

発電機の予防保全技術

Technology for Preventive Maintenance of Turbine Generators

ますます進む経年と中間負荷運用から、既設発電機にとって急速に劣化が進む状況下であり、従来にも増して信頼性向上のためのきめ細かな管理が必要となっている。

日立製作所では、従来発電機の心臓部である固定子コイルをはじめとする主要部品について、寿命を的確に把握し処置することによって信頼性の確保に努めてきたが、本稿では、こうした予防保全に関する最近の新しい技術の一端について述べる。大容量機に採用されているエポキシ絶縁固定子コイルについては、エキスパートシステムにより、回転子軸の中心孔について検査から診断まで一貫して自動的に、また固定子ウェッジなどについては傾向管理評価によって、といったように余寿命診断が可能となった。

滝川嘉夫* *Yoshio Takikawa*
 渡辺 孝* *Takashi Watanabe*
 神谷宏之* *Hiroyuki Kamiya*
 助田正己* *Masami Sukeda*
 七井 勇* *Isamu Nanai*
 宮尾 博** *Hiroshi Miyao*

1 緒 言

日立製作所が納入した国内事業用火力タービン発電機の場合、すでに運転開始後15年を経過するユニットが70%を超えている。今後ますます進むこれら火力機の経年劣化に加え、火力発電ユニットの高効率運用のために既設機の中間負荷運用が増大し、発電機にとって厳しい運転を余儀なくされつつあり、経年劣化を促進する傾向にある。

日立製作所では、従来固定子コイル、回転子コイル、回転子軸などの発電機の主要部品について劣化要因を分析し、これに基づく劣化診断、寿命評価技術を確立して計画的な補修を行い信頼性の確保に努めてきたが、このような状況下で最近開発された発電機の新しい診断技術について以下に述べる。

2 主要部品の経年劣化と余寿命管理

発電機の構成部品が受ける経年劣化の要因を大別すると、次の項目があげられる。

(1) 起動・停止回数が増大による低サイクル疲労

主に低サイクル疲労や遠心力による伸びによるもので、回転子部品に影響の強いものである。

(2) 回転、振動などによる高サイクル疲労

軸振動あるいは鉄心、コイルの電磁振動によって受ける高サイクル疲労であり、回転子部品や固定子部品の緩みの原因となり、他の要因と複合して経年劣化の大きな原因となり得る。

(3) ヒートサイクルによる疲労

負荷変化などによるヒートサイクルの影響を受けるコイル、絶縁物などの劣化であるが、このほかに異常運転などによる局部的な過熱による熱劣化や、温度に追従して変化する伸び縮みによる変形などの劣化要因がある。

(4) 長時間運転や環境変化による劣化および機能低下

これはまさしく経年劣化であり、摩耗、浸食、熱劣化をはじめ架台や基礎の地盤沈下、雰囲気や環境による機能低下が考えられる。

発電機は絶縁物、鉄合金、非鉄合金など各種の材料を用いており、その材料が個々に異なった特性を持ち、しかも電氣的、機械的、熱的といったような多くの応力が、種々の運転モードで合成された形で作用することを考えれば、発電機の期待寿命を一義的に評価、予測することは不可能と思われる。

しかし、発電機として機能するための重要部品について、劣化要因、点検方法、余寿命管理方法を明確にすることによって、部品ごとの有効寿命を評価する方法が開発されてきた。各主要部品の経年劣化要因と予防保全、信頼性向上技術について表1に示すとともに、以下の章で最近の寿命評価法の具体例について述べる。

3 固定子コイルの寿命診断とエキスパートシステム

発電機の固定子コイル絶縁システムは、ポリエステル絶縁からエポキシ絶縁へと変遷してきた。近年、発電機の大容量

* 日立製作所 日立工場 ** 日立製作所 日立研究所

表1 発電機主要部品の経年劣化要因と予防保全，信頼性向上技術 既設プラントの発電機の主要部品で，日立製作所が提案している予防保全方法と信頼性向上のための改善項目の一例を示す。

部品名	信頼性管理部	保守管理項目	点検方法	劣化要因	予防保全法	信頼性向上技術
回転子	回転子軸中心孔	●低サイクル疲労 (欠陥，き裂の有無) および進展	UT MT VI	●起動・停止	●余寿命評価 ●き裂除去	●材質の改善
	回転子軸ジャーナル部	●ねじり疲労 (き裂の有無)	MT PT	●系統故障 ●短絡事故 ●振動過大	●累積寿命消費把握	●二段調質法によるジャーナル部のねじり振動耐力の向上
	回転子鉄心歯部	●フレット疲労 (き裂の有無)	MT	●運転時間	●き裂除去 ●端部接触位置の変更	●鉄心歯部フレット疲労耐力の向上
	回転子ウェッジ	●疲労およびクリープ (き裂の有無)	PT HT	●起動・停止と温度累積	●余寿命評価 ●ウェッジ交換および形状改善	●形状改善
	保持環	●応力腐食割れ	PT UT	●湿気	●き裂除去 ●余寿命評価	●新検査技術 ●材質改善 ●ポリイミドワニス処理
	極間接続線	低サイクル疲労 (き裂の有無)	VI PT	●起動・停止	●余寿命評価 ●長寿命構造への改造	●長寿命構造改善
	コイルおよび絶縁	●コイル間接触面の摩耗および銅粉発生	VI	●ターニング回転総数	●摩耗量の推定，分解点検 ●再発防止対策	●摩耗発生防止構造改善
		●絶縁劣化	VI	●運転時間 ●起動・停止回数	●余寿命評価	●絶縁更新
	集電環	ブラシ摺動面摩耗	DI HT	●運転時間	●余寿命評価，修正加工または更新	●火花モニタによる異常早期検出
軸-軸受系	軸振動	振動計	基礎台の沈下	軸振動診断	●サーマルバランス	
固定子	固定子コイル	●絶縁劣化 ●ウェッジの緩み ●固定部の緩み ●絶縁層表面の状況	VI 絶縁診断	●負荷変動 ●温度累積 ●事故，振動	●絶縁余寿命評価 ●絶縁更新	●耐ヒートサイクル改善技術 ●緩み防止技術
	固定子鉄心	●鉄心ワニス劣化，緩み	VI ループヒートテスト	運転時間	●余寿命評価 ●部分補修	●鉄心の温度低減技術 ●コアモニタ
軸受，シールリング	摺(しゅう)動面	摩耗	DI VI	起動・停止回数，運転時間	●余寿命評価 ●修正加工，または更新	●摺損，安定性改善技術
口出しブッシング	セメンティング部	●セメンティング部のき裂，水素漏れ	VI PT	●ヒートサイクル	●余寿命評価 ●ブッシング更新	●ブッシング形状の改善
水素冷却器	冷却管	●冷却管の減肉	VI ET	●摩耗	●肉厚測定 ●冷却管更新	●冷却性能の改善

