

分置

熱応力評価法の開発

第5報 1次元非定常熱伝導解および変係数問題への応用

1993年7月

動力炉・核燃料開発事業団
大洗工学センター

複製又はこの資料の入手については、下記にお問い合わせください。

〒311-13 茨城県東茨城郡大洗町成田町4002

動力炉・核燃料開発事業団

大洗工学センター システム開発推進部・技術管理室

Enquires about copyright and reproduction should be addressed to: Technology Management Section O-arai Engineering Center, Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation 4002 Narita-cho, O-arai-machi, Higashi-Ibaraki, Ibaraki-ken, 311-13, Japan

動力炉・核燃料開発事業団 (Power Reactor and Nuclear Fuel Development Corporation)

熱 応 力 評 価 法 の 開 発

第5報；1次元非定常熱伝導解および変係数問題への応用

報 告 者 古橋一郎*

実施責任者 笠原直人**

要 旨

高温プラントの機器・配管の設計では内圧、地震などの一次応力の評価に加えて、熱応力の評価が重要不可欠である。これらの応力計算は、スーパーコンピュータと汎用FEMコードによって行われることが多いが、モデルの作成と計算には高度の知識と豊富な経験を要する。一方、公式や線図による簡易応力評価は机上で容易に計算ができる長所があるが、過渡熱応力に関しては現象が複雑なために、簡易法の開発が進んでいない。機器の最適形状を定めるためには多くの感度解析を行う必要があり、構造設計に多大な労力と時間を要している。このような現状の下で著者らは、複雑な形状および条件に対しても容易に感度解析が行える工学的に実用価値の高い熱応力評価法の開発を目的として、非定常熱伝導の理論解析および数値解析を行っている。本報告では1次元非定常熱伝導の理論解析および数値解析を行い、以下の知見を得た。

- ① 定係数の線形境界条件問題において、両面の境界条件（温度規定境界、熱流束規定境界、熱伝達境界）の任意の組み合わせに対し、固有関数解を求め、整理した。
- ② 重ね合わせ法と Duhamelの定理を応用すると、①の固有関数を用いて、任意の初期温度条件および任意の時間依存境界値に対する級数解が得られる。
- ③ 変係数の線形境界条件問題において、係数の時間変化をステップ変化で近似することにより、②の定係数問題の解を利用して近似解を求める手法を提案した。
- ④ 片面熱伝達境界、他面断熱条件で熱伝達係数が時間変化する問題の数値解析を行い、FINAS解と比較し、③の提案手法の有効性を検証した。

本報告で作成した数値解析プログラムはステップ数400以下、計算時間はパソコンで1秒程度と高速計算が可能であり、以下の領域での本提案手法の応用が期待される。

- ⑤ 境界条件の種類がある時間を経境に変更される場合の過渡熱応力の評価
- ⑥ 机上の設計感度解析の計算ツールとして利用し、最適設計に役立てる。
- ⑦ 重要な機器・配管の過渡熱応力の高速評価およびモニタシステムへの応用

* (株)CRC総合研究所

** 大洗工学センター 機器構造開発部 構造工学室

目 次

1. 序論	1
2. 1次元非定常熱伝導	3
2.1 定常熱伝導問題の解	4
2.2 固有関数	5
2.3 初期温度分布の拡散問題	8
2.4 時間依存境界値問題 1	9
2.5 時間依存境界値問題 2	10
2.6 変係数の 1次元非定常熱伝導の近似解法	12
3. 検証解析	13
3.1 検証解析モデル	13
3.2 数学モデル	14
3.3 時間区間 k の解	14
3.4 数値解析プログラム	15
3.5 検証解析結果	16
4. 応用解析	18
4.1 熱伝達係数の評価	18
4.2 解析ケース 1 (流量半減時間 15 sec、崩壊熱；初期炉心 Nom.)	18
4.3 解析ケース 2 (流量半減時間 15 sec、崩壊熱；平衡炉心 Nom.)	18
4.4 解析ケース 3 (流量半減時間 20 sec、崩壊熱；平衡炉心 Nom.)	18
4.5 解析ケース 4 (流量半減時間 7 sec、崩壊熱；平衡炉心 Nom.)	19
4.6 解析ケース 5 (流量半減時間 7 sec、崩壊熱；平衡炉心 Nom.、H/L 外筒無し)	19
4.7 解析ケース 6 (流量半減時間 15 sec、崩壊熱；平衡炉心 Nom.、H/L 外筒無し) ..	19
4.8 解析ケース 7 (流量半減時間 15 sec、崩壊熱；初期炉心 Nom.、H/L 外筒無し) ..	19
4.9 解析ケース 8 (流量半減時間 20 sec、崩壊熱；平衡炉心 Nom.、H/L 外筒無し) ..	19
4.10 全解析ケースの応力比較	19
5. まとめ	21
6. 参考文献	22

図表リスト

- 表 3. 1. 1 熱伝達係数の時間変化 (検証解析 1)
- 表 3. 1. 2 流体温度の時間変化 (検証解析 1)
- 表 3. 1. 3 計算結果の F I N A S 解との比較 (検証解析 1、 T_H 、 T_I 、 T_M)
- 表 3. 1. 4 計算結果の F I N A S 解との比較 (検証解析 1、 T_B 、 $T_{P.H}$ 、 $T_{P.I}$)
- 表 3. 1. 5 計算結果の F I N A S 解との比較 (検証解析 1、 σ_H 、 σ_I 、 σ_B)
- 図 3. 1. 1 計算結果の F I N A S 解との比較 (検証解析 1、 T_H 、 T_I 、 T_M)
- 図 3. 1. 2 計算結果の F I N A S 解との比較 (検証解析 1、 T_B 、 $T_{P.H}$ 、 $T_{P.I}$)
- 図 3. 1. 3 計算結果の F I N A S 解との比較 (検証解析 1、 σ_H 、 σ_I 、 σ_B)
- 表 3. 2. 1 熱伝達係数の時間変化 (検証解析 2)
- 表 3. 2. 2 流体温度の時間変化 (検証解析 2)
- 表 3. 2. 3 計算結果の F I N A S 解との比較 (検証解析 2、 T_H 、 T_I 、 T_M)
- 表 3. 2. 4 計算結果の F I N A S 解との比較 (検証解析 2、 T_B 、 $T_{P.H}$ 、 $T_{P.I}$)
- 表 3. 2. 5 計算結果の F I N A S 解との比較 (検証解析 2、 σ_H 、 σ_I 、 σ_B)
- 図 3. 2. 1 計算結果の F I N A S 解との比較 (検証解析 2、 T_H 、 T_I 、 T_M)
- 図 3. 2. 2 計算結果の F I N A S 解との比較 (検証解析 2、 T_B 、 $T_{P.H}$ 、 $T_{P.I}$)
- 図 3. 2. 3 計算結果の F I N A S 解との比較 (検証解析 2、 σ_H 、 σ_I 、 σ_B)
- 表 3. 3. 1 熱伝達係数の時間変化 (検証解析 3)
- 表 3. 3. 2 流体温度の時間変化 (検証解析 3)
- 表 3. 3. 3 計算結果の F I N A S 解との比較 (検証解析 3、 T_H 、 T_I 、 T_M)
- 表 3. 3. 4 計算結果の F I N A S 解との比較 (検証解析 3、 T_B 、 $T_{P.H}$ 、 $T_{P.I}$)
- 表 3. 3. 5 計算結果の F I N A S 解との比較 (検証解析 3、 σ_H 、 σ_I 、 σ_B)
- 図 3. 3. 1 計算結果の F I N A S 解との比較 (検証解析 3、 T_H 、 T_I 、 T_M)
- 図 3. 3. 2 計算結果の F I N A S 解との比較 (検証解析 3、 T_B 、 $T_{P.H}$ 、 $T_{P.I}$)
- 図 3. 3. 3 計算結果の F I N A S 解との比較 (検証解析 3、 σ_H 、 σ_I 、 σ_B)
- 表 3. 4. 1 熱伝達係数の時間変化 (検証解析 4)
- 表 3. 4. 2 流体温度の時間変化 (検証解析 4)
- 表 3. 4. 3 計算結果の F I N A S 解との比較 (検証解析 4、 T_H 、 T_I 、 T_M)
- 表 3. 4. 4 計算結果の F I N A S 解との比較 (検証解析 4、 T_B 、 $T_{P.H}$ 、 $T_{P.I}$)
- 表 3. 4. 5 計算結果の F I N A S 解との比較 (検証解析 4、 σ_H 、 σ_I 、 σ_B)
- 図 3. 4. 1 計算結果の F I N A S 解との比較 (検証解析 4、 T_H 、 T_I 、 T_M)
- 図 3. 4. 2 計算結果の F I N A S 解との比較 (検証解析 4、 T_B 、 $T_{P.H}$ 、 $T_{P.I}$)
- 図 3. 4. 3 計算結果の F I N A S 解との比較 (検証解析 4、 σ_H 、 σ_I 、 σ_B)
- 表 4 全解析ケースの応力比較
- 表 4. 1. 1 熱伝達係数の時間変化 (ケース 1)
- 表 4. 1. 2 流体温度の時間変化 (ケース 1)
- 表 4. 1. 3 全計算結果 (ケース 1)

- 図4. 1. 1 計算結果 (ケース1、 T_H , T_I , T_M)
- 図4. 1. 2 計算結果 (ケース1、 T_B , σ_H , σ_I , σ_B)
- 表4. 2. 1 熱伝達係数の時間変化 (ケース2)
- 表4. 2. 2 流体温度の時間変化 (ケース2)
- 表4. 2. 3 全計算結果 (ケース2)
- 図4. 2. 1 計算結果 (ケース2、 T_H , T_I , T_M)
- 図4. 2. 2 計算結果 (ケース2、 T_B , σ_H , σ_I , σ_B)
- 表4. 3. 1 熱伝達係数の時間変化 (ケース3)
- 表4. 3. 2 流体温度の時間変化 (ケース3)
- 表4. 3. 3 全計算結果 (ケース3)
- 図4. 3. 1 計算結果 (ケース3、 T_H , T_I , T_M)
- 図4. 3. 2 計算結果 (ケース3、 T_B , σ_H , σ_I , σ_B)
- 表4. 4. 1 熱伝達係数の時間変化 (ケース4)
- 表4. 4. 2 流体温度の時間変化 (ケース4)
- 表4. 4. 3 全計算結果 (ケース4)
- 図4. 4. 1 計算結果 (ケース4、 T_H , T_I , T_M)
- 図4. 4. 2 計算結果 (ケース4、 T_B , σ_H , σ_I , σ_B)
- 表4. 5. 1 熱伝達係数の時間変化 (ケース5)
- 表4. 5. 2 流体温度の時間変化 (ケース5)
- 表4. 5. 3 全計算結果 (ケース5)
- 図4. 5. 1 計算結果 (ケース5、 T_H , T_I , T_M)
- 図4. 5. 2 計算結果 (ケース5、 T_B , σ_H , σ_I , σ_B)
- 表4. 6. 1 熱伝達係数の時間変化 (ケース6)
- 表4. 6. 2 流体温度の時間変化 (ケース6)
- 表4. 6. 3 全計算結果 (ケース6)
- 図4. 6. 1 計算結果 (ケース6、 T_H , T_I , T_M)
- 図4. 6. 2 計算結果 (ケース6、 T_B , σ_H , σ_I , σ_B)
- 表4. 7. 1 熱伝達係数の時間変化 (ケース7)
- 表4. 7. 2 流体温度の時間変化 (ケース7)
- 表4. 7. 3 全計算結果 (ケース7)
- 図4. 7. 1 計算結果 (ケース7、 T_H , T_I , T_M)
- 図4. 7. 2 計算結果 (ケース7、 T_B , σ_H , σ_I , σ_B)
- 表4. 8. 1 熱伝達係数の時間変化 (ケース8)
- 表4. 8. 2 流体温度の時間変化 (ケース8)
- 表4. 8. 3 全計算結果 (ケース8)
- 図4. 8. 1 計算結果 (ケース8、 T_H , T_I , T_M)
- 図4. 8. 2 計算結果 (ケース8、 T_B , σ_H , σ_I , σ_B)
- リスト1 数値解析プログラム
- リスト2 熱伝達係数算出プログラム

1. 序論

高温プラントの機器・配管の設計では内圧、地震などによる一次応力の評価に加えて、熱応力の評価が重要不可欠である。これらの機器・配管の熱応力評価手段には大きく分けて以下の2つの手法があり、それぞれに長所および短所がある。

(1) 理論解、公式、近似式および線図などによる簡易評価法または工学的評価法

- ・長所—計算が簡単である。電卓、パソコンにより机上で容易に計算可能である。
- ・短所—適用範囲がせまい。単純形状、単純な条件に適用範囲が限定される。

(2) スーパーコンピュータと汎用FEMコードによる伝熱解析および応力解析

- ・長所—適用範囲が広い。任意の複雑形状、任意の複雑な条件が計算できる。
- ・短所—計算コストが大きい。汎用FEMコードを自在に使いこなすには高度の知識と経験を有する構造解析技術者の多大の労力を要する。

このように、一方の長所が他方の短所となっていて、両者を相互補完的に併用することが大切であると考えられる。スーパーコンピュータおよび汎用FEMコードが普及した現在は(2)が主流であり、機器・配管の熱応力評価に多大な労力とコストが消費されている現状である。

このような現状のもと、著者らは両者の長所を併せ持った工学的に実用価値の高い熱応力評価法の開発を進めている。その目的は以下のように述べることができる。

(3) 発生熱応力の概略値の敏速な評価。

現実の形状および条件の本質的な要素を抽出した「基本モデル」に工学的評価法を適用し、応力集中係数等に乗じて、発生熱応力の概略値を敏速に評価する。

(4) 敏速なパラメータ感度解析。

「基本モデル」に工学的評価法を適用し、パラメータ感度解析をおこない、熱応力発生要因(原因)と熱応力の大きさ(結果)の関係の概略傾向を敏速に把握する。

(5) FEM解析と工学的評価法を相互補完的に併用し、熱応力計算の効率を上げる。

工学的評価法による敏速な机上計算、パラメータ感度解析を参考にして、高価なFEM解析の解析ケースを適切にしばりこみ、解析コストを節約し計算効率を上げる。あるいは、重ね合わせ法、数値積分などをうまく応用し、高価なFEM解析結果を普遍的に有効利用するための、工学的手法を確立し、その結果として計算効率を上げる。

(6) 最適設計に応用する。

工学的評価法によるパラメータ感度解析により、熱応力発生要因の最適化を行う。例えば、過渡事象時の流量特性や熱出力特性あるいは部材形状を最適化し、発生熱応力を経済的に許容値以下に制御することなどが考えられる。一般にFEM解析のみで、このような最適設計をおこなうのは、コストおよび計算期間の両面から無理である場合が多い。

著者らは以上の考えに基づき、以下の理論解析および実用的な熱応力評価法の開発を行ってきた。

第1報(文献1) 平板の非定常熱伝導および熱応力の理論解析および線図化

第2報(文献2) 軸対称非定常熱応力のシェル理論解析、計算コード化および線図化

第3報(文献3) 軸対称非定常熱応力のシェル理論解析、計算コードSIMPLEの開発改良

第4報(文献4) 非定常熱応力計算における Duhamelの定理の応用

本報告(第5報)では、1次元非定常熱伝導の理論解析および数値解析により、以下を示す。

①材料特性一定値、発熱無し、定係数の線形境界条件、および任意の初期温度条件を与えられた非定常熱伝導問題が以下の4つの問題の重ね合わせに分解できることを示す。

- ・定常熱伝導問題(時間 $t = 0$ の境界値)
- ・初期温度の非定常成分の拡散減衰問題(境界値は両面とも0)
- ・時間依存境界値問題1(面1の境界値は時間 $t = 0$ からの変化分を考慮、面2の境界値および初期温度は0)
- ・時間依存境界値問題2(面2の境界値は時間 $t = 0$ からの変化分を考慮、面1の境界値および初期温度は0)

②定常熱伝導問題の解を求める。

③両面の線形境界条件(温度規定、熱流束規定、熱伝達)の任意の組み合わせ、すなわち $3 \times 3 = 9$ 種類の任意の組み合わせに対して、場の方程式と同次境界条件を満たす固有関数解を求め、それらを使い易い形に整理する。

④初期温度の拡散減衰問題の解は、③の固有関数の級数解として、容易に求められることを示す。

⑤時間依存境界値問題1の解は、面1の境界値一定の基本解を用いて、Duhamelの定理に基づく数値積分により与えられることを示す。また境界値一定の解は、特解に③の固有関数の級数を重ね合わせて与えられることを示す。これにより、時間依存境界値問題1の解を明らかにする。

⑥時間依存境界値問題2の解は、面2の境界値一定の基本解を用いて、Duhamelの定理に基づく数値積分により与えられることを示す。また境界値一定の解は、特解に③の固有関数の級数を重ね合わせて与えられることを示す。これにより、時間依存境界値問題2の解を明らかにする。

⑦以上の②~⑥により、①の問題に対する固有関数展開法による解を明らかにする。

⑧境界条件の係数が時間変化する「変係数の線形境界条件問題」について、係数の時間変化をステップ変化で近似して、①の解を利用して近似解を得る手法を提案する。

⑨面1が断熱、面2が熱伝達境界であり、熱伝達係数が時間変化する問題の数値解析を行い、F I N A S 解(文献5)と比較し、⑧の提案手法の有効性を検証する。

⑩提案手法の工学的な応用価値について検討する。また提案手法を用いた応用解析を行う。

なお、引き続き次報(第6報)以降で以下を行う予定である。

- ・3次元一般構造の熱応力評価における、重ね合わせ法の応用。

重ね合わせ法をうまく応用することにより、熱応力発生要因(複数の境界条件の各々)に対して、発生熱応力への寄与割合、傾向分析、感度評価および最適条件設定などが可能になる。

- ・材質および構造不連続部の熱応力に関する、数学モデルの構築と基本解の取得。

不連続部の熱応力のシェル理論解析を行い、基本的な温度パターンに対する熱応力解を求める。不連続部の熱応力の簡易評価式の提案を行う。

2. 1次元非定常熱伝導

本章では1次元の非定常熱伝導の理論解析を行う。本章の記述全般に関する参考書として、例えば文献6などをすすめる。

厚さ l の平板を考える。側面が断熱され厚さ方向にのみ熱が伝わる場合は1次元の非定常熱伝導問題となる。厚さ方向の位置座標を x とし、時間を t とする。板厚内の任意位置 x および任意時間 t の温度を $T(x, t)$ として、次式で与えられる問題について考える。

$$\text{場の方程式} \quad 0 < x < l \text{ で } \rho c \frac{\partial T}{\partial t} - \lambda \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = 0 \quad (1.1)$$

$$\text{境界条件1} \quad x=0 \text{ で } \alpha_1 T - \beta_1 \frac{\partial T}{\partial x} = R_1(t) \quad (\text{脚注1}) \quad (1.2)$$

$$\text{境界条件2} \quad x=l \text{ で } \alpha_2 T + \beta_2 \frac{\partial T}{\partial x} = R_2(t) \quad (1.3)$$

$$\text{初期条件} \quad t=0 \text{ で } T(x, 0) = \Phi(x) \quad (1.4)$$

ここで以下を仮定する。

- 材料特性 ρ (密度)、 c (比熱) および λ (熱伝導率) は一定値で与えられている。
- 境界条件1の左辺係数 α_1 と β_1 は一定値で与えられ、次の3種類のいずれかとする。
 - 温度規定条件の場合 $\alpha_1 = 1$ 、 $\beta_1 = 0$ であり、 $R_1(t)$ は規定温度である。
 - 熱流束規定条件の場合 $\alpha_1 = 0$ 、 $\beta_1 = -\lambda$ であり、 $R_1(t)$ は規定熱流束である。
 - 熱伝達条件の場合 $\alpha_1 = 1$ 、 $\beta_1 = \lambda/h_1$ であり、 $R_1(t)$ は流体温度である。
 h_1 は熱伝達係数である。
- 境界条件2の左辺係数 α_2 と β_2 は一定値で与えられ、次の3種類のいずれかとする。
 - 温度規定条件の場合 $\alpha_2 = 1$ 、 $\beta_2 = 0$ であり、 $R_2(t)$ は規定温度である。
 - 熱流束規定条件の場合 $\alpha_2 = 0$ 、 $\beta_2 = -\lambda$ であり、 $R_2(t)$ は規定熱流束である。
 - 熱伝達条件の場合 $\alpha_2 = 1$ 、 $\beta_2 = \lambda/h_2$ であり、 $R_2(t)$ は流体温度である。
 h_2 は熱伝達係数である。
- 時間 $t = 0$ の温度分布 $\Phi(x)$ が与えられている。

このとき(1)式はすべて線形となり、左辺の未知数 $T(x, t)$ と右辺の非同次項に関して、重ね合わせの原理が成立する(脚注2)。従って(1)式で与えられた問題を以下の4つの問題に分解できる。すなわち条件を単純化した以下の4つの問題の解を別個に求め、それらを加え合わせると元の(1)式の解が得られる。

(注1) 境界条件1式($-\beta_1$)と境界条件2式($+\beta_2$)で β の前の符号を逆にしたのは、 $x=0$ 面での外向き($-x$ 方向)の熱流束が $\lambda \partial T / \partial x$ となり、 $x=l$ 面の外向き($+x$ 方向)熱流束は $-\lambda \partial T / \partial x$ となり、互いに符号が逆になることを考慮したものである。

(注2) 以後(1.1)~(1.4)式の全てを総称する場合は単に(1)式と記すことにする。

①定常熱伝導問題 (解を $T_s(x)$ とする)

$$\text{場の方程式 } 0 < x < l \text{ で } -\lambda \partial^2 T / \partial x^2 = 0 \quad (2.1)$$

$$\text{境界条件 1 } x=0 \text{ で } \alpha_1 T - \beta_1 \partial T / \partial x = R_1(0) \quad (2.2)$$

$$\text{境界条件 2 } x=l \text{ で } \alpha_2 T + \beta_2 \partial T / \partial x = R_2(0) \quad (2.3)$$

②初期温度分布の非定常成分の拡散問題 (解を $T_0(x, t)$ とする)

$$\text{場の方程式 } 0 < x < l \text{ で } \rho c \partial T / \partial t - \lambda \partial^2 T / \partial x^2 = 0 \quad (3.1)$$

$$\text{境界条件 1 } x=0 \text{ で } \alpha_1 T - \beta_1 \partial T / \partial x = 0 \quad (3.2)$$

$$\text{境界条件 2 } x=l \text{ で } \alpha_2 T + \beta_2 \partial T / \partial x = 0 \quad (3.3)$$

$$\text{初期条件 } t=0 \text{ で } T(x, 0) = \phi(x) = \Phi(x) - T_s(x) \quad (3.4)$$

③時間依存境界値問題 1 (解を $T_1(x, t)$ とする)

$$\text{場の方程式 } 0 < x < l \text{ で } \rho c \partial T / \partial t - \lambda \partial^2 T / \partial x^2 = 0 \quad (4.1)$$

$$\text{境界条件 1 } x=0 \text{ で } \alpha_1 T - \beta_1 \partial T / \partial x = f_1(t) = R_1(t) - R_1(0) \quad (4.2)$$

$$\text{境界条件 2 } x=l \text{ で } \alpha_2 T + \beta_2 \partial T / \partial x = 0 \quad (4.3)$$

$$\text{初期条件 } t=0 \text{ で } T(x, 0) = 0 \quad (4.4)$$

④時間依存境界値問題 2 (解を $T_2(x, t)$ とする)

$$\text{場の方程式 } 0 < x < l \text{ で } \rho c \partial T / \partial t - \lambda \partial^2 T / \partial x^2 = 0 \quad (5.1)$$

$$\text{境界条件 1 } x=0 \text{ で } \alpha_1 T - \beta_1 \partial T / \partial x = 0 \quad (5.2)$$

$$\text{境界条件 2 } x=l \text{ で } \alpha_2 T + \beta_2 \partial T / \partial x = f_2(t) = R_2(t) - R_2(0) \quad (5.3)$$

$$\text{初期条件 } t=0 \text{ で } T(x, 0) = 0 \quad (5.4)$$

2.1 定常熱伝導問題の解

定常熱伝導問題 (2) 式の解 $T_s(x)$ は直線温度分布となる。これを次式で表す。

$$T_s(x) = A_0 + A_1 x \quad (6.1)$$

境界条件(2.2) および(2.3) 式に(6.1) 式を代入して定数 A_0 、 A_1 を決定すれば良い。

$$x=0 \text{ で } \alpha_1 A_0 - \beta_1 A_1 = R_1(0) \quad (a)$$

$$x=l \text{ で } \alpha_2 (A_1 l + A_0) + \beta_2 A_1 = R_2(0) \quad (b)$$

• α_1 、 α_2 の少なくとも一方は0でない場合、これを解いて次式の解を得る。

$$A_0 = \frac{[\alpha_2 l R_1(0) + \beta_1 R_2(0) + \beta_2 R_1(0)]}{(\alpha_1 \alpha_2 l + \alpha_2 \beta_1 + \alpha_1 \beta_2)} \quad (6.2)$$

$$A_1 = \{ \alpha_1 R_2(0) - \alpha_2 R_1(0) \} / (\alpha_1 \alpha_2 l + \alpha_2 \beta_1 + \alpha_1 \beta_2) \quad (6.3)$$

• α_1 、 α_2 が両方とも 0 の場合 (両面とも熱流束規定境界で $\beta_1 = \beta_2 = -\lambda$ の場合)、定常解が存在するためには $R_2(0) = -R_1(0)$ でなければならない。すなわち $x=0$ 面の外向き ($-x$ 方向) の熱流束と $x=l$ 面の外向き ($+x$ 方向) の熱流束は符号が反対で大きさが等しくなければならない。このとき次式の解を有する。 A_0 は任意定数であり 0 とした。

$$A_0 = 0, \quad A_1 = -R_1(0) / \beta_1 = R_1(0) / \lambda \quad (6.4)$$

2.2 固有関数

初期温度分布の拡散問題 (3) 式の解を固有関数展開法で求めることにする。まず最初に場の方程式と同次境界条件 (境界値は両面とも 0) を満足する関数列、すなわち固有関数解を求める。次に固有関数の線形和 (すなわち級数解) をうまく作成して、初期条件を満たすことを考える。これが固有関数展開法の考え方である。本節ではまず固有関数解を求めることにする。

場の方程式を満たす次式の関数列を考える ($n=1, 2, \dots$)。

$$T_n(x, t) = \cos(p_n x / l - \delta) \exp \{-\lambda p_n^2 t / (\rho c l^2)\} \quad (7.1)$$

境界条件を満たすように固有値 p_n と未定定数 δ を決定する。

$$x=0 \text{ で } \alpha_1 \cos(\delta) - \beta_1 (p_n / l) \sin(\delta) = 0 \quad (a)$$

$$x=l \text{ で } \alpha_2 \cos(p_n - \delta) - \beta_2 (p_n / l) \sin(p_n - \delta) = 0 \quad (b)$$

(1) $x=0$ 面が温度規定境界の場合 ($\alpha_1 = 1, \beta_1 = 0$)

$\alpha_1 = 1, \beta_1 = 0$ であるから、(a) 式より $\delta = \pi/2$ を得る。(7.1) 式に代入し次式を得る。

$$T_n(x, t) = \sin(p_n x / l) \exp \{-\lambda p_n^2 t / (\rho c l^2)\} \quad (7.2)$$

$\delta = \pi/2$ であるから (b) 式は次式となる。

$$\alpha_2 \sin(p_n) + \beta_2 (p_n / l) \cos(p_n) = 0 \quad (c)$$

• $x=l$ 面が温度規定境界の場合 ($\alpha_2 = 1, \beta_2 = 0$)

$\alpha_2 = 1, \beta_2 = 0$ であるから (c) 式より、固有値は次式で与えられる。

$$p_n = n\pi, \quad n=1, 2, \dots \quad (7.3)$$

• $x=l$ 面が熱流束規定境界の場合 ($\alpha_2 = 0, \beta_2 = -\lambda$)

$\alpha_2 = 0, \beta_2 = -\lambda$ であるから (c) 式より、固有値は次式で与えられる。

$$p_n = (n-1/2)\pi, \quad n=1, 2, \dots \quad (7.4)$$

• $x=l$ 面が熱伝達境界の場合 ($\alpha_2 = 1, \beta_2 = \lambda/h_2$)

$\alpha_2 = 1, \beta_2 = \lambda/h_2$ であるから (c) 式は以下のようなになる。

$$\sin(p_n) + \{\lambda p_n / (h_2 l)\} \cos(p_n) = 0$$

$$p_n + (h_2 l / \lambda) \tan(p_n) = 0$$

ここで無次元の熱衝撃係数 (ビオ数) を次式で定義する。

$$B_2 = h_2 l / \lambda \quad (7.5)$$

結局 (c) 式は次の固有値方程式となる。

$$p_n + B_2 \tan(p_n) = 0, \quad (n-1/2)\pi < p_n < n\pi \quad (7.6)$$

これを解いて固有値 p_n が求まる ($n=1, 2, \dots$)。

(2) $x=0$ 面が熱流束規定境界の場合 ($\alpha_1 = 0, \beta_1 = -\lambda$)

$\alpha_1 = 0, \beta_1 = -\lambda$ であるから、(a) 式より $\delta = 0$ を得る。(7.1) 式に代入し次式を得る。

$$T_n(x, t) = \cos(p_n x / \ell) \exp\{-\lambda p_n^2 t / (\rho c \ell^2)\} \quad (7.7)$$

$\delta = 0$ であるから (b) 式は次式となる。

$$\alpha_2 \cos(p_n) - \beta_2 (p_n / \ell) \sin(p_n) = 0 \quad (d)$$

• $x = \ell$ 面が温度規定境界の場合 ($\alpha_2 = 1, \beta_2 = 0$)

$\alpha_2 = 1, \beta_2 = 0$ であるから (d) 式より、固有値は次式で与えられる。

$$p_n = (n-1/2) \pi, \quad n=1, 2, \dots \quad (7.8)$$

• $x = \ell$ 面が熱流束規定境界の場合 ($\alpha_2 = 0, \beta_2 = -\lambda$)

$\alpha_2 = 0, \beta_2 = -\lambda$ であるから (d) 式より、固有値は次式で与えられる。

$$p_n = n\pi, \quad n=1, 2, \dots \quad (7.9)$$

• $x = \ell$ 面が熱伝達境界の場合 ($\alpha_2 = 1, \beta_2 = \lambda / h_2$)

$\alpha_2 = 1, \beta_2 = \lambda / h_2$ であるから (d) 式は

$$\cos(p_n) - \{\lambda p_n / (h_2 \ell)\} \sin(p_n) = 0$$

となり、次の固有値方程式が得られる。

$$p_n \tan(p_n) = B_2, \quad (n-1)\pi < p_n < (n-1/2)\pi \quad (7.10)$$

これを解いて固有値 p_n が求まる ($n=1, 2, \dots$)。

(3) $x=0$ 面が熱伝達境界の場合 ($\alpha_1 = 1, \beta_1 = \lambda / h_1$)

無次元の熱衝撃係数 (ビオ数) を次式で定義する。

$$B_1 = h_1 \ell / \lambda \quad (7.11)$$

(a) 式は次式となる。

$$p_n \sin(\delta) = B_1 \cos(\delta) \quad (e)$$

(7.1) 式の \cos を分解し、(e) 式を用いて整理する。全体を一定値 $\cos(\delta)$ で割ると次式を得る (定数で割っても固有関数であることに変わりない)。

$$T_n(x, t) = \{\cos(p_n x / \ell) + (B_1 / p_n) \sin(p_n x / \ell)\} \exp\{-\lambda p_n^2 t / (\rho c \ell^2)\} \quad (7.12)$$

(b) 式の \cos, \sin を分解し、(e) 式を用いると次式を得る。

$$\alpha_2 \{\cos(p_n) + (B_1 / p_n) \sin(p_n)\} - \beta_2 (p_n / \ell) \{\sin(p_n) - (B_1 / p_n) \cos(p_n)\} \quad (f)$$

• $x = \ell$ 面が温度規定境界の場合 ($\alpha_2 = 1, \beta_2 = 0$)

$\alpha_2 = 1, \beta_2 = 0$ であるから、(f) 式は次の固有値方程式となる。

$$p_n + B_1 \tan(p_n) = 0, \quad (n-1/2)\pi < p_n < n\pi \quad (7.13)$$

これを解いて固有値 p_n が求まる ($n=1, 2, \dots$)。

• $x = \ell$ 面が熱流束規定境界の場合 ($\alpha_2 = 0, \beta_2 = -\lambda$)

$\alpha_2 = 0, \beta_2 = -\lambda$ であるから、(f) 式は次の固有値方程式となる。

$$p_n \tan(p_n) = B_1, \quad (n-1)\pi < p_n < (n-1/2)\pi \quad (7.14)$$

これを解いて固有値 p_n が求まる ($n=1, 2, \dots$)。

• $x = \ell$ 面が熱伝達境界の場合 ($\alpha_2 = 1, \beta_2 = \lambda/h_2$)

$\alpha_2 = 1, \beta_2 = \lambda/h_2$ であるから、(f) 式は

$$B_2 \{ \cos(p_n) + (B_1/p_n) \sin(p_n) \} + \{ B_1 \cos(p_n) - p_n \sin(p_n) \} = 0$$

となり、これを整理して次の固有値方程式が得られる。

$$(p_n - B_1 B_2 / p_n) \tan(p_n) = B_1 + B_2, \quad (n-1)\pi < p_n < n\pi \quad (7.15)$$

これを解いて固有値 p_n が求まる ($n=1, 2, \dots$)。

(4) 以上ですべての境界条件の組み合わせに対して固有値および固有関数が求められた。これを整理すると次のようになる。

固有関数 $T_n(x, t) = F_n(x) G_n(t) \quad (n=1, 2, \dots)$	(8.1)
固有時間減衰因子 $G_n(t) = \exp\{-\lambda p_n^2 t / (\rho c \ell^2)\}$	(8.2)
1. $x = 0$ 面が温度規定境界の場合 ($\alpha_1 = 1, \beta_1 = 0$)	
固有分布関数 $F_n(x) = \sin(p_n x / \ell)$	(8.3)
1-1 $x = \ell$ 面が温度規定 ($\alpha_2 = 1, \beta_2 = 0$)	$p_n = n\pi$ (8.4)
1-2 $x = \ell$ 面が熱流束規定 ($\alpha_2 = 0, \beta_2 = -\lambda$)	$p_n = (n-1/2)\pi$ (8.5)
1-3 $x = \ell$ 面が熱伝達境界 ($\alpha_2 = 1, \beta_2 = \lambda/h_2, B_2 = h_2 \ell / \lambda$)	$p_n + B_2 \tan(p_n) = 0, \quad (n-1/2)\pi < p_n < n\pi$ (8.6)
2. $x = 0$ 面が熱流束規定境界の場合 ($\alpha_1 = 0, \beta_1 = -\lambda$)	
固有分布関数 $F_n(x) = \cos(p_n x / \ell)$	(8.7)
2-1 $x = \ell$ 面が温度規定 ($\alpha_2 = 1, \beta_2 = 0$)	$p_n = (n-1/2)\pi$ (8.8)
2-2 $x = \ell$ 面が熱流束規定 ($\alpha_2 = 0, \beta_2 = -\lambda$)	$p_n = n\pi$ (8.9)
2-3 $x = \ell$ 面が熱伝達境界 ($\alpha_2 = 1, \beta_2 = \lambda/h_2, B_2 = h_2 \ell / \lambda$)	$p_n \tan(p_n) = B_2, \quad (n-1)\pi < p_n < (n-1/2)\pi$ (8.10)
3. $x = 0$ 面が熱伝達境界の場合 ($\alpha_1 = 1, \beta_1 = \lambda/h_1, B_1 = h_1 \ell / \lambda$)	
分布関数 $F_n(x) = \cos(p_n x / \ell) + (B_1/p_n) \sin(p_n x / \ell)$	(8.11)
3-1 $x = \ell$ 面が温度規定 ($\alpha_2 = 1, \beta_2 = 0$)	$p_n + B_1 \tan(p_n) = 0, \quad (n-1/2)\pi < p_n < n\pi$ (8.12)
3-2 $x = \ell$ 面が熱流束規定 ($\alpha_2 = 0, \beta_2 = -\lambda$)	$p_n \tan(p_n) = B_1, \quad (n-1)\pi < p_n < (n-1/2)\pi$ (8.13)
3-3 $x = \ell$ 面が熱伝達境界 ($\alpha_2 = 1, \beta_2 = \lambda/h_2, B_2 = h_2 \ell / \lambda$)	$(p_n - B_1 B_2 / p_n) \tan(p_n) = B_1 + B_2, \quad (n-1)\pi < p_n < n\pi$ (8.14)

ここで数学的な証明は省略するが、一般に固有関数列は直交関数系を成すことが証明されている。すなわち固有分布関数列 $\{F_n(x)\}$ は直交関数系を成し、次式が成立する。

$$n \neq m \text{ に対し } \int_0^{\ell} F_n(x) F_m(x) dx = 0 \quad (9.1)$$

$$n = m \text{ に対し } \int_0^{\ell} F_n(x) F_m(x) dx = \int_0^{\ell} [F_n(x)]^2 dx \neq 0 \quad (9.2)$$

直交関数系の線形重ね合わせ（級数展開）により、任意の有限値関数を表現できることが数学的に証明されている。従って、 $0 \leq x \leq \ell$ で定義された任意の関数 $X(x)$ を固有分布関数列 $\{F_n(x)\}$ の線形重ね合わせ（級数展開）で表すことができる。

2.3 初期温度分布の拡散問題

初期温度分布の拡散問題 (3) 式の解を固有関数展開法により求める。次式の級数解を仮定する。

$$T_0(x, t) = \sum C_{0,n} T_n(x, t) = \sum C_{0,n} F_n(x) G_n(t) \quad (10.1)$$

(10.1)式は場の方程式と境界条件を満たす。これを初期条件(3.4)式に代入すると次式を得る。

$$T_0(x, 0) = \phi(x) = \sum C_{0,n} F_n(x) \quad (a)$$

(a) 式の両辺に $F_n(x)$ を乗じて積分する。直交関係 (9) 式より $m = n$ の項のみ非 0 となるから、次式が得られる。

$$\int_0^{\ell} \phi(x) F_n(x) dx = C_{0,n} \int_0^{\ell} [F_n(x)]^2 dx$$

$$C_{0,n} = \frac{\int_0^{\ell} \phi(x) F_n(x) dx}{\int_0^{\ell} [F_n(x)]^2 dx} \quad (10.2)$$

これにより係数 $C_{0,n}$ が求まり、級数解(10.1)式が求まったことになる。物理的な解釈は以下のようになる。

- 境界条件を満たす固有な分布関数列 $\{F_n(x)\}$ の各々に対して、場の方程式を満たすための固有な時間減衰因子 $\{G_n(t)\}$ が求まっている。すなわち (8) 式である。時間 $t = 0$ で境界条件を満たす初期温度分布 $F_n(x)$ を与えた時の解が $F_n(x) G_n(t)$ となることを意味する。
- 初期温度分布 $\phi(x)$ を分布関数列 $\{F_n(x)\}$ の重ね合わせで表現する。すなわち (a) 式および(10.2)式である。 $\phi(x) = \sum C_{0,n} F_n(x)$
- 初期温度分布の級数重ね合わせの各項 $C_{0,n} F_n(x)$ に対する解は時間減衰因子 $G_n(t)$ を乗じて $C_{0,n} F_n(x) G_n(t)$ と得られる。これら各項に対する解を重ね合わせることにより、初期温度分布条件を満たす解 $T_0(x, t) = \sum C_{0,n} F_n(x) G_n(t)$ が得られる。

2.4 時間依存境界値問題 1

(4) 式の時間依存境界値問題 1 の解を固有関数および Duhamel の定理を用いて求めることを考える。先ず境界値が一定値 (= 1) で与えられる次式の問題を解く。

場の方程式 $0 < x < l$ で $\rho c \partial T / \partial t - \lambda \partial^2 T / \partial x^2 = 0$	(11.1)
境界条件 1 $x = 0$ で $\alpha_1 T - \beta_1 \partial T / \partial x = 1$	(11.2)
境界条件 2 $x = l$ で $\alpha_2 T + \beta_2 \partial T / \partial x = 0$	(11.3)
初期条件 $t = 0$ で $T(x, 0) = 0$	(11.4)

これを以下の方針で解くことにする。

- ステップ 1 場の方程式、境界条件 1 (右辺 1)、境界条件 2 (右辺 0) を満たす特解を求める。
- ステップ 2 求めた特解に、場の方程式と同次境界条件 (境界条件 1、2 とも右辺 0) を満たす固有関数の級数を重ね合わせる。
- ステップ 3 初期条件 (0) を満たすように級数の各項の係数を定める。

• 場の方程式を満たす次式の特解を仮定する。

$$T = D_0 + D_1 x + D_2 x^2 + 2 \lambda D_2 t / (\rho c) \tag{12.1}$$

• α_1 、 α_2 の少なくとも一方は 0 でない場合、時間に依存しない直線温度分布の特解が存在する。従って $D_2 = 0$ として良い。境界条件は次式となる。

$$x = 0 \text{ で } \alpha_1 D_0 - \beta_1 D_1 = 1 \tag{a}$$

$$x = l \text{ で } \alpha_2 (D_0 + D_1 l) + \beta_2 D_1 = 0 \tag{b}$$

これを解いて次式を得る。

$$D_0 = (\alpha_2 l + \beta_2) / (\alpha_1 \alpha_2 l + \alpha_1 \beta_2 + \alpha_2 \beta_1) \tag{12.2}$$

$$D_1 = -\alpha_2 / (\alpha_1 \alpha_2 l + \alpha_1 \beta_2 + \alpha_2 \beta_1) \tag{12.3}$$

$$D_2 = 0 \tag{12.4}$$

• α_1 、 α_2 の両者とも 0 (両面とも熱流束規定境界、 $\beta_1 = \beta_2 = -\lambda$) の場合、境界条件は次式となる。

$$x = 0 \text{ で } \lambda D_1 = 1 \tag{c}$$

$$x = l \text{ で } -\lambda (D_1 + 2 D_2 l) = 0 \tag{d}$$

これを解いて次式を得る (D_0 は任意で良いので 0 とする)。

$$D_0 = 0, \quad D_1 = 1 / \lambda, \quad D_2 = -1 / (2 \lambda l) \tag{12.5}$$

• 境界値が時間に依存しない (11) 式の解 Z_1 として次式の級数解を仮定する。

$$Z_1(x, t) = D_0 + D_1 x + D_2 x^2 + 2 \lambda D_2 t / (\rho c) - \sum C_{1,n} F_n(x) G_n(t) \tag{13.1}$$

(13.1) 式は場の方程式と境界条件を満たす。これを初期条件に代入すると次式を得る。

$$Z_1(x, 0) = D_0 + D_1 x + D_2 x^2 - \sum C_{1,n} F_n(x) = 0 \tag{c}$$

(c) 式の両辺に $F_n(x)$ を乗じて積分する。直交関係 (9) 式を用いると次式を得る。

$$C_{1,n} = \frac{\int_0^{\ell} (D_0 + D_1 x + D_2 x^2) F_n(x) dx}{\int_0^{\ell} \{F_n(x)\}^2 dx} \quad (13.2)$$

これにより係数 $C_{1,n}$ が求まり、(11)式の解 $Z_1(x, t)$ が求められたことになる。

• Duhamelの定理を用いると、境界値が時間変化する(4)式の解 T_1 は次式で与えられる。

$$T_1(x, t) = \int_0^t Z_1(x, t-s) f_1'(s) ds + Z_1(x, t) f_1(0) \quad (13.3)$$

これにより、時間依存境界値問題1の解が求められたことになる。

2.5 時間依存境界値問題2

前節と同様に、(5)式の時間依存境界値問題2の解を固有関数展開法およびDuhamelの定理を用いて求めることを考える。先ず境界値が一定値(=1)で与えられる次式の問題を解く。

$$\text{場の方程式} \quad 0 < x < \ell \text{で} \quad \rho c \partial T / \partial t - \lambda \partial^2 T / \partial x^2 = 0 \quad (14.1)$$

$$\text{境界条件1} \quad x=0 \text{で} \quad \alpha_1 T - \beta_1 \partial T / \partial x = 0 \quad (14.2)$$

$$\text{境界条件2} \quad x=\ell \text{で} \quad \alpha_2 T + \beta_2 \partial T / \partial x = 1 \quad (14.3)$$

$$\text{初期条件} \quad t=0 \text{で} \quad T(x, 0) = 0 \quad (14.4)$$

これを以下の方針で解くことにする。

ステップ1 場の方程式、境界条件1(右辺0)、境界条件2(右辺1)を満たす特解を求める。

ステップ2 求めた特解に、場の方程式と同次境界条件(境界条件1、2とも右辺0)を満たす固有関数の級数を重ね合わせる。

ステップ3 初期条件(0)を満たすように級数の各項の係数を定める。

• 場の方程式を満たす次式の特解を仮定する。

$$T = E_0 + E_1 x + E_2 x^2 + 2 \lambda E_2 t / (\rho c) \quad (15.1)$$

• α_1 、 α_2 の少なくとも一方は0でない場合、時間に依存しない直線温度分布の特解が存在する。従って $E_2 = 0$ として良い。境界条件は次式となる。

$$x=0 \text{で} \quad \alpha_1 E_0 - \beta_1 E_1 = 0 \quad (a)$$

$$x=\ell \text{で} \quad \alpha_2 (E_0 + E_1 \ell) + \beta_2 E_1 = 1 \quad (b)$$

これを解いて次式を得る。

$$E_0 = \beta_1 / (\alpha_1 \alpha_2 \ell + \alpha_1 \beta_2 + \alpha_2 \beta_1) \quad (15.2)$$

$$E_1 = \alpha_1 / (\alpha_1 \alpha_2 \ell + \alpha_1 \beta_2 + \alpha_2 \beta_1) \quad (15.3)$$

$$E_2 = 0 \quad (15.4)$$

• α_1 、 α_2 の両者とも 0 (両面とも熱流束規定境界、 $\beta_1 = \beta_2 = -\lambda$) の場合、境界条件は次式となる。

$$x=0 \text{ で } \lambda E_1 = 0 \quad (c)$$

$$x=\ell \text{ で } -\lambda (E_1 + 2E_2 \ell) = 1 \quad (d)$$

これを解いて次式を得る (E_0 は任意で良いので 0 とする)。

$$E_0 = 0, \quad E_1 = 0, \quad E_2 = -1 / (2\lambda \ell) \quad (15.5)$$

• 境界値が時間に依存しない (14) 式の解 Z_2 として次式の級数解を仮定する。

$$Z_2(x, t) = E_0 + E_1 x + E_2 x^2 + 2\lambda E_2 t / (\rho c) - \sum C_{2,n} F_n(x) G_n(t) \quad (16.1)$$

(16.1) 式は場の方程式と境界条件を満たす。これを初期条件に代入すると次式を得る。

$$Z_2(x, 0) = E_0 + E_1 x + E_2 x^2 - \sum C_{2,m} F_m(x) = 0 \quad (c)$$

(c) 式の両辺に $F_n(x)$ を乗じて積分する。直交関係 (9) 式を用いると次式を得る。

$$C_{2,n} = \frac{\int_0^\ell (E_0 + E_1 x + E_2 x^2) F_n(x) dx}{\int_0^\ell (F_n(x))^2 dx} \quad (16.2)$$

これにより係数 $C_{2,n}$ が求まり、(14) 式の解 $Z_2(x, t)$ が求められたことになる。

• Duhamel の定理を用いると、境界値が時間変化する (5) 式の解 T_2 は次式で与えられる。

$$T_2(x, t) = \int_0^t Z_2(x, t-s) f_2'(s) ds + Z_2(x, t) f_2(0) \quad (16.3)$$

これにより、時間依存境界値問題 2 の解が求められたことになる。

2.6 変係数の1次元非定常熱伝導の近似解法

境界条件式の左辺係数が時間に依存する次式の問題を考える。

$$\text{場の方程式 } 0 < x < l \text{ で } \rho c \partial T / \partial t - \lambda \partial^2 T / \partial x^2 = 0 \quad (17.1)$$

$$\text{境界条件1 } x = 0 \text{ で } \alpha_1(t) T - \beta_1(t) \partial T / \partial x = R_1(t) \quad (17.2)$$

$$\text{境界条件2 } x = l \text{ で } \alpha_2(t) T + \beta_2(t) \partial T / \partial x = R_2(t) \quad (17.3)$$

$$\text{初期条件 } t = 0 \text{ で } T(x, 0) = \Phi(x) \quad (17.4)$$

境界条件式の左辺係数が一定値で与えられた場合は、前節までの手法により解が得られる。左辺係数の時間変化をステップ変化で近似する近似解法を考える。

- 時間区間を適切に分割する。
 - 各時間区間内で各係数を一定値で近似する。
 - 時間区間が変更される毎に各係数がステップ変化するものとする。
- このようにして各係数が以下のように近似されたものとする。

時間 t	$t_0 = 0$	t_1	$t_2 \dots t_{k-1}$	$t_k \dots$
時間区間	1	2	...	k
$\alpha_1(t)$	$\alpha_{1.1}$	$\alpha_{1.2}$	...	$\alpha_{1.k}$
$\beta_1(t)$	$\beta_{1.1}$	$\beta_{1.2}$	...	$\beta_{1.k}$
$\alpha_2(t)$	$\alpha_{2.1}$	$\alpha_{2.2}$	...	$\alpha_{2.k}$
$\beta_2(t)$	$\beta_{2.1}$	$\beta_{2.2}$	...	$\beta_{2.k}$

これにより、各時間区間内で係数が一定の問題となり、前節までに得られた解を使用することができる。すなわち以下の手順により解を求めることができる。

- 時間区間1の解を求める。
係数 $\alpha_{1.1}$ 、 $\beta_{1.1}$ 、 $\alpha_{2.1}$ 、 $\beta_{2.1}$ に対応した固有関数を用いる。
 - 時間区間 $k-1$ の最終時点 ($t = t_{k-1}$) の温度分布を初期温度分布として、次の時間区間 k の解を求める ($k = 2, 3, \dots$)。係数 $\alpha_{1.k}$ 、 $\beta_{1.k}$ 、 $\alpha_{2.k}$ 、 $\beta_{2.k}$ に対応した固有関数を用いる。
- 本手法が有効であるならば、その工学的な応用価値は非常に大きい。すなわち、以下のような問題に対して高速計算が可能となり、熱応力評価手法としての実用価値が高い。
- 熱伝達係数が時間変化する場合——管内流体の流量と温度がともに時間変化する場合。
 - 境界条件の種類がある時間を境にして変わる場合——ある時点までは温度制御（温度規定境界）され、以後は断熱（熱流束規定境界）あるいは雰囲気流体中にさらされる（熱伝達境界）場合など。

実際の高温プラントの機器・配管でこのような例は非常に多い。次章では片面熱伝達条件、他面が断熱条件で熱伝達係数が時間変化する場合について、本手法に基づく数値解析を行い、FINAS解と比較し、本手法の有効性を検証することにする。

3. 検証解析

2.6 節（境界条件式の左辺係数が時間に依存する場合の近似解法）の有効性を検証するために以下の数値解析を行い、FINAS 解（参考文献 5）と比較した。

3.1 検証解析モデル

$x = 0$ 面が断熱され、 $x = l$ 面が熱伝達条件にある厚さ $l = 70$ mm の平板である。時間に対してステップ状に変化する熱伝達係数を使用した。なお比較した FINAS 解は内半径 520 mm、板厚 70 mm の円筒であり、外面が断熱され内面が熱伝達条件にある。円筒効果を含む円筒解と平板解との相対差は、（表面温度 - 平均温度）および発生熱応力に関して、最大 4% 程度であり無視できるものと考えられる（参考文献 1）。

使用した材料特性は以下のとおりである。

- 非定常熱伝導計算

密度 ρ	:	7.76×10^{-9}	kgf/mm ³
比熱 c	:	0.134	kcal/(kg °C)
熱伝導率 λ	:	5.02×10^{-6}	kcal/(mm sec °C)

- 熱応力計算

ヤング率 E	:	16200	kgf/mm ²
ポアソン比 ν	:	0.302	
線膨張係数 α	:	20.28×10^{-6}	1/°C

熱伝達係数 h [kcal/(mm² sec °C)] は時間に対してステップ変化する階段状の関数とし、流体温度は時間に対して多直線状に連続変化する関数とした。

熱伝達係数および流体温度の変化パターンの異なる以下の 4 ケースについて、本報告提案の近似解法による計算を行い、FINAS 解と比較した。

- 検証解析 1

熱伝達係数 h の時間変化を表 3. 1. 1 に、流体温度の時間変化を表 3. 1. 2 に示す。

- 検証解析 2

熱伝達係数 h の時間変化を表 3. 2. 1 に、流体温度の時間変化を表 3. 2. 2 に示す。

- 検証解析 3

熱伝達係数 h の時間変化を表 3. 3. 1 に、流体温度の時間変化を表 3. 3. 2 に示す。

- 検証解析 4

熱伝達係数 h の時間変化を表 3. 4. 1 に、流体温度の時間変化を表 3. 4. 2 に示す。

なお FINAS 解の詳細については参考文献 5 を参照されたい。

3.2 数学モデル

検証解析の数学モデルは次式で与えられる。

$$\text{場の方程式 } 0 < x < l \text{ で } \rho c \partial T / \partial t - \lambda \partial^2 T / \partial x^2 = 0 \quad (18.1)$$

$$\text{境界条件 1 } x = 0 \text{ で } \partial T / \partial x = 0 \quad (18.2)$$

$$\text{境界条件 2 } x = l \text{ で } T + \{ \lambda / h_2(t) \} \partial T / \partial x = R_2(t) \quad (18.3)$$

$$\text{初期条件 } t = 0 \text{ で } T(x, 0) = T_{inlet} \text{ (一定一様温度)} \quad (18.4)$$

