



るため、これらの消費電力（運転中所内電力）を差し引いたものが送電される電力となる。またプラント停止中も、若干の補機運転電力（停止中所内電力）を消費しており、全プラントの発電電力の中で賄われる。これらの関係を図1に示す。

このような火力発電プラントに対して、火力設備全体として熱効率が最高となるように負荷配分を行っている。負荷配分に当たっては、燃料運用や送電系統運用、排ガス総量規制などの制約条件を考慮して行う必要がある。

### 3. モデル

火力発電プラントの負荷配分をORの手法を適用しようとする観点からは、燃料運用等の考慮すべき事項を制約条件として、火力全体の熱効率最高を目的関数とする問題とみなせる。説明を簡単にするため、すべてのプラントは1種類の燃料のみ使用するものとする。まず目的関数であるが、熱効率が低いとは使用燃料量（ $F_i$ ,  $i$ はプラントの番号）から理論的に得られる電力量と送電端電力量（ $PS_i$ ）の差が小さいことであると定義すると、以下のように表わされる。

$$\sum_i \gamma \cdot F_i - \sum_i PS_i \quad \text{最小}$$

$\gamma$ は、1単位燃料が持つ発熱量を、電力量に換算するための係数である。

次に、制約条件を列挙する。

#### ① 使用燃料量と発電端電力量の関係

発電端電力量（ $PG_i$ ）は、プラント利用率（ $US_i$ ）の関数である熱効率関数（ $\eta_i(US_i)$ ）と使用燃料量（ $F_i$ ）の積で定義される。

$$PG_i - \eta_i(US_i) \cdot F_i = 0$$

火力発電プラントは、電力需要に対して負荷調整の役割を負っており、このためプラント利用率は幅広い運用となっている。熱効率関数は定格出力で最大となる2次関数で表わされるが、線形化における近似誤差を避けるために2次式のまま扱う。

#### ② 発電端電力量と送電端電へ量の関係

プラント停止中にも発電所内で電力が消費されるが、それは他プラントの送電電力で賄われる。したがって、発電端電力量の総和は、送電端電力量と運転および停止中に消費される電力量の総和に一致する。

$$\sum_i (PS_i - PG_i + PG_i \rho_i^1(US_i) + R_i \rho_i^2) = 0$$

$\rho_i^1(US_i)$ ；プラント*i*の運転中所内率関数

$\rho_i^2$ ；プラント*i*の休転中所内電力

$R_i$ ；プラント*i*の停止時間

運転中所内電力量は、プラント利用率の関数である運転中所内率関数（ $\rho_i^1$ ）と発電端電力量の積で定義される。また停止中所内電力量は、停止中所内電力と停止時間の積で定義される。

#### ③ 送電端要求量（ $P$ とする）

$$\sum_i PS_i - P = 0$$

#### ④ プラント利用率制約

$$US_i \leq US_i \leq \overline{US}_i$$

$US_i(\overline{US}_i)$ ；プラント*i*の利用率下限(上限)

#### ⑤ 使用燃料量制約

$$F_i \leq \sum_i F_i \leq \overline{F}_i$$

$F_i(\overline{F}_i)$ ；プラント*i*の使用燃料量下限(上限)

#### ⑥ 発電端電力量制約

$$PG_i \leq \sum_i PG_i \leq \overline{PG}_i$$

$PG_i(\overline{PG}_i)$ ；プラント*i*の発電端電力量下限(上限)

#### ⑦ 送電端電力量制約

$$PS_i \leq \sum_i PS_i \leq \overline{PS}_i$$

$PS_i(\overline{PS}_i)$ ；プラント*i*の送電端電力量下限(上限)

#### ⑧ 燃料量非負制約

$$F_i \geq 0$$

ここで、 $\sum_i$ はすべてのプラントに対するものである。ただし、⑤～⑦の $\sum_i$ は、特定のプラントグループ*j*が対象となる。火力プラントは、発電所というグループで各地に存在するため、使用燃料量および発・送電端電力量は、このグループ単位でも管理しなければならない。このため、特定のプラントグループに対する制約となっている。