注：略語説明

UT(超音波探傷検査)，MT(磁粉探傷検査)，PT(染色浸透検査)，HT(硬度測定)，VI(目視点検)，DI(寸法検査)，ET(渦流探傷検査)

化，高電圧化とともに運転形態すなわちDSS(Daily Start and Stop)や頻繁な負荷調整の要求も強まり，これらを考慮したエポキシ絶縁の寿命診断技術の開発が重要視されている。また，これらの診断精度の向上とともに多くの熟練者の知識や経験を組み込んだエキスパートシステムの開発も望まれている。ここでは，従来の不飽和ポリエステル絶縁に適用してきた手法を基に，最近の運転形態も加味したエポキシ絶縁の診断技術と，日立製作所で開発した絶縁診断エキスパートシステムの概要について述べる。

3.1 絶縁劣化のメカニズムと非破壊試験

(1) 絶縁劣化のメカニズム

絶縁劣化のメカニズムを図1に示す。絶縁劣化は電気(課電)的，機械的，熱的ストレスが運転中に加わることにより，ま

た起動・停止による熱～機械的繰返し応力が加わることによって引き起こされる。一方，コイル絶縁の組織は，運転開始のころはボイドのない綿密なものとなっているが，長期にわたる運転を経て多くの小さなボイドやテープのはく離が発生する。これらのボイドは運転とともに成長し，寿命期になるとボイドは互いに連結し大きな橋絡部を形成し，テープのはく離も拡大される。この状態で高電圧が印加されたときにボイド内では放電が起こり，絶縁パスは短くなり結果として絶縁強度の低下をもたらす。この劣化要因ごとの劣化特性を把握し，起動停止回数Nと運転時間Yの関係から寿命を推定する方法がNYマップ法である。

