

令和2年11月17日
消 防 庁

プラント保安分野における AI 信頼性評価ガイドライン等

消防庁では、厚生労働省及び経済産業省とともに開催している「石油コンビナート等災害防止3省連絡会議」において、石油・化学プラントにおける AI 信頼性評価ガイドライン及び AI 導入事例集を取りまとめました。

概要

プラント保安分野における AI を導入する際の課題解決に資するため、石油コンビナート等災害防止3省連絡会議において、以下の文書を取りまとめました。

(1) プラント保安分野 AI 信頼性評価ガイドライン

AI が安全性・生産性向上のために期待どおりの品質を果たすこと（＝信頼性）を適切に評価するための考え方を、プラント保安分野に特化した形で示したものの。

(2) プラントにおける先進的 AI 事例集

プラント事業者等における AI 導入の成功事例を基に、AI の導入成果及び AI 導入上の課題の克服方法を取りまとめたものの。

これらの概要は別添のとおりです。また、ガイドライン及び事例集の全文は、石油コンビナート等災害防止3省連絡会議3省共同運営サイトに掲載します。

(https://www.fdma.go.jp/relocation/neuter/topics/fieldList4_16.html)

※ 石油コンビナート等災害防止3省連絡会議とは

石油コンビナート等における災害防止に向けて、関係する3省（総務省、厚生労働省、経済産業省）が一体となって取り組むため、平成26年5月に設置し、以後定期的（年2回程度）に開催しているもの

※ 経済産業省及び厚生労働省においても、本日、報道発表をしています。



(連絡先)

消防庁危険物保安室・特殊災害室 勝本

TEL 03-5253-7524 (直通)

