

2022年10月27日(木)

D会場

設備保全

[1D01-1D04] 設備保全（1）

座長:北澤 秀隆(コスモ石油(株))

09:25 ～ 10:30 D会場 (12D会議室)

[1a0401-04-1add] 装置部会長挨拶

09:25 ～ 09:30

[1D01] 新しい安全文化診断手法の試み

○中島 美穂¹（1. ENEOS株式会社 環境安全部）

09:30 ～ 09:45

[1D02] 働き方改革による業務時間削減

○作田 陽佑¹（1. 出光興産株式会社 北海道製油所工務課）

09:45 ～ 10:00

[1D03]

A I 解析技術を用いた保安情報活用プラットフォーム構築

○内田 充¹、秋本 淳¹、中村 博幸¹、野崎 隆生¹（1. 一般財団法人石油エネルギー技術センター）

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

[1D05-1D07] 設備保全（2）

座長:牧下 知行(出光興産(株))

10:45 ～ 11:30 D会場 (12D会議室)

[1D05] デジタルツイン分析予知保全ソリューションの回転機トライアル事例

○北澤 秀隆¹、太刀川 卓¹（1. コスモ石油株式会社）

10:45 ～ 11:00

[1D06] AIを活用したプロセス・メカニカル異常検知システムの導入

○池田 拓也¹、今岡 翔平¹（1. 太陽石油株式会社 四国事業所 製造部）

11:00 ～ 11:15

[1D07] 数値流体解析によるトリクルベッドリアクター入口における液拡散シミュレーション

○鈴木 伸也¹、夏原 健太¹、小森 一幸¹（1. コスモ石油株式会社）

11:15 ～ 11:30

設備保全

[1D08-1D13] 設備保全（3）

座長:増子 敏昭(ENEOS(株))

13:00 ～ 14:30 D会場 (12D会議室)

[1D08] ボイラー過熱器管溶接部のクリープ損傷による開孔事例

○永田 陽平¹（1. コスモ石油株式会社 千葉製油所 設備検査課）

13:00 ～ 13:15

[1D09] ドローンを活用した配管スクリーニング検査の有効性について

稲垣 和寿¹、○藤垣 博敏²（1. コスモ石油 四日市製油所、2. 非破壊検査株式会社）

13:15 ～ 13:30

[1D10] 保温材下腐食（CUI）検査計画立案へのデータマイニング技術の活用

○村上 翔太¹、藤本 佳介²（1. ENEOS株式会社 麻里布製油所 設備検査グループ、2. ENEOS株式会社 中央技術研究所 燃料・化学品研究所 デジタル化技術グループ）

13:30 ～ 13:45

[1D11] タンク底板中央部の腐食事例と検査手法の検証

○中村 充¹、鶴岡 寛樹¹（1. 出光興産株式会社千葉事業所工務課）

13:45 ～ 14:00

[1D12] 熱交換器・ボイラーチューブの水浸 UT検査技術（FREND検査）の取組について

○藤田 寛¹、小畠 雅史¹（1. レイズネクスト(株)）

14:00 ～ 14:15

[1D13] 設備検査への API基準導入による信頼性改善事例

○石川 博規¹、石崎 陽一¹（1. 出光興産株式会社）

14:15 ～ 14:30

設備保全

[1D14-1D18] 設備保全（4）

座長:釜賀 輝(出光興産(株))

14:45 ～ 16:00 D会場 (12D会議室)

[1D14] 水素化脱硫装置のリアクターエフルエント配管減肉に対する流動状況の影響

○夏原 健太¹、鈴木 伸也¹、小森 一幸¹（1. コスモ石油株式会社）

14:45 ～ 15:00

[1D15] ニードルコークスの概要

○大山 隆¹（1. ENEOS(株) 製造部）

15:00 ～ 15:15

[1D16] カーボンニュートラルへの取組と水素用水電解整流器の紹介

五十嵐 一雄¹、○吹上 哲¹（1. 東芝三菱電機産業システム株式会社）

15:15 ～ 15:30

[1D17] 燃料アンモニアによるエネルギーのカーボン

ニュートラル化

○須田 俊之¹（1. 株式会社IHI）

15:30 ～ 15:45

[1D18] 新素材を使った新たな省エネへのチャレンジ

○松本 佳織¹（1. ENEOS株式会社 未来事業推進部 事業推進部事業推進2グループ）

15:45 ～ 16:00

設備保全

[1D01-1D04] 設備保全（１）

座長:北澤 秀隆(コスモ石油(株))

2022年10月27日(木) 09:25 ～ 10:30 D会場 (12D会議室)

[1a0401-04-1add] 装置部会長挨拶

09:25 ～ 09:30

[1D01] 新しい安全文化診断手法の試み

○中島 美穂¹（1. ENEOS株式会社 環境安全部）

09:30 ～ 09:45

[1D02] 働き方改革による業務時間削減

○作田 陽佑¹（1. 出光興産株式会社 北海道製油所工務課）

09:45 ～ 10:00

[1D03]

A I 解析技術を用いた保安情報活用プラットフォーム構築

○内田 充¹、秋本 淳¹、中村 博幸¹、野崎 隆生¹（1. 一般財団法人石油エネルギー技術センター）

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

09:25 ～ 09:30（2022年10月27日(木) 09:25 ～ 10:30 D会場）

[1a0401-04-1add] 装置部会長挨拶

新しい安全文化診断手法の試み

ENEOS(株) 環境安全部 安全管理グループ なかじま みほ 中島 美穂

1. はじめに

弊社では過去、第三者機関にて3年ごとに協力会社も含めた全員アンケートによる安全意識調査を受診し、安全文化発展状況の確認、強み／弱みを分析し、組織改善を図ってきた。

結果として、協力会社も含めた全員アンケートによる安全意識調査は改善傾向把握の点から有効であり、また第三者による安全診断を継続的に実施することは安全文化の醸成に有用であるとしつつも、改善策が抽象的であり具体的な改善策を必要としていた。

一方で、一部の製油所では保安力向上センター（以下、センター）による安全文化診断も受診しており、事前に選定した代表の製造系1グループに対してセンターの評価を受診し、その評価を製油所の評価として採用するため、評価対象が狭いという問題があった。

そこで今回、センターと協力して新たに学識者監修の全所向け安全意識アンケートを導入し、このアンケートを元に所の平均的な安全文化の傾向を持つグループをセンターに選定いただき、評価員によって深堀調査することで、所としての傾向をよりの確にとらえられると考え、アンケートと深堀調査を併用した安全文化診断を全社的に導入した。

2. 新手法での安全文化診断

新手法として、協力会社を含めた全所に対する安全文化アンケートを実施し、アンケート結果をグループ毎に点数化した。その結果から、製造系および工務系それぞれの平均的な成績のグループを製油所の代表グループとして選定し、安全文化診断として深堀（自己評価＋センターによるインタビュー）することとした。

図1；従来の安全文化診断 イメージ

- ・事前に製造部門の1グループを選定して安全文化診断を実施 ⇒ 製油所の成績とする。
問題点；他グループの成績が不明の中、製油所にて代表となる1つの運転グループを選定していた。

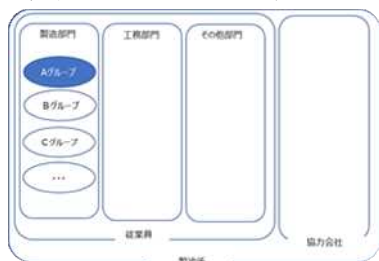
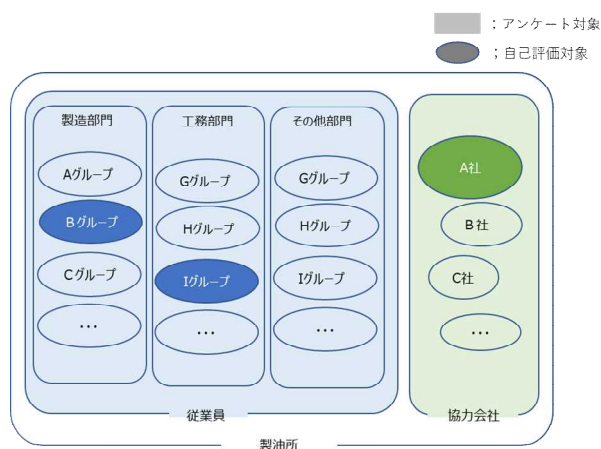


図2；新手法の安全文化診断 イメージ

- ・評価対象を製造から工務、協力会社へ拡大
- ・所内全体アンケートを実施し、グループ、各社毎の成績を評価、従業員；アンケートの結果、平均的な成績のグループを自己評価対象としてセンターが選定
- 協力会社；主要元請会社を自己評価対象として選定、各社データは所の安全活動に活用



3. 実績および評価結果

2020年に中規模製油所にてトライアルを実施し、2021年に大規模製油所、小規模製造所と計3所で展開を図った。

事前アンケートを実施し平均的な成績のグループから所の評価を出すことができるようになった。また、同じ指標で社内の製油所を比較することができるようになり、社の安全文化の傾向を見ることが可能となった。さらにセンターより具体的に所の強み、弱みを提示いただくことで、改善項目が明確になった。

新たに協力会社の評価を追加した結果、協力会社の問題点を明確にすることができ、改善計画を立てやすくなった。

4. おわりに

この新手法は、製油所のような多くの部署を持つ組織の安全文化を診断する手法として効果的であったため、更なる改善要望も踏まえ、紹介する。

今後も保安力向上センターのご協力の元、社内の安全文化醸成に活用していきたい。

働き方改革による業務時間削減

(出光興産(株)北海道製油所工務課) ○作田 陽佑さくた ようすけ

1. 緒言

脱炭素社会・循環型経済へのシフトが進み、石油製品の需要が経年的に減退している。一方、エネルギー安定供給の責任を今後どう果たしていくのかという課題は残っており、我々を取り巻く環境は日々、著しく変化している。

