

2021年11月11日(木)

D会場

設備保全

[1D01-04] 設備保全(2)

座長:三浦 晃(ENEOS(株))

09:10 ~ 10:30 D会場 (函館アリーナ 武道館C)

[1a0401-04-1add] 装置部会長挨拶

鵜澤 勝義 (コスモ石油株式会社)

09:10 ~ 09:15

[1D01] 【招待】 デジタルツイン環境下での次世代プラント
運転・保全分野におけるロボティクス技術の展開

○井川 玄¹ (1. 千代田化工建設株式会社、デジタルトランスフォーメーション(DX)本部)

09:15 ~ 09:45

[1D02] Asset Performance Management (APM) システム
導入に向けた Feasibility Study (FS)

○真部 洋平¹ (1. コスモ石油株式会社)

09:45 ~ 10:00

[1D03] 設備管理のためのデジタルツイン導入

○甲田 梨沙¹、水野 大¹、青木 秀肇¹、小野 史貴¹、山本 和樹¹、藤井 達也¹、池田 純¹、田中 秀明¹ (1. ENEOS株式会社)

10:00 ~ 10:15

[1D04] 広域ガス監視システムの高度化

○都築 斉一¹ (1. コニカミノルタ株式会社)

10:15 ~ 10:30

設備保全

[1D05-08] 設備保全(3)

座長:平子 雅浩(出光興産(株))

10:45 ~ 11:45 D会場 (函館アリーナ 武道館C)

[1D05] 回転機の状態監視システム導入と FFT解析ツールの
活用

○領家 清人¹ (1. 東亜石油株式会社)

10:45 ~ 11:00

[1D06] 往復動圧縮機の容量調整として電気式リバースフ
ロー方式 (eHydroCOM System)の導入について

○新谷 修司¹ (1. 富士石油株式会社)

11:00 ~ 11:15

[1D07] 大容量リチウムイオン蓄電池システム・高圧瞬低補
償装置のご紹介

○佐川 輝政¹ (1. 東芝三菱電機産業システム株式会社)

11:15 ~ 11:30

[1D08] 受電設備更新工事の紹介

○河野 一憲¹、清水 秀康¹ (1. 西部石油株式会社 山口製

油所 工務部 計電課 電気係)

11:30 ~ 11:45

設備保全

[1D09-12] 設備保全(4)

座長:比佐 大(富士石油(株))

13:00 ~ 14:00 D会場 (函館アリーナ 武道館C)

[1D09] 構造物パノラマ点検システム「Tag Base 360」によ
る栈橋点検

○石田 剛¹、成田 真朗¹、市川 晴信¹ (1. 株式会社アプリコ
アMSIS)

13:00 ~ 13:15

[1D10] CUI検査に関するスクリーニング方法の探究

○岡本 憲明¹ (1. コスモ石油株式会社 四日市製油所 設
備検査課)

13:15 ~ 13:30

[1D11] 常圧蒸留装置の塔頂系配管における材質検討

○安藤 貴紘¹ (1. 富士石油株式会社 袖ヶ浦製油所 工務
部 工務技術課)

13:30 ~ 13:45

[1D12] 産業用ボイラの熱疲労事例と信頼性向上のための取
り組み

○田中 順也¹ (1. 出光興産(株)生産技術センターエンジニア
リング室)

13:45 ~ 14:00

設備保全

[1D13-15] 設備保全(5)

座長:城戸 康宏(ENEOS(株))

14:15 ~ 15:00 D会場 (函館アリーナ 武道館C)

[1D13] 製油所における事故事例情報の活用について

○大田 能孝¹ (1. コスモ石油株式会社)

14:15 ~ 14:30

[1D14] 腐食加速試験による防食システムの開発

○小倉 剛¹、釜賀 輝¹、浅見 廣樹²、松尾 優子²、中川 拓己²
(1. 出光興産 (株)、2. 苫小牧工業高等専門学校)

14:30 ~ 14:45

[1D15] 特定屋外貯蔵タンクの浮き屋根 (ポンツーン) 損傷
解析

○石井 剛¹ (1. 出光興産 (株) 徳山事業所 工務課)

14:45 ~ 15:00

設備保全

[1D16-18] 設備保全(6)

座長:長谷川 勝宣(出光興産(株))

15:15 ~ 16:00 D会場 (函館アリーナ 武道館C)

[1D16] メンテナンス業界におけるフランジ締結技能向上の

取組みについて

○近藤 康治¹（1. レイズネクスト株式会社）

15:15～ 15:30

[1D17] 稼働中プラント架構増設工事における無溶接工法を用いた施工について

○和田 学¹、佐宗 大樹¹、神山 連¹、高橋 秀明²、野崎 哲夫²、菊田 聡²（1. コスモエンジニアリング株式会社、2. センクシア株式会社）

15:30～ 15:45

[1D18] ガasket新技術である FISHBONEガasketについて

中原 誉晃¹、竹原 泰志²、○弓納持 俊夫³（1. 太陽石油株式会社、2. 太陽テクノサービス株式会社、3. アイデン株式会社）

15:45～ 16:00

設備保全

[1D01-04] 設備保全(2)

座長:三浦 晃(ENEOS(株))

2021年11月11日(木) 09:10 ~ 10:30 D会場 (函館アリーナ 武道館C)

[1a0401-04-1add] 装置部会長挨拶

鶴澤 勝義 (コスモ石油株式会社)

09:10 ~ 09:15

[1D01] 【招待】 デジタルツイン環境下での次世代プラント運転・保全分野におけるロボティクス技術の展開

○井川 玄¹ (1. 千代田化工建設株式会社、デジタルトランスフォーメーション(DX)本部)

09:15 ~ 09:45

[1D02] Asset Performance Management (APM) システム導入に向けた Feasibility Study (FS)

○真部 洋平¹ (1. コスモ石油株式会社)

09:45 ~ 10:00

[1D03] 設備管理のためのデジタルツイン導入

○甲田 梨沙¹、水野 大¹、青木 秀肇¹、小野 史貴¹、山本 和樹¹、藤井 達也¹、池田 純¹、田中 秀明¹ (1. ENEOS株式会社)

10:00 ~ 10:15

[1D04] 広域ガス監視システムの高度化

○都築 斉一¹ (1. コニカミノルタ株式会社)

10:15 ~ 10:30

09:10 ~ 09:15 (2021年11月11日(木) 09:10 ~ 10:30 D会場)

[1a0401-04-1add] 装置部会長挨拶

鶴澤 勝義 (コスモ石油株式会社)

デジタルツイン環境下での次世代プラント運転・ 保全分野におけるロボティクス技術の展開

(千代田化工建設デジタルトランスフォーメーション本部) ○井川 ^{いかわ} ^{しづか} 玄

1. はじめに

石油・化学プラント業界では、設備の高経年化や人材不足等への対応策として『スマート保安』（デジタル化）が業界で推進されており、今後、更に進展していくことを期待している。

しかし、今回のデジタル化での変革は従来の IT 導入等での効率化改善とは全く異なる。仮想プラントであるデジタルツインをベースにしたロボティクスを活用することでこそ、プラント業界で長年大きな課題であった問題の解決をもたらすという、デジタルトランスフォーメーション(DX)が近い将来に実現されると予想している。

2. 石油・化学プラントでの現状課題とデジタル化

石油・化学プラントでは、設備の高経年化や保安人材の不足等の業界を渡っての課題解決を目指すべく、経済産業省・保安課が旗を振り、業界全体を渡ってのスマート保安(デジタル技術活用)に基づく『保安エコシステム』の構築を目指して推進を行ってきた。

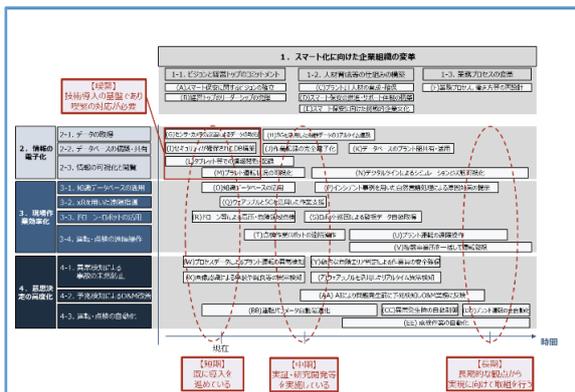


図-1：民のアクションプラン
(スマート保安技術の導入などの
共通テンプレート)

更に昨年、新たに『スマート保安官民協議会』が発足され、その下で更なるスマート保安推進に向けて、

官民アクションプランが策定された。特にスマート化の進捗を示す共通テンプレートが作成されたことが画期的であり、業界全体としてのスマート化が更に促進されるものと期待している。

3. プラントへのデジタル技術の活用

3.1 プラントへの AI/IoT 等のデジタル技術と高度なエンジニアリング技術の活用 (エンジニアリングソリューション)

千代田化工は新たな AI 技術の一つである深層学習(ディープラーニング)のプラント分野での活用を進めてきた。特に AI とシミュレータの連携技術によるプラントへの活用等でプラント業界に多大な貢献が出来ると考えている。

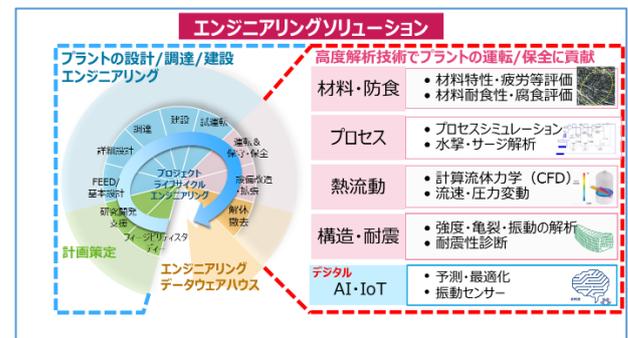


図-2：千代田化工建設の
エンジニアリングソリューション

プラントに AI やデジタル技術を活用する為には、高度なエンジニアリング技術が必須である。千代田化工はプラント EPC、つまり設計・調達・建設工事で培った総合エンジニアリング技術と、長年培ってきた様々な高度解析技術に、最新の AI・IoT・デジタル技術を融合することで、プラント状態を新たに『見える化』や『数値化』することが可能になり、従来成し得なかったレベルでの『予測』や『最適化』が出来るようになった。

3.2 IoT センサーフュージョン技術

プラントではベテランオペレーターが現場を巡回監視することで、その研ぎ澄まされた五感を働かせ、事前に異常を検知したりしている。従来はこのベテランオペレーターによる現場巡回監視に置き換えが可能な、計測器やセンサーがなかった。

しかし、千代田化工が提唱する IoT の一つであるセンサーフュージョン技術により、この壁を破り、ブレイクスルーを実現する時代が来たが、ロボティクス活用においても非常に重要な技術となり、今後急速に需要が高まると予想している。

4. 仮想プラント、デジタルツイン、CPS

4.1 3D 保安高度化プラットフォーム

千代田化工は、2017&2018 年度に、国内製油所殿の御協力のもと、NEDO 委託事業を推進し、3D 保安高度化プラットフォームを構築した。3D プラントモデル上に全ての機器・配管・計器番号や検査箇所番号などを明示し保安・検査・機器図面などの既設データ管理システムと連携することで、プラントデータ統合を実現出来る事を実証した。



図-3：3D 保安高度化プラットフォーム
(NEDO 委託事業)

4.2 デジタルツイン環境下での次世代プラント操業

多くのプラントでは DCS や PLC での制御監視が行われ、かつプラント時系列データ収集システムでデータが収集されているが、それでも未だプラント全体の一部分のデータ収集にしか過ぎない。

データシート・設計関連図書・運転日誌・保全検査データなどのテキストや図面データも全てデジタル化されて統合されることも必須だからである。一方、現場指示計など画像読み取りからのオンラインデータ化してのデータ統合も必要となる。そして、それらの全データや情報を、(用途に合わせてコストミニマムでの)ハイブリッド 3次元モデルを中心にして、オンライン化した一つのデータベースに統合化すること(Data Lakeの構築)が求められる。

次に、統合データを AI が分析して予測や最適化での保安・保全・生産性の向上をもたらす。また AI 活用をするに当たり、実プラントからの操業運転データだけでは不足する場合(幅広い全運転ケースのデータが必要な為)には、シミュレータを適用して得ることが出来る膨大なデータを AI 学習に活用することも必要である。