(2) 非破壊試験

絶縁層は複合劣化によって劣化が進行する。しかし，劣化

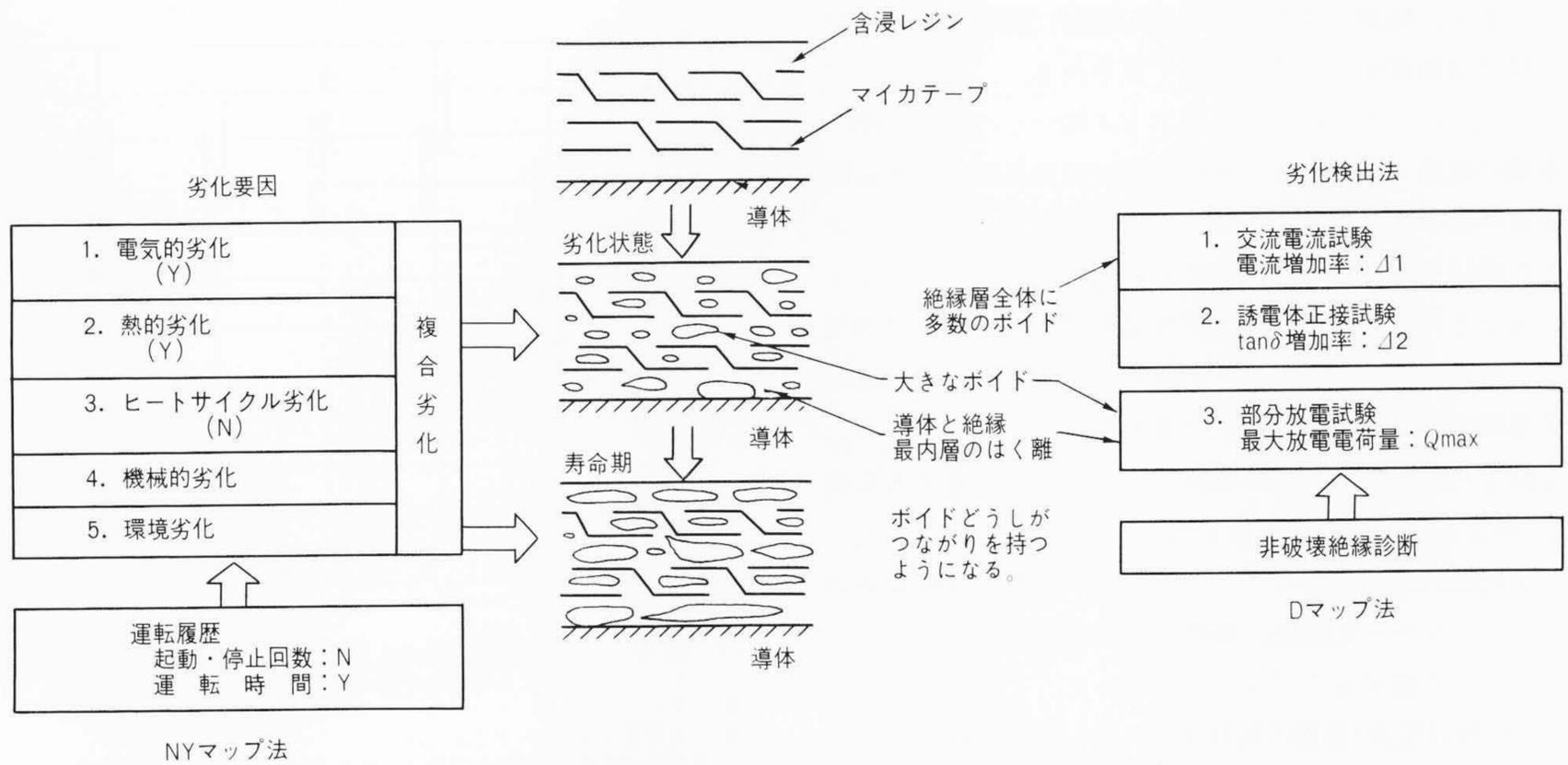


図1 絶縁劣化のメカニズムと検出法 熱劣化、ヒートサイクル劣化などによって、緻(ち)密な絶縁層にポイドやはく離が生ずる。

表2 非破壊試験項目 劣化状況の検出と判定法の代表例を示す。このほかにメグ測定や絶縁の吸湿、枯れを検出する直流吸収試験などがある。

試験内容	特徴
<p>誘電正接試験</p> <p>$\tan \delta$ (%)</p> <p>印加電圧 (kV)</p> <p>劣化コイル $\Delta \tan \delta_2$</p> <p>新品コイル</p> <p>$\tan \delta_0$</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● $\tan \delta_0$: 吸湿や汚れが進むと大となる。 ● $\Delta \tan \delta$: ポイドやはく離の生成, 進展とともに大となる。 ● 巻線全体の平均的な電流の変化として検出される。
<p>交流電流試験</p> <p>電流 (A)</p> <p>印加電圧 (kV)</p> <p>P_{i1} $E/3$ E P_{i2}</p> <p>P_{i1}: 一次電流急増点 P_{i2}: 二次電流急増点 Δi: 電流増加率</p> <p>$\Delta i = \frac{i - i_0}{i_0} \times 100(\%)$</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 劣化の進展とともに P_{i1} が低下する。 ● $P_{i1} < E/3$ に至ると, 劣化は「全体的に大」と評価される。 ● $\tan \delta$ や C/C_0 と同様に巻線全体の平均的な劣化が検出される。
<p>部分放電試験</p> <p>放電量が重畳</p> <p>印加電圧波形</p> <p>Q_{max}: 最大放電電荷量 at $E/3$</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 絶縁層内のポイドで発生する放電パルスを測定し, ポイドの大きさ, 劣化程度を評価する。 ● Q_{max}: 最大のポイド放電を示し, 劣化の決め手とする。 ● 巻線全体の中での局所的な劣化が検出される。

が進行しているコイル絶縁が絶縁破壊を起こし、事故に至る前に劣化状況を把握する必要がある。この劣化状況の検出には、図1に示す交流電流試験、誘電正接試験、および部分放電試験のほかに絶縁抵抗測定(メグ)や直流吸収試験などが一般に用いられる。各試験の特徴を表2に示す。これらの非破壊試験結果から寿命を推定する方法がDマップ法である。

3.2 エポキシ絶縁の寿命診断技術

(1) 運転履歴から寿命を推定する方法

前述したように、絶縁の主な劣化要因として、電氣的劣化 V_E/V_0 、ヒートサイクル劣化 V_H/V_0 および熱的劣化 V_T/V_0 などがあげられ、これらの劣化要因は起動・停止回数 N (ヒートサイクル劣化) および運転時間 Y (電氣的劣化、熱的劣化) に関係

する。つまり、絶縁の複合劣化は運転履歴に関係することになり、残存破壊電圧 V_R/V_0 は次式で表される。

$$V_R/V_0 = V_E/V_0 \times V_H/V_0 \times V_T/V_0 \dots\dots\dots(1)$$

発電機の起動・停止回数と運転時間が決まれば(1)式から残存破壊電圧値が求まる。エポキシ絶縁の要因別劣化率データからこの関係を求めたのが図2である。不飽和ポリエステル絶縁の場合と異なる点は、縦軸が等価起動・停止回数で表現されている点である。これは、不飽和ポリエステル絶縁の時代の発電機では、ベースロードで運転されるケースが多く、負荷変動などが絶縁に与える機械的ストレスを考慮する必要はなく、単なる起動・停止回数を用いればよかった。しかし、エポキシ絶縁の時代となって、不飽和ポリエステル絶縁の時代には見られなかったDSS、頻繁な負荷変動などのヒートサイクル劣化を考慮することが必要になった。そこで、負荷変動やVAR(無効電力)変動の絶縁劣化への影響を起動・停止回数に等価的に換算する手法として、金属材料の応力疲労を評価する方法として、一般的に用いられているマイナー則を適用した。すなわち、等価起動・停止回数 N_E は(2)式によって求めることができる。

$$N_E/N_{10} = N_1/N_{10} + N_2/N_{20} + N_3/N_{30} + \dots\dots\dots(2)$$

ここに

N_1 : 起動・停止回数

N_2 : 負荷変動回数

N_3 : VAR(無効電力)変動回数

N_{10} : 起動・停止による寿命回数

N_{20} : 負荷変動による寿命回数

N_{30} : VAR変動による寿命回数

(2)式によって求められた N_E と運転年数 Y からNYマップによって残存破壊電圧を推定することができる。この推定が正しいかどうかを知るために、A~Eの5台の発電機から固定子コイルをサンプリングし、絶縁破壊電圧を実測した。その結果、図3に示すように、推定値と実測値がよく一致することがわかる。

(2) 非破壊絶縁診断によって寿命を推定する方式

絶縁劣化は絶縁層内のボイドが増加する形で現れ、平均的にボイドが多いほど、また局部的に大きなボイドが存在するほど絶縁破壊電圧は低下する。平均的なボイドの検出法として電流増加率 ΔL および $\tan \Delta_2$ の評価法がある。また局部的なボイドの検出法としては最大放電電荷量 Q_{max} の評価法がある。

これらのことから、残存破壊電圧 V_R を平均的な劣化度を示す放電パラメータ $\Delta = \Delta_2 + \Delta L$ と局部的な劣化度を示す Q_{max} の関数とし、モデルコイルおよび実機サンプリングコイルの試験を実施して図4に示す関係を得た。これをエポキシ絶縁のDマップと呼ぶが、推定値と実測値はほとんどのデータが95%信頼区間内に入っていることを確認している。

3.3 絶縁診断エキスパートシステム

以上、運転形態の相違によるコイル絶縁の診断法について述べた。これらの精度向上のためには、正確な測定や各種データの蓄積およびAI手法による絶縁診断エキスパートシステ