出光興産（株）は2050年のカーボンニュートラル・循環型社会の実現を目指し、「CNX 構想」（CNX：カーボンニュートラル・トランスフォーメーション）を掲げている。北海道製油所（以下、当所）においては、CNX 構想実現のため、低炭素・資源循環エネルギーハブ（CNX センター）への転換（＝事業構造改革）に向けて取り組んでいる。

その中では、業務改革を推進し、徹底的な効率化の結果、余剰となるリソースを新規事業に展開する計画である。

本報告では、特に労働時間が増加する SDM（シャットダウンメンテナンス：定期修繕工事）業務の効率化施策を紹介する。

2. 当初における働き方改革概要

SDM 工事は4年周期で実施するため、2018年の時間外労働時間をベンチマークとして採用し、以下の目標を設定した。

目標：時間外労働時間 2018 年対比 30%削減
(5,400hrs 以上)

時間外労働時間 45 時間/月以内

目標達成のため様々な施策に取り組んだが、ここでは2点紹介する

- (1) 全所員による設備管理
- (2) 保全担当課の執務場所変更

これまで、SDM 時のマンパワー不足を解消するため、弊社他事業所からの応援者や社外技術員など外部リソースで対策してきた。今回体制を見直し、現場経験が豊富な所内スタッフ課員（総務、人事、安全など）を最大活用することで、運転課員の時間外労働時間削減および外注費用削減を図った。

Before : ピークロードを外部リソースで対策



After : 所内リソースを最大活用



図1 全所員による設備管理

また、これまで保全担当課はSDM 期間中仮設建屋にて執務してきたが、運転課建屋での執務に変更した。そうすることで、迅速な意思決定につながるだけでなく、仮設建屋設置費用の削減も図ることができる。

Before



After



図2 執務場所変更

3. 実施結果

効率化施策の結果、以下の定量効果が得られた。

表1 定量効果

項目	削減時間 (hrs)	削減工数
時間外労働	5,400	
外注作業		660
その他		110
合計	5,400	770

(ただし1工数＝7.5 時間/人の労働時間に相当)

また、付随的に以下の定性効果も得られた。

- (1) コミュニケーションの質と量の改善
- (2) 現場経験豊富なスタッフ課員の応援による業務の質的向上

4. 今後の予定

2024年には最大規模のSDM を控えており、さらなる業務効率化に取り組む。今後もCNX 構想実現に向けて、事業構造改革を強く推進していく。

AI 解析技術を用いた保安情報活用プラットフォーム構築

(JPEC) ○内田 充・秋本 淳・中村博幸・野崎隆生

1. 背景と目的

我が国における石油の安定供給を確保する上で、国内製油所の安定的かつ安全な操業の確保は不可欠であり、石油各社では事故事例やヒヤリハット報告等をDB化し利用している。しかしながら、それらは膨大な量のテキスト情報として蓄積されており、有効に活用するためのシステム化には至っていない。

以上の背景より、JPEC では、AI 技術を活用し、事故事例等の保安情報を有効に活用するための「保安情報活用プラットフォーム (PF) 構築」について検討を進めている。

2. PF の概要

保安情報活用 PF は、収集した事故事例等のデータを蓄積する「安全情報 DB」と、そのデータを解析する「テキストデータの AI による解析」にて構成される (図 1 保安情報活用 PF 概要)。

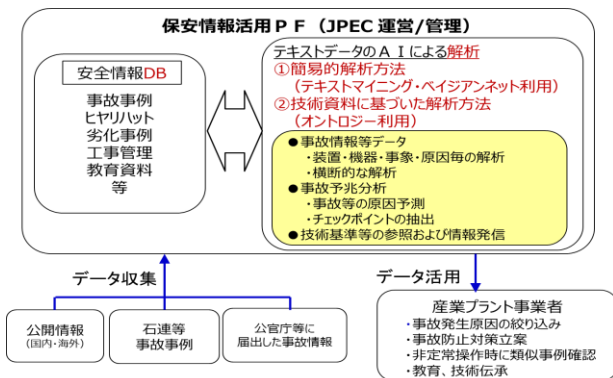


図 1 保安情報活用 PF 概要

3. テキストデータの AI による解析

保安情報の活用は、一般的に、専門家やベテランにより解析し、発生装置、原因、対策などを整理し DB 化して利用しており、設定された分類項目による統計解析を行うには有効であるが、多数の事例間の繋がり/関係性について解析することは難しい。

そこで、(1) 簡易的解析方法として「テキストマイニング」と「ベイジアンネット」を利用した手法、(2) 技術資料に基づいた解析方法として「オントロジー」を利用した手法について、トライアルを行い、解析ツールとしての有効性について確認した。

(1) 簡易的解析方法

事故事例等に記載された「単語」に注目し、テキストマイニングにより解析・整理する事により主要単語を抽出し、それら単語を利用してベイジアンネ

ットにて確率推論を行う事により、簡単に各事例の繋がり/関係性の解析が可能となる。

解析用保安情報として JPEC が有する「事故事例」「ヒヤリハット事例」「劣化事例」を利用した解析、更に KHK 事故情報、神奈川県高圧ガス事故事例、失敗知識 DB、CCPS BEACON のデータを追加して複数の DB の横断的解析も実施した。

(2) 技術資料に基づいた解析方法

技術情報をオントロジーを用いて体系化し、各事例を紐づけて解析する事により、技術情報に基づいた詳細解析が可能となる。

石油精製に関わる知識の体系化や共有化に利用できる技術資料として、「石油学会維持規格」より関連事故事例が多い「配管維持規格」を利用し、解析を実施した。

4. 実用化に向けての取組

保安情報活用プラットフォームを現実のものとするためには、各解析方法について実際にユーザーが活用し、その有効性について実感してもらう必要がある。そこで、各解析方法の実用化に向けて、ユーザーが利用する事を想定したプロトタイプの実作を実施中である。

また、解析に必要な安全情報の収集、保安情報活用プラットフォームを継続的に維持していくための運営/管理の方法についても検討を開始している。

5. 今後の取組

保安情報活用 PF を構成する、「安全情報 DB」及び「テキストデータの AI による解析ツール」と、データ収集とユーザー活用を考慮した PF の全体システムについての検討を実施し、石油会社、関連団体の安全管理有識者らに試用頂き完成度を高めていき、本格運用できるシステムへと繋げていく。

なおテキストデータの AI による解析は、経済産業省 令和 2 年度及び令和 3 年度「燃料安定供給対策に関する調査事業（製油所の競争力に係わる技術動向に関する調査）」にて実施した。

また、実用化に向けての取組は、競輪の補助を受けて実施中である。

広域ガス監視システムの高度化

(コニカミノルタ(株)) ^{つづき} ^{せい} ^{いち} ○都築 齊一

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防爆型ガス漏えい監視システム「GMC1」について2015年に、2019年には可搬性を有するポータブル型ガス漏えい検知システム「GMP01」についてなど、随時、ガスの可視化技術について報告を行ってきた。

今回、可搬性を有する「GMP01」の後継機であるハンディ型ガス漏えい検知システム「GMP02」について、新機能である流量推定機能を中心に報告を行う。

2. システム概要「GMP02」

従来のポータブル型の「GMP01」では、カメラ部と画像処理を行うタブレットPCがUSBケーブルで接続される構成であった。今回、ハンディ型として可搬性を向上する為に、設計を全面的に見直し、カメラ単体で画像処理を実施し、モニターも一体化、更に重量も大幅に軽量化（4.2kg→2.5kg）、可搬性を高めた。

光学的な構成としては、従来機は長距離を監視する用途の設置タイプの物と同じであった。しかし、実際にプラント内で持ち運んで撮影を実施する経験から、点検用途に於いては、より画角を広げ一気に点検する方が作業効率を向上させることが分かった。

そこで、従来の水平画角 24°から自然な人間の視界と言われている 40°へ広角化させ、より扱いやすい見え感を達成した。また、操作の拡張性、画面の大きさの自由度を得るために、任意のタブレット端末とWiFiで通信できる機能も盛り込んだ。



図.1 ハンディ型「GMP02」およびタブレット外観

3. 特徴

従来のシステムでは、漏洩位置の推定、ガスの濃度・厚み積の推定などの機能は有していた。しかし、ガスの流量に於いては推定する機能は有していなかった。しかし、見た目の漏れの激しさと言う様な定性的な情報だけではなく、何らかの漏れ量を知りたいというニーズがあったので、これに応えるべく、「GMP02」では流量推定の機能を実装した。

一方で、流量推定を実施する為には、カメラで得られる情報のほかに、対象物までの距離、対象のエリア、対象ガスの種類を入力する必要がある。軽量で取り扱いやすいハンディ型としての性格上、入力のボタンを詰め込むことは操作性を悪化させることに繋がる。そこで、無線接続したタブレットを入力デバイスとして使用する事で、カメラとしての可搬性と、複雑な入力項目を簡単に入力できる操作性の両立を実現した。



図.2 流量推定結果の表示画面

4. 今後

現在、2022年度末までのNEDOプロジェクトにて、ガスの漏洩源を3Dで推定するAIを開発中である。ハンディ型と設置タイプ（防爆型「GMC1」、パンチルト型「GMT1」）との映像を連携させ、ピンポイントで漏洩源の自動推定の実現を目指している。これに関しても、完成次第、報告予定である。

設備保全

[1D05-1D07] 設備保全（２）

座長:牧下 知行(出光興産(株))

2022年10月27日(木) 10:45 ～ 11:30 D会場 (12D会議室)

