

LEAP コード用ブローダウンコードの改良

(核燃料サイクル開発機構 契約業務報告書)

2003年3月



株式会社 日立製作所

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせ
ください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4番地49

核燃料サイクル開発機構

技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to :

Technical Cooperation Section

Technology Management Division,

Japan Nuclear Cycle Development Institute

4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1184,

Japan

© 核燃料サイクル開発機構

(Japan Nuclear Cycle Development Institute)

2003

LEAPコード用ブローダウンコードの改良

(核燃料サイクル開発機構 契約業務報告書)

糸岡聡(*), 藤又和博(*)

要 旨

高速炉の蒸気発生器における伝熱管破損事故に起因するナトリウム-水反応現象評価の高度化の一環として、高温ラプチャ型破損評価手法の更なる整備が進められ、限界熱流束とPost-CHF伝熱相関式に関する軽水炉研究の調査に基づいて伝熱管内の冷却条件（管内熱伝達相関）の整理が実施された。

本作業では、上述の管内冷却条件の整理を反映することを主目的として、次に示すLEAPコード用ブローダウンコードの改良を実施した。また、改良したLEAP-BLOWコードに対して機能確認のための適用計算を実施し、改良コードの妥当性を確認した。

- ・ 限界熱流束 (CHF) 判定式 (甲藤の式及びTongの式) の追加
- ・ Post-CHF伝熱相関式 (Condie-BengstonIVの式及びGroeneveld 5.9の式) の追加
- ・ 水・蒸気の物性値及び臨界流量計算モデルの圧力上限を水の臨界圧力まで拡張
- ・ 考慮できる配管数及び総セクションの拡張と入力書式の変更
- ・ 任意箇所の圧力を、PID制御による調整弁の弁開度により制御できる機能の追加

本報告書は、株式会社 日立製作所が核燃料サイクル開発機構との契約により実施した業務成果に関するものである。

機構担当部課室：大洗工学センター 要素技術開発部 熱化学安全試験グループ

*：株式会社 日立製作所

Improvement of Blow Down Model for LEAP Code

Satoshi ITOOKA(*) and Kazuhiro FUJIMATA(*)

Abstract

In Japan Nuclear Cycle Development Institute, the improvement of analysis method for overheating tube rupture was studied for the accident of sodium-water reactions in the steam generator of a fast breeder reactor and the evaluation of heat transfer condition in the tube were carried out based on study of critical heat flux (CHF) and post-CHF heat transfer equation in Light Water Reactors.

In this study, the improvement of blow down model for the LEAP code was carried out taking into consideration the above-mentioned evaluation of heat transfer condition. Improvements of the LEAP code were following items. Calculations and verification were performed with the improved LEAP code in order to confirm the code functions.

- The addition of critical heat flux (CHF) by the formula of Katto and the formula of Tong.
- The addition of post-CHF heat transfer equation by the formula of Condie-BengstonIV and the formula of Groeneveld 5.9.
- The physical properties of the water and steam are expanded to the critical conditions of the water.
- The expansion of the total number of section and the improvement of the input form.
- The addition of the function to control the valve setting by the PID control model.

This work was performed by Hitachi Ltd. under contract with Japan Nuclear Cycle Development Institute.

JNC Liaison: Thermochemistry Safety Engineering Group,
Advanced Technology Division, O-arai Engineering Center

* : Hitachi, Ltd.

目次

	頁
1. 目的・概要	1- 1
2. LEAP コード用ブローダウンコードの改良	2- 1
2.1 限界熱流束 (CHF) 判定式と Post-CHF 伝熱相関式の追加	2. 1- 1
2.2 水・蒸気表の圧力上限値の拡大	2. 2- 1
2.3 計算モデルの拡張及び入力書式の変更	2. 3- 1
2.4 PID 制御機能の追加	2. 4- 1
3. 機能確認計算	3- 1
3.1 単体機能確認計算	3. 1- 1
3.2 PID 制御機能の確認計算	3. 2- 1
3.3 ブローダウン特性解析	3. 3- 1
4. まとめ	4- 1
5. あとがき	5- 1
6. 謝辞	6- 1
7. 参考文献	7- 1

[付録]

付録 1. LEAP-BLOW Ver. 1.30 プログラムマニュアル	付録 1- 1
付録 2. LEAP-BLOW Ver. 1.30 の使用方法	付録 2- 1
付録 3. LEAP-BLOW Ver. 1.30 入力マニュアル	付録 3- 1
付録 4. LEAP-BLOW Ver. 1.30 の解析コード内使用変数	付録 4- 1
付録 5. 単位換算表	付録 5- 1

表、図、リスト 一覧表

表 2.1-1	加熱域の限界熱流束判定に関する入力データ	2.1-9
表 2.1-2	Post-CHF 伝熱相関式の追加に関する入力データ	2.1-11
表 2.2-1	LEAP-BLOW Ver. 1.30 用の水・蒸気ライブラリルーチン	2.2-9
表 2.2-2	LEAP-BLOW 用の水・蒸気ライブラリルーチンの比較	2.2-11
表 2.2-3	Murdock-Bauman の臨界流量計算係数 (過熱蒸気領域)	2.2-13
表 2.3-1	入力キーワード一覧表	2.3-9
表 2.3-2	セクションの外側境界条件のテーブル入力に関する入力データ	2.3-12
表 2.4-1	制御に関する基本要素の整理	2.4-4
表 2.4-2	PID 回路による弁開度制御に関する追加変数	2.4-5
表 3.2-1	PID 制御機能の確認計算の形状・構造データ	3.2-4
表 3.2-2	PID 制御機能確認の計算条件	3.2-5
表 3.3-1	ブローダウン特性解析のヘッダ形状・構造データ	3.3-6
表 3.3-2	ブローダウン特性解析の水系配管形状・構造データ	3.3-7
表 3.3-3	ブローダウン特性解析のナトリウム側の形状・構造データ	3.3-9
表 3.3-4	ブローダウン特性解析の運転特性データ	3.3-10
表 3.3-5	加熱伝熱管の局所加熱条件	3.3-11
図 2.1-1	加熱域の限界熱流束判定を伴う処理フロー	2.1-12
図 2.2-1	水・蒸気ライブラリの改良 (テーブル1、飽和温度)	2.2-14
図 2.2-2	水・蒸気ライブラリの改良 (テーブル1、飽和エンタルピ)	2.2-15
図 2.2-3	水・蒸気ライブラリの改良 (テーブル1、飽和密度)	2.2-16
図 2.2-4	水・蒸気ライブラリの改良 (テーブル1、飽和比容積、飽和圧力温度微分項)	2.2-17
図 2.2-5	水・蒸気ライブラリの改良 (テーブル1、飽和エンタルピ微分項)	2.2-18
図 2.2-6	水・蒸気ライブラリの改良 (テーブル2、水・蒸気温度)	2.2-19
図 2.2-7	水・蒸気ライブラリの改良 (テーブル2、水・蒸気密度)	2.2-20
図 2.2-8	水・蒸気ライブラリの改良 (テーブル3、エンタルピ)	2.2-21
図 2.2-9	水・蒸気ライブラリの改良 (テーブル3、水・蒸気比熱)	2.2-22
図 2.2-10	水・蒸気ライブラリの改良 (テーブル3、水・蒸気熱伝導度)	2.2-23
図 2.2-11	水・蒸気ライブラリの改良 (テーブル3、水・蒸気粘性係数)	2.2-24
図 2.2-12	水・蒸気ライブラリの改良 (テーブル4、飽和圧力及び表面張力)	2.2-25
図 2.2-13	臨界流量計算モデルの拡張 (各計算モデルの特性)	2.2-26
図 2.2-14	臨界流量計算モデルの拡張 (各計算モデルの組合せの検討)	2.2-30
図 2.2-15	臨界流量計算オプション1 (小笠原の式による計算)	2.2-31
図 2.2-16	臨界流量計算オプション2 (Henry-Fauske、Moody、断熱噴流の式、 テーブル)	2.2-32

図 2. 2-17	臨界流量計算オプション 3 (Henry-Fauske、小笠原、単相流理論式、 テーブル)	2. 2-33
図 2. 2-18	臨界流量計算オプション 4 (全領域 Bernoulli の式、テーブル)	2. 2-34
図 2. 2-19	臨界流量計算オプション 5 (Henry-Fauske、小笠原、Murdock-Bauman の式、テーブル)	2. 2-35
図 2. 4- 1	PID 制御機能フロー図	2. 4- 7
図 2. 4- 2	PID 制御の伝達関数	2. 4- 8
図 2. 4- 3	制御要素の特性 (オイラー積分、規格制御定数=1. 0)	2. 4- 9
図 2. 4- 4	制御要素の特性 (オイラー積分、規格制御定数=0. 5)	2. 4-10
図 2. 4- 5	制御要素の特性 (オイラー積分、規格制御定数=2. 0)	2. 4-11
図 2. 4- 6	制御要素の特性 (台形則に基づく差分、規格制御定数=1. 0)	2. 4-12
図 2. 4- 7	制御要素の特性 (台形則に基づく差分、規格制御定数=0. 5)	2. 4-13
図 2. 4- 8	制御要素の特性 (台形則に基づく差分、規格制御定数=2. 0)	2. 4-14
図 2. 4- 9	PID 制御回路の特性	2. 4-15
図 3. 1- 1	ヘッダ計算モジュール単体機能確認 (基準解析条件)	3. 1- 5
図 3. 1- 2	ヘッダ計算モジュール単体機能確認 (ブロー弁面積の感度解析)	3. 1- 6
図 3. 1- 3	ヘッダ計算モジュール単体機能確認 (ヘッダ初期圧力の感度解析)	3. 1- 8
図 3. 1- 4	ヘッダ計算モジュール単体機能確認 (ヘッダ初期温度の感度解析)	3. 1-10
図 3. 1- 5	水系配管計算モジュール単体機能確認 (出入口圧力変化)	3. 1-12
図 3. 1- 6	水系配管計算モジュール単体機能確認 (入口エンタルピ変化)	3. 1-14
図 3. 2- 1	確認計算用配管配置図 (SWAT-3R)	3. 2- 6
図 3. 2- 2	PID 制御機能確認計算のネットワークモデル	3. 2- 7
図 3. 2- 3	PID 制御機能の確認計算結果 (PID 制御なし)	3. 2- 8
図 3. 2- 4	PID 制御機能の確認計算結果 (PID 制御あり)	3. 2-10
図 3. 2- 5	PID 制御機能の確認計算結果 (PID 制御の影響)	3. 2-12
図 3. 3- 1	ブローダウン特性解析モデル	3. 3-12
図 3. 3- 2	ブローダウン特性解析結果 (ケース「1」)	3. 3-13
図 3. 3- 3	ブローダウン特性・従来解析結果との比較	3. 3-16
図 3. 3- 4	ブローダウン特性解析結果 (ケース「2A」)	3. 3-20
図 3. 3- 5	ブローダウン特性解析結果 (ケース「2B」)	3. 3-23
図 3. 3- 6	加熱管と伝熱相関式のブローダウン特性への影響	3. 3-26
リスト 2. 1-1	加熱域の限界熱流束判定式の追加に伴うプログラム修正	2. 1-13
リスト 2. 1-2	Post-CHF 伝熱相関式の追加に伴うプログラム修正	2. 1-19
リスト 2. 2-1	LEAP-BLOW Ver. 1. 30 用蒸気表ライブラリルーチン	2. 2-36
リスト 2. 3-1	統合データプール方式 (LEAP-BLOW Ver. 1. 20)	2. 3-13
リスト 2. 3-2	分離データプール方式 (SWACS/REG3)	2. 3-14

リスト 2.3-3	固定フォーマット方式 (LEAP-JET)	2.3-15
リスト 2.3-4	ネームリスト方式 (SOLA-LOOP)	2.3-16
リスト 2.3-5	キーワード方式 (弊社多次元熱流動コード)	2.3-17
リスト 2.3-6	LEAP-BLOW Ver. 1.30 サンプル入力データ	2.3-18
リスト 2.3-7	LEAP-BLOW Ver. 1.30 入力データ出力	2.3-21
リスト 2.3-8	LEAP-BLOW Ver. 1.30 COMMON ファイル	2.3-25
リスト 2.4-1	PID 回路による弁開度制御ルーチン	2.4-17
リスト 3.1-1	ヘッダ計算モジュール単体機能確認計算入力データ	3.1-16
リスト 3.1-2	水系配管計算モジュール単体機能確認計算入力データ	3.1-18
リスト 3.2-1	PID 制御機能の確認計算入力データ	3.2-13
リスト 3.3-1	ブローダウン特性解析入力データ (ケース「1」)	3.3-33
リスト 3.3-2	ブローダウン特性解析入力データ (ケース「2A」)	3.3-39

1. 目的・概要

核燃料サイクル開発機構（以下、サイクル機構）において、高速炉の蒸気発生器（SG）における伝熱管破損事故（ナトリウム-水反応事故に起因）評価の高度化の一環として、高温ラプチャ型破損評価手法の更なる整備が進められ、限界熱流束（CHF）と Post-CHF 伝熱相関式に関する軽水炉研究の調査に基づいて伝熱管内の冷却条件（管内熱伝達相関）の整理が実施された。⁽¹⁾

本作業では、上述の管内冷却条件の整理を反映することを主目的として、LEAP コード用ブローダウンコード（以下、LEAP-BLOW と称する）に以下に示す改良を実施した。改良後の LEAP コード用ブローダウンコードは LEAP-BLOW Ver. 1.30 とした。また、改良した LEAP-BLOW コードに対して機能確認のための適用計算を実施し、改良コードの妥当性を確認した。

(1) 改良内容

限界熱流束（CHF）判定式として、甲藤の式及び Tong の式を追加し、Post-CHF 伝熱相関式として、Condie-BengstonIVの式及び Groeneveld 5.9 の式を追加した。

LEAP-BLOW で使用する水・蒸気の物性値を水の臨界圧力まで拡張した。ここで、各種の臨界流量計算モデルの圧力上限値を水の臨界圧まで拡張し、圧力とエンタルピの関係をテーブル化した。

考慮できる配管数 10 本及び総セクション数 50 個から、配管数を 50 本、セクション数を配管 1 本当たり 100 個に拡張した。また、モデル化の整合をとり、ヘッド数、バルブ個数等も拡張した。さらに、計算モデルの拡張及びナトリウム-水反応ジェットコード (LEAP-JET)⁽²⁾との統合を視野に入れて、LEAP-BLOW の最適な入力書式を検討し、改良した。

任意のヘッド又は配管のノードの圧力により、PID 制御で任意の調整弁の弁開度を制御できる機能を追加した。この PID 制御機能は入力で与える任意の時間範囲で機能するものとした。

2. LEAP コード用ブローダウンコードの改良⁽³⁾

(1) 概要

LEAP コード用ブローダウンコード（以下、LEAP-BLOW と称する）の改良前バージョンである LEAP-BLOW Ver. 1. 20 に対して、下記の改良を実施し、機能拡張を図った。これらの改良を行なった解析コードを LEAP-BLOW Ver. 1. 30 とした。

○限界熱流束（CHF）判定式と Post-CHF 伝熱相関式の追加

- ・限界熱流束（CHF）判定式として、甲藤の式及び Tong の式を追加した。
- ・Post-CHF 伝熱相関式として、Condie-BengstonIV の式及び Groeneveld 5. 9 の式を追加した。
- ・上記評価式は、入力データにより従来評価式と切り換える機能を有する。

○圧力上限値の拡大

- ・LEAP-BLOW で使用する水・蒸気の物性値を水の臨界圧力まで拡張した。
- ・各種の臨界流量計算モデル（Bernoulli の式、Henry-Fauske の式、Moody の式、小笠原の式、単相流理論式、断熱噴流の式、及び Murdock-Bauman の式）の圧力上限値を水の臨界圧まで拡張し、圧力とエンタルピの関係をテーブル化した。

○計算モデルの拡張及び入力書式の変更

- ・考慮できる配管数 10 本及び総セクション数 50 個から、配管数を 50 本、セクション数を配管 1 本当たり 100 個に拡張した。また、モデル化の整合を取り、ヘッド数、バルブ個数等も拡張した。
- ・計算モデルの拡張及びナトリウム-水反応ジェットコード（LEAP-JET）との統合を視野に入れて、LEAP-BLOW を最適な入力書式を検討し、改良した。
- ・テーブルデータ入力個数、プロッタ出力変数等を拡張した。

○PID 制御機能の追加

- ・任意のヘッド又は配管のノードの圧力により、PID 制御により任意の調整弁の弁開度を制御できる機能を追加した。
- ・PID 制御機能は入力で与える任意の時間範囲で機能するものとした。

2.1 限界熱流束 (CHF) 判定式と Post-CHF 伝熱相関式の追加^{(3) (4) (5) (6) (7) (8) (9) (10)}

(1) 改良の着眼点

LEAP-BLOW Ver. 1.30 では、従来の高ボイド率域における限界熱流束の判定に加え、加熱域(サブクール域から飽和域)における限界熱流束を判定する機能を追加する。加熱域の限界熱流束の判定式として、甲藤の式及び Tong の式を準備し、入力データのオプションで選択できるものとする。なお、加熱域を判定するセクションは入力データにより指定するものとする。

また、Post-CHF 伝熱相関式として、膜沸騰熱伝達モデルに Condie-Bengston IV (下限値はふく射を考慮した Bromley の式) の式及び Groeneveld 5.9 の式を追加する。

(2) 加熱域の限界熱流束 (CHF) 判定式の追加

サブクール域から飽和域における加熱域の限界熱流束 (CHF) 判定モデルとして、以下に示す甲藤の式及び Tong の式による判定式を追加した。

ここで、

C	: 甲藤の式におけるパラメータ
De	: 等価直径 (m)
G	: 重量速度 (kg/(m ² ·s)、kg/(m ² ·h) (*))
H_{in}	: 入口部エンタルピ (J/kg、kcal/kg (*))
H₁	: 飽和水エンタルピ (J/kg、kcal/kg (*))
K	: 甲藤の式におけるパラメータ
L	: 加熱長さ (m)
q_c	: 限界熱流束 (W/m ² 、kcal/(m ² ·h) (*))
q_{co}	: 入口部が飽和水条件の限界熱流束 (W/m ²)
T_{in}	: 入口部冷却材温度 (K)
T_{sat}	: 飽和温度 (K)
σ	: 飽和水の表面張力 (N/m)
ρ_g	: 飽和蒸気密度 (kg/m ³)
ρ_l	: 飽和水密度 (kg/m ³)

ΔH_{lg} : 沸騰潜熱 (J/kg、または kcal/kg(*))

ΔH_{sub} : 入口部のサブクールエンタルピ度 (J/kg) (= $H_1 - H_{in}$)

ΔT_{sub} : 入口部のサブクール度 (K) (= $T_{sat} - T_{in}$)

をそれぞれ示している。なお Tong の式で使用する単位には(*)印を付加した。

a. 甲藤の式

甲藤の式による加熱域の限界熱流束 q_c は次式で求める。

$$q_c = q_{co} \cdot \left(1 + K \frac{\Delta H_{sub}}{\Delta H_{lg}} \right)$$

式中で用いる入口部が飽和水条件の限界熱流束 q_{co} 及びパラメータ K は、圧力の関数で得られる飽和水比熱 ρ_l 及び飽和蒸気密度 ρ_g の関係により、次のようにして求める。なお、式中のパラメータ C は次のように定義する。

$L/De < 50$ の場合 : $C = 0.25$

$50 < L/De < 150$ の場合 : $C = 0.25 + 0.0009 \cdot (L/De - 50)$

$150 < L/De$ の場合 : $C = 0.34$

また、式中の変数 S は $S = \frac{\sigma \cdot \rho_l}{G^2 L}$ で定義する。

(a) $\rho_g / \rho_l < 0.15$ の場合

次式により q_{c1}, q_{c2}, q_{c3} を求め、それらの相関により q_{co} を決定する。

$$q_{c1} = G \cdot \Delta H_{lg} \cdot C \cdot S^{0.043} \frac{1}{L/De}$$

$$q_{c2} = G \cdot \Delta H_{lg} \cdot 0.10 \left(\frac{\rho_g}{\rho_l} \right)^{0.133} S^{1/3} \frac{1}{1 + 0.0031 \cdot L/De}$$

$$q_{c3} = G \cdot \Delta H_{lg} \cdot 0.098 \left(\frac{\rho_g}{\rho_l} \right)^{0.133} S^{0.433} \frac{(L/De)^{0.27}}{1 + 0.0031 \cdot L/De}$$

$q_{c1} < q_{c2}$ の場合 : $q_{co} = q_{c1}$

$q_{c1} > q_{c2}, q_{c2} < q_{c3}$ の場合 : $q_{co} = q_{c2}$

$$q_{c1} > q_{c2}, q_{c2} > q_{c3} \text{ の場合} \quad : q_{co} = q_{c3}$$

同様に次式により K_1, K_2 を求め、それらの相関により K を決定する。

$$K_1 = \frac{1.043}{4 \cdot C \cdot S^{0.043}}$$

$$K_2 = \frac{5}{6} \frac{0.0124 + De/L}{(\rho_g / \rho_l)^{0.133} S^{1/3}}$$

$$K_1 > K_2 \text{ の場合} \quad : K = K_1$$

$$K_1 < K_2 \text{ の場合} \quad : K = K_2$$

(b) $\rho_g / \rho_l > 0.15$ の場合

次式により q_{c1}, q_{c4}, q_{c5} を求め、それらの相関により q_{co} を決定する。

$$q_{c1} = G \cdot \Delta H_{lg} \cdot C \cdot S^{0.043} \frac{1}{L/De}$$

$$q_{c4} = G \cdot \Delta H_{lg} \cdot 0.234 \left(\frac{\rho_g}{\rho_l} \right)^{0.513} S^{0.433} \frac{(L/De)^{0.27}}{1 + 0.0031 \cdot L/De}$$

$$q_{c5} = G \cdot \Delta H_{lg} \cdot 0.0348 \left(\frac{\rho_g}{\rho_l} \right)^{0.60} S^{0.173} \frac{1}{1 + 0.280 \cdot S^{0.233} L/De}$$

$$q_{c1} < q_{c4} \text{ の場合} \quad : q_{co} = q_{c1}$$

$$q_{c1} > q_{c4}, q_{c4} > q_{c5} \text{ の場合} \quad : q_{co} = q_{c4}$$

$$q_{c1} > q_{c4}, q_{c4} < q_{c5} \text{ の場合} \quad : q_{co} = q_{c5}$$

同様に次式により K_1, K_2, K_3 を求め、それらの相関により K を決定する。

$$K_1 = \frac{1.043}{4 \cdot C \cdot S^{0.043}}$$

$$K_2 = \frac{5}{6} \frac{0.0124 + De/L}{(\rho_g / \rho_l)^{0.133} S^{1/3}}$$

$$K_3 = \frac{1.12 \cdot (1.52 \cdot S^{0.233}) + De/L}{(\rho_g / \rho_l)^{0.60} S^{0.173}}$$

$$K_1 > K_2 \text{ の場合} \quad : K = K_1$$

$K_1 < K_2$ 、 $K_2 < K_3$ の場合 : $K = K_2$

$K_1 < K_2$ 、 $K_2 > K_3$ の場合 : $K = K_3$

b. Tong の式

Tong の式による加熱域の限界熱流束 q_c は次式で求める。

$$q_c = 2.71 \times 10^6 \cdot (0.23 + 0.094 \cdot G^*) \cdot (3.0 + 0.018 \cdot \Delta T_{\text{sub}}) \\ \times (0.435 + 1.23 \cdot e^{-0.0093 \cdot L/De}) \cdot (1.7 - 1.4 \cdot e^{-a})$$

$$G^* = 0.205 \times 10^{-6} \cdot G$$

$$a = 0.532 \cdot \left(\frac{H_1 - H_{\text{in}}}{\Delta H_{\text{lg}}} \right)^{3/4} \cdot \left(\frac{\rho_l}{\rho_g} \right)^{1/3}$$

c. 解析コードの改良

上記の甲藤の式及び Tong の式による加熱域の限界熱流束判定式はいずれも加熱長さ及び入口部でのサブクール度もしくはサブクールエンタルピ度が必要となる。このため、水系配管の流れ方向を判定する必要がある。

そこで、図 2. 1-1 に示すように、LEAP-BLOW Ver. 1. 30 では、限界熱流束及び熱伝達率を計算している構造材モジュール (WLTRNS ルーチン) に水系配管の流れ方向を判定し、加熱部長さ及び加熱部入口のサブクール度もしくはサブクールエンタルピ度を求める機能を追加した。また、指定した任意の水系配管のセクションのみ、加熱部の限界熱流束に対する判定を行なう。

加熱域の限界熱流束判定式は入力データのオプションにより、甲藤の式と Tong の式を切り換える機能を持たせる。具体的には、熱伝達モデル入力データ (No. 9 MN-MHTCF) において変数 MHTCF (7) として下記を入力する。

MHTCF (7) : 加熱域の限界熱流束判定式モデルオプション
 = 0 ; 判定しない
 = 1 ; 甲藤の式
 = 2 ; Tong の式

また、任意の水系配管のセクションで加熱部の限界熱流束判定が行なえるように、水/蒸気系配管・配管セクション構造材関連データ(2) (No. 32 LG-WALL2) に下記の入力データを追加する。

JCHF : 加熱域の限界熱流束判定オプション
 = 0 ; 判定しない
 = 1 ; 限界熱流束を判定する

加熱域の限界熱流束判定機能追加に伴うマニュアルの改訂部を表 2.1-1 に示し、改良部のソースリストをリスト 2.1-1 に示す。

なお、加熱域の限界熱流束が発生した場合は、装置番号 7 に、発生した時間、配管番号、セクション番号、ノード番号を出力する機能を有する。

(3) Post-CHF 伝熱相関式の追加

伝熱相関式モデルの膜沸騰熱伝達モデルとして、以下に示す Condie-Bengston IV (下限値はふく射を考慮した Bromley の式) の式及び Groeneveld 5.9 の式による Post-CHF 伝熱相関式を追加した。

ここで、

De : 代表長さ (m)
g : 重力加速度 (m/s^2)
h : 熱伝達率 ($W/(m^2 \cdot K)$)
h_c : 膜沸騰熱伝達率 ($W/(m^2 \cdot K)$)
h_{rad} : ふく射による熱伝達率 ($W/(m^2 \cdot K)$)
Pr_w : 伝熱面温度基準プラントル数
Re_g : 飽和蒸気レイノルズ数
Re_{gh} : 均質流における飽和蒸気レイノルズ数
T_w : 壁面温度 (K)
T_{sat} : 飽和温度 (K)
X : エンタルピクオリティ
α : ボイド率

- ε : 壁面放射率
 σ : ステファン・ボルツマン定数 ($=5.6687 \times 10^{-8} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}^4)$)
 λ_g : 飽和蒸気熱伝導度 ($\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$)
 η_g : 飽和蒸気粘性係数 ($\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s})$)
 ρ : メッシュ平均密度 (kg/m^3)
 ρ_g : 飽和蒸気密度 (kg/m^3)
 ρ_l : 飽和水密度 (kg/m^3)
 ΔH_{lg} : 沸騰潜熱+膜温度エンタルピー変化 (J/kg)
 ΔT_{sat} : 壁面過熱度 (K) ($=T_w - T_{\text{sat}}$)

をそれぞれ示している。

- a. Condie-Bengston IVの式 (下限値はふく射を考慮した Bromley の式)

本評価式はボイド率に応じて、次のモデルを切り換えて用いる。

なお、ボイド率 α は、スリップモデルに依存するが、ここでは水系配管モジュールの計算結果である、メッシュの密度 ρ 及び圧力の関数として得られる飽和水密度 ρ_l 、飽和蒸気密度 ρ_g を用いて次式で求める。

$$\rho = \alpha \cdot \rho_l + (1 - \alpha) \cdot \rho_g$$

$$\alpha = \frac{\rho_l - \rho}{\rho_l - \rho_g}$$

- (a) Condie-Bengston IVの式による熱伝達率

Condie-Bengston IVの式による熱伝達率は次式で求める。

$$h = 0.05345 \left(\frac{\lambda_g^{0.4593}}{\text{De}^{0.8095}} \right) \text{Pr}_w^{2.2598} (1 + X)^{-2.0514} \text{Re}_g^{\{0.6249 + 0.2043 \ln(1 + X)\}}$$

(b) ふく射を考慮した Bromley の式による熱伝達率

ふく射を考慮した Bromley の式による熱伝達率は次式で求める。

$$h = h_c \cdot \left(\frac{h_c}{h} \right)^{1/3} + h_{\text{rad}}$$

$$h_c = 0.62 \cdot \left(\frac{\lambda_g}{De} \cdot \frac{g \cdot \rho_g \cdot (\rho_l - \rho_g)}{\eta_g} \cdot \frac{\Delta H_{lg}}{\Delta T_{\text{sat}}} \right)^{1/4}$$

$$h_{\text{rad}} = \sigma \cdot \varepsilon \cdot \left(\frac{T_w^4 - T_{\text{sat}}^4}{T_w - T_{\text{sat}}} \right)$$

膜沸騰熱伝達率 h_c 及びふく射による熱伝達率 h_{rad} は一意的に求めることができる。これらを用いて、収束計算により等価熱伝達率 h を算出する。

(c) 評価式の適用

Condie-Bengston IV の式は、強制対流場における Post-CHF 熱伝達率式であるが、低流量条件に適用すると、計算上でプール膜沸騰熱伝達率を下回る値を与える場合がある。特に、液相が支配的な低ボイド率領域においては、流動様式として逆環状流となり膜沸騰の伝熱様相となることが考えられることから、低流量条件で Condie-Bengston IV による熱伝達率がふく射を考慮した Bromley の式による熱伝達率（プール膜沸騰熱伝達率）を下回る場合は、ふく射を考慮した Bromley の式による熱伝達率を適用する。

高ボイド率領域（ボイド率：0.65～1.0）では、気相支配の噴霧流様相となると考えられることから、Condie-Bengston IV の式による熱伝達率を適用する。

b. Groeneveld 5.9 の式

Groeneveld 5.9 の式による熱伝達率は次式で求める。

$$h = 0.00327 \cdot \frac{\lambda_g}{De} \cdot \text{Re}_{gh}^{0.901} \cdot \text{Pr}_w^{1.32} \cdot Y^{-1.50}$$

$$\text{Re}_{gh} = \text{Re}_g \cdot \left[X + (1-X) \cdot \frac{\rho_g}{\rho_l} \right]$$

$$Y = 1 - 0.1 \cdot \left(\frac{\rho_l}{\rho_g} \right)^{0.4} \cdot (1 - X)^{0.4}$$

c. 解析コードの改良

上記の Condie-Bengston IV (下限値はふく射を考慮した Bromley の式) の式及び Groeneveld 5.9 の式による Post-CHF 伝熱相関式は、膜沸騰熱伝達モデルオプション (No. 9 MN-MHTCF - MHTCF (4)) として、下記のように LEAP-BLOW Ver. 1.30 に組み込んだ。また、ふく射を考慮した Bromley の式においては、壁面放射率 ϵ が必要なため、変数 RADET として熱伝達モデル入力データ (No. 9 MN-MHTCF) より入力することとした。

MHTCF (4) : 膜沸騰熱伝達モデルオプション
 = 8 ; Condie-Bengston IV の式
 = 9 ; Groeneveld 5.9 の式

Post-CHF 伝熱相関式の追加に伴うマニュアルの改訂部を表 2.1-2 に示し、改良部のソースリストをリスト 2.1-2 に示す。

(4) まとめ

LEAP-BLOW Ver. 1.30 に、従来の高ボイド率域における限界熱流束の判定に加え、加熱域 (サブクール域から飽和域) における限界熱流束を甲藤の式及び Tong の式により判定する機能を追加した。これらは入力データのオプションで任意に選択できるものとした。

また、Post-CHF 伝熱相関式として、膜沸騰熱伝達モデルに Condie-Bengston IV (下限値はふく射を考慮した Bromley の式) の式及び Groeneveld 5.9 の式を追加した。これらは、入力データのオプションで従来の評価モデルと切り換える機能を有している。

表 2.1-1 (1/2) 加熱域の限界熱流束判定に関する入力データ

No.	キーワード	カラム	変数名	(*)	変数の意味	単位
9	MN-MHTCF				計算モデルオプション2 (熱伝達率モデル)	
		11-15	MHTCF (1)	I	サブクール流の熱伝達モデルオプション =0 ; Dittus-Boelter の式 =1 ; サブクール沸騰 (修正 Chen の式) =2 ; 森・中山の液相の式	—
		16-20	MHTCF (2)	I	核沸騰熱伝達モデルオプション =1 ; Jens and Lottes の式	—
		21-25	MHTCF (3)	I	遷移沸騰熱伝達モデルオプション =1 ; McDonough, Milch and King の式	—
		26-30	MHTCF (4)	I	膜沸騰熱伝達モデルオプション =0 ; Heineman の式 =1 ; Groeneveld 5.7 の式 =2 ; Rohsenow-Dougall の式 =3 ; クオリティ X でモデルの切換え X < 0.95 Groeneveld 5.7 の式 X > 1.0 Rohsenow-Dougall の式 0.95 < X < 1.0 上記2式の補間 =4 ; Rohsenow の式 =5 ; Schrock Grossman の式 =6 ; Bishop の式 =7 ; Bromley の式 =8 ; Condie-Bengston IV の式 =9 ; Groeneveld 5.9 の式	—
		31-35	MHTCF (5)	I	過熱領域での熱伝達モデルオプション =0 ; Dittus-Boelter の式 =1 ; McEligot の式 =2 ; 森・中山の気相の式 =3 ; Bishop の式	—
		36-40	MHTCF (6)	I	限界熱流束モデルオプション =0 ; LEAP コード内評価式 =1 ; Roko の式 =2 ; Jens and Lottes の式	—
		41-45	MHTCF (7)	I	加熱域 (サブクール域~飽和域) の限界熱流束判定式モデルオプション =0 ; 考慮しない =1 ; 甲藤の式 =2 ; Tong の式	—
		61-70	RADET	R	壁面放射率 (ふく射係数) MHTCF (4) = 8 ; Condie-Bengston IV の式の ふく射を考慮した Bromley の式で使用	—
		71-80	DCOIL	R	ヘリカルコイル径 MHTCF (1) = 2, MHTCF (5) = 2 ; 森・中山の式で使用 =0 ; Ver. 1.20 の簡略化された評価式を使用。	m

(*) I : 整数データ, R : 実数データ, A : 文字型データ を示す。

表 2.1-1 (2/2) 加熱域の限界熱流束判定に関する入力データ

No.	キーワード	カラム	変数名	(*)	変数の意味	単位
32	LG-WALL2				水系配管・配管セクション構造材関連データ(2) (水系配管のセクション総数枚入力)	
		11-15	I	I	水系配管の番号	—
		16-20	J	I	水系配管セクションの番号	—
		21-30	TOWL	R	配管セクション構造材の外側境界温度	℃
		31-40	HOWL	R	配管セクション構造材の外側境界表面熱伝達率 = 0.0 ; 断熱 =-1.0 ; 解析コード内で設定	kcal/ (m ² ·s·℃)
		41-50	QOWL	R	配管セクション構造材からの初期放熱量 (入熱の場合は負で入力する)	kcal/s
		51-55	JCHF	I	加熱域の限界熱流束判定オプション = 0 ; 限界熱流束を判定しない = 1 ; 限界熱流束を判定する	—

(*) I : 整数データ、R : 実数データ を示す。

表 2.1-2 Post-CHF 伝熱相関式の追加に関する入力データ

No.	キーワード	カラム	変数名	(*)	変数の意味	単位
9	MN-MHTCF				計算モデルオプション2 (熱伝達率モデル)	
		11-15	MHTCF (1)	I	サブクール流の熱伝達モデルオプション =0 ; Dittus-Boelter の式 =1 ; サブクール沸騰 (修正 Chen の式) =2 ; 森・中山の液相の式	-
		16-20	MHTCF (2)	I	核沸騰熱伝達モデルオプション =1 ; Jens and Lottes の式	-
		21-25	MHTCF (3)	I	遷移沸騰熱伝達モデルオプション =1 ; McDonough, Milch and King の式	-
		26-30	MHTCF (4)	I	膜沸騰熱伝達モデルオプション =0 ; Heineman の式 =1 ; Groeneveld 5.7 の式 =2 ; Rohsenow-Dougall の式 =3 ; クオリティ X でモデルの切換え X < 0.95 Groeneveld 5.7 の式 X > 1.0 Rohsenow-Dougall の式 0.95 < X < 1.0 上記2式の補間 =4 ; Rohsenow の式 =5 ; Schrock Grossman の式 =6 ; Bishop の式 =7 ; Bromley の式 =8 ; Condie-Bengston IV の式 =9 ; Groeneveld 5.9 の式	-
		31-35	MHTCF (5)	I	過熱領域での熱伝達モデルオプション =0 ; Dittus-Boelter の式 =1 ; McEligot の式 =2 ; 森・中山の気相の式 =3 ; Bishop の式	-
		36-40	MHTCF (6)	I	限界熱流束モデルオプション =0 ; LEAP コード内評価式 =1 ; Roko の式 =2 ; Jens and Lottes の式	-
		41-45	MHTCF (7)	I	加熱域 (サブクール域~飽和域) の限界熱流束判定式モデルオプション =0 ; 考慮しない =1 ; 甲藤の式 =2 ; Tong の式	-
		61-70	RADET	R	壁面放射率 (ふく射係数) MHTCF (4) = 8 ; Condie-Bengston IV の式の ふく射を考慮した Bromley の式で使用	-
		71-80	DCOIL	R	ヘリカルコイル径 MHTCF (1) = 2, MHTCF (5) = 2 ; 森・中山の式で使用 = 0 ; Ver. 1.20 の簡略化された評価式を使用。	m

(*) I : 整数データ, R : 実数データ, A : 文字型データ を示す。

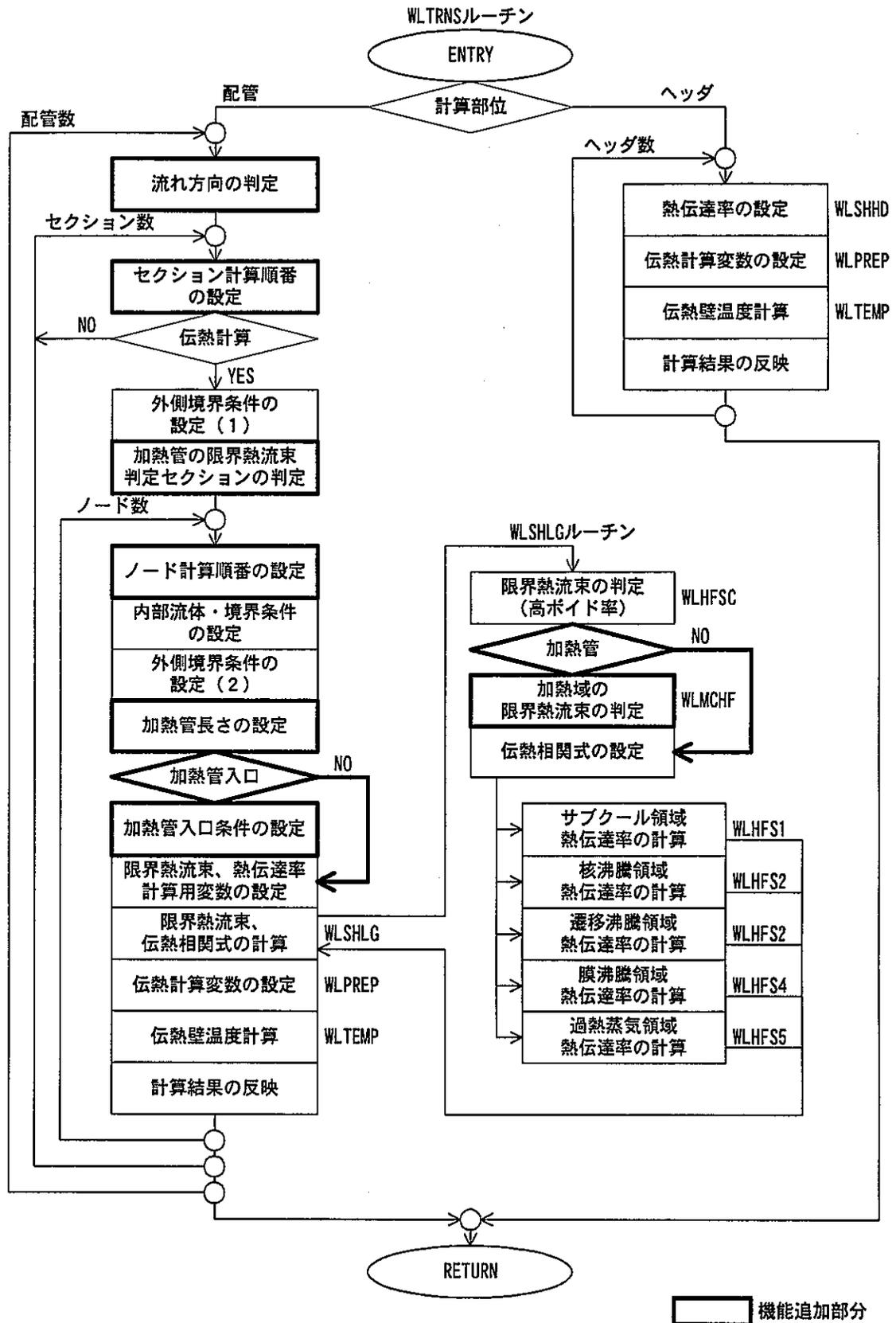


図 2.1-1 加熱域の限界熱流束判定を伴う処理フロー

リスト 2.1-1 加熱域の限界熱流束判定式の追加に伴うプログラム修正

2.1-13

```

SUBROUTINE WLTRNS ( MOPT )
C *
C * PURPOSE ; CALCULATION OF TRANSIENT WALL TEMPERATURE.
C * INPUT ; MOPT ; CALCULATION OPTION ( = 1 .... PIPE WALL )
C * ( = 2 .... HEADER WALL )
C *
IMPLICIT REAL*8 ( A-H , 0-2 )
include 'comnt.h'
include 'commn.h'
include 'comhd.h'
include 'comlg.h'
include 'comma.h'
include 'comwl.h'
DIMENSION HFC (11) , COEF (10, 2)
DATA GRAV / 9.807 /
DATA IPRT / 0 /
6010 FORMAT ( ' ***** WARNING *** CRITICAL HEAT FLUX CALCULATION *****'
* /' TIME ; CALCULATION TIME (SEC) '
* /' N L I ; PIPE , SECTION , NODE NUMBER '
* /' CHF ; CRITICAL HEAT FLUX (W/M**2) '
* /' XL ; HEAT PIPE LENGTH ( M ) '
* /' HIN ; INLET SUBCOOL ENTHALPY ( J/KG ) '
* /' HLG ; BOILING LATENT HEAT ( J/KG ) '
* /' GA ; MASS FLOW RATE (KG/M**2. S) '
* /' XA ; ENTHALPY QUALITY ( - ) '
* /' Y ; CHF COEFFICIENT Y ( - ) '
* // ' TIME N L I CHF XL HIN HLG '
* ' GA XA Y ' )
6020 FORMAT ( F10. 2, 3I2, IP7E10. 3 )
C
C CALCULATION OF PIPE WALL TEMPERATURE
C
IF (MOPT.EQ.1) THEN
DO 1190 J1= 1, NLEGS
NSC = NSLG (J1)
WAV = (GALG (J1, 1)+GALG (J1, 2))/2. 0
IF (WAV.GE.0. 0) THEN
IDIR = 1
ELSE
IDIR = -1
ENDIF

```

プリント出力書式、初期変数設定

流れ方向の判定
IDIR=1 ; 正流、IDIR=-1 ; 逆流

```

XL = 0. 0
TWM = 0. 0
C
DO 1180 JJ2= 1, NSC
IF (IDIR.EQ.1) THEN
JJ2 = JJ2
ELSE
JJ2 = NSC-JJ2+1
ENDIF
C
NMS = MSLG (J1, JJ2)
NWM = NDWLG (J1, JJ2)
IF (NWM.EQ.0) GO TO 1180
C
NTH = 0
HXO = HOWL (J1, JJ2)
TWO = TOWL (J1, JJ2)
IF (NTHSC.GT.0) THEN
DO 1110 N= 1, NTHSC
IF ((J1.EQ.1BCSC (N)). AND. (JJ2.EQ.1BCSC (N))) THEN
IF ((TIMLG-TSBSC (N))* (TIMLG-TEBSC (N)). LE. 0. 0DO) THEN
NTH = 1
TWO = ZYTABL ( NTHSC (N), TIMLG )
HXO = ZYTABL ( NTHSC (N), TIMLG )
ENDIF
ENDIF
1110 CONTINUE
ENDIF
C
IF (JCHF (J1, JJ2).EQ.0) THEN
XL = 0. 0
TWM = 0. 0
XMS = 0. 0
ELSE
IF (XL.EQ.0. 0) THEN
IF (TWO.NE.TWM) THEN
XL = -XSLG (J1, JJ2)
JPRT = 0
ENDIF
TWM = TWO
XMS = XSLG (J1, JJ2) /FLOAT ( NMS )
ENDIF

```

セクションの計算順番の設定

加熱管の限界熱流束判定セクションの判定
加熱管のノード長さの設定

リスト 2.1-1 加熱域の限界熱流束判定式の追加に伴うプログラム修正

```

C
DO 1170 JJ3= 1, NMS
  IF (IDIR.EQ. 1) THEN
    J3 = JJ3
  ELSE
    J3 = NMS-JJ3+1
  ENDIF
  J4 = J3+1
  PA = (PPLG (J1, J2, J3) + PPLG (J1, J2, J4)) * 0.5
  GA = (GGLG (J1, J2, J3) + GGLG (J1, J2, J4)) * 0.5
  TA = (TLG (J1, J2, J3) + TLG (J1, J2, J4)) * 0.5
  XA = (XXLG (J1, J2, J3) + XXLG (J1, J2, J4)) * 0.5
  RA = (RRLG (J1, J2, J3) + RRLG (J1, J2, J4)) * 0.5
  IF ((NTH.EQ. 0). AND. (ICLNA.GT. 0)) THEN
    IF (JDNA (J1). GE. 1. AND. JDNA (J1). LE. 5) THEN
      IF (LDNA (J1, J2). GT. 1000) THEN
        N1 = LDNA (J1, J2) / 1000
        N2 = LDNA (J1, J2) - 1000 * N1 + J3 - 1
        IF (HWNA (N2, N1). NE. 0. 0) HXO = HWNA (N2, N1)
        IF (THNA (N2, N1). NE. 0. 0) TWO = THNA (N2, N1)
      ELSEIF (LDNA (J1, J2). GT. 0) THEN
        N1 = JDNA (J1)
        N0 = MAX0 (N1 - 2, 1)
        ND = NDNA (N0)
        IF (KDNA (J1). GE. 0) THEN
          N2 = LDNA (J1, J2) + J3 - 1
        ELSE
          N2 = LDNA (J1, J2) - J3 + 1
        ENDIF
        IF (N2. GE. 1. AND. N2. LE. ND) THEN
          IF (H1NA (N2, N1). NE. 0. 0) HXO = H1NA (N2, N1)
          IF (TXNA (N2, N1). NE. 0. 0) TWO = TXNA (N2, N1)
        ENDIF
      ENDIF
    ENDIF
  ENDIF
  ENDIF
  ENDIF
  IF (XL.GT. 0. 0) THEN
    XL = XL + XMS
  ELSEIF (XL.LT. 0. 0) THEN
    XL = XMS
  IF (IDIR.EQ. 1) THEN
    PI = PPLG (J1, J2, J3)
    CALL WSLIBS ( PI, TS, HL, HG, RL, RG )
    TSUB = TS - TTLG (J1, J2, J3)
    HSUB = HL - HHLG (J1, J2, J3)
    HIN = HHLG (J1, J2, J3)
  ELSE
    PI = PPLG (J1, J2, J4)
    CALL WSLIBS ( PI, TS, HL, HG, RL, RG )
    TSUB = TS - TTLG (J1, J2, J4)
    HSUB = HL - HHLG (J1, J2, J4)
    HIN = HHLG (J1, J2, J4)
  ENDIF
  TSUB = DMAX1 ( TSUB, 0. 0D0 )
  HSUB = DMAX1 ( HSUB, 0. 0D0 )
  HIN = DMIN1 ( HIN, HL )
  ENDIF
  DTW = TWLG (J1, J2, J3) - TA
  HXS = QHLG (J1, J2, J3)
  DE = DSLG (J1, J2)
  TW = TWLG (J1, J2, J3)
  ICHF = 0
  CALL WLSHLG ( DE, PA, XA, TA, RA, GA, TW, HXS, HFS,
    XL, TSUB, HSUB, HIN, QLIM, ICHF )
  *
  IF ((ICHF.GT. 0). AND. (JPRT.EQ. 0)) THEN
    IF (IPRT.EQ. 0) THEN
      WRITE ( 7, 6010 )
      IPRT = 1
    ENDIF
    CALL WSLIBS ( PA, TS, H1, HG, RL, RG )
    O1 = QLIM * 4. 186D3
    O2 = HSUB * GRAV
    O3 = (HG - HL) * GRAV
    Y = O1 / (GA * O3) * 4. 0 * XL / DE - O2 / O3
    WRITE ( 7, 6020 ) TIMLG, J1, J2, J3, O1, XL, O2, O3, GA, XA, Y
    JPRT = 1
  ENDIF
  IF (IWLGLG.NE. 1. OR. DTW.GE. 0. 0) THEN
    HFS = (HFWL (J1, J2, J3) + HFS) * 0. 5
  ELSE

```

リスト 2.1-1 加熱域の限界熱流束判定式の追加に伴うプログラム修正

2.1-15

```

HFS = 0.0
ENDIF
CALL WLPREP ( NWM, DTWL (J1, J2), CNWL (J1, J2),
*           CPWL (J1, J2), GMWL (J1, J2),
*           HFS, HXO, HFC, COEF )
CALL WLTEMP ( NWM, TNWL (1, J1, J2, J3), COEF,
*           TA, TWO, DTILG )
TWLG (J1, J2, J3) = TNWL (1, J1, J2, J3)
QHLG (J1, J2, J3) = (TWLG (J1, J2, J3) - TA) *HFC (1)
HFWL (J1, J2, J3) = HFS
1170 CONTINUE
1180 CONTINUE
1190 CONTINUE
C
C CALCULATION OF RESERVOIRE HEADR WALL TEMPERATURE
C
ELSE
DO 2100 N= 1, NHEAD
CALL WLSHHD ( QHHD (N), HFWH (N) )
CALL WLPREP ( NWH (N), DTWH (N), CNWH (N), CPWH (N),
*           GMWH (N), HFWH (N), HOWH (N), HFC, COEF )
CALL WLTEMP ( NWH (N), TNWH (1, N), COEF,
*           TAHD (N), TOWH (N), DTIHD )
TWHD (N) = TNWH (1, N)
QHHD (N) = (TWHD (N) -TAHD (N)) *HFC (1)
2100 CONTINUE
ENDIF
C *
RETURN
END

SUBROUTINE WLSHLG ( DE, PA, XA, TA, RA, GA, TW, HXS, HFS,
*           XL, TSUB, HSUB, HIN, QLIM, ICHF )
C *
C * PURPOSE ; SURFACE HEAT TRANSFER COEFFICIENT OF PIPE.
C * INPUT ; DE ; EQUIVALENT DIAMETER OF PIPE ( M )
C * ; PA ; PRESSURE OF FLUID (KG/M**2)
C * ; XA ; QUALITY OF FLUID ( -- )
C * ; TA ; TEMPERATURE OF FLUID ( ' C )
C * ; RA ; SPECIFIC GRAITY OF FLUID (KG/M**3)

```

```

C * ; GA ; MASS FLOW RATE PER UNIT AREA (KG/M**2*S)
C * ; TW ; TEMPERATURE OF WALL ( ' C )
C * ; HXS ; SURFACE HEAT FLUX OF PIPE WALL (KCAL/M*M*S)
C * ; XL ; HEAT PIPE LENGTH ( M )
C * ; TSUB ; HEAT PIPE INLET SUBCOOL TEMPERATURE ( ' C )
C * ; HSUB ; HEAT PIPE INLET SUBCOOL ENTHALPY (KG*M/KG)
C * ; HIN ; HEAT PIPE INLET ENTHALPY (KG*M/KG)
C * OUTPUT ; HFS ; SURFACE HEAT TRANSFER COEFFICIENT (KCAL/M2*S*' C)
C * ; QLIM ; CRITICAL HEAT FLUX (KCAL/M*M*S)
C * ; ICHF ; CRITICAL HEAT FLOW FLAG
C *
IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
include 'comnt.h'
DATA GRAV / 9.807D0 /
C
ICRIT = MHTCF (6)
IF (ICRIT.GE.0) THEN
C
C CRITICAL HEAT FLUX DECISION (NUCLEATE BOILING TO FILM BOILING)
C
CALL WLHFSC ( ICRIT, DE, PA, TA, RA, XA, GA,
*           TW, HXS, IMODE, QLIM )
IH = MHTCF (IMODE)
C
C CRITICAL HEAT FLUX DECISION (SUBCOOL TO SATURATION)
C
IF (XL.GT.0.0.AND.IMODE.LE.2) THEN
MCHF = MHTCF (7)
CALL WLMCHF ( MCHF, XL, DE, PA, TA, GA, TSUB, HSUB, HIN,
*           HXS, QLIM, ICHF )
IF (ICHF.EQ.1) THEN
IMODE = 4
IH = MHTCF (IMODE)
ENDIF
ENDIF
C
C SUBCOOL REGION
C
IF (IMODE.EQ.1) THEN
CALL WLHFS1 ( IH, DE, PA, TA, RA, GA, TW, DCOIL, HFS )
C
C NUCLEATE BOILING REGION

```

加熱域の限界熱流束の判定
 ICHF=1の場合、限界熱流束発生

リスト 2. 1-1 加熱域の限界熱流束判定式の追加に伴うプログラム修正

```

C
ELSEIF (IMODE.EQ.2) THEN
    CALL WLHFS2 ( IH, PA, TA, RA, XA, TW, HXS, QLIM, HFS )
C
C
    TRANSIENT BOILING REGION
C
ELSEIF (IMODE.EQ.3) THEN
    CALL WLHFS2 ( -1, PA, TA, RA, XA, TW, HXS, QLIM, HFS )
C
C
    FILM BOILING REGION
C
ELSEIF (IMODE.EQ.4) THEN
    CALL WLHFS4 ( IH, DE, PA, TA, RA, XA, GA, TW, RADET, HFS )
C
C
    SUPER-HEATED REGION
C
ELSE
    CALL WLHFS5 ( IH, DE, PA, TA, RA, GA, TW, DCOIL, HFS )
ENDIF
C
C
    LEAP ORIGINAL MODEL
C
ELSE
IF (XA.LE.0.0.OR.XA.GE.1.0) THEN
    IH = 2
ELSE
    IF (ICRIT.EQ.-3) THEN
        IH = 2
    ELSEIF (ICRIT.EQ.-1) THEN
        QLIM = (2.0DO-3.0DO*XA)*277.778DO
        QLIM = DMAX1 ( QLIM, 0.0DO )
        IF (HXS.GE.QLIM) THEN
            IH = 2
        ELSE
            IH = 1
        ENDIF
    ELSE
        PC = PA/225.56D4
        GC = (DABS ( GA/1000.0 ))**1.2
        XLIM = (12.01*PC*PC-5.628*PC+0.8623)*GC
        XLIM = 1.0/(XLIM+1.0)
        IF (XA.GE.XLIM) THEN
            IH = 2
        ELSE
            IH = 1
        ENDIF
    ENDIF
ENDIF
C
C
    IF (IH.EQ.1) THEN
        PSI90 = PA*0.0158D-4
        HX = DMAX1 ( DABS ( HXS*1327.32 ), 1.0DO )
        HF = HX**0.75 *DEXP ( PSI90 ) *0.527046
        HFS = HF*4.883/3600.0
        HFS = DMIN1 ( HFS, 20.0DO )
    ELSE
        IF (XA.LE.0.0) THEN
            IS = 1
        ELSEIF (XA.GE.1.0) THEN
            IS = 2
        ELSE
            IS = -9
        ENDIF
        CP = WSLIBT ( PA, TA, XA, 2, IS )
        RMD = WSLIBT ( PA, TA, XA, 3, IS )
        SMU = WSLIBT ( PA, TA, XA, 4, IS ) / RA
        PRN = CP*SMU*RA/RMD
        REN = DABS ( GA ) *DE/RA/SMU
        ANU = 0.023 *REN**0.8 *PRN**0.4
        HFS = ANU*RMD/DE
    ENDIF
ENDIF
C
RETURN
END

```

加熱域の限界熱流束の判定

```

SUBROUTINE WLMCHF ( MCHF, XL, DE, PP, TT, GG, TSUB, HSUB, HIN, HXS,
*                QLIM, ICHF )
C *

```

リスト 2.1-1 加熱域の限界熱流束判定式の追加に伴うプログラム修正

```

C * PURPOSE ; CALCULATION OF CRITICAL HEAT FLUX
C * INPUT  ; MCHF ; CRITICAL HEAT FLUX CALCULATION OPTION
C *       ; XL   ; HEAT PIPE LENGTH ( M )
C *       ; DE   ; EQUIVALENT DIAMETER OF PIPE ( M )
C *       ; PP   ; PRESSURE OF FLUID (KG/M**2)
C *       ; TT   ; TEMPERATURE OF FLUID ( C )
C *       ; GG   ; MASS FLOW RATE PER UNIT AREA (KG/M**2*S)
C *       ; TSUB ; HEAT PIPE INLET SUBCOOL TEMPERATURE ( C )
C *       ; HSUB ; HEAT PIPE INLET SUBCOOL ENTHALPY (KG*M/KG)
C *       ; HIN  ; HEAT PIPE INLET ENTHALPY (KG*M/KG)
C *       ; HXS  ; SURFACE HEAT FLUX OF PIPE WALL (KCAL/M*M*S)
C * OUTPUT ; QLIM ; CRITICAL HEAT FLUX (KCAL/M*M*S)
C *       ; ICHF ; CRITICAL HEAT FLOW FLAG
C *
C * IMPLICIT REAL*8 ( A-H , 0-Z )
C * DATA GRAV / 9.807 /
C *
C * IF (MCHF.EQ.0) THEN
C *   RETURN
C *
C *   KATTO MODEL
C *
C * ELSEIF (MCHF.EQ.1) THEN
C *   CALL WSLIBS ( PP, TS, HL, HG, RL, RG )
C *
C *   SGM = WSLIB4 ( TT, 2 )
C *   GA  = DABS ( GG )
C *   HLG = (HG-HL)*GRAV
C *   XLD = XL/DE
C *   RGL = RG/RL
C *   CS  = SGM*RL/(GA+GA*XLD)
C *   IF (XLD.LE.50.0) THEN
C *     CC = 0.25
C *   ELSEIF (XLD.GE.150.0) THEN
C *     CC = 0.34
C *   ELSE
C *     CC = 0.25+0.0009*(XLD-50.0)
C *   ENDIF
C *   IF (RGL.LE.0.15) THEN
C *     RGL1 = RGL**0.133
C *     XLD1 = 1.0+0.0031*XLD
C *     QC1  = CC*CS**0.043/XLD
C *     QC2  = 0.1*RGL1*CS**0.33333/XLD1

```

甲藤の式による限界熱流束の計算

```

C *     QC3 = 0.098*RGL1*CS**0.433*XLD**0.27/XLD1
C *     CK1 = 1.043/(4.0*CC*CS**0.043)
C *     CK2 = 5.0/6.0*(0.0124+DE/XL)/(RGL1*CS**0.33333)
C *     IF (QC1.LE.QC2) THEN
C *       QCO = GA*HLG+QC1
C *     ELSEIF (QC2.LE.QC3) THEN
C *       QCO = GA*HLG+QC2
C *     ELSE
C *       QCO = GA*HLG+QC3
C *     ENDIF
C *     IF (CK1.GT.CK2) THEN
C *       CK = CK1
C *     ELSE
C *       CK = CK2
C *     ENDIF
C *   ELSE
C *     QC1 = CC*CS**0.043/XLD
C *     QC4 = 0.234*RGL**0.513*CS**0.433*XLD**0.27
C *           / (1.0+0.0031*XLD)
C *     QC5 = 0.0348*RGL**0.6*CS**0.173
C *           / (1.0+0.28*CS**0.233*XLD)
C *     CK1 = 1.043/(4.0*CC*CS**0.043)
C *     CK2 = 5.0/6.0*(0.0124+DE/XL)/(RGL**0.133*CS**0.33333)
C *     CK3 = (1.12*(1.52*CS**0.233)+DE/XL)/(RGL**0.6*CS**0.173)
C *     IF (QC1.LE.QC4) THEN
C *       QCO = GA*HLG+QC1
C *     ELSEIF (QC4.GT.QC5) THEN
C *       QCO = GA*HLG+QC4
C *     ELSE
C *       QCO = GA*HLG+QC5
C *     ENDIF
C *     IF (CK1.GT.CK2) THEN
C *       CK = CK1
C *     ELSEIF (CK2.LE.CK3) THEN
C *       CK = CK2
C *     ELSE
C *       CK = CK3
C *     ENDIF
C *   ENDIF
C *   QLIM = QCO*(1.0+CK*HSUB/(HG-HL))
C *   QLIM = QLIM/4.186D3

```

リスト 2.1-1 加熱域の限界熱流束判定式の追加に伴うプログラム修正

```

C
C
C      TONG MODEL
C
C      ELSE
C          CALL WSLIBS ( PP, TS, HL, HG, RL, RG )
C          GA      = DABS ( GG ) * 3600. 0
C          GS      = 0. 205D-6 * GA
C          CA      = 0. 532 * ( DABS ( ( HL-HIN ) / ( HG-HL ) ) ) ** 0. 75 * ( RL / RG ) ** 0. 33333
C          QLIM    = 2. 71D6 * ( 0. 23 + 0. 094 * GS ) * ( 3. 0 + 0. 018 * TSUB )
C          *      * ( 0. 435 + 1. 23 * DEXP ( -0. 0093 * XL / DE ) ) * ( 1. 7 - 1. 4 * DEXP ( -CA ) )
C          QLIM    = QLIM / 3600. 0
C
C      ENDIF
C      IF ( HXS. GT. QLIM ) THEN
C          ICHF    = 1
C      ENDIF
C
C      RETURN
C      END

```

Tong の式による限界熱流束の計算

限界熱流束の判定

リスト 2.1-2 Post-CHF 伝熱相関式の追加に伴うプログラム修正

```

SUBROUTINE WLHFS4 ( IHMDL, DE, PP, TT, RR, XX, GA, TW, RADET, HFS )
C *
C * PURPOSE ; CALCULATION OF HEAT TRANSFER COEFFICIENT
C * ; ( FILM BOILING REGION )
C * INPUT ; IHMDL ; HEAT TRANSFER COEFFICIENT MODEL
C * ; DE ; EQUIVALENT DIAMETER OF PIPE ( -M- )
C * ; PP ; PRESSURE OF FLUID (KG/M**2)
C * ; XX ; QUALITY OF FLUID ( - )
C * ; TT ; TEMPERATURE OF FLUID (DEG. C)
C * ; RR ; SPECIFIC GRAVITY OF FLUID (KG/M**3)
C * ; GA ; MASS FLOW RATE PER UNIT AREA (KG/M**2. S)
C * ; TW ; TEMPERATURE OF WALL (DEG. C)
C * ; RADET ; RADIATION CONSTANT ( - )
C * OUTPUT ; HFS ; HEAT TRANSFER COEFFICIENT
C *
IMPLICIT REAL*8 ( A-H , O-Z )
DATA GRAV / 9. 807D0 /

```

HEINEMAN'S EQUATION FOR FILM BOILING AND SUPERHEATED STEAM

```

IF (IHMDL.EQ.0) THEN
VS = 1.0/RR
CP = WSLIBT ( PP, TT, XX, 2, -9 )
RMD = WSLIBT ( PP, TT, XX, 3, -9 )
SMU = WSLIBT ( PP, TT, XX, 4, -9 ) * VS
PRN = CP*SMU*RR/RMD
REN = DABS ( GA ) * DE / SMU * VS
ANU = 0.0133*REN**0.84*PRN**0.333
HFS = ANU*RMD/DE

```

中略

CONDIE-BENGSTON IV EQUATION

```

ELSEIF (IHMDL.EQ.8) THEN
CALL WSLIBS ( PP, TS, HL, HG, RL, RG )
AL = (RL-RR) / (RL-RG)
AL = DMAX1 ( DMIN1 ( AL, 1.0D0 ), 0.0D0 )
CP = WSLIBT ( PP, TT, XX, 2, -9 )
RMD = WSLIBT ( PP, TT, XX, 3, -9 )
SMU = WSLIBT ( PP, TT, XX, 4, -9 ) / RR

```

Condie-Bengston IVの式
(下限値:ふく射を考慮した Bromley の式)

```

RMDG = WSLIBT ( PP, TS, XX, 3, -2 ) * 4.186D3
SMUG = WSLIBT ( PP, TS, XX, 4, -2 ) / RG
PRW = CP*SMU*RR/RMD
REG = DABS ( GA ) / RR * DE / SMUG
F1 = RMDG**0.4593/DE**0.8095
F2 = (1.0+XX)**(-2.0514)
F3 = 0.6249+0.2043*DLOG ( 1.0+XX )
HF1 = 0.05345*F1*PRW**2.2598+F2*REG**F3
IF (AL.LE.0.65) THEN
TSK = TS+273.15
TWK = TW+273.15
HR = 5.6687D-8*RADET*(TWK**4-TSK**4) / (TWK-TSK)
F1 = 9.807*RG*(RL-RG) / (SMUG*RG)
F2 = (HG-HL) * 9.807 / (TWK-TSK)
HC = 0.62*(RMDG/DE*F1*F2)**0.25
HFO = HC+HR
IT = 0
1080 IT = IT+1
HF2 = HC*(HC/HFO)**0.33333+HR
ERR = DABS ( (HF2-HFO) / HF2 )
IF (IT.LT.20.AND.ERR.GT.1.0D-6) THEN
HFO = HF2
GO TO 1080
ENDIF
ELSE
HF2 = 0.0
ENDIF
HFS = DMAX1 ( HF1, HF2 ) / 4.186D3

```

GROENEVELD 5.9 EQUATION

Groeneveld 5.9 の式

```

ELSEIF (IHMDL.EQ.9) THEN
CALL WSLIBS ( PP, TS, HL, HG, RL, RG )
CP = WSLIBT ( PP, TT, XX, 2, -9 )
RMD = WSLIBT ( PP, TT, XX, 3, -9 )
SMU = WSLIBT ( PP, TT, XX, 4, -9 ) / RR
RMDG = WSLIBT ( PP, TS, XX, 3, -2 )
SMUG = WSLIBT ( PP, TS, XX, 4, -2 ) / RG
REG = DABS ( GA ) / RR * DE / SMUG
PRW = CP*SMU*RR/RMD
F1 = XX + (1.0-XX) * RG/RL
F2 = 1.0-0.1*(RL/RG)**0.4*(1.0-XX)**0.4

```

リスト 2.1-2 Post-CHF 伝熱相関式の追加に伴うプログラム修正

```
F2 = DMAX1 ( F2, 0. 01D0 )  
ANU = 0. 00327* (REG*F1)**0. 901*PRW**1. 32*F2** (-1. 50)  
HFS = ANU*RMDG/DE
```

```
C  
C DITUS BOELTER'S EQUATION  
C
```

```
ELSE
```

```
CP = WSLIBT ( PP, TT, XX, 2, -9 )  
RMD = WSLIBT ( PP, TT, XX, 3, -9 )  
SMU = WSLIBT ( PP, TT, XX, 4, -9 )/RR  
PRN = CP*SMU*RR/RMD  
REN = DABS ( GA )/RR*DE/SMU  
ANU = 0. 023*REN**0. 8*PRN**0. 4  
HFS = ANU*RMD/DE
```

```
ENDIF
```

```
C  
RETURN  
END
```

2.2 水・蒸気表の圧力上限値の拡大^{(3) (11) (12) (13) (14) (15) (16)}

(1) 改良の着眼点

LEAP-BLOW Ver. 1. 20 で計算可能な圧力上限値は 19. 6MPa (a) (200ata) となっている。LEAP-BLOW Ver. 1. 30 は計算可能な圧力上限値を水の臨界圧力まで計算可能となるよう拡張する。また、この際、諸物性に係わるデータベースの拡張に加えて、以下の臨界流量計算モデルについても拡張・改良する。

- ・ Bernoulli の式 (全領域)
- ・ Henry-Fauske の式 (サブクール領域)
- ・ Moody の式 (二相領域)
- ・ 小笠原の式 (二相領域)
- ・ 単相流理論式 (過熱蒸気領域)
- ・ 断熱噴流の式 (過熱蒸気領域)
- ・ Murdock-Bauman の式 (過熱蒸気領域)

(2) 諸物性に係わるデータベースの拡張方法

水・蒸気の諸物性は、日本機械学会発行の蒸気表 (以下、IAPWS-IF97 と称する) に従うものとする。

IAPWS-IF97 (99 年度版) には、これに準拠する熱力学性質を求めるプログラムが添付されており、IAPW-IF97 所有者は自由に利用することができる。

ここで、IAPWS-IF97 に添付されるプログラムを用いて LEAP-BLOW Ver. 1. 30 の水・蒸気系の物性値を拡張する方法として、下記の方法が考えられる。

- ① IAPWS-IF97 添付のプログラムを直接組み込む
- ② IAPWS-IF97 添付のプログラムより、蒸気表テーブルを作成する。

①の方法は、IAPWS-IF97 添付のプログラムの再配布が許可されていないことから、利用環境において IAPWS-IF97 の所有が前提となる。また、数値計算精度は高い反面、その都度水・蒸気の物性値を計算することから、計算時間が増大することが懸念される。

一方、②の方法ではこのような問題は解消されるが、諸物性の数値精度が①よりも低下することが懸念される。これは、蒸気表テーブルを細かく取ることである程

度は解消することができる。

以上の理由で、今回の改良では②の方法を用いることとした。また、計算時間の短縮と数値計算精度を向上させるため、LEAP-BLOW コードで用いている関数の形にあわせて複数の水・蒸気の状態量のデータベーステーブルを用意することとした。

LEAP-BLOW Ver. 1.20 コードで用いている、水・蒸気の状態量に関する主要な関数は次の通りである。

- ・ テーブル 1 (圧力の飽和状態の諸物性関数)

TEMG、HLS、HGS、RHOLS、RHOGS 等

- ・ テーブル 2 (圧力とエンタルピの諸物性関数)

TEMP、THHV、RHO、RHOCOL、RHOHET 他

- ・ テーブル 3 (圧力と温度の諸物性関数)

ENTS、ENTW、HENT、CPLS、CPLW 他

- ・ テーブル 4 (温度の関数)

PRES、SIGM

(3) 諸物性に係わるデータベースの作成

前項に示したように、IAPWS-IF97 を用いて、LEAP-BLOW Ver. 1.30 用の水・蒸気の状態量のデータベースを作成する。データベースの範囲は、下記の水・蒸気の状態量の範囲とする。ただし、IAPWS-IF97 は SI 単位系 (圧力: MPa、エネルギー: kJ) に対し、LEAP-BLOW の内部処理は MKS 単位系 (圧力: kg/m²、エネルギー: kg·m or kcal) であるため、単位換算を行なう必要がある。

- ・ 圧力範囲: 0.1MPa (1.0×10⁴kg/m²) ~24.5MPa (250×10⁴kg/m²)

ただし、飽和圧力は~22.064MPa まで

- ・ 温度範囲: ~800℃ (エンタルピ: ~400000 (kg·m)/kg)

LEAP-BLOW Ver. 1.30 用に作成した水・蒸気の状態量のデータベーステーブルは次の通りである。

- ・ テーブル 1 (圧力の飽和状態の諸物性関数)

圧力、飽和温度、飽和 (飽和水と飽和蒸気、以下同じ) エンタルピー、飽和密度、飽和定圧比熱、飽和熱伝導度、飽和粘性係数、

飽和圧力の温度微分項、飽和エンタルピーの圧力微分項及び温度微分項、
飽和比容積の圧力微分項及び温度微分項

・テーブル 2 (圧力とエンタルピーの諸物性関数)

温度、密度

・テーブル 3 (圧力と温度の諸物性関数)

エンタルピー、定圧比熱、熱伝導度、粘性係数

・テーブル 4 (飽和温度の諸物性関数)

飽和温度、飽和圧力、表面張力

作成したデータベーステーブルを用いる、LEAP-BLOW Ver. 1.30 用の水・蒸気状態量ルーチンの機能を表 2.2-1 に示し、プログラムの内容をリスト 2.2-1 に示す。また、LEAP-BLOW Ver. 1.20 と LEAP-BLOW Ver. 1.30 の水・蒸気ライブラリルーチン（水・蒸気の諸物性値を求めるサブルーチン）の比較を表 2.2-2 に示す。表 2.2-2 に示した LEAP-BLOW Ver. 1.20 と LEAP-BLOW Ver. 1.30 の水・蒸気ライブラリルーチンを用いた水・蒸気の諸物性値の比較結果を図 2.2-1～図 2.2-12 に示す。

図 2.2-1～図 2.2-12 に示す水・蒸気の諸物性値は、LEAP-BLOW Ver. 1.20 と中圧力（130kg/cm²）以下の領域ではほぼ整合性を確保しつつ、200kg/cm² を超え臨界圧力以上の領域まで、変極点を持たずに拡張されていることが確認できる。

図 2.2-1 に示す飽和温度は、改良により臨界圧力以上で臨界温度以上となることを制限しており、図 2.2-6 に示す LEAP-BLOW Ver. 1.20 での 200 kg/cm² 近傍での飽和温度と状態温度との不整合も解消している。図 2.2-9 に示す定圧比熱では、サブクール領域でも比熱の圧力依存性が考慮されている。図 2.2-12 に示す表面張力では、臨界温度で 0 となる特性に改善されている。

以上の比較により、LEAP-BLOW Ver. 1.30 用に作成したデータベーステーブル及びこれを用いる水・蒸気ライブラリルーチン（水・蒸気の諸物性値を求めるサブルーチン）は妥当なものと判定される。

(4) 臨界流量計算モデルの拡張

a. 臨界流量計算モデル

LEAP-BLOW コードの臨界流量は、以下に示す臨界流量計算モデルの組合せにより求められる。

ここで、

C	: 定圧比熱	g	: 重力加速度
G	: 単位面積流量	H	: エンタルピ
n	: ポリトロープ指数	N	: 実験パラメータ
P	: 圧力	S	: エントロピ
S*	: スリップ比	u	: 流速
V	: 比容積	X	: クオリティ
α	: ボイド率	γ	: 断熱指数
η	: 臨界圧力比	ρ	: 密度

添字は、

S	: 境界	C	: 臨界部
L	: 液相	G	: 気相

をそれぞれ示している。

(a) Bernoulli の式 (全領域)

臨界圧力として大気圧を想定し、サブクール領域から二相領域、過熱蒸気領域に至るまで、境界圧力及び境界エンタルピによる求まる比容積を用いて、下記の相関式により臨界流量を求める。

$$G_C = \sqrt{2g \frac{1}{V} (P_S - P_C)}$$

(b) Henry-Fauske の式 (サブクール領域)

以下に、Henry-Fauske の式を示す。境界圧力及び境界エンタルピを与えて、臨界圧力比と臨界流量を求める式を連立させて解き、臨界圧力及び臨界流量を得る。

$$\eta = 1 - \frac{V_{LS} G_C^2}{2P_S} \quad \eta = \frac{P_C}{P_S}$$

$$G_C^2 = \left[(V_{GC} - V_{LS}) \frac{N}{S_{GC} - S_{LC}} \frac{dS_{LC}}{dP} \right]_S^{-1}$$

$$N = \frac{X_C}{0.14} \quad \text{ただし、} 0 \leq N \leq 1$$

(c) Moody の式 (二相領域)

以下に、Moody の式を示す。境界圧力及び境界エンタルピを与えて、流量が最大となる臨界圧力を収束計算で求め、この流量を臨界流量とする。

$$G = \sqrt{\frac{2gR \left[H_S - H_L - \frac{H_{GL}}{S_{GL}} (S_S - S_L) \right]}{\left[\frac{S^* (S_G - S_S) V_L}{S_{GL}} + \frac{(S_S - S_L) V_G}{S_{GL}} \right]^2 \left[\frac{S_S - S_L}{S_{GL}} + \frac{S_G - S_S}{S^{*2} S_{GL}} \right]}}$$

$$S^* = \left(\frac{V_G}{V_L} \right)^{\frac{1}{3}} \quad H_{GL} = H_G - H_L \quad S_{GL} = S_G - S_L$$

$$\frac{dG_C}{dP_C} = 0 \quad R: \text{mechanical equivalent of heat (778 ft}\cdot\text{lb/Btu)}$$

(d) 小笠原の式 (二相領域)

以下に、小笠原の式を示す。境界圧力及び境界エンタルピを与えて、臨界圧力及び臨界流量を収束計算により求める。

$$G = \frac{S^* \rho_L \rho_G}{X \rho_L + S^* (1 - X) \rho_G} V_L$$

$$(S^* - 1)^2 \{1 - X(S^* + 1)\} \xi \left(\frac{V_L^2}{g} \right)^2$$

$$+ 2F \frac{V_L^2}{g} - 2M^2 (H_G - H_L) \frac{1}{S^* \rho_G \rho_L} = 0$$

$$F = [\rho_L \{1 + 2(S^* - 1)X\} - S^* \rho_G \{2 - S^* + 2(S^* - 1)X\}] \eta + \{1 + (S^* - 1)X\} \xi (H_G - H_L)$$

$$- M \left\{ \left[2 + 3(S^{*2} - 1)X \right] \frac{1}{2S^* \rho_G} - \left[3 - S^{*3} + 3(S^{*2} - 1)X \right] \frac{1}{2\rho_L} \right\}$$

$$M = X \rho_L + (1 - X) S^* \rho_G$$

$$\xi = \frac{X\rho_L}{\rho_G} \frac{\partial\rho_G}{\partial P} + \frac{(1-X)S^*\rho_G}{\rho_L} \frac{\partial\rho_L}{\partial P}$$

$$\eta = X \frac{\partial H_G}{\partial P} + (1-X) \frac{\partial H_L}{\partial P}$$

(e) 単相流理論式（過熱蒸気領域）

下記の単相流理論式により、臨界圧力点の物性値を用いて臨界流量を得る。

$$G_C = \rho \sqrt{\frac{g\rho}{\left(\frac{\partial\rho}{\partial H}\right)_P + \rho\left(\frac{\partial\rho}{\partial P}\right)_H}}$$

(f) 断熱噴流の式（過熱蒸気領域）

下記の断熱噴流の式により、臨界圧力比及び臨界流量を得る。

$$G_C = \sqrt{g\rho\gamma P_S \left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{\gamma+1}{\gamma-1}}}$$

$$P_C = P_S \eta = P_S \left(\frac{2}{\gamma+1}\right)^{\frac{\gamma}{\gamma-1}}$$

(g) Murdock-Bauman の式（過熱蒸気領域）

以下に、Murdock-Bauman の式を示す。臨界流量は、境界圧力及び比容積と境界圧力と境界温度で求まる係数 **Fz**（表 2. 2-3 参照）により決定される。

$$G_C = Fz \sqrt{\frac{P_S}{V_L}}$$

b. LEAP-BLOW コードの臨界流量計算方法

(a) 臨界流量の特性

LEAP-BLOW の流動計算で臨界流量判定を行なう際に、流量とエンタルピを与えて臨界圧力、境界圧力を求めている。流量とエンタルピから臨界圧力、境界圧力を求めるためには臨界流量の収束計算が必要であり、計算時間がかかる。そこで、LEAP-BLOW コード内では計算時間を短縮するために、境界圧力とエンタルピに関して臨界流量と臨界圧力をテーブル化して、テーブル補間により求めている。図 2. 2-13 に各臨界流量計算モデルの特性を示す。

i. サブクール領域

サブクール領域について、図 2. 2-13 の (a) (b) に Henry-Fauske の式と Bernoulli の式による臨界流量の比較を示す。低エンタルピ領域では両者の評価式は同等の臨界流量を与えるが、飽和水状態のエンタルピにおける臨界流量を比較すると、Henry-Fauske の式による臨界流量は Bernoulli の式による臨界流量の約半分である。

ii. 二相領域

二相領域について、図 2. 2-13 の (c) (d) (e) に Moody の式、小笠原の式、Bernoulli の式による臨界流量の比較を示す。二相状態のエンタルピにおける臨界流量を比較すると、Moody の式による臨界流量は Bernoulli の式による臨界流量の約半分であり、小笠原の式による臨界流量は Moody の式による臨界流量よりも 20%~30% 少ない。

iii. 過熱蒸気領域

過熱蒸気領域について、図 2. 2-13 の (f) (g) (h) に単相流理論式、断熱噴流の式、Murdock-Bauman の式、Bernoulli の式による臨界流量の比較を示す。過熱蒸気状態のエンタルピにおける臨界流量を比較すると、断熱噴流の式による臨界流量と Murdock-Bauman の式による臨界流量は結果的に同じ流量、同じ臨界圧力となった。また、断熱噴流の式・Murdock-Bauman の式による臨界流量は Bernoulli の式による臨界流量の約半分であり、単相流理論式による臨界流量は断熱噴流の式・Murdock-Bauman の式による臨界流量よりも 20%~30% 少ない。

(b) 臨界流量計算モデルの組合せ

以上の特性より、図 2. 2-14 に飽和状態における各臨界流量計算モデルの組合せの検討結果を示す。

飽和水状態では、Henry-Fauske の式による臨界流量と、Moody の式による臨界流量及び小笠原の式による臨界流量で偏差があることから、クオリティ 5% までの範囲で Henry-Fauske の式による臨界流量と、Moody の式による臨界流量及び小笠原の式による臨界流量の補間を行なう。一方、飽和蒸気状態では、Moody の式による臨界流量と断熱噴流の式・Murdock-Bauman の式による臨界流量、小笠原の式による臨界流量及び単相流理論式による臨界流量はそれぞれほぼ良い一致を示してい

る。

また、Bernoulli の式により求めた臨界流量は他の計算モデルによる臨界流量の約 2 倍であるが、Bernoulli の式により求めた臨界流量同士は一致している。

(c) 臨界流量テーブルの作成

前項の臨界流量計算モデルの組合せの検討結果を踏まえて、LEAP-BLOW Ver. 1. 30 の臨界流量計算モデルを図 2. 2-15～図 2. 2-19 に示す。

図 2. 2-15 に示すオプション 1（小笠原の式による計算）ではサブクール領域、過熱蒸気領域の臨界流量が計算できないことに留意が必要である。

図 2. 2-16 に示すオプション 2（Henry-Fauske、Moody、断熱噴流の式）、図 2. 2-17 に示すオプション 3（Henry-Fauske、小笠原、単相流理論式）、図 2. 2-18 に示すオプション 4（Bernoulli の式）による臨界流量は、LEAP-BLOW Ver. 1. 20 と中圧力（ 130kg/cm^2 ）以下の領域では整合性を確保しつつ、 200kg/cm^2 を超え臨界圧力以上の領域まで、拡張されていることが確認できる。ただし、オプション 2 及びオプション 3 では、 200kg/cm^2 を超える圧力領域において、サブクール領域と二相領域の不連続点を有する結果となる。

一方、図 2. 2-19 に示すオプション 5（Henry-Fauske、小笠原、Murdock-Bauman の式）による臨界流量も、LEAP-BLOW Ver. 1. 20 と中圧力（ 130kg/cm^2 ）以下の領域では整合性を確保しつつ、 200kg/cm^2 を超え臨界圧力以上の領域まで拡張されているが、オプション 3 のサブクール領域と二相領域の不連続点に加えて、二相領域と過熱蒸気領域に不連続点を有している。

以上で示したように、LEAP-BLOW Ver. 1. 30 用に作成した臨界流量計算オプションは、一部の計算オプションでは臨界流量計算モデルの切換えの際に不連続点を有する、LEAP-BLOW Ver. 1. 20 と整合性を確保しつつ、臨界圧力近傍の領域まで拡張されていることを確認できた。

(5) まとめ

LEAP-BLOW Ver. 1. 30 の計算可能な圧力上限値を水の臨界圧力まで計算可能となるよう拡張し、その妥当性を確認した。ここで、諸物性に係わるデータベースの拡張を併せて、臨界流量計算モデルを拡張し、適用性を確認した。

表 2.2-1 (1/2) LEAP-BLOW Ver. 1.30 用の水・蒸気ライブラリルーチン

ルーチン名	タイプ	引数名	(注)	意味	単位
WSLIB0	SUBROUTINE	—	—	—	—
WSLIBS	SUBROUTINE	PA	I	圧力	kg/m ²
		TS	0	飽和温度	℃
		HL	0	飽和水エンタルピ	kg・m/kg
		HG	0	飽和蒸気エンタルピ	kg・m/kg
		RL	0	飽和水密度	kg/m ³
		RG	0	飽和蒸気密度	kg/m ³
WSLIBD	SUBROUTINE	PA	I	圧力	kg/m ²
		PT	0	飽和圧力の温度微分項 (dPs/dT)	(kg/m ²)/℃
		HLP	0	飽和水エンタルピの圧力微分項 (dHL/dP)	(kg・m/kg) / (kg/m ²)
		HLT	0	飽和水エンタルピの温度微分項 (dHL/dT)	(kg・m/kg) /℃
		HGP	0	飽和蒸気エンタルピの圧力微分項 (dHG/dP)	(kg・m/kg) / (kg/m ²)
		HGT	0	飽和蒸気エンタルピの温度微分項 (dHG/dT)	(kg・m/kg) /℃
		VLP	0	飽和水比容積の圧力微分項 (dVL/dP)	(m ³ /kg) / (kg/m ²)
		VLT	0	飽和水比容積の温度微分項 (dVL/dT)	(m ³ /kg) /℃
		VGP	0	飽和蒸気比容積の圧力微分項 (dVG/dP)	(m ³ /kg) / (kg/m ²)
VGT	0	飽和蒸気比容積の温度微分項 (dVG/dT)	(m ³ /kg) /℃		
WSLIBF	FUNCTION	PA	I	圧力	kg/m ²
		HA	I	エンタルピ	kg・m/kg
		ID	I	= 1 WSLIBF に状態温度を返す = 2 WSLINF に状態密度を返す	℃ kg/m ³

(注) I : ルーチンへの入力、0 : ルーチンからの出力 を示す。

表 2. 2-1 (2/2) LEAP-BLOW Ver. 1. 30 用の水・蒸気ライブラリルーチン

ルーチン名	タイプ	引数名	(注)	意味	単位	
WSLIBT	FUNCTION	PA	I	圧力	kg/m ²	
		TA	I	温度	℃	
		XA	I	クオリティ	—	
		ID	I	= 1	WSLIBT にエンタルピを返す	kg・m/kg
				= 2	WSLIBT に定圧比熱を返す	kcal/(kg・℃)
				= 3	WSLIBT に熱伝導度を返す	kcal/(m・s・℃)
				= 4	WSLIBT に粘性係数を返す	Pa・s
		IS	I	= 0	全領域の状態量を計算 (PA、TA を使用)	—
				= 1	サブクール、飽和水の状態量を計算 (PA、TA を使用)	—
				= 2	過熱蒸気、飽和蒸気の状態量を計算 (PA、TA を使用)	—
				= -1	飽和水の状態量を計算 (PA を使用)	—
				= -2	飽和蒸気の状態量を計算 (PA を使用)	—
		= -9	二相域の状態量を計算 (PA、XA を使用)	—		
WSLIB4	FUNCTION	TA	I	飽和温度	℃	
		ID	I	= 1	WSLIB4 に飽和圧力を返す	kg/m ²
				= 2	WSLIB4 に表面張力を返す	N/m

(注) I : ルーチンへの入力、0 : ルーチンからの出力 を示す。

表 2. 2-2 (1/2) LEAP-BLOW 用の水・蒸気ライブラリルーチンの比較

LEAP-BLOW Ver. 1. 30 のルーチン		LEAP-BLOW Ver. 1. 20 のルーチン	
ルーチン名	処理内容	ルーチン名	処理内容
WSLIB0 (SUBROUTINE)	蒸気表ライブラリの読み込み	—	—
WSLIBS (SUBROUTINE)	飽和状態の計算	TEMG (FUNCTION)	飽和温度計算
		HLS (FUNCTION)	飽和水エンタルピ計算
		HGS (FUNCTION)	飽和蒸気エンタルピ計算
		RHOLS (FUNCTION)	飽和水密度計算
		RHOGS (FUNCTION)	飽和蒸気密度計算
		ENTW (FUNCTION)	飽和水のエンタルピ計算
WSLIBD (SUBROUTINE)	飽和状態の微分係数の計算	DPTS (FUNCTION)	飽和圧力の温度微分項 (dPs/dT) 計算
		DEPS (FUNCTION)	飽和蒸気エンタルピの圧力微分項 (dHG/dP)
		DETS (FUNCTION)	飽和蒸気エンタルピの温度微分項 (dHG/dT)
		VOLW (FUNCTION)	飽和水比容積の微分項 (dVL/dP) (dVL/dT)
		DVPS (FUNCTION)	飽和蒸気比容積の圧力微分項 (dVG/dP)
		DVTS (FUNCTION)	飽和蒸気比容積の温度微分項 (dVG/dT)
		DHLDP (FUNCTION)	飽和水エンタルピの圧力微分項 (dHL/dP)
		DHGDP (FUNCTION)	飽和蒸気エンタルピの圧力微分項 (dHG/dP)
		DRLDP (FUNCTION)	飽和水密度の圧力微分項 (dRL/dP)
DRGDP (FUNCTION)	飽和蒸気密度の圧力微分項 (dRG/dP)		

表 2. 2-2 (2/2) LEAP-BLOW 用の水・蒸気ライブラリルーチンの比較

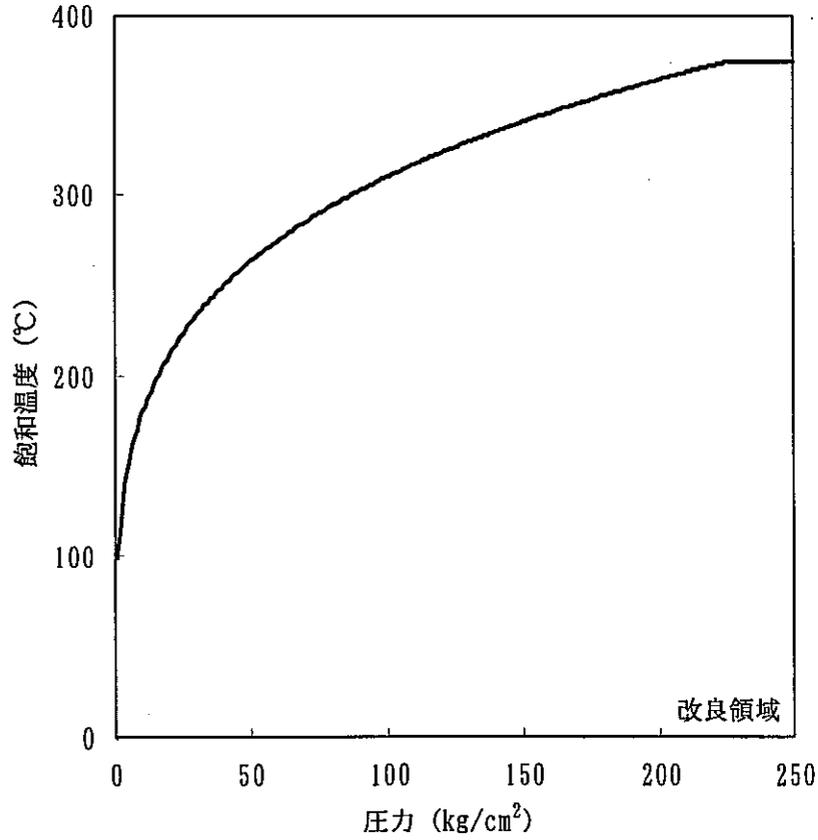
LEAP-BLOW Ver. 1. 30 のルーチン		LEAP-BLOW Ver. 1. 20 のルーチン	
ルーチン名	処理内容	ルーチン名	処理内容
WSLIBF (FUNCTION)	圧力とエンタルピによる状態量計算	TEMP (FUNCTION)	温度計算
		RHO (FUNCTION)	密度計算
		RHOCOL (FUNCTION)	サブクール水の密度計算
		RHOHET (FUNCTION)	過熱蒸気の密度計算
		VOLG (FUNCTION)	過熱蒸気の比容積 (圧力と温度の関数)
		VOLW (FUNCTION)	サブクール水の比容積 (温度の関数)
		THHV (FUNCTION)	過熱蒸気の温度計算
WSLIBT (FUNCTION)	圧力と温度による状態量計算	HENT (FUNCTION)	サブクール水のエンタルピ計算
		ENTS (FUNCTION)	過熱蒸気のエントタルピ計算
		CPLW (FUNCTION)	サブクール水の比熱計算
		CPLS (FUNCTION)	過熱蒸気の比熱計算
		SKW (FUNCTION)	熱伝導度計算
		SMW (FUNCTION)	粘性係数計算
		SMULS (FUNCTION)	飽和水の粘性係数計算
		SMUGS (FUNCTION)	飽和蒸気粘性係数計算
WSLIB4 (FUNCTION)	飽和温度に関する状態量の計算	PRES (FUNCTION)	飽和圧力の計算
		SIGM (FUNCTION)	表面張力の計算

表 2. 2-3 Murdock-Bauman の臨界流量計算係数 (過熱蒸気領域)

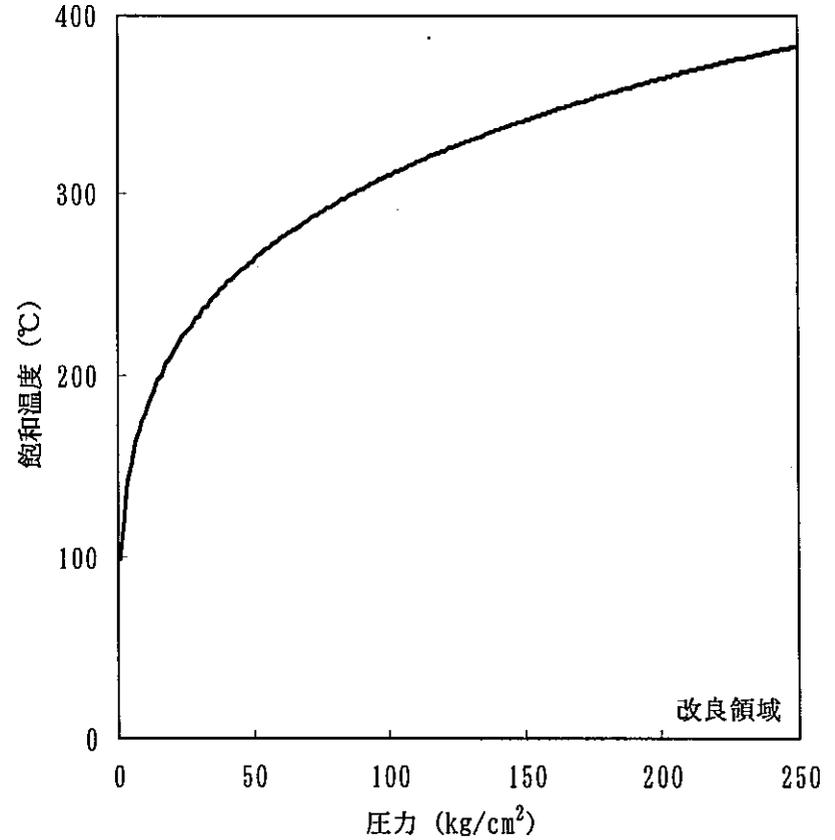
Pressuere	1	100	500	1000	2000	3000	4000	5000
(temp)	(180 F)	(405 F)	(540 F)	(615 F)	(700 F)	(760 F)	(800 F)	(820 F)
(Fz) *1	(45. 86)	(45. 59)	(45. 33)	(45. 11)	(44. 90)	(45. 03)	(44. 87)	(45. 32)
t (deg F)								
200	45. 83							
300	45. 71							
400	45. 62							
500	45. 58	45. 52						
600	45. 50	45. 44						
700	45. 43	45. 38	45. 34	45. 19				
800	45. 36	45. 31	45. 31	45. 21	45. 09	45. 06		
900	45. 28	45. 24	45. 23	45. 19	45. 13	45. 09	45. 01	45. 30
1000	45. 20	45. 17	45. 18	45. 16	45. 12	45. 11	45. 10	45. 28
1100	45. 12	45. 10	45. 12	45. 11	45. 11	45. 11	45. 13	45. 26
1200	45. 04	45. 03	45. 07	45. 04	45. 09	45. 10	45. 14	45. 23
1300	44. 96	44. 96	44. 99	44. 99	45. 04	45. 08	45. 14	45. 21
1400	44. 87	44. 88	44. 90	44. 91	44. 98	45. 04	45. 14	45. 19
1500	44. 78	44. 78	44. 81	44. 82	44. 87	45. 01	45. 11	45. 16
1600	44. 68	44. 68	44. 69	44. 68	44. 72	44. 96	45. 08	45. 13

*1) Minimum temperature to limit expansion to superheated vapor region.

Value of Fz corresponding to minimum temperature.

