

JAERI-Data/Code
99-009



JP9950161



HTTR熱利用系炉外技術開発試験
熱物質収支解析コードの開発
(受託研究)

1999年3月

稲葉良知・稲垣嘉之・林 光二・須山和昌

日本原子力研究所
Japan Atomic Energy Research Institute

本レポートは、日本原子力研究所が不定期に公刊している研究報告書です。

入手の問合せは、日本原子力研究所研究情報部研究情報課（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村）あて、お申し越しください。なお、このほかに財團法人原子力弘済会資料センター（〒319-1195 茨城県那珂郡東海村日本原子力研究所内）で複写による実費領布をおこなっております。

This report is issued irregularly.

Inquiries about availability of the reports should be addressed to Research Information Division, Department of Intellectual Resources, Japan Atomic Energy Research Institute, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken, 319-1195, Japan.

© Japan Atomic Energy Research Institute, 1999

編集兼発行 日本原子力研究所

H T T R 热利用系炉外技术開發試験
热物質収支解析コードの開発
(受託研究)

日本原子力研究所大洗研究所核熱利用研究部
稻葉 良知・稻垣 嘉之・林 光二・須山 和昌

(1999年2月3日受理)

H T T R 水素製造システムのモックアップモデルである炉外技術開発試験装置の試験条件設定、特性評価等を行うために、熱物質収支解析コードを開発した。本解析コードでは、試験装置の静的状態（通常運転時）及び動的状態（起動、停止及び異常時等の過渡変化時）における熱物質収支（反応ガス、ヘリウムガス、構造物等の温度分布、反応ガス及びヘリウムガスの質量、圧力分布等）及び制御系の特性を解析することが可能である。

本報告書は、熱物質収支解析コードに関して、コードのモデル化範囲、構成機器のモデル、入力データや実行手順等、その取扱い方法についてまとめたものである。

本報告書は、科学技術庁の受託研究「核熱利用システム技術開発」の成果である。

大洗研究所 〒311-1394 茨城県東茨城郡大洗町成田町新堀3607

Development of Heat and Mass Balance Analysis Code
in Out-of-pile Hydrogen Production System for HTTR Heat Utilization System
(Contract Research)

Yoshitomo INABA, Yoshiyuki INAGAKI, Koji HAYASHI and Kazumasa SUYAMA

Department of Advanced Nuclear Heat Technology
Oarai Research Establishment
Japan Atomic Energy Research Institute
Oarai-machi, Higashiibaraki-gun, Ibaraki-ken

(Received February 3, 1999)

A heat and mass balance analysis code has been developed to examine test conditions, to investigate transient behavior etc. in the out-of-pile hydrogen production system for the HTTR heat utilization system. The code can analyze temperature, mass and pressure profiles of helium and process gases and behavior of the control system under both static state (case of steady operation) and dynamic state (case of transient operation).

This report describes analytical methods, basic equations and constitution of the code, and how to make of the input data, estimate of the analytical results and so on.

Keywords: HTTR, Nuclear Heat Utilization, Out-of-pile, Hydrogen Production System,
Heat and Mass Balance Analysis Code

目 次

1. 緒 言	1
2. 炉外技術開発試験装置の構成	2
3. 熱物質収支解析コードの構成	3
3. 1 解析モデルの概要	3
3. 2 構成機器モデル及び基本方程式	6
3. 3 入出力項目	20
3. 4 コード内単位系	32
4. 熱物質収支解析コードの動作環境	32
5. データ作成方法	33
5. 1 入力データ概略	33
5. 2 初期化機能	51
6. 解析コード実行手順	61
6. 1 動作環境の立ち上げ	61
6. 2 ファイルの編集	61
6. 3 コンパイル・リンク	62
6. 4 実 行	62
7. 出力ファイル仕様	63
8. エラーメッセージ一覧	65
9. グラフ表示用プログラム使用手順	66
9. 1 「グラフ表示ユーティリティー」	66
9. 2 「グラフ台紙」	66
10. 入力データ例及び出力結果例	67
11. まとめ	90
謝 辞	90
参考文献	90
使用記号	91

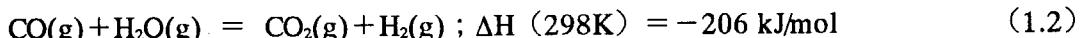
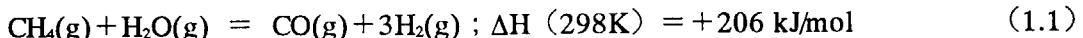
Contents

1. Introduction	1
2. Constitution of Out-of-pile Hydrogen Production System	2
3. Constitution of Heat and Mass Balance Analysis Code	3
3.1 Outline of Analytical Model	3
3.2 Component Models of System and Basic Equations	6
3.3 Input and Output Items	20
3.4 Unit System in the Code.....	32
4. Running Environment of Heat and Mass Balance Analysis Code	32
5. Data Processing	33
5.1 Outline of Input Data	33
5.2 Function of Initialization	51
6. Execution Procedure of Heat and Mass Balance Analysis Code	61
6.1 Start-up of Operating Environment	61
6.2 Edit of File	61
6.3 Compiling and Link	62
6.4 Execution	62
7. Format of Output Files	63
8. Error Messages	65
9. Manual of Program for Graphic Display.....	66
9.1 "Utility for Graphic Display"	66
9.2 "Paper for Graph"	66
10. Examples for Input Data and Output Results	67
11. Summary	90
Acknowledgments	90
References	90
Nomenclature	91

1. 緒 言

高温工学試験研究炉 (High Temperature-engineering Test Reactor : HTTR) の核熱利用系は、核熱利用分野の拡大及び熱効率の向上を目指し、その有効性を実証しようとするものであり、天然ガス（主成分はメタン）の水蒸気改質による水素製造システムを第1候補として研究・開発を進めている。HTTR 水素製造システムは、950°C という高温の熱を炉外に取り出すことができる高温ガス炉の特徴を最大限に活用した利用システムの1つであり、非電力分野における原子力利用という観点からも非常に重要である。にもかかわらず、化学プラントと原子炉の接続は世界的に見ても例がないため、HTTR に水素製造システムを接続する前には、システム特性の把握、ヘリウムガスとの熱交換を考慮した反応器（水蒸気改質器）、蒸気発生器等の機器要素技術の高度化及び原子炉に対応した運転・制御方法の確立等を行う炉外技術開発試験が不可欠である。そこで平成9年度より、HTTR 水素製造システムの30分の1スケールの規模を有する炉外技術開発試験装置（以下「炉外装置」と称する）の設計・製作に着手した。

天然ガスの水蒸気改質は、以下の反応式で表せる。



ここで、 ΔH ：標準生成熱、g：気相状態を表す。

工業的に行われているプロセスでは、蒸気反応に必要な熱は天然ガスの燃焼によって供給される。一方、高温ガス炉である HTTR を利用した水蒸気改質法による水素製造システムでは、原子炉から 950°C の高温核熱を供給して、蒸気の反応を行わせる。水素製造システムを原子炉と接続する場合には、化石燃料を燃焼させる従来システムに比べ、以下の開発・実証すべき課題がある。

- ①水蒸気改質器に熱的変動が生じても原子炉へ外乱を与えないこと
- ②2次ヘリウムガス系とプロセスガス（原料ガス、水蒸気及び生成ガスの総称）の圧力境界を形成する水蒸気改質器触媒管の健全性を確保すること
- ③HTTR 水素製造システムに特有な高温機器（水蒸気改質器、蒸気発生器等）の開発・実証
- ④HTTR 水素製造システムの安全評価用動特性解析コードの開発・検証

これらの課題を解決するため、以下の項目を炉外技術開発試験で行う。

- (a) 2次ヘリウムガス系及びプロセスガス系に変動が生じた場合において、上記①及び②のための運転制御技術を確立する。
- (b) 上記③で述べた高温機器の特性試験を行い、設計の妥当性の検証及び性能を明らかにする。
- (c) 上記④のための検証用データを取得する。さらに、HTTR 水素製造システムの運転技術を習得する。

以上の試験を行うに当たって、炉外装置の過渡挙動の事前解析、試験方法の検討及び試験結果の検討・評価を目的とした熱物質収支解析コードを開発した。以下では、熱物質収支解析コードに関し使用した基礎式、入力データ及び実行方法等、その使用方法について述べる。

2. 炉外技術開発試験装置の構成⁽¹⁾

炉外装置は、原料ガスと水蒸気を反応させて水素を製造するための化学反応器である水蒸気改質器、熱供給媒体であるヘリウムガスを水蒸気改質器に供給するヘリウムガス供給系、水蒸気改質器に原料を供給するための原料ガス供給系及び蒸気供給系、起動及び停止時に水蒸気改質器に窒素ガスを供給するための不活性ガス供給系、水蒸気改質器で製造された水素等の生成ガスを燃焼処分するための後処理系、計測制御系、電気設備等で構成されている。

以下では、炉外装置を構成する主要設備の概要について述べる（炉外装置の構成概要については、図3.1を参照）。

(1) 水蒸気改質器

水蒸気改質器は、バイオネット型の反応管を有した熱交換型の反応器で、管外（胴側）を高温のヘリウムガス、管内を原料ガス、水蒸気及び生成ガスが流れる。高い熱効率を得るために、反応後の生成ガスと原料ガスとの間で熱交換を行う構造としている。また、ヘリウムガスとの熱交換を促進するために、反応管の外表面には矩形状の突起を設け、さらに圧力容器の内部に断熱材を施工して、放熱損失を防いでいる。

(2) ヘリウムガス供給系

ヘリウムガス供給系は、ヘリウムガス加熱器、高温断熱配管、ヘリウムガス冷却器から構成されている。運転時にヘリウムガス供給系への戻り温度が一定になるように、ヘリウムガス冷却器でヘリウムガスの温度制御を行う。

(3) 原料ガス供給系

原料ガス供給系は、原料加熱器、液化天然ガスタンク、液化天然ガスピンプ、蒸気発生器、サージタンク、脱硫器用加熱器及び脱硫器等で構成される。

(4) 蒸気供給系

蒸気供給系は、フィルター、水精製機、給水タンク、脱気装置、水タンク、供給ポンプ、水予熱器、蒸気発生器、蒸気過熱器及び非常時給水タンク等から構成される。蒸気発生器は、異常時においてはヘリウムガスの流动を停止することなく、ヘリウムガスの冷却が可能である。給水は貯水タンクから行い、生成ガス中の蒸気はドレンを経由して給水タンクへ戻る。

(5) 不活性ガス供給系

不活性ガス供給系は、液化窒素ガスタンク、蒸気発生器、サージタンク、液化窒素ガスピンプ及び窒素ガスカーボル等から構成される。

3. 热物質収支解析コードの構成

3.1 解析モデルの概要

熱物質収支解析コード（以下「解析コード」と称する）は、化学反応器を有するプラントの動特性挙動（流体の温度・流量、圧力の分布及び制御系の特性等）を解析するために作成したコードであり、入力データによって機器、配管及び制御系の構成を任意に設定できる汎用性を持たせた。解析コードが有する機能及び特徴は、以下のとおりである。

- ①解析の対象となる機器は、化学反応器、熱交換機、蒸気発生器（水－蒸気の二相流の取り扱いが可能）、圧縮機（循環機、ポンプ等を含む）、配管、弁及び制御系である。
- ②熱流動の計算式は、質量、運動量及びエネルギーの各保存式である。さらに、ガスについては状態方程式、水－蒸気の二相流についてはスリップモデルを用いた。
- ③配管内の流れは1次元流れとし、そのモデルは分布定数系とした。一方、化学反応器を除く機器については、集中定数系モデルとした。なお解法は、特性曲線法を用いた。
- ④制御系を伝達関数でモデル化し、制御系の応答特性についても解析可能とした。
- ⑤化学反応器については、反応器内外の熱伝達特性、圧力損失特性及び改質反応特性等に関する詳細な評価・検討が行えるように、反応管長手方向に任意に分割可能とした。また化学反応計算については、その精度を上げるために、化学平衡式によってではなく、反応速度式を用いた。

なお、以下に述べる解析コードの使用方法等については、HTTR 水素製造システムのモックアップモデルである炉外装置を例として説明を進める。

熱物質収支解析コードによる模擬対象範囲を、図 3.1 に示す。また、模擬対象の境界条件及び簡易模擬条件を図 3.2 に示す。原料ガス供給系については LNG ポンプからの系統、水供給系については給水タンクからの系統、ヘリウムガス供給系についてはヘリウムガス精製設備とヘリウムガス圧力調整設備を除く系統、後処理系については水蒸気改質器触媒管の差圧制御系までの系統を含み、動特性を評価する上で必要な機器を全て模擬している。

解析系は、分岐、合流を含む配管流、各種機器、解析上の境界条件を与える点及び制御系から成る。取り扱う流体は反応ガス、ヘリウム（He）ガス、水単相及び水－蒸気二相である。構成機器は、ガス加熱器、ガス予熱器、水蒸気改質器、蒸気発生器、給水タンク、放熱器、He ガス循環器、LNG ガス圧縮器、脱硫器、フィルター、LNG サージタンク、N₂バッファタンク、混合タンク、バルブ、給水ポンプ、水予熱器、加熱器、LNG 冷却器、凝縮器及び蒸気過熱器である。

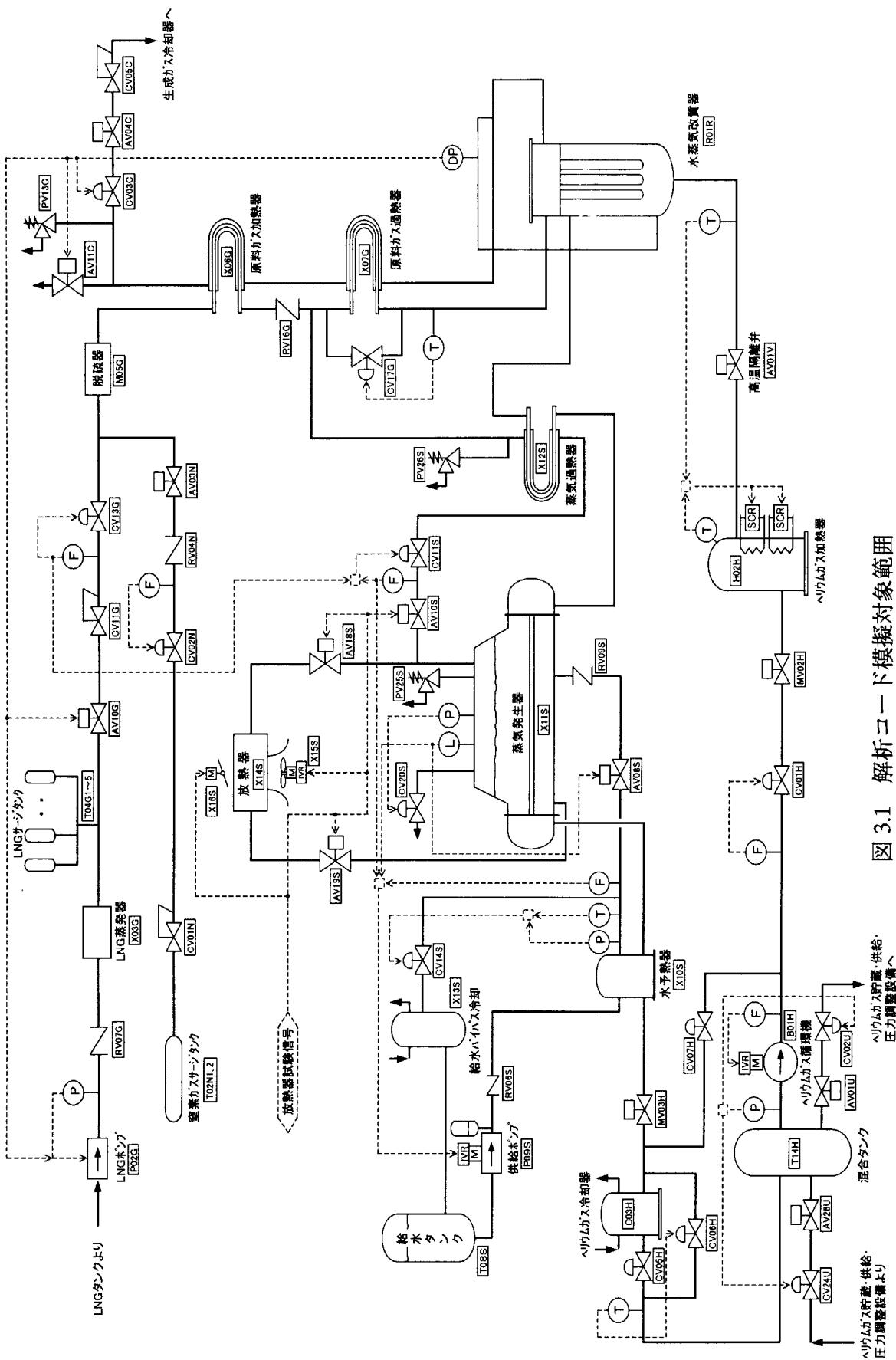


図 3.1 解析コード模擬対象範囲

ヘリウムガス貯蔵・供給・圧力調整設備より、
混合タンクへヘリウムガス貯蔵・供給・
圧力調整設備へ

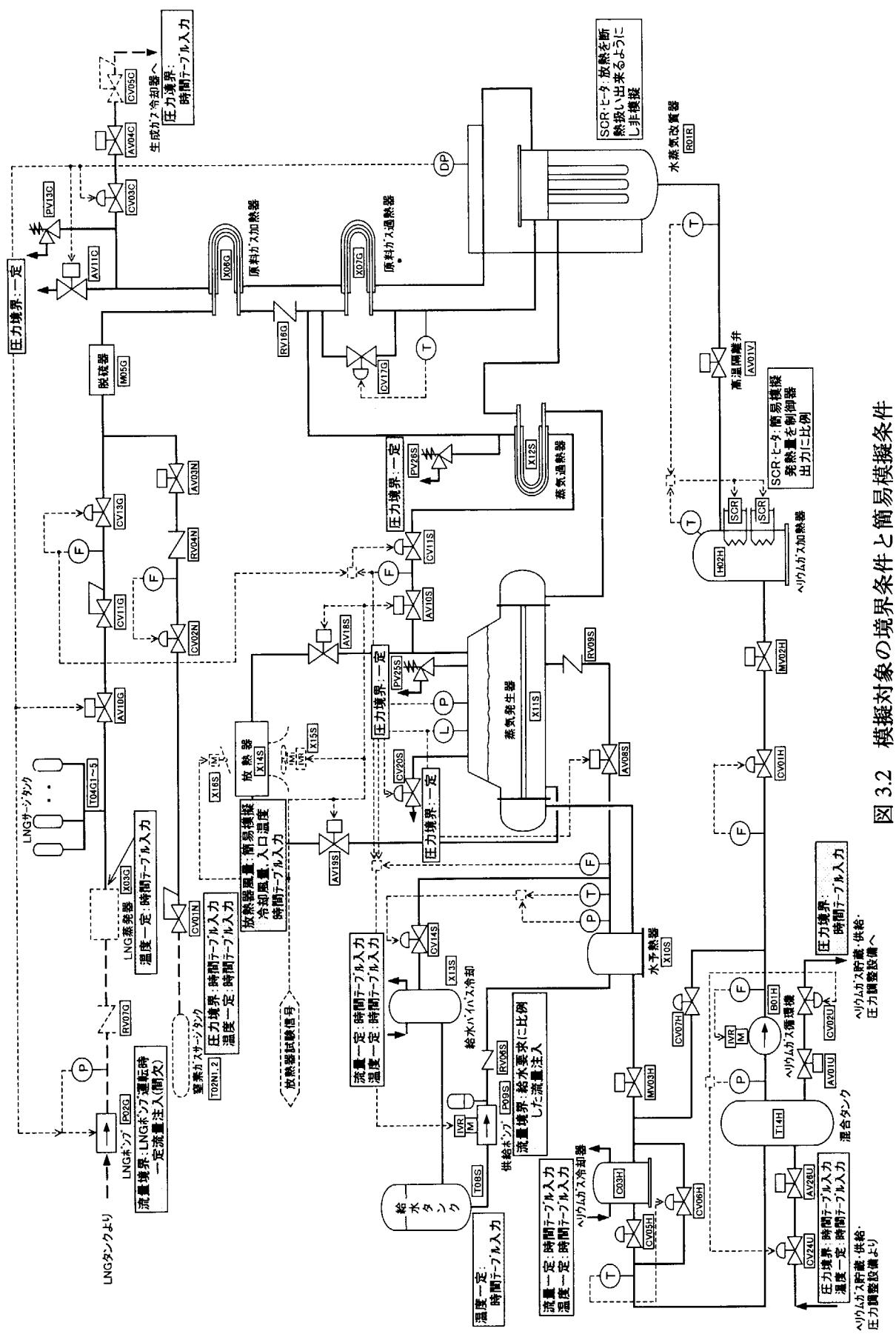


図 3.2 模擬対象の境界条件と簡易模擬条件

3.2 構成機器モデル及び基本方程式

ここでは、各構成機器モデル及び使用される基本方程式について述べる。

(1) 配管

①ガス（図 3.3 参照）

以下の1次元圧縮流体に関する方程式が、基本式である。水蒸気が単体あるいは他のガスと混合している場合には、理想気体と見なし、式(3.7)の状態方程式を用いる。

- ・質量保存式

$$\partial \rho / \partial t + \partial (\rho u) / \partial x = 0 \quad (3.1)$$

- ・運動量保存式

$$\rho \left(\partial u / \partial t + u \partial u / \partial x \right) = - \partial P / \partial x - \rho F - \rho g \sin \theta \quad (3.2)$$

$$F = 1/2 (\lambda/D + \zeta/L) u |u| \quad (3.3)$$

- ・エネルギー保存式

$$\partial [\rho (e + u^2/2)] / \partial t + \partial [\rho u (h + u^2/2)] / \partial x = Q_{vol} - \rho u g \sin \theta \quad (3.4)$$

$$e = \sum m_k \cdot C_{vk} T \quad (3.5)$$

$$h = \sum m_k \cdot C_{pk} T = e + P/\rho \quad (3.6)$$

- ・状態方程式

$$P/\rho = \sum (m_k/M_k) \times RT \quad (3.7)$$

- ・成分保存式

$$\rho \Omega dm_k / dt = \sum (Gm_k)_i - Gm_k \quad (3.8)$$

各管路区分においてガス成分は変化せず、一様とする。

②二相流（図 3.3 参照）

気相（水蒸気）と液相（水）の二相流に対しては、気相・液相の流速の差異を考慮したスリップ比モデルを採用した。

- ・質量保存式

$$\partial \rho / \partial t + \partial (\rho u) / \partial x = 0 \quad (3.9)$$

- ・運動量保存式

$$\rho \left(\partial u / \partial t + u \partial u / \partial x \right) = - \partial S(u) / \partial x - \partial P / \partial x - \rho F - \rho g \sin \theta \quad (3.10)$$

- ・エネルギー保存式

$$\partial (\rho e) / \partial t + \partial (\rho eu) / \partial x + P \partial u / \partial x = - \partial S_1(e) / \partial x - P \partial S_2(e) / \partial x + Q_{vol} - \rho u g \sin \theta \quad (3.11)$$

ここで $S(u)$ 、 $S_1(e)$ 及び $S_2(e)$ は、スリップ比を考慮した補正項である。また ρ 、 $S(u)$ 、 $S_1(e)$ 及び $S_2(e)$ は、次式で与えた。

$$\rho = \rho_f (1-\alpha) + \rho_g \quad (3.12)$$

$$S(u) = \rho_f (1-\alpha) \rho_g \alpha (u_g - u_f)^2 / \rho \quad (3.13)$$

$$S_1(e) = \rho_f (1-\alpha) \rho_g \alpha (u_g - u_f) (e_g - e_f) / \rho \quad (3.14)$$

$$S_2(e) = [u_f (1-\alpha) + u_g \alpha] - u \quad (3.15)$$

③単相の水

質量及び運動量の保存則が基本式である。

- ・質量保存式

$$\partial \rho / \partial t = \partial (\rho u) / \partial x \quad (3.16)$$

- ・運動量保存式

$$\rho (\partial u / \partial t + u \partial u / \partial x) = - \partial P / \partial x - \rho F - \rho g \sin \theta \quad (3.17)$$

④配管放熱量（図 3.4 参照）

- ・使用する式（配管放熱量 Q に関する式）

$$Q = facP \cdot h_t \cdot T_{delt} \quad (3.18)$$

式 (3.18) において、 $facP$ は初期設定時に Q 、 h_t 及び T_{delt} から逆算して求める。また、

$$h_t = Nu \cdot k / D \quad (\text{Dittus-Boelter の式}) \quad (3.19)$$

$$Nu = 0.023 Re^{0.8} Pr^{0.4} \quad (3.20)$$

$$Re = uL / \nu = \rho u L / \eta \quad (3.21)$$

$$Pr = C_p \eta / k \quad (3.22)$$

$$T_{delt} = (T_1 - T_2) / 2.0 - T_a \quad (3.23)$$

$$T_a = 293.15 \text{ (K)}$$

である。

(2) He ガス加熱器、LNG サージタンク、N₂バッファタンク、混合タンク（図 3.5 参照）

容器と考え、質量、エネルギーの保存則及び理想気体の状態方程式に従うものとする。

He ガス加熱器に対しては、加熱量を与えるか、He 加熱器ヒーター制御系により加熱量の制御を行う。

- ・質量保存式

$$dM_g / dt = W_1 - W_2 \quad (3.24)$$

- ・エネルギー保存式

$$dE / dt = W_1 h_1 - W_2 h + Q \quad (3.25)$$

- ・容積一定の条件

$$dVol / dt = 0 \quad (3.26)$$

- ・成分保存式

$$M_g dm_k / dt = W_1 m_{k1} - W_2 m_k \quad (3.27)$$

エネルギー E 及び容積 Vol は、次式のようになる。

$$E = M_g (h - P / \rho) = M_g e \quad (3.28)$$

$$Vol = M_g / \rho \quad (3.29)$$

(3) He ガス循環機、LNG ガス圧縮機

$Q-H$ 特性を与えるものとする。回転数は時間テーブルで与えるか、制御系による回転数制御を行う。また基本方程式は、以下のようになる。

- ・質量保存式

$$G_{in} = G_{out} \quad (3.30)$$

- ・エネルギー保存式

$$h_{in} = h_{out} \quad (3.31)$$

(4) 脱硫器及びフィルター

圧力損失要素と考え、圧力損失と流量の以下の関係を与えるものとする。また基本方程式である質量保存式及びエネルギー保存式は、式(3.30)及び式(3.31)と同様である。

$$\Delta P = f(G) \quad (3.32)$$

(5) バルブ

流量、 Cv 値、圧力損失の関係である次式に従うものとする。

$$G/\rho = G_{vol} = Cv / 1.17 \sqrt{(P_{in} - P_{out})/G_f} \quad (3.33)$$

Cv 値と弁開度の関係を与えるものとする。弁開度は時間テーブルで与えるか、制御系による開度制御を行う。

(6) He冷却器及び凝縮器(図3.6参照)

