

区分変更	
変更理由	
決議年月日	平成 13年 7月 3日

大型炉蒸気発生器伝熱管破損模擬試験

— データ集 —

1996年6月



動力炉・核燃料開発事業団
大洗工学センター

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

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)

複
理



大型炉蒸気発生器伝熱管破損模擬試験 — データ集 —

林田禎彦*, 浜田広次*

要 旨

FBR蒸気発生器(SG)内での中規模な水リーク事故時には、高温・腐食性のナトリウム-水反応ジェットが形成するため、隣接する伝熱管の損耗(ウェステージ)挙動とともに、局所的な過熱による機械的破損(高温ラプチャ)挙動を評価する必要がある。特に大型化が指向されるSGでは、ナトリウムの高温化、水蒸気系の高温・高圧化等により、高温ラプチャの観点で厳しい条件となることから、同評価手法の早期な確立が重要である。

高温ラプチャ現象を解明するため、基礎的な実験として、密封したSG伝熱管内を窒素ガスで加圧し、管壁を高周波誘導加熱により急速加熱してナトリウム-水反応状況を模擬する高温ラプチャ試験(Tube Rupture Simulation Test-1: TRUST-1)を行った。本報告書は、今後の試験(TRUST-2)及び解析計画に反映するため、上記実験結果とデータ整理方法及び解析モデルと解析結果を中心に、データ集としてとりまとめたものである。報告するTRUST-1の実験ケースは、以下に示すものである。

(1) 予備試験

昇温制御パラメータ及び昇温時の伝熱管内圧力上昇特性の把握を行った実験で、前者は高周波誘導加熱装置出力1~100%までの全11ケース、後者は昇温速度10~90℃/秒、昇温設定温度800~1200℃までの全9ケース

(2) パラメータ試験

密閉加圧した伝熱管のラプチャ挙動を明らかにする実験で、昇温速度10~90℃/秒、破裂時の伝熱管内圧力約100~230kgf/cm²gの全9ケース

なお、本データ集は公開資料「蒸気発生器伝熱管破損模擬試験(TRUST-1)の評価」(PNC TN9410 97-002)に付属するものである。

*) 大洗工学センター 安全工学部 プラント安全工学室

目 次

	Page
1 緒言	1
2 試験方法	2
2.1 試験体	2
2.1.1 材料	2
2.1.2 形状・寸法	2
2.2 試験装置	2
2.2.1 昇温及び同制御系統	2
2.2.2 加圧系統	3
2.2.3 計測系統	3
2.2.4 試験室及び試験部	3
3 予備試験	4
3.1 昇温制御パラメータの決定	4
3.1.1 試験方法	4
3.1.2 試験条件	4
3.1.3 試験結果	5
3.2 昇温時試験体内圧上昇特性確認	5
3.2.1 試験方法	5
3.2.2 試験条件	6
3.2.3 試験結果	6
4 パラメータ試験	7
4.1 試験パラメータ	7
4.1.1 最高温度	7
4.1.2 昇温速度	7
4.1.3 伝熱管内圧	7
4.2 試験方法	8
4.3 試験条件	8
4.4 試験結果	8
4.4.1 試験終了後の試験体調査	8
4.4.2 破損時点の推定と試験結果	9

	Page
5 解析	11
5.1 解析モデル	11
5.1.1 構造モデル	11
5.1.2 有限要素モデル	11
5.1.3 使用要素	11
5.1.4 材料モデル	11
5.1.5 変形モデル	11
5.1.6 境界条件	11
5.1.7 解析条件	12
5.2 解析データ	12
5.3 解析結果	12
6 考察	13
7 参考文献	15
8 謝辞	16
9 付録	17
付録A 試験体内部の圧力上昇の計算	144
付録B 試験体伝熱管破損時点の評価	149
付録C 解析におけるデータ整理の手順及びデータの流れ	160
付録D パラメータ試験履歴の解析用データリスト	191

表一覧

	Page
表 2.1.1-1 STBA TEMPALLOY F9S (Mod.9Cr-1Mo鋼) 鋼管の検査証明書 …	18
表 2.2.1-1 高周波誘導加熱装置の仕様 ……………	19
表 2.2.1-2 制御装置の仕様 ……………	20
表 2.2.3-1 熱電対の仕様 ……………	20
表 2.2.3-2 熱電対室温補正変換アンプの仕様 ……………	21
表 2.2.3-3 トランスデューサの仕様 ……………	22
表 2.2.3-4 トランスデューサ変換アンプの仕様 ……………	23
表 2.2.3-5 デジタルデータレコーダの仕様 ……………	24
表 2.2.3-6 温度計測データ一覧表 ……………	25
表 2.2.3-7 圧力計測データ一覧表 ……………	25
表 3.1.2-1 定出力昇温試験の出力条件表 ……………	26
表 3.1.2-2 昇温制御パラメータ設定試験条件表 ……………	27
表 3.1.3-1 定出力昇温試験結果一覧表 ……………	28
表 3.1.3-2 昇温制御パラメータ設定結果一覧表 ……………	29
表 3.1.3-3 昇温制御特性確認試験結果 ……………	30
表 3.2.2 昇温時試験体内圧上昇特性試験条件表 ……………	31
表 3.2.3 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果表 ……………	32
表 4.3.1-1 パラメータ試験条件表 ……………	33
表 4.4.1-1 試験体伝熱管肉厚測定結果表 ……………	34
表 4.4.1-2 試験体伝熱管外径測定結果表 ……………	35
表 4.4.1-3 伝熱管破損開口部長さ測定結果表 ……………	36
表 4.4.2-1 パラメータ試験結果 ……………	37
表 5.3-1 解析結果 (塑性点) ……………	38
表 5.3-2 解析結果 (破損点) ……………	39
表 5.3-3 試験結果と解析結果の比較 ……………	40

図一覽

		Page
写真 2.2.4-1	試験室	41
写真 2.2.4-2	試験部	41
図 2.1.2-1	試験体構造図	42
図 2.1.2-2	定出力昇温試験用試験体熱電対取付位置図	43
図 2.1.2-3	昇温制御試験用試験体熱電対取付位置図	44
図 2.2	試験装置 (TRUST-1) 構成図	45
図 2.2.2	加圧系統図	46
図 2.2.3	計測系統図	47
図 3.1.3-1(A)	定出力昇温試験結果 (A-001)	48
図 3.1.3-1(B)	定出力昇温試験結果 (A-001)	49
図 3.1.3-2(A)	定出力昇温試験結果 (A-002)	50
図 3.1.3-2(B)	定出力昇温試験結果 (A-002)	51
図 3.1.3-3(A)	定出力昇温試験結果 (A-003)	52
図 3.1.3-3(B)	定出力昇温試験結果 (A-003)	53
図 3.1.3-4(A)	定出力昇温試験結果 (A-004)	54
図 3.1.3-4(B)	定出力昇温試験結果 (A-004)	55
図 3.1.3-5(A)	定出力昇温試験結果 (A-005)	56
図 3.1.3-5(B)	定出力昇温試験結果 (A-005)	57
図 3.1.3-6(A)	定出力昇温試験結果 (A-006)	58
図 3.1.3-6(B)	定出力昇温試験結果 (A-006)	59
図 3.1.3-7(A)	定出力昇温試験結果 (A-008)	60
図 3.1.3-7(B)	定出力昇温試験結果 (A-008)	61
図 3.1.3-8(A)	定出力昇温試験結果 (A-009)	62
図 3.1.3-8(B)	定出力昇温試験結果 (A-009)	63
図 3.1.3-9(A)	定出力昇温試験結果 (A-010)	64
図 3.1.3-9(B)	定出力昇温試験結果 (A-010)	65
図 3.1.3-10(A)	定出力昇温試験結果 (A-011)	66
図 3.1.3-10(B)	定出力昇温試験結果 (A-011)	67
図 3.1.3-11(A)	昇温特性図 (B-001)	68
図 3.1.3-11(B)	昇温特性図 (B-001)	69
図 3.1.3-12(A)	昇温特性図 (B-002)	70
図 3.1.3-12(B)	昇温特性図 (B-002)	71

	Page
図3.1.3-1 3(A) 昇温特性図 (B-003)	72
図3.1.3-1 3(B) 昇温特性図 (B-003)	73
図3.2.3-1(A) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果 (C-001)	74
図3.2.3-1(B) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果 (C-001)	75
図3.2.3-1(C) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果 (C-001)	76
図3.2.3-2(A) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果 (C-002)	77
図3.2.3-2(B) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果 (C-002)	78
図3.2.3-2(C) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果 (C-002)	79
図3.2.3-3(A) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果 (C-003)	80
図3.2.3-3(B) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果 (C-003)	81
図3.2.3-3(C) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果 (C-003)	82
図3.2.3-4(A) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果 (C-004)	83
図3.2.3-4(B) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果 (C-004)	84
図3.2.3-4(C) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果 (C-004)	85
図3.2.3-5(A) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果 (C-005)	86
図3.2.3-5(B) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果 (C-005)	87
図3.2.3-5(C) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果 (C-005)	88
図3.2.3-6(A) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果 (C-006)	89
図3.2.3-6(B) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果 (C-006)	90
図3.2.3-6(C) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果 (C-006)	91
図4.1.1-1 反応温度とNa/水比の関係図	92
図4.4.1-1 伝熱管肉厚測定位置図	93
図4.4.1-2 伝熱管破損口の位置図 (PM-001)	94
図4.4.1-3 伝熱管破損口の位置図 (PM-002)	95
図4.4.1-4 伝熱管破損口の位置図 (PM-003)	96
図4.4.1-5 伝熱管破損口の位置図 (PM-004)	97
図4.4.1-6 伝熱管破損口の位置図 (PM-005)	98
図4.4.1-7 伝熱管破損口の位置図 (PM-006)	99
図4.4.1-8 伝熱管破損口の位置図 (PM-007)	100
図4.4.1-9 伝熱管破損口の位置図 (PM-008)	101
図4.4.1-10 伝熱管破損口の位置図 (PM-009)	102
図4.4.1-11 破損圧力と破損口径	103
図4.4.2-1(A) パラメータ試験結果 (PM-001)	104
図4.4.2-1(B) パラメータ試験結果 (PM-001)	105
図4.4.2-2(A) パラメータ試験結果 (PM-002)	106
図4.4.2-2(B) パラメータ試験結果 (PM-002)	107

		Page
図 4.4.2-3(A)	パラメータ試験結果 (PM-003)	108
図 4.4.2-3(B)	パラメータ試験結果 (PM-003)	109
図 4.4.2-4(A)	パラメータ試験結果 (PM-004)	110
図 4.4.2-4(B)	パラメータ試験結果 (PM-004)	111
図 4.4.2-5(A)	パラメータ試験結果 (PM-005)	112
図 4.4.2-5(B)	パラメータ試験結果 (PM-005)	113
図 4.4.2-6(A)	パラメータ試験結果 (PM-006)	114
図 4.4.2-6(B)	パラメータ試験結果 (PM-006)	115
図 4.4.2-7(A)	パラメータ試験結果 (PM-007)	116
図 4.4.2-7(B)	パラメータ試験結果 (PM-007)	117
図 4.4.2-8(A)	パラメータ試験結果 (PM-008)	118
図 4.4.2-8(B)	パラメータ試験結果 (PM-008)	119
図 4.4.2-9(A)	パラメータ試験結果 (PM-009)	120
図 4.4.2-9(B)	パラメータ試験結果 (PM-009)	121
図 4.4.2-10	パラメータ試験結果	122
図 5.1.2-1	有限要素モデル	123
図 5.1.3-1	解析モデル使用要素	124
図 5.3-1(A)	試験解析結果 (PM-001)	125
図 5.3-1(B)	試験解析結果 (PM-001)	126
図 5.3-2(A)	試験解析結果 (PM-002)	127
図 5.3-2(B)	試験解析結果 (PM-002)	128
図 5.3-3(A)	試験解析結果 (PM-003)	129
図 5.3-3(B)	試験解析結果 (PM-003)	130
図 5.3-4(A)	試験解析結果 (PM-004)	131
図 5.3-4(B)	試験解析結果 (PM-004)	132
図 5.3-5(A)	試験解析結果 (PM-005)	133
図 5.3-5(B)	試験解析結果 (PM-005)	134
図 5.3-6(A)	試験解析結果 (PM-006)	135
図 5.3-6(B)	試験解析結果 (PM-006)	136
図 5.3-7(A)	試験解析結果 (PM-007)	137
図 5.3-7(B)	試験解析結果 (PM-007)	138
図 5.3-8(A)	試験解析結果 (PM-008)	139
図 5.3-8(B)	試験解析結果 (PM-008)	140
図 5.3-9(A)	試験解析結果 (PM-009)	141
図 5.3-9(B)	試験解析結果 (PM-009)	142
図 5.3-10	試験結果と解析結果の比較	143

1 緒言

高速増殖炉（FBR）の蒸気発生器（SG）内で水リークが生じた場合には高温かつ腐食性のナトリウム-水反応ジェットが形成される。隣接する伝熱管が反応ジェットに曝されると、伝熱管が局所的に高温化して機械的強度の低下と蒸気側の内圧により伝熱管が破損する高温ラプチャを起こす可能性がある。

高温ラプチャは伝熱管の寸法・材質を始めとするSGの設計や運転条件に強く影響されるため、設計によっては実証炉を含む大型炉のSGでは高温ラプチャを無視できなくなる可能性がある。SGの設計基準リーク（DBL）の選定は実証炉プラントにおける安全性確保の重要な一項目であることから、適切なDBLを選定する上では、高温ラプチャ現象に対する配慮が不可欠である。

本報では、高温ラプチャ現象解明のための基礎的な試験として、一端を密封した伝熱管の内部を窒素ガスで加圧し、管壁を高周波誘導加熱により急速加熱することでナトリウム-水反応時の伝熱管過熱状況を模擬した高温ラプチャ模擬試験（Tube Rupture Simulation Test-1：TRUST-1）を実施し、高温ラプチャの発生現象を実験的に確認した結果について報告する。

2 試験方法

2.1 試験体

2.1.1 材料

試験体の材料は、以下に示すようにFBRのSG伝熱管材料として有望視されているMod.9Cr-1Mo鋼とした。検査証明書を表2.1.1-1に示す。

(1) STBA TEMPALLOY F9S

鋼管サイズ：31.8mm^{OD} X 3.2mm^T X 5000mm^L

2.1.2 形状・寸法

試験体は伝熱管部とその両端に溶接される端栓部及びフランジ部から構成される。フランジ部はフランジ面において加圧系統に接続するための1/4インチステンレス (SUS316) パイプを溶接しており、試験体は加圧口を除いて密閉構造となる。伝熱管部は前項2.1.1の材料による長さ約700mmのシームレス鋼管とし、端栓部及びフランジ部はステンレス (SUS316) の加工品を用いた。(図2.1.2-1)

伝熱管部には管外壁温度の測定のためにR型熱電対を配した。試験体としては熱電対配置の異なる2種類を用いた。(図2.1.2-2、図2.1.2-3)

尚、本試験では全ての試験体に初期欠陥を施さずに実施した。

2.2 試験装置

装置は、昇温及び同制御系統、加圧系統、計測系統、試験室及び試験部の主な4系統から構成されている。図2.2に試験装置の構成図を示した。各項目の詳細について以下に述べる。

2.2.1 昇温及び同制御系統

ナトリウム-水反応ジェットに曝された伝熱管の局所的高温化を模擬するための系統である。試験体の昇温は、高周波誘導加熱装置により発生させた高周波電力を整合器を経由して誘導加熱コイルに供給することで、その誘導加熱コイルの中心部に配置された試験体の昇温・加熱を非接触により行う。また、同制御系統は、試験体の伝熱管壁に取付けられたR型熱電対により温度を計測・監視し、目標となる昇温速度及び最高温度、設定温度保持などの加熱制御を行うものである。

試験体を加熱するための誘導加熱コイルは、均熱部の加熱幅を150mmとした。

主要仕様を表2.2.1-1 (誘導加熱装置) 及び表2.2.1-2 (制御装置) に示した。

2.2.2 加圧系統

伝熱管内の蒸気圧力を模擬するための系統である。窒素ガスボンベから試験体へ配管接続され、その経路上に安全弁及び加圧圧力測定用のトランスデューサ、加圧操作用のバルブを配置したものである。試験体との接続はスエジロックとしている。

図2.2.2に加圧系統の詳細を示した。

2.2.3 計測系統

試験データを計測及び収録するための系統である。計測・収録する試験データは試験体外壁面温度及び試験体加圧系統内圧力で、それらは全てデータレコーダによりデジタル収録される。

図2.2.3に計測系統図の詳細を示した。また、表2.2.3-1から表2.2.3-5に各計測機器の主要な仕様を示した。

(1) 試験体外壁面温度

伝熱管外壁に取付けられたR型熱電対の起電力を室温補正及び増幅しデータレコーダによってデジタル収録する。表2.2.3-6に熱電対による温度測定範囲と室温補正後の信号の電圧変換範囲、データレコーダによる収録チャンネル番号及び収録データレンジの一覧表を示した。

(2) 試験体加圧系統内圧力

加圧系統上に配置されたトランスデューサの出力を増幅しデータレコーダによってデジタル収録する。表2.2.3-7にトランスデューサによる圧力測定範囲と信号の電圧変換範囲、データレコーダによる収録チャンネル番号及び収録データレンジの一覧表を示した。

2.2.4 試験室及び試験部

試験時の作業員及び機材の防護目的から、試験室（写真2.2.4-1）を設置した。試験室は、厚さ2mmの鉄板により囲まれた箱型の構造で内部へ出入りするためのドアを有しており、加圧系統及び試験体を収納する試験部を内包する（写真2.2.4-2）。試験部については厚さ2mmの鉄製のパンチングにより箱型全閉構造（開閉操作は可能）とした。その内部は、試験体を固定する架台及びその下部に試験体破損時に放出される窒素ガスを排気するためのダクト及びファンを配している。

試験体はフランジ面を架台に固定することで伝熱管の軸が鉛直となるよう配置する。試験体を架台へ固定した際の上部の端栓部分は、伝熱管が1000℃を超える加熱により自重で挫屈して高周波誘導コイルなどへ接触・短絡するのを防ぐためにガイド管に通される。ただし、試験体加熱時の熱膨張による軸方向の変位は拘束しない構造としている。

3 予備試験

パラメータ試験前の準備として、試験条件に沿った試験装置運転及び制御のためのデータ収集を目的とする予備試験を実施した。予備試験の内容・結果を以下に詳述する。

3.1 昇温制御パラメータの決定

パラメータ試験条件である試験体の到達最高温度及び昇温速度、設定温度での保持などを実現するため、本予備試験において高周波誘導加熱装置の昇温制御パラメータの決定を行った。

3.1.1 試験方法

(1) 定出力昇温試験

高周波誘導加熱装置の加熱特性を確認する目的から、加圧は行わず高周波誘導加熱装置の出力を一定に保った状態で試験体を昇温し試験体外壁面に取付けた熱電対の出力を記録した。

(2) 昇温制御試験

高周波誘導加熱装置による試験体の昇温制御パラメータを取得するため、高周波誘導加熱装置の制御装置の昇温制御パラメータの自動設定機能を利用し、昇温制御パラメータを取得した。更に、得られた昇温制御パラメータにより再度昇温試験を実施し試験装置の昇温制御機能を確認した。

本予備試験において、定出力昇温試験では図2.1.2-2に示した熱電対配置の試験体を、昇温制御試験では図2.1.2-3に示した熱電対配置の試験体をそれぞれ用いた。

3.1.2 試験条件

(1) 定出力昇温試験

定出力昇温試験では、高周波誘導加熱装置の出力を各試験ケース毎に表3.1.2-1に示す通り設定した。試験の終了条件としては、次の条件の内のどちらかを確認した時点とした。

- ・試験体温度が安定し定常状態の加熱に至った時。
- ・試験体の温度が1200℃を超えた場合。

(2) 昇温制御試験

昇温制御試験についての到達最高温度及び昇温速度についての条件を表3.1.2-2に示す通り設定した。試験の終了条件は、目標温度1200℃まで昇温が完了し、同温度を10秒間保持した時点とした。

3.1.3 試験結果

(1) 定出力昇温試験

定出力昇温試験結果については表3.1.3-1にまとめた。この表の中で、昇温速度については昇温開始から1200℃に到達時点での計算値としているが、昇温の過程で昇温率の変化を伴うものについては全体での昇温速度（平均昇温速度）と昇温率の変曲点の前後での昇温速度を併記した。最高温度が1200℃までの範囲を適用範囲としている根拠については次章のパラメータ試験の章で詳述する。

昇温過程については図3.1.3-1(A)及び(B)から図3.1.3-10(A)及び(B)にそれぞれ示した。同図の(A)は試験体軸方向の測定温度を、同図の(B)は試験体加熱中央部周方向の測定温度を示した。

この結果から判明したことは次の通りである。

- ・最低出力においても約730℃を超えて昇温されてしまうため、試験温度は730℃を超える範囲での条件設定の必要がある。
- ・昇温の過程で約630℃～約730℃の間に昇温率の変化する点が存在しており、直線的な昇温を行うにはその点の前後で制御特性を変化させる必要がある。
- ・平均昇温速度では、最大約90℃/秒での試験体加熱が可能である
- ・高周波誘導加熱コイル内の均熱領域は、加熱幅150mmで最大温度差が50℃～100℃である。最大温度差は昇温速度が低い場合に大きく、昇温速度が高い場合に小さい。

(2) 昇温制御試験

昇温制御パラメータの取得結果について表3.1.3-2に、また、その制御パラメータを用いた制御による昇温結果について表3.1.3-3にまとめた。昇温過程については図3.1.3-11から図3.1.3-13に示した。同図の(A)については試験体軸方向の測定温度についてまとめて示したものであり、同図の(B)については試験体加熱中央部周方向の測定温度についてまとめて示したものである。

3.2 昇温時試験体内圧上昇特性確認

パラメータ試験において試験条件となる試験体内部圧力について試験体昇温時の内圧上昇特性を把握するため本予備試験を実施した。

3.2.1 試験方法

図2.1.2-3に示される熱電対配置の試験体を用いて、試験体に所定の初期圧力で窒素ガスを封入し密閉状態としておく。それから、前節で得られた昇温制御パラメータを使用して昇温加熱を行い、試験体内圧の変化の様子を試験体外壁の温度と共に記録した。

3.2.2 試験条件

試験体の到達最高温度については1200℃、同温度での保持時間は3分とし、昇温速度及び試験体への初期封入圧力については表3.2.2に示す通り設定した。

3.2.3 試験結果

試験結果については表3.2.3にまとめた。また、試験時の温度及び圧力の履歴については図3.2.3-1から図3.2.3-6に示した。図は同じ図番で(A)、(B)、(C)の3葉で構成されているが、(A)は試験体軸方向の温度及び試験体内圧の測定結果であり、(B)は試験体加熱中央部周方向の温度及び試験体内圧の測定結果である。更に(C)は(B)における昇温過程の拡大図である。これは、昇温過程における圧力挙動を詳細に観察する目的で示した。

初期封入された試験体内部のガス圧力は試験体の昇温加熱後、初期封入圧力の概ね1.5倍～1.8倍（試験ケース6つの平均値は約1.6倍）に上昇している。一方、封入ガスを完全ガスと考慮して圧力上昇の計算を行った。ガスの比熱は室温～1200℃の温度範囲において一定とし、加熱時の封入ガスの対流や均熱部以外からの入熱はなく、昇温過程での過渡現象を無視した。この計算結果によると、昇温後の試験体内部の圧力上昇は、一意的に初期封入圧力の約1.7倍となる結果となり、試験と概ね一致する事を確認した。計算についての詳細は付録A（試験体内部の圧力上昇の計算）に示す。

計算では昇温過程の過渡現象を無視したが、試験結果（表3.2.3）からは試験体の昇温加熱による内圧上昇への昇温速度の顕著な影響は観察されておらず、内圧上昇率は定数と考えられる。これによりパラメータ試験で設定される圧力条件については、設定される試験条件の圧力を1.6程度で除した値で初期封入圧力を決定すればよいといえる。

4 パラメータ試験

材料強度データと高温ラプチャ発生条件との関係を確認する目的から昇温時試験体内圧昇圧加圧型のパラメータ試験を実施した。以降に内容の詳細を記した。

4.1 試験パラメータ

パラメータ試験の実施に際して最高温度、昇温速度、負荷内圧の3つの試験パラメータを選定した。伝熱管材質については2.1.1項で述べたMod.9Cr-1Mo鋼で初期欠陥は無しとした。

4.1.1 最高温度

最高温度は、ナトリウム-水反応ジェットの反応温度と関係する。文献[1]によると反応ジェットの反応温度はナトリウムと水の比によって変化することが知られており、図4.1.1-1 [1]に示すようにナトリウム/水比が大きいと反応温度は低く800℃～1100℃であるが、ナトリウム/水比が減少すると反応温度は上昇し、ナトリウム/水比が1で最大となり1300℃近くの温度に達する。また、ナトリウム/水比が1より小さくなると反応温度は低くなっている。反応温度は圧力にも依存し、圧力が高いと反応温度も上昇する。

よって、ナトリウム-水反応ジェットの反応温度を模擬する観点から、最高温度をパラメータとして試験を行った。

4.1.2 昇温速度

昇温速度は、ナトリウム-水反応ジェットと伝熱管の管外熱伝達率、伝熱管の管内熱伝達率、伝熱管の比熱、熱伝導率などに関係する。例えば、管外熱伝達率が管内熱伝達率より大きいとナトリウム-水反応ジェットに曝された部分での伝熱管の昇温速度も大きくなる。

よって、ナトリウム-水反応時の伝熱管壁昇温速度を模擬した試験を行うが、昇温速度の違いによる影響をみるために昇温速度をパラメータとした試験も行った。

4.1.3 伝熱管内圧

蒸気発生器の通常運転時には、伝熱管を高温・高圧の蒸気が流れている。ナトリウム-水反応ジェットにより伝熱管が熱せられ管内温度が上昇すると、この蒸気圧も通常運転時より上昇する可能性がある。ただし、蒸気圧の上昇の程度は、ナトリウム-水反応ジェットによる過熱の程度、オリフィスの有無、伝熱管長・形状、ヘッド容積など蒸気発生器の設計に依存するところが多い。この管内圧力は伝熱管壁のフープ応力と関係するため、圧力の高温ラプチャに及ぼす影響も大きいものと考えられる。よって、伝熱管内圧をパラメータとした試験を行った。

4.2 試験方法

本パラメータ試験における試験体の加熱は、高周波誘導加熱装置の制御機器に昇温速度及び到達最高温度、到達最高温度での保持時間などの昇温制御パラメータを与え、自動制御により実施した。また、試験体の内部加圧は、窒素ガスを試験体及び加圧系統内に初期充填しておき密閉状態の加圧系統で試験体の昇温を実施することで試験体の加熱に伴う内圧の上昇を利用して行った。昇温制御パラメータ及び窒素ガスの初期充填圧力は、先述した予備試験より得られた結果を反映した。

試験体は、図2.1.2-3に示した熱電対配置のものを用いた。また、誘導加熱コイルは試験条件の加熱幅に従って均熱幅150mmのものを使用した。

試験終了の条件は、試験体の破損または試験体加熱温度が試験条件で設定された最高温度に到達後一定の保持時間を経過したことの確認とした。

試験開始から終了までの間には、試験体内圧の変化及び試験体外壁の温度の経時履歴を共に計測・記録した。

4.3 試験条件

模擬伝熱管試験体の破損条件としては主に温度及び圧力が重要な要因であると考えられることから、Mod.9Cr-1Mo鋼の超高温域での破断応力 $\sigma_{f[2]}$ を伝熱管周方向応力に当てはめ伝熱管肉厚及び内径により求めた。伝熱管肉厚及び内径の値は、それぞれ製造仕様の公称値を与えた。

試験装置加圧系統の最大設計圧力250kg/cm²Gなどの制限も考慮し、最高温度を1000℃、1100℃、1200℃の3段階とした。更に各温度での破損圧力に対応する試験体内部封入初期圧力を上述3.2節の結果を検討し決定した。

表4.3.1-1にパラメータ試験条件表を示した。試験の終了条件については、試験体の破損を確認した時点とした。

4.4 試験結果

試験データとしては、試験実施の過程で計測された試験体外壁面温度及び試験体内圧、試験終了後に得られた試験体（破損状況）の2つがある。それぞれについて以下に示す。

4.4.1 試験終了後の試験体調査

試験終了後の試験体は、伝熱管部の熱電対取付け位置の端から上部に110mm、下部に100mm程度の位置で切断して取り出し、伝熱管肉厚及び外径、破損部分各種長さの測定をそれぞれ実施した。測定にはノギスと巻尺を用いた。詳細を以降に述べる。

(1) 伝熱管肉厚及び外径の測定

取り出した伝熱管の上下の切断面で伝熱管肉厚及び外径の測定を実施した。肉厚については上下の切断面で軸方向の熱電対配置の位置を基準に周方向に90度間隔で4点の測定を実施し、外径については上下の切断面で軸方向の熱電対

配置の位置を基準に0度-180度間、90度-270度間の2点の測定を実施した。図4.4.1-1に伝熱管肉厚測定位置図を示す。測定結果については、表4.4.1-1に試験体伝熱管肉厚測定結果、表4.4.1-2に試験体伝熱管外径測定結果をそれぞれ示す。

(2) 破損部分各種長さの測定

試験体伝熱管部の破損口の伝熱管上の位置、破損開口部軸方向長さ、破損開口部周方向長さ、破損開口部背面周方向長さの測定をそれぞれ実施した。測定結果については、図4.4.1-2から図4.4.1-10に伝熱管破損口の位置図、表4.4.1-3に伝熱管破損開口部長さ測定結果をそれぞれ示す。尚、表4.4.1-3は伝熱管の破損圧力と破損口径の関係として図4.4.1-11に図示した。

4.4.2 破損時点の推定と試験結果

図4.4.2-1から図4.4.2-9にパラメータ試験経過を図示した。図の(A)は試験体軸方向の温度及び試験体内圧の計測結果であり、(B)は試験体加熱中央部周方向の温度及び試験体内圧の計測結果である。

(1) 破損点の温度

試験体は、図2.1.2-3に示す熱電対配置で全7点の外壁面温度を測定している。

試験実施時には必ずしも熱電対の取付けられた位置上で破損が起っていない。従って、破損部へ最も近接している熱電対の測定結果を破損点での温度とすることとした。

(2) 破損時点

試験体伝熱管の破損時点については、試験体内圧挙動及び試験体伝熱管の破損前後の形状変化による内容積の変化に着目して評価した。

付録Bにその詳細を述べた。

(3) 試験結果

表4.4.2-1及び図4.4.2-10にパラメータ試験結果を示した。表4.4.2-1中の伝熱管周方向破損応力は、破損圧力値を健全な伝熱管肉厚(実測値)に対するものとして算出し、同値を図4.4.2-10に用いた。尚、図4.4.2-10には、材料試験データとの比較の目的で単軸引張材料強さ及び降伏応力の試験データ^[3]と4次の最小二乗曲線を共に示した。

試験結果から判明したことは次の通りである。

- ・破損口径は周方向及び軸方向共に破損圧力が高いほど大きく、周方向より軸方向の方が開口長さが大きい傾向を示している。
- ・単軸材料引張強さよりも高い応力域に破損点が分布している。
- ・昇温速度の違いによる破損への影響は、破損温度が低いほど、昇温速度が早

- くなるに従って材料引張強さからの裕度が大きくなる傾向がある。
- ・試験結果の破損応力と温度との関係は材料引張強さに類似した傾向を示している。

5 解析

汎用非線形構造解析コード (FINAS; FInite element Nonlinear structural Analysis System) を用いて、前述パラメータ試験の結果から温度及び圧力の履歴データを与え、1次元軸対象モデルを使用して非定常熱伝導解析と熱弾塑性解析をカップリングする手法により、前述パラメータ試験の検証解析を実施した。

5.1 解析モデル

5.1.1 構造モデル

伝熱管に管内圧力が負荷することにより管壁断面に半径方向、軸方向、周方向の各応力が作用するモデルとした。

5.1.2 有限要素モデル

伝熱管の直径断面において、軸方向に3層、半径方向に12層の要素をとり、1要素は8接点からなる有限要素モデル (図5.1.2-1) とした。

5.1.3 使用要素

図5.1.3-1に示す8接点四辺形軸対象要素 (QAX8) とした。

5.1.4 材料モデル

質量密度: $\rho =$ (温度の関数で表したデータ: kg/mm^3)

弾性係数: $E =$ (温度の関数で表したデータ: kg/mm^2)

降伏条件: Misesの降伏条件

ポアソン比: $\nu =$ (温度の関数で表したデータ: -)

加工硬化係数: $H' =$ (温度の関数で表したデータ: kg/mm^2)

塑性硬化則: 等方硬化モデル

降伏応力: $\sigma_y =$ (温度の関数で表した単軸引張試験データ: kg/mm^2)

最大真応力: $\sigma_{f[2]}$

5.1.5 変形モデル

小変形モデルと大変形モデルが選択できるが、塑性開始後の挙動を正確に評価するために大変形モデルを採用した。

5.1.6 境界条件

内壁面では管内圧力に相当する半径方向の応力 (σ_r) を与え、外壁面では自由端条件を与えた。

5.1.7 解析条件

非定常熱伝導解析では、上述パラメータ試験で得られた伝熱管外壁温度を与え伝熱管壁の内外で温度差なしとした。これは、高周波誘導加熱における高周波電流の浸透深さが伝熱管肉厚を超えることから、伝熱管全体が発熱していると考えられるためである。

熱弾塑性解析では、境界条件となる管内圧力に上述パラメータ試験で得られた試験体内圧データを与え、計算時間の刻みは0.01秒とした。

5.2 解析データ

非定常熱伝導解析及び熱弾塑性解析の双方に与えるデータは、上述パラメータ試験で得られた伝熱管外壁温度及び内圧の履歴をそれぞれテーブル化して与えた。また、伝熱管の外径及び肉厚の値については表4.4.1-1、表4.4.1-2に示した実測値を与えた。

解析作業におけるデータ整理の手順及びデータの流れなどについて付録Cにまとめた。また、本解析に用いた解析データの内、パラメータ試験で得られた伝熱管外壁温度及び内圧の履歴データを各試験毎にテーブル化しリストにまとめたものを付録Dに添付した。

5.3 解析結果

伝熱管の塑性判定については、塑性の確認が伝熱管外表面で可能なことを考慮して、ミーゼスの相当応力が材料引張降伏応力を超え、有限要素モデルの管壁外側の要素に塑性域が達した（すなわち、すべてのメッシュにおいて相当応力が降伏応力を超えた）時点とした。

伝熱管の破損判定については、最も厳しい結果となるメッシュにおいて、相当応力が最大真応力を超えた時点とした。

試験解析結果を図5.3-1～図5.3-9に示した。図の(A)は試験実施過程の全域での解析結果を示したものであり、(B)は破損時点近傍の拡大及び相当塑性歪みの挙動を共に示したものである。

伝熱管の塑性についての解析結果を表5.3-1に、破損についての解析結果を表5.3-2にそれぞれ示した。

本試験では昇温速度が試験パラメータに含まれているため試験過程においては時間的な変化が伴っている点を考慮し、試験開始からの経過時間で試験結果と試験解析結果の比較を行った。（表5.3-3，図5.3-10）

試験解析結果からは次のことが判明した。

- ・伝熱管の塑性開始は、試験結果及び解析結果で概ね一致しており、解析結果からは塑性が伝熱管内壁面から発生し外壁面へ向かって進行している。
- ・伝熱管破損は、解析結果においても全ケースで発生しており、破損時間は概ね一致しているが解析結果の方が試験結果より早く生じている。

6 考察

(1) 試験結果

- ・破損口径は周方向及び軸方向共に破損圧力が高いほど大きく、周方向より軸方向の方が開口長さが大きい傾向を示している。

試験体が内圧を受ける両端密閉の薄肉円管と考えれば、薄肉円管の内圧による応力は円周応力が最大で軸応力の2倍であることが明らか^[4]である。よって破損口は軸方向に沿って周方向に開く形となり、破損時に伝熱管壁を周方向及び径方向に押し広げる力が内圧に直接関係していることを考慮すれば破損圧力が高いほど破損口が大きくなるのは自然であると考えられる。

また、軸方向の破損口の大きさは伝熱管内圧及び加熱による強度低下の範囲(幅)に関係していると考えられるが、本試験結果に加えて、今後加熱幅の異なる試験データを取得した上で検討する必要がある。

- ・本試験結果では、単軸材料引張強さよりも高い応力域に破損点が分布しており、昇温速度の違いによる破損への影響は破損点の分布からは観察できなかった。

文献^[5]によると、歪み速度と温度には等価性があり、歪み速度を増すことは温度を下げることに相当する。また、多くの金属の変形抵抗は高温になると歪み速度及び温度の著しい影響を受けクリープが重要な問題となることが述べられている。そこで、歪み速度及び温度、クリープについて本試験と単軸材料引張試験の違いに着目し双方を比較する。

本試験と単軸材料引張試験との違いは、試験体形状と試験条件にある。試験体形状について本試験では密閉型伝熱管であり、単軸材料引張試験では棒材である。また、試験条件について本試験では内圧による周方向及び軸方向への引張負荷、昇温速度 $10[^\circ\text{C}/\text{秒}] \sim 90[^\circ\text{C}/\text{秒}]$ による最高 1200°C までの加熱であり、その昇温途中に破損している。一方、単軸材料引張試験では歪み速度 $10[\%/分]$ による軸方向への引張負荷、昇温速度 $5[^\circ\text{C}/分]$ での試験温度への昇温及び均熱保持10分とした後の試験となっている。よって、昇温速度は、単軸材料引張試験の約120倍～約1080倍である。また、温度は本試験では最高 1200°C まで動的に変化しており、単軸材料引張試験では設定試験温度で一定である。

本試験での伝熱管の破損時の歪み速度は、内圧挙動と試験後の破損伝熱管から測定された周方向塑性変形長さにより概算することができる。即ち、密閉された伝熱管が塑性変形し内圧で外側に膨張することで内圧降下が生じていると考えた場合に伝熱管塑性点を歪み開始点とみなし、歪み開始から破損までの時間及び試

試験後の破損した伝熱管から測定された周方向塑性変形長さとは試験前健全時の周方向長さから歪み率により破損時の歪み速度を得られる。その値は、平均値で昇温速度90[°C/秒]時15.7[%/秒]、昇温速度40[°C/秒]時14.6[%/秒]、昇温速度10[°C/秒]時3.1[%/秒]である。よって、歪み速度の違いは、本試験では単軸材料引張試験の歪み速度の約18倍～約94倍である。

なお、クリープについては1000°Cを超える温度領域の材料データは無く、本試験結果でも評価できない。

前述までの比較から本試験と単軸材料引張試験での試験条件の違いの大きいことがわかる。試験条件の違いによる定量的な結果の違いの評価は、現在までに蓄積された少ない単軸材料引張試験データからは説明することができない。従って本試験の破損点が単軸材料引張強さよりも高い応力域に分布していることの仮説として、早い歪み速度の影響が引張強さを増強する（歪み硬化）作用をしたと考えられる。また、昇温速度が遅い程クリープの影響が現れ易いと考えられることから、低昇温速度条件では破損応力が低くなったものとする。

(2) 試験解析結果

- ・伝熱管の塑性開始は、試験結果及び解析結果で概ね一致しており、解析結果からは塑性が伝熱管内壁面から発生し外壁面へ向かって進行している。

内圧を受ける薄肉円筒では、周方向応力が肉厚の内側で最大であり外側方向に降下しながら分布する特性を有する^[6]。このため、降伏も内側から発生し外側へ到達する。塑性についても同様である。従って、解析結果の傾向は妥当であると考えられる。

- ・伝熱管破損は、解析結果においても全ケースで発生しており、解析結果の方が試験結果より速く生じている。

解析の破損判定は、分割したメッシュのうち最も早く破損条件に達したもので判断していることから、実際の破損現象と異なり保守側の結果を与えたものとする。

- ・全ての試験ケースの試験解析において相当応力が引張強さを超過した直後から、歪み及び相当応力が急激（瞬時）に上昇傾向を示している。

伝熱管壁の塑性展延による肉厚減少を生じることで相当応力が増大するもの^[7]で、妥当な挙動であると考えられる。

7 参考文献

- [1] C.Robertson, J.Walford, "THE LEAK IN SUPER HEATER 2 - PFR FEBRUARY 1987", LIMET '88, Avignon (1988.10)
- [2] 浜田広次、田辺裕美、「蒸気発生器伝熱管の高温ラプチャ解析II -英国PFR過熱器の大リーク事故解析」、PNC ZN9410 96-027(1995.12)
- [3] 青木昌典、吉田英一ほか、「Mod.9Cr-1Mo鋼、2 1/2Cr-1Mo鋼およびSUS321の超高温特性 (I) 」、PNC ZN9410 94-262(1994.9)
- [4] 鶴戸口英善、川田雄一、倉西正嗣、「材料力学上巻」、(株)裳華房 (1986.3)
- [5] 小寺沢良一、「材料強度学要論」、(株)マグロウヒル好学社 (1979.10)
- [6] 山田嘉昭、「塑性力学」、日刊工業新聞社 (1977.12)
- [7] 浜田広次、「蒸気発生器伝熱管の高温ラプチャ解析 -火薬トーチによる高温ラプチャ模擬試験の検証解析」、PNC ZN9410 95-262(1995.9)

8 謝辞

本研究実施にあたり、試験・解析などの計画・運営において常に有益な助言と共にご指導下さいました次の方々に深く感謝の意を表します。

安全工学部

プラント安全工学室 田辺裕美室長、栗原成計研究員

原子炉工学室 望月弘保室長、仲井悟室長代理、谷田部敏男副主任研究員

機器・構造安全工学室 青木昌典研究員

本試験の解析作業については、原子力システム株式会社の小野功氏にデータ整理～解析の一連の作業を担当して頂き、更に解析作業合理化のためのユーティリティソフトの整備など積極的かつ精力的に取り組んで頂いた。ここに感謝の意を表します。

本試験実施の際には、現場作業及び試験装置運用・保守など常陽産業株式会社、東興機械工業株式会社の職員の方々の協力を得た。ここに感謝の意を表します。

9 付録

- 付録A 試験体内部の圧力上昇の計算
- 付録B 試験体伝熱管破損時点の評価
- 付録C 解析におけるデータ整理の手順及びデータの流れ
- 付録D パラメータ試験履歴データリスト

Table. II-1 Mod. 9Cr-1Mo 鋼伝熱管ミルシート

需要家
Purchaser : DORYOKUO, KAKUNENRYU KAIHATSU
JIGYODAN.

需要家管理番号 : 60A2712
Purchaser's Order No.

注文者
Trading Co. : FUJI SHOJI CO., LTD.

注文者照合番号
Reference No. : 313 Z-950

品名
Commodity : COLD FINISHED SEAMLESS STEEL TUBE
& STBA TEMPALLOY F95
規格
Specification : PLAIN END

日本鋼管株式会社
NIPPON KOKAN K.K.
検査証明書
INSPECTION-CERTIFICATE

本社 : 東京都千代田区丸の内1丁目1番2号
Head Office: 1-2, Marunouchi 1-chome, Tokyo 100 Japan

証明書番号 : AA 36241
Certificate No.

日付 : 1985-12-18
Date

船名/工事番号
Ship's No. /
Construction No.

製造番号 : 3624
Production No.

契約番号 : TT842
Contract No.

寸法・Size			化学成分・Chemical Composition (%)													引張試験・Tensile Test				硬度試験			
行番 Item No.	長さ Length =1 (MM)	HEAT NO.	数量・Quantity		規格値 Spec.	下限 Min.	上限 Max.	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Mo	S-AL	N	V	降伏点/耐力 Yield Point/ Yield Strength	引張強さ Tensile Strength	伸び Elongation	硬度 Hardness
			本数 Number of Pieces	延長・Total Length =1 () 質量 Mass				X100	X100	X1000	X100	X1000	X100	X1000	X100	X1000	X100						
001	5,000	57J15	60	744KGS	57015	L	10	33	39	2	2		13	844	92	10	39	21	11	51.2K	71.9K	25.8	
		TOTAL	60	744KGS	"	P	10	34	37	7	2		11	837	91	8	37	20	11	51.4K	72.0K	25.6	
					SPEC.																		
					MIN.	L		6															
					MAX.	L		10															
					57015	L		3															
					"	P		8															

外観・寸法 Visual & Dimension	水圧試験 Hydrostatic Test	非破壊検査 NOE	曲げ試験 Bend Test	へん平試験 Flattening Test	押し出し試験 Flaring Test	拡大試験 Expansion Test	ULTRASONIC EXAMINATION GOOD. MICROSCOPIC TEST GOOD. NON-METALLIC INCLYSION TEST GOOD.
GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD	GOOD		

注記・Note	①	②	③	④	⑤	⑥	
MM:mm FN :ft-in FT :ft	試験片 Test Specimen	① JIS 4号 (縦) - JIS No. 4 (Longitudinal) ② JIS 4号 (横) - JIS No. 4 (Transverse) ③ JIS 5号 (縦) - JIS No. 5 (Longitudinal) ④ JIS 5号 (横) - JIS No. 5 (Transverse) ⑤ JIS 11号 - JIS No. 11 ⑥ JIS 12号 (縦) - JIS No. 12 (Longitudinal) FS:管状試験片 - Full Section RL:棒状試験片(縦) - Round Specimen(Longitudinal) RT:棒状試験片(横) - Round Specimen(Transverse) S1:板状試験片(縦) - Strip Specimen(Longitudinal)-Width 1/2 in. S2:板状試験片(横) - Strip Specimen(Longitudinal)-Width 3/4 in. S3:板状試験片(縦) - Strip Specimen(Longitudinal)-Width 1 1/4 in. S4:棒状試験片(縦) - Strip Specimen(Longitudinal)	K :kgf/mm ² KS :ksi MP :MPa N :N/mm ²	YR:降伏比・Yield Ratio RA:絞り・Reduction of Area	K :kgf/cm ² P :psi KP :kPa MP :MPa N :N/mm ² B :bar A :atm		

上記製品は検査の結果指定の規格に合格していることを証明いたします。
WE HEREBY CERTIFY THAT THE MATERIAL HEREIN HAS BEEN MADE AND TESTED IN ACCORDANCE WITH THE ABOVE SPECIFICATION AND ALSO WITH THE REQUIREMENTS CALLED FOR BY THE ABOVE ORDER.

S. Asugi
京浜製鉄所検査
Manager of Inspection
KEIHIN WORKS

表2.2.1-1 高周波誘導加熱装置の仕様

項目	仕様
製造メーカー	日本電子株式会社
型式	JSH-150型サイリスタインバータ
入力電源	3φ 440V 50Hz
最大入力	188KVA
公称出力	150kW
出力範囲変化	5~100%
出力調整方式	サイリスタインバータ方式
発振周波数	7~9.9kHzの1波
発振方式	ブリッジインバータ方式
加熱コイル (有効均熱幅公称値)	内径約φ75mm、長さ約250mm (約150mm)
最小所要冷却水量	3.0kg/cm ² G、125L/min

表2.2.1-2 制御装置の仕様

項目	仕様
製造メーカー	株式会社チノー
型式	デジタルプログラム調節計 KP1000
電源	AC85～264V 50Hzまたは60Hz
入力信号	熱電対28種他（R型熱電対使用）
測定レンジ	熱電対28種他（0～1760℃）
基準点補償精度	±0.5℃
サンプリング周期	0.1秒
プログラム設定方式	パネルキースイッチによる温度・時間方式でのステップ設定
制御切替周期	0.1秒
調節方式	電流出力形PID式
PID値	自動調節設定または手動設定
取付け方式	パネル埋め込み方式

表2.2.3-1 熱電対の仕様

項目	仕様
製造メーカー	石福金属興業株式会社
型式	R型（Pt-Pt-Rh13%）
階級	0.25級
線径	0.5mm
長さ	0.8m

表 2.2.3-2 熱電対室温補正変換アンプの仕様

項目	仕様
製造メーカー	エムティティ株式会社
型式	MS2301R (0-1500) 0-5
入出力数	10点
入力信号	R型熱電対起電力
出力信号	DC 0~5V
変換精度	± (0.1% F.S + 0.3°C + 0.2% F.S.typ.)
リニアライザー	内蔵
ゼロ、スパン調整範囲	±5%
供給電源	DC 24V ±10%

表2.2.3-3 トランスデューサの仕様

項目	仕様
製造メーカー	株式会社共和電業
型式	PGS-300KA
容量	300kgf/cm ²
定格出力	1997 μ V/V
	3994 μ ϵ
非直線性	0.06%RO
ヒステリシス	0.06%RO
較正係数	0.1502 [kgf/cm ²] / [1 μ V/V]
	0.07511[kgf/cm ²] / [μ ϵ]
入力抵抗	561.2 Ω
出力抵抗	501.0 Ω

表2.2.3-4 トランスデューサ変換アンプの仕様

項目	仕様
製造メーカー	株式会社共和電業
型式	DPM-712B
測定点数	1点
適用ブリッジ抵抗	60~1000 Ω
感度	10 $\mu\epsilon$ 入力にて0.2V (負荷5k Ω 以上)
出力	2系統 ($\pm 5V$ 以上)
非直線性	$\pm 0.1\%$ FS
ゲージ率	2.00固定
標準等価ひずみ	$\pm (1 \sim 9999 \mu\epsilon)$
標準等価ひずみ (設定)	4桁デジタルスイッチにより設定
標準等価ひずみ (精度)	$\pm (0.5\% + 0.5 \mu\epsilon)$
レンジ数	8段 (OFF,100,200,500,1k,2k,5k,10k [$\mu\epsilon$])
レンジ精度	$\pm 0.5\%$
応答周波数範囲	DC~5kHz (偏差 $\pm 10\%$)
安定度 (零点-温度)	$\pm 0.1 \mu\epsilon / ^\circ\text{C}$
安定度 (零点-時間)	$\pm 0.5 \mu\epsilon / 24\text{H}$
安定度 (零点-電源変動)	$\pm 0.05\%$ FS / $\pm 10\%$ 変動
安定度 (感度-温度)	$\pm 0.05\% / ^\circ\text{C}$
安定度 (感度-時間)	$\pm 0.3\% / 24\text{H}$
安定度 (感度-電源変動)	$\pm 0.05\% / \pm 10\%$ 変動
電源	AC90~110V 約8VA

表 2.2.3-5 デジタルデータレコーダの仕様

項目	仕様
製造メーカー	株式会社エヌエフ回路設計ブロック
型式	PCMデータレコーダ5881
記録・再生方式	多重化PCM方式
チャンネル数	最大16 (2,4,8,16の任意)
データ長	16ビット
記録媒体	DATテープ
記録様式	DATフォーマット準拠
入力レンジ	±1V, ±2V, ±5V, ±10V
量子化方式	16ビット直線量子化
サンプル&ホールド	全チャンネル同時サンプル&ホールド

表 2.2.3-6 温度計測データ一覧表

名称	記号	物理量範囲	変換電圧範囲	収録チャンネル番号	収録レンジ
熱電対# 1	TC#1	0~1500℃	0~5V	1	±5 V
熱電対# 2	TC#2	0~1500℃	0~5V	2	±5 V
熱電対# 3	TC#3	0~1500℃	0~5V	3	±5 V
熱電対# 4	TC#4	0~1500℃	0~5V	4	±5 V
熱電対# 5	TC#5	0~1500℃	0~5V	5	±5 V
熱電対# 6	TC#6	0~1500℃	0~5V	6	±5 V
熱電対# 7	TC#7	0~1500℃	0~5V	7	±5 V
熱電対# 8	TC#8	0~1500℃	0~5V	8	±5 V
熱電対# 9	TC#9	0~1500℃	0~5V	9	±5 V
熱電対# 10	TC#10	0~1500℃	0~5V	10	±5 V

表 2.2.3-7 圧力計測データ一覧表

名称	記号	物理量範囲 [kg/cm ² G]	変換電圧 範囲	収録チャンネル 番号	収録レンジ
試験体内圧	P	0~300	0~5V	14	±5 V

表 3.1.2-1 定出力昇温試験の出力条件表

試験番号	高周波誘導加熱装置出力
A-001	1% (最小) 出力
A-002	10% 出力
A-003	20% 出力
A-004	30% 出力
A-005	40% 出力
A-006	50% 出力
A-007	60% 出力
A-008	70% 出力
A-009	80% 出力
A-010	90% 出力
A-011	100% 出力

表3.1.2-2 昇温制御パラメータ設定試験条件表

(1) 昇温速度 10℃/秒 (試験番号B-001)

目標温度 [℃]	昇温所要時間 [秒]	備考
800	80	室温より昇温開始
1200	40	
1200	10	同温度の保持

(2) 昇温速度 40℃/秒 (試験番号B-002)

目標温度 [℃]	昇温所要時間 [秒]	備考
800	20	室温より昇温開始
1200	10	
1200	10	同温度の保持

(3) 昇温速度 90℃/秒 (試験番号B-003)

目標温度 [℃]	昇温所要時間 [秒]	備考
800	8	室温より昇温開始
1200	4	
1200	10	同温度の保持

表3.1.3-1 定出力昇温試験結果一覧表

試験番号 (出力[%])	到達最高温度 [°C]	昇温速度 [°C/秒]	備考
A-001 (1%)	730	0.42	
A-002 (10%)	980	0.59 (前5.62；後0.16)	変曲点約730°C
A-003 (20%)	1200 (超)	3.80 (前19.4；後1.79)	変曲点約700°C
A-004 (30%)	1200 (超)	10.2 (前30.9；後5.42)	変曲点約680°C
A-005 (40%)	1200 (超)	18.5 (前52.3；後10.0)	変曲点約680°C
A-006 (50%)	1200 (超)	26.8 (前68.0；後14.9)	変曲点約680°C
A-007 (60%)	---	---	試験データ消失
A-008 (70%)	1200 (超)	48.4 (前100；後30.8)	変曲点約630°C
A-009 (80%)	1200 (超)	63.2 (前158；後35.4)	変曲点約680°C
A-010 (90%)	1200 (超)	77.4 (前155；後46.8)	変曲点約680°C
A-011 (100%)	1200 (超)	92.3 (前181；後57.0)	変曲点約670°C

表3.1.3-2 昇温制御パラメータ設定結果一覧表

(1) 昇温速度 10℃/秒

STEP#	SV	TIME	P	I	D
0	30	START	----	----	----
1	800	80s	13.8%	4s	1s
2	1200	40s	13.9%	4s	1s
3	1200	10s	13.7	4s	1s
4	1200	END	----	----	----

(2) 昇温速度 40℃/秒

STEP#	SV	TIME	P	I	D
0	30	START	----	----	----
1	800	20s	13.9%	5s	1s
2	1200	10s	13.3%	5s	1s
3	1200	10s	13.8%	5s	1s
4	1200	END	----	----	----

(3) 昇温速度 90℃/秒

STEP#	SV	TIME	P	I	D
0	30	START	----	----	----
1	800	8s	13.8%	4s	1s
2	1200	4s	13.9%	4s	1s
3	1200	10s	13.7%	4s	1s
4	1200	END	----	----	----

表3.1.3-3 昇温制御特性確認試験結果

試験番号 (公称昇温速度)	昇温速度 [°C/秒]	昇温の直線性	1200°C付近での加熱中心部 70mmの範囲内 での測定点の 最高温度差 [°C]	1200°C付近での加熱中心部 150mmの範囲 内での測定点 の最高温度差 [°C]
B-001 (10°C/秒)	10.2	良好	約30°C	約130°C
B-002 (40°C/秒)	45.3	ほぼ良好	約70°C	約100°C
B-003 (90°C/秒)	80.0 (85.0)	ほぼ良好 (660°C付近に 変曲点有り)	約60°C	約60°C

表 3.2.2 昇温時試験体内圧上昇特性試験条件表

試験番号	最高温度 (同保持時間)	昇温速度 [°C/秒]	初期封入圧力 [kg/cm ² G]	備考
C-001	1200°C (3分)	40	0.0	
C-002			2.0	
C-003			4.0	
C-004		90	0.0	
C-005			2.0	
C-006			4.0	

表 3.2.3 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果表

試験番号	初期封入 圧力P0 [kg/cm ² G]	1200℃到達時点		1200℃到達後 約3分間保持時点		備考
		圧力P1 [kg/cm ² G]	上昇倍率 [-] $\frac{P1+1}{P0+1}$	圧力P2 [kg/cm ² G]	上昇倍率 [-] $\frac{P2+1}{P1+1}$	
C-001	0.0	0.80	1.8	1.20	1.2	スパイク 有り
C-002	2.0	3.50	1.5	4.05	1.1	スパイク 有り
C-003	4.0	6.80	1.6	7.20	1.1	
C-004	0.0	0.45	1.5	0.70	1.2	スパイク 有り
C-005	2.0	4.10	1.7	4.80	1.1	
C-006	4.0	6.76	1.6	7.40	1.1	

表 4.3.1-1 パラメータ試験条件表

試験番号	昇温速度 [°C/秒]	最高温度 [°C]	破損温度 [°C]	破損圧力 [kg/cm ² G]	初期封入圧力 [kg/cm ² G]
PM-001	90	1200	1100	160	100
PM-002			1200	107	67
PM-003			1030	240	150
PM-004	40		1200	107	67
PM-005			1100	160	100
PM-006			1030	240	150
PM-007	10		1200	107	67
PM-008			1100	160	100
PM-009			1030	240	150

表4.4.1-1 試験体伝熱管肉厚測定結果表

項目	上側				下側				平均 [mm]
	0度 [mm]	90度 [mm]	180度 [mm]	270度 [mm]	0度 [mm]	90度 [mm]	180度 [mm]	270度 [mm]	
PM-001	3.45	3.55	3.55	3.50	3.55	3.55	3.55	3.55	3.53
PM-002	3.50	3.55	3.50	3.50	3.55	3.55	3.55	3.60	3.54
PM-003	3.60	3.50	3.55	3.60	3.50	3.55	3.55	3.50	3.54
PM-004	3.55	3.50	3.55	3.50	3.55	3.50	3.55	3.50	3.53
PM-005	3.55	3.55	3.50	3.50	3.55	3.55	3.50	3.50	3.53
PM-006	3.50	3.55	3.55	3.50	3.55	3.50	3.50	3.40	3.51
PM-007	3.50	3.55	3.50	3.55	3.55	3.55	3.50	3.50	3.53
PM-008	3.50	3.60	3.55	3.50	3.50	3.45	3.60	3.50	3.53
PM-009	3.45	3.50	3.55	3.60	3.60	3.50	3.45	3.50	3.52

表 4.4.1-2 試験体伝熱管外径測定結果表

項目	伝熱管外径上側		伝熱管外径下側		平均 [mm]
	0度-180度 [mm]	90度-270度 [mm]	0度-180度 [mm]	90度-270度 [mm]	
PM-001	31.85	31.80	31.80	31.80	31.81
PM-002	31.90	31.90	31.85	31.85	31.88
PM-003	31.85	31.90	31.90	31.85	31.88
PM-004	31.80	31.85	31.80	31.80	31.80
PM-005	31.85	31.85	31.90	31.85	31.86
PM-006	31.80	31.80	31.80	31.80	31.80
PM-007	31.80	31.80	31.80	31.80	31.80
PM-008	31.85	31.80	31.85	31.85	31.84
PM-009	31.80	31.85	31.80	31.80	31.81

表 4.4.1-3 伝熱管破損開口部長さ測定結果表

試験番号	破損口の大きさ		破損開口部背面 周方向長さ [mm]
	軸方向長さ [mm]	周方向長さ [mm]	
PM-001	36	20	130
PM-002	58	32	126
PM-003	68	58	122
PM-004	45	31	128
PM-005	68	50	123
PM-006	65	60	123
PM-007	43	10	132
PM-008	60	37	128
PM-009	75	52	124

表 4.4.2-1 パラメータ試験結果

試験番号	破損温度 [°C]	破損圧力 [kg/cm ² G]	伝熱管周方向破損応力 [kg/mm ²]
PM-001	1079.3	160.13	5.6136
PM-002	1197.3	105.24	3.6864
PM-003	1011.6	222.25	7.7850
PM-004	1169.1	110.05	3.8564
PM-005	1036.3	160.13	5.6250
PM-006	1007.3	211.79	7.4760
PM-007	1190.3	107.78	3.7769
PM-008	1049.9	161.04	5.6524
PM-009	991.5	214.16	7.5351

表 5.3-1 解析結果 (塑性点)

試験番号	データ項目	解析結果		
	位置	管壁内側	管壁中央	管壁外側
PM-001	時刻[sec]	9.90	10.51	10.82
	温度 [°C]	917	956	976
	降伏応力 [kg/mm ²]	6.79	6.09	5.73
PM-002	時刻[sec]	11.00	11.38	11.59
	温度 [°C]	1017	1046	1062
	降伏応力 [kg/mm ²]	5.00	4.48	4.19
PM-003	時刻[sec]	7.48	7.91	9.03
	温度 [°C]	784	812	878
	降伏応力 [kg/mm ²]	10.33	8.69	7.50
PM-004	時刻[sec]	23.70	24.45	24.82
	温度 [°C]	1007	1034	1054
	降伏応力 [kg/mm ²]	5.17	4.64	4.33
PM-005	時刻[sec]	23.18	23.82	24.17
	温度 [°C]	914	953	973
	降伏応力 [kg/mm ²]	6.85	6.14	5.78
PM-006	時刻[sec]	19.43	20.14	21.56
	温度 [°C]	785	823	892
	降伏応力 [kg/mm ²]	10.26	8.50	7.24
PM-007	時刻[sec]	92.79	96.46	98.18
	温度 [°C]	1011	1042	1058
	降伏応力 [kg/mm ²]	5.10	4.54	4.26
PM-008	時刻[sec]	87.90	91.34	93.37
	温度 [°C]	912	951	972
	降伏応力 [kg/mm ²]	6.89	6.18	5.80
PM-009	時刻[sec]	77.14	79.45	84.26
	温度 [°C]	785	823	886
	降伏応力 [kg/mm ²]	10.21	8.49	7.35

表 5.3-2 解析結果 (破損点)

試験番号	解析結果	
	温度[°C]	最大真応力[kg/mm ²]
PM-001	1000	9.89
PM-002	1084	6.88
PM-003	919	12.80
PM-004	1075	7.19
PM-005	998	9.98
PM-006	926	12.58
PM-007	1076	7.18
PM-008	992	10.18
PM-009	919	12.80

表 5.3-3 試験結果と解析結果の比較

試験番号	試験開始後からの塑性開始時刻 [sec]		試験開始後からの破損時刻 [sec]	
	試験	解析	試験	解析
PM-001	10.80	10.82	12.38	11.19
PM-002	11.86	11.59	13.30	11.88
PM-003	8.70	9.03	10.86	9.61
PM-004	25.22	24.82	27.12	25.26
PM-005	24.10	24.17	25.30	24.62
PM-006	21.10	21.56	23.32	22.07
PM-007	100.36	98.18	110.16	100.05
PM-008	93.06	93.37	100.84	95.39
PM-009	82.32	84.26	92.26	86.18

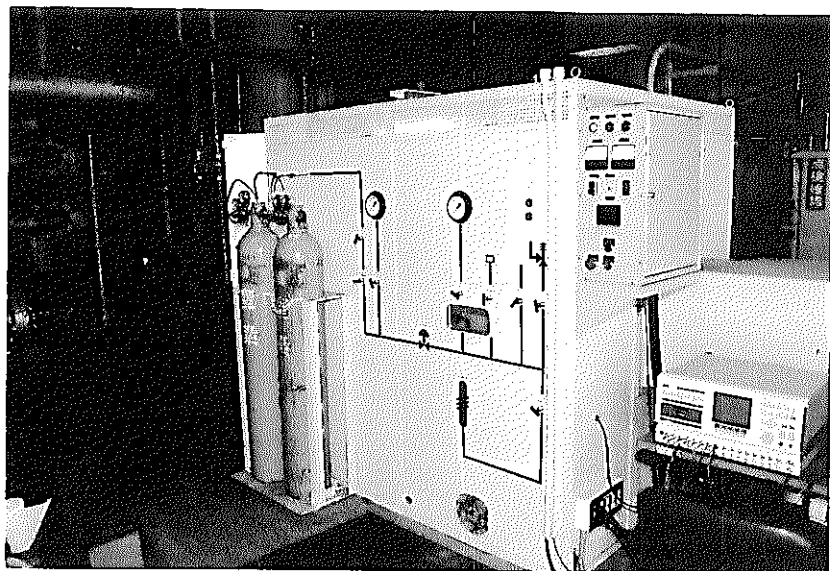


写真2.2.4-1 試験室

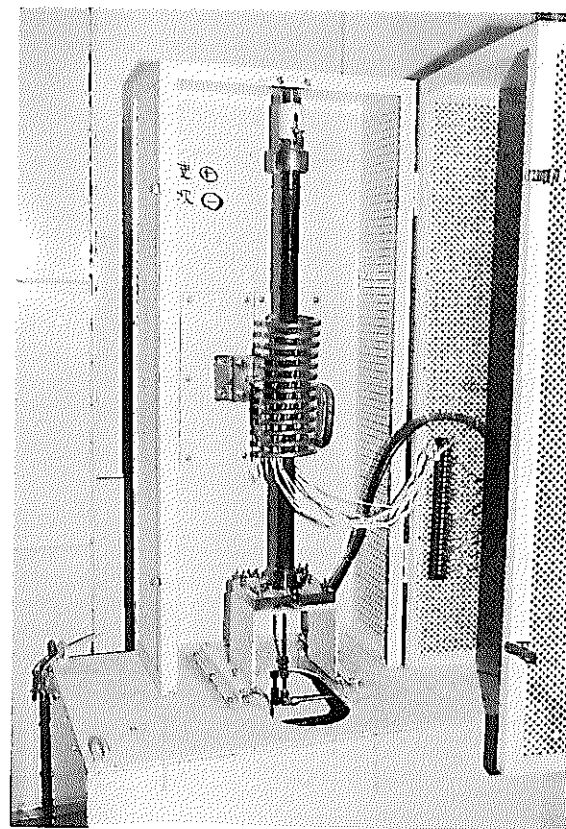


写真2.2.4-2 試験部

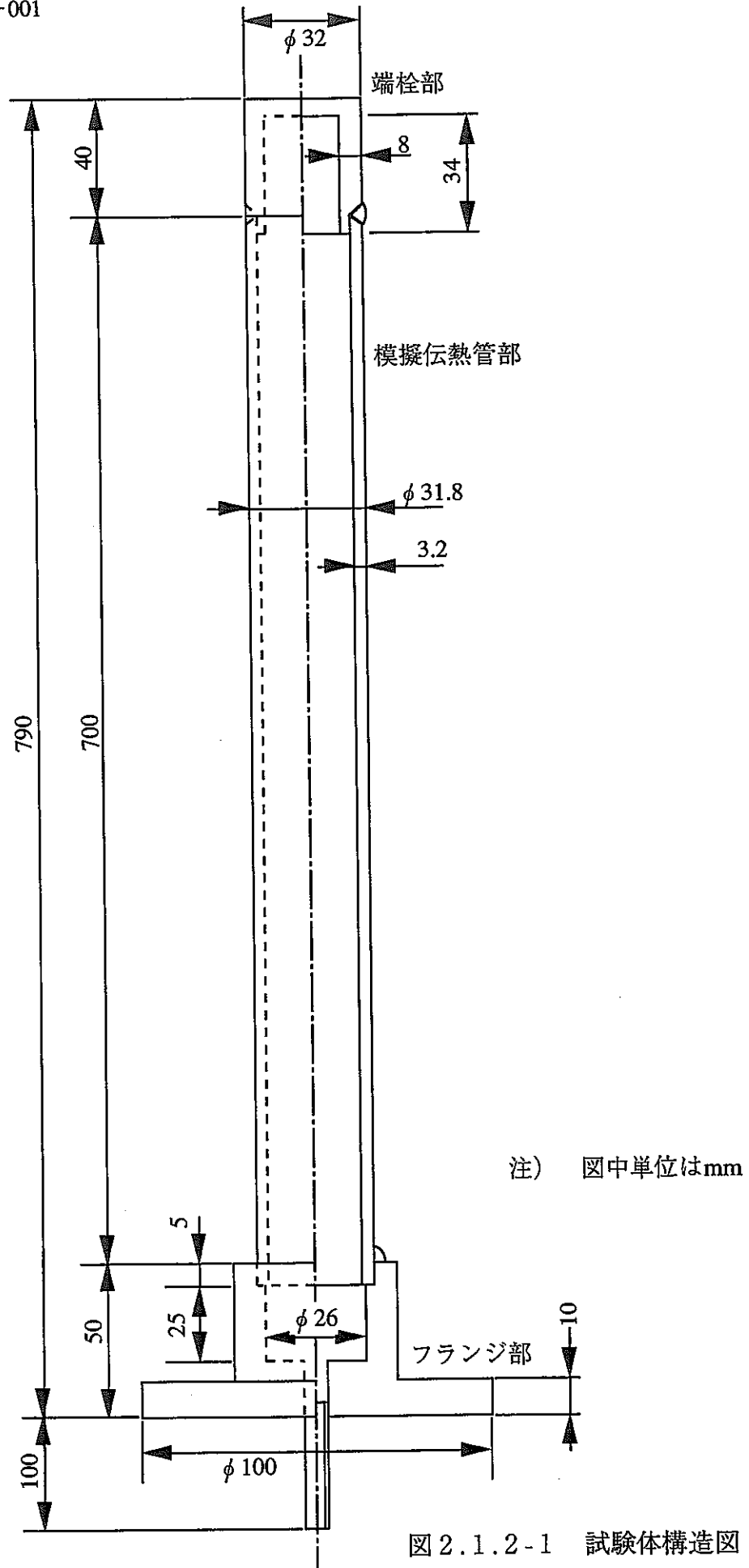
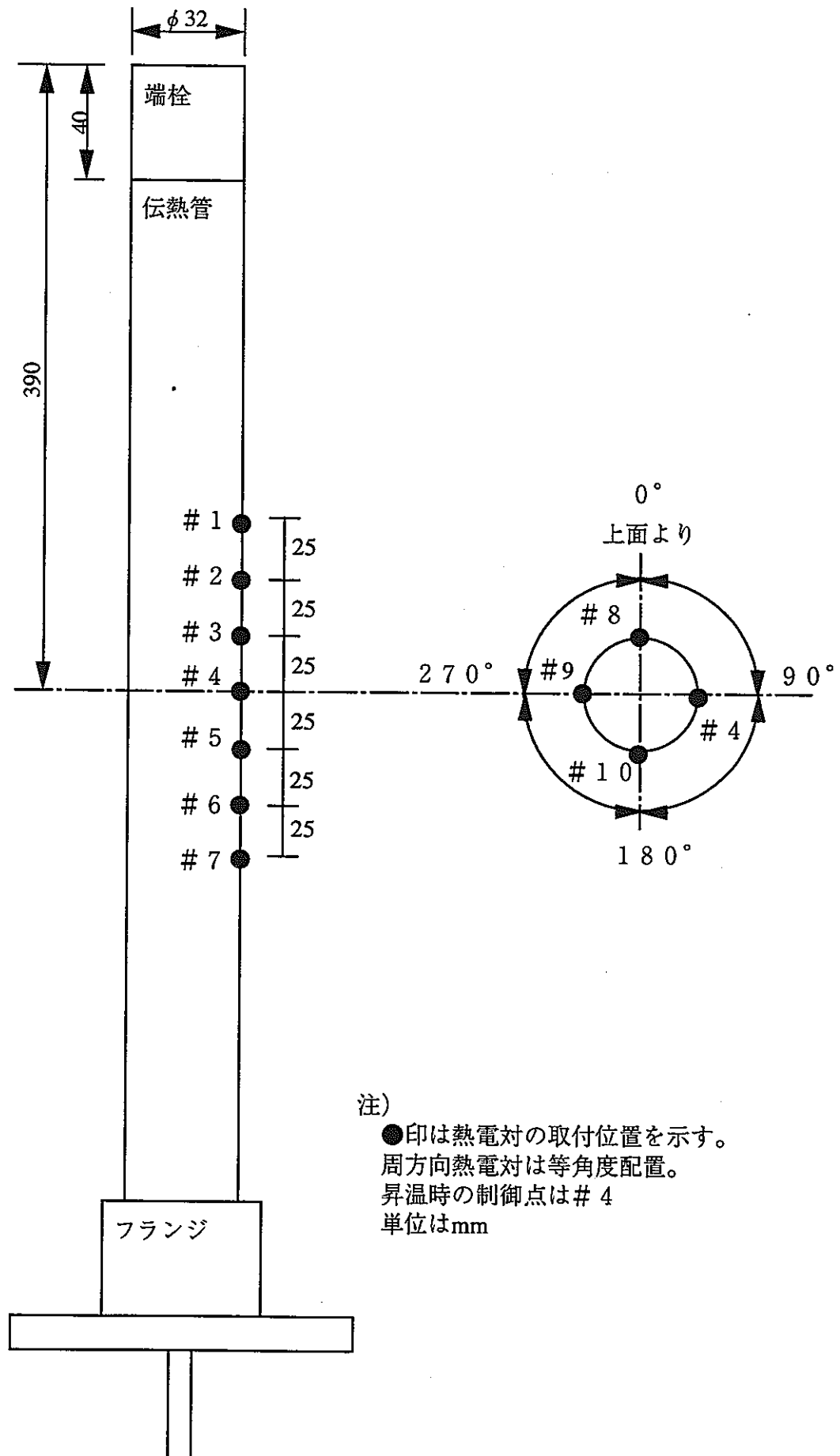


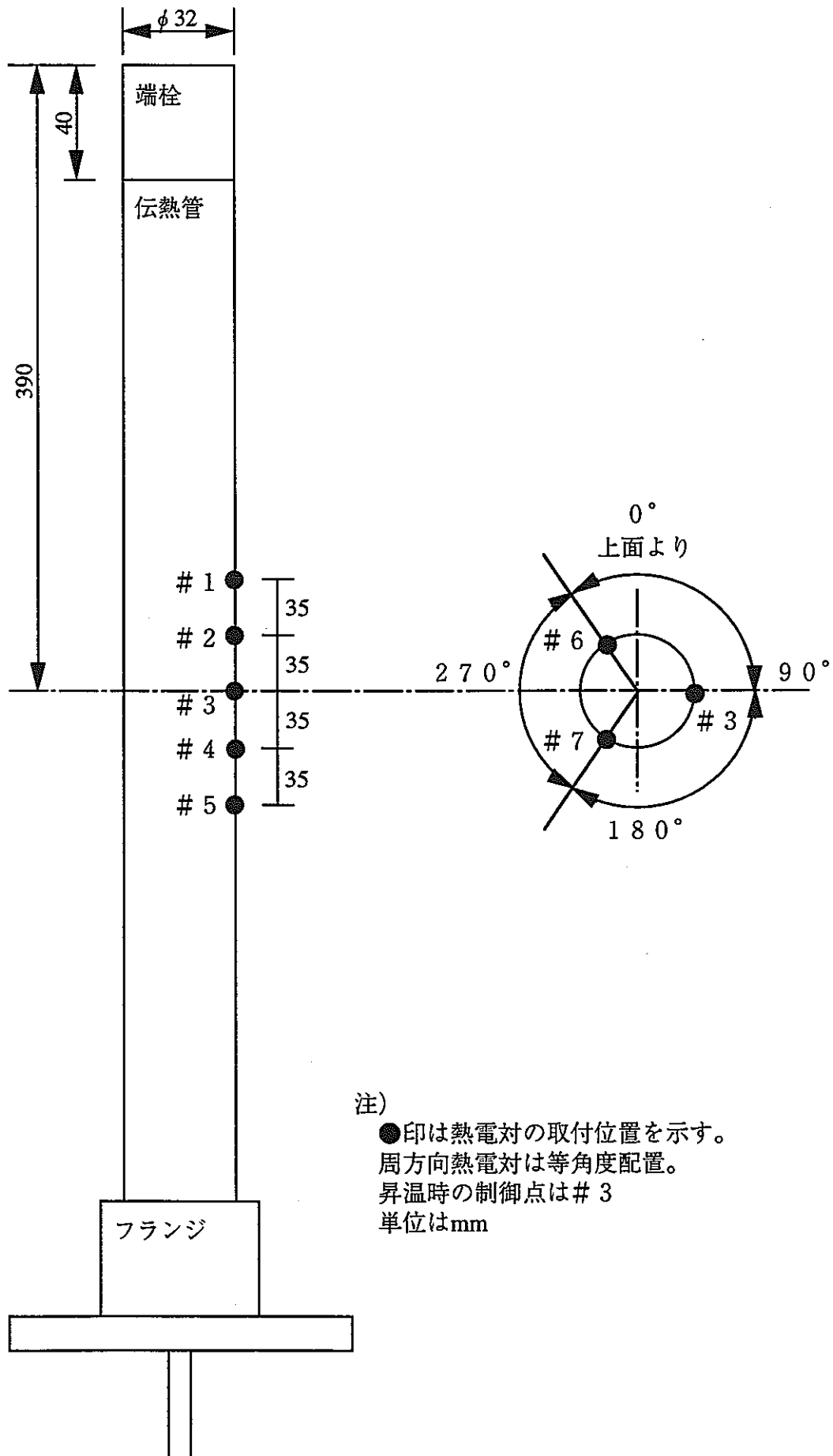
図 2.1.2-1 試験体構造図



注)