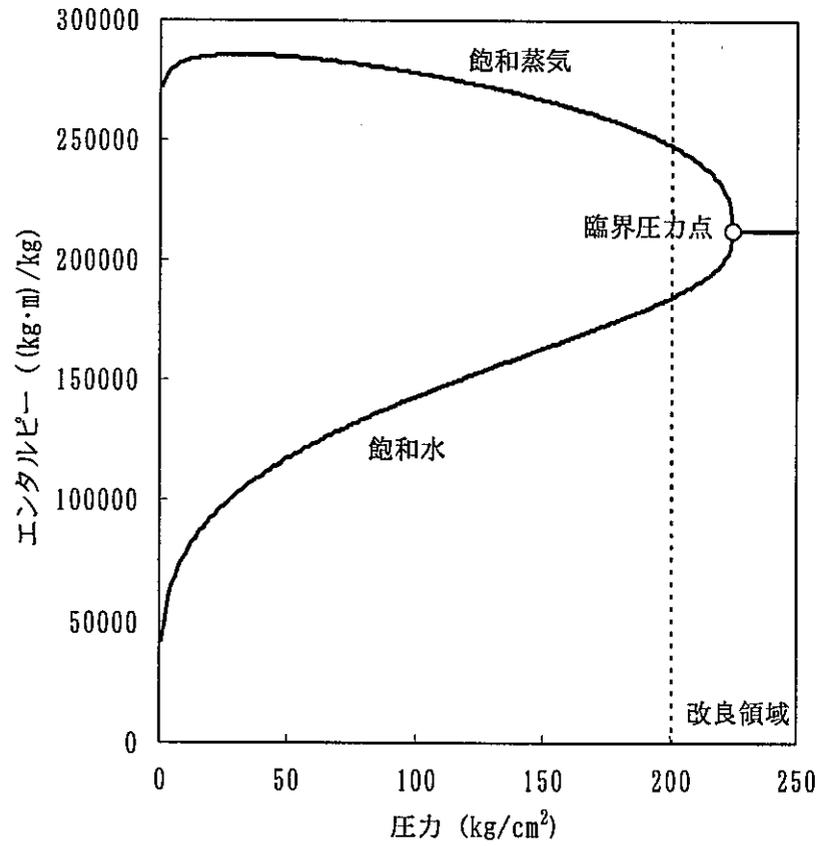


(a) LEAP-BLOW Ver. 1.30

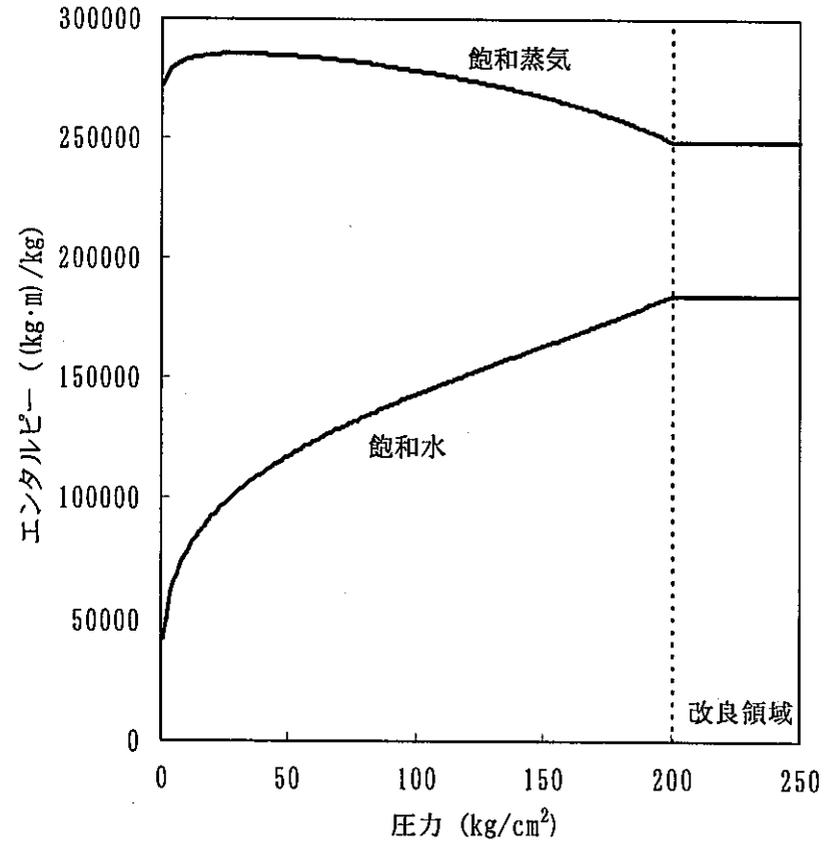


(b) LEAP-BLOW Ver. 1.20

図 2.2-1 水・蒸気ライブラリの改良 (テーブル1、飽和温度)

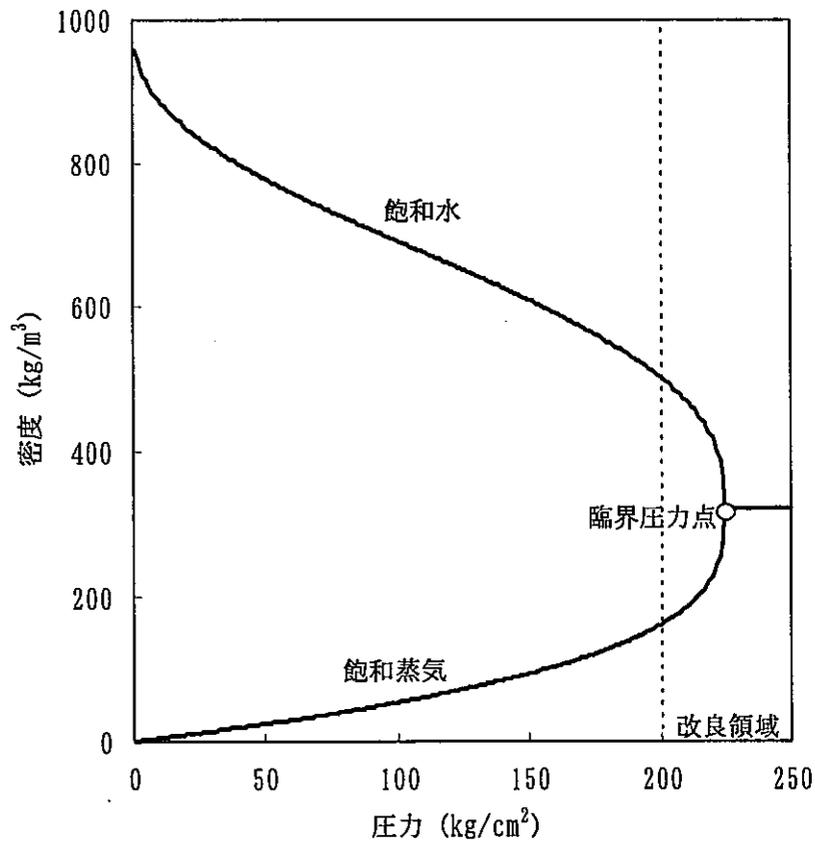


(a) LEAP-BLOW Ver. 1.30

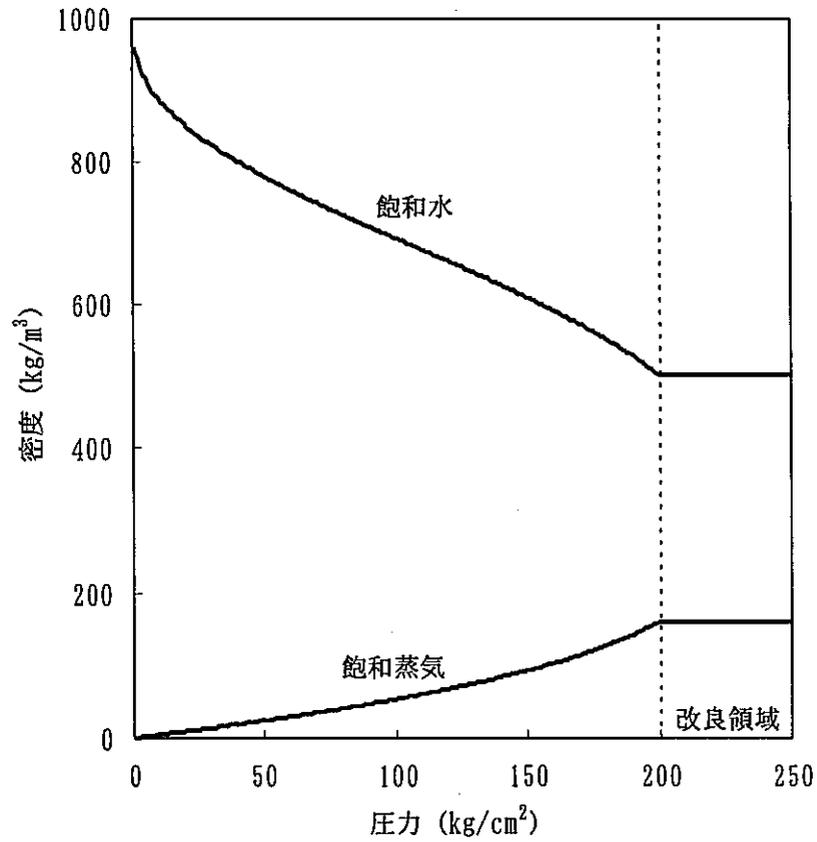


(b) LEAP-BLOW Ver. 1.20

図 2.2-2 水・蒸気ライブラリの改良 (テーブル1、飽和エンタルピ)

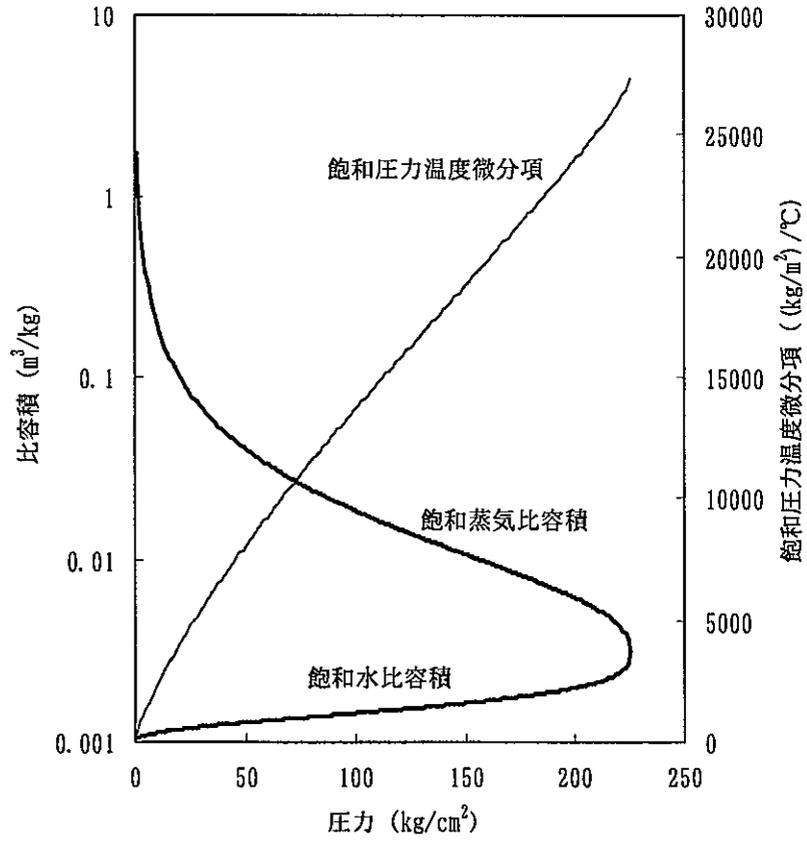


(a) LEAP-BLOW Ver. 1.30

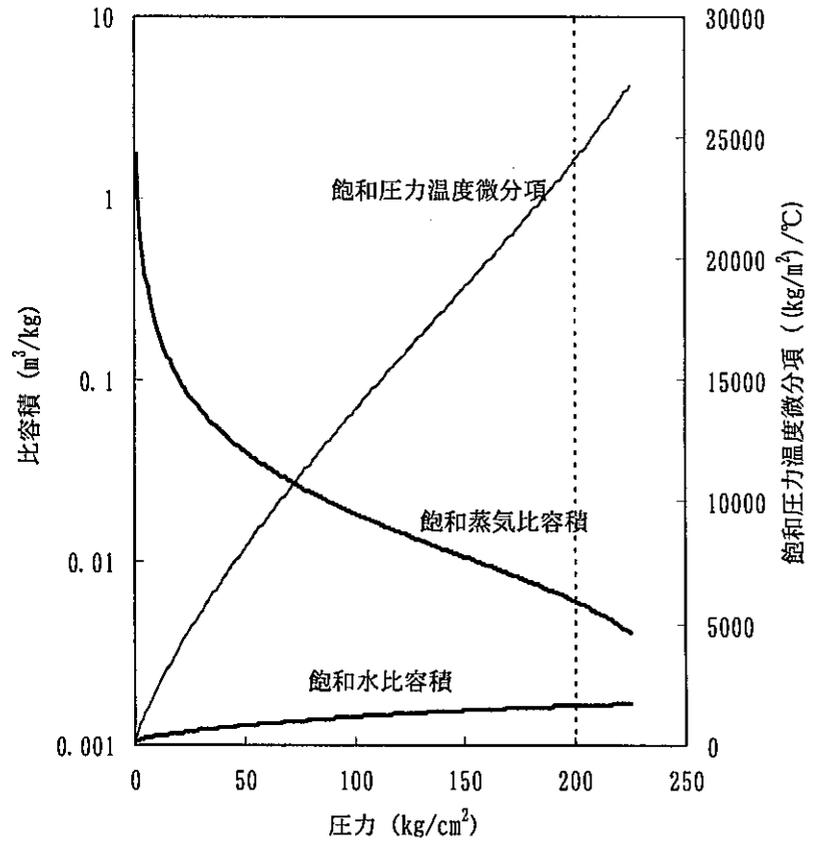


(b) LEAP-BLOW Ver. 1.20

図 2.2-3 水・蒸気ライブラリの改良 (テーブル 1、飽和密度)

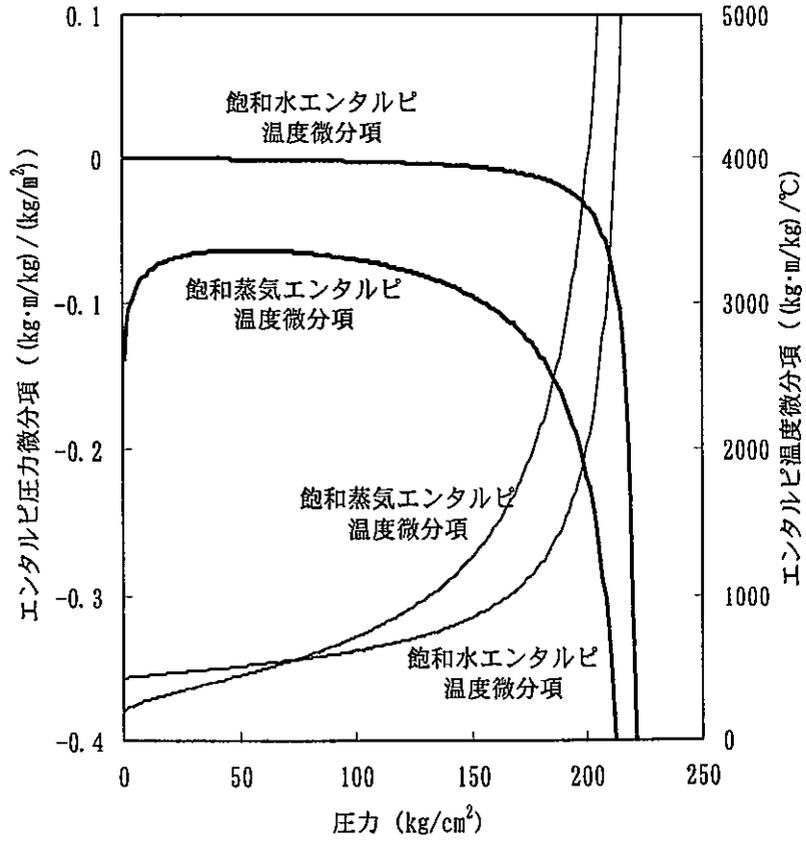


(a) LEAP-BLOW Ver. 1.30

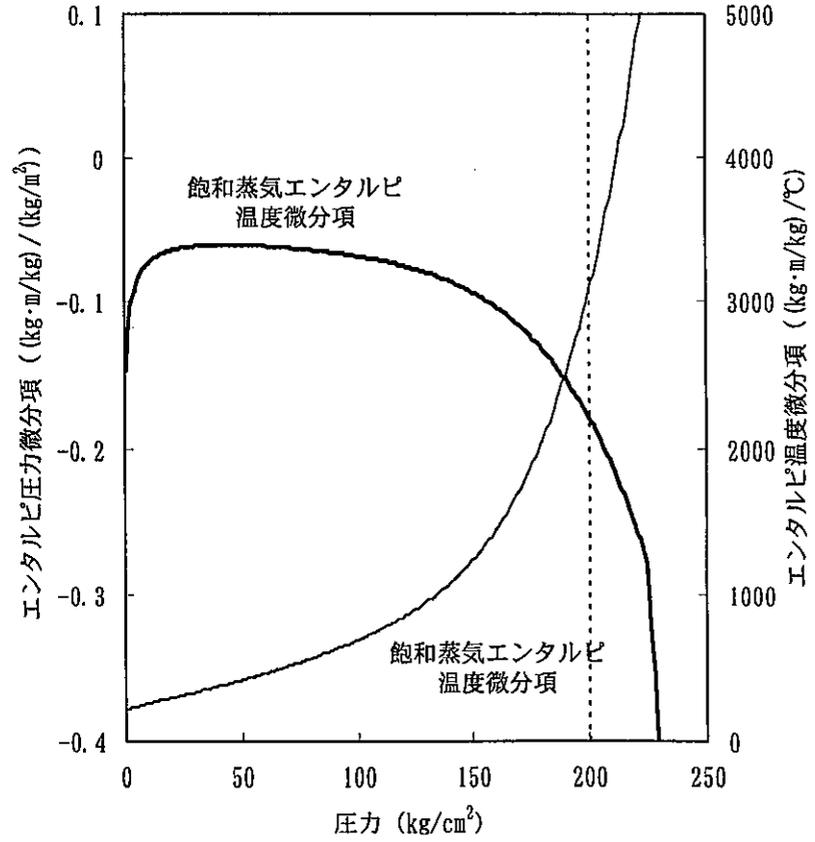


(b) LEAP-BLOW Ver. 1.20

図 2.2-4 水・蒸気ライブラリの改良 (テーブル 1、飽和比容積、飽和圧力温度微分項)

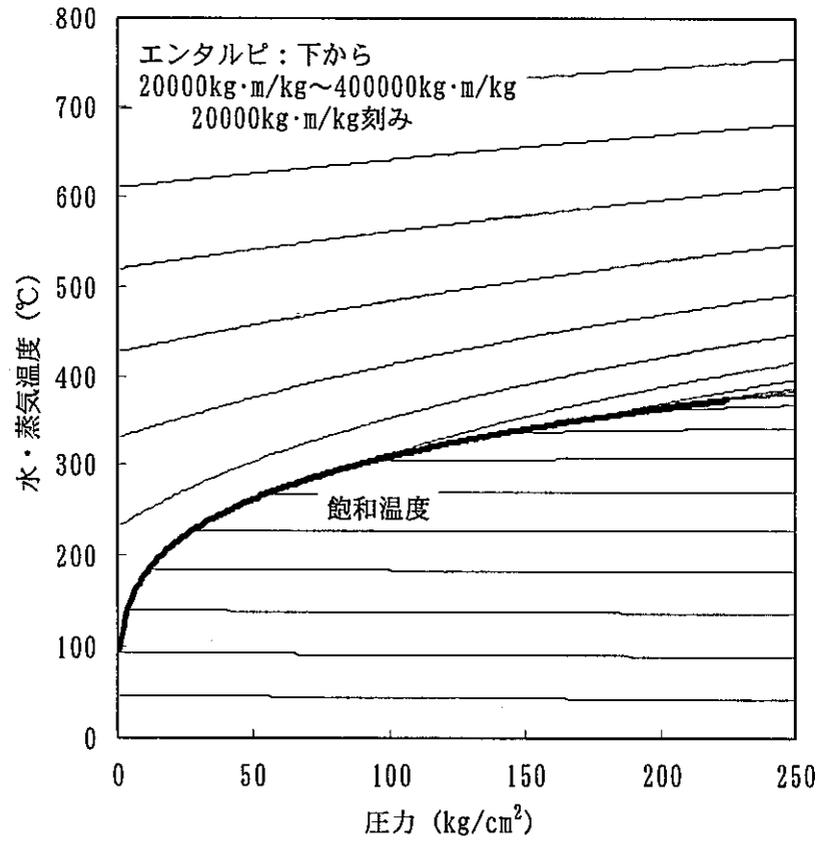


(a) LEAP-BLOW Ver. 1.30

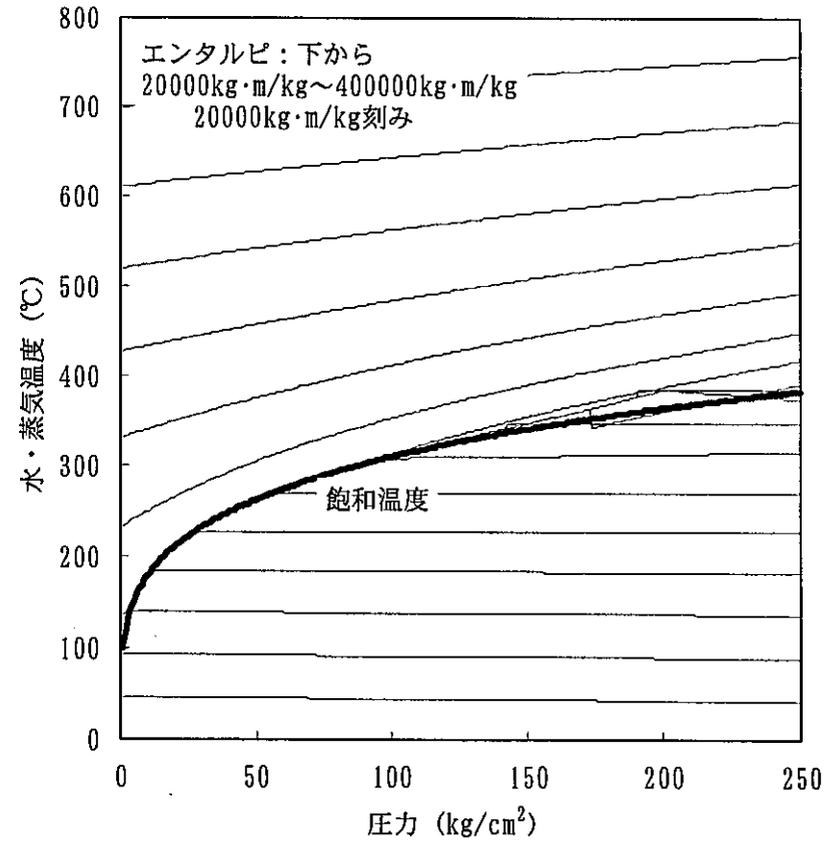


(b) LEAP-BLOW Ver. 1.20

図 2.2-5 水・蒸気ライブラリの改良 (テーブル 1、飽和エンタルピ微分項)

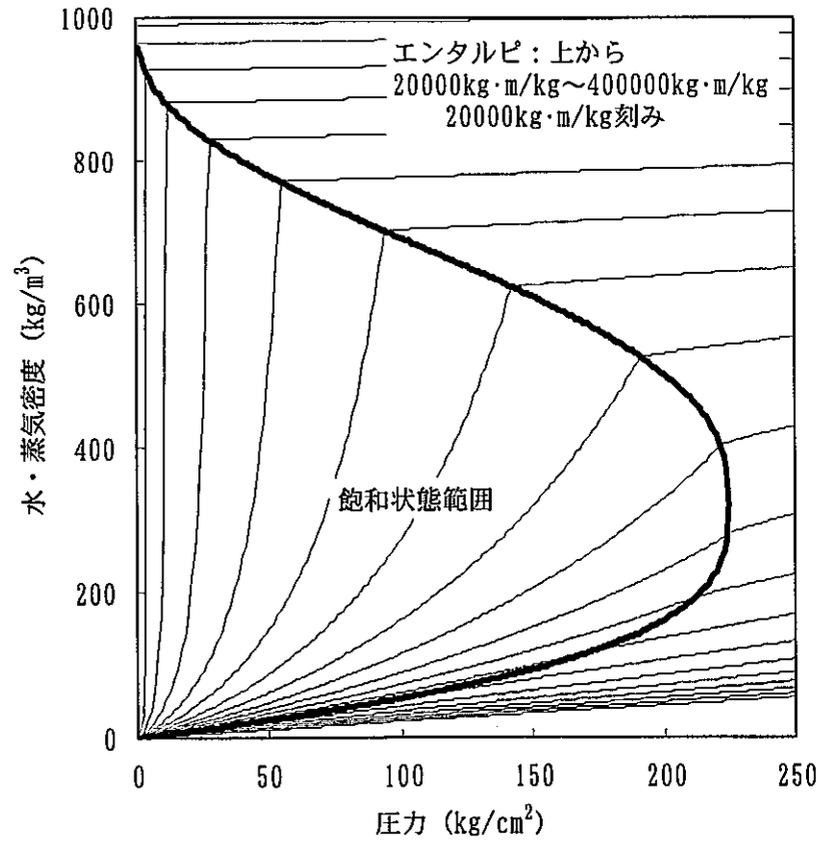


(a) LEAP-BLOW Ver. 1.30

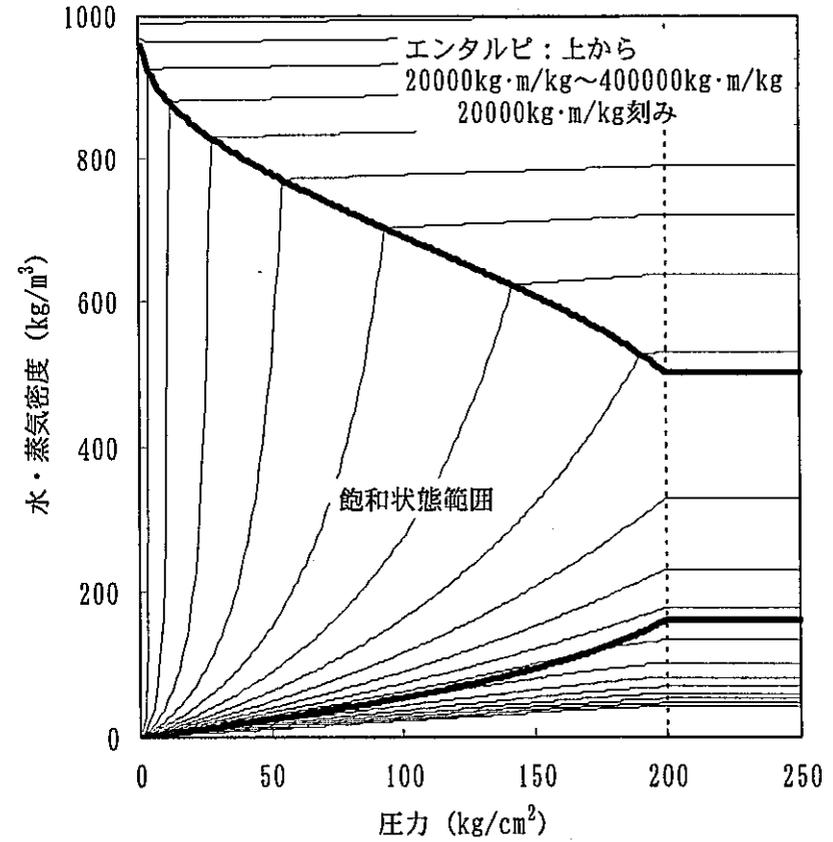


(b) LEAP-BLOW Ver. 1.20

図 2.2-6 水・蒸気ライブラリの改良 (テーブル2、水・蒸気温度)

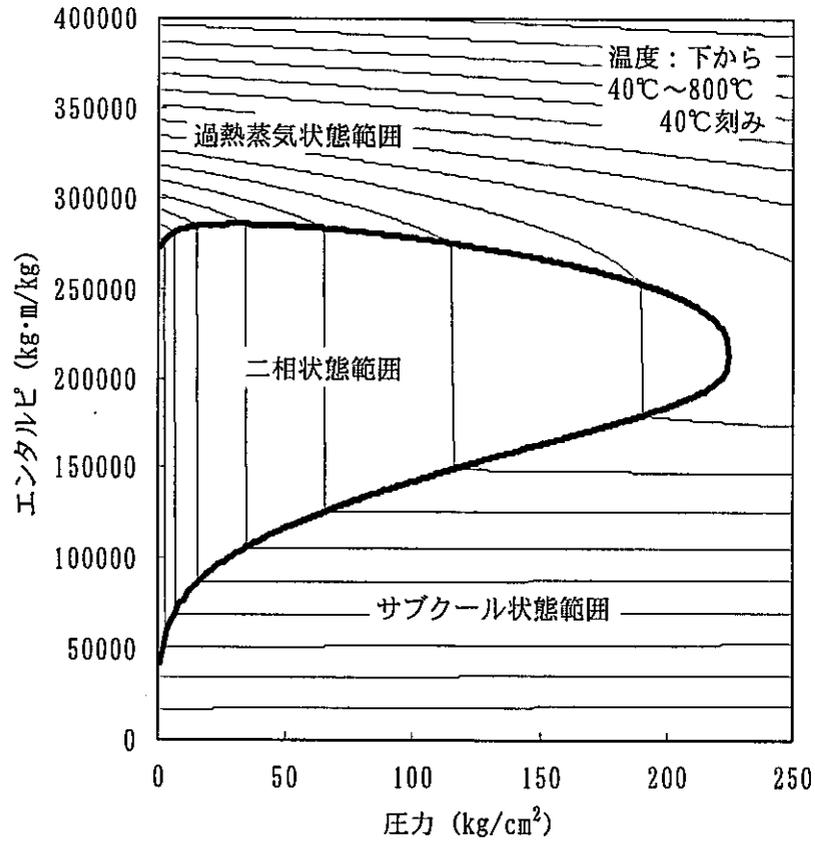


(a) LEAP-BLOW Ver. 1.30

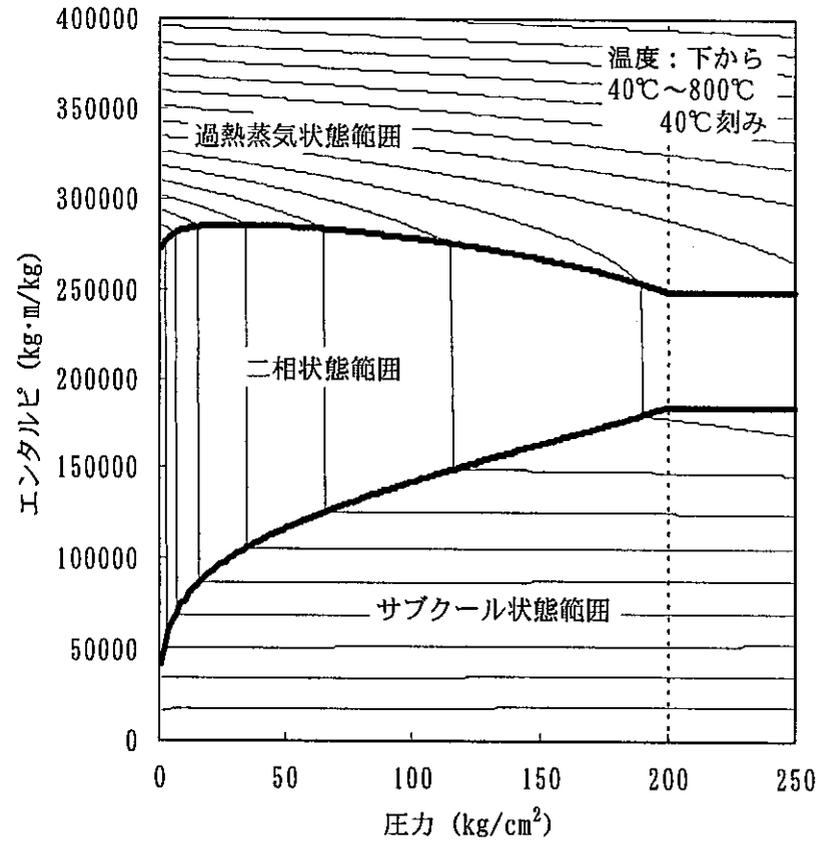


(b) LEAP-BLOW Ver. 1.20

図 2.2-7 水・蒸気ライブラリの改良 (テーブル2、水・蒸気密度)

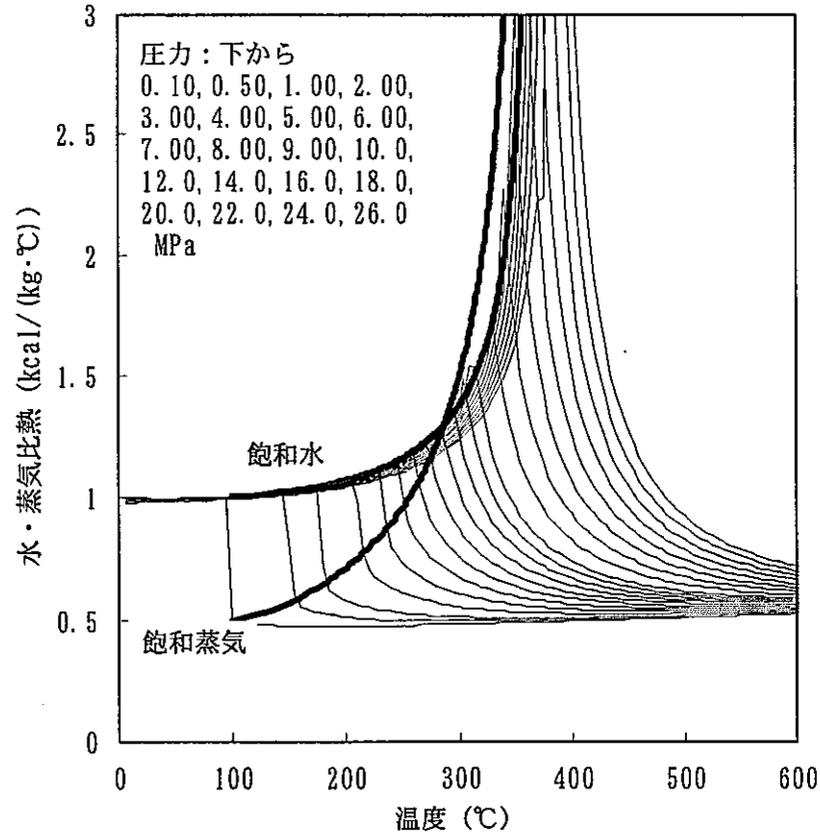


(a) LEAP-BLOW Ver. 1.30

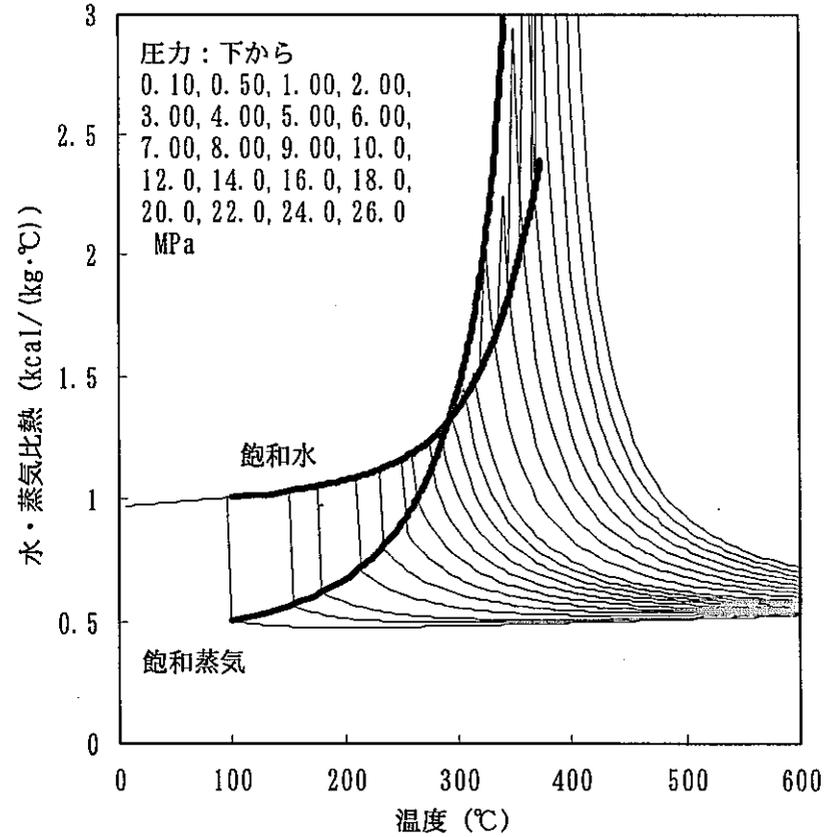


(b) LEAP-BLOW Ver. 1.20

図 2.2-8 水・蒸気ライブラリの改良 (テーブル3、エンタルピー)

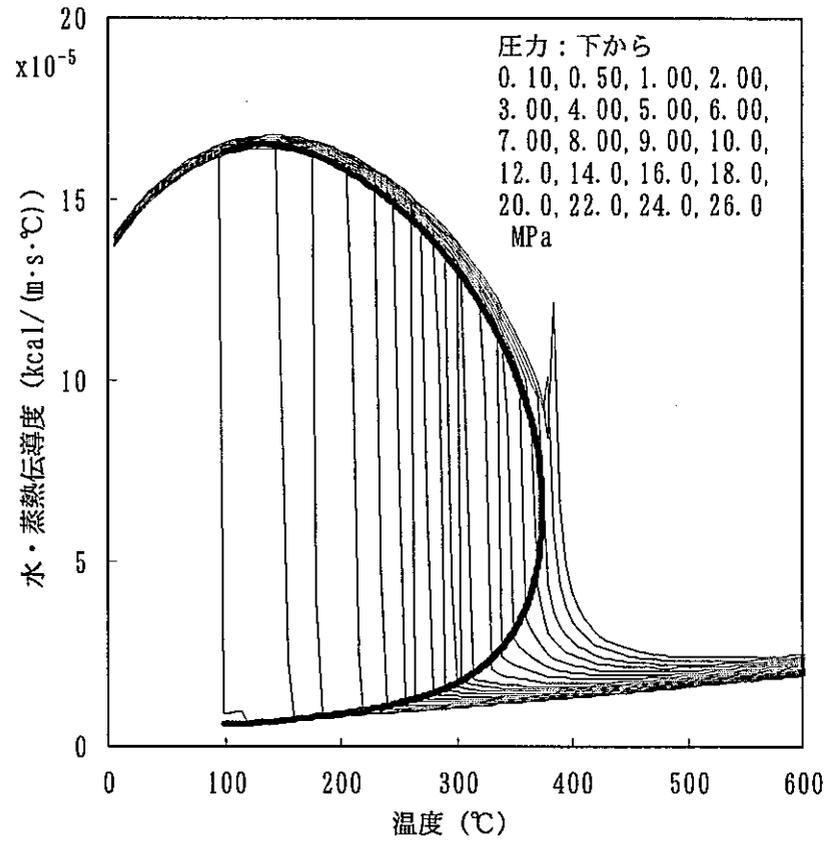


(a) LEAP-BLOW Ver. 1.30

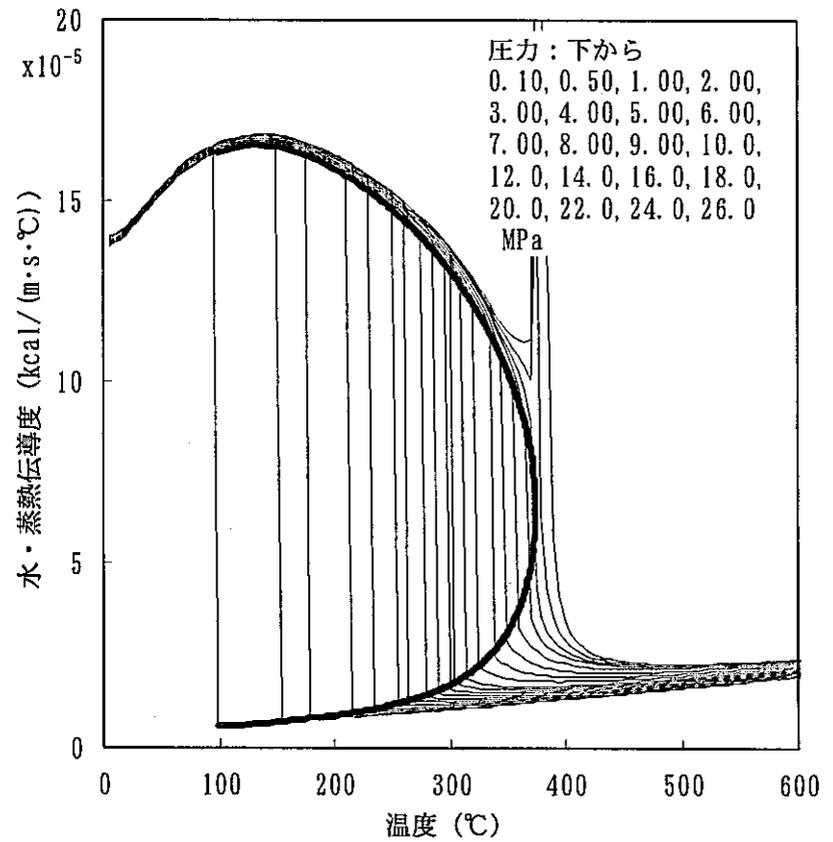


(b) LEAP-BLOW Ver. 1.20

図 2.2-9 水・蒸気ライブラリの改良 (テーブル3、水・蒸気比熱)

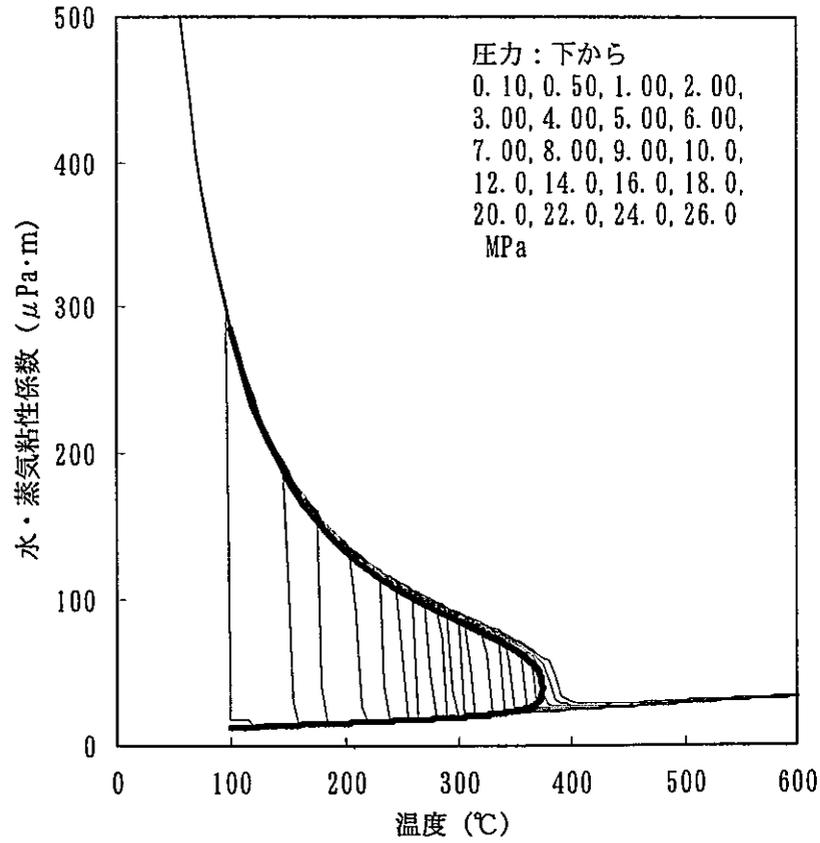


(a) LEAP-BLOW Ver. 1.30

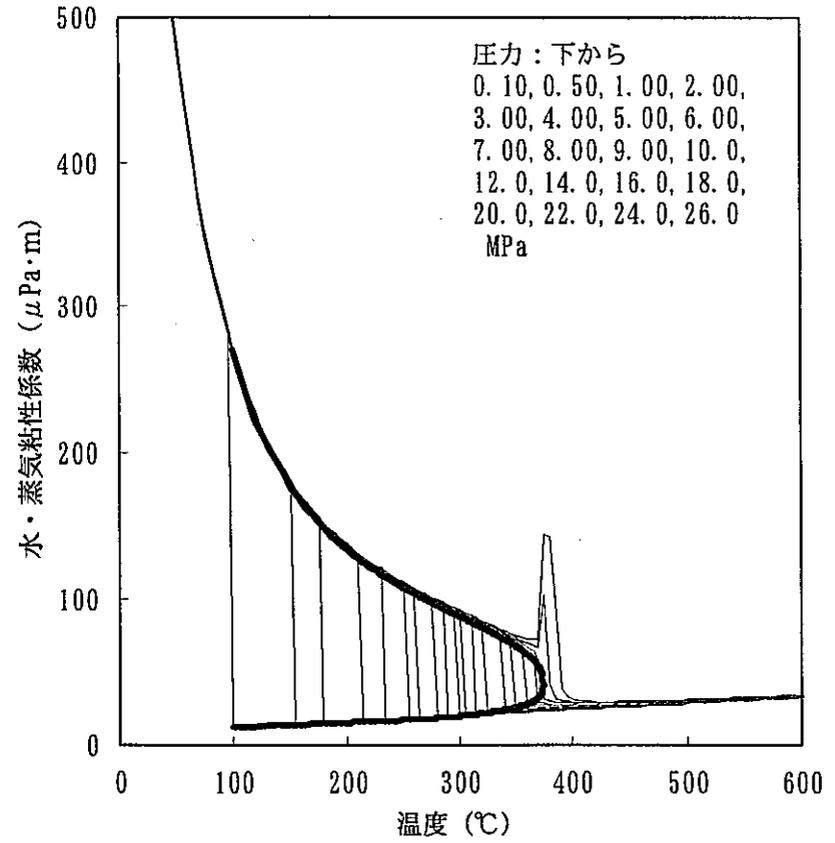


(b) LEAP-BLOW Ver. 1.20

図 2.2-10 水・蒸気ライブラリの改良 (テーブル 3、水・蒸気熱伝導度)

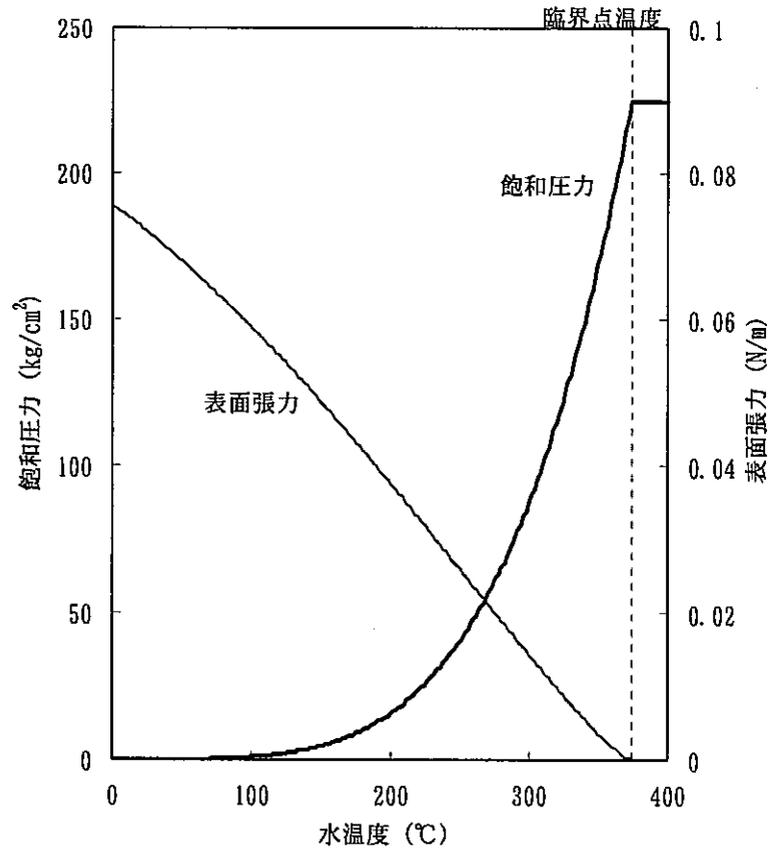


(a) LEAP-BLOW Ver. 1.30

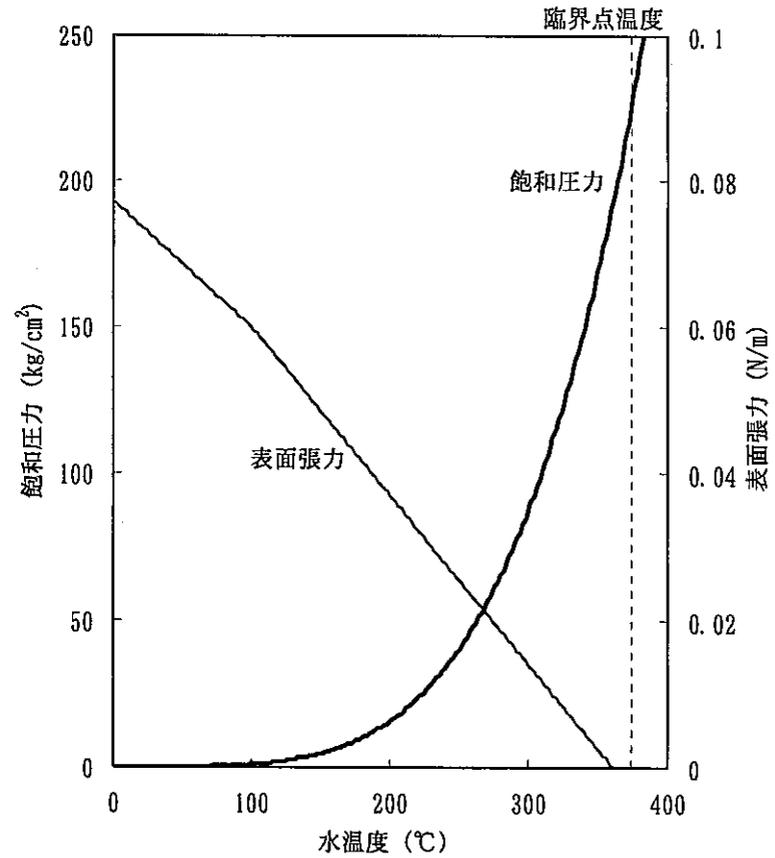


(b) LEAP-BLOW Ver. 1.20

図 2.2-11 水・蒸気ライブラリの改良 (テーブル3、水・蒸気粘性係数)

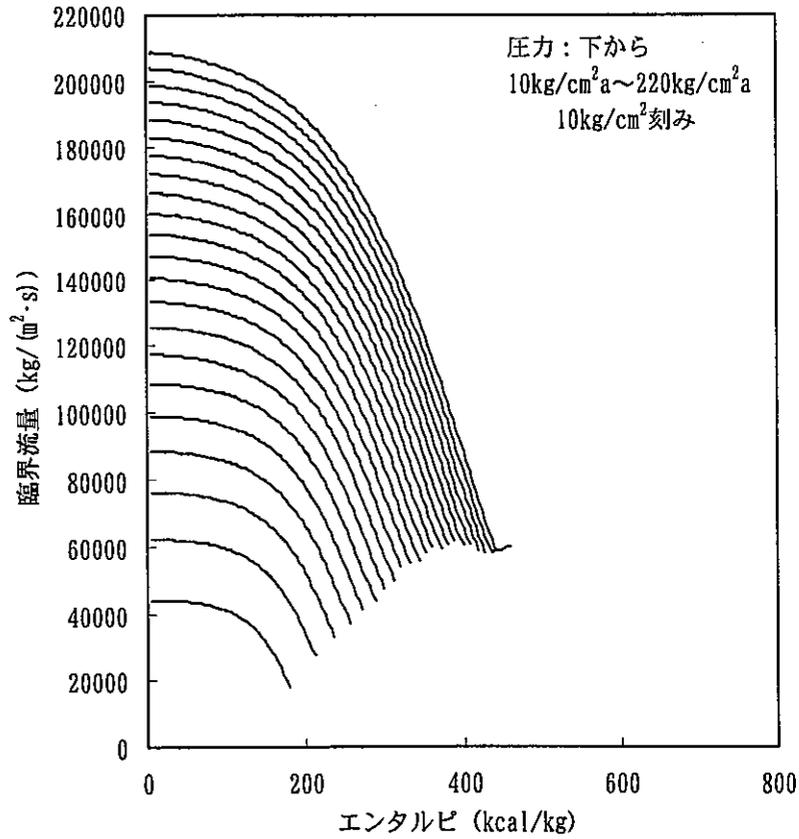


(a) LEAP-BLOW Ver. 1.30

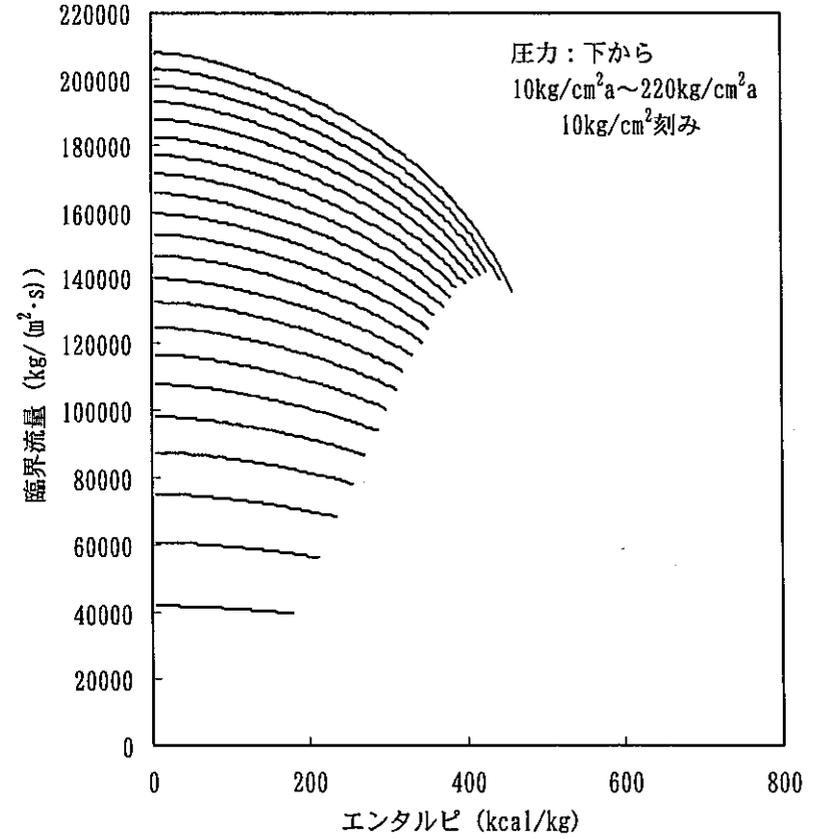


(b) LEAP-BLOW Ver. 1.20

図 2.2-12 水・蒸気ライブラリの改良 (テーブル4、飽和圧力及び表面張力)

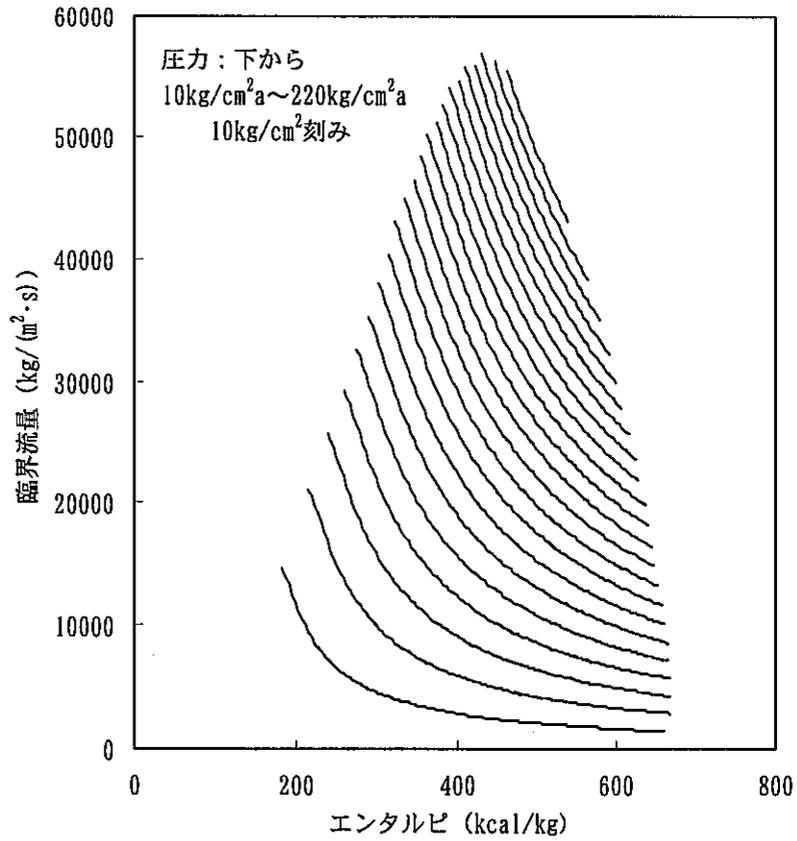


(a) Henry-Fauske の式 (サブクール領域)

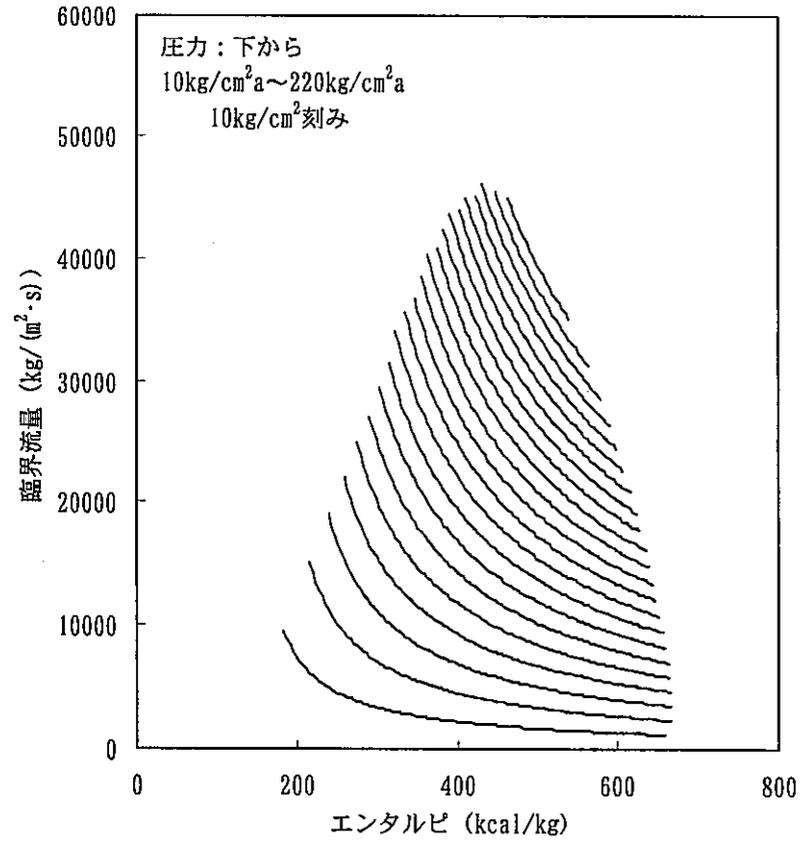


(b) Bernoulli の式 (サブクール領域)

図 2.2-13 (1/4) 臨界流量計算モデルの拡張 (各計算モデルの特性)

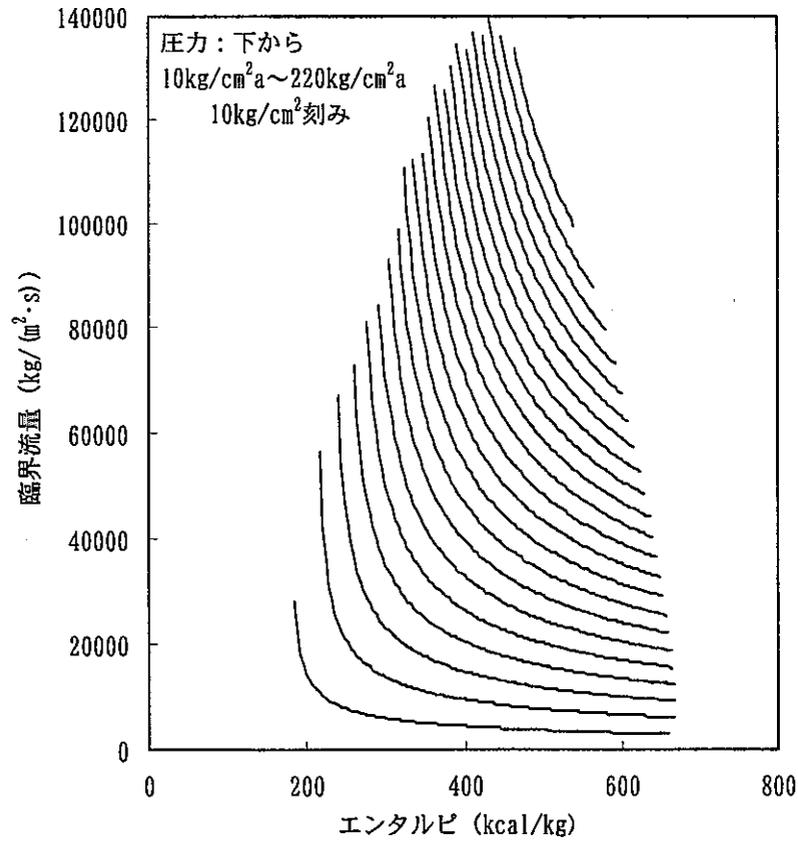


(c) Moody の式 (二相領域)

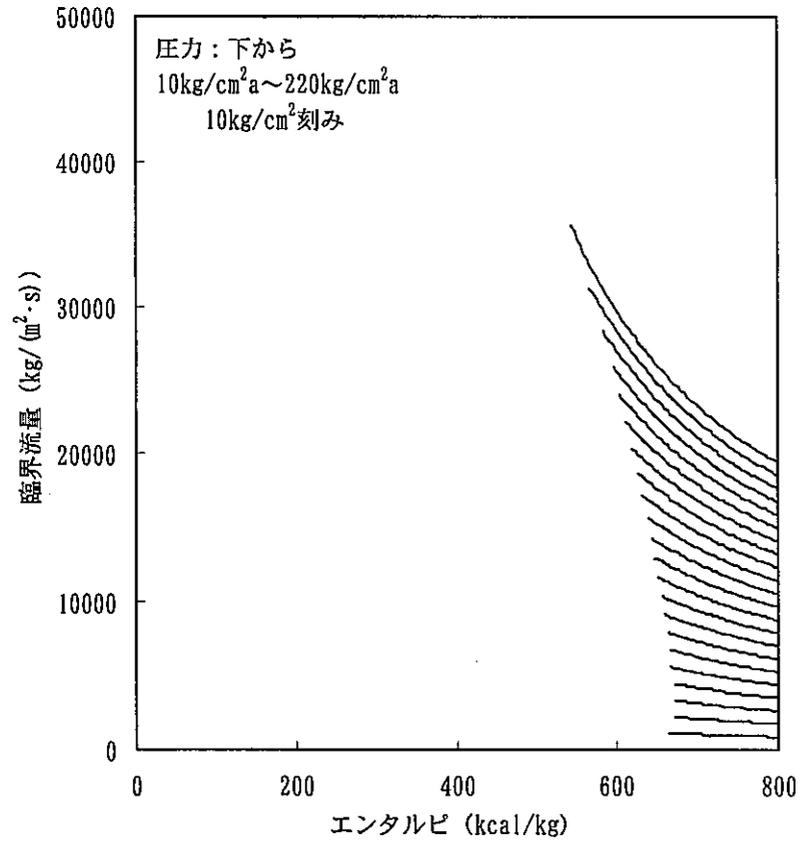


(d) 小笠原の式 (二相領域)

図 2.2-13 (2/4) 臨界流量計算モデルの拡張 (各計算モデルの特性)

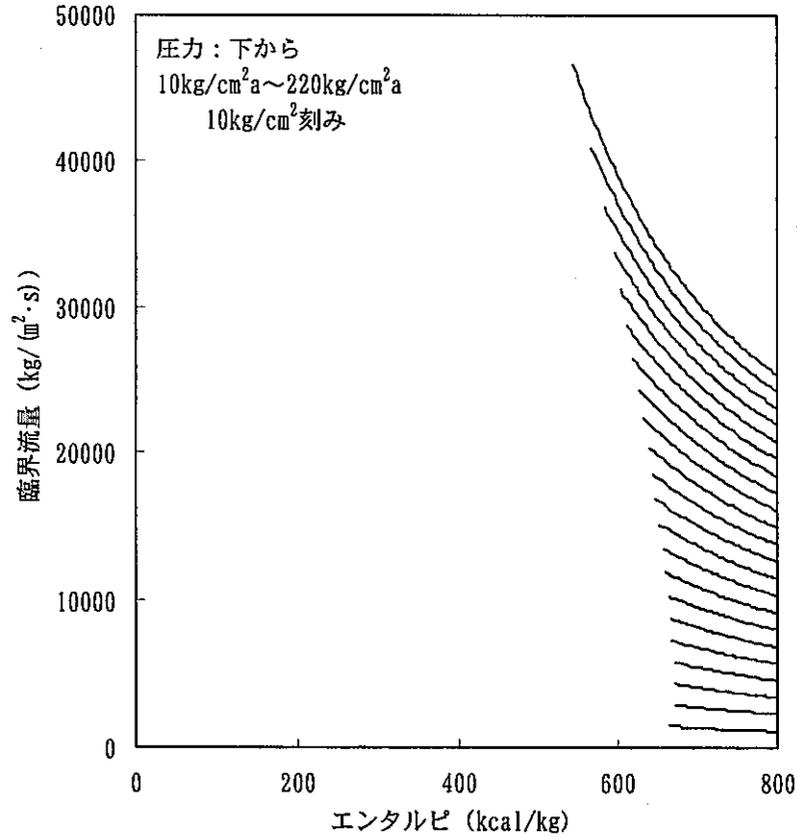


(e) Bernoulli の式 (二相領域)

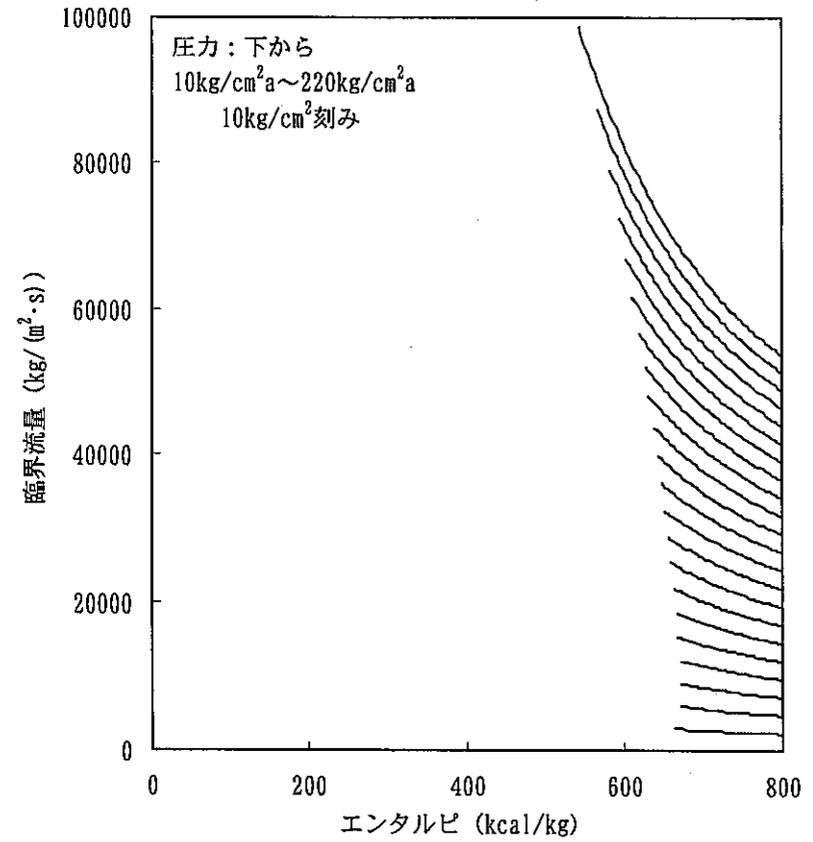


(f) 単相流理論式 (過熱蒸気領域)

図 2.2-13 (3/4) 臨界流量計算モデルの拡張 (各計算モデルの特性)

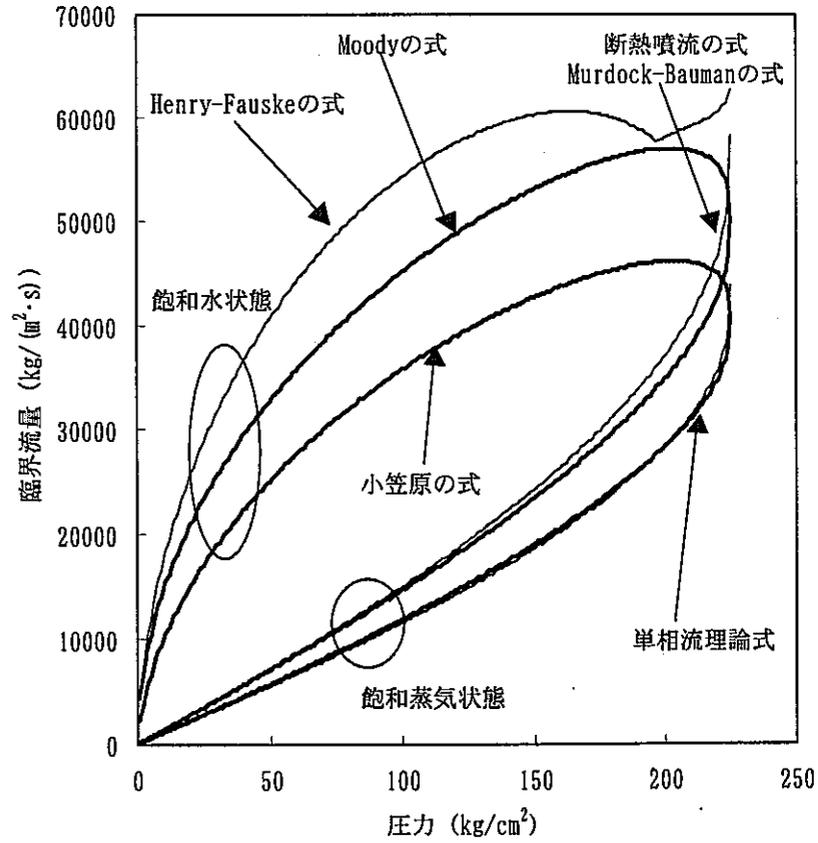


(g) Murdock-Bauman の式・断熱噴流の式 (過熱蒸気領域)

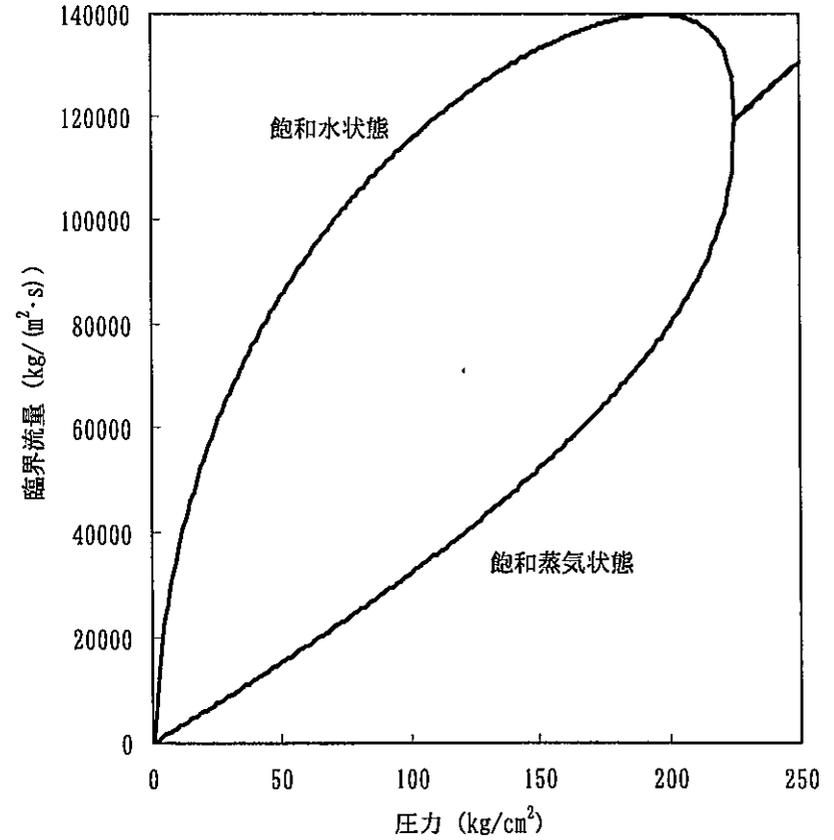


(h) Bernoulli の式 (過熱蒸気領域)

図 2.2-13 (4/4) 臨界流量計算モデルの拡張 (各計算モデルの特性)

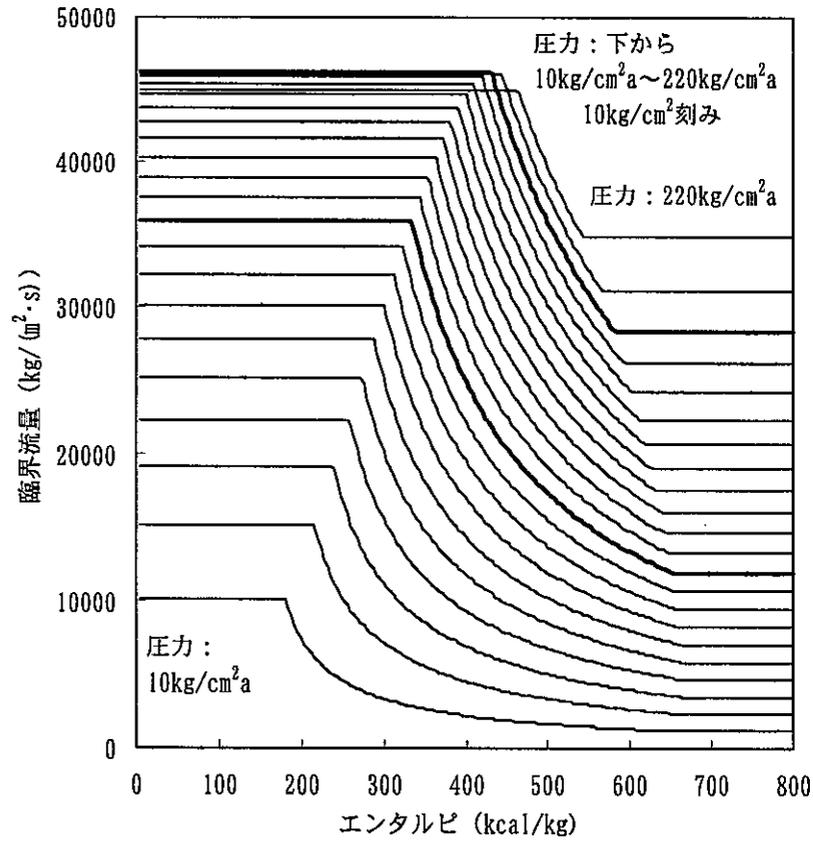


(a) 各計算モデル (飽和水・飽和蒸気)

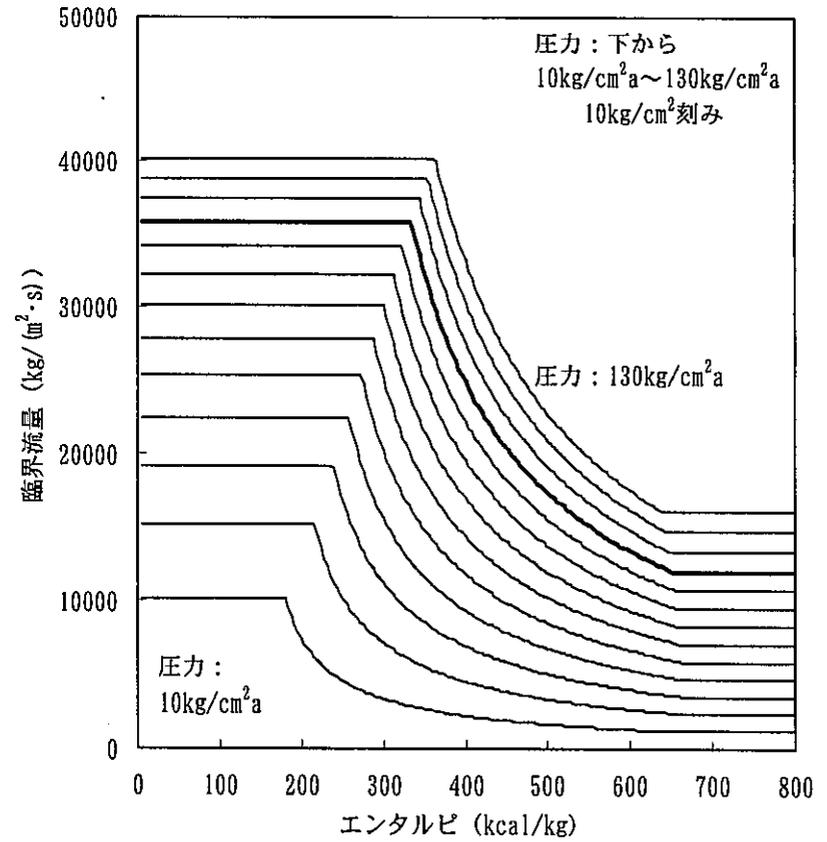


(b) Bernoulli の式 (飽和水・飽和蒸気)

図 2.2-14 臨界流量計算モデルの拡張 (各計算モデルの組合せの検討)

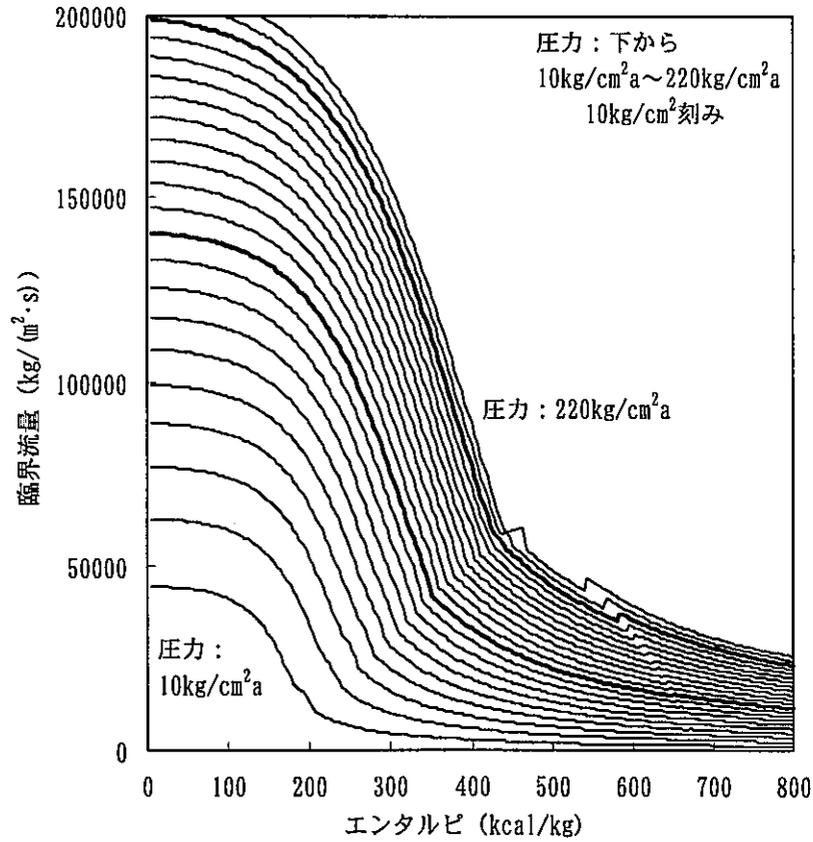


(a) LEAP-BLOW Ver. 1.30

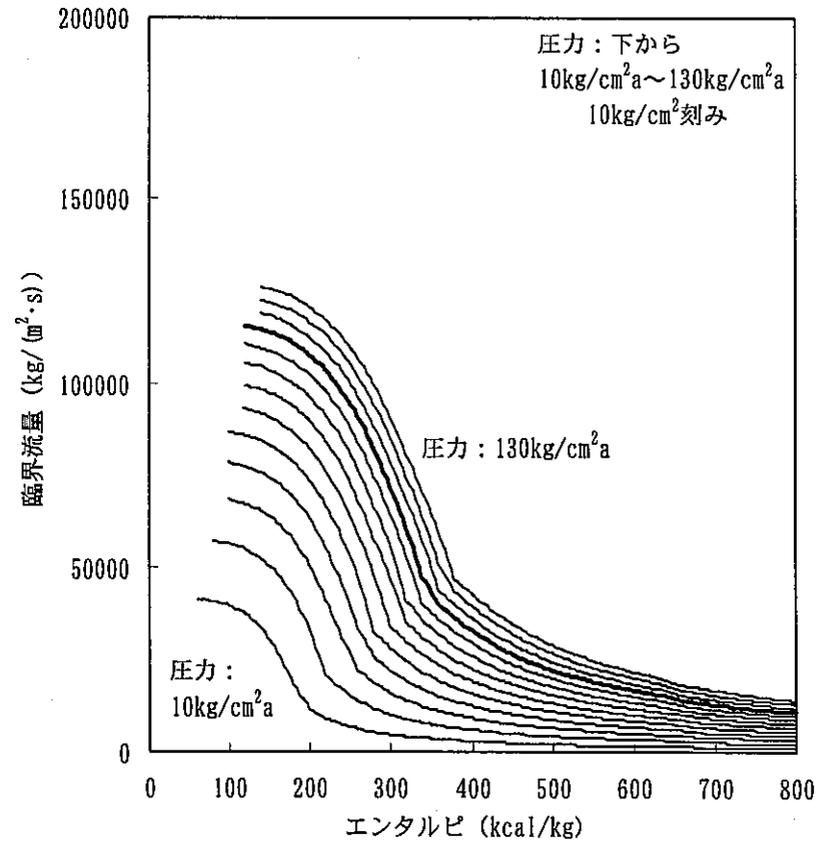


(b) LEAP-BLOW Ver. 1.20

図 2.2-15 臨界流量計算オプション1 (小笠原の式による計算)

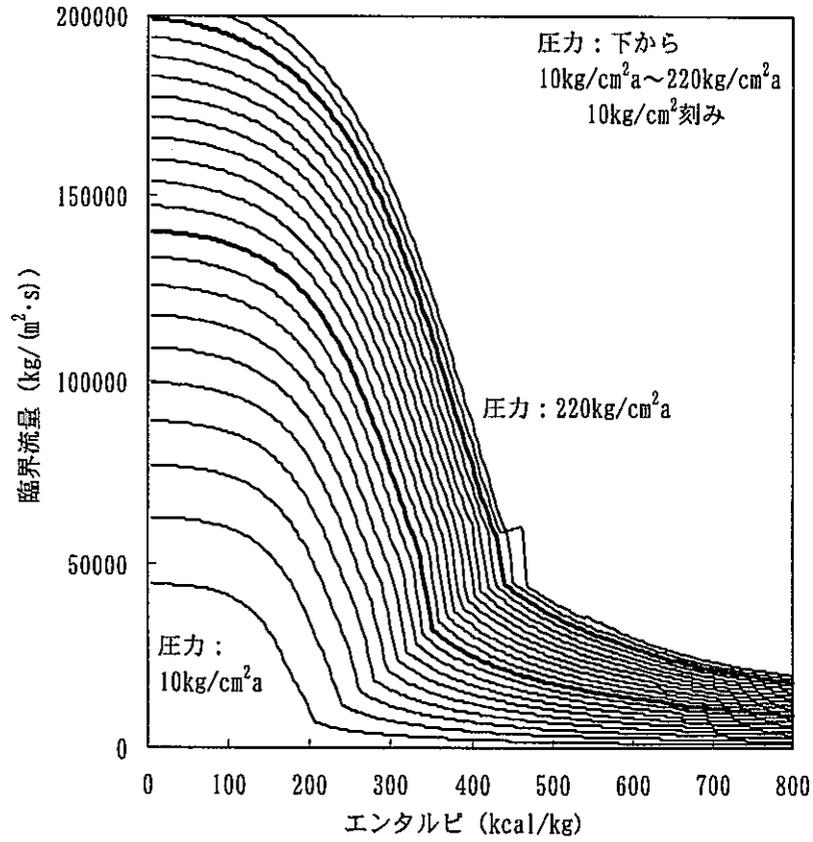


(a) LEAP-BLOW Ver. 1.30

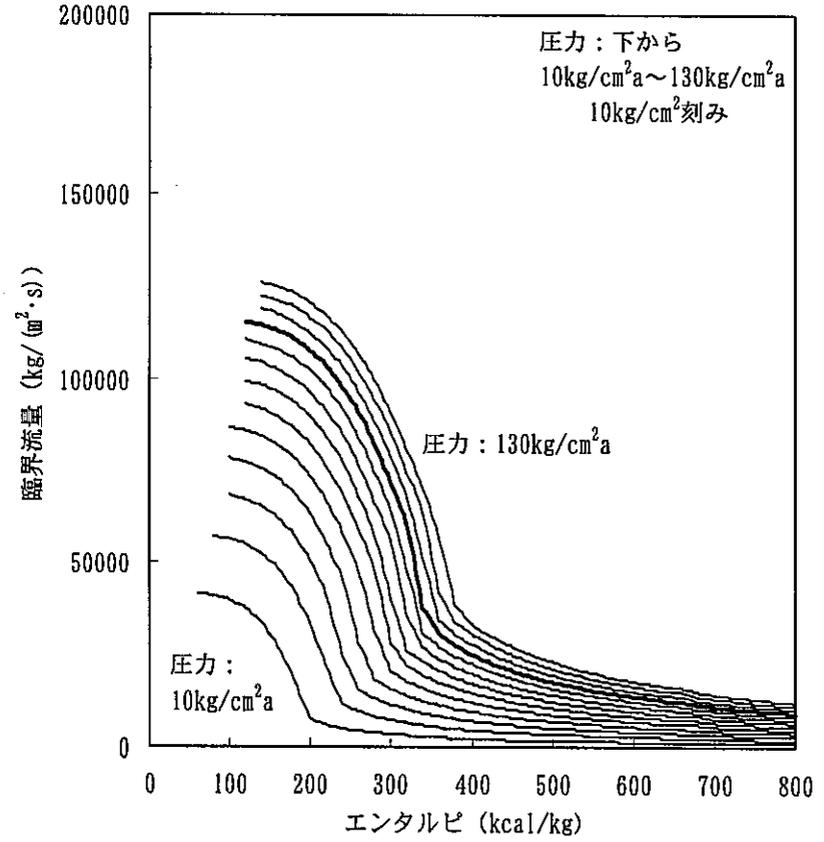


(b) LEAP-BLOW Ver. 1.20

図 2.2-16 臨界流量計算オプション2 (Henry-Fauske、Moody、断熱噴流の式、テーブル)

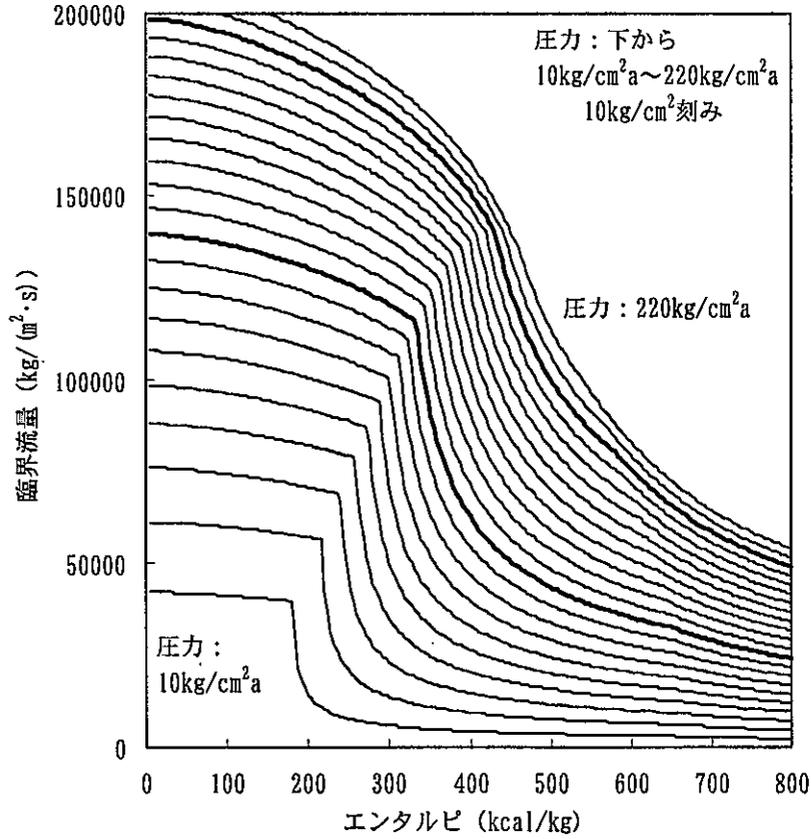


(a) LEAP-BLOW Ver. 1.30

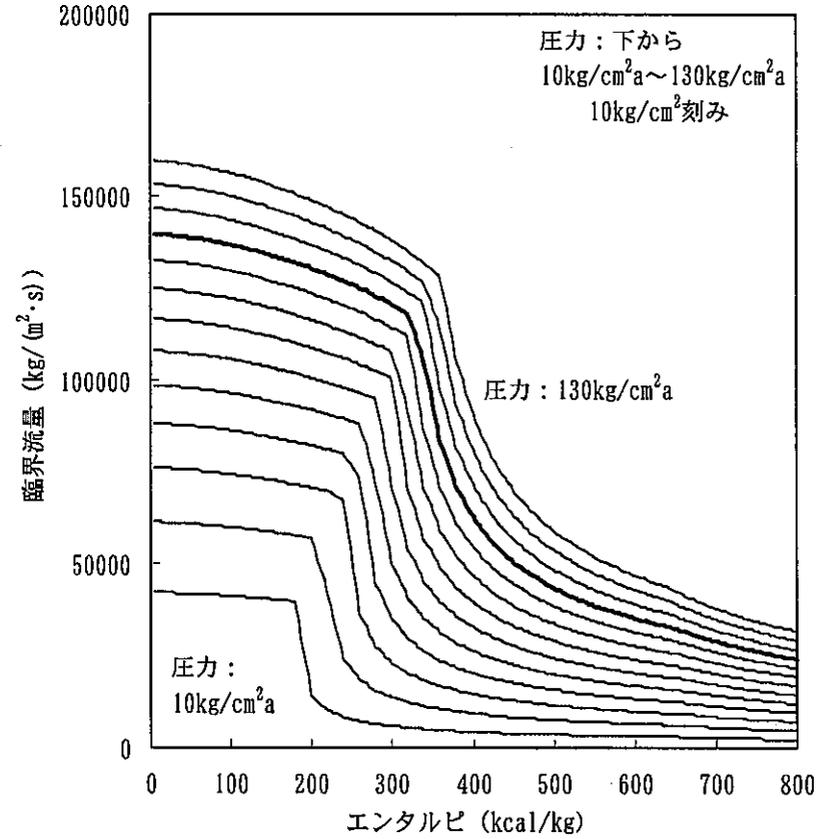


(b) LEAP-BLOW Ver. 1.20

図 2.2-17 臨界流量計算オプション3 (Henry-Fauske、小笠原、単相流理論式、テーブル)

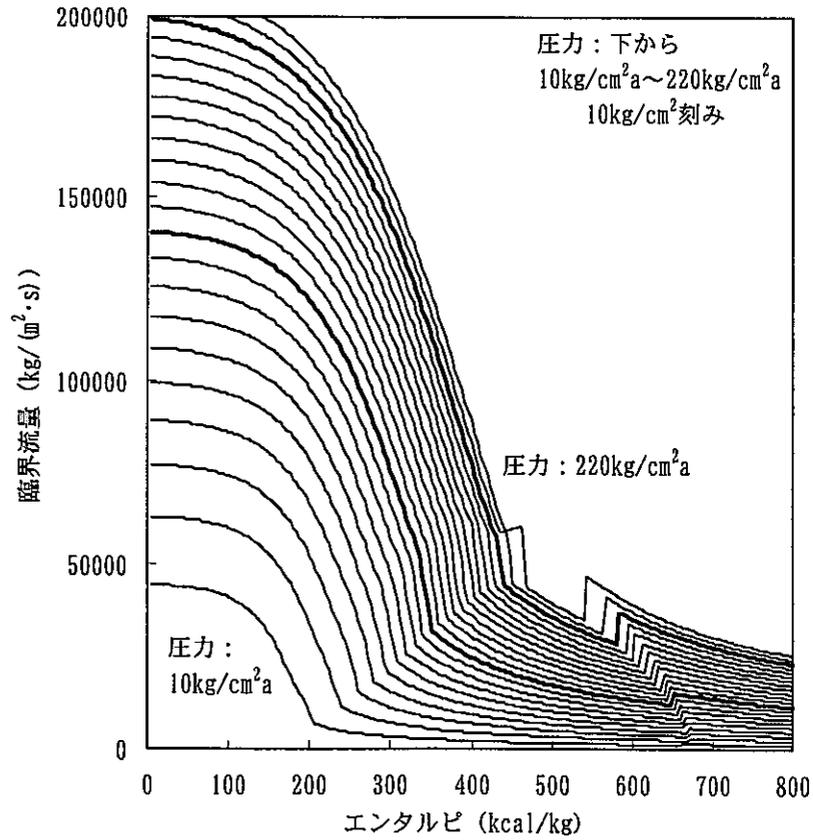


(a) LEAP-BLOW Ver. 1.30

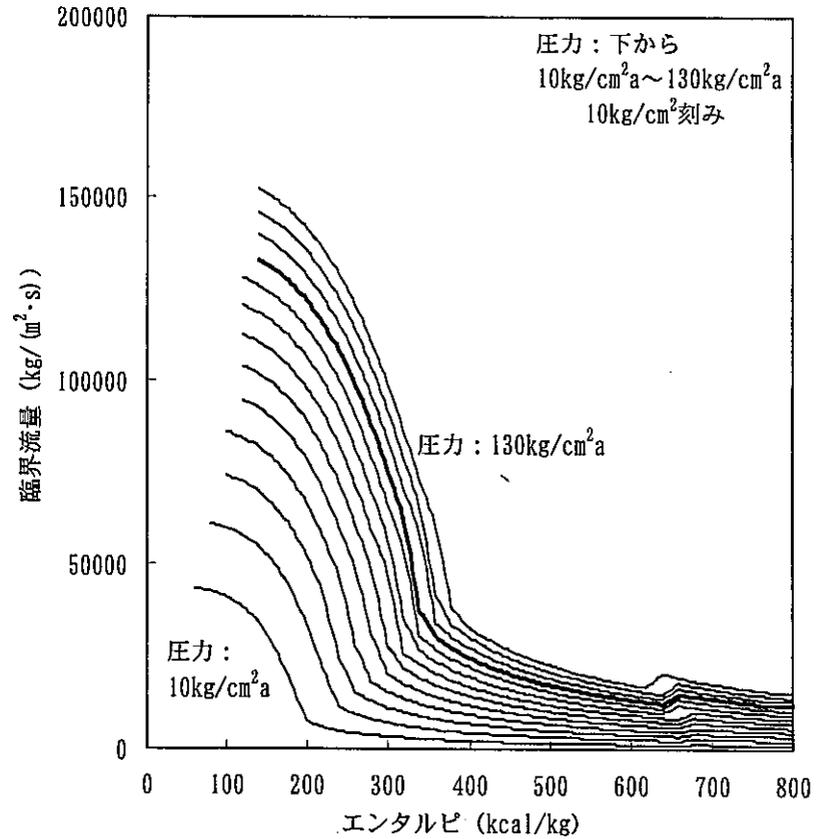


(b) LEAP-BLOW Ver. 1.20

図 2.2-18 臨界流量計算オプション4 (全領域 Bernoulli の式、テーブル)



(a) LEAP-BLOW Ver. 1.30



(b) LEAP-BLOW Ver. 1.20

図 2.2-19 臨界流量計算オプション5 (Henry-Fauske、小笠原、Murdock-Bauman の式、テーブル)

リスト 2.2-1 LEAP-BLOW Ver. 1.30 用蒸気表ライブラリルーチン

```

SUBROUTINE WSLIBO
C *
C * PURPOSE : BASIC WATER LIBRALY DATA READ
C *
  IMPLICIT REAL*8 ( A-H , 0-Z )
  include 'comws.h'
6010 FORMAT (1P10e15.8 )
C
C      WATER PROPEY OF SATURATED WATER AND STEAM
C
  DO 1010 I= 1,300
    PFA (I) = 1.0D4*FLOAT ( I )
    PTA (I) = 1.0D4*FLOAT ( I )
1010 CONTINUE
    DO 1020 J= 1,200
      HFA (J) = 2.0D3*FLOAT ( J )
      TTA (J) = 4.0D0*FLOAT ( J )
1020 CONTINUE
C
  DO 1110 I= 1,350
    READ (81,6010) PSA (I), TSA (I), HSL (I), HSG (I), RSL (I), RSG (I),
    *           CSL (I), CSG (I), ASL (I), ASG (I), VSL (I), VSG (I),
    *           PST (I), HSLP (I), HSLT (I), HSGP (I), HSGT (I),
    *           VSLP (I), VSLT (I), VSGP (I), VSGT (I)
1110 CONTINUE
    DO 1130 I= 1,300
      DO 1120 J= 1,200
        READ (82,6010) TFA (J, I), RFA (J, I)
1120 CONTINUE
1130 CONTINUE
      DO 1150 I= 1,300
        DO 1140 J= 1,200
          READ (83,6010) HTA (J, I), CTA (J, I), ATA (J, I), VTA (J, I)
1140 CONTINUE
1150 CONTINUE
      DO 1160 I= 1,200
        READ (84,6010) T4A (I), P4A (I), S4A (I)
1160 CONTINUE
      DO 1180 I= 1,300

```

```

      DO 1170 J= 1,200
        READ (85,6010) GC2 (J, I), GC3 (J, I), GC4 (J, I), GC5 (J, I),
        *           PC2 (J, I), PC3 (J, I), PC4 (J, I), PC5 (J, I)
1170 CONTINUE
1180 CONTINUE
C
      RETURN
      END

SUBROUTINE WSLIBS ( PA, TS, HL, HG, RL, RG )
C *
C * PURPOSE : BASIC WATER PROPEY OF SATURATED PRESSURE
C * INPUT   ; PA      ; PRESSURE (KG/M2)
C * OUTPUT  ; TS      ; SATURATED TEMPRATURE (DEG C)
C *         ; HL      ; SPECIFIC ENTHALPY OF SATURATED WATER (KG*M/KG)
C *         ; HG      ; SPECIFIC ENTHALPY OF SATURATED STEAM (KG*M/KG)
C *         ; RL      ; SPECIFIC WEIGHT OF SATURATED WATER (KG/M3)
C *         ; RG      ; SPECIFIC WEIGHT OF SATURATED STEAM (KG/M3)
C *
  IMPLICIT REAL*8 ( A-H , 0-Z )
  include 'comws.h'
C
  IF (PA.GE.1.0D4) THEN
    i1 = PA/1.0D4
    i1 = MINO ( MAXO ( i1, 1 ), 249 )
  ELSE
    i1 = PA/1.0D2+250
    i1 = MINO ( MAXO ( i1, 251 ), 349 )
  ENDIF
  i2 = i1+1
  xp = (PA-PSA (i1)) / (PSA (i2) -PSA (i1))
C
  TS = TSA (i1) + (TSA (i2) -TSA (i1)) *xp
  HL = HSL (i1) + (HSL (i2) -HSL (i1)) *xp
  HG = HSG (i1) + (HSG (i2) -HSG (i1)) *xp
  RL = RSL (i1) + (RSL (i2) -RSL (i1)) *xp
  RG = RSG (i1) + (RSG (i2) -RSG (i1)) *xp
C
  RETURN
  END

