

電力設備予防保全技術の展望

Current Status and Perspective of the Preventive Maintenance of Electric Power Plants

前沢英寿* *Hidetoshi Maezawa*

下村純志** *Kiyoshi Shimomura*

野島正英*** *Masahide Nojima*



(a) 電源開発株式会社只見発電所



(b) 中国電力株式会社柳井発電所



(c) 東京電力株式会社東山梨変電所

電力系統 現代生活の機能を維持するためには、電力設備の予防保全が必要である。日立製作所は、火力発電設備では発電設備総合予防保全システムを、水力発電設備では超音波非破壊検査法による寿命診断法や機器状態監視システムを、送変電設備では予測保全システムなどをそれぞれ開発し、電力設備の予防保全技術の高度化を図っている。

経年発電・送電設備の増加と運用の過酷化が進んでいるが、これら設備の長寿命化と保守管理のために、予防保全技術が重要な課題となっている。また、火力発電設備では炭酸ガス発生量の抑制のため、経年設備に対しても高効率化が必要となっている。

予防保全および寿命延伸化技術としては、機器の材料劣化に対する余寿命診断、耐力向上技術、コンピュータによる予防保全の管理などが実施されている。余寿命診断のため数種の非破壊検査法を同時に

適用しているが、対象機器の余寿命が定量的に把握できることから、計画的な部品取り替えなどによってプラント全体の長寿命化につながる強力な手段の一つである。また、プラントの寿命や性能を律則する機器に対しては構造変更、材質改良などを実施し、耐力および効率の向上を図っている。さらに、プラントの運転、保全履歴や類似機の情報などをデータベース化して予防保全システムを構築運営している。

* 日立製作所 火力事業部 ** 日立製作所 火力事業部 工学博士 *** 日立製作所 電力事業部

1 はじめに

現在、電力需要は着実に増加しつつあり、需給のバランス上新設設備とともに現用の経年発電・送電設備の活用がますます重要となってきた。また、電力需要の昼夜間格差の拡大に対し、火力発電設備では負荷調整機能の役割を果たすため頻繁な起動・停止が、水力発電設備では揚水発電設備で1日2回以上の起動・停止が要求されるなど、過酷な運用を行わざるを得ない状況になりつつある。

このような状況下において、経年発電・送電設備については性能・信頼性のいっそうの維持・向上に努める必要に迫られている。このため、経年発電・送電設備に対し、計画的な予防保全による耐力の維持向上および寿命の延伸化がますます重要となっている。

ここでは、経年発電・送電設備に対する予防保全技術の最近の動向と適用状況について述べる。

2 発電設備の状況

電力需要は、エネルギー消費の中でますます増加しており、最近の5年間で平均5%の伸び率を示している。平成4年度の電源開発の基本計画によれば、平成3年度から平成13年度にかけて年平均2.3%の伸びが見込まれ、平成13年度の発電設備は2億5,361万kWと推定している。この発電設備の構成を、平成3年度と合わせて図1に示す。平成13年度では、火力が最も多く1億5,499万kW、61.1%であり、水力が4,672万kW、18.4%、原子力が5,192万kW、20.5%となっている。この発電設備を確保するためには、新たに7,595万kWの設備開発が必要とされている。この計画には、期間中に老朽火力などの休・廃止を193万kWと見込んでいる¹⁾。言い換えれば、平成13