- ここで流体温度の初期値 $R_2(0)$ は T_{inlet} に等しく、初期条件は定常状態である。
- 熱伝達係数 $h_2(t)$ は以下のように各時間区間で一定値で与えられ、時間区間が変更される時にステップ変化する。

時間 t	$t_0 = 0$	t_1	$t_2 \dots t_{k-1}$	$t_k \dots$
時間区間	1	2	...	k
$h(t)$	$h_{2.1}$	$h_{2.2}$	...	$h_{2.k}$

3.3 時間区間 k の解

以下の手順で時間区間 k の解を求める。

- 時間区間 k の開始時点 ($t = t_{k-1}$) で $\tau = 0$ となる時間変数を導入する。

$$\tau = t - t_{k-1}$$

- 時間区間 k の温度分布解を $U(x, \tau)$ で表す。
- 時間区間 k の固有関数を (8) 式から以下のように求める。

$$\text{固有関数 } T_n(x, \tau) = F_n(x) G_n(\tau) \quad (n = 1, 2, \dots) \quad (19.1)$$

$$\text{分布関数 } F_n(x) = \cos(p_n x / l) \quad (19.2)$$

$$\text{減衰因子 } G_n(\tau) = \exp\{-\lambda p_n^2 \tau / (\rho c l)\} \quad (19.3)$$

$$\text{固有値 } p_n \text{ は 固有値方程式 } p_n \tan(p_n) = B_{2.k} = h_{2.k} l / \lambda \quad (19.4)$$

$$\text{の解であり、その範囲は } (n-1)\pi < p_n < (n-1/2)\pi \quad (19.5)$$

- 時間区間 k-1 の最終時点 ($t = t_{k-1}$) の温度分布を時間区間 k の初期温度分布とする。

$$U(x, 0) = \Phi(x) = T(x, t_{k-1}) \quad (20.1)$$

$k = 1$ の時は $U(x, 0) = \Phi(x) = T_{inlet}$ (一定一様温度) である。

- 時間区間 k の温度分布解を次式の和で表す。

$$U(x, \tau) = U_s(x) + U_0(x, \tau) + U_2(x, \tau) \tag{20.2}$$

• U_s は $\tau = 0$ の境界値を用いた定常温度分布解であり、この場合は $\tau = 0$ の流体温度に等しい。

$$U_s(x) = R_2(t_{k-1}) \tag{20.3}$$

• U_0 は初期温度分布の非定常成分

$$\phi(x) = \Phi(x) - U_s(x) \tag{20.4}$$

の拡散減衰問題の解であり次式で与えられる。

$$U_0(x, \tau) = \sum C_{0,n} F_n(x) G_n(\tau) \tag{20.5}$$

$$C_{0,n} = \int_0^{\ell} \phi(x) F_n(x) dx \ / \ \int_0^{\ell} \{F_n(x)\}^2 dx \tag{20.6}$$

• U_2 は、初期温度を0とし、 $x = \ell$ 面の流体温度変化 $f_2(\tau)$ を次式で与えた時の解である。

$$f_2(\tau) = f_2(t - t_{k-1}) = R_2(t) - R_2(t_{k-1}) \tag{20.7}$$

• 初期温度を0とし、 $x = \ell$ 面の流体温度を一定値(1)とした時の解 Z_2 は次式で与えられる。

$$Z_2(x, \tau) = 1 - \sum C_{2,n} F_n(x) G_n(\tau) \tag{20.8}$$

$$C_{2,n} = \int_0^{\ell} F_n(x) dx \ / \ \int_0^{\ell} \{F_n(x)\}^2 dx \tag{20.9}$$

• U_2 は Z_2 を用いて、Duhamelの定理により、次式で求められる。

$$U_2(x, \tau) = \int_0^{\tau} Z_2(x, \tau - s) f_2'(s) ds + Z_2(x, \tau) f_2(0) \tag{20.10}$$

• 以上の手順により時間区間 k の温度分布解 $U(x, \tau)$ が求められる。なお $x = 0$ 面は断熱条件(境界条件の右辺0)であり、 $x = 0$ 面の境界値変化(2.4節の解 T_1)は考慮しないが良い。

• 時間区間 k の最終時点 ($t = t_k$ 、 $\tau = t_k - t_{k-1}$) の解 $U(x, \tau)$ を次の時間区間の初期温度分布とする。

3.4 数値解析プログラム

使用した数値解析プログラムの特徴を以下に記す。

• 温度分布計算項目は以下の4項目とした。

項目	使用記号	内容	表示ラベル
熱伝達面の温度	T_H	$T(\ell, t)$	T. HEAT
断熱面の温度	T_I	$T(0, t)$	T. INSU
板厚平均温度	T_M	下式(21.1)	T. MEAN
温度曲げ成分	T_B	下式(22.2)	DEL T 1

$$T_M = (1/\ell) \int_0^{\ell} T(x, t) dx \tag{21.1}$$

$$T_B = (12 / \ell^2) \int_0^{\ell} T(x, t) (x - \ell/2) dx \quad (21.2)$$

- ここでは記述を省略したが、(20.9)式の定積分結果を数式表示することができる。これを用いて、係数 $C_{2,n}$ を計算している。
- 初期温度分布 $\Phi(x)$ を温度分布計算4項目 (T_H 、 T_I 、 T_M 、 T_B) が等しくなるような x の3次式で近似することにより、(20.6)式の定積分結果を数式表示することができる。これを用いて、係数 $C_{0,n}$ を計算している。数式の記述は省略した。
- ここでは記述を省略したが、(21.1)式および(21.2)式の定積分結果は、級数の各項毎に数式表示できる。この級数表示された計算式を用いて T_M および T_B を計算している。
- T_H 、 T_I 、 T_M 、 T_B の級数計算は $n=1, 50$ の有限級数としている。
- 固有値 p_n は最大打ち切り誤差 10^{-12} の2分割法により求めている。
- 温度分布の非線形成分は特に計算出力しないが、次式から計算できる。

$$T_{P.H} \text{ (熱伝達面、 } x = \ell) = T_H - (T_M + T_B / 2) \quad (21.3)$$

$$T_{P.I} \text{ (断熱面、 } x = 0) = T_I - (T_M - T_B / 2) \quad (21.4)$$

- 曲げを拘束された場合の熱応力を次式により計算し出力する。

項目	表示ラベル	使用記号	計算式	
熱伝達面の応力	SIG. H	σ_H	$= -E\alpha (T_H - T_M) / (1 - \nu)$	(21.5)
断熱面の応力	SIG. I	σ_I	$= -E\alpha (T_I - T_M) / (1 - \nu)$	(21.6)
曲げ応力成分	SIG. B	σ_B	$= -E\alpha T_B / \{2(1 - \nu)\}$	(21.7)

- 応力分布の非線形成分は特に計算出力しないが、次式から計算できる。

$$\sigma_{P.H} \text{ (熱伝達面、 } x = \ell) = \sigma_H - \sigma_B \quad (21.8)$$

$$\sigma_{P.I} \text{ (断熱面、 } x = 0) = \sigma_I - (-\sigma_B) = \sigma_I + \sigma_B \quad (21.9)$$

- FORTRANプログラムリストを本報告の末尾に添付する。

3.5 検証解析結果

計算結果をFINAS解と比較して以下の図および表に示す。なおFINAS解(円筒モデル)の応力値は軸方向応力成分を使用した。

検証解析ケース	T_H 、 T_I 、 T_M	T_B 、 $T_{P.H}$ 、 $T_{P.I}$	σ_H 、 σ_I 、 σ_B
ケース1 (5 S)	図3.1.1、表3.1.3	図3.1.2、表3.1.4	図3.1.3、表3.1.5
ケース2 (7 S)	図3.2.1、表3.2.3	図3.2.2、表3.2.4	図3.2.3、表3.2.5
ケース3 (15 S)	図3.3.1、表3.3.3	図3.3.2、表3.3.4	図3.3.3、表3.3.5
ケース4 (20 S)	図3.4.1、表3.4.3	図3.4.2、表3.4.4	図3.4.3、表3.4.5

・計算結果はF I N A S解を実用上十分な精度で近似している。これにより本計算手法が、熱伝達係数が時間変化する1次元非定常熱伝導問題に対して、有効な近似解を与えることが検証された。

4. 応用解析

前章で検証された数値解析プログラムを使用して応用解析を実施した。解析モデルおよび材料特性は前章の検証解析と同一である。

4.1 熱伝達係数の評価

前章の検証解析では評価対象部位（内径 $D = 1040$ mm、板厚 70 mm）の管内平均流速を用いて、次のSeban-Shimazakiの式により熱伝達係数を評価した。

$$h = N_u \lambda_f / D \quad (22.1)$$

$$N_u \text{ (ヌセルト数)} = 5.0 + 0.025 P_r^{0.8} \quad (22.2)$$

$$P_r \text{ (ペクレ数)} = \rho_f c_f v D / \lambda_f \quad (22.3)$$

ここで ρ_f 、 c_f 、 λ_f は流体の密度、比熱、熱伝導率であり、 D は内径、 v は平均流速である。

(22)式は長い直管内を液体金属が乱流状態で流れる場合の理論式である。

・本章の応用解析では、評価部位がエルボ部であり、熱伝達がより促進される可能性を考慮して、評価対象部位の直前の直管部（内径約 800 mm）における平均流速を使用し、熱伝達係数を大きめに評価した。その結果 $t = 0$ の最大値 h は検証解析の約 1.91 倍となる。(22)式の D は共通とした。

・流体の材料特性（ ρ_f 、 c_f 、 λ_f ）として、 500°C の液体ナトリウムの値を使用した。

・熱伝達係数計算のFORTRANプログラムリストを本報告の末尾に添付した。

4.2 解析ケース1（流量半減時間 15 sec、崩壊熱初期炉心Nom.）

熱伝達係数の時間変化を表4.1.1に示す。流体温度の時間変化を表4.1.2に示す。計算結果（ T_H 、 T_I 、 T_M ）を図4.1.1に示す。計算結果（ T_B 、 σ_H 、 σ_I 、 σ_B ）を図4.1.2に示す。全計算結果を表4.1.3に示す。

4.3 解析ケース2（流量半減時間 15 sec、崩壊熱平衡炉心Nom.）

熱伝達係数の時間変化を表4.2.1に示す。流体温度の時間変化を表4.2.2に示す。計算結果（ T_H 、 T_I 、 T_M ）を図4.2.1に示す。計算結果（ T_B 、 σ_H 、 σ_I 、 σ_B ）を図4.2.2に示す。全計算結果を表4.2.3に示す。

4.4 解析ケース3（流量半減時間 20 sec、崩壊熱平衡炉心Nom.）

熱伝達係数の時間変化を表4.3.1に示す。流体温度の時間変化を表4.3.2に示す。計算結果（ T_H 、 T_I 、 T_M ）を図4.3.1に示す。計算結果（ T_B 、 σ_H 、 σ_I 、 σ_B ）を図4.3.2に示す。全計算結果を表4.3.3に示す。

4.5 解析ケース4 (流量半減時間7 sec、崩壊熱平衡炉心Nom.)

熱伝達係数の時間変化を表4.4.1に示す。流体温度の時間変化を表4.4.2に示す。計算結果(T_H 、 T_I 、 T_M)を図4.4.1に示す。計算結果(T_B 、 σ_H 、 σ_I 、 σ_B)を図4.4.2に示す。全計算結果を表4.4.3に示す。

4.6 解析ケース5 (流量半減時間7 sec、崩壊熱平衡炉心Nom.、H/L外筒無し)

熱伝達係数の時間変化を表4.5.1に示す。流体温度の時間変化を表4.5.2に示す。計算結果(T_H 、 T_I 、 T_M)を図4.5.1に示す。計算結果(T_B 、 σ_H 、 σ_I 、 σ_B)を図4.5.2に示す。全計算結果を表4.5.3に示す。

4.7 解析ケース6 (流量半減時間15 sec、崩壊熱平衡炉心Nom.、H/L外筒無し)

熱伝達係数の時間変化を表4.6.1に示す。流体温度の時間変化を表4.6.2に示す。計算結果(T_H 、 T_I 、 T_M)を図4.6.1に示す。計算結果(T_B 、 σ_H 、 σ_I 、 σ_B)を図4.6.2に示す。全計算結果を表4.6.3に示す。

4.8 解析ケース7 (流量半減時間15 sec、崩壊熱初期炉心Nom.、H/L外筒無し)

熱伝達係数の時間変化を表4.7.1に示す。流体温度の時間変化を表4.7.2に示す。計算結果(T_H 、 T_I 、 T_M)を図4.7.1に示す。計算結果(T_B 、 σ_H 、 σ_I 、 σ_B)を図4.7.2に示す。全計算結果を表4.7.3に示す。

4.9 解析ケース8 (流量半減時間20 sec、崩壊熱平衡炉心Nom.、H/L外筒無し)

熱伝達係数の時間変化を表4.8.1に示す。流体温度の時間変化を表4.8.2に示す。計算結果(T_H 、 T_I 、 T_M)を図4.8.1に示す。計算結果(T_B 、 σ_H 、 σ_I 、 σ_B)を図4.8.2に示す。全計算結果を表4.8.3に示す。

4.10 全解析ケースの応力比較

全解析ケースについて、熱伝達面の応力の最大値とその時点、および曲げ応力の最大値とその時点をもとめた結果を次頁の表4に示す。

表4 全解析ケースの最大発生応力とその時点

解析 ケース	流量半減 時間(sec)	崩壊熱 炉心特性	H/L 外筒	σ_H (Max.) (kgf/mm ²)	t (sec)	σ_B (Max.) (kgf/mm ²)	t (sec)
1	15	初期炉心Nom.	有り	21.75	250.0	15.95	300.0
2	15	平衡炉心Nom.	有り	20.41	250.0	14.98	270.0
3	20	平衡炉心Nom.	有り	23.41	170.0	16.93	230.0
4	7.0	平衡炉心Nom.	有り	18.10	500.0	13.52	510.0
5	7.0	平衡炉心Nom.	無し	17.36	280.0	12.78	330.0
6	15	平衡炉心Nom.	無し	18.62	250.0	13.71	290.0
7	15	初期炉心Nom.	無し	20.37	260.0	15.01	300.0
8	20	平衡炉心Nom.	無し	19.91	60.0	14.59	240.0

5. まとめ

工学的に実用価値の高い熱応力評価法の開発を目的として平板の1次元非定常熱伝導の理論解析および数値解析を行い、以下の知見を得た。

- ①材料特性一定、発熱無し、任意の初期温度条件、両面の線形境界条件式の係数が一定値で与えられる問題（いわゆる「定係数の線形境界条件問題」）が以下の4つの基本的な問題に分解できる。
 - ・定常熱伝導問題（境界値は両面とも時間 $t = 0$ の値）
 - ・初期温度分布の非定常成分の拡散減衰問題（同次境界条件、境界値は両面とも0）
 - ・時間依存境界値問題1（面1の境界値は $t = 0$ からの変化分、面2の境界値と初期温度は0）
 - ・時間依存境界値問題2（面2の境界値は $t = 0$ からの変化分、面1の境界値と初期温度は0）
- ②定常熱伝導問題の解を求めた。
- ③両面の境界条件（温度規定境界、熱流束規定境界、熱伝達境界）の任意の組み合わせ、すなわち $3 \times 3 = 9$ 種類の任意の組み合わせに対し、場の方程式と同次境界条件（境界値は両面とも0）を満たす固有関数解を求めた。
- ④初期温度分布の非定常成分の拡散減衰問題の解は、③の固有関数を用いて、級数解で与えられることを示した。
- ⑤時間依存境界値問題1の解は、面1の境界値一定の解を用いて、Duhamelの定理に基づく積分重ね合わせにより与えられることを示した。また面1の境界値一定の解は、特解と③の固有関数の級数の重ね合わせで与えられることを示した。
- ⑥時間依存境界値問題2の解は、面2の境界値一定の解を用いて、Duhamelの定理に基づく積分重ね合わせにより与えられることを示した。また面2の境界値一定の解は、特解と③の固有関数の級数の重ね合わせで与えられることを示した。
- ⑦以上の②～⑥により定係数の線形境界条件問題①の解が得られることを示した。
- ⑧線形境界条件式の係数が時間変化する問題（いわゆる「変係数の線形境界条件問題」）について、係数の時間変化をステップ変化で近似し、①の解を利用して近似解を求める手法を提案した。
- ⑨片面熱伝達境界、他面断熱条件で熱伝達係数が時間変化する場合の数値解析を行い、FINAS解と比較することにより、⑧の提案手法の有効性を検証した。

将来的には本提案手法を拡充整備することにより、次のような複雑問題に対して、理論解ベースの精度の高い高速計算が可能になるものと期待される。

- ⑩ある時点までは温度制御される温度規定境界であり、以後は雰囲気流体にさらされる熱伝達境界あるいは断熱（熱流束規定境界）となるような場合。あるいは逆の場合など。境界条件の種類がある時点を境に変化する場合の1次元非定常熱伝導および熱応力の解析。
- ⑪3次元一般構造で位置により板厚および熱的境界が複雑に変化する場合に対して、代表的な複数の部分断面について本提案手法による1次元解析を行い、これら複数断面の1次元解析結果をうまく内挿して、3次元一般構造の全体的な温度分布および熱応力を高速評価する。

また、本報告で作成した数値解析プログラムはステップ数400以下であり、計算時間はパソコンで1秒程度と高速計算が可能である。従って、以下の領域での本提案手法の応用が期待される。

⑫パソコン等を使用した高速計算による、計算効率の改善。

⑬机上の設計感度解析の計算ツールとして利用し、最適設計に役立てる。

⑭重要な機器・配管の過渡熱応力の高速評価およびモニタシステムへの応用。

なお引き続き次報（第6報）以降で以下を行う予定である。

・3次元一般構造の熱応力評価における、重ね合わせ法の応用。

重ね合わせ法をうまく応用することにより、熱応力発生要因（複数の境界条件の各々）に対する、発生熱応力への寄与割合、傾向分析、感度評価および最適条件設定が可能になる。

・材質および構造不連続部の熱応力に関する、数学モデルの構築と基本解の取得。

不連続部の熱応力のシェル理論解析を行い、基本温度パターンに対する熱応力解を求める。
不連続部の熱応力の簡易評価式を提案する。

6. 参考文献

1. 簡易熱応力評価線図（第1報）平板の非定常熱応力の理論解析、
PNC N9410 87-028、1987年2月
2. 簡易熱応力評価線図（不連続熱応力の簡易解析）、
PNC N9410 87-158、1987年11月
3. シェル理論による簡易熱応力評価プログラムの改定、
PNC PN9410 93-050、1992年4月
4. 熱応力評価法の開発、第4報；非定常熱応力計算における Duhamelの定理の応用、
PNC PN9410 93-165、1993年6月
5. 厚肉エルボ平滑部の構造解析計算—系統熱過渡解析結果を使用した非定常温度解析及び熱弾性解析計算—、PNC PN9450 93-009、1993年3月
6. スタンリー・ファーロウ著、偏微分方程式 科学者・技術者のための使い方と解き方、
伊理正夫・伊理由美訳、啓学出版、昭和61年1月31日 初版2刷発行

表 3. 1. 1 熱伝達係数の時間変化 (検証解析 1)

t_k (sec)	$h_{z,k}$ (kcal/mm ² sec°C)
$t_0 = 0.0$	
0.9	2.389E-6
2.9	1.833E-6
5.9	1.417E-6
9.9	0.972E-6
14.9	0.722E-6
3600.0	0.444E-6

表 3. 1. 2 流体温度の時間変化 (検証解析 1)

t (sec)	T_{Na} (°C)
0.0	530.0
22.0	522.0
160.0	498.0
340.0	471.0
500.0	450.0
650.0	434.5
850.0	417.0
1000.0	406.7
1100.0	401.5
1320.0	393.5
1650.0	385.5
2100.0	377.8
2670.0	371.6
3600.0	365.6

表3. 1. 3 計算結果のFINAS解との比較 (検証解析1、 T_H , T_I , T_M)

STEP	TIME	計算値			FINAS解		
		T. HEAT	T. INSU	T. MEAN	T. HEAT	T. INSU	T. MEAN
1	0.00	530.00	530.00	530.00	530.00	530.00	530.00
2	2.20	529.58	529.99	529.99	529.58	530.00	529.98
3	4.40	529.08	529.95	529.96	529.10	530.00	529.96
4	6.60	528.61	529.89	529.93	528.66	530.00	529.92
5	8.80	528.20	529.87	529.90	528.38	530.00	529.88
6	11.00	527.80	529.80	529.86	527.79	530.00	529.83
7	13.20	527.42	529.78	529.81	527.67	530.00	529.79
8	15.40	527.11	529.73	529.76	527.03	530.00	529.74
9	17.60	526.91	529.71	529.72	527.30	530.00	529.70
10	19.80	526.60	529.71	529.68	526.62	530.00	529.65
11	22.00	526.26	529.72	529.62	526.53	530.00	529.59
12	35.80	524.53	529.80	529.24	524.40	530.00	529.22
13	49.60	522.82	529.87	528.79	522.98	530.00	528.80
14	63.40	521.08	529.90	528.29	520.96	529.98	528.32
15	77.20	519.29	529.90	527.74	519.45	529.95	527.80
16	91.00	517.48	529.86	527.13	517.40	529.90	527.22
17	104.80	515.64	529.78	526.48	515.83	529.81	526.60
18	118.60	513.78	529.66	525.78	513.74	529.68	525.94
19	132.40	511.89	529.49	525.04	512.11	529.52	525.23
20	146.20	509.99	529.27	524.25	510.00	529.31	524.48
21	160.00	508.08	529.01	523.42	508.33	529.06	523.69
22	178.00	505.72	528.60	522.30	505.76	528.67	522.62
23	196.00	503.42	528.11	521.13	503.72	528.21	521.50
24	214.00	501.13	527.54	519.92	501.22	527.67	520.34
25	232.00	498.83	526.90	518.67	499.17	527.06	519.14
26	250.00	496.53	526.18	517.37	496.68	526.38	517.89
27	268.00	494.22	525.39	516.02	494.60	525.63	516.61
28	286.00	491.91	524.53	514.64	492.09	524.82	515.27
29	304.00	489.58	523.62	513.21	489.99	523.95	513.90
30	322.00	487.24	522.64	511.74	487.47	523.02	512.49
31	340.00	484.89	521.60	510.24	485.34	522.03	511.04
32	356.00	482.91	520.64	508.88	483.17	521.11	509.73
33	372.00	480.97	519.63	507.50	481.45	520.15	508.41
34	388.00	479.04	518.58	506.11	479.35	519.15	507.06
35	404.00	477.12	517.50	504.70	477.64	518.11	505.70
36	420.00	475.21	516.37	503.28	475.55	517.04	504.33
37	436.00	473.29	515.22	501.83	473.83	515.93	502.93
38	452.00	471.37	514.03	500.37	471.74	514.79	501.52
39	468.00	469.44	512.81	498.89	470.02	513.62	500.09

40	484.00	467.52	511.56	497.40	467.93	512.42	498.64
41	500.00	465.59	510.29	495.88	466.19	511.20	497.17
42	515.00	463.93	509.07	494.46	464.36	510.03	495.79
43	530.00	462.34	507.83	493.05	462.97	508.84	494.42
44	545.00	460.78	506.57	491.64	461.25	507.62	493.05
45	560.00	459.23	505.29	490.22	459.89	506.39	491.68
46	575.00	457.70	504.00	488.81	458.19	505.14	490.30
47	590.00	456.17	502.68	487.40	456.84	503.88	488.93
48	605.00	454.64	501.36	485.98	455.16	502.60	487.55
49	620.00	453.12	500.02	484.56	453.81	501.31	486.16
50	635.00	451.60	498.67	483.14	452.14	500.00	484.78
51	650.00	450.08	497.32	481.72	450.79	498.69	483.39
52	670.00	448.18	495.50	479.83	448.74	496.93	481.54
53	690.00	446.34	493.66	477.95	447.08	495.15	479.71
54	710.00	444.52	491.82	476.08	445.11	493.36	477.88
55	730.00	442.72	489.97	474.22	443.48	491.56	476.06
56	750.00	440.92	488.11	472.37	441.54	489.76	474.24
57	770.00	439.13	486.25	470.52	439.92	487.95	472.43
58	790.00	437.35	484.39	468.68	437.98	486.13	470.62
59	810.00	435.57	482.53	466.84	436.37	484.32	468.82
60	830.00	433.79	480.67	465.00	434.44	482.50	467.01
61	850.00	432.01	478.81	463.17	432.83	480.69	465.21
62	865.00	430.78	477.42	461.80	431.45	479.33	463.87
63	880.00	429.61	476.03	460.46	430.44	477.97	462.54
64	895.00	428.45	474.64	459.12	429.13	476.61	461.22
65	910.00	427.31	473.25	457.79	428.15	475.25	459.91
66	925.00	426.18	471.87	456.48	426.87	473.89	458.62
67	940.00	425.05	470.49	455.17	425.89	472.54	457.33
68	955.00	423.93	469.11	453.87	424.63	471.19	456.04
69	970.00	422.81	467.74	452.58	423.67	469.84	454.77
70	985.00	421.70	466.38	451.30	422.41	468.50	453.50
71	1000.00	420.60	465.02	450.03	421.45	467.17	452.24
72	1010.00	419.91	464.12	449.18	420.62	466.28	451.40
73	1020.00	419.26	463.22	448.35	420.12	465.40	450.58
74	1030.00	418.62	462.33	447.53	419.34	464.52	449.76
75	1040.00	417.99	461.44	446.71	418.85	463.64	448.95
76	1050.00	417.36	460.55	445.89	418.09	462.76	448.14
77	1060.00	416.74	459.66	445.09	417.60	461.89	447.34
78	1070.00	416.13	458.78	444.29	416.85	461.02	446.54
79	1080.00	415.52	457.91	443.49	416.38	460.16	445.75
80	1090.00	414.91	457.03	442.70	415.64	459.29	444.97

81	1100.00	414.31	456.16	441.92	415.16	458.44	444.19
82	1122.00	413.13	454.27	440.23	413.85	456.56	442.50
83	1144.00	412.02	452.40	438.58	412.88	454.71	440.86
84	1166.00	410.95	450.55	436.97	411.67	452.88	439.26
85	1188.00	409.90	448.73	435.40	410.75	451.08	437.68
86	1210.00	408.86	446.94	433.86	409.58	449.30	436.14
87	1232.00	407.84	445.18	432.35	408.69	447.55	434.63
88	1254.00	406.83	443.45	430.87	407.55	445.83	433.14
89	1276.00	405.83	441.76	429.42	406.67	444.14	431.68
90	1298.00	404.84	440.10	427.99	405.55	442.48	430.25
91	1320.00	403.86	438.47	426.59	404.69	440.85	428.84
92	1353.00	402.60	436.08	424.55	403.28	438.47	426.79
93	1386.00	401.41	433.76	422.60	402.23	436.14	424.82
94	1419.00	400.27	431.51	420.72	400.95	433.89	422.91
95	1452.00	399.16	429.33	418.90	399.95	431.69	421.07
96	1485.00	398.07	427.22	417.15	398.73	429.57	419.29
97	1518.00	397.00	425.18	415.45	397.77	427.52	417.57
98	1551.00	395.95	423.21	413.80	396.58	425.53	415.89
99	1584.00	394.91	421.31	412.21	395.66	423.60	414.27
100	1617.00	393.89	419.47	410.66	394.50	421.74	412.69
101	1650.00	392.88	417.70	409.15	393.60	419.93	411.15
102	1695.00	391.69	415.36	407.19	392.26	417.56	409.14
103	1740.00	390.57	413.12	405.33	391.26	415.28	407.23
104	1785.00	389.49	410.99	403.55	390.04	413.10	405.41
105	1830.00	388.45	408.95	401.86	389.10	411.01	403.67
106	1875.00	387.42	407.01	400.24	387.93	409.02	402.00
107	1920.00	386.42	405.15	398.69	387.04	407.12	400.40
108	1965.00	385.44	403.38	397.20	385.91	405.30	398.86
109	2010.00	384.47	401.69	395.77	385.05	403.56	397.38
110	2055.00	383.52	400.07	394.38	383.96	401.88	395.95
111	2100.00	382.58	398.52	393.05	383.13	400.28	394.57
112	2157.00	381.60	396.64	391.45	382.00	398.34	392.91
113	2214.00	380.71	394.85	389.96	381.22	396.49	391.36
114	2271.00	379.85	393.17	388.56	380.22	394.74	389.90
115	2328.00	379.02	391.58	387.24	379.49	393.09	388.52
116	2385.00	378.21	390.08	385.99	378.54	391.53	387.21
117	2442.00	377.42	388.67	384.80	377.86	390.06	385.97
118	2499.00	376.65	387.34	383.66	376.95	388.66	384.78
119	2556.00	375.89	386.07	382.58	376.29	387.34	383.65
120	2613.00	375.15	384.87	381.54	375.41	386.09	382.56
121	2670.00	374.41	383.73	380.54	374.78	384.89	381.52

5S1.XLS

122	2763.00	373.49	381.97	379.04	373.70	383.05	379.95
123	2856.00	372.66	380.35	377.70	372.99	381.36	378.54
124	2949.00	371.88	378.89	376.47	372.05	379.81	377.24
125	3042.00	371.12	377.55	375.34	371.40	378.40	376.05
126	3135.00	370.38	376.33	374.29	370.53	377.12	374.95
127	3228.00	369.67	375.20	373.31	369.92	375.93	373.92
128	3321.00	368.98	374.16	372.39	369.09	374.83	372.95
129	3414.00	368.30	373.18	371.52	368.51	373.80	372.04
130	3507.00	367.63	372.26	370.69	367.71	372.84	371.17
131	3600.00	366.97	371.40	369.90	367.16	371.93	370.34

表3. 1. 4 計算結果のFINAS解との比較 (検証解析 I、 T_B 、 $T_{P.H}$ 、 $T_{P.I}$)

STEP	TIME	計算値			FINAS解		
		DELT1	DT2.H	DT2.I	DELT1	DT2.H	DT2.I
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	2.20	-0.07	-0.38	-0.03	-0.08	-0.36	-0.03
3	4.40	-0.19	-0.79	-0.11	-0.24	-0.74	-0.08
4	6.60	-0.36	-1.15	-0.22	-0.43	-1.05	-0.14
5	8.80	-0.53	-1.43	-0.29	-0.62	-1.20	-0.20
6	11.00	-0.72	-1.70	-0.42	-0.86	-1.62	-0.28
7	13.20	-0.93	-1.93	-0.49	-1.08	-1.59	-0.34
8	15.40	-1.15	-2.08	-0.61	-1.34	-2.06	-0.42
9	17.60	-1.32	-2.16	-0.68	-1.50	-1.66	-0.47
10	19.80	-1.53	-2.31	-0.73	-1.73	-2.18	-0.53
11	22.00	-1.77	-2.48	-0.79	-1.96	-2.10	-0.60
12	35.80	-3.37	-3.03	-1.12	-3.52	-3.09	-1.02
13	49.60	-5.03	-3.46	-1.44	-5.10	-3.33	-1.41
14	63.40	-6.74	-3.85	-1.76	-6.73	-4.07	-1.78
15	77.20	-8.48	-4.20	-2.08	-8.39	-4.24	-2.13
16	91.00	-10.24	-4.54	-2.39	-10.08	-4.89	-2.47
17	104.80	-11.99	-4.84	-2.70	-11.76	-5.02	-2.80
18	118.60	-13.74	-5.13	-2.99	-13.46	-5.61	-3.13
19	132.40	-15.47	-5.41	-3.28	-15.14	-5.71	-3.44
20	146.20	-17.18	-5.67	-3.57	-16.81	-6.25	-3.75
21	160.00	-18.87	-5.91	-3.84	-18.45	-6.33	-4.04
22	178.00	-20.95	-6.10	-4.17	-20.50	-6.82	-4.40
23	196.00	-22.88	-6.27	-4.46	-22.39	-6.82	-4.72
24	214.00	-24.71	-6.44	-4.73	-24.19	-7.27	-5.02
25	232.00	-26.44	-6.61	-4.99	-25.90	-7.29	-5.30
26	250.00	-28.09	-6.79	-5.24	-27.55	-7.73	-5.58
27	268.00	-29.68	-6.96	-5.47	-29.12	-7.75	-5.84
28	286.00	-31.20	-7.13	-5.71	-30.64	-8.18	-6.10
29	304.00	-32.67	-7.30	-5.93	-32.10	-8.20	-6.34
30	322.00	-34.08	-7.47	-6.14	-33.52	-8.61	-6.58
31	340.00	-35.44	-7.63	-6.35	-34.88	-8.63	-6.82
32	356.00	-36.56	-7.69	-6.52	-36.02	-8.93	-7.00
33	372.00	-37.58	-7.74	-6.66	-37.05	-8.82	-7.17
34	388.00	-38.53	-7.80	-6.80	-38.01	-9.11	-7.32
35	404.00	-39.43	-7.87	-6.92	-38.92	-9.01	-7.46
36	420.00	-40.27	-7.93	-7.04	-39.79	-9.30	-7.60
37	436.00	-41.08	-8.01	-7.16	-40.61	-9.22	-7.73
38	452.00	-41.85	-8.08	-7.27	-41.40	-9.51	-7.86
39	468.00	-42.58	-8.16	-7.38	-42.16	-9.43	-7.98

5S.XLS

40	484.00	-43.29	-8.23	-7.48	-42.89	-9.71	-8.11
41	500.00	-43.98	-8.31	-7.59	-43.59	-9.64	-8.22
42	515.00	-44.53	-8.27	-7.66	-44.18	-9.81	-8.31
43	530.00	-44.98	-8.22	-7.71	-44.65	-9.59	-8.38
44	545.00	-45.36	-8.18	-7.75	-45.06	-9.75	-8.42
45	560.00	-45.69	-8.15	-7.78	-45.41	-9.56	-8.46
46	575.00	-45.97	-8.13	-7.80	-45.73	-9.73	-8.50
47	590.00	-46.23	-8.12	-7.83	-46.01	-9.56	-8.54
48	605.00	-46.46	-8.11	-7.85	-46.28	-9.73	-8.57
49	620.00	-46.67	-8.11	-7.87	-46.51	-9.58	-8.60
50	635.00	-46.86	-8.12	-7.90	-46.74	-9.76	-8.63
51	650.00	-47.04	-8.12	-7.92	-46.95	-9.61	-8.66
52	670.00	-47.20	-8.05	-7.93	-47.15	-9.72	-8.69
53	690.00	-47.27	-7.97	-7.92	-47.26	-9.49	-8.69
54	710.00	-47.29	-7.92	-7.91	-47.33	-9.60	-8.68
55	730.00	-47.27	-7.87	-7.89	-47.35	-9.40	-8.67
56	750.00	-47.23	-7.83	-7.87	-47.35	-9.53	-8.66
57	770.00	-47.17	-7.80	-7.85	-47.33	-9.35	-8.65
58	790.00	-47.10	-7.78	-7.84	-47.30	-9.48	-8.64
59	810.00	-47.03	-7.76	-7.82	-47.26	-9.31	-8.62
60	830.00	-46.95	-7.74	-7.81	-47.23	-9.45	-8.62
61	850.00	-46.87	-7.72	-7.79	-47.18	-9.28	-8.61
62	865.00	-46.76	-7.64	-7.77	-47.11	-9.36	-8.59
63	880.00	-46.60	-7.55	-7.73	-46.97	-9.11	-8.55
64	895.00	-46.41	-7.46	-7.68	-46.81	-9.18	-8.51
65	910.00	-46.19	-7.39	-7.63	-46.62	-8.95	-8.46
66	925.00	-45.96	-7.32	-7.59	-46.41	-9.03	-8.41
67	940.00	-45.71	-7.27	-7.54	-46.19	-8.82	-8.37
68	955.00	-45.46	-7.21	-7.49	-45.97	-8.91	-8.32
69	970.00	-45.21	-7.16	-7.45	-45.75	-8.71	-8.28
70	985.00	-44.96	-7.12	-7.40	-45.52	-8.80	-8.23
71	1000.00	-44.71	-7.08	-7.36	-45.29	-8.61	-8.19
72	1010.00	-44.52	-7.01	-7.32	-45.13	-8.69	-8.16
73	1020.00	-44.31	-6.93	-7.28	-44.93	-8.47	-8.11
74	1030.00	-44.09	-6.86	-7.24	-44.72	-8.53	-8.07
75	1040.00	-43.85	-6.79	-7.19	-44.50	-8.32	-8.02
76	1050.00	-43.60	-6.73	-7.14	-44.27	-8.38	-7.97
77	1060.00	-43.35	-6.67	-7.10	-44.03	-8.18	-7.92
78	1070.00	-43.09	-6.61	-7.05	-43.79	-8.25	-7.87
79	1080.00	-42.83	-6.56	-7.00	-43.54	-8.06	-7.82
80	1090.00	-42.56	-6.51	-6.95	-43.30	-8.14	-7.78

81	1100.00	-42.30	-6.46	-6.91	-43.05	-7.95	-7.73
82	1122.00	-41.65	-6.27	-6.79	-42.44	-7.88	-7.61
83	1144.00	-40.93	-6.09	-6.65	-41.75	-7.55	-7.47
84	1166.00	-40.18	-5.94	-6.51	-41.03	-7.50	-7.32
85	1188.00	-39.42	-5.80	-6.38	-40.30	-7.21	-7.18
86	1210.00	-38.66	-5.67	-6.25	-39.57	-7.19	-7.04
87	1232.00	-37.91	-5.55	-6.13	-38.85	-6.92	-6.91
88	1254.00	-37.18	-5.45	-6.01	-38.14	-6.92	-6.79
89	1276.00	-36.47	-5.35	-5.89	-37.45	-6.68	-6.66
90	1298.00	-35.78	-5.25	-5.78	-36.79	-6.69	-6.55
91	1320.00	-35.11	-5.17	-5.68	-36.14	-6.46	-6.43
92	1353.00	-34.04	-4.93	-5.49	-35.11	-6.32	-6.24
93	1386.00	-32.92	-4.72	-5.30	-34.00	-5.94	-6.03
94	1419.00	-31.80	-4.54	-5.11	-32.91	-5.86	-5.83
95	1452.00	-30.72	-4.38	-4.93	-31.84	-5.54	-5.63
96	1485.00	-29.67	-4.24	-4.76	-30.81	-5.48	-5.45
97	1518.00	-28.68	-4.11	-4.61	-29.83	-5.20	-5.28
98	1551.00	-27.74	-3.98	-4.46	-28.89	-5.17	-5.11
99	1584.00	-26.85	-3.87	-4.32	-28.00	-4.90	-4.96
100	1617.00	-26.01	-3.76	-4.19	-27.17	-4.89	-4.82
101	1650.00	-25.22	-3.66	-4.06	-26.37	-4.64	-4.68
102	1695.00	-24.10	-3.45	-3.88	-25.26	-4.51	-4.48
103	1740.00	-22.97	-3.27	-3.69	-24.12	-4.16	-4.26
104	1785.00	-21.89	-3.11	-3.51	-23.03	-4.10	-4.07
105	1830.00	-20.87	-2.98	-3.35	-22.00	-3.80	-3.89
106	1875.00	-19.93	-2.85	-3.20	-21.04	-3.77	-3.72
107	1920.00	-19.05	-2.74	-3.06	-20.15	-3.50	-3.57
108	1965.00	-18.24	-2.64	-2.94	-19.32	-3.49	-3.42
109	2010.00	-17.50	-2.55	-2.82	-18.55	-3.25	-3.29
110	2055.00	-16.81	-2.46	-2.71	-17.84	-3.25	-3.17
111	2100.00	-16.17	-2.38	-2.61	-17.18	-3.03	-3.05
112	2157.00	-15.30	-2.20	-2.46	-16.29	-2.93	-2.89
113	2214.00	-14.41	-2.05	-2.31	-15.36	-2.62	-2.71
114	2271.00	-13.56	-1.93	-2.18	-14.49	-2.60	-2.56
115	2328.00	-12.78	-1.83	-2.05	-13.67	-2.34	-2.42
116	2385.00	-12.07	-1.74	-1.94	-12.93	-2.34	-2.29
117	2442.00	-11.43	-1.66	-1.84	-12.26	-2.11	-2.17
118	2499.00	-10.85	-1.59	-1.75	-11.65	-2.14	-2.07
119	2556.00	-10.33	-1.52	-1.67	-11.09	-1.93	-1.97
120	2613.00	-9.86	-1.46	-1.60	-10.59	-1.97	-1.88
121	2670.00	-9.43	-1.41	-1.53	-10.14	-1.78	-1.81

122	2763.00	-8.63	-1.24	-1.39	-9.31	-1.69	-1.65
123	2856.00	-7.83	-1.12	-1.26	-8.45	-1.41	-1.49
124	2949.00	-7.13	-1.03	-1.15	-7.71	-1.42	-1.36
125	3042.00	-6.53	-0.95	-1.05	-7.07	-1.19	-1.25
126	3135.00	-6.03	-0.89	-0.98	-6.52	-1.23	-1.16
127	3228.00	-5.60	-0.84	-0.91	-6.06	-1.03	-1.08
128	3321.00	-5.24	-0.79	-0.85	-5.66	-1.09	-1.01
129	3414.00	-4.94	-0.75	-0.80	-5.32	-0.92	-0.95
130	3507.00	-4.68	-0.72	-0.76	-5.04	-0.99	-0.90
131	3600.00	-4.46	-0.69	-0.73	-4.79	-0.83	-0.86

表3. 1. 5 計算結果のFINAS解との比較 (検証解析1、 σ_H 、 σ_I 、 σ_B)

STEP	T(sec)	計算値			FINAS解		
		SIG. H	SIG. I	SIG. B	SIG. H	SIG. I	SIG. B
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	2.20	0.19	0.00	0.02	0.19	-0.01	0.02
3	4.40	0.42	0.01	0.05	0.41	-0.02	0.06
4	6.60	0.62	0.02	0.08	0.60	-0.04	0.10
5	8.80	0.80	0.01	0.12	0.71	-0.05	0.15
6	11.00	0.97	0.03	0.17	0.97	-0.07	0.20
7	13.20	1.13	0.01	0.22	1.00	-0.10	0.25
8	15.40	1.25	0.02	0.27	1.28	-0.12	0.31
9	17.60	1.33	0.01	0.31	1.13	-0.14	0.35
10	19.80	1.45	-0.02	0.36	1.43	-0.16	0.40
11	22.00	1.58	-0.05	0.42	1.44	-0.19	0.46
12	35.80	2.22	-0.27	0.79	2.28	-0.36	0.82
13	49.60	2.81	-0.51	1.18	2.74	-0.55	1.18
14	63.40	3.40	-0.76	1.59	3.48	-0.77	1.56
15	77.20	3.98	-1.02	2.00	3.94	-1.00	1.95
16	91.00	4.54	-1.28	2.41	4.64	-1.24	2.34
17	104.80	5.10	-1.55	2.82	5.09	-1.49	2.73
18	118.60	5.65	-1.82	3.23	5.76	-1.74	3.12
19	132.40	6.19	-2.09	3.64	6.19	-1.99	3.51
20	146.20	6.71	-2.36	4.04	6.84	-2.24	3.90
21	160.00	7.22	-2.63	4.44	7.25	-2.50	4.28
22	178.00	7.80	-2.97	4.93	7.96	-2.81	4.75
23	196.00	8.34	-3.29	5.38	8.40	-3.12	5.19
24	214.00	8.85	-3.59	5.81	9.03	-3.41	5.60
25	232.00	9.33	-3.87	6.22	9.43	-3.68	6.00
26	250.00	9.81	-4.15	6.61	10.03	-3.94	6.38
27	268.00	10.26	-4.41	6.98	10.39	-4.19	6.75
28	286.00	10.70	-4.66	7.34	10.96	-4.44	7.10
29	304.00	11.12	-4.90	7.69	11.29	-4.67	7.44
30	322.00	11.53	-5.13	8.02	11.83	-4.89	7.76
31	340.00	11.93	-5.35	8.34	12.14	-5.11	8.08
32	356.00	12.22	-5.54	8.60	12.55	-5.29	8.34
33	372.00	12.49	-5.71	8.84	12.73	-5.46	8.58
34	388.00	12.74	-5.87	9.07	13.10	-5.62	8.80
35	404.00	12.98	-6.02	9.28	13.25	-5.76	9.01
36	420.00	13.21	-6.16	9.48	13.60	-5.91	9.21
37	436.00	13.44	-6.30	9.67	13.74	-6.04	9.40
38	452.00	13.65	-6.43	9.85	14.07	-6.17	9.59
39	468.00	13.86	-6.55	10.02	14.20	-6.29	9.76

5S1. XLS

40	484.00	14.06	-6.67	10.19	14.51	-6.41	9.93
41	500.00	14.26	-6.78	10.35	14.63	-6.52	10.10
42	515.00	14.37	-6.87	10.48	14.85	-6.62	10.23
43	530.00	14.45	-6.96	10.59	14.85	-6.70	10.34
44	545.00	14.52	-7.03	10.67	15.03	-6.77	10.43
45	560.00	14.59	-7.09	10.75	15.01	-6.84	10.52
46	575.00	14.64	-7.15	10.82	15.17	-6.90	10.59
47	590.00	14.70	-7.19	10.88	15.15	-6.95	10.65
48	605.00	14.75	-7.24	10.93	15.30	-6.99	10.72
49	620.00	14.80	-7.28	10.98	15.28	-7.04	10.77
50	635.00	14.85	-7.31	11.03	15.42	-7.08	10.82
51	650.00	14.89	-7.34	11.07	15.39	-7.11	10.87
52	670.00	14.90	-7.38	11.11	15.50	-7.15	10.92
53	690.00	14.88	-7.40	11.12	15.41	-7.18	10.94
54	710.00	14.85	-7.41	11.13	15.48	-7.19	10.96
55	730.00	14.83	-7.41	11.12	15.38	-7.20	10.96
56	750.00	14.80	-7.41	11.11	15.46	-7.21	10.96
57	770.00	14.77	-7.40	11.10	15.35	-7.21	10.96
58	790.00	14.75	-7.40	11.08	15.42	-7.21	10.95
59	810.00	14.72	-7.39	11.07	15.32	-7.20	10.94
60	830.00	14.69	-7.38	11.05	15.39	-7.20	10.94
61	850.00	14.67	-7.36	11.03	15.29	-7.19	10.92
62	865.00	14.60	-7.35	11.01	15.32	-7.18	10.91
63	880.00	14.52	-7.33	10.97	15.16	-7.17	10.88
64	895.00	14.43	-7.31	10.92	15.16	-7.15	10.84
65	910.00	14.35	-7.28	10.87	15.00	-7.13	10.79
66	925.00	14.26	-7.24	10.82	15.00	-7.10	10.75
67	940.00	14.18	-7.21	10.76	14.84	-7.07	10.70
68	955.00	14.09	-7.17	10.70	14.84	-7.04	10.64
69	970.00	14.01	-7.14	10.64	14.69	-7.01	10.59
70	985.00	13.93	-7.10	10.58	14.69	-6.97	10.54
71	1000.00	13.85	-7.06	10.52	14.54	-6.94	10.49
72	1010.00	13.78	-7.03	10.48	14.54	-6.92	10.45
73	1020.00	13.69	-7.00	10.43	14.38	-6.89	10.40
74	1030.00	13.61	-6.97	10.38	14.37	-6.86	10.35
75	1040.00	13.52	-6.93	10.32	14.21	-6.83	10.30
76	1050.00	13.43	-6.90	10.26	14.20	-6.80	10.25
77	1060.00	13.34	-6.86	10.20	14.04	-6.76	10.19
78	1070.00	13.25	-6.82	10.14	14.03	-6.73	10.14
79	1080.00	13.17	-6.78	10.08	13.87	-6.69	10.08
80	1090.00	13.08	-6.74	10.02	13.86	-6.66	10.02

5S1.XLS

81	1100.00	13.00	-6.70	9.96	13.71	-6.62	9.97
82	1122.00	12.76	-6.61	9.80	13.54	-6.53	9.83
83	1144.00	12.50	-6.50	9.63	13.21	-6.44	9.67
84	1166.00	12.25	-6.39	9.46	13.04	-6.33	9.50
85	1188.00	12.00	-6.27	9.28	12.72	-6.22	9.33
86	1210.00	11.77	-6.16	9.10	12.55	-6.11	9.16
87	1232.00	11.54	-6.04	8.92	12.25	-6.00	8.99
88	1254.00	11.31	-5.92	8.75	12.10	-5.90	8.83
89	1276.00	11.10	-5.81	8.58	11.81	-5.79	8.67
90	1298.00	10.99	-5.70	8.42	11.67	-5.69	8.52
91	1320.00	10.69	-5.59	8.26	11.40	-5.58	8.37
92	1353.00	10.33	-5.43	8.01	11.11	-5.43	8.13
93	1386.00	9.97	-5.25	7.75	10.66	-5.27	7.87
94	1419.00	9.62	-5.08	7.48	10.38	-5.10	7.62
95	1452.00	9.29	-4.91	7.23	9.97	-4.94	7.37
96	1485.00	8.98	-4.74	6.98	9.72	-4.78	7.13
97	1518.00	8.68	-4.58	6.75	9.35	-4.62	6.90
98	1551.00	8.40	-4.43	6.53	9.13	-4.48	6.69
99	1584.00	8.14	-4.29	6.32	8.78	-4.34	6.48
100	1617.00	7.89	-4.15	6.12	8.60	-4.21	6.29
101	1650.00	7.66	-4.02	5.93	8.28	-4.08	6.10
102	1695.00	7.30	-3.85	5.67	7.98	-3.91	5.85
103	1740.00	6.94	-3.67	5.41	7.54	-3.74	5.58
104	1785.00	6.62	-3.50	5.15	7.27	-3.57	5.33
105	1830.00	6.31	-3.34	4.91	6.88	-3.41	5.09
106	1875.00	6.03	-3.18	4.69	6.65	-3.26	4.87
107	1920.00	5.78	-3.04	4.48	6.31	-3.12	4.66
108	1965.00	5.54	-2.91	4.29	6.12	-2.99	4.47
109	2010.00	5.32	-2.79	4.12	5.82	-2.87	4.29
110	2055.00	5.11	-2.68	3.96	5.67	-2.76	4.13
111	2100.00	4.93	-2.58	3.81	5.40	-2.66	3.98
112	2157.00	4.64	-2.44	3.60	5.16	-2.52	3.77
113	2214.00	4.36	-2.30	3.39	4.78	-2.38	3.56
114	2271.00	4.10	-2.17	3.19	4.58	-2.25	3.35
115	2328.00	3.87	-2.04	3.01	4.26	-2.12	3.16
116	2385.00	3.66	-1.93	2.84	4.10	-2.00	2.99
117	2442.00	3.47	-1.82	2.69	3.83	-1.90	2.84
118	2499.00	3.30	-1.73	2.55	3.71	-1.80	2.70
119	2556.00	3.15	-1.65	2.43	3.47	-1.72	2.57
120	2613.00	3.01	-1.57	2.32	3.38	-1.64	2.45
121	2670.00	2.88	-1.50	2.22	3.18	-1.56	2.35

122	2763.00	2.61	-1.38	2.03	2.95	-1.44	2.16
123	2856.00	2.37	-1.25	1.84	2.61	-1.31	1.96
124	2949.00	2.16	-1.14	1.68	2.46	-1.19	1.78
125	3042.00	1.99	-1.04	1.54	2.19	-1.09	1.64
126	3135.00	1.84	-0.96	1.42	2.09	-1.01	1.51
127	3228.00	1.71	-0.89	1.32	1.88	-0.94	1.40
128	3321.00	1.61	-0.83	1.23	1.83	-0.87	1.31
129	3414.00	1.52	-0.78	1.16	1.66	-0.82	1.23
130	3507.00	1.44	-0.74	1.10	1.64	-0.77	1.17
131	3600.00	1.38	-0.71	1.05	1.49	-0.74	1.11

HA5S - TH、TI、TM (FINASとの比較)