```

リスト 2.2-1 LEAP-BLOW Ver. 1.30 用蒸気表ライブラリルーチン

```

FUNCTION WSLIBF ( PA, HA, ID )
C *
C * PURPOSE : STEAM / WATER CONDISION FROM PRESSURE AND ENTHALPY
C *
C * INPUT   : PA   : PRESSURE                (KG/M2)
C *          : HA   : SPECIFIC ENTHALPY       (KG*M/KG)
C *          : ID   : =1 TEMPRATURE           (DEG C)
C *          :      : =2 SPECIFIC WEIGHT       (KG/M3)
C *
C * IMPLICIT REAL*8 ( A-H , 0-Z )
C * include 'comws. h'
C
i1 = PA/1.0D4
j1 = HA/2.0D3
i1 = MINO ( MAXO ( i1, 1 ), 249 )
j1 = MINO ( MAXO ( j1, 1 ), 199 )
i2 = i1+1
j2 = j1+1
xp = (PA-PFA (i1)) / (PFA (i2)-PFA (i1))
xh = (HA-HFA (j1)) / (HFA (j2)-HFA (j1))
C
IF (ID. EQ. 1) THEN
  XX1 = TFA (j1, i1) + (TFA (j1, i2) - TFA (j1, i1)) * xp
  XX2 = TFA (j2, i1) + (TFA (j2, i2) - TFA (j2, i1)) * xp
ELSEIF (ID. EQ. 2) THEN
  XX1 = RFA (j1, i1) + (RFA (j1, i2) - RFA (j1, i1)) * xp
  XX2 = RFA (j2, i1) + (RFA (j2, i2) - RFA (j2, i1)) * xp
ENDIF
WSLIBF = XX1 + (XX2 - XX1) * xh
C
RETURN
END

FUNCTION WSLIBT ( PA, TA, XA, ID, IS )
C *
C * PURPOSE : STEAM / WATER CONDISION FROM PRESSURE AND TEMPRATURE
C * INPUT   : PA   : PRESSURE                (KG/M2)
C *          : TA   : TEMPRATURE OF FLUID    (DEG C)
C *          : XA   : QUALITY OF FLUID       ( -- )

```

```

C *          : ID   : =1 SPCIFIC ENTHALPY     (KG. M/KG)
C *          :      : =2 SPCIFIC HEAT         (KCAL/KG. C)
C *          :      : =3 CONDUCTIVITY         (KCAL/M. S. C)
C *          :      : =4 VISCOSITY            (PA. S)
C *          : IS   : =0 ALL AREA ( USE PA, TA )
C *          :      : =1 WATER ( USE PA, TA )
C *          :      : =2 STEAM ( USE PA, TA )
C *          :      : =-1 SATURATED WATER ONLY ( USE PA )
C *          :      : =-2 SATURATED STEAM ONLY ( USE PA )
C *          :      : =-9 TWO PHASE STATE USE QUALITY ( USE PA, XA )
C *
C * IMPLICIT REAL*8 ( A-H , 0-Z )
C * include 'comws. h'
C
i1 = PA/1.0D4
i1 = MINO ( MAXO ( i1, 1 ), 249 )
i2 = i1+1
xp = (PA-PTA (i1)) / (PTA (i2)-PTA (i1))
TS = TSA (i1) + (TSA (i2) - TSA (i1)) * xp
C
IF (IS. EQ. -9) THEN
  IF (ID. EQ. 1) THEN
    XL = HSL (i1) + (HSL (i2) - HSL (i1)) * xp
    XG = HSG (i1) + (HSG (i2) - HSG (i1)) * xp
  ELSEIF (ID. EQ. 2) THEN
    XL = CSL (i1) + (CSL (i2) - CSL (i1)) * xp
    XG = CSG (i1) + (CSG (i2) - CSG (i1)) * xp
  ELSEIF (ID. EQ. 3) THEN
    XL = ASL (i1) + (ASL (i2) - ASL (i1)) * xp
    XG = ASG (i1) + (ASG (i2) - ASG (i1)) * xp
  ELSEIF (ID. EQ. 4) THEN
    XL = VSL (i1) + (VSL (i2) - VSL (i1)) * xp
    XG = VSG (i1) + (VSG (i2) - VSG (i1)) * xp
  ENDIF
  WSLIBT = XL * (1.0D0 - XA) + XG * XA
C
ELSEIF ((IS. EQ. -1). OR. (IS. EQ. 1. AND. TA. GE. TS)) THEN
  IF (ID. EQ. 1) THEN
    WSLIBT = HSL (i1) + (HSL (i2) - HSL (i1)) * xp
  ELSEIF (ID. EQ. 2) THEN

```

リスト 2.2-1 LEAP-BLOW Ver. 1.30 用蒸気表ライブラリルーチン

2.2-38

```

        WSLIBT = CSL (i1) + (CSL (i2) - CSL (i1)) *xp
    ELSEIF (ID. EQ. 3) THEN
        WSLIBT = ASL (i1) + (ASL (i2) - ASL (i1)) *xp
    ELSEIF (ID. EQ. 4) THEN
        WSLIBT = VSL (i1) + (VSL (i2) - VSL (i1)) *xp
    ENDIF
C
ELSEIF ((IS. EQ. -2). OR. (IS. EQ. 2. AND. TA. LE. TS)) THEN
    IF (ID. EQ. 1) THEN
        WSLIBT = HSG (i1) + (HSG (i2) - HSG (i1)) *xp
    ELSEIF (ID. EQ. 2) THEN
        WSLIBT = CSG (i1) + (CSG (i2) - CSG (i1)) *xp
    ELSEIF (ID. EQ. 3) THEN
        WSLIBT = ASG (i1) + (ASG (i2) - ASG (i1)) *xp
    ELSEIF (ID. EQ. 4) THEN
        WSLIBT = VSG (i1) + (VSG (i2) - VSG (i1)) *xp
    ENDIF
C
ELSE
    j1 = TA/4. ODO
    j1 = MINO ( MAXO ( j1, 1 ), 199 )
    j2 = j1+1
    xt = (TA-T4A (j1)) / (T4A (j2) - T4A (j1))
    IF (ID. EQ. 1) THEN
        XX1 = HTA (j1, i1) + (HTA (j1, i2) - HTA (j1, i1)) *xp
        XX2 = HTA (j2, i1) + (HTA (j2, i2) - HTA (j2, i1)) *xp
    ELSEIF (ID. EQ. 2) THEN
        XX1 = CTA (j1, i1) + (CTA (j1, i2) - CTA (j1, i1)) *xp
        XX2 = CTA (j2, i1) + (CTA (j2, i2) - CTA (j2, i1)) *xp
    ELSEIF (ID. EQ. 3) THEN
        XX1 = ATA (j1, i1) + (ATA (j1, i2) - ATA (j1, i1)) *xp
        XX2 = ATA (j2, i1) + (ATA (j2, i2) - ATA (j2, i1)) *xp
    ELSEIF (ID. EQ. 4) THEN
        XX1 = VTA (j1, i1) + (VTA (j1, i2) - VTA (j1, i1)) *xp
        XX2 = VTA (j2, i1) + (VTA (j2, i2) - VTA (j2, i1)) *xp
    ENDIF
    WSLIBT = XX1 + (XX2 - XX1) *xt
ENDIF
C
RETURN

```

```

END
FUNCTION WSLIB4 ( TA, ID )
C *
C * PURPOSE ; STEAM/WATER CONDISION FROM TEMPERARURE
C * INPUT ; TA ; TEMPRATURE (DEG C)
C * ; ID ; =1 SATURATED PRESSUER (KG/M2)
C * ; ; =2 SURFACE TENSION (N/M)
C *
IMPLICIT REAL*8 ( A-H , O-Z )
include 'comws. h'
C
j1 = TA/2. ODO
j1 = MAXO ( j1, 1 )
j2 = j1+1
xt = (TA-T4A (j1)) / (T4A (j2) - T4A (j1))
C
IF (ID. EQ. 1) THEN
    WSLIB4 = P4A (j1) + (P4A (j2) - P4A (j1)) *xt
ELSEIF (ID. EQ. 2) THEN
    WSLIB4 = S4A (j1) + (S4A (j2) - S4A (j1)) *xt
ENDIF
C
RETURN
END
SUBROUTINE WSLIBD ( PA, PT, HLP, HLT, HGP, HGT, VLP, VLT, VGP, VGT )
C *
C * PURPOSE ; WATER/STEAM PROPEY OF SATURATED PRESSURE
C * INPUT ; PA ; PRESSURE (KG/M2)
C * OUTPUT ; PT ; DP/DT OF SATURATED PRESSURE
C * ; HLP ; DHL/DP OF SATURATED PRESSURE WATER
C * ; HLT ; DHL/DT OF SATURATED PRESSURE WATER
C * ; HGP ; DVL/DP OF SATURATED PRESSURE WATER
C * ; HGT ; DVL/DT OF SATURATED PRESSURE WATER
C * ; VLP ; DHG/DP OF SATURATED PRESSURE STEAM
C * ; VLT ; DHG/DT OF SATURATED PRESSURE STEAM
C * ; VGP ; DVG/DP OF SATURATED PRESSURE STEAM
C * ; VGT ; DVG/DT OF SATURATED PRESSURE STEAM
C *

```

リスト 2.2-1 LEAP-BLOW Ver. 1.30 用蒸気表ライブラリルーチン

```

      IMPLICIT REAL*8 ( A-H , 0-Z )
      include 'comws.h'
C
      IF (PA.GE.1.0D4) THEN
         i1 = PA/1.0D4
         i1 = MINO ( MAXO ( i1, 1 ), 249 )
      ELSE
         i1 = PA/1.0D2+250
         i1 = MINO ( MAXO ( i1, 251 ), 349 )
      ENDIF
      i2 = i1+1
      xp = (PA-PSA (i1)) / (PSA (i2) -PSA (i1))
C
      PT = PST (i1) + (PST (i2) -PST (i1)) *xp
      HLP = HSLP (i1) + (HSLP (i2) -HSLP (i1)) *xp
      HLT = HSLT (i1) + (HSLT (i2) -HSLT (i1)) *xp
      HGP = HSGP (i1) + (HSGP (i2) -HSGP (i1)) *xp
      HGT = HSGT (i1) + (HSGT (i2) -HSGT (i1)) *xp
      VLP = VSPL (i1) + (VSPL (i2) -VSPL (i1)) *xp
      VLT = VSLT (i1) + (VSLT (i2) -VSLT (i1)) *xp
      VGP = VSGP (i1) + (VSGP (i2) -VSGP (i1)) *xp
      VGT = VSGT (i1) + (VSGT (i2) -VSGT (i1)) *xp
C
      RETURN
      END

      'comws.h' ファイル

      COMMON /COMWSL/
      *   PSA (350), TSA (350), HSL (350), HSG (350), RSL (350), RSG (350),
      *   CSL (350), CSG (350), ASL (350), ASG (350), VSL (350), VSG (350),
      *   PST (350), HSLP (350), HSLT (350), HSGP (350), HSGT (350),
      *   VSPL (350), VSLT (350), VSGP (350), VSGT (350),
      *   PFA (300), HFA (200), TFA (200, 300), RFA (200, 300),
      *   PTA (300), TTA (200), HTA (200, 300), CTA (200, 300),
      *   ATA (200, 300), VTA (200, 300), T4A (200), P4A (200), S4A (200),
      *   GC2 (200, 300), GC3 (200, 300), GC4 (200, 300), GC5 (200, 300),
      *   PC2 (200, 300), PC3 (200, 300), PC4 (200, 300), PC5 (200, 300)

```

2.3 計算モデルの拡張及び入力書式の変更^{(2) (3) (17) (18) (19) (20)}

(1) 改良の着眼点

改良前バージョンのLEAP-BLOW Ver. 1. 20で考慮できる配管数及び総セクション数は、各々10本、50個となっている。これをLEAP-BLOW Ver. 1. 30では、以下のように拡張する。この際、ナトリウム-水反応ジェットコード (LEAP-JET) との統合を視野に入れて、LEAP-BLOWに最適な入力書式を検討し、改良する。

- ・ヘッダ数 : 最大 50 個
- ・配管数 : 最大 50 本
- ・セクション数 : 配管 1 本当たり、最大 100 セクション

(2) 改良に伴う入力書式に対する問題点の整理

a. 計算モデルにおける配管数とセクション数の拡張に伴う問題点

LEAP-BLOW Ver. 1. 20の入力書式は、データプール方式を用いており、入力データに個々のアドレスを指定することで解析コード内の関連付けを行なっている。このため、LEAP-BLOW Ver. 1. 30での配管数とセクション数の拡張に際して、入力データのアドレスの変更が必要となる。具体的に例をあげると、データブロック 3000 で水/蒸気系配管の個別配管計算オプション、時系列境界条件データ、初期定常計算用データはそれぞれ、

個別配管計算オプション : 3000 101 ~ 3000 200 (10×10 配管)

時系列境界条件データ : 3000 201 ~ 3000 300 (10×10 配管)

初期定常計算用データ : 3000 301 ~ 3000 400 (10×10 配管)

となっているが、配管総数の拡張に伴い、

個別配管計算オプション : 3000 101 ~ 3000 600 (10×50 配管)

時系列境界条件データ : 3000 601 ~ 3000 1100 (10×50 配管)

初期定常計算用データ : 3000 1101 ~ 3000 1600 (10×50 配管)

と変更する必要がある。このように、すべてのデータのアドレスの変更が必要となり、LEAP-BLOW Ver. 1. 20 までの入力データは、LEAP-BLOW Ver. 1. 30 では使用できなくなる。また、入力ルーチンである READIN のデータプールのアドレス指定が 5 桁であることから、配列の上限は 99,999 に制限されている。これに対し、配管のセク

ションデータだけでも、配管セクション関連データ、配管オリフィス関連データ、配管セクション構造材関連データで、250,000 (10×50 配管×100 セクション×5 組) 個のデータエリアが必要となり、READIN の制限を越える。このため、LEAP-BLOW Ver. 1.30 では READIN モジュールを用いることは困難と考えられる。

b. ナトリウム-水反応ジェットコードとの統合化に伴う問題点

LEAP-BLOW Ver. 1.20 とナトリウム-水反応ジェットコード (LEAP-JET) の入力書式は異なっているため、両コードを統合する際には整合を図る必要がある。

LEAP-JET は計算体系が可変であることから、データプールのアドレス指定が困難であり、入力書式は固定フォーマットとなっている (詳細は次項に示す)。そこで、LEAP-BLOW Ver. 1.30 では、LEAP-BLOW と LEAP-JET の統合を視野に入れた入力書式に変更する必要がある。

(3) 各種入力書式の整理

これまでの各種の解析コードに用いられている入力書式について、その特徴を整理する。

a. 統合データプール方式 (LEAP-BLOW Ver. 1.20 等)

サンプルの入力をリスト 2.3-1 に示す。

大きな入力データエリアを用意して、その中の所定のアドレスを変数に割り当てる方式である。後述の分離データプール方式と比較して、整数変数、実数変数の混在が可能となっている。データプールは最大 10 個まで用意できる。また、入力データはフリーフォーマットとなっている。

コメントを自由に入れることが可能である上に、ベースデータを作成して、変更部のデータのみを後から追加する使い方ができる。これは、主にパラメータ解析等で便利な機能である。

しかし、データのアドレスを入力する必要があるため、初心者にとって直感的にはわかりづらく、入力方法に慣れるまで解析経験を必要とする。

b. 分離データプール方式 (SWACS/REG3 等)

サンプルの入力をリスト 2.3-2 に示す。

大きな入力データエリアを用意して、その中の所定のアドレスを変数に割り当て

る方式である。前述の統合データプール方式と比較して、整数変数の入力部、実数変数の入力部が分離している。また、入力書式は一般的に固定である。

特徴は、統合データプール方式と同等であるが、データの変更は、整数変数の入力部、実数変数の入力部のそれぞれの範囲内に限定される。

c. 固定フォーマット方式 (LEAP-JET 等)

サンプルの入力をリスト 2.3-3 に示す。

所定の行、所定の書式でデータを入力する方式である。一行の入力で整数変数と実数変数の混在も可能である。また、配列の拡張にも容易に対応できる。

前述の統合データプール方式と比較すると、コメントを自由に入れることができない、すべてのデータの入力する位置が固定されており、変更部のみを後から入力することができない等の制限がある。

直感的にわかりやすいとはいえず、入力データの行ずれ等の入力ミスも生じやすい。解析コードの改良等の進捗によって、入力データが変更される可能性もある。

d. ネームリスト方式 (SOLA-LOOP 等)

サンプルの入力をリスト 2.3-4 に示す。

変数に直接データを代入することができる。また、書式もフリーフォーマットである。変数とデータの間隔を指定するため、直感的にわかりやすく、入力ミスも生じにくい。ただし、多量のデータ入力には向かない。

e. キーワード方式

サンプルの入力をリスト 2.3-5 に示す。

先頭の数字のキーワードでデータの種別を判定する方法である。固定フォーマット方式よりも使い易さに優れる。

固定フォーマット方式と同様に、一行の入力で整数変数と実数変数の混在も可能であり、配列の拡張にも容易に対応できる。また、データプール方式と同様に、コメントを自由に入れることが可能であるうえに、ベースデータを作成して、変更部のデータのみを後から追加する使い方もできる。さらに、キーワードを追加することにより、複数の入力データブロックを切り替えることが可能である。

(4) LEAP-BLOW 用の入力書式の変更

前項の各種入力書式の整理結果を踏まえて、LEAP-BLOW Ver. 1.30 の入力書式を検討する。ここで選定する入力書式は、今後予定されている LEAP-BLOW と LEAP-JET の統合後にも適用できる方式とする必要がある。

このため、LEAP-JET への適用性に制限があるデータプール方式の採用は困難であると判断する。また、統合後の解析コードのデータ総数の観点より、ネームリスト方式も対象から除外する。

配列の拡張並びに機能追加の面では、固定フォーマット方式とキーワード方式に有意な差はないが、使い易さを考慮して、LEAP-BLOW Ver. 1.30 の入力書式は、キーワード方式を採用することとした。

表 2.3-1 に LEAP-BLOW Ver. 1.30 のキーワードの整理表を、付録 3 に入力マニュアルをまとめる。

リスト 2.3-6 には、LEAP-BLOW Ver.1.30 の入力データサンプルを示す。また、リスト 2.3-7 には入力部のプリント出力例を示す。LEAP-BLOW 1.30 では、入力データのリプリント機能に加えて、キーワードチェック機能を用意することにより、入力データエラーのポテンシャルを低減している。また、リスト 2.3-6 に示すように、キーワードを入力しない場合は、前のキーワードを用いるようにしており、入力の簡素化を図っている。

(5) 計算モデルの拡張

LEAP-BLOW Ver. 1.30 では、計算モデルの領域を下記のように拡張した。

- ・ヘッダ数 : 最大 50 個
- ・配管数 : 最大 50 本
- ・セクション数 : 配管 1 本当たり、最大 100 セクション

具体的には、include 文で各ルーチンに挿入される 'comnt. h' ファイルに記載された PARAMETER 文により配列数を指定するように改良した。これにより、さらに配列の拡張が必要になった場合でも比較的簡単に対応できる。PARAMETER 文の配列指定は下記の通りである。

- ・MHD := 50 : 水/蒸気系ヘッダの最大数

- ・MLG:=50 : 水系配管の最大数
- ・MSC:=100 : 水系配管 1 本当りの最大セクション数
- ・MND:=10 : 水系配管の 1 セクション当りの最大ノード数
- ・MVL:=50 : 水系バルブの最大数
- ・MNA:=500 : ナトリウム系流路の最大メッシュ分割数
- ・MPS:=500 : ナトリウム系熱容量要素、伝熱パスの最大数

リスト 2. 3-8 に、include 文で各ルーチンに挿入される、下記のファイルを示す。

- ・'comnt. h' ファイル : 計算モデルデータ
- ・'commn. h' ファイル : 解析コード制御データ
- ・'comhd. h' ファイル : 水/蒸気系ヘッダデータ
- ・'comlg. h' ファイル : 水/蒸気系配管データ
- ・'comwk. h' ファイル : 水/蒸気系配管計算用ワークデータ
- ・'comwl. h' ファイル : 伝熱壁・構造材データ
- ・'comna. h' ファイル : ナトリウム系データ
- ・'comxy. h' ファイル : 入力テーブルデータ

水/蒸気系配管総数の拡張に伴い、水/蒸気系配管と水/蒸気系ヘッダの接続情報 (No. 25、LG-PIPE の NPLG) は下記のように変更した。

- ・LEAP-BLOW Ver. 1. 20 = 0 ; 計算しない
=10 : 大気圧に開放
- ・LEAP-BLOW Ver. 1. 30 < 0 ; 計算しない
= 0 : 大気圧に開放

また、水/蒸気系配管とナトリウム系配管の接続情報 (No. 48、NA-PASS の LDNA、ただし JDNA、KDNA は変更無し) は下記のように変更した。

- ・LEAP-BLOW Ver. 1. 20 ≤ 100 ; 接続する管束部ナトリウムメッシュ番号
>100 ; XYY で仮想配管 X のノード番号 YY に接続する。
- ・LEAP-BLOW Ver. 1. 30 ≤ 1000 ; 接続する管束部ナトリウムメッシュ番号
>1000 ; XYYY で仮想配管 X のノード番号 YYY に接続する。

ナトリウム系の熱容量要素の接続情報 (No. 50、NA-HPS1 の IPNA (2)、ただし IPNA (1)、IPNA (3)、LPNA は変更無し) は下記のように変更した。

- ・ LEAP-BLOW Ver. 1. 20 ≤ 100 ; 熱容量要素に接続
 - =10x ; x 番の S G 管東部または配管に接続
 - =11x ; x 番の S G 管東部または配管の構造材に接続
 - =20x ; x 番の仮想配管に接続 (ダウンカマ部等)
- ・ LEAP-BLOW Ver. 1. 30 ≤ 1000 ; 熱容量要素に接続
 - =100x ; x 番の S G 管東部または配管に接続
 - =110x ; x 番の S G 管東部または配管の構造材に接続
 - =20xx ; xx 番の仮想配管に接続 (ダウンカマ部等)

(6) 計算モデルの拡張に伴う改良

水/蒸気系配管総数等の拡張に伴い、下記を改良した。

a. テーブルデータ組数の増加

LEAP-BLOW Ver. 1. 20 では、データ数 10 個以下のテーブル数として 50 組まで、データ数 20 個以下のテーブル数として 50 組までの合計 100 組のテーブルデータが入力可能であった。これに対し、LEAP-BLOW Ver. 1. 30 では、水/蒸気系配管総数等の拡張に伴いテーブルデータの組数が不足することも予想された。このため、LEAP-BLOW Ver. 1. 30 では、データ数 10 個以下のテーブル数として 100 組まで、データ数 20 個以下のテーブル数として 400 組までの合計 500 組のテーブルデータの入力が可能ないように拡張した。

テーブルデータの指定方法は、LEAP-BLOW Ver. 1. 20 までと同様に、テーブルデータ番号 100 番までは、データ数 10 個以下のテーブル、テーブルデータ番号 100 番以降は、データ数 20 個以下のテーブルとした。

b. プロット関係データの拡張

LEAP-BLOW では、解析した結果を出力する方法として、プロット出力に使用できる結果ファイルを出力する機能を有している。

LEAP-BLOW Ver. 1. 20 では、最大 100 個の物理変数に対して、それぞれ 250 点/物理変数の経時データを保持して、プロット出力用の結果ファイルを出力する機能を有していた。また、このプロット出力用の結果ファイルは、LEAP-JET コードの注水データの時系列データとしても用いることが可能である。

これに対し、LEAP-BLOW Ver. 1.30 では、水/蒸気系配管総数等の拡張に伴い着目する(出力する)物理変数が増加することも予想された。そこで、LEAP-BLOW Ver. 1.30 では、最大 200 個の物理変数に対して、それぞれ 500 点/物理変数の経時データを保持して、プロッタ出力用の結果ファイルを出力できるように、プロッタ関連データを拡張した。なお、物理変数が 100 個以下及び経時データが 250 点/物理変数の場合は、LEAP-BLOW Ver. 1.20 のプロッタ出力用の結果ファイルとの整合性を確保することにより、LEAP-BLOW から LEAP-JET へのデータ授受が可能となる。

プロッタ出力する物理変数の指定は、次のように変更した。

・LEAP-BLOW Ver. 1.20 時系列出力する物理量の指定は、6 桁の値で指定する。

A A B B C D : 出力変数の指定

AA : 出力する物理量の指定 (下記の通り)

01 : 温度 , 02 : 圧力

03 : エンタルピ, 04 : 流量

05 : 流速 , 06 : 質量

07 : 比重量 , 08 : クオリティ

09 : ボイド率 , 10 : 熱伝達率

11 : 熱流束

BB : 出力する部位の番号

1 ~ 9 : 水系配管

11 ~ 19 : 水系ヘッド

91 ~ 95 : ナトリウム系流路

C : 出力する配管セクション番号

D : 出力する配管セクション内のノード番号

・LEAP-BLOW Ver. 1.30 時系列出力する物理量の指定は、8 桁で指定する。

A A B B C C D D : 出力変数の指定

AA : 出力する物理量の指定 (下記の通り)

T : 温度 , P : 圧力

E : エンタルピ, W : 流量

V : 流速 , M : 質量

R: 比重量 , X: クオリティ
A: ボイド率 , H: 熱伝達率
Q: 熱流束 , VL: バルブ面積 (追加)
I: 伝熱管内表面温度 (追加)
O: 伝熱管外表面温度 (追加)

BBB : 出力する部位の番号

1~ 99 : 水系配管

101~199 : 水系ヘッド

901~905 : ナトリウム系流路

CC : 出力する配管セクション番号

D : 出力する配管セクション内のノード番号

(ナトリウム系は、CCD でノード番号)

c. セクションの外側境界条件のテーブル入力機能の追加

LEAP-BLOW Ver. 1.30 では、水・蒸気系の特定のセクションの外側境界条件（境界温度及び境界熱伝達率）をテーブルデータで入力する機能を追加した。

本機能を LEAP-BLOW Ver. 1.30 に組み込むに際しての追加変数を表 2.3-2 に示す。

本機能は、WLTRNS ルーチンに組み込まれており、所定の時間範囲 (TSBSC~TEBSC) では、指定した水・蒸気系の特定セクションの境界温度及び境界熱伝達率を入力したテーブルデータにより設定する。本機能は、ナトリウム系との接続によるデータ授受等のほかの境界条件設定よりも優先する。

(7) まとめ

考慮できる配管数 10 本及び総セクション数 50 個から、配管数を 50 本、セクション数を配管 1 本当たり 100 個に拡張した。また、モデル化の整合を取り、ヘッド数、バルブ個数等も拡張した。

計算モデルの拡張及びナトリウム-水反応ジェットコード (LEAP-JET) との統合を視野に入れて、LEAP-BLOW を最適な入力書式を検討し、改良した。

また、テーブルデータ入力個数、プロッタ出力変数等を拡張した。

表 2.3-1 (1/3) 入力キーワード一覧表

No.	キーワード	キーワードの意味
		特殊キーワード
	TITLE	タイトルカードの指定 (本カードの次の1行はケースタイトルとして使用する。)
	DATA-END	入力データの最後に指定する
		メインモジュール、共通データ キーワード
1	MN-CALC	全体計算実行制御オプション
2	MN-TIME	計算時間コントロールオプション
3	MN-STEP	タイムステップ・プリント間隔指定データ (最大10枚まで入力可能)
4	MN-REST	リスタート計算オプション (現バージョンでは未対応)
5	MN-OUTCN	時系列出力コントロールデータ (出力する物理量は MN-PLOT で指定する)
6	MN-PLOT	時系列出力変数指定 (最大200変数まで指定可能、1枚に最大7変数指定可能)
7	MN-MODEL	計算ネットワークモデルデータ
8	MN-MOPT1	計算モデルオプション1 (スリップモデル、臨界流モデル等の指定)
9	MN-MHTCF	計算モデルオプション2 (熱伝達率モデル)
		ヘッダ計算モジュール キーワード
11	HD-OPT1	水系ヘッダ部・共通計算オプション
12	HD-OPT2	水系ヘッダ部・個別計算オプション (ヘッダの数の枚数入力)
13	HD-DAT1	水系ヘッダ部・形状データ (その1) (ヘッダの数の枚数入力)
14	HD-DAT2	水系ヘッダ部・形状データ (その2) (分離モデル関連データ、ヘッダの数の枚数入力)
15	HD-WALL	水系ヘッダ部・構造材データ (ヘッダの数の枚数入力)
16	HD-PIPE	水系ヘッダ部の配管接続位置データ (分離モデル関連データ、ヘッダの数の枚数入力)

表 2.3-1 (2/3) 入力キーワード一覧表

No.	キーワード	キーワードの意味
		水系配管計算モジュール キーワード
21	LG-OPT	水系配管・共通計算オプション
22	LG-CKVL	水系配管・逆止弁データ
23	LG-RUPT	水系配管・ギロチン破断データ
24	LG-LEAK	水系配管・スプリット破損データ
25	LG-PIPE	水系配管・個別配管計算オプション (水系配管の数枚入力)
26	LG-BC. 1	水系配管・時系列境界条件データ (水系配管の数枚入力)
27	LG-BC. 2	水系配管・初期定常計算用境界データ (水系配管の数枚入力)
28	LG-SECT	水系配管・配管セクション関連データ (水系配管のセクション総数枚入力)
29	LG-ORIF1	水系配管・配管オリフィス関連データ (その1) (水系配管毎にセクション数+1の総数枚入力)
30	LG-ORIF2	水系配管・配管オリフィス関連データ (その2) (水系配管毎にセクション数+1の総数枚入力)
31	LG-WALL1	水系配管・配管セクション構造材関連データ (その1) (水系配管のセクション総数枚入力)
32	LG-WALL2	水系配管・配管セクション構造材関連データ (その2) (水系配管のセクション総数枚入力)
33	LG-VALV	水系配管・バルブ関係データ (バルブの個数枚入力)
34	LG-PID1	水系配管・バルブのPID制御特性関係データ1 (PID制御を行なうバルブの個数枚入力)
35	LG-PID2	水系配管・バルブのPID制御特性関係データ2 (PID制御を行なうバルブの個数枚入力)
36	LG-THTBL	外側境界条件をテーブル入力するセクションデータ (NTHSC 組数枚入力)

表 2.3-1 (3/3) 入力キーワード一覧表

No.	キーワード	キーワードの意味
		ナトリウム側計算モジュール キーワード
41	NA-MODEL	ナトリウム側・計算モデルオプション
42	NA-HTCF	ナトリウム側・熱伝達率オプション
43	NA-TABLE	ナトリウム側・プラント挙動関連データ
44	NA-FMIX	ナトリウム側・Na-水反応混合データ
45	NA-TANK	ナトリウム側・プレナムデータ
46	NA-PIPE	ナトリウム流路データ (蒸気発生器モデル MDNA に合せ、3枚 (MDNA=0) または5枚 (MDNA>0) 入力)
47	NA-WALL	ナトリウム流路の構造材データ (蒸気発生器モデル MDNA に合せ、3枚 (MDNA=0) または5枚 (MDNA>0) 入力)
48	NA-PASS	ナトリウム側と水系配管の接続情報 (水系配管の数枚入力)
49	NA-HCAP	熱容量要素データ (熱容量要素の数枚入力)
50	NA-HPS1	熱容量要素との伝熱パスデータ (その1) (伝熱パスの数枚入力)
51	NA-HPS2	熱容量要素との伝熱パスデータ (その2) (伝熱パスの数枚入力)
52	NA-HPS3	熱容量要素との伝熱パスデータ (その3) (伝熱パスの数枚入力)
		テーブルデータ入力キーワード
56	XY-TABLE	テーブルデータ (最大 500 組のテーブルデータを入力可能)

表 2.3-2 セクションの外側境界条件のテーブル入力に関する入力データ

No.	キーワード	カラム	変数名	(*)	変数の意味	単位
7	MN-MODEL				計算ネットワークモデルデータ	
		11-20	NHEAD	I	水/蒸気系ヘッダの数	≤ MHD
		21-30	NLEGS	I	水/蒸気系配管の数	≤ MLG
		31-40	MDLVL	I	水/蒸気系配管に設置するバルブの数	≤ MVL
		41-50	NVPID	I	PID 制御を行なうバルブの数	≤ MVL
		51-60	NTHSC	I	外側境界条件をテーブル入力するセクション数	≤ MSC
36	LG-THTBL				外側境界条件をテーブル入力するセクションデータ (NTHSC 組数枚入力)	
		11-15	I	I	外側境界条件をテーブル入力するデータ組番号	
		21-25	IBCSC	I	水系配管の番号	-
		26-30	JBCSC	I	水系配管セクションの番号	-
		31-35	NTBSC	I	セクションの外側境界温度テーブル番号 (XY-TABLE : 時間 (s) vs 温度 (°C))	-
		36-40	NHBSC	I	セクションの外側境界熱伝達率テーブル番号 (XY-TABLE : 時間 (s) vs 熱伝達率 (kcal/(m ² ・s・°C)))	-
		41-50	TSBSC	R	外側境界条件のテーブル入力開始時間	s
		51-60	TEBSC	R	外側境界条件のテーブル入力終了時間	s

(*) I : 整数型データ、R : 実数型データ を示す。

リスト 2.3-1 統合データプール方式 (LEAP-BLOW Ver. 1.20)

```

C*****
C#      PROGRAM NAME = LEAP          *
C*****
TITLE=20A4                          /
      SG BLOW DOWN CALULATION CASE A-1 100% 1CHANNEL
C *                                        /
C *      MAIN CONTROL DATA          /
C *                                        /
C *      CLHD CLLG CLNA DUMY DUMY CLST SPRT /
1000  1 OPTION  1  1  1  0  0  0  0 /
C      IDT NDT TI INT  TIMAX  DTINT  DTMIN  DTMAX  CPUMX /
1000  11 TIME   1  07   0.0  500.0  0.020  0.010  0.100  30.00 /
1000  21 TDTBL (1) 0.00 10.0 30.0 50.0 100. 200. 1.E9 /
1000  31 DTTBL (1) 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 0.02 /
1000  41 NPTBL (1) 1000 1000 1000 1000 1000 1000 1000 /
C *                                        /
C *      NPRT NPLT DTPRT  DTPLT      /
1000  51 PLOTOUT 0  1  0.500  2.000 /
C *                                        /
C *      OPT. CASE-ID                /
1000  61 RESTART 0  1010 /
C *                                        /
C *      HEAD LEGS VALV              /
1000  71 NETWORK 02  01  00 /
C *                                        /
C *      CALC. MDL SLIP CRIT FRIC MULT /
1000  81          03  02  01  01 /
1000  91 HEAT-FLW 02  01  00  02  02  02 /
C *                                        /
C *      PLOT-ID (1) (2) (3) (4) (5) /
1000 101 ( 1) 010118 010128 010138 010148 010158 / PIPE TEMP
1000 106 ( 2) 019208 019216 019224 019232 019240 / HEAD ENTL
1000 111 ( 3) 030118 030128 030138 030148 030158 / HEAD FLOW
1000 116 ( 4) 011100 011200 021100 021200 031100 / HEAD FLOW

```

リスト 2.3-2 分離データプール方式 (SWACS/REG3)

=== SWACS SAMPLE CAL. CASE. 11. 01. WATER INJECTION (SWAT=3 RUN=3) ===

1	1	1				
6	1	10000				
11	5	10	10	10	100	200
16	5	2	2	2	100	200
40	1	1				
51	5	1	0	0	0	4
58	1	1				
2	1	50. E-3				

=== SWAC-11 DATA CASE. 11. 01 (SWACS/REG3) NESI ===

1	6	46	0	1	0	1	2
33	1	5					
1	5	9. 18	0. 0	19. E-3	25. 4E-3	0. 005E-3	
6	2	0. 764	1. 637				
11	3	0. 1	1. 0	2. 0			
14	5	100. E-6					
21	5	0. 0	0. 0	0. 0	1. 0	1. 0	
31	4	83. 0	83. 0	309. 8	309. 8		
CC 44	3	2. 0	0. 5	1. 0			
CC 51	2	0. 0	100. 0				
CC 61	2	83. 0	83. 0				
CC 71	2	309. 8	309. 8				
41	1	0. 0					
42	1	0. 0					
44	1	2. 0					
45	2	0. 5	1. 0				
101	1	0. 02					
151	2	0. 0	100. 0				
201	2	83. 0	83. 0				
251	2	309. 8	309. 8				

リスト 2.3-3 固定フォーマット方式 (LEAP-JET)

```

C--5--10--15--20--25--30--35--40--45--50--55--60--65--70
C  SWAT1-R LEAP-JET V1.50 HT-2 400G/SEC DT=1D-3
C--5--10--15--20--25--30--35--40--45--50--55--60--65--70
*** LEAP-JET INPUT DATA : SWAT-1R <<Run-HT201>> ( MESH : 14 X 39 ) ***
      IRST  GEO-DIMSYM-OPTION  FLDSYS-F  IMPLCT  ITAU  ITDEL
      0      0      0      2      2      500      500
FILERS
swat1-02
      IHTFLX  IOOPT  IVLINE  IFUNC  IENG (1)  IENG (2)  IFLOP
      2      0      0      1      0      0      2
      ITMOP  IHOP
      0      0
      ICRIT  MHTCF (1)  MHTCF (2)  MHTCF (3)  MHTCF (4)  MHTCF (5)  IUNA
      0      0      1      1      2      0      2
      OMG  CSQ  AIMOM  VBCD
0. 000D+0  1. 000D+1  1. 000D+0  2. 000D-4
      EATA (1)  EATA (2)  CHM
1. 000D+1  1. 000D+1  1. 000D-2
      CWF  EDDY  EDDYTC  HTC1
3. 000D-2  1. 000D+0  1. 000D+0  0. 000D+0
      ICONS (1)  ICONS (2)  ICONS (3)  ICONS (4)
      2      1      1      2
      EPPIM  GAMMA  EPSI  EPSJ  OMH
5. 0D-2  0. 100D+0  1. 000D-3  1. 000D-5  1. 000D+0
      BETA (0)  BETA (1)  BETA (2)  BETA (3)  BETA (4)  BETA (5)  BETA (6)
0. 500D+0  0. 500D+0  0. 500D+0  0. 500D+0  1. 000D+0  0. 500D+0  0. 500D+0
      ITERMX  JTERMX  KTERMX
      50      50      1
      GR  PY  BOLTZ  AVO  TKO  EMS
9. 807D+0  3. 1416D+0  1. 381D-23  6. 022D+23  2. 7315D+2  18. 0D-3
      GR-X  GR-Y
0. 000D+0  1. 000D+0
      ITMPSR
      0
  
```

リスト 2.3-4 ネームリスト方式 (SOLA-LOOP)

```

CODE CENTER EXAMPLE          JULY 6, 1978          SOLA-LOOP
&DATUMS
  NSUBDT=2, RG=.004, ROL=0.8454, TWFIN=2600.0, TBRA (1)=2000.0,
  EDV=1.68E-7, EDL=1.42E-6, ELHT=1.873E4, VISV=1.8E-5, VISL=1.5E-6,
  LBOT (1)=5, MBOT (1)=1, KTOP (1)=1, LANG (1)=2,
  KBOT (2)=1, LTOP (2)=5, MTOP (2)=1, LANG (2)=2,
  KBOT (3)=1, LTOP (3)=5, MTOP (3)=2, LANG (3)=1,
  DXS1 (1, 1)=3.50, DXS1 (1, 2)=5.0,
  DXS1 (2, 1)=5.0, DXS1 (2, 2)=3.5,
  DXS1 (3, 1)=7.5,
  DYS1 (1, 1)=5.25, DYS1 (1, 2)=22.5,
  DYS1 (2, 1)=22.5, DYS1 (2, 2)=5.25,
  DYS1 (3, 1)=23.75,
  NJS1 (1, 1)=5, NJS1 (1, 2)=4,
  NJS1 (2, 1)=4, NJS1 (2, 2)=5,
  NJS1 (3, 1)=8,
  PI (1)=72.0, THI (1)=0.0, TEMI (1)=489.0,
  PI (2)=72.0, THI (2)=0.0, TEMI (2)=489.0,
  PI (3)=72.0, THI (3)=0.0, TEMI (3)=489.0,
  PB (1)=72.0, THB (1)=0.0, TEMB (1)=489.0,
  PB (2)=75.0, THB (2)=0.0, TEMB (2)=489.0,
  PB (3)=1.0, THB (3)=.995, TEMB (3)=373.0,
  &END
&DATUMS MBOT (1)=3, DELT=0.01,
  &END

```

リスト 2.3-5 キーワード方式 (弊社多次元熱流動コード)

```

*****
TITLE  + COOLING ANA 3D-MODEL          ( 0.00-100.0 SEC ) +
      + DT = 1.0E-2 ICCG= 1.0E-7 , PFI = H/L OUT POINT   +
      + OUT FIX DATA UP-WIND          +
*----- RRK DATA -----
*--+1--+2--+3--+4--+5--+6--+7
RRK-B2C2
DT-SKIP      1  1  1  1
*PERIO
*----- TIME CONTROL -----
*      T-START  T-END      DT  DONASEL
*--+1--+2--+3--+4--+5--+6--+7
SIMUL        0.0  7200.0  1.0E-1  1.0
*
*----- 50 DEG GAS MATERIAL DATA ---MIU=1/1 -----
*      --MIU-- --KAPA-- --ROU--  --CP--  --BETA--  --TS--
*--+1--+2--+3--+4--+5--+6--+7
MATERIAL 2  1.002E-3  0.602  998.2  4182.8  2.000E-4  20.0
*----- TIME CONTROL -----
*      --START-- --END--  --PLINT DT --
*--+1--+2--+3--+4--+5--+6--+7
FILE-OUT    3600.0  7200.0  600.0
*--+*--+*--+*--+*--+*--+*--+*--+*--+*
MESH        28  27  100
CARTE
*--+*--+*--+*--+*--+*--+*--+*--+*--+*
X-COORD  2      0.00  0.02930
          6  0.02930  0.11180
          5  0.11180  0.19050
          5  0.19050  0.26920
          6  0.26920  0.35170
          2  0.35170  0.38100
*--+*--+*--+*--+*--+*--+*--+*--+*--+*
Y-COORD  3      0.0  0.04760
    
```

リスト 2.3-6 LEAP-BLOW Ver. 1.30 サンプル入力データ

2.3-18

```

C*****
C*   PROGRAM NAME = LEAP-BLOW  VER. 1.30   *
C*****
C
  TITLE
    SG BLOW DOWN CALCULATION CASE A-1 100% 1CHANNEL
C *
C *   MAIN CONTROL DATA
C *
C   ICLHD   ICLLG   ICLNA           ICLST   ISPRT
MN-CALC    1       1       0           0       0
C   TIINT   TIMAX   DTINT
MN-TIME    0.0     500.0   0.020
C   TDTBL   DTTBL   NPTBL
MN-STEP    0.0     0.020   1000
           10.0     0.020   1000
           100.0    0.020   1000
           1.0E+9   0.020   1000
C   IREST   KREST
MN-REST    0       1010
C
C   KCPRT   KCPLT   DTPRT   DTPLT
MN-OUTCN   0       1       0.500  2.000
C
C   <-----> <-----> <-----> <-----> <-----> <-----> <----->
MN-PLOT    T001018 T001028 T001038 T001048 T001058
           T902008 T902016 T902024 T902032 T902040
           E001018 E001028 E001038 E001048 E001058
           T101000 T102000 P101000 P102000 E101000
C
C   NHEAD   NLEGS   MDLVL
MN-MODEL   02      01      00
C   MSLIP   MCRIT   MFRIC   MMULT
MN-MOPT1   03      02      01      01
C   (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7)
MN-MHTCF   02 01 00 02 02 02
C *
C *   HEADER DATA
C *
C   IPA   IWL   FCFHD   FXSHD   FVIHD   SVDHD
HD-OPT1  1   0   0.600   2.000   0.300   5.0E-7

```

```

C
C   NO   MLHD NZHD NWHD KFW  KFH  KBA1 KBZ1 KBA2 KBZ2
HD-OPT2  1   0   0   0   0  01  02  0   0   0   0
           2   0   0   0   0  0   0   0   0   0
C
C   NO   VLHD   POHD   TOHD   VOHD   FXHD
HD-DAT1  1   2.500  188.6  240.0  -0.100  0.0
           2   1.0E9  175.4  498.0   1.100  1.0
C   NO   WOHD   DSHD   DVHD
CHD-DAT2  1
           2
C   NO   ASWH   TIWH   CPWH   GMWH   CNWH   TOWH   HOWH
HD-WALL   1   0.0   0.100  0.141  7820.0  0.009  40.0  0.0
           2   0.0   0.100  0.141  7820.0  0.009  40.0  0.0
C
C   NO LGN (1) (2) (3) (4) (5) (6)
CHD-PIPE
C *
C *   PIPE DATA
C *
C   ITN  IGV  INT  IWL  MST  NST   ERLG   ERPLG   ERSLG
LG-OPT  20  0  50  0  1  50   0.010  0.010  1.0E4
C
C   MDCV J1CV J2CV J3CV
CLG-CKVL 0  0  0  0
C   KCBK J1BK J2BK NPBK NZBK   ZFBK
LG-RUPT  0  0  0  0  0   0.600
C   KCLK J1LK J2LK J3LK   AXLK   AYLK   ZFLK   TXLK
CLG-LEAK 0  0  0  0   0.0   0.0   0.0   0.0
C
C   NO   NSLG NPLG   ICLG IFLG IDLG   WOLG   FHLG
LG-PIPE  1   05  01  02  0  0  1  536.11
C
C   NO   IPI  IPO  IGI  IGO  IHI  IHO
LG-BC.1  1   11  12  13  14  15  16
           1   0  0  0  0  0  0
C   PBLG (1) PBLG (2) HBLG (1) HBLG (2)
LG-BC.2  1   188.6  175.4  248.4  782.2
C
C   NO  SC MSLG NDW  ASLG  DSLG  XSLG  ZSLG  FSLG

```

リスト 2.3-6 LEAP-BLOW Ver. 1.30 サンプル入力データ

LG-SECT	1	1	08	3	0.438E-0	12.1E-3	5.664	0.0	0.0	
	1	2	08	3	0.438E-0	12.1E-3	5.664	0.0	0.0	
	1	3	08	3	0.438E-0	12.1E-3	5.664	0.0	0.0	
	1	4	08	3	0.438E-0	12.1E-3	5.664	0.0	0.0	
	1	5	08	3	0.438E-0	12.1E-3	5.664	0.0	0.0	
C	NO	OF	AOR		FNOR	FNOR	FCOR	FCOR		
LG-ORIF1	1	1	0.438E-0		0.0	0.0	0.0	0.0		
	1	2	0.438E-0		0.0	0.0	0.0	0.0		
	1	3	0.438E-0		0.0	0.0	0.0	0.0		
	1	4	0.438E-0		0.0	0.0	0.0	0.0		
	1	5	0.438E-0		0.0	0.0	0.0	0.0		
	1	6	0.438E-0		0.0	0.0	0.0	0.0		
C	NO	OF	POOR		TOOR	VOOR				
LG-ORIF2	1	1	188.60		240.0	-0.100				
	1	2	185.96		353.2	0.001				
	1	3	183.32		353.2	0.333				
	1	4	180.68		353.2	0.666				
	1	5	178.04		353.2	0.999				
	1	6	175.40		498.0	1.100				
C	NO	SC	ASWL		THWL	CPWL	GMWL	CNWL		
LG-WALL1	1	1	120.00		0.0019	0.1746	7860.0	0.00745		
	1	2	120.00		0.0019	0.1746	7860.0	0.00745		
	1	3	120.00		0.0019	0.1746	7860.0	0.00745		
	1	4	120.00		0.0019	0.1746	7860.0	0.00745		
	1	5	120.00		0.0019	0.1746	7860.0	0.00745		
C	NO	SC	TOWL		HOWL	QOWL				
LG-WALL2	1	1	354.0		-1.0	-56856.				
	1	2	391.0		-1.0	-56856.				
	1	3	428.0		-1.0	-56856.				
	1	4	465.0		-1.0	-56856.				
	1	5	502.0		-1.0	-56856.				
C	NO	J1VL	J2VL	NAVL	NFVL	(2)	(3)	(4)	TISVL	TIEVL
CLG-VALV										
C *	SODIUM DATA									
C *	MDNA	NDNA	NDNA	NDNA	JPNA	KPNA	NCNA	NPNA	NADB	
NA-MODEL	0	40	0	0	20	20	0	0	0	
C	IUNA	IUNA	UONA		(2)		PDNA			

NA-HTCF	06	03	0.0	0.0	2.000					
C	NATI	NAFI	NAHR	NATR	NAQR					
NA-TABLE	06	07	08	08	08					
C	F012	F013	F023							
NA-FMIX	0.0	0.0	0.0							
C										
C	TONA	(2)	(3)	(4)	WPNA	(2)	(3)	(4)		
NA-TANK	520.	335.	0.0	0.0	80750.0	8925.0	0.0	0.0		
C	NO		FONA	WFNA	AFNA	DFNA	A1NA			
NA-PIPE	1		0.1	0.1	2.670E-5	54.30E-3	0.0			
	2		2527.78	64272.2	2.670E-0	54.30E-3	4000.0			
	3		0.1	0.1	2.670E-5	54.30E-3	0.0			
C	NO	A2NA	X2NA	W2NA	C2NA	S2NA				
NA-WALL	1	0.0	0.030	1.000	0.1746	0.00745				
	2	0.0	0.030	43783.4	0.1746	0.00745				
	3	0.0	0.030	1.000	0.1746	0.00745				
C										
C	LG	SC	PAS	JDNA	KDNA	LDNA				
NA-PASS	1	1	02	-1	40	32	24	16	08	
C *										
C *	TABLE DATA									
C *										
XY-TABLE	1	X	0.0	1.0E9						
		Y	188.6	188.6						
	2	X	0.0	1.0E9						
		Y	248.4	248.4						
	6	X	0.0	1.0E9						
		Y	520.0	520.0						
	7	X	0.0	1.0E9						
		Y	1.000	1.000						
	8	X	0.0	1.0E9						
		Y	0.0	0.0						
C *										
C *	OPTION DATA									
C *										
C	NO	SC	ASWL	THWL	CPWL	GMWL	CNWL			
LG-WALL1	1	1	70.00	0.0019	0.1746	7860.0	0.00745			
	1	2	70.00	0.0019	0.1746	7860.0	0.00745			
	1	3	70.00	0.0019	0.1746	7860.0	0.00745			
	1	4	70.00	0.0019	0.1746	7860.0	0.00745			

リスト 2.3-6 LEAP-BLOW Ver. 1.30 サンプル入力データ

	1	5	70.00	0.0019	0.1746	7860.0	0.00745
C	NO		FONA	WFNA	AFNA	DFNA	A1NA
NA-PIPE3	2		2527.78	64272.2	2.670E-0	54.30E-3	2000.0
C *							
C *		END OF DATA					
C *							
		DATA-END					

リスト 2.3-7 LEAP-BLOW Ver. 1.30 入力データ出力

1

***** LEAP-BLOW VER. 1.30 INPUT DATA *****

(PAGE= 1)

```

(LINE) 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8 (LINE)
( 1) C***** ( 1)
( 2) C* PROGRAM NAME = LEAP-BLOW VER. 1.30 * ( 2)
( 3) C***** ( 3)
( 4) C ( 4)
( 5) TITLE ( 5)
( 6) SG BLOW DOWN CALCULATION CASE A-1 100% 1CHANNEL ( 6)
( 7) C * ( 7)
( 8) C * MAIN CONTROL DATA ( 8)
( 9) C * ( 9)
(10) C ICLHD ICLLG ICLNA ICLST ISPRT (10)
(11) MN-CALC 1 1 0 0 0 (11)
(12) C TIINT TIMAX DTINT (12)
(13) MN-TIME 0.0 500.0 0.020 (13)
(14) C TDTBL DTTBL NPTBL (14)
(15) MN-STEP 0.0 0.020 1000 (15)
(16) 10.0 0.020 1000 (16)
(17) 100.0 0.020 1000 (17)
(18) 1.0E+9 0.020 1000 (18)
(19) C IREST KREST (19)
(20) MN-REST 0 1010 (20)
(21) C (21)
(22) C KCPRT KCPLT DTPRT DTPLT (22)
(23) MN-OUTCN 0 1 0.500 2.000 (23)
(24) C <-----> <-----> <-----> <-----> <-----> <-----> <-----> (24)
(25) MN-PLOT T001018 T001028 T001038 T001048 T001058 (25)
(26) T902008 T902016 T902024 T902032 T902040 (26)
(27) E001018 E001028 E001038 E001048 E001058 (27)
(28) T101000 T102000 P101000 P102000 E101000 (28)
(29) C (29)
(30) C NHEAD NLEGS MDLVL (30)
(31) MN-MODEL 02 01 00 (31)
(32) C MSLIP MCRIT MFRIC MMULT (32)
(33) MN-MOPT1 03 02 01 01 (33)
(34) C (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7) RADET DCOIL (34)
(35) MN-MHTCF 02 01 00 02 02 02 (35)
(36) C * (36)
(37) C * HEADER DATA (37)
(38) C * (38)
(39) C IPA IWL FCFHD FXSHD FVIHD SVDHD (39)
(40) HD-OPT1 1 0 0.600 2.000 0.300 5.0E-7 (40)
(41) C (41)
(42) C NO MLHD NZHD NWHD KFW KFH XBA1 KBZ1 KBA2 KBZ2 (42)
(43) HD-OPT2 1 0 0 0 01 02 0 0 0 0 (43)
(44) 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 (44)
(45) C (45)
(46) C NO VLHD POHD TOHD VOHD FXHD (46)
(47) HD-DAT1 1 2.500 188.6 240.0 -0.100 0.0 (47)
(48) 2 1.0E9 175.4 498.0 1.100 1.0 (48)
(49) C NO WOHD DSHD DVHD (49)
(50) CHD-DAT2 1 (50)
(LINE) 1-----2-----3-----4-----5-----6-----7-----8 (LINE)

```

リスト 2.3-7 LEAP-BLOW Ver. 1.30 入力データ出力

1

***** LEAP-BLOW VER. 1.30 INPUT DATA *****

(PAGE= 2)

(LINE)	1	2	3	4	5	6	7	8	(LINE)		
(51) C		2							(51)		
(52) C		NO	ASWH	THWH	CPWH	GMWH	CNWH	TOWH	HOWH	(52)	
(53) HD-WALL	1		0.0	0.100	0.141	7820.0	0.009	40.0	0.0	(53)	
(54)	2		0.0	0.100	0.141	7820.0	0.009	40.0	0.0	(54)	
(55) C										(55)	
(56) C		HD LGN	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)		(56)	
(57) CHD-PIPE										(57)	
(58) C *										(58)	
(59) C *		PIPE DATA								(59)	
(60) C *										(60)	
(61) C		ITN	IGV	INT	IWL	MST	NST	ERRLG	ERPLG	ERSLG	(61)
(62) LG-OPT	20	0	50	0	1	50		0.010	0.010	1.0E4	(62)
(63) C											(63)
(64) C		MDCV	J1CV	J2CV	J3CV						(64)
(65) CLG-CKVL	0	0	0	0							(65)
(66) C		KCBK	J1BK	J2BK	NPBK	NZBK		ZFBK			(66)
(67) LG-RUPT	0	0	0	0	0			0.600			(67)
(68) C		KCLK	J1LK	J2LK	J3LK	AXLK		AYLK	ZFLK	TXLK	(68)
(69) CLG-LEAK	0	0	0	0	0.0			0.0	0.0	0.0	(69)
(70) C											(70)
(71) C		NO	NSLG	NPLG		ICLG	IFLG	IDLG	WOLG	FHLG	(71)
(72) LG-PIPE	1		05	01	02	0	0	1	536.11		(72)
(73) C											(73)
(74) C		NO	IPI	IPO	IGI	IGO	IHI	IHO			(74)
(75) LG-BC.1	1		11	12	13	14	15	16			(75)
(76)	1		0	0	0	0	0	0			(76)
(77) C			PBLG(1)	PBLG(2)		HBLG(1)		HBLG(2)			(77)
(78) LG-BC.2	1		188.6		175.4		248.4		782.2		(78)
(79) C											(79)
(80) C		NO	SC	MSLG	NDW	ASLG	DSLG	XSLG	ZSLG	FSLG	(80)
(81) LG-SECT	1	1	08	3	0.438E-0	12.1E-3		5.664	0.0	0.0	(81)
(82)	1	2	08	3	0.438E-0	12.1E-3		5.664	0.0	0.0	(82)
(83)	1	3	08	3	0.438E-0	12.1E-3		5.664	0.0	0.0	(83)
(84)	1	4	08	3	0.438E-0	12.1E-3		5.664	0.0	0.0	(84)
(85)	1	5	08	3	0.438E-0	12.1E-3		5.664	0.0	0.0	(85)
(86) C		NO	OF	AOR	FNOR	FNOR		FCOR	FCOR		(86)
(87) LG-ORIF1	1	1	0.438E-0		0.0	0.0		0.0	0.0		(87)
(88)	1	2	0.438E-0		0.0	0.0		0.0	0.0		(88)
(89)	1	3	0.438E-0		0.0	0.0		0.0	0.0		(89)
(90)	1	4	0.438E-0		0.0	0.0		0.0	0.0		(90)
(91)	1	5	0.438E-0		0.0	0.0		0.0	0.0		(91)
(92)	1	6	0.438E-0		0.0	0.0		0.0	0.0		(92)
(93) C		NO	OF	POOR	TOOR	VOOR					(93)
(94) LG-ORIF2	1	1	188.60		240.0	-0.100					(94)
(95)	1	2	185.96		353.2	0.001					(95)
(96)	1	3	183.32		353.2	0.333					(96)
(97)	1	4	180.68		353.2	0.666					(97)
(98)	1	5	178.04		353.2	0.999					(98)
(99)	1	6	175.40		498.0	1.100					(99)
(100) C		NO	SC	ASWL	THWL	CPWL		GMWL	CNWL		(100)

リスト 2.3-7 LEAP-BLOW Ver. 1.30 入力データ出力

1

***** LEAP-BLOW VER. 1.30 INPUT DATA *****

(PAGE= 3)

(LINE)	1	2	3	4	5	6	7	8	(LINE)			
(101)	LG-WALL1	1	1	120.00	0.0019	0.1746	7860.0	0.00745	(101)			
(102)		1	2	120.00	0.0019	0.1746	7860.0	0.00745	(102)			
(103)		1	3	120.00	0.0019	0.1746	7860.0	0.00745	(103)			
(104)		1	4	120.00	0.0019	0.1746	7860.0	0.00745	(104)			
(105)		1	5	120.00	0.0019	0.1746	7860.0	0.00745	(105)			
(106)	C	NO	SC	TOWL	HOWL	QOWL			(106)			
(107)	LG-WALL2	1	1	354.0	-1.0	-56856.			(107)			
(108)		1	2	391.0	-1.0	-56856.			(108)			
(109)		1	3	428.0	-1.0	-56856.			(109)			
(110)		1	4	465.0	-1.0	-56856.			(110)			
(111)		1	5	502.0	-1.0	-56856.			(111)			
(112)	C								(112)			
(113)	C	NO	J1VL	J2VL	NAVL	NFVL	(2)	(3)	(4)	TISVL	TIEVL	(113)
(114)	CLG-VALV											(114)
(115)	C *											(115)
(116)	C *	SODIUM DATA										(116)
(117)	C *											(117)
(118)	C	MDNA	NDNA	NDNA	NDNA	JPNA	KPNA	NCNA	NPNA	NADB		(118)
(119)	NA-MODEL	0	40	0	0	20	20	0	0	0		(119)
(120)	C	IUNA	IUNA	UONA		(2)		PDNA				(120)
(121)	NA-HTCF	06	03	0.0		0.0		2.000				(121)
(122)	C	NATI	NAFI	NAHR	NATR	NAQR						(122)
(123)	NA-TABLE	06	07	08	08	08						(123)
(124)	C	F012		F013		F023						(124)
(125)	NA-FMIX	0.0		0.0		0.0						(125)
(126)	C											(126)
(127)	C	TONA	(2)	(3)	(4)	WPNA	(2)	(3)	(4)			(127)
(128)	NA-TANK	520.	335.	0.0	0.0	80750.0	8925.0	0.0	0.0			(128)
(129)	C	NO		FONA		WFNA		AFNA	DFNA	AIINA		(129)
(130)	NA-PIPE	1		0.1		0.1	2.670E-5	54.30E-3	0.0			(130)
(131)		2		2527.78		64272.2	2.670E-0	54.30E-3	4000.0			(131)
(132)		3		0.1		0.1	2.670E-5	54.30E-3	0.0			(132)
(133)	C	NO		A2NA		X2NA		W2NA	C2NA	S2NA		(133)
(134)	NA-WALL	1		0.0		0.030	1.000	0.1746	0.00745			(134)
(135)		2		0.0		0.030	43783.4	0.1746	0.00745			(135)
(136)		3		0.0		0.030	1.000	0.1746	0.00745			(136)
(137)	C											(137)
(138)	C	LG	SC	PAS	JDNA	KDNA	LDNA					(138)
(139)	NA-PASS	1	1	02	-1	40	32	24	16	08		(139)
(140)	C *										/	(140)
(141)	C *	TABLE DATA									/	(141)
(142)	C *										/	(142)
(143)	XY-TABLE	1	X	0.0		1.0E9						(143)
(144)			Y	188.6		188.6						(144)
(145)		2	X	0.0		1.0E9						(145)
(146)			Y	248.4		248.4						(146)
(147)		6	X	0.0		1.0E9						(147)
(148)			Y	520.0		520.0						(148)
(149)		7	X	0.0		1.0E9						(149)
(150)			Y	1.000		1.000						(150)

リスト 2.3-7 LEAP-BLOW Ver. 1.30 入力データ出力

1

***** LEAP-BLOW VER. 1.30 INPUT DATA *****

(PAGE= 4)

(LINE)	1	2	3	4	5	6	7	8	(LINE)
(151)		8 X	0.0	1.0E9					(151)
(152)		Y	0.0	0.0					(152)
(153)	C *								(153)
(154)	C * OPTION DATA								(154)
(155)	C *								(155)
(156)	C	NO	SC	ASWL	THWL	CPWL	GMWL	CNWL	(156)
(157)	LG-WALL1	1	1	70.00	0.0019	0.1746	7860.0	0.00745	(157)
(158)		1	2	70.00	0.0019	0.1746	7860.0	0.00745	(158)
(159)		1	3	70.00	0.0019	0.1746	7860.0	0.00745	(159)
(160)		1	4	70.00	0.0019	0.1746	7860.0	0.00745	(160)
(161)		1	5	70.00	0.0019	0.1746	7860.0	0.00745	(161)
(162)	C	NO		FONA	WFNA	AFNA	DFNA	A1NA	(162)
(163)	NA-PIPE3	2		2527.78	64272.2	2.670E-0	54.30E-3	2000.0	(163)
***** ERROR KEY WORD = NA-PIPE3 IS NOT FOUND *****									
(164)	C *								(164)
(165)	C * END OF DATA								(165)
(166)	C *								(166)
(167)	DATA-END								(167)
(LINE)	1	2	3	4	5	6	7	8	(LINE)

リスト 2.3-8 LEAP-BLOW Ver. 1.30 COMMON ファイル

(a) 'comnt.h' ファイル

PARAMETER (MHD=50, MLG=50, MSC=100, MND=10, MVL=50, MNA=500, MPS=500)
 COMMON /INPNT1/
 * NHEAD, NLEGS, MDLVL, NVPID, NTHSC, NPLG (MLG, 2),
 * MSLIP, MCRIT, MFRIC, MMULT, MHTCF (10)
 COMMON /INPNT2/
 * RADET, DCOIL

(b) 'commn.h' ファイル

COMMON /COMMN1/
 * IREST, KREST, ICLHD, ICLLG, ICLNA, ICLST, ISPRT,
 * NDTIM, KCPRT, KCPLT, NPTBL (10),
 * N1PLT (200), N2PLT (200), N3PLT (200), N4PLT (200)
 COMMON /COMMN2/
 * TIINT, TIMAX, DTINT, TDTBL (10), DTTBL (10), DTPRT, DTPLT
 COMMON /COMMN3/
 * ICALC, ITTLG, ICPRT, IFPRT, LPAGE, KCOUT, MXPLT
 COMMON /COMMN4/
 * TIMMN, TIMHD, TIMLG, TIMNA, DTIMN, DTIHD, DTILG, DTINA

(c) 'comhd.h' ファイル

COMMON /COMHD1/
 * IPAHD, IWLHD, MLHD (MHD), NZHD (MHD),
 * KFWHD (MHD), KFHD (MHD), KBAHD (MHD, 2), KBZHD (MHD, 2)
 COMMON /COMHD2/
 * FCFHD, FXSHD, SVDHD, FVIHD,
 * DSHD (MHD), DVHD (MHD), VLHD (MHD), FXHD (MHD), POHD (MHD),
 * TOHD (MHD), VOHD (MHD), WOHD (MHD), ZLGH (MLG, MHD)
 COMMON /COMHD3/
 * ISHD (MHD), IXHD (MHD)
 COMMON /COMHD4/ FVCHD,
 * PAHD (MHD), HAHD (MHD), TAHD (MHD), WAHD (MHD), EAHD (MHD),
 * RAHD (MHD), UAHD (MHD), FVHD (MHD), XWHD (MHD), XHHD (MHD),
 * WTHD (MHD), ETHD (MHD), HLHD (MHD), HGHD (MHD), RLHD (MHD),
 * RGHD (MHD), WLHD (MHD), WCHD (MHD), VAHD (MHD),
 * W1HD (MHD), U1HD (MHD), TWHD (MHD), SPHD (MHD), XLHD (MHD),

* QHHD (MHD), THHD (MHD),
 * HSBHD (MHD), WSBHD (MHD), ESBHD (MHD), VSBHD (MHD), HSTHD (MHD),
 * WTSHD (MHD), ETSHD (MHD), ZMXHD (MHD), WGHDL (MHD), WGHDU (MHD),
 * WLSHD (MHD), WLTHD (MHD), EAHD (MHD), EAHDU (MHD), ELSHD (MHD),
 * ELTHD (MHD), WTHDL (MHD), WTHDU (MHD), ETHDL (MHD), ETHDU (MHD),
 * TMHD (3), PMHD (3, MHD), ABLHD (MHD, 2), ZBLHD (MHD, 2), FBLHD (MHD, 2)

(d) 'comlg.h' ファイル

COMMON /COMLG1/
 * ITNLG, IGVLG, INTLG, IWLLG, MSTLG, NSTLG, MDCV,
 * J1CV, J2CV, J3CV, KCBK, J1BK, J2BK, NPBK, NZBK,
 * KCLK, J1LK, J2LK, J3LK,
 * NSLG (MLG), ICLG (MLG), IFLG (MLG), IDLG (MLG),
 * IPILG (MLG), IPOLG (MLG), IGILG (MLG), IGOLG (MLG), IHILG (MLG),
 * IHOLG (MLG), NDWLG (MLG, MSC), MSLG (MLG, MSC),
 * J1VL (MVL), J2VL (MVL), NTAVL (MVL), NTFVL (MVL, 4), NTPID (MVL),
 * J1PID (MVL), J2PID (MVL), I1PID (MVL), I2PID (MVL), I3PID (MVL)
 COMMON /COMLG2/
 * ERLG, ERPLG, ERLG, ZFBK, AXLK, AYLK, ZFLK, TXLK,
 * WOLG (MLG), FHLG (MLG),
 * ASLG (MLG, MSC), DSLG (MLG, MSC), XSLG (MLG, MSC), ZSLG (MLG, MSC),
 * FSLG (MLG, MSC), AOR (MLG, MSC), POOR (MLG, MSC), TOOR (MLG, MSC),
 * VOOR (MLG, MSC), FNOR (MLG, MSC, 2), FCOR (MLG, MSC, 2),
 * TISVL (MVL), TIEVL (MVL), TSPID (MVL), TEPID (MVL), CYPID (MVL),
 * CKPID (MVL), CDPID (MVL), CIPID (MVL), CSPID (MVL), CFPID (MVL)
 COMMON /COMLG3/
 * ISLG (MLG), ITLG (MLG), JCOR (MLG, MSC)
 COMMON /COMLG4/
 * TMLG (MLG), SLLG (MLG),
 * PBLG (MLG, 2), HBLG (MLG, 2), PMLG (MLG, 2), WMLG (MLG, 2),
 * GALG (MLG, 2), HALG (MLG, 2), DWLG (MLG, 2), DELG (MLG, 2),
 * WMOR (MLG, 2), ASLK (MND), WSLK (MND), WTLK, AMVL (MVL),
 * XDPID (2, MVL), XIPID (2, MVL), XSPID (2, MVL), XFPID (2, MVL),
 * XVPID (2, MVL)
 COMMON /COMLG5/
 * SZLG (MLG, MSC), PNOR (MLG, MSC), WAOR (MLG, MSC), PAOR (MLG, MSC),
 * POOR (MLG, MSC), TWLG (MLG, MSC, MND),
 * PPLG (MLG, MSC, MND), XXLG (MLG, MSC, MND), HHLG (MLG, MSC, MND),

リスト 2.3-8 LEAP-BLOW Ver. 1.30 COMMON ファイル

* QQLG (MLG, MSC, MND), VRLG (MLG, MSC, MND), VBLG (MLG, MSC, MND),
 * RRLG (MLG, MSC, MND), TTLG (MLG, MSC, MND), GGLG (MLG, MSC, MND),
 * PVLG (MLG, MSC, MND), PTLG (MLG, MSC, MND), QHLG (MLG, MSC, MND)
 COMMON /COMLG6/ GJWK (MLG)

(e) 'comwk. h' ファイル

COMMON /COMWK1/ ISHUT (MLG),
 * NJ2T (MSC), NJ2P1T (MSC), ICRTMP (MSC),
 * NORDSC (MSC),
 * NJ3T (MND, MSC), NJ3P1T (MND, MSC), NORDMS (MND, MSC)
 COMMON /COMWK2/ POTMPR (MSC),
 * RPTPRV (MND, MSC), PTMPR (MND, MSC), GTMPR (MND, MSC),
 * VLTMPR (MND, MSC)

(f) 'comwl. h' ファイル

COMMON /COMWL1/
 * NWHD (MHD), IBCSC (MSC), JBCSC (MSC), NTBSC (MSC), NHBSC (MSC),
 * JCHF (MLG, MSC)
 COMMON /COMWL2/
 * ASWH (MHD), THWH (MHD), CPWH (MHD), GMWH (MHD), CNWH (MHD),
 * TOWH (MHD), HOWH (MHD), TSBSC (MSC), TEBSC (MSC),
 * ASWL (MLG, MSC), THWL (MLG, MSC), CPWL (MLG, MSC), GMWL (MLG, MSC),
 * CNWL (MLG, MSC), TOWL (MLG, MSC), HOWL (MLG, MSC), QOWL (MLG, MSC)
 COMMON /COMWL3/
 * HFWH (MHD), DTWH (MHD), TNWH (10, MHD),
 * QMLG (MLG, MSC, MND), HFWL (MLG, MSC, MND), TNWL (10, MLG, MSC, MND),
 * DTWL (MLG, MSC)

(g) 'coma. h' ファイル

COMMON /COMNA1/
 * NDNA (3), MDNA, JPNA, KPNA, IUNA (2),
 * NADB, NATI, NAFI, NAHR, NATR, NAQR,
 * JDNA (MLG), KDNA (MLG), LDNA (MLG, MSC),
 * NCNA, MCNA (MPS),

* NPNA, IPNA (3, MPS), MPNA (20, MPS), LPNA (MPS)
 COMMON /COMNA2/
 * UONA (2), PDNA, FO12, FO13, FO23,
 * TONA (4), WPNA (4), FONA (5), WFNA (5), AFNA (5), DFNA (5),
 * A1NA (5), A2NA (5), X2NA (5), W2NA (5), C2NA (5), S2NA (5),
 * CCNA (MPS), WCNA (MPS), TCNA0 (2, MPS),
 * APNA (MPS), XPNA (2, MPS), HPNA (2, MPS), DPNA (MPS), FPNA (MPS)
 COMMON /COMNA3/
 * MXNA
 COMMON /COMNA4/
 * EPNA (4), TPNA (4),
 * ETNA (5), FLNA (5), FMNA (3, 3), FXNA (3, 3),
 * TPNA (MNA, 5), TXNA (MNA, 5), T1NA (MNA, 5), T2NA (MNA, 5),
 * H1NA (MNA, 5), QFNA (MNA, 5), Q1NA (MNA, 5), Q2NA (MNA, 5),
 * DCNA (MPS), TCNA (20, MPS), CPNA (MPS),
 * TWNA (MNA, 9), HWNA (MNA, 9), THNA (MNA, 9)

(h) 'comxy. h' ファイル

COMMON /COMXY1/
 * NXY1 (100), NXY2 (400)
 COMMON /COMXY2/
 * XXY1 (10, 100), YXY1 (10, 100), XXY2 (20, 400), YXY2 (20, 400)

2.4 PID制御機能の追加⁽³⁾⁽²⁾

(1) 改良の着眼点

解析体系における任意のヘッダ又はノード内の圧力により、任意の調整弁の弁開度のPID制御を行ない、PID制御後の出力の弁開度に対する形状圧力損失を使用し、その後の計算を持続する機能をLEAP-BLOW Ver. 1.30に追加する。

PID制御は、任意の指定時間内で機能するものとし、指定時間外ではPID制御機能が解除されるものとする。

PID制御機能に関する処理フロー図を図2.4-1にまとめる。

(2) 制御機能の組み込み方法

PID制御機能をLEAP-BLOW Ver. 1.30に組み込むに際しての留意点を以下に示す。

- ・PID制御とプロセス量計算の時間差による計算誤差を小さくする。
- ・解析コードのメンテナンス性を考慮し、今後のPID制御回路の変更に柔軟に対応できるようにする。
- ・積分項及び微分項を個別に無視できるオプションを持たせる。
- ・目標値フィルタを制御回路としてモデル化する。
- ・バルブの作動遅れとして一次遅れを考慮する。
- ・目標値フィルタ、バルブの作動遅れを無視するオプションを持たせる。

これらに留意するため、一般的な制御の基本要素に対応する個別サブルーチンを用意し、これらの個別サブルーチンを任意に組み合わせる方法を採用する。

(3) 基礎的な制御要素

制御に関する基本的な制御要素としては、「比例」「積分」「微分」「一次遅れ」「不完全微分」が挙げられる。

表2.4-1にはこれらの基本要素の伝達関数、微分方程式、台形則に基づく差分式をまとめる。この基本要素を用いて図2.4-1のPID制御機能は、図2.4-2のように置換される。LEAP-BLOW Ver. 1.30に組み込むPID制御機能は、基本要素「比例」「積分」「一次遅れ」及び「不完全微分」で表すことができる。

基本要素の計算方法として、微分方程式よりオイラー積分する手法と、台形則に

基づく差分で計算する手法を想定することができる。

これらの2種類の制御プログラムに対して、正弦波を入力に与えてプログラムからの出力を調べることで、計算精度を評価する。入力値に対する理論解は下記のとおりである。式中の τ は制御定数を示す。また、 $\omega\tau$ を規格制御定数とする。

- ・入力値 : $X = \sin(\omega t)$
- ・積分要素 : $Y = \frac{1}{\omega\tau}(-\cos(\omega t))$
- ・微分要素 : $Y = \omega\tau \cdot \cos(\omega t)$
- ・一次遅れ要素 : $Y = \frac{\omega\tau}{1+\omega^2\tau^2} e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{1}{1+\omega^2\tau^2} (\sin(\omega t) - \omega\tau \cdot \cos(\omega t))$
- ・不完全微分要素 : $Y = \frac{-\omega\tau_2}{1+\omega^2\tau_1^2} e^{-\frac{t}{\tau_1}} + \frac{\omega\tau_2}{1+\omega^2\tau_1^2} (\cos(\omega t) + \omega\tau_1 \cdot \sin(\omega t))$

図 2.4-3～図 2.4-8 にオイラー積分を用いたプログラム及び台形則に基づく差分を用いたプログラムで制御定数をサーベイした結果を示す。

オイラー積分を用いたプログラム及び台形則に基づく差分を用いたプログラムともにみかけ上は理論解に比較して妥当な結果を与えているが、数値計算精度を理論解と比較すると、台形則に基づく差分を用いたプログラムの結果がオイラー積分を用いたプログラムの約半分の誤差となる。

このことから、LEAP-BLOW Ver. 1.30 に組み込むプログラムは、台形則に基づく差分を用いたプログラムとする。

(4) PID 制御回路の組み込み

LEAP-BLOW Ver. 1.30 の組み込みによる追加変数を表 2.4-2 に示す。また、リスト 2.4-1 に PID 制御回路のプログラム (LGPIDC)、及びバルブ部の開度、圧損係数を設定するプログラム (LGVALV) を示す。LGPIDC ルーチンで用いている LGXLAG、LGXINT、LGXIMP ルーチンは、それぞれ基本要素「一次遅れ」「積分」及び「不完全微分」の処理を行なう制御要素サブルーチンである。

LGPIDC ルーチンは、LGINIT (配管の定常計算制御) 及び LGTRAN (配管の過渡計算制御) から呼ばれ、所定の時間範囲 (TSPID～TEPID) では PID 制御によりバルブ弁

開度を制御する。所定の時間範囲以外では、微分回路、積分回路、一次遅れに不整合が生じないように操作を行なう。

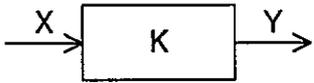
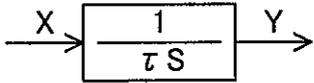
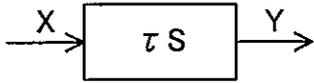
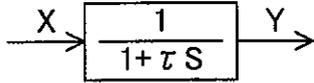
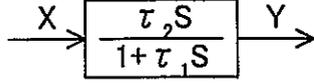
LGPIDC ルーチンで求めた弁開度に対する形状圧力損失係数は、LGVALV ルーチンで設定し、他の水系配管計算モジュールより流動計算、圧力計算が行なわれる。

図 2.4-9 には、LGPIDC ルーチンを用いて、正弦波に対して、比例項のみ、比例項 + 積分項、比例項 + 微分項、比例項 + 積分項 + 微分項とした場合の出力結果を示す。なお、本試計算では、規格制御定数を 1.0 とし、目標値フィルタ及び弁開度のリミッタを無視した。

比例項のみの場合は目標値をはさんで入力値と出力値が反転する。この比例項のみの出力値が積分項及び不完全微分項の入力となる。図 2.4-6 の (a) に示すように、積分項は周期状の入力に対して 1/4 周期遅れ、初期入力の変位方向にシフト (図 2.4-6 の (a) では初期入力为正である場合、積分項の初期値を -1 とすることで 0 を中心とした挙動となる) する。一方、図 2.4-6 の (b) に示すように不完全微分は周期状の入力に対して 1/8 周期進んで初期の変位の逆方向にシフト (図 2.4-6 の (b) では初期入力为正である場合、不完全微分項の初期値を 0.5 とすることで 0 を中心とした挙動となる) する。

図 2.4-9 に示す PID 制御回路の特性計算結果である、比例項のみ挙動、比例項 + 積分項の挙動、比例項 + 微分項の挙動、比例項 + 積分項 + 微分項の挙動の相関関係は、上記の積分項及び不完全微分項の特徴より妥当な結果を与えていると判断される。なお、本サブルーチンの機能は、3.2 章の「PID 制御機能の確認計算」で確認する。

表 2.4-1 制御に関する基本要素の整理

要素名	伝達関数	微分方程式	台形則に基づく差分式
比例		$Y = KX$	$Y - KX = 0$
積分		$\frac{dY}{dt} = \frac{1}{\tau} X$	$Y - \frac{dt}{2\tau} X = Y' + \frac{dt}{2\tau} X'$
微分		$Y = \tau \frac{dX}{dt}$	$Y - \frac{\tau}{dt} X = -\frac{\tau}{dt} X'$
一次遅れ		$\frac{dY}{dt} = -\frac{1}{\tau} Y + \frac{1}{\tau} X$	$\left(1 + \frac{dt}{2\tau}\right) Y - \frac{dt}{2\tau} X = \left(1 - \frac{dt}{2\tau}\right) Y' + \frac{dt}{2\tau} X'$
不完全微分		$\frac{dY}{dt} = -\frac{1}{\tau_1} Y + \frac{\tau_2}{\tau_1} \frac{dX}{dt}$	$\left(1 + \frac{dt}{2\tau_1}\right) Y - \frac{\tau_2}{\tau_1} X = \left(1 - \frac{dt}{2\tau_1}\right) Y' - \frac{\tau_2}{\tau_1} X'$

(注) dt はタイムステップ、 X', Y' は前ステップの値を示す。

表 2.4-2 (1/2) PID 回路による弁開度制御に関する追加変数

No.	キーワード	カラム	変数名	(*)	変数の意味	単位
7	MN-MODEL				計算ネットワークモデルデータ	
		11-20	NHEAD	I	水系ヘッダの数	≦ MHD
		21-30	NLEGS	I	水系配管の数	≦ MLG
		31-40	MDLVL	I	水系配管に設置するバルブの数	≦ MVL
		41-50	NVPID	I	PID 制御を行なうバルブの数	≦ MVL
		51-60	NTHSC	I	外側境界条件をテーブル入力するセクション数	≦ MSC
33	LG-VALV				水系配管系・バルブ関係データ (バルブの個数枚入力)	
		11-15	I	I	水系バルブの番号	—
		16-20	J1VL	I	バルブの存在する配管番号指定	—
		21-25	J2VL	I	バルブの存在するオリフィス番号指定	—
		26-30	NTAVL	I	バルブの開度テーブル番号 (XY-TABLE: 時間(s) vs 開口面積(m ²))	—
		31-35	NTFVL (1)	I	バルブの圧損係数(正流時) テーブル番号 (XY-TABLE: 開口面積(m ²) vs 圧損係数(-))	—
		36-40	NTFVL (2)	I	バルブの圧損係数(逆流時) テーブル番号 (XY-TABLE: 開口面積(m ²) vs 圧損係数(-))	—
		41-45	NTFVL (3)	I	バルブの臨界流圧損係数(正流時) テーブル番号 (XY-TABLE: 開口面積(m ²) vs 圧損係数(-))	—
		46-50	NTFVL (4)	I	バルブの臨界流圧損係数(逆流時) テーブル番号 (XY-TABLE: 開口面積(m ²) vs 圧損係数(-))	—
		51-60	TISVL	R	バルブのテーブル入力開始時間	s
		61-70	TIEVL	R	バルブのテーブル入力終了時間	s
34	LG-PID1				水系配管系・バルブの PID 制御特性関係データ 1 (PID 制御を行なうバルブの個数枚入力)	
		11-15	I	I	PID 制御するバルブの番号	—
		21-25	J1PID	I	PID 制御するバルブがある配管番号	—
		26-30	J2PID	I	PID 制御するバルブがあるオリフィス番号	—
		31-35	I1PID	I	PID 制御の対象とする配管/ヘッダ番号 (I2PID=0 の場合、ヘッダ圧力で制御)	—
		36-40	I2PID	I	PID 制御の対象とするセクション番号	—
		41-45	I3PID	I	PID 制御の対象とするノード番号	—
		46-50	NTPID	I	PID 制御の設定値テーブル番号 (XY-TABLE: 時間(s) vs 設定圧力(kg/m ²))	—
		51-60	TSPID	R	PID 制御によるバルブ開度制御の開始時間	s
		61-70	TEPID	R	PID 制御によるバルブ開度制御の終了時間	s

(*) I: 整数データ, R: 実数データ を示す。

表 2.4-2 (2/2) PID 回路による弁開度制御に関する追加変数

No.	キーワード	カラム	変数名	(*)	変数の意味	単位
35	LG-PID2				水系配管系・バルブのPID制御特性関係データ2 (PID制御を行なうバルブの個数枚入力)	
		11-15	I	I	PID制御するバルブの番号	—
		21-30	CKPID	R	PID制御定数(比例ゲイン) 比例ゲインは、圧力と弁面積の換算係数を含む 具体的には、 比例ゲイン=比例定数×弁面積(m ²) ÷圧力制御範囲(kg/m ²) として与える。	m ² /(kg/m ²)
		31-40	CDPID	R	PID制御定数(微分ゲイン) (CDPID=0の場合、微分項を考慮しない)	—
		41-50	CIPID	R	PID制御定数(積分ゲイン) (CIPID=0の場合、積分項を考慮しない)	—
		51-60	CSPID	R	設定値フィルタの一次遅れ時間 (CSPID=0の場合、設定フィルタは考慮しない)	s
		61-70	CFPID	R	設定値フィルタの比例ゲイン (CFPID=0の場合、一次遅れとする)	—
		71-80	CVPID	R	バルブ応答の一次遅れ時間 (CVPID=0の場合、一次遅れは考慮しない)	s

(*) I: 整数データ、R: 実数データ を示す。

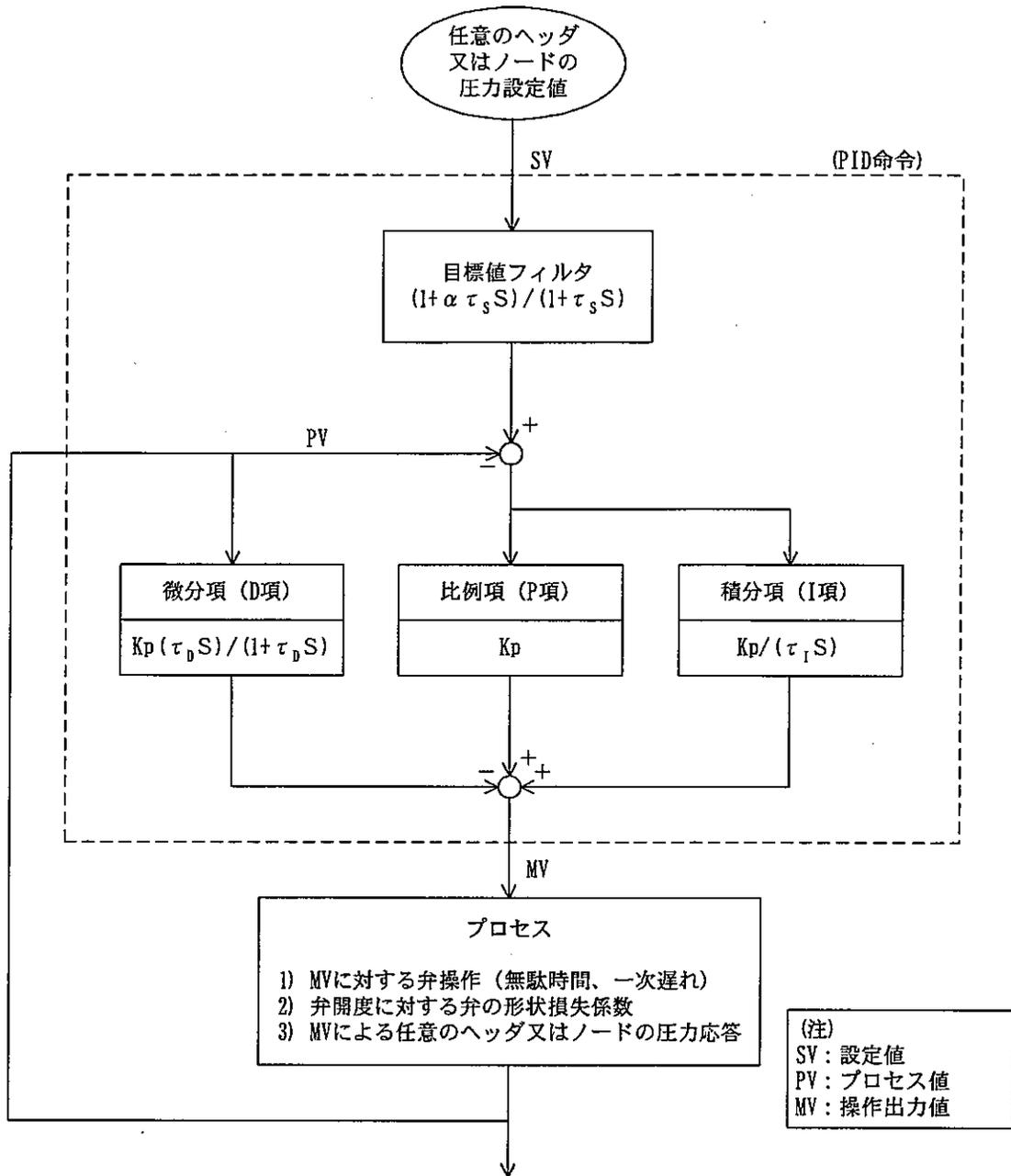


図 2.4-1 PID 制御機能フロー図

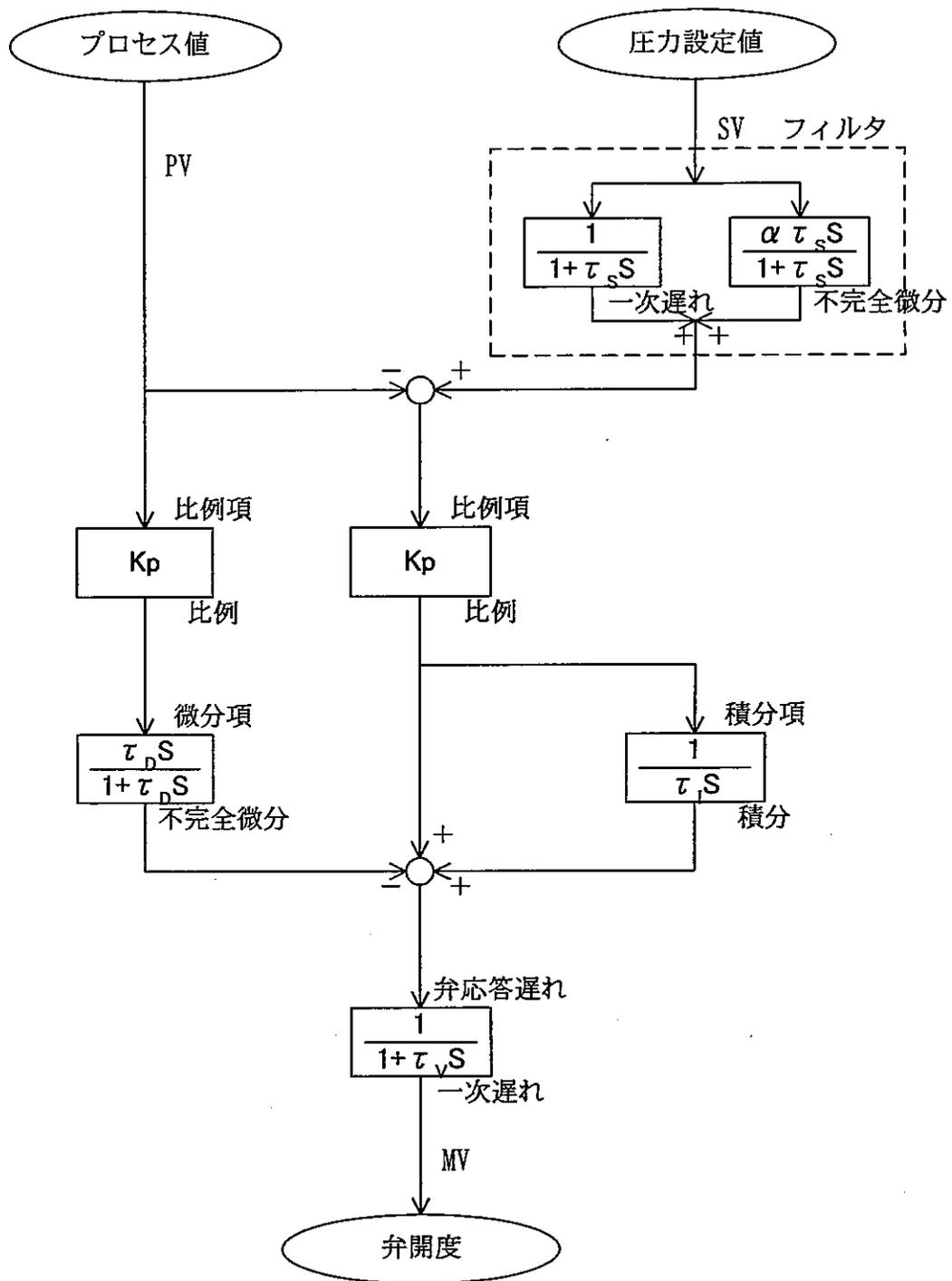
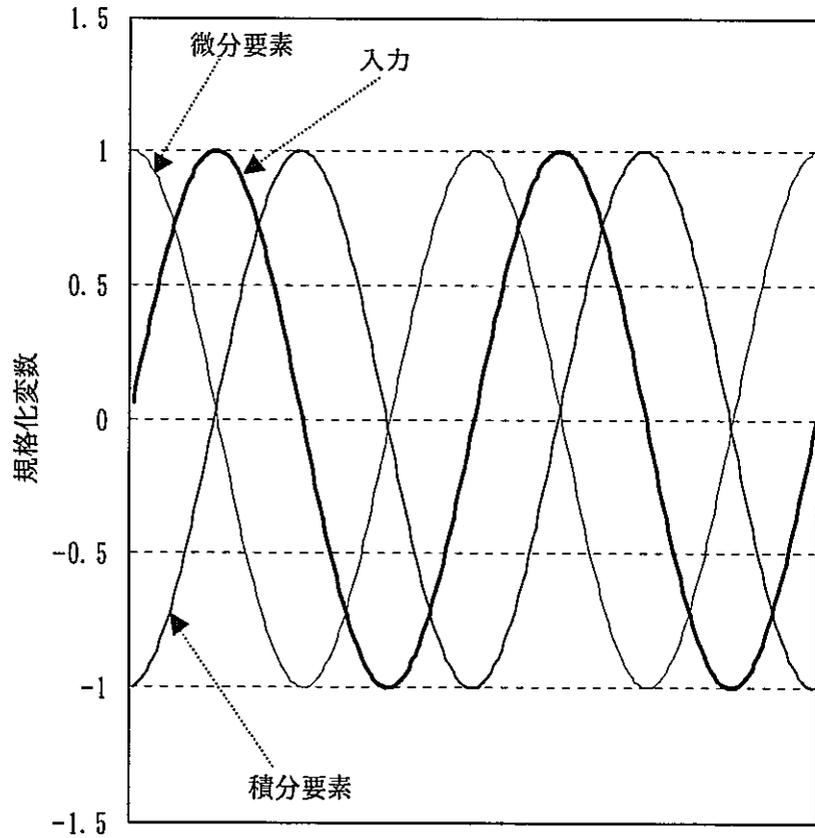
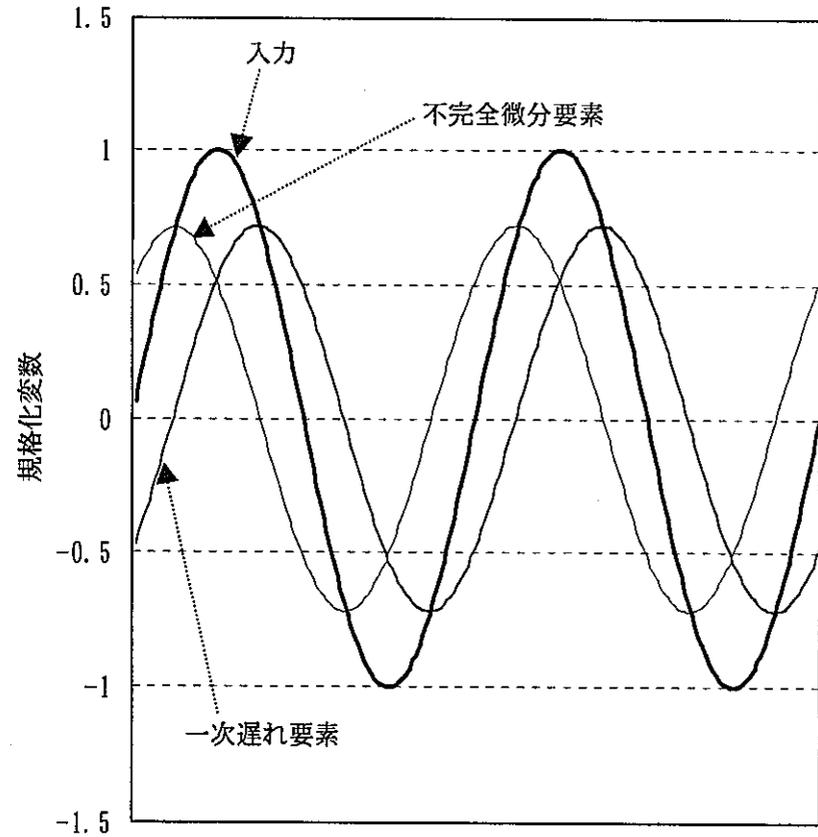


図 2.4-2 PID 制御の伝達関数

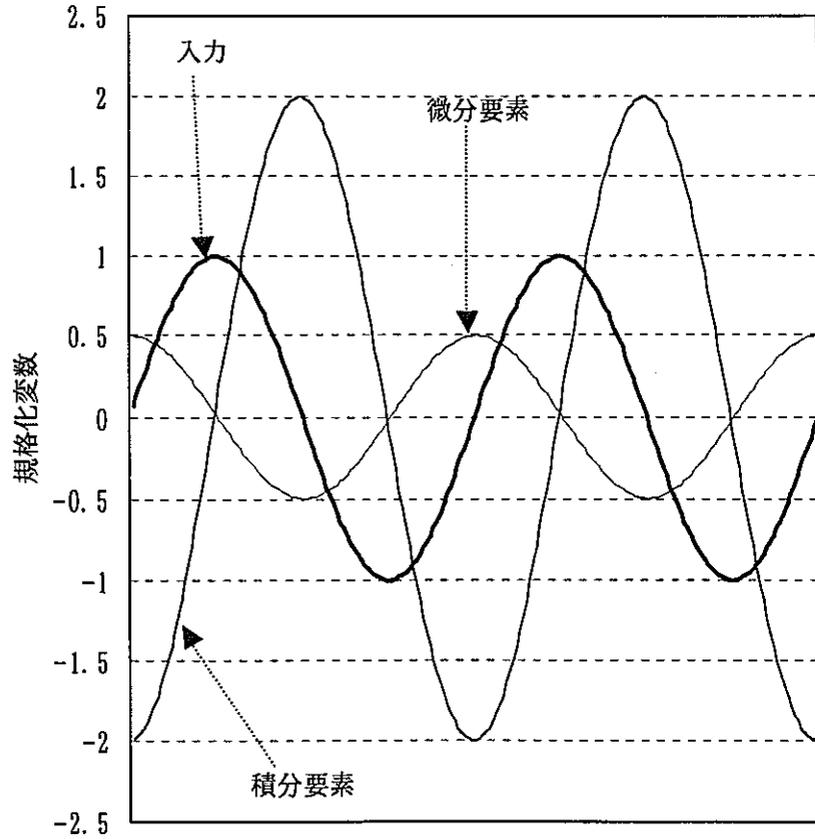


(a) 微分要素、積分要素

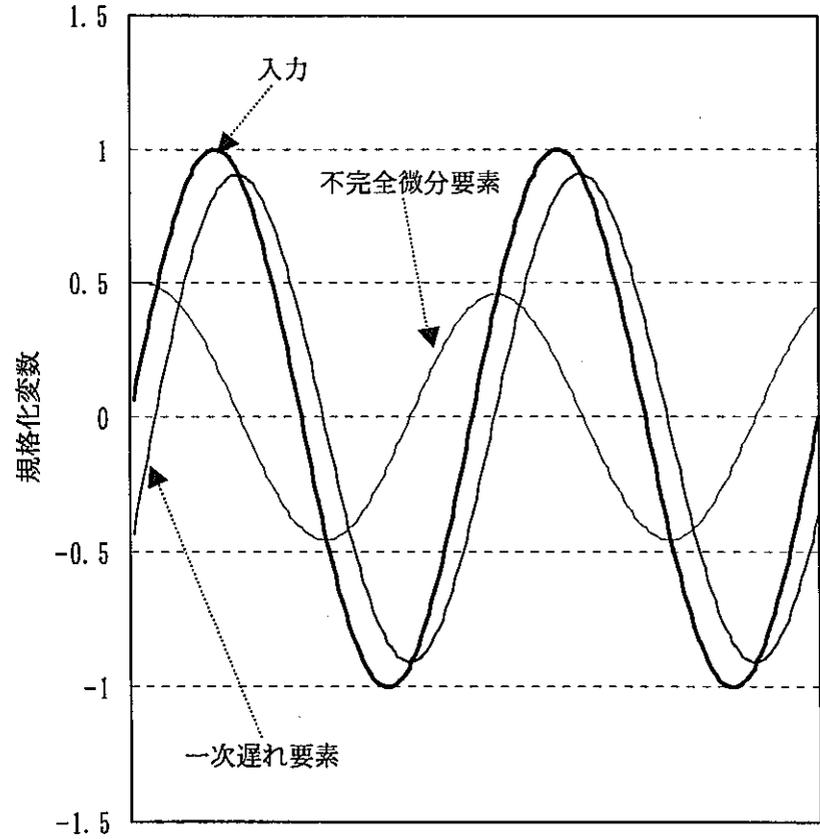


(b) 一次遅れ要素、不完全微分要素

図 2.4-3 制御要素の特性 (オイラー積分、規格制御定数=1.0)