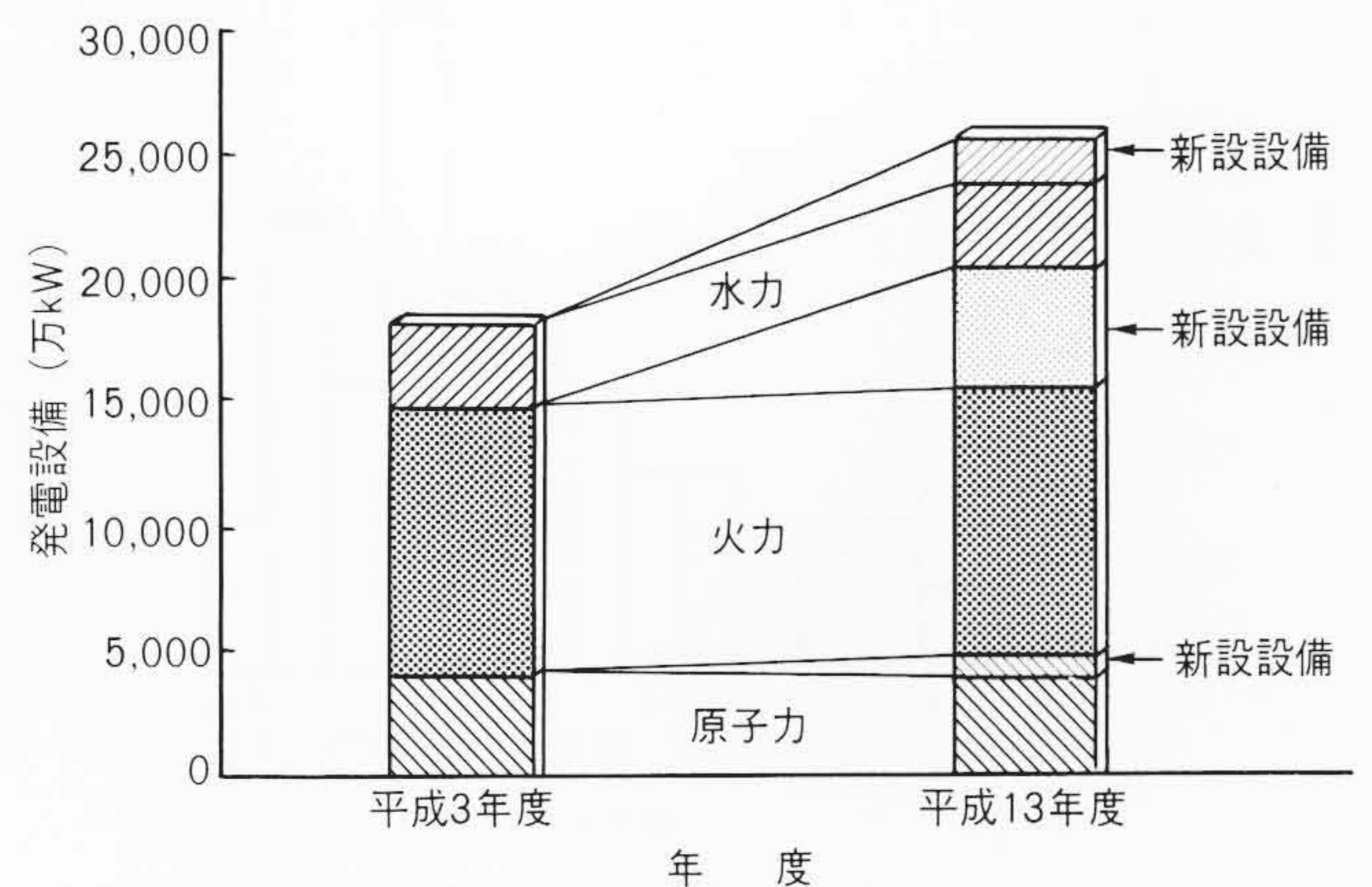


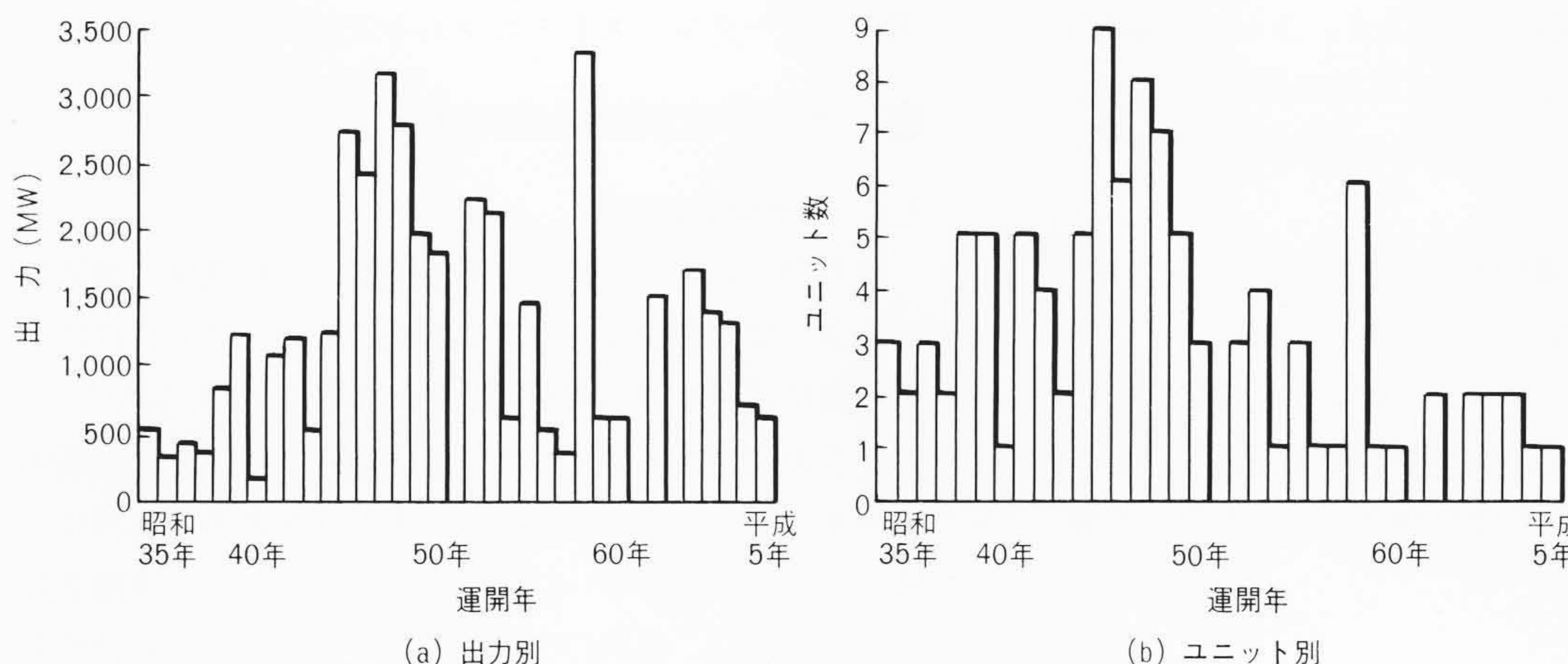
図1 平成3年度および平成13年度の電源構成¹⁾ 平成3年度の電源設備は、平成13年度以降も99%以上の設備維持が必要である。