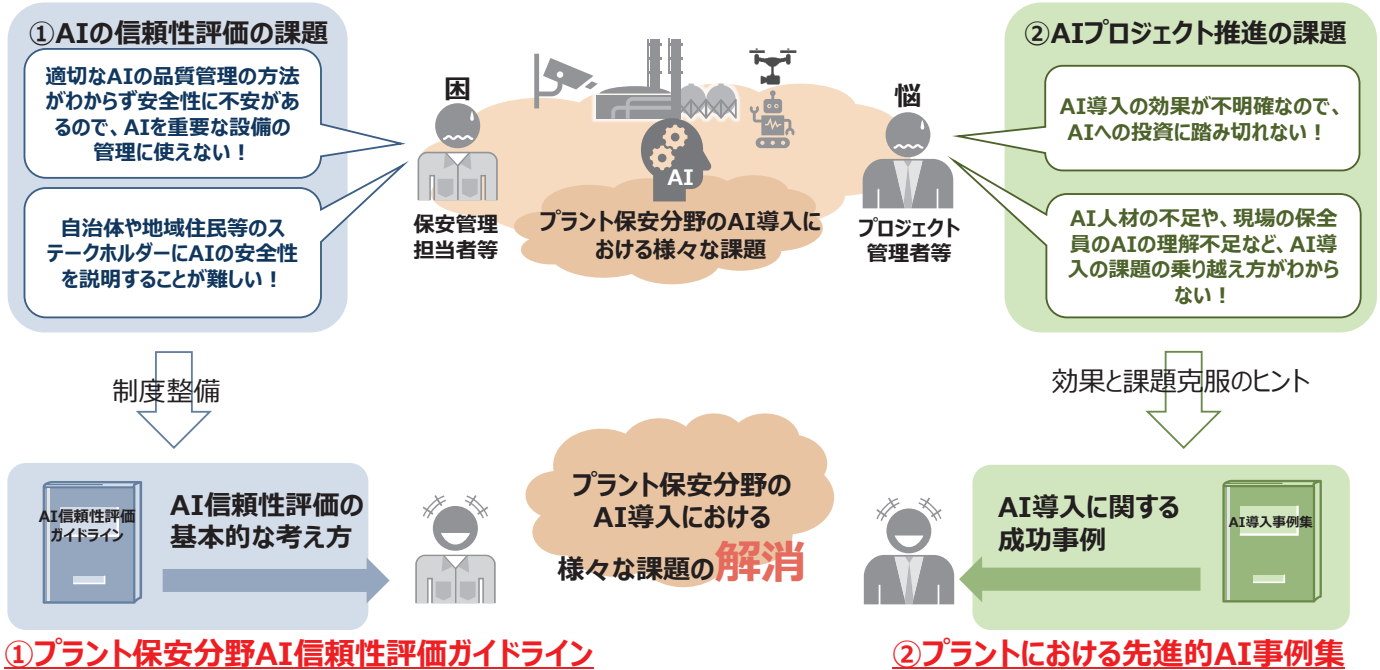
FAX 03-5253-7534

プラント保安分野のAI導入促進の取り組み

- プラント保安分野でAIを導入する際に直面する課題解決を支援するために、以下2種類の文書を整備した。これにより、AIを用いたプラント保安の高度化を促進する。

①プラント保安分野AI信頼性評価ガイドライン

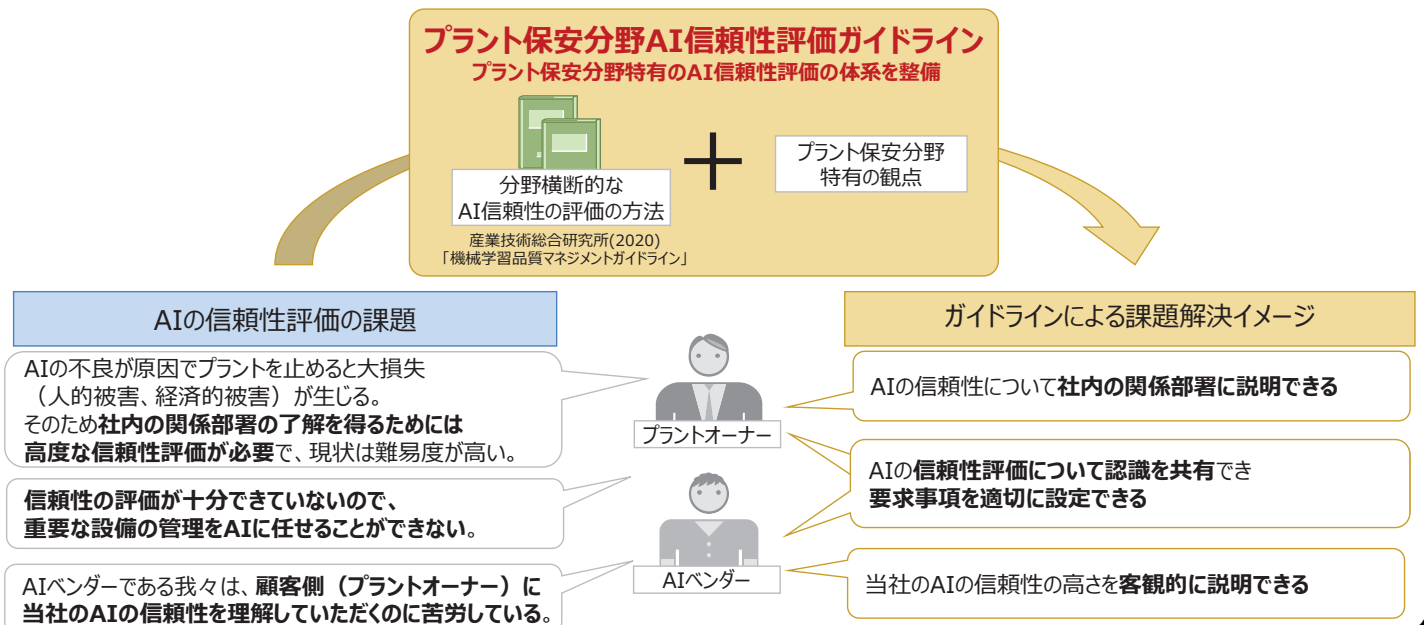
②プラントにおける先進的AI事例集



①プラント保安分野AI信頼性評価ガイドライン

