

最新保全技術研究会

第Ⅱ期 報告書

2007年3月

社団法人日本プラントメンテナンス協会

「最新保全技術研究会」と 「第Ⅱ期報告書」発刊について

主査 豊田 利夫

本研究会の設立目的は、最新の保全技術を調査研究し、社団法人日本プラントメンテナンス協会（以下、JIPM）の会員諸企業など産業界に提供することにより、当該企業のみでなく日本の保全技術の向上に資することである。

JIPM会員企業をはじめとする産業界の積極的な御支援と御鞭撻、ならびに研究成果の御活用をお願い申し上げます。

1. 最新保全技術研究会「第Ⅱ期報告書」CD-ROM発刊について

本報告書は、2006年4月～2007年2月の研究活動結果をまとめ、CD-ROMとして発刊するものである。当該期は、研究会の第Ⅱ期にあたる。

なお、第Ⅰ期（2005年7月～2006年2月）は「第Ⅰ期報告書」CD-ROMとして、2006年3月に発刊している。

2. 研究会の体制

上記目的達成のため「最新保全技術研究会」（以下「本研究会」と称する）の運営は下記による。

(1) 本研究会の活動内容の概要

本研究会は上記の目的を達成するため、当該分野の学術経験者や専門企業委員による専門部会により、高い専門性を維持した最新保全技術の調査研究に当たっている。

2006年度の専門部会は下記の4部会である。

- ・第1部会—改良保全技術研究部会
- ・第2部会—保全管理&解析技術研究部会
- ・第3部会—予知保全技術（回転機械）研究部会
- ・第4部会—予知保全技術（静止機械）研究部会

(2) 本研究会の活動内容の報告

本研究会の調査研究成果は、

- ① 研究調査内容の研究会内部発表と評価
- ② JIPM会員企業などの参加をお願いしての外部報告と意見交換
- ③ 該当年度の設備管理全国大会での研究調査内容の報告
- ④ JIPMより該当年度の「最新保全技術に関する研究調査報告書」の発刊
- ⑤ そのほか研究会での報告など

による。

(3) 調査研究内容

2006～2007年度の研究テーマと研究部会の構成を、表－1に示す。

(4) 第II期の研究委員

本研究会の第II期に参画した研究委員を、表－2に示す。

表－1 第II期の研究テーマと研究部会

専門部会	研究テーマ
<p>第1部会 「改良保全技術研究部会」</p> <p>プロアクティブ保全(改良保全)、MP設計、最新の整備補修に関わる最新技術の調査研究報告</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 改良保全&修復技術の最新動向の調査研究 2. バランシング技術(省エネ効果、寿命延長効果含む) 3. アライメント技術(省エネ効果、寿命延長効果含む) 4. 溶接・溶射・肉盛り他 5. 耐摩耗・耐腐食材料技術(機械要素の耐摩耗含む) 6. コーティング技術 7. プロアクティブ保全(改良保全の米国版) <ol style="list-style-type: none"> 7-1 潤滑・油圧システム 7-2 空気システム 7-3 蒸気システム
<p>第2部会 「保安全管理&解析手法研究部会」</p> <p>保安全管理に関わる解析手法、およびソフトウェアに関する調査研究</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. リスクベース検査(RBI) / リスクベース保全(RBM) (Risk Based Inspection RBI and Risk Based Maintenance RBM) <ol style="list-style-type: none"> 1-1 RBI / RBMの概念 1-2 RBI解析ソフトウェア 1-3 RBI / RBMの導入事例と効果 2. RCM(Reliability Centered Maintenance) <ol style="list-style-type: none"> 2-1 RCMの概念 2-2 RCMの導入と効果事例 2-3 RCA(Root Cause Failure Analysis) 2-4 FMEA(Failure Mode Effect Analysis) 3. プラント資産管理ソフト (CMMS / EAM / PAM - Computerized Maintenance Management : CMMS / Enterprise Asset Management : EAM / Plant Asset Management : PAM) <ol style="list-style-type: none"> 3-1 CMMSの状況 3-2 CMMS効果と事例 3-3 EAMシステムの概念 3-4 EAMの事例と効果 3-5 PAMの概念 3-6 PAMの事例と効果紹介
<p>第3部会 「予知保全技術(動機械)研究部会」</p> <p>動機械に関わる予知保全技術の最新潮流の調査研究</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 回転機械・往復動機械の監視診断技術 2. 遠隔メンテ・遠隔診断システム 3. 電気機械診断技術→電流微候解析技術(MCSA) 4. 性能エネルギー監視診断 5. プロセス&品質監視診断技術 6. 動機械の省エネルギー診断システム、機器 7. 最新寿命予測技術 8. 回転機械監視診断に係わるISO規格の紹介
<p>第4部会 「予知保全技術(静止機械)研究部会」</p> <p>静止構造物の監視診断&検査に関わる最新技術の調査報告</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. 静止構造物の保安全管理技術の最新動向 2. 遠隔監視システム(ビル建築・構造物) 3. 物疲労検出監視(橋梁診断技術、疲労センサ) 4. 物・構造物・橋梁(建物診断技術) 5. 塔槽類・ボイラ・熱交換 6. 静止機械の性能効率診断システム、機器 7. 静止機械の省エネルギー診断システム、機器 8. 管路監視技術 9. 応力腐食割れ事例と対策 10. 耐震診断

表-2 第II期研究委員

2006年度「最新保全技術研究会」名簿

主査 豊田利夫(日本診断工学研究所)
副主査 天川一彦(社団法人日本プラントメンテナンス協会)
陣山 鵬(三重大学)

第1部会

部会長 安西敏雄(九州工業大学)
委員 四阿佳昭(新日本製鉄株式会社)
前田貞夫(株式会社前田シェルサービス)
八木聡(株式会社ティエルブイ)
里永憲昭(昭和エンジニアリング株式会社)

第2部会

部会長 河部佳樹(日本ベントリー株式会社)
委員 横野智明(有限会社ティティエス)
功刀健二(出光エンジニアリング株式会社)
菊地尚美(MROソフトウェアジャパン株式会社)
川内 陽志生(東洋エンジニアリング株式会社)
三苫哲郎(三井化学株式会社)