年度以降も平成3年度の設備の99%以上の設備を維持していくことが必要となる。

平成3年度までに、日立製作所が納入した火力および水力発電設備の年度別の出力およびユニット数の内訳をそれぞれ図2、3に示す。

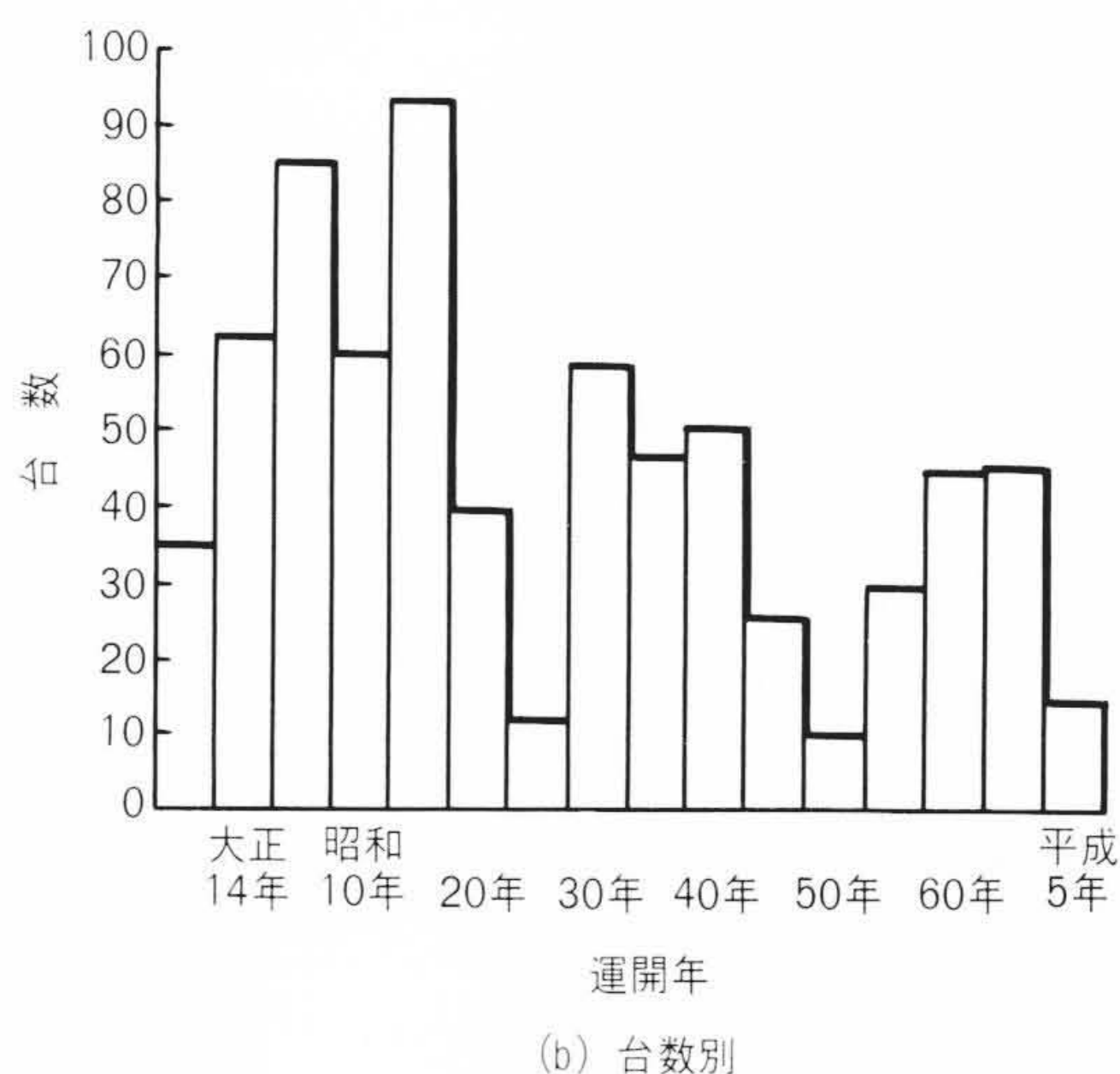
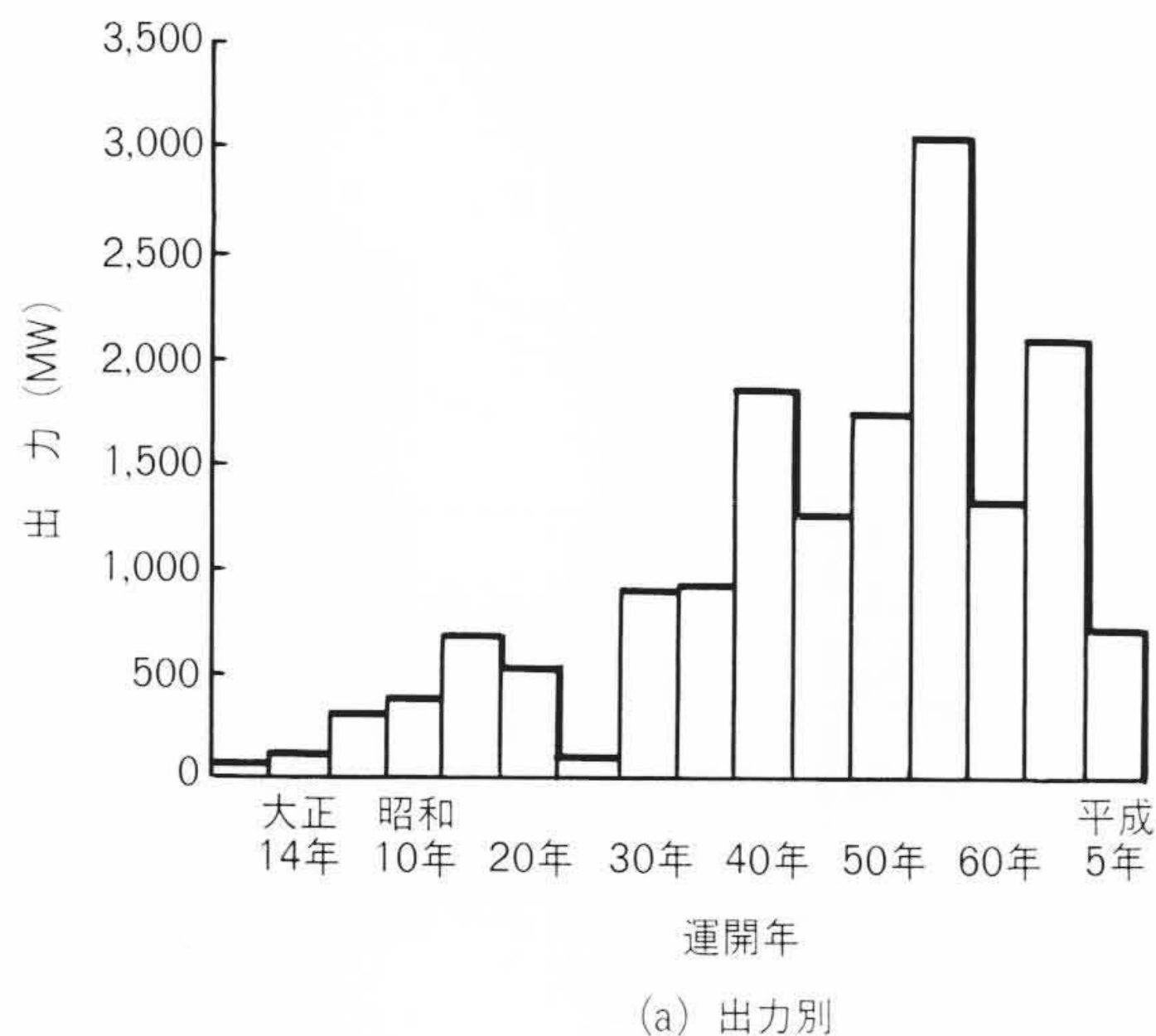
火力では、昭和30年代前半に建設された設備は中・小容量機が多く、効率などの点から多くの設備が休・廃止されているが、出力、台数ともに増加している昭和40年代の高度成長期のエネルギー需要増加に伴って建設された設備の大部分は現在なお稼働中であり、15年以上経過した設備は75%以上を占める。これら経年設備を放置しておけば休・廃止せざるを得ない状況となり、前述した電源計画を見込めなくなるため、水力発電設備も含めて以下に述べる経年設備の長寿命化、近代化の推進が必至と考えられる。

