

629

資料 No.
 プロジェクト室
 禁無断持出
 受付 年 月 日

分置

FBR 金属材料試験 実施要領書

本資料は 98年 9月 29日付けで登録区分、
 変更する。
 [技術情報室]

昭和 52 年 5 月

動力炉・核燃料開発事業団

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)

F B R 金属材料試験実施要領書

要 旨

本要領書は、F B R金属材料試験を実施する場合の一般的なガイドラインを記述したものである。

この要領書は、高速増殖炉の開発のために動燃事業団が、大洗工学センターあるいは外部諸機関に委託して実施する金属材料試験にあたって、その試験法やとりまとめ法を標準化して相互比較を容易にし、設計基準用材料データとして、将来とりまとめやすいように配慮して作成されたものであり、各種のF B R金属材料試験方法、データシート、標準グラフ用紙およびその利用法が記載されている。

動力炉・核燃料開発事業団
高速増殖炉開発本部
構造材料グループ

構造材料グループ・プラントメーカー連絡会
(略称KOM連絡会)

「F B R金属材料試験実施要領書」作成
ワーキンググループ
(略称KOM-WG)

T
N 241 77-03
March, 1977



FBR Metallic Materials Test Manual

Abstract

FBR metallic materials tests required from PNC for FBR development are conducted in many facilities, such as PNC O-arai Engineering Center, manufacturers and public laboratories. Therefore, it is desirable to clarify and/or define the various kinds of FBR metallic materials tests procedures, and to standardize data sheets and graphs used in order to simplify comparison of test results with the other data and to apply them to FBR design standards.

This test manual comprises test methods, standardized data sheets & graphs and their usage.

Structural Materials Group
Fast Breeder Reactor (FBR)
Development Project
Power Reactor & Nuclear Fuel
Development Corporation (PNC)

Structural Materials Group.
Plant Makers Liaison Committee (KOM)

Working Group for FBR Metallic
Materials Test Manual (KOM-WG)

目 次

	(Page)
1. ま え が き	1
2. 一 般	3
2.1 適 用 範 囲	3
2.2 報 告 書, データシートおよび標準グラフの作成	4
3. 引 張 試 験 (含高速引張試験)	23
3.1 適 用 範 囲	23
3.2 用 語 の 説 明	23
3.3 試 験 片	23
3.4 試 験 装 置	23
3.5 試 験 方 法	23
3.6 報 告 書, データシートおよび標準グラフの作成	24
4. クリープ試験 (含クリープ破断試験)	42
4.1 適 用 範 囲	42
4.2 用 語 の 説 明	42
4.3 試 験 片	42
4.4 試 験 装 置	43
4.5 試 験 方 法	43
4.6 報 告 書, データシートおよび標準グラフの作成	43
5. リラクセーション試験	55
5.1 適 用 範 囲	55
5.2 用 語 の 説 明	55
5.3 試 験 片	55

5.4	試験装置	55
5.5	試験方法	55
5.6	報告書, データシートおよび標準グラフの作成	55
6.	低サイクル疲れ試験	66
6.1	適用範囲	66
6.2	用語の説明	66
6.3	試験片	66
6.4	試験装置	66
6.5	試験方法	67
6.6	報告書, データシートおよび標準グラフの作成	67
7.	内圧クリープ試験(含内圧クリープ破断試験)	85
7.1	適用範囲	85
7.2	用語の説明	85
7.3	試験片	85
7.4	試験装置	85
7.5	試験方法	85
7.6	報告書, データシートおよび標準グラフの作成	86

E-9	引張強さの応力比	39
E-10	0.2%耐力の応力比	40
E-11	4Dの伸び	41
図4.1	標準クリーブ試験片の形状と寸法	43
図4.2	標準クリーブ破断試験片の形状と寸法	43
表4.1	クリーブ試験およびクリーブ破断試験に関する用語の説明	44
	FBR金属材料試験データシート(F, クリーブ試験成績)	46
表4.2	クリーブ試験およびクリーブ破断試験用標準グラフ一覧	47
F-1	クリーブ曲線(1)	48
F-2	" (2)	49
F-3	" (3)	50
F-4	応力と定常クリーブ速度の関係	51
F-5	等時応力—ひずみ曲線	52
F-6	応力とクリーブ破断時間の関係	53
F-7	破断伸びとクリーブ破断時間の関係	54
図5.1	標準リラクセーション試験片の形状と寸法	56
表5.1	リラクセーション試験に関する用語の説明	56
	FBR金属材料試験データシート(G, リラクセーション試験成績)	57
表5.2	リラクセーション試験用標準グラフ一覧	58
G-1	応力緩和曲線(1)	59
G-2	" (2)	60
G-3	" (3)	61
G-4	応力緩和率曲線(1)	62
G-5	" (2)	63
G-6	" (3)	64
G-7	等時応力—ひずみ曲線	65

表 6.1	低サイクル疲れ試験に関する用語の説明	68
表 6.2	低サイクル疲れ試験装置に要求される標準仕様	69
表 6.3	低サイクル疲れ標準試験条件	70
	F B R 金属材料試験データシート (H, 低サイクル疲れ試験成績)	71
表 6.4	低サイクル疲れ試験用標準グラフ一覧	72
H - 1	全ひずみ範囲と破損繰返し数の関係	74
H - 2	塑性ひずみ範囲と破損繰返し数の関係	75
H - 3	繰返しに伴う応力範囲の変化	76
H - 4	繰返しに伴う最大応力の変化	77
H - 5	繰返しに伴う緩和後の最大応力の変化	78
H - 6	繰返し数比と応力範囲の関係	79
H - 7	疲れ寿命におよぼす保持時間の影響	80
H - 8	疲れ寿命におよぼすひずみ速度の影響	81
H - 9	破損繰返し数と破損時間の関係	82
H - 10	クリープと疲れの相互作用(1)	83
H - 11	" (2)	84
図 7.1	周方向応力の求め方	86
図 7.2	内圧クリープ試験片の一例	86
	F B R 金属材料試験データシート (I, 内圧クリープ試験成績)	87

1. ま え が き

高速増殖炉の開発に伴い、構造機器の合理的な高温構造設計法を確立するために、動燃事業団では一連の構造材料試験を計画し、実施している。

これらの材料試験の一部は動燃事業団の大洗工学センターで実施されるが、大部分はプラントメーカー、材料メーカー、学協会、国立研究所、大学などに委託して実施される。

このため、各所で実施される材料試験の方法やとりまとめ方法を標準化して、相互比較を容易にするとともに高速炉の設計基準用材料データとしてとりまとめやすいように整理しておく必要がある。

動燃事業団高速増殖炉開発本部の構造材料グループ・プラントメーカー連絡会（略称KOM連絡会、KOZO ZAIRYO and MAKERS）においてこのような必要性が動燃事業団から説明され、討論がおこなわれた。その結果、動燃事業団と関係機器・プラントメーカーとが協力して「FBR金属材料試験実施要領書」を作成するためのワーキンググループを作ることが決められ、事務局は動燃事業団FBR開発本部の構造材料グループが担当することになった。

ワーキンググループは、昭和51年12月24日から昭和52年4月15日までの4カ月にわたって合計8回の会合を持ち内容の検討を行なった。また途中数回にわたってKOM連絡会で中間報告が行なわれコメントが求められた。

本実施要領書のうち、データシートの原案作成、全体計画の立案、とりまとめ、進行は動燃事業団が中心となって担当し、各種の試験方法、標準グラフの作成については、引張試験を川崎重工が、クリーブ試験を東芝が、リラクセーション試験を富士電機が、低サイクル疲れ試験を三菱重工、日立製作所、パブコック日立的の3社が、内圧クリーブ試験を動燃事業団が担当して原案を作成し、ワーキンググループでの討議を経てとりまとめられた。

また本報告書の作成の過程で、主としてデータシートについては日本機械学会非弾性構造解析法研究分科会、動燃事業団構造専門委員会、日本溶接協会PFW-A小委員会、ISES-41G小委員会等の関係委員会の席上でもコメントが求められた他、動燃事業団本社および大洗工学センター、FBRプラントメーカー各社の関係者からも多くのコメントを戴いたことを記し、謝意を表します。

なお、本実施要領書の作成は初めての試みであり、その内容についても不備な点が多々あ

ることと思われるが、これらに関するコメントならびに問い合わせは動燃事業団FBR開発本部構造材料グループあてに寄せていただきたい。不十分な点については折りを見て必要な改訂を行ないたいと考えている。

2. 一 般

2.1 適 用 範 囲

本要領書（FBR金属材料試験実施要領書）は下記の試験に適用されるものである。

- (1) 引 張 試 験（含高速引張試験）
- (2) ク リ ー プ 試 験（含クリープ破断試験）
- (3) リラクセーション試験
- (4) 低サイクル疲れ試験
- (5) 内圧クリープ試験（含内圧クリープ破断試験）

本要領書は上記各試験の

- (1) 供 試 材 料（製造法，化学成分など）
- (2) 溶 接 条 件（溶接した材料の試験の場合）
- (3) 試 験 片（寸法，形状，前処理など）
- (4) 試 験 装 置
- (5) 試 験 方 法
- (6) 報 告 書， データシートおよび標準グラフの作成

について一般的なガイドラインを示している。

動燃事業団が委託試験を実施するにあたって

- (1) 題 目
- (2) 業務委託の目的
- (3) 業務委託の範囲
- (4) 業務委託の内容
- (5) タイムスケジュール
- (6) 試験実施場所
- (7) 受託者側実施責任者
- (8) 試験実施担当者
- (9) 委託者側実施責任者
- (10) 特 記 事 項
- (11) 添 付 書 類

については仕様書に記載されるが，一般的な試験実施要領は本要領書に従うことを原則

とし、本要領書によらない場合、あるいは本要領書に記載のない事項については、別途打合せにより決定するものとする。

2.2 報告書、データシートおよび標準グラフの作成

(1) 報告書

F B R金属材料試験を実施するにあたって、試験研究の報告書は、その委託試験の研究目的に応じて必要な評価・検討が加えられ、とりまとめられなければならない。

報告書の作成要領は、動燃事業団社内資料 N 1 5 2 7 3 - 0 3 “委託研究最終報告書作成基準 — 動力炉関係 — ”によるものとする。

(2) データシートおよび標準グラフ

F B R金属材料試験を実施するにあたって、同一材料に関する各種の機械強度試験が、多数の機関で異なった目的のために実施されることがある。また同様の機械強度試験が各種の異なった材料について多数の異なった機関で実施されることがある。

このため、使用材料、溶接条件、試験結果などについての必要最小限の事項については、共通のフォームに従ってデータを取りまとめ保存しておくことが必要になる。

そのため、F B R金属材料試験の実施にあたって、報告書自体は上記(1)の記述にしたがって図・表等は自由な形式でまとめられるけれども、それとは別に表2.1に示すデータシートおよび後述する表3.2，表4.2，表5.2および表6.4に示す標準グラフについても必要事項を記入し、その他の関連する試験結果との比較が容易にできるようにする。

(データシートA)

データシートAは材料試験研究テーマごとにとりまとめられたデータシートの表紙に付けるものであり、マスターシートと呼ばれる。

マスターシートには試験研究題目、期間、実施場所などが記載される他、その後続く各種データシートの組み合わせが記載される。“データシートの組み合わせ”欄には、試験研究の小題目を“内容”欄に記載し、“B,材料”，“C,溶接”，“D,試験片”および“E～I,試験成績”欄には、その後続く各種データシートの番号を記載する。データシート番号を記入する必要のない場合にはその欄に“なし”と記載する。

材料試験実施者は、関連するデータシートを取りまとめてマスターシートを添付

した上、試験報告書とは別に原紙を材料試験委託者に提出するものとする。

(データシートB)

データシートBは材料に関するデータシートである。材料製造者は通常のミルシートの他に、原則として各ヒートごとにデータシートBに示した項目について必要事項を記入し、その原紙を材料発注者に、写しを一部材料納入先に提出するものとする。なお、データシートBに示された項目のうち、試験・検査の本数、項目などについては材料発注者との打合せにより決定するものとする。

(データシートC)

データシートCは溶接に関するデータシートである。被溶接材の材料試験を行なう場合、溶接実施者はデータシートCに示された項目について必要事項を記入し、その写しを1部材料試験委託者に、その原紙を溶接発注者に提出するものとする。なお、データシートCに示された項目のうち、試験・検査の本数、項目などについては、溶接発注者との打合せにより決定するものとする。データシートCに示された用語の説明は表2.2に示すとおりである。

(データシートD)

データシートDは試験片に関するデータシートである。材料試験実施者は使用する試験片の概略特徴をデータシートDに記入し、関連する他のデータシートとともに、その原紙を材料試験委託者に送付するものとする。

データシートDに示された項目のうち、記入不要と考えられる項目については、材料試験委託者との打合せにより省略してもよい。なお、データシートDに示された用語の説明は表2.3に示すとおりである。

また、データシートB～Dに記入欄がない事項については、必要に応じて報告書に記載するものとする。

(データシートE～I)

データシートE～Iは、それぞれ引張試験(含高速引張試験)、クリーブ試験(含クリーブ破断試験)、リラクセーション試験、低サイクル疲れ試験および内圧クリーブ試験(含内圧クリーブ破断試験)に関するデータシートである。これらのデータシートおよび標準グラフの記入方法については次章以下でも述べられている。

材料試験実施者はデータシートE～Iに示された項目について必要事項を記入し、

関連する他のデータシートおよび標準グラフとともに、その原紙を材料試験委託者に提出するものとする。

(標準グラフ)

FBR金属材料試験の結果をとりまとめるのに使用される標準グラフ用紙の一覧を表2.4に、標準グラフを図2.1から図2.5に示す。これらのグラフ用紙は、動力炉・核燃料開発事業団高速増殖炉開発本部構造材料グループに要求することにより支給される。

標準グラフの縦軸および横軸の目盛は本実施要領書に合わせてとり、必要な試験曲線、試験点を適当な記号を用いてグラフ中に記入する。

たて軸と横軸に示したものの以外のパラメータはグラフ中の適当な位置に英文で必要事項を書き込むものとする。

またグラフ中に示した試験点、試験曲線について対応する試験片番号も必要に応じて図中に明記する。

なお、1枚の標準グラフ内に、みわけられるかぎり、数本の試験結果を記入してもよい。

(試験場所の識別記号)

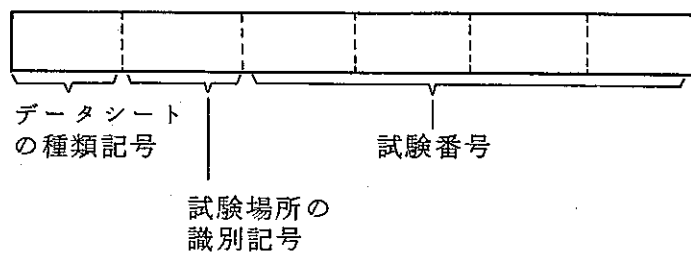
試験場所の識別記号は以下のとおりである。

- A : 三 菱 重 工 (長 崎)
- B : パ ブ 日 立 (呉)
- C : 神 戸 製 鋼 (中 研)
- D : 三 井 造 船 (玉 野)
- E : 三 井 造 船 (藤 永 田)
- F : 富 士 電 機 (横 須 賀)
- G : 日 立 造 船 (技 研)
- H : 日 立 (日 研)
- I : 石 播 (横 研)
- J : 原 研
- K : 川 重 (川崎工場)
- L : 川 鉄 (技 研)
- M : 三 菱 重 工 (高 砂)

N : 金 材 研
 O : 住 金
 P : 動 燃 (大 洗)
 S : 新 日 鉄
 T : 東 芝 (総 研)

(データシート番号の付けかた)

各種データシート番号の記入要領は、以下のとおりとする。



○ データシートの種類記号

表 2.1 参照

○ 試験場所の識別記号

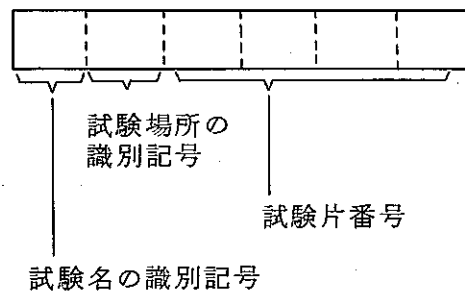
上記の試験場所の識別記号を記入する。

○ 試 験 番 号

各試験場所で適宜付ける。

(試験片番号の付けかた)

試験片番号の付けかたは以下のとおりとする。



○ 試験名の識別記号

E : 引 張 試 験 (含高速引張試験)

F : ク リ ー プ 試 験 (含クリープ破断試験)

G : リラクセーション試験

H : 低サイクル疲れ試験

I : 内圧クリープ試験 (含内圧クリープ破断試験)

○試験場所の識別記号

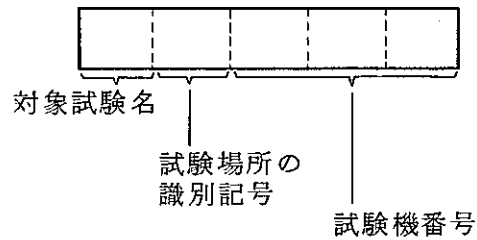
上記の試験場所の識別記号を記入する。

○試験片番号

各試験場所で適宜付ける。

(試験機番号の付けかた)

試験機番号の付けかたは以下のとおりとする。



○対象試験名

E : 引張試験 (含高速引張試験)

F : クリープ試験 (含クリープ破断試験)

G : リラクセーション試験

H : 低サイクル疲れ試験

I : 内圧クリープ試験 (含内圧クリープ破断試験)

○試験場所の識別記号

上記の試験場所の識別記号を記入する。

○試験機番号

各試験場所で適宜付ける。

表 2.1 FBR 金属材料試験データシートの一覧

FBR Metallic Materials Test Data Sheets

種 類 Type	標 題 Title
A	マスターシート Master Sheet
B	材 料 Materials
C	溶 接 Welding
D	試 験 片 Test Specimens
E	引張試験成績 Tensile Properties
F	クリープ試験成績 Creep Properties
G	リラクセーション試験成績 Relaxation Properties
H	低サイクル疲れ試験成績 Low Cycle Fatigue Properties
I	内圧クリープ試験成績 Internal Pressure Creep Properties

FBR 金属材料試験データシート

FBR Metallic Materials Test Data Sheet

No. _____

C	溶 接 Welding		データシート番号 Data Sheet No.	C			記入責任者名 Prepared by																			
			記入年月日 Date of Issue	年 Year	19	月 Month	日 Day	所属会社名 Affiliation																		
溶接方法 Type of Welding	<input type="checkbox"/> 手 溶 接 Manual <input type="checkbox"/> 半 自動 溶 接 Semi Automatic <input type="checkbox"/> 自 動 溶 接 Automatic		溶接棒製造会社 Filler Metal Manufacturer				シールドガスの種類 Shield Gas	<input type="checkbox"/> Ar <input type="checkbox"/> CO ₂ <input type="checkbox"/> その他 Others ()																		
	<input type="checkbox"/> 被覆アーク Covered Arc <input type="checkbox"/> サブマージアーク Submerged Arc <input type="checkbox"/> ティグ TIG <input type="checkbox"/> MIG <input type="checkbox"/> プラズマアーク Plasma Arc <input type="checkbox"/> 電子ビーム Electron Beam <input type="checkbox"/> その他 Others ()		被覆アーク溶接棒 Covered Arc Welding Rod	銘柄 Metal Name	Indication (φ)	溶加材または心線 Filler Metal or Wire	Indication; Metal Name; Flux Type; Flux Grain Size;																			
	試料番号 Specimen No.	採取位置 Location of Specimen	分析場所 Analysis Labo.	(A) 主要化学成分 Main Chemical Comp. (wt. %)										(B) その他 Others (wt. %)												
				C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	Cu	Fe	V	Co	Ti	Nb + Ta	W	B	As	Al Sol.	Al Total	N Sol.	N Sol.	O	
溶加材または心線 Filler Metal or Wire																										
溶着金属 Deposited Metal																										
溶接金属 Weld Metal																										
溶着金属の機械的性質 Mechanical Properties of Deposited Metal	引張試験 (JIS Z 2241) Tensile Test (室温 R.T.)		試験片号数 Specimen Type No.	<input type="checkbox"/> JIS () <input type="checkbox"/> ASTM ()		硬さ試験 Hardness Test	衝撃試験 Impact Test (室温 R.T.)	その他の溶接部試験検査項目 Other Weldment Test and Inspection Items																		
	試料番号 Specimen No.	位置・方向 Location of Specimen	降伏点(耐力) Yield Strength (kg/mm ²)	引張強さ Tensile Strength (kg/mm ²)	伸 び Elongation (%)	絞 り Reduction of Area (%)	<input type="checkbox"/> ブリネル Hb <input type="checkbox"/> ビッカース Hv <input type="checkbox"/> ショア Hs <input type="checkbox"/> ロックウェル HRC <input type="checkbox"/> Hrc	<input type="checkbox"/> 2mmV <input type="checkbox"/> 2mmU <input type="checkbox"/> 3mmU <input type="checkbox"/> 5mmU <input type="checkbox"/> (kg·m)	<input type="checkbox"/> 浸透探傷 (PT) <input type="checkbox"/> 超音波探傷 (UT) <input type="checkbox"/> 放射線透過 (RT) <input type="checkbox"/> 磁粉探傷 (MT) <input type="checkbox"/> 外視検査 (VT) <input type="checkbox"/> 曲げ試験 (Bending) <input type="checkbox"/> 寸法検査 (Dimensional Inspection) <input type="checkbox"/> マクロエッチ (Macro Etch)	<input type="checkbox"/> 光学顕微鏡観察 (Optical Microscopy) <input type="checkbox"/> 透過型電顕観察 (TEM) <input type="checkbox"/> 走査型電顕観察 (SEM) <input type="checkbox"/> 微小部X線分析 (EPMA) <input type="checkbox"/> その他 (Others) ()																
溶接工場名 Welding Workshop		溶接年月日 Date of Welding		年 Year	19	月 Month	日 Day	温度 (°C) Temperature																		
所属会社名 Affiliation		天 候 Weather						湿度 (%) Humidity																		
開先形状・寸法および積層法 Weld Joint Design and Welding Sequence	溶接条件 Welding Conditions																									
	層 数 Layer No.	ハ ス 数 Pass No.	溶接方法 Welding Type	予熱温度 Pre-heat Temp. (°C)	ハス間温度 Interpass Temp. (°C)	電 流 Current (A)	電 圧 Voltage (V)	溶接速度 Welding Speed (cm/min)	溶接入熱 Heat Input (K Joule/cm)																	
溶接姿勢 Welding Position	下向き Flat Position 水 平 Horizontal Position 上向き Vertical Position 上向き Overhead Position 全姿勢 All Position		溶接のままの溶接金属のフェライトは Ferrite Cont. of As-welded Weld Metal	<input type="checkbox"/> Schaeffler <input type="checkbox"/> Delong <input type="checkbox"/> Indicator <input type="checkbox"/> Magne-gage			(%)	補修溶接の有無 Repair Welding	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No コメント Comment ()																	
後熱処理条件 Post Weld Heat Treatment			後熱処理後の溶接金属のフェライト量 Ferrite Cont. of Weld Metal after Heat Treatment	<input type="checkbox"/> Indicator <input type="checkbox"/> Magne-gage			(%)																			
母材 (1) Base Metal (1)			母材 (2) Base Metal (2)					バタリング材料 Buttering Metal																		
データシート番号 Data Sheet No.	B		データシート番号 Data Sheet No.	B				データシート番号 Data Sheet No.	B																	
備 考 Remarks	(参考文献 References) (1) FBR 金属材料試験実施要領書 (1977) FBR Metallic Materials Test Manual (1977)																									
マスターシート番号 Master Sheet No.	A																									

表 2.2 溶接に関する用語の説明

№	用 語	標準記号	説 明
1	手 溶 接 (Manual Welding)	—	溶接作業のすべてを手で行なう溶接
2	自 動 溶 接 (Automatic Welding)	—	溶接に必要な制御が自動的に行なわれる溶接
3	半 自 動 溶 接 (Semi-automatic Welding)	—	アークの移動, 保持を手作業により, その他の操作を自動的に行なう溶接
4	被覆アーク溶接 (Covered Arc Welding)	—	心線の周りに被覆剤を塗布した電極棒を用いて行なうアーク溶接
5	サブマージアーク溶接 (Submerged Arc Welding)	S A W	粒状フラックス下でワイヤと母材間にアークを発生させて行なう溶接
6	テ ィ グ 溶 接 (Tungsten Inert Gas Arc Welding)	T I G	イナートガスによる保護下において, タングステン電極と母材間にアークを発生させ, 溶加材を供給して行なう溶接
7	ミ グ 溶 接 (Metal Inert Gas Arc Welding)	M I G	イナートガスによる保護下において, 一定速度で送給される心線(電極)と母材間にアークを発生させて行なう溶接
8	プラズマアーク溶接 (Plasma Arc Welding)	P A W	母材と電極間に発生する拘束プラズマを電源として利用する溶接
9	電子ビーム溶接 (Electron Beam Welding)	E B W	加速, 収束した電子ビームを母材に照射することにより母材を溶融させる溶接
10	溶 加 材 (Filler Metal)	—	溶接金属をつくるためアーク中に供給する溶接材料
11	心 線 (Core Wire or Wire)	—	フラックスを塗布しない状態の金属線
12	シールドガス (Shield Gas)	—	アークおよび溶融金属を保護するためのガス
13	溶 着 金 属 (Deposited Metal)	—	溶接操作により, 溶加材または心線のみ の溶融により形成された金属

表 2.2 (続き)

No.	用 語	標準記号	説 明
14	溶 接 金 属 (Weld Metal)	—	溶接材料および母材が熔融し、凝固することにより形成された金属
15	開 先 形 状 (Edge Preparation)	—	溶接のために加工される母材の接合部の形状
16	積 層 法 (Welding Sequence)	—	多層溶接する場合の各層を重ねる順序
17	層 (Layer)	—	1つまたはそれ以上のパスからなる溶接金属の層
18	パ ス (Pass)	—	溶接線に沿った溶接の単一動作による進行
19	予 熱 温 度 (Preheating Temperature)	—	溶接前に母材を加熱する温度
20	層 間 温 度 (Interpass Temperature)	—	多層溶接において、次のパスが始められる前の最低温度
21	入 熱 (Heat Input)	H	溶接の際に外部より与えられる熱量で、アーク溶接の場合には次式で定義される。 $H = \frac{60EI}{V} \text{ (Joule/cm)} = 0.24 \times \frac{60EI}{V}$ (cal/cm) ここで、E：アーク電圧、I：電流、V：溶接速度 (cm/min)
22	溶 接 姿 勢 (Welding Position)	—	溶接を施工する場合の姿勢で、下向き姿勢 (Flat Position)、水平姿勢 (Horizontal Position)、全姿勢 (All Position) などがある。
23	溶接金属のフェライト量 (Ferrite Content of Weld Metal)	—	溶接金属中のδフェライトの量であり、成分分析結果を用いて Schaeffler の組織図および DeLong の組織図より求める方法、フェライトインディケータによる方法および 'Magne-gauge' による方法がある。
24	後 熱 処 理 (Postheat Treatment)	—	溶接後実施する熱処理

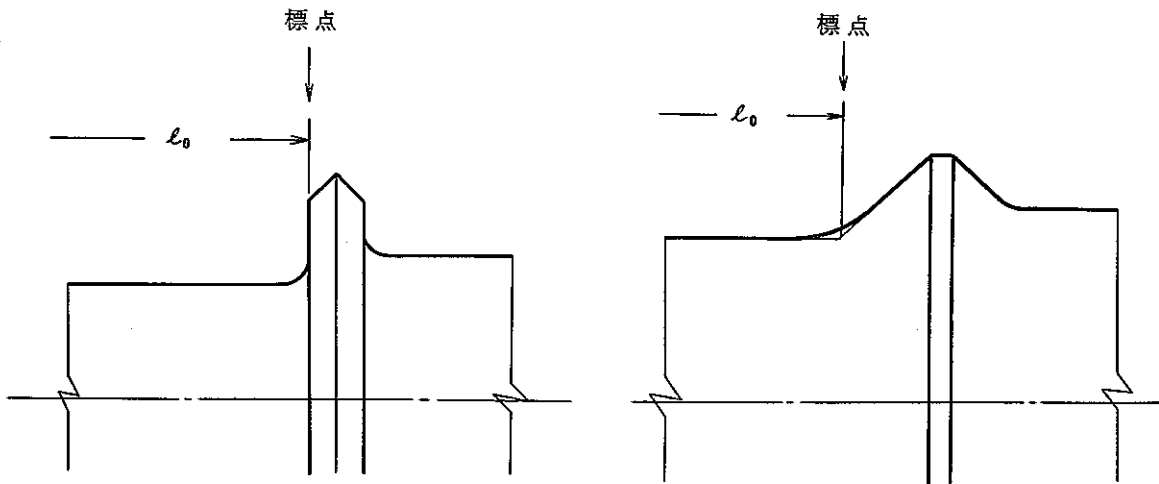
FBR 金属材料試験データシート
FBR Metallic Materials Test Data Sheet