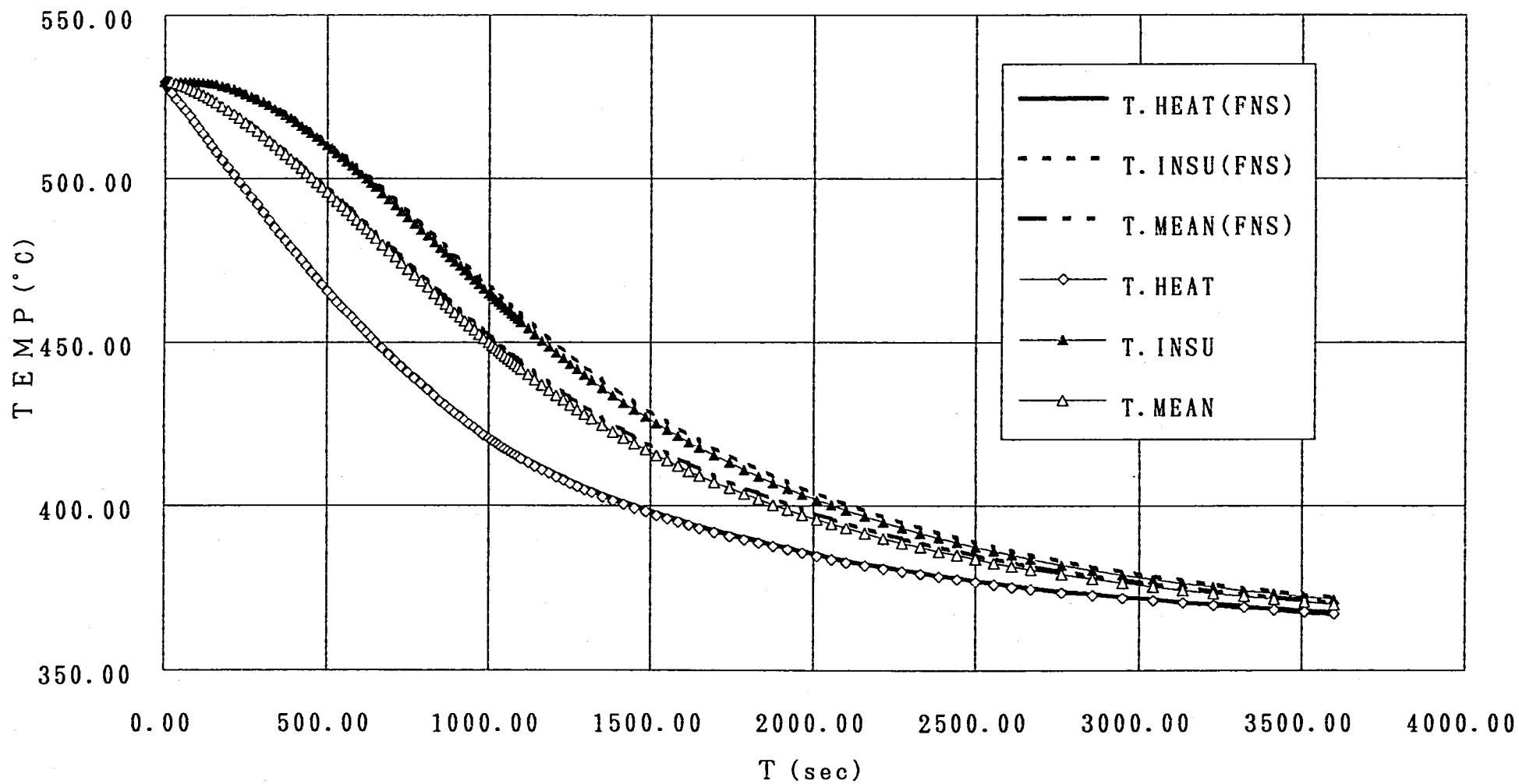
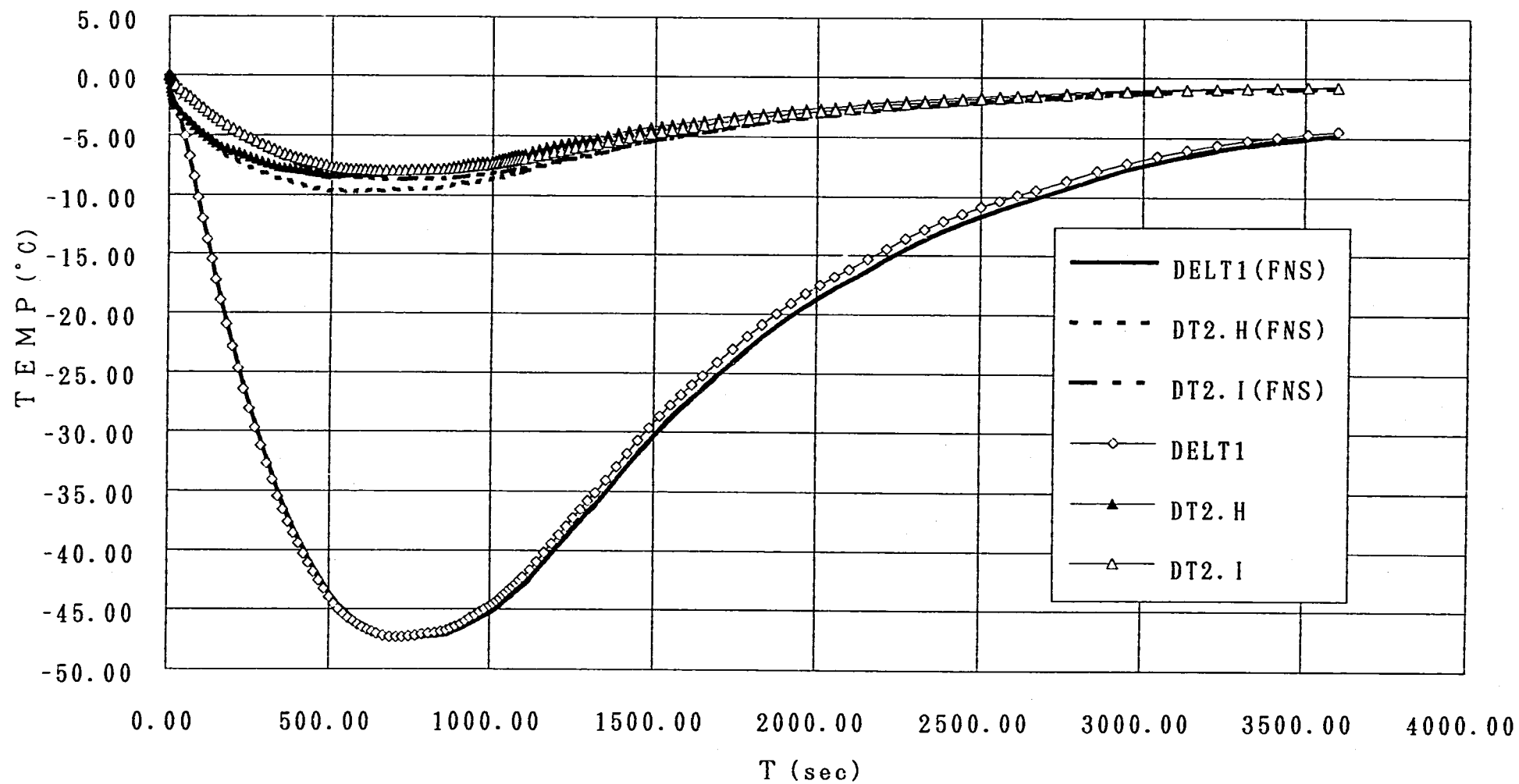


図3. 1. 1 計算結果のFINAS解との比較 (検証解析1、 T_H 、 T_I 、 T_M)

HA5S-DELT1、DT2H、DT2I (FINASとの比較)

図3. 1. 2 計算結果のFINAS解との比較 (検証解析1、 T_B 、 $T_{P.H}$ 、 $T_{P.I}$)

HA5S-SIG.H、SIG.I、SIG.B (FINASとの比較)

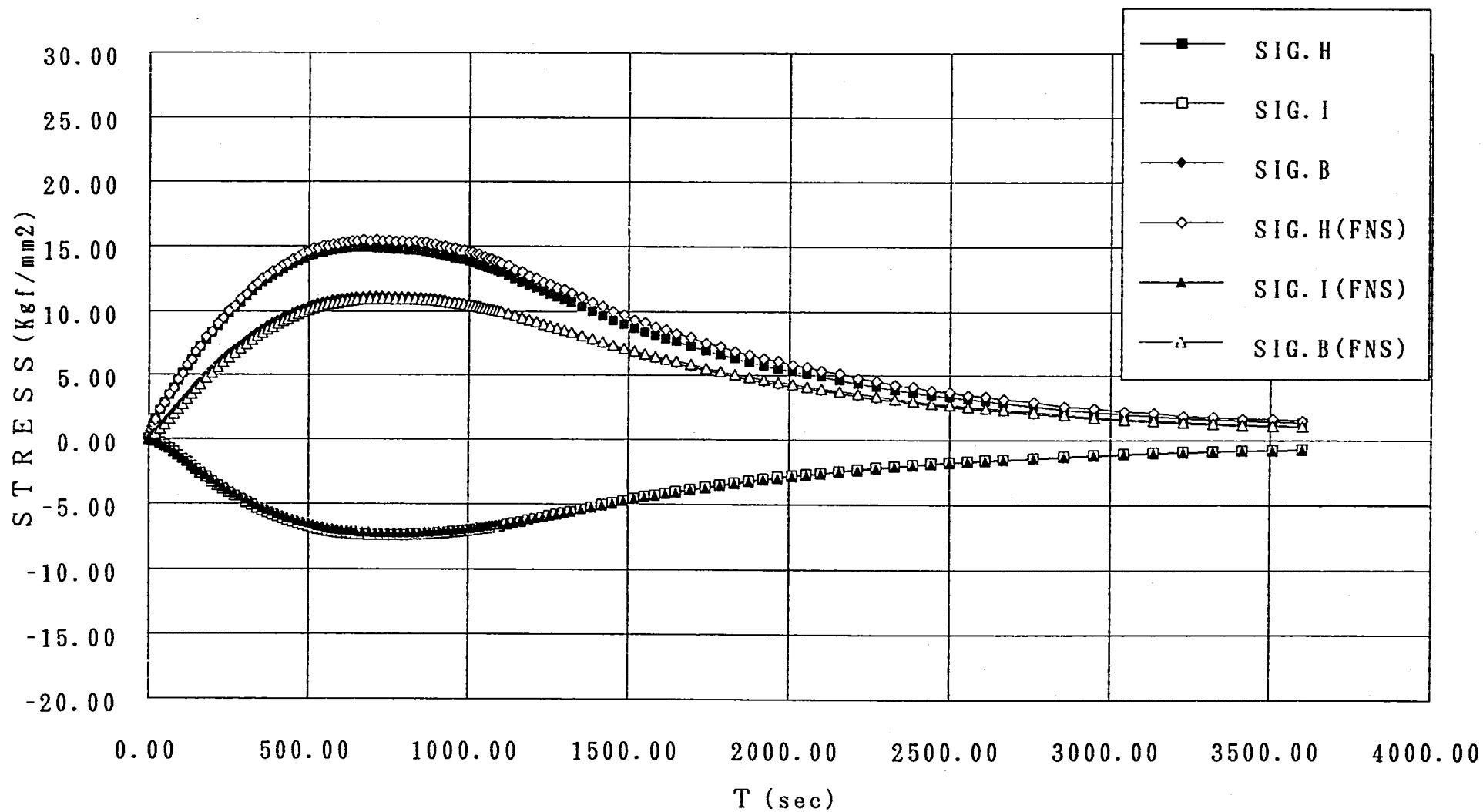


図3. 1. 3 計算結果のFINAS解との比較 (検証解析1、 σ_H 、 σ_I 、 σ_B)

表 3. 2. 1 熱伝達係数の時間変化 (検証解析 2)

t_k (sec)	$h_{2,k}$ (kcal/mm ² sec°C)
$t_0 = 0.0$	
0.9	2.389E-6
2.9	1.833E-6
5.9	1.417E-6
9.9	1.194E-6
19.9	0.722E-6
3600.0	0.444E-6

表 3. 2. 2 流体温度の時間変化 (検証解析 2)

t (sec)	T_{Na} (°C)
0.0	530.0
28.0	516.8
100.0	503.5
320.0	471.0
500.0	449.0
700.0	429.0
850.0	416.6
1000.0	406.6
1150.0	399.4
1500.0	389.0
1650.0	385.5
2010.0	379.0
2850.0	370.0
3600.0	365.6

表3. 2. 3 計算結果のFINAS解との比較(検証解析2、 T_H , T_I , T_M)

STEP	TIME	計算値			FINAS解		
		T. HEAT	T. INSU	T. MEAN	T. HEAT	T. INSU	T. MEAN
1	0.00	530.00	530.00	530.00	530.00	530.00	530.00
2	7.00	528.01	529.85	529.90	527.82	530.00	529.87
3	14.00	526.40	529.70	529.73	526.19	530.00	529.66
4	21.00	524.81	529.61	529.48	524.62	530.00	529.42
5	28.00	523.49	529.60	529.24	523.91	530.00	529.18
6	35.20	522.29	529.67	528.94	522.08	530.00	528.89
7	42.40	521.21	529.73	528.64	521.44	530.00	528.61
8	49.60	520.17	529.78	528.32	519.98	529.99	528.30
9	56.80	519.12	529.82	527.99	519.29	529.99	527.99
10	64.00	518.08	529.84	527.65	517.93	529.97	527.67
11	71.20	517.04	529.85	527.30	517.19	529.95	527.34
12	78.40	516.00	529.84	526.93	515.88	529.92	526.99
13	85.60	514.95	529.82	526.55	515.10	529.88	526.63
14	92.80	513.90	529.78	526.16	513.82	529.83	526.26
15	100.00	512.84	529.73	525.75	513.01	529.77	525.87
16	122.00	509.94	529.47	524.48	509.90	529.50	524.66
17	144.00	507.16	529.07	523.15	507.39	529.11	523.40
18	166.00	504.39	528.53	521.75	504.43	528.59	522.07
19	188.00	501.63	527.86	520.29	501.93	527.95	520.67
20	210.00	498.86	527.06	518.76	498.97	527.20	519.21
21	232.00	496.09	526.16	517.17	496.43	526.35	517.69
22	254.00	493.30	525.16	515.52	493.46	525.40	516.10
23	276.00	490.50	524.07	513.81	490.89	524.35	514.46
24	298.00	487.68	522.88	512.03	487.90	523.23	512.75
25	320.00	484.85	521.61	510.20	485.29	522.02	510.99
26	338.00	482.70	520.51	508.68	482.95	520.97	509.53
27	356.00	480.62	519.36	507.15	481.10	519.88	508.05
28	374.00	478.57	518.17	505.60	478.87	518.73	506.56
29	392.00	476.52	516.92	504.04	477.04	517.54	505.05
30	410.00	474.48	515.64	502.46	474.82	516.31	503.52
31	428.00	472.44	514.31	500.86	472.99	515.05	501.97
32	446.00	470.41	512.95	499.24	470.78	513.74	500.41
33	464.00	468.36	511.56	497.61	468.94	512.41	498.82
34	482.00	466.32	510.14	495.95	466.74	511.04	497.22
35	500.00	464.27	508.69	494.29	464.88	509.65	495.60
36	520.00	462.18	507.04	492.43	462.61	508.06	493.80
37	540.00	460.15	505.37	490.58	460.79	506.45	492.01
38	560.00	458.16	503.67	488.73	458.64	504.81	490.21
39	580.00	456.17	501.95	486.88	456.84	503.15	488.41

40	600.00	454.20	500.20	485.03	454.71	501.46	486.60
41	620.00	452.23	498.43	483.17	452.92	499.75	484.79
42	640.00	450.26	496.65	481.31	450.80	498.03	482.98
43	660.00	448.29	494.86	479.45	449.01	496.29	481.16
44	680.00	446.33	493.06	477.58	446.90	494.54	479.33
45	700.00	444.36	491.24	475.71	445.11	492.78	477.50
46	715.00	442.98	489.88	474.31	443.57	491.45	476.13
47	730.00	441.65	488.51	472.92	442.41	490.12	474.77
48	745.00	440.34	487.13	471.54	440.95	488.78	473.42
49	760.00	439.03	485.76	470.17	439.81	487.44	472.07
50	775.00	437.74	484.38	468.80	438.36	486.10	470.73
51	790.00	436.45	483.00	467.44	437.23	484.75	469.39
52	805.00	435.16	481.61	466.08	435.80	483.40	468.05
53	820.00	433.88	480.23	464.72	434.68	482.06	466.72
54	835.00	432.60	478.85	463.37	433.26	480.71	465.39
55	850.00	431.32	477.47	462.02	432.13	479.36	464.06
56	865.00	430.14	476.09	460.68	430.80	478.01	462.74
57	880.00	429.00	474.72	459.36	429.81	476.67	461.44
58	895.00	427.87	473.35	458.04	428.55	475.32	460.14
59	910.00	426.76	471.98	456.74	427.59	473.98	458.86
60	925.00	425.66	470.61	455.45	426.35	472.64	457.58
61	940.00	424.56	469.25	454.17	425.39	471.30	456.32
62	955.00	423.47	467.89	452.90	424.17	469.97	455.06
63	970.00	422.39	466.54	451.63	423.22	468.65	453.81
64	985.00	421.30	465.20	450.37	422.01	467.32	452.56
65	1000.00	420.23	463.86	449.12	421.07	466.01	451.32
66	1015.00	419.26	462.54	447.89	419.96	464.70	450.10
67	1030.00	418.34	461.21	446.67	419.18	463.40	448.89
68	1045.00	417.44	459.90	445.48	418.15	462.10	447.70
69	1060.00	416.56	458.59	444.30	417.40	460.82	446.53
70	1075.00	415.68	457.30	443.13	416.40	459.54	445.37
71	1090.00	414.82	456.01	441.97	415.66	458.26	444.22
72	1105.00	413.97	454.73	440.83	414.68	457.00	443.08
73	1120.00	413.12	453.47	439.70	413.96	455.75	441.96
74	1135.00	412.27	452.21	438.59	412.99	454.51	440.84
75	1150.00	411.43	450.97	437.48	412.27	453.27	439.74
76	1185.00	409.80	448.11	434.98	410.49	450.44	437.24
77	1220.00	408.29	445.33	432.59	409.13	447.68	434.85
78	1255.00	406.85	442.62	430.29	407.54	444.98	432.54
79	1290.00	405.44	439.98	428.07	406.26	442.35	430.31
80	1325.00	404.07	437.44	425.93	404.75	439.81	428.15

81	1360.00	402.72	434.98	423.86	403.51	437.34	426.06
82	1395.00	401.39	432.60	421.85	402.05	434.96	424.03
83	1430.00	400.08	430.30	419.90	400.85	432.65	422.05
84	1465.00	398.78	428.08	418.01	399.43	430.41	420.14
85	1500.00	397.50	425.93	416.17	398.26	428.24	418.27
86	1534.00	396.38	423.91	414.44	397.05	426.20	416.52
87	1568.00	395.31	421.95	412.77	396.18	424.22	414.84
88	1602.00	394.26	420.04	411.16	395.09	422.29	413.23
89	1636.00	393.24	418.20	409.60	394.27	420.43	411.67
90	1670.00	392.28	416.41	408.09	393.23	418.62	410.16
91	1704.00	391.38	414.69	406.64	392.44	416.88	408.70
92	1738.00	390.53	413.01	405.25	391.43	415.20	407.28
93	1772.00	389.69	411.40	403.90	390.67	413.57	405.91
94	1806.00	388.86	409.84	402.59	389.68	411.99	404.58
95	1840.00	388.06	408.33	401.33	388.95	410.47	403.29
96	1874.00	387.26	406.87	400.11	387.98	408.99	402.03
97	1908.00	386.48	405.47	398.92	387.27	407.57	400.80
98	1942.00	385.70	404.11	397.77	386.33	406.18	399.61
99	1976.00	384.94	402.79	396.65	385.63	404.83	398.44
100	2010.00	384.18	401.52	395.56	384.70	403.52	397.30
101	2066.00	383.18	399.51	393.87	383.75	401.45	395.53
102	2122.00	382.27	397.60	392.29	382.72	399.47	393.88
103	2178.00	381.40	395.79	390.81	381.93	397.59	392.33
104	2234.00	380.56	394.10	389.41	380.96	395.83	390.87
105	2290.00	379.75	392.51	388.10	380.24	394.16	389.49
106	2346.00	378.96	391.01	386.85	379.31	392.59	388.17
107	2402.00	378.18	389.60	385.66	378.63	391.11	386.93
108	2458.00	377.43	388.27	384.54	377.75	389.71	385.74
109	2514.00	376.68	387.01	383.46	377.10	388.38	384.61
110	2570.00	375.96	385.81	382.43	376.24	387.12	383.52
111	2626.00	375.24	384.67	381.44	375.62	385.92	382.48
112	2682.00	374.54	383.58	380.49	374.79	384.77	381.48
113	2738.00	373.84	382.54	379.57	374.19	383.68	380.52
114	2794.00	373.16	381.54	378.68	373.38	382.62	379.59
115	2850.00	372.48	380.58	377.82	372.80	381.61	378.69
116	2925.00	371.79	379.34	376.75	371.97	380.32	377.56
117	3000.00	371.18	378.18	375.76	371.47	379.10	376.53
118	3075.00	370.60	377.09	374.85	370.76	377.96	375.57
119	3150.00	370.04	376.09	374.00	370.29	376.90	374.68
120	3225.00	369.49	375.15	373.21	369.62	375.91	373.83
121	3300.00	368.96	374.28	372.45	369.19	374.99	373.04

122	3375.00	368.44	373.46	371.74	368.54	374.12	372.29
123	3450.00	367.93	372.69	371.06	368.13	373.31	371.58
124	3525.00	367.43	371.96	370.42	367.51	372.54	370.90
125	3600.00	366.93	371.27	369.79	367.11	371.82	370.25

表 3. 2. 4 計算結果の FINAS 解との比較 (検証解析 2、 T_B , $T_{P,H}$, $T_{P,I}$)

STEP	TIME	計算値			FINAS 解		
		DELT1	DT2.H	DT2.I	DELT1	DT2.H	DT2.I
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	7.00	-0.51	-1.64	-0.31	-0.68	-1.72	-0.22
3	14.00	-1.35	-2.66	-0.70	-1.75	-2.61	-0.55
4	21.00	-2.45	-3.45	-1.10	-2.86	-3.39	-0.87
5	28.00	-3.48	-4.01	-1.38	-3.83	-3.39	-1.14
6	35.20	-4.68	-4.32	-1.62	-5.00	-4.37	-1.45
7	42.40	-5.83	-4.51	-1.83	-6.08	-4.20	-1.71
8	49.60	-6.96	-4.68	-2.02	-7.15	-4.82	-1.96
9	56.80	-8.07	-4.83	-2.21	-8.19	-4.70	-2.19
10	64.00	-9.17	-4.98	-2.39	-9.22	-5.22	-2.41
11	71.20	-10.25	-5.13	-2.57	-10.24	-5.13	-2.61
12	78.40	-11.32	-5.27	-2.75	-11.26	-5.60	-2.81
13	85.60	-12.38	-5.41	-2.92	-12.25	-5.53	-3.00
14	92.80	-13.42	-5.55	-3.08	-13.25	-5.95	-3.19
15	100.00	-14.45	-5.68	-3.25	-14.23	-5.90	-3.37
16	122.00	-17.35	-5.86	-3.68	-17.03	-6.43	-3.85
17	144.00	-19.95	-6.02	-4.05	-19.53	-6.44	-4.26
18	166.00	-22.33	-6.20	-4.39	-21.86	-6.94	-4.63
19	188.00	-24.54	-6.39	-4.70	-24.02	-6.99	-4.98
20	210.00	-26.62	-6.59	-5.01	-26.07	-7.48	-5.32
21	232.00	-28.58	-6.80	-5.30	-28.01	-7.54	-5.64
22	254.00	-30.44	-7.00	-5.58	-29.87	-8.02	-5.95
23	276.00	-32.22	-7.20	-5.85	-31.63	-8.08	-6.25
24	298.00	-33.91	-7.40	-6.11	-33.33	-8.54	-6.54
25	320.00	-35.53	-7.59	-6.36	-34.95	-8.59	-6.82
26	338.00	-36.72	-7.62	-6.53	-36.16	-8.87	-7.01
27	356.00	-37.77	-7.64	-6.67	-37.22	-8.73	-7.17
28	374.00	-38.71	-7.68	-6.79	-38.19	-8.99	-7.32
29	392.00	-39.58	-7.72	-6.91	-39.08	-8.88	-7.45
30	410.00	-40.39	-7.77	-7.02	-39.92	-9.15	-7.58
31	428.00	-41.16	-7.83	-7.12	-40.70	-9.06	-7.70
32	446.00	-41.87	-7.90	-7.22	-41.45	-9.33	-7.82
33	464.00	-42.56	-7.96	-7.32	-42.15	-9.25	-7.94
34	482.00	-43.21	-8.03	-7.42	-42.83	-9.52	-8.05
35	500.00	-43.83	-8.10	-7.51	-43.48	-9.43	-8.16
36	520.00	-44.41	-8.05	-7.59	-44.10	-9.60	-8.25
37	540.00	-44.85	-8.00	-7.63	-44.58	-9.39	-8.31
38	560.00	-45.21	-7.97	-7.67	-44.99	-9.55	-8.36
39	580.00	-45.52	-7.95	-7.70	-45.33	-9.37	-8.40

40	600.00	-45.78	-7.94	-7.72	-45.64	-9.55	-8.44
41	620.00	-46.01	-7.94	-7.75	-45.90	-9.40	-8.47
42	640.00	-46.22	-7.95	-7.77	-46.15	-9.58	-8.51
43	660.00	-46.41	-7.95	-7.80	-46.38	-9.44	-8.54
44	680.00	-46.58	-7.97	-7.82	-46.59	-9.63	-8.58
45	700.00	-46.75	-7.98	-7.84	-46.79	-9.49	-8.61
46	715.00	-46.82	-7.92	-7.85	-46.90	-9.60	-8.62
47	730.00	-46.84	-7.86	-7.84	-46.94	-9.38	-8.61
48	745.00	-46.82	-7.80	-7.82	-46.95	-9.49	-8.60
49	760.00	-46.77	-7.75	-7.80	-46.94	-9.29	-8.59
50	775.00	-46.71	-7.71	-7.78	-46.91	-9.40	-8.57
51	790.00	-46.63	-7.67	-7.76	-46.86	-9.21	-8.55
52	805.00	-46.55	-7.64	-7.74	-46.80	-9.33	-8.54
53	820.00	-46.45	-7.61	-7.72	-46.74	-9.16	-8.52
54	835.00	-46.36	-7.59	-7.70	-46.67	-9.28	-8.50
55	850.00	-46.26	-7.56	-7.68	-46.60	-9.12	-8.49
56	865.00	-46.12	-7.48	-7.65	-46.49	-9.18	-8.46
57	880.00	-45.93	-7.39	-7.60	-46.33	-8.95	-8.42
58	895.00	-45.71	-7.31	-7.56	-46.14	-9.01	-8.37
59	910.00	-45.48	-7.24	-7.51	-45.93	-8.79	-8.33
60	925.00	-45.23	-7.18	-7.46	-45.71	-8.86	-8.28
61	940.00	-44.97	-7.12	-7.41	-45.48	-8.66	-8.23
62	955.00	-44.71	-7.07	-7.36	-45.25	-8.74	-8.18
63	970.00	-44.45	-7.02	-7.31	-45.01	-8.55	-8.13
64	985.00	-44.19	-6.97	-7.27	-44.77	-8.64	-8.09
65	1000.00	-43.93	-6.93	-7.22	-44.53	-8.46	-8.04
66	1015.00	-43.63	-6.82	-7.17	-44.26	-8.47	-7.99
67	1030.00	-43.28	-6.70	-7.10	-43.93	-8.21	-7.92
68	1045.00	-42.89	-6.59	-7.02	-43.57	-8.23	-7.84
69	1060.00	-42.49	-6.49	-6.95	-43.19	-7.99	-7.76
70	1075.00	-42.08	-6.41	-6.87	-42.80	-8.02	-7.68
71	1090.00	-41.66	-6.32	-6.79	-42.41	-7.80	-7.60
72	1105.00	-41.24	-6.25	-6.72	-42.01	-7.84	-7.53
73	1120.00	-40.82	-6.18	-6.65	-41.61	-7.63	-7.45
74	1135.00	-40.41	-6.11	-6.58	-41.22	-7.68	-7.38
75	1150.00	-40.00	-6.05	-6.51	-40.83	-7.48	-7.31
76	1185.00	-38.89	-5.74	-6.31	-39.78	-7.28	-7.10
77	1220.00	-37.64	-5.47	-6.08	-38.57	-6.84	-6.86
78	1255.00	-36.37	-5.25	-5.86	-37.35	-6.71	-6.63
79	1290.00	-35.13	-5.06	-5.66	-36.14	-6.35	-6.41
80	1325.00	-33.94	-4.89	-5.46	-34.98	-6.27	-6.20

81	1360.00	-32.80	-4.74	-5.28	-33.86	-5.96	-6.00
82	1395.00	-31.73	-4.60	-5.11	-32.81	-5.91	-5.82
83	1430.00	-30.71	-4.47	-4.95	-31.81	-5.63	-5.64
84	1465.00	-29.75	-4.35	-4.80	-30.87	-5.60	-5.48
85	1500.00	-28.86	-4.23	-4.66	-29.97	-5.34	-5.33
86	1534.00	-27.97	-4.07	-4.52	-29.07	-5.23	-5.16
87	1568.00	-27.08	-3.92	-4.37	-28.11	-4.90	-4.98
88	1602.00	-26.21	-3.79	-4.22	-27.16	-4.84	-4.80
89	1636.00	-25.37	-3.68	-4.09	-26.24	-4.55	-4.64
90	1670.00	-24.55	-3.54	-3.95	-25.35	-4.52	-4.48
91	1704.00	-23.72	-3.40	-3.81	-24.51	-4.26	-4.33
92	1738.00	-22.89	-3.27	-3.68	-23.71	-4.25	-4.19
93	1772.00	-22.10	-3.16	-3.55	-22.95	-4.01	-4.06
94	1806.00	-21.34	-3.06	-3.43	-22.24	-4.01	-3.94
95	1840.00	-20.63	-2.96	-3.32	-21.56	-3.79	-3.82
96	1874.00	-19.95	-2.88	-3.21	-20.92	-3.80	-3.71
97	1908.00	-19.31	-2.80	-3.11	-20.32	-3.59	-3.61
98	1942.00	-18.70	-2.72	-3.01	-19.75	-3.61	-3.51
99	1976.00	-18.13	-2.65	-2.93	-19.21	-3.41	-3.41
100	2010.00	-17.60	-2.58	-2.84	-18.70	-3.45	-3.33
101	2066.00	-16.63	-2.37	-2.67	-17.76	-3.08	-3.15
102	2122.00	-15.63	-2.20	-2.50	-16.73	-2.97	-2.95
103	2178.00	-14.67	-2.07	-2.35	-15.75	-2.69	-2.77
104	2234.00	-13.79	-1.95	-2.21	-14.83	-2.64	-2.61
105	2290.00	-12.99	-1.85	-2.08	-13.99	-2.40	-2.47
106	2346.00	-12.27	-1.76	-1.97	-13.23	-2.39	-2.33
107	2402.00	-11.61	-1.68	-1.87	-12.53	-2.16	-2.21
108	2458.00	-11.01	-1.60	-1.78	-11.90	-2.17	-2.10
109	2514.00	-10.48	-1.54	-1.69	-11.32	-1.97	-2.01
110	2570.00	-9.99	-1.47	-1.62	-10.80	-2.00	-1.92
111	2626.00	-9.55	-1.42	-1.55	-10.32	-1.81	-1.83
112	2682.00	-9.16	-1.37	-1.49	-9.89	-1.85	-1.76
113	2738.00	-8.80	-1.33	-1.43	-9.50	-1.68	-1.69
114	2794.00	-8.47	-1.29	-1.38	-9.14	-1.73	-1.63
115	2850.00	-8.18	-1.25	-1.33	-8.81	-1.57	-1.57
116	2925.00	-7.67	-1.11	-1.24	-8.29	-1.53	-1.47
117	3000.00	-7.12	-1.02	-1.15	-7.69	-1.30	-1.35
118	3075.00	-6.60	-0.95	-1.06	-7.14	-1.32	-1.26
119	3150.00	-6.15	-0.89	-0.99	-6.65	-1.13	-1.17
120	3225.00	-5.75	-0.84	-0.93	-6.22	-1.17	-1.10
121	3300.00	-5.39	-0.80	-0.87	-5.84	-1.00	-1.03

122	3375.00	-5.09	-0.76	-0.83	-5.51	-1.06	-0.98
123	3450.00	-4.82	-0.73	-0.78	-5.21	-0.90	-0.93
124	3525.00	-4.59	-0.70	-0.75	-4.95	-0.97	-0.88
125	3600.00	-4.38	-0.67	-0.72	-4.72	-0.82	-0.84

表 3. 2. 5 計算結果の F I N A S 解との比較 (検証解析 2、 σ_H 、 σ_I 、 σ_B)

STEP	T(sec)	計算値			FINAS解		
		SIG. H	SIG. I	SIG. B	SIG. H	SIG. I	SIG. B
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	7.00	0.89	0.02	0.12	0.97	-0.06	0.16
3	14.00	1.57	0.01	0.32	1.64	-0.16	0.41
4	21.00	2.20	-0.06	0.58	2.27	-0.27	0.67
5	28.00	2.71	-0.17	0.82	2.49	-0.38	0.89
6	35.20	3.13	-0.34	1.10	3.22	-0.51	1.16
7	42.40	3.49	-0.51	1.37	3.38	-0.64	1.41
8	49.60	3.84	-0.69	1.64	3.93	-0.78	1.66
9	56.80	4.17	-0.86	1.90	4.11	-0.92	1.90
10	64.00	4.50	-1.03	2.16	4.60	-1.07	2.14
11	71.20	4.83	-1.20	2.41	4.79	-1.21	2.38
12	78.40	5.15	-1.37	2.66	5.25	-1.36	2.61
13	85.60	5.46	-1.54	2.91	5.44	-1.51	2.84
14	92.80	5.77	-1.71	3.16	5.88	-1.66	3.07
15	100.00	6.08	-1.87	3.40	6.07	-1.81	3.30
16	122.00	6.84	-2.35	4.08	6.98	-2.25	3.95
17	144.00	7.53	-2.79	4.69	7.56	-2.65	4.53
18	166.00	8.17	-3.19	5.25	8.33	-3.03	5.06
19	188.00	8.78	-3.56	5.78	8.85	-3.38	5.56
20	210.00	9.37	-3.91	6.26	9.56	-3.71	6.04
21	232.00	9.92	-4.23	6.73	10.03	-4.02	6.49
22	254.00	10.46	-4.54	7.16	10.70	-4.32	6.92
23	276.00	10.97	-4.83	7.58	11.13	-4.60	7.33
24	298.00	11.46	-5.11	7.98	11.74	-4.87	7.72
25	320.00	11.94	-5.37	8.36	12.14	-5.12	8.10
26	338.00	12.23	-5.57	8.64	12.56	-5.32	8.38
27	356.00	12.49	-5.75	8.89	12.72	-5.50	8.62
28	374.00	12.72	-5.91	9.11	13.08	-5.66	8.84
29	392.00	12.95	-6.07	9.32	13.23	-5.81	9.05
30	410.00	13.17	-6.20	9.51	13.56	-5.95	9.24
31	428.00	13.37	-6.33	9.69	13.68	-6.08	9.42
32	446.00	13.57	-6.45	9.85	14.00	-6.20	9.60
33	464.00	13.76	-6.57	10.02	14.11	-6.31	9.76
34	482.00	13.95	-6.68	10.17	14.40	-6.42	9.92
35	500.00	14.13	-6.78	10.31	14.51	-6.53	10.07
36	520.00	14.24	-6.88	10.45	14.73	-6.63	10.21
37	540.00	14.32	-6.96	10.56	14.74	-6.71	10.32
38	560.00	14.39	-7.03	10.64	14.92	-6.79	10.42
39	580.00	14.45	-7.09	10.71	14.90	-6.85	10.50

7S1. XLS

40	600.00	14.51	-7.14	10.77	15.07	-6.91	10.57
41	620.00	14.57	-7.18	10.83	15.05	-6.95	10.63
42	640.00	14.62	-7.22	10.88	15.20	-7.00	10.69
43	660.00	14.67	-7.25	10.92	15.18	-7.03	10.74
44	680.00	14.71	-7.28	10.96	15.32	-7.07	10.79
45	700.00	14.76	-7.31	11.00	15.30	-7.10	10.83
46	715.00	14.75	-7.33	11.02	15.38	-7.12	10.86
47	730.00	14.72	-7.33	11.02	15.28	-7.13	10.87
48	745.00	14.69	-7.34	11.02	15.34	-7.14	10.87
49	760.00	14.66	-7.34	11.01	15.23	-7.14	10.87
50	775.00	14.62	-7.33	10.99	15.29	-7.14	10.86
51	790.00	14.59	-7.32	10.97	15.18	-7.14	10.85
52	805.00	14.55	-7.31	10.95	15.24	-7.14	10.84
53	820.00	14.52	-7.30	10.93	15.13	-7.13	10.82
54	835.00	14.48	-7.29	10.91	15.18	-7.12	10.81
55	850.00	14.45	-7.27	10.89	15.08	-7.11	10.79
56	865.00	14.38	-7.26	10.85	15.09	-7.10	10.76
57	880.00	14.29	-7.23	10.81	14.93	-7.08	10.73
58	895.00	14.20	-7.20	10.76	14.93	-7.05	10.68
59	910.00	14.11	-7.17	10.70	14.77	-7.03	10.63
60	925.00	14.02	-7.13	10.64	14.76	-7.00	10.58
61	940.00	13.94	-7.10	10.58	14.60	-6.97	10.53
62	955.00	13.85	-7.06	10.52	14.59	-6.93	10.48
63	970.00	13.77	-7.02	10.46	14.44	-6.90	10.42
64	985.00	13.68	-6.98	10.40	14.44	-6.86	10.37
65	1000.00	13.60	-6.94	10.34	14.29	-6.83	10.31
66	1015.00	13.48	-6.89	10.27	14.24	-6.79	10.25
67	1030.00	13.34	-6.84	10.18	14.03	-6.74	10.17
68	1045.00	13.20	-6.79	10.09	13.96	-6.69	10.09
69	1060.00	13.06	-6.73	10.00	13.76	-6.64	10.00
70	1075.00	12.92	-6.67	9.90	13.69	-6.58	9.91
71	1090.00	12.78	-6.61	9.80	13.48	-6.53	9.82
72	1105.00	12.65	-6.54	9.71	13.42	-6.47	9.73
73	1120.00	12.51	-6.48	9.61	13.22	-6.41	9.63
74	1135.00	12.39	-6.41	9.51	13.16	-6.35	9.54
75	1150.00	12.26	-6.35	9.41	12.97	-6.29	9.45
76	1185.00	11.85	-6.18	9.15	12.64	-6.14	9.21
77	1220.00	11.43	-6.00	8.86	12.14	-5.96	8.93
78	1255.00	11.03	-5.80	8.56	11.81	-5.78	8.65
79	1290.00	10.65	-5.61	8.27	11.35	-5.60	8.37
80	1325.00	10.29	-5.42	7.99	11.06	-5.42	8.10

7S1. XLS

81	1360.00	9.95	-5.23	7.72	10.64	-5.25	7.84
82	1395.00	9.63	-5.06	7.47	10.38	-5.08	7.60
83	1430.00	9.33	-4.90	7.23	10.01	-4.92	7.36
84	1465.00	9.05	-4.74	7.00	9.79	-4.78	7.15
85	1500.00	8.78	-4.60	6.79	9.45	-4.64	6.94
86	1534.00	8.50	-4.46	6.58	9.20	-4.50	6.73
87	1568.00	8.22	-4.32	6.37	8.81	-4.36	6.51
88	1602.00	7.95	-4.18	6.17	8.57	-4.21	6.29
89	1636.00	7.70	-4.05	5.97	8.21	-4.07	6.07
90	1670.00	7.45	-3.92	5.78	8.00	-3.93	5.87
91	1704.00	7.18	-3.79	5.58	7.67	-3.80	5.67
92	1738.00	6.93	-3.66	5.39	7.49	-3.68	5.49
93	1772.00	6.69	-3.53	5.20	7.19	-3.56	5.31
94	1806.00	6.46	-3.41	5.02	7.04	-3.45	5.15
95	1840.00	6.25	-3.29	4.85	6.77	-3.34	4.99
96	1874.00	6.05	-3.18	4.69	6.64	-3.24	4.84
97	1908.00	5.86	-3.08	4.54	6.39	-3.14	4.70
98	1942.00	5.68	-2.98	4.40	6.28	-3.06	4.57
99	1976.00	5.51	-2.89	4.27	6.05	-2.97	4.45
100	2010.00	5.36	-2.80	4.14	5.96	-2.89	4.33
101	2066.00	5.03	-2.66	3.91	5.56	-2.75	4.11
102	2122.00	4.72	-2.50	3.68	5.27	-2.60	3.87
103	2178.00	4.43	-2.35	3.45	4.90	-2.45	3.65
104	2234.00	4.17	-2.21	3.25	4.68	-2.30	3.43
105	2290.00	3.93	-2.08	3.06	4.36	-2.17	3.24
106	2346.00	3.71	-1.96	2.89	4.19	-2.05	3.06
107	2402.00	3.52	-1.85	2.73	3.91	-1.94	2.90
108	2458.00	3.35	-1.76	2.59	3.78	-1.84	2.75
109	2514.00	3.19	-1.67	2.47	3.54	-1.75	2.62
110	2570.00	3.05	-1.59	2.35	3.44	-1.67	2.50
111	2626.00	2.92	-1.52	2.25	3.24	-1.60	2.39
112	2682.00	2.80	-1.46	2.15	3.17	-1.53	2.29
113	2738.00	2.69	-1.40	2.07	2.98	-1.47	2.20
114	2794.00	2.60	-1.34	1.99	2.94	-1.41	2.12
115	2850.00	2.51	-1.30	1.93	2.78	-1.36	2.04
116	2925.00	2.33	-1.22	1.81	2.64	-1.28	1.92
117	3000.00	2.16	-1.14	1.68	2.38	-1.19	1.78
118	3075.00	2.00	-1.05	1.55	2.28	-1.11	1.65
119	3150.00	1.87	-0.98	1.45	2.06	-1.03	1.54
120	3225.00	1.75	-0.92	1.35	1.99	-0.96	1.44
121	3300.00	1.65	-0.86	1.27	1.82	-0.90	1.35

7S1.XLS

122	3375.00	1.56	-0.81	1.20	1.78	-0.85	1.27
123	3450.00	1.48	-0.77	1.13	1.62	-0.81	1.21
124	3525.00	1.41	-0.73	1.08	1.61	-0.77	1.15
125	3600.00	1.35	-0.69	1.03	1.48	-0.73	1.09

HA7S-TH、TI、TM (FINASとの比較)

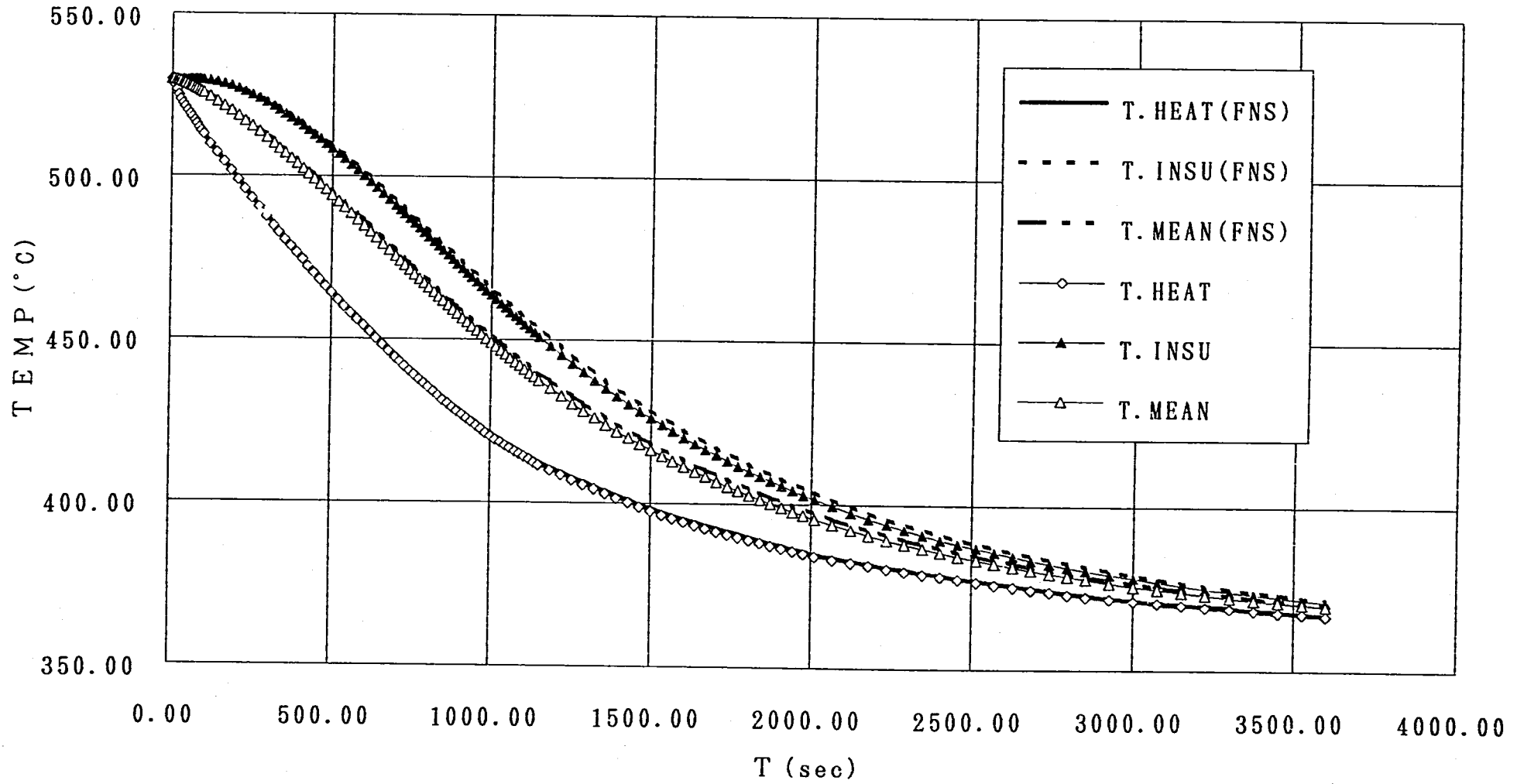
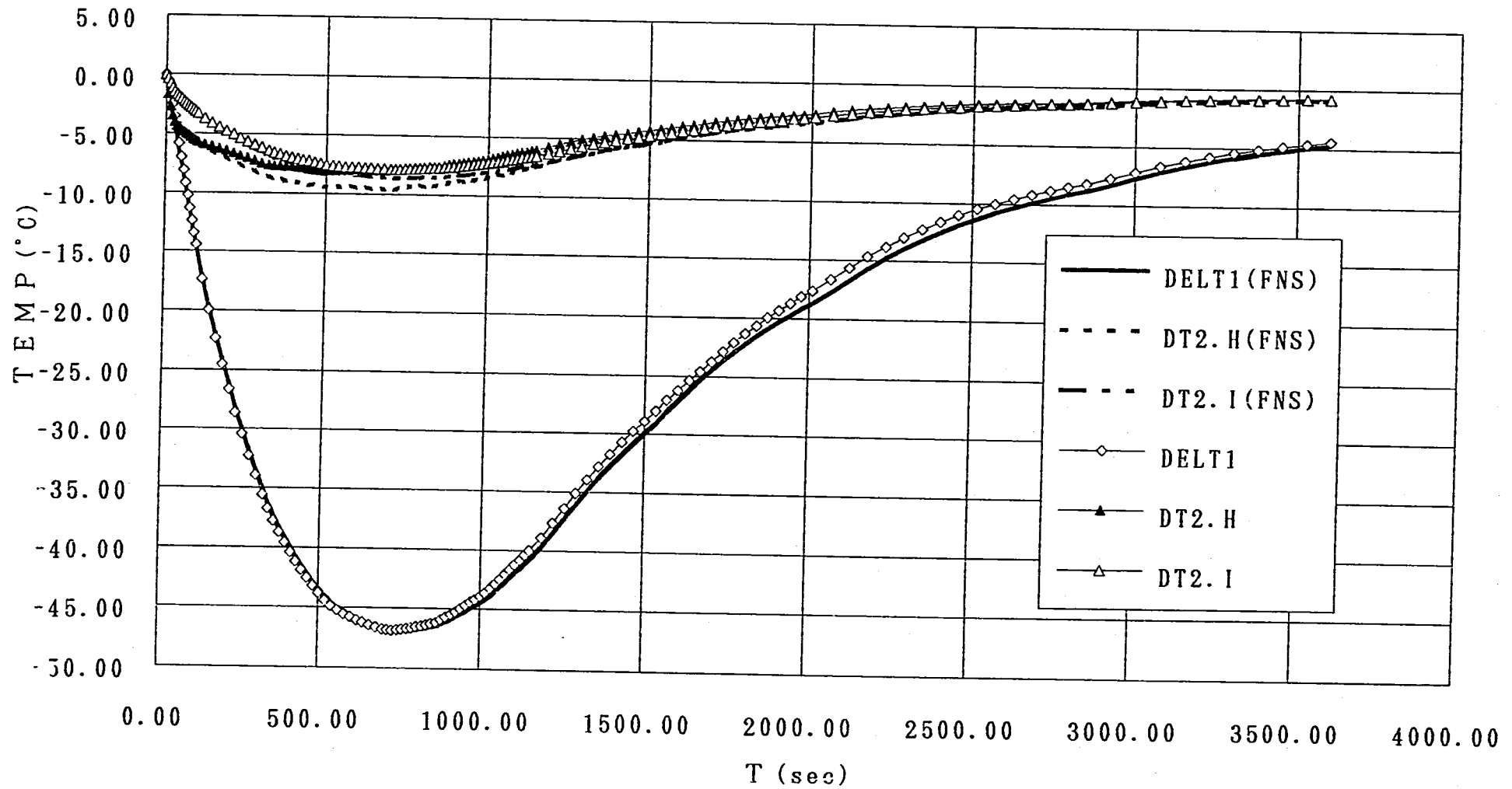


図3. 2. 1 計算結果のFINAS解との比較 (検証解析2、 T_H 、 T_I 、 T_M)

-52-

HA7S-DELTA1, DT2H, DT2I (FINASとの比較)

図3. 2. 2 計算結果のFINAS解との比較 (検証解析2、 T_B , $T_{P.H}$, $T_{P.I}$)

HA7S-SiG.H、SiG.I、SiG.B(FINASとの比較)

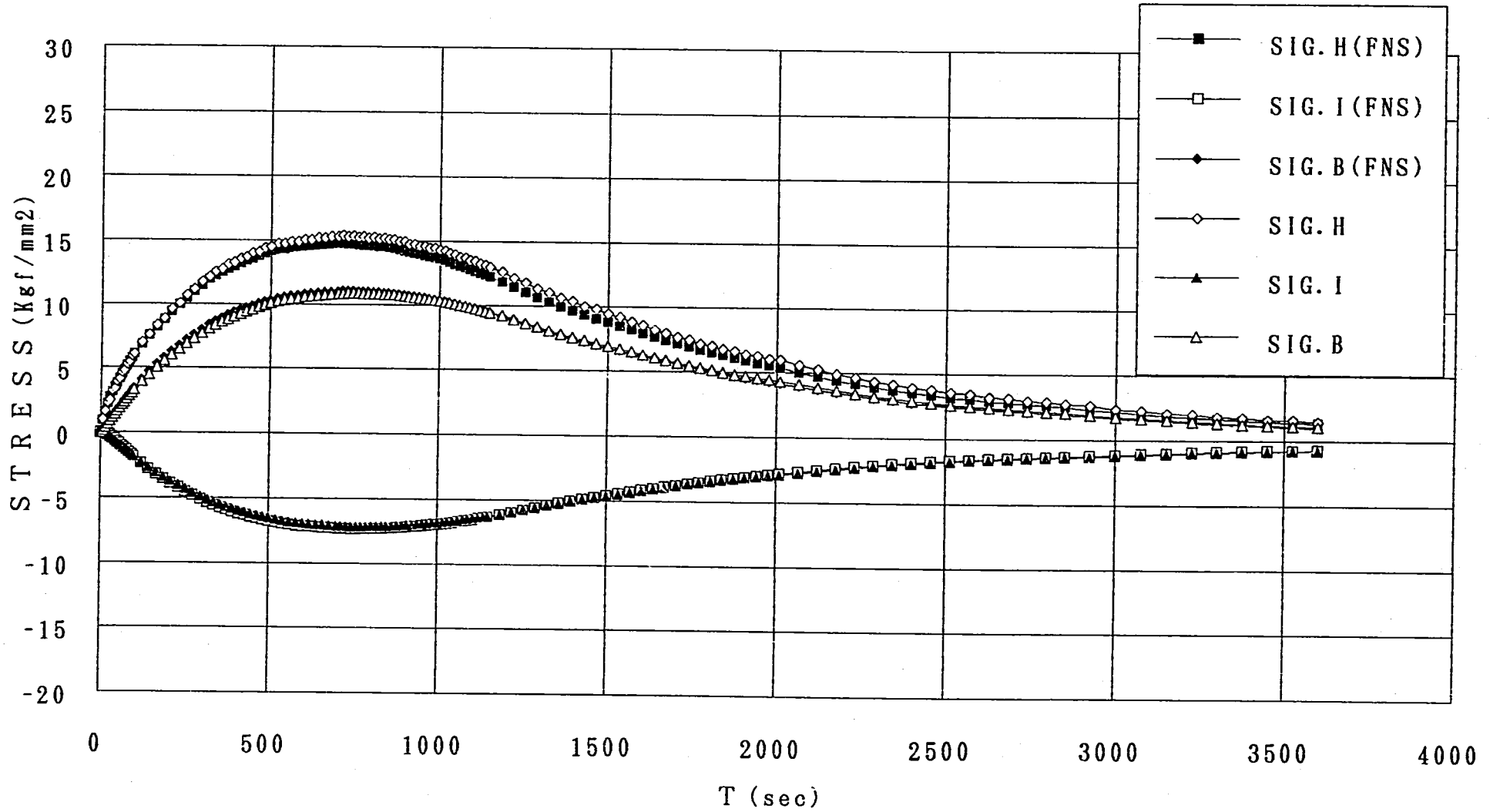


図3. 2. 3 計算結果のFINAS解との比較 (検証解析2、 σ_H 、 σ_I 、 σ_B)

