

誘導電動機の更新推奨時期について

平成12年 8 月



社団法人 日本電機工業会

ま え が き

一般産業・公共事業などにおける設備は高度化、複雑化の一途をたどっており、その重要性もますます高まっていることから、事故による停止は許されない状況にあります。

しかしながら、現在各設備に設置されている誘導電動機の中には、10数年～20数年を経過した電動機も多数使用されているのが現状であります。これら電動機が一旦事故を起こした際の社会的、経済的影響は誘導電動機を設置した時点と比較にならないほど増大しております。

そこで当工業会では、設備の信頼性確保の見地から、誘導電動機更新計画の目安としていただくよう、技術的、経済的にみた更新推奨時期を調査、検討し取りまとめました。

勿論、需要家各位の設備更新に当たっては、使用環境や保守条件などそれぞれの設備の実情に合わせてご判断いただく必要があります。その際、誘導電動機の更新が適切に実施され、不測の事故の防止と併せて設備運用の効率化を図られることに、本報告書が役立てられますことを願っております。

目 次

ページ

まえがき

1. 対象機器と更新推奨時期	1
1.1 対象機器	1
1.2 更新推奨時期	1
2. 電動機の寿命について	2
2.1 電動機の寿命の考え方	2
2.2 絶縁材料の寿命	4
2.3 実績からみた電動機の寿命	5
3. 保守診断技術について	8
3.1 電動機の保全	8
3.2 電動機の故障と診断	9
4. 電動機更新の考え方	19
参考文献	22

1. 対象機器と更新推奨時期

1.1 対象機器

この報告書で対象とした誘導電動機（以下、電動機と称す。）の種類、定格範囲及び関連規格は、表1のとおりである。

表1 対象機器、定格範囲及び関連規格

種 類	定 格 範 囲	関 連 規 格	
		現 行 規 格	旧 規 格
低圧三相誘導電動機	電 圧 600V以下 周波数 50Hz、60Hz	JIS C 4210 (1983)	
		JIS C 4034-1 (1999)	JIS C 4004 (1992)
		JEC-2137 (2000)	JEC-37 (1979)
		JEC-2100 (1993)	JEC-146 (1976)
高効率低圧三相 かご形誘導電動機		JIS C 4212 (2000)	
高圧三相誘導電動機	電 圧 600Vを超えるも の周波数 50Hz、60Hz	JEM 1381 (1993)	JEM 1204 (1967)
		JIS C 4034-1 (1999)	JIS C 4004 (1992)
		JEC-2137 (2000)	JEC-37 (1979)
		JEC-2100 (1993)	JEC-146 (1976)

(注) 規格番号が同一で、制定年度だけが異なる規格は、原則として最新版の制定年度を記載した。

このため、表1に記載した規格と同一番号で制定年度の古い規格も存在する。

1.2 更新推奨時期

表1に掲載した電動機の更新推奨時期を、表2に示す。

なお、この更新推奨時期は、機能や性能に対する製造業者の保証値ではなく、通常の使用条件、環境条件の下で、^(注) 通常の保守・点検を行って使用した場合に、新品と交換した方が経済性も含めて一般的に有利と考えられる時期である。

(注) 通常の保守点検とは、電動機の製造業者または、JEM-TR160「一般用低圧三相かご形誘導電動機の取扱い及び保守点検指針」が推奨する保守・点検内容をいう。

表2 電動機の更新推奨時期

電 動 機	更新推奨時期
低圧三相誘導電動機	15年
高圧三相誘導電動機	20年

(注) 更新推奨時期は、開放形の場合、じんあい、吸湿などの環境条件に左右されるため、全閉形に比べ、短縮される場合がある。

(注) 上記の年数は平均的なものであり、電動機個々の使用条件により幅がある。最近では高圧電動機の絶縁診断技術の進歩により絶縁状態の把握が可能になってきているので、診断を実施すれば更新必要時期がより明確になる。

2. 電動機の寿命について

2.1 電動機の寿命の考え方

(1) 電動機の劣化と寿命

電動機の寿命は、生物のそれと同様に機能を停止するまでの期間とすることもがあるが、一般には「使用中に被むる種々のストレスや経年的な劣化などによって、その電氣的性能や機械的性能が低下して、使用上の信頼性や安全性が維持できなくなるまでの期間」を指している。

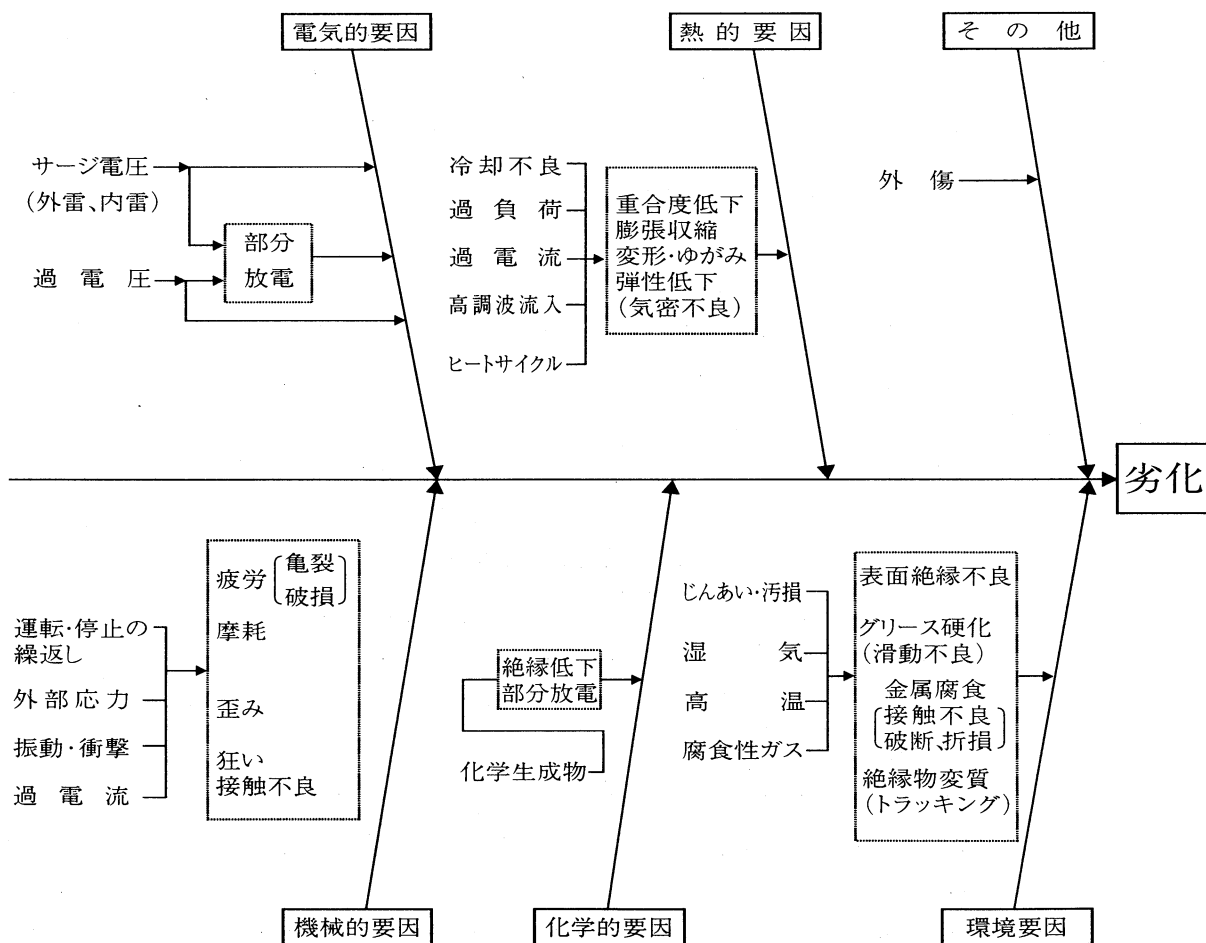
劣化要因が電動機に与える影響の程度は、対象機器によって異なるが、例えば図1のように表される。

また、電動機は、一部の部品を補修又は交換することによって、さらに相当期間に亘り実用上支障がない性能を発揮して安全に運転が継続できる。

しかし、経済性を加味すれば、汎用電動機のように、修理するよりは、むしろ交換（更新）した方が有利となる場合もある。

使用期間によって影響を受ける絶縁物の劣化に対する耐久性のほかに、運転時間に対する耐久性も寿命の決定要因となる。

さらに、電動機が使用されている環境条件（周囲温度、湿度、雰囲気など）にも大きく影響を受ける。つまり、個々の電動機の寿命は、その電動機の使用されてきた履歴によって大きく異なる。