一方、オペレーターによる現場での巡回監視を行う場合の高度支援では、前述した IoT の一つであるセンサーフュージョン技術での『見える化』がなされた現場監視データが、統合データベースに取り込まれる必要がある。

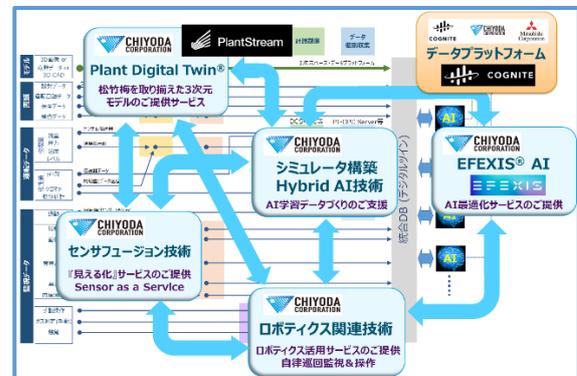


図-4：千代田化工が持つデジタル技術を活用した仮想プラント、デジタルツインの構築 (例)

5. プラントにおけるロボティクス活用の可能性

5.1 プラント・ライフサイクルでのロボティクス活用

プラント操業(運転・保全)フェーズでは、日々の運転・保全での巡回点検での監視主体業務は、現場での全作業時間の大半を占めるであろう。また、プラント現場環境(配管や機器など)としては、(一部の仮設置物を除いて)原則として全てプラント設計

通りに常に固定されており、人のアクセス用にスペースも十分であるので、ロボットの自律移動に適した外部環境といえる。

なお、プラントでのロボティクス活用への要望としては、恒常的な作業に加え、プロセスの漏洩や火災などの緊急時に現場に急行してでの対応をも行うという、デュアルユース仕様となる。

5.2 京大とのプラントでのロボティクス活用検討

上記の経緯から、弊社は京都大学・松野研究室とプラントでのロボティクス活用での共同研究を進めてきた。長年京大松野研で研究開発を進めてきた災害時のレスキューロボットをプラント運転操業において、恒常的な自律巡回監視と、緊急時対応のデュアルユース活用を目指している。



図-5：京大とのプラントでのロボティクス活用検討

5.3 プラントでのロボティクス活用での技術課題

京大とのロボティクス活用に関する共同研究を進めていく中で、将来多くのプラントでロボティクスが一般的に自律巡回監視用に活用される為の技術課題を検討し、課題テーマとして大きく以下の3つにまとめた。

- ① ロボット本体のハードおよび操作コントロール
- ② (ロボットに搭載する) センシング技術
- ③ (ロボティクス活用の為の) 仮想デジタル環境

上記の①については、ロボットの外部環境認識とシステムとによる自律動作可能や、防爆・防水等の環境への対応、またバッテリー交換、複数ロボット連携等の研究開発が必要である。

次に②のロボットに搭載する前述した弊社センサーフュージョン技術をロボットに搭載していく必要がある。

最後の③では、ロボット自律巡回監視や操作、また緊急対応の為にも、前述した仮想プラントのデジタル環境(デジタルツイン)が構築 & 整備されていることが必須である。

前述した通り、様々なデジタル技術や新たなエンジニアリング技術を活用して構築した仮想プラント、デジタルツインが構築された環境下で、センサーフュージョン技術を搭載したロボットが、仮想プラントの AI からの指示を得て、リアルなプラントでの自律巡回監視や、現場操作(手動弁など)が可能になる。この時点で、ロボティクスを活用したデジタルツイン環境下での次世代プラント操業の実現に大きく近づくことになる。

6. プラントにおける長年の課題からの DX での脱却

多くのプラントは老朽化しており、新規投資でのデジタル化ハード増設、つまり IoT センサーの新設などは到底出来ないというプラント事業者の声が多い。老朽化したプラントでは、いつ、どこで、どんなトラブルが起こるか？ は判らなく、全ての箇所に新規 IoT センサーを設置する事は困難とのことである。

しかし『デジタルツイン環境下におけるロボットによる自律巡回監視』を行う事で本課題の解決が可能と考えている。

従来は、新たな『固定』センサーを現場に多量に設置しなくとも、ベテランオペレーターの五感と経験による日々の巡回監視により、異常を察知 & 予知して対応出来ていたのである。よって、それを仮想プラント環境下でのロボティクス活用に置き換えれば、常に最新の IoT センサーフュージョン技術でプラントの安全を確保し、更にデジタルツイン上の AI との連携で運転・保全を最適化することが可能になる。

現在、スマートフォンは、世界中での多くの人に様々な使われ方をしているが、ハードとしてはシンプルで高性能・高信頼性を誇る。これと同様に、プラント自律巡回監視ロボットは、ロボット本体のハードとしての基本型が開発されれば、世界中のどのプラントでもハードとしては共通で使えることになる。

そして、スマートフォンの価値を最大化しているのは、膨大な数にのぼる様々な用途目的でのアプリであり、

かつ通信でコネクされるサイバー上の様々なデータやネットワークであるが、それはプラントで言えば、まさに仮想プラント、デジタルツインの『ソフト』としての充実度に依存するものである。

一方、プラント事業者が望むのは、プラントでのロボット活用において、毎年世の中で新たなデジタル技術がリリースされる中で、ハード更新の為の莫大な費用の負担を無くしつつ、しかし常に最新のデジタル技術の恩恵を継続的に受けたいという願いがある。よってコンビナート周辺では、ロボット・リース事業を展開する新たなビジネスがあらわれるであろう。また単にロボットのリースのみならず、ロボットが行う作業(操業監視の一部や保全点検)自体を請け負う新たな企業の参入もあるかもしれない。また前述したデジタルツイン環境も、千代田化工とし

ては『ソフト』としてのサブスクリプション型の使用契約とすることを考えている。よってユーザに提供するソフト技術は常に最新にアップデートされていることを約束するサービスとしていきたい。

つまりプラント事業者側としては、プラントの新たなデジタル化においては、従来からの現場機器やDCSシステム等のハード購入 & 使用での更新時期決定と、更新に掛かる莫大なコストや定修工事計画に悩まされることがなくなるという、新たな時代を迎える。つまりプラント業界のDXが起こると予想している。これは欧米を中心に近年検討が進められてきているプラント業界での制御監視システム周りでのオープン化への動きにより更に拍車が掛るものと考えている。なお、これはテスラ車が自動車業界に引き起こしたDXのプラント版ともいえるものである。

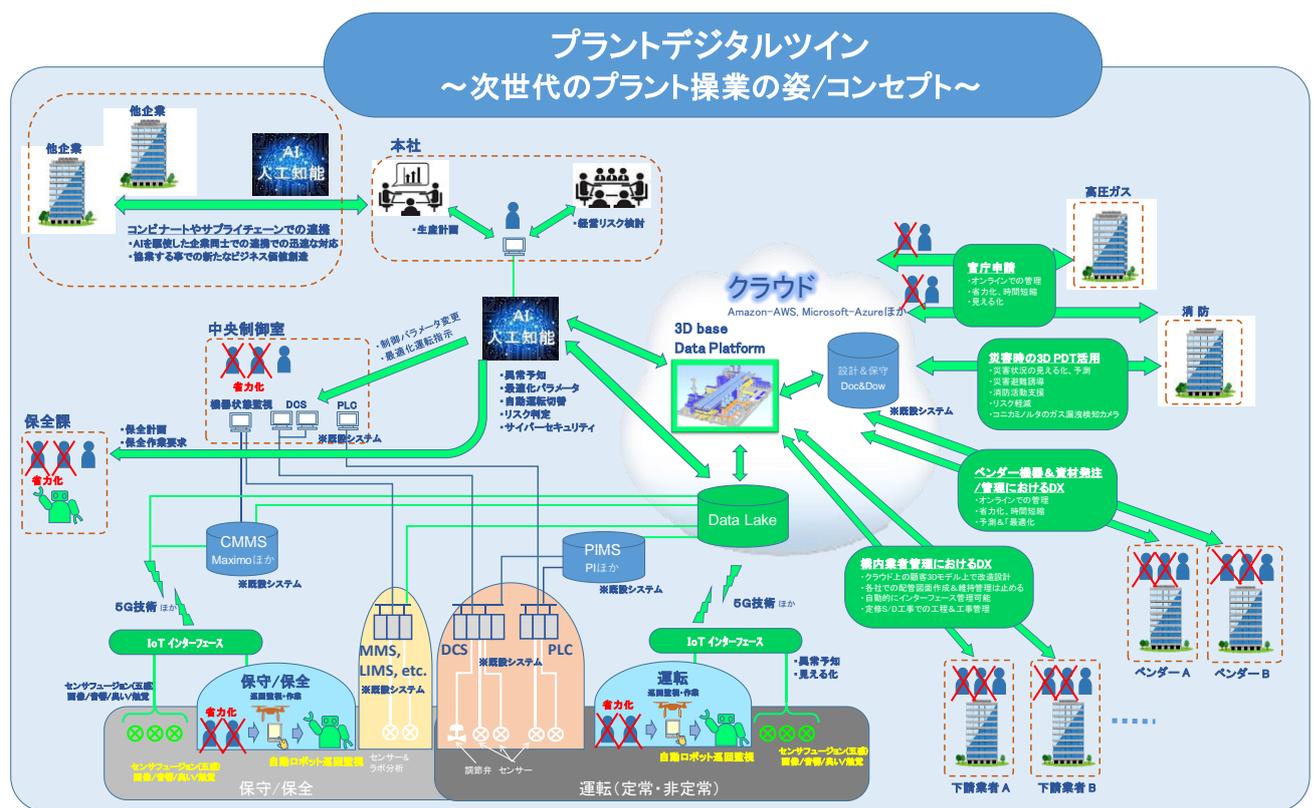


図-6：プラント・デジタル・ツインを実現した次世代プラント操業の姿

テスラ車のコンセプトは『ソフトのためにハードウェアがある概念』という斬新なものである。多くの機能をクラウド上でのソフトウェアのアップデートにより実装し、実車の買い替え = ハードウェアの入れ替えをしなくて

も、性能アップが図られるということである。よってテスラ車の車内操作ではハンドル、アクセル、ブレーキ以外の操作は、殆ど全てが約 A3 縦型のディスプレイ 1 つだけでの操作になる。

つまり、これがプラント業界においては、『ハード』である IoT センサーやケーブル、そしてシステムキャビネットをプラント内に『固定』設置することが原則であるという従来の常識(or文化)が、ベテランオペレーターの代替となるロボットの運用に置き換わる。高度なセンサーを搭載し、仮想プラント、デジタルツイン上の AI ソフトにより操作されるロボットがプラント内を常に自由に動き回ること、従来の『固定されたハードから柔軟なソフト化』へと、プラント業界においても考え方が根底から大きく変わっていくものと考えられる。

7. おわりに

図-6 は、様々なデジタル技術を活用した次世代の石油化学プラント操業の姿はどういったものになるのかを示している。

デジタルツイン環境下でのロボティクスを活用した次世代プラント操業において、プラント事業者は下請け業者、各ベンダー、また官庁等の関連ステークホルダーとデジタルでの深い相互連携が一層進むであろう。また近い将来には従来コストセンターであったプラント各事業所が、カーボンニュートラルの流れも合間って、プロフィットセンターに変革していくことになると予想される。更にこうした DX 化が行われた企業グループ同士での新たなデジタルビジネスが醸成される流れとなり、次世代の Digital Economy が生まれてくると予想している。

デジタルツインとは 2011 年頃に NASA が航空機等の保全の最適化等の目的で提言したものだが、真の狙いは PDCA サイクルを回す事にあるとのこと。つまりデジタルツイン上での膨大なトライアルを経て、その結果のデータ分析から、新たな航空機等の設計に反映していくということである。

つまりプラントでロボティクス活用が進む事で、プラント運転操業での現場での無人化が実現可能となるならば、プラントの基本設計概念そのものが大きく変わってくる。人間主体の現場オペレーションから、ロボティクス活用によるオペレーションを行うプラント設計になることは、プラント建設の為のコスト&スケジュールが大幅に削減可能になり、カーボンニュートラル時代に向けた画期的で新たなプラント建設の推進に拍車

掛かるであろう。

これが、将来に向けたロボティクス活用による真のプラント DX への期待である。

参考文献

1) 資料 2-1 高圧ガス保安分野 スマート保安アクションプラン (案)

