

# 投資利益率(ROI)の視点

## オンライン状態監視システムの評価

作成者: Jost-A. Anderhub, PROGNOT Systems GmbH

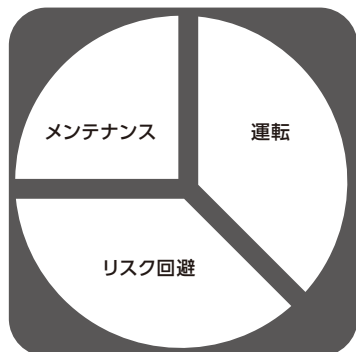
### はじめに

プラントオペレーターは、状態監視(CM)プログラムを起動する前に、機器の稼働時間を増やす、重要機器の損傷を予防する、機械故障による作業者への影響を最低限にする、製品の品質を向上させるといった目標を定める必要があります。

関連機器の総合的な調査を実施し、運転特性およびメンテナンス記録を確認するのが最も良い始め方です。継続的な状態監視の主な計測対象としては、次の機器が挙げられます。

- 1日24時間稼働する機器
- 生産プロセス(例: 単一ラインプロセス)にとって重要な機能を実行する機器
- 故障の影響が大きい機器
- メンテナンス費用が高額な機器
- 人身事故や環境汚染のリスクがある機器

この例には、連続運転環境で使用される機器が含まれます。例えば、樹脂の生産では、運転停止により生産全体が機能しなくなることがあります。故障の影響が大きい機器には、タービン発電機、および危険な環境にある機器が含まれます。また、鉱山、セメント工場、肥料プラントのような厳しい運転環境が原因で頻繁に障害が発生する機器も考慮の対象です。



投資利益率(ROI)に影響を与える  
3つの異なる要因の共有

### 視点 1：運転上のメリット

状態監視システムは次に挙げる効果をもたらします。

- 機器の稼働時間の増加
- MTBM(平均保守時間)の増加
- 部品寿命の最大化
- 生産率
- プロセスとプラントの総合的な運用効果の最適化(OOE)

例:

- 継続的な監視により、一部の値(例: 振動)が良好ではない状態でも、計画停止まで機械を稼働することができます。
- 性能診断により、プロセスマネージャーは、エネルギーコストを削減し、資産効率を向上させることができます。
- バルブ、シール、配管の漏れを早期に検出することで、環境汚染に対するペナルティを軽減します。
- システムベンダーが顧客システムのデータにリモートアクセスすることで、顧客は専門家によるサポートを受けることができます。また、システムの設置場所に赴くお金と時間を無駄にすることなく、完璧なシステム調整を行います。FPSO、LNG船などの海洋用途に特に関連しています。

## 視点 2：メンテナンス上のメリット

状態監視システムは次に挙げる効果をもたらします。

- ・ メンテナンス関連のコスト — 作業指示の削減、ターゲットを絞った活動
- ・ 従来のオフラインで行われてきた予知保全(費用がかさむ外部の専門業者への委託)の代替
- ・ 作業時間および関連コストの削減
- ・ MTTR(平均整備時間)の短縮: 時間とコストのかかる重大損傷を回避。不良部品に関連した知見を活かし、試行錯誤することなく、より対象を絞った修理作業を実施。
- ・ 予備部品在庫用の資材費用を削減

## 視点 3：リスク回避

「リスク」は、「被害の大きさ」と「被害の発生確率(または頻度)」という2つの要因の積で表されます。財務面では被害の大きさを「被害(想定)額」として通貨単位で示します。

例えば、コンプレッサーに致命的損傷が発生した場合の被害想定額が、生産損失と人件費および予備部品で 2,000万円になるとします。

10年に1回の頻度でこのような損傷が発生する場合、リスクは1年あたり 200万円 となります。2年に1回の頻度で発生する場合、毎年のリスクは 1,000万円 になります。

状態監視を行うことで、致命的な損傷を未然に防ぎ、コストを削減したり、不良箇所およびすべての関連部品のリアルタイムかつ継続的な診断で故障頻度を大幅に減らせたりします。

投資利益率(ROI)の計算を始める際、機器損傷のリスクには次に挙げる重要度の段階があることを考慮する必要があります。

- ・ 通常の損失(計画停止の間に発生する生産ロスおよびメンテナンスにまつわるコスト)
- ・ 推定最大損失(大規模なメンテナンス、または関連する生産損失をもたらす新しく導入した機器のコスト)
- ・ 想定外の最大損失(機械の大規模損傷、製品の損失、HSE問題、環境汚染、火災、業務の中断)