(注) 1. 各要因が並列的又は直列的に複合進行し、劣化が加速的に進行する場合もある。

2. 上記のほか、設計、製作、施工及び保守の不良なども劣化を促進させる原因となる。

図1 劣化の要因分析（代表例）

(2) 劣化故障の形態

図2は電動機の典型的な劣化故障パターンで、横軸に電動機の使用時間、縦軸に故障率をとった場合、この曲線が洋式の浴槽に似ているのでバスタブカーブ (bath tub curve) と呼ばれているものである。

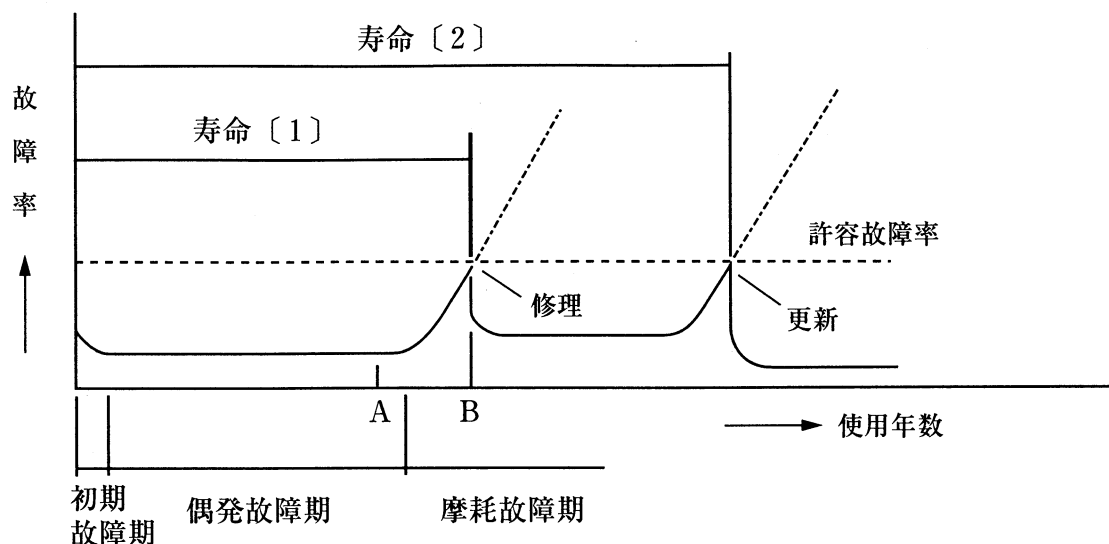


図2 電動機の劣化故障パターン

バスタブカーブは必ずしも全ての電動機の故障率の時間的変化がこのパターンと合致するとは言えないが、寿命に対する基本的概念をつかむ上では有効なので、これに沿って説明する。

(a) 初期故障期

電動機の運転を開始してしばらくは、外部的環境になじまない弱点や設計、製作の不具合が現れる。この期間は、時間の経過とともに故障率が低下する傾向を示し、初期故障期と呼ばれている。

(b) 偶発故障期

初期故障期を過ぎると、故障率が時間の経過に関係なく、ほぼ一定な期間が続く。この期間は偶発故障期と呼ばれ、故障率が低く、安定した運転が期待できる。

(c) 摩耗故障期

偶発故障期を過ぎると、構成部品の劣化や摩耗などによって、時間の経過に伴って、故障率が増加する時期がくる。この時期は、摩耗故障期と呼ばれ、設備としての機能を維持するためには、電動機のオーバーホール又は更新が差し迫った課題となる。

一般に、電動機の寿命は、上記の偶発故障期の長さで左右され、この期間を短縮しないためには、適切な保守が必要となる。また、修理やオーバーホールは、一定期間毎に分解点検を行い、劣化や摩耗の生じている部品を交換して、機能や性能を維持することを目的としており、これらを行うことによって図2の寿命〔1〕を〔2〕に延ばすことができる。

ここで問題となることは「許容故障率をいくらにとるか」ということである。つまり、図2のBをどこにとるかということで、この具体的数値は、当該電動機が故障を起こした場合の二次災害の影響や、故障に伴う操業の停止による影響などによって、各設備毎に決めるべきものである。

許容故障率に達する時点Bより余裕を持った時点Aで電動機を更新すれば、故障率を最小限に抑えることができる。

この報告書で設定した更新推奨時期はこのA点を指すものであり、後述するライフサイクルコストや更新による効果も含めて、総合的に判断する必要がある。

この偶発故障期から摩耗故障期に移るまでの期間は、次の要因によって大きく左右される。

- ① 使用条件・環境条件
- ② 保守点検状況
- ③ 電動機の構造（機械的構造、絶縁構造、構成部品の材質など）

すなわち、同一定格の電動機を同一時期から使用開始しても上記①～③の要因によって、寿命は大きく変わる可能性がある。

2.2 絶縁材料の寿命

電動機の劣化の原因としては、電気絶縁材料、回転構造材料の劣化が大勢を占める。しかし、電気絶縁材料は、軸受などの回転構造材料と違い、部品交換による予防保全が行いにくいいため、電動機の更新時期を決める大きな要因となる。

電動機に使用される絶縁材料は通常、E種、B種、F種が用いられ、その許容最高温度は、それぞれ120℃、130℃、155℃である。

絶縁材料の許容最高温度は、絶縁性能や機械的性能が半減する寿命とし、温度一時間で決まる。一般的に主絶縁として採用されている材料は、図3に示すように、40000h程度の寿命がある。使用環境・条件によって一概にいえませんが、電動機の使用時間を8h/日と考えた場合、絶縁寿命の目安は約15年となる。

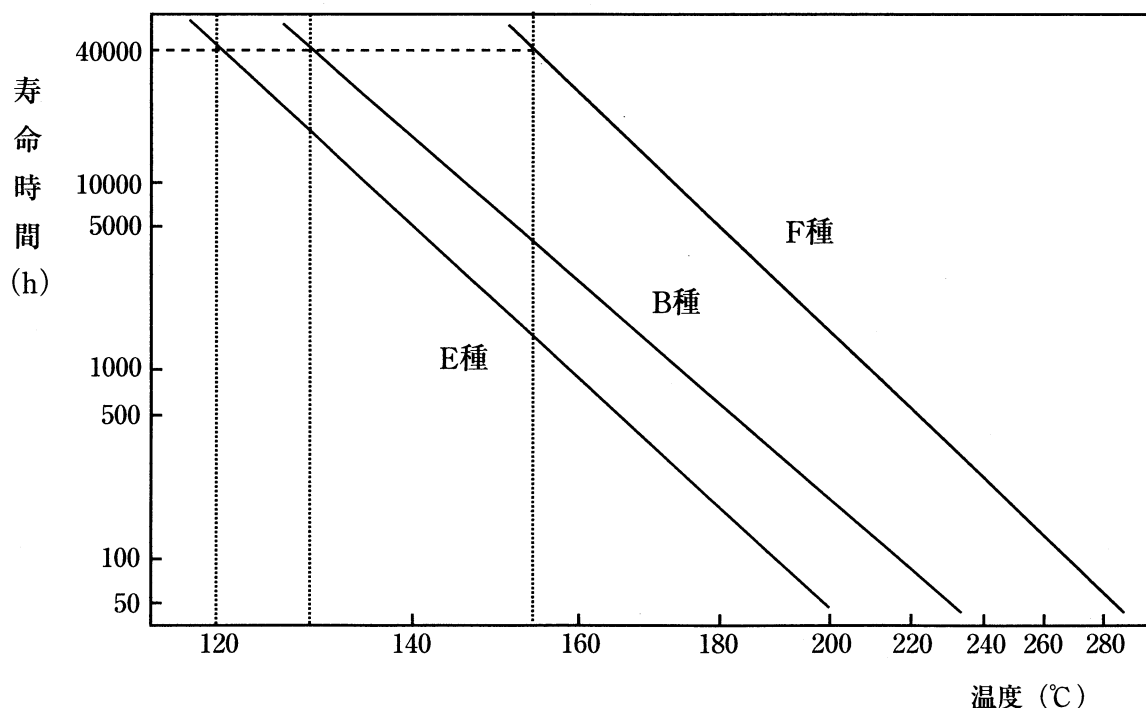


図3 温度と絶縁寿命の例

2.3 実績からみた電動機の寿命

電気機器の寿命（耐用年数）について、電気学会からアンケート調査に基づいた値が報告されているので、その中からかご形三相誘導電動機に関係ある部分を抜き出して掲載する。

(1) 寿命とメンテナンスの実態についてのアンケート調査結果

電気学会が昭和56年8～9月に、工場電気設備の寿命とメンテナンスの実態について、国内の大手工場129事業所に対しアンケート調査を行った。そのうち82の事業所から回答を得た結果をまとめたものが、電気学会技術報告（Ⅱ部）第159号に「工場電気設備の寿命とメンテナンスに関するアンケート調査報告」（昭和58年11月）として報告されている。