第3部会

部会長 陣山 鵬(三重大学)
委員 村山恒実(新日本製鉄株式会社)
津国康光(コロコートテクノス)
松本和夫(株式会社ティエルブイ)
小林伸二(JFEメカニカル株式会社)
福永辰也(旭化成エンジニアリング株式会社)
和田和実(ニッテツ八幡エンジニアリング株式会社)

第4部会

部会長 佐藤信義(旭化成エンジニアリング株式会社)
委員 村岸治(川崎重工業株式会社)
永溝久志(三菱化学エンジニアリング株式会社)
脇部康彦(新日本非破壊検査株式会社)

事務局 若槻茂(社団法人日本プラントメンテナンス協会)

3. 第II期(2006年度)の活動報告

(1) 研究体制

上記のように、以下の4つの研究部会を設置した。

- ・第1部会—改良保全技術研究部会
- ・第2部会—保全管理&解析技術研究部会
- ・第3部会—予知保全技術(回転機械)研究部会
- ・第4部会—予知保全技術(静止機械)研究部会

この研究部会のそれぞれから、JIPM会員にとって有益と考えられる技術事例を、技術発表および本報告書としてまとめた。

(2) 研究会(研究発表会)の開催

① 平成18年度第1回「最新保全技術研究会」

日時:2006年4月27日(木) 13:00～17:20

会場:JIPMセミナールーム

参加:委員13名

研究発表:

- ・陣山鵬(三重大大学):設備診断の研究の現状
- ・佐藤信義(旭化成エンジニアリング):高経年設備のメンテナンスの基礎と応用
- ・豊田利夫(日本診断工学研究所):保全技術の最新潮流

② 最新保全技術研究会研究発表会(平成18年度第2回「最新保全技術研究会」)

日時:2006年7月28日(金) 10:00～16:00

会場:機械振興会館6-67室

参加:80名(外部参加者60名、委員20名)

研究発表:

- ・豊田利夫(日本診断工学研究所):最新保全技術の流れと本研究活動について
- ・四阿佳昭(新日本製鉄):油圧システムのプロアクティブメンテナンス事例
- ・八木聡(ティエルブイ):回転機械部品の寿命に及ぼす芯出しの影響
- ・上田卓(コロコートジャパン):ポンプのコーティングによるプロアクティブメンテナンス
- ・清野聡(MROソフトウエアジャパン):最新のEAMシステムの紹介
- ・陣山鵬(三重大大学):最新診断装置システムの概要および信号処理法
- ・村山恒実(新日本製鉄):設備診断システムにおける電流診断の活用事例
- ・永溝久志(三菱化学エンジニアリング):化学プラントの配管管理・検査技術について

③ 第46回「設備管理全国大会」での発表(平成18年度第3回「最新保全技術研究会」)

日時:2006年12月6日(木) 13:30～17:00

会場:ワークピア横浜「くじゃく」

研究発表:

- ・ 豊田利夫(日本診断工学研究所):最新の予知保全技術の動向紹介
 - ・ 佐藤信義(旭化成エンジニアリング):プラント設備の耐震診断
 - ・ 脇部康彦(新日本非破壊検査):ボイラチューブのガイドウェーブによる超音波探傷システムについて
 - ・ 安西敏雄(九州工業大学大学院):ステンレス鋼の微生物腐食の診断とその課題
 - ・ 前田貞夫(前田シェルサービス):圧縮エアフィルターのプロアクティブメンテナンス
 - ・ 三苦哲郎(三井化学):多変量統計解析による回転機械の状態判定基準値の決定法
 - ・ 陣山鵬(三重大学):ポンプの統括的性能・異常診断方法について
- この他、各研究分科会は研究部会長のもとに数度開催された。

(3) 研究部会長会議

主査、副主査、研究部会長により、3回の会議を開催した。

日時:2006年8月25日、11月13日、2007年2月8日

場所:JIPM会議室

議題:研究・発表の企画および研究会の運営について

4. 第Ⅲ期(2007年度)の活動予定

2007年度は、2006年度と同様のスタンスで活動を行っていくが、今年度の各研究部会共通のテーマとして、「改良保全／プロアクティブメンテナンスに役立つ技術」を設定した。

(1) 研究体制

第Ⅲ期の体制は、第Ⅱ期と同様の4つの研究部会を設置し活動を行っていく。

(2) 第Ⅲ期研究会の開催と主な活動予定

〔春期〕研究会メンバーが参加する。数事例を発表し、それについて討論する。

日時:2007年5月11日(金) 13:00～17:30を予定

場所:JIPMセミナールーム

〔夏期〕2007年研究会以外のメンバーが参加できるオープンな会を開催する。中心となるテーマを「改良保全／プロアクティブメンテナンスに役立つ技術」とする予定である。

日時:2007年8月2日(木) 10:00～17:00を予定

場所:機械振興会館B3研修室-1

〔秋期〕研究会メンバーが参加する。数事例を発表し、それについて討論する。

日時:2007年11月29日(木) 13:00～17:30を予定

場所:JIPMセミナールーム

〔冬期〕第47回設備管理全国大会で発表する

(3) 研究報告書の発刊

第Ⅲ期報告書を発刊する。

5. 戦略的保全マネジメントシステム構築研究との関係

JIPMでは、技術を含む設備管理の全体を対象とした「経営に資する戦略的マネジメントシステム(MOSMS / Maintenance Optimum Strategic Management System)の構築」研究を開始している。本「最新保全技術研究」は、技術研究を対象として独立した研究会であるが、MOSMS研究との関連性は非常に深い。

(1) MOSMSに関わるJIPM研究

MOSMSに関わるJIPM研究は、MOSMS構築自体の研究、保全技術の研究、リスクに関わる研究及びこれら全体に関する実態調査がある。このことは、次のような主旨で関連付けられている。『「企業の永続的な経営を可能にし、経営者、従業員、顧客、株主などの利害関係者(ステークホルダー)の利益を最大にするために、プラントおよび設備の全ライフサイクルの各段階で期待される機能を保ち、それによってサイト内・外のロス・リスク低減に寄与する役割および組織的機能」を「保全」と考える。経営上のロス・リスク低減を、もっとも効果的に図る有効な管理サイクルを仕組みとして構築するために、①経営上のロス・リスクマネジメントに基づく仕組みづくりのコンセプトの研究、②仕組みづくりの具体的な手順の研究、③仕組みで活用される管理技術(リスク)および固有技術(保全技術)の研究、④応用化研究(実証的側面)および経営環境を把握するための⑤実態調査を行う』

