

# 電力設備計画とOR

電気事業は公益事業として安定した電力供給責任を果たすため、毎年多額の設備投資を行っており、53年度には7%経済成長の担い手として、電力業界全体で4兆2000億円にもおよぶ多額の設備投資を計画している。

一方、最近の電力設備計画は原子力発電所の建設にみられるように、深刻な立地問題と設備の大型化などにより、計画から完成まで10~15年の長期にわたるものもあり、設備計画を立てるにあたっては長期間の環境変化をも見通した検討が必要である。

このような状況のもとで、設備容量、建設時期、建設資金などの的確な設備計画を立てるため、問題解決の科学的技法としてのORが、コンピュータ技術の発展ともあいまって、ますます活用されるようになってきた。

以下、電力設備計画におけるOR活用の概要について当社の場合を中心に紹介する。

## 1. 電力設備計画の概要

電力設備計画の流れは図1に示すように、需要予測を受けて電源開発・需給計画、送変電設備計画、配電設備計画などの計画を立て、資金・収支計画に連けいされ、必要に応じてフィードバックされて計画が決定される。

以下、各設備計画の概要について述べる。

### ① 需要予測

電力設備計画の前提となるもので、全社と地域別（営業所別、管理区別、メッシュ別）に、電力量（kWh）、最大電力（kW）、日負荷曲線

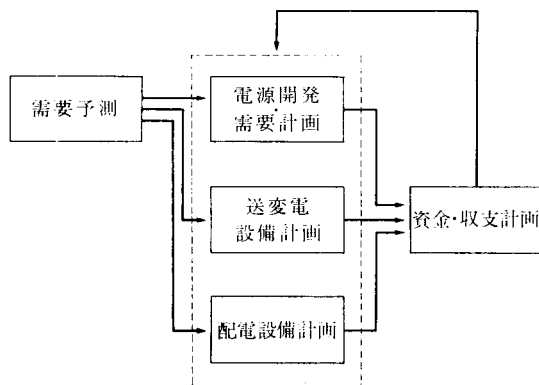


図1 設備計画の流れ

などを予測する。

### ② 電源開発・需給計画

電力設備計画の基幹をなすもので、増大する需要に対応して安定した電力供給を行なうためには、原子力、火力（石油、ガス、石炭）、揚水などの各発電設備をいつ、どこに、どのような規模のものを建設するのが合理的であるかなどについて検討を行なう。

### ③ 送変電設備計画

発電所から送り出される電力を輸送する送電設備と、これを需要家に送電するのに適した電圧に変換する変電設備に関する計画で、設備規模、増強時期などの経済性や、事故時における安定供給について検討を行なう。

### ④ 配電設備計画

配電用変電所から需要家にいたる配電設備に関する計画で、新增設申込み需要などに対する経済的投資量、停電・電圧に関する水準、公衆および作業者のための保安水準などについて検

表 1 ORの適用分野例

設備計画	適用分野
需要予測	シミュレーション……………経済、人口予測など 多元回帰、時系列分析など
電源開発 需給計画	シミュレーション……………水系シミュレーション、需給シミュレーションなど LP, DP……………水系運用計画、経済負荷配分など
送変電 設備計画	シミュレーション……………系統増強計画、潮流シミュレーションなど LP, DP……………連けい用変電所計画、配電用変電所計画、調相設備計画など ネットワーク・フロー……………潮流計算など
配電 設備計画	シミュレーション……………配電設備計画など LP, DP……………低圧配電線供給力拡充計画など モンテカルロ・シミュレーション……………低圧電圧改善工事件数計算、変圧器揚替工事件数計算など ネットワーク・フロー……………配電系統計画など
その他	パート……………設備建設スケジューリング シミュレーション……………総合設備計画など

討を行なう。

これらの設備計画を検討するにあたっては、設備個々の問題検討だけではなく、設備相互間の関連をも考慮して、環境条件の変化に対応した多面的な検討を行ない、最適計画を立てる必要がある。

