空調設備の保全の記録方法に関する研究

STUDY ON METHOD OF RECORDING AIR CONDITIONING SYSTEM MAINTENANCE

高草木 明 — * 1

キーワード：
空調設備, 保全, 管理, 保全記録

Keywords:
Air-conditioning system, Maintenance, Manegement, Maintenance record

Akira TAKAKUSAGI — * 1

A method has been developed to effectively and concisely record maintenance performed on air conditioning systems. Here, to represent the nature of faults and to enable maintenance record to be selected, classifications are established for types and severity of loss, mode and mechanism, and information for predicting faults. Maintenance mode is classified as a combination of maintenance policy and maintenance measure. The basis for determining maintenance expenditure, which must also be recorded, is classified as well. Several examples of maintenance records using the above classifications are presented.

はじめに

空調設備はその本来の機能を発揮するように正常運転が維持され、故障、欠陥などが生じた場合、速やかに回復されなければならない。これを達成する任務は「保全」^{注1}に課せられている。保全は空調設備に直接的に手を加える行為であり、保全行為の品質のためには、故障物理などに基づく固有技術が基盤となる。

空調設備は建築の重要な機能を担い、ライフサイクルコストが大きく企業財務に少なからず影響を及ぼし、社会的問題（環境問題、資源枯渇問題）に関わるエネルギー使用量が大きい。また、空調が担う室内環境の質は、企業の生産性に関わる要素である。従って、これを所有する企業は重要な資産と捉え経営の立場から相応の関心を持つ。よって、空調設備は「管理」の対象となる。管理の任務は、空調設備のライフサイクルにわたる効果的な活用をはかるための計画・統制・調整である^{注2}。この任務は、決定された経営意志に従って、経営計画の運営・維持を目的とするものでなければならない^{注3}。

「管理」の対象となる設備であるところの空調設備の「保全」は、場当たり的な保全行動が許されない。保全は「管理」により与えられる方針に従って遂行されなければならない。保全そのものの品質は保全の固有技術に掛かるものであるが、保全を実施する時期や投資規模の妥当性は、建物所有企業に対して「管理」が責任を負う。

保全に与える方針の立案方法は、管理工学の技術として位置づけられる。著者はこれまでに建築設備分野において、状態基準予防保全に実施方針として最適な点検周期を与える方法の研究^{3) 4)}、オーバーホールなどの物理的劣化を回復するための保全の中長期的実施

計画を立てる方法の研究⁵⁾、設備機器の更新の判断方針の研究⁶⁾、更に大規模な保全行為であるリノベーションの企画・計画のための投資の方針を与える研究⁷⁾などを進めてきた。このような管理技術を実際に適用するためには基礎的なデータの不足が否めない。これは主に個々の現場での保全の記録の不備に起因する。管理技術の立場から保全の記録方法について方針を与えることが必要である。この記録の蓄積は、管理が保全に与える諸方針の品質向上に寄与するのみならず、保全とともに管理の対象となる「設計」における方針に、有益な基礎データを提供するものともなる。更に、豊富な蓄積が実現すれば、保全の実態を体系的に整理して全体像を把握するための基礎的なデータとなるものと考えられる。

空調設備の保全は、不具合に対する対処と捉えることができる。保全は管理の方針に従って為される。従って、保全の記録は、不具合の記述と対処方法、及び従った管理上の方針の記述とから構成されるべきものである。本研究は、空調設備に生じる不具合、保全モードおよび費用支出判断根拠を網羅的に分類整理して、個々の保全現場での不具合と保全について、当てはまる項目の選択により保全を効率的に、簡潔に、かつ蓄積された記録を分析しやすく記録として記述する方法を開発することを目的とする。

1. 不具合の記述

1-1 不効用の内容と程度

個々の不具合に対し、それによって建物所有企業や居住者が被る不効用の内容と程度を分類整理する。まず、現に不効用を生じている場合と、先々の不効用発生につながる事が予見される場合とを

*1 (株) NTT ファシリティーズ研究開発部担当部長 博士(工学)
(〒180-8585 東京都武蔵野市緑町3-9-11
NTT 武蔵野研究開発センター内)

*1 NTT Power and Building Facilities Inc., Dr. Eng.

