

# プロセスプラントへの RBI 適用における課題

日大生産工 大野 茂  
東工大工 酒井 哲也

## 1. はじめに

RBI( Risk-Based Inspection )は、製油所、化学工場を始めとするプロセスプラントの維持管理を実施する際の手法、考え方として、故障や事故が発生した場合のリスクを基準に調査、点検、検査の最適なシステムを構築して行こうとするものである。

経緯として、1960 年から 1990 年にかけてプラントでの重大な事故の増加を受けて調査が実施され 2000 年代に手法の提示が進められている。考え方の基本は前回学術講演会で紹介した RBI ( Risk Based Maintenance ) と同様であるが、対象が単に鋼構造物ではなく化学プラントとして稼働して生産に直接関わる施設を対象としている。また施設を構成している素材も鉄鋼材料にとどまらず耐食合金、高分子材料、複合材料等が組み合わされて使用されている。それら材料にかけられるストレスも静的なストレスのみならず製造物により多種多様なストレスを生じている。さらにプラントに欠陥を生じることで重大な事故に結びつく例が多々見られる。

本報告では、RBI の概要とその適用手法の基本となる設備診断技術について検討し現在なお残される課題について整理した。

## 2 . RBI の背景

米国石油学会を中心に石油化学プラントで 1960 年から 30 年間に発生した重大事故の件数やその被害額が調査された。共に年々増加する傾向であった。また原因となる発生部位の調査では腐食による減肉、応力腐食割れ、脆化損傷、疲労損傷のような機械的損傷が原因の 40% を占めており、部位としては配管、容器、タンク、反応器などプロセスプラント特有の内流体を保持している部位からその内流体が流出することによって発生していた。

日本国内に於いても高圧ガス関連法に関わる事故調査などが 1990 年代に実施され、アメリカと同様に機械的損傷が事故原因の 40% 以

上を占めていた。

これらの対策についてアメリカを中心に事故による損害をリスクとして評価し、そのリスクをもとに検査法案を策定・実施する手法として RBI が提案された。すでにアメリカの原子力産業界で実践されていた手法を参考に、過去の事故に関する統計データ、事例データから事故の発生しやすい部位を特定し、事故発生の確率が高く、その事故による影響が大きい部位を優先的に検査を実施、補修、改善をしていくという考え方である。

事故に関する情報は民間企業にとってマイナス要因が多く、その公表には障害がともないがちであるが、過去のデータを蓄積し、共有することが更なるリスクを回避する上で重要である点が徐々に理解されてきていると考える。

## 3 . RBI の概要

RBI を進めるプロセスを整理することでその手法の概要を検討する。

### 3.1 リスクマネジメント

リスクは、ある期間内に事故が発生する確率とその影響度の組合せで評価される。リスクの軽減とは闇雲に対応するのではなく、リスクの大きさによって優先順位や許容可能なレベルを維持するメンテナンス手法を提案して行く事になる。プラントではその運転条件が変化することもあり、繰り返しリスクの評価をしながら信頼性を維持、向上させる必要がある。

### 3.2 適用範囲の設定

プロセスプラントを対象とするが、中でも耐圧装置部品の機械的健全性を保持することに焦点があてられ、その劣化による破壊リスクを最少にすることが目標となる。このため劣化機構の解析と検査によるリスク回避の可能性を評価することになる。対象となる部位としては压力容器、処理配管、貯蔵タンク、回転装置ボイラーヒーター、熱交換機、圧力開放機器などが挙げられている。

### 3.3 RBI 適用による効果

検査レベルを上げるためには当然検査のために資源、投資が必要となる。この投資はリスクを軽減することになるが許容可能なリスクレベルにし、コストを最小限にする必要がある。またプロセスの安全性は技術的な原因だけでなく人的ミス、自然災害、外的事故、二次災害、意図的な行為や未知の劣化メカニズムなど避けにくい要因にも強く影響される。リスクと適切な検査方法、リスク軽減活動を結びつけることで評価対象機器のリスクによる順位付けが可能となり、それぞれ機器ごとに検査計画や手法の確立が可能となる。実施項目としては、検査の方法と適用範囲、検査の時期と頻度、リスク軽減評価、補修・交換・改善活動、予測などが挙げられ、現状の安全性を常に把握しながら高い費用対効果を期待することができる。