<https://www.meti.go.jp/press/2020/07/20200710009/20200710009.html>

2) 新認定事業者制度(スーパー認定事業者/自主保安高度化事業者)

https://www.meti.go.jp/policy/safety_security/industrial_safety/sangyo/hipregas/sp-nintei/

Asset Performance Management（APM）システム導入に向けた Feasibility Study

コスモ石油(株) 堺製油所 保全戦略課 真部 洋平

1. はじめに

当社では、製油所における運転パフォーマンス最大化、設備パフォーマンス最大化、稼働率向上を目的として、設備信頼性向上施策に取り組んできた。設備信頼性向上施策の近年の主な取り組みとして、設備管理領域の世界標準のツールとして評価されている Asset Performance Management (APM) システムの導入に向けた Feasibility Study (FS) を実施した。今回は、その FS を通して得られた APM 導入によるメリットや今後の可能性について紹介する。

2. FS 実施背景

当社では、2017 年度より保全業務 PDCA サイクルを確立するべく保全マネジメントシステム (EAM/CMMS の高度活用) を導入し、設備保全工事の基幹ツールとして活用を進めてきた(図 1 参照)。しかしながら、さらなる稼働率向上・コスト競争力強化を目指す中で、保全分析～保全戦略策定プロセスにおいて、リスク評価の客観性の担保、運転・保全データの分析等、膨大なデータのヒト・Excel による管理限界といった課題が存在していた。これら課題のソリューションとして期待される APM システムの導入効果を見極めるため、今回の FS を実施するに至った。

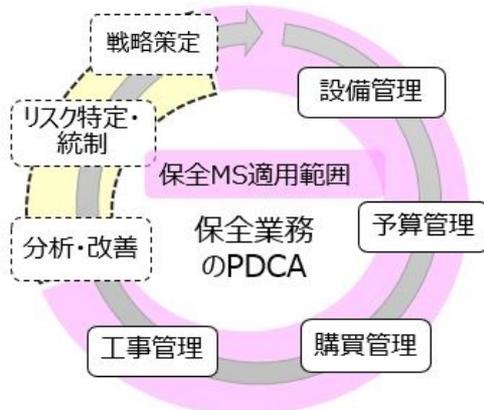


図1 保全業務のPDCAサイクル

3. APM による保全業務の改善効果

保全分析～保全戦略策定プロセスにおいて、APM により以下の改善効果が期待できる。

(1) 分析・改善

- 膨大な保全・運転データの自動連携
- 自社基準及び世界標準の技術情報参照による寿命評価精度向上

(2) リスク特定・統制

- 製油所内の全設備の一元管理
- システムによるリスク評価にて属人性排除

(3) 保全戦略策定

- リスクに応じた保全スコープの優先順位付け

また、今回の FS では図 2 に示す通り、一例として実際に起きた過去の不具合事例を基に APM 活用案の検証も行った。その結果、APM のリスク緩和策の管理や運転パラメータ監視等の機能により不具合発生リスク低減の可能性が示唆された。

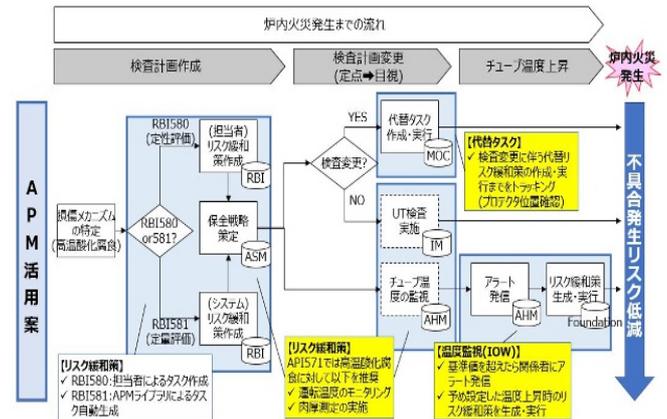


図2 不具合事例に対する APM 活用案

4. 今後の取り組み

今回の FS を通して、APM は保全分析～保全戦略プロセスにおける現状課題の改善に有効であり、結果として装置稼働率向上、コスト競争力強化、業務効率化等に繋がるが見えてきた。今後、当社製油所に順次展開を計画中である。

設備管理のためのデジタルツイン導入

(ENEOS工務部) ○こうだ りさ みずの だい あおき ひでとし おの ふみたか 甲田 梨沙・水野 大・青木 秀肇・小野 史貴・
やまもと かずき ふじい たつや いけだ じゅん たなか ひであき 山本 和樹・藤井 達也・池田 純・田中 秀明

1. はじめに

昨今、石油精製プラントは、設備の老朽化、連続運転の長期化、また世代交代の難しさなどの厳しい環境におかれている。その中でも設備の信頼性を向上させる対策のひとつとして、当社ではデジタル技術の活用が有効と考え、幅広く検証・導入を行っている。

今般、この取り組みの一環で、情報連携の仕組みを検証しその有効性を確認したため、その内容について報告する。

2. 取り組みの概要

一般的な設備管理業務では、プラントの設計図書や検査・工事履歴、現在の運転情報などの様々なデータを用い、エンジニアが知識・経験に基づき総合的に判断し、補修計画等を立案している。しかしながら、手書き文書を含む膨大なデータの整理や、熟練エンジニアの技術伝承は非常に労力がかかり、抜本的な対策が急務となっていた。

これに対し、一連の業務に関わるデータをコンピュータ上で集約し、加えてデジタル技術を用いて知識・経験を形式知化することにより、設備管理業務の質を向上できると考えた。ENEOSではこれを設備管理のためのデジタルツインと定義し、様々なデジタル技術の検討を開始した。

そして、まずはデータの集約方法の立証のため、3D点群ビューワを用いた情報連携プラットフォーム(図1)のプロトタイプを構築し、検証を行った。

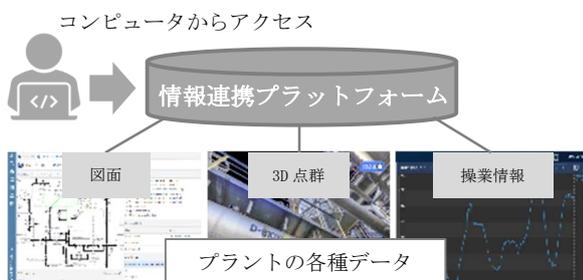


図1 情報連携プラットフォームのイメージ

3. プロトタイプ構築の流れ

プラントに関するデータは膨大であり、また業務も多岐に渡るが、その中で効率的に構築作業を行う

ため、主要業務シナリオの作成と関連データの洗い出しを行い、要件定義を行った。また、各種機能およびインターフェースの設計においてはデザインスプリントという手法を用い、ユーザーの評価を反映しながら改良を繰り返していくことで、使いやすさを高めていった。

4. 検証結果と考察

プロトタイプ構築後、全45個の業務シナリオを例に、ユーザーが実際にプラットフォームを操作し、その機能検証と有効性の評価を行った。その結果、業務効率化の面において文書検索機能等が有効であり、担当業務によっては1日1時間以上の削減が見込まれることがわかった。加えて、プラットフォーム、特に3D点群ビューワが「作業計画の精度向上」に有用であるという回答が評価者の8割以上から得られ(図2)、現場作業不備起因のトラブル削減へ寄与する可能性があることも確認できた。

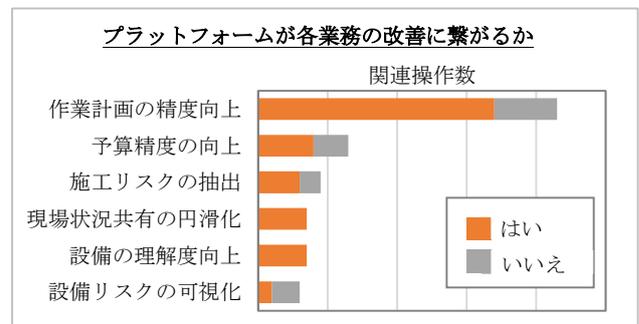


図2 アンケート結果

一方で、連携する文書のデジタル化、点群データ取得・維持にかかるコストや業務負荷の高さなども明らかになったため、今後はコスト削減や導入作業効率化のための技術革新を図る必要がある。

5. おわりに

本取り組みにより、情報連携プラットフォーム活用が設備管理業務の効率化ならびトラブル削減へ繋がることが明らかになった。今後は本格的な導入に向けてさらなる取り組みを進めていく。

また、設備の信頼性の追求には情報連携のみならず、それらのデータを活用した業務改善を図ることが重要であり、合わせて検討を行っていく。

広域ガス監視システムの高度化

(コニカミノルタ(株)) ○都築 齊一つづま せいいち

1. 緒言

広域における可燃性ガスを可視化し常時監視する固定防爆システム「GMC1」について2015年に2019年には可搬性を有するポータブル機である「GMP01」についてなど、随時、報告を行ってきた。

今回、広域を監視できるシステムである「GMT1」の開発を行ったので報告する。併せて、広域監視による状態監視を行う上での課題を抽出し、対策案も検討したので報告する。

2. システム概要「GMT1」

従来の固定防爆仕様の「GMC1」、ポータブルタイプの「GMP01」に加え首振り機構を有するパンチルトタイプの「GMT1」をラインナップに加えた。

光学的な構成は従来機と同じものを採用することでこれまで蓄積してきた画像処理技術をそのまま活用できる仕様となっている。システムはカメラ部と制御 Box、計器室など監視を行う部屋に設置する制御表示 PC から構成されている。



図.1 ポータブル機「GMT1」外観

3. 特徴

従来の固定防爆機では、実績ベースで400m先のガス漏えいが可視化できるという特長はあるが設置後、アングルの変更が出来ず、監視範囲が限定されるという特徴があった。一方、IoT導入に向け、経済産

業省の旗振りで、危険エリアの見直しのガイドラインが出されるなど、非防爆機器の導入の流れが生まれつつある。そこで、非防爆対応ではあるものの、首振り機構を有する事で、より広域の監視を可能にするシステムの開発を行った。

監視エリアの設定については、カメラと設備の位置関係を念頭に置いて、だれでも簡単に設定できるよう、専用のU/Iを開発した。また、自動巡回しているカメラがどちらの方向を向いているのかを示す事も可能にし、カメラの映像と実際のプラントの状況を把握しやすくする工夫も施した。



図.2 カメラの撮影方向が分かり易いU/I

4. 状態監視を行う上での課題

これまで開発してきた、固定防爆システムの運用より、実施上での課題が明らかになった。

即ち、監視対象の異常について許容できないレベルが一義的に定義することが非常に難しいという事である。この原因の一つはプラント毎に異なる事情と、プラントの運転状態に応じて、判断基準が変化するためである。

5. 課題解決に向けて

上記課題に対する解決には、各プラントの特性や運転状態などの情報を状態監視するシステムにフィードバックするシステムを構築した。具体的には、システムが異常を発見したエリアを統計的に分類し、ユーザーとの会話を通じ、異常と判断する/しないを学習する仕組みを構築した。これにより、異常検知の感度を高めながら、過剰な検知を回避する事が可能となった。

設備保全

[1D05-08] 設備保全(3)

座長:平子 雅浩(出光興産(株))

2021年11月11日(木) 10:45 ~ 11:45 D会場 (函館アリーナ 武道館C)

[1D05] 回転機の状態監視システム導入とFFT解析ツールの活用

○領家 清人¹ (1. 東亜石油株式会社)

10:45 ~ 11:00

[1D06] 往復動圧縮機の容量調整として電気式リバースフロー方式（eHydroCOM System)の導入について

○新谷 修司¹ (1. 富士石油株式会社)

11:00 ~ 11:15

[1D07] 大容量リチウムイオン蓄電池システム・高圧瞬低補償装置のご紹介

○佐川 輝政¹ (1. 東芝三菱電機産業システム株式会社)

11:15 ~ 11:30

[1D08] 受電設備更新工事の紹介

○河野 一憲¹、清水 秀康¹ (1. 西部石油株式会社 山口製油所 工務部 計電課 電気係)