冷却水の入口温度 T_{in} 及び流量 W を与条件とする。また基本方程式は、以下のようになる。

- ・エネルギー保存式

$$C\rho\Omega dT_{out}/dt = C(T_{in} - T_{out})W - Q \quad (3.34)$$

- ・伝熱量

$$Q = coef.h_t [(T_1 + T_2) - (T_{in} + T_{out})]/2 \quad (3.35)$$

(7) 原料ガス過熱器(図3.7参照)

伝熱項付きの配管モデルである。

伝熱量は、以下のようになる。

$$Q = (Q_H + Q_L)/2 \quad (3.36)$$

$$Q_H = coef.h_t [(T_{H1} + T_{H2})/2 - T_w] \quad (3.37)$$

$$Q_L = coef.h_t [T_w - (T_{L1} + T_{L2})/2] \quad (3.38)$$

$$T_w = (T_{H1} + T_{H2} + T_{L1} + T_{L2})/4 \quad (3.39)$$

$$h_t = |u|^{0.8} \quad (3.40)$$

$coef. \times h_t$ で(伝熱面積×伝熱係数)に相当する(高温側、低温側で異なる。)。

(8) 水蒸気改質器(図3.8参照)

①形状モデル

- ・反応管の内外管、改質触媒、容器の内部断熱材、Heガス及び改質ガスをモデル化する。

- 反応管は、代表的な1本をモデル化する。

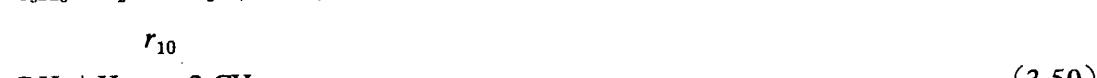
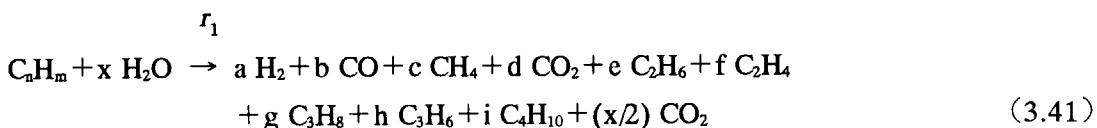
- 流動方向の分割数は、数十である。

②伝熱

- 反応管及び内部断熱材の軸方向の熱移動は考慮しない。
- 水蒸気改質器内の内部断熱材については、断熱条件及び外側境界で大気との熱伝達の2ケースに対応できるものとする。
- 改質触媒粒子の温度は、Heガス及び改質ガスの温度とは区別して計算する各部の熱伝達率を考慮する。

③反応式

次の反応を考える。





④反応速度

上記の反応速度 r は、頻度因子 A 、活性化エネルギー E 及び各化学種の分圧 P 等から求め、以下のようになる。

$$r_1 = A_1 \exp(-E_1 / RT_k) \cdot P_{\text{CnHm}} \quad (3.59)$$

$$r_2 = A_2 \exp(-E_2 / RT_k) \cdot P_{\text{C4H10}} \quad (3.60)$$

$$r_3 = A_3 \exp(-E_3 / RT_k) \cdot P_{\text{C4H10}} \quad (3.61)$$

$$r_4 = A_4 \exp(-E_4 / RT_k) \cdot P_{\text{C4H10}} \quad (3.62)$$

$$r_5 = A_5 \exp(-E_5 / RT_k) \cdot P_{\text{C4H8}} \quad (3.63)$$

$$r_6 = A_6 \exp(-E_6 / RT_k) \cdot P_{\text{C3H8}} \quad (3.64)$$

$$r_7 = A_7 \exp(-E_7 / RT_k) \cdot P_{\text{C3H8}} \quad (3.65)$$

$$r_8 = A_8 \exp(-E_8 / RT_k) \cdot P_{\text{C3H8}} \quad (3.66)$$

$$r_9 = A_9 \exp(-E_9 / RT_k) \cdot P_{\text{C3H6}} \cdot P_{\text{H}_2} \quad (3.67)$$

$$r_{10} = A_{10} \exp(-E_{10} / RT_k) \cdot P_{\text{C2H6}} \cdot P_{\text{H}_2} \quad (3.68)$$

$$r_{11} = A_{11} \exp(-E_{11} / RT_k) \cdot P_{\text{C2H4}} \cdot P_{\text{H}_2} \quad (3.69)$$

$$r_{12} = A_{12} \exp(-E_{12} / RT_k) \cdot P_{\text{C2H6}} \quad (3.70)$$

$$r_{13} = A_{13} \exp(-E_{13} / RT_k) \cdot (P_{\text{CH}_4} \cdot P_{\text{H}_2\text{O}} - P_{\text{CO}_2} \cdot P_{\text{H}_2}^3 / P_T^2 / K_1) \quad (3.71)$$

$$r_{14} = A_{14} \exp(-E_{14} / RT_k) \cdot (P_{\text{CO}} \cdot P_{\text{H}_2\text{O}} - P_{\text{CO}_2} \cdot P_{\text{H}_2} / K_2) \quad (3.72)$$

$$r_{15} = A_{15} \exp(-E_{15} / RT_k) \cdot (P_{\text{CO}_2} \cdot P_{\text{H}_2} - P_{\text{CO}} \cdot P_{\text{H}_2\text{O}} / K_2) \quad (3.73)$$

$$r_{16} = A_{16} \exp(-E_{16} / RT_k) \cdot P_{\text{CO}} \quad (3.74)$$

$$r_{17} = A_{17} \exp(-E_{17} / RT_k) \cdot P_{\text{CH}_4} \cdot P_{\text{CO}_2} \quad (3.75)$$

$$r_{18} = A_{18} \exp(-E_{18} / RT_k) \cdot P_{\text{CH}_4} \cdot P_{\text{CO}_2} \cdot P_{\text{H}_2} \quad (3.76)$$

$$K_1 = f(T_k) \quad (3.77)$$

$$K_2 = f(T_k) \quad (3.78)$$

⑤圧力損失

原料ガス及び He ガスの熱交換及び化学反応を伴う（原料ガス側）流れである。

原料ガス管及び He ガス管は、伝熱を介して関連する。通常の管路の流動とは、原料ガス成分の化学反応に伴う生成消滅項があること及び圧力損失の評価法の点で相異がある。

改質器入口から出口の流路（原料、He ガス側両方）は、数十個に細分割する。

(9) 蒸気発生器(図3.9参照)

質量保存、エネルギー保存及び容積一定の条件より、水蒸気発生器の内部状態(圧力、温度、各相質量、比容積、エンタルピー、蒸発量及び伝熱量)を計算する。蒸気発生器(容器と考える)内は、熱平衡／飽和状態とし、水面下と水面上(気相及び気液混合相)の2領域に分けて考える。

①領域1

・質量保存式

$$dM_{g1}/dt = W_{fg1} - W_B \quad (3.79)$$

$$dM_{f1}/dt = -W_{fg1} + \sum W_{in}(1-X_{in}) \quad (3.80)$$

・エネルギー保存式

$$E_1 = M_{g1}(h_g - PV_g) + M_{f1}(h_f - PV_f) + M_s C_s T \quad (3.81)$$

$$dE_1/dt = -W_B h_g - P dV_1/dt + \sum W_{in}(1-X_{in}) h_{in} + Q \quad (3.82)$$

・領域1の容積

$$V_1 = M_{g1}V_g + M_{f1}V_f + M_s / \rho_s \quad (3.83)$$

・伝熱量

$$Q = AU_F \Delta T \quad (3.84)$$

$$\Delta T = (T_1 - T_2) / \log[(T_1 - T) / (T_2 - T)] \quad (3.85)$$

②領域2

・質量保存式

$$dM_{g2}/dt = W_{fg2} + W_B - W_2 X_2 - W_3 X_2 + \sum W_{in} X_{in} \quad (3.86)$$

$$dM_{f2}/dt = -W_{fg2} - (1-X_2)W_2 - (1-X_2)W_3 \quad (3.87)$$

・エネルギー保存式

$$E_2 = M_{g2}(h_g - PV_g) + M_{f2}(h_f - PV_f) \quad (3.88)$$

$$dE_2/dt = -P dV_2/dt + W_B h_g - W_3 h_2 - W_2 h_2 + \sum W_{in} X_{in} h_{in} \quad (3.89)$$

・領域2の容積

$$V_2 = M_{g2}V_g + M_{f2}V_f \quad (3.90)$$

③体積一定の条件

$$d(V_1 + V_2)/dt = 0 \quad (3.91)$$

他に、下式を援用する。

・Maxwellの関係式

$$\partial P / \partial T = (h_g - h_f) / T (V_g - V_f) \quad (3.92)$$

④水面からの蒸発

・蒸気の質量流量

$$W_B = \rho_g \alpha A U_B \quad (3.93)$$

式(3.86)中の U_B (気泡上昇速度)は、Zuberの式で与える。

$$U_B = 1.13(j_g + j_l) + 1.18 \left[\sigma (\rho_f - \rho_g) g / \rho_f^2 \right]^{1/4} \quad (3.94)$$

$$j_g = W_{fg1} \cdot V_g / A \quad (3.95)$$

$$j_l = 0 \quad (3.96)$$

- ・混合水位

$$L = \text{func.} \left(M_{g1}V_{g1} + M_{f1}V_{f1} \right) \quad (3.97)$$

(func. : 容積から水位を計算するテーブル)

(10) 放熱器 (図 3.10 参照)

放熱器では、自然対流及び機械通風方式を考え、入口空気の温度を与えるものとする。

$$Q = \text{coef.} h_i \Delta T \quad (3.98)$$

$\text{coef.} h_i$ が (伝熱面積 × 伝熱係数) に相当する。ここで、

$$\Delta T = (T_1 + T_2)/2 - (T + T_e) \quad (3.99)$$

である。空気塊に対しては、

- ・運動方程式 (浮力)

$$\rho dv/dt = (\rho_e - \rho)g \quad (3.100)$$

- ・エネルギー保存式

$$C_p dT/dt - 1/\rho dP/dt = Q_{mass} \quad (3.101)$$

- ・状態方程式

$$P/\rho = RT \quad (3.102)$$

が成り立つ。これらを場の式に変換して、次式を得る。

- ・運動方程式

$$v = v_l = \sqrt{2gl(T - T_e)/T_e} \quad (\text{自然通風式の場合}) \quad (3.103)$$

- ・エネルギー保存式

$$\rho C_p \Omega \partial T / \partial t + \rho C_p S v (T - T_e) - \rho g \Omega v T / T_e = \rho \Omega Q_{mass} = Q \quad (3.104)$$

機械通風式の場合は、 $v = v(t)$: 時間の関数 となり、式 (3.97) 及び伝熱式による。

(11) 蒸気過熱器 (図 3.11 参照)

蒸気過熱器は、対向流型熱交換器であり、伝熱項付き配管モデルとする。

伝熱量に関する式は、

$$Q = (Q_H + Q_L)/2$$

であり、式 (3.36) ~ 式 (3.40) と同様である。

(12) 給水タンク

温度は一定、内圧は入力指定とし、質量保存則に従うものとする。

- ・質量保存式

$$dM/dt = W_1 - W_2 \quad (3.105)$$

保有水量から水位及びタンク底圧力を計算する。

(13) 給水ポンプ

流量は回転数に比例するものとし、次式で与える。

$$G = K \cdot n \quad (3.106)$$

K : 比例定数（入力指定）

n : ポンプ回転数（水蒸気発生器水位制御系から出力）

(14) 水予熱器（図 3.12 参照）

対向流型熱交換器。

伝熱量に関する式は、

$$Q = (Q_H + Q_L)/2$$

であり、式 (3.36) ~ 式 (3.40) と同様である。

(15) 分岐合流

質量保存則とエネルギー保存則による。

(16) 境界

（流入側、流出側の）流量、圧力境界値を指定する点を与える。

(17) 制御系

試験装置の過渡挙動及び運転制御特性を調べるためにには、制御系の特性を模擬する必要がある。そこで本解析コードでは、制御系を伝達関数でモデル化し、制御特性を明らかにできるようにした。制御系で考慮すべきことは、検出器の検知時間遅れ、制御器の応答性及び動作機器（例えば、流量調節弁や圧力調節弁）の動作時間遅れである。

制御系は制御ブロックの型により、次の 3 つに分類する。

- ・ 制御系基本形（調整弁開度の制御及びガス循環器回転数の制御）（図 3.13 参照）
- ・ 蒸気発生器水位制御系（ポンプ回転数の制御）（図 3.14 参照）
- ・ He ガス加熱器ヒーター制御系（ヒーター出力の制御）（図 3.15 参照）

時定数、ゲイン、設定値、リミッター、自動／手動切り替え時の手動による操作量を示す時間関数及び機器の動作特性を表す関数等を入力する。

検出値をもとに、制御値を計算する。

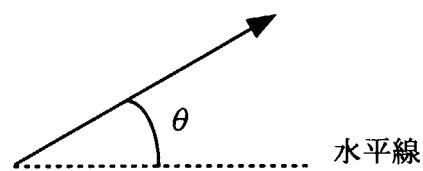


図3.3 配管流れ正方向と水平線のなす角度 θ

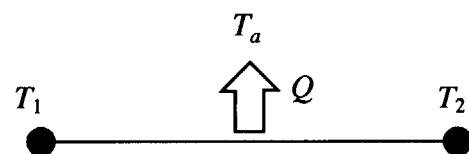


図3.4 配管放熱量

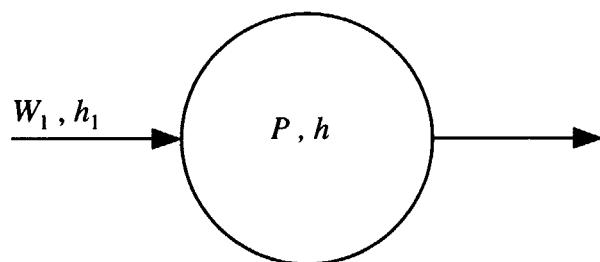


図3.5 ガスタンク

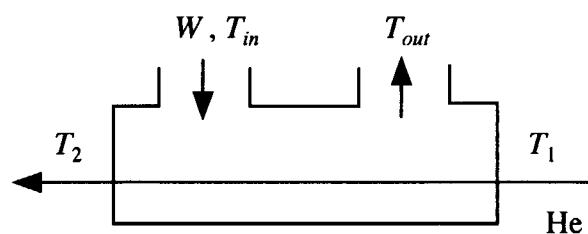


図3.6 He冷却器及び凝縮器

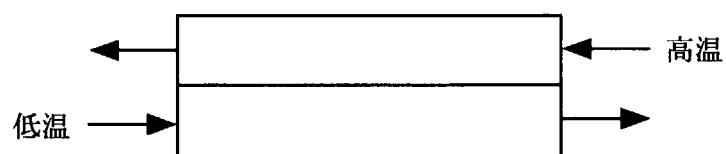
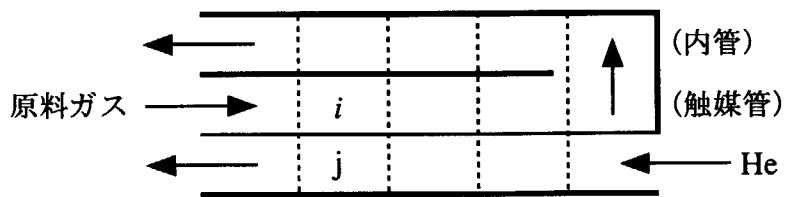


図3.7 原料ガス過熱器



- ・原料ガス、Heガスの各配管－配管の伝熱モデルとする。
- ・原料ガスの流路は、内管と触媒層とに分類する。
- ・内管では反応無し、ガス組成は一定とする。内管から触媒層への熱伝達を考慮する。

図3.8 水蒸気改質器

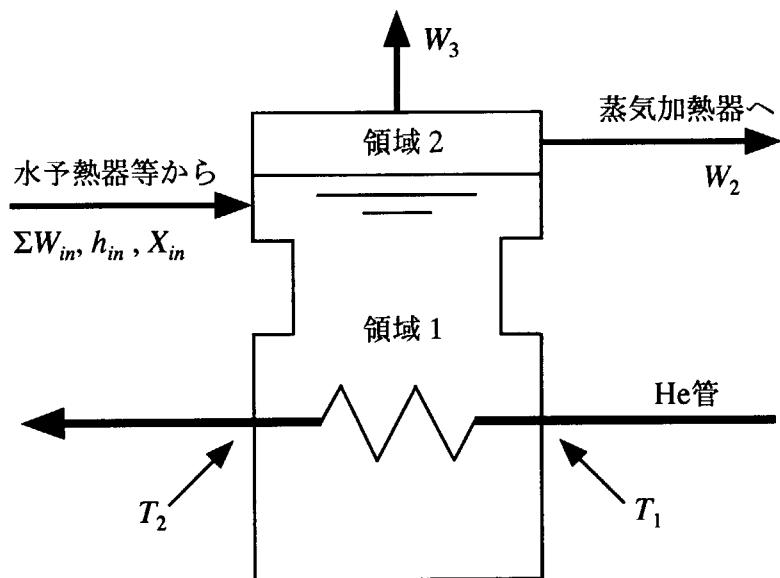


図3.9 蒸気発生器

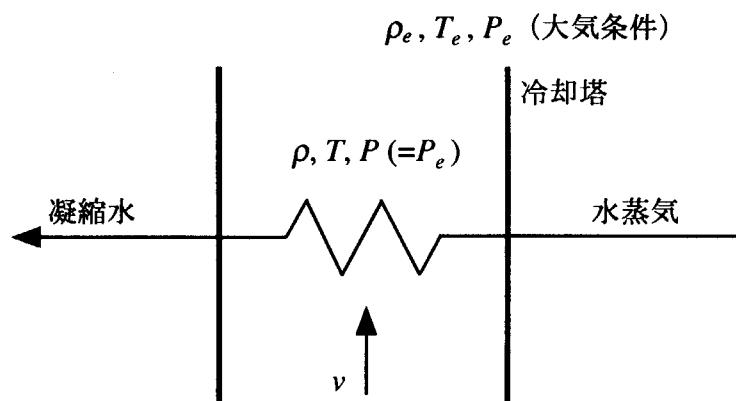


図3.10 放熱器

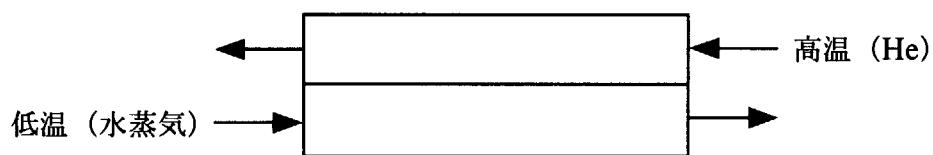


図3.11 蒸気過熱器

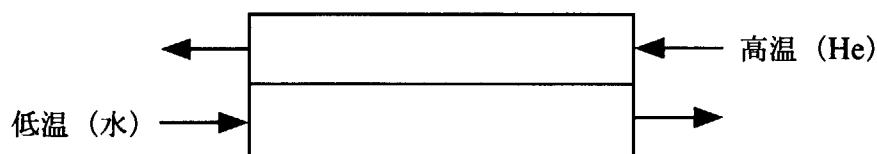


図3.12 水予熱器

基本形

検出～A は 1 組

B～調整弁開度は NI 組

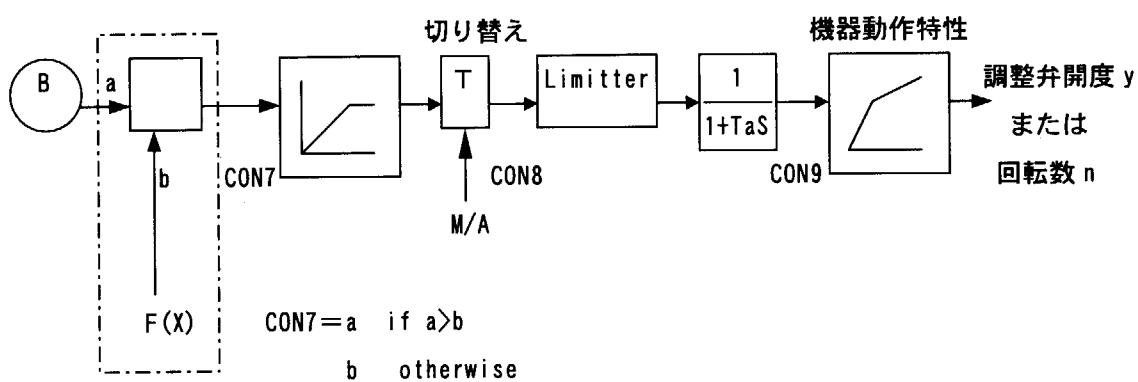
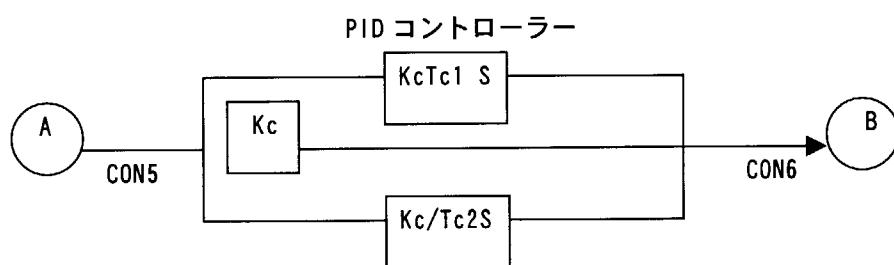
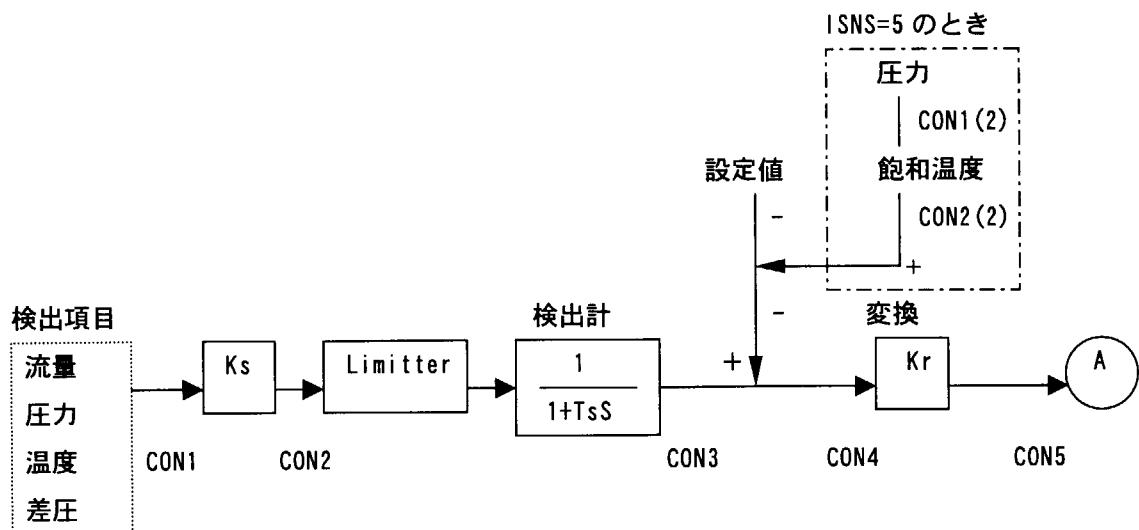


