

■1 群 (信号・システム) - 12 編 (信頼性理論)**5 章 保全性及び保全支援**

(執筆者：小野寺勝重) [2009 年 6 月 受領]

■概要■

製品の使用者は、「より良い製品を、より安く」使うことを求めている。良い製品とは、故障しにくい製品であり、もし故障したらすぐ修復できる製品である。安い製品とは、取得コストと運用コストと廃棄コストの合計コスト、すなわちライフサイクルコスト (LCC) が安い製品のことである。LCC は、すべて使用者が支払うことになるので、使用者のために製品のライフサイクルを通して考えることが大切で、特に運用コストを最小化するために、信頼性と保全性の設計技術が必要になる。

【本章の構成】

本章では、保全性及び保全支援に必要な保全性プログラム (5-1 節)、保全性設計技術 (5-2 節)、保全支援 (5-3 節) について述べる。

■1 群 - 12 編 - 5 章

5-1 保全性プログラム

(執筆著者：小野寺勝重) [2009年6月 受領]

製品の設計，製造段階における保全性管理は，保全性プログラムのもとに，保全性要求事項の確認，目標値の設定，保全性設計とその検討，デザインレビューによる評価，デモンストレーション計画とその実施などを推進する。この保全性管理により製品価格，及び運用段階のロジステック支援コスト，保全作業コストなどを検討し，製品のライフサイクルコスト (LCC) ¹⁾ を最小化できる。

製品のライフサイクルは，企画段階，設計段階から運用段階を経て廃棄段階までである。ライフサイクルにわたる保全性設計と保全支援の計画例を表 5・1²⁾ に示す。

表 5・1 ライフサイクルにわたる保全性設計と保全支援の計画例

タスク		段階	企画	設計/ 開発	製造	運転/ 保全	廃棄
保全性設計	[保全性設計]						
	1.使用者の要求事項						
	2.信頼性、保全性仕様						
	3.保全支援計画(保全方針の設定)						
	4.保全性設計						
	[保全作業タスクの検討]						
	5.FMEA解析(重要機器の抽出)						
	6.保全方式:RCM(予防保全/事後保全の検討)						
保全支援	7.故障診断装置の設計(重要機器)						
	8.デモンストレーションと保全作業の検討						
	[ロジステック支援]						
	9.ロジステック支援計画						
	10.保全タスクの解析(所要人員、時間、コスト)						
	11.保全員の訓練						
	12.技術図書類の準備						
	13.予備品、工具、支援設備の準備						
	14.保全情報の収集						
	[保全作業]						
15.保全作業の実施							
16.保全作業の記録確認と解析							
17.保全管理(設備、工具、コスト、時間、報告書)							
18.保全作業の改善							

5-1-1 企画段階

企画段階では，使用者の要求事項，製品の使用目的，法規制などのもとに，保全性設計及び保全支援としてのロジステック支援と保全作業の充実した計画をすることが大切である。保全支援に関係する「状態監視システム」の必要性と設計方針がこの企画段階で検討される。

5-1-2 設計・開発段階

新製品の運用段階における高いアベイラビリティ，及び機能，性能，信頼性，保全性，安全性などの維持，及び保全コストの低減は，適切な信頼性設計と保全性設計に依存する。

特に，保全コストを少なくする保全方式と保全支援の計画が求められる。保全方式は，予防保全と事後保全があり，保全方式の検討に RCM (Reliability Centered Maintenance) 手法 ¹⁾

が活用されている。保全方式に応じて、保全支援の計画が推進される。保全方式の分類を図 5・1 に示す。ロジステック支援の手順、工具、設備など準備、予備品及び保全員の教育の計画などがこの設計・開発段階で検討される。

5-1-3 製造段階

保全支援に必要な保全性作業のデモンストレーションはこの段階で行われる。

製造段階で得られるデータは、ロジステック支援と保全作業の計画、及び保全作業に必要な工具、作業用装置などの検討に活用される。

機能確認と試験による結果は、運用段階における状態監視保全のモニタリング計画と保全作業の基本になる。

5-1-4 運転／保全段階

ロジステック支援と保全作業により、製品の機能、性能、信頼性、安全性などの品質特性の維持と高いアベイラビリティの向上がはかれる。製品の経年に応じた保全計画とその見直しが必要となる。