11:30 ~ 11:45

回転機の状態監視システム導入とFFT解析ツールの活用

（東亜石油(株) 工事二課 機械係） ○領家 清人^{りょうけ きよと}

1. 緒言

回転機の保全体系は状態監視・傾向管理技術の進歩と共に状態基準保全（CBM）が主流になっている。実際の状態監視はオペレーターの巡回点検に頼る部分が多い。しかし、人員の削減、熟練オペレーターの退職による世代交代等により、巡回点検による状態監視だけでは回転機の維持管理は難しく又、保全担当者による状況判断においても定量的な傾向管理が出来ていない為、程度の予測から、対策の計画実行が遅れ重故障トラブルが増加している。

近年、無線を使用した防爆センサーが数社から製品化されており、FFT解析機能まで付加されている。

今回は無線センサーの導入による回転機状態監視システムについて報告する。

2. 状態監視システム概要

回転機に設置したセンサーから、アクセスポイント経由で計器室の監視用PCへデータが送信される。受信したデータにはO/A値、温度の他にFFT解析に必要な波形データがあり、トレンドで傾向監視可能となる。

また機器別に閾値設定も可能である。図1にシステムイメージ、図2に監視画面を示す。

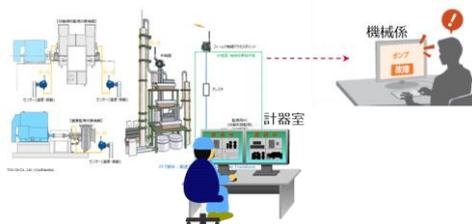


図1：システムイメージ

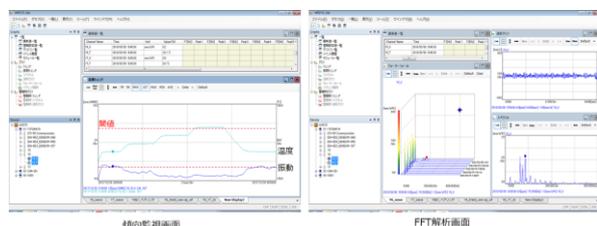


図2：監視画面

3. 状態監視システム導入の成果

五感による巡回点検と併用し、センサーによる状態監視（トレンド化）する事により、詳細な傾向管理が可能になり、定量的な判断が出来る様になった。

予備機のない片持ち遠心ポンプで異常を早期検知し、計画的に保全を実施した例を図3に示す。

巡回点検では異常を検知しておらず、「いつもと変わらない」との認識であったが、FFT解析による精密診断は、ミスアライメントと軸受不具合の振動波形が認められた。

生産計画で約1か月後に装置の稼働が下がりポンプを停止する事が可能であった為、運転課と情報共有し、傾向監視を継続し約1か月後の生産計画に合わせて機器を停止し、計画的に補修する事が出来た。

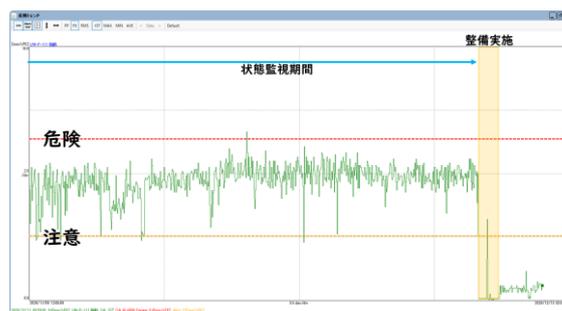


図3：振動トレンド

4. 結言

回転機状態監視システム導入による異常兆候の早期検知とFFT解析による異常判別から程度の予測等、判断と保全計画に有効である事が確認出来た。

今後はセンサーの導入数を増やし、また得られたデータを蓄積する事で故障予測に活用していき、回転機の維持管理向上を目指す。

往復動圧縮機の容量調整として電気式リバース フロー方式（eHydroCOM System）の導入について

しんや しゅうじ
（富士石油（株）工務部設備課） ○新谷 修司

1. 緒言

既設往復動圧縮機の省エネ（電力消費量削減）を目的とし、電気式リバースフロー方式（eHydroCOM System）を国内で初めて採用した。導入から現在までの問題点とその対応を紹介する。

2. 電気式リバースフロー方式概要

1) 運転開始：2019年

2) ベンダー：ホルビガー

3) システム概要(図-1～3参照)

- 本来、圧縮行程となる“C→C_r”間、逆流行程としてシリンダーに吸込まれたガスの一部を吸込みラインへ逆流させる
- 逆流行程中の任意のポジション“C_r”で、吸込み弁を閉じ、圧縮を開始し（C_r→D_r）シリンダー圧力が“D”に達すると吐出弁が開く
- C→C_r間は余分な圧縮はせず、“C_r”から必要量を圧縮することで省エネが可能となる

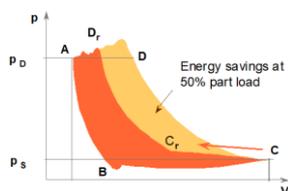


図-1 リバースフロー理論概要図

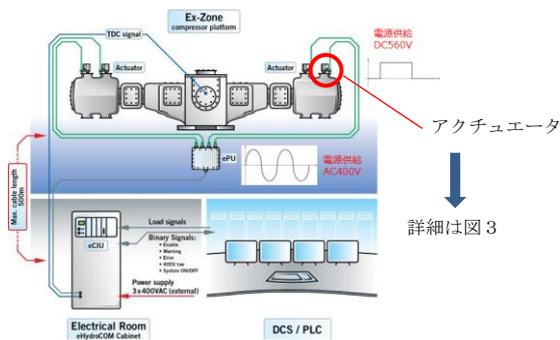


図-2 システムレイアウト

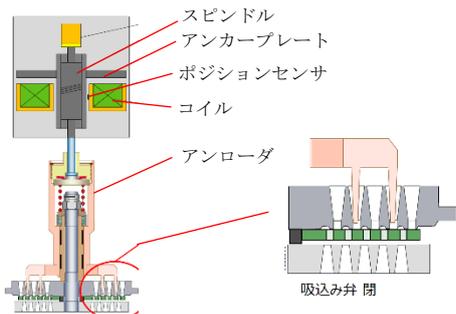


図-3 アクチュエータ概略図

3. 問題点と対策

1) アクチュエータのスピンドル摩耗(図-4参照)

吸入弁スピンドル部に異常摩耗が発生した。アンローダとスピンドルが無潤滑の状態であり、かつスラッジが堆積しており、これが研磨剤のような働きをして摩耗に至った。対策としてアンローダ上部にスラッジ混入防止用のテフロンカバーを追加、また、スピンドルの接地面に摩耗防止用に潤滑材を塗布した。

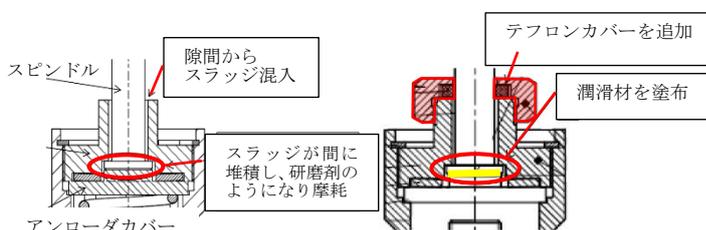


図-4 摩耗対策

2) アクチュエータの電子回路不良(図-5参照)

部品交換後約 300 時間で位置信号ジャンプエラーが発生。調査の結果、半田接合部の接触不良がこの信号エラーを引き起こす可能性があることが分かった。対策としてプリント基板の設計変更を行い、ソフトシリコン層の追加及び半田方法を変更した。



図-5 電子回路改造

3) ゼロ点調整後に位置信号エラー(図-6参照)

本装置はスピンドルの位置を常に計測しコイルの励磁力を調整して位置制御している。アクチュエータの脱着後のゼロ点調整したのち位置信号エラーが発生した。原因は内圧がないことでスピンドル押し上げ力が低下し、コイルの励磁力とのバランスが崩れ、スピンドルの位置信号にハンチングが発生した。対策としてチューニングを行い、位置信号制御感度を鈍くさせた。

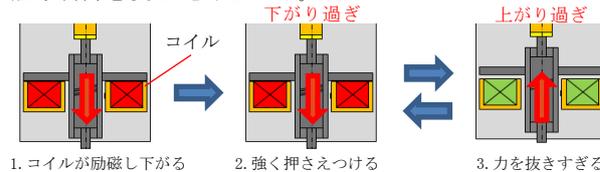


図-6 位置制御

4. 今後の目標

本装置の導入により省エネ効果は得られている。本稿に記した対策の効果を確認するとともに、メーカー協力のもと、より安定した連続運転を目指していきたい。

以上

大容量リチウムイオン蓄電池システム・高圧瞬停補償装置のご紹介

（東芝三菱電機産業システム株式会社 産業第一システム事業部

産業システムソリューション技術部 技術第五課） きがわ てるまさ 佐川 輝政

1. 緒言

国連にて採択された持続可能な開発目標（SDGs）は、近年、ビジネスを行う上で重要な指標となっています。この理念は、弊社が掲げる『グローバル社会の持続的な発展への貢献』とも符合しています。

弊社は、カーボンニュートラルな社会実現のため、エネルギーをより効率的に利用できる蓄電池応用製品として、MPC(Multiple Power Compensator)、UPS、および TMBCS(TMEIC Battery Control System)等を製造・販売しています。今回は、再生可能エネルギーの導入拡大に向けた電力需給の「調整力」として活用が期待されている大容量リチウムイオン蓄電池システムを御紹介します。

2. 製品概要

自然エネルギー由来の電力は、発電出力が不安定になるという弱点がありますが、蓄電池と組み合わせることにより解決できます。弊社では、大容量のリチウムイオン蓄電池システムを製品化しており、TMBCSと呼んでいます。

TMBCSは、システムの基本機器である、PCS、蓄電池、蓄電池制御装置と、それらの機器を組み込んだコンテナ（20フィート）で構成されています。

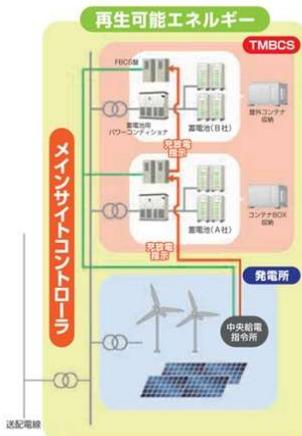
また、TMBCSは、次の特長を持っています。

①大電力・大容量・高効率システム

- ・業界最高レベルのPCS変換効率98.5%（充放電平均）
- ・蓄電池容量50kWh～並列システムにて200MWhの大電力の充放電サポート

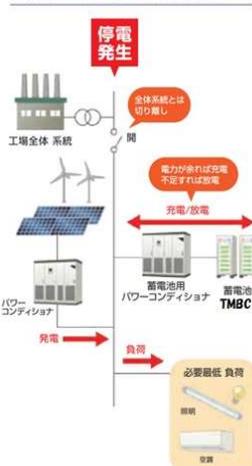
スマートPV用途

メインサイトコントローラとの組み合わせ例



TMBCS 用途

災害&停電対策用途



②マルチ電池コントロール

- ・異なる電池メーカーのリチウムイオン電池を接続可能

③大容量蓄電池最適制御

- ・蓄電池特性の違いによる充電率のアンバランス補正や出力補正機能搭載
- ・全体が機能停止することなく、安全に動作させるフォールトトレラン設計

④コンテナパッケージでの提供

- ・PCS、蓄電池、蓄電池制御装置を、コンテナパッケージで提供可能

3. 製品適用事例

代表的な適用例として以下を想定しています。

①ピークカット/ピークシフト

- ・契約電力料金、電力従量料金の削減

②太陽光発電（PV）等との併用

- ・発電電力の自家消費、災害/停電対策

③発電所出力抑制

- ・発電出力変動抑制/発電出力制御

また、PCS 統合制御システム MSC(Main Site Controller)により、TMBCS を太陽光発電設備等と連携させ、電源システムの効率的な運用や災害/停電対策に活用できます。

4. 結び

本製品は、再生可能エネルギー発電所において、出力安定化に必須となるだけでなく、電力需給における「調整力」として、カーボンニュートラルな社会実現に貢献します。また、MPCやUPS等と組み合わせることにより、複合的な価値を提供していきます。



