

■ 研究論文 ■

エネルギーシステム評価のための簡易ソフトウェア開発

Development of Simplified Software for Energy System Estimation

土方 邦夫*・平井秀一郎**・岡崎 健***・小塚 勝彦****

Kunio Hijikata Shuichiro Hirai Ken Okazaki Katsuhiko Kozuka

(原稿受付日1996年6月10日, 受理日1997年2月12日)

Abstract

Energy system analysis is essentially important for the estimation of power plant system which has been recently developing for environmental protection and highly efficient conversion of energy. In such sophisticated power plant system, many components, such as boiler, heat exchangers, etc., are interconnected in a complex structure. Previous system analysis, however, applies an intricate method which could not be used conveniently and easily. In the present paper, a simplified software for energy system estimation is developed, which employs a single matrix to represent mass, enthalpy and momentum flow in a complex system where many interconnected components are involved in its structure. It also possesses characteristics that components consisting energy system can be placed and linked by a simplified mouse operation of personal computer and total estimation of system and parameter study varying efficiency of component can be easily done. The present method also includes a matrix compression to save the calculation load and optimization of the matrix to obtain the calculation stability. The performance of the present scheme is demonstrated in a system analysis of coal-fired power plants, where 20 components are linked in a complicated structure and efficiency was calculated in a reasonable short calculation time.

1. 序 論

石炭、重油、天然ガス等の化石燃料を燃焼し電気エネルギーに変換する発電プラントでは、化石燃料の節減と環境保全を目指した新しい高効率発電システムやNO_x、SO_x等の環境汚染物質の排出低減技術の開発が現在行われており、地球温暖化抑制のためのCO₂回収型発電システムの研究¹⁾も行われている。しかし、このような発電プラント等のエネルギーシステム全体の効率改善を行い、環境汚染物質の排出低減をはかる技術開発やシステム設計を行うためには、システムを構成するボイラ・熱交換器・タービン・ポンプなどの多数の構成機器(コンポーネント)の要素技術の開発や改善を行うとともに、コンポーネントが相互に複雑に連結されている系では、1つのコンポーネントによ

り規定される作動物質の状態変化が他のコンポーネントに複雑な影響を及ぼすことから、系のシステムとしての評価を正しく行うことが重要である。

エネルギーシステムのシステム評価は、

- (1) 新しく提案されたコンポーネントやプロセスが、技術的・経済的に可能なシステムとなりえるか否かを、同一の条件下で他のシステムとの総合的な評価比較により行うこと、
- (2) 互いにコンポーネントが複雑に連結をするシステムにおける1つのコンポーネントのパラメータ感度解析を行うこと、
- (3) コンポーネントを連結するパターンを変更することによりシステムの最適化を行うこと、

などにその有用性があると考えられるが、このようなエネルギーシステムの評価は、従来複雑な計算手法により行われており、パーソナルコンピュータ等で簡易な計算を行うことが可能になれば、基礎的にも実用的にも新しい高効率低環境負荷エネルギーシステム開発に発展的に寄与すると考えられる。

このようなエネルギーシステム評価については、

*東京工業大学工学部機械宇宙学科教授

** " 炭素循環素材研究センター助教授

*** " " 教授

**** " 大学院

McMullan らは、エネルギー転換及び化学工業プロセスの技術的・経済的評価を行う目的で、システム評価シミュレーションを行うソフトウェア、ECLIPSEの開発を行った²⁾。また、Sopocy らは、石炭ガス化複合サイクル (IGCC) 等のシステム評価を行うソフトウェア、SOAPPを開発した³⁾。しかしながら、いずれもシステム内の機器の構成や配置の変更、あるいは計算スキーム等が必ずしも単純ではなく、次世代の新しいシステムを簡便に評価できるユーザーフレンドリーなものとはなっていない。