表1 不効用発生時期からの不具合の分類

現時点で不効用を生じている。
先々の不効用発生が予測される。(現時点で保全が必要と判断される場合に限り)

表2 不効用の内容からの不具合の分類

不効用の内容の区分	
経済性	健康性
快適性	安全性
利便性	社会性

表3 不効用の程度からの不具合の分類

尺度	定量的記録項目
信頼性の低さ	不具合の発生の日時 不具合の回復の日時
損失の程度	損失金額、損失の金額への換算 エネルギー消費量過剰分その他環境 負荷過剰分 その他、状況記述
対処のコスト	設備修復・更改等に要する金額

表1に示すように区別する。後者は、現時点で先々のために保全を行うことが妥当と認められた場合にのみ不具合として認識するものとする。この場合の不効用の内容と程度は予測となる。

不効用の内容は不具合の分類観点の一つとなる。不効用の内容の区分は、経済性に関わるもの、快適性、利便性に関わるもの、居住者の健康、安全に関わるもの、地域・地球環境への影響として社会性の観点から評価すべきものである。これを表2に示す。

不効用の程度(深刻度)の定量評価も不具合の分類観点の一つとなる。不効用の程度は、設備機能の信頼性・保全性と不具合により生じた損失(金額、環境負荷等)の程度、及び対処に要する金額によって定量化される。表3に不効用の程度からの不具合の分類として不効用の尺度とそれに関して定量的に記録すべき項目を示す。不具合の発生と回復の日時の記録は、応急的処置を要する不具合に限り、不具合の発生頻度と修復に要する時間とを求めるためのものであり、信頼性・保全性の低さの程度が評価される。

1-2 不具合のメカニズムとモード

不具合は、原因または症状を表す現象として「不具合のモード」と、不具合の発生の背景として物理的変化の現象または人的・社会的変化の現象を表現する「不具合のメカニズム」とによって表現できる。モードは実際に生じた不具合において観測可能なものであるが、メカニズムは不明ということが有り得る。故障の伝搬などにより一つのモードに対してメカニズムは複数となることもある。

不具合のモードの観測は目視できない場合も多く、必ずしも容易なものではない。保全に先立つ「診断」では、不具合のモードをできるだけ定量的に観測する。更に可能であればメカニズムの解明を行う。「不具合のモード」と「不具合のメカニズム」によって不具合に対処する保全行為の固有技術的原理をおのずと抽出することが可能となり、保全方法が導かれる。

空調設備に発生する不具合のメカニズムの分類を表4に、不具合のモードの分類を表5に示す。物理的不具合のモードには「障害の種別」を含める。表4、表5の不具合のモードやメカニズムの分類

表4 不具合発生のメカニズム

物理的メカニズム	
動作ストレス	機械的作用による損耗(摩擦、エロージョン) 機械的作用による疲労 振動によるゆるみ
環境ストレス	水による腐食(侵食、錆こぶ) 環境効果による腐食(腐食疲労、応力腐食) 環境脆化 熱衝撃 熱的变化による劣化 凍結 被覆の劣化 クリープ 固形物の付着(微、スケール、スラム、塵埃) 異物の侵入、微生物の繁殖、電磁ノイズ 絶縁劣化(吸湿、汚損、剥離、亀裂)
他の部品、機器の不具合からの伝搬	
人為的・社会的メカニズム	
人為的ミス	運用面での人為ミス(誤操作、誤使用、保全員の不足、連絡ミス) 建設時の人為ミス(設計、施工、選定のミス)
社会的変化	インフラ異常(供給異常、供給停止) 陳腐化1(要求性能の水準の上昇) 陳腐化2(技術進歩による相対的性能低下) 法規不適合(趣意義務、既存不適格) 地球・地域環境問題(規制、自主対応)