No. _____

D	試験片 Test Specimens		データシート番号 Data Sheet No.	D			記入責任者名 Prepared by		
			記入年月日 Date of Issue	年 Year	月 Month	日 Day	所属会社名 Affiliation		
試験片の種類 Type of Test Specimen	<input type="checkbox"/> 母材 Base Metal <input type="checkbox"/> 溶接継手材 Weld Joint <input type="checkbox"/> 溶着金属材料 Deposited Metal <input type="checkbox"/> 溶接金属材料 Weld Metal <input type="checkbox"/> 熱影響部材 HAZ	試験片形状 Shape of Test Specimen	<input type="checkbox"/> 中実丸棒 Solid Bar <input type="checkbox"/> 中空円筒 Cylindrical Bar <input type="checkbox"/> 平板 Plate <input type="checkbox"/> その他 Others	<input type="checkbox"/> 切欠 Notched <input type="checkbox"/> 砂時計 Hourglass	標点距離 Gage Length			(mm)	
適用試験名 Type of Test	<input type="checkbox"/> Tensile <input type="checkbox"/> Creep Rupture <input type="checkbox"/> Creep <input type="checkbox"/> Relaxation	<input type="checkbox"/> Low Cycle Fatigue <input type="checkbox"/> Creep-Fatigue <input type="checkbox"/> Internal Pressure Creep <input type="checkbox"/> Others()	表面処理 および仕上げ Surface Treatment and Finishing	<input type="checkbox"/> 機械仕上げのまま As Machined <input type="checkbox"/> バフ研磨 Polishing <input type="checkbox"/> 電解研磨 Electropolishing <input type="checkbox"/> ペーパー研磨 Paper Grinding <input type="checkbox"/> その他 Others()	機械加工後の熱処理 Heat Treatment after Machining		<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	()	
素材形状寸法と試験片採取位置 Shape and Size of Materials and Sampling Location of Test Specimens			試験片形状寸法図 Shape and Size of Specimens						
		試験片番号 Specimen No.					規格試験片号数 Specimen Type No.		
試験片来源 Pre-exposure of Specimen		<input type="checkbox"/> Not Specifically <input type="checkbox"/> In Stagnant Na <input type="checkbox"/> In Flowing Na <input type="checkbox"/> Irradiated		前処理場所 Pre-exposure Laboratory		前処理条件に関するコメント Comments on Pre-exposure			
照射炉名 Irradiation Reactor Name		照射番号 Irradiation No.				照射年月 Date of Irradiation (Year/Month)			
照射期間 Date of Sodium Exposure (Year/Month)		自 (/) 至 (/)		ナトリウムループ 又はポット名 Sodium Loop or Pot Name		ナトリウム度 Sodium Impurity			
分析責任者名 Analyzed by		純度分析法 Impurity Analysis Method		分析場所 Analysis Labo.		分析年月日 Date of Analysis			
分析年月日 Date of Analysis		自 (/) 至 (/)				年 Year 月 Month 日 Day 19			
試験片番号 Specimen No.	母材・溶接材の別 Base or Weld Metal	ナトリウム浸漬条件 Sodium Exposure Conditions			照射条件 Irradiation Conditions		高温長時間加熱条件 Aging Conditions		
		浸漬時間 Exposure Time (h)	温度 Temp. (°C)	流速 Flow Rate (m/s)	ループまたはポット材質 Loop or Pot Material	フルエンス Fluence (E·0.1 Mev. n/cm ²)	温度 Temp. (°C)	雰囲気 Environment	加熱温度 Heating Temp. (°C)
() ~()	<input type="checkbox"/> Base <input type="checkbox"/> Weld			<input type="checkbox"/> Stainless <input type="checkbox"/> Cr-Mo <input type="checkbox"/> Bimetallic					
() ~()	<input type="checkbox"/> Base <input type="checkbox"/> Weld			<input type="checkbox"/> Stainless <input type="checkbox"/> Cr-Mo <input type="checkbox"/> Bimetallic					
() ~()	<input type="checkbox"/> Base <input type="checkbox"/> Weld			<input type="checkbox"/> Stainless <input type="checkbox"/> Cr-Mo <input type="checkbox"/> Bimetallic					
() ~()	<input type="checkbox"/> Base <input type="checkbox"/> Weld			<input type="checkbox"/> Stainless <input type="checkbox"/> Cr-Mo <input type="checkbox"/> Bimetallic					
() ~()	<input type="checkbox"/> Base <input type="checkbox"/> Weld			<input type="checkbox"/> Stainless <input type="checkbox"/> Cr-Mo <input type="checkbox"/> Bimetallic					
母材 (1) Base Metal (1)		母材 (2) Base Metal (2)		溶接の有無 Welding		<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No			
データシート番号 Data Sheet No.	B	データシート番号 Data Sheet No.	B	溶接データシート番号 Data Sheet No.		C			
備考 Remarks	(参考文献 References) (1)FBR金属材料試験実施要領書 (1977) FBR Metallic Materials Test Manual (1977)								
マスターシート番号 Master Sheet No.	A								

表 2.3 試験片に関する用語の説明

No.	用 語	標準記号	説 明
1	中実丸棒試験片 (Solid Bar Specimen)	—	適当な長さの平行部を有する円形断面中実の試験片
2	中空円筒試験片 (Tubular Specimen)	—	適当な長さの平行部を有する円筒状の試験片
3	砂時計型試験片 (Hourglass Type Specimen)	—	輪郭が砂時計型をした円形断面の中実試験片
4	平 行 部 (Parallel Reduced Section)	—	試験片の一樣かつ最小の断面となる部分
5	ツ バ	—	ひずみ計測用治具取付のため、平行部に設けられた突起
6	標 点 間 距 離 (Gauge Length)	l_0	次に述べる標点と標点の間の長さを云い、ひずみの算出に用いる
7	標 点 (Gauge Mark)	—	l_0 決定のための基準点。押し当て式伸び計(ツバなし)の場合は伸び計との接触点とする。また、ツバつきの場合は原則としてツバの内側とし、その詳細は別途試験内容に応じて決めるものとする。決め方の例を付図 2.1 に示す
8	破 断 位 置 (Fracture Location)	A, B, C	破断位置を示すために試験片を3つの部分に分ける。分け方は JIS Z 2241 に準ずる



付図 2.1 ツバ付試験片の標点

表 2.4 F B R 金属材料試験，標準グラフ作成に使用されるグラフ用紙の一覧

使用クラブ用紙 №	クラブの種類	標準グラフフォーム №	備考
G 1	普通目盛	E-1, E-2, E-3, E-4, E-5, E-6 E-7, E-8, E-9, E-10, E-11 F-2, F-3, F-5 G-1, G-2, G-4, G-5, G-7 H-6, H-10	たて書き 横書き
G 2	片対数	F-7 G-3, G-6 H-3, H-4, H-5	横書き
G 3	両対数	H-11	たて書き
G 4	両対数	F-1 H-7, H-8, H-9	横書き
G 5	両対数	F-4, F-6 H-1, H-2	横書き

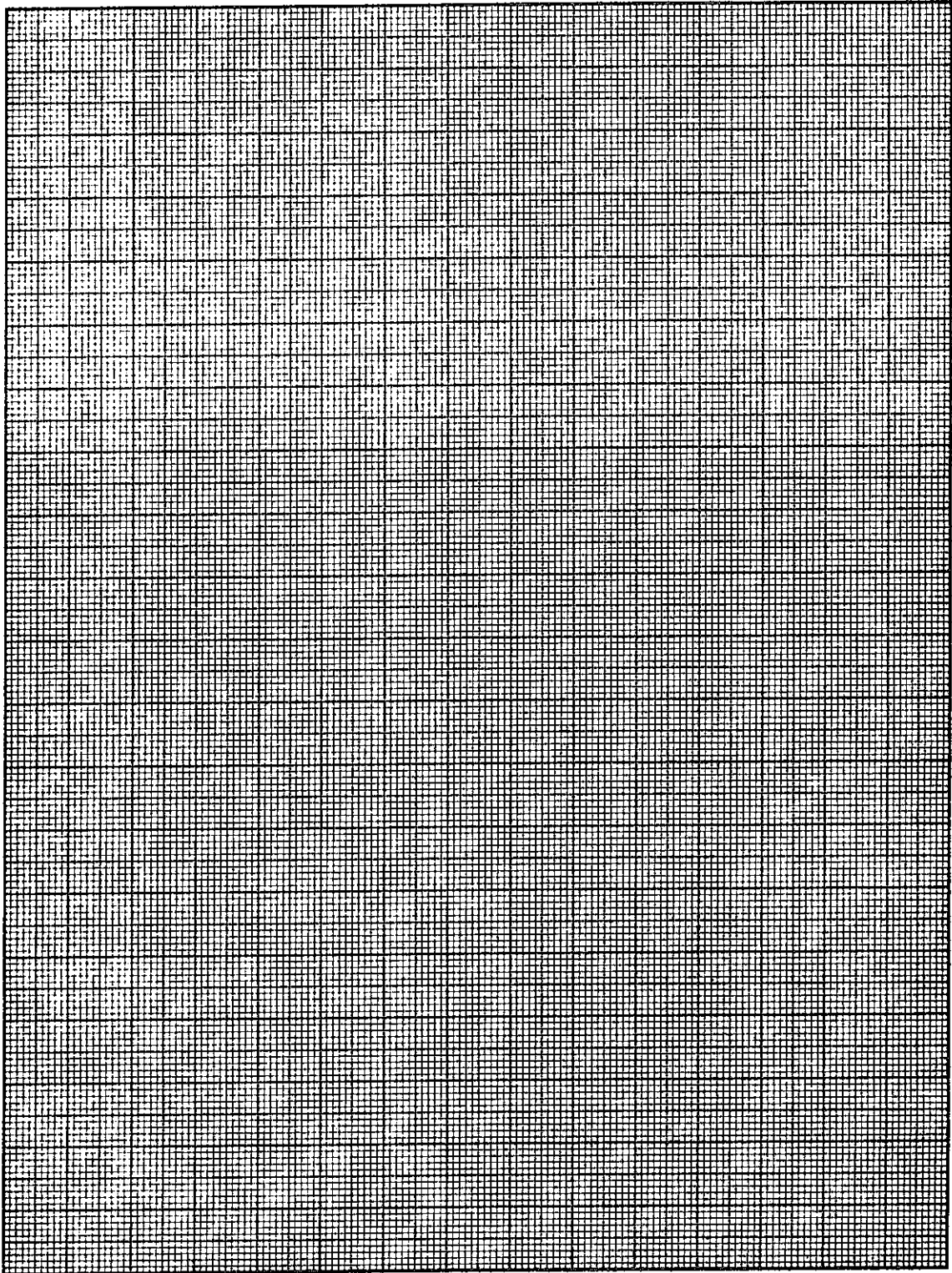
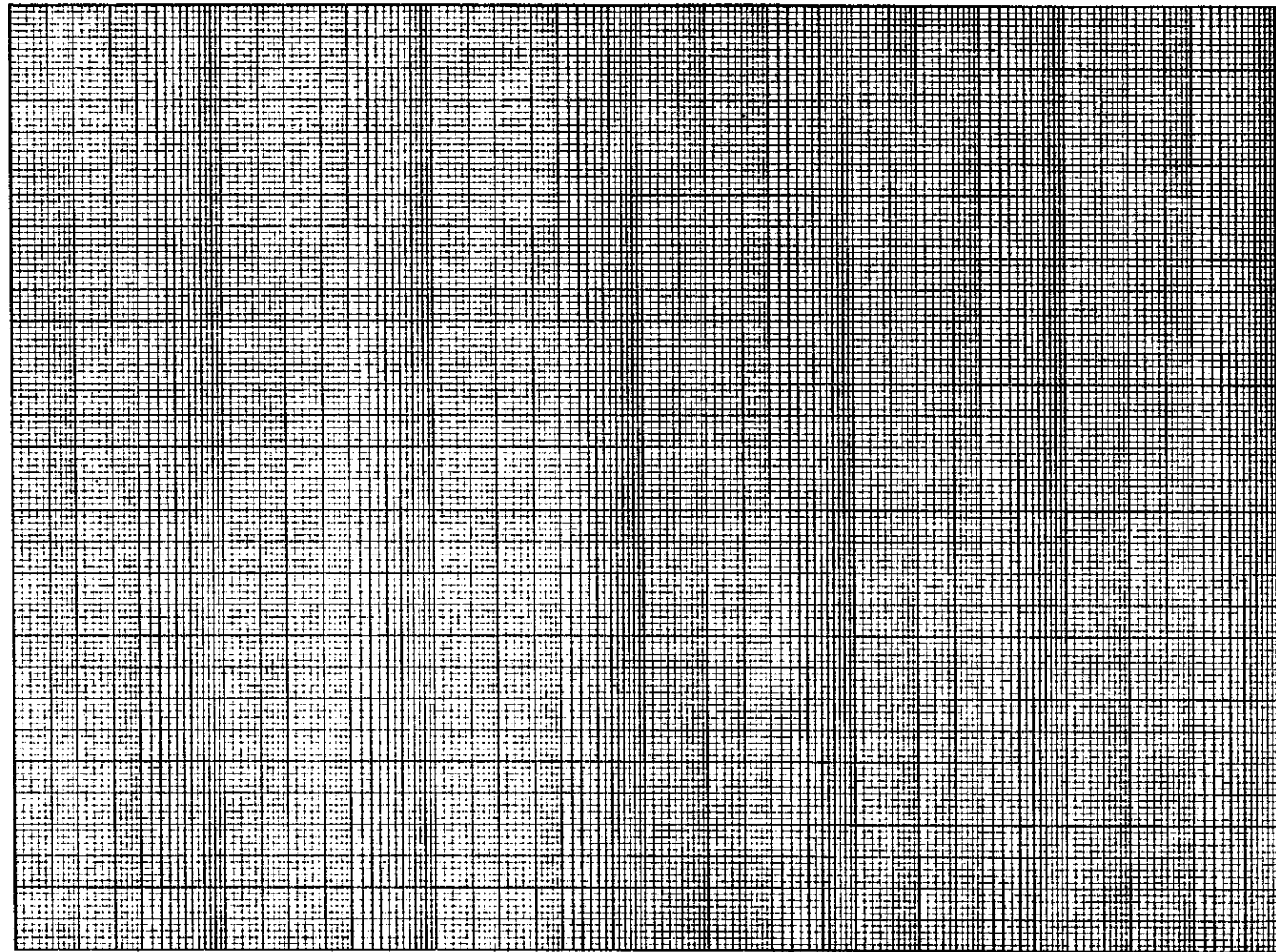


図 2.1 標準グラフ用紙 G1



10 10 10 10 10 10 10 10

図 2.2 標準グラフ用紙 G 2

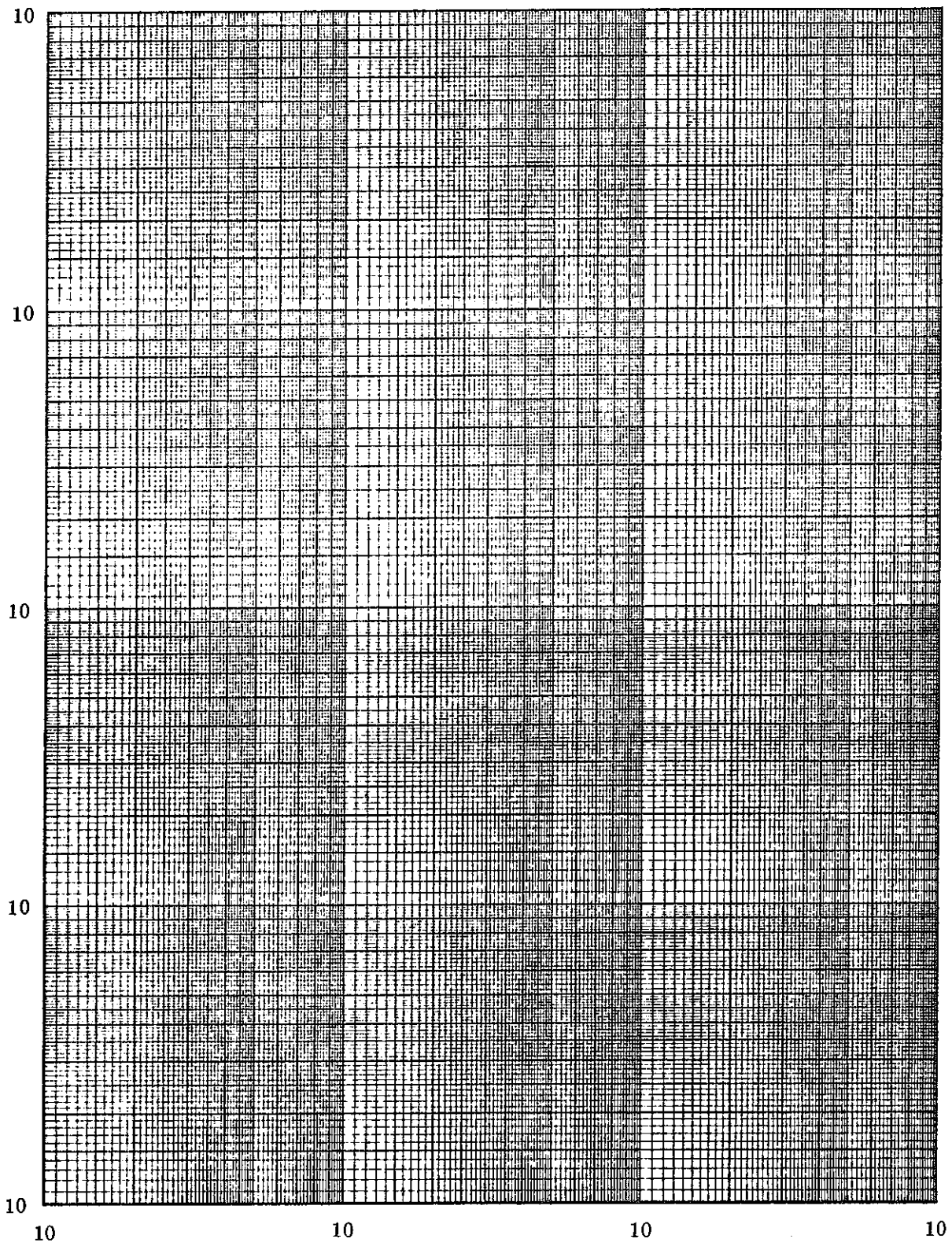


図 2.3 標準グラフ用紙 G3

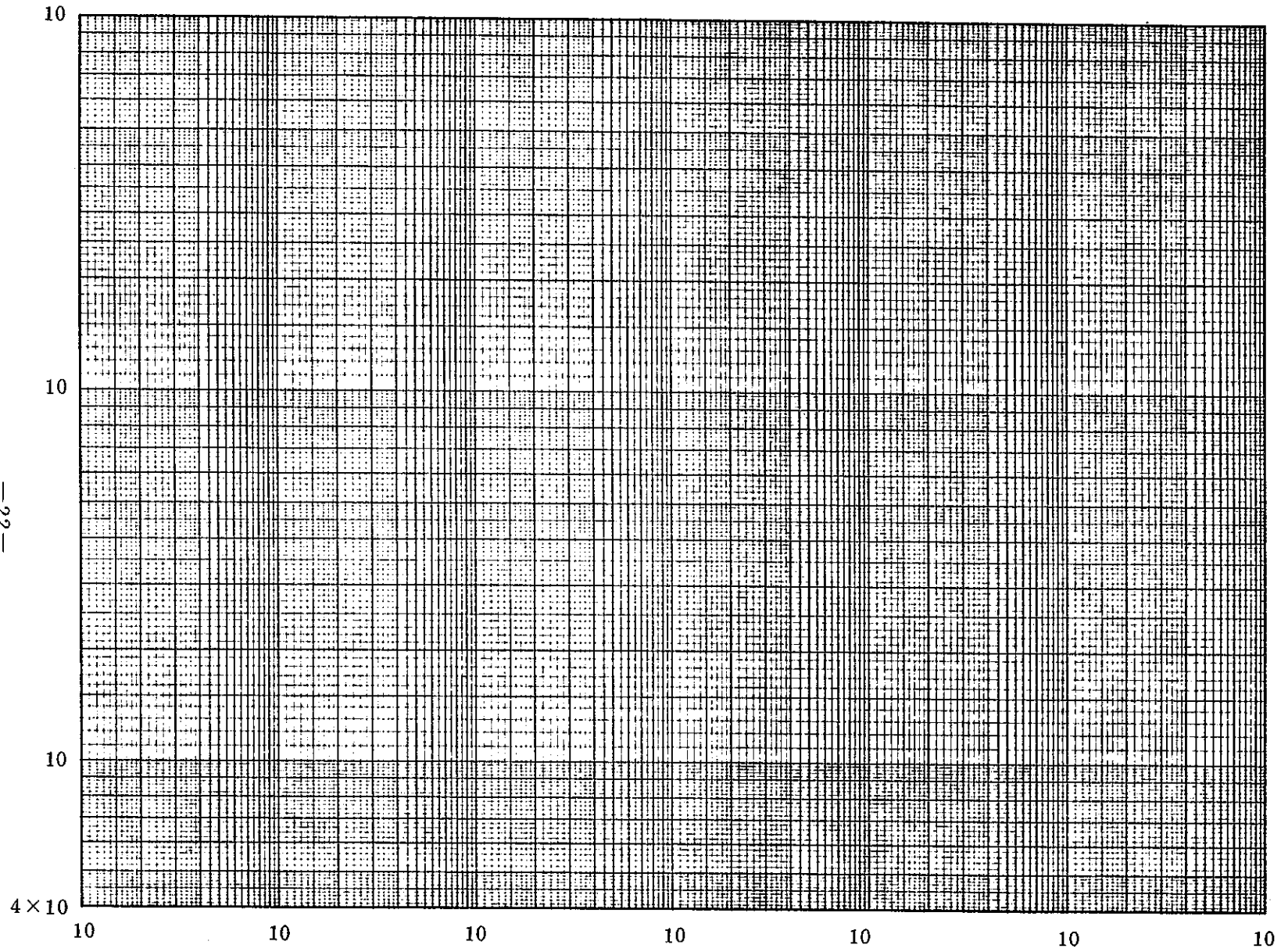


図 2.5 標準グラフ用紙 G 5

3. 引張試験（含高速引張試験）

3.1 適用範囲

本章の規定はFBR金属材料の引張試験および高速引張試験に適用するものである。
なお、ここでいう高速引張試験とは、公称ひずみ速度がJIS G 0567-1976に規定された範囲を大幅に越える引張試験をさす。

3.2 用語の説明

本試験において用いられる用語の説明を表3.1に一括して示す。

3.3 試験片

本試験において使用する試験片は原則として、JIS G 0567-1976に準ずるものとする。試験片が丸棒の場合には、平行部直径は10φを標準とするが、6φまたは8φを使用してもよい。引張試験においては図3.1に示すように、ツバ付きで平行部の長さは5D（D：平行部直径）とし、高速引張試験においては、図3.2に示すように、ツバ無しで平行部の長さは7Dを原則とする。

試験片の加工精度については、JIS G 0567-1976によるものとする。

試験実施にあたって、試験片にはポンチまたはケガキ針により標点（高速引張試験片のみ）、標点間を5等分する位置およびASTM規定の4Dの位置を明示する（図3.1、図3.2参照）。

3.4 試験装置

本試験に使用する試験装置としては、JIS B 7721-1973およびJIS G 0567-1976に適合するものでなければならない。

3.5 試験方法

引張試験の公称ひずみ速度については、低速領域では標点間制御でMax. 0.3%/min、高速領域ではクロスヘッド間制御で7.5±2.5%/minを標準とする。ひずみ速度の切替えは、原則として公称ひずみが1～3%の間で行なうものとし、その具体

表 3.1 引張試験および高速引張試験に関する用語の説明

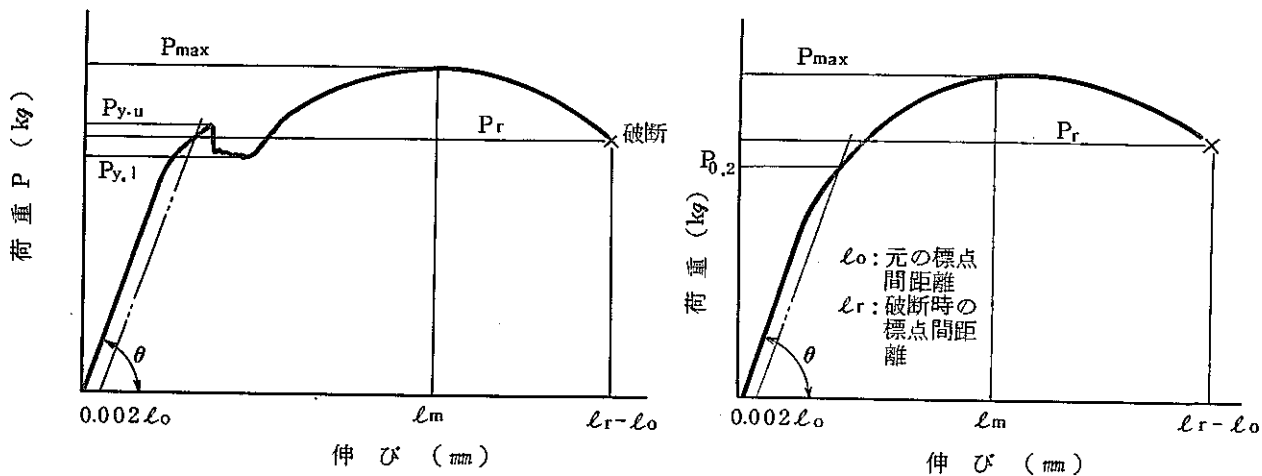
No.	用 語	標準記号 (単位)	説 明
1	試験温度 (Test Temperature)	— (℃)	試験期間中の平均温度
2	公称ひずみ速度 (Nominal Strain Rate)	$\dot{\epsilon}$ (%/min)	引張試験においては、低ひずみ速度領域では標点間、高ひずみ速度領域ではクロスヘッド間におけるひずみ速度を意味し、高速引張試験においてはクロスヘッド間のひずみ速度である
3	0.2% 耐力 (0.2% Offset Yield Strength)	$\sigma_{0.2}$ (kg/mm ²)	伸び計を用いて荷重-伸び線図を求め、伸び軸上の0.2%に相当する点から付図3.1に示すように試験初期の直線部分に平行線を引き、これが線図と交わる点の示す荷重 $P_{0.2}$ (kg) を試験片平行部の原断面積 A_0 (mm ²) で除した応力 (kg/mm ²) $\sigma_{0.2} = P_{0.2} / A_0$
4	引張強さ (Ultimate Tensile Strength)	σ_B (kg/mm ²)	付図3.1に示すように、荷重-伸び線図における最大引張荷重 P_{max} (kg) を平行部原断面積 A_0 で除した応力 $\sigma_B = P_{max} / A_0$
5	一様伸び (Uniform Elongation)	$\epsilon_{unif}^{1)}$ (%)	近似的には、破断-伸び線図において荷重が最大となる時点において発生している伸び l_m を標点間距離 l_0 で除した値 (付図3.1参照) $\epsilon_{unif}^{1)} = \frac{l_m}{l_0} \times 100 (\%)$
	特に指定のない場合、データシートへの記入は $\epsilon_{unif}^{1)}$ の方法による値を記入する。	$\epsilon_{unif}^{2)}$ (%)	試験片平行部が局部的に変形し始めるまでの伸びを標点間距離で除したものであり、現実には標点間に等間隔で打刻したポンチマーク (またはケガキ線) 間の破断後の伸びにより推定する
		$\epsilon_{unif}^{3)}$ (%)	破断部よりはなれた位置における直径 D' と元の平行部直径 D を用いて次の式で求める $\epsilon_{unif}^{3)} = \frac{(D - D')}{D'} \times 100 (\%)$

表 3.1 (続き)

No	用語	標準記号 (単位)	説明
6	破断伸び (Fracture Elongation)	ϵ_B (%)	破断後の標点間距離 l より元の標点間距離 l_0 を引いたものを l_0 で除したもの (付図 3.1 参照) $\epsilon_B = \frac{l - l_0}{l_0} \times 100 (\%)$
7	絞り (Reduction of Area)	ϕ (%)	試験片平行部原断面積 A_0 より破断部の最小断面積 A を引いたものを A_0 で除した値 $\phi = \frac{A_0 - A}{A_0} \times 100 (\%)$
8	破断位置 (Fracture Location)	—	試験片が破断する時点で、通常標点間の中心との相対関係により A, B および C で示す。このような明示方法については付図 3.2 に示す通りである。なお、溶接継手より採取した試験片については、さらに溶接金属部、境界部、熱影響部および母材についても明示する
9	降伏点 (Yield Strength)	σ_y (kg/mm^2)	試験片がすべり現象に起因して降伏する場合の応力が降伏点であり、降伏開始点のそれを上降伏点 ($P_y \cdot u / A_0$)、降伏が進展する過程のそれを下降伏点 ($P_y \cdot l / A_0$) であり、付図 3.1 に示す通りである。なお、この現象はフェライト鋼にのみ認められる
10	見かけの弾性係数 (Apparent Elastic Modulus)	— (kg/mm^2)	荷重-伸び線図における試験初期の直線部分の勾配より、次式により求められる (付図 3.1 参照) 見かけの弾性係数 = $l_0 \tan \theta / A_0$
11	4 D の伸び (Elongation in 4D)	ϵ_{4D} (%)	標点間距離を 4 D とした場合の破断伸びを 4 D で除した値である
12	真破断応力 (True Fracture Stress)	σ_B^* (kg/mm^2)	破断荷重 P_r を破断部の最小断面積 A で除した値である (付図 3.1 参照) $\sigma_B^* = P_r / A$

表 3.1 (続き)

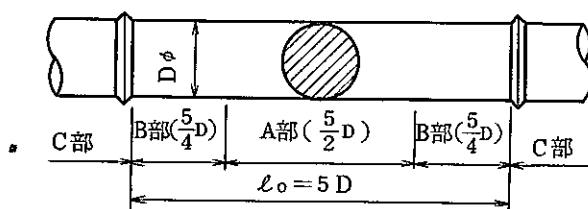
No.	用 語	標準記号 (単位)	説 明
13	公 称 応 力 (Nominal Stress)	σ (kg/mm^2)	対象とする各段階における荷重Pを原断面 A_0 で徐した値である $\sigma = P / A_0$
14	公 称 ひ ず み (Nominal Strain)	ϵ (%)	対象とする各段階における標点間距離 l より元の標点間距離 l_0 を減じたものを l_0 で徐した値である $\epsilon = (l - l_0) / l_0 \times 100 (\%)$
15	真 応 力 (True Stress)	σ^* (kg/mm^2)	対象とする各段階における荷重Pを各段階における最小断面積で徐した値である $\sigma^* = \sigma (1 + \epsilon / 100)$
16	真 ひ ず み (True Strain)	ϵ^* (%)	対象とする各段階における標点間距離 l を基準にして求められるひずみである $\epsilon^* = \ln (1 + \epsilon / 100) \times 100$
17	真 一 様 伸 び (True Uniform Elongation)	ϵ_{unif}^* (%)	対象とする各段階における標点間距離 l を基準にして求められる一様伸びである $\epsilon_{\text{unif}}^* = \ln (1 + \epsilon_{\text{unif}} / 100) \times 100$
18	真 全 伸 び (True Total Elongation)	ϵ_B^* (%)	破断時の真ひずみである $\epsilon_B^* = \ln (1 + \epsilon_B / 100) \times 100$ ここで ϵ_B は破断伸びである