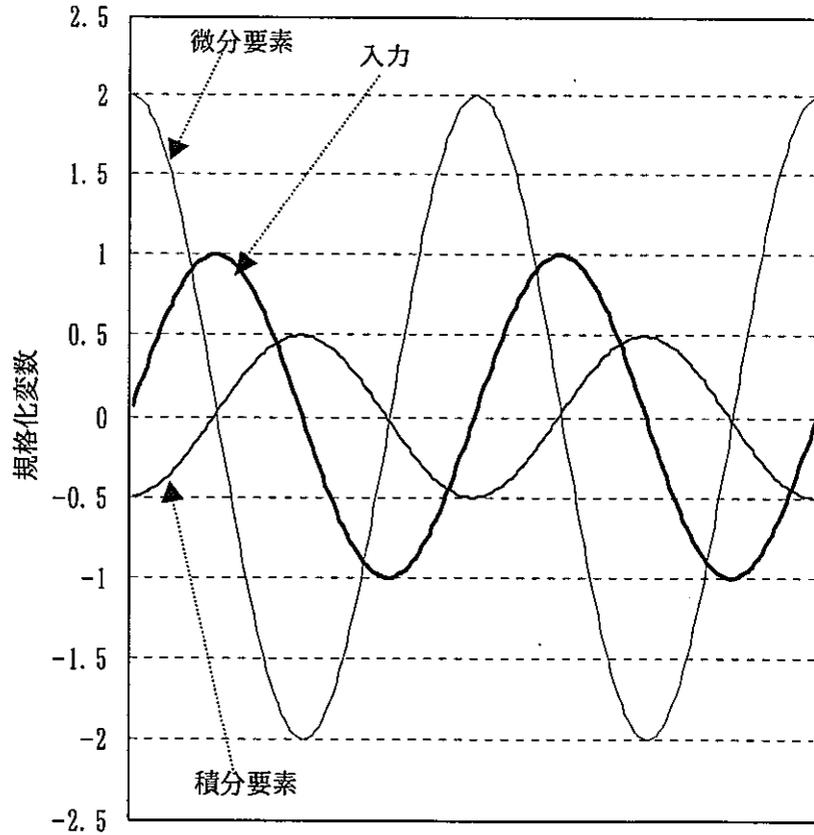


(a) 微分要素、積分要素

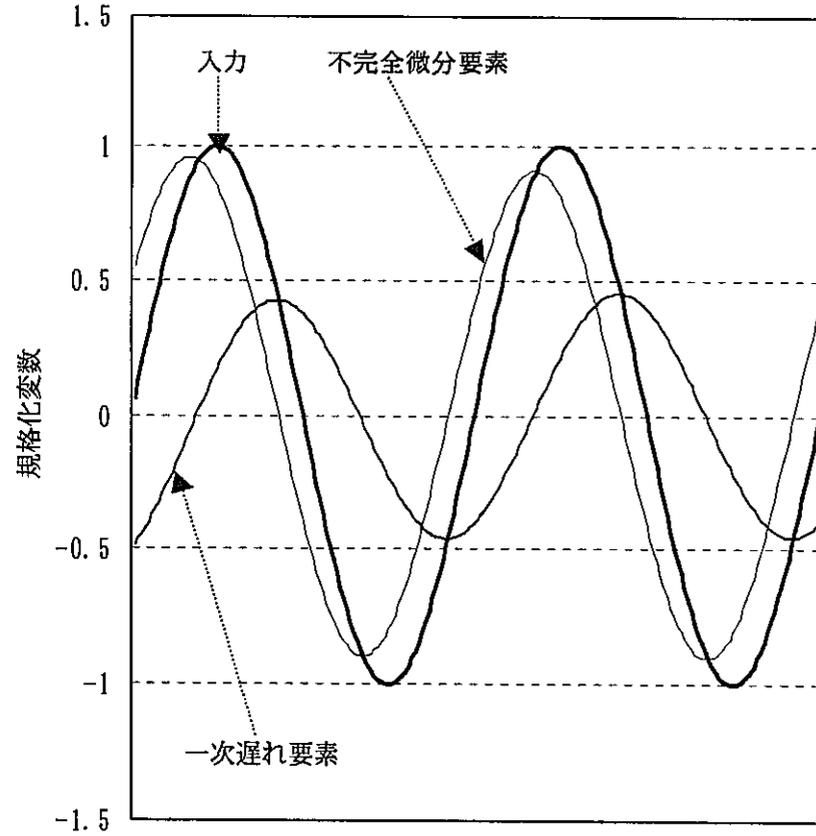


(b) 一次遅れ要素、不完全微分要素

図 2.4-4 制御要素の特性 (オイラー積分、規格制御定数=0.5)

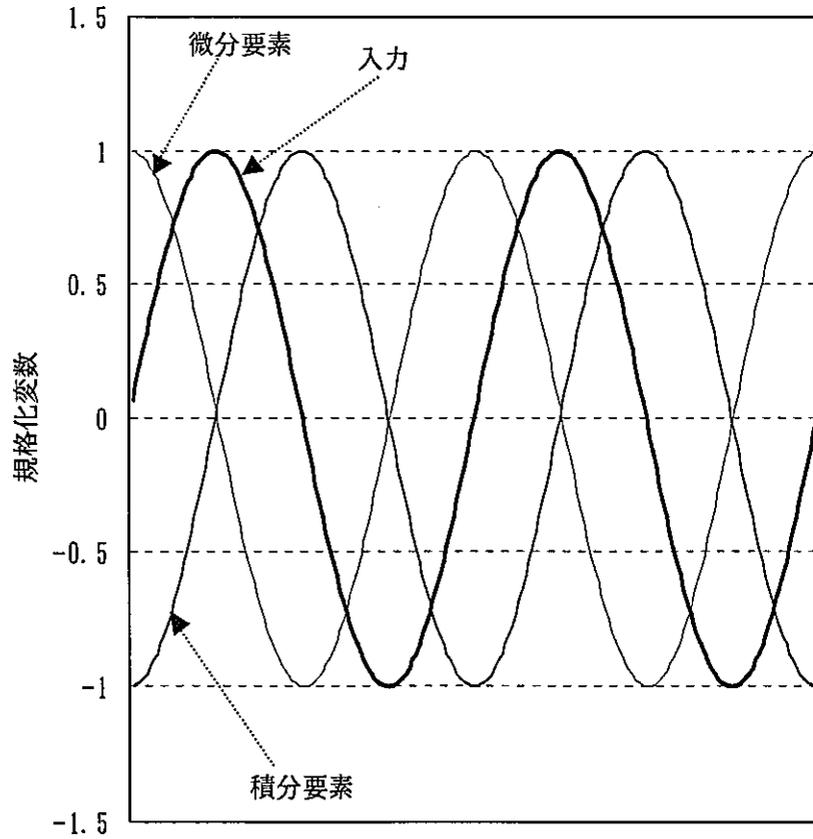


(a) 微分要素、積分要素

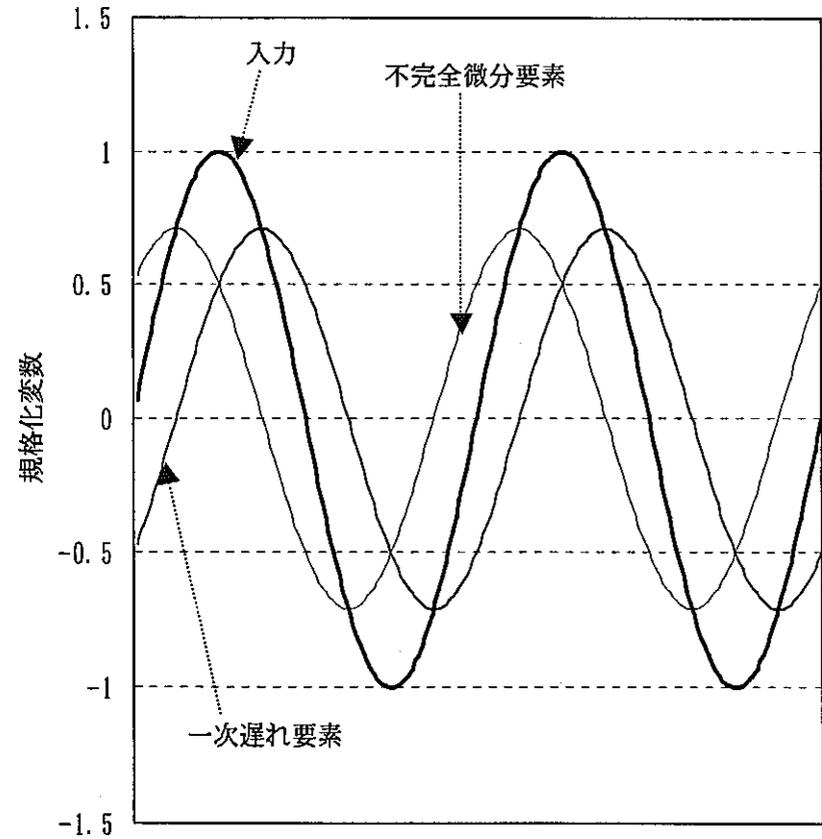


(b) 一次遅れ要素、不完全微分要素

図 2.4-5 制御要素の特性 (オイラー積分、規格制御定数=2.0)

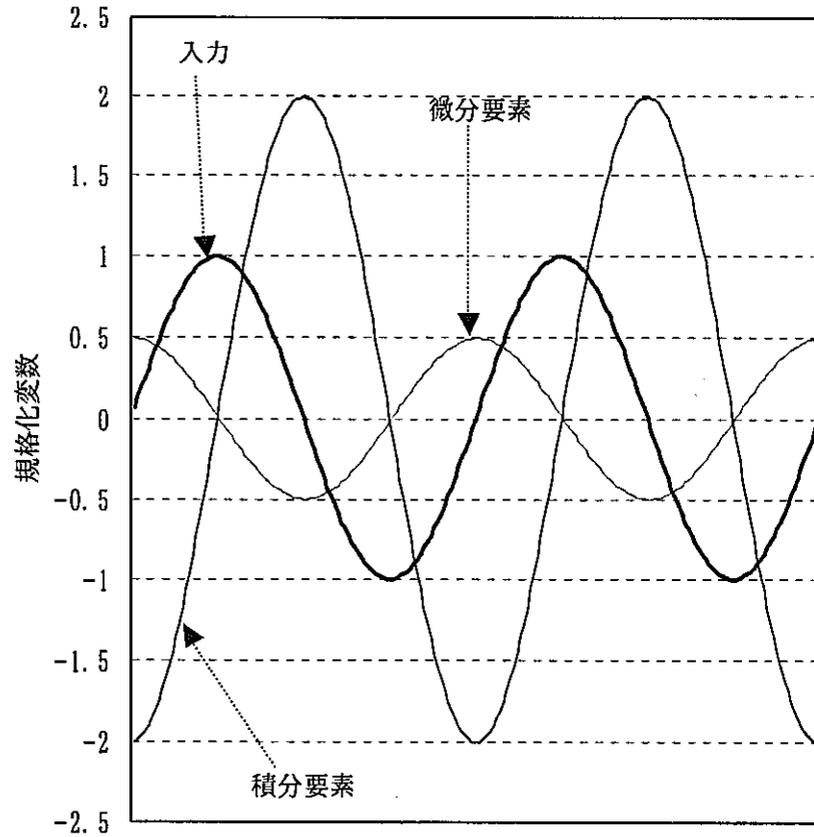


(a) 微分要素、積分要素

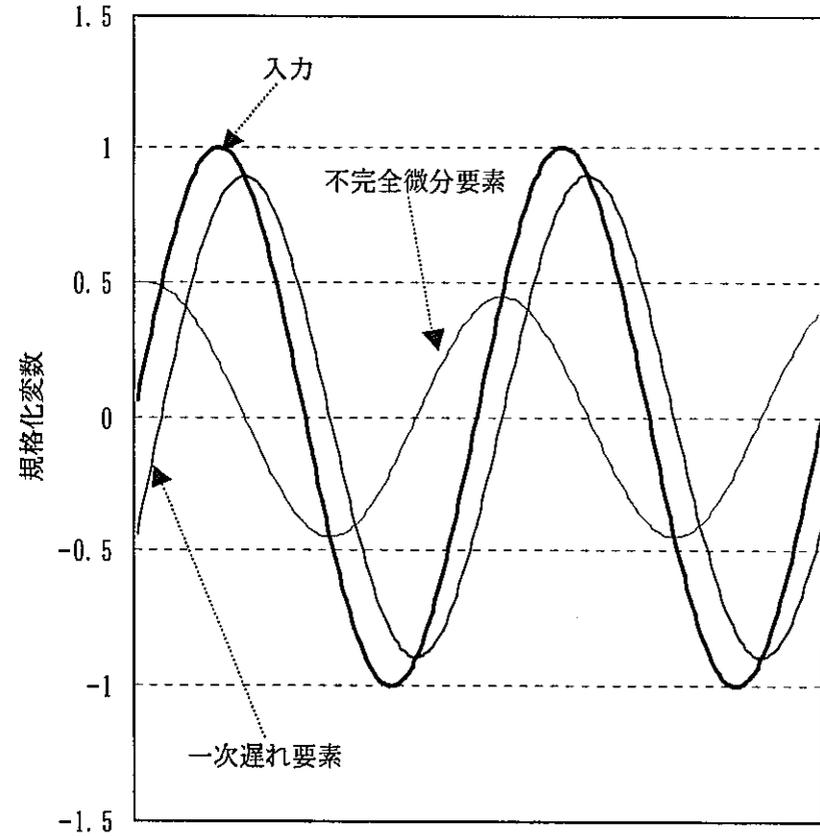


(b) 一次遅れ要素、不完全微分要素

図 2.4-6 制御要素の特性 (台形則に基づく差分、規格制御定数=1.0)

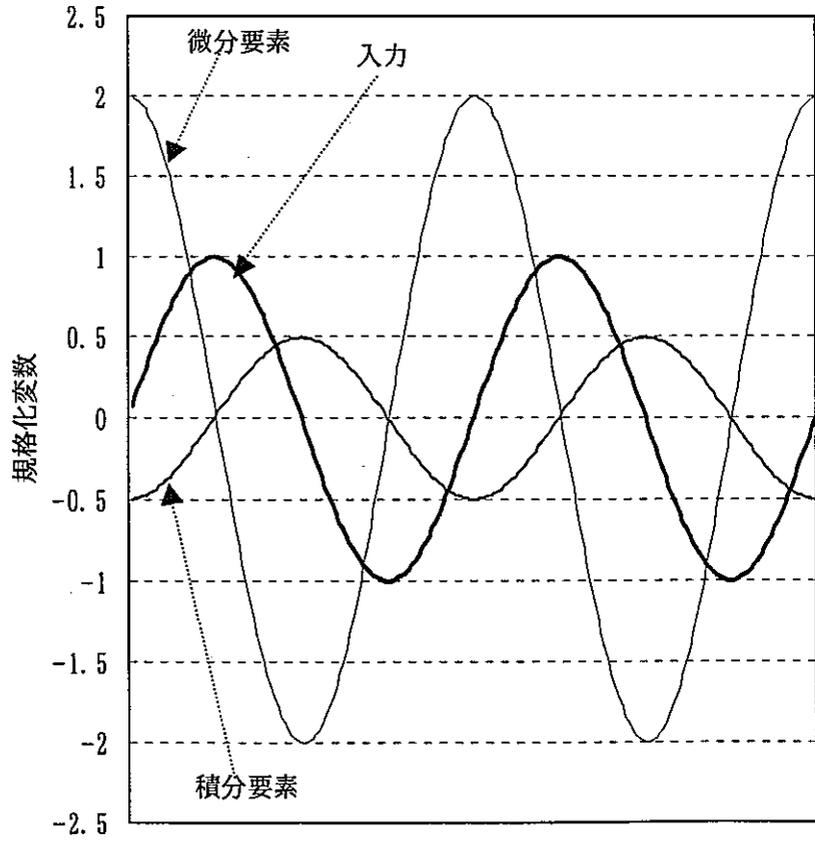


(a) 微分要素、積分要素

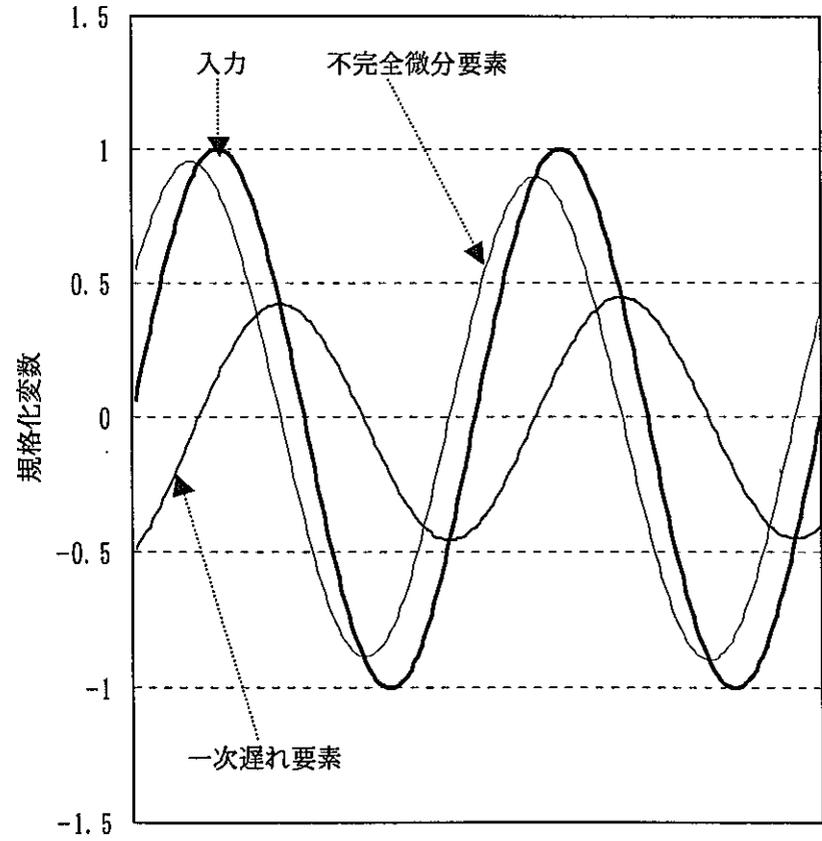


(b) 一次遅れ要素、不完全微分要素

図 2.4-7 制御要素の特性 (台形則に基づく差分、規格制御定数=0.5)

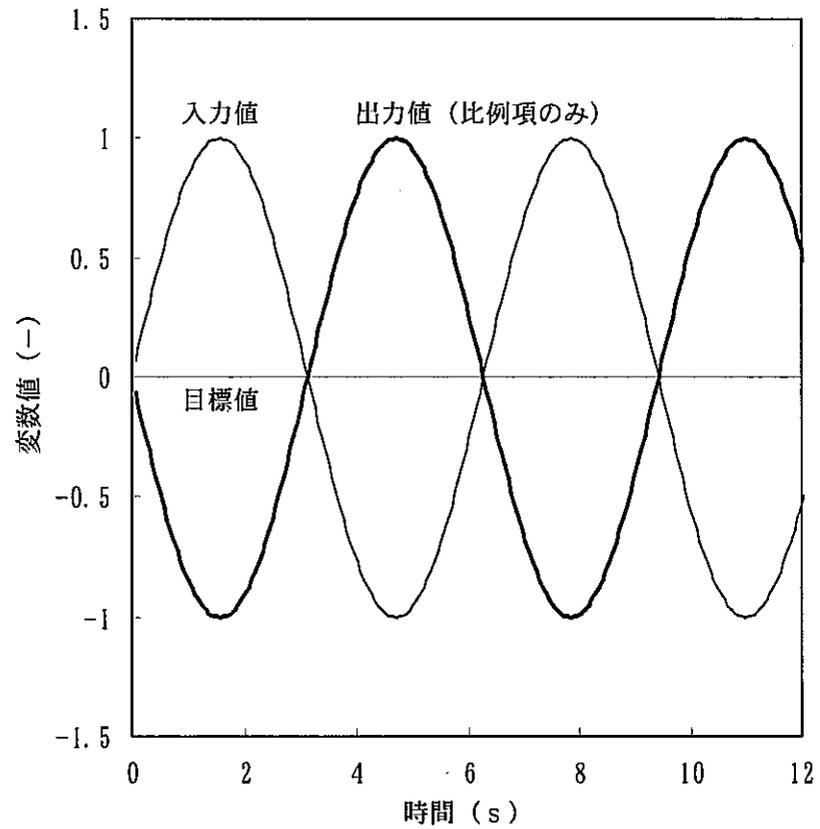


(a) 微分要素、積分要素

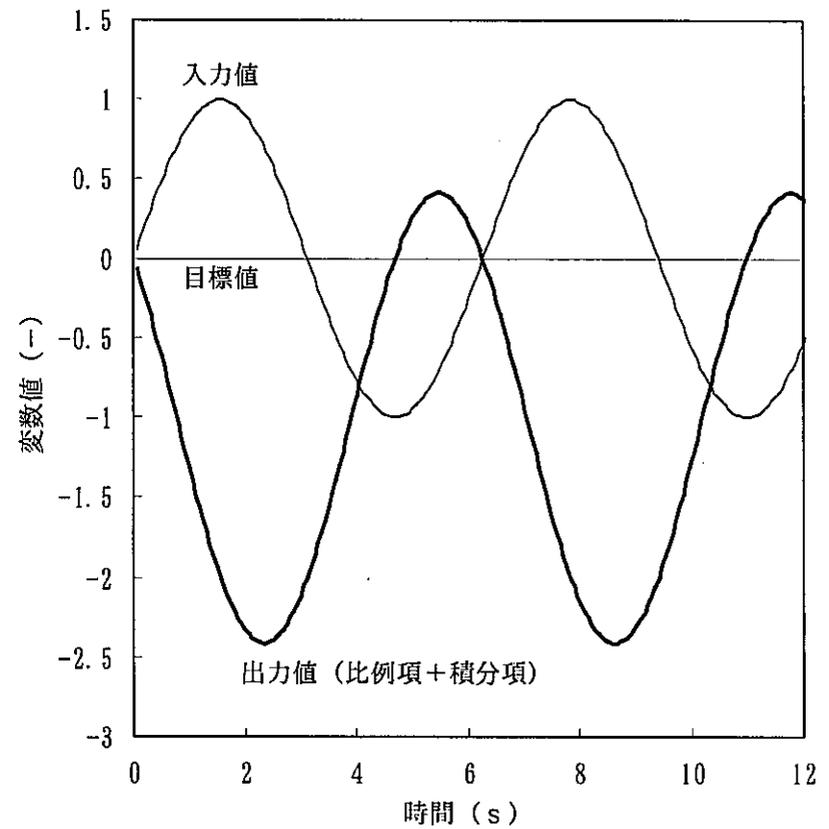


(b) 一次遅れ要素、不完全微分要素

図 2.4-8 制御要素の特性 (台形則に基づく差分、規格制御定数=2.0)

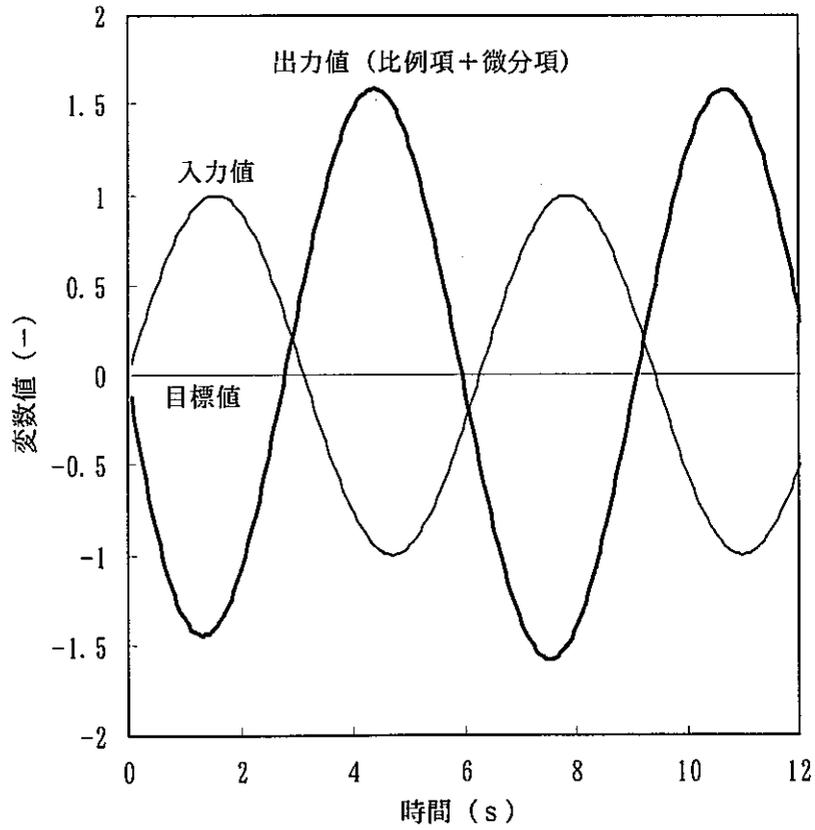


(a) 比例項のみの場合

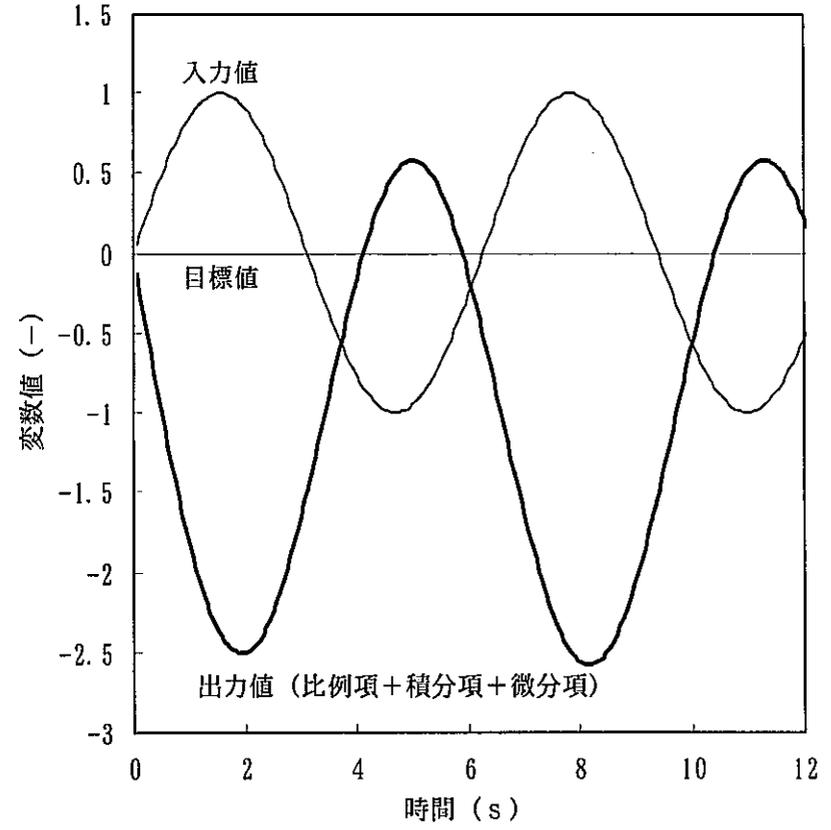


(b) 比例項+積分項の場合

図 2.4-9 (1/2) PID 制御回路の特性



(a) 比例項+微分項の場合



(b) 比例項+積分項+微分項の場合

図 2.4-9 (2/2) PID 制御回路の特性

リスト 2.4-1 PID 回路による弁開度制御ルーチン

```

SUBROUTINE LGPIDC ( TIME, DT )
C *
C * PURPOSE ; CONTROL OF VALVE CONTROL FOR PID CONTROL CIRCUIT
C * INPUT  ; TIME  ; CALCLATION TIME IN LG-MODULE      ( S )
C *          ; DT   ; TIME STEP                        ( S )
C *
IMPLICIT REAL*8 (A-H, O-Z)
include 'comnt.h'
include 'comhd.h'
include 'comlg.h'
DATA GRAV / 9.807 /
C
IF (NVPID.EQ.0) RETURN
DO 1000 N= 1, NVPID
  I1 = I1PID (N)
  I2 = I2PID (N)
  I3 = I3PID (N)
  J1 = J1PID (N)
  J2 = J2PID (N)
  SV = ZYTABL ( NTPID (N), TIME )/GRAV
  if (CSPID (N).GT.0.0) then
    CALL LGXLAG ( XSPID (1, N), SV, CSPID (N), DT )
    if (CFPID (N).GT.0.0) THEN
      CFS = CPID (N)*CSPID (N)
      CALL LGXIMP ( XFPID (1, N), SV, CSPID (N), CFS, DT )
    else
      XFPID (1, N) = 0.0
    endif
    SV = XSPID (1, N)+XFPID (1, N)
  endif
  IF (I2*I3.NE.0) THEN
    PV = PPLG (I1, I2, I3)
  ELSE
    PV = PAHD (I1)
  ENDIF
C
  if ((TIME.LT.TSPID (N)).OR.(TIME.GT.TEPID (N))) then
    AREA = AOOR (J1, J2)
    XDPID (1, N) = 0.0
    XDPID (2, N) = PV*CKPID (N)
    XIPID (1, N) = AREA
    XIPID (2, N) = 0.0
    XVPID (1, N) = AREA
    XVPID (2, N) = AREA
  C
  else
    DV = SV-PV
    if (CDPID (N).GT.0.0) then
      XI = PV*CKPID (N)
      CALL LGXIMP ( XDPID (1, N), XI, CDPID (N), CDPID (N), DT )
      C1 = XDPID (1, N)
    else
      C1 = 0.0
    endif
    C2 = DV*CKPID (N)
    if (CIPID (N).GT.0.0) then
      CALL LGXINT ( XIPID (1, N), C2, CIPID (N), DT )
      C3 = XIPID (1, N)
    else
      C3 = 0.0
    endif
    CV = C2+C3-C1
    if (CVPID (N).GT.0.0) then
      CALL LGXLAG ( XVPID (1, N), CV, CVPID (N), DT )
      CV = XVPID (1, N)
    endif
    CV = DMIN1 ( DMAX1 ( CV, 0.0D0 ), ASLG (J1, J2) )
    AOOR (J1, J2) = CV
  C
  1000 CONTINUE
C
  RETURN
  END
SUBROUTINE LGVALV
C *

```

リスト 2.4-1 PID 回路による弁開度制御ルーチン

```
C * PURPOSE ; CROSS SECTIONAL AREA AND PRESSURE DROP FACTOR OF VALVE
C *
  IMPLICIT REAL*8 ( A-H , 0-Z )
  include 'comnt.h'
  include 'commn.h'
  include 'comlg.h'
C
  IF (MDLVL.LE.0) RETURN
C
  DO 1110 N= 1,MDLVL
    J1   = J1VL (N)
    J2   = J2VL (N)
    IF ((TIMLG.GE.TISVL (N)).AND.(TIMLG.LE.TIEVL (N))) THEN
      TIM   = TIMLG-TISVL (N)
      AOR (J1,J2) = ZYTABL (NTAVL (N),TIM)
    ENDIF
    AOR   = AOR (J1,J2)
    FNOR (J1,J2,1) = ZYTABL (NTFVL (N,1),AOR)
    FNOR (J1,J2,2) = ZYTABL (NTFVL (N,2),AOR)
    FCOR (J1,J2,1) = ZYTABL (NTFVL (N,3),AOR)
    FCOR (J1,J2,2) = ZYTABL (NTFVL (N,4),AOR)
  1110 CONTINUE
C *
  RETURN
  END
```

3. 機能確認計算

(1) 概要

改良した LEAP-BLOW Ver. 1.30 に対し、下記の機能確認計算を実施し、LEAP-BLOW コードの改良の妥当性を確認した。

○単体機能確認計算

- ・ヘッダ計算モジュールの単体機能計算
- ・水系配管計算モジュールの単体機能計算

○PID 制御機能の確認計算

- ・SWAT-3R の注水体系による挙動計算

○ブローダウン特性解析

- ・従来解析コードによる解析結果との比較
- ・限界熱流束判定式と Post-CHF 伝熱相関式の追加機能の確認

3.1 単体機能確認計算

(1) 検討の着眼点

LEAP-BLOW Ver. 1.30 のモデル改良の妥当性を確認する目的で、ヘッダ計算モジュール、水系配管計算モジュールそれぞれ単体の機能計算を実施する。

ヘッダ計算モジュールの単体機能計算では、ヘッダに設置したブロー弁からのブローによる減圧沸騰挙動を計算する。

水系配管計算モジュールの単体機能計算では、水系配管の出入口境界条件を変化させた場合の配管内挙動を計算する。

(2) ヘッダ計算モジュールの単体機能計算

ヘッダ計算モジュールの単体機能計算では、一例として下記の解析条件より、ヘッダに設置したブロー弁を開くことによる減圧沸騰挙動を計算する。計算結果である圧力経時変化、冷却材温度経時変化及び圧力とエンタルピの関数で得られる臨界流量を調べることにより、ヘッダ計算モジュールの計算機能の妥当性を確認する。

- ・ヘッダ条件 : 均質モデル、断熱
- ・ヘッダ容積 : 1.0m³
- ・ヘッダ初期圧力 : パラメータ (18MPa~22MPa、基準 : 20MPa)
- ・ヘッダ初期温度 : パラメータ (260℃~300℃、基準 : 300℃)
- ・ブロー弁面積 : パラメータ (0.001m²~0.010m²、基準 : 0.005m²)
- ・臨界流計算オプション : オプション2 (サブクール領域 : Henry-Fauske の式
二相領域 ; Moody の式
過熱蒸気領域 ; 断熱噴流の式)

ヘッダ計算モジュールの単体機能計算に用いた入力データを、リスト 3.1-1 に示す。

基準解析条件 (ヘッダ初期圧力 : 20MPa、ヘッダ初期温度 : 300℃、ブロー弁面積 : 0.005m²) における解析結果を図 3.1-1 に示す。

ブロー開始とともにヘッダ圧力が低下し、ヘッダ圧力とエンタルピ (初期エンタルピ : 約 1.3MJ/kg) で決定されるブロー流量 (臨界流量) はヘッダ圧力に従い低下する。約 2.8 秒でヘッダ圧力が約 8.3MPa まで低下すると、ヘッダ圧力により一意的

に決定される飽和水エンタルピがヘッダエンタルピの約 1.3MJ/kg まで低下し、減圧沸騰を生じる。以降、ブロー流量は二相流の臨界流量となる。このため、減圧沸騰が開始される約 2.8 秒で、ヘッダ圧力、ブロー流量ともに変曲点を有する。冷却材温度は約 2.8 秒までは水・蒸気表に従った圧力とエンタルピの温度関数であるサブクール温度であるが、減圧沸騰が開始された約 2.8 秒以降は飽和温度で推移する。

上記挙動における冷却材温度、クオリティ、密度等の諸物性値は水・蒸気表と不整合が無く、水・蒸気表が正常に組み込まれていることを確認した。また、圧力とエンタルピから計算されるブロー流量は図 2.2-16 に示す臨界流量と不整合が無く、臨界流量計算機能が正常に組み込まれていることを確認した。

図 3.1-2～図 3.1-4 に、ブロー面積、ヘッダ初期圧力、ヘッダ初期温度（ヘッダ初期エンタルピ）を感度とした解析結果を示す。これらの感度解析は、ヘッダ数を 15 として実施している。

図 3.1-2 に示すように、ブロー面積を大きくするとブロー流量が多くなり、ヘッダ圧力の減圧は早くなる。図 3.1-3 に示すように、初期ヘッダ圧力を高くするとブロー流量が多くなるがヘッダ初期圧力が高いため、減圧沸騰の開始時間が遅れる。ただし、減圧沸騰開始後の挙動には有意な差は見られない。図 3.1-4 に示すように、ヘッダ初期温度（初期エンタルピ）を低くするとこれに等しい飽和水エンタルピとなる飽和圧力が低下するため、減圧沸騰の開始時間が遅れる。ただし、同圧力ではエンタルピが小さい方がブロー流量が多いため、圧力の低下速度は大きい。このため、ヘッダ圧力は約 8 秒近傍で交点を有する。

以上に示したように、感度解析結果は妥当であることが確認できる。また、ヘッダ数 15 として計算していることから、ヘッダ数の拡張の妥当性が確認できた。

(3) 水系配管計算モジュールの単体機能計算

水系配管計算モジュールの単体機能計算では、一例として下記の解析条件より、配管の出入口境界条件を変えた場合の冷却材沸騰挙動を計算する。計算結果である冷却材温度経時変化、及び冷却材流量経時変化を調べることにより、水系配管計算モジュールの計算機能の妥当性を確認する。

・ 配管直径 : 0.1m

- ・配管断面積 : 0.00785m²
- ・配管長さ : 16m
- ・配管ノード分割数 : 8分割
- ・配管初期圧力 : 入口 22.0MPa、出口 21.9MPa
- ・配管内流体初期温度 : 300℃
- ・スリップモデル : Moody モデル
- ・二相流摩擦増倍係数相関式 : Thom の式
- ・外乱条件 1 : 境界圧力の低下による減圧沸騰と逆流発生
 - 入口部圧力 : 22.0MPa→0.6MPa→0.5MPa (1.0s→6.0s→8.0s)
 - 出口部圧力 : 21.9MPa→0.5MPa→0.6MPa (1.0s→6.0s→8.0s)
- ・外乱条件 2 : 入口エンタルピの上昇による加熱沸騰
 - 入口部圧力 : 22.0MPa→20.0MPa (1.0s→2.0s)
 - 出口部圧力 : 21.9MPa→19.9MPa (1.0s→2.0s)
 - 入口エンタルピ : 300℃サブクール水→20MPa飽和蒸気 (1.0s→8.0s)

水系配管計算モジュールの単体機能計算に用いた入力データを、リスト 3.1-2 に示す。

境界条件の外乱条件として、境界圧力を低下させ減圧沸騰、及び出入口圧力差を逆転させて逆流を発生させた計算結果（外乱条件 1 による解析結果）を図 3.1-5 に示す。

22.0MPa、300℃のサブクール状態のエンタルピは約 1.3MJ/kg である。境界圧力を約 8.3MPa（約 4.2s）まで低下させると、飽和水エンタルピが初期エンタルピである約 1.3MJ/kg まで低下し、減圧沸騰が発生する。

減圧沸騰により配管内の水・蒸気の容積が増大することに起因し、約 4.2 秒から約 6.0 秒にかけて冷却材流量の空間分布が生じる。配管内の圧力低下がおさまると、配管内流量の空間分布は解消する。その後、配管出入口部の圧力が逆転することから、冷却材流量も逆流する。

また、冷却材温度は、サブクール状態では圧力分布の影響が小さいため、配管内ではほぼ一様であるが、減圧沸騰後（約 6.0 秒以降に顕著に表れる）配管内の圧力分布による飽和温度の違いを受けて冷却材温度が分布を有する。

本計算では減圧沸騰に伴う配管内流量分布の発生、圧力差による正逆流流量の計算機能を確認することにより、いずれも妥当な結果が得られている。このことから、圧力変動に対する配管の流動計算が妥当であることを確認できた。また、臨界圧力近傍までの水・蒸気表も、変曲点なく正常に組み込まれていることが確認できた。

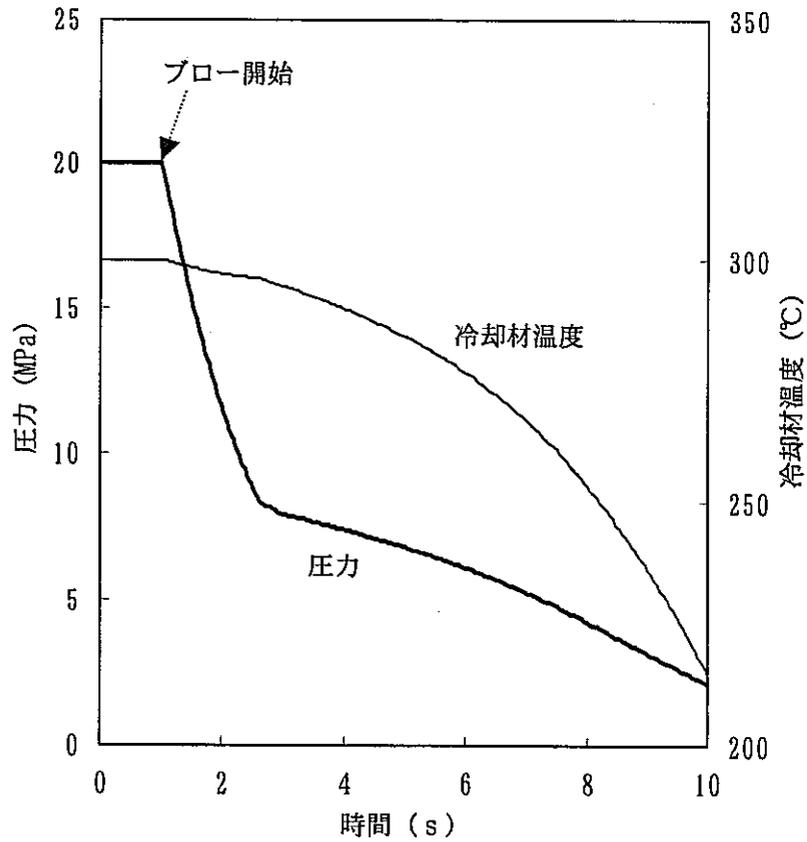
境界条件の外乱条件として、入口エンタルピを上昇させ、サブクール水中に蒸気が混入した沸騰伝播の計算結果（外乱条件2による解析結果）を図3.1-6に示す。

配管内の入口エンタルピが増加したことにより、約4.2秒で入口ノードが沸騰を開始し、次第に下流側に沸騰が伝播して約1.2秒後には出口ノードも沸騰を開始する。沸騰に伴い配管内の水の容積が増大するため、入口部の流量よりも出口部の流量が大きくなるが、出入口部の差圧の関係で逆流は発生しない。出入口のエンタルピ差が無くなると、出入口の冷却材流量は一定となる。なお、サブクール水に比べて飽和蒸気の比重量が小さい（同じ質量流量では流速が早く、圧損が大きくなる）ため、サブクール水状態よりも飽和蒸気状態の重量流量は小さい値で整定する。また、配管内の冷却材温度は沸騰開始後に一様温度となる。

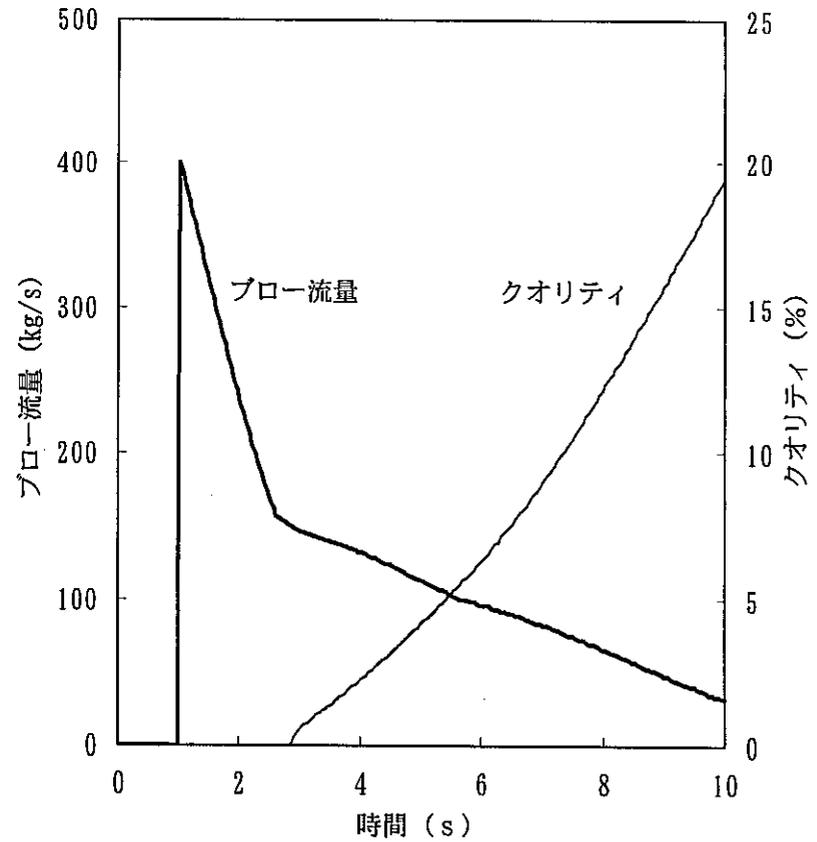
本計算では入口部エンタルピ変化の配管内の伝播に対する計算機能を確認することにより、妥当な結果が得られた。このことから、エネルギー変動に対する配管の流動計算が妥当であることを確認できた。

(4) まとめ

以上に示したように、単体機能確認計算の結果、LEAP-BLOW Ver. 1.30はヘッド計算モジュール、水系配管計算モジュールともに妥当な計算結果が得られており、改良内容は正常に解析コードに反映されていると判断される。

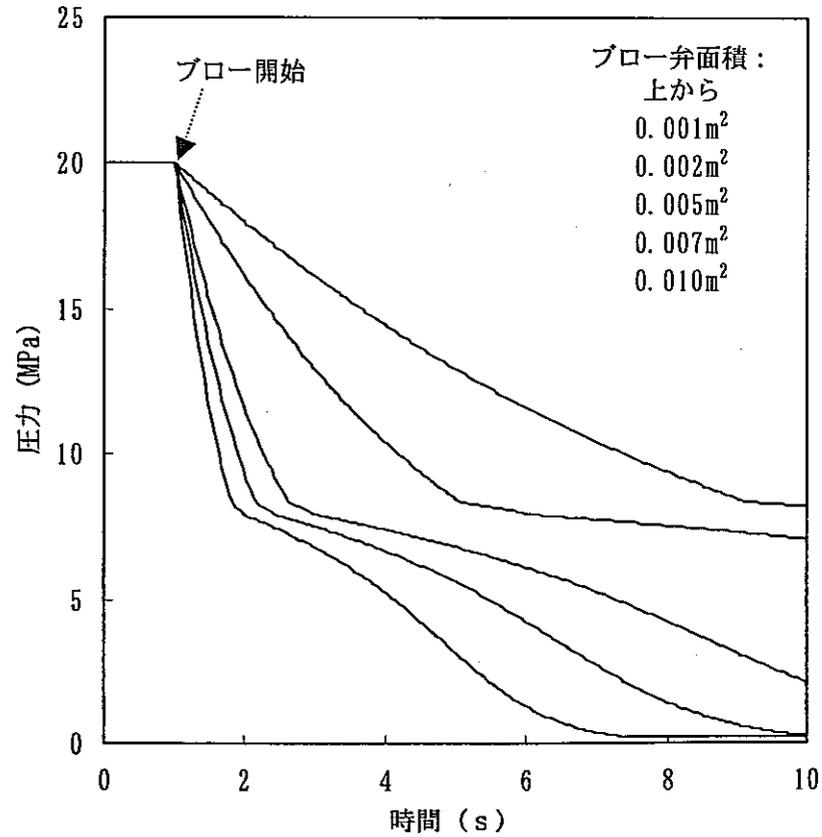


(a) ヘッド圧力と冷却材温度の経時変化

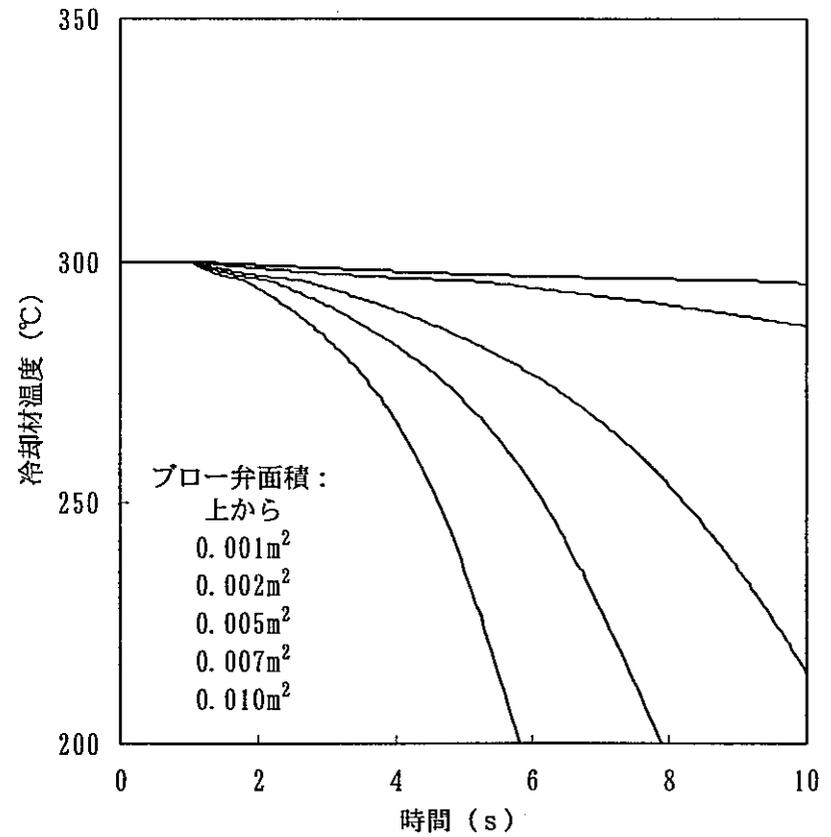


(b) ブロー流量とクオリティの経時変化

図 3.1-1 ヘッド計算モジュール単体機能確認 (基準解析条件)

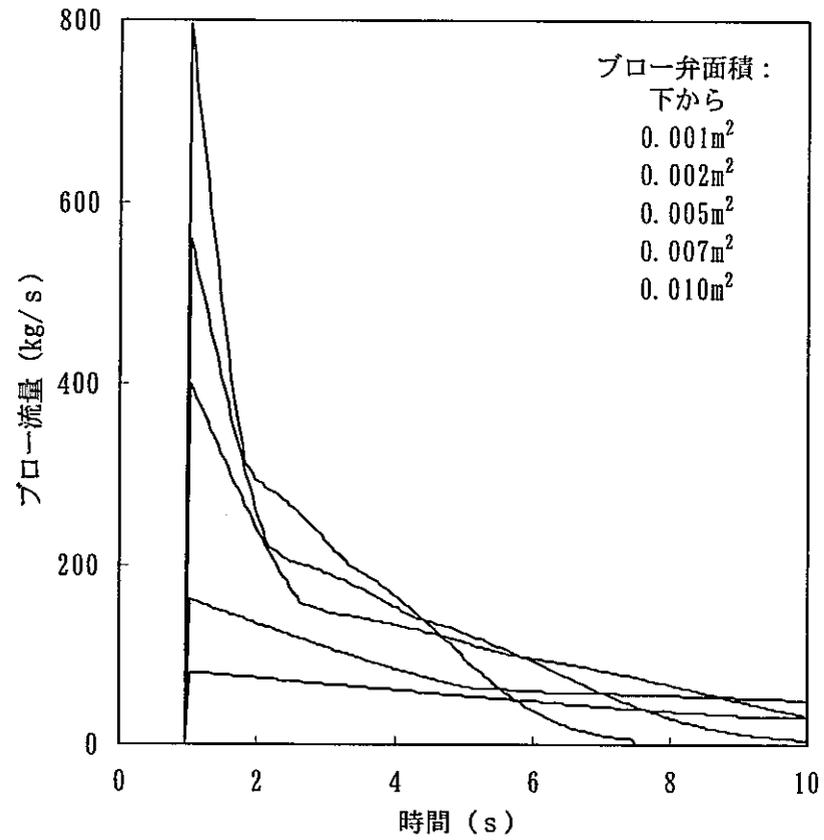


(a) ヘッド圧力の経時変化

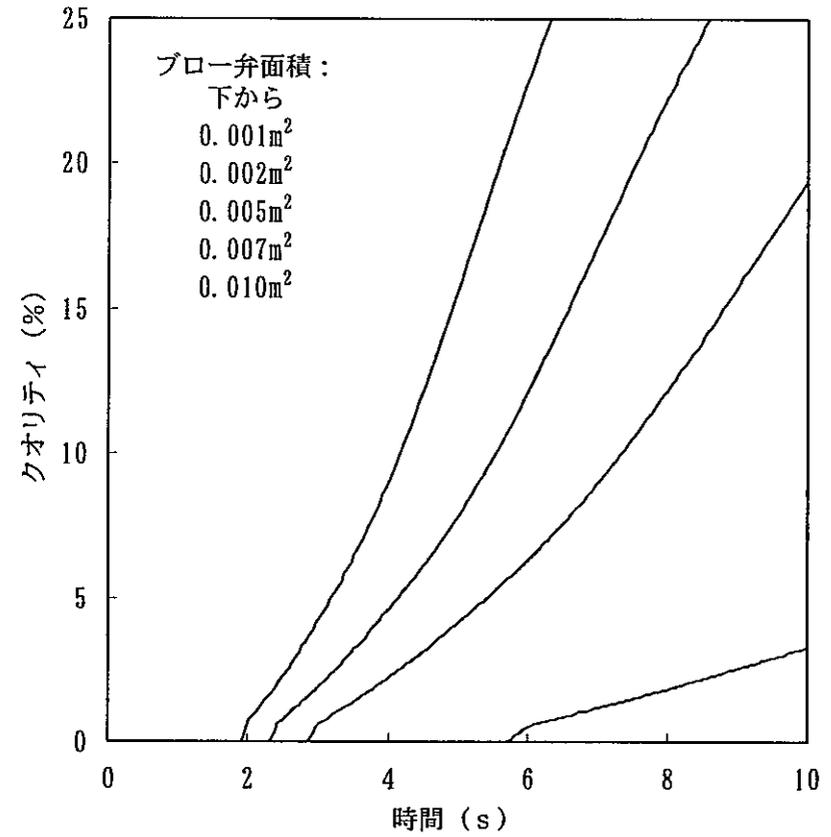


(b) 冷却材温度の経時変化

図 3.1-2 (1/2) ヘッド計算モジュール単体機能確認 (ブロー弁面積の感度解析)

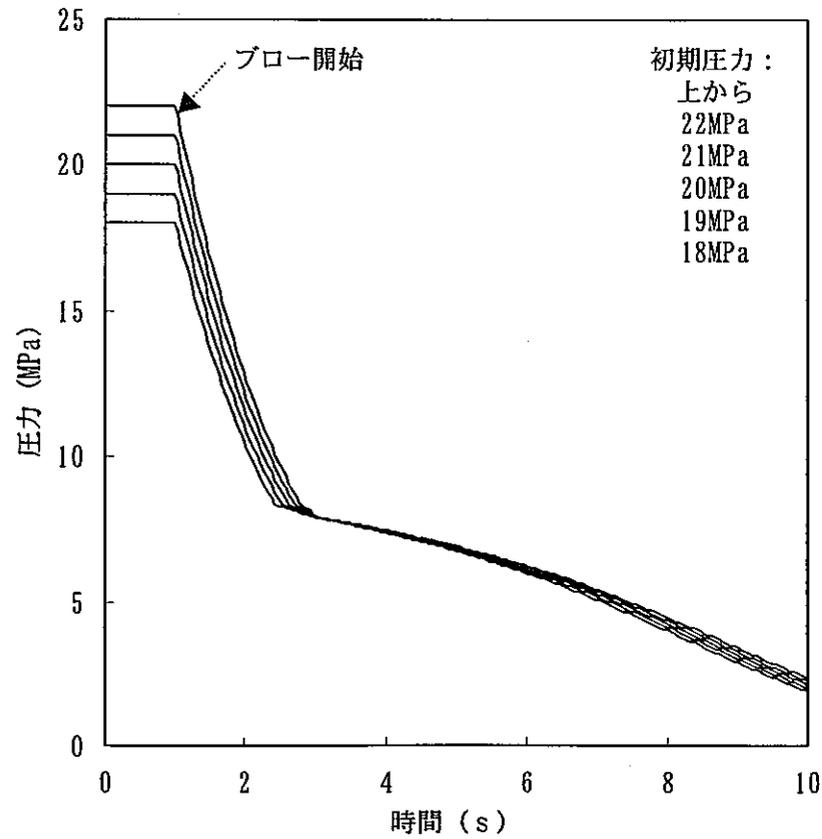


(c) ブロー流量の経時変化

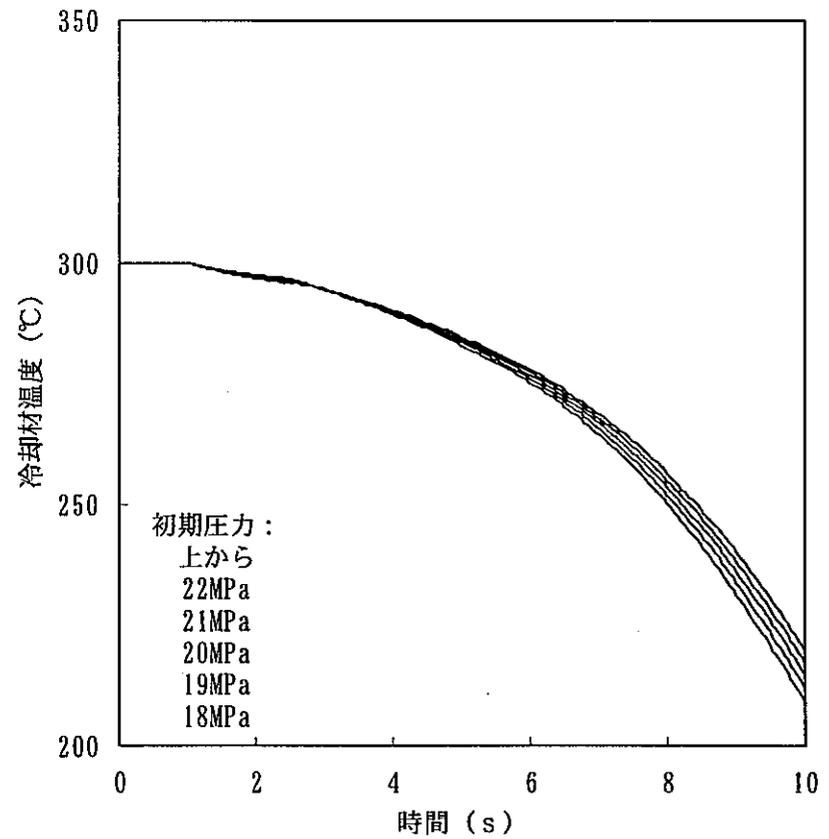


(d) クオリティの経時変化

図 3.1-2 (2/2) ヘッド計算モジュール単体機能確認 (ブロー弁面積の感度解析)

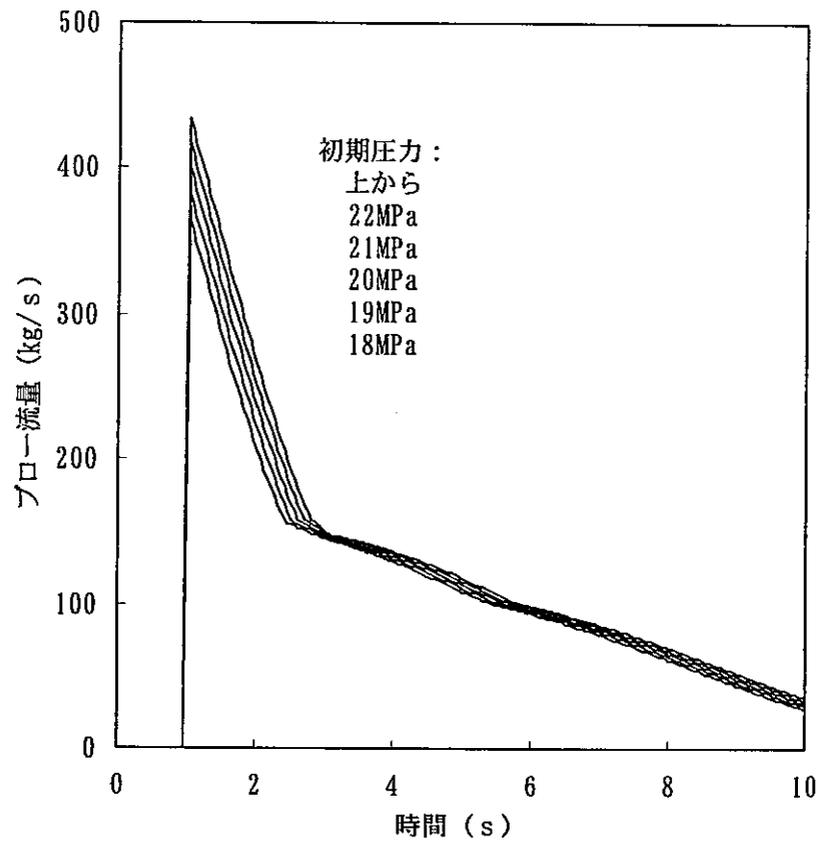


(a) ヘッダ圧力の経時変化

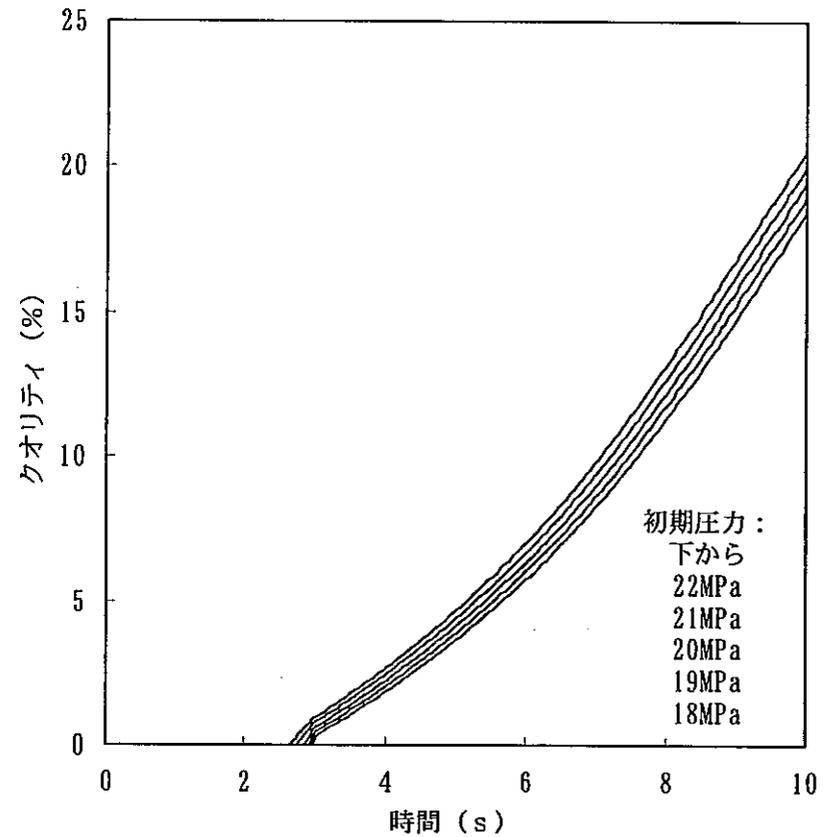


(b) 冷却材温度の経時変化

図 3.1-3 (1/2) ヘッダ計算モジュール単体機能確認 (ヘッダ初期圧力の感度解析)

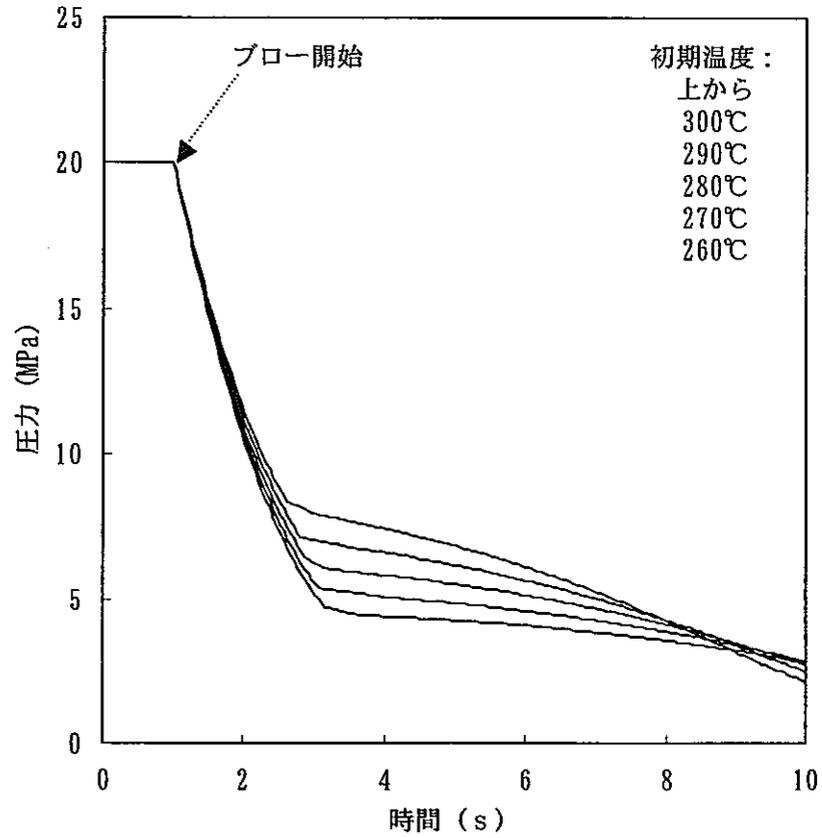


(c) フロー流量の経時変化

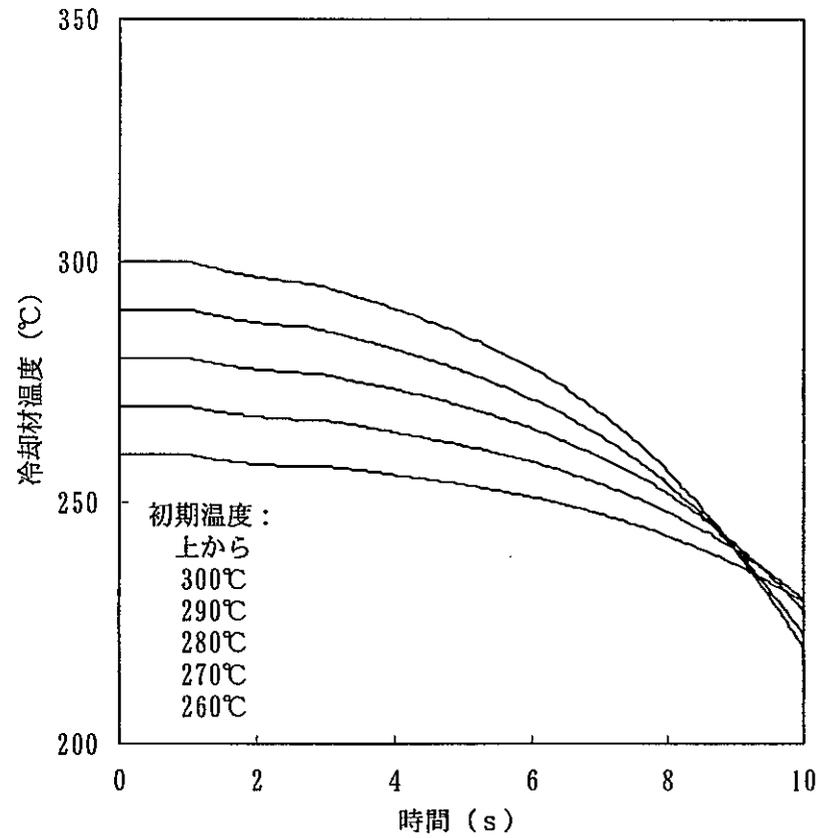


(d) クオリティの経時変化

図 3.1-3 (2/2) ヘッド計算モジュール単体機能確認 (ヘッド初期圧力の感度解析)

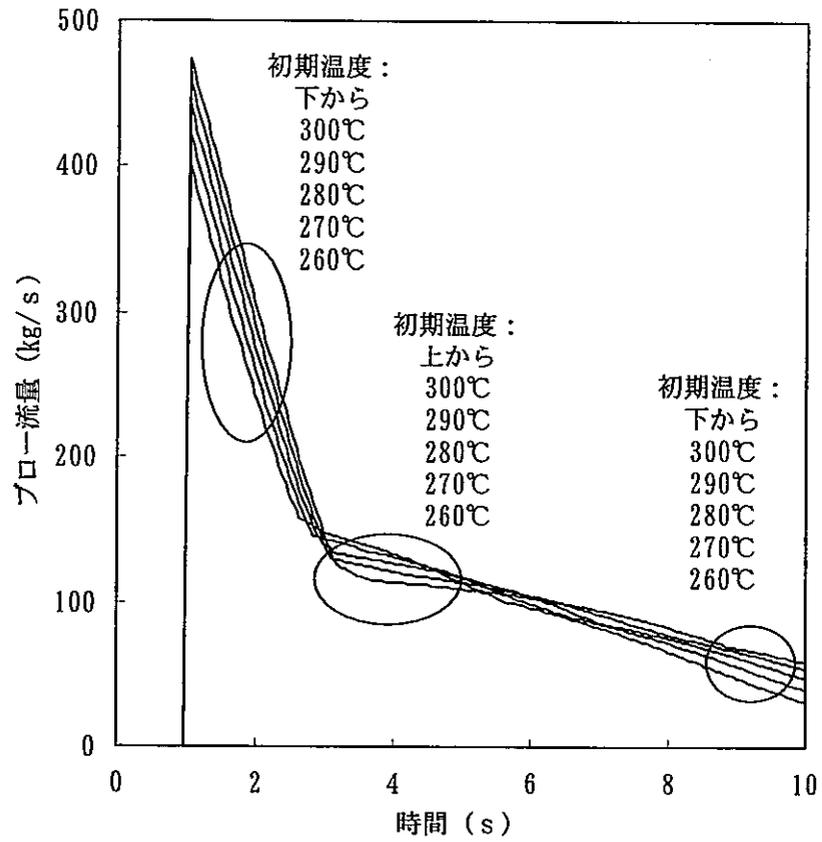


(a) ヘッド圧力の経時変化

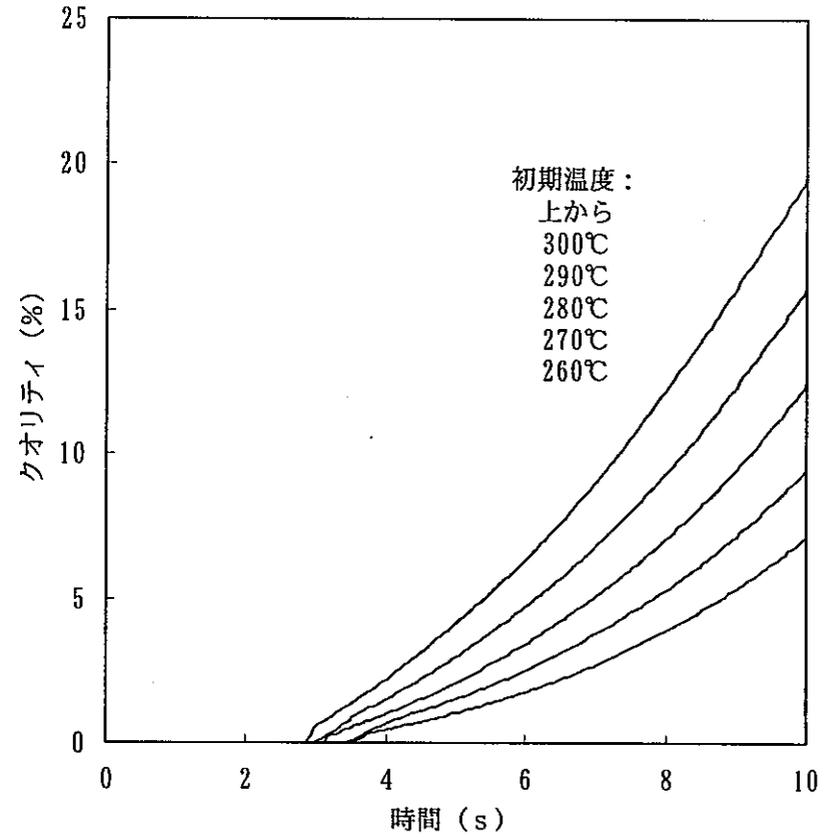


(b) 冷却材温度の経時変化

図 3.1-4 (1/2) ヘッド計算モジュール単体機能確認 (ヘッド初期温度の感度解析)

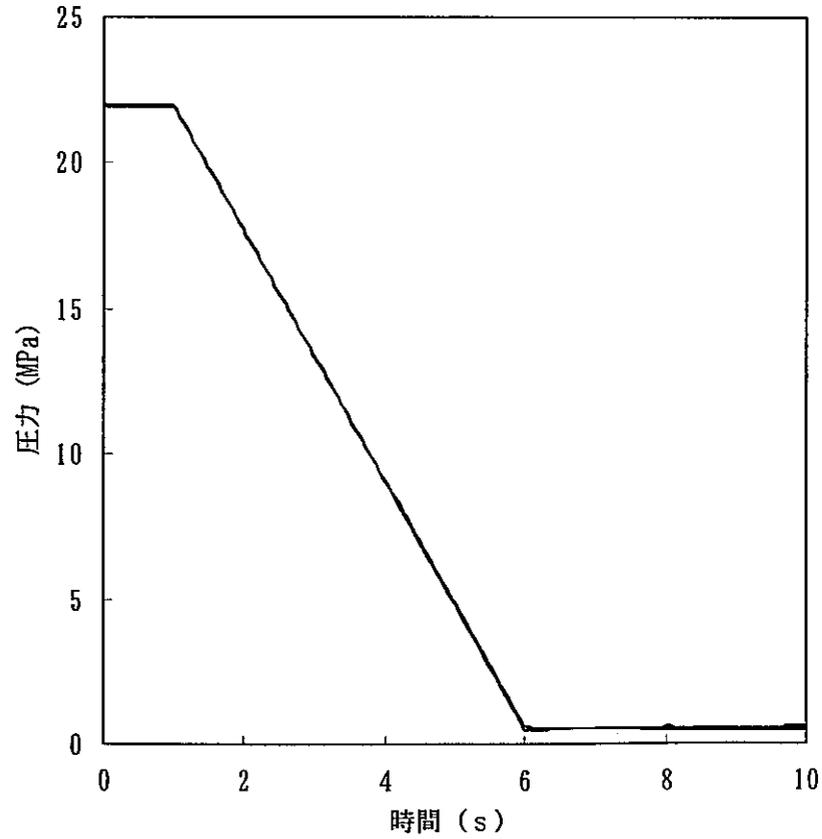


(c) ブロー流量の経時変化

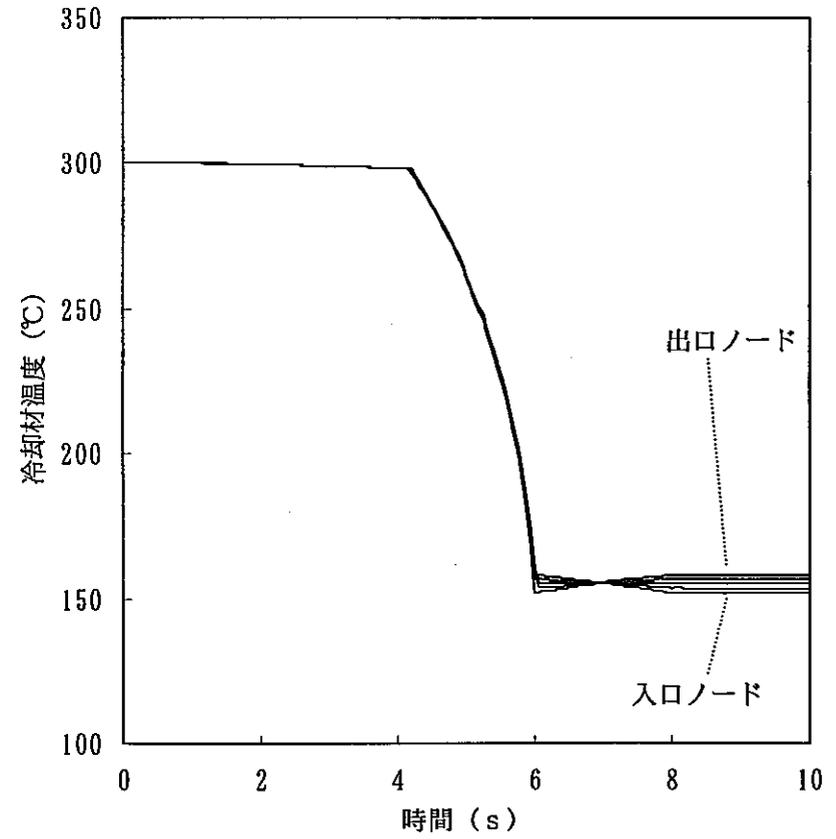


(d) クオリティの経時変化

図 3.1-4 (2/2) ヘッダ計算モジュール単体機能確認 (ヘッダ初期温度の感度解析)

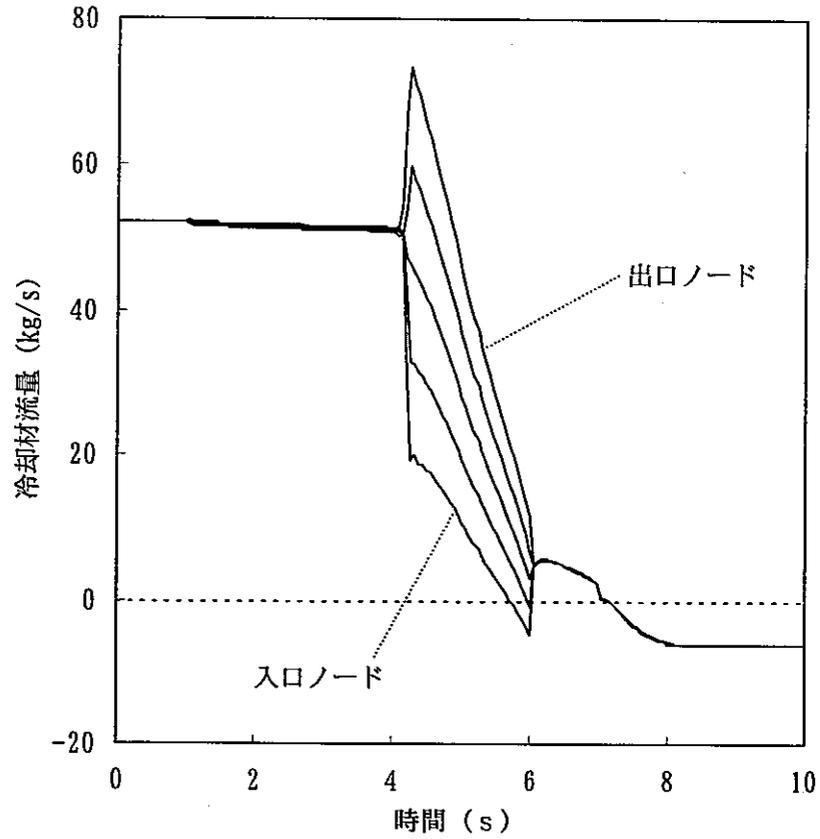


(a) 配管内圧力の経時変化

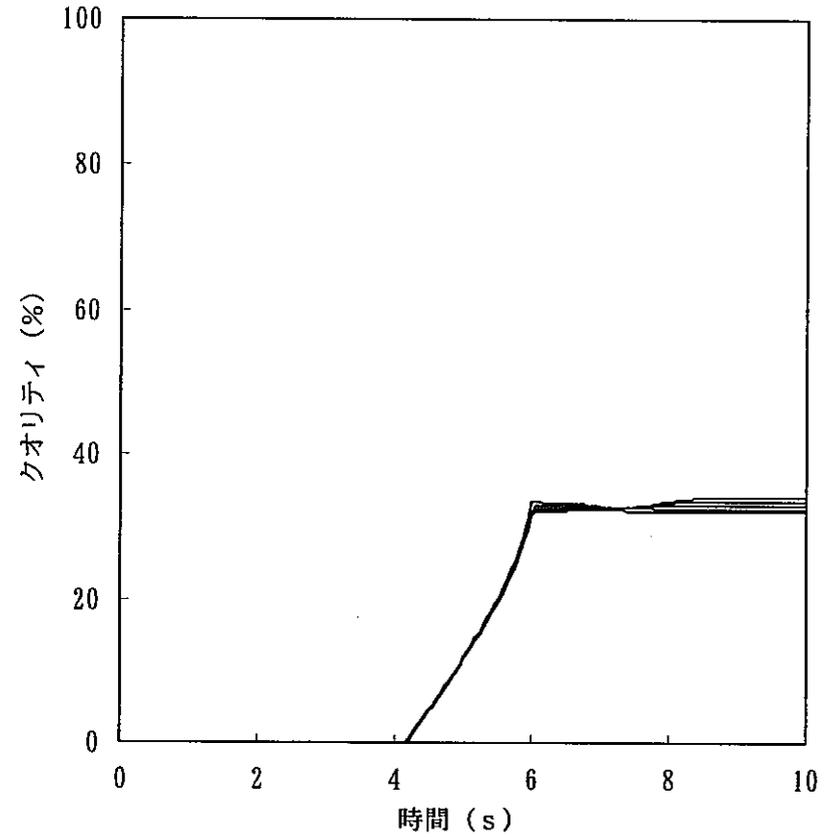


(b) 冷却材温度の経時変化

図 3.1-5 (1/2) 水系配管計算モジュール単体機能確認 (出入口圧力変化)

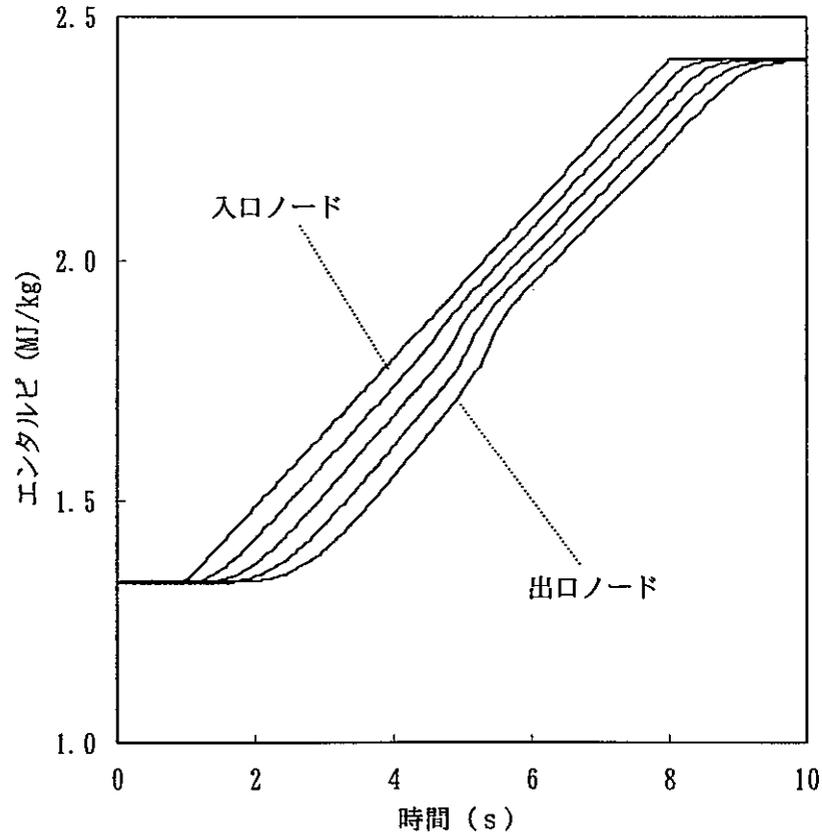


(c) 配管内冷却材流量の経時変化

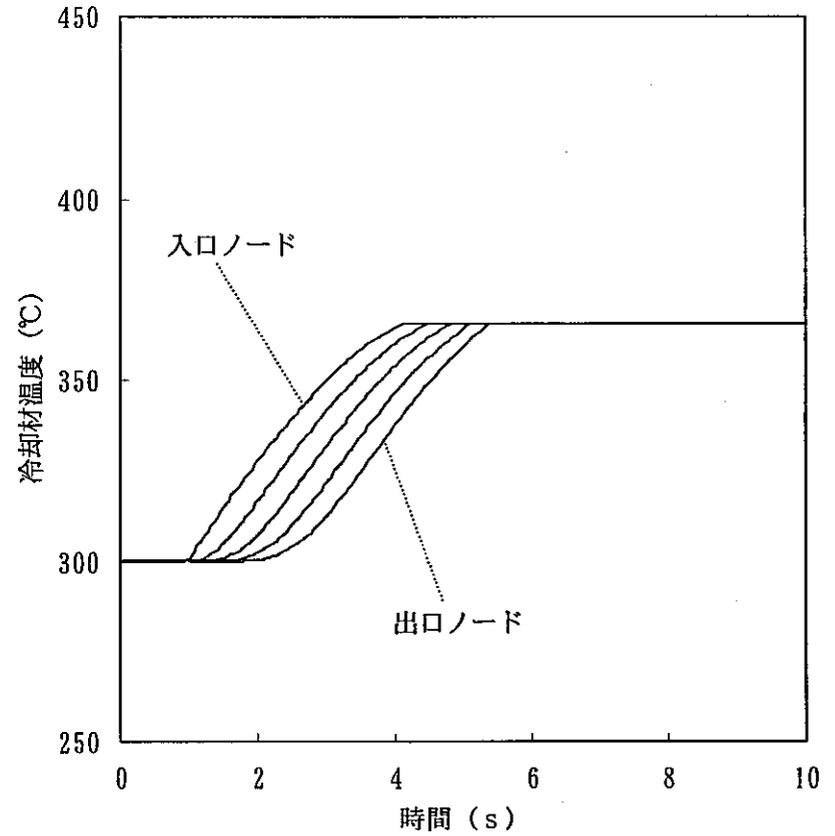


(d) 配管内クオリティの経時変化

図 3.1-5 (2/2) 水系配管計算モジュール単体機能確認 (出入口圧力変化)

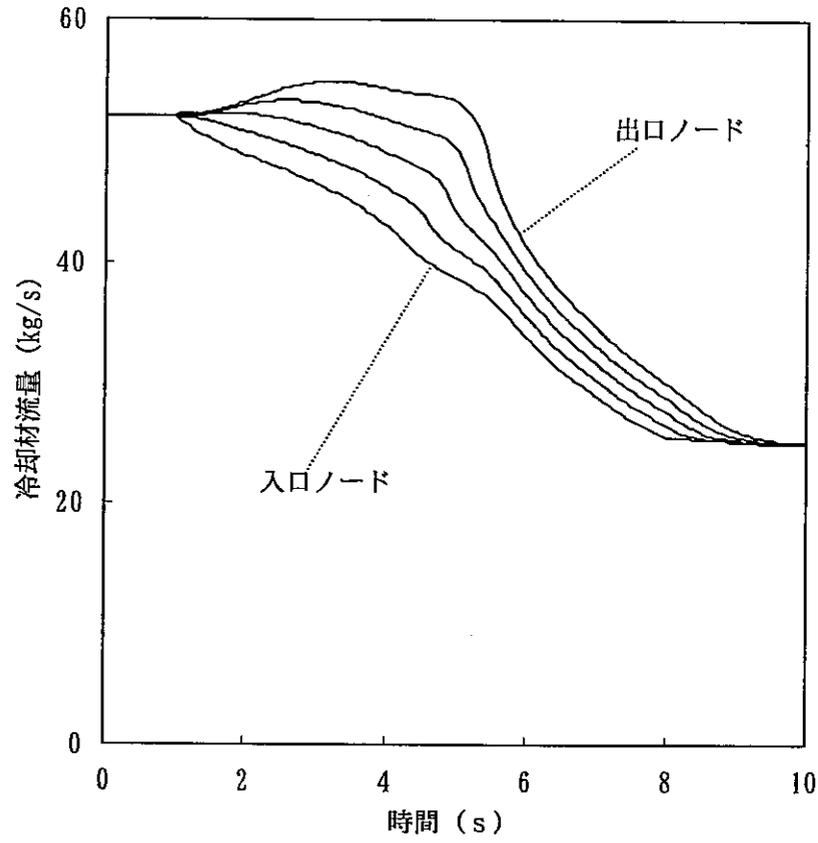


(a) 冷却材エンタルピーの経時変化

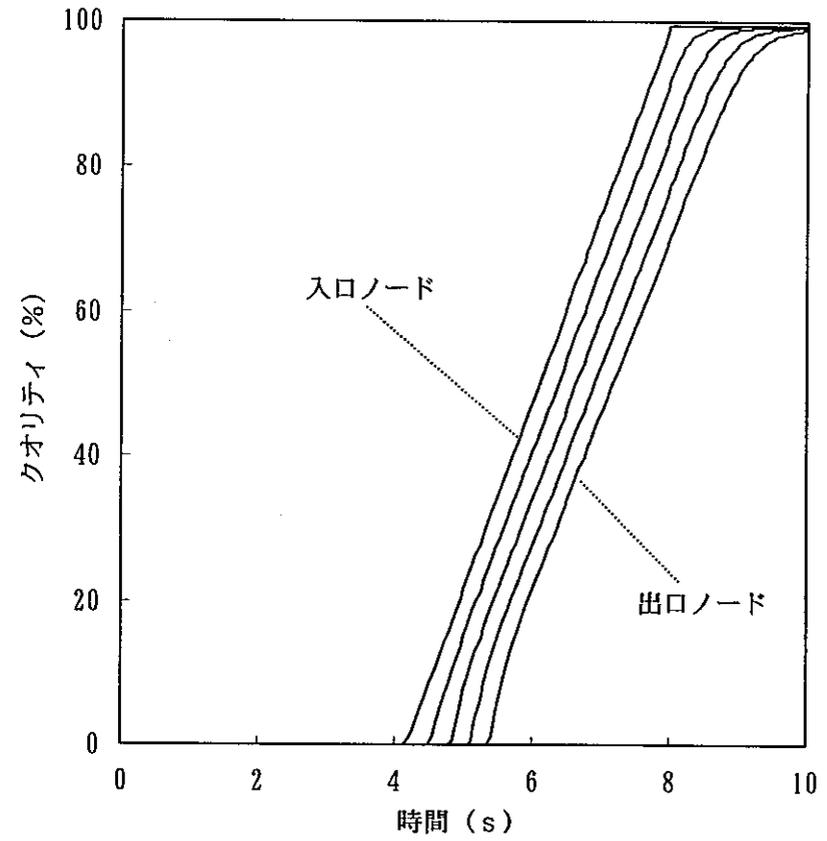


(b) 冷却材温度の経時変化

図 3.1-6 (1/2) 水系配管計算モジュール単体機能確認 (入口エンタルピー変化)



(c) 配管内冷却材流量の経時変化



(d) 配管内クオリティの経時変化

図 3.1-6 (2/2) 水系配管計算モジュール単体機能確認 (入口エンタルピ変化)

リスト 3.1-1 ヘッダ計算モジュール単体機能確認計算入力データ

```

C*****
C*   PROGRAM NAME = LEAP-BLOW  VER. 1.30   *
C*****
C
  TITLE
LEAP-BLOW VER. 1.30  TEST-RUN  HEADER MODULE          2003/01/23
C *
C *   MAIN CONTROL DATA
C *
C      ICLHD   ICLLG   ICLNA           ICLST   ISPRT
MN-CALC      1       0       0           0       0
C
C      TIINT   TIMAX   DTINT
MN-TIME      0.0     10.00  0.020
C
C      TDTBL   DTTBL   NPTBL
MN-STEP      0.0     0.010   100
              10.0     0.010   100
              100.0    0.010   100
              1.0E+9    0.010   100
C
C      IREST   KREST
MN-REST      0       1010
C
C      KCPRT   KCPLT   DTPRT   DTPLT
MN-OUTCN     0       1       1.000  0.050
C
C      <-----> <-----> <-----> <-----> <-----> <-----> <----->
MN-PLOT      P103010 T103010 W103010 V103010 X103000
              P101000 P102000 P103000 P104000 P105000
              P106000 P107000 P108000 P109000 P110000
              P111000 P112000 P113000 P114000 P115000
              T101000 T102000 T103000 T104000 T105000
              T106000 T107000 T108000 T109000 T110000
              T111000 T112000 T113000 T114000 T115000
              W101010 W102010 W103010 W104010 W105010
              W106010 W107010 W108010 W109010 W110010
              W111010 W112010 W113010 W114010 W115010
              X101000 X102000 X103000 X104000 X105000
              X106000 X107000 X108000 X109000 X110000
              X111000 X112000 X113000 X114000 X115000
C
C      NHEAD   NLEGS   MDLVL   NVPID
MN-MODEL     15       00       00       00
  
```

```

C      MSLIP   MCRIT   MFRIC   MMULT
MN-MOPT1     03       02       01       01
C      (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7)
MN-MHTCF     02  01  00  02  02  02
C *
C *   HEADER DATA
C *
C      IPA   IWL   FCFHD   FXSHD   FVIHD   SVDHD
HD-OPT1      1   0   0.600   2.000   5.0E-7   0.300
C
C      NO      MLHD  NZHD  NWHD  KFW  KFH  KBA1  KBZ1  KBA2  KBZ2
HD-OPT2      1   0   0   0   0   0   0  11  16   0   0
              2   0   0   0   0   0   0  12  16   0   0
              3   0   0   0   0   0   0  13  16   0   0
              4   0   0   0   0   0   0  14  16   0   0
              5   0   0   0   0   0   0  15  16   0   0
              6   0   0   0   0   0   0  13  16   0   0
              7   0   0   0   0   0   0  13  16   0   0
              8   0   0   0   0   0   0  13  16   0   0
              9   0   0   0   0   0   0  13  16   0   0
              10  0   0   0   0   0   0  13  16   0   0
              11  0   0   0   0   0   0  13  16   0   0
              12  0   0   0   0   0   0  13  16   0   0
              13  0   0   0   0   0   0  13  16   0   0
              14  0   0   0   0   0   0  13  16   0   0
              15  0   0   0   0   0   0  13  16   0   0
C
C      NO      VLHD   POHD   TOHD   VOHD   FXHD
HD-DAT1      1   1.000  204.0  300.0  -0.100  0.0
              2   1.000  204.0  300.0  -0.100  0.0
              3   1.000  204.0  300.0  -0.100  0.0
              4   1.000  204.0  300.0  -0.100  0.0
              5   1.000  204.0  300.0  -0.100  0.0
              6   1.000  224.8  300.0  -0.100  0.0
              7   1.000  214.1  300.0  -0.100  0.0
              8   1.000  203.9  300.0  -0.100  0.0
              9   1.000  193.7  300.0  -0.100  0.0
              10  1.000  183.5  300.0  -0.100  0.0
              11  1.000  203.9  300.0  -0.100  0.0
              12  1.000  203.9  290.0  -0.100  0.0
  
```

リスト 3.1-1 ヘッド計算モジュール単体機能確認計算入力データ

	13	1.000	203.9	280.0	-0.100	0.0		
	14	1.000	203.9	270.0	-0.100	0.0		
	15	1.000	203.9	260.0	-0.100	0.0		
C	NO	WOHD	DSHD	DVHD				
CHD-DAT2	1							
C	2							
C	NO	ASWH	THWH	CPWH	GMWH	CNWH	TOWH	HOWH
CHD-WALL	1	0.0	0.100	0.141	7820.0	0.009	40.0	0.0
C	2	0.0	0.100	0.141	7820.0	0.009	40.0	0.0
C								
C	HD LG	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
CHD-PIPE								
C *								/
C *	TABLE DATA							/
C *								/
C *								
XY-TABLE	11 X	0.0	1.000	1.010	1.000E+9			
	Y	0.0	0.0	0.001	0.001			
	12 X	0.0	1.000	1.010	1.000E+9			
	Y	0.0	0.0	0.002	0.002			
	13 X	0.0	1.000	1.010	1.000E+9			
	Y	0.0	0.0	0.005	0.005			
	14 X	0.0	1.000	1.010	1.000E+9			
	Y	0.0	0.0	0.007	0.007			
	15 X	0.0	1.000	1.010	1.000E+9			
	Y	0.0	0.0	0.010	0.010			
	16 X	0.0	1.000E+9					
	Y	0.650	0.650					
C *								
C *	END OF DATA							
C *								
	DATA-END							