## 2. 電力設備計画におけるORの適用分野

電力設備計画の検討にあたっては、意思決定の道具として各種のOR手法が適用されているが、よく使用されるOR手法としては、

- 数理計画法 (LP, DP など)
- シミュレーション手法
- パート

などがあり、その適用分野の一例を示すと表1のようになる。

なお、最近ではシミュレーション手法が多く利用されており、数理計画法はシミュレーションモデルの中のサブモデルに対する最適解を求める手段として利用される場合が多い。

## 3. OR適用の具体例

当社においてもOR手法を適用して各種の設備計画を検討しているが、つぎにそのいくつかについて紹介する。

### 3.1 電源開発・需給計画への適用

近年、原子力発電所、揚水発電所などの大規模電源が開発あるいは計画されているが、これらの電源を組み合わせて運転する場合、需給運用、系統運用面で解決すべき種々の問題点がある。

これら運用面での問題点を定量的に把握、検討するものに、シミュレーション手法を適用した需給・潮流シミュレーションがある。(図2)

需給シミュレーションでは将来の毎日、毎時間の需要および指定された出水条件、事故条件などのもとに、

- 原子力、一般水力の発電計画
- ピーク供給、即応供給などの揚水発電計画
- 経済揚水発電計画
- 火力発電計画および燃料費計算

などを行ない、潮流シミュレーションでは需給シミュレーションの結果を受けて、

- 平常時の潮流計算
- 事故時の潮流計算

などを行なうことにより、

- 朝の立上り、昼休みの立下り、立上りなど急峻な負荷変動に対する即応供給力の大きさ
- 効率の悪い上積火力を停止して揚水発電で置き替える経済揚水発電の効果

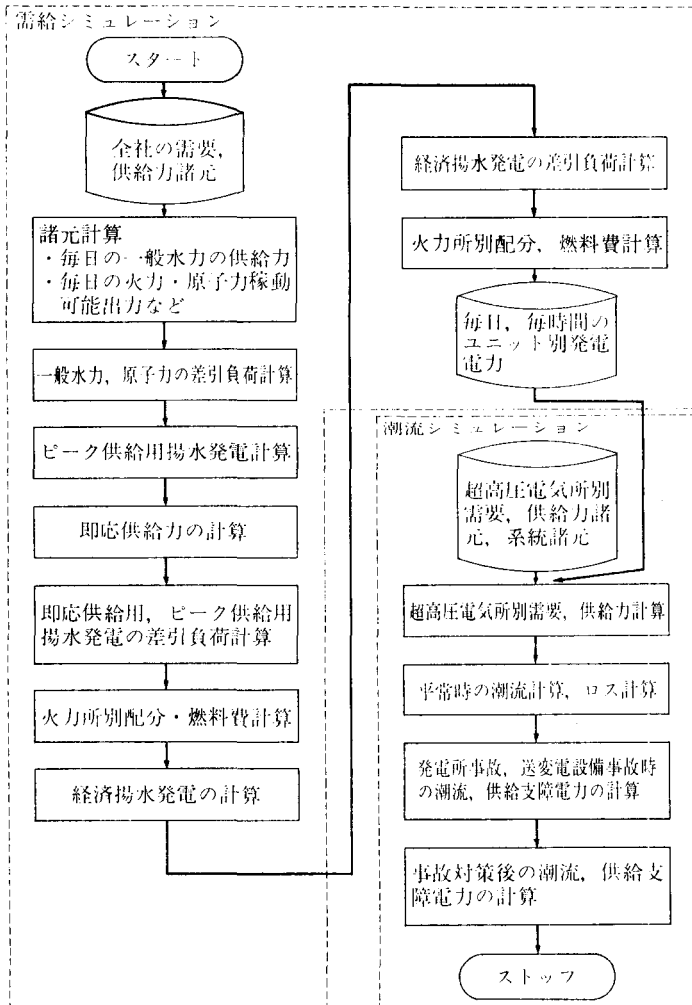


図 2 需給・潮流シミュレーションの概要

○ 発電設備や送変電設備の事故時における潮流の状況

などが定量的に把握でき、電源開発および基幹系統増強を総合したきめ細かい検討が可能となった。

3.2 配電用変電所計画への適用

配電用変電所計画の立案にあたっては、関連する送電線、配電線をも含めて、総合的、かつ長期的観点に立って検討する必要がある。

このような検討に応えるものに、シミュレーション手法を用いた配電用変電所計画システムがある。

このシステムは、

① 計画対象の最終年度における適正な変電所計画(変電所数、位置、容量など)を検討する最終年度計画と、

② 現在設備から上記で求められた最終年度の設備にいたる適正な変電所の拡充過程(変電所新增設時期、容量など)を検討する拡充計画、

より構成され、それぞれが、引込送電線、高圧配電線、供給信頼度などを含め総合的検討ができる機能を有している。

ここでは、変電所計画への輸送問題法(LP)の適用について述べる。

