



# 発電用原子力設備規格 材料規格（2020年版） JSME S NJ1-2020

技術評価に関する検討チーム会合における  
日本機械学会への説明依頼事項に対する回答

2023年4月10日

(一社)日本機械学会 発電用設備規格委員会  
原子力専門委員会 材料分科会

## 2. 材料規格

- (1) 他規格等の材料を取り込む際の考え方
- (2) 「Part2 第1章 表1 使用する材料の規格」の見直し
- (3) 材料の許容引張応力(S値)の見直し
- (4) ASME相当材と同定した材料
- (5) JIS番号の異なる材料値の適用
- (6) 「JIS G 3136 建築構造用圧延鋼材」の材料規格への取り入れ
- (7) オーステナイト系ステンレス鋼もしくは高ニッケル合金のSm値及びS値に対するひずみ制限

## 2. (1) 他規格等の材料を取り込む際の考え方

(a) 材料規格は、ASME Sec. II<sup>9</sup>、JIS B8267「圧力容器の設計」を取り込んだ、JIS圧力容器規格 (Design by Rule) の考え方に基づいて設計係数を見直ししなかった等の説明がありました。<sup>10</sup>どのような考え方で他の規格等を取り込んでいるのか、フローチャートで示して下さい。

9: Materials

10: 第1回設計・建設、材料及び溶接に係る日本機械学会の規格の技術評価に関する検討チーム 資料1-3-2 p2等

## 2. (1) 他規格等の材料を取り込む際の考え方

### 【新規材料を取り込む動機】

- 例えばSS400に対しては溶接を行う場合に化学成分に関する特別要求を課しているが、**特別要求を課す必要がない材料**を使えるようにしたい。
- 「原子力発電用規格材料」は特別注文品となるため、**同等のJIS材料**を使えるようにしたい。
- **マーケットニーズに合った材料**を使えるようにしたい。

なお、JIS圧力容器規格からの取込みは行っていない。

### 【許容値等を見直す動機】

- **設定根拠**を明確にするとともに**国際規格とのハーモナイズ**を図りたい。

## 2. (1) 他規格等の材料を取り込む際の考え方

### 【新規材料の取込み】

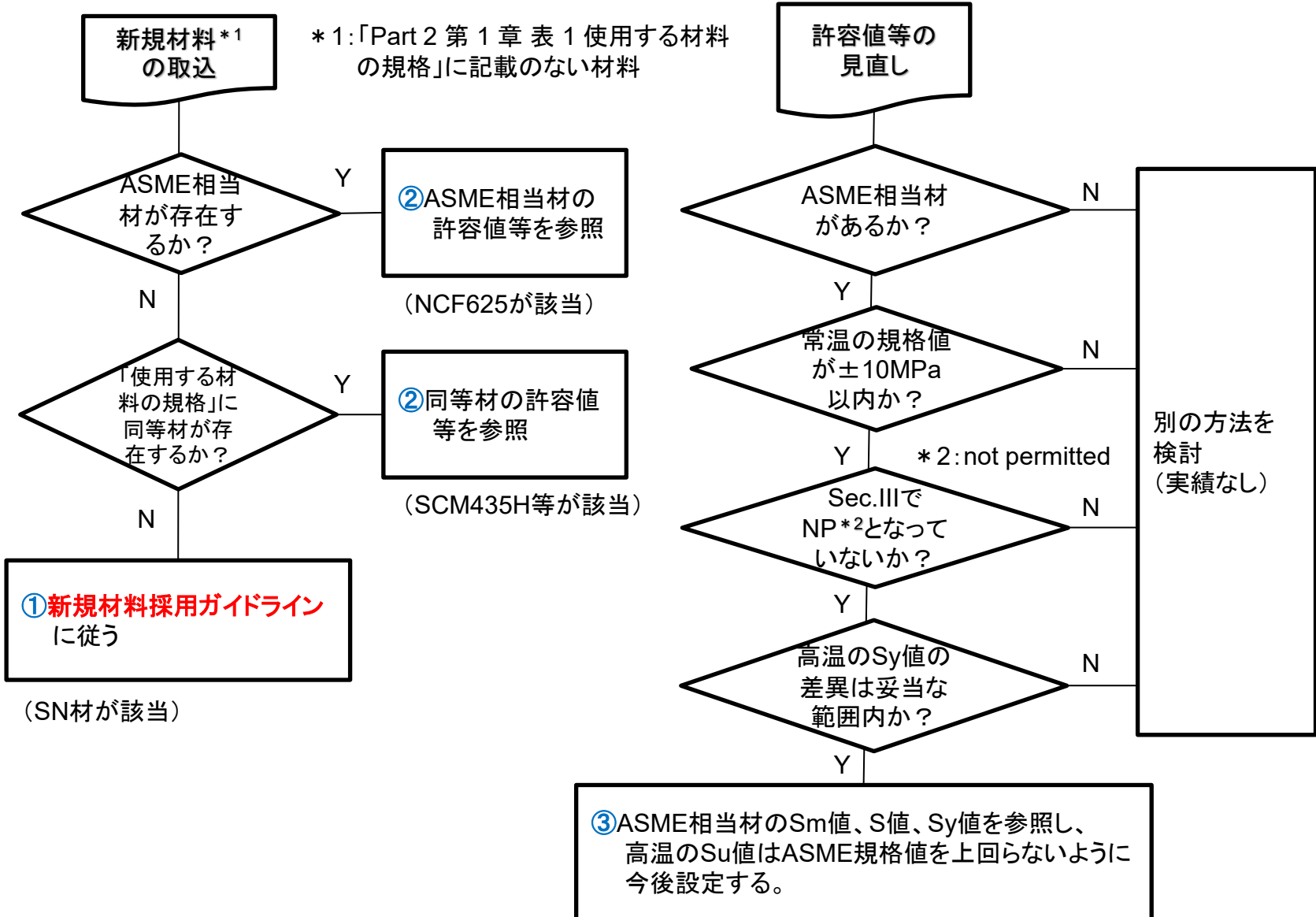
- ① 「新規材料採用ガイドライン」に基づき新規材料を取り込む場合
- ② 相当材(又は同等材)の関係より新規材料を取り込む場合