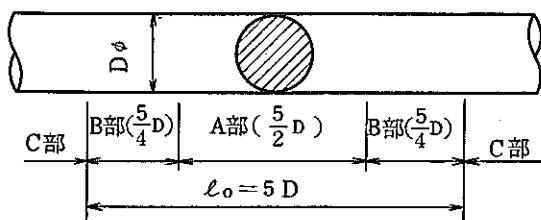
(a) 上降伏点, 下降伏点のある場合

(b) 上降伏点, 下降伏点のない場合

付図 3.1 荷重—伸び線図の一般例



(a) ツバ付の場合



(b) ツバ無しの場合

付図 3.2 破断位置の明示方法

FBR 金属材料試験データシート
FBR Metallic Materials Test Data Sheet

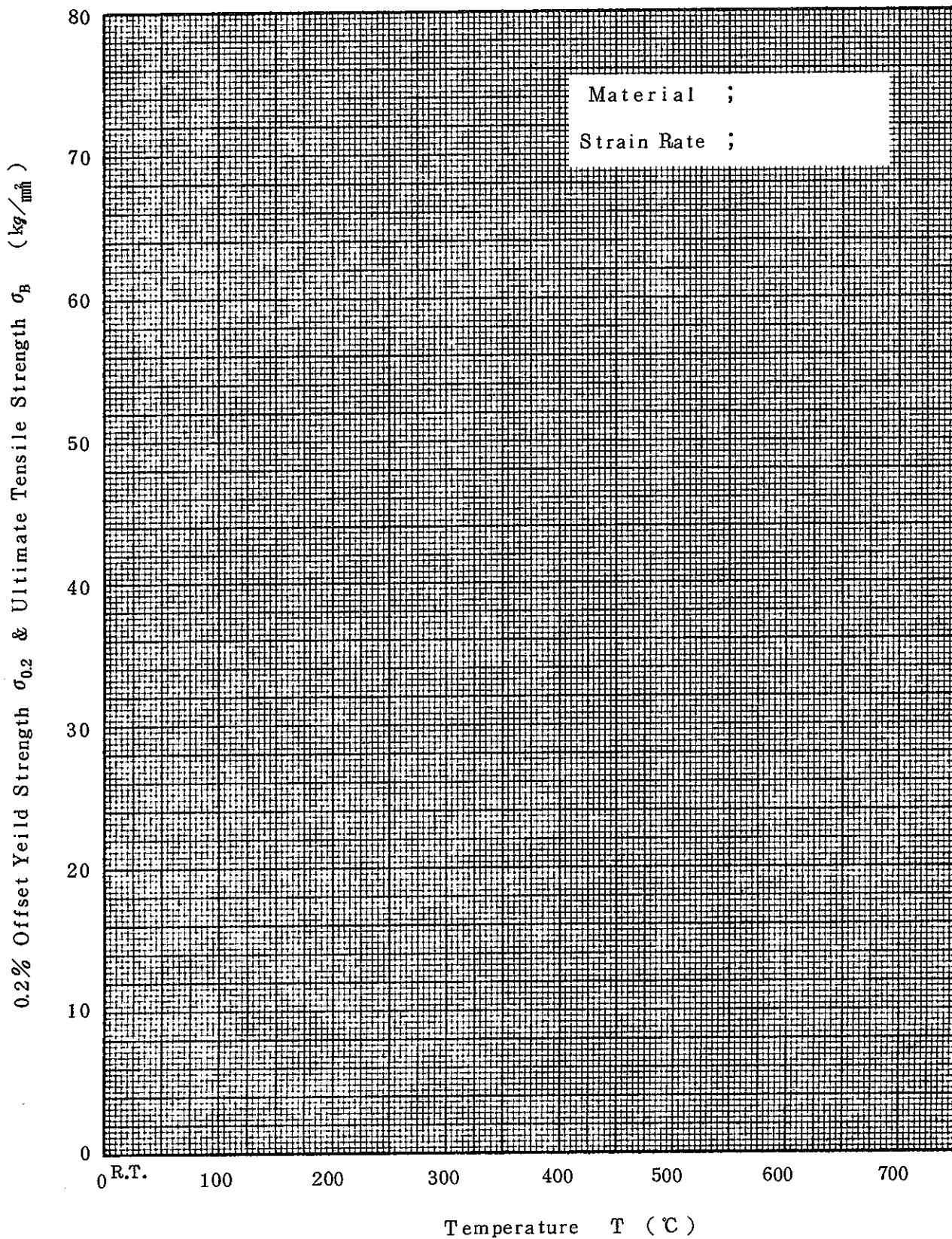
No. _____

E 引張試験成績 Tensile Properties		データシート番号 Data Sheet No.	E			記入責任者名 Prepared by		
		記入年月日 Date of Issue	年 Year	月 Month	日 Day	所属会社名 Affiliation		
試験材料 Material	Material Name: <input type="checkbox"/> Base Metal <input type="checkbox"/> Plate <input type="checkbox"/> Weld Joint <input type="checkbox"/> Forged <input type="checkbox"/> Depo Metal <input type="checkbox"/> Tube <input type="checkbox"/> HAZ <input type="checkbox"/> Others	試験雰囲気 Test Environment	<input type="checkbox"/> In Air <input type="checkbox"/> In N ₂ <input type="checkbox"/> In Stagnant Na <input type="checkbox"/> In He <input type="checkbox"/> In Flowing Na <input type="checkbox"/> Vacuum <input type="checkbox"/> In Ar <input type="checkbox"/> Others ()			試験場所 (識別記号) Test Laboratory (Identification Label)	()	
試験片番号 Specimen No.	E:	E:	E:	E:	E:	E:	E:	
試験条件 Test Conditions	試験温度 (°C) Test Temperature							
	公称ひずみ速度 Nominal Strain Rate	低速部 Low Strain Rate	ひずみ範囲 Strain Range ()%まで					
		高速部 High Strain Rate	ひずみ速度 Strain Rate (%/min)					
工学的特性 Engineering Properties	0.2% 耐力 (kg/mm ²) 0.2% Offset Yield Strength							
	引張強さ (kg/mm ²) Ultimate Tensile Strength							
	一様伸び (%) Uniform Elongation							
	破断伸び (%) Fracture Elongation							
	絞り Reduction of Area							
	破断位置 (JIS Z 2241) Fracture Location	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> BASE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> DEPO <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> BOND <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> HAZ	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> BASE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> DEPO <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> BOND <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> HAZ	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> BASE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> DEPO <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> BOND <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> HAZ	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> BASE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> DEPO <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> BOND <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> HAZ	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> BASE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> DEPO <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> BOND <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> HAZ	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> BASE <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> DEPO <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> BOND <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> HAZ	
	降伏点 Yield Point (kg/mm ²) (for Ferritic Steel only)	上 Upper						
		下 Lower						
見かけの弾性係数 (kg/mm ²) Apparent Elastic Modulus								
4 D の伸び (%) Elongation in 4D								
真の特性 True Properties	真破断強度 (kg/mm ²) True Fracture Strength							
	真一様伸び (%) True Uniform Elongation							
	真破断延性 (%) True Fracture Ductility							
規定真塑性ひずみでの真応力 True Stresses at Specified True Plastic Strain	(比例限) Proportional Limit	0.00 %						
		0.02 %						
		0.05 %						
		0.10 %						
		0.20 %						
		0.60 %						
		1.00 %						
		3.00 %						
	10.00 %							
材料データシート番号 Material Data Sheet No.	B	溶接データシート番号 Welding Data Sheet No.	C	試験片データシート番号 Test Specimens Data Sheet No.	D	試験機番号 Test Machine No.	E	
備考 Remarks	[参考文献 References] (1)FBR 金属材料試験実施要領書 (1977) FBR Metallic Materials Test Manual (1977) (2)JIS G 0567-1976							
マスターシート番号 Master Sheet No.	A							

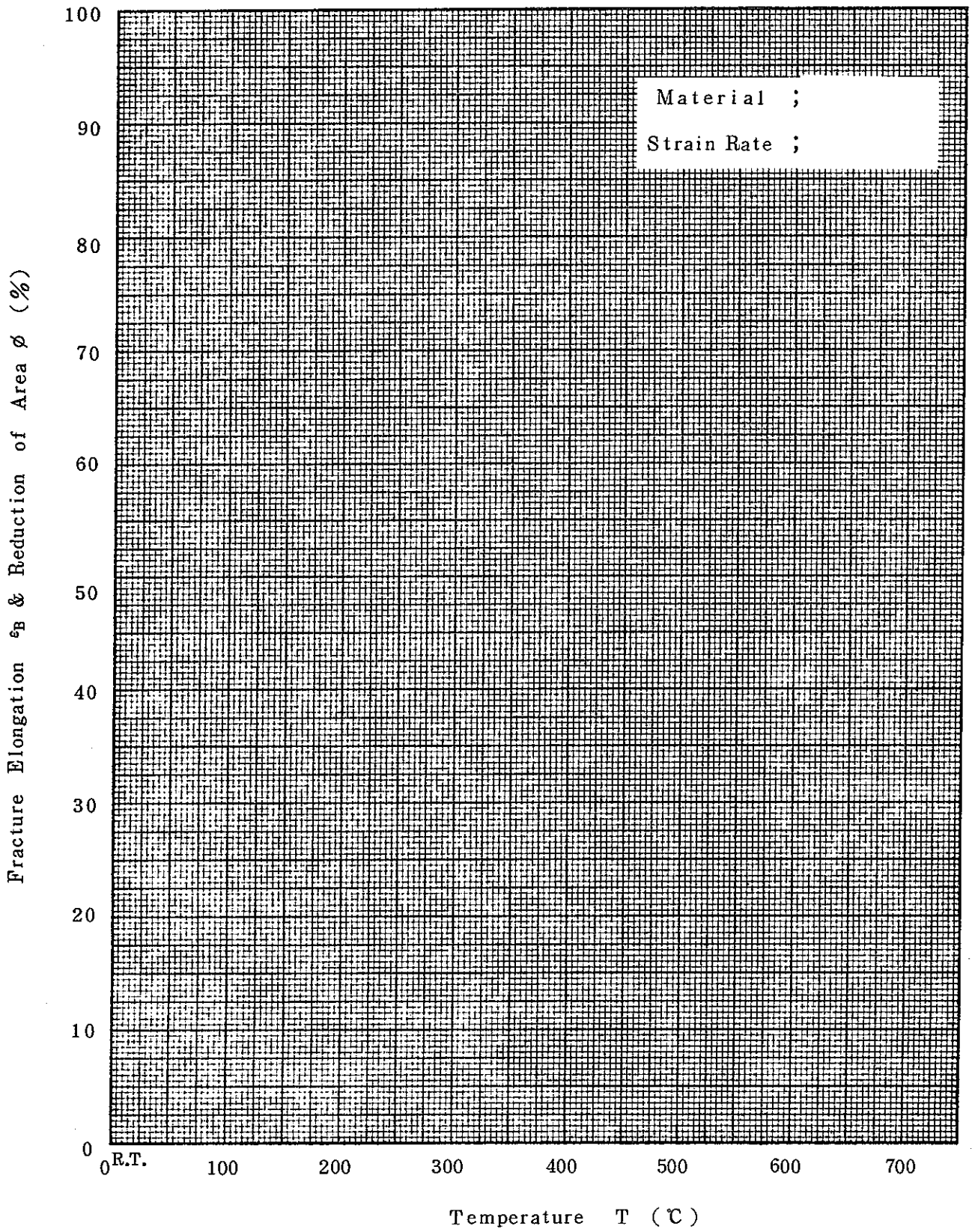
表 3.2 引張試験用標準グラフ一覧

標準グラフ フォーム No	名 称	縦 軸		横 軸		図 中 の 表示項目	使用 グラフ 用 紙
		変 数	範 囲	変 数	範 囲		
E - 1	0.2%耐力と引張強さ 0.2% Offset Yield Strength and Ultimate Tensile Strength	Stress $\sigma_{0.2}$ σ_B	0~80 kg/mm^2	Temperature T	0~750 ℃	Material Strain Rate	G 1
E - 2	破断伸びと絞り Fracture Elongation and Reduction of Area	Fracture Elongation & Reduction of Area ϵ_B, ϕ	0~100 %	Temperature T	0~750 ℃	Material Strain Rate	G 1
E - 3	一 様 伸 び Uniform Elongation	Uniform Elongation ϵ_{unif}	0~50 %	Temperature T	0~750 ℃	Material Strain Rate	G 1
E - 4	真破断応力 True Fracture Stress	True Fracture Stress σ_B^*	0~200 kg/mm^2	Temperature T	0~750 ℃	Material Strain Rate	G 1
E - 5	真応力と真ひずみの関係(1) True Stress vs. True Strain (1)	True Stress σ^*	0~80 kg/mm^2	True Strain ϵ^*	0~3.0 %	Material Strain Rate Temperature	G 1
E - 6	真応力と真ひずみの関係(2) True Stress vs. True Strain (2)	True Stress σ^*	0~80 kg/mm^2	True Strain ϵ^*	0~60 %	Material Strain Rate Temperature	G 1
E - 7	真一様伸び True Uniform Elongation	True Uniform Elongation ϵ_{unif}^*	0~50 %	Temperature T	0~750 ℃	Material Strain Rate	G 1
E - 8	0.2%耐力と引張強さの比 Trend Curve	Yield Stress Ratio $\sigma_{0.2}/\sigma_B$	0~1.0	Temperature T	0~750 ℃	Material Strain Rate	G 1
E - 9	引張強さの応力比 σ_B/σ_{B-RT} Ultimate Tensile Strength Ratio σ_B/σ_{B-RT}	Ultimate Tensile Strength Ratio σ_B/σ_{B-RT}	0~1.0	Temperature T	0~750 ℃	Material Strain Rate	G 1
E - 10	0.2%耐力の応力比 $\sigma_{0.2}/\sigma_{0.2-RT}$ 0.2% Offset Yield Strength Ratio $\sigma_{0.2}/\sigma_{0.2-RT}$	0.2% Offset Yield Strength Ratio $\sigma_{0.2}/\sigma_{0.2-RT}$	0~1.0	Temperature T	0~750 ℃	Material Strain Rate	G 1
E - 11	4 D の 伸 び Elongation in 4D	Elongation in 4D ϵ_{4D}	0~100 %	Temperature T	0~750 ℃	Material Strain Rate	G 1

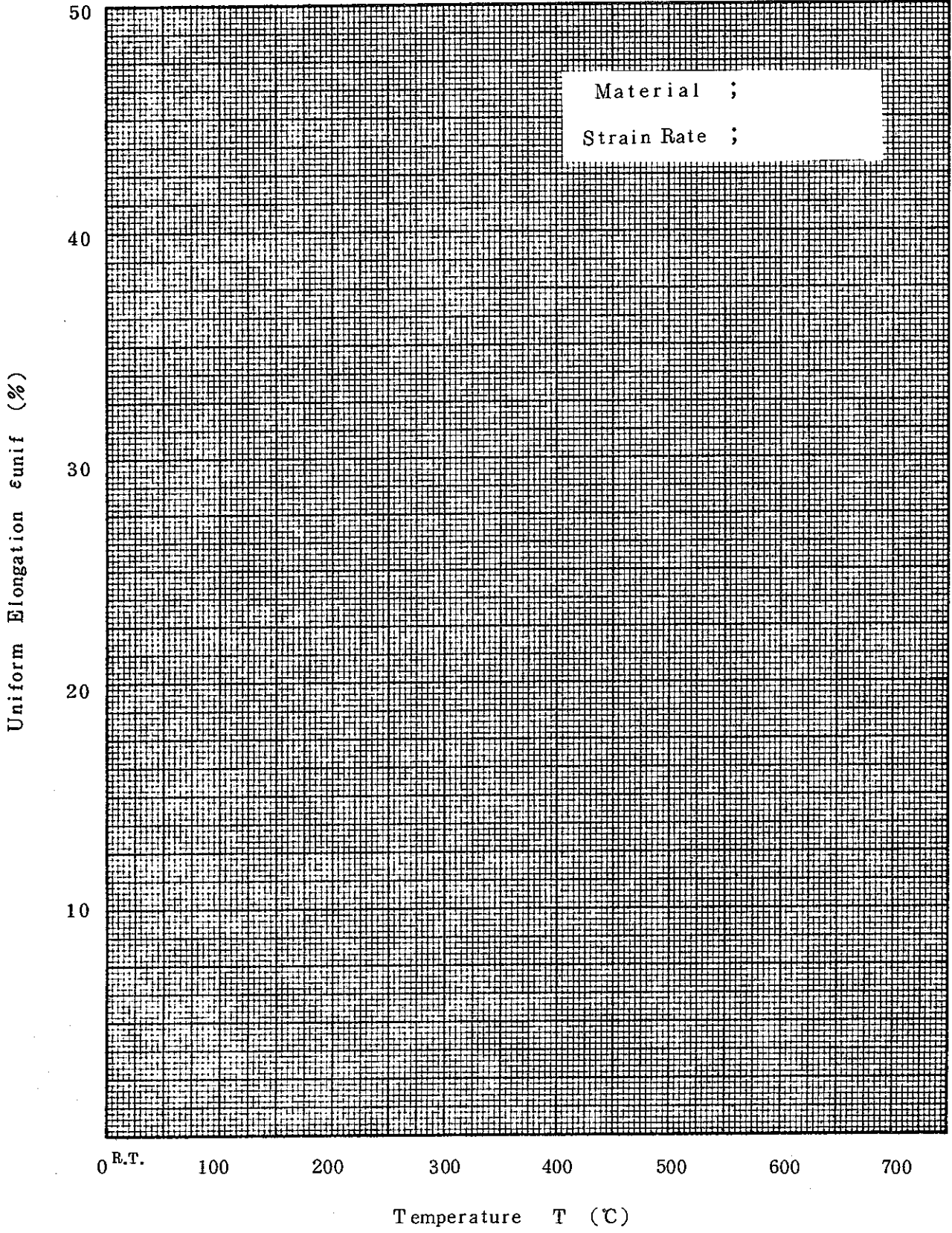
注) 真応力と真ひずみの関係をプロットする際、原則としてE-5, E-6の両方に記入する。



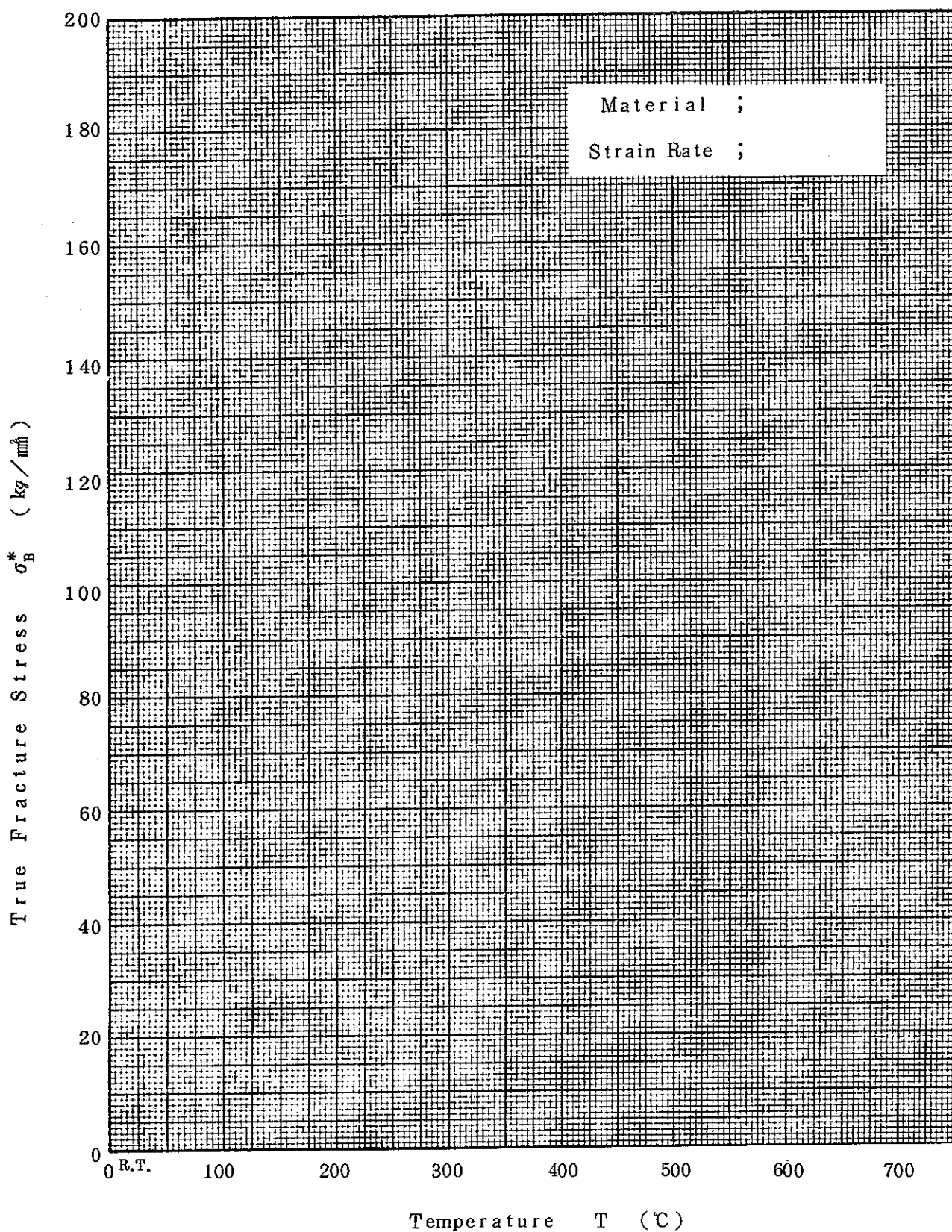
E - 1 0.2%耐力と引張強さ



E-2 破断伸びと絞り

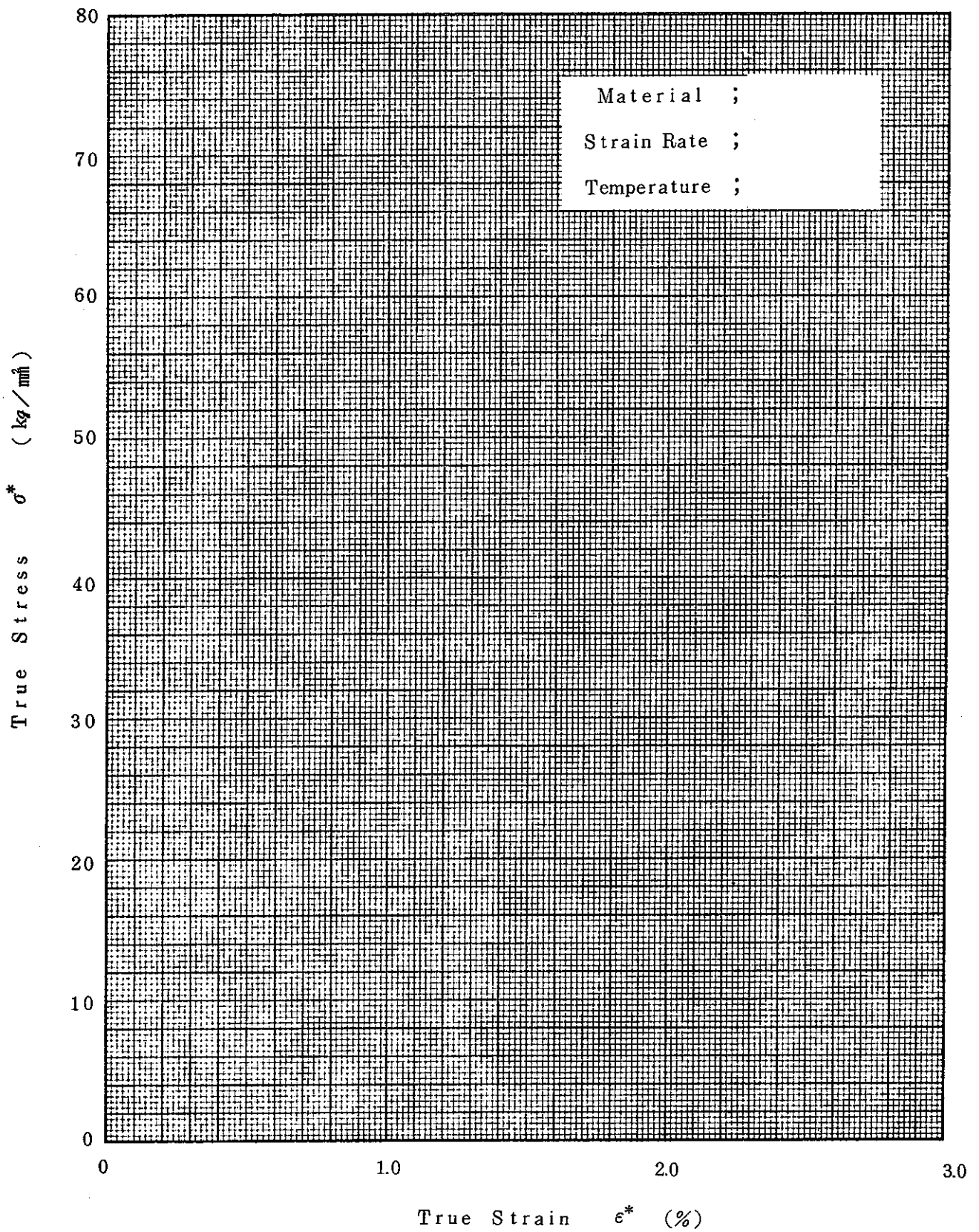


E - 3 一 様 伸 び

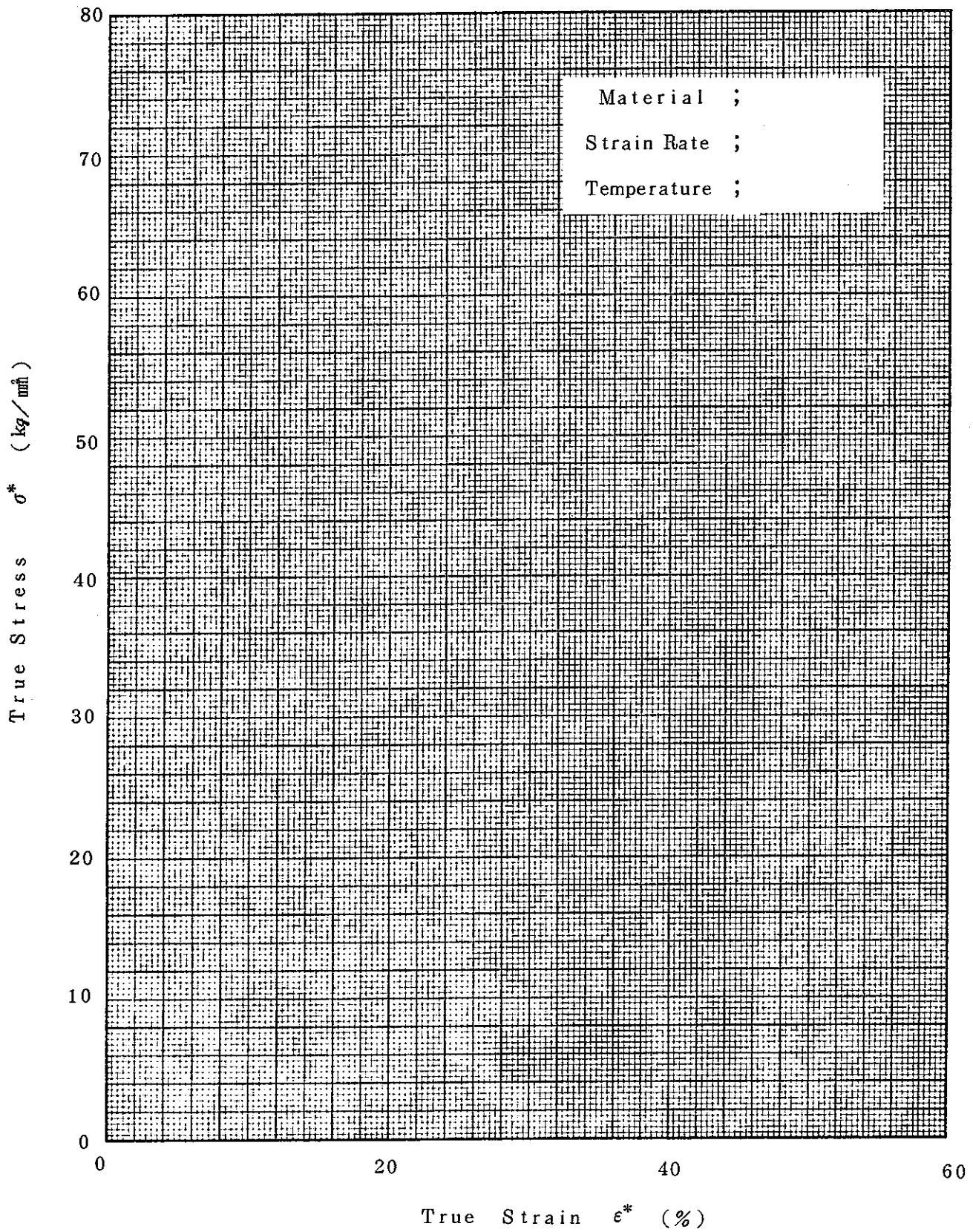


E - 4 真 破 断 应 力

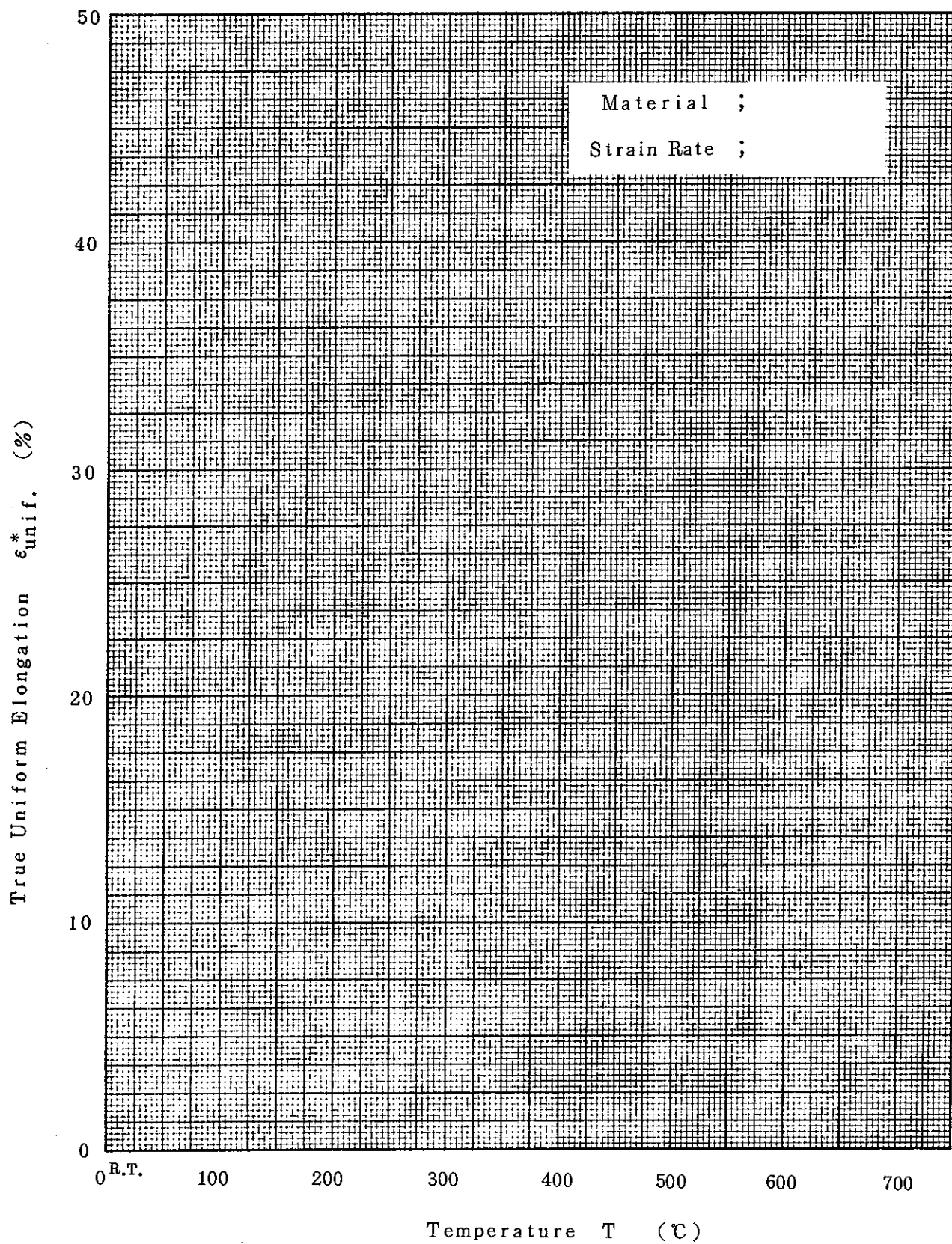
PNC G1 77.5



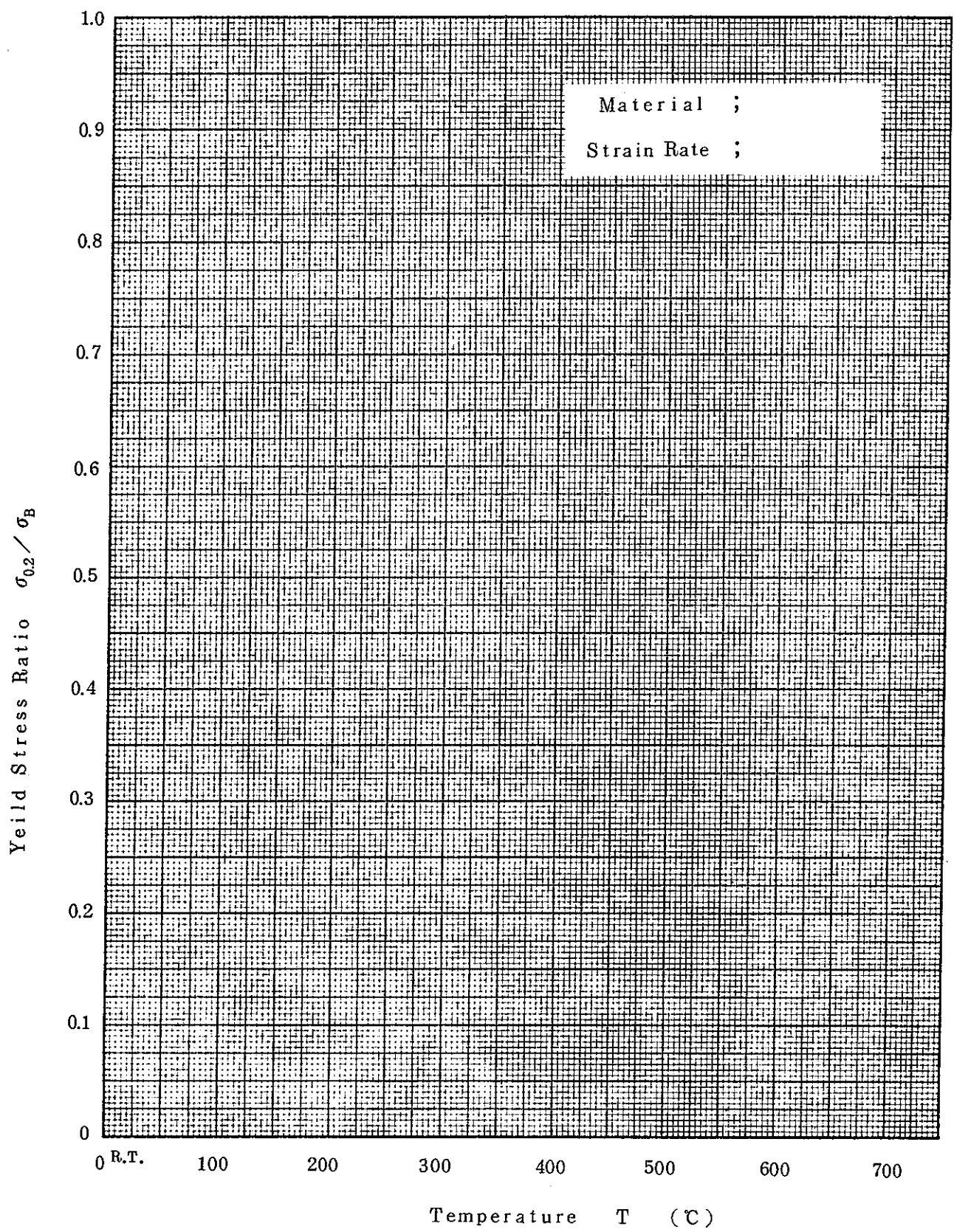
E-5 真応力と真ひずみの関係 (1)