図 3.13 制御系基本形

蒸気発生器水位制御

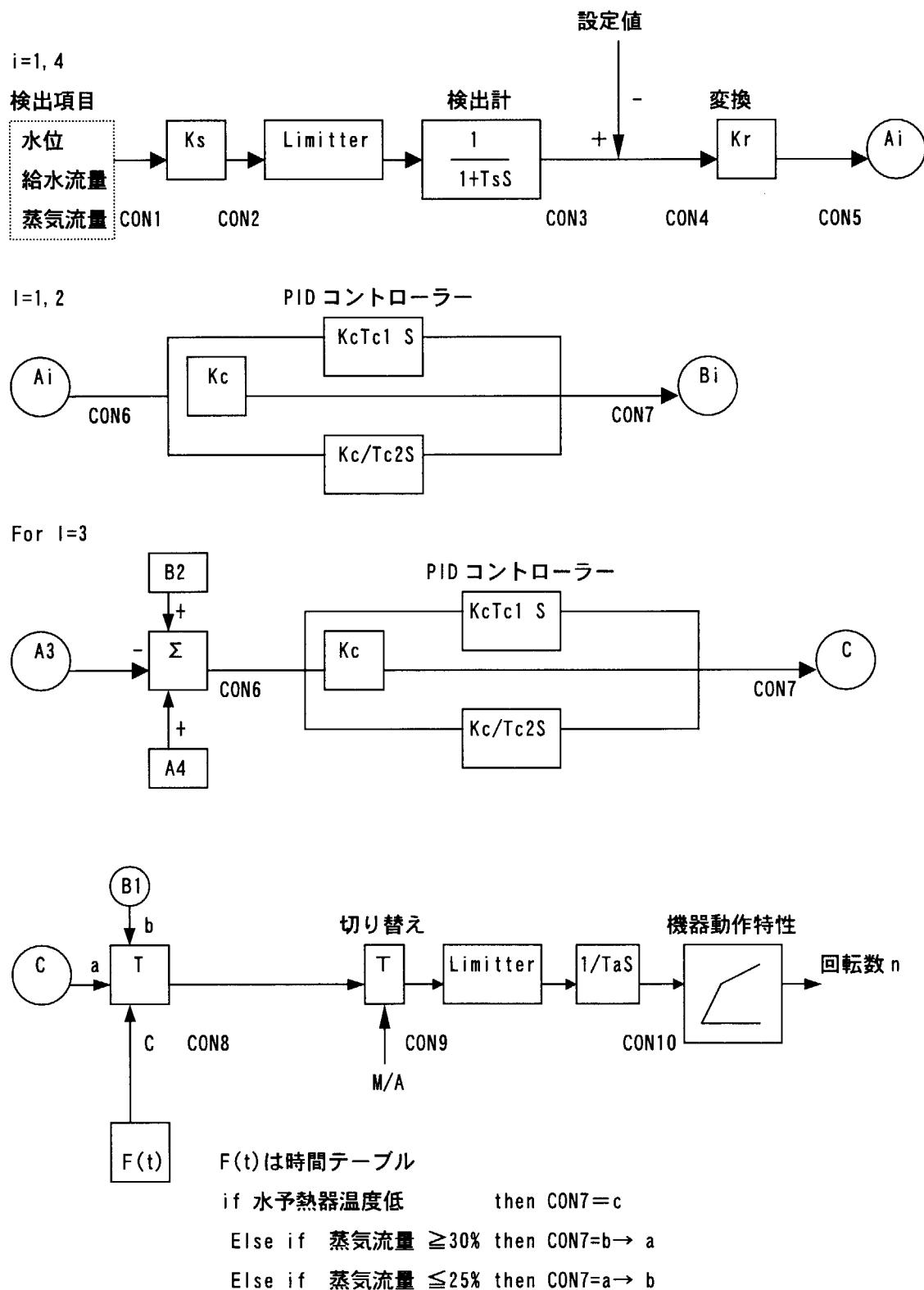
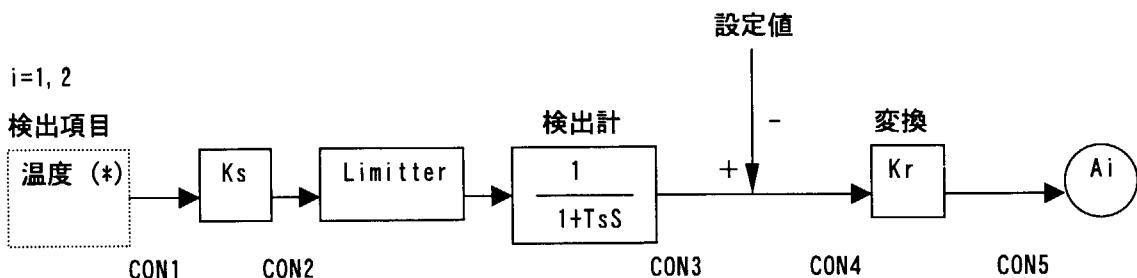
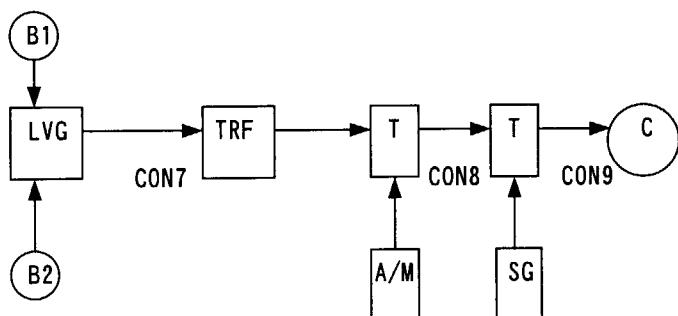
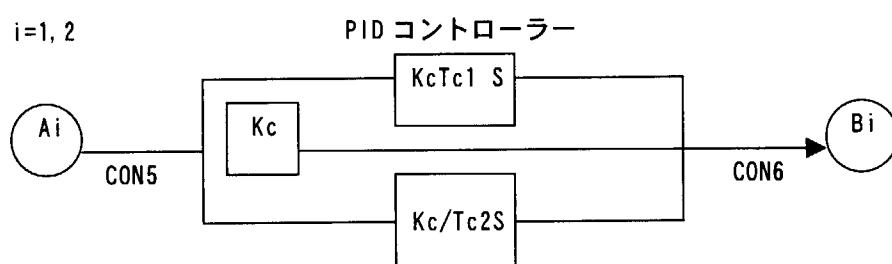


図 3.14 蒸気発生器水位制御

He ガス加熱器ヒーター制御



He ガス加熱器内温度



$$LVG = \min(B1, B2)$$

TRF PID 出力を LVG 出力に一致させる

$$CON9 = SG \quad \text{if 加熱器トリップ}$$

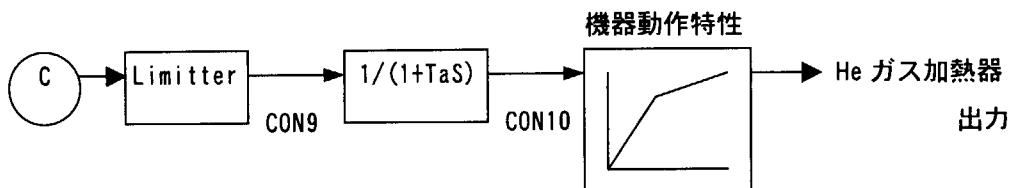


図 3.15 He ガス加熱器ヒーター制御

3.3 入出力項目

(1) 入出力項目

本解析コードにおける入出力項目の一覧を、表 3.1 に示す。

(2) 出力項目

本解析コードにおける出力項目及び機器略称の一覧を、表 3.2 に示す。

(3) 出力項目の指定方法

一般的に

(略称) (番号) (出力項目番号) (状態監視出力指定フラグ)

で指定する。状態監視出力フラグを 1 とすると、画面にも値が出力される。

①BRANCH の指定

配管は、BRANCH 番号及び出力項目番号で指定する。

例：m は BRANCH 番号、n は出力項目の番号を示す。

BRCH m n

②NODE* の指定

NODE 番号及び出力項目番号を指定する。または、それぞれの要素ごとに付けた番号で指定しても良い。

例：m は NODE 番号、1 はそれぞれの要素ごとの番号、n は出力項目の番号を示す。

NODE m n : NODE 番号で指定

GTNK 1 n : ガスタンクの番号で指定

SGEN 1 n : 蒸気発生器は 1 つしかないが、番号指定は要
※容器型機器、圧力損失要素、圧力損失要素、圧力利得要素及び熱交換器

③制御系の指定

④基本型

制御ブロック番号及び出力項目を指定する。

例：m は制御ブロック番号、n は出力項目の番号を示す。

CNT1 m n

⑤蒸気発生器の水位制御系

制御ブロック番号及び出力項目を指定する。

例：m は制御ブロック番号（1 で固定）、n は出力項目の番号を示す。

CNT2 m n

⑥He ガス加熱器のヒーター制御系

制御ブロック番号及び出力項目を指定する。

例：m は制御ブロック番号（1 で固定）、n は出力項目の番号を示す。

CNT3 m n

表 3.1 入出力項目一覧 (1/7)

コントロールデータ

No.	内 容
1	時間刻み(sec)
2	計算ステップ数
3	総node数 ≤ 200
4	総配管数 ≤ 200
5	出力サンプリング間隔
6	Excel出力のサンプリング間隔
7	初期値計算だけ
8	リスタート =1 : リスタート

ガス

No.	内 容
1	ガス種類
2	ガス質量／モル(kg/モル)
3	比熱(J/kg·K)
4	ガス種類番号
1	H ₂
2	CO
3	CH ₄
4	CO ₂
5	C ₂ H ₆
6	C ₂ H ₄
7	C ₃ H ₈
8	C ₃ H ₆
9	I-C ₄ H ₁₀
10	N-C ₄ H ₁₀
11	1-C ₄ H ₈
12	T-2-C ₄ H ₈
13	C-2-C ₄ H ₈
14	I-C ₅ -H ₁₂
15	N-C ₅ H ₁₂
16	1,3-C ₄ H ₈
17	I-C ₆ H ₁₄
18	N-C ₆ H ₁₄
19	H ₂ O
20	N ₂
21	He

配管

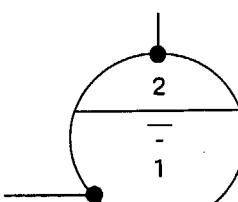
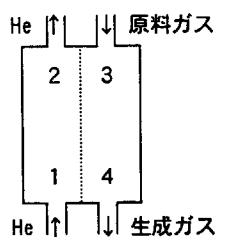
No.	内 容
1	配管番号 欠番可 ≤ 200
2	管内流体種類 =1 : ガス、=2 : 二相流、=3 : ガス、蒸気混合、=4 : 単相流
3	分割数
4	接続機器要素No.(上下流側)
5	接続位置No.(上下流側) 接続位置番号 取付位置番号が必要な機器は、水蒸気発生器、水蒸気改質器の2つである。  水蒸気発生器  水蒸気改質器 取付位置番号 1 Heガス入口 2 Heガス出口 3 原料ガス入口 4 生成ガス出口
6	配管長さ(m)
7	径(m)
8	壁面抵抗係数
9	圧力損失係数
10	配管傾きθ(度)
11	初期入口流量(kg/s)
12	入口圧力(Pa)
13	入口エンタルピ(J/kg)
14	ガス組成質量比

表 3.1 入出力項目一覧 (2/7)

機器要素

No.	内 容		
1	機器番号		
2	機器略称		
	=BCON : 境界条件	=STGN : 蒸気発生器	=PUMP : (水単相)ポンプ
	=JUNK : 分岐・合流	=WBCN : (水単相)境界条件	=RADI : 放熱器
	=TANK : ガスタンク	=WJNC : (水単相)分岐・合流	=GHTR : ガス過熱器
	=VALV : 弁	=WTNK : (水単相)給水タンク	=SHTR : 蒸気過熱器
	=COMP : 圧縮器、循環器	=WVLV : (水単相)弁	=RFMR : 水蒸気改質器
3	機器内番号		

境界条件

No.	内 容
1	圧力/流量境界の別 = 0 : 圧力 = 1 : 流量
2	境界条件時点数
3	時刻
4	圧力(Pa)
5	流量(kg/s)
6	エンタルピ(J/kg)
7	ガス成分質量比

ガスタンク

No.	内 容
1	容積(m ³)
2	発熱量データ時点数
3	時刻(sec)
4	発熱量(J/s)

弁

No.	内 容
1	開度とCv値の関数データ数
2	開度時間変化データ数
3	開度 (-) 無次元 100%を1とする
4	Cv値
5	時刻
6	開度 (-) 無次元 100%を1とする

圧縮機、循環器

No.	内 容
1	Q-Hカーブデータ数
2	回転数時間変化時点数
3	Q(m ³ /s)
4	H
5	時刻(sec)
6	回転数 (-) 定格を1とする

(水単相)境界条件

No.	内 容
1	圧力/流量境界の別 = 0 : 圧力 = 1 : 流量
2	境界条件時点数
3	時刻
4	圧力(Pa)
5	流量(kg/s)
6	エンタルピ(J/Kg)

表 3.1 入出力項目一覧 (3/7)

(水単相)給水タンク

No.	内 容
1	容積(m ³)
2	初期水位(m)
3	水位-断面積データ数
4	圧力時間変化データ数
5	水位(m)
6	断面積(m ²)
7	時刻
8	圧力(Pa)

(水単相)弁

No.	内 容
1	開度-Cvの関数データ数
2	開度時間変化データ数
3	開度 (-) 100%を1とする
4	Cv値
5	時刻
6	開度 (-) 100%を1とする

(水単相)ポンプ

No.	内 容
1	変換係数 $G=A_{comp} \times n$ G : 質量流量 n : 回転数(無次元)
2	回転数時間変化データ数
3	時刻
4	回転数 (-) 定格を1とする

水蒸気改質器

(a)構造データ

No.	内 容
1	反応管長さ(m)
2	反応管内管外径(m)
3	反応管内管厚さ(m)
4	反応管外管外径(m)
5	反応管外管厚さ(m)
6	反応管本数(-)
7	内側断熱層内径(m)
8	外側断熱層内径(m)
9	外側断熱層外径(m)
10	分割数(-)
11	触媒充填率(-)
12	触媒粒子径(m)

(b)物性値他

No.	内 容
1	反応管内管密度(kg/m ³)
2	反応管外管密度(kg/m ³)
3	内側断熱層密度(kg/m ³)
4	外側断熱層密度(kg/m ³)
5	反応管内管比熱(J/kg·K)
6	反応管外管比熱(J/kg·K)
7	内側断熱層比熱(J/kg·K)
8	外側断熱層比熱(J/kg·K)
9	反応管内管熱伝導率(W/m·K)
10	反応管外管熱伝導率(W/m·K)
11	触媒密度(kg/m ³)
12	触媒比熱(J/kg·K)
13	触媒熱伝導率(W/m·K)
14	原料分子中の炭素原子数(-)
15	原料分子中の水素原子数(-)

表 3.1 入出力項目一覧 (4/7)

(c) 外側境界条件他

No.	内 容
1	大気温度(K)
2	大気との熱伝達率(W/m ² ·K)
3	内側断熱層分割数(-)
4	外側断熱層分割数(-)

(d) 反応データ

No.	内 容
1	頻度因子(g·mol/h·atm ²)
2	活性化エネルギー(kcal/kmol)
3	温度-平衡定数のデータ組数(-)
4	温度(K)
5	反応*1の平衡定数(atm ²) デフォルト値: T(°C) Kp(atm ²) 400 5.55 × 10 ⁻⁵ 500 9.08 × 10 ⁻³ 600 4.80 × 10 ⁻¹ 700 1.15 × 10 800 1.55 × 10 ² 900 1.35 × 10 ³ 1000 8.43 × 10 ³
6	反応*2の平衡定数(ダミー) デフォルト値: T(°C) Kp(atm ⁻¹) 400 1.34 × 10 ⁴ 500 2.46 × 10 ² 600 1.15 × 10 700 1.01 800 1.42 × 10 ⁻¹ 900 2.82 × 10 ⁻² 1000 7.26 × 10 ⁻³
7	反応*3の平衡定数(atm ²) デフォルト値: T(°C) Kp(atm ²) 400 4.54 × 10 ⁻⁶ 500 1.77 × 10 ⁻³ 600 1.80 × 10 ⁻¹ 700 7.14 800 1.43 × 10 ² 900 1.72 × 10 ³ 1000 1.40 × 10 ⁴

圧力損失要素(脱硫器etc)

No.	内 容
1	流量と圧力損失の関係データ数
2	流量(kg/s)
3	圧力損失(Pa)

表 3.1 入出力項目一覧 (5/7)

制御系

(ア) 基本型

No.	内 容
1	コントローラ以降のライン数
2	開度制御対象バルブ番号(*)
3	回転数制御対象循環機番号(*) (*)いずれか一方
4	検出量選択 1流量、2圧力、3温度、4圧力差、 5温度および飽和温度
5	検出位置指定法 1BRANCH番号で指定 2NODE番号で指定(**)
6	検出位置 BRANCH番号またはNODE番号(**)
7	設定値の時点数 (** 圧力差検出のときは、2組 SET(I,1,nc): 時刻 SET(I,2,nc): 時刻での設定値
8	検出計リミッタ
9	PIDコントローラリミッタ
10	リミッタ
11	検出計ゲイン
12	検出計時定数
13	変換係数
14	PIDゲイン
15	PID微分時定数
16	PID積分時定数
17	伝送時定数
18	関数F(X)のデータ点数 0の場合BOXは存在せず
19	F(X)
20	機器動作特性関数1データ点数 0の場合BOXは存在せず
21	機器動作特性関数1
22	機器動作特性関数2データ点数 0の場合BOXは存在せず
23	機器動作特性関数2

(イ) 蒸気発生器水位制御系

No.	内 容
1	回転数制御対象ポンプ番号
2	設定値の時点数 SET(I,1,nc): 時刻 SET(I,2,nc): 時刻での設定値
3	検出計リミッタ
4	PIDコントローラリミッタ
5	リミッタ
6	検出計ゲイン
7	検出計時定数
8	変換係数
9	PIDゲイン
10	PID微分時定数
11	PID積分時定数
12	伝送時定数
13	関数F(t)のデータ点数 0の場合BOXは存在せず
14	F(t)
15	機器動作特性関数 データ点数 0の場合BOXは存在せず
16	機器動作特性関数

表 3.1 入出力項目一覧 (6/7)

(ウ)ヘリウムガス加熱器ヒーター制御

No.	内 容
1	制御対象加熱器番号
2	設定値の時点数 SET(I,1,nc): 時刻I SET(I,2,nc): 時刻Iでの設定値
3	検出計リミッタ
4	PIDコントローラリミッタ
5	リミッタ
6	検出計ゲイン
7	検出計時定数
8	変換係数
9	PIDゲイン
10	PID微分時定数
11	PID積分時定数
12	伝送時定数
13	関数SG(X)のデータ点数 0の場合BOXは存在せず
14	SG(X)
15	機器動作特性関数 データ点数 0の場合BOXは存在せず
16	機器動作特性関数

表 3.1 入出力項目一覧 (7/7)

熱交換器関係

関連配管No.のデータを持っている。

水蒸気発生器ではHe管、放熱器では二相流配管、He冷却器、給水バイパス冷却器ではHe管各1本である。

対向流型機器(原料ガス過熱器、蒸気過熱器、水予熱器)では、高温側1本、低温側1本の各2本である。

蒸気発生器

No.	内 容
1	関連配管
2	初期伝熱量
3	初期水位(m)
4	容積(m^3)
5	初期圧力(Pa)
6	水位と断面積を与えるデータの数
7	水位と容器断面積の関係

放熱器

No.	内 容
1	関連配管
2	初期伝熱量
3	平均断面積(m^2)
4	冷却塔高さ(m)
5	機械送風の場合の風速時間変化
6	時刻(sec)
7	風速(m/s)

原料ガス過熱器

No.	内 容
1	関連配管高温側
2	関連配管低温側
3	初期伝熱量(J/s)

蒸気過熱器

No.	内 容
1	関連配管高温側
2	関連配管低温側
3	初期伝熱量(J/s)

水予熱器

No.	内 容
1	関連配管高温側
2	関連配管低温側
3	吸熱量(J/s)

給水バイパス冷却器

No.	内 容
1	関連配管
2	関連配置管番号
3	伝熱量データ数
4	時刻(sec)
5	伝熱量(J/s)

Heガス冷却器

No.	内 容
1	関連配管
2	容積(m^3)
3	冷却水流量時間変化データ数
4	時刻(sec)
5	流量(kg/s)
6	冷却水流量時間変化データ数
7	時刻(sec)
8	温度(°C or K)

表 3.2 出力項目及び機器略称一覧 (1/4)

(1) ブランチ(配管)

No.	出力項目内容	出力項目略称	機器略称
1	流量(入口)	GIN	BRCH
2	流量(出口)	GOUT	BRCH
3	圧力(入口)	PIN	BRCH
4	圧力(出口)	POUT	BRCH
5	エンタルピ(入口)	HIN	BRCH
6	エンタルピ(出口)	HOOT	BRCH
7	密度(入口)	RWIN	BRCH
8	密度(出口)	RWOUT	BRCH
9	流速(入口)	UIN	BRCH
10	流速(出口)	UOUT	BRCH
11	熱量	QP	BRCH

No.	出力項目内容(ガス組成比)	出力項目略称	機器略称
100	H ₂	H2	BRCH
101	CO	CO	BRCH
102	CH ₄	CH4	BRCH
103	CO ₂	CO2	BRCH
104	C ₂ H ₆	C2H6	BRCH
105	C ₂ H ₄	C2H4	BRCH
106	C ₃ H ₈	C3H8	BRCH
107	C ₃ H ₆	C3H6	BRCH
108	I-C ₄ H ₁₀	I-C4H10	BRCH
109	N-C ₄ H ₁₀	N-C4H10	BRCH
110	1-C ₄ H ₈	1-C4H8	BRCH
111	T-2-C ₄ H ₈	T-2-C4H8	BRCH
112	C-2-C ₄ H ₈	C-2-C4H8	BRCH
113	I-C ₅ H ₁₂	I-C5H12	BRCH
114	N-C ₅ H ₁₂	N-C5H12	BRCH
115	1,3-C ₄ H ₆	1,3-C4H6	BRCH
116	I-C ₆ H ₁₄	I-C6H14	BRCH
117	N-C ₆ H ₁₄	N-C6H14	BRCH
118	H ₂ O	H2O	BRCH
119	N ₂	N2	BRCH
120	He	He	BRCH

表 3.2 出力項目及び機器略称一覧 (2/4)

(2)ノード(すべての機器で機器略称NODEを使用可)																		
No.	出力項目内容	出力項目 略称	ガス加熱器 ガス予熱器	蒸気発生器	給水タック	LNGサージ タック	WTNK	GTNK	PUMP	WHTR	水予熱器 水加熱器	給水ポンプ*	放熱器	ガス用バルブ	水用バルブ	給水バルブ	冷却器	改質器
50	水位	TNKL	-	O	O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
51	保有水量	WVLM	-	-	O	O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
52	流入流量	WI	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
53	内圧	W2	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
54	内圧	PINNR	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
55	タンク底の圧力	PBTM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
56	内部エネルギー	EINNR	-	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
57	比容積	ALPH	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
59	密度	RW	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
59	エンタルピ	H	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
60	温度	TNKL	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
61	伝熱量	QP	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
62	水蒸気の質量(領域1)	XMG1	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
63	水蒸気の質量(領域2)	XMG2	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
64	水の質量(領域1)	XMF1	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
65	水の質量(領域2)	XMF2	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
66	水蒸気の質量比容積	VG	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
67	水の質量比容積	VF	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
68	水蒸気のエンタルピ	HG	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
69	水のエンタルピ	HF	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
70	容積(領域1)	V1	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
71	容積(領域2)	V2	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
72	エンタルピ(領域1)	H1	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
73	エンタルピ(領域2)	H2	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
74	クリアティ(領域1)	X1	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
75	クリアティ(領域2)	X2	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
76	自己発電量(領域1)	WFG1	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
77	自己発電量(領域2)	WFG2	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
78	ボイド量	WB	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
79	流入エンタルピ	HIN	-	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	
80	冷却水温度	WCL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
81	冷却水入口温度	TINCL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
82	冷却水出口温度	TOUTCL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
85	冷却水内風速	VRAD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
86	ヘッド	HDCOMP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
87	圧力損失	PLS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O	O	O	O	O	
88	弁開度	YV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O	O	O	O	O	
89	弁Cv値	CV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O	O	O	O	O	
90	風量	QCMP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O	O	O	O	O	
91	回転数	REV	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
92	流量	G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O	O	O	O	O	
93	差圧	PDELT	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O	

表 3.2 出力項目及び機器略称一覧 (3/4)

No.	出力項目内容	出力項目 略称	機器略称												改質器			
			ガス加熱器 ガス予熱器	蒸気発生器	給水タップ	LNGサージ タンク	WTNK	PUMP	水予熱器 水加熱器	WTTR	COOL	He冷却器 液冷器	SHTR	Heガス循環器 LNG注入圧縮器	PLOD	ガス用バルブ VALV	水用バルブ VALV	給水パイプ	冷却器 WTCL	RFMR
(*) 改質ガス温度	Tfrm1	GHTR	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O
(*) 反応内管温度	Tfrm2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O
(*) 脈線管内温度	Tfrm3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O
(*) 反応外管温度	Tfrm4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O
(*) Heガス温度	Tfrm5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O
以降、改質器供給するガス組成比																		
(*) H2	H2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O
(*) CO	CO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O
(*) CH4	CH4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O
(*) CO2	CO2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O
(*) O2	C2H6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O
(*) C2H6	C2H4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O
(*) C2H4	C3H8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O
(*) C3H8	C3H6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O
(*) C3H6	I-C4H10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O
(*) I-C4H10	N-C4H10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O
(*) N-C4H10	N-C4H10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O
(*) 1-C4H8	1-C4H8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O
(*) 1-C4H8	T-2-C4H8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O
(*) T-2-C4H8	C-2-C4H8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O
(*) C-2-C4H8	I-O5H12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O
(*) I-O5H12	N-C5H12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O
(*) N-C5H12	I-3-C4H6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O
(*) I-3-C4H6	I-C6H14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O
(*) I-C6H14	N-C6H14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O
(*) N-C6H14	H2O	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O
(*) H2O	N2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O
(*) N2																		O

(*) 1) 001～1000+Nで指定する
(*) 2) 2001～2000+Nで指定する
(*) 3) 3001～3000+Nで指定する
(*) 4) 4001～4000+Nで指定する
(*) 5) 5001～5000+Nで指定する
Nは改質器の分割セル数

(*) 6) 10001～10000+Nで指定する
(*) 7) 1001～11000+Nで指定する
(*) 8) 12001～12000+Nで指定する
(*) 9) 13001～13000+Nで指定する
(*) 10) 14001～14000+Nで指定する
(*) 11) 15001～15000+Nで指定する
(*) 12) 16001～16000+Nで指定する
(*) 13) 17001～17000+Nで指定する
(*) 14) 18001～18000+Nで指定する
(*) 15) 19001～19000+Nで指定する