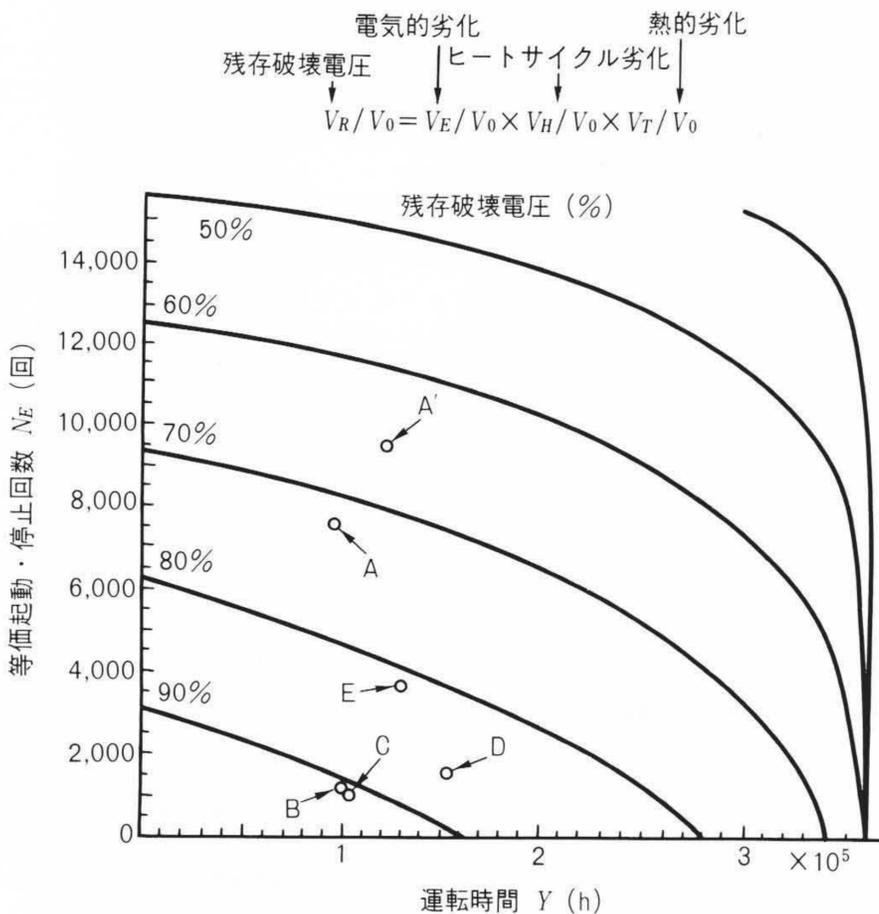
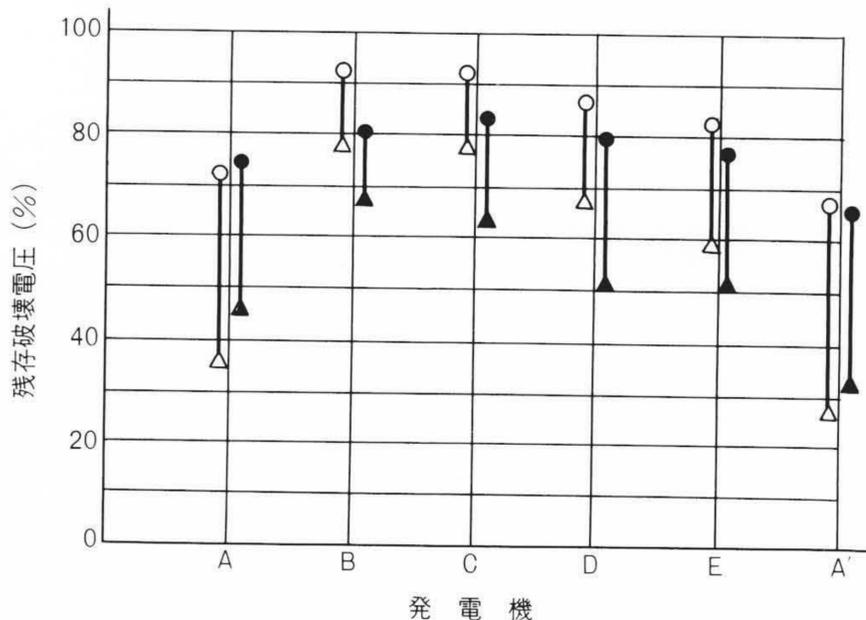


図2 エポキシ絶縁のNYマップ マイナー則を用いた等価起動・停止回数 N_E と運転時間 Y により、残存破壊電圧の平均値を推定する。



注：略語説明など

○ : NYマップ法による推定平均値 \bar{X}_S

△ : NYマップ法による推定最低値 $\bar{X}_S - 3\sigma_S$

● : 実測平均値 \bar{X}_R

▲ : 実測最低値 $\bar{X}_R - 3\sigma_R$

σ_S : 標準偏差推定値(最小二乗法による平均値)