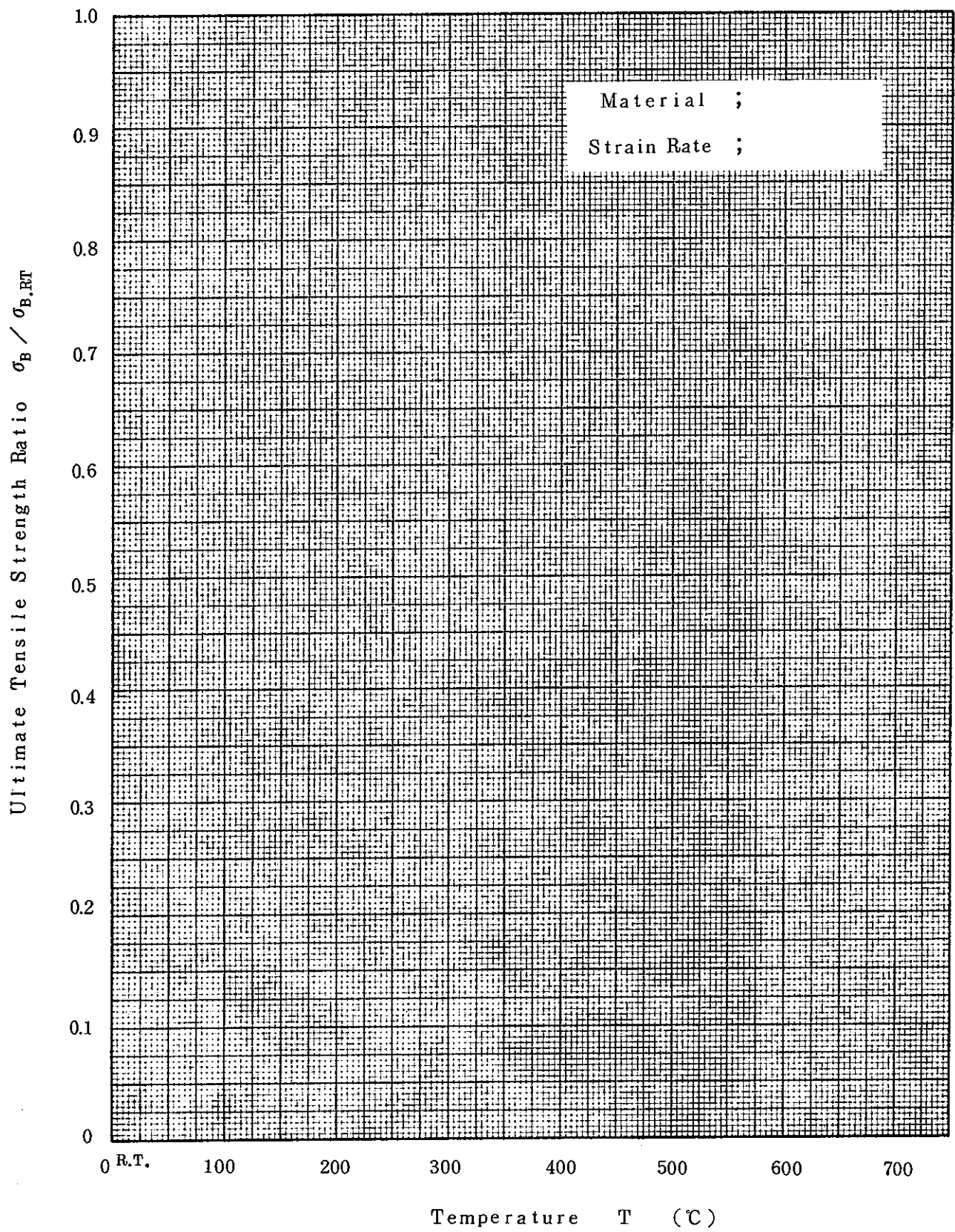
E - 6 真応力と真ひずみの関係 (2)



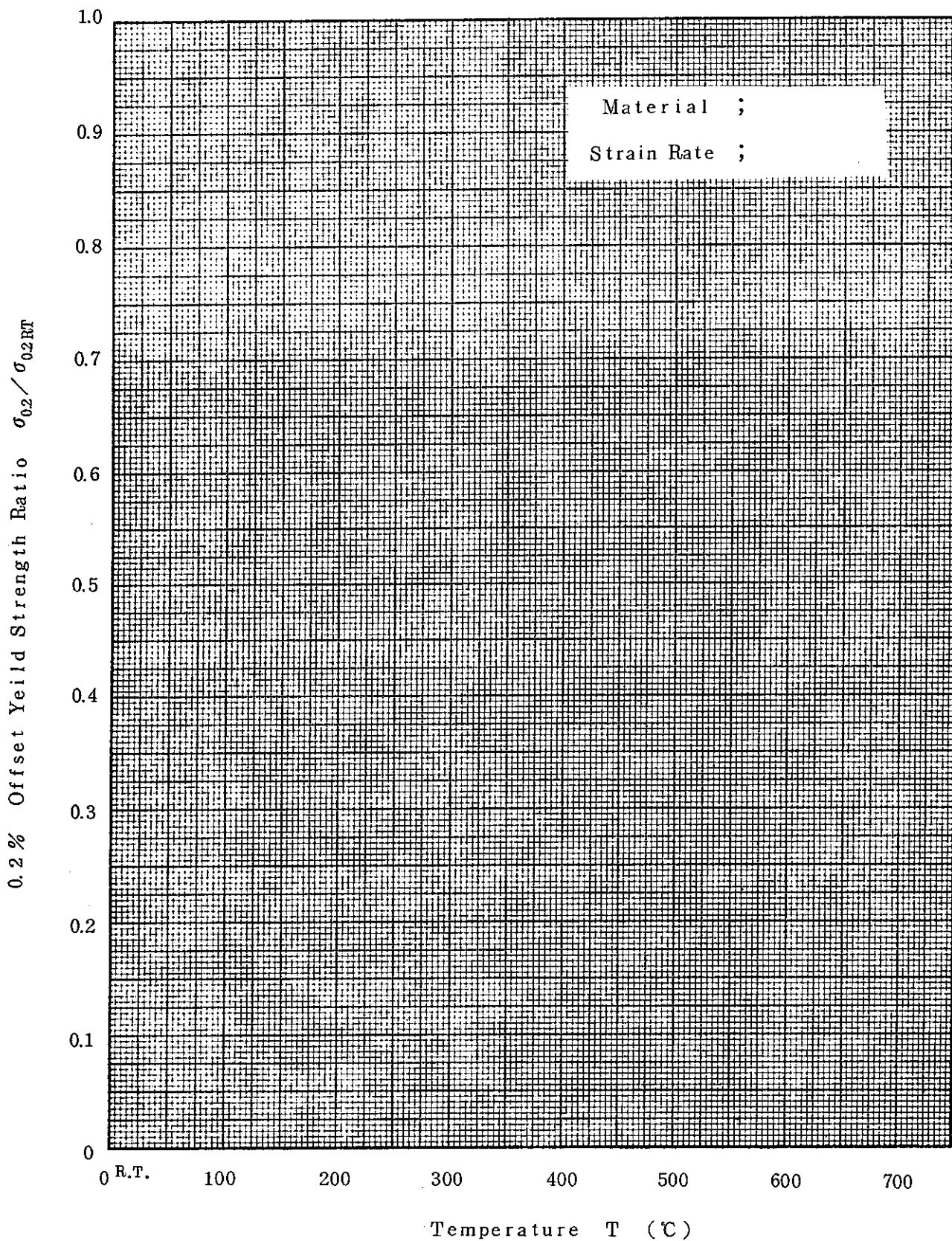
E-7 真一様伸び



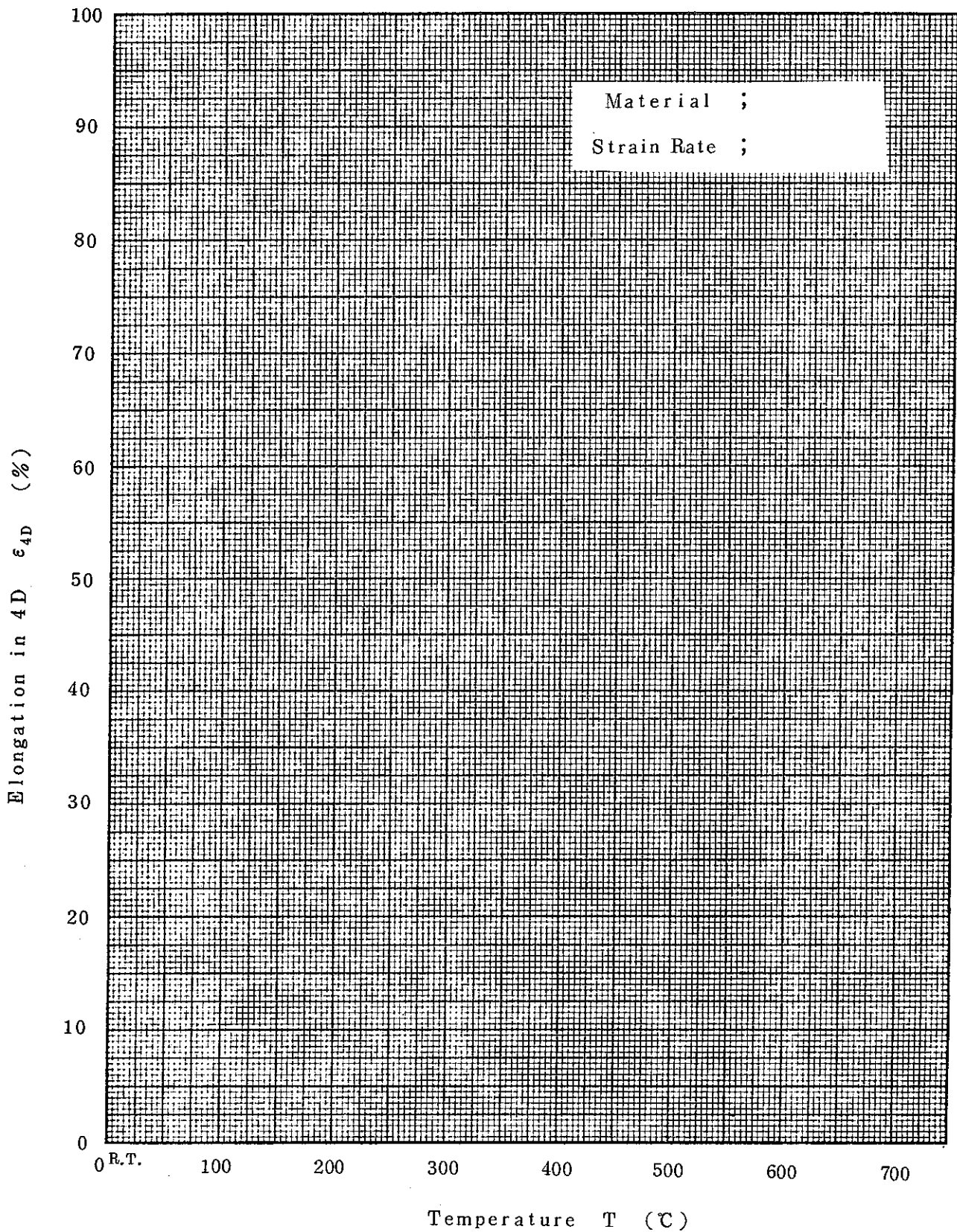
E - 8 0.2%耐力と引張強さの比



E - 9 引張強さの応力比 $\sigma_B / \sigma_{B,RT}$



E - 10 0.2%耐力の応力比 $\sigma_{0.2} / \sigma_{0.2RT}$



E - 11 4 D の 伸 び

4. クリープ試験(含 クリープ破断試験)

4.1 適用範囲

本章の規定はFBR金属材料のクリープ試験およびクリープ破断試験に適用するものである。

4.2 用語の説明

本試験において用いられる用語の説明を一括して表4.1に示す。

4.3 試験片

(1) クリープ試験片

クリープ試験において使用する試験片は原則としてJIS Z 2271-1968に規定された円形断面で、その径は10φを原則とするが、6φを使用してもよい。図4.1に示すようにツバ付で、平行部の長さは5D(平行部直径)とし、これを標点間距離とする。

試験片の加工精度については、JIS Z 2271-1968によるものとする。

試験実施にあたって、試験片にはポンチまたはケガキ針により標点間を5等分する位置および4Dの位置を明示する(図4.1参照)。なお、標準試験片以外の形状・寸法のものを使用する場合には、別途協議の上決定する。

(2) クリープ破断試験片

クリープ破断試験において使用する試験片は原則としてJIS Z 2272-1968に規定された円形断面で、その径は6φを標準とする。図4.2に示すようにツバ無しで標点距離は5Dを標準とする。

試験片の加工精度についてはJIS Z 2272-1968によるものとする。

試験実施にあたって、試験片にはポンチまたはケガキ針により標点を明示する(図4.2参照)。

標準試験片以外の形状、寸法のものを使用する場合は、別途協議の上決定する。

(1)、(2)ともに他の事項に関しては、おのおのJIS Z 2271-1968およびJIS Z 2272-1968の規定に従うものとする。

4.4 試験装置

本試験に使用する試験装置としてはJIS Z 2271-1968およびJIS Z 2272-1968に適合するものでなければならない。

4.5 試験方法

クリープ試験方法は原則として、次の手順で行なうものとする。試験片をセットした後、設定温度に昇温し、設定温度にて16～24時間保持し、設定荷重の10%以下の初荷重を負荷する(JIS Z 2271-1968)。初荷重負荷状態で、ひずみ検出器を零に設定し、設定荷重をすみやかに負荷させ、負荷完了時点を試験開始時間とする。

また、データシートFに示されている負荷時データを記録しておくものとする。

クリープ破断試験方法は原則として次の手順で行なうものとする。

設定温度での保持完了までの手順は、上述のクリープ試験方法と同様で、この後設定荷重をすみやかに負荷し、負荷完了時点を試験開始時間とする。

なお、クリープ試験、クリープ破断試験とも、負荷方法は原則として定荷重試験とし、定応力試験の場合には、データシートFの備考欄にその旨を明記するものとする。

4.6 報告書、データシートおよび標準グラフの作成

本試験結果は、2.2項で述べたように、その研究目的に応じて十分評価・検討が行なわれ、報告書にとりまとめられなければならない。また、本試験結果は、データシートFに記入され、さらにF-1～F-7に示す標準グラフに整理・記入されるものとする。なお、表4.2にクリープ試験およびクリープ破断試験用標準グラフの一覧を示す。

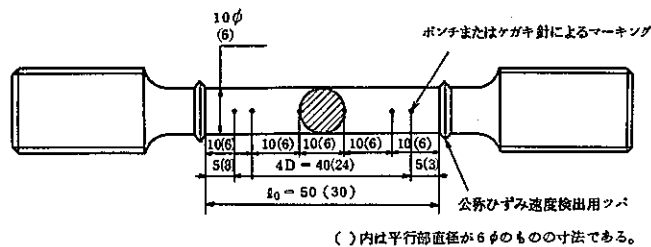


図 4.1 標準クリープ試験片の形状と寸法

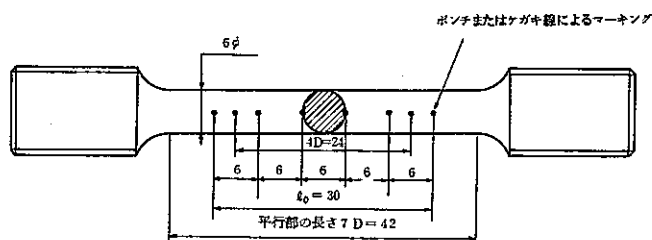


図 4.2 標準クリープ破断試験の形状と寸法

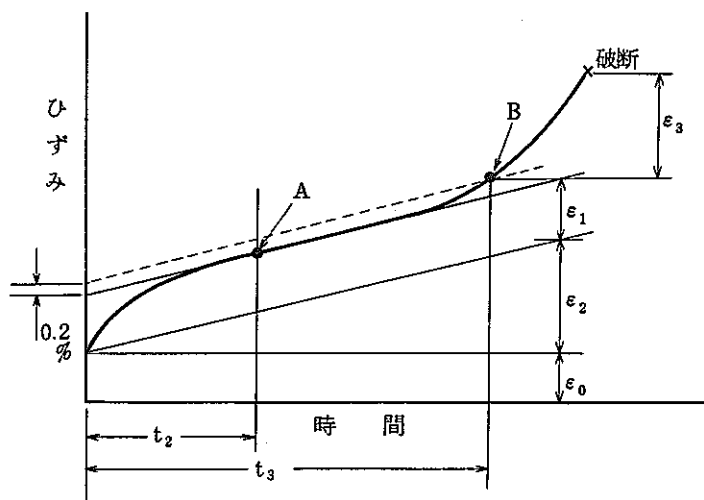
表 4.1 クリープ試験およびクリープ破断試験に関する用語の説明

No.	用 語	標準記号 (単位)	説 明
1	試験温度 (Test Temperature)	T (℃)	試験期間中の平均温度
2	応 力 (Stress)	σ (kg/mm ²)	試験荷重 P を平行部原断面積 A ₀ で除した値 $\sigma = P / A_0$
3	負荷完了時のひずみ (Strain on Load)	ϵ_0 (%)	試験温度に到達した後の試験荷重負荷完了時のひずみ (弾性ひずみ) + (塑性ひずみ)
4	クリープひずみ (Creep Strain)	ϵ_c (%)	(全ひずみ) - (負荷完了時ひずみ)
5	1次クリープひずみ (Primary Creep Strain)	ϵ_1 (%)	クリープ曲線の直線部を時間零側に延長し、縦軸との交点でのひずみから、負荷完了時ひずみ ϵ_0 を差し引いたひずみ (付図 4.1 参照)
6	2次クリープひずみ (Secondary Creep Strain)	ϵ_2 (%)	3次クリープ開始時点 B でのひずみから、負荷完了時ひずみおよび1次クリープひずみを差し引いたひずみ(付図 4.1 参照)
7	3次クリープひずみ (Tertiary Creep Strain)	ϵ_3 (%)	破断伸び(ひずみ)から、負荷完了時ひずみ、1次クリープひずみおよび2次クリープひずみを差し引いたひずみ(付図 4.1 参照)
8	2次クリープ開始時間 (Time to Secondary Creep)	t ₂ (h)	試験荷重負荷完了時からひずみ速度が一定となり始める時点 A までの時間(付図 4.1 参照)
9	3次クリープ開始時間 (Time to Tertiary Creep)	t ₃ (h)	試験荷重負荷完了時からひずみ速度が加速的に増加し始める時点までの時間。 この時間を求める一般化された方法は現在の所ないが、ここではクリープ曲線の直線部を時間ゼロに延長して縦軸との交点のひずみに標点距離の 0.2% のひずみを加え、その点からクリープ曲線の直線部に平行に直線を延長して求められるクリープ曲線との交点 B までの時間とする(付図 4.1 参照)

表 4.1 (続き)

No.	用 語	標準記号 (単位)	説 明
10	定常クリープ速度 [Steady (Secondary) Creep Rate]	$\dot{\epsilon}_s$ (%/h)	クリープ曲線の傾きが一定となる直線部 でのひずみ速度
11	破 断 時 間 (Rupture Time)	— (h)	試験荷重負荷完了の時点からクリープ破 断にいたるまでの時間
12	破 断 伸 び (Fracture Elongation)	δ (%)	破断後の標点距離 l より元の標点距離 l_0 を差し引いた値を l_0 で除した値 $\delta = \frac{l - l_0}{l_0} \times 100$
13	絞 り (Reduction of Area)	ϕ (%)	平行部原断面積 A_0 より破断部最小断面積 A を差し引いた値を A_0 で除した値 $\phi = \frac{A_0 - A}{A_0} \times 100$
14	破 断 位 置 (Fracture Location)	—	JIS Z 2241 に準拠し、記号を付して 表示する。溶接継手の場合はその位置を 明記する
15	標 点 距 離 (Gauge Length)	l_0 (mm)	ひずみを算出するための基準点間の長さ。 ツバつきの試験片の場合、原則としてツ バの内側間の長さとし、詳細は図 4.1, 図 4.2 の通りとする

注) 応力およびひずみに記入する数値については、特に指定のないかぎり一般に公称値
を採用する。



付図 4.1 クリープ曲線の模式的説明

FBR 金属材料試験データシート
FBR Metallic Materials Test Data Sheet

No. _____

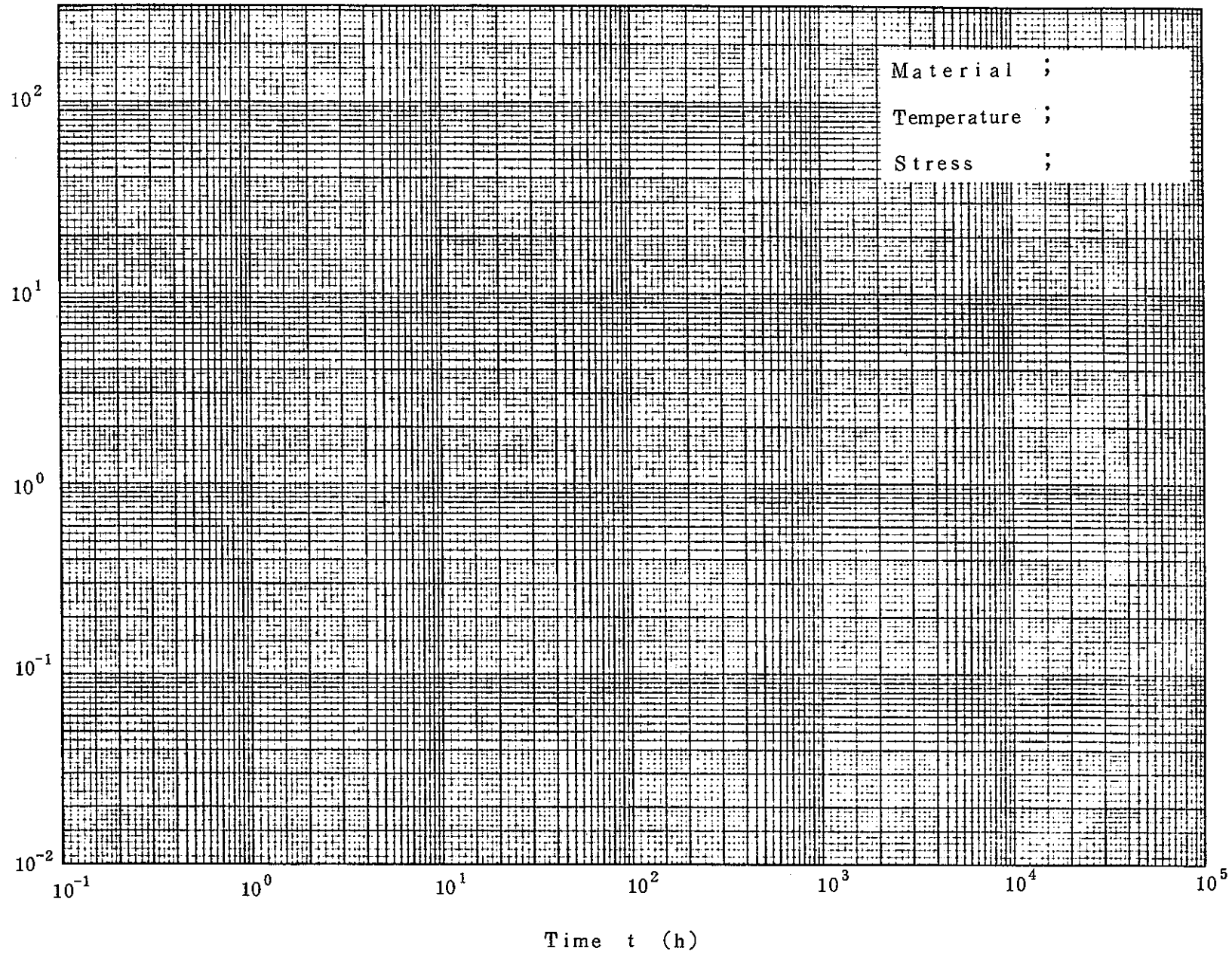
F クリープ試験成績 Creep Properties		データシート番号 Data Sheet No.	F			記入責任者名 Prepared by			
		記入年月日 Date of Issue	年 Year	月 Month	日 Day	所属会社名 Affiliation			
試験材料 Material	Material Name: () <input type="checkbox"/> Base Metal <input type="checkbox"/> Plate <input type="checkbox"/> Weld Joint <input type="checkbox"/> Forged <input type="checkbox"/> Depo Metal <input type="checkbox"/> Tube <input type="checkbox"/> HAZ <input type="checkbox"/> Others	試験雰囲気 Test Environment	<input type="checkbox"/> In Air <input type="checkbox"/> In Stagnant Na <input type="checkbox"/> In Flowing Na <input type="checkbox"/> In Ar			<input type="checkbox"/> In N ₂ <input type="checkbox"/> In He <input type="checkbox"/> In Vacuum <input type="checkbox"/> Others ()			試験場所 (識別記号) Test Laboratory (Identification) Label ()
試験片番号 Specimen No.	F: F: F: F: F: F: F: F:	試験機番号 Test Machine No.	F: F: F: F: F: F: F: F:	試験温度 (°C) Test Temp.		応力 (kg/mm ²) Stress		負荷完了までの時間 (min) Loading Time	
試験条件 Test Conditions								負荷完了時ひずみ (%) Strain on Load	
試験データ Loading Data								一次クリープひずみ (%) Primary Creep Strain	
試験結果 Test Results								二次クリープひずみ (%) Secondary Creep Strain	
								三次クリープひずみ (%) Tertiary Creep Strain	
								二次クリープ開始時間 (h) Time to Secondary Creep	
								三次クリープ開始時間 (h) Time to Tertiary Creep	
								定常クリープ速度 (%/h) Steady (Secondary) Creep Rate	
								破断時間 (h) Rupture Time	
								破断伸び (%) Fracture Elongation	
								絞り Reduction of Area (%)	
								破断位置 (JIS Z 2241) Fracture Location	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> BASE <input type="checkbox"/> DEPO <input type="checkbox"/> BOND <input type="checkbox"/> HAZ <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> BASE <input type="checkbox"/> DEPO <input type="checkbox"/> BOND <input type="checkbox"/> HAZ <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> BASE <input type="checkbox"/> DEPO <input type="checkbox"/> BOND <input type="checkbox"/> HAZ
								試験中断の有無 Test Interruption	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No
規定クリープひずみに到達時間 Time to Specified Creep Strain (h)	0.1 %								
	0.2 %								
	0.3 %								
	0.4 %								
	0.5 %								
	0.7 %								
	1.0 %								
	1.5 %								
	2.0 %								
	3.0 %								
	5.0 %								
	10.0 %								
	20.0 %								
() %									
最終クリープひずみ Final Creep Strain () %									
材料データシート番号 Material Data Sheet No.	B	溶接データシート番号 Welding Data Sheet No.	C	試験片データシート番号 Test Specimens Data Sheet No.	D				
備考 Remarks	(参考文献 References) (1)FBR 金属材料試験実施要領書 (1977) FBR Metallic Materials Test Manual (1977) (2)JIS Z 2271-1968 (3)JIS G 2272-1968								
マスターシート番号 Master Sheet No.	A								

