

－プラントの RBM に関する研究－

日大生産工(院) ○恒田 駿介
日大生産工 三友 信夫

1. 緒言

石油精製プラントを含む多くの化学プラントでは、築30年以上が経過し老朽化が進んでいるが、世界的競争での設備維持コストの削減が迫られているため、既存の施設を使い続ける必要がある。これらの課題に対して、安全にプラントを運転するための解決策の一つとして、リスクベースメンテナンス（RBM：Risk based maintenance）¹⁾がある。RBMを行う際には、プラントに関する多量のデータやRBMの途中経過及び結果を効率よく扱う必要がある。

RBMに関する研究は、火力発電所の設備に関するものなどがある²⁾。しかしながら、RBMの具体的な実施手順は複雑で、理解することは容易ではない。そのため、uni-PlannerやRISKWISEなどの、RBMを実施するためのソフトウェアが開発されている。

また、プラントの専門家や熟練のオペレーターは、高齢化により不足している。そのため、RBMを容易に実行可能なソフトウェアは、重要なものとなる。しかしながら、前述の理由により、ソフトウェアを使用するのは経験の浅いオペレーターが想定される。そこで、本研究ではRBMのソフトウェアを用い、ソフトウェアの操作面などの問題点について検討を行う。

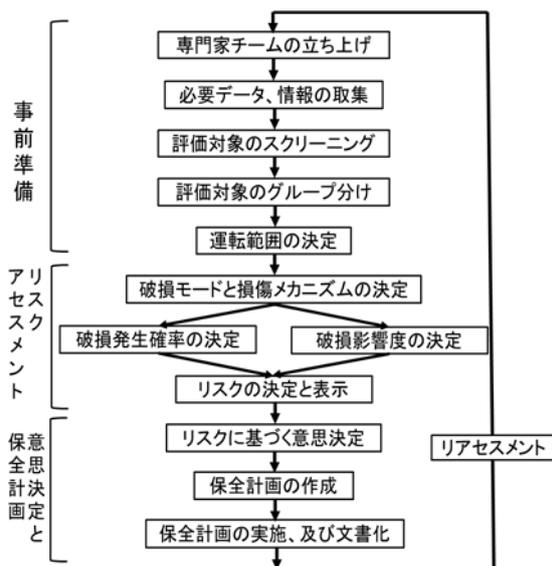


図1 RBMの実施手順³⁾

2. 解析方法

2.1 RBM

RBMとは設備の劣化損傷や故障のリスクを評価し、その結果に基づき保全・検査計画を作成する手法で、リスクが一定値以下になることで、安全で効率的な運転が可能となる。その結果、故障確率や計画外の停止の減少による稼働率の向上、検査周期の延長や検査項目の軽減が可能になる。RBMの実実施手順については図1に示す。

2.2 uni-Planner⁴⁾

RBMを行うためのソフトウェアはいくつか開発されているが、どれも非常に高価である。本研究では、uni-Plannerを使用できる環境にあるため、このソフトウェアを用いることとする。uni-Plannerは日本高圧力技術協会が発行のHPIS Z106「RBM(リスクベースメンテナンス)ガイド」、「RBMハンドブック」及びアメリカ石油協会が発行している規格：API RP581 2nd Edition(Risk-Based Inspection Technology)のガイドラインを基にしてRBMを行うソフトウェアである。

uni-Plannerの使用手順について示す。

uni-Plannerでは、リスクランク、以下リスク分布、破損確率、影響度、検査記録、マスターデータ、データ保管、システム設定の項目がある。



図2 マスターデータ

まず、評価を行う機器や装置の決定し設定を行うためにマスターデータを開く。ここでは、その機器や装置ごとに使用開始年数、定期修理間隔の入力を行う。この入力画面を図2に示す。

次に破損確率を算出する。機器や装置ごとに、日本高圧力技術協会の規格に基づき破損メカニズムの決定を行う。破損メカニズムには、減肉、装置内面ライニング、応力腐食割れ、外面損傷、高温水素侵略、ぜい性破壊、配管の機械的疲労、炉管クリープがある。それぞれの機器や装置ごとに損傷メカニズムを決定しにさらに詳細なデータ入力を行う。算出された数値から、5段階で破損確率が評価され、1は破損確率が低く許容可能であることを意味し、2~5と上がるにつれ破損確率が大きくなり許容出来なくなることを意味する。算出された結果は図3のように示される。