(2) MOSMSの進化を促す「最新保全技術研究」

MOSMSのコンセプトは、2006年7月に『経営のための保全学』としてまとめられ、発刊されている。

事故・災害の発生、スキル保持者激減、品質保証などへのリスク対策は、保全部門だけではなく、“経営的な”設備保全の課題といえる。これらの産業界の課題に応えるため、「ロスとリスク」を一貫した概念としてとらえ、合理的な保全体制を構築するためにMOSMSの構築として研究が開始された。

保全が経営戦略と一体化するためには、経営論と技術論をマッチングさせた計画が作られ、その「計画主導」で保全が実行されなくてはならない。すなわち、保全マネジメントの要素が不可欠になってくる。このことは、経営と保全が同じ土俵で保全の計画をつくる機能(『保全グランドデザイン』と呼ぶ)が仕組みとして必要であることを意味している。

この保全グランドデザインをキーポイントとして保全体制を再構築することが、現在企業における急務であり、普遍的なプログラムとして開発し、産業界に普及していくことが重要である。

そこでは、「新しい保全技術、保全方式の研究」「プラントの危機管理の研究」「企業フィールドを用いた実証的研究からの分析」などの専門分野の研究が関係し、それらの研究成果をMOSMSに組み込んでいく発想をとっている。これは、MOSMSが全体としては1つの総体であるが、専門分野における研究を、MOSMSから見て“構成ユニット”にとらえているためである。すなわち、「最新保全技術研究会」における研究は、MOSMSにとって、具体的な「新しい保全技術ユニット」である。

また、「最新保全技術研究会」が常に時代を反映した技術をとらえていることが、MOSMSの進化に直結しているともいえる。

目次

■最新保全技術研究会(総論)■

「プロアクティブ保全」導入の効果 11

工学博士/日本診断工学研究所 代表研究者 豊田利夫

1. プロアクティブ保全 (Proactive Maintenance) の概念 11
2. 潤滑油圧系統のプロアクティブ保全 13
3. 回転機械のプロアクティブ保全 15
4. 転り軸受のプロアクティブ保全 17
5. シール類のプロアクティブ保全 19
6. プロアクティブ保全の効果事例と導入状況 21
7. おわりに 22

■改良保全研究部会■

ポンプのコーティングによるプロアクティブメンテナンス 23

The Proactive Maintenance of Pump , by High-Tech-Coating “FLUIGLIDE”

コロコートジャパン株式会社 技術課長 上田卓

1. はじめに 23
2. 究極のプロアクティブメンテナンスをポンプで実現 23
3. ポンプとポンプシステムの浪費 24
4. ポンプ整備 24
5. 『フルグライド (Fluiglide)』 26
6. 『フルグライド・コーティング』したポンプの性能検証 28
7. 『フルグライド・コーティング』の経年劣化 29
8. 『フルグライド』の更なるメリット 30
9. おわりに 30

圧縮エアフィルターのプロアクティブメンテナンス 31

株式会社前田シェルサービス 代表取締役 前田貞夫 開発部長 遠藤賢次

1. 汚染された圧縮空気の影響 31
2. 効果事例 31
3. エアフィルター保全の必要性 32
4. 圧縮エアフィルターのプロアクティブメンテナンス 33
5. エアフィルターの構造と性能 34
6. 新たなる保全体制 35
7. 終わりに 36

■保安全管理&解析技術研究部会■

最新EAM (Enterprise Asset Management : 戦略的資産管理) システム 37

MROソフトウェア・ジャパン株式会社 MAXIMOTM5 認定コンサルタント 清野聡

1. 国々の文化の違い	37
2. J-SOX 法と資産の保全	38
3. 内部統制と成熟度モデル	40
4. 保安全管理プロセスの確立	42
5. 戦略的資産管理システム『MAXIMO』の成功要因	43
6. 結論	44

■予知保全技術 (回転機械) 研究部会■

最新の保全戦略と予知保全技術の紹介 45

三重大学大学院 共生環境学専攻教授 陳山鵬

株式会社エクストラネット・システムズ 取締役社長 山本隆義

1. はじめに	45
2. ポンプ統括的性能診断システム	45
3. ポンプ性能と機械的・流動状態の統括的診断	46
4. ポンプシステム実験設備および診断法	46
5. ポンプ統括的性能診断 (PPM) サービスの展開	51
6. おわりに	51

実用的な電流診断 53

—設備診断システムによる電流診断活用事例—

新日本製鐵株式会社 技術開発本部 村山恒実

1. はじめに	53
2. 設備診断システムの概要	53
3. 設備診断の活用事例	56
4. おわりに	59

多変量統計解析による回転機械の状態判定基準の決定法 61

Vibration Criterion for Rotating Machinery Monitoring by Multivariate Analysis

三井化学株式会社 大阪工場 三笥 哲郎

三重大学 教授 陳山鵬

1. 振動値管理の現状	61
2. 解析データ	63
3. 解析結果	63
4. 多変量解析による判定基準決定法	64
5. 考察	68

6. 検証	69
7. まとめ	70

■予知保全技術(静止機械)研究会■

化学プラントの配管管理・検査技術について **71**

三菱化学エンジニアリング株式会社 メンテナンス技術部 永溝久志

1. はじめに	71
2. 配管管理	71
3. 検査技術	77
4. おわりに	78

ボイラチューブのガイドウェーブによる超音波探傷システムについて **79**

Ultrasonic guided wave testing system for boiler tube

新日本非破壊検査株式会社 脇部康彦 今川幸久
九州電力株式会社 金谷章宏 楠元淳一 工藤優一

1. 緒言	79
2. ガイドウェーブ	79
3. 電磁超音波センサ	80
4. 試験方法	80
5. 試験概要及び結果	80
6. 結言	85

ステンレス鋼の微生物腐食の診断とその課題 **87**

九州工業大学 大学院生命体工学研究科 安西 敏雄

1. 緒論	87
2. ステンレス鋼のMIC事例とその特徴	88
3. 事例水のMIC誘起性と再現試験の有効性	89
4. 事例水からの細菌の単離・同定とその細菌の腐食性	91
5. ダム貯水池での暴露試験によるMICの検証	92
6. 結論	95