プラント保安分野AI信頼性評価ガイドラインの目的

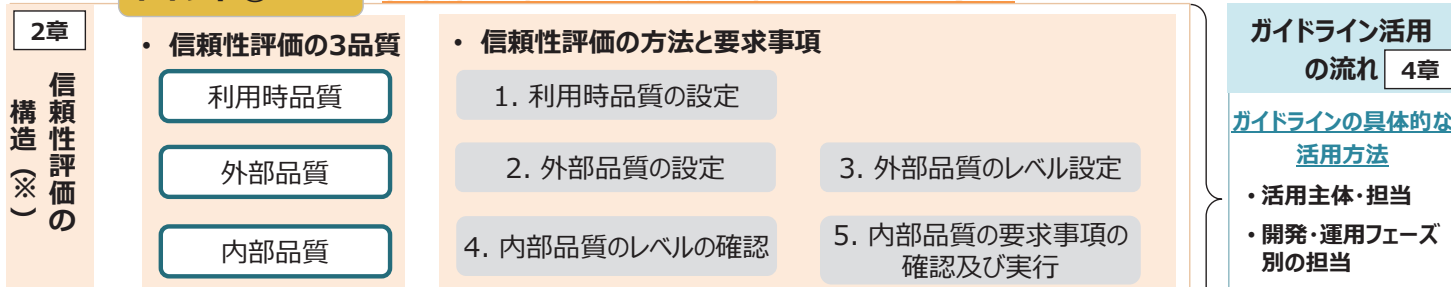
- AIは保安力・生産性を飛躍的に高める可能性を有しているが、AIが安全性や生産性向上のために期待通りの品質を果たすこと（＝信頼性）を評価する体系が整備されていなかった。特に安全性が重要視されるプラント保安分野において、導入が進まない大きな原因の1つとなっている。
- 本ガイドラインでは、信頼性の高いAIの実装を進めるため、**プラント保安分野に特化してAIの信頼性を適切に管理する方法を示す。**



