

# フランジ面診断サービス “フランジカルテ™” の紹介

## 1. 当社のリークゼロの取り組み

当社は長年にわたり、漏洩を防ぐガスケットなどのシール製品を提供し、多くのプラント企業の安全操業に貢献してきた。一度漏洩が発生すると、プラントで作業する方々の人的被害を始め、漏洩した物質による近隣住民への影響や環境汚染が懸念される。このため、漏洩リスクの低減に寄与することは、当社にとって極めて重要な取り組みであると認識している。

当社は、プラント企業で発生する漏洩に対し、シール製品の提供にとどまらず、23年4月「安全を漏らすな」のコーポレートスローガンの元、顧客設備のリークゼロを目標に掲げている。具体的には、適切な「シール材」の使用、シール機能を最大限に発揮させる「施工品質」、そして「フランジ」のダメージ管理の3点をリーク要素の主軸と捉え、これまで培ったシール開発の知見を活用し、顧客現場で発生する事象を定量化して改善を実践するサイクルの構築を図っている。この取り組みにより、より適切な漏洩原因の追求、及び対策提案を顧客に行うことで、リークゼロを目指す活動を進めている（Figure1）。



Figure1 当社リークゼロの取り組みイメージ

「施工品質」に関しては、国内の団塊世代の引退による技能低下などの課題に対応するため、シールエンジニアリング

教育の場として「シールトレーニングセンター（STC）」を2014年に設立した。更に、組立式のモバイルシールトレーニングシステム(MSTS)を用いた出張講習を実施し、石油精製、石油化学、エンジニアリング、鉄鋼、電力などの企業から好評を得ている。これらの講習は、新人教育を含めた社内の安全教育の一環として定期的に行われ、プラント企業の人材育成に寄与している<sup>1,2)</sup>。

一方で、適切な「フランジ」ダメージ管理については、これまで属人的な判断に依存しており、漏洩リスク低減に対する課題が残されていた。フランジ面の傷やひずみなどのダメージは、現場作業員の目視や触診といった感覚的な判断に頼ることが多く、作業員の経験や技量のばらつきが漏洩発生の起因となるケースが見られる。また、顧客設備の漏洩原因の追求が困難であることも新たな課題として浮上している。

本報では、これらの課題に対するソリューションとして、当社が開発したフランジ面診断サービス「フランジカルテ」を紹介する。本サービスは、フランジ面の状態を定量化し、ビジュアル化することで、属人的な判断に依存せず、漏洩リスク低減に貢献することを目指している。特に、顧客設備の漏洩原因追求が困難という課題に対し、具体的な解決策を提供することを期待している。

## 2. フランジ面診断サービス 「フランジカルテ™」とは

国内の石油精製、及び石油化学プラントの生産設備は、高度経済成長期に設計され、2022年以降では半数以上が稼働年数50年を超えている<sup>3)</sup>。このような老朽化設備の増加に伴い、発生する漏洩リスクへの対処が業界全体の課題となっている。

特に、流体をシールするためのガスケットとフランジの当たり面の状態管理は、発生する漏洩の主要因の一つとして挙げられる<sup>4)</sup>。また、フランジ面に生じる傷や錆、付着物による凹凸やひずみなどのダメージは、現状では施工作業員の目視

や触診といった感覚的な判断に依存しており、作業員の経験や技量のばらつきが漏洩発生の起因となるケースも見られる。生産設備維持を行うプラントオーナーなどの顧客は漏洩リスクの低減を図るため、様々な取り組みを行っているが、締付状態やアライメント、設備運転条件などの複合的な要因が絡み合っており、漏洩の正確な要因分析や効果的な対処につなげるのが困難な現状がある。

このような背景のもと当社は石油精製、及び石油化学のプラントオーナーへのヒアリングを通じ、老朽化設備のフランジ面状態の見える化とデジタルデータ活用の重要性を把握した。これを契機に、今まで属人的な判断だったフランジ状態管理を定量化するとともに状態の良否判定を行うことを目指し、フランジ面診断サービス“フランジカルテ”を24年度に開発完了した。本サービスを提供することで、老朽化設備のフランジの傷やひずみなどのダメージを非属人的に良否判断することが出来、顧客設備の漏洩リスク低減に寄与することを期

待している (Figure2, 3)。

### 3. 従来のメンテナンス内容とその課題

老朽化設備のフランジ面は、度重なる締付け作業や運転稼働中のフランジ剛性が低下した状態での増締めなどが重なり、傷やひずみなどのダメージが蓄積されている。漏洩リスク低減のため、フランジ面状態の管理は極めて重要であるが、現状では施工作業員の経験と技量に依存しており、属人的な判断が課題となっている。