水力では昭和20年以前に建設された設備も多く、70%以上の設備が40年以上を経過している。しかし、出力が



注：(1) 出力、ユニット数は廃止プラントを除いた数値である。
(2) ユニット数は、ボイラ、タービン・発電機の一括納入、またはそれぞれ単独に納入された発電所のユニット数である。

図2 日立製作所のボイラ、タービン・発電機の納入実績 ユニット数で見ると、運転開始後15年以上を経過した設備が75%以上を占めている。



注：出力，台数は5年ごとに集計したものを示す。
ただし，平成5年は3年分である（廃止プラントを除く）。

図3 日立製作所の水車・発電機の納入実績
運転開始後40年以上を経過した設備が，台数で見ると70%以上を占めている。

ら見ると約20%であり，出力の割合に比べて台数が多いため，さらに長期間にわたって設備を運転していくためには中・小容量の設備のきめの細かい維持保全が必要である。

3 予防保全技術の最近の動向

3.1 火力発電設備

火力発電設備も水力発電設備と同様に，建設後15年以上経過した設備が75%以上に達するなど，経年設備が増加している。

一方，運用面では昼間の最大電力需要は夜間の約2倍以上となっており，その電力需要の差はほとんど火力設備で調整されている。さらに，原子力設備の増加などを勘案すると，今後ますます火力設備の中間負荷運用，DSS(Daily Start-Stop：毎日起動・停止)やWSS(Weekly Start-Stop：毎週起動・停止)が高頻度に要求され，運転条件の過酷化が進んでいる。ベースロード運用として設計建設された設備を長寿命化するとともに，高頻度起動・停止，季節間，昼夜間での需要格差の拡大に適合したサイクリック運用のような中間負荷運用に適したプラントへの蘇(そ)生を図る必要がある。さらに，環境問題に対応するため経年設備に対する高効率化が要求され，また，定期検査工事の省力化，期間の短縮化も要望されている。

また，高効率，良好な運用性などの特長を持つガスタービンと蒸気タービンを組み合わせたコンバインドサイクル発電設備や既設火力とガスタービンを組み合わせたシステム，いわゆるリパワリングの需要が高まり，それに適用されるガスタービンの予防保全にも力を注ぐ必要がある。

3.2 水力発電設備

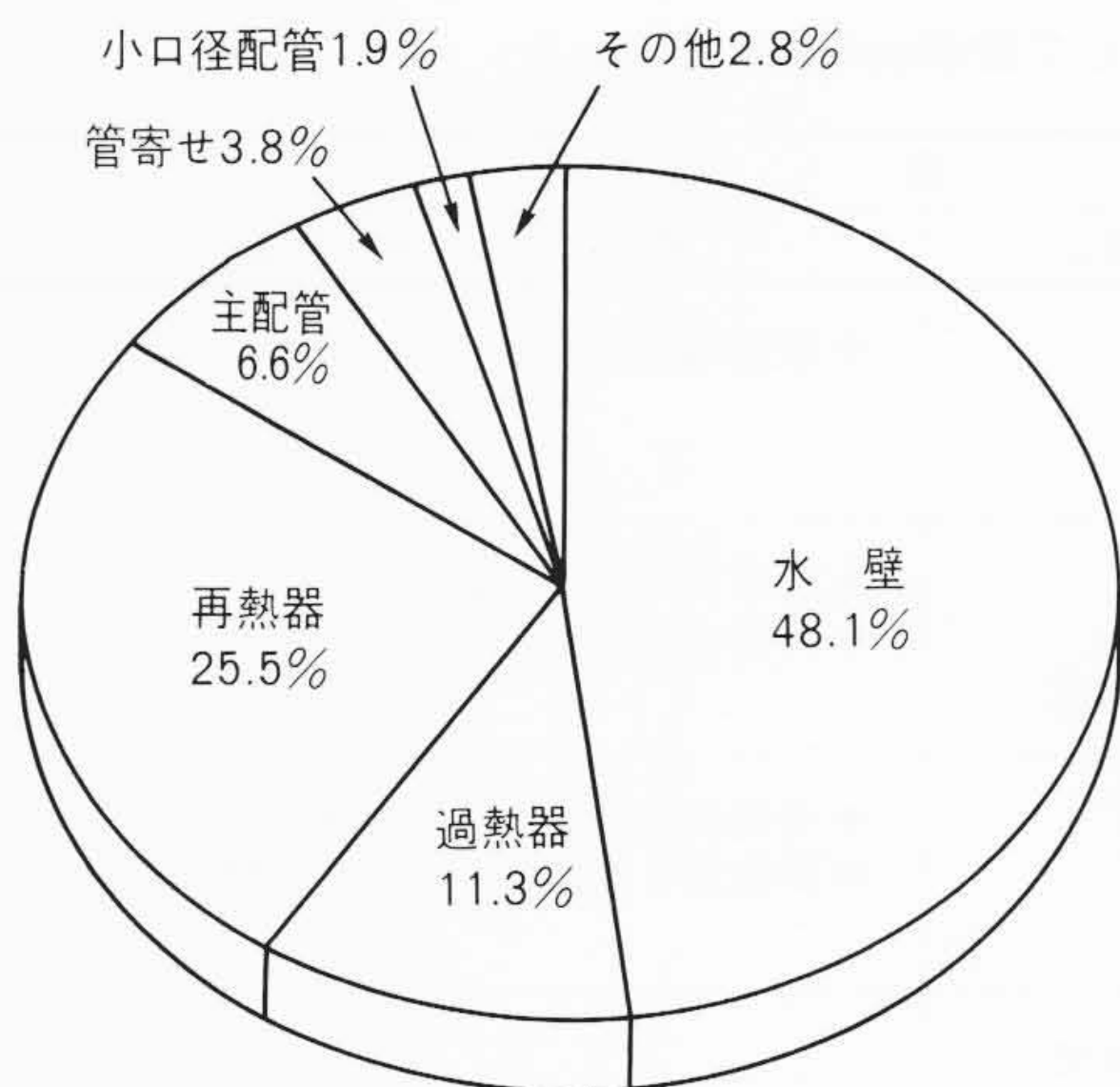
水力発電設備は，これまで述べたように火力，原子力に比較して小容量機が多いが，図1に示したように電源構成として重要な構成要素であるため，近年大容量化が進められる一方，既設の中・小容量の発電設備の見直しが行われている。しかし，中・小容量設備は図3で示したように，建設後40～50年以上経過した設備が多い。このような設備は，部分的改造や交換では継続運転を維持することが困難な場合も多く，ケーシングまで含めた全面改修，いわゆるS&B(スクラップ アンド ビルド)も必要となる場合もある。現在，40年以上経過の日立製作所製水車の80台近くが全面改修を受けているが，さらに全面改修の対象としては当面約300台が考えられる。電力会社以外のものや輸出品まで考えると相当数になり，また時間の経過とともに，全面改修の必要性はますます増加すると考えられる。