カーボンニュートラルに対応する TMEIC 製品群

受電設備更新工事の紹介

（西部石油株式会社 工務部計電課電気係） ○河野一憲 かわのかずのり 清水秀康 しみずひでやす

1. はじめに

当社の受電設備は、1975年の第Ⅲ期建設工事にて従来の44kVから110kV受電へと更新後、約40年が経過していた。そのため高経年化対策として長期更新計画を策定し、製油所の運転を継続しながら更新準備/施工をすすめ、2020年定期整備工事（SDM）の限られた期間内で受電設備システムの更新/切替工事を無事完遂した。その内容について紹介する。

2. 設備概要

当社の受電設備システムは、110kV特別高圧開閉所（電力会社との接続遮断器や取引用計器/変成器、避雷器、断路器など）、受電変圧器（110/11kV変圧器：35MVA×2台）、およびそれらを接続する構内電路（×2条）の組合せによる2回線受電で構成される（図1）。



図1 受電設備配置図

- ①受電電圧：3φ3W 110kV 60Hz
- ②受電形態：2回線受電（常用－予備）
- ③受電設備（110kV特別高圧開閉所）
 - ・既設：屋内開放形開閉器（キュービクル形）
 - ・更新後：ガス絶縁開閉装置（GISユニット）
- ④変電設備（屋外油入変圧器）
 - ：110/11kV受電変圧器（35MVA×2台）
- ⑤構内電路（地中埋設 約1.5km×2回線）
 - ・既設：OFケーブル（OFZE250sq）
 - ・更新後：CVTケーブル（CVTSS250sq）

3. 更新工事の概要

3.1 受電設備

既存設備は充電部が露出構造（気中絶縁）であるため、日常点検時の安全確保やSDMでの清掃や絶縁測定には細心の注意が必要であった。更新後は安全面や信頼性および保守性等の観点からGISユニットを採用した。

3.2 変電設備

既存変圧器の絶縁油は、低濃度のPCBを含有していたため、課電自然循環洗浄処理や加熱強制循環洗浄処理を検討したが、コスト面で優れるPCB処理施設での焼却処理を採用した。

3.3 構内電路

全国的にOFケーブルを扱う技術者が激減している中で、不具合発生時の処置対応が困難な状況にある。

そのため、新規ケーブルは保守性、信頼性に優れたCVTケーブルを採用した。新設ケーブル管路は基本的に既設ルートと並行して構内の主要道路下に埋設した。既設の埋設配管やトレンチ、配線ピットなどが交錯する箇所は、開削工事が困難であることから泥水式推進工法を採用した。

3.4 更新工事工程

更新工事は長期となるため、2020年9月のプラント停止時（SDM）での更新切替えを目指し2018年4月から着手した。新設変圧器の設置スペースを確保するために、事前にヤード内の機器の再配列、隣接建物の改造などを行い、当該工事によるプラント稼働（停止期間）への影響を最小限に抑えることができた。

また、電力会社側のケーブル更新工事（電力会社送電鉄塔から当社までの約1.3km区間）と施工時期をあわせることで作業効率や信頼性を高め、施工費用の削減を図った。

3.5 切替工事期間の電力確保

新設受電設備システムへの切替工事期間中も、構内の保安電力および出荷設備用の電力を賄う必要があった。そのため、市中の電力システムから仮設電力を別途引き込み、別系統の所内3kV発電設備とあわせて、必要な所内電力を確保した。

4. 終わりに

今回の受電設備更新工事は操業以来の大規模工事であったが、工期（短時間で更新切替え）や更新スペースなど、種々の制約の中で安全・工物品質を確保しながら無事に完遂することができた。

設計から施工に至るまでの協力会社、電力会社、関係者皆様のご協力に感謝するとともに、今後の安全・安定操業の継続を目指し、設備管理に取り組んでいきたい。

設備保全

[1D09-12] 設備保全(4)

座長:比佐 大(富士石油(株))

2021年11月11日(木) 13:00 ~ 14:00 D会場 (函館アリーナ 武道館C)

[1D09] 構造物パノラマ点検システム「Tag Base 360」による栈橋点検

○石田 剛¹、成田 真朗¹、市川 晴信¹ (1. 株式会社アプリコアMSIS)

13:00 ~ 13:15

[1D10] CUI検査に関するスクリーニング方法の探究

○岡本 憲明¹ (1. コスモ石油株式会社 四日市製油所 設備検査課)

13:15 ~ 13:30

[1D11] 常圧蒸留装置の塔頂系配管における材質検討

○安藤 貴紘¹ (1. 富士石油株式会社 袖ヶ浦製油所 工務部 工務技術課)

13:30 ~ 13:45

[1D12] 産業用ボイラの熱疲労事例と信頼性向上のための取り組み

○田中 順也¹ (1. 出光興産(株)生産技術センターエンジニアリング室)

13:45 ~ 14:00

構造物パノラマ点検システム「Tag Base 360」による栈橋点検

株式会社アプリコアMSIS ^{エムシス} ○石田 ^{いしだ} 剛、^{つよし} 成田 ^{なりた} 真朗、^{まさあき} 市川 ^{いちかわ} 晴信 ^{はるのぶ}

1. はじめに

栈橋などの海洋構造物の定期点検では、通常、目視点検を行い損傷部位の撮影及びその状況を記録する。このような点検における課題として、潮位や船の着栈による時間制限や損傷の見落とし、暗所作業など安全性の課題、技術者による損傷判断のばらつき等が挙げられる。

弊社では、これらの問題を解決するため、パノラマカメラを用いた新しい栈橋点検手法を開発した。本点検手法は、事前に作成した撮影計画に基づき、パノラマ写真を撮影し、撮影写真を登録した点検システムを使って机上で点検作業を行う。従来の目視点検作業をこの点検手法に置き換えることで、現場作業時間の短縮、安全性確保、全周囲写真という明確なエビデンスによる点検品質の向上を実現することができた。撮影方法は、船上撮影だけでなく、L字ロッドなど専用の撮影治具を用いることにより、撮影範囲の制限は発生するが、栈橋上からの撮影も可能である。

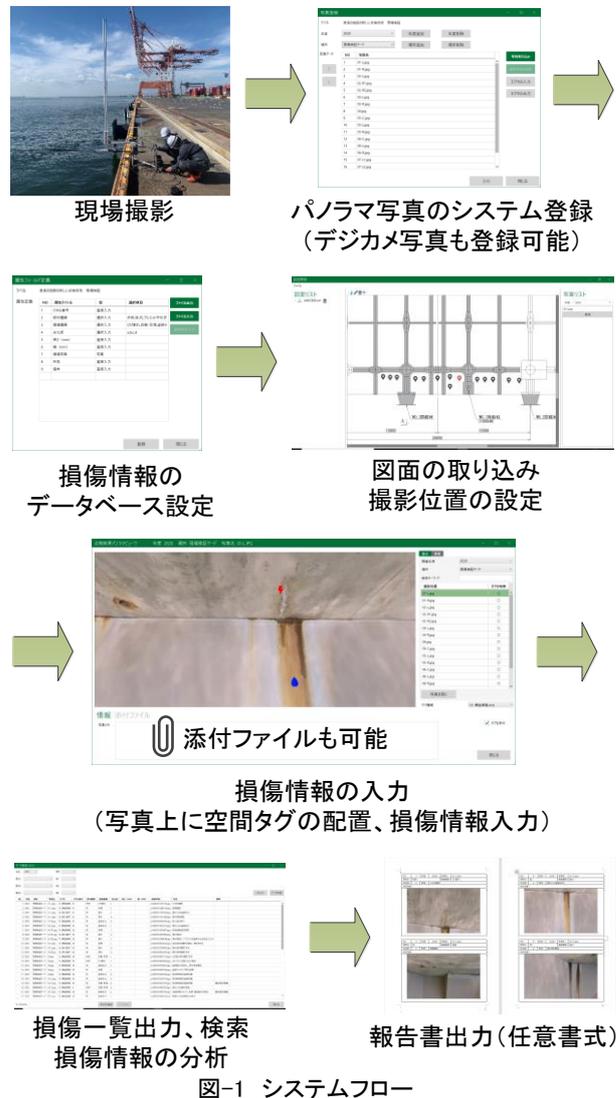
2. パノラマカメラ及び撮影作業

使用するパノラマカメラは、現場の環境に合わせて、3台のカメラより選択する。各カメラは、自社構築もしくは市販カメラを現場用にカスタマイズしている。また、全てWi-Fi接続によるリモートシャッターでLED照明を装備しており、暗所・狭隘部にも対応している。なお、撮影作業は、準備も含め2～3名程度の小人数で対応可能である。



3. Tag Base 360 システム処理フロー

本システムは、図面、撮影写真、点検情報を一元的に管理できるシステムである、点検情報 DB は、様々な構造物に対応するためユーザー側で自由に設計できる。入力された損傷データは、任意の条件でデータ抽出が可能であるため、損傷状況の分析が容易となり修繕計画立案の素材としても活用できる。また、本システムは、パノラマ写真だけではなく、通常のデジタル写真も同じように管理できる。



4. おわりに

本システムは、点検作業だけではなく、維持管理業務を含めた業務全体の効率化・改善に寄与し、港湾DXの推進、実現の一翼を担う役割を果たせると考える。また、今後、システムの拡張を図り、AIによる画像解析機能を導入する予定である。

CUI 検査に関するスクリーニング方法の探究

コスモ石油(株) 四日市製油所 設備検査課 おかものりあき 岡本憲明

1. はじめに

当初では2008年以降、保温材下の外面腐食(CUI : Corrosion Under Insulation)起因による不具合が多発してきたことから、2012年より運転と保全が連携し同類不具合撲滅を目指す活動として CUI プロジェクトを発足した。

これまでの CUI 評価フローは、外観目視によるスクリーニング検査(1次検査)で保温の劣化が認められた箇所に対して、優先順位付けを行った後、保温解体後の目視や RT などの詳細点検(2次検査)を実施してきた。しかし近年、外観上は保温状態が良好であり優先順位を下げていた箇所での CUI 不具合が発生している。

そこで、外観から目視では分からない保温内部の状況を確認するスクリーニング手法として、中性子水分計および Lyft(パルス渦流探傷装置)を用いた検査の取り組み内容と、検査結果の評価により得られた知見について紹介する。

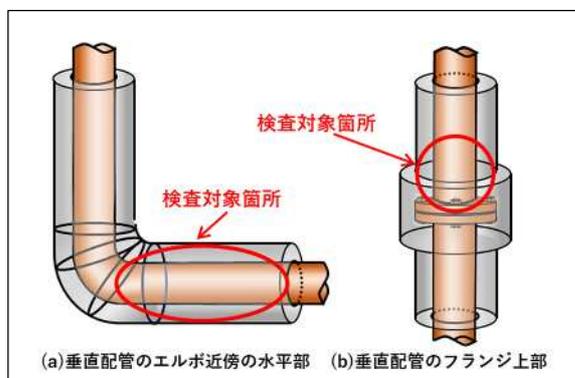


Fig.1 検査対象箇所図

2. 実験

検査箇所は外観上の保温状態が良好であるが、水分滞留部となる可能性がある垂直配管のエルボ近傍の水平部や、垂直配管フランジ上部などの構造不連続部を選定した。(Fig.1 参照)

検査方法は保温含有水分量の測定を行い、判定値以上の水分含有を認めた箇所に対して Lyft による配管減肉評価および保温解体後に目視検査を実施した。

3. 実験結果および考察

約 530 箇所に対して中性子水分計による検査を行った結果、11 箇所に判定値以上の水分含有を認め、その内 8 箇所に外面腐食の進行を認めた。

結果を分析すると、水分の含有を認めた箇所には、上部の構造物などから保温に雨水が集中滴下するなどの特徴がある事が分かった。また Lyft と目視検査による外面腐食結果を比較したところ、Lyft の方が減肉量を小さく検出される結果となり、Lyft で減肉を認めた際には詳細検査を行うべきと考える。

最後に本取組では、外観上は保温状態が良好箇所において、8 箇所の減肉箇所を抽出した結果より、従来の評価フローに当スクリーニング方法の知見を組み込む事で、スクリーニング検査や詳細検査の優先順位付け方法の更なる改善に活用でき、設備の信頼性向上に寄与すると考える。