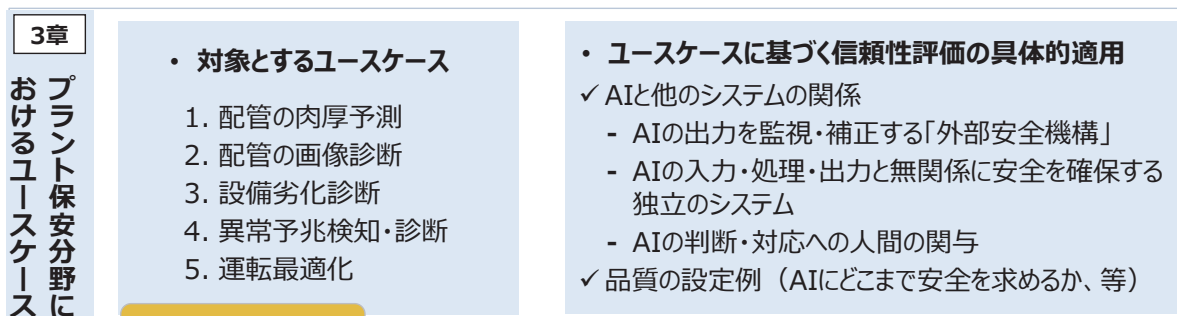
プラント保安分野AI信頼性評価ガイドラインの構成

- 本ガイドラインでは、「機械学習品質マネジメントガイドライン 第1版」の信頼性評価の構造に、プラント保安分野での実例に基づいて肉付けを行っている。

ポイント①→P3 信頼性評価の3品質、評価方法、要求事項



※ 産業技術総合研究所「機械学習品質マネジメントガイドライン第1版」の構造を用いる

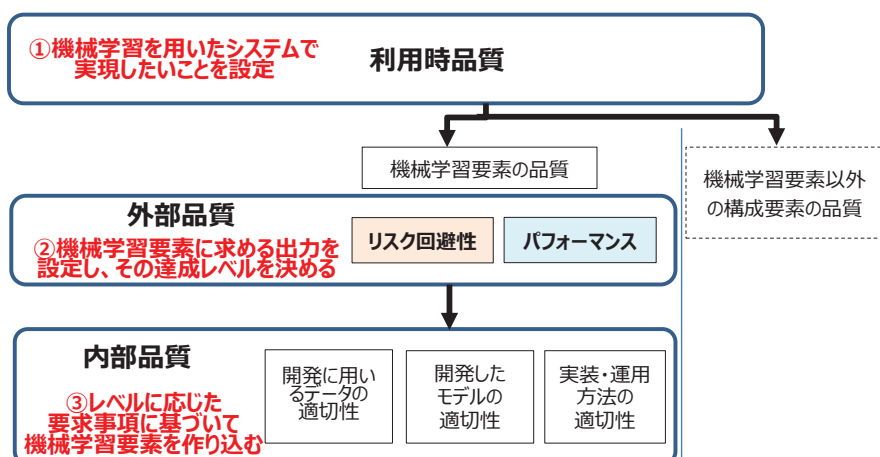


ポイント②→P4 プラント保安分野でのAI活用の実例

ポイント① 信頼性評価の構造を3品質で整理

- 機械学習の品質を3階層に分け、それらの達成を通じて機械学習利用システムの信頼性を管理する。
 - 「利用時品質」：機械学習要素を含むシステム全体が実現したいこと
 - 「外部品質」：「利用時品質」を満たすために機械学習要素が満たすべきこと
 - 「内部品質」：「外部品質」を満たすために機械学習要素の設計・開発・運用等で満たすべきこと
- 外部品質のレベルに応じて内部品質を作り込むことを通して、外部品質・利用時品質を実現する。

機械学習の品質の3階層



利用時品質・外部品質の「軸」

（個別のAIが最終的に達成したい品質の分類）

【リスク回避性】

安全性を追求するタイプの品質。機械学習要素の誤判断によって悪影響（人的被害・経済的被害）を及ぼすリスクを回避・低減することを目的とする。
4つのレベルから要求の強さを決める。

【パフォーマンス】

生産性を追求するタイプの品質。プラントの運転・点検を効率的に行うことを目的とする。
3つのレベルから要求の強さを決める。

設定した「外部品質」のレベルの高低に応じて、要求される「内部品質」のレベル（レベル1、2、3）が決まる。

ポイント② ユースケースにおける具体的な適用例を整備

- プラント保安分野におけるAI活用の典型的なケースとして5つのユースケースを選定。
(配管の肉厚予測/配管の画像診断/設備劣化診断/異常予兆検知・診断/運転最適化)
- 利用時品質・外部品質の設定例や、内部品質の要求事項を満たす際のユースケース固有の観点を整理。
- 読者は、自社で検討しているケースに近いユースケースを参照し、信頼性評価の参考とする。

利用時品質・外部品質の設定(例)

	「異常予兆検知・診断」の例		「運転最適化」の例	
機能要件	・異常予兆検知時に発報する		・目的に応じた最適な操作パラメータを提示する	
利用時品質	リスク回避性 ・様々なプラントの条件下で、将来の異常の発生を正しく検知する	パフォーマンス ・発報内容の確認に運転員や点検要員の時間を多く割かなくてよい適度な発報頻度とする	リスク回避性 ・設備の安全上の許容動作スペックを超えるような運転状態をもたらさない	パフォーマンス ・生産性を向上させるパラメータを提示する
外部品質	・「異常予兆あり」の場合に、「正常」であると判定する誤判定率を限りなく小さくする	・誤検知の頻度を一定以下にする	・最適化を行う設備のパラメータ変数の範囲を、安全上の許容動作スペックに対応する範囲に制限する	・生産量を一定割合向上させるパラメータを提示する

内部品質の要求事項を満たす際のユースケース固有の観点(例)