### 【許容値等の見直し】

- ③ 相当材の関係よりASME規格と整合を図る観点から見直しを行う場合

上記それぞれの場合について考え方を次頁にフローチャートとして示す。

# 2.(1) 他規格等の材料を取り込む際の考え方



## 2.(1) 他規格等の材料を取り込む際の考え方

### 新規材料採用ガイドラインについて

Part 2「材料仕様」「1章 機器等の区分と使用する材料の規格」の規定の抜粋

Part 2 第1章 表1「使用する材料の規格」に規定されていない新たな材料について本規格に登録を希望する場合には、添付1「新規材料採用ガイドライン」に従いデータを整備し、日本機械学会発電用設備規格委員会へ提案することができる。

## 2.(1) 他規格等の材料を取り込む際の考え方

### 添付1. 新規材料採用ガイドライン

#### 1. 一般事項

本規格に規定されていない新たな材料(以下、「新規材料」という)を本規格へ登録することを希望する者は、本ガイドラインに沿って、日本機械学会発電用設備規格委員会(以下、「規格委員会」という)での審議に必要な資料を提出すること。なお、資料は日本語、SI単位系で作成すること。

新規材料は、JIS等の国内規格あるいは海外規格に規定されているか、又は、これらの規格に申請中あるいは申請予定であることが望ましい。

なお、JIS等へ申請中であり、その承認に先立って使用開始の必要がある場合にあっては、JIS Z 8301「規格票の様式及び作成方法」に則り、2.項「提出資料」に従い、新規材料に関する資料を準備し、これを提出すること。

国内規格とは、JIS規格、日本機械学会発電用設備規格である。

海外規格とは、American Society for Testing and Materials (ASTM)、American Society of Mechanical Engineers (ASME)、American Petroleum Institute (API)、Canadian Standards Association (CSA)、European Committee for Standardization (CEN)等の定める規格である。

提案は、新規材料を発電用原子力設備の機器等に適用することを希望する者が行うこと。

提案者は2.項「提出資料」に示す内容の情報を含む資料を提出すること。国内規格若しくは海外規格に材料仕様とともに高温の設計強度が定められている材料を提案する場合は、2.1項によらず2.2項によってもよい。



## 2.(2) 「Part2第1章 表1 使用する材料の規格」の見直し



上位の機器等の区分で使用可としている材料は、下位の機器等の区分においても使用を可とした理由として、①「従来からクラス3配管への使用を認めていることに合わせてクラス4配管で使用可能とした。」、②「JSME-N7(1種、2種)及びJSME-N8(1種)については、相当するASME材との整合により、クラス1配管への使用を可とし、上位クラス機器に準拠して、クラス2、3、4配管への使用も可とした。」、③「設計・建設規格で、下位クラス配管の材料に上位クラスの配管の材料を適用してよいことが規定されている。」との説明がありました。