表 3. 3. 1 熱伝達係数の時間変化 (検証解析 3)

t_k (sec)	$h_{2,k}$ (kcal/mm ² sec°C)
$t_0 = 0.0$	
0.9	2.389E-6
2.9	2.222E-6
5.9	1.944E-6
9.9	1.722E-6
19.9	1.194E-6
39.9	0.772E-6
79.9	0.500E-6
900.0	0.444E-6

表 3. 3. 2 流体温度の時間変化 (検証解析 3)

t (sec)	T_{Na} (°C)
0.0	530.0
4.0	527.7
18.0	510.0
28.0	501.5
40.0	495.0
55.0	490.0
80.0	485.7
100.0	482.9
200.0	471.0
300.0	460.0
400.0	449.5
500.0	440.3
600.0	432.0
900.0	410.0

表 3. 3. 3 計算結果の FINAS 解との比較 (検証解析 3、 T_H 、 T_I 、 T_M)

STEP	TIME	計算値			FINAS 解		
		T. HEAT	T. INSU	T. MEAN	T. HEAT	T. INSU	T. MEAN
1	0.00	530.00	530.00	530.00	530.00	530.00	530.00
2	1.00	529.70	529.99	529.99	529.76	530.00	529.99
3	2.00	529.35	529.98	529.98	529.40	530.00	529.98
4	3.00	528.90	529.96	529.96	529.00	530.00	529.96
5	4.00	528.52	529.92	529.95	528.68	530.00	529.94
6	6.80	526.22	529.77	529.84	526.49	530.00	529.82
7	9.60	523.85	529.70	529.66	524.16	530.00	529.63
8	12.40	521.78	529.38	529.47	521.32	530.00	529.38
9	15.20	519.50	529.35	529.23	520.22	530.00	529.14
10	18.00	517.03	529.35	528.93	516.88	530.00	528.84
11	20.00	515.65	529.23	528.70	515.92	530.00	528.62
12	22.00	515.05	528.94	528.53	516.01	530.00	528.45
13	24.00	514.11	528.90	528.34	514.57	530.00	528.25
14	26.00	513.07	528.91	528.14	513.68	530.00	528.05
15	28.00	511.96	528.94	527.92	512.30	530.00	527.84
16	30.40	510.79	528.98	527.66	511.17	530.00	527.57
17	32.80	509.69	529.04	527.38	509.89	530.00	527.31
18	35.20	508.60	529.09	527.11	508.86	530.00	527.04
19	37.60	507.52	529.15	526.82	507.65	530.00	526.77
20	40.00	506.81	529.12	526.54	506.62	530.00	526.49
21	41.90	507.16	528.98	526.38	507.95	530.00	526.34
22	43.80	506.94	528.99	526.21	506.94	530.00	526.18
23	45.60	506.60	529.02	526.04	507.15	530.00	526.01
24	47.50	506.21	529.06	525.86	506.24	529.99	525.84
25	49.40	505.79	529.10	525.69	506.20	529.99	525.67
26	51.30	505.34	529.15	525.51	505.36	529.99	525.50
27	53.10	504.88	529.19	525.32	505.21	529.98	525.33
28	55.00	504.41	529.23	525.14	504.41	529.98	525.15
29	58.10	503.73	529.29	524.83	503.98	529.97	524.86
30	61.30	503.09	529.35	524.53	503.05	529.96	524.57
31	64.40	502.48	529.39	524.22	502.69	529.94	524.28
32	67.50	501.89	529.43	523.92	501.83	529.92	523.99
33	70.60	501.31	529.45	523.62	501.49	529.90	523.71
34	73.80	500.73	529.47	523.32	500.67	529.87	523.43
35	76.90	500.17	529.47	523.02	500.34	529.84	523.14
36	80.00	499.75	529.46	522.72	499.55	529.80	522.86
37	82.00	499.75	529.44	522.55	500.00	529.77	522.70
38	84.00	499.54	529.44	522.37	499.36	529.74	522.53
39	86.00	499.29	529.43	522.20	499.49	529.71	522.37

40	88.00	499.03	529.42	522.02	498.89	529.68	522.20
41	90.00	498.75	529.40	521.85	498.94	529.64	522.04
42	92.00	498.48	529.38	521.67	498.38	529.60	521.87
43	94.00	498.20	529.35	521.49	498.39	529.56	521.70
44	96.00	497.92	529.32	521.32	497.84	529.52	521.54
45	98.00	497.64	529.29	521.14	497.83	529.48	521.37
46	100.00	497.35	529.25	520.96	497.31	529.43	521.20
47	110.00	496.02	529.02	520.09	496.24	529.16	520.37
48	120.00	494.74	528.72	519.22	494.75	528.84	519.55
49	130.00	493.50	528.36	518.35	493.76	528.47	518.73
50	140.00	492.28	527.94	517.49	492.33	528.06	517.91
51	150.00	491.08	527.48	516.63	491.39	527.60	517.09
52	160.00	489.89	526.98	515.76	489.99	527.11	516.26
53	170.00	488.73	526.43	514.90	489.07	526.59	515.44
54	180.00	487.57	525.86	514.04	487.71	526.03	514.62
55	190.00	486.42	525.26	513.17	486.80	525.46	513.79
56	200.00	485.28	524.63	512.30	485.45	524.86	512.95
57	210.00	484.17	523.98	511.43	484.58	524.23	512.12
58	220.00	483.09	523.31	510.56	483.29	523.59	511.28
59	230.00	482.01	522.62	509.69	482.45	522.94	510.45
60	240.00	480.95	521.92	508.81	481.18	522.26	509.61
61	250.00	479.88	521.20	507.94	480.34	521.58	508.76
62	260.00	478.83	520.46	507.06	479.08	520.88	507.92
63	270.00	477.77	519.71	506.18	478.25	520.16	507.07
64	280.00	476.72	518.96	505.29	477.00	519.44	506.22
65	290.00	475.67	518.19	504.40	476.17	518.71	505.36
66	300.00	474.62	517.41	503.51	474.92	517.96	504.51
67	306.70	473.93	516.89	502.92	474.45	517.46	503.93
68	313.30	473.24	516.36	502.33	473.56	516.96	503.36
69	320.00	472.56	515.83	501.73	473.09	516.45	502.78
70	326.70	471.88	515.29	501.13	472.22	515.94	502.20
71	333.30	471.20	514.75	500.54	471.74	515.42	501.63
72	340.00	470.52	514.21	499.94	470.87	514.91	501.05
73	346.70	469.85	513.67	499.34	470.40	514.38	500.47
74	353.30	469.17	513.12	498.74	469.53	513.86	499.89
75	360.00	468.49	512.57	498.14	469.06	513.33	499.31
76	366.70	467.82	512.02	497.53	468.20	512.80	498.72
77	373.30	467.14	511.46	496.93	467.72	512.27	498.14
78	380.00	466.47	510.91	496.33	466.86	511.74	497.55
79	386.70	465.79	510.35	495.72	466.38	511.20	496.97
80	393.30	465.12	509.78	495.12	465.52	510.66	496.38

15S1.XLS

81	400.00	464.44	509.22	494.51	465.04	510.12	495.79
82	406.70	463.79	508.65	493.90	464.21	509.57	495.20
83	413.30	463.15	508.08	493.30	463.76	509.03	494.61
84	420.00	462.52	507.51	492.69	462.95	508.48	494.03
85	426.70	461.90	506.94	492.09	462.51	507.93	493.44
86	433.30	461.27	506.37	491.48	461.71	507.37	492.85
87	440.00	460.65	505.79	490.88	461.27	506.82	492.27
88	446.70	460.03	505.21	490.28	460.48	506.26	491.68
89	453.30	459.41	504.63	489.67	460.04	505.70	491.09
90	460.00	458.79	504.05	489.07	459.25	505.14	490.51
91	466.70	458.18	503.47	488.47	458.81	504.58	489.92
92	473.30	457.56	502.89	487.87	458.03	504.02	489.34
93	480.00	456.94	502.30	487.27	457.59	503.45	488.75
94	486.70	456.33	501.72	486.66	456.81	502.89	488.16
95	493.30	455.72	501.13	486.06	456.37	502.32	487.58
96	500.00	455.10	500.54	485.46	455.60	501.75	486.99
97	506.70	454.51	499.95	484.86	455.17	501.18	486.40
98	513.30	453.92	499.36	484.26	454.42	500.61	485.82
99	520.00	453.34	498.77	483.66	454.01	500.04	485.23
100	526.70	452.76	498.18	483.06	453.27	499.47	484.65
101	533.30	452.18	497.58	482.47	452.86	498.90	484.07
102	540.00	451.61	496.99	481.87	452.13	498.32	483.49
103	546.70	451.03	496.40	481.28	451.71	497.75	482.91
104	553.30	450.46	495.80	480.69	450.99	497.17	482.33
105	560.00	449.89	495.21	480.09	450.58	496.59	481.75
106	566.70	449.32	494.61	479.50	449.86	496.02	481.17
107	573.30	448.75	494.02	478.91	449.44	495.44	480.59
108	580.00	448.18	493.42	478.32	448.73	494.86	480.01
109	586.70	447.61	492.83	477.73	448.31	494.28	479.43
110	593.30	447.05	492.23	477.14	447.60	493.71	478.86
111	600.00	446.48	491.64	476.55	447.19	493.13	478.28
112	621.40	444.75	489.72	474.67	445.31	491.27	476.44
113	642.90	443.06	487.81	472.80	443.78	489.40	474.61
114	664.30	441.38	485.90	470.96	441.96	487.54	472.79
115	685.70	439.72	483.99	469.12	440.46	485.69	470.99
116	707.10	438.06	482.09	467.29	438.66	483.83	469.19
117	728.60	436.41	480.20	465.48	437.17	481.98	467.41
118	750.00	434.77	478.32	463.68	435.38	480.14	465.63
119	771.40	433.13	476.45	461.88	433.90	478.31	463.86
120	792.90	431.49	474.58	460.10	432.12	476.48	462.10
121	814.30	429.85	472.73	458.32	430.64	474.66	460.34

15S1.XLS

122	835.70	428.22	470.88	456.55	428.86	472.85	458.59
123	857.10	426.59	469.05	454.79	427.39	471.05	456.85
124	878.60	424.97	467.23	453.03	425.62	469.26	455.12
125	900.00	423.34	465.41	451.28	424.15	467.47	453.39

表 3. 3. 4 計算結果の F I N A S 解との比較 (検証解析 3、 T_B 、 $T_{P.H}$ 、 $T_{P.I}$)

STEP	TIME	計算値			FINAS解		
		DELT1	DT2.H	DT2.I	DELT1	DT2.H	DT2.I
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1.00	-0.03	-0.28	-0.02	-0.03	-0.22	-0.01
3	2.00	-0.10	-0.58	-0.05	-0.11	-0.53	-0.04
4	3.00	-0.20	-0.97	-0.10	-0.22	-0.85	-0.07
5	4.00	-0.30	-1.28	-0.17	-0.34	-1.10	-0.11
6	6.80	-0.87	-3.18	-0.50	-1.00	-2.83	-0.33
7	9.60	-1.78	-4.92	-0.85	-1.99	-4.50	-0.65
8	12.40	-2.69	-6.35	-1.43	-3.27	-6.46	-1.05
9	15.20	-3.87	-7.79	-1.82	-4.43	-6.76	-1.40
10	18.00	-5.30	-9.24	-2.22	-5.89	-9.08	-1.85
11	20.00	-6.36	-9.86	-2.65	-6.95	-9.29	-2.16
12	22.00	-7.05	-9.95	-3.11	-7.66	-8.69	-2.36
13	24.00	-7.84	-10.31	-3.36	-8.50	-9.52	-2.59
14	26.00	-8.69	-10.72	-3.58	-9.38	-9.78	-2.84
15	28.00	-9.60	-11.16	-3.79	-10.30	-10.50	-3.09
16	30.40	-10.71	-11.51	-4.02	-11.40	-10.82	-3.39
17	32.80	-11.81	-11.79	-4.25	-12.48	-11.31	-3.68
18	35.20	-12.90	-12.05	-4.46	-13.55	-11.55	-3.96
19	37.60	-14.00	-12.30	-4.67	-14.61	-11.97	-4.23
20	40.00	-15.08	-12.19	-4.96	-15.67	-12.20	-4.49
21	41.90	-15.56	-11.44	-5.18	-16.10	-10.51	-4.56
22	43.80	-16.07	-11.24	-5.26	-16.61	-11.11	-4.66
23	45.60	-16.61	-11.13	-5.33	-17.12	-10.49	-4.76
24	47.50	-17.16	-11.08	-5.38	-17.65	-10.96	-4.86
25	49.40	-17.72	-11.04	-5.44	-18.18	-10.57	-4.96
26	51.30	-18.28	-11.03	-5.50	-18.72	-10.98	-5.07
27	53.10	-18.84	-11.02	-5.55	-19.25	-10.69	-5.17
28	55.00	-19.40	-11.03	-5.61	-19.78	-11.06	-5.27
29	58.10	-20.32	-10.95	-5.70	-20.64	-10.77	-5.43
30	61.30	-21.19	-10.84	-5.77	-21.47	-11.01	-5.57
31	64.40	-22.03	-10.72	-5.85	-22.25	-10.70	-5.70
32	67.50	-22.83	-10.61	-5.91	-23.00	-10.91	-5.82
33	70.60	-23.61	-10.51	-5.97	-23.72	-10.61	-5.92
34	73.80	-24.36	-10.41	-6.03	-24.43	-10.80	-6.02
35	76.90	-25.08	-10.31	-6.09	-25.10	-10.52	-6.12
36	80.00	-25.78	-10.09	-6.15	-25.75	-10.71	-6.21
37	82.00	-26.12	-9.74	-6.17	-26.05	-9.95	-6.23
38	84.00	-26.47	-9.60	-6.17	-26.37	-10.26	-6.25
39	86.00	-26.81	-9.50	-6.18	-26.68	-9.82	-6.28

40	88.00	-27.15	-9.42	-6.18	-27.00	-10.09	-6.31
41	90.00	-27.49	-9.35	-6.19	-27.30	-9.73	-6.33
42	92.00	-27.82	-9.28	-6.20	-27.61	-9.98	-6.36
43	94.00	-28.15	-9.22	-6.21	-27.90	-9.66	-6.38
44	96.00	-28.46	-9.17	-6.23	-28.20	-9.89	-6.41
45	98.00	-28.78	-9.12	-6.24	-28.49	-9.60	-6.44
46	100.00	-29.08	-9.07	-6.25	-28.78	-9.81	-6.46
47	110.00	-30.51	-8.81	-6.32	-30.10	-9.40	-6.58
48	120.00	-31.77	-8.59	-6.38	-31.28	-9.48	-6.68
49	130.00	-32.89	-8.41	-6.44	-32.34	-9.13	-6.77
50	140.00	-33.90	-8.26	-6.49	-33.30	-9.27	-6.85
51	150.00	-34.81	-8.14	-6.55	-34.17	-8.97	-6.93
52	160.00	-35.64	-8.05	-6.61	-34.97	-9.15	-7.01
53	170.00	-36.39	-7.98	-6.66	-35.70	-8.89	-7.08
54	180.00	-37.09	-7.92	-6.72	-36.38	-9.10	-7.15
55	190.00	-37.73	-7.89	-6.78	-37.01	-8.87	-7.22
56	200.00	-38.32	-7.86	-6.83	-37.60	-9.10	-7.29
57	210.00	-38.87	-7.82	-6.88	-38.14	-8.87	-7.36
58	220.00	-39.36	-7.79	-6.93	-38.64	-9.07	-7.42
59	230.00	-39.82	-7.76	-6.97	-39.10	-8.86	-7.47
60	240.00	-40.24	-7.75	-7.02	-39.54	-9.08	-7.53
61	250.00	-40.63	-7.74	-7.06	-39.94	-8.87	-7.58
62	260.00	-41.00	-7.73	-7.10	-40.32	-9.10	-7.63
63	270.00	-41.35	-7.73	-7.13	-40.68	-8.90	-7.68
64	280.00	-41.68	-7.74	-7.17	-41.03	-9.13	-7.72
65	290.00	-41.99	-7.75	-7.21	-41.36	-8.95	-7.77
66	300.00	-42.28	-7.76	-7.25	-41.68	-9.18	-7.82
67	306.70	-42.47	-7.76	-7.27	-41.87	-8.99	-7.84
68	313.30	-42.65	-7.76	-7.29	-42.07	-9.20	-7.87
69	320.00	-42.82	-7.76	-7.31	-42.25	-9.01	-7.90
70	326.70	-42.98	-7.76	-7.33	-42.43	-9.22	-7.92
71	333.30	-43.14	-7.76	-7.35	-42.60	-9.03	-7.95
72	340.00	-43.29	-7.77	-7.37	-42.77	-9.24	-7.97
73	346.70	-43.44	-7.77	-7.39	-42.93	-9.06	-8.00
74	353.30	-43.58	-7.78	-7.41	-43.08	-9.26	-8.02
75	360.00	-43.72	-7.78	-7.42	-43.23	-9.08	-8.04
76	366.70	-43.85	-7.79	-7.44	-43.38	-9.29	-8.07
77	373.30	-43.98	-7.80	-7.46	-43.53	-9.11	-8.09
78	380.00	-44.11	-7.80	-7.48	-43.67	-9.32	-8.11
79	386.70	-44.23	-7.81	-7.49	-43.81	-9.15	-8.13
80	393.30	-44.35	-7.82	-7.51	-43.94	-9.35	-8.15

81	400.00	-44.47	-7.83	-7.53	-44.07	-9.18	-8.17
82	406.70	-44.58	-7.82	-7.54	-44.20	-9.36	-8.19
83	413.30	-44.68	-7.80	-7.55	-44.31	-9.17	-8.21
84	420.00	-44.76	-7.79	-7.56	-44.41	-9.34	-8.22
85	426.70	-44.84	-7.77	-7.56	-44.50	-9.15	-8.23
86	433.30	-44.91	-7.76	-7.57	-44.59	-9.31	-8.24
87	440.00	-44.97	-7.75	-7.57	-44.66	-9.13	-8.25
88	446.70	-45.03	-7.73	-7.58	-44.74	-9.30	-8.26
89	453.30	-45.08	-7.72	-7.58	-44.80	-9.12	-8.26
90	460.00	-45.13	-7.72	-7.58	-44.87	-9.29	-8.27
91	466.70	-45.17	-7.71	-7.59	-44.93	-9.11	-8.27
92	473.30	-45.22	-7.70	-7.59	-44.99	-9.28	-8.28
93	480.00	-45.25	-7.69	-7.59	-45.04	-9.11	-8.29
94	486.70	-45.29	-7.69	-7.59	-45.09	-9.27	-8.29
95	493.30	-45.32	-7.69	-7.60	-45.14	-9.11	-8.30
96	500.00	-45.35	-7.68	-7.60	-45.19	-9.27	-8.30
97	506.70	-45.38	-7.66	-7.60	-45.23	-9.10	-8.31
98	513.30	-45.39	-7.64	-7.60	-45.26	-9.24	-8.31
99	520.00	-45.40	-7.62	-7.59	-45.28	-9.06	-8.31
100	526.70	-45.40	-7.60	-7.59	-45.30	-9.21	-8.31
101	533.30	-45.40	-7.59	-7.58	-45.31	-9.03	-8.30
102	540.00	-45.39	-7.57	-7.58	-45.32	-9.18	-8.30
103	546.70	-45.38	-7.55	-7.57	-45.33	-9.00	-8.30
104	553.30	-45.37	-7.54	-7.57	-45.33	-9.15	-8.29
105	560.00	-45.36	-7.53	-7.56	-45.33	-8.98	-8.29
106	566.70	-45.34	-7.51	-7.55	-45.32	-9.12	-8.29
107	573.30	-45.32	-7.50	-7.55	-45.32	-8.96	-8.28
108	580.00	-45.29	-7.49	-7.54	-45.31	-9.10	-8.28
109	586.70	-45.27	-7.48	-7.53	-45.30	-8.94	-8.27
110	593.30	-45.25	-7.47	-7.53	-45.29	-9.08	-8.27
111	600.00	-45.22	-7.46	-7.52	-45.28	-8.93	-8.27
112	621.40	-45.09	-7.38	-7.49	-45.20	-9.00	-8.24
113	642.90	-44.90	-7.30	-7.45	-45.06	-8.77	-8.20
114	664.30	-44.69	-7.23	-7.40	-44.89	-8.85	-8.16
115	685.70	-44.46	-7.17	-7.36	-44.70	-8.65	-8.12
116	707.10	-44.22	-7.12	-7.31	-44.51	-8.74	-8.08
117	728.60	-43.98	-7.08	-7.27	-44.30	-8.55	-8.04
118	750.00	-43.74	-7.04	-7.23	-44.11	-8.66	-8.00
119	771.40	-43.51	-7.00	-7.19	-43.91	-8.47	-7.97
120	792.90	-43.27	-6.97	-7.15	-43.71	-8.58	-7.93
121	814.30	-43.05	-6.94	-7.11	-43.52	-8.40	-7.90

122	835.70	-42.83	-6.91	-7.08	-43.34	-8.52	-7.86
123	857.10	-42.62	-6.88	-7.05	-43.15	-8.34	-7.83
124	878.60	-42.42	-6.85	-7.01	-42.98	-8.46	-7.80
125	900.00	-42.22	-6.83	-6.98	-42.81	-8.28	-7.77

表3. 3. 5 計算結果のFINAS解との比較(検証解析3、 σ_H 、 σ_I 、 σ_B)

STEP	T(sec)	計算値			FINAS解		
		SIG. H	SIG. I	SIG. B	SIG. H	SIG. I	SIG. B
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	1.00	0.14	0.00	0.01	0.11	0.00	0.01
3	2.00	0.30	0.00	0.02	0.28	-0.01	0.03
4	3.00	0.50	0.00	0.05	0.45	-0.02	0.05
5	4.00	0.67	0.01	0.07	0.60	-0.03	0.08
6	6.80	1.70	0.03	0.21	1.57	-0.08	0.24
7	9.60	2.73	-0.02	0.42	2.59	-0.17	0.47
8	12.40	3.62	0.04	0.63	3.81	-0.28	0.77
9	15.20	4.58	-0.06	0.91	4.21	-0.39	1.03
10	18.00	5.60	-0.20	1.25	5.66	-0.53	1.37
11	20.00	6.14	-0.25	1.50	5.99	-0.63	1.62
12	22.00	6.35	-0.19	1.66	5.88	-0.71	1.78
13	24.00	6.70	-0.26	1.85	6.46	-0.80	1.98
14	26.00	7.09	-0.36	2.05	6.79	-0.90	2.18
15	28.00	7.51	-0.48	2.26	7.34	-1.00	2.40
16	30.40	7.94	-0.63	2.52	7.75	-1.12	2.65
17	32.80	8.33	-0.78	2.78	8.22	-1.24	2.90
18	35.20	8.71	-0.94	3.04	8.59	-1.37	3.15
19	37.60	9.08	-1.10	3.30	9.03	-1.49	3.40
20	40.00	9.29	-1.21	3.55	9.38	-1.62	3.64
21	41.90	9.05	-1.22	3.66	8.68	-1.69	3.74
22	43.80	9.07	-1.31	3.78	9.09	-1.77	3.86
23	45.60	9.15	-1.40	3.91	8.90	-1.84	3.97
24	47.50	9.25	-1.50	4.04	9.27	-1.92	4.10
25	49.40	9.37	-1.61	4.17	9.18	-2.00	4.22
26	51.30	9.49	-1.71	4.30	9.52	-2.08	4.34
27	53.10	9.62	-1.82	4.43	9.49	-2.16	4.46
28	55.00	9.76	-1.93	4.57	9.80	-2.24	4.59
29	58.10	9.93	-2.10	4.78	9.85	-2.37	4.79
30	61.30	10.09	-2.27	4.99	10.17	-2.50	4.98
31	64.40	10.23	-2.43	5.18	10.18	-2.63	5.16
32	67.50	10.37	-2.59	5.37	10.48	-2.75	5.33
33	70.60	10.50	-2.74	5.56	10.48	-2.87	5.50
34	73.80	10.63	-2.89	5.73	10.76	-2.99	5.66
35	76.90	10.76	-3.04	5.90	10.76	-3.11	5.82
36	80.00	10.81	-3.17	6.07	11.02	-3.22	5.97
37	82.00	10.73	-3.25	6.15	10.71	-3.28	6.04
38	84.00	10.75	-3.33	6.23	10.96	-3.35	6.11
39	86.00	10.78	-3.40	6.31	10.79	-3.41	6.18

15S1.XLS

40	88.00	10.82	-3.48	6.39	11.02	-3.47	6.26
41	90.00	10.87	-3.56	6.47	10.89	-3.53	6.33
42	92.00	10.92	-3.63	6.55	11.11	-3.59	6.40
43	94.00	10.96	-3.70	6.62	11.00	-3.65	6.47
44	96.00	11.01	-3.77	6.70	11.20	-3.71	6.54
45	98.00	11.06	-3.84	6.77	11.11	-3.77	6.60
46	100.00	11.11	-3.90	6.84	11.30	-3.82	6.67
47	110.00	11.33	-4.21	7.18	11.39	-4.08	6.97
48	120.00	11.52	-4.47	7.48	11.72	-4.32	7.25
49	130.00	11.70	-4.71	7.74	11.78	-4.53	7.49
50	140.00	11.87	-4.92	7.98	12.09	-4.72	7.71
51	150.00	12.03	-5.11	8.19	12.13	-4.89	7.91
52	160.00	12.18	-5.28	8.39	12.42	-5.04	8.10
53	170.00	12.32	-5.43	8.56	12.44	-5.18	8.27
54	180.00	12.46	-5.56	8.73	12.72	-5.31	8.43
55	190.00	12.59	-5.69	8.88	12.73	-5.42	8.57
56	200.00	12.72	-5.80	9.02	13.00	-5.53	8.71
57	210.00	12.83	-5.91	9.15	12.99	-5.63	8.83
58	220.00	12.93	-6.00	9.26	13.23	-5.72	8.95
59	230.00	13.02	-6.09	9.37	13.21	-5.80	9.06
60	240.00	13.12	-6.17	9.47	13.44	-5.88	9.16
61	250.00	13.20	-6.24	9.56	13.41	-5.95	9.25
62	260.00	13.29	-6.31	9.65	13.63	-6.02	9.34
63	270.00	13.37	-6.37	9.73	13.60	-6.08	9.42
64	280.00	13.45	-6.43	9.81	13.81	-6.14	9.50
65	290.00	13.53	-6.49	9.88	13.78	-6.20	9.58
66	300.00	13.60	-6.54	9.95	13.99	-6.25	9.65
67	306.70	13.65	-6.57	10.00	13.91	-6.29	9.70
68	313.30	13.69	-6.61	10.04	14.09	-6.32	9.74
69	320.00	13.73	-6.64	10.08	14.01	-6.35	9.78
70	326.70	13.77	-6.66	10.12	14.18	-6.38	9.83
71	333.30	13.81	-6.69	10.15	14.10	-6.41	9.86
72	340.00	13.84	-6.72	10.19	14.27	-6.44	9.90
73	346.70	13.88	-6.75	10.22	14.19	-6.47	9.94
74	353.30	13.92	-6.77	10.26	14.35	-6.49	9.98
75	360.00	13.95	-6.79	10.29	14.28	-6.52	10.01
76	366.70	13.99	-6.82	10.32	14.43	-6.54	10.05
77	373.30	14.02	-6.84	10.35	14.36	-6.57	10.08
78	380.00	14.05	-6.86	10.38	14.51	-6.59	10.11
79	386.70	14.09	-6.88	10.41	14.44	-6.61	10.14
80	393.30	14.12	-6.90	10.44	14.59	-6.63	10.18

81	400.00	14.15	-6.92	10.47	14.51	-6.66	10.21
82	406.70	14.17	-6.94	10.49	14.65	-6.68	10.23
83	413.30	14.19	-6.96	10.51	14.56	-6.70	10.26
84	420.00	14.20	-6.98	10.53	14.69	-6.71	10.28
85	426.70	14.21	-6.99	10.55	14.60	-6.73	10.30
86	433.30	14.22	-7.01	10.57	14.72	-6.75	10.32
87	440.00	14.23	-7.02	10.58	14.63	-6.76	10.34
88	446.70	14.24	-7.03	10.60	14.75	-6.78	10.36
89	453.30	14.25	-7.04	10.61	14.66	-6.79	10.37
90	460.00	14.25	-7.05	10.62	14.77	-6.80	10.39
91	466.70	14.26	-7.06	10.63	14.68	-6.81	10.40
92	473.30	14.27	-7.07	10.64	14.80	-6.82	10.42
93	480.00	14.27	-7.08	10.65	14.71	-6.83	10.43
94	486.70	14.28	-7.08	10.66	14.82	-6.84	10.44
95	493.30	14.28	-7.09	10.67	14.73	-6.85	10.45
96	500.00	14.29	-7.10	10.67	14.84	-6.86	10.46
97	506.70	14.29	-7.10	10.68	14.74	-6.87	10.47
98	513.30	14.28	-7.11	10.68	14.84	-6.87	10.48
99	520.00	14.27	-7.11	10.68	14.74	-6.88	10.48
100	526.70	14.26	-7.11	10.69	14.83	-6.88	10.49
101	533.30	14.26	-7.12	10.68	14.73	-6.89	10.49
102	540.00	14.25	-7.12	10.68	14.83	-6.89	10.49
103	546.70	14.24	-7.12	10.68	14.72	-6.89	10.49
104	553.30	14.23	-7.12	10.68	14.81	-6.90	10.50
105	560.00	14.22	-7.12	10.67	14.71	-6.90	10.49
106	566.70	14.21	-7.11	10.67	14.80	-6.90	10.49
107	573.30	14.20	-7.11	10.66	14.70	-6.90	10.49
108	580.00	14.18	-7.11	10.66	14.79	-6.90	10.49
109	586.70	14.17	-7.11	10.65	14.69	-6.90	10.49
110	593.30	14.16	-7.10	10.65	14.78	-6.90	10.49
111	600.00	14.15	-7.10	10.64	14.68	-6.90	10.48
112	621.40	14.08	-7.09	10.61	14.71	-6.89	10.47
113	642.90	14.00	-7.06	10.57	14.55	-6.88	10.43
114	664.30	13.92	-7.03	10.52	14.57	-6.85	10.39
115	685.70	13.84	-7.00	10.46	14.41	-6.83	10.35
116	707.10	13.76	-6.97	10.41	14.43	-6.80	10.30
117	728.60	13.68	-6.93	10.35	14.27	-6.77	10.26
118	750.00	13.61	-6.89	10.29	14.30	-6.74	10.21
119	771.40	13.53	-6.85	10.24	14.14	-6.71	10.17
120	792.90	13.46	-6.82	10.18	14.17	-6.68	10.12
121	814.30	13.40	-6.78	10.13	14.02	-6.65	10.08

15S1.XLS

122	835.70	13.33	-6.75	10.08	14.05	-6.62	10.03
123	857.10	13.27	-6.71	10.03	13.91	-6.60	9.99
124	878.60	13.21	-6.68	9.98	13.94	-6.57	9.95
125	900.00	13.15	-6.65	9.94	13.80	-6.54	9.91

HA15S - T_H、T_I、T_M (FINASとの比較)

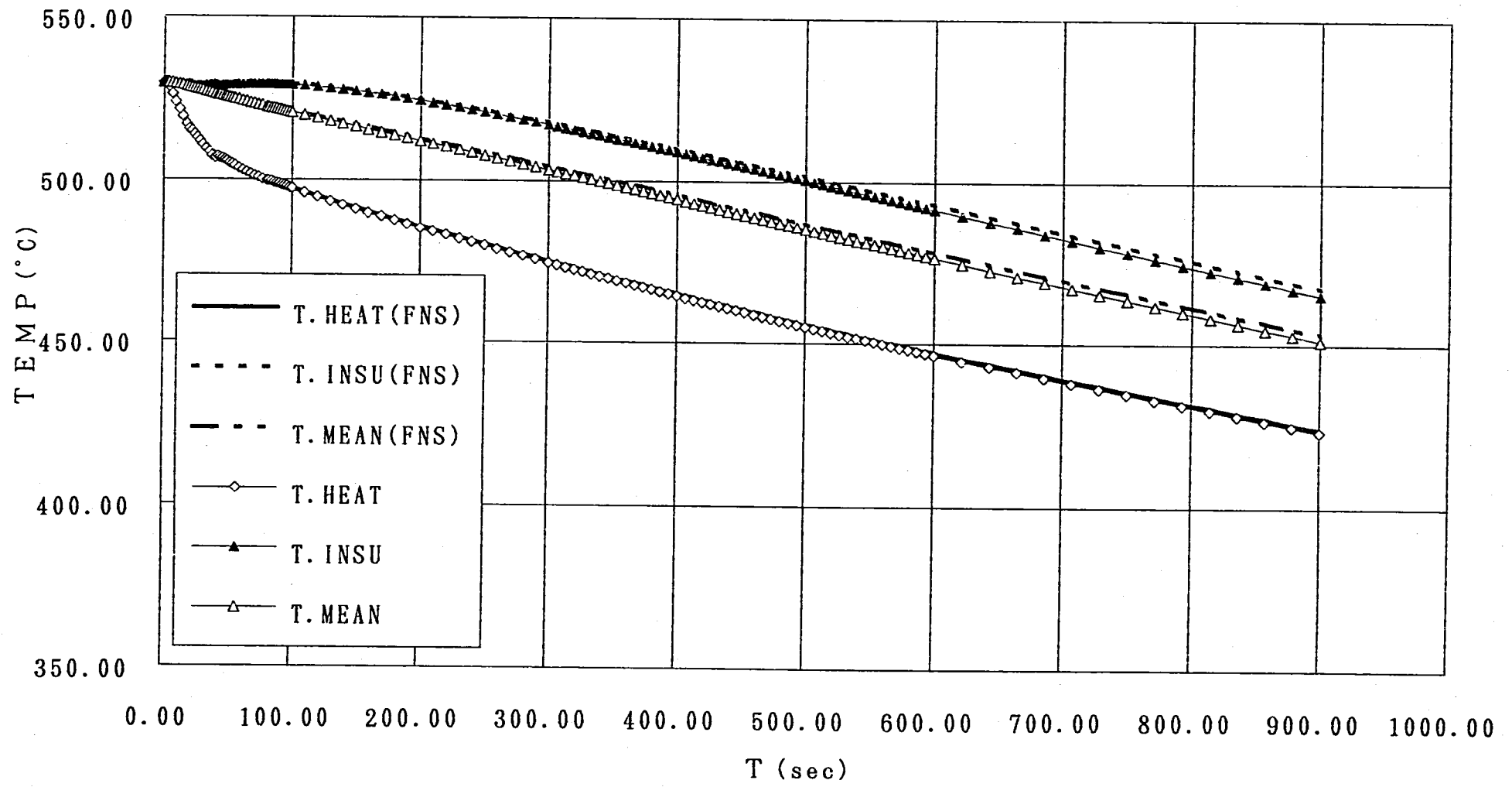
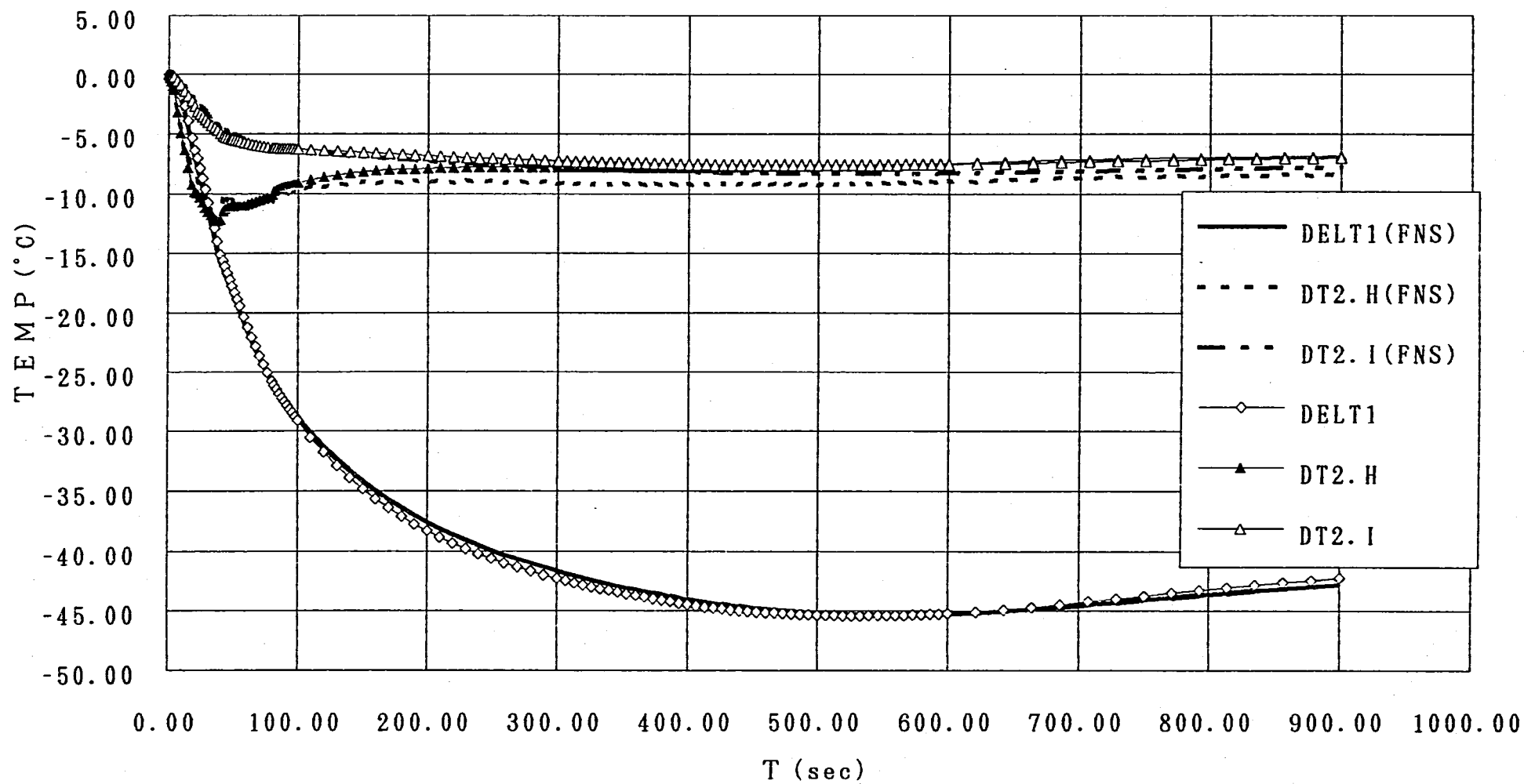


図 3. 3. 1 計算結果のFINAS解との比較 (検証解析3、T_H、T_I、T_M)

HA15S-DELTA1, DT2H, DT2I (FINASとの比較)

図3. 3. 2 計算結果のFINAS解との比較 (検証解析3、 T_B , $T_{P.H}$, $T_{P.I}$)

HA15S-SIG.H、SIG.I、SIG.B(FINASとの比較)

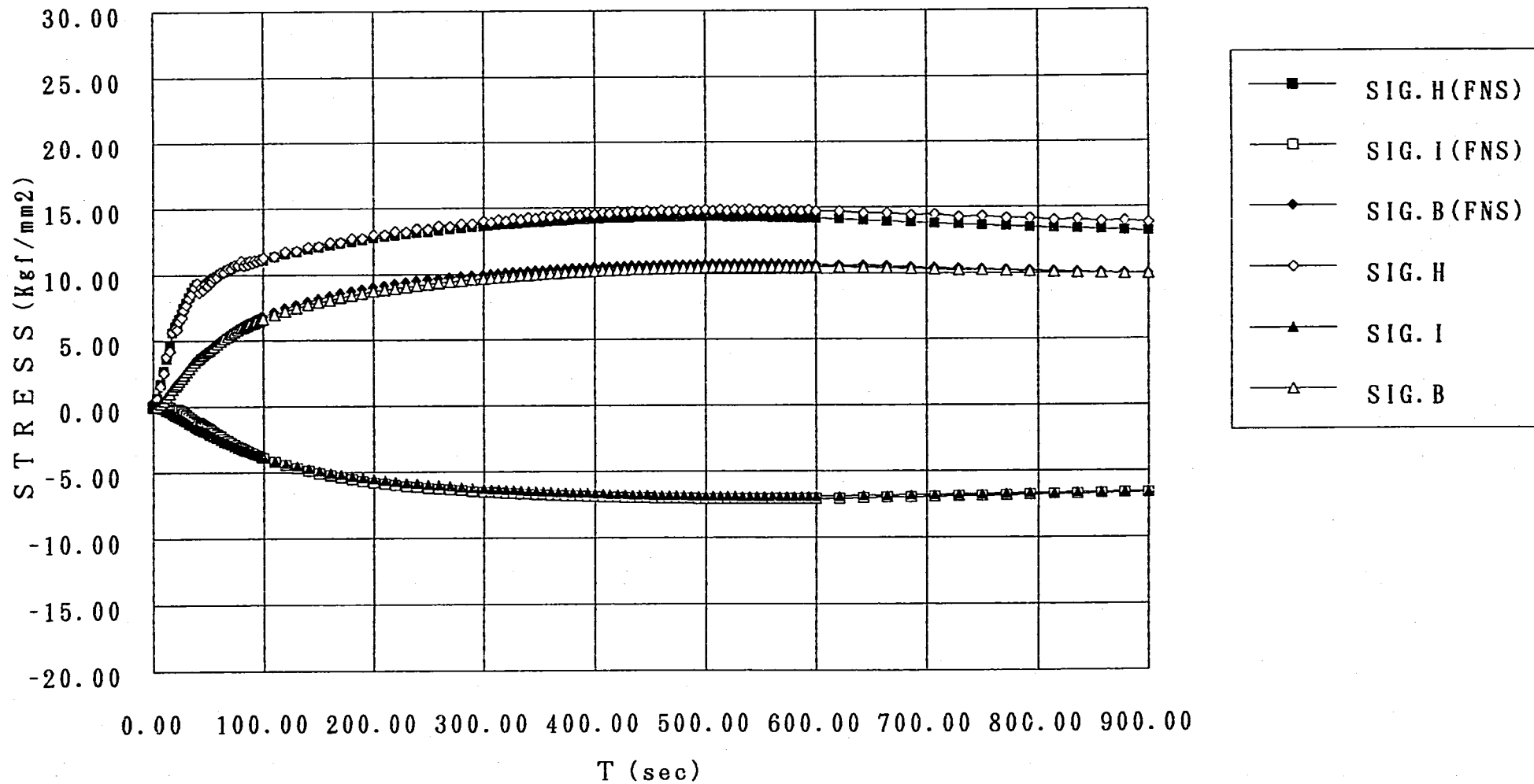


図3. 3. 3 計算結果のFINAS解との比較 (検証解析3、 σ_H 、 σ_I 、 σ_B)

-70-

表 3. 4. 1 熱伝達係数の時間変化 (検証解析 4)

t_k (sec)	$h_{2,k}$ (kcal/mm ² sec°C)
$t_0 = 0.0$	
1.9	2.389E-6
7.9	2.194E-6
15.9	1.611E-6
29.9	1.194E-6
39.9	0.972E-6
69.9	0.889E-6
79.9	0.861E-6
89.9	0.833E-6
99.9	0.806E-6
129.9	0.722E-6
159.9	0.629E-6
189.9	0.537E-6
219.9	0.444E-6
279.9	0.431E-6
339.9	0.417E-6
399.9	0.403E-6
539.9	0.389E-6
679.9	0.375E-6
820.0	0.361E-6

表 3. 4. 2 流体温度の時間変化 (検証解析 4)

t (sec)	T_{Na} (°C)
0.0	530.0
2.0	532.0
6.0	529.0
14.0	516.5
28.0	493.3
40.0	478.9
70.0	464.3
100.0	456.8
130.0	454.3
300.0	450.5
370.0	447.8
820.0	427.0

表3. 4. 3 計算結果のFINAS解との比較 (検証解析4、 T_H , T_I , T_M)

STEP	TIME	計算値			FINAS解		
		T. HEAT	T. INSU	T. MEAN	T. HEAT	T. INSU	T. MEAN
1	0.00	530.00	530.00	530.00	530.00	530.00	530.00
2	0.50	530.19	530.00	530.00	530.17	530.00	530.00
3	1.00	530.46	530.00	530.01	530.45	530.00	530.01
4	1.50	530.76	530.00	530.02	530.75	530.00	530.02
5	2.00	531.21	530.03	530.03	531.09	530.00	530.03
6	3.30	531.01	530.08	530.05	530.92	530.00	530.05
7	4.70	530.43	530.09	530.04	530.33	530.00	530.05
8	6.00	529.76	530.10	530.01	529.69	530.00	530.02
9	6.80	529.06	530.10	529.99	529.03	530.00	530.00
10	7.60	528.24	530.11	529.95	528.19	530.00	529.96
11	8.40	527.23	529.99	529.91	527.34	530.00	529.92
12	9.20	526.49	529.93	529.87	526.92	530.00	529.88
13	10.00	525.71	529.90	529.83	525.92	530.00	529.82
14	10.80	524.89	529.88	529.77	525.21	530.00	529.76
15	11.60	524.04	529.86	529.71	524.22	530.00	529.70
16	12.40	523.16	529.85	529.64	523.42	530.00	529.63
17	13.20	522.27	529.84	529.56	522.41	530.00	529.55
18	14.00	521.35	529.84	529.48	521.56	530.00	529.47
19	15.40	519.67	529.83	529.31	519.78	530.00	529.31
20	16.80	517.99	529.40	529.17	518.08	530.00	529.13
21	18.20	516.60	529.26	529.01	517.57	530.00	528.97
22	19.60	515.11	529.19	528.84	515.51	530.00	528.79
23	21.00	513.54	529.16	528.65	514.25	530.00	528.60
24	22.40	511.92	529.15	528.45	512.24	530.00	528.39
25	23.80	510.25	529.15	528.22	510.78	530.00	528.17
26	25.20	508.55	529.16	527.99	508.79	530.00	527.93
27	26.60	506.82	529.17	527.74	507.23	530.00	527.69
28	28.00	505.06	529.19	527.47	505.24	530.00	527.43
29	29.20	503.70	529.21	527.24	504.02	530.00	527.20
30	30.40	502.50	528.77	527.03	502.56	530.00	526.98
31	31.60	501.56	528.55	526.83	502.81	530.00	526.78
32	32.80	500.57	528.47	526.62	501.11	530.00	526.57
33	34.00	499.55	528.44	526.41	500.59	530.00	526.36
34	35.20	498.51	528.43	526.19	498.99	530.00	526.14
35	36.40	497.45	528.45	525.97	498.29	530.00	525.92
36	37.60	496.37	528.47	525.74	496.76	530.00	525.69
37	38.80	495.27	528.50	525.50	495.97	530.00	525.46
38	40.00	494.13	528.37	525.26	494.47	530.00	525.22
39	43.00	492.42	528.11	524.71	493.53	530.00	524.67

40	46.00	490.92	528.20	524.16	491.17	530.00	524.13
41	49.00	489.46	528.32	523.61	490.20	529.99	523.60
42	52.00	488.03	528.45	523.06	488.10	529.99	523.06
43	55.00	486.61	528.58	522.51	487.14	529.99	522.54
44	58.00	485.21	528.70	521.96	485.18	529.98	522.01
45	61.00	483.82	528.81	521.41	484.22	529.97	521.48
46	64.00	482.44	528.90	520.85	482.35	529.95	520.95
47	67.00	481.06	528.98	520.29	481.39	529.93	520.42
48	70.00	479.74	528.99	519.73	479.58	529.90	519.88
49	73.00	478.76	528.93	519.19	479.15	529.87	519.37
50	76.00	477.80	528.98	518.65	477.67	529.84	518.86
51	79.00	476.89	529.01	518.12	477.23	529.79	518.35
52	82.00	476.28	529.00	517.61	475.88	529.74	517.86
53	85.00	475.44	529.03	517.09	475.76	529.68	517.38
54	88.00	474.60	529.04	516.58	474.38	529.61	516.89
55	91.00	474.02	529.02	516.08	474.09	529.54	516.42
56	94.00	473.26	529.01	515.58	473.09	529.45	515.95
57	97.00	472.47	528.98	515.09	472.67	529.36	515.48
58	100.00	471.89	528.92	514.59	471.56	529.26	515.02
59	103.00	471.81	528.87	514.14	472.24	529.14	514.59
60	106.00	471.40	528.79	513.69	471.11	529.02	514.17
61	109.00	470.97	528.69	513.24	471.36	528.89	513.75
62	112.00	470.54	528.57	512.80	470.35	528.75	513.33
63	115.00	470.12	528.44	512.36	470.52	528.60	512.92
64	118.00	469.71	528.29	511.93	469.59	528.45	512.51
65	121.00	469.30	528.13	511.51	469.72	528.28	512.10
66	124.00	468.91	527.96	511.08	468.84	528.10	511.70
67	127.00	468.53	527.78	510.67	468.95	527.92	511.31
68	130.00	468.40	527.61	510.25	468.12	527.73	510.91
69	134.30	468.69	527.41	509.72	469.31	527.44	510.42
70	138.50	468.44	527.11	509.19	468.15	527.14	509.91
71	142.80	468.16	526.78	508.67	468.74	526.83	509.42
72	147.00	467.87	526.44	508.15	467.71	526.50	508.93
73	151.30	467.58	526.07	507.65	468.16	526.16	508.44
74	155.50	467.30	525.69	507.14	467.22	525.80	507.96
75	159.80	467.03	525.30	506.65	467.62	525.44	507.49
76	164.00	467.72	525.02	506.21	466.74	525.06	507.02
77	168.30	467.65	524.61	505.76	468.27	524.67	506.62
78	172.50	467.49	524.19	505.32	467.13	524.28	506.19
79	176.80	467.30	523.75	504.88	467.96	523.87	505.78
80	181.00	467.11	523.30	504.44	466.93	523.46	505.36

81	185.30	466.90	522.85	504.00	467.58	523.04	504.94
82	189.50	466.70	522.39	503.57	466.62	522.62	504.53
83	193.80	467.48	522.02	503.19	467.19	522.19	504.12
84	198.00	467.52	521.55	502.81	467.56	521.76	503.77
85	202.30	467.46	521.08	502.43	467.78	521.32	503.41
86	206.50	467.36	520.60	502.04	467.46	520.88	503.04
87	210.80	467.23	520.12	501.66	467.69	520.44	502.68
88	215.00	467.08	519.64	501.28	467.24	519.99	502.31
89	219.30	466.93	519.16	500.90	467.47	519.54	501.95
90	223.50	466.95	518.75	500.53	466.96	519.10	501.58
91	227.80	466.83	518.27	500.16	467.38	518.65	501.23
92	232.00	466.68	517.78	499.79	466.81	518.20	500.88
93	236.30	466.52	517.30	499.42	467.11	517.75	500.53
94	240.50	466.36	516.81	499.05	466.55	517.30	500.17
95	244.80	466.20	516.33	498.69	466.82	516.85	499.82
96	249.00	466.03	515.86	498.33	466.25	516.40	499.47
97	253.30	465.87	515.38	497.96	466.50	515.96	499.12
98	257.50	465.70	514.91	497.60	465.95	515.51	498.77
99	261.80	465.53	514.44	497.25	466.18	515.07	498.43
100	266.00	465.36	513.97	496.89	465.63	514.63	498.08
101	270.30	465.20	513.51	496.54	465.85	514.19	497.74
102	274.50	465.03	513.05	496.18	465.31	513.75	497.40
103	278.80	464.86	512.59	495.83	465.52	513.31	497.06
104	283.00	464.84	512.17	495.49	464.99	512.88	496.72
105	287.30	464.72	511.72	495.15	465.39	512.45	496.40
106	291.50	464.58	511.27	494.81	464.82	512.02	496.07
107	295.80	464.42	510.82	494.48	465.10	511.60	495.74
108	300.00	464.27	510.38	494.14	464.55	511.18	495.42
109	307.00	463.98	509.65	493.59	464.67	510.49	494.88
110	314.00	463.67	508.93	493.04	463.97	509.80	494.35
111	321.00	463.34	508.22	492.49	464.05	509.13	493.81
112	328.00	463.02	507.52	491.94	463.34	508.45	493.28
113	335.00	462.69	506.83	491.40	463.40	507.79	492.75
114	342.00	462.47	506.16	490.86	462.69	507.13	492.22
115	349.00	462.21	505.49	490.33	462.98	506.48	491.71
116	356.00	461.91	504.81	489.81	462.21	505.84	491.20
117	363.00	461.59	504.14	489.28	462.35	505.20	490.69
118	370.00	461.27	503.48	488.76	461.60	504.57	490.18
119	392.50	460.13	501.41	487.09	460.91	502.57	488.54
120	415.00	459.18	499.42	485.46	459.32	500.64	486.92
121	437.50	458.04	497.47	483.84	458.91	498.75	485.35