表 4.2 クリープ試験およびクリープ破断試験用標準グラフ一覧

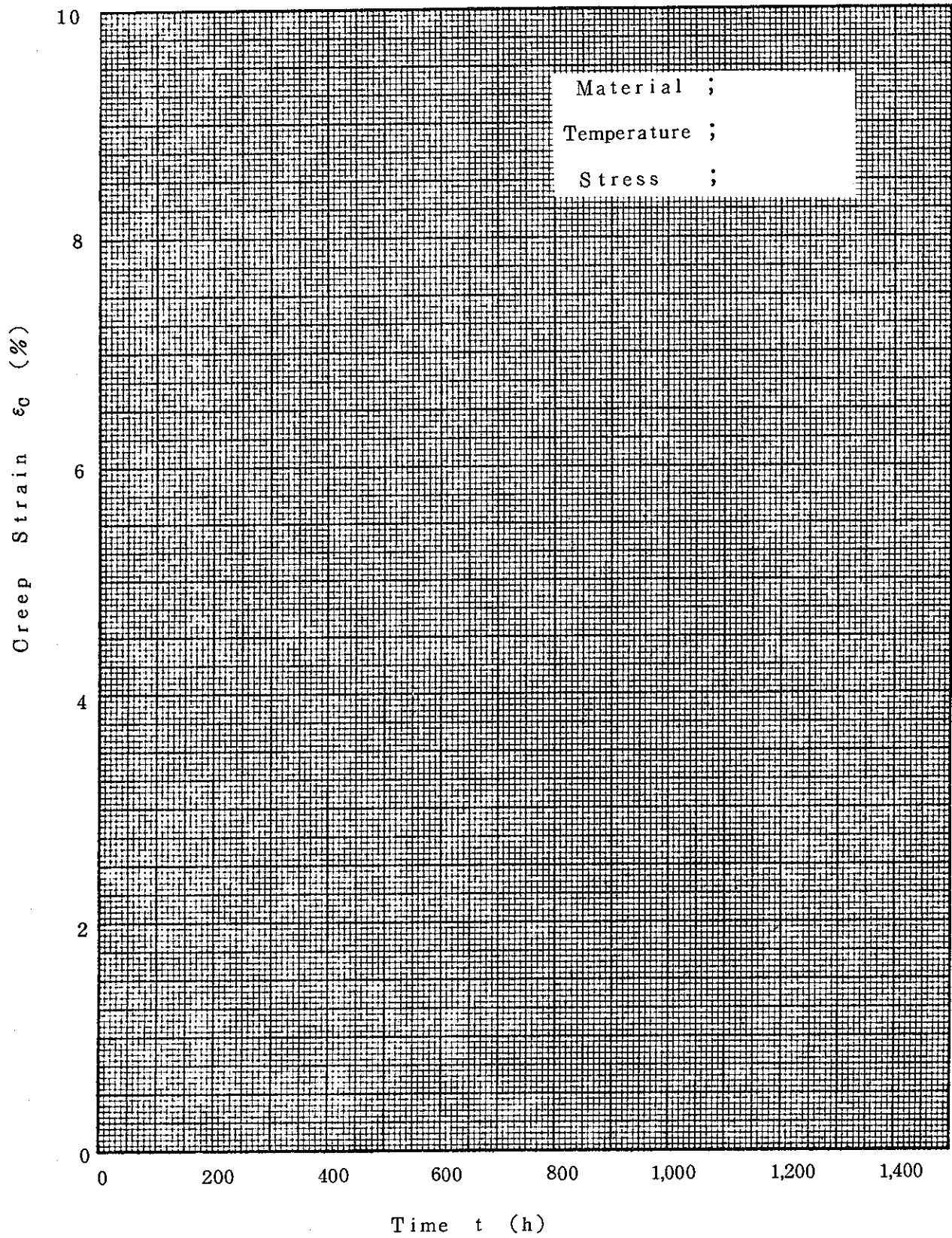
標準グラフ フォーム No	名 称	縦 軸		横 軸		図 中 の 表示項目	使用 グラフ 用 紙
		変 数	範 囲	変 数	範 囲		
F - 1	クリープ曲線 (1) Creep Curves (1)	Creep Strain ϵ_c	10^{-2} ~ 10^2 %	Time t	10^{-1} ~ 10^5 h	Material Temperature Stress	G 4
F - 2	クリープ曲線 (2) Creep Curves (2)	Creep Strain ϵ_c	0~10 %	Time t	0~1500 h	Material Temperature Stress	G 1
F - 3	クリープ曲線 (3) Creep Curves (3)	Creep Strain ϵ_c	0~10 %	Time t	0~7500 h	Material Temperature Stress	G 1
F - 4	応力と定常クリープ速度の 関係 Stress vs. Steady (Secondary) Creep Rate	Stress σ	0.4~ 100 kg/mm ²	Steady (Secondary) Creep Rate $\dot{\epsilon}_s$	10^{-5} ~ 10^1 %/h	Material Temperature Time	G 5
F - 5	等時応力 - ひずみ曲線 Isochronous Stress- Strain Curves	Stress σ	0~40 kg/mm ²	Total Strain ϵ_t	0~3 %	Material Temperature Time	G 1
F - 6	応力とクリープ破断時間の 関係 Stress vs. Creep Rupture Time	Stress σ	0.4~ 100 kg/mm ²	Rupture Time	10^{-1} ~ 10^5 h	Material Temperature	G 5
F - 7	破断伸びとクリープ破断時 間の関係 Fracture Elongation vs. Rupture Time	Fracture Elongation δ	0~75 %	Rupture Time	10^{-1} ~ 10^5 h	Material Temperature	G 2

注) クリープ曲線を作成する際、最大試験時間が1500時間以内の場合にはF-1, F-2に、1500時間
以上の場合にはF-1, F-3を使用する。

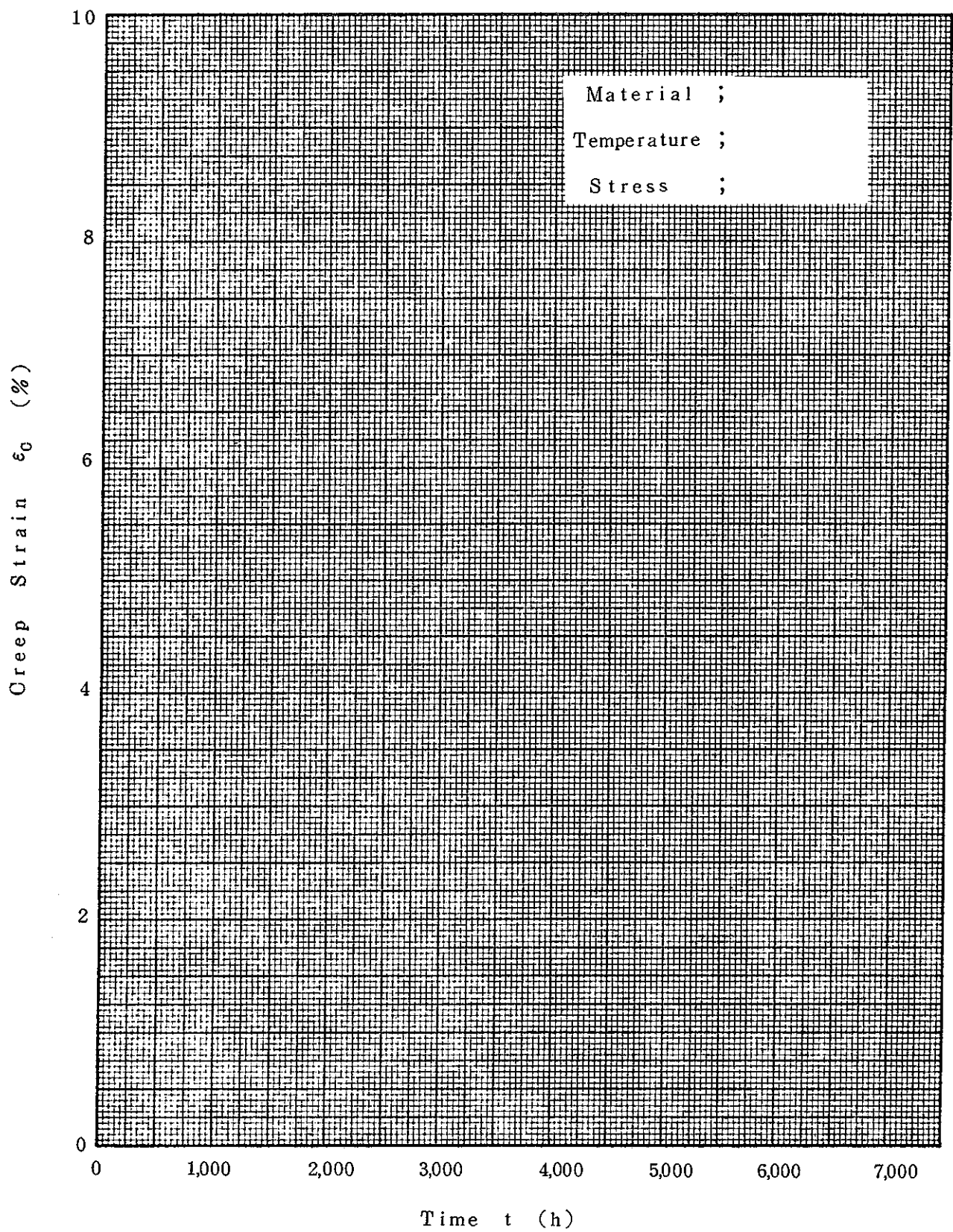
Creep Strain ϵ_0 (%)



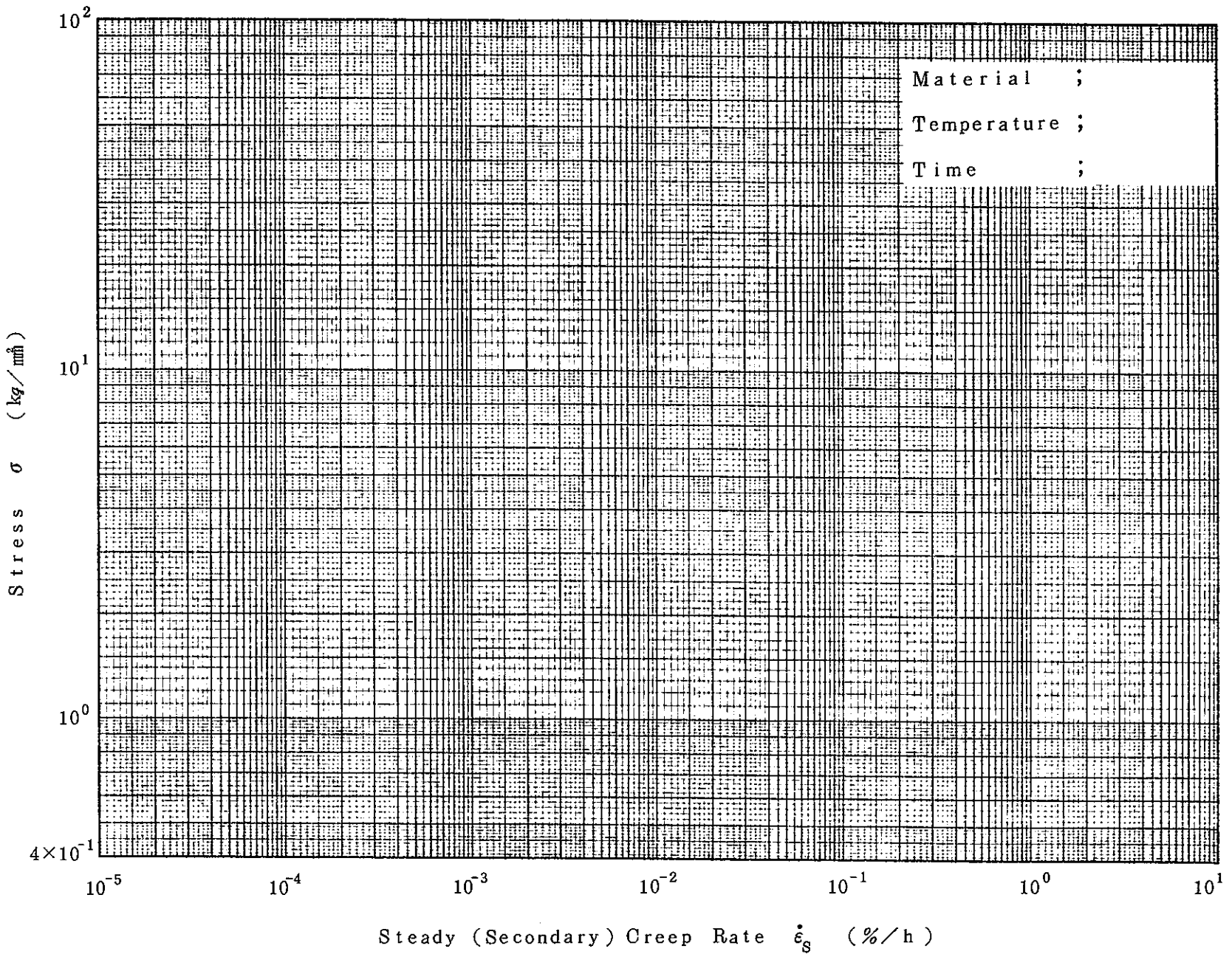
F - 1 クリープ曲線 (1)



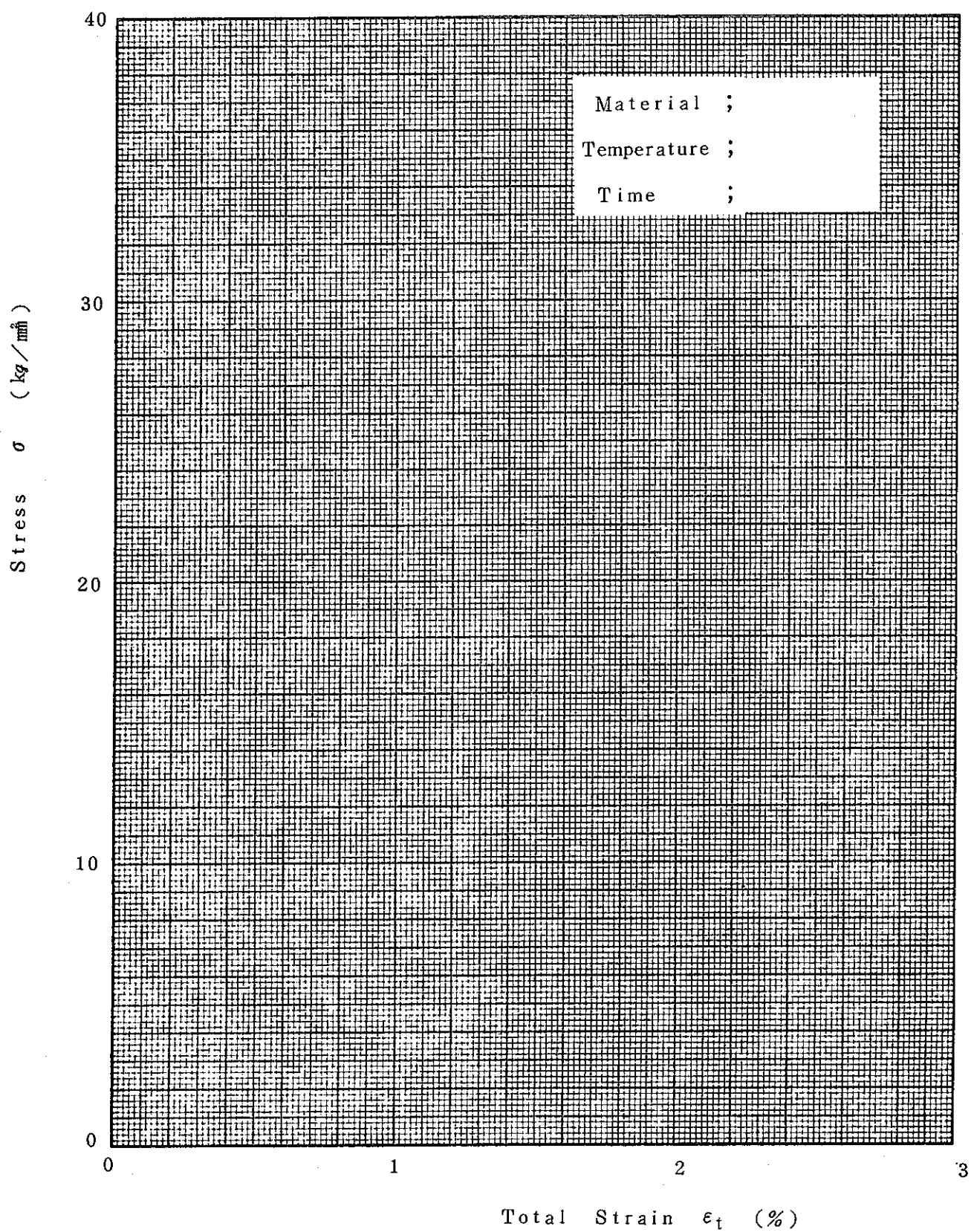
F - 2 クリープ曲線 (2)



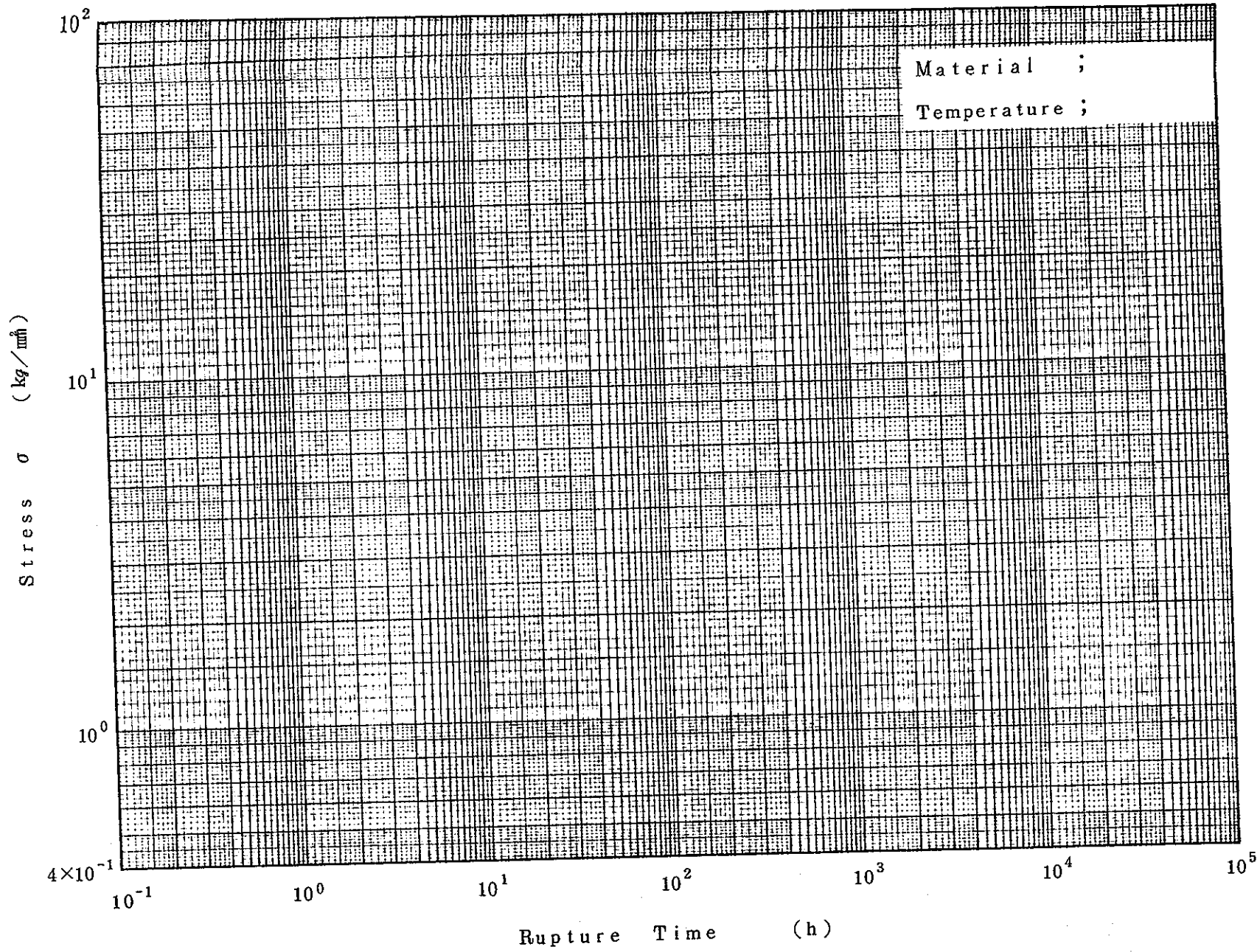
F - 3 クリープ曲線 (3)



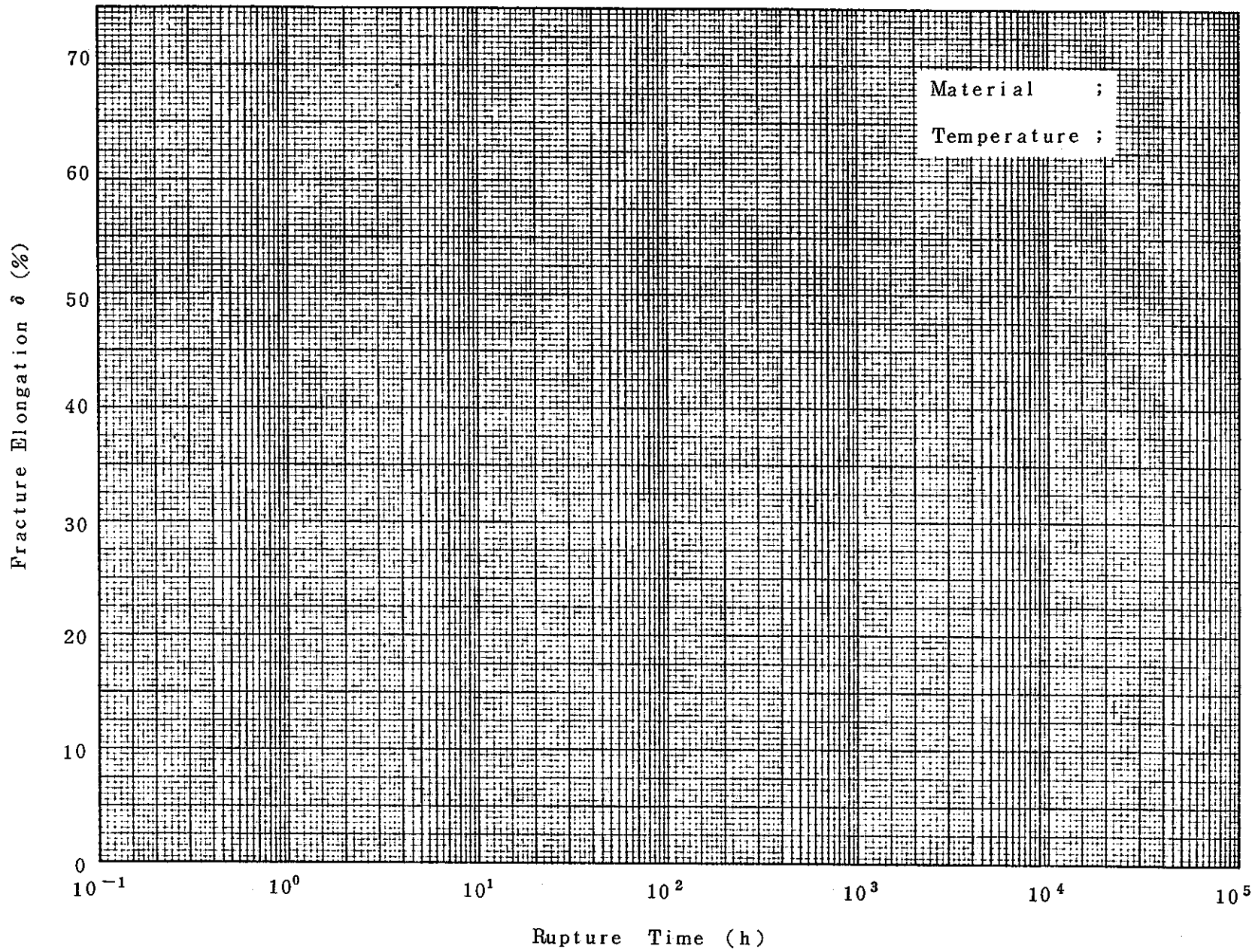
F-4 応力と定常クリープ速度の関係



F - 5 等時応力-ひずみ曲線



F-6 応力とクリープ破断時間の関係



F-7 破断伸びとクリープ破断時間の関係

5. リラクセーション試験

5.1 適用範囲

本章の規定はFBR金属材料のリラクセーション試験に適用するものである。

5.2 用語の説明

本試験において用いられる用語の説明を表5.1に示す。

5.3 試験片

本試験において使用する標準試験片は、図5.1に示すようなツバ付き中実丸棒で10φを原則とするが、6φ、8φまたは12φを使用してもよい。標点距離は原則として直径の10～20倍とする。

試験片の加工精度についてはJIS Z 2276-1975によるものとする。

5.4 試験装置

本試験に使用する試験装置はJIS Z 2276-1975に適合するものでなければならない。

5.5 試験方法

試験片の温度を試験温度に設定した後、試験片に所定の全ひずみが生じるように初期荷重を与え、その全ひずみを試験中一定に保持できるように、荷重を自動的に変動させて、適当な時間毎に荷重を読み取り、リラクセーションによる残留応力を求める。

なお、試験温度、負荷方法、伸び、荷重の測定方法などについてはJIS Z 2276-1975に従うものとする。

5.6 報告書、データシートおよび標準グラフの作成

本試験結果は、2.2項で述べたように、その研究目的に応じて十分評価・検討が行なわれ、報告書にとりまとめられなければならない。また、本試験結果は、データシートGに記入され、さらにG-1～G-7に示す標準グラフに整理・記入されるものとする。

なお、表5.2にリラクセーション試験用標準グラフの一覧を示す。

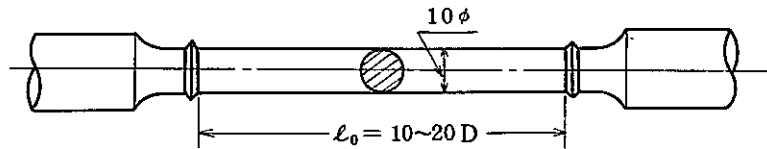
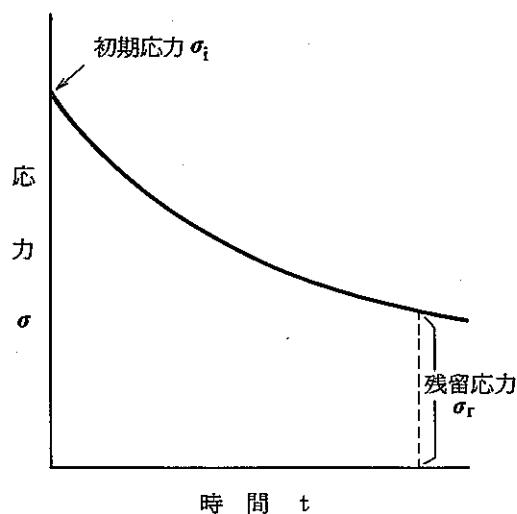


図 5.1 標準リラクセーション試験片の形状と寸法

表 5.1 リラクセーション試験に関する用語の説明

№	用語	標準記号 (単位)	説明
1	リラクセーション (Relaxation)	—	ストレス・リラクセーション（応力緩和）のことであり，一定ひずみの条件下で試験片の応力が時間的に低下する現象
2	標点距離 (Gauge Length)	ℓ_0 (mm)	伸び測定がなされる試験片の部分 (図 5.1 参照)
3	公称応力 (Nominal Stress)	σ (kg/mm ²)	荷重 P を試験片の平行部の原断面積 A_0 で除した値 $\sigma = P / A_0$
4	初期応力（荷重） (Initial Stress)	σ_i (kg/mm ²)	初期負荷時に負荷される最大応力 (付図 5.1 参照)
5	残留応力 (Residual Stress)	σ_r (kg/mm ²)	試験中の任意の時間に，試験片に加えられている応力（付図 5.1 参照）
6	全ひずみ (Total Strain)	ϵ_t (%)	常温での標点距離に対する試験温度での伸びの比



付図 5.1 リラクセーション曲線の模式的説明

FBR 金属材料試験データシート
FBR Metallic Materials Test Data Sheet

No. _____

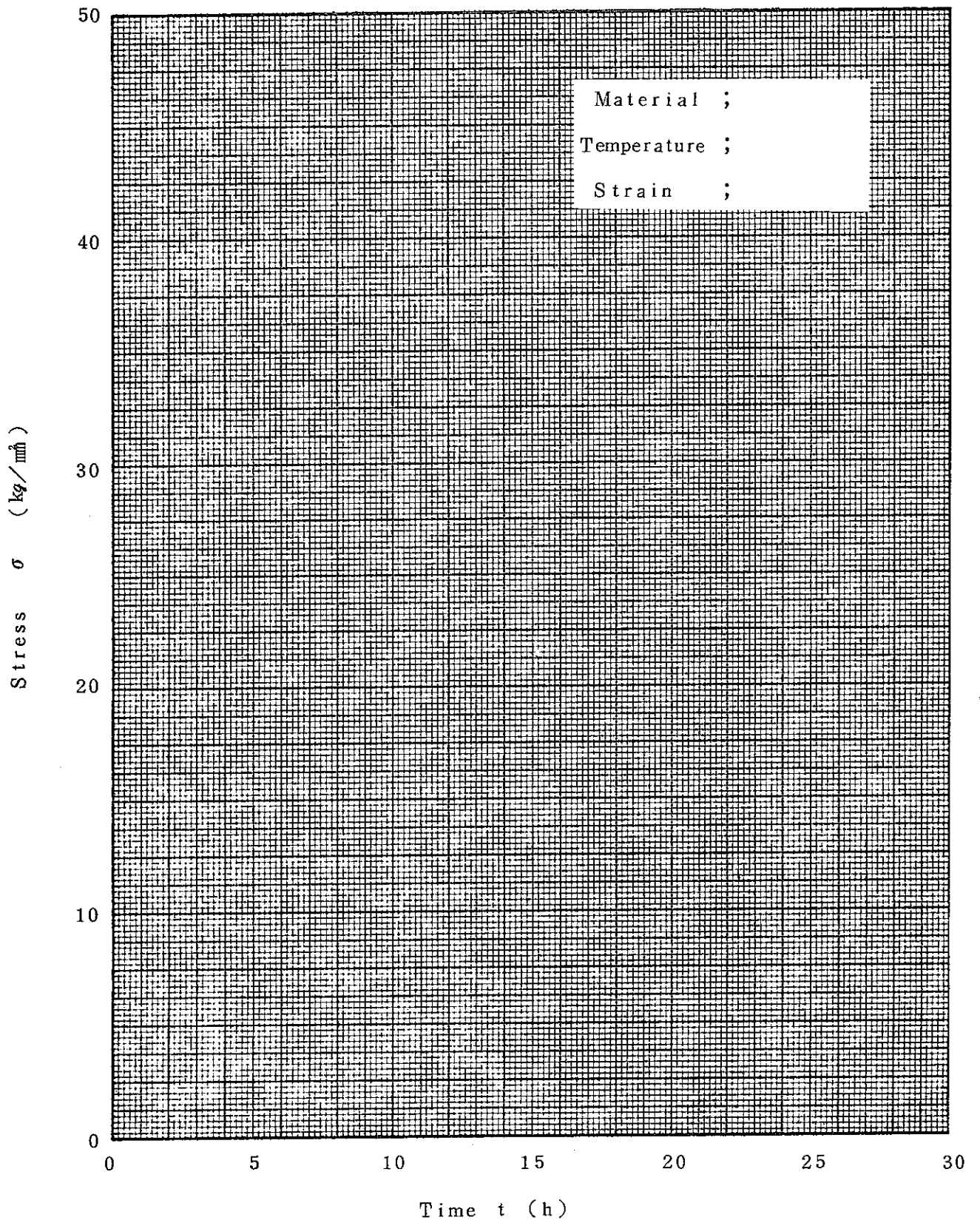
G	リラクセーション試験成績 Relaxation Properties			データシート番号 Data Sheet No.	G			記入責任者名 Prepared by															
				記入年月日 Date of Issue	年 Year	月 Month	日 Day	所属会社名 Affiliation															
試験材料 Material	Material Name: () <input type="checkbox"/> Base Metal <input type="checkbox"/> Plate (t) <input type="checkbox"/> Weld Joint <input type="checkbox"/> Forged (t) <input type="checkbox"/> Depo Metal <input type="checkbox"/> Tube (t) <input type="checkbox"/> HAZ <input type="checkbox"/> Others (t)			試験雰囲気 Test Environment	<input type="checkbox"/> In Air <input type="checkbox"/> In N ₂ <input type="checkbox"/> In Stagnant Na <input type="checkbox"/> In He <input type="checkbox"/> In Flowing Na <input type="checkbox"/> In Vacuum <input type="checkbox"/> In Ar <input type="checkbox"/> Others ()			試験場所 (識別記号) Test Laboratory (Identification Label)	()														
試験片番号 Specimen No.				G			G			G			G			G			G				
条件 Test Conditions	試験機番号 Test Machine No.				G			G			G			G			G			G			
	試験温度 (°C) Test Temp.																						
	全ひずみ (%) Nominal Total Strain																						
負荷データ Loading Data	負荷完了までの時間 (min) Loading Time																						
	初期応力 (kg/mm ²) Initial Stress																						
結果 Test Results	実試験時間 (h) Test Duration Time																						
	最終応力 (kg/mm ²) Final Stress																						
	試験中断の有無 Test Interruption				<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No
規定時間での残留応力 Residual Stresses at Specified Time (kg/mm ²)	1 (min)																						
	3 (min)																						
	5 (min)																						
	10 (min)																						
	20 (min)																						
	30 (min)																						
	1 (h)																						
	2 (h)																						
	5 (h)																						
	10 (h)																						
	30 (h)																						
	50 (h)																						
	100 (h)																						
	200 (h)																						
	400 (h)																						
1,000 (h)																							
2,000 (h)																							
打ち切り時間 () (h) Termination Time																							
材料データシート番号 Material Data Sheet No.	B			溶接データシート番号 Welding Data Sheet No.	C			試験片データシート番号 Test Specimens Data Sheet No.	D														
備考 Remarks	(参考文献 References) (1) FBR 金属材料試験実施要領書 (1977) FBR Metallic Materials Test Manual (1977) (2) JIS Z 2276-1975																						
マスターシート番号 Master Sheet No.																							