(*) 16) 20001～20000+Nで指定する
(*) 17) 21001～21000+Nで指定する
(*) 18) 22001～22000+Nで指定する
(*) 19) 23001～23000+Nで指定する
(*) 20) 24001～24000+Nで指定する
(*) 21) 25001～25000+Nで指定する
(*) 22) 26001～26000+Nで指定する
(*) 23) 27001～27000+Nで指定する
(*) 24) 28001～28000+Nで指定する
(*) 25) 29001～29000+Nで指定する

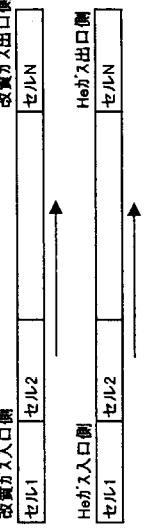
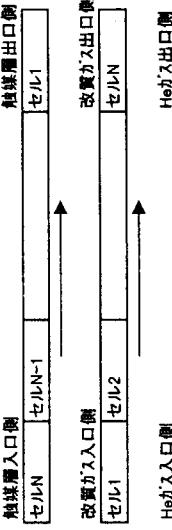


表 3.2 出力項目及び機器略称一覧 (4/4)

(3) 制御

No.	出力項目内容	出力項目 略称	機器略称		
			CNT1	CNT2	CNT3
121	検出量(*1)		DETECT1	○	—
122	検出量(*2)		DETECT2	○	—
123	PIコントローラへの入力		CNTPIN	○	—
124	PIコントローラからの出力		CNTPOUT	○	—
125	制御系出力(*3)-ライン1		COUTL1	○	—
126	制御系出力(*3)-ライン2		COUTL2	○	—
127	検出量-水位		DTWLVL	—	○
128	検出量-給水流量		DTWIN	—	○
129	検出量-蒸気流量		DTWOUT	—	○
130	PIコントローラへの入力(水位)		WLPIN	—	○
131	PIコントローラへの入力(給水流量)		WIPIN	—	○
132	PIコントローラへの入力(蒸気流量)		WOPIN	—	○
133	PIコントローラからの出力(水位)		WLPOUT	—	○
134	PIコントローラからの出力(給水流量)		WIPOUT	—	○
135	PIコントローラからの出力(蒸気流量)		WOPOUT	—	○
136	制御系出力(ポンプ回転数)		COUTPUMP	—	○
137	検出量-改質器入口He温度		DTRFMT	—	○
138	検出量-Heガス加熱器内温度		DTGHTT	—	○
139	PIコントローラへの入力 改質器入口He温度		RFTPIN	—	○
140	PIコントローラへの入力(Heガス加熱器内温度)		GHTPIN	—	○
141	PIコントローラからの出力(改質器入口He温度)		RFTPOUT	—	○
142	PIコントローラからの出力(Heガス加熱器内温度)		GHTPOUT	—	○
143	制御系出力(ヒータ発熱量)		COUTQ	—	○

(*1) 流量、圧力、温度または差圧

(*2) 飽和温度(検出量選択で5を選んだ時ののみ)

(*3) ハルフ開度またはコンフルレッサ回転数

3.4 コード内単位系

本コードの入出力単位系は、全て SI 単位系である。

4. 熱物質収支解析コードの動作環境

本解析コードは、以下に示すパソコン環境上で動作する。

OS : Windows NT
CPU : α チップ 200MHz
開発言語 : Visual Fortran
OFFICE 97

5. データ作成方法

5.1 入力データ概略

(1) BRANCH と NODE

本解析コードの構成要素は、表 5.1 のとおりである。制御系を除き、これらを BRANCH と NODE に分類する。BRANCH（枝）は配管を示し、NODE（節点）は配管以外の機器要素である。

各 BRANCH につき、上流端 NODE 及び下流端 NODE を指定することにより、各 BRANCH の流れの正方向を定義する。またこれにより、解析対象系統の構成及び接続関係が定義される。

(2) 入力データ

入力データの大・小分類を、表 5.2 に示す。入力データは TEXT 形式とし、

- ①タイトル 計算に対するコメント
- ②計算条件の指定 シミュレーション時間、時間ステップ
- ③BRANCH 配管番号、諸元及び系統構成の定義
- ④NODE 機器番号、機器種類、属性定義
- ⑤制御系 検出位置、検出量、時定数、制御対象機器
- ⑥インターロック
- ⑦出力項目指定 配管機器番号、項目の指定

に分類、この順序に入力する。NODE は、機器種類ごとの略称により種別を指定し、それぞれ必要項目を所定のフォーマットで入力する。入力データ及びそのフォーマットを表 5.3 に示す。

なお配管及び機器の番号には、欠番があっても良い。

(3) 出力項目の指定方法

出力項目の指定方法詳細は、第 3 章 3 節（3）を参照。

表 5.1 解析コードの構成要素

構 成 要 素		
BRANCH	NODE (合計 300)	他
1. ガス配管		
2. 二相配管 (合計 300)		
3. 単相流配管		
	4. 原料ガス加熱器 (3) 5. 水蒸気改質器 (1) 6. 蒸気発生器 (1) 7. 給水タンク (5) 8. 放熱器 (1) 9. He ガス循環器、 LNG ガス圧縮器 (5) 10. 脱硫器、フィルター (5) 11. LNG サージタンク 、N ₂ バッファタンク、混合タンク 、He ガス加熱器 (5) 12. バルブ (100) 13. 給水ポンプ (1) 14. 水予熱器、加熱器 (1) 15. LNG 冷却器、凝縮器 (1) 16. 蒸気過熱器 (1) 17. 分岐、合流点 (50) 18. 境界点 (50)	
		19. 制御系 基本形 (20) 蒸気発生器水位制御 (1) He ガス加熱器 ヒーター制御 (1)

() 内の数字は、制限数

表 5.2 入力データ

大分類	小分類	
1. タイトル		
2. 計算条件の指定		
3. BRANCH	ガス配管、二相配管	
	水単相配管	
4. NODE	BCON	境界条件
	JUNC	分岐、合流点
	TANK	LNG サージタンク、N ₂ バッファタンク、混合タンク
	VALV	バルブ
	COMP	He ガス循環器、LNG ガス圧縮器
	STGN	蒸気発生器
	PLOS	脱硫器、フィルター
	WBCN	(水単相) 境界条件
	WJNC	(水単相) 分岐、合流
	WTNK	(水単相) 給水タンク
	WVLV	(水単相) バルブ
	PUMP	(水単相) 給水ポンプ
	RADI	放熱器
	GHTR	原料ガス加熱器、ガス予熱器
	SHTR	蒸気過熱器
	RFMR	水蒸気改質器
	WHTR	水予熱器、加熱器
	WTCL	給水バイパス冷却器
	COOL	LNG 冷却器、凝縮器
5. 制御系	CNTL	—
6. インターロック	INTL	—
7. 出力項目指定	OUTP	略称、配管機器番号、出力項目番号で指定

(※) 出力項目の指定方法詳細は、3.3節を参照のこと。

表 5.3 入力データ及びフォーマット (1/15)

1 コメント

CMT1	(A80)
コメント	
CMT2	(A80)
コメント	

2 コントロールデータ

deit	intot	nnode	npipe	LSamp	inonly	restart
時間刻み	計算ステップ数	総node数	総配管数	出力サンプリング間隔 (サンプリング数≤1000)	初期値計算だけ	(f10.0,610,f10.0) restartはリスタートを行つか否かの フラグであると同時に、リストアファイルの 出力間隔の指定も兼ねる。

3 ガス

Ngas (8110)

ガス種類

Xmol(ng)	Cp(ng)	KMk(ng)	(2f10.0,10)	) Ngas枚
ガス質量/モル	比熱	ガス種類番号(*1)		
(*)				
1 H ₂	6 C ₂ H ₄	11 1-C ₄ H ₈	16 1,3-C ₄ H ₆	21 He
2 CO	7 C ₃ H ₈	12 T-2-C ₄ H ₈	17 1-C ₆ H ₁₄	
3 CH ₄	8 C ₃ H ₆	13 C-2-C ₄ H ₈	18 N-C ₆ H ₁₄	
4 CO ₂	9 1-C ₄ H ₁₀	14 1-C ₅ -H ₁₂	19 H ₂ O	
5 C ₂ H ₆	10 N-C ₄ H ₁₀	15 N-C ₅ H ₁₂	20 N ₂	

総配管数組
4 配管

np	NPknd(np)	Ndiv(np)	iPtoN(1,np)	iPtoN(2,np)	iPtoNx(1,np)	iPtoNx(2,np)	(8110)
配管番号	管内流体種類(*2)	分割数	接続機器要素No.(上、下流側)	接続位置No.(上、下流側)			

(*2) NPknd(np) =1 : ガス、 -2 : 二相流、 -3 : ガス、蒸気混合、 -4 : 单相流

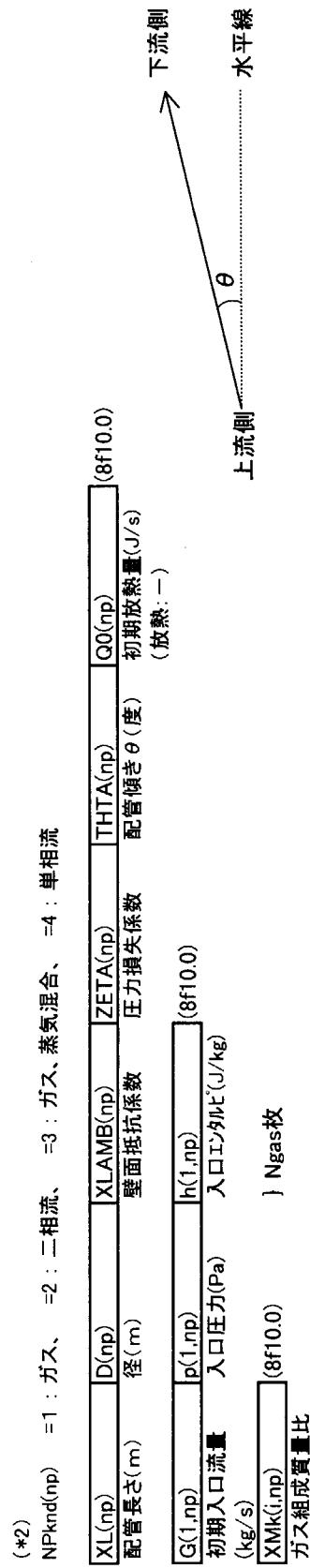


表 5.3 入力データ及びフォーマット (2/15)

総node数組
5 機器要素

nd _____ (8|10)
機器番号

[name 機器略称(*3)]	[ielem(2,nd) 機器内番号(*4)]	(1x,A4,15)
(*3)		
name='BCON' : 境界条件	name='STGN' : 蒸気発生器	name='PUMP' : (水単相)ポンプ
= 'JUNK' : 分岐・合流	= 'WBCN' : (水単相)境界条件	= 'RADI' : 放熱器
= 'TANK' : ガスタンク	= 'WJNC' : (水単相)分岐・合流	= 'GHTR' : フラス過熱器
= 'VALV' :弁	= 'WTNK' : (水単相)分岐・合流	= 'SHTR' : 蒸気過熱器
= 'COMP' : 圧縮機、循環機	= 'WVLLV' : (水単相)弁	= 'RFMR' : 水蒸気改質器
(*4)		

機器として改質器を指定する場合には、改質器の計算間隔を入力すること。

6 境界条件

[iPG(noe)] [NBcon(noe)] (8|10)

iPG(noe)=圧力/流量 境界の別(-0/1)

iPG(noe)=0:圧力、=1:流量

NBcon(noe)=境界条件時点数

Bcon(i,1,noe)	Bcon(i,2,noe)	Bcon(i,3,noe)	Bcon(i,4,noe)	(8f10,0)
時刻	圧力(Pa)	流量(kg/s)	エンタルピ(J/kg)	NBcon(noe)枚
GconB(i,1,noe)	GconB(i,2,noe)	...	GconB(i,NGAS,noe)	(8f10,0)
ガス成分質量比				

7 ガスタンク

Voltrk(noe) (8f10,0)

容積

[NQTB(noe)]
発熱量データ時点数(*5)

QTBL(i,1,noe)	QTBL(i,2,noe)	(8f10)	] NDD枚
時刻			

(*5)
Heガス過熱器の制御を行う場合には、NQTB(noe)=1を指定し、QTBL(i,2,noe)には初期発生発熱量を入力する。

8 卷

表 5.3 入力データ及びフォーマット (3/15)

NCVTBL(noe)	NYTBL(noe)	(8f10)	
開度とCv値の 関係データ数	開度時間変化 データ数(*6)		] NDD枚
CVTBL(i,1,noe)	CVTBL(i,2,noe)	(8f10.0)	
開度	Cv値		] NDD枚
YTBBL(i,1,noe)	YTBBL(i,2,noe)	(8f10.0)	
時刻	開度		] NYTBL(noe)枚
(*6)			
(パレブ制御を行う場合には、NYTBL(noe)は0または1とすること。0の場合は時刻-開度テーブルは入力しない。)			
9 圧縮機、循環機			
NQH(noe)	NREVTB(noe)	QCOMP(noe)	(2f10,F10.0)
Q+H-ブーティ数	回転数時間変化時	初期入熱量(J/kg)	
	点数(*)		
QH(i,1,noe)	QH(i,2,noe)	(8f10.0)	
Q	H		] NQH(noe)枚
REVTB(i,1,noe)	REVTB(i,2,noe)	(8f10.0)	
時刻	回転数		] NREVTB(noe)枚
	回転数は無次元 100%を1と入力する。		
(*7)			
10 蒸気発生器			
QSG	(8F10.0)		
初期伝熱量			
WL	VTOTAL	Psg	(3f10.0)
初期水位	容積	初期圧力(Pa)	
IpiN(1,1)	(8f10)		
関連配管			
NELA	(8f10)		
水位と断面積を与えるデータの数			

表 5.3 入力データ及びフォーマット (4/15)

ELA(i,1)	ELA(i,2)	(8f10.0)
----------	----------	----------

水位と容器断面積の関係

11 (水単相)境界条件

iPG(noe)	NBcon(noe)	(8f10.0)
----------	------------	----------

iPG(noe) : 圧力/流量境界の別(=0,1)

iPG(noe) = 0 : 圧力、= 1 : 流量

NBcon(noe) : 境界条件時点数

Bcon(i,1,noe)	Bcon(i,2,noe)	Bcon(i,3,noe)	Bcon(i,4,noe)	(8f10.0)
時刻	圧力(Pa)	流量(kg/s)	エンタルピ(j/kg)	

12 (水単相)給水タンク

Voltnkw(noe)	WLVL(noe)	HWTNK(noe)	(8f10.0)
容積	初期水位	初期enthalpi	

NELDT(noe)	NPTB(noe)	(8f10.0)
------------	-----------	----------

水位-断面積データ数

圧力時間変化データ数

ELtoA(i,1,noe)	ELtoA(i,2,noe)	(8f10.0)
水位	断面積	

PTBL(i,1,noe)	PTBL(i,2,noe)	(8f10.0)
時刻	圧力(Pa)	

13 (水単相)弁

NCVTBL(noe)	NYTBL(noe)	(8f10)
開度-Cvの	開度時間変化-外数	

関数データ数

CVTBL(i,1,noe)	CVTBL(i,2,noe)	(8f10.0)
開度	Cv値	

YTBBL(i,1,noe)	YTBBL(i,2,noe)	(8f10.0)
時刻	開度	

表 5.3 入力データ及びフォーマット (5/15)
14 (水単相)ポンプ

Acomp	NREVpm 回転数時間変化デー数(*8)	(f10.0,6110)
変換係数 $G = Acomp \times n$	G : 質量流量、n : 回転数(無次元)	
REVpm(i,1)	REVpm(i,2) 回転数	(8F10.0)] NREVpm枚
時刻	回転数は定格100%を1とする無次元量である。	
(*8)	ポンプ制御を行う場合には、NREVPMを1とし、REVPM(1,2)には初期回転数を入力する。	
15 放熱器		
Qrad	(2,1)	(8|10)
初期伝熱量		
CSRAD	HRAD 平均断面積 冷却塔離さ	(8F10.0)
NFRAD	(8|10)	
機械送風の場合の風速時間変化 NFRAD=0 のとき自然対流とする。		
FLRAD(i,1)	FLRAD(i,2) 時刻 風速	(8F10.0)] NFRAD枚
16 ガス過熱器		
QGH(noe)	(8|10.0)	
初期伝熱量		
17 蒸気過熱器		
QipN(5,noe)	QipN(6,noe) 開連配管高溫側 開連配管低温側	(8|10)
初期伝熱量		

表 5.3 入力データ及びフォーマット (6/15)

初期伝熱率
QSH(nee) (8f10.0)

18 水蒸気改質器

TLNG	D1	DT1	D2	DT2	NTUBE	(5f10.0,15)
反応管長さ(m)	反応管内管外径(m)	反応管内管厚さ(m)	反応管外管外径(m)	反応管外管厚さ(m)	反応管本数	

D1	DO1	DO2	ND1	ND2	N	(3F10.0,315)
内側断熱層内径(m)	外側断熱層外径(m)	内側断熱層外径(m)	内側断熱層分割数	外側断熱層分割数	分割数	

RCAT	DCAT	(2f10.0)				
触媒充填率	触媒粒子径(m)					

DT	TMAX	(4f10.0)				
初期計算の時間刻み	初期計算時間					

(s)
(s)

SWIT	SWOT	SWI1	SWI2	(4f10.0)
反応管内密度 (kg/m ³)	反応管外管密度 (kg/m ³)	内側断熱層密度 (kg/m ³)	外側断熱層密度 (kg/m ³)	

SHIT	SHOT	SHI1	SHI2	(4f10.0)
反応管内管比熱 (J/kg·K)	反応管外管比熱 (J/kg·K)	内側断熱層比熱 (J/kg·K)	外側断熱層比熱 (J/kg·K)	

HCT	HCOT	HCl1	HCl2	(4f10.0)
反応管内管熱伝導率 (W/m·K)	反応管外管熱伝導率 (W/m·K)	内側断熱層比熱 (W/m·K)	外側断熱層比熱 (W/m·K)	

SWCAT	SHCAT	(5f10.0)				
触媒密度 (kg/m ³)	触媒比熱(J/m·K)					

HCCAT	TAMB	ALPHI	CN	CH	(5f10.0)
触媒熱伝導率 (W/m·K)	大気温度(K)	大気との熱伝達率 (W/m ² ·K)	原料分子中の 炭素原子数	原料分子中の 水素原子数	

[themd(2)] (10f8.0)
He入口温度(K)

[feedd(2)] (10f8.0)
原料ガス入口温度(K)

表 5.3 入力データ及びフォーマット (7/15)

xmind(1,2)	xmind(2,2)	...	xmind(20,2)	(10f8.0)
原料ガス入口ガス組成比				
ar15	ar16	ar17	ar18	(4f10.0)
頻度因子 (g·mol/h·atm ²)				
e15	e16	e17	e18	(4f10.0)
活性化エネルギー(kcal/kmol)				
ntemp	(5)			
温度-平衡定数のデータ組数				
tempd(i)	(8f10.0)			} ntemp枚
温度(K)				
xk15d(i)	(8f10.0)			} ntemp枚
xk16d(i)	(8f10.0)			} ntemp枚
反応 * 2 の平衡定数(ダミー)				
xk17d(i)	(8f10.0)			} ntemp枚
反応 * 3 の平衡定数(atm ²)				
xk18d(i)	(8f10.0)			} ntemp枚

19 水予熱器

l pipN(9,1)	l pipN(10,1)	(8f10)
関連配管 高温側 関連配管 低温側		
QWH	(8f10.0)	

吸热量

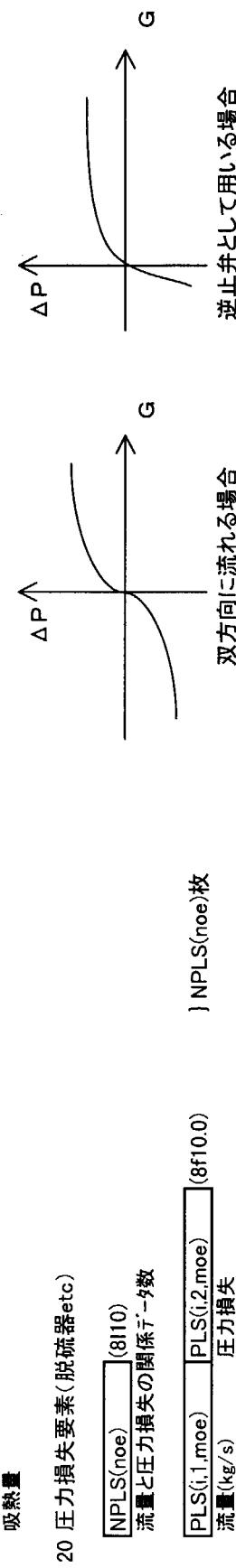


表 5.3 入力データ及びフォーマット (8/15)

21 給水バイパス冷却器

[pipN(11,1)]	(8f10)
--------------	--------

関連配管番号

[NQWTBL]	(8f10)
----------	--------

伝熱量データ数

[QWTBL(1,1)]	[QWTBL(1,2)]	(8f10.0)
--------------	--------------	----------

時刻
伝熱量

22 ガス冷却器

[pipN(12,1)]	(8f10)
--------------	--------

関連配管

[QCL0]	[QCL]	[GCOOL]	(8f10.0)
--------	-------	---------	----------

初期放熱量
定格放熱量
定格流量

[VOLCL]	(8f10.0)
---------	----------

容積

[NCLW]	(8f10.0)
--------	----------

冷却水流量時間変化データ数

[COOLW(1,1)]	[COOLW(1,2)]	(8f10.0)
--------------	--------------	----------

時刻
流量(kg/s)

[NCLT]	(8f10)
--------	--------

冷却水温度時間変化データ数

[COOLT(1,2)]	[COOLT(1,2)]	(8f10.0)
--------------	--------------	----------

時刻
温度

23 出力

[OUTS]	(1x A4)
--------	---------

[HED(*9)]	[IDM1]	[IDM2]	[IDM3]	(1X,A4,315)) 300枚まで
-----------	--------	--------	--------	-------------	----------

(*9) 1.3節を参照のこと

[OUTE]	(1x A4)
--------	---------

24 制御系

表 5.3 入力データ及びフォーマット (9/15)

<input type="checkbox"/> NCTL	<input type="text"/> (1X,A4)
NCKND	<input type="text"/> (15)
制御系種類番号(1を指定)	

<input type="checkbox"/> NCNT1	<input type="text"/> (515)
基本型制御本数	

基本型制御本数分

<input type="checkbox"/> NL(J)	<input type="text"/> NOVLV(1,J)	<input type="text"/> NOVLV(2,J)	<input type="text"/> NOCOM(2,J)	<input type="text"/> (515)
--------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	----------------------------

コントローラ以降のライン数 開度制御バルブ番号1 開度制御バルブ番号2 回転数制御対象循環機番号(*10)

(*10)

バルブまたは循環機のどちらか一方を指定する。他方には0を入力する。

<input type="checkbox"/> ISNS(J)	<input type="text"/> JSNS1(1,J)	<input type="text"/> JSNS1(2,J)	<input type="text"/> JSNS2(1,J)	<input type="text"/> JSNS2(2,J)	<input type="text"/> (515)
----------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	----------------------------

ISNS(J) : 検出量選択 =1 : 流量、 =2 : 圧力、 =3 : 溫度、 =4 : 差圧、 =5 : 温度および圧力、 =6 : 蒸気流量および原料ガス流量(S/C比制御)

JSNS(1,J) : 検出位置指定法 =1 : BRANCH番号で指定、 =2 : NODE番号で指定

JSNS(2,J) : 検出位置 BRANCH(*11)又は、NODE

(*11)

BRANCH番号で指定する場合、入口を指定する時は符号を正、出口を指定する場合は符号を負ととする。

<input type="checkbox"/> NSET(J)	<input type="text"/> (515)
設定値の時点数	

<input type="checkbox"/> SET(K,1,J)	<input type="text"/> SET(K,2,J)	<input type="text"/> (4F10.0)
設定値 SET(I,1,nc)=時刻1	、 SET(I,2,nc)=時刻2	の設定値

] NSET(J)枚

設定値 SET(I,1,nc)=時刻1、 SET(I,2,nc)=時刻2での設定値

<input type="checkbox"/> XLM1(1,1,J)	<input type="text"/> XLM1(2,1,J)	<input type="text"/> XLM1(1,2,J)	<input type="text"/> XLM1(2,2,J)	<input type="text"/> (4F10.0)
検出計リミッタ1(下限、上限)		検出計リミッタ2(下限、上限)		(*2)検出量選択で5または6を選んだ時に指定

<input type="checkbox"/> XLM2(1,J)	<input type="text"/> XLM2(2,J)	<input type="text"/> (4F10.0)
未使用		

<input type="checkbox"/> XLM3(1,1,J)	<input type="text"/> XLM3(2,1,J)	<input type="text"/> XLM3(1,2,J)	<input type="text"/> XLM3(2,2,J)	<input type="text"/> (4F10.0)
バルブ操作量リミッタ(下限、上限)		バルブ操作量リミッタ(下限、上限)		

<input type="checkbox"/> AKS(1,J)	<input type="text"/> AKS(2,J)	<input type="text"/> TS(1,J)	<input type="text"/> TS(2,J)	<input type="text"/> (4F10.0)
検出計ゲイン1	検出計ゲイン2 (**)	検出計時定数1	検出計時定数2 (**)	

表 5.3 入力データ及びフォーマット (10/15)