常圧蒸留装置の塔頂系配管における材質検討

（富士石油（株）工務部工務技術課） ○安藤 貴紘 あんどう たかひろ

1. はじめに

常圧蒸留装置（以下、トッパーと記す）のメインタワー塔頂から拔出される蒸留ガスには、原油中の水分、塩化物および硫化物の他、精製過程で生成する塩化水素や硫化水素などの腐食性物質が含まれている。このため、メインタワー塔頂系においては、蒸留ガスの凝縮が始まる配管や熱交換器などの設備で強い酸性腐食環境となり、激しい腐食が発生する。当社のトッパーは、塔頂シェルの防食を目的として、ホットリフラックス方式を採用しており、ホットドラムのベーパーを空冷式熱交換器（以下、AFC と略す）へ送気する配管（以下、30B 配管と記す）で凝縮が起こるため、同配管が著しい腐食環境となる。図1に当社トッパーの概略フローを示す。

本稿では、30B 配管の更新工事に合わせて、材料対応による長寿命化を検討した事例について紹介する。

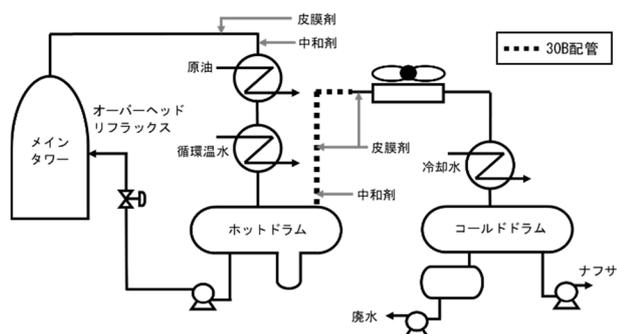


図1：ホットリフラックス方式による塔頂系概略フロー

2. 配管の腐食状況

30B 配管は炭素鋼（STPY400）を採用していた。同配管内の腐食環境における炭素鋼の耐食性は高くないため、インヒビター（中和剤および皮膜剤）の注入に加えて、近年は金属溶射による防食対策を実施していた。しかし、開放検査時に溶射皮膜の剥離、および配管底部における深い孔食状の減肉を認めたことから、金属溶射では期待する防食効果が得られなかった（図2、図3を参照）。このため、材質変更以外による防食対策は困難と判断した。



図2：溶射皮膜の剥離状況

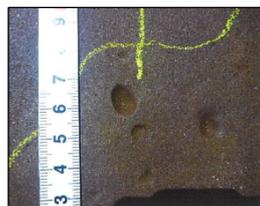


図3：剥離箇所の腐食状況

3. 材質検討

トッパー塔頂系に存在する腐食物質は、塩酸、硫酸、アンモニウム塩および有機酸などである。これらの強酸性物質下で耐食性を有する材料として、ステンレス鋼（SUS316L）、チタン、NW0276（ハステロイC276）の3鋼種を選定し、比較評価した結果を表1に、各鋼種の評価結果概要を以下にそれぞれ示す。

なお、各鋼種の予想腐食速度については、使用環境におけるプロセスデータより、米国 OLI 社の腐食現象理論的予想シミュレータを用いて評価した。

- (1) SUS316L：低コストではあるがプロセス流体に塩素が存在しているため、塩化物応力腐食割れが懸念される。腐食速度としては、炭素鋼と比較して、1/40 倍に下がると推定される。
- (2) チタン：プロセス流体中に塩酸、硫酸などの非酸化性酸が存在するため腐食しやすく、腐食によって水素が発生する。その水素がチタン内部に拡散して水素化物を生成することで、水素脆化の発生が懸念される。さらに、材料費が高く、施工が難しいため、コスト高となる。
- (3) NW0276：チタンに次ぐ高コストではあるが、脆化や応力腐食割れなどの劣化・損傷の懸念がない。さらに、炭素鋼と比較して、腐食速度は1/1250 倍に下がると推定される。

表1：各種材料の評価表

| 材質 | 総合評価 | 耐食性 | 劣化/割れ | 施工性 | コスト |
|-----------------------|------|-----|---------------|-----|-----|
| 炭素鋼 | △ | × | △ (水素誘起割れ) | ◎ | ◎ |
| SUS316L | × | △ | × | ◎ | ○ |
| チタン | × | ○ | × | △ | × |
| NW0276 (ハステロイC276) | ◎ | ◎ | ◎ | ◎ | △ |

◎：優、○：良、△：可、×：不可

4. 対応およびまとめ

この検討結果を踏まえ、2021年の定期修理工事にて、費用対効果に最も優れるNW0276のクラッド鋼で30B配管を更新した。今後は4年後の2025年定期修理工事にて30B配管のマンホールを開放し、耐食性能を検証する。期待どおりの耐食性能が確認できれば、今回の実績を踏まえて、トッパー塔頂系の他部位でも使用環境を考慮したうえで、採用を検討したい。

産業用ボイラの熱疲労事例と信頼性向上のための取り組み

（出光興産株式会社生産技術センターエンジニアリング室）^{たなか}田中 ^{じゅんや}順也

1. 緒言

石油精製や石油化学で使用されている産業用ボイラは、事業所全体の装置稼働に係る重要設備だが、近年、経年劣化に伴う熱疲労割れの問題が顕在化しつつある。間接要因として、これらの装置は発停回数の比較的少ない連続運転ボイラであることから、これまで熱疲労の観点からの検査は優先度が低くなっていたことが挙げられた。

そこで、熱疲労割れトラブルの原因調査で得られた知見から、ボイラ各部の熱疲労に対する検査管理方針を策定したので報告する。

2. 事例概要

2. 1 管台と管寄せ溶接部の不具合事例

廃熱回収ボイラの火炉において、炭素鋼製の側壁蒸発器管の管台と管寄せの溶接部に割れが認められた(図1)。

割れ箇所の破面観察結果、疲労破面が確認された。また、FEMを用いた応力解析により、当該溶接部には、装置構造に起因して熱伸び拘束による過大な熱応力が作用することが明らかとなった。

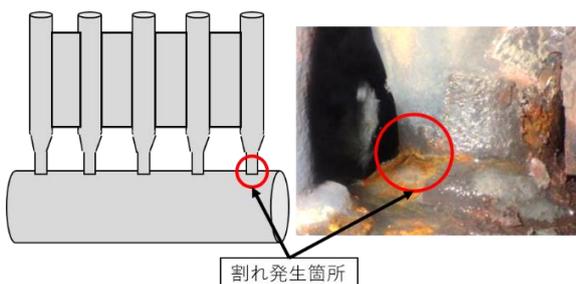


図1 管台溶接部の割れ

2. 2 タイプレート溶接部の熱疲労割れ

ボイラの3次過熱器管(3SH)に設置されている、過熱器管同士を接続しているタイプレートの溶接部において、割れが認められた(図2)。

当該事例も破面観察結果より疲労破面が観察され、FEMによる応力解析を実施した結果、チュ

ーブとタイプレートの熱伸び差により熱疲労割れに至る高応力が発生することがわかった。

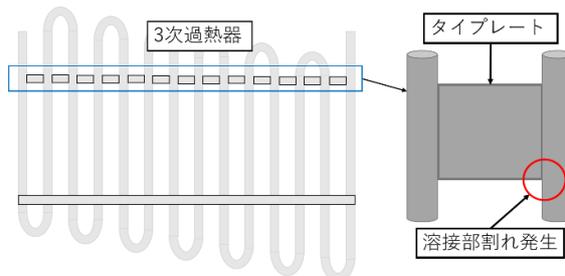


図2 3SHのタイプレート溶接部割れ箇所概略図

3. 熱疲労割れに対する検査方針の策定

これらの事例から、比較的発停回数の少ない連続運転ボイラにおいても、高い熱応力が発生する部位では経年的に疲労割れが問題になることがわかった。そこで、同様の熱疲労割れを抜けなく検査管理することを目的に次の取組みを行った。まず、事例部位と類似したボイラ各部の熱疲労の可能性部位を図面や現物確認及び業界の損傷事例から網羅的に抽出した。そして、各部の想定損傷シナリオを検討し、リスク評価の観点から発生緩和策（検査周期、検査方法、具体的検査箇所）を検討することで、部位ごとの検査方針を策定した。また、具体的な損傷箇所を例示集として集約し、対象の抜け防止を図った。さらに、ボイラの構造図面を基に、3Dモデルを作成することで、より具体的に対象部位を確認できるようにした。

4. まとめ

昨今の産業用ボイラの熱疲労割れ事例と教訓をもとに、ボイラの部位ごとの検査管理方針を策定した。今後は、本方針を社内全ボイラに適用して、装置毎に検査計画を確認していくことで、ボイラ設備の信頼性向上につなげていきたい。

設備保全

[1D13-15] 設備保全(5)

座長:城戸 康宏(ENEOS(株))

2021年11月11日(木) 14:15 ~ 15:00 D会場 (函館アリーナ 武道館C)

[1D13] 製油所における事故事例情報の活用について

○大田 能孝¹ (1. コスモ石油株式会社)

14:15 ~ 14:30

[1D14] 腐食加速試験による防食システムの開発

○小倉 剛¹、釜賀 輝¹、浅見 廣樹²、松尾 優子²、中川 拓己² (1. 出光興産 (株)、2. 苫小牧工業高等専門学校)

14:30 ~ 14:45

[1D15] 特定屋外貯蔵タンクの浮き屋根（ポンツーン）損傷解析

○石井 剛¹ (1. 出光興産 (株) 徳山事業所 工務課)

14:45 ~ 15:00

製油所における事故事例情報の活用について

Effective utilization of incident information in oil refinery

(コスモ石油(株) 千葉製油所) おおた よしたか 大田 能孝

1. 背景

コスモ石油(株)千葉製油所(以後、当所)における過去10年の設備管理に起因する不具合件数は、装置の経年劣化の影響もあり、2012年度にピークに達していた。その後、各種施策(大規模CUI検査、検査記録の総点検、保安全管理の仕組み強化)で不具合件数は大幅に減少したが、2016年度以降は横ばいを推移してきた(図1参照)。

更なる不具合低減のためには新しい視点でのアプローチが必要と判断し、第三者機関である保安力向上センターによる安全文化評価に着目した。そこで課題があると評価された内容について所内で議論を重ねたところ「潜在的な不具合(*)に気づく感性」を磨く必要があるという結論に至った。その気づく感性を磨くための施策の一つとして、他社の事故事例の活用方法に関する新たな取り組みについて紹介する。

*表面化せずに未然に発見しづらい不具合のこと

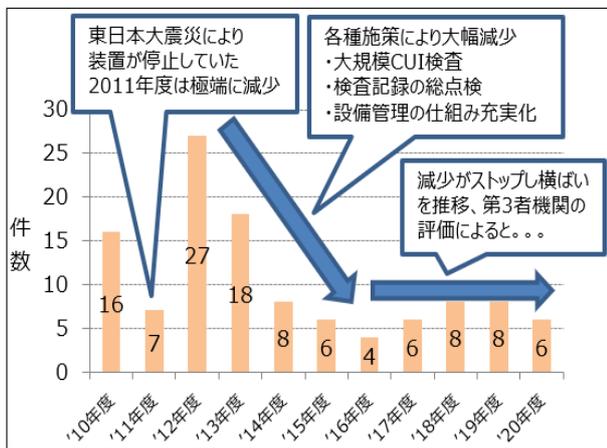


図1. 当所設備管理起因の不具合件数

2. 課題分析

まず自社内部の不具合対策の取り組みを整理した結果、自社向けの不具合分析、水平展開、風化防止などの取り組みは充実していた一方で、他社の事故事例は周知型で水平展開調査などの行動にまでは至らず、活用する仕組みが不足していたことがわかった(表1の赤枠内参照)。

表1. 不具合対策の取り組み

| 取り組み | 目的 | 調査範囲 | 展開手法 | 展開時期 | 活用範囲 |
|----------------------|---------------|-----------|--------------|--------------|----------|
| 不具合管理DB | 不具合対策 | 自社 | DB蓄積 メール等 | 事後型 | 全製油所 |
| 水平展開 700-アップ 会議 | 自社/他社 水平展開 | 自社/ 他社 | 会議体 議事録 | 事後型or 先行型 | 全製油所 |
| ヒヤリハット | リスク 感度向上 | 自社 | DB蓄積 | 事後型or 先行型 | 全製油所 |
| 設備7ポイント レッスン | 風化防止 若手教育 | 自社 | 掲示 | 事後型 | 全製油所 |
| 石連事故事例 事故検索システムDB | 他社事例 の周知 | 他社 | DB 周知 | 先行型 | 部署 限定 |