[1D05] デジタルツイン分析予知保全ソリューションの回転機トライアル事例

○北澤 秀隆¹、太刀川 卓¹（1. コスモ石油株式会社）

10:45 ～ 11:00

[1D06] AIを活用したプロセス・メカニカル異常検知システムの導入

○池田 拓也¹、今岡 翔平¹（1. 太陽石油株式会社 四国事業所 製造部）

11:00 ～ 11:15

[1D07] 数値流体解析によるトリクルベッドリアクター入口における液拡散シミュレーション

○鈴木 伸也¹、夏原 健太¹、小森 一幸¹（1. コスモ石油株式会社）

11:15 ～ 11:30

デジタルツイン分析予知保全ソリューションの回転機トライアル事例

(コスモ石油) きたざわ ひでたか たしかわ すぐる
○北澤 秀隆、太刀川 卓

1. 緒言

製油所DX計画における保全領域の10年後の目標は、設備のCBM深化、保全計画の自動化とされる。この目標達成のためには予知保全¹⁾の定着が重要とされる。なかでも予備機のない大型の回転機は故障発生時の影響が大きいことから、状態を視える化し、最適、最善な予防保全の実施が要求される。そこで、DXの先行している海外の製油所を主にこの分野の市場調査をした結果、これら重要機について、良好な実績のあるデジタルツイン分析による予測・診断・予知保全ソリューションの適用が有効と考えた。導入へのトライアルとして過去の運転パラメータのビッグデータより、過去の事例について、ケーススタディーを実施したので、今後のDX計画達成のための効果と展望について報告する。

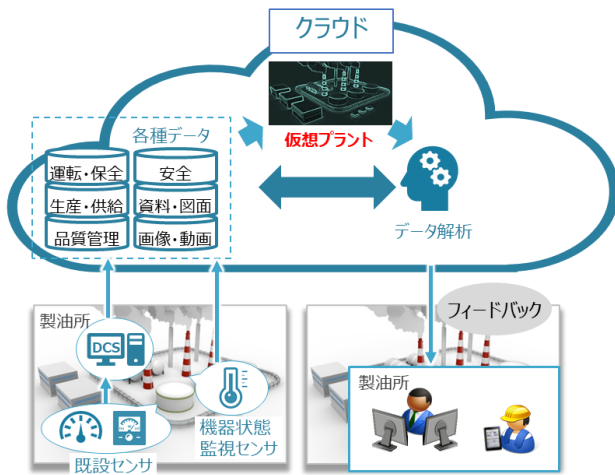


図1 デジタルツイン分析のイメージ

2. ケーススタディー内容

製油所には予備機のない影響の大きい大型回転機として、

- 遠心圧縮機、同駆動タービン
- 自家発電用蒸気タービン、ガスタービン
- 往復動圧縮機

などがある。このうち今回は遠心圧縮機を選定し、デジタルツイン分析ソフトウェアにより予想運転パラメータを算出し、それに対する管理範囲を設定する事で既設設備よりも 早期に潜在的な不具合(故障)の検出を行うソフトウェアで検証を行った。

機器名称:Recycle Gas Compressor

型式 :横型 10 段遠心圧縮機

駆動機 :電動機(5600kW)

容量調整:無段階遊星歯車装置による回転数可変

過去に発生した2つの事象について運転パラメータをデジタルツイン分析し、事象の早期検出が可能であったかをケーススタディーした。

- ドライガスシール漏れ
- 軸振動増加

3. 結果

3.1 ドライガスシール漏れ

人の監視、診断では、初期アラームで故障の兆候と判断し次回の保全機会までを監視強化としたが、デジタルツイン分析では予測データとの乖離があり、異常の兆候を検知し、早期警報検出する結果となった。



図2 ドライガスシール漏れ分析結果

3.2 軸振動増加

装置のスタートアップ時に、軸振動が突如増加、アラームを発報した事象。人の診断では自励振動²⁾と推定し、回転数低下により軸振動値は正常値迄下がり、以降監視強化とした。デジタルツイン分析では、軸受温度、軸移動量など様々なパラメータで早期検出につなげる事が可能と判明した。特に人では気づけない因果関係への気づきを与え、事象の要因分析の深堀が可能となった。

4. まとめ

デジタルツイン分析を活用したソリューションの活用は、人に頼らない不具合に対する早期警報検出が可能となり、特に予備機のない大型の回転機の予知保全のためには有効である。今後の課題としては既存の設備ではこれらのパラメータを計測する計器がないため増設の検討、データのクラウド化対応、また、デジタルツイン分析は自ら判断しない為、得られる気づきに対しての対応を各部門と協議して決定して行く必要があるということより、今後も人の技術向上は必要不可欠である。

1) 設備の劣化傾向を診断技術などによって管理し、故障に至る前の最適な時期に最善の対策を行う予防保全の方法。状態基準保全ともいう。JIS Z 8141
2) 外力から作用する強制振動が固有振動数の一つに近いと共振現象を生じ、定常的に継続する振動の形態。機械工学便覧、α02-09 章

AI を活用したプロセス・メカニカル異常検知システムの導入

(太陽石油) ^{いけだたくや} 池田拓也・^{いまおかしょうへい} 今岡翔平

1. 緒言

過去に経験したトラブルは再発する可能性があり、二度と起きないように対策を講じる必要がある。異常の発生により設備を緊急運転停止させることは2次災害にも繋がりリスクが転移してしまう。また、主要設備の場合は、緊急運転停止のインパクトは当社にとって大きい。そこで、AI に過去の運転データと実際に発生したトラブル状態を学習させ、故障の前兆である状態変化や異常発生をリアルタイムで検知する異常予兆診断システムを重要装置に導入した。

2. システムコンセプト

トラブルを最小限に抑えるためには、不具合の兆候をいち早く察知する必要があるが、DCS によるトレンド監視によって人が全てを把握することは限界がある。そこで、AI を活用したシステムに運転状態を監視してもらい、人が察知するよりも先に異常であることを知らせるようにしたいと考えた。

当社は、1999 年より PI システムに運転データを蓄積しており、2022 年の現在に至るまでそのデータ量は莫大なものとなっている。蓄積したデータを AI に学習させ解析することで、PI システムの活用場が広がり、相乗効果を得られると考えた。

以上の事から、当社が求める性能を以下に絞り、マッチする性能を持つ異常検知システムを模索した。

- (1) PI システムからクラウドサーバーへ逐次データを取得し、リアルタイムに異常予兆を監視できる。
- (2) 異常検知時に、不具合要因を判定し、関係部署へメールで通知できる。
- (3) システム導入後、自社でモデル作成やチューニングができる。

3. システムの有効性検証(PoC)

異常検知システムは、過去のデータを元にクラスター分析を行い、運転データにおける正常状態の基準範囲を定義し、通常と異なるプロセス状態の挙動が見られたときに、アラートで知らせるシステムである。しかし、複雑なプロセスの中で本当に異常が検知できるか、システムを導入する前に検証する必要がある。そこで、過去に発生したトラブルのうち、リサイクルガスコンプレッサーのオイルシ

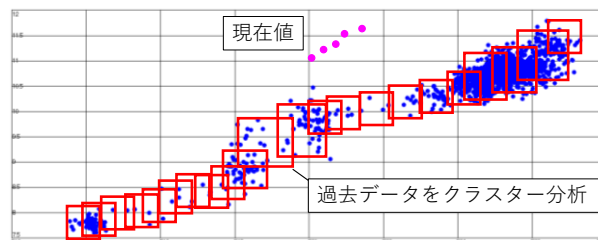


図 1. クラスター分析イメージ図

ール不良や残油流動接触分解装置の触媒飛散、連続触媒再生装置(CCR) 再生塔のスクリーン閉塞について PoC を実施した。3 件ともに、実際に当社の装置稼働に大きく影響を与えたものであり、これらのトラブルを未然に防ぐことができれば当社としても導入するメリットがあると考えた。

例として、2019 年に発生した CCR 再生塔のスクリーン閉塞トラブルを挙げる。PoC の結果、DCS のトレンド監視では気付かないような不具合を、異常検知システムで検知できることが分かった。ダストコレクター周りの通常運転状態を AI に学習させ検証した結果、2018 年 SDM から不具合発生まで、ダスト捕集量が予測と比較して少ないことが示唆される解析結果となった。捕集できなかったダストが再生塔へ触媒とともに流入し、スクリーンを閉塞させたと考えられる。

他の 2 件についてもシステムの有効性が示されたことから、異常検知システムの本導入を決定した。

4. まとめ

本導入では PoC の結果を拡張して、それぞれの装置を 20 のポイントに細分化し、ポイント毎に過去データの機械学習を行った。今後は異常検知だけでなく要因分析まで自動的に行われ、トラブルシューティングに要する時間を削減することができるシステム開発を目指す。

同時に、品質や環境に直接関わる箇所の異常検知を行うなど、水平展開を計画していく。

数値流体解析によるトリクルベッドリアクター 入口における液拡散シミュレーション

（コスモ石油）〇鈴木 伸也・夏原 健太・小森 一幸

1. 緒言

商業装置のような大規模なトリクルベッドリアクターにおいて、偏流は触媒の性能発揮を妨げ、また差圧上昇や異常発熱等の原因となる。このことから、偏流の防止は安定運転における大きな課題である。

偏流には様々な要因が存在するが、特にリアクター入口時点でFeedの流れに偏りがある場合の影響は顕著である。この偏りは、入口配管のエルボ部によって生じやすい。

そこで本検討では、入口配管形状に起因する偏流の緩和を目的とし、数値流体解析によって、リアクター入口の構造物やディフューザーの形状がFeedの液拡散に与える影響のシミュレーション評価を行った。

2. 検討

シミュレーションにおいては、トリクルベッドリアクターにて一般的な入口構造のモデル化を行った（図1a）。

作成したモデルについて、流体解析ソフトFluent 2022R1 (Ansys社)を用い、有限体積法にて気液混相流解析を実施した。なお、Feedの液拡散性はリアクターの触媒層に達する手前で評価することとし、触媒層の直上に評価断面を設けた。