## それは価値ある投資ですか？

状態監視システムは、理論上、機器のダウンタイムとメンテナンス労力の両方を削減します。大半の状態監視システムは、振動ベースであり、損傷発生ごとのダウンタイムが非常に長い部品に焦点を当てています。状態監視への投資の財務的正当性に関する多くの研究が行われていますが、システムは完璧であり、何らかの切迫した損傷が発生する前にユーザーに知らせることを前提としています。しかしながら、その前提に基づかないケースがあります。例えば誤った警報や不良の見逃しによりコストが発生する場合はこれにあたります。このような点が運用・保守に与える影響は、投資回収期間が長引くにつれ、問題の一部になっていきます。

予知保全システムに投資する際には、経済的なインセンティブを評価する方法が2つあります。

**回収期間**は、所定の期間内にシステムへの投資金額が回収されるか否かを示します。その結果は時間で表されます(年/月)。

$$\frac{\text{システムへの投資額}}{\text{投資の回収金額(1年あたり)}} = \frac{1,400\text{万円}}{1,000\text{万円}} = 1.4\text{年}$$

回収期間の計算式結果は時間で表されます

「投資利益率(ROI)」では、費やしたお金に関する所定期間内の投資のリターン額を計算します。ROIを計算するには、時間枠内での投資のリターン(または利益)を投資のコストで割り、その結果を比率または割合として表します。

$$\frac{\text{期間Aの投資のリターン額}}{\text{投資金額}} = \text{ROI}_A = \frac{5,160\text{万円}}{4,000\text{万円}} = 1.29\text{年}_{12\text{カ月}} = 129\%$$

ROIの計算式結果はパーセンテージで表されます

オペレーターは、いかなる場合も、見つかった損傷に関連するすべてのコストと労力を正確に合計した上で、計算しなければなりません。

## 利益の計算

投資額を増やすことは、収益性評価においては容易なことです。それ以上に重要で、チャレンジするべきは、状態監視システムによって得られた利益を現実的に計算することです。

4つのカテゴリーを検討する必要があります。

### 生産性(生産損失)

決定するのが最も困難な要因は、おそらくこのコストでしょう。しかしながら、ダウンタイムの削減は平均して会社のコスト削減額の60~70%を占めており、この点を考慮することは重要です。

生産損失に関する金額は、機器の種類に依拠します。例えば、1時間あたり 100万円 相当の製品を製造する機械の場合、この機械のベアリングの故障を防ぐことで、5時間におよぶダウンタイムと 500万円 相当の生産損失を回避することができます。

### 人件費

特定の機器に関連した人件費とその削減額を計算する最も簡単な方法は、前年の修理記録です。予め想定していた修理と計画外の修理に費やした時間は、企業が状態監視システム導入後にどの程度の時間を節約することができるかを示す現実的な指標となります。

### 予備部品コスト

機器のメンテナンス記録は、バルブ、ベアリング、ギアなどの交換部品のコストを決定するのに役立ちます。

### 消費動力

通常はメンテナンス記録に含まれていないため、この評価はやや困難です。しかし、機器効率を向上させれば大幅に駆動エネルギーコストを削減することができます。

状態監視システムへの投資回収効果は、以下の要因に左右されます。

- ・ 製造している製品の種類
- ・ 過去のダウンタイムの発生数
- ・ システムの実行・使用頻度

いくつかのケースにおいて、システム導入企業は本体やトレーニングへの投資を、初回導入から数ヶ月以内に回収することができます。1年以内に、投資額の4~5倍ものリターンを獲得する場合があります。往復動機械のたった1つの致命的損傷を回避するために、フルスペックの状態監視システムを導入し、数週間以内にその代金を支払うオペレーターがいます。

特に状態監視の分野においては、新設した機械の初回起動中、大規模なオーバーホール後、またはメインプロセス変更後が投資に対する回収がしやすいことを実績が示しています。その他のケースにおいては、最初の数ヶ月の間にリターンを得られることは、ほとんどまたは全くありません。さらに、新設した機械の問題が特定され、診断を受け、短期間で対策を実施することになった場合、初期の数ヶ月の間にメンテナンスコストが増加する可能性があります。しかし、このような初期の問題が解消されれば、メンテナンスコストは大幅に下がり、低費用を維持できます。