このS&Bあるいは改修更新の場合，単に建設当初の原形に戻すだけでは経済性が悪い場合があるので，計画を進めるにあたっては，最新の各種技術を導入して性能向上，出力増強，信頼性向上，長寿命化，保守の簡素化を図り，トータルコストミニマムを実現する必要がある。

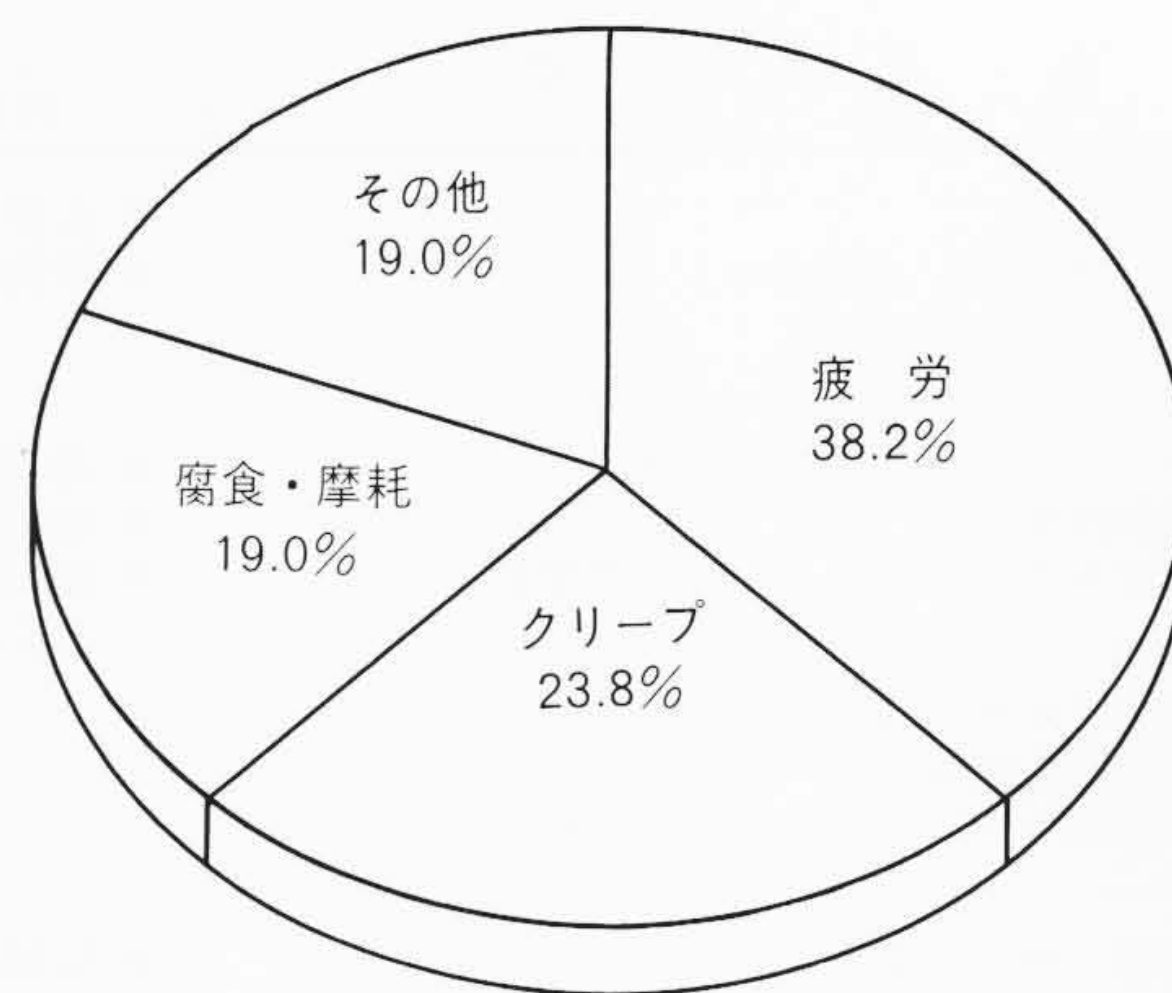
4 予防保全技術の適用状況

4.1 火力発電設備

火力発電設備の機器は，高温機器，回転機械，電気設備あるいは制御設備と多岐にわたるため，経年劣化による損傷には種々の事例が経験されている。それらのうち，ボイラおよびタービンについての最近10年間の損傷事例を図4，5に示す。劣化損傷の大部分を占める要因は，疲労，クリープあるいは腐食である。これらの損傷を防止するために，定期的な精密点検あるいは余寿命診断を