DB：データベース

3. 課題解決策

2項で抽出した課題を解決するために、潜在的な不具合の気づきを促す重点施策として、他社の事故事例を当所で活用するべく仕組みの見直しを行った。

(1) 会議でスクリーニング

保安管理部門は月に1回、不具合判定会議を開催し、収集した事故事例について設備管理部門と運転管理部門の助言を得て、情報共有や水平展開の要否を判断する。

(2) 事故事例の周知・対応

保安管理部門は、情報共有が必要な案件を所内に発信し、さらに各課で保安教育の一環として勉強会を開催する。また、水平展開を実施する担当部署は対応した結果を報告する。

(3) 規則の改定

所内規則に上記(1)(2)の内容を反映することで、手順と役割分担を明確化した。

4. まとめ

当所では不具合件数の減少を目的に、他社の事故事例から得た教訓を最大限に活用させるための検討を行った。現在開始したところで手探り状況ではあるが、徐々に浸透していることが実感される。所員の潜在的な不具合に気づく感性が磨かれ、1件でも多くの不具合減少に寄与するように今後も継続させていく。

腐食加速試験による防食システムの開発

(出光興産株式会社*・苫小牧工業高等専門学校**)

おぐら つよし かまがあきら あさみ ひろき まつお ゆうこ なかがわ たくみ
○小倉 剛*・釜賀 輝*・浅見 廣樹**・松尾 優子**・中川 拓己**

1. 概要

出光興産(株)北海道製油所(以下、当所)は外洋に面しており高い湿度と気中塩分濃度により厳しい外面腐食環境にある。このため耐食性の高い防食システムの選定が必要だが、実機での比較評価には多大な時間を要する。そこで苫小牧工業高等専門学校と産学官共同研究により当所の環境を再現した腐食加速試験方法を確立し、各種防食システムを評価した結果を報告する。

2. 腐食加速試験方法の確立

当所の高腐食環境を模擬し、簡易かつ再現性の高い腐食加速試験法として図1に示すサイクル条件を確立した。

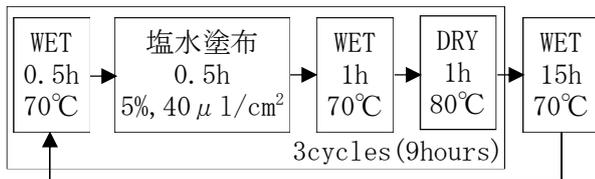


図1. 腐食加速試験サイクル条件

3. 腐食加速試験による結果

(1) 屋外暴露試験との比較

図2に同一試験片における屋外暴露試験と加速試験の比較を示す。試験片は炭素鋼に下塗りとして変性エポキシ樹脂、中上塗りにアクリリコ樹脂を塗装した塗装鋼材にクロスコートを入れたものをを用いた。この結果、加速試験3日後の状況は屋外暴露試験384日後と同等以上の発錆となった。

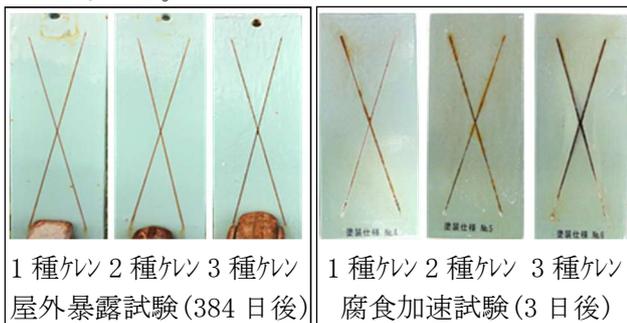


図2. 屋外暴露試験-腐食加速試験比較

(2) 素地調整の差による比較

図3に素地調整の異なる同一塗料の加速試験20日後の状況を示す。この結果、腐食状況は一般的な耐食性の順位通り1種→2種→3種ケレンの順に悪化し、本試験で、耐食性の有意差も示せることが分った。

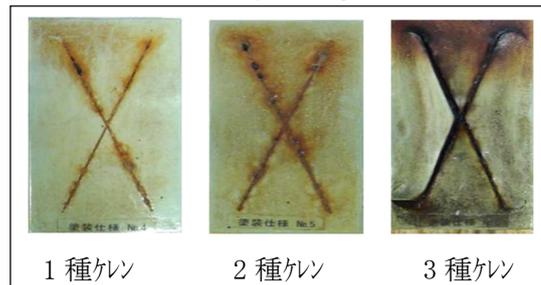


図3. 腐食加速試験20日後腐食状況

(3) 各種塗料の加速試験結果

上記の結果、本加速試験の有効性が示せたため各種塗料の試験を行った。図4に加速試験20日後の状況を示す。この結果、各種塗料の優劣を見定めることができた。中でもD塗料【EML SABI シールド Zn (イエステージャパン社製)】は発錆が全く見られ無かった。

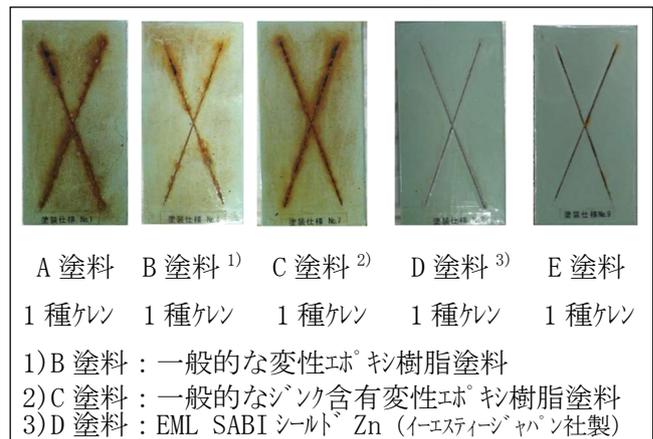


図4. 各種塗料腐食加速試験20日後腐食状況

4. まとめ

新たに確立した腐食加速試験により外面腐食における防食システムの優劣を短期間で評価することができるようになった。現在、種々の条件を変更し当所の外面腐食環境に最も適切な防食システムを評価中である。

特定屋外貯蔵タンクの浮き屋根（ポンツーン）損傷解析

（出光興産株式会社 徳山事業所 工務課*）○石井 剛*

1. 緒言

2003年十勝沖地震の際に発生した浮き屋根式屋外タンク貯蔵所の全面火災を受け、一定規模以上の浮き屋根に対し耐震性や沈降防止の基準が強化されている。一方、近年の状況として、浮き屋根の浮き室内部に、長期使用に起因すると考えられる損傷事例、事故が散見されており、問題となっている。本報告では、開放検査中に浮き屋根（ポンツーン）に損傷（割れ）を確認した為、FEM 応力解析や材料分析を実施した結果、前回開放時の耐震性向上対策の溶接部の強化に加え、本タンク特有な工事であった、デッキ部の溶接工事に起因した損傷であることを解明した事例を紹介する。

2. タンク仕様と損傷部位

2. 1 タンク仕様

- ・型式：FRT（シングルデッキ）*アルミ屋根付
- ・浮き屋根材質、設計板厚：SS41、4.5 mm
- ・完成年月：1962年 *使用年数=58年
- ・前回開放検査：2012年
- *浮き屋根構造強化、油種変更改造工事

2. 2 損傷部位と状況

今回の損傷部位は浮き屋根（ポンツーン）の内リムに認められ、磁粉探傷試験の結果、損傷（割れ）が確認された。また、当該タンクは、前回開放検査時に油種変更の改造工事を行っており、デッキ板の接液側にシール溶接を行っている特有な保全経歴があった。

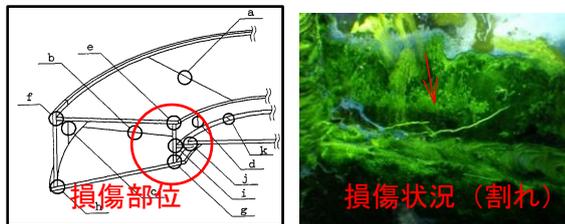


図1. 浮き屋根損傷部位、状況

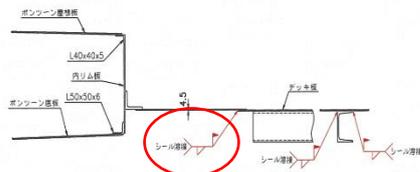


図2. デッキ板のシール溶接図

3. FEM 応力解析結果および材料分析結果

3. 1 FEM 応力解析結果

前回開放時に実施した、デッキ板の接液側のシール溶接により、浮き室が中央へ引き込んだモデルを作成し、応力解析を実施した。内リムと仕切板接合部で降伏点相当の引張応力が発生している事が分かった。

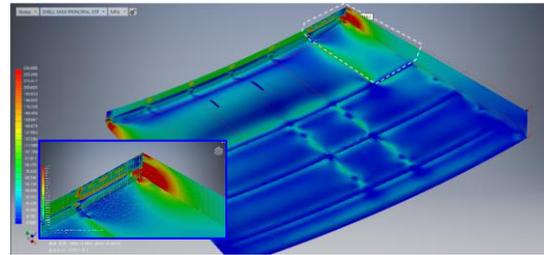


図3. FEM 応力解析結果

3. 2 材料分析結果

損傷が認められた部位をサンプリングし、マクロ観察結果、ビーチマークが見られ、ミクロ観察ではストライエーション状の模様を観察された。いずれも、疲労破面の特徴である事が分かった。

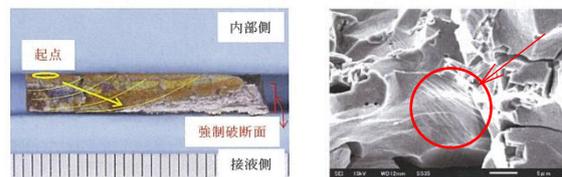


図4. 材料分析結果（マクロ、ミクロ観察）

4. 考察

FEM 応力解析結果と材料分析の結果より、前回開放時（屋根板重ね全溶接部のシール溶接）の溶接入熱による歪みが起点（疲労強度の低下）となり、供用中の液面揺動による応力又は異常気象（地震等）による応力が影響し、ポンツーンの内リムに損傷（割れ）が発生したものと推定される。

5. 結言

国内の屋外タンク貯蔵所は、新設数が少なく既存タンクの維持管理が中心であり、全体的に老朽化が進んでいると言える。開放検査の度に溶接補修を繰り返している事もあり、疲労強度が低下しているタンクも考えられる。浮き屋根に多大な熱応力を加える場合は、応力緩和策等を十分に検討した対策が望ましい。

設備保全

[1D16-18] 設備保全(6)

座長:長谷川 勝宣(出光興産(株))

2021年11月11日(木) 15:15 ~ 16:00 D会場 (函館アリーナ 武道館C)

[1D16] メンテナンス業界におけるフランジ締結技能向上の取組みについて

○近藤 康治¹ (1. レイズネクスト株式会社)

15:15 ~ 15:30

[1D17] 稼働中プラント架構増設工事における無溶接工法を用いた施工について

○和田 学¹、佐宗 大樹¹、神山 連¹、高橋 秀明²、野崎 哲夫²、菊田 聡² (1. コスモエンジニアリング株式会社、2. センクシア株式会社)

15:30 ~ 15:45

[1D18] ガスケット新技術である FISHBONEガスケットについて

中原 誉晃¹、竹原 泰志²、○弓納持 俊夫³ (1. 太陽石油株式会社、2. 太陽テクノサービス株式会社、3. アイデン株式会社)

15:45 ~ 16:00

メンテナンス業界におけるフランジ締結技能向上の取組みについて

こんどう こうじ
○近藤 康治
(レイズネクスト)

1. 緒言

フランジ締結作業はプラントメンテナンスにおいて非常に重要な作業であるが、その作業者の公的な資格はない。作業者の技能レベルの低下が危惧される中、2018年にHPI(日本高圧力技術協会)から「フランジ締結作業トレーニング指針」(HPI TR Z 110)が発行されて、フランジ締結教育を行う設備オーナーが増えてきている。一昨年の石油学会山形大会において弊社のフランジ締結教育の取組みを紹介したところ、他の元請けとの連携に関するコメントをいただき、メンテナンスの業界団体である日本メンテナンス工業会(JAMSEC:以下、工業会)に「フランジ締結検討WG」を設立し、業界としての対応を検討してきた。昨年の同熊本大会では、弊社が行ったフランジ教育の状況を報告すると共に工業会のWG活動を紹介した。工業会のWGでは、フランジ締結作業向けに「フランジ締結技能講習制度」を策定し、今年度は「フランジ締結技能講習推進WG」として実施に向けた活動を行っている。本報では、工業会のフランジ締結技能講習の概要及びWGの活動を紹介する。