表 5.2 リラクセーション試験用標準グラフ一覧

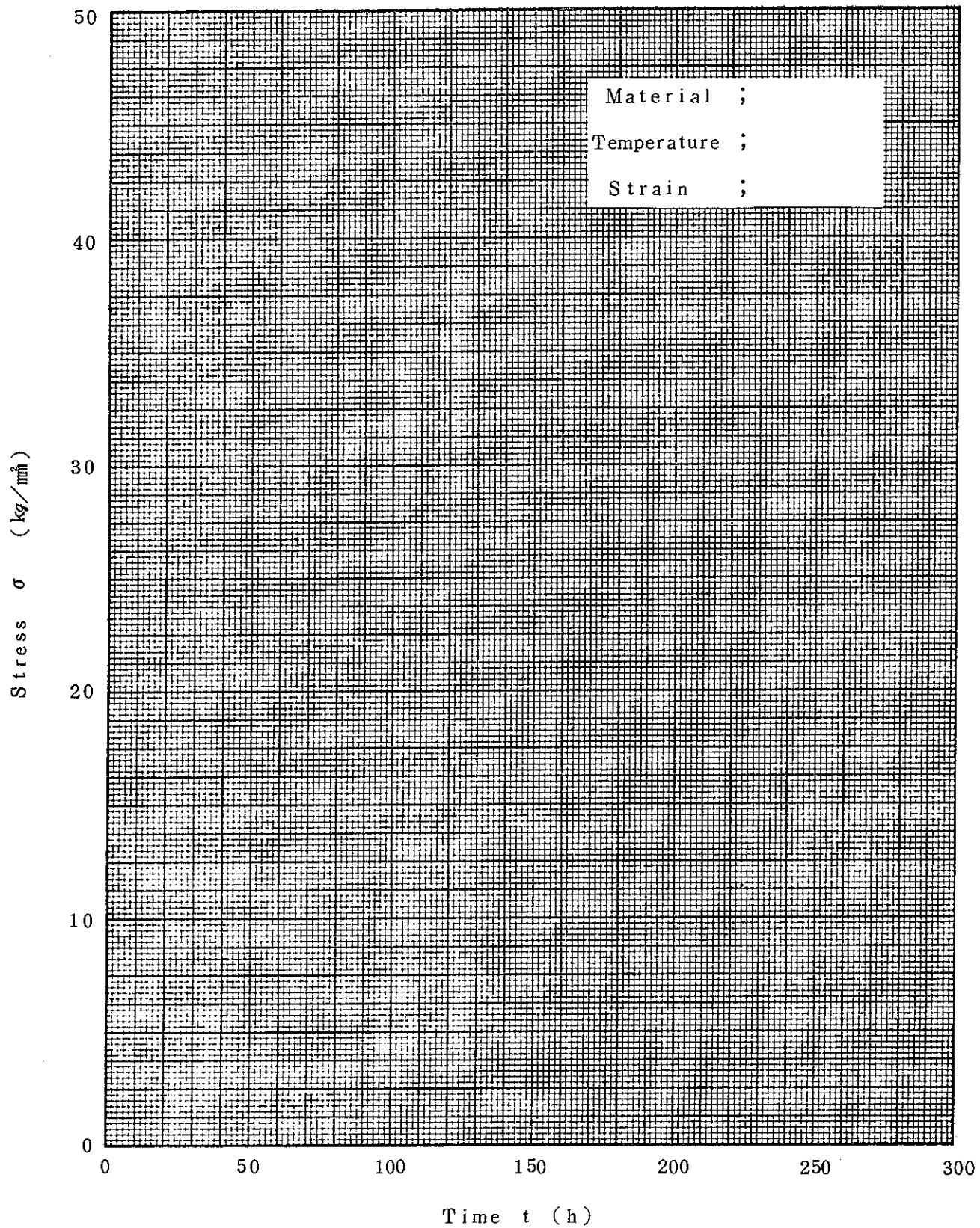
標準グラフ フォーム No	名 称	縦 軸		横 軸		図 中 の 表示項目	使用 グラフ 用 紙
		変 数	範 囲	変 数	範 囲		
G - 1	応力緩和曲線 (1) Stress Relaxation Curves (1)	Stress σ	0~50 kg/mm^2	Time t	0~30 h	Material Temperature Strain	G 1
G - 2	応力緩和曲線 (2) Stress Relaxation Curves (2)	Stress σ	0~50 kg/mm^2	Time t	0~300 h	Material Temperature Strain	G 1
G - 3	応力緩和曲線 (3) Stress Relaxation Curves (3)	Stress σ	0~60 kg/mm^2	Time t	0.01~ 10000 h	Material Temperature Strain	G 2
G - 4	応力緩和率曲線 (1) Stress Relaxation Ratio Curves (1)	Stress Relaxation Ratio $\frac{\sigma_i - \sigma_r}{\sigma_i}$	0~100 %	Time t	0~30 h	Material Temperature Strain	G 1
G - 5	応力緩和率曲線 (2) Stress Relaxation Ratio Curves (2)	Stress Relaxation Ratio $\frac{\sigma_i - \sigma_r}{\sigma_i}$	0~100 %	Time t	0~300 h	Material Temperature Strain	G 1
G - 6	応力緩和率曲線 (3) Stress Relaxation Ratio Curves (3)	Stress Relaxation Ratio $\frac{\sigma_i - \sigma_r}{\sigma_i}$	0~100 %	Time t	0.01~ 10000 h	Material Temperature Strain	G 2
G - 7	等時応力 - ひずみ曲線 Isochronous Stress - Strain Curves	Stress σ	0~50 kg/mm^2	Strain e	0~3 %	Material Temperature Time	G 1

注) 1) 初期応力を G - 3, G - 6 に記入する場合には、たて軸に矢印(←)で明示する。

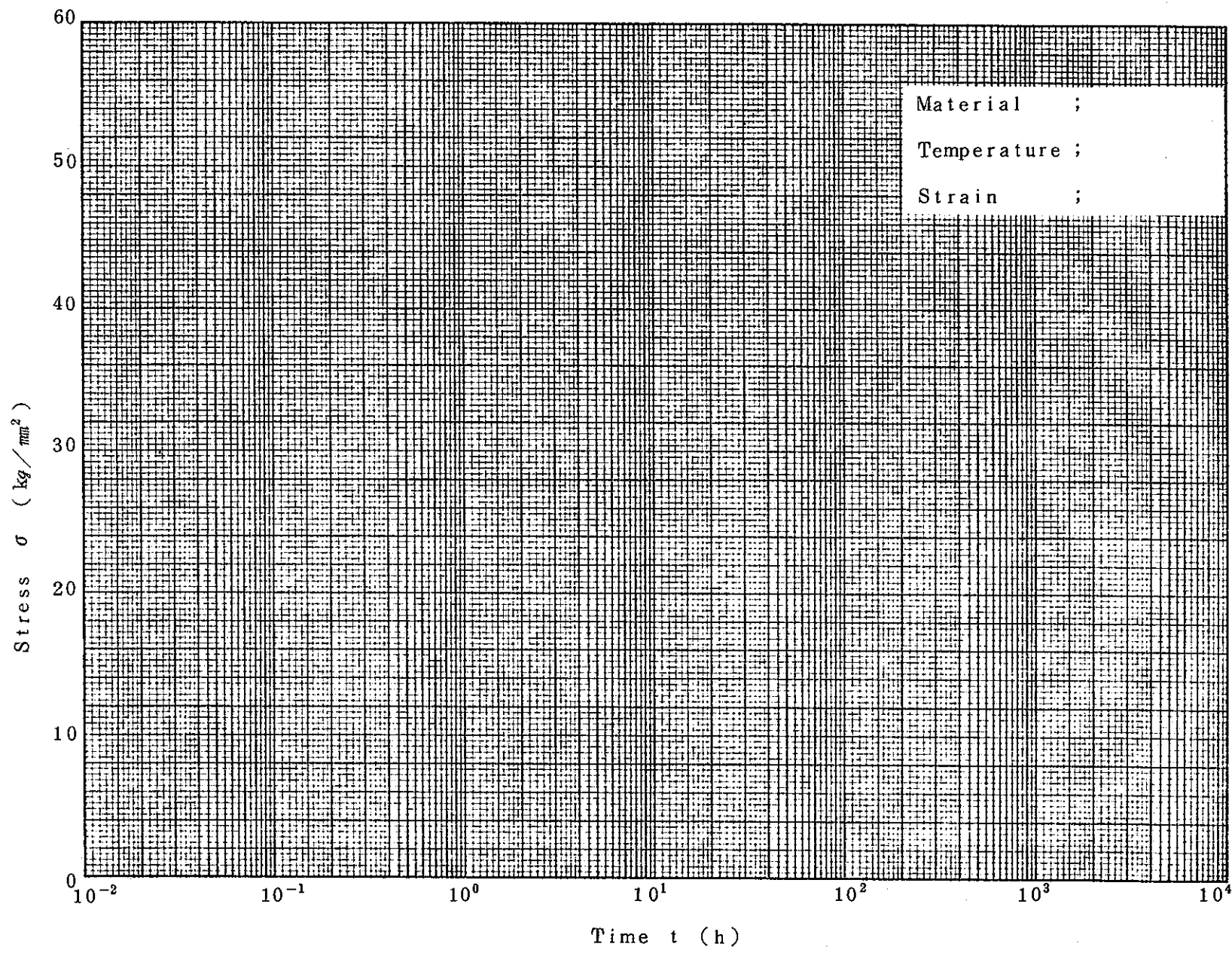
2) 応力緩和曲線および応力緩和率曲線を作成する際、最大試験時間が 30 時間以内の場合には G - 1, G - 3 および G - 4, G - 6 に、最大試験時間が 30 時間を越える場合には G - 2, G - 3 および G - 5, G - 6 に記入する。



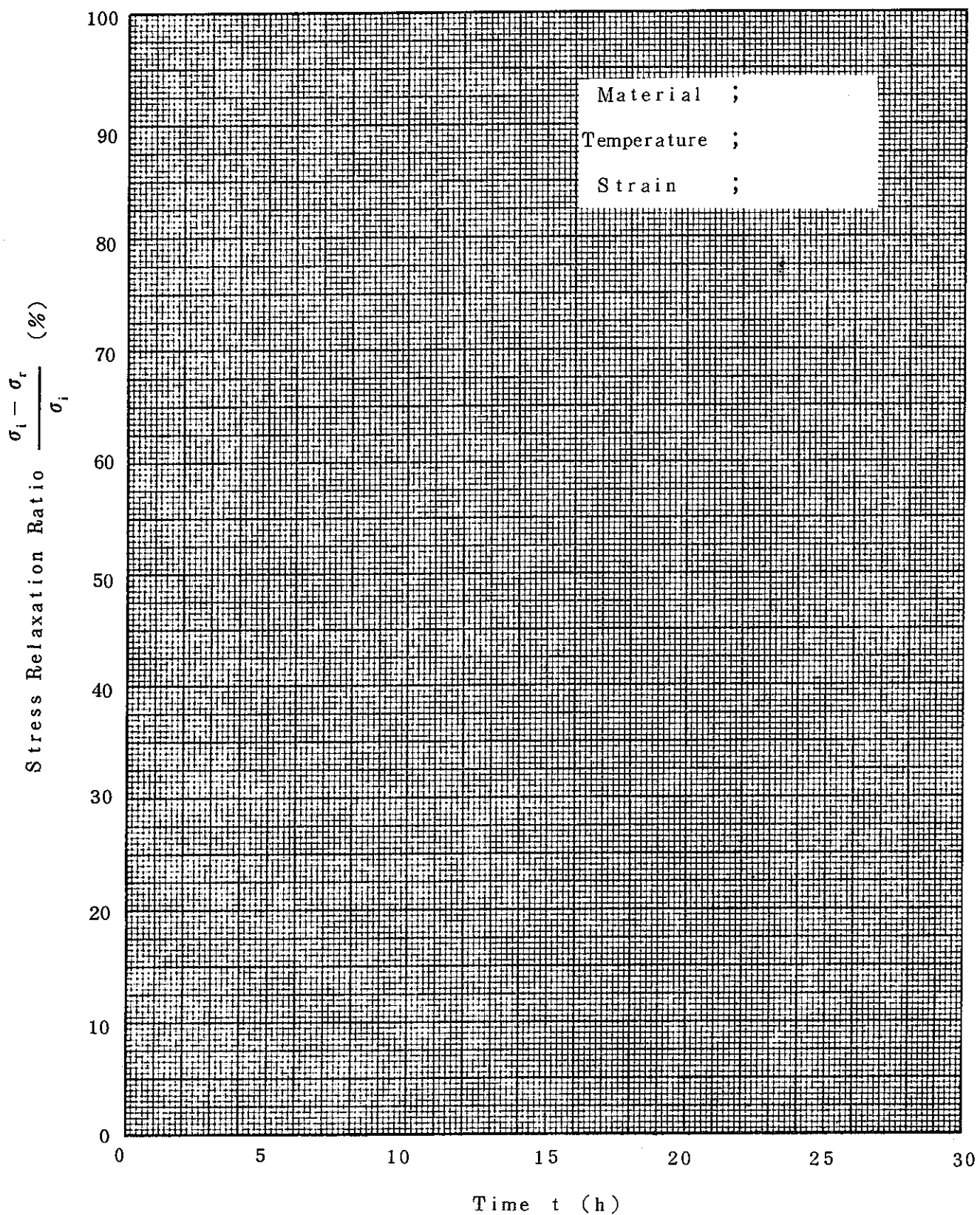
G-1 応力緩和曲線 (I)



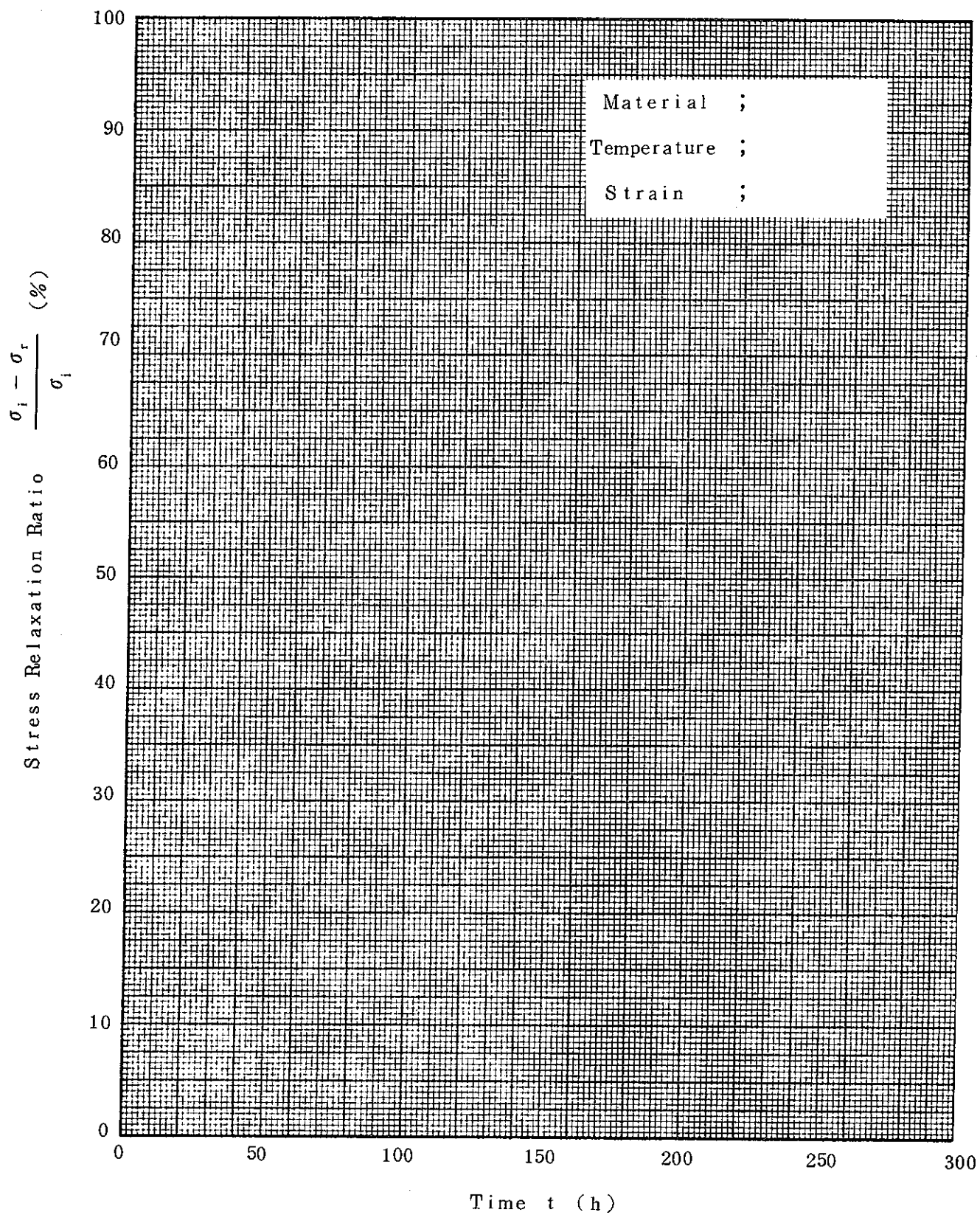
G - 2 応力緩和曲線 (2)



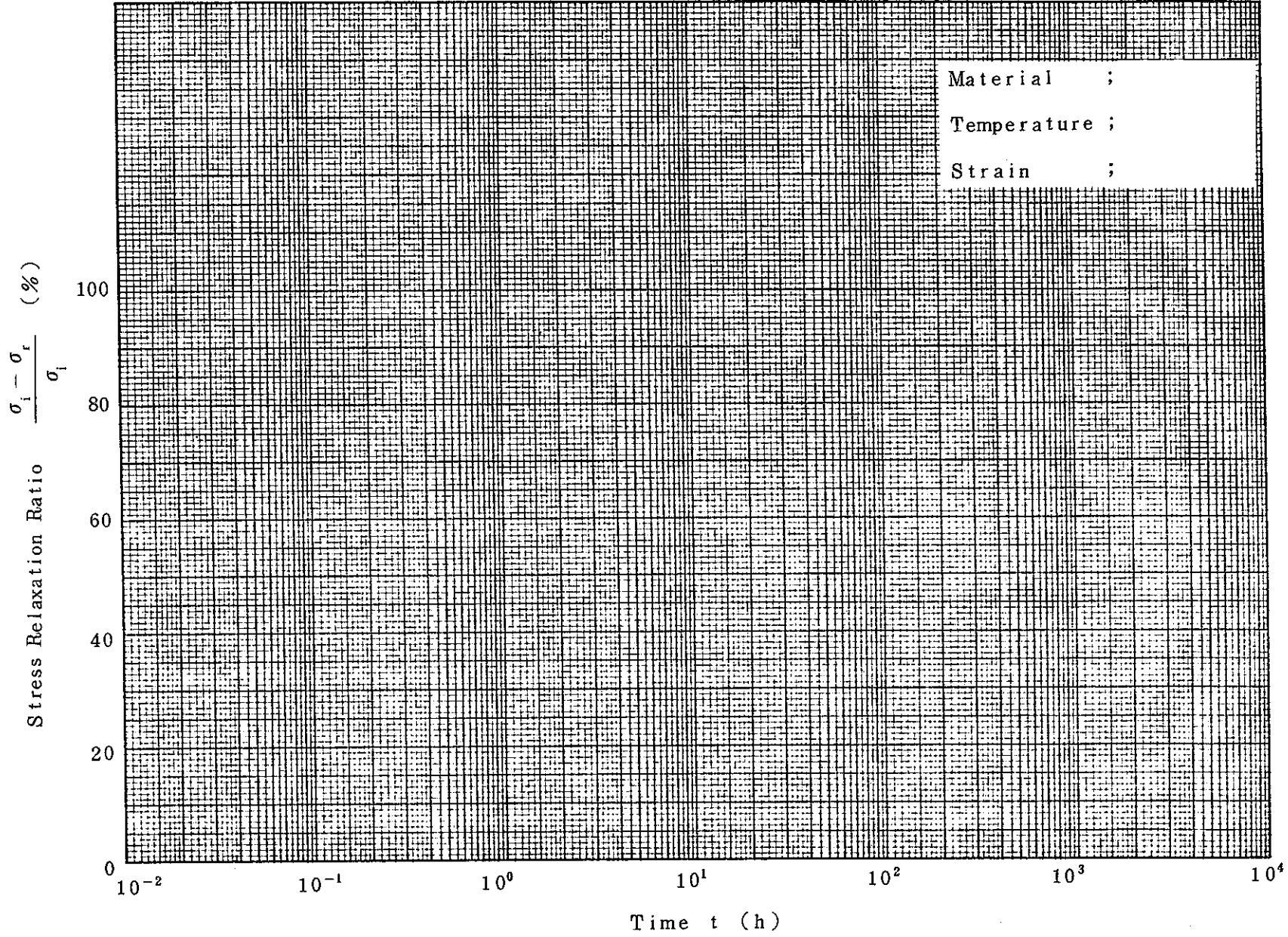
G-3 応力緩和曲線(3)



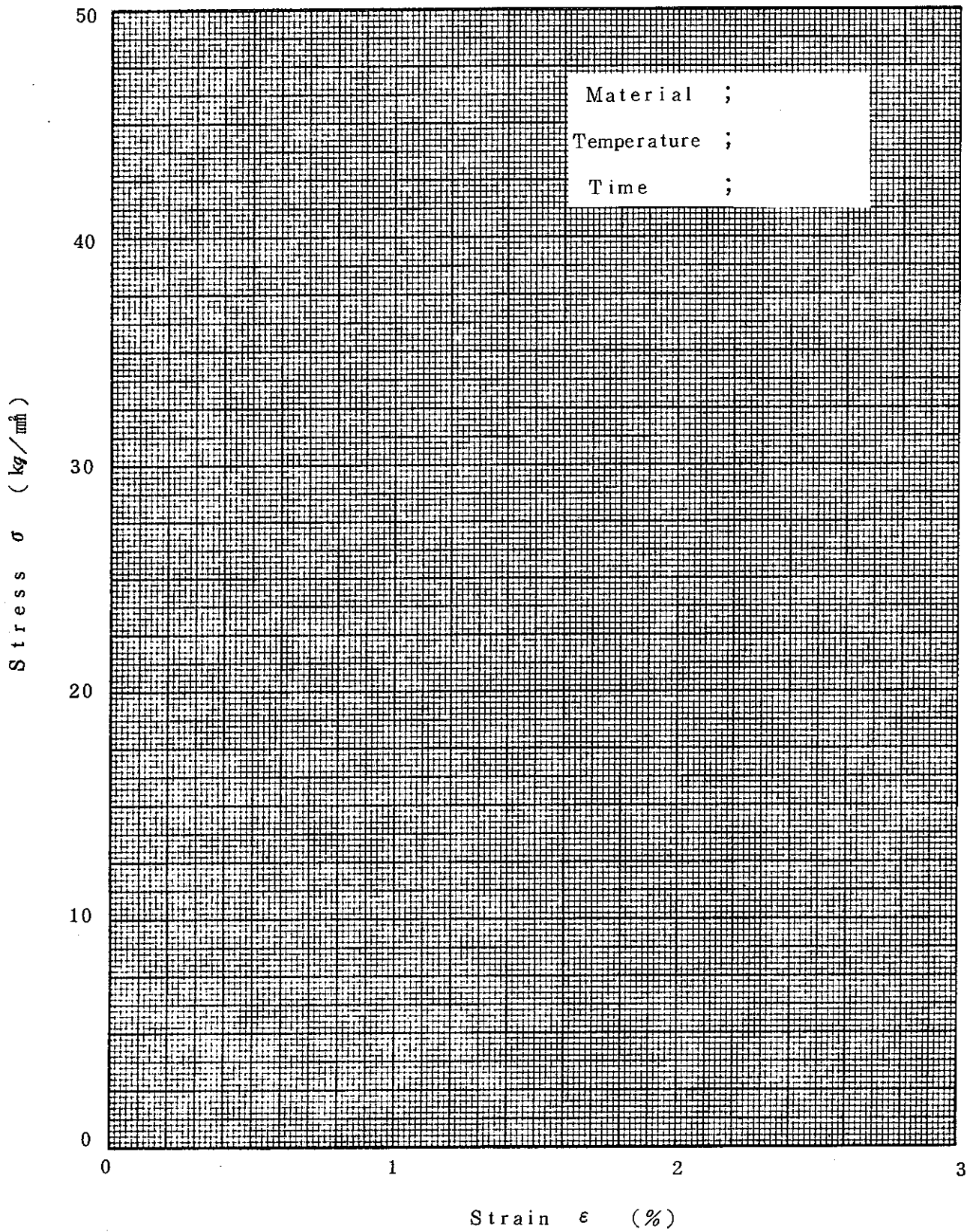
G - 4 応力緩和率曲線 (1)



G - 5 応力緩和率曲線 (2)



G-6 応力緩和率曲線 (3)



G-7 等時応力-ひずみ曲線

6. 低サイクル疲れ試験

6.1 適用範囲

本章の規定はFBR金属材料の低サイクル疲れ試験に適用するものである。

6.2 用語の説明

本試験に用いられる用語の説明を一括して表6.1に示す。

6.3 試験片

- (1) 標準試験片の基本形状は中実丸棒とし、必要な場合は砂時計型のものを用いてもよい。また、中空円筒試験片は原則として用いないが、特に必要な場合は、形状・寸法を十分に考慮して使用することとする。
- (2) 中実丸棒試験片は直径10φを標準とするが、場合によっては8φ、12φのものを使用してもよい。試験片標点間は加熱方法および伸び測定方法を考慮して決められるものとするが、高周波誘導加熱方法の場合は、15mmから25mmの間のもを標準とする。試験片平行部長さは直径の3倍を標準とするが、直径の2～4倍の範囲におさめるものとする。
- (3) ひずみ集中を避けるため、原則としてひずみ検出用突起(ツバ)は設けないこととする。
- (4) 試験片つかみ部の形状・寸法は任意とする。
- (5) 平行部外径の公差は0.02mm以下、かつ試験片のすべての部分は同心に作成されていなければならない。
- (6) 試験片平行部の表面は、400番エメリー紙で仕上げた以上の滑かさが望ましい。但し、最終仕上げは軸方向に磨くこととする。

6.4 試験装置

本試験に用いる装置は、繰返し荷重負荷装置、加熱装置、伸び測定装置、荷重測定装置、記録装置を具備するものとする。これら各装置に要求される標準的仕様を表6.2に示す。

6.5 試験方法

(1) 加熱方法

規定の温度以上の加熱はじゅうぶん注意して避けなければならない。試験片を熱平衡状態にするため、昇温後に均熱時間をおくが、この均熱時間は約15分を標準とし、試験片標点間温度均一性が表6.2に示した規定を満足していることを確認しなければならない。

使用する熱電対は0.2～0.3 mm径を標準とし、試験片への接合は抵抗溶接による。

(2) 負荷方法

試験片に荷重がかからない状態で加熱し、温度変化による自由膨張量が十分な精度で測定されていることを確認した後、荷重負荷装置を作動させて試験を開始する。

(3) ひずみおよび応力範囲の測定

試験片の標点間伸びおよび試験片に加わる荷重は、連続的に記録するか、または、じゅうぶんな回数の記録を行ない、全試験期間中の制御および変化状態を確認しなければならない。

制御方法について、径ひずみおよび軸ひずみの両方の測定値を利用して制御する場合は、データシートHの径ひずみ制御および軸ひずみ制御の両方の欄にチェックするものとする。

(4) 破損繰返し数の測定

上記、(3)項の記録より読みとる。

(5) 試験は実験記録用紙の手順に従い、記録用紙の各項目を確認しながら行なう。

(6) 低サイクル疲れ試験の標準試験条件

低サイクル疲れ試験を行なう場合の標準的試験条件を表6.3に示す。

6.6 報告書、データシートおよび標準グラフの作成

本試験結果は、2.2項に述べたように、その研究目的に応じて十分評価・検討が行なわれ報告書にとりまとめられなければならない。また、本試験結果はデータシートHに記入されるものとする。ただし、 σ'_{\max} （緩和後の最大応力）は引張側保持を持った試験および σ'_{\min} （緩和後の最小応力）は圧縮側保持を持った試験の場合にのみ記入する。