- 印は熱電対の取付位置を示す。
- 周方向熱電対は等角度配置。
- 昇温時の制御点は# 4
- 単位はmm

図 2.1.2-2 定出力昇温試験用試験体熱電対取付位置図



注)

- 印は熱電対の取付位置を示す。
- 周方向熱電対は等角度配置。
- 昇温時の制御点は# 3
- 単位はmm

図 2.1.2-3 昇温制御試験用試験体熱電対取付位置図

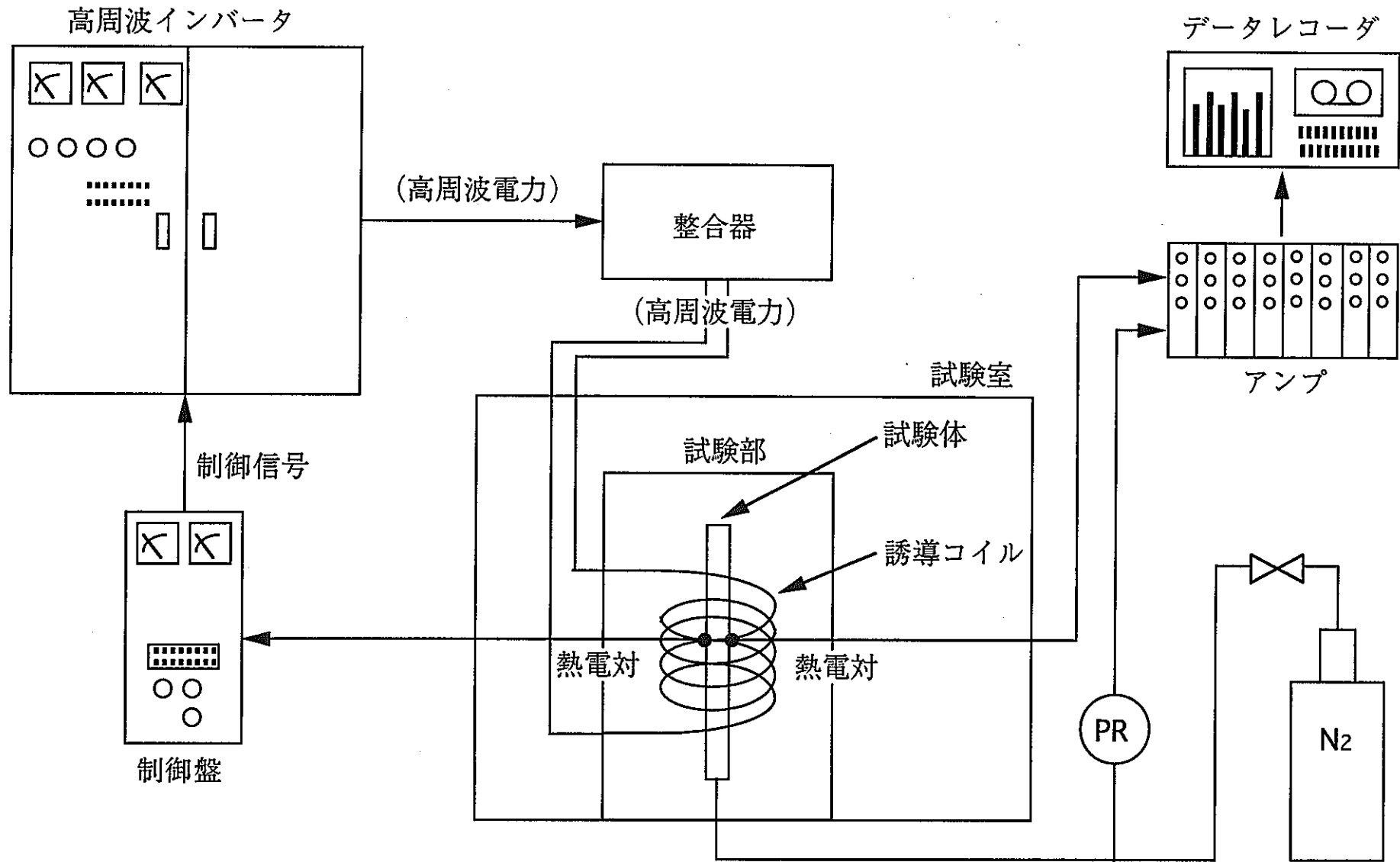


図 2.2 試験装置 (TRUST-1) 構成図

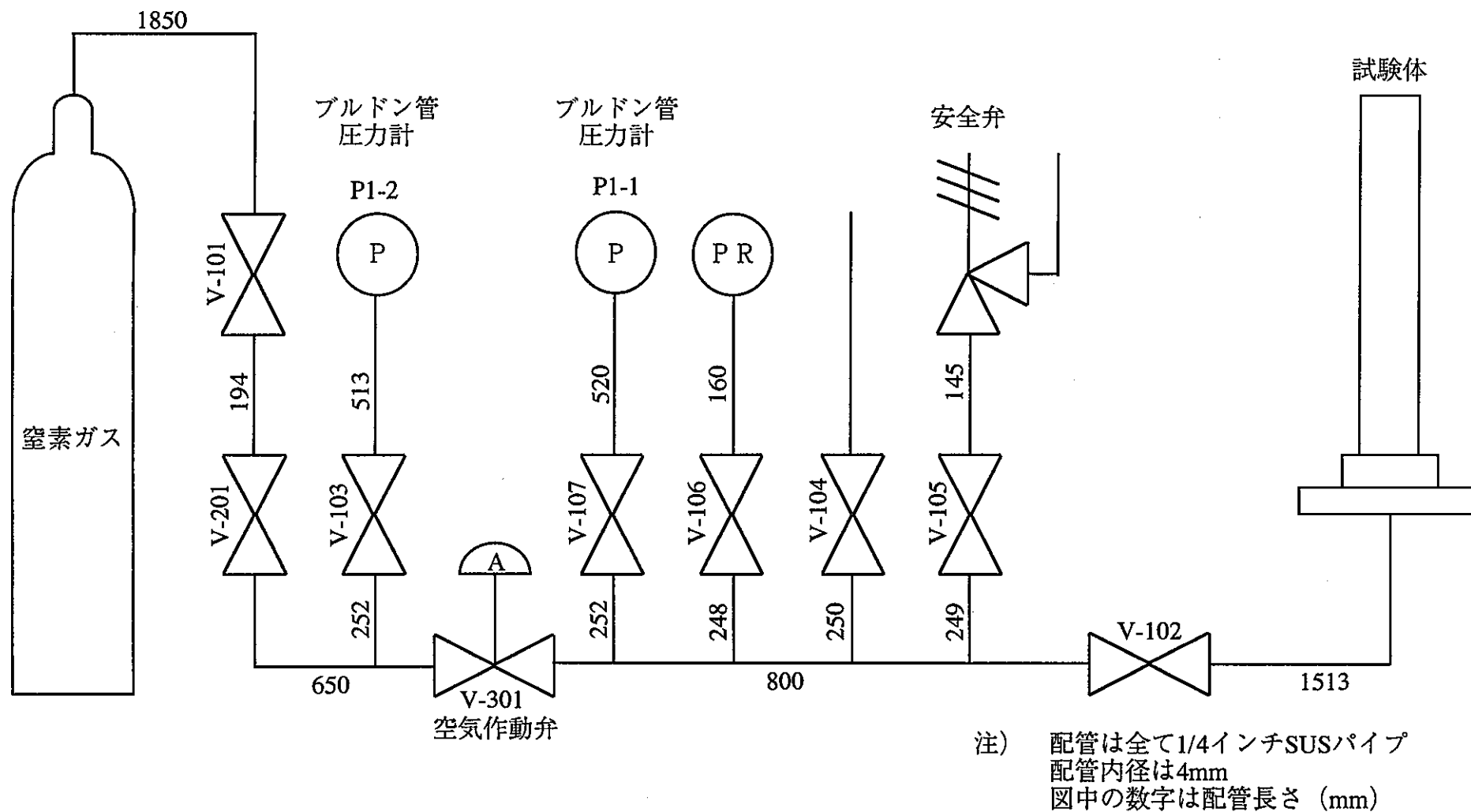


図 2.2.2 加圧系統図

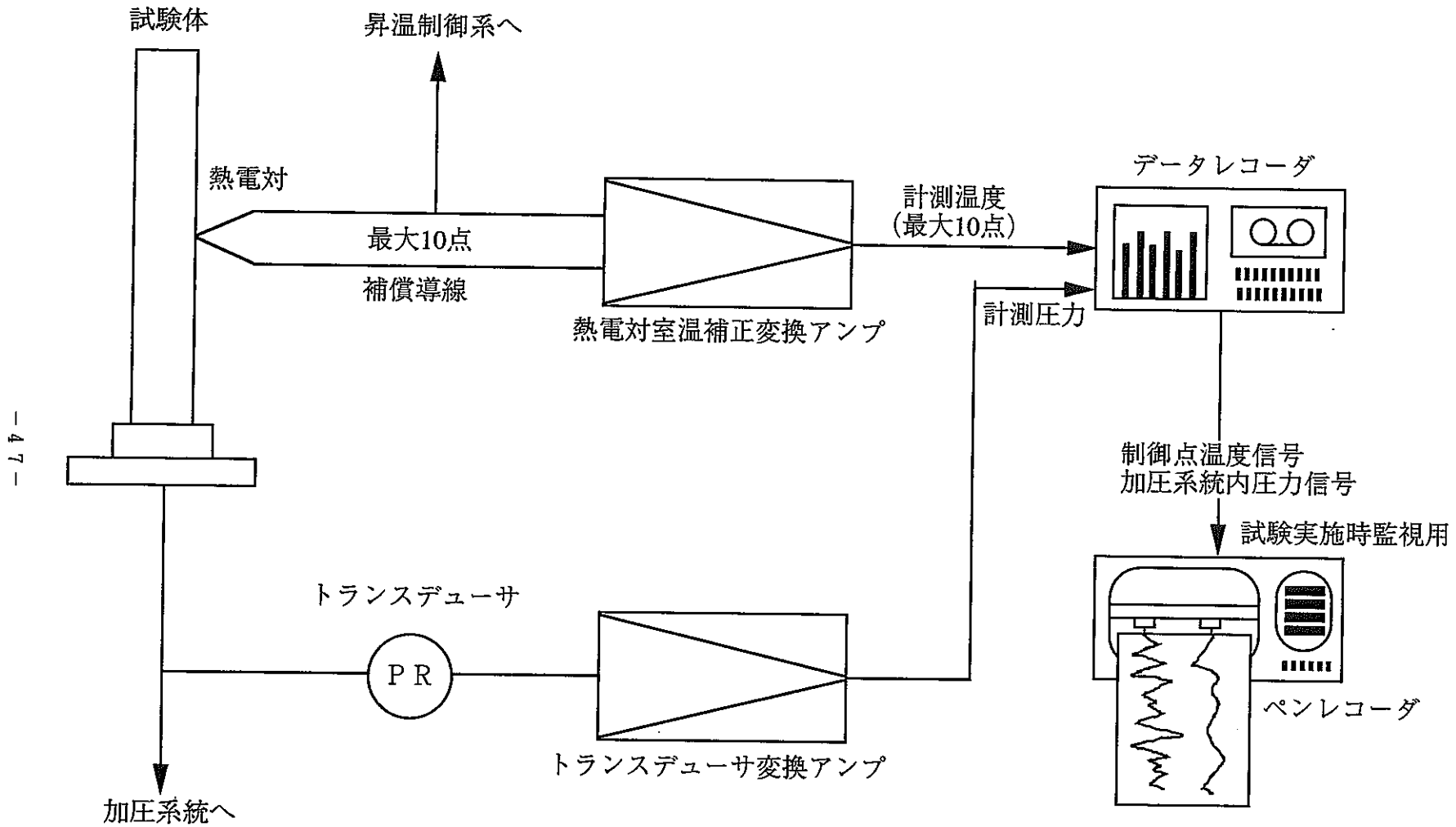


図 2.2.3 計測系統図

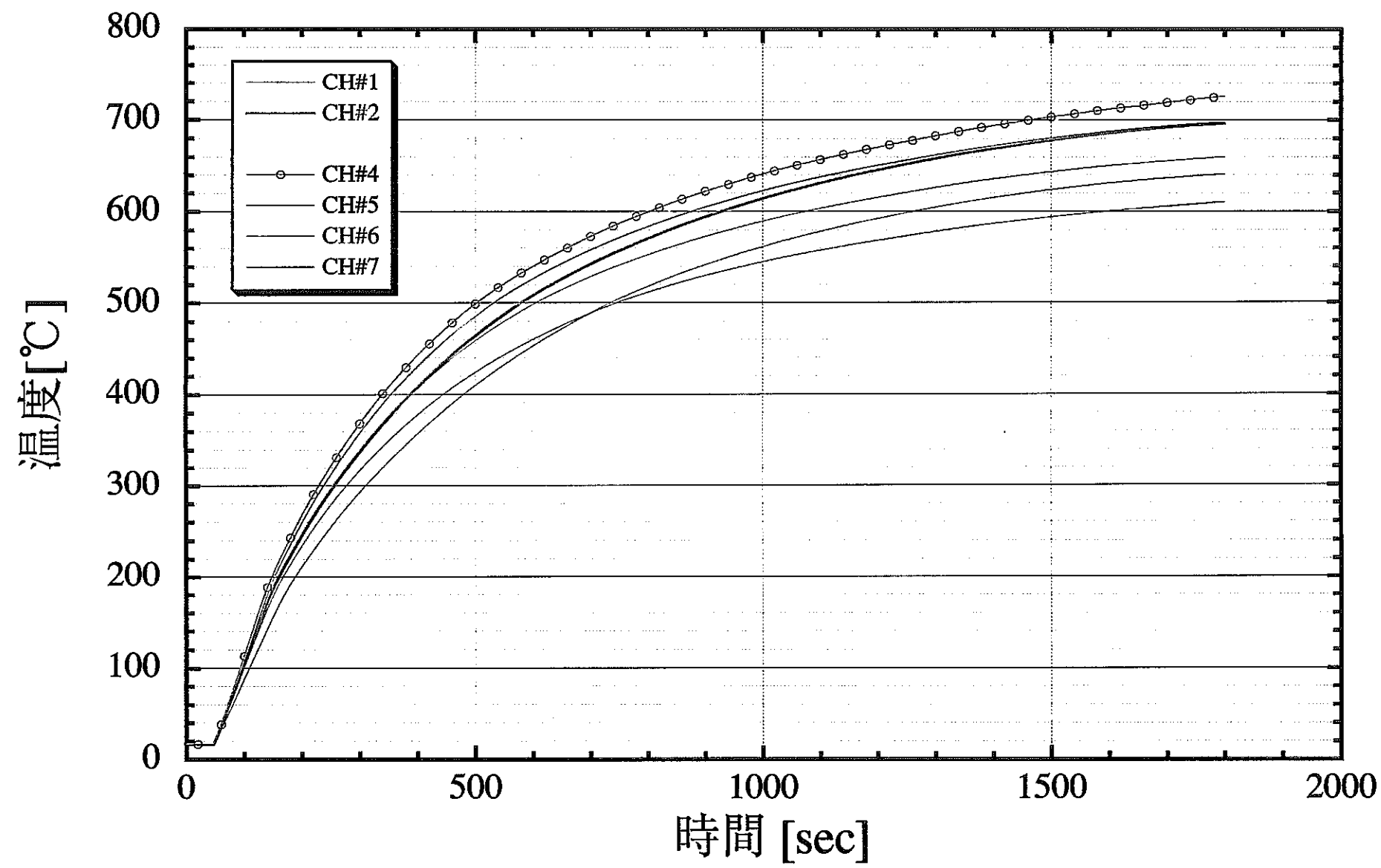


図 3.1.3-1 (A) 定出力昇温試験結果 (A-001)

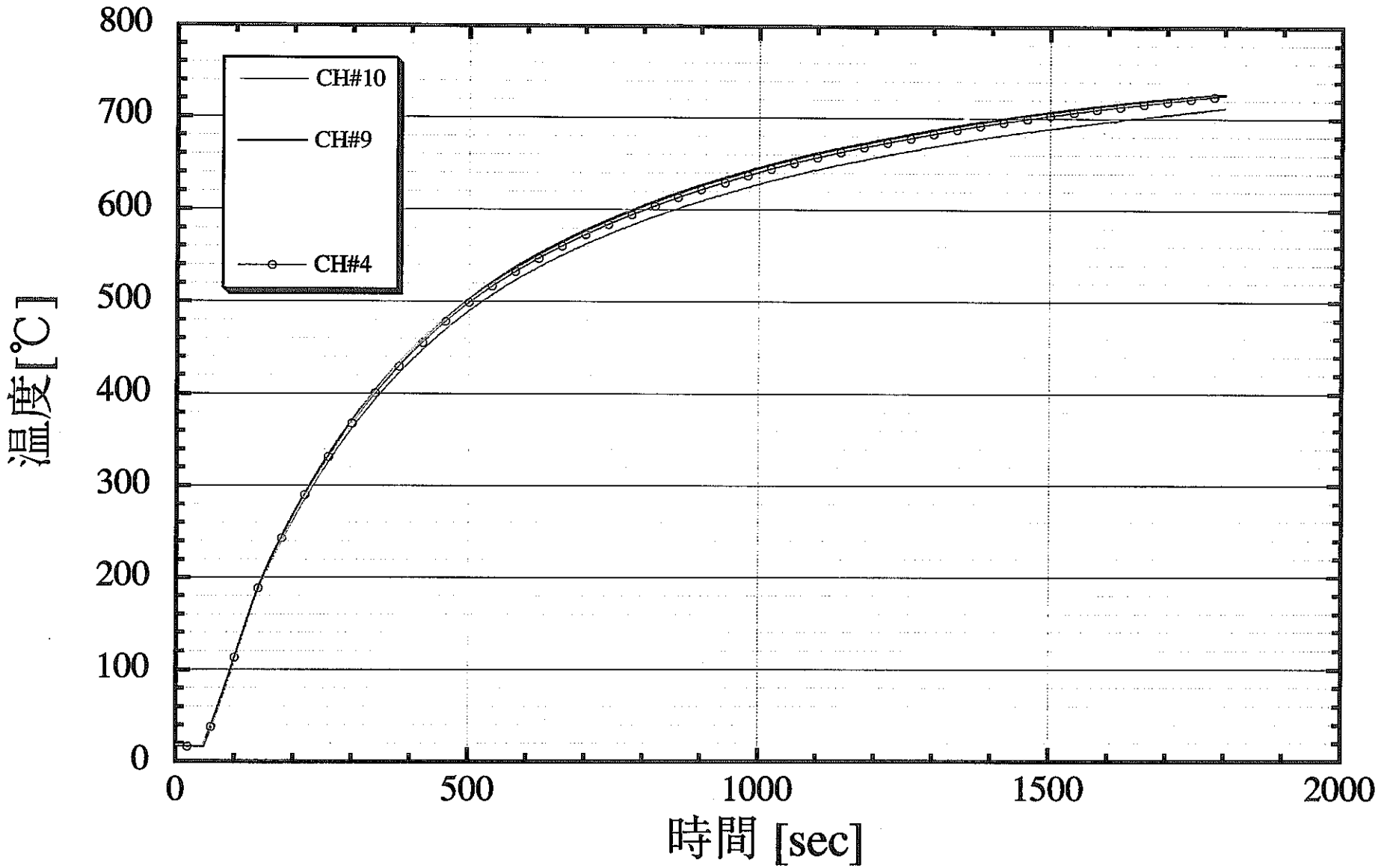


図 3.1.3 - 1 (B) 定出力昇温試験結果(A-001)

- 50 -

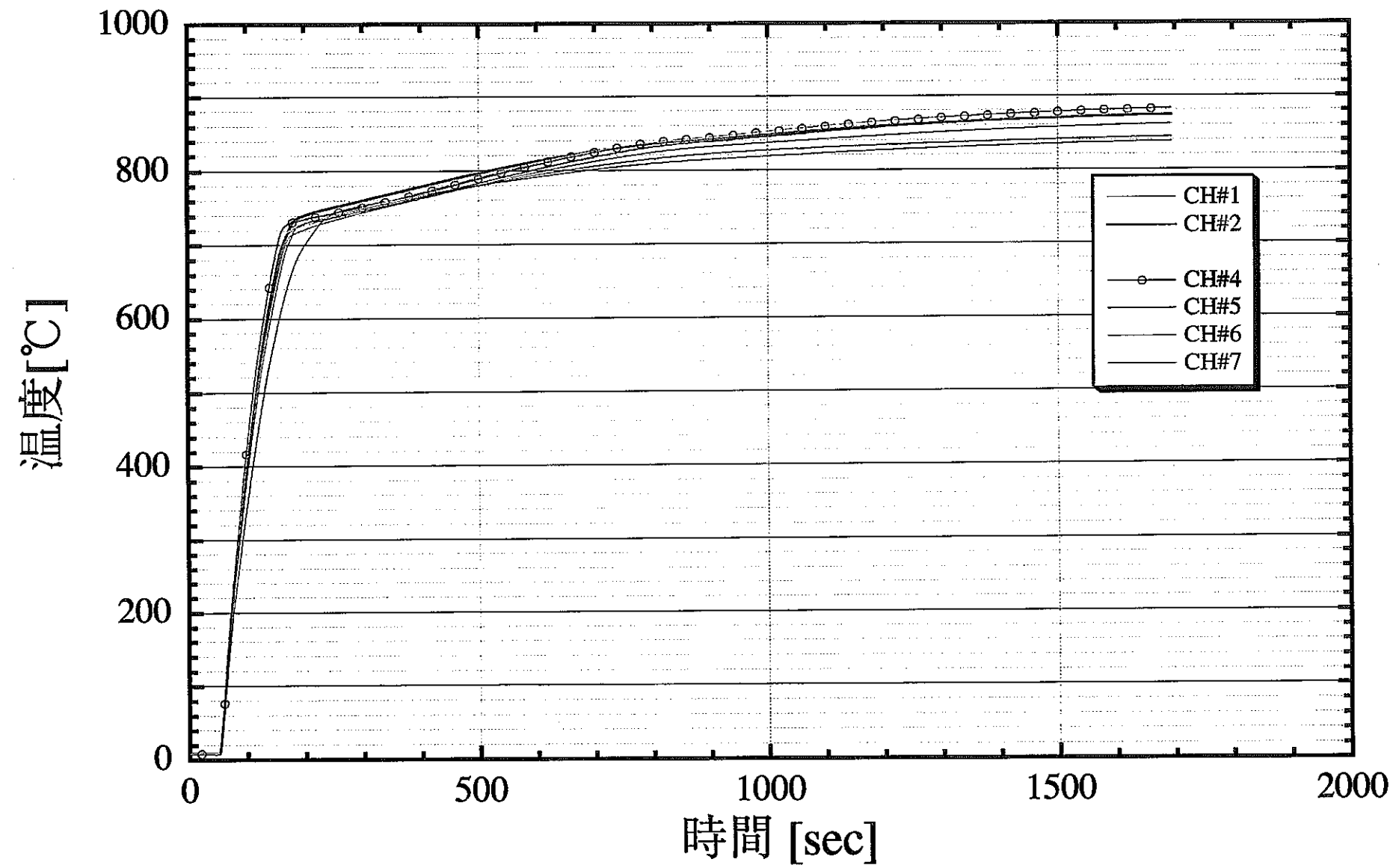


図 3.1.3-2 (A) 定出力昇温試験結果(A-002)

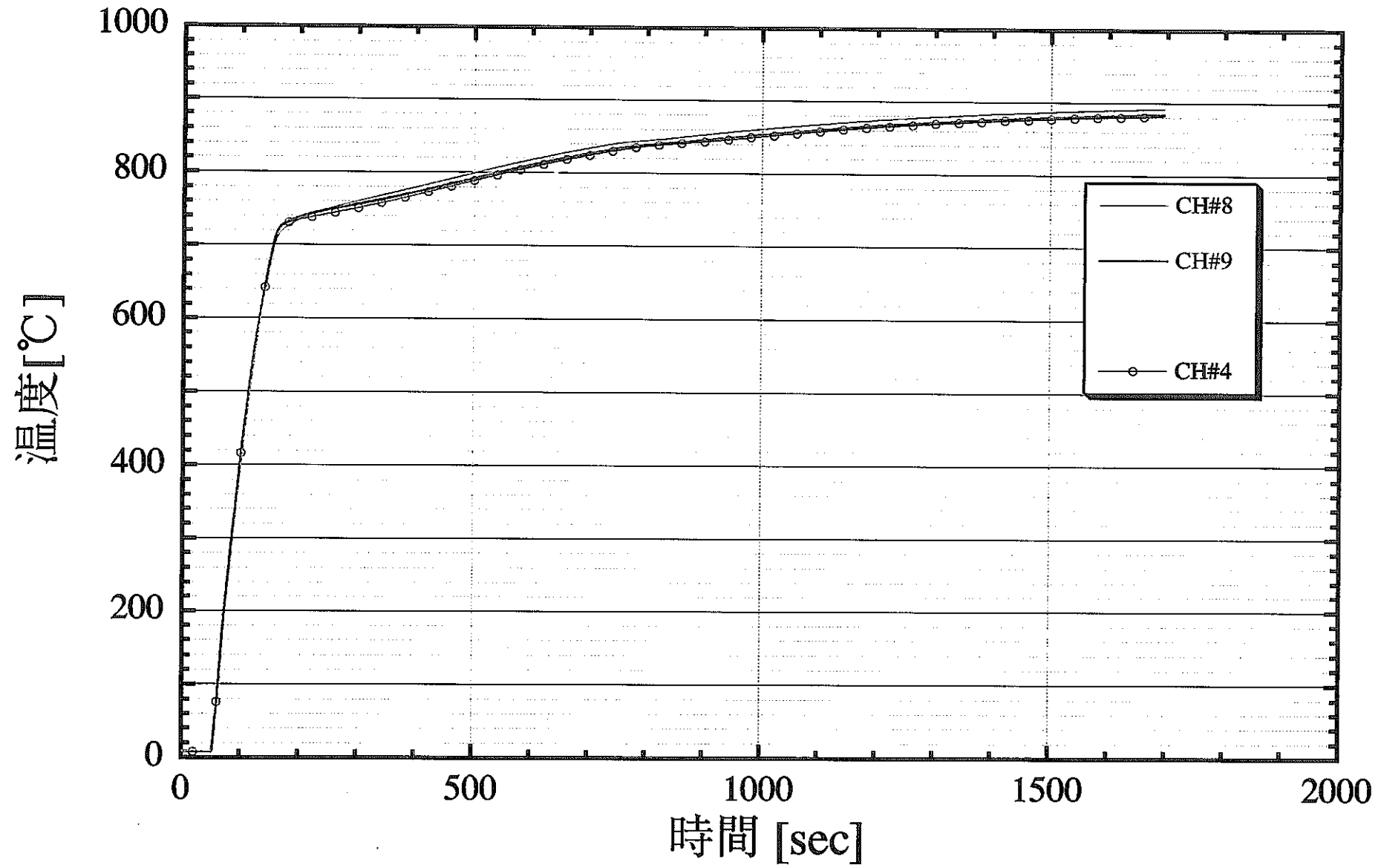


図 3.1.3 - 2 (B) 定出力昇温試験結果(A-002)

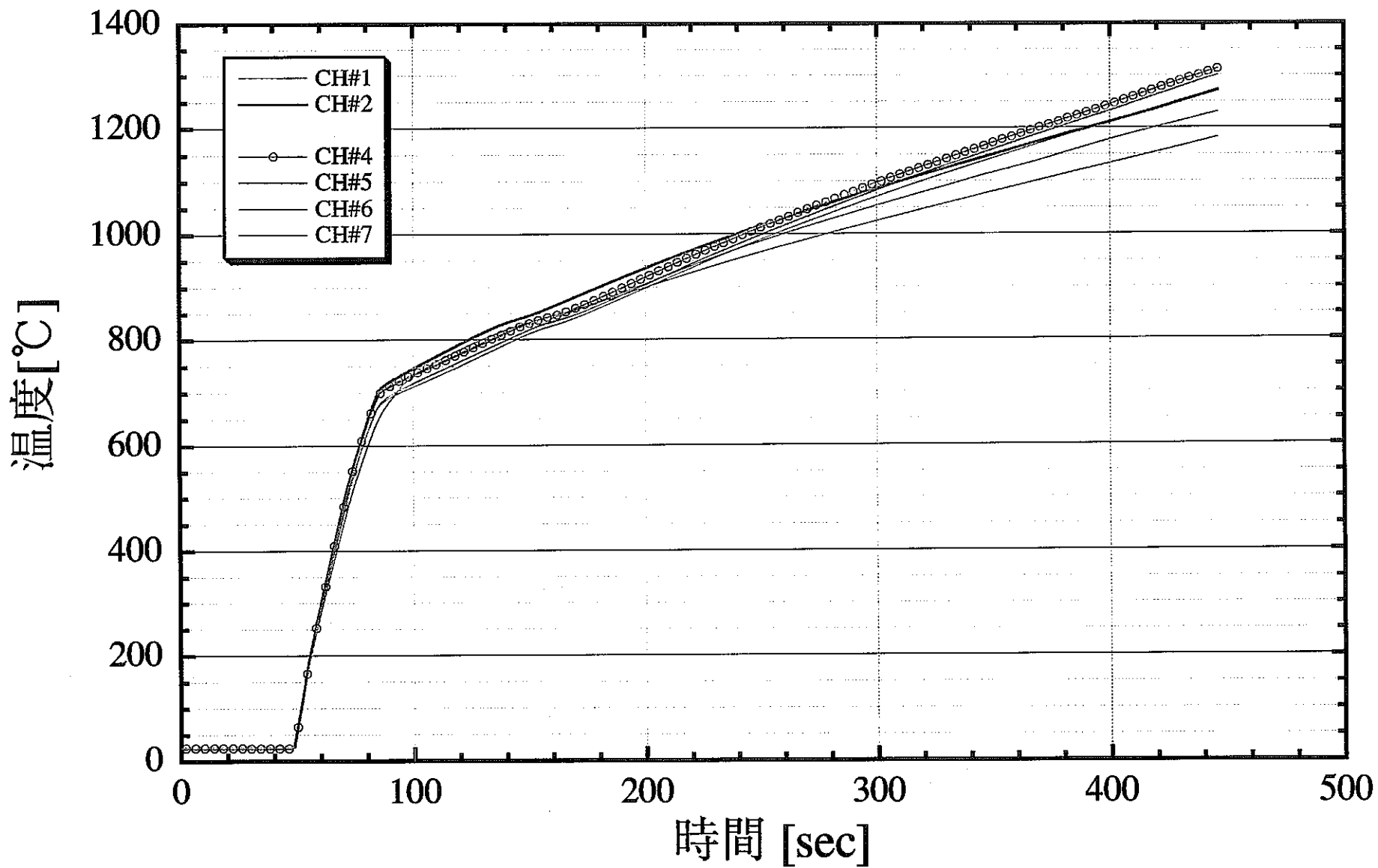


図 3.1.3-3 (A) 定出力昇温試験結果(A-003)

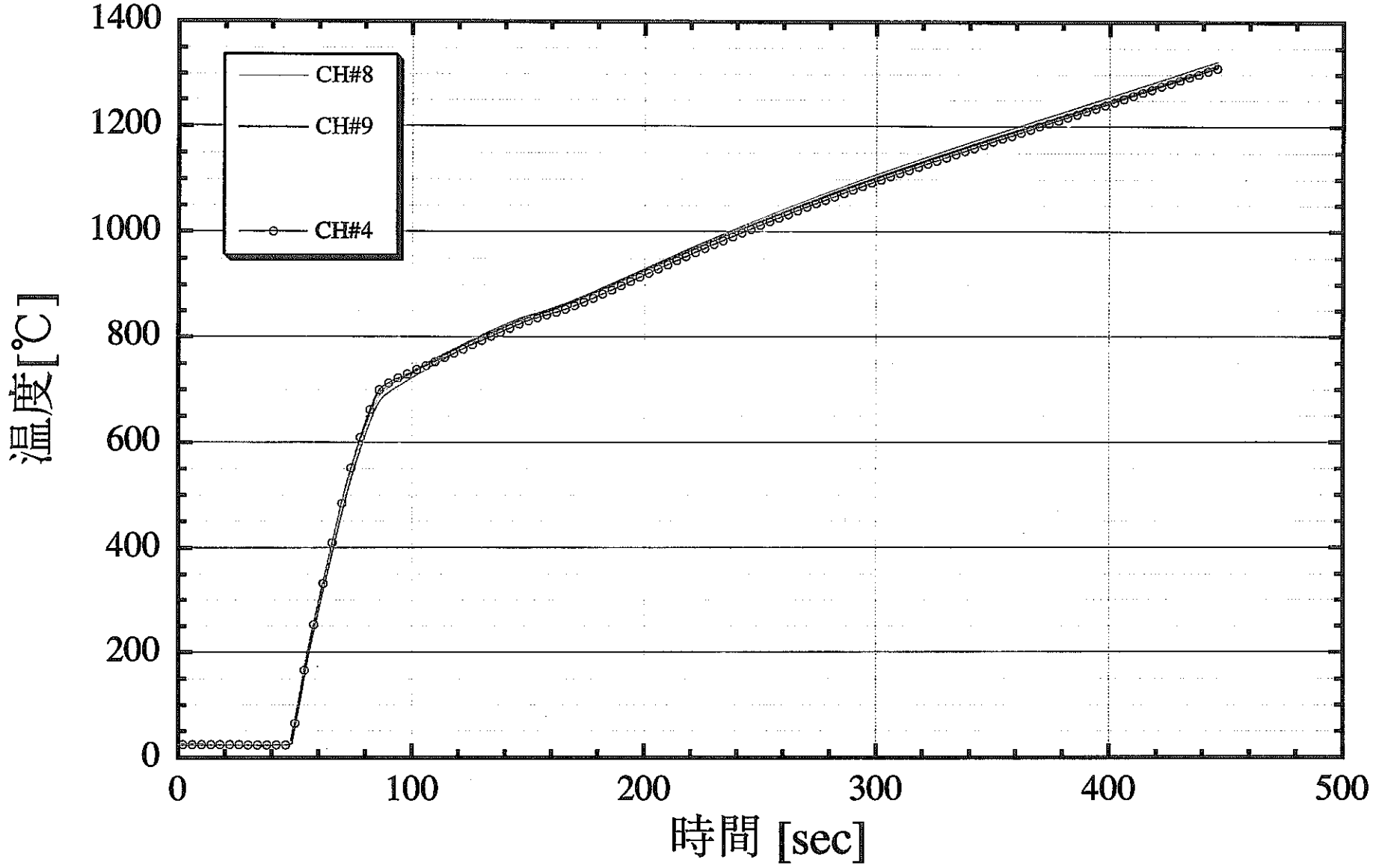


図 3.1.3 - 3 (B) 定出力昇温試験結果(A-003)

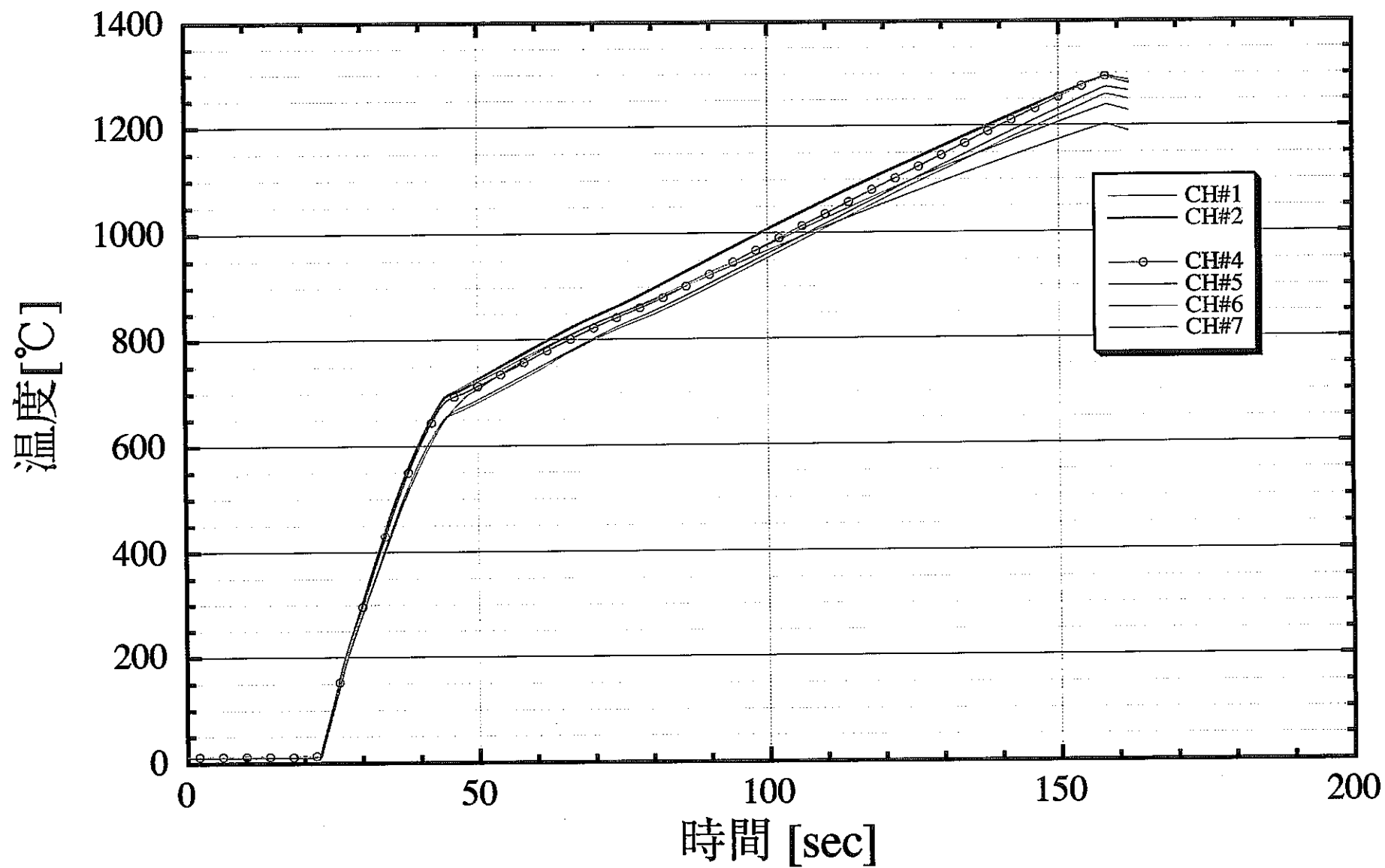


図 3.1.3-4 (A) 定出力昇温試験結果(A-004)

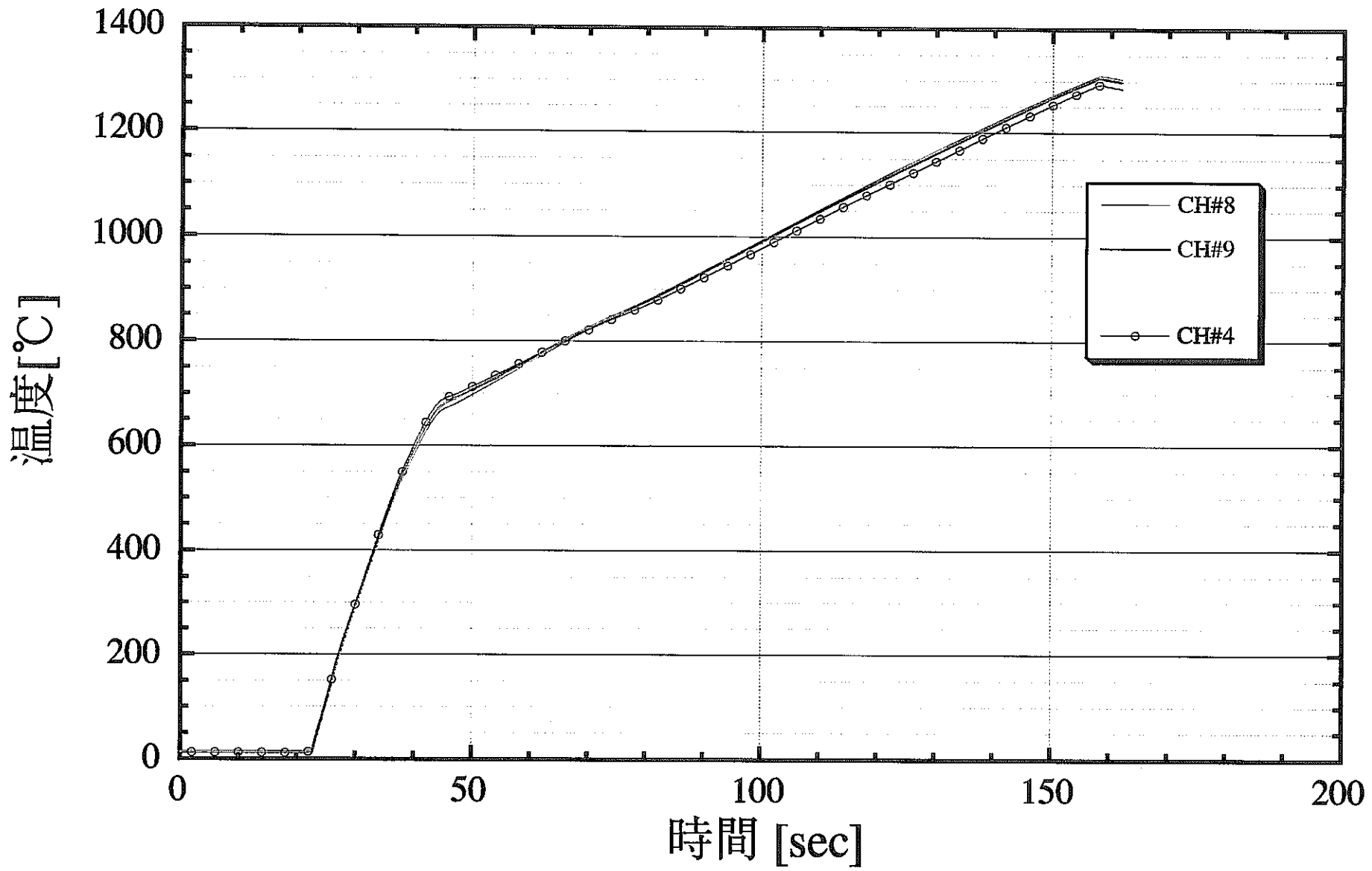


図 3.1.3 - 4 (B) 定出力昇温試験結果(A-004)

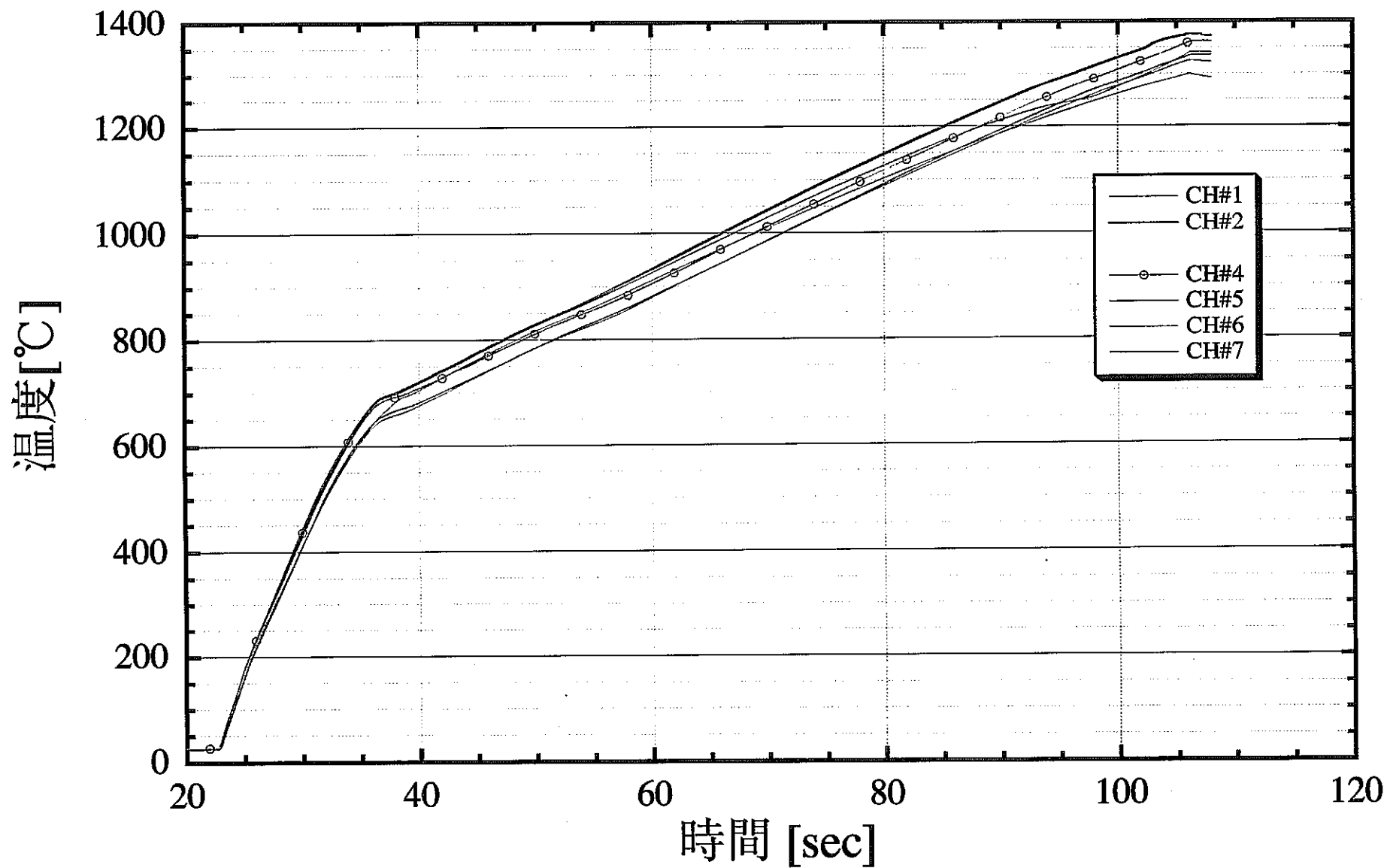


図 3.1.3-5 (A) 定出力昇温試験結果(A-005)

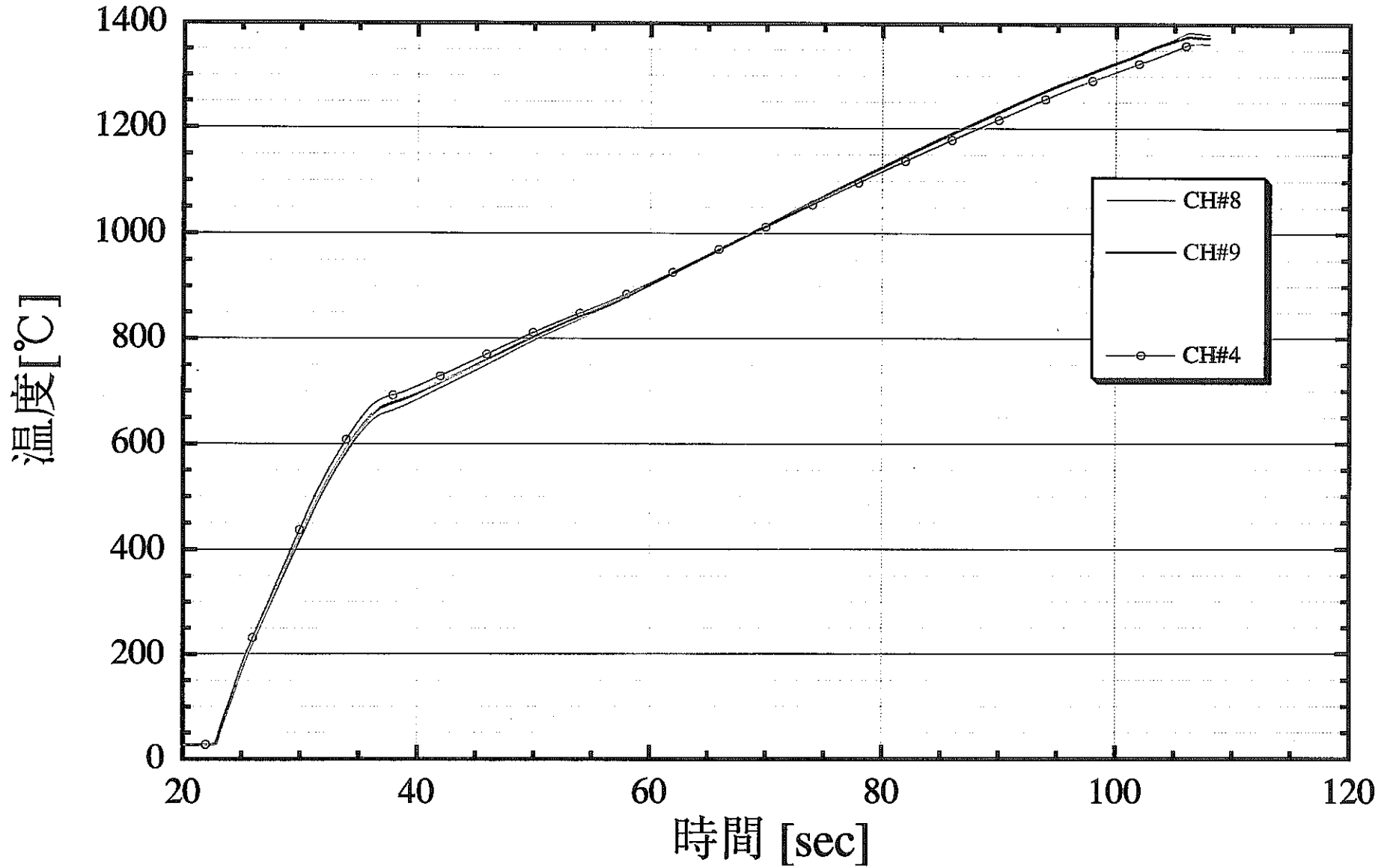


図 3.1.3-5 (B) 定出力昇温試験結果(A-005)

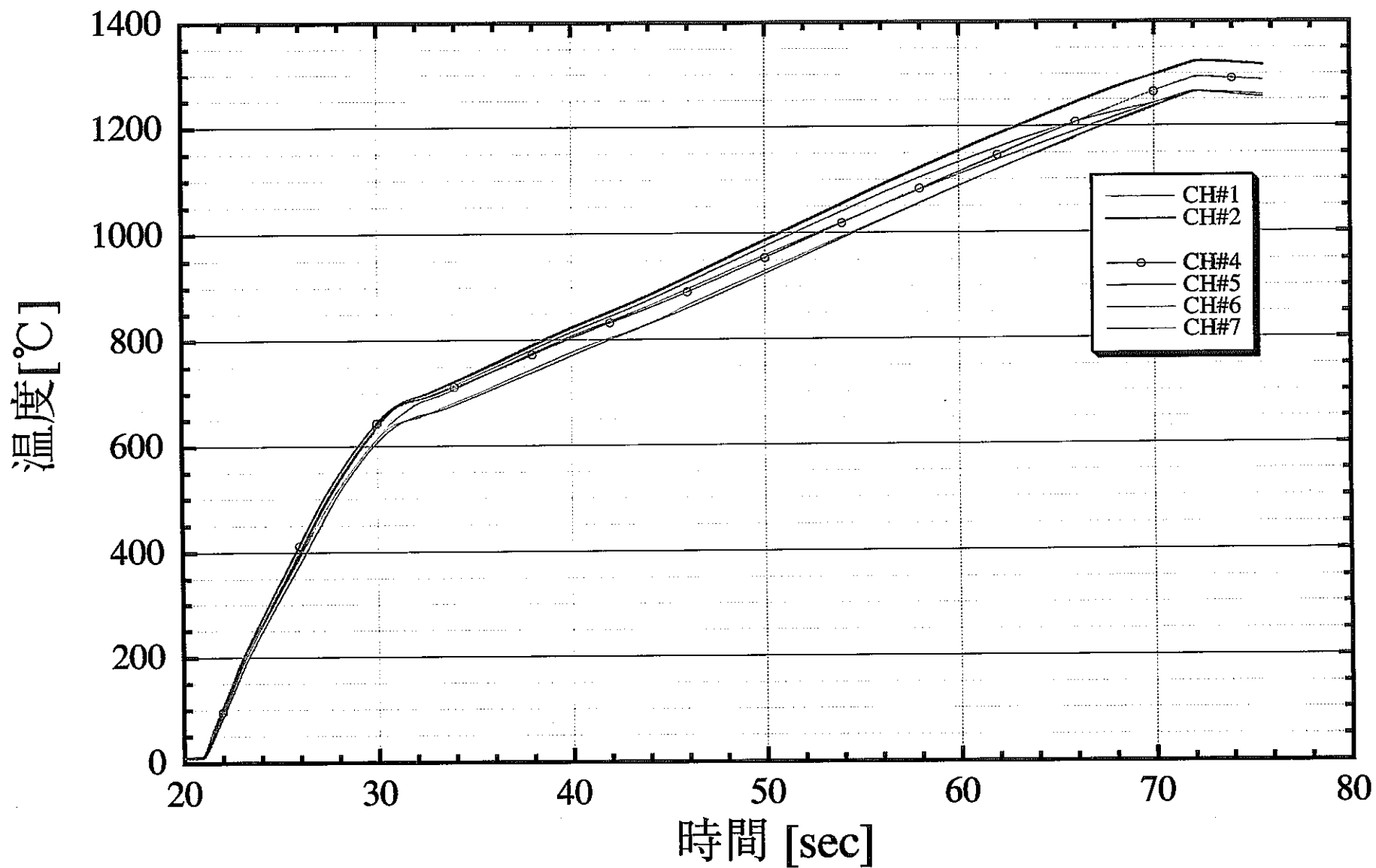


図 3.1.3-6 (A) 定出力昇温試験結果(A-006)

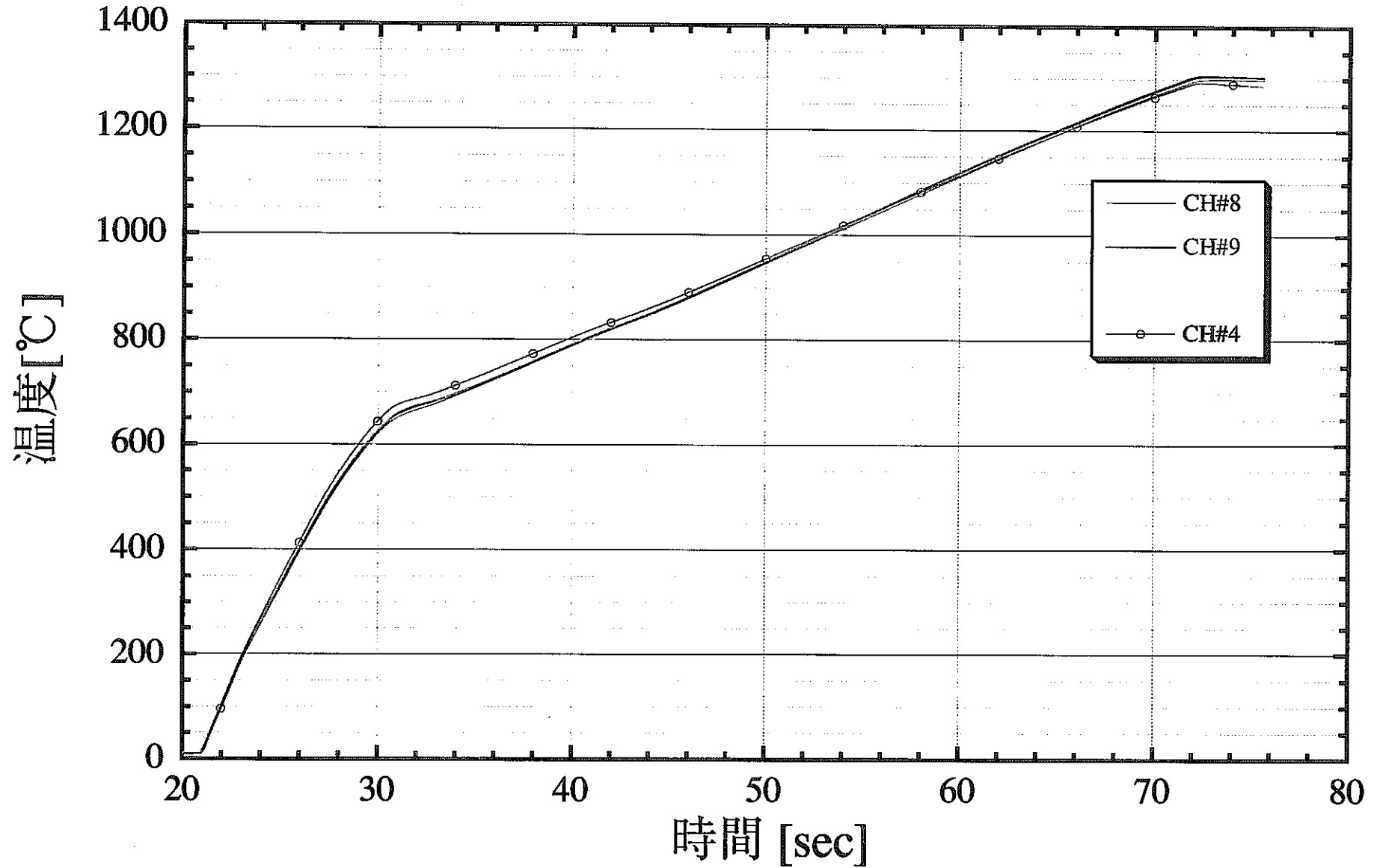


図 3.1.3-6 (B) 定出力昇温試験結果(A-006)

- 0 9 -

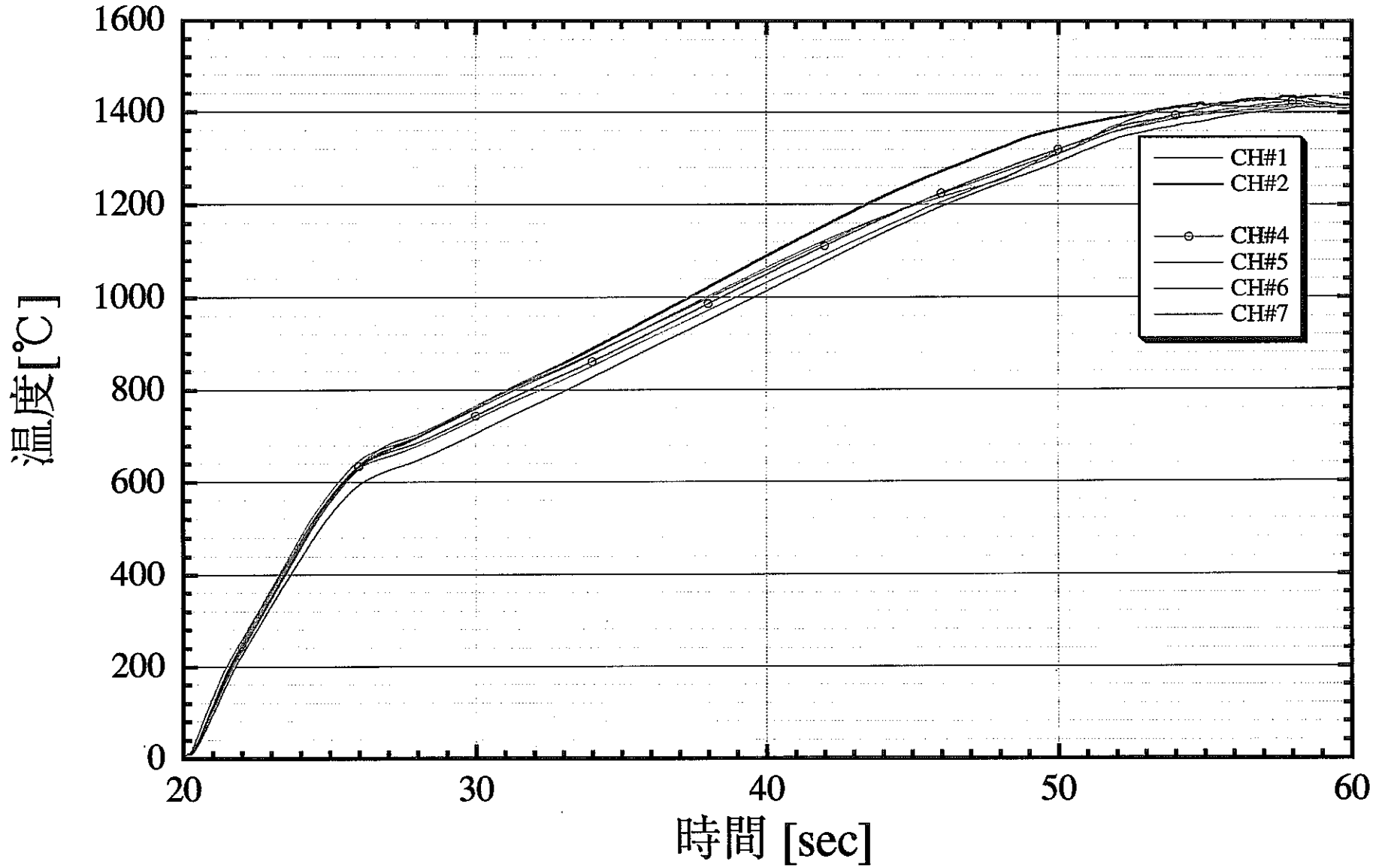


図 3.1.3-7 (A) 定出力昇温試験結果(A-008)

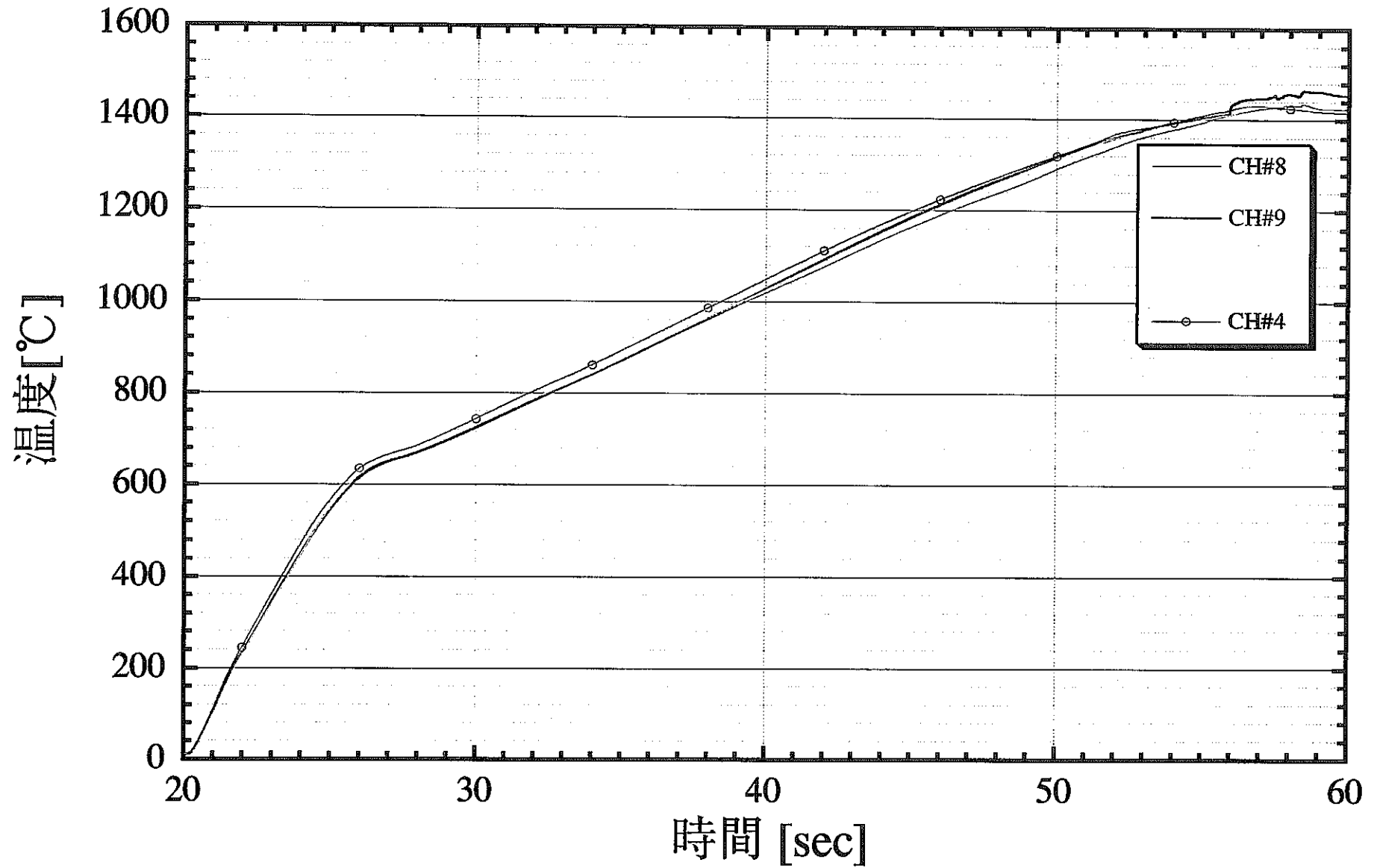


図 3.1.3 - 7 (B) 定出力昇温試験結果(A-008)

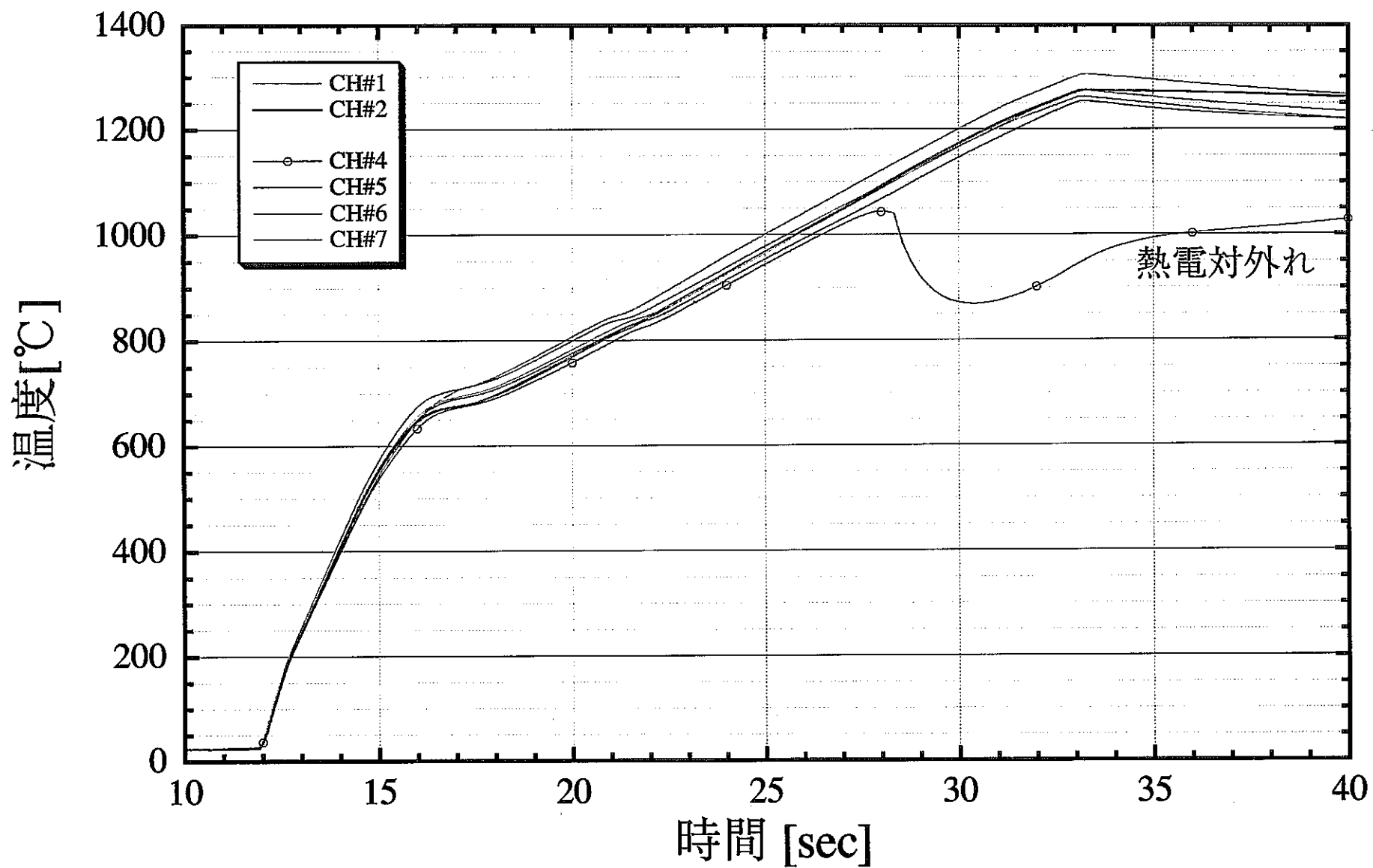


図 3.1.3-8 (A) 定出力昇温試験結果(A-009)

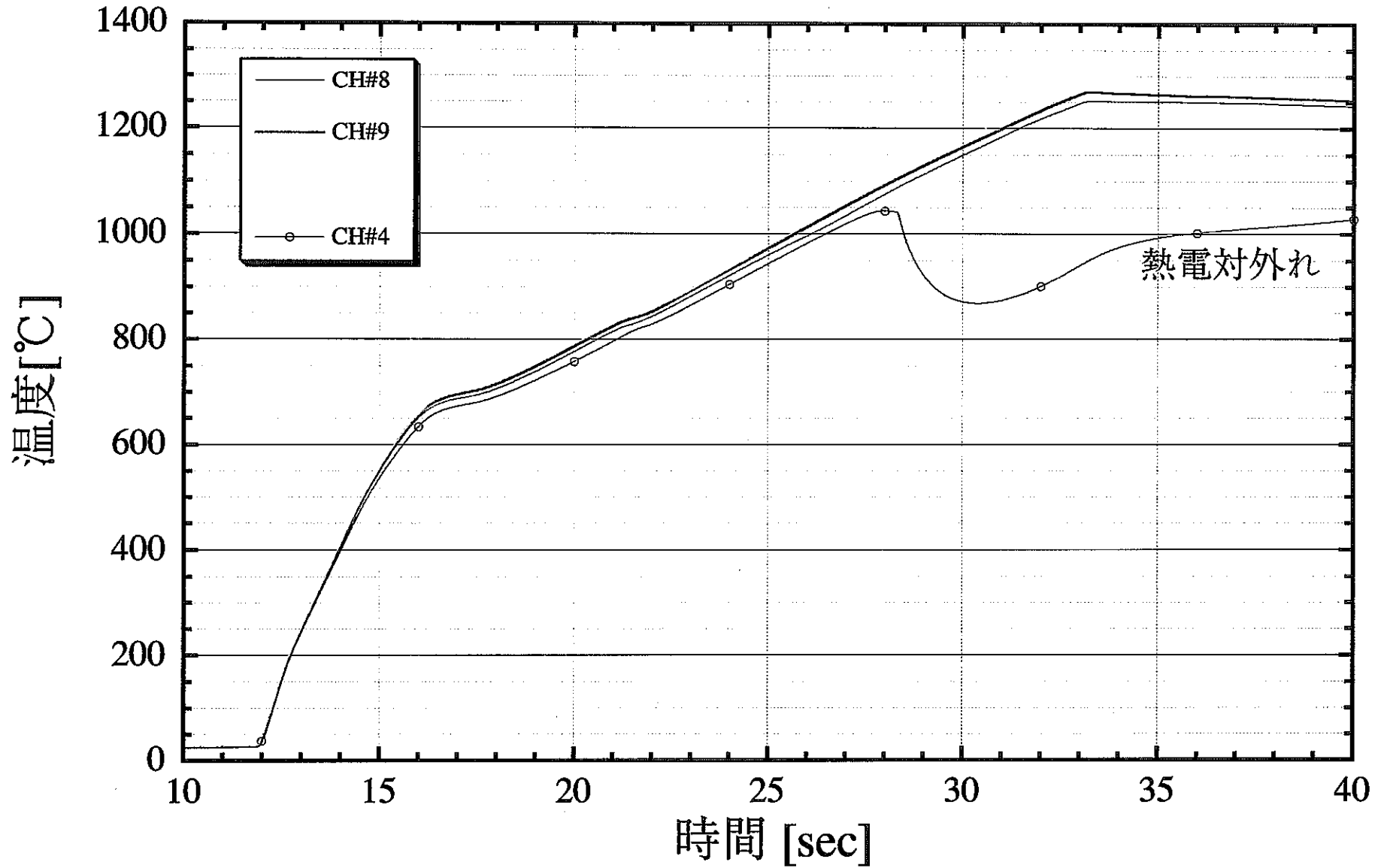


図 3.1.3 - 8 (B) 定出力昇温試験結果(A-009)

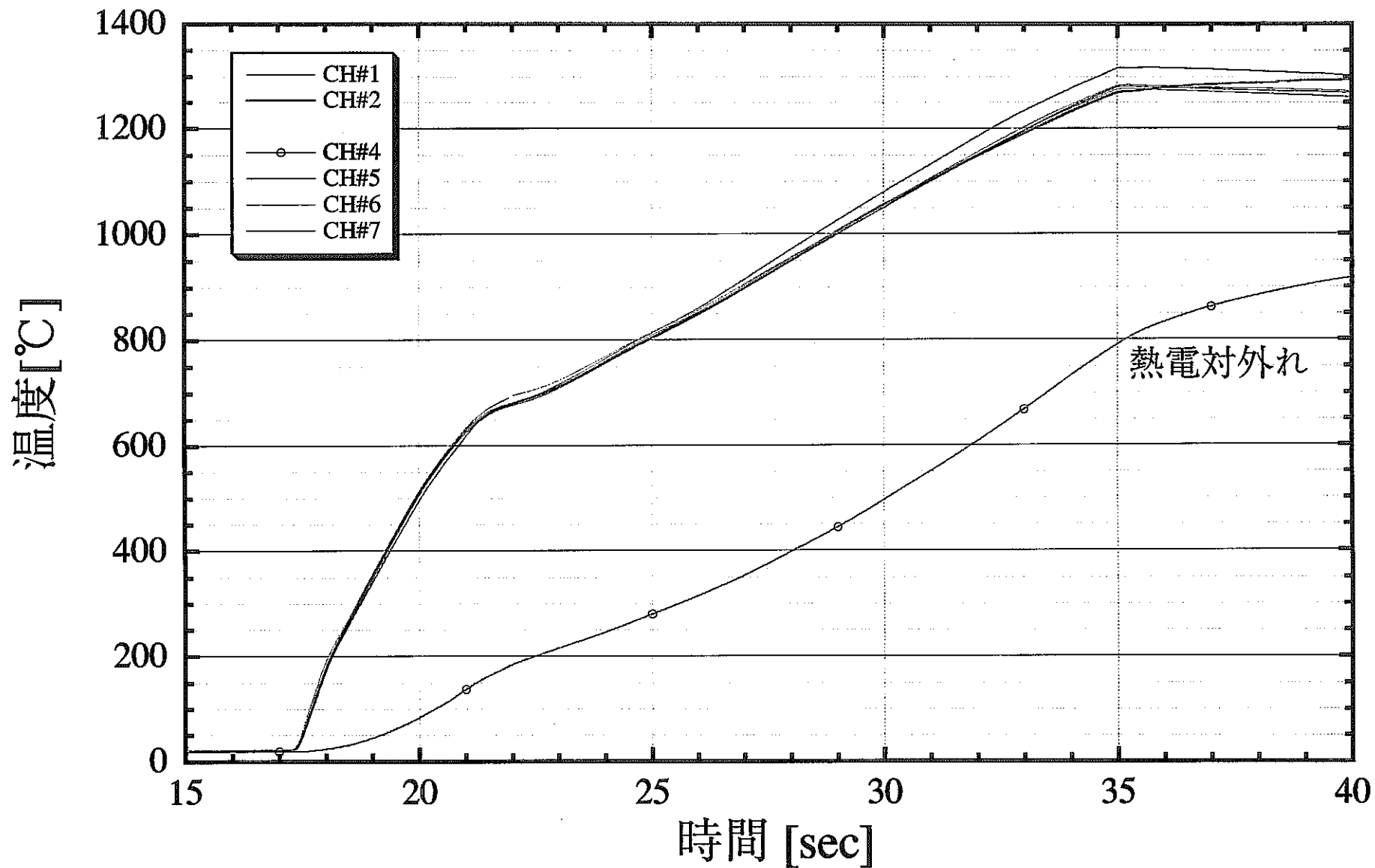


図 3.1.3 - 9 (A) 定出力昇温試験結果(A-010)