3. 結果および考察

シミュレーション結果の流線より、入口配管のエルボ部にてFeed液相に偏りが生じ、そのままディフューザーへ達する流れが確認された（図1a）。これに伴い、ディフューザーから流出する流線の数は、リアクター0°側へ大きく偏っている。さらに、評価断面における液相の体積分率より、0°側と比較して、180°側では液通過面積が小さくなった。このような偏った液拡散は、触媒層における偏流に繋がると推測される。

そこで、ディフューザーからの液拡散を均一に近づけるため、ディフューザー直上に邪魔板を設けたケースについて、同様にシミュレーションを行った。

結果として、エルボ部にて偏った流れは邪魔板によって分配され、0°および180°側へ流出する流線の数の差は大きく緩和された（図1b）。また、ディフューザー開口部への液流入角度が変化することにより、180°側の液通過面積も大きく拡大した。触媒層直上での液拡散が均一に近づくことにより、触媒層における偏流の緩和が期待される。

本検討により、既存のトリクルベッドリアクターの入口に構造物を設置することによって、Feed液相の拡散性を向上させ、触媒層での偏流を緩和できる可能性が確かめられた。同様のシミュレーションにおいて、ディフューザー形状の変更にも効果が確認されており、これらの組み合わせによって、偏流をさらに抑制することができると考えられる。

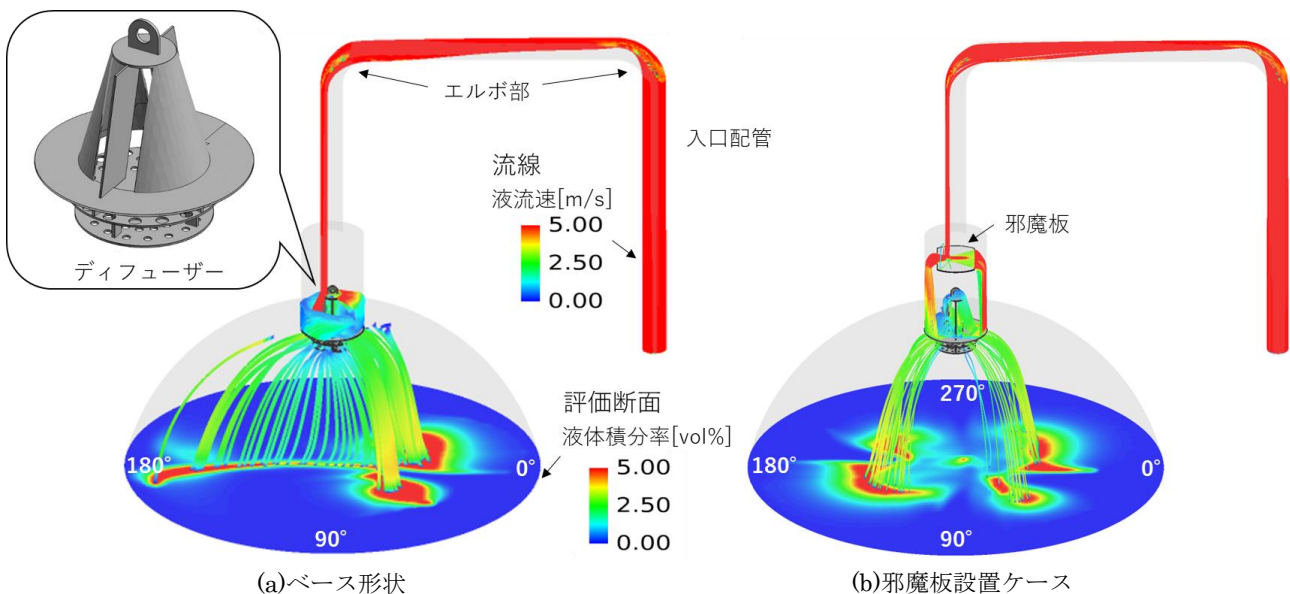


図 1. モデル形状および液拡散シミュレーション結果

設備保全

[1D08-1D13] 設備保全（3）

座長:増子 敏昭(ENEOS(株))

2022年10月27日(木) 13:00 ～ 14:30 D会場 (12D会議室)

[1D08] ボイラー過熱器管溶接部のクリープ損傷による開孔事例

○永田 陽平¹（1. コスモ石油株式会社 千葉製油所 設備検査課）

13:00 ～ 13:15

[1D09] ドローンを活用した配管スクリーニング検査の有効性について

稲垣 和寿¹、○藤垣 博敏²（1. コスモ石油 四日市製油所、2. 非破壊検査株式会社）

13:15 ～ 13:30

[1D10] 保温材下腐食（CUI）検査計画立案へのデータマイニング技術の活用

○村上 翔太¹、藤本 佳介²（1. ENEOS株式会社 麻里布製油所 設備検査グループ、2. ENEOS株式会社 中央技術研究所 燃料・化学品研究所 デジタル化技術グループ）

13:30 ～ 13:45

[1D11] タンク底板中央部の腐食事例と検査手法の検証

○中村 充¹、鶴岡 寛樹¹（1. 出光興産株式会社千葉事業所工務課）

13:45 ～ 14:00

[1D12] 熱交換器・ボイラーチューブの水浸 UT検査技術（FREND検査）の取組について

○藤田 寛¹、小畠 雅史¹（1. レイズネクスト(株)）

14:00 ～ 14:15

[1D13] 設備検査への API基準導入による信頼性改善事例

○石川 博規¹、石崎 陽一¹（1. 出光興産株式会社）

14:15 ～ 14:30

ボイラー過熱器管溶接部のクリープ損傷による開孔事例

Case study on creep damage in welded part of boiler super heater tubes

(コスモ石油（株）千葉製油所*） ながた ようへい ○永田 陽平*

1. 発生概要

2021年12月22日、当社千葉製油所の2号ボイラー（定格：104t/h）において、定期整備後の水圧テスト時に、二次過熱器管（※1）に溶接されているスペーサーラグ（隣接管との接触を防止する治具）の溶接線から漏洩を認めた。漏洩箇所の詳細検査の結果、クリープボイドを認めており、また溶接形状不良である鋭角部を認めたことから、応力集中によるクリープ損傷が原因と推定する。（※1 汽胴から発生した蒸気をさらに加熱し、過熱蒸気を発生させることを目的とした管）

2. 二次過熱器管仕様

仕様：外径 50.8 mm，公称肉厚 4.0 mm

材質：STBA24

設計温度：445℃（内部流体）

スキン温度：485℃

最高使用圧力：9.212MPa

3. 開孔した二次過熱器管への検査

(1) PT 検査

漏洩箇所の抜管および半割後、PT 検査を行った結果、当該チューブのスペーサーラグ溶接部の裏面に線状指示を認めた（図1参照）。

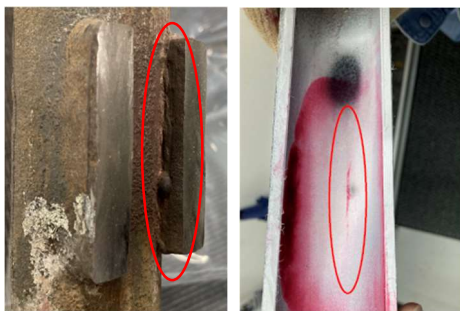


図1 過熱器管の開孔部の内外面の状況

(2) 目視検査

スペーサーラグ溶接部の目視検査の結果、内側に溶接ビードを認めた（図1参照）。当該箇所の設計では外側のみの隅肉溶接であったが、内側まで溶接ビードが発生していたこと（図2-③参照）から、溶接形状不良が生じていたと推定する。

(3) 電子顕微鏡による断面観察

開孔部の断面観察の結果、スペーサーラグ溶接部内側に鋭角部（図2-④参照）を認めており、そこから割れの進展及び割れ先端にクリープボイドの形成を認めた。

4. 推定原因

詳細検査の結果、割れ先端にボイドの形成を認めたことから、クリープ損傷が原因と推定する。金属組織観察において溶接形状不良以外の箇所ではボイドが認められていないことと、管内面に水蒸気酸化スケール付着が認められていないため金属表面温度は最大 485℃であることから、クリープ寿命消費率は1%程度であるが、開孔箇所はスペーサーラグ溶接部内側に応力が集中しやすい鋭角部を認めており、母管よりも高い応力が加わる応力集中部に高温域（450℃以上）で一定荷重がかかった状態であったため、ボイドの形成および割れ進展に至ったと推定する。

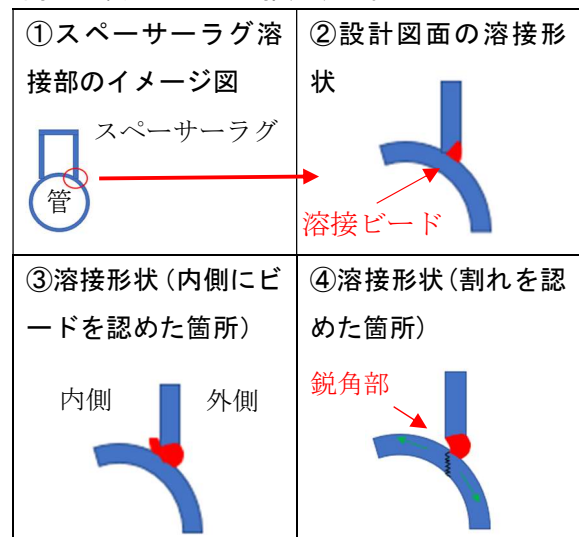


図2 スペーサーラグ溶接部の溶接形状イメージ図

5. 対応処置

管外表面の溶接施工箇所に対して目視検査を実施し、溶接形状不良を認めた箇所については部分取替を実施した。また、溶接施工時には通常行うPT検査だけでなく、RT検査および目視検査も追加し、異常な溶接形状の有無を確認した。