## 2.(2)「Part2第1章 表1 使用する材料の規格」の見直し



(a) 上記②について、どのような技術的根拠に基づいて使用を可としたのか示して下さい。

追而

## 2.(2)「Part2第1章 表1 使用する材料の規格」の見直し



(b) 上記②以外の材料についても、どのような技術的根拠に基づいて使用を可としたのか示して下さい。

追而

## 2. (3) 材料の許容引張応力(S値)の見直し

(a) JIS G 3203「高温圧力容器用合金鋼鍛鋼品」のSFVAF2については、クラス1機器(クラス1容器を除く)に使用できると規定されましたが、Su値及びSm値が規定されていません。その理由を説明して下さい。今後設定される予定であるかも説明して下さい。なお、STBA22、SCMV1-2及びNCF750は、Sm値、S値、Sy値及びSu値がいずれも設定されています。また、同じJIS G 3203のSFVA2を除くSFVA1～SFVA5Bもクラス1機器に使用できるとしていますが、Sm値が規定されていません。さらに、同様にクラス1機器に使用できるとしているJIS G 4109のSCMV-1の常温最小引張強さが480MPaのSm値が規定されていません。

## 2. (3) 材料の許容引張応力(S値)の見直し

### 設計・建設規格における強度設計

- ◆ 解析による設計 (Design by Analysis) : **Sm値**を使用
    - ・ 解析モデルから算出される応力に基づく応力強さを評価
    - ・ 対象はクラス1機器、クラスMC容器(一部)、炉心支持構造物
  - ◆ 公式による設計 (Design by Rule) : **S値**を使用
    - ・ 材料力学の公式ベースで必要厚さを評価
    - ・ 対象は上記以外の機器
- クラス1機器・支持構造物の設計においてSm値、Sy値及びSu値を使用しない**設計の例外**について次ページ以降に示す。

## 2. (3) 材料の許容引張応力(S値)の見直し

### JSME設計・建設規格(2020年版)におけるクラス1機器の設計(管)

#### PPB-3413 平板

管の平板の厚さは、式 PPB-1.3 によって計算した値以上でなければならない。

$$t = d \sqrt{\frac{KP}{S}} \quad (\text{PPB-1.3})$$

$t$ : 平板の計算上必要な厚さ (mm)

$d$ : 表 PPB-3413-1 の左欄に掲げる平板の取付け方法に応じ、それぞれ同欄の図に示す平板の径又は最小内のり (mm)

$K$ : 平板の取付け方法による係数で、表 PPB-3413-1 の左欄に掲げる取付け方法に応じ、それぞれ同表の右欄に掲げる値

$S$ : 最高使用温度における材料規格 Part 3 第 1 章 表 3 に規定する材料の許容引張応力 (MPa)

$P$ : 最高使用圧力 (MPa)

## 2. (3) 材料の許容引張応力(S値)の見直し

### JSME設計・建設規格(2020年版)におけるクラス1機器の設計(ポンプ)

#### PMB-3300 ケーシングの構造強度

#### PMB-3310 ケーシングの厚さの規定

耐圧部分等のうちケーシングに関するもの(吸込口部分及び吐出口部分を除く)の厚さは、式 PMB-1 によって計算した値以上でなければならない。

$$t = \frac{PA}{2S} \quad (\text{PMB-1})$$

$t$  : ケーシングの計算上必要な厚さ (mm)

$P$  : 最高使用圧力 (MPa)

$A$  : 図 PMB-3310-1 から図 PMB-3310-3 までに示す寸法 (mm)

$S$  : 最高使用温度における材料規格 Part3 第1章 表3に規定する材料の許容引張応力 (MPa)

## 2. (3) 材料の許容引張応力(S値)の見直し

### JSME設計・建設規格(2020年版)におけるクラス1機器の設計(弁)

#### VVB-3220 管台

耐圧部分等のうち管台の厚さは、次の計算式により計算した値以上でなければならない。

$$t = \frac{PD_0}{2S\eta + 0.8P} \quad (\text{VVB-3})$$

$t$  : 管台の計算上必要な厚さ (mm)