調査対象機器は、1.変圧器、2.コンデンサ、3.計器用変成器、4.遮断器、5.断路器、6.開閉器、7.閉鎖配電盤、8.CVケーブル、9.電動機、10.非常用発電設備、11.バッテリー、12.半導体応用製品（VVVF, CVCF）の12機器である。

この、アンケートの設問は、「実績から想定して機器の寿命は何年と考えていますか」と「寿命の終期形態は五つのパターンの一つ又は、二つのパターンを選んで○をつけて下さい」というもので、表3の結果では、寿命の平均値は低圧誘導電動機は25年程度、高圧誘導電動機は30年程度となっている。低圧誘導電動機の寿命の年数が15年と分散しているが、これは乱巻絶縁であるため特に環境条件を受け易いことや、使用条件に左右されるためと思われる。

図4はアンケート調査結果の詳細であるが、低圧誘導電動機の寿命として短いものでは15年程度と考えている回答も5%ある。

このアンケートの回答需要家は、24時間監視体制にある特別高圧受電の大手工場が主体であり、高圧及び低圧の誘導電動機でも汎用とは言い難い機種が含まれていることも、寿命の考え方に影響していると考えられる。低圧誘導電動機は一般用として広く普及しており、多くは大手工場以外で使われているのが実情である。

「更新を考慮する時期」については、20年経過時よりとなっており、寿命の平均値より5～10年前から更新を考慮していることが示されている。

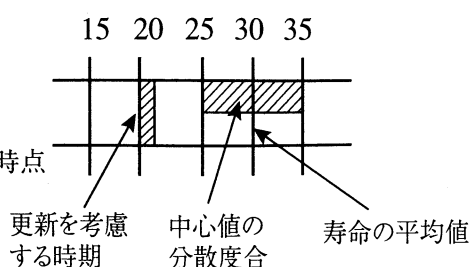
表3 電動機の寿命に関するアンケート調査結果

No.	機器の種類	寿命の 平均値	寿命の年数						※寿命の終期状態					アンケート 回 答 数
			10	15	20	25	30	35	1	2	3	4	5	
(1)	高圧誘導電動機（B種）	28.1										○	○	80
(2)	低圧誘導電動機（E種）	26.7									○	○	○	70

寿命の年数の凡例

※寿命の終期状態

- 1.故障頻度が高くなり、停電による損失が多くなった時点
- 2.交換部品の入手が困難になった時点
- 3.修理が技術的に不可能になった時点
- 4.性能が低下し、使用の安全性が維持できないと判断した時点
- 5.性能劣化によって維持管理費の増大が著しくなった時点

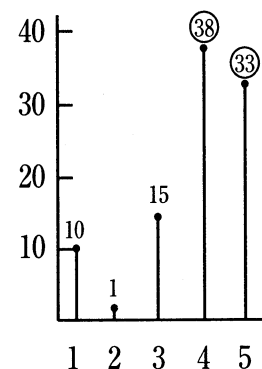
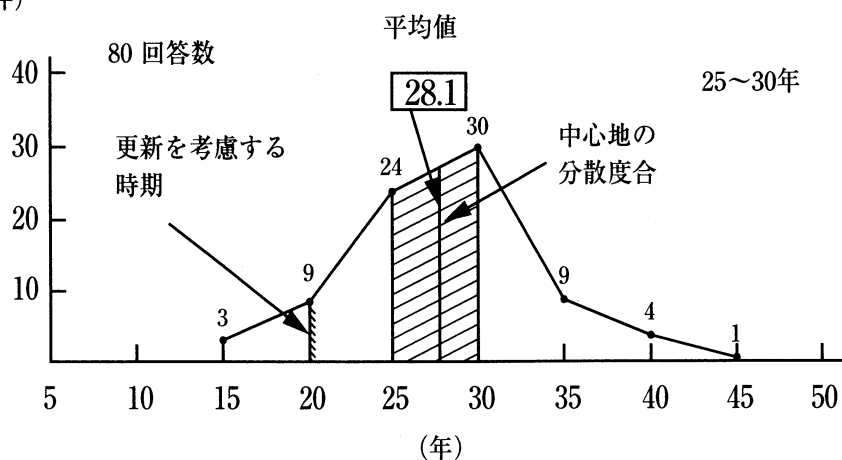


(1) 高圧誘導電動機の寿命の年数

(B種)

寿命の終期状態

(件)



(2) 低圧誘導電動機の寿命の年数

(E種)

(件)

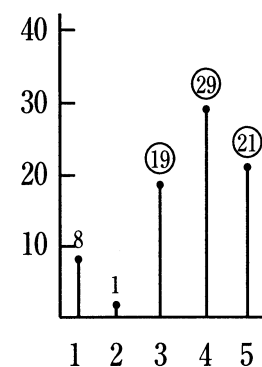
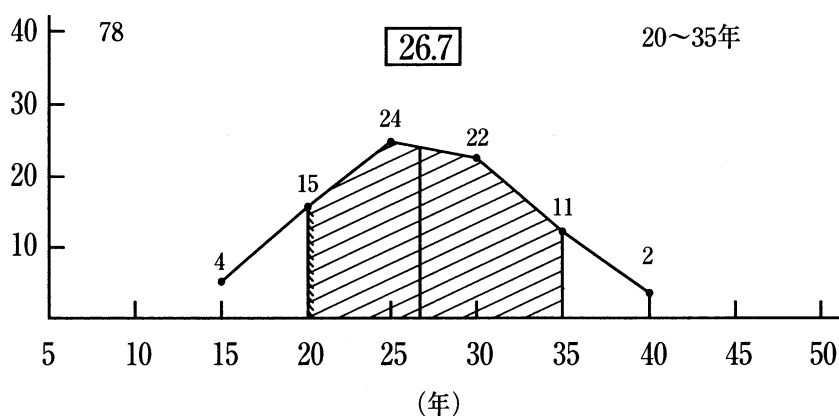


図4 電動機の寿命に関するアンケート調査結果の詳細

(2) 故障実態のアンケート調査結果

電気学会では高圧機器4種類（油入変圧器、進相用コンデンサ、遮断器及び三相誘導電動機）とCVケーブルの故障実態のアンケート調査を行い、その結果を電気学会技術報告（Ⅱ部）第230号に「工場電気設備の寿命予知技術に関する調査報告」（昭和61年10月）として発表している。このうち、三相誘導電動機については3kV級のかご形及び巻線形に於ける故障実態報告としているが、ここではかご形について抜粋して図5及び図6に掲載した。

図5より稼働5年から20年まではほぼ一定の故障上昇率であるが、20年を超えるとかなり高い故障率となる。

図6の故障内容別で見ると、絶縁破壊の要因での上昇率は14～15年でやや上昇しているが、21年を経過すると著しく上昇している。この絶縁破壊の原因として、経年劣化と報告された故障の分類も同様となり稼働22年以降急激な上昇率となっている。

このアンケート調査に基づく故障確率から判断すると、絶縁劣化診断時期として少なくとも稼働後10～15年には必要で、その試験方法によって劣化進行状態の把握が望まれる。