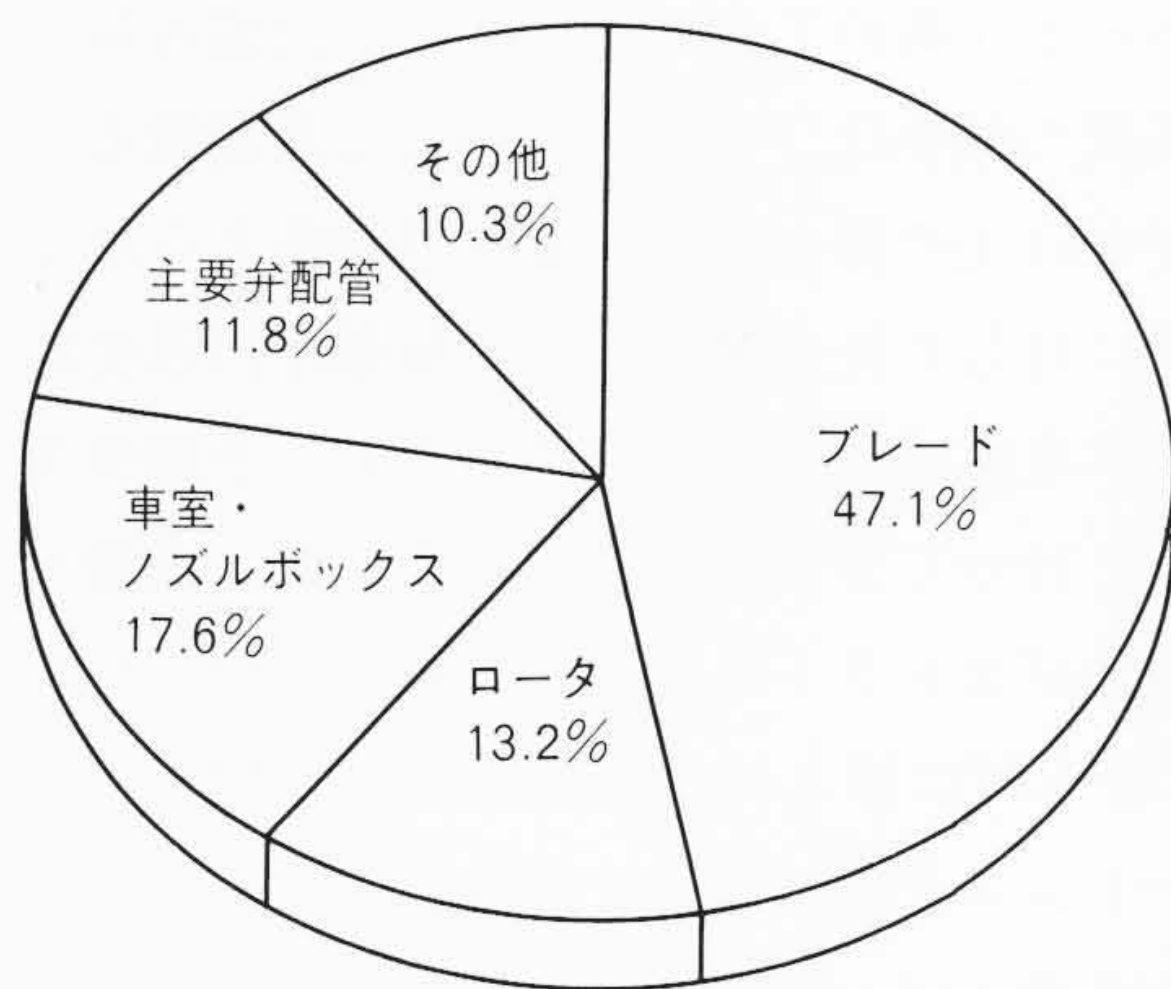


(a) 部位ごとの損傷発生割合

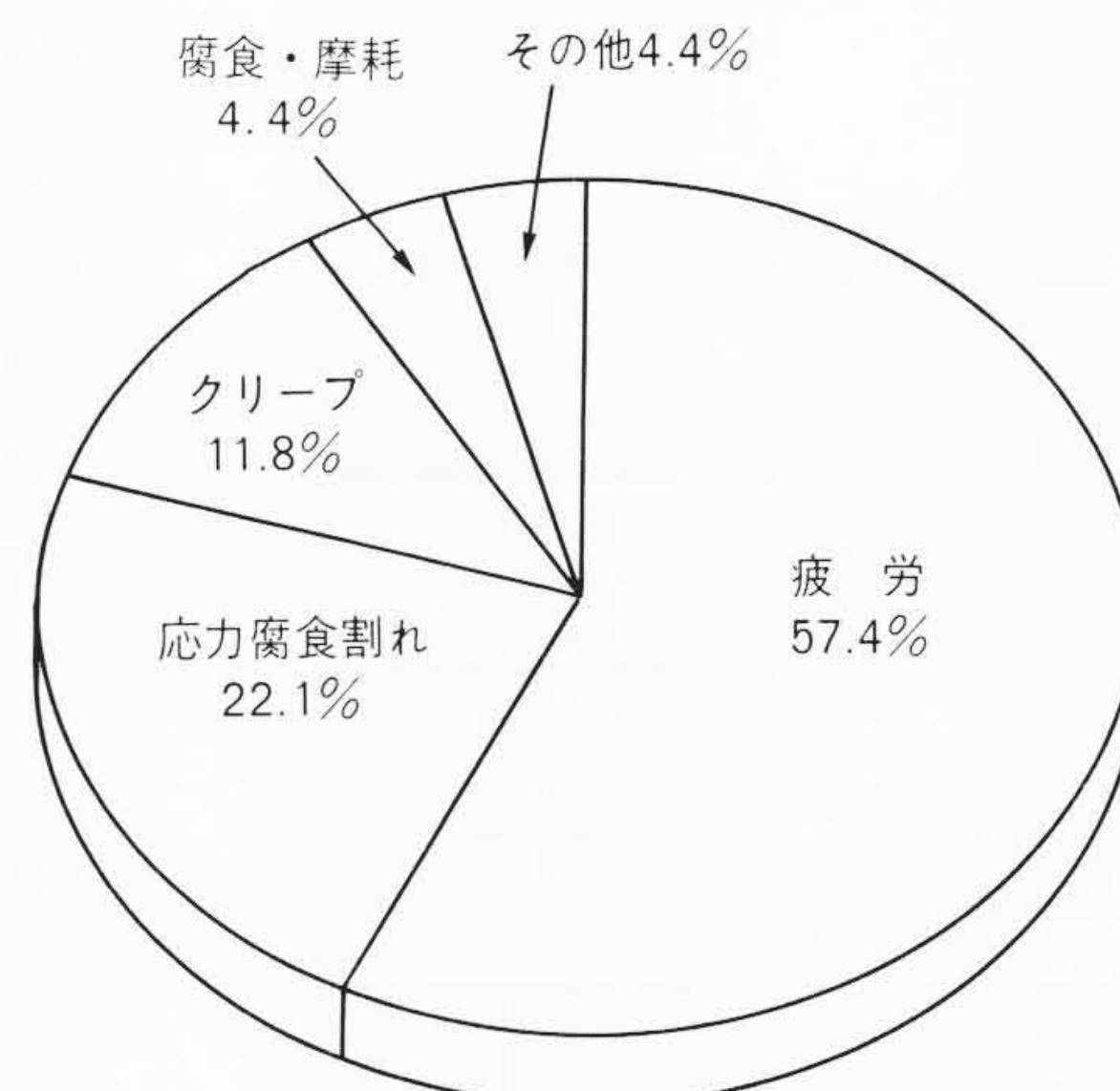


(b) 損傷要因

図4 ボイラの過去10年間の経年劣化損傷事例
発生部位では水壁が多く、要因では疲労による損傷が最も多くなっている。



(a) 部位ごとの損傷発生割合



(b) 損傷要因

図5 蒸気タービンの過去10年間の経年劣化損傷事例
発生部位ではブレード、ロータなどの回転体が多く、要因では疲労による損傷が最も多くなっている。

実施し、損傷要因とそのメカニズムを正しく把握し、部材の損傷程度を正しく評価することが必要である。

経年劣化損傷要因に適した余寿命診断評価に基づき、短寿命と評価された部材については、最新設計ユニットに採用されている技術を応用して計画的に取り替えることにより、信頼性を向上しながら寿命の延伸を図ることができる。これらの劣化更新、設備改善の内容を表1に示す。例えば、負荷調整能力を高めるため、ボイラの垂直管からスパイラル化の変更、あるいはタービンのロータ形状変更による更新など、また効率向上に対しては、新型動静翼の採用などの改善を進めてきた。

発電設備の増加とともに、管理すべき運転、保守の情報は膨大となっていく。これらの情報を的確に把握管理し、発電設備の運用保守に反映することは、設備の稼働率を向上させる上で不可欠な手段であると考えられる。日立製作所は、火力発電プラントに適用する発電設備総合予防保全システムを開発し、現在適用している。この

システムの構成を図6に示す。同図でわかるように、発電設備の主機、補機を含め各機器の設計データ、不具合の水平展開のためのデータ、保守・運転の履歴データなどを総合的に管理し、的確な予防保全情報を提供していく。