供給能力、需要などの制約条件のもとに、複数個の供給点から複数個の需要点にいたる適正な配送計画を求める手法の一つに輸送問題法がある。

変電所計画ではこれを応用して、各変電所の最適な負荷配分計算を行なっている。

すなわち、

① メッシュ別需要、変電所の数、位置、設備形成方針として与えら

れた最終変電所容量などの条件のもとに  $\sum$  負荷×距離 が最小となるような理想的な負荷分担を求め、(ほとんどの場合変電所容量に余裕があるため、各メッシュを一番近い変電所に所属させることになる。)

② つぎに、検討対象範囲内の合計変電所容量が合計負荷を越えるまで、変電所負荷/変電所の既設容量の大きい、すなわちもっとも過負荷している変電所から順次変電所を増強し、

③ 上記②で求められた変電所容量では①で求められた負荷を供給できない変電所があるので、再度負荷分担を計算し、当該年の最適な供給エリアを求める。

方法により、毎年の増強容量、負荷、供給エリアを求めている。

### 3.3 配電設備計画への適用

配電設備計画の立案にあたっては、将来における需要、物価、設備形成方針とそれによる結果(物量、工事費、信頼度など)との適切な関連づけに立った検討が必要である。

このような検討に応えるものに、シミュレーション手法を用いた配電設備計画システムがある。

このシステムは、設備形成方針をパラメータとし、地域別需要、設備、工事の実績情報などをもとに、工事物量、工事費、信頼度、計画指標など

が検討できる機能を有している。

このうち工事物量は、需要増加対応工事、低圧電圧改善工事、保安対策工事などの工事目的別の各種のモデルにより算出されるが、ここではモデルの一例として、モンテカルロ・シミュレーションによる低圧電圧改善工事件数の算定方法について述べる。

低圧電圧改善工事とは、需要家の電圧が(101V ± 6V) をはずれた場合、電圧を基準値内におさめるために行なう工事のことで、工事件数の算定は図3に示すように、前年度ピーク時の低圧線電圧降下分布と当年度の変圧器増加率分布より当年度ピーク時の電圧降下計算を行ない、この電圧降下値が設備形成方針として与えられた電圧降下改修限度を越えるか否かにより低圧電圧改善工事の要否を判定し、これを既設バンク相当分だけ繰り返すことにより行なっている。

なお、このシステムでは低圧電圧改善工事件数のほか、変圧器過負荷揚替工事件数、および信頼度計算(需要家端子電圧の計算)などにもモンテカルロ・シミュレーションを適用している。

### 3.4 総合設備計画への適用

近年、石油価格の高騰、環境規制の強化、経済の安定成長などにみられるように、企業をとりまく環境は激しく変化しており、これら環境変化に先見的に対応するには各設備計画を総合的にとらえ、経営環境や経営方針が経営に与える影響を迅速に把握して、経営全般を見通した設備計画を検討することが必要となってきた。