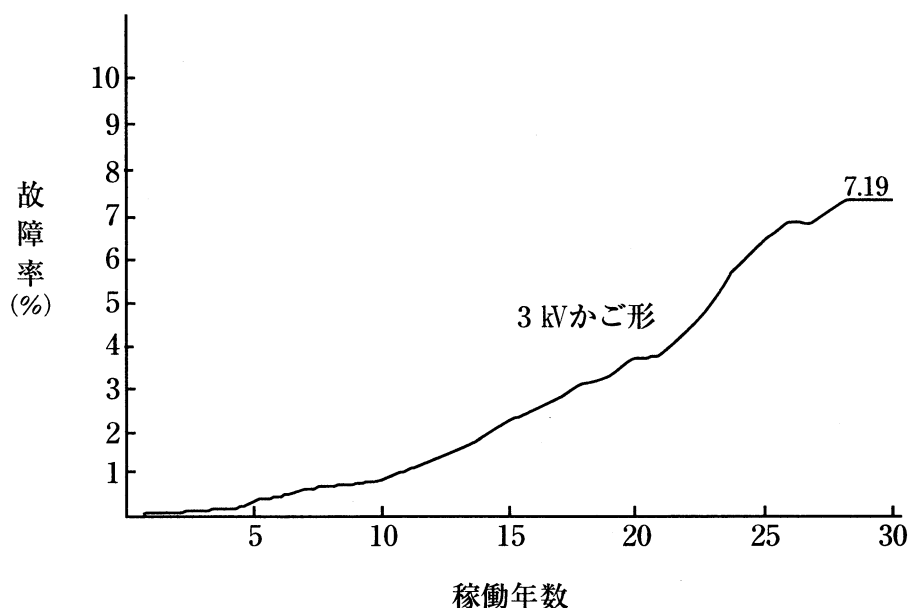


図5 3 kVかご形電動機累積故障率推移

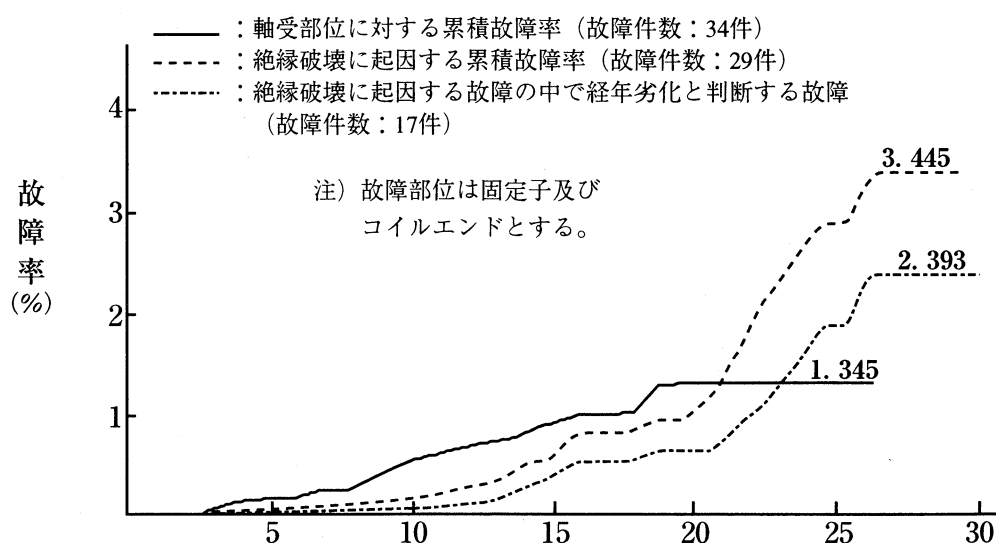


図6 3kVかご形電動機故障内容別累積故障率推移

3. 保守診断技術について

3.1 電気機器の保全

電気機器の保全方法は、大きく事後保全と予防保全との二つに大別される。

事後保全とは、機能や性能、また、使い勝手などが低下したり故障を生じたりした電動機をその都度交換する保全方法である。一般家庭で使用される家庭電化機器はこの類である。

予防保全とは、機能や性能、また、使い勝手などが低下したり故障を生じたりしない前に機器、部品、また、システムを計画的に交換する方法で、時間基準保全と状態基準保全とに大別されている。

(1) 時間基準保全

前述のバスタブカーブの考え方に基づいたもので、機器、部品、システムの故障率が摩耗故障率に達する期間以前（時間前）に機器、部品、システムを計画的に交換する方法である。

方法は、まだ暫く使用できる機器、部品を健全なうちに交換してしまうため狭義の経済性では事後保全に比べて劣ることになるが、通電及び制御の信頼性向上すなわち故障率の低下には大きな効果があり、結果として生産性並びに経済性の向上に結びついている。

(2) 状態基準保全

日常及び定期的な点検チェックの結果が許容値を超えた場合、機器、部品の交換を行う方法で、劣化の兆候を検出して事前に手を打つもので、故障率の低下、通電及び制御の信頼性向上には特に大きな効果があり、現在最も重要視されている方法である。

この予防保全をより効果的に行うためには、機器、部品の劣化状態を正確に把握することが重要である。これらの保全方法について表4に示す。

表4 保 全 方 法

保 全 方 法		長 所	短 所
事 後 保 全		故障寿命まで使用し、その都度交換する方法	短期的には経済的 大きな事故を伴うケースがあり、長期的には不経済である
予 防 保 全	時間基準保全	故障率が許容値に達する期間以前に交換する方法	故障率が低下し、生産性が向上する 短期的には不経済である
	状態基準保全	日常定期的な点検で結果が許容値を超えた時、交換する方法	故障率が低下し、生産性が向上する ・ 短期的には不経済である ・ 故障の兆候検知が難しい

今後、予防保全が主体となるが、この根幹をなす保守作業について言えば、対象とした各機器は各々の規格に定められた通常の使用条件、環境条件の下で使用され、かつ、製造業者の推奨する保守点検基準に基づいた管理（日常点検及び定期点検）が実施されていることが重要である。

保守点検に当っては、感電、巻込み、やけどの危険性があるため、保守点検の専門家によって実施されたい。

電動機の一般的な保守・点検についての詳細については、（社）日本電機工業会技術資料第160号（一般用低圧三相かご形誘導電動機の手扱い及び保守・点検 指針）を参照されたい。

3.2 電動機の故障と診断

電動機に発生する故障原因を一般産業の全体を通して集め分類した例を図7に示す。

また、表5は発生した電動機事故（低圧）の原因別内訳例をまとめたものである。これらによると軸受の摩耗・焼付や絶縁劣化などが故障原因として多く、電動機自体の経年使用による自然劣化によって発生したものと考えられているのが過半数と多い反面、単相運転、過負荷運転、冠水など運転方法や使用方法の誤りに関係する原因も案外多いことがわかる。

図8は、電動機の故障あるいは異常がどのような状況から発見されたかを示すもので、これによれば、煙、音、臭いなどいわゆる人間の五感によって発見されたものがおよそ半数を占めていることがわかる。

表6は、電動機の異常とその主な原因について示したもので、故障の早期発見とともに未然に処置をとり、事故の拡大を防ぐためには日常の巡視点検がいかに大切かを物語っているといえる。

次に、電動機の主な故障とその原因及び処置について述べる。

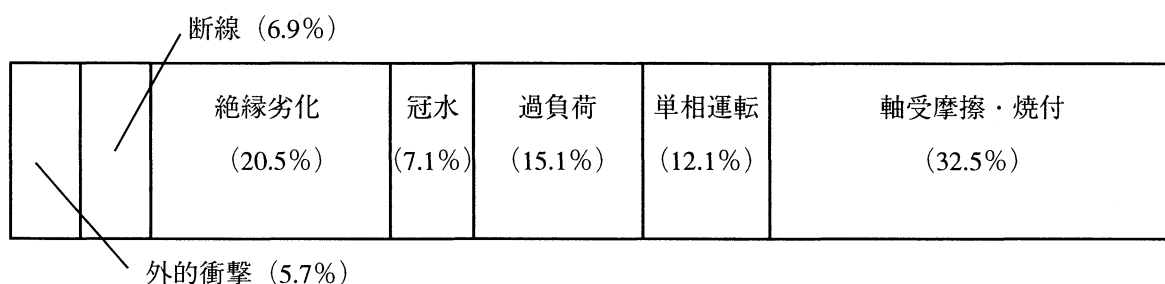


図7 電動機の故障原因（低圧）

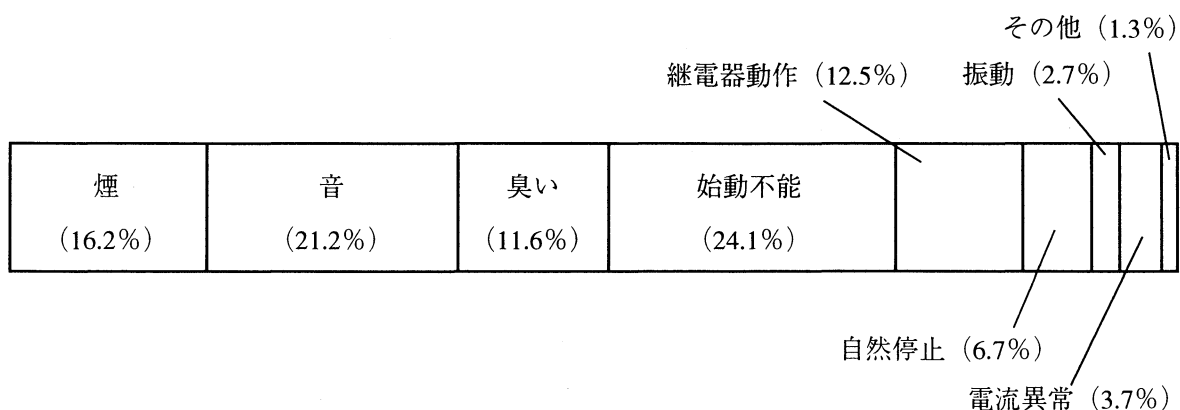


図8 電動機の故障発見手段（低圧）

表 5 電動機の故障原因別内訳

故障原因	発生割合 (%)
(1) 自然劣化	59.5
(2) 過負荷	7.2
(3) 冠水	5.1
(4) 保守不完全	3.5
(5) 故意・過失	2.9
(6) 風雨・水害	2.8
(7) 施工不完全	2.2
(8) 接触不良	1.5
(9) その他	7.2
(10) 不明	8.1
計	100