σ_R : 標準偏差実測値

A'機はA機の3.5年後の絶縁更新時に実測したもの

図3 NYマップ法による推定値と実測値の比較 実機サンプリング試験による実測値とNYマップによる推定値を比較したもので、よく一致している。

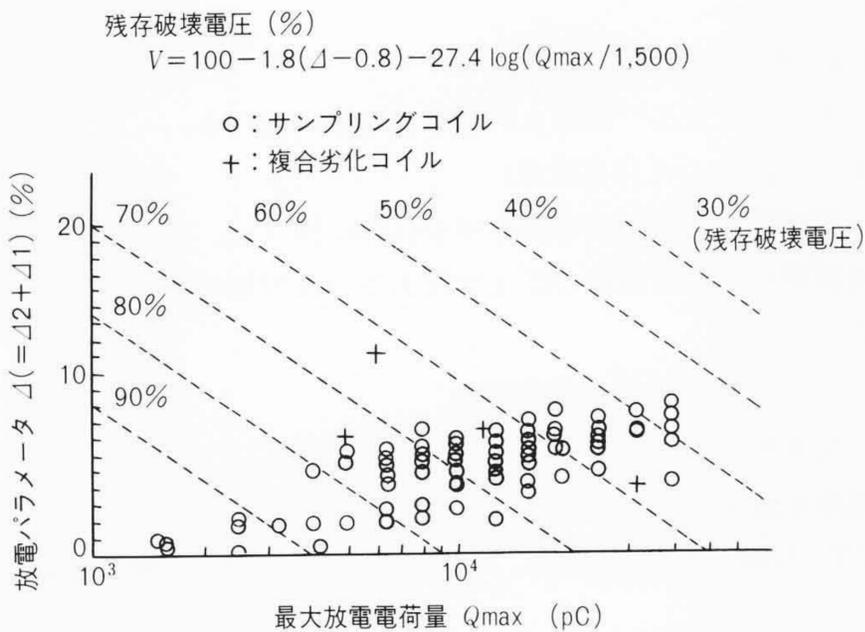
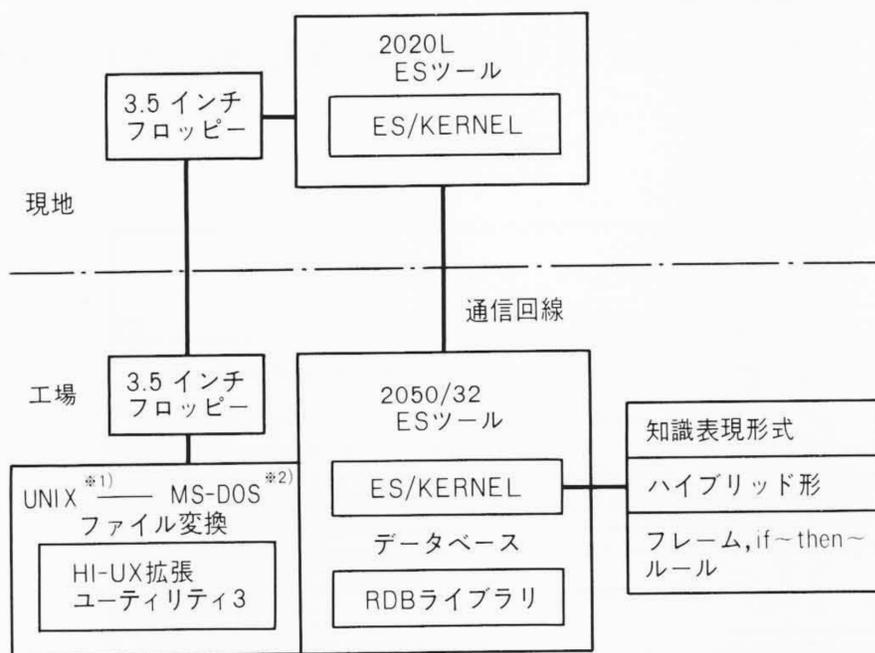


図4 エポキシ絶縁のDマップ 実機で非破壊試験を実施すれば、Dマップから残存破壊電圧が推定できる。

ムの開発が重要となる。日立製作所では、今回測定から診断まで一連の絶縁診断業務に必要な専門家の経験と知識を組み込んだエキスパートシステム(以下、ESと略す。)を開発した。以下にその概要と特徴について説明する。

固定子コイル絶縁診断ESの全体系を構築するための機器システム構成を図5に示す。ES構築ツールES/KERNELを用いて、ワークステーション2050/32および2020L上に構築してい



注：略語説明 ES (エキスパートシステム)
 RDB (Relational Data Base)

*1) UNIX：UNIX (オペレーティングシステム)は、米国AT&T社ベル研究所が開発したソフトウェアであり、AT&T社がライセンスしている。
 *2) MS-DOS：米国マイクロソフト社によって開発されたディスクオペレーティングシステムである。

図5 エキスパートシステムの機器システム構成 現地用は機動性や測定支援機能を持ち、工場用は大容量データベースによって詳細な診断を行う。

る。このESの特徴としては、次の点があげられる。

(1) 定期点検の現地用と工場用の2本立てである。

現地では必要最小限の知識を持たせ、機動性を持つ可搬形のコンピュータ上で動作し、迅速な診断と報告書の作成を行う。工場用では、データベースを持つワークステーション上で動作し、詳細な劣化診断、寿命診断を主体としたシステムである。

(2) 非破壊試験の支援機能を持つ。

どんなにりっぱな診断法でも、測定データに誤りがあると正確な診断は不可能となる。このシステムではデータの異常が現地で即座に判定され、測定者に再測定が指示されるため診断精度を向上できる。

(3) 知識のメンテナンスが容易である。

ESの精度向上のために、常に知識ベースの追加訂正が必要となる。階層構造としたシステム構成を図6に示すが、各項目ごとに知識をモジュール化し、追加訂正を容易にした。

(4) NYマップとDマップを用い、余寿命推定ができる。

非破壊試験結果から推定するDマップ、および運転履歴から推定するNYマップによって余寿命曲線を求め、精度の高い余寿命推定ができる。その一例を図7に示す。残存破壊電圧の $\bar{X} - 3\sigma$ 値が製作当初の40%を寿命と考え余寿命が示される。

4 回転子軸の健全性診断システム

4.1 回転子軸の経年劣化と診断

回転子軸の製造技術、検査技術の変遷と世界で発生した重大破壊事故の状況を図8に示す。近年の製鋼技術の進歩により、回転子軸の品質は飛躍的に向上しているが、同図に示すようにいくつかの破壊事故が発生している。回転子軸の破壊事故は、その及ぼす影響を考えると、品質の確認と健全性