AKR(J)	AKC(J)	TC1(J)	TC2(J)	(4F10.0)
変換係数	PIDゲイン	PID微分時定数	PID積分時定数	
[TA(1,J)]	[TA(2,J)]			(4F10.0)
バルブ1伝送時定数 バルブ2伝送時定数				
[NFX(J)]				(515)
関数F(X)のデータ点数				
[FX(K,1,J)]	[FX(K,2,J)]	(4F10.0)		
X軸の値	Y軸の値			
				} NFX(J) 枚
[NTBL1(1,J)]				(515)
バルブ1機器動作特性 関数1データ点数				
[TBL1(K,1,1,J)]	[TBL1(K,2,1,J)]	(4F10.0)		
X軸の値	Y軸の値			
				} NTBL1(1,J) 枚
[NTBL1(2,J)]				(515)
バルブ2機器動作特性 関数1データ点数				
[TBL1(K,1,2,J)]	[TBL1(K,2,2,J)]	(4F10.0)		
X軸の値	Y軸の値			
				} NTBL1(2,J) 枚
[NTBL2(1,J)]				(515)
バルブ1機器動作特性 関数2データ点数				
[TBL2(K,1,1,J)]	[TBL2(K,2,1,J)]	(4F10.0)		
X軸の値	Y軸の値			
				} NTBL2(1,J) 枚
[NTBL2(2,J)]				(515)
バルブ2機器動作特性 関数2データ点数				
[TBL2(K,1,2,J)]	[TBL2(K,2,2,J)]	(4F10.0)		
X軸の値	Y軸の値			
				} NTBL2(2,J) 枚
25 蒸気発生器水位制御系				
NCKND				(15)
制御系種類番号(2を指定)				
NOP				(415)
回転数制御対象ホン番号				

表 5.3 入力データ及びフォーマット (11/15)

NSET(J) (415)		設定値の時点数 時刻での設定値		SET(J,1.NSET(J)) SET(J,2.NSET(J)) (8F10.0)				4組 (***)			
SET(J,1.1)	SET(J,2.1)	SET(J,1.2)	SET(J,2.2)	.....				SET(J,1.NSET(J)) SET(J,2.NSET(J)) (8F10.0)			
XLIM1(1.1)	XLIM1(2.1)	XLIM1(1.2)	XLIM1(2.2)	XLIM1(1.3)	XLIM1(2.3)	XLIM1(1.4)	XLIM1(2.4)	(8F10.0)			
水位検出計リミッタ(下限、上限)	水位検出計リミッタ(下限、上限)	水位検出計リミッタ(下限、上限)	水位検出計リミッタ(下限、上限)	給水流量検出計リミッタ(下限、上限)	給水流量検出計リミッタ(下限、上限)	蒸気流量検出計リミッタ(下限、上限)	蒸気流量検出計リミッタ(下限、上限)	(8F10.0)			
XLIM2(1.1)	XLIM2(2.1)	XLIM2(1.2)	XLIM2(2.2)	XLIM2(1.3)	XLIM2(2.3)	XLIM2(1.4)	XLIM2(2.4)	(8F10.0)			
未使用								(8F10.0)			
XLIM3(1)	XLIM3(2)							(8F10.0)			
操作量リミッタ(下限、上限)								(8F10.0)			
AKS(1)	AKS(2)	AKS(3)	AKS(4)	AKS(5)	AKS(6)	AKS(7)	AKS(8)	(8F10.0)			
検出計ゲイン(水位、水位、給水流量、蒸気流量)								(8F10.0)			
TS(1)	TS(2)	TS(3)	TS(4)	TS(5)	TS(6)	TS(7)	TS(8)	(8F10.0)			
AKR(1)	AKR(2)	AKR(3)	AKR(4)	AKR(5)	AKR(6)	AKR(7)	AKR(8)	(8F10.0)			
変換係数(水位、水位、給水流量、蒸気流量)								(8F10.0)			
AKC(1)	AKC(2)	AKC(3)	AKC(4)	AKC(5)	AKC(6)	AKC(7)	AKC(8)	(8F10.0)			
PIDゲイン								(8F10.0)			
TC1(1)	TC1(2)	TC1(3)		TC1(4)	TC1(5)	TC1(6)	TC1(7)	(8F10.0)			
PID微分時定数								(8F10.0)			
TC2(1)	TC2(2)	TC2(3)		TC2(4)	TC2(5)	TC2(6)	TC2(7)	(8F10.0)			
PID積分時定数								(8F10.0)			
TA				TA(1)	TA(2)	TA(3)	TA(4)	(8F10.0)			
NFT				NFT(1)	NFT(2)	NFT(3)	NFT(4)	(8F10.0)			
関数F(t)のデータ点数				Y軸の値				(8F10.0)			
時間(s)								] NFT枚			

表 5.3 入力データ及びフォーマット (12/15)

NTBL	(415) 機器動作特性関数データ点数	
TBL(J,1)	TBL(J,2) Y軸の値	(8F 0.0) } NTBL枚 X軸の値
NCKND	(15) 制御系種類番号(3を指定)	
NOTNK	(15) 制御対象加熱器番号	
NSET(J)	(15) 設定値の時点数	<div style="text-align: right; margin-right: 20px;">2組 (*****)</div> <div style="border-left: 1px solid black; padding-left: 10px;"> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">SET(K,1,J)</div> <div style="width: 45%;">SET(K,2,J)</div> <div style="width: 10%; text-align: center;">(2F10.0)</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">時刻|</div> <div style="width: 45%;">時刻での設定値</div> <div style="width: 10%; text-align: center;">} NSET(J)枚</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">XLIM(1,J)</div> <div style="width: 45%;">XLIM(2,J)</div> <div style="width: 10%; text-align: center;">(2F10.0)</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">検出計|ミツ(下限、上限)</div> <div style="width: 45%;">| 2組 (*****)</div> <div style="width: 10%;"></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">XLIM2(1,J)</div> <div style="width: 45%;">XLIM2(2,J)</div> <div style="width: 10%; text-align: center;">(2F10.0)</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">未使用</div> <div style="width: 45%;">| 2組</div> <div style="width: 10%;"></div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">XLIM3(1)</div> <div style="width: 45%;">XLIM3(2)</div> <div style="width: 10%; text-align: center;">(2F10.0)</div> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="width: 45%;">操作量|ミツ(下限、上限)</div> <div style="width: 45%;">| (2F10.0)</div> <div style="width: 10%;"></div> </div> </div>
AKS(1)	AKS(2)	(2F10.0) 検出計デイン(改質器Heガス入口温度、Heガス加熱器温度)
TSC(1)	TSC(2)	(2F10.0) 検出計時定数(改質器Heガス入口温度、Heガス加熱器温度)
AKR(1)	AKR(2)	(2F10.0) 変換系数(改質器Heガス入口温度、Heガス加熱器温度)
AKC(1)	AKC(2)	(2F10.0) PIDゲイン(改質器Heガス入口温度、Heガス加熱器温度)

表 5.3 入力データ及びフォーマット (13/15)

TC1(1)	TC1(2)	(2F10.0)			
PID微分時定数(改質器Heガス入口温度、Heガス加熱器温度)					
TC2(1)	TC2(2)	(2F10.0)			
PID積分時定数(改質器Heガス入口温度、Heガス加熱器温度)					
TA		(2F10.0)			
伝送時定数					
NSG		(15)			
関数SG(X)のデータ点数					
SG(J,1)	SG(J,2)	(2F10.0)	] NSG枚	
X軸の値	Y軸の値				
NTBL		(15)			
機器動作特性関数データ点数					
TBL(J,1)	TBL(J,2)	(2F10.0)	] NTBL枚	
X軸の値	Y軸の値				
27 インターロック					
INTL		(1X,A4)			
NINT					
インターロックの数					
インターロック数組み					
INTLN0(NINT)		(16|5)			
インターロックのコード番号(*12)					
JLSNS(NINT)	JLSNS1(1,NINT)	JLSNS1(2,NINT)	JLSNS2(1,NINT)	JLSNS2(2,NINT)	(16|5)
JLSNS(NINT) 検出■選択					
=1 : 流量、=2 : 圧力、=3 : 温度、=4 : 圧力差、=5 : 水位					
JLSNS1(2,NINT)	検出位置指定方法				
=1 : BRANCH番号で指定、=2 : NODE番号で指定					
JLSNS2(2,NINT)	BRANCH番号(*13)またはNODE番号				

表 5.3 入力データ及びフォーマット (14/15)

(*12) インターロックコード No. と Trigger 条件

コード No.	種類	Trigger
1	緊急停止	時点指定
2	常用電源喪失	時点指定
3	改質器差圧 (Heガス／生成ガス) が高い 改質器差圧 (Heガス／生成ガス) が低い	差圧設定値以上 (動作機器複数)
4	生成ガス圧力が高い、 LNGポンプ出口圧力が低い	差圧設定値以下
5	LNGポンプの起動	圧力設定値以上
6	LNGポンプの起動	圧力設定値以下 (動作機器複数)
7	サージタンク内圧と設定値の比較 低 一起動	サージタンク内圧と設定値の比較 高 一停止
8	LNGポンプの停止	時点指定
9	給水供給ポンプトリップ 蒸気発生器水位が高い、 蒸気発生器水位が低い、 Heガス加熱器流量低い	水位設定値以上 水位設定値以下
10		流量設定値以下
11		10sec 後 He 加熱器切
12		温度設定値以上 & He 加熱器 入
13	Heガス加熱器出口温度高い	He 加熱器 切 & He 加熱器 入
14	異常系統事象移行モード	時点指定 (動作機器複数)

表 5.3 入力データ及びフォーマット (15/15)

(*13) BRANCH番号で指定する場合、入口を指示する時は符号を正、出口を指定する時は符号を負とする。

5.2 初期化機能

熱物質収支解析プログラムには、解析系統全体の初期状態を計算する機能はない。代替機能として、各機器単位に最小限の境界条件を与えることにより、機器単位に局所的な定常バランス状態を計算するような初期化機能を付加する。

この初期化機能をコントロールするのが、INIT である。INIT は、入力されている初期データ^(*)を基に上流から下流側にたどり、行き着くところまで各管路、機器の初期値を計算する。解析者は、この機能を何度か反復することにより、解析系全体の定常状態または比較的短時間で定常に達するような初期値を作り出すことができる。INIT による初期化処理の流れを、図 5.1 に示す。また、各構成要素初期値設定の際に既知と仮定する量を、表 5.4 に示す。

以下では、各機器要素の初期化で前提とする諸量及び計算方法を示す。なお制御系では、配管及び機器要素の初期化が完了した後、検出値及び制御量を前提として PID コントローラーの積分初期値を求める。

(※) 入力データとして要求する初期値は、最小限に抑えている。

(1) ガス、二相配管の初期化

特に、二相流の相変化に対応するため、定常配管流動計算の高精度化を図る。定常配管流動の基本式は、以下のとおりである。

- ・質量保存式

$$G = \rho u A = \text{const.} \quad (5.1)$$

- ・運動量保存式

$$G/A \frac{\partial u}{\partial x} = -\frac{\partial P}{\partial x} - \rho g \sin \theta - \rho F \quad (5.2)$$

- ・エネルギー保存式

$$G/A \left(\frac{\partial h}{\partial x} + u \frac{\partial u}{\partial x} \right) = -G/A g \sin \theta + Q_{vol} \quad (5.3)$$

これらの式から、圧力及びエンタルピーの配管軸方向・座標 x における微分方程式を求める。

ここで、式 (3.3) – (3.2) $\times u$ より、

$$G/A \frac{\partial h}{\partial x} = u \frac{\partial P}{\partial x} + (G/A)F + Q_{vol} \quad (5.4)$$

これを式 (3.2) に代入して、

$$\begin{aligned} & \left[G/A \left\{ (G/A) \frac{\partial v}{\partial P} + u \frac{\partial v}{\partial h} \right\} + 1 \right] \frac{\partial P}{\partial x} \\ &= -\rho g \sin \theta - \rho F - G/A \left[(G/A)F + Q_{vol} \right] \frac{\partial v}{\partial h} \end{aligned} \quad (5.5)$$

を得る。ここで、

$$-\frac{\partial v}{\partial P} = -\left(\frac{\partial \rho}{\partial P} \right) / \rho^2 \quad (5.6)$$

$$-\frac{\partial v}{\partial h} = -\left(\frac{\partial \rho}{\partial h} \right) / \rho^2 \quad (5.7)$$

である。

Euler の前進差分により、上流側の圧力、エンタルピー及び流量（流速）を仮定し、下流端

までの各分割点における値を求める。以下にその流れを示す。

$P_w(1)$ 、 $h_w(1)$ 、 $\rho_w(1)$ 、 $u_w(1)$ (配管上流端) set

→ For $I = 1, 2 * Ndiv$ (配管分割数)

$$\partial P / \partial x$$

$$\partial h / \partial x$$

$$P_w(I+1) = P_w(I) + \partial P / \partial x \cdot \Delta x / 2$$

$$h_w(I+1) = h_w(I) + \partial h / \partial x \cdot \Delta x / 2$$

$$\rho_w(I+1) = \rho_w(P_w(I+1), h_w(I+1))$$

$$u_w(I+1) = G/A / \rho_w(I+1)$$

Euler の前進差分なので、細かい分割が必要である。ここでの分割数は、入力指定配管分割数の 2 倍をとる。

水 (单相) の場合は、 ρ : 一定として、

$$\partial P / \partial x = -\rho g \sin \theta - \rho F \quad (5.8)$$

である。

(2) 水蒸気改質器の初期化

・仮定する諸量

原料ガス及び He ガスの流入端圧力

原料ガス及び He ガスの流入流量

原料ガス及び He ガスの流入エンタルピー

原料ガス成分比

初期化の基本式は、時間微分項 = 0 と置いた式である。

①原料ガス (i は cell 番号、 $G(0), h(0), m_k(0) = G_i, h_i, m_{ki}$ である。)

$$\text{質量保存} \quad 0 = G(i-1) - G(i) \quad (5.9)$$

$$\text{運動量保存} \quad 0 = A(P(i-1/2) - P(i+1/2)) - A\Delta P \quad (5.10)$$

$$\text{エネルギー保存} \quad 0 = G(i-1)h(i-1) - G(i)h(i) + Q(i) \quad (5.11)$$

$$\text{成分保存} \quad 0 = G(i-1)m_k(i-1) - G(i)m_k(i) + S_k(i) \quad (5.12)$$

$$\text{状態方程式} \quad P/\rho = \sum(m_k/M_k)RT \quad (5.13)$$

$$e = \sum m_k \cdot C_{vk} \cdot T \quad (5.14)$$

$$h = \sum m_k \cdot C_{pk} \cdot T = e + P/\rho \quad (5.15)$$

②He ガス (j は cell 番号、 $G(0), h(0) = G_j, h_j$ である。)

$$\text{質量保存} \quad 0 = G(j-1) - G(j) \quad (5.16)$$

$$\text{運動量保存} \quad 0 = A(P(j-1/2) - P(j+1/2)) - A\Delta P \quad (5.17)$$

$$\text{エネルギー保存} \quad 0 = G(j-1)h(j-1) - G(j)h(j) + Q(j) \quad (5.18)$$

$$\text{状態方程式} \quad P/\rho = 1/M \cdot RT \quad (5.19)$$

$$e = C_v \cdot T \quad (5.20)$$

$$h = C_p \cdot T = e + P/\rho \quad (5.21)$$

③反応計算

ΔP : 压損、 $Q(i)$: 伝熱量、 $S_k(i)$: ガス種 k の生成消滅項を計算する。

この機器は、熱流動及び化学反応が連成した複雑なモデルである。動態解析と同様な計算方法を取る。すなわち流入端圧力、流量及びエンタルピーは入力指定値を用い、原料ガス成分については H_2O が 100%の状態から開始し、指定したガス成分比まで徐々に達する用にする。静定した時点をもって、初期定常状態とする。

(3) He ガス加熱器

- ・仮定する諸量

初期内圧 P

流入流量 G_{in}

流入エンタルピー h_{in}

流入ガス成分 m_{ki}

伝熱量 Q

- ・処理（計算項目）

$$G = G_{in} \quad (5.22)$$

$$Gh = G_{in} h_{in} + Q \quad (5.23)$$

$$m_k = m_{ki} \quad (5.24)$$

$$h = m_k \cdot C_{pk} \cdot T \quad (5.25)$$

$$P/\rho = m_k/M_k \cdot RT \quad (5.26)$$

以上の仮定量及び計算項目から T 、 h 及び ρ を計算する。

(4) He ガス循環器、LNG ガス圧縮機の初期化

- ・仮定する諸量

流入流量

入口圧力

出口圧力

エンタルピー

ガス組成

- ・処理（計算項目）

入口密度 ρ 、風量 Q 、差圧 ΔP 及び水頭 H を計算。

無次元回転数 n を逆算する。

$i = 1, NQH - 1$ (NQH は、 $Q-H$ 特性のデータ点数)

連立方程式

$$\frac{Q}{H} = (1-s) \left| \frac{nQ(i)}{n^2 H(i)} \right| + s \left| \frac{nQ(i+1)}{n^2 H(i+1)} \right| \quad (5.27)$$

を解き、 $0 \leq s < 1$ となるような $n > 0$ を求める。

無い場合は、次の i へ移る。

回転数 n は、制御系（初期設定）へ引き渡す。

(5) 脱硫器、フィルター

- ・仮定する諸量

流量-圧力損失曲線

流入流量

入口圧力

- ・処理（計算項目）

ΔP 及び吐出側圧力を計算。

(6) LNG サージタンク、N₂バッファタンク及び混合タンク

- ・仮定する諸量

上流側流量 W_1

上流側エンタルピー h_1

ガス成分 m_{ki}

初期内圧 P

- ・処理（計算項目）

$$\Sigma W_1 = \Sigma W_2 \quad (5.28)$$

$$\Sigma W_1 h_1 = (\Sigma W_1) h \quad (5.29)$$

$$\Sigma W_1 m_{ki} = (\Sigma W_1) m_k \quad (5.30)$$

から h 及び m_k を、状態方程式から T 、 ρ 及び e を計算。

（接続配管は、上下流とも複数本有り。）

(7) バルブ (制御)

・仮定する諸量	・処理 (計算項目)
(制御)	
上流側流量	初期 C_v 値及び初期開度 → 制御系へ
(手動)	
上流側流量	初期 C_v 値、圧力差及び下流圧力
上流側圧力	
初期開度	

(8) 給水ポンプ

・仮定する諸量	・処理 (計算項目)
初期回転数 n	流量計算 $G = K \cdot n$ (5.31)

(9) 水予熱器及び加熱器 (水と He の熱交換)

・仮定する諸量	・処理 (計算項目)
交換熱量 Q	水は密度一定
水配管の	$P_{L2} - P_{L1} = 1/(2\rho A^2)(\lambda/D + \zeta/L)W|W|$ (5.32)
入口圧力 P_{L1}	$H_{L2} = h_{L1} + Q/W$ (5.33)
流量 W	$T_{L1} = T(P_{L1}, h_{L1})$: 蒸気表より (5.34)
流入エンタルピー $-h_{L1}$	$T_{L2} = T(P_{L2}, h_{L2})$ (5.35)
関連 He 配管の	He 配管の P_2 及び h_2 を計算。
流量 G	$T_1 = h_1/C_p$ (5.36)
入口圧力 P_1	$T_2 = h_2/C_p$ (5.37)
入口エンタルピー $-h_1$	$Q = AUF_t \Delta T$ (5.38)
	$\Delta T = 1/2(T_1 + T_2 - T_{L1} - T_{L2})$ (5.39)
	から AUF_t を逆算。

(10) He ガス冷却器及び凝縮器

・仮定する諸量	・処理 (計算項目)
交換熱量 Q	$C(T_{in} - T_{out})W + Q = 0$ (5.40)
冷却水流入流量 W	LNG 配管の P_2 及び h_2 を計算。
流入温度 T_{in}	$h_2 = h_1 - Q/G$ (5.41)
He 配管の	$(C_p = \sum m_{ki} C_{pi} : i$ はガス種) (5.42)
流量 G	$T_1 = h_1/C_p$ (5.43)
入口圧力 P_1	$T_2 = h_2/C_p$ (5.44)
入口エンタルピー $-h_1$	$Q = AUF_t \Delta T$ (5.45)
	$\Delta T = [(T_1 + T_2) - (T_{in} + T_{out})]/2$ (5.46)
	から AUF_t を逆算。

(1 1) 給水タンクの初期化

- ・仮定する諸量
- 初期水位
- 初期内圧
- ・処理（計算項目）
- タンク底圧力

(1 2) 放熱器の初期化

- ・仮定する諸量
- 伝熱量 Q
- 大気温度 T_e 、大気密度 ρ_e 、比熱 C_p
- 水蒸気管の入口圧力 P_1 、入口流量 G_{in} 、入口エンタルピー h_1
- 冷却塔平均断面積 S 、冷却塔高さ l

伝達係数 $coef.$ は、内部で計算される。

- ・処理（計算項目）
- $$Q = coef \cdot |u|^{0.8} \left[\frac{(T_1 + T_2)}{2} - \frac{(T + T_e)}{2} \right] \quad u : 上流側流速 \quad (5.47)$$
- $$v = \sqrt{2gl(T - T_e)/T_e} \quad (\text{自然対流}) \quad (5.48)$$
- $$v = v(t) \quad (\text{機械送風}) \quad (5.49)$$
- $$\rho C_p S v (T - T_e) - \rho g Q v T / T_e = Q \quad (5.50)$$

- ・手順
- Q 、 P_1 、 h_1 、 G_{in} から、下流端の P_2 、 h_2 を計算。
- 温度 T_1 、 T_2 を計算。

(自然体流)

式 (5.48) 及び式 (5.50) より、

$$\left[\rho C_p S (T - T_e) - \rho g Q T / T_e \right] \sqrt{2gl(T - T_e)/T_e} = Q \quad (5.51)$$

を得る。また $\Delta T = \sqrt{T - T_e}$ とすると、

$$\sqrt{2gl/T_e} \left[\rho C_p S \Delta T^2 - \rho g Q (\Delta T^2 + T_e) / T_e \right] \Delta T = Q \quad (5.52)$$

となり、

$$\alpha = \sqrt{2gl/T_e} \left(\rho C_p S - \rho g Q / T_e \right) \quad (5.53)$$

$$\beta = \sqrt{2gl/T_e} \left(\rho g Q \right) \quad (5.54)$$

と置けば、次式を得る。

$$\alpha \Delta T^3 - \beta \Delta T = Q \quad \Delta T > 0 \quad (5.55)$$

式 (5.55) を解いて、 T 及び v を求める。また式 (5.47) から $coef.$ を求める。

(機械送風)

機械送風風速の、時間変化のデータ個数で判定する。

式 (5.49) から v 、式 (5.50) から T 及び式 (5.47) から $coef.$ を求める。

(1 3) ガス過熱器

- ・仮定する諸量

伝熱量 Q

高温ガス管の入口圧力 P_{H1} 、入口流量 G_{H1} 及び入口エンタルピー h_{H1}

低温ガス管の入口圧力 P_{L1} 、入口流量 G_{L1} 及び入口エンタルピー h_{L1}

伝達係数 $coef.$ は、内部で計算される。

- ・手順

伝熱量 Q 、上流側条件から高温ガス管／低温ガス管の下流側圧力・エンタルピー $P_{H2} \cdot h_{H2} \cdot P_{L2} \cdot h_{L2}$ 及び温度 $T_{H1} \cdot T_{H2} \cdot T_{L1} \cdot T_{L2}$ を計算する。

$$Q = coef. \left[\left(T_{H1} + T_{H2} \right) / 2 - \left(T_{L1} + T_{L2} \right) / 2 \right] \quad (5.56)$$

上式から、伝達係数 $coef.$ を求める。

(1 4) 蒸気過熱器

- ・仮定する諸量

伝熱量 Q

He ガス管の入口圧力 P_{H1} 、入口流量 G_{H1} 及び入口エンタルピー h_{H1}

水蒸気管の入口圧力 P_{L1} 、入口流量 G_{L1} 及び入口エンタルピー h_{L1}

伝熱係数 $coef.$ は、内部で計算される。

- ・手順

伝熱量 Q 、上流側条件から He ガス管／水蒸気管の下流側圧力・エンタルピー $P_{H2} \cdot h_{H2} \cdot P_{L2} \cdot h_{L2}$ 及び温度 $T_{H1} \cdot T_{H2} \cdot T_{L1} \cdot T_{L2}$ を計算する。

$$Q = coef. \left[\left(T_{H1} + T_{H2} \right) / 2 - \left(T_{L1} + T_{L2} \right) / 2 \right] \quad (5.57)$$

上式から、伝熱係数 $coef.$ を求める。

(1 5) 蒸気発生器の初期化

蒸気発生器内は熱平衡、飽和状態とする。水面下と水面上の 2 領域に分けて考える。

①領域 1

$$\text{質量保存} \quad 0 = W_{fg1} - W_B \quad (5.58)$$

$$0 = -W_{fg1} + \sum W_{in} (1 - X_{in}) \quad (5.59)$$

$$\text{エネルギー保存} \quad 0 = -W_B h_g + \sum W_{in} (1 - X_{in}) h_{in} + Q \quad (5.60)$$

②領域 2

$$\text{質量保存} \quad 0 = W_{fg2} + W_B - W_2 X_2 - W_3 X_2 + \sum W_{in} X_{in} \quad (5.61)$$

$$0 = -W_{fg2} - (1 - X_2) W_2 - (1 - X_2) W_3 \quad (5.62)$$

$$\text{エネルギー保存} \quad 0 = W_B h_g - W_3 h_2 - W_2 h_2 + \sum W_{in} X_{in} h_{in} \quad (5.63)$$