122	460.00	456.86	495.57	482.24	457.17	496.91	483.79
123	482.50	455.68	493.72	480.66	456.55	495.12	482.24
124	505.00	454.49	491.92	479.10	454.84	493.36	480.70
125	527.50	453.30	490.16	477.55	454.17	491.64	479.18
126	550.00	452.30	488.44	476.04	452.49	489.95	477.68
127	572.50	451.18	486.73	474.56	452.15	488.29	476.23
128	595.00	450.03	485.06	473.09	450.36	486.66	474.77
129	617.50	448.87	483.42	471.63	449.81	485.05	473.34
130	640.00	447.70	481.81	470.19	448.08	483.47	471.91
131	662.50	446.54	480.22	468.76	447.48	481.91	470.50
132	685.00	445.53	478.67	467.36	445.78	480.37	469.10
133	707.50	444.47	477.12	465.99	445.50	478.86	467.75
134	730.00	443.35	475.60	464.62	443.70	477.36	466.39
135	752.50	442.22	474.10	463.27	443.22	475.88	465.05
136	775.00	441.09	472.63	461.92	441.47	474.42	463.71
137	797.50	439.95	471.17	460.59	440.95	472.98	462.39
138	820.00	438.82	469.73	459.26	439.23	471.56	461.07

表 3. 4. 4 計算結果の FINAS 解との比較 (検証解析 4、 T_B 、 $T_{P.H}$ 、 $T_{P.I}$)

STEP	TIME	計算値			FINAS 解		
		DELT1	DT2.H	DT2.I	DELT1	DT2.H	DT2.I
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.50	0.02	0.18	0.01	0.02	0.16	0.01
3	1.00	0.06	0.42	0.02	0.06	0.41	0.02
4	1.50	0.12	0.69	0.04	0.12	0.67	0.04
5	2.00	0.19	1.08	0.09	0.20	0.96	0.07
6	3.30	0.25	0.84	0.15	0.29	0.72	0.10
7	4.70	0.18	0.30	0.15	0.25	0.17	0.08
8	6.00	0.04	-0.28	0.11	0.12	-0.39	0.04
9	6.80	-0.11	-0.87	0.06	-0.02	-0.96	-0.01
10	7.60	-0.32	-1.55	0.00	-0.22	-1.66	-0.08
11	8.40	-0.52	-2.42	-0.18	-0.48	-2.35	-0.16
12	9.20	-0.73	-3.02	-0.30	-0.71	-2.61	-0.24
13	10.00	-0.98	-3.63	-0.41	-1.00	-3.41	-0.33
14	10.80	-1.27	-4.24	-0.53	-1.32	-3.91	-0.44
15	11.60	-1.60	-4.86	-0.64	-1.67	-4.66	-0.55
16	12.40	-1.97	-5.49	-0.77	-2.05	-5.21	-0.67
17	13.20	-2.36	-6.11	-0.90	-2.46	-5.93	-0.80
18	14.00	-2.78	-6.73	-1.03	-2.89	-6.49	-0.94
19	15.40	-3.59	-7.85	-1.28	-3.71	-7.71	-1.20
20	16.80	-4.30	-9.02	-1.91	-4.60	-8.80	-1.48
21	18.20	-5.01	-9.91	-2.26	-5.35	-8.79	-1.71
22	19.60	-5.82	-10.83	-2.56	-6.24	-10.23	-1.98
23	21.00	-6.72	-11.75	-2.85	-7.17	-10.84	-2.26
24	22.40	-7.68	-12.69	-3.14	-8.18	-12.14	-2.57
25	23.80	-8.72	-13.61	-3.43	-9.23	-12.87	-2.88
26	25.20	-9.81	-14.53	-3.73	-10.34	-14.08	-3.21
27	26.60	-10.96	-15.44	-4.04	-11.49	-14.84	-3.55
28	28.00	-12.16	-16.34	-4.36	-12.68	-15.99	-3.90
29	29.20	-13.20	-16.94	-4.63	-13.71	-16.48	-4.20
30	30.40	-14.13	-17.46	-5.32	-14.73	-17.20	-4.50
31	31.60	-14.93	-17.80	-5.75	-15.54	-16.36	-4.72
32	32.80	-15.78	-18.16	-6.04	-16.44	-17.42	-4.96
33	34.00	-16.65	-18.53	-6.30	-17.33	-17.29	-5.21
34	35.20	-17.54	-18.91	-6.53	-18.26	-18.21	-5.46
35	36.40	-18.46	-19.29	-6.75	-19.19	-18.23	-5.71
36	37.60	-19.40	-19.67	-6.96	-20.14	-19.07	-5.97
37	38.80	-20.35	-20.05	-7.18	-21.09	-19.16	-6.22
38	40.00	-21.32	-20.47	-7.54	-22.07	-19.94	-6.48
39	43.00	-23.39	-20.59	-8.29	-24.16	-19.31	-7.01

40	46.00	-25.38	-20.55	-8.66	-26.18	-20.14	-7.50
41	49.00	-27.32	-20.49	-8.95	-28.08	-19.65	-7.94
42	52.00	-29.20	-20.44	-9.21	-29.93	-20.31	-8.35
43	55.00	-31.03	-20.38	-9.45	-31.69	-19.88	-8.73
44	58.00	-32.82	-20.34	-9.67	-33.42	-20.46	-9.09
45	61.00	-34.58	-20.30	-9.89	-35.08	-20.08	-9.42
46	64.00	-36.29	-20.27	-10.10	-36.72	-20.62	-9.74
47	67.00	-37.97	-20.25	-10.30	-38.31	-20.27	-10.04
48	70.00	-39.62	-20.18	-10.55	-39.87	-20.78	-10.33
49	73.00	-41.12	-19.87	-10.81	-41.28	-20.01	-10.56
50	76.00	-42.54	-19.58	-10.95	-42.62	-20.33	-10.78
51	79.00	-43.88	-19.30	-11.05	-43.87	-19.64	-10.96
52	82.00	-45.13	-18.76	-11.17	-45.08	-19.91	-11.13
53	85.00	-46.32	-18.49	-11.23	-46.15	-19.03	-11.26
54	88.00	-47.46	-18.25	-11.28	-47.22	-19.40	-11.39
55	91.00	-48.54	-17.79	-11.33	-48.23	-18.72	-11.50
56	94.00	-49.56	-17.54	-11.35	-49.15	-18.80	-11.59
57	97.00	-50.55	-17.35	-11.38	-50.05	-18.31	-11.68
58	100.00	-51.49	-16.96	-11.42	-50.93	-18.52	-11.76
59	103.00	-52.19	-16.23	-11.37	-51.54	-17.12	-11.76
60	106.00	-52.88	-15.85	-11.34	-52.17	-17.52	-11.78
61	109.00	-53.51	-15.52	-11.31	-52.74	-16.56	-11.78
62	112.00	-54.11	-15.21	-11.28	-53.30	-16.88	-11.78
63	115.00	-54.66	-14.92	-11.26	-53.80	-16.06	-11.78
64	118.00	-55.17	-14.64	-11.23	-54.29	-16.34	-11.77
65	121.00	-55.65	-14.38	-11.20	-54.73	-15.60	-11.76
66	124.00	-56.09	-14.13	-11.17	-55.15	-15.86	-11.75
67	127.00	-56.50	-13.89	-11.14	-55.53	-15.18	-11.73
68	130.00	-56.87	-13.41	-11.08	-55.89	-15.43	-11.71
69	134.30	-57.10	-12.49	-10.87	-56.04	-13.67	-11.58
70	138.50	-57.32	-12.09	-10.75	-56.25	-14.23	-11.48
71	142.80	-57.52	-11.75	-10.64	-56.40	-13.07	-11.38
72	147.00	-57.67	-11.45	-10.55	-56.54	-13.54	-11.29
73	151.30	-57.78	-11.18	-10.46	-56.64	-12.55	-11.20
74	155.50	-57.85	-10.92	-10.38	-56.72	-12.97	-11.12
75	159.80	-57.89	-10.67	-10.29	-56.75	-12.09	-11.03
76	164.00	-57.65	-9.66	-10.02	-56.78	-12.49	-10.95
77	168.30	-57.45	-9.39	-9.88	-56.46	-10.71	-10.76
78	172.50	-57.26	-9.20	-9.76	-56.26	-11.52	-10.64
79	176.80	-57.07	-9.04	-9.66	-56.03	-10.38	-10.51
80	181.00	-56.87	-8.89	-9.57	-55.85	-11.09	-10.40

20S. XLS

81	185.30	-56.67	-8.76	-9.49	-55.63	-10.12	-10.30
82	189.50	-56.46	-8.64	-9.41	-55.44	-10.77	-10.21
83	193.80	-55.97	-7.72	-9.16	-55.22	-9.90	-10.11
84	198.00	-55.53	-7.52	-9.02	-54.70	-9.44	-9.92
85	202.30	-55.12	-7.41	-8.91	-54.27	-9.06	-9.79
86	206.50	-54.73	-7.32	-8.81	-53.87	-9.21	-9.66
87	210.80	-54.36	-7.26	-8.72	-53.50	-8.80	-9.55
88	215.00	-54.00	-7.20	-8.64	-53.14	-9.06	-9.45
89	219.30	-53.64	-7.15	-8.56	-52.79	-8.64	-9.36
90	223.50	-53.26	-6.94	-8.41	-52.46	-8.94	-9.27
91	227.80	-52.89	-6.88	-8.34	-52.09	-8.36	-9.17
92	232.00	-52.54	-6.84	-8.27	-51.74	-8.74	-9.09
93	236.30	-52.19	-6.80	-8.22	-51.39	-8.25	-9.01
94	240.50	-51.84	-6.77	-8.16	-51.07	-8.62	-8.94
95	244.80	-51.50	-6.74	-8.11	-50.74	-8.17	-8.87
96	249.00	-51.17	-6.71	-8.06	-50.43	-8.53	-8.81
97	253.30	-50.84	-6.68	-8.01	-50.11	-8.09	-8.75
98	257.50	-50.52	-6.65	-7.96	-49.81	-8.44	-8.69
99	261.80	-50.20	-6.62	-7.91	-49.51	-8.01	-8.64
100	266.00	-49.89	-6.58	-7.86	-49.22	-8.36	-8.58
101	270.30	-49.57	-6.55	-7.81	-48.92	-7.94	-8.53
102	274.50	-49.27	-6.52	-7.77	-48.64	-8.28	-8.48
103	278.80	-48.96	-6.49	-7.72	-48.35	-7.87	-8.43
104	283.00	-48.63	-6.34	-7.63	-48.08	-8.20	-8.38
105	287.30	-48.30	-6.28	-7.58	-47.74	-7.63	-8.32
106	291.50	-47.97	-6.25	-7.53	-47.44	-8.02	-8.26
107	295.80	-47.66	-6.22	-7.48	-47.14	-7.56	-8.21
108	300.00	-47.35	-6.20	-7.44	-46.85	-7.93	-8.16
109	307.00	-46.87	-6.18	-7.37	-46.39	-7.50	-8.08
110	314.00	-46.40	-6.17	-7.31	-45.96	-7.87	-8.01
111	321.00	-45.97	-6.16	-7.25	-45.55	-7.47	-7.94
112	328.00	-45.55	-6.15	-7.19	-45.17	-7.83	-7.88
113	335.00	-45.14	-6.14	-7.14	-44.79	-7.43	-7.82
114	342.00	-44.73	-6.03	-7.06	-44.43	-7.78	-7.77
115	349.00	-44.29	-5.97	-7.00	-44.00	-7.20	-7.69
116	356.00	-43.89	-5.96	-6.94	-43.63	-7.63	-7.63
117	363.00	-43.50	-5.94	-6.89	-43.26	-7.16	-7.57
118	370.00	-43.13	-5.93	-6.84	-42.92	-7.57	-7.52
119	392.50	-42.06	-5.92	-6.71	-41.92	-7.12	-7.37
120	415.00	-41.02	-5.77	-6.54	-41.07	-7.50	-7.25
121	437.50	-40.10	-5.75	-6.42	-40.13	-6.80	-7.09

20S.XLS

122	460.00	-39.30	-5.73	-6.32	-39.38	-7.34	-6.98
123	482.50	-38.58	-5.69	-6.23	-38.70	-6.75	-6.87
124	505.00	-37.92	-5.65	-6.14	-38.09	-7.21	-6.78
125	527.50	-37.31	-5.60	-6.05	-37.52	-6.65	-6.69
126	550.00	-36.66	-5.42	-5.93	-37.00	-7.07	-6.61
127	572.50	-36.02	-5.37	-5.84	-36.33	-6.30	-6.48
128	595.00	-35.45	-5.34	-5.75	-35.81	-6.89	-6.39
129	617.50	-34.94	-5.30	-5.68	-35.30	-6.24	-6.31
130	640.00	-34.46	-5.26	-5.61	-34.87	-6.77	-6.24
131	662.50	-34.01	-5.22	-5.55	-34.44	-6.16	-6.17
132	685.00	-33.54	-5.06	-5.46	-34.05	-6.65	-6.11
133	707.50	-33.02	-5.01	-5.38	-33.51	-5.84	-5.99
134	730.00	-32.58	-4.98	-5.31	-33.10	-6.49	-5.93
135	752.50	-32.18	-4.96	-5.25	-32.70	-5.82	-5.86
136	775.00	-31.81	-4.93	-5.20	-32.37	-6.39	-5.81
137	797.50	-31.47	-4.90	-5.15	-32.03	-5.76	-5.76
138	820.00	-31.15	-4.87	-5.11	-31.74	-6.30	-5.71

表3. 4. 5 計算結果のFINAS解との比較 (検証解析4、 σ_H 、 σ_I 、 σ_B)

STEP	T(sec)	計算値			FINAS解		
		SIG.H	SIG.I	SIG.B	SIG.H	SIG.I	SIG.B
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	0.50	-0.09	0.00	0.00	-0.08	0.00	0.00
3	1.00	-0.21	0.00	-0.01	-0.21	0.00	-0.01
4	1.50	-0.35	0.01	-0.03	-0.35	0.01	-0.03
5	2.00	-0.55	0.00	-0.04	-0.50	0.01	-0.05
6	3.30	-0.45	-0.01	-0.06	-0.41	0.02	-0.07
7	4.70	-0.18	-0.03	-0.04	-0.14	0.02	-0.06
8	6.00	0.12	-0.04	-0.01	0.16	0.01	-0.03
9	6.80	0.44	-0.06	0.03	0.46	0.00	0.01
10	7.60	0.81	-0.07	0.07	0.84	-0.01	0.05
11	8.40	1.26	-0.04	0.12	1.22	-0.03	0.11
12	9.20	1.59	-0.03	0.17	1.40	-0.05	0.17
13	10.00	1.94	-0.04	0.23	1.85	-0.08	0.24
14	10.80	2.30	-0.05	0.30	2.15	-0.10	0.31
15	11.60	2.67	-0.07	0.38	2.59	-0.13	0.39
16	12.40	3.05	-0.10	0.46	2.93	-0.17	0.48
17	13.20	3.43	-0.13	0.56	3.38	-0.20	0.58
18	14.00	3.82	-0.17	0.66	3.73	-0.24	0.68
19	15.40	4.54	-0.24	0.85	4.51	-0.31	0.87
20	16.80	5.26	-0.11	1.01	5.22	-0.39	1.08
21	18.20	5.85	-0.11	1.18	5.39	-0.47	1.25
22	19.60	6.47	-0.16	1.37	6.28	-0.55	1.46
23	21.00	7.11	-0.24	1.58	6.78	-0.64	1.67
24	22.40	7.78	-0.33	1.81	7.63	-0.73	1.91
25	23.80	8.46	-0.44	2.05	8.21	-0.84	2.15
26	25.20	9.15	-0.55	2.31	9.05	-0.94	2.41
27	26.60	9.85	-0.68	2.58	9.66	-1.06	2.68
28	28.00	10.55	-0.81	2.86	10.49	-1.18	2.95
29	29.20	11.08	-0.92	3.11	10.94	-1.28	3.19
30	30.40	11.54	-0.82	3.32	11.54	-1.39	3.43
31	31.60	11.89	-0.81	3.51	11.31	-1.48	3.62
32	32.80	12.26	-0.87	3.71	12.04	-1.58	3.82
33	34.00	12.64	-0.95	3.92	12.16	-1.68	4.03
34	35.20	13.03	-1.06	4.13	12.83	-1.78	4.25
35	36.40	13.42	-1.17	4.34	13.03	-1.88	4.46
36	37.60	13.82	-1.29	4.57	13.68	-1.99	4.68
37	38.80	14.23	-1.41	4.79	13.91	-2.10	4.90
38	40.00	14.65	-1.47	5.02	14.53	-2.21	5.13

20S1.XLS

39	43.00	15.20	-1.60	5.50	14.69	-2.46	5.61
40	46.00	15.65	-1.90	5.97	15.58	-2.71	6.08
41	49.00	16.07	-2.22	6.43	15.75	-2.96	6.52
42	52.00	16.49	-2.54	6.87	16.53	-3.21	6.95
43	55.00	16.90	-2.86	7.30	16.70	-3.45	7.36
44	58.00	17.30	-3.17	7.72	17.41	-3.69	7.76
45	61.00	17.69	-3.48	8.14	17.57	-3.94	8.14
46	64.00	18.08	-3.79	8.54	18.24	-4.17	8.52
47	67.00	18.47	-4.09	8.94	18.41	-4.41	8.89
48	70.00	18.82	-4.36	9.32	19.05	-4.65	9.25
49	73.00	19.03	-4.59	9.68	18.97	-4.88	9.57
50	76.00	19.23	-4.86	10.01	19.47	-5.10	9.88
51	79.00	19.41	-5.13	10.33	19.40	-5.31	10.17
52	82.00	19.45	-5.36	10.62	19.84	-5.52	10.45
53	85.00	19.60	-5.62	10.90	19.63	-5.71	10.70
54	88.00	19.76	-5.86	11.17	20.10	-5.91	10.95
55	91.00	19.80	-6.09	11.42	19.97	-6.09	11.18
56	94.00	19.92	-6.32	11.66	20.26	-6.27	11.39
57	97.00	20.06	-6.54	11.90	20.20	-6.45	11.60
58	100.00	20.10	-6.74	12.12	20.54	-6.62	11.80
59	103.00	19.92	-6.93	12.28	19.98	-6.76	11.94
60	106.00	19.90	-7.11	12.44	20.36	-6.90	12.09
61	109.00	19.90	-7.27	12.59	19.99	-7.04	12.22
62	112.00	19.89	-7.42	12.73	20.32	-7.17	12.35
63	115.00	19.88	-7.57	12.86	20.00	-7.29	12.46
64	118.00	19.88	-7.70	12.98	20.29	-7.41	12.58
65	121.00	19.86	-7.82	13.10	19.99	-7.52	12.68
66	124.00	19.85	-7.94	13.20	20.27	-7.62	12.77
67	127.00	19.83	-8.05	13.30	19.98	-7.72	12.86
68	130.00	19.70	-8.17	13.38	20.23	-7.82	12.95
69	134.30	19.31	-8.32	13.44	19.39	-7.92	12.98
70	138.50	19.18	-8.43	13.49	19.75	-8.01	13.03
71	142.80	19.07	-8.53	13.54	19.19	-8.09	13.06
72	147.00	18.96	-8.60	13.57	19.49	-8.17	13.09
73	151.30	18.86	-8.67	13.60	19.00	-8.23	13.11
74	155.50	18.75	-8.73	13.61	19.27	-8.29	13.13
75	159.80	18.65	-8.78	13.62	18.81	-8.34	13.14
76	164.00	18.11	-8.85	13.57	19.05	-8.38	13.15
77	168.30	17.94	-8.87	13.52	18.08	-8.39	13.07
78	172.50	17.81	-8.88	13.48	18.48	-8.41	13.03
79	176.80	17.68	-8.88	13.43	17.83	-8.41	12.97

20S1.XLS

80	181.00	17.57	-8.88	13.38	18.18	-8.41	12.93
81	185.30	17.46	-8.87	13.34	17.61	-8.41	12.88
82	189.50	17.35	-8.86	13.29	17.94	-8.41	12.84
83	193.80	16.81	-8.86	13.17	17.41	-8.40	12.78
84	198.00	16.61	-8.82	13.07	17.13	-8.36	12.66
85	202.30	16.46	-8.78	12.97	16.80	-8.33	12.56
86	206.50	16.33	-8.73	12.88	16.84	-8.29	12.47
87	210.80	16.21	-8.69	12.79	16.50	-8.25	12.38
88	215.00	16.10	-8.64	12.71	16.60	-8.22	12.30
89	219.30	15.99	-8.59	12.62	16.26	-8.18	12.22
90	223.50	15.80	-8.57	12.54	16.38	-8.14	12.15
91	227.80	15.69	-8.52	12.45	15.96	-8.09	12.06
92	232.00	15.58	-8.47	12.36	16.12	-8.05	11.98
93	236.30	15.48	-8.41	12.28	15.75	-8.00	11.90
94	240.50	15.39	-8.36	12.20	15.91	-7.96	11.82
95	244.80	15.29	-8.31	12.12	15.56	-7.91	11.75
96	249.00	15.20	-8.25	12.04	15.72	-7.87	11.67
97	253.30	15.11	-8.20	11.97	15.38	-7.82	11.60
98	257.50	15.02	-8.14	11.89	15.53	-7.78	11.53
99	261.80	14.93	-8.09	11.81	15.21	-7.73	11.46
100	266.00	14.84	-8.04	11.74	15.36	-7.69	11.39
101	270.30	14.75	-7.99	11.67	15.04	-7.64	11.32
102	274.50	14.67	-7.94	11.59	15.19	-7.60	11.26
103	278.80	14.58	-7.89	11.52	14.87	-7.55	11.19
104	283.00	14.43	-7.85	11.44	15.02	-7.51	11.13
105	287.30	14.32	-7.80	11.37	14.62	-7.46	11.05
106	291.50	14.23	-7.75	11.29	14.79	-7.41	10.98
107	295.80	14.15	-7.69	11.22	14.45	-7.37	10.91
108	300.00	14.06	-7.64	11.14	14.61	-7.32	10.85
109	307.00	13.94	-7.56	11.03	14.24	-7.25	10.74
110	314.00	13.83	-7.48	10.92	14.37	-7.18	10.64
111	321.00	13.72	-7.41	10.82	14.03	-7.12	10.54
112	328.00	13.61	-7.33	10.72	14.17	-7.05	10.46
113	335.00	13.51	-7.26	10.62	13.84	-6.99	10.37
114	342.00	13.36	-7.20	10.53	13.97	-6.93	10.29
115	349.00	13.24	-7.13	10.42	13.55	-6.86	10.19
116	356.00	13.13	-7.06	10.33	13.72	-6.80	10.10
117	363.00	13.03	-6.99	10.24	13.36	-6.74	10.01
118	370.00	12.94	-6.93	10.15	13.53	-6.69	9.94
119	392.50	12.69	-6.74	9.90	13.03	-6.52	9.70
120	415.00	12.37	-6.57	9.65	13.06	-6.37	9.51

20S1.XLS

121	437.50	12.15	-6.41	9.44	12.46	-6.23	9.29
122	460.00	11.95	-6.27	9.25	12.60	-6.10	9.12
123	482.50	11.76	-6.15	9.08	12.11	-5.99	8.96
124	505.00	11.58	-6.04	8.92	12.24	-5.88	8.82
125	527.50	11.42	-5.93	8.78	11.79	-5.79	8.68
126	550.00	11.18	-5.83	8.63	11.92	-5.70	8.57
127	572.50	11.00	-5.73	8.48	11.35	-5.61	8.41
128	595.00	10.86	-5.63	8.34	11.56	-5.52	8.29
129	617.50	10.72	-5.55	8.22	11.08	-5.44	8.17
130	640.00	10.59	-5.47	8.11	11.28	-5.37	8.07
131	662.50	10.46	-5.39	8.00	10.85	-5.30	7.97
132	685.00	10.28	-5.32	7.89	11.04	-5.24	7.88
133	707.50	10.13	-5.24	7.77	10.48	-5.16	7.76
134	730.00	10.01	-5.17	7.67	10.74	-5.10	7.66
135	752.50	9.91	-5.10	7.57	10.28	-5.03	7.57
136	775.00	9.81	-5.04	7.49	10.53	-4.98	7.49
137	797.50	9.71	-4.98	7.41	10.10	-4.92	7.42
138	820.00	9.62	-4.93	7.33	10.34	-4.87	7.35

HA20S (MIN.) - DELT1, DT2H, DT2I (FINASとの比較)

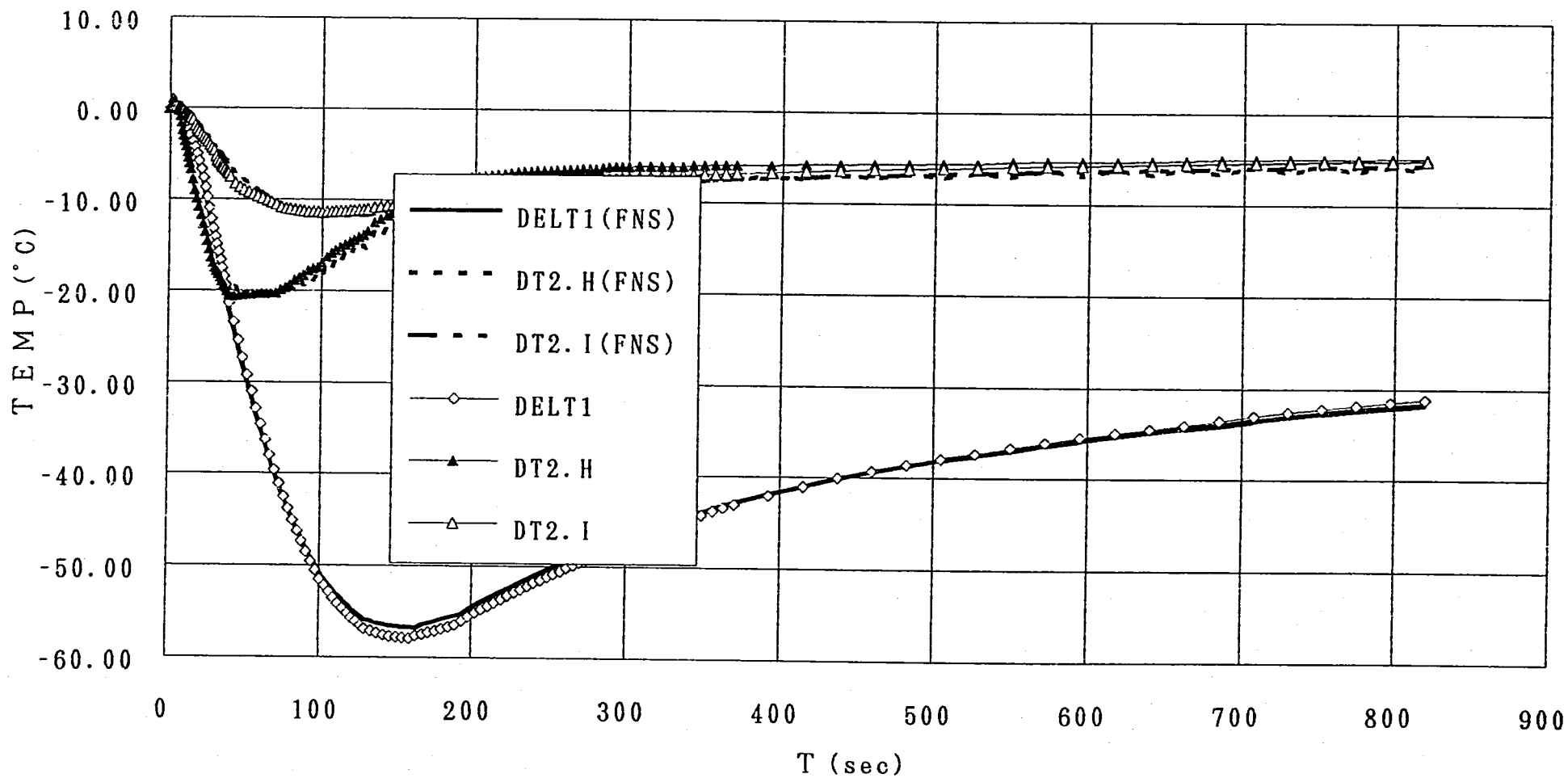


図3. 4. 2 計算結果のFINAS解との比較 (検証解析4、 T_B , $T_{P.H}$, $T_{P.I}$)

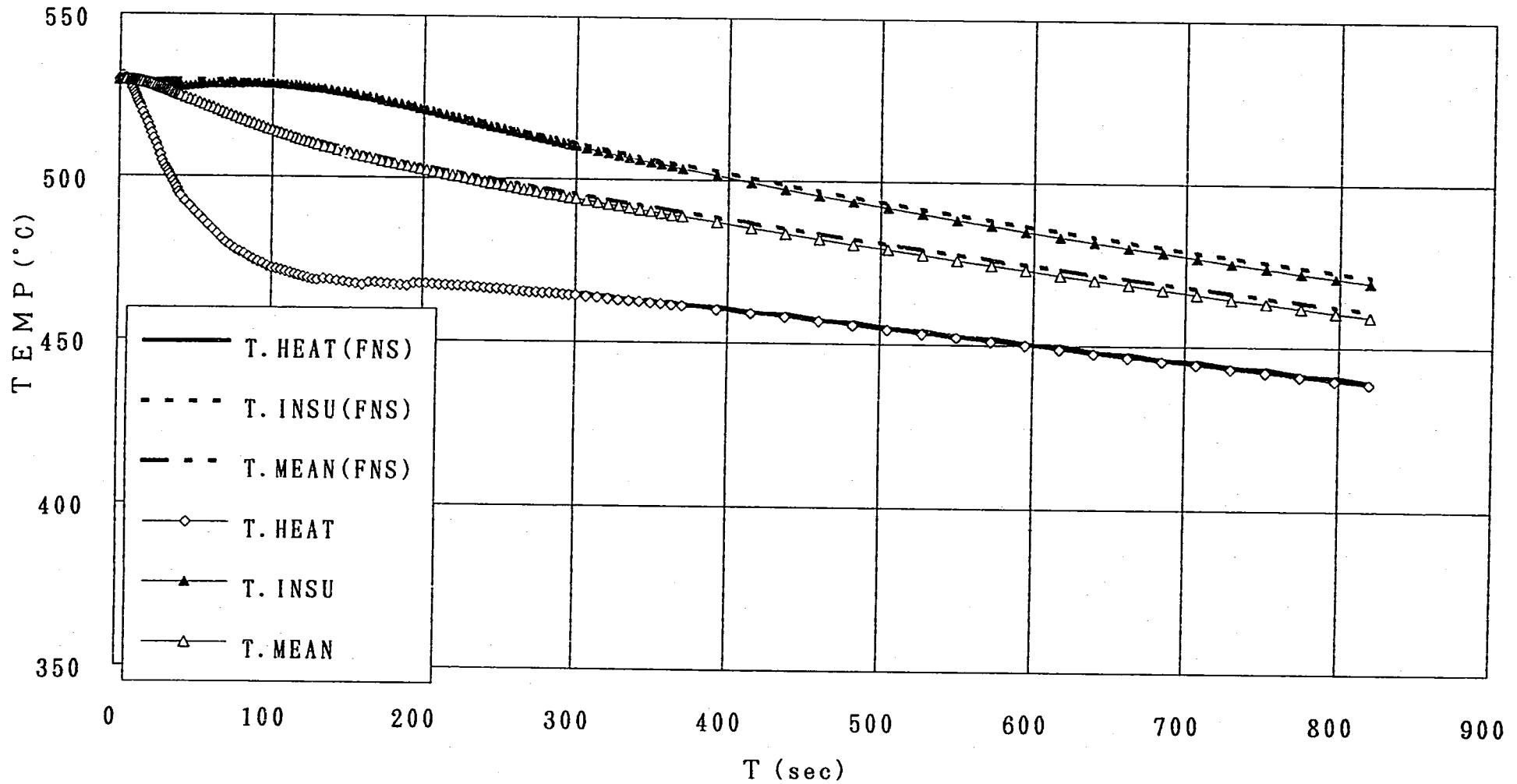
HA20S (MIN.) - T_H 、 T_I 、 T_M (FINASとの比較)

図 3. 4. 1 計算結果のFINAS解との比較 (検証解析4、 T_H 、 T_I 、 T_M)

HA20S-SIG.H、SIG.I、SIG.B(FINASとの比較)

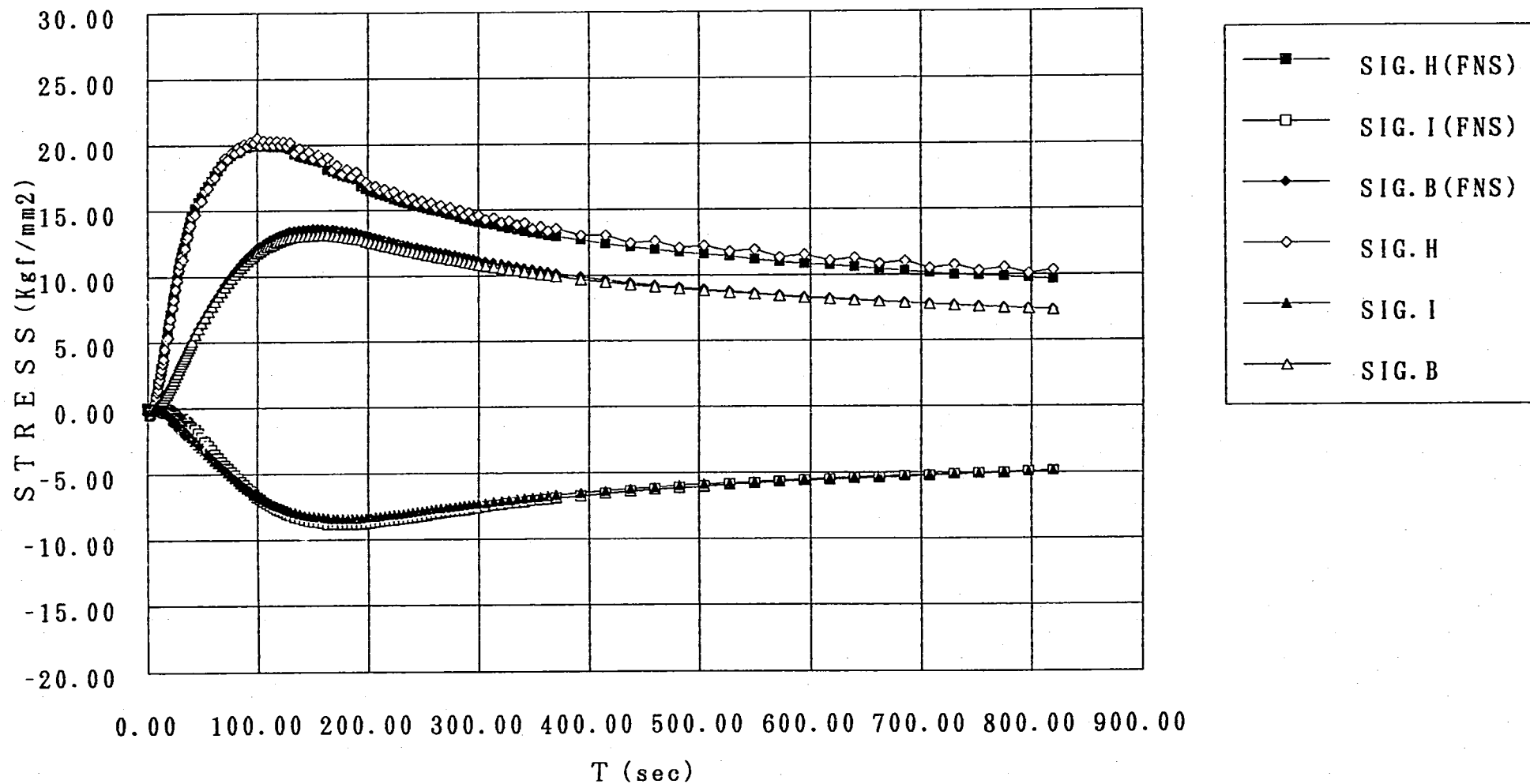


図3.4.3 計算結果のFINAS解との比較(検証解析4、 σ_H 、 σ_I 、 σ_B)

表 4. 1. 1 熱伝達係数の時間変化 (ケース 1)

t_k (sec)	$h_{2,k}$ (kcal/mm ² sec°C)
$t_0 = 0.0$	
2.5	4.560E-6
7.5	4.149E-6
12.5	3.614E-6
17.5	3.076E-6
22.5	2.542E-6
27.5	2.120E-6
32.5	1.809E-6
37.5	1.581E-6
42.5	1.404E-6
47.5	1.258E-6
52.5	1.132E-6
57.5	1.018E-6
62.5	9.128E-7
70.0	8.234E-7
1010.0	7.585E-7

表 4. 1. 2 流体温度の時間変化 (ケース 1)

t (sec)	$T_{N,k}$ (°C)
0.0	532.67
5.0	530.53
10.0	526.84
15.0	522.67
20.0	518.77
30.0	511.58
40.0	504.47
50.0	497.64
60.0	491.54
70.0	486.30
80.0	481.11
90.0	475.98
100.0	471.37
150.0	456.97
200.0	447.17
250.0	439.01
300.0	433.92
400.0	424.86
500.0	416.71
650.0	405.50
800.0	396.00
1010.0	384.65

STEP	TIME	T. HEAT	T. INSU	T. MEAN	DELT1	SIG. H	SIG. I	SIG. B
1	0.00	532.67	532.67	532.67	0.00	0.00	0.00	0.00
2	5.00	530.97	532.61	532.59	-0.41	0.77	-0.01	0.10
3	10.00	527.90	532.40	532.39	-1.45	2.11	-0.01	0.34
4	15.00	524.41	532.09	532.07	-2.99	3.61	-0.01	0.70
5	20.00	521.21	531.78	531.68	-4.81	4.93	-0.05	1.13
6	25.00	518.38	531.53	531.24	-6.77	6.05	-0.14	1.59
7	30.00	515.68	531.36	530.75	-8.83	7.09	-0.29	2.08
8	35.00	513.07	531.27	530.22	-10.99	8.07	-0.49	2.59
9	40.00	510.52	531.23	529.66	-13.22	9.01	-0.74	3.11
10	45.00	508.10	531.22	529.07	-15.48	9.87	-1.02	3.64
11	50.00	505.78	531.25	528.45	-17.76	10.67	-1.32	4.18
12	55.00	503.72	531.29	527.81	-19.98	11.34	-1.64	4.70
13	60.00	501.84	531.36	527.17	-22.13	11.92	-1.97	5.21
14	65.00	500.23	531.44	526.53	-24.18	12.38	-2.31	5.69
15	70.00	498.28	531.59	525.87	-26.23	12.99	-2.69	6.17
16	75.00	496.68	531.64	525.22	-28.15	13.43	-3.02	6.63
17	80.00	494.67	531.73	524.53	-30.18	14.05	-3.39	7.10
18	85.00	492.60	531.79	523.81	-32.24	14.69	-3.76	7.59
19	90.00	490.48	531.82	523.06	-34.32	15.33	-4.12	8.08
20	95.00	488.44	531.81	522.30	-36.39	15.94	-4.48	8.57
21	100.00	486.42	531.77	521.52	-38.43	16.52	-4.82	9.04
22	110.00	483.18	531.60	519.98	-42.14	17.32	-5.47	9.92
23	120.00	480.24	531.32	518.45	-45.42	17.99	-6.06	10.69
24	130.00	477.40	530.95	516.93	-48.38	18.60	-6.60	11.39
25	140.00	474.62	530.48	515.39	-51.12	19.19	-7.10	12.03
26	150.00	471.87	529.92	513.85	-53.66	19.76	-7.57	12.63
27	160.00	469.57	529.29	512.32	-55.88	20.12	-7.99	13.15
28	170.00	467.45	528.57	510.81	-57.78	20.41	-8.36	13.60
29	180.00	465.40	527.79	509.31	-59.45	20.67	-8.69	13.99
30	190.00	463.39	526.93	507.83	-60.93	20.91	-8.99	14.34
31	200.00	461.41	526.02	506.34	-62.27	21.15	-9.26	14.65
32	210.00	459.61	525.05	504.87	-63.42	21.30	-9.50	14.93
33	220.00	457.88	524.03	503.41	-64.41	21.43	-9.71	15.16
34	230.00	456.18	522.96	501.95	-65.26	21.54	-9.89	15.36
35	240.00	454.51	521.86	500.51	-66.02	21.65	-10.05	15.54
36	250.00	452.85	520.71	499.06	-66.68	21.75	-10.19	15.69
37	260.00	451.49	519.54	497.64	-67.18	21.72	-10.31	15.81
38	270.00	450.24	518.34	496.25	-67.50	21.65	-10.40	15.88
39	280.00	449.04	517.11	494.87	-67.68	21.57	-10.47	15.93

C11. XLS

40	290.00	447.88	515.86	493.52	-67.78	21.48	-10.52	15.95
41	300.00	446.73	514.59	492.18	-67.79	21.39	-10.55	15.95
42	310.00	445.65	513.31	490.85	-67.73	21.28	-10.57	15.94
43	320.00	444.60	512.01	489.54	-67.60	21.15	-10.57	15.91
44	330.00	443.57	510.70	488.25	-67.41	21.03	-10.57	15.87
45	340.00	442.55	509.38	486.96	-67.19	20.91	-10.55	15.81
46	350.00	441.54	508.06	485.69	-66.94	20.78	-10.53	15.75
47	360.00	440.54	506.74	484.43	-66.66	20.66	-10.50	15.69
48	370.00	439.54	505.41	483.18	-66.36	20.54	-10.46	15.62
49	380.00	438.55	504.08	481.94	-66.05	20.42	-10.42	15.54
50	390.00	437.57	502.76	480.70	-65.72	20.30	-10.38	15.47
51	400.00	436.59	501.43	479.48	-65.39	20.19	-10.33	15.39
52	410.00	435.65	500.11	478.26	-65.05	20.05	-10.28	15.31
53	420.00	434.74	498.80	477.06	-64.67	19.92	-10.23	15.22
54	430.00	433.83	497.48	475.86	-64.29	19.78	-10.18	15.13
55	440.00	432.93	496.18	474.68	-63.90	19.65	-10.12	15.04
56	450.00	432.03	494.88	473.50	-63.51	19.52	-10.06	14.95
57	460.00	431.14	493.58	472.33	-63.11	19.39	-10.00	14.85
58	470.00	430.25	492.29	471.17	-62.71	19.26	-9.94	14.76
59	480.00	429.36	491.01	470.02	-62.32	19.14	-9.88	14.67
60	490.00	428.48	489.73	468.88	-61.92	19.01	-9.82	14.57
61	500.00	427.60	488.47	467.74	-61.53	18.89	-9.76	14.48
62	510.00	426.75	487.21	466.61	-61.13	18.76	-9.70	14.39
63	520.00	425.91	485.95	465.49	-60.73	18.63	-9.63	14.29
64	530.00	425.09	484.71	464.38	-60.32	18.49	-9.57	14.19
65	540.00	424.26	483.47	463.28	-59.90	18.36	-9.51	14.10
66	550.00	423.44	482.24	462.18	-59.49	18.24	-9.44	14.00
67	560.00	422.62	481.02	461.09	-59.09	18.11	-9.38	13.91
68	570.00	421.80	479.81	460.02	-58.68	17.99	-9.31	13.81
69	580.00	420.99	478.60	458.94	-58.28	17.86	-9.25	13.72
70	590.00	420.18	477.40	457.88	-57.89	17.74	-9.19	13.62
71	600.00	419.37	476.21	456.82	-57.50	17.63	-9.13	13.53
72	610.00	418.56	475.03	455.77	-57.12	17.51	-9.07	13.44
73	620.00	417.75	473.85	454.72	-56.74	17.40	-9.01	13.35
74	630.00	416.95	472.69	453.68	-56.37	17.29	-8.95	13.27
75	640.00	416.14	471.53	452.65	-56.01	17.18	-8.89	13.18
76	650.00	415.34	470.38	451.62	-55.65	17.08	-8.83	13.10
77	660.00	414.59	469.23	450.60	-55.28	16.95	-8.77	13.01
78	670.00	413.86	468.10	449.59	-54.89	16.82	-8.71	12.92
79	680.00	413.14	466.97	448.59	-54.49	16.69	-8.65	12.82
80	690.00	412.43	465.85	447.60	-54.09	16.56	-8.59	12.73

81	700.00	411.72	464.74	446.62	-53.69	16.43	-8.53	12.64
82	720.00	410.31	462.53	444.68	-52.90	16.18	-8.40	12.45
83	740.00	408.91	460.36	442.77	-52.11	15.94	-8.28	12.26
84	760.00	407.52	458.22	440.88	-51.35	15.70	-8.16	12.08
85	780.00	406.13	456.10	439.02	-50.60	15.48	-8.04	11.91
86	800.00	404.75	454.02	437.19	-49.88	15.27	-7.92	11.74
87	820.00	403.48	451.97	435.38	-49.13	15.02	-7.81	11.56
88	840.00	402.24	449.95	433.62	-48.36	14.77	-7.69	11.38
89	860.00	401.02	447.96	431.88	-47.59	14.53	-7.57	11.20
90	880.00	399.81	446.00	430.17	-46.83	14.29	-7.45	11.02
91	900.00	398.60	444.07	428.49	-46.09	14.07	-7.33	10.85
92	920.00	397.41	442.16	426.83	-45.36	13.85	-7.22	10.68
93	940.00	396.22	440.29	425.20	-44.66	13.64	-7.10	10.51
94	960.00	395.03	438.45	423.59	-43.99	13.44	-6.99	10.35
95	980.00	393.85	436.63	422.00	-43.33	13.25	-6.89	10.20
96	1000.00	392.67	434.85	420.43	-42.71	13.06	-6.79	10.05

CASE 1 - T. HEAT, T. INSU, T. MEAN

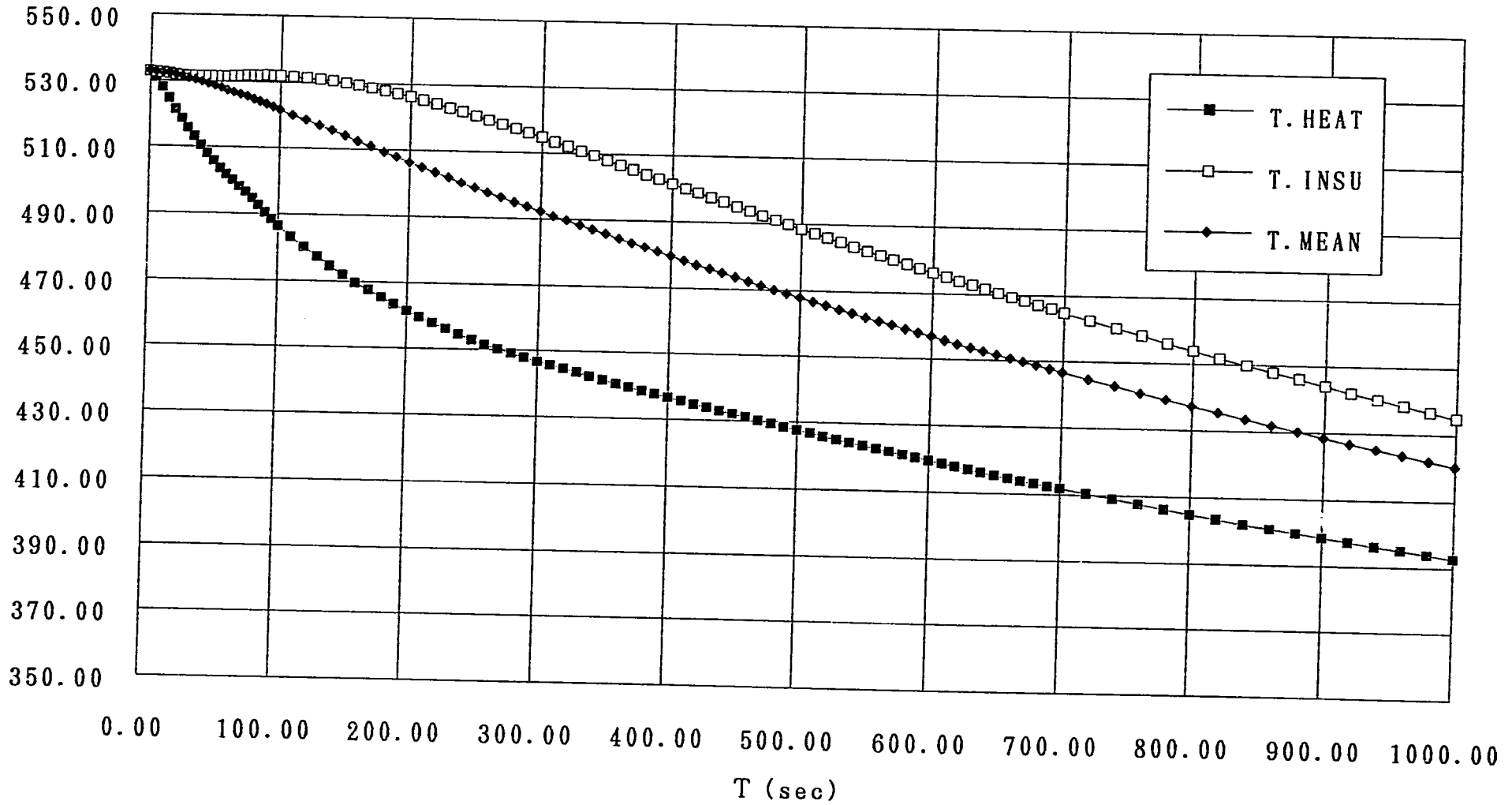


図4. 1. 1 計算結果 (ケース1、 T_H , T_I , T_M)

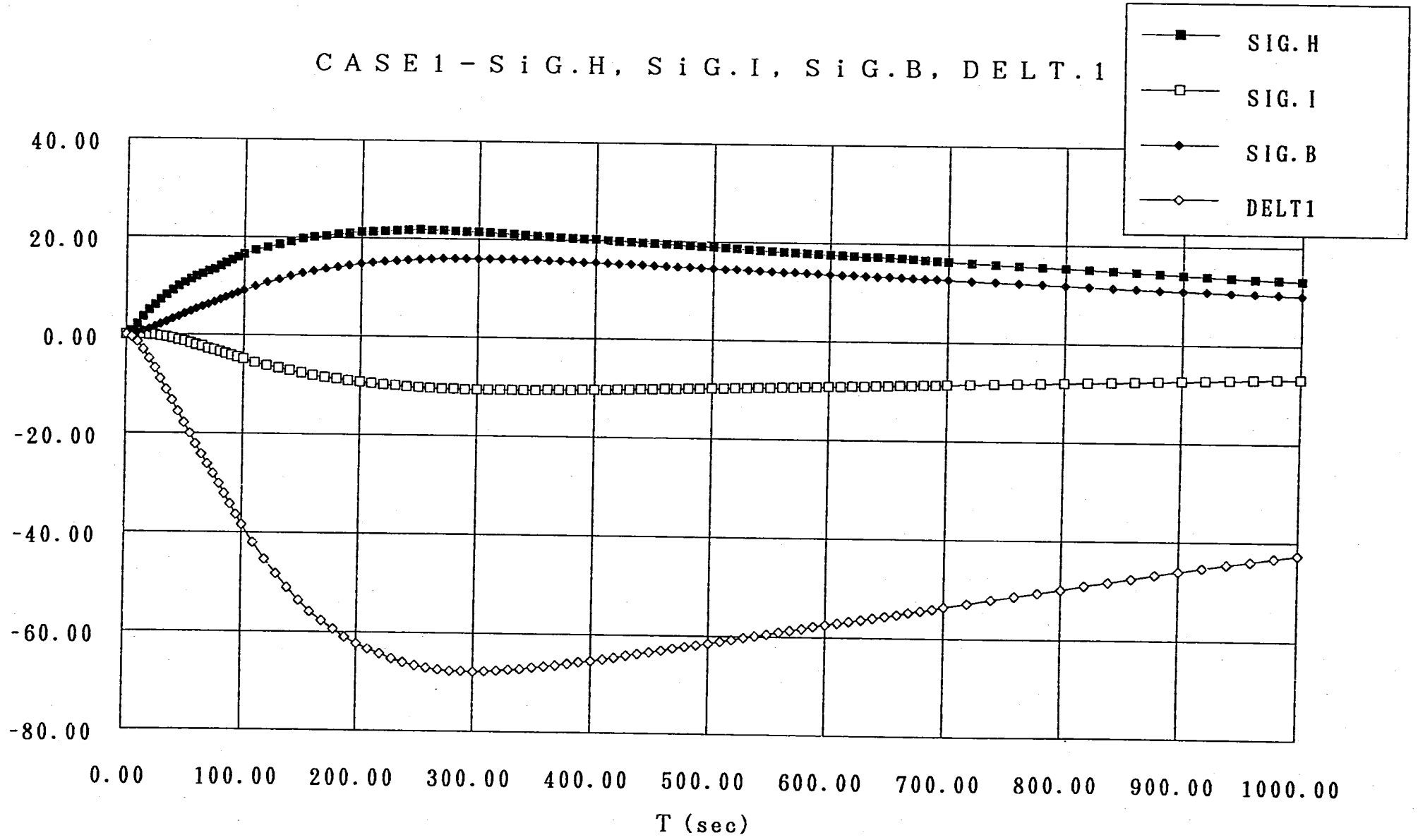


図4. 1. 2 計算結果 (ケース1、 T_B , σ_H , σ_I , σ_B)