表5 不具合のモード

物理的不具合	
障害種別	
機能低下(応急的対応必要)、機能低下(応急的対応不要)	
機能停止	
劣化促進要因の拡大	
損傷	割れ、欠け、亀裂、脱落、切損、破損、剥離、剥落、減耗、減肉
動きの異常	停止、噛み合い不良、ずれ、ゆるみ、詰まり、バランス不良、ミスマウント、基礎不良、流体振動
流れの異常	停止、漏れ、微小漏れ、詰まり、粘性不良、循環不良、排出
水槽水位異常	高水位、低水位、溢れ出
相変化の異常	凝結、凝固、蒸発、融解
劣化促進	被覆の損傷、腐食
変形	曲がり、ゆがみ
変質	弾性低下、変色、退色
絶縁不良等	漏れ電流増大、トラッキング、部分放電発生、部分放電侵食、電磁ノイズによる誤動作
熱伝達の障害	汚れ
環境障害	騒音、振動、電磁ノイズ放出
衛生障害	水質不良、空気質不良
全体的劣化	
人為的・社会的不具合	
性能不良	電気・ガス・水の過剰消費、設計・施工不良
室内環境不良	温熱環境、空気質
保全作業障害	作業場所へのアクセス不良、安全性不良
インフラ異常	電力、上下水、ガス、地域熱供給
陳腐化	経済性、省エネルギー性、快適性、利便性、安全性
法規不適合等	官公庁の指摘、安全性不安、耐震性不良

において、選択肢として網羅的であることが重要である。これらの表は著者による文献5)8)の調査におけるデータの分析、及び文献9)10)等から作成したものであるが、これで建築設備に生じるあらゆる不具合に対して万全であるという保証はない。しかし、この記録方法が保全記録の実務に適用され、実務を通じて新たなモ

ードやメカニズムが追加されることによって充実したものとなってゆくと考えられる。

1-3 不具合の予測情報

物理的劣化による故障に対する保全で、予知保全方針を採る場合には、点検によって故障の前兆を検出する。故障の前兆とは現時点で空調機能に支障はないが、やがて発生する故障の予測情報である。時間基準保全方針が採られている場合には、予め不具合の発生時期を予測して保全周期が決められている。よって、規定の保全周期が不具合の予測情報に他ならない。

人的・社会的な変化や異常の現象を背景とした不具合については、建物所有者や居住者が不具合を認知する以前に専門家である保全技術者によって不具合の状況が把握され、あるいは不具合の発生が予測され、予防的な保全を行うことが提案されることがある。これは、居住者のクレームなどとともに保全実施の動機となる。これは故障の予知保全における兆候検出に相当するといえよう。

予防的な保全を動機づける不具合の予測情報は、保全の位置づけに必要な要素であり、保全記録に含めるべき事項として表6に示す。

表6 不具合の予測情報（事後保全方針の場合は該当せず）

応急的処置を要する不具合に対する予防保全のための予測情報	予知保全方針の場合	時間基準保全方針の場合
	情報(故障前兆)無し 異臭 異音 異常振動 過熱 圧力異常 流量異常 電流値異常 電圧異常 絶縁抵抗値異常 見えがかり	情報無し(規定時間前の発生) 規定の保全周期
応急的処置を要しない不具合に対する予防保全のための予測情報	エネルギー消費量の増加 室内環境、衛生の水準低下 汚れの増加 騒音・振動の増加 見えがかり 全体的劣化進行 最新技術との格差 最新設備性能との格差 法規改正に伴う不適格 居住者のクレーム増加 建物所有者の不満	

1-4 記録の蓄積による不具合の網羅

空調設備に発生する不具合を網羅的に捉えることによって、不具合に対する保全モードは自ずと網羅される。よって保全の全体像を捉えるという目的に対しては、不具合を網羅する方法の検討が重要である。物理的な不具合である故障のメカニズムを演繹的に網羅し得るという前提に立ち、安全性・信頼性の予測的解析を行う手法として、FTA (Fault Tree Analysis) とFMEA (Failure Mode and Effects Analysis) ¹¹⁾ がある。保全記録の蓄積の意義をこれらと比較しておこう。