表 6 電動機の異常と主な原因

現 象		主 な 原 因
視 覚	外観	汚損・じんあい・腐食・損傷
	変色・発煙	過熱・焼損・接触不良
	計器異常・不平衡・指示なし	電圧不平衡・レヤー・断線・単相運転視覚・接触部接触不良・ヒューズ溶断
	指示過大	過負荷・拘束・軸受焼付
	運転停止	停電・軸受焼付・固定子回転子接触・単相運転
		低電圧トルク不足・過負荷大・遠心カススイッチ不良・電圧降下大
聴 覚	音・うなり	機械的不具合：緩み・直結不良・ガタ・機械的バランス不良・軸受故障
		電気的不具合：電圧不平衡・単相運転・拘束・レヤー・断線・始動不良・加速不良
嗅 覚	臭い	過熱・焼損・レヤー・拘束・過負荷・単相運転・潤滑不良・軸受焼付
触 覚	振動	異常振動・機械的アンバランス・電圧不平衡・単相運転・レヤー・断線
	温度	過熱・過負荷・拘束・単相運転・冷却不良・低電圧運転・加速不良

(1) 回転しない、又は回転が上がらない

「回転しない」という現象について、原因を推定していく過程を図9に例示する。このツリー展開は別に法則があるわけではないため、各自で展開してみると興味深いものである。

「回転しない」、又は「回転が上がらない」現象の主な原因としては次のことが考えられる。

- ① 機械に何かの原因で荷がかかりすぎる。(過負荷)
- ② 電源の一相がヒューズ切れなどによって欠相し、単相運転になっている。
- ③ 電動機巻線に短絡や地絡箇所がある。
- ④ 結線が間違っている。

このようなときは、開閉器のヒューズ切れがないか、又は接触不良がないかを調査するとともに、取り付けている相手機械から電動機を外して、無負荷にて運転する。スイッチを入れてしばらく様子を眺め、異常な音、臭い、煙が出ないかを調べることによって、原因をしばらく込んでいくことが必要である。

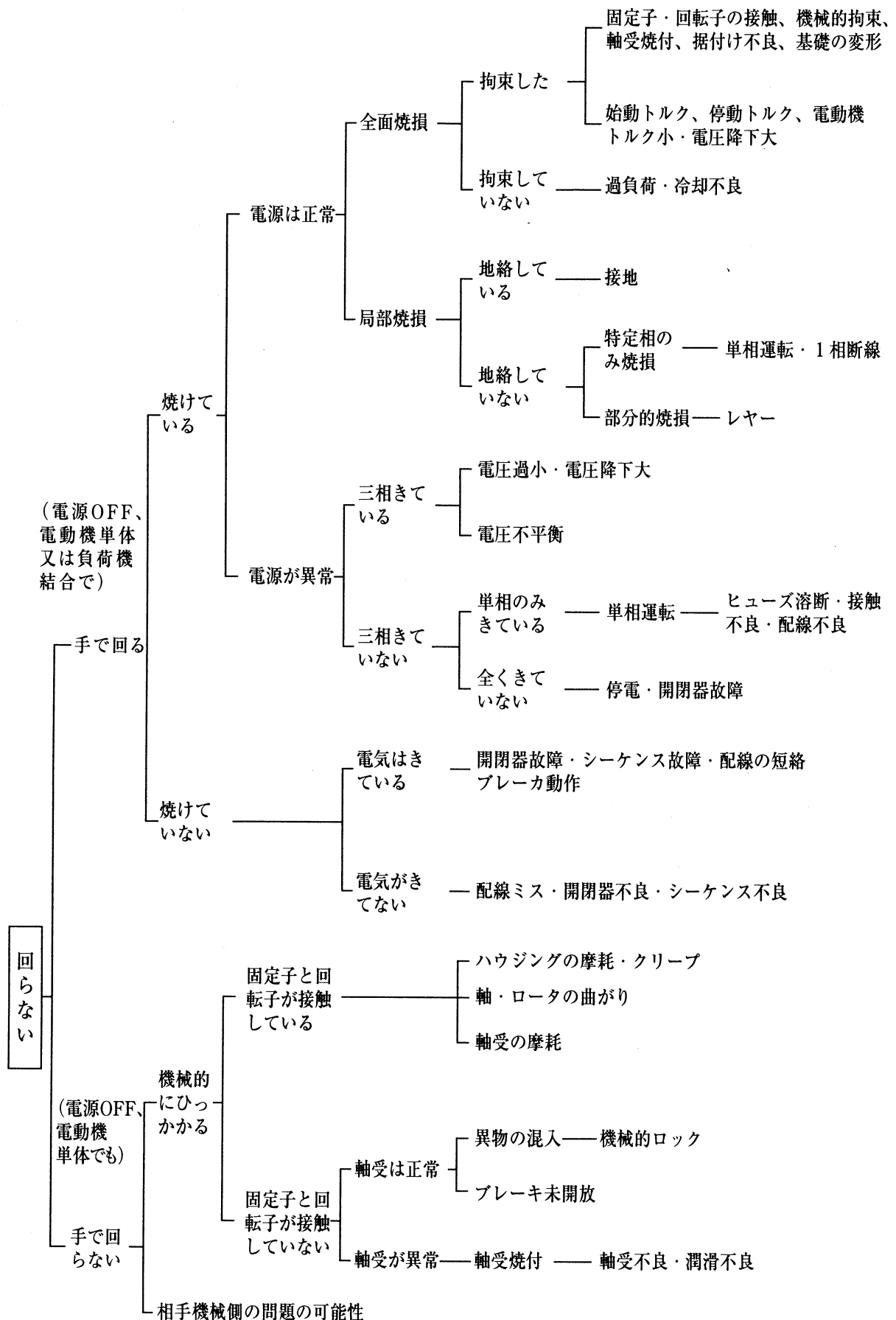


図9 電動機の回らない原因

(2) 異常に温度上昇する

- ① 過負荷になっている。
- ② 単相運転になっている。
- ③ 電源電圧が異常に下がっていたり、三相間が不平衡になっている。
- ④ 冷却風量、又は水量が不足している。
- ⑤ 巻線の一部が短絡や地絡している。

などの原因が考えられる。

電動機の温度状態は、外枠（フレーム）の異常値によって知ることができる。外枠などに温度計が取り付けられていれば、その指示値によって正確に知ることができる。また、高温によるやけどに注意する必要があるが、手軽な方法として外枠を素手で近づけてみることで日常温度との相対比較によりおおよその見当がつく。しかし、軽く様子を見るなどして火傷に注意する必要がある。

電動機巻線の許容最高温度は、使用されている絶縁物の種類によって、それぞれ定められており、さらにこれを基準として、周囲温度40℃のときの巻線の温度上昇限度が決められている。これらの値は表7のとおりである。

異常な温度上昇が生じた場所が鉄心、巻線、外枠などであれば、原因は主に電氣的なもの、ブラケットの軸貫通付近などであれば、軸受など機械的な原因と考えられる。異常温度上昇を放置しておけば、やがて巻線や軸受などが焼損して運転不能になり、場合によっては漏電、火災などを起こす原因になることがある。このうち電氣的原因としては、過負荷、単相運転、巻線の短絡や地絡、冷却不良などのほか、最近はインバータなどの使用による電源電圧や電流の歪みによるものもある。

軸受の過熱原因としては、グリースの充填不足、油量や油種の不良、軸受取付不良、相手機械との結合不良などが考えられる。

表7 絶縁の種類（JEC-37-1979）

絶縁の種類	許容最高温度(℃)	固定子巻線の温度上昇限度(抵抗法)(℃)	電線・絶縁物の一例		
			絶縁電線	絶縁物	ワニス
A	105	60	ポリビニルホルマール線	クラフト紙	フェノール樹脂ワニス
E	120	75	ポリエステル線	ポリエステルフィルム	ポリエステル樹脂ワニス
B	130	80			
F	155	100	ポリアミドイミド線	ポリアミドフィルム	エポキシ樹脂ワニス

(3) 異常な音や振動がする

電動機の異常音や振動の原因を探す過程を、それぞれ図11と図12に例示する。

電動機の発する音は大別して、ブーンといううなり音（電磁音）と回転部が風を切る音やキーンという軸受音、その他接触音などがある。

電磁音に異常がある場合は、原因として回転子と固定子の空隙間に偏心が生じた場合、鉄心の締付ボルトが緩んでいる場合、電圧不平衡や単相運転など電源に原因がある場合が考えられる。風を切る音やダクト音に異常が生じる場合は、回転部の緩みやファンの損傷などが考えられる。

軸受音の異常原因としては、軸受のグリースが少なくなっている、異物がグリースに混入している、軸受に傷がついている、軸受の取付けが正常でなかったりする、などが考えられる。グリースが原因である場合は、一度洗浄した上で新しいグリースと交換する。軸受自身が損傷している場合は交換する必要がある。

音とともに異常に振動が発生することがよくある。この場合は電源を切ってみて振動が止まれば原因は電磁的なもので、空隙のアンバランスや電圧不平衡、単相運転など電源に不具合が考えられる。

電源を切っても振動が止まらなければ、機械的な原因であるがこの場合は連結している機械を切り離してベースや足まわりの点検を行い、不具合がない場合は、電動機の回転子バランスや軸受まわりの点検をする必要がある。表8に故障現象とその原因、処置について代表例を示す。