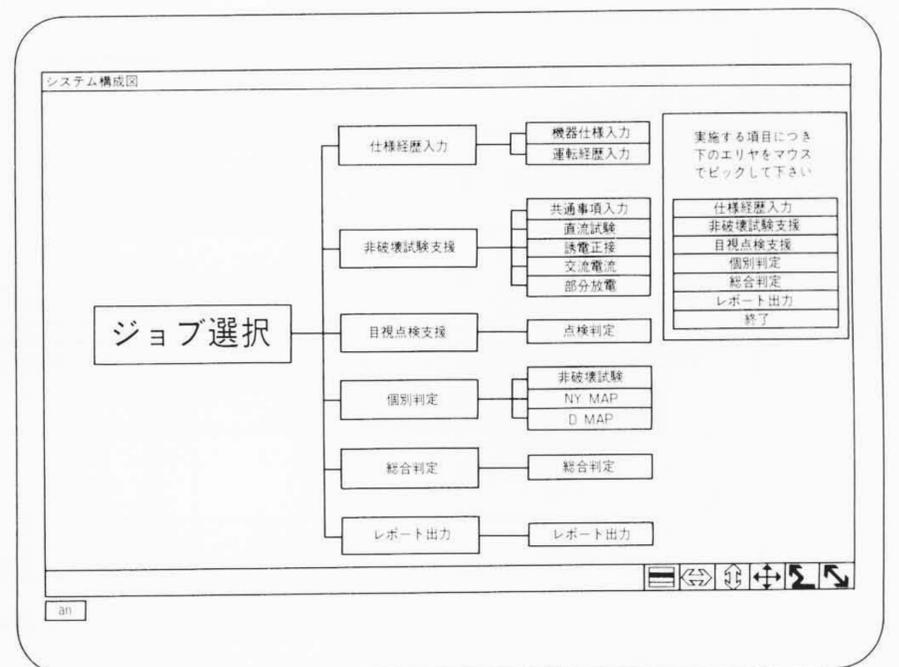


図6 システム構成図(ジョブ選択画面を示す。) システム構成を階層構造とし、各項目ごとにモジュール化して独立性を持たせ、知識ベースの追加訂正が容易である。

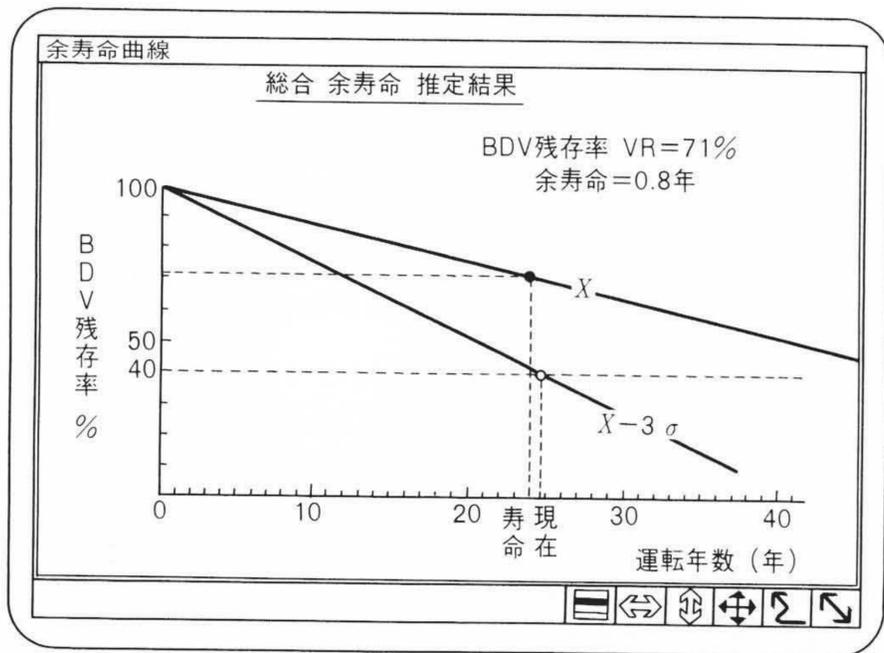


図7 総合余寿命推定曲線 エキスパートシステムで実行した判定結果を総合してコメントを表示するとともに、余寿命曲線も表示する。

の評価は最重要課題の一つであり、製造時はもとより運転開始後でも、欠陥検出を目的とした非破壊検査の適用と寿命の評価は不可欠である。運転開始後での回転子軸の非破壊検査の目的は、製造・検査技術の面で現在の水準に到達していなかった古い時期に生産された回転子軸の、最新の検査技術による健全性の再評価と、頻繁な起動・停止などの発電機によって過酷な運用を余儀なくされているなかでの経年劣化による欠陥発生の有無の確認、および健全性と寿命の評価である。健全性の評価にあたり、高速回転体である回転子軸では、作用応力が最も高くなる中心孔近傍での微細な欠陥を検出することが重要であり、現在、この目的で中心孔検査が広く行

われている。

4.2 中心孔検査法の概要

中心孔検査法の概要と問題点を以下に述べる。

(1) VT(中心孔目視検査)

潜望鏡式の管内検査器を中心孔内に挿入し、手動走査と目視観察によって表面の仕上状況あるいは欠陥の有無を確認する。

(2) MT(中心孔磁気探傷検査)

電流貫通法によって中心孔表層部を磁化し、連続法で湿式磁粉を適用して欠陥による磁粉模様を形成させる。次いで、VTと同様に管内検査器によって欠陥指示模様の有無を確認する。

(3) UT(中心孔超音波探傷検査)

連結棒の先端に探触子を取り付けて中心孔内に挿入し、中心孔の外部に設置した駆動装置により、探触子を自動走査する。走査中、CRTスクリーン上の探傷波形も監視し、中心孔近傍に内在する欠陥の有無を確認する。