「プロアクティブ保全」導入の効果

工学博士／日本診断工学研究所 代表研究者 豊田 利夫

環境問題や地球温暖化問題の熾烈化に伴い、資源回収型省エネルギー産業構造への転換が必然的な要求となっている。また 21 世紀には、従来の生産プラントの保安全管理の重要性に加えて、橋梁、隧道、ダム、上下水道等の公共インフラ設備が建設から保全の時代へ突入すると言われており、IT時代の到来とあいまって、遠隔保全 (Remote Maintenance) を中心とした新しい保全技術と設備管理ソリューションの様相が一変しつつある。

ここでは、2006 年度 最新保全技術研究会で実施した研究調査のうち、保全実務に有効に活用可能と思われる「プロアクティブ保全」とその効果の要点を報告する。

1. プロアクティブ保全 (Proactive Maintenance) の概念 ^{[1][2]}

(1) 劣化・故障防止の事前保全活動が「プロアクティブ保全」

現今の設備管理において、コスト削減の傾向は機械摩耗や故障の根本原因 (root causes) に焦点を絞ったメンテナンスソリューションに向いている。

デュポン (DuPont) 社によると、メンテナンスはプラントにおいて制御可能な最大の経費部門 (maintenance is the largest expenditure in a plant) であり、多くの企業でそれは年間の企業利益を超過している。

このような保全コストを削減するために、設備そのものを劣化させないことが重要であるとの考え方で、劣化や故障を防止するための事前保全活動を総称してプロアクティブ保全 (Proactive Maintenance: PRM) という。これは端的に言って「劣化防止型保全」である。

これに対して、故障や劣化を見付けて対応する保全を劣化に反応型保全 (Reactive Maintenance: RAM) という。

幾つかの欧米企業で、このプロアクティブ保全 PRM (Proactive Maintenance) を導入し、劇的な保全コストの削減が可能であることを報告して

いる。

その基本的考え方は、TPM でいう「原因系に遡れ！」ということであって、TPM の考え方に慣れた我々日本人には当然のことであるが、「設備診断技術を用いて、原因系のパラメータを科学的に監視診断し劣化や摩耗など故障原因を事前に除去せよ！」ということである。

(2) 「プロアクティブ (劣化防止型) 保全」と「リアクティブ (劣化反応型) 保全」

欧米の文献によると、「予知保全 PDM は故障の徴候を監視し除去するが、プロアクティブ保全 PRM は故障の原因を監視し除去する」とする。また、海外文献ではプロアクティブ保全を「故障事前活動」(Failure Proactive)、従来の予防保全を「故障反応型」(Failure Reactive) と表現している。

図-1 に、プロアクティブ保全 (Proactive Maintenance) の原理を示す。

すなわち、設備を劣化させる原因系パラメータ要素 (負荷、温度、環境、湿度など) を総称してストレスというが、劣化を事前に防止するためには、この原因系パラメータを事前に監視し除去または低減しなければならない。

すなわち、今後の予知保全では劣化現象や異常現象のみでなく、その原因系パラメータを監視、診断する必要がある。これを原因系

ポンプのコーティングによる プロアクティブメンテナンス

The Proactive Maintenance of Pump , by High-Tech-Coating “FLUIGLIDE”

コロコートジャパン株式会社 技術課長 上田卓

ポンプ性能サイト測定器『イエツメーター』による、稼働中ポンプデータの監視・採取によって、整備対象ポンプと整備戦略を科学的に選択・立案できる。また、整備に於いては、ポンプケーシング内面・インペラー表面の全接液表面に、ハイクォリティコーティング『フルグライド』を適用することにより、製造時性能を凌ぐポンプ効率を実現し、高性能が長期維持される。これによって、大幅な省エネ・メンテナンス費用削減が可能である。この生涯経費ミニマム化により経営に資する、設備安全管理、プロアクティブメンテナンスを紹介する。

1. はじめに

多くの産業プラントにおいて、流体の移送・圧送は基幹的プロセスであり、様々なプラントで日夜膨大な動力を消費続けている。

その代表ジャンルは飲料水・工業用水を供給、処理する「上下水ポンピングシステム」であり、もう一つは電力供給用発電プラントの「冷却水ポンピングシステム」である。これらの発生コストは消費者に転化されることもあり、省エネの究極に到達している訳ではない。

さらに、三つ目のジャンルは、製造業(含む自家発電)・地域冷暖房などの「冷却システムにおけるポンピングシステム」であるが、電力コストは製造原価にカウントされ末端価格(販売価格か?)に転化される。

ポンピングの電力コストは、製造原価の中での比率で捉えるとその割合は低く、無視されるケースが多い。しかし、実価格で捉えると、100kWのポンプが25年間フル稼働した場合、そのコストは2億円に達する。日本国内では40年以上稼働しているポンプが多く、当社の計測ポンプの平均容量が490kWであることから、巨額の電力コストがポンピング動力に費やされており、1%の電力削減をしても経営に資する効果は大きい。

2. 究極のプロアクティブメンテナンスをポンプで実現

2-1 原因系パラメータを科学的に監視・診断する

「プロアクティブメンテナンスは、設備診断技術を用いて、原因系のパラメータを科学的に監視・診断する」とされる。

①『イエツメーター』による整備前ポンプのサイト計測

熱力学的ポンプ性能サイト測定機『イエツメーター』(英国Advanced Energy Monitoring社製『Yatesmeter』:1982年日本に上陸)により、整備前ポンプをサイト計測し下記の処理・診断に供する。

- ・ポンプの全性能である全揚程・電力・吐出流量データを捉えData Sheet・Chart化する
- ・データ解析ソフト“PumpGrafx”により任意のデータポイントに於ける関連Dataの抽出
- ・プラントシステムカーブと単体運転・複数台運転データのコンピュータ抽出