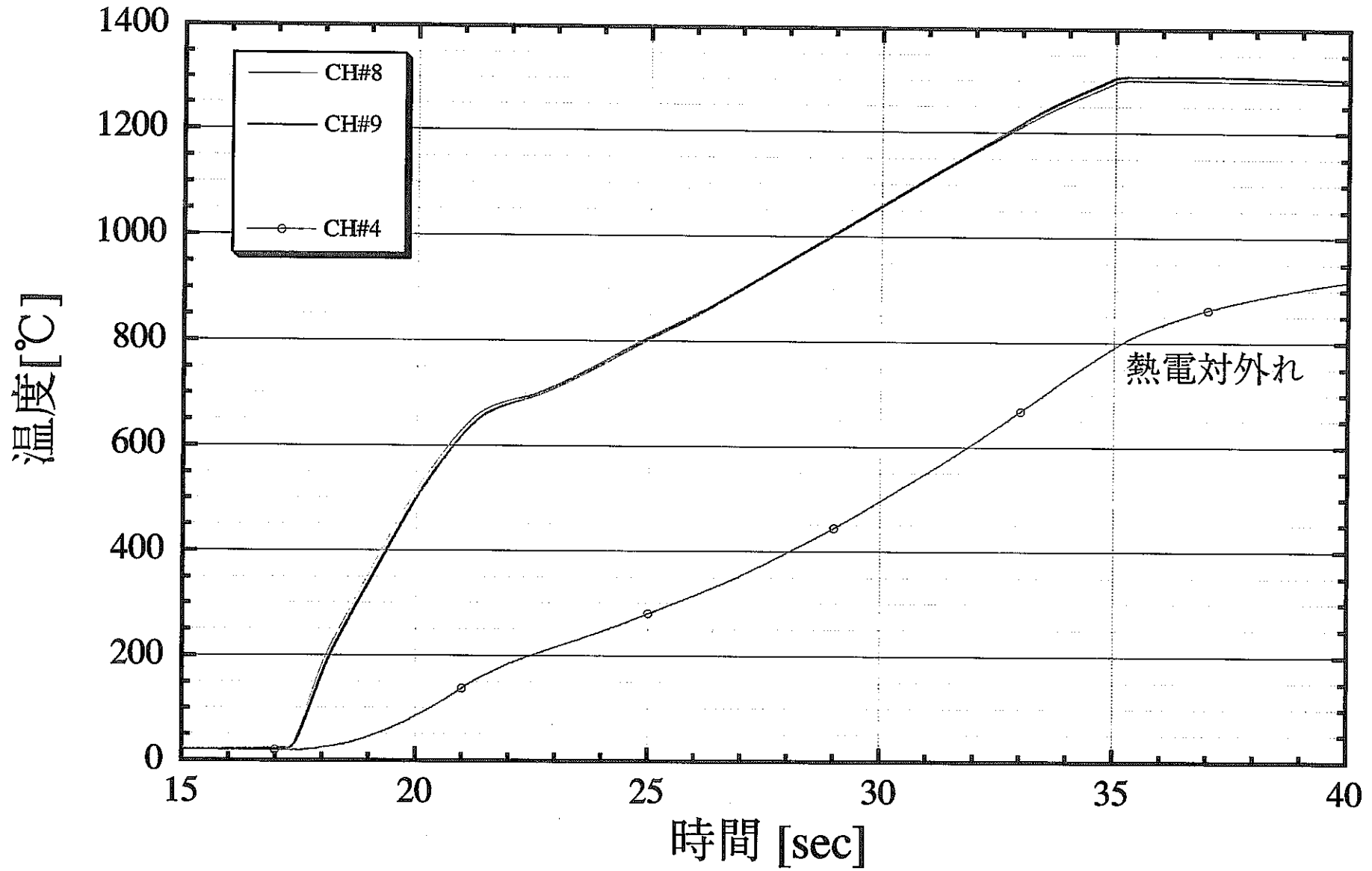


図 3.1.3-9 (B) 定出力昇温試験結果(A-010)

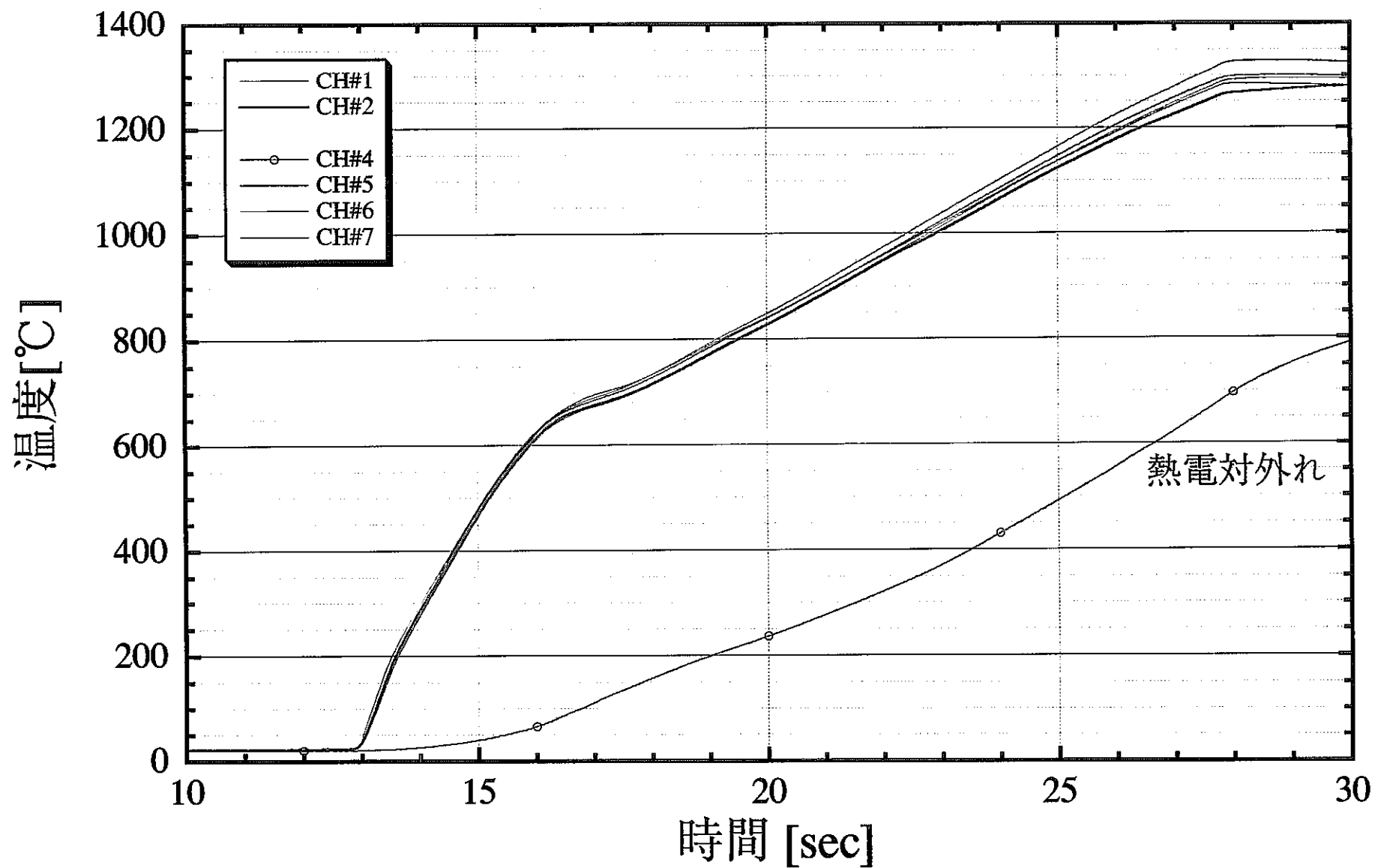


図 3.1.3-10 (A) 定出力昇温試験結果(A-011)

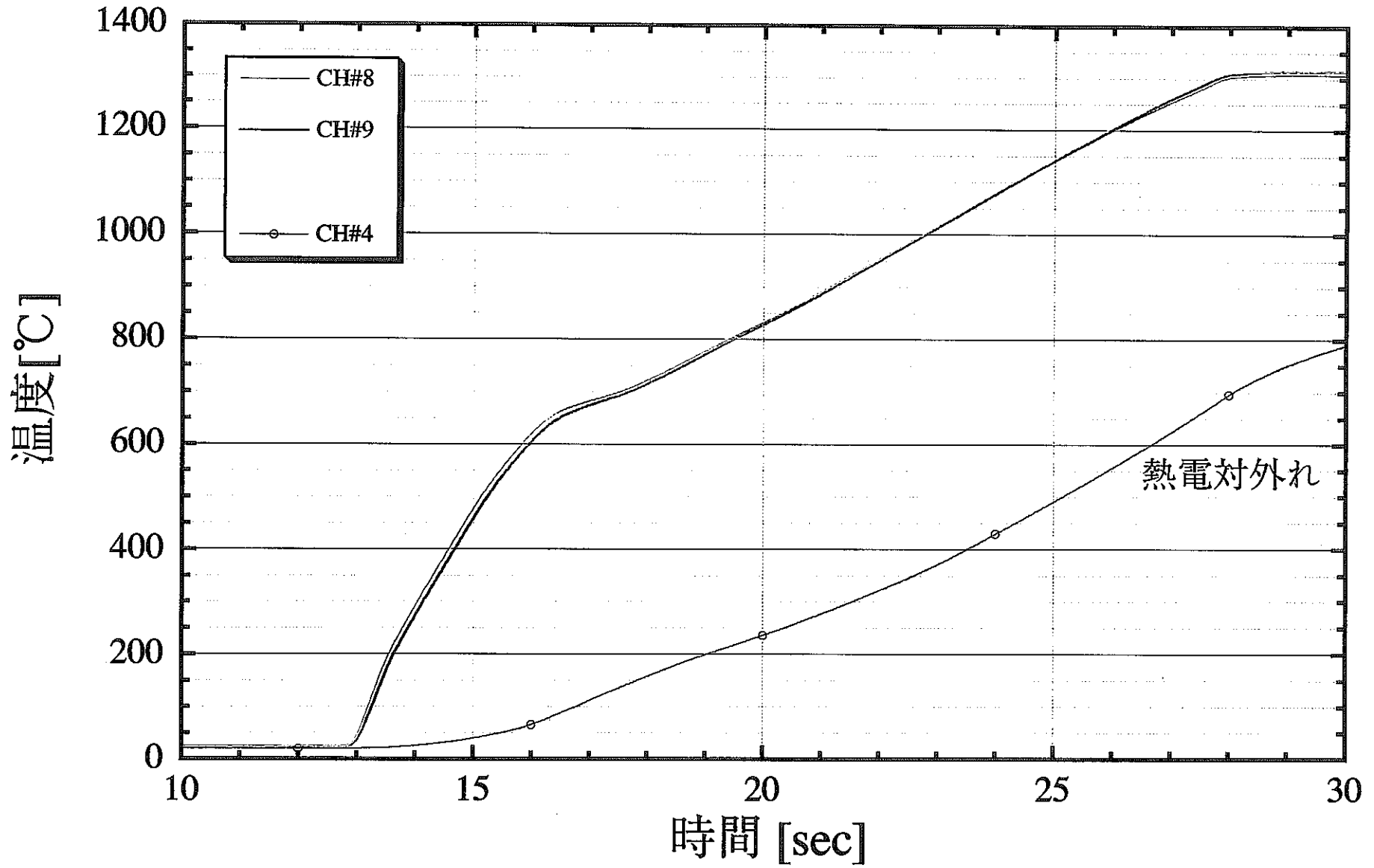


図 3.1.3 - 1 0 (B) 定出力昇温試験結果(A-011)

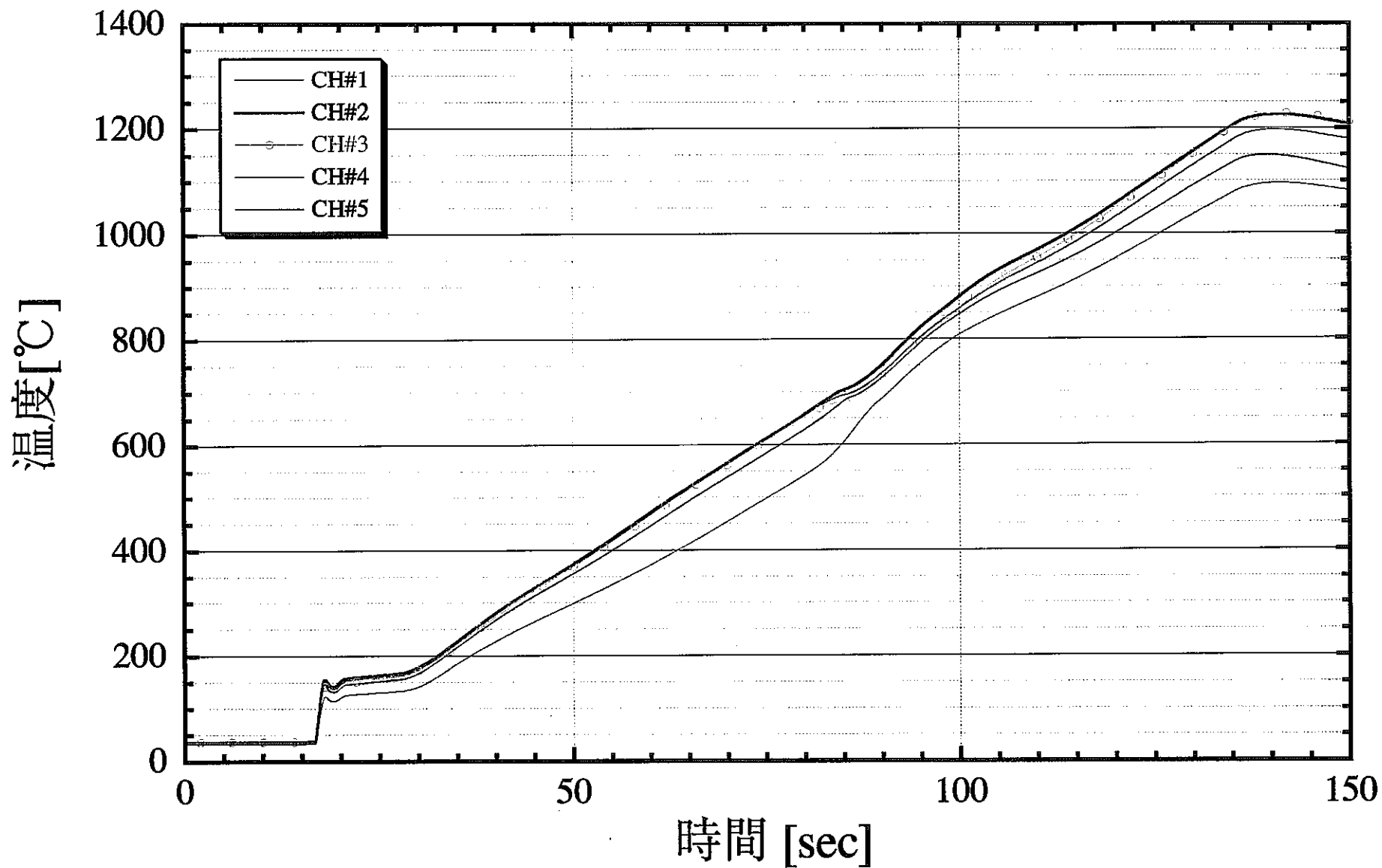


図 3.1.3-1 1 (A) 昇温特性図 (B-001)

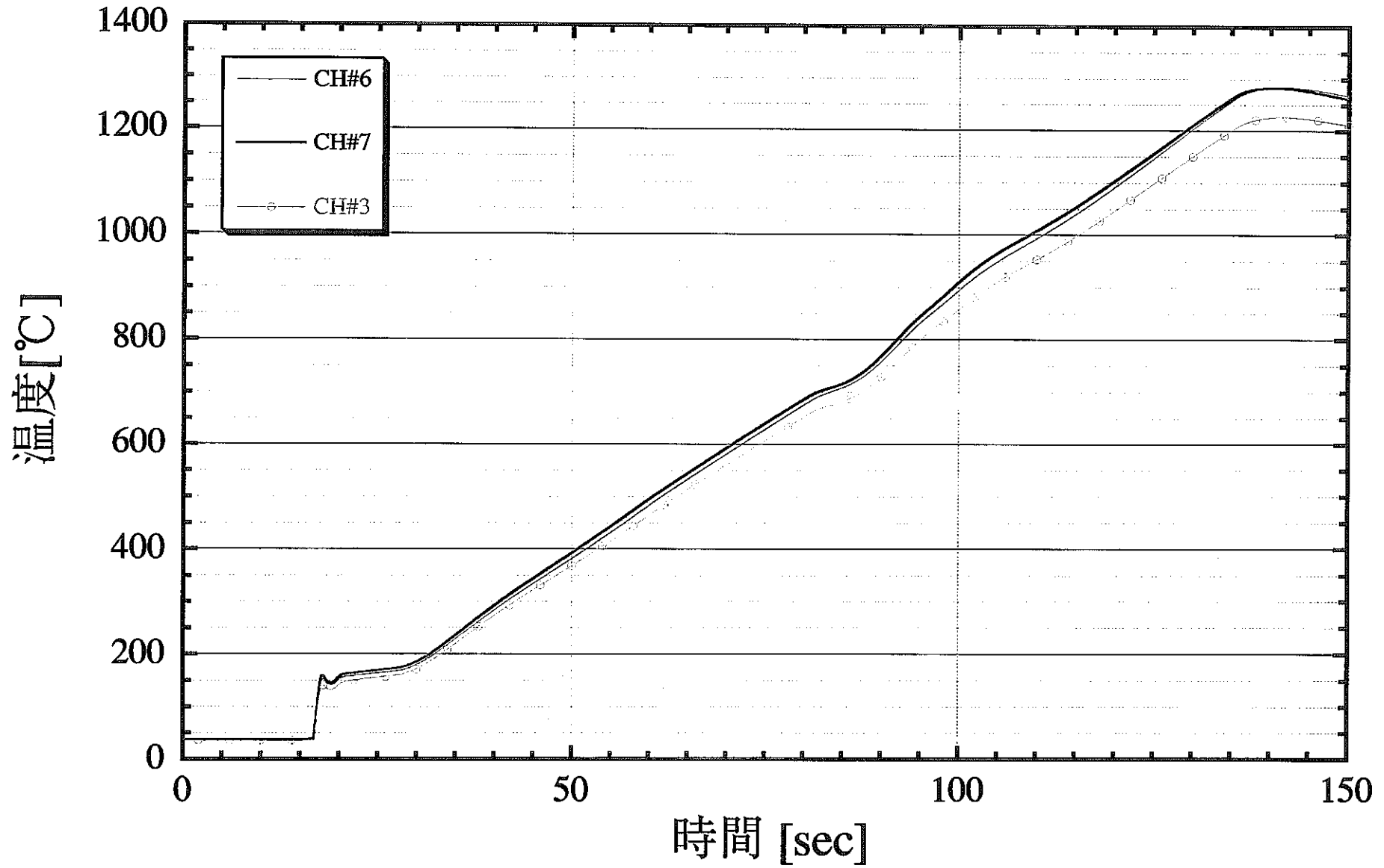


図 3.1.3-1 1 (B) 昇温特性図 (B-001)

- 70 -

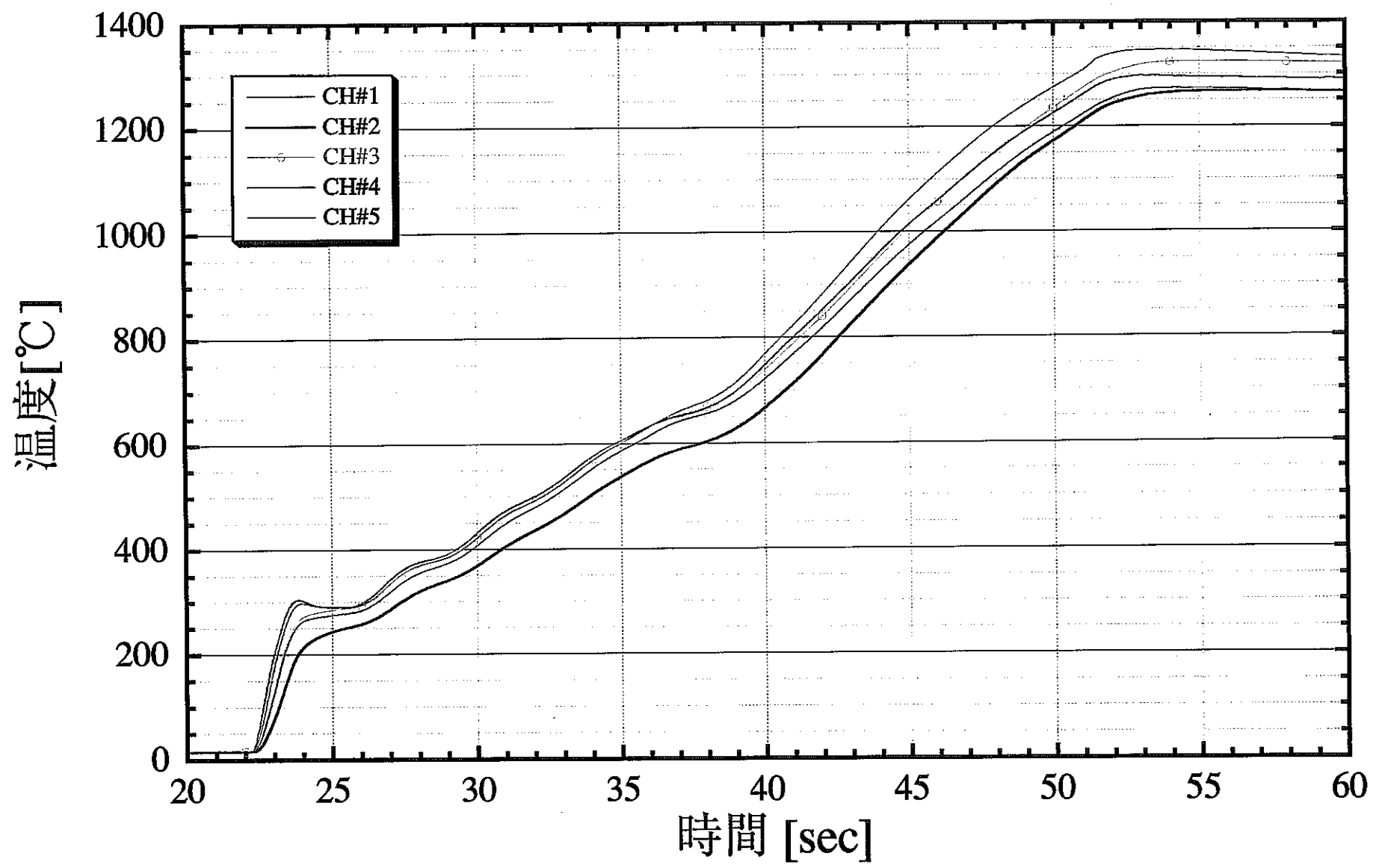


図 3.1.3-1 2 (A) 昇温特性図 (B-002)

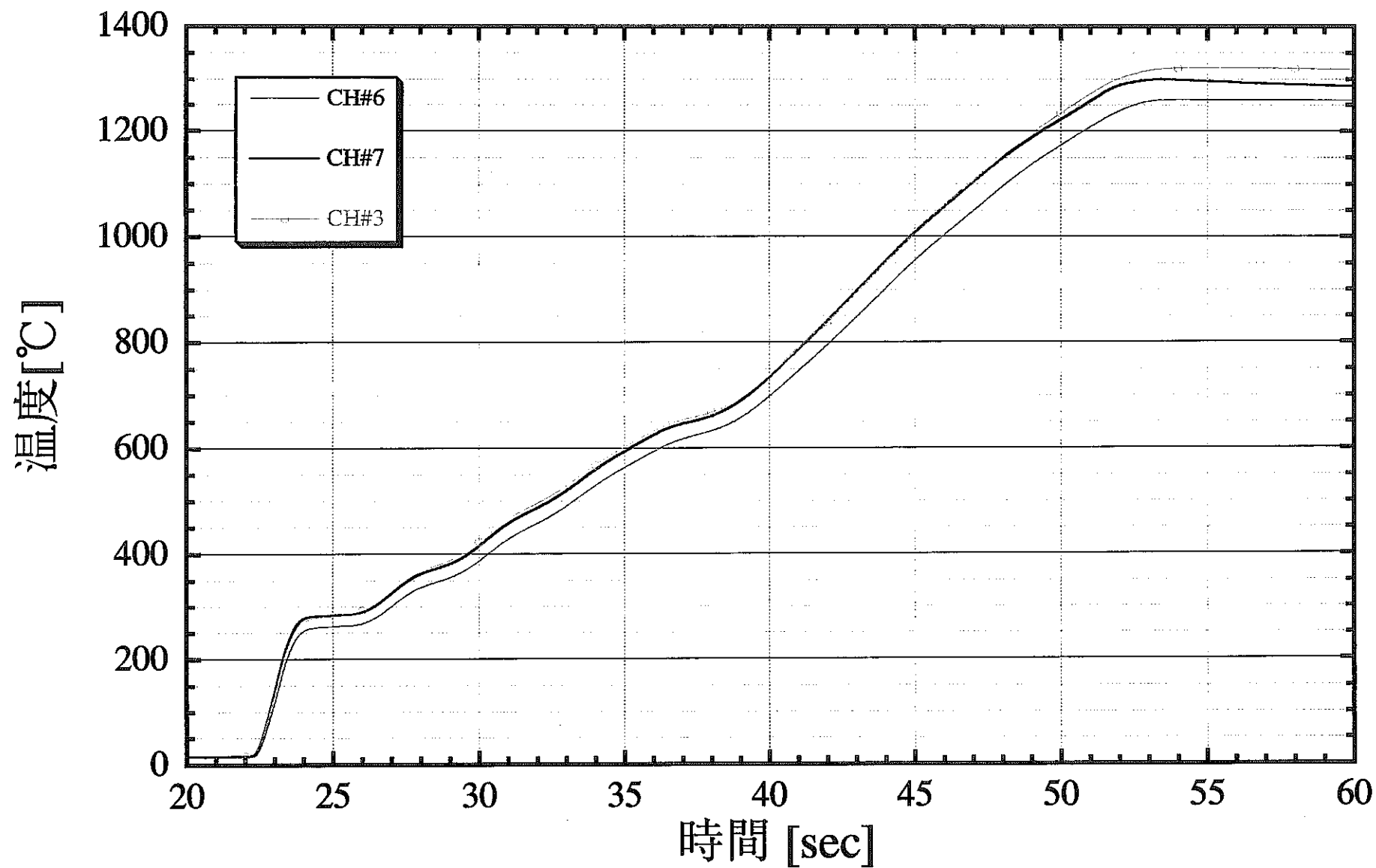


図 3.1.3 - 1 2 (B) 昇温特性図 (B-002)

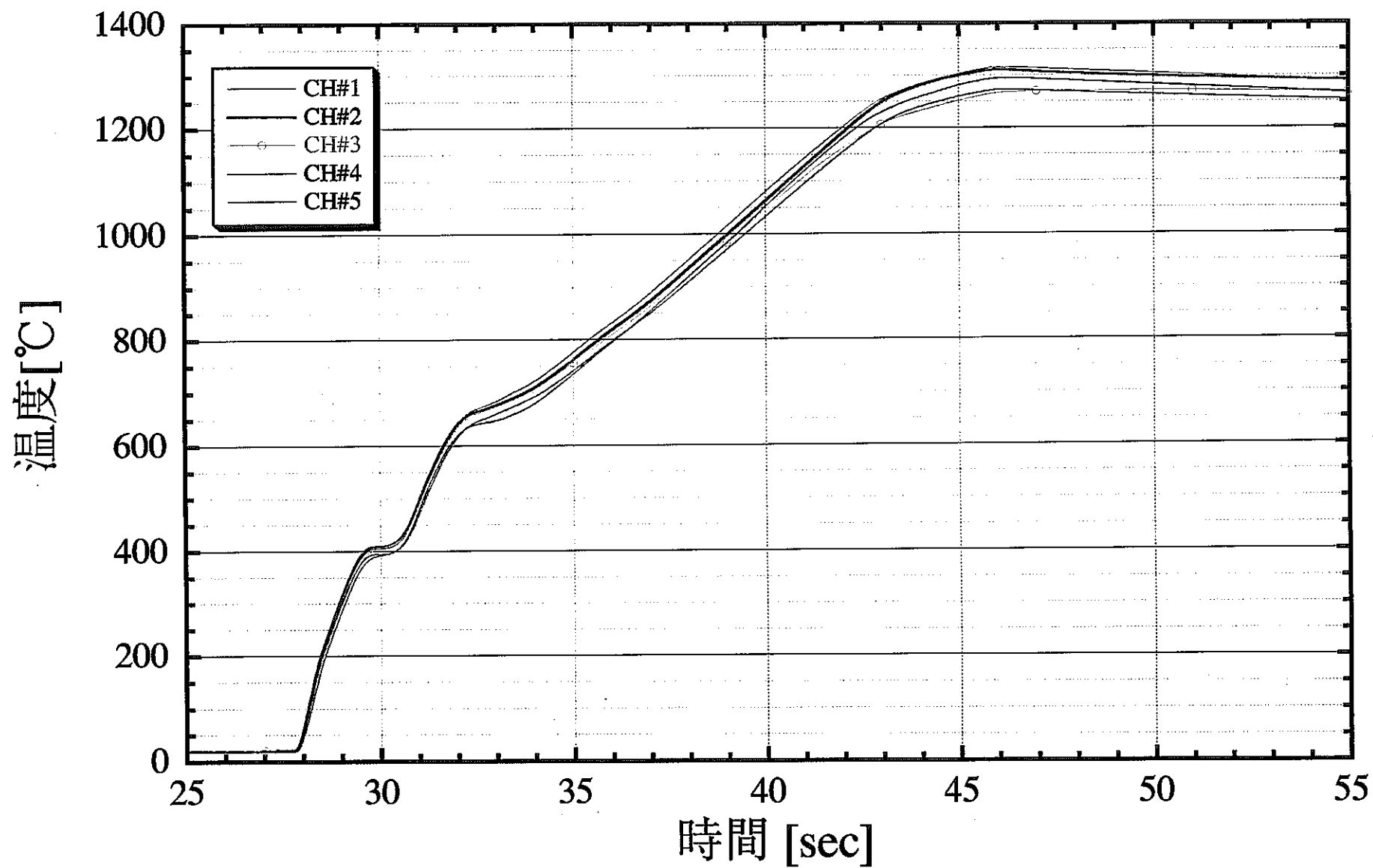


図 3.1.3-1 3 (A) 昇温特性図 (B-003)

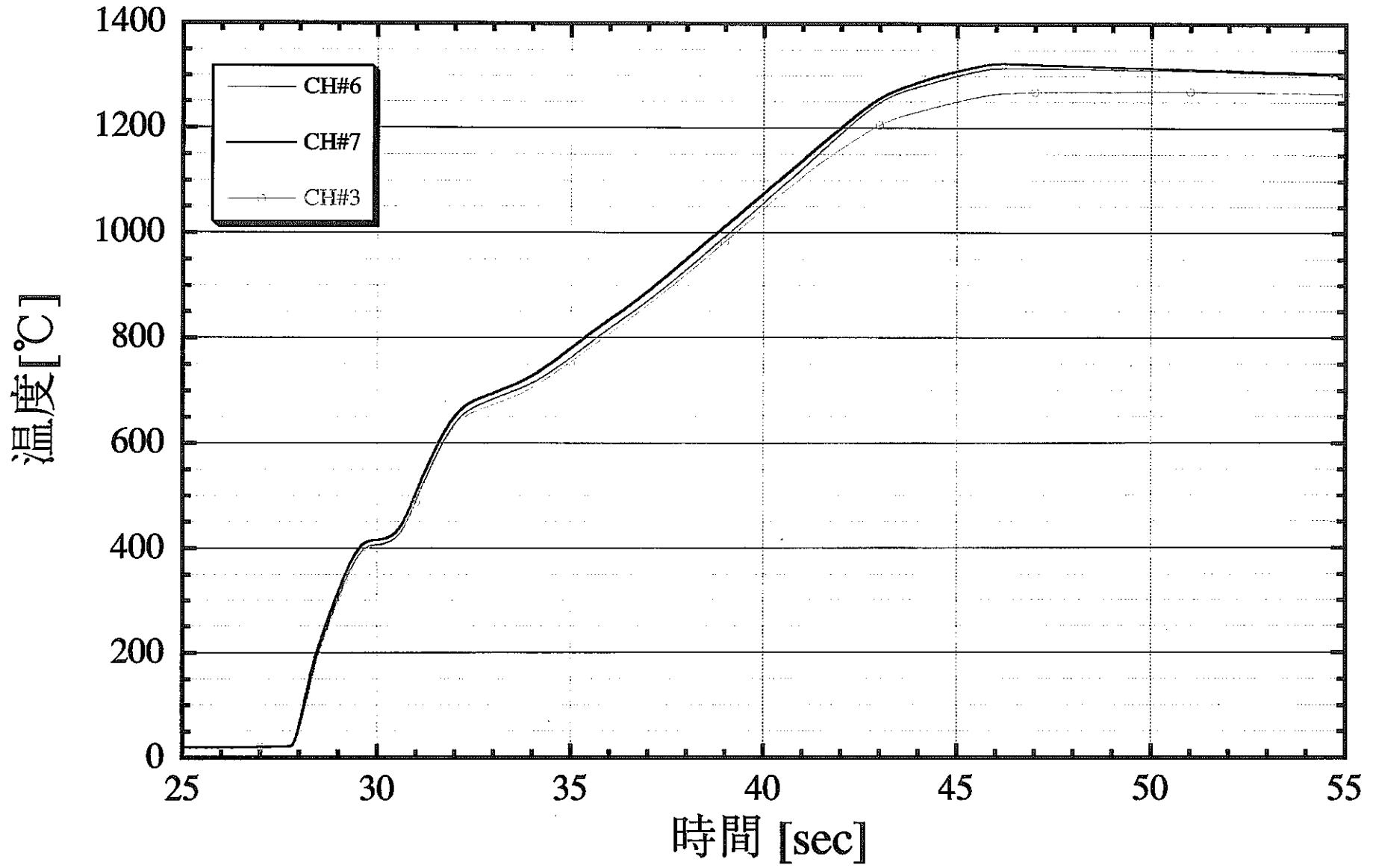


図 3.1.3-1 3 (B) 昇温特性図 (B-003)

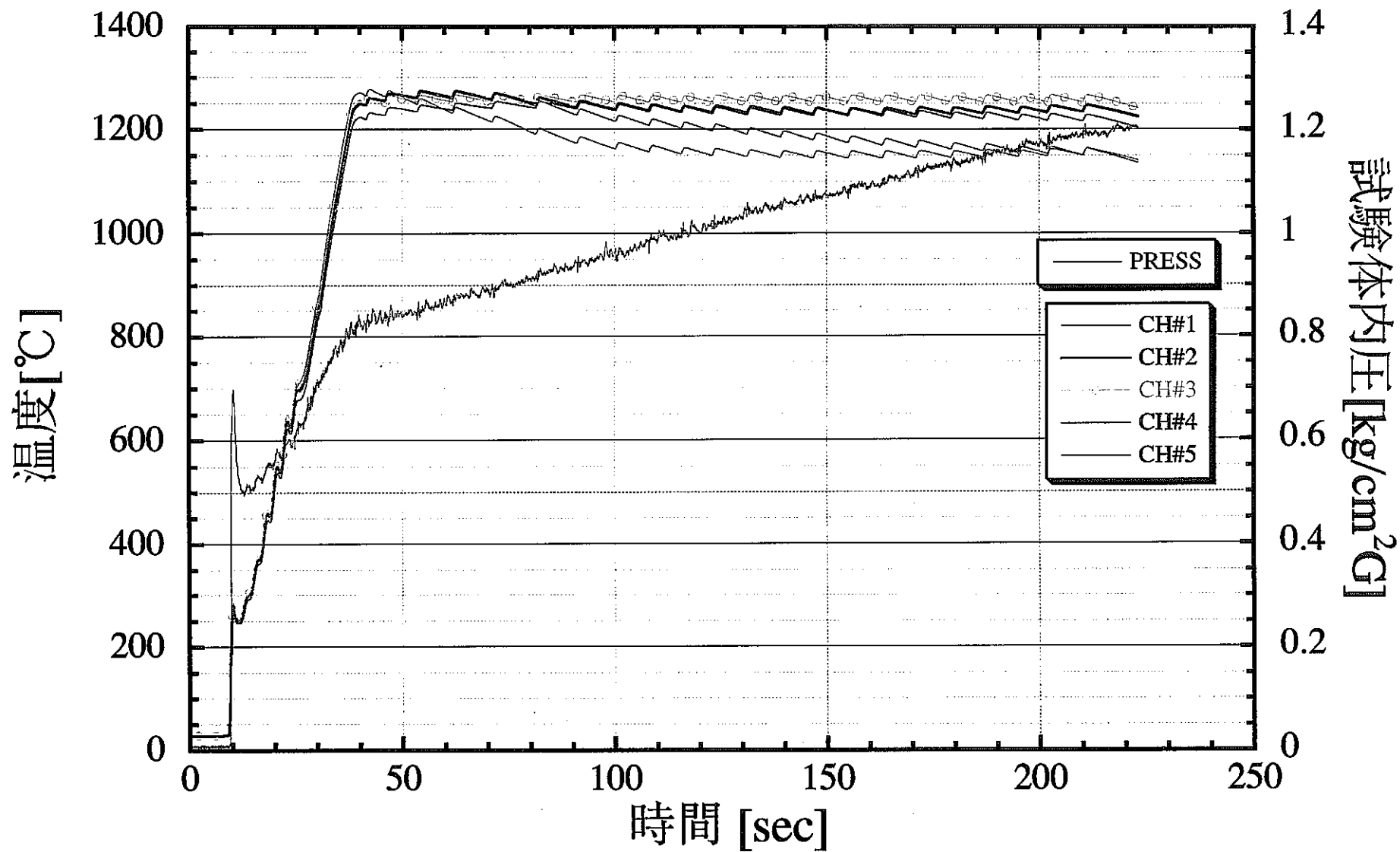


図 3.2.3-1 (A) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果 (C-001)

試験体内圧 [kg/cm²G]

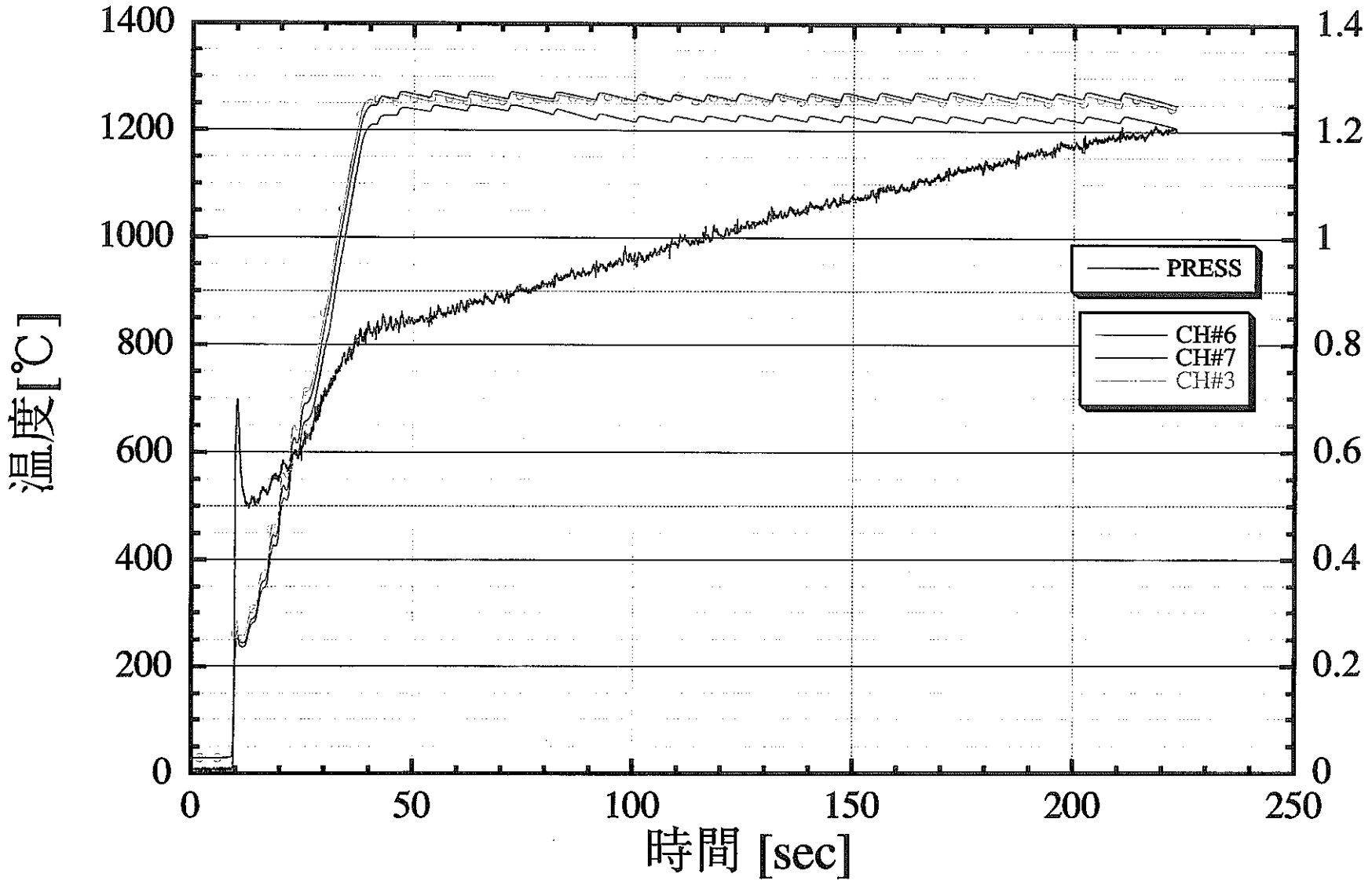


図 3.2.3-1 (B) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果(C-001)

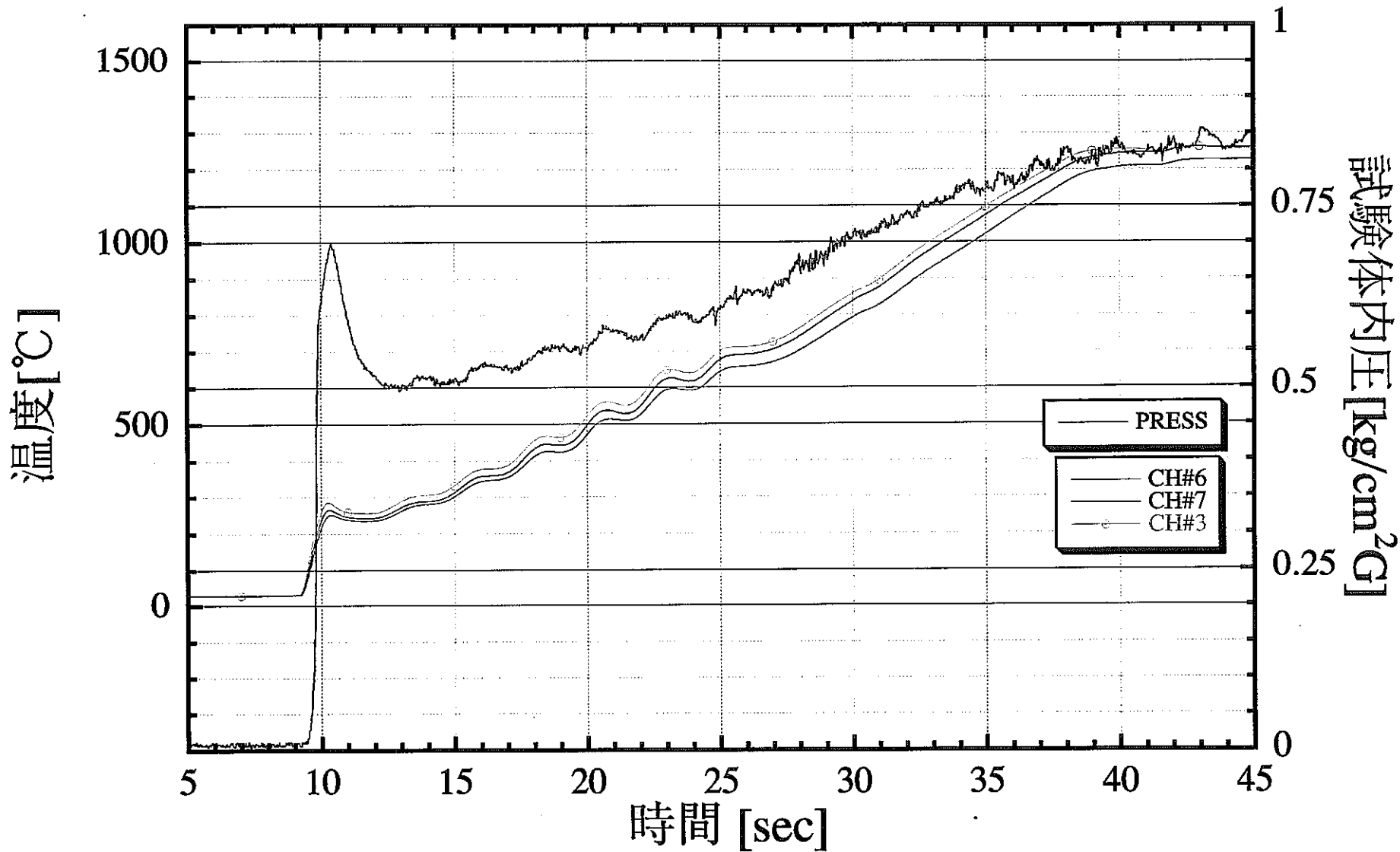


図 3.2.3-1 (C) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果(C-001)

試験体内圧 [kg/cm²G]

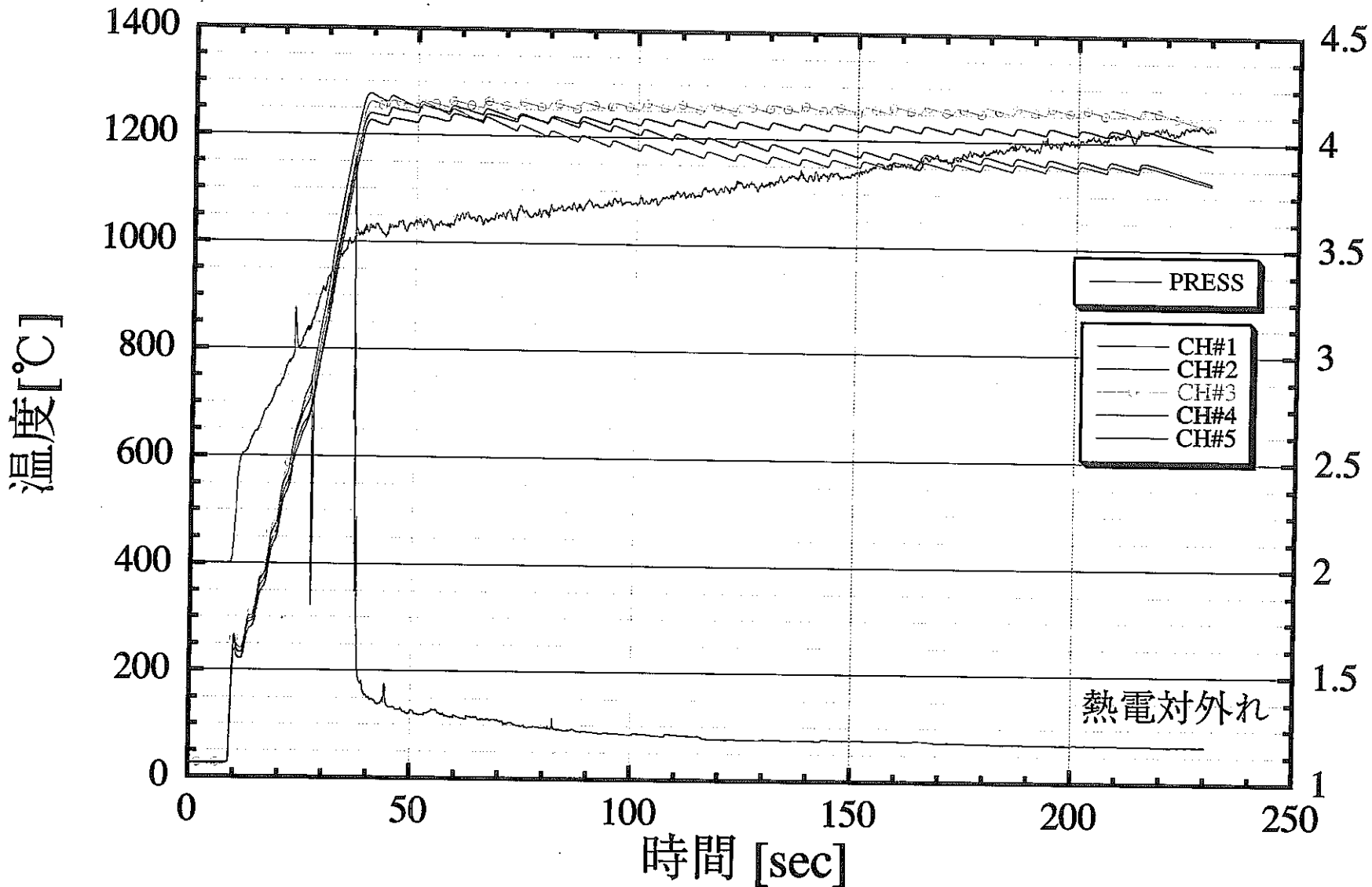


図 3.2.3 - 2 (A) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果(C-002)

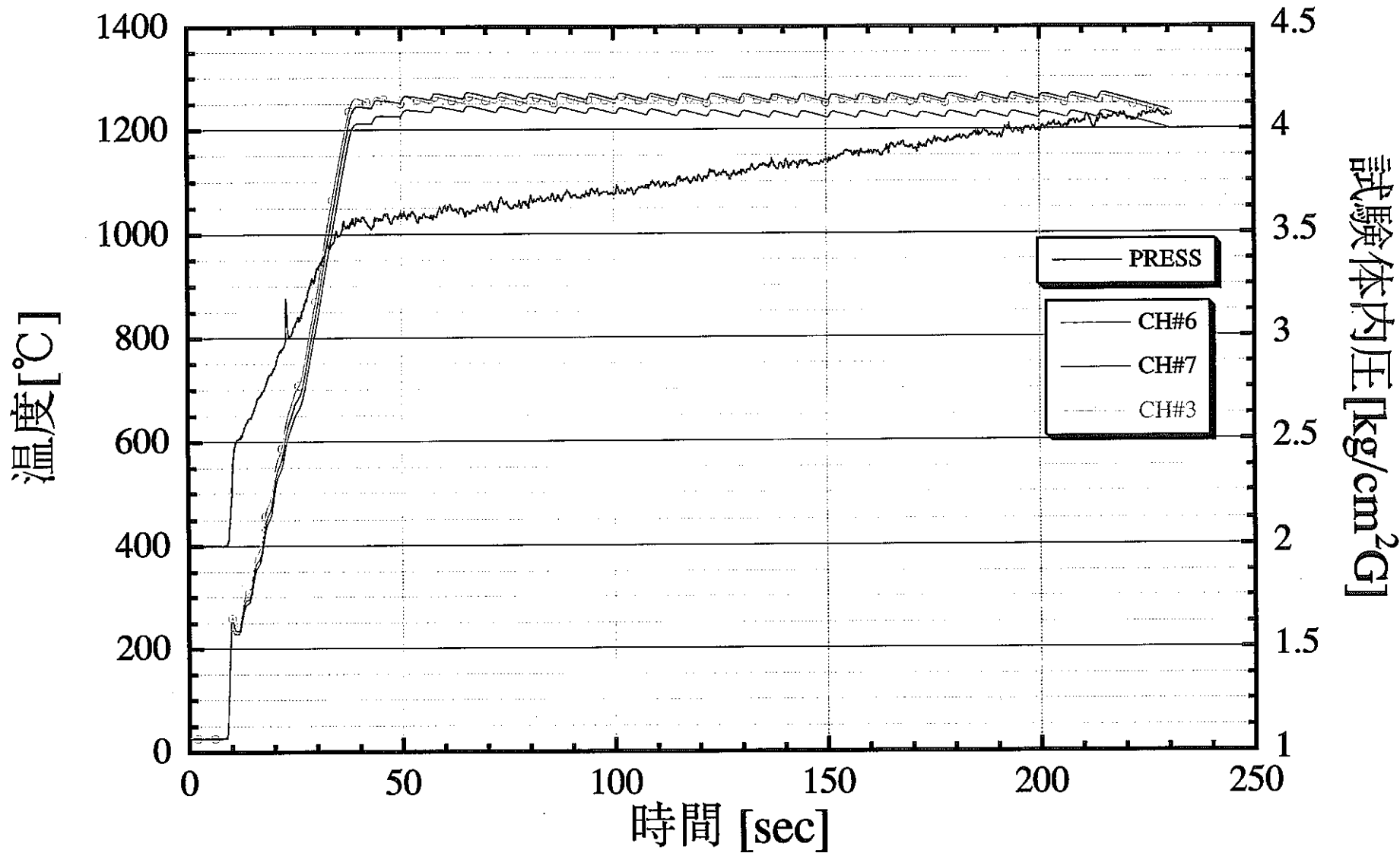


図 3.2.3-2 (B) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果(C-002)

試験体内圧 [kg/cm²G]

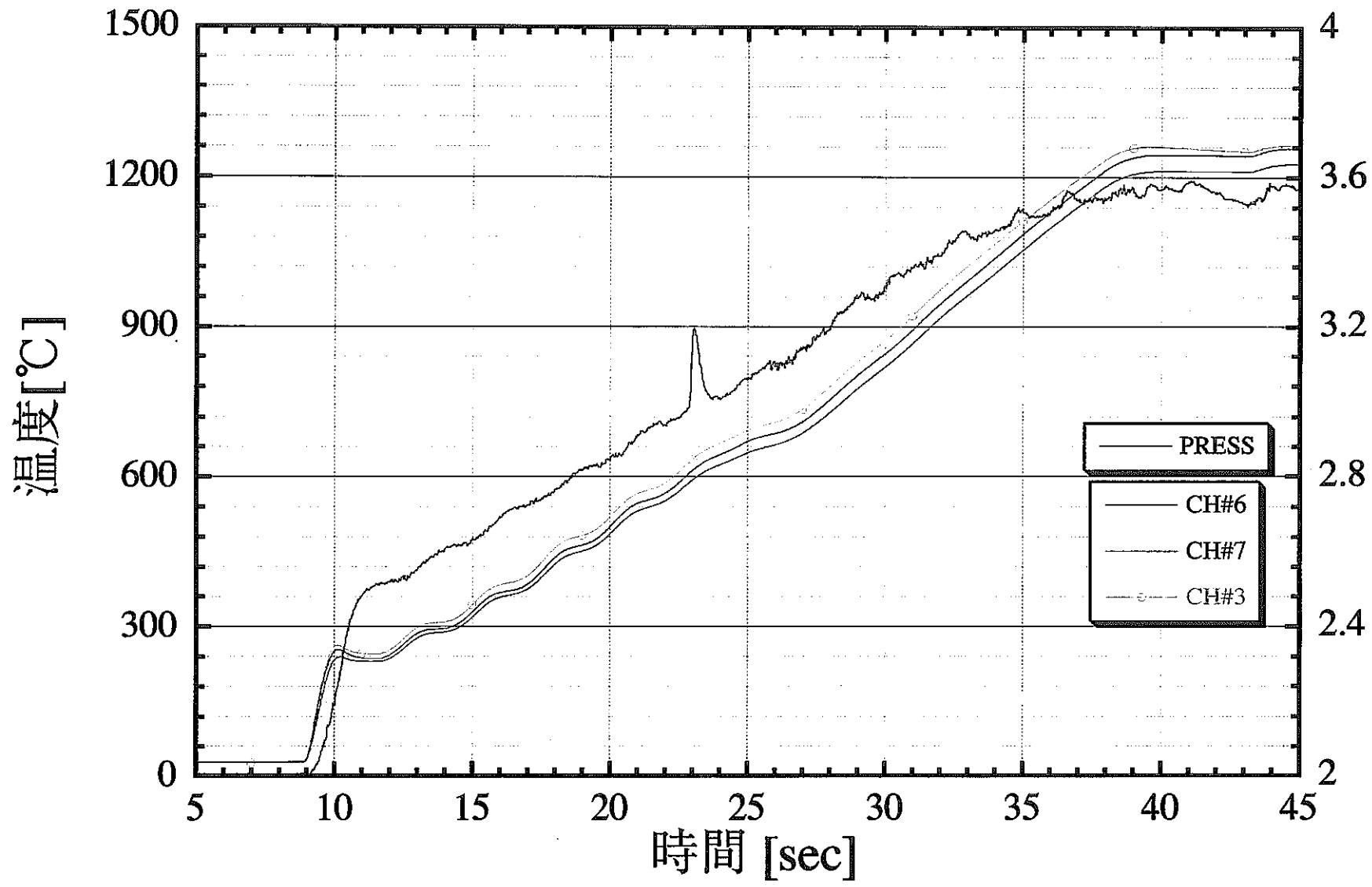


図 3.2.3-2 (C) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果(C-002)

試験体内圧 [kg/cm²G]

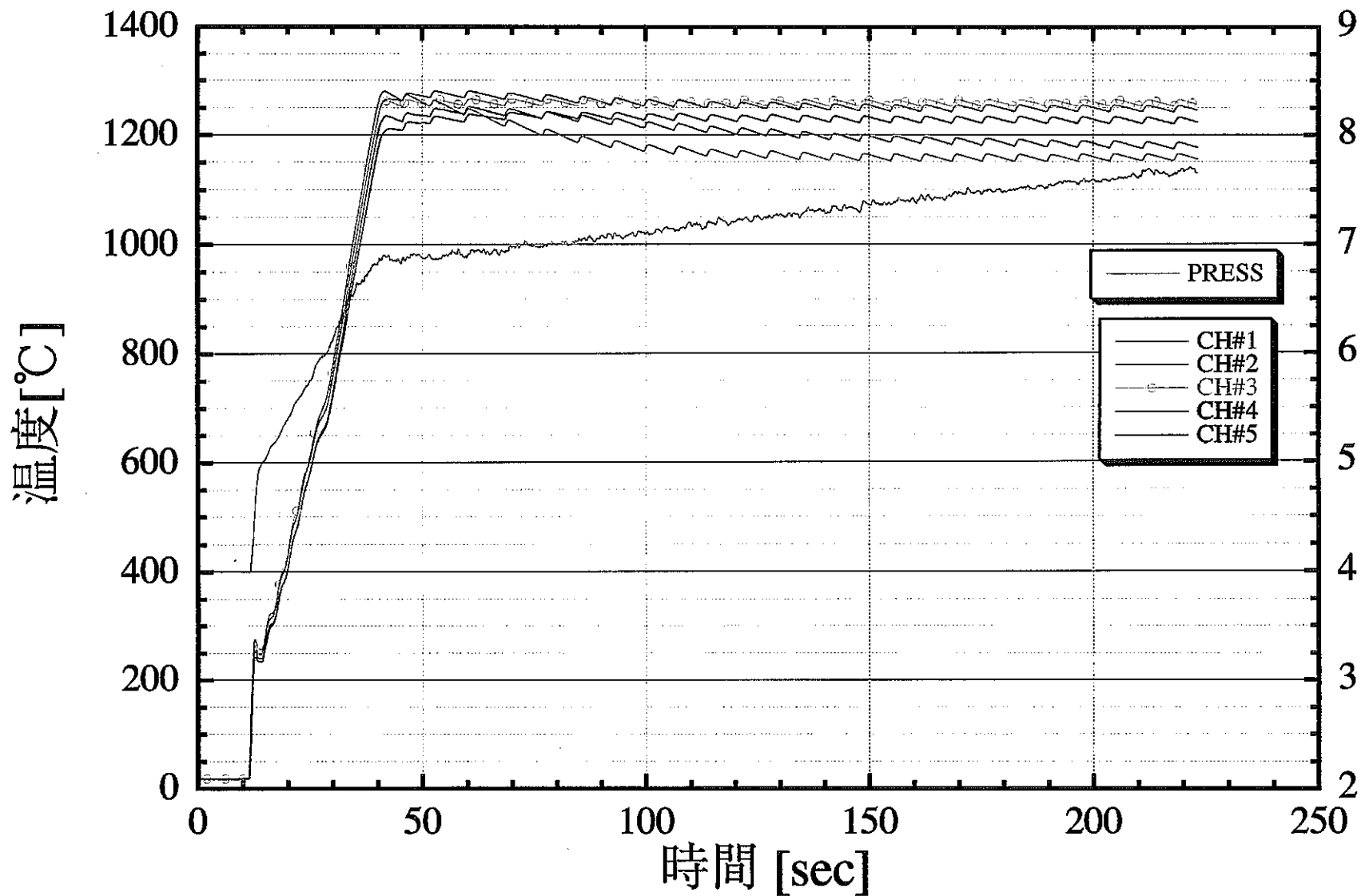


図 3.2.3-3 (A) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果(C-003)

試験体内圧 [kg/cm²G]

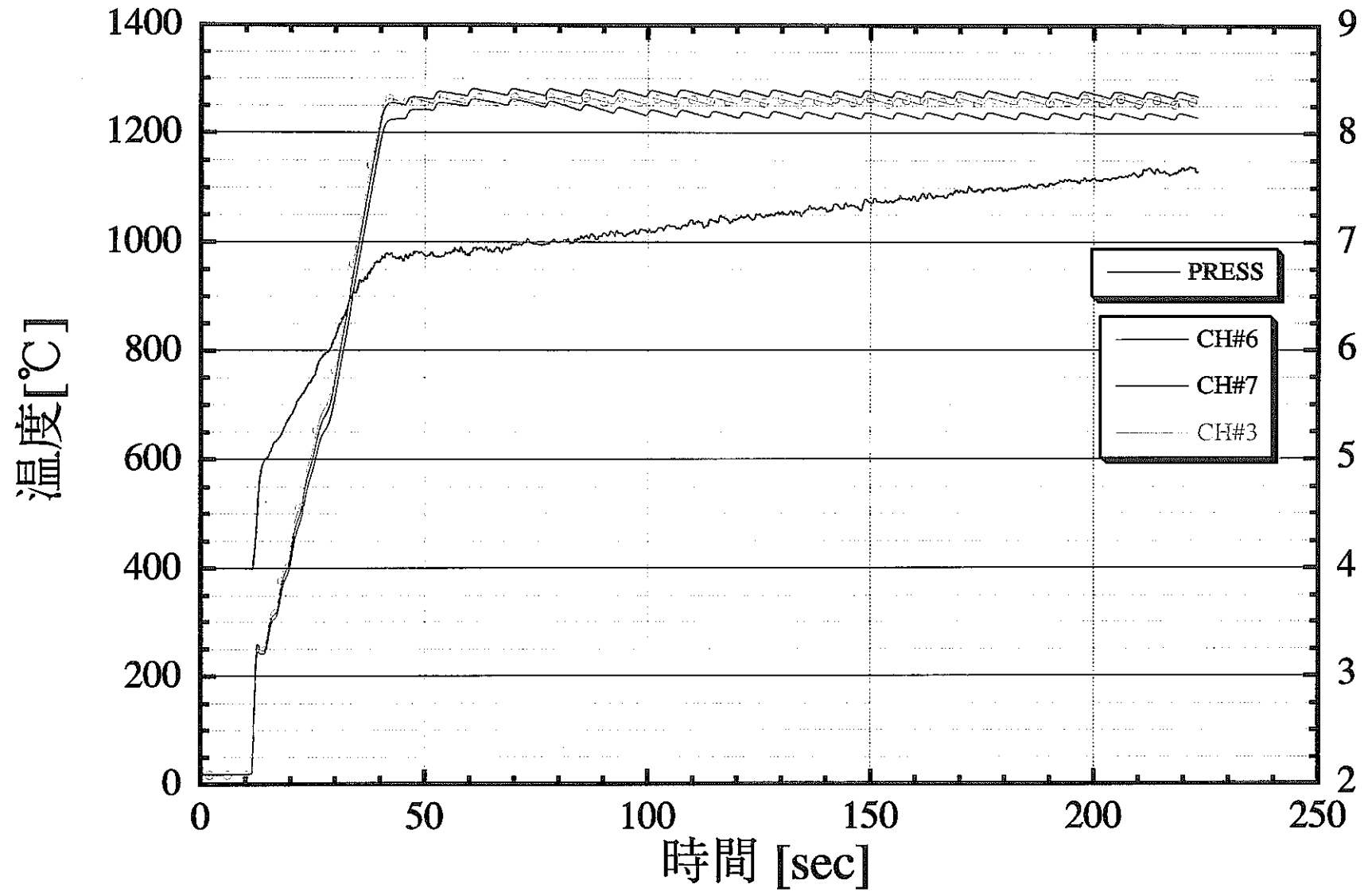


図 3.2.3-3 (B) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果(C-003)

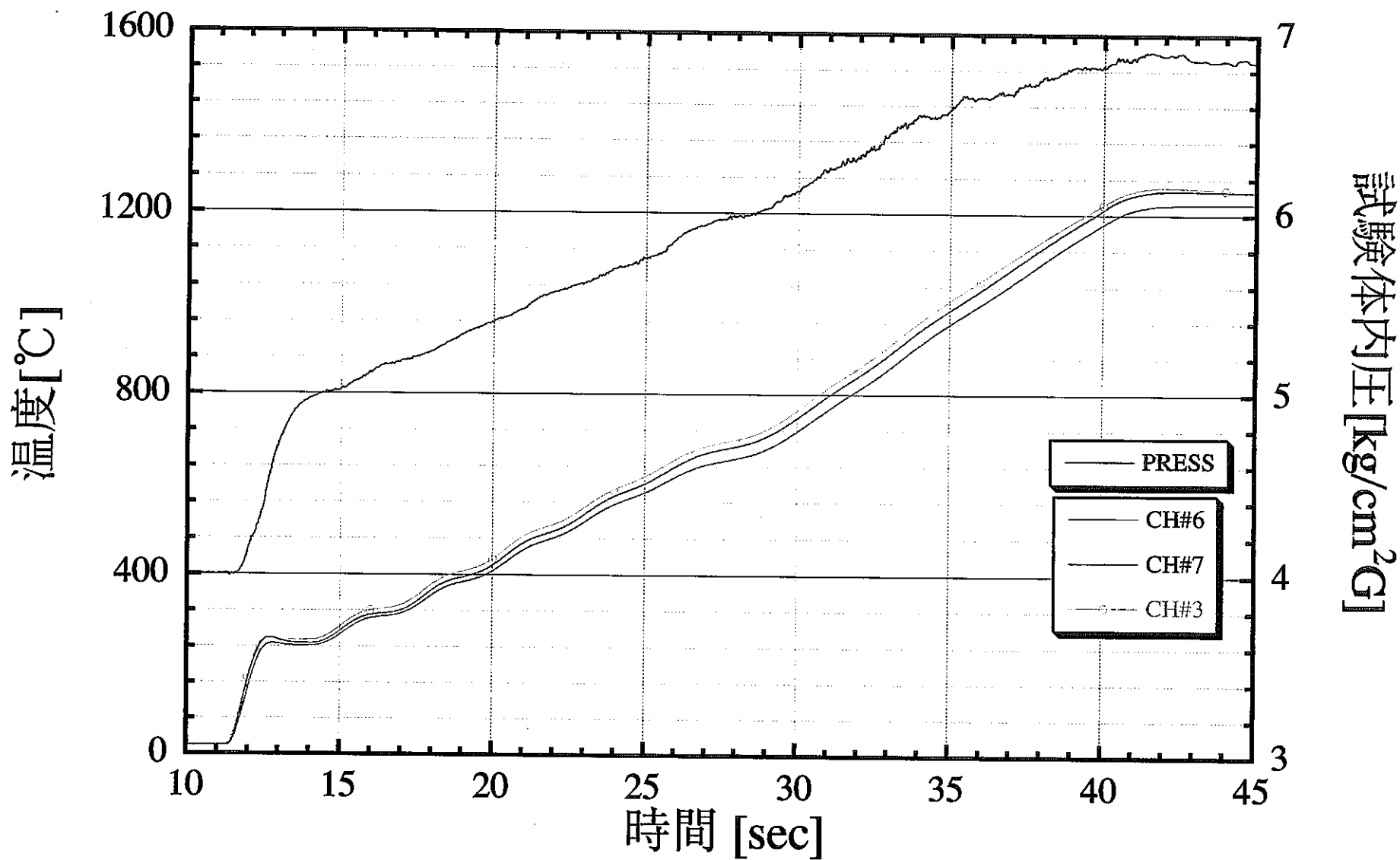


図 3.2.3-3 (C) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果(C-003)

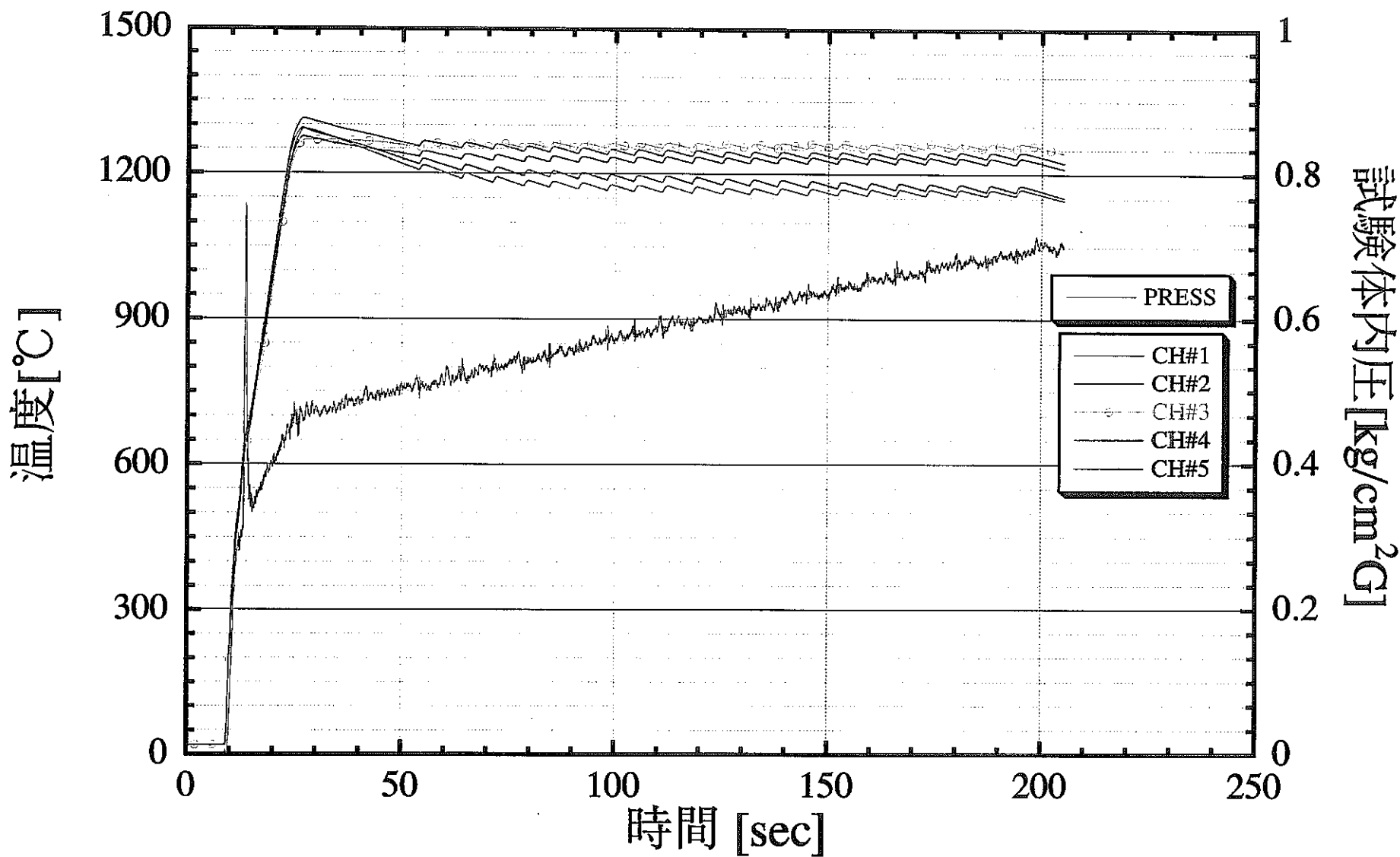


図 3.2.3-4 (A) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果(C-004)

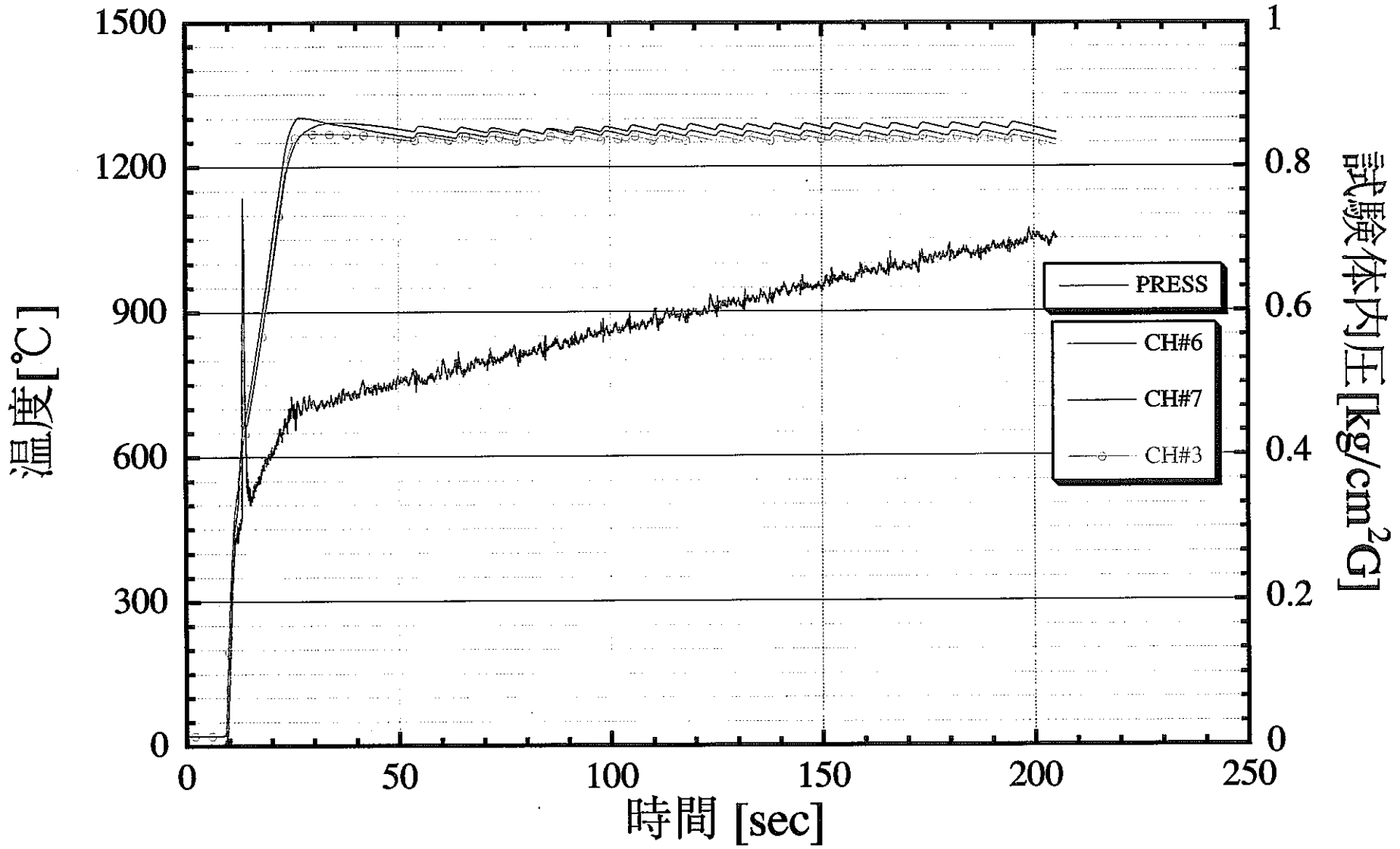


図 3.2.3-4 (B) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果(C-004)