### 3.4 解析のレベル

第一の段階として、過去のデータから事故の発生確率と破壊による影響度を評価する。が、その結果はリスクが高いか、中程度か、低いかという定性的なものとなる。ここで大まかなリスクを評価できるが分析者の経験や専門知識に依存するものとなる。

さらに定量的な解析を進めるためにはリスクを左右する様々な要因について詳細な情報が必要となる。しかも単一の原因だけで事故が発生することはほとんど無く、複合的な解析が必要となる。このため論理的モデルを構築する手法としてイベントツリー、フォルトツリーが用いられる。

イベントツリーでは起因となる多くの事象が発生した場合としなかった場合を整理することで事故を回避するための論理的な解析が進められる。またフォルトツリーでは起こってはならない事故や欠陥を頂上事象として挙げ、この事象が起こるのはどのような場合かを順に解析し、下位の事象の発生確率と複合性を整理することで全体のリスクを数値(確率)として捉えることを可能としている。

また定性的な解析と定量的な解析の両者からアプローチすることで、ランク付けされた影響度と発生確率を関連づけてより確度の高い評価を進める手法も適用される。

### 4 設備診断技術の概要

RBI の手法を確立する基礎として設備診断技術が挙げられる。設備の劣化を具体的に把握するための手順とその評価方法が整理されている。診断では稼働状態の正常、異常を判断するためのセンサーが設置され異常の検出を確

実にすることが前提となり設備の将来を予測する技術が必要となる。

設備診断の基本3機能として、機能劣化をもたらす原因となるストレス変数、内部の劣化や異常を示す内部状態変数、さらに設備の性能や機能として表現される性能パラメータがある。これら3状態変数を如何に測定し、現在の稼働状態を正確に把握し、将来を予測する技術と言える。得られた診断情報から故障原因となるストレスを監視し、除去することで劣化防止に当たり、原因系に診断技術を適用する考え方が取り入れられている。

設備診断の基本5ステップが挙げられ、これを踏襲するための固有技術も開発が進められている。第1ステップとしてプラントの状態変数(振動、音、温度、電流、ガス成分、潤滑油粘度等)機械的、化学的な状態変数を正確に測定する。第2に測定した状態変数から異常を検知するため信号に変換する処理をする。第3に正常な稼働時のデータをもとにパラメータを計算し異常に対応したベクトルを定義する。第4に以上の種類を同定するため、マッチング技術を採用して測定データとの照合を行う。第5に異常の程度を推定しその破壊の時期を予測する。設備診断が確実に実施されることでその結果保全に必要な資源、投資のレベルをリスクに対応したものとして実践することが可能となる。

### 5 .まとめ

プロセスプラントでは内部流体の化学的なストレスが過酷な環境となり、構造材料も含めて劣化も多様で材料技術と合わせて保全技術の確立が望まれる。損傷による重大な事故の発生は生産活動に損失を与えるばかりでなく、環境への影響や社会的負担をも増加させる。損傷によるリスクをもとに保全技術の適用を考える場合、設備の状態を如何に確実に監視、把握してゆくか、RBI の基本的な技術開発がさらに必要とされる。

#### 「参考文献」

- 1)大野茂, 酒井哲也:「鋼構造物へのRBM適用における課題」日本大学生産工学部第38回学術講演会(2005)
- 2)富士彰夫, 弥富政享, 高橋潤:「RBM(リスクベースメンテナンス)の実機への適用」防錆管理, Vol.49, No.8, (2005) pp.304 - 310
- 3)大島栄治監修, 設備管理技術事典, 産業技術サービスセンター, (2003), pp.56 - 73