われわれは、エネルギーシステム評価を行うソフトウェアの開発を行っている。このソフトウェアは、パソコンレベルで簡易にシステム評価を行うことを目的の1つとして開発を現在進めており、システムを構成する各コンポーネントを簡単なマウス操作によりパソコン画面内に配置し、相互に連結を行い、各コンポーネントの状態変化を入力することにより、初心者でも非常に簡単な操作でエネルギーシステムの評価を行うことができる特徴を有している。従って、未知の新しいシステム構成も、新しいコンポーネントの付加あるいはコンポーネント間の接続変更などにより容易に評価することができる。

本報告は、複雑に連結された多数のコンポーネントにより構成されたエネルギーシステムの評価を行う上で必要な物質やエネルギーの収支 (マスバランスやエンタルピーバランス) 等を、システム全体を1つの行列を用いて簡易に計算できる新しいスキームを提案するとともに、大規模システムの計算にも対応可能な行列の圧縮ならびに計算の安定化のための行列の最適化についての手法について報告を行う。

記号

C : コンポーネントの接続を表現する行列
 M : 質量流量 (kg/s)
 a : 作動物質の通路の断面積 (m^2)
 P : 圧力 (Pa)
 η : 効率
 H : エンタルピー流量 (kJ/s)
 A : コンポーネントを表現するシステム行列
 ρ : 作動物質の密度 (kg/m^3)
 b : コンポーネントを表現する列ベクトル
 u : 作動物質の速度 (m/s)
 x : コンポーネントの出入口の M, P および H を表現する列ベクトル

添字

i : 入口
 j : 出口

2. エネルギーシステムの評価スキーム

2.1 コンポーネントの状態変数の行列による表現

エネルギーシステムを構成する要素であるタービンやポンプ等のコンポーネントは、上流のコンポーネントから受け渡された作動物質を入口から取り入れて何らかの作用を及ぼし、出口から下流のコンポーネントに作動物質を受け渡す。

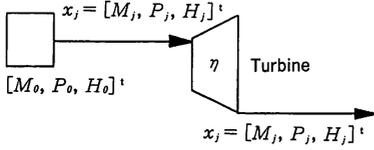
本計算において、コンポーネント間を接続するライン上では、出入りする熱量および仕事は0とし、摩擦仕事等による損失を考慮しない。これらの条件は、熱損失コンポーネント、流動摩擦コンポーネントとして組み込む。コンポーネントを作動流体が通過するとき、何らかの状態変化を受けるが、その量は質量流量 $M (= \rho ua)$ および全エンタルピー $H' (= H + Mu^2/2)$ および全圧 $P' (= P + \rho u^2/2)$ の変化によって書き表すことができる。本計算においては、 M および H, P を独立変数として用いている。

コンポーネントの出入口の数は、例えば熱交換器を考えると、入口、出口が2つずつ (4端子) 必要である。コンポーネントのなかにはそれ以上の入口数、出口数が必要なものもあるが、そのようなコンポーネントも2, 3, 4端子コンポーネントの組み合わせにより実現できるので、最大の入口数、出口数は2とする。以下では、1つの出入口の状態を表現する3種類の変数 M, P, H を、列ベクトル x で表現することにする。

2.2 コンポーネントを表現する行列

各コンポーネントは1つの出入口に対して3つの状態変数 M, P, H を持っているため、例えば入口と出口をそれぞれ1つ持つコンポーネントは 6×6 の行列を用いて、3つの状態変数 M, P, H の上流値の受け渡しと、コンポーネントの作用による入口と出口の状態変数の変化を表現することができる。

例として、図-1-1に示されるタービンは、上流のコンポーネント出口の $[M_0, P_0, H_0]^t$ を受け取り、タービン入口の $x_i = [M_i, P_i, H_i]^t$ がタービンにより出口の $x_j = [M_j, P_j, H_j]^t$ になる。 x_i と x_j の関係は、図-1-1に示される式により求められる。これを用いて行列を表現すると図-1-2 (a) になる。それを一般化したものも図-1-2 (b) に示してある。列ベクトル x_i



$$M_j = M_i$$

$$P_j = P_{out} \quad P_{out} : \text{タービンの設定出口圧力}$$

$$H_j = H_i - \eta (H_i - M_i h_i)$$

$$h_i = h_{ps}(P_j, s_{ps}(P_i, H_i/M_i))$$

(h_{ps} および s_{ps} は、PROPATH[®]による)