③伝熱量

$$Q = AU F_i \Delta T \quad (5.64)$$

$$\Delta T = (T_1 - T_2) / [\log(T_1 - T) / (T_2 - T)] \quad (5.65)$$

④水面からの蒸発

蒸気の質量流量

$$W_B = \rho_g \alpha A U_B \quad (5.66)$$

 U_B (気泡上昇速度) は、Zuber の式で与えられる。

$$U_B = 1.13(j_g + j_l) + 1.18 \left[\sigma \left(\rho_f - \rho_g \right) g / \rho_f^2 \right]^{1/4} \quad (5.67)$$

$$j_g = W_{fg1} \cdot V_g / A \quad (5.68)$$

$$j_l = 0 \quad (5.69)$$

⑤混合水位

$$L = \text{func.} \left(M_{g1} V_{g1} + M_{f1} V_{f1} \right) \quad (5.70)$$

①から、次式を得る。

$$W_{fg1} = W_B = \sum W_{in} (1 - X_{in}) \quad (5.71)$$

$$Q = \sum W_{in} (1 - X_{in}) (h_g - h_{in}) \quad (5.72)$$

②から、次式を得る。

$$\sum W_{in} = W_2 + W_3 \quad (5.73)$$

$$W_{fg2} = -(1 - X_2) \sum W_{in} \quad (5.74)$$

$$\sum W_{in} (h_{in} - h_2) + Q = 0 \quad (5.75)$$

(①及び②のエネルギー保存式 (5.60) 及び (5.63) から)

③④から、次式を得る。

$$Q = \sum W_{in} (1 - X_{in}) (h_g - h_{in}) \\ = A U F_t (T_1 - T_2) / [\log(T_1 - T) / (T_2 - T)] \quad (5.76)$$

$$W_B = \sum W_{in} (1 - X_{in}) \\ = 1.13 \alpha \left[\sum W_{in} (1 - X_{in}) \right] + 1.18 \rho_g \alpha A \left[\sigma \left(\rho_f - \rho_g \right) g / \rho_f^2 \right]^{1/4} \quad (5.77)$$

$$h_g = h_g(P)、T = T_{sat}(P)、V_g = V_g(P)、V_f = V_f(P) \quad (5.78)$$

与条件 (入力指定) は内圧 P 、流入条件 W_{in} 、 W_2 、 W_3 、 h_{in} 及び He 管の入口圧力 P_1 、温度 T_1 、流量 G 、混合水位 L とする。

$$T = T_{sat}(P) \quad (5.79)$$

$$X_{in} = (h_{in} - h_f(P)) / (h_g(P) - h_f(P)) \quad (5.80)$$

・手順

伝熱量式 (5.79)、式 (5.80) 及び式 (5.72) より、 Q を求める。He 管の出口圧力 P_2 、出口エンタルピー h_2 を計算する。He 管の入口温度 T_1 、出口温度 T_2 を計算する。

$$Q = \text{coef.} h_t [(T_1 + T_2) / 2 - T] \quad (5.81)$$

より coef. を求める。

↓

領域1のクオリティー

式(5.77)から X_1 を計算する。

↓

領域2のエンタルピー、クオリティー

式(5.75)から h_2 を計算する。

$$X_2 = \frac{(h_2 - h_f(P))}{(h_g(P) - h_f(P))} \quad (5.82)$$

式(5.82)より、 X_2 を計算する。

↓

蒸発量

式(5.71)及び式(5.74)から蒸発量を計算する。

↓

初期保有水量

混合水位 L から、水面下の容積 V を求める。

$$V = M_{g1}V_g + M_{f1}V_f \quad (5.83)$$

$$X_1 = M_{g1} / (M_{g1} + M_{f1}) \quad (5.84)$$

より、 M_{g1} 及び M_{f1} を求める。

$$V_{total} - V = M_{g2}V_g + M_{f2}V_f \quad (5.85)$$

$$X_2 = M_{g2} / (M_{g2} + M_{f2}) \quad (5.86)$$

より、 M_{g2} 及び M_{f2} を求める。 V_{total} は、蒸気発生器の全容積(入力)である。

表 5.4 各構成要素初期値設定の際に既知と仮定する量

ガス、二相流	上流端圧力 P_{in} 、流入流量 G_{in} 、エンタルピー h_{in} ガス成分 m_{ki}
単相配管	上流端圧力 P_{in} 、流入流量 G_{in}
He ガス加熱器	初期内圧 P 、流入流量 G_{in} 、エンタルピー h_{in} ガス成分 m_{ki} 、伝熱量 Q
原料ガス過熱器	初期伝熱量 Q 高温ガス配管及び低温ガス配管の流量、上流側の圧力、エンタルピー
蒸気過熱器	初期伝熱量 Q 高温 He ガス配管 及び低温ガス配管の流量、上流側の圧力、エンタルピー
水蒸気改質器	原料ガス、He ガス流量、上流側の圧力、エンタルピー、ガス成分
給水タンク	初期水位、初期内圧
He ガス循環器及び LNG ガス圧縮機	$Q-H$ 特性曲線 流入流量、入口圧力
放熱器	初期伝熱量 Q 、大気温度 T_e 、大気密度 ρ_e 、比熱 C_p 対応する配管の入口圧力 P_{HI} 、入口流量 G_H 、入口エンタルピー h_{HI} 、 $v=v(t)$ (機械送風)
蒸気発生器	初期内圧 P 流入条件 W_{in} 、 W_2 、 W_3 、 h_{in} 及び He 管の入口温度 T_1 、流量 G 、混合水位 L
脱硫器、フィルター	流量一圧力損失の曲線、流入流量、入口圧力
LNG サージタンク、N ₂ バッファタンク、混合タンク (接続配管は、上流・下流共複数本有り)	上流側流量 W_i 、エンタルピー h_i 、ガス成分 m_{ki} 、初期内圧 P
バルブ (制御) (手動)	上流側流量、上下流端圧力 上流側流量、上下流端圧力
給水ポンプ	初期流量
水予熱器、加熱器	初期伝熱量 Q 初期内圧 P 、流入流量 W_{in} 、流入エンタルピー h_{in} 関連 He 配管の流量 G 、入口圧力 P_1 、入口エンタルピー h_1
He ガス冷却器、凝縮器	初期伝熱量 Q 、冷却水流入流量 W 、流入温度 T_{in} He 配管の流量 G 、入口圧力 P_1 、入口エンタルピー h_1
制御系	検出値及び制御量 これより、コントローラー積分値の初期値を計算する

(※) 上流流量及び上下流端圧力は、接続配管の初期値として入力される。

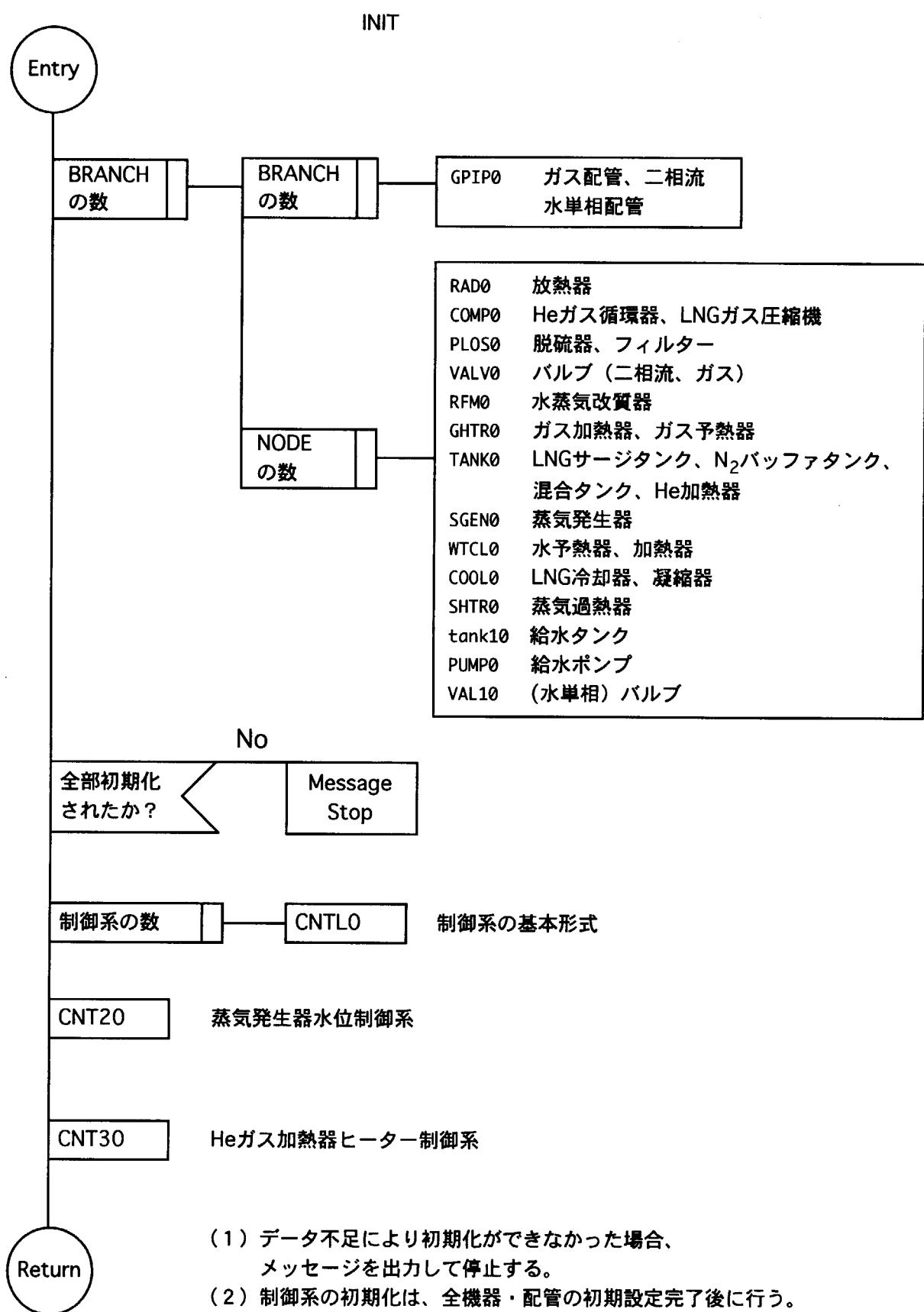


図 5.1 初期化処理の流れ

6. 解析コード実行手順

本解析コードは、パソコン上（Windows NT）の Visual Fortran で動作する。Visual Fortran は MS-DOS からの動作も可能であるが、ここでは多目的開発環境「Developer Studio」からの操作手順を説明する。

6.1 動作環境の立ち上げ

(1) Developer Studio の立ち上げ

- Windows95 から「スタート」－「プログラム」－「Visual Fortran 5.0」－「Developer Studio」を選択する。

(2) Workspace^{(*)1}を開く

- 「File」－「Open Workspace」を選択する。
- Workspace ファイルが存在するディレクトリーを選択し、Workspace (MAIN.dsw) を開く。
- File View に、指定した Workspace に属する Project^{(*)2}名が表示され、この Project に登録されているファイル名が一覧表示される。

（注：上記は、既に「MAIN.dsw」が作られている場合の説明である。）

(*1) 作業を行うスペースで、ファイル階層でのディレクトリーのようなものである。

(*2) ファイルを管理するスペースで、Workspace の 1 つ下の階層に属する。

6.2 ファイルの編集

(1) Project に登録されているファイルの編集

- ファイルのオープン：編集したいファイルを File View から選び、ダブルクリックする。
- 編集方法：通常のテキストエディターと同様である。
- ファイルの保存：「File」－「Save」を選択する。
- ファイルの別名保存：「File」－「Save as」を選択し、ファイル名入力後「保存」を押す。
- ファイルのクローズ：「File」－「Close」を選択する。

(2) ファイルの新規作成

- 「File」－「New」とし、「File」タブから目的のフォーマットを選んだ後、ファイル名を入力し「OK」とする。

(3) 他エディターで作成したファイルの Project への登録

- File View にて Project 名 (MAIN files) を右クリックし、「Add Files to Project」を選択する。
- 登録したいファイルが存在するディレクトリーを選び、ファイル名をダブルクリックする。

(4) Project からの登録ファイルの抹消

- File View にてファイル名を選択し、「Edit」 - 「Delete」とする。なお、ファイルの実体は消去されない。

6.3 コンパイル・リンク

ここでは、Project に登録されているファイルのみについて、コンパイル・リンクの方法を示す。

(1) コンパイル

- File View にてファイル名を選択し、ファイルを開く。
- Compile ボタンを押す。Error message 及び Warning は、画面下の Window に表示される。

(2) リンク

- Build ボタンを押す。Error message 及び Warning は、画面下の Window に表示される。

6.4 実行

(1) 入力ファイル

- 入力ファイル名は、常に「IDAT.TXT」とする。パラメータを変えた入力データを保存したい場合は、名前を付けて（別名で）保存し、実行時に再び「IDAT.TXT」にする。
- 入力ファイルは、Workspace ファイル (MAIN.dsw) と同一のディレクトリーに存在していなければならない。

(2) 実行

- Execute Program ボタンを押す。

(3) 出力ファイル

- 以下に出力ファイルの一覧を示す。

INIB.TXT	: 各ブランチの初期値
ININ.TXT	: 各容器型機器の初期値
OUT1.TXT	: 出力結果
ECHO.TXT	: 入力データのエコー出力

7. 出力ファイル仕様

(1) 出力ファイルのフォーマット（表 7.1 参照）

出力ファイルは、以下のフォーマットとなる。

ラベル	「T」	「機器略称 + 機器番号 + 出力項目略称」	（総出力項目数分）
出力値	時間 1	出力量 1	出力時点数分
	～	～	
	時間 n	出力量 n	

この出力ファイルを Excel からテキストファイル形式で読み込み、グラフ化する。

(2) 略称の意味

出力項目略称及び機器略称については、表 3.2 を参照。

表 7.1 出力ファイル例

	BRCH001-RW	BRCH001-G	BRCH001-P	BRCH003-C3H8	BRCH003-H2O
0	26.6637928	0.06944	4137941.243	0	0
0.1	26.6636645	0.06944	4141867.32	0	0
0.2	26.6631636	0.06944	4145734.936	0	0
0.3	26.6623475	0.06944	4149553.626	0	0
0.4	26.6612011	0.06944	4153320.698	0	0
0.5	26.659736	0.06944	4157037.85	0	0
0.6	26.6579537	0.06944	4160705.182	0	0
0.7	26.6558596	0.06944	4164323.368	0	0
0.8	26.6534573	0.06944	4167892.868	0	0
0.9	26.6507513	0.06944	4171414.212	0	0
1	26.6477455	0.06944	4174887.901	0	0
1.1	26.644444	0.06944	4178314.44	0	0
1.2	26.6408509	0.06944	4181694.325	0	0
99.7	12.1735458	0.06944	4138290.99	0.0017	0.8315999
99.8	12.1735458	0.06944	4138290.99	0.0017	0.8315999
99.9	12.1735458	0.06944	4138290.99	0.0017	0.8315999
100	12.1735458	0.06944	4138290.989	0.0017	0.8315999

8. エラーメッセージ一覧

本解析コード実行時のエラーメッセージ一覧を、表 8.1 に示す。

表 8.1 エラーメッセージ一覧

No.	エラーメッセージ	内 容
1	Initialization failed ! (init)	初期値データが足りない
2	ERROR of connection data. node no. *** valve ***	弁への接続が誤っている
3	You must specify inlet pressure of branch, when the upper connected equipment is valve !(valv0) Valve local number is **	配管の上流圧力値がセットされていない
4	failure of initializing compressor (COMPO) Comp. No = **	圧縮機の運転点がQ-H特性曲線の範囲外である
5	comp. NO. ** connection data error	圧縮機への接続データが誤っている
6	PLOS No. ** connection ERROR	圧損要素への接続が誤っている
7	comp. NO. ** out of the range Q-H curve	圧縮機の運転点がQ-H特性範囲から外れた
8	failure of initialization of the range LOSS curve	圧損要素の運転点が特性の範囲から外れた
9	You must specify valve no. Or compressor no. to NOVLV or NOCOM when controller active. (CNTLO)	制御時のバルブ番号またはコンプレッサ番号が 入力されていない
10	Controller kind no. Is invalid !! (CNTLIN)	制御種類番号が不正である
11	Output value no. Is incorrect !! (stbrch)	出力項目番号が誤っている(配管)
12	Output value no. Is incorrect !! (ststgn)	〃 (蒸気発生器)
13	Output value no. Is incorrect !! (stvalv)	〃 (バルブ)
14	Output value no. Is incorrect !! (stradi)	〃 (放熱器)
15	Output value no. Is incorrect !! (stghtr)	〃 (ガス過熱器)
16	Output value no. Is incorrect !! (stshtsr)	〃 (蒸気過熱器)
17	Output value no. Is incorrect !! (stwhtr)	〃 (水予熱器)
18	Output value no. Is incorrect !! (stplos)	〃 (脱硫器・フィルタ)
19	Output value no. Is incorrect !! (stwtcl)	〃 (給水バイパス冷却器)
20	Output value no. Is incorrect !! (stcool)	〃 (ヘリウムガス冷却器)
21	Output value no. Is incorrect !! (stwtnk)	〃 (給水タンク)
22	Output value no. Is incorrect !! (stpmp)	〃 (給水ポンプ)
23	Output value no. Is incorrect !! (sttank)	〃 (ガスタンク)
24	Output value no. Is incorrect !! (stcomp)	〃 (コンプレッサ)

9. グラフ表示用プログラム使用手順

9.1 「グラフ表示ユーティリティー」

ここでは、解析結果用グラフ表示プログラム「グラフ表示ユーティリティー」の使用手順を示す。

- (1) 「graph.xls」を開き、「マクロを有効にする」ボタンを押す。
- (2) 「graph.xls」ウィンドウの大きさが最大となっている場合、標準の大きさに変える。
(ウィンドウ右側のボタンを押す。)
- (3) 「グラフ表示の実行」ボタンを押す。
- (4) 「数値結果ファイルを開く」ウィンドウにより、ファイルを開く（仮に開くファイル名を eout.txt とする）。
- (5) 「表示データの選択」をし、グラフ表示するデータを選択する。
- (6) 「実行」ボタンを押す。
- (7) 選択したデータごとに、グラフシートが作成される。
- (8) 「ファイル－印刷」を選択して、グラフを印刷する。
- (9) 「ファイル－閉じる」により、ファイルを閉じる。

注1：プログラムを中断したい場合には、キーボード上の「ESC」キーを押し、「終了」ボタンを押す。

注2：数値結果ファイル（eout.txt 等）を閉じる際には、必ず保存せずに終了する。保存させたい場合は、別名で保存する。そのまま保存して終了すると、次回から当プログラムによる結果表示ができなくなる。

9.2 「グラフ台紙」

ここでは、解析結果用グラフ表示プログラム「グラフ台紙」の使用手順を示す。

- (1) 「graph 台紙.xls」を開く。
- (2) 「ファイル－開く」により、表示するテキストファイル^(*1)または Excel ファイルを開く。
- (3) 開いたファイルから表示したい系列を選び、「graph 台紙.txt」の「value シート」へ貼り付ける。その際、貼り付け位置は、列 B 以降とすること。列 A は、グラフ表示されない。
- (4) 「グラフシート」で「印刷」を指定すれば、グラフが印刷される（印刷例は、図 10.2 及び図 10.3 参照）。
- (5) 1 度に表示できるグラフ数は、24 である。例えば、表示したいデータが 40 系列ある場合には、初めに 24 系列分貼り付けて印刷した後、残りの 16 系列を処理する。また「表示－改ページプレビュー」を選択し、ページ区切りを示す青い太線をドラッグすることで、1 ページに表示するグラフ数（最大は 24）を調整できる。

(6)作成したグラフを保存したい場合は「ファイルー名前を付けて保存」を選択し、別名で保存する。

(*1) テキストファイルが解析コードの結果出力「eout.txt」の場合、以下の手順を行う。

- ①「ファイルを開く」ウィンドウで、ファイルの種類を「すべてのファイル (*.*)」とする。
- ②開きたいテキストファイル (~.txt) を開く。
- ③データのファイル形式では「カンマやタブなどの…」を選び、「次へ」をクリックする。
- ④区切り文字で「カンマ」にチェックを追加する。

(参考) 表示するテキストファイルが「eout.txt」の場合、列 B から 24 系列おきの列の範囲を以下に示す。

範囲 1 : B~Y

範囲 2 : Z~AW

範囲 3 : AX~BU

範囲 4 : BV~CS

範囲 5 : CT~DQ

範囲 6 : DR~EO

範囲 7 : EP~FM

範囲 8 : FN~GK

範囲 9 : GL~HI

10. 入力データ例及び出力結果例

本章では、熱物質収支解析コードによる解析結果例を示す。本解析例での計算体系を図 10.1 に、その入力データを表 10.1 に、出力結果例を図 10.2 及び図 10.3 に示す。出力結果例における図の横軸は時間 (sec) を、縦軸は P: 壓力 (Pa)、T: 溫度 (°C)、H: エンタルピー (J/kg)、G: 流量 (kg/s) を示している。

本例は、シミュレーション時間 1000 秒の定常計算である。

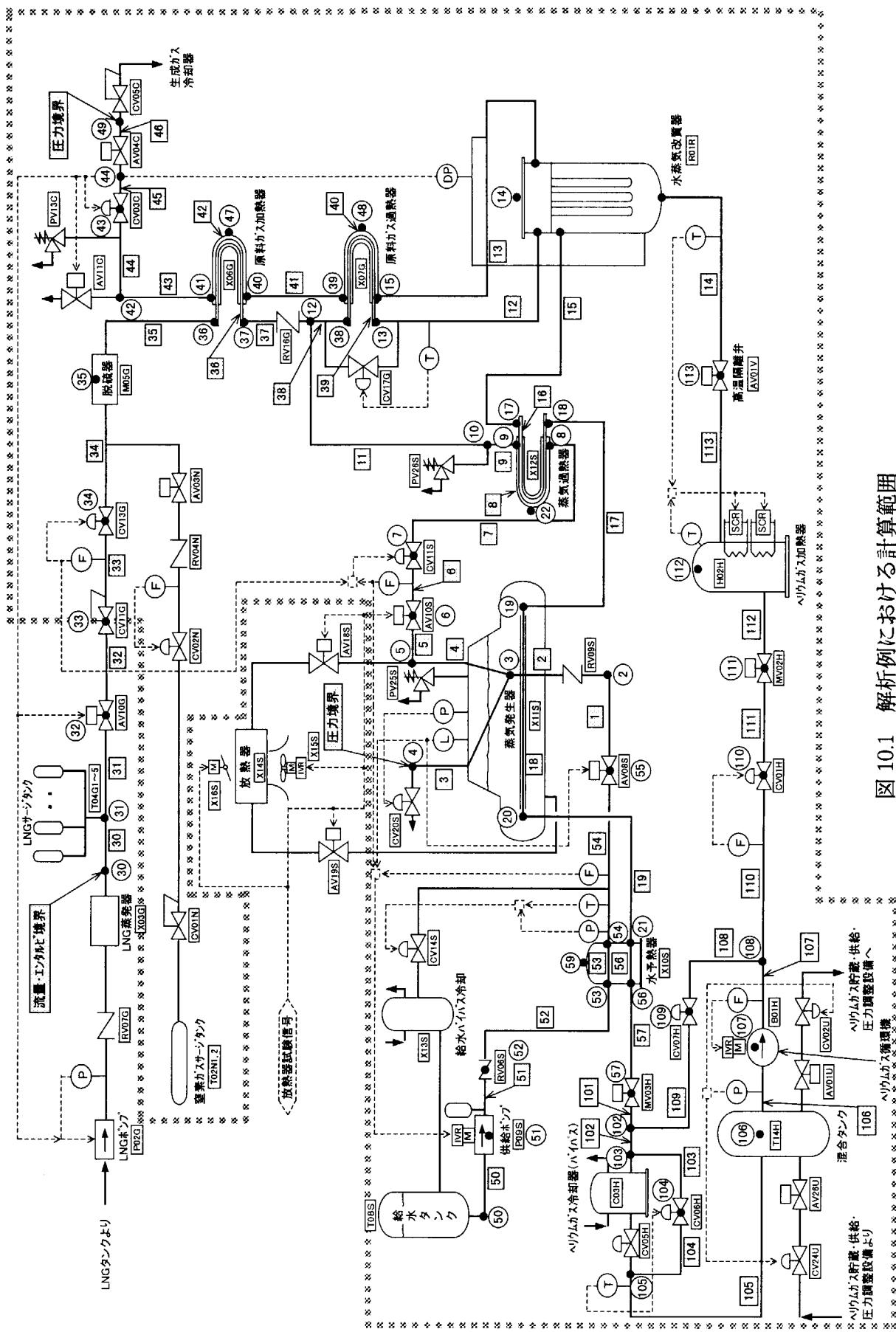


表 10.1 入力データ例 (1/19)

SYSTEM_process_Gbnd_SCnt.txt whole line is modeled except radiator line

1. 0e-3	1000000	77	75	1000000	1000	0	100000
10							
2. 016	14300.0	1					
28. 01	1050.0	2					
16. 043	2210.0	3					
44. 009	820.0	4					
30. 07	1720.0	5					
44. 097	1530.0	7					
58. 124	1520.0	9					
18. 016	4180.0	19					
28. 02	1040.0	20					
4. 003	5190.0	21					
50	4	4	50	51	2	0	
10. 0	0. 05	2. 5	10. 0	0. 0			
0. 0664	1000000. 0	88300. 0					
51	4	4	51	52			
10. 0	0. 05	2. 5	6. 75	0. 0			
0. 0664	4580000. 0	88300. 0					
52	4	4	52	53			
10. 0	0. 05	2. 5	15. 25	0. 0			
0. 0664	4550000. 0	88300. 0					
53	4	30	53	54			
50. 0	0. 05	2. 5	80. 0	0. 0			
0. 0664	0. 0	88300. 0					
54	4	4	54	132			
10. 0	0. 05	1. 25	1. 875	0. 0	-165. 0		
0. 0664	0. 0	936910. 0					
137	4	4	132	133			
10. 0	0. 05	1. 25	1. 875	0. 0			
0. 0	4546730. 1	934425. 0					
138	4	4	133	134			
10. 0	0. 05	1. 25	1. 875	0. 0			
0. 0	90193. 4	88300. 0					
139	4	4	134	135			
10. 0	0. 05	1. 25	1. 875	0. 0			
0. 0	0. 0	88300. 0					
140	4	4	135	50	0	1	
10. 0	0. 05	1. 25	1. 875	0. 0			
0. 0	0. 0	88300. 0					
136	4	4	132	55			
10. 0	0. 05	1. 25	1. 875	0. 0	-165. 0		
0. 0664	0. 0	934425. 0					
1	4	4	55	2			
10. 0	0. 05	2. 5	1. 5	0. 0	-330. 0		
0. 0664	4500579. 0	931940. 0					
2	4	4	2	3	0	1	
10. 0	0. 05	2. 5	1. 5	0. 0	-330. 0		
0. 0664	0. 0	926970. 0					
3	2	4	3	4	2	0	
10. 0	0. 05	0. 025	1. 5	0. 0			
0. 0194	4500000. 0	2796519. 0					
0. 0	0. 0	0. 0	0. 0	0. 0	0. 0	0. 0	1. 0
0. 0	0. 0						
4	2	4	3	5	2	0	