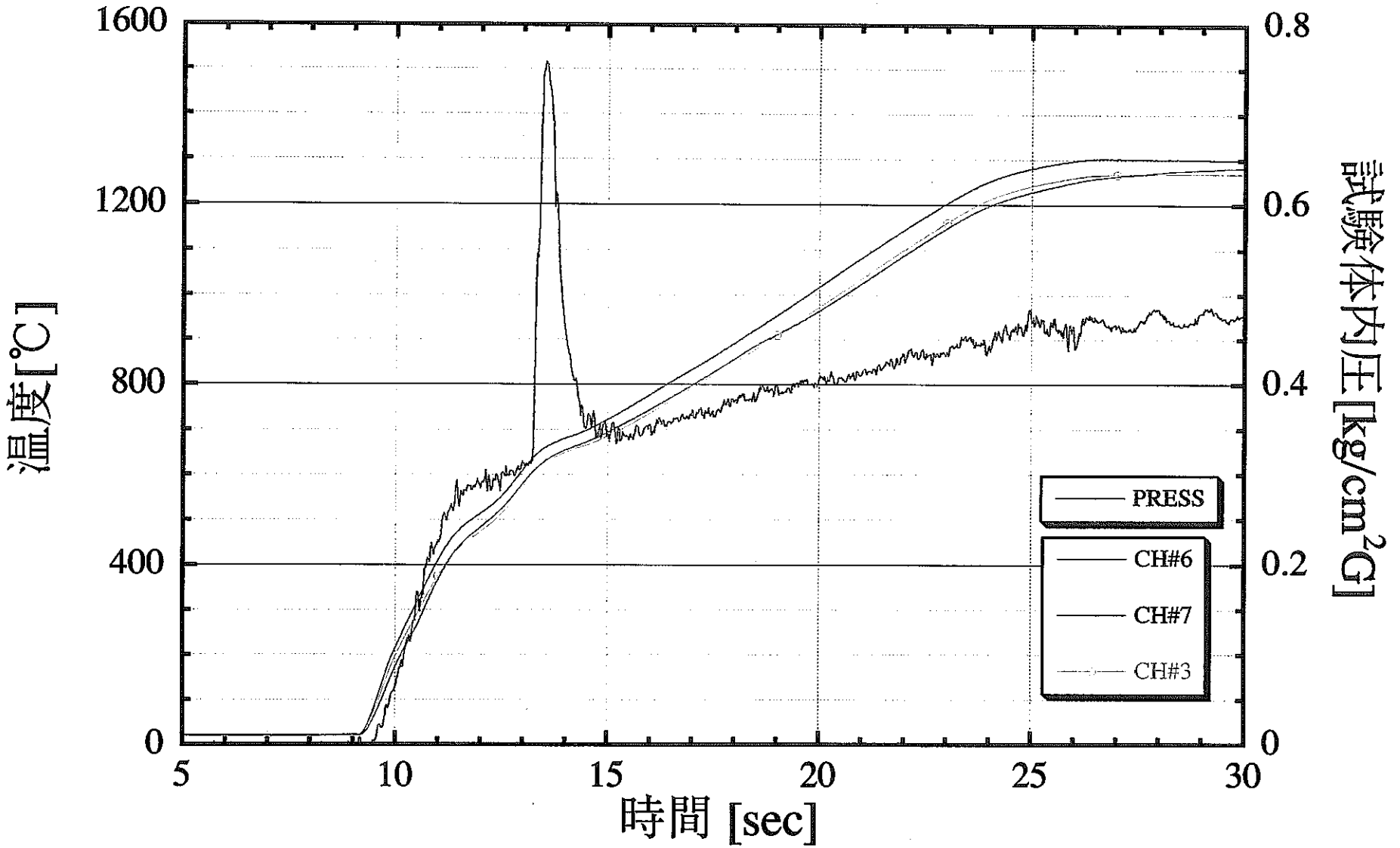


図 3.2.3-4 (C) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果(C-004)

試験体内圧 [kg/cm²G]

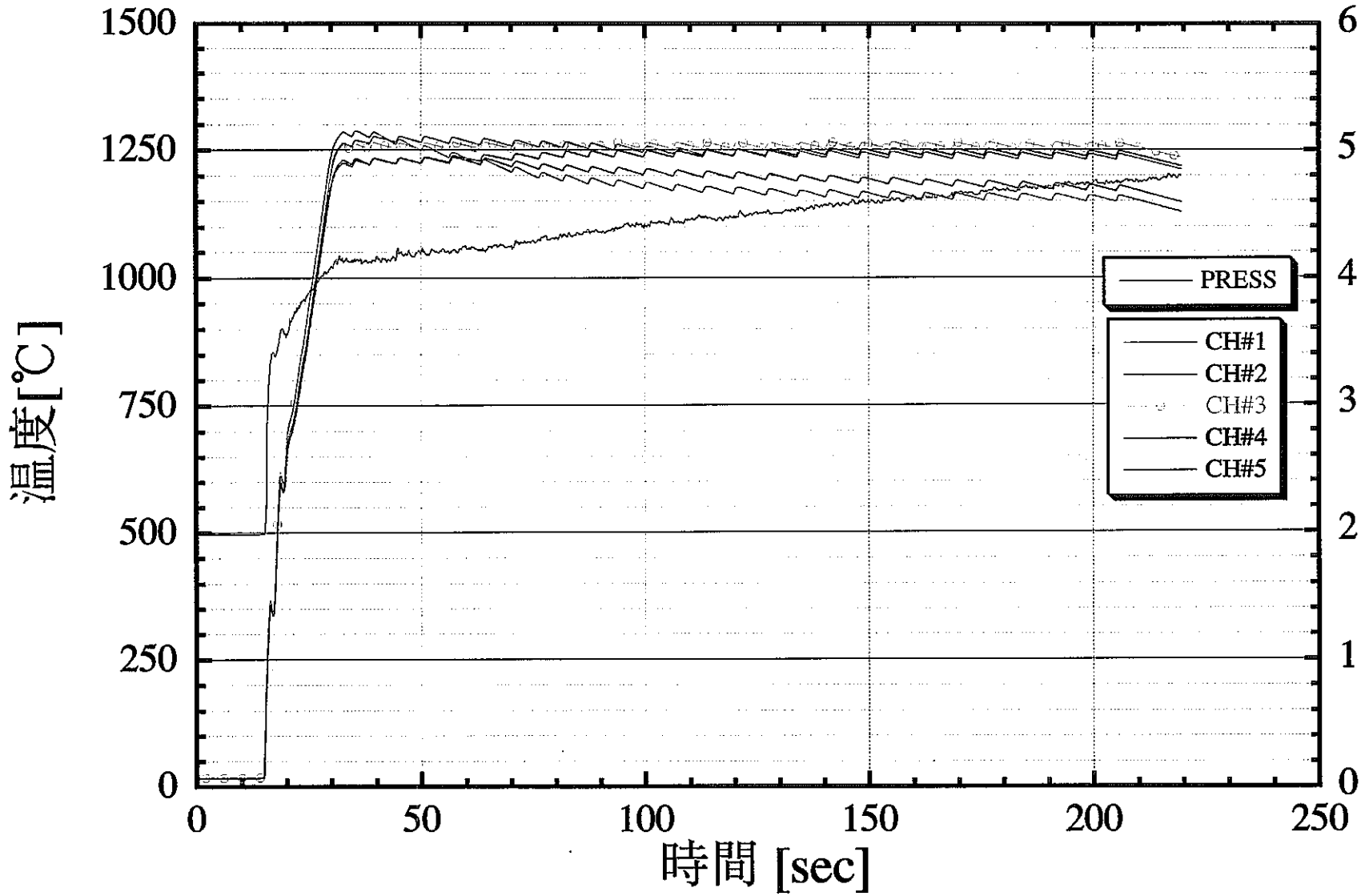


図 3.2.3-5 (A) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果(C-005)

試験体内圧 [kg/cm²G]

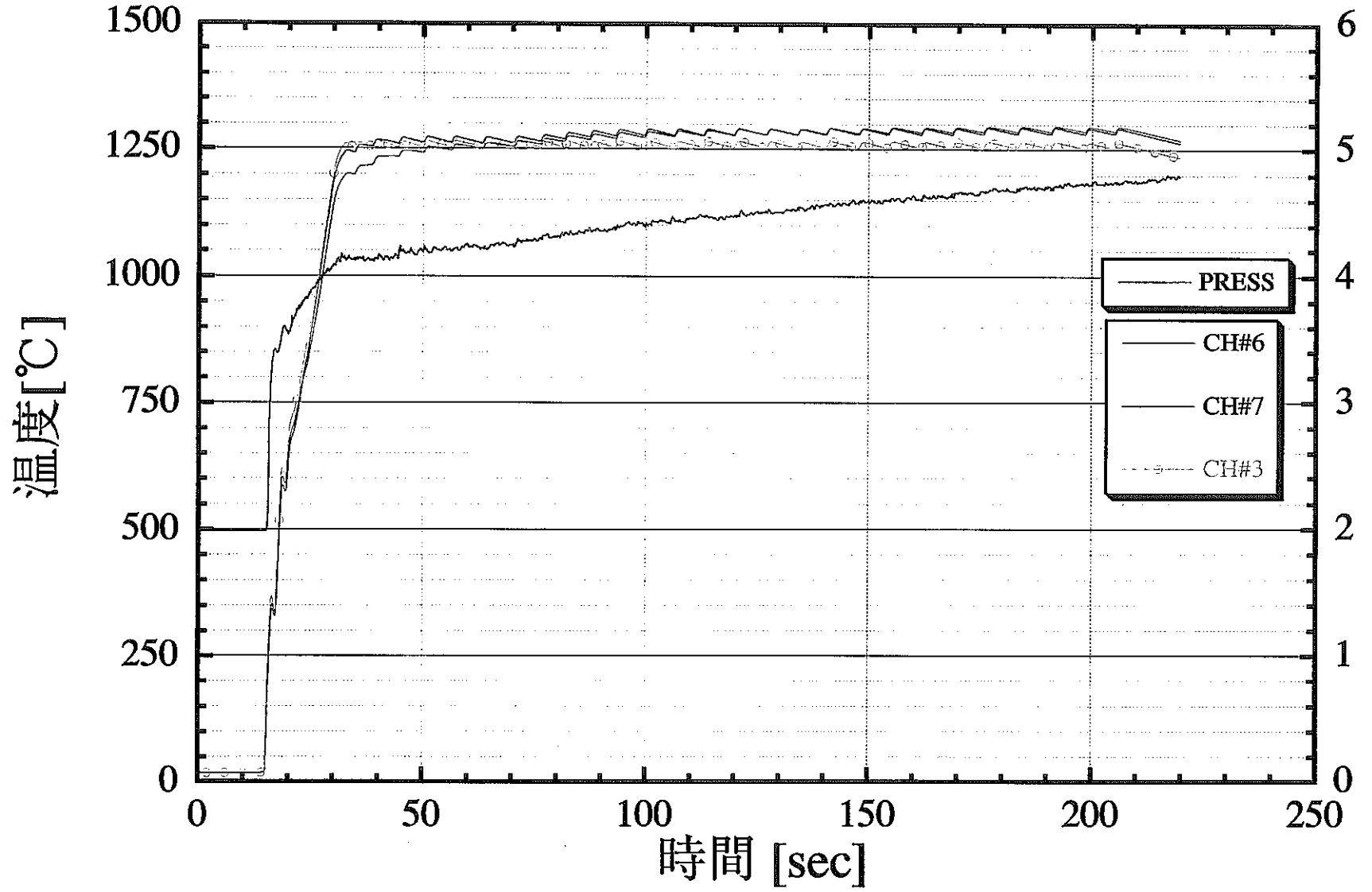


図 3.2.3-5 (B) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果(C-005)

試験体内圧 [kg/cm²G]

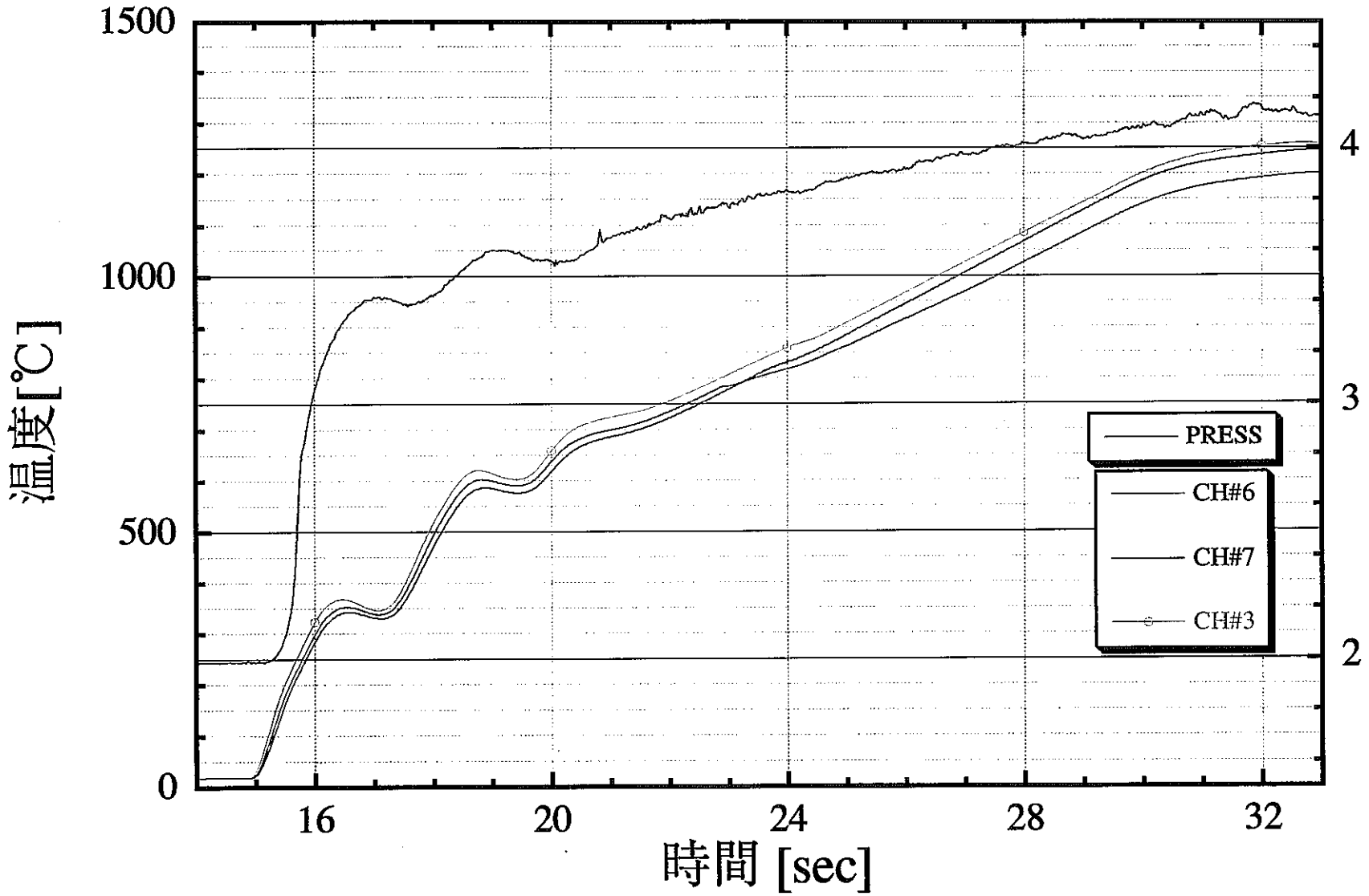


図 3.2.3-5 (C) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果(C-005)

試験体内圧 [kg/cm²G]

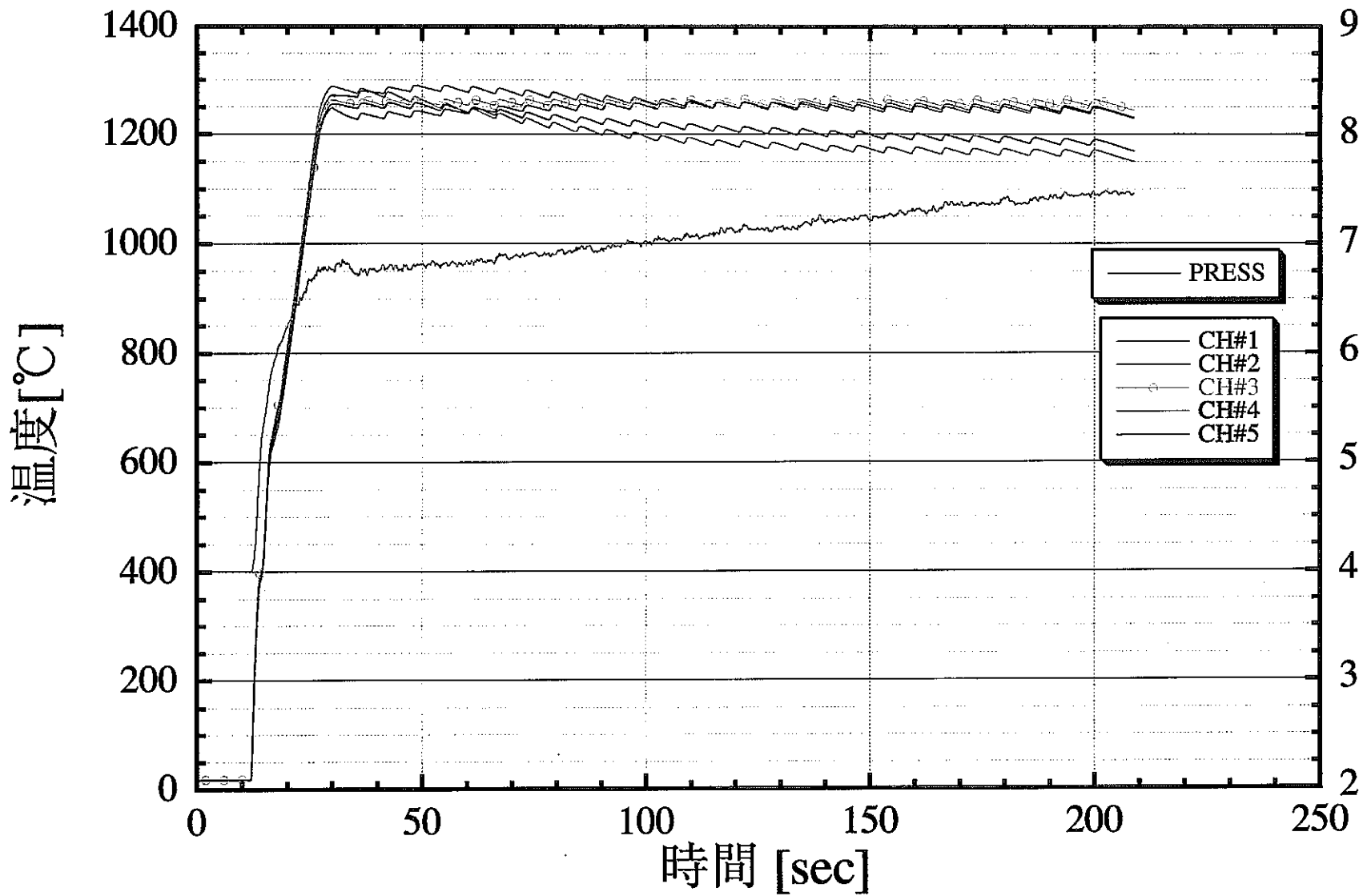


図 3.2.3 - 6 (A) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果(C-006)

試験体内圧 [kg/cm²G]

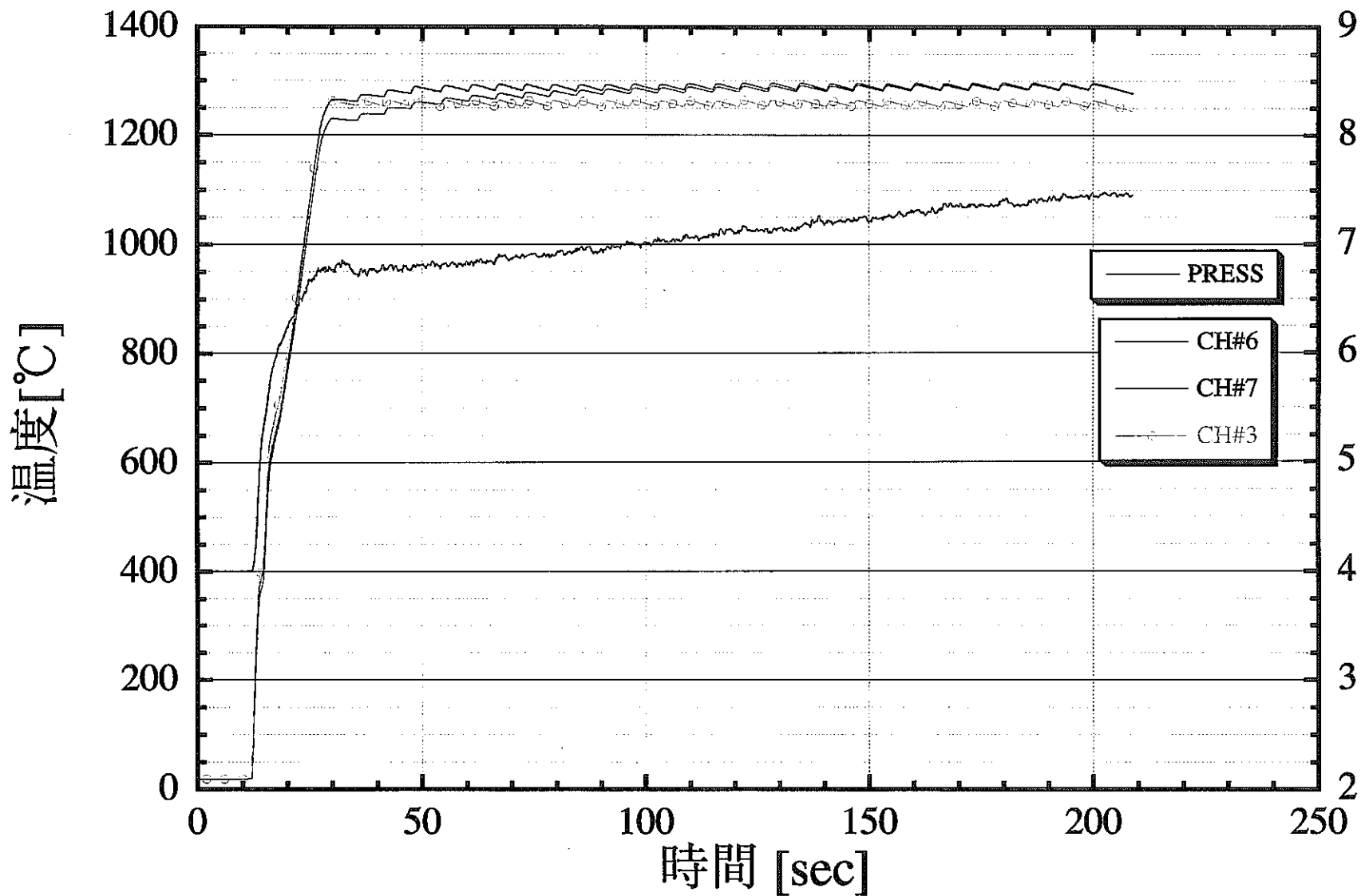


図 3.2.3 - 6 (B) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果(C-006)

試験体内圧 [kg/cm²G]

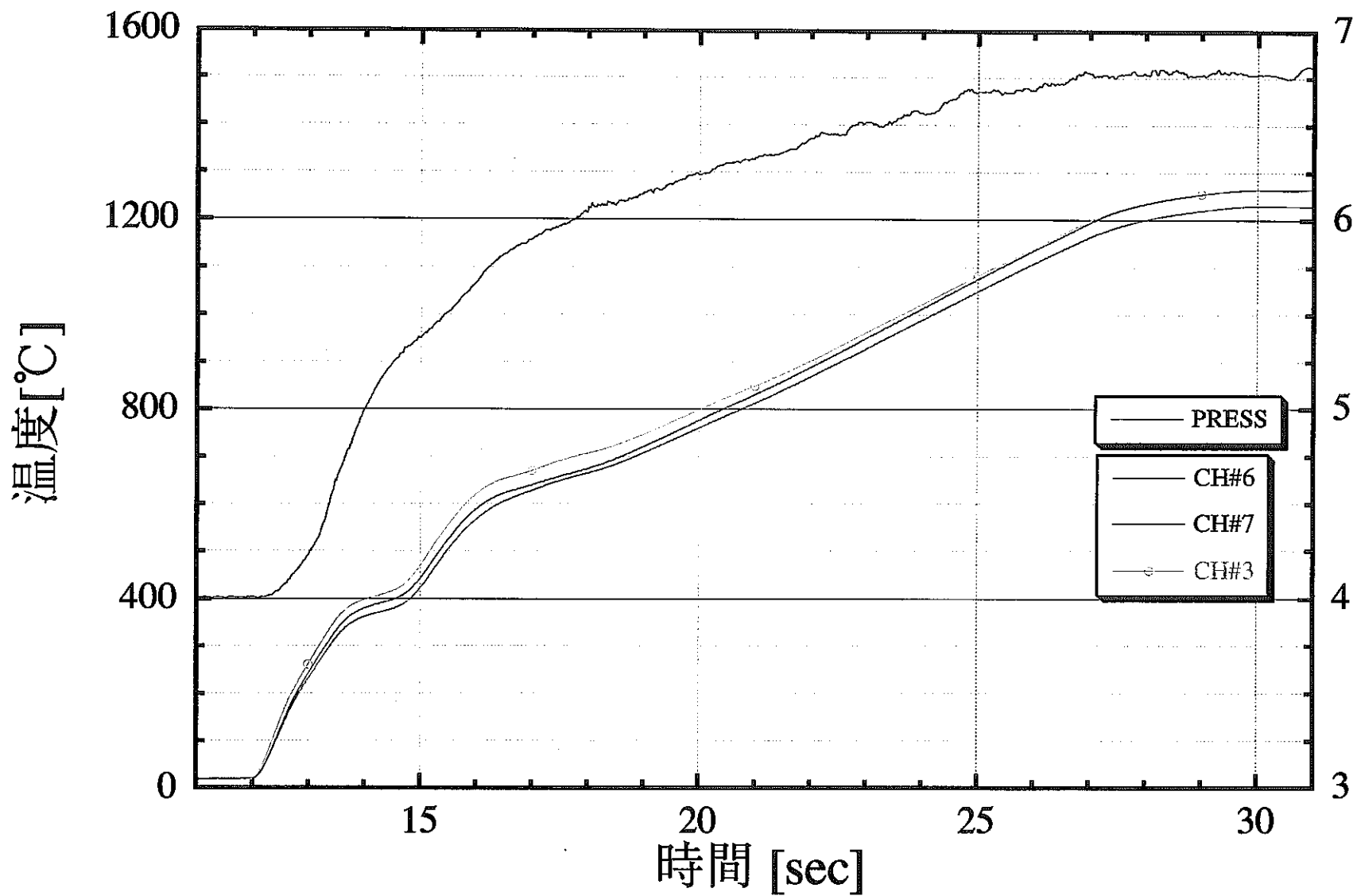


図 3.2.3-6 (C) 昇温時試験体内圧上昇特性試験結果(C-006)

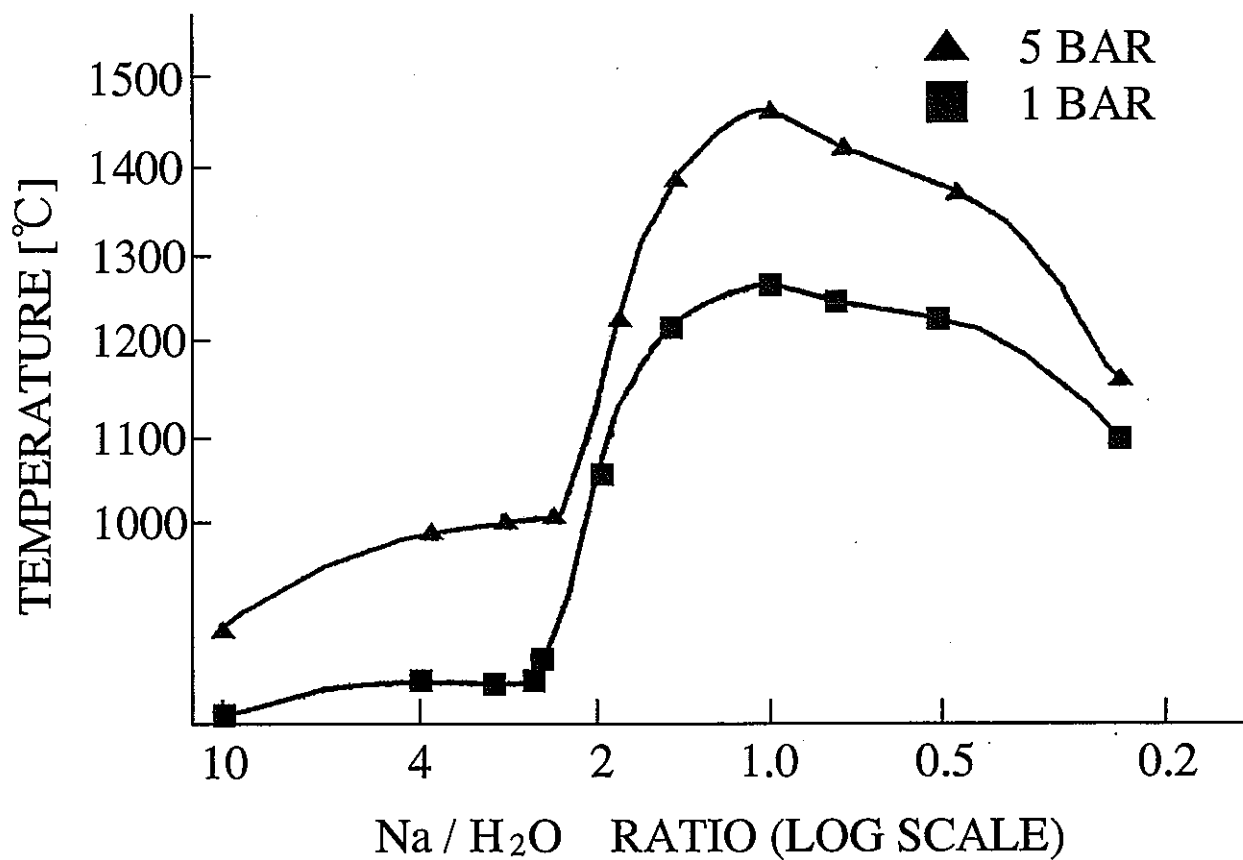


図 4.1.1-1 反応温度とNa/水比の関係

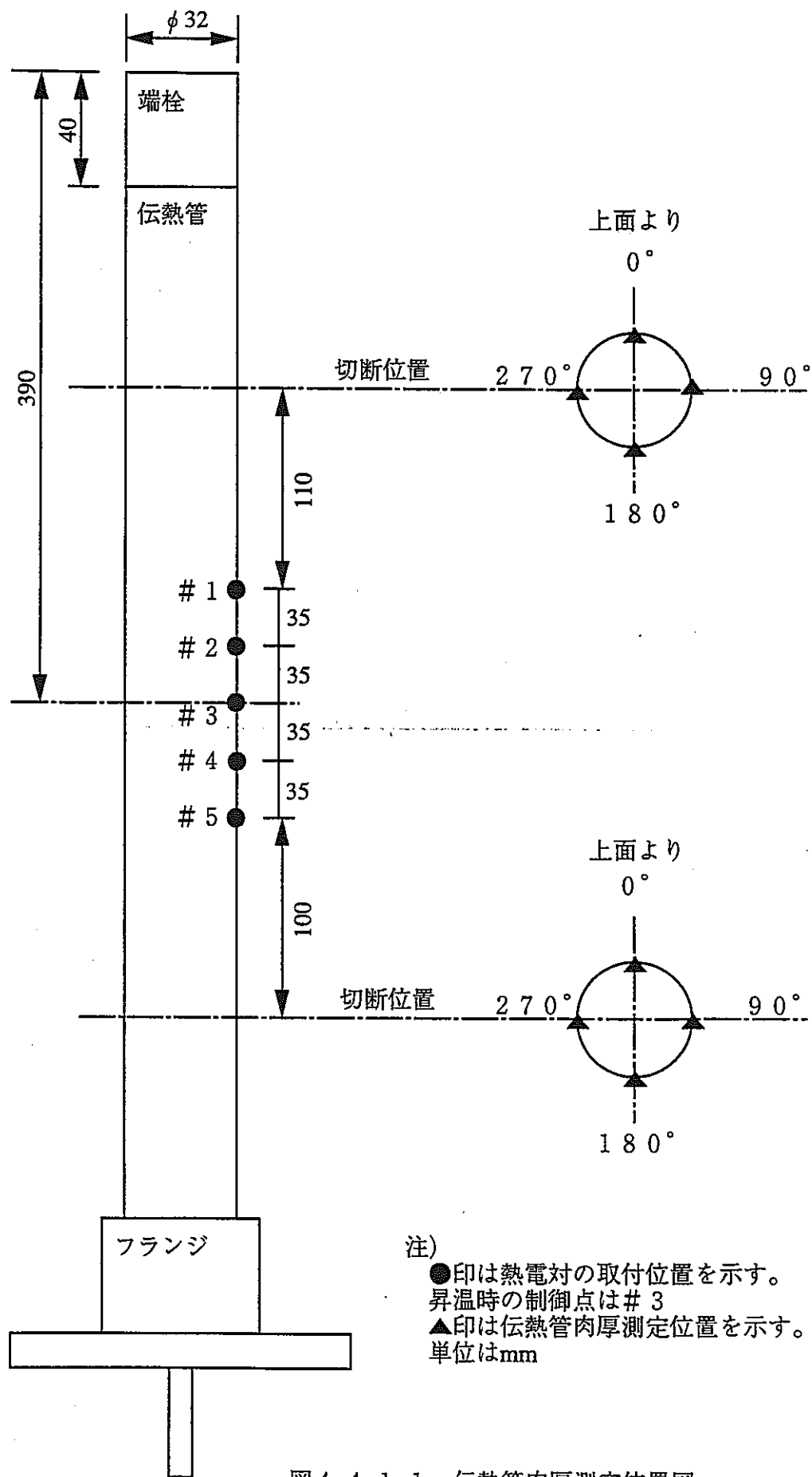
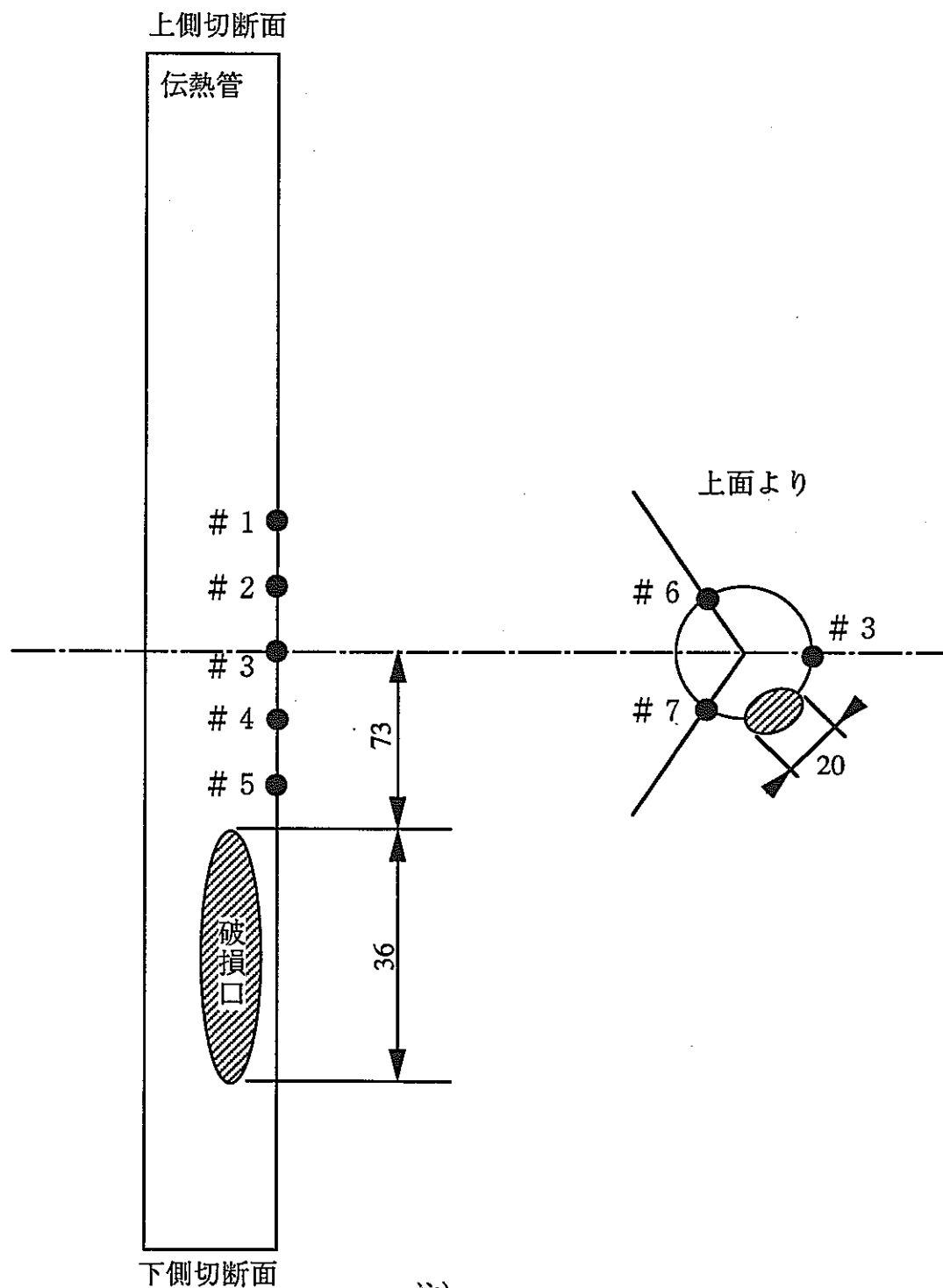
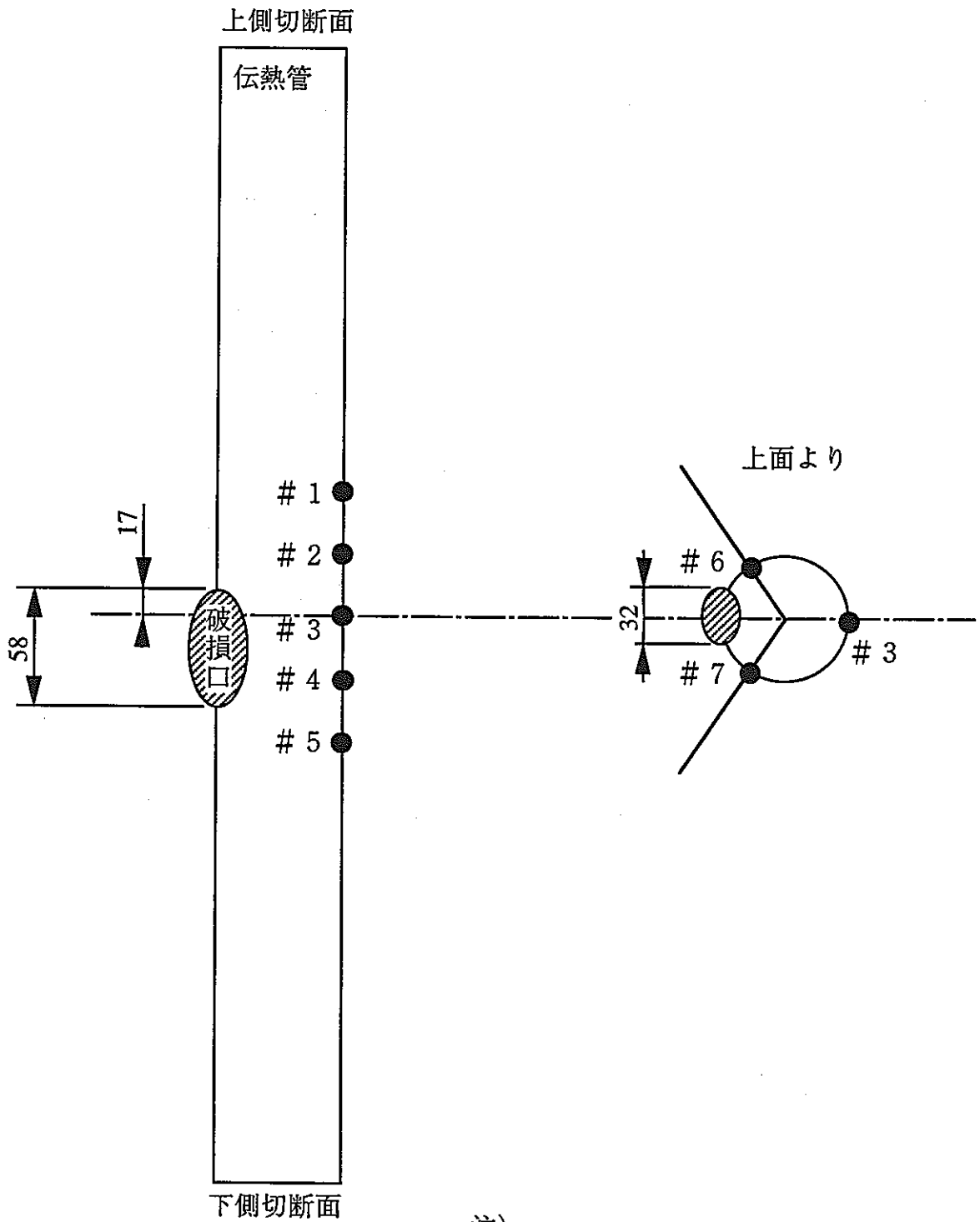


図4.4.1-1 伝熱管肉厚測定位置図



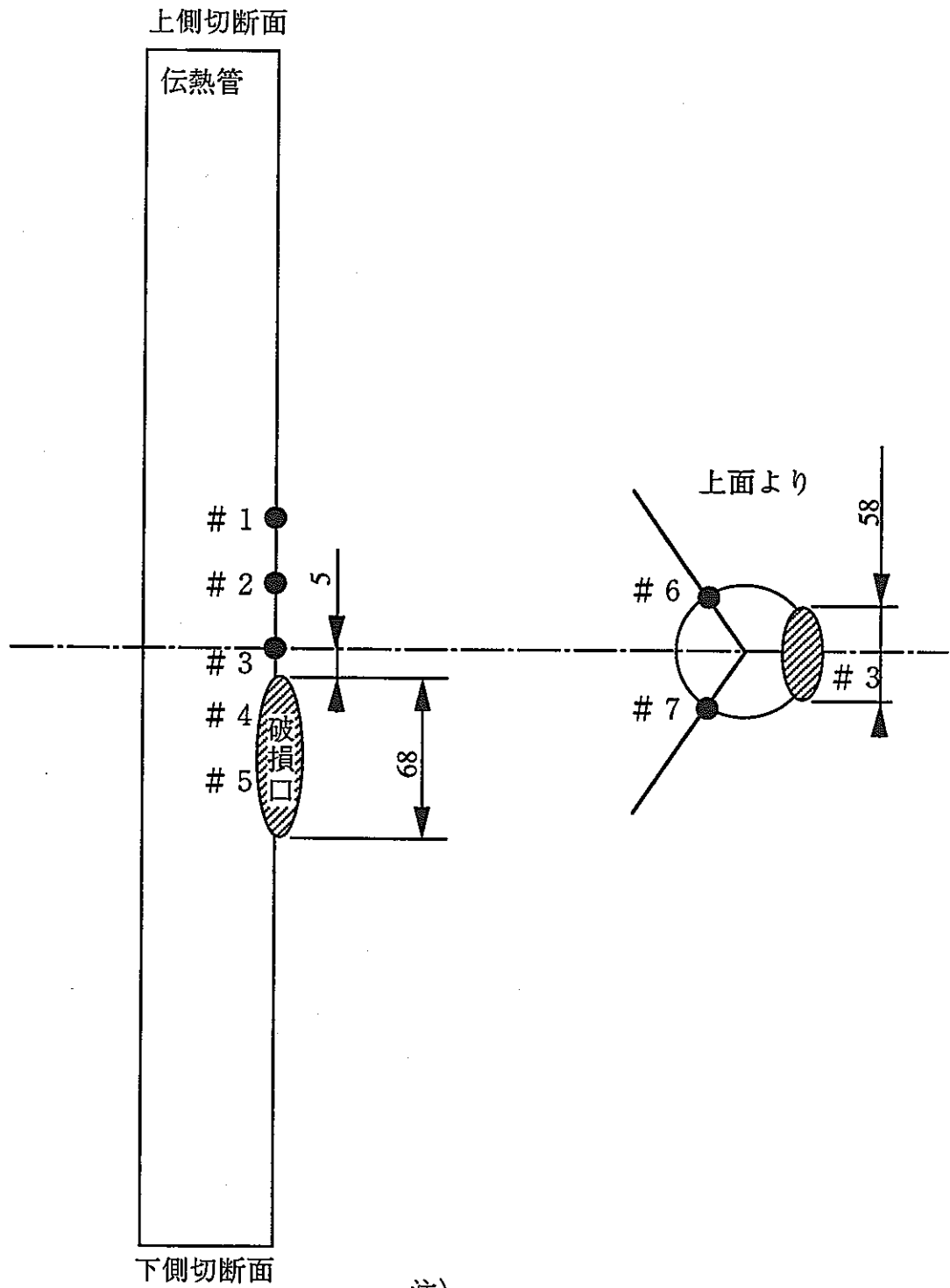
注)
 ●印は熱電対の取付位置を示す。
 破損口に最近傍熱電対は#5
 単位はmm

図4.4.1-2 伝熱管破損口の位置図 (PM-001)



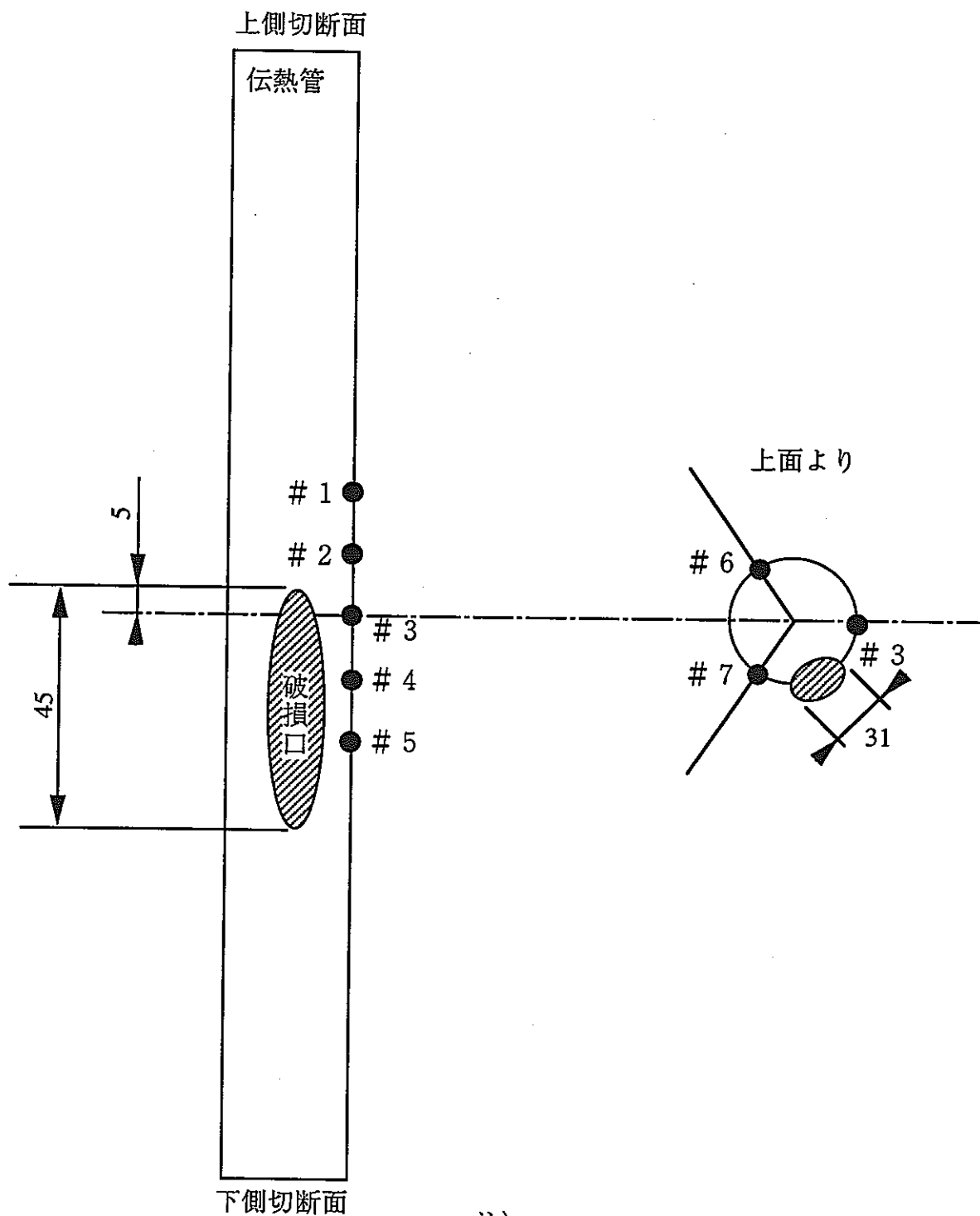
注)
 ●印は熱電対の取付位置を示す。
 破損口に最近傍熱電対は# 6
 単位はmm

図4.4.1-3 伝熱管破損口の位置図 (PM-002)



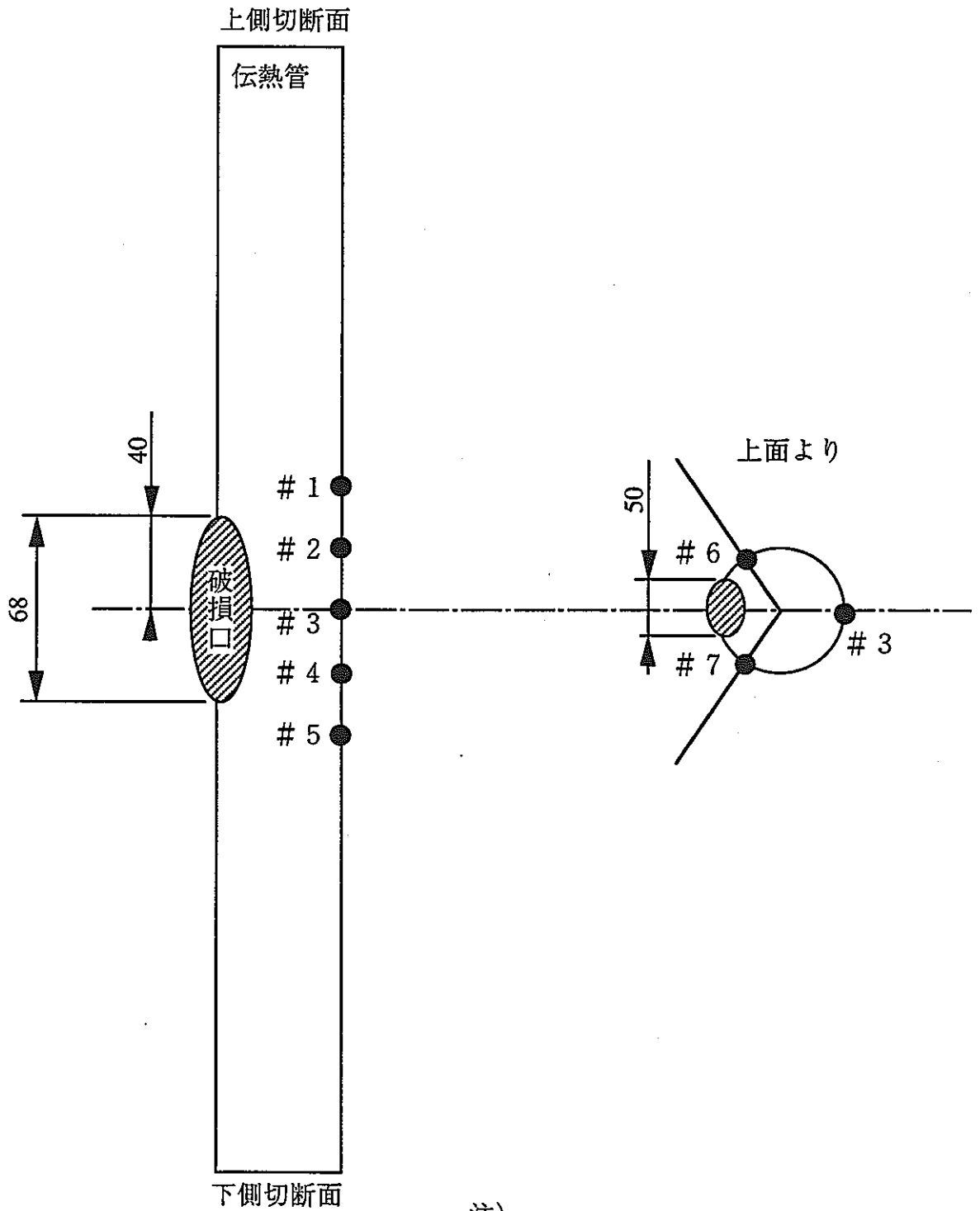
注)
●印は熱電対の取付位置を示す。
破損口に最近傍熱電対は#4
単位はmm

図 4.4.1-4 伝熱管破損口の位置図 (PM-003)



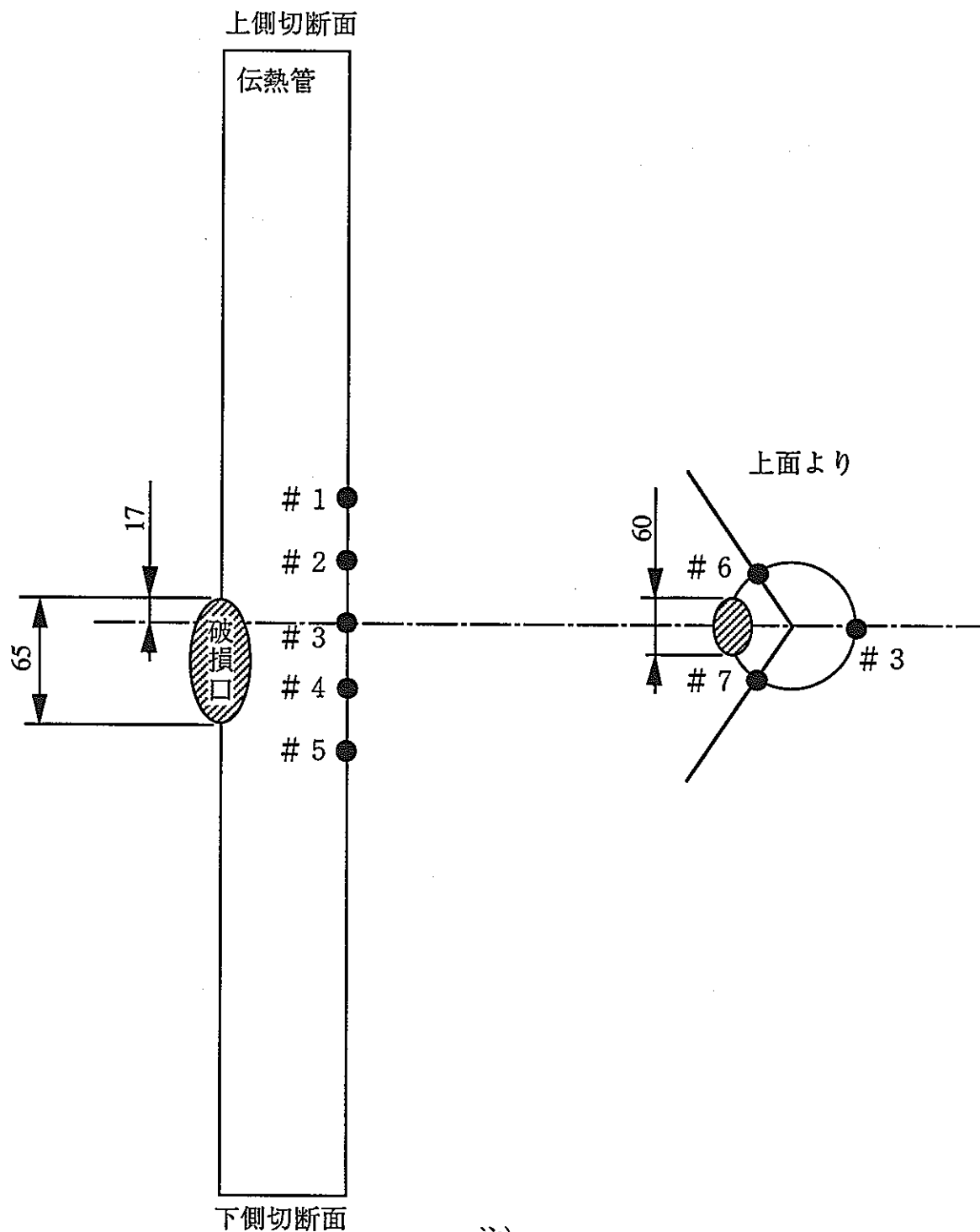
注)
 ●印は熱電対の取付位置を示す。
 破損口に最近傍熱電対は#4
 単位はmm

図4.4.1-5 伝熱管破損口の位置図 (PM-004)



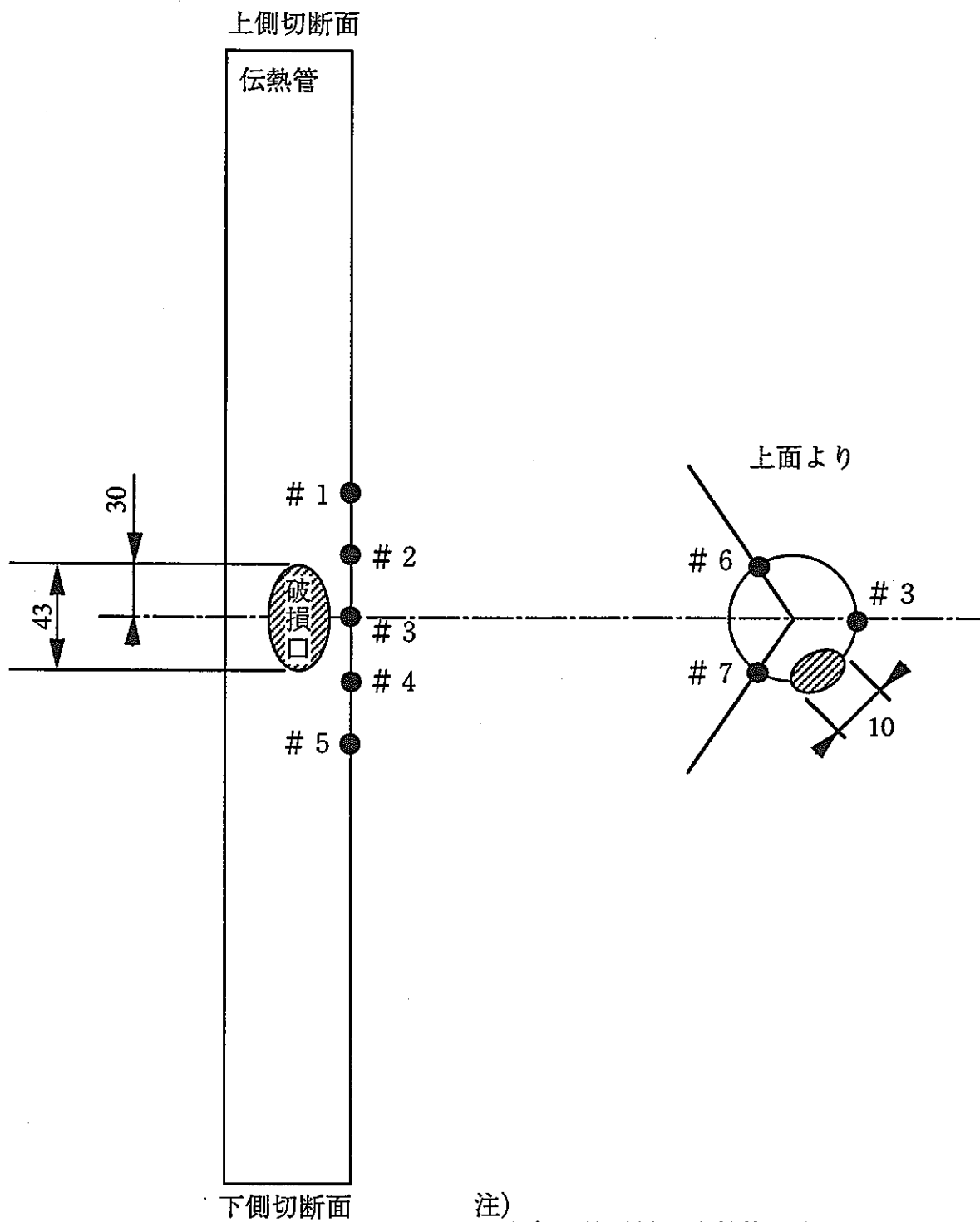
注)
 ●印は熱電対の取付位置を示す。
 破損口に最近傍熱電対は# 6
 単位はmm

図 4.4.1-6 伝熱管破損口の位置図 (PM-005)



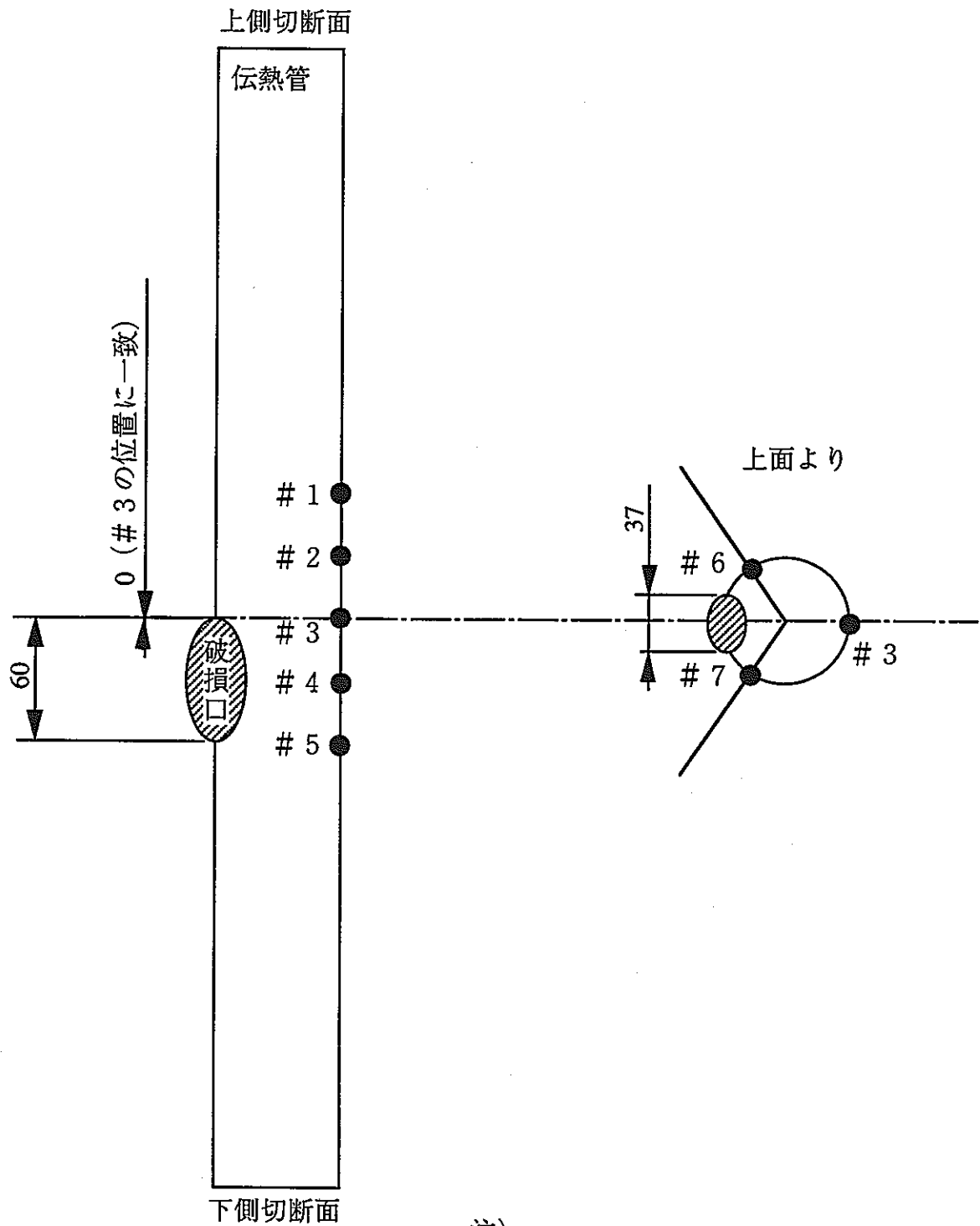
注)
 ●印は熱電対の取付位置を示す。
 破損口に最近傍熱電対は#7
 単位はmm

図4.4.1-7 伝熱管破損口の位置図 (PM-006)



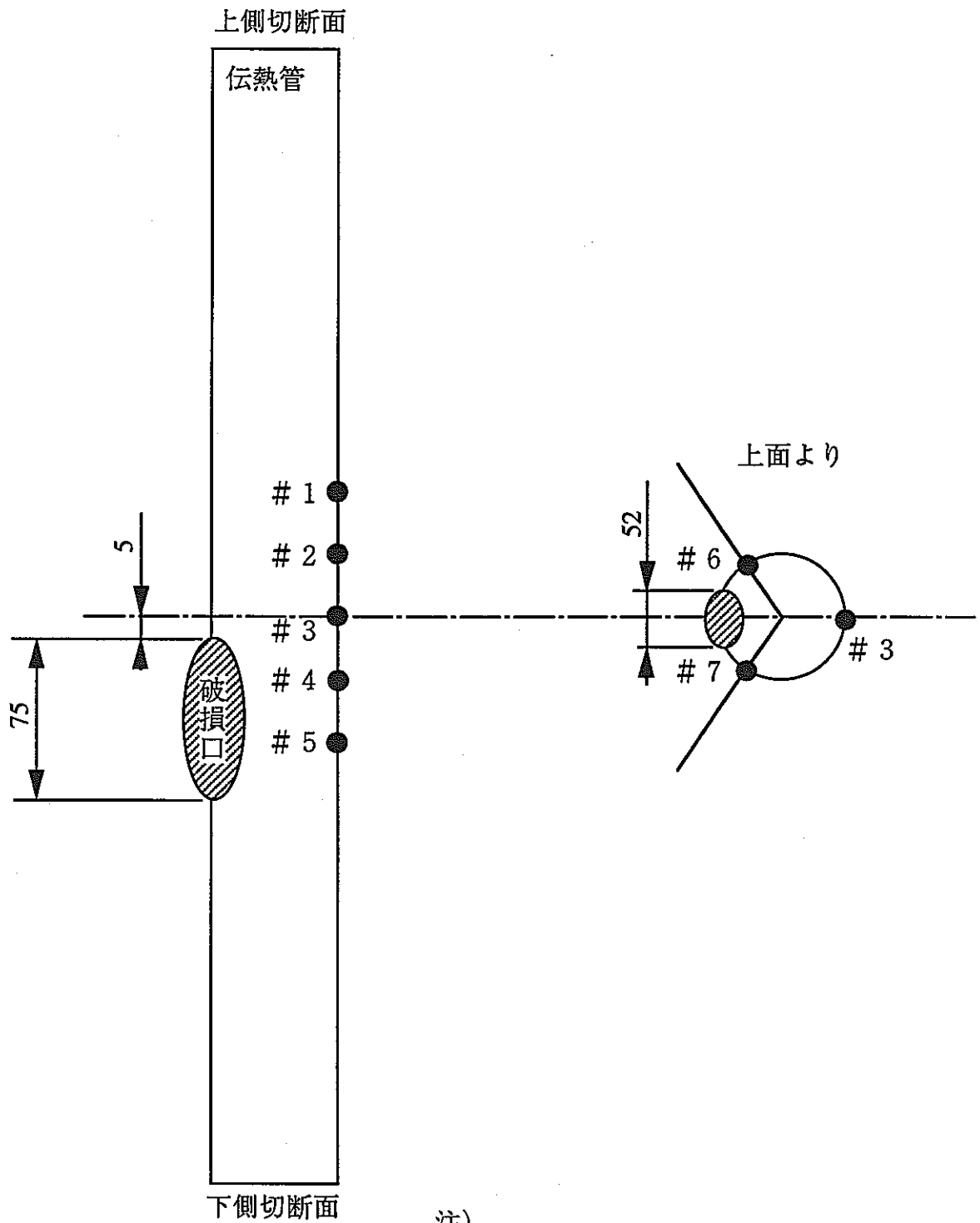
注)
 ●印は熱電対の取付位置を示す。
 破損口に最近傍熱電対は#7
 単位はmm

図 4.4.1-8 伝熱管破損口の位置図 (PM-007)



注)
 ●印は熱電対の取付位置を示す。
 破損口に最近傍熱電対は# 6
 単位はmm

図4.4.1-9 伝熱管破損口の位置図 (PM-008)



注)
●印は熱電対の取付位置を示す。
破損口に最近傍熱電対は# 7
単位はmm

図 4.4.1-1 0 伝熱管破損口の位置図 (PM-009)

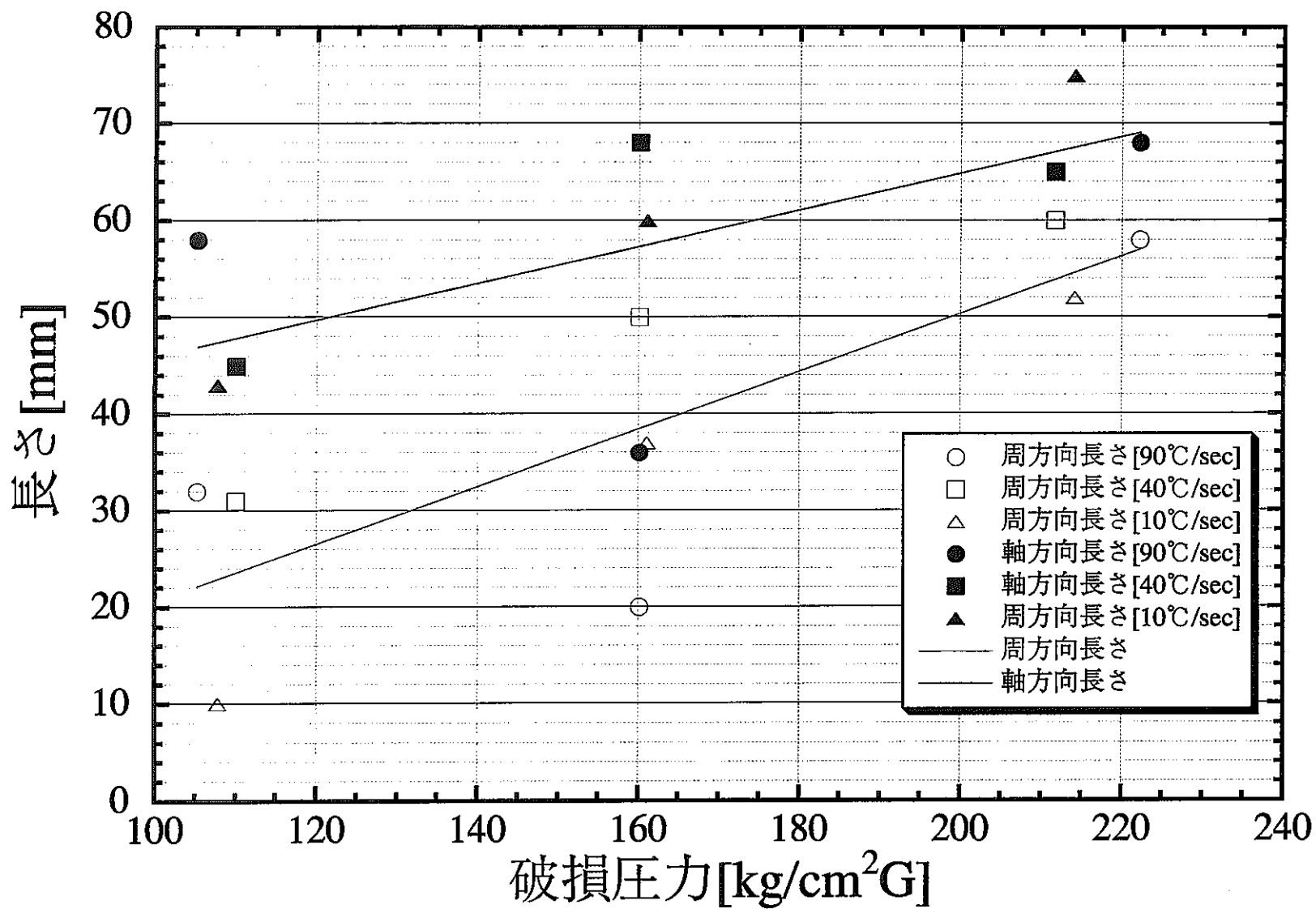


図 4.4.1-1 1 破損圧力と破損口径

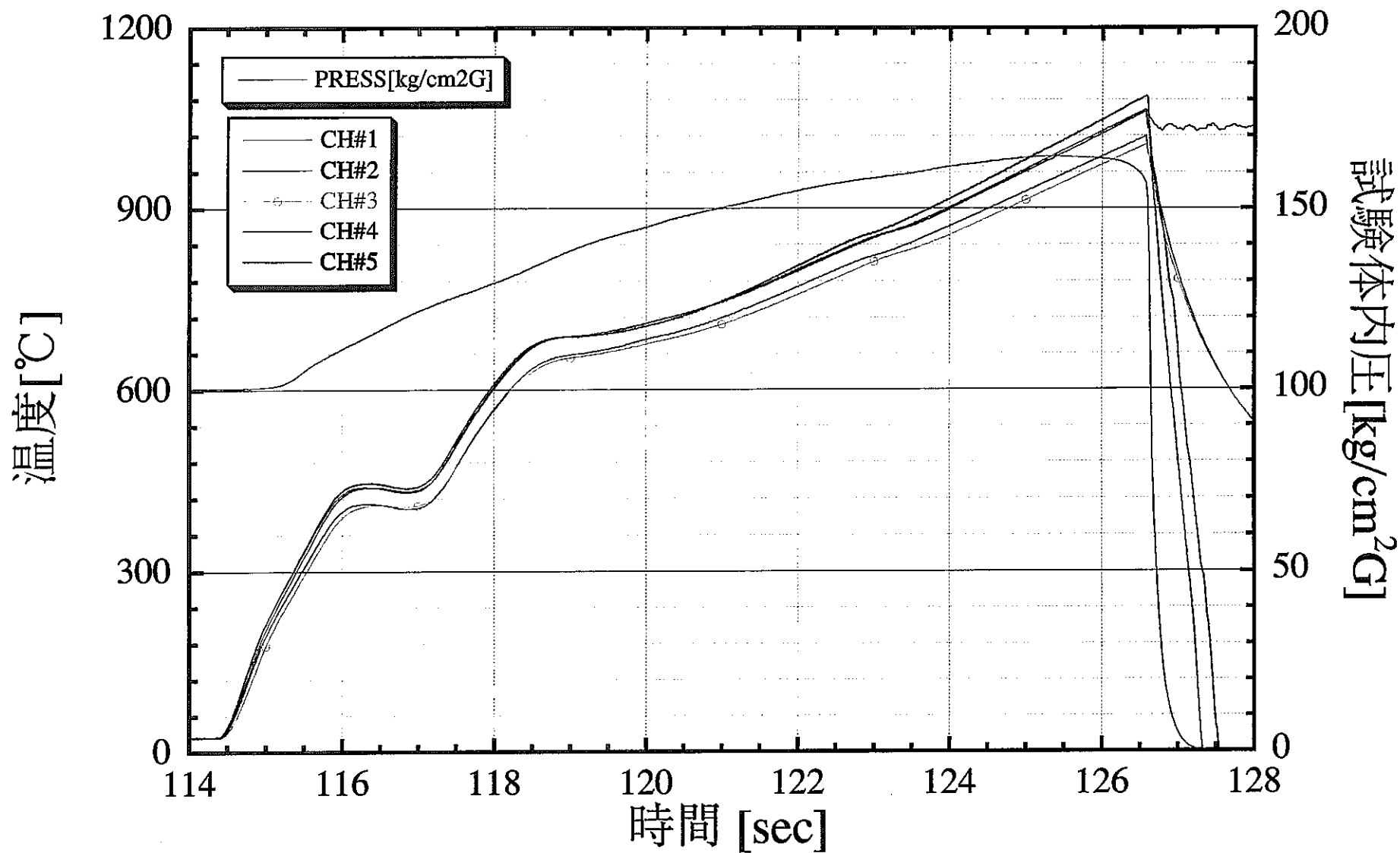


図 4.4.2-1 (A) パラメータ試験結果(PM-001)