FTAは特定の事象に関して予測的な信頼性解析を行う手段であり、対象事象に関しては故障メカニズムを網羅的に記述することが

できるが、空調設備に生じる不具合は多様で、その一つ一つをFT図で記述することは困難である。また、最下段に位置づけられる各イベントの生起確率について決定的にデータが不足している。FT図はその作成方法が確立していないという問題点があり、同じ事象についても作成者によって違ったものになってしまう²⁾。従って、FT図の作成のみに留まっている限り、いくつかの故障モードについての定性的な検討のまとめ程度の意味しかない。

一方、FMEAは、ある要素の故障から出発して、その故障が周囲にどのような影響を与えるかをたどる、FTAと逆の探索を行う方法である。故障モードに着目して、その影響を解析することが目的である。FMEAは構成要素の限られた特定のシステムの開発等において有効であるが、空調システム全体への適用は困難である。FTA、FMEAとも、個人あるいは組織単位で短期的に行うことを想定した演繹的な方法である点が、適用面での負担が大きい原因であると考えられる。

空調設備は、保全員や建物管理者によって日々の保全記録が取られていることが多い。一つ一つの不具合についてのモードとメカニズムの記録は、FTAあるいはFMEAの一つの経路を示したことになる。多数の建物において記録方法を統一して、このような記録を集積して分析すれば、帰納的に空調設備に発生する不具合の全貌を捉えることができると考えられ、それは不具合の網羅という目的のためには、FTAやFMEAよりも現実的であると考えられる。

2 保全の記述

保全記録における保全についての記述は、保全モードを分類整理しておいて該当するものを選択する方法とする。保全モードは、保全実施方針と、保全処置それぞれの分類項目の組み合わせにより、分類する。保全実施方針は、管理側から見た保全の分類観点であり、保全処置は、不具合の内容から導かれる。

保全対象は、部品レベル、機器レベル、システムレベルの3階層を考える。機器レベルには、配管系、ダクト系を含めるものとする。

2-1 保全実施方針の分類

個々の保全の実施方針は次の3項目を分類要素とする。

- ① 保全処置の種別判断とそれを個々に実施するか、総合的に実施するかの区分。
- ② 実施時期について、応急的あるいは計画的に行うかの区分。ここで、計画的とは、応急的とする必要がなく、保全員がある程度の期間の幅のうちで実施時期を決めることができるということの意味する。
- ③ 保全方策として、予防保全（時間基準保全または状態基準保全）とするか、事後保全とするかの区分。

これら①②③の組み合わせを空調設備保全の管理上の分類のための分類観点とする。

2-2 保全処置の分類

保全は設備に直接的に手を加える行為であり、除去、付加、移動、およびこれらの組み合わせ、によってなされる。

除去と付加が部品や機器等に対してなされるのが「取換え」である。取り替えには「単純反復取り替え」と「改良取り替え」とがあ

る。システムの除去と付加は、「システム更新」である。

除去のみの保全行為は、「洗浄・清掃」とする。「調整」は、設定変更、修正の手段として、除去か付加かの選択（例えば溶液の濃度調整など）、ハンドル、レバーなどの移動（流量調整など）によって行われる。「補強・補修」は部品レベルにおける付加のみの保全行為、移動による変形の回復、機器等の部分に対する除去と付加の混在した保全行為が含まれる⁹⁾。

以上より、保全処置の分類は、部品レベルの保全では、「取換え修理」、「洗浄・清掃」、「調整」、「補強・補修」となる。これらを総合的に実施する場合は、「オーバーホール」であり、これも保全処置の分類に加える。機器レベルの保全では「機器の取換え」、システムレベルの保全では「システム更新」となる。