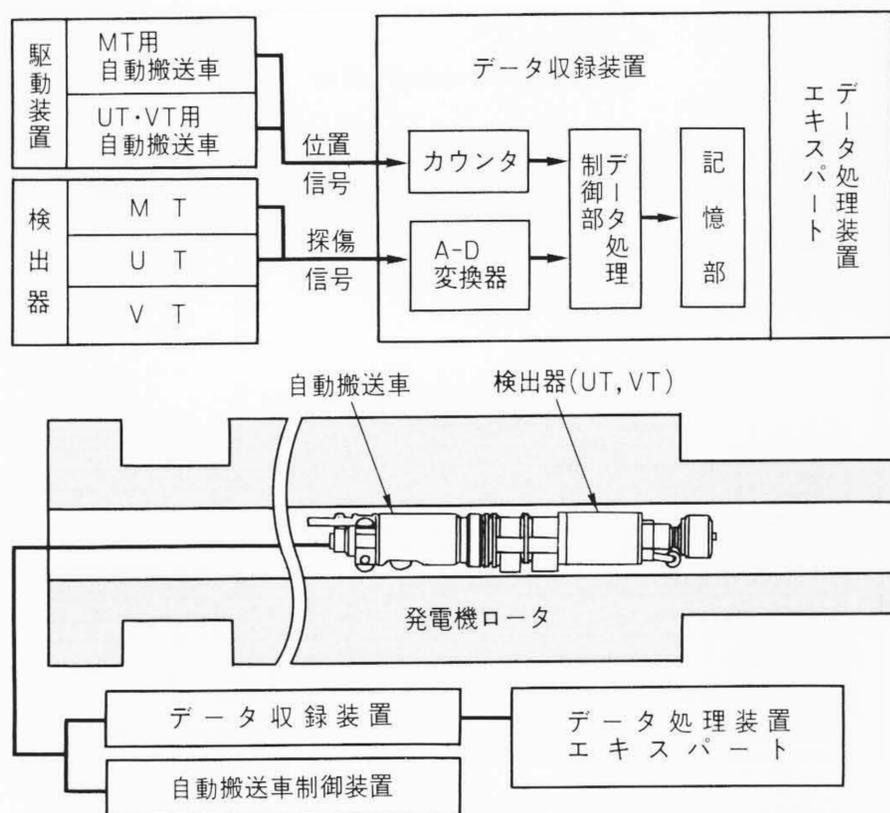
これらの検査は、いずれも目視観察を主体としたもので、個人技量依存形の検査であり、客観性に欠ける欠点がある。また、長時間の目視観察による検査者の疲労は、ヒューマンエラーの要因として無視すべきものではなく、信頼性向上の観点から早期改善が望まれるところであった。こうした問題点の改善を図るため、探傷から評価までを自動で行い、検査業務の個人技量依存形から脱却し、高速化と信頼性の向上を目指して「回転子軸材料診断システム」を開発した。

4.3 回転子軸材料診断システム

このシステムは、図9に示すようにVT、MT、UTの各検

		1950	55	60	65	70	75	80	85	
製造法	溶鋼法	酸性平炉・塩基性平炉			電気炉					
	造塊法	大気造塊法			真空造塊法, とりべ脱ガス法					
	脱酸法	Si, Si-Mn脱酸			真空カーボン脱酸					
検査	超音波探傷	外周普通感度UT			外周高感度UT 中心孔UT					
	磁粉探傷						MT			
	評価	ランキンチャート			欠陥サイズによる評価 破壊力学を用いた評価					
軸材破断		×××			××			××		

図8 軸材製法、検査技術の変遷と軸破壊事故 現在のように高度な製造および検査技術が確立されていなかった古い時代の材料は、内部にいろいろな材料欠陥を包含している可能性がある。



注：略語説明 MT (磁粉探傷検査), UT (超音波探傷検査), VT (目視検査)

図9 回転子軸材料診断システム 最も材料欠陥を包含しやすい中心孔近傍を自動的に検査、評価、診断することができる。

出器と駆動装置、データ収録および処理装置で構成し、次の特徴を持っている。

- (1) 回転子軸中心孔からVT, MT, UTを実施し、欠陥性状や大きさを評価するとともに、回転子軸形状、材質、稼動条件などを考慮し、線形破壊力学を用いて回転子軸の健全性と寿命を評価する。
- (2) それぞれの検出器に、中心孔内を走行する自動搬送車を取り付けたことによって、探傷から評価まで自動で行える。
- (3) VTでは、小形カメラを搭載した観察車で中心孔表面を観察し、結果をモニタすると同時にビデオに収録し、エキスパートシステムを用いて欠陥の真偽や種類を推測する。
- (4) MTでは、中心孔表層部を磁化し、欠陥によって生ずる漏れ磁場を磁気センサで読み取る方式を採用している。
- (5) UTでは、2探触子分割複合形の探触子を用い、2ピーク取り込み方式、探傷ピッチ自動変換機構の採用によって探傷精度の向上を図っている。

このシステムの開発により、信頼性の向上と検査時間の短縮を図ることができた。

5 傾向管理評価による余寿命診断

定期検査期間での点検結果に基づいて、部品の劣化傾向を管理・評価することによって余寿命を予測するものである。一般に、下記の特徴を持つ部品が、この管理対象として適切である。

- (1) 定期検査期間内で比較的容易に点検できる。
- (2) 劣化・損傷が比較的緩やかで、すぐに大きなトラブルに進展しない。

これらの特徴を念頭におき、この診断の対象となる主要部



品と傾向管理対象項目をまとめたものを表3に示す。このうち、代表例として固定子ウェッジの傾向管理評価による余寿命診断法について以下に述べる。

固定子コイルを固定子鉄心に堅く収納するための固定子ウェッジは、通常フェノール樹脂積層板から作られ、発電機の容量によって1台当たり1,000~2,000個程度の多くの数量が使用されている。これらが、固定子コイルの電磁力による摩耗あるいは運転温度による材料の枯れなどにより緩み、これを放置しておくやがて固定子コイルの絶縁を損傷させ、絶縁破壊に至る。したがって、固定子ウェッジの緩みの点検結果を、図10に示すフローチャートに従い、評価および処置することによって固定子ウェッジの余寿命診断ができる。この診断に用いた傾向管理によるウェッジの緩み予測、および寿命評価結果を図11に示す。

表3 傾向管理による余寿命診断対象主要部品 点検結果に基づき劣化傾向を管理することにより、余寿命を予測する方法に適切な対象部品を示す。

部 品 名	傾向管理対象項目	点検・診断方法
固定子ウェッジ	緩み	目視, 打音チェック
回転子コイル	対地絶縁の損傷・強度 層間絶縁の損傷・強度	目視, サンプリング
軸 受	き裂・きず・巣・はく離 軸受ギャップ	目視, 寸法検査
水素および水冷却器	冷却管損傷, 減肉	目視, 渦流探傷
軸密封油装置	構成部品の損傷	目視
水素ガス制御装置	構成部品の損傷	目視
固定子コイル冷却装置	構成部品の損傷	目視