一方で、フランジ面の専門業者による測定サービスも存在するがいくつかの課題がある。まず、測定費用が高額であること、次に測定時間が長く定修工程を圧迫すること、更に測定企業が限られているため、複数面のフランジに対しダメージスクリーニングが容易に行えない点が挙げられる。また、これらの既存サービスではフランジの円周方向のひずみ (以下

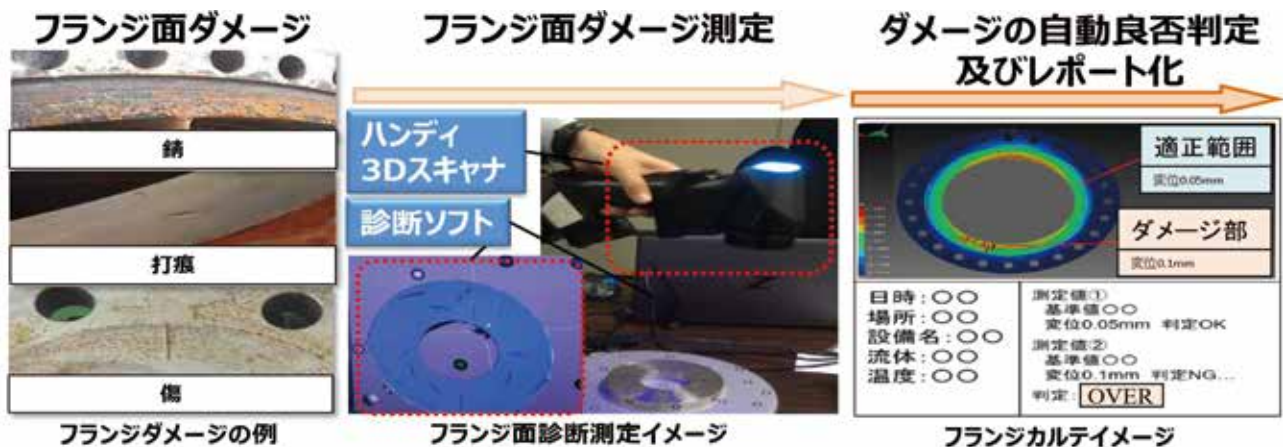


Figure2 フランジカルテサービスの提供レポート概要

### 傷/付着物やひずみ発生箇所をピックアップし、定量的な良否判定を行う

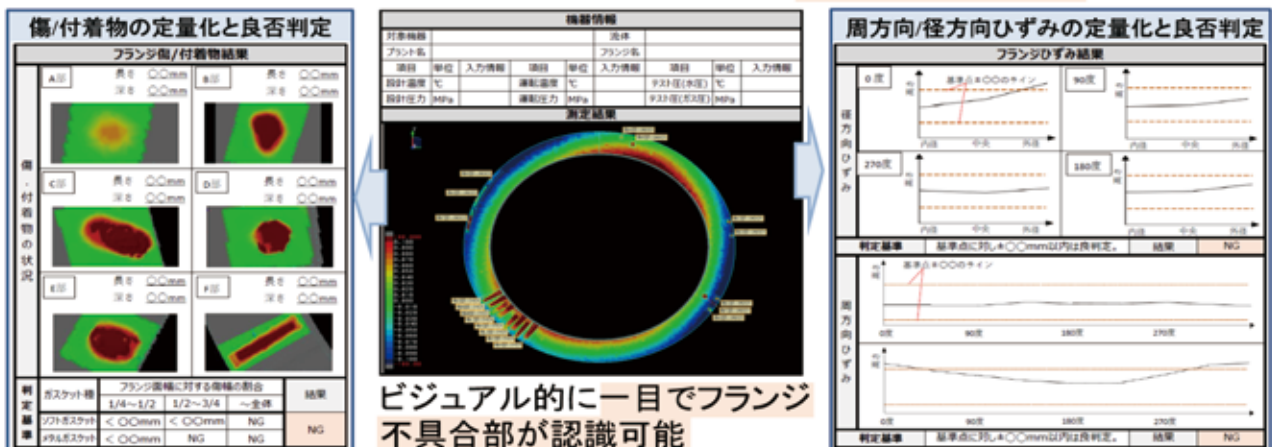


Figure3 フランジカルテの提供レポート概要

周方向ひずみ)は測定可能であるが、傷や付着物の凹凸やフランジ中心から外径側に向かう方向に生じるひずみ(以下径方向ひずみ)は測定出来ず、ダメージの良否判定も対応出来なかったため、顧客ニーズを十分に満たすものではなかった(Table1)。