2-3 保全モードの分類

2-1に示した3項目の保全実施方針の分類と、2-2に示した保全処置の分類の組み合わせにより、部品レベル、機器レベル、システムレベルそれぞれの保全モードを整理する。全ての組み合わせの中から、実際に有り得る組み合わせを抽出して保全モードとする。

(1) 部品レベルの保全モード

部品レベルの保全には応急的に行う保全と計画的に行う保全とに大別される。表7に部品レベルの保全モードの分類を示す。

a. 応急的に行う保全の保全モード

応急的に行う保全は空調機能の信頼性にかかわるもので、機能の停止、あるいは予め定められた使用時間・運転時間が経過した場合、または判定基準以下に機能が低下した場合の処置である。このような故障は偶発的に発生すると考えられ、これに対する予防保全方策は「時間基準保全」、または「状態基準保全（予知保全）」である。応急処置が必要な故障の事後保全は「緊急保全」である。

応急的に行う保全は、信頼性だけを問題とすることとすれば、保全処置の種別は管理上重要ではないので、保全処置種別による区分は行わないこととする。

b. 計画的に行う保全の保全モード

徐々に低下してくる機能の回復や劣化の抑制を目的とする保全は応急的処置とする必要はなく、実施時期を保全現場の都合などにより計画的に定めることができる。機能の低下や劣化の進行を予め定めた基準以上に維持するために時間基準保全または状態基準保全の方策をとることがある。

時間基準保全方策は、洗浄・清掃、調整、補強・補修については定期保全となり、取換え修理（単純反復修理）では定期保全のほかに経時保全が考えられる。

状態基準保全方策をとる場合の保全モードは、保全処置種別の前に「予防的」と付けて、予防的取換え修理などと呼ぶことにする。

機能の低下や、劣化の進行が予め定めた基準以下に至ってしまった時に行う保全は事後保全であり、各保全処置種別の前に「事後」を付けて保全モード名とする。

部品を対象とした保全の場合、総合的保全作業は「オーバーホール」であり、他の保全処置は個別保全作業である。分解を伴う点検により、総合的な保全処置を行う保全をオーバーホールという。応急的にオーバーホールを行うことは無く、予防保全として行うオーバーホールは、定期オーバーホールあるいは予防的オーバーホール

表7 部品レベルの保全モード

応急的に行う保全の保全モード	
○状態基準保全（予知保全）	
○時間基準保全	
○緊急保全	
計画的に行う保全の保全モード	
時間基準保全方策の場合	
○定期部品取換え	○定期洗浄・清掃
○経時部品取換え	○定期調整
○定期オーバーホール	○定期補強・補修
状態基準保全方策の場合	
○予防的部品取換え	○事後部品取換え
○予防的洗浄・清掃	○事後洗浄・清掃
○予防的調整	○事後調整
○予防的補強・補修	○事後補強・補修
○予防的オーバーホール	○事後オーバーホール
改良保全の保全モード	
○改良取換え	

表8 機器、システムレベルの保全モード

機器等の取換え	
応急的に行う場合の保全モード	○事後機器等取換え
計画的に行う場合の保全モード	
時間基準保全方策の場合	○経時機器等取換え
状態基準保全方策の場合	○予防的機器等取換え
改良取換えの保全モード	○改良機器等取換え
システム更新	
○サブシステム更新	
○システム更新	

である。劣化が規定値以上に進んでから、あるいは故障メカニズムが容易に解明できなくてやむを得ず事後保全として機能回復のために行うオーバーホールは事後オーバーホールとする。オーバーホールは本来予防的に行うものであるから、事後オーバーホールは保全方策としては有り得ず、このモードは保全記録で保全結果を記述する場合にのみ用いられる。

保全処置の内、改良取換えは別に分類する必要がある。部品レベルでも、高性能の部品に取り換えることにより部位の性能を向上させ得ることがある。このような目的で行う保全モードを「改良取換え」とする。改良取換えには予防保全、事後保全の区別は当てはまらない。