$D_0$  : 管台の外径 (mm)

$S$  : 最高使用温度における材料規格 Part 3 第 1 章 表 3 に規定する材料の許容引張応力 (MPa)

$P$  : VVB-3210 に定めるところによる (MPa)



## 2. (3) 材料の許容引張応力(S値)の見直し

### JSME設計・建設規格(2020年版)におけるクラス1支持構造物の設計

SSB-3350	ハンガーロッド又はばねを用いる支持構造物	20
SSB-3351	ハンガーロッド ハンガーロッドの径は、外径が 50 mm 未満の管を支持する場合は 10 mm 以上、外径が 50 mm 以上の管を支持する場合は、12 mm 以上でなければならない。	20
SSB-3352	ばねを用いる支持構造物 ばねを用いる支持構造物は、ばねが破損した場合に支持構造物の支持能力が完全に失われる構造であってはならない。	20

## 2. (3) 材料の許容引張応力(S値)の見直し

クラス1機器・支持構造物の設計の例外と材料規格との関係について「解説」することを今後の規格改定の中で検討していく。

## 2.(4) ASME相当材と同定した材料

(a) ASME相当材の同定方法に関する「図 ASME規格相当材同定フロー(2012年版制定時)」について、以下の点を説明して下さい。

1) 「常温の $S_u$ ,  $S_y$ の差異が10MPa」となるかどうかで選定した理由。

10 MPaは工学単位系では、 $1.0197 \text{ kgf/mm}^2$ 程度となり、同等と判断することとしている。

## 2.(4) ASME相当材と同定した材料

2)「高温の $S_y$ の差異が10MPaを超えたものについては、その差異の妥当性について、「高温の $S_y$ や $S_u$ のトレンドカーブ、値の保守性等確認して専門家による合意の上でASME規格相当材と同定した。との協議のうえ同定した」とあるが、「保守性等」には何が含まれるのか。

高温の $S_y$ 値の差異が10MPaを超えたものについて相当材か否か評価した観点を以下に示す。

- ◆ 10MPaを超える温度範囲を確認
- ◆ 差分の最大割合(%)を確認

### 【判断根拠とした内容】

- 付録材料図表の値がASME規格値を上回っている。
- 試験データがASME規格値を上回っている。
- 化学成分、製造方法が同種の材料の $S_y$ 値をグラフ化し傾向を比較。
- 付録材料図表の $S_y$ 値及び $S_u$ 値とASME規格の $S_y$ 値及び $S_u$ 値をグラフ化し傾向を比較。

((解説-0-2)2011年版の改訂内容 参照)

## 2.(4) ASME相当材と同定した材料

### 3) どのような材料が上記2)に該当したか。

JIS 規格番号	記号	10MPa を超える 温度範囲	差分の最大 割合(%)	判断根拠	評価結果
G 3119	SBV1B	300°C~375°C	+5.7%	付録材料図 表の値が上 回っている。	相当材
	SBV2				
	SBV3				
G 3120	SQV1A	300°C~375°C	+5.7%		
	SQV2A				
	SQV3A				
	SQV1B				
	SQV2B	250°C~375°C	+5.9%		
	SQV3B				
G 3203	SFVAF12	350°C~375°C	-7.9%		
	SFVAF22B	40°C~375°C	-12.4%		
G 3204	SFVQ1A	300°C~375°C	+5.7%		
G 3462	STBA25	250°C~425°C	-11.0%	同種材と比 較。	
	STBA26				
G 4109	SCMV-1(480)	100°C~375°C	-14.1%	Sy 値及び Su 値のトレ ンドを比較。	
G 4901	NCF600 (550,245)	275°C~425°C	-10.0%		
G 4902					
G 4903	NCF600TP				
G 4904	NCF600TB				

高温のSy値の差異が  
10MPaを超えるもので  
相当材と評価した材料

((解説-0-2)2011年版  
の改訂内容 参照)

## 2.(4) ASME相当材と同定した材料

(b)「JIS B 8267圧力容器の設計」及び「JIS B 8265圧力容器の構造—一般事項」を参考にして「材料規格においてS値の設計係数を4から3.5に見直さなかった材料に関する見解は、JIS圧力容器規格(Design by Rule)の考え方に基づいている。」としていますが、これらの規格は設計圧力が原則30MPa未満の圧力容器の設計についての規定であり、原子力分野への適用は除外しています。これらの規格を参考にする場合、設計圧力が30MPa 未満とする等の適用制限が必要と考えられます。