5-1-5 廃棄段階

製品の劣化、要求機能に対する不適合、製造者による保全支援の不能、外部的条件、あるいは経済的な理由による製品の取換えと廃棄が検討される。

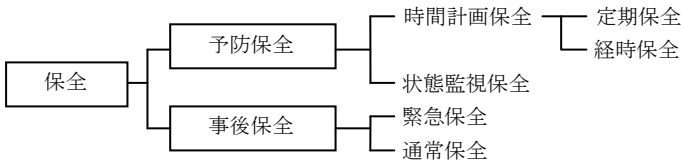


図 5・1 保全方式の分類

■1 群 - 12 編 - 5 章

5-2 保全性設計

(執筆者：小野寺勝重) [2009年6月受領]

地球上で使用される製品は保全作業が可能であり、多くの製品は、機能、性能を維持するための保全作業を前提に設計できる。保全作業の容易性などを新製品の設計段階で作り込むのが保全性設計技術である。保全性設計技術を図 5・2¹⁾ に示す。

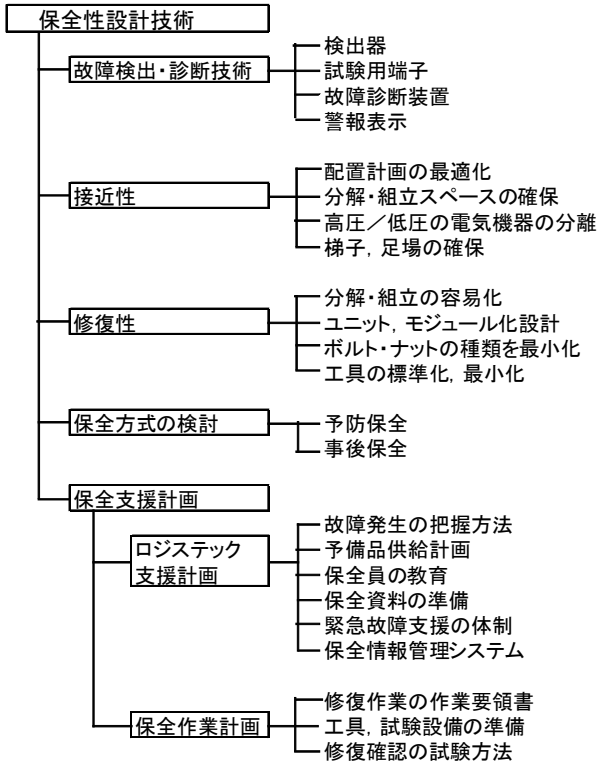


図 5・2 保全性設計技術¹⁾

保全性設計技術の各項目について説明する。

5-2-1 故障検出・診断技術

製品の故障兆候を早期に検出し、故障診断できる設計とすることにより、故障発生前に故障兆候の検出と修復が可能となり、システムのアベイラビリティを向上させることができる。故障検出と診断の機能と性能は、企画・概念設計段階でほぼ決定される。運転中の故障徴候

は、主に①運転データの監視、②定期試験などによる製品の機能と性能の確認、③現場パトロールなどにより検出できる。

更に、故障徴候を検出した場合、①早期に故障内容と程度を診断、②及び故障箇所を同定することが故障対策に必要である。

大規模システムでは、製品に故障診断装置（BITE：Built-In Test Equipment）を設置し、製品各部の稼働状態を「監視」し、故障徴候の検出と故障診断、及び異常箇所の表示と隔離などが自動的に行われている。異常発生時にはネットワークで保全管理センターなどに連絡できるシステムとしている。

5-2-2 接近性

接近性は、故障箇所への接近を①容易に、②短時間に、③確実にできる構造設計及び配置設計とすることである。

例えば、故障箇所の修理、定期交換のとき、①分解・点検のために関係する小径配管や配線などの機器や部品を取り除くことを少なくした機器の構造設計と付帯機器の配置設計、②高いところであれば梯子や足場などをあらかじめ設置した現場設計などにより所定の時間以内に故障箇所に到達できる。