図-1-1 タービンの入口、出口における状態量の関係

$$(a) \begin{array}{c|ccc|ccc} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ \hline -1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ -\eta h_i & 0 & \eta - 1 & 0 & 0 & 1 \end{array} \cdot \begin{array}{c} M_i \\ P_i \\ H_i \\ M_j \\ P_j \\ H_j \end{array} = \begin{array}{c} M_o \\ P_o \\ H_o \\ 0 \\ P_{out} \\ 0 \end{array}$$

$$(b) \begin{array}{c|ccc|ccc} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ \hline & I_{11} & & O_{11} & & \end{array} \cdot \begin{array}{c} x_i \\ x_j \end{array} = \begin{array}{c} b_i \\ b_j \end{array}$$

図-1-2 入口、出口の状態量の関係マトリックス

はコンポーネントの入口における状態変数を、 x_i は出口における状態変数の値を表している。部分行列 I 、 O は要素として $M_i, P_i, H_i, M_j, P_j, H_j$ の関数を持っており、コンポーネントの内部における状態変化を記述するものである。

2.3 システム全体の行列による表現

図-2に示されるA~Iのコンポーネントにより構成されるシステムを考える。各々のコンポーネントを表現する行列（以下コンポーネント行列）は、図-3で表される。システム全体を表現する行列（以下システム行列）は、これらを組み合わせることで構成される。このことを説明するために、図-2の一部である図-4に示されるコンポーネントC~Gのシステム行列について考える。コンポーネントの配置は、より安定な計算を可能とするために、コンポーネント行列がシステム行列の対角成分に位置するようにする。コンポーネント間の接続については、例えばCの x_{j1}^c とEの x_{i1}^e が接続されていることを、行列 C_{CE} を図-4に示される位置におき、 $b_{i1}^e = 0$ とすることにより実現できる。

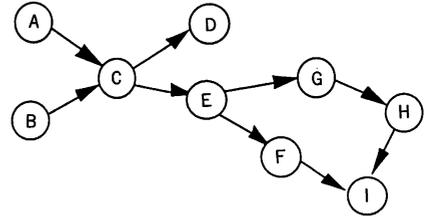


図-2 システムの例

Component : A, B, D, F, G, H

$$\begin{array}{c|cc} U & 0 \\ I_{11} & O_{11} \end{array} \cdot \begin{array}{c} x_{i1} \\ x_{j1} \end{array} = \begin{array}{c} b_{i1in} \\ b_{j1} \end{array}$$

Component : E

$$\begin{array}{c|ccc} U & 0 & 0 \\ I_{11} & O_{11} & O_{12} \\ I_{21} & O_{21} & O_{22} \end{array} \cdot \begin{array}{c} x_{i1} \\ x_{j1} \\ x_{j2} \end{array} = \begin{array}{c} b_{i1in} \\ b_{j1} \\ b_{j2} \end{array}$$

Component : I

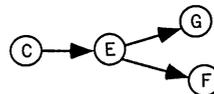
$$\begin{array}{c|ccc} U & 0 & 0 \\ 0 & U & 0 \\ I_{11} & O_{11} & O_{12} \end{array} \cdot \begin{array}{c} x_{i1} \\ x_{j2} \\ x_{j1} \end{array} = \begin{array}{c} b_{i1in} \\ b_{i2in} \\ b_{j1} \end{array}$$

Component : C

$$\begin{array}{c|cccc} U & 0 & 0 & 0 \\ 0 & U & 0 & 0 \\ I_{11} & I_{12} & O_{11} & O_{12} \\ I_{21} & I_{22} & O_{21} & O_{22} \end{array} \cdot \begin{array}{c} x_{i1} \\ x_{i2} \\ x_{j1} \\ x_{j2} \end{array} = \begin{array}{c} b_{i1in} \\ b_{i2in} \\ b_{j1} \\ b_{j2} \end{array}$$

(Uは単位行列)