②経営に資する戦略の提案

- ・ポンプ整備優先順位決定、性能低下原因の特定
- ・ポンプステーションに於ける、複数台運転の理想的運転形態の提案

圧縮エアフィルターの プロアクティブメンテナンス

株式会社前田シェルサービス 代表取締役 前田貞夫 開発部長 遠藤賢次

圧縮空気は機械、食品、医療などさまざまな分野で多く使用されている。しかし、エアコンプレッサーから排出される圧縮空気にはコンプレッサーオイルと錆、カーボン、さらに大気中の有害細菌と汚染物質などが多く含まれている。本稿では、圧縮空気に含まれる有害物質の影響と圧縮エアフィルター装着による効果を交えながら、設備管理に重要な圧縮空気のクリーン化とそのクリーンな空気を供給する圧縮エアフィルターのプロアクティブメンテナンスについて紹介する。

1. 汚染された圧縮空気の影響

エアコンプレッサーで使用される圧縮空気には、大気中の埃・黄砂・酸性雨・窒素酸化物・硫酸酸化物・ダイオキシン・排気ガス・ウイルス・バクテリアなどや、機械内部から排出される腐敗した油・水分・金属微粉・サビなどの有害汚染粒子が大量に含まれており、その粒子数は1リットルあたり60万個にもなる。

その粒子の大きさは、 $0.01\ \mu\sim 100\ \mu$ ほどの様々な大きさであり、共通して言えることとして、視覚では捉えられないことが挙げられる。そのため、これらの汚染物質が機械部に流れた込んだ結果、様々な故障が併発し、寿命短化の原因となっているのだが、実感として捉えにくい。

また、装置内に存在している菌類は、その温度と湿度によって増殖し、加工された食品や人体にも影響を及ぼす場合もある。

実際の配管内部の写真(図-1)を見てもらえばよくわかるのだが、配管内部は、カーボン・



図-1
配管内の汚染

オイル・錆などで溢れており、その原因となるのは圧縮空気である。

そのため、圧縮エアフィルターを設置する必要性があり、その設置効果により多くの問題が改善されるのである。

2. 効果事例

2-1 精密測定器での効果事例

三次元測定器や真円度測定器では、ベアリングに付着した微細なオイルが酸化して固化を引き起こし、測定精度の低下が発生していた。

これらの機器(図-2)は非常に高額であり、部品の取替えだけでも、数万~数十万円という多大な費用が掛かってしまう現状であった。

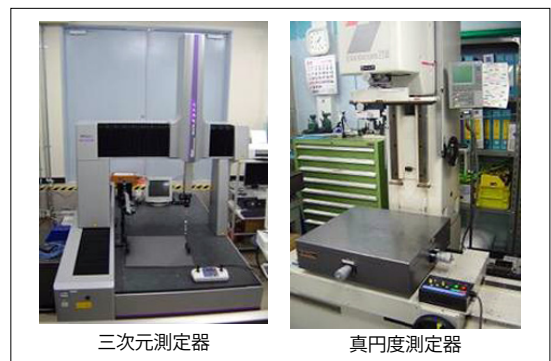


図-2 精密機器写真

最新EAM (Enterprise Asset Management : 戦略的資産管理) システム

MROソフトウェア・ジャパン株式会社 MAXIMO^{TM5} 認定コンサルタント 清野聡

昨今、報道紙面に企業の不祥事や事故の記事が大きく取り上げられるようになり、社会全体として保全が“公の議論”の対象になりつつある状況になってきた。これは報道機関の記事としての重要性の認識の変化によって、従来であれば地方紙で報じられるニュースが全国紙で報道されることにも起因するであろうが、実際の不祥事や事故の原因の多くが保全の管理に起因するものが多く、またその影響範囲の広範囲化も大きな要因であると考えられる。また政府機関も情報公開の推進、安全管理の強化を推進していく中、企業に求められるガバナンス、標準化、情報記録など、従来金銭的な分野で重要視されてきた管理項目が保全作業の管理に関しても求められるようになりつつある。本報告では米国で使用されている戦略的資産管理システム『MAXIMO』をご紹介します、今後のわが国における保全関連の関係者各位のご参考と企業経営陣各位の保全作業管理に関する重要性の再認識の一助となれば幸いです。

1. 国々の文化の違い

本報告では、米国と日本を比較することを議論の冒頭に行なう。これは、システムの理解と評価を行なうためには、その基本的な国々の環境を理解しておく必要があるからだ。他国で盛んに使用されているシステムを日本に単純に導入しても、必ずしも効果を得られないことはしばしば見受けらる。

表-1は、報告者の主観ではあるが、保全関連に関する各々の国の風土・文化・やり方を端的にまとめたものである。一見すると、日本の保全管理の体制が米国に勝っているように感じられる。しかし見方を変えると、以下のような問題点を提示することができるだろう。

(1) 設備・機器の品質

米国を訪れ、または米国の製品を取り扱ったことがある人は、全般的に「様々な製品の品質が日本に比べてよくない」と感じるものだ。

製品の品質という立場から評価すると、わが国が優れているということはいうまでもないが、保全作業を行っている担当者の立場から見ると違った問題点が見えてくる。設備の機能や品質が高まると、保全作業自体の機会が失われ(高品質なゆえに壊れない)、その製品の専門性が増すことによって、社内の一般保全員では修

理できないことが発生してしまう(高機能なゆえに触れられない)。

このことは、社内に真の保全のプロを育成する環境としてはマイナスに働くであろう。

(2) 保全体系

高度経済成長の黎明期には、戦後の物資・技術の不足の中で企業資産の維持・管理に多くの技術者が投入された。徒弟制度という日本独特の文化に支えられ、多くの優秀な技術者を輩出してきた。

この貴重な人的資源が、日本の高度経済成長を支えたことはいうまでもない。しかし、バブル経済の時期はプラントや工場の保全よりも新規の建設に多くの人的資源が割り当てられ、

表-1 日本と米国との風土の違い

	日本	米国
設備・機器の品質	高	中
保全体系	外注企業との請負契約	外注企業との人材派遣契約
技能継承	多能工	単能工(専門家)
作業員	自ら進んで作業を行なう	指示に従って作業を行なう

最新の保全戦略と予知保全技術の紹介

三重大学大学院 共生環境学専攻 教授 陳山 鵬
株式会社エクストラネット・システムズ 取締役社長 山本隆義

稼動中のポンプの性能と効率を電流、電圧、流量および圧力の計測により高精度で診断し、また、振動信号により機械的異常(アンバランス、ミスアライメント、軸受異常、インペラ損傷)および流体的異常(キャビテーション等)を精密に診断し、ポンプ内部での効率低下の要因が推定できる方法を理論的・実験的に検討した結果について報告する。また、これらの手法に基づいて研究開発したポンプ統括的性能・異常診断装置システム(Pump Performance Monitor: PPM)についても紹介する。