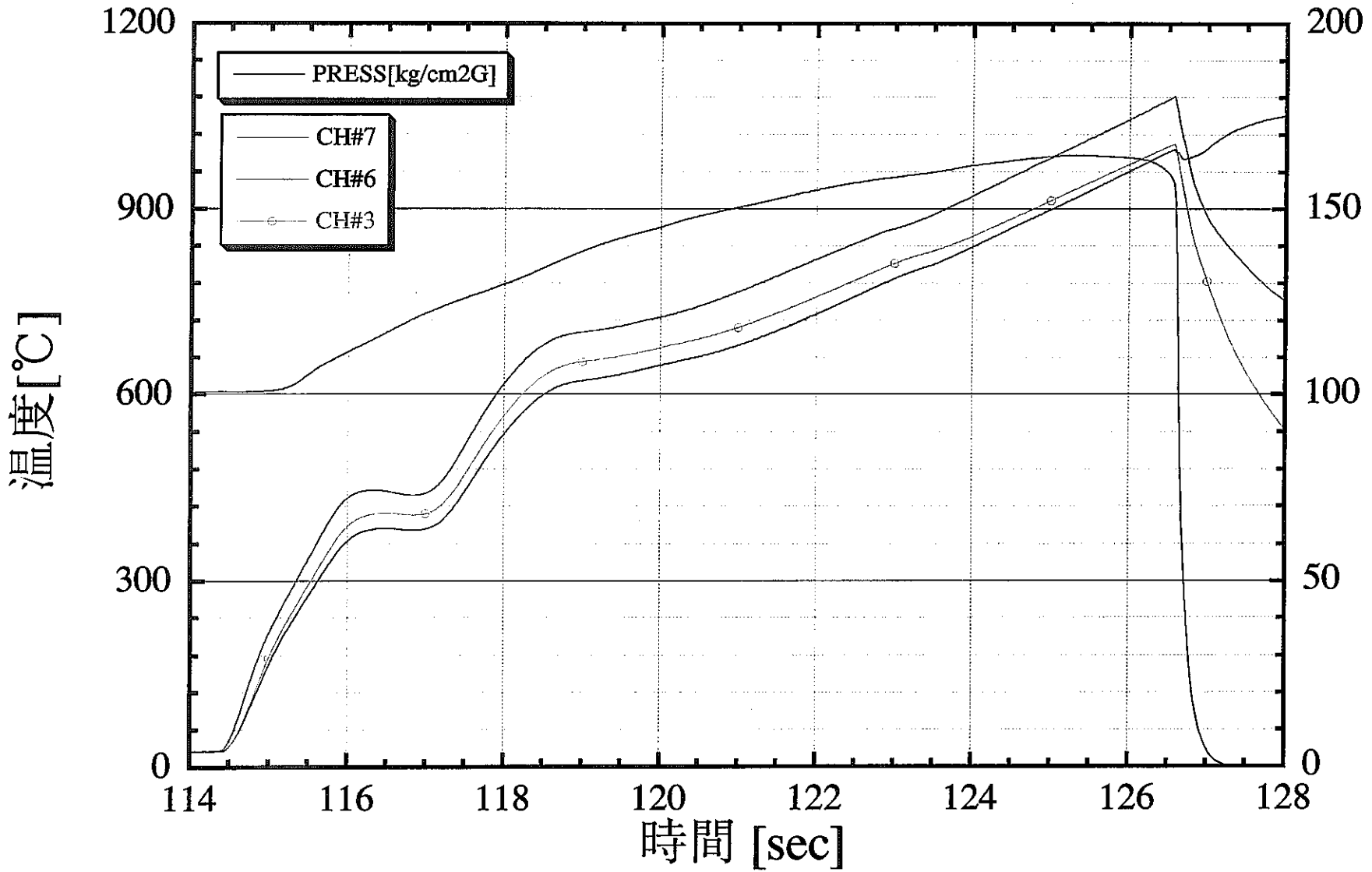
試験体内圧 [kg/cm²G]

図 4.4.2-1 (B) パラメータ試験結果 (PM-001)

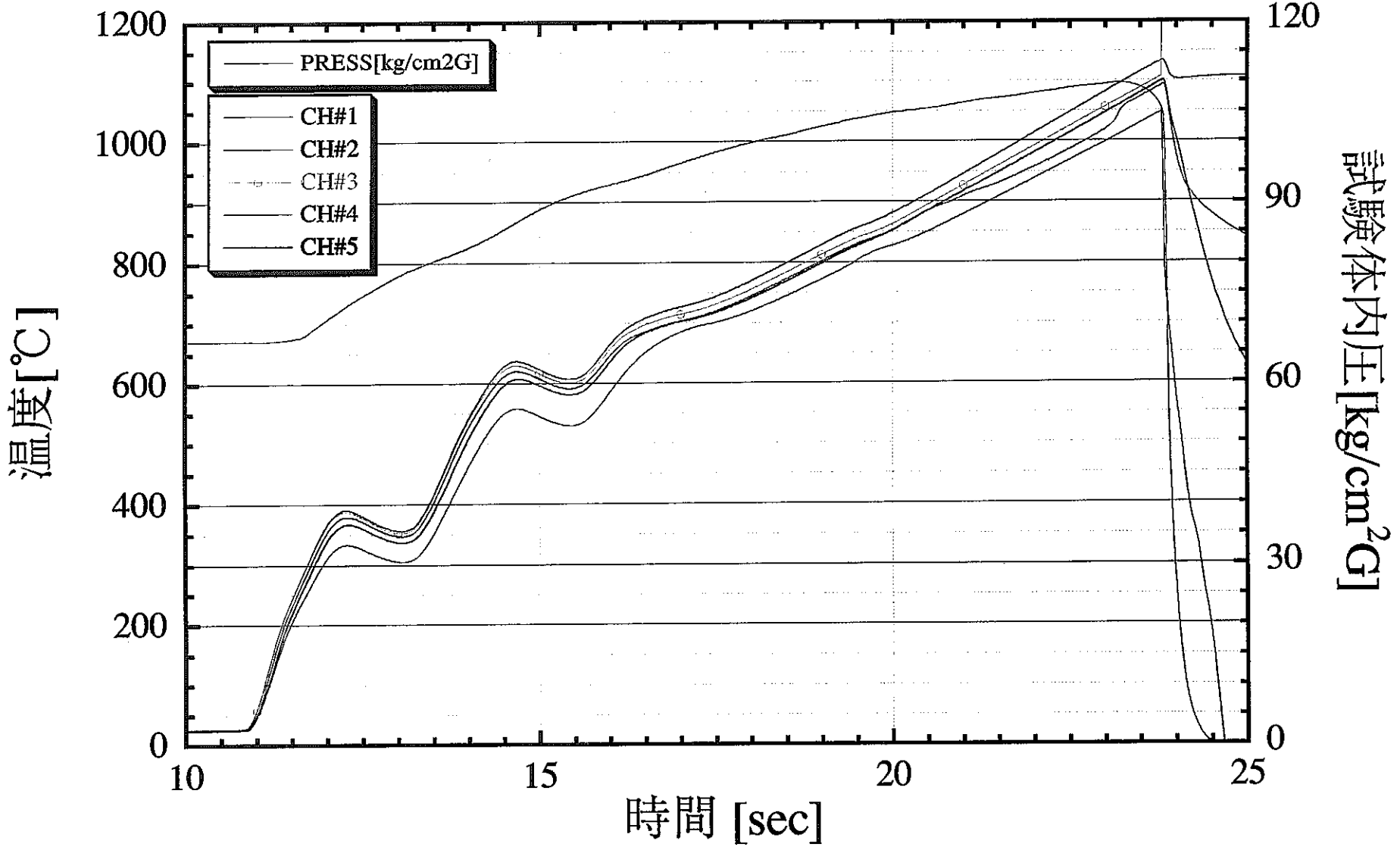


図 4.4.2-2 (A) パラメータ試験結果(PM-002)

試験体内圧 [kg/cm²G]

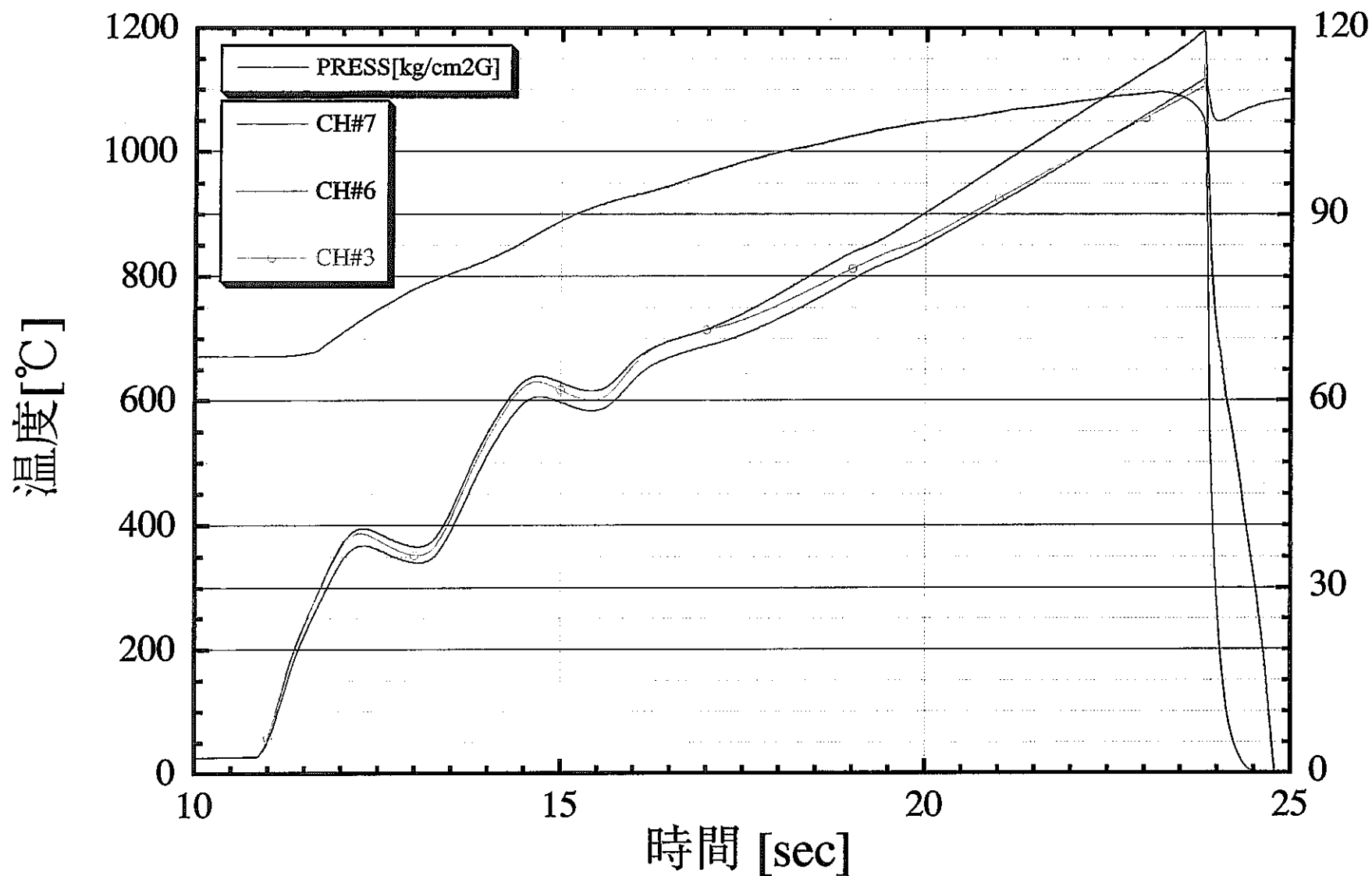


図 4.4.2-2 (B) パラメータ試験結果 (PM-002)

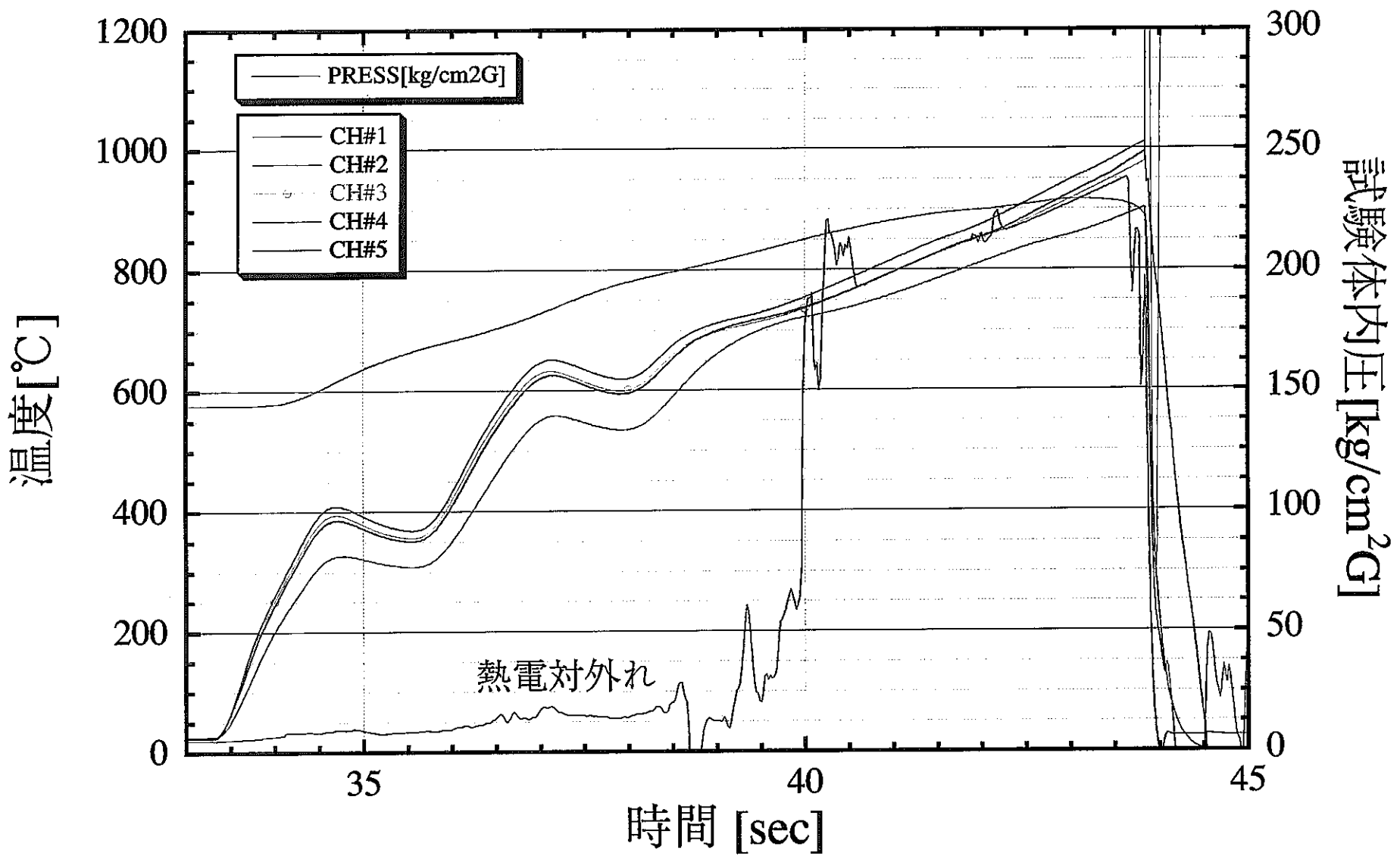


図 4.4.2-3 (A) パラメータ試験結果(PM-003)

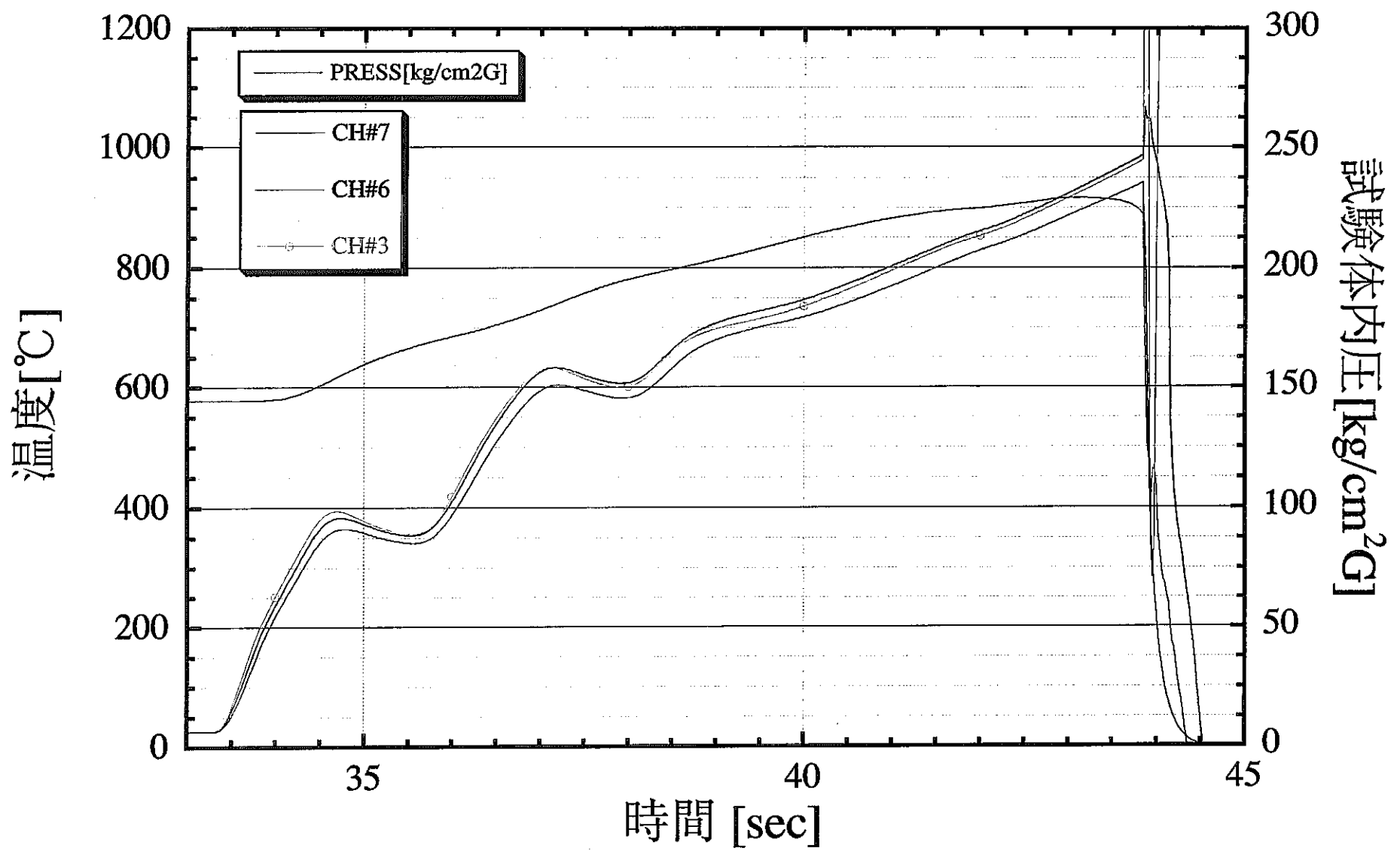


図 4.4.2-3 (B) パラメータ試験結果(PM-003)

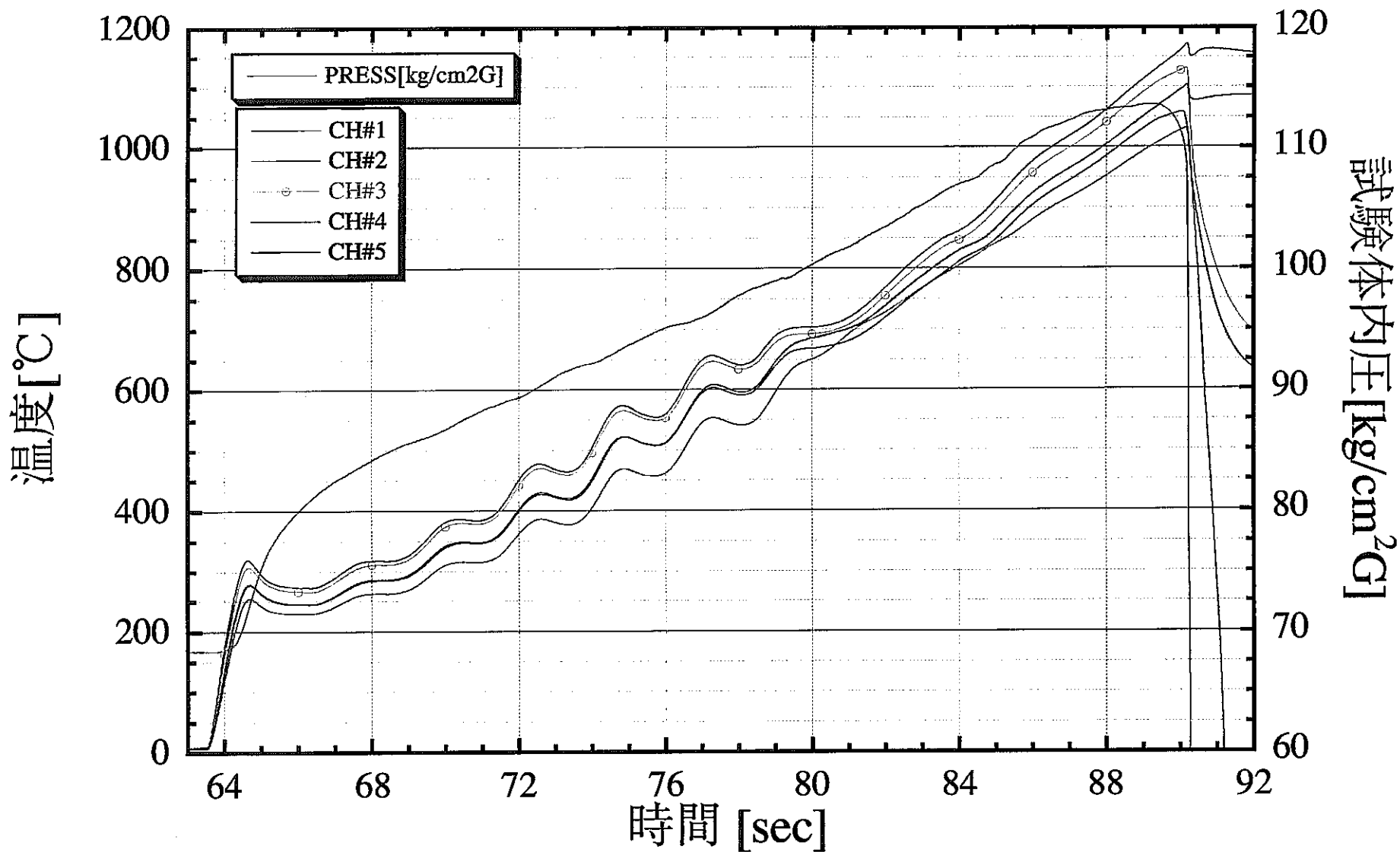


図 4.4.2-4 (A) パラメータ試験結果(PM-004)

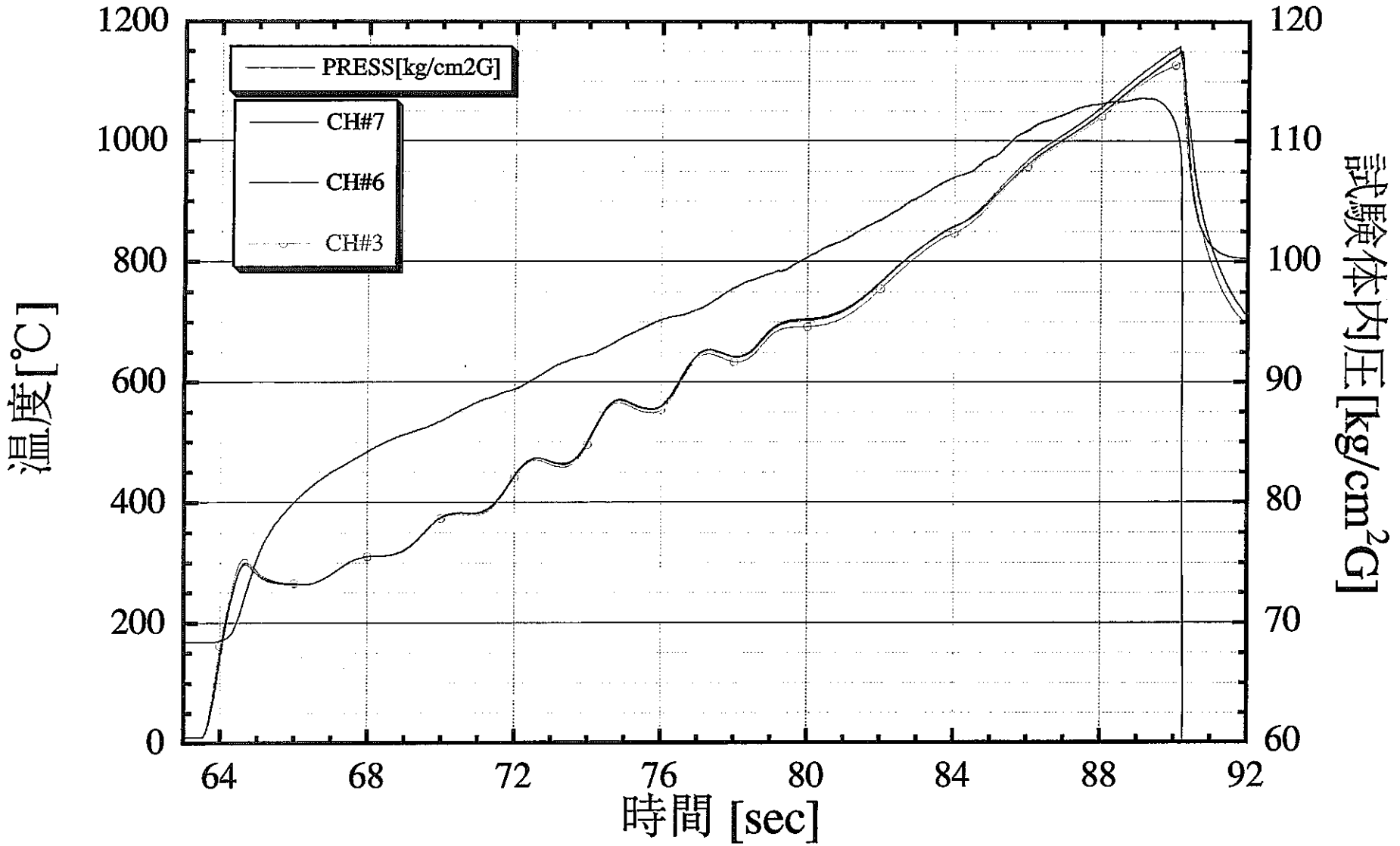


図 4.4.2-4 (B) パラメータ試験結果(PM-004)

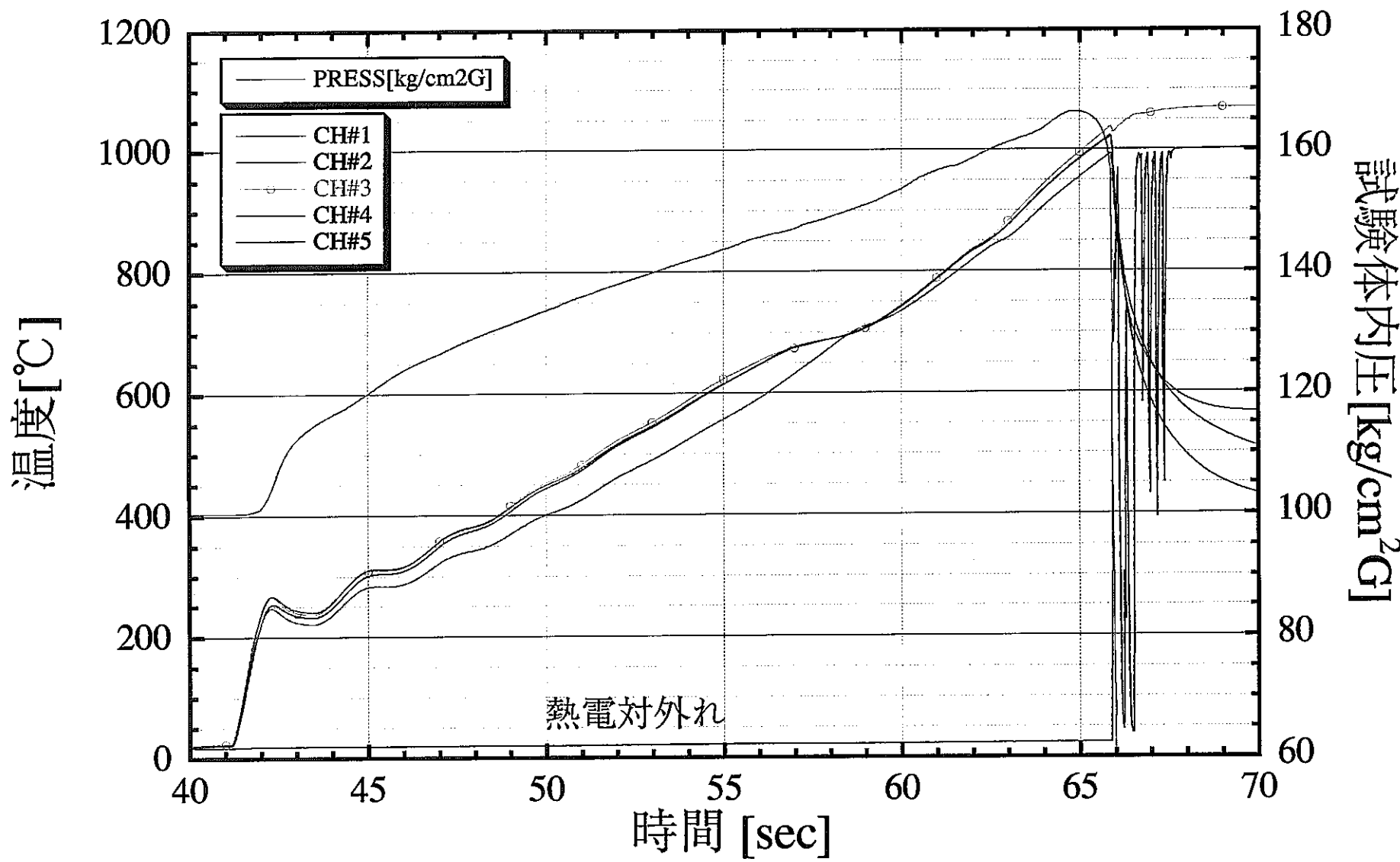


図 4.4.2-5 (A) パラメータ試験結果 (PM-005)

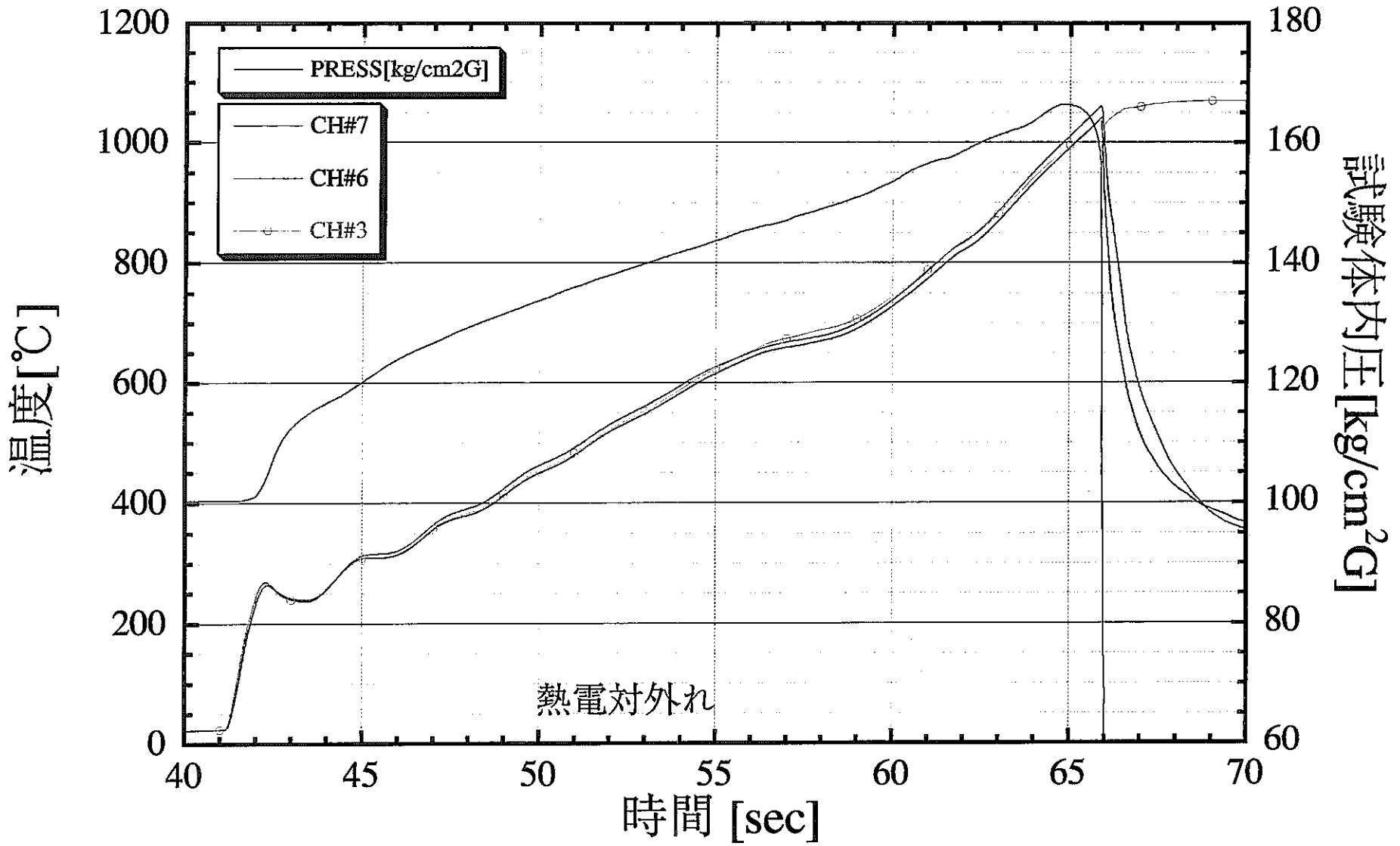


図 4.4.2-5 (B) パラメータ試験結果(PM-005)

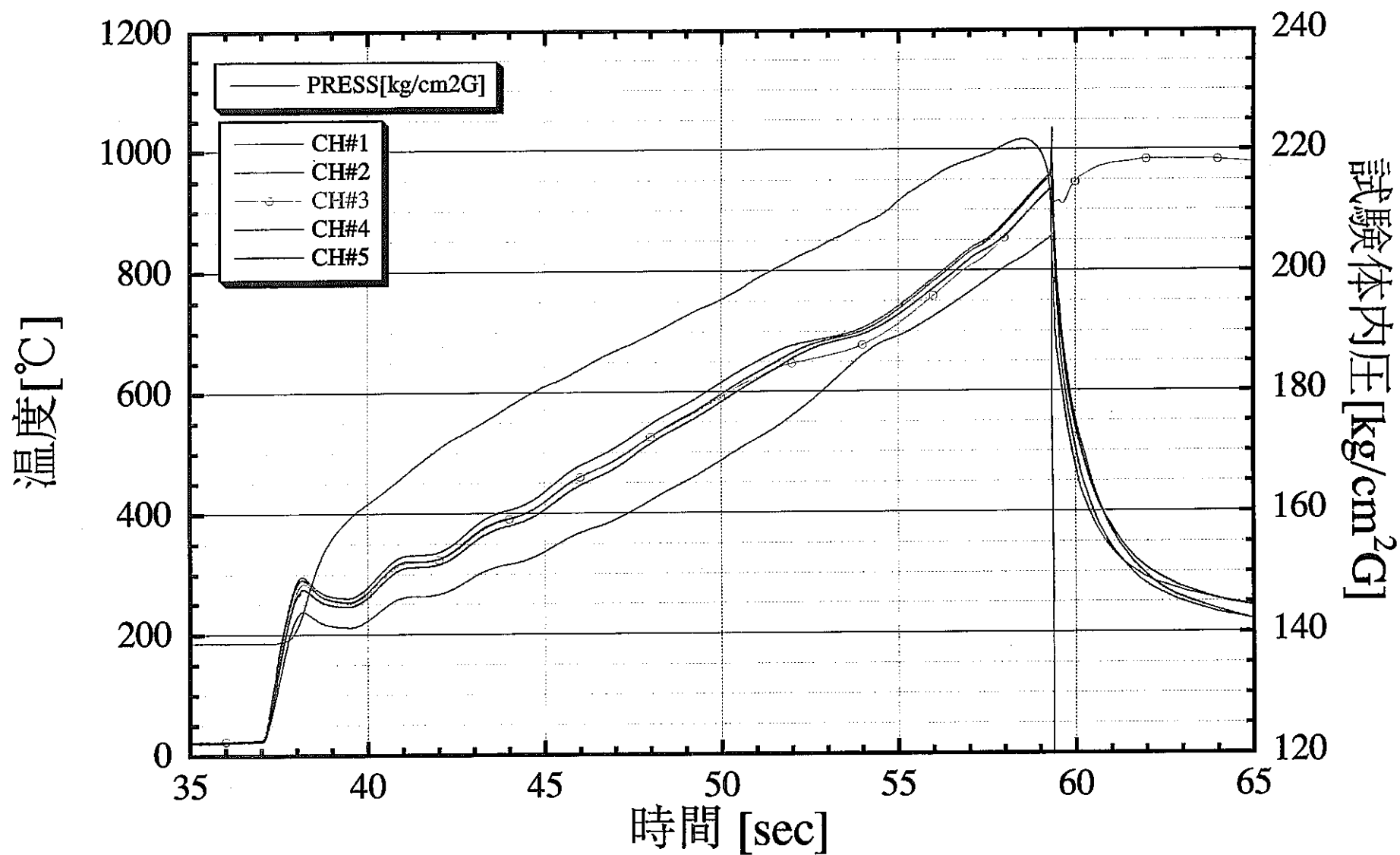


図 4.4.2-6 (A) パラメータ試験結果(PM-006)

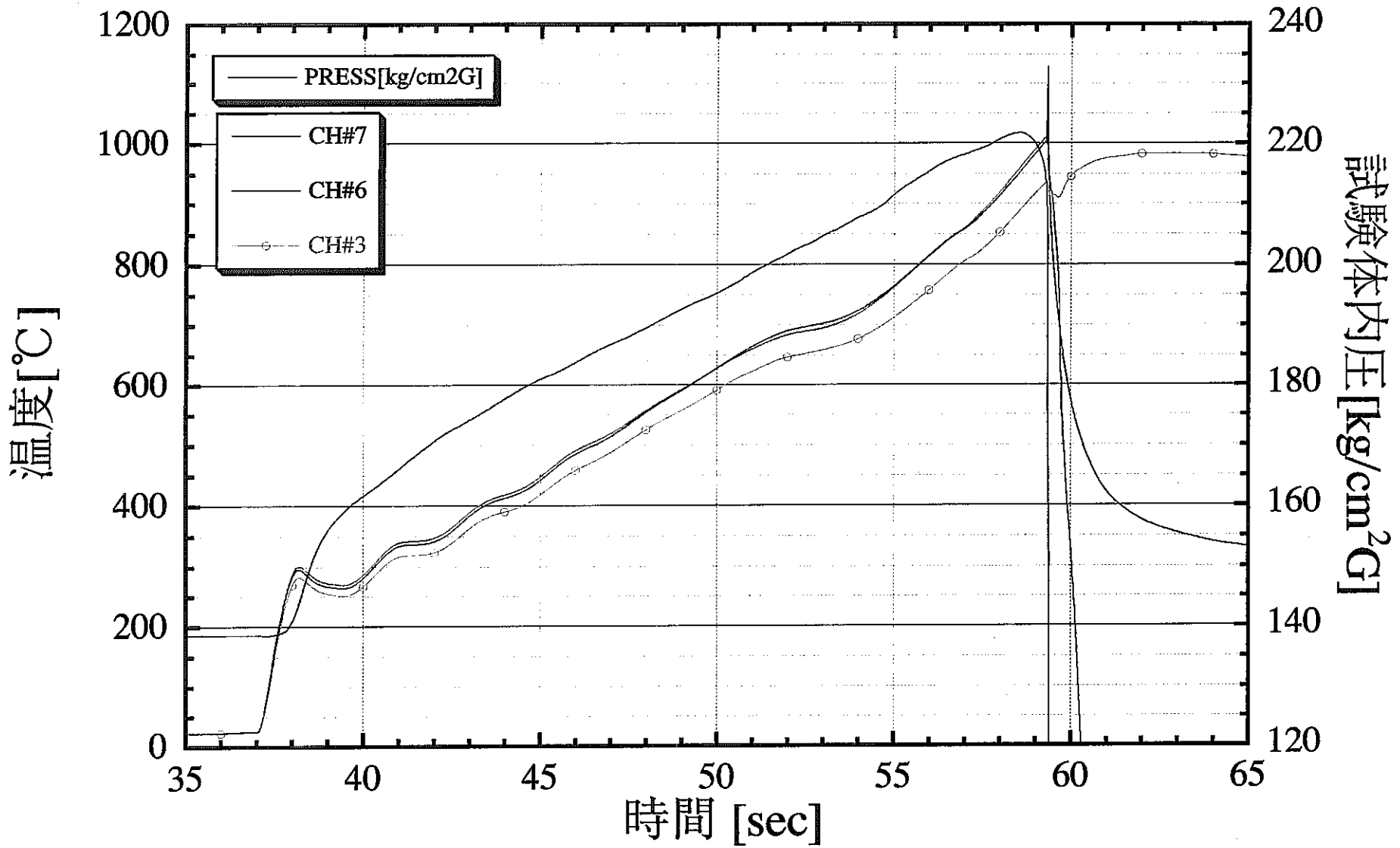


図 4.4.2-6 (B) パラメータ試験結果 (PM-006)

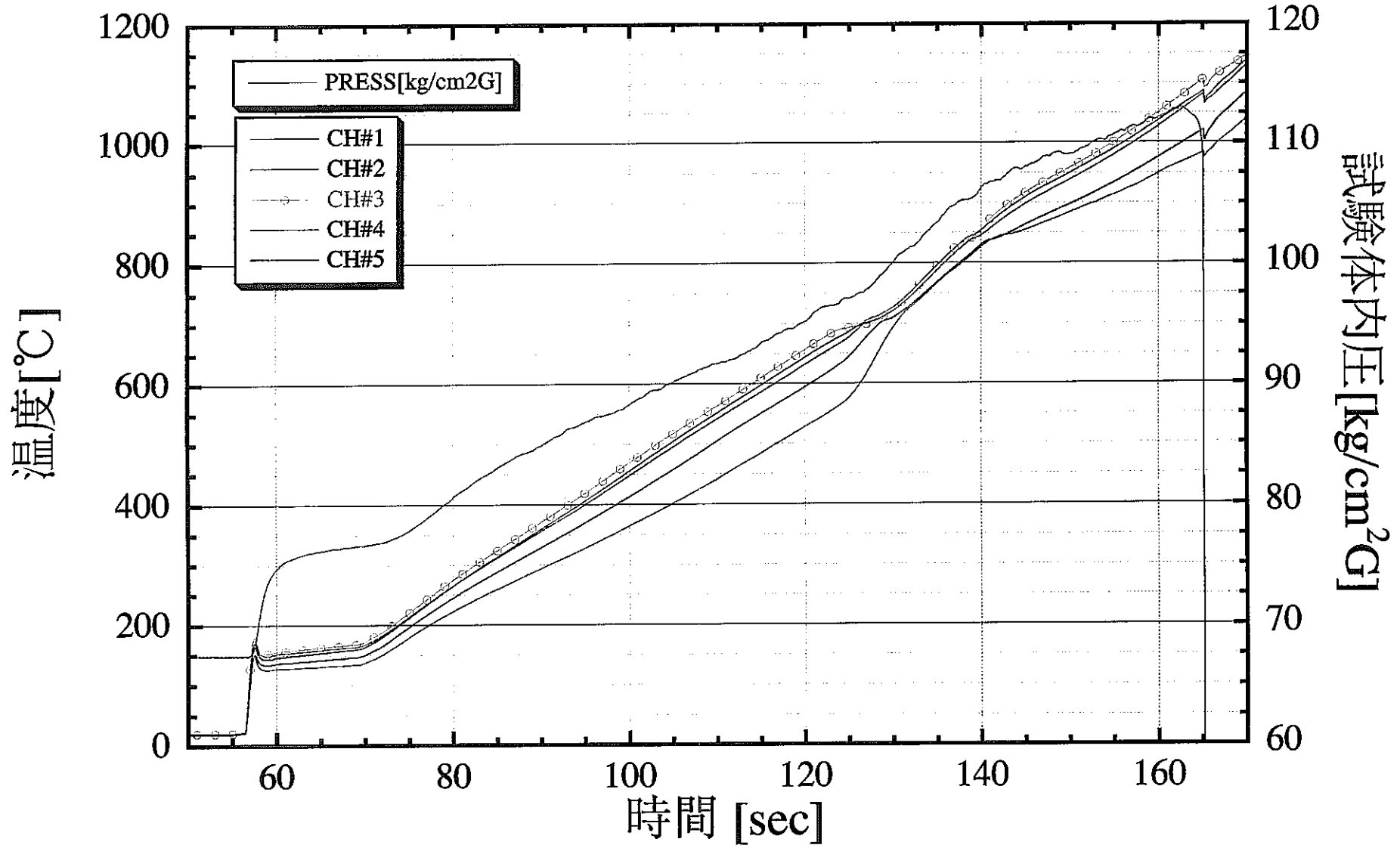


図 4.4.2-7 (A) パラメータ試験結果(PM-007)

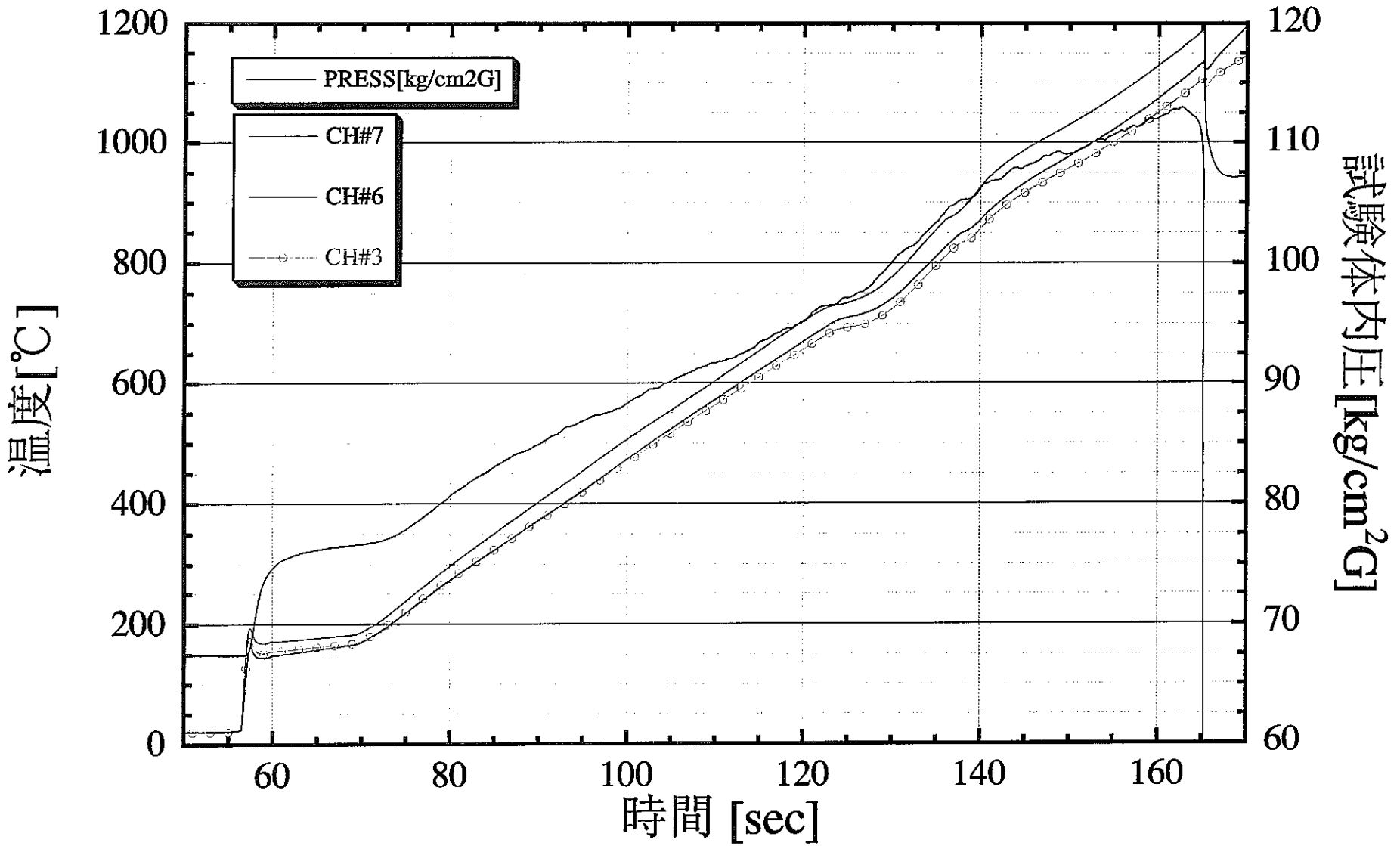


図 4.4.2-7 (B) パラメータ試験結果(PM-007)

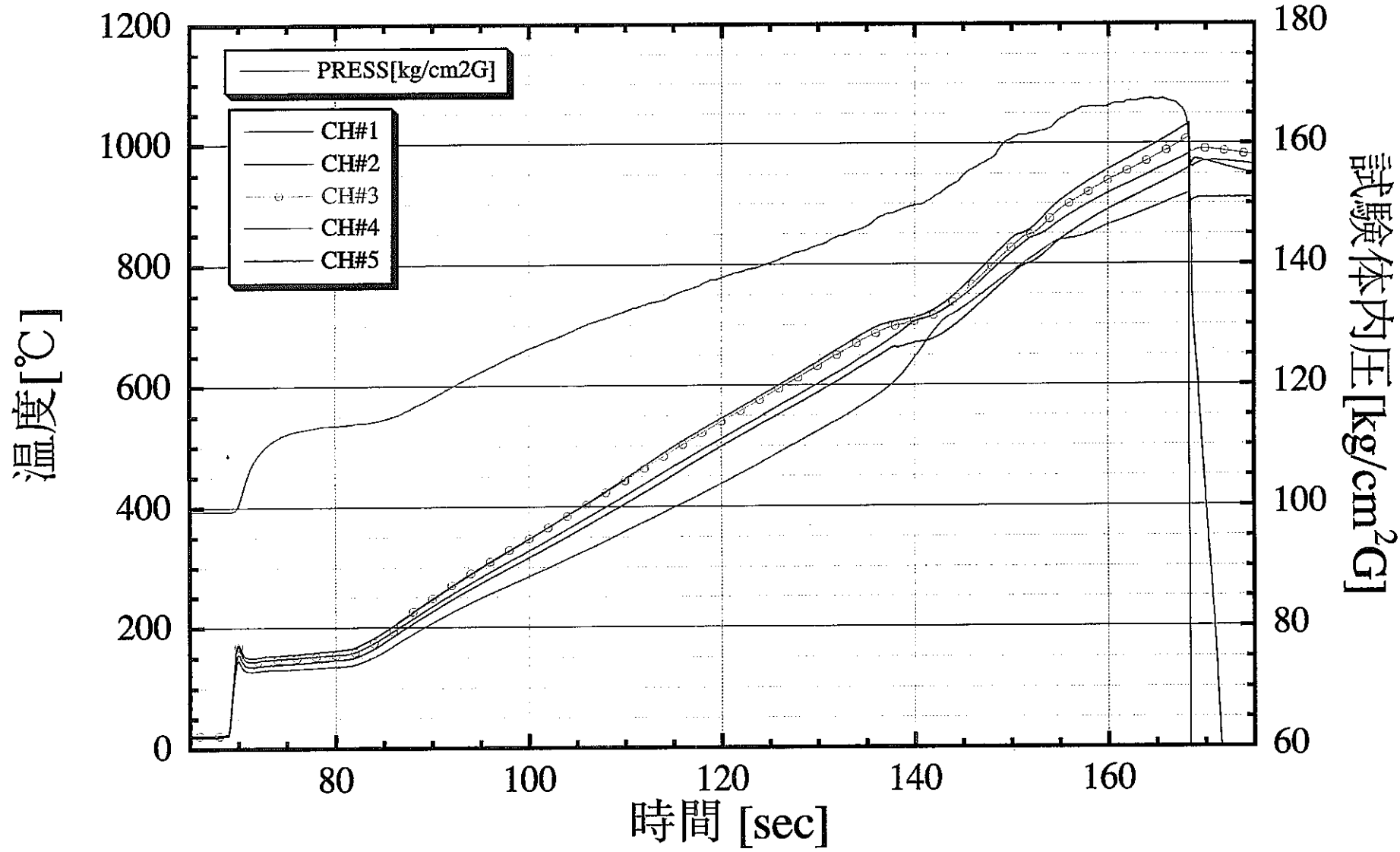


図 4.4.2-8 (A) パラメータ試験結果(PM-008)

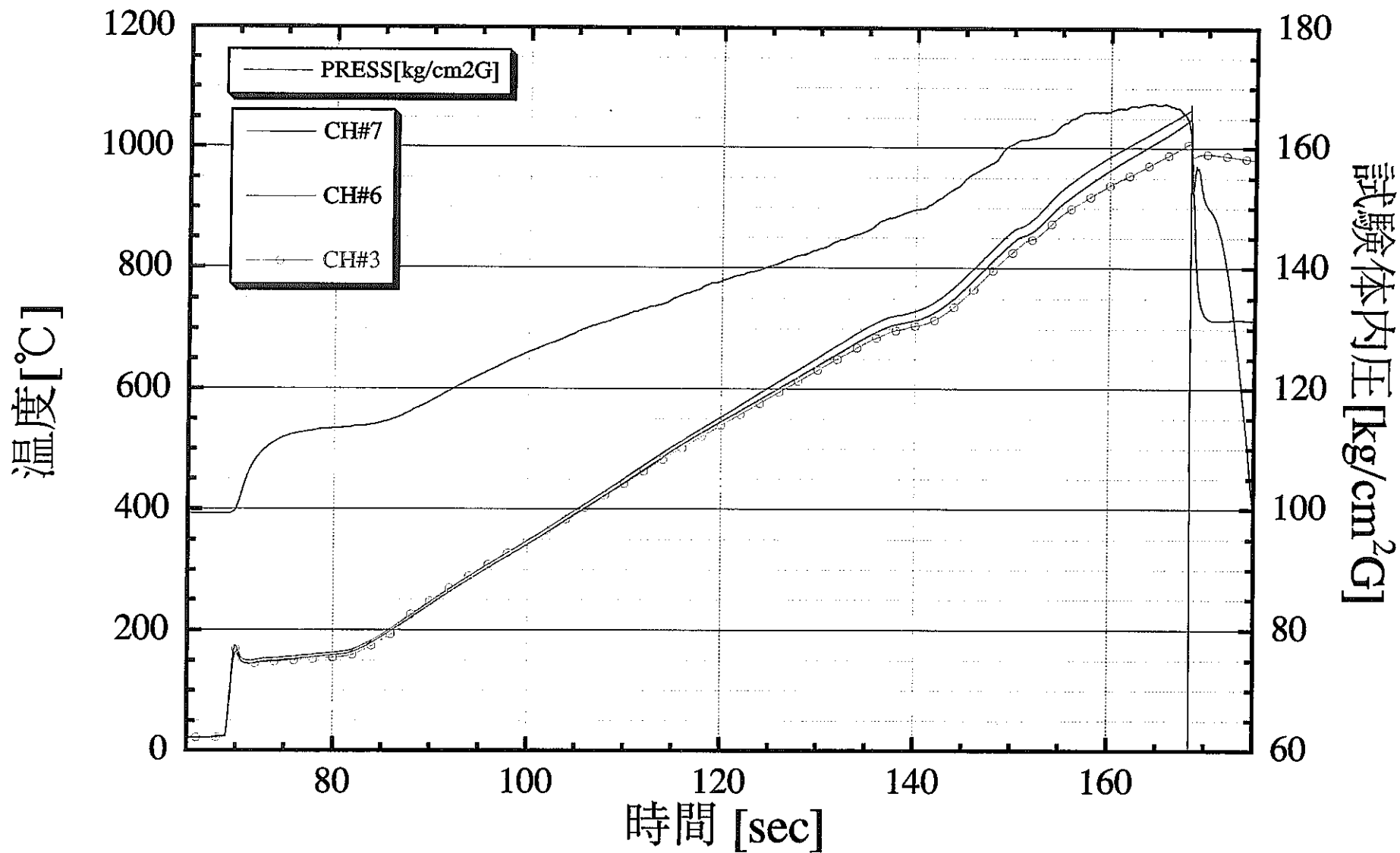


図 4.4.2-8 (B) パラメータ試験結果(PM-008)

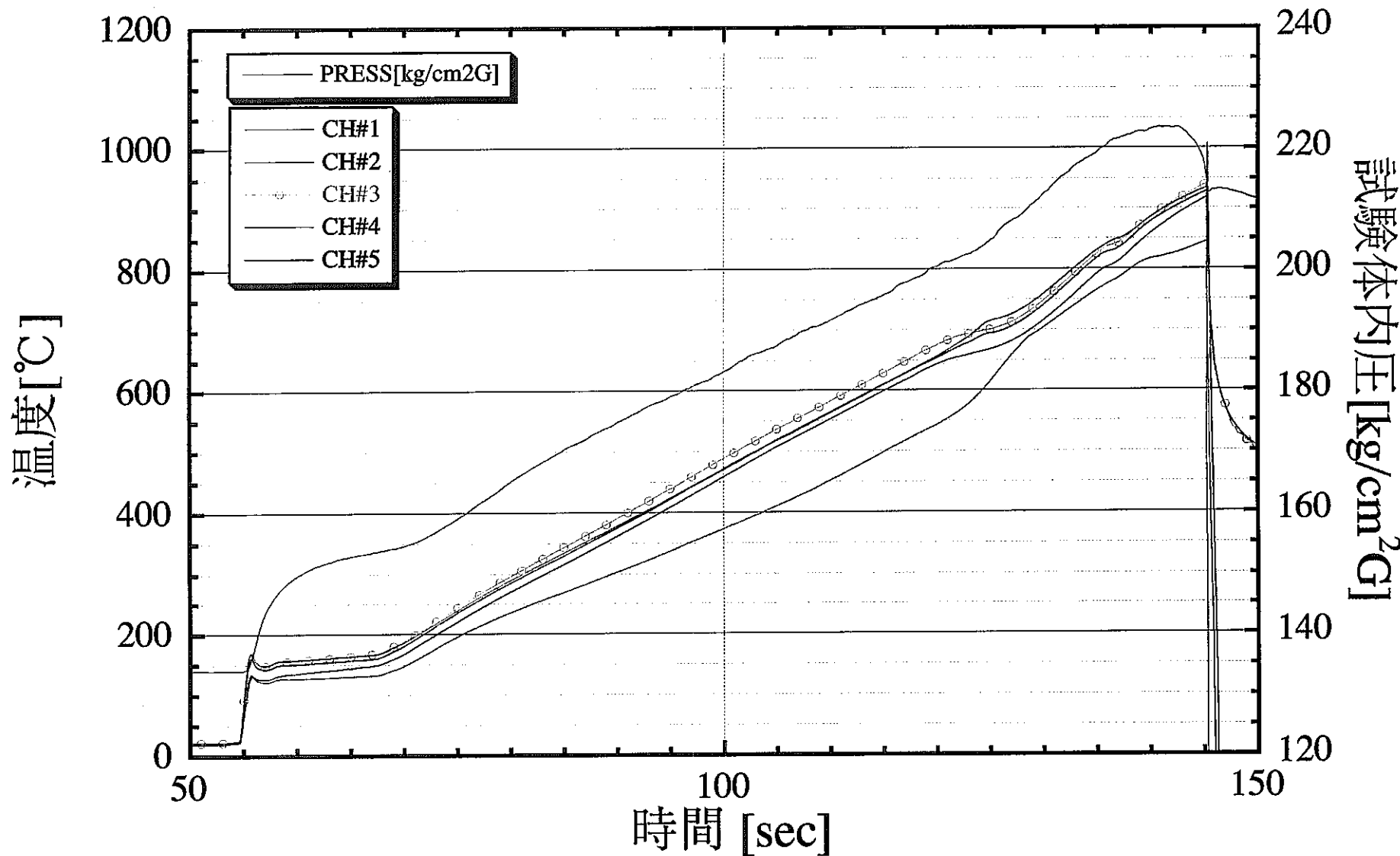


図 4.4.2-9 (A) パラメータ試験結果(PM-009)

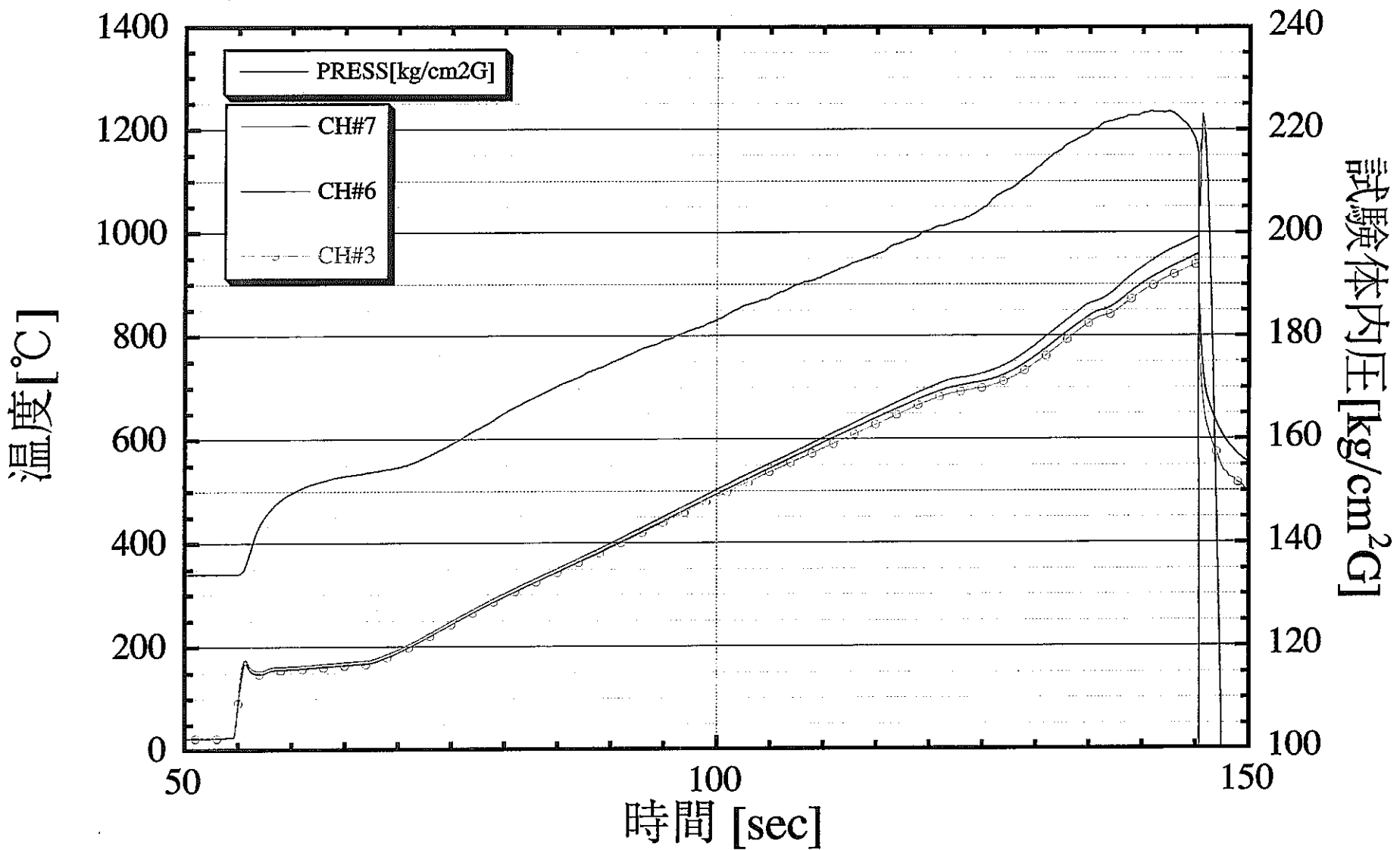


図 4.4.2-9 (B) パラメータ試験結果(PM-009)

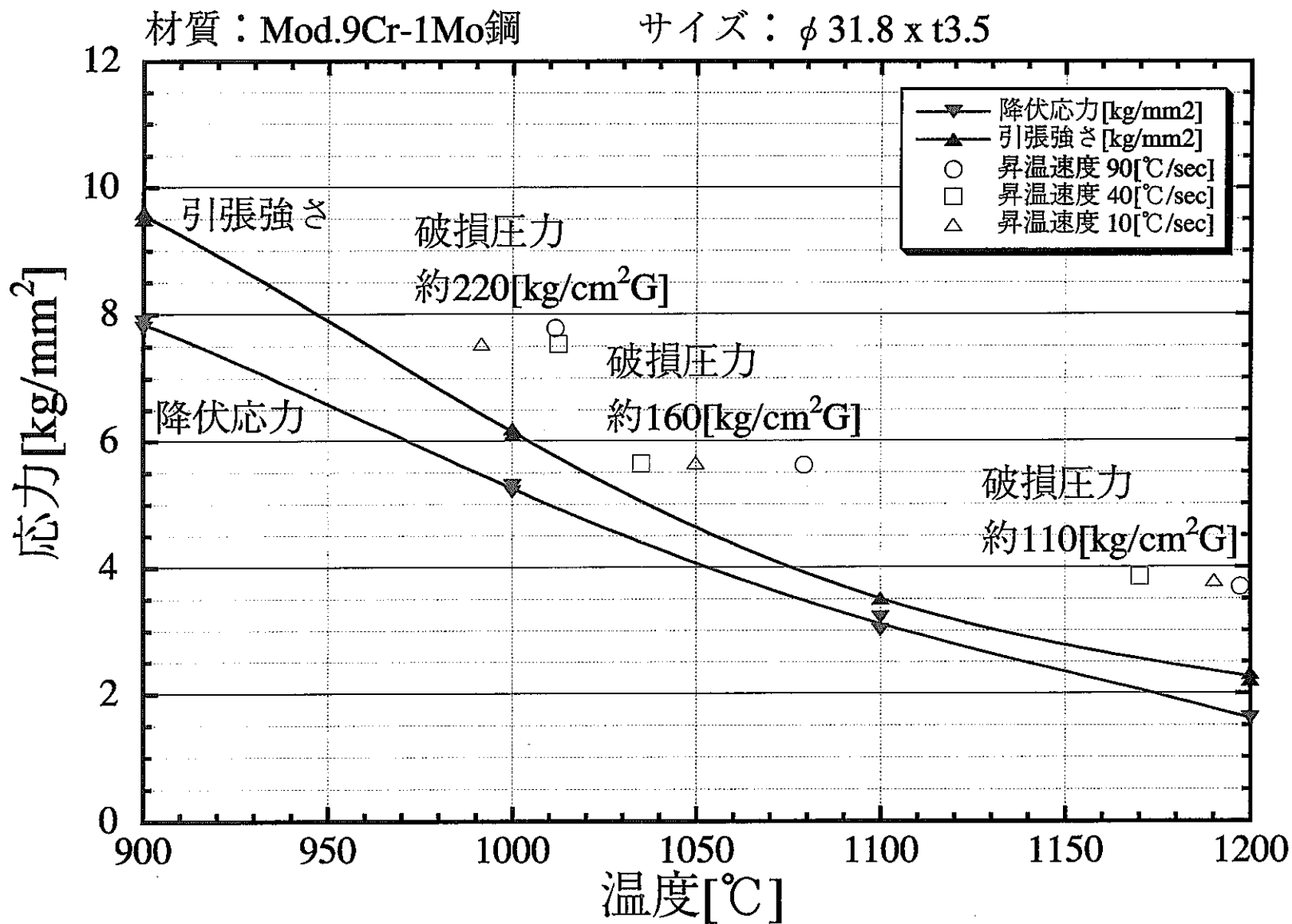


図 4.4.2-10 パラメータ試験結果

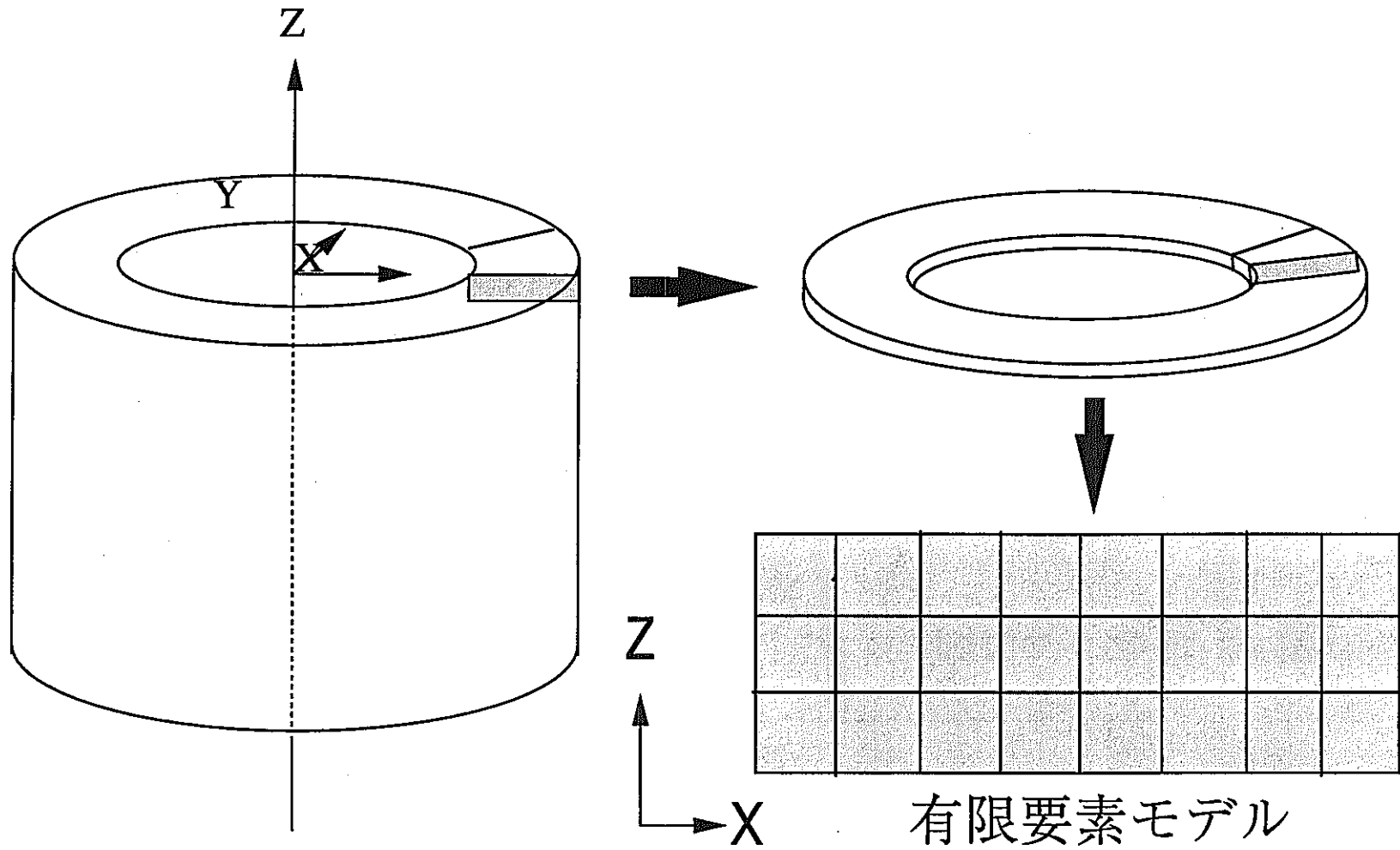


図 5.1.2-1 有限要素モデル

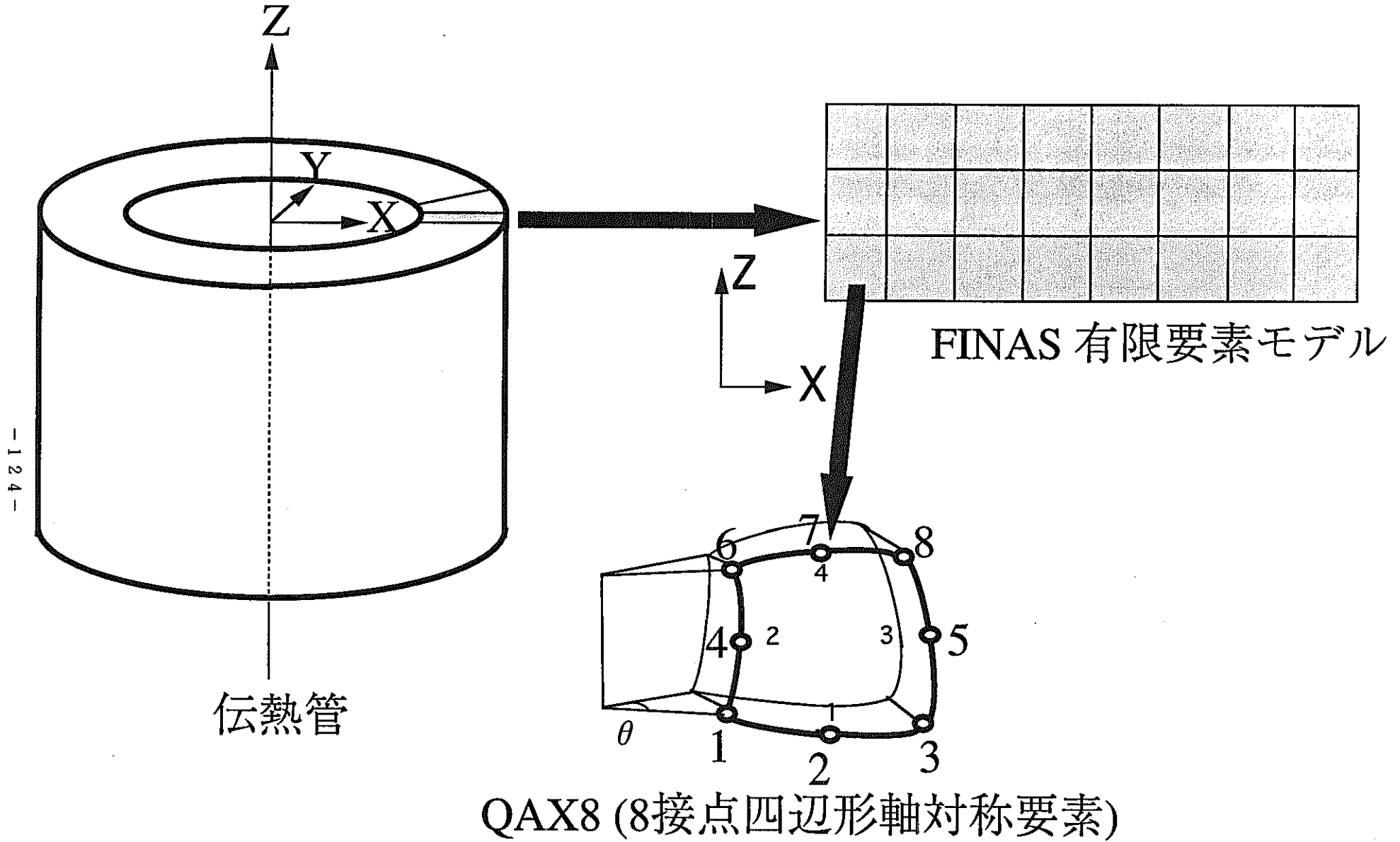


図5.1.3-1 解析モデル使用要素

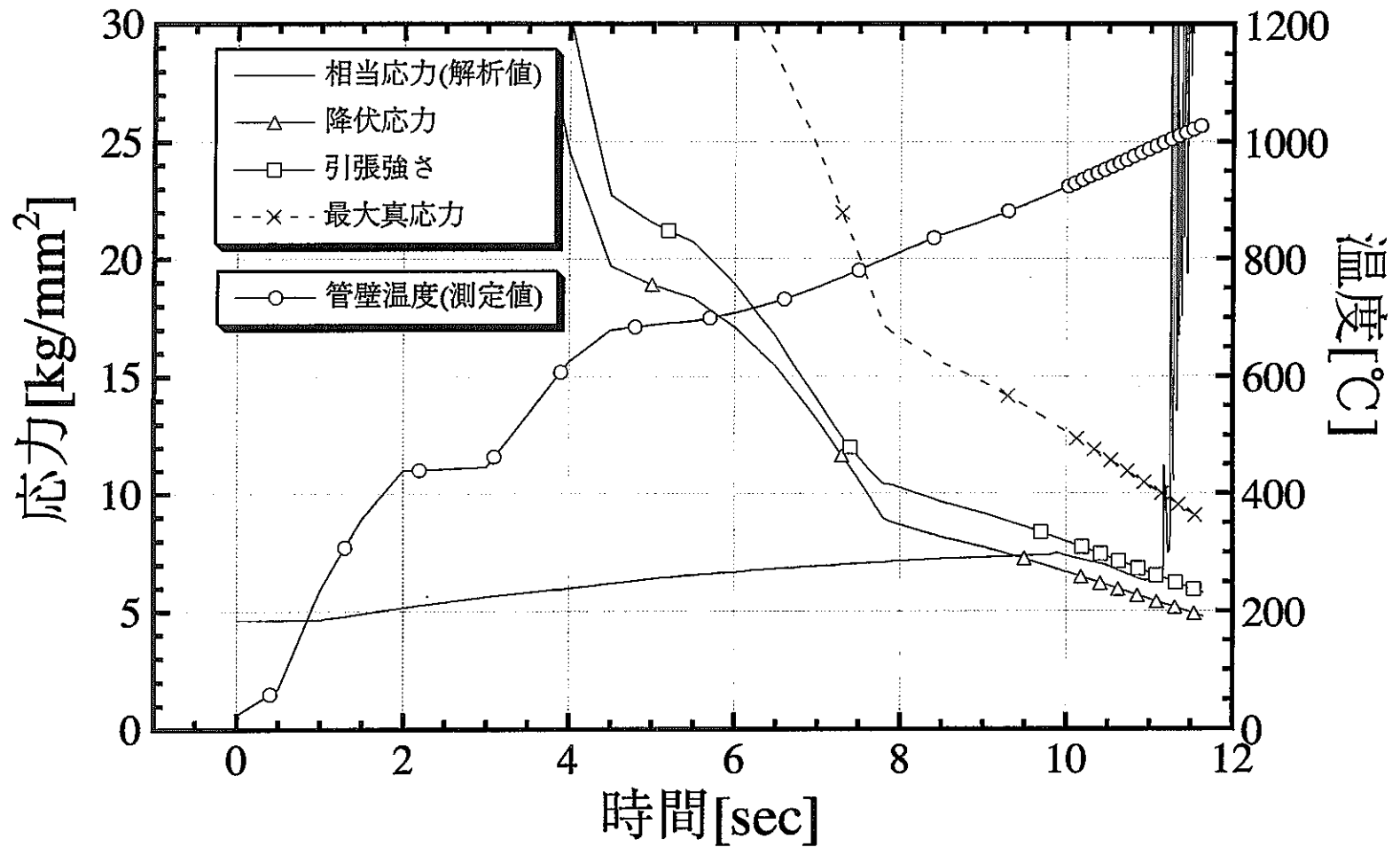


図5.3-1(A) 試験解析結果(PM-001)