4.2 水力発電設備

水車設備の経年変化により、ステーパーンなど機械部品や固定子コイルの絶縁破壊などの損傷が生じた場合、その復旧に多大な工程と労力を要するのは明らかである。事故に至る前に老朽化部品の余寿命をより精度よく把握し適切な処置を行うことは、電力安定供給の上から非常に大切である。水車のランナ、主軸あるいは案内羽根などは摩耗、キャビテーション、疲労などによる損傷を受けても取り替えが可能であり対応が比較的容易である。しかし、ケーシング、ステーパーンなどはコンクリートに埋設されており、点検が困難であるばかりでなく、その取り替えは大規模な改修となる。このため、日立製作所はこれらの主要部品の超音波非破壊検査法による余

表Ⅰ 火力発電機器の予防保全技術 各機器の劣化更新と同時に、最新設計技術を適用して設備改善を図っている。

機 器	劣 化 更 新	設 備 改 善	
		性能向上、機能向上	長 寿 命 化
ボイラプラント	● 耐圧部更新 （過熱器，再熱器，水壁ほか） ● 補機更新（ミルほか）	● 水壁スパイラル化 ● 燃焼改善	● 新型起動弁
タービンプラント	● ロータ，ケーシング，主弁類更新 ● 給水過熱器更新 ● ボイラ給水ポンプ内部ケーシング更新	● 高効率翼 ● 新型最終段翼 ● 循環水ポンプ可動翼化	● ノズルボックス更新 ● 起動方法改善
発 電 機 電 気 品	● 発電機コイル巻替（回転子，固定子） ● 電動機コイル巻替 高圧電源盤，コントロールセンタ更新	—	● 発電機回転子コイル絶縁耐力向上 ● 耐食性リテニングリング材
計 装 ・ 制 御	● 制御装置，励磁装置更新 ● 保護リレー更新 ● 交換器，計器更新	● 制御装置デジタル化 ● 自動化拡大 ● 集中中央制御装置化	—