ここでいう「JIS圧力容器規格(Design by Rule)の考え方」とは何か説明して下さい。

## 2.(4) ASME相当材と同定した材料

### ASME B&PV規格と国内規格(JSME/JIS)の関係について

ASME B&PV規格 Section	国内規格	備考
II. Materials	JSME 材料規格 設計係数: 3、3.5、4	
III. Rules for Construction of Nuclear Facility Components	JSME 設計・建設規格	
V. Nondestructive Examination		
VIII. Rules for Construction of Pressure Vessels Division 1 (Design by Rule)	JIS B 8267 (圧力容器の設計)	非原子力 設計係数3.5
Division 2 — Alternative Rules	JIS B 8266 (圧力容器の構造—特定規格)	非原子力 設計係数3
IX. Welding, Brazing, and Fusing Qualifications	JSME 溶接規格	
XI. Rules for Inservice Inspection of Nuclear Power Plant Components	JSME 維持規格	

## 2.(4) ASME相当材と同定した材料

### ◆JISの压力容器規格体系(資料1-3-2の再掲)

規格番号	適用	設計係数
JIS B 8266 (压力容器の構造—特定規格)	設計圧力100MPa未満で設計温度がクリープ領域未満の压力容器に適用	3
JIS B 8267 (压力容器の設計)	压力容器の設計について規定 設計圧力30MPa以上の場合は高压に対する設計上の考慮を要求	3.5
JIS B 8265 (压力容器の構造—一般事項)	設計圧力30MPa未満の压力容器の構造について規定	4

➤ 上記JISでは原子力関係の压力容器への適用を除外している。

基本的に材料規格ではASME相当材に同定された材料について「Design by Rule」に基づく設計係数を3.5としており、**JIS B8265にのみ記載のある材料に対して設計係数3.5は与えていない。**



## 2. (5) JIS番号の異なる材料値の適用

(a) 「JIS G 4052 焼入性を保証した構造用鋼鋼材(H鋼)」のSCM435H、SCM440H及びSCM445H(いずれもクロムモリブデン鋼)を取り込み、その規格値として、SCM435、SCM440及びSCM445と同じとしたことについて、「質量効果が考慮された一定品質の機械的特性が確保されている。」等の定性的な説明がありました。常温・高温での機械特性を比較して示してください。

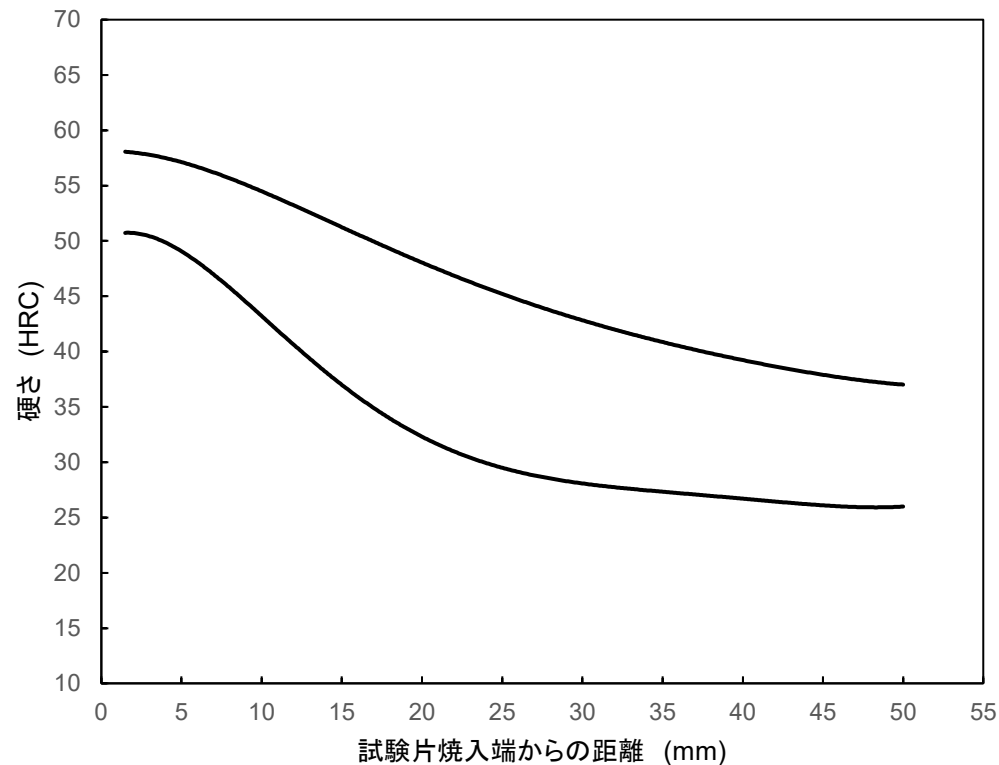
JIS G4052(SCM435H、SCM440H及びSCM445H)とJIS G4053(SCM435、SCM440及びSCM445)を比較すると、JIS G4052には次の**要求が付加**されている。