図-3 図-2の各々のコンポーネントを表現する行列



$$\begin{array}{c|cc|cccc|cccc} U & 0 & & & & & & & x_{i1}^c & & b_{i1in}^c \\ I_{11}^c & O_{11}^c & & & & & & & x_{j1}^c & & b_{j1}^c \\ \hline C_{CE} & U & 0 & 0 & & & & & x_{i1}^e & & 0 \\ I_{11}^e & O_{11}^e & O_{12}^e & & & & & & x_{j1}^e & & b_{j1}^e \\ I_{21}^e & O_{21}^e & O_{22}^e & & & & & & x_{j2}^e & & b_{j2}^e \\ \hline & C_{EF} & U & 0 & & & & & x_{i1}^f & & 0 \\ & & I_{11}^f & O_{11}^f & & & & & x_{j1}^f & & b_{j1}^f \\ \hline & C_{FG} & & U & 0 & & & & x_{i1}^g & & 0 \\ & & I_{11}^g & O_{11}^g & & & & & x_{j1}^g & & b_{j1}^g \end{array} \cdot \begin{array}{c} x_{i1}^c \\ x_{j1}^c \\ x_{i1}^e \\ x_{j1}^e \\ x_{j2}^e \\ x_{i1}^f \\ x_{j1}^f \\ x_{i1}^g \\ x_{j1}^g \end{array} = \begin{array}{c} b_{i1in}^c \\ b_{j1}^c \\ 0 \\ b_{j1}^e \\ b_{j2}^e \\ 0 \\ b_{j1}^f \\ 0 \\ b_{j1}^g \end{array}$$

(下線で示すC, 0が接続を意味する)

図-4 コンポーネント間の接続

行列 C_{CE} は、コンポーネントCとEの間で圧力損失やヒートロス等により状態変数が変化することを表現することが可能で、コンポーネントCとEの間で状態変数が変化しない場合は、 C_{CE} は対角成分が-1の行列(-U)と等しくなる。EとFおよびFとGが接続されていること、すなわち x_{j1}^e と x_{i1}^f および x_{j2}^e と x_{i1}^g が等しいことも同じ手法を用いて図-4に示されるように

$$\begin{pmatrix} U & 0 \\ I^{c_{11}} & O^{c_{11}} \\ \dots & \dots \\ -U & U & 0 \\ \dots & \dots & \dots \\ I^{e_{11}} & O^{e_{11}} & O^{e_{12}} \\ \dots & \dots & \dots \\ I^{e_{21}} & O^{e_{21}} & O^{e_{22}} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x^{c_{i1}} \\ x^{c_{j1}} \\ x^{e_{i1}} \\ x^{e_{j1}} \\ x^{e_{j2}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b^{c_{in}} \\ b^{c_{j1}} \\ 0 \\ b^{e_{j1}} \\ b^{e_{j2}} \end{pmatrix}$$

$x^{e_{i1}} = x^{c_{j1}}$

$$\begin{pmatrix} U & 0 \\ I^{c_{11}} & O^{c_{11}} \\ \dots & \dots \\ 0 & U & 0 \\ \dots & \dots & \dots \\ I^{e_{11}} & 0 & O^{e_{12}} & O^{e_{12}} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ I^{e_{21}} & 0 & O^{e_{21}} & O^{e_{22}} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x^{c_{i1}} \\ x^{c_{j1}} \\ 0 \\ x^{e_{i1}} \\ x^{e_{j1}} \\ x^{e_{j2}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b^{c_{in}} \\ b^{c_{j1}} \\ 0 \\ b^{e_{j1}} \\ b^{e_{j2}} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} U & 0 \\ I^{c_{11}} & O^{c_{11}} \\ \dots & \dots \\ I^{e_{11}} & O^{e_{11}} & O^{e_{12}} \\ \dots & \dots & \dots \\ I^{e_{21}} & O^{e_{21}} & O^{e_{22}} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} x^{c_{i1}} \\ x^{c_{j1}} \\ x^{e_{i1}} \\ x^{e_{j1}} \\ x^{e_{j2}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} b^{c_{in}} \\ b^{c_{j1}} \\ b^{e_{j1}} \\ b^{e_{j2}} \end{pmatrix}$$