表4. 2. 1 熱伝達係数の時間変化 (ケース2)

t_k (sec)	$h_{2,k}$ (kcal/mm ² sec°C)
$t_0 = 0.0$	
2.5	4.560E-6
7.5	4.149E-6
12.5	3.614E-6
17.5	3.076E-6
22.5	2.542E-6
27.5	2.120E-6
32.5	1.809E-6
37.5	1.581E-6
42.5	1.404E-6
47.5	1.258E-6
52.5	1.132E-6
57.5	1.018E-6
62.5	9.128E-7
70.0	8.234E-7
1010.0	7.585E-7

表4. 2. 2 流体温度の時間変化 (ケース2)

t (sec)	T_{N_s} (°C)
0.0	532.67
5.0	530.53
10.0	526.86
15.0	522.71
20.0	518.83
30.0	511.70
40.0	504.65
50.0	497.89
60.0	491.88
70.0	486.72
80.0	481.62
90.0	476.60
100.0	472.13
150.0	458.62
200.0	450.51
250.0	444.18
300.0	440.40
400.0	433.82
500.0	427.55
650.0	418.05
800.0	409.46
1010.0	398.71

表 4. 2. 3 全計算結果 (ケース 2)

STEP	TIME	T. HEAT	T. INSU	T. MEAN	DELT1	SIG. H	SIG. I	SIG. B
1	0.00	532.67	532.67	532.67	0.00	0.00	0.00	0.00
2	5.00	530.97	532.61	532.59	-0.41	0.77	-0.01	0.10
3	10.00	527.92	532.40	532.39	-1.45	2.10	-0.01	0.34
4	15.00	524.45	532.10	532.07	-2.98	3.59	-0.01	0.70
5	20.00	521.26	531.78	531.68	-4.80	4.90	-0.05	1.13
6	25.00	518.45	531.53	531.24	-6.74	6.02	-0.14	1.59
7	30.00	515.78	531.37	530.76	-8.79	7.05	-0.29	2.07
8	35.00	513.19	531.28	530.24	-10.93	8.02	-0.49	2.57
9	40.00	510.66	531.24	529.68	-13.14	8.95	-0.73	3.09
10	45.00	508.26	531.23	529.09	-15.39	9.80	-1.01	3.62
11	50.00	505.96	531.26	528.47	-17.65	10.59	-1.31	4.15
12	55.00	503.94	531.30	527.84	-19.85	11.25	-1.63	4.67
13	60.00	502.08	531.37	527.21	-21.98	11.83	-1.96	5.17
14	65.00	500.49	531.46	526.58	-24.00	12.28	-2.30	5.65
15	70.00	498.57	531.61	525.92	-26.03	12.87	-2.68	6.12
16	75.00	497.00	531.65	525.27	-27.93	13.31	-3.00	6.57
17	80.00	495.03	531.74	524.59	-29.92	13.91	-3.37	7.04
18	85.00	492.99	531.80	523.88	-31.96	14.54	-3.73	7.52
19	90.00	490.91	531.83	523.14	-34.01	15.17	-4.09	8.00
20	95.00	488.92	531.82	522.39	-36.04	15.76	-4.44	8.48
21	100.00	486.95	531.77	521.63	-38.04	16.32	-4.78	8.95
22	110.00	483.83	531.61	520.11	-41.66	17.08	-5.41	9.80
23	120.00	481.02	531.33	518.62	-44.82	17.69	-5.98	10.55
24	130.00	478.32	530.96	517.13	-47.67	18.26	-6.51	11.22
25	140.00	475.69	530.50	515.63	-50.27	18.80	-6.99	11.83
26	150.00	473.08	529.95	514.13	-52.68	19.32	-7.44	12.40
27	160.00	471.00	529.31	512.65	-54.75	19.61	-7.84	12.88
28	170.00	469.13	528.61	511.21	-56.45	19.81	-8.19	13.29
29	180.00	467.34	527.83	509.78	-57.90	19.98	-8.49	13.63
30	190.00	465.61	526.99	508.37	-59.16	20.13	-8.76	13.92
31	200.00	463.90	526.09	506.97	-60.25	20.27	-9.00	14.18
32	210.00	462.39	525.14	505.59	-61.15	20.33	-9.20	14.39
33	220.00	460.96	524.14	504.23	-61.87	20.37	-9.37	14.56
34	230.00	459.57	523.10	502.89	-62.46	20.39	-9.51	14.70
35	240.00	458.21	522.02	501.55	-62.94	20.40	-9.63	14.81
36	250.00	456.86	520.91	500.23	-63.33	20.41	-9.73	14.90
37	260.00	455.76	519.77	498.92	-63.57	20.32	-9.81	14.96
38	270.00	454.76	518.60	497.65	-63.65	20.19	-9.86	14.98
39	280.00	453.81	517.42	496.40	-63.61	20.05	-9.89	14.97

C21. XLS

40	290.00	452.88	516.22	495.17	-63.49	19.90	-9.91	14.94
41	300.00	451.98	515.01	493.96	-63.31	19.76	-9.91	14.90
42	310.00	451.13	513.78	492.76	-63.05	19.60	-9.89	14.84
43	320.00	450.31	512.55	491.58	-62.74	19.43	-9.87	14.76
44	330.00	449.51	511.31	490.42	-62.38	19.26	-9.83	14.68
45	340.00	448.72	510.07	489.27	-61.99	19.09	-9.79	14.59
46	350.00	447.94	508.82	488.14	-61.57	18.92	-9.74	14.49
47	360.00	447.17	507.58	487.02	-61.14	18.76	-9.68	14.39
48	370.00	446.40	506.34	485.90	-60.69	18.59	-9.62	14.28
49	380.00	445.64	505.10	484.80	-60.23	18.43	-9.55	14.17
50	390.00	444.89	503.87	483.71	-59.76	18.28	-9.49	14.06
51	400.00	444.13	502.64	482.64	-59.30	18.12	-9.42	13.95
52	410.00	443.40	501.42	481.57	-58.82	17.96	-9.35	13.84
53	420.00	442.68	500.21	480.51	-58.34	17.81	-9.27	13.73
54	430.00	441.96	499.01	479.46	-57.86	17.65	-9.20	13.62
55	440.00	441.24	497.81	478.42	-57.38	17.50	-9.13	13.50
56	450.00	440.53	496.62	477.39	-56.90	17.35	-9.05	13.39
57	460.00	439.82	495.44	476.37	-56.43	17.20	-8.98	13.28
58	470.00	439.11	494.27	475.35	-55.96	17.06	-8.90	13.17
59	480.00	438.41	493.11	474.35	-55.49	16.92	-8.83	13.06
60	490.00	437.71	491.96	473.35	-55.03	16.78	-8.76	12.95
61	500.00	437.01	490.82	472.36	-54.58	16.64	-8.69	12.84
62	510.00	436.31	489.69	471.38	-54.13	16.51	-8.62	12.74
63	520.00	435.61	488.56	470.41	-53.70	16.38	-8.55	12.64
64	530.00	434.91	487.45	469.44	-53.27	16.25	-8.48	12.54
65	540.00	434.21	486.34	468.48	-52.85	16.13	-8.41	12.44
66	550.00	433.51	485.25	467.52	-52.44	16.01	-8.34	12.34
67	560.00	432.82	484.16	466.58	-52.03	15.89	-8.28	12.24
68	570.00	432.12	483.08	465.63	-51.63	15.77	-8.21	12.15
69	580.00	431.43	482.01	464.70	-51.24	15.66	-8.15	12.06
70	590.00	430.74	480.95	463.77	-50.86	15.55	-8.09	11.97
71	600.00	430.05	479.90	462.85	-50.49	15.44	-8.03	11.88
72	610.00	429.36	478.85	461.93	-50.12	15.33	-7.97	11.79
73	620.00	428.67	477.82	461.02	-49.76	15.22	-7.91	11.71
74	630.00	427.99	476.79	460.11	-49.40	15.12	-7.85	11.63
75	640.00	427.30	475.77	459.21	-49.06	15.02	-7.79	11.55
76	650.00	426.62	474.76	458.31	-48.72	14.92	-7.74	11.47
77	660.00	425.96	473.75	457.43	-48.37	14.81	-7.68	11.38
78	670.00	425.32	472.75	456.55	-48.03	14.70	-7.63	11.30
79	680.00	424.68	471.76	455.67	-47.68	14.59	-7.57	11.22
80	690.00	424.04	470.78	454.81	-47.33	14.48	-7.52	11.14

C21. XLS

81	700.00	423.41	469.80	453.95	-46.98	14.37	-7.46	11.06
82	720.00	422.15	467.87	452.25	-46.30	14.17	-7.36	10.90
83	740.00	420.90	465.97	450.57	-45.63	13.97	-7.25	10.74
84	760.00	419.65	464.09	448.91	-44.99	13.77	-7.15	10.59
85	780.00	418.41	462.25	447.28	-44.37	13.59	-7.05	10.44
86	800.00	417.17	460.42	445.66	-43.76	13.41	-6.95	10.30
87	820.00	416.00	458.63	444.07	-43.15	13.21	-6.85	10.16
88	840.00	414.86	456.86	442.51	-42.53	13.01	-6.75	10.01
89	860.00	413.72	455.11	440.97	-41.91	12.82	-6.66	9.86
90	880.00	412.60	453.39	439.45	-41.30	12.64	-6.56	9.72
91	900.00	411.48	451.69	437.95	-40.71	12.46	-6.47	9.58
92	920.00	410.36	450.02	436.47	-40.14	12.29	-6.38	9.45
93	940.00	409.25	448.37	435.01	-39.58	12.12	-6.29	9.32
94	960.00	408.15	446.74	433.57	-39.05	11.97	-6.20	9.19
95	980.00	407.04	445.14	432.15	-38.53	11.81	-6.12	9.07
96	1000.00	405.95	443.56	430.74	-38.03	11.67	-6.04	8.95

CASE 2 - T. HEAT, T. INSU, T. MEAN

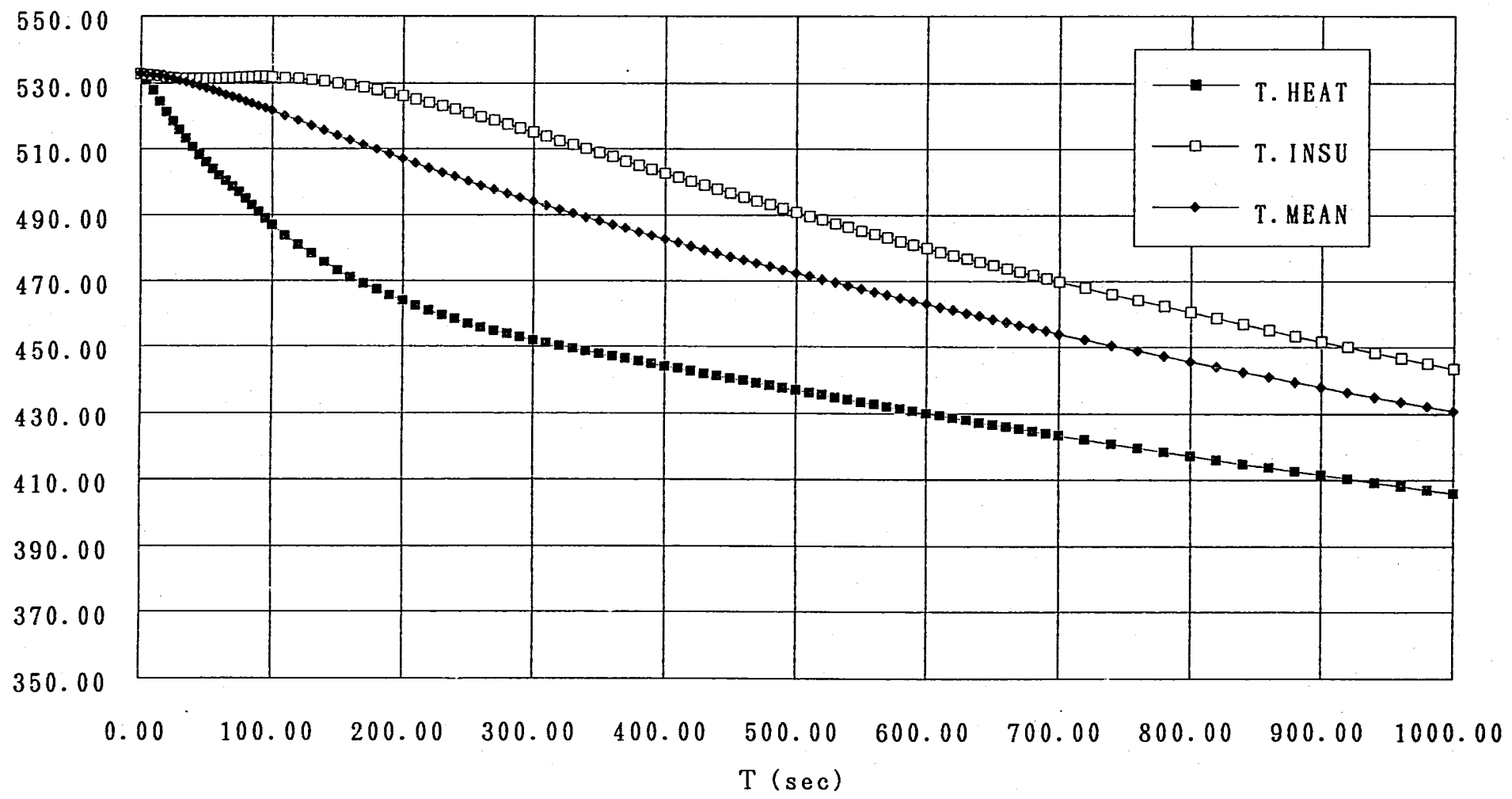


図4. 2. 1 計算結果 (ケース2、 T_H , T_I , T_M)

- 97 -

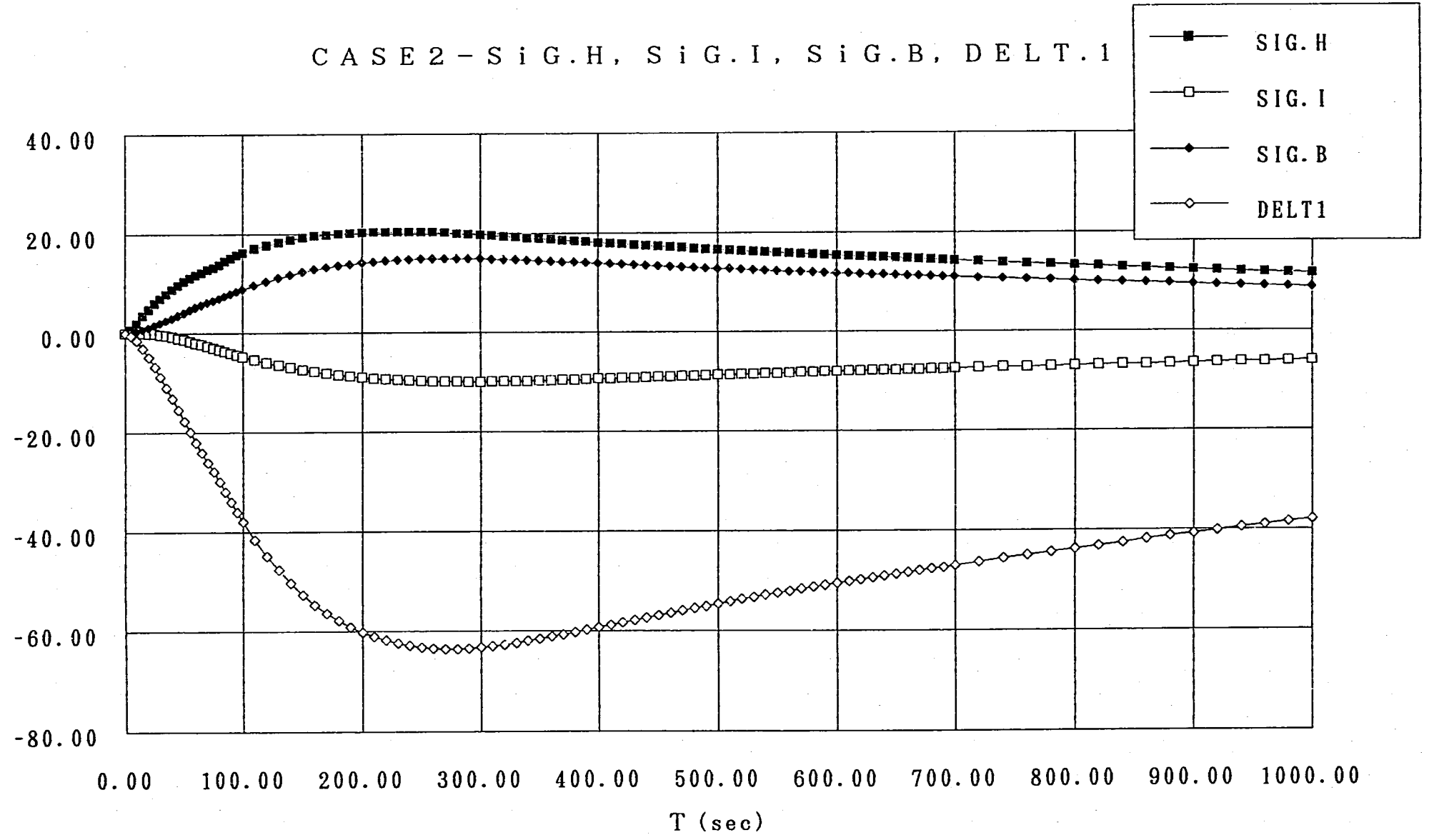


図 4. 2. 2 計算結果 (ケース2、 T_B , σ_H , σ_I , σ_B)

表4. 3. 1 熱伝達係数の時間変化 (ケース3)

t_k (sec)	$h_{2,k}$ (kcal/mm ² sec°C)
$t_0 = 0.0$	
2.5	4.560E-6
7.5	4.233E-6
12.5	3.788E-6
17.5	3.348E-6
22.5	2.903E-6
27.5	2.491E-6
32.5	2.168E-6
37.5	1.924E-6
42.5	1.735E-6
47.5	1.583E-6
52.5	1.455E-6
57.5	1.341E-6
62.5	1.237E-6
67.5	1.144E-6
72.5	1.060E-6
77.5	9.794E-7
82.5	9.036E-7
90.0	8.348E-7
1010.0	7.585E-7

表4. 3. 2 流体温度の時間変化 (ケース3)

t (sec)	T_{N_s} (°C)
0.0	532.67
5.0	530.10
10.0	525.38
15.0	519.65
20.0	513.95
30.0	503.46
40.0	493.63
50.0	484.48
60.0	476.53
70.0	469.89
80.0	464.50
90.0	460.16
100.0	456.28
150.0	442.73
200.0	436.69
250.0	432.90
300.0	430.49
400.0	426.48
500.0	422.58
650.0	415.20
800.0	407.54
1010.0	397.18

表 4. 3. 3 全計算結果 (ケース 3)

STEP	TIME	T. HEAT	T. INSU	T. MEAN	DELT1	SIG. H	SIG. I	SIG. B
1	0.00	532.67	532.67	532.67	0.00	0.00	0.00	0.00
2	5.00	530.62	532.59	532.58	-0.49	0.92	-0.01	0.12
3	10.00	526.67	532.34	532.32	-1.81	2.66	-0.01	0.43
4	15.00	521.81	531.93	531.90	-3.87	4.75	-0.02	0.91
5	20.00	516.99	531.48	531.35	-6.44	6.76	-0.06	1.52
6	25.00	512.65	531.09	530.71	-9.28	8.50	-0.18	2.18
7	30.00	508.47	530.81	530.01	-12.31	10.14	-0.38	2.90
8	35.00	504.58	530.64	529.24	-15.49	11.61	-0.66	3.65
9	40.00	500.78	530.56	528.42	-18.77	13.01	-1.01	4.42
10	45.00	497.22	530.54	527.55	-22.10	14.27	-1.41	5.20
11	50.00	493.76	530.57	526.64	-25.46	15.48	-1.85	5.99
12	55.00	490.69	530.64	525.72	-28.75	16.49	-2.32	6.77
13	60.00	487.78	530.74	524.77	-31.96	17.41	-2.81	7.52
14	65.00	485.28	530.85	523.82	-35.03	18.14	-3.31	8.24
15	70.00	482.96	530.98	522.88	-37.95	18.79	-3.82	8.93
16	75.00	481.03	531.11	521.94	-40.67	19.26	-4.32	9.57
17	80.00	479.29	531.23	521.02	-43.17	19.64	-4.81	10.16
18	85.00	477.87	531.34	520.12	-45.46	19.89	-5.28	10.70
19	90.00	476.02	531.42	519.22	-47.65	20.33	-5.74	11.21
20	95.00	474.98	531.43	518.35	-49.52	20.42	-6.16	11.65
21	100.00	473.28	531.40	517.47	-51.42	20.80	-6.56	12.10
22	110.00	470.29	531.18	515.72	-54.90	21.39	-7.28	12.92
23	120.00	467.47	530.79	513.99	-57.96	21.89	-7.91	13.64
24	130.00	464.73	530.25	512.26	-60.72	22.37	-8.47	14.29
25	140.00	462.03	529.60	510.53	-63.21	22.83	-8.97	14.88
26	150.00	459.36	528.83	508.80	-65.49	23.27	-9.43	15.41
27	160.00	457.41	527.97	507.11	-67.35	23.39	-9.82	15.85
28	170.00	455.75	527.03	505.48	-68.74	23.41	-10.14	16.18
29	180.00	454.20	526.00	503.89	-69.82	23.39	-10.41	16.43
30	190.00	452.72	524.92	502.33	-70.65	23.35	-10.63	16.63
31	200.00	451.28	523.77	500.80	-71.29	23.31	-10.81	16.78
32	210.00	450.09	522.57	499.30	-71.70	23.16	-10.95	16.87
33	220.00	449.01	521.32	497.84	-71.89	22.99	-11.05	16.92
34	230.00	447.98	520.03	496.42	-71.92	22.80	-11.12	16.93
35	240.00	446.98	518.72	495.02	-71.82	22.61	-11.16	16.90
36	250.00	446.02	517.37	493.64	-71.63	22.42	-11.17	16.86
37	260.00	445.19	516.01	492.29	-71.31	22.17	-11.16	16.78
38	270.00	444.44	514.63	490.97	-70.88	21.90	-11.14	16.68
39	280.00	443.72	513.24	489.68	-70.36	21.64	-11.09	16.56

C31. XLS

40	290.00	443.02	511.85	488.42	-69.78	21.37	-11.03	16.42
41	300.00	442.33	510.44	487.17	-69.15	21.11	-10.95	16.27
42	310.00	441.70	509.04	485.95	-68.47	20.83	-10.87	16.11
43	320.00	441.09	507.64	484.75	-67.75	20.55	-10.77	15.94
44	330.00	440.50	506.25	483.57	-67.00	20.27	-10.67	15.77
45	340.00	439.92	504.86	482.42	-66.23	20.00	-10.56	15.59
46	350.00	439.35	503.48	481.27	-65.44	19.73	-10.45	15.40
47	360.00	438.79	502.11	480.15	-64.65	19.47	-10.33	15.22
48	370.00	438.23	500.75	479.04	-63.86	19.21	-10.22	15.03
49	380.00	437.68	499.40	477.95	-63.06	18.95	-10.10	14.84
50	390.00	437.14	498.07	476.88	-62.27	18.70	-9.97	14.65
51	400.00	436.60	496.74	475.81	-61.48	18.46	-9.85	14.47
52	410.00	436.07	495.44	474.77	-60.70	18.22	-9.73	14.28
53	420.00	435.54	494.15	473.73	-59.92	17.98	-9.61	14.10
54	430.00	435.02	492.87	472.72	-59.15	17.74	-9.49	13.92
55	440.00	434.51	491.61	471.71	-58.39	17.51	-9.37	13.74
56	450.00	434.00	490.36	470.72	-57.64	17.28	-9.25	13.56
57	460.00	433.49	489.13	469.74	-56.90	17.06	-9.13	13.39
58	470.00	432.98	487.92	468.77	-56.17	16.84	-9.01	13.22
59	480.00	432.48	486.72	467.81	-55.45	16.63	-8.90	13.05
60	490.00	431.98	485.53	466.87	-54.75	16.42	-8.78	12.88
61	500.00	431.48	484.36	465.93	-54.06	16.22	-8.67	12.72
62	510.00	430.94	483.21	465.01	-53.39	16.04	-8.56	12.57
63	520.00	430.38	482.06	464.09	-52.76	15.87	-8.46	12.42
64	530.00	429.82	480.94	463.18	-52.16	15.70	-8.36	12.27
65	540.00	429.26	479.83	462.27	-51.57	15.54	-8.26	12.14
66	550.00	428.69	478.73	461.38	-51.01	15.38	-8.17	12.00
67	560.00	428.13	477.65	460.49	-50.46	15.23	-8.08	11.87
68	570.00	427.56	476.58	459.61	-49.92	15.08	-7.99	11.75
69	580.00	427.00	475.52	458.73	-49.40	14.94	-7.90	11.63
70	590.00	426.44	474.47	457.86	-48.90	14.79	-7.82	11.51
71	600.00	425.88	473.44	457.01	-48.40	14.65	-7.74	11.39
72	610.00	425.31	472.42	456.15	-47.92	14.51	-7.66	11.28
73	620.00	424.76	471.41	455.31	-47.45	14.38	-7.58	11.17
74	630.00	424.20	470.41	454.47	-46.99	14.25	-7.50	11.06
75	640.00	423.64	469.42	453.64	-46.55	14.12	-7.43	10.95
76	650.00	423.08	468.45	452.81	-46.11	13.99	-7.36	10.85
77	660.00	422.52	467.48	451.99	-45.68	13.87	-7.29	10.75
78	670.00	421.95	466.52	451.18	-45.27	13.76	-7.22	10.65
79	680.00	421.39	465.57	450.37	-44.87	13.64	-7.15	10.56
80	690.00	420.82	464.63	449.57	-44.48	13.53	-7.09	10.47

C31. XLS

81	700.00	420.26	463.70	448.77	-44.09	13.42	-7.03	10.38
82	720.00	419.13	461.87	447.20	-43.36	13.21	-6.91	10.20
83	740.00	418.01	460.07	445.65	-42.66	13.01	-6.79	10.04
84	760.00	416.89	458.31	444.11	-41.98	12.81	-6.68	9.88
85	780.00	415.77	456.57	442.60	-41.34	12.63	-6.58	9.73
86	800.00	414.66	454.86	441.11	-40.72	12.45	-6.48	9.58
87	820.00	413.57	453.18	439.63	-40.12	12.27	-6.38	9.44
88	840.00	412.49	451.53	438.18	-39.54	12.09	-6.28	9.30
89	860.00	411.41	449.90	436.75	-38.97	11.93	-6.19	9.17
90	880.00	410.34	448.30	435.33	-38.42	11.76	-6.10	9.04
91	900.00	409.27	446.72	433.94	-37.89	11.61	-6.02	8.92
92	920.00	408.21	445.17	432.55	-37.38	11.46	-5.94	8.80
93	940.00	407.15	443.63	431.19	-36.89	11.32	-5.86	8.68
94	960.00	406.09	442.12	429.84	-36.42	11.18	-5.78	8.57
95	980.00	405.04	440.63	428.50	-35.97	11.05	-5.71	8.47
96	1000.00	403.98	439.15	427.18	-35.54	10.92	-5.64	8.36

CASE 3 - T. HEAT, T. INSU, T. MEAN

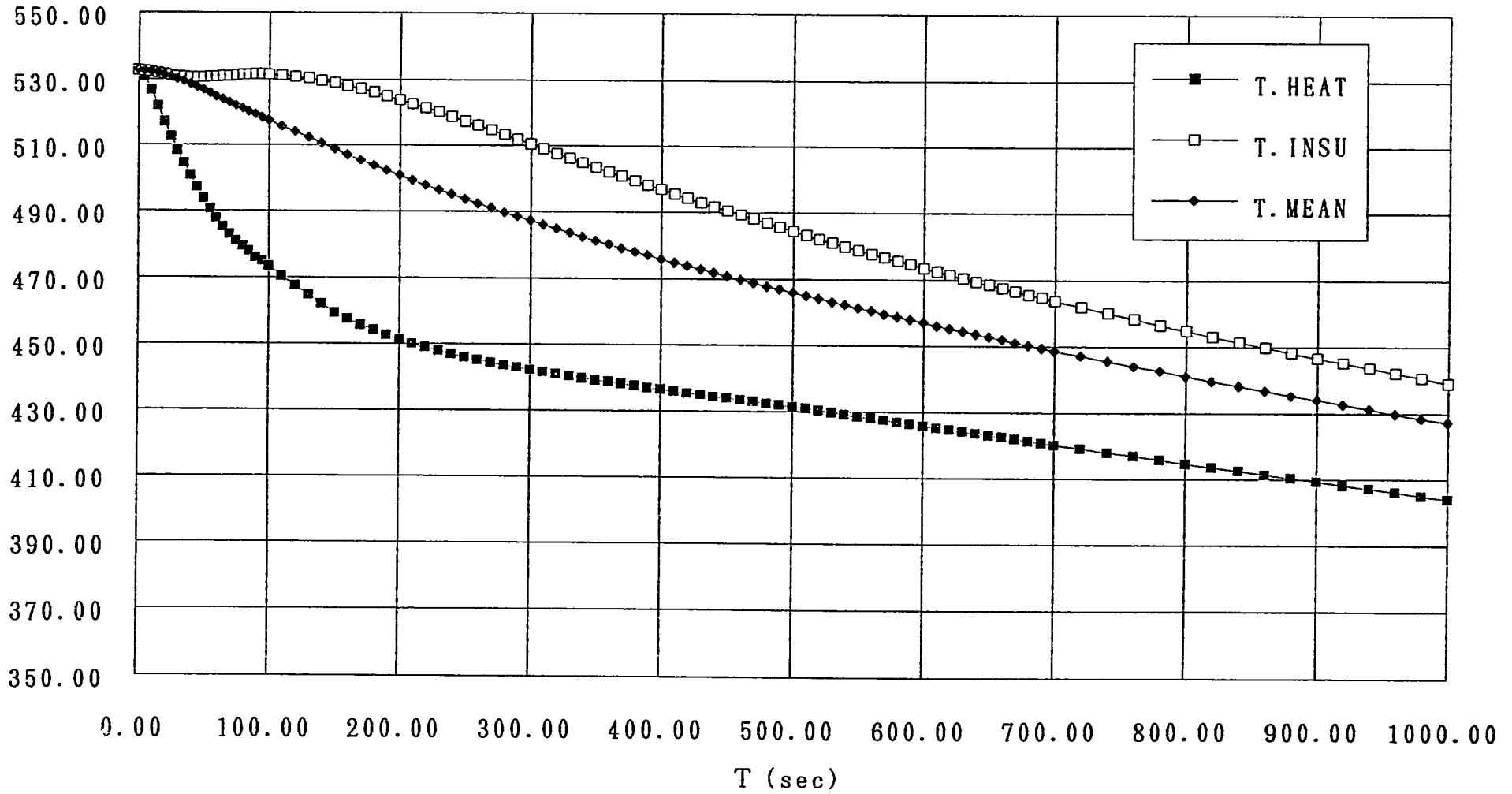


図4. 3. 1 計算結果 (ケース3、 T_H , T_I , T_M)

-103-

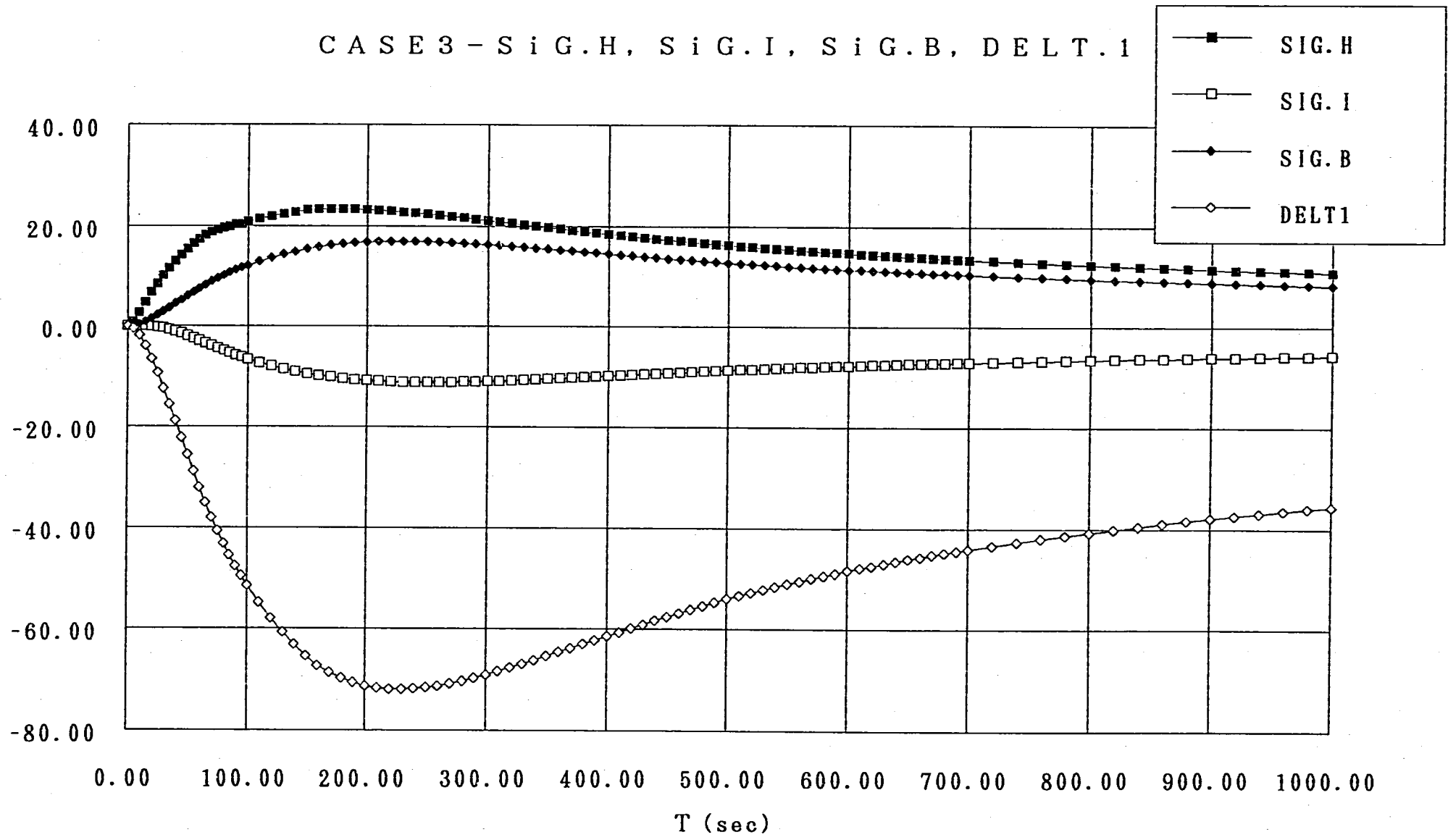


図4. 3. 2 計算結果 (ケース3、 T_B , σ_H , σ_I , σ_B)

表4. 4. 1 熱伝達係数の時間変化 (ケース4)

t_k (sec)	$h_{2,k}$ (kcal/mm ² sec°C)
$t_0 = 0.0$	
2.5	4.560E-6
7.5	3.867E-6
12.5	2.984E-6
17.5	2.185E-6
22.5	1.567E-6
27.5	1.152E-6
32.5	8.911E-7
37.5	7.737E-7
1010.0	7.585E-7

表4. 4. 2 流体温度の時間変化 (ケース4)

t (sec)	T_{Nk} (°C)
0.0	532.67
5.0	531.69
10.0	530.52
15.0	529.58
20.0	528.84
30.0	527.57
40.0	525.87
50.0	523.03
60.0	519.22
70.0	515.14
80.0	511.38
90.0	508.13
100.0	505.34
150.0	492.86
200.0	479.38
250.0	467.42
300.0	459.47
400.0	446.42
500.0	434.73
650.0	420.52
800.0	409.72
1010.0	398.05

表4. 4. 3 全計算結果 (ケース4)

STEP	TIME	T. HEAT	T. INSU	T. MEAN	DELT1	SIG. H	SIG. I	SIG. B
1	0.00	532.67	532.67	532.67	0.00	0.00	0.00	0.00
2	5.00	531.90	532.64	532.64	-0.18	0.35	0.00	0.04
3	10.00	530.95	532.56	532.56	-0.55	0.76	0.00	0.13
4	15.00	530.21	532.48	532.47	-0.97	1.07	0.00	0.23
5	20.00	529.71	532.41	532.38	-1.37	1.26	-0.02	0.32
6	25.00	529.35	532.39	532.29	-1.75	1.38	-0.05	0.41
7	30.00	529.06	532.39	532.20	-2.10	1.48	-0.09	0.49
8	35.00	528.65	532.40	532.10	-2.47	1.63	-0.14	0.58
9	40.00	528.11	532.41	531.99	-2.89	1.83	-0.20	0.68
10	45.00	527.33	532.45	531.86	-3.42	2.13	-0.28	0.81
11	50.00	526.41	532.48	531.70	-4.08	2.49	-0.37	0.96
12	55.00	525.25	532.51	531.50	-4.86	2.94	-0.47	1.14
13	60.00	523.96	532.53	531.27	-5.79	3.44	-0.59	1.36
14	65.00	522.56	532.54	531.00	-6.82	3.97	-0.72	1.61
15	70.00	521.09	532.55	530.71	-7.96	4.53	-0.87	1.87
16	75.00	519.63	532.56	530.39	-9.17	5.06	-1.02	2.16
17	80.00	518.17	532.56	530.04	-10.42	5.59	-1.18	2.45
18	85.00	516.79	532.55	529.68	-11.68	6.07	-1.35	2.75
19	90.00	515.43	532.54	529.31	-12.95	6.53	-1.52	3.05
20	95.00	514.17	532.52	528.93	-14.20	6.95	-1.69	3.34
21	100.00	512.94	532.50	528.54	-15.43	7.34	-1.87	3.63
22	110.00	510.65	532.44	527.73	-17.80	8.04	-2.21	4.19
23	120.00	508.43	532.34	526.91	-20.06	8.70	-2.56	4.72
24	130.00	506.22	532.22	526.05	-22.25	9.33	-2.90	5.24
25	140.00	504.02	532.05	525.16	-24.39	9.95	-3.24	5.74
26	150.00	501.83	531.84	524.24	-26.47	10.55	-3.58	6.23
27	160.00	499.53	531.59	523.29	-28.53	11.18	-3.91	6.72
28	170.00	497.20	531.29	522.29	-30.60	11.81	-4.24	7.20
29	180.00	494.85	530.95	521.26	-32.64	12.43	-4.56	7.68
30	190.00	492.49	530.57	520.19	-34.66	13.04	-4.89	8.16
31	200.00	490.11	530.15	519.09	-36.65	13.64	-5.21	8.63
32	210.00	487.87	529.68	517.96	-38.57	14.16	-5.52	9.08
33	220.00	485.67	529.17	516.82	-40.39	14.66	-5.81	9.51
34	230.00	483.49	528.62	515.65	-42.14	15.14	-6.10	9.92
35	240.00	481.31	528.03	514.47	-43.83	15.61	-6.39	10.32
36	250.00	479.13	527.40	513.26	-45.47	16.06	-6.66	10.70
37	260.00	477.32	526.73	512.05	-46.93	16.35	-6.91	11.05
38	270.00	475.65	526.03	510.86	-48.19	16.57	-7.14	11.34
39	280.00	474.03	525.28	509.67	-49.30	16.78	-7.35	11.60

C41. XLS

40	290.00	472.44	524.50	508.49	-50.31	16.97	-7.54	11.84
41	300.00	470.86	523.69	507.30	-51.22	17.15	-7.71	12.05
42	310.00	469.43	522.84	506.12	-52.02	17.27	-7.87	12.24
43	320.00	468.06	521.96	504.95	-52.70	17.36	-8.01	12.40
44	330.00	466.72	521.05	503.79	-53.29	17.45	-8.13	12.54
45	340.00	465.39	520.12	502.62	-53.81	17.53	-8.24	12.66
46	350.00	464.07	519.17	501.46	-54.28	17.60	-8.33	12.77
47	360.00	462.76	518.19	500.30	-54.70	17.67	-8.42	12.87
48	370.00	461.46	517.20	499.15	-55.08	17.74	-8.50	12.96
49	380.00	460.16	516.19	497.99	-55.42	17.81	-8.57	13.04
50	390.00	458.86	515.16	496.83	-55.74	17.87	-8.63	13.12
51	400.00	457.57	514.12	495.67	-56.04	17.93	-8.69	13.19
52	410.00	456.34	513.07	494.51	-56.29	17.96	-8.74	13.25
53	420.00	455.14	512.01	493.35	-56.50	17.99	-8.78	13.30
54	430.00	453.95	510.94	492.20	-56.68	18.01	-8.82	13.34
55	440.00	452.76	509.86	491.05	-56.83	18.02	-8.85	13.37
56	450.00	451.58	508.77	489.91	-56.96	18.04	-8.88	13.40
57	460.00	450.41	507.68	488.76	-57.07	18.05	-8.91	13.43
58	470.00	449.23	506.58	487.61	-57.17	18.07	-8.93	13.45
59	480.00	448.06	505.48	486.47	-57.26	18.08	-8.95	13.48
60	490.00	446.89	504.37	485.32	-57.34	18.09	-8.96	13.49
61	500.00	445.72	503.25	484.18	-57.41	18.10	-8.98	13.51
62	510.00	444.65	502.14	483.04	-57.44	18.07	-8.99	13.52
63	520.00	443.62	501.02	481.91	-57.42	18.02	-8.99	13.51
64	530.00	442.61	499.90	480.79	-57.36	17.97	-8.99	13.50
65	540.00	441.61	498.77	479.68	-57.28	17.92	-8.99	13.48
66	550.00	440.61	497.64	478.57	-57.19	17.86	-8.98	13.46
67	560.00	439.62	496.52	477.46	-57.08	17.81	-8.97	13.43
68	570.00	438.63	495.39	476.36	-56.95	17.76	-8.95	13.40
69	580.00	437.65	494.26	475.27	-56.83	17.71	-8.94	13.37
70	590.00	436.66	493.13	474.18	-56.69	17.66	-8.92	13.34
71	600.00	435.68	492.00	473.09	-56.55	17.61	-8.90	13.31
72	610.00	434.70	490.87	472.00	-56.41	17.56	-8.88	13.28
73	620.00	433.72	489.75	470.92	-56.27	17.51	-8.86	13.24
74	630.00	432.75	488.63	469.84	-56.12	17.46	-8.84	13.21
75	640.00	431.77	487.50	468.77	-55.98	17.41	-8.82	13.17
76	650.00	430.80	486.38	467.70	-55.83	17.37	-8.80	13.14
77	660.00	429.93	485.27	466.63	-55.65	17.28	-8.77	13.10
78	670.00	429.10	484.15	465.58	-55.42	17.17	-8.74	13.04
79	680.00	428.29	483.04	464.54	-55.17	17.06	-8.71	12.98
80	690.00	427.49	481.93	463.51	-54.89	16.96	-8.67	12.92

C41. XLS

81	700.00	426.69	480.83	462.49	-54.61	16.85	-8.63	12.85
82	720.00	425.11	478.62	460.47	-54.01	16.64	-8.54	12.71
83	740.00	423.55	476.44	458.47	-53.40	16.44	-8.45	12.57
84	760.00	422.00	474.27	456.50	-52.79	16.24	-8.36	12.42
85	780.00	420.45	472.12	454.56	-52.18	16.05	-8.27	12.28
86	800.00	418.91	470.00	452.63	-51.59	15.87	-8.17	12.14
87	820.00	417.56	467.90	450.74	-50.92	15.62	-8.07	11.98
88	840.00	416.26	465.82	448.90	-50.18	15.36	-7.96	11.81
89	860.00	414.99	463.76	447.09	-49.42	15.11	-7.85	11.63
90	880.00	413.74	461.74	445.31	-48.65	14.86	-7.73	11.45
91	900.00	412.49	459.74	443.56	-47.89	14.62	-7.61	11.27
92	920.00	411.25	457.76	441.84	-47.14	14.40	-7.50	11.09
93	940.00	410.02	455.82	440.14	-46.41	14.18	-7.38	10.92
94	960.00	408.80	453.91	438.47	-45.70	13.96	-7.27	10.76
95	980.00	407.58	452.02	436.82	-45.02	13.76	-7.16	10.59
96	1000.00	406.37	450.17	435.19	-44.36	13.57	-7.05	10.44

CASE 4 - T. HEAT, T. INSU, T. MEAN

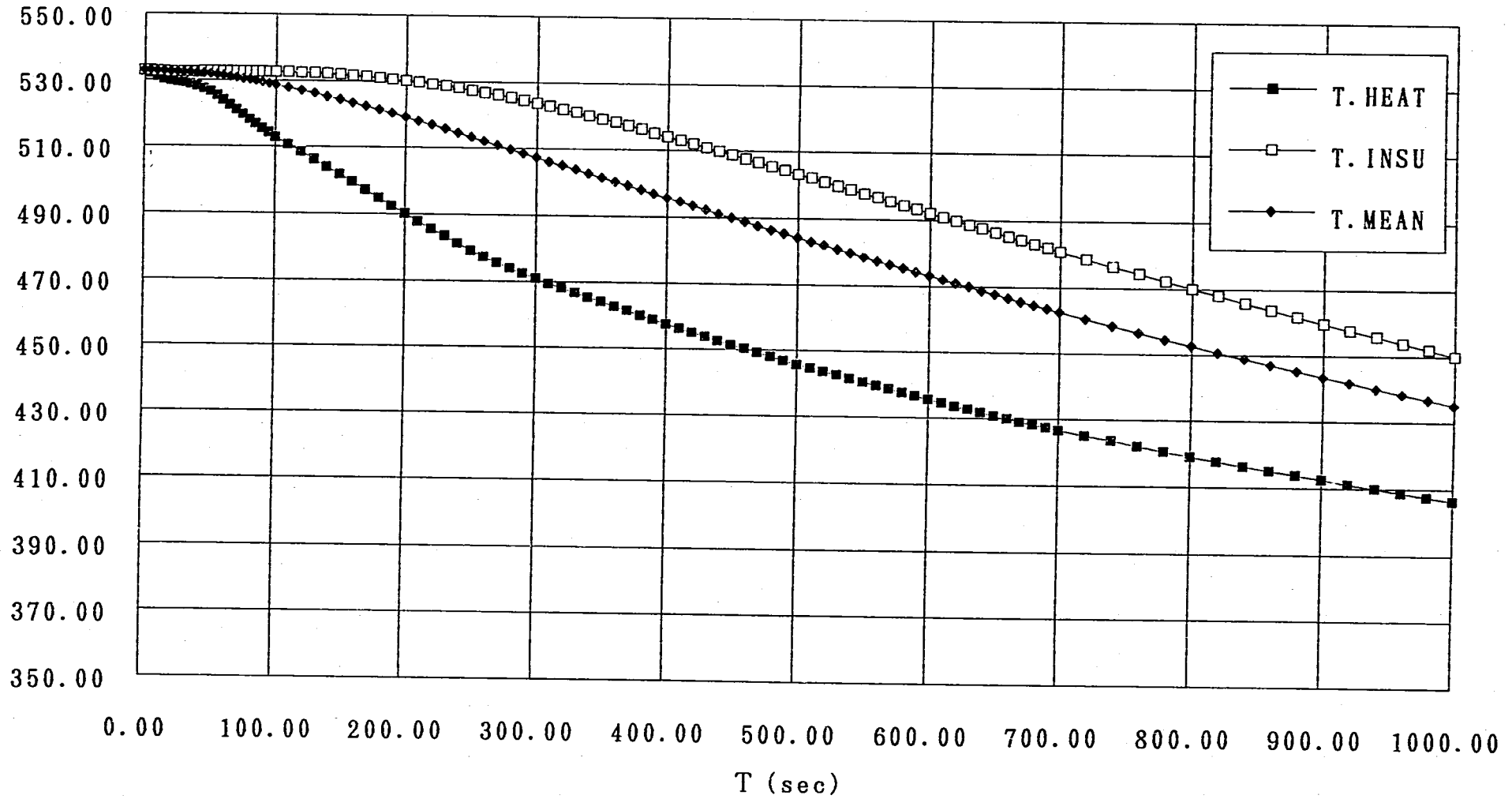


図4. 4. 1 計算結果 (ケース4、 T_H 、 T_I 、 T_M)

-109-

CASE 4 - SIG.H, SIG.I, SIG.B, DELT.1

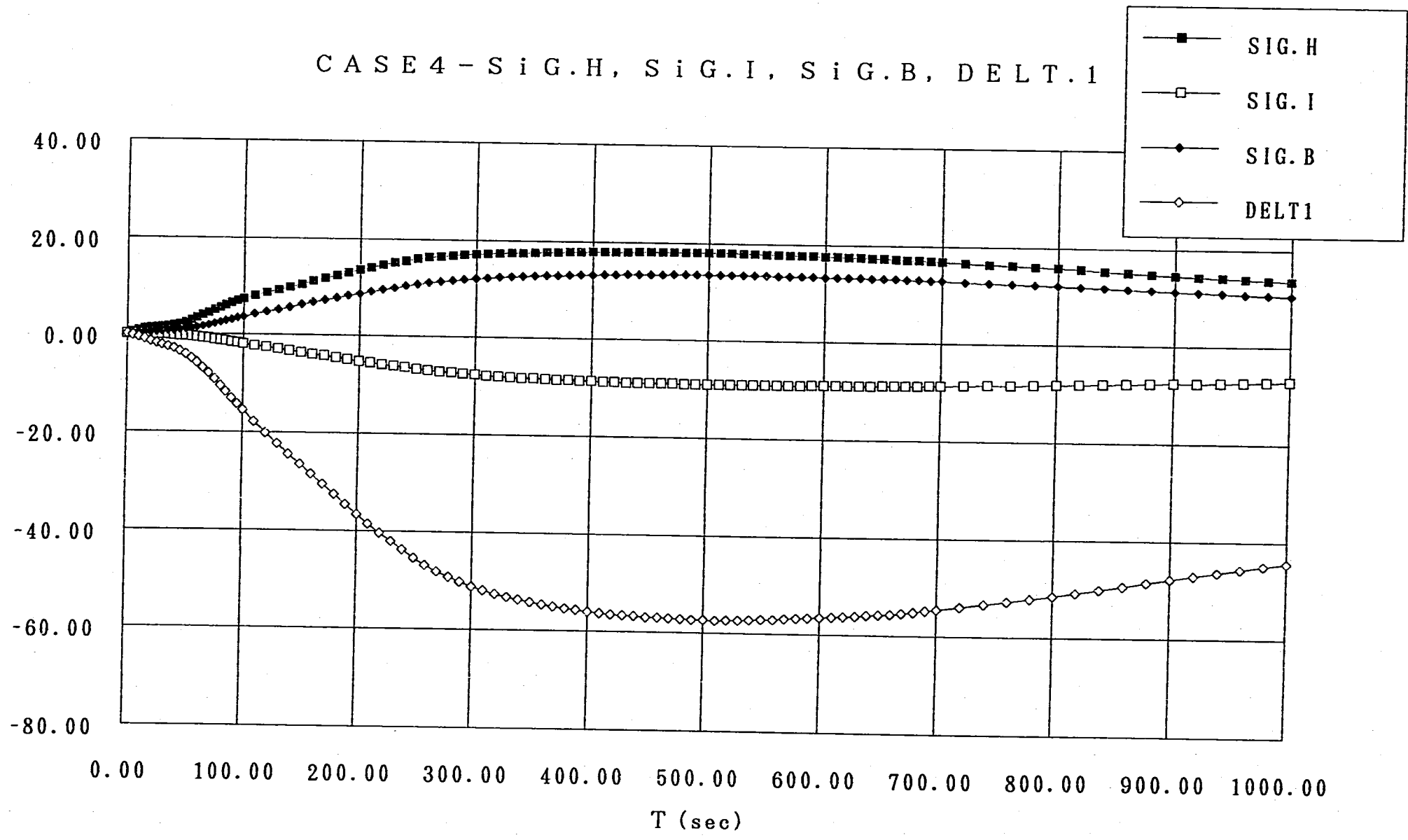


図4. 4. 2 計算結果 (ケース4、 T_B , σ_H , σ_I , σ_B)