(2) 機器、システムレベルの保全モード

機器、システムレベルの保全モードを表8に示す。

a. 機器レベルの保全モード

機器等の取換えも応急的に行うことが有り得る。この場合は事後機器取換えとなる。機器等の取換えを時間基準保全として行うことは稀であるが、経時保全として取換えを行う場合は有り得ると考えられる。一般には状態基準保全として行われる。機器等の改良取換えは計画的に行われ、予防保全、事後保全の区分は適用されない。

b. システムレベルの保全モード

システム更新は、総合的保全として計画的に行われ、予防保全、事後保全の区分は適用されない。保全形態としてはシステムの一部（サブシステム）の更新とシステム全体の更新とに分類するにとどめる。システム更新の詳細は調査診断書や設計図書により別途記録されるからである。

3 保全費用支出の判断根拠の記述

管理の立場からの費用支出判断についての記録を残すこととする。支出判断は基本的に費用対効果の評価による。

個々の保全処置の費用が大きくない部品レベルの保全については、設備の機能性能の基準値以上の発揮を前提として、耐用期間における保全費用の最小化をはかるように保全スケジュール、または保全実施基準を方針とする。費用対効果の評価はこれらの方針に折り込まれる。すなわち、予知保全においては点検スケジュール（点検周期）、時間基準保全では保全周期、計画的に劣化の回復をはかるための保全の中長期スケジュールや保全実施の劣化程度の規定値などが費用支出判断の根拠となる。稀に部品の改良取り替えがある。これは改良の程度とそのため費用とが評価されて判断根拠となる。

機器等の取り替えや、システムの更新については、保全費用が大きいのので個別の評価となる。機器等の取り替えについては建物の長い耐用期間の中で取り替えが不可欠であるから、取り替え費用の支出自体の是非は問題にならないが、投資管理上は実施時期あるいは取り替え基準の最適化が必要となる。ただし、改良保全の場合、改良の程度とそのため費用増分の評価が管理対象となる。システム更新は、計画・設計内容が管理対象となる。現有システムの機能・性能への修復をはかるのみにとどめるか、改良をはかるか、改良するとすればどの程度とするかが投資管理の対象となる。

表9に保全費用支出についての判断根拠の分類を示す。

表9 保全費用支出についての判断根拠の分類

部品レベルの保全	予知保全	点検周期の規定による
	時間基準保全	保全周期の規定による
	計画的に行う保全	中長期スケジュールによる劣化規定値による
	改良取り替え	改良のための費用増分対改良程度の評価による(個別計画)
機器レベルの保全	単純反復取り替え	実施時期の最適化による機器等の取り替え基準による
	改良取り替え	改良のための費用増分対改良程度の評価による(個別計画)
システム更新	物理的劣化の回復	調査診断結果による(個別計画)
	社会的劣化の回復	社会的劣化の回復のための費用対その効果の評価による(個別計画)

4 保全記録における記述方法

個々の不具合に対する保全は、個々の不具合について、その発生時期、不効用の内容と程度、不具合のモードとメカニズム、および不具合の予測情報から特徴づける「不具合の分類」と、保全の一般化した方法論の観点から分類した「保全モードの分類」、および「費用支出判断根拠の分類」に基づいて簡潔な記述で記録することができ、今後の蓄積とその分析によって不具合と保全モードとを網羅的に把握することが可能となると考えられる。以上の保全記録内容の位置づけを図1に示す。以下にこれまでに述べたような考え方による保全記録での記述方法をいくつか例示する。

表10および表11に物理的劣化による不具合とその保全の記録記述例を示す。表10は二つの機器等の間に故障の伝播があった場合の例であり、表11は部品レベルの二つの条件が重なったことによる不具合の例である。このような不具合については兆候がある場合には予