図-5-1 接続によるコンポーネント行列要素の低減

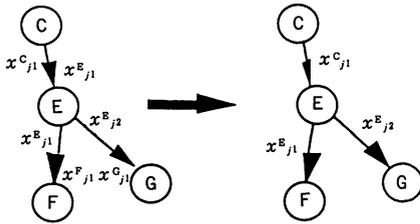


図-5-2 接続によるコンポーネント行列要素の低減

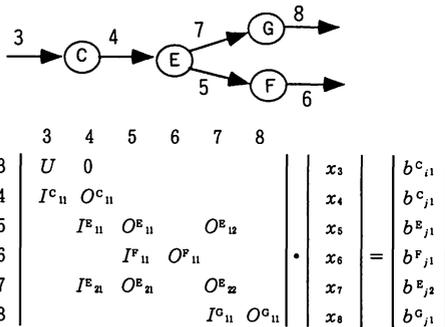
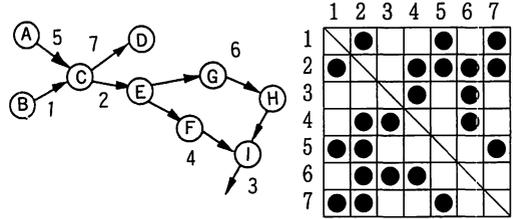


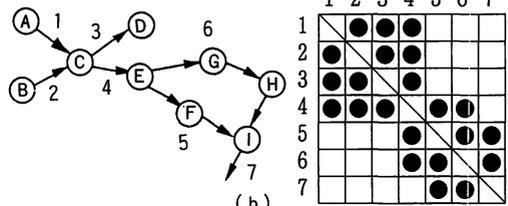
図-5-3 行列の圧縮

実現できる。

本ソフトウェアは、コンポーネントの出口と接続先のコンポーネントの入口の状態変数が同じ値をもち、また、コンポーネント間をつなぐライン上での圧力損失やヒートロスを考慮しなければいけない場合は、これに該当するコンポーネントを挿入することにより計算にその影響をくみいれるという手法を用いている。



(a)



(b)

図-6 配置行列の最適化

したがって、 C_{CE} , C_{EG} , C_{EF} は対角成分が -1 の行列 ($-U$) に等しい場合について、以下、議論をすすめる。

2.4 システム行列の圧縮および最適化

2.3で述べた方法でシステム行列を生成する場合、システム行列は独立変数を接続する役目を持つ行列 (-1 または 1 を要素として持つもの) により大きなものとなる。これはパソコンにとっては必要メモリの増大と計算速度の低下を招く大きな要因となる。ここでは、大規模システムの計算にも対応を可能とし、計算を安定に行わせるためのシステム行列の圧縮および最適化について述べる。

コンポーネントの入口における状態変数は上流のコンポーネントの出口におけるそれに等しく、コンポーネント入口の状態変数を表す x_i と同じ行に位置するシステム行列内の行 (図-4の $x^{e_{i1}}$, $x^{c_{i1}}$, $x^{c_{j1}}$ と同じ行にあるシステム行列内の行) は、接続元の状態変数を受け取るためだけに存在することになる。また、コンポーネント間のラインは接続している両端のコンポーネントの出入口と同じ状態変数を持つと考え、接続ライン上で状態変数を定義することによってシステム行列を小型化し、使用メモリの節約と計算効率の向上が可能となる。以下、このことを図-4のCとEの接続を示す部分について説明する。

図-5-1において、同一のラインで接続している $x^{c_{j1}}$ と $x^{e_{i1}}$ は常に同じ値を持つ。すなわち、 $x^{c_{j1}}$ と $x^{e_{i1}}$ は同一視できる。図-5-1の網掛け部分である $x^{c_{j1}}$ と $x^{e_{i1}}$ の接続部分を見るとコンポーネント間の接続行列が存在する行は接続部分以外は全て0である。ここで行列

