラインやスラリー性流体に使用される塩ビ配管や複合管(内層:塩ビ、外層:FRP)に於いては、塩ビ配管内面の減肉現象を生じることがある。

樹脂配管の肉厚の変化は、超音波による診断技術を用いて、残存寿命を予測する技術を確立している。温度や流体種、材質の影響を補正係数により補正することで、高精度な肉厚検査が可能である。

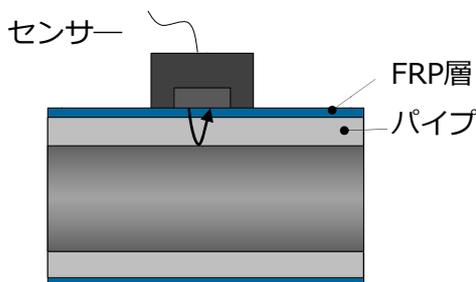


図6. 超音波による肉厚検査

(3) 継手挿入部検査

近年、施工作業員の世代交代や人員不足による施工不良が漏洩事故を引き起こす事例が多く発生している(図7参照)。挿入代が規定より短い状態や、接着剤が均一に塗られていない状態で接着されたものは、十分な接着強度が得られず、継手抜けや液漏れを起こしやすい。

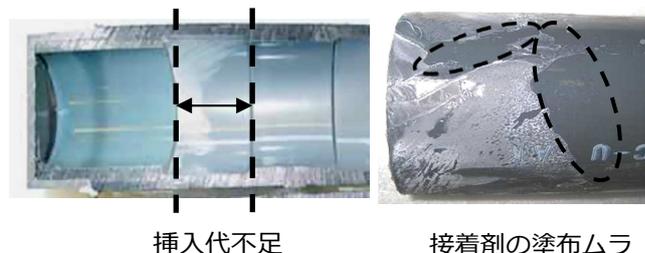


図7. 塩ビ配管の接着不良事例

このチェックとして、超音波やサーモカメラ等を用いた継手挿入部検査サービスを推奨したい。接着不良や挿入代不足を検出することが可能であり、突発的な継手抜けや液漏れを回避することが出来る。

(4) 配管応力解析

不適切な設計や配管サポートによって、配管に応力が集中し破損に至るケースも多くある。こういった事故を防ぐために、応力集中部を可視化し適切な配管施工を推奨するサービスも行っている。

図面やアイソメ図と運転情報から、運転時の配管のたわみや応力集中、熱応力等をピンポイントで可視化出来ることから、破損しやすい位置を把握することが可能となる。その結果を基に、エンジニアリング部門で培ってきた設計・施工のノウハウを活用した安全対策を提案する。

図面やサポート位置情報が無い場合には、3Dスキャン装置によって容易に工場配管データを採取することが可能であり、図面作成からの対応も行っている。

3) 二次診断

非破壊診断では診断が難しい薬液の浸透や、内面の微細クラック、実際の配管強度等については、破壊検査である物性調査および内外面観察が有効である。未使用品に比べて強度がどの程度低下しているか、薬液の浸透がどの程度進行しているかで、劣化度の判定を行う(表1参照)。

項目	内容	評価
外面観察	変色、傷等の観察	変色、減肉、 ヘアクラック等の有無 変色80%以上：配管寿命
内面観察	変色、付着物等の観察	
管厚断面観察	変色深さの観察	
引張試験 (強度)	引張強度の 保持率測定	50~30%：更新検討期 30%以下※：配管寿命 ※FRP被覆管は母管20%以下
引張試験 (伸び率)	引張伸び率の 保持率測定	
衝撃強度	衝撃強度の 保持率測定	

表 1. 物性調査判定基準

4) 対策提案

診断による結果から、長年の薬液分野での使用実績とエンジニアリング部門で培ってきた設計・施工のノウハウによって、適切な配管材質への変更や施工の提案を行う。また、要望に応じて、塩ビ配管や複合管（塩ビ+FRP）、PP配管の施工指導や、一定の施工技術を有することを認める免許証発行（AYライセンス制度）の整備も行っている。

AYライセンス制度に於いては、平成30年度から本格運用開始予定であるが、アサヒAV製品を安全にご使用いただくために、メーカーとして最大限のバックアップ体制を整えている。ライセンス取得者による配管施工を基準化することで、安心・安全・高品質な施工が実現可能である。

バルブライフサポート

樹脂バルブでは、金属のような腐食劣化を生じないこと、また、管・継手に比べ肉厚であることから、本体の劣化による寿命以前に、ゴムやPTFEなどのシール部材が劣化を生じることでバルブとしての機能低下が発生することが多い。

通常、バルブの機能に問題を生じた時点で製品ごと交換しているのが実情であるが、消耗部品であるシール部材を交換することで問題なく使用できることも多い。特に大口径の製品や本体材質がPVDFなどの高価な製品では、修理して予備品として在庫することで、トータルのコスト削減に繋げることができる。

当社では、定修などで交換されこれまで廃棄されてきた製品を点検修理することにより、本体などの主要部品を再利用することを提案している。図8にバルブライフサポートの事例を示す。

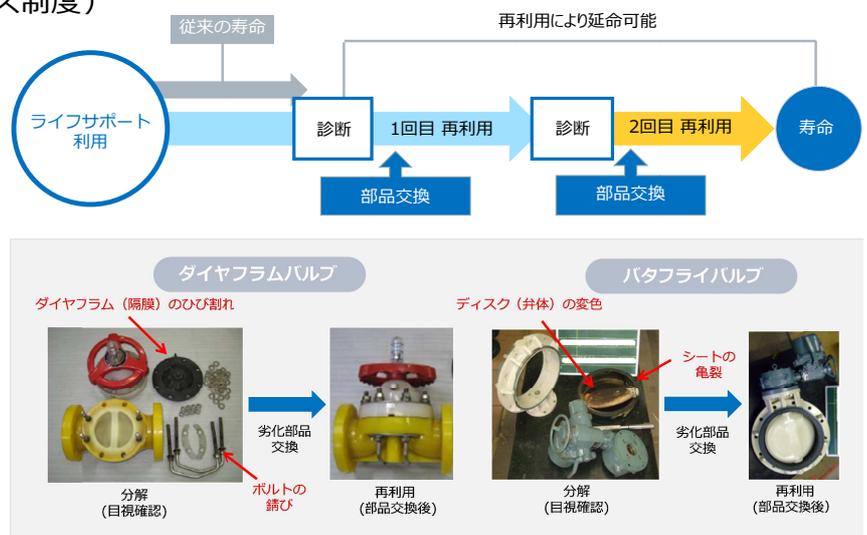


図 8. バルブライフサポートによる再利用例

今後の展開

老朽化した配管設備の状態を把握し、適切なリスク対策をとることが出来れば、環境汚染・健康被害に繋がるような重大事故の発生リスクを低減出来るだけでなく、設備の延命化や更新計画の適正化を図ることが出来る。また、それらによって、長期的なコスト縮減に貢献出来ると考える。

この他にも劣化状況に応じた診断を検証中であり、バルブ、タンクの診断技術も確立している。これらの診断技術が工場配管の安心・安全な維持管理に役立てば幸いであり、一層の診断技術の向上に努めていきたい。