このような観点から、シミュレーション手法を適用して経営全般からみた意思決定に役立てようとするものに、総合設備計画シミュレーション・システムがある。

このシステムは図4に示すように、

- 需要予測……電力量、最大電力、日負荷曲線の予測
- 販売計画……料金収入計算
- 電源開発計画……開発時期、工事費の計算

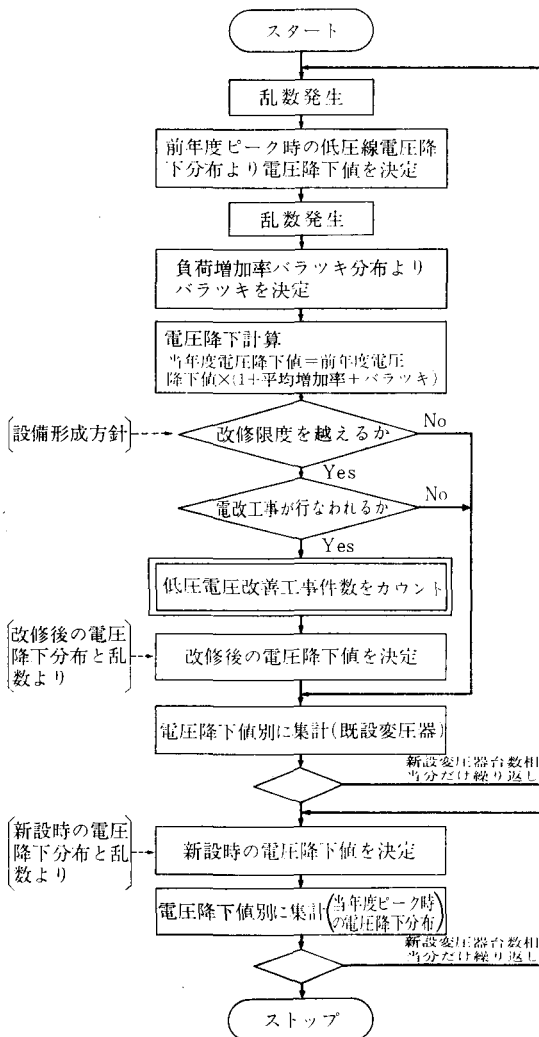


図3 低圧電圧改善工事件数シミュレーションの概要

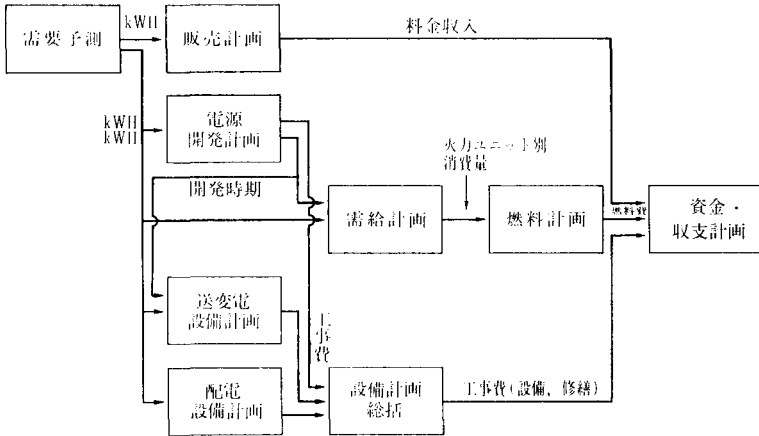


図4 総合設備計画の流れ

- 需給計画……kWH バランス，火力所別配分などの計算
- 燃料計画……燃料費の計算
- 送変電設備計画……基幹系統，2次系送電線，配電用変電所などの工事費計算
- 配電設備計画……配電工事費の計算
- 設備計画総括……各設備工事費の集計，修繕費計算，物価補正計算
- 資金・収支計画……減価償却，固定資産税，建中利子，資金バランス，収支バランスなどの計算

など，需要予測から資金・収支計画にいたる各種計画が一連のシステムとして構成されたもので，これにより，需要の変動，電源開発時期の変更，環境規制の強化，投資水準の変更，物価上昇の変動などの条件変化が，設備工事費，修繕費，燃料費，資金・収支バランスなど経営全般に与える影響を把握することができ，総合的な設備計画の迅速な検討が可能となった。