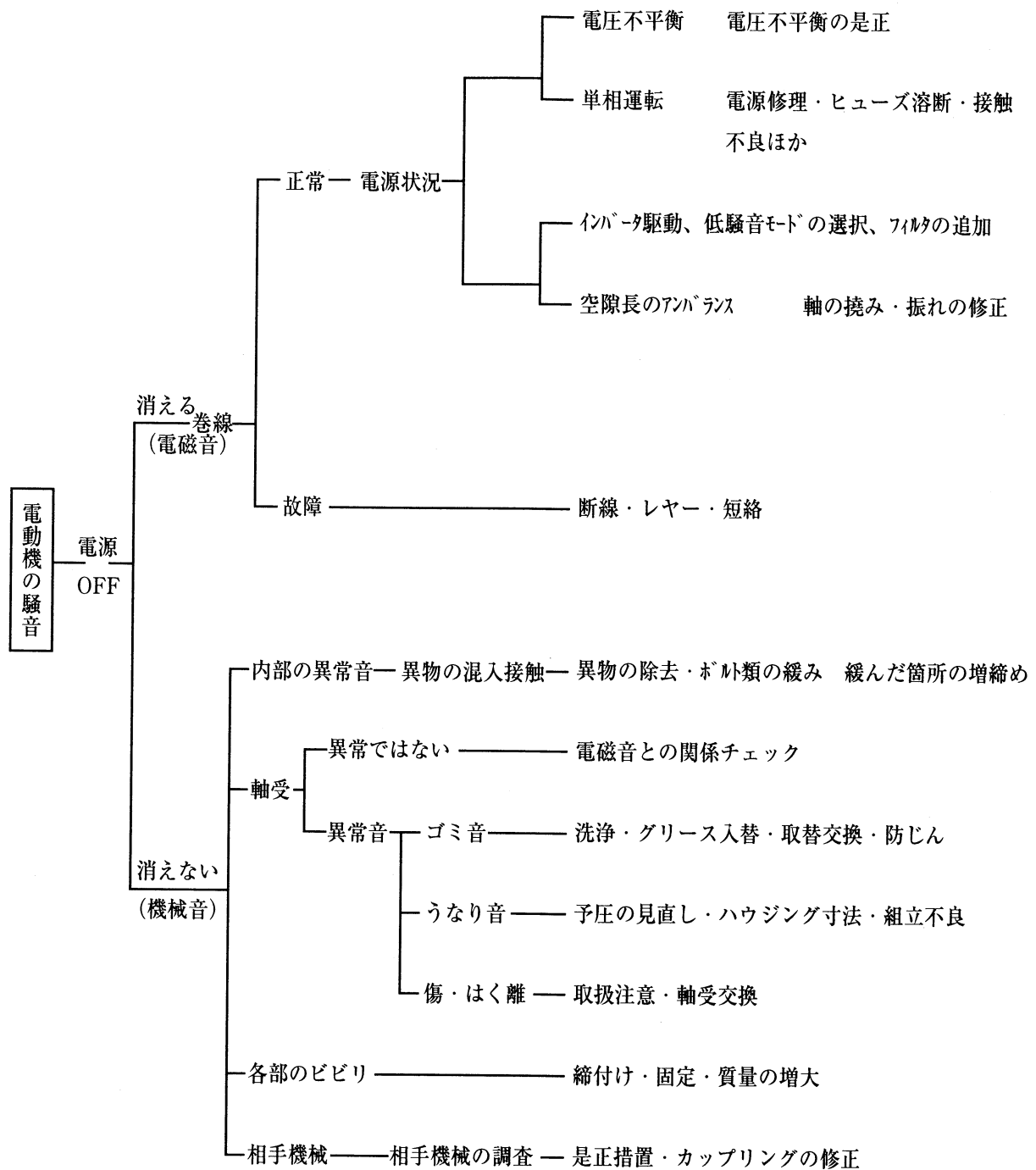


図10 電動機の騒音源の探し方

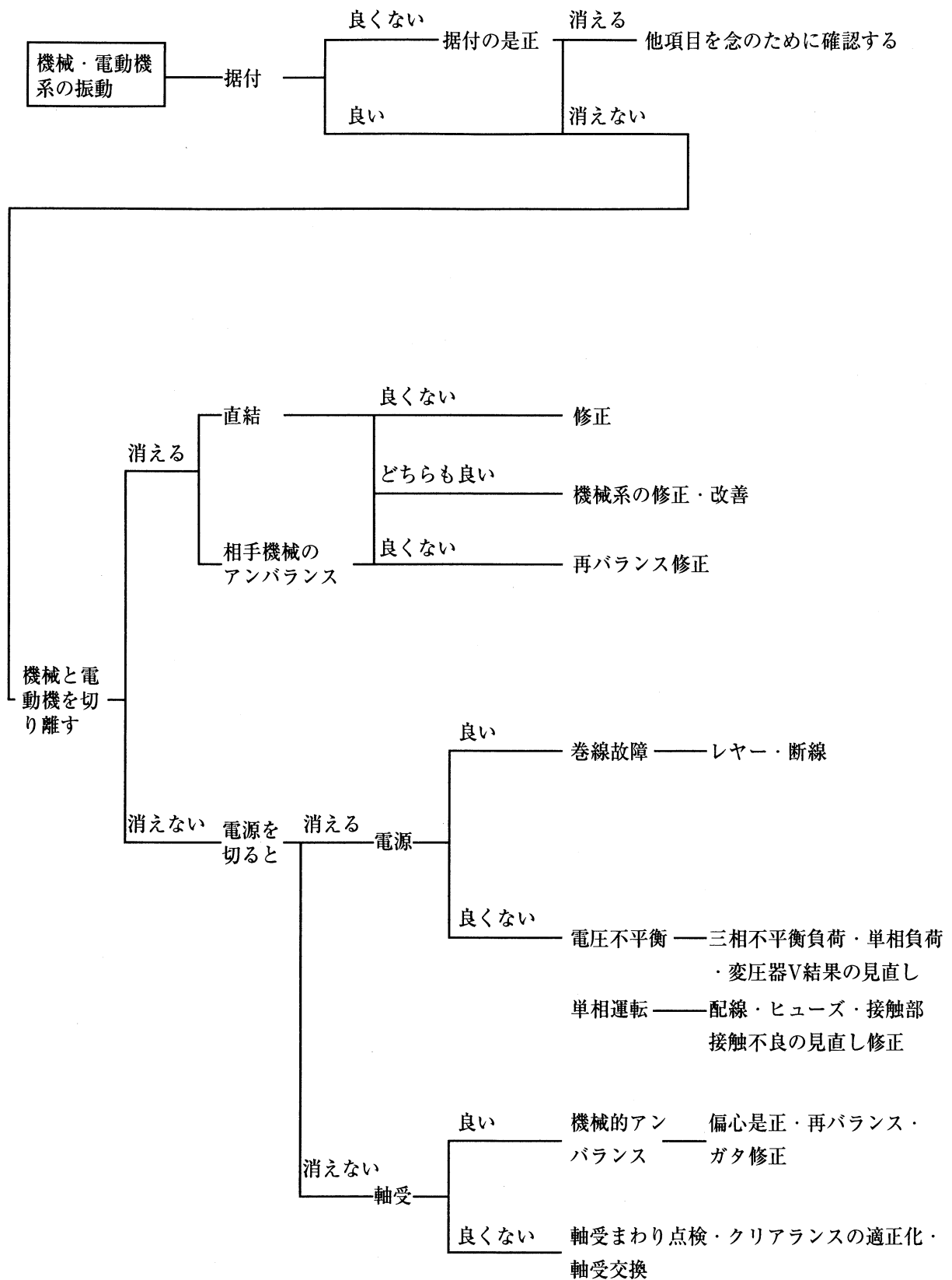


図11 電動機の振動の原因の探し方

表 8 電動機の故障現象と原因・処置

故 障 現 象		原 因	処 置
無 負 荷 時 回 転 し な い	1. 手で回すといずれの方向にも回る	1. スイッチ又は電線の接触不良 2. ヒューズ又は電線 1 本の断線 3. 固定子巻線の故障	1. 接触部の調整又は取換え 2. 点検し、手直し又は取換え 3. 専門工場で修理
	2. 異常音がする うなる音がする 始動時のうなり	1. 1 相が欠相して単相状態 2. スイッチ又は電線の接触不良 3. ヒューズ又は電線 1 本の断線 4. 固定子巻線の故障 5. 電動機内部で拘束（軸受の破損など）	1. 開閉器と電気回路調査 2. 接触部の調整又は取換え 3. 点検し、手直しは取換え 4. 専門工場で修理 5. 専門工場で修理
	3. 音がしない	1. 固定子巻線の故障 2. 各種インタロック解除不良 電動機以外 3. 停電動 4. ヒューズ又は電線 2 本以上の断線 5. スイッチ 2 箇所以上の接触不良 6. 始動器の 2 箇所以上の断線	1. 専門工場で修理 2. 回路点検 3. 電力会社に連絡 4. 点検し、手直し又は取換え 5. 接触部の調整又は取換え 6. 始動器の導電部を点検修理
	4. 手で回そうとしても回転しない	1. 固定子と回転子が完全に接触 2. 軸受の破損	1. 専門工場で修理 2. 専門工場で修理
	5. 保護装置が動作する	1. ターミナルの接触不良 2. 固定子巻線の故障 3. リレー設定値の不適 4. リレー誤動作	1. 接触部の修理 2. 専門工場で修理 3. 設定値の適正化 4. 誤動作原因除去
無 負 荷 時 回 転 す る	1. 逆転する	1. 接続誤り	1. 接続の点検調整
	2. 保護装置が動作する	1. 固定子巻線の故障	1. 専門工場で修理
	3. 速度が上がらない	1. λ-Δ始動器の接触不良 2. 固定子巻線の故障	1. λ-Δ始動器の点検修理 2. 専門工場で修理
	4. うなる音がする	電 流 過 大 1. 電動機自身の摩擦トルクが大きい 2. 固定子と回転子の間隔不良 3. 固定子巻線の故障 4. 始動後に 1 相が欠相して単相状態 5. 固定子巻線の故障	1. 専門工場で修理 2. 専門工場で修理 3. 専門工場で修理 4. 開閉器と電源回路の調査 5. 専門工場で修理
	5. 無負荷運転中に温度が異常上昇する	1. 電源の異常 2. 通風冷却の阻害 3. ファンの回転方向が逆 4. フィルタの目づまり	1. 電源設備の改善 2. 通風冷却の改善 3. ファンを正常回転方向とする 4. フィルタ清掃、交換
	6. 軸受部でゴロゴロ音や金属音がする	1. 軸受の不良 2. グリース劣化	1. 専門工場で修理 2. グリース交換
	7. 振動が大きい	1. 電動機側がアンバランス 2. 電動機取付部品の振動大 3. 回転子の故障 4. 基礎が共振している 5. 据付け台の強度不足 6. 基礎ボルトの緩み	1. 回転子のバランス取直し 2. 取付部品のバランス調整 3. 回転子の交換 4. 基礎架台の補強 5. 据付け台の補強 6. 基礎ボルトの増締め

故 障 現 象		原 因	処 置
負 荷 時 (無 負 荷 時 は 回 転 す る)	1. ベルトが外れる	1. 過負荷 2. 相手機械が故障で回らない 3. ベルトの張り方不良	1. 電動機定格の選定し直し 2. 相手機械の点検修理 3. ベルトの張換え