1. はじめに

本報告で紹介するポンプシステムの性能診断・異常診断の方法およびPPMにより、ポンプの流量・揚程・モーター電圧・電流を計測してポンプ効率や消費電力を把握し、振動センサによってポンプの様々な部位の健全性診断を行う。これに加えて、ミスアライメント量推定、キャビテーション発生検知など機械的損傷、流体異常と性能との関連を把握できるので、総合的、効率的な運転管理が可能となり、省エネルギーで安全運転が実現できる。

2. ポンプ統括的性能診断システム

本装置の全体構成を図-1に示す。同図においては、

- ・ 圧力センサ P_o, P_i : 出入口配管の既設圧力計タップを利用(異径ニップルへのねじ込みTピース形)
- ・ 超音波流量計 F : 検出器を出口配管外部にチェーン取付
- ・ 電力/電流センサ I, V : 電気盤内のケーブルにクランプ取付
- ・ 振動センサ: ポンプ本体/軸受/出入口配管に接着/ネジ込み

PPMシステムを各種プラントに常設し、対

象ポンプの性能計測・設備診断を自動で行い、そのトレンド状況や診断を行い、ポンプ性能改善や、動力節減の改修法についての情報を得ることを目的とするものである。主な計測・解析・診断する項目を下記する。

- ① ポンプ効率
- ② 消費電力量
- ③ 機械的状態診断(ミスアライメント、アンバランス、軸受状態等)
- ④ モーター電流診断
- ⑤ 流体異常(キャビテーション有無等)

このPPMを常設し、吸込トラブル(閉塞・キャビテーション)や過負荷・損傷・流量過不足等のダメージ保護システムとして活用する。

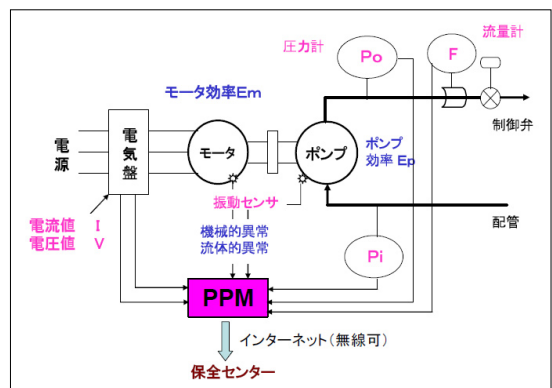


図-1 ポンプの統括的性能診断システム (Pump Performance Monitor)

実用的な電流診断

—設備診断システムによる電流診断活用事例—

新日本製鐵株式会社 技術開発本部 村山恒実

製鉄所のような膨大な設備が存在する装置産業では、これら設備を健全な状態に保ち保全コストを削減するため、設備の状態把握が不可欠であり、これを実現するものとして設備診断システムが導入されている。しかし、従来は振動や温度による診断が主体で、センサ数が多くシステム費用が増大するため、投資額の制限から診断点数を抑える必要があった。そこで、新日本製鐵では、これを解決する方策としてモータ電流を利用したマクロ診断を導入し異常の早期発見に活用している。本稿ではこの設備診断システムおよび電流診断事例について紹介する。

1. はじめに

鉄鋼製造設備は、巨大かつ複雑なシステムであり、自動化・高速化・連続化が進んでいるため、その維持・管理には極めて高度な保全技術・技術が必要である。一方、既存設備は老朽化が進んでおり、このように二極化した設備を整備できる人材も減少しているため、製品品質や歩留まりの低下ならびに設備故障の増加などによる生産・保全コストの増大が懸念されている。

これらの課題を解決し、設備の信頼性向上と保全コストの削減といった保全の近代化を達成するため、新日本製鐵では設備の状態を定量的に把握し、正しい保全アクションを決定する設備診断システムを開発・導入し、成果をあげている。

2. 設備診断システムの概要

機械設備の診断には振動診断が確立された技術として一般的に広く利用されている。しかし、多数の振動センサが必要なため導入コストが高く、センサ保守の負荷も大きいという問題がある。

そこで、膨大な設備の診断をローコストで実現するため、汎用設備や付帯設備には駆動電流を活用し、設備系全体の負荷状況を監視するマクロ診断を多用することにした。

一方、定量データがなく故障時の原因究明に長時間を要している課題解決のため、制御・設備情報を常時保存しておき、故障発生時のトラブル解析を支援するデータ解析支援機能の強化を図った。本機能は各種信号の細かな挙動を確認できるため、電流診断条件の決定には不可欠である。

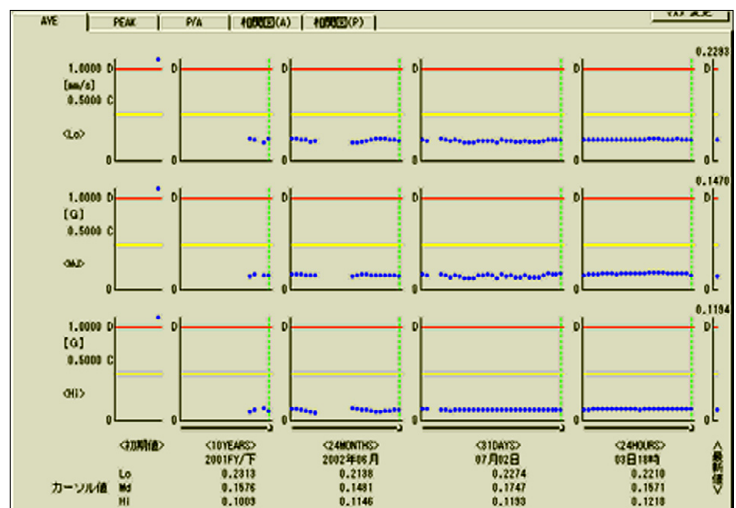


図-1 傾向管理グラフ(振動の例)