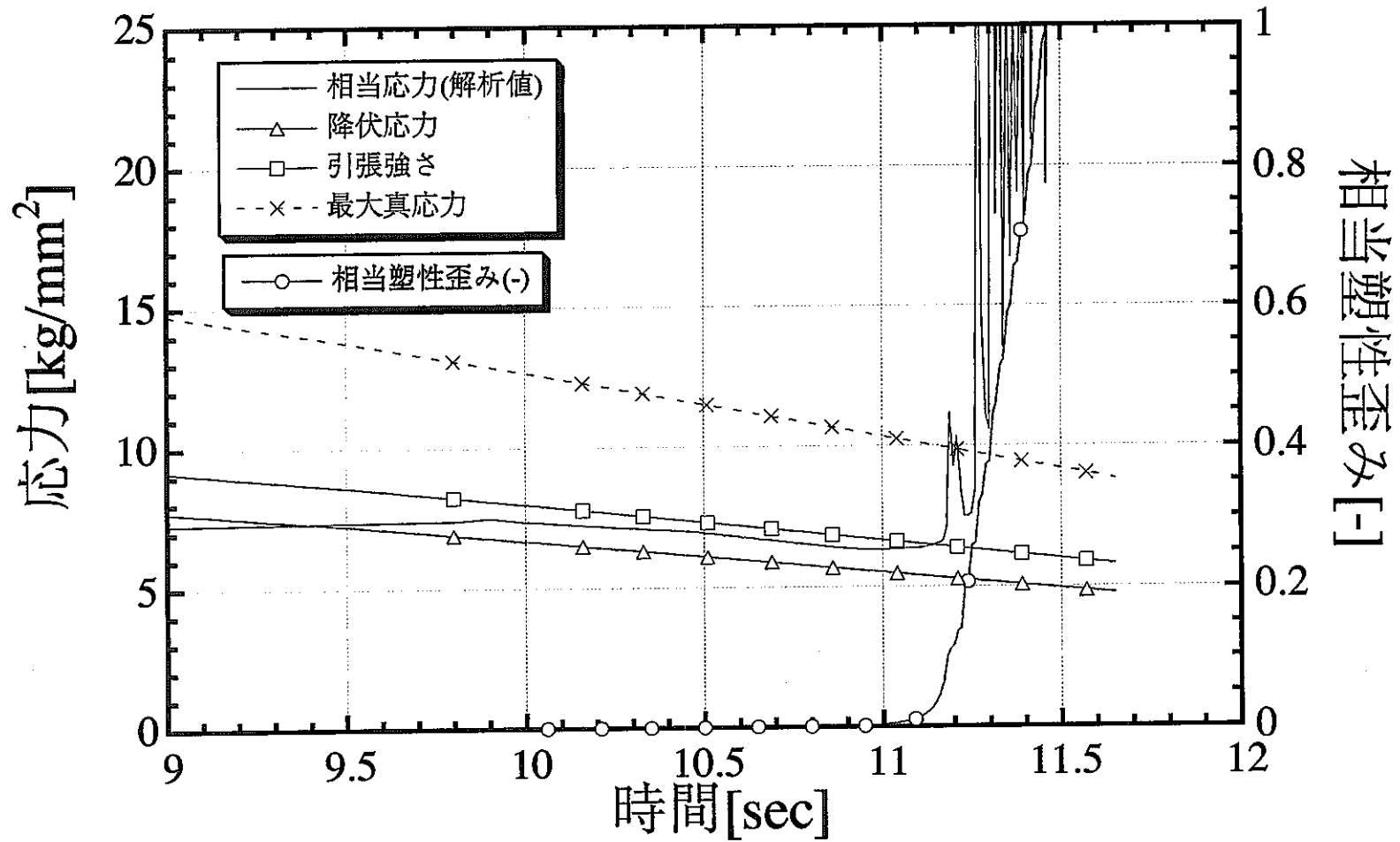


図5.3-1(B) 試験解析結果(PM-001)

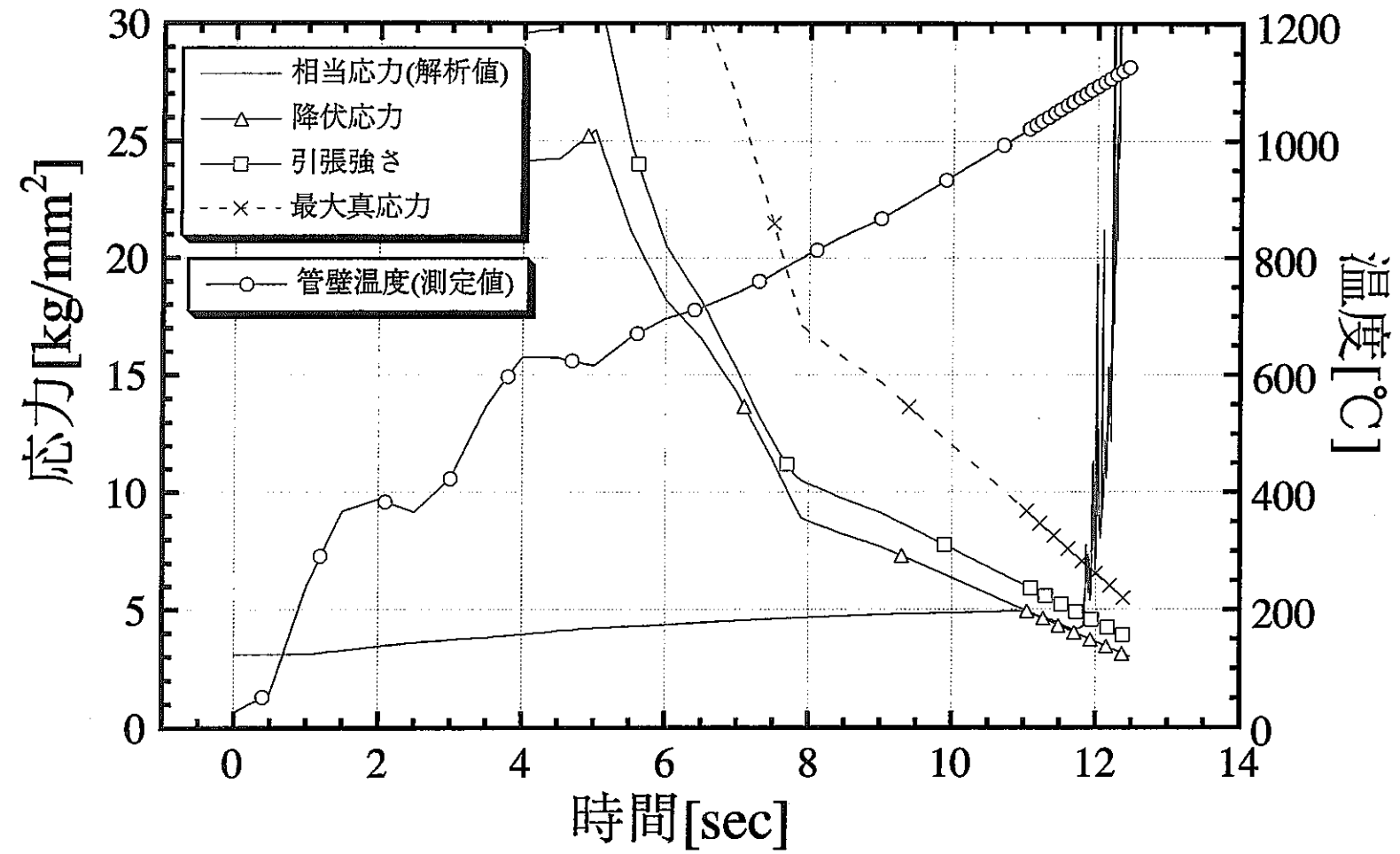


図5.3-2(A) 試験解析結果(PM-002)

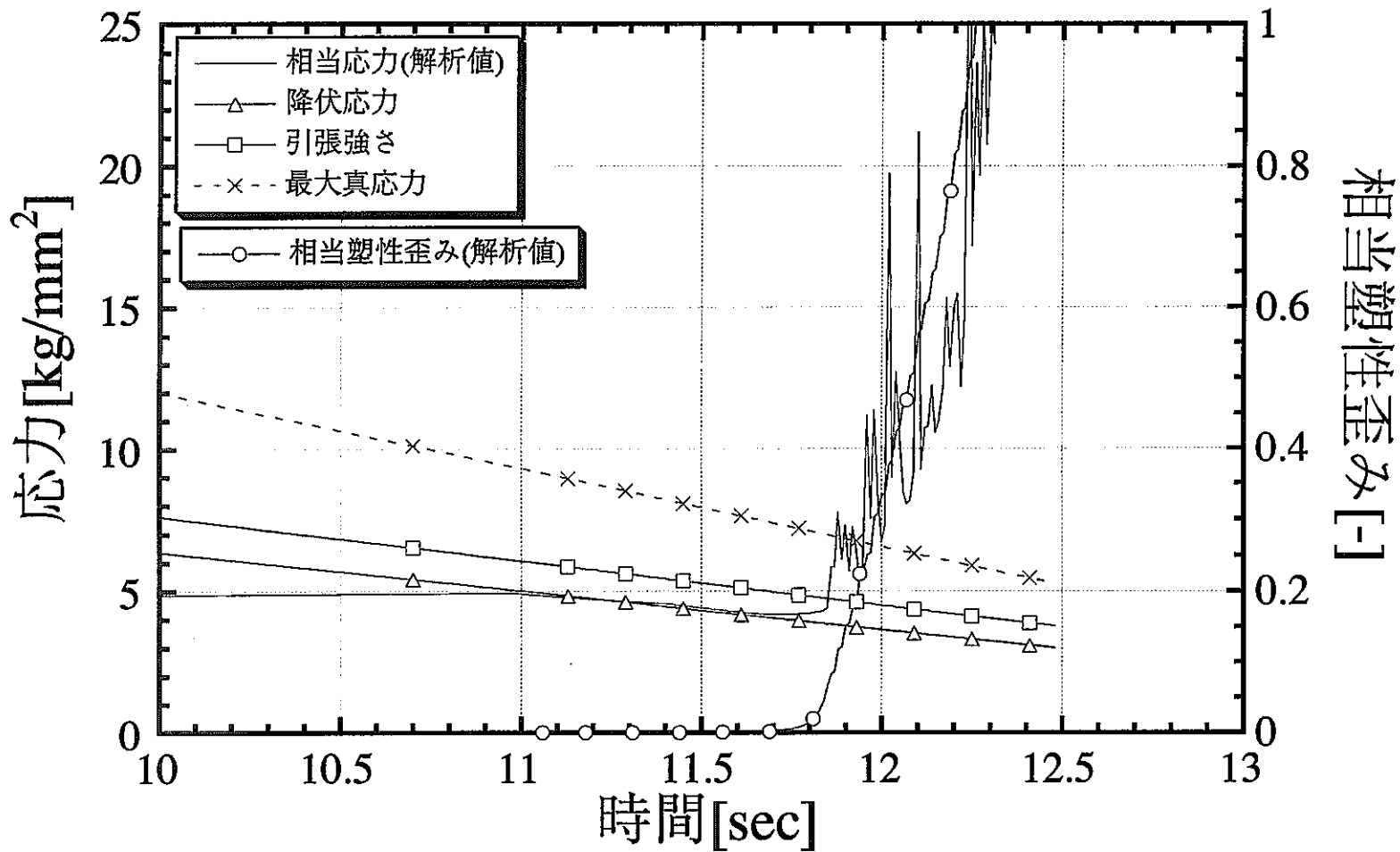


図5.3-2(B) 試験解析結果(PM-002)

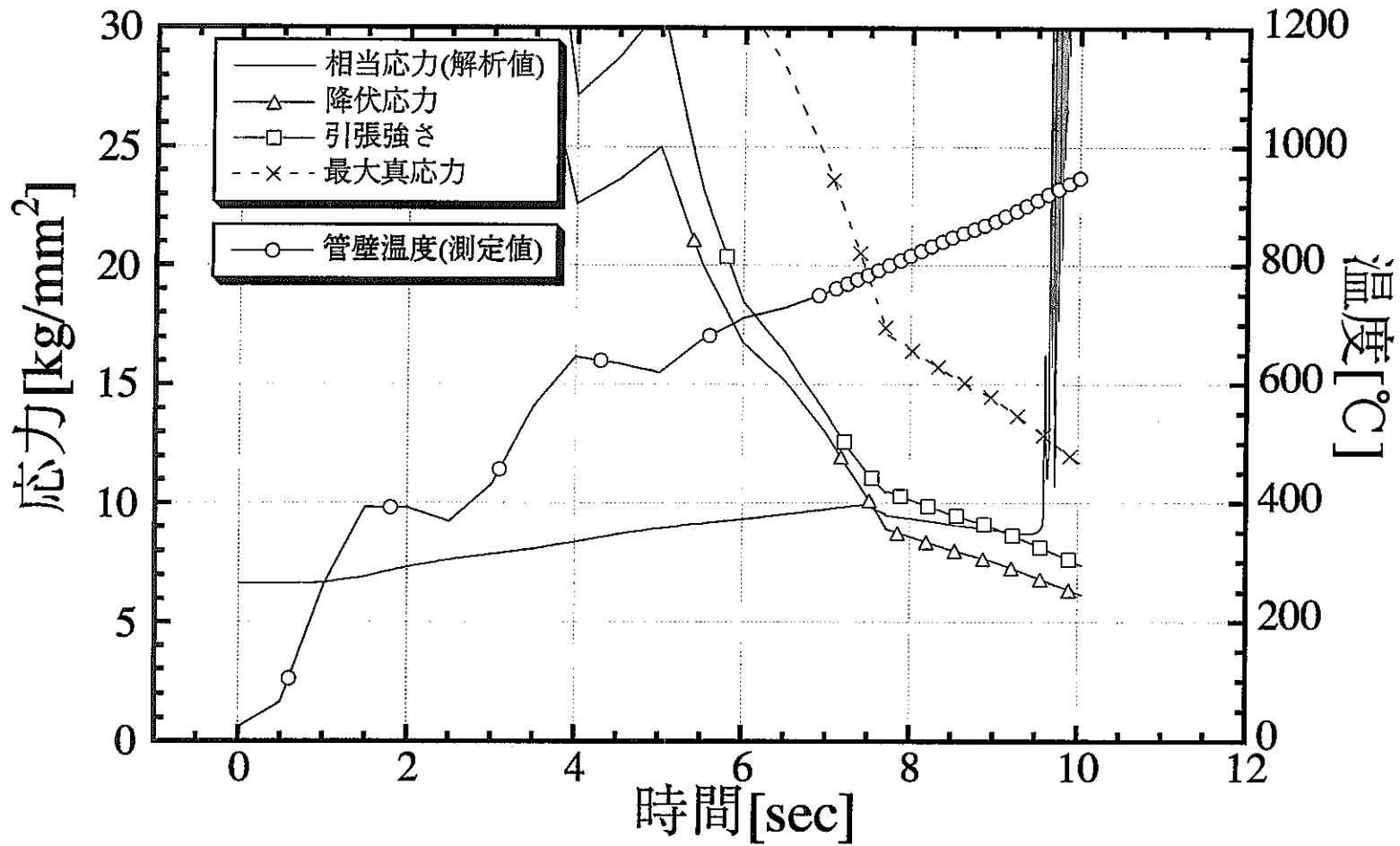


図5.3-3(A) 試験解析結果(PM-003)

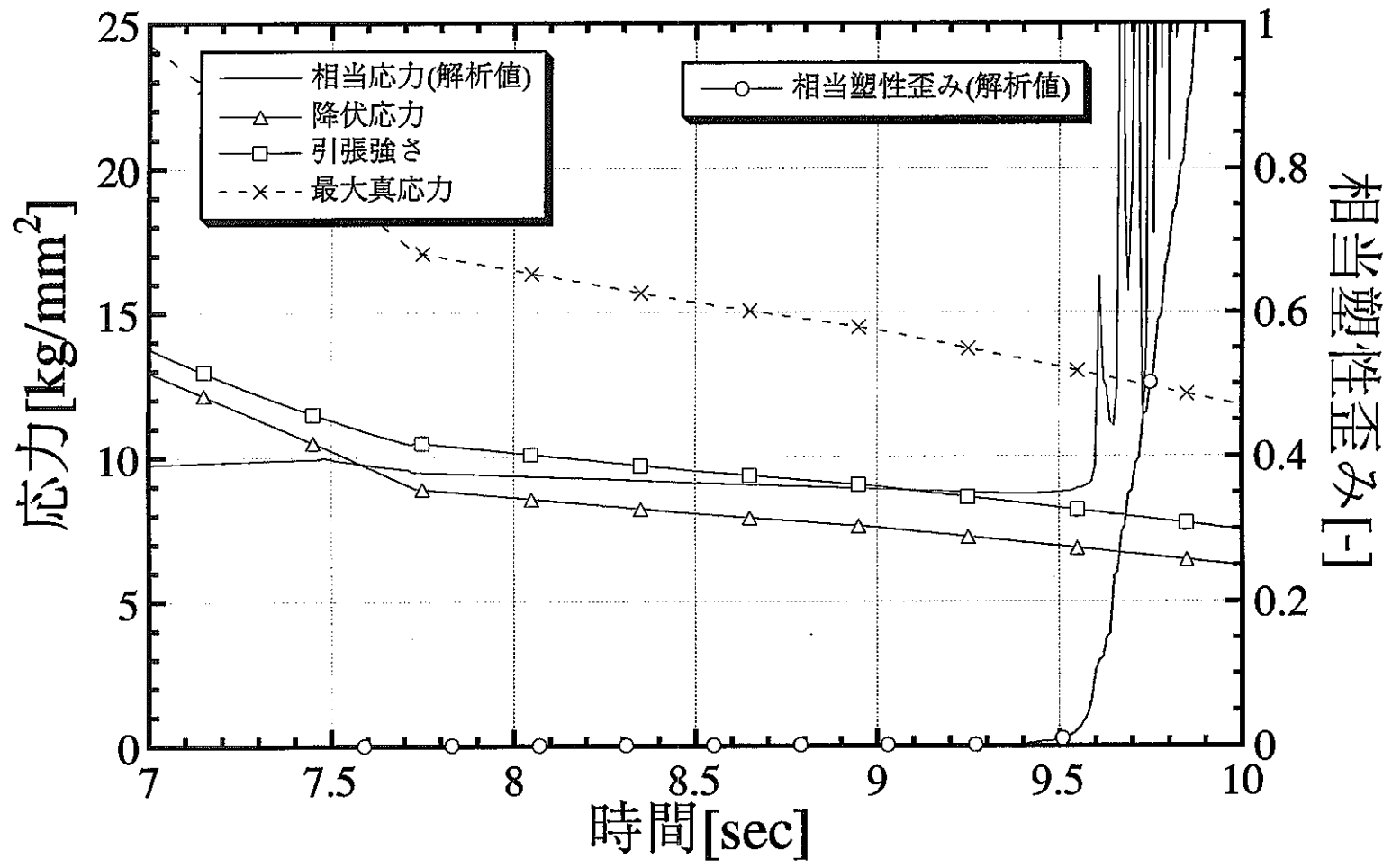


図5.3-3(B) 試験解析結果(PM-003)

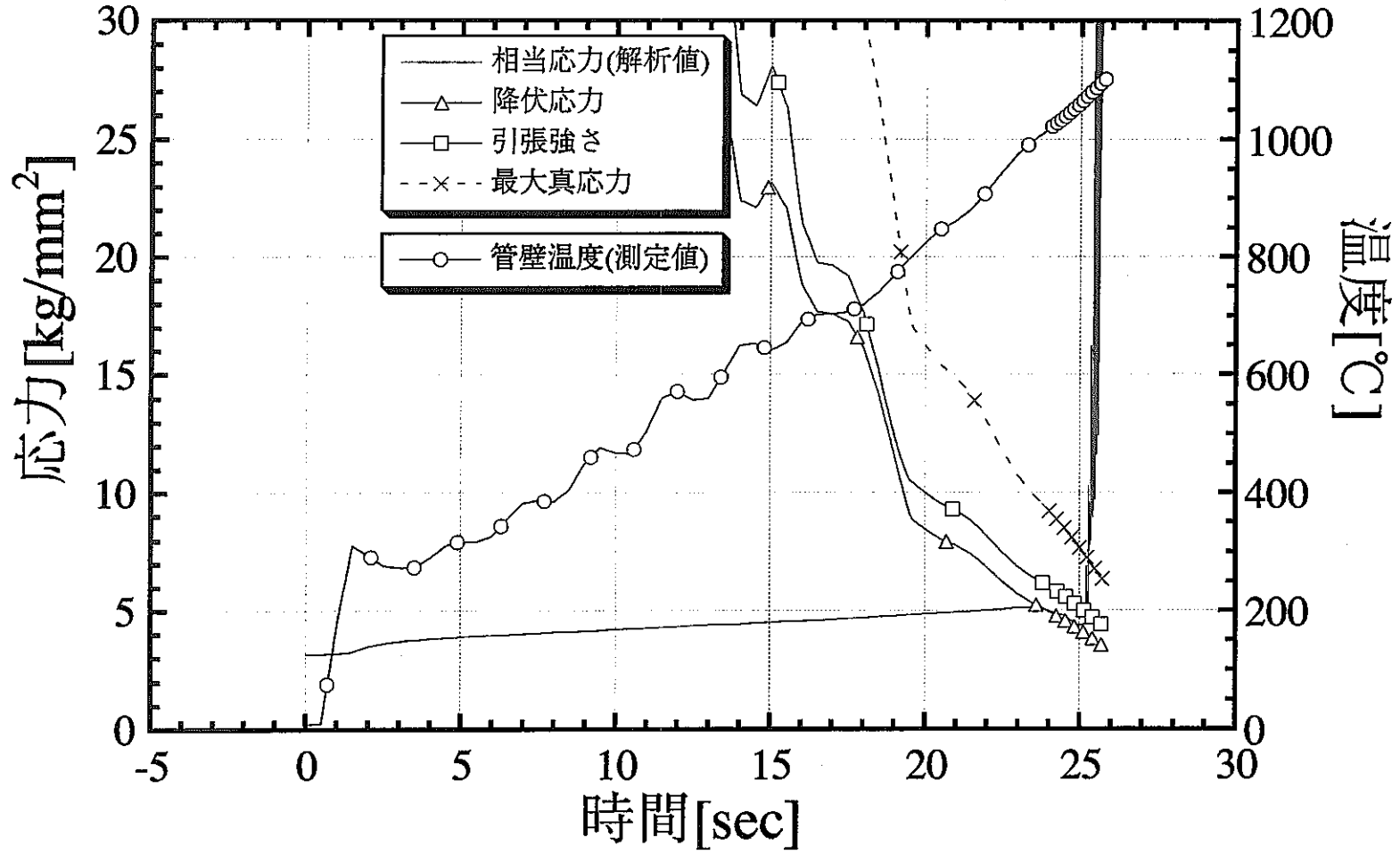


図5.3-4(A) 試験解析結果(PM-004)

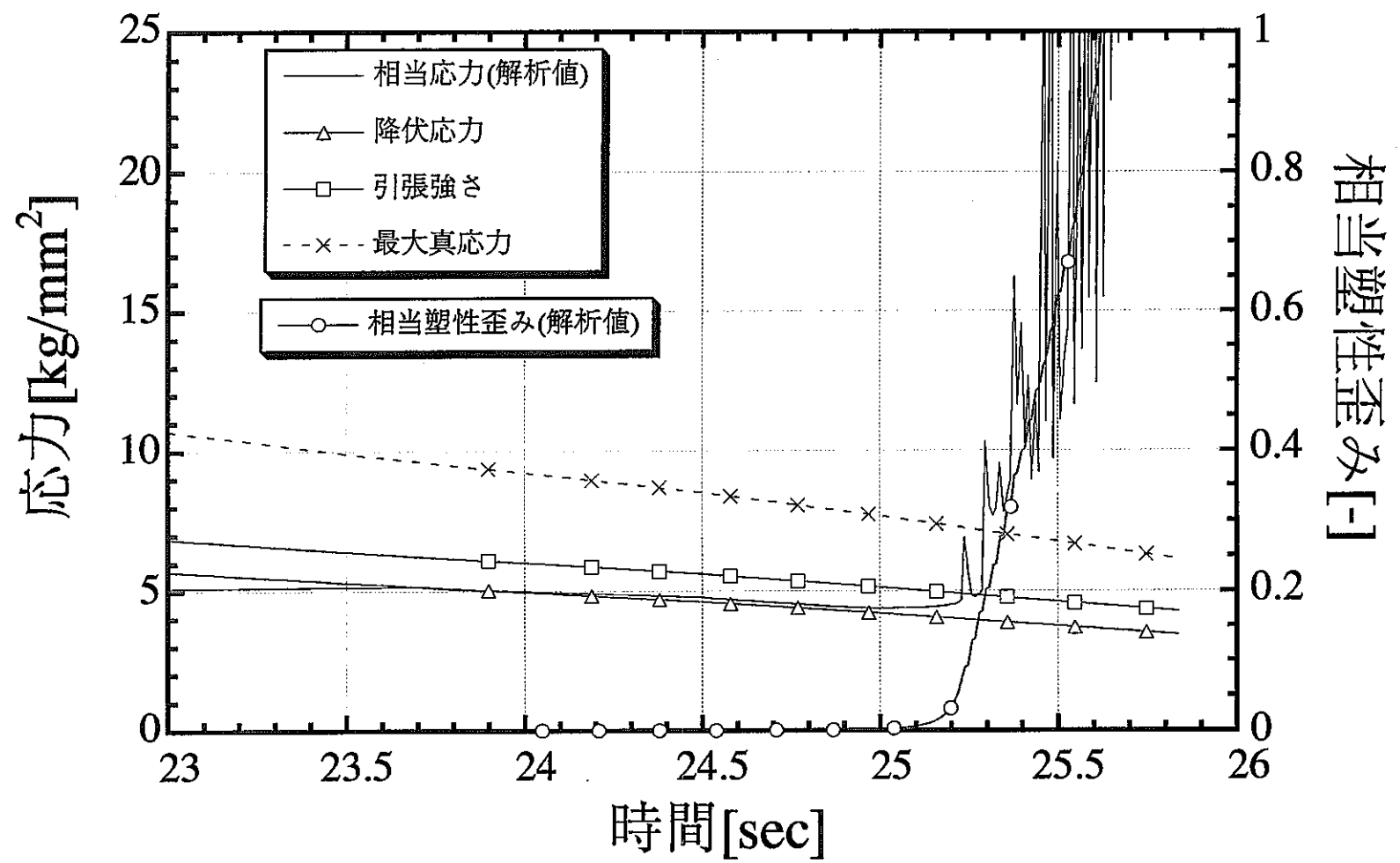


図5.3-4(B) 試験解析結果(PM-004)

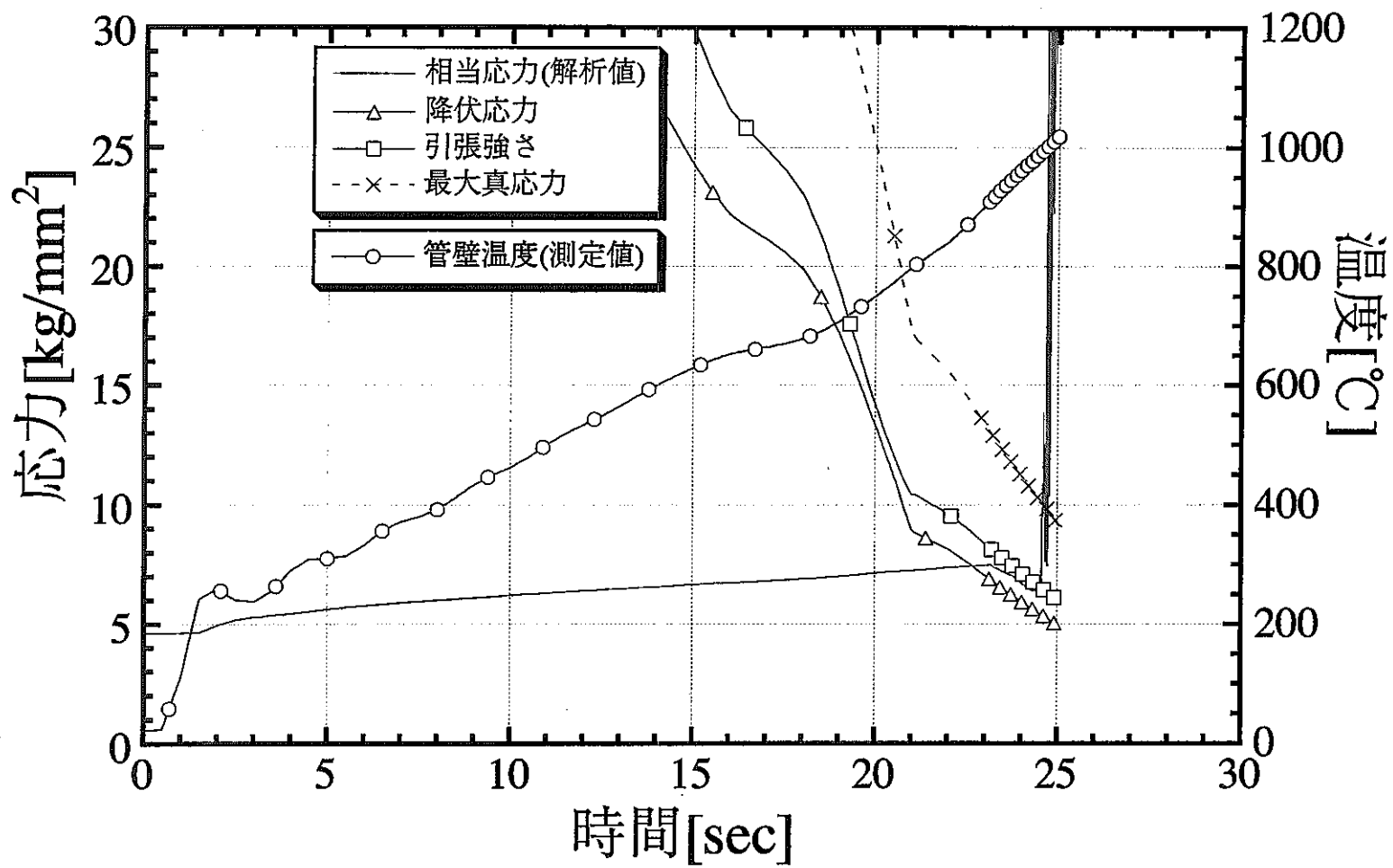


図5.3-5(A) 試験解析結果(PM-005)

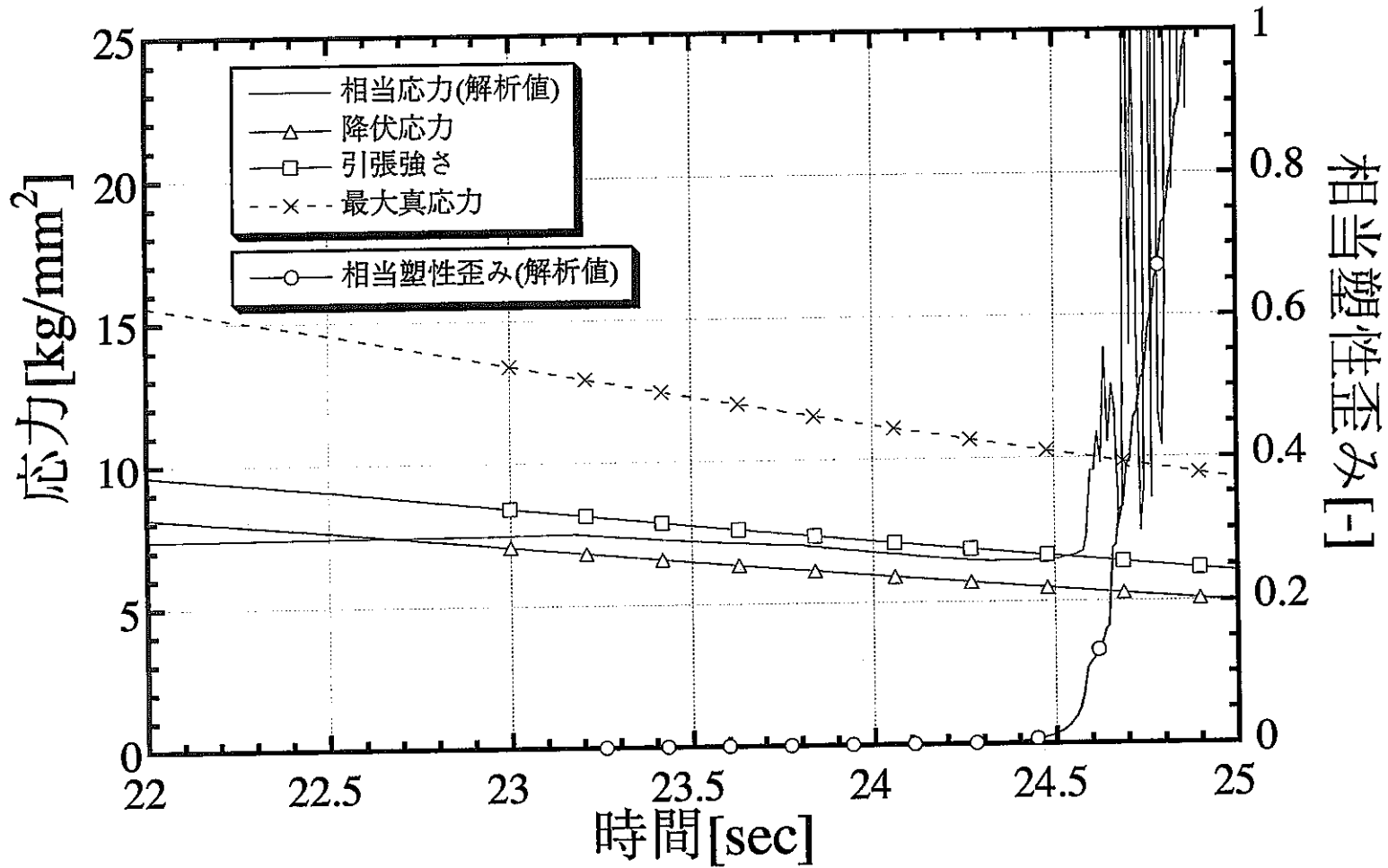


図5.3-5(B) 試験解析結果(PM-005)

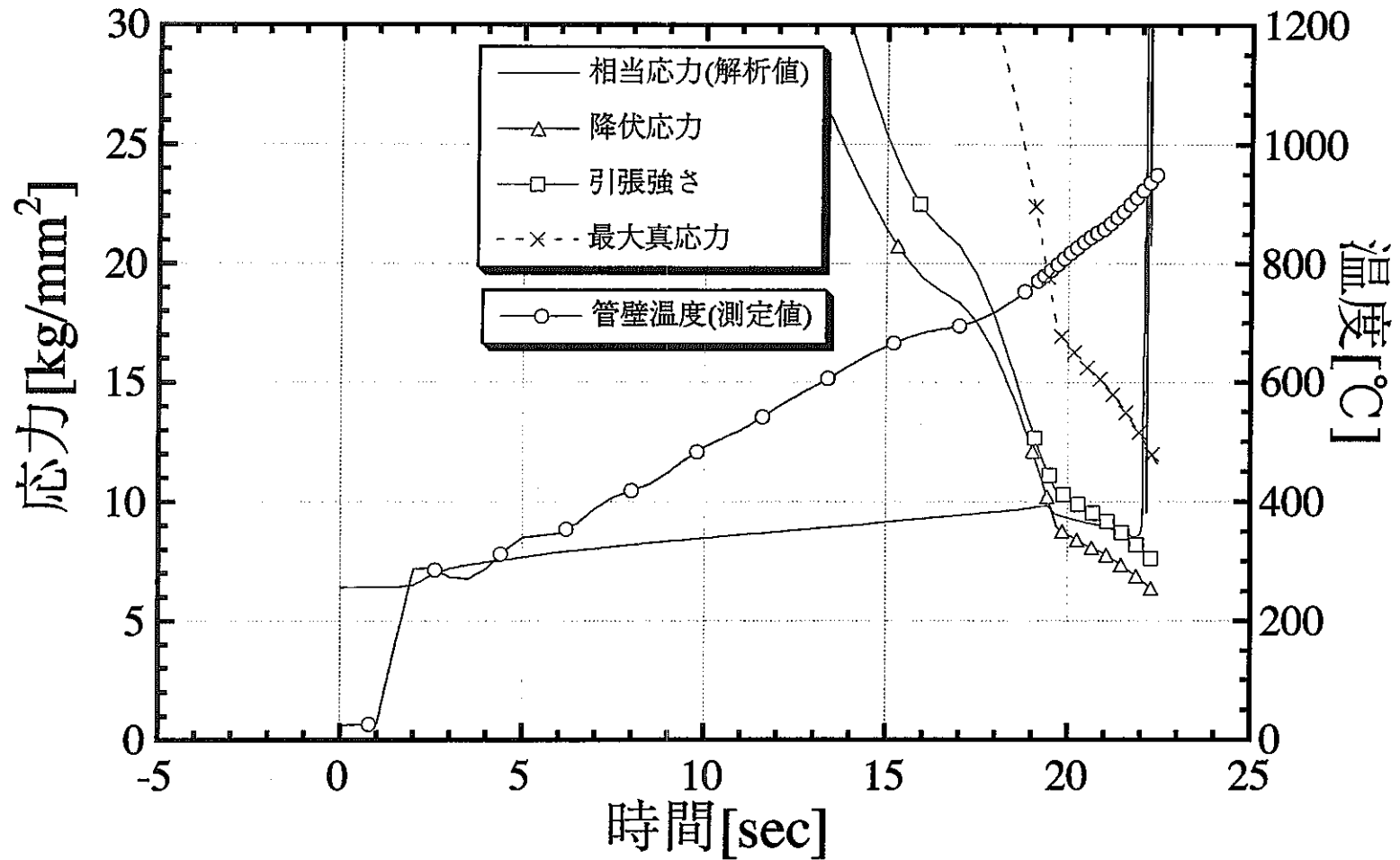


図5.3-6(A) 試験解析結果(PM-006)

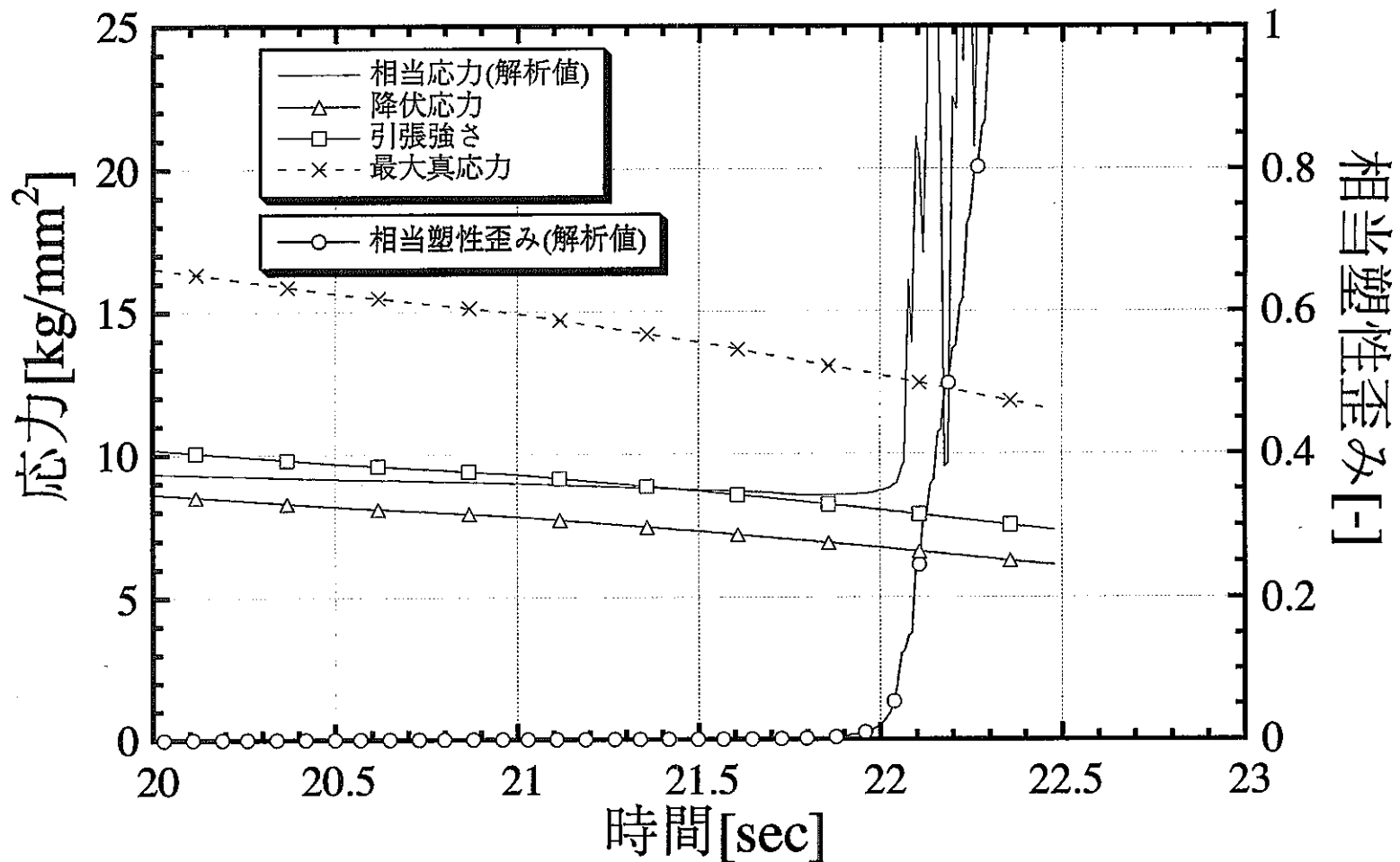


図5.3-6(B) 試験解析結果(PM-006)

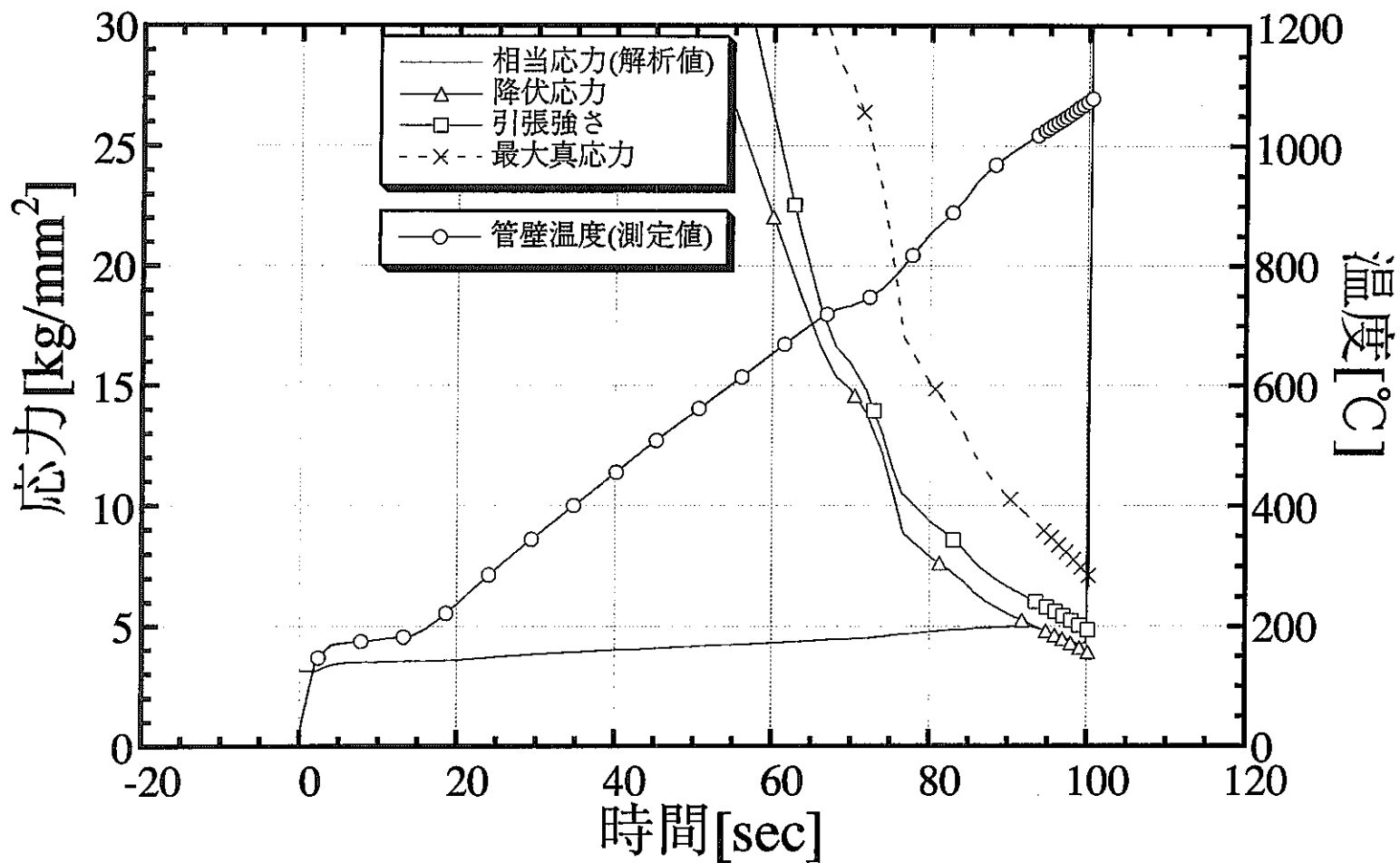


図5.3-7(A) 試験解析結果(PM-007)

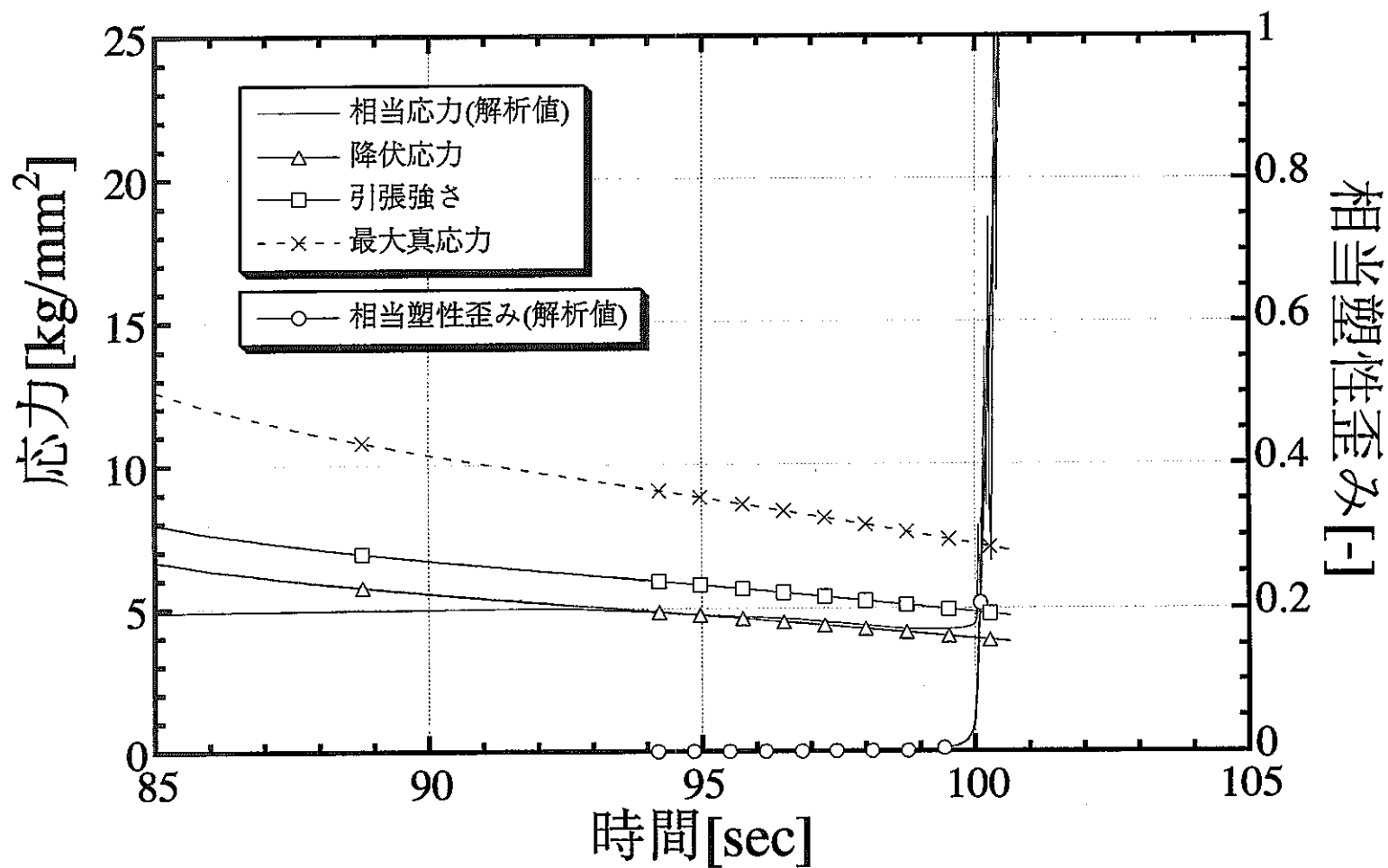


図5.3-7(B) 試験解析結果(PM-007)

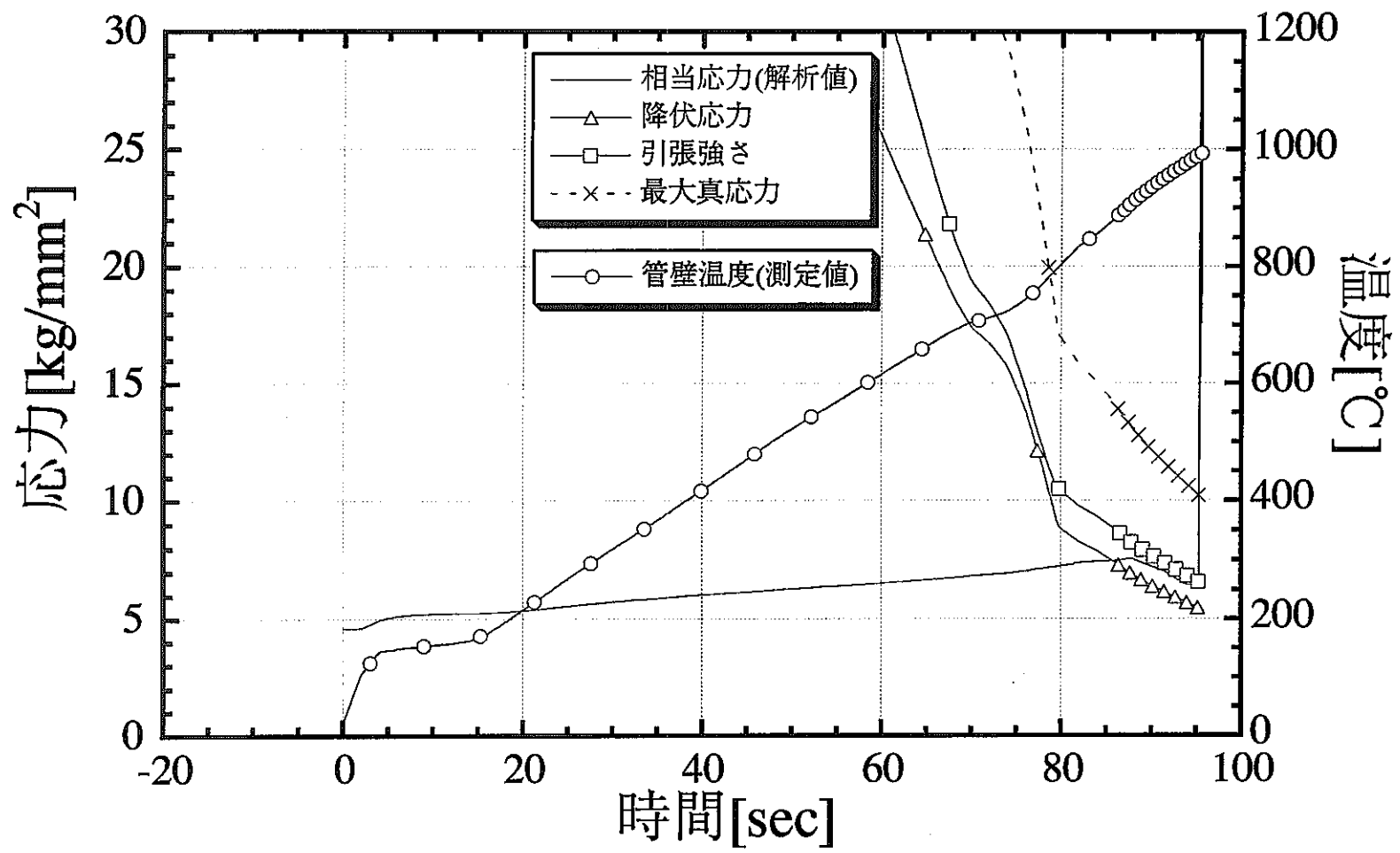


図5.3-8(A) 試験解析結果(PM-008)

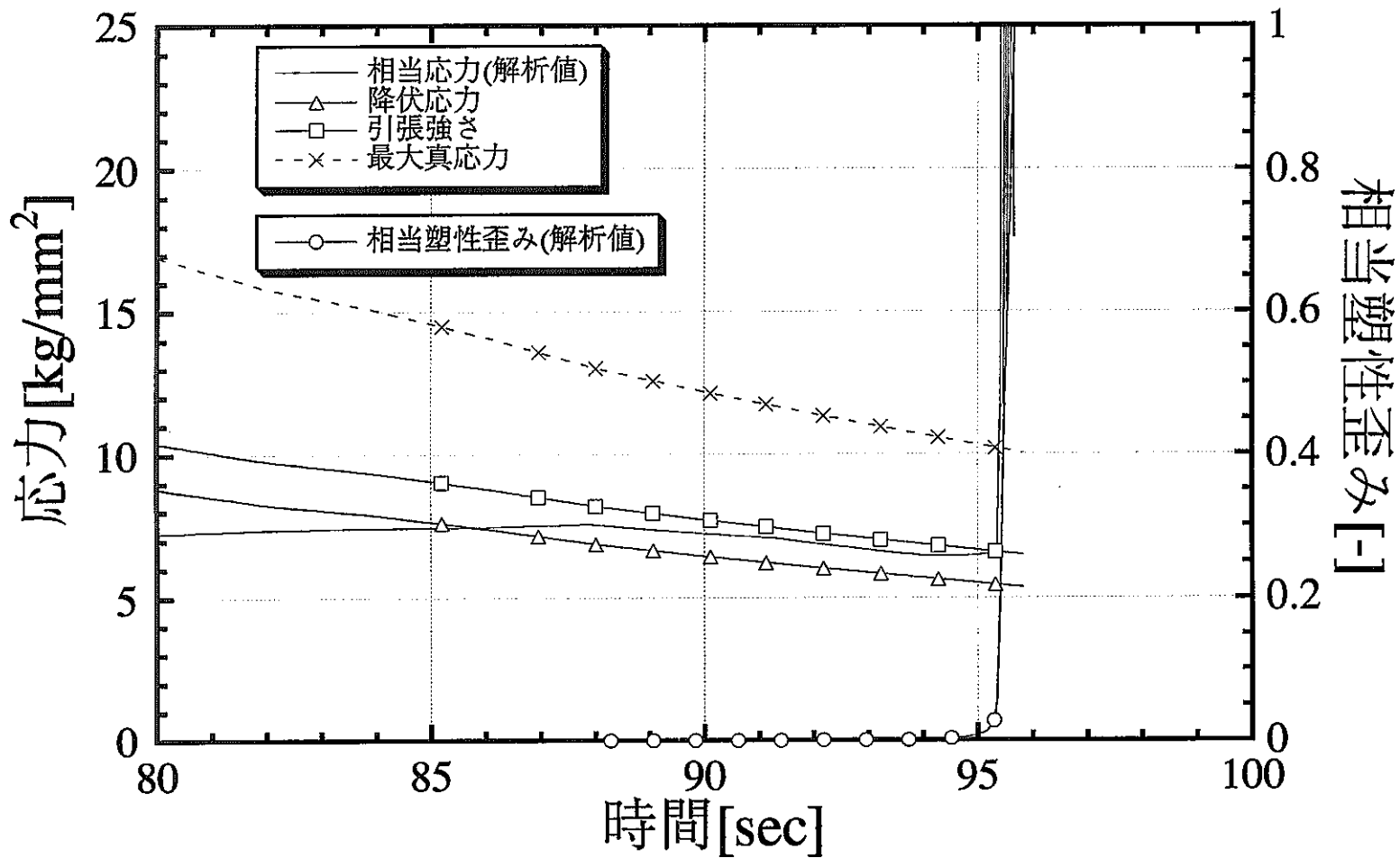


図5.3-8(B) 試験解析結果(PM-008)

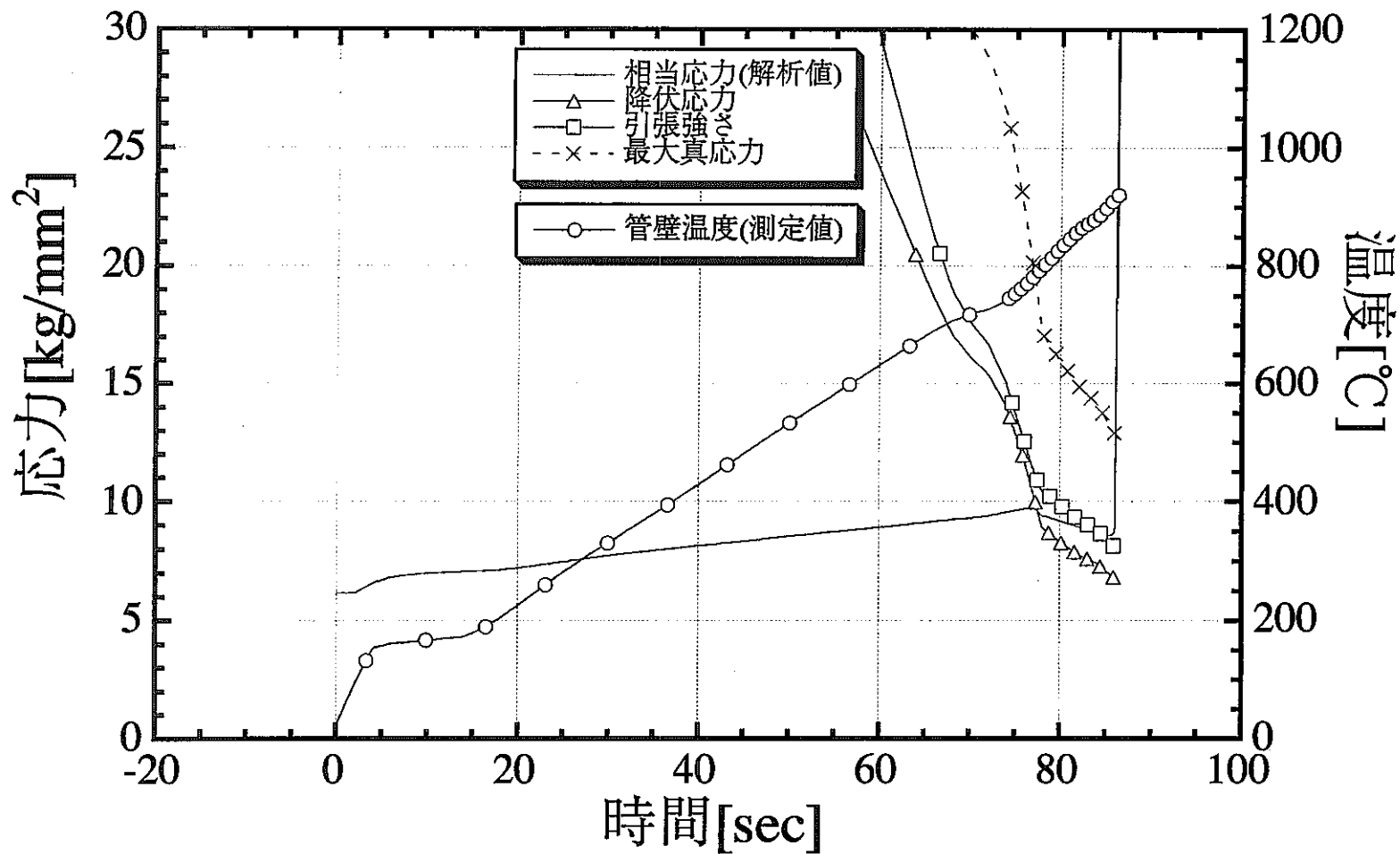


図5.3-9(A) 試験解析結果(PM-009)

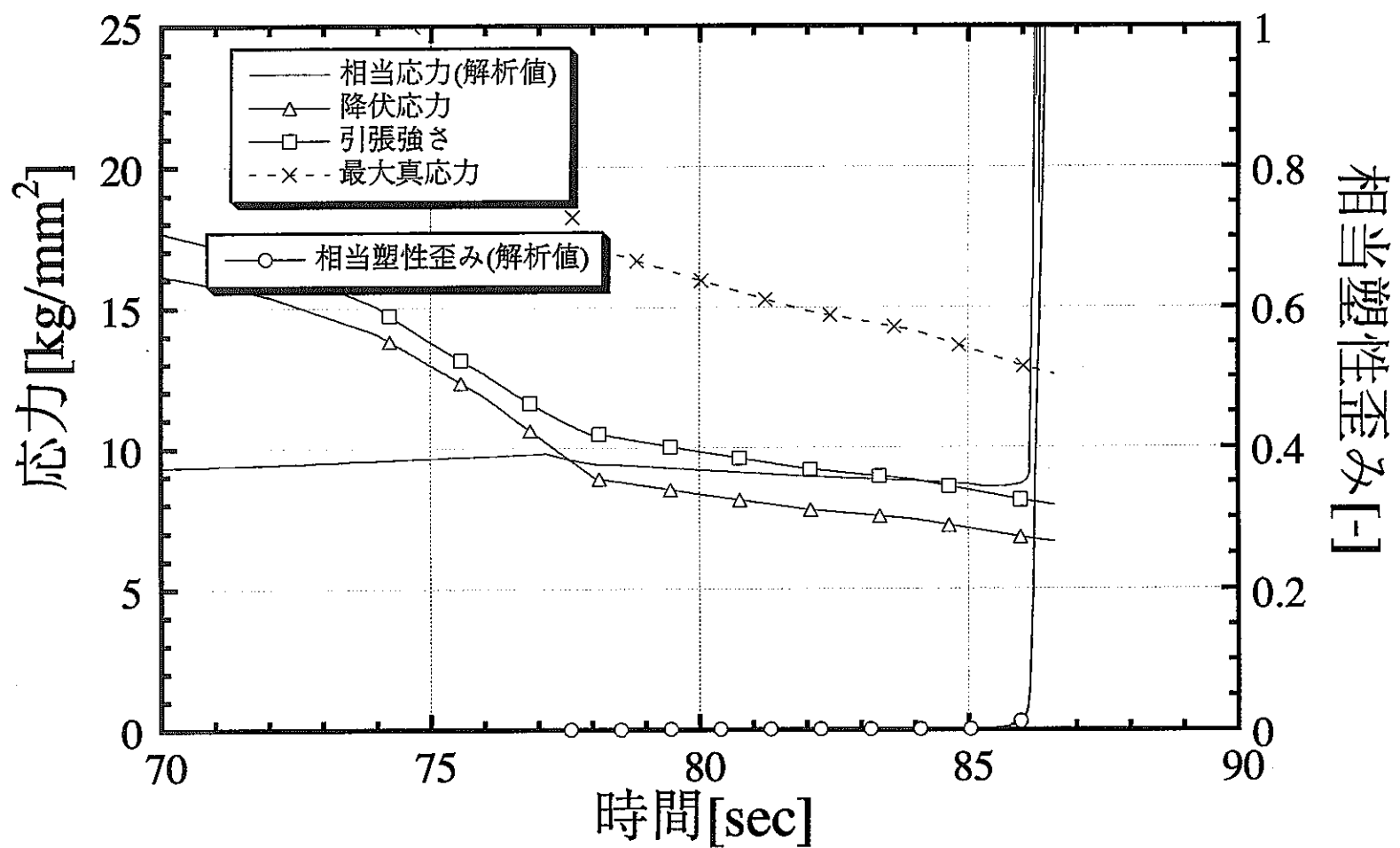


図5.3-9(B) 試験解析結果(PM-009)

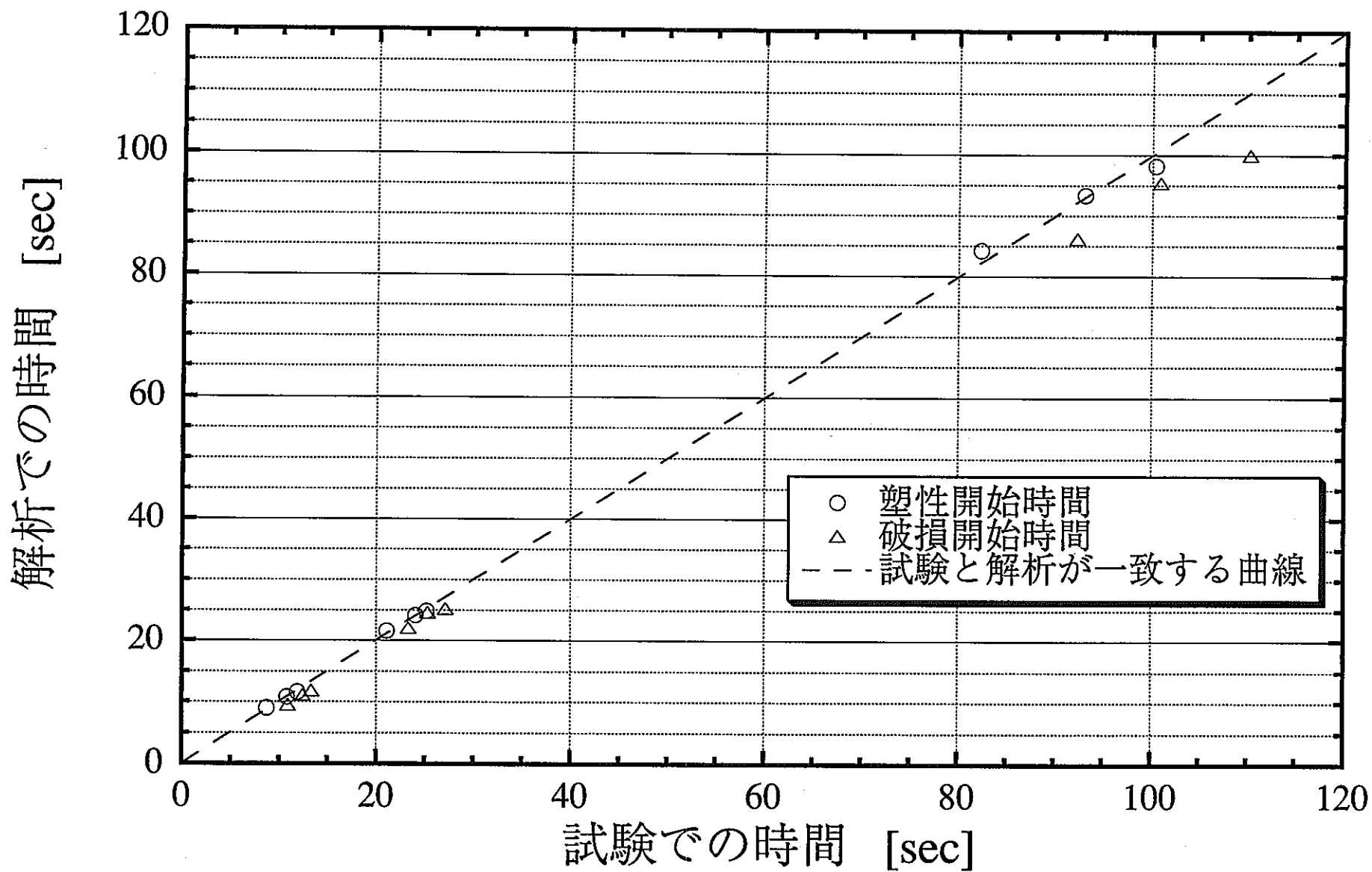


図 5.3-10 試験結果と解析結果の比較

付録A 試験体内部の圧力上昇の計算

付録A 試験体内部の圧力上昇の計算

ここでは、試験体に接続した加圧系統が密閉状態の系（閉じた系）を構成しておりその系内に初期封入圧力が存在するとき、試験体を昇温した場合の系内の圧力上昇についての計算方法を述べる。

1 計算モデル

1.1 仮定

加圧系内のガスを完全ガスとし、そのガスの比熱は室温～1200℃の温度範囲において一定とする。そのため比熱比は、2原子ガスとして $\kappa=1.40$ とする。

また、試験体を加熱した時に試験体内部で起こる封入ガスの対流や加熱時の均熱部以外からの入熱はないものとする。

1.2 計算モデルと手順

(1) モデル概念及び構成

図A-1に一連の計算モデル概念図を示す。構成は、加熱されない部分（試験体の均熱部を除く試験体容積及び加圧系統容積）容積 V_0 と加熱される部分（試験体の均熱部容積）容積 V_1 を考える。この2つは接続されており、そのために全体容積は V_0+V_1 となる。（図A-1中（1）構成）

(2) 初期状態

試験体を加熱する前の状態で、全体容積（ V_0+V_1 ）について初期圧力 P_0 及び初期温度 T_0 とする。（図A-1中（2）初期状態）

(3) 加熱状態

加熱されない部分容積 V_0 と加熱される部分容積 V_1 が混合しないように隔離された状態で、加熱される部分容積 V_1 に対して室温から設定温度（ $\leq 1200^\circ\text{C}$ ）に加熱される時の過渡現象を無視して考える。

加熱される部分容積 V_1 の中では、温度が初期温度 T_0 から加熱温度 T_1 に上昇しそれに伴って圧力が初期圧力 P_0 から加熱温度での圧力 P_1 へ変化する。一方、加熱加熱される部分容積 V_1 から隔離された非加熱部分容積 V_0 の中では、隔離部分からの熱の出入りもないものとし初期状態のまま変化なしとする。（図A-1中（3）加熱状態）

尚、容積一定のもとで温度変化による圧力変化については次式により表される。

$$P_1/T_1 = P_0/T_0 \quad \text{式(1)}$$

$$\therefore P_1 = (T_1 * P_0) / T_0 \quad \text{式(2)}$$

(4) 最終状態

加熱が終了し、非加熱部分容積 V_0 と加熱容積 V_1 の隔てを取り去り混合を行う。また、混合の際には系内の全体容積は V_0+V_1 のままであり外部に対して熱交換がな