ドローンを活用した配管スクリーニング 検査の有効性について

（コスモ石油株式会社*・非破壊検査株式会社**）^{いながき かずとし} 稲垣 和寿*・^{ふじがき ひろとし} ○藤垣 博敏**

1. はじめに

プラント内には膨大な量の配管があり、効率的な検査方法の確立が望ましい。そこでドローンを活用した配管スクリーニング検査の有効性を検討するため、製油所構内でドローン飛行及び検証試験を行った。実施内容と今後の課題について報告する。

2. 実施内容

2. 1 撮影画像の識別性検証

図1に撮影画像の識別性検証の状況を示す。スケールまでの距離を5m～30mの範囲で変化させて撮影し検証した。表1に撮影画像による識別可能サイズを示す。この検証により、対象物までの距離と識別可能サイズの関係を整理できた。

2. 2 狭隘部の飛行検証

製油所構内では複数の配管や機器等が近接して配置されていることが多く、狭所でも点検できることが望ましい。そこで、休止設備エリア内の配管や機器が配置された狭所において、Skydio2 (Skydio 社製) によるドローンの飛行検証をおこなった。図2に狭隘部の飛行検証の状況を示す。その結果、隣り合う配管の約1.2mの隙間を飛行させることが可能であった。

2. 3 高所配管の目視点検

ドローンを活用し、実際に運用されている高所配管の点検を実施した。図3にMATRICE300RTK (DJI 社製) による撮影画像例を示す。この結果、地上からは見えない視点で点検が可能であり、保温配管の板金不良部を検出することができた。

3. まとめ

ドローンを活用した配管スクリーニング検査について種々の検証を実施した。その結果、ドローンを活用することによって、可視範囲においては足場の設置が無くても高所からの視点により配管点検する有効性が示された。

課題としては、「ドローンで不可な部位への対応」と「膨大な撮影データへの対応」があり、非破壊検査技術の併用やデータの処理方法等に関して、検討を進めていく予定である。

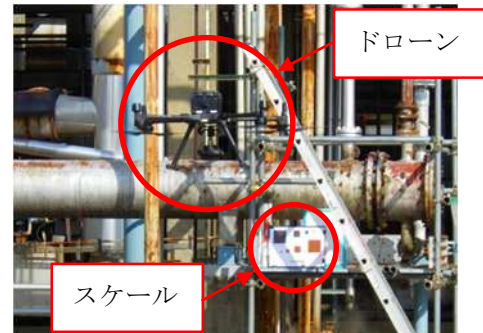


図1 撮影画像の識別性検証の状況

表1 撮影画像による識別可能サイズ

カメラ種類	スケールまでの距離			
	5m	10m	15m	30m
DJI H20T ズームカメラ (倍率:2倍)	□5.0mm	□12.5mm	□25.0mm	□50.0mm
Skydio2 付属カメラ	□12.5mm	□25.0mm	□50.0mm	□100mm



図2 狭隘部の飛行検証の状況



図3 高所配管の目視点検の画像例

保温材下腐食(CUI)検査計画立案への データマイニング技術の活用

(ENEOS 株式会社 麻里布製油所 設備検査グループ*/中央技術研究所 燃料・化学品研究所 デジタル化技術グループ**)○村上 翔太*・藤本 佳介**

1. 緒言

保温材下腐食(CUI)による不具合は増加傾向にあり、弊事業所も例外ではない。膨大な保温損傷箇所に対してリソースを有効活用するため、点検計画に優先順位をつける必要がある。従来は、運転温度や保温状況などに配点を設定し、合計点の高い方から検査を計画していた。この精度を向上させるため、過去の検査結果をデータマイニング技術へ活用し、配点設定を見直して点検優先度の精度向上を行ない、検査計画の適正化を図った。※データマイニングとは、膨大な量の情報（データの山）の中から、未知の法則を発掘（マイニング）することを指す言葉である。

2. 解析内容とその結果

解析ソフトウェアはIBM社のSPSS Modelerを使用し、アルゴリズムは「決定木解析」を採用した。データは、保温の損傷状況やその部位の実際の減肉状況が分かっている約5,300箇所分のデータを用いた。夫々のデータにはFig.1に示すデータならびに実際の板厚のデータが含まれている。各データ項目について、Fig.2に示すように小項目ごとと配点している。

運転温度	保温不良部状態	種別	使用年数	腐れ代	大項目
150℃以下	シール不良	本管	～5年	～1.5	小項目
150℃超え	板金不良	本管保温端部	6～10年	1.5～2.0	
60℃～100℃	座布団	計装導管	11～15年	2.0～2.5	
Cyclic	ガラスクロス巻き	スタンドパイプ	16～20年	2.5～3.0	
	構造要因 (Elbow/Tee)	シュースポート横	21～30年	3.0～3.5	
		トレース出入口	31年以上	3.5～	
		小口径デッド			
		バイパス配管			
		ダミーサポート			
		大口径デッド			
		不使用配管			配点の例
		シュースポート縦			
		機器			
		機器ノズル			
		吊りサポート			

Fig.1(左) 保温の損傷状況などのデータ項目

Fig.2(右) 小項目の配点の例

解析の流れとしては、下記2 Step で実施した。

Step-1: 大項目配点割合(重要度)の妥当性確認

Step-2: 小項目の配点の妥当性確認

Step-1 の結果、Fig.3 のような結果が得られたため、大項目の配点割合は Table 1 のようになった。

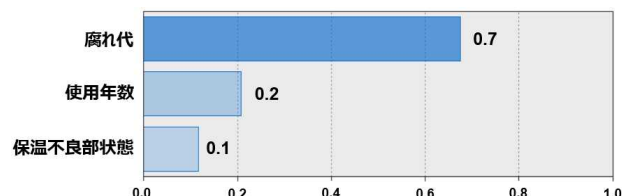


Fig.3 減肉に対する大項目配点割合(重要度)

Table 1 大項目の配点割合の見直し結果

	(A) 運転温度	(B) 保温状態	(C) 損傷種別	(D) 使用年数	(E) 腐れ代
従来	1	2	1	4	2
結果	0	1	0	2	7

Table 1 に示す通り、従来の経験則とは異なる結果が得られた。使用年数ならびに腐れ代以外の項目の有意差は認められず、小項目の項目数やその配点などに改善の余地があると推測された。そこで、Step-2 として、合計点数と減肉検出率の相関精度が向上するよう、大項目の配点割合の補正 (Table2) ならびに小項目の配点を補正したところ、優先順位付けの精度が向上した (Fig.4)。

Table 2 大項目の配点割合補正

	(A) 運転温度	(B) 保温状態	(C) 損傷種別	(D) 使用年数	(E) 腐れ代
従来	1	2	1	4	2
結果	0	1	0	2	7
補正	0	1	1	2	6

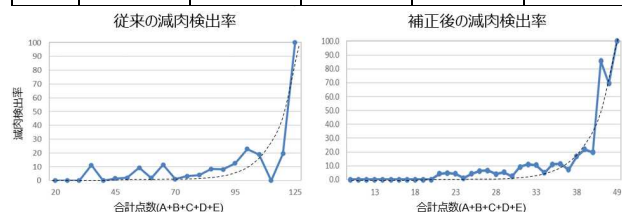


Fig.4 見直し前後の点数と減肉検出率の相関

3. 今後の検討事項

今後は、解析データの増量や小項目数の細分化などデータの品質を向上させる他、CUI 以外の検査計画についても同様に精度向上を目指す。

タンク底板中央部の腐食事例と検査手法の検証

（出光興産株式会社 千葉事業所 工務課）^{なかむらみつる}○中村 充・^{つるおかひろき}鶴岡寛樹

1. 緒言

出光興産千葉事業所において、平底円筒胴タンク底板中央部での裏面腐食による減肉開口を確認した。開口部直下には、建設時に底板下部アスファルトサンドの勾配形成の目印として使用したと思われる木杭が残存していた。

本報告では、底板中央部で裏面腐食が発生した原因追及と、残存していた木杭と裏面腐食の関係性について報告する。また、底板中央部の水平展開検査において、直接板厚測定できない場合に、NDI（MS-UT）の適用による検証も実施しているため、併せて報告する。

2. 腐食原因の分析結果

減肉は開口部近傍のみであり、腐食部のスケール分析結果、CI の存在を確認した。

底板下の木杭・アスファルトサンド・基礎砂の分析を実施した結果、木杭に高いCI を認めた。

3. 損傷原因の考察

3. 1 底板中央部の減肉原因

アスファルトサンドの勾配を形成する為の木杭が残存しており、木杭がアスファルトサンドを貫通した状態で底板と接触していたため、局部的に湿潤環境となり、裏面腐食が発生した。

3. 2 塩化物の存在による腐食速度の上昇

所内のタンク底板外周部に発生する裏面腐食速度平均値と比較し、当該開口部は高い腐食速度を示していた。木杭に含まれる塩化物の存在が腐食速度を上昇させていると推測する。

4. 水平展開検査と検査手法検証

4. 1 水平展開検査方針

平底円筒タンク底板中央部を対象に肉厚測定を実施する。中央部に保護板（屋根支柱用）が設置されているタンクは、MS-UT にて検査を実施するが、保護板サイズが1m を超えるものはMS-UT の有効検査長外の為、保護板を取外して直接板厚測定する。