これらの課題を解決するため、当社はプラント現場での可搬が容易なハンディタイプの3Dスキャナを用いてフランジ表面形状を点群化し座標として捉え、異常部を定量的に測定することとした。更に独自開発の異常解析ソフトを活用することで傷などの凹凸やひずみなどのダメージ部位を、基準面からの高低ごとに色彩を変えてビジュアル的に示し、異常部を一目でわかりやすく表示することとした。そして異常判断の閾値を設定することで傷などの凹凸やひずみなどの異常部の良否判定を行いレポート表示する仕様とした。

本サービスのレポート分析精度は周方向、及び径方向のひずみ $\pm 0.03\text{mm}$ 、傷高さ $\pm 0.1\text{mm}$ 、傷長さ $\pm 0.88\text{mm}$ と高精度である。更に径方向、及び周方向のひずみを顧客要望に合わせ、より細かい測定角毎や測定間隔でグラフ化することで、ダメージ部位の詳細な分析が可能となる。

従来のひずみ測定手法であるダイヤルゲージ式測定では、測定装置が大型かつ重量物であるため、測定時にはクレーンやユニック車を用いた据付作業が必要となり、これに伴い測定時間は半日程度を要する場合があった。一方で、本サービスで採用しているハンディタイプの3Dスキャナは接触プローブ式と同様に、小型かつ軽量で可搬性に優れており、据付作業が不要であるため、フランジ1面当たりの測定時間を約2時間に短縮することが可能である。このスピーディ

な測定プロセスは、現場での作業効率向上に大きく寄与すると考える。

既存ひずみ測定手法(ダイヤルゲージ式、及び接触プローブ式)は2～3日程度で周方向ひずみに関するレポート提供を行うが、顧客からの要望に応じて、修繕検討のためのひずみ情報の速報値を即日または翌日に提供するケースもある。本サービスにおいても同等の日数でレポート提供が実施出来、既存手法で提供される周方向ひずみ情報に加え、径方向ひずみ情報を含む速報値を、3D点群データの取得後に最短で即日から48時間以内で提供することが可能である。

また、従来の既存ひずみ測定手法では、測定機が接触した計測点のみのひずみ情報しか取得出来ず、測定されていない部位のひずみ情報は不明瞭であった。そして、計測点が固定されていないため、過去データとの比較が十分に行えないという課題があった。これに対し、本サービスではフランジシール面全体のダメージ情報を取得することが可能であり、従来手法と比較して、より正確かつ包括的なフランジ状態の把握が実現可能となった。更に、計測点の固定が可能であるため、同一フランジにおける過去データとの比較が容易となり、ひずみの進行状況を定量的に評価することが可能と想定している。

現状のサービス仕様では、シール面がフラットなフランジに限定されるが、これらの特徴により従来のメンテナンス手法に比べて顧客ニーズをよりの確に捉え、サービスを導入することで、フェーサー加工などのフランジ修繕や新調などの適正な対処につなげ、漏洩リスクを低減し、顧客のメンテナンス品質の向上に貢献することが期待される。

Table1 他社測定方法との比較

| 項目    |        |                                                  | 既存ひずみ測定手法(他社)                        |                                  |
|-------|--------|--------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|
|       |        |                                                  | 2次元測定器(ダイヤルゲージ式)                     | 3次元測定器(接触プローブ式)                  |
| 不具合情報 | 傷      | 測定可                                              | 測定不可                                 | 測定不可                             |
|       | ひずみ    | 周方向                                              | 測定可                                  | 測定可                              |
|       |        | 径方向                                              | 測定不可                                 | 測定不可                             |
| 機能性   | 測定精度   | 最高精度： $\pm 0.025\text{mm}^{※1}$                  | 最高精度： $\pm 0.01\text{mm}$ 程度 $^{※2}$ | 最高精度： $\pm 0.033\text{mm}^{※2}$  |
|       | 測定時間   | 1面 2hr程度                                         | 1面 半日程度                              | 1面 2hr程度                         |
|       | 可搬性    | 小型かつ軽量                                           | 大型かつ重量<br>(クレーンやユニックで吊る場合有)          | 小型かつ軽量<br>(測定カメラの安定固定が必要)        |
| レポート  | 取得データ  | フランジ全体のダメージ情報が取得可能。<br>高低差のカラーマップ化とダメージ詳細情報の確認可能 | 計測点のひずみ情報のみ取得                        | 計測点のひずみ情報のみ取得<br>測定部の写真とひずみ情報が記載 |
|       | レポート提出 | 約1～3日で提出可能。                                      | 約1～2日で提出可能。                          | 約1～3日で提出可能。                      |
|       | データ活用  | 計測点が固定出来、過去データ比較によるダメージ進行確認も可能と想定                | 計測点が固定出来ず、過去データとの比較が困難               | 計測点が固定出来ず、過去データとの比較が困難           |