いものとする。このとき気体の混合についてはダルトンの法則^[A1]が成り立つ。ここで完全ガスの要素*i*の容積、圧力、温度、比熱比をそれぞれ*V_i*、*P_i*、*T_i*、*κ_i*とする時、混合後の容積、温度及び圧力はそれぞれ以下の式で示される。

$$V = \sum V_i \quad \text{式 (3)}$$

$$T = \frac{\sum (P_i * V_i / (\kappa_i - 1))}{\sum (P_i * V_i / (T_i * (\kappa_i - 1)))} \quad \text{式 (4)}$$

$$P = (T/V) * \sum (P_i * V_i / T_i) \quad \text{式 (5)}$$

上記の式 (3) ~ (5) 及び式 (2) を本モデルに適用すると以下の式 (6) ~ (8) を得る。

$$V = V_0 + V_1 \quad \text{式 (6)}$$

$$T = (T_0 * V_0 + T_1 * V_1) / V \quad \text{式 (7)}$$

$$P = T * P_0 / T_0 \quad \text{式 (8)}$$

2 計算データ

2.1 装置及び試験体から得られるデータ

(1) 試験装置の加圧系統

本計算における試験装置の加圧系統の範囲は、図 2.2.2 に示した加圧系統図の中の内で空気作動弁 (V-301) から試験体を接続した範囲である。また、空気作動弁 (V-301) と系統内圧力開放弁 (V-104) 以外の弁 (V-107、V-106、V-105、V-102) は開いている。この範囲の全配管容積は、上述の非加熱部分容積に含まれる。

- ・ 配管長さの総和

$$(520 + 252 + 160 + 248 + 250 + 145 + 249 + 800 + 1513) = 4.137 \text{ [m]}$$

- ・ 配管容積

$$(0.5 * 4.0 * 10^{-3})^2 * 3.14159 * 4.137 = 5.1987 * 10^{-5} \text{ [m}^3\text{]}$$

(2) 試験体

試験体は次に述べる 4 つの部分から構成されている。また、それらの寸法などは試験体構造図 (図 2.1.2-1) より得られる。

- ・ 端栓部 (内径16 x 長さ34)

$$(0.5 * 16 * 10^{-3})^2 * 3.14159 * 34 * 10^{-3} = 6.836 * 10^{-6} \text{ [m}^3\text{]}$$

- ・ 伝熱管部 (内径25.4 x 長さ705)

$$(0.5 * 25.4 * 10^{-3})^2 * 3.14159 * 705 * 10^{-3} = 3.572 * 10^{-4} \text{ [m}^3\text{]}$$

- ・ 伝熱管均熱部 (内径25.4 x 長さ150)

$$(0.5 * 25.4 * 10^{-3})^2 * 3.14159 * 150 * 10^{-3} = 7.601 * 10^{-5} \text{ [m}^3\text{]}$$

- ・ フランジ部 (内径26 x 長さ25)

$$(0.5 * 26 * 10^{-3})^2 * 3.14159 * 25 * 10^{-3} = 1.327 * 10^{-5} \text{ [m}^3\text{]}$$

- ・ 加圧系統への接続部

この部分は加圧系統の配管長さの中に含めているためここでは取り扱わない。

(3) 加熱部分及び非加熱部分の各容積

$$\text{加熱部分容積 (V1)} = \text{伝熱管均熱部容積} = 7.601 * 10^{-5} [\text{m}^3]$$

$$\begin{aligned} \text{非加熱部分容積 (V0)} &= \text{配管容積} + \text{端栓部容積} + \text{伝熱管部容積} \\ &\quad - \text{伝熱管均熱部容積} + \text{フランジ部容積} \\ &= 5.1987 * 10^{-5} + 6.836 * 10^{-6} + 3.572 * 10^{-4} \\ &\quad - 7.601 * 10^{-5} + 1.327 * 10^{-5} \\ &= 3.53283 * 10^{-4} [\text{m}^3] \end{aligned}$$

2.2 予備試験 (3.2 昇温時試験体内圧上昇特性確認) データ

計算を行うための予備試験データとしては、表3.2.3に示された試験結果の内、初期封入圧力、1200℃到達時点での圧力(試験体内圧)を用いる。温度データについては、初期温度を室温(20℃)とし加熱温度を1200℃とした。

3 計算結果

上述までのデータを用いると以下のように各変数の値が決まる。

$$V0 = 3.53283 * 10^{-4} [\text{m}^3]$$

$$V1 = 7.601 * 10^{-5} [\text{m}^3]$$

$$T0 = 273 + 20 = 293 [\text{K}]$$

$$T1 = 273 + 1200 = 1473 [\text{K}]$$

上記各変数値を式(2)及び式(6)～(8)に代入して式を整理した場合、試験体内部の上昇した圧力Pについては初期圧力P0と比例係数との単純な積で表される。

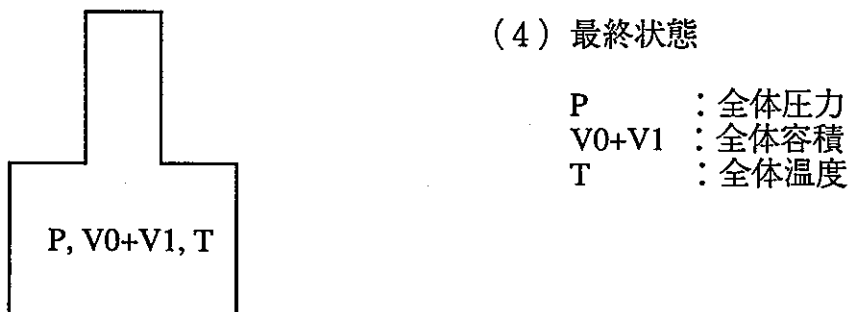
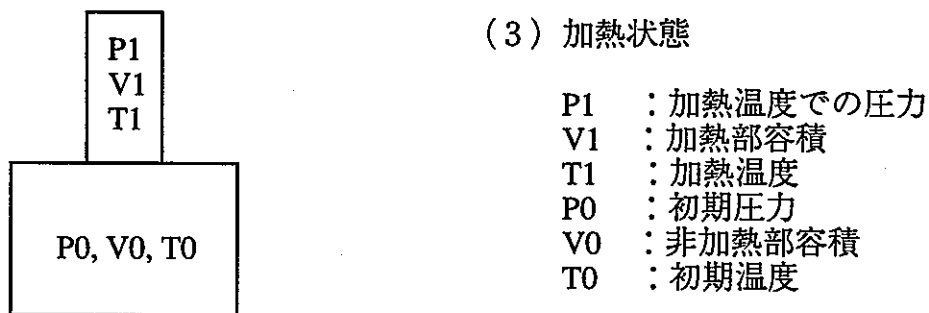
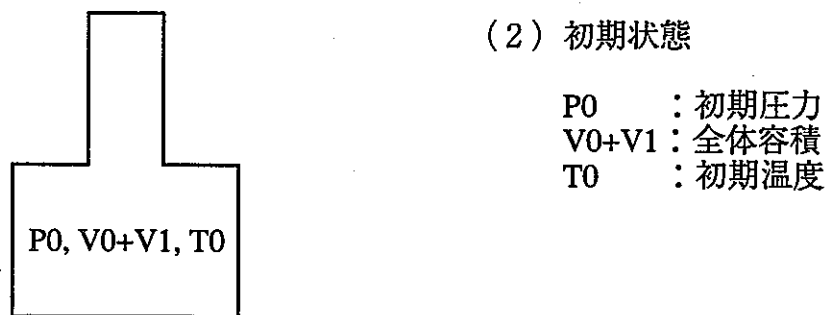
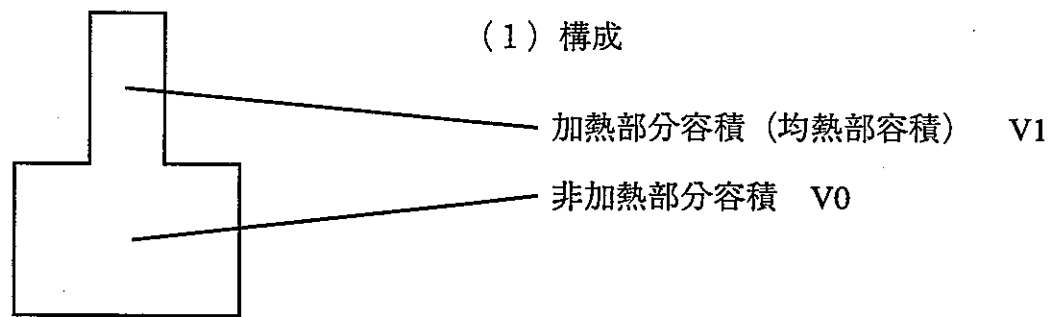
$$P = T * P0 / T0 = k * P0$$

$$k = T / T0 = 1.713$$

$$\therefore P = 1.713 * P0$$

4 参考文献

[A1]飯沼一男、「工業熱力学演習」、(株)学献社(1974)



図A-1 計算モデル概念図

付録B 試験体伝熱管破損時点の評価

付録B 試験体伝熱管破損時点の評価

1 概要

本試験における試験体伝熱管の破損時点について、試験体内圧挙動及び試験体伝熱管の破損前後の形状変化による内容積の変化に着目して評価した。

以降にその詳細を述べる。

2 試験結果の観察と検討

2.1 試験結果（データ）の観察

今回実施したパラメータ試験における試験過程について、試験開始から終了までの試験体外壁面温度及び内圧の挙動を時系列で図示したものが、図4.4.2-1から図4.4.2-9に示したものである。全ての試験ケースで似たような挙動を示している。即ち、特定の圧力で初期封入された試験体内部のガス圧力が試験開始の昇温と共に上昇する。その内部圧力の上昇は昇温初期には急であり、昇温が最高到達温度近くになると緩やかとなる。その後、試験体内部圧力の上昇は停止しやがて緩やかに降下を始める。高温に加熱された試験体は内部に負荷された圧力により破損、同時に試験体内圧は急激に減少し常圧に至っている。

一方、試験終了後の試験体を観察したところ、試験体伝熱管の破損部分では健全な部分よりも管径が広がっており、破断面の肉厚も薄くなっているのが確認された。

2.2 伝熱管破損時点の推定のための仮定

計測データのうち試験体内圧挙動に着目し、それぞれの試験ケースに共通して見られる圧力挙動の大まかな様子を時間経過と共に抜き出したものが図B-1である。

試験体内圧挙動は、図中の領域1から領域3の3つの部分に分けて考えることができる。各領域を試験体伝熱管の高温ラプチャによる破損のプロセスの流れとして考え、試験結果の観察に基づいて高温ラプチャによる破損のシナリオを次に仮定した。

領域1では、まず初期封入圧力 P_0 で一部の加圧系統及び試験体内部に窒素ガスが充填されており、昇温開始と共に試験体外壁面温度の上昇に伴って試験体内部ガス圧力が上昇する。内圧上昇により試験体伝熱管の周方向の負荷応力が増大し、一方では温度上昇により伝熱管材料強度が低下する。それにより試験体伝熱管の内圧に相当する周方向の負荷応力が伝熱管材料強度の降伏応力へ近づいていく。

領域2では、試験体伝熱管の内部圧力 P_1 に相当する周方向の負荷応力がその温度での伝熱管材料強度の降伏応力を超過し試験体伝熱管の塑性変形が始まる。塑性変形は主に伝熱管周方向の肉厚減少と伸びであり、塑性変形の進行に伴って伝熱管径が拡大する。その結果、試験体内部容積が増大するために試験体の加熱昇温による内部圧力の上昇率が低下する。この間も試験体の加熱は継続しているため伝熱管加熱部分の温度は上昇を続けており、伝熱管材料強度はその温度上昇に伴って更に低

下するため塑性変形は著しく進行する。これにより試験体内部容積の増大が、試験体外壁面温度上昇に伴う内圧上昇分を超過し、内部圧力は次第に降下を始める。

塑性変形による試験体伝熱管肉厚の減少が著しくなることで、その点での試験体内圧に相当する負荷応力は相対的に増加し、それは伝熱管材料強度の破断応力へ近づいていく。

領域3では、塑性変形により減肉した試験体伝熱管の内部圧力P2に相当する周方向応力が、その温度での伝熱管材料強度の破断応力を超過し試験体伝熱管が破損する。これにより試験体内部に封入されたガスの放出が生じ、試験体内部圧力が急激に降下し常圧となる。

先述の高温ラプチャによる破損のシナリオから伝熱管破損時点の推定のため更に次の仮定を立てた。

- (1) 試験体内部の負荷圧力に相当する周方向応力が、試験体の温度に対応する伝熱管材料強度の降伏応力に到達した点で試験体伝熱管の塑性変形開始時点とする。よって、その直前では試験体伝熱管が健全であるものとする。
- (2) 試験体伝熱管が塑性変形開始後から破損直前までの間について、高温に加熱された試験体伝熱管壁面からの試験体内部に封入されている窒素ガスへの入熱は伝熱管の塑性変形進行のための仕事（内部容積増大）として消費され相殺されるものと考え、試験体内部に封入されている窒素ガスを等温過程の理想気体として取り扱う。
- (3) 試験体伝熱管の塑性変形による肉厚の減少は全周について均一なものとし、単位長さ当りの伝熱管の管材容積は変形の前後で不変とする。
- (4) 試験体内圧を負荷された部分の弾性膨張及び試験体昇温による熱膨張は無視するものとする。

3 計算モデルと手順

3.1 計算モデル

計算モデルとして次の2つの状態を考える。これらは、図B-2に試験体の状態図としてそれぞれ示した。

- (1) 塑性変形開始直前の試験体伝熱管（内部圧力P0、内部容積V0）
- (2) 破損直前の試験体伝熱管（内部圧力P1、内部容積V1）

先述の仮定に基づいて試験体伝熱管の塑性変形開始時点での試験体内圧を負荷された部分での内容積（V0）及び測定圧力（P0）、更に破損直前の試験体内圧を負荷された部分の内容積（V1）から式1に示すボイルの法則により破損直前の内圧（P1）を計算する。

$$P0 * V0 = P1 * V1 \quad (\text{式1})$$

3.2 計算手順

計算の手順としては、次の4点を順に実施する。詳細については個々に記した。

(1) 塑性変形開始直前の試験体内部容積 (V0) の計算

塑性変形開始直前の試験体内部容積の構成要素としては次の4項目とし、それらの総和をV0とした。先述の過程により熱膨張率は考慮していない。

$$V0 = V01 + V02 + V03 + V04 \quad (\text{式2})$$

- ・試験体接続配管内容積 (V01)

付録Aより、 $V01 = 5.1987 \times 10^{-5} \text{ [m}^3\text{]}$

- ・試験体端栓内容積 (V02)

付録Aより、 $V02 = 6.8360 \times 10^{-6} \text{ [m}^3\text{]}$

- ・試験体フランジ内容積 (V03)

付録Aより、 $V03 = 1.3270 \times 10^{-5} \text{ [m}^3\text{]}$

- ・試験体伝熱管内容積 (V04)

試験体伝熱管長さ0.705[m]、伝熱管肉厚t[m]及び外径D[m]より式3を用いて算出する。伝熱管肉厚については表4.4.1-1、伝熱管外径については表4.4.1-2より各試験ケースでの平均値を用いるものとした。

$$V04 = 0.705 * \{(D - 2 * t) / 2\}^2 * \pi \quad (\text{式3})$$

(2) 破損直前の試験体内部容積 (V1) の計算

基本的には試験体伝熱管の破損部分（塑性変形部分）以外における内部容積が、塑性変形開始直前の試験体のものと変わらないという前提で、破損直前の試験体内部容積の構成要素としては次の5項目とし、それらの総和をV1とした。先述の過程により熱膨張率は考慮していない。

$$V1 = V11 + V12 + V13 + V14 + V15 \quad (\text{式4})$$

- ・試験体接続配管内容積 (V11)

付録Aより、 $5.1987 \times 10^{-5} \text{ [m}^3\text{]}$

- ・試験体端栓内容積 (V12)

付録Aより、 $6.8360 \times 10^{-6} \text{ [m}^3\text{]}$

- ・試験体フランジ内容積 (V13)

付録Aより、 $1.3270 \times 10^{-5} \text{ [m}^3\text{]}$

- ・試験体伝熱管健全部分内容積 (V14)

試験体伝熱管長さ0.705[m]より試験体伝熱管破損口軸方向長さH[m]を除外した長さ、伝熱管肉厚及び外径より式5を用いて算出する。伝熱管肉厚については表4.4.1-1、伝熱管外径については表4.4.1-2より各試験ケースでの平均値を用いるものとした。また、試験体伝熱管破損口軸方向長さについては表4.4.1-3中の破損口軸方向長さを各試験ケース毎に用いるものとした。

$$V14 = (0.705 - H) * \{(D - 2 * t) / 2\}^2 * \pi \quad (\text{式5})$$

・試験体伝熱管塑性変形部分内容積 (V15)

破損直前の試験体伝熱管の塑性変形部分の形状及び内容積の実測は非現実的であることから、破損後における試験体伝熱管の破損開口部の測定結果に基づいてその内部容積を算出することとした。

破損後における試験体伝熱管の破損開口部全域を破損直前の試験体伝熱管の塑性変形部分と考え、その内容積の算出のためにその形状を図B-3中に示す斜線部分のように簡略化して取り扱うこととした。次に簡略化した高さ、管径、肉厚について詳細を述べる。

高さについては、破損開口部軸方向長さH[m]を直接割り当てることとした。

管径については、破損開口部背面周方向長さL[m]を塑性変形後の伝熱管の外径へD'[m]に円形として換算した後、塑性変形前の管径D[m]との単純加算平均としてD''[m]とした。

$$D' = L / \pi \quad (\text{式6})$$

$$D'' = (D + D') / 2 \quad (\text{式7})$$

肉厚については、塑性変形の前後での伝熱管材料の容積一定の仮定の下に、塑性変形前の管径D[m]及び肉厚t[m]、塑性変形後の換算管径D'[m]より式8を用いて塑性変形後の肉厚t'[m]を決定した。

$$t' = (D' / 2) - \text{SQRT}\{(D' / 2)^2 - t * (D - t)\} \quad (\text{式8})$$

伝熱管肉厚については表4.4.1-1、伝熱管外径については表4.4.1-2より各試験ケースでの平均値を用いるものとし、試験体伝熱管破損開口部背面周方向長さについては表4.4.1-3中の各試験ケース毎の値をそれぞれ用いるものとした。

$$V15 = H * \{(D'' - 2 * t') / 2\}^2 * \pi \quad (\text{式9})$$

(3) 破損直前の試験体内圧の計算

上述から計算された塑性変形開始直前の試験体内部容積 (V0) 及び塑性変形開始直前の試験体内部圧力 (P0)、破損直前の試験体内部容積 (V1) から破損直前の試験体内部圧力 (P1) を次式により計算した。

$$P0 * V0 = P1 * V1 \quad (\text{式10})$$

また、破損直前の試験体内部圧力 (P1) については、伝熱管材料強度の温度特性と各試験ケース毎の試験体伝熱管の外径 (D[m]) 及び肉厚 (t[m]) の実測データを用いて試験体伝熱管降伏時内部圧力 (Py[kg/cm²G]) を式11により算出し試験時の試験体外壁面温度及び内圧計測履歴と比較して試験体伝熱管の降伏時点を選定し、その直前時点での測定圧力を用いた。この結果は、表B-1に試験体伝熱管降伏直前点として示した。

$$Py = (2 * t * 100 * \sigma_y) / (D - 2 * t) \quad (\text{式11})$$

伝熱管材料強度の温度特性については、文献[LT#4]に提示されている温度800℃～1200℃の範囲での評価式を用いた。

$$\sigma_y = -23.3 - 0.018 * T \quad (\text{式} 12)$$

(4) 計測データと計算値との比較による破損時点選定

計算した破損直前の試験体内部圧力 (P1) と時系列で収録された試験過程での圧力データを比較し、計算した試験体内部圧力を下回る領域を破損完了状態と考えた上で、破損点は計算した試験体内部圧力を下回る直前の時点とした。

4 計算データ

計算には、試験実施前後の試験体寸法などの測定データ (表 4.4.1-1 ~ 表 4.4.1-3) 及び文献 [B1] による引張降伏強度データを用いた。また、計算値との比較や参照に必要なデータとしては、パラメータ試験実施時に計測した時系列の試験データを用いた。

5 結果

計測データと計算値との比較による破損時点評価結果は、表 B-2 に計算結果と破損点として示した。

表 B-2 中の PM-003 の結果では、試験データの経時履歴中の温度の急激な立ち上がり点を本評価の結果として得たが、この急峻な変化は試験体伝熱管の破損による熱電対素線の断線による影響と考えて棄却し、その直前時点の結果を採用した。

6 参考文献

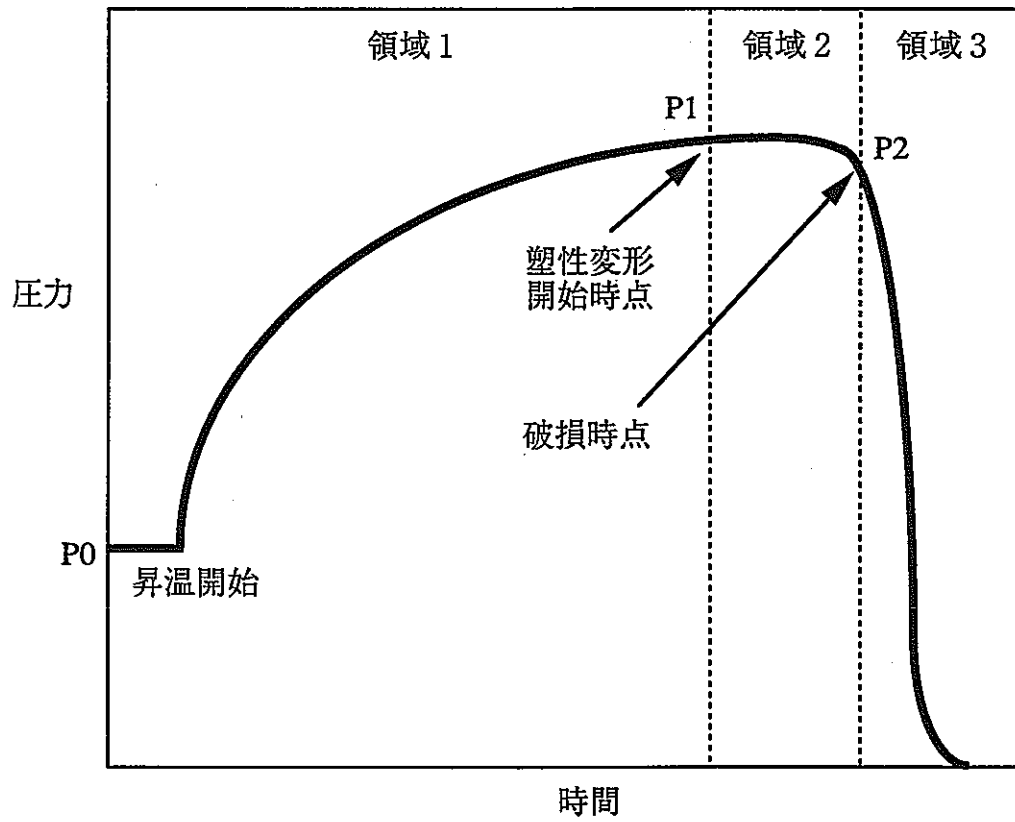
[B1] 青木、吉田ほか、「Mod.9Cr-1Mo鋼、2 1/2Cr-1Mo鋼およびSUS321の超高温特性 (I)」、PNC ZN9410 94-262(1994.9)

表B-1 試験体伝熱管降伏直前点

試験番号	試験体外壁面温度 [°C]	試験体内部圧力 [kg/cm ² G]
PM-001	974.81	163.88
PM-002	1082.50	108.58
PM-003	858.38	224.11
PM-004	1073.30	113.27
PM-005	969.47	166.03
PM-006	865.27	218.45
PM-007	1078.5	110.77
PM-008	969.47	166.59
PM-009	864.66	219.85

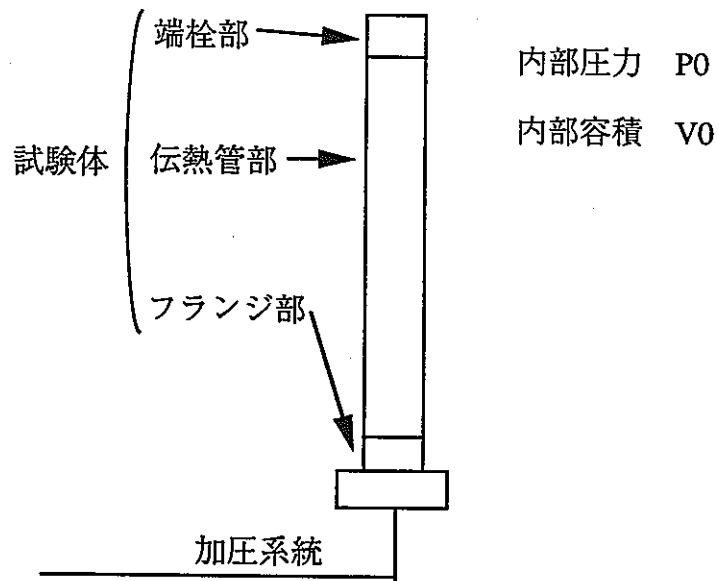
表B-2 計算結果と破損点

試験番号	塑性直前の試験体		破損直前の試験体 (計算値)		破損点	
	内部容積 [10^{-3} m^3]	内部圧力 [$\text{kg/cm}^2\text{G}$]	内部容積 [10^{-3} m^3]	内部圧力 [$\text{kg/cm}^2\text{G}$]	温度 [$^{\circ}\text{C}$]	内部圧力 [$\text{kg/cm}^2\text{G}$]
PM-001	0.41127	163.88	0.42192	159.72	1079.3	160.13
PM-002	0.41264	108.58	0.42737	104.80	1197.3	105.24
PM-003	0.41264	224.11	0.42720	216.44	1536.0 (1011.6)	217.85 (222.25)
PM-004	0.41100	113.27	0.42341	109.92	1169.1	110.05
PM-005	0.41264	166.03	0.42790	160.07	1036.3	160.13
PM-006	0.41210	218.45	0.42677	210.91	1007.3	211.79
PM-007	0.41100	110.77	0.42460	107.19	1190.3	107.78
PM-008	0.41210	166.57	0.42859	160.12	1049.9	161.04
PM-009	0.41182	219.85	0.42948	210.77	991.5	214.16

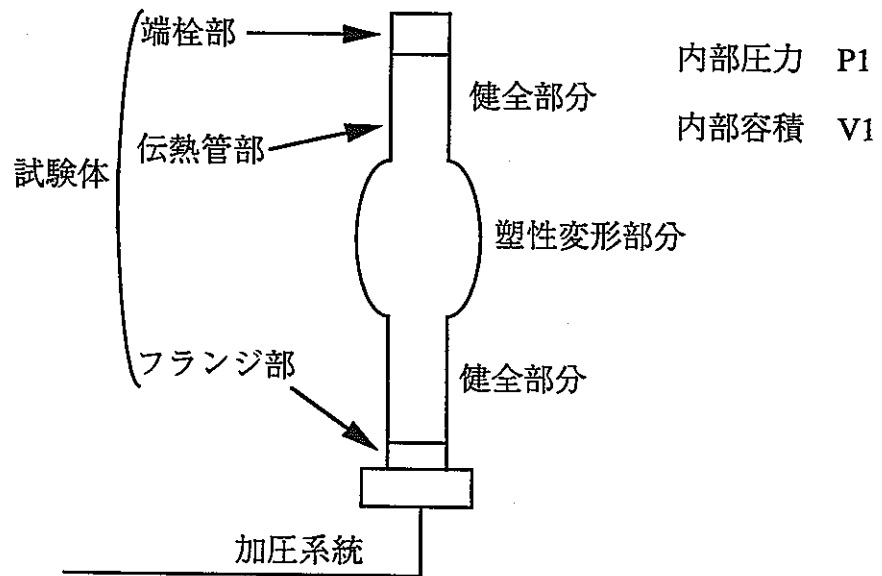


図B-1 パラメータ試験での圧力挙動

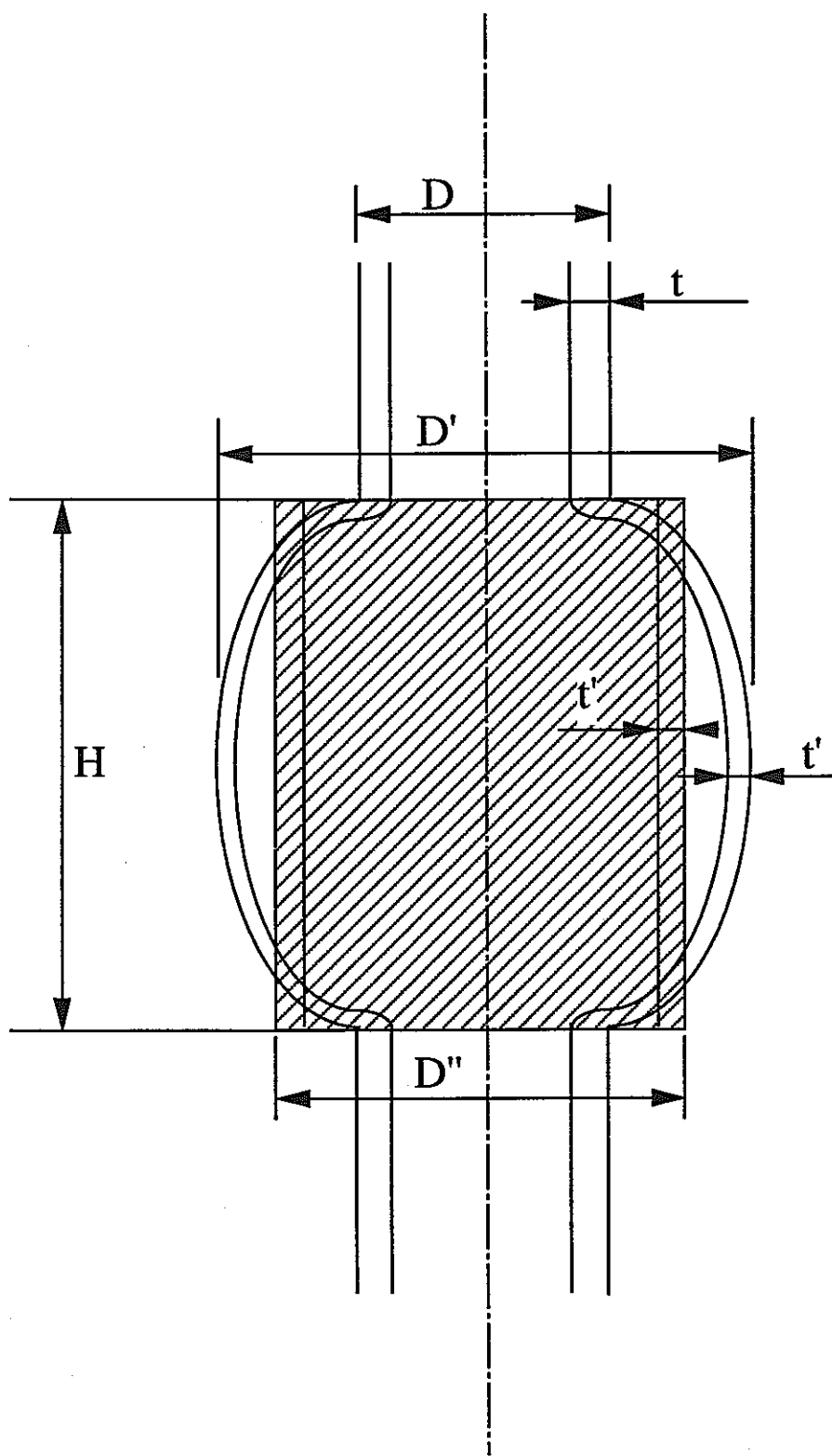
(1) 塑性変形開始直前の試験体伝熱管



(2) 破損直前の試験体伝熱管



図B-2 試験体の状態図



図B-3 塑性変形による肉厚減少部分の内部容積

付録C 解析におけるデータ整理の手順
及びデータの流れ

付録C 解析におけるデータ整理の手順及びデータの流れ

高温炉内試験および解析用に以下に示すデータ処理ツールを作成したので、本項にこれらの使用説明、データの流れおよびプログラムについて記載した。また、高温炉内解析作業における2および4のデータ処理ツールの役割図を図C-1に示した。

1. TRUST-1試験データ用編集ツール

(1) 内容

TRUST-1試験データファイルから指定した時刻より編集を開始しリスト形式に試験データを入力する。(FT06に出力)

1レポート内に存在するデータ項目は以下の11個である。

時間(sec)	熱電対1(℃)	熱電対2(℃)	熱電対3(℃)	熱電対4(℃)	熱電対5(℃)	熱電対6(℃)
熱電対7(℃)	圧力(kg/cm ²)	電流(A)	電圧(V)			

(2) 入力データ (パラメータ文、データ文にて指定)

- ・IMAX (最大レポート数 (-)) : 100000 (デフォルト値)
- ・IREC (1レポートのデータ項目数 (-)) : 11 (デフォルト値)
- ・ISTRT (読みとばしレポート数+1 すなわち開始時刻レコード (-)) : 6 (デフォルト値)
- ・TESTNO (試験データNo.タイトル (-)) : No.P-M-009 (例)

(3) プログラムリスト

リストC-P.1を参照

(4) 実行結果リスト

リストC-R.1を参照

2. FINAS検証解析用入力データ作成ツール

(1) 内容

本ツールを実行すると以下の2つのデータファイルが作成される。

- ・試験データファイルより指定した時間増分毎に昇温、昇圧の差分値を入力する。
本データは直接解析用データとしては扱えない。(FT20に出力)
- ・FINAS解析用の入力データファイル (熱伝導、応力解析用) を作成する。
(FT21に出力)

(2) 入力データ (データ文にて指定)

- ・CASE (試験データNo.タイトル) : No.P-M-004 (例)
- ・STRN (最初に読むレコード数 (-)) : 151 (例)
- ・SINC (レコードを読む時間間隔 (sec)) : 0.5 (例)
- ・HZ (試験データの収録周波数 (Hz)) : 50.0 (例)
- ・HTNO (採用した熱電対No. (-)) : 4 (例)
- ・SEND (データ処理する最終時間 (sec)) : 54.0 (例)

(3) プログラムリスト
リストC-P.2を参照

(4) 実行結果リスト
リストC-R.2.1を参照 (試験の昇温、昇圧データ及びその差分データ)
リストC-R.2.2を参照 (FINAS検証解析用入力データ/熱伝導用、応力解析用)

3. FINAS予備解析用入力データ作成ツール

(1) 内容

昇温・昇圧推定式によってFINAS予備解析用のデータファイル (熱伝導、応力解析用) を作成する。 (FT20:実行結果出力、FT21:熱伝導解析用データ、FT22:応力解析用データ)

(2) 入力データ (データ文にて指定)

- ・ CASE (試験データNo.タイトル) : No.P-Q-003 (例)
- ・ V (昇温速度 (deg°C-up/sec)) : 40.0 (例)
- ・ ENDT (計算時間 (sec)) : 40.0 (例)
- ・ TMESH (時間メッシュ (sec)) : 1.00 (例)
- ・ P1 (伝熱管内最高圧力 (kg/cm².g)) : 160.0 (例)
- ・ TMAX (伝熱管最高温度 (°C)) : 1200.0 (例)
- ・ TINIT (伝熱管初期温度 (°C)) : 25.00 (例)

(3) プログラムリスト
リストC-P.3を参照

(4) 実行結果リスト
リストC-R.3を参照 (FT20に出力される実行結果出力リスト)
熱伝導および応力解析用データについてはリストC-R.2.2を参照。

4. FINASポストファイル (応力解析結果) 編集用ツール

(1) 内容

- ・ 弾塑性応力解析によって得られたポストファイルを編集・加工し、応力・歪み挙動のグラフ化を行うためにグラフィックアプリケーション用のプロットファイルを作成 (FT20) する。グラフデータは時系列用と指定時刻の要素内分布用の2つがある。
- ・ ポストデータとツール内に組み込んだ温度依存強度データによって塑性開始発生状況と応力、歪み破壊判定による破損発生状況を出力 (FT06) する。
その他、以下の入力データ (JSTP,JSTP2) で指定した計算ステップに相当する時刻の応力、歪み、管壁温度の情報を出力する。

(2) 入力データ (パラメータ及びデータ文にて指定)

- ・ IOTIM1 (計算モデルの要素単位毎に時系列での応力、歪み破壊情報を出力するステップの総数。JSTP(1)~JSTP(IOTIM1)) : 11 (例)
- ・ IOTIM2 (時系列での応力、歪み情報を出力する最終ステップ。
JSTP(IOTIM1)) : 201 (例)
- ・ IOTIM3 (管壁の応力、歪み分布情報を出力するステップの総数。
JSTP2(1)~JSTP2(IOTIM3)) : 3 (例)
- ・ MAXELM (FINAS計算モデルのメッシュ分割数 (-)) : 12 (例)
- ・ JUMP (プロットファイルのデータ間引き間隔 但し、IALL=1のときのみ有効)
- ・ IALL0 = 0 (応力・歪み破壊判定によって破損となった情報を1メッシュにつき1度
だけ出力する。)
= 1 (応力・歪み破壊判定によって破損となった情報を1メッシュにつき何度
も出力する。)
- ・ IALL = 1 (プロットファイルに全ステップの計算結果情報を書き込む。また、JSTP
で指定したステップ毎の計算結果情報をFT06に出力する。)
= 0 (JSTPで指定したステップ毎に計算結果情報をプロットファイルおよび
FT06に出力する。)
- ・ IDIST = 0 (管壁分布データについては何も出力しない。)
= 1 (JSTP(1)~JSTP(IOTIM1)毎に管壁分布データをFT21/FT06に出力する。)
= 2 (JSTP2(1)~JSTP2(IOTIM3)毎に管壁分布データをFT21/FT06に出力する。)
- ・ JSTP (時系列での応力、歪み情報を出力するステップ。JSTP(1)~JSTP(IOTIM1))
: 1, 21, 41, 61, 81, 101, 121, 141, 161, 181, 201 (例)
- ・ JSTP2 (管壁の応力、歪み分布情報を出力するステップ。JSTP2(1)~JSTP2(IOTIM3))
: 321, 331, 341 (例)
- ・ IMAT = 1 (伝熱管の材質: Mod.9Cr-1Mo鋼材)
= 2 (" : 2.25Cr-1Mo鋼材)
= 3 (" : SUS321鋼材)
- ・ ULTS (極限歪み (-)) : 0.20 (例)

(3) プログラムリスト

リストC-P.4参照

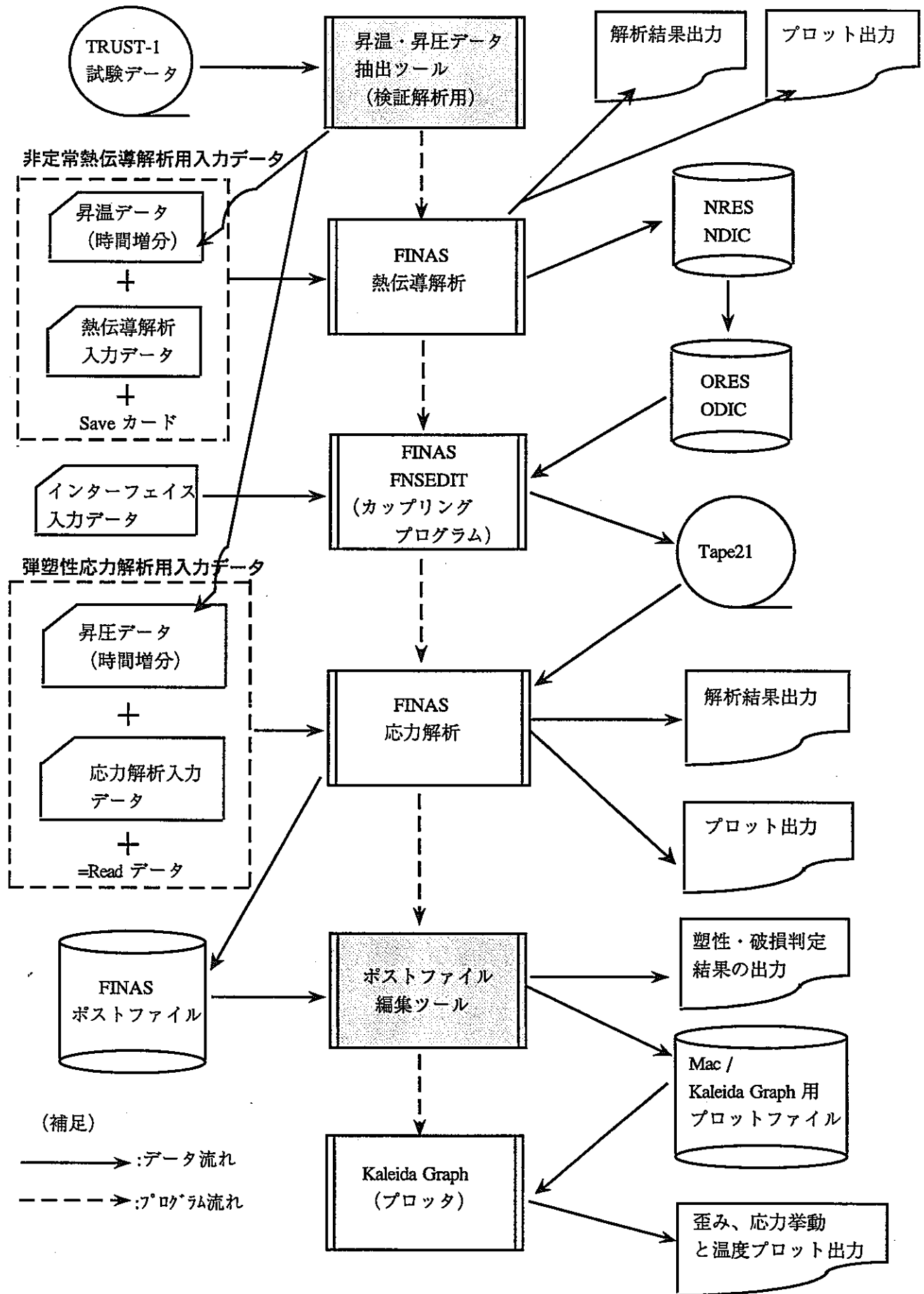
(4) Tree構造図とサブルーチン

- Main -----
- ・ YANDF (降伏応力、破断強度を定式により計算する関数)
 - ・ TUBMAT (超高温領域800℃~1200℃内の引張強さを計算する関数)
 - ・ ULTMAT (常温~800℃以下の引張強さを計算する関数)

上記のサブルーチンは3つの材料 (Mod.9Cr-1Mo, 2.25Cr-1Mo, SUS321) 関数である。

(5) 実行結果リスト

リストC-R.4参照 (応力、歪み破壊判定結果と時系列および指定時刻の管内分布
詳細情報の出力/管壁温度、応力、歪み情報)



図C-1 高温クリープ解析用データ処理ツールの役割

リストC-R.2.1 (試験の昇温、昇圧データ及びその差分データ)

(例): 試験番号PM-001

NO.	DATA-NO.	TIME(S)	TIME2(S)	DTIME(S)	TEMP(.C)	DTEMP(.C)	PRES(ATG)	DPR
1,	6,	114.100,	0.000,	0.000,	24.797,	24.797,	100.610,	101.61
2,	31,	114.600,	0.500,	0.500,	68.250,	43.453,	100.580,	-0.03
3,	56,	115.100,	1.000,	0.500,	237.280,	169.030,	101.130,	0.55
4,	81,	115.600,	1.500,	0.500,	356.480,	119.200,	106.900,	5.77
5,	106,	116.100,	2.000,	0.500,	440.200,	83.720,	112.580,	5.68
6,	131,	116.600,	2.500,	0.500,	442.220,	2.020,	117.890,	5.31
7,	156,	117.100,	3.000,	0.500,	445.830,	3.610,	122.840,	4.95
8,	181,	117.600,	3.500,	0.500,	535.310,	89.480,	126.760,	3.92
9,	206,	118.100,	4.000,	0.500,	625.920,	90.610,	130.540,	3.78
10,	231,	118.600,	4.500,	0.500,	679.880,	53.960,	135.040,	4.50
11,	256,	119.100,	5.000,	0.500,	688.690,	8.810,	139.410,	4.37
12,	281,	119.600,	5.500,	0.500,	694.920,	6.230,	142.800,	3.39
13,	306,	120.100,	6.000,	0.500,	708.840,	13.920,	145.670,	2.87
14,	331,	120.600,	6.500,	0.500,	727.410,	18.570,	148.560,	2.89
15,	356,	121.100,	7.000,	0.500,	752.390,	24.980,	150.850,	2.29
16,	381,	121.600,	7.500,	0.500,	780.980,	28.590,	153.230,	2.38
17,	406,	122.100,	8.000,	0.500,	811.970,	30.990,	155.480,	2.25
18,	431,	122.600,	8.500,	0.500,	841.730,	29.760,	157.370,	1.89
19,	456,	123.100,	9.000,	0.500,	864.750,	23.020,	158.710,	1.34
20,	481,	123.600,	9.500,	0.500,	892.220,	27.470,	160.190,	1.48
21,	506,	124.100,	10.000,	0.500,	923.200,	30.980,	161.930,	1.74
22,	531,	124.600,	10.500,	0.500,	955.220,	32.020,	163.190,	1.26
23,	556,	125.100,	11.000,	0.500,	987.940,	32.720,	164.200,	1.01
24,	581,	125.600,	11.500,	0.500,	1020.300,	32.360,	164.230,	0.03
25,	606,	126.100,	12.000,	0.500,	1053.100,	32.800,	163.570,	-0.66
26,	631,	126.600,	12.500,	0.500,	1084.100,	31.000,	151.950,	-11.62
27,	656,	127.100,	13.000,	0.500,	354.230,	-729.870,	2.091,	-149.85

リストC-R.2.2 (FINAS検証解析用入力データ/熱伝導、応力解析用)

例: 試験番号PM-001

(熱伝導解析用)

SPECIFIED TEMPERATURE

1	25	325	50	24.797
2	25	325	50	43.453
3	25	325	50	169.030
4	25	325	50	119.200
		⋮	(省略)	⋮
25		⋮		⋮
	25	325	50	32.800
26	25	325	50	32.900
27	25	325	50	0.00

(応力解析用)

FORCE

1	1	1	201	100	2	1.01610	1.01610	1.01610
2	1	1	201	100	2	-0.00030	-0.00030	-0.00030
3	1	1	201	100	2	0.00550	0.00550	0.00550
4	1	1	201	100	2	0.05770	0.05770	0.05770
5	1	1	201	100	2	0.05680	0.05680	0.05680
			⋮			(省略)	⋮	
24			⋮				⋮	
	1	1	201	100	2	0.00030	0.00030	0.00030
25	1	1	201	100	2	-0.00660	-0.00660	-0.00660
26	1	1	201	100	2	-0.06740	-0.06740	-0.06740
27	1	1	201	100	2	0.0	0.0	0.0

リストC-R.3 (FINAS予備解析用入力データの計算結果)

```

#### NO.P-Q-003 #### / DATA FOR PRE-ANALYSIS
V(DEG.C/SEC)= 40.0000 ENDT(SEC)= 40.0000 TMESH(SEC)= 1.000
P1(KG/CM2.G)= 160.0000 TMAX(DEG.C)= 1200.0000 TINIT(DEG.C)= 25.0000
NO., TIME(SEC), TEMP(DEG.C), Y1(KG/CM2.A)
  1, 0.0000, 25.0000, 101.0000
  2, 1.0000, 65.0000, 107.9366
  3, 2.0000, 105.0000, 114.0713
  4, 3.0000, 145.0000, 119.4967
  5, 4.0000, 185.0000, 124.2950
  6, 5.0000, 225.0000, 128.5384
  7, 6.0000, 265.0000, 132.2913
  8, 7.0000, 305.0000, 135.6104
  9, 8.0000, 345.0000, 138.5457
 10, 9.0000, 385.0000, 141.1416
 11, 10.0000, 425.0000, 143.4375
 12, 11.0000, 465.0000, 145.4679
 13, 12.0000, 505.0000, 147.2635
 14, 13.0000, 545.0000, 148.8516
 15, 14.0000, 585.0000, 150.2561
 16, 15.0000, 625.0000, 151.4982
 17, 16.0000, 665.0000, 152.5967
 18, 17.0000, 705.0000, 153.5682
 19, 18.0000, 745.0000, 154.4274
 20, 19.0000, 785.0000, 155.1873
 21, 20.0000, 825.0000, 155.8593
 22, 21.0000, 865.0000, 156.4536
 23, 22.0000, 905.0000, 156.9792
 24, 23.0000, 945.0000, 157.4441
 25, 24.0000, 985.0000, 157.8552
 26, 25.0000, 1025.0000, 158.2187
 27, 26.0000, 1065.0000, 158.5403
 28, 27.0000, 1105.0000, 158.8246
 29, 28.0000, 1145.0000, 159.0761
 30, 29.0000, 1185.0000, 159.2986
 31, 30.0000, 1200.0000, 159.4953
 32, 31.0000, 1200.0000, 159.6692
 33, 32.0000, 1200.0000, 159.8231
 34, 33.0000, 1200.0000, 159.9591
 35, 34.0000, 1200.0000, 160.0795
 36, 35.0000, 1200.0000, 160.1859
 37, 36.0000, 1200.0000, 160.2800
 38, 37.0000, 1200.0000, 160.3633
 39, 38.0000, 1200.0000, 160.4369
 40, 39.0000, 1200.0000, 160.5020
 41, 40.0000, 1200.0000, 160.5596

```

リストC-R.4 (応力、歪み破壊判定結果と時系列および指定時刻の管内分布
詳細情報の出力/管壁温度、応力、歪み情報)

```

*.*.*.*.* BURST INFORMATION -*.*.*.*.*
##### STRESS BURST #####
    TIME= 1.1880E+01 STEPS=199 ELM-NO.=1 BURST= 6.8819E+00 MISES= 7.7636E+00 TEMP= 1.0838E+03 EPS= 1.1749E-01

##### STRESS BURST #####
    TIME= 1.1900E+01 STEPS=201 ELM-NO.=5 BURST= 6.8271E+00 MISES= 8.6663E+00 TEMP= 1.0854E+03 EPS= 1.3021E-01

##### STRESS BURST #####
    TIME= 1.1900E+01 STEPS=201 ELM-NO.=6 BURST= 6.8271E+00 MISES= 6.9738E+00 TEMP= 1.0854E+03 EPS= 1.2477E-01

##### STRESS BURST #####
    TIME= 1.1920E+01 STEPS=203 ELM-NO.=7 BURST= 6.7724E+00 MISES= 6.8069E+00 TEMP= 1.0869E+03 EPS= 1.4186E-01

##### STRESS BURST #####
    TIME= 1.1920E+01 STEPS=203 ELM-NO.=12 BURST= 6.7722E+00 MISES= 7.3077E+00 TEMP= 1.0869E+03 EPS= 1.2397E-01

@@@@@ STRAIN BURST @@@@@
    TIME= 1.1940E+01 STEPS=205 ELM-NO.=1 BURST= 6.7177E+00 MISES= 5.4054E+00 TEMP= 1.0884E+03 EPS= 2.2418E-01

@@@@@ STRAIN BURST @@@@@
    TIME= 1.1940E+01 STEPS=205 ELM-NO.=2 BURST= 6.7177E+00 MISES= 4.6265E+00 TEMP= 1.0884E+03 EPS= 2.1431E-01

##### STRESS BURST #####
    TIME= 1.1940E+01 STEPS=205 ELM-NO.=3 BURST= 6.7177E+00 MISES= 8.0627E+00 TEMP= 1.0884E+03 EPS= 2.0626E-01

@@@@@ STRAIN BURST @@@@@
    TIME= 1.1940E+01 STEPS=205 ELM-NO.=3 BURST= 6.7177E+00 MISES= 8.0627E+00 TEMP= 1.0884E+03 EPS= 2.0626E-01

@@@@@ STRAIN BURST @@@@@
    TIME= 1.1940E+01 STEPS=205 ELM-NO.=4 BURST= 6.7179E+00 MISES= 4.4089E+00 TEMP= 1.0884E+03 EPS= 2.0021E-01

##### STRESS BURST #####
    TIME= 1.1940E+01 STEPS=205 ELM-NO.=11 BURST= 6.7177E+00 MISES= 1.0359E+01 TEMP= 1.0884E+03 EPS= 1.6155E-01

@@@@@ STRAIN BURST @@@@@
    TIME= 1.1950E+01 STEPS=206 ELM-NO.=5 BURST= 6.6903E+00 MISES= 5.8113E+00 TEMP= 1.0892E+03 EPS= 2.0094E-01

##### STRESS BURST #####
    TIME= 1.1960E+01 STEPS=207 ELM-NO.=2 BURST= 6.6630E+00 MISES= 9.6650E+00 TEMP= 1.0899E+03 EPS= 2.3882E-01

##### STRESS BURST #####
    TIME= 1.1960E+01 STEPS=207 ELM-NO.=4 BURST= 6.6631E+00 MISES= 8.3438E+00 TEMP= 1.0899E+03 EPS= 2.2396E-01

@@@@@ STRAIN BURST @@@@@
    TIME= 1.1960E+01 STEPS=207 ELM-NO.=6 BURST= 6.6629E+00 MISES= 1.1209E+01 TEMP= 1.0899E+03 EPS= 2.1107E-01

@@@@@ STRAIN BURST @@@@@
    TIME= 1.1960E+01 STEPS=207 ELM-NO.=7 BURST= 6.6630E+00 MISES= 6.6491E+00 TEMP= 1.0899E+03 EPS= 2.0386E-01

##### STRESS BURST #####
    TIME= 1.1980E+01 STEPS=209 ELM-NO.=8 BURST= 6.6084E+00 MISES= 1.3734E+01 TEMP= 1.0914E+03 EPS= 2.4051E-01

@@@@@ STRAIN BURST @@@@@
    TIME= 1.1980E+01 STEPS=209 ELM-NO.=8 BURST= 6.6084E+00 MISES= 1.3734E+01 TEMP= 1.0914E+03 EPS= 2.4051E-01

##### STRESS BURST #####

```

TIME= 1.1980E+01 STEPS=209 ELM-NO.=9 BURST= 6.6084E+00 MISES= 7.3215E+00 TEMP= 1.0914E+03 EPS= 2.3359E-01

@@@@@ STRAIN BURST @@@@@

TIME= 1.1980E+01 STEPS=209 ELM-NO.=9 BURST= 6.6084E+00 MISES= 7.3215E+00 TEMP= 1.0914E+03 EPS= 2.3359E-01

@@@@@ STRAIN BURST @@@@@

TIME= 1.1980E+01 STEPS=209 ELM-NO.=10 BURST= 6.6083E+00 MISES= 6.1716E+00 TEMP= 1.0914E+03 EPS= 2.2847E-01

@@@@@ STRAIN BURST @@@@@

TIME= 1.1980E+01 STEPS=209 ELM-NO.=11 BURST= 6.6083E+00 MISES= 9.2597E+00 TEMP= 1.0914E+03 EPS= 2.2514E-01

@@@@@ STRAIN BURST @@@@@

TIME= 1.1980E+01 STEPS=209 ELM-NO.=12 BURST= 6.6081E+00 MISES= 1.2613E+01 TEMP= 1.0914E+03 EPS= 2.2061E-01

STRESS BURST

TIME= 1.2040E+01 STEPS=215 ELM-NO.=10 BURST= 6.4462E+00 MISES= 1.1273E+01 TEMP= 1.0959E+03 EPS= 3.2134E-01

*****. YIELD INFORMATION .*****

ELM-NO.=1 TIME= 1.1000E+01 TEMP= 1.0165E+03 YIELD= 5.0036E+00
 ELM-NO.=2 TIME= 1.1080E+01 TEMP= 1.0226E+03 YIELD= 4.8927E+00
 ELM-NO.=3 TIME= 1.1170E+01 TEMP= 1.0296E+03 YIELD= 4.7681E+00
 ELM-NO.=4 TIME= 1.1250E+01 TEMP= 1.0357E+03 YIELD= 4.6573E+00
 ELM-NO.=5 TIME= 1.1320E+01 TEMP= 1.0411E+03 YIELD= 4.5602E+00
 ELM-NO.=6 TIME= 1.1380E+01 TEMP= 1.0457E+03 YIELD= 4.4770E+00
 ELM-NO.=7 TIME= 1.1430E+01 TEMP= 1.0496E+03 YIELD= 4.4078E+00
 ELM-NO.=8 TIME= 1.1480E+01 TEMP= 1.0534E+03 YIELD= 4.3384E+00
 ELM-NO.=9 TIME= 1.1510E+01 TEMP= 1.0557E+03 YIELD= 4.2970E+00
 ELM-NO.=10 TIME= 1.1540E+01 TEMP= 1.0580E+03 YIELD= 4.2559E+00
 ELM-NO.=11 TIME= 1.1570E+01 TEMP= 1.0603E+03 YIELD= 4.2149E+00
 ELM-NO.=12 TIME= 1.1590E+01 TEMP= 1.0618E+03 YIELD= 4.1874E+00

PLOT-1 DATA FOR KALEIDA GRAPH

** TIME-HISTORY OF NODAL DATA **

@@@@@@@ ELM-NO.= 1 @@@@@@@@

E1/TIM(SEC)	TEMP(C)	MISES	EPS	YIELD	BURST	ULTIMATE
0.0000E+00	2.6531E+01	3.0999E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
2.0000E+00	3.8802E+02	3.4492E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	5.5123E+01
4.0000E+00	6.3049E+02	3.9436E+00	0.0000E+00	2.4156E+01	4.4221E+01	2.9596E+01
6.0000E+00	6.9650E+02	4.3527E+00	0.0000E+00	1.8215E+01	3.3660E+01	2.0512E+01
8.0000E+00	8.0717E+02	4.6545E+00	0.0000E+00	8.7710E+00	1.6842E+01	1.0353E+01
9.9999E+00	9.4136E+02	4.8486E+00	0.0000E+00	6.3556E+00	1.2011E+01	7.6022E+00
1.1000E+01	1.0165E+03	4.9032E+00	1.1873E-05	5.0036E+00	9.3072E+00	6.0624E+00
1.2000E+01	1.0930E+03	6.7129E+00	3.3279E-01	3.6268E+00	6.5536E+00	4.4944E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

@@@@@@@ ELM-NO.= 2 @@@@@@@@

E2/TIM(SEC)	TEMP(C)	MISES	EPS	YIELD	BURST	ULTIMATE
0.0000E+00	2.6531E+01	2.9754E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
2.0000E+00	3.8802E+02	3.3106E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	5.5123E+01
4.0000E+00	6.3049E+02	3.7852E+00	0.0000E+00	2.4156E+01	4.4221E+01	2.9596E+01
6.0000E+00	6.9650E+02	4.1779E+00	0.0000E+00	1.8215E+01	3.3660E+01	2.0512E+01
8.0000E+00	8.0717E+02	4.4678E+00	0.0000E+00	8.7710E+00	1.6842E+01	1.0353E+01
9.9999E+00	9.4136E+02	4.6540E+00	0.0000E+00	6.3556E+00	1.2011E+01	7.6022E+00
1.1000E+01	1.0165E+03	4.7366E+00	0.0000E+00	5.0036E+00	9.3072E+00	6.0624E+00
1.2000E+01	1.0930E+03	8.8155E+00	3.1803E-01	3.6268E+00	6.5535E+00	4.4944E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

@@@@@@@ ELM-NO.= 3 @@@@@@@@

E3/TIM(SEC)	TEMP(C)	MISES	EPS	YIELD	BURST	ULTIMATE
-------------	---------	-------	-----	-------	-------	----------

```

0.0000E+00, 2.6531E+01, 2.8599E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00
2.0000E+00, 3.8802E+02, 3.1819E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 5.5123E+01
4.0000E+00, 6.3049E+02, 3.6381E+00, 0.0000E+00, 2.4156E+01, 4.4221E+01, 2.9596E+01
6.0000E+00, 6.9650E+02, 4.0157E+00, 0.0000E+00, 1.8215E+01, 3.3660E+01, 2.0512E+01
8.0000E+00, 8.0717E+02, 4.2946E+00, 0.0000E+00, 8.7710E+00, 1.6842E+01, 1.0353E+01
9.9999E+00, 9.4136E+02, 4.4735E+00, 0.0000E+00, 6.3556E+00, 1.2011E+01, 7.6022E+00
1.1000E+01, 1.0165E+03, 4.5529E+00, 0.0000E+00, 5.0036E+00, 9.3072E+00, 6.0624E+00
1.2000E+01, 1.0930E+03, 1.6224E+01, 3.1421E-01, 3.6268E+00, 6.5536E+00, 4.4944E+00
0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00
0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00
0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00
@@@@@ ELM-NO.= 4 @@@@@@
E4/TIM(SEC) ,TEMP(C) ,MISES ,EPS ,YIELD ,BURST ,ULTIMATE
0.0000E+00, 2.6531E+01, 2.7525E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00
2.0000E+00, 3.8802E+02, 3.0626E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 5.5123E+01
4.0000E+00, 6.3049E+02, 3.5013E+00, 0.0000E+00, 2.4156E+01, 4.4221E+01, 2.9596E+01
6.0000E+00, 6.9650E+02, 3.8650E+00, 0.0000E+00, 1.8215E+01, 3.3660E+01, 2.0512E+01
8.0000E+00, 8.0716E+02, 4.1336E+00, 0.0000E+00, 8.7710E+00, 1.6842E+01, 1.0353E+01
9.9999E+00, 9.4135E+02, 4.3058E+00, 0.0000E+00, 6.3556E+00, 1.2011E+01, 7.6022E+00
1.1000E+01, 1.0165E+03, 4.3824E+00, 0.0000E+00, 5.0037E+00, 9.3073E+00, 6.0625E+00
1.2000E+01, 1.0930E+03, 2.4964E+01, 2.9623E-01, 3.6269E+00, 6.5537E+00, 4.4945E+00
0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00
0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00
0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00
@@@@@ ELM-NO.= 5 @@@@@@
E5/TIM(SEC) ,TEMP(C) ,MISES ,EPS ,YIELD ,BURST ,ULTIMATE
0.0000E+00, 2.6531E+01, 2.6526E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00
2.0000E+00, 3.8802E+02, 2.9512E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 5.5123E+01
4.0000E+00, 6.3050E+02, 3.3739E+00, 0.0000E+00, 2.4155E+01, 4.4221E+01, 2.9595E+01
6.0000E+00, 6.9651E+02, 3.7245E+00, 0.0000E+00, 1.8215E+01, 3.3659E+01, 2.0512E+01
8.0000E+00, 8.0717E+02, 3.9834E+00, 0.0000E+00, 8.7709E+00, 1.6842E+01, 1.0353E+01
9.9999E+00, 9.4136E+02, 4.1493E+00, 0.0000E+00, 6.3555E+00, 1.2011E+01, 7.6021E+00
1.1000E+01, 1.0165E+03, 4.2231E+00, 0.0000E+00, 5.0036E+00, 9.3071E+00, 6.0624E+00
1.2000E+01, 1.0930E+03, 5.0185E+00, 2.9441E-01, 3.6268E+00, 6.5535E+00, 4.4944E+00
0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00
0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00
0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00
@@@@@ ELM-NO.= 6 @@@@@@
E6/TIM(SEC) ,TEMP(C) ,MISES ,EPS ,YIELD ,BURST ,ULTIMATE
0.0000E+00, 2.6531E+01, 2.5596E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00
2.0000E+00, 3.8802E+02, 2.8477E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 5.5123E+01
4.0000E+00, 6.3050E+02, 3.2554E+00, 0.0000E+00, 2.4155E+01, 4.4221E+01, 2.9595E+01
6.0000E+00, 6.9650E+02, 3.5939E+00, 0.0000E+00, 1.8215E+01, 3.3659E+01, 2.0512E+01
8.0000E+00, 8.0717E+02, 3.8439E+00, 0.0000E+00, 8.7710E+00, 1.6842E+01, 1.0353E+01
9.9999E+00, 9.4136E+02, 4.0039E+00, 0.0000E+00, 6.3555E+00, 1.2011E+01, 7.6021E+00
1.1000E+01, 1.0165E+03, 4.0752E+00, 0.0000E+00, 5.0036E+00, 9.3071E+00, 6.0624E+00
1.2000E+01, 1.0930E+03, 1.0136E+01, 2.8444E-01, 3.6268E+00, 6.5535E+00, 4.4943E+00
0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00
0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00
0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00
@@@@@ ELM-NO.= 7 @@@@@@
E7/TIM(SEC) ,TEMP(C) ,MISES ,EPS ,YIELD ,BURST ,ULTIMATE
0.0000E+00, 2.6531E+01, 2.4729E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00
2.0000E+00, 3.8802E+02, 2.7511E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 5.5123E+01
4.0000E+00, 6.3050E+02, 3.1449E+00, 0.0000E+00, 2.4155E+01, 4.4220E+01, 2.9595E+01
6.0000E+00, 6.9650E+02, 3.4722E+00, 0.0000E+00, 1.8215E+01, 3.3660E+01, 2.0512E+01
8.0000E+00, 8.0717E+02, 3.7140E+00, 0.0000E+00, 8.7710E+00, 1.6842E+01, 1.0353E+01
9.9999E+00, 9.4136E+02, 3.8685E+00, 0.0000E+00, 6.3555E+00, 1.2011E+01, 7.6021E+00
1.1000E+01, 1.0165E+03, 3.9374E+00, 0.0000E+00, 5.0036E+00, 9.3071E+00, 6.0624E+00
1.2000E+01, 1.0930E+03, 1.5319E+01, 2.7189E-01, 3.6268E+00, 6.5535E+00, 4.4944E+00
0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00
0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00
0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00, 0.0000E+00
@@@@@ ELM-NO.= 8 @@@@@@

```

E8/TIM(SEC)	TEMP(C)	MISES	EPS	YIELD	BURST	ULTIMATE
0.0000E+00	2.6531E+01	2.3920E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
2.0000E+00	3.8802E+02	2.6608E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	5.5123E+01
4.0000E+00	6.3050E+02	3.0417E+00	0.0000E+00	2.4155E+01	4.4220E+01	2.9594E+01
6.0000E+00	6.9651E+02	3.3585E+00	0.0000E+00	1.8214E+01	3.3659E+01	2.0511E+01
8.0000E+00	8.0717E+02	3.5922E+00	0.0000E+00	8.7709E+00	1.6842E+01	1.0353E+01
9.9999E+00	9.4137E+02	3.7416E+00	0.0000E+00	6.3554E+00	1.2011E+01	7.6020E+00
1.1000E+01	1.0165E+03	3.8083E+00	0.0000E+00	5.0035E+00	9.3069E+00	6.0623E+00
1.2000E+01	1.0930E+03	1.0664E+01	2.6498E-01	3.6269E+00	6.5537E+00	4.4945E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

ELM-NO.= 9

E9/TIM(SEC)	TEMP(C)	MISES	EPS	YIELD	BURST	ULTIMATE
0.0000E+00	2.6531E+01	2.3164E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
2.0000E+00	3.8803E+02	2.5766E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	5.5123E+01
4.0000E+00	6.3050E+02	2.9453E+00	0.0000E+00	2.4155E+01	4.4219E+01	2.9594E+01
6.0000E+00	6.9651E+02	3.2523E+00	0.0000E+00	1.8214E+01	3.3659E+01	2.0511E+01
8.0000E+00	8.0717E+02	3.4787E+00	0.0000E+00	8.7709E+00	1.6842E+01	1.0353E+01
9.9999E+00	9.4137E+02	3.6233E+00	0.0000E+00	6.3554E+00	1.2011E+01	7.6020E+00
1.1000E+01	1.0165E+03	3.6879E+00	0.0000E+00	5.0034E+00	9.3069E+00	6.0622E+00
1.2000E+01	1.0930E+03	4.9518E+00	2.5789E-01	3.6268E+00	6.5537E+00	4.4945E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

ELM-NO.= 10

E10/TIM(SEC)	TEMP(C)	MISES	EPS	YIELD	BURST	ULTIMATE
0.0000E+00	2.6531E+01	2.2457E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
2.0000E+00	3.8803E+02	2.4979E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	5.5123E+01
4.0000E+00	6.3051E+02	2.8550E+00	0.0000E+00	2.4154E+01	4.4219E+01	2.9594E+01
6.0000E+00	6.9651E+02	3.1529E+00	0.0000E+00	1.8214E+01	3.3659E+01	2.0511E+01
8.0000E+00	8.0717E+02	3.3726E+00	0.0000E+00	8.7709E+00	1.6842E+01	1.0353E+01
9.9999E+00	9.4137E+02	3.5128E+00	0.0000E+00	6.3554E+00	1.2011E+01	7.6019E+00
1.1000E+01	1.0165E+03	3.5755E+00	0.0000E+00	5.0034E+00	9.3068E+00	6.0622E+00
1.2000E+01	1.0930E+03	5.1122E+00	2.5015E-01	3.6268E+00	6.5536E+00	4.4944E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

ELM-NO.= 11

E11/TIM(SEC)	TEMP(C)	MISES	EPS	YIELD	BURST	ULTIMATE
0.0000E+00	2.6531E+01	2.1796E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
2.0000E+00	3.8803E+02	2.4244E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	5.5123E+01
4.0000E+00	6.3051E+02	2.7707E+00	0.0000E+00	2.4154E+01	4.4219E+01	2.9594E+01
6.0000E+00	6.9651E+02	3.0601E+00	0.0000E+00	1.8214E+01	3.3659E+01	2.0511E+01
8.0000E+00	8.0717E+02	3.2734E+00	0.0000E+00	8.7709E+00	1.6842E+01	1.0353E+01
9.9999E+00	9.4137E+02	3.4094E+00	0.0000E+00	6.3553E+00	1.2011E+01	7.6019E+00
1.1000E+01	1.0165E+03	3.4703E+00	0.0000E+00	5.0034E+00	9.3068E+00	6.0622E+00
1.2000E+01	1.0930E+03	6.8043E+00	2.4967E-01	3.6268E+00	6.5536E+00	4.4944E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

ELM-NO.= 12

E12/TIM(SEC)	TEMP(C)	MISES	EPS	YIELD	BURST	ULTIMATE
0.0000E+00	2.6531E+01	2.1177E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
2.0000E+00	3.8803E+02	2.3553E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	5.5123E+01
4.0000E+00	6.3051E+02	2.6916E+00	0.0000E+00	2.4154E+01	4.4218E+01	2.9593E+01
6.0000E+00	6.9651E+02	2.9731E+00	0.0000E+00	1.8214E+01	3.3658E+01	2.0511E+01
8.0000E+00	8.0718E+02	3.1803E+00	0.0000E+00	8.7708E+00	1.6842E+01	1.0353E+01
9.9999E+00	9.4138E+02	3.3124E+00	0.0000E+00	6.3553E+00	1.2010E+01	7.6018E+00
1.1000E+01	1.0165E+03	3.3716E+00	0.0000E+00	5.0033E+00	9.3066E+00	6.0621E+00
1.2000E+01	1.0930E+03	7.8373E+00	2.4667E-01	3.6267E+00	6.5534E+00	4.4943E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00
0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00	0.0000E+00

***** PLOT-2 DATA FOR KALEIDA GRAPH *****

** DISTRIBUTIONAL DATA THROUGH THE WALL **

ELM-NO.	,TIME(SEC)	,TEMP(C)	,MISES	,EPS	,YIELD	,BURST	,ULTIMATE
1	9.9999E+00	9.4136E+02	4.8486E+00	0.0000E+00	6.3556E+00	1.2011E+01	7.6022E+00
2	9.9999E+00	9.4136E+02	4.6540E+00	0.0000E+00	6.3556E+00	1.2011E+01	7.6022E+00
3	9.9999E+00	9.4136E+02	4.4735E+00	0.0000E+00	6.3556E+00	1.2011E+01	7.6022E+00
4	9.9999E+00	9.4135E+02	4.3058E+00	0.0000E+00	6.3556E+00	1.2011E+01	7.6022E+00
5	9.9999E+00	9.4136E+02	4.1493E+00	0.0000E+00	6.3555E+00	1.2011E+01	7.6021E+00
6	9.9999E+00	9.4136E+02	4.0039E+00	0.0000E+00	6.3555E+00	1.2011E+01	7.6021E+00
7	9.9999E+00	9.4136E+02	3.8685E+00	0.0000E+00	6.3555E+00	1.2011E+01	7.6021E+00
8	9.9999E+00	9.4137E+02	3.7416E+00	0.0000E+00	6.3554E+00	1.2011E+01	7.6020E+00
9	9.9999E+00	9.4137E+02	3.6233E+00	0.0000E+00	6.3554E+00	1.2011E+01	7.6020E+00
10	9.9999E+00	9.4137E+02	3.5128E+00	0.0000E+00	6.3554E+00	1.2011E+01	7.6019E+00
11	9.9999E+00	9.4137E+02	3.4094E+00	0.0000E+00	6.3553E+00	1.2011E+01	7.6019E+00
12	9.9999E+00	9.4138E+02	3.3124E+00	0.0000E+00	6.3553E+00	1.2010E+01	7.6018E+00

ELM-NO.	,TIME(SEC)	,TEMP(C)	,MISES	,EPS	,YIELD	,BURST	,ULTIMATE
1	1.1000E+01	1.0165E+03	4.9032E+00	1.1873E-05	5.0036E+00	9.3072E+00	6.0624E+00
2	1.1000E+01	1.0165E+03	4.7366E+00	0.0000E+00	5.0036E+00	9.3072E+00	6.0624E+00
3	1.1000E+01	1.0165E+03	4.5529E+00	0.0000E+00	5.0036E+00	9.3072E+00	6.0624E+00
4	1.1000E+01	1.0165E+03	4.3824E+00	0.0000E+00	5.0037E+00	9.3073E+00	6.0625E+00
5	1.1000E+01	1.0165E+03	4.2231E+00	0.0000E+00	5.0036E+00	9.3071E+00	6.0624E+00
6	1.1000E+01	1.0165E+03	4.0752E+00	0.0000E+00	5.0036E+00	9.3071E+00	6.0624E+00
7	1.1000E+01	1.0165E+03	3.9374E+00	0.0000E+00	5.0036E+00	9.3071E+00	6.0624E+00
8	1.1000E+01	1.0165E+03	3.8083E+00	0.0000E+00	5.0035E+00	9.3069E+00	6.0623E+00
9	1.1000E+01	1.0165E+03	3.6879E+00	0.0000E+00	5.0034E+00	9.3069E+00	6.0622E+00
10	1.1000E+01	1.0165E+03	3.5755E+00	0.0000E+00	5.0034E+00	9.3068E+00	6.0622E+00
11	1.1000E+01	1.0165E+03	3.4703E+00	0.0000E+00	5.0034E+00	9.3068E+00	6.0622E+00
12	1.1000E+01	1.0165E+03	3.3716E+00	0.0000E+00	5.0033E+00	9.3066E+00	6.0621E+00

ELM-NO.	,TIME(SEC)	,TEMP(C)	,MISES	,EPS	,YIELD	,BURST	,ULTIMATE
1	1.2000E+01	1.0930E+03	6.7129E+00	3.3279E-01	3.6268E+00	6.5536E+00	4.4944E+00
2	1.2000E+01	1.0930E+03	8.8155E+00	3.1803E-01	3.6268E+00	6.5535E+00	4.4944E+00
3	1.2000E+01	1.0930E+03	1.6224E+01	3.1421E-01	3.6268E+00	6.5536E+00	4.4944E+00
4	1.2000E+01	1.0930E+03	2.4964E+01	2.9623E-01	3.6269E+00	6.5537E+00	4.4945E+00
5	1.2000E+01	1.0930E+03	5.0185E+00	2.9441E-01	3.6268E+00	6.5535E+00	4.4944E+00
6	1.2000E+01	1.0930E+03	1.0136E+01	2.8444E-01	3.6268E+00	6.5535E+00	4.4943E+00
7	1.2000E+01	1.0930E+03	1.5319E+01	2.7189E-01	3.6268E+00	6.5535E+00	4.4944E+00
8	1.2000E+01	1.0930E+03	1.0664E+01	2.6498E-01	3.6269E+00	6.5537E+00	4.4945E+00
9	1.2000E+01	1.0930E+03	4.9518E+00	2.5789E-01	3.6268E+00	6.5537E+00	4.4945E+00
10	1.2000E+01	1.0930E+03	5.1122E+00	2.5015E-01	3.6268E+00	6.5536E+00	4.4944E+00
11	1.2000E+01	1.0930E+03	6.8043E+00	2.4967E-01	3.6268E+00	6.5536E+00	4.4944E+00
12	1.2000E+01	1.0930E+03	7.8373E+00	2.4667E-01	3.6267E+00	6.5534E+00	4.4943E+00