4. 2 検査結果

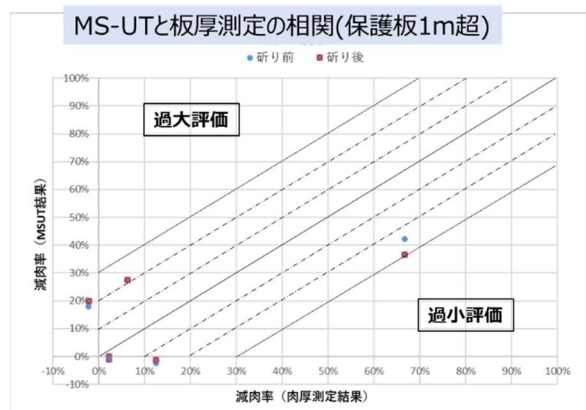
現在も検査継続中であるが、顕著な減肉を認めた1基のタンクについて底板を撤去した結果、当該事例と同様に木杭の残存を確認した。

4. 3 保護板サイズ1m 超箇所のMS-UT 適用検証

保護板サイズが1m を超える箇所において、MS-UT 適用検証を実施した。結果は下記表1の通り。直接板厚測定値との精度差はあるものの、スクリーニング検査として活用できる可能性はある。

尚、実証試験は今後も継続し、精度確認および判断閾値等の検討を実施していく。

表1. MS-UT 結果と板厚測定結果の相関



熱交換器・ボイラーチューブの水浸 UT 検査技術（FREND）の取組について

（レイズネクスト） ○^{ふじた さとる}藤田 寛・^{こばたけ まさし}小畠 雅史

1. 緒言

各種プラントにおける熱交換器伝熱管は、その材質の多くが鋼に代表される磁性管であり、その腐食減肉に対する定期修理期間中の検査手法は 1980 年代より超音波探傷試験の一種である「水浸 UT 法」が主流となっている。特に、管内部にセンサーを挿入し、先端に配置したミラーを水流によって回転させながら引き抜き走査をして全周全長の計測する「内挿回転方式」が広く採用されている。非磁性管で採用される渦電流探傷試験ほどの検査本数は熟せないものの、それと比較すると定量的な評価が可能である点が水浸 UT の長所である。但し、計測されるデータの読み取りにはスケールや電気ノイズ、超音波の特性及び実機の腐食形状などの影響を考慮し人の目で判断する工程が必要であり、特に自然腐食においては人工欠陥とは異なる多様な形状を呈するため、実際の腐食状況に対する測定結果の誤差は、各社装置仕様上の誤差を上回ってしまうこともあり得る。本報では、当社が保有する水浸 UT 技術である FREND は上記のような課題点をどのように克服しているかについて紹介し、それによる工程の短縮や時短への貢献状況について述べる。

2. FREND システムの概要

当社の FREND は熱交換器伝熱管水浸 UT の計測及び解析を行うシステムであり、走査範囲全長を電子データとして収録し、その中から最大の内面孔食深さを容易に抽出できるようにプログラミングしている。内面孔食を検出するために計測するデータは、一般に伝熱管の水浸 UT で用いられている肉厚データ (S₁-B₁) ではなく水距離データ (T-S₁) である。センサーの偏心により生じる水距離の変動は正弦波を描いており、これを数理解析処理によりミラーの回転数を認識し、健全部の水距離を算出する（基本波形法）。想定した健全部の推移と実測値の差が内面孔食の候補であり、これを数値毎に仕分けて確認する。

また、FREND は 1988 年の(株)アイ・ディー・シー（当時、旧日本鉱業 100%子会社）設立以来の実績を有しており、過去の豊富な計測データと抜管結果との対照により、それまで人の目で行っていた腐食とノイズの判定の大部分を、人工知能 (AI) 的に判定する機能を備えている。これにより毎秒 4,800~9,600 点、チューブ 1 本当たり最大 2 百万点の膨大なデータの中から腐食を見落とさず検出しつつ、

省力化することに成功している。

なお、計測値はすべて電子データで保存するため、後日より詳細な解析・データ提出を行うことも可能である。

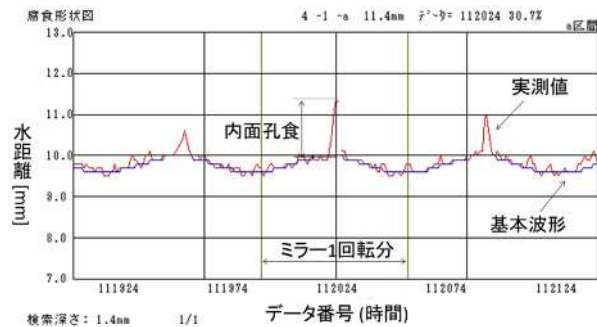


図 1 腐食形状図

3. 工程の短縮や時短への貢献

FREND の長所は開発当初の目標であった内面孔食の検出性能であることから、冷却水を内面流体とする多管式熱交換器（シェルアンドチューブ）や、空冷式熱交換器（エアフィンクーラー）などの検査に最適である。1 日当たりの検査本数は、詳細な条件に依るものの 6,000L 管の熱交換器 1 基であれば 1 班で 150 本程度が可能である（100~150 mm/sec 程度）。なお、水浸 UT は全数検査が基本の渦電流探傷試験とは異なり抜き取り検査となることが多いが、FREND では極値解析手法によりチューブバンドル全体の最大孔食深さを推定することも実施している。

また、近年では石炭火力発電所排煙脱硫装置の GGH 熱交換器や廃棄物処理施設のボイラーなどの外面腐食を生じる機器に対して曲がり管を通過するセンサーの開発も行っており、これら新たな手法も組み合わせながら、FREND は工程の短縮や突発的な追加検査対応、労働時間の短縮などに貢献している。

4. 結言

当社保有の FREND による熱交換器・ボイラー等チューブの検査技術に係る課題への取り組みについて紹介した。従来ご採用頂いている各社担当者様方へはご感謝申し上げますと共に、安心・安定的な設備装置の運転に向け、今後も更なる検査技術の発展に取り組んでいきたい。

設備検査への API 基準導入による信頼性改善事例

(出光興産) ○石川 博規・石崎 陽一

1. 緒言

既存設備が事故故障などによる計画外停止することなく連続操業を達成することは、可燃性物質を大量に扱う事業所として当然の社会的責務であるとともに、設備の高い市場競争力を達成することにもつながる。このことから、当社では2030年までに世界トップクラスの設備信頼性を達成することを目標として技術的な注力ポイントとして取り組んでいる。

中でも各技術基盤要素について、整合性と連続性のある技術知識体系としていくことは信頼性確保の上で極めて重要である。基盤要素の例としては①損傷要因の網羅体系的な整理把握、②損傷要因に対応した適切な検査、③抜けの無い目視検査のポイントの事前整理と損傷シナリオの理論的な理解把握、④検査結果に対するリスク評価と供用適性評価、⑤技術的に正しい補修方法等が挙げられる。

装置の高度な信頼性はこれらの技術的総合力の結実として初めて達成できるものであり、何れかの要素だけが優れていても、或いは欠落していても達成はできるものではない。各技術要素をバランスよく体系的に活用するエンジニアリング能力がカギとなる。

2. 当社の取り組み

当社においては社内の生産技術を統合所掌する生産技術センターを設置し、各専門技術分野の高度化と連携、各事業所に対する技術支援を強化している⁽¹⁾。

ASME、API といった網羅的に連携された海外標準をベースに、前項で挙げた各基盤要素を紐づけ、相互補完することで信頼性を確保することを今後の設備維持管理の絵姿としている。この考えをスイスチーズモデル(多層保護)としてFig.1にて図示した。単一の保護層で維持管理を完結させるのではなく、各要素を損傷シナリオと緩和策、その結果の類似箇所への展開/改良保全並びに PDCA の形で繋がりを明確にすることで多重の防護層が機能し、総合的な信頼性を発揮できる。加えて、当社では設計条件や機器情報データを始めとした設備維持管理の業務基盤整備にも注力し、各保護層が誤った前提条件で作成され保護層の機能不全を防ぐ取り組みも行っている。

本発表ではこれらの手法による設備信頼性の改善例を紹介する。

1) Yoichi, I., *Pressure engineering: journal of Japan High Pressure Institute*, 56, 1 (2018)

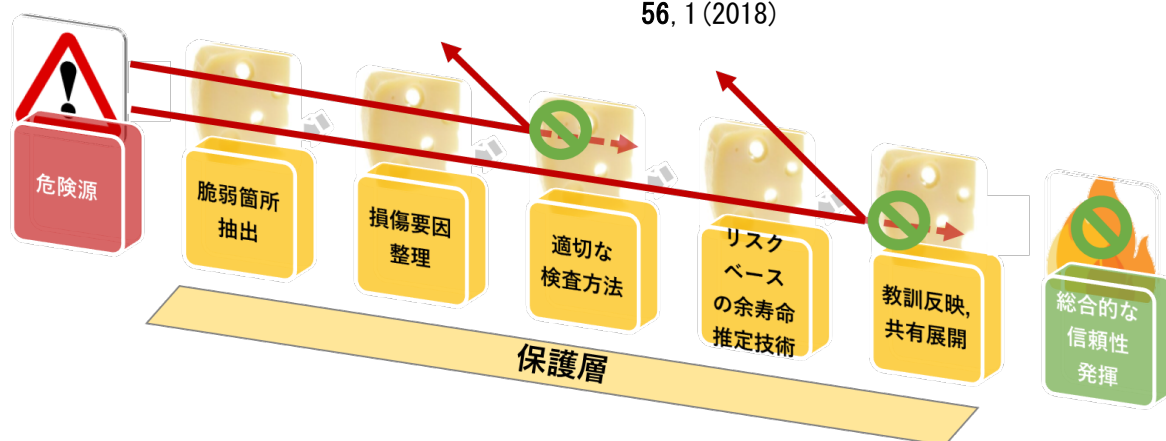


Fig.1 スイスチーズモデル(多層保護)

設備保全

[1D14-1D18] 設備保全（４）

座長:釜賀 輝(出光興産(株))