- 「異常予兆検知・診断」の例
- ・ 異常の検知と、それに関連する変数との間で、工学的に意味のある因果関係が不明であっても、**相関のみで活用することは妨げない。**
 - ・ 本ケースの場合、学習データとして**異常時データを網羅することは必須としない。**一方で、**正常領域における網羅的なサンプル抽出が必要。**
- 「運転最適化」の例
- ・ ベテランオペレータの運転を学習する際は、**偏ったケース設定となっていないか留意する。**
 - ・ 「設備の想定スペックを超えるような操作パラメータ提示に対しては、外部安全機構及びオペレータ判断により操作に反映しない」前提の場合は、「危険な操作につながるパラメータの出力の許容水準を極限まで0に近づける」といった検討は求めない。**SIL評価等に基づき、機械学習要素と他のシステムの安全機能の分担を適切に考慮して機械学習要素への要求水準を決定する。**

②プラントにおける先進的AI事例集

プラントにおける先進的AI事例集の目的

- AIは保安力・生産性を飛躍的に高める可能性を有しているが、AIプロジェクトを推進するには困難が伴う。
- 特に、①AIによってどのような効果が得られるか分からないため投資に踏み切れない、②AI導入にあたって直面する課題（AI人材不足、現場の保全員のAI理解不足等）の乗り越え方がわからない、という事業者に向けて、本事例集が解決策を示す。
- 本事例集では、プラント事業者、AI開発事業者等から**12の先進的なAI導入成功事例**をご提供いただき、これに基づいて①AIの導入成果、②AI導入における典型的な課題の克服方法を具体的に示した。

AIプロジェクト推進の困難

①AI導入の効果が不明確なので、AIへの投資に踏み切れない！

②AI人材不足や、現場の保全員のAIの理解不足など、AI導入の課題の乗り越え方がわからない！



プラント保安分野のAI導入における
様々な悩みの**解消**



①AIの導入効果
②課題の克服方法

先進的なAI導入成功事例 (12事例)

- 画像の自動判別による配管外面の腐食箇所の検出
- プラント設備の閉塞要因の抽出・可視化
- 動力プラントにおける異常予兆検知
- 原料原油切り替え運転最適化
- ...

プラントにおける先進的AI事例集の構成

- 先進的なAI導入事例から、「8つの効果」と「7つの典型的課題と解決策」を抽出した。

2章：AI導入の効果

凡例： **保安水準の維持・向上** **効率性の向上**



3章：AI導入における典型的な課題の解決策

経営的課題

(AI投資に必要な組織整備不足、AI人材が確保できていない)

社内の現状維持
バイアス

プラント×AIの
人材育成・体制

個別のプロジェクト遂行における課題

(目標設定の困難さ、社内外への信頼性説明)

AI事業の
目的設定の困難さ

経済的利点が不明瞭

AIの信頼性不足

技術的課題

(AI開発のチェックポイント未確立、データ量が限られるなど開発難易度が高い)

高い技術水準を
担保する必要

開発における制約

掲載内容の例（効果）

- 12の事例について、「効果」に関する具体例を紹介している。

No.	企業	AI導入・検討事例
1	横河電機株式会社	配管の腐食による減肉量の推定と腐食の主要因特定
2	三菱ケミカル株式会社	深層学習による液面制御の異常検知
3	日揮グローバル株式会社	プラント設備の閉塞要因の抽出・可視化
4	日本電気株式会社	インバリアント分析技術を用いたオンラインによる異常予兆検知
5	旭化成株式会社	動力プラントにおける異常予兆検知
6	アズビル株式会社	ベテランのノウハウをしのぐ早期の設備・品質異常予兆検知
7	千代田化工建設株式会社	製油所における原料原油切り替え運転最適化AI
8	出光興産株式会社	画像の自動判別による配管外面の腐食箇所の検出・腐食のレベル分類
9	JSR株式会社	画像の自動判別による配管外面の腐食箇所の検出
10	株式会社イクシス	画像の自動判別によるひび割れ検出および腐食検出
11	株式会社ベストマテリア	リスクベースメンテナンスにおける損傷機構選定のAIによる自動化
12	鳥取大学・日本電気株式会社・筑波大学	確率推論を用いた事故の予兆分析とリスクアセスメントシステムの構築