	2. 保護装置が動作する リレーがトリップ ヒューズが切れる	1. 相手機械が不良 2. リレー、ヒューズの選定ミス 3. 使用条件の不適合、使用時間、頻度 4. 過負荷 5. 電源の異常	1. 相手機械の調整 2. リレー交換、ヒューズ交換 3. 使用条件の見直し 4. 電動機定格の選定し直し 5. 電源設備の改善
	3. スイッチが過熱	1. スイッチの選定不良 2. スイッチの接触不良	1. スイッチの選定し直し 2. スイッチの調整
	4. 電動機が過熱	1. 固定子巻線の故障 2. 過負荷 3. 電源の異常 4. 使用条件の不適合	1. 専門工場で修理 2. 電動機定格の選定し直し 3. 電源設備の改善 4. 使用条件の見直し
	5. 速度が下がる 回転が上がらない 遅い加速 回転しない	1. 電源の異常 2. 回転子の故障 3. 過負荷	1. 電源設備の改善 2. 回転子の交換 3. 電動機定格の選定し直し
	6. 負荷運転中に温度が 異常上昇する	1. 電源の異常 2. 通風冷却の障害 3. 周囲温度大 4. 過負荷 5. 固定子巻線の故障	1. 電源設備の改善 2. 通風冷却の改善（ごみなどの除去） 3. 周囲環境の改善 4. 電動機定格の選定し直し 5. 専門工場で修理
	7. 軸受の過熱	1. 軸心の狂い 2. 軸受不良 3. オーバークリース 4. ベルトの張力大 5. グリース劣化、グリース不足、質不良	1. 心出し調整 2. 軸受交換 3. グリース量調整 4. ベルト張力調整 5. グリース補給交換
	8. 異常音がする うなり音 しゅう動音	1. 電源の異常 2. 通風路が障害されている 3. 過負荷 4. 軸受不良 5. グリース不足 6. 回転子の故障 7. 回転子鉄心が固定子鉄心をすっている 8. 回転部が固定子又は外被の部分をすっている 9. ブラケット、ファンなどの部品締付け不良	1. 電源設備の改善 2. 障害要因の除去 3. 電動機定格の選定し直し 4. 軸受交換 5. グリース補給交換 6. 回転子の交換 7. 専門工場で修理 8. 専門工場で修理 9. 締付け調整
	9. 振動が大きい	1. 直結心出し不良 2. カップリングの不良 3. 機械側がアンバランス 4. 機械側から伝達される衝撃	1. 直結のやり直し、再心出し直結 ：熱膨張代を考慮 2. カップリングの点検調整 3. 機械側のバランス取直し 4. 機械側の調査
	10. 電流計が振れる	1. 電源の異常 2. 負荷変動 3. ベルト張り不良 4. うなり音を伴う周期的振れ、固定子回転子の故障	1. 電源設備の改善 2. 負荷調整 3. ベルトの張り調整 4. 固定子回転子の点検修理

4. 電動機更新の考え方

2.3の電動機の寿命についてのアンケート調査結果によれば、「寿命の終期状態」の考え方として最も多い回答は「性能が低下し、使用上の安全性が維持できないと判断した時点」であり、次に多いのが「性能劣化によって維持管理費の増大が著しくなった時点」となっている。すなわち、性能低下によるトラブルの危険性や性能回復の困難さ、回復に要する費用などが寿命の判断基準とされることが多いと考えられる。

しかし、電動機の更新については寿命終期の時点に要する費用だけではなく、長期的な見地からトータルコストミニマムを実現するためのライフサイクルコストや早期更新のメリットについても検討する必要がある。

(1) ライフサイクルコストの考え方

電動機を設置する際、ともすると初期投資額のみを対象にしがちであるが、その寿命終期までに必要とする費用は運転コストや点検・修理費などのランニングコストも大きなウェイトを占めている。