リスト 3.1-2 水系配管計算モジュール単体機能確認計算入力データ

```

C*****
C*   PROGRAM NAME = LEAP-BLOW  VER. 1.30   *
C*****
C
C  TITLE
LEAP-BLOW VER. 1.30  TEST-RUN PIPE  MODULE          2003/01/23
C *
C *   MAIN CONTROL DATA
C *
C      ICLHD   ICLLG   ICLNA           ICLST   ISPRT
MN-CALC      0       1       0           0       0
C      TIINT   TIMAX   DTINT
MN-TIME      0.0     10.00  0.020
C      TDTBL   DTTBL   NPTBL
MN-STEP      0.0     0.010   100
              10.0     0.010   100
              100.0    0.010   100
              1.0E+9   0.010   100
C      IREST   KREST
MN-REST      0       1010
C
C      KCPRT   KCPLT   DTPRT   DTPLT
MN-OUTCN     0       1       0.500  0.050
C
C      <-----> <-----> <-----> <-----> <-----> <-----> <----->
MN-PLOT      P001011 P001013 P001015 P001017 P001019
              T001011 T001013 T001015 T001017 T001019
              W001011 W001013 W001015 W001017 W001019
              X001011 X001013 X001015 X001017 X001019
              P002011 P002013 P002015 P002017 P002019
              T002011 T002013 T002015 T002017 T002019
              W002011 W002013 W002015 W002017 W002019
              X002011 X002013 X002015 X002017 X002019
              E002011 E002013 E002015 E002017 E002019
C
C      NHEAD   NLEGS   MDLVL   NVPID
MN-MODEL     00       02       00       00
C      MSLIP   MCRIT   MFRIC   MMULT
MN-MOPT1     02       02       01       00
C      (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7)
MN-MHTCF     02  01  00  02  02  02
    
```

```

C *
C *   PIPE DATA
C *
C      ITN  IGW  INT  IWL  MST  NST      ERRIG  ERPLG  ERSLG
LG-OPT     20   0  50   0   2   50     0.010  0.010  1.0E4
C
C      MDCV  J1CV  J2CV  J3CV
CLG-CKVL   0   0   0   0
C      KCBK  J1BK  J2BK  NPBK  NZBK      ZFBK
CLG-RUPT   0   0   0   0   0       0.600
C      KCLK  J1LK  J2LK  J3LK      AXLK  AYLK      ZFLK  TXLK
CLG-LEAK   0   0   0   0   0.0     0.0     0.0     0.0
C
C      NO      NSLG  NPLG      ICLG  IFLG  IDLG      WOLG      FHLG
LG-PIPE     1       01  01  02  -1   0   1  52.06
              2       01  01  02  -1   0   1  52.06
C
C      NO      IPI  IPO  IGI  IGO  IHI  IHO
LG-BC. 1    1      11  12  13  14  15  15
              2      17  18  13  14  16  15
C      PBLG (1)  PBLG (2)  HBLG (1)  HBLG (2)
*LG-BC. 2    1      188.6  175.4  248.4  782.2
C
C      NO  SC  MSLG  NDW      ASLG      DSLG      XSLG      ZSLG      FSLG
LG-SECT   1   1   08   0  0.00785  0.100  16.00  0.0  0.0
              2   1   08   0  0.00785  0.100  16.00  0.0  0.0
C      NO  OF      AORR      FNOR      FNOR      FCOR      FCOR
LG-ORIF1   1   1  0.00785  1.000  0.500  1.000  0.500
              1   2  0.00785  0.500  1.000  0.500  1.000
              2   1  0.00785  1.000  0.500  1.000  0.500
              2   2  0.00785  0.500  1.000  0.500  1.000
C      NO  OF      POOR      TOOR      VOOR
LG-ORIF2   1   1  224.33  300.0  -0.100
              1   2  223.31  300.0  -0.100
              2   1  224.33  300.0  -0.100
              2   2  223.31  300.0  -0.100
C      NO  SC      ASWL      THWL      CPWL      GMWL      CNWL
CLG-WALL1  1   1  120.00  0.0019  0.1746  7860.0  0.00745
C      NO  SC      TOWL      HOWL      QOWL
CLG-WALL2  1   1  354.0  -1.0  -56856.
    
```

リスト 3.1-2 水系配管計算モジュール単体機能確認計算入力データ

```

C
C
CLG-VALV      NO J1VL J2VL NAVL NFVL (2) (3) (4) TISVL TIEVL
C
C
CLG-PID1      NO PID  J1  J2  I1  I2  I3  NT  TSPID  TEPID
C
C
CLG-PID2      NO PID  CKPID  CDPID  CIPID  CSPID  CFPID  CVPID
C *
C *          TABLE DATA
C *
XY-TABLE      11 X    0.0    1.000    6.000    8.000    1.000E+9
                Y    224.33  224.33  6.118    5.098    5.098
                12 X    0.0    1.000    6.000    8.000    1.000E+9
                Y    223.31  223.31  5.098    6.118    6.118
                13 X    0.0    1.000E+9
                Y    52.06   52.06
                14 X    0.0    1.000E+9
                Y    -52.06  -52.06
                15 X    0.0    1.000E+9
                Y    318.7   318.7
XY-TABLE      17 X    0.0    1.000    2.000    1.000E+9
                Y    224.33  224.33  203.94  203.94
                18 X    0.0    1.000    2.000    1.000E+9
                Y    223.31  223.31  202.92  202.92
                16 X    0.0    1.000    8.000    1.000E+9
                Y    318.7   318.7    576.2    576.2
C *
C *          END OF DATA
C *
DATA-END

```

3.2 PID 制御機能の確認計算

(1) 検討の着眼点

サイクル機構に設置された、蒸気発生器水リーク試験装置 (SWAT-3R) の水・蒸気系機能試験用流路の体系を用いて、PID 制御機能による弁操作の有無で計算を行ない、両者の計算結果の比較により PID 制御機能を確認する。

(2) 計算条件

PID 制御機能確認計算の計算体系を図 3.2-1 及び図 3.2-2 に示す。計算対象は、サイクル機構所有の蒸気発生器水リーク試験装置 (SWAT-3R) の水・蒸気系機能試験用流路である。計算対象は、水加熱器、注水ヘッダ及び蒸気回収容器を配管 (2B×Sch160)、弁、ノズル及びディフューザで接続することにより構成される。また、構成機器・配管の材質は Cr-Mo 鋼である。

水加熱器内の飽和蒸気は、弁 WV401、弁 WV402、弁 WV403、注水ヘッダ、弁 WV405-1 及び WV405-2 を通過して、大気開放の蒸気回収容器に流出する。PID 制御は注水ヘッダの圧力で弁 WV403 の開度を調整するものである。弁 WV401 及び弁 WV402 が順に開くことで水加熱器内の飽和蒸気の流出が開始され、弁 WV403 を閉じることで飽和蒸気の流出は終了する。

LEAP-BLOW コードでは、水加熱器を分離ヘッダモデル、注水ヘッダ及び蒸気回収容器は均質ヘッダモデルでモデル化する。ここで、蒸気回収容器は圧力一定とするため、無限大の容量とする。解析は、弁 WV402 の動作開始時間を基点 (0 s) として実施する。なお、PID 制御は、飽和蒸気流出中 (弁 WV402 が開き始めてから、弁 WV403 が閉じるまで) の作動とする。

機能確認計算は、PID 制御機能による弁 WV403 の開度制御を行なわない場合と、開度制御を行なった場合の 2 ケースを実施し、水加熱器及び注水ヘッダの圧力、及び注水管の冷却材流量を比較することにより、LEAP-BLOW コードに組み込んだ PID 制御機能の有効性を確認する。

本計算体系における、LEAP-BLOW コードの各ヘッダの形状・構造データ及び水系配管の形状・構造データを表 3.2-1 に、計算条件を表 3.2-2 にそれぞれ示す。また、入力データをリスト 3.2-1 に示す。

(3) 計算結果

SWAT-3Rの水・蒸気系機能試験用流路体系において、PID制御機能による弁WV403の開度制御を行なわない場合の計算結果を図3.2-3に示す。

弁WV402を開くことにより、水加熱器から注水ヘッドを介して蒸気回収容器に蒸気が流出し、図3.2-3の(a)に示すように約32秒後に最高圧力の約14.7MPaまで上昇する。その後、約33秒で弁WV403が閉止されると、蒸気回収容器の圧力である大気圧まで低下する。各部の圧力は、40%開度の弁WV403と放出ノズルで大きな圧力損失を有するため、弁WV403より上流は水加熱器の圧力に漸近し、弁WV403より下流側は放出ノズルの臨界流量に相当する圧力に漸近する。

図3.2-3の(b)に示す各部の水蒸気温度は圧力に応じた飽和温度で推移する。図3.2-3の(c)に示す水蒸気流量は主としてノズル部の臨界流量で決定され、系統内はほぼ一様となる。ここで、図3.2-3の(a)(b)で、約1秒で注水ヘッドの圧力、水蒸気温度に局所ピークを有するが、これは圧力伝播による注水ヘッド上流側流量と注水ヘッド下流側流量の時間遅れ(図3.2-3の(c)参照)に起因するものがある。

これに対し、PID制御機能により注水ヘッドの圧力を10MPa.gとなるように弁WV403の開度制御を行なった場合の計算結果を図3.2-4に示す。

PID制御機能による弁開度制御を行なうことにより、図3.2-4の(a)(d)に示すように注水ヘッド圧力が設定値である10MPa.gよりも低い初期は弁WV403の開度が初期開度の40%から95%開度まで開き、水加熱器からの蒸気流量が増加して注水ヘッド圧力が早期に設定圧力である10MPa.gを超過する。その後、注水ヘッドの圧力が設定圧力である10MPa.gを超過すると、PID制御機能により弁WV403の開度が閉じる弁操作が行なわれ、注水ヘッドの圧力はほぼ一定を持続する。注水ヘッドの圧力が設定値の10MPa.gに一致しないのは、積分項(I項)の影響であり、比例項(P項)を優先させることにより設定値に近い値とすることができるが、制御の安定性は低下する。

図3.2-5に両者の比較結果を示し、PID制御機能の有効性を確認する。

図3.2-5の(a)(b)に示すようにPID制御機能により弁WV403の開度制御を行なうことにより、ヘッド圧力が設定圧力よりも低い約3秒までは弁WV403の開度を開く

制御が行なわれて弁 WV403 の圧損が小さくなり、制御を行なわない場合に比べ水蒸気流量が増加する。一方、ヘッド圧力が設定圧力よりも高い約 3 秒以降は弁 WV403 の開度を閉じる制御が行なわれ、弁 WV403 が初期開度 40%（制御を行なわない場合の開度）以下となる約 10 秒以降は弁 WV403 の圧損が大きくなり、制御を行なわない場合に比べ水蒸気流量が減少する。

以上の結果より、注水ヘッド圧力を用いた PID 制御機能により弁 WV403 の開度が制御され、図 3.2-5 の (a) に示すように注水ヘッドの圧力を所定の値に制御できることを確認した。

(4) まとめ

サイクル機構に設置された、蒸気発生器水リーク試験装置 (SWAT-3R) の水・蒸気系機能試験用流路の体系を用いて、PID 制御機能による弁操作の有無で計算を行ない、両者の計算結果を比較した。その結果、PID 制御機能は、正常に解析コードに組み込まれていることを確認した。

表 3.2-1 PID 制御機能の確認計算の形状・構造データ

(a) ヘッダ形状・構造データ

ヘッダ 番号	体積 m ³	表面積 m ²	比熱 kcal/(kg・℃)	比重量 kg/m ³	熱伝導率 kcal/(m・s・℃)	壁厚 m	外気温度 ℃	表面熱伝達率 kcal/(m ² ・s・℃)	備考
1	3.10	13.542	0.136	7843.	0.00878	0.135	30.0	0.0	水加熱器
2	0.0067	0.213	0.136	7843.	0.00878	0.015	30.0	0.0	注水ヘッダ
3	∞	31.28	0.130	7903.	0.00513	0.030	30.0	0.0	蒸気回収容器

(b) 水系配管形状・構造データ

配管 番号	セクション 番号	メッシュ 分割	流路断面積 (m ²)	水力等価直径 (m)	流路長さ (m)	流路高低差 (m)	構造材接液 面積 (m ² /m)	構造材肉厚 (m)	備考
1	1	9	0.001459	0.0431	2.364	2.364	0.1354	0.0087	出口 WV401 出口 WV402 出口 WV403
	2	9	0.001459	0.0431	0.530	0.006	0.1354	0.0087	
	3	9	0.001459	0.0431	2.025	0.021	0.1354	0.0087	
	4	9	0.001459	0.0431	1.060	0.011	0.1354	0.0087	
	5	9	0.001459	0.0431	0.900	0.009	0.1354	0.0087	
	6	9	0.001459	0.0431	1.684	0.017	0.1354	0.0087	
2	1	9	0.001459	0.0431	3.285	-0.042	0.1354	0.0087	出口 WV405-1 出口 WV405-2
	2	9	0.001459	0.0431	1.200	-0.012	0.1354	0.0087	
	3	9	0.001459	0.0431	1.000	-0.0105	0.1354	0.0087	
	4	9	0.001459	0.0431	3.178	-0.799	0.1354	0.0087	
	5	9	0.001459	0.0431	2.060	-0.021	0.1354	0.0087	

表 3.2-2 PID 制御機能確認の計算条件

(a) 運転特性データ

項目		計算条件	備考
水 加 熱 器	容積 (m ³)	3.1	
	初期圧力 (MPa. g)	17.34	
	初期温度 (°C)	(飽和温度)	
	初期状態	飽和水 1.353m ³	
注水 ヘッダ	容積 (m ³)	0.0067	枝管の容積も考慮
	初期圧力 (MPa. g)	(大気圧)	
	初期温度 (°C)	(飽和温度)	
	初期状態	飽和蒸気	
蒸気 回収 容器	容積 (m ³)	(大気開放)	
	初期圧力 (MPa. g)	(大気圧)	
	初期温度 (°C)	(飽和温度)	
	初期状態	飽和蒸気	
配管		試験体系図参照 (図 3.2-1)	
P I D 制 御	注水ヘッダ設定圧力 (MPa. g)	10.0	
	弁 WV403 初期開度 (%)	40	
	比例ゲイン	0.5	弁面積 : 1.590E-3 m ² 圧力範囲 : 10kg/cm ²
	積分時間 (s)	10.0	
	微分時間 (s)	0.0	
	設定値フィルタ	1.0	
	設定値フィルタ 1次遅れ (s)	10	
	バルブ応答 1次遅れ (s)	1.0	
	制御時間 (s)	0.0 ~ 32.1	
弁 WV402 全開時間 (s)	1.24	0.0 ~ 1.24	
弁 WV403 閉止時間 (s)	0.55	32.10 ~ 32.65	

(注) 弁 WV402 の開き始め時間を 0 秒とする。

(b) 弁の圧損係数

弁番号	圧損係数
WV401	10.92/12.22 (正流/逆流)
WV402	10.92/10.92 (正流/逆流)
WV403	10.92 (全開時) 開度依存
WV405-1	13.71/13.71 (正流/逆流)
WV405-2	13.71/14.36 (正流/逆流)

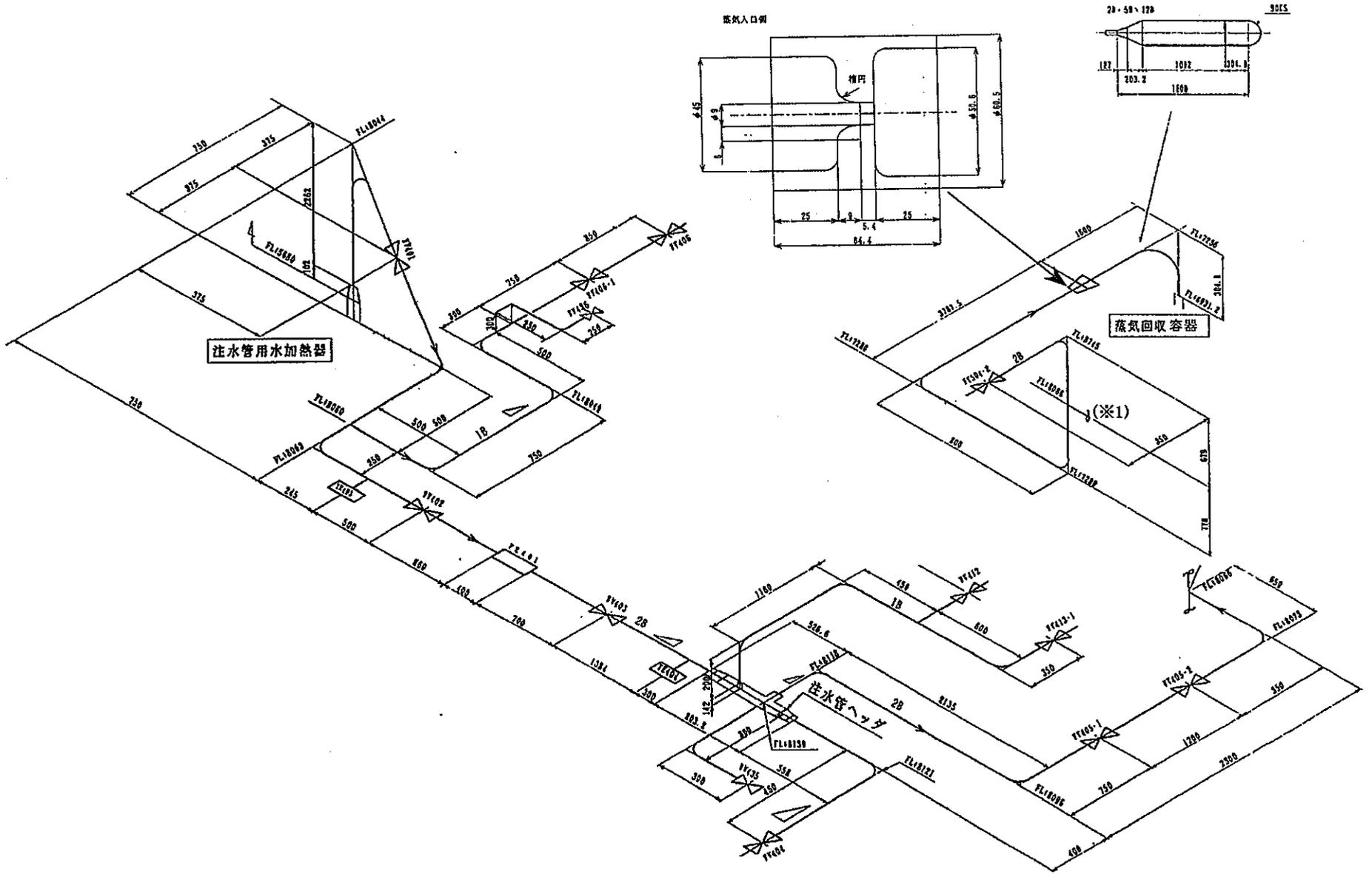
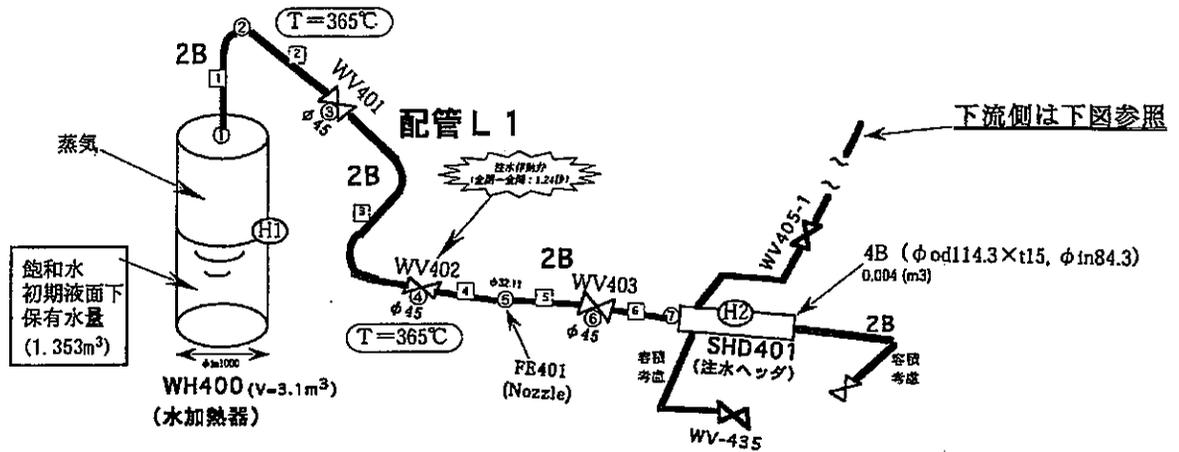


図 3.2-1 確認計算用配管配置図 (SWAT-3R)



＜材質＞
2.25Cr-1Mo

配管サイズ
2B(φod60.5×t8.7, φin43.1)
1B(φod34.0×t6.4, φin21.2)

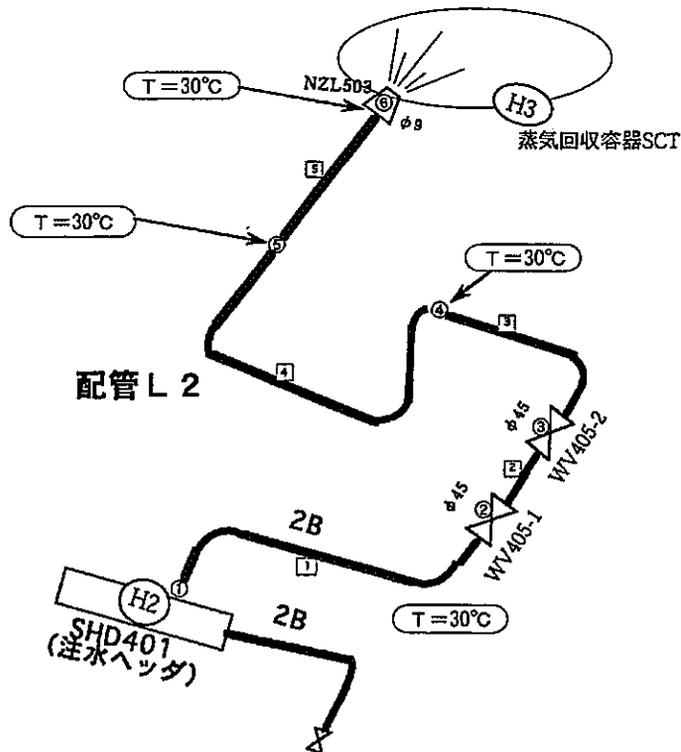
ネットワークモデル構成

- ・ヘッド (総数 3 個) : H1~H3
- ・配管 (総数 2 本) : L1~L2

各配管のセクション口、オリフィスO

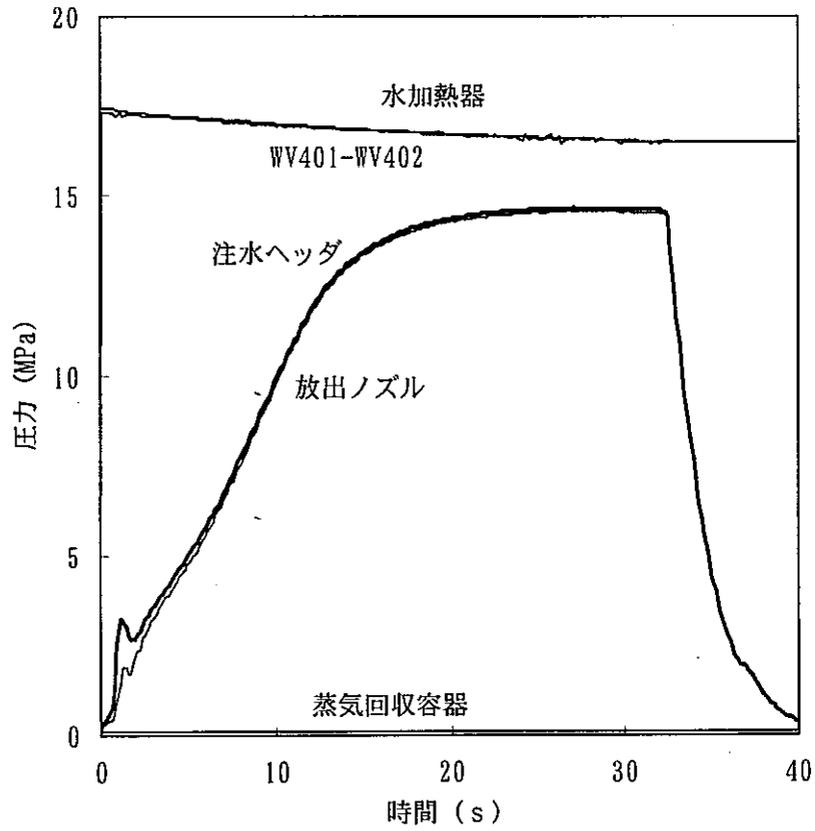
- ・配管-L1 : セクション数6, リラフィス数7
- ・配管-L2 : セクション数5, リラフィス数6

(a) 上流側 (水加熱器～注水ヘッド)

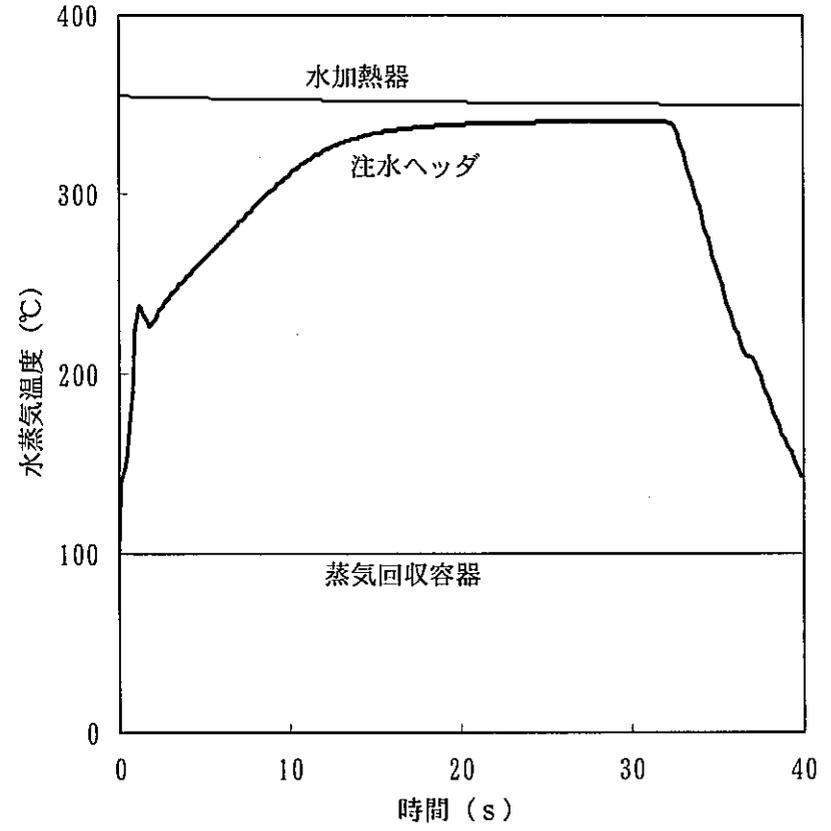


(b) 下流側 (注水ヘッド～蒸気回収容器)

図 3.2-2 PID 制御機能確認計算のネットワークモデル

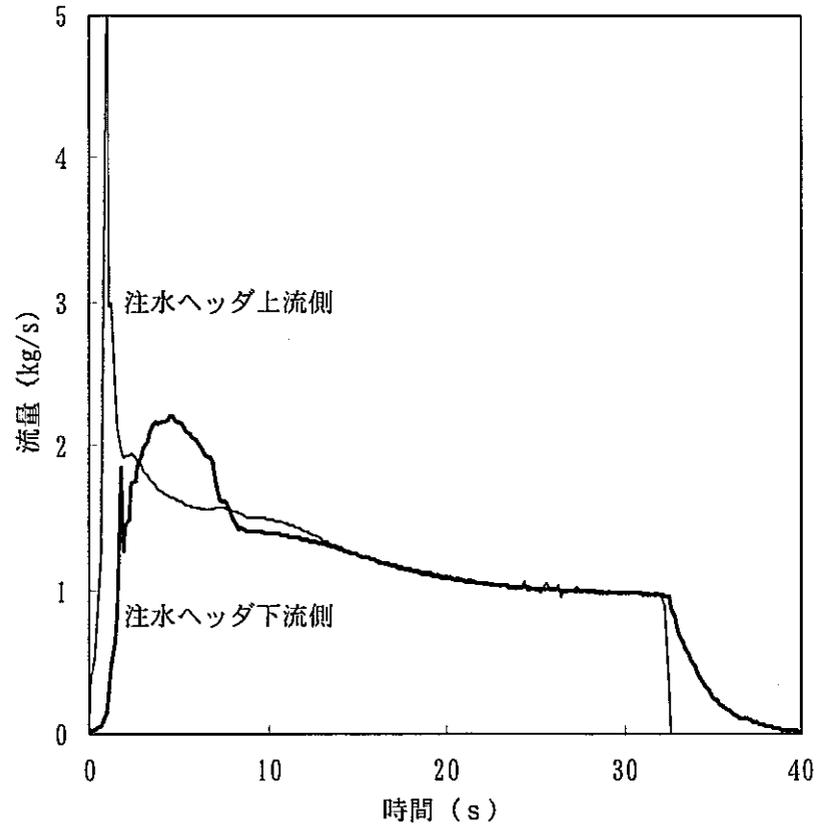


(a) 圧力変化

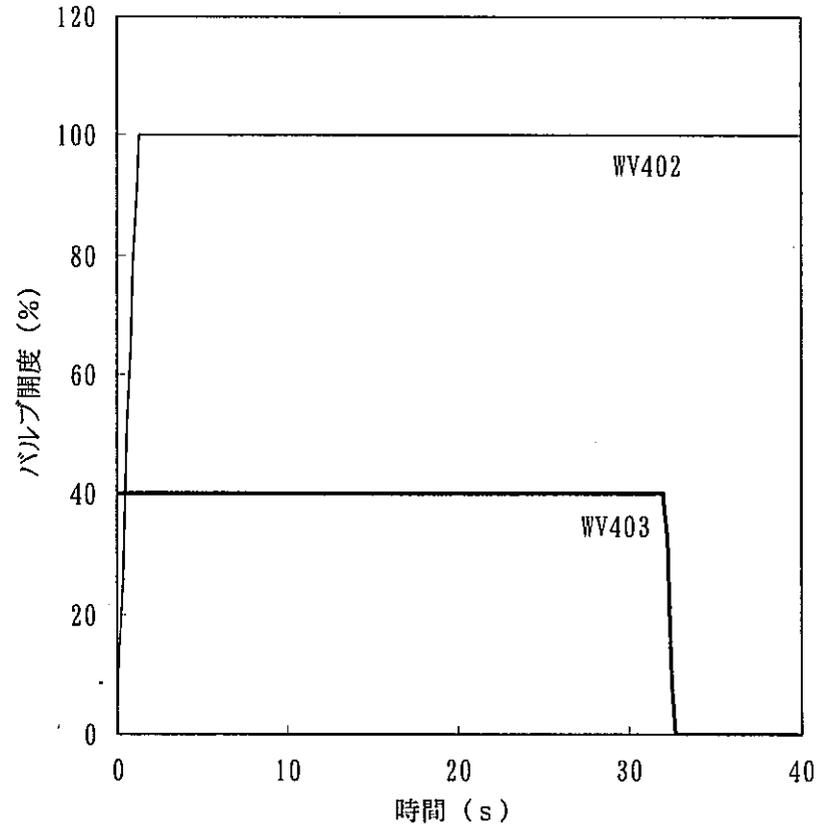


(b) 水蒸気温度変化

図 3.2-3(1/2) PID 制御機能の確認計算結果 (PID 制御なし)

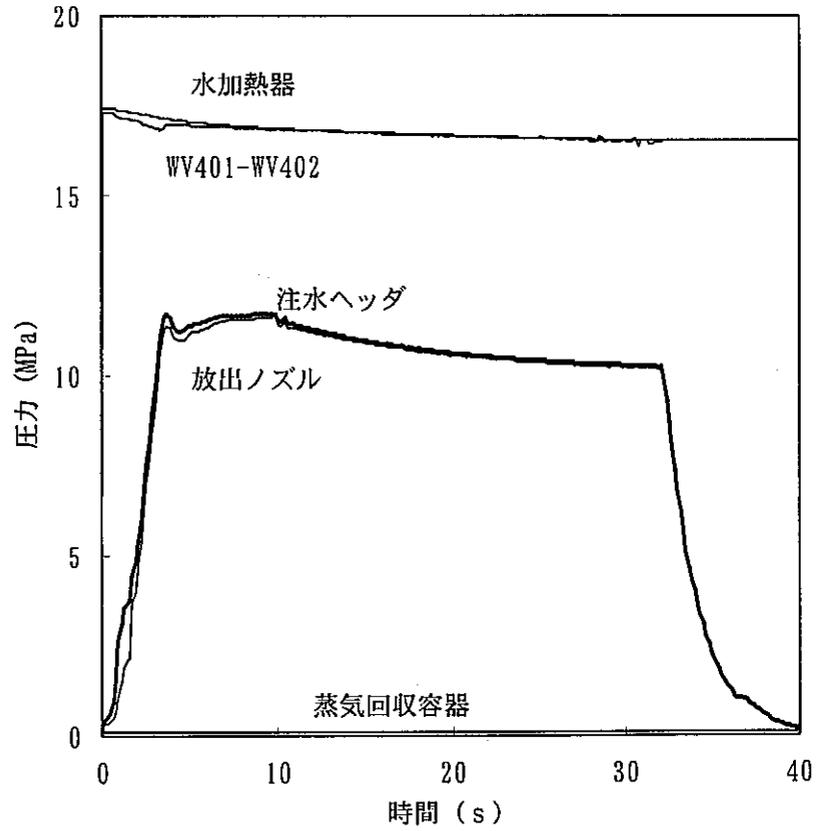


(c) 水蒸気流量変化

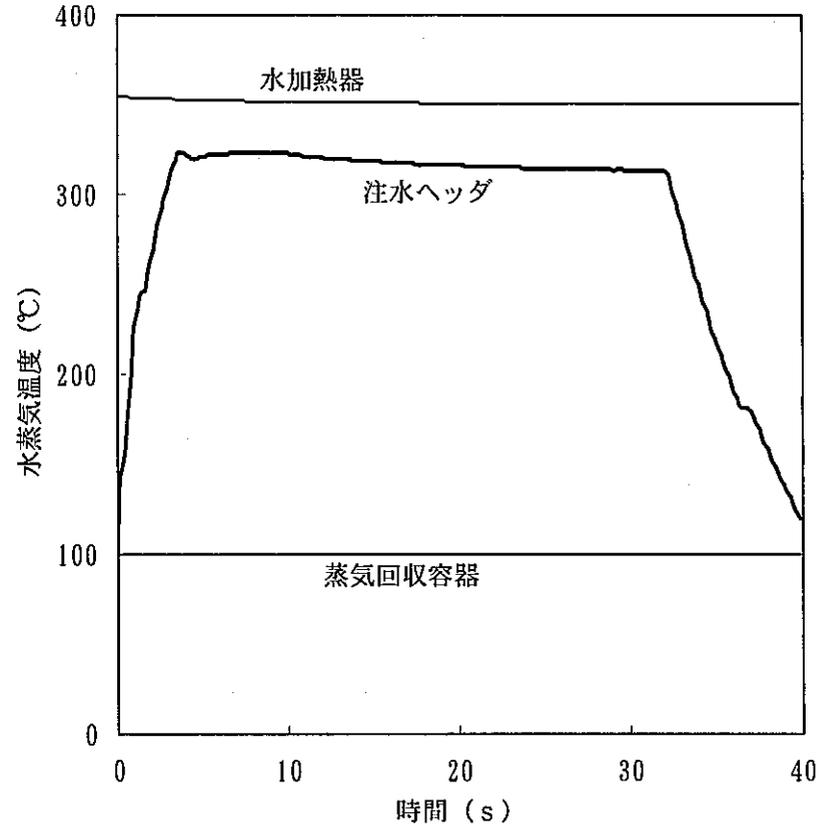


(d) 弁開度変化

図 3.2-3 (2/2) PID 制御機能の確認計算結果 (PID 制御なし)

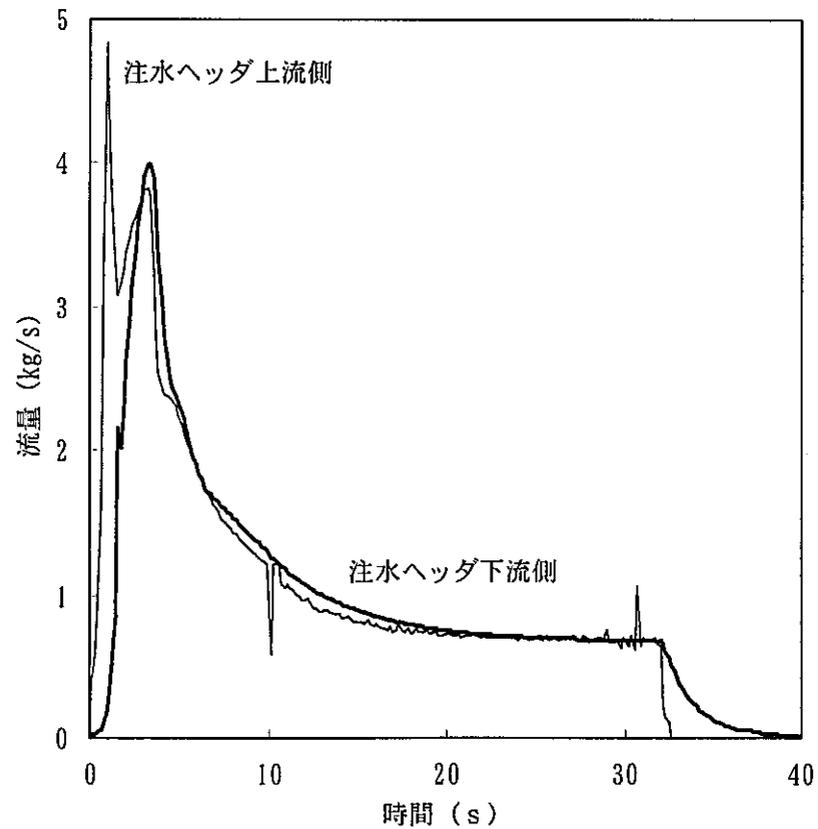


(a) 圧力変化

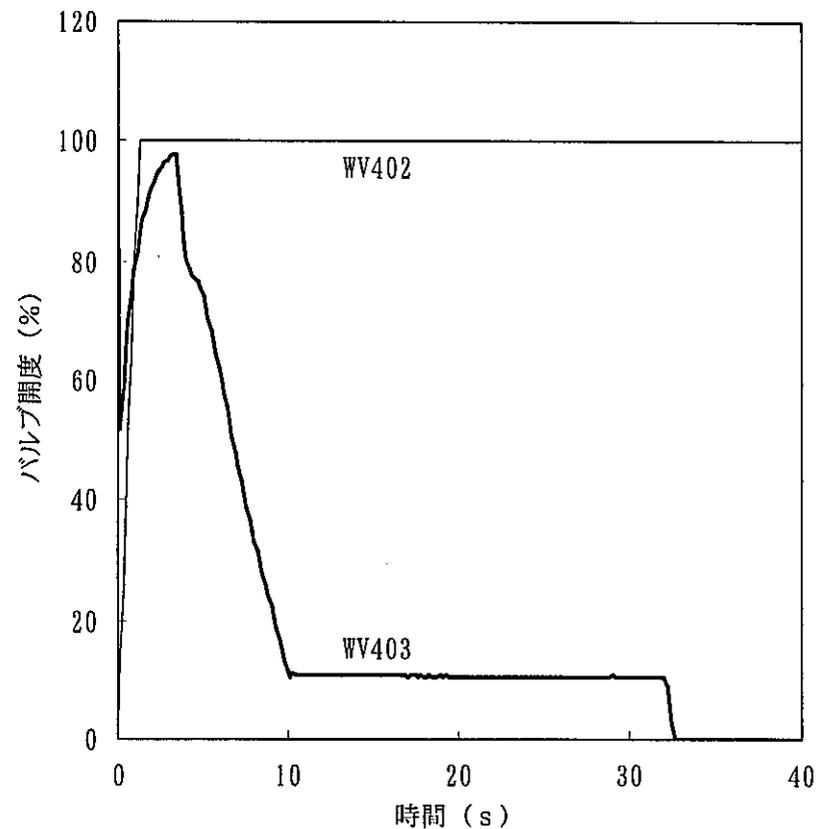


(b) 水蒸気温度変化

図 3.2-4 (1/2) PID 制御機能の確認計算結果 (PID 制御あり)

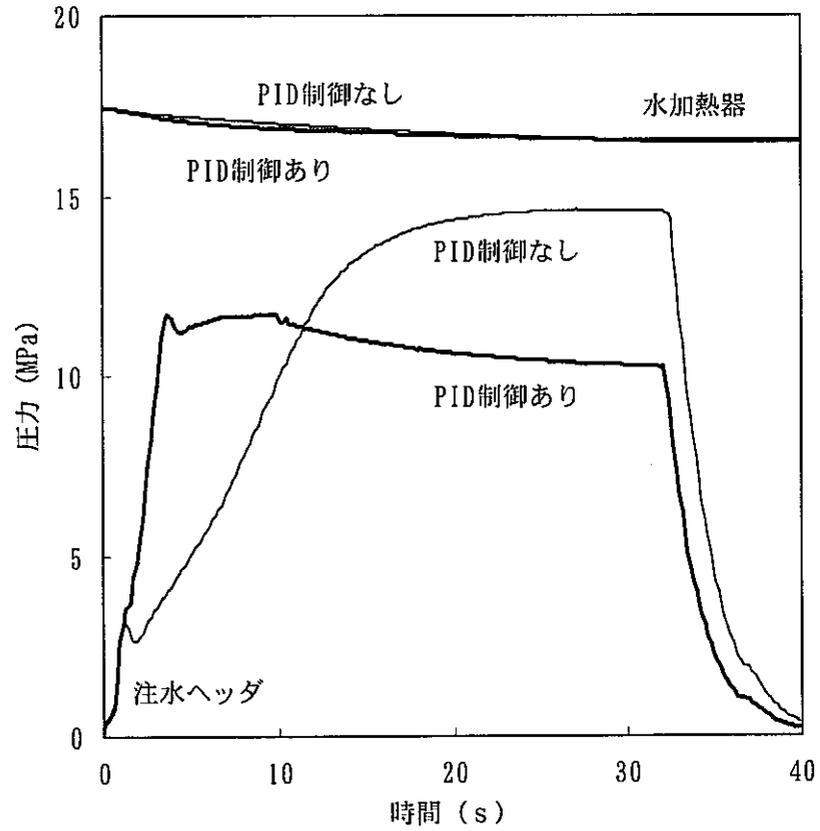


(c) 水蒸気流量変化

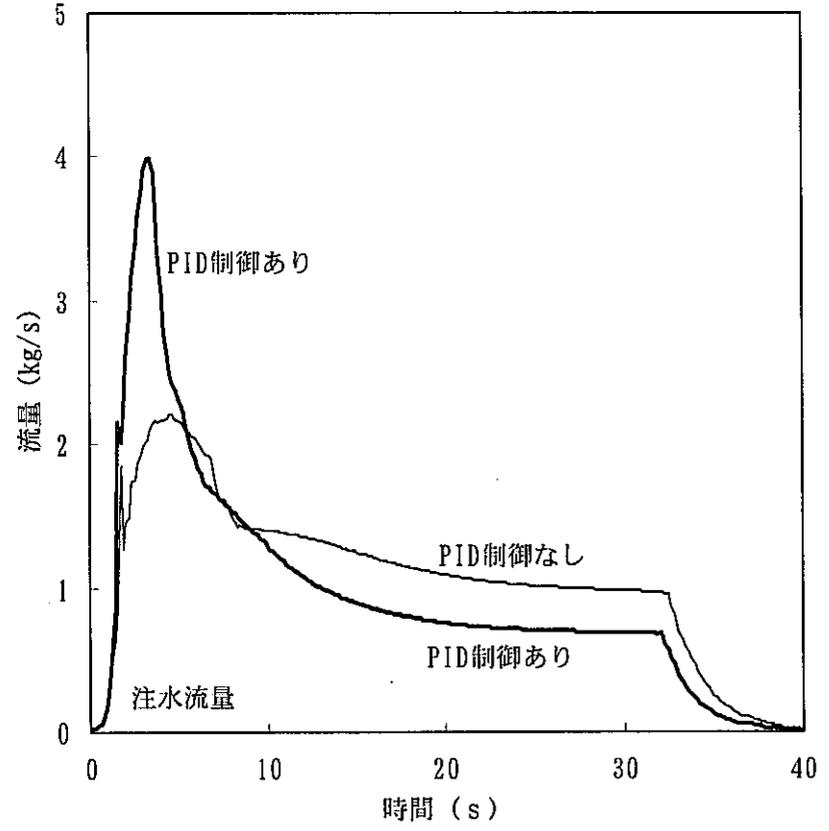


(d) 弁開度変化

図 3. 2-4 (2/2) PID 制御機能の確認計算結果 (PID 制御あり)



(a) 圧力変化



(b) 水蒸気流量変化

図 3.2-5 PID 制御機能の確認計算結果 (PID 制御の影響)

リスト 3.2-1 PID 制御機能の確認計算入力データ

```

C*****
C*          SWAT-3R (Tyusui-Kan Model) / Kinou Shiken Taikei /
C*****
TITLE
SWAT-3R / Kinou Shiken Tyusuikan / CRIT=2:Moody, Cd=0.60 /
C *
C * MAIN CONTROL DATA ( 1deg )
C *
C          ICLHD   ICLLG   ICLNA           ICLST   ISPRT
MN-CALC      10       1       0             0       0
C          TIINT   TIMAX   DTINT
MN-TIME     0.0     40.00  0.010
C          TDTBL   DTTBL   NPTBL
MN-STEP     0.0     0.010  500
            1.000E+9 0.010  500
C          IREST   KREST
MN-REST     0       1001
C
C          KCPRT   KCPLT   DTPRT   DTPLT
MN-OUTCN    1       1     5.000  0.160
C
C          <-----> <-----> <-----> <-----> <-----> <-----> <----->
MN-PLOT     P101000 P102000 P103000 P104000 P105000
            T101000 T102000 T103000 T104000 T105000
            M101000 M102000 M103000 M104000 M105000
            E101000 E102000 E103000 E104000 E105000
            P001035 P001051 P001061 P002031 P002059
            T001035 T001051 T001061 T002031 T002059
            W001035 W001051 W001061 W002031 W002059
            V001040 V001060 V002020 V002030 V002060
C
C          NHEAD   NLEGS   MDLVL   NVPID
MN-MODEL    03       02       02       01
C          MSLIP   MCRIT   MFRIC   MMULT
MN-MOPT1    03       02       02       01
C          (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7)
MN-MHTCF    02  01  00  02  02  02
C *
C * HEADER DATA
C *
C          IPA  IWL  FCFHD  FXSHD  FVIHD  SVDHD

```

```

HD-OPT1     2  0  1.000  2.000  5.000E-7  0.500
C *
C          NO      MLHD  NZHD  NWHD  KFW  KFI  KBA1  KBZ1  KBA2  KBZ2
HD-OPT2     1          1  11  03  0  0  0  0  0  0
            2          0  0  03  0  0  0  0  0  0
            3          0  0  03  0  0  14  15  0  0
            3          0  0  00  0  0  0  0  0  0
C
C          NO      VLHD   POHD   TOND   VOID   FXHD
HD-DAT1     1      3.100  177.81  363.59  0.5636  0.0
            2      0.0067  1.100  365.0  0.999  1.000
            3      1.000E+9  1.000  30.00  0.999  1.000
C          NO      WOHD   DSHD   DVHD
HD-DAT2     1      752.32  0.0  1.000
C          NO      ASWH   TINHI  CPWH   GMWH   CNWH   TOWH   HOWH
HD-WALL     1      13.542  0.135  0.136  7843.0  0.00878  30.00  0.0
            2      0.213  0.015  0.136  7843.0  0.00878  30.00  0.0
            3      31.28  0.030  0.130  7903.0  0.00513  30.00  0.0
C          HD  JN  ZLGHD (1)  ZLGHD (2)  ZLGHD (3)  ZLGHD (4)  ZLGHD (5)  ZLGHD (6)
HD-PIPE     1  12  4.000  0.0
C *
C * PIPE DATA
C *
C          ITN  IGV  INT  IWL  MST  NST  ERRLG  ERPLG  ERSLG
LG-OPT      50  0  100  0  2  20  0.010  0.010  1.000E+2
C
C          MDCV  J1CV  J2CV  J3CV
CLG-CKVL    0  0  0  0
C          KCBK  J1BK  J2BK  NPBK  NZBK  ZFBK
LG-RUPT     0  0  0  0  0  0.600
C          KCLK  J1LK  J2LK  J3LK  AXLK  AYLK  ZFLK  TXLK
CLG-LEAK    0  0  0  0  0.0  0.0  0.600  0.100
C
C          NO      NSLG  NPLG   ICLG  IFLG  IDLG   WOLG   FHLG
LG-PIPE     1          06  01  02  0  0  1  0.0  0.0
            2          05  02  03  0  0  1  0.0  0.0
C
C          NO      IPI  IPO  IGI  IGO  IHI  IHO
CLG-BC. 1
C          PBLG (1)  PBLG (2)  HBLG (1)  HBLG (2)

```

3.2-13

リスト 3.2-1 PID 制御機能の確認計算入力データ

CLG-BC. 2

C

C

LG-SECT

NO	SC	MSLG	NDW	ASLG	DSLG	XSLG	ZSLG	FSLG
1	1	09	03	1.459E-3	0.0431	2.364	+2.364	0.0
1	2	09	03	1.459E-3	0.0431	0.530	+0.006	0.0
1	3	09	03	1.459E-3	0.0431	2.025	+0.021	0.0
1	4	09	03	1.459E-3	0.0431	1.060	+0.011	0.0
1	5	09	03	1.459E-3	0.0431	0.900	+0.009	0.0
1	6	09	03	1.459E-3	0.0431	1.684	+0.017	0.0
2	1	09	03	1.459E-3	0.0431	3.285	-0.042	0.0
2	2	09	03	1.459E-3	0.0431	1.200	-0.012	0.0
2	3	09	03	1.459E-3	0.0431	1.000	-0.0105	0.0
2	4	09	03	1.459E-3	0.0431	3.178	-0.799	0.0
2	5	09	03	1.459E-3	0.0431	2.060	-0.021	0.0

C

C

LG-ORIF1

NO	OF	AOR	FNOR	FNOR	FCOR	FCOR
1	1	1.459E-3	0.449	1.000	0.449	1.000
1	2	1.459E-3	0.650	0.650	0.650	0.650
1	3	1.590E-3	10.92	12.22	10.92	12.22
1	4	0.0	10.92E+4	10.92E+4	10.92E+4	10.92E+4
1	5	8.098E-4	0.200	0.643	0.200	0.643
1	6	0.636E-3	68.25	68.25	68.25	68.25
1	7	5.581E-3	1.000	0.332	1.000	0.332
2	1	1.459E-3	0.332	2.300	0.332	2.300
2	2	1.590E-3	13.71	13.71	13.71	13.71
2	3	1.590E-3	13.71	14.36	13.71	14.36
2	4	1.459E-3	1.250	1.900	1.250	1.900
2	5	1.459E-3	1.300	0.0	1.300	0.0
2	6	6.362E-5	1.000	0.430	1.000	0.430

C

C

LG-ORIF2

NO	OF	POOR	TOOR	VOOR
1	1	1.100	365.0	0.999
1	2	1.100	365.0	0.999
1	3	1.100	365.0	0.999
1	4	1.100	365.0	0.999
1	5	1.100	365.0	0.999
1	6	1.100	365.0	0.999
1	7	1.100	365.0	0.999
2	1	1.100	30.00	0.999
2	2	1.100	30.00	0.999

2	3	1.100	30.00	0.999
2	4	1.100	30.00	0.999
2	5	1.100	30.00	0.999
2	6	1.100	30.00	0.999

C

C

LG-WALL1

NO	SC	ASWL	TIWL	CPWL	GMWL	CNWL
1	1	0.1354	0.0087	0.136	7843.0	0.00878
1	2	0.1354	0.0087	0.136	7843.0	0.00878
1	3	0.1354	0.0087	0.136	7843.0	0.00878
1	4	0.1354	0.0087	0.136	7843.0	0.00878
1	5	0.1354	0.0087	0.136	7843.0	0.00878
1	6	0.1354	0.0087	0.136	7843.0	0.00878
2	1	0.1354	0.0087	0.136	7843.0	0.00878
2	2	0.1354	0.0087	0.136	7843.0	0.00878
2	3	0.1354	0.0087	0.136	7843.0	0.00878
2	4	0.1354	0.0087	0.136	7843.0	0.00878
2	5	0.1354	0.0087	0.128	7843.0	0.00951

C

C

LG-WALL2

NO	SC	TOWL	HOWL	QOWL
1	1	30.00	0.00	0.0
1	2	30.00	0.00	0.0
1	3	30.00	0.00	0.0
1	4	30.00	0.00	0.0
1	5	30.00	0.00	0.0
1	6	30.00	0.00	0.0
2	1	30.00	0.00	0.0
2	2	30.00	0.00	0.0
2	3	30.00	0.00	0.0
2	4	30.00	0.00	0.0
2	5	30.00	0.278	0.0

C

C

LG-VALV

NO	J1VL	J2VL	NAVL	NFVL	(2)	(3)	(4)	TISVL	TIEVL
1	01	04	01	04	04	04	04	0.0	1.000E+9
2	01	06	02	04	04	04	04	32.10	1.000E+9

C

LG-PID1

NO	JPID	(2)	IPID	(2)	(3)	NPID	TSPID	TEPID
1	01	06	02	00	00	05	0.0	32.10

C

LG-PID2

NO	CKPID	CDPID	CIPID	CSPID	CFPID	CVPID
1	0.500	0.0	10.00	10.00	1.000	0.0
1	7.950E-9	0.0	10.00	10.00	1.000	1.000

LG-PID2

C

リスト 3.2-1 PID 制御機能の確認計算入力データ

```

C          CKPID = 0.5 * VALV (1.590E-3. M2) / PRES (10. E4. KG/M2)
C
C *
C *      TABLE DATA
C *
XY-TABLE  1 X    0.0    1.240    1.000E+9
           Y    0.0    1.590E-3  1.590E-3
           2 X    0.0    0.550    1.000E+9
           Y    0.636E-3 0.0      0.0
           Y    1.568E-4 0.0      0.0
           3 X    0.0    1.000E+9
           Y    10.92   10.92
           4 X    0.0    1.590E-5  1.590E-4  1.590E-3
           Y    10.92E+4 10.92E+4 10.92E+2 10.92
           5 X    0.0    1.000E+9
           Y    103.0E+4 103.0E+4
XY-TABLE  11 X   0.0    4.000
           Y    0.0    3.100
           14 X  0.0    1.000E+9
           Y    1.000   1.000
           15 X  0.0    1.000E+9
           Y    1.000   1.000
C *
C *      END OF DATA
C *
DATA-END

```

3.3 ブローダウン特性解析⁽³⁾

(1) 検討の着眼点

LEAP-BLOW コード (Ver. 1.30) を用いて、ブローダウン特性解析を実施し、従来コードによる解析結果との比較により改良の妥当性を確認する。また、新たに組み込んだ加熱管での限界熱流束 (CHF) 判定式と Post-CHF 伝熱相関式の解析コードへの組み込みの妥当性を確認する。

(2) 計算条件

a. 解析ケース

解析対象は、参考文献 (3) で実施したブローダウン特性解析と同様に蒸発器 (EV) と過熱器 (SH) から成る蒸気発生器廻りとし、以下に示す 3 ケースの水ブロー解析を実施する。各解析ケースの着眼点は以下のとおりである。

ケース「1」 定格出力からのブローダウン解析で、蒸発器の伝熱管を加熱伝熱管 (本解析ケースでは非加熱) と健全伝熱管の 2 チャンネルでモデル化し、ナトリウムからの伝熱を考慮する。

ケース「2A」 ケース「1」と同一の解析モデルを使用し、加熱伝熱管に局所加熱条件を付加するとともに、限界熱流束 (CHF) 判定式として「甲藤の式」、Post-CHF 伝熱相関式として「Condie-BengstonIVの式」を想定する。

ケース「2B」 ケース「2A」と同一の解析モデルを使用し、限界熱流束 (CHF) 判定式として「Tong の式」、Post-CHF 伝熱相関式として「Groeneveld 5.9 の式」を想定する。

ケース「1」の解析結果と参考文献 (3) に示す従来解析コード (LEAP-BLOW Ver. 1.20) の解析ケース「C1」の解析結果との比較を行ない、改良コードの妥当性を確認する。

また、ケース「1」の解析結果とケース「2A」及びケース「2B」の解析結果を比較することにより、新たに組み込んだ加熱管での限界熱流束 (CHF) 判定式と Post-CHF

伝熱相関式の解析コードへの組込みの妥当性を確認する。

b. 解析モデル

LEAP-BLOW コードによるブローダウン特性の解析モデルを図 3.3-1 に示す。

LEAP-BLOW の解析モデルは、9 個のヘッダで構成され、その間を水・蒸気系配管で連結し、ドレン弁や放出弁はヘッダに付加し考慮する。

蒸発器での伝熱管破損によるナトリウム-水反応を想定して、蒸発器伝熱管を加熱伝熱管（全伝熱管本数の 1 割に相当する 14 本を想定し、1 チャンネルでモデル化）と健全伝熱管（残りの 9 割に相当する 126 本を 1 チャンネルでモデル化）の 2 チャンネルでモデル化する。健全部の伝熱管管束部は、3 セクションに分割し、各セクションをさらに 8 メッシュに細分（計 24 メッシュ）して計算する。また、ケース「2A」及びケース「2B」の加熱伝熱管では、管束部の下部より 1/6 地点を加熱部の中心として想定し、ヘリカルコイル 2 周（1 周は、平均ヘリカルコイル径 1.93 m、伝熱管長さ 6.085 m）上方まで（合計 3 箇所）のジェットの広がりを想定する。

伝熱管を介してナトリウムと水系配管の熱交換を考慮し、蒸発器及び過熱器内で、伝熱管及び管束部のナトリウムの他に、内筒、シュラウド、外胴、センタパイプ部ナトリウム、ダウンコマ部ナトリウムの構造材及びナトリウムとの伝熱をモデルする。

LEAP-BLOW コードの水・蒸気系の各ヘッダの形状・構造データを表 3.3-1 に、水・蒸気側の各流路の形状・構造データを表 3.3-2 に、ナトリウム側の構造データを表 3.3-3 に整理した。また、初期条件の運転特性データを表 3.3-4 にまとめた。さらに、ケース「2A」及びケース「2B」で想定する加熱伝熱管の局所加熱条件を表 3.3-5 に示す。

LEAP-BLOW の各種計算モデルを以下にまとめる。

臨界流モデル	(水単相)	Henry-Fauske
	(二相域)	Moody
	(蒸気域)	断熱噴流
	(流出係数)	0.6

熱伝達モデル (水单相)	森・中山
(核沸騰)	Jens and Lottes
(膜沸騰)	Rohsenow-Dougall (ケース「1」)
	Condie-BengstonIVの式
	(ケース「2A」)
	Groeneveld 5.9 の式
	(ケース「2B」)
(蒸気域)	森・中山
限界熱流束モデル	Jens and Lottes
(加熱域)	甲藤の式 (ケース「2A」)
	Tong の式 (ケース「2B」)

c. 入力データ

上記の計算条件に基づくケース「1」の入力データをリスト 3.3-1 に、ケース「2A」の入力データをリスト 3.3-2 に示す。

(3) 解析結果

a. 従来解析結果との比較

ケース「1」の解析結果を図 3.3-2 に示し、参考文献 (3) で実施した LEAP-BLOW Ver. 1.20 の解析結果と比較して図 3.3-3 に示す。

図 3.3-3 (2/4) に示す LEAP-BLOW Ver. 1.30 のブロー流量が LEAP-BLOW Ver. 1.20 に比べやや小さいことに起因して、図 3.3-3 (1/4) に示す LEAP-BLOW Ver. 1.30 の蒸発器 (EV) ヘッド圧力の低下がやや遅れているが、過熱器 (SH) ヘッド圧力等のそれ以外のブローダウン挙動の解析結果は、両者とも良い一致を示している。蒸発器入口のブロー流量が異なる原因としては、LEAP-BLOW Ver. 1.20 の臨界流量の計算範囲が約 13MPa 以下の圧力であり、約 13MPa 以上の圧力に対する臨界流量は外挿で求めていること、及び LEAP-BLOW Ver. 1.20 の解析で用いた蒸発器ブロー弁の臨界流流出係数は上記の理由により 0.8 (LEAP-BLOW Ver. 1.30 の臨界流流出係数は 0.6) を想定しているためと考えられる。

また、図 3.3-3 (3/4) に示す伝熱管内の冷却材流量変化を比較すると、LEAP-BLOW Ver. 1.30 の水・蒸気表ライブラリの物性値が LEAP-BLOW Ver. 1.20 で発生している不整合 (2.2 章を参照) を解消しているため、数値計算上の振動を小さく押さえられている。

以上の結果より、ブローダウン特性解析について、LEAP-BLOW Ver. 1.30 の改良の妥当性を確認することができた。

b. 限界熱流束 (CHF) 判定式と Post-CHF 伝熱相関式の効果

加熱伝熱管に局所加熱条件を付加した、ケース「2A」の解析結果を図 3.3-4、ケース「2B」の解析結果を図 3.3-5 に示し、ケース「1」(局所加熱は考慮していない) の解析結果と比較して図 3.3-6 に示す。

図 3.3-6 より加熱の影響及び CHF 判定式と Post-CHF 伝熱相関式の効果を調べると、図 3.3-6 (1/7) の (a) に示す蒸発器入口ヘッダ圧力の低下は、ケース「1」に比べてケース「2A」及びケース「2B」のほうが若干早くなっている。これは、後述の膜沸騰熱伝達率 (図 3.3-6 (6/7) の (I)) の相違によりケース「2A」及びケース「2B」蒸気出口温度 (出口エンタルピ) (図 3.3-6 (2/7) の (d)) が低いため、蒸発器出口のブロー流量が増加したためと考えられる。一方、図 3.3-6 (1/7) の (b) に示す過熱器ヘッダ圧力には有意な差は生じていない。これは、6 秒で蒸発器と過熱器の間に設置された、過熱器入口止め弁が閉鎖され、蒸発器の局所加熱の影響が過熱器に及ばないためである。

図 3.3-6 (2/7) に示す蒸発器の健全伝熱管の管束部出入口冷却材温度は、飽和温度である入口温度がヘッダ圧力の影響、出口温度は加熱伝熱管の影響によりケース「1」とケース「2A」及び「2B」に温度差が生ずるが、いずれも小さい。なお、後述 (図 3.3-6 (6/7) の (I)) で示す膜沸騰熱伝達相関式の違いにより、ケース「2A」及びケース「2B」の熱伝達率がケース「1」よりも低く伝熱量も小さいため、ケース「2A」及びケース「2B」における健全伝熱管の初期管束部出口冷却材温度はケース「1」よりも低くなっている。一方、図 3.3-6 (3/7) の (f) に示す加熱伝熱管の管束部出口冷却材温度の場合は、局所加熱の影響でケース「1」とケース「2A」およびケース「2B」の解析結果は、それぞれ最大約 100℃及び 110℃の温度差が生じる。

図 3.3-6 (4/7) の (g) に示す加熱管加熱部の冷却材温度の場合、ケース「1」とケース「2A」及びケース「2B」の解析結果は、それぞれ最大 200℃及び 240℃の温度差が生じる。図 3.3-6 (4/7) の (h) に示す冷却材クオリティより、ケース「1」では減圧沸騰による緩やかなクオリティの上昇であるのに対し、ケース「2A」及びケース「2B」では外部加熱により短時間（約 5 秒～約 20 秒）で冷却材が沸騰している。その後、図 3.3-6 (5/7) の (i) に示すように約 20 秒以降に冷却材流量が正流で安定すると、蒸発器入口ヘッドから低温の水・蒸気が供給されるため、いったん、ケース「2A」及び「2B」のクオリティが低下し、二相状態となる。

図 3.3-6 (6/7) の (k) に示す加熱管加熱部の内表面熱流束は、非加熱のケース「1」のみ小さい。また、図 3.3-6 (6/7) の (l) において、膜沸騰熱伝達相関式の相違により 40 秒から 80 秒における安定した膜沸騰状態において、ケース「2A」及び「2B」の熱伝達率はケース「1」のそれぞれ約 20%と約 30%となる。このため、図 3.3-6 (7/7) に示す「2A」及び「2B」の伝熱管温度（加熱管加熱部）は、約 15MPa の初期状態で約 500～600℃であるが、ブローダウンに伴う圧力低下に従い、最大約 1100℃（ケース「2A」）、最大約 1080℃（ケース「2A」）まで上昇する。

以上の結果より、ブローダウン特性解析において、新たに組み込んだ加熱管での限界熱流束（CHF）判定式と Post-CHF 伝熱相関式の計算機能が解析コードに正常に組み込まれており、高温ラプチャ評価に用いる伝熱管内部の水・蒸気圧力条件、及び伝熱管温度条件が得られることを確認した。

(4) まとめ

ブローダウン特性解析を今回改良した LEAP-BLOW コード（Ver. 1.30）を用いて実施し、従来コードとの比較により改良後の解析コードの妥当性を確認した。また、新たに組み込んだ加熱管での限界熱流束（CHF）判定式と Post-CHF 伝熱相関式の感度解析を実施し、これらの計算機能が解析コードに正常に組み込まれていることを確認した。

表 3.3-1 ブローダウン特性解析のヘッダ形状・構造データ

ヘッダ 番号	体積 m ³	表面積 m ²	比熱 kcal/(kg・℃)	比重量 kg/m ³	熱伝導率 kcal/(m・s・℃)	壁厚 m	外気温度 ℃	表面熱伝達率 kcal/(m ² ・s・℃)	備考
1	0.035	0.0(*1)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	
2	2.160	0.0(*1)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	蒸発器 給水ヘッダ
3	1.340	0.0(*1)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	蒸発器 蒸気ヘッダ
4	0.050	0.0(*1)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	
5	6.680	0.0(*1)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	気水分離器
6	0.050	0.0(*1)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	
7	2.160	0.0(*1)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	過熱器 入口ヘッダ
8	1.340	0.0(*1)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	過熱器 出口ヘッダ
9	0.063	0.0(*1)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	—(*2)	

(*1) 流体と構造材の伝熱は考慮しない。

(*2) 未使用

表 3.3-2 (1/2) ブローダウン特性解析の水系配管形状・構造データ

配管 番号	セクション 番号	メッシュ 分割	流路断面積 (m ²)	水力等価直径 (m)	流路長さ (m)	流路高低差 (m)	構造材接液 面積 (m ² /m)	構造材肉厚 (m)	備考
1	1	6	0.0347	0.2102	7.125	0.000	0.6604	0.0286	
	2	6	0.0347	0.2102	7.125	0.000	0.6604	0.0286	
2	1	8	0.05436	0.0234	12.300	-11.410	9.2781	0.0042	伝熱管ダウンカマ 蒸発器管東部下 蒸発器管東部中央 蒸発器管東部上
	2	8	0.05436	0.0234	22.133	1.803	9.2781	0.0042	
	3	8	0.05436	0.0234	22.133	1.803	9.2781	0.0042	
	4	8	0.05436	0.0234	22.133	1.803	9.2781	0.0042	
	5	8	0.05436	0.0234	6.000	6.000	9.2781	0.0042	
3	1	5	0.0498	0.2519	23.940	0.000	0.7914	0.0333	
	2	5	0.0498	0.2519	23.940	0.000	0.7914	0.0333	
4	1	5	0.0498	0.2519	3.675	0.000	0.7914	0.0333	
	2	5	0.0498	0.2519	3.675	0.000	0.7914	0.0333	
5	1	5	0.0498	0.2519	8.675	0.000	0.7914	0.0333	
	2	5	0.0498	0.2519	8.675	0.000	0.7914	0.0333	
6	1	5	0.0498	0.2519	3.825	0.000	0.7914	0.0333	
	2	5	0.0498	0.2519	3.825	0.000	0.7914	0.0333	
7	1	5	0.0671	0.0241	11.500	-7.300	11.1300	0.0039	伝熱管ダウンカマ 過熱器管東部下 過熱器管東部上
	2	8	0.0671	0.0241	14.450	1.150	11.1300	0.0039	
	3	8	0.0671	0.0241	14.450	1.150	11.1300	0.0039	
	4	8	0.0671	0.0241	5.000	5.000	11.1300	0.0039	
8	1	8	0.0634	0.2842	12.875	0.000	0.8928	0.0357	

表 3.3-2 (2/2) ブローダウン特性解析の水系配管形状・構造データ

配管 番号	セクション 番号	メッシュ 分割	流路断面積 (m ²)	水力等価直径 (m)	流路長さ (m)	流路高低差 (m)	構造材接液 面積 (m ² /m)	構造材肉厚 (m)	備考
9 (*1)	1	8	0.00604	0.0234	12.300	-11.410	1.0309	0.0042	伝熱管ダウンカマ
	2	8	0.00604	0.0234	22.133	1.803	1.0309	0.0042	蒸発器管東部下部
	3	8	0.00604	0.0234	22.133	1.803	1.0309	0.0042	蒸発器管東部中央
	4	8	0.00604	0.0234	22.133	1.803	1.0309	0.0042	蒸発器管東部上部
	5	8	0.00604	0.0234	6.000	6.000	1.0309	0.0042	
9 (*2)	1	8	0.00604	0.0234	12.300	-11.410	1.0309	0.0042	伝熱管ダウンカマ
	2	4	0.00604	0.0234	10.817	0.881	1.0309	0.0042	蒸発器管東部 1/6
	3-22	1	0.00604	0.0234	0.025	0.002	1.0309	0.0042	加熱部 (1)
	23	2	0.00604	0.0234	5.585	0.455	1.0309	0.0042	他セクター
	24-43	1	0.00604	0.0234	0.025	0.002	1.0309	0.0042	加熱部 (2)
	44	2	0.00604	0.0234	5.585	0.455	1.0309	0.0042	他セクター
	45-64	1	0.00604	0.0234	0.025	0.002	1.0309	0.0042	加熱部 (3)
	65	8	0.00604	0.0234	20.781	1.693	1.0309	0.0042	蒸発器管東部中央
	66	8	0.00604	0.0234	22.133	1.803	1.0309	0.0042	蒸発器管東部上部
	67	8	0.00604	0.0234	6.000	6.000	1.0309	0.0042	

(*1) ケース「1」で使用するデータ

(*2) ケース「2A」及び「2B」で使用する加熱伝熱管のデータ、局所加熱条件は表 3.3-5 を参照

表 3.3-3 ブローダウン特性解析のナトリウム側の形状・構造データ

項目	単位	蒸発器	過熱器
ナトリウム重量・上部プレナム	(kg)	5900	4650
・下部プレナム	(kg)	3000	3030
・ダウンカマ部	(kg)	6930	3860
・管束部	(kg)	12340	5680
・センタパイプ	(kg)	5230	4010
ナトリウム流路面積・ダウンカマ部	(m ²)	1.100	1.030
・管束部	(m ²)	1.814	1.970
・センタパイプ	(m ²)	1.080	1.350
水力等価直径・ダウンカマ部	(m)	0.165	0.119
・管束部	(m)	0.109	0.109
・センタパイプ	(m)	1.312	1.312
構造材重量・外胴	(kg)	19200	8500
・シュラウド	(kg)	14200	5520
・内筒	(kg)	6480	2650
構造材板厚・外胴	(m)	0.030	0.025
・シュラウド	(m)	0.030	0.019
・内筒	(m)	0.030	0.019
伝熱面積・Na-伝熱管(ダウンカマ部)	(m ²)	88.20	46.50
・Na-外胴(ダウンカマ部)	(m ²)	68.02	41.20
・Na-シュラウド(ダウンカマ部)	(m ²)	59.36	36.60
・Na-伝熱管(管束部)	(m ²)	745.10	355.60
・Na-シュラウド(管束部)	(m ²)	58.50	36.40
・Na-内筒(管束部)	(m ²)	26.00	17.90
・Na-内筒(センタパイプ)	(m ²)	26.00	17.90
構造材物性値・比熱	(kcal/(kg・℃))	0.118	0.118
・熱伝導度	(kcal/(m・s・℃))	0.013	0.013

表 3.3-4 ブローダウン特性解析の運転特性データ

(a) 水/蒸気系・ヘッド部データ

ヘッド 番号	初期圧力 kg/cm ²	初期ボイド率 -	初期温度 ℃	エンタルピー kcal/kg	備考
1	153.1	0.0	240.0	248.2	
2	153.0	0.0	240.0	248.2	蒸発器・給水ヘッド
3	146.4	1.0	368.4	682.2	蒸発器・蒸気ヘッド
4	145.4	1.0	368.4	682.2	
5	145.0	1.0	368.4	682.2	気水分離器
6	144.4	1.0	368.4	682.2	
7	143.9	1.0	368.4	682.2	過熱器・入口ヘッド
8	132.0	1.0	487.0	788.6	過熱器・出口ヘッド
9	131.3	1.0	487.0	788.6	

(b) 水/蒸気系・流路データ

流路 番号	初期流量 kg/s	放熱量 kcal/s	熱伝達率 kcal/(s・m ² ・℃)	備考
1	105.0	0.0	0.0	
2	105.0	-45570.0	2.5	蒸発器・伝熱管
3	105.0	0.0	0.0	
4	105.0	0.0	0.0	
5	105.0	0.0	0.0	
6	105.0	0.0	0.0	
7	105.0	-11180.0	2.5	過熱器・伝熱管
8	105.0	0.0	0.0	

(c) ナトリウム系データ

項目	単位	蒸発器	過熱器
冷却材流量	kg/s	1036.0	1036.0
上部プレナム温度	℃	469.0	505.0
下部プレナム温度	℃	325.0	469.0

表 3.3-5 加熱伝熱管の局所加熱条件

(a) 局所加熱長さ

局所加熱領域長さ：500mm/箇所×3箇所

(b) 局所加熱部温度分布、熱伝達率分布

No.	場所(*)	表面温度	表面熱伝達率
単位	mm	℃	kcal/(m ² ·s·℃)
1	-250 ~ -225	605	5.54
2	-225 ~ -200	707	6.50
3	-200 ~ -175	804	7.43
4	-175 ~ -150	894	8.29
5	-150 ~ -125	974	3.01
6	-125 ~ -100	1042	1.87
7	-100 ~ -75	1097	1.41
8	-75 ~ -50	1137	1.18
9	-50 ~ -25	1162	1.09
10	-25 ~ 0	1170	1.04
11	0 ~ 25	1170	1.04
12	25 ~ 50	1162	1.09
13	50 ~ 75	1137	1.18
14	75 ~ 100	1097	1.41
15	100 ~ 125	1042	1.87
16	125 ~ 150	974	3.01
17	150 ~ 175	894	8.29
18	175 ~ 200	804	7.43
19	200 ~ 225	707	6.50
20	225 ~ 250	605	5.54

(*) 加熱中心からの距離

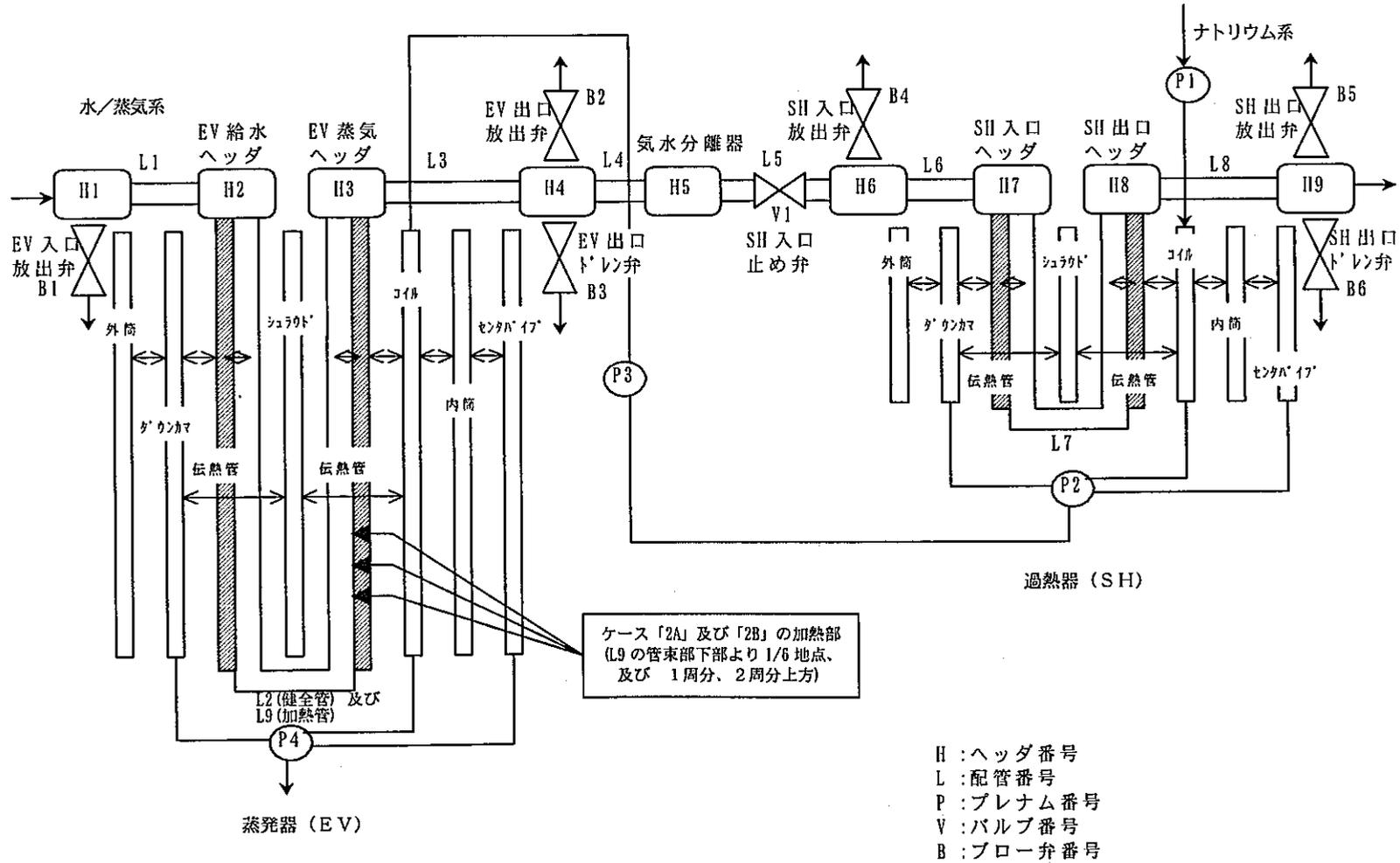
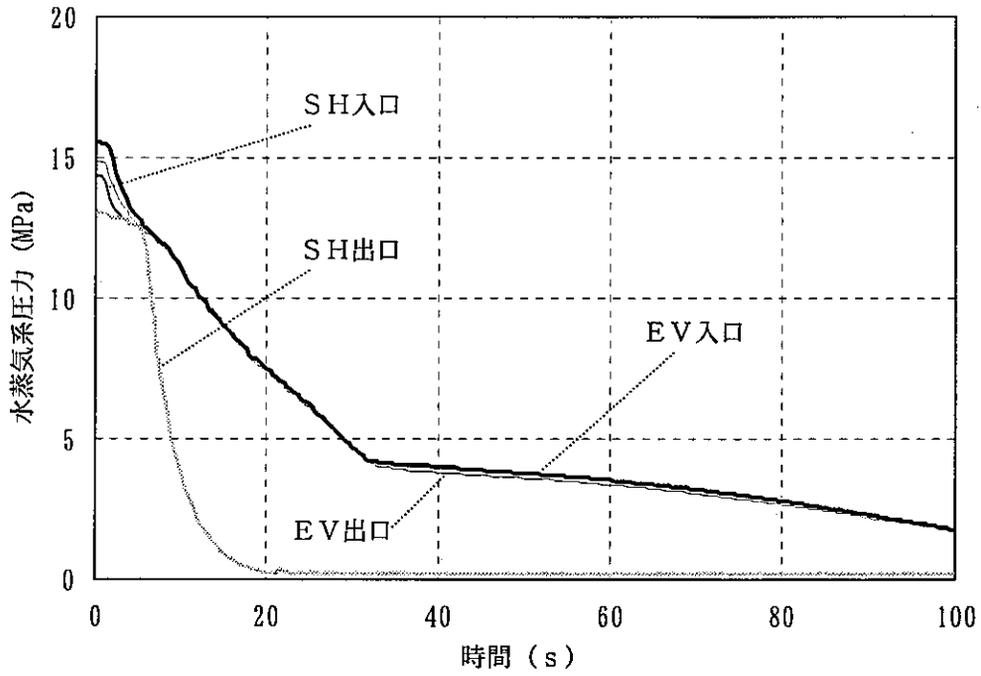
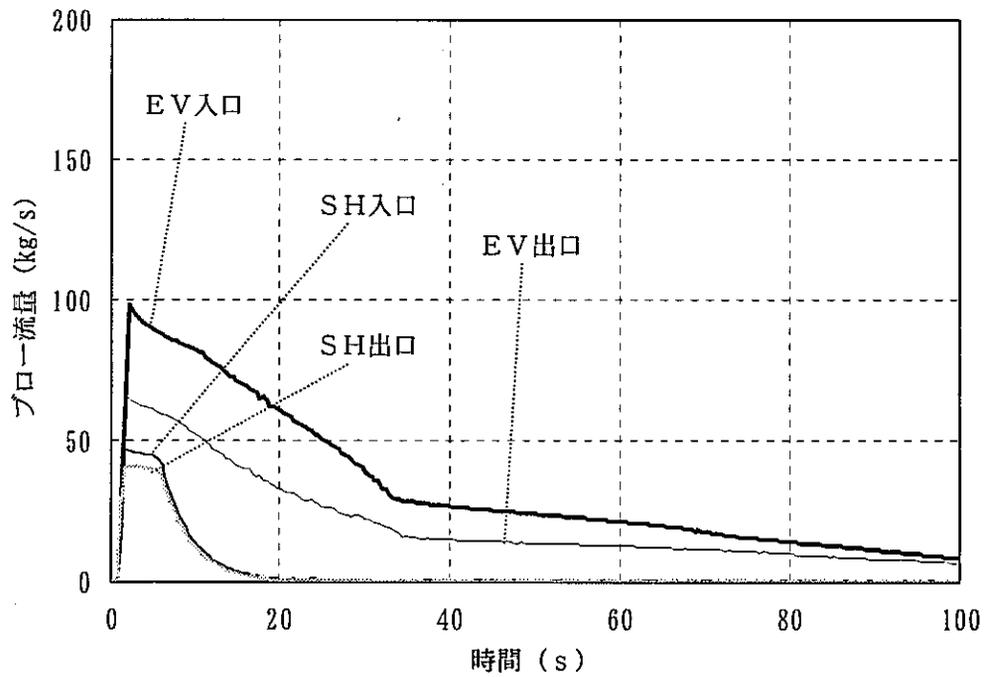


図 3.3-1 ブローダウン特性解析モデル

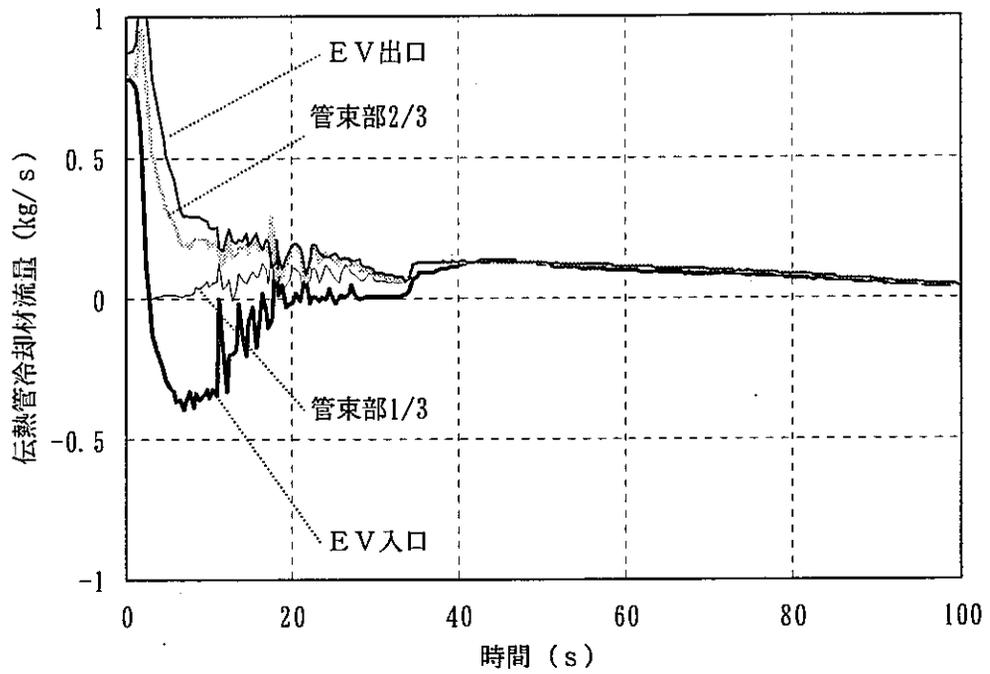


(a) ヘッダ圧力

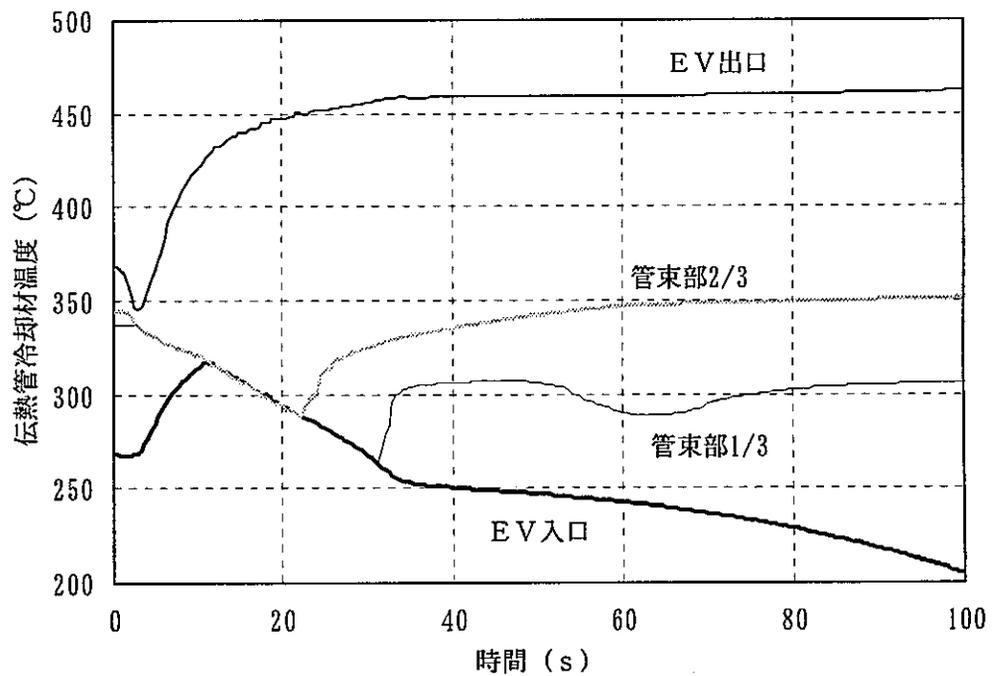


(b) ブロー流量

図 3.3-2 (1/3) ブローダウン特性解析結果 (ケース「1」)

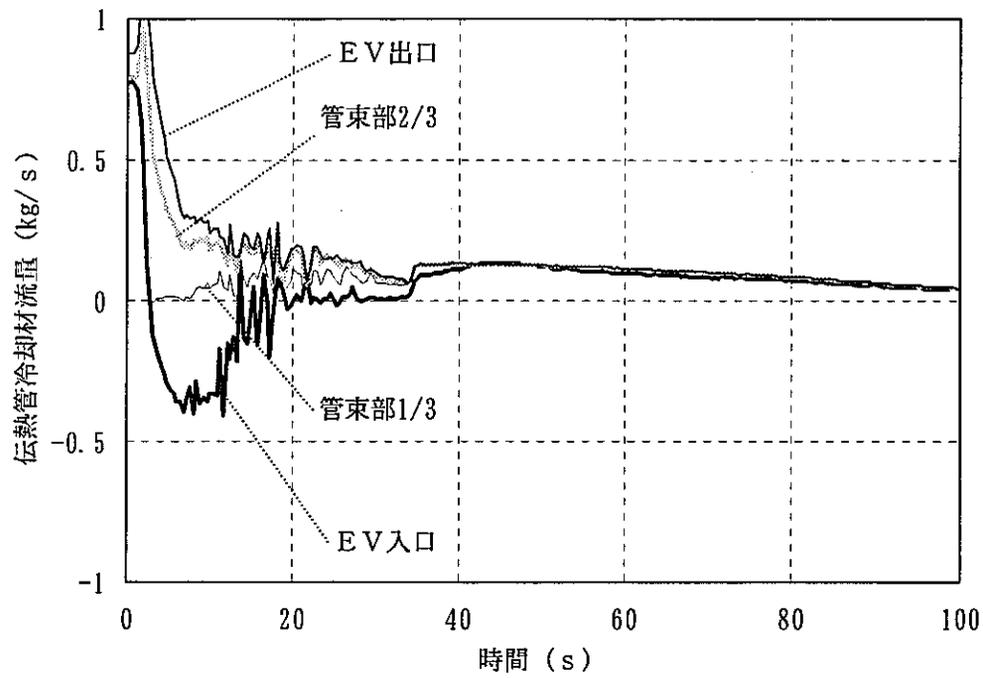


(c) 伝熱管内冷却材流量 (健全管)

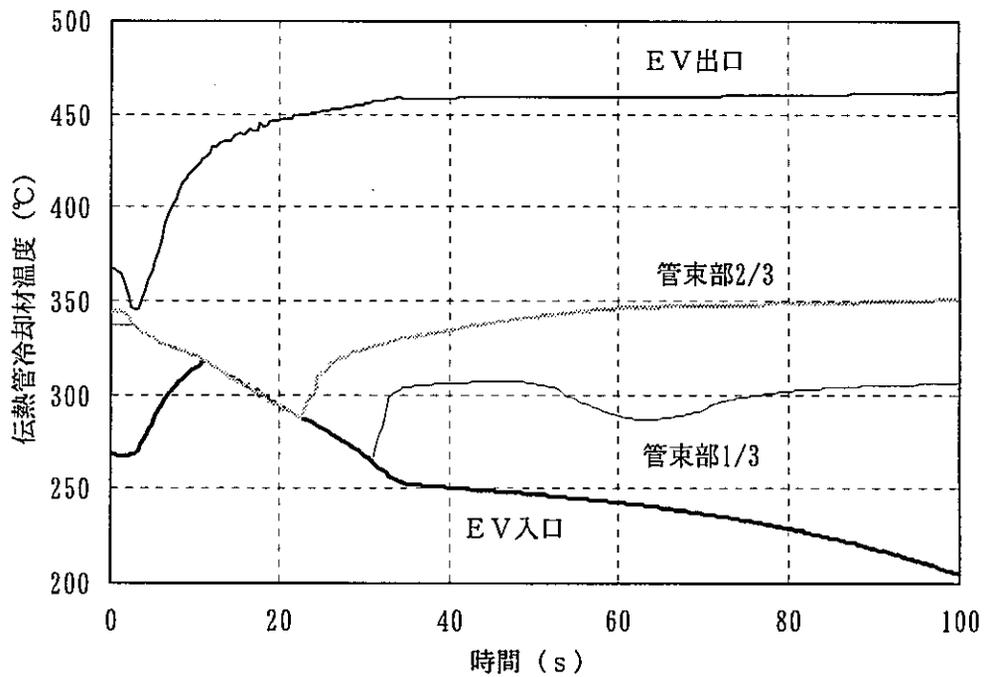


(d) 伝熱管内冷却材温度 (健全管)

図 3.3-2 (2/3) ブローダウン特性解析結果 (ケース「1」)

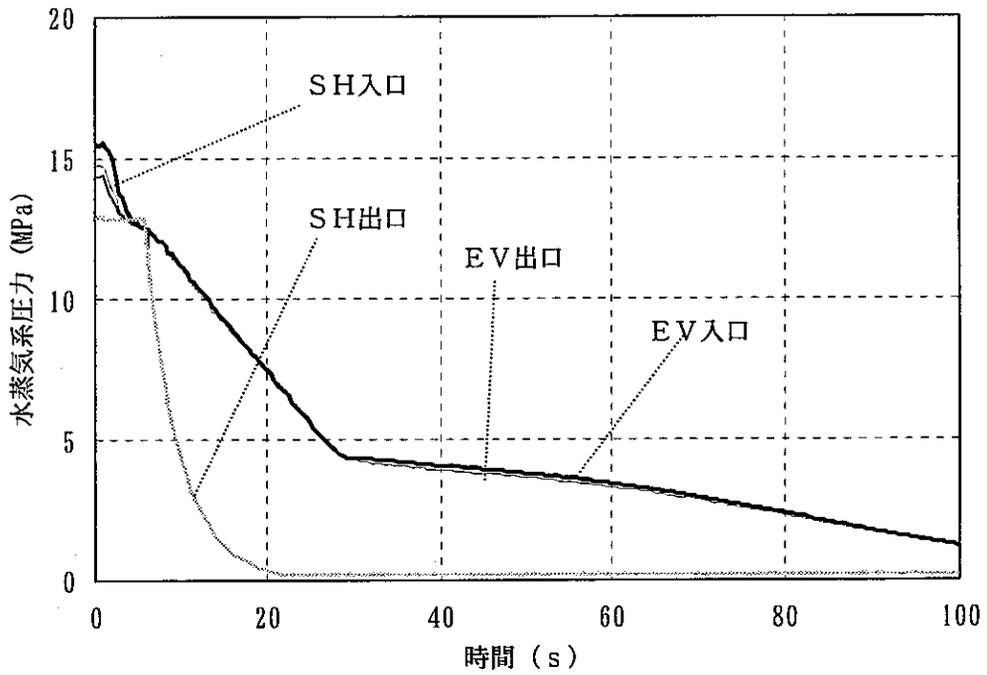


(e) 伝熱管内冷却材流量 (加熱管、加熱なし)

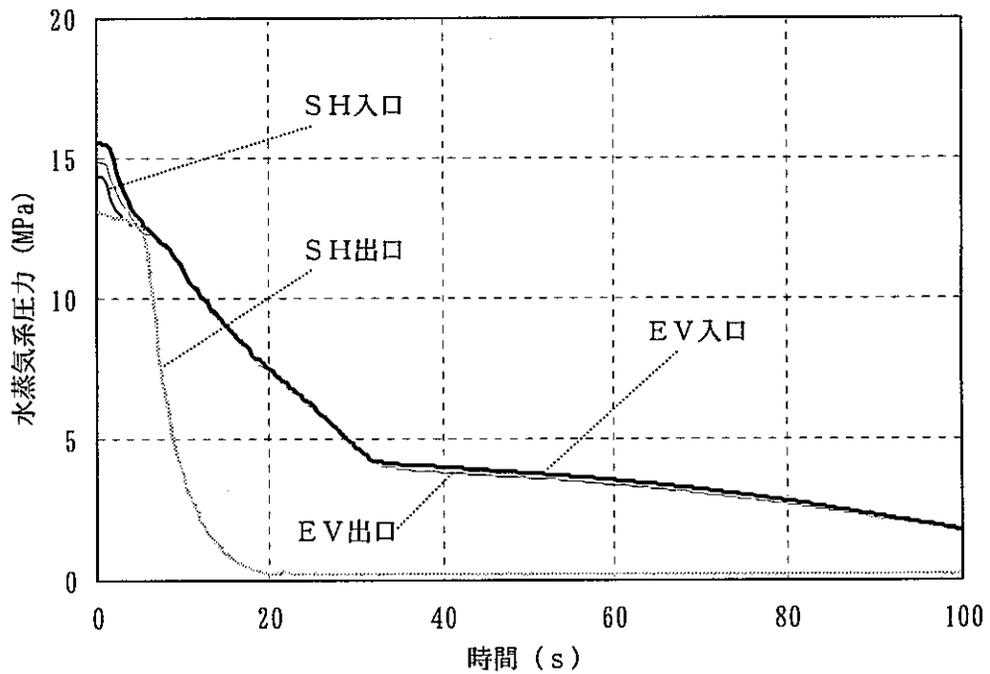


(f) 伝熱管内冷却材温度 (加熱管、加熱なし)

図 3.3-2 (3/3) ブローダウン特性解析結果 (ケース「1」)

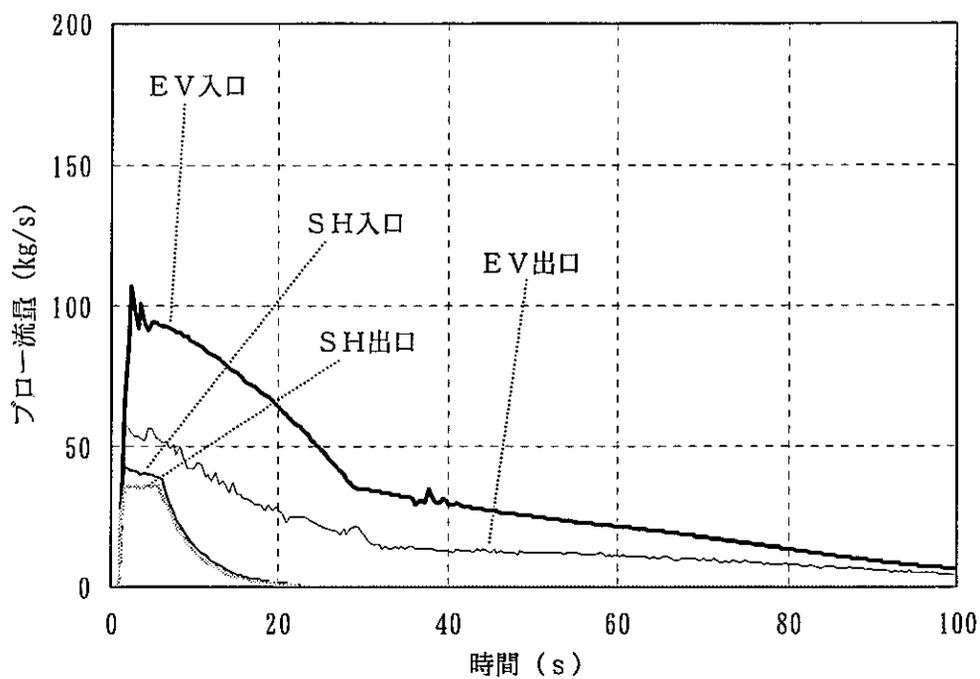


(a) LEAP-BLOW Ver. 1.20 解析結果 (ヘッド圧力)

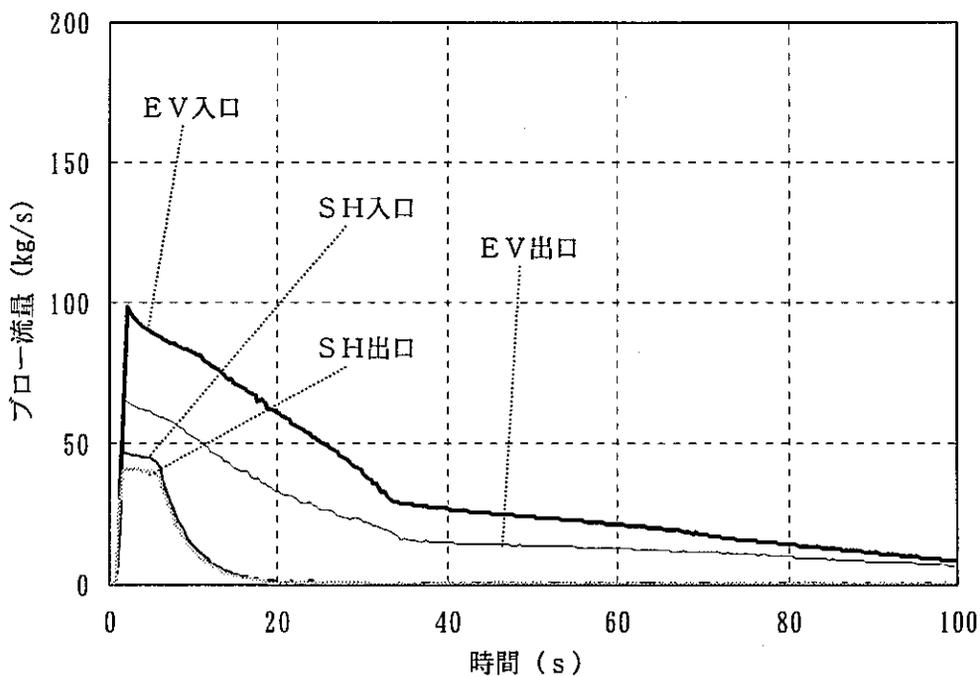


(b) LEAP-BLOW Ver. 1.30 解析結果 (ヘッド圧力)