3D-CADにより接近性や保全時間などの検討ができる。

5-2-3 修復性

故障を修復するには、分解、点検の容易性と部品などの交換作業時にヒューマンエラーの防止などが必要で、ユニット化やモジュール化などがその対策となる。

保全作業における使用工具の種類と数は、少ないことが作業上からも管理上からも求められる。製品に使われるボルト、ナットの種類を最小化することにより、工具の種類を最小化できる。実践事例として、機械と電気的设计部門でボルト、ナットの手配が異なることが多く、統一することにより製品コストの低減と運用段階における保全作業の容易性と確実性が改善できる。

5-2-4 保全方式の検討

保全方式には、予防保全と事後保全がある。RCM（Reliability Centered Maintenance）手法¹⁾は、設計段階に新製品の重要機器を抽出するため FMEA（故障モード、影響解析）手法³⁾を活用し、重要機器ごとに RCM 決定ロジックトリーにより保全方式を計画する手法である。この保全方式をもとに、「生涯にわたる保全性プログラム」が新製品の運用開始前に検討できる。

運用後の保全方式の改善には、運転データと保全データの収集システムが有効で、製品の運用開始と同時に収集システムが活用できるように計画することが大切である。

■1群 - 12編 - 5章

5-3 保全支援

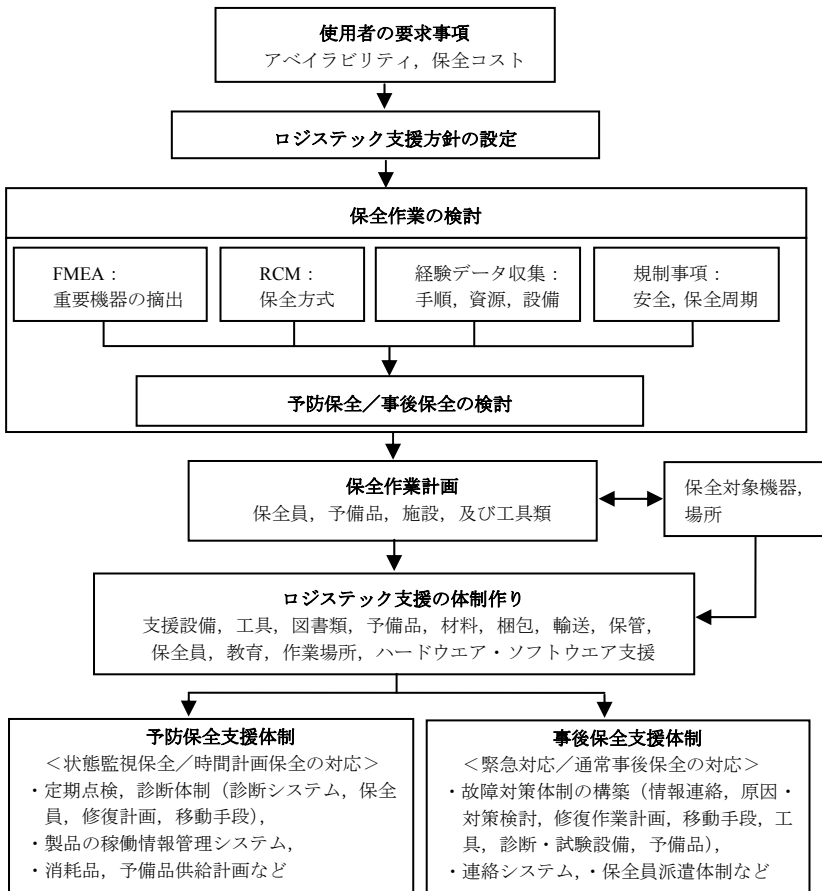
(執筆著：小野寺勝重) [2009年6月受領]

保全支援は、アフターサービスとも呼ばれているが、ロジステック支援と保全作業に分けることができる。

5-3-1 ロジステック支援計画

ロジステック支援計画の目的は、①運用段階における製品のアベイラビリティを低下させないように製品の稼働状況を監視し、機能、性能の維持と、②故障徴候が検出された場合には保全作業の支援を行い、保全時間の短縮と保全コストの低減を図ることである。