- **焼入れ性**
- **オーステナイト結晶粒度**

## 2. (5) JIS番号の異なる材料値の適用

### 焼入れ性

- 焼入れ性試験が要求され、試験片焼入端からの距離に対して**硬さ(HRC)の上限と下限が規定**されている。
- 試験方法はJIS G 0561(鋼の焼入れ性試験方法)による。



JIS G 4052より

## 2. (5) JIS番号の異なる材料値の適用

### オーステナイト結晶粒度

- 結晶粒度試験が要求され、熱処理粒度試験によって求めた**平均粒度番号が規定**されている。
- 試験方法はJIS G 0551(鋼－結晶粒度の顕微鏡試験方法)による。

種類の記号	オーステナイト結晶粒度
SCM435H SCM440H SCM445H	熱処理粒度試験によって求めた平均粒度番号 5.0以上

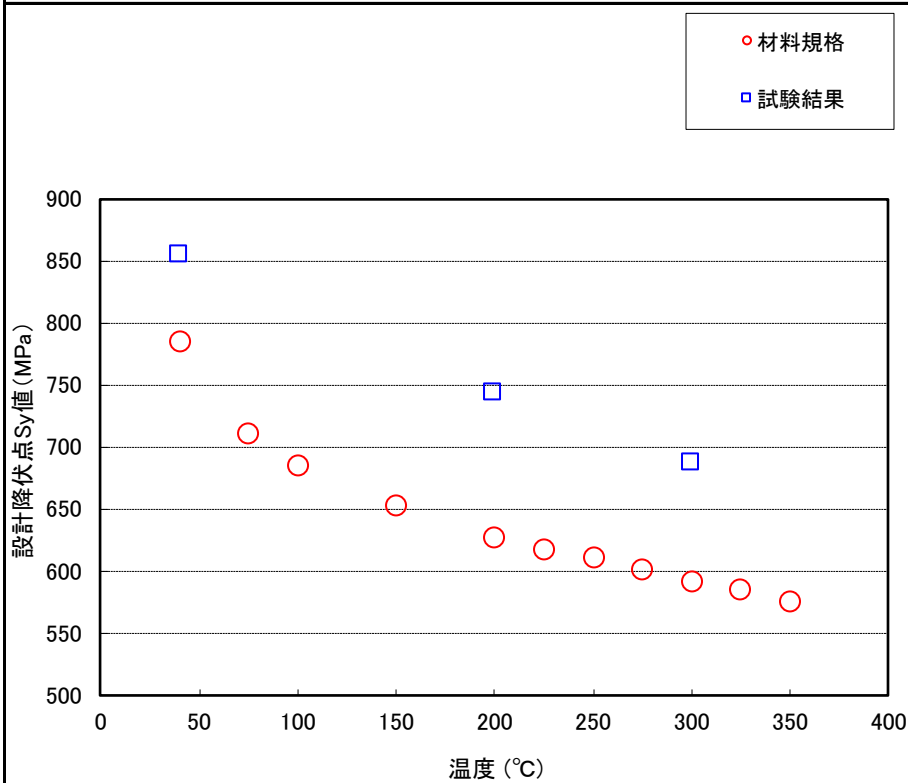
## 2. (5) JIS番号の異なる材料値の適用

- H鋼とH鋼でない材料の高温の $S_y$ 値及び $S_u$ 値のデータは持ち合わせてはいないが、**材料規格では同一の常温最小引張強さ及び常温最小降伏点を要求**しており、化学成分に若干の差異はあるものの焼入れ性の確認と平均粒度番号の規定により、H鋼はH鋼でない材料と同等以上の機械的性質が保証されていると考えている。
- ◆ なお、マーケットニーズはSCM435、SCM440及びSCM445からSCM435H、SCM440H及びSCM445Hへ移っており、実際に市場に流通している材料は、焼入れ性が保証されたH鋼であり、H鋼でないものは注文生産であるとの報告もある。
- ◆ また、H鋼とH鋼でない材料の同等性についてはJSMEに複数の質問が寄せられている。