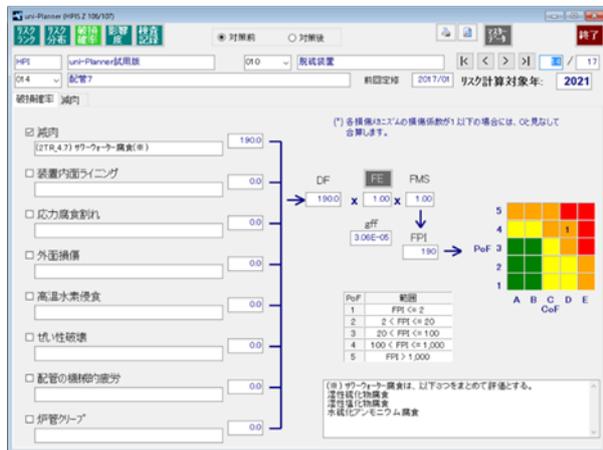


図3 破損確率

次に影響度の算出を行う。影響度についても、それぞれの機器や装置に用いられている流体や運転温度、運転圧力などを入力することにより、機器への影響面積と人体への影響面積が算出され、数値が大きい方が影響度となる。算出された数値から、5段階で影響度が評価され、Aは影響度が低く許容可能であることを意味し、B~Eとなるにつれ影響度が大きくなり許容出来なくなることを意味する。算出された結果は図4のように示される。

この破損確率と影響度からリスクを決定する。このリスクは色ごとに分類されており、表1のように分類されている。この結果がリスクランク及びリスク分布に表示される。

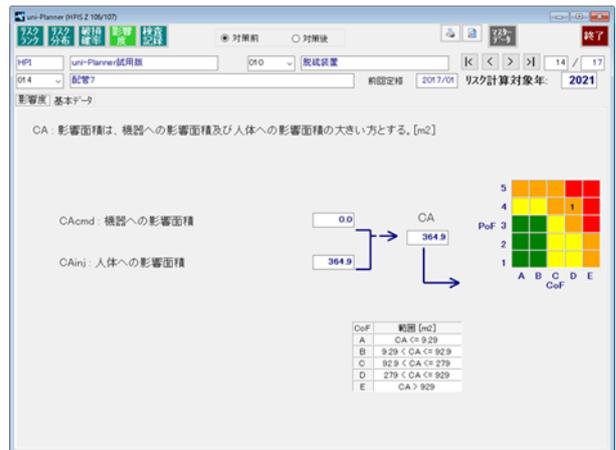


図4 影響度

表1 リスクカテゴリーの分類

色	カテゴリー	対応
緑	低 (許容可能)	法定検査以外の対応不要
黄	中 (条件付許容)	現状の検査を次回定期検査で適切に実施する
橙	中高 (要計画変更)	次回定期検査までに次の対策を実施し、リスクを許容範囲まで下げる 1) 検査方法の改善 2) 運転条件または管理条件の改善 3) オンラインモニタリングの設置 4) 被害を低減する保護対策
赤	高 (許容不可)	上記1)~4)等の対策を直ちに実施する

リスクランクの項目ではリスクマトリックスとリスク予測、リスクターゲットの3種類で結果が表示されている。それぞれの結果を図5.1から図5.3で示す。



図5.1 リスクマトリックス



図5.2 リスク予測

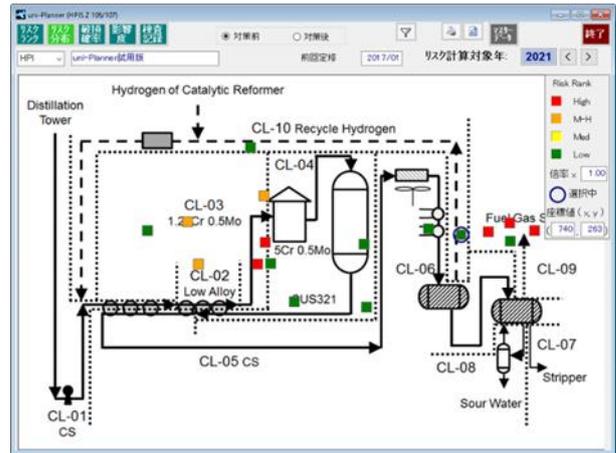


図6 リスク分布



図5.3 リスクターゲット

表2 検査項目

ユニット	機器	ユニット	エボメント	日付	検査有効度	備考
010	配管装置	001	配管1	2008/01	かなり有効	減肉肉厚計測
010	配管装置	001	配管1	2013/01	かなり有効	減肉肉厚計測
010	配管装置	003	加熱炉管	2011/01	かなり有効	減肉肉厚計測
010	配管装置	002	加熱炉管	2015/01	かなり有効	減肉肉厚計測
010	配管装置	014	配管7	2013/01	かなり有効	減肉肉厚計測
010	配管装置	014	配管7	2017/01	かなり有効	減肉肉厚計測
010	配管装置	017	配管8	2013/01	かなり有効	減肉肉厚計測
010	配管装置	017	配管8	2017/01	かなり有効	減肉肉厚計測