図 3.3-3 (1/4) ブローダウン特性・従来解析結果との比較

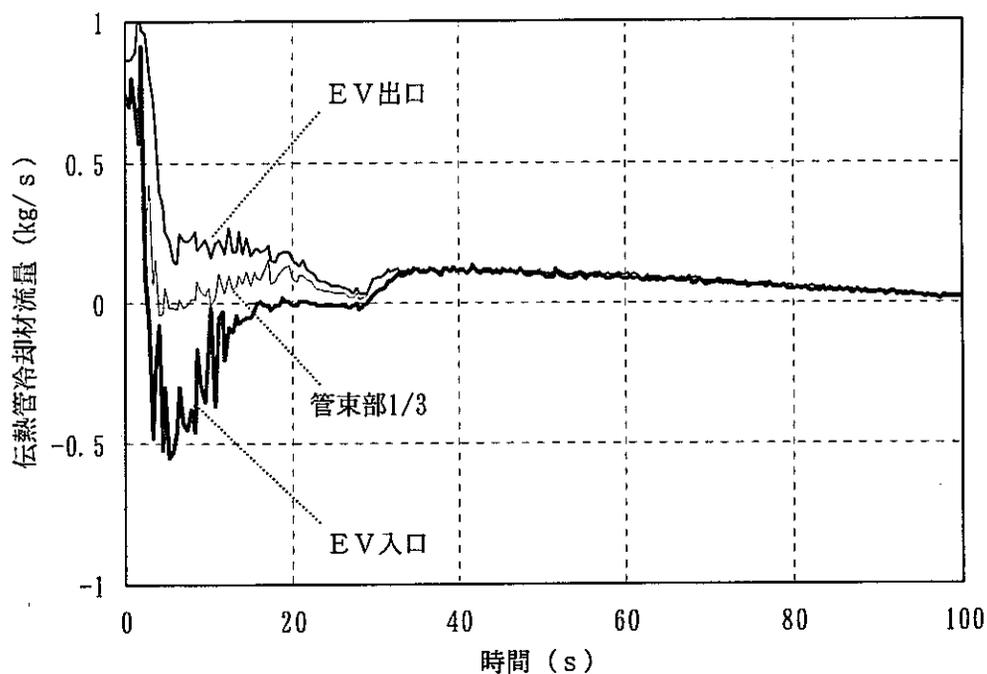


(c) LEAP-BLOW Ver. 1.20 解析結果 (ブロー流量)

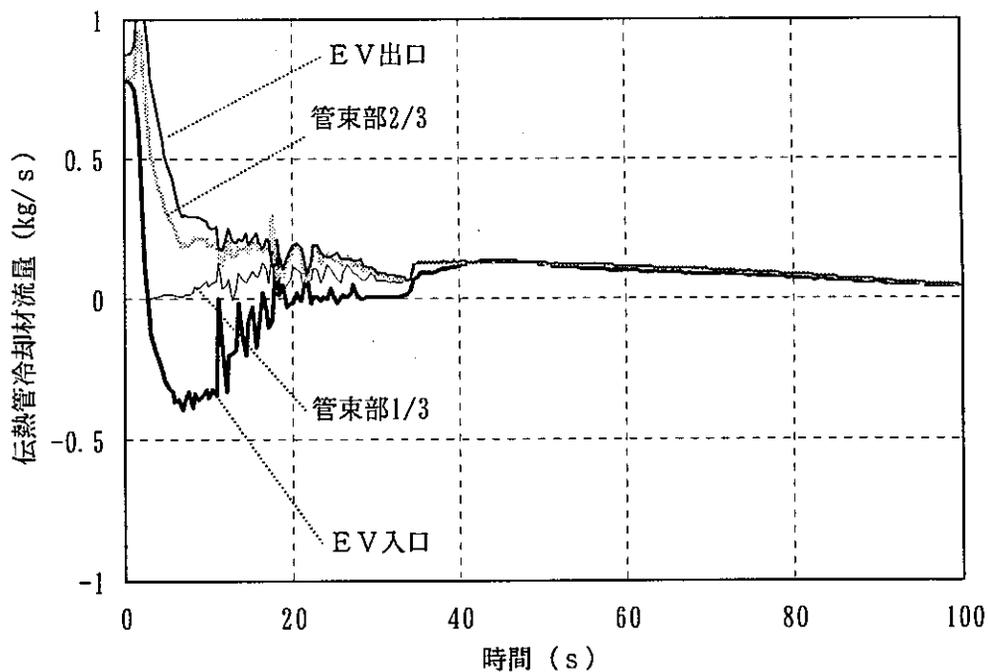


(d) LEAP-BLOW Ver. 1.30 解析結果 (ブロー流量)

図 3.3-3 (2/4) ブローダウン特性・従来解析結果との比較

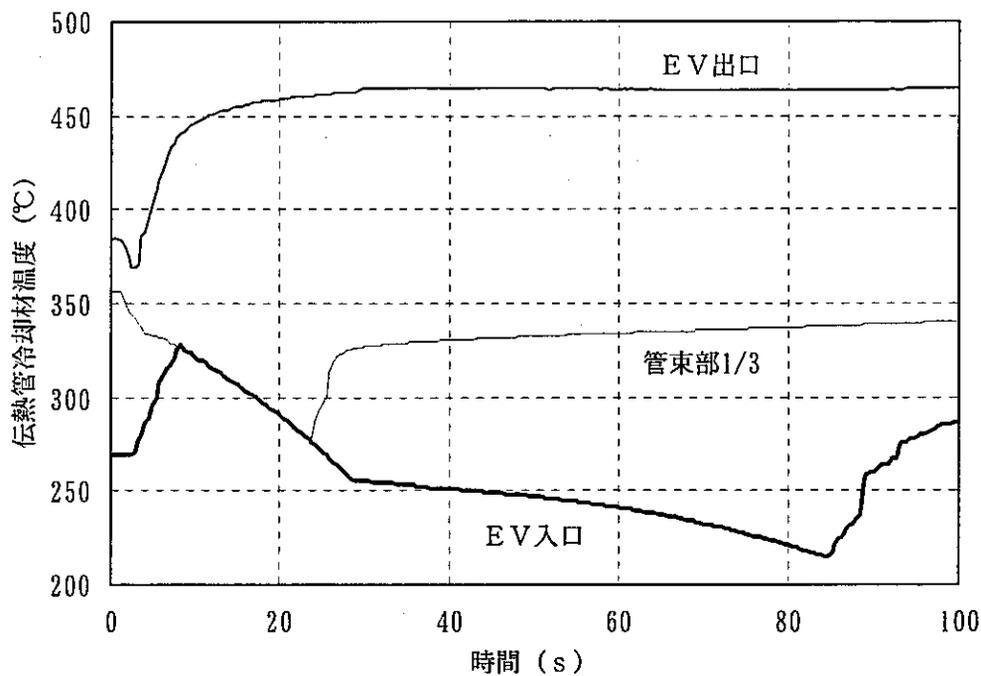


(e) LEAP-BLOW Ver. 1.20 解析結果 (EV伝熱管内流量)

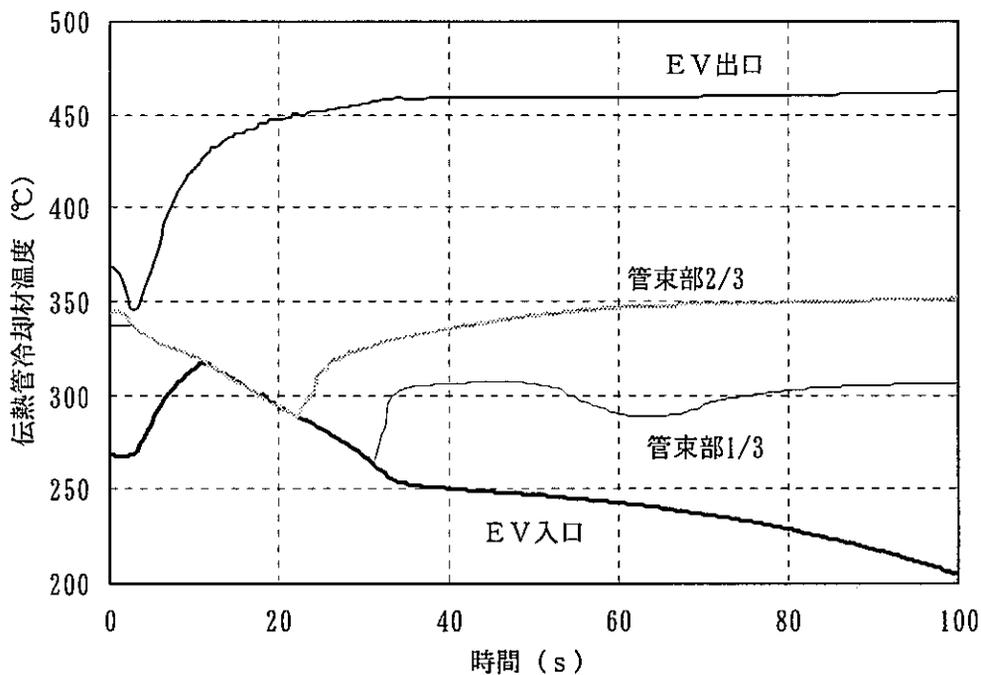


(f) LEAP-BLOW Ver. 1.30 解析結果 (EV伝熱管内流量)

図 3.3-3 (3/4) ブローダウン特性・従来解析結果との比較

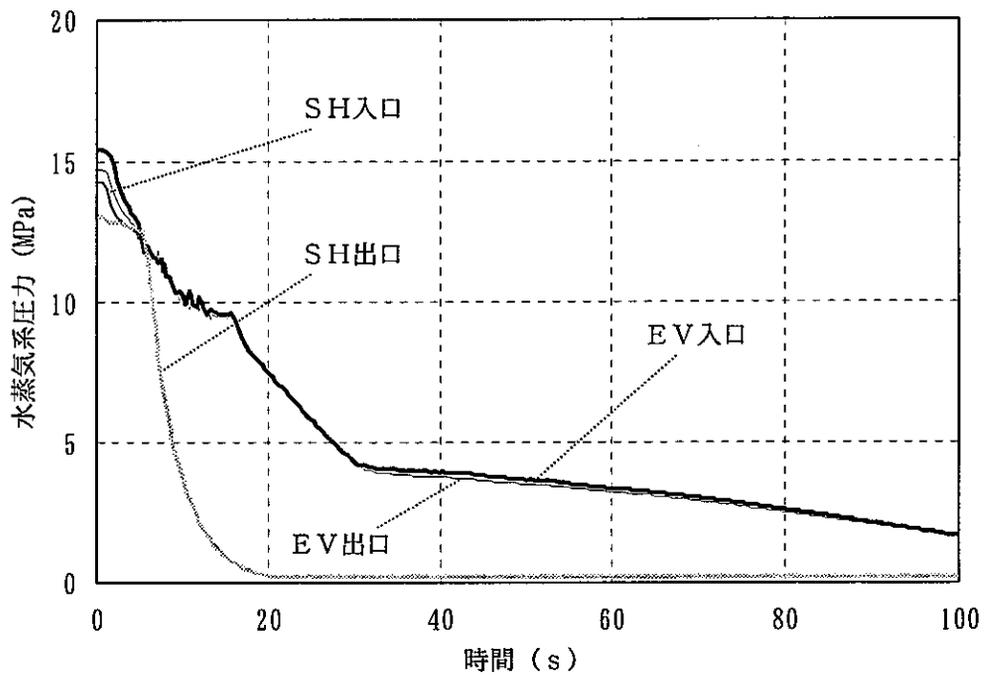


(g) LEAP-BLOW Ver. 1.20 解析結果 (EV伝熱管内冷却材温度)

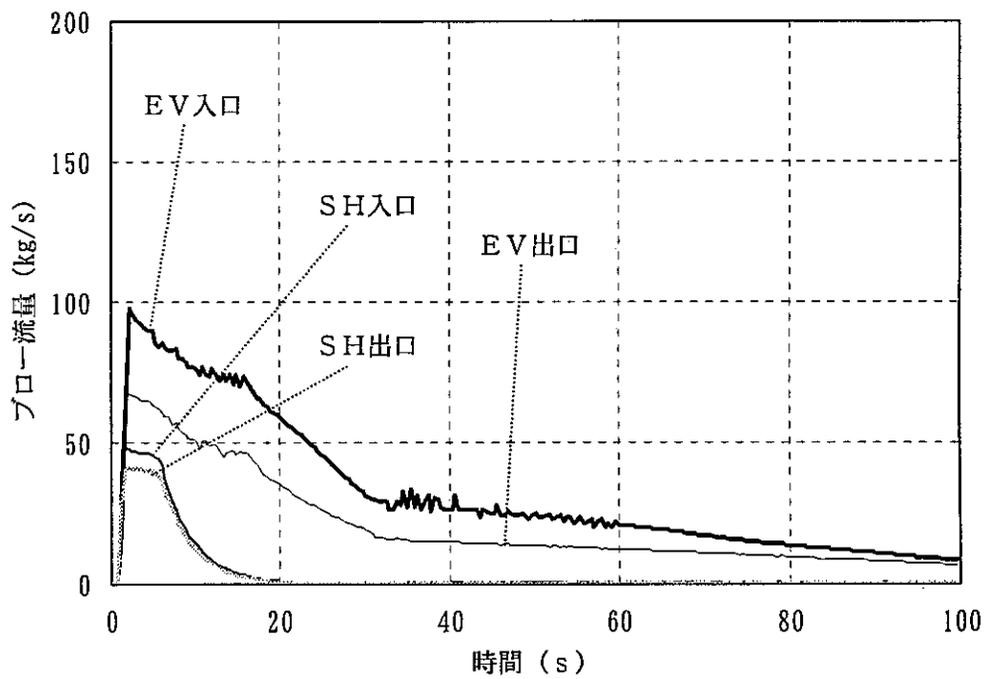


(h) LEAP-BLOW Ver. 1.30 解析結果 (EV伝熱管内冷却材温度)

図 3.3-3 (4/4) ブローダウン特性・従来解析結果との比較

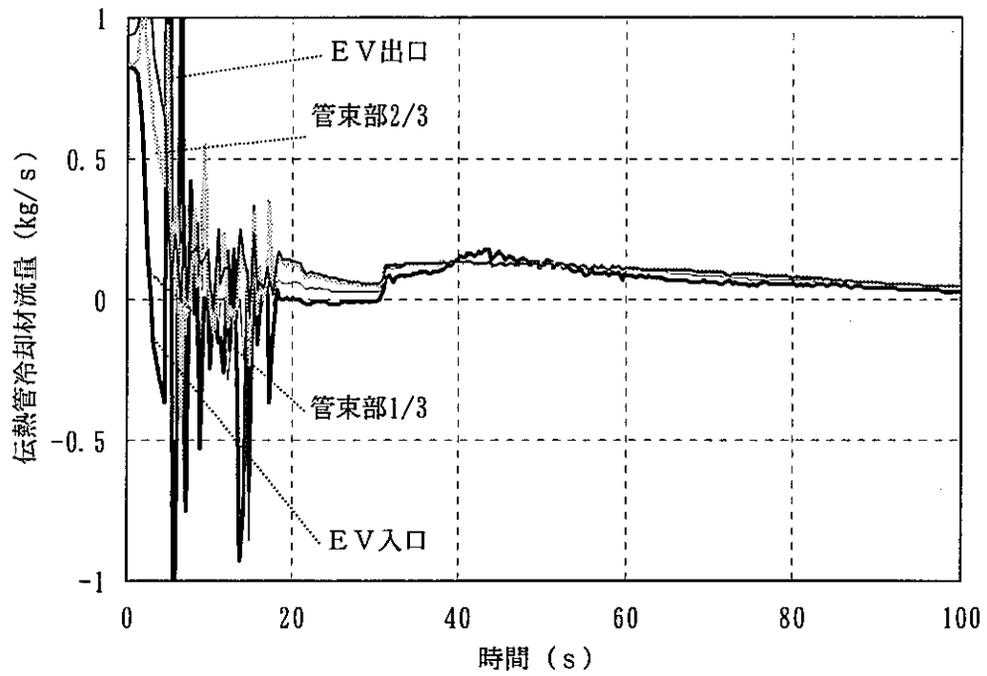


(a) ヘッド圧力

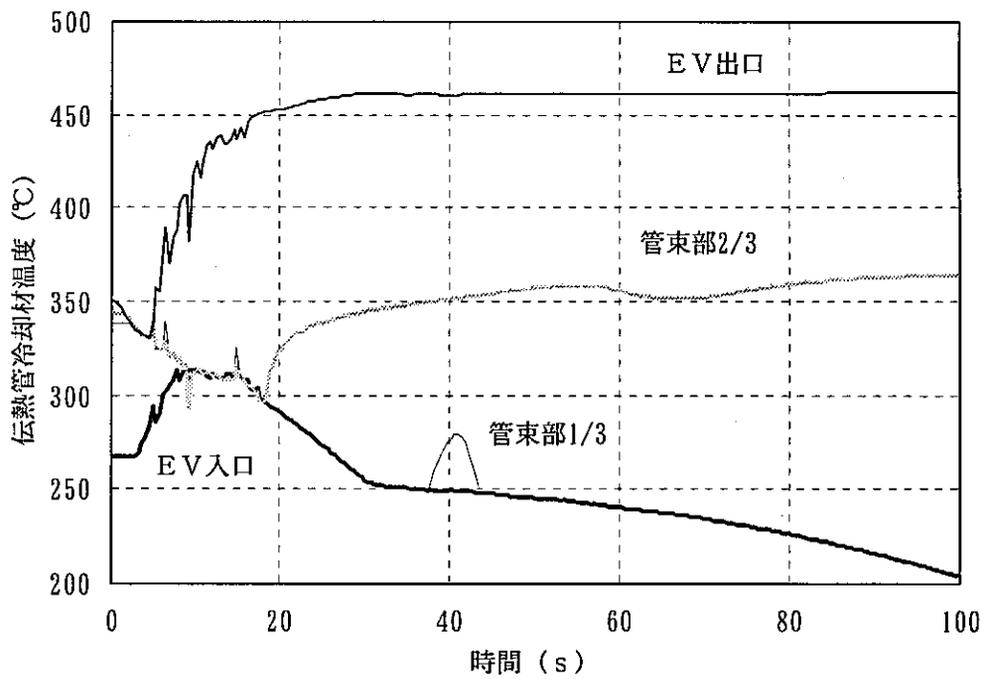


(b) ブロー流量

図 3.3-4 (1/3) ブローダウン特性解析結果 (ケース「2A」)

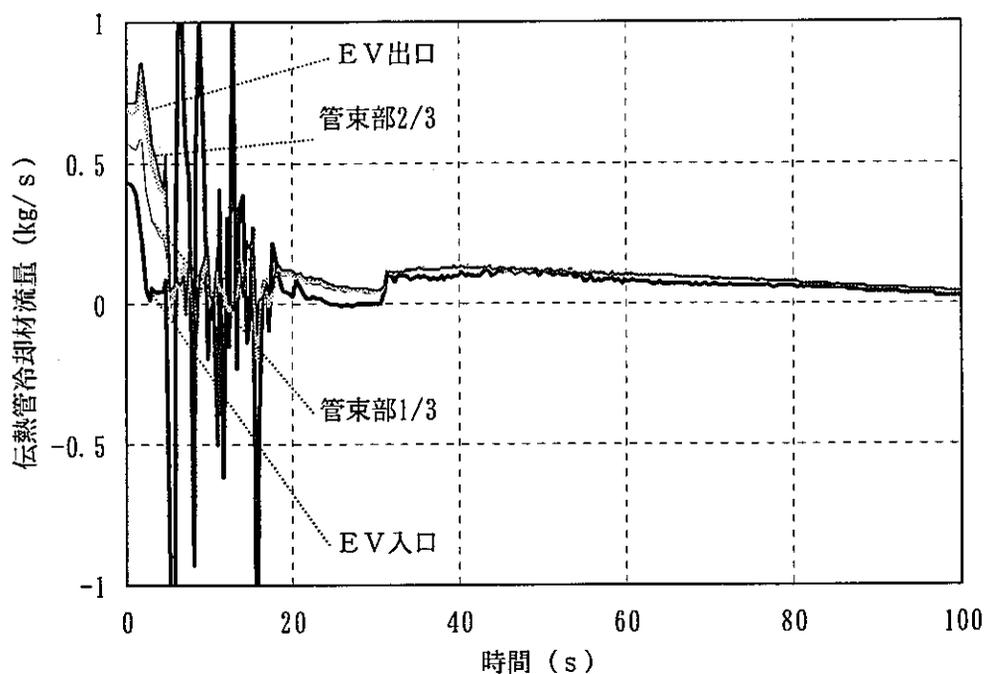


(c) 伝熱管内冷却材流量 (健全管)

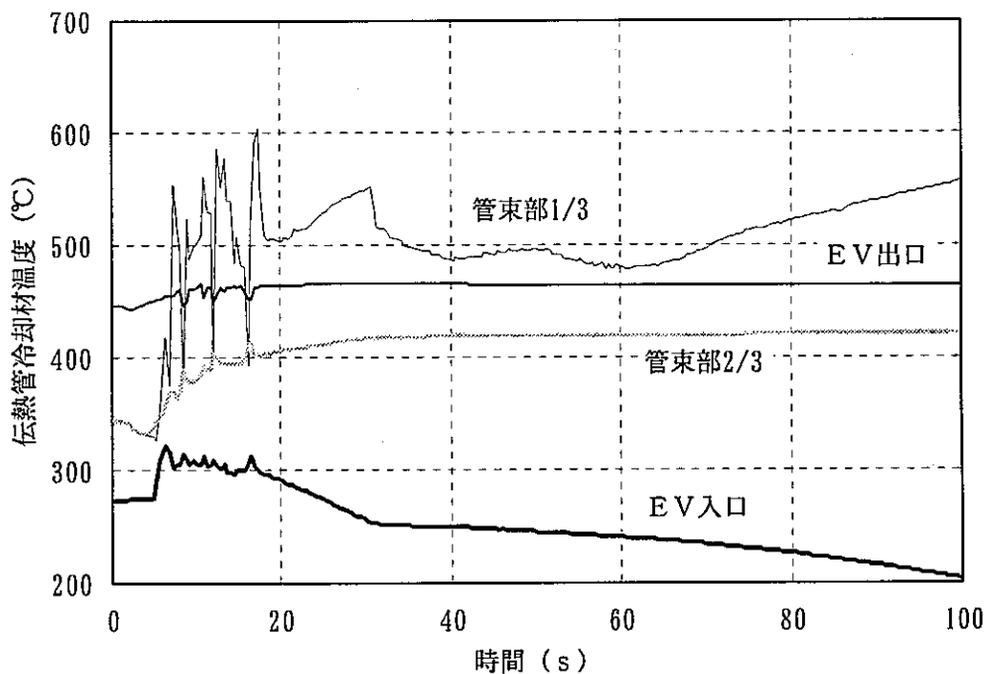


(d) 伝熱管内冷却材温度 (健全管)

図 3.3-4 (2/3) ブローダウン特性解析結果 (ケース「2A」)

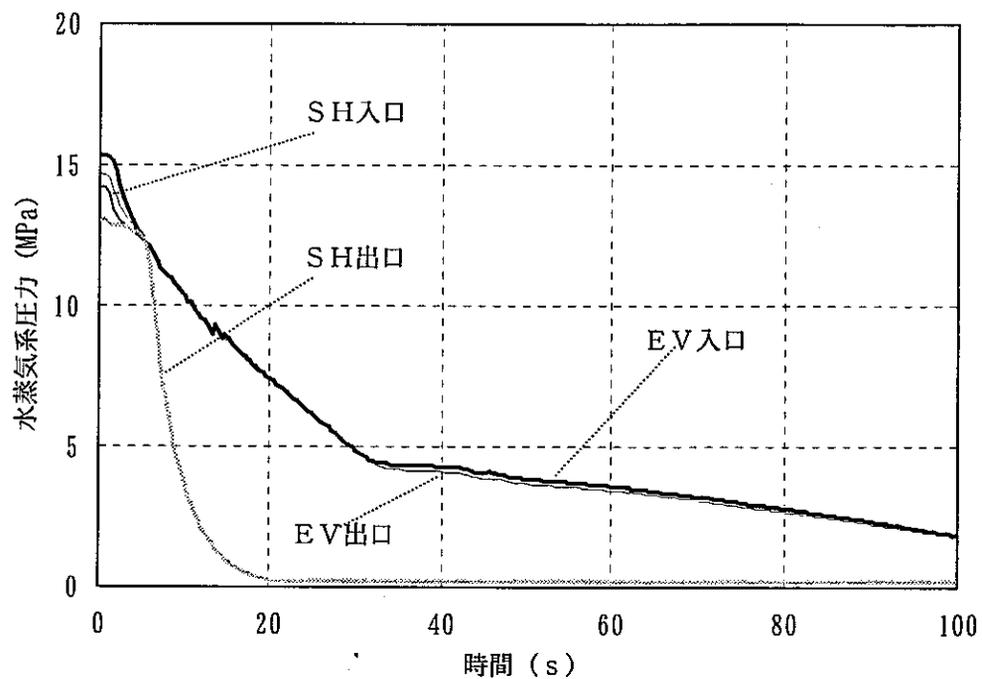


(e) 伝熱管内冷却材流量 (加熱管)

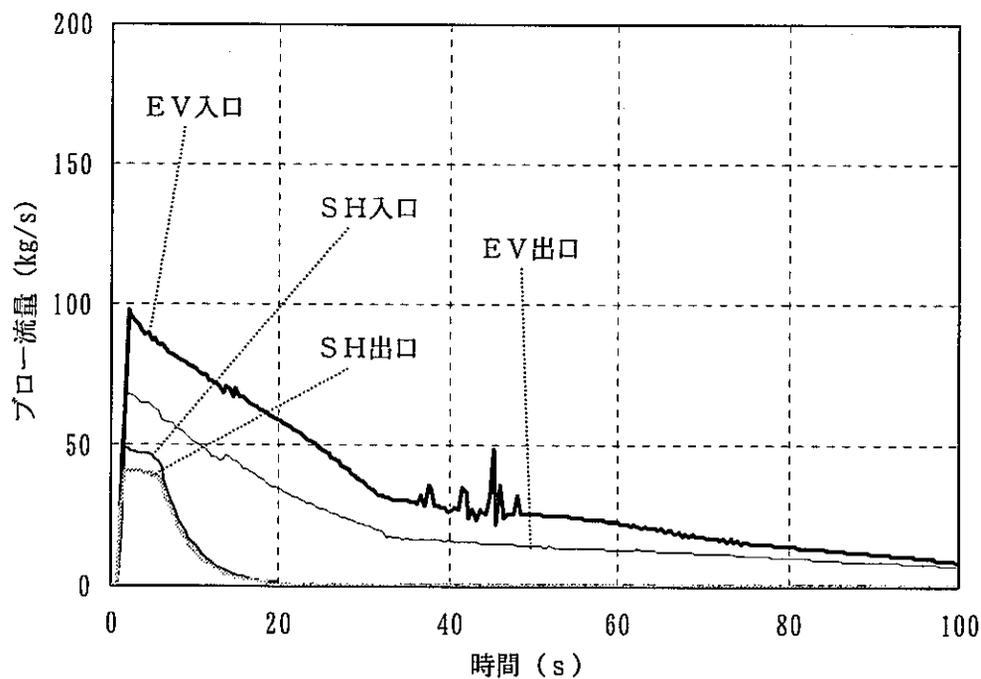


(f) 伝熱管内冷却材温度 (加熱管)

図 3.3-4 (3/3) ブローダウン特性解析結果 (ケース「2A」)

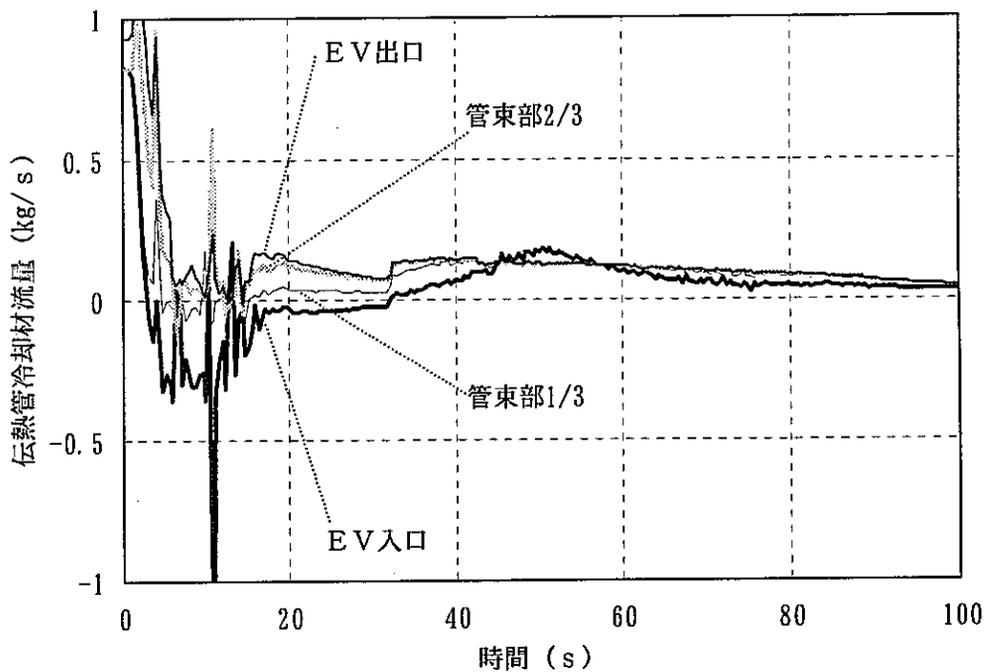


(a) ヘッダ圧力

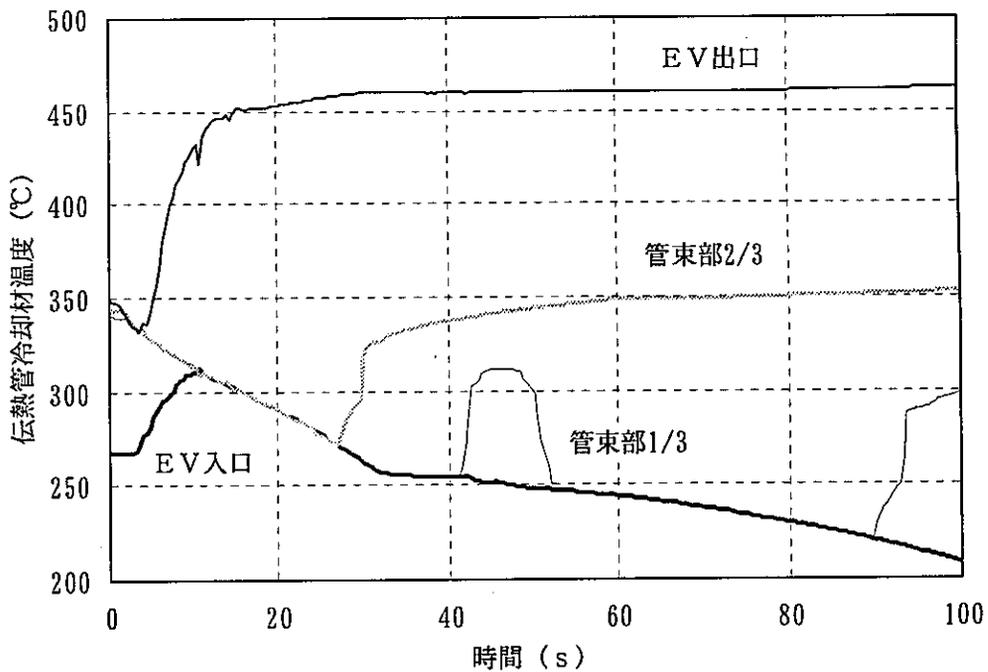


(b) ブロー流量

図 3.3-5 (1/3) ブローダウン特性解析結果 (ケース「2B」)

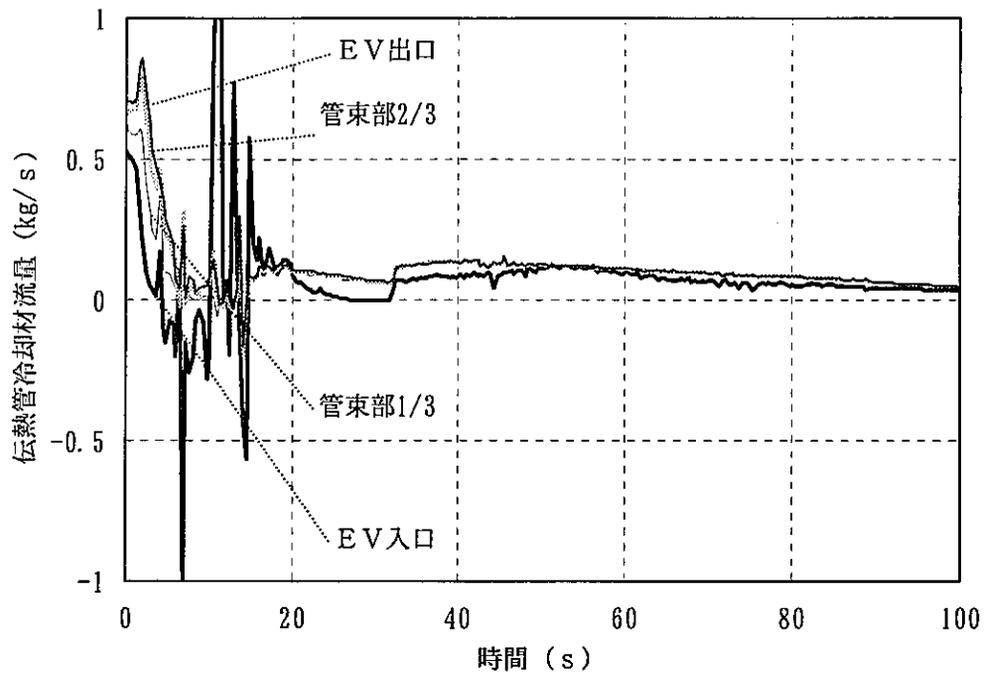


(c) 伝熱管内冷却材流量 (健全管)

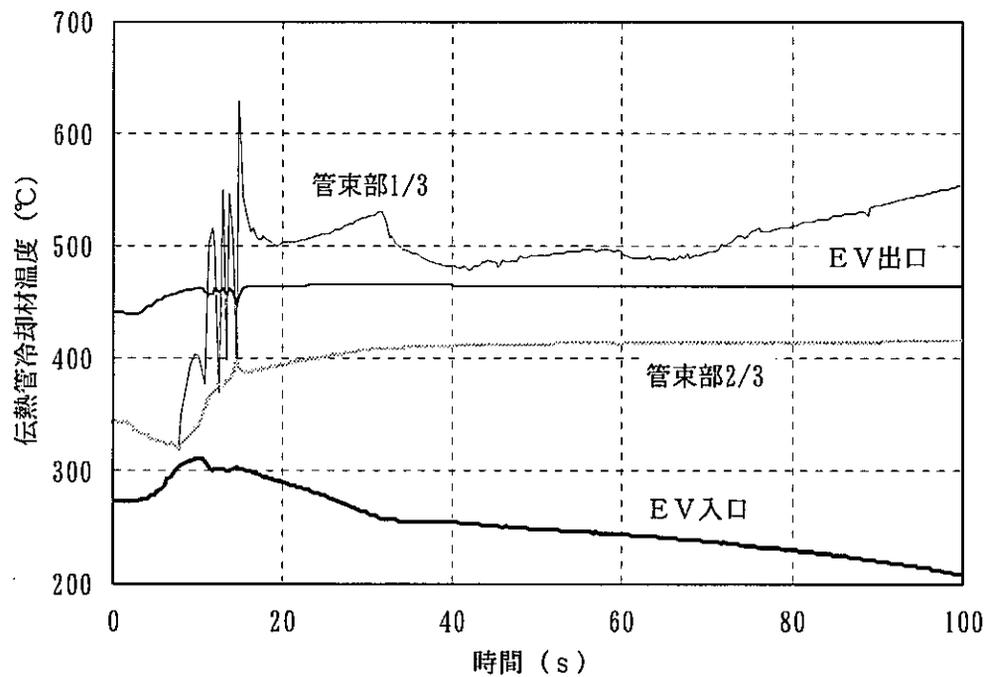


(d) 伝熱管内冷却材温度 (健全管)

図 3.3-5 (2/3) ブローダウン特性解析結果 (ケース「2B」)

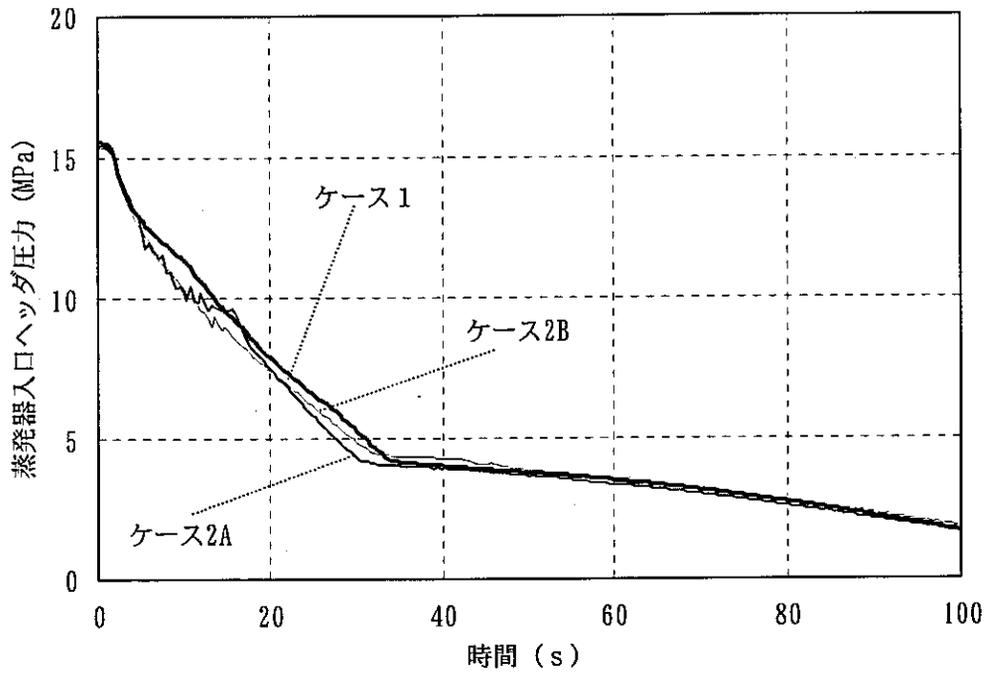


(e) 伝熱管内冷却材流量 (加熱管)

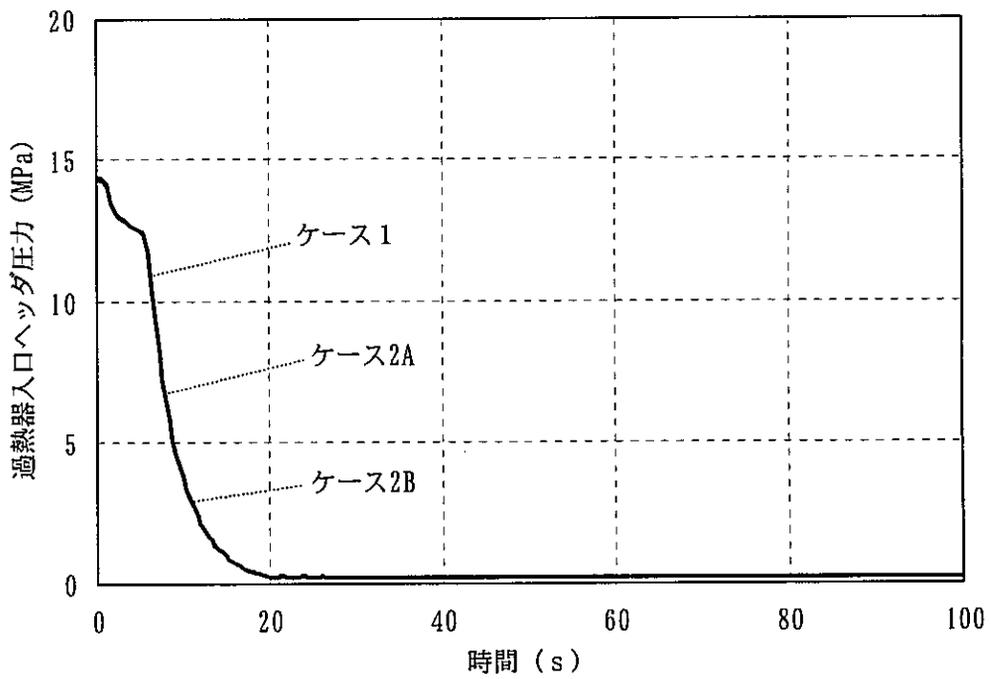


(f) 伝熱管内冷却材温度 (加熱管)

図 3.3-5 (3/3) ブローダウン特性解析結果 (ケース「2B」)

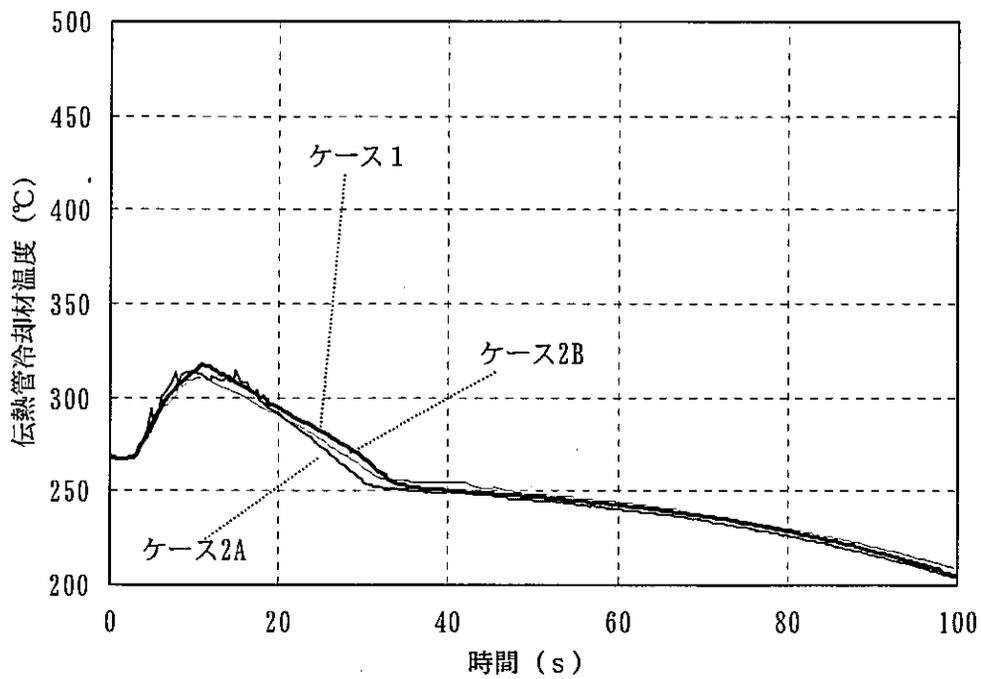


(a) 蒸発器入口ヘッダ圧力

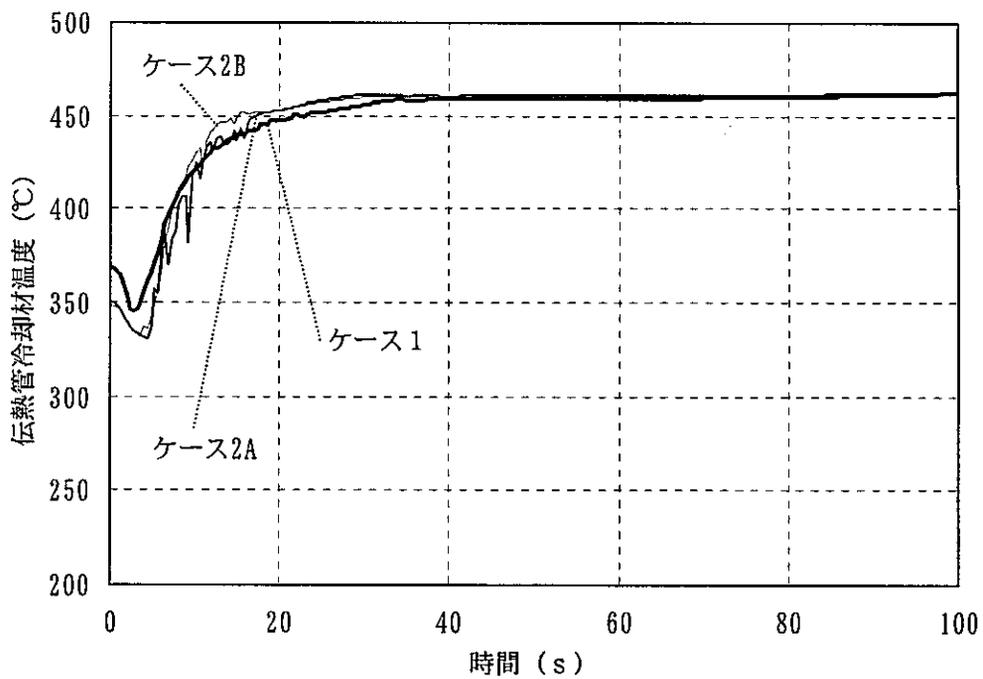


(b) 過熱器ヘッダ圧力

図 3.3-6 (1/7) 加熱管と伝熱相関式のブローダウン特性への影響

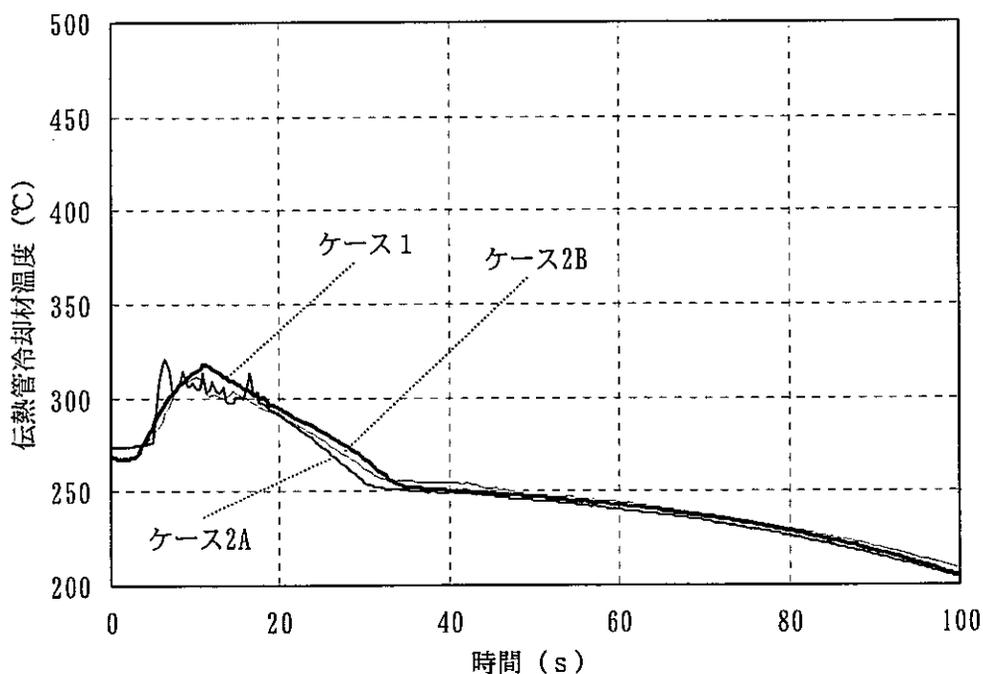


(c) 蒸発器伝熱管入口温度 (健全管)

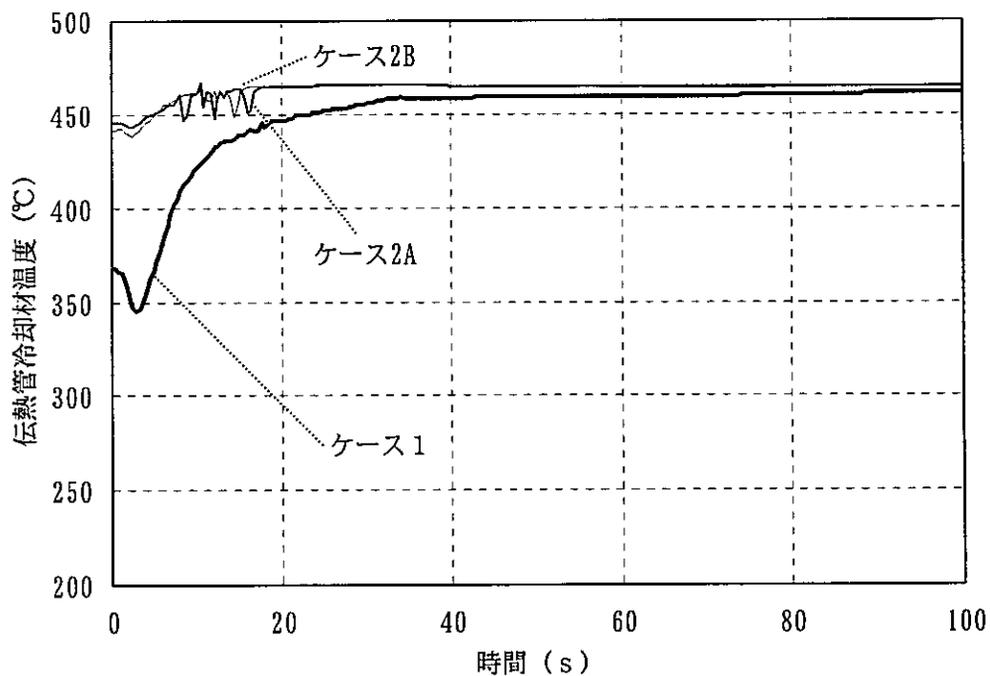


(d) 蒸発器伝熱管出口温度 (健全管)

図 3. 3-6 (2/7) 加熱管と伝熱相関式のブローダウン特性への影響

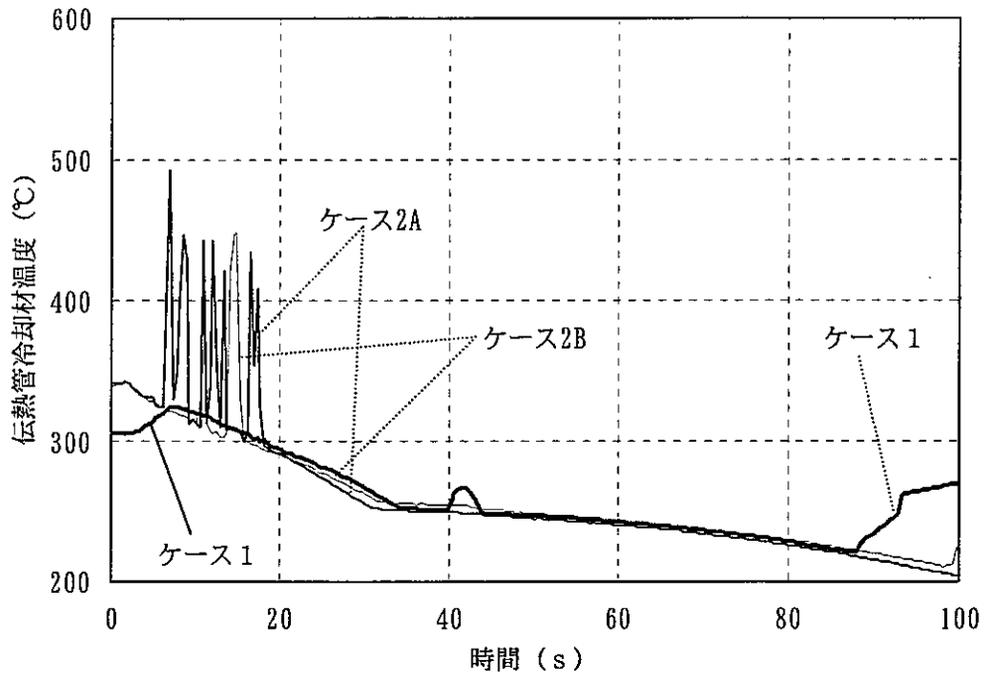


(e) 蒸発器伝熱管入口温度 (加熱管)

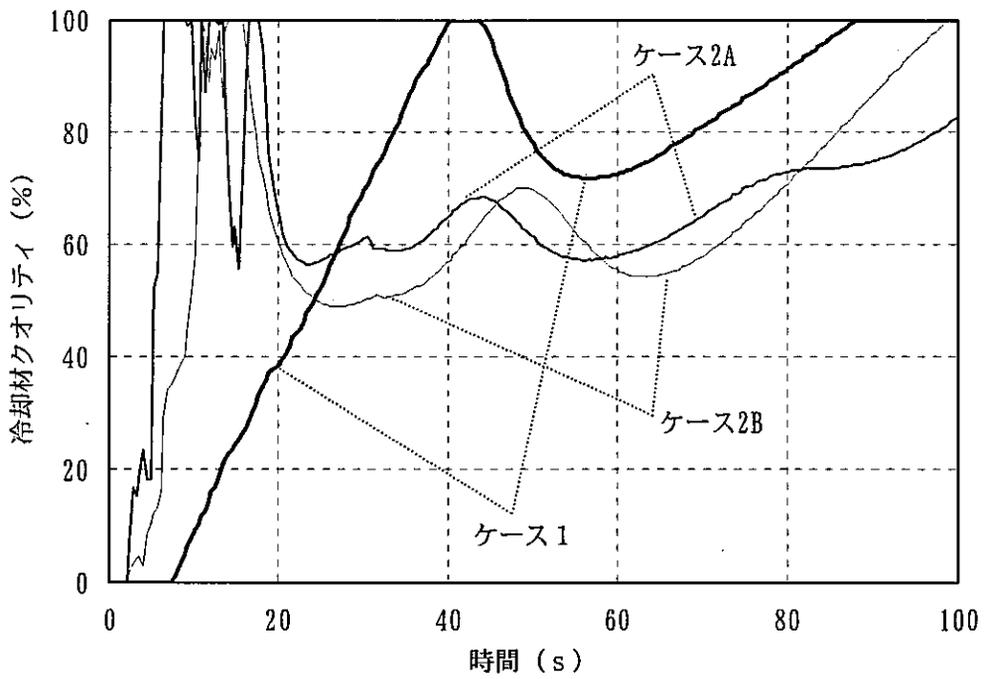


(f) 蒸発器伝熱管出口温度 (加熱管)

図 3. 3-6 (3/7) 加熱管と伝熱相関式のブローダウン特性への影響

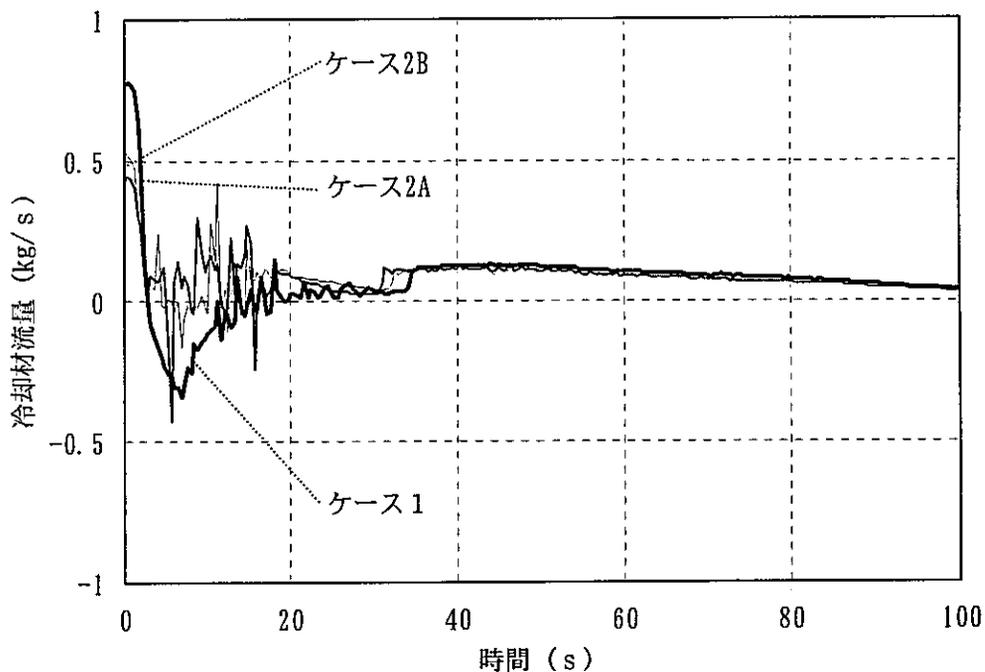


(g) 加熱管加熱部・冷却材温度

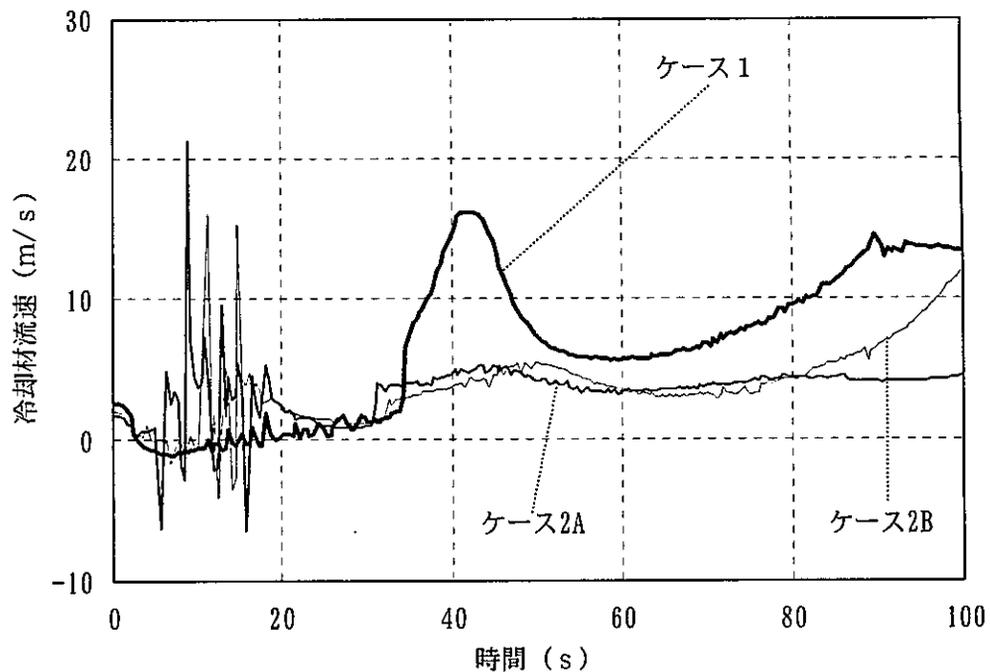


(h) 加熱管加熱部・冷却材クオリティ

図 3.3-6 (4/7) 加熱管と伝熱相関式のブローダウン特性への影響

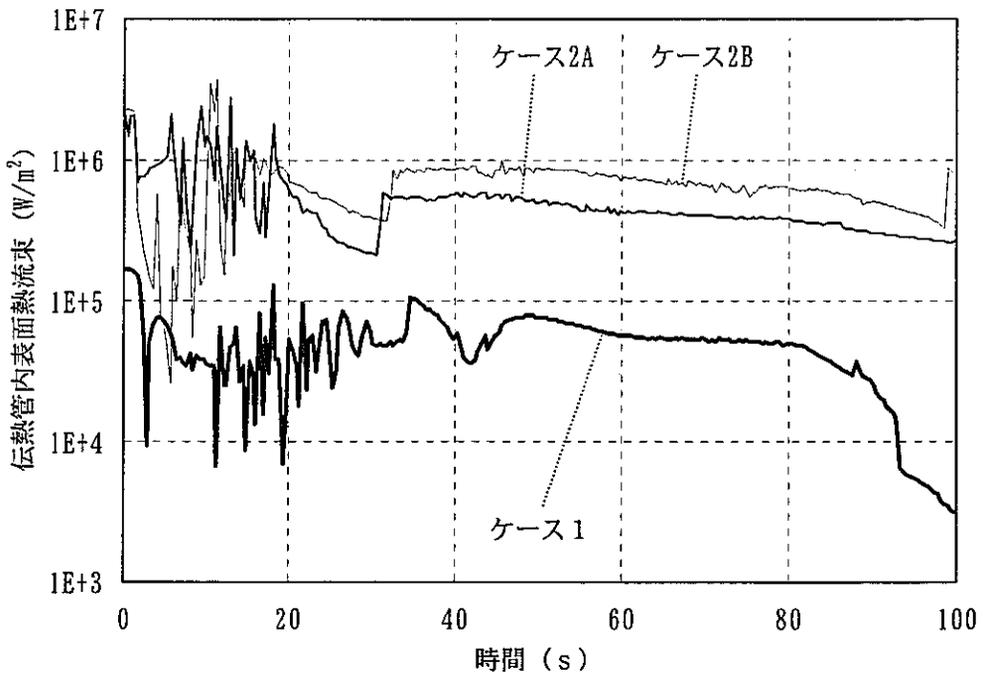


(i) 加熱管加熱部・冷却材流量

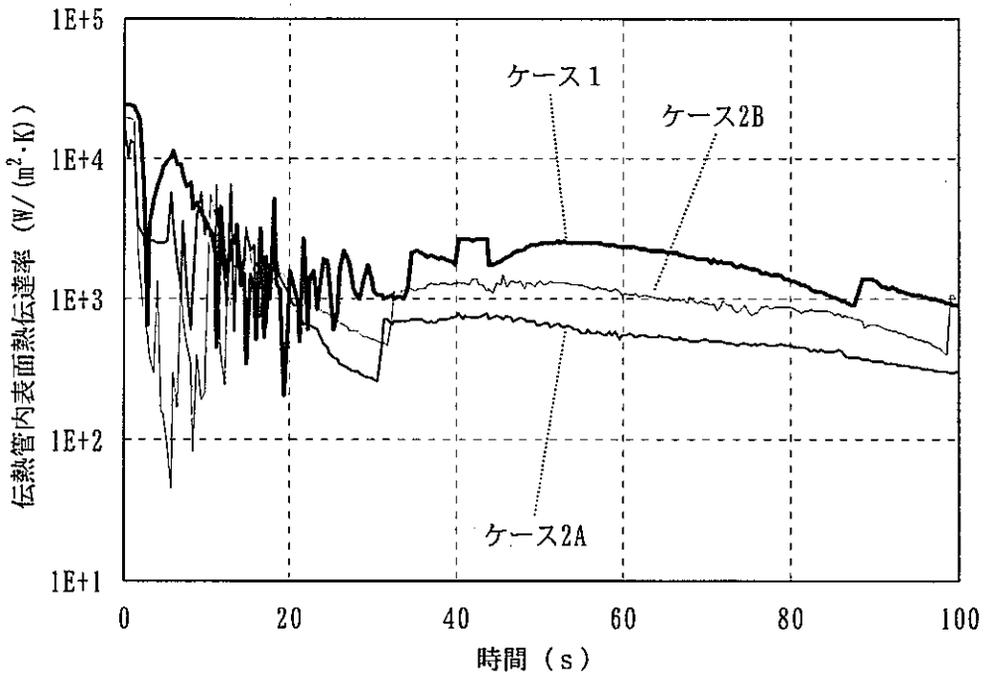


(j) 加熱管加熱部・冷却材流速

図 3.3-6 (5/7) 加熱管と伝熱相関式のブローダウン特性への影響

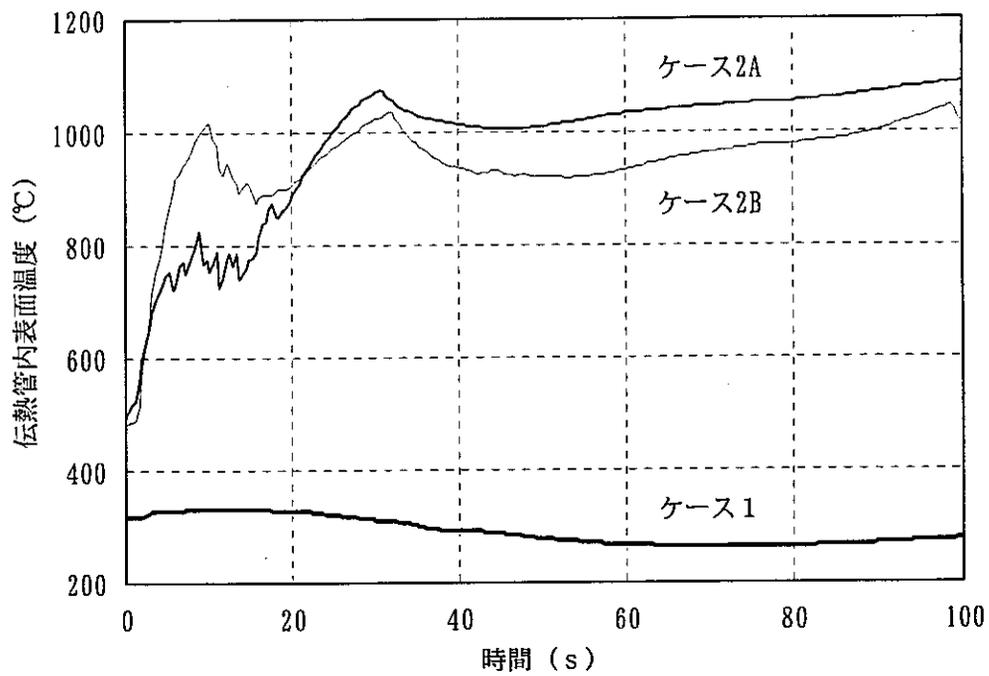


(k) 加熱管加熱部・内表面熱流束

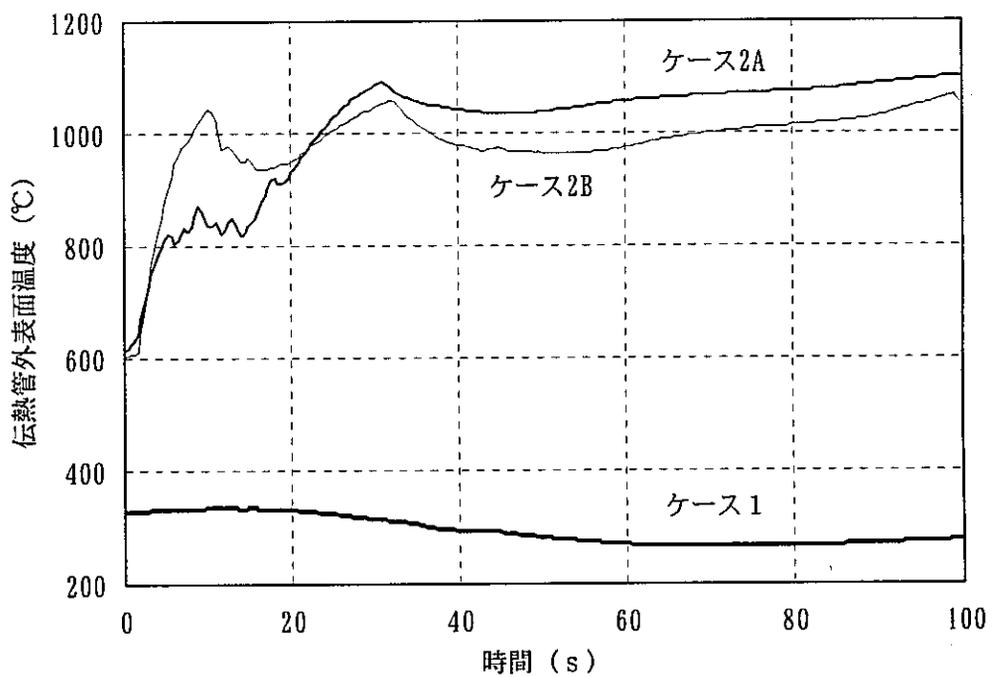


(l) 加熱管加熱部・内表面熱伝達率

図 3.3-6 (6/7) 加熱管と伝熱相関式のブローダウン特性への影響



(m) 加熱管加熱部・伝熱管内面温度



(n) 加熱管加熱部・伝熱管外面温度

図 3.3-6 (7/7) 加熱管と伝熱相関式のブローダウン特性への影響

リスト 3.3-1 ブローダウン特性解析入力データ (ケース「1」)

```

C*****
C*   PROGRAM NAME = LEAP-BLOW  VER. 1.30   *
C*****
C
  TITLE
    SG BLOW DOWN CALCULATION CASE 1      WITH SODIUM SIDE
C *
C *   MAIN CONTROL DATA
C *
C   ICLHD   ICLLG   ICLNA           ICLST   ISPRT
MN-CALC    10      1      1           3      0
C   TIINT   TIMAX   DTINT
MN-TIME   -20.00  100.0  0.010
C   TDTBL   DTTBL   NPTBL
MN-STEP   0.0     0.010  500
          1.0E+9  0.010  500
C   IREST   KREST
MN-REST   0       1010
C
C   KCPRT   KCPLT   DTPRT   DTPLT
MN-OUTCN  1       1   5.000  0.400
C
C   <-----> <-----> <-----> <-----> <-----> <-----> <----->
MN-PLOT   P102000 T102000 R102000 X102000 W101010
          P103000 T103000 R103000 X103000 W104010
          P107000 T107000 R107000 X107000 W106010
          P108000 T108000 R108000 X108000 W108010
          T902001 T902008 T902016 T902024 W902000
          T904001 T904008 T904016 T903016 T903024
          W002021 T002021 H002021 I002021 0002021
          W002031 T002031 H002031 I002031 0002031
          W002041 T002041 H002041 I002041 0002041
          W002051 T002051 H002051 I002051 0002051
          W007021 T007021 H007021 I007021 0007021
          W007031 T007031 H007031 I007031 0007031
          W007038 T007041 H007041 I007041 0007041
          W009021 T009021 H009021 I009021 0009021
          W009031 T009031 H009031 I009031 0009031
          W009041 T009041 H009041 I009041 0009041
          W009051 T009051 H009051 I009051 0009051
          W009024 T009024 H009024 I009024 0009024
  
```

```

V009024 X009024 Q009024 E009024 R009024
C
C   NHEAD   NLEGS   MDLVL   NVPID
MN-MODEL   09      09      02      00
C   MSLIP   MCRIT   MFRIC   MMULT
MN-MOPT1   03      02      01      00
C   (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7)
MN-MHTCF   02 01 00 02 02 02 00
          0.800
C *
C *   HEADER DATA
C *
C   IPA   IWL   FCFHD   FXSHD   FVIHD   SVDHD
HD-OPT1   1   0   0.600   2.000   5.000E-7  0.0
C *
C   NO   MLHD  NZHD  NWHD  KFW  KFH  KBA1  KBZ1  KBA2  KBZ2
HD-OPT2  1     0   0   0   11  13  21  02  0  0
          2     0   0   0   0   0   0   0  0  0
          3     0   0   0   0   0   0   0  0  0
          4     0   0   0   0   0   22  02  23  02
          5     0   0   0   0   0   0   0  0  0
          6     0   0   0   0   0   24  02  0  0
          7     0   0   0   0   0   0   0  0  0
          8     0   0   0   0   0   25  02  26  02
          9     0   0   0   0   0   0   0  0  0
C
C   NO   VLHD   POHD   TOHD   VOHD   FXHD
HD-DAT1  1   0.100  153.2  240.0  -0.100  1.000
          2   2.160  153.0  240.0  -0.100  1.000
          3   1.340  146.35  368.4  1.001  1.000
          4   0.050  145.4  368.4  1.001  1.000
          5   6.680  145.0  368.4  1.001  1.000
          6   0.500  144.33  368.4  1.001  1.000
          7   2.160  143.92  368.4  1.001  1.000
          8   1.340  132.0  487.0  1.001  1.000
C   9   0.630  131.26  487.0  1.001  1.000
          9   1.000E+9  131.26  487.0  1.001  1.000
C   NO   WOHD   DSHD   DVHD
CHD-DAT2  1
C   NO   ASWH   THWH   CPWH   GMWH   CNWH   TOWH   HOWH
HD-WALL  1   1.620  0.0182  0.118  7820.0  0.013  30.00  0.0
  
```

リスト 3.3-1 ブローダウン特性解析入力データ (ケース「1」)

2	1.620	0.0182	0.118	7820.0	0.013	30.00	0.0
3	1.620	0.0182	0.118	7820.0	0.013	30.00	0.0
4	1.620	0.0182	0.118	7820.0	0.013	30.00	0.0
5	1.620	0.0182	0.118	7820.0	0.013	30.00	0.0
6	1.620	0.0182	0.118	7820.0	0.013	30.00	0.0
7	1.620	0.0182	0.118	7820.0	0.013	30.00	0.0
8	1.620	0.0182	0.118	7820.0	0.013	30.00	0.0
9	1.620	0.0182	0.118	7820.0	0.013	30.00	0.0

2	153.0	146.35	248.2	682.0
3	146.35	145.4	682.0	682.0
4	145.4	145.0	682.2	682.2
5	145.0	144.33	682.2	682.2
6	144.33	143.92	682.2	682.2
7	143.92	132.0	682.2	788.6
8	132.0	131.26	788.6	788.6
9	153.0	146.35	248.2	682.0

C

C	HD	LG	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)		
C	CHD-PIPE									
C	* PIPE DATA									
C	ITN	IGV	INT	IWL	MST	NST	ERRLG	ERPLG	ERSLG	
C	LG-OPT	50	0	100	0	2	50	0.010	0.010	1.000E+4
C	MDCV	J1CV	J2CV	J3CV						
C	CLG-CKVL	0	0	0	0					
C	KCBK	J1BK	J2BK	NPBK	NZBK	ZFBK				
C	CLG-RUPT	0	2	2	01	0	1.000			
C	KCLK	J1LK	J2LK	J3LK	AXLK	AYLK	ZFLK	TXLK		
C	CLG-LEAK	0	0	0	0	0.0707	0.0	0.600	0.100	
C	NO	NSLG	NPLG	ICLG	IFLG	IDLG	WOLG	FHLG		
C	LG-PIPE	1	02	01	02	-1	0	1	105.0	
		2	05	02	03	-1	0	1	94.5	
		3	02	03	04	-1	0	1	105.0	
		4	02	04	05	-1	0	1	105.0	
		5	02	05	06	-1	0	1	105.0	
		6	02	06	07	-1	0	1	105.0	
		7	04	07	08	-1	0	1	105.0	
		8	01	08	09	-1	0	1	105.0	
		9	05	02	03	-1	0	1	10.5	
C	NO	IPI	IPO	IGI	IGO	IHI	IHO			
C	*LG-BC.1	1	11	12	13	14	15	15		
C	*	2	17	18	13	14	16	15		
C			PBLG (1)	PBLG (2)	HBLG (1)	HBLG (2)				
C	LG-BC.2	1	153.2	153.0	248.2	248.2				

C

C	NO	SC	MSLG	NDW	ASLG	DSL	XSLG	ZSLG	FSLG	
C	LG-SECT	1	1	06	0	0.0347	0.2102	7.125	0.0	0.0
		1	2	06	0	0.0347	0.2102	7.125	0.0	0.0
		2	1	08	03	0.05436	0.0234	12.30	0.0	0.0
		2	2	08	03	0.05436	0.0234	22.133	0.0	0.0
		2	3	08	03	0.05436	0.0234	22.133	0.0	0.0
		2	4	08	03	0.05436	0.0234	22.133	0.0	0.0
		2	5	08	03	0.05436	0.0234	6.000	0.0	0.0
		3	1	05	0	0.0498	0.2519	23.940	0.0	0.0
		3	2	05	0	0.0498	0.2519	23.940	0.0	0.0
		4	1	05	0	0.0498	0.2519	3.675	0.0	0.0
		4	2	05	0	0.0498	0.2519	3.675	0.0	0.0
		5	1	05	0	0.0498	0.2519	8.675	0.0	0.0
		5	2	05	0	0.0498	0.2519	8.675	0.0	0.0
		6	1	05	0	0.0498	0.2519	3.825	0.0	0.0
		6	2	05	0	0.0498	0.2519	3.825	0.0	0.0
		7	1	08	03	0.0671	0.0241	11.50	0.0	0.0
		7	2	08	03	0.0671	0.0241	14.45	0.0	0.0
		7	3	08	03	0.0671	0.0241	14.45	0.0	0.0
		7	4	08	03	0.0671	0.0241	5.000	0.0	0.0
		8	1	08	0	0.0634	0.2842	25.75	0.0	0.0
		9	1	08	03	0.00604	0.0234	12.30	0.0	0.0
		9	2	08	03	0.00604	0.0234	22.133	0.0	0.0
		9	3	08	03	0.00604	0.0234	22.133	0.0	0.0
		9	4	08	03	0.00604	0.0234	22.133	0.0	0.0
		9	5	08	03	0.00604	0.0234	6.000	0.0	0.0
C	NO	OF	AOR	FNOR	FNOR	FCOR	FCOR			
C	LG-ORIF1	1	1	0.0347	0.0	0.0	0.0	0.0		
		1	2	0.0347	0.0	0.0	0.0	0.0		
		1	3	0.0347	1.000	0.500	1.000	0.500		

リスト 3.3-1 ブローダウン特性解析入力データ (ケース「1」)

C	NO	OF	POOR	TOOR	VOOR		
C							
*LG-ORIF2							
C							
C							
LG-WALL1	NO	SC	ASWL	THWL	CPWL	GMWL	CNWL
2	1	10.057	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	
2	2	10.057	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	
2	3	10.057	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	
2	4	10.057	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	

2	5	10.057	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	
7	1	5.329	0.0039	0.118	7820.0	0.0130	
7	2	5.329	0.0039	0.118	7820.0	0.0130	
7	3	5.329	0.0039	0.118	7820.0	0.0130	
7	4	5.329	0.0039	0.118	7820.0	0.0130	
9	1	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	
9	2	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	
9	3	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	
9	4	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	
9	5	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	

C	NO	SC	TOWL	HOWL	QOWL	JCHF
LG-WALL2	2	1	300.0	-2.50	0.0	
	2	2	349.0	-2.50	-13.675E3	
	2	3	397.0	-2.50	-13.675E3	
	2	4	445.0	-2.50	-13.675E3	
	2	5	300.0	0.0	0.0	
	7	1	300.0	-2.50	0.0	
	7	2	481.0	-2.50	-5.638E+3	
	7	3	493.0	-2.50	-5.638E+3	
	7	4	300.0	0.0	0.0	
	9	1	300.0	-2.50	0.0	
	9	2	349.0	-2.50	-1.5194E3	
	9	3	397.0	-2.50	-1.5194E3	
	9	4	445.0	-2.50	-1.5194E3	
	9	5	300.0	0.0	0.0	

C	NO	J1VL	J2VL	NAVL	NFVL	(2)	(3)	(4)	TISVL	TIEVL
LG-VALV	1	05	02	27	06	06	06	06	0.010	1.000E+9
	2	08	02	28	07	07	07	07	0.010	1.000E+9

C	NO	PID	J1	J2	I1	I2	I3	NT	TSPID	TEPID
CLG-PID1										

C	NO	PID	CKPID	CDPID	CIPID	CSPID	CFPID	CVPID
CLG-PID2								

C # SODIUM TEMPETARURE DATA

C #

C MDNA NDNA (2) (3) JPNA KPNA NCNA NPNA NADB

リスト 3.3-1 ブローダウン特性解析入力データ (ケース「1」)

NA-MODEL	2	24	16	10	0	0	10	15	0											
C																				
C	IUNA	(2)	UONA	(1)	UONA	(2)	PDNA													
NA-HTCF	06	03																		
C																				
C	NATI	NAFI	NAHR	NATR	NAQR															
NA-TABLE	41	42	43	44	45															
C																				
C *		F012		F013		F023														
NA-FMIX	0.0		0.0		0.0															
C																				
C	TONA	(2)	(3)	(4)	WPNA	(1)	WPNA	(2)	WPNA	(3)	WPNA	(4)								
NA-TANK	469.	325.	505.	469.	5900.0	3000.0	4650.0	3030.0												
C																				
C	NO		FONA		WFNA		AFNA		DFNA		A1NA									
NA-PIPE	1		0.010		1.000		1.000		0.109		0.0									
	2		932.40		11106.0		1.6326		0.109		667.80									
	3		103.60		1234.0		0.1814		0.109		74.20									
	4		1036.0		5680.0		1.970		0.109		154.00									
	5		1036.0		11699.0		0.229		0.5398		0.0									
C																				
C	NO		A2NA		X2NA		W2NA		C2NA		S2NA									
NA-WALL	1		0.0		0.030		1.0		0.118		0.0130									
	2		0.0		0.030		12780.0		0.118		0.0130									
	3		0.0		0.030		1420.0		0.118		0.0130									
	4		0.0		0.019		5520.0		0.118		0.0130									
	5		0.0		0.030		1.0		0.118		0.0130									
C																				
C	NO	JN	JDNA	KDNA	LDNA	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)						
NA-PASS	1	12	0	0	0	0														
	2	15	02	-1	1001	24	16	08	0											
	3	12	0	0	0	0														
	4	12	0	0	0	0														
	5	12	0	0	0	0														
	6	12	0	0	0	0														
	7	14	04	-1	3001	16	08	0												
	8	11	0	0	0	0														
	9	15	03	-1	2001	24	16	08	0											
C																				
C	NO	MCNA		WCNA		CCNA		TCNA	(1)	TCNA	(2)									

NA-HCAP	1	08	5230.0	0.302	469.0	325.0														
	2	08	6480.0	0.118	469.0	325.0														
	3	08	14200.0	0.118	469.0	325.0														
	4	08	6930.0	0.302	325.0	325.0														
	5	08	19200.0	0.118	325.0	325.0														
	6	08	4010.0	0.302	505.0	469.0														
	7	08	2650.0	0.118	505.0	469.0														
	8	08	5520.0	0.118	505.0	469.0														
	9	08	3860.0	0.302	469.4	469.4														
	10	08	8500.0	0.118	469.4	469.4														
C																				
C	NO		IPNA	(2)	(3)	LPNA		APNA		DPNA		FPNA								
NA-HPS1	1		02	01	01	1	26.00		1.080		5.000									
	2		02	1002	01	1	23.40		0.109		5.000									
	3		02	1003	01	1	2.60		0.109		5.000									
	4		03	1002	01	1	53.42		0.109		5.000									
	5		03	1003	01	1	5.94		0.109		5.000									
	6		04	03	01	1	59.36		0.165		5.000									
	7		04	05	01	1	68.02		0.165		5.000									
	8		04	2001	01	1	79.38		0.165		5.000									
	9		04	2002	01	1	8.82		0.165		5.000									
	10		07	06	01	1	17.90		1.312		5.000									
	11		07	1004	01	1	17.90		0.109		5.000									
	12		08	1004	01	1	36.60		0.109		5.000									
	13		09	08	01	1	36.60		0.119		5.000									
	14		09	10	01	1	41.20		0.119		5.000									
	15		09	2003	01	1	46.50		0.119		5.000									
C																				
C	NO		XPNA	(1)	XPNA	(2)		HPNA	(1)	HPNA	(2)									
NA-HPS2	1		0.015		0.0		0.013		0.017											
	2		0.015		0.0		0.013		0.017											
	3		0.015		0.0		0.013		0.017											
	4		0.015		0.0		0.013		0.017											
	5		0.015		0.0		0.013		0.017											
	6		0.0		0.015		0.017		0.013											
	7		0.0		0.015		0.017		0.013											
	8		0.0		0.0		0.017		0.013											
	9		0.0		0.0		0.017		0.013											
	10		0.010		0.0		0.013		0.017											
	11		0.010		0.0		0.013		0.017											

リスト 3.3-1 ブロードダウン特性解析入力データ (ケース「1」)

	12	0.010	0.0	0.013	0.017							
	13	0.0	0.010	0.017	0.013							
	14	0.0	0.013	0.017	0.013							
	15	0.0	0.0	0.017	0.013							
C												
C												
NA-HPS3	NO	JN	MPNA	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
	1	18	1	1	1	1	1	1	1	1		
	2	18	3	3	3	3	3	3	3	3		
	3	18	3	3	3	3	3	3	3	3		
	4	18	3	3	3	3	3	3	3	3		
	5	18	3	3	3	3	3	3	3	3		
	6	18	1	1	1	1	1	1	1	1		
	7	18	1	1	1	1	1	1	1	1		
	8	18	1	1	1	1	1	1	1	1		
	9	18	1	1	1	1	1	1	1	1		
	10	18	1	1	1	1	1	1	1	1		
	11	18	2	2	2	2	2	2	2	2		
	12	18	2	2	2	2	2	2	2	2		
	13	18	1	1	1	1	1	1	1	1		
	14	18	1	1	1	1	1	1	1	1		
	15	18	1	1	1	1	1	1	1	1		
C *												
C *	TABLE DATA											
C *												
XY-TABLE	1 X	0.0	1.000E+9									
	Y	10.00	10.00									
	2 X	0.0	1.000E+9									
	Y	1.000	1.000									
	3 X	0.0	1.000E+9									
	Y	0.0	0.0									
	6 X	0.0	0.498E-3	0.498E-2	0.498E-1	1.000E+9						
	Y	5.000E+2	5.000E+2	5.000E+1	5.000	5.000						
	7 X	0.0	0.634E-3	0.634E-2	0.634E-1	1.000E+9						
	Y	5.000E+2	5.000E+2	5.000E+1	5.000	5.000						
XY-TABLE	11 X	15	0.500	1.000	1.500	2.000						
	X	65	2.500	3.000	4.000	6.000	1.000E+9					
	Y	15	105.0	105.0	103.0	102.0	45.00					
	Y	65	8.000	4.500	3.000	0.0	0.0					
	12 X	0.0	1.000E+9									
	Y	105.0	105.0									

	13 X	0.0	1.000E+9									
	Y	248.2	248.2									
C												
XY-TABLE	21 X	0.0	1.000	2.000	1.000E+9							
	Y	0.0	0.0	1.180E-3	1.180E-3							
*	Y	0.0	0.0	1.573E-3	1.573E-3							
	22 X	0.0	1.000	1.300	1.000E+9							
	Y	0.0	0.0	5.400E-3	5.400E-3							
*	Y	0.0	0.0	4.950E-3	4.950E-3							
	23 X	0.0	1.000	43.00	1.000E+9							
	Y	0.0	0.0	1.800E-3	1.800E-3							
*	Y	0.0	0.0	1.650E-3	1.650E-3							
	24 X	0.0	1.000	1.300	1.000E+9							
	Y	0.0	0.0	5.280E-3	5.280E-3							
	Y	0.0	0.0	4.224E-3	4.224E-3							
	25 X	0.0	1.000	1.300	1.000E+9							
	Y	0.0	0.0	5.540E-3	5.540E-3							
	Y	0.0	0.0	4.432E-3	4.432E-3							
	26 X	0.0	1.000	38.00	1.000E+9							
	Y	0.0	0.0	1.800E-3	1.800E-3							
	Y	0.0	0.0	1.440E-3	1.440E-3							
XY-TABLE	27 X	0.0	1.000	6.000	1.000E+9							
	Y	0.0498	0.0498	0.0	0.0							
	28 X	0.0	1.000	6.000	1.000E+9							
	Y	0.0634	0.0634	0.0	0.0							
C												
XY-TABLE	41 X	0.0	1.000E+9									
	Y	505.0	505.0									
	42 X	15	0.0	1.000	4.000	10.00	13.00					
	X	65	19.00	28.00	58.00	100.0	1.000E+9					
	Y	15	1.000	1.000	0.500	0.250	0.200					
	Y	65	0.140	0.100	0.050	0.030	0.010					
	43 X	0.0	1.000E+9									
	Y	0.0	0.0									
	44 X	0.0	1.000E+9									
	Y	0.0	0.0									
	45 X	0.0	1.000E+9									
	Y	0.0	0.0									
	46 X	0.0	1.000E+9									
	Y	1.000	1.000									

リスト 3.3-1 ブローダウン特性解析入力データ (ケース「1」)

C *
C * END OF DATA
C *
DATA-END

リスト 3.3-2 ブローダウン特性解析入力データ (ケース「2A」)

```

C*****
C*   PROGRAM NAME = LEAP-BLOW  VER. 1.30   *
C*****
C
C   TITLE
C     SG BLOW DOWN CALULATION CASE 2A      WITH SODIUM SIDE
C *
C *   MAIN CONTROL DATA
C *
C     ICLHD   ICLLG   ICLNA           ICLST   ISPRT
C   MN-CALC   10      1       1           3       0
C     TIINT   TIMAX   DTINT
C   MN-TIME  -20.00  100.0   0.010
C     TDTBL   DTTBL   NPTBL
C   MN-STEP   0.0    0.010   500
C           1.0E+9  0.010   500
C     IREST   KREST
C   MN-REST   0      1010
C
C     KCPRT   KCPLT   DTPRT   DTPLT
C   MN-OUTCN   1       1   5.000   0.400
C
C   <-----> <-----> <-----> <-----> <-----> <-----> <----->
C   MN-PLOT   P102000 T102000 R102000 X102000 W101010
C             P103000 T103000 R103000 X103000 W104010
C             P107000 T107000 R107000 X107000 W106010
C             P108000 T108000 R108000 X108000 W108010
C             T902001 T902008 T902016 T902024 W902000
C             T904001 T904008 T904016 T903016 T903024
C             W002021 T002021 H002021 I002021 O002021
C             W002031 T002031 H002031 I002031 O002031
C             W002041 T002041 H002041 I002041 O002041
C             W002051 T002051 H002051 I002051 O002051
C             W007021 T007021 H007021 I007021 O007021
C             W007031 T007031 H007031 I007031 O007031
C             W007041 T007041 H007041 I007041 O007041
C             W009021 T009021 H009021 I009021 O009021
C             W009651 T009651 H009651 I009651 O009651
C             W009661 T009661 H009661 I009661 O009661
C             W009671 T009671 H009671 I009671 O009671
C             W009121 T009121 H009121 I009121 O009121

```

```

C
C     V009121 X009121 Q009121 E009121 R009121
C
C     NHEAD   NLEGS   MDLVL   NVPID
C   MN-MODEL   09      09      02      00
C     MSLIP   MCRIT   MFRIC   MMULT
C   MN-MOPT1   03      02      01      00
C     (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7)
C   MN-MHTCF   02  01  00  02  02  02  00      RADET   DC01L
C   MN-MHTCF   02  01  00  08  02  02  01      0.800
C
C *
C *   HEADER DATA
C *
C     IPA   IWL   FCFHD   FXSHD   FVIHD   SYDHD
C   HD-OPT1   1   0   0.600   2.000   5.000E-7   0.0
C *
C     NO   MLHD   NZHD   NWHD   KFW   KFH   KBA1   KBZ1   KBA2   KBZ2
C   HD-OPT2   1     0     0     0   11   13   21   02     0     0
C             2     0     0     0     0     0     0     0     0     0
C             3     0     0     0     0     0     0     0     0     0
C             4     0     0     0     0     0   22   02   23   02
C             5     0     0     0     0     0     0     0     0     0
C             6     0     0     0     0     0   24   02     0     0
C             7     0     0     0     0     0     0     0     0     0
C             8     0     0     0     0     0   25   02   26   02
C             9     0     0     0     0     0     0     0     0     0
C
C     NO   VLHD   POHD   TOHD   VOHD   FXHD
C   HD-DAT1   1     0.100   153.2   240.0   -0.100   1.000
C             2     2.160   153.0   240.0   -0.100   1.000
C             3     1.340   146.35   368.4   1.001   1.000
C             4     0.050   145.4   368.4   1.001   1.000
C             5     6.680   145.0   368.4   1.001   1.000
C             6     0.500   144.33   368.4   1.001   1.000
C             7     2.160   143.92   368.4   1.001   1.000
C             8     1.340   132.0   487.0   1.001   1.000
C             9     0.630   131.26   487.0   1.001   1.000
C             9     1.000E+9   131.26   487.0   1.001   1.000
C
C     NO   WOHD   DSHD   DVHD
C   CHD-DAT2   1
C
C     NO   ASWH   THWH   CPWH   GMWH   CNWH   TOWH   HOWH

```

リスト 3.3-2 プロダウン特性解析入力データ (ケース「2A」)

HD-WALL	1	1.620	0.0182	0.118	7820.0	0.013	30.00	0.0
	2	1.620	0.0182	0.118	7820.0	0.013	30.00	0.0
	3	1.620	0.0182	0.118	7820.0	0.013	30.00	0.0
	4	1.620	0.0182	0.118	7820.0	0.013	30.00	0.0
	5	1.620	0.0182	0.118	7820.0	0.013	30.00	0.0
	6	1.620	0.0182	0.118	7820.0	0.013	30.00	0.0
	7	1.620	0.0182	0.118	7820.0	0.013	30.00	0.0
	8	1.620	0.0182	0.118	7820.0	0.013	30.00	0.0
	9	1.620	0.0182	0.118	7820.0	0.013	30.00	0.0

LG-BC. 2	1	153.2	153.0	248.2	248.2
	2	153.0	146.35	248.2	682.0
	3	146.35	145.4	682.0	682.0
	4	145.4	145.0	682.2	682.2
	5	145.0	144.33	682.2	682.2
	6	144.33	143.92	682.2	682.2
	7	143.92	132.0	682.2	788.6
	8	132.0	131.26	788.6	788.6
	9	153.0	146.35	248.2	682.0

C	HD	LG	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
C	CHD-PIPE								
C*	PIPE DATA								
C*	ITN	IGV	INT	IWL	MST	NST	ERRLG	ERPLG	ERSLG
C	50	0	100	0	2	50	0.010	0.010	1.000E+4
C	MDCV	J1CV	J2CV	J3CV					
C	0	0	0	0					
C	KCBK	J1BK	J2BK	NPBK	NZBK	ZFBK			
C	0	2	2	01	0	1.000			
C	KCLK	J1LK	J2LK	J3LK	AXLK	AYLK	ZFLK	TXLK	
C	0	0	0	0	0.007	0.0	0.600	0.100	
C	NO	NSLG	NPLG	ICLG	IFLG	IDLG	WOLG	FHLG	
C	1	02	01	02	-1	0	1	105.0	
	2	05	02	03	-1	0	1	94.5	
	3	02	03	04	-1	0	1	105.0	
	4	02	04	05	-1	0	1	105.0	
	5	02	05	06	-1	0	1	105.0	
	6	02	06	07	-1	0	1	105.0	
	7	04	07	08	-1	0	1	105.0	
	8	01	08	09	-1	0	1	105.0	
	9	67	02	03	-1	0	1	10.5	
C	NO	IPI	IPO	IGI	IGO	IHI	IHO		
C	1	11	12	13	14	15	15		
*LG-BC. 1	2	17	18	13	14	16	15		
C	PBLG (1)		PBLG (2)		HBLG (1)		HBLG (2)		

C	NO	SC	MSLG	NDW	ASLG	DSL	XSLG	ZSLG	FSLG
C	1	1	06	0	0.0347	0.2102	7.125	0.0	0.0
	1	2	06	0	0.0347	0.2102	7.125	0.0	0.0
	2	1	08	03	0.05436	0.0234	12.30	0.0	0.0
	2	2	08	03	0.05436	0.0234	22.133	0.0	0.0
	2	3	08	03	0.05436	0.0234	22.133	0.0	0.0
	2	4	08	03	0.05436	0.0234	22.133	0.0	0.0
	2	5	08	03	0.05436	0.0234	6.000	0.0	0.0
	3	1	05	0	0.0498	0.2519	23.940	0.0	0.0
	3	2	05	0	0.0498	0.2519	23.940	0.0	0.0
	4	1	05	0	0.0498	0.2519	3.675	0.0	0.0
	4	2	05	0	0.0498	0.2519	3.675	0.0	0.0
	5	1	05	0	0.0498	0.2519	8.675	0.0	0.0
	5	2	05	0	0.0498	0.2519	8.675	0.0	0.0
	6	1	05	0	0.0498	0.2519	3.825	0.0	0.0
	6	2	05	0	0.0498	0.2519	3.825	0.0	0.0
	7	1	08	03	0.0671	0.0241	11.50	0.0	0.0
	7	2	08	03	0.0671	0.0241	14.45	0.0	0.0
	7	3	08	03	0.0671	0.0241	14.45	0.0	0.0
	7	4	08	03	0.0671	0.0241	5.000	0.0	0.0
	8	1	08	0	0.0634	0.2842	25.75	0.0	0.0
	9	1	08	03	0.00604	0.0234	12.30	0.0	0.0
	9	2	04	03	0.00604	0.0234	10.817	0.0	0.0
	9	3	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0
	9	4	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0
	9	5	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0
	9	6	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0
	9	7	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0
	9	8	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0
	9	9	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0

リスト 3.3-2 ブローダウン特性解析入力データ (ケース「2A」)

9	10	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0	9	50	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0
9	11	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0	9	51	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0
9	12	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0	9	52	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0
9	13	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0	9	53	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0
9	14	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0	9	54	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0
9	15	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0	9	55	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0
9	16	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0	9	56	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0
9	17	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0	9	57	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0
9	18	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0	9	58	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0
9	19	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0	9	59	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0
9	20	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0	9	60	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0
9	21	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0	9	61	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0
9	22	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0	9	62	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0
9	23	02	03	0.00604	0.0234	5.585	0.0	0.0	9	63	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0
9	24	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0	9	64	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0
9	25	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0	9	65	08	03	0.00604	0.0234	20.781	0.0	0.0
9	26	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0	9	66	08	03	0.00604	0.0234	22.133	0.0	0.0
9	27	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0	9	67	08	03	0.00604	0.0234	6.000	0.0	0.0
9	28	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0									
9	29	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0									
9	30	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0									
9	31	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0									
9	32	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0									
9	33	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0									
9	34	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0									
9	35	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0									
9	36	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0									
9	37	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0									
9	38	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0									
9	39	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0									
9	40	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0									
9	41	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0									
9	42	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0									
9	43	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0									
9	44	02	03	0.00604	0.0234	5.585	0.0	0.0									
9	45	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0									
9	46	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0									
9	47	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0									
9	48	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0									
9	49	01	03	0.00604	0.0234	0.025	0.0	0.0									

		C							
		C	NO	OF	AORR	FNOR	FNOR	FCOR	FCOR
			1	1	0.0347	0.0	0.0	0.0	0.0
			1	2	0.0347	0.0	0.0	0.0	0.0
			1	3	0.0347	1.000	0.500	1.000	0.500
			2	1	0.05436	5.000	10.00	5.000	10.00
			2	2	0.05436	0.0	0.0	0.0	0.0
			2	3	0.05436	0.0	0.0	0.0	0.0
			2	4	0.05436	0.0	0.0	0.0	0.0
			2	5	0.05436	0.0	0.0	0.0	0.0
			2	6	0.05436	10.00	5.000	10.00	5.000
			3	1	0.0498	0.500	1.000	0.500	1.000
			3	2	0.0498	0.0	0.0	0.0	0.0
			3	3	0.0498	0.0	0.0	0.0	0.0
			4	1	0.0498	0.0	0.0	0.0	0.0
			4	2	0.0498	0.0	0.0	0.0	0.0
			4	3	0.0498	1.000	0.500	1.000	0.500
			5	1	0.0498	0.500	1.000	0.500	1.000
			5	2	0.0498	0.0	0.0	0.0	0.0
			5	3	0.0498	0.0	0.0	0.0	0.0
			6	1	0.0498	0.0	0.0	0.0	0.0
			6	2	0.0498	0.0	0.0	0.0	0.0