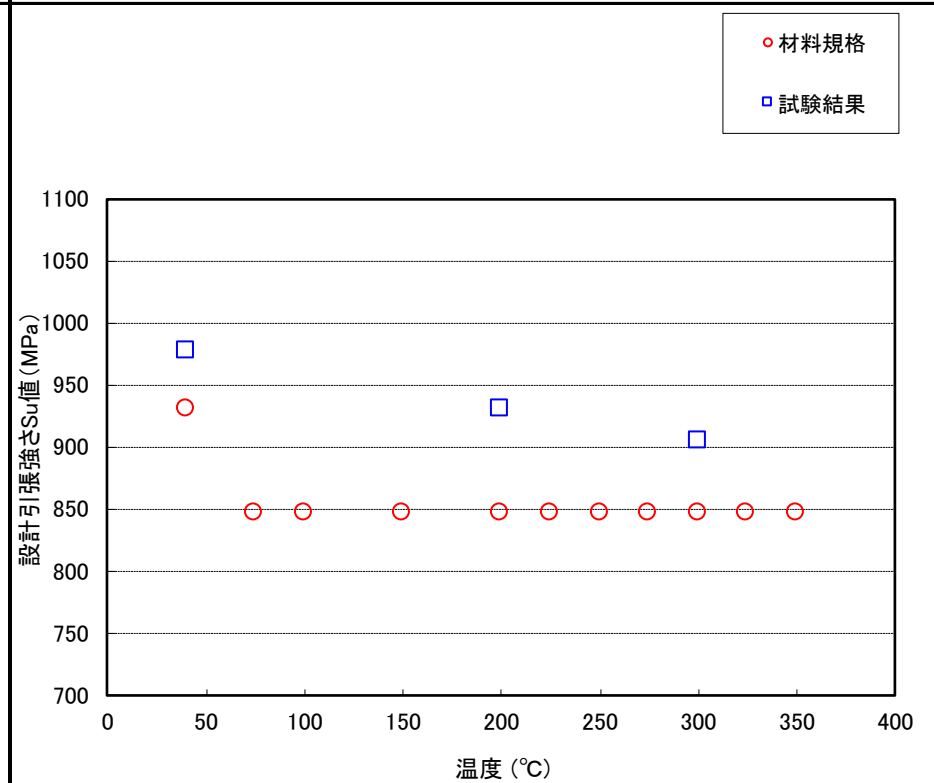
## 2. (5) JIS番号の異なる材料値の適用

試験結果(SCM435)\*は材料規格(SCM435、SCM435H)の規定値を上回っている。  
 (\*: 試験結果はNRIM FATIGUE DATA SHEET No.23より引用)

設計降伏点; Sy値



設計引張強さ; Su値



材料規格(SCM435、SCM435H)の規定値と試験結果(SCM435)

## 2. (5) JIS番号の異なる材料値の適用

(b) 「JIS G 4901耐食耐熱超合金棒」のNCF750(棒材)の高強度材のS値として、「JIS G 4902耐食耐熱超合金, ニッケル及びニッケル合金一板及び帯」のNCF750(板材)の高強度材のS値を参照して設定していることについて、薄板の材料強度に係わる許容値を厚板に適用することを確認した技術的根拠について説明をもとめたところ、適用寸法は異なるが、同一熱処理条件下では耐力及び引張強さはJIS材料規格上同じ値であるとの説明がありました。JIS規格値は常温の機械特性が規定されています。高温での機械特性を比較して示してください。

追而

## 2. (6) 「JIS G 3136 建築構造用圧延鋼材」の材料規格への取り入れ



電力中央研究所報告「高い安全性を有するSN材の高温強度特性の評価」(Q13009)を用いて説明がりましたが、市場では一般的にTMCP<sup>11</sup>材が流通しています。電中研報告はTMCP材とその他の材の結果が示されていますが、許容値に反映されたのはその他の材のものです。TMCP材をその他の材料と同等としてよい理由を説明して下さい。

<sup>11</sup>Thermo Mechanical Control Process (熱加工制御)