多変量統計解析による回転機械の 状態判定基準の決定法

Vibration Criterion for Rotating Machinery Monitoring by Multivariate Analysis

○ 三井化学株式会社 大阪工場 三笥 哲郎
三重大学 教授 陳山 鵬

本研究は、実際の石油化学プラントで稼動している回転機において測定された、20数年分の正常値データの分布を解析する事により、判定基準値を考察した。今回の研究により、次の事項が明らかになった。すなわち、①回転機の振動の絶対値基準値が、回転数・モータ出力・軸径から算出する事で、精度の高い基準値とする事を示した、②多変量解析を用いる事で、従来法に比べ精度の高い基準値算出式を示した、③速度値の絶対値基準値は、回転数や、モータ出力、あるいは軸径等によらず、一定とする方が実運用上精度の高い管理ができる可能性についてふれた。また、その基準値は3.2mm/sであった。

1. 振動値管理の現状

(1) 回転機設備における異常傾向検知の現状

回転機設備の異常は、「振動」「音響」「電流」等の様々なパラメータによって、検知できることが報告されており、それぞれの分野で研究が進んでいる⁽¹⁾。

これらの中で、振動は最も現場において受け入れられているパラメータであり、振動値管理を確立することは、回転機設備を維持管理していく上で、最も重要な要素であると考えられる⁽²⁾。

振動値管理が定着している、設備数約8000基の回転機を有する石油化学プラントにおける2001年から2006年の6年間に発生したトラブルについて、トラブル直前に測定した振動値と当該設備を正常時に測定した振動値の平均値の差異を式(1)によって見ると、図-1に示すように、明らかに正常値より振動値が高くなっていることがわかる。

$$\begin{aligned} \text{【振動値の差異】} &= \text{【正常時の平均振動値】} \\ &- \text{【トラブル直前の測定値】} \end{aligned} \quad (1)$$

このように、振動値が異常の兆候を検知できることはあきらかであり、振動値を適切に管理

することで、設備の異常を検知する事は十分可能なのである。これにより、予期せぬ設備損傷や設備自体が大きく大破する前に設備を補修することで、安全面あるいは設備の点検補修計画を加味した安定運転及び保全費用の最適化を図ることができるといえる。

(2) 回転機設備における振動値管理の現状

現在、多くの企業において、回転機設備における振動値管理が導入されている。

振動値管理は、簡易診断測定器により、振動波形の実行値(あるいは絶対値の平均値)を定期的に測定し、その傾向により、設備の異常を検知する「簡易診断」と呼ばれるものと、周波数解析を行い、設備の異常部位を特定する「精密診断」と呼ばれている方法の、2種類の方法が広く活用されている。いずれの方法も、振動の

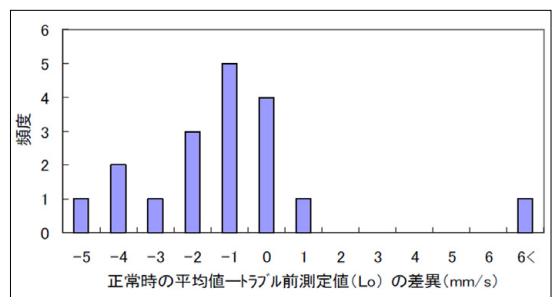


図-1 正常時平均とトラブル直前の測定値の差異

化学プラントの配管管理・検査技術について

三菱化学エンジニアリング株式会社 メンテナンス技術部 永溝久志

化学プラントは膨大な配管量を敷設しているが、老朽化が進み、その設備管理は益々重要になっている。当社では、設備管理シートを運用し設備信頼性の向上を図っている。また、検査技術の向上のため、独自技術の検討と世の中の技術調査を逐次行っている。ここでは、設備管理と検査技術についてその概要を紹介する。

1. はじめに

電力・鉄鋼・化学プラント等では、膨大な配管量を保有している。それらは安定した流体輸送手段として社会的に重要な役割を担っており、その安定確保は重要課題であり、その設備管理は万全を期す必要がある。

しかし、現状として国際経済の構造変化などの要因により、プラント更新の抑制および過酷な運転環境を課せられている上に、敷設後30年程度を経過し、著しく老朽化・経年劣化が進んでいる。また、老朽化や環境変化などによる予測できない劣化が、新たな問題となる場合もある。

英国ガス会社に、配管設置年数が20年から30年を経過すると故障リスクが急激に高くなるという資料がある。配管検査の煩わしさとして、全数検査するには多大な時間と労力を必要とし、抜き取り検査では不具合箇所を見逃しかねないことがある。

2. 配管管理

設備の信頼性確保の考え方として、図-1に示すように「『経

験に基づく管理』+『予測管理』の実践”に取り組んでいる。顕在化したトラブルに対しては経験的な管理を進め、原因究明の徹底とその進捗管理の見える化により再発防止を図っている。

また、経験的管理から予測できる潜在的なトラブルは、水平展開として部位レベルでの劣化要因の発掘と管理手段を設備管理シートに記述し管理している。

設備管理シートの位置付けを図-2に示す。これは、設備のライフサイクルフロー「設計～運転～保全～廃棄」の中で劣化させない運転条件（障害要因をもれなく抽出）と予測に基づく検査（何が、何処で、何時起こるか）に注視し、寿命予測に基づく計画が網羅された設備管理シートとしている。



図-1 設備信頼性の考え方

ボイラチューブのガイドウェーブによる超音波探傷システムについて

Ultrasonic guided wave testing system for boiler tube

○ 脇部康彦 今川幸久 新日本非破壊検査株式会社
 金谷章宏 楠元淳一 工藤優一 九州電力株式会社

火力発電設備等では、減肉による損傷を未然に防止するため配管の状況を定量的に把握する必要がある。現在までに、配管の厚さは超音波厚さ計により、部分的に測定されているが、配管の減肉部をあらかじめ確認しないで定量的に測定することは困難である。そこで本研究ではガイドウェーブを活用し、ボイラチューブ等の全面を検査できる超音波探傷システムを開発し、減肉部測定のための基本特性の検討を行った。

検討の結果、本システムでは溶接部の探傷への影響は小さいため、センサから2.5m位置にある腐食を考慮した人工きずが検出可能であることが判明した。人工きずが円周方向に広がりをもつ場合、複数のチャンネルにより検出されることから、センサからの距離だけではなく、円周方向概略位置の推定が可能となる。キーワード：ガイドウェーブ、電磁超音波、ボイラチューブ、超音波探傷装置