リスト 3.3-2 ブローダウン特性解析入力データ (ケース「2A」)

6	3	0.0498	1.000	0.500	1.000	0.500	9	33	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
7	1	0.0671	5.000	10.00	5.000	10.00	9	34	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
7	2	0.0671	0.0	0.0	0.0	0.0	9	35	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
7	3	0.0671	0.0	0.0	0.0	0.0	9	36	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
7	4	0.0671	0.0	0.0	0.0	0.0	9	37	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
7	5	0.0671	10.00	5.000	10.00	5.000	9	38	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
8	1	0.0634	0.500	1.000	0.500	1.000	9	39	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
8	2	0.0634	0.0	0.0	0.0	0.0	9	40	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
9	1	0.00604	5.000	10.00	5.000	10.00	9	41	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
9	2	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0	9	42	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
9	3	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0	9	43	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
9	4	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0	9	44	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
9	5	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0	9	45	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
9	6	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0	9	46	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
9	7	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0	9	47	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
9	8	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0	9	48	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
9	9	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0	9	49	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
9	10	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0	9	50	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
9	11	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0	9	51	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
9	12	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0	9	52	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
9	13	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0	9	53	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
9	14	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0	9	54	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
9	15	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0	9	55	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
9	16	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0	9	56	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
9	17	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0	9	57	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
9	18	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0	9	58	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
9	19	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0	9	59	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
9	20	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0	9	60	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
9	21	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0	9	61	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
9	22	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0	9	62	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
9	23	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0	9	63	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
9	24	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0	9	64	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
9	25	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0	9	65	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
9	26	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0	9	66	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
9	27	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0	9	67	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0
9	28	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0	9	68	0.00604	10.00	5.000	10.00	5.000
9	29	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0							
9	30	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0							
9	31	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0							
9	32	0.00604	0.0	0.0	0.0	0.0							

C
C
*LG-ORIF2
C

NO OF POOR TOOR VOOR

リスト 3.3-2 ブローダウン特性解析入力データ (ケース「2A」)

C	NO	SC	ASWL	THWL	CPWL	GMWL	CNWL							
LG-WALL1	2	1	10.057	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	9	31	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130
	2	2	10.057	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	9	32	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130
	2	3	10.057	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	9	33	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130
	2	4	10.057	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	9	34	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130
	2	5	10.057	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	9	35	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130
	7	1	5.329	0.0039	0.118	7820.0	0.0130	9	36	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130
	7	2	5.329	0.0039	0.118	7820.0	0.0130	9	37	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130
	7	3	5.329	0.0039	0.118	7820.0	0.0130	9	38	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130
	7	4	5.329	0.0039	0.118	7820.0	0.0130	9	39	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130
	9	1	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	9	40	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130
	9	2	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	9	41	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130
	9	3	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	9	42	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130
	9	4	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	9	43	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130
	9	5	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	9	44	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130
	9	6	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	9	45	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130
	9	7	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	9	46	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130
	9	8	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	9	47	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130
	9	9	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	9	48	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130
	9	10	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	9	49	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130
	9	11	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	9	50	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130
	9	12	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	9	51	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130
	9	13	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	9	52	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130
	9	14	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	9	53	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130
	9	15	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	9	54	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130
	9	16	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	9	55	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130
	9	17	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	9	56	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130
	9	18	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	9	57	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130
	9	19	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	9	58	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130
	9	20	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	9	59	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130
	9	21	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	9	60	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130
9	22	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	9	61	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	
9	23	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	9	62	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	
9	24	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	9	63	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	
9	25	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	9	64	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	
9	26	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	9	65	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	
9	27	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	9	66	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	
9	28	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	9	67	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130	
9	29	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130								
9	30	1.117	0.0042	0.118	7820.0	0.0130								
C								C						
LG-WALL2	NO	SC	TOWL	HOWL	QOWL	JCHF		LG-WALL2	2	1	300.0	-2.50	0.0	0

リスト 3.3-2 ブローダウン特性解析入力データ (ケース「2A」)

2	2	349.0	-2.50	-13.675E3	0	9	33	1170.0	1.04	0.0	1					
2	3	397.0	-2.50	-13.675E3	0	9	34	1170.0	1.04	0.0	1					
2	4	445.0	-2.50	-13.675E3	0	9	35	1162.0	1.09	0.0	1					
2	5	300.0	0.0	0.0	0	9	36	1137.0	1.18	0.0	1					
7	1	300.0	-2.50	0.0	0	9	37	1097.0	1.41	0.0	1					
7	2	481.0	-2.50	-5.638E+3	0	9	38	1042.0	1.87	0.0	1					
7	3	493.0	-2.50	-5.638E+3	0	9	39	974.0	3.01	0.0	1					
7	4	300.0	0.0	0.0	0	9	40	894.0	8.29	0.0	1					
9	1	300.0	-2.50	0.0	0	9	41	804.0	7.43	0.0	1					
9	2	337.0	-2.50	-0.7597E3	0	9	42	707.0	6.50	0.0	1					
9	3	605.0	5.54	0.0	1	9	43	605.0	5.54	0.0	1					
9	4	707.0	6.50	0.0	1	9	44	361.0	-2.50	-0.3798E3	0					
9	5	804.0	7.43	0.0	1	9	45	605.0	5.54	0.0	1					
9	6	894.0	8.29	0.0	1	9	46	707.0	6.50	0.0	1					
9	7	974.0	3.01	0.0	1	9	47	804.0	7.43	0.0	1					
9	8	1042.0	1.87	0.0	1	9	48	894.0	8.29	0.0	1					
9	9	1097.0	1.41	0.0	1	9	49	974.0	3.01	0.0	1					
9	10	1137.0	1.18	0.0	1	9	50	1042.0	1.87	0.0	1					
9	11	1162.0	1.09	0.0	1	9	51	1097.0	1.41	0.0	1					
9	12	1170.0	1.04	0.0	1	9	52	1137.0	1.18	0.0	1					
9	13	1170.0	1.04	0.0	1	9	53	1162.0	1.09	0.0	1					
9	14	1162.0	1.09	0.0	1	9	54	1170.0	1.04	0.0	1					
9	15	1137.0	1.18	0.0	1	9	55	1170.0	1.04	0.0	1					
9	16	1097.0	1.41	0.0	1	9	56	1162.0	1.09	0.0	1					
9	17	1042.0	1.87	0.0	1	9	57	1137.0	1.18	0.0	1					
9	18	974.0	3.01	0.0	1	9	58	1097.0	1.41	0.0	1					
9	19	894.0	8.29	0.0	1	9	59	1042.0	1.87	0.0	1					
9	20	804.0	7.43	0.0	1	9	60	974.0	3.01	0.0	1					
9	21	707.0	6.50	0.0	1	9	61	894.0	8.29	0.0	1					
9	22	605.0	5.54	0.0	1	9	62	804.0	7.43	0.0	1					
9	23	349.0	-2.50	-0.3798E3	0	9	63	707.0	6.50	0.0	1					
9	24	605.0	5.54	0.0	1	9	64	605.0	5.54	0.0	1					
9	25	707.0	6.50	0.0	1	9	65	397.0	-2.50	-1.5194E3	0					
9	26	804.0	7.43	0.0	1	9	66	445.0	-2.50	-1.5194E3	0					
9	27	894.0	8.29	0.0	1	9	67	300.0	0.0	0.0	0					
9	28	974.0	3.01	0.0	1											
9	29	1042.0	1.87	0.0	1											
9	30	1097.0	1.41	0.0	1											
9	31	1137.0	1.18	0.0	1											
9	32	1162.0	1.09	0.0	1											
						C										
						C										
						LG-VALV	NO	J1VL	J2VL	NAVL	NFVL	(2)	(3)	(4)	TISVL	TIEVL
							1	05	02	27	06	06	06	06	0.010	1.000E+9
							2	08	02	28	07	07	07	07	0.010	1.000E+9
						C										

リスト 3.3-2 ブローダウン特性解析入力データ (ケース「2A」)

	14	09	10	01	1	41.20	0.119	5.000
	15	09	2003	01	1	46.50	0.119	5.000
C								
C	NO	XPNA (1)	XPNA (2)	HPNA (1)	HPNA (2)			
NA-HPS2	1	0.015	0.0	0.013	0.017			
	2	0.015	0.0	0.013	0.017			
	3	0.015	0.0	0.013	0.017			
	4	0.015	0.0	0.013	0.017			
	5	0.015	0.0	0.013	0.017			
	6	0.0	0.015	0.017	0.013			
	7	0.0	0.015	0.017	0.013			
	8	0.0	0.0	0.017	0.013			
	9	0.0	0.0	0.017	0.013			
	10	0.010	0.0	0.013	0.017			
	11	0.010	0.0	0.013	0.017			
	12	0.010	0.0	0.013	0.017			
	13	0.0	0.010	0.017	0.013			
	14	0.0	0.013	0.017	0.013			
	15	0.0	0.0	0.017	0.013			

C												
C	NO	JN	MPNA	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
NA-HPS3	1	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	18	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	3	18	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	4	18	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	5	18	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	6	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	7	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	8	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	9	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	10	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	11	18	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	12	18	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	13	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	14	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	15	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

C *
 C * TABLE DATA
 C *
 XY-TABLE 1 X 0.0 1.000E+9

	Y	10.00	10.00		
	2 X	0.0	1.000E+9		
	Y	1.000	1.000		
	3 X	0.0	1.000E+9		
	Y	0.0	0.0		
	6 X	0.0	0.498E-3	0.498E-2	0.498E-1
	Y	5.000E+2	5.000E+2	5.000E+1	5.000
	7 X	0.0	0.634E-3	0.634E-2	0.634E-1
	Y	5.000E+2	5.000E+2	5.000E+1	5.000
XY-TABLE	11 X	15	0.0	0.500	1.000
	X	65	2.500	3.000	4.000
	Y	15	105.0	105.0	103.0
	Y	65	8.000	4.500	3.000
	12 X	0.0	1.000E+9		
	Y	105.0	105.0		
	13 X	0.0	1.000E+9		
	Y	248.2	248.2		
C					
XY-TABLE	21 X	0.0	1.000	2.000	1.000E+9
	Y	0.0	0.0	1.180E-3	1.180E-3
*	Y	0.0	0.0	1.573E-3	1.573E-3
	22 X	0.0	1.000	1.300	1.000E+9
	Y	0.0	0.0	5.400E-3	5.400E-3
*	Y	0.0	0.0	4.950E-3	4.950E-3
	23 X	0.0	1.000	43.00	1.000E+9
	Y	0.0	0.0	1.800E-3	1.800E-3
*	Y	0.0	0.0	1.650E-3	1.650E-3
	24 X	0.0	1.000	1.300	1.000E+9
	Y	0.0	0.0	5.280E-3	5.280E-3
	Y	0.0	0.0	4.224E-3	4.224E-3
	25 X	0.0	1.000	1.300	1.000E+9
	Y	0.0	0.0	5.540E-3	5.540E-3
	Y	0.0	0.0	4.432E-3	4.432E-3
	26 X	0.0	1.000	38.00	1.000E+9
	Y	0.0	0.0	1.800E-3	1.800E-3
	Y	0.0	0.0	1.440E-3	1.440E-3
XY-TABLE	27 X	0.0	1.000	6.000	1.000E+9
	Y	0.0498	0.0498	0.0	0.0
	28 X	0.0	1.000	6.000	1.000E+9
	Y	0.0634	0.0634	0.0	0.0

リスト 3.3-2 ブローダウン特性解析入力データ (ケース「2A」)

```

C
XY-TABLE 41 X      0.0      1.000E+9
           Y      505.0     505.0
           42 X 15  0.0      1.000      4.000      10.00      13.00
           X 65 19.00     28.00     58.00     100.0     1.000E+9
           Y 15  1.000     1.000     0.500     0.250     0.200
           Y 65  0.140     0.100     0.050     0.030     0.010
           43 X      0.0      1.000E+9
           Y      0.0      0.0
           44 X      0.0      1.000E+9
           Y      0.0      0.0
           45 X      0.0      1.000E+9
           Y      0.0      0.0
           46 X      0.0      1.000E+9
           Y      1.000     1.000

C *
C *      END OF DATA
C *
DATA-END

```

4. まとめ

LEAP コード用ブローダウンコード (LEAP-BLOW) に以下に示す改良を実施し、機能確認のための適用計算を実施し、改良コードの妥当性を確認した。なお、改良後の LEAP コード用ブローダウンコードは LEAP-BLOW Ver. 1.30 とした。

(1) 改良内容

限界熱流束 (CHF) 判定式として、甲藤の式及び Tong の式を追加し、Post-CHF 伝熱相関式として、Condie-BengstonIV の式及び Groeneveld 5.9 の式を追加した。

LEAP-BLOW で使用する水・蒸気の物性値を水の臨界圧力まで拡張した。ここで、各種の臨界流量計算モデル (Bernoulli の式、Henry-Fauske の式、Moody の式、小笠原の式、单相流理論式、断熱噴流の式、及び Murdock-Bauman の式) の圧力上限値を水の臨界圧まで拡張し、圧力とエンタルピの関係をテーブル化した。

考慮できる配管数 10 本及び総セクション数 50 個から、配管数を 50 本、セクション数を配管 1 本当たり 100 個に拡張した。また、モデル化の整合をとり、ヘッダ数、バルブ個数等も拡張した。さらに、計算モデルの拡張及びナトリウム-水反応ジェットコード (LEAP-JET) との統合を視野に入れて、LEAP-BLOW の最適な入力書式を検討し、改良した。

任意のヘッダ又は配管のノードの圧力により、PID 制御で任意の調整弁の弁開度を制御できる機能を追加した。この PID 制御機能は入力で与える任意の時間範囲で機能するものとした。

(2) 機能確認計算

機能確認計算として、ヘッダ計算モジュール及び水系配管計算モジュール単体の機能計算、PID 制御機能の確認計算、及びブローダウン特性解析を実施した。

これらの適用計算結果により、解析コード LEAP-BLOW の改良の妥当性を確認した。

5. あとがき

サイクル機構において、高速炉の蒸気発生器における伝熱管破損事故に起因するナトリウム-水反応現象評価の高度化の一環として、高温ラプチャ型破損評価手法の更なる整備が進められ、限界熱流束と Post-CHF 伝熱相関式に関する軽水炉研究の調査に基づいて伝熱管内の冷却条件（管内熱伝達相関）の整理が実施された。

本作業では、上述の管内冷却条件の整理を反映することを主目的として、LEAP コード用ブローダウンコードの改良を実施した。また、改良した LEAP-BLOW コードに対して機能確認のための適用計算を実施し、改良コードの妥当性を確認した。

今後は、総合的なナトリウム-水反応現象の評価に資するため、伝熱管構造強度評価モデルの開発、ナトリウム-水反応ジェット挙動評価コードの3次元化等の高度化を実施し、破損伝播解析コード LEAP に本作業で改良したブローダウン挙動解析コードとナトリウム-水反応ジェット挙動評価コード及び伝熱管構造強度評価モデルを統合した総合的なナトリウム-水反応解析コードの開発が望まれる。

また、今回の LEAP コード用ブローダウンコードの改良作業では、「限界熱流束判定対象域を自動判定する機能」及び「限界熱流束発生後の膜沸騰熱伝達への位置的遅れまたは時間的な遅れの考慮」は、プログラミングの困難さ及び必要性の有無を判断した結果、適用外とした。今後は研究開発の進捗に応じ、物理モデルの検討及び解析コードの改良を行なう必要がある。

6. 謝辞

本作業の実施にあたって、核燃料サイクル開発機構 大洗工学センター 要素技術開発部 熱化学安全試験グループの濱田広次サブグループリーダー、二神敏研究員、實晃司氏、原子カシステム株式会社 小野功氏をはじめ関係各位の御討論、御指導を頂くことにより、本作業を達成することができました。

ここにあらためて関係各位に対し深く感謝の意を表します。

7. 参考文献

- (1) 三宅収, 他: “蒸気発生器伝熱管の高温ラプチャ型破損評価手法の整備と適用(Ⅲ)”, JNC TN9400 2001-130, (2002)
- (2) 糸岡聡, 他: “ナトリウム-水反応ジェットコードの反応モデル高度化と適用解析”, JNC TJ9440 2000-010, (2000)
- (3) 糸岡聡, 他: “LEAP コード用ブローダウンコードの検証-RELAP5/Mod. 2 及び BLOOPH コードによる検証-”, JNC TJ9440 99-024, (1999)
- (4) “伝熱工学資料(改訂第3版)”, 日本機械学会, (1975)
- (5) “伝熱工学資料(改訂第4版)”, 日本機械学会, (1986)
- (6) “伝熱ハンドブック-ソフト付き-”, 日本機械学会, (1993)
- (7) 甲藤好郎, 日本機械学会論文集, 44 巻-387 号, (1978), 45 巻(B編)-394 号, (1979), 46 巻(B編)-409 号, (1980), 47 巻(B編)-413 号, (1981), 50 巻(B編)-459 号, (1984)
- (8) L. S. Tong, et al. : “New Correlations Predict DNB Conditions”, Nucleonics, Vol. 21 No. 5, (1963)
- (9) K. G. Condie, et al. : “Post-CHF Heat Transfer Data Analysis, Comparison and Correlation”, unpublished paper by Idaho National Engineering Lab., (1974)
- (10) D. C. Groeneveld: “Post-Dryout Heat Transfer at Reactor Operating Conditions”, AECL-4513, Atomic Energy of Canada Limited, (1973)
- (11) “1999 日本機械学会蒸気表”, 日本機械学会, (1999)
- (12) R. E. Henry, H. K. Fauske : “The Two-Phase Critical Flow of One-Component Mixtures in Nozzles, Orifices, and Short Tubes”, Transactions of the ASME Journal of Heat Transfer, (1971)
- (13) F. J. Moody : “Maximum Flow Rate of a Single Component, Two-Phase Mixture”, Transactions of the ASME Journal of Heat Transfer, (1965)
- (14) 小笠原英雄: “二相流臨界流量の理論”, 日本機械学会論文集, 31 巻-第 225 号, (1965)
- (15) J. W. Murdock, J. M. Bauman: “The Critical Flow Function for Superheated Steam”, Transactions of the ASME Journal of Basic Engineering, (1964)
- (16) 生井武文, 松尾一泰: “圧縮性流体の力学”, 理工学社, (1977)

- (17) 橋口禎郎, 他: “ナトリウム-水反応ジェットコードの伝熱モデル高度化”, JNC TJ9400 2001-017, (2001)
- (18) 三宅収, 他: “大リーク・ナトリウム-水反応解析コード-SWACS/REG3 - (使用説明書) : -大リーク・ナトリウム-水反応解析 (第7報) -”, PNC TN952 79-20, (1979)
- (19) C. W. Hirt, et al. : “SOLA-LOOP, A Nonequilibrium Drift-Flux Code for Two-Phase Flow in Networks”, NUREG/CR-0626 LA-7659 R-4, (1979)
- (20) 山川正剛, 他: “タンク型炉高速増殖炉原子炉主容器内の熱流動特性”, 日立評論 VOL. 67-No. 11, (1985)
- (21) 鈴木隆: “自動制御理論演習”, 学献社, (1969)

付録1 LEAP-BLOW Ver. 1.30 プログラムマニュアル

1. 解析コードの構成の概要

LEAP-BLOW Ver. 1.30 コードを計算機能毎に分類すると次のようになる。

- (1) 主制御部（メインモジュール）
- (2) 入力制御部（MNINPT ルーチン）
- (3) 初期計算制御部（MNINIT ルーチン）
 - ・定常状態計算（STMAIN ルーチン）
 - ・ヘッダ初期状態計算（HDINIT ルーチン）
 - ・水系配管初期状態計算（LGINIT ルーチン）
 - ・構造材熱容量初期状態計算（WLINIT ルーチン）
 - ・ナトリウム側初期状態計算（NAINIT ルーチン）
- (4) 過渡計算制御部（MNTRNS ルーチン）
 - ・ヘッダ過渡計算（HDTRNS ルーチン）
 - ・水系配管過渡計算（LGTRNS ルーチン）
 - ・構造材熱容量過渡計算（WLTRNS ルーチン）
 - ・ナトリウム側過渡計算（NATRNS ルーチン）
 - ・計算結果の出力（MNPRNT ルーチン/MNPLOT ルーチン）

2. プログラム処理フロー及び解析コードの構成

LEAP-BLOW Ver. 1.30 コードのプログラム全体の処理フローを図 1-1 に、初期計算制御部、過渡計算制御部のそれぞれの処理フローを図 1-2～図 1-3 に示す。また、各モジュール間のデータ相関図を図 1-4 に示す。各モジュールの主要なルーチンのツリー構造図を図 1-5～図 1-10 に示す。

3. 各ルーチンの機能

LEAP-BLOW Ver. 1.30 コードの各ルーチンの機能をモジュールに分けて、表 1-1～表 1-8 に示す。

- | | |
|-------------------|---------|
| (1) メインモジュール | (表 1-1) |
| (2) 定常計算モジュール | (表 1-2) |
| (3) ヘッダ計算モジュール | (表 1-3) |
| (4) 水系配管計算モジュール | (表 1-4) |
| (5) 構造材熱容量計算モジュール | (表 1-5) |
| (6) ナトリウム側計算モジュール | (表 1-6) |
| (7) 水・蒸気状態量計算 | (表 1-7) |
| (8) その他 | (表 1-8) |

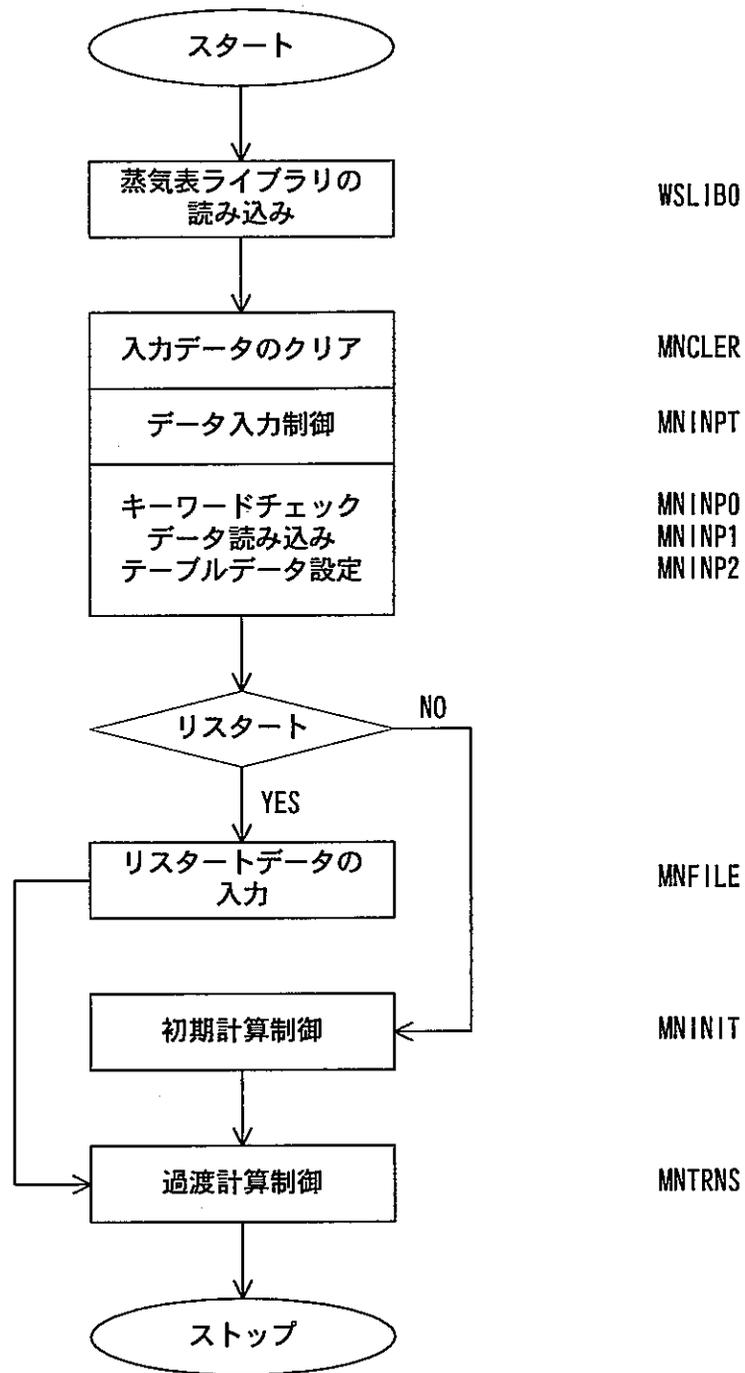


図 1-1 LEAP-BLOW コードのプログラム全体の処理フロー

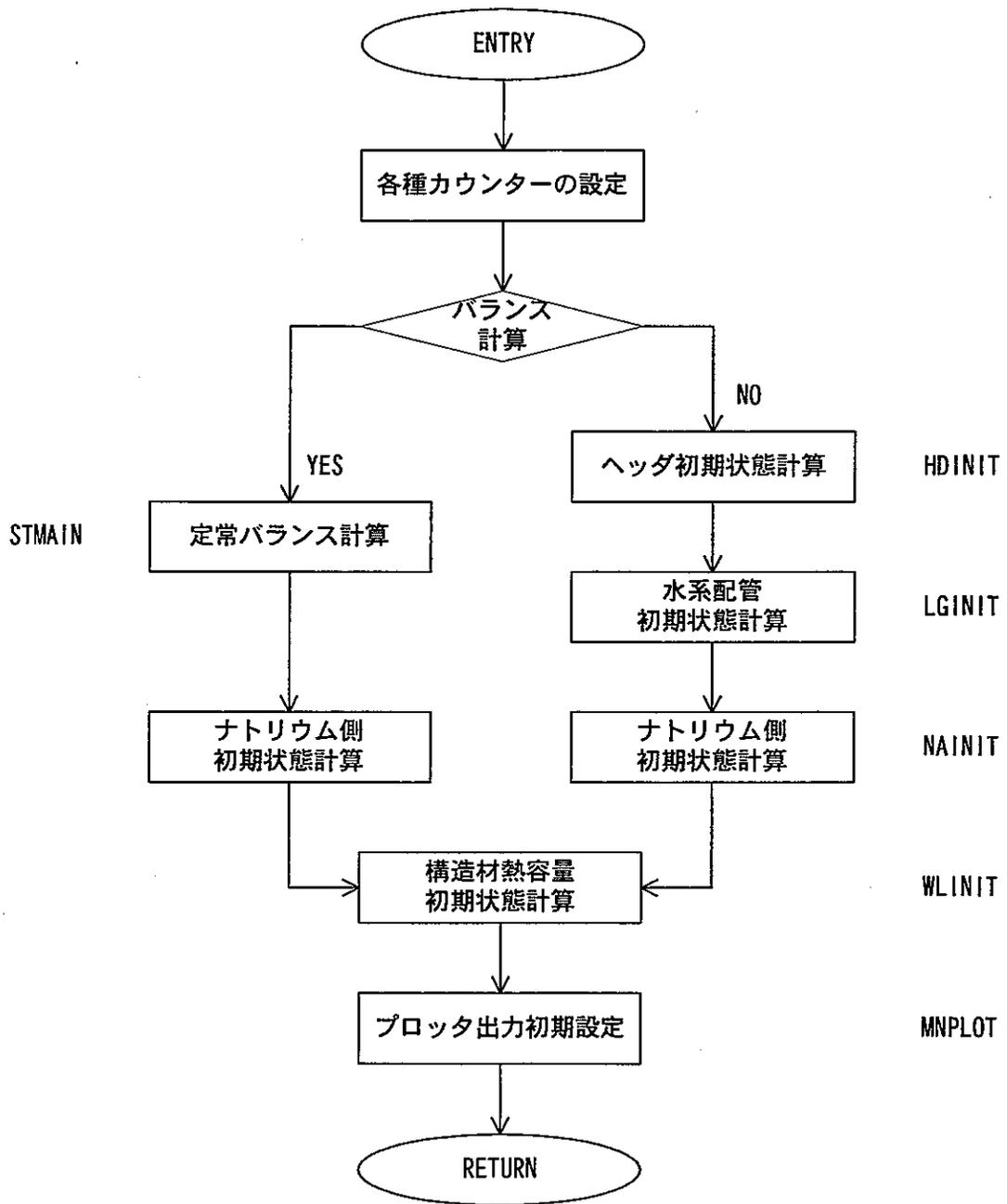


図 1-2 初期計算制御部処理フロー

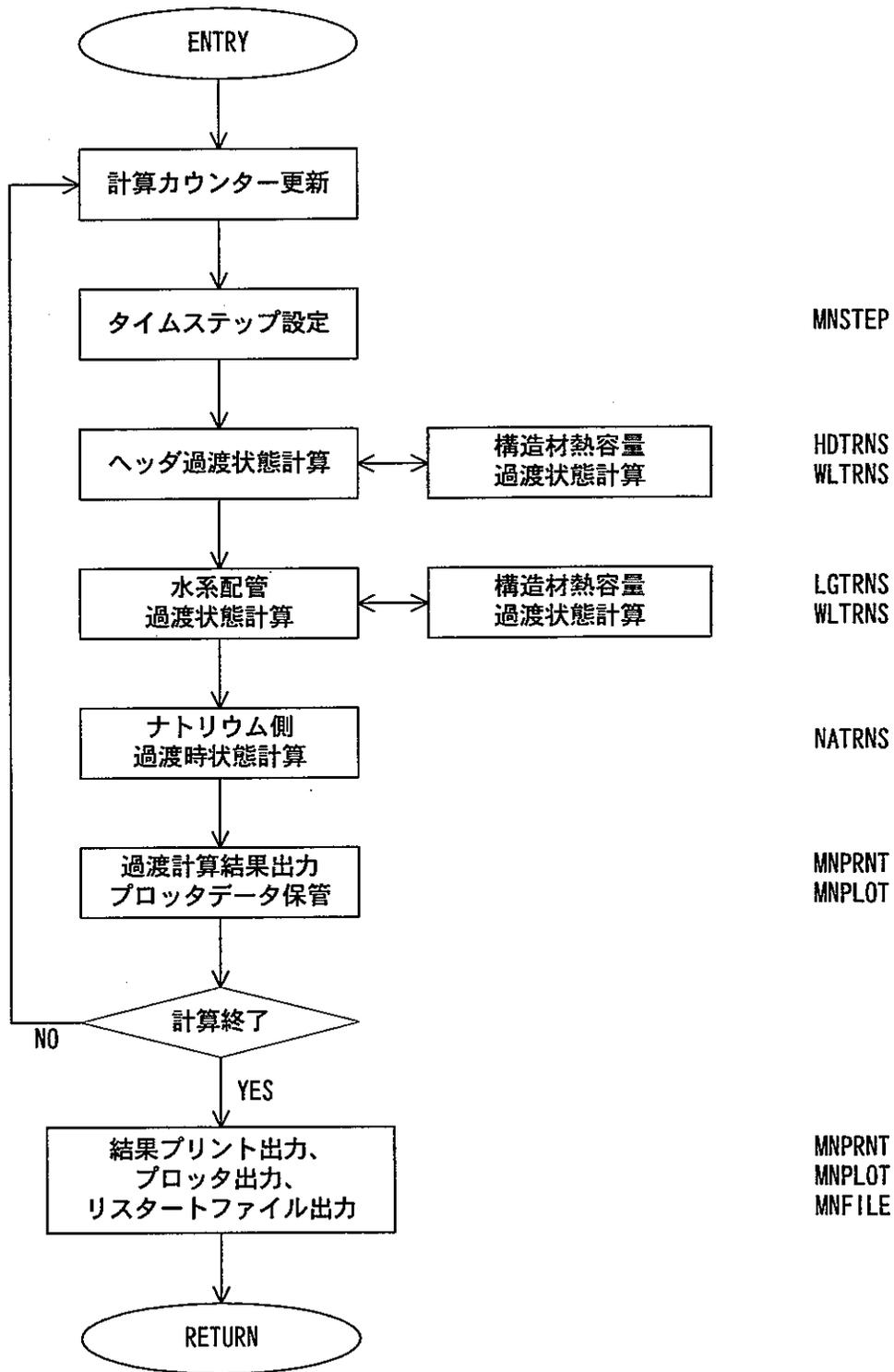


図 1-3 過渡計算制御部処理フロー

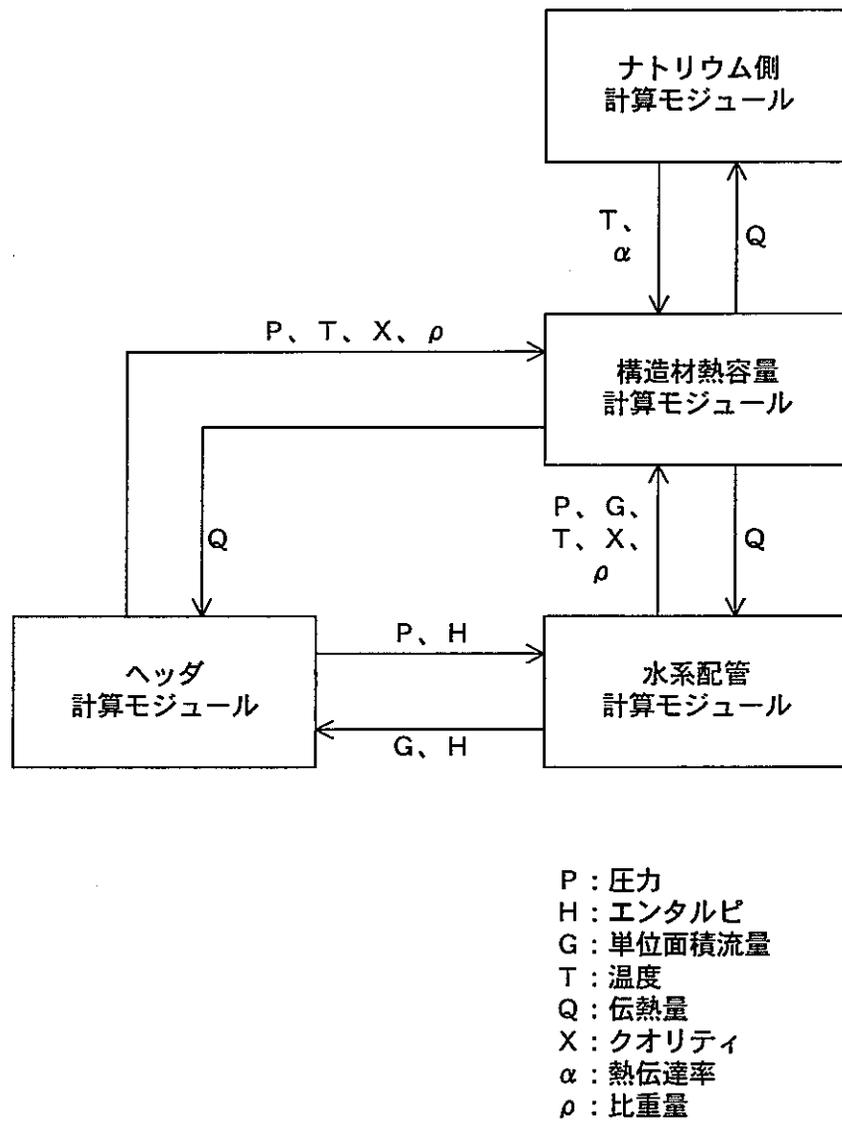
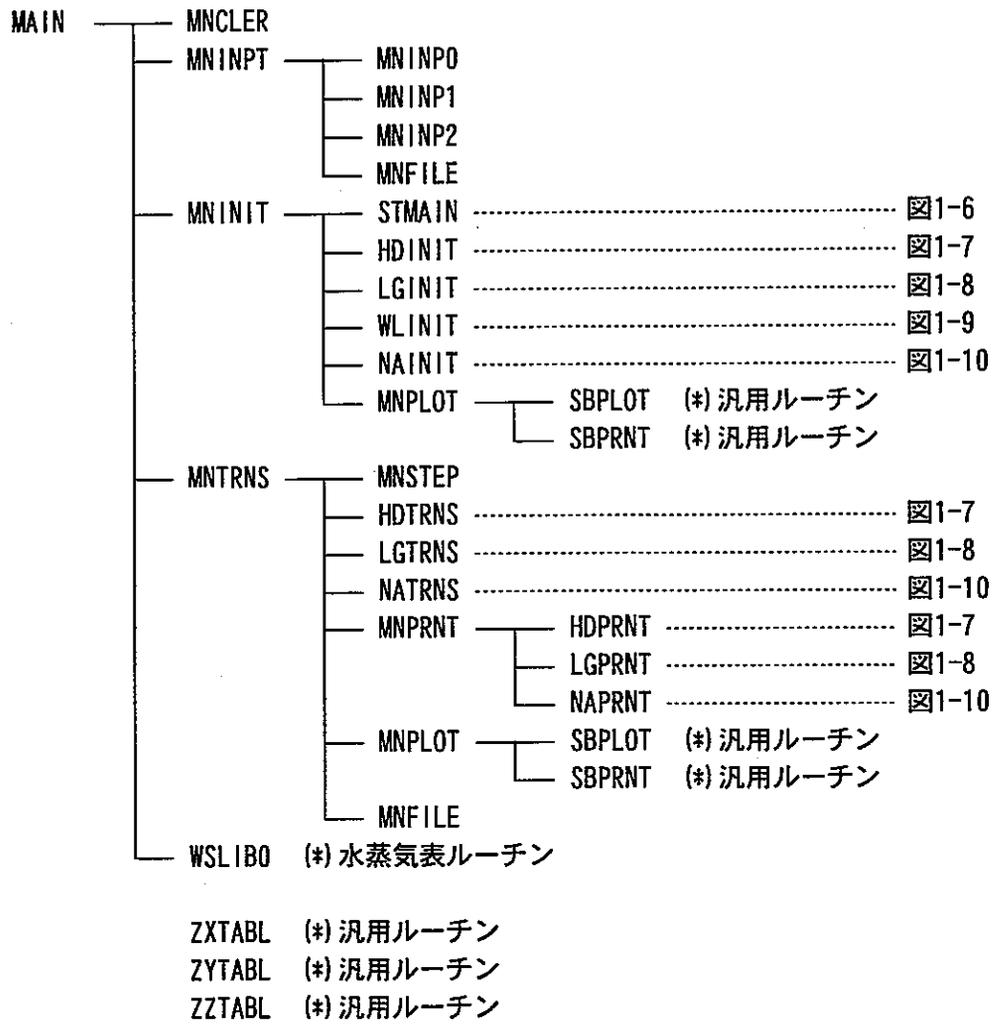


図 1-4 各モジュール間のデータ授受相関



(*) 水蒸気表ルーチン

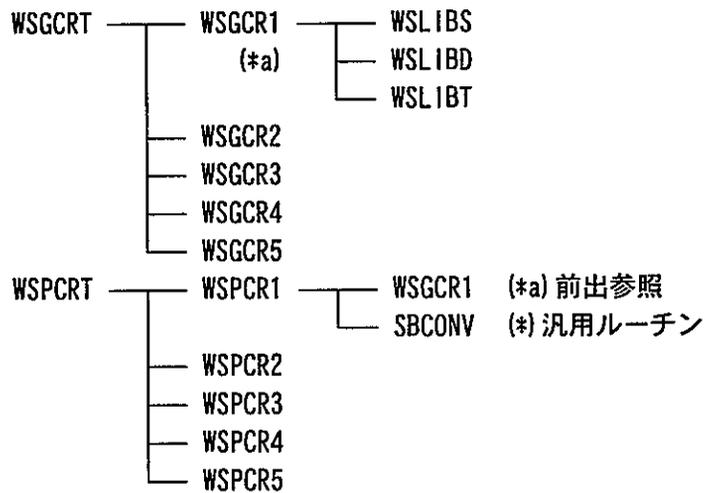


図 1-5 メインモジュールのツリー構造

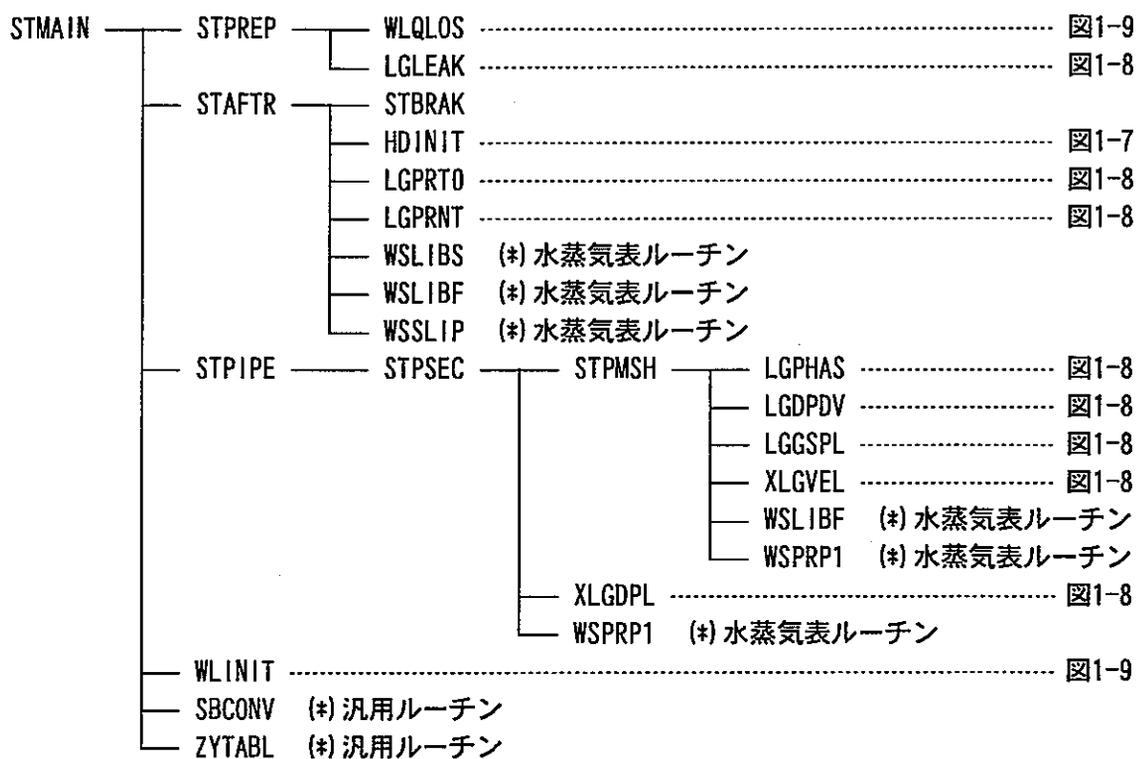
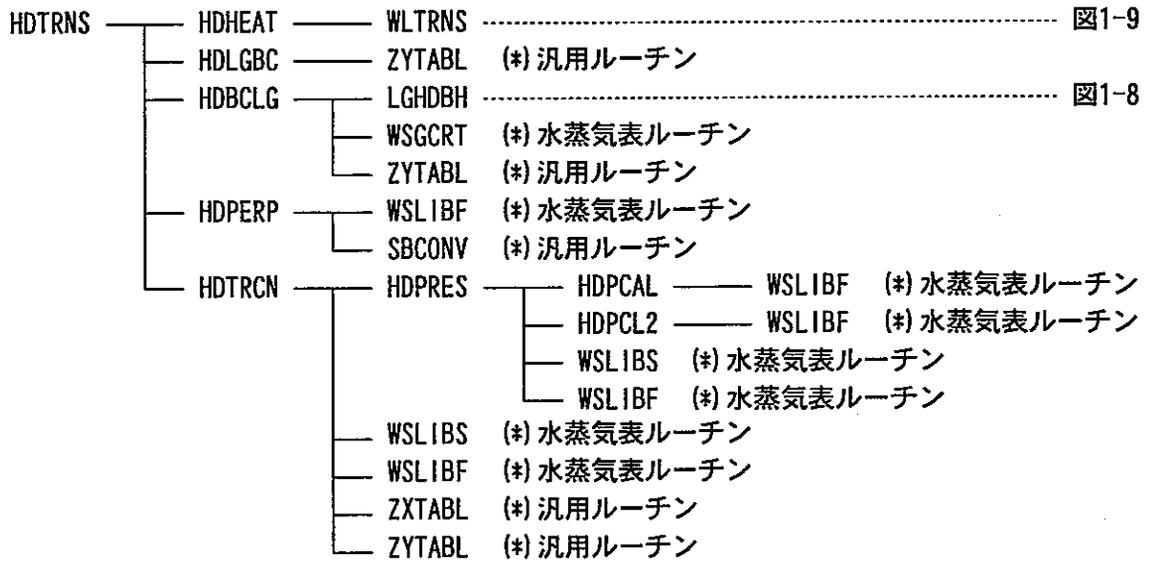
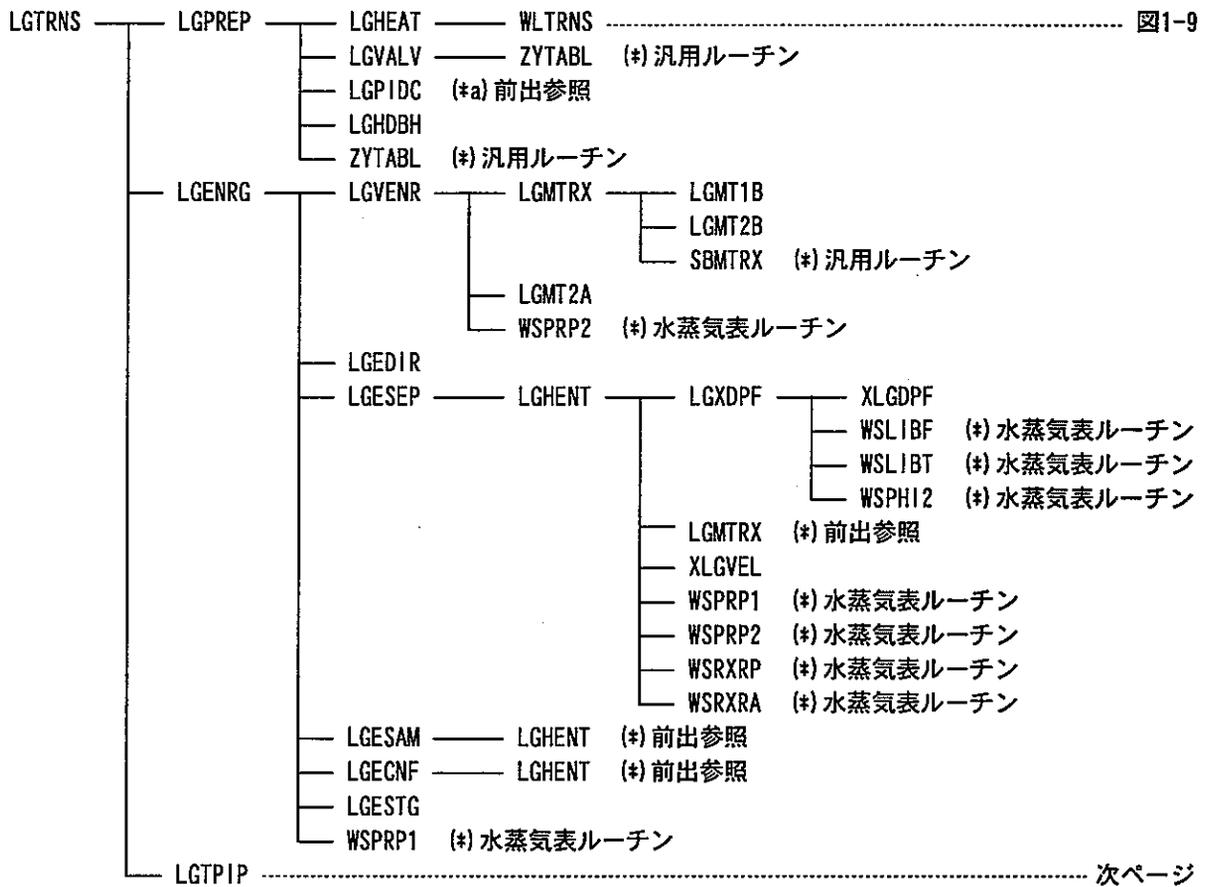
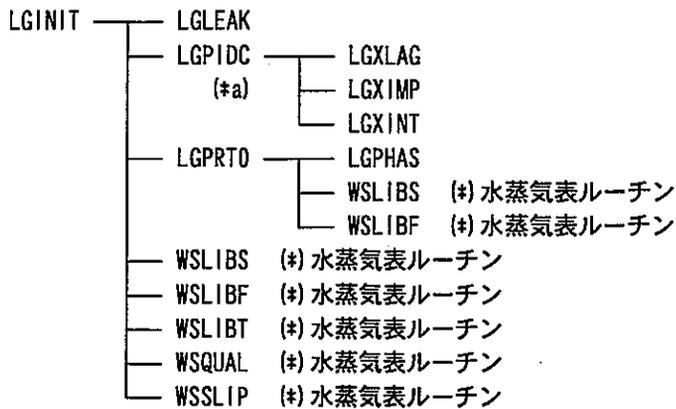


図 1-6 定常計算モジュールのツリー構造



HDPRT0

図 1-7 ヘッダ計算モジュールのツリー構造



LGPRNT

図 1-8 (1/2) 水系配管計算モジュールのツリー構造 (1/2)

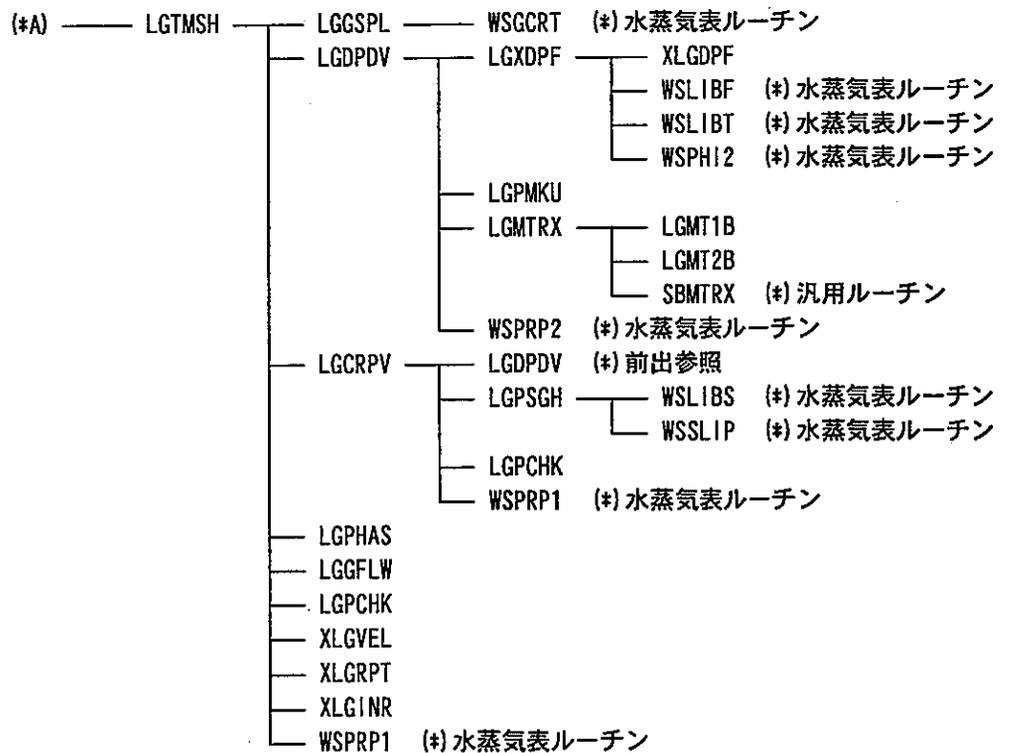
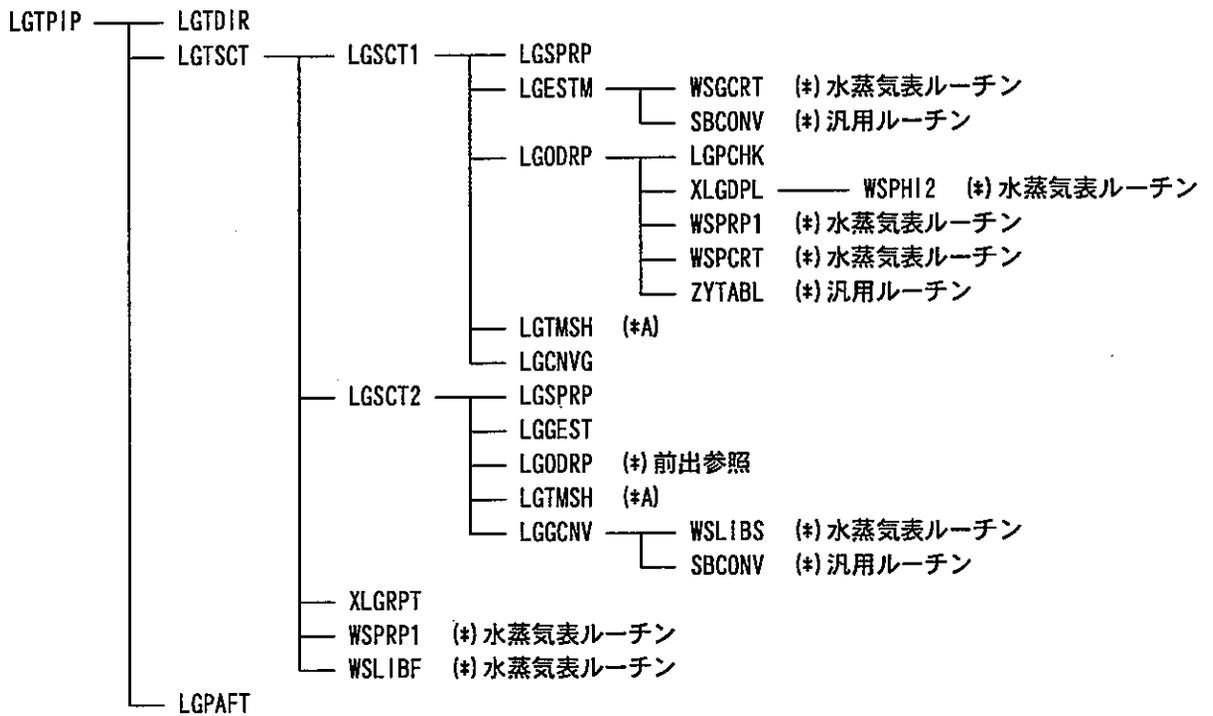


図 1-8 (2/2) 水系配管計算モジュールのツリー構造 (2/2)

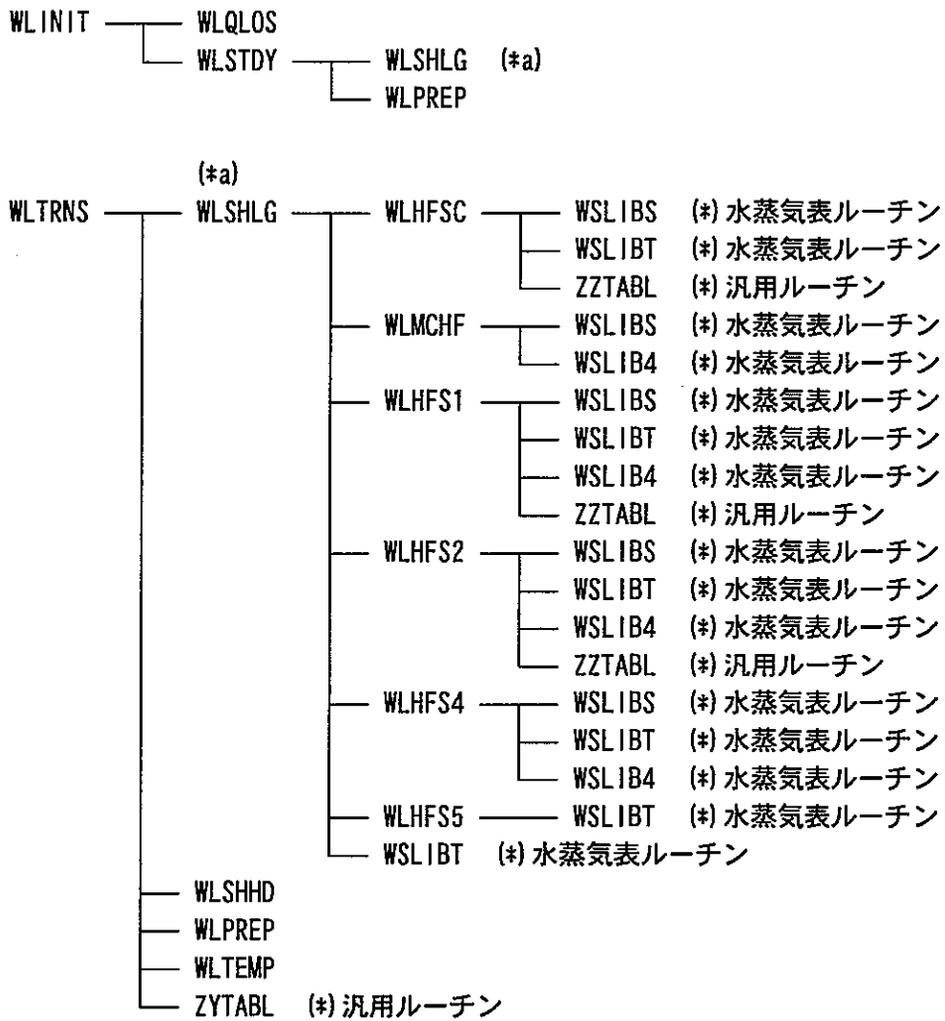


図 1-9 構造材熱容量計算モジュールのツリー構造

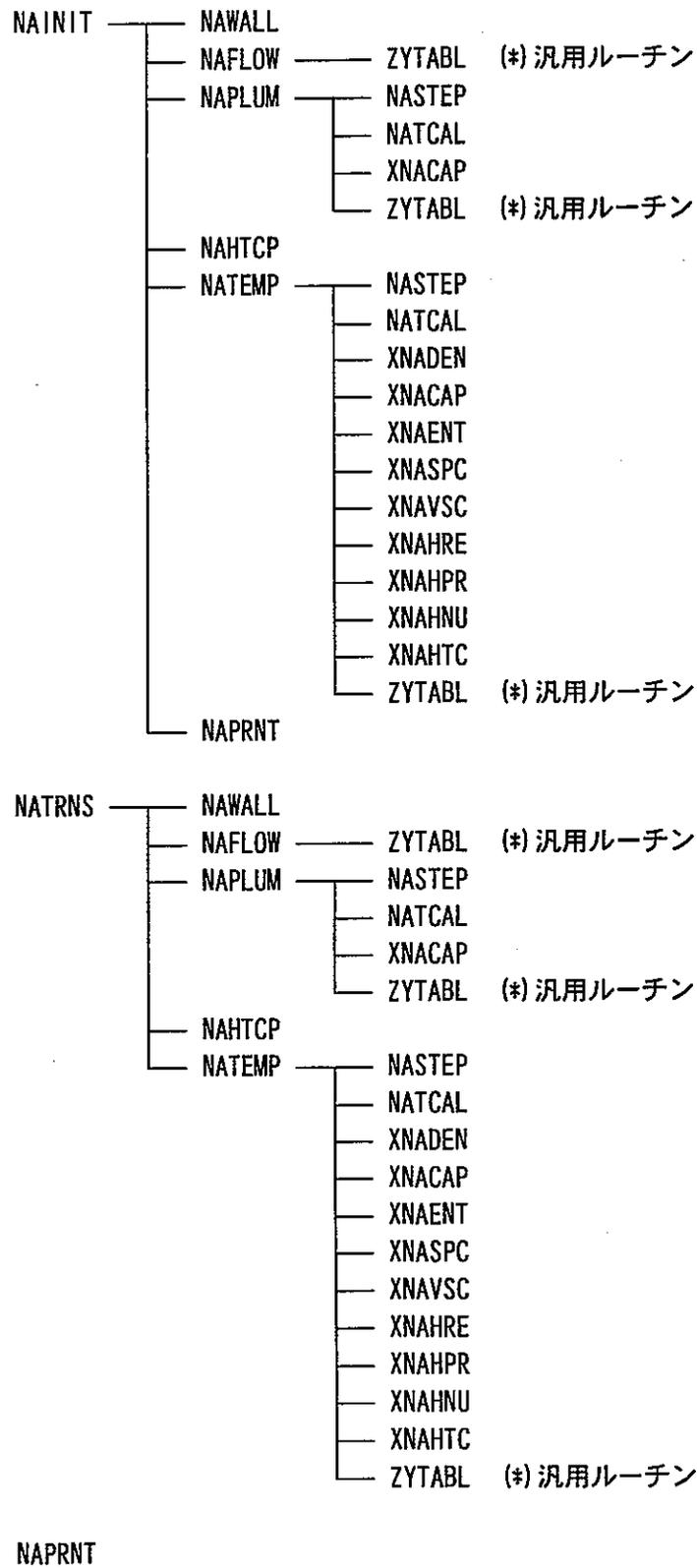


図 1-10 ナトリウム側計算モジュールのツリー構造

表 1-1 メインモジュールの構成要素

ルーチン名	ルーチンの機能	備 考
MAIN	プログラム全体のコントロール	
MNCLER	入力データのゼロクリア	
MNINPT	データ入力のコントロール	
MNINPO	入力データのコメントチェック・キーワードチェック	
MNINP1	入力データの読み込み	
MNINP2	テーブル入力データのデータ点数設定	
MNINIT	初期状態計算のコントロール	
MNTRNS	過渡計算のコントロール	
MNSTEP	タイムステップの設定	
MNPRNT	計算結果プリント出力のコントロール	
MNPLOT	計算結果プロッタ用データ出力のコントロール	
MNFILE	リスタート計算用ファイルの制御 (現在ダミー)	
ZXTABL	テーブルデータ補間 (Y軸入力)	汎用ルーチン
ZYTABL	テーブルデータ補間 (X軸入力)	汎用ルーチン
ZZTABL	テーブルデータ補間 (X軸Y軸データ入力)	汎用ルーチン

表 1-2 定常計算モジュールの構成要素

ルーチン名	ルーチンの機能	備 考
STMAIN	定常計算のコントロール	
STPREP	定常計算用変数の設定	
STAFTR	定常計算結果の後処理	
STBRAK	配管破損を想定した場合の状態量設定	
STPIPE	配管の定常計算のコントロール	
STPSEC	配管のセクションの定常計算	
STPMSH	配管のメッシュ内定常計算	

表 1-3 ヘッダ計算モジュールの構成要素

ルーチン名	ルーチンの機能	備考
HDINIT	ヘッダ初期状態計算	
HDTRNS	ヘッダ過渡状態計算のコントロール	
HDPRT0	ヘッダ初期状態のプリント出力	
HDPRNT	ヘッダ過渡状態のプリント出力	
HDHEAT	ヘッダの構造材からの伝熱量計算	
HDLGBC	ヘッダに接続する配管の境界条件設定	
HDBCLG	ヘッダに接続する配管、ブロー弁の流出入流量、流出入エネルギーの設定	
HDPREP	ヘッダ計算用の計算変数の設定	
HDTRCN	ヘッダ過渡時圧力計算のコントロール	
HDPRES	ヘッダの過渡時圧力計算	
HDPCAL	ヘッダの圧力計算	
HDPCL2	ヘッダの圧力計算（定常質量収支より）	

表 1-4 (1/4) 水系配管計算モジュールの構成要素

ルーチン名	ルーチンの機能	備 考
LGINIT	水系配管初期状態計算	
LGTRNS	水系配管過渡状態計算のコントロール	
LGLEAK	水系配管のスプリット破損面積の設定	
LGPREP	過渡計算用変数の設定のコントロール	
LGHEAT	構造材からの伝熱量計算	
LGVALV	配管に設置したバルブの開度、圧損係数の設定	
LGPIDC	PID 回路によるバルブの開度制御	
LGHDBH	ヘッダからの境界条件の設定	
LGENRG	エネルギー計算のコントロール	
LGEDIR	エンタルピ計算方向の設定	
LGESAM	エンタルピ分布計算（同一方向流れの場合）	
LGSEEP	エンタルピ分布計算（分岐流の場合）	
LGECNF	エンタルピ分布計算（合流の場合）	
LGESTG	エンタルピ分布計算（停滞の場合）	
LGHENT	方程式によるエンタルピ計算	
LGTIPI	配管内圧力、流量分布計算のコントロール	

表 1-4 (2/4) 水系配管計算モジュールの構成要素

ルーチン名	ルーチンの機能	備考
LGTDIR	配管内圧力、流量分布計算方向の設定	
LGPAFT	配管内圧力、流量分布計算の後処理	
LGTSCT	配管セクション内の圧力、流量分布計算のコントロール	
LGST1	流れがある場合の配管セクション内の圧力、流量分布計算のコントロール	
LGST2	流れがない場合の配管セクション内の圧力、流量分布計算のコントロール	
LGSPRP	配管セクション内圧力計算方向の準備	
LGGEST	流れがない場合の配管セクションの境界条件の設定	
LGESTM	流れがある場合の配管セクションの境界条件の設定	
LGODRP	配管オリフィス部の圧損計算、臨界流判定	
LGCNVG	流れがある場合の圧力分布収束計算	
LGCCNV	流れがない場合の圧力分布収束計算	
LGTMESH	配管メッシュ内の圧力、流量分布計算	
LGCRPV	配管メッシュ内の相変化発生時の圧力、流量補正	
LGGSPL	配管のスプリット破損時の流出流量計算	
LGPHAS	配管メッシュ内の相変化有無のチェック	
LGCHK	計算された配管内圧力の最大値、最小値のチェック	

表 1-4 (3/4) 水系配管計算モジュールの構成要素

ルーチン名	ルーチンの機能	備考
LGPSGH	配管メッシュ内の相変化点の流量、エンタルピの計算	
LGGFLW	流速からの重量流量計算	
LGDPDV	配管メッシュ内の圧力、流速勾配計算	
LGP MKU	配管内圧力時間変化項の補正	
LGXDPF	圧損係数の計算	
LGVENR	エネルギー伝播速度の計算	
LGMTRX	流動の連立方程式に基づく行列計算	
LGMT1B	行列係数計算（単相流座標依存項）	
LGMT2A	行列係数計算（二相流時間依存項）	
LGMT2B	行列係数計算（二相流座標依存項）	
LGPRT0	水系配管初期状態のプリント出力	
LGP RNT	水系配管の過渡時状態のプリント出力	
XLGDPF	摩擦圧損係数の計算	
XLGDPL	局所圧損係数の計算	
XLGVEL	重量流量からの流速計算	
XLGINR	慣性項の計算	

表 1-4 (4/4) 水系配管計算モジュールの構成要素

ルーチン名	ルーチンの機能	備 考
XLGRPT	比容積の時間微分項の計算	
LGXINT	制御回路（積分回路）の計算	PID 制御回路
LGXDIF	制御回路（微分回路）の計算	PID 制御回路 （未使用）
LGXLAG	制御回路（1次遅れ回路）の計算	PID 制御回路
LGXIMP	制御回路（不完全微分回路）の計算	PID 制御回路

表 1-5 構造材熱容量計算モジュールの構成要素

ルーチン名	ルーチンの機能	備 考
WLINIT	構造材熱容量初期状態計算	
WLQLOS	配管からの初期放熱量の計算	
WLSTDY	配管放熱時初期温度計算	
WLTRNS	構造材熱容量の過渡時応答計算	
WLSHLG	配管の表面熱伝達率計算	
WLSHHD	ヘッダの表面熱伝達率計算	
WLPREP	構造材の伝熱計算用の変数の計算	
WLTEMP	構造材温度分布計算	
WLHFS1	限界熱流束の計算と伝熱領域の判定	
WLMCHF	限界熱流束（加熱部）の計算	
WLHFS1	サブクール域の表面熱伝達率計算	
WLHFS2	核沸騰域・遷移沸騰域の表面熱伝達率計算	
WLHFS4	膜沸騰域の表面熱伝達率計算	
WLHFS5	過熱蒸気域の表面熱伝達率計算	

表 1-6 (1/2) ナトリウム側計算モジュールの構成要素

ルーチン名	ルーチンの機能	備考
NAINIT	ナトリウム側初期状態計算	
NATRNS	ナトリウム側過渡計算のコントロール	
NAWALL	水系配管の構造材熱容量とのデータ授受	
NAFLOW	ナトリウム側流路の設定	
NAPLUM	プレナム部の温度計算	
NAHTCP	ナトリウム側熱容量要素の伝熱・温度計算	
NATEMP	ナトリウム側流路の温度計算	
NASTEP	タイムステップの設定	
NAPRNT	ナトリウム側計算結果のプリント出力	
NATCAL	温度計算	
XNADEN	ナトリウムの物性値計算 (比重量)	
XNACAP	ナトリウムの物性値計算 (比熱)	
XNAENT	ナトリウムの物性値計算 (エンタルピ)	
XNASPC	ナトリウムの物性値計算 (熱伝導度)	
XNAVSC	ナトリウムの物性値計算 (動粘性係数)	
XNAHTC	ナトリウムの表面熱伝達率計算	

表 1-7 (1/2) 水・蒸気状態量計算の構成要素

ルーチン名	ルーチンの機能	備 考
WSLIB0	水・蒸気ライブラリの読み込み	
WSLIBS	飽和状態の物性値の計算	
WSLIBD	飽和状態の微分係数の計算	
WSLIBF	物性値の計算 (圧力とエンタルピの関数)	
WSLIBT	物性値の計算 (圧力と温度の関数)	
WSLIB4	物性値の計算 (飽和状態における温度の関数)	
WSPRP1	状態量の設定 (クオリティ、ボイド率、密度等)	
WSPRP2	状態量の設定 (各種微分係数)	
WSQUAL	ボイド率からのクオリティの計算	
WSSLIP	スリップ比の計算	
WSPHI2	二相流圧損増倍係数の計算	
WSRXRA	二相状態の物性値 $(dX/d\alpha)P$ の計算	
WSRXRP	二相状態の物性値 $(dX/dP)\alpha$ の計算	
WSPCRT	臨界圧力の計算のコントロール	図 1-5 参照
WSGCRT	臨界流量の計算のコントロール	図 1-5 参照
WSPCR1	臨界圧力の計算 (計算オプション 1)	WSPCRT より

付録2 LEAP-BLOW Ver. 1.30 の使用方法

1. 解析コードの概要と使用装置番号

LEAP コード用ブローダウンコード（以下、LEAP-BLOW コードと称する）は、ナトリウム冷却型高速増殖炉の蒸気発生器のブローダウン挙動を解析する目的で開発された解析コードである。解析コードは下記の特徴を有する。

- ・水・蒸気系は1次元ネットワークにより任意の体系をモデル化できる。
- ・ナトリウムと水・蒸気側との熱交換を考慮することができる。
- ・ナトリウムは最大2基の蒸気発生器を考慮できる。
- ・ナトリウム-水反応に伴う発熱等を考慮することができる。
- ・事故蒸気発生器では、事故部、隣接部、健全部を考慮できる。
- ・臨界流量計算モデル、熱伝達率計算モデル、スリップ計算モデル等は入力データのオプションで任意の組合せを考慮できる。
- ・解析結果の水・蒸気流量は、ナトリウム-水反応ジェット解析コードの入力とすることができる

本解析コードでは、表 2-1 に示す下記の装置番号を用いる。このうち、5 番装置 (DATA05)、81 番装置 (steam1.lib)、82 番装置 (steam2.lib)、83 番装置 (steam3.lib)、84 番装置 (steam4.lib)、85 番装置 (steam5.lib) を入力として与えることにより、解析を実行する。ここで、() 内はファイル名を示す。

2. 解析モデルの考え方

LEAP-BLOW コードでは、複数の水系ヘッドを複数の水系配管で任意に結合することにより、1次元のネットワークを構成し水側をモデル化する。

水系ヘッドは、主に圧力境界となり、流入・流出流量の境界条件を設定する他、1つのヘッドに対し最大2個の大気ブロー弁を設置し、ブローダウン挙動を計算することができる。

2つの水系ヘッドの間に接合される1本の水系配管は形状、流動上の特異性を反映して、複数の配管セクションに分割することができる。配管の長さ、流路面積、水力等価直径等は配管セクション毎に入力する。配管セクションはさらに計算単位であるノード分割し、配管セクション内の圧力、流速、エンタルピ等の分布を考慮できる。

配管セクションの結合部（出入口部）にはオリフィスが設置され、形状圧損の考慮、臨界流の発生の判定等が行なわれる。また、オリフィスの開度を変化させることも可能であり、これにより弁等の作動をモデル化する。

配管セクションには、任意に構造材要素を設置することができる。一方、ナトリウム側のモデルは固定であるが、配管セクションに設置した構造材要素の外側をナトリウム境界に指定することにより、ナトリウムと水系の熱交換を考慮することができる。LEAP-BLOW では本機能を用いて蒸気発生器をモデル化する。

3. LEAP-BLOW コードのデータ入力の概要

本コードの入力は、メインモジュール、ヘッダ計算モジュール、水系配管流動計算モジュール、構造材熱容量計算モジュール（ヘッダ計算モジュール及び水系配管流動計算モジュールに従属する）、ナトリウム側計算モジュールから構成されている。ここでは、これらの各モジュールに加えて、定常計算オプションの入力方法の留意点について説明する。

4. メインモジュールの入力方法

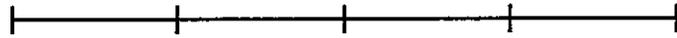
本コードには、ヘッダ計算、水系配管計算、構造材熱容量計算等の各モジュールが含まれている。メインモジュール（入力データ：No. 1、MN-CALC における ICLHD、ICLLG、ICLNA）の入力方法によって各モジュールの使用、不使用を決定できる。

本コードでは、各計算機能が完全にモジュール化されており、水系配管計算のみ、ヘッダ計算のみあるいはナトリウム側計算のみで実行可能である。ただし、構造材熱容量計算は、ヘッダ計算もしくは水系配管計算に従属するため、単独で使用することはできない。

水系配管計算のみ、ヘッダ計算のみを実行する場合、バイパスされた各モジュールで計算すべき値（たとえばヘッダ圧力など）はテーブルデータを境界値として入力する必要がある。

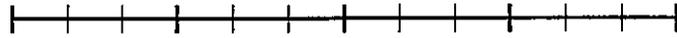
タイムステップは、ヘッダ計算モジュール、水系配管計算モジュール、ナトリウム側計算モジュール毎に入力したタイムステップが個別にとれる。

メインモジュール



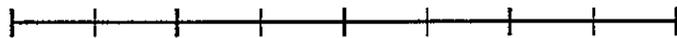
DTTBL : 入力したタイムステップ (モジュール間のデータ交換)

ヘッダ計算モジュール



DTTBL/ICLHD でタイムステップが決定される (例は ICLHD=3 の場合)

水系配管計算モジュール



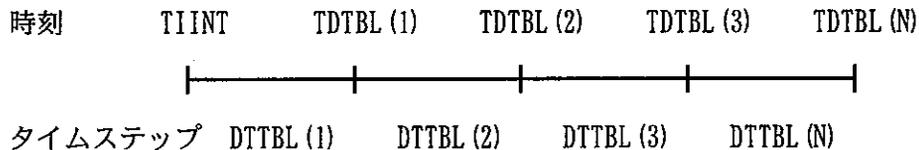
DTTBL/ICLLG でタイムステップが決定される (例は ICLLG=2 の場合)

ナトリウム側計算モジュール



メッシュ重量、流量、熱容量より最適タイムステップをコード内で計算

メインステップ DTTBL, TDTBL はテーブル入力され、タイムステップ切り替えタイミングは次のようになる。



5. ヘッダ計算モジュールの入力方法

ヘッダ計算部 (付録 3 の表 3-3) の入力 はヘッダの構造、寸法、初期状態等である。ヘッダについては最大 50 個のヘッダが模擬可能である。ヘッダについては、オプション MLHD (入力データ : No. 12、HD-OPT2) により均質モデル (MLHD=0) と分離モデル (MLHD=1) が選択可能である。分離モデルについては均質モデルの場合より、液面下のボイド量の入力等が必要となる。

均質モデルのヘッダではサブクール状態、二相状態、過熱蒸気 (スーパーヒート) 状態におけるすべての状態が計算可能である。一方、分離モデルでは、二相状態のみの計算が可能であり、サブクール状態もしくは過熱蒸気 (スーパーヒート) 状態となった場合には、均質モデルとして扱う。

6. 水系配管計算モジュールの入力方法

水系配管計算モジュールの入力（付録3の表3-4）は水系配管とヘッダの接続関係、および水系配管の構造寸法、初期状態等である。水系配管は、最大50本で各水系配管毎に最大100セクション、最大9ノード/セクションに細分化できる。

水系配管の接続指定（入力データ：No. 25、LG-PIPEのNPLG）は水系配管とヘッダを接続する指標であるが、その水系配管の計算をスキップしたい場合には、両端の境界ともNPLG(J1, I)=-1と指定すればよい。これは、あらかじめ多数の水系配管の入力データを作成し、パラメータサーベイ等で必要に応じた水系配管のみ実行するのに便利な機能である。

ヘッダ計算モジュールを計算しない場合（入力データ：No. 1、MN-CALCにおけるICLHD=0）には、水系配管の両端条件にIPILG、IPOLG（入力データ：No. 26、LG-BC.1）により圧力のテーブルの番号を指定し、IHILG、IHOLG（入力データ：No. 26、LG-BC.1）によりエンタルピのテーブル番号の指定を行うことにより、水系配管単独での計算が可能となる。テーブルデータは、入力データ：No. 56、XY-TABLEで指定するテーブル群の中から選択する。

水系配管の途中にバルブ（オリフィスの面積を変えることでモデル化する）を設ける場合は、次のことに注意する。

- ・ 配管破断を想定する場合は、定常計算から過渡計算に移行する際に、破断管が増加することを考慮して、バルブを設置する配管番号を指定する。
- ・ バルブはJ2VL（入力データ：No. 33、LG-VALV）にて指定したオリフィス番号（セクションの入口）となる。
- ・ バルブ開度テーブルNTAVL、バルブ圧損係数テーブルNTFVL（入力データ：No. 33、LG-VALV）テーブル番号の指定を行うことにより、水系配管単独での計算が可能となる。テーブルデータは、入力データ：No. 56、XY-TABLEで指定するテーブル群の中から選択する。ただし、バルブ開度テーブルNTAVLは時間の関数であるのに対し、バルブ圧損係数テーブルNTFVLはバルブ開度の関数であることに留意が必要である。
- ・ バルブの開度（オリフィスの断面積）が0.0となるとバルブの存在する水系配管は流動計算を行わず、流量を0.0とおく。

7. 構造材熱容量計算モジュールの入力方法

(1) 計算の制御

構造材熱容量計算は、ヘッダ計算モジュールと水系配管計算モジュールで計算するたびに行い、それぞれ次のオプションにて計算を制御する。

IWLHD;ヘッダ構造材熱容量計算オプション(入力データ:No.11、HD-OPT1)

=0;構造材熱容量計算を行なわない。

=1;構造材熱容量計算を行なう。

IWLLG;水系配管構造材熱容量計算オプション(入力データ:No.21、LG-OPT)

<0;構造材熱容量計算を行なわない。

=0;構造材熱容量計算を行なう。(熱が構造材から流体、流体から構造材へ流れる場合どちらも考慮する。)

=1;熱が構造材から流体へ流れる場合のみ考慮する。

(2) 構造材壁ノード分割

構造材は、ヘッダ及び水系配管のセクション単位で板厚方向に最大10ノードまで分割できる。ただし、以下の制限条件を満足する必要がある。

<制限条件>

ノード分割は、構造材壁厚さに応じて決定し、次の式を満足するようにする。

$$\frac{\lambda}{C_p \cdot \rho} \cdot \frac{dt}{dx^2} \leq 0.5$$

ここで、dt;タイムステップ(s)

dx;ノード厚さ(m)

λ ;熱伝導率(J/(m·s·K))

C_p ;比熱(J/(kg·K))

ρ ;密度(kg/m³)

(3) 熱伝達率

各構造材内側の熱伝達率はコード内で計算し、外側の熱伝達率はヘッダ及び水系配管のセクション単位に入力で与える。また、外気温度も同様に入力で与える。

なお、伝熱管を模擬した水系配管セクションに対しては、入力で与えるようにするとともに、ナトリウム側計算モジュールの計算結果を引き渡せるようになっている。

8. ナトリウム側計算モジュールの入力方法

ナトリウム側の計算モデルは、固定であり蒸気発生器計算オプション MDNA（入力データ：No. 41、NA-MODEL）で蒸気発生器1基のモデル、蒸気発生器2基のモデルを選択する。

ナトリウム側の計算モデルは、ナトリウム流路とプレナムの組合せで構成され、プレナムでは完全混合による1次遅れで、ナトリウム流路では輸送遅れでモデル化されている。水系配管はプレナムには接続することが出来ない。

ナトリウム側の物性値はナトリウム温度のみの関数で与えられ、圧力の効果を考慮できない。また、液相のみのモデル化であり、沸騰は考慮できない。

このナトリウム流路に、流れを伴わない熱容量要素（入力データ：No. 49、NA-HCAP）及び伝熱パス（入力データ：No. 50、NA-HPS1～No. 52、NA-HPS3）を組み合わせることにより、表 2-2 に示すような蒸気発生器を考慮することができる。

ナトリウム側の入力は、始めにナトリウム流路、熱容量要素、伝熱パスを組み合わせ、ナトリウム側のモデルを作成する。次に、水系配管との接続情報を、NA-PASS（入力データ：No. 48）で指定する。NA-PASS では、水系配管のセクションがどのナトリウム流路に接合するかを指定する。ここで、ダウンコマ部のように、熱容量要素と水系配管の熱交換を行なう場合は、仮想配管を用いる。

具体的なサンプル体系として、表 2-2 に示すもんじゅ型の蒸気発生器の入力方法を説明する。図 2-1 にサンプル体系のモデル図を示す。

表 2-2 に示すように、下記に示すように、ナトリウム流路は3個（内2つは不使用）、熱容量要素は5個、伝熱パスは6個を想定する。なお、伝熱パスの上流側は必ず熱容量要素である必要がある。

ナトリウム 流路	No. 1	不使用	(24 メッシュ)
	No. 2	管束部ナトリウム	(24 メッシュ)
	No. 3	不使用	(24 メッシュ)
熱容量要素	No. 1	センターパイプ部ナトリウム	(8 メッシュ)
	No. 2	内筒	(8 メッシュ)
	No. 3	シュラウド	(8 メッシュ)
	No. 4	ダウンコマ部ナトリウム	(8 メッシュ)
	No. 5	外胴	(8 メッシュ)

伝熱パス	No. 1	内筒→センターパイプ部 ナトリウム	02 → 01
	No. 2	内筒→管東部ナトリウム	02 → 1002
	No. 3	シュラウド→管東部 ナトリウム	03 → 1002
	No. 4	ダウンカマ部ナトリウム→ シュラウド	04 → 03
	No. 5	ダウンカマ部ナトリウム→ 外胴	04 → 05
	No. 6	ダウンカマ部ナトリウム→ 仮想配管 No. 1	04 → 2001
仮想配管	No. 1	ダウンカマ部伝熱管	

水系配管は1本とし、第1セクションをダウンカマ、第2～第4セクションを管東部、第5セクションを上昇管とする。各セクションは8ノードに分割する。熱交換を行なう水系配管の総ノード数と、ナトリウム側のメッシュ分割数は一致させる必要がある。このため、ナトリウム側のダウンカマ部は8メッシュに、管東部を24メッシュに分割する。

ナトリウム側のメッシュ分割方向はナトリウムの流れ方向に合わせて、上方向を第1メッシュとする。つまり、ダウンカマ部では水系配管とナトリウム側は並行となり、管東部では対向流となる。すべてのナトリウム側の熱容量要素間・ナトリウム流路－熱容量要素間の伝熱は並行（メッシュ番号の増加方向が一致する）となる。ここで、伝熱パス No. 2 及び伝熱パス No. 3 では熱容量要素（内筒、シュラウド：8メッシュ）とナトリウム流路（管東部：24メッシュ）でメッシュ分割が異なることから、熱容量要素1メッシュに対し、ナトリウム流路3メッシュが対となる。

以上の接続情報と、水系配管、ナトリウム側の形状データを設定した、入力データのサンプルをリスト 2-1 にまとめる。

9. 定常計算オプション入力方法

定常計算オプション（入力データ：No. 1、MN-CALC の ICLST）における収束計算法は次の2つの方法をオプションにより選択することが可能である。

(a) 流量補正

入口境界圧力から流動計算により求めた出口圧力と出口境界圧力が一致するまで流量を補正する。

(b) 局所圧損係数補正

入口境界流量を与えて、流動計算により求めた出口圧力と出口境界圧力が一致するまで、各水系配管の局所圧損係数を補正する。但し、局所圧損係数は入力で与えられた各水系配管オリフィス部の係数を一様に補正する。

以下に入力方法、制限事項を述べる。

(1) 制御用データ（入力データ：No. 1、MN-CALC）

ICLST : 定常計算オプション

≤0 定常計算は行わない（ヘッダ、水系配管の初期値は入力で与える。）

=3 水系配管の初期境界条件（テーブル入力）を入力して配管内の定常計算を行なった後、過渡計算を実施する。（注）

（注）水系配管の境界条件をテーブル入力し、ヘッダの計算を行わずに水系配管の定常計算及び過渡計算を行うことができる。

(2) ヘッダデータ

ヘッダには定常計算機能は無いので、構造データ（容積等）及び初期値（圧力、保有水量、ボイド率、温度等）はすべて入力で与える。

(3) 水系配管データ

初期定常計算を行なった場合の水系配管データとして入力が必要なものは構造データ（配管長さ、流路面積、等価直径等）及び各配管の初期流量であり、圧力、温度、ボイド率等の初期値の入力は必要ない。

(4) 水系配管破断管の扱い

水系配管破断管は、健全時の形状と接続指定を入力し、初期は健全管として定常計算をおこなう。定常計算終了後、過渡計算前に、破断管番号と破断セクション位置を入力で指定し、水系配管破断管を破断セクションで2本の配管に分割する。この際、配管入口から破断セクションまでの配管は健全時の配管と同じとし、破断セクションより出口までは、別の新たな配管（破断管）として扱う。

ここで、破断セクションから出口までの配管形状は入力データであらかじめ設定しておき、過渡計算実行前に健全時の定常計算結果を該当破断セクションに、受け渡す。

10. 解析コード使用上の留意点

ここでは、ブローダウン解析に LEAP-BLOW コードを使用する際の解析モデル作成上及び入力データ作成上の留意点を列記した。ブローダウン解析で特に留意すべきは各部の流量がほぼ停滞する点である。

- ・ 水系の解析モデルは水系配管（輸送遅れ）とヘッダ（完全混合）の組み合わせで作成するが、流動に対する安定性に優れるヘッダに多くの体積を割り振ると、数値計算は安定する。また、ブロー弁等もヘッダに設置するほうが安定性は良い。水系配管にも破損口とバルブの組み合わせ、またはスプリット破損でブロー弁をモデル化できるが、水系配管において低流量となった場合の数値計算の安定性はヘッダにブロー弁を設置したモデルのほうが優れる。なお、個々のヘッダには最大2個のブロー弁を設置することができる。
- ・ タイムステップは手動で入力する。タイムステップは一般には細かいほうが良いとされるが、本解析コードに関しては前計算ステップとの差で物理量の微分係数を計算しているため、無制限にタイムステップを細かくすることはできない。このため、事象ごとに最適なタイムステップを選定する必要がある。
- ・ 定常計算オプションは、通常「3」（水系配管の定常計算のみ及び過渡計算）を選定して、水系配管内部の状態量のバランスをとることにより数値計算の安定性が向上する。なお、ヘッダに関しては定常計算を行わなくとも、入力した圧力、温度またはボイド率から初期状態が計算されるのでこれを使用する。
- ・ サブクール状態でのヘッダの圧力計算が不安定となる場合には、ヘッダ計算モジュールのタイムステップ係数（入力データ：No. 1、MN-CALC の ICLHD）を大きくするか、サブクール状態でのヘッダの体積変化率（入力データ：No. 11、HD-OPT1 の FVIHD）を調整するとよい。サブクール状態でのヘッダの体積変化率を大きくすると、計算誤差が大きくなるが、数値計算の安定性は向上する。ヘッダの体積に対して二相状態での流入・流出流量が多い場合は、ヘッダ圧力計算の時間平均化オプション（入力データ：No. 11、HD-OPT1 の IPAHD）を「2」に指定する。ただし、定常質量収支からのみで圧力を計算するため、圧力計算の安定性は著しく低下する。
- ・ 水系配管の流動計算で考慮する慣性の割合（入力データ：No. 21、LG-OPT の INTLG）を大きくすると、圧力が急激に変化する減圧時の数値計算の安定性が向上する。一方、慣性の割合を小さくすると、流動が停滞した場合の数値計算の安定性が向上す

る。これらの傾向を考慮して、最適な値を設定する必要がある。

- ・ スリップモデル（入力データ：No. 8、MN-MOPT1 の MSLIP）は Homogeneous よりも Smith のモデルが安定している。臨界流モデル（入力データ：No. 8、MN-MOPT1 の MCRIT）は、計算オプション 2（Henry-Fauske、Moody、断熱噴流のモデル）が一般的である。臨界流モデルの計算オプション 1 は二相状態のみ計算が可能であり、サブクール状態、過熱蒸気状態では不具合が生じる。臨界流モデルの計算オプション 3 は臨界流量を過小評価、計算オプション 4 では臨界流量を過大評価する傾向にある。熱伝達率モデル（入力データ：No. 9、MN-MHTCF）も含めて、スリップモデルと臨界流モデルを変更した計算を行って、最適なモデルの組み合わせを選定することが望ましい。
- ・ 水系配管の初期放熱量（負で入力すると入熱量となる）を入力して水系配管壁内部の初期温度分布を計算させておくことにより、過渡計算で流体と壁の温度が異なった場合の壁からの急激な入熱または吸熱による数値計算の不安定を防止することができる。

表 2-1 LEAP-BLOW Ver. 1.30 の使用装置番号

装置番号	ファイル名	ファイルの内容
1 番装置	FILE01	リスタートデータ入力 (現バージョンでは未対応)
2 番装置	FILE02	リスタートデータ出力 (現バージョンでは未対応)
5 番装置	DATA05	データ入力
6 番装置	LIST06	計算結果の全体プリント出力
7 番装置	LIST07	限界熱流束計算結果のプリント出力
9 番装置	PLOT09	時系列プロット出力 (バイナリ)
10 番装置	PLOT10	時系列プロット出力 (テキスト)
11 番装置	LIST11	時系列プリント出力 (その1、経時変化)
12 番装置	LIST12	時系列プリント出力 (その2、経時変化)
13 番装置	LIST13	時系列プリント出力 (その3、経時変化)
14 番装置	LIST14	時系列プリント出力 (その4、経時変化)
15 番装置	LIST15	時系列プリント出力 (その5、経時変化)
81 番装置	steam1.lib	水・蒸気表ライブラリデータ (入力)
82 番装置	steam2.lib	水・蒸気表ライブラリデータ (入力)
83 番装置	steam3.lib	水・蒸気表ライブラリデータ (入力)
84 番装置	steam4.lib	水・蒸気表ライブラリデータ (入力)
85 番装置	steam5.lib	水・蒸気表ライブラリデータ (入力)
91 番装置	DATA91	入力データの一時的保管
92 番装置	LIST92	入力データの一時的保管結果の出力

表 2-2 蒸気発生器のタイプと LEAP-BLOW におけるナトリウム側のモデル化

タイプ区分	もんじゅ型	タイプ1	タイプ2	タイプ3
構造概念				
モデル化方法				
ナトリウム流路の数	1	1	2	2
熱容量要素の数	5	3	2	4
伝熱パスの数	6	3	3	6

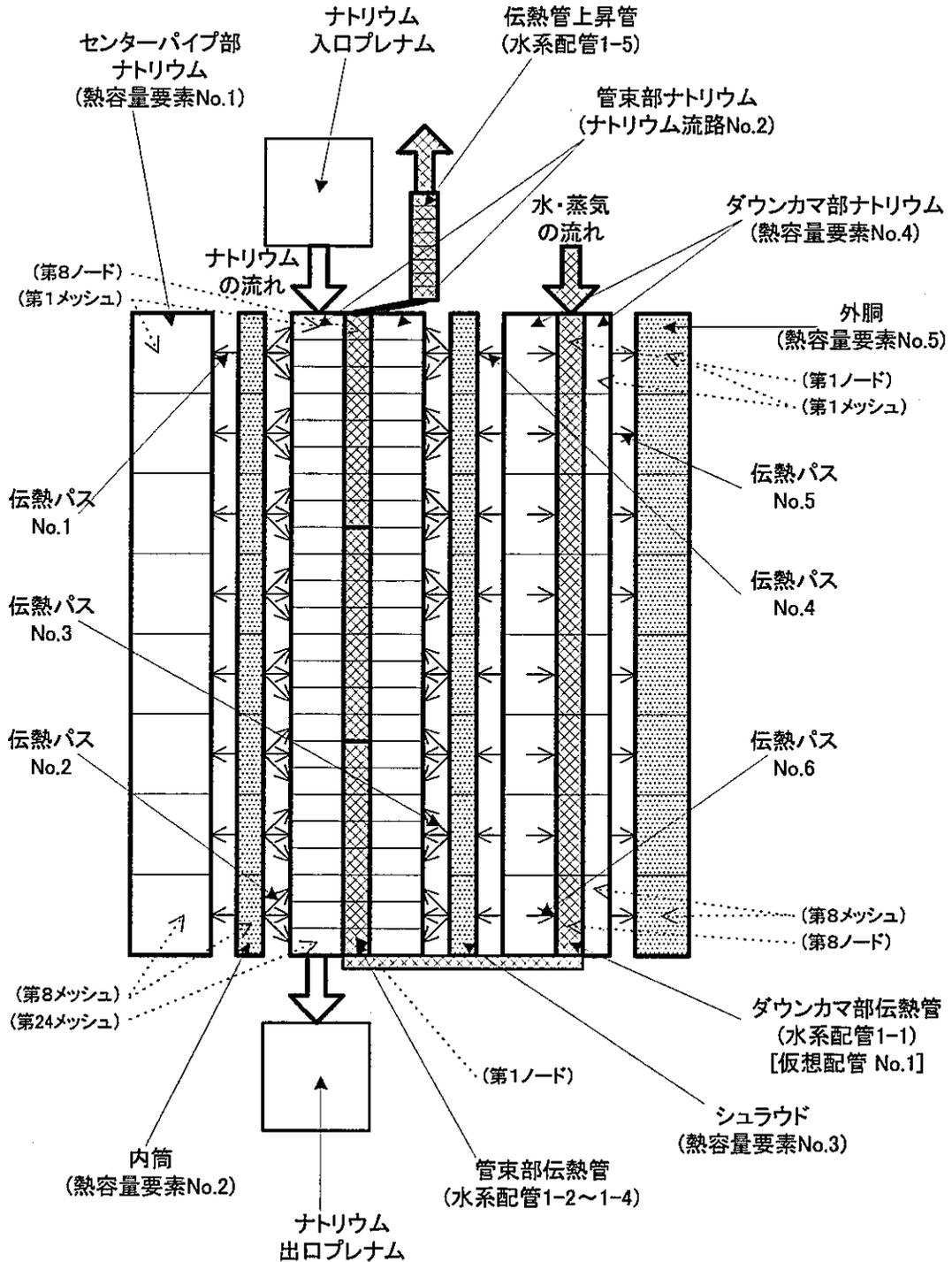


図 2-1 蒸気発生器のサンプル体系モデル図

リスト 2-1 蒸気発生器入力データのサンプル

```

C*****
C*   PROGRAM NAME = LEAP-BLOW  VER. 1.30   *
C*****
C
C  TITLE
MONJYU TYPE SG SAMPLE DATA
C *
C *   MAIN CONTROL DATA
C *
C      ICLHD   ICLLG   ICLNA           ICLST   ISPRT
MN-CALC      10      1      1           3       0
C      TIINT   TIMAX   DTINT
MN-TIME      0.0     20.00  0.010
C      TDTBL   DTTBL   NPTBL
MN-STEP      0.0     0.010  1000
C      1.0E+9  0.010  1000
C      IREST   KREST
MN-REST      0      1010
C
C      KCPRT   KCPLT   DTPRT   DTPLT
MN-OUTCN     1      1   5.000   0.200
C  <-----> <-----> <-----> <-----> <-----> <-----> <----->
MN-PLOT      P101000 T101000 R101000 X101000 E101000
              P102000 T102000 R102000 X102000 E102000
              W001011 W001021 W001031 W001041 W001051
              T001011 T001021 T001031 T001041 T001051
              T902001 T902008 T902016 T902024 W902000
C
C      NHEAD   NLEGS   MDLVL   NVPID
MN-MODEL     02      01      00      00
C      MSLIP   MCRIT   MFRIC   MMULT
MN-MOPT1     00      02      01      00
C      (1) (2) (3) (4) (5) (6) (7)           RADET   DCOIL
MN-MHTCF     02  01  00  02  02  02
C *
C *   HEADER DATA
C *
C      IPA   IWL   FCFHD   FXSHD   FV1HD   SVDHD
HD-OPT1     1   0  0.600   2.000   5.000E-7  0.0

```

```

C *
C      NO      MLHD  NZHD  NWHD  KFW  KFH  KBA1  KBZ1  KBA2  KBZ2
HD-OPT2     1      0   0   0  11  12   0   0   0   0
              2      0   0   0   0   0   0   0   0   0
C
C      NO      VLHD   POHD   TOHD   VOHD   FXHD
HD-DAT1     1      2.160  153.0  240.0  -0.100  1.000
              2      1.340  146.35 368.4   1.001  1.000
              2      1.000E+9 146.35 368.4   1.001  1.000
C      NO      WOHD   DSHD   DVHD
CHD-DAT2    1
C      NO      ASWH   THWH   CPWH   GMWH   CNWH   TOWH   HOWH
HD-WALL     1      1.620  0.0182 0.118  7820.0  0.013  30.00  0.0
              2      1.620  0.0182 0.118  7820.0  0.013  30.00  0.0
C
C      HD  LG  (1)   (2)   (3)   (4)   (5)   (6)
CHD-PIPE
C *
C *   PIPE DATA
C *
C      ITN  IGW  INT  IWL  MST  NST  ERR LG  ERPLG  ERS LG
LG-OPT    20  0  100  0  2  50  0.010  0.010  1.000E+4
C
C      MDCV  J1CV  J2CV  J3CV
CLG-CKVL  0  0  0  0
C      KCBK  J1BK  J2BK  NPBK  NZBK           ZFBK
CLG-RUPT  0  2  2  01  0           1.000
C      KCLK  J1LK  J2LK  J3LK   AXLK   AYLK   ZFLK   TXLK
CLG-LEAK  0  0  0  0  0.0707  0.0   0.600  0.100
C
C      NO      NSLG  NPLG   ICLG  IFLG  IDLG   WOLG   FHLG
LG-PIPE    1      05  01  02  0  0  1  105.0
C
C      NO      IPI  IPO  IGI  IGO  IHI  IHO
CLG-BC.1   1
C      PBLG (1)  PBLG (2)  HBLG (1)  HBLG (2)
LG-BC.2    1      153.0  146.35  248.2  682.0
C
C      NO  SC  MSLG  NDW   ASLG   DSLG   XSLG   ZSLG   FSLG