ロジステック支援計画の手順を図5・3に示す。



(1) 保全支援体制作り

ロジステック支援計画では、保全支援の体制作りが大切で、ネットワークによる製品稼働状況の監視及び故障診断、予備品の供給計画、保全員の教育計画、故障時の緊急修復支援体制、保全情報管理システムの構築などがある。

(2) 状態監視システムの例：エレベータ

エレベータには、一台ごとに閉じ込めや起動不能などの監視、及び起動、停止などの走行状態や扉の開閉状態などの異常診断を行っている。エレベータの監視項目と診断項目の例を表5・2²⁾に示す。全国に設置されているエレベータについて、24時間これらの監視と診断が自動的に行われている。異常発生時には、「異常になったエレベータ」の監視・診断装置から自動的に「カスタマー（管制）センター」に送信される。「カスタマー（管制）センター」では、故障の修復に必要な資料や予備品などの情報を故障したエレベータの「最寄りの保全サービス拠点」に連絡をする。「最寄りの保全サービス拠点」からは、保全サービス員が予備品などを用意して、異常を発信したエレベータに行き、迅速な復旧作業を行っている。

エレベータ管理者は、一般に技術者でないことが多く、これらの管理者やエレベータ利用者に故障や地震発生などによる不便をかけないように、また安全性を保持することに、この保全支援システムとしての「遠隔監視システム」が有効に稼働している。

表 5・2 エレベータの監視項目と診断項目の例²⁾

	内 容
監視項目	①閉じ込め、②起動不能、③安全装置動作、④電源異常 ⑤制御機器の状態、⑥制御マイコンの状態 ⑦走行状態、⑧ドア異常、⑨地震発生
診断項目	①走行状態；起動、加速、定速、減速、停止 ②制御盤関係；運転回路作動状態、起動リレー作動状態 ③機械室制御盤の温度、④デスクブレーキ制動力 ⑤油圧機器；ポンプ圧力、制御バルブ作動状態 ⑥ドア関係；制御回路作動状態、機構作動状態、ドアロック スイッチ作動状態、⑦かご停止時の段差、⑧異常沈下 ⑨かご内押しボタンの作動、⑩乗り場押しボタンの作動 ⑪秤装置の作動状態、⑫リミットスイッチの作動状態 ⑬機器の磨耗、劣化

(3) 予防保全支援体制と事後保全支援体制

ロジステック支援は、予防保全支援体制と事後保全支援体制に分けて対応されている。予防保全支援には、状態監視保全における故障監視とデータ分析などによる故障診断、及び時間計画保全による故障診断などがある。これらの予防保全活動により故障や異常箇所が検出されたときには事後保全支援が行われ、緊急対応と通常事後保全に分けて支援、及び保全作業が計画される。

5-3-2 保全作業計画

保全作業には、緊急保全と通常事後保全がある。

保全作業に必要な資料、工具、試験設備、予備品などを準備し、保全員の移動、情報連絡、保全データの管理などを計画する。特に、ヒューマンエラーによる誤作業を防止することが大切である。基本的な保全作業の計画手順を図5・4¹⁾に示す。