表 10.1 入力データ例 (2/19)

10.0	0.05	0.025	1.5	0.0	-258.0			
0.047	4500000.0	2796519.0						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
0.0	0.0							
5	2	4	5	6				
10.0	0.05	0.025	1.5	0.0	-258.0			
0.047	0.0	2791030.0						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
0.0	0.0							
6	2	4	6	7				
10.0	0.05	0.025	3.0	0.0	-258.0			
0.047	4341457.0	2785540.0						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
0.0	0.0							
7	2	4	7	8				
10.0	0.05	0.025	1.5	0.0	-257.0			
0.047	4245895.0	2780051.0						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
0.0	0.0							
8	2	40	8	9				
100.0	0.05	0.025	300.0	0.0				
0.047	0.0	2774583.0						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
0.0	0.0							
9	2	4	9	10				
10.0	0.05	0.025	30.0	0.0	-1070.0			
0.047	0.0	3177562.0						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
0.0	0.0							
11	2	4	10	12				
10.0	0.05	0.025	28.0	0.0	-1070.0			
0.047	0.0	3154796.0						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	1.0
0.0	0.0							
33	1	4	33	34				
10.0	0.05	2.5	4.5	0.0				
0.0119	19700000.	906487.0						
0.0	0.0	9.85E-1	0.0	5.57E-3	5.42E-3	3.59E-3	0.0	
0.0	0.0							
34	1	4	34	131				
10.0	0.05	1.25	13.25	0.0	.			
0.0119	4262239.0	906487.0						
0.0	0.0	9.85E-1	0.0	5.57E-3	5.42E-3	3.59E-3	0.0	
0.0	0.0							
135	1	4	131	35				
10.0	0.05	1.25	13.25	0.0				
0.0119	0.0	906487.0						
0.0	0.0	9.85E-1	0.0	5.57E-3	5.42E-3	3.59E-3	0.0	
0.0	0.0							
35	1	4	35	36				
10.0	0.05	2.5	14.5	0.0				
0.0119	4251798.0	906487.0						
0.0	0.0	9.85E-1	0.0	5.57E-3	5.42E-3	3.59E-3	0.0	
0.0	0.0							
36	1	8	36	37				
20.0	0.05	2.5	10000.0	0.0				

表 10.1 入力データ例 (3/19)

0. 0119	0. 0	906487. 0						
0. 0	0. 0	9. 85E-1	0. 0	5. 57E-3	5. 42E-3	3. 59E-3	0. 0	
0. 0	0. 0							
37	1	4	37	12				
10. 0	0. 05	2. 5	2000. 0	0. 0	-230. 0			
0. 0119	0. 0	907328. 0						
0. 0	0. 0	9. 85E-1	0. 0	5. 57E-3	5. 42E-3	3. 59E-3	0. 0	
0. 0	0. 0							
38	3	4	12	38				
10. 0	0. 05	0. 025	20. 0	0. 0	-290. 0			
0. 0589	4238698. 0	2678652. 0						
0. 0	0. 0	0. 2	0. 0	1. 13E-3	1. 10E-3	7. 28E-4	0. 797	
0. 0	0. 0							
150	3	4	38	153				
10. 0	0. 05	0. 025	20. 0	0. 0	0. 0			
0. 0	0. 0	2678652. 0						
0. 0	0. 0	0. 2	0. 0	1. 13E-3	1. 10E-3	7. 28E-4	0. 797	
0. 0	0. 0							
39	3	8	38	13				
20. 0	0. 05	0. 025	100. 0	0. 0				
0. 0589	0. 0	2673728. 0						
0. 0	0. 0	0. 2	0. 0	1. 13E-3	1. 10E-3	7. 28E-4	0. 797	
0. 0	0. 0							
12	3	4	13	14	0	3		
10. 0	0. 05	0. 025	5. 25	0. 0	-1370. 0			
0. 0589	4234398. 0	3003260. 0						
0. 0	0. 0	0. 2	0. 0	1. 13E-3	1. 10E-3	7. 28E-4	0. 797	
0. 0	0. 0							
151	3	4	153	13				
10. 0	0. 05	0. 025	5. 25	0. 0	0. 0			
0. 0	4234398. 0	3003260. 0						
0. 0	0. 0	0. 2	0. 0	1. 13E-3	1. 10E-3	7. 28E-4	0. 797	
0. 0	0. 0							
13	3	4	14	15	4	0		
10. 0	0. 05	0. 025	3. 75	0. 0	-1780. 0			
0. 0589	0. 0	3214723. 0						
0. 05241	0. 08695	0. 08599	0. 18494	0. 0	0. 0	0. 0	0. 58965	
0. 0	0. 0							
40	3	8	15	39				
20. 0	0. 05	0. 0125	235. 0	0. 0				
0. 0589	0. 0	3184502. 0						
0. 05241	0. 08695	0. 08599	0. 18494	0. 0	0. 0	0. 0	0. 58965	
0. 0	0. 0							
41	3	4	39	40				
10. 0	0. 05	0. 025	5. 25	0. 0	-740. 0			
0. 0589	0. 0	2854971. 0						
0. 05241	0. 08695	0. 08599	0. 18494	0. 0	0. 0	0. 0	0. 58965	
0. 0	0. 0							
42	3	8	40	41				
20. 0	0. 05	0. 0125	178. 0	0. 0				
0. 0589	0. 0	2842407. 0						
0. 05241	0. 08695	0. 08599	0. 18494	0. 0	0. 0	0. 0	0. 58965	
0. 0	0. 0							
43	3	4	41	42				
10. 0	0. 05	0. 025	2. 25	0. 0	-1300. 0			
0. 0589	0. 0	2842237. 0						

表 10.1 入力データ例 (4/19)

0.05241	0.08695	0.08599	0.18494	0.0	0.0	0.0	0.58965
0.0	0.0						
44	3	4	42	43			
10.0	0.05	0.025	2.25	0.0	-1300.0		
0.0589	0.0	2820166.0					
0.05241	0.08695	0.08599	0.18494	0.0	0.0	0.0	0.58965
0.0	0.0						
45	3	4	43	44			
10.0	0.05	0.025	2.25	0.0	-1300.0		
0.0589	216000.0	2798095.0					
0.05241	0.08695	0.08599	0.18494	0.0	0.0	0.0	0.58965
0.0	0.0						
46	3	4	44	49			
10.0	0.05	0.025	2.25	0.0	-1300.0		
0.0589	0.0	2776023.0					
0.05241	0.08695	0.08599	0.18494	0.0	0.0	0.0	0.58965
0.0	0.0						
113	1	16	112	113			
40.0	0.05	0.00625	2.25	0.0	-19735.0		
0.091	4063674.0	6427667.0					
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0						
14	1	16	113	14	0	1	
40.0	0.05	0.00625	2.25	0.0	-19735.0		
0.091	4004784.0	6210799.0					
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0						
15	1	16	14	17	2	0	
40.0	0.05	0.00625	1.5	0.0	-24794.0		
0.091	0.0	4819442.0					
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0						
16	1	18	17	18			
30.0	0.05	0.025	0.0	0.0			
0.091	0.0	4547000.0					
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0						
17	1	8	18	19			
20.0	0.05	0.0125	1.5	0.0	-6050.0		
0.091	0.0	4338868.0					
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0						
18	1	36	19	20			
60.0	0.05	0.025	0.01	0.0			
0.091	0.0	4272385.0					
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0						
19	1	8	20	21			
20.0	0.05	0.0125	3.75	0.0	-3900.0		
0.091	0.0	2904604.0					
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0						
56	1	30	21	56			
50.0	0.05	0.025	80.0	0.0			
0.091	0.0	2861747.0					
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表 10.1 入力データ例 (5/19)

0.0	1.0							
57	1	4	56	57				
10.0	0.05	0.025	4.5	0.0	-1430.0			
0.091	0.0	2242541.0						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0							
101	1	2	57	102				
10.0	0.05	0.010	4.5	0.0	-1430.0			
0.091	3914784.0	2226827.0						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0							
102	1	2	102	103				
4.0	0.05	0.010	0.0	0.0	-1430.0			
0.4	0.0	2211113.0						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0							
103	1	2	103	104				
4.0	0.05	0.010	0.0	0.0	-1430.0			
0.4	0.0	2207538.0						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0							
104	1	2	104	105				
4.0	0.05	0.010	0.0	0.0	-1430.0			
0.4	3900280.0	2203963.0						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0							
141	1	2	103	137				
4.0	0.05	0.010	0.0	0.0				
0.0	0.0	2207538.0						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0							
142	1	2	137	138				
4.0	0.05	0.010	0.0	0.0				
0.0	0.0	2207538.0						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0							
143	1	2	138	139				
4.0	0.05	0.010	0.0	0.0				
0.0	0.0	2207538.0						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0							
144	1	2	139	105				
4.0	0.05	0.010	0.0	0.0				
0.0	3909367.0	2200388.0						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0							
105	1	2	105	106				
4.0	0.05	0.010	0.0	0.0	-1430.0			
0.4	0.0	2200388.0						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0							
106	1	2	106	107				
4.0	0.05	0.010	0.0	0.0	-1430.0			
0.4	3892662.0	2196813.0						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0							

表 10.1 入力データ例 (6/19)

107	1	2	107	108				
4.0	0.05	0.010	0.0	0.0	-1430.0			
0.4	4087567.0	2223943.0						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0							
108	1	2	108	109				
4.0	0.05	0.025	0.0	0.0	-1430.0			
0.309	0.0	2220368.0						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0							
109	1	2	109	102				
4.0	0.05	0.025	0.0	0.0	-1430.0			
0.309	3918869.0	2215741.0						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0							
110	1	2	108	110				
5.0	0.05	0.025	2.25	0.0	-1430.0			
0.091	0.0	2220368.0						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0							
111	1	2	110	111				
5.0	0.05	0.025	3.75	0.0	-1430.0			
0.091	4074784.0	2204654.0						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0							
112	1	2	111	112				
5.0	0.05	0.025	2.25	0.0	-1430.0			
0.091	4064784.0	2188940.0						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0							
120	1	2	124	120				
5.0	0.05	0.025	2.25	0.0	0.0			
0.0	5000000.0	2196813.0						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0							
121	1	2	120	121				
5.0	0.05	0.025	2.25	0.0	0.0			
0.0	5000000.0	2196813.0						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0							
122	1	2	121	106				
5.0	0.05	0.025	2.25	0.0	0.0			
0.0	3892662.0	2196813.0						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0							
123	1	2	106	122				
5.0	0.05	0.025	2.25	0.0	0.0			
0.0	3892662.0	2196813.0						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0							
124	1	2	122	123				
5.0	0.05	0.025	2.25	0.0	0.0			
0.0	1900000.0	2196813.0						
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0							
125	1	2	123	125				

表 10.1 入力データ例 (7/19)

5.0	0.05	0.025	2.25	0.0	0.0		
0.0	1900000.0	2196813.0					
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.0	1.0						
130	1	2	126	127			
5.0	0.05	0.025	2.25	0.0	0.0		
0.0	4261993.0	906487.0					
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0						
131	1	2	127	128			
5.0	0.05	0.025	2.25	0.0	0.0		
0.0	4261993.0	906487.0					
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0						
132	1	2	128	129			
5.0	0.05	0.025	2.25	0.0	0.0		
0.0	4261993.0	906487.0					
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0						
133	1	2	129	130			
5.0	0.05	0.025	2.25	0.0	0.0		
0.0	4261993.0	906487.0					
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0						
134	1	2	130	131			
5.0	0.05	0.025	2.25	0.0	0.0		
0.0	4261993.0	906487.0					
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
1.0	0.0						
2							
WJNC	1						
	3						
STGN	1						
	124468.0						
	0.695	1.0	4500000.0				
	18						
	2						
	0.0	1.0	1.0	1.0			
	4						
VALV	1						
	2	1					
	0.	0.	1.	0.4288788			
	0.	0.3					
	5						
JUNC	2						
	6						
VALV	2						
	2	2					
	0.	0.	1.	2.0443569			
	0.	0.5					
	100.	0.5					
	7						
VALV	3						
	2	1					
	0.	0.	1.	2.6719646			
	0.	0.5					

表 10.1 入力データ例 (8/19)

		8							
JUNC	3								
	9								
JUNC	4								
	10								
JUNC	5								
	14								
RFMR	10								
6.	0.06	0.0039	0.1398	0.006		1			
0.1498	0.52	0.82	4	4	81				
0.55	0.0055								
50.	18000.								
7940.	7940.	160.	160.						
460.5	460.5	1046.5	1046.5						
22.8	22.8	0.104	0.639						
1100.	3767.								
1.05	288.15	0.	1.0067	4.0102					
1153.15									
723.15									
0.	0.	0.2000	0.	1.13e-3	0.	1.1e-3	0.	7.28e-4	0.
0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.	0.797	0.
0.	0.	0.	0.	0.					
1.	1.	1.	1.	1.	1.				
	1								
100.									
1.									
1.									
1.									
1.									
	17								
JUNC	6								
	18								
JUNC	7								
	19								
JUNC	8								
	20								
JUNC	9								
	22								
SHTR	1								
	16	8							
18940.0									
	51								
PUMP	1								
	0.0664	1							
	0.0	1.0							
	52								
WVLV	4								
	2	2							
	0.	0.	1.	1.0164320					
	0.	0.5							
	100.	0.5							
	53								
WJNC	10								
	54								
WJNC	11								
	132								

表 10.1 入力データ例 (9/19)

WJNC	30			
	133			
WVLV	22			
	2	2		
	0.	0.	1.	1. 7436535
	0.	0.0		
	100.	0.0		
	134			
WJNC	31			
	135			
WJNC	32			
	50			
WTNK	1			
	5.0	1.0	88300.0	
	2	2		
	0.0	1.0	100.0	1.0
	0.0	90193.4	100.0	90193.4
	136			
WTCL	1			
	139			
	2			
	0.0	0.0		
	100.0	0.0		
	55			
WVLV	5			
	2	2		
	0.	0.	1.	0. 8166753
	0.	0.5		
	100.	0.5		
	21			
JUNC	12			
	56			
JUNC	13			
	57			
VALV	6			
	2	2		
	0.	0.	1.	22. 640104
	0.	0.5		
	100.	0.5		
	59			
WHTR	1			
	56	53		
	56347.7			
	102			
JUNC	14			
	103			
JUNC	15			
	104			
VALV	7			
	2	1		
	0.	0.	1.	210. 67169
	0.	0.5		
	105			
JUNC	16			
	137			
JUNC	33			

表 10.1 入力データ例 (10/19)

	138							
JUNC	34							
	139							
VALV	23							
	2	1						
	0.	0.	1.	213.51191				
	0.	0.0						
	140							
COOL	1							
	142							
	0.0	32000.0	0.4					
	1.0							
	2							
	0.0	0.0664						
	100.0	0.0664						
	2							
	0.0	273.15						
	100.0	273.15						
	106							
TANK	2							
	50.0							
	2							
	0.0	0.0	100.0	0.0				
	107							
COMP	1							
	4	1	12282.3					
	0.0	0.600E4	0.095	0.550e+4	0.105	0.450e+4	0.120	0.000
	0.0	0.95258						
	108							
JUNC	17							
	109							
VALV	8							
	2	2						
	0.	0.	1.	30.297977				
	0.	0.5						
	100.	0.5						
	110							
VALV	9							
	2	1						
	0.	0.	1.	39.415959				
	0.	0.5						
	111							
VALV	10							
	2	2						
	0.	0.	1.	38.424245				
	0.	0.5						
	100.	0.5						
	112							
TANK	3							
	1.0							
	1							
	0.0	387154.0						
	113							
VALV	11							
	2	2						
	0.	0.	1.	9.0958420				

表 10.1 入力データ例 (11/19)

	0.	0.5						
	100.	0.5						
	33							
BCON	2							
	1	2						
	0.0		0.0119 906487.0					
	0.0	0.0	9.85E-1	0.0	5.57E-3	5.42E-3	3.59E-3	0.0
	0.0		0.0					
	100.0		0.0119 906487.0					
	0.0	0.0	9.85E-1	0.0	5.57E-3	5.42E-3	3.59E-3	0.0
	0.0		0.0					
	34							
VALV	12							
	2	2						
	0.	0.	1. 0. 3331648					
	0.		0.5					
	100.	0.5						
	131							
JUNC	29							
	35	0						
PLOS	1							
	2							
	0.0	0.0						
	1.0	836134.45						
	12							
JUNC	18							
	36							
JUNC	19							
	37							
JUNC	20							
	38							
JUNC	21							
	13							
JUNC	22							
	15							
JUNC	23							
	39							
JUNC	24							
	40							
JUNC	25							
	41							
JUNC	26							
	42	0						
JUNC	27							
	43							
VALV	13							
	2	1						
	0.	0.	1. 2. 7069905					
	0.		0.5					
	44							
JUNC	28							
	49							
BCON	3							
	0	2						
	0.0	203129.4						
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

表 10.1 入力データ例 (12/19)

	0.0	0.0						
100.0	203129.4							
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	0.0						
	47							
GHTR	1							
	42	36						
	10.0							
	48							
GHTR	2							
	40	39						
	19409.4							
	124							
BCON	4							
	0	2						
	0.0	5000000.0	2196813.0					
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	1.0						
	100.0	5000000.0	2196813.0					
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	1.0						
	120							
VALV	14							
	2	1						
	0.	0.	1.	10.0				
	0.	0.0						
	121							
VALV	15							
	2	3						
	0.	0.	1.	10.0				
	0.	0.5						
	200.	0.5						
	2000.	0.5						
	122							
VALV	16							
	2	3						
	0.	0.	1.	10.0				
	0.	0.5						
	200.	0.5						
	2000.	0.5						
	123							
VALV	17							
	2	1						
	0.	0.	1.	10.0				
	0.	0.0						
	125							
BCON	5							
	0	2						
	0.0	1900000.0	2196813.0					
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	1.0						
	100.0	1900000.0	2196813.0					
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	0.0	1.0						
	126							
BCON	6							

表 10.1 入力データ例 (13/19)

	0	2						
	0.0	4261993.0		906487.0				
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	1.0	0.0						
	100.0	4261993.0		906487.0				
	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	1.0	0.0						
	127							
VALV	18							
	2	2						
	0.	0.	1.	10.0				
	0.	0.0						
	100.	0.0						
	128							
VALV	19							
	2	2						
	0.	0.	1.	10.0				
	0.	0.0						
	100.	0.0						
	129							
VALV	20							
	2	2						
	0.	0.	1.	10.0				
	0.	0.0						
	100.	0.0						
	130							
VALV	21							
	2	2						
	0.	0.	1.	10.0				
	0.	0.0						
	100.	0.0						
	153							
VALV	25							
	2	1						
	0.	0.	1.	10.0				
	0.	0.0						
CNTL								
	1				NCKND (BASIC TYPE)			
	10				NCNT1			
	1	3	0	0	NL, NOVLV1, NOVLV2, NOCOM *** CV11S cntl (S/C)			
	6	1	1	-6 -33	ISNS, JSNS11, JSNS12, JSNS21, JSNS22			
	2				NSET			
	200.0	3.9495798			SET1, SET2			
	2000.0	3.9495798						
	0.000	+1.000	0.000	+1.000	XLIM1-11, XLIM1-21, XLIM1-12, XLIM1-22			
	0.0	0.0			XLIM2-1 , XLIM2-2			
	0.0	1.0			XLIM3-11, XLIM3-21			
	1.0	1.0	0.2	0.2	AKS1, AKS2, TS1, TS2			
	-21.3	20.0	0.0	0.5	AKR, AKC, TC1, TC2			
	0.2	0.0			TA1, TA2			
	0.0				NFX			
	0.0				NTBL11			
	0.0				NTBL12			
	0.0				NTBL21			
	0.0				NTBL22			
	1	13	0	0	NL, NOVLV1, NOVLV2, NOCOM *** Pdelt cntl			

表 10.1 入力データ例 (14/19)

4	1	1	13	-14		ISNS, JSNS11, JSNS12, JSNS21, JSNS22
2					NSET	
200.0	40000.0				SET1, SET2	
2000.0	40000.0					
-100000.0	+100000.0				XLIM111, XLIM121	
0.0	0.0				XLIM21 , XLIM22	
0.0	1.0				XLIM311, XLIM321	
1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	AKS1, AKS2, TS1, TS2	
+0.00005	0.01	0.0	2.0		AKR, AKC, TC1, TC2	
1.0	0.0				TA1, TA2	
0.0					NFX	
0.0					NTBL11	
0.0					NTBL12	
0.0					NTBL21	
0.0					NTBL22	
1	9	0	0		NL, NOVLV1, NOVLV2, NOCOM ### He flow cntl	
1	1	0	-110	0	ISNS, JSNS11, JSNS12, JSNS21, JSNS22	
2					NSET	
200.0	0.091				SET1, SET2	
2000.0	0.091					
0.000	+1.000				XLIM111, XLIM121	
0.0	0.0				XLIM21 , XLIM22	
0.0	1.0				XLIM311, XLIM321	
1.0	0.0	0.2	0.0	0.0	AKS1, AKS2, TS1, TS2	
-11.0	1.0	0.0	2.0		AKR, AKC, TC1, TC2	
2.0	0.0				TA1, TA2	
0.0					NFX	
0.0					NTBL11	
0.0					NTBL12	
0.0					NTBL21	
0.0					NTBL22	
1	1	0	0		NL, NOVLV1, NOVLV2, NOCOM ### Psteam cntl	
2	1	0	3	0	ISNS, JSNS11, JSNS12, JSNS21, JSNS22	
2					NSET	
200.0	4500000.0				SET1, SET2	
2000.0	4500000.0					
0.0	+1.E7				XLIM111, XLIM121	
0.0	0.0				XLIM21 , XLIM22	
0.0	1.0				XLIM311, XLIM321	
1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	AKS1, AKS2, TS1, TS2	
+2.2E-7	0.1	0.0	5.0		AKR, AKC, TC1, TC2	
1.0	0.0				TA1, TA2	
0.0					NFX	
0.0					NTBL11	
0.0					NTBL12	
0.0					NTBL21	
0.0					NTBL22	
1	7	0	0		NL, NOVLV1, NOVLV2, NOCOM ### He_cool cntl1	
3	1	0	105	0	ISNS, JSNS11, JSNS12, JSNS21, JSNS22	
2					NSET	
200.0	423.15				SET1, SET2	
2000.0	423.15					
0.0	1000.00				XLIM111, XLIM121	
0.0	0.0				XLIM21 , XLIM22	
0.0	1.0				XLIM311, XLIM321	
1.0	0.0	1.0	0.0	0.0	AKS1, AKS2, TS1, TS2	

表 10.1 入力データ例 (15/19)

-0. 00236	1. 0	0. 0	2. 0	AKR, AKC, TC1, TC2
1. 0	0. 0			TA1, TA2
0. 0				NFX
0. 0				NTBL11
0. 0				NTBL12
0. 0				NTBL21
0. 0				NTBL22
1 23	0 0			NL, NOVLV1, NOVLV2, NOCOM ### He_cool cntl2
3 1	0 105	0		ISNS, JSNS11, JSNS12, JSNS21, JSNS22
2				NSET
200. 0	423. 15			SET1, SET2
2000. 0	423. 15			
0. 0	1000. 00			XLIM111, XLIM121
0. 0	0. 0			XLIM21 , XLIM22
0. 0	1. 0			XLIM311, XLIM321
1. 0	0. 0	1. 0	0. 0	AKS1, AKS2, TS1, TS2
+0. 00236	1. 0	0. 0	2. 0	AKR, AKC, TC1, TC2
1. 0	0. 0			TA1, TA2
0. 0				NFX
0. 0				NTBL11
0. 0				NTBL12
0. 0				NTBL21
0. 0				NTBL22
1 14	0 0			NL, NOVLV1, NOVLV2, NOCOM ### Hegas_pres1
2 1	0 106	0		ISNS, JSNS11, JSNS12, JSNS21, JSNS22
2				NSET
200. 0	3892662. 0			SET1, SET2
2000. 0	3892662. 0			
0. 0	+1. E7			XLIM111, XLIM121
0. 0	0. 0			XLIM21 , XLIM22
0. 0	1. 0			XLIM311, XLIM321
1. 0	0. 0	1. 0	0. 0	AKS1, AKS2, TS1, TS2
-2. 5E-7	0. 5	0. 0	5. 0	AKR, AKC, TC1, TC2
1. 0	0. 0			TA1, TA2
0. 0				NFX
0. 0				NTBL11
0. 0				NTBL12
0. 0				NTBL21
0. 0				NTBL22
1 17	0 0			NL, NOVLV1, NOVLV2, NOCOM ### Hegas_pres2
2 1	0 106	0		ISNS, JSNS11, JSNS12, JSNS21, JSNS22
2				NSET
200. 0	3892662. 0			SET1, SET2
2000. 0	3892662. 0			
0. 0	+1. E7			XLIM111, XLIM121
0. 0	0. 0			XLIM21 , XLIM22
0. 0	1. 0			XLIM311, XLIM321
1. 0	0. 0	1. 0	0. 0	AKS1, AKS2, TS1, TS2
+2. 5E-7	0. 5	0. 0	5. 0	AKR, AKC, TC1, TC2
1. 0	0. 0			TA1, TA2
0. 0				NFX
0. 0				NTBL11
0. 0				NTBL12
0. 0				NTBL21
0. 0				NTBL22
1 0	0 1			NL, NOVLV1, NOVLV2, NOCOM ### comp cntl