の行の加減算を行うことによって、 F_{i1} を左に移動させることができる。 F_{21} も同様の操作により図のように左側に移動すると、移動元の列は、接続部分単位行列以外は全て0になるので、 x_{i1} は $x_{i1} = x_{i2}$ の以外の全ての式と無関係になる。よって、図の網掛け部分をシステム行列から取り除くことができ、行列を圧縮することができる。この操作を繰り返し、システム行列全体を圧縮することができる。圧縮が全ての接続ラインに関して行われたとき、図-5-2に示すように状態変数はコンポーネントの出口における値、すなわち接続ラインにおける状態変数を求めることと同じことになる。

この手法を図-4のC~Gで構成されたシステムのシステム行列に適用すると、図-5-3に示されるように圧縮される。

実際のシステム計算においてコンポーネントの配置に対して付されるライン番号は、相互に近い位置にあるラインが必ずしも近いライン番号にならないため、ライン上の番号を付け直してシステム行列を解きやすい形、すなわち0でない行列要素 (I, O) が比較的システム行列の対角線に近いところにある形に修正する必要がある。以下、このことを行うためのシステム行列の最適化について述べる。

図-6 (a) のようにシステムのラインに通し番号を付けた場合を考える。これは個別のラインに1対1に対応したものではなく、流路の分岐・合流が無い場合には番号を一つだけ付けたものである。例えば、図-6 (a) では $E \rightarrow F \rightarrow I$ と $E \rightarrow G \rightarrow H \rightarrow I$ の流路は1本であ

ると見なす。Iの出口も存在するので、Iの出口にもラインがあることとする。図-6 (a) では、1番はコンポーネントCを通して2, 5, 7番とつながっている。例えば、1番と2番がつながってあれば、表の(1, 2) (2, 1) のマスを埋める。全ての接続状況を調べると、図-6 (a) の表のようになる。この黒丸の対角線からの距離の二乗和が最小になるようにラインの通し番号を付け直す。まず、1番と他の全てのラインを交換して、各々の場合における対角線からの距離の二乗和が最小になったときのラインを新しく1番とし、番号を付け替える。同様に2番と3番以降のラインを交換して、新たに2番を決定する。これを繰り返すことにより、行列配置の最適化を図る。順序付けが最後まで終わると、図-6 (b) のように番号が付け替えられる。その後 $E \rightarrow F \rightarrow I$ や $E \rightarrow G \rightarrow H \rightarrow I$ のように1本であると見なしたラインを、もともとの個々のラインについて連続的な番号を割り当てていく。

2.5 収束計算

システムを表現する連立一次方程式 $Ax=b$ を生成してから、Gauss-Seidel法で x を求める。システム行列Aの要素の中には状態変数ベクトル x の要素の値を参照しているものがあるので、その要素には適当な初期値を与えて x を求める。それ以降は前回求めた x の値を用いてAを修正し、再び $Ax=b$ を解いて x を求め、これを繰り返し、 x の前の値との差が十分小さくなればシステムの収束計算が完了したとみなす。エネルギーシステムでは、多くのコンポーネントより構成されていることと、M, P, Hの3つの状態変数を