効果の具体例

早期発見

設備の異常を予兆段階で検知できるため、必要な措置を早期に実施できる。また、早期に対処することで設備の緊急停止を未然に防ぐことができるため、プラントを安定的に稼働させることができる。

ノウハウの継承

各運転員による切り替え運転操作に対して、AIによる評価を提示できる。ベテランと新人の運転を差を定量的に比較でき、高度な操作ノウハウの伝承の手助けとなっている。また、運転員のシミュレータ上での操作訓練においてもAIによる評価を活用することで、訓練の質が大幅に向上している。

計画高度化

これまでは、日常の巡視の中で発見した配管外面の腐食箇所を運転員が撮影し、画像に緊急度のコメントを付していた。また、その画像に対して専門担当者が腐食のレベルを分類していた。しかし、運転員・専門担当者ともに判断に手間がかかっていたため、撮影枚数が限られていた。AIは大量の画像を高速に処理できるため、撮影枚数を増やすことができる。これにより、配管の腐食状態を網羅的に把握でき、点検・補修の計画の精度を上げられる。

凡例： **保安水準の維持・向上** **効率性の向上**

掲載内容の例（典型的課題の解決策）

- 12の事例について、「典型的課題の解決策」に関する具体例を紹介している。

No.	企業	AI導入・検討事例
1	横河電機株式会社	配管の腐食による減肉量の推定と腐食の主要因特定
2	三菱ケミカル株式会社	深層学習による液面制御の異常検知
3	日揮グローバル株式会社	プラント設備の閉塞要因の抽出・可視化
4	日本電気株式会社	インバリエント分析技術を用いたオンラインによる異常予兆検知
5	旭化成株式会社	動力プラントにおける異常予兆検知
6	アズビル株式会社	ベテランのノウハウをしのぐ早期の設備・品質異常予兆検知
7	千代田化工建設株式会社	製油所における原料原油切り替え運転最適化AI
8	出光興産株式会社	画像の自動判別による配管外面の腐食箇所の検出・腐食のレベル分類
9	JSR株式会社	画像の自動判別による配管外面の腐食箇所の検出
10	株式会社イクシス	画像の自動判別によるひび割れ検出および腐食検出
11	株式会社ベストマテリア	リスクベースメンテナンスにおける損傷機構選定のAIによる自動化
12	鳥取大学・日本電気株式会社・筑波大学	確率推論を用いた事故の予兆分析とリスクアセスメントシステムの構築

課題の解決策の例

【課題】

AIの信頼性不足

- ✓ AIの信頼性評価方法が確立されていないため、実運用で活用できる精度であるか確信を持てなかった。
- ✓ 過去の異常発生時のデータを使ってテストし、AIの異常の見逃し率を検証する方法がある。しかし、プラントでは事故事例が非常に少ないため、検証に利用できる異常事例が少なかった。

【解決策】

- ✓ プラントを実際に運用している環境で実証試験を行い、異常予兆を検知してから実際に異常が発生するまで運転し続けることによる評価を行うことで、実運用に耐える予兆検知精度であることを確認した。
- ✓ 異常発生時の因果がよく理解されていて重大障害にならず、かつ装置損傷も非常に軽微な異常（目詰まり、 그리스切れ等）を実験的に再現して、モデルの精度の検証に活用した。
- ✓ 2020年11月公表の「プラント保安分野AI信頼性評価ガイドライン」に則ってAIの開発を行い、その旨をプラント事業者に説明することを検討している。

【課題】

社内の現状維持バイアス

- ✓ 本AIプロジェクトは現場の人手不足対策を主目的としていたが、点検作業の約6割を占める「外業（現場作業）」は作業員の得意領域であり、大きな負担を感じていなかった。このため現場からは「外業」の業務フローの変更や新しいデバイスの使い方の研修に対して反発があった。

【解決策】

- ✓ 現場に対するAIの説明の仕方を見直し、現場が苦手意識を持っていてミスが多発していた「内業（データ整理、診断、調書作成）」を自動化するツールとしたところ、納得を得ることができた。更に、現場で負担にならないように簡単に使える報告ツールを設計した。