2022年10月27日(木) 14:45 ～ 16:00 D会場 (12D会議室)

[1D14] 水素化脱硫装置のリアクターエフルエント配管減肉に対する流動状況の影響

○夏原 健太¹、鈴木 伸也¹、小森 一幸¹（1. コスモ石油株式会社）

14:45 ～ 15:00

[1D15] ニードルコークスの概要

○大山 隆¹（1. ENEOS(株) 製造部）

15:00 ～ 15:15

[1D16] カーボンニュートラルへの取組と水素用水電解整流器の紹介

五十嵐 一雄¹、○吹上 哲¹（1. 東芝三菱電機産業システム株式会社）

15:15 ～ 15:30

[1D17] 燃料アンモニアによるエネルギーのカーボンニュートラル化

○須田 俊之¹（1. 株式会社IHI）

15:30 ～ 15:45

[1D18] 新素材を使った新たな省エネへのチャレンジ

○松本 佳織¹（1. ENEOS株式会社 未来事業推進部 事業推進部事業推進2グループ）

15:45 ～ 16:00

水素化脱硫装置のリアクターエフルエント

配管減肉に対する流動状況の影響

(コスモ石油) ○^{なつはら けんた}夏原 健太・^{すずき しんや}鈴木 伸也・^{こもり かずゆき}小森 一幸

1. 緒言

水素化脱硫装置のリアクターエフルエント（反応塔下流）配管は、硫黄および窒素化合物の存在により、腐食環境となりやすい。腐食環境で壁面せん断応力が大きくなると、防食被膜である硫化鉄被膜が剥離と修復を繰り返し、急な減肉が進行しやすくなる。

壁面せん断応力は、内部流体物性、流動状況（流体相、温度、圧力、流れ）、配管形状に大きく影響されることがわかっている^{1) 2)}。

そこで本検討では、過去に減肉による開孔が生じた水素化脱硫装置のリアクターエフルエント空冷式熱交換器出口以降におけるエルボ配管(図 1)を対象に、急な減肉が進行した当時の内部流体の流れと配管の減肉について、流動解析により相関の確認を行った。

2. 解析

対象配管内部は、空冷式熱交換器でガスが一部凝縮されるため、気相(H_2S 、軽質分、水蒸気)および液相(水、油分、溶存 H_2S)からなる二相流となる。解析条件は、実際に減肉による開孔が生じた際の運転条件とした。エルボ配管モデルを作成し、流体解析ソフト Fluent(Ansys 社)を用いて有限体積法による気液混相流解析を実施した。

3. 結果および考察

壁面せん断応力は、流体の粘度、密度、流速から算出される指標であり、減肉リスクを評価することができる。

解析結果より、液相が垂直下降管からエルボ部へ流入する際、エルボ部背側で最も速度が速くなり、壁面せん断応力も大きくなった(図 2)。

実機でもエルボ部背側で減肉が進行していたこと

から、当該配管の減肉および開孔においても、内部流体の流れ様式が大きく関わっていると推定される。

垂直下降管での液相の加速や偏りがエルボ部背側への液集中や高流速での衝突の要因と推察されることから、これを緩和するような運転条件や気液比率等を流動解析によって求めることが有用と考える。また、解析結果より、肉厚検査箇所の見逃し防止といった保全業務への支援も期待される。



図 1. エルボ配管開孔部

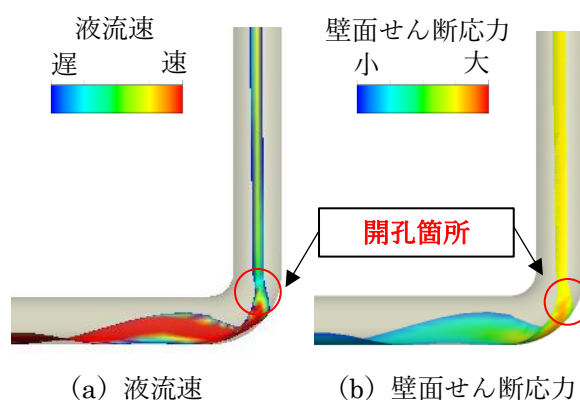


図 2. 解析結果

1) 石油学会, 石油学会規格 配管維持規格, 2018.

2) 鳥羽和宏ら, NH₄HS環境での腐食におよぼす流れの影響, 材料と環境, 61, 56-63, 2012.

ニードルコークスの概要

ENEOS (株)

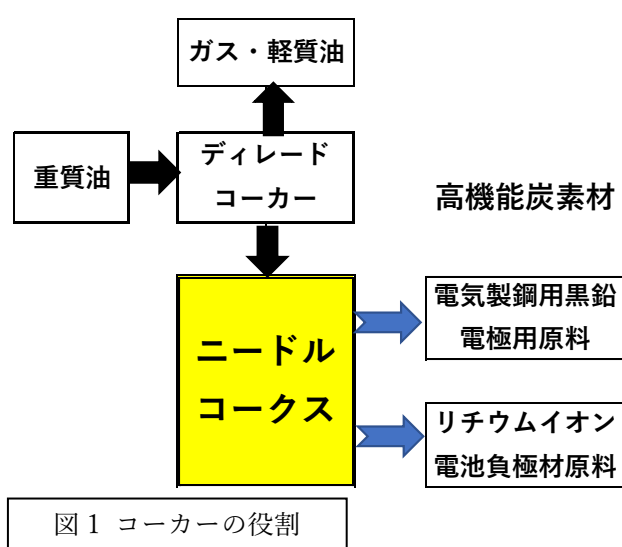
製造部 プロセス技術グループ

おおおやま たかし

大山 隆

1. ニードルコークスとは

世界的にカーボンニュートラルが促進される中、重質油を用いたニードルコークスの生産が注目されている。具体的には、重質油を分解しながら電気自動車や大型蓄電池用のリチウムイオン電池炭素材と電気製鋼用電極原料などの高機能炭素材を生産することである。（図1）



2. ニードルコークスの特徴

重質油を加熱すると熱分解と同時に重縮合反応が起こり、液晶の一種であるメソフェース球晶が発現し、バルクメソフェースへと成長する。その後、適度なガス流により一軸配向したニードルコークスが得られる。このガス流は、分解ガスに起因し、原料の選択と反応条件の設定が重要である。

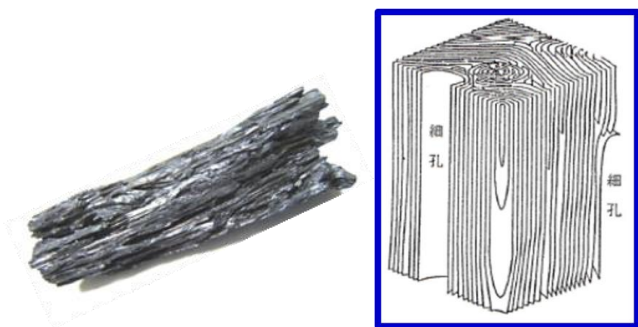


図2 ニードルコークスの外観とモデル図

リチウムイオン電池用炭素材と電気製鋼用電極の炭素材は、コーカーで生産したコークスを3,000℃で処理したものが使用されている。

黒鉛は、熱に強く、高強度で熱膨張が小さい。さらに結晶構造から熱伝導性と電気伝導性が良いため電気製鋼用の電極として使用されている。また、同一平面上に発達した芳香族環シートの集合体であるため、リチウムイオン二次電池の負極材として使用される。電池内のリチウムイオンの移動は黒鉛シート内で行われるので、芳香族環シートの配列と多寡が、充放電特性に大きく影響する。重質油の化学構造からニードルコークスを経て黒鉛結晶の状態まで一貫した品質コントロールを行う事で品質が安定した炭素材が生産されている。

3. 今後のニードルコークスの役割

今後、カーボンニュートラル促進により、石油製品、特に重質油の需要が減少すると推測されている。

一方で、製造業の中で最もCO₂排出が多い鉄鋼業において高炉法から電炉法へのシフトが起こる。さらには、自動車はEV化が促進され、電力の平準化のために大型蓄電池の増加が期待される。また、携帯電話の高機能化により、リチウムイオン電池の性能向上が期待され、今後はニードルコークスの需要が大きく増加すると推測されている。

このような状況の中で重質油を用いたニードルコークスの生産は、世の中の変化にミートした“燃料油から素材への転換方法”の一つの方法とされている。

参考文献

- 1) Mochida, I. Fujimoto, K. Oyama, T. “Chemistry and Physics of Carbon”, vol. 24, 111 (1994) Marcel Dekker.
- 2) Mochida I Fei, Y. Q. Oyama T., *Oil & Gas Journal*, **86**, (18), 73 (1988).
- 3) 田野保, 中西和久, 大山隆, 炭素, **239**, 180 (2009).
- 4) Kawachi H. Oyama T. Extended Abstract, Carbon2015, 205 (2015).