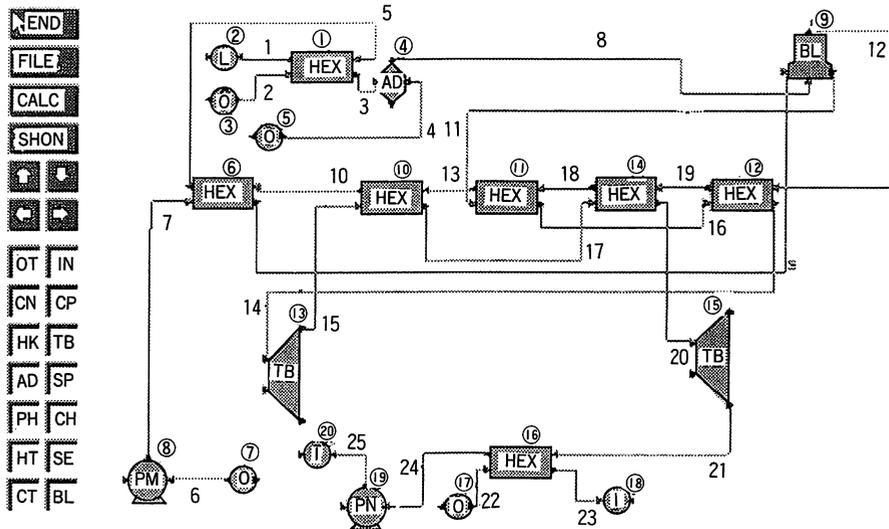
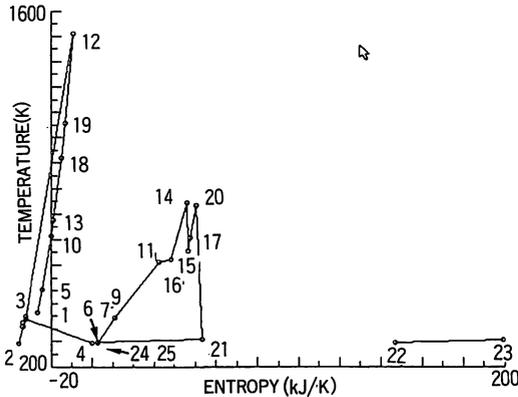


図-7 微粉炭焼き発電システムの構成図



(図中に付されている番号は図-7中のライン番号に対応している)

図-8 T-S線図

解かなければいけないこと、特にMは成分ごとに考える必要があるため、システム行列は大きなものとなる。収束法を用いることにより、0でない行列成分についてのみ収束計算を行えばよく、直接法でシステム行列を解くのに比べて、計算負荷は小さいものとなる。

3. システム解析ソフトによる計算例

本ソフトウェアはどのようなエネルギーシステム対しても簡単に対応できるが、ここでは比較的複雑なシステムである微粉炭焼き発電システムについて解析した例を示す。システムの構成図を図-7に示す。これは、実在の微粉炭焼き火力発電システム^{5,6)}を参考としている。図-7中に付されている丸囲み数字はコンポーネント番号を、通常の数字はライン番号を示している。蒸気側では、ポンプ⑧で加圧された水がボイラ内で節炭器⑥、水冷壁⑨、2つの過熱器⑩、⑪を通過後に高圧タービン⑬で膨張し、排出された蒸気は2つの再熱器⑭、⑮で再熱され、低圧タービン⑯で膨張し、復水器⑰を通過して復水する。燃焼ガス側では、石炭と空気が燃焼してできた燃焼ガスが温度に応じて水冷壁⑨→過熱器⑪→再熱器⑭→過熱器⑩→再熱器⑮→節炭器⑥と通過する間に蒸気側と熱交換を行い、最後に熱交換器①で空気を予熱してから排出される。

上記の計算例における各パラメータを以下に記す。

・熱交換器の効率

節炭器 E C O ⑥	50%
再熱器 1 R H ⑮	50%
加熱器 1 S H ⑩	60%
加熱器 2 S H ⑪	40%
再熱器 2 R H ⑭	30%

・空気予熱器①の効率	50%
・給水ポンプ	
出口圧力	15.0MPa
ポンプ効率	90%
・タービン	
出口圧力 高圧	4.5 MPa
低圧	0.007 MPa
タービン効率	90%
・燃料 石炭	
質量流量	12 kg/s
発熱量	28.57MJ/kg
温度	298.2 K
・空気 質量流量	110 kg/s
入口温度	298.2 K
・蒸気サイクル流量	70 kg/s

上記の計算条件に基づいた状態変数の計算結果の詳細は省略したが、参考のために本ソフトウェアで描かれる T-S 線図を図-8に示す。

なお、本計算例の発電システムの出力は108.3MW、システム全体の効率は40.3%となった。

4. 結論

本報告では、エネルギーシステムの評価法について以下のことを提案した。

- (1) システムを構成するコンポーネントの連結を行列を用いることにより表現し、エネルギーシステムにおける質量やエネルギーの収支等を簡易に計算できる手法を提案した。
- (2) 大規模システムの計算にも対応が可能な行列の圧縮法ならびに計算を安定に行うための行列のについてのスキームを提案した。