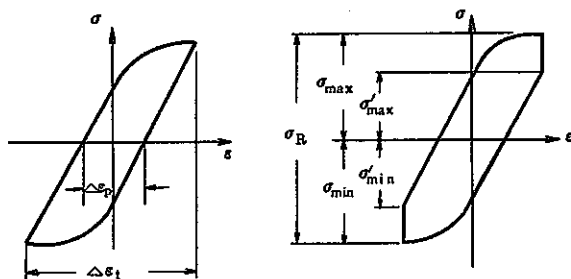
さらに本試験結果は、H-1～H-12に示す標準グラフに整理・記入されるものとする。

ただし、標準グラフH-5, 7は保持をもった試験の場合にのみ作成する。なお、表6.4に低サイクル疲れ試験用標準グラフの一覧を示す。H-12（応力-ひずみヒ

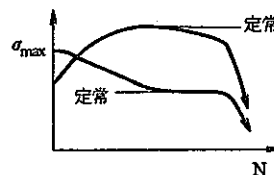
ステリシスループ)のグラフについては、グラフの大きさは任意とするが、A4版以内にまとめることを原則とする。

表 6.1 低サイクル疲れ試験に関する用語の説明

№	用語	標準記号 (単位)	説明
1	ひずみ速度 (Strain Rate)	$\dot{\epsilon}$ (%/sec)	単位時間当りの全ひずみ変化量
2	周期 (Min. per Cycle)	τ (min)	ひずみまたは応力波形における1サイクルの時間
3	全ひずみ範囲 (Total Strain Range)	$\Delta\epsilon_t$ (%)	試験片標点間の全変形量を標点間距離で除した値に100をかけたもの
4	塑性ひずみ範囲 (Plastic Strain Range)	$\Delta\epsilon_p$ (%)	1/2 N _f 近傍における応力-ひずみヒステリシスループにおいて、応力が0の時のひずみ範囲(付図 6.1 参照)
5	弾性ひずみ範囲 (Elastic Strain Range)	$\Delta\epsilon_e$ (%)	(全ひずみ範囲) - (塑性ひずみ範囲)
6	破損繰返し数 (Number of Cycles to Failure)	N _f (cycle)	ひずみ制御: 引張側荷重値が最大値あるいは定常値の3/4に減少した時の繰返し数(付図 6.2 参照) 荷重制御: 測定ひずみ値が急激に増加しはじめた時の繰返し数
7	最大, 最小応力 (Max., Min. Stress)	σ_{max} σ_{min} (kg/mm ²)	試験中における最大(引張側)および最小(圧縮側)応力の絶対値 (付図 6.1 参照)
8	緩和後の最大, 最小応力 (Max., Min. Stress after Relaxation)	σ'_{max} σ'_{min} (kg/mm ²)	ひずみ保持後の最大(引張側)および最小(圧縮側)応力の絶対値 (付図 6.1 参照)
9	応力 (Stress)	σ (kg/mm ²)	負荷荷重を試験前の試験片断面積で除した値
10	応力範囲 (Stress Range)	σ_R (kg/mm ²)	$\sigma_{max} + \sigma_{min}$



付図 6.1 応力ひずみ波形図の模式的説明



付図 6.2 繰返しに伴う最大応力の変化

表 6.2 低サイクル疲れ試験装置に要求される標準仕様

No.	項 目	内 容
1	負 荷 形 式	標点間ひずみを直接制御できる閉ループ系であること
	試 験 機 容 量	三角波および台形波の波形発振器を備え、容量が動的に ± 3 ton以上であること
2	加 熱 装 置	高周波誘導加熱，電気炉，赤外線ふく射炉のうちいずれかの装置を備えていること
	温 度 分 布	標点間全範囲にわたり温度差が軸方向，円周方向とも ± 10℃以下であること
3	伸 び 測 定 装 置	<ol style="list-style-type: none"> 1. 標点間の伸びを直接測定しうるもの 2. 平行部に押し当てる伸び計に LVDT またはそれに代るひずみ測定器をとりつけたもの 3. 精度が試験条件の ± 2 % 以下であること
4	荷 重 測 定 装 置	試験時最大荷重の ± 1 % の精度で荷重を測定できるものであること
5	温度測定・記録装置	熱電対，冷接点を介して十分な精度で連続もしくは断続的に記録できるもの。
	熱 電 対	0.2 ~ 0.3 mm φ の白金 - 白金ロジウム製を標準とし，試験片への接合は抵抗溶接とすること。アルメル - クロメル製を用いてもよい
6	応力 - ひずみ記録計	荷重，変位 - 時間用記録計と荷重 - 変位用記録計を併用すること ただし，1台で兼用してもよい

表 6.3 低サイクル疲れ標準試験条件

No.	項 目	内 容
1	全 ひ ず み 範 囲 (Total Strain Range)	0.1～10%の範囲内で温度とひずみ速度が一定条件で 4～5点行なうのを標準とする 例えば、軸方向制御の場合は1.5, 1.0, 0.8, 0.5, 0.3%の5点
2	ひ ず み 速 度 (Strain Rate)	通常の三角波形の場合は0.4%/secの速度を標準とする ただし、速度依存および保持依存試験の場合は別途設定す ること。ひずみ速度はデータシートHのひずみ波形図の中 で明記するものとする
3	周 期 (Min. per Cycle)	ひずみ速度と保持時間の関係より決めるものとする

FBR 金属材料試験データシート
FBR Metallic Materials Test Data Sheet

No. _____

H 低サイクル疲れ試験成績 Low Cycle Fatigue Properties		データシート番号 Data Shee No.	H			記入責任者名 Prepared by																	
試験材料 Material		記入年月日 Date of Issue	年 Year	月 Month	日 Day	所属会社名 Affiliation																	
試験材料 Material	Material Name: () <input type="checkbox"/> Base Metal <input type="checkbox"/> Plate (t) <input type="checkbox"/> Weld Joint <input type="checkbox"/> Forged (t) <input type="checkbox"/> Depo. Metal <input type="checkbox"/> Tube (t) <input type="checkbox"/> HAZ <input type="checkbox"/> Others (t)	試験雰囲気 Test Environment	<input type="checkbox"/> In Air <input type="checkbox"/> In N ₂ <input type="checkbox"/> In Stagnant Na <input type="checkbox"/> In He <input type="checkbox"/> In Flowing Na <input type="checkbox"/> In Vacuum <input type="checkbox"/> In Ar <input type="checkbox"/> Others ()			ひずみ波形図 Strain Diagram																	
試験場所 (識別記号) Test Laboratory (Identification Label)	()	制御方法 Control Method	<input type="checkbox"/> 径ひずみ制御 Diametral Strain Control <input type="checkbox"/> 軸ひずみ制御 Axial Strain Control <input type="checkbox"/> 応力制御 Stress Control																				
試験片番号 Specimen No.		H	H	H	H	H																	
試験条件 Test Conditions	試験温度 (°C) Test Temperature																						
	ひずみ速度 (%/sec) Strain Rate																						
	ひずみ保持時間 Strain Hold Time	引張側 (min) Tension Side																					
		圧縮側 (min) Comp. Side																					
	周期 (min) Min. per Cycle																						
全ひずみ範囲 (%) Total Strain Range																							
試験結果 Test Results	破損繰返し数 N _f (cycle) Number of Cycles to Failure																						
	於 at; N=() Note: (N is the largest of the cycles below that does not exceed N _f /2)	Δε _t (%)																					
		Δε _p (%)																					
		Δε _c (%)																					
応力ひずみ曲線図を保存したサイクル Cycles with Stress-Strain Curve																							
繰り返し応力の変化 Change of Cyclic Stresses (kg/mm ²) Note: Interpolated data are allowed		σ _{max}	σ' _{max}	σ _{min}	σ' _{min}	σ _{max}	σ' _{max}	σ _{min}	σ' _{min}	σ _{max}	σ' _{max}	σ _{min}	σ' _{min}	σ _{max}	σ' _{max}	σ _{min}	σ' _{min}	σ _{max}	σ' _{max}	σ _{min}	σ' _{min}		
	1 cycle																						
	2 cycle																						
	3 cycle																						
	5 cycle																						
	10 cycle																						
	20 cycle																						
	50 cycle																						
	100 cycle																						
	200 cycle																						
	500 cycle																						
	1,000 cycle																						
	2,000 cycle																						
5,000 cycle																							
10,000 cycle																							
N _f () cycle																							
材料データシート番号 Materials Data Sheet No.	B	溶接データシート番号 Welding Data Sheet No.	C	試験片データシート番号 Test Specimens Data Sheet No.	D	試験機番号 Test Machine No.	H																
備考 Remarks	(参考文献 References) ① FBR 金属材料試験実施要領書 (1977) FBR Metallic Materials Test Manual (1977)																						
マスターシート番号 Master Sheet No.	A																						

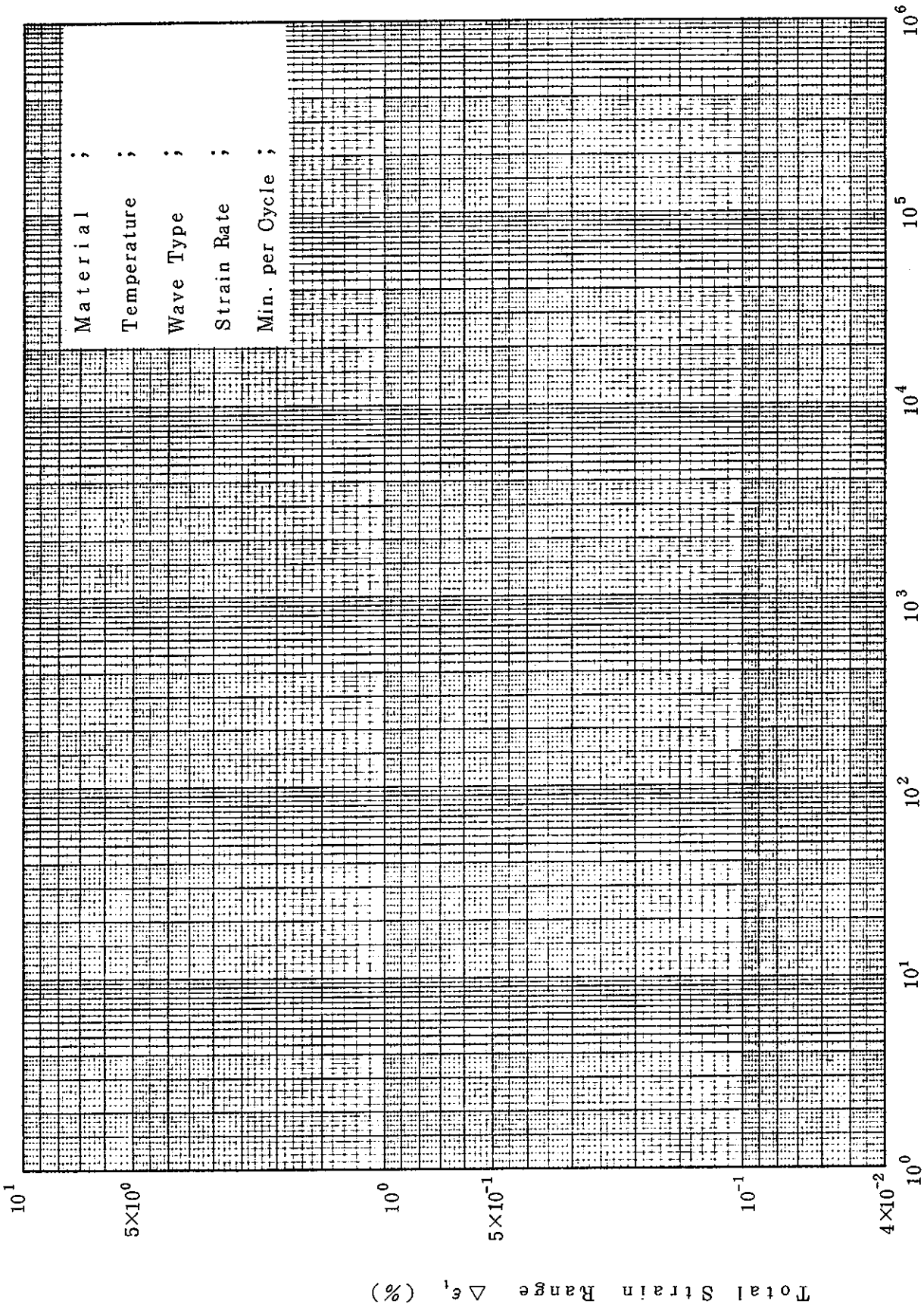
表 6.4 低サイクル疲れ試験用標準グラフ一覧

標準グラフ フォーム No	名 称	縦 軸		横 軸		図 中 の 表示項目	使 用 グラフ 用 紙
		変 数	範 囲	変 数	範 囲		
H - 1	全ひずみ範囲と破損繰返し数の関係 Total Strain Range vs. Number of Cycles to Failure	Total Strain Range $\Delta \epsilon_t$	4×10^{-2} ~10 %	Number of Cycles to Failure Nf	1~10 ⁶ cycles	Material Temperature Wave Type Strain Rate Min. per Cycle	G 5
H - 2	塑性ひずみ範囲と破損繰返し数の関係 Plastic Strain Range vs. Number of Cycles to Failure	Plastic Strain Range $\Delta \epsilon_p$	4×10^{-2} ~10 %	Number of Cycles to Failure Nf	1~10 ⁶ cycles	Material Temperature Wave Type Strain Rate Min. per Cycle	G 5
H - 3	繰返しに伴う応力範囲の変化 Stress Response Cycled at Various Strain Range	Stress Range σ_R	0~150 kg/mm ²	Number of Cycles N	1~10 ⁶ cycles	Material Temperature Wave Type Strain Rate Min. per Cycle Strain Range	G 2
H - 4	繰返しに伴う最大応力の変化 Max. Stress Response Cycled at Various Strain Range	Max. Stress σ_{max}	0~150 kg/mm ²	Number of Cycles N	1~10 ⁶ cycles	Material Temperature Wave Type Strain Rate Min. per Cycle Strain Range	G 2
H - 5	繰返しに伴う緩和後の最大応力の変化 Max. Stress after Relaxation Response Cycled at Various Strain Range	Max. Stress after Relaxation σ'_{max}	0~150 kg/mm ²	Number of Cycles N	1~10 ⁶ cycles	Material Temperature Wave Type Strain Rate Min. per Cycle Strain Range	G 2
H - 6	繰返し数比と応力範囲の関係 Stress Range vs. Ratio of Number of Cycles	Stress Range σ_R	0~200 kg/mm ²	Ratio of Number of Cycles N/N _f	0~1.0	Material Temperature Wave Type Strain Rate Min. per Cycle Strain Range	G 1
H - 7	疲れ寿命におよぼす保持時間の影響 Effect of Hold Time on Fatigue Life	Number of Cycles to Failure N _f	10~10 ⁵ cycles	Hold Time t _h	10 ⁻² ~ 10 ⁴ min.	Material Temperature Wave Type Strain Rate Strain Range	G 4
H - 8	疲れ寿命におよぼすひずみ速度の影響 Effect of Strain Rate on Fatigue Life	Number of Cycles to Failure N _f	10~ 10 ⁵ cycles	Strain Rate $\dot{\epsilon}$	10 ⁻⁵ ~10 %/sec	Material Temperature Wave Type Min. per Cycle Strain Range	G 4

表 6.4 (続き)

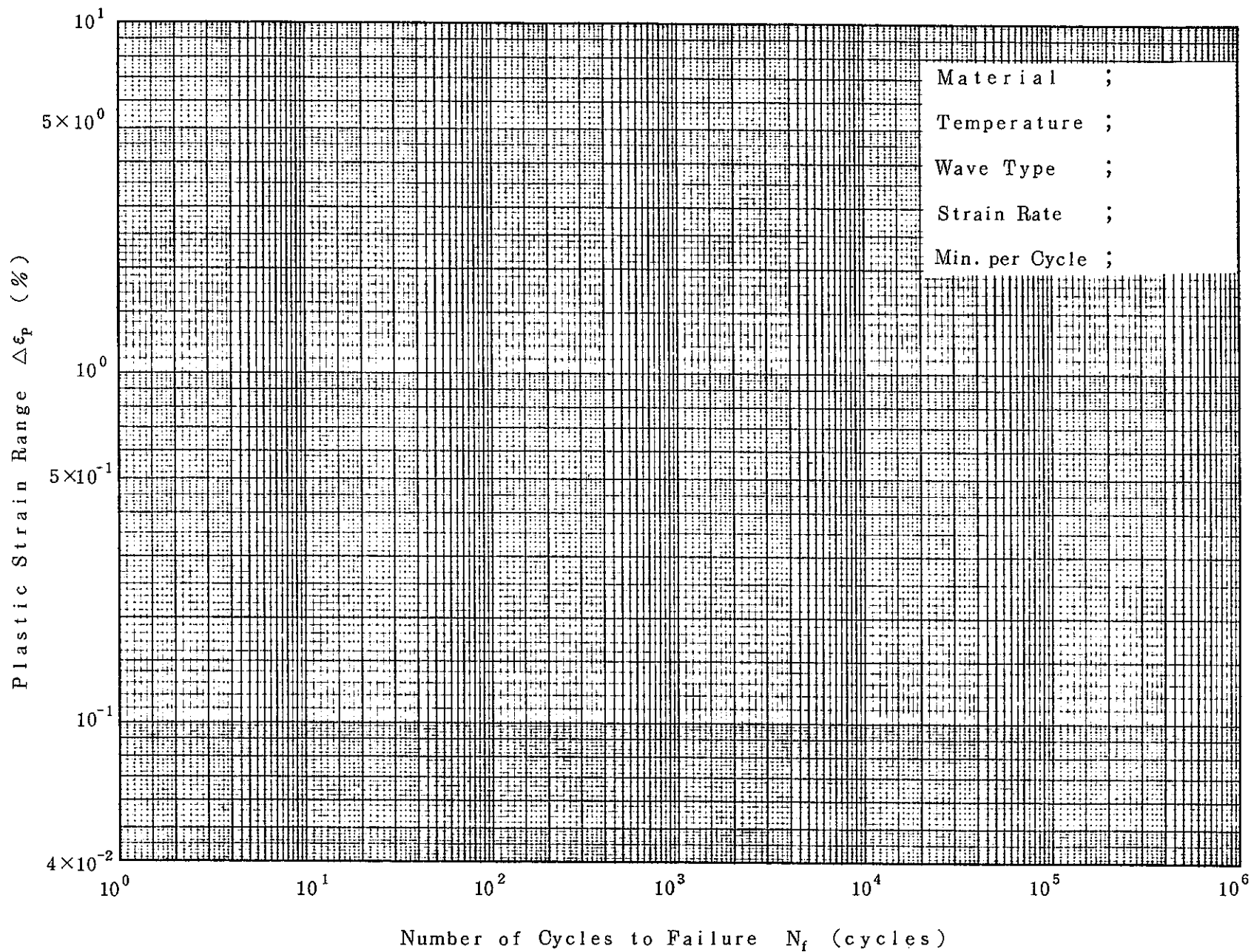
標準グラフ フォーム No	名 称	縦 軸		横 軸		図 中 の 表示項目	使 用 グラフ 用 紙
		変 数	範 囲	変 数	範 囲		
H - 9	破損繰返し数と破損時間の 関係 Number of Cycles to Failure vs. Time to Failure	Time to Failure t_f	$1 \sim 10^4$ h	Number of Cycles to Failure N_f	$1 \sim 10^6$ cycles	Material Temperature Wave Type Strain Rate Strain Range Min. per Cycle	G 4
H-10	クリープと疲れの相互作用 (1) Creep-fatigue Interaction (1)	Creep Damage	0~2.0	Fatigue Damage	0~1.5	Material Temperature Wave Type Strain Rate Strain Range Min. per Cycle	G 1
H-11	クリープと疲れの相互作用 (2) Creep-fatigue Interaction (2)	Creep Damage	10^{-2} ~ 10^2	Fatigue Damage	10^{-2} ~ 10	Material Temperature Wave Type Strain Rate Strain Range Min. per Cycle	G 3
H-12	ヒステリシスループ Hysteresis Loop	Stress (Load)		Strain (Elonga- tion)		Material Temperature Wave Type Min. per Cycle Strain Rate Strain Range Number of Cycles	任意

- 注) 1) 標準グラフH-7には、保持なしのデータを保持時間 10^{-2} min の位置に記入する。
- 2) 応力-ひずみヒステリシスループのグラフの大きさは任意とするが、A4版以内にまとめること。
- 3) 2) のかわりに記録された荷重-変位ヒステリシス曲線に応力、ひずみの目盛を記入したものを提出してもよい。
- 4) 特に指定のないかぎり、応力、ひずみに記入する数値については一般に公称値を採用する。
- 5) クリープと疲れの相互作用をプロットする際、H-10およびH-11の両方に記入するものとする。

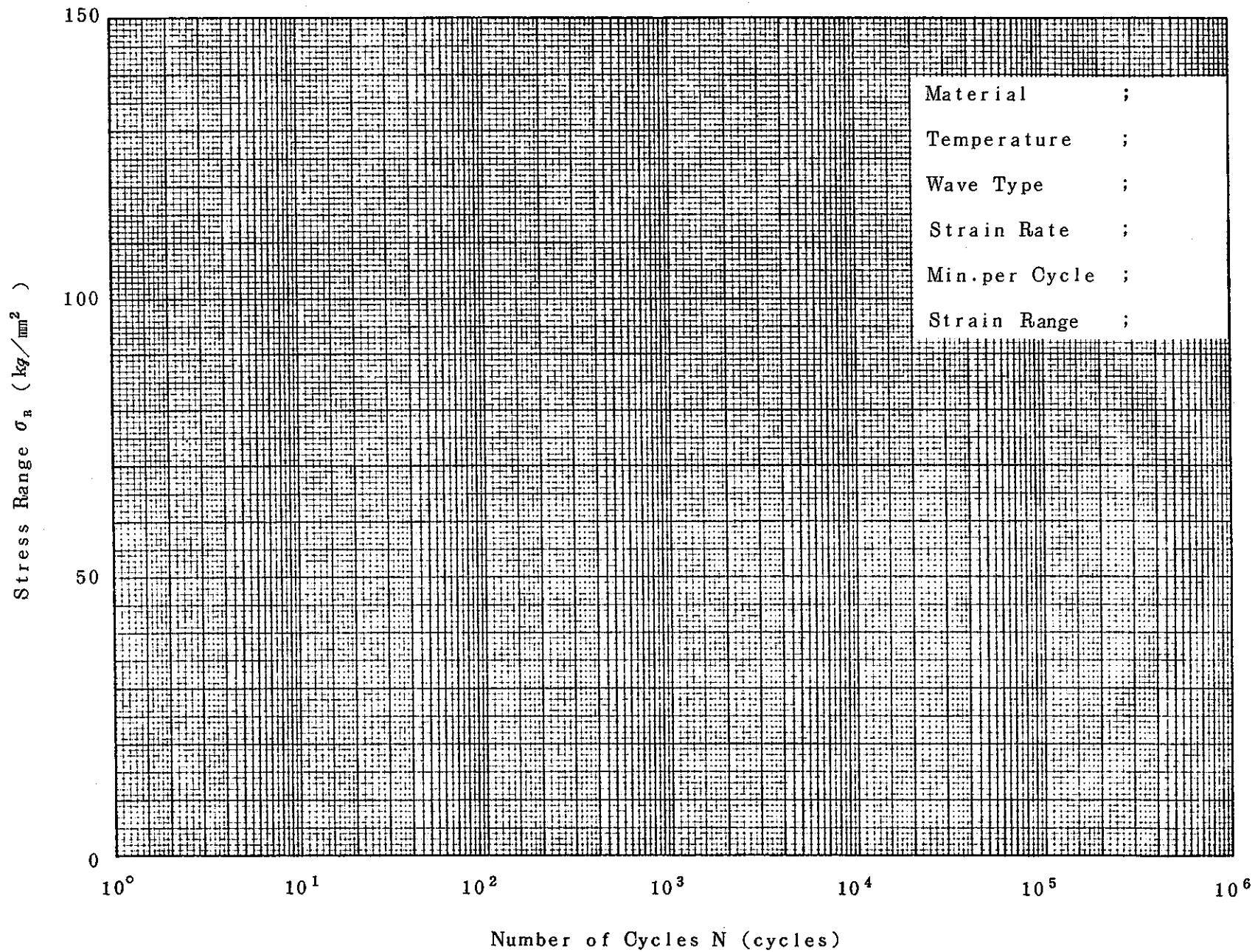


Number of Cycles to Failure N_f (cycles)

H-1 全ひずみ範囲と破損繰返し数の関係

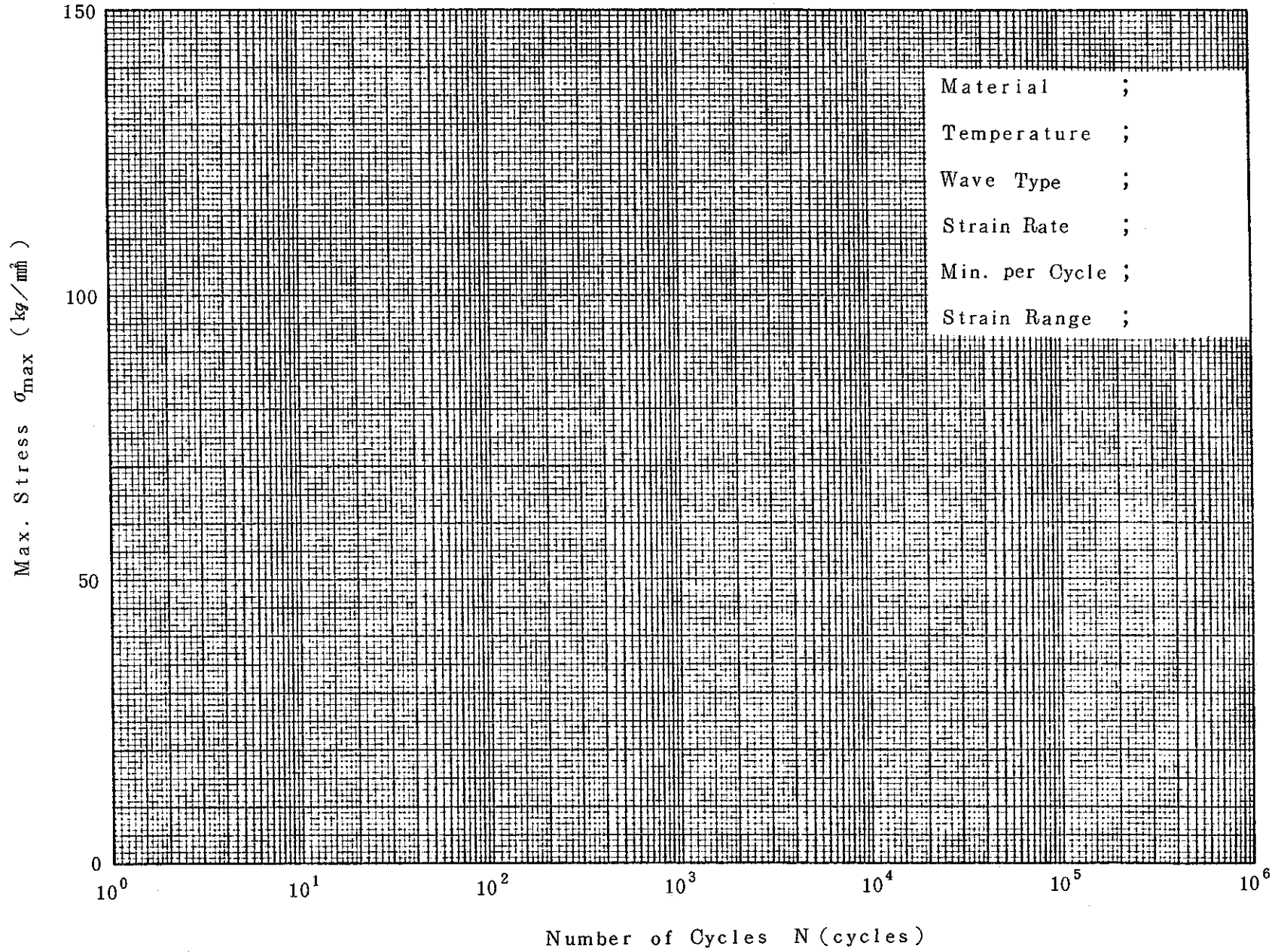


H-2 塑性ひずみ範囲と破損繰返し数の関係



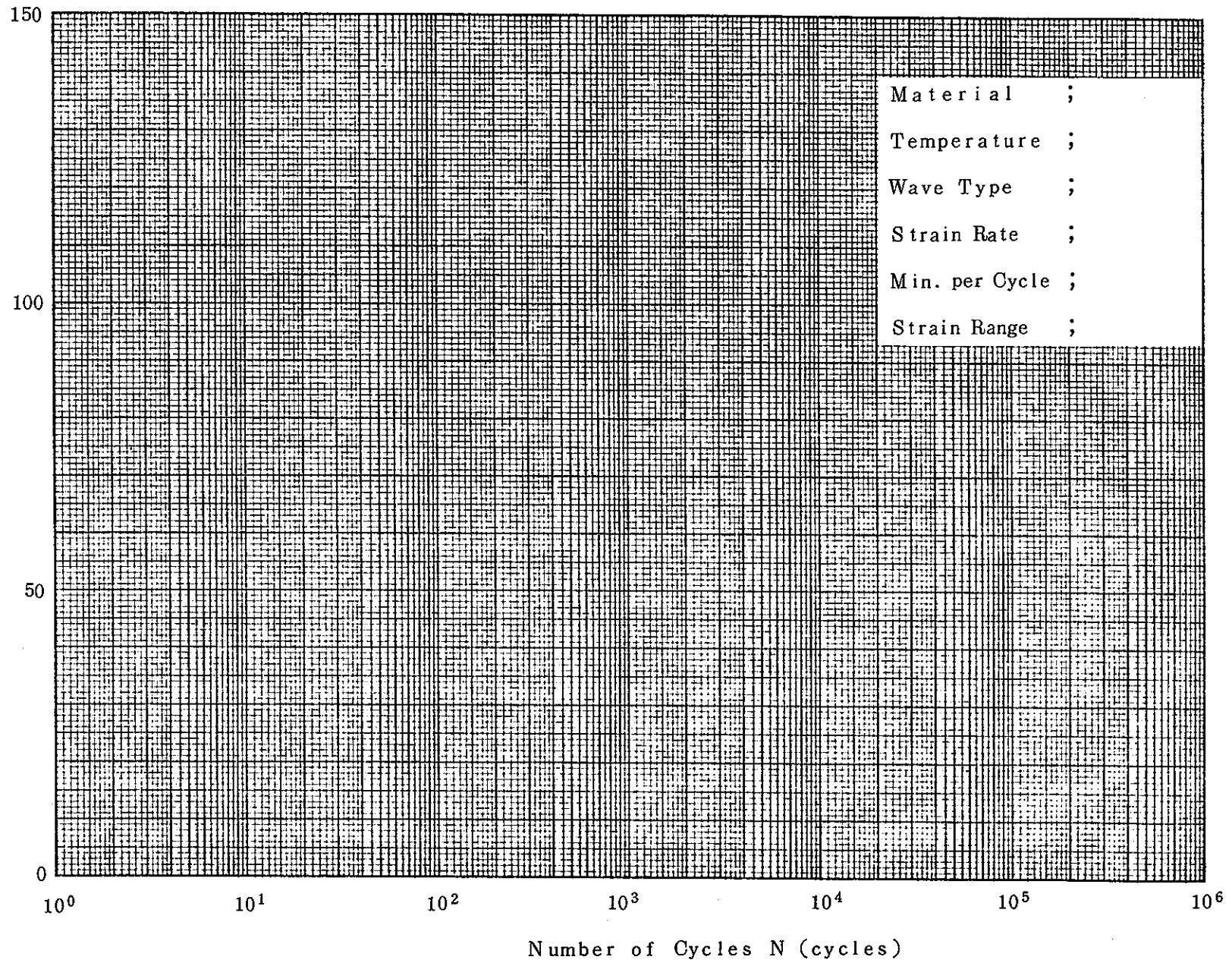
Number of Cycles N (cycles)
H - 3 繰返しに伴う応力範囲の変化