※1 当社が開発検証した3D測定機(Creaform社 HandySCAN BLACK™ | Elite)を用いた場合

※2 対象物が1mと想定した場合



## 4. フランジカルテ™の有効性検証

本サービスの有効性を検証するため、某石油精製企業においてトライアル測定を実施した。本トライアルでは、既存ひずみ測定手法と本サービスで取得された周方向ひずみの測定精度の比較を目的に、熱交換器のチャンネル/シェルフランジを対象とし検証を行った。

熱交換器フランジのシール面中央部における既存測定手法と本サービスで取得したひずみ値の比較結果をFigure4に示す。本サービスで取得されたひずみ値は、既存手法と同等の精度で測定可能であることが確認された。また、シール面中央部において特筆すべき異常は確認されず、これは顧客からの情報に基づく漏洩が生じていない設備であるという事前情報とも一致した。なお、今回の比較では既存測定手法に合わせた測定間隔でグラフ表示を行ったが、本サービスではフランジに発生するひずみ情報をより詳細に把握するため、1度間隔での表示も可能である。

更に、熱交換器のチャンネルフランジにおけるレポート例をFigure5に示す。シール面中央部の周方向ひずみについて

は異常が確認されず、ガスケットのシール性に影響を及ぼす可能性は低いと予測された。一方で、流体と接液するシール面内径部において表面の荒れが確認され、ひずみとしても検出された。また、径方向ひずみの解析では、設定した異