リスクマトリックスでは、それぞれの機器や装置に対して色分けされ示されており、さらにリスクマトリックス上に、各リスクに該当する機器や装置の個数が示されている。例えば図5.1では対策前のリスクマトリックスでは、破損確率が5、影響度がDの場合、配管3と熱交換器1Sの2つが当てはまる。リスク予測では、特定の年数ごとのリスクの推移が色で示されている。リスクターゲットでは、折れ線グラフでそれぞれの機器や装置の年数ごとの破損確率と、機器と人体への影響面積の数値及び損傷確率と影響面積の推移を示している。

リスク分布では、事前に登録しておいたプラントや設備や機器などの設計図を基に、その設備や機器ごとに対応させ、リスクを表示させ確認することが可能である。図6に、それを示す。

検査記録では、破損確率の詳細を入力する際に検査記録を入力する箇所があり、それらをまとめたものが表示される。まとめられた検査項目は、表2のように示される。

3. 結果

nui-Plannerを使用した際の問題点について、以下に考えられた。

- (1) 破損確率を算出する際に、設備や機器ごとに損傷メカニズムを決定することが困難である。具体的には、図3に示すように、ある配管を評価する際に、8種類存在する損傷形態から、それぞれの設備や機器に対し、どの項目が必要か判断することが困難である。
- (2) それぞれの破損メカニズムを評価する際に入力項目を決定するのに困難なものがある。具体的には、図7のように配管の機械的疲労を評価する際に可視的・可聴的振動の項目では小中大となっている。しかしながら、ここでは具体的な数値などが書かれていないため、判断することが困難である。



図7 配管の機械的疲労

以上のことから、経験の浅いオペレーターや専門家ではない者が、実際に入力項目を決定することは困難となる場合が考えられる。

4. 考察

RBMの実施にあたっては、ソフトウェアを用いても、専門的な知識や経験が必要であると考えられる。そのための解決策の一つとして、人工知能の導入が考えられる。

例えば、プラントの運転に関する人工知能の導入としては、株式会社日立製作所では、プラントの運転状態を自動的に分類、解析し、故障の予兆や異常の発生をリアルタイムで検知する人工知能「ARTiMo」が導入されている⁵⁾。これまでは熟練オペレーターの経験などを基に運転の監視をしていたが、ARTiMoを用いることにより、熟練のオペレーター依存度を減らし、故障要因の予兆を検知することが可能となっている。

ソフトウェアを用いたRBMの実施のためにも、蓄積されたプラントのデータを用いて、人工知能を導入することにより、必要なデータを自動的に入力することで専門家の依存度を減らすことが可能であると考えられる。

5. まとめ

uni-Plannerを使用し、RBMの実施のためのソフトウェアの問題点について検討を行った。

その結果、入力項目を決定するために専門的な知識や経験を必要とする項目があることが明らかとなった。その対策として、RBMのソフトウェアに人工知能を導入することにより、必要なデータを自動的に入力することで、専門家の依存度を減らすことが可能であると考えられる。

6. 参考文献

- 1) 日本学術振興会・産学連携第180委員会、「リスクベース設備管理」テキスト編集分科会 リスクベースメンテナンス入門：RBM 養賢堂 (2017)
- 2) 高木愛夫 火力発電設備の保全技術 日本金属学会誌 第66巻 第12号(2002)1185-1191
- 3) 一般社団法人日本高圧力技術協会 リスクベースメンテナンス 一般社団法人日本高圧力技術協会 (2010)
- 4) RBM(リスクベースメンテナンス)の方法 (2018) https://www.hpi-gff.org/RBM%E3%81%AE%E6%96%B9%E6%B3%95/?action=cabinet_action_main_download&block_id=28&room_id=1&cabinet_id=7&file_id=43&upload_id=26 (参照 2020-10-14)
- 5) 株式会社日立製作所 AIを活用した石油化学プラント向けの予兆診断サービス「ARTiMo(アルティモ)」を提供開始 (2018) <https://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2018/10/1004.html> (参照2020-10-14)