図1 保全記録の内容の位置づけ

知保全を行うことが可能となる。

表12に性能向上の部品取り替えを行った場合の記述例を示す。最新技術についての情報によってはじめて不具合と認知される。

空調設備の機器等の陳腐化が重なり、あるいはシステムが全体的に陳腐化が進み、システム構成の設計を改良する必要がある場合、採るべき保全モードは「システム更新」である。システム更新の内容は保全技術というより設計技術に属するものであるが、その更新システムの設計に指針を与えるために現有システムの陳腐化の内容を「故障」の場合と同じように「不効用の内容と程度」、「不具合メカニズム」、「不具合モード」等によって説明することは保全の任務である。この例を表13に示す。これも保全記録に含まれるべきものである。システム更新の実施の判断は、システムを構成する機器等の物理的劣化状況も反映される。物理的劣化による不具合が改修工事の実施決定に促進の側の影響を与えるとともに、これらの不具合への対処についても、保留としたり、取り替えるべきところを一時的延命のための修理にするといった影響を受けることになる。

表10 応急処置を要する物理的劣化による不具合(故障の伝播)とその保全の記録記述例

不効用の内容と程度	不効用発生時期	既に発生	
	不効用の内容	快適性	
	不効用の程度	発生日時	〇月〇日〇〇:〇〇
		回復日時	〇月〇日〇〇:〇〇
		損失	評価せず
		対処費用	評価せず
部品 機器等	ストレーナ部		
	冷却水配管系	メカニズム	固形物付着
		モード: 障害	機能低下
		モード: 予測情報	流れの異常
部品 機器等	凝縮器		
	水冷パナソニック空調機	メカニズム	故障の伝播
		モード: 障害	機能停止
		モード: 予測情報	相変化阻害
保全モード	緊急保全		ストレーナのスケール除去
			高圧カットのリセット
支出判断	無し		

表11 応急処置を要しない物理的劣化による不具合とその保全の記録記述例

不効用の 内容と程度	不効用発生時期	既に発生(コイル)・未然(ドレンパン)	
	不効用の内容	快適性	
	不効用の程度	発生日時	〇月〇日〇〇:〇〇
		回復日時	〇月〇日〇〇:〇〇
機器等 部品	A H U	損失	評価せず
		対処費用	〇〇円
		冷温水コイル	
		ドレンパン	
冷温水コイル のチューブ	メカニズム	固形物付着	スケール付着
	モード: 障害 モード	機能低下 熱伝達阻害	冷房能力低下規定超過 チューブ内部の汚れ
	予測情報	室内環境	室温不良
	ドレンパン	メカニズム	腐食
ドレンパン	モード: 障害 モード	機能低下 流れの阻害	現状で障害無し 水漏れが予見される
	予測情報	見えがかり	点検時に発見
	保全モード	冷温水コイル: 事後洗浄	チューブの洗浄
	ドレンパン	: 予防的補修	錆落とし、塗装
支出判断	冷温水コイル: 無し ドレンパン: 劣化規定値による		

表12 性能向上の部品取り替えの記述例

不効用の 内容と程度	不効用発生時期	既に発生	
	不効用の内容	経済性、社会性	
	不効用の程度	損失	〇〇〇円
		対処費用	〇〇〇円
機器等 部品	圧縮機		
空冷パッケージ 空調機	メカニズム	陳腐化(技術進歩による)	
	モード	省エネルギー性能不良	
	予測情報	最新技術との格差	
	保全モード	改良取り替え	
支出判断	改良のための費用増分対改良程度の評価による		

表13 システム全体の不具合とその保全の記述例

不効用の 内容と程度	不効用発生時期	既に発生(冷却塔)、他は未然	
	不効用の内容	経済性、環境性	
	不効用の程度	損失	〇〇〇円
		対処費用	〇〇〇円
システム 機器等	空調システム: 各階水冷パッケージ空調機単一ダクト方式		
メカニズム	環境ストレス	要求水準上昇	
		環境・動作ストレス	
モード: 障害 モード	機能低下 全体的劣化	陳腐化	
		システム全体的劣化	
予測情報	見えがかり	クレームの増加	
		最新設備性能との格差	
保全モード	予防的機器 取り替え (当面保留)	システム全体更新の計画	
支出判断	費用対効果の評価による		