表 4. 5. 1 熱伝達係数の時間変化 (ケース 5)

t_k (sec)	$h_{2,k}$ (kcal/mm ² sec°C)
$t_0 = 0.0$	
2.5	4.559E-6
7.5	3.794E-6
12.5	2.819E-6
17.5	1.991E-6
22.5	1.427E-6
27.5	1.093E-6
32.5	8.747E-7
37.5	7.720E-7
1010.0	7.585E-7

表 4. 5. 2 流体温度の時間変化 (ケース 5)

t (sec)	T_{N_s} (°C)		
0.0	532.62	500.0	438.11
5.0	526.31	650.0	425.26
10.0	520.27	800.0	414.10
15.0	515.92	1010.0	401.87
20.0	513.09		
30.0	510.17		
40.0	508.84		
50.0	507.88		
60.0	507.17		
70.0	506.43		
80.0	505.18		
90.0	503.07		
100.0	500.00		
110.0	496.17		
120.0	492.00		
130.0	487.88		
140.0	484.05		
150.0	480.58		
160.0	477.47		
170.0	474.68		
180.0	472.16		
190.0	469.89		
200.0	467.82		
250.0	460.05		
300.0	454.99		
400.0	446.81		

PNC TN9410 93-198

STEP	TIME	T. HEAT	T. INSU	T. MEAN	DELT1	SIG. H	SIG. I	SIG. B
1	0.00	532.62	532.62	532.62	0.00	0.00	0.00	0.00
2	5.00	527.69	532.43	532.40	-1.19	2.22	-0.01	0.28
3	10.00	522.73	531.98	531.99	-3.25	4.36	0.00	0.76
4	15.00	519.40	531.53	531.52	-5.39	5.71	0.00	1.27
5	20.00	517.55	531.28	531.08	-7.29	6.37	-0.09	1.72
6	25.00	516.76	531.24	530.67	-8.87	6.55	-0.27	2.09
7	30.00	516.23	531.37	530.30	-10.22	6.62	-0.50	2.41
8	35.00	515.90	531.57	529.95	-11.40	6.62	-0.76	2.68
9	40.00	515.38	531.78	529.61	-12.50	6.70	-1.02	2.94
10	45.00	514.76	531.94	529.28	-13.53	6.83	-1.25	3.18
11	50.00	514.17	532.06	528.95	-14.47	6.95	-1.46	3.41
12	55.00	513.65	532.14	528.62	-15.34	7.04	-1.66	3.61
13	60.00	513.17	532.20	528.31	-16.13	7.12	-1.83	3.79
14	65.00	512.71	532.23	528.00	-16.85	7.19	-1.99	3.96
15	70.00	512.26	532.24	527.69	-17.51	7.26	-2.14	4.12
16	75.00	511.73	532.24	527.38	-18.16	7.37	-2.29	4.27
17	80.00	511.16	532.21	527.07	-18.79	7.49	-2.42	4.42
18	85.00	510.42	532.17	526.75	-19.45	7.69	-2.55	4.58
19	90.00	509.61	532.12	526.42	-20.15	7.91	-2.68	4.74
20	95.00	508.58	532.05	526.06	-20.92	8.23	-2.82	4.92
21	100.00	507.46	531.97	525.68	-21.77	8.58	-2.96	5.12
22	110.00	504.73	531.76	524.85	-23.75	9.47	-3.26	5.59
23	120.00	501.61	531.52	523.90	-26.08	10.49	-3.59	6.14
24	130.00	498.35	531.23	522.85	-28.66	11.53	-3.95	6.74
25	140.00	495.14	530.91	521.73	-31.34	12.51	-4.32	7.38
26	150.00	492.09	530.56	520.55	-34.01	13.39	-4.71	8.00
27	160.00	489.24	530.17	519.34	-36.59	14.17	-5.10	8.61
28	170.00	486.60	529.74	518.11	-39.01	14.83	-5.47	9.18
29	180.00	484.15	529.26	516.86	-41.26	15.40	-5.84	9.71
30	190.00	481.89	528.75	515.61	-43.32	15.87	-6.18	10.19
31	200.00	479.79	528.18	514.36	-45.18	16.27	-6.50	10.63
32	210.00	478.00	527.57	513.13	-46.78	16.53	-6.80	11.01
33	220.00	476.33	526.91	511.91	-48.16	16.75	-7.06	11.33
34	230.00	474.71	526.21	510.71	-49.37	16.94	-7.30	11.62
35	240.00	473.13	525.46	509.50	-50.44	17.12	-7.51	11.87
36	250.00	471.56	524.67	508.30	-51.41	17.29	-7.70	12.10
37	260.00	470.26	523.84	507.12	-52.20	17.35	-7.87	12.28
38	270.00	469.07	522.97	505.96	-52.80	17.36	-8.01	12.43
39	280.00	467.93	522.08	504.82	-53.28	17.36	-8.12	12.54

40	290.00	466.81	521.15	503.69	-53.65	17.36	-8.22	12.63
41	300.00	465.71	520.20	502.56	-53.95	17.35	-8.30	12.70
42	310.00	464.71	519.22	501.46	-54.14	17.30	-8.36	12.74
43	320.00	463.76	518.23	500.37	-54.25	17.23	-8.41	12.77
44	330.00	462.83	517.22	499.29	-54.29	17.16	-8.44	12.78
45	340.00	461.92	516.19	498.22	-54.27	17.09	-8.46	12.77
46	350.00	461.02	515.16	497.16	-54.21	17.01	-8.47	12.76
47	360.00	460.12	514.11	496.11	-54.12	16.94	-8.47	12.74
48	370.00	459.24	513.06	495.07	-54.01	16.86	-8.47	12.71
49	380.00	458.36	512.01	494.03	-53.87	16.79	-8.46	12.68
50	390.00	457.48	510.94	493.00	-53.71	16.72	-8.45	12.64
51	400.00	456.61	509.88	491.98	-53.55	16.65	-8.43	12.60
52	410.00	455.72	508.82	490.96	-53.38	16.59	-8.41	12.56
53	420.00	454.82	507.75	489.94	-53.21	16.53	-8.38	12.52
54	430.00	453.92	506.69	488.93	-53.05	16.48	-8.36	12.48
55	440.00	453.02	505.63	487.92	-52.89	16.43	-8.34	12.45
56	450.00	452.12	504.57	486.91	-52.72	16.37	-8.31	12.41
57	460.00	451.22	503.51	485.90	-52.56	16.32	-8.29	12.37
58	470.00	450.32	502.46	484.90	-52.40	16.27	-8.26	12.33
59	480.00	449.43	501.41	483.90	-52.25	16.23	-8.24	12.30
60	490.00	448.53	500.36	482.90	-52.09	16.18	-8.21	12.26
61	500.00	447.64	499.31	481.91	-51.94	16.13	-8.19	12.22
62	510.00	446.75	498.27	480.92	-51.78	16.08	-8.17	12.19
63	520.00	445.86	497.23	479.93	-51.63	16.04	-8.14	12.15
64	530.00	444.98	496.19	478.95	-51.47	15.99	-8.12	12.11
65	540.00	444.10	495.16	477.96	-51.32	15.94	-8.09	12.08
66	550.00	443.21	494.13	476.98	-51.17	15.90	-8.07	12.04
67	560.00	442.33	493.10	476.01	-51.02	15.85	-8.05	12.01
68	570.00	441.45	492.08	475.03	-50.87	15.81	-8.02	11.97
69	580.00	440.57	491.06	474.06	-50.73	15.76	-8.00	11.94
70	590.00	439.69	490.04	473.09	-50.59	15.72	-7.98	11.90
71	600.00	438.81	489.02	472.12	-50.45	15.68	-7.95	11.87
72	610.00	437.94	488.01	471.16	-50.31	15.64	-7.93	11.84
73	620.00	437.06	487.00	470.20	-50.17	15.60	-7.91	11.81
74	630.00	436.18	485.99	469.24	-50.04	15.56	-7.89	11.78
75	640.00	435.30	484.99	468.28	-49.91	15.52	-7.87	11.75
76	650.00	434.43	483.99	467.32	-49.78	15.48	-7.85	11.72
77	660.00	433.60	482.99	466.37	-49.64	15.42	-7.82	11.68
78	670.00	432.80	482.00	465.43	-49.47	15.36	-7.80	11.64
79	680.00	432.00	481.01	464.49	-49.29	15.29	-7.77	11.60
80	690.00	431.21	480.02	463.56	-49.11	15.22	-7.75	11.56

C51.XLS

81	700.00	430.43	479.03	462.63	-48.92	15.16	-7.72	11.51
82	720.00	428.86	477.06	460.78	-48.53	15.03	-7.66	11.42
83	740.00	427.30	475.11	458.96	-48.14	14.90	-7.60	11.33
84	760.00	425.74	473.17	457.14	-47.76	14.78	-7.54	11.24
85	780.00	424.19	471.25	455.35	-47.38	14.67	-7.48	11.15
86	800.00	422.64	469.34	453.56	-47.01	14.55	-7.43	11.06
87	820.00	421.27	467.44	451.80	-46.56	14.37	-7.36	10.96
88	840.00	419.96	465.56	450.08	-46.04	14.18	-7.28	10.84
89	860.00	418.67	463.69	448.39	-45.49	13.99	-7.20	10.71
90	880.00	417.39	461.85	446.72	-44.93	13.80	-7.12	10.57
91	900.00	416.13	460.02	445.07	-44.36	13.62	-7.03	10.44
92	920.00	414.87	458.21	443.45	-43.81	13.45	-6.95	10.31
93	940.00	413.61	456.42	441.84	-43.26	13.29	-6.86	10.18
94	960.00	412.36	454.65	440.25	-42.73	13.13	-6.78	10.06
95	980.00	411.12	452.90	438.68	-42.22	12.97	-6.69	9.94
96	1000.00	409.87	451.18	437.13	-41.72	12.83	-6.61	9.82

CASE 5 - T. HEAT, T. INSU, T. MEAN

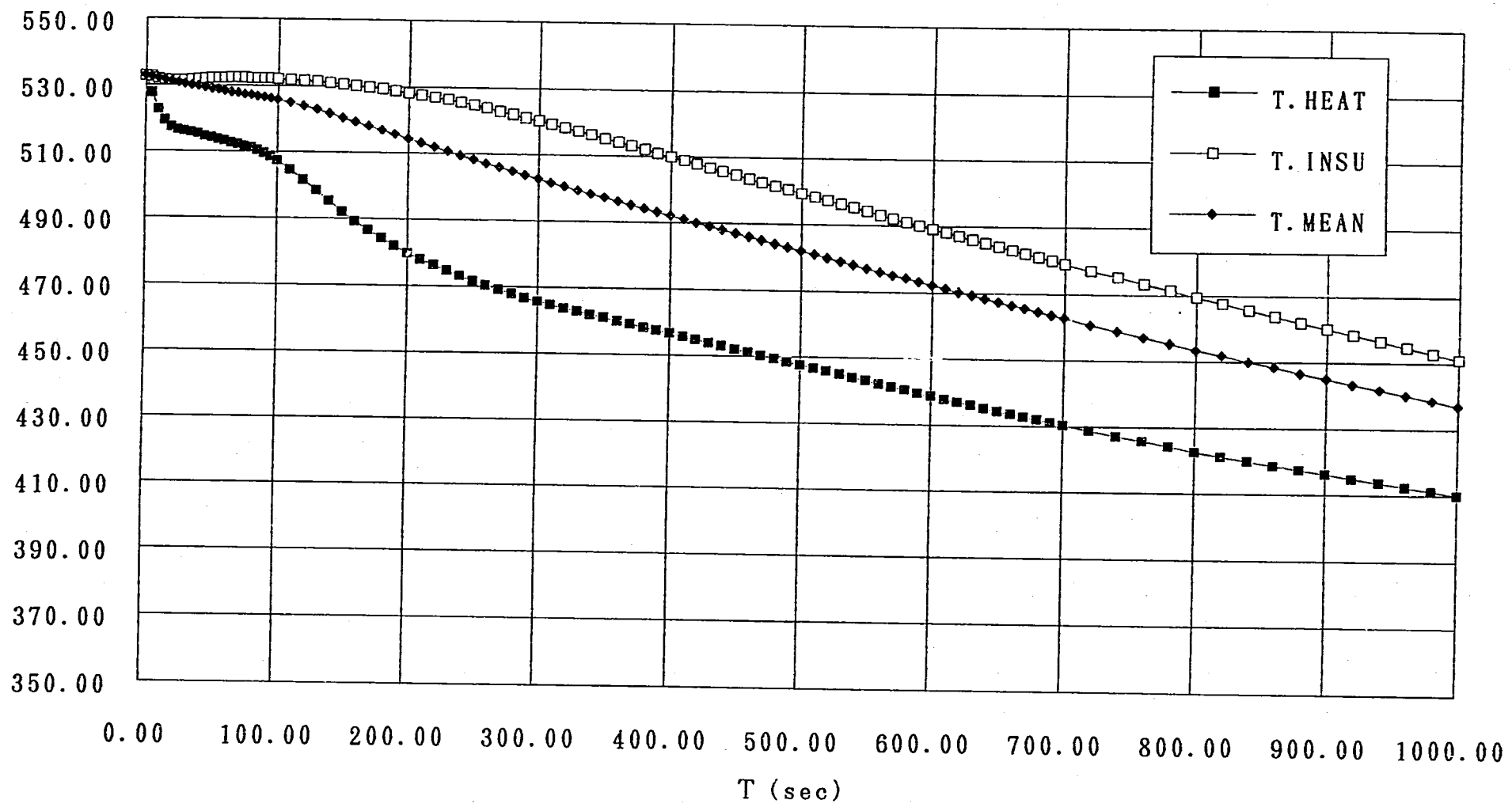
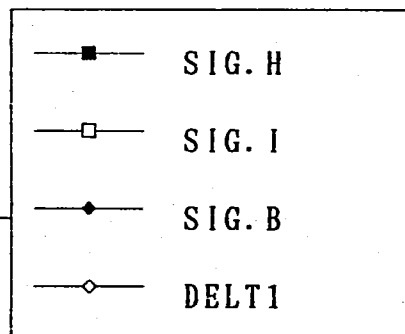


図4. 5. 1 計算結果 (ケース5、 T_H , T_I , T_M)

CASE 5 - SIG.H, SIG.I, SIG.B, DELT.1



-116-

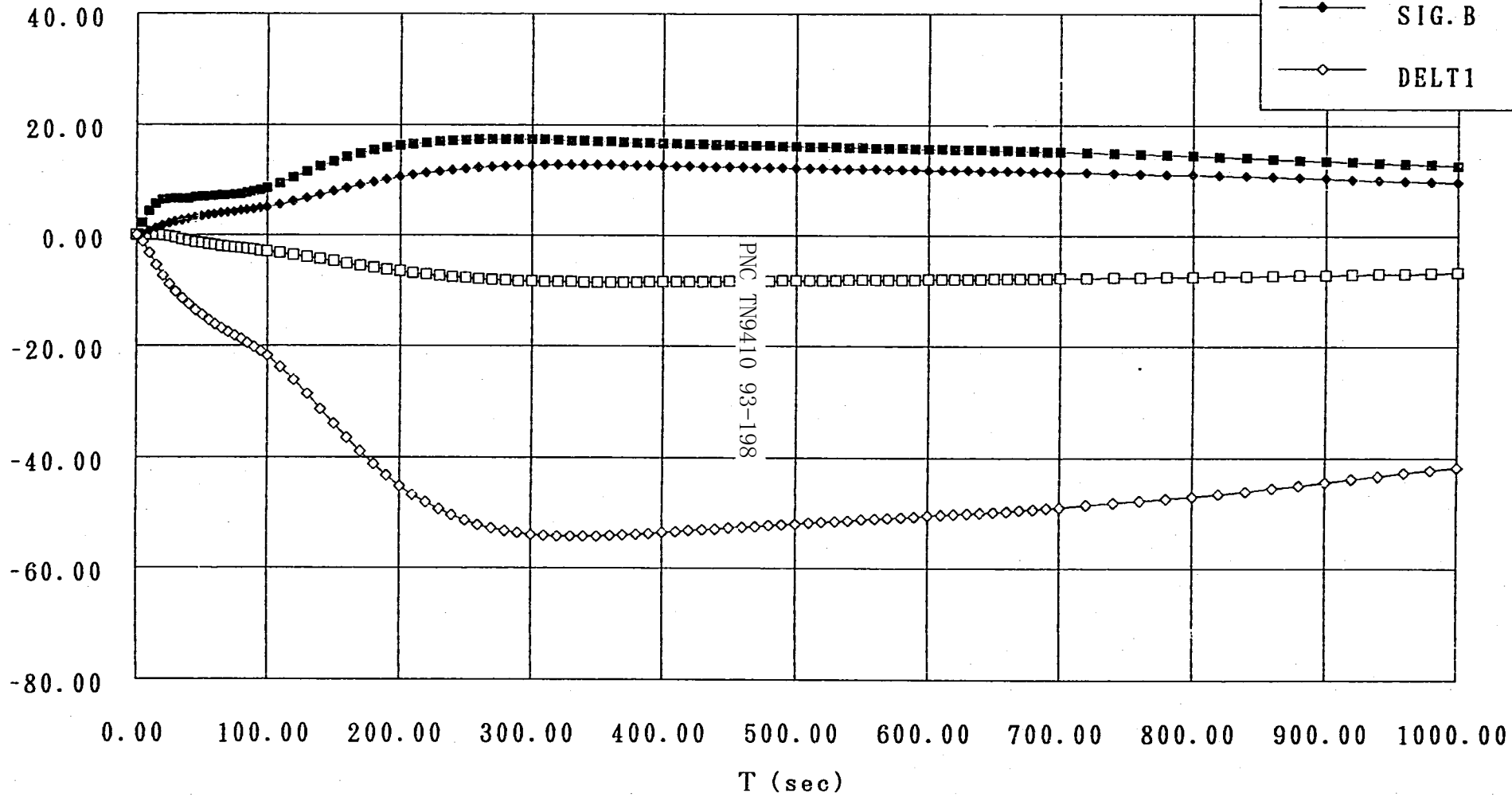


図4. 5. 2 計算結果 (ケース5、 T_B , σ_H , σ_I , σ_B)

表 4. 6. 1 熱伝達係数の時間変化 (ケース 6)

t_k (sec)	$h_{2,k}$ (kcal/mm ² sec°C)
$t_0 = 0.0$	
2.5	4.559E-6
7.5	4.109E-6
12.5	3.537E-6
17.5	2.971E-6
22.5	2.428E-6
27.5	2.026E-6
32.5	1.745E-6
37.5	1.541E-6
42.5	1.378E-6
47.5	1.239E-6
52.5	1.118E-6
57.5	1.006E-6
62.5	9.033E-7
67.5	8.162E-7
1010.0	7.585E-7

表 4. 6. 2 流体温度の時間変化 (ケース 6)

t (sec)	T_{N_s} (°C)
0.0	532.62
5.0	521.76
10.0	509.08
15.0	499.08
20.0	493.01
25.0	489.08
30.0	486.36
40.0	482.94
50.0	481.02
60.0	479.93
70.0	479.16
80.0	477.71
90.0	475.70
100.0	473.89
150.0	464.86
200.0	455.45
250.0	448.78
300.0	444.46
350.0	441.09
400.0	438.16
500.0	431.95
650.0	421.91
800.0	412.45
1010.0	401.20

表 4. 6. 3 全計算結果 (ケース 6)

STEP	TIME	T. HEAT	T. INSU	T. MEAN	DELT1	SIG. H	SIG. I	SIG. B
1	0.00	532.62	532.62	532.62	0.00	0.00	0.00	0.00
2	5.00	524.00	532.29	532.23	-2.08	3.88	-0.03	0.49
3	10.00	513.17	531.44	531.41	-6.21	8.59	-0.01	1.46
4	15.00	504.46	530.46	530.39	-11.04	12.20	-0.03	2.60
5	20.00	499.22	529.78	529.35	-15.59	14.18	-0.20	3.67
6	25.00	496.06	529.55	528.36	-19.61	15.20	-0.56	4.61
7	30.00	494.01	529.68	527.43	-23.16	15.73	-1.06	5.45
8	35.00	492.73	530.02	526.55	-26.26	15.92	-1.63	6.18
9	40.00	491.62	530.45	525.72	-29.00	16.05	-2.23	6.83
10	45.00	490.96	530.89	524.93	-31.39	15.99	-2.80	7.39
11	50.00	490.45	531.29	524.19	-33.44	15.88	-3.34	7.87
12	55.00	490.21	531.64	523.50	-35.17	15.67	-3.83	8.28
13	60.00	490.10	531.93	522.85	-36.59	15.42	-4.27	8.61
14	65.00	490.09	532.16	522.24	-37.76	15.14	-4.67	8.89
15	70.00	490.01	532.31	521.67	-38.72	14.90	-5.01	9.11
16	75.00	489.35	532.29	521.10	-39.61	14.94	-5.27	9.32
17	80.00	488.61	532.19	520.53	-40.46	15.03	-5.49	9.52
18	85.00	487.74	532.05	519.96	-41.30	15.16	-5.69	9.72
19	90.00	486.83	531.87	519.38	-42.12	15.32	-5.88	9.91
20	95.00	485.94	531.66	518.80	-42.92	15.47	-6.05	10.10
21	100.00	485.05	531.43	518.22	-43.68	15.61	-6.22	10.28
22	110.00	483.30	530.91	517.05	-45.12	15.89	-6.52	10.62
23	120.00	481.55	530.31	515.88	-46.45	16.16	-6.79	10.93
24	130.00	479.81	529.65	514.71	-47.69	16.42	-7.03	11.22
25	140.00	478.08	528.94	513.52	-48.85	16.68	-7.26	11.50
26	150.00	476.35	528.18	512.33	-49.94	16.93	-7.46	11.75
27	160.00	474.60	527.38	511.12	-50.99	17.19	-7.65	12.00
28	170.00	472.83	526.55	509.90	-51.99	17.45	-7.83	12.24
29	180.00	471.06	525.68	508.68	-52.96	17.70	-8.01	12.46
30	190.00	469.29	524.79	507.43	-53.90	17.95	-8.17	12.68
31	200.00	467.52	523.87	506.18	-54.80	18.20	-8.32	12.90
32	210.00	466.00	522.92	504.94	-55.58	18.32	-8.47	13.08
33	220.00	464.58	521.95	503.70	-56.23	18.41	-8.59	13.23
34	230.00	463.19	520.96	502.48	-56.78	18.49	-8.70	13.36
35	240.00	461.82	519.94	501.25	-57.26	18.56	-8.80	13.48
36	250.00	460.47	518.91	500.03	-57.69	18.62	-8.88	13.58
37	260.00	459.34	517.86	498.83	-57.99	18.59	-8.96	13.65
38	270.00	458.30	516.79	497.65	-58.16	18.52	-9.01	13.69
39	280.00	457.30	515.70	496.49	-58.23	18.45	-9.05	13.70

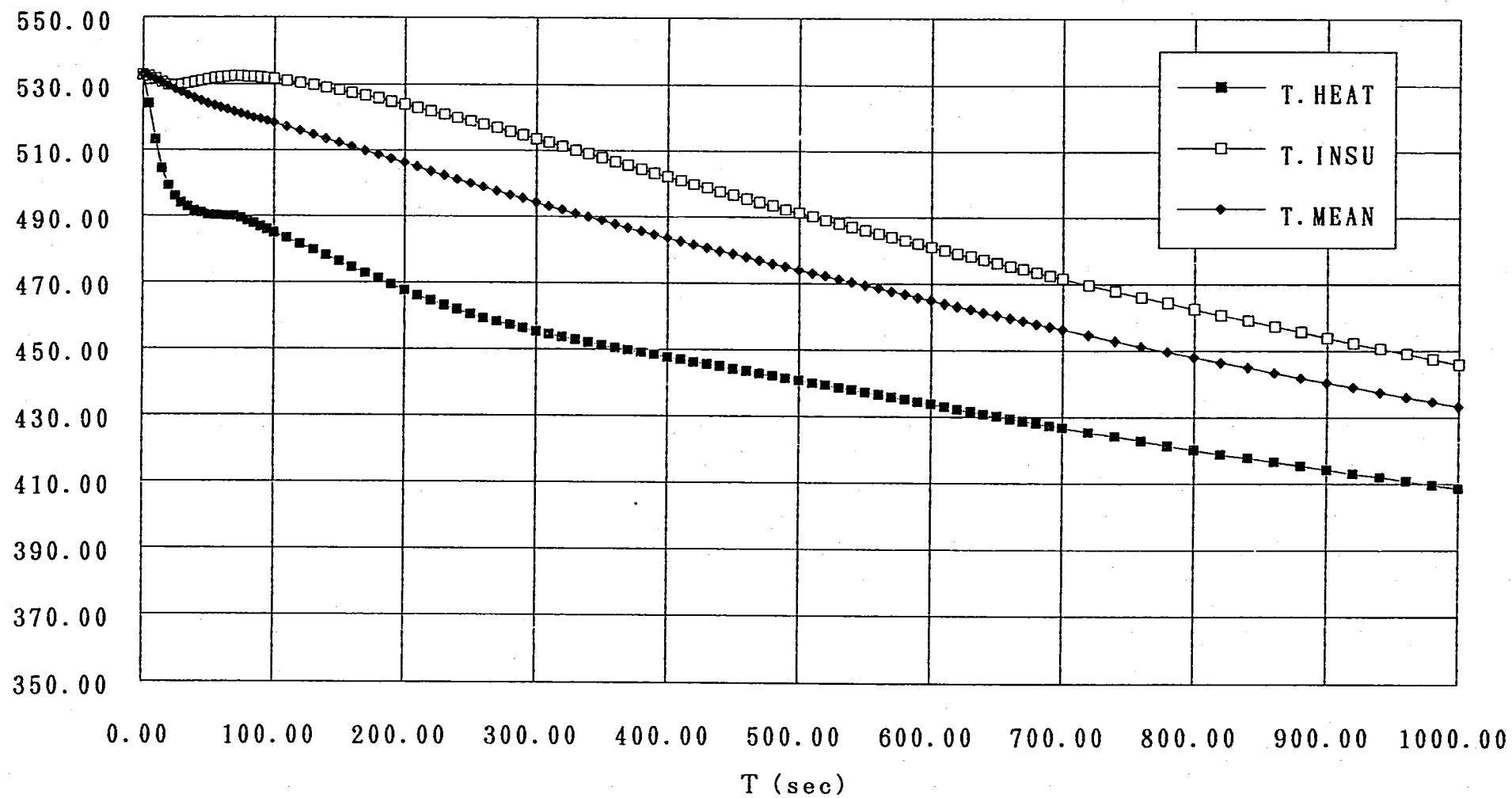
C61. XLS

40	290.00	456.31	514.61	495.33	-58.24	18.37	-9.07	13.71
41	300.00	455.35	513.50	494.19	-58.20	18.28	-9.09	13.70
42	310.00	454.48	512.38	493.07	-58.08	18.16	-9.09	13.67
43	320.00	453.66	511.25	491.96	-57.89	18.03	-9.08	13.62
44	330.00	452.85	510.12	490.87	-57.65	17.90	-9.06	13.57
45	340.00	452.06	508.99	489.79	-57.37	17.76	-9.03	13.50
46	350.00	451.28	507.85	488.73	-57.07	17.63	-9.00	13.43
47	360.00	450.55	506.71	487.67	-56.72	17.47	-8.96	13.35
48	370.00	449.84	505.57	486.63	-56.35	17.32	-8.91	13.26
49	380.00	449.14	504.43	485.61	-55.95	17.17	-8.86	13.17
50	390.00	448.44	503.29	484.59	-55.54	17.01	-8.80	13.07
51	400.00	447.76	502.16	483.58	-55.11	16.86	-8.74	12.97
52	410.00	447.06	501.03	482.59	-54.68	16.72	-8.68	12.87
53	420.00	446.37	499.91	481.60	-54.26	16.58	-8.62	12.77
54	430.00	445.67	498.79	480.62	-53.84	16.45	-8.55	12.67
55	440.00	444.97	497.68	479.65	-53.42	16.32	-8.49	12.57
56	450.00	444.28	496.58	478.68	-53.00	16.19	-8.42	12.47
57	460.00	443.59	495.49	477.72	-52.59	16.06	-8.36	12.38
58	470.00	442.90	494.40	476.77	-52.18	15.94	-8.30	12.28
59	480.00	442.22	493.32	475.83	-51.78	15.82	-8.23	12.19
60	490.00	441.53	492.25	474.89	-51.39	15.70	-8.17	12.09
61	500.00	440.85	491.19	473.96	-51.00	15.58	-8.11	12.00
62	510.00	440.15	490.13	473.03	-50.62	15.48	-8.05	11.91
63	520.00	439.44	489.08	472.11	-50.26	15.38	-7.99	11.83
64	530.00	438.72	488.05	471.20	-49.91	15.28	-7.93	11.75
65	540.00	438.01	487.01	470.28	-49.58	15.19	-7.88	11.67
66	550.00	437.30	485.99	469.37	-49.25	15.10	-7.82	11.59
67	560.00	436.58	484.98	468.47	-48.93	15.01	-7.77	11.52
68	570.00	435.87	483.97	467.57	-48.63	14.92	-7.72	11.44
69	580.00	435.16	482.97	466.68	-48.32	14.84	-7.67	11.37
70	590.00	434.45	481.98	465.79	-48.03	14.75	-7.62	11.30
71	600.00	433.74	480.99	464.90	-47.74	14.67	-7.57	11.24
72	610.00	433.03	480.01	464.02	-47.46	14.59	-7.53	11.17
73	620.00	432.32	479.04	463.14	-47.19	14.51	-7.48	11.10
74	630.00	431.61	478.07	462.27	-46.92	14.43	-7.44	11.04
75	640.00	430.90	477.11	461.40	-46.65	14.36	-7.39	10.98
76	650.00	430.19	476.15	460.53	-46.40	14.28	-7.35	10.92
77	660.00	429.51	475.21	459.67	-46.14	14.20	-7.31	10.86
78	670.00	428.82	474.26	458.82	-45.88	14.12	-7.27	10.80
79	680.00	428.15	473.33	457.97	-45.62	14.04	-7.23	10.74
80	690.00	427.47	472.39	457.13	-45.36	13.96	-7.19	10.68

C61. XLS

81	700.00	426.80	471.47	456.29	-45.10	13.88	-7.15	10.61
82	720.00	425.45	469.63	454.62	-44.60	13.73	-7.07	10.50
83	740.00	424.11	467.81	452.97	-44.11	13.58	-6.99	10.38
84	760.00	422.78	466.02	451.33	-43.64	13.44	-6.91	10.27
85	780.00	421.45	464.24	449.72	-43.18	13.31	-6.84	10.16
86	800.00	420.12	462.49	448.11	-42.74	13.18	-6.77	10.06
87	820.00	418.89	460.75	446.53	-42.27	13.01	-6.69	9.95
88	840.00	417.71	459.03	444.98	-41.76	12.83	-6.62	9.83
89	860.00	416.53	457.33	443.44	-41.24	12.67	-6.54	9.70
90	880.00	415.37	455.65	441.93	-40.72	12.50	-6.46	9.58
91	900.00	414.21	453.99	440.44	-40.21	12.35	-6.38	9.46
92	920.00	413.06	452.34	438.97	-39.71	12.20	-6.30	9.34
93	940.00	411.91	450.72	437.51	-39.22	12.05	-6.22	9.23
94	960.00	410.76	449.12	436.07	-38.75	11.91	-6.14	9.12
95	980.00	409.62	447.54	434.64	-38.30	11.78	-6.07	9.01
96	1000.00	408.48	445.97	433.23	-37.86	11.65	-6.00	8.91

CASE 6 - T. HEAT, T. INSU, T. MEAN

図4. 6. 1 計算結果 (ケース6、 T_H , T_I , T_M)

CASE 6 - SIG.H, SIG.I, SIG.B, DELT.1

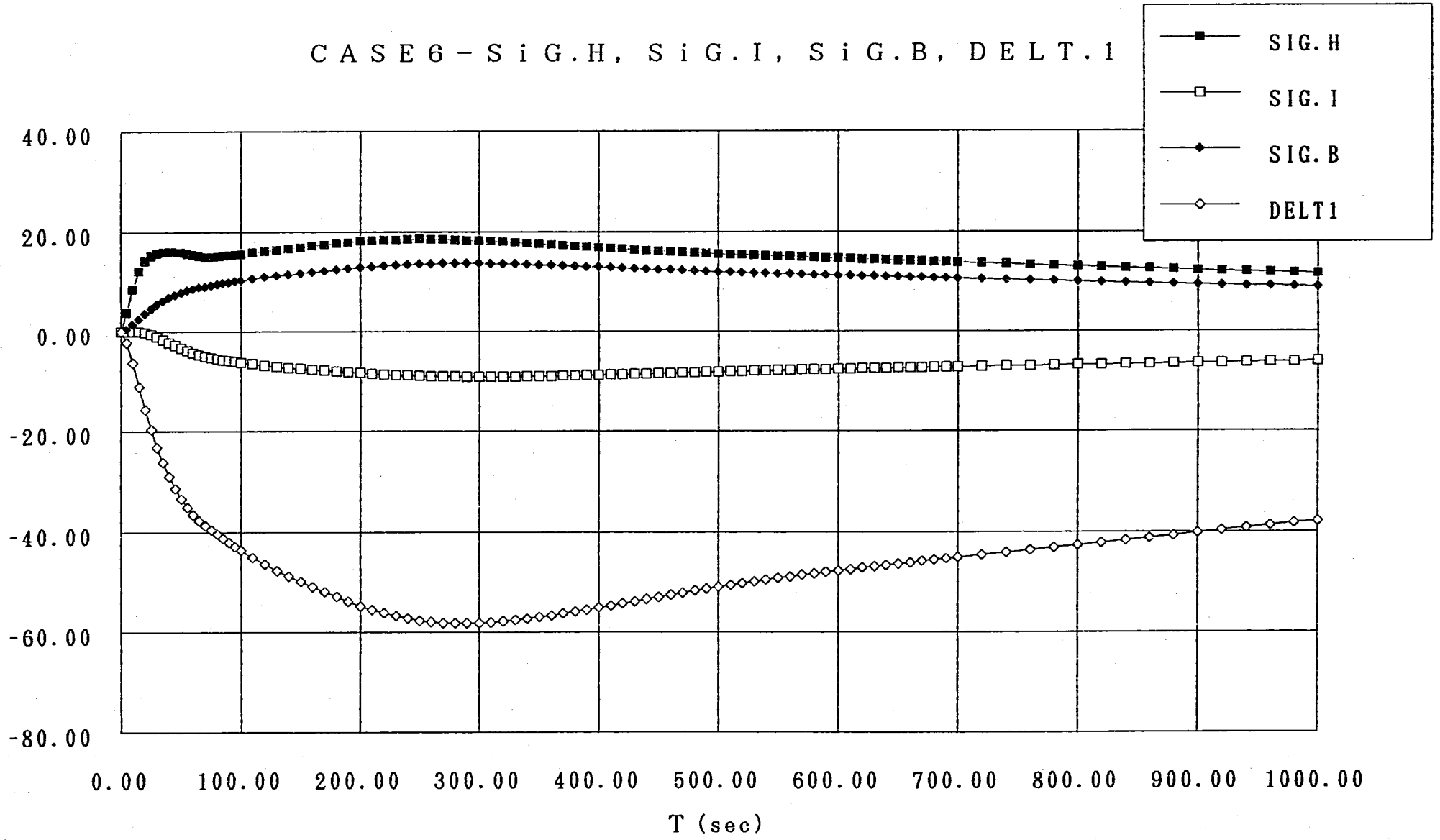


図4. 6. 2 計算結果 (ケース6、 T_B , σ_H , σ_I , σ_B)

表4. 7. 1 熱伝達係数の時間変化 (ケース7)

t_x (sec)	$h_{2,x}$ (kcal/mm ² sec°C)
$t_0 = 0.0$	
2.5	4.559E-6
7.5	4.109E-6
12.5	3.537E-6
17.5	2.971E-6
22.5	2.428E-6
27.5	2.026E-6
32.5	1.745E-6
37.5	1.541E-6
42.5	1.378E-6
47.5	1.239E-6
52.5	1.118E-6
57.5	1.006E-6
62.5	9.033E-7
67.5	8.162E-7
1010.0	7.585E-7

表4. 7. 2 流体温度の時間変化 (ケース7)

t (sec)	T_{Na} (°C)
0.0	532.62
5.0	521.73
10.0	508.98
15.0	498.88
20.0	492.71
25.0	488.68
30.0	485.85
40.0	482.20
50.0	480.05
60.0	478.76
70.0	477.82
80.0	476.13
90.0	473.80
100.0	471.58
150.0	460.67
200.0	449.71
250.0	441.77
300.0	436.57
350.0	432.50
400.0	428.98
500.0	421.72
650.0	410.30
800.0	399.84
1010.0	388.22

表4. 7. 3 全計算結果 (ケース7)

STEP	TIME	T. HEAT	T. INSU	T. MEAN	DELT1	SIG. H	SIG. I	SIG. B
1	0.00	532.62	532.62	532.62	0.00	0.00	0.00	0.00
2	5.00	523.97	532.29	532.23	-2.08	3.89	-0.03	0.49
3	10.00	513.09	531.44	531.41	-6.24	8.62	-0.01	1.47
4	15.00	504.30	530.45	530.38	-11.10	12.27	-0.03	2.61
5	20.00	498.97	529.76	529.33	-15.69	14.29	-0.20	3.69
6	25.00	495.74	529.52	528.33	-19.75	15.34	-0.56	4.65
7	30.00	493.61	529.65	527.39	-23.35	15.90	-1.06	5.50
8	35.00	492.24	529.99	526.50	-26.51	16.12	-1.64	6.24
9	40.00	491.05	530.41	525.65	-29.32	16.28	-2.24	6.90
10	45.00	490.31	530.85	524.85	-31.78	16.26	-2.82	7.48
11	50.00	489.72	531.25	524.09	-33.90	16.18	-3.37	7.98
12	55.00	489.41	531.60	523.38	-35.69	15.99	-3.87	8.40
13	60.00	489.24	531.89	522.71	-37.18	15.75	-4.32	8.75
14	65.00	489.17	532.12	522.08	-38.41	15.49	-4.72	9.04
15	70.00	489.04	532.27	521.49	-39.44	15.27	-5.08	9.28
16	75.00	488.31	532.25	520.90	-40.39	15.34	-5.35	9.51
17	80.00	487.48	532.16	520.31	-41.32	15.45	-5.58	9.72
18	85.00	486.51	532.02	519.71	-42.24	15.63	-5.79	9.94
19	90.00	485.48	531.84	519.10	-43.15	15.82	-6.00	10.16
20	95.00	484.45	531.64	518.49	-44.05	16.02	-6.19	10.37
21	100.00	483.42	531.41	517.88	-44.93	16.22	-6.37	10.57
22	110.00	481.38	530.88	516.64	-46.61	16.60	-6.70	10.97
23	120.00	479.33	530.27	515.38	-48.21	16.97	-7.01	11.35
24	130.00	477.29	529.60	514.11	-49.72	17.33	-7.29	11.70
25	140.00	475.25	528.88	512.83	-51.16	17.69	-7.55	12.04
26	150.00	473.21	528.10	511.53	-52.54	18.04	-7.80	12.36
27	160.00	471.16	527.29	510.21	-53.86	18.38	-8.04	12.68
28	170.00	469.12	526.43	508.88	-55.13	18.72	-8.26	12.97
29	180.00	467.08	525.53	507.54	-56.36	19.05	-8.47	13.26
30	190.00	465.03	524.60	506.18	-57.55	19.37	-8.67	13.54
31	200.00	462.99	523.64	504.80	-58.69	19.68	-8.87	13.81
32	210.00	461.22	522.65	503.43	-59.71	19.87	-9.05	14.05
33	220.00	459.55	521.63	502.07	-60.57	20.01	-9.21	14.25
34	230.00	457.93	520.58	500.72	-61.32	20.14	-9.35	14.43
35	240.00	456.33	519.51	499.36	-62.00	20.26	-9.48	14.59
36	250.00	454.74	518.41	498.01	-62.60	20.37	-9.60	14.73
37	260.00	453.41	517.29	496.68	-63.07	20.37	-9.70	14.84
38	270.00	452.18	516.14	495.37	-63.38	20.33	-9.78	14.92
39	280.00	451.00	514.98	494.07	-63.58	20.27	-9.84	14.96

C71. XLS

40	290.00	449.84	513.80	492.79	-63.70	20.21	-9.89	14.99
41	300.00	448.70	512.60	491.52	-63.76	20.15	-9.92	15.01
42	310.00	447.68	511.39	490.27	-63.73	20.05	-9.94	15.00
43	320.00	446.71	510.17	489.04	-63.62	19.92	-9.95	14.97
44	330.00	445.76	508.94	487.82	-63.45	19.80	-9.94	14.93
45	340.00	444.82	507.71	486.61	-63.23	19.67	-9.93	14.88
46	350.00	443.90	506.46	485.42	-62.97	19.54	-9.91	14.82
47	360.00	443.04	505.22	484.24	-62.67	19.39	-9.87	14.75
48	370.00	442.20	503.97	483.07	-62.33	19.24	-9.83	14.67
49	380.00	441.37	502.72	481.92	-61.96	19.09	-9.79	14.58
50	390.00	440.56	501.47	480.78	-61.56	18.93	-9.74	14.49
51	400.00	439.75	500.23	479.66	-61.15	18.78	-9.68	14.39
52	410.00	438.94	498.98	478.54	-60.74	18.64	-9.62	14.29
53	420.00	438.13	497.75	477.43	-60.32	18.50	-9.56	14.20
54	430.00	437.32	496.51	476.33	-59.90	18.36	-9.50	14.10
55	440.00	436.52	495.29	475.24	-59.48	18.22	-9.44	14.00
56	450.00	435.72	494.07	474.15	-59.06	18.09	-9.37	13.90
57	460.00	434.92	492.85	473.08	-58.64	17.96	-9.31	13.80
58	470.00	434.12	491.65	472.01	-58.23	17.83	-9.24	13.70
59	480.00	433.32	490.45	470.95	-57.82	17.71	-9.18	13.61
60	490.00	432.53	489.26	469.89	-57.42	17.59	-9.12	13.51
61	500.00	431.74	488.08	468.84	-57.02	17.46	-9.05	13.42
62	510.00	430.93	486.91	467.80	-56.63	17.35	-8.99	13.33
63	520.00	430.12	485.74	466.77	-56.25	17.25	-8.93	13.24
64	530.00	429.31	484.58	465.73	-55.89	17.14	-8.87	13.15
65	540.00	428.50	483.43	464.71	-55.54	17.04	-8.81	13.07
66	550.00	427.69	482.29	463.69	-55.19	16.94	-8.76	12.99
67	560.00	426.88	481.16	462.67	-54.85	16.85	-8.70	12.91
68	570.00	426.07	480.03	461.66	-54.52	16.75	-8.65	12.83
69	580.00	425.26	478.91	460.65	-54.20	16.66	-8.59	12.76
70	590.00	424.46	477.80	459.65	-53.88	16.57	-8.54	12.68
71	600.00	423.65	476.70	458.65	-53.57	16.48	-8.49	12.61
72	610.00	422.84	475.60	457.66	-53.27	16.39	-8.44	12.54
73	620.00	422.04	474.51	456.67	-52.98	16.30	-8.39	12.47
74	630.00	421.23	473.43	455.69	-52.69	16.22	-8.35	12.40
75	640.00	420.43	472.35	454.71	-52.40	16.14	-8.30	12.33
76	650.00	419.63	471.28	453.74	-52.12	16.06	-8.26	12.27
77	660.00	418.85	470.22	452.77	-51.84	15.96	-8.21	12.20
78	670.00	418.09	469.16	451.81	-51.55	15.87	-8.17	12.13
79	680.00	417.34	468.11	450.86	-51.26	15.78	-8.12	12.06
80	690.00	416.59	467.06	449.91	-50.97	15.68	-8.07	11.99

C71. XLS

81	700.00	415.84	466.02	448.96	-50.67	15.59	-8.03	11.93
82	720.00	414.34	463.96	447.09	-50.10	15.41	-7.94	11.79
83	740.00	412.86	461.92	445.24	-49.53	15.24	-7.85	11.66
84	760.00	411.37	459.90	443.41	-48.99	15.08	-7.76	11.53
85	780.00	409.90	457.90	441.60	-48.46	14.92	-7.67	11.40
86	800.00	408.42	455.93	439.80	-47.94	14.77	-7.59	11.28
87	820.00	407.11	453.98	438.04	-47.37	14.56	-7.51	11.15
88	840.00	405.85	452.05	436.31	-46.74	14.34	-7.41	11.00
89	860.00	404.61	450.15	434.61	-46.09	14.12	-7.31	10.85
90	880.00	403.38	448.26	432.94	-45.43	13.91	-7.21	10.69
91	900.00	402.16	446.40	431.29	-44.79	13.71	-7.11	10.54
92	920.00	400.95	444.56	429.66	-44.15	13.52	-7.01	10.39
93	940.00	399.74	442.75	428.06	-43.53	13.33	-6.91	10.24
94	960.00	398.54	440.96	426.48	-42.93	13.15	-6.82	10.10
95	980.00	397.34	439.20	424.91	-42.35	12.98	-6.72	9.97
96	1000.00	396.14	437.46	423.37	-41.79	12.81	-6.63	9.83

CASE 7 - T. HEAT, T. INSU, T. MEAN

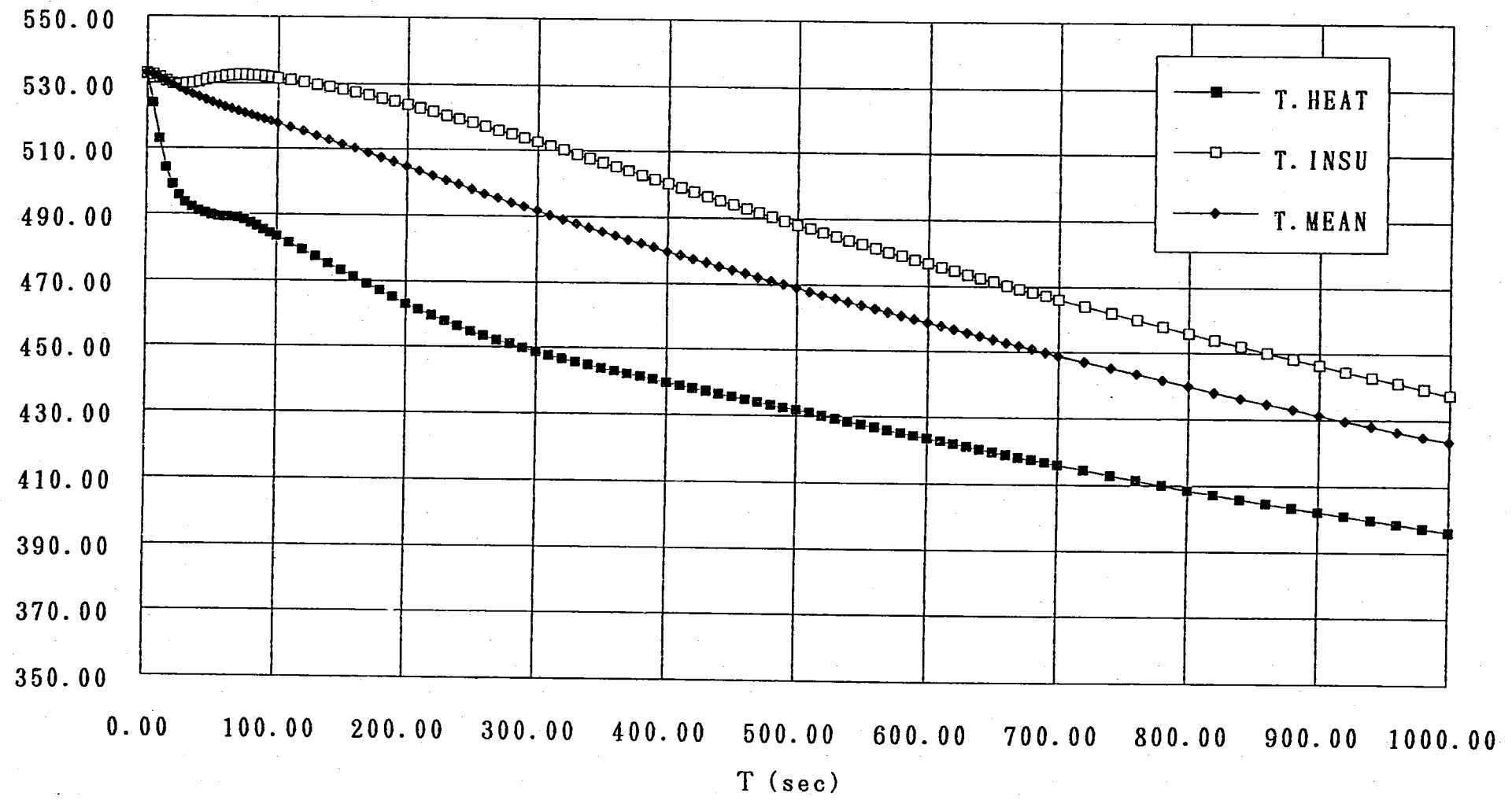


図4. 7. 1 計算結果 (ケース7、 T_H , T_I , T_M)

-127-

CASE 7 - SIG.H, SIG.I, SIG.B, DELT.1

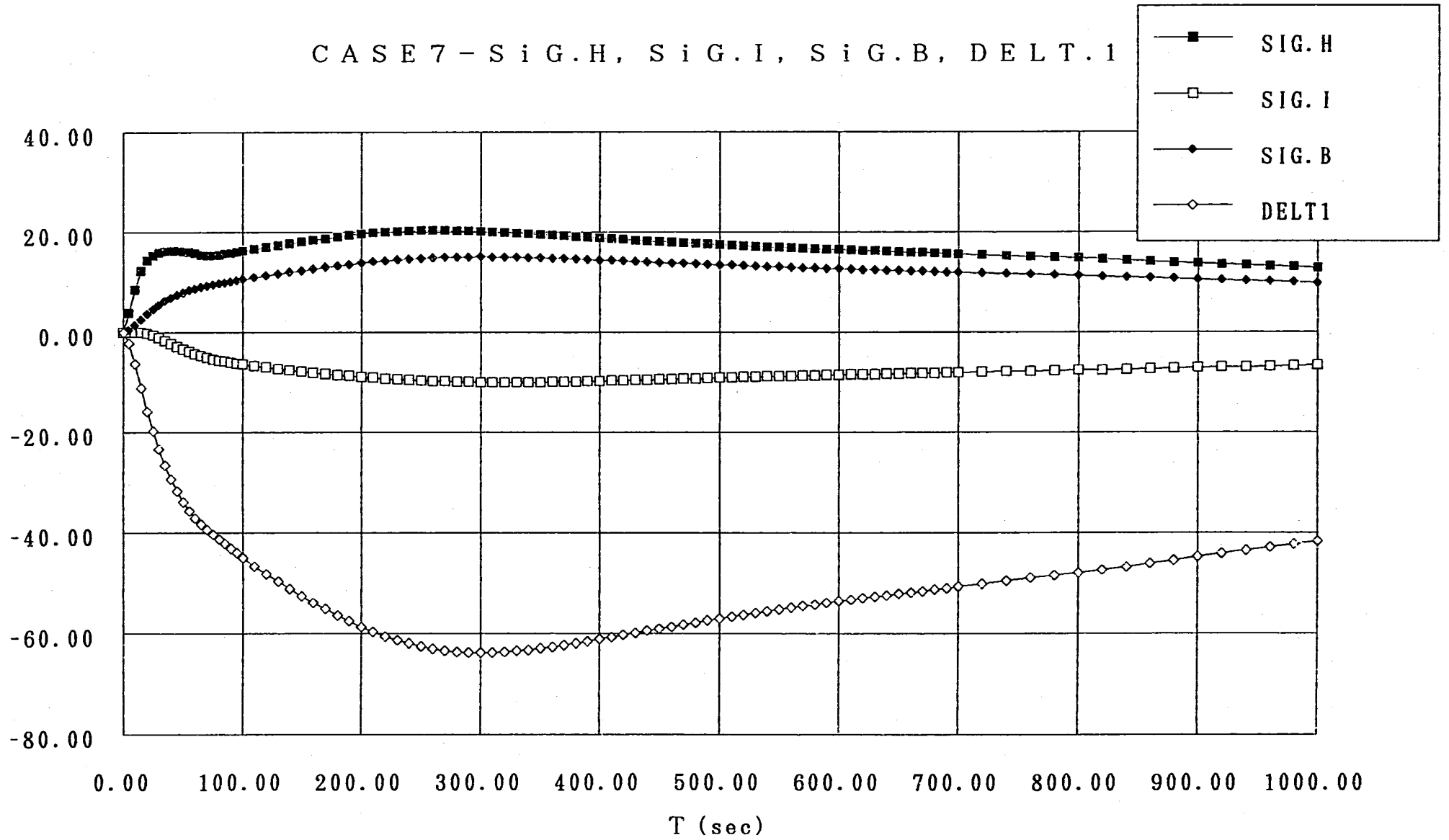


図4. 7. 2 計算結果 (ケース7、 T_B , σ_H , σ_I , σ_B)