数ヶ月たってもシステム利用によるリターンが得られない場合は、それがどのように実装されているかの再検討や、以下の点の見直しが必要かもしれません。

- ・ システムユーザーのトレーニング状況
- ・ すべての警告のしきい値の適切な調整
- ・ すべてのシステムの機能と能力のフル活用
- ・ 診断結果が正しく伝わっていない、もしくは無視されている

オペレーターに必要とされること、それはシステムから受け取ったメッセージや診断結果を、最終的には信頼することです。摩耗など、致命的ではない不良、機械の異常をシステムが検出した場合には、オペレーターは無理して継続運転をするのではなく、機械を停止して開放するべきです。次に予定されているシャットダウンまで、可能な限り長く機器を稼働させ続けるために、トレンドデータに目を向けることもオペレーターの重要なタスクです。他の例を挙げますと、新品部品に交換、再起動後の数時間で部品不良が発生していることが確認された場合、タイムベースメンテナンス (TBM:時間基準保全)であれば、オペレーターが任意で運転停止することはないでしょう。しかしながら、状態監視システムであれば、致命的損傷を回避するために機械を緊急停止するかもしれません。これは、コンディションベースメンテナンス(CBM:状態基準保全)とは何かを示しています—必要と判断した時に、対応するということです。

## 総所有コスト(TCO)の計算

継続的なモニタリングには、オンラインデータの取得と解析を行うシステム本体に加え、設置のための大規模な投資が必要となります。総所有コストを正確に評価するために、オペレーターは、以下の投資を考慮する必要があります。

- ・ システムエンジニアの設置作業
- ・ フィールド機器(センサ、ケーブルなど)
- ・ 状態監視・診断システム(ハードおよびソフトウェア、インストール、ソフトウェアのライセンス)
- ・ ユーザーのトレーニング、およびアフターサポート契約(必要な場合)
- ・ システムメンテナンス(センサ交換、ソフトウェアアップデート)
- ・ 外部の専門スタッフからのサポートの必要性

## 状態監視システム要件

想定されるコストに加え、最も重要な問いは、「私たちのニーズを満たす、最適なシステムは何ですか?」です。

状態監視システムは、数十年前から身近にあり、ポータブル型装置からニューラルネットワーク機能を備えたオンライン診断システムに至るまで様々な種類があります。新しい技術的特徴、システム能力、そして最終的には診断結果の信頼性の継続的な進歩により、このようなシステムの価格は上昇し続けましたが、同時に継続的なオンライン監視の対象となる生産資産(機械)の数も増加しました。生産性の高い計画を実行したり、障害を取り除いたりするには、より生産性の高い機械が必要です。現状、旧式の予備機も稼働しており、製造プロセスにおいて不可欠な存在となっています。プラントオペレーターは、利用可能な予備機が少ない状況下で生産目標の達成を求められており、今まで以上に機械の継続運転の必要性が高まっています。これらの課題に向き合うため、産業界における状態監視システムおよびプログラムの必要性、重要性はますます高まっているといえます。

## 機械の重要度

適切なモニタリング技術や要件を特定するため、機械の重要度は初めに検討すべきポイントです。重要度を定義する要因の一つに、よく知られているリスクマトリックスがあります(下図参照)。先述した2つのリスク要因「被害の大きさ」と「被害の発生確率(または頻度)」を用います。

		被害の大きさ				
		非常に小さい	小規模	中規模	大規模	極度に大きい
被害の発生確率(頻度)	めったにない	低	低	低	低	低
	可能性が低い	低	低	中	中	中
	中程度の可能性	低	中	中	中	高
	可能性が高い	中	中	中	高	高
	可能性が非常に高い	中	中	高	高	高

リスクアセスメントとは、挑戦的かつ複雑なタスクです。それでも、重要度という視点を持ち、私たちは以下のような側面を考慮する必要があります。

- ・ プロセスレイアウト(単一ラインまたは複数ライン)
- ・ 生産損失が発生した場合に失われる利益(1時間あたり)
- ・ 不良発生した機械の下流側で生産を続けるために必要な予備調達費
- ・ 機器不良によって生じるシャットダウンと起動に要する時間と費用
- ・ 機械の冗長化(予備機の保有)
- ・ 評価された資産の平均MTTR
- ・ 機械の損傷発生履歴
- ・ メンテナンスの専門家への委託、ツールの利用

## 状態監視技術の選択

重要度と状態監視システム要件との相関を示す1つの方法として、下図のグラフが用いられます。資産が重要になればなるほど、差し迫ったあらゆる損傷の検出、コストのかかる致命的損傷の回避が求められます。それに伴い、より高度な状態監視技術が必要とされます。