これらのスキームをもとにパソコン上で作動するユーザーフレンドリーなエネルギー解析ソフトウェアを開発し、このソフトウェアにより微粉炭焼き発電システムの解析を行い、エネルギー変換効率について妥当な結果が得られることを示した。このソフトウェアは、エネルギーシステムの評価を行う上で有効なものと考えられる。

謝 辞

本研究を行うにあたり、石炭利用総合センターのご協力を得ています。ここに記し、謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 森塚, CO₂回収型発電プラント, 計測と制御, Vol. 29, No.

- 8, (1990) 748~755.
- 2) Sens P. F., McMullan J. T., Williams B. C., Prospects for zero emission coal fired power plants, IEA international conference on technology responses to global environmental challenges, (1991) 155~181.
- 3) Sopocy D. M., Stenzel W. C., Kalanik J. B., Tokarski T. A. and Pace S. E., State-of-the-Art Power Plant (SOAPP), JSME-ASME Int. Conf. on Power Engineering-93 (ICOPE-93), Vol. 2, (1993) 77~84.
- 4) 伊藤ら, PROPATH熱物性値プログラムパッケージ第6.1版, コロナ社, (1989).
- 5) 國本, 山中, 木下, 高以良, 松島火力発電所1号及び2号ユニット向け微粉炭燃焼ボイラの設計: 三菱重工技報, vol. 17, No. 2, (1980) 148~158.
- 6) 國本, 羽田, 佐田, 山本, 金子, 九州電力松島1号石炭だき垂直管形超臨界圧変圧運転ボイラの設計: 三菱重工技報, vol. 24, No. 5, (1987) 462~467.

[追記]

本論文の主著者であられる東京工業大学工学部機械宇宙学科教授 土方邦夫先生は、平成9年5月18日に急逝されました。土方先生は、国内外の熱工学、エネルギー・環境分野におけるリーダーとして、教育・研究に大きな功績を残されました。本論文は、土方先生が最近情熱を傾けておられた汎用性のあるエネルギーシステム評価のためのソフトウェア開発の基本的なスキームをまとめたものです。多岐にわたる次世代の新しい高効率プラントの公平な評価に広く活用される形に発展させていこうとされていた矢先の急逝が深く悔やまれます。ここに、本論文が土方先生の遺稿である旨を記し、深く哀悼の意を表させていただきます。

(岡崎 健)

他団体ニュース

（財）省エネルギーセンターがEMS推進室を設置 環境ISO事業への取り組みを本格的に開始

（財）省エネルギーセンターはこの度組織内にEMS（Environmental Management System）推進室を設置し、環境ISO事業への取り組みを本格的に開始した。

同センターは、日本における省エネルギー推進の中核的機関であり、これまでも地球環境保全・温暖化防止に関する各種事業を展開してきた。約3500の賛助会員工場・事業所のバックアップを背景に、22回目を数える省エネ事例発表大会ではこれまで3700以上の省エネ技術事例が蓄積されており、世界の省エネ・環境技術をリードしてきた。また、中小企業を中心としたコンサルティング件数も6000を越え、最近では国際協力の要請に応えた技術移転事業が増加している。今回のEMS推進室の設置によって、これらのノウハウを本格的に環境ISO事業へ持ち込み、企業の自主的でより積極的な地球環境問題への取り組みを支援する。

最初に取り組む事業としては、環境審査委員研修機関としてJABに申請すべく、既に第1回～第3回の英国EARA認定の環境マネジメントシステム・アドバンスコースを実施しており、引き続き第4回～第5回を下記の日程で開催する。

・第4回：9月8日（月）～12日（金） ・第5回：11月10日（月）～14日（金）

参加費は35万円（税別）。テキスト費、5泊6日の宿泊費、食費、喫茶費、懇親会費のすべてが含まれた集中合宿型セミナーのバック料金。

問合せ先：（財）省エネルギーセンターEMS推進室 TEL 03-5543-3014 FAX 03-5543-3022