表 4. 8. 1 熱伝達係数の時間変化 (ケース 8)

t_k (sec)	$h_{2,k}$ (kcal/mm ² sec°C)
$t_0 = 0.0$	
2.5	4.560E-6
7.5	4.201E-6
12.5	3.725E-6
17.5	3.268E-6
22.5	2.810E-6
27.5	2.402E-6
32.5	2.097E-6
37.5	1.874E-6
42.5	1.700E-6
47.5	1.557E-6
52.5	1.434E-6
57.5	1.323E-6
62.5	1.222E-6
67.5	1.132E-6
72.5	1.049E-6
77.5	9.696E-7
82.5	8.950E-7
90.0	8.277E-7
1010.0	7.585E-7

表 4. 8. 2 流体温度の時間変化 (ケース 8)

t (sec)	T_{N_s} (°C)
0.0	532.62
5.0	520.36
10.0	506.00
15.0	494.35
20.0	486.75
25.0	482.16
30.0	478.99
35.0	476.50
40.0	474.39
50.0	470.80
60.0	467.88
70.0	465.52
80.0	463.66
90.0	462.20
100.0	460.56
150.0	453.83
200.0	447.61
250.0	442.39
300.0	438.51
400.0	432.61
500.0	427.31
650.0	418.62
800.0	409.84
1010.0	399.12

表4. 8. 3 全計算結果(ケース8)

STEP	TIME	T. HEAT	T. INSU	T. MEAN	DELT1	SIG. H	SIG. I	SIG. B
1	0.00	532.62	532.62	532.62	0.00	0.00	0.00	0.00
2	5.00	522.84	532.25	532.18	-2.35	4.40	-0.03	0.55
3	10.00	510.44	531.28	531.25	-7.08	9.79	-0.02	1.67
4	15.00	500.07	530.15	530.06	-12.70	14.11	-0.04	2.99
5	20.00	493.25	529.33	528.82	-18.18	16.74	-0.24	4.28
6	25.00	489.24	529.01	527.63	-23.05	18.07	-0.65	5.43
7	30.00	486.65	529.12	526.51	-27.35	18.76	-1.23	6.44
8	35.00	484.70	529.49	525.43	-31.19	19.18	-1.91	7.34
9	40.00	483.07	529.97	524.41	-34.65	19.45	-2.62	8.15
10	45.00	481.70	530.45	523.42	-37.75	19.63	-3.31	8.88
11	50.00	480.41	530.89	522.46	-40.55	19.79	-3.96	9.54
12	55.00	479.33	531.25	521.54	-43.05	19.87	-4.57	10.13
13	60.00	478.34	531.55	520.65	-45.28	19.91	-5.13	10.66
14	65.00	477.54	531.77	519.79	-47.24	19.89	-5.64	11.12
15	70.00	476.81	531.92	518.97	-48.96	19.84	-6.09	11.52
16	75.00	476.26	532.00	518.18	-50.43	19.73	-6.51	11.87
17	80.00	475.81	532.02	517.42	-51.68	19.58	-6.87	12.16
18	85.00	475.49	531.98	516.69	-52.71	19.39	-7.20	12.40
19	90.00	474.71	531.81	515.98	-53.63	19.42	-7.45	12.62
20	95.00	474.50	531.66	515.30	-54.33	19.20	-7.70	12.79
21	100.00	473.70	531.39	514.61	-55.04	19.26	-7.90	12.95
22	110.00	472.15	530.71	513.26	-56.32	19.35	-8.22	13.25
23	120.00	470.65	529.94	511.92	-57.39	19.42	-8.48	13.51
24	130.00	469.18	529.09	510.59	-58.29	19.49	-8.71	13.72
25	140.00	467.74	528.18	509.28	-59.06	19.55	-8.90	13.90
26	150.00	466.32	527.21	507.97	-59.72	19.61	-9.06	14.05
27	160.00	464.96	526.20	506.68	-60.27	19.64	-9.19	14.18
28	170.00	463.63	525.16	505.39	-60.72	19.66	-9.30	14.29
29	180.00	462.32	524.08	504.12	-61.09	19.67	-9.40	14.38
30	190.00	461.02	522.98	502.84	-61.40	19.69	-9.48	14.45
31	200.00	459.73	521.85	501.58	-61.66	19.70	-9.54	14.51
32	210.00	458.54	520.71	500.32	-61.84	19.67	-9.59	14.55
33	220.00	457.40	519.55	499.08	-61.94	19.62	-9.63	14.58
34	230.00	456.27	518.37	497.85	-61.99	19.57	-9.66	14.59
35	240.00	455.15	517.19	496.62	-62.00	19.52	-9.68	14.59
36	250.00	454.04	516.00	495.41	-61.98	19.47	-9.69	14.59
37	260.00	453.06	514.80	494.20	-61.88	19.36	-9.69	14.56
38	270.00	452.14	513.59	493.02	-61.71	19.24	-9.68	14.52
39	280.00	451.24	512.38	491.85	-61.49	19.11	-9.66	14.47

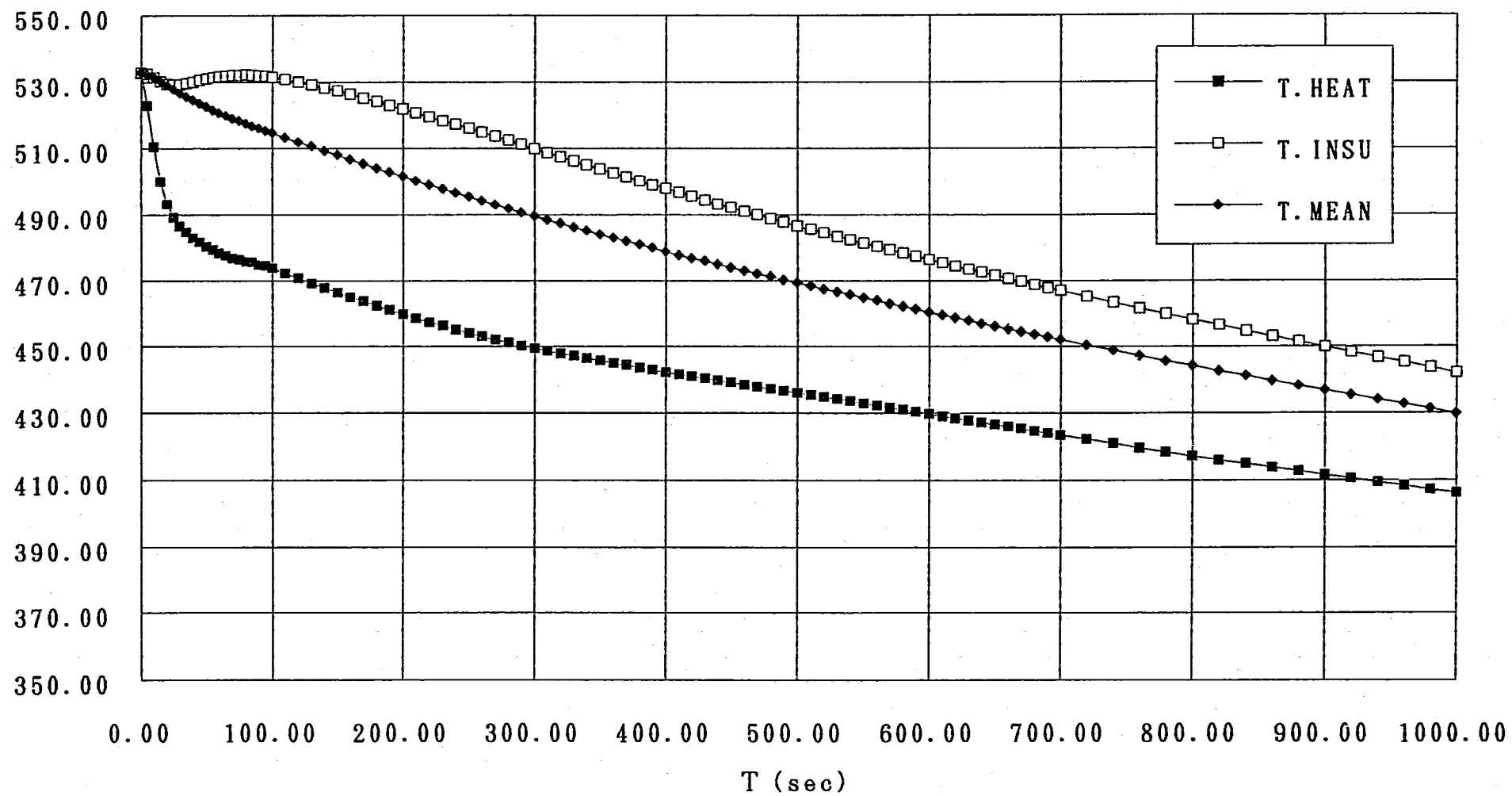
C81. XLS

40	290.00	450.35	511.17	490.69	-61.23	18.99	-9.64	14.41
41	300.00	449.47	509.95	489.54	-60.95	18.86	-9.61	14.34
42	310.00	448.69	508.73	488.41	-60.61	18.70	-9.57	14.26
43	320.00	447.94	507.52	487.30	-60.22	18.52	-9.52	14.17
44	330.00	447.21	506.30	486.20	-59.79	18.35	-9.46	14.07
45	340.00	446.49	505.09	485.11	-59.34	18.18	-9.40	13.97
46	350.00	445.79	503.88	484.04	-58.87	18.01	-9.34	13.86
47	360.00	445.09	502.68	482.98	-58.39	17.84	-9.27	13.74
48	370.00	444.39	501.48	481.93	-57.91	17.67	-9.20	13.63
49	380.00	443.70	500.29	480.90	-57.42	17.51	-9.13	13.51
50	390.00	443.02	499.10	479.87	-56.92	17.35	-9.05	13.40
51	400.00	442.33	497.93	478.85	-56.43	17.19	-8.98	13.28
52	410.00	441.68	496.76	477.84	-55.92	17.02	-8.90	13.16
53	420.00	441.04	495.60	476.85	-55.41	16.85	-8.82	13.04
54	430.00	440.41	494.44	475.86	-54.90	16.69	-8.75	12.92
55	440.00	439.79	493.30	474.89	-54.38	16.52	-8.67	12.80
56	450.00	439.16	492.17	473.93	-53.87	16.36	-8.59	12.68
57	460.00	438.55	491.05	472.97	-53.36	16.20	-8.51	12.56
58	470.00	437.93	489.93	472.03	-52.86	16.05	-8.43	12.44
59	480.00	437.32	488.83	471.09	-52.36	15.90	-8.35	12.32
60	490.00	436.71	487.73	470.16	-51.86	15.75	-8.27	12.21
61	500.00	436.10	486.65	469.24	-51.38	15.60	-8.19	12.09
62	510.00	435.47	485.58	468.33	-50.91	15.47	-8.12	11.98
63	520.00	434.83	484.51	467.42	-50.45	15.34	-8.04	11.87
64	530.00	434.19	483.46	466.52	-50.01	15.22	-7.97	11.77
65	540.00	433.56	482.41	465.63	-49.59	15.09	-7.90	11.67
66	550.00	432.92	481.38	464.74	-49.17	14.98	-7.83	11.57
67	560.00	432.28	480.35	463.85	-48.76	14.86	-7.77	11.48
68	570.00	431.65	479.34	462.98	-48.37	14.75	-7.70	11.38
69	580.00	431.01	478.33	462.10	-47.98	14.63	-7.64	11.29
70	590.00	430.38	477.33	461.24	-47.60	14.53	-7.58	11.20
71	600.00	429.74	476.34	460.38	-47.23	14.42	-7.51	11.12
72	610.00	429.11	475.36	459.52	-46.87	14.31	-7.46	11.03
73	620.00	428.48	474.39	458.67	-46.51	14.21	-7.40	10.95
74	630.00	427.85	473.43	457.83	-46.17	14.11	-7.34	10.87
75	640.00	427.22	472.47	456.99	-45.83	14.01	-7.29	10.79
76	650.00	426.59	471.52	456.16	-45.50	13.92	-7.23	10.71
77	660.00	425.96	470.58	455.33	-45.17	13.82	-7.18	10.63
78	670.00	425.33	469.65	454.51	-44.86	13.73	-7.13	10.56
79	680.00	424.70	468.72	453.69	-44.55	13.64	-7.08	10.48
80	690.00	424.07	467.80	452.87	-44.25	13.56	-7.03	10.41

C81. XLS

81	700.00	423.44	466.89	452.06	-43.95	13.47	-6.98	10.34
82	720.00	422.19	465.09	450.46	-43.38	13.31	-6.89	10.21
83	740.00	420.94	463.31	448.87	-42.83	13.15	-6.80	10.08
84	760.00	419.69	461.55	447.30	-42.31	13.00	-6.71	9.96
85	780.00	418.44	459.82	445.74	-41.81	12.85	-6.63	9.84
86	800.00	417.20	458.12	444.20	-41.32	12.71	-6.55	9.72
87	820.00	416.04	456.43	442.68	-40.82	12.54	-6.47	9.61
88	840.00	414.91	454.76	441.19	-40.29	12.37	-6.39	9.48
89	860.00	413.79	453.12	439.71	-39.77	12.20	-6.31	9.36
90	880.00	412.68	451.49	438.26	-39.25	12.04	-6.23	9.24
91	900.00	411.58	449.89	436.83	-38.74	11.88	-6.15	9.12
92	920.00	410.48	448.30	435.41	-38.24	11.74	-6.07	9.00
93	940.00	409.38	446.73	434.01	-37.76	11.59	-5.99	8.89
94	960.00	408.29	445.19	432.62	-37.30	11.46	-5.92	8.78
95	980.00	407.20	443.67	431.25	-36.85	11.32	-5.84	8.67
96	1000.00	406.11	442.16	429.89	-36.42	11.20	-5.77	8.57

CASE 8 - T. HEAT, T. INSU, T. MEAN

図4. 8. 1 計算結果 (ケース8、 T_H , T_I , T_M)

CASE 8 - SIG.H, SIG.I, SIG.B, DELT.1

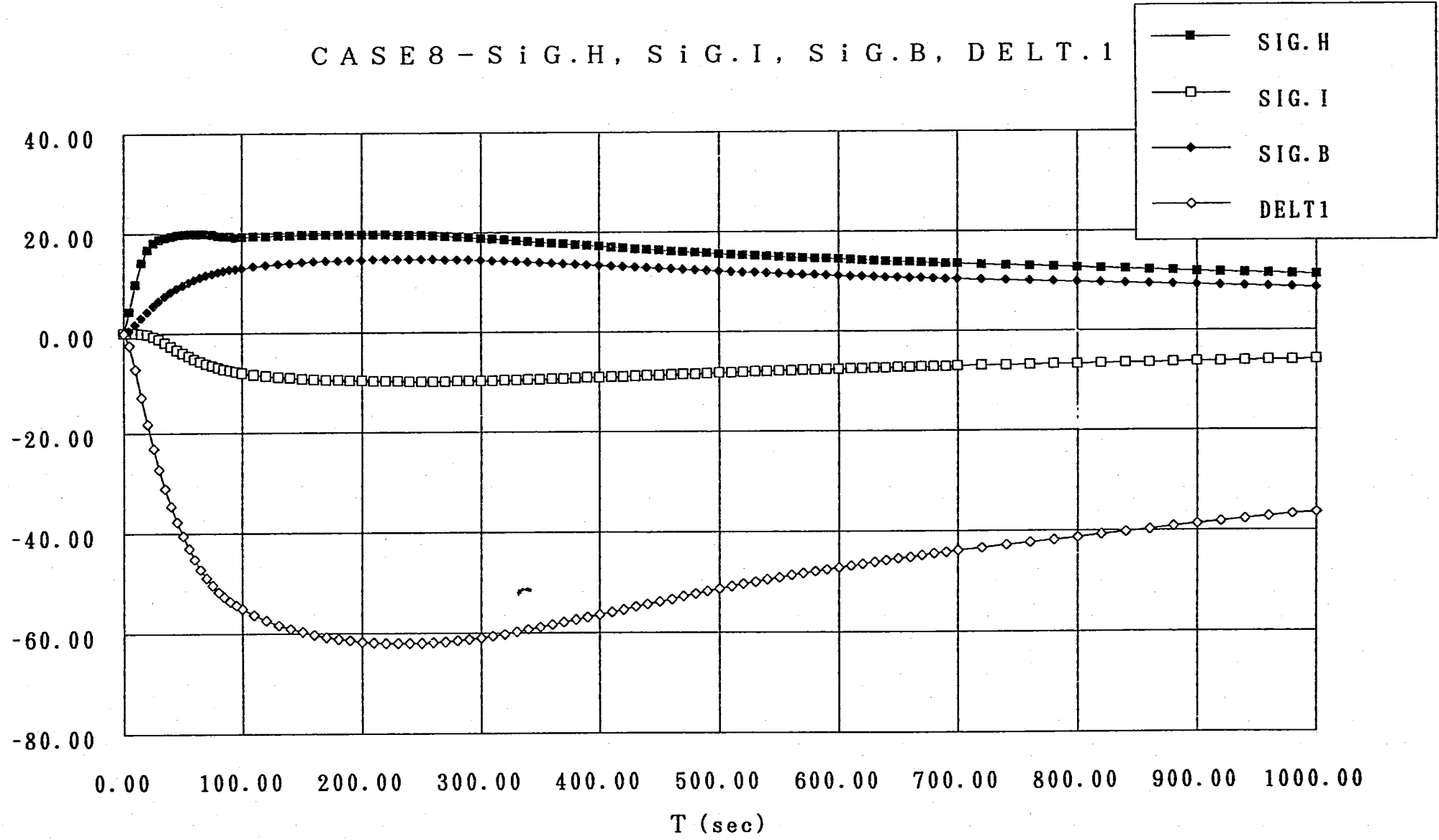


図4. 8. 2 計算結果 (ケース8、 T_B , σ_H , σ_I , σ_B)

リスト1 数値解析プログラム

INCLUDE

```

C-----
C 1-DIMENSIONAL TRANSIENT TEMPERATURE DISTRIBUTION
C APPROXIMATE SOLUTION FOR STEP CHANGE OF HEAT CONVECTION COEFF.
C-----
00000001      IMPLICIT REAL*8 (A-H,O-Z)
00000002      CHARACTER*60 TITLE
00000003      COMMON /EIGEN/ PN(50),CN(50),DN(50)
00000004      DIMENSION HTIME(20),HCONV(20),HBIO(20),HTEMP(20)
00000005      DIMENSION FTIME(50),FTEMP(50),PTIME(500),PTEMP(500)
00000006      DIMENSION XDEL(6),TSUM(6),TRES(6),XRES(6),TDEL(6)

C-----
00000007      DATA LIMIT / 50 /

C-----
00000008      500 FORMAT(A60)
00000009      510 FORMAT(BN,2I5)
00000010      520 FORMAT(BN,5F10.0)
00000011      530 FORMAT(BN,5X,15,F10.0)

C-----
00000012      600 FORMAT(1H1,/,/,10X,A60,/,/,10X,'LO, C, RAMDA =',1P3E11.3,/,/,
+ 10X,'THIC =',OP,F10.2,5X,'T.INIT =',F10.2,/,/,
+ 10X,'EMOD, ENU, ALPHA =',1P3E11.3)
00000013      610 FORMAT(/,/,10X,'STEP CHANGE OF HEAT CONVECTION COEFF.',/,/,
+ 10X,'IBOUN',2X,'END.TIME',5X,'H.CONV',5X,'BIO.NO')
00000014      615 FORMAT(10X,15,F10.2,1P2E11.3)
00000015      620 FORMAT(/,/,10X,'MULTI-LINEAR FLUID TEMPERATURE HISTORY',/,/,
+ 10X,'ISTEP',6X,'TIME',4X,'F.TEMP')
00000016      625 FORMAT(10X,15,2F10.2)
00000017      630 FORMAT(/,/,10X,'OUTPUT TIME GENERATOR BY (N.DIV,TIME.NEW)',/,/,
+ 10X,'ICARD',5X,'N.DIV',2X,'TIME.NEW')
00000018      635 FORMAT(10X,15,5X,15,F10.2)
00000019      640 FORMAT(/,/,10X,'GENERATED OUTPUT TIME DATA',/,/(10X,5F10.2))

C-----
00000020      650 FORMAT(1H1,/,/,10X,A60,/,/,
+ 10X,'STEP',4X,'TIME',1X,'T.HEAT',1X,'T.INSU',
+ 1X,'T.MEAN',2X,'DELTA',2X,'SIG.H',2X,'SIG.I',2X,'SIG.B')
00000021      660 FORMAT(10X,14,/,/,F8.1,7(,/,F7.2))
00000022      670 FORMAT(10X,'BC',12,/,/,F8.1,7(,/,F7.2))
00000023      700 FORMAT(5X,A60,/,5X,'STEP',4X,'TIME',1X,'T.HEAT',1X,'T.INSU',
+ 1X,'T.MEAN',2X,'DELTA',2X,'SIG.H',2X,'SIG.I',2X,'SIG.B')
00000024      710 FORMAT(5X,14,/,/,F8.1,7(,/,F7.2))

C-----
C----- TITLE OF THIS CALCULATION
C
00000025      READ(5,500) TITLE
C-----
C----- MATERIAL (XLO, XC, XRAM), THICKNESS (THIC), INITIAL TEMPERATURE (TINIT)
C----- MATERIAL (EMOD, ENU, ALPHA)
C
00000026      READ(5,520) XLO, XC, XRAM, THIC, TINIT
00000027      READ(5,520) EMOD, ENU, ALPHA

C
00000028      FACT = XRAM / (XLO*XC*THIC**2)
00000029      FSIG = EMOD*ALPHA / (1.0-ENU)

C
00000030      WRITE(6,600) TITLE, XLO, XC, XRAM, THIC, TINIT, EMOD, ENU, ALPHA
C-----
C----- STEP CHANGE DATA OF HEAT CONVECTION COEFF.-- NBOUN, HCONV, HTIME

```

```

INCLUDE
C
00000031      WRITE(6,610)
00000032      READ(5,510) NBOUN
C
00000033      DO 10 I=1,NBOUN
00000034      READ(5,520) HTIME(I),HCONV(I)
C
00000035      HBIO(I) = HCONV(I)*THIC/XRAM
00000036      WRITE(6,615) I,HTIME(I),HCONV(I),HBIO(I)
00000037      10 CONTINUE
C-----
C---- MULTI-LINEAR FLUID TEMPERATURE HISTORY DATA -- NHIST,FTEMP,FTIME
C
00000038      WRITE(6,620)
00000039      READ(5,510) NHIST
C
00000040      DO 20 I=1,NHIST
00000041      READ(5,520) FTIME(I),FTEMP(I)
00000042      WRITE(6,625) I,FTIME(I),FTEMP(I)
00000043      20 CONTINUE
C-----
C---- OUTPUT TIME DATA GENERATOR -- NPRIN,PTIME
C
00000044      WRITE(6,630)
00000045      TOLD = 0.0
00000046      JST = 1
00000047      JCD = 0
00000048      PTIME(JST) = TOLD
00000049      PTEMP(JST) = TINIT
C
00000050      30 CONTINUE
00000051      JCD = JCD + 1
00000052      READ(5,530) NDIV,TNEW
00000053      IF( NDIV.LE.0 ) GO TO 60
C
00000054      WRITE(6,635) JCD,NDIV,TNEW
00000055      DT = (TNEW-TOLD)/NDIV
C
00000056      DO 40 I=1,NDIV
00000057      JST = JST + 1
00000058      TST = TOLD + I*DT
00000059      PTIME(JST) = TST
C
00000060      IF( TST.LE.FTIME(1) ) THEN
00000061      PTEMP(JST) = TINIT + TST * (FTEMP(1)-TINIT) / FTIME(1)
00000062      ELSEIF( TST.GE.FTIME(NHIST) ) THEN
00000063      PTEMP(JST) = FTEMP(NHIST)
00000064      ELSE
00000065      DO 50 K2 = 2,NHIST
00000066      IF( TST.LE.FTIME(K2) ) GO TO 55
00000067      50 CONTINUE
00000068      55 K1 = K2 - 1
00000069      PTEMP(JST) = FTEMP(K1) + (FTEMP(K2)-FTEMP(K1))
+
+ * (TST-FTIME(K1)) / (FTIME(K2)-FTIME(K1))
C
00000070      ENDIF
C
00000071      40 CONTINUE

```

00580016
00590016
00600016
00610016
00620016
00630016
00640016
00650016
00660025
00670016
00680016
00690016
00700016
00710016
00720016
00730016
00740016
00750016
00760025
00770016
00780016
00790016
00800016
00810016
00820016
00830025
00840025
00850025
00860025
00870016
00880016
00890025
00900016
00910016
00920016
00930025
00940016
00950016
00960016
00970025
00980025
00990025
01000016
01010025
01020025
01030025
01040025
01050016
01060016
01070025
01080016
01090016
01100025
01110025
01120016
01130016
01140016

- 136 -

PNC TN9410 93-198

INCLUDE

```

C          TOLD = TNEW
00000072          GO TO 30
00000073
C
00000074      60 CONTINUE
00000075      NPRIN = JST
CPR      WRITE(6,640) (PTIME(I),I=1,NPRIN)
C
00000076      DO 70 I=1,NBOUN
00000077      IF( HTIME(I).LE.FTIME(1) ) THEN
00000078      HTEMP(I) = TINIT + HTIME(I) * (FTEMP(1)-TINIT) / FTIME(1)
00000079      ELSEIF( HTIME(I).GE.FTIME(NHIST) ) THEN
00000080      HTEMP(I) = FTEMP(NHIST)
00000081      ELSE
00000082      DO 80 K2 = 2,NHIST
00000083      IF( HTIME(I).LE.FTIME(K2) ) GO TO 85
00000084      80 CONTINUE
00000085      85 K1 = K2 - 1
00000086      HTEMP(I) = FTEMP(K1) + (FTEMP(K2)-FTEMP(K1))
+      * (HTIME(I)-FTIME(K1)) / (FTIME(K2)-FTIME(K1))
00000087      + ENDIF
00000088      70 CONTINUE
C
C
00000089      WRITE(6,650) TITLE
00000090      LINE = 0
00000091      WRITE(10,700) TITLE
C
00000092      JSTEP = 1
00000093      TSUM(1) = TINIT
00000094      TSUM(2) = TINIT
00000095      TSUM(3) = TINIT
00000096      TSUM(4) = 0.0
00000097      SIG1 = 0.0
00000098      SIG2 = 0.0
00000099      SIG3 = 0.0
C
00000100      DO 90 I=1,4
00000101      TRES(I) = 0.0
00000102      XRES(I) = 0.0
00000103      90 CONTINUE
C
00000104      WRITE(6,660) JSTEP,PTIME(JSTEP),(TSUM(I),I=1,4),SIG1,SIG2,SIG3
00000105      LINE = LINE + 1
00000106      WRITE(10,710) JSTEP,PTIME(JSTEP),(TSUM(I),I=1,4),SIG1,SIG2,SIG3
C
00000107      JSTEP = JSTEP + 1
00000108      KBOUN = 1
00000109      STIME = 0.0
00000110      STEMP = TINIT
00000111      BIO = HBIO(KBOUN)
00000112      CALL SOLVEN( BIO, LIMIT )
C
00000113      SIG1 = FSIG*( TSUM(3)-TSUM(1) )
00000114      SIG2 = FSIG*( TSUM(3)-TSUM(2) )
00000115      SIG3 = -FSIG*TSUM(4)/2
C

```

01150016
01160016
01170016
01180016
01190016
01200025
01210025
01220016
01230016
01240016
01250016
01260016
01270016
01280016
01290016
01300016
01310016
01320016
01330016
01340016
01350016
01360016
01370016
01380016
01390016
01400016
01410016
01420016
01430016
01440016
01450016
01460016
01470016
01480026
01490026
01500026
01510016
01520026
01530016
01540019
01550016
01560016
01570026
01580016
01590026
01600016
01610019
01620016
01630016
01640016
01650016
01660016
01670026
01680026
01690026
01700026
01710026

-137-

PNC TN9410 93-198

00000116	INCLUDE	WRITE(6,670) KBOUN,STIME,(TSUM(I),I=1,4),SIG1,SIG2,SIG3	01720026
00000117		LINE = LINE + 1	01730016
	C		01740016
	C		01750016
00000118		DO 400 KSTEP = 2,NPRIN	01760016
	C		01770016
00000119		IF(KSTEP.GT.JSTEP) GO TO 200	01780016
	C		01790016
00000120		100 CONTINUE	01800016
00000121		IF(PTIME(KSTEP).LE.HTIME(KBOUN)) GO TO 150	01810016
	C		01820016
00000122		IF(KBOUN.EQ.1) GO TO 110	01830016
	C		01840016
00000123		TMR = HTIME(KBOUN) - STIME	01850016
00000124		CALL REST(FACT, TMR, XRES, LIMIT)	01860016
	C		01870020
00000125		110 CONTINUE	01880016
	C		01890016
00000126		TM1 = HTIME(KBOUN) - STIME	01900016
00000127		TM2 = TM1	01910016
00000128		DTT = HTEMP(KBOUN) - STEMP	01920016
00000129		CALL RAMP(FACT, TM1, TM2, DTT, XDEL, LIMIT)	01930016
	C		01940016
00000130		DO 120 I=1,4	01950016
00000131		TDEL(I) = XDEL(I)	01960026
00000132		120 CONTINUE	01970016
	C		01980016
00000133		TSUM(1) = STEMP + XRES(1) + TDEL(1)	01990016
00000134		TSUM(2) = STEMP + XRES(2) + TDEL(2)	02000016
00000135		TSUM(3) = STEMP + XRES(3) + TDEL(3)	02010016
00000136		TSUM(4) = XRES(4) + TDEL(4)	02020016
	C		02030016
00000137		STIME = HTIME(KBOUN)	02040016
00000138		STEMP = HTEMP(KBOUN)	02050016
	C		02060016
00000139		KBOUN = KBOUN + 1	02070016
00000140		BIO = HBIO(KBOUN)	02080016
00000141		TRES(1) = TSUM(1) - STEMP	02090016
00000142		TRES(2) = TSUM(2) - STEMP	02100016
00000143		TRES(3) = TSUM(3) - STEMP	02110016
00000144		TRES(4) = TSUM(4)	02120016
	C		02130016
00000145		CALL SOLVEN(BIO, LIMIT)	02140016
00000146		CALL SOLVEX(TRES, LIMIT)	02150022
	C		02160020
00000147		SIG1 = FSIG*(TSUM(3)-TSUM(1))	02170026
00000148		SIG2 = FSIG*(TSUM(3)-TSUM(2))	02180026
00000149		SIG3 = -FSIG*TSUM(4)/2	02190026
	C		02200026
00000150		WRITE(6,670) KBOUN,STIME,(TSUM(I),I=1,4),SIG1,SIG2,SIG3	02210026
00000151		LINE = LINE + 1	02220026
00000152		IF(LINE.EQ.50) THEN	02230016
00000153		WRITE(6,650) TITLE	02240016
00000154		LINE = 0	02250016
00000155		ENDIF	02260016
	C		02270016
			02280016

```

INCLUDE
00000156      GO TO 100
C
00000157      150 CONTINUE
C
00000158      TMR = PTIME(KSTEP) - STIME
00000159      CALL REST( FACT, TMR, XRES, LIMIT )
C
00000160      TM1 = PTIME(KSTEP) - STIME
00000161      TM2 = TM1
00000162      DTT = PTEMP(KSTEP) - STEMP
00000163      CALL RAMP( FACT, TM1, TM2, DTT, XDEL, LIMIT )
C
00000164      DO 160 I=1,4
00000165      TDEL(I) = XDEL(I)
00000166      160 CONTINUE
C
00000167      TSUM(1) = STEMP + XRES(1) + TDEL(1)
00000168      TSUM(2) = STEMP + XRES(2) + TDEL(2)
00000169      TSUM(3) = STEMP + XRES(3) + TDEL(3)
00000170      TSUM(4) = XRES(4) + TDEL(4)
C
00000171      SIG1 = FSIG*( TSUM(3)-TSUM(1) )
00000172      SIG2 = FSIG*( TSUM(3)-TSUM(2) )
00000173      SIG3 = -FSIG*TSUM(4)/2
C
00000174      WRITE(6,660) KSTEP,PTIME(KSTEP),(TSUM(I),I=1,4),SIG1,SIG2,SIG3
00000175      WRITE(10,710) KSTEP,PTIME(KSTEP),(TSUM(I),I=1,4),SIG1,SIG2,SIG3
00000176      LINE = LINE + 1
00000177      IF( LINE.EQ.50 ) THEN
00000178      WRITE(6,650) TITLE
00000179      LINE = 0
00000180      ENDIF
C
00000181      GO TO 400
C
00000182      200 CONTINUE
C
00000183      JS1 = JSTEP + 1
C
00000184      IF( HTIME(KBOUN).LT.PTIME(KSTEP) ) GO TO 300
C
00000185      TMR = PTIME(KSTEP) - STIME
00000186      CALL REST( FACT, TMR, XRES, LIMIT )
C
00000187      TM1 = PTIME(JSTEP) - STIME
00000188      TM2 = PTIME(KSTEP) - STIME
00000189      DTT = PTEMP(JSTEP) - STEMP
00000190      CALL RAMP( FACT, TM1, TM2, DTT, XDEL, LIMIT )
C
00000191      DO 210 I=1,4
00000192      TDEL(I) = XDEL(I)
00000193      210 CONTINUE
C
00000194      DO 250 KK2 = JS1 , KSTEP
C
00000195      KK1 = KK2 - 1
C

```

02290016
02300016
02310016
02320016
02330016
02340020
02350016
02360016
02370016
02380016
02390016
02400016
02410026
02420016
02430016
02440016
02450016
02460016
02470016
02480016
02490026
02500026
02510026
02520026
02530016
02540026
02550026
02560016
02570016
02580016
02590016
02600016
02610016
02620016
02630016
02640016
02650016
02660016
02670016
02680016
02690016
02700016
02710020
02720016
02730016
02740016
02750016
02760016
02770016
02780026
02790016
02800016
02810016
02820016
02830016
02840016
02850016

- 139 -

PNC IN9410 93-198

```

INCLUDE
00000196      TM1 = PTIME(KK2) - PTIME(KK1)
00000197      TM2 = PTIME(KSTEP) - PTIME(KK1)
00000198      DTT = PTEMP(KK2) - PTEMP(KK1)
00000199      CALL RAMP( FACT, TM1, TM2, DTT, XDEL, LIMIT )
C
00000200      DO 220 I=1,4
00000201      TDEL(I) = TDEL(I) + XDEL(I)
00000202      220 CONTINUE
C
00000203      250 CONTINUE
C
00000204      TSUM(1) = STEMP + XRES(1) + TDEL(1)
00000205      TSUM(2) = STEMP + XRES(2) + TDEL(2)
00000206      TSUM(3) = STEMP + XRES(3) + TDEL(3)
00000207      TSUM(4) = XRES(4) + TDEL(4)
C
00000208      SIG1 = FSIG*( TSUM(3)-TSUM(1) )
00000209      SIG2 = FSIG*( TSUM(3)-TSUM(2) )
00000210      SIG3 = -FSIG*TSUM(4)/2
C
00000211      WRITE(6,660) KSTEP,PTIME(KSTEP),(TSUM(I),I=1,4),SIG1,SIG2,SIG3
00000212      WRITE(10,710) KSTEP,PTIME(KSTEP),(TSUM(I),I=1,4),SIG1,SIG2,SIG3
00000213      LINE = LINE + 1
00000214      IF( LINE.EQ.50 ) THEN
00000215      WRITE(6,650) TITLE
00000216      LINE = 0
00000217      ENDIF
C
00000218      GO TO 400
C
00000219      300 CONTINUE
C
00000220      KS1 = KSTEP - 1
C
00000221      TMR = HTIME(KBOUN) - STIME
00000222      CALL REST( FACT, TMR, XRES, LIMIT )
C
00000223      TM1 = PTIME(JSTEP) - STIME
00000224      TM2 = HTIME(KBOUN) - STIME
00000225      DTT = PTEMP(JSTEP) - STEMP
00000226      CALL RAMP( FACT, TM1, TM2, DTT, XDEL, LIMIT )
C
00000227      DO 310 I=1,4
00000228      TDEL(I) = XDEL(I)
00000229      310 CONTINUE
C
00000230      IF( KS1.GE.JS1 ) THEN
C
00000231      DO 350 KK2 = JS1 , KS1
C
00000232      KK1 = KK2 - 1
C
00000233      TM1 = PTIME(KK2) - PTIME(KK1)
00000234      TM2 = HTIME(KBOUN) - PTIME(KK1)
00000235      DTT = PTEMP(KK2) - PTEMP(KK1)
00000236      CALL RAMP( FACT, TM1, TM2, DTT, XDEL, LIMIT )
C

```

02860016
02870016
02880016
02890016
02900016
02910026
02920016
02930016
02940016
02950016
02960016
02970016
02980016
02990016
03000016
03010026
03020026
03030026
03040026
03050026
03060026
03070026
03080016
03090016
03100016
03110016
03120016
03130016
03140016
03150016
03160016
03170016
03180016
03190016
03200016
03210020
03220016
03230016
03240016
03250016
03260016
03270016
03280026
03290016
03300016
03310016
03320016
03330016
03340016
03350016
03360016
03370016
03380016
03390016
03400016
03410016
03420016

-140-

PNC IN9410 93-198

```

INCLUDE
00000237      DO 320 I=1,4
00000238      TDEL(I) = TDEL(I) + XDEL(I)
00000239      320 CONTINUE
C
00000240      350 CONTINUE
00000241      ENDIF
C
00000242      TM1 = HTIME(KBOUN) - PTIME(KS1)
00000243      TM2 = TM1
00000244      DTT = HTEMP(KBOUN) - PTEMP(KS1)
00000245      CALL RAMP( FACT, TM1, TM2, DTT, XDEL, LIMIT )
C
00000246      DO 360 I=1,4
00000247      TDEL(I) = TDEL(I) + XDEL(I)
00000248      360 CONTINUE
C
00000249      TSUM(1) = STEMP + XRES(1) + TDEL(1)
00000250      TSUM(2) = STEMP + XRES(2) + TDEL(2)
00000251      TSUM(3) = STEMP + XRES(3) + TDEL(3)
00000252      TSUM(4) = XRES(4) + TDEL(4)
C
00000253      STIME = HTIME(KBOUN)
00000254      STEMP = HTEMP(KBOUN)
C
00000255      KBOUN = KROUN + 1
00000256      JSTEP = KSTEP
00000257      BIO = HBIO(KBOUN)
00000258      TRES(1) = TSUM(1) - STEMP
00000259      TRES(2) = TSUM(2) - STEMP
00000260      TRES(3) = TSUM(3) - STEMP
00000261      TRES(4) = TSUM(4)
C
00000262      CALL SOLVEN( BIO, LIMIT )
00000263      CALL SOLVEX( TRES, LIMIT )
C
00000264      SIG1 = FSIG*( TSUM(3)-TSUM(1) )
00000265      SIG2 = FSIG*( TSUM(3)-TSUM(2) )
00000266      SIG3 = -FSIG*TSUM(4)/2
C
00000267      WRITE(6,670) KBOUN,STIME,(TSUM(I),I=1,4),SIG1,SIG2,SIG3
00000268      LINE = LINE + 1
00000269      IF( LINE.EQ.50 ) THEN
00000270      WRITE(6,650) TITLE
00000271      LINE = 0
00000272      ENDIF
C
00000273      GO TO 100
C
00000274      400 CONTINUE
C
C
C      COMPUTATION END
C
00000275      STOP
00000276      END

```

03430026
03440016
03450016
03460016
03470016
03480016
03490016
03500016
03510016
03520016
03530016
03540016
03550026
03560016
03570016
03580016
03590016
03600016
03610016
03620016
03630016
03640016
03650016
03660016
03670016
03680016
03690016
03700016
03710016
03720016
03730016
03740016
03750022
03760022
03770026
03780026
03790026
03800026
03810022
03820026
03830016
03840016
03850016
03860016
03870016
03880016
03890016
03900016
03910016
03920016
03930016
03940016
03950016
03960016

- 1 4 1 -

PNC TN9410 93-198

INCLUDE

```

C-----
C SUBROUTINE SOLVEN( B, LIM )
C SOLVE EIGEN-FUNCTION SERIES SOLUTION
C FOR STEP CHANGE OF FLUID TEMPERATURE AT X=1 , B( BIO NUMBER ) ,
C X=0 ADIABATIC, INITIAL TEMP = 0, T( FOURIER NUMBER )
C TEMP(T,X) = SUM OF ( CN * EXP(-PN**2*T) * COS(PN*X) )
C SOLVE EIGEN-EQUATION " PN*TAN(PN)=B " BY BI-SECTION METHOD
C AND COMPUTE " CN=(4*SIN(PN))/(2*PN+SIN(2*PN)) " FOR N=1,LIM
C-----
00000277 SUBROUTINE SOLVEN( B, LIM )
C
C IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
00000278 COMMON /EIGEN/ PN(50),CN(50),DN(50)
00000279 DATA PAI /3.14159265359D0/
00000280
C
00000281 DO 100 N=1,LIM
00000282 P = (N-1)*PAI
00000283 XL = 0.0
00000284 XR = PAI/2
00000285 10 X = (XL+XR)/2
00000286 D = XR - XL
00000287 IF( D.LE.1.0D-12 ) GO TO 90
00000288 F = (P+X)*SIN(X) - B*COS(X)
00000289 IF(F) 20,90,30
00000290 20 XL = X
00000291 GO TO 10
00000292 30 XR = X
00000293 GO TO 10
00000294 90 P = P+X
00000295 PN(N) = P
00000296 CN(N) = 4*SIN(P) / (2*P+SIN(2*P))
C
00000297 100 CONTINUE
00000298 RETURN
00000299 END

```

03970016
03980016
03990025
04000025
04010025
04020025
04030025
04040016
04050016
04060016
04070025
04080016
04090016
04100016
04110025
04120016
04130016
04140016
04150016
04160016
04170016
04180016
04190016
04200016
04210016
04220016
04230016
04240016
04250016
04260016
04270016
04280025
04290016
04300016
04310016

STATISTICS LIST: PROGRAM NAME= SOLVEN
23 STEPS,PROCEDURE SIZE= 1396 BYTES
35 LINES,DATA SIZE= 1144 BYTES
DIAGNOSTICS = 0,CPU-TIME= 0.08 SEC
HIGHEST SEVERITY CODE=00

- 1 4 2 -

PNC TN9410 93-198

INCLUDE

```

C-----
C SUBROUTINE RAMP( FACT, T1, T2, DT, XT, LIM )
C TEMPERATURE RESPONSE BY STEP/RAMP CHANGE OF FLUID TEMPERATURE
C STEP/RAMP CHANGE OF FLUID TEMPERATURE -- DT AT INTERVAL(O,T1)
C TEMPERATURE RESPONSE AT TIME=T2 --
C XT(1) -- CONVECTION SURFACE TEMPERATURE
C XT(2) -- INSULATING SURFACE TEMPERATURE
C XT(3) -- MEAN TEMPERATURE
C XT(4) -- DELT.1 OF EQUIVALENT LINEAR TEMPERATURE
C-----
00000300 SUBROUTINE RAMP( FACT, T1, T2, DT, XT, LIM )
00000301 IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
00000302 COMMON /EIGEN/ PN(50),CN(50),DN(50)
00000303 DIMENSION XT(4)
C
00000304 TR = FACT * T1
00000305 T = FACT * T2
C
00000306 DO 10 K=1,4
00000307 XT(K) = 0.0
00000308 10 CONTINUE
C
00000309 DO 100 L=1,LIM
C
00000310 P = PN(L)
00000311 P2 = P*P
C
00000312 IF( TR.LE.1.0D-5 ) THEN
00000313 FNT = CN(L) * EXP(-P2*T)
00000314 ELSE
00000315 FNT = CN(L) * ( EXP(-P2*(T-TR)) - EXP(-P2*T) ) / (P2*TR)
00000316 ENDIF
C
00000317 XT(1) = XT(1) + FNT * COS(P)
00000318 XT(2) = XT(2) + FNT
00000319 XT(3) = XT(3) + FNT * SIN(P) / P
00000320 XT(4) = XT(4) + FNT * ( 1.0D0 - COS(P) ) / P2
00000321 100 CONTINUE
C
00000322 XT(1) = DT * ( 1.0D0 - XT(1) )
00000323 XT(2) = DT * ( 1.0D0 - XT(2) )
00000324 XT(4) = DT * ( 12.0D0*XT(4) - 6.0D0*XT(3) )
00000325 XT(3) = DT * ( 1.0D0 - XT(3) )
C
00000326 RETURN
00000327 END

```

04320016
04330016
04340016
04350016
04360016
04370016
04380016
04390016
04400016
04410016
04420016
04430016
04440016
04450026
04460016
04470016
04480016
04490016
04500026
04510016
04520016
04530016
04540016
04550016
04560016
04570016
04580016
04590016
04600016
04610016
04620017
04630016
04640016
04650016
04660016
04670016
04680016
04690016
04700016
04710016
04720016
04730016
04740016
04750016
04760016
04770016

STATISTICS LIST: PROGRAM NAME= RAMP
28 STEPS,PROCEDURE SIZE= 1668 BYTES
46 LINES,DATA SIZE= 3152 BYTES
DIAGNOSTICS = 0,CPU-TIME= 0.11 SEC
HIGHEST SEVERITY CODE=00

-143-

PNC IN9410 93-198

INCLUDE

```

C-----
C SUBROUTINE SOLVEX( TRES, LIM )
C APPROXIMATION OF RESIDUAL TEMPERATURE BY ( A0+A1*X+A2*X2+A3*X3 )
C AND SOLVE EIGEN-FUNCTION SERIES OF RESIDUAL TEMPERATURE
C RES.TEMP(T,X) = SUM OF ( DN * EXP(-PN**2*T) * COS(PN*X) )
C-----
00000328 SUBROUTINE SOLVEX( TRES, LIM )
00000329 IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
00000330 COMMON /EIGEN/ PN(50),CN(50),DN(50)
00000331 DIMENSION TRES(4)

C
00000332 A0 = TRES(2)
00000333 A3 = 10.00*( TRES(1) - TRES(2) - TRES(4) )
00000334 A2 = 3.00*( TRES(1) + TRES(2) - 2.00*TRES(3) ) - 1.50*A3
00000335 A1 = TRES(1) - ( A0 + A2 + A3 )

C
00000336 DO 10 L=1,LIM
00000337 P = PN(L)
00000338 SINP = SIN(P)
00000339 COSP = COS(P)
00000340 SS = 4.00 / ( 2.00*P + SIN(2.00*P) )
00000341 D = (A0+A1+A2+A3)*SINP + ( (A1+2*A2+3*A3)*COSP - A1 )/P
* - 2.00*(A2+3.00*A3)*SINP/P**2 + 6.00*A3*(1.00-COSP)/P**3
DN(L) = SS * D
10 CONTINUE

C
00000344 RETURN
00000345 END
    
```

PNC TN9410 93-198

STATISTICS LIST: PROGRAM NAME= SOLVEX
 18 STEPS,PROCEDURE SIZE= 110 BYTES
 28 LINES,DATA SIZE= 116 BYTES
 DIAGNOSTICS = 0,CPU-TIME= 0. SEC
 HIGHEST SEVERITY CODE=00

- 1 4 4 -

PNC TN9410 93-198

INCLUDE

```

C-----
C SUBROUTINE REST( FACT, TM, XRES, LIM )
C SOLVE RESIDUAL TEMPERATURE AT TIME=TM
C-----
00000346 SUBROUTINE REST( FACT, TM, XRES, LIM )
00000347 IMPLICIT REAL*8(A-H,O-Z)
00000348 COMMON /EIGEN/ PN(50),CN(50),DN(50)
00000349 DIMENSION XRES(4)

C T = FACT * TM
C
00000351 DO 10 I=1,4
00000352 XRES(I) = 0.0
00000353 10 CONTINUE
C
00000354 DO 20 L=1,LIM
C
00000355 P = PN(L)
00000356 FNT = DN(L) * EXP(-P*P*T)
C
00000357 XRES(1) = XRES(1) + FNT * COS(P)
00000358 XRES(2) = XRES(2) + FNT
00000359 XRES(3) = XRES(3) + FNT * SIN(P) / P
00000360 XRES(4) = XRES(4) + FNT * ( 1.000 - COS(P) ) / (P*P)
00000361 20 CONTINUE
C
00000362 XRES(4) = 6.000*XRES(3) - 12.000*XRES(4)
C
00000363 RETURN
00000364 END

```

05060020
05070020
05080025
05090020
05100020
05110020
05120020
05130026
05140020
05150020
05160020
05170026
05180016
05190020
05200016
05210020
05220016
05230016
05240018
05250016
05260016
05270016
05280016
05290018
05300020
05310016
05320021
05330016
05340016
05350016

STATISTICS LIST: PROGRAM NAME= REST

19 STEPS,PROCEDURE SIZE= 1040 BYTES
30 LINES,DATA SIZE= 3080 BYTES
DIAGNOSTICS = 0,CPU-TIME= 0.09 SEC
HIGHEST SEVERITY CODE=00

FORTRAN77 EX

OPTION LIST:

AE	NOALIGNC	NOASTER	NOBYNAME	NOCOMPAT
NOCONDINF	NODBGINF	NODEBUG	NODOUBLE	ERRSSN(2)
FIXED	FLAG(I)	NOIHALF	LANGLVL(77)	NOLIL
LINECOUNT(60)	NOLIST	NOMAP	NONAME	NONUM
SSN(C)	OBJECT	NOPR	PRINT	NOQUAD
NORENT	NOSDF	LMSG	NOSEQ	SRCCODE(EB)
NOSRCMSG	NOSQL	STATIS	NOTERM	NOXREF
NOGO				
SIZE(31960K)		SOURCE(INCLUDE)		
OPTIMIZE(B)		XOPT(UNROLL,NOPREEX,NOEVAL)		
		INLINE(INTRINSIC,ALL)		
		NOOPTMSG		

リスト 2 熱伝達係数算出プログラム

INCLUDE

```

C-----
C   HEAT CONVECTION COEFFICIENT BY SIBAN-SIMAZAKI FORMULA
C-----
00000001 500 FORMAT(BN,4F10.0)
00000002 510 FORMAT(BN,F10.0)
00000003 600 FORMAT(1H1,/,10X,'LO, C, RAMDA, DIA =',1P4E10.3,/,
+ 10X,'VELOCITY',6X,'H.FILM',/)
00000004 610 FORMAT(10X,F10.2,1PE12.4)
C-----
C--- MATERIAL(XLO,XC,XRAM), AND INNER DIAMETER(DIA)
C
00000005 READ(5,500) XLO,XC,XRAM,DIA
C
00000006 FACT1 = DIA*XLO*XC / XRAM
00000007 FACT2 = XRAM / DIA
C
00000008 WRITE(6,600) XLO,XC,XRAM,DIA
C-----
C--- READ INNER VELOCITY AND COMPUTE HEAT CONVECTION COEFF.
C
00000009 100 CONTINUE
00000010 READ(5,510,END=999) VEL
C
00000011 PE = VEL * FACT1
00000012 H = ( 5.0 + 0.025* PE**0.8 ) * FACT2
C
00000013 WRITE(6,610) VEL, H
00000014 GO TO 100
C-----
C
00000015 999 CONTINUE
C           COMPUTATION END
00000016 STOP
00000017 END

```

00010000
00020000
00030000
00040000
00041002
00050000
00060000
00070000
00080000
00090000
00100000
00110000
00120000
00130000
00140000
00150000
00160000
00170000
00180000
00190000
00191002
00200002
00210000
00220000
00230000
00240000
00250000
00251001
00260000
00270000
00280000
00290000
00300000
00310000

STATISTICS LIST: PROGRAM NAME= MAIN
17 STEPS,PROCEDURE SIZE= 460 BYTES
34 LINES,DATA SIZE= 1936 BYTES
DIAGNOSTICS = 0,CPU-TIME= 0.06 SEC
HIGHEST SEVERITY CODE=00

FORTRAN77 EX OPTION LIST:

AE	NOALIGNC	NOASTER	NOBYNAME	NOCOMPAT
NOCONDINF	NODBGINF	NODEBUG	NODOUBLE	ERRSSN(2)
FIXED	FLAG(I)	NOIHALF	LANGVL(77)	NOLIL
LINECOUNT(60)	NOLIST	NOMAP	NONAME	NONUM
SSN(C)	OBJECT	NOPR	PRINT	NOQUAD
NORENT	NOSDF	LMSG	NOSEQ	SRCCODE(EB)
NOSRCMSG	NOSQL	STATIS	NOTERM	NOXREF
NOGO				
SIZE(31960K)	SOURCE(INCLUDE)			
OPTIMIZE(B)	XOPT(UNROLL,NOPREEX,NOEVAL)			
	INLINE(INTRINSIC,ALL)			
	NOOPTMSG			