2. 工業会のフランジ締結技能講習制度の概要

打撃スパナでフランジからの漏えいを止める腕の良い作業員(職人さん)は素晴らしい技能をお持ちだと思うが、工業会の「フランジ締結技能講習」はこのような特別なスキルを磨き上げる教育ではなく、フランジ締結作業者が最低限知っておいて欲しい知識と技能の習得(ボトムアップ)を目的としている。この技能講習はメンテナンス業界で作り上げた標準化された教育プログラムであり、会員企業(傘下を含む)がどこでも同じ教育を受講できることをコンセプトに、そのポイントは以下の4つである。

- ①工業会の認定講師による技能講習
- ②業界で共創した資料による基礎教育(座学)
- ③B・S教材を用いた実技講習と技量確認
- ④受講証とシールの発行及び受講者の管理

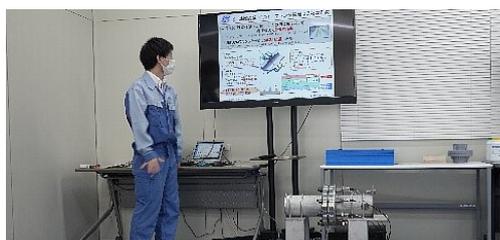


図1 認定講師審査会の模擬技能講習状況



図2 基礎講習資料

フランジ締結技能講習は、基礎講習(約20分)と理解度テスト(10問)、B・S(ボルディング・シミュレータ)を用いた実技講習(約10分)及び技量確認(10分以内/人)で構成されている。教育は教える先生によりその効果が左右されるので、本制度では工業会が認定した講師に限定している。認定講師の要件は、フランジ締結に関する十分な知識・技量及び講師スキルを有し、所属する会員企業の推薦する者で、工業会が行う審査会(図1参照)をパスした者としている。認定後も工業会が行うスキルアップ行事への参加、及び技能講習の実績が5年後の認定講師更新の条件となる。基礎教育資料(図2参照)は、弊社の作業向け社内教育資料をベースに工業会WGでブラッシュアップしたものである。工業会のホームページの会員サイトにpptx版とナレーションを吹き込んだ動画版を公開している。実技講習で用いるB・SはBT Masterを用いているが、既に市場にあるD-BOLVISとMSTSについても適用拡大を計画している。受講証(有効期限5年)、シールの発行及びその受講者管理は認定講師の所属会社(技能講習実施会社)が責任を持って行うが、受講者の個人ID、受講日及び認定講師IDデータについては工業会事務局に送付し、事務局では受講者の個人ID及び認定講師の実績管理を行う。

3. 「フランジ締結技能講習推進WG」活動

WGにおいては、本技能講習を推進する為に、4つのテーマ(技能講習の準備、技能講習のフォロー、認知度アップ及び制度の維持管理・ブラッシュアップ)を持って活動を継続している。フランジ締結技能講習は、昨年からの試行を経て本年10月から開始の予定である。

4. 結言

フランジからの漏えい防止に対するメンテナンス業界の取組みとして、「フランジ締結技能講習制度」及びそれを支えるWG活動について紹介した。本制度がメンテナンス業界の標準となり、現場におけるフランジトラブル減少に貢献したい。

稼働中プラント架構増設工事における無溶接工法を用いた施工について

(コスモエンジニアリング(株)*・センクシア(株)**)

○和田学*・佐宗大樹*・神山連*

高橋秀明**・野崎哲夫**・菊田聡**

1. 緒言

稼働中のプラントにおける鉄骨架構増設工事において生火工事（溶接工事等）を制限されることが多い。また作業可の場合も可燃性ガス等の周辺環境対策のため養生に手間と時間がかかる。

本報告は三菱ガス化学(株)新潟工場にて 2020 年実施した設備増強における既設鉄骨架構増設（機器増設及びフロア拡張等）に伴い、品質を満足させた上で無溶接にて鉄骨架構増設工事を行うことの可能な設計・施工実績及び特性について報告する。

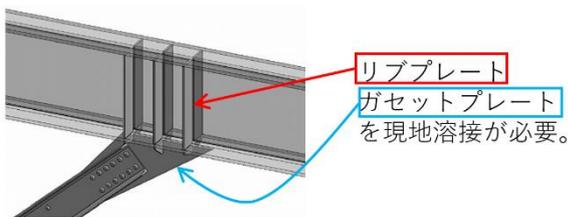
2. 実施内容

2.1 設計

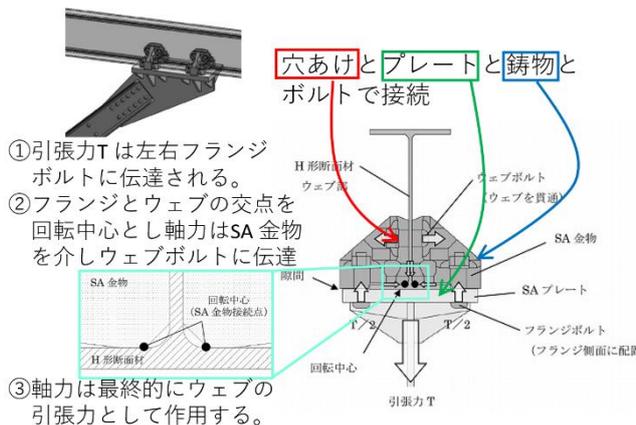
工法としてセンクシア無溶接耐震補強システムのスマートアタッチ工法（以降『SA 工法』とする）を採用した。SA 工法は耐震補強工法として建設技術審査証明を取得しているが、架構増設としての実績は無いため今回新たに適用検討した。

従来補強工法と SA 工法の内容は下記の通り。

1) 従来補強工法

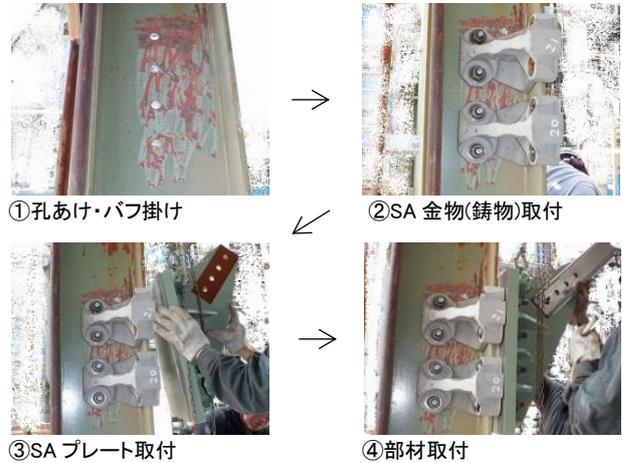


2) SA 工法(※全てに適用出来ず一部適用)



2.2 施工

従来補強工法に比べ SA 工法は既設鉄骨に対し必要な現地加工がウェブ面の孔あけ及び鋳物当たり面のバフ掛けのみであり、他は工場加工及び現地での組立作業となるため圧倒的に現地作業が少なくなる。SA 工法の取付抜粋は下記の通り。



実際の施工は、足場等をまとめて施工するため、箇所毎の比較は割り返しになるが、2 箇所当たりの実績比較は下記の通りとなった。

・従来工法：足場・火気養生・客先立会(火気作業前確認)・施工で 4 日間：12 工数

・SA 工法：足場・施工で 2 日間：6 工数

3. メリットデメリット

1) メリット：生火なし、短工期、熟練工不要

2) デメリット：接合可能条件が限定的(幅 124～305mmH 鋼フランジ面側のみ)、既設干渉物を避けると SA プレートが大型になる(重い)、SA プレートが高価(当たり面の加工が精密なため)

4. 考察

形状制限等で適用が限定的となるが、今後溶接熟練工が減っていくと考えられるため、トルク管理で施工管理可能な SA 工法は品質・工程・要員確保上優位であり、火気養生の簡易化も含め稼働中プラント工事に適していると考えられる。

ガスケット新技術である FISHBONE ガスケットについて

太陽石油株式会社*・太陽テクノサービス株式会社**・アイデン株式会社***

なかほらたかあき たけはらやすし ゆみなもちしお
中原菅晃*・竹原泰志**・〇弓納持俊夫***

1. 緒言

フランジの熱変動とボルトの熱変動の時間差により、ガスケットが圧縮されたあと復元するまでの間にガスケット締付面圧が低下し漏れが発生する事例が報告されている。こうしたフランジへの対応策として、温度変化によるフランジ挙動に追随し高いシール状態を保持できる特殊な構造をもつ『FISHBONE ガスケット』を紹介する。

2. 構造とメカニズム

FISHBONE ガスケットの断面構造を図1に示す。FISHBONE ガスケットはその断面形状が魚の骨に似ていることから名付けられている。

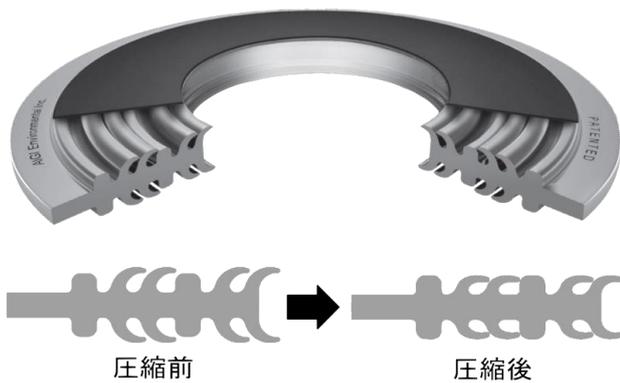


図1 FISHBONE ガスケットの構造

ガスケットを圧縮すると金属の骨（ボーン）と呼ばれる構造体が弾性復元エネルギーを貯めこんだ状態となり強い反発力が生まれる。この反発力がシール材をフランジ面に強く押し付けることにより熱変動によるガスケットの復元力を高めシール性を保つことができる。

CFET (Chevron Fugitive Emission Test) の漏れ試験データによる他ガスケットとの比較グラフを図2に示す。

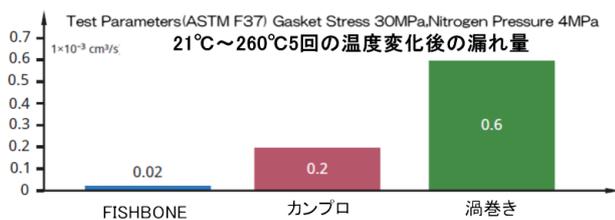


図2 ガスケット CFET 試験データ比較

3. 導入実績

2014年の発売以降、世界24カ国以上における多くの業界（石油、化学、製紙、製鉄等）で、様々な環境（高温、低温、高压等）、様々な流体（蒸気、石油製品、化学薬品、LNG等）において使用されている。特に温度・圧力変化の大きい部位等での漏洩リスクの低減、増し締め等の締付面圧保持作業の削減、大口径フランジでの作業性の向上、MTBFの大幅な延長など、非常に良好な結果が得られている。

また2019年8月より太陽石油株式会社四国事業所においても8基の熱交換器に実装し非常に良好な結果を得ており、状況を図3実装機器一覧および写真1に示す。

| | 使用機器 | 既設ガスケット | 数量 |
|------|----------------|--|----|
| 2019 | 熱交換器 | V#8592V-EEZXX V#8592V-GGZXX | 1基 |
| 2020 | 熱交換器 配管フランジ | V8592V-EEZXX V#8592V-GGZXX V#8596V | 5基 |
| 2021 | 熱交換器 配管フランジ | V6540H V8596V | 2基 |

図3 太陽石油実装機器一覧



写真1

また2022年度の定期整備に合わせ10基の熱交換器に実装予定である。なお太陽石油株式会社四国事業所における使用状況等のご質問は下記にてお受けいたします。

太陽テクノサービス株式会社
愛媛県今治市菊間町種 4070 番地の 2
電話：0898-54-5820

メール：ys_takehara@mail.taiyooil.co.jp

担当：竹原泰志