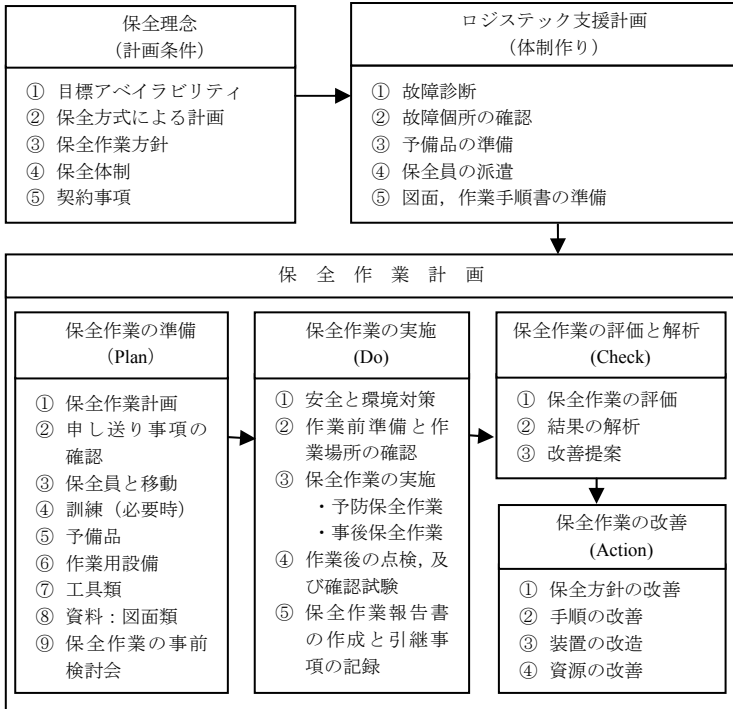


図 5・4 保全作業の計画手順

(1) 保全理念

保全作業は、顧客の製品への要求事項を維持し、故障時には修復するための活動である。保全理念は、保全の組織活動、及び実施に対する基本的な考え方を示したものである。例えば、「製品のアベイラビリティを向上する」などである。

(2) 保全作業計画

保全作業計画では、保全作業の準備 (Plan)、保全作業の実施 (Do)、保全作業の評価と解析 (Check)、保全作業の改善 (Action) について、図 5・4 の事項を検討し、確実な保全作業を実施することが求められる。

保全作業計画では、保全時間の短縮が課題であり、「保全作業の準備時間」を短縮する必要がある。特に、予備品の調達には予備品管理を含めた組織的な活動が求められる。

保全作業の事前検討会では、分解、組立の手順の検討や配置計画にコンピュータグラフィックによる 3D-CAD の活用がある。例えば、大型タービンの定期点検のための分解、組立の検討では、作業手順に従って分解時間、分解した部品類の移動時間、及び保管場所の確認などが 3D-CAD を使用して行われている。

保全作業の実施では、特に、ヒューマンエラーの防止が課題であり、保全性設計と保全員の教育と訓練などにより防止できる。

保全作業の評価と解析は、保全作業の改善を提案するもので、特に、交換部品はすぐに廃棄しないで、摩耗、劣化、腐食などを解析、評価し、保全作業頻度などや安全性設計を改善することが効果的である。

5-3-3 ロジステック支援を考慮した固有アベイラビリティ

保全作業は、製品の目標アベイラビリティを達成するため、ロジステック支援時間と保全作業時間を最小にすることが求められる。

保全を前提にした固有アベイラビリティ (A) は、次式で表すことができる。

$$A = \frac{MTBF}{MTBF + MTTR + MLDT} \quad (5.1)$$

【記号説明】 MTBF : Mean operating Time To Failure 平均故障間動作時間

MTTR : Mean Time To Repair 平均修復時間

MLDT : Mean Logistic Down Time 平均ロジステックダウン時間

(1) 平均ロジステックダウン時間 (MLDT)

保全支援活動に要する時間が MLDT となる。MLDT は、故障検出、故障診断、故障箇所の同定、予備品の手配、保全員の移動などの時間であり、組織的に短時間に支援することが求められる。

(2) 平均修復時間 (MTTR)

保全員による故障の修復時間が MTTR となる。MTTR は、故障個所の点検、分解、修理、交換作業、組立、確認試験などの時間であり、保全員の技術力と保全施設の活用が保全時間に影響する。

【注記】 固有アベイラビリティは、修理系における設計時に作り込まれる信頼性特性値で、「ディペンダビリティ (信頼性) 用語」JIS Z 8115: 2000 では、上記式 (5.1) の「MTTR+MLDT」を「MTTR」としている。

■参考文献

- 1) 小野寺勝重, “保全支援計画と実践事例集,” 日科技連出版社, 2010.
- 2) 小野寺勝重, “総論 安全性設計 —基礎と実践事例—,” 日刊工業新聞社, p.18, 2008.
- 3) 小野寺勝重, “FMEA 手法と実践事例,” 日科技連出版社, 2006.