#### 4. OR活用のサポート技法

以上述べてきたように，電力設備計画には各分野においてOR手法が取り入れられているが，環境条件の多様化，設備の大型化などによりORモデルは複雑化する反面，意思決定にあたっては迅速な計算処理が要求され，このためORの活用は

コンピュータ利用とは切り離しては考えられず，データ・ベースの整備，コンピュータとの対話形式による計算処理の迅速化などコンピュータ利用サイドからの強力なサポートが必要となる。

当社では，以下に示すデータ・ベースの整備や各種のサポート技法を開発し，ORの有効活用に寄与している。(図5)

##### ① データ・ベースの整備

計画業務で扱う時系列的なデータ(需要実績，流量データ，系統計画諸元など)について汎用ファイルを用意し，時系列データ・ベースとして蓄積・整備する。

これにより，需要予測，需給計画，系統計画などを検討する場合に最新のデータが容易に使用でき，業務処理の効率化をはかっている。

##### ② オンライン化技法(DNT)

ディスプレイ端末装置を使って対話形式で計算の組立ておよび処理，各種統計計算(EPA法，多元回帰，最小2乗法など)，数値計算(連立方程式など)を行なう技法で，時系列データ・ベースとの連携もはかっている。

これにより需要実績にもとづいたEPA法，

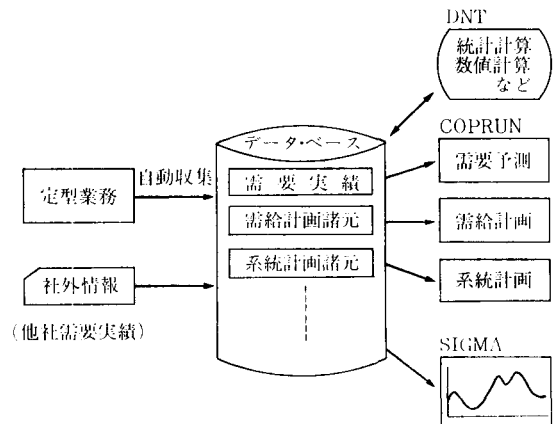


図5 データ・ベースとサポート技法の関連図

最小2乗法などによる需要分析，潮流計算，弛度計算などの検討が迅速，容易に行なえる。

③ バッチプログラムのオンライン化技法

(COPRUN)

従来のバッチ用プログラムをそのまま使ってディスプレイ側からの指示にもとづきオンライン的に処理する技法で，複雑なシミュレーション計算やLPモデル計算などの大型プログラムにも適用でき，これにより需給計画，系統計画など各種計画の検討が迅速，容易に行なえる。

④ 図形情報処理技法 (SIGMA)

XYプロッターを使用し，簡単なパラメータを用意するだけで棒グラフ，折れ線グラフ，円グラフなどを作図する汎用作図技法で，時系列データ・ベースとの連けいもはかっている。

これにより，需要実績，毎日の日負荷曲線，需給状況，潮流状況などが図形表示化でき，問題点の把握が迅速，容易に行なえる。

おわりに

以上が当社の電力設備計画におけるOR活用の現状であるが，当社では電力設備計画だけではなく，経営全般を対象とした分野での意思決定手法としてORを大いに活用しており，今後もさらにいっそうの充実をはかっていきたい。

参 考 文 献

- [1] 藤原他：シミュレーション手法を用いた電源開発・系統計画について，オペレーションズ・リサーチ 1978, Vol. 23, No. 2, pp. 112~118.
- [2] 門田他：配電用変電所計画システムの開発について，四国電力研究期報，No. 31.
- [3] 田中他：長期配電設備計画システムの開発について，四国電力研究期報，No. 31.

しおみ・すまる	1931年生
おの・けんすけ	1935年生
かどた・ひろたか	1942年生
四国電力(株)システム部	