このため、電動機の寿命終期までに要する費用、すなわち、ライフサイクルコストを最低にすることが、総合的な経済性（トータルコストミニマム）を得る手段である。

ここで電動機のライフサイクルコストについて、主な項目をまとめると図12のようになる。

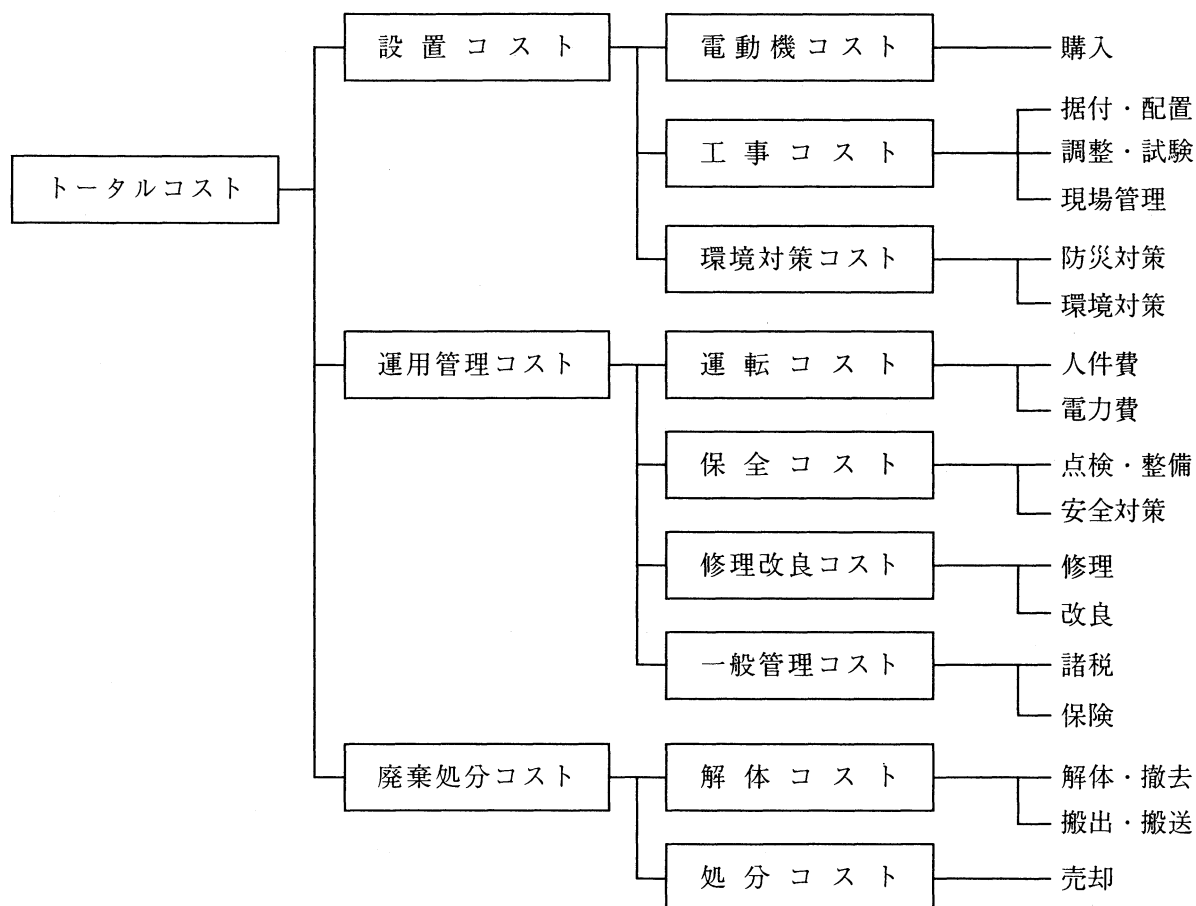


図12 電動機のライフサイクルコストの体系

ライフサイクルコストは長期に亘って発生する費用を取り扱うので、発生コストを基準の年に換算して計算する必要がある。この換算にはいくつかの方法があるが、一般には基準の年を初年度、つまり現在の価格に換算する現価法が多く用いられる。

たとえば、

C_r : 耐用年数 t 年目までに発生する現在価格の合計値

C_o : イニシャルコスト (設置コスト)

C_n : ランニングコスト (運用管理コスト)

$(1+i)^{-n}$: n 年度末における現価係数

i : 利率

t : 耐用年数

S : 廃棄処分コスト (残存価値 - 処分費)

とすると、

$$C_r = C_o + \sum_{n=1}^t C_n (1+i)^{-n} + S (1+i)^{-t}$$

で表される。

また、 t 年間の年平均コストは次式で求められる。

$$C_m = C_r \times \frac{i}{1 - (1+i)^{-t}}$$

ただし、 C_m : 現在価格に換算された総費用を t 年間の均等額に換算した年等価額

$$\frac{i}{1 - (1+i)^{-t}} : t \text{ 年間における資本回収係数}$$

上記のイニシャルコスト、ランニングコスト、廃棄処分コスト及びトータルコストの年等価額を縦軸に、使用年数を横軸にとってグラフに表すと、例えば図13のようになる。つまり、トータルコストは建設後暫くはイニシャルコストの影響が大きく、経年につれて年等価額は減少するが、ある時期を過ぎると、保守・点検費や修理費の方が上回り（ランニングコストの影響が大きくなり）、年等価額が増加する。このため、経済的な寿命として、このライフサイクルコスト（トータルコスト）が最低となる時期（図13のA点）に更新することが最も有利と言える。

なお、この検討はあくまで電動機に対する経済性だけで、二次災害による損害や、停電による機会損失などは含まれていない。

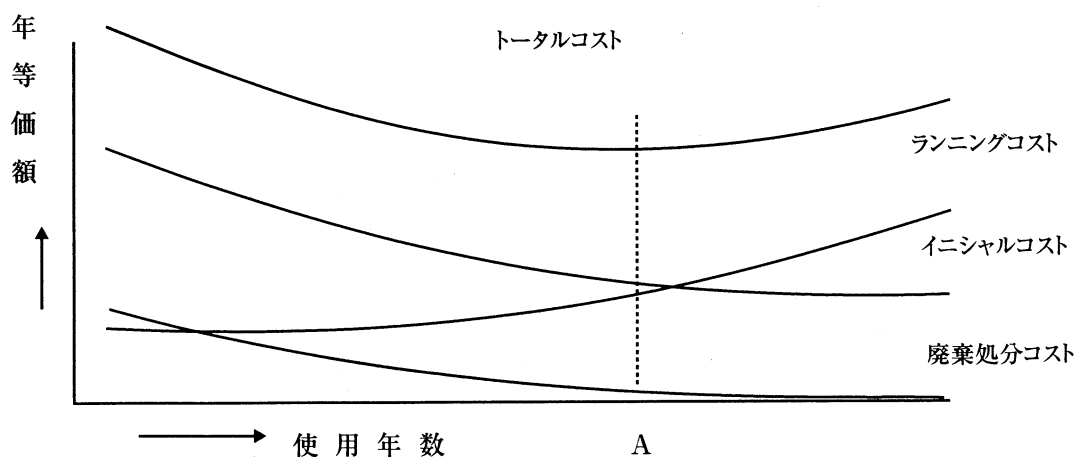


図13 ライフサイクルコストから見た更新時期

(2) 電動機の更新による効果

老朽化した電動機を更新することの第一の目的は、安定した機能・性能を得ることであるが、新型に置き換えることによって、単に故障率をほぼ従来の新品状態に戻すだけでなく、次のような付帯効果が得られる。

(a) 信頼性の向上

最近の電動機は材料の進歩、コンピュータ解析に基づく設計・製造技術の向上、性能を検証する試験・検査と品質管理面での充実などによって、絶縁、軸受、塗装など、あらゆる部品について従来より信頼性が向上している。

(b) 高機能、高性能化

近年の設計・製造技術の向上によって、電動機の小型、軽量化が進み、また低騒音、低振動化が図られ、同一容量、同一定格の電動機でもその機能・性能が向上されているものが多い。

(c) 省力化、省人化

最近の電動機は軸受構造などメンテナンス面でも多くの考慮が払われており、点検を必要とする部品が減少し、かつ、点検周期も延長することができる。

(d) 省エネ

高効率モータに置き換えることにより運転コストの削減が図れる。

高効率モータの取付け寸法は標準モータと同じである。

(3) 電動機の種類による更新時期

故障によるトラブルを最小限に抑え、ライフサイクルコストを最低にとどめるためには、図13の摩耗故障に達する以前に新型機に更新した方が、総合的にみて得策となる場合が多いと考えられる。

しかし、低圧機と高圧機とでは、予防保全のための診断装置などに費やす点検・診断費と、更新した場合の電動機の価格を比較した時の経済的な分岐点が相当異なる。また、低圧機分野では経済的で、かつ、信頼性の高い診断技術が実用化されていないことを含め、小容量機に、なるほど経済的な分岐点が低くなる傾向にある。

更に、摩耗故障に達する期間も電動機の稼働率や負荷率によって様々であり、環境条件や電動機の外被構造（全閉形か開放形か）によっても個々に違っているのが実態である。

従って、更新時期を一般的に述べることは困難さを伴うが、低圧機と高圧機に大別した場合、更新推奨時期としておおよそ1.2のようになると考えられる。

電動機の更新は以上述べたことに関係なく、設備・機器の更新や増強と絡めて一斉に行われる場合も考えられるが、いずれにしろ故障を起こしてからの後追いの修理・交換でなく、長期的視点に立って計画的に老朽設備の先取り更新を図っていくことが望まれる。

参考文献

- (1) 汎用高圧機器の更新推奨時期に関する調査報告書
日本電機工業会 平成元年9月
- (2) JEM-TR 160（一般用低圧三相かご形誘導電動機の手扱い及び保守点検指針）
日本電機工業会 1987年9月
- (3) 工場電気設備の寿命とメンテナンスに関するアンケート調査報告
電気学会 技術報告（Ⅱ部）第159号 昭和58年11月 電気学会
- (4) 電気設備の耐久性に関する調査研究報告
電設工業 昭和60年12月号 日本電設工業協会
- (5) 現場の電動機技術
野口昌介著 オーム社 1988年第1版11刷発行
- (6) 誘導電動機
坪島茂彦著 東京電機大学出版局 1992年第1版11刷発行

◆本書執筆担当委員会並びに傘下加盟会社
委員会名（順不同）

電動機業務専門委員会

誘導機技術専門委員会

傘 下 加 盟 会 社（五十音順）

(株) 栗 田 電 機 製 作 所

山 洋 電 気 (株)

(株) 下 村 電 友 舎 製 作 所

神 鋼 電 機 (株)

住 友 重 機 械 工 業 (株)

デ ン セ イ ・ ラ ム ダ (株)

(株) 東 芝

東 洋 電 機 製 造 (株)

(株) 日 立 製 作 所

富 士 電 機 (株)

松 下 電 器 産 業 (株)

三 菱 電 機 (株)

(株) 明 電 舎

(株) 安 川 電 機

「誘導電動機の更新推奨時期について」

平成12年 8 月

発 行 所 社団法人 日本電機工業会

〒102-0082 東京都千代田区一番町17番地4

電話 03 (3556) 5885