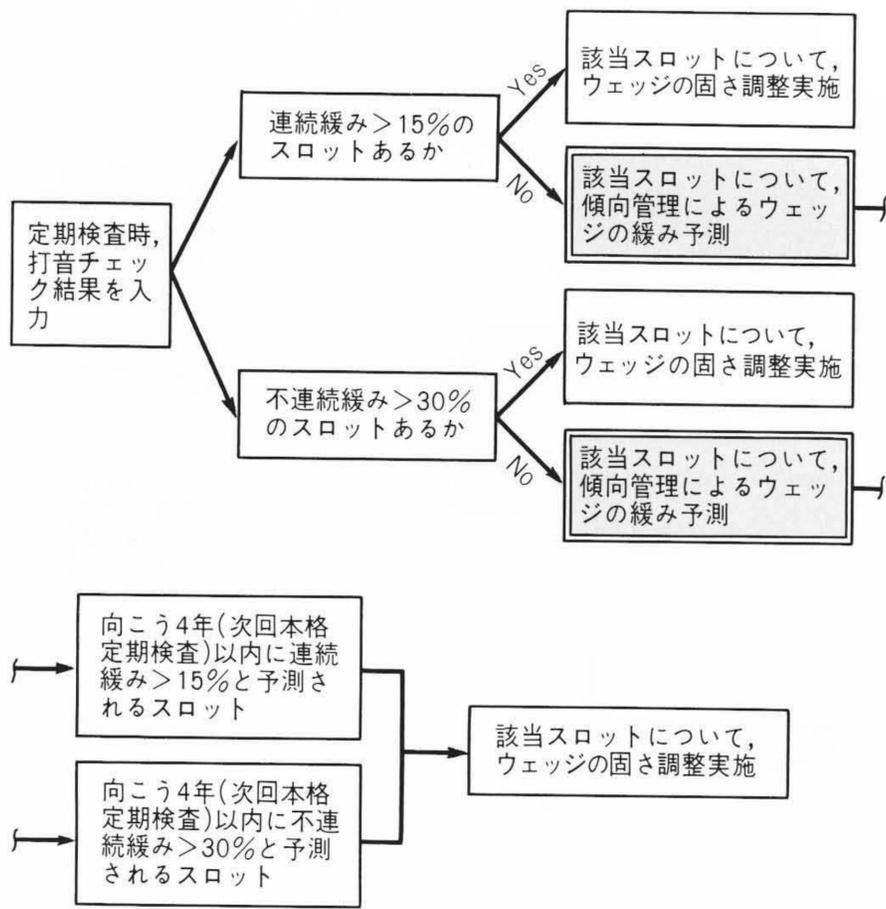


図10 固定子ウェッジの余寿命診断および処置フローチャート
固定子ウェッジの劣化(緩み)の判定と傾向管理を含めた処置の基準を示す。

6 結 言

今後ますます増加する経年タービン発電機に対し、多様な運用に耐えながら長期間運転を継続するためには、適切な劣化診断、寿命予測に基づく計画的な保守管理が必須(す)である。

本稿では、この診断、寿命予測に関する新技術の一端について述べたが、運転履歴の異なる多くの発電機に適用するため、なおいっそう実機などでのデータを積み重ね、さらに開発、改良を加え発電機の長寿化に役立てていく考えである。

参考文献

- 1) 石塚, 外: タービン発電機の余寿命診断と耐力向上対策, 火力原子力発電, Vol.40, No.397, p.127(1989-10)

ウェッジの余寿命評価

顧客 XXXXXXXX殿 製番 XXXXXX
納先 XXX火力発電所 品名 XXXMVAタービン発電機

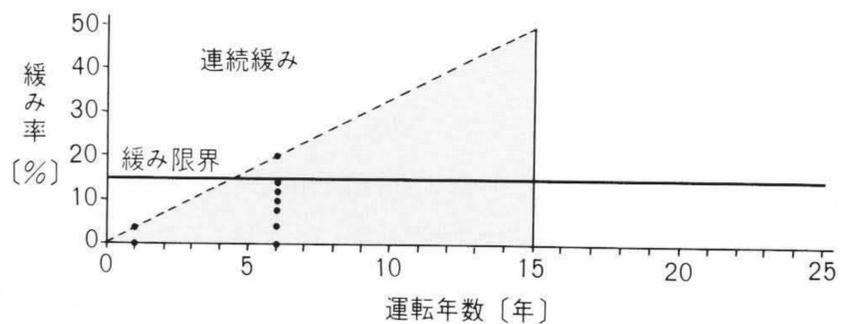
運転年数 12年(1989年10月6日 現在)
スロット数 42
ウェッジ数/スロット 50

ウェッジ緩み状況(連続緩み)

点検年	1977年	1978年	1983年	1987年	1991年
運転年数	0年	1年	6年	10年	14年
Slot No. 1	0	0	0	0	0
Slot No. 2	0	2	2	3	3
Slot No. 3	0	0	0	0	0
Slot No. 4	0	0	6	** 10	---
Slot No. 5	0	0	0	0	0
Slot No. 16	0	2	6	** 9	---
Slot No. 17	0	0	6	** 10	---
Slot No. 18	0	0	7	** 11	---
Slot No. 19	0	2	7	** 11	---
Slot No. 20	0	0	6	** 10	---
Slot No. 21	0	0	4	6	---
Slot No. 40	0	0	0	0	---
Slot No. 41	0	2	4	6	** 8
Slot No. 42	0	0	2	3	4
**印スロット(%)	0.00	0.00	2.38	19.51	12.50

**印は固き調整要。

ウェッジ緩み予測



結 論

1. 今回の点検で固き調整が必要なスロットは下記のとおり。
#24スロット
2. 次回点検(4年後)に固き調整が必要と予想されるスロットは下記のとおり。
4スロット, # 6スロット, #11スロット, #13スロット,
#16スロット, #17スロット, #18スロット, #19スロット,
#20スロット, #21スロット, #22スロット, #23スロット,
#25スロット, #26スロット, #27スロット, #29スロット,
#40スロット,

図11 固定子ウェッジの余寿命評価 過去の点検結果に基づきウェッジの緩みを傾向管理し、将来の緩みの予測とこれに対する処置を指示することができる。