カーボンニュートラルへの取組と水素用水電解整流器の紹介

東芝三菱電機産業システム株式会社 ERS プロジェクト

プロジェクトマネージャー 吹上 哲（ふきあげ とおる）

はじめに

弊社はお客様の「ものづくり」と「環境マネジメント」に貢献するソリューションエンジニアリングと、それを実現するための高品質な製品・システムを提供することをビジネスモデルとしています。コアコンピタンスとしてパワーエレクトロニクス（以後パワエレ）技術・回転機技術・プラントなどに提供するシステムソリューションを位置づけ事業を推進しています。

弊社のカーボンニュートラルへの取組

弊社のお客様である産業分野（石油化学、食品、薬品、鉄鋼、紙パ、港湾、半導体製造、再生可能エネルギー等）の生産および電源設備に対しご要望に沿うソリューションを提供してまいりました。

弊社にはお客様のご要望を達成できる内在技術があり、2050 年のカーボンニュートラル実現に向け社会が動き出す中、新たに生まれる様々なご要望に迅速に対応するプロジェクトを発足いたしました。

Energy Resource Solutions project（ERS）は事業部横断の全社活動で、パワエレ技術とソリューションの融合により新たな価値を創造し、お客様のご要望にお応えするプロジェクトです。

水素製造用整流器

カーボンニュートラル実現に向け水素に関心が集まっていますが、中でも製造過程で二酸化炭素を排出しないグリーン水素に大きな期待が寄せられています。

グリーン水素製造には整流器が必要です。弊社は東芝・三菱電機時代より化学産業や製鉄産業向けに整流器を製造・販売して参りましたが、これからのカーボンニュートラル時代に大量に使用される整流器に要求される機能を検討し、グリーン水素製造に必要となる整流器を新たに開発しました。

本整流器は、直流出力は脈流が少なく負荷側のストレスを減らし、交流入力には高調波を出さず更には無効電力を調整する機能を持っています。よって電源系統の安定に寄与します。

水素ビジネス

弊社は整流器のみならず、水素を圧縮する過程に必要なモータ&ドライブやプラントの受変電設備、再生可能エネルギーやバッテリーの電力を変換する PCS、プラント全体を制御する EMS などの製品を揃え、お客様の水素プラントをトータルにサポートいたします。

以上

燃料アンモニアによるエネルギーのカーボンニュートラル化

(株式会社 IHI) 須田 俊之

1. 初めに

アンモニアは可燃性ガスであること、分子中に炭素を含まず燃焼時に CO_2 を発生させないこと、輸送・貯蔵が容易なことから、火力発電所・船舶・工業用等の燃料として利用することが注目されている。2014～2018 年度の戦略的イノベーション創造プログラム「エネルギーキャリア」の成功を皮切りに利用側の技術開発が進み、近年は製造から利用を含めたチェーン全体の構築が課題となっている。本報では、燃料アンモニアバリューチェーン全体の構築に対する IHI の取り組みを紹介する。

2. バリューチェーン全体への取り組み

図1に燃料アンモニアバリューチェーン構築に対する IHI の取り組みを示す。火力発電所での利用に伴う需要拡大に対し、受入ターミナル・タンクの準備やグリーンアンモニア製造にも取り組んでいる。

2. 1 利用

アンモニアは可燃性ガスであるが、燃焼速度や火炎温度が炭化水素系燃料に比べて低く、燃焼の安定性確保や Fuel- NO_x の抑制が必要である。ボイラ・ガスタービンでのアンモニア混焼・専焼技

術開発に取り組んでおり、現状では 1,000MW 級商用石炭火力発電所での 20%混焼実証に取り組むとともに、2MW 級ガスタービンにおいて液体アンモニアでの直接燃焼に取り組んでいる。ガスタービンにおいては、未燃アンモニアや N_2O の発生を抑制した専焼運転に既に成功している。

2. 2 貯蔵

アンモニアが燃料として用いられると、必要な貯蔵量も膨大となり、LNG 級のタンクが必要となる。タンク大型化のために必要な、アンモニアによる応力腐食割れに対応した内槽材の選択や、万が一の事故・アンモニア漏洩に対する対応、既設 LNG・LPG タンクの転用などの検討を進めている。

2. 3 製造

将来的には再生可能エネルギーから製造されたグリーンアンモニアが主流となると考えられる。豪州など再生可能エネルギーの賦存量が大きいエリアでのグリーンアンモニア製造の検討を進めている。

3. 終わりに

燃料アンモニアに対する注目が世界的にも急速に高まっている中、日本のリードを保つためにも、技術開発や社会実装により一層取り組む所存である。

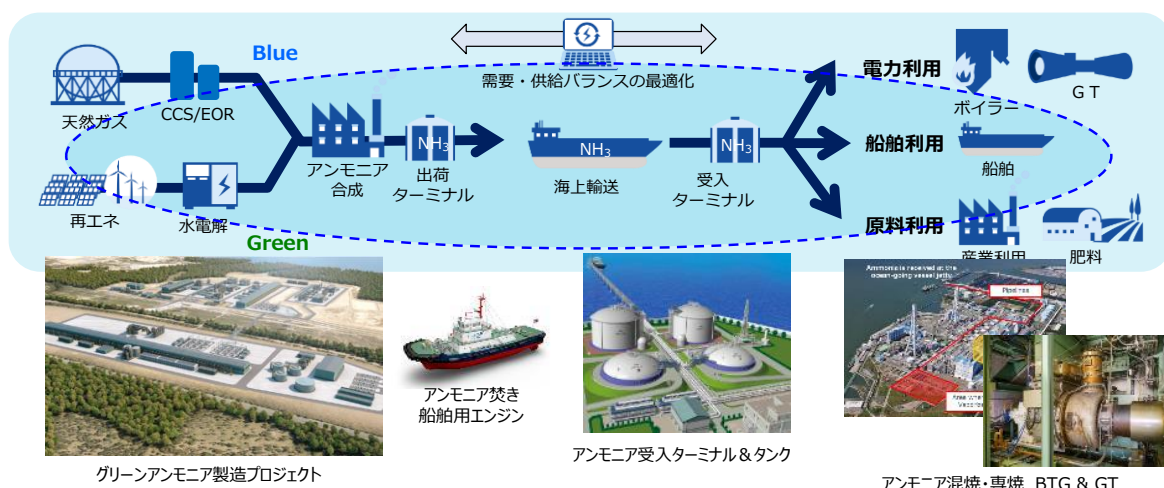


図1 燃料アンモニアバリューチェーン構築に対する IHI の取り組み

新素材を使った新たな省エネへのチャレンジ

ENEOSホールディングス(株) 未来事業推進部 事業推進2グループ ○松本 佳織 まつもと かおり

1. はじめに

ENEOS グループは環境負荷の低い事業を強化・拡大するとともに、環境対応型事業の強化、自社排出分のカーボンニュートラルの追及などを通じて、低炭素・循環型社会の形成に貢献することを目指している。その活動の一つとして、省エネルギー（空調負荷低減）及び温室効果ガスの削減に寄与するために実施した ENEOS 内製油所設備への「放射冷却素材」の導入効果事例を紹介する。

2. 取り組みの概要

これまで弊社ではさまざまな視点から低炭素社会に向けた新規事業を創出している。電力削減においては、VVVF, LED 照明の採用を推進しているが、今般、新たな施策に着目し、空調電力削減を試行した。

暑熱対策技術として近年注目されている技術に、直射日光の下でもエネルギーを用いることなく周囲より温度低下する「放射冷却素材」がある^[1, 2, 3]。当素材は、熱を大気の高透過率が高い波長帯 8-13 μm （大気窓）の熱輻射に変換して宇宙空間に放出する「放射冷却現象」を活用して日中の温度低下を実現しており、2014 年に初めて報告された^[1]。本実証試験では、この放射冷却素材を屋外キュービクル式配電盤の外表面に適用し、空調電力削減を検討したので報告する。

3. 導入設備の特定

(1) 実証試験候補の探索

空調電力の削減量を定量把握するため、屋外設置で直射日光が当たり、内部に空調機を設置している設備を探索した。

(2) 実証試験候補の特定

グループ企業も含めて候補を検討した結果、ENEOS 内の製油所にあるキュービクル式配電盤を選定した。（地域：大阪地域で、平均気温：8月 28.0℃）

(3) キュービクルの概略仕様

内部には熱源機器を設置しており、熱源は外部入熱（日射）の他に、内部にも発熱機器がある仕様。

- ・真空遮断器 3.6kV×6 台
- ・モールド変圧器 3Φ3.3kV/210V 100kVA×1 台
- ・モールド変圧器 1Φ3.3kV/210-105V 100kVA×1 台
- ・直流電源装置 2.6kVA、蓄電池 MSE 50Ah54 セル
- ・空調機容量 1Φ100V 615W×3 台

4. 結果および考察

放射冷却素材としては、大阪ガス(株)が開発した SPACECOOL(株)が販売する放射冷却素材 SPACECOOL^[3]を放射冷却効果の大きさと耐候性の観点から採用した。屋根、東・西・南・北壁の 5 面に貼付、放射冷却素材の有無での空調電力をモニターした。結果、晴天日では約 21%の空調電力削減効果があった。雨天・曇の日を含めた全期間でも約 20%の削減効果がみられた。

（実証期間：2022 年 7 月～9 月）

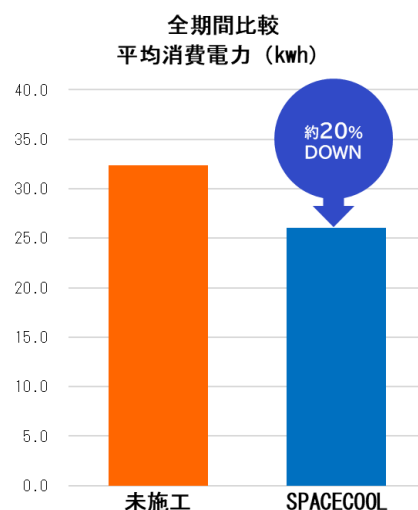


図. 施工前後の空調電力比較

今回の試行評価結果により、放射冷却素材を実機へ適用することで屋外キュービクル式配電盤での、空調電力の削減が図れることが明確になった。ENEOSグループのサプライチェーン全体のエネルギー消費が地球環境に与える影響を考慮し、効果的な省エネルギー（空調負荷低減）及び温室効果ガスの削減への効果があるものとして、今後も更なる展開を視野に入れている。

参考文献

- [1] AP.Raman, et al., *Nature* **515**, 540 (2014).
- [2] Y.Zhai, et al., *Science* **355**, 1062 (2017).
- [3] 末光 et al., 第 80 回応用物理学会秋季学術講演会, 21a-E208-11 (2019).