```

リスト 2-1 蒸気発生器入力データのサンプル

LG-SECT	1	1	08	03	0.0604	0.0234	12.30	0.0	0.0
	1	2	08	03	0.0604	0.0234	22.133	0.0	0.0
	1	3	08	03	0.0604	0.0234	22.133	0.0	0.0
	1	4	08	03	0.0604	0.0234	22.133	0.0	0.0
	1	5	08	03	0.0604	0.0234	6.000	0.0	0.0

C									
C	NO	OF	AOR	FNOR	FNOR	FCOR	FCOR		
LG-ORIF1	1	1	0.0604	5.000	10.00	5.000	10.00		
	1	2	0.0604	0.0	0.0	0.0	0.0		
	1	3	0.0604	0.0	0.0	0.0	0.0		
	1	4	0.0604	0.0	0.0	0.0	0.0		
	1	5	0.0604	0.0	0.0	0.0	0.0		
	1	6	0.0604	10.00	5.000	10.00	5.000		

C									
C	NO	OF	POOR	TOOR	VOOR				
*LG-ORIF2									
C									
C	NO	SC	ASWL	THWL	CPWL	GMWL	CNWL		
LG-WALL1	1	1	10.292	0.0042	0.118	7820.0	0.0130		
	1	2	10.292	0.0042	0.118	7820.0	0.0130		
	1	3	10.292	0.0042	0.118	7820.0	0.0130		
	1	4	10.292	0.0042	0.118	7820.0	0.0130		
	1	5	10.292	0.0042	0.118	7820.0	0.0130		

C									
C	NO	SC	TOWL	HOWL	QOWL				
LG-WALL2	1	1	30.00	-2.50	0.0				
	1	2	349.0	-2.50	-15.194E3				
	1	3	397.0	-2.50	-15.194E3				
	1	4	445.0	-2.50	-15.194E3				
	1	5	30.00	0.0	0.0				

C										
C	NO	J1VL	J2VL	NAVL	NFVL	(2)	(3)	(4)	T1SVL	T1EVL
CLG-VALV										
C										
C	NO	PID	J1	J2	11	12	13	NT	TSPID	TEPID
CLG-PID1										
C										
C	NO	PID	CKPID	CDPID	CIPID	CSPID	CFPID	CVPID		
CLG-PID2										

C *														
C *	SODIUM TEMPETARURE DATA													
C *														
C	MDNA	NDNA	(2)	(3)	JPNA	KPNA	NCNA	NPNA	NADB					
NA-MODEL	1	24	0	0	0	0	5	6	0					
C														
C	IUNA	(2)	UONA	(1)	UONA	(2)	PDNA							
NA-HTCF	06	03												
C														
C	NATI	NAFI	NAHR	NATR	NAQR									
NA-TABLE	41	42	43	44	45									
C														
C *	F012	F013	F023											
NA-FMIX	0.0	0.0	0.0											
C														
C	TONA	(2)	(3)	(4)	WPNA	(1)	WPNA	(2)	WPNA	(3)	WPNA	(4)		
NA-TANK	469.	325.	469.	469.	5900.0	3000.0	1.000	1.000	1.000	1.000				
C														
C	NO	F0NA	WFNA	AFNA	DFNA	A1NA								
NA-PIPE	1	0.010	1.000	1.000	0.109	0.0								
	2	1036.0	12340.0	1.814	0.109	683.4								
	3	0.010	1.000	1.000	0.109	0.0								
C														
C	NO	A2NA	X2NA	W2NA	C2NA	S2NA								
NA-WALL	1	0.0	0.030	1.0	0.118	0.0130								
	2	0.0	0.030	14200.0	0.118	0.0130								
	3	0.0	0.030	1.0	0.118	0.0130								
C														
C	NO	JN	JDNA	KDNA	LDNA	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
NA-PASS	1	15	02	-1	1001	24	16	08	0					
C														
C	NO	MCNA	WCNA	CCNA	TCNA	(1)	TCNA	(2)						
NA-HCAP	1	08	5230.0	0.302	469.0	325.0								
	2	08	6480.0	0.118	469.0	325.0								
	3	08	14200.0	0.118	469.0	325.0								
	4	08	6930.0	0.302	325.0	325.0								
	5	08	19200.0	0.118	325.0	325.0								
C														
C	NO	IPNA	(2)	(3)	LPNA	APNA	DPNA	FPNA						

リスト 2-1 蒸気発生器入力データのサンプル

NA-HPS1	1	02	01	01	1	26.00	1.080	5.000
	2	02	1002	01	1	26.00	0.109	5.000
	3	03	1002	01	1	59.40	0.109	5.000
	4	04	03	01	1	59.36	0.165	5.000
	5	04	05	01	1	68.02	0.165	5.000
	6	04	2001	01	1	88.20	0.165	5.000

C *
 C * END OF DATA
 C *
 DATA-END

C									
C	NO	XPNA (1)	XPNA (2)	HPNA (1)	HPNA (2)				
NA-HPS2	1	0.015	0.0	0.013	0.017				
	2	0.015	0.0	0.013	0.017				
	3	0.015	0.0	0.013	0.017				
	4	0.0	0.015	0.017	0.013				
	5	0.0	0.015	0.017	0.013				
	6	0.0	0.0	0.017	0.013				

C												
C	NO	JN	MPNA	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
NA-HPS3	1	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	18	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	3	18	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	4	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	5	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	6	18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

C *
 C * TABLE DATA
 C *

XY-TABLE	11 X	0.0	1.000E+9
	Y	105.0	105.0
	12 X	0.0	1.000E+9
	Y	248.2	248.2
XY-TABLE	41 X	0.0	1.000E+9
	Y	469.0	469.0
	42 X	0.0	1.000E+9
	Y	1.000	1.000
	43 X	0.0	1.000E+9
	Y	0.0	0.0
	44 X	0.0	1.000E+9
	Y	0.0	0.0
	45 X	0.0	1.000E+9
	Y	0.0	0.0

付録3 LEAP-BLOW Ver. 1.30 入力マニュアル

1. 入力データの入力方法

LEAP-BLOW Ver. 1.30 コードを入力は、キーワード方式を用いている。1行あたりの入力データは、次の規則に従い入力する。

カラム	変数の意味
1 - 1	コメント判定 「ブランク」又は「0」以外の英数字・記号が入っている場合には、コメント行とみなす。この場合、2カラムから80カラムは任意に用いることができる。
2 - 9	キーワード判定 所定のキーワードで、入力データを識別する。省略した場合は、その前に入力したキーワードと同じとみなす。 入力データの順番は問わない。また、同じキーワードを入力した場合、最後に入力したデータが有効となる。 キーワードの詳細は表 3-1 に示す。
10 - 80	データ入力エリア 所定のキーワードに対応する、データを入力する。データ入力カラムはキーワードに依存し、固定である。 キーワードに対応する入力データの書式、入力変数の意味は、表 3-2～表 3-5 に示す。

2. 入力キーワード

LEAP-BLOW Ver. 1.30 コードの入力判定に用いるキーワードを表 3-1 に示す。

3. 入力データの書式及び入力変数の意味

LEAP-BLOW Ver. 1.30 コードの入力データの書式及び入力データの意味を、計算モジュールに分けて、表 3-2～表 3-5 に示す。

- | | |
|--------------------|---------|
| (1) メインモジュール、共通データ | (表 3-2) |
| (2) ヘッダ計算モジュール | (表 3-3) |
| (3) 水系配管計算モジュール | (表 3-4) |
| (4) ナトリウム側計算モジュール | (表 3-5) |

表 3-1 (1/3) 入力キーワード一覧表

No.	キーワード	キーワードの意味
		特殊キーワード
	TITLE	タイトルカードの指定 (本カードの次の1行はケースタイトルとして使用する。)
	DATA-END	入力データの最後に指定する
		メインモジュール、共通データ キーワード
1	MN-CALC	全体計算実行制御オプション
2	MN-TIME	計算時間コントロールオプション
3	MN-STEP	タイムステップ・プリント間隔指定データ (最大10枚まで入力可能)
4	MN-REST	リスタート計算オプション (現バージョンでは未対応)
5	MN-OUTCN	時系列出力コントロールデータ (出力する物理量は MN-PLOT で指定する)
6	MN-PLOT	時系列出力変数指定 (最大200変数まで指定可能、1枚に最大7変数指定可能)
7	MN-MODEL	計算ネットワークモデルデータ
8	MN-MOPT1	計算モデルオプション1 (スリップモデル、臨界流モデル等の指定)
9	MN-MHTCF	計算モデルオプション2 (熱伝達率モデル)
		ヘッダ計算モジュール キーワード
11	HD-OPT1	水系ヘッダ部・共通計算オプション
12	HD-OPT2	水系ヘッダ部・個別計算オプション (ヘッダの数の枚数入力)
13	HD-DAT1	水系ヘッダ部・形状データ (その1) (ヘッダの数の枚数入力)
14	HD-DAT2	水系ヘッダ部・形状データ (その2) (分離モデル関連データ、ヘッダの数の枚数入力)
15	HD-WALL	水系ヘッダ部・構造材データ (ヘッダの数の枚数入力)
16	HD-PIPE	水系ヘッダ部の配管接続位置データ (分離モデル関連データ、ヘッダの数の枚数入力)

表 3-1 (2/3) 入力キーワード一覧表

No.	キーワード	キーワードの意味
		水系配管計算モジュール キーワード
21	LG-OPT	水系配管・共通計算オプション
22	LG-CKVL	水系配管・逆止弁データ
23	LG-RUPT	水系配管・ギロチン破断データ
24	LG-LEAK	水系配管・スプリット破損データ
25	LG-PIPE	水系配管・個別配管計算オプション (水系配管の数枚入力)
26	LG-BC. 1	水系配管・時系列境界条件データ (水系配管の数枚入力)
27	LG-BC. 2	水系配管・初期定常計算用境界データ (水系配管の数枚入力)
28	LG-SECT	水系配管・配管セクション関連データ (水系配管のセクション総数枚入力)
29	LG-ORIF1	水系配管・配管オリフィス関連データ (その1) (水系配管毎にセクション数+1の総数枚入力)
30	LG-ORIF2	水系配管・配管オリフィス関連データ (その2) (水系配管毎にセクション数+1の総数枚入力)
31	LG-WALL1	水系配管・配管セクション構造材関連データ (その1) (水系配管のセクション総数枚入力)
32	LG-WALL2	水系配管・配管セクション構造材関連データ (その2) (水系配管のセクション総数枚入力)
33	LG-VALV	水系配管・バルブ関係データ (バルブの個数枚入力)
34	LG-PID1	水系配管・バルブのPID制御特性関係データ1 (PID制御を行なうバルブの個数枚入力)
35	LG-PID2	水系配管・バルブのPID制御特性関係データ2 (PID制御を行なうバルブの個数枚入力)
36	LG-THTBL	外側境界条件をテーブル入力するセクションデータ (NTHSC組数枚入力)

表 3-1 (3/3) 入力キーワード一覧表

No.	キーワード	キーワードの意味
		ナトリウム側計算モジュール キーワード
41	NA-MODEL	ナトリウム側・計算モデルオプション
42	NA-HTCF	ナトリウム側・熱伝達率オプション
43	NA-TABLE	ナトリウム側・プラント挙動関連データ
44	NA-FMIX	ナトリウム側・Na-水反応混合データ
45	NA-TANK	ナトリウム側・プレナムデータ
46	NA-PIPE	ナトリウム流路データ (蒸気発生器モデル MDNA に合せ、3枚 (MDNA=0) または 5枚 (MDNA>0) 入力)
47	NA-WALL	ナトリウム流路の構造材データ (蒸気発生器モデル MDNA に合せ、3枚 (MDNA=0) または 5枚 (MDNA>0) 入力)
48	NA-PASS	ナトリウム側と水系配管の接続情報 (水系配管の数枚入力)
49	NA-HCAP	熱容量要素データ (熱容量要素の数枚入力)
50	NA-HPS1	熱容量要素との伝熱パスデータ (その1) (伝熱パスの数枚入力)
51	NA-HPS2	熱容量要素との伝熱パスデータ (その2) (伝熱パスの数枚入力)
52	NA-HPS3	熱容量要素との伝熱パスデータ (その3) (伝熱パスの数枚入力)
		テーブルデータ入力キーワード
56	XY-TABLE	テーブルデータ (最大 500 組のテーブルデータを入力可能)

表 3-2 (1/5) LEAP-BLOW Ver. 1.30 入力マニュアル (メインモジュール、共通データ)

No.	キーワード	カラム	変数名	(*)	変数の意味	単位
	TITLE				タイトルカード 次の1行はケースタイトルとして使用する。	—
	DATA-END				入力データの最後に指定する。 本カードの後ろにある入力データは無視される。	
1	MN-CALC				全体計算実行制御オプション	
		11-20	ICLHD	I	ヘッダ計算モジュールの実行オプション >0;ヘッダ計算モジュールをメインタイムステップに ICLHD 回計算する ≤0;ヘッダ計算モジュールを計算しない	—
		21-30	ICLLG	I	水系配管計算モジュールの実行オプション >0;水系配管計算モジュールをメインタイムステップに ICLLG 回計算する ≤0;水系配管計算モジュールを計算しない	—
		31-40	ICLNA	I	ナトリウム側計算モジュールの実行オプション >0;ナトリウム側計算モジュールを計算する ≤0;ナトリウム側計算モジュールを計算しない	—
		51-60	ICLST	I	水系配管の定常計算オプション ≤0;計算しない (初期値入力) =3;水系配管を定常計算し、過渡計算する (ヘッダ初期値または配管境界条件入力)	—
		61-70	ISPRT	I	計算結果の全体プリント出力の制御 (6番装置) <0;プリントしない =0;NPTBL テーブルによる >0;ISPRT 回に1度プリント出力する	—
2	MN-TIME				計算時間コントロールオプション	
		11-20	TIINT	R	計算開始時間	s
		21-30	TIMAX	R	計算打切時間	s
		31-40	DTINIT	R	初期タイムステップ	s
3	MN-STEP				タイムステップ・プリント間隔指定データ (10枚まで入力可能)	
		11-20	TDTBL	R	タイムステップの切り替え時間	s
		21-30	DTTBL	R	タイムステップテーブル	s
		31-40	NPTBL	I	プリント出力間隔テーブル (6番装置) NPTBL 回ごとにプリント出力する	—
4	MN-REST				リスタート計算オプション (現バージョンでは未対応)	
		11-20	IREST	I	=0;通常計算 (初期より計算) ≠0;リスタート計算 (現バージョンは使用不可)	—
		21-30	KREST	I	ケースID番号	—

(*) I: 整数データ、R: 実数データ、A: 文字型データを示す。

表 3-2 (2/5) LEAP-BLOW Ver. 1.30 入力マニュアル (メインモジュール、共通データ)

No.	キーワード	カラム	変数名	(*)	変数の意味	単位
5	MN-OUTCN				時系列出力コントロールデータ (出力する物理量は MN-PLOT で指定する)	
		11-20	KCPRT	I	時系列プリント出力オプション (11 番装置以降) = 0 ; 出力しない = 1 ; 出力する	-
		21-30	KCPLT	I	時系列プロット出力オプション (9 番装置) = 0 ; 出力しない = 1 ; 出力する	-
		31-40	DTPRT	R	時系列プリント出力間隔	s
		41-50	DTPLT	R	時系列プロット出力間隔 (プロット出力の最大点数は 500)	s
6	MN-PLOT				時系列出力変数指定 (最大 200 変数まで指定可能、1 枚に最大 7 変数指定可能)	
		11-18	NAPLT (1)	A	時系列出力する物理量は、以下の方法で指定する AABBCCD : 出力変数の指定 AA : 出力する物理量の指定 = T : 温度 (°C) = P : 圧力 (MPa) = E : エンタルピ (MJ/kg) = W : 流量 (kg/s) = V : 流速 (m/s) = M : 質量 (kg) = R : 密度 (kg/m ³) = X : クオリティ (%) = A : ボイド率 (%) = H : 熱伝達率 (W/(m ² ·K)) = Q : 熱流束 (W/m ²) = VL : バルブ面積 (m ²) = I : 伝熱管内表面温度 (°C) = O : 伝熱管外表面温度 (°C) BBB : 出力する部位の番号 = 1~99 : 水系配管 = 101~199 : 水系ヘッダ = 901~905 : ナトリウム側流路 CC : 出力する配管セクション番号 D : 出力するセクション内のノード番号 (ナトリウム側は、CCD でメッシュ番号)	
		21-28	(2)	A		
		31-38	(3)	A		
		41-48	(4)	A		
		51-58	(5)	A		
		61-68	(6)	A		
		71-78	(7)	A		
7	MN-MODEL					計算ネットワークモデルデータ
		11-20	NHEAD	I	水系ヘッダの数	≦ MHD
		21-30	NLEGS	I	水系配管の数	≦ MLG
		31-40	MDLVL	I	水系配管に設置するバルブの数	≦ MVL
		41-50	NVPID	I	PID 制御を行なうバルブの数	≦ MVL
		51-60	NTHSC	I	外側境界条件をテーブル入力するセクション数	≦ MSC

(*) I : 整数データ、R : 実数データ、A : 文字型データ を示す。

表 3-2 (3/5) LEAP-BLOW Ver. 1.30 入力マニュアル (メインモジュール、共通データ)

No.	キーワード	カラム	変数名	(*)	変数の意味	単位
8	MN-MOPT1				計算モデルオプション1 (スリップモデル、臨界流モデル等の指定)	
		11-20	MSLIP	I	スリップモデル・計算オプション = 0 ; Homogeneous (均質) モデル = 1 ; Fauske モデル = 2 ; Moody モデル = 3 ; Smith モデル = 4 ; Zivi モデル = 5 ; Levy モデル = 6 ; Fujie モデル = 7 ; Bankoff モデル = 8 ; Jones (修正 Bankoff) モデル = 9 ; HTL モデル (流量依存)	-
		21-30	MCRIT	I	臨界流モデル・計算オプション = 1 ; 小笠原の式 (二相領域のみ) = 2 ; 下記の組合せテーブル関数 サブクール領域 : Henry-Fauske の式 二相領域 ; Moody の式 過熱蒸気領域 ; 断熱噴流の式 = 3 ; 下記の組合せテーブル関数 サブクール領域 : Henry-Fauske の式 二相領域 ; 小笠原の式 過熱蒸気領域 ; 単相流理論式 = 4 ; 下記のテーブル関数 全領域 ; Bernoulli の式 = 5 ; 下記の組合せテーブル関数 サブクール領域 : Henry-Fauske の式 二相領域 ; 小笠原の式 過熱蒸気領域 ; Murdock-Bauman の式	-
		31-40	MFRIC	I	二相流管摩擦圧損増倍係数・計算オプション = 1 ; Thom の式 = 2 ; $-P < 250\text{psi}$ ・Martinelli-Nelson の式 $P \geq 250\text{psi}$ ・Thom の式 = 3 ; Lottes-Flinn の式 = 4 ; Homogeneous モデル 1 $\Phi^2 = \left(1 + X \frac{\rho_l - \rho_g}{\rho_g}\right) \left(1 + X \frac{\mu_l - \mu_g}{\mu_g}\right)^{0.25}$ = 5 ; Homogeneous モデル 2 $\Phi^2 = \left(1 + X \frac{\rho_l - \rho_g}{\rho_g}\right)$ = 6 ; Martinelli-Nelson の式	-
		41-50	MMULT	I	局所圧損二相流圧損増倍モデル = 0 ; 平均比重量 (γ_m) で模擬 = 1 ; 二相増倍係数 (Φ^2) で模擬 (二相増倍係数モデルは MFRIC による)	-

(*) I : 整数データ、R : 実数データ、A : 文字型データ を示す。

表 3-2 (4/5) LEAP-BLOW Ver. 1. 30 入力マニュアル (メインモジュール、共通データ)

No.	キーワード	カラム	変数名	(*)	変数の意味	単位
9	MN-MHTCF				計算モデルオプション2 (熱伝達率モデル)	
		11-15	MHTCF (1)	I	サブクール流の熱伝達モデルオプション =0 ; Dittus-Boelter の式 =1 ; サブクール沸騰 (修正 Chen の式) =2 ; 森・中山の液相の式	-
		16-20	MHTCF (2)	I	核沸騰熱伝達モデルオプション =1 ; Jens and Lottes の式	-
		21-25	MHTCF (3)	I	遷移沸騰熱伝達モデルオプション =1 ; McDonough, Milch and King の式	-
		26-30	MHTCF (4)	I	膜沸騰熱伝達モデルオプション =0 ; Heineman の式 =1 ; Groeneveld 5.7 の式 =2 ; Rohsenow-Dougall の式 =3 ; クオリティ X でモデルの切り換え X<0.95 Groeneveld 5.7 の式 X>1.0 Rohsenow-Dougall の式 0.95<X<1.0 上記2式の補間 =4 ; Rohsenow の式 =5 ; Schrock Grossman の式 =6 ; Bishop の式 =7 ; Bromley の式 =8 ; Condie-Bengston IVの式 =9 ; Groeneveld 5.9 の式	-
		31-35	MHTCF (5)	I	過熱領域での熱伝達モデルオプション =0 ; Dittus-Boelter の式 =1 ; McEligot の式 =2 ; 森・中山の気相の式 =3 ; Bishop の式	-
		36-40	MHTCF (6)	I	限界熱流束モデルオプション =0 ; LEAP コード内評価式 =1 ; Roko の式 =2 ; Jens and Lottes の式	-
		41-45	MHTCF (7)	I	加熱域 (サブクール域~飽和域) の限界熱流束判定式モデルオプション =0 ; 考慮しない =1 ; 甲藤の式 =2 ; Tong の式	-
		61-70	RADET	R	壁面放射率 (ふく射係数) MHTCF (4) = 8 ; Condie-Bengston IVの式の ふく射を考慮した Bromley の式で使用	-
		71-80	DCOIL	R	ヘリカルコイル径 MHTCF (1) = 2, MHTCF (5) = 2 ; 森・中山の式で使用 = 0 ; Ver. 1. 20 の簡略化された評価式を使用。	m

(*) I : 整数データ, R : 実数データ, A : 文字型データ を示す。

表 3-2 (5/5) LEAP-BLOW Ver. 1. 30 入力マニュアル (メインモジュール、共通データ)

No.	キーワード	カラム	変数名	(*)	変数の意味	単位
56	XY-TABLE				テーブルデータ (最大 500 組のテーブルデータを入力可能)	
		11-14	I	I	入力するテーブル番号 1 ≤ I ≤ 100 : データ数 10 個以下のテーブル 101 ≤ I ≤ 500 : データ数 20 個以下のテーブル	-
		15-16	XY	I	入力するテーブルデータの区別 = X : X 軸データ = Y : Y 軸データ	-
		17-19	IS	I	テーブル入力する先頭データのアドレス = 0 : 最初から入力	-
		20-20	ND	I	テーブル入力するデータの数 = 0 : 最大数 (6) を入力	-
		21-30 31-40 41-50 51-60 61-70 71-80	DAT	R	テーブルデータ 例 : I = 6, XY = X, IS = 0, ND = 0 の場合 データ数 10 個以下の 6 番テーブルの X 軸データを、1 番目から 6 個まで入力できる。 例 : I = 102, XY = Y, IS = 11, ND = 2 の場合 データ数 20 個以下の 2 番テーブルの Y 軸データを、11 番目から 2 個入力する。	

(*) I : 整数データ、R : 実数データ、A : 文字型データ を示す。

表 3-3 (1/2) LEAP-BLOW Ver. 1.30 入力マニュアル (ヘッド計算モジュール)

No.	キーワード	カラム	変数名	(*)	変数の意味	単位
11	HD-OPT1				水系ヘッド部・共通計算オプション	
		11-20	IPAHD	I	ヘッド圧力計算の時間平均化オプション = 0 : 時間平均しない = 1 : 時間平均化する = 2 : 二相状態は定常質量収支で圧力を求める (圧力計算の安定性は低下する)	-
		16-20	IWLHD	I	ヘッド構造材の熱容量計算オプション = 0 : 考慮しない = 1 : 考慮する	-
		21-30	FCFHD	R	ヘッドに設置したブロー弁の流出係数 ($0 < FCFHD \leq 1$)	-
		21-30	FXSHD	R	ヘッド内でのサブクール水ミキシング効率 (液位依存のミキシングモデルを使用する場合 に使用) (通常 FXSHD = 2.0)	-
		31-40	FVIHD	R	サブクール・ヘッドの体積変化率 (通常 $1.0E-7 \sim 5.0E-7$)	-
		41-50	SVDHD	R	液中のボイドの上昇速度 (分離モデルのみ入力)	m/s
12	HD-OPT2				水系ヘッド部・個別計算オプション (ヘッドの数の枚数入力)	
		11-15	I	I	ヘッドの番号	-
		21-25	MLHD	I	ヘッド計算モデルオプション = 0 : 均質モデル (ホモジニアスモデル) = 1 : 分離モデル (セパレータモデル)	-
		26-30	NZHD	I	ヘッドの容器高さ, 容器体積テーブルの指定 (分離モデルのみ入力) 空間容積も考慮 (XY-TABLE : 高さ (m) vs 体積 (m ³))	-
		31-35	NWHD	I	ヘッド構造材壁メッシュ分割数	≤ 10
		36-40	KFWHD	I	ヘッドへの流入流量テーブル番号 (XY-TABLE : 時間 (s) vs 流量 (kg/s))	-
		41-45	KFHHD	I	ヘッドへの流入流量エンタルピテーブル番号 (XY-TABLE : 時間 (s) vs エンタルピ (kcal/kg))	-
		46-50	KBAHD (1)	I	ヘッドのブロー弁の開口面積テーブル番号 (XY-TABLE : 時間 (s) vs 面積 (m ²))	-
		51-55	KBZHD (1)	I	ヘッドのブロー弁の圧損係数テーブル番号 (XY-TABLE : 時間 (s) vs 圧損係数 (-))	-
		56-60	KBAHD (2)	I	ヘッドの第2ブロー弁の開口面積テーブル番号 (XY-TABLE : 時間 (s) vs 面積 (m ²))	-
		61-65	KBZHD (2)	I	ヘッドの第2ブロー弁の圧損係数テーブル番号 (XY-TABLE : 時間 (s) vs 圧損係数 (-))	-

(*) I : 整数データ, R : 実数データ を示す。

表 3-3 (2/2) LEAP-BLOW Ver. 1.30 入力マニュアル (ヘッダ計算モジュール)

No.	キーワード	カラム	変数名	(*)	変数の意味	単位
13	HD-DAT1				水系ヘッダ部・形状データ (その1) (ヘッダの数の枚数入力)	
		11-15	I	I	ヘッダの番号	-
		21-30	VLHD	R	ヘッダ体積	m ³
		31-40	POHD	R	ヘッダ初期圧力	kg/cm ²
		41-50	TOHD	R	ヘッダ初期温度 (初期サブクール又は過熱状態の場合に使用)	℃
		51-60	VOHD	R	ヘッダ初期ボイド率 (均質モデルの場合は全体のボイド率)	-
		61-70	FXHD	R	ヘッダ内でのサブクール水ミキシング効率	1/s
14	HD-DAT2				水系ヘッダ部・形状データ (その2) (分離モデルのみ入力、ヘッダの数の枚数入力)	
		11-15	I	I	ヘッダの番号	-
		21-30	WOHD	R	ヘッダ初期液面下保有水量 (分離モデルのみ入力)	kg
		31-40	DSHD	R	ヘッダ内サブクール水ミキシング量計算用内径 =0.0; 一定ミキシング率モデル >0.0; 液位依存のミキシングモデル	m
		41-50	DVHD	R	ヘッダの水面下ボイド分布 (分離モデルのみ入力) (平均に対する上端でのボイド率の比)	-
15	HD-WALL				水系ヘッダ部・構造材データ (ヘッダの数の枚数入力)	
		11-15	I	I	ヘッダの番号	-
		21-28	ASWH	R	ヘッダの壁表面積	m ²
		29-36	THWH	R	ヘッダの壁面厚さ	m
		37-44	CPWH	R	ヘッダの壁面比熱	kcal/(kg℃)
		45-52	GMWH	R	ヘッダの壁面比重量	kg/m ³
		53-60	CNWH	R	ヘッダの壁面熱伝導率	kcal/(m・s・℃)
		61-68	TOWH	R	ヘッダ壁外気側境界温度	℃
		69-76	HOWH	R	ヘッダ壁外気側表面熱伝達率	kcal/(m ² ・s・℃)
16	HD-PIPE				水系ヘッダ部の配管接続位置データ (分離モデルデータ、ヘッダの数の枚数入力)	
		11-15	I	I	ヘッダの番号	-
		16-19	J	I	指定する水系配管の開始番号	-
		20-20	N	I	指定する水系配管の数	
		21-30	ZLGHD (1)	R	配管取付高さ (ヘッダ底部= 0.0) (分離モデルのみ入力)	m
		31-40	(2)	R		
		41-50	(3)	R		
		51-60	(4)	R		
		61-70	(5)	R		
		71-80	(6)	R		

(*) I: 整数データ、R: 実数データ を示す。

表 3-4 (1/6) LEAP-BLOW Ver. 1. 30 入力マニュアル (水系配管計算モジュール)

No.	キーワード	カラム	変数名	(*)	変数の意味	単位
21	LG-OPT				水系配管・共通計算オプション	
		11-15	ITNLG	I	配管過渡計算における収束計算最大回数 (通常 20 程度)	—
		16-20	IGVLG	I	流動計算における重力項考慮のオプション < 0 ; 重力項は考慮せず ≥ 0 ; 重力項を考慮する (通常は考慮)	—
		21-25	INTLG	I	流動計算における慣性項考慮のオプション = 0 ; 流動計算に慣性項を考慮しない > 0 ; 流動計算に慣性項を INTLG%考慮する	—
		26-30	IWLLG	I	配管熱容量オプション < 0 ; 考慮しない = 0 ; 壁から流体、流体から壁ともに考慮 = 1 ; 壁から流体のみ考慮	—
		31-35	MSTLG	I	定常収束計算モデルのオプション = 1 ; 流量で修正する = 2 ; 圧損係数で補正する	—
		36-40	NSTLG	I	定常収束計算打ち切り回数 (通常 20)	—
		41-50	ERRLG	R	配管過渡計算における収束判定誤差 (通常 0.01~0.05) 推定差圧力 ≤ 境界差圧 ・ERRLG で収束判定	—
		51-60	ERPLG	R	定常状態の収束判定圧力 (通常 0.01)	kg/cm ²
		61-70	ERSLG	R	配管内流動計算スキップ判定圧力 (通常 1.0E4) 収束圧力と境界圧力の差が ERSLG 以上で計算しない。	kg/cm ²
22	LG-CKVL				水系配管・逆止弁データ	
		11-15	MDCV	I	逆止弁オプション = 0 ; 逆止弁未存在 = 1 ; 逆止弁存在し逆流の時は計算しない = -1 ; 逆止弁存在し逆流の時に計算する	—
		16-20	J1CV	I	逆止弁の存在する配管番号指定	—
		21-25	J2CV	I	逆止弁の存在するセクション番号指定	—
		26-30	J3CV	I	逆止弁の存在するノード番号指定	—
23	LG-RUPT				水系配管・ギロチン破断データ	
		11-15	KCBK	I	破断オプション = 0 ; 破損無し = 1 ; 破損考慮	—
		16-20	J1BK	I	破断配管番号	—
		21-25	J2BK	I	破断セクション位置	—
		26-30	NPBK	I	破断口境界圧力テーブル番号 (XY-TABLE : 時間 (s) vs 圧力 (kg/cm ²))	—
		31-35	NZBK	I	放出係数テーブルの指定 (XY-TABLE : 時間 (s) vs 流出係数 (-)) (= 0 : 一定値, ZFBK で指定)	—
		41-50	ZFBK	R	流出係数 (0.0 < ZFBK ≤ 1.0)	—

(*) I : 整数データ、R : 実数データ を示す。

表 3-4 (2/6) LEAP-BLOW Ver. 1.30 入力マニュアル (水系配管計算モジュール)

No.	キーワード	カラム	変数名	(*)	変数の意味	単位
24	LG-LEAK				水系配管・スプリット破損データ	
		11-15	KCLK	I	スプリット破損口形状オプション = 0 ; 円形破損 = 1 ; 長方形破損	-
		16-20	J1LK	I	スプリット破損口の発生する配管番号	-
		21-25	J2LK	I	スプリット破損口の発生するセクション番号	-
		26-30	J3LK	I	スプリット破損口の発生するノード番号	-
		31-40	AXLK	R	スプリット破損口の大きさ ・ KCLK=0 の場合 ; 破損口の直径 ・ KCLK=1 の場合 ; 破損口の幅 (長方形)	m
		41-50	AYLK	R	スプリット破損口の大きさ ・ KCLK=1 の場合 ; 破損口の長さ (長方形)	m
		51-60	ZFLK	R	スプリット破損口からの放出係数	-
		61-70	TXLK	R	スプリット破損口径が最大となる時間	s
25	LG-PIPE				水系配管系・個別配管計算オプション (水系配管の数枚入力)	
		11-15	I	I	水系配管の番号	-
		21-25	NSLG	I	配管セクション (直管部) の数	≤ MSC
		26-30	NPLG (1)	I	配管の接続指定 (入口側) <-1 ; 計算しない = 0 ; 破断口 = 1~MHD ; 水系ヘッダ	-
		31-35	NPLG (2)	I	配管の接続指定 (出口側) <-1 ; 計算しない = 0 ; 破断口 = 1~MHD ; 水系ヘッダ	-
		36-40	ICLG	I	配管の臨界流計算オプション = 0 ; 臨界流計算する =-1 ; 臨界流計算しない	-
		41-45	IFLG	I	積分方向指定オプション (積分計算を行う方向の指定) = 0 ; 流れの下流側より (計算状態に依存) =-1 ; 配管出口側より = 1 ; 配管入口側より	-
		46-50	IDLG	I	配管の定常時流れ方向 = 1 ; 正流 (配管入口→配管出口) =-1 ; 逆流 (配管出口→配管入口)	-
		51-60	WOLG	R	配管の初期流量	kg/s
		61-70	FHLG	R	水気系ヘッダの巻き込みが始まる配管直径に対する割合 (接続するヘッダが気水分離モデルの場合)	-

(*) I : 整数データ、R : 実数データ を示す。

表 3-4 (3/6) LEAP-BLOW Ver. 1. 30 入力マニュアル (水系配管計算モジュール)

No.	キーワード	カラム	変数名	(*)	変数の意味	単位
26	LG-BC. 1				水系配管・時系列境界条件データ (水系配管の枚数入力)	
		11-15	I	I	水系配管の番号	-
		21-25	IPILG	I	配管入口境界圧力テーブル番号 (XY-TABLE: 時間 (s) vs 圧力 (kg/cm ²))	-
		26-30	IPOLG	I	配管出口境界圧力テーブル番号 (XY-TABLE: 時間 (s) vs 圧力 (kg/cm ²))	-
		31-35	IGILG	I	配管入口側流量テーブル番号 (XY-TABLE: 時間 (s) vs 流量 (kg/s))	-
		36-40	IGOLG	I	配管出口側流量テーブル番号 (XY-TABLE: 時間 (s) vs 流量 (kg/s))	-
		41-45	IHILG	I	配管入口境界エンタルピテーブル番号 (XY-TABLE: 時間 (s) vs エンタルピ (kcal/kg))	-
		46-50	IHOLG	I	配管出口境界エンタルピテーブル番号 (XY-TABLE: 時間 (s) vs エンタルピ (kcal/kg))	-
27	LG-BC. 2				水系配管・初期定常計算用境界データ (水系配管の枚数入力) (IPILG、IPOLG、IHILG、IHOLG=0 で有効)	
		11-15	I	I	水系配管の番号	-
		21-30	PBLG (1)	R	配管入口境界圧力	kg/cm ²
		31-40	PBLG (2)	R	配管出口境界圧力	kg/cm ²
		41-50	HBLG (1)	R	配管入口境界エンタルピ	kcal/kg
		51-60	HBLG (2)	R	配管出口境界エンタルピ	kcal/kg
28	LG-SECT				水系配管・配管セクション関連データ (水系配管のセクション総数枚入力)	
		11-15	I	I	水系配管の番号	-
		16-20	J	I	水系配管セクションの番号	-
		21-25	MSLG	I	配管セクションのノード分割数	≤ MND
		26-30	NDWLG	I	配管セクション構造材の厚さ方向の分割数	≤ 10
		31-40	ASLG	R	配管セクションの流路断面積	m ²
		41-50	DSLGL	R	配管セクションの等価直径	m
		51-60	XSLG	R	配管セクションの長さ	m
		61-70	ZSLG	R	配管セクションの入口から出口のエレベーション差 (流路の向きに上昇する場合を正とする)	m
		71-80	FSLG	R	配管セクション管摩擦圧損係数 =0.0; 計算コード内で計算	-
29	LG-ORIF1				水系配管・配管オリフィス関連データ (1) (水系配管毎にセクション数+1 の総数枚入力)	
		11-15	I	I	水系配管の番号	-
		16-20	J	I	水系配管オリフィスの番号	-
		21-30	AOR	R	配管オリフィス (絞り部) 断面積	m ²
		31-40	FNOR (1)	R	配管オリフィス圧損係数 (正流時)	-
		41-50	FNOR (2)	R	配管オリフィス圧損係数 (逆流時)	-
		51-60	FCOR (1)	R	臨界流発生時配管オリフィス圧損係数 (正流時)	-
		61-70	FCOR (2)	R	臨界流発生時配管オリフィス圧損係数 (逆流時)	-

(*) I: 整数データ, R: 実数データ を示す。

表 3-4 (4/6) LEAP-BLOW Ver. 1.30 入力マニュアル (水系配管計算モジュール)

No.	キーワード	カラム	変数名	(*)	変数の意味	単位
30	LG-ORIF2				水系配管・配管オリフィス関連データ (2) (水系配管毎にセクション数+1 の総数枚入力) (定常計算を行わない場合に有効)	
		11-15	I	I	水系配管の番号	-
		16-20	J	I	水系配管オリフィスの番号	-
		21-30	POOR	R	配管オリフェス部の初期圧力	kg/cm ²
		31-40	TOOR	R	配管オリフェス部の初期温度 (単相時に有効)	℃
		41-50	VOOR	R	配管オリフェス部の初期ボイド率 (二相流時に有効)	-
31	LG-WALL1				水系配管・配管セクション構造材関連データ (1) (水系配管のセクション総数枚入力)	
		11-15	I	I	水系配管の番号	-
		16-20	J	I	水系配管セクションの番号	-
		21-30	ASWL	R	配管セクション単位長さ当たりの構造材との接触面積	m ² /m
		31-40	THWL	R	配管セクション構造材の厚さ	m
		41-50	CPWL	R	配管セクション構造材の比熱	kcal/(kg・℃)
		51-60	GMWL	R	配管セクション構造材の比重量	kg/m ³
		61-70	CNWL	R	配管セクション構造材の熱伝導率	kcal/(s・m・℃)
32	LG-WALL2				水系配管・配管セクション構造材関連データ (2) (水系配管のセクション総数枚入力)	
		11-15	I	I	水系配管の番号	-
		16-20	J	I	水系配管セクションの番号	-
		21-30	TOWL	R	配管セクション構造材の外側境界温度	℃
		31-40	HOWL	R	配管セクション構造材の外側境界表面熱伝達率 = 0.0 ; 断熱 =-1.0 ; 解析コード内で設定	kcal/(m ² ・s・℃)
		41-50	QOWL	R	配管セクション構造材からの初期放熱量 (入熱の場合は負で入力する)	kcal/s
		51-55	JCHF	I	加熱域の限界熱流束判定オプション = 0 ; 限界熱流束を判定しない = 1 ; 限界熱流束を判定する	-

(*) I : 整数データ、R : 実数データ を示す。

表 3-4 (5/6) LEAP-BLOW Ver. 1.30 入力マニュアル (水系配管計算モジュール)

No.	キーワード	カラム	変数名	(*)	変数の意味	単位
33	LG-VALV				水系配管系・バルブ関係データ (バルブの個数枚入力)	
		11-15	I	I	水系バルブの番号	-
		16-20	J1VL	I	バルブの存在する配管番号指定	-
		21-25	J2VL	I	バルブの存在するオリフィス番号指定	-
		26-30	NTAVL	I	バルブの開度テーブル番号 (XY-TABLE: 時間 (s) vs 開口面積 (m ²))	-
		31-35	NTFVL (1)	I	バルブの圧損係数 (正流時) テーブル番号 (XY-TABLE: 開口面積 (m ²) vs 圧損係数 (-))	-
		36-40	NTFVL (2)	I	バルブの圧損係数 (逆流時) テーブル番号 (XY-TABLE: 開口面積 (m ²) vs 圧損係数 (-))	-
		41-45	NTFVL (3)	I	バルブの臨界流圧損係数 (正流時) テーブル番号 (XY-TABLE: 開口面積 (m ²) vs 圧損係数 (-))	-
		46-50	NTFVL (4)	I	バルブの臨界流圧損係数 (逆流時) テーブル番号 (XY-TABLE: 開口面積 (m ²) vs 圧損係数 (-))	-
		51-60	TISVL	R	バルブのテーブル入力開始時間	s
		61-70	TIEVL	R	バルブのテーブル入力終了時間	s
34	LG-PIDI				水系配管系・バルブの PID 制御特性関係データ 1 (PID 制御を行なうバルブの個数枚入力)	
		11-15	I	I	PID 制御するバルブの番号	-
		21-25	J1PID	I	PID 制御するバルブがある配管番号	-
		26-30	J2PID	I	PID 制御するバルブがあるオリフィス番号	-
		31-35	I1PID	I	PID 制御の対象とする配管/ヘッダ番号 (I2PID=0 の場合、ヘッダ圧力で制御)	-
		36-40	I2PID	I	PID 制御の対象とするセクション番号	-
		41-45	I3PID	I	PID 制御の対象とするノード番号	-
		46-50	NTPID	I	PID 制御の設定値テーブル番号 (XY-TABLE: 時間 (s) vs 設定圧力 (kg/m ²))	-
		51-60	TSPID	R	PID 制御によるバルブ開度制御の開始時間	s
		61-70	TEPID	R	PID 制御によるバルブ開度制御の終了時間	s

(*) I: 整数データ、R: 実数データ を示す。

表 3-4 (6/6) LEAP-BLOW Ver. 1.30 入力マニュアル (水系配管計算モジュール)

No.	キーワード	カラム	変数名	(*)	変数の意味	単位
35	LG-PID2				水系配管系・バルブのPID制御特性関係データ2 (PID制御を行なうバルブの個数枚入力)	
		11-15	I	I	PID制御するバルブの番号	—
		21-30	CKPID	R	PID制御定数 (比例ゲイン) 比例ゲインは、圧力と弁面積の換算係数を含む 具体的には、 比例ゲイン=比例定数×弁面積 (m ²) ÷圧力制御範囲 (kg/m ²) として与える。	m ² /(kg/m ²)
		31-40	CDPID	R	PID制御定数 (微分ゲイン) (CDPID=0の場合、微分項を考慮しない)	—
		41-50	CIPID	R	PID制御定数 (積分ゲイン) (CIPID=0の場合、積分項を考慮しない)	—
		51-60	CSPID	R	設定値フィルタの一次遅れ時間 (CSPID=0の場合、設定フィルタは考慮しない)	s
		61-70	CFPID	R	設定値フィルタの比例ゲイン (CFPID=0の場合、一次遅れとする)	—
		71-80	CVPID	R	バルブ応答の一次遅れ時間 (CVPID=0の場合、一次遅れは考慮しない)	s
36	LG-THTBL				外側境界条件をテーブル入力するセクションデータ (NTHSC組数枚入力)	
		11-15	I	I	外側境界条件をテーブル入力するデータ組番号	
		21-25	IBCSC	I	水系配管の番号	—
		26-30	JBCSC	I	水系配管セクションの番号	—
		31-35	NTBSC	I	セクションの外側境界温度テーブル番号 (XY-TABLE: 時間 (s) vs 温度 (°C))	—
		36-40	NHBSC	I	セクションの外側境界熱伝達率テーブル番号 (XY-TABLE: 時間 (s) vs 熱伝達率 (kcal/(m ² ·s·°C)))	—
		41-50	TSBSC	R	外側境界条件のテーブル入力開始時間	s
		51-60	TEBSC	R	外側境界条件のテーブル入力終了時間	s

(*) I: 整数データ、R: 実数データ を示す。

表 3-5 (1/6) LEAP-BLOW Ver. 1.30 入力マニュアル (ナトリウム側計算モジュール)

No.	キーワード	カラム	変数名	(*)	変数の意味	単位								
41	NA-MODEL				ナトリウム側・計算モデルオプション									
		11-15	MDNA	I	蒸気発生器モデルオプション = 0 ; SG 1 基のみ (一体貫流型) = 1 ; SG 2 基・事故 SG は上流側 (過熱器) = 2 ; SG 2 基・事故 SG は下流側 (蒸発器)	-								
					<table border="1"> <thead> <tr> <th>変数</th> <th>MDNA=0</th> <th>MDNA=1</th> <th>MDNA=2</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>解析モデル</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>ナトリウム流路番号 プレナム番号</p> <p>ナトリウム流路番号は、入力データ : No. 46、NA-PIPE~No. 48、NA-PASS で使用する。 流路 1 ; 事故 SG 管束部 (リーク領域) 流路 2 ; 事故 SG 管束部 (リーク隣接領域) 流路 3 ; 事故 SG 管束部 (健全領域) 流路 4 ; 健全 SG の管束部 流路 5 ; 事故 SG と健全 SG 間の配管 プレナム番号は、入力データ : No. 45、NA-TANK の SG 上下プレナムで使用する。</p>	変数	MDNA=0	MDNA=1	MDNA=2	解析モデル				
変数	MDNA=0	MDNA=1	MDNA=2											
解析モデル														
		16-20	NDNA (1)	I	流れ方向のメッシュ分割数 (事故 SG)	≦ MNA								
		21-25	NDNA (2)	I	流れ方向のメッシュ分割数 (健全 SG)	≦ MNA								
		26-30	NDNA (3)	I	流れ方向のメッシュ分割数 (SG 間配管)	≦ MNA								
		31-35	JPNA	I	反応部の反応領域の反応開始点のメッシュ番号	≦ MNA								
		36-40	KPNA	I	反応部の反応領域の反応終了点のメッシュ番号	≦ MNA								
		41-46	NCNA	I	熱容量要素の数	≦ MPS								
		46-50	NPNA	I	熱容量要素との伝熱パスの数	≦ MPS								
		51-55	NADB	I	デバッグ出力 (ナトリウム流路ごとのナトリウム温度、伝熱管温度、熱伝達率、伝熱量の流れ方向分布のプリント出力) オプション (6 番装置) > 0 ; 計算結果のデバッグ出力をする。	-								

(*) I : 整数データ、R : 実数データ を示す。

表 3-5 (2/6) LEAP-BLOW Ver. 1.30 入力マニュアル (ナトリウム側計算モジュール)

No.	キーワード	カラム	変数名	(*)	変数の意味	単位
42	NA-HTCF				ナトリウム側・熱伝達率オプション	
		11-15	IUNA (1)	I	ナトリウムと伝熱管の熱伝達率の指定 = 0 ; 熱伝達率を入力 = 1 ; $Nu = 1.0$ = 2 ; $Nu = 7.0 + 0.025 \times (0.5 \times Re \times Pr)^{0.8}$ (修正 Lyon の式) = 3 ; $Nu = 5 + 0.025 \times Pe^{0.8}$ (Seban-Shimazaki の式) = 4 ; $Nu = 0.625 \times Pe^{0.4}$ (Lubarsky-Kaufman の式) = 5 ; $Nu = 0.023 \times Re^{0.8} \times Pr^{0.4}$ (Dittus-Boelter の式) = 6 ; $Nu = 4.03 + 0.228 \times Pe^{2/3}$ (Hoe の式) = 7 ; $Nu = (0.25 + 6.2P/d) - (0.007 - 0.032P/d) \times Pe^{10.8 - 0.024P/d}$ (Graber-Liger の式) (P: 伝熱管ピッチ、d: 伝熱管口径)	-
		16-20	IUNA (2)	I	ナトリウムと構造材の熱伝達率の指定 熱伝達率の指定は、IUNA (1)、ナトリウムと伝熱管の熱伝達率の指定と同じ	-
		21-30	UONA (1)	R	ナトリウムと伝熱管の熱伝達率 (IUNA (1) = 0 の場合に有効)	kcal/ ($m^2 \cdot s \cdot ^\circ C$)
		31-40	UONA (2)	R	ナトリウムと構造材の熱伝達率 (IUNA (2) = 0 の場合に有効)	kcal/ ($m^2 \cdot s \cdot ^\circ C$)
		41-50	PDNA	R	伝熱管ピッチ/伝熱管口径 (IUNA=7 の場合入力)	-
43	NA-TABLE				ナトリウム側・プラント挙動関連データ	
		11-15	NATI	I	SGナトリウム流入温度テーブルの指定 (XY-TABLE: 時間 (s) vs 温度 ($^\circ C$))	-
		16-20	NAFI	I	SGナトリウム流入流量 (相対値) テーブルの指定 (XY-TABLE: 時間 (s) vs 相対流量 (-))	-
		21-25	NAHR	I	Na-水反応部 熱伝達率テーブルの指定 (XY-TABLE: 時間 (s) vs 熱伝達率 ($kcal / (m^2 \cdot s \cdot ^\circ C)$))	-
		26-30	NATR	I	Na-水反応部 流体温度テーブルの指定 (XY-TABLE: 時間 (s) vs 温度 ($^\circ C$))	-
		31-35	NAQR	I	Na-水反応部 反応熱テーブルの指定 (XY-TABLE: 時間 (s) vs 発熱 ($kcal / s$))	-

(*) I: 整数データ、R: 実数データ を示す。

表 3-5 (3/6) LEAP-BLOW Ver. 1. 30 入力マニュアル (ナトリウム側計算モジュール)

No.	キーワード	カラム	変数名	(*)	変数の意味	単位
44	NA-FMIX				ナトリウム側・Na-水反応混合データ	
		11-20	F012	R	反応領域(ナトリウム流路番号1)と隣接領域(ナトリウム流路番号2)の混合割合 (反応領域の流量比)	-
		21-30	F013	R	反応領域(ナトリウム流路番号1)と健全領域(ナトリウム流路番号3)の混合割合 (反応領域の流量比)	-
		31-40	F023	R	隣接領域(ナトリウム流路番号2)と健全領域(ナトリウム流路番号3)の混合割合 (反応領域の流量比)	-
45	NA-TANK				ナトリウム側・プレナムデータ (事故SGと健全SGの区別は、蒸気発生器モデルMDNA (No. 41、NA-MODEL) を参照)	
		11-15	TONA (1)	R	事故SG上部プレナム初期温度	℃
		16-20	TONA (2)	R	事故SG下部プレナム初期温度	℃
		21-25	TONA (3)	R	健全SG上部プレナム初期温度	℃
		26-30	TONA (4)	R	健全SG下部プレナム初期温度	℃
		31-40	WPNA (1)	R	事故SG上部プレナム冷却材重量	kg
		41-50	WPNA (2)	R	事故SG下部プレナム冷却材重量	kg
		51-60	WPNA (3)	R	健全SG上部プレナム冷却材重量	kg
		61-70	WPNA (4)	R	健全SG下部プレナム冷却材重量	kg
46	NA-PIPE				ナトリウム流路データ (蒸気発生器モデルMDNA (No. 41、NA-MODEL) に合せ、3枚 (MDNA=0) または5枚 (MDNA>0) 入力)	
		11-15	I	I	ナトリウム流路番号 (蒸気発生器モデルMDNA を参照) = 1 ; 事故SG管束部 (リーク領域) = 2 ; 事故SG管束部 (リーク隣接領域) = 3 ; 事故SG管束部 (健全領域) = 4 ; 健全SGの管束部 = 5 ; 事故SGと健全SG間の配管	-
		21-30	FONA	R	各流路の初期冷却材流量	kg/ s
		31-40	WFNA	R	各流路のナトリウム重量	kg
		41-50	AFNA	R	各流路の冷却材流路面積	m ²
		51-60	DFNA	R	各流路の冷却材水力等価直径	m
		61-70	A1NA	R	各流路での伝熱管との伝熱面積	m ²

(*) I : 整数データ、R : 実数データ を示す。

表 3-5 (4/6) LEAP-BLOW Ver. 1.30 入力マニュアル (ナトリウム側計算モジュール)

No.	キーワード	カラム	変数名	(*)	変数の意味	単位
47	NA-WALL				ナトリウム流路の構造材データ (蒸気発生器モデル MDNA (No. 41、NA-MODEL) に合せ、3 枚 (MDNA=0) または 5 枚 (MDNA>0) 入力)	
		11-15	I	I	ナトリウム流路番号 (蒸気発生器モデル MDNA を参照) = 1 ; 事故 SG 管束部 (リーク領域) = 2 ; 事故 SG 管束部 (リーク隣接領域) = 3 ; 事故 SG 管束部 (健全領域) = 4 ; 健全 SG の管束部 = 5 ; 事故 SG と健全 SG 間の配管	-
		21-30	A2NA	R	各流路での冷却材と構造材との伝熱面積	m ²
		31-40	X2NA	R	各流路の構造材板厚	m
		41-50	W2NA	R	各流路の構造材重量	kg
		51-60	C2NA	R	各流路の構造材比熱	kcal/(kg・℃)
		61-70	S2NA	R	各流路の構造材熱伝導率	kcal/(m・s・℃)
48	NA-PASS				ナトリウム側と水系配管の接続情報 (水系配管の数枚入力)	
		11-15	I	I	水系配管の番号	-
		16-19	J	I	水系配管セクションの指定開始番号	-
		20-20	N	I	入力する水系配管セクションの数 = 0 ; 10 個のデータを入力する	-
		21-25	JDNA	I	水系配管が接続 (熱交換) するナトリウム流路 = 0 ; 接続しない = 1 ; 事故 SG 管束部 (リーク領域) = 2 ; 事故 SG 管束部 (リーク隣接領域) = 3 ; 事故 SG 管束部 (健全領域) = 4 ; 健全 SG の管束部 = 5 ; 事故 SG と健全 SG 間の配管 (蒸気発生器モデル MDNA を参照)	-
		26-30	KDNA	I	水系配管とナトリウム流路方向の関係 ≥ 0 ; 水系配管とナトリウム流路は並行流 < 0 ; 水系配管とナトリウム流路は対向流	-
		31-35	LDNA (1)	I	水系配管セクションの第 1 メッシュの接続情報 ≤ 1000 ; 接続するナトリウム流路メッシュ番号 > 1000 ; XYYY と入力し仮想配管 X のメッシュ 番号 YYY に接続。 (仮想配管は熱容量要素との熱交換で使用する。詳細はナトリウム系の熱容量要素との伝熱パスデータ (No. 50、NA-HPS1) を参照。)	-
		36-40	(2)	I		
		41-45	(3)	I		
		46-50	(4)	I		
		51-55	(5)	I		
		56-60	(6)	I		
		61-65	(7)	I		
		66-70	(8)	I		
		71-75	(9)	I		
		76-80	(10)	I		

(*) I : 整数データ、R : 実数データ を示す。

表 3-5 (5/6) LEAP-BLOW Ver. 1.30 入力マニュアル (ナトリウム側計算モジュール)

No.	キーワード	カラム	変数名	(*)	変数の意味	単位
49	NA-HCAP				熱容量要素データ (熱容量要素の数枚入力)	
		11-15	I	I	熱容量要素の番号	-
		16-20	MCNA	I	熱容量要素のメッシュ分割数	≤ 20
		21-30	WCNA	R	熱容量要素の重量	kg
		31-40	CCNA	R	熱容量要素の比熱	kcal/(kg·°C)
		41-50	TCNAO (1)	R	熱容量要素の第1メッシュ側初期温度	°C
		51-60	TCNAO (2)	R	熱容量要素の最終メッシュ側初期温度	°C
50	NA-HPS1				熱容量要素との伝熱バスデータ (その1) (伝熱バスの数枚入力)	
		11-15	I	I	伝熱バスの番号	-
		21-25	IPNA (1)	I	伝熱バス・入口側の接続情報 = xxx ; xxx 番の熱容量要素に接続 (伝熱バスの入口側から出口側への伝熱を正とし、逆方向の伝熱は負で表わす。伝熱バスの入口側は必ず熱容量要素を指定する)	-
		26-30	IPNA (2)	I	出口側の接続情報 = xxx ; xxx 番の熱容量要素に接続 = 100x ; x 番のナトリウム流路に接続 = 110x ; x 番のナトリウム流路の構造材に接続 = 20xx ; xx 番の仮想配管に接続 (ダウンカメラ部等)	-
		31-35	IPNA (3)	I	伝熱バス・入口側の第1メッシュに接続する、伝熱バス・出口側の接続するメッシュ番号	-
		36-40	LPNA	I	伝熱バスの入口側と出口側の位置関係 ≥ 0 ; 入口側と出口側は並行 < 0 ; 入口側と出口側は対向	-
		41-50	APNA	R	伝熱バスの伝熱面積	m ²
		51-60	DPNA	R	伝熱バスの熱伝達側の等価直径	m
		61-70	FPNA	R	伝熱バスの熱伝達側のヌセルト数	-
51	NA-HPS2				熱容量要素との伝熱バスデータ (その2) (伝熱バスの数枚入力)	
		11-15	I	I	伝熱バスの番号	-
		21-30	XPNA (1)	R	伝熱バス・入口側の熱伝導厚さ = 0.0 ; 熱伝達として扱う	m
		31-40	XPNA (2)	R	伝熱バス・出口側の熱伝導厚さ = 0.0 ; 熱伝達として扱う	m
		41-50	HPNA (1)	R	伝熱バス・入口側の熱伝導度	kcal/(m·s·°C)
		51-60	HPNA (2)	R	伝熱バス・出口側の熱伝導度	kcal/(m·s·°C)

(*) I : 整数データ、R : 実数データ を示す。

表 3-5 (6/6) LEAP-BLOW Ver. 1. 30 入力マニュアル (ナトリウム側計算モジュール)

No.	キーワード	カラム	変数名	(*)	変数の意味	単位
52	NA-HPS3				熱容量要素との伝熱パスデータ (その3) (伝熱パスの数枚入力)	
		11-15	I	I	伝熱パスの番号	-
		16-19	J	I	入口側メッシュに対する出口側メッシュ数を入力する最初の入口側メッシュ番号	-
		20-20	N	I	入力するメッシュの数 = 0 ; 10 個のデータを入力する	-
		21-25	MPNA (1)	I	伝熱パス・入口側のメッシュに対する出口側メッシュの数 (入口側メッシュ番号 J からメッシュ番号 (J+N-1) まで入力する)	-
		26-30	(2)	I		
		31-35	(3)	I		
		36-40	(4)	I		
		41-45	(5)	I		
		46-50	(6)	I		
		51-55	(7)	I		
		56-60	(8)	I		
		61-65	(9)	I		
		66-70	(10)	I		

(*) I : 整数データ、R : 実数データ を示す。

付録4 LEAP-BLOW Ver. 1.30 の解析コード内使用変数

1. 解析コード内の使用変数

LEAP-BLOW Ver. 1.30 の解析コード内で使用している変数とその意味を、計算モジュール別に以下のように表 4-1～表 4-6 にまとめる。なお、() 内は使用している COMMON 名を示す。

- | | |
|---|---------|
| (1) メインモジュール、共通データ | (表 4-1) |
| (PARAMETER、INPNT1、INPNT2、COMM1、
COMM2、COMM3、COMM4、COMXY1、COMXY2) | |
| (2) ヘッダ計算モジュール | (表 4-2) |
| (COMHD1、COMHD2、COMHD3、COMHD4) | |
| (3) 水系配管計算モジュール | (表 4-3) |
| (COMLG1、COMLG2、COMLG3、COMLG4、
COMLG5、COMLG6、COMWK1、COMWK2) | |
| (4) 伝熱壁計算モジュール | (表 4-4) |
| (COMWL1、COMWL2、COMWL3) | |
| (5) ナトリウム側計算モジュール | (表 4-5) |
| (COMNA1、COMNA2、COMNA3、COMNA4) | |
| (6) 水・蒸気表状態量計算 | (表 4-6) |
| (COMWSL) | |

表 4-1 (1/3) 解析コード内使用変数 (メインモジュール、共通データ)

COMMON 名	変数名	サイズ	変数の意味	単位
PARAMETER				
	MHD		ヘッダ数の上限 (現在 50)	—
	MLG		水系配管数の上限 (現在 50)	—
	MSC		水系配管毎のセクション数の上限 (現在 100)	—
	MND		セクション毎のノード分割数の上限 (現在 10)	—
	MVL		水系バルブ数の上限 (現在 50)	—
	MNA		ナトリウム系流路メッシュ分割数の上限 (現在 500)	—
	MPS		ナトリウム系熱容量要素数の上限 (現在 500)	—
INPNT1				
	NHEAD		水/蒸気系ヘッダの数	—
	NLEGS		水/蒸気系配管の数	—
	MDLVL		水/蒸気系配管に設置するバルブの数	—
	NVPID		PID 制御を行なうバルブの数	—
	NTHSC		外側境界条件をテーブル入力するセクション数	—
	NPLG	MLG, 2	水系配管の接続指定	—
	MSLIP		スリップモデル・計算オプション	—
	MCRIT		臨界流モデル・計算オプション	—
	MFRIC		二相流管摩擦圧損増倍係数・計算オプション	—
	MMULT		局所圧損二相増倍モデル	—
	MHTCF	10	熱伝達モデルオプション	—
INPNT2				
	RADET		壁面放射率 (ふく射係数)	—
	DCOIL		ヘリカルコイル径	m
COMM1				
	IREST		リスタート計算オプション	—
	KREST		ケース ID 番号	—
	ICLHD		ヘッダ計算モジュールの実行オプション	—
	ICLLG		水系配管流動計算モジュールの実行オプション	—
	ICLNA		ナトリウム計算モジュールの実行オプション	—
	ICLST		水系配管内の定常計算オプション	—

表 4-1 (2/3) 解析コード内使用変数 (メインモジュール、共通データ)

COMMON 名	変数名	サイズ	変数の意味	単位
	ISPRT		計算結果の全体プリント出力の制御	—
	NDTIM		タイムステップテーブルの数	—
	KCPRT		時系列プリント出力オプション	—
	KCPLT		時系列プロット出力オプション	—
	NPTBL	10	プリント出力間隔テーブル	—
	NIPLT	200	プロッタ出力物理量の指定変数 (その 1)	—
	N2PLT	200	プロッタ出力物理量の指定変数 (その 2)	—
	N3PLT	200	プロッタ出力物理量の指定変数 (その 3)	—
	N4PLT	200	プロッタ出力物理量の指定変数 (その 4)	—
COMMON2				
	TIINT		計算開始時間	S
	TIMAX		計算打切時間	S
	DTINIT		初期タイムステップ	S
	TDTBL	10	タイムステップの切り替え時間	S
	DTTBL	10	タイムステップテーブル	S
	DTPRT		時系列プリント出力間隔	S
	DTPLT		時系列プロット出力間隔	S
COMMON3				
	ICALC		計算サイクル	—
	ITTLG		水系配管計算モジュールの計算回数	—
	ICPRT		プリント出力制御カウンター	—
	IFPRT		プリント出力フラグ	—
	LPAGE		プリント出力のページ・カウンター	—
	KCOUT		プリント・プロット出力の制御フラグ	—
	MXPLT		プロッタ出力物理量の数	—
COMMON4				
	TIMMN		メインモジュールの経過時間	S
	TIMHD		ヘッダ計算モジュールの経過時間	S
	TIMLG		水系配管計算モジュールの経過時間	S
	TIMNA		ナトリウム系計算モジュールの経過時間	S

表 4-1 (3/3) 解析コード内使用変数 (メインモジュール、共通データ)

COMMON 名	変数名	サイズ	変数の意味	単位
	DTIMN		メインモジュールのタイムステップ	s
	DTIHD		ヘッダ計算モジュールのタイムステップ	s
	DTILG		水系配管計算モジュールのタイムステップ	s
	DTINA		ナトリウム系計算モジュールのタイムステップ	s
COMXY1				
	NXY1	100	第1テーブルのデータ数	—
	NXY2	400	第2テーブルのデータ数	—
COMXY2				
	XXY1	10, 100	第1テーブルのX軸データ	—
	YXY1	10, 100	第1テーブルのY軸データ	—
	XXY2	20, 400	第2テーブルのX軸データ	—
	YXY2	20, 400	第2テーブルのY軸データ	—

表 4-2 (1/3) 解析コード内使用変数 (ヘッダ計算モジュール)

COMMON 名	変数名	サイズ	変数の意味	単位
COMHD1				
	IPAHD		ヘッダ圧力計算の時間平均化オプション	—
	IWLHD		ヘッダ構造材の熱容量計算オプション	—
	MLHD	MHD	ヘッダ計算モデルオプション	—
	NZHD	MHD	ヘッダの容器高さ, 容器体積テーブルの指定	—
	KFWHD	MHD	ヘッダへの流入流量テーブル番号	—
	KFHHD	MHD	ヘッダへの流入流量エンタルピテーブル番号	—
	KBAHD	MHD, 2	ヘッダのブロー弁の開口面積テーブル番号	—
	KBZHD	MHD, 2	ヘッダのブロー弁の圧損係数テーブル番号	—
COMHD2				
	FCFHD		ヘッダに設置したブロー弁の流出係数	—
	FXSHD		ヘッダ内でのサブクール水ミキシング効率	—
	FVIHD		サブクール・ヘッダの体積変化率	—
	SVDHD		液中のボイドの上昇速度 (分離モデルのみ入力)	m/s
	DSHD	MHD	ヘッダ内サブクール水ミキシング量計算用内径	m
	DVHD	MHD	ヘッダの水面下ボイド分布	—
	VLHD	MHD	ヘッダ体積	m ³
	FXHD	MHD	ヘッダ内でのサブクール水ミキシング効率	1/s
	POHD	MHD	ヘッダ初期圧力	kg/cm ²
	TOHD	MHD	ヘッダ初期温度	℃
	VOHD	MHD	ヘッダ初期ボイド率	—
	WOHD	MHD	ヘッダ初期液面下保有水量	kg
	ZLGHD	MLG, MHD	ヘッダ内の配管取付高さ	m
COMHD3				
	ISHD	MHD	サブクール状態のフラグ	—
	IXHD	MHD	ミキシング状態のフラグ	—
COMHD4				
	PAHD	MHD	ヘッダ圧力	kg/m ²
	HAHD	MHD	ヘッダエンタルピ	(kg·m)/kg
	TAHD	MHD	ヘッダ温度	℃

表 4-2 (2/3) 解析コード内使用変数 (ヘッダ計算モジュール)

COMMON 名	変数名	サイズ	変数の意味	単位
	WAHD	MHD	ヘッダ保有水量	kg
	EAHD	MHD	ヘッダ全エネルギー	kg・m
	RAHD	MHD	ヘッダ平均密度	kg/m ³
	UAHD	MHD	ヘッダ内部エネルギー	kg・m
	FVHD	MHD	ヘッダ容積変化割合	—
	XWHD	MHD	ヘッダのクオリティ	—
	XHHD	MHD	ヘッダのエンタルピクオリティ	—
	WTHD	MHD	ヘッダの流出入する重量 (全体)	kg
	ETHD	MHD	ヘッダの流出入するエネルギー (全体)	kg・m
	HLHD	MHD	ヘッダの飽和水エンタルピ	(kg・m) / kg
	HGHD	MHD	ヘッダの飽和蒸気エンタルピ	(kg・m) / kg
	RLHD	MHD	ヘッダの飽和水密度	kg/m ³
	RGHD	MHD	ヘッダの飽和蒸気密度	kg/m ³
	WLHD	MHD	ヘッダの液相重量	kg
	WGHD	MHD	ヘッダの気相重量	kg
	VAHD	MHD	ヘッダのポイド率	—
	WIHD	MHD	ヘッダの保有水量 (前ステップ+流入出)	kg
	UIHD	MHD	ヘッダの内部エネルギー (前ステップ+流入出)	kg・m
	TWHD	MHD	ヘッダの壁表面温度	℃
	SPHD	MHD	ヘッダのスリップ比	—
	XLHD	MHD	ヘッダの液面高さ	m
	QHHD	MHD	ヘッダの壁面表面熱流束	kcal / (m ² ・s)
	THHD	MHD	ヘッダのサブクール液位の中心角	radian
	HSBHD	MHD	サブクール部のエンタルピ	(kg・m) / kg
	WSBHD	MHD	サブクール部の保有水量	kg
	ESBHD	MHD	サブクール部のエネルギー	kg・m
	VSBHD	MHD	サブクール部の体積	m ³
	HSTHD	MHD	セパレータモデルの平均エンタルピ	(kg・m) / kg
	WTSHD	MHD	サブクール部から配管に流出する水量	kg
	ETSHD	MHD	サブクール部から配管に流出するエネルギー	kg・m

表 4-2 (3/3) 解析コード内使用変数 (ヘッド計算モジュール)

COMMON 名	変数名	サイズ	変数の意味	単位
	ZMXHD	MHD	ヘッドの高さ	m
	WGHDL	MHD	液面下の蒸気重量	kg
	WGHDU	MHD	液面上の蒸気重量	kg
	WLSHD	MHD	サブクール部に配管から流入する水量	kg
	WLTHD	MHD	配管に流出する水・蒸気量	kg
	EAHDL	MHD	液面下のエネルギー	kg・m
	EAHDU	MHD	液面上のエネルギー	kg・m
	ELSHD	MHD	サブクール部に配管から流入するエネルギー	kg・m
	ELTHD	MHD	配管に流出するエネルギー	kg・m
	WTHDL	MHD	配管から液面下に流入する水・蒸気量	kg
	WTHDU	MHD	配管から液面上に流入する水・蒸気量	kg
	ETHDL	MHD	配管から液面下に流入するエネルギー	kg・m
	ETHDU	MHD	配管から液面上に流入するエネルギー	kg・m
	TMHD	3	ヘッド圧力の時間平均化の保存時間	s
	PMHD	3, MHD	ヘッド圧力の時間平均化の保存ヘッド圧力	kg/m ²
	ABLHD	MHD, 2	ヘッドに設置したブロー弁の開口面積	m ²
	ZBLHD	MHD, 2	ヘッドに設置したブロー弁の圧損係数	—
	FBLHD	MHD, 2	ヘッドに設置したブロー弁からの流出流量	kg/s

表 4-3 (1/5) 解析コード内使用変数 (水系配管計算モジュール)

COMMON 名	変数名	サイズ	変数の意味	単位
COMLG1				
	ITNLG		配管過渡計算における収束計算最大回数	—
	IGVLG		流動計算における重力項考慮のオプション	—
	INTLG		流動計算における慣性項考慮のオプション	—
	IWLLG		配管熱容量オプション	—
	MSTLG		定常収束計算モデルのオプション	—
	NSTLG		定常収束計算打ち切り回数	—
	MDCV		逆止弁オプション	—
	J1CV		逆止弁の存在する配管番号指定	—
	J2CV		逆止弁の存在するセクション番号指定	—
	J3CV		逆止弁の存在するノード番号指定	—
	KCBK		破断オプション	—
	J1BK		破断配管番号	—
	J2BK		破断セクション位置	—
	NPBK		破断口境界圧力テーブル番号	—
	NZBK		放出係数テーブルの指定	—
	KCLK		スプリット破損口形状オプション	—
	J1LK		スプリット破損口の発生する配管番号	—
	J2LK		スプリット破損口の発生するセクション番号	—
	J3LK		スプリット破損口の発生するノード番号	—
	NSLG	MLG	配管セクション (直管部) の数	—
	ICLG	MLG	配管の臨界流計算オプション	—
	IFLG	MLG	積分方向指定オプション	—
	IDLG	MLG	配管の定常時流れ方向	—
	IPILG	MLG	配管入口境界圧力テーブル番号	—
	IPOLG	MLG	配管出口境界圧力テーブル番号	—
	IGILG	MLG	配管入口側流量テーブル番号	—
	IGOLG	MLG	配管出口側流量テーブル番号	—
	IHILG	MLG	配管入口境界エンタルピテーブル番号	—
	IHOLG	MLG	配管出口境界エンタルピテーブル番号	—

表 4-3 (2/5) 解析コード内使用変数 (水系配管計算モジュール)

COMMON 名	変数名	サイズ	変数の意味	単位
	MSLG	MLG, MSC	配管セクションのノード分割数	—
	NDWLG	MLG, MSC	配管セクション構造材の厚さ方向の分割数	—
	J1VL	MVL	バルブの存在する配管番号指定	—
	J2VL	MVL	バルブの存在するオリフィス番号指定	—
	NTAVL	MVL	バルブの開度テーブル番号	—
	NTFVL	MVL, 4	バルブの圧損係数テーブル番号	—
	J1PID	MVL	PID 制御するバルブがある配管番号	—
	J2PID	MVL	PID 制御するバルブがあるオリフィス番号	—
	I1PID	MVL	PID 制御の対象とする配管/ヘッダ番号	—
	I2PID	MVL	PID 制御の対象とするセクション番号	—
	I3PID	MVL	PID 制御の対象とするノード番号	—
	NTPID	MVL	PID 制御の設定値テーブル番号	—
COMLG2				
	ERRLG		配管過渡計算における収束判定誤差	—
	ERPLG		定常状態の収束判定圧力 (通常 0.01)	kg/cm ²
	ERSLG		配管内流動計算スキップ判定圧力	kg/cm ²
	ZFBK		配管破損部の流出係数	—
	AXLK		スプリット破損口の大きさ	m
	AYLK		スプリット破損口の大きさ	m
	ZFLK		スプリット破損口からの放出係数	—
	TXLK		スプリット破損口径が最大となる時間	s
	WOLG	MLG	配管の初期流量	kg/s
	FHLG	MLG	巻き込みが始まる配管直径に対する割合	—
	ASLG	MLG, MSC	配管セクションの流路断面積	m ²
	DSLG	MLG, MSC	配管セクションの等価直径	m
	XSLG	MLG, MSC	配管セクションの長さ	m
	ZSLG	MLG, MSC	配管セクションの出入口のエレベーション差	m
	FSLG	MLG, MSC	配管セクション管摩擦圧損係数	—
	A0OR	MLG, MSC	配管オリフィス (絞部) 断面積	m ²
	POOR	MLG, MSC	配管オリフィス部の初期圧力	kg/cm ²

表 4-3 (3/5) 解析コード内使用変数 (水系配管計算モジュール)

COMMON 名	変数名	サイズ	変数の意味	単位
	TOOR	MLG, MSC	配管オリフェス部の初期温度	℃
	VOOR	MLG, MSC	配管オリフェス部の初期ボイド率	—
	FNOR	MLG, MSC, 2	配管オリフィス圧損係数	—
	FCOR	MLG, MSC, 2	臨界流発生時配管オリフィス圧損係数	—
	TISVL	MVL	バルブのテーブル入力開始時間	s
	TIEVL	MVL	バルブのテーブル入力終了時間	s
	TSPID	MVL	PID 制御によるバルブ開度制御の開始時間	s
	TEPID	MVL	PID 制御によるバルブ開度制御の終了時間	s
	CKPID	MVL	PID 制御定数 (比例ゲイン)	m ² / (kg/m ³)
	CDPID	MVL	PID 制御定数 (微分ゲイン)	—
	CIPID	MVL	PID 制御定数 (積分ゲイン)	—
	CSPID	MVL	設定値フィルタの一次遅れ時間	s
	CFPID	MVL	設定値フィルタの比例ゲイン	—
	CVPID	MVL	バルブ応答の一次遅れ時間	s
COMLG3				
	ISLG	MLG	水系配管の計算フラグ	—
	ITLG	MLG	水系配管の収束計算回数	—
	JCOR	MLG, MSC	セクション内流体の臨界流発生フラグ	—
COMLG4				
	TMLG	MLG	水系配管毎の経過時間	s
	SLLG	MLG	水系配管全長	m
	PBLG	MLG, 2	水系配管の出入口境界圧力	kg/m ²
	HBLG	MLG, 2	水系配管の出入口境界エンタルピ	(kg・m) / kg
	PMLG	MLG, 2	水系配管の出入口両端の圧力 (前ステップ)	kg/m ²
	WMLG	MLG, 2	水系配管の出入口両端の流量 (前ステップ)	kg / s
	GALG	MLG, 2	水系配管の出入口両端の流量	kg / s
	HALG	MLG, 2	水系配管の出入口両端のエンタルピ	(kg・m) / kg
	DWLG	MLG, 2	水系配管の出入口両端の流入・流出量	kg
	DELG	MLG, 2	水系配管の出入口両端の流入・流出エネルギー	kg・m
	WMOR	MLG, 2	水系配管の出入口オリフィスの流量	kg / s

表 4-3 (4/5) 解析コード内使用変数 (水系配管計算モジュール)

COMMON 名	変数名	サイズ	変数の意味	単位
	ASLK	MND	スプリット破損口の面積	m ²
	WSLK	MND	スプリット破損口からの流量	kg/s
	WTLK		スプリット破損口からの全流出量	kg
	AMVL	MVL	バルブの断面積 (前ステップ)	m ²
	XDPID	2, MVL	PID 制御回路変数 (微分ゲイン)	—
	XIPID	2, MVL	PID 制御回路変数 (積分ゲイン)	—
	XSPID	2, MVL	設定値フィルタの一次遅れ回路変数	—
	XFPID	2, MVL	設定値フィルタの不完全微分回路変数	—
	XVPID	2, MVL	バルブ応答の一次遅れ回路変数	—
COMLG5				
	SZLG	MLG, MSC	水系配管セクションの傾き	—
	PMOR	MLG, MSC	オリフィス部の初期圧力	kg/m ²
	WAOR	MLG, MSC	オリフィス部の流量	kg/s
	PAOR	MLG, MSC	オリフィス部の圧力	kg/m ²
	POOR	MLG, MSC	オリフィス部の圧力 (前ステップ)	kg/m ²
	TWLG	MLG, MSC, MND	各ノードの壁表面温度	℃
	PPLG	MLG, MSC, MND	各ノードの圧力	kg/m ²
	XXLG	MLG, MSC, MND	各ノードのクオリティ	—
	HHLG	MLG, MSC, MND	各ノードのエンタルピ	(kg・m)/kg
	QQLG	MLG, MSC, MND	各ノードの伝熱量	kg・m/(m ³ ・s)
	VRLG	MLG, MSC, MND	各ノードの液相流速	m/s
	VBLG	MLG, MSC, MND	各ノードのエネルギー伝播速度	m/s
	RRLG	MLG, MSC, MND	各ノードの密度	kg/m ³
	TTLG	MLG, MSC, MND	各ノードの温度	℃
	GGLG	MLG, MSC, MND	各ノードの流量密度	(kg/s)/m ²
	PVLG	MLG, MSC, MND	各ノードの圧力 (前ステップ)	kg/m ²
	PTLG	MLG, MSC, MND	各ノードの圧力変化率	(kg/m ²)/s
	QHLG	MLG, MSC, MND	各ノードの熱流束	kcal/(s・m ²)
COMLG6				
	GJWK	MLG	水系配管の初期流量 (定常計算結果)	kg/s

表 4-3 (5/5) 解析コード内使用変数 (水系配管計算モジュール)

COMMON 名	変数名	サイズ	変数の意味	単位
COMWK1				
	ISHUT	MLG	水系配管内圧力分布計算フラグ	—
	NJ2T	MSC	計算開始セクションのフラグ	
	NJ2P1T	MSC	計算終了セクションのフラグ	
	ICRTMP	MSC	セクション内流体の臨界流発生フラグ	—
	NORDSC	MSC	セクションの定常計算フラグ	—
	NJ3T	MND, MSC	計算開始ノードのフラグ	—
	NJ3P1T	MND, MSC	計算終了ノードのフラグ	—
	NORDMS	MND, MSC	ノードの定常計算フラグ	—
COMWK2				
	POTMPR	MSC	オリフィス部の圧力	kg/m ²
	RPTPRV	MND, MSC	各ノードの圧力変化率	(kg/m ²)/s
	PTMPR	MND, MSC	各ノードの圧力	kg/m ²
	GTMPR	MND, MSC	各ノードの流量密度	(kg/s)/m ²
	VLTMPR	MND, MSC	各ノードの液相流速	m/s

表 4-4 (1/2) 解析コード内使用変数 (伝熱壁計算モジュール)

COMMON 名	変数名	サイズ	変数の意味	単位
COMWL1				
	NWHD	MHD	ヘッダ構造材壁メッシュ分割数	—
	IBCSC	MSC	水系配管の番号	—
	JBCSC	MSC	水系配管セクションの番号	—
	NTBSC	MSC	セクションの外側境界温度テーブル番号	—
	NHBSC	MSC	セクションの外側境界熱伝達率テーブル番号	—
	JCHF	MLG, MSC	加熱域の限界熱流束判定オプション	—
COMWL2				
	ASWH	MHD	ヘッダの壁表面積	m ²
	THWH	MHD	ヘッダの壁面厚さ	m
	CPWH	MHD	ヘッダの壁面比熱	kcal/(kg・°C)
	GMWH	MHD	ヘッダの壁面比重量	kg/m ³
	CNWH	MHD	ヘッダの壁面熱伝導率	kcal/(m・s・°C)
	TOWH	MHD	ヘッダ壁外気側境界温度	°C
	HOWH	MHD	ヘッダ壁外気側表面熱伝達率	kcal/(m ² ・s・°C)
	TSBSC	MSC	外側境界条件のテーブル入力開始時間	s
	TEBSC	MSC	外側境界条件のテーブル入力終了時間	s
	ASWL	MLG, MSC	配管セクション単位長さ当たりの構造材との接触面積	m ² /m
	THWL	MLG, MSC	配管セクション構造材の厚さ	m
	CPWL	MLG, MSC	配管セクション構造材の比熱	kcal/(kg・°C)
	GMWL	MLG, MSC	配管セクション構造材の比重量	kg/m ³
	CNWL	MLG, MSC	配管セクション構造材の熱伝導率	kcal/(m・s・°C)
	TOWL	MLG, MSC	配管セクション構造材の外側境界温度	°C
	HOWL	MLG, MSC	配管セクション構造材の外側境界表面熱伝達率	kcal/(m ² ・s・°C)
	QOWL	MLG, MSC	配管セクション構造材からの初期放熱量	kcal/s
COMWL3				
	HFWH	MHD	ヘッダ壁の表面熱伝達率	kcal/(m ² ・s・°C)
	DTWH	MHD	ヘッダ壁のメッシュ分割長さ	m
	TNWH	10, MHD	ヘッダ壁の温度	°C
	QMLG	MLG, MSC, MND	水系配管各ノード壁の熱流束	kcal/(s・m ²)

表 4-4 (2/2) 解析コード内使用変数 (伝熱壁計算モジュール)

COMMON 名	変数名	サイズ	変数の意味	単位
	HFWL	MLG, MSC, MND	水系配管各ノード壁の表面熱伝達率	kcal/(m ² ·s·°C)
	TNWL	10, MLG, MSC, MND	水系配管各ノード壁の温度	°C
	DTWL	MLG, MSC	水系配管各ノードのメッシュ分割長さ	m

表 4-5 (1/3) 解析コード内使用変数 (ナトリウム側計算モジュール)

COMMON 名	変数名	サイズ	変数の意味	単位
COMNA1				
	NDNA	3	流れ方向のメッシュ分割数	—
	MDNA		蒸気発生器モデルオプション	—
	JPNA		反応部の反応領域の反応開始点のメッシュ番号	—
	KPNA		反応部の反応領域の反応終了点のメッシュ番号	—
	IUNA	2	ナトリウムと構造材の熱伝達率の指定	—
	NADB		デバッグ出力オプション	—
	NATI		SGナトリウム流入温度テーブルの指定	—
	NAFI		SGナトリウム流入流量(相対値)テーブルの指定	—
	NAHR		Na-水反応部 熱伝達率テーブルの指定	—
	NATR		Na-水反応部 流体温度テーブルの指定	—
	NAQR		Na-水反応部 反応熱テーブルの指定	—
	JDNA	MLG	水系配管が接続(熱交換)するナトリウム流路	—
	KDNA	MLG	水系配管とナトリウム流路方向の関係	—
	LDNA	MLG, MSC	水系配管セクションの第1メッシュの接続情報	—
	NCNA		熱容量要素の数	—
	MCNA	MPS	熱容量要素のメッシュ分割数	—
	NPNA		熱容量要素との伝熱パスの数	—
	IPNA	3, MPS	伝熱パス・出入口の接続情報	—
	MPNA	20, MPS	伝熱パス・入口側のノードに対する出口側ノードの数	—
	LPNA	MPS	伝熱パスの入口側と出口側の位置関係	—
COMNA2				
	UONA	2	ナトリウムと構造材の熱伝達率	kcal/(m ² ・s・℃)
	PDNA		伝熱管ピンピッチ/伝熱管口径	—
	F012		反応領域と隣接領域の混合割合	—
	F013		反応領域と健全領域の混合割合	—
	F023		隣接領域と健全領域の混合割合	—
	TONA	4	蒸気発生器プレナムの初期温度	℃
	WPNA	4	蒸気発生器プレナムの冷却材重量	kg

表 4-5 (2/3) 解析コード内使用変数 (ナトリウム側計算モジュール)

COMMON 名	変数名	サイズ	変数の意味	単位
	FONA	5	各流路の初期冷却材流量	kg/ s
	WFNA	5	各流路のナトリウム重量	kg
	AFNA	5	各流路の冷却材流路面積	m ²
	DFNA	5	各流路の冷却材水力等価直径	m
	A1NA	5	各流路での伝熱管との伝熱面積	m ²
	A2NA	5	各流路での冷却材と構造材との伝熱面積	m ²
	X2NA	5	各流路の構造材板厚	m
	W2NA	5	各流路の構造材重量	kg
	C2NA	5	各流路の構造材比熱	kcal/(kg・℃)
	S2NA	5	各流路の構造材熱伝導率	kcal/(m・s・℃)
	CCNA	MPS	熱容量要素の比熱	kcal/(kg・℃)
	WCNA	MPS	熱容量要素の重量	kg
	TCNAO	2, MPS	熱容量要素のメッシュ出入口初期温度	℃
	APNA	MPS	伝熱パスの伝熱面積	m ²
	XPNA	2, MPS	伝熱パス・出入口の熱伝導厚さ	m
	HPNA	2, MPS	伝熱パス・出入口の熱伝導度	kcal/(m・s・℃)
	DPNA	MPS	伝熱パスの熱伝達側の等価直径	m
	FPNA	MPS	伝熱パスの熱伝達側のヌセルト数	—
COMNA3				
	MXNA		流路の最大メッシュ数	—
COMNA4				
	EPNA	4	プレナム部の経過時間	s
	TPNA	4	プレナム部の温度	℃
	ETNA	5	各流路の経過時間	s
	FLNA	5	各流路の流量	kg/ s
	FMNA	3, 3	事故蒸気発生器の冷却材混合割合	—
	FXNA	3, 3	事故蒸気発生器の混合流量	kg/ s
	TFNA	MNA, 5	各流路メッシュ毎の温度 (メッシュ境界)	℃
	TXNA	MNA, 5	各流路メッシュ毎の温度 (メッシュ平均)	℃
	TINA	MNA, 5	各流路メッシュ毎の伝熱管温度	℃

表 4-5 (3/3) 解析コード内使用変数 (ナトリウム側計算モジュール)

COMMON 名	変数名	サイズ	変数の意味	単位
	T2NA	MNA, 5	各流路メッシュ毎の構造材温度	℃
	H1NA	MNA, 5	各流路メッシュ毎の熱伝達率	kcal/(m ² ・s・℃)
	QFNA	MNA, 5	各流路メッシュ毎の冷却材の伝熱量	kcal/s
	Q1NA	MNA, 5	各流路メッシュ毎の伝熱管の伝熱量	kcal/s
	Q2NA	MNA, 5	各流路メッシュ毎の構造材の伝熱量	kcal/s
	DCNA	MPS	熱容量要素メッシュ毎の熱容量	kcal/℃
	TCNA	20, MPS	熱容量要素メッシュ毎の温度	℃
	CPNA	MPS	熱容量要素メッシュ毎の熱伝達率	kcal/(m ² ・s・℃)
	TWNA	MNA, 9	仮想配管メッシュ毎の壁温度	℃
	HWNA	MNA, 9	仮想配管メッシュ毎の熱伝達率	kcal/(m ² ・s・℃)
	THNA	MNA, 9	仮想配管メッシュ毎の流体温度	℃

表 4-6 (1/2) 解析コード内使用変数 (水・蒸気表状態量計算)

COMMON 名	変数名	サイズ	変数の意味	単位
COMWSL				
	PSA	350	飽和圧力テーブル	kg/m ²
	TSA	350	飽和温度テーブル	℃
	HSL	350	飽和水エンタルピテーブル	(kg・m)/kg
	HSG	350	飽和蒸気エンタルピテーブル	(kg・m)/kg
	RSL	350	飽和水比重量テーブル	kg/m ³
	RSG	350	飽和蒸気比重量テーブル	kg/m ³
	CSL	350	飽和水比熱テーブル	kcal/(kg・℃)
	CSG	350	飽和蒸気比熱テーブル	kcal/(kg・℃)
	ASL	350	飽和水熱伝導度テーブル	kcal/(m・s・℃)
	ASG	350	飽和蒸気熱伝導度テーブル	kcal/(m・s・℃)
	VSL	350	飽和水比容積テーブル	m ³ /kg
	VSG	350	飽和蒸気比容積テーブル	m ³ /kg
	PST	350	飽和圧力の温度微分項テーブル	(kg/m ²)/℃
	HSLP	350	飽和水エンタルピの圧力微分項テーブル	(kg・m/kg)/(kg/m ²)
	HSLT	350	飽和水エンタルピの温度微分項テーブル	(kg・m/kg)/℃
	HSGP	350	飽和蒸気エンタルピの圧力微分項テーブル	(kg・m/kg)/(kg/m ²)
	HSGT	350	飽和蒸気エンタルピの温度微分項テーブル	(kg・m/kg)/℃
	VSLP	350	飽和水比容積の圧力微分項テーブル	(m ³ /kg)/(kg/m ²)
	VSLT	350	飽和水比容積の温度微分項テーブル	(m ³ /kg)/℃
	VSGP	350	飽和蒸気比容積の圧力微分項テーブル	(m ³ /kg)/(kg/m ²)
	VSGT	350	飽和蒸気比容積の温度微分項テーブル	(m ³ /kg)/℃
	PFA	300	圧力テーブル	kg/m ²
	HFA	200	エンタルピテーブル	(kg・m)/kg
	TFA	200, 300	温度テーブル	℃
	RFA	200, 300	密度テーブル	kg/m ³
	PTA	300	圧力テーブル	kg/m ²
	TTA	200	温度テーブル	℃
	HTA	200, 300	エンタルピテーブル	(kg・m)/kg
	CTA	200, 300	比熱テーブル	kcal/(kg・℃)

表 4-6 (2/2) 解析コード内使用変数 (水・蒸気表状態量計算)

COMMON 名	変数名	サイズ	変数の意味	単位
	ATA	200, 300	熱伝導度テーブル	kcal/(m·s·℃)
	VTA	200, 300	粘性係数テーブル	Pa·s
	T4A	200	飽和温度テーブル	℃
	P4A	200	飽和圧力テーブル	kg/m ²
	S4A	200	表面張力テーブル	N/m
	GC2	200, 300	臨界流量テーブル (オプション2)	(kg/s)/m ²
	GC3	200, 300	臨界流量テーブル (オプション3)	(kg/s)/m ²
	GC4	200, 300	臨界流量テーブル (オプション4)	(kg/s)/m ²
	GC5	200, 300	臨界流量テーブル (オプション5)	(kg/s)/m ²
	PC2	200, 300	臨界圧力テーブル (オプション2)	kg/m ²
	PC3	200, 300	臨界圧力テーブル (オプション3)	kg/m ²
	PC4	200, 300	臨界圧力テーブル (オプション4)	kg/m ²
	PC5	200, 300	臨界圧力テーブル (オプション5)	kg/m ²

付録5 単位換算表

SI 基本単位

量	名称	記号	量	名称	記号
長さ	メートル	m	熱力学温度	ケルビン	K
質量	キログラム	kg	光度	カンデラ	cd
時間	秒	s	物質の量	モル	mol

単位換算表

質量	kg*	lb	(注) 質量 1kg*の物体の標準重量は 1kg である。		
	1	2.205			
	0.4536	1			
重量・力	N(ニュートン)	kg	lb	g*・cm/s ² (dyne)	
	1	0.102		100000	
	9.807	1	2.205	980700	
	4.448	0.4536	1	444800	
	0.00001	0.0000102	0.00002248	1	
長さ	m	cm	in	ft	
	1	100	39.37	3.281	
	0.01	1	0.3937	0.03281	
	0.0254	2.54	1	0.08333	
	0.3048	30.48	12	1	
面積	m ²	cm ²	in ²	ft ²	
	1	10000	155	10.76	
	0.0001	1	0.155	0.001076	
	0.0006452	6.452	1	0.006944	
	0.0929	929	144	1	
体積	m ³	cm ³	in ³	ft ³	
	1	1000000	61020	35.31	
	0.000001	1	0.01602	0.00003531	
	0.00001639	16.39	1	0.0005787	
	0.02832	28320	1728	1	
斗量	m ³	gal(英国)	gal(米国)	litre	
	1	220	264.2	1000	
	0.004546	1	1.201	4.546	
	0.003785	0.8327	1	3.785	
	0.001	0.22	0.2642	1	
圧力	Pa(パスカル)	kg/cm ²	lb/in ² (psi)	lb/ft ²	dyne/cm ²
	1	0.000102	0.000145	0.02089	10
	98070	1	14.22	2048	980700
	6895	0.07031	1	144	68950
	47.88	0.0004882	0.006944	1	478.8
	0.1	0.0000102	0.0000145	0.002089	1

(注) 太枠は SI 単位系を表す。また、質量を表す単位には*を付記する。

単位換算表

速度	m/s	m/h	ft/s	ft/h	
	1	3600	3.281	11810	
	0.0002778	1	0.0009144	3.281	
	0.3048	1097	1	3600	
	0.00008467	0.3048	0.0002778	1	
比重量 (または密度)	kg [*] /m ³	g/cm ³	lb/in ³	lb/ft ³	(注) 重力単位の比重量と絶対単位密度の数値は等しい。重力単位の密度は比重量を重力加速度gで割る。
	1	0.001	0.00003613	0.06243	
	1000	1	0.03613	62.43	
	27680	27.68	1	1728	
	16.02	0.01602	0.0005787	1	
粘性係数	Pa·s	kg·s/m ²	g [*] /cm·s (Poise)	kg [*] /m·h	lb [*] /ft·s
	1	0.102	10	3600	0.6719
	9.807	1	98.07	35300	6.589
	0.1	0.0102	1	360	0.06719
	1.488	0.1517	14.88	5357	1
動粘性係数 (温度伝導率)	m ² /s	cm ² /s	m ² /h	ft ² /h	ft ² /s
	1	10000	3600	38740	10.76
	0.0001	1	0.36	3.874	0.001076
	0.0002778	2.778	1	10.76	0.002989
	0.00002581	0.2581	0.0929	1	0.0002778
0.0929	929	334.4	3600	1	
体積流量	m ³ /s	m ³ /h	ft ³ /h	ft ³ /s	
	1	3600	127200	35.31	
	0.0002778	1	35.31	0.009807	
	0.000007865	0.02832	1	0.0002778	
	0.02832	102	3600	1	
重量速度 (質量速度)	kg [*] /(m ² ·s)	kg/(m ² ·h)	lb/(ft ² ·h)	lb/(ft ² ·s)	(注) 重量単位の重量速度と絶対単位の質量速度の数値は等しい。
	1	3600	737.3	0.2048	
	0.0002778	1	0.2048	0.00005689	
	0.001356	4.882	1	0.0002778	
	4.882	17580	3600	1	
熱量	J (ジュール)	kcal	BTU	kWh	PSh
	1	0.0002388	0.0009478	2.778×10 ⁻⁷	3.777×10 ⁻⁷
	4187	1	3.968	0.001163	0.001581
	1056	0.252	1	0.0002931	0.0003984
	3600000	859.8	3412	1	1.36
	2648000	632.5	2510	0.7355	1
動力	W (ワット)	(kg·m)/s	(lb·ft)/s	PS	kcal/s
	1	0.102	0.7376	0.00136	0.0002388
	9.807	1	7.233	0.01333	0.002343
	1.356	0.1383	1	0.001843	0.000239
	735.5	75	542.5	1	0.1757
	4187	426.9	3087	5.691	1

(注) 太枠は SI 単位系を表す。また、質量を表す単位には*を付記する。

単位換算表

熱伝導率	W/(m·K)	kcal/(m·h·°C)	cal/(cm·s·°C)	BTU/(ft·h·F)	BTU/(in·h·F)
	1	0.8598	0.002388	0.5778	0.04815
	1.163	1	0.002778	0.672	0.056
	418.7	360	1	241.9	20.16
	1.731	1.488	0.004134	1	0.08333
20.77	17.86	0.0496	12	1	
熱伝達率 熱通過率	W/(m ² ·K)	kcal/(m ² ·h·°C)	cal/(cm ² ·s·°C)	BTU/(ft ² ·h·F)	W/(cm ² ·°C)
	1	0.8598	0.0002388	0.1761	0.0001
	1.163	1	0.0002778	0.2049	0.0001163
	41870	36000	1	7373	4.187
	5.678	4.883	13560	1	0.0005678
10000	8600	0.2388	1761	1	
熱抵抗	(m ² ·K)/W	(m ² ·h·°C)/kcal	(cm ² ·s·°C)/cal	(ft ² ·h·F)/BTU	
	1	1.163	41870	5.678	
	0.8598	1	36000	4.881	
	0.0002388	0.0002778	1	13560	
	0.1761	0.2048	7373	1	
熱流束	W/m ²	kcal/(m ² ·h)	cal/(cm ² ·s)	BTU/(ft ² ·h)	W/cm ²
	1	0.8598	0.0002388	0.317	0.0001
	1.163	1	0.0002778	0.3687	0.0001163
	41870	36000	1	13270	4.187
	3.154	2.712	0.0007535	1	0.0003154
10000	8600	0.2388	3170	1	

(注) 太枠は SI 単位系を表す。また、質量を表す単位には*を付記する。

その他の単位換算

温度	°C (セルシウス) = K (ケルビン) - 273.15
質量	1 t (トン) = 10 ³ kg
圧力	1 bar (バール) = 10 ⁵ Pa = 0.9869 atm
重力加速度	9.807 m/s ² = 980.7 cm/s ² = 1.271 × 10 ⁸ m/h ² = 32.17 ft/s ² = 4.17 × 10 ⁸ ft/h ²
比熱	1 kcal/kg·°C = 1 BTU/lb·F = 1 Pcu/lb·°C = 4.187 kJ/kg·K
熱量/面積	1 kcal/m ² = 0.3687 BTU/ft ²
熱量/体積	1 kcal/m ³ = 0.1124 BTU/ft ³
熱量/重量	1 kcal/kg = 1.8 BTU/lb