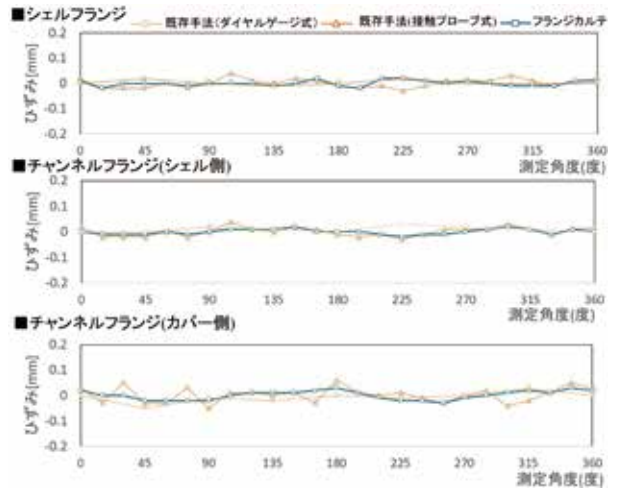


Figure4 熱交換器フランジにおける既存測定手法とフランジカルテの測定結果比較

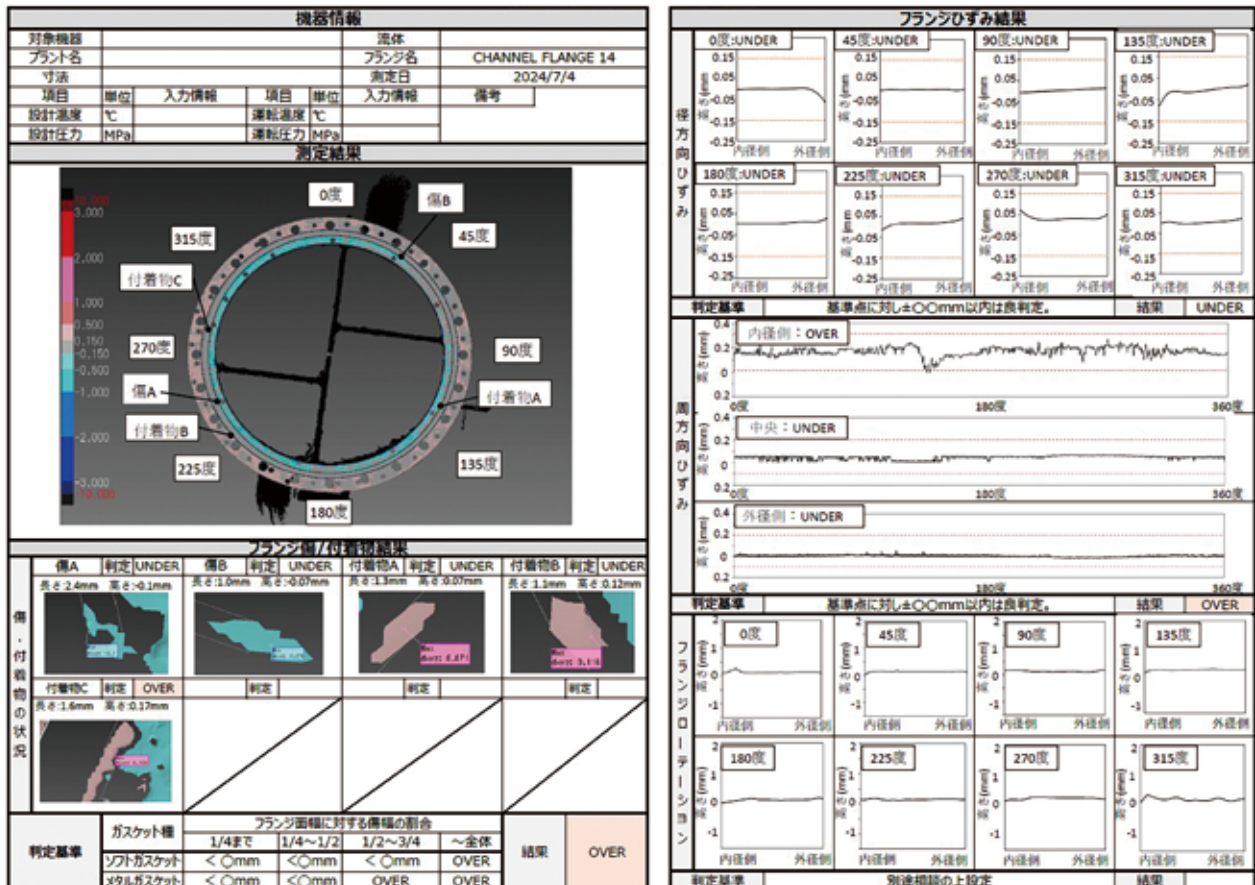


Figure5 熱交換器フランジ(チャンネル面)レポート例

常判断の閾値内ではあるものの、90度～315度の位置でフランジ外径側にシール面が立ち上がる傾向が見られ0度、及び225度の位置ではシール面の内外径部にそれぞれ落ち込みが確認された。これらの結果から、経年劣化によるひずみが進行している可能性が示唆された。

以上の結果より、本サービスはフランジ表面の点群データを基に周方向、及び径方向のひずみや傷を解析し、定量的にフランジの状態を把握することが可能であることが確認された。本トライアルでは、漏洩要因となる特筆すべき異常は確認されなかったものの、経年劣化による変形の兆候が検出された。このことから、本サービスを定期的に活用することで、フランジ状態の変化を継続的にモニタリングし、ひずみの進行状況を把握することで、適切な修繕時期を見極め、漏洩の未然防止に寄与する可能性が示唆された。

## 5. おわりに

フランジカルテは石油精製、及び石油化学プラントの協力を得て、開発仕様をすり合わせながらサービス構築をすることが出来た。また、今回のトライアルでは、測定対象に対し特筆すべき異常は確認されなかったが、経年劣化による変

形の兆候を確認し、フランジ状態の定期測定によるダメージ進行状況の把握という新たな顧客価値につながる知見が得られたことは大きな成果と考える。

今後もフランジカルテは更なる機能拡張を目指し、測定されたフランジ情報を当社の専用WEBサイトを通じ保存・共有はもちろんのこと、過去の測定データとの比較などの分析が出来るシステム構築を進めている。今後も本サービスのよう、顧客の多様なニーズに応える開発を今後も進め、顧客の漏洩リスクの低減に貢献していく予定である。

最後に、本取り組みに関わったすべての方々へ深く感謝を述べるとともに、フランジカルテが顧客の漏洩リスク低減に貢献し、設備の信頼性向上に寄与することを期待する。

## 6. 参考文献

- 1) 村松 晃：バルカー技術誌, No.33, 15-16 (2017)
- 2) 出口 善久：バルカー技術誌, No.43, 26 (2018)
- 3) 経済産業省 産業保安グループ, 今後の産業保安行政のあり方について, 11, (2020)
- 4) 公益社団法人 石油学会, JPI-7B-88-2015 機器フランジ漏れ防止対策資料, 1, (2015)

※フランジカルテは株式会社バルカーの商標です。



山本 隆啓

H&S事業本部  
商品企画開発部  
ガasketチーム