—LL—

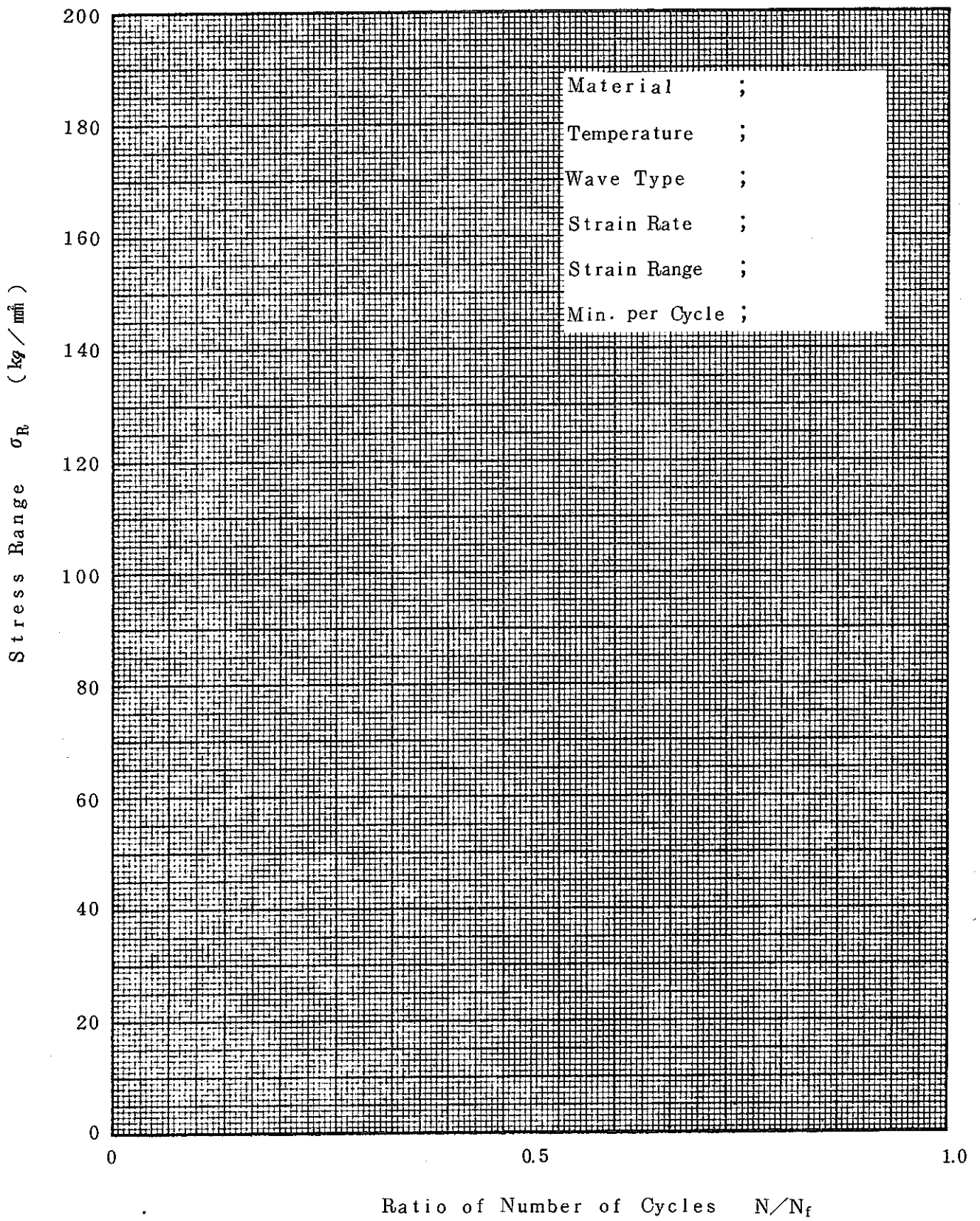


H-4 繰返しに伴う最大応力の変化

Max. Stress after Relaxation σ'_{max} (kg/mm²)

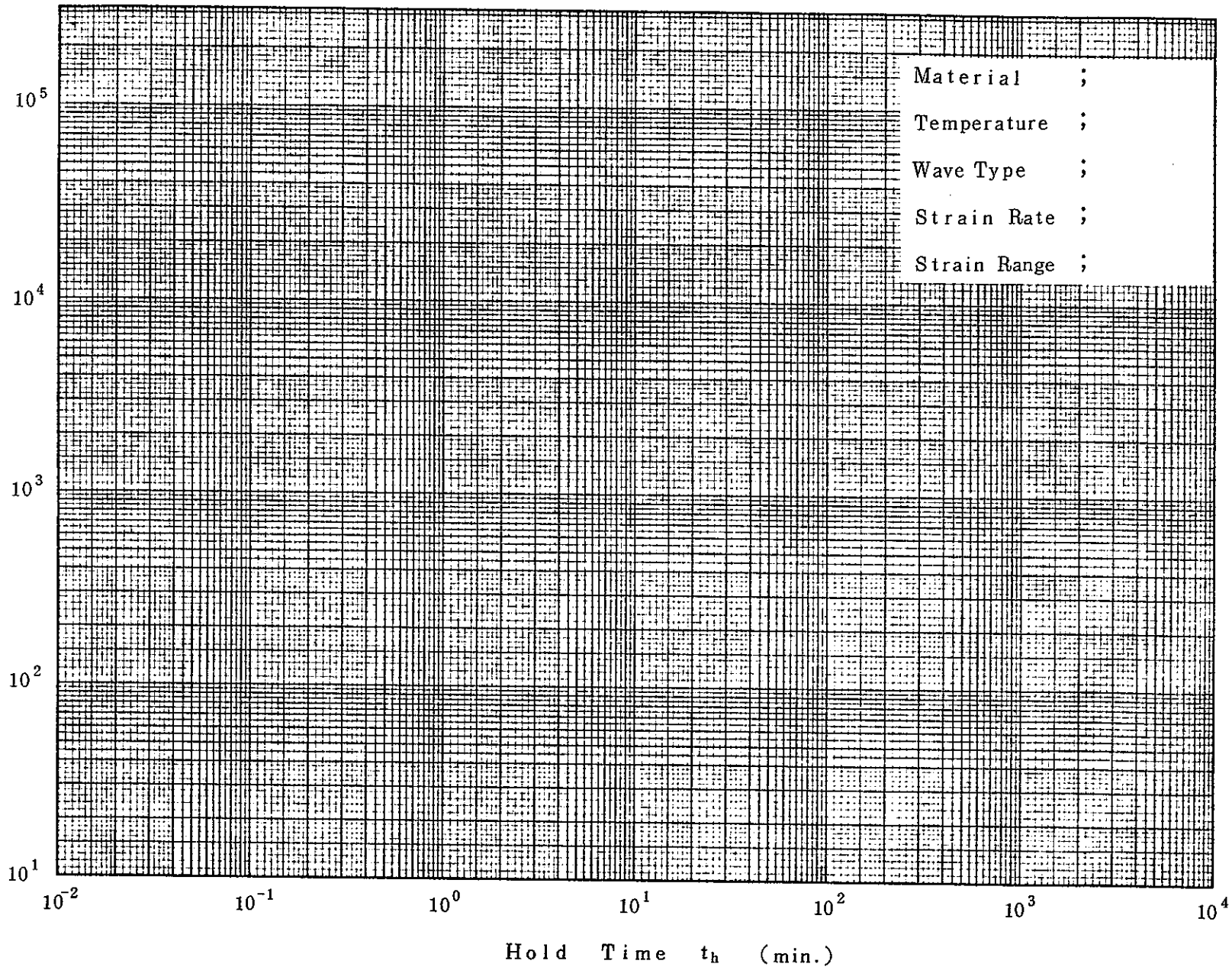


H-5 繰返しに伴う緩和後の最大応力の変化



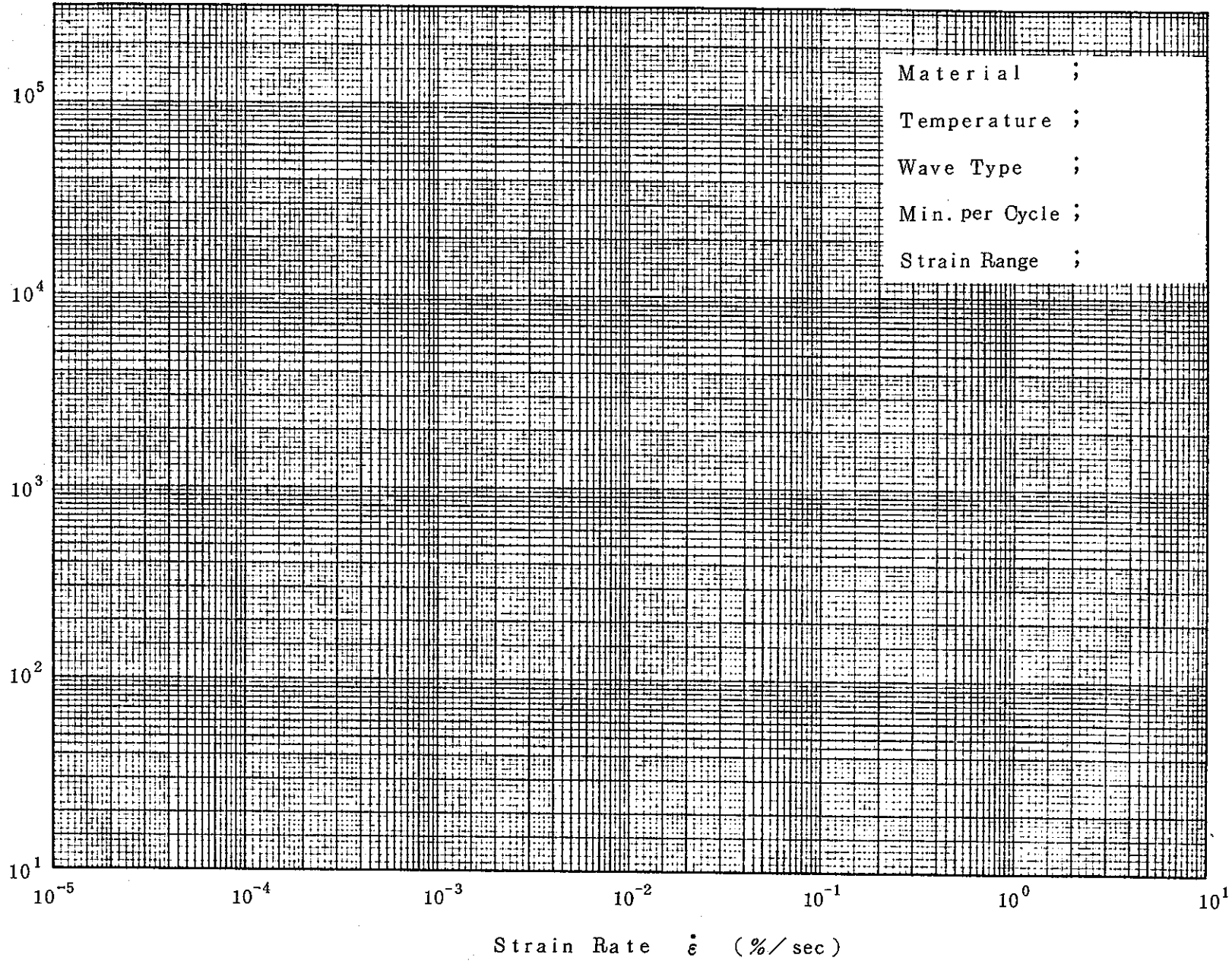
H-6 繰返し数比と応力範囲の関係

Number of Cycles to Failure N_f (cycles)

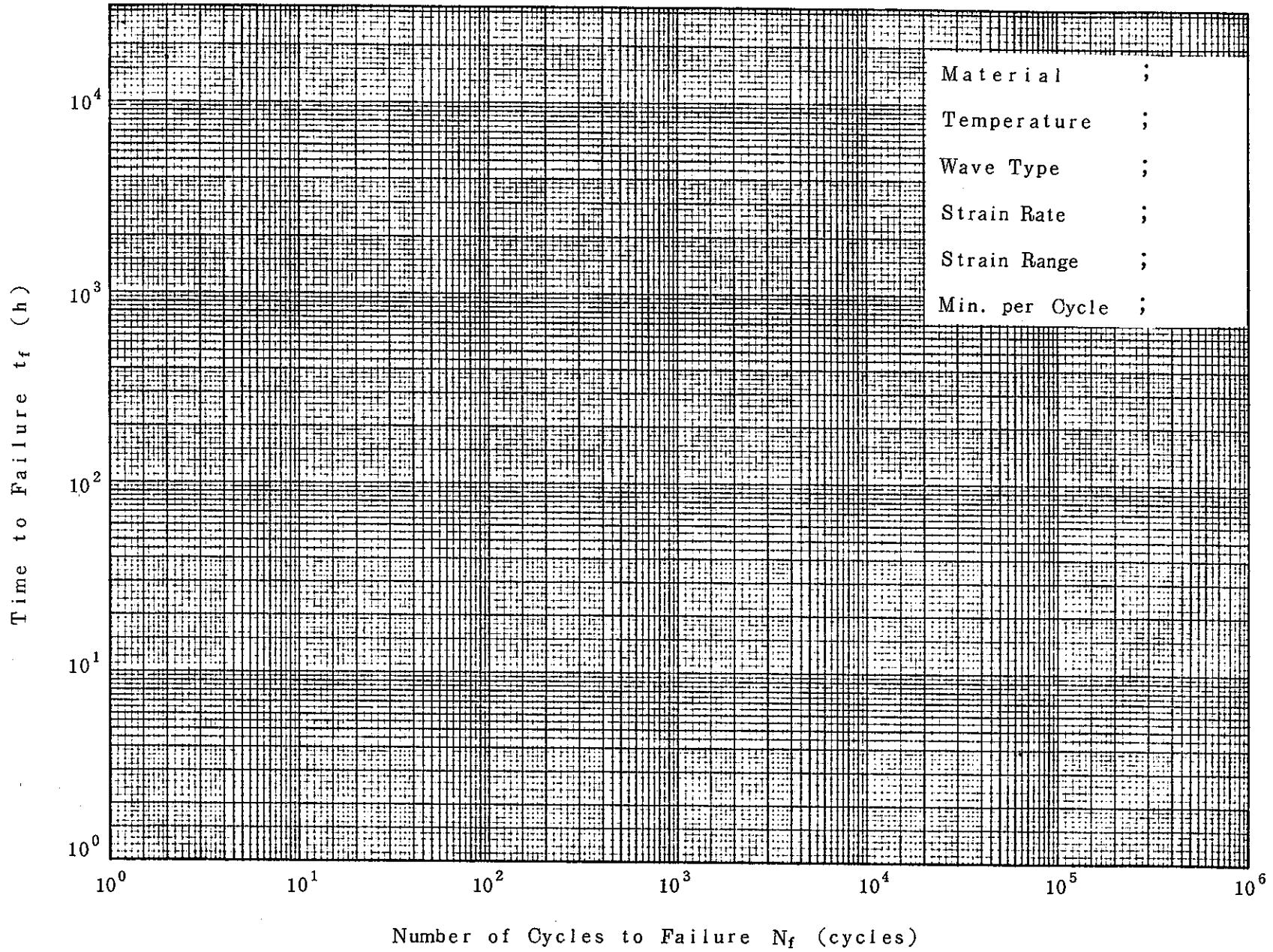


H-7 疲れ寿命におよぼす保持時間の影響

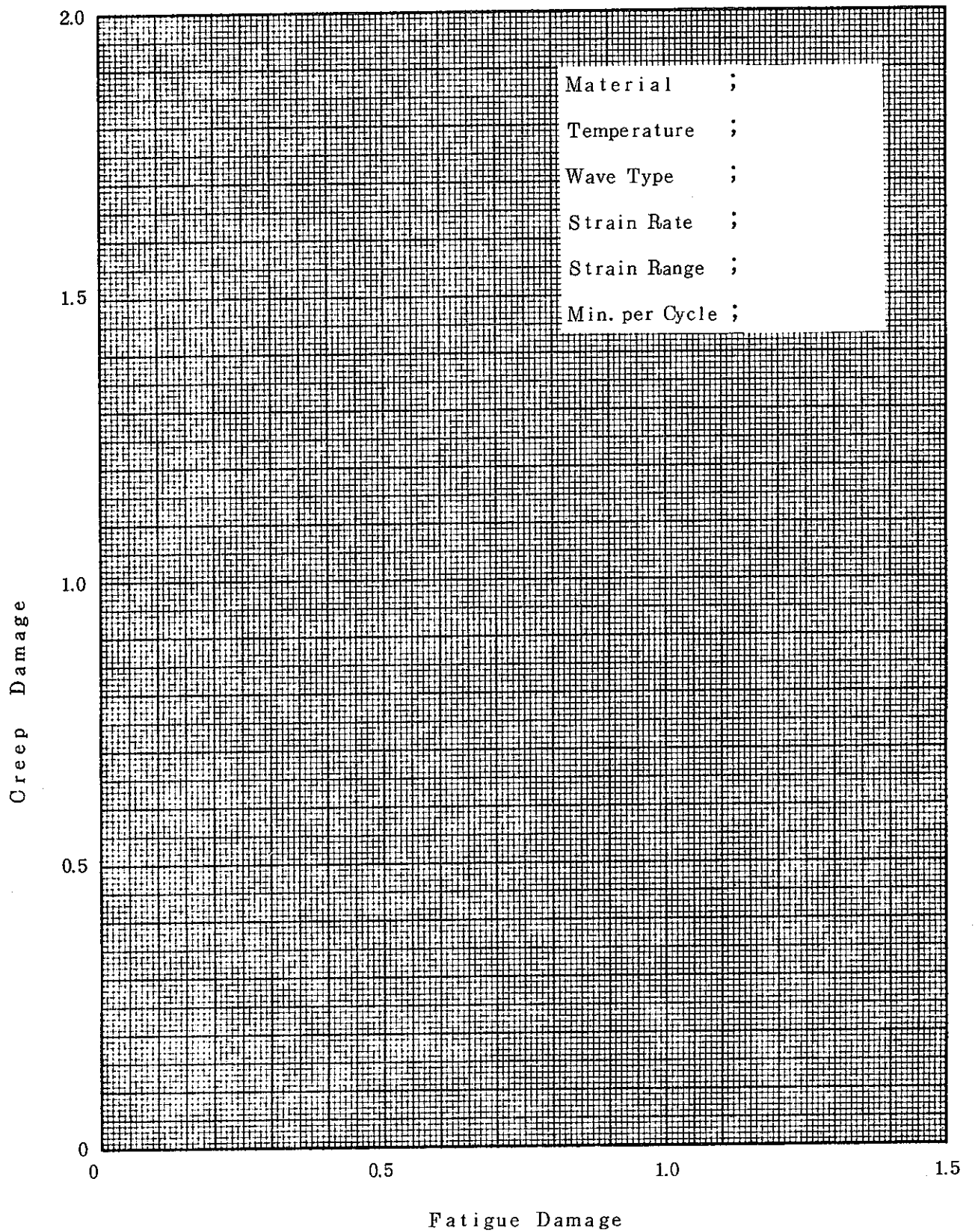
Number of Cycles to Failure N_f (cycles)



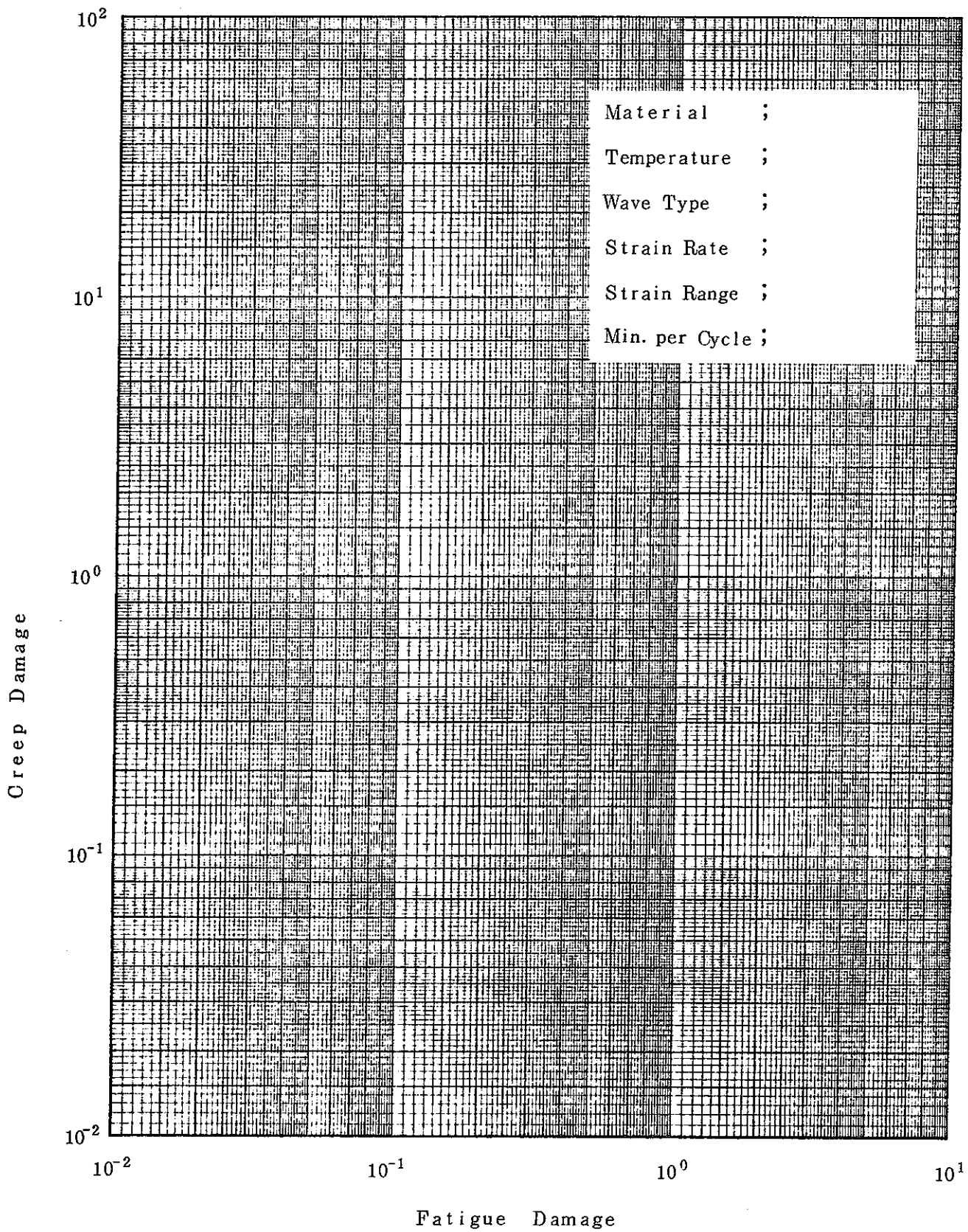
H-8 疲れ寿命におよぼすひずみ速度の影響



H-9 破損繰返し数と破損時間の関係



H-10 クリープと疲れの相互作用(1)



H-11 クリープと疲れの相互作用 (2)

7. 内圧クリープ試験（含 内圧クリープ破断試験）

7.1 適用範囲

本章の規定は、F B R金属材料の内圧クリープ試験および内圧クリープ破断試験に適用するものである。

7.2 用語の説明

4.2項のクリープ試験およびクリープ破断試験に関する用語の説明に準ずるものとする（表4.1参照）。ただし、伸び、ひずみは試験片の周方向で測定するものとし、周方向応力を図7.1に示すように、内圧を平均径式を用いて周方向応力に換算した値とする。

7.3 試験片

試験片は、原則として実用対象機材と同一径のものを用い、外径の10～20倍以上の長さを標準とする。図7.2に内圧クリープ試験片の一例を示す。試験片の両端は原則として溶接による接続とし、金属ワイヤの巻き付等により溶接部からの破断を避ける構造とする。又、中子等の挿入により破断時の衝撃を緩和するものとする。

7.4 試験装置

本試験装置は、内圧負荷装置、加熱装置、クリープ伸び測定装置、内圧測定装置、温度測定装置より構成され、これらの各装置の仕様は引張荷重を内圧荷重とみなして、J I S Z 2271-1968 およびJ I S Z 2272-1968 の規定に適合するものでなければならない。

7.5 試験方法

内圧の負荷方法は4.5項の手順に従うものとする。

試験片の周方向のひずみは、原則として試験片平行部の3カ所以上の外径の変化を連続的に測定し、その平均値より求める。

破断周方向ひずみは、破断時の外径の変化より求めるが、局部的に著しいひずみが生

じた場合はその部分を除くものとする。

7.6 報告書 データシートおよび標準グラフの作成

本試験結果は、2.2項に述べたように、その研究目的に応じて十分評価・検討が行なわれ、報告書にとりまとめられなければならない。また、本試験結果はデータシート I に記入され、さらに、クリープおよびクリープ破断試験用標準グラフ (F-1~F-7) に整理・記入されるものとする。

なお、応力、ひずみに記入する数値については、特に指定のないかぎり、一般に公称値を採用するものとする。

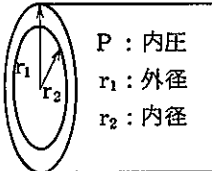
$$\text{周方向応力} (\sigma) = \frac{P}{2(r_1 - r_2)} \cdot \frac{r_1 + r_2}{2}$$


図 7.1 周方向応力の求めかた

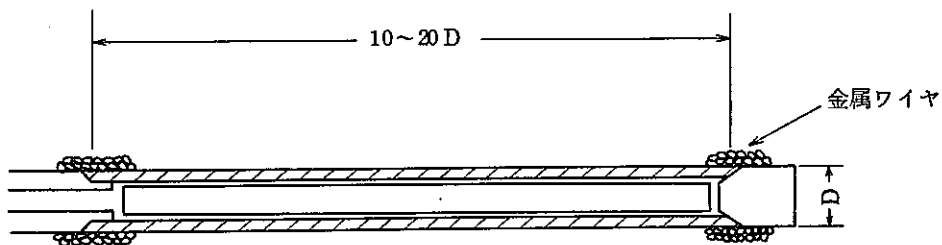


図 7.2 内圧クリープ試験片の一例

FBR 金属材料試験データシート

FBR Metallic Materials Test Data Sheet

No. _____

内圧クリープ試験成績 Internal Pressure Creep Properties		データシート番号 Data Sheet No.	I			記入責任者名 Prepared by
		記入年月日 Date of Issue	年 Year	月 Month	日 Day	所属会社名 Affiliation
試験材料 Material	試験片番号 Specimen No.	試験雰囲気 Test Environment	<input type="checkbox"/> In Air <input type="checkbox"/> In N ₂ <input type="checkbox"/> In Stagnant Na <input type="checkbox"/> In He <input type="checkbox"/> In Flowing Na <input type="checkbox"/> In Vacuum <input type="checkbox"/> In Ar <input type="checkbox"/> Others ()			試験場所 (識別記号) Test Laboratory (Identification Label)
	Material Name: () <input type="checkbox"/> Base Metal <input type="checkbox"/> Weld Joint <input type="checkbox"/> Depo Metal <input type="checkbox"/> Tube () <input type="checkbox"/> HAZ		<input type="checkbox"/> Out Side <input checked="" type="checkbox"/> In Side			
試験結果 Test Results	試験機番号 Test Machine No.					
	試験温度 (°C) Test Temperature					
	試験圧力 (kg/cm ²) Internal Pressure					
	初期平均径周方向応力 (kg/mm ²) Initial Ave. Dia. Circumferential Stress					
	負荷完了までの時間 (min) Loading Time					
	負荷完了時間方向ひずみ (%) Circumferential Strain on Load					
	一次クリープ周方向ひずみ (%) Circumferential Primary Creep Strain					
	二次クリープ周方向ひずみ (%) Circumferential Secondary Creep Strain					
	三次クリープ開始周方向ひずみ (%) Circumferential Tertiary Creep Strain					
	二次クリープ開始時間 (h) Time to Secondary Creep					
三次クリープ開始時間 (h) Time to Tertiary Creep						
定常クリープ速度(径方向) (%/h) Steady (Secondary) Creep Rate						
破断時間 (h) Rupture Time						
破断周方向ひずみ (%) Circumferential Rupture Strain						
破断位置 (JIS Z 2241) Rupture Location	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> C
試験中断の有無 Test Interruption	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No	<input type="checkbox"/> Yes <input type="checkbox"/> No
規定周方向クリープひずみに到達時間 (h) Time to Specified Circumferential Creep Strain (h)	0.1 %					
	0.2 %					
	0.3 %					
	0.4 %					
	0.5 %					
	0.7 %					
	1.0 %					
	1.5 %					
	2.0 %					
	3.0 %					
5.0 %						
10.0 %						
20.0 %						
() %						
() %						
最終クリープひずみ () % Final Creep Strain						
材料データシート番号 Material Data Sheet No.	B	溶接データシート番号 Welding Data Sheet No.	C	試験片データシート番号 Test Specimens Data Sheet No.	D	
備考 Remarks	(参考文献 References) (1) FBR 金属材料試験実施要領書 (1977) FBR Metallic Materials Test Manual (1977)					
マスターシート番号 Master Sheet No.	A					

構造材料グループ・プラントメーカー連絡会

(略称 KOM連絡会)

メンバー

三 木 良 平 (動 燃 事 業 団)
厚 母 栄 夫 (動 燃 事 業 団)
羽 田 幹 夫 (東 芝)
松 本 圭 司 (石 川 島 播 磨)
飯 井 敏 夫 (三 菱 重 工)
柴 藤 英 造 (日 立 製 作 所)
佐々木 武 (バブコック日立)
吉 利 昭 治 (川 崎 重 工)
仲 西 恒 雄 (富 士 電 機)

F B R 金属材料試験実施要領書作成ワーキンググループ

(略称 KOM-WG)

メンバー

加 納 巖 (動 燃 事 業 団)
太 田 芳 雄 (動 燃 事 業 団)
岩 田 耕 司 (動 燃 事 業 団)
江 端 誠 (動 燃 事 業 団)
舟 田 敏 雄 (動 燃 事 業 団)
木 村 征 二 (バブコック日立)
服 部 常 一 (石 川 島 播 磨)
仲 西 恒 雄 (富 士 電 機)
青 田 利 一 (川 崎 重 工)
佐 近 淑 郎 (三 菱 重 工)
村 林 穎 樹 (東 芝)
祐 川 正 之 (日 立 製 作 所)