注：略語説明 DSS(毎日起動・停止)，WSS(毎週起動・停止)

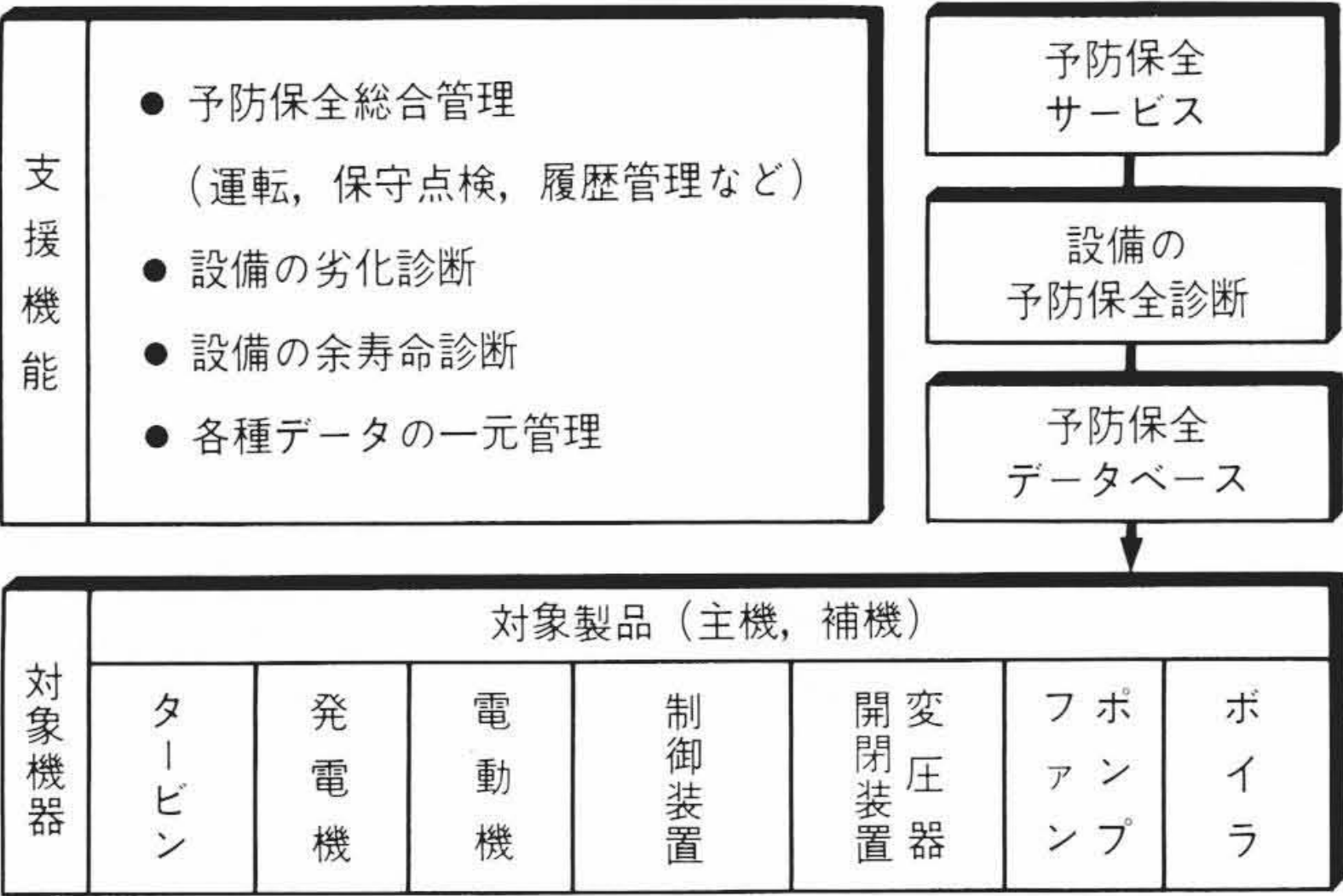


図6 発電設備総合予防保全システム 各機器の設計データ、保守・運転の履歴データなどを総合的に管理し、的確な予防保全情報を提供していく。

寿命診断法を開発し、実機に適用している。

近年、水力発電所は無人化が進み、従来のような日常点検による異常発見ができないため、点検業務を自動化し、設備の異常を事前に把握して無人発電所の運転信頼度、稼働率を向上させることが重要となる。また、運用面では起動・停止が頻繁となり、従来以上に監視や点検が必要となる。これらに対しては機器の運転状態の把握や異常の初期段階での検出、巡視点検の省力化が行える機器状態監視システムを開発している。

4.3 送変電設備

現在の電力利用環境は、高度情報化、社会環境の電力

依存度の増大により、電力供給信頼度および質的改善に対する要求をいっそう高めている。さらに、設備容量の増大、機器・装置の縮小化、密閉化といった設備構造の変化に伴い、従来以上の保全技術が要求されるようになってきた。これに対して日立製作所は、稼働中の送変電設備の状態・異常兆候を的確に把握するため、予測保全システムの開発を行ってきた。このシステムは、最新センシング技術およびエレクトロニクス技術を活用した高精度診断技術、ならびに得られた情報をもとにAIを活用したエキスパートシステムによって構成している。このエキスパートシステムは、変電所総合監視システムのマンマシン系での有効なシステムとして活用されていくと考える。

5 おわりに

経年発電・送電設備の増加と電力需要の変化による運用の多様化のなかで、これらの設備に対して計画的に適切な予防保全措置を講じて信頼性を確保し、寿命延伸化を図る必要がある。そのために、日常の運転監視や巡視点検、定期点検、予防保全、余寿命診断、それらの評価に基づく機器の劣化更新、設備改善がいっそう重要となる。日立製作所は、プラントメーカーとして社会のニーズに十分こたえられるように予防保全技術の高度化を図り、電力会社の指導のもとに信頼性、経済性に優れた発電所運用を目指して総合力を結集していく考えである。

参考文献

1) 浦野：平成4年度電源開発基本計画の概要，火力原子力発電，44，442，751～754(平成5-7)