表 10.1 入力データ例 (16/19)

1	1	0	107	0		ISNS, JSNS11, JSNS12, JSNS21, JSNS22
2						NSET
200.0		0.400				SET1, SET2
2000.0		0.400				
0.000		+1.000				XLIM111, XLIM121
0.0		0.0				XLIM21 , XLIM22
+0.0		+10.0				XLIM311, XLIM321
1.0		0.0	0.2	0.0		AKS1, AKS2, TS1, TS2
-2.5		1.0	0.0	2.0		AKR, AKC, TC1, TC2
2.0		0.0				TA1, TA2
0.0						NFX
0.0						NTBL11
0.0						NTBL12
0.0						NTBL21
0.0						NTBL22
1	25	0	0			NL, NOVLV1, NOVLV2, NOCOM ### process_temp
3	1	0	-12	0		ISNS, JSNS11, JSNS12, JSNS21, JSNS22
2						NSET
200.0		723.15				SET1, SET2
2000.0		723.15				
0.0		1000.0				XLIM111, XLIM121
0.0		0.0				XLIM21 , XLIM22
0.0		1.0				XLIM311, XLIM321
1.0		0.0	1.0	0.0		AKS1, AKS2, TS1, TS2
+0.001383		0.1	0.0	20.0		AKR, AKC, TC1, TC2
1.0		0.0				TA1, TA2
0.0						NFX
0.0						NTBL11
0.0						NTBL12
0.0						NTBL21
0.0						NTBL22
2						NCKND (WATER LEVEL OF STGEN)
1						NOP
2						NSET(1)
200.0		0.695				SET(1, 1, 1), SET(1, 2, 1)
2000.0		0.695				SET(2, 1, 1), SET(2, 2, 1)
2						NSET(2)
200.0		0.695				SET(1, 1, 2), SET(1, 2, 2)
2000.0		0.695				SET(2, 1, 2), SET(2, 2, 2)
2						NSET(3)
200.0		0.0664				SET(1, 1, 3), SET(1, 2, 3)
2000.0		0.0664				SET(2, 1, 3), SET(2, 2, 3)
2						NSET(4)
200.0		0.0664				SET(1, 1, 4), SET(1, 2, 4)
2000.0		0.0664				SET(2, 1, 4), SET(2, 2, 4)
0.0		10.0				XLIM1(1, 1), XLIM1(2, 1)
0.0		10.0				XLIM1(1, 2), XLIM1(2, 2)
0.0		10.0				XLIM1(1, 3), XLIM1(2, 3)
0.0		10.0				XLIM1(1, 4), XLIM1(2, 4)
0.0		10.0				XLIM2(1, 1), XLIM2(2, 1)
0.0		10.0				XLIM2(1, 2), XLIM2(2, 2)
0.0		10.0				XLIM2(1, 3), XLIM2(2, 3)
0.0		10.0				XLIM3(1), XLIM3(2)
1.0		1.0	1.0	1.0		AKS(1), AKS(2), AKS(3), AKS(4)
0.2		0.2	0.2	0.2		TS(1), TS(2), TS(3), TS(4)
-0.001		-0.001	-0.001	-0.001		AKR(1), AKR(2), AKR(3), AKR(4)

表 10.1 入力データ例 (17/19)

0.1	0.1	0.1	AKC(1), AKC(2), AKC(3)
0.0	0.0	0.0	TC1(1), TC1(2), TC1(3)
1000.0	1000.0	1000.0	TC2(1), TC2(2), TC2(3)
0.2			TA
0			NFT
0			NTBL
3			NCKND (HERIUM GAS HEATER)
3			NOTNK
2			NSET1
200.0	1153.15		SET11, SET21 (REFORMER TEMP.)
2000.0	1153.15		
2			NSET2
200.0	2000.0		SET12, SET22 (HEATER TEMP.)
2000.0	2000.0		
0.000	10000.0		XLIM111, XLIM121
0.000	10000.0		XLIM112, XLIM122
0.0	0.0		XLIM211, XLIM221
0.0	0.0		XLIM212, XLIM222
-5000000.0	5000000.0		XLIM31 , XLIM32
1.0	1.0		AKS1, AKS2
0.2	0.2		TS1, TS2
-280.0	-280.0		AKR1, AKR2
1.0	1.0		AKC1, AKC2
0.0	0.0		TC11, TC12
2.0	2.0		TC21, TC22
0.2			TA
0			NSG
0			NTBL
OUTS			
BRCH	12	2	
BRCH	14	2	
BRCH	12	15	
BRCH	12	16	
BRCH	13	15	
BRCH	14	16	
BRCH	15	15	
NODE	43	88	
NODE	14	93	
NODE	14	3081	
NODE	14	3071	
NODE	14	3061	
NODE	14	3051	
NODE	14	3041	
NODE	14	3031	
NODE	14	3021	
NODE	14	3011	
NODE	14	3001	
NODE	14	2081	
NODE	14	2071	
NODE	14	2061	
NODE	14	2051	
NODE	14	2041	
NODE	14	2031	
NODE	14	2021	
NODE	14	2011	
NODE	14	2001	

表 10.1 入力データ例 (18/19)

NODE	14	4081
NODE	14	4071
NODE	14	4061
NODE	14	4051
NODE	14	4041
NODE	14	4031
NODE	14	4021
NODE	14	4011
NODE	14	4001
NODE	14	5001
NODE	14	5011
NODE	14	5021
NODE	14	5031
NODE	14	5041
NODE	14	5051
NODE	14	5061
NODE	14	5071
NODE	14	5081
NODE	1432001	
NODE	1432011	
NODE	1432021	
NODE	1432031	
NODE	1432041	
NODE	1432051	
NODE	1432061	
NODE	1432071	
NODE	1432081	
BRCH	18	15
BRCH	18	16
BRCH	4	15
NODE	4	88
BRCH	4	3
NODE	51	91
NODE	3	50
BRCH	2	2
BRCH	142	16
BRCH	107	1
BRCH	107	3
NODE	107	86
NODE	107	90
NODE	107	91
BRCH	33	1
BRCH	38	15
BRCH	101	16
BRCH	105	15
NODE	139	88
BRCH	141	2
NODE	104	88
BRCH	103	2
BRCH	106	1
BRCH	106	3
NODE	120	88
NODE	123	88
BRCH	122	2
NODE	109	88
BRCH	108	2
		1

表 10.1 入力データ例 (19/19)

```
NODE 110 88 1
BRCH 110 2 1
BRCH 110 4 1
NODE 7 88
BRCH 6 2
BRCH 13 3
BRCH 14 4
NODE 140 61
NODE 112 61
BRCH 112 16
BRCH 113 15
BRCH 11 2
BRCH 37 2
BRCH 38 1
BRCH 120 3 1
BRCH 125 4 1
BRCH 121 2 1
BRCH 121 4 1
NODE 121 88 1
NODE 122 88 1
BRCH 150 2 1
BRCH 151 16 1
NODE 153 88 1
OUTE
```

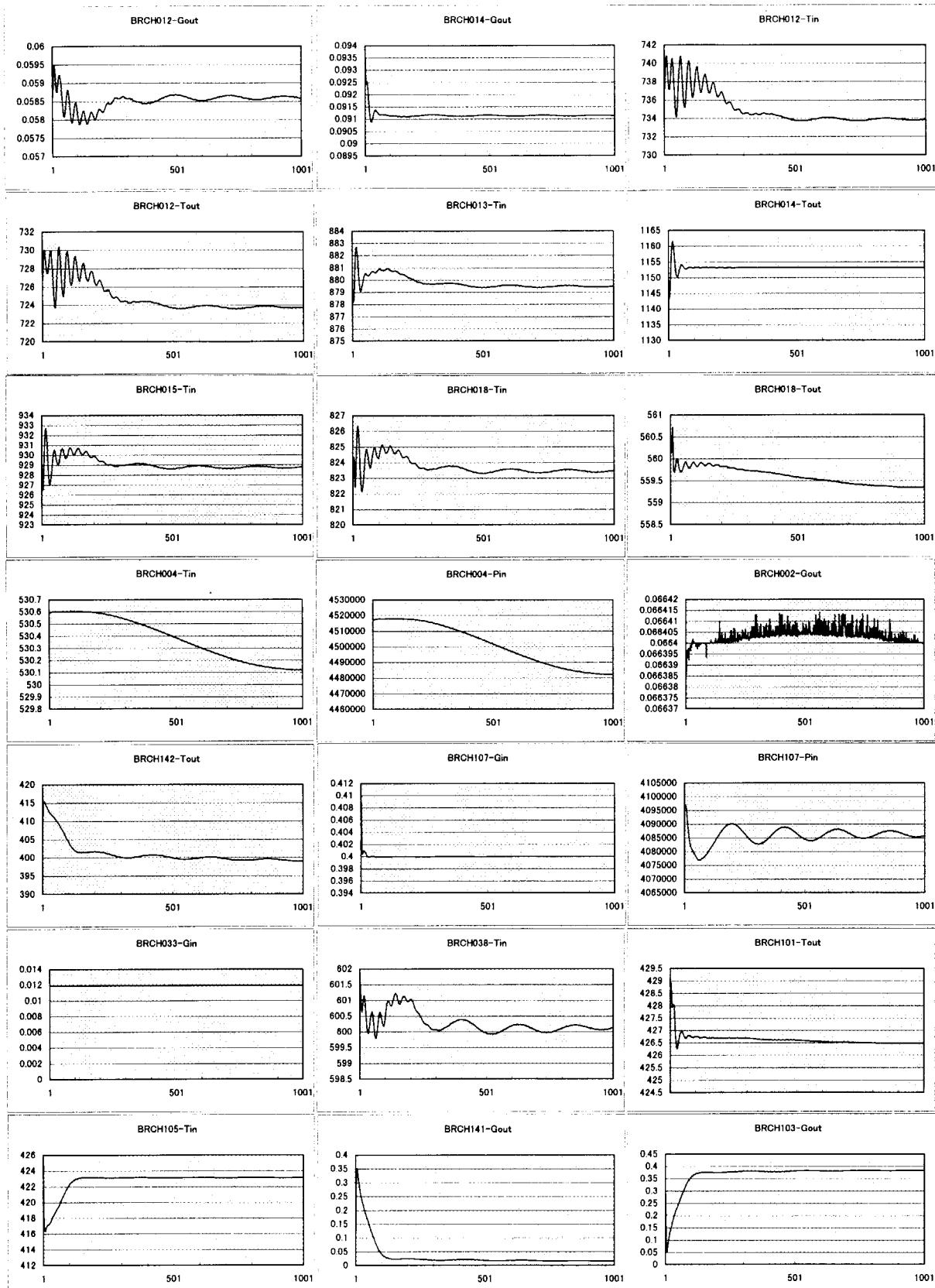


図 10.2 出力結果例 (1)

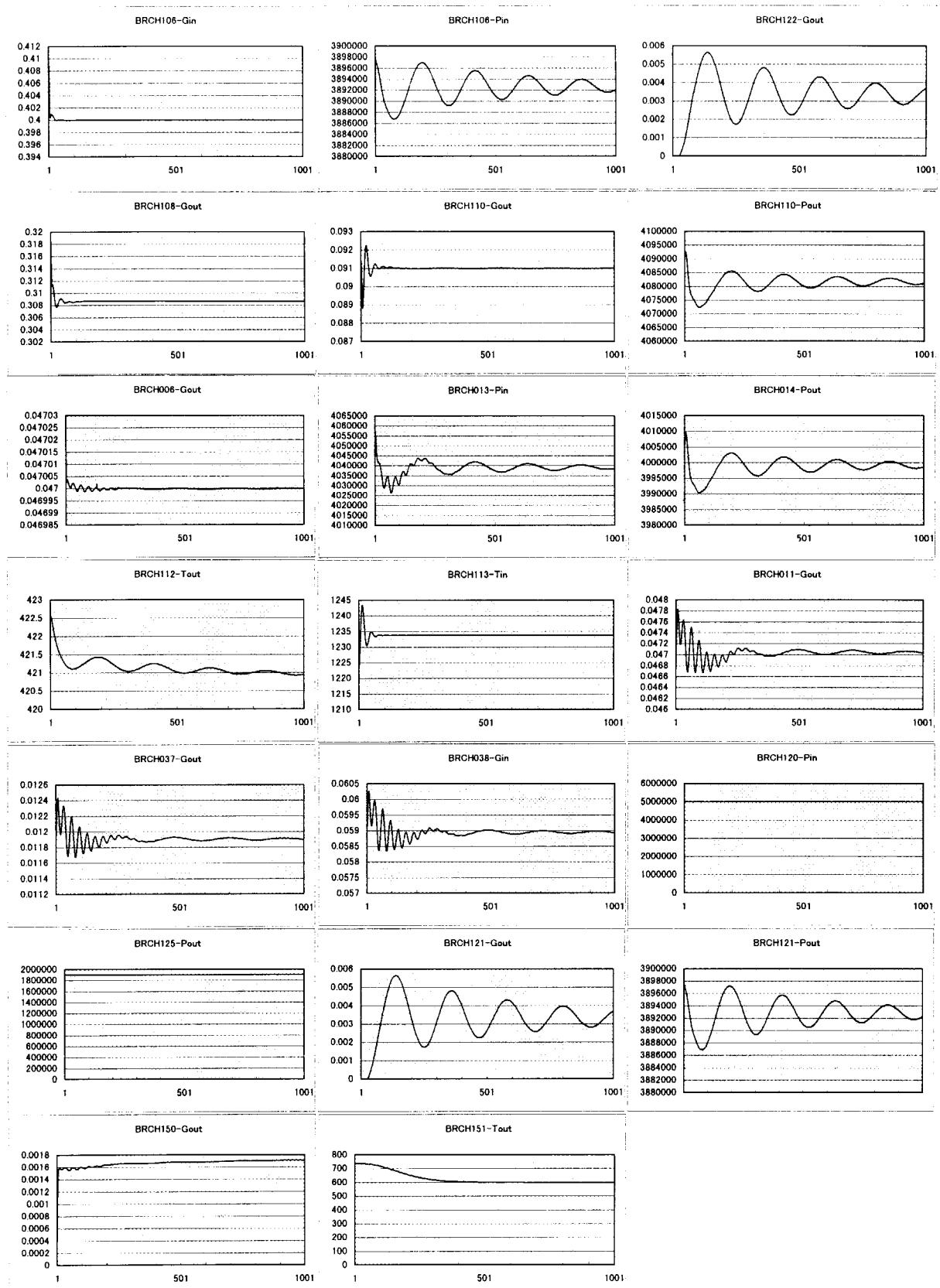


図 10.3 出力結果例 (2)

11.まとめ

HTTR 熱利用系炉外実証試験装置の過渡挙動の事前解析、試験方法の検討及び試験結果の検討・評価を目的とした熱物質収支解析コードを開発した。本報告書では、熱物質収支解析コードに関し、使用されている基礎式、入力データ及び実行方法等、その使用方法について述べた。今後は、熱物質収支解析コードを用いて、コードの検証及び事前解析を行っていく予定である。

謝 辞

本報告書をまとめるにあたりご指導いただいた、核熱利用研究部高温機器開発試験室 小川益郎室長に深く感謝致します。

参考文献

- (1) 稲垣、羽田、西原、武田、日野、羽賀、“HTTR 熱利用系の炉外技術開発試験水素製造システムの運転制御の構成と過渡特性”、JAERI-Tech 97-050 (1997) .

使用記号

3.2節及び5.2節で使用された記号の一覧及び意味を以下に示す。なお使用された記号の単位は、全てSI単位である（表3.1等を参照）。

アルファベット

A	: 伝熱面積（式（3.84）等）、水表面面積（式（3.93）等） 断面積（式（5.1）等）、cell断面積（式（5.10）等）
$A_1 \sim A_{18}$	: 頻度因子
C	: 比熱
C_{pk}	: ガス成分 k の定圧比熱
C_{vk}	: ガス成分 k の定積比熱
C_p	: 定圧比熱
C_v	: 定積比熱
C_V	: C_V 値
$coef.$	: 伝達係数
D	: 管内径
E	: エネルギー
$E_1 \sim E_{18}$	: 活性化エネルギー
E_1	: 領域1のエネルギー
E_2	: 領域2のエネルギー
e	: 内部エネルギー
F	: 単位質量当たりの摩擦力
F_t	: 温度差補正係数
G	: (質量) 流量
G_f	: 流入流体の比重
G_{vol}	: 体積流量
H	: 水頭
g	: 重力加速度
h	: エンタルピー
h_g	: ガス(水蒸気)のエンタルピー
h_f	: 液体(水)のエンタルピー
h_t	: 热伝達率
j_g	: the vapor volumetric flux
j_l	: the liquid volumetric flux
K	: 比例定数
K_1, K_2	: 平衡定数
k	: 热伝導率
L	: 配管長さ(式(3.3)等)、混合水位(式(3.97)等)
l	: 冷却塔高さ
M	: 保有水量
M_g	: ガス(水蒸気)の質量

M_f	: 液体(水)の質量
M_{g1}	: 領域1のガス(水蒸気)質量(水面下気相質量)
M_{g2}	: 領域2のガス(水蒸気)質量
M_{f1}	: 領域1の液体(水)質量(水面下液相質量)
M_{f2}	: 領域2の液体(水)質量
M_k	: ガス成分 k の分子量
m_k	: ガス成分 k の質量比
m_{ki}	: 注入ガス成分 k の質量比
n	: ポンプ回転数
Nu	: ヌッセルト数
Pr	: プラントル数
P, p	: 圧力、分圧、内圧
ΔP	: 圧力損失(差圧)
Q	: 伝熱量、風量(Heガス循環器、LNGガス圧縮機)
Q_{vol}	: 単位体積当たりの伝熱量
R	: ガス定数
Re	: レイノルズ数
S	: 冷却塔平均断面積
S_k	: ガス成分 k の生成消滅項
$S(u)$	: スリップ比を考慮した補正項
$S_1(e)$	: スリップ比を考慮した補正項
$S_2(e)$	: スリップ比を考慮した補正項
s	: パラメータ
$r_1 \sim r_{18}$	: 反応速度
T	: 温度
t	: 時間
U	: 伝熱係数
U_B	: 気泡上昇速度
u	: 流速、速度
Vol, V	: 容積
V_1	: 領域1の容積
V_2	: 領域2の容積
V_g	: 気体(水蒸気)の質量比容積
V_f	: 液体(水)の質量比容積
V_{g1}	: 水面下気相比容積
V_{f2}	: 水面下液層比容積
V_{total}	: 全容積
v	: 自然対流、機械通風による風速
v_l	: 冷却塔高さ l における風速
W	: 流量
W_B	: 水面からの蒸発量
W_{fg}	: 自己蒸発量
W_{fg1}	: 領域1の自己蒸発量

W_{fg2}	: 領域 2 の自己蒸発量
X_1	: 領域 1 のクオリティー
X_2	: 領域 2 のクオリティー
x	: 配管軸方向座標、位置

ギリシャ文字

α	: 平均ボイド率
λ	: 管摩擦係数
ν	: 動粘性係数
μ	: 粘性係数
θ	: 配管流れ正方向と水平線のなす角度
ρ	: 密度
Ω	: 管路の容積（式（3.8）等）、冷却塔容積（式（3.104）等）
σ	: 平均表面張力
ζ	: 損失係数

添字

a	: 外気
e	: 大気
g	: 気体（水蒸気）
f	: 液体（水）
k	: ガス成分 k
s	: 飽和
in	: 入口
out	: 出口
H	: 高温側
L	: 低温側
1	: 上流側（流入、入口）
2	: 下流側（流出、出口）
3	: 下流側（流出、出口）

注：添字が連続している場合、各添字の意味をつなげる。例えば、 T_{H1} のような場合には「 T_{H1} ：高温側流入（入口）温度」を意味する。

This is a blank page.

国際単位系(SI)と換算表

表1 SI基本単位および補助単位

量	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質量	モル	mol
光度	カンデラ	cd
平面角	ラジアン	rad
立体角	ステラジアン	sr

表3 固有の名称をもつSI組立単位

量	名称	記号	他のSI単位による表現
周波数	ヘルツ	Hz	s ⁻¹
力	ニュートン	N	m·kg/s ²
圧力、応力	パスカル	Pa	N/m ²
エネルギー、仕事、熱量	ジュール	J	N·m
功率、放射束	ワット	W	J/s
電気量、電荷	クーロン	C	A·s
電位、電圧、起電力	ボルト	V	W/A
静電容量	ファラード	F	C/V
電気抵抗	オーム	Ω	V/A
コンダクタンス	ジーメンス	S	A/V
磁束	ウェーバ	Wb	V·s
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A
セルシウス温度	セルシウス度	C	
光束度	ルーメン	lm	cd·sr
照度	ルクス	lx	lm/m ²
放射能	ベクレル	Bq	s ⁻¹
吸収線量	グレイ	Gy	J/kg
線量等量	シーベルト	Sv	J/kg

表2 SIと併用される単位

名 称	記 号
分、時、日	min, h, d
度、分、秒	°, ′, ″
リットル	L, l
トン	t
電子ボルト	eV
原子質量単位	u

$$1 \text{ eV} = 1.60218 \times 10^{-19} \text{ J}$$

$$1 \text{ u} = 1.66054 \times 10^{-27} \text{ kg}$$

表5 SI接頭語

倍数	接頭語	記号
10 ¹⁸	エクサ	E
10 ¹⁵	ペタ	P
10 ¹²	テラ	T
10 ⁹	ギガ	G
10 ⁶	メガ	M
10 ³	キロ	k
10 ²	ヘクト	h
10 ¹	デカ	da
10 ⁻¹	デシ	d
10 ⁻²	センチ	c
10 ⁻³	ミリ	m
10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ⁻¹⁸	アト	a

(注)

- 表1～5は「国際単位系」第5版、国際度量衡局1985年刊行による。ただし、1eVおよび1uの値はCODATAの1986年推奨値によった。
- 表4には海里、ノット、アール、ヘクタールも含まれているが日常の単位なのでここでは省略した。
- barは、JISでは流体の圧力を表わす場合に限り表2のカテゴリーに分類されている。
- EC開発理事会指令ではbar、barnおよび「血圧の単位」mmHgを表2のカテゴリーに入れている。

換 算 表

力	N(=10 ⁵ dyn)	kgf	lbf
1	0.101972	0.224809	
9.80665	1	2.20462	
4.44822	0.453592	1	

$$\text{粘度 } 1 \text{ Pa}\cdot\text{s}(\text{N}\cdot\text{s}/\text{m}^2)=10 \text{ P(ボアズ)}(\text{g}/(\text{cm}\cdot\text{s}))$$

$$\text{動粘度 } 1 \text{ m}^2/\text{s}=10^4 \text{ St(ストークス)(cm}^2/\text{s)}$$

圧力	MPa(=10bar)	kgf/cm ²	atm	mmHg(Torr)	lbf/in ² (psi)
1	10.1972	9.86923	7.50062 × 10 ³	145.038	
0.0980665	0.0980665	1	0.967841	735.559	14.2233
0.444822	0.4101325	1.03323	1	760	14.6959
	1.33322 × 10 ⁻¹	1.35951 × 10 ⁻³	1.31579 × 10 ⁻³	1	1.93368 × 10 ⁻²
	6.89476 × 10 ⁻³	7.03070 × 10 ⁻⁵	6.80460 × 10 ⁻⁵	51.7149	1

エネルギー・仕事・熱量	J(-10 ⁵ erg)	kgf·m	kW·h	cal(計量法)	Btu	ft·lbf	eV	1 cal= 4.18605J (計量法)
	1	0.101972	2.77778 × 10 ⁻⁷	0.238889	9.47813 × 10 ⁻⁴	0.737562	6.24150 × 10 ¹⁸	= 4.184J (熱化学)
9.80665	1	2.72407 × 10 ⁻⁶	2.34270	9.29487 × 10 ⁻⁴	7.23301	6.12082 × 10 ¹⁹	= 4.1855J (15°C)	
3.6 × 10 ⁶	3.67098 × 10 ⁵	1	8.59999 × 10 ⁵	3412.13	2.65522 × 10 ⁶	2.24694 × 10 ²⁵	= 4.1868J (国際蒸気表)	
4.18605	0.426858	1.16279 × 10 ⁻⁶	1	3.96759 × 10 ⁻⁵	3.08747	2.61272 × 10 ¹⁹	仕事率 1 PS(仏馬力)	
1055.06	107.586	2.93072 × 10 ⁻¹	252.042	1	778.172	6.58515 × 10 ²¹	= 75 kgf·m/s	
1.35582	0.138255	3.76616 × 10 ⁻⁷	0.323890	1.28506 × 10 ⁻³	1	8.46233 × 10 ¹⁸	= 735.499W	
1.60218 × 10 ¹⁹	1.63377 × 10 ²⁰	4.45050 × 10 ⁻²⁶	3.82743 × 10 ⁻²⁰	1.51857 × 10 ⁻²²	1.18171 × 10 ⁻¹⁹	1		

放射能	Bq	Ci
	1	2.70270 × 10 ⁻¹⁰
	3.7 × 10 ¹⁰	1

吸収線量	Gy	rad
	1	100
	0.01	1

照射線量	C/kg	R
	1	3876
	2.58 × 10 ⁻³	1

線量率	Sv	rem
	1	100
	0.01	1

(86年12月26日現在)

HTR熱利用系炉外技術開発試験熱物質収支解析コードの開発（受託研究）