リストC-P.1 (TRUST-1試験データ用編集プログラム)

```

C+++++
C+   THIS PROGRAM IS A TOOL FOR HIGH TEMPERATURE RUPTURE ANALYSIS.
C+   ( A FUNCTION )
C+   * OUTPUT TO READ TRUST-1 DATA
C+   ( FILE )
C+   READ /FT10F001 ==> TRUST-1 TEST DATA (EX.)@PM003.DATA
C+   WRITE/FT06F001 ==> OUTPUT DATA.
C+   ( USABLE JCL )
C+   * TRUST.DATA($TOOL)
C+
C+                                     UP.DATE H7/02/17(FRI)
C+                                     PROGRAM BY I.ONO
C+++++
C
C   IMPLICIT REAL*4 (A-H,O-Z), INTEGER*4 (I-N)
C   CHARACTER*10 TESTNO
C
C##### INPUT DATA #####
C
C   IMAX ; MAXIMUM DATA RECORD NUMBER.      ( DEFAULT=100000 )
C   IREC ; NUMBER OF DATA PER 1 RECORD.      ( DEFAULT=   11 )
C   ISTRT; START TO READ 6 RECORDS.          ( DEFAULT=    6 )
C   *( ERROR FROM 1RECORD TO 5RECORDS )
C+++++ INPUT DATA ++++++
C   PARAMETER (IMAX=100000,IREC=11,ISTRT=6)
C   DIMENSION DATA(IREC)
C   DATA TESTNO /'NO.P-M-001'/
C
C#####
C...
      DO 100 I=1, IMAX
        READ(10,*,END=9999) ( DATA(J),J=1,IREC )
        IF (ISTRT.EQ.I) THEN
          WRITE(6,1000) TESTNO
          WRITE(6,2000)
        ENDIF
        IF (I.GE.ISTRT) THEN
          II = I-(ISTRT-1)
          WRITE (6,3000) II,( DATA(J),J=1,IREC )
        ENDIF
      100 CONTINUE
C...
C#####
C...
1000 FORMAT(1H1,' ***** ',A10,' ***** ')
2000 FORMAT(1H /, ' NO.',3X, ' TIME(S)',6X, 'TEMP1(.C)',2X,
+ 'TEMP2(.C)',3X, 'TEMP3(.C)',3X, 'TEMP4(.C)',4X, 'TEMP5(.C)',2X,

```

PNC PN9450 97-001

```
+ 'TEMP6(.C)', 2X, 'TEMP7(.C)', 3X, 'P(KG/CM2.G)', 2X,  
+ ' I (Å)', 4X, ' E (V)', /)  
3000 FORMAT(1H ,I4, 9(2X,F10.4), 2(1X,F9.3) )  
9999 STOP  
      END  
C----- END ----- END ----- END -----
```


リストC-P.2 (FINAS検証解析用入力データ作成プログラム)

```

C+*****
C+  THIS PROGRAM IS A TOOL FOR HIGH TEMPERATURE RUPTURE ANALYSIS.
C+  ( A FUNCTION )
C+    * FROM TRUST-1 DATA TO INPUT DATA FOR FINAS CODE.
C+  ( FILE )
C+    READ /FT10F001 ==> TRUST-1 TEST DATA (EX.)@PM003.DATA
C+    WRITE/FT20F001 ==> EDITED DATA.
C+    WRITE/FT21F001 ==> FINAS INPUT DATA FOR HEAT AND STRESS
C+  ( USABLE JCL )
C+    * TRUST.DATA($TOOL)
C+
C+                                     UP.DATE H7/02/17(FRI)
C+                                     PROGRAM BY I.ONO
C+*****
C
  IMPLICIT REAL*4 (A-H,O-Z), INTEGER*4 (I-N)
  CHARACTER*44 CASE
  PARAMETER (IMAX=100000,IREC=9)
  INTEGER*4 STRN,HTNO
  DIMENSION DATA(IREC),TFINAS(500),PFINAS(500)
C
C***** INPUT DATA *****
C
C  STRN ; FIRST RECORD NUMBER TO READ.          UNIT(-)
C  SINC ; INTERVAL TIME TO READ.                UNIT(SECOND)
C  HZ   ; FREQUENCY OF TRUST-1 DATA.           UNIT(HZ)
C  HTNO ; ADOPTIVE THERMOCOUPLE. (#1-#7)       UNIT(-)
C  SEND ; REQUEST END TIME IN TRUST-1 DATA FILE. UNIT(SECOND)
C
  DATA CASE /'##### NO.P-M-007 ##### / DATE:H7.XX.XX'/
  DATA STRN / 251 /
  DATA SINC / 2.0 /
  DATA HZ   / 50.0 /
  DATA HTNO / 7 /
  DATA SEND / 169.5 /
C
C*****
C...
  NUM = 0
  GCNT = SINC/(1.0/HZ)
  ICNT = GCNT
  K = HTNO + 1
C...
  DO 100 I=1, IMAX
CXXX  READ(10,1000,END=9999) ( DATA(J),J=1,IREC )
        READ(10,*,END=9999) ( DATA(J),J=1,IREC )
        IF (I.LT.STRN) GO TO 100

```

```

      IF (ICNT.EQ.GCNT) THEN
        NUM = NUM +1
        TIME = DATA(1)
        TEMP = DATA(K)
        PRESS = DATA(IREC)
        FTIME = TIME - TIME0
        IF (NUM.EQ.1) FTIME=0.0
        TIME2 = TIME2 + FTIME
        DTEMP = TEMP - TEMPO
        DPRESS= PRESS - PRESS0
        IF (NUM.EQ.1) THEN
          WRITE(6,'(1H1,A45)')
+         '##### TRUST DATA FOR FINAS CODE #####'
          WRITE (6,1000) CASE,HTNO
          WRITE (6,2000)
          WRITE (20,2001)
          DPRESS = DPRESS + 1.0
        ENDIF
        WRITE (6,3000) NUM, I, TIME, TIME2, FTIME, TEMP, DTEMP,
+         PRESS, DPRESS
        WRITE (20,3001) NUM, I, TIME, TIME2, FTIME, TEMP, DTEMP,
+         PRESS, DPRESS
C***** FINAS INPUT-DATA *****
        TFINAS(NUM) = DTEMP
        PFINAS(NUM) = DPRESS * 1.0E-2
C*****
        TIME0 = TIME
        TEMPO = TEMP
        PRESS0 = PRESS
        ICNT = 0
      ENDIF
      IF (TIME.GE.SEND) GO TO 9999
      ICNT = ICNT + 1
100 CONTINUE
C
C##### MAKE INPUT-FILE FOR FINAS CODE #####
C
C@@@ TEMPERATURE INPUT DATA @@@
9999 WRITE(21,'(A21)') 'SPECIFIED TEMPERATURE'
      DO 200 J=1, NUM
        WRITE(21,'(I5)') J
        WRITE(21,'(I15,I5,I5,F15.3)') 25,325,50,TFINAS(J)
200 CONTINUE
C
C@@@ STRESS INPUT DATA @@@
      WRITE(21,'(A5)') 'FORCE'
      DO 300 J=1, NUM
        WRITE(21,'(I5)') J
        WRITE(21,'(I10,I5,I5,I5,I5,10X,3(F10.5))')
+ 1, 1, 201, 100, 2, PFINAS(J), PFINAS(J), PFINAS(J)

```

```
300 CONTINUE
C
C*****
C
1000 FORMAT(1H ,A35,' /TEMP NO./====> #',I2)
2000 FORMAT(1H , ' NO.',1X,'DATA-NO.',1X,' TIME(S)',2X,' TIME2(S)',
+          1X,' DTIME(S)', ' TEMP(.C)', ' DTEMP(.C)',
+          ' PRES(ATG)', ' DPRES(ATA)')
2001 FORMAT(1H , 'NO.', 'DATA-NO.', 'TIME(S)', 'TIME2(S)',
+          'DTIME(S)', 'TEMP(.C)', 'DTEMP(.C)',
+          'PRES(ATG)', 'DPRES(ATA)')
3000 FORMAT(1H ,I3,2X,I5,3X,F8.3,6(2X,F8.3))
3001 FORMAT(1H ,I3,',',I5,',',F8.3,6(', ',F8.3))
C
C*****
      STOP
      END
C----- END ----- END ----- END -----
```

リストC-P.3 (FINAS予備解析用入力データ作成プログラム)

```

C+++++
C+ THIS PROGRAM IS A TOOL TO MAKE FINAS INPUT DATA FOR PRE-ANALYSIS.
C+ ( A FUNCTION )

C+ * FROM EQUATIONS DATA TO INPUT DATA FOR FINAS CODE.

C+ * TWO EQUATIONS BY HAYASHIDA.
C+ (1) TEMP(T) = V * T
C+ TEMP(DEG.C) ;CALCULATED PIPE TEMPERATURE
C+ V(DEG.C-UP/SEC) ;TEMPERATURE UP RATE.
C+ T(SEC) ;TIME
C+ (2) Y (T) = P1 * (1-3/8) * EXP( -3.6243*V*T/(TMAX-0.5*V) )
C+ Y(KG/CM2.G) ;CALCULATED INNER PRESSURE
C+ P1(KG/CM2.G);MAXIMUM INNER PRESSURE
C+ TMAX(DEG.C) ;MAXIMUM TEMPERATURE
C+ ( FILE )
C+ WRITE/FT20F001 ==> CALCULATED DATA.
C+ WRITE/FT21F001 ==> FINAS INPUT DATA FOR HEAT ANALYSIS.
C+ WRITE/FT22F001 ==> FINAS INPUT DATA FOR STRESS ANALYSIS.
C+ ( USABLE JCL )
C+ * TRUST.DATA($HAYASI)
C+ UP.DATE H7/06/27(TUE)
C+ PROGRAM BY I.ONO
C+++++
C
C IMPLICIT REAL*4 (A-H,O-Z), INTEGER*4 (I-N)
C CHARACTER*45 CASE
C
C##### INPUT DATA INFORMATION #####
C+ EQ.(1) TEMP(T) = V * T
C+ V(DEG.C-UP/SEC);TEMPERATURE UP RATE.
C+ EQ.(2) Y (T) = P1 * (1-3/8*EXP( -3.6243*V*T/(TMAX-0.5*V) )
C+ P1(KG/CM2.G);MAXIMUM INNER PRESSURE
C+ TMAX(DEG.C) ;MAXIMUM TEMPERATURE
C.....
C ENDT(SEC) ; CALCULATION TIME.
C TINIT(DEG.C); INITIAL PIPE TEMPERATURE.
C TMESH(SEC) ; TIME MESH.
C-----+
DATA CASE /'#### NO.P-Q-003 #### / DATA FOR PRE-ANALYSIS '/
DATA V / 40.0 /
DATA ENDT / 40.0 /
DATA TMESH / 1.00 /
DATA P1 / 150.0 /
DATA TMAX / 1200.0 /
DATA TINIT / 25.000 /

```

```

C+-----+
      NUM = 1
      TEMPO = 0.0
      Y10 = 0.0
      WRITE (20, 500) CASE,V,ENDT, TMESH,P1, TMAX, TINIT
      WRITE (20,1000)
      DO 10 T=0.0, ENDT, TMESH
          TEMP = V * T + TINIT
          IF ( TEMP.GT.TMAX ) TEMP=TMAX
          A = -( 3.6243*V*T/(TMAX-0.5*V) )
          Y1 = P1 * ( 1.-3./8.*EXP(A) )
C...   ATG ---> ATA
          Y1 = Y1 + 1.0
          WRITE (20,2000) NUM, T, TEMP, Y1
C
          TFINAS = TEMP - TEMPO
          PFINAS = Y1 - Y10
          TEMPO = TEMP
          Y10 = Y1
C      ##### MAKE INPUT-FILE FOR FINAS CODE #####
C      @@@ TEMPERATURE INPUT DATA @@@
          IF (T.EQ.0.0) WRITE(21,'(A21)') 'SPECIFIED TEMPERATURE'
          WRITE(21,'(I5)') NUM
          WRITE(21,'(I15,I5,I5,F15.3)') 25,325,50,TFINAS
C
C      @@@ STRESS INPUT DATA @@@
C...   PFINAS(KG/CM2.A) -----> (KG/MM2.A)
          PFINAS = PFINAS / 100.0
          IF (T.EQ.0.0) WRITE(22,'(A5)') 'FORCE'
          WRITE(22,'(I5)') NUM
          WRITE(22,'(I10,I5,I5,I5,I5,10X,3(1PE10.3))')
+      1, 1, 201, 100, 2, PFINAS, PFINAS, PFINAS
C
          NUM = NUM + 1
      10 CONTINUE
C*-----*
      500 FORMAT(1H ,A45,/, ' V(DEG.C/SEC)=' ,F10.4, ' ENDT(SEC)=' ,F10.4,
+ ' TMESH(SEC)=' ,F8.3,/,
+ ' P1(KG/CM2.G)=' ,F10.4, ' TMAX(DEG.C)=' ,F10.4, ' TINIT(DEG.C)=' ,
+ F10.4 )
      1000 FORMAT(1H , 'NO.,', ' TIME(SEC)', ' TEMP(DEG.C)',
+ ' Y1(KG/CM2.A)' )
      2000 FORMAT(1H ,I4,3(', ',F12.4))
C*-----*
      STOP
      END

```

リストC-P.4 (FINASポストファイル (応力解析結果) 編集用ツール)

```

C+++++ <TOOL FOR FINAS POST FILE> ++++++
C+
C+   THIS PROGRAM IS A TOOL FOR HIGH TEMPERATURE RUPTURE ANALYSIS.
C+   ( A FUNCTION )
C+   * JUDGE BY STRESS BURST AND STRAIN BURST.
C+   * FROM FINAS POST DATA TO PLOT DATA FOR KALEIDA-GRAPH.
C+   (FT20F001) <---- MAKE TIME-HISTORY OF NODAL DATA.
C+   (FT21F001) <---- MAKE DISTRIBUTIONAL DATA THROUGH THE WALL.
C+   ( USABLE JCL )
C+   * TRUST.DATA($POST2) OR TRUST.DATA($POST,$RESTRS)
C+   * BURST.DATA($POST2) OR BURST.DATA($POST,$RESTRS)
C+   * BURST.PFR.DATA($POST2) OR BURST.PFR.DATA($POST,$RESTRS)
C+   * BURST.KAWA.DATA($POST2) OR BURST.KAWA.DATA($POST,$RESTRS)
C+   ( MODIFIED HISTORY )
C+   * FOR FT20F001 ----- UP.DATE H7/02/17(FRI)
C+   * FOR FT21F001 ----- UP.DATE H7/07/19(WED)
C+
C+                                     PROGRAM BY I.ONO
C+++++
C
C   IMPLICIT REAL*4 (A-H,O-Z), INTEGER*4 (I-N)
C
C##### I N P U T D A T A (NO.1) #####
C   PARAMETER (IOTIM1=9,IOTIM2=601,IOTIM3=3,MAXELM=12,JUMP=1)
C#####
C
C   DIMENSION   DAT(1:8,1:IOTIM2,1:MAXELM), JSTP(1:IOTIM1),
C+             JSTP2(1:IOTIM3), PLADAT(1:3,1:MAXELM)
C   CHARACTER*4 CONE, NODE, ELM
C   CHARACTER*10 T2, T3, T4, T5, T6, T7
C   CHARACTER*12 T1(MAXELM)
C   CHARACTER*10 NAMET,ELMNO
C   INTEGER*4   ELEM , STMIN, ELMIN, IPREM1(MAXELM), IPREM2(MAXELM),
C+             IPLAST(MAXELM)
C   REAL*4     MISES, MIMIN
C
C##### I N P U T D A T A (NO.2) #####
C$$$$$$$ BURST INFORMATION FLAG $$$$$$$$$$$$$$$$
C (FT06,IALL0=0,1)
C   IALL0 =0 (DEFAULT)
C           ; WRITE BURST INFORMATION ONLY 1 TIMES PER 1 ELEMENT.
C   =1
C           ; WRITE BURST INFORMATION MANY TIMES PER 1 ELEMENT.
C$$$$$$$ FLAG FOR NODAL TIME-HISTORY DATA $$$$$$$$
C (FT20,IALL=1) PLOT AT ALL OF STEPS FOR KALEIDA-GRAPH.
C (FT20,IALL=0) PLOT AT JSTP(1:IOTIM1) FOR KALEIDA-GRAPH.

```

```

C (FT06,IALL=1,0) PLOT AT JSTP(1:IOTIM1)
C IALL =1 (DEFAULT)
C : WRITE DATA AT ALL OF STEPS FOR KALEIDA-GRAPH FILE.
C HOWEVER WRITE DATA AT JSTP STEPS FOR FT06-FILE.
C =0
C : WRITE DATA AT JSTP STEPS FOR KALEIDA-GRAPH FILE AND
C FT06-FILE.
C$$$$$$$ FLAG FOR DISTRIBUTIONAL DATA THROUGH THE WALL $$$$$$
C (FT21/06,IDIST=1) PLOT AT JSTP(1:IOTIM1) FOR KALEIDA-GRAPH.
C (FT21/06,IDIST=2) PLOT AT JSTP2(1:IOTIM3) FOR KALEIDA-GRAPH.
C (NO FILE,IDIST=0) NOTHING DISTRIBUTIONAL DATAS.
C IDIST =2 (DEFAULT)
C
C DATA IALL0 / 0 /, IALL / 1 /, IDIST / 0 /
C
C DATA ( JSTP(I),I=1,IOTIM1)
+ / 1, 21, 41, 61, 81, 101, 201, 301, 601 /
C DATA ( JSTP2(I),I=1,IOTIM3) / 121, 126, 151 /
C
C... IMAT=1(MOD.9CR-1MO); =2(2.25CR-1MO); =3(SUS321)
C DATA IMAT / 1 /
C... ULTS(ULTIMATE STRAIN); UNIT(-)
C DATA ULTS / 0.20 /
C
C#####
C
C DATA (T1(I),I=1,12)
+ / 'E1/TIM(SEC) ', 'E2/TIM(SEC) ', 'E3/TIM(SEC) ',
+ 'E4/TIM(SEC) ', 'E5/TIM(SEC) ', 'E6/TIM(SEC) ',
+ 'E7/TIM(SEC) ', 'E8/TIM(SEC) ', 'E9/TIM(SEC) ',
+ 'E10/TIM(SEC)', 'E11/TIM(SEC)', 'E12/TIM(SEC)' /
C DATA T2 /'TEMP(.C) '//,T3 /'MISES '//,T4 /'EPS '//,
+ T5 /'YIELD '//,T6 /'BURST '//,T7 /'ULTIMATE '//
C DATA NAMET /'TIME(SEC) '//,ELMNO /'ELM-NO. '//
C
C ICOUNT = 0
C JCOUNT = 1
C ISTPS = IOTIM1
C IF ( IALL.EQ.1 ) ISTPS = IOTIM2
C DATMIN = 1.0E+10
C IBSIF = 0
C
C***** ( 1 ) ELEMENT *****
C +##### A-CARD #####+
C READ (16) CONE, NELEM, MENOD
C +##### B-CARD #####+
C DO 100 I=1, NELEM
C READ (16) DUMMY
100 CONTINUE
C

```

```

C
C***** ( 2 ) NODES *****
C   +##### A-CARD #####+
      READ (16) NODE,NNODE,MCORD
C   +##### B-CARD #####+
      DO 200 I=1, NNODE
        READ (16) DUMMY
200 CONTINUE
C
C
C***** ( 5 ) STRESS AND STRAIN OF ELEMENT *****
111 CONTINUE
      ICOUNT = ICOUNT + 1
      IF ( IALL.EQ.1 ) THEN
        JC = ICOUNT
        IFILE = 1
      ELSE IF ( IALL.NE.1 .AND. ICOUNT.EQ.JSTP(JCOUNT) ) THEN
        JC = JCOUNT
        IFILE = 1
      ELSE
        IFILE = 0
      ENDIF
C   +##### A - CARD #####+
C... READ (16)          ELM,NELEM, IDUMY, ISTEP, TC, TIME, TS
C... READ(NC,*,END=9999,ERR=9999) XX, YY
      READ(16,END=9999,ERR=9999) ELM,NELEM, IDUMY, ISTEP, TC, TIME, TS
C   +##### B - CARD #####+
      DO 300 I=1, NELEM
        READ (16) ELEM,IETYP,NIP,M
        DO 400 J=1, NIP
C           +##### C - CARD #####+
              READ (16) IP,N,TEMP,MISES,EPS,ECS,TRSCA,EVPS
C           +##### D - CARD #####+
              READ (16) DUMMY
              SIGF = YANDF (TEMP,4,IMAT)
              IF ( IFILE.EQ.1 ) THEN
                DAT(1,JC,I) = TIME
                DAT(2,JC,I) = TEMP
                DAT(3,JC,I) = MISES
                DAT(4,JC,I) = EPS
                DAT(5,JC,I) = YANDF (TEMP,3,IMAT)
                DAT(6,JC,I) = SIGF
                IF ( TEMP.LT.800.0 ) THEN
                  DAT(7,JC,I) = ULTMAT(TEMP,IMAT)
                ELSE IF ( TEMP.GE.800.0 ) THEN
                  IF ( IMAT.EQ.1 ) DAT(7,JC,I) = 26.9 - 0.0205*TEMP
                  IF ( IMAT.NE.1 ) DAT(7,JC,I) = TURMAT(TEMP,4,IMAT)
                ENDIF
              ENDIF
        ENDIF
      ENDIF
      ENDIF
C##### JUDGE OF YIELD STATUS ( EPS > 0.0 ) #####

```



```

IF ( IPLAST(I).EQ.0 .AND. EPS.GT.0.0 ) THEN
    IPLAST(I) = 1
    PLADAT(1,I) = TIME
    PLADAT(2,I) = TEMP
    PLADAT(3,I) = DAT(5,JC,I)
ENDIF
C@@@@@@@@@@@@@ JUDGE OF BURST STRENGTH ( MISES >= SIGF ) @@@@@@@@@@@@@@
IF ( SIGF.LE.0.0 ) GO TO 350
IF ( MISES.GE.SIGF ) THEN
    IF (IBSTF.EQ.0) WRITE(6,800)
    IBSTF = 777
    IF ( IALLO.EQ.0 .AND. IPREMI(I).EQ.0 ) THEN
        WRITE(6,'(1H ,A24)') '##### STRESS BURST #####'
        WRITE(6,1000) TIME,ICOUNT,I,SIGF,MISES,TEMP,EPS
        IPREMI(I) = 1
    ELSE IF ( IALLO.EQ.1 ) THEN
        WRITE(6,'(1H ,A24)') '##### STRESS BURST #####'
        WRITE(6,1000) TIME,ICOUNT,I,SIGF,MISES,TEMP,EPS
    ENDIF
ELSE
    DELTA = SIGF - MISES
    DATMIN = AMIN1(DATMIN,DELTA)
    IF ( DATMIN.EQ.DELTA ) THEN
        TIMIN = TIME
        SIMIN = ICOUNT
        ELMIN = I
        SIMIN = SIGF
        MIMIN = MISES
        TEMIN = TEMP
    ENDIF
ENDIF
C@@@@@@@@@@@@@ JUDGE OF E.P.S ( E.P.S >= ULTS ) @@@@@@@@@@@@@@
350 IF ( EPS.LE.0.0 ) GO TO 400
IF ( EPS.GE.ULTS ) THEN
    IF ( IALLO.EQ.0 .AND. IPREM2(I).EQ.0 ) THEN
        WRITE(6,'(1H ,A24)') '##### STRAIN BURST #####'
        WRITE(6,1000) TIME,ICOUNT,I,SIGF,MISES,TEMP,EPS
        IPREM2(I) = 1
    ELSE IF ( IALLO.EQ.1 ) THEN
        WRITE(6,'(1H ,A24)') '##### STRAIN BURST #####'
        WRITE(6,1000) TIME,ICOUNT,I,SIGF,MISES,TEMP,EPS
    ENDIF
ENDIF
400 CONTINUE
300 CONTINUE
C...
IF ( IFILE.EQ.1 .AND. IALL.NE.1 ) JCOUNT = JCOUNT + 1
IF ( ICOUNT.EQ.IOTIM2 ) GO TO 9999
C
GO TO 111

```



```

        LOOP=IOTIM3
    ENDIF
    DO 700 I=1, LOOP
        WRITE(21,2100) ELMNO,NAMET,T2,T3,T4,T5,T6,T7
        WRITE( 6,2100) ELMNO,NAMET,T2,T3,T4,T5,T6,T7
        IF (IDIST.EQ.1) THEN
            K21=JSTP(I)
        ELSE IF (IDIST.EQ.2) THEN
            K21=JSTP2(I)
        ENDIF
        DO 710 K=1, MAXELM
            WRITE(21,3100) K, ( DAT(K3,K21,K), K3=1, 7 )
            WRITE( 6,3100) K, ( DAT(K3,K21,K), K3=1, 7 )
        710 CONTINUE
    700 CONTINUE
C
C#####
    800 FORMAT(//, '*-*-*-*-* BURST INFORMATION -*-*-*-*-*')
    860 FORMAT(//, '*-*-*-*-* YIELD INFORMATION -*-*-*-*-*')
    870 FORMAT(1H ,5X,'ELM-NO.=' ,I2,' TIME=' ,1PE12.4,
        +      ' TEMP=' ,1PE12.4,' YIELD=' ,1PE12.4)
    900 FORMAT(//, '*-*-*-*-* NO-BURST INFORMATION -*-*-*-*-*',/
        +      ' TIME=' ,F10.3,' STEPS=' ,I5,
        +      ' ELM-NO.=' ,I4,' BURST=' ,F10.3,' MISES=' ,F10.3,
        +      ' TEMP=' ,F10.3,/)
    1000 FORMAT(1H ,5X,' TIME=' ,1PE12.4,' STEPS=' ,I4,
        +      ' ELM-NO.=' ,I2,' BURST=' ,1PE12.4,' MISES=' ,1PE12.4,
        +      ' TEMP=' ,1PE12.4,' EPS=' ,1PE12.4,/)
    1500 FORMAT(//, 25('#'),' PLOT-1 DATA FOR KALEIDA GRAPH ',25('#'),/,
        +      25(' '), '** TIME-HISTORY OF NODAL DATA **')
    1800 FORMAT( 1X,'@@@@@ ELM-NO.=' ,I3,' @@@@@')
    2000 FORMAT( A12,2X,',',5(A10,2X,','),A10 )
    3000 FORMAT( 2X,6(1PE12.4,','),1PE12.4 )
C#####
    1550 FORMAT(//, 25('#'),' PLOT-2 DATA FOR KALEIDA GRAPH ',25('#'),/,
        +      25(' '), '** DISTRIBUTIONAL DATA THROUGH THE WALL **')
    2100 FORMAT( A10,',',A10,',',5(A10,2X,','),A10 )
    3100 FORMAT( I4,',',2X,6(1PE12.4,','),1PE12.4 )
C
    7777 STOP '##### FINISHED POST-FILE READING #####'
        END
C*****
C
C+-----+
        FUNCTION YANDF(T,J,K)
        IMPLICIT REAL*4 (A-H,O-Z), INTEGER (I-N)
C+-----+
C ... INPUT DATA T : TEMPERATURE (C)
C                J=3: 0.2% OFFSET YIELD STRENGTH (KG/MM2)
C                =4: BURST STRENGTH (KG/MM2)

```

```

C           K=1: MOD.9CR-1MO STEEL  (-)
C           =2: 2.25CR-1MO STEEL  (-)
C           =3: SUS321 STEEL  (-)
C ... OUTPUT DATA:  YANDF (KG/MM2)
C+-----+
C... MOD.9CR-1MO STEEL
  IF (K.EQ.1) THEN
    IF (T.LT.600.0) THEN
      YANDF = 0.00000
    ELSE IF (T.LT.800) THEN
      IF (J.EQ.3) YANDF=80.9-0.09*T
      IF (J.EQ.4) YANDF=145.1-0.16*T
    ELSE IF (T.LE.1200) THEN
      IF (J.EQ.3) YANDF=23.3-0.018*T
      IF (J.EQ.4) YANDF=45.9-0.036*T
    ENDIF
C... 2.25CR-1MO STEEL
  ELSE IF (K.EQ.2) THEN
    IF (T.LT.600.0) THEN
      YANDF = 0.00000
    ELSE IF (T.LT.800) THEN
      IF (J.EQ.3) YANDF=46.6-0.05*T
      IF (J.EQ.4) YANDF=108.5-0.12*T
    ELSE IF (T.LT.1100) THEN
      IF (J.EQ.3) YANDF=20.2-0.017*T
      IF (J.EQ.4) YANDF=31.7-0.024*T
    ELSE IF (T.LE.1200) THEN
      IF (J.EQ.3) YANDF=7.00-0.005*T
      IF (J.EQ.4) YANDF=31.7-0.024*T
    ENDIF
C... SUS321 STEEL
  ELSE IF (K.EQ.3) THEN
    IF (T.LE.50.0) THEN
      IF (J.EQ.3) YANDF=0.0
      IF (J.EQ.4) YANDF=144.0
    ELSE IF (T.LE.100) THEN
      IF (J.EQ.3) YANDF=0.0
      IF (J.EQ.4) YANDF=170.0-0.52*T
    ELSE IF (T.LE.200) THEN
      IF (J.EQ.3) YANDF=0.0
      IF (J.EQ.4) YANDF=130.0-0.12*T
    ELSE IF (T.LE.500) THEN
      IF (J.EQ.3) YANDF=0.0
      IF (J.EQ.4) YANDF=106.0
    ELSE IF (T.LE.600) THEN
      IF (J.EQ.3) YANDF=0.0
      IF (J.EQ.4) YANDF=176.0-0.14*T
    ELSE IF (T.LE.800) THEN
      IF (J.EQ.3) YANDF=0.0
      IF (J.EQ.4) YANDF=266.0-0.29*T
  
```

```

ELSE IF (T.LE.900) THEN
  IF (J.EQ.3) YANDF=TUBMAT(T,J,K)
  IF (J.EQ.4) YANDF=178.0-0.18*T
ELSE IF (T.LE.1200) THEN
  IF (J.EQ.3) YANDF=TUBMAT(T,J,K)
  IF (J.EQ.4) YANDF=56.5-0.045*T
ENDIF
ENDIF
RETURN
END

C*****
C
C+-----+
FUNCTION TUBMAT (T,J,K)
  IMPLICIT REAL*4 (A-H,O-Z), INTEGER (I-N)
C+-----+
C ... INPUT DATA T: TEMPERATURE (C)
C           J=1: PROPORTIONAL LIMIT (KG/MM2)
C           =2: ELASTIC MODULUS (KG/MM2)
C           =3: 0.2% OFFSET YIELD STRENGTH (KG/MM2)
C           =4: ULTIMATE TENSILE STRENGTH (KG/MM2)
C           =5: SHEAR MODULUS (KG/MM2) <CONSTANT>
C           K=1: MOD.9CR-1MO STEEL (-)
C           =2: 2.25CR-1MO STEEL (-)
C           =3: SUS321 STEEL (-)
C ... OUTPUT DATA: TUBMAT (KG/MM2)
C+-----+
  DIMENSION COEF(5,4,3)
  DIMENSION TLMT(2), JLMT(2), KLMT(2)
C... SHRMD = 8077.172 (KG/MM2) = 0.7921 (MBAR)
  DATA SHRMD /8077.172/
  DATA COEF/
+ -115.56, 0.30617, -1.61890E-4, -9.66568E-8, 7.22483E-11,
+ -16.912, 4.28835E-2, -2.36345E-5, -1.12534E-8, 9.21617E-12,
+ -92.715, 0.26628, -1.44454E-4, -9.22834E-8, 6.86083E-11,
+ -149.56, 0.42145, -2.35711E-4, -1.36775E-7, 1.06987E-10,
+ 11.130, 1.03982E-3, -1.19847E-5, -4.15391E-9, 6.17323E-12,
+ 12.372, -2.96526E-2, 1.19711E-5, 1.69110E-8, -1.11756E-11,
+ 16.089, 4.36419E-3, -2.62187E-5, 1.68677E-9, 6.98875E-12,
+ -206.12, 0.53140, -2.75400E-4, -1.71272E-7, 1.26786E-10,
+ 111.66, -0.18396, 5.22061E-5, 4.63571E-8, -2.16144E-11,
+ -1.5184, 7.12576E-3, -4.49369E-6, -3.09588E-9, 2.38140E-12,
+ 16.166, 7.60731E-2, -1.14002E-4, -4.09408E-10, 2.87651E-11,
+ 231.27, -0.44088, 1.77994E-4, 1.04667E-7, -6.61294E-11 /
  DATA TLMT/800.0,1200.0/, JLMT/1,5/, KLMT/1,3/
CCCC DATA TLMT/800.0,1200.0/, JLMT/1,4/, KLMT/1,3/
C
  IF (J.LT.JLMT(1) .OR. J.GT.JLMT(2)) GOTO 999
  IF (K.LT.KLMT(1) .OR. K.GT.KLMT(2)) GOTO 999
  TX = T

```

```

        IF (T.LT.TLMT(1)) TX = TLMT(1)
        IF (T.GT.TLMT(2)) TX = TLMT(2)
        TUBMAT = 0.0
C##### ULTIMATE STRENGTH ( 300=<TEMP<800 ) #####
C    IF (J.NE.4.AND.K.NE.2) GO TO 10
C    IF (T.GE.300.0 .AND. T.LT.800.0) THEN
C        TUBMAT = -29.781 +0.50507*T -0.0010898*T**2
C    +           +7.3134E-07*T**3 -1.0813E-10*T**4
C        RETURN
C    ENDIF
        IF (T.LT.TLMT(1)) RETURN
C#####
        IF (J.EQ.5) THEN
            TUBMAT=SHRMD
        ELSE
            DO 100 I= 5, 1, -1
                TUBMAT = COEF(I,J,K) + TUBMAT * TX
            100 CONTINUE
C... BUG MODIFIED.
            IF (J.EQ.2) TUBMAT = TUBMAT*1.0E+4
        ENDIF
C
        RETURN
C
    999 WRITE(6,9999) J, JLMT, K, KLMT
    9999 FORMAT(1H , 'J(=', I2, ') SHOULD BE BETWEEN ', I2, ' AND ', I2, ' .OR. '
    +           , 'K(=', I2, ') SHOULD BE BETWEEN ', I2, ' AND ', I2)
C
        RETURN
        END
C----- END ----- END ----- END -----
C
C+-----+
        FUNCTION  ULTMAT ( T , K )
        IMPLICIT REAL*4 (A-H,O-Z), INTEGER (I-N)
C+-----+
C    THIS FUNCTION CALCULATE ULTIMATE TENSILE STRENGTH. (SU;KG/MM2)
C    HOWEVER, TEMPERATURE RANGE 20=<TEMP(DEG.C)<800
C ... INPUT DATA  T: TEMPERATURE (DEG.C)
C                K=1: MOD.9CR-1MO STEEL(-) 100=<T(DEG.C)<800
C                =2: 2.25CR-1MO STEEL(-)  20=<T(DEG.C)<800
C                =3: SUS321 STEEL      (-)  20=<T(DEG.C)<800
C ... OUTPUT DATA: ULTMAT (KG/MM2)
C+-----+
        DIMENSION COEF(7,3)
        DATA COEF/
C MOD.9CR-1MO STEEL
    +   78.543, -0.23067, 0.0010202, -1.9220E-06, 1.0926E-09,
    +   0.0000, 0.00000,
C 2.25CR-1MO STEEL

```

PNC PN9450 97-001

```
+ 44.181, 0.080025, -0.0014899, 8.4992E-06, -2.0905E-08,  
+ 2.2688E-11, -9.0438E-15,  
C SUS321 STEEL  
+ 67.149, -0.21587, 0.00076959, -1.0867E-6, 4.5876E-10,  
+ 0.0000, 0.00000 /  
C  
DATA TMIN , TMAX / 20.0, 800.0 /  
IF (K.EQ.1) TMIN=100.0  
C  
C@@@ INPUT DATA FOT TEST CAL @@@  
C@@ T = 500.0  
C@@ K = 3  
C@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@@  
ULTMAT = 0.0  
IF (T.LT.TMIN ) GO TO 999  
IF (T.GE.TMAX) STOP '##### S/P ULTMAT #####'  
TX = T  
C  
DO 100 I= 7, 1, -1  
ULTMAT = COEF(I,K) + ULTMAT * TX  
100 CONTINUE  
C  
C@@ WRITE(6,'(1H ,A30)') ' K TEMP(DEG.C) ULTIMATE '  
C@@ WRITE(6,'(1H ,I3,2(1PE12.4,3X))') K,TX,ULTMAT  
C  
999 RETURN  
C@@ STOP  
END  
C----- END ----- END ----- END -----
```

付録D パラメータ試験履歴の解析用データリスト

付録D パラメータ試験履歴の解析用データリスト (PM-001)

NO.	DATA-NO.	TIME(S)	TIME2(S)	DTIME(S)	TEMP(.C)	DTEMP(.C)	PRES(ATG)	DPR
1,	6,	114.100,	0.000,	0.000,	24.797,	24.797,	100.610,	101.61
2,	31,	114.600,	0.500,	0.500,	68.250,	43.453,	100.580,	-0.03
3,	56,	115.100,	1.000,	0.500,	237.280,	169.030,	101.130,	0.55
4,	81,	115.600,	1.500,	0.500,	356.480,	119.200,	106.900,	5.77
5,	106,	116.100,	2.000,	0.500,	440.200,	83.720,	112.580,	5.68
6,	131,	116.600,	2.500,	0.500,	442.220,	2.020,	117.890,	5.31
7,	156,	117.100,	3.000,	0.500,	445.830,	3.610,	122.840,	4.95
8,	181,	117.600,	3.500,	0.500,	535.310,	89.480,	126.760,	3.92
9,	206,	118.100,	4.000,	0.500,	625.920,	90.610,	130.540,	3.78
10,	231,	118.600,	4.500,	0.500,	679.880,	53.960,	135.040,	4.50
11,	256,	119.100,	5.000,	0.500,	688.690,	8.810,	139.410,	4.37
12,	281,	119.600,	5.500,	0.500,	694.920,	6.230,	142.800,	3.39
13,	306,	120.100,	6.000,	0.500,	708.840,	13.920,	145.670,	2.87
14,	331,	120.600,	6.500,	0.500,	727.410,	18.570,	148.560,	2.89
15,	356,	121.100,	7.000,	0.500,	752.390,	24.980,	150.850,	2.29
16,	381,	121.600,	7.500,	0.500,	780.980,	28.590,	153.230,	2.38
17,	406,	122.100,	8.000,	0.500,	811.970,	30.990,	155.480,	2.25
18,	431,	122.600,	8.500,	0.500,	841.730,	29.760,	157.370,	1.89
19,	456,	123.100,	9.000,	0.500,	864.750,	23.020,	158.710,	1.34
20,	481,	123.600,	9.500,	0.500,	892.220,	27.470,	160.190,	1.48
21,	506,	124.100,	10.000,	0.500,	923.200,	30.980,	161.930,	1.74
22,	531,	124.600,	10.500,	0.500,	955.220,	32.020,	163.190,	1.26
23,	556,	125.100,	11.000,	0.500,	987.940,	32.720,	164.200,	1.01
24,	581,	125.600,	11.500,	0.500,	1020.300,	32.360,	164.230,	0.03
25,	606,	126.100,	12.000,	0.500,	1053.100,	32.800,	163.570,	-0.66
26,	631,	126.600,	12.500,	0.500,	1084.100,	31.000,	151.950,	-11.62
27,	656,	127.100,	13.000,	0.500,	354.230,	-729.870,	2.091,	-149.85

付録D パラメータ試験履歴の解析用データリスト (PM-002)

NO.	DATA-NO.	TIME(S)	TIME2(S)	DTIME(S)	TEMP(.C)	DTEMP(.C)	PRES(ATG)	DPR
1,	26,	10.500,	0.000,	0.000,	26.531,	26.531,	67.125,	68.12
2,	51,	11.000,	0.500,	0.500,	57.891,	31.360,	67.097,	-0.02
3,	76,	11.500,	1.000,	0.500,	240.090,	182.199,	67.472,	0.37
4,	101,	12.000,	1.500,	0.500,	367.970,	127.880,	70.828,	3.35
5,	126,	12.500,	2.000,	0.500,	388.030,	20.060,	74.775,	3.94
6,	151,	13.000,	2.500,	0.500,	366.000,	-22.030,	78.019,	3.24
7,	176,	13.500,	3.000,	0.500,	423.230,	57.230,	80.456,	2.43
8,	201,	14.000,	3.500,	0.500,	547.500,	124.270,	82.734,	2.27
9,	226,	14.500,	4.000,	0.500,	630.520,	83.020,	85.631,	2.89
10,	251,	15.000,	4.500,	0.500,	629.200,	-1.320,	88.950,	3.31
11,	276,	15.500,	5.000,	0.500,	615.840,	-13.360,	91.397,	2.44
12,	301,	16.000,	5.500,	0.500,	663.800,	47.960,	92.991,	1.59
13,	326,	16.500,	6.000,	0.500,	696.520,	32.720,	94.613,	1.62
14,	351,	17.000,	6.500,	0.500,	715.220,	18.700,	96.563,	1.95
15,	376,	17.500,	7.000,	0.500,	740.720,	25.500,	98.381,	1.81
16,	401,	18.000,	7.500,	0.500,	772.830,	32.110,	99.928,	1.54
17,	426,	18.500,	8.000,	0.500,	807.190,	34.360,	101.130,	1.20
18,	451,	19.000,	8.500,	0.500,	839.020,	31.830,	102.560,	1.43
19,	476,	19.500,	9.000,	0.500,	866.630,	27.610,	103.810,	1.25
20,	501,	20.000,	9.500,	0.500,	903.330,	36.700,	104.790,	0.98
21,	526,	20.500,	10.000,	0.500,	941.390,	38.060,	105.430,	0.64
22,	551,	21.000,	10.500,	0.500,	979.130,	37.740,	106.400,	0.97
23,	576,	21.500,	11.000,	0.500,	1016.500,	37.370,	107.190,	0.79
24,	601,	22.000,	11.500,	0.500,	1055.000,	38.500,	107.990,	0.80
25,	626,	22.500,	12.000,	0.500,	1093.000,	38.000,	108.840,	0.85
26,	651,	23.000,	12.500,	0.500,	1130.300,	37.300,	109.450,	0.61
27,	676,	23.500,	13.000,	0.500,	1168.800,	38.500,	108.920,	-0.53
28,	701,	24.000,	13.500,	0.500,	705.660,	-463.140,	26.063,	-82.85
29,	726,	24.500,	14.000,	0.500,	314.580,	-391.080,	0.178,	-25.88

付録D パラメータ試験履歴の解析用データリスト (PM-003)

NO.	DATA-NO.	TIME(S)	TIME2(S)	DTIME(S)	TEMP(.C)	DTEMP(.C)	PRES(ATG)	DPR
1,	1,	33.000,	0.000,	0.000,	24.375,	24.375,	144.490,	145.49
2,	26,	33.500,	0.500,	0.500,	65.766,	41.391,	144.470,	-0.02
3,	51,	34.000,	1.000,	0.500,	260.300,	194.534,	145.080,	0.61
4,	76,	34.500,	1.500,	0.500,	393.520,	133.220,	150.950,	5.87
5,	101,	35.000,	2.000,	0.500,	392.860,	-0.660,	159.760,	8.81
6,	126,	35.500,	2.500,	0.500,	369.230,	-23.630,	166.360,	6.60
7,	151,	36.000,	3.000,	0.500,	431.530,	62.300,	171.360,	5.00
8,	176,	36.500,	3.500,	0.500,	562.730,	131.200,	176.330,	4.97
9,	201,	37.000,	4.000,	0.500,	647.440,	84.710,	182.500,	6.17
10,	226,	37.500,	4.500,	0.500,	636.230,	-11.210,	189.670,	7.17
11,	251,	38.000,	5.000,	0.500,	620.720,	-15.510,	195.360,	5.69
12,	276,	38.500,	5.500,	0.500,	675.420,	54.700,	199.490,	4.13
13,	301,	39.000,	6.000,	0.500,	712.500,	37.080,	203.590,	4.10
14,	326,	39.500,	6.500,	0.500,	730.130,	17.630,	208.060,	4.47
15,	351,	40.000,	7.000,	0.500,	755.060,	24.930,	212.790,	4.73
16,	376,	40.500,	7.500,	0.500,	785.300,	30.240,	217.000,	4.21
17,	401,	41.000,	8.000,	0.500,	817.550,	32.250,	220.580,	3.58
18,	426,	41.500,	8.500,	0.500,	848.810,	31.260,	223.300,	2.72
19,	451,	42.000,	9.000,	0.500,	875.480,	26.670,	224.850,	1.55
20,	476,	42.500,	9.500,	0.500,	911.160,	35.680,	226.930,	2.08
21,	501,	43.000,	10.000,	0.500,	948.980,	37.820,	229.030,	2.10
22,	526,	43.500,	10.500,	0.500,	985.170,	36.190,	228.300,	-0.73
23,	551,	44.000,	11.000,	0.500,	1536.000,	550.830,	55.022,	-173.27

付録D パラメータ試験履歴の解析用データリスト (PM-004)

NO.	DATA-NO.	TIME(S)	TIME2(S)	DTIME(S)	TEMP(.C)	DTEMP(.C)	PRES(ATG)	DPR
1,	1,	63.000,	0.000,	0.000,	8.531,	8.531,	68.419,	69.41
2,	26,	63.500,	0.500,	0.500,	9.656,	1.125,	68.419,	0.00
3,	51,	64.000,	1.000,	0.500,	176.530,	166.874,	68.541,	0.12
4,	76,	64.500,	1.500,	0.500,	311.340,	134.810,	70.575,	2.03
5,	101,	65.000,	2.000,	0.500,	294.750,	-16.590,	75.403,	4.82
6,	126,	65.500,	2.500,	0.500,	276.940,	-17.810,	78.281,	2.87
7,	151,	66.000,	3.000,	0.500,	273.330,	-3.610,	80.016,	1.73
8,	176,	66.500,	3.500,	0.500,	274.170,	0.840,	81.394,	1.37
9,	201,	67.000,	4.000,	0.500,	290.340,	16.170,	82.481,	1.08
10,	226,	67.500,	4.500,	0.500,	310.640,	20.300,	83.363,	0.88
11,	251,	68.000,	5.000,	0.500,	318.000,	7.360,	84.206,	0.84
12,	276,	68.500,	5.500,	0.500,	317.530,	-0.470,	85.003,	0.79
13,	301,	69.000,	6.000,	0.500,	327.230,	9.700,	85.631,	0.62
14,	326,	69.500,	6.500,	0.500,	354.980,	27.750,	86.109,	0.47
15,	351,	70.000,	7.000,	0.500,	381.940,	26.960,	86.756,	0.64
16,	376,	70.500,	7.500,	0.500,	386.390,	4.450,	87.619,	0.86
17,	401,	71.000,	8.000,	0.500,	384.750,	-1.640,	88.341,	0.72
18,	426,	71.500,	8.500,	0.500,	405.190,	20.440,	88.913,	0.57
19,	451,	72.000,	9.000,	0.500,	450.980,	45.790,	89.372,	0.45
20,	476,	72.500,	9.500,	0.500,	477.000,	26.020,	90.225,	0.85
21,	501,	73.000,	10.000,	0.500,	468.190,	-8.810,	91.134,	0.90
22,	526,	73.500,	10.500,	0.500,	466.590,	-1.600,	91.828,	0.69
23,	551,	74.000,	11.000,	0.500,	504.660,	38.070,	92.231,	0.40
24,	576,	74.500,	11.500,	0.500,	561.230,	56.570,	92.925,	0.69
25,	601,	75.000,	12.000,	0.500,	571.970,	10.740,	93.759,	0.83
26,	626,	75.500,	12.500,	0.500,	557.250,	-14.720,	94.500,	0.74
27,	651,	76.000,	13.000,	0.500,	560.250,	3.000,	95.184,	0.68
28,	676,	76.500,	13.500,	0.500,	604.640,	44.390,	95.541,	0.35
29,	701,	77.000,	14.000,	0.500,	649.780,	45.140,	96.047,	0.50
30,	726,	77.500,	14.500,	0.500,	653.060,	3.280,	96.900,	0.85
31,	751,	78.000,	15.000,	0.500,	641.250,	-11.810,	97.828,	0.92
32,	776,	78.500,	15.500,	0.500,	653.770,	12.520,	98.484,	0.65
33,	801,	79.000,	16.000,	0.500,	689.390,	35.620,	99.028,	0.54
34,	826,	79.500,	16.500,	0.500,	702.470,	13.080,	99.506,	0.47
35,	851,	80.000,	17.000,	0.500,	703.410,	0.940,	100.350,	0.84
36,	876,	80.500,	17.500,	0.500,	706.920,	3.510,	101.180,	0.83
37,	901,	81.000,	18.000,	0.500,	719.440,	12.520,	101.810,	0.63
38,	926,	81.500,	18.500,	0.500,	741.330,	21.890,	102.730,	0.92
39,	951,	82.000,	19.000,	0.500,	769.410,	28.080,	103.460,	0.73
40,	976,	82.500,	19.500,	0.500,	797.810,	28.400,	104.360,	0.90
41,	1001,	83.000,	20.000,	0.500,	824.300,	26.490,	105.300,	0.94
42,	1026,	83.500,	20.500,	0.500,	847.080,	22.780,	106.220,	0.92
43,	1051,	84.000,	21.000,	0.500,	862.080,	15.000,	106.990,	0.77
44,	1076,	84.500,	21.500,	0.500,	882.840,	20.760,	107.540,	0.55
45,	1101,	85.000,	22.000,	0.500,	913.550,	30.710,	108.640,	1.10
46,	1126,	85.500,	22.500,	0.500,	947.480,	33.930,	109.850,	1.21
47,	1151,	86.000,	23.000,	0.500,	977.110,	29.630,	110.900,	1.05
48,	1176,	86.500,	23.500,	0.500,	999.800,	22.690,	111.710,	0.81
49,	1201,	87.000,	24.000,	0.500,	1019.000,	19.200,	112.280,	0.57
50,	1226,	87.500,	24.500,	0.500,	1038.800,	19.800,	112.870,	0.59
51,	1251,	88.000,	25.000,	0.500,	1062.200,	23.400,	113.120,	0.25
52,	1276,	88.500,	25.500,	0.500,	1087.600,	25.400,	113.300,	0.18
53,	1301,	89.000,	26.000,	0.500,	1113.000,	25.400,	113.540,	0.24
54,	1326,	89.500,	26.500,	0.500,	1136.100,	23.100,	113.420,	-0.12
55,	1351,	90.000,	27.000,	0.500,	1161.900,	25.800,	111.460,	-1.96
56,	1376,	90.500,	27.500,	0.500,	1160.100,	-1.800,	8.831,	-102.62

PNC PN9450 97-001

57, 1401, 91.000, 28.000, 0.500, 1163.400, 3.300, 0.291, -8.54

付録D パラメータ試験履歴の解析用データリスト (PM-005)

NO.	DATA-NO.	TIME(S)	TIME2(S)	DTIME(S)	TEMP(.C)	DTEMP(.C)	PRES(ATG)	DPR
1,	26,	40.500,	0.000,	0.000,	22.547,	22.547,	100.430,	101.43
2,	51,	41.000,	0.500,	0.500,	23.109,	0.562,	100.440,	0.01
3,	76,	41.500,	1.000,	0.500,	109.590,	86.481,	100.420,	-0.02
4,	101,	42.000,	1.500,	0.500,	242.200,	132.610,	101.260,	0.84
5,	126,	42.500,	2.000,	0.500,	259.730,	17.530,	107.460,	6.20
6,	151,	43.000,	2.500,	0.500,	240.750,	-18.980,	112.540,	5.08
7,	176,	43.500,	3.000,	0.500,	237.660,	-3.090,	114.990,	2.45
8,	201,	44.000,	3.500,	0.500,	256.500,	18.840,	116.690,	1.70
9,	226,	44.500,	4.000,	0.500,	289.270,	32.770,	118.320,	1.63
10,	251,	45.000,	4.500,	0.500,	309.000,	19.730,	120.230,	1.91
11,	276,	45.500,	5.000,	0.500,	309.520,	0.520,	122.180,	1.95
12,	301,	46.000,	5.500,	0.500,	314.160,	4.640,	123.990,	1.81
13,	326,	46.500,	6.000,	0.500,	332.250,	18.090,	125.470,	1.48
14,	351,	47.000,	6.500,	0.500,	356.250,	24.000,	126.740,	1.27
15,	376,	47.500,	7.000,	0.500,	372.000,	15.750,	128.100,	1.36
16,	401,	48.000,	7.500,	0.500,	380.020,	8.020,	129.350,	1.25
17,	426,	48.500,	8.000,	0.500,	392.110,	12.090,	130.540,	1.19
18,	451,	49.000,	8.500,	0.500,	412.310,	20.200,	131.620,	1.08
19,	476,	49.500,	9.000,	0.500,	433.170,	20.860,	132.730,	1.11
20,	501,	50.000,	9.500,	0.500,	449.020,	15.850,	133.820,	1.09
21,	526,	50.500,	10.000,	0.500,	462.190,	13.170,	134.970,	1.15
22,	551,	51.000,	10.500,	0.500,	479.160,	16.970,	136.080,	1.11
23,	576,	51.500,	11.000,	0.500,	499.640,	20.480,	137.090,	1.01
24,	601,	52.000,	11.500,	0.500,	518.340,	18.700,	137.970,	0.88
25,	626,	52.500,	12.000,	0.500,	533.910,	15.570,	138.980,	1.01
26,	651,	53.000,	12.500,	0.500,	548.440,	14.530,	139.890,	0.91
27,	676,	53.500,	13.000,	0.500,	564.660,	16.220,	140.890,	1.00
28,	701,	54.000,	13.500,	0.500,	582.420,	17.760,	141.790,	0.90
29,	726,	54.500,	14.000,	0.500,	599.910,	17.490,	142.660,	0.87
30,	751,	55.000,	14.500,	0.500,	615.050,	15.140,	143.720,	1.06
31,	776,	55.500,	15.000,	0.500,	629.020,	13.970,	144.750,	1.03
32,	801,	56.000,	15.500,	0.500,	642.050,	13.030,	145.650,	0.90
33,	826,	56.500,	16.000,	0.500,	652.550,	10.500,	146.320,	0.67
34,	851,	57.000,	16.500,	0.500,	658.690,	6.140,	147.060,	0.74
35,	876,	57.500,	17.000,	0.500,	663.890,	5.200,	148.140,	1.08
36,	901,	58.000,	17.500,	0.500,	669.980,	6.090,	149.010,	0.87
37,	926,	58.500,	18.000,	0.500,	677.720,	7.740,	149.940,	0.93
38,	951,	59.000,	18.500,	0.500,	690.660,	12.940,	150.990,	1.05
39,	976,	59.500,	19.000,	0.500,	707.810,	17.150,	152.180,	1.19
40,	1001,	60.000,	19.500,	0.500,	728.200,	20.390,	153.530,	1.35
41,	1026,	60.500,	20.000,	0.500,	750.560,	22.360,	155.360,	1.83
42,	1051,	61.000,	20.500,	0.500,	773.910,	23.350,	156.550,	1.19
43,	1076,	61.500,	21.000,	0.500,	799.220,	25.310,	157.310,	0.76
44,	1101,	62.000,	21.500,	0.500,	820.640,	21.420,	158.580,	1.27
45,	1126,	62.500,	22.000,	0.500,	841.220,	20.580,	160.080,	1.50
46,	1151,	63.000,	22.500,	0.500,	870.420,	29.200,	161.230,	1.15
47,	1176,	63.500,	23.000,	0.500,	902.770,	32.350,	162.220,	0.99
48,	1201,	64.000,	23.500,	0.500,	934.500,	31.730,	163.640,	1.42
49,	1226,	64.500,	24.000,	0.500,	963.800,	29.300,	165.700,	2.06
50,	1251,	65.000,	24.500,	0.500,	991.360,	27.560,	166.260,	0.56
51,	1276,	65.500,	25.000,	0.500,	1018.800,	27.440,	164.640,	-1.62
52,	1301,	66.000,	25.500,	0.500,	899.580,	-119.220,	66.563,	-98.07

付録D パラメータ試験履歴の解析用データリスト (PM-006)

NO.	DATA-NO.	TIME(S)	TIME2(S)	DTIME(S)	TEMP(.C)	DTEMP(.C)	PRES(ATG)	DPR
1,	51,	36.000,	0.000,	0.000,	24.094,	24.094,	138.620,	139.62
2,	76,	36.500,	0.500,	0.500,	25.359,	1.265,	138.640,	0.02
3,	101,	37.000,	1.000,	0.500,	26.063,	0.704,	138.650,	0.01
4,	126,	37.500,	1.500,	0.500,	159.000,	132.937,	138.690,	0.04
5,	151,	38.000,	2.000,	0.500,	286.920,	127.920,	140.990,	2.30
6,	176,	38.500,	2.500,	0.500,	287.950,	1.030,	149.860,	8.87
7,	201,	39.000,	3.000,	0.500,	272.860,	-15.090,	156.040,	6.18
8,	226,	39.500,	3.500,	0.500,	270.190,	-2.670,	159.340,	3.30
9,	251,	40.000,	4.000,	0.500,	286.880,	16.690,	161.690,	2.35
10,	276,	40.500,	4.500,	0.500,	317.810,	30.930,	163.830,	2.14
11,	301,	41.000,	5.000,	0.500,	339.330,	21.520,	166.130,	2.30
12,	326,	41.500,	5.500,	0.500,	342.700,	3.370,	168.510,	2.38
13,	351,	42.000,	6.000,	0.500,	347.020,	4.320,	170.720,	2.21
14,	376,	42.500,	6.500,	0.500,	363.520,	16.500,	172.600,	1.88
15,	401,	43.000,	7.000,	0.500,	388.450,	24.930,	174.210,	1.61
16,	426,	43.500,	7.500,	0.500,	407.670,	19.220,	175.940,	1.73
17,	451,	44.000,	8.000,	0.500,	418.310,	10.640,	177.800,	1.86
18,	476,	44.500,	8.500,	0.500,	429.190,	10.880,	179.580,	1.78
19,	501,	45.000,	9.000,	0.500,	448.170,	18.980,	181.100,	1.52
20,	526,	45.500,	9.500,	0.500,	471.140,	22.970,	182.320,	1.22
21,	551,	46.000,	10.000,	0.500,	491.110,	19.970,	183.860,	1.54
22,	576,	46.500,	10.500,	0.500,	505.360,	14.250,	185.490,	1.63
23,	601,	47.000,	11.000,	0.500,	519.330,	13.970,	186.880,	1.39
24,	626,	47.500,	11.500,	0.500,	537.660,	18.330,	188.120,	1.24
25,	651,	48.000,	12.000,	0.500,	557.110,	19.450,	189.590,	1.47
26,	676,	48.500,	12.500,	0.500,	575.720,	18.610,	191.150,	1.56
27,	701,	49.000,	13.000,	0.500,	592.830,	17.110,	192.700,	1.55
28,	726,	49.500,	13.500,	0.500,	610.030,	17.200,	194.070,	1.37
29,	751,	50.000,	14.000,	0.500,	628.310,	18.280,	195.340,	1.27
30,	776,	50.500,	14.500,	0.500,	645.470,	17.160,	196.870,	1.53
31,	801,	51.000,	15.000,	0.500,	660.750,	15.280,	198.760,	1.89
32,	826,	51.500,	15.500,	0.500,	673.450,	12.700,	200.330,	1.57
33,	851,	52.000,	16.000,	0.500,	683.390,	9.940,	201.830,	1.50
34,	876,	52.500,	16.500,	0.500,	689.530,	6.140,	203.240,	1.41
35,	901,	53.000,	17.000,	0.500,	694.780,	5.250,	204.770,	1.53
36,	926,	53.500,	17.500,	0.500,	704.530,	9.750,	206.180,	1.41
37,	951,	54.000,	18.000,	0.500,	719.160,	14.630,	207.790,	1.61
38,	976,	54.500,	18.500,	0.500,	738.940,	19.780,	209.160,	1.37
39,	1001,	55.000,	19.000,	0.500,	762.840,	23.900,	211.550,	2.39
40,	1026,	55.500,	19.500,	0.500,	788.580,	25.740,	213.620,	2.07
41,	1051,	56.000,	20.000,	0.500,	815.530,	26.950,	215.530,	1.91
42,	1076,	56.500,	20.500,	0.500,	840.560,	25.030,	217.160,	1.63
43,	1101,	57.000,	21.000,	0.500,	859.920,	19.360,	218.240,	1.08
44,	1126,	57.500,	21.500,	0.500,	888.140,	28.220,	219.310,	1.07
45,	1151,	58.000,	22.000,	0.500,	920.630,	32.490,	220.760,	1.45
46,	1176,	58.500,	22.500,	0.500,	956.440,	35.810,	221.780,	1.02
47,	1201,	59.000,	23.000,	0.500,	991.640,	35.200,	219.960,	-1.82
48,	1226,	59.500,	23.500,	0.500,	897.700,	-93.940,	58.941,	-161.01
49,	1251,	60.000,	24.000,	0.500,	335.160,	-562.540,	2.869,	-56.07

付録D パラメータ試験履歴の解析用データリスト (PM-007)

NO.	DATA-NO.	TIME(S)	TIME2(S)	DTIME(S)	TEMP(.C)	DTEMP(.C)	PRES(ATG)	DPR
1,	251,	55.000,	0.000,	0.000,	21.375,	21.375,	67.406,	68.40
2,	351,	57.000,	2.000,	2.000,	141.840,	120.465,	67.500,	0.09
3,	451,	59.000,	4.000,	2.000,	168.700,	26.860,	73.472,	5.97
4,	551,	61.000,	6.000,	2.000,	172.640,	3.940,	75.300,	1.82
5,	651,	63.000,	8.000,	2.000,	174.940,	2.300,	75.844,	0.54
6,	751,	65.000,	10.000,	2.000,	177.700,	2.760,	76.163,	0.31
7,	851,	67.000,	12.000,	2.000,	180.470,	2.770,	76.369,	0.20
8,	951,	69.000,	14.000,	2.000,	182.950,	2.480,	76.575,	0.20
9,	1051,	71.000,	16.000,	2.000,	195.700,	12.750,	76.772,	0.19
10,	1151,	73.000,	18.000,	2.000,	215.200,	19.500,	77.147,	0.37
11,	1251,	75.000,	20.000,	2.000,	238.080,	22.880,	77.831,	0.68
12,	1351,	77.000,	22.000,	2.000,	261.890,	23.810,	78.872,	1.04
13,	1451,	79.000,	24.000,	2.000,	285.700,	23.810,	80.016,	1.14
14,	1551,	81.000,	26.000,	2.000,	308.060,	22.360,	81.150,	1.13
15,	1651,	83.000,	28.000,	2.000,	329.720,	21.660,	82.144,	0.99
16,	1751,	85.000,	30.000,	2.000,	350.530,	20.810,	83.044,	0.90
17,	1851,	87.000,	32.000,	2.000,	371.110,	20.580,	83.906,	0.86
18,	1951,	89.000,	34.000,	2.000,	391.920,	20.810,	84.497,	0.59
19,	2051,	91.000,	36.000,	2.000,	412.270,	20.350,	85.331,	0.83
20,	2151,	93.000,	38.000,	2.000,	432.610,	20.340,	86.250,	0.91
21,	2251,	95.000,	40.000,	2.000,	453.700,	21.090,	86.841,	0.59
22,	2351,	97.000,	42.000,	2.000,	475.080,	21.380,	87.338,	0.49
23,	2451,	99.000,	44.000,	2.000,	495.750,	20.670,	87.863,	0.52
24,	2551,	101.000,	46.000,	2.000,	515.390,	19.640,	88.763,	0.90
25,	2651,	103.000,	48.000,	2.000,	535.080,	19.690,	89.513,	0.75
26,	2751,	105.000,	50.000,	2.000,	553.970,	18.890,	90.122,	0.60
27,	2851,	107.000,	52.000,	2.000,	573.890,	19.920,	90.834,	0.71
28,	2951,	109.000,	54.000,	2.000,	593.480,	19.590,	91.397,	0.56
29,	3051,	111.000,	56.000,	2.000,	613.450,	19.970,	91.866,	0.46
30,	3151,	113.000,	58.000,	2.000,	633.700,	20.250,	92.466,	0.60
31,	3251,	115.000,	60.000,	2.000,	654.000,	20.300,	93.394,	0.92
32,	3351,	117.000,	62.000,	2.000,	674.300,	20.300,	94.172,	0.77
33,	3451,	119.000,	64.000,	2.000,	694.080,	19.780,	94.781,	0.60
34,	3551,	121.000,	66.000,	2.000,	713.020,	18.940,	95.888,	1.10
35,	3651,	123.000,	68.000,	2.000,	727.830,	14.810,	96.516,	0.62
36,	3751,	125.000,	70.000,	2.000,	734.480,	6.650,	97.088,	0.57
37,	3851,	127.000,	72.000,	2.000,	745.170,	10.690,	97.791,	0.70
38,	3951,	129.000,	74.000,	2.000,	763.450,	18.280,	99.216,	1.42
39,	4051,	131.000,	76.000,	2.000,	790.170,	26.720,	100.790,	1.57
40,	4151,	133.000,	78.000,	2.000,	822.560,	32.390,	101.790,	1.00
41,	4251,	135.000,	80.000,	2.000,	854.670,	32.110,	103.350,	1.56
42,	4351,	137.000,	82.000,	2.000,	878.770,	24.100,	104.790,	1.44
43,	4451,	139.000,	84.000,	2.000,	906.750,	27.980,	105.380,	0.59
44,	4551,	141.000,	86.000,	2.000,	942.000,	35.250,	106.700,	1.32
45,	4651,	143.000,	88.000,	2.000,	967.450,	25.450,	107.440,	0.74
46,	4751,	145.000,	90.000,	2.000,	987.380,	19.930,	108.020,	0.58
47,	4851,	147.000,	92.000,	2.000,	1004.700,	17.320,	108.800,	0.78
48,	4951,	149.000,	94.000,	2.000,	1021.100,	16.400,	109.180,	0.38
49,	5051,	151.000,	96.000,	2.000,	1038.200,	17.100,	109.310,	0.13
50,	5151,	153.000,	98.000,	2.000,	1056.100,	17.900,	110.140,	0.83
51,	5251,	155.000,	100.000,	2.000,	1075.100,	19.000,	110.630,	0.49
52,	5351,	157.000,	102.000,	2.000,	1094.700,	19.600,	111.350,	0.72
53,	5451,	159.000,	104.000,	2.000,	1116.400,	21.700,	112.010,	0.66
54,	5551,	161.000,	106.000,	2.000,	1139.200,	22.800,	112.350,	0.34
55,	5651,	163.000,	108.000,	2.000,	1163.200,	24.000,	112.760,	0.41
56,	5751,	165.000,	110.000,	2.000,	1188.800,	25.600,	110.100,	-2.66

PNC PN9450 97-001

57,	5851,	167.000,	112.000,	2.000,	950.860,	-237.940,	0.206,	-109.89
58,	5951,	169.000,	114.000,	2.000,	941.860,	-9.000,	0.131,	-0.07

付録D パラメータ試験履歴の解析用データリスト (PM-008)

NO.	DATA-NO.	TIME(S)	TIME2(S)	DTIME(S)	TEMP(.C)	DTEMP(.C)	PRES(ATG)	DPR
1	126	67.500	0.000	0.000	21.094	21.094	99.253	100.25
2	226	69.500	2.000	2.000	105.140	84.046	99.375	0.12
3	326	71.500	4.000	2.000	144.420	39.280	107.090	7.71
4	426	73.500	6.000	2.000	148.220	3.800	110.820	3.73
5	526	75.500	8.000	2.000	151.270	3.050	112.360	1.54
6	626	77.500	10.000	2.000	154.410	3.140	113.010	0.65
7	726	79.500	12.000	2.000	157.830	3.420	113.420	0.41
8	826	81.500	14.000	2.000	161.390	3.560	113.610	0.19
9	926	83.500	16.000	2.000	174.890	13.500	113.940	0.33
10	1026	85.500	18.000	2.000	193.640	18.750	114.680	0.74
11	1126	87.500	20.000	2.000	214.780	21.140	116.020	1.34
12	1226	89.500	22.000	2.000	236.480	21.700	117.590	1.57
13	1326	91.500	24.000	2.000	257.910	21.430	119.390	1.80
14	1426	93.500	26.000	2.000	278.530	20.620	121.090	1.70
15	1526	95.500	28.000	2.000	298.590	20.060	122.700	1.61
16	1626	97.500	30.000	2.000	318.090	19.500	124.280	1.58
17	1726	99.500	32.000	2.000	337.170	19.080	125.760	1.48
18	1826	101.500	34.000	2.000	356.480	19.310	127.100	1.34
19	1926	103.500	36.000	2.000	376.590	20.110	128.320	1.22
20	2026	105.500	38.000	2.000	396.890	20.300	129.790	1.47
21	2126	107.500	40.000	2.000	417.380	20.490	130.950	1.16
22	2226	109.500	42.000	2.000	438.090	20.710	132.020	1.07
23	2326	111.500	44.000	2.000	459.050	20.960	133.090	1.07
24	2426	113.500	46.000	2.000	480.280	21.230	133.970	0.88
25	2526	115.500	48.000	2.000	502.450	22.170	135.340	1.37
26	2626	117.500	50.000	2.000	522.190	19.740	136.380	1.04
27	2726	119.500	52.000	2.000	540.750	18.560	137.580	1.20
28	2826	121.500	54.000	2.000	558.940	18.190	138.720	1.14
29	2926	123.500	56.000	2.000	577.500	18.560	139.460	0.74
30	3026	125.500	58.000	2.000	596.630	19.130	140.520	1.06
31	3126	127.500	60.000	2.000	615.420	18.790	141.870	1.35
32	3226	129.500	62.000	2.000	634.730	19.310	142.890	1.02
33	3326	131.500	64.000	2.000	653.670	18.940	144.180	1.29
34	3426	133.500	66.000	2.000	672.890	19.220	145.360	1.18
35	3526	135.500	68.000	2.000	691.220	18.330	146.650	1.29
36	3626	137.500	70.000	2.000	705.470	14.250	148.340	1.69
37	3726	139.500	72.000	2.000	713.110	7.640	149.520	1.18
38	3826	141.500	74.000	2.000	723.940	10.830	150.550	1.03
39	3926	143.500	76.000	2.000	744.190	20.250	152.770	2.22
40	4026	145.500	78.000	2.000	772.780	28.590	155.320	2.55
41	4126	147.500	80.000	2.000	804.520	31.740	157.150	1.83
42	4226	149.500	82.000	2.000	836.060	31.540	160.330	3.18
43	4326	151.500	84.000	2.000	856.640	20.580	161.460	1.13
44	4426	153.500	86.000	2.000	883.220	26.580	162.200	0.74
45	4526	155.500	88.000	2.000	913.130	29.910	164.310	2.11
46	4626	157.500	90.000	2.000	936.940	23.810	165.960	1.65
47	4726	159.500	92.000	2.000	958.550	21.610	165.990	0.03
48	4826	161.500	94.000	2.000	978.750	20.200	166.630	0.64
49	4926	163.500	96.000	2.000	998.390	19.640	167.290	0.66
50	5026	165.500	98.000	2.000	1018.200	19.810	167.380	0.09
51	5126	167.500	100.000	2.000	1040.100	21.900	165.910	-1.47
52	5226	169.500	102.000	2.000	736.550	-303.550	0.253	-165.65

付録D パラメータ試験履歴の解析用データリスト (PM-009)

NO.	DATA-NO.	TIME(S)	TIME2(S)	DTIME(S)	TEMP(.C)	DTEMP(.C)	PRES(ATG)	DPR
1,	151,	53.000,	0.000,	0.000,	22.734,	22.734,	134.010,	135.01
2,	251,	55.000,	2.000,	2.000,	93.000,	70.266,	134.030,	0.02
3,	351,	57.000,	4.000,	2.000,	154.310,	61.310,	143.300,	9.27
4,	451,	59.000,	6.000,	2.000,	162.000,	7.690,	148.360,	5.06
5,	551,	61.000,	8.000,	2.000,	164.390,	2.390,	150.630,	2.27
6,	651,	63.000,	10.000,	2.000,	167.440,	3.050,	152.030,	1.40
7,	751,	65.000,	12.000,	2.000,	170.440,	3.000,	152.910,	0.88
8,	851,	67.000,	14.000,	2.000,	173.340,	2.900,	153.530,	0.62
9,	951,	69.000,	16.000,	2.000,	185.810,	12.470,	154.180,	0.65
10,	1051,	71.000,	18.000,	2.000,	204.090,	18.280,	155.180,	1.00
11,	1151,	73.000,	20.000,	2.000,	225.890,	21.800,	156.890,	1.71
12,	1251,	75.000,	22.000,	2.000,	248.200,	22.310,	159.070,	2.18
13,	1351,	77.000,	24.000,	2.000,	270.560,	22.360,	161.470,	2.40
14,	1451,	79.000,	26.000,	2.000,	291.560,	21.000,	163.760,	2.29
15,	1551,	81.000,	28.000,	2.000,	312.000,	20.440,	166.280,	2.52
16,	1651,	83.000,	30.000,	2.000,	330.980,	18.980,	168.370,	2.09
17,	1751,	85.000,	32.000,	2.000,	350.250,	19.270,	170.360,	1.99
18,	1851,	87.000,	34.000,	2.000,	369.380,	19.130,	172.050,	1.69
19,	1951,	89.000,	36.000,	2.000,	388.590,	19.210,	173.910,	1.86
20,	2051,	91.000,	38.000,	2.000,	408.750,	20.160,	175.660,	1.75
21,	2151,	93.000,	40.000,	2.000,	429.090,	20.340,	177.590,	1.93
22,	2251,	95.000,	42.000,	2.000,	449.720,	20.630,	179.060,	1.47
23,	2351,	97.000,	44.000,	2.000,	470.810,	21.090,	180.690,	1.63
24,	2451,	99.000,	46.000,	2.000,	491.810,	21.000,	182.200,	1.51
25,	2551,	101.000,	48.000,	2.000,	512.250,	20.440,	184.160,	1.96
26,	2651,	103.000,	50.000,	2.000,	532.550,	20.300,	186.120,	1.96
27,	2751,	105.000,	52.000,	2.000,	552.380,	19.830,	187.390,	1.27
28,	2851,	107.000,	54.000,	2.000,	572.060,	19.680,	189.410,	2.02
29,	2951,	109.000,	56.000,	2.000,	591.890,	19.830,	190.690,	1.28
30,	3051,	111.000,	58.000,	2.000,	611.720,	19.830,	192.450,	1.76
31,	3151,	113.000,	60.000,	2.000,	631.970,	20.250,	194.210,	1.76
32,	3251,	115.000,	62.000,	2.000,	651.890,	19.920,	195.680,	1.47
33,	3351,	117.000,	64.000,	2.000,	672.090,	20.200,	197.720,	2.04
34,	3451,	119.000,	66.000,	2.000,	691.220,	19.130,	199.380,	1.66
35,	3551,	121.000,	68.000,	2.000,	708.470,	17.250,	201.210,	1.83
36,	3651,	123.000,	70.000,	2.000,	719.340,	10.870,	202.430,	1.22
37,	3751,	125.000,	72.000,	2.000,	727.590,	8.250,	204.650,	2.22
38,	3851,	127.000,	74.000,	2.000,	742.410,	14.820,	207.910,	3.26
39,	3951,	129.000,	76.000,	2.000,	767.530,	25.120,	210.730,	2.82
40,	4051,	131.000,	78.000,	2.000,	798.890,	31.360,	214.100,	3.37
41,	4151,	133.000,	80.000,	2.000,	831.750,	32.860,	217.160,	3.06
42,	4251,	135.000,	82.000,	2.000,	861.890,	30.140,	219.310,	2.15
43,	4351,	137.000,	84.000,	2.000,	881.580,	19.690,	221.490,	2.18
44,	4451,	139.000,	86.000,	2.000,	916.830,	35.250,	222.680,	1.19
45,	4551,	141.000,	88.000,	2.000,	946.550,	29.720,	223.350,	0.67
46,	4651,	143.000,	90.000,	2.000,	969.980,	23.430,	222.960,	-0.39
47,	4751,	145.000,	92.000,	2.000,	989.810,	19.830,	217.770,	-5.19
48,	4851,	147.000,	94.000,	2.000,	486.470,	-503.340,	0.263,	-217.50