まとめ

空調設備の個々の保全を効率的にかつ簡潔に記録する方法の開発に向けた研究について報告した。この記録方法開発の意図は、蓄積された記録データの分析によって、保全方針の高品質化をはかり、

また、設計段階にフィードバックする。更に、最終的な目的として、空調設備の保全実態を体系的に整理して全体像を把握することを想定している。

このような開発意図のためには、保全を動機付ける不具合を明確に記録することが重要である。複雑な不具合を効率的にかつ簡潔に記述するために、不具合の分類観点を、「不具合の発生時期」、「不効用の内容と程度」、「不具合のモードとメカニズム」および「不具合の予測情報」とし、それぞれの分類観点の選択肢を網羅的に提示した。また、記録の蓄積による不具合の網羅が、F T AやF M E Aの手法によるよりも保全実態を体系的に整理して全体像を把握するという目的には現実的なアプローチであることを論じた。

不具合に対する保全については、「保全実施方針」と「保全処置の分類」を行い、その組み合わせから「保全モード」の分類を保全記録の選択肢として網羅的に提示した。また、保全への「費用支出判断」に関する記録内容を示した。

最後に、保全記録において、不具合と保全について統合して記述する方法を事例によって示した。

注 記

1. JIS生産管理用語(設備管理) Z8143-1986では、「設備保全」を、「設備本来の機能を発揮し、運転、使用可能な状態に維持するとともに、故障、欠陥などを回復するための処置及び活動」と定義している。
2. JIS生産管理用語(設備管理) Z8143-1986では、「設備管理」を、「設備の計画、調達から、運転、維持を経て廃却に至るまで、設備を効果的に活用するための管理」と定義している。
3. JIS生産管理用語(基本) Z8141-1983では「管理」を、「決定された経営意志に従って、経営計画の運営・維持を目的とした執行の計画・統制・調整の活動」と定義している。

文 献

- 1) 日本規格協会: J I S用語辞典 基本・一般編第3版、pp. 136-154, 1989年9月、日本規格協会
- 2) 大島榮次、師岡孝次: 設備管理工学入門、日本規格協会、1992年3月
- 3) 高草木 明: 空調設備の予防保全に関する解析的研究、日本建築学会計画系論文報告集[論文]、NO. 430, pp. 45-53, 1991年12月
- 4) 高草木 明: 状態基準予防保全の信頼性向上効果と経済性の分析 空調設備の予防保全に関する解析的研究その2、日本建築学会計画系論文報告集[論文]、NO. 441, pp. 43-52, 1992年11月
- 5) 高草木 明: 空調設備の物理的劣化の回復のための保全費用に関する調査研究、日本建築学会計画系論文集、NO. 459, pp. 27-36, 1994年5月
- 6) 高草木 明: 空調設備の更新に関する理論的研究、日本建築学会計画系論文報告集[論文]、NO. 435, pp. 23-31, 1992年5月
- 7) 高草木 明: 賃貸事務所建物の集中的改修の計画における社会的劣化の回復への投資評価に関する研究、日本建築学会計画系論文集、NO. 505, pp. 159-166, 1998年3月
- 8) 高草木 明: 空調設備の信頼度・保全度調査研究、日本建築学会計画系論文報告集[論文]、NO. 436, pp. 1-9, 1992年6月
- 9) 塩見 弘: 故障物理入門、日科技連出版社、1970年2月
- 10) 大島榮次監修: 設備診断予知保全実用辞典第1巻、第2巻、フジ・テクノシステム、1988年
- 11) 塩見弘、島岡淳、石川敬幸: 日科技連信頼性工学シリーズ第7巻 F M E A, F T Aの活用、日科技連出版社、1998年3月
- 12) 高草木 明: 空調設備の保全手法の体系的整理方法に関する研究、環境の管理、第10号、pp. 41-50、日本環境管理学会、1993年8月

[1999年10月14日原稿受理 2000年2月2日採用決定]