許容値策定におけるTMCP材の取扱いを次頁に示す。

TMCP材のデータを含めて許容値を策定すると通常材の許容値が非保守的に設定されることからTMCP材のデータは除いたが、TMCP材の強度は通常材より高いことから、策定された許容値をTMCP材に適用することは全く問題ない。

## 2. (6) 「JIS G 3136 建築構造用圧延鋼材」の材料規格への取り入れ

【引用資料】第1回設計・建設、材料及び溶接に係る日本機械学会の規格の技術評価に関する検討チーム  
配布資料 参考資料1-2

### 3. TMCP 材の取扱い

SN490 では TMCP 材のデータが含まれていたが、TMCP 材と通常材を一括して解析することで、通常材の許容値が非保守的な結果になるため、TMCP 材を除いて評価することとした。

### 5. 考察

#### 5.1 TMCP 材について

参考資料のうち、資料 30-7-1 に示すとおり、SN490C 材(板厚 100mm)の TMCP 材の強度(降伏点、耐力、引張強さ)は通常材に比べて高く、特に 200℃以上の高温域における 0.2%耐力でその傾向が顕著であった。今回の検討では、TMCP 材と通常材を一括して解析して許容値を算出したところ、通常材を非保守的に評価する結果となったため、TMCP 材は解析に含めないこととした。通常材に比べて TMCP 材は高強度であるという特徴を有するが、TMCP 材の材料規格が存在しないため、現時点では、TMCP 材の許容値を設定することができない。今後、TMCP 材の許容値を策定する必要性が出てきた場合には、その方策を検討する必要がある。

なお、考察中の「TMCP材の材料規格が存在しない」とは、JIS規格においてTMCP材独自の機械的性質は規定されていないとの意であり、SN490C材のTMCP材自体はJIS G 3136に適合するものである。



## 2. (7) オーステナイト系ステンレス鋼もしくは高ニッケル合金のSm値及びS値に対するひずみ制限



材料規格2012年版の技術評価書において、「フランジ等の変形が耐漏えい性に影響を及ぼす可能性がある部位に対する応力の制限について、JIS 規格及び ASME 規格等の規定と材料規格の規定に差異が存在している。(中略)今後の材料規格の改訂に際し、これらの規格と整合させることの要否が検討されることを期待する。」としたことへの対応として、日本機械学会は、第1回会合資料1-1-3において「検討を継続しているところではあるが、解説に以下のように記載している。」とし、解説に記載するにとどめています。ASME Sec. IIや「JIS B 8267 圧力容器の設計」においても、ひずみ制限は許容値の設定の要件になっており、材料規格2020年版においても、いくつかの材料については新規に許容値が規定されています。ひずみ制限を規定することについての課題は何か具体的に説明して下さい。

## 2. (7) オーステナイト系ステンレス鋼もしくは高ニッケル合金のSm値及びS値に対するひずみ制限



「オーステナイト系ステンレス鋼、高ニッケル合金の永久ひずみを制限する係数」を設定することは、ASME規格を参照すれば可能であると考えており、特に課題意識を持っている訳ではない。

しかしながら、告示501号の時代から現在まで、この規定がないことによる漏れ等のトラブルが発生したという運転経験はなく、必要性を感じていないことから解説での紹介に留めている。

## 2. (7) オーステナイト系ステンレス鋼もしくは高ニッケル合金のSm値及びS値に対するひずみ制限

### (資料1-1-3の再掲)

(解説-3-1-2) Part 3 第1章 表1 Sm値

2) オーステナイト系ステンレス鋼若しくは高ニッケル合金をフランジ等変形が耐漏えい性に影響を及ぼす可能性のある部位に用いる場合には、以下の規格が設計の参考となる。

- ASME 規格 (TABLE 2A NOTES G7, TABLE 2B NOTES G1)
- JIS B 8266 (2003「圧力容器の構造—特定規格」(6.2.1 設計応力強さ d))

(解説-3-1-3) Part 3 第1章 表3 鉄鋼材料のS値

4) オーステナイト系ステンレス鋼若しくは高ニッケル合金をフランジ等変形が耐漏えい性に影響を及ぼす可能性のある部位に用いる場合には、以下の規格が設計の参考となる。

- ASME 規格 (TABLE 1A NOTES G5, TABLE 1B NOTES G5)
- JIS B 8266 (2003「圧力容器の構造—特定規格」(6.2.1 設計応力強さ d))