これらの制約式は、以下のように使用される。

・プラント利用率の上下限

プラント利用率は、月間（または年間）平均のプラント利用率を表わしているため、実運用上可能な範囲を設定する。また、試運転時等の指定負荷運転では、利用率を固定することもできる。

・使用燃料量制約

燃料運用計画を反映している。たとえば、特定燃料を優先して使用するような場合、燃料量の下限值を設ける。

・発・送電端電力量制約

送電系統の運用計画を反映している。たとえば、発

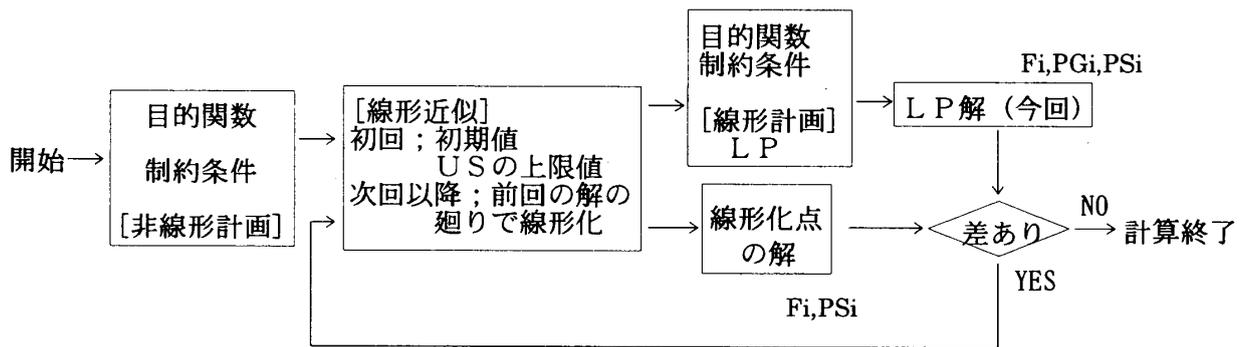


図2 計算処理概要

電所と電力消費地を結ぶ送電線を通る電力の制限がある場合、送電端電力量の上限値を設ける。

また、環境上の考慮事項も反映する。たとえば、月々の排ガス総量規制がある場合、発・送電端電力量の上限値を設ける。

#### 4. 解法

前述したように、モデルは2次式を含む連立不等式と目的関数より表現された。これを解くために、非線形計画法 (NLP) を使用している。計算処理の概要を図2に示す。

モデルの説明ではプラントで使用する燃料を1種類と仮定したが、実際のプラントは複数の燃料を使用できる。このため熱効率関数は、プラント数×使用燃料種別数だけ存在する。つまり、実際の計算では、プラント数×使用燃料種別数を対象として前述のモデルを解くことになる。期間的には、最大10年先までの配分計算を行っている。

少しでも処理速度を向上させるために、同じ特性のユニットを以下の手順でグルーピングし、計算量の低減を行っている。

- ・特性の同じユニットの運転時間を積算し1つの仮想ユニットとする
- ・仮想ユニットに対して配分計算を行う
- ・配分された電力量 (使用燃料量) を、各ユニットの運転時間で比例配分する

#### 5. おわりに

ORの適用事例として火力部門の発電計画を紹介してきた。プラントの熱効率関数を2次式で扱うことで、すべての利用率における熱効率関数の精度が上がり、火力プラント全体として高い熱効率の計画立案が可能となっている。計算処理においては、配分対象となるプラントの数式モデル (熱効率関数) の精度が重要であることは言うまでもない。火力プラントの熱効率および運転中所内率関数は、設計段階で想定されているものの、長年の運用による熱効率の低下や、改造工事による熱効率の改善が加えられており、常に一定の状態にはない。配分計算に当たっては、過去の運転実績と今後のプラントの状態を考えあわせて、関数を計算し直している。配分計算の精度を上げるため、関数作成には配分計算以上の細心の注意を払っている。