1. 緒言

火力発電設備では減肉による損傷を未然に防止するため、配管の減肉状況を正しく定量的に把握する必要がある。

現在、超音波厚さ計によるスポット測定を行っているが、スポット測定では配管の減肉部を特定して測定することは困難である。

そこで、本研究では、配管全面を探傷することが可能と考えられるガイドウェーブを利用し、ボイラチューブ等の超音波探傷システムの開発を行った。本システムは電磁超音波センサを使用し、ガイドウェーブの伝搬が可能である。

2. ガイドウェーブ

ガイドウェーブは「平板や棒状材料、境界面を長手方向に伝播する超音波モード」として非破壊評価分野では用いられることが多い。その長手方向に伝播する性質を用いて、長尺材料の長距離高速非破壊評価に利用可能である。図-1に、ガイドウェーブによる探傷イメージを示す。

ガイドウェーブは、共振振動によるモードのため「分散性及び重畳性」という特徴を有する。分散性とは、位相速度と群速度が異なり、速度が周波数などの関数で示される。すなわち周波数分布を有する波が伝播する場合、伝播するに

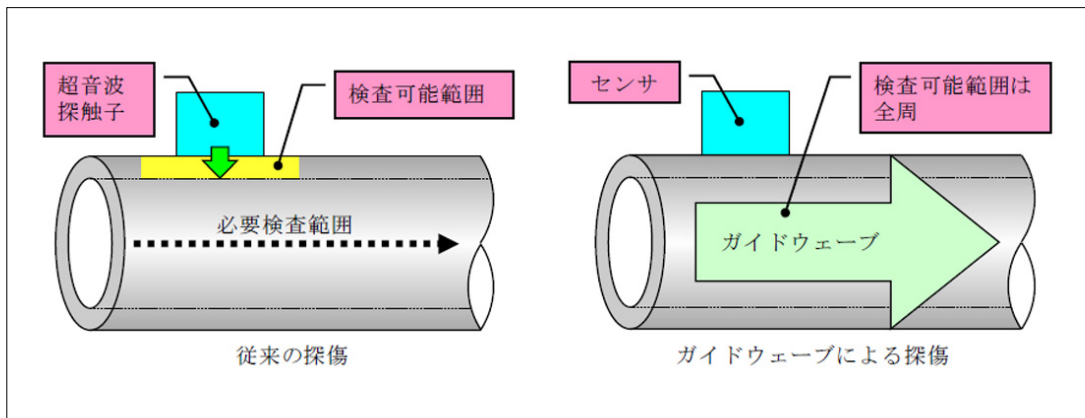


図-1 ガイドウェーブによる探傷イメージ

ステンレス鋼の微生物腐食の診断とその課題

九州工業大学 大学院生命体工学研究科 安西 敏雄

ステンレス鋼製溶接構造物が、自然水環境において使用開始後数ヶ月のうちに漏洩する事故が発生している。しかも、漏洩原因が微生物腐食であるにもかかわらず、溶接欠陥に起因するすき間腐食などと誤って判断され復旧されるため、再度運転を始めて短期間のうちに同様の漏洩が再発する事故が頻発している。このような事故が頻発して起こるのは、微生物腐食の診断・評価の基準が確立されていないことが一因と考えられる。ここでは、ステンレス鋼の微生物腐食の診断と課題について報告する。

1. 緒論

金属材料の腐食問題は、水処理をはじめ様々な分野で古くから取り組まれている。また、全産業設備に与える腐食損害は、GNPの数%と膨大なものになっている^[1]。

しかし従来、生物・微生物による腐食(MIC: Microbially Influenced Corrosion)についてはあまり注意が払われず、すき間腐食や孔食として扱われてきた。

現在、生物・微生物による腐食被害は、1年間に30～50億ドルに達するとも予測されており^[2]、経済的側面からも大きな問題と考えられる。今後も、製品を構成する上で金属材料は欠かせないものであり、金属材料の腐食対策に生物・微生物を視野に取り入れることが重要である。

金属材料の中で、ステンレス鋼は優れた耐食性を有することから、多くの産業分野で使用されている。しかし、ステンレス鋼配管などの溶接構造物が、地下水、河川水および湖沼水などのマイルドな腐食環境で、使用開始前あるいは実操業に入ったあと数ヶ月のうちに、配管内部の流体が漏洩する事故が報告されるようになっている^{[3]～[7]}。

しかも、腐食原因がMICであるにもかかわらず、漏洩箇所が溶接金属部であることが多く、

溶込み不良などの溶接欠陥に起因するすき間腐食と誤って判断され、十分な原因究明が行なわれずに復旧されるため、再度運転をはじめ短期間のうちに、同様の漏洩が再発する事故が頻発した。このような事故が頻発したのは、MICの理解が世の中に浸透していなかったためと考えられる。そして昨今は、ある程度その理解も行きわたったと考えられる。

しかし、腐食原因に対してMICの疑いをもつが、MIC診断・評価の基準が確立されていないため、十分な対応が行なわれない場合も多い。これは、漏洩物が毒性のない海水や淡水などの自然水であること、漏洩による人的被害および環境への影響がないこと、トラブル情報を外部に開示しない企業風土があること、などが一因と考えられる。また、淡水環境におけるステンレス鋼のMICの研究は、腐食電位の貴化ならびに腐食メカニズムに関するものが多く、MIC診断・評価に関するものは少ない。一方、設備保全技術者からは、MICと疑われる腐食事例を判断するためのMIC診断・評価の基準の策定が強く望まれている。

一方、明らかにMICと判断した腐食事例に対して、どのような対策が効果的であるかも重要な課題である。MICの防止・抑制には、金属材料面および環境面での対応がある。そして、設備保全技術者からのMICの防止・抑制について

最新保全技術研究会
第Ⅱ期 報告書

2007年3月

発行所：社団法人日本プラントメンテナンス協会
メンテナンス技術本部

〒105-0011 東京都港区芝公園 3-1-38 秀和芝公園三丁目ビル 5

tel.03-3433-0351 fax.03-3433-8665

e-mail : rd@jipm.or.jp

無断複写複製禁止