



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7月14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)「JIS圧力容器規格 (Design by Rule) の考え方」について説明して下さい。

<質問の背景>

- ASME相当材に同定された材料について設計係数を「JIS B 8267 圧力容器の設計」と同じ3.5とし、「JIS B 8267 圧力容器の設計」に記載のない材料は設計係数を4のまま変更しなかったという意味ですか。
- 「JIS B 8265 圧力容器の構造—一般事項」及び「JIS B 8267 圧力容器の設計」は原子力を除いた設備の許容値を決めている規格です。このような規格の許容値を原子力用の材料規格の許容値設定の根拠として用いてよいのか。

2. (1) 他規格等の材料を取り込む際の考え方

日本の圧力容器規格 (Design by Rule) はASME規格をもとに1963年、「JIS B 8243: 火なし圧力容器」が定められた。

(この間の経緯は省略)

1999年、ASME規格がS値の設計係数を4から3.5に変更。

2000年、「JIS B 8265: 圧力容器の構造 — 一般事項」が制定された。S値は ASME Sec. IIのJIS材に相当するASME材のS値 (設計係数4) を参照して制定された。

2008年、1999年にASME規格がS値の設計係数を4から3.5に変更したことに伴い「JIS B 8267: 圧力容器の設計」が制定された。

JSME材料規格 (2011年版) のS値も上記の流れに沿う形で「設計・建設規格 (2005、2007追補版) の付録材料図表のJIS材及び原子力発電用規格材料に相当するASME材のS値 (設計係数3.5) を参照して制定しており、**JIS B 8267は参照していない。**

2. (1) 他規格等の材料を取り込む際の考え方

(b) どのような国際規格とハーモナイズを図っているのか示して下さい。

< 質問の背景 >

○ 第2回会合まで、国際規格としてはASME Section IIしか説明されていません。

2. (1) 他規格等の材料を取り込む際の考え方

Standard Development Organization (SDO) Convergence Board について

Chair : Seiji Asada (JSME)
Co-Chair : Paul Donavin (ASME)

【経緯】

- 2006年末、国際原子力規制機関からなるMDEP規格・標準比較ワーキンググループ(CSWG)の要請を受けて多国間設計評価プログラム(MDEP)規格比較プロジェクトが開始された。
- CSWGは、様々なSDOに対し、原子力発電所のクラス1機器に関する規格・標準の比較を作成するよう要請した。
- 2012年、“Code Comparison Report for Class 1 Nuclear Power Plant Components” (STP-NU-051-1)が発行された。
- このプロジェクトを通じてSDOは協働の必要性を理解した。
- 2013年2月よりSDO Convergence Boardがスタート

2. (1) 他規格等の材料を取り込む際の考え方

【参加SDO】

AFCEN (France), ASME (U.S.A), CSA (Canada), ISNI (China), JSME (Japan), KEPIC (KOREA), NIKET (Russia), NTD (Czech), WNA CORDEL, R5/R6 (UK)

【チャーター】

- ◆ SDO Convergence Boardは、原子力発電所の規格・標準について、以下の目的を促進する。
 - 個別要求事項の乖離を抑える。
 - 現実的かつ実用的であれば、個々の要求事項の調和を実現する。
- ◆ SDO Convergence Boardは、Working Group on Codes and Standards (WGCS in CNRA (Committee on Nuclear Regulatory Activities) of OECD/NEA), CORDEL及びその他の世界のステークホルダーと協力して、原子力規格の調和と規格発散の最小化につながる活動を特定し、その実施を促進する。

JSMEはASME BPVCコードウィーク毎に開催されるSDO Convergence Boardに参画し、国際規格とのハーモナイズを図っている。

2. (1) 他規格等の材料を取り込む際の考え方

(c) フローチャート⁴にASME相当材と同定するときの観点を加えて、関係が分かるよう整理して下さい。

< 質問の背景 >

○ 許容値の見直しは、フローチャートでは、「高温の S_y 値の差異」の妥当性で判断するとしているが、ASME相当材と同定するときの観点には、「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」とあり、「ASME規格値を上回っている」かを判断根拠とした等の記載があります。

⁴ 第2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2-2 5ページ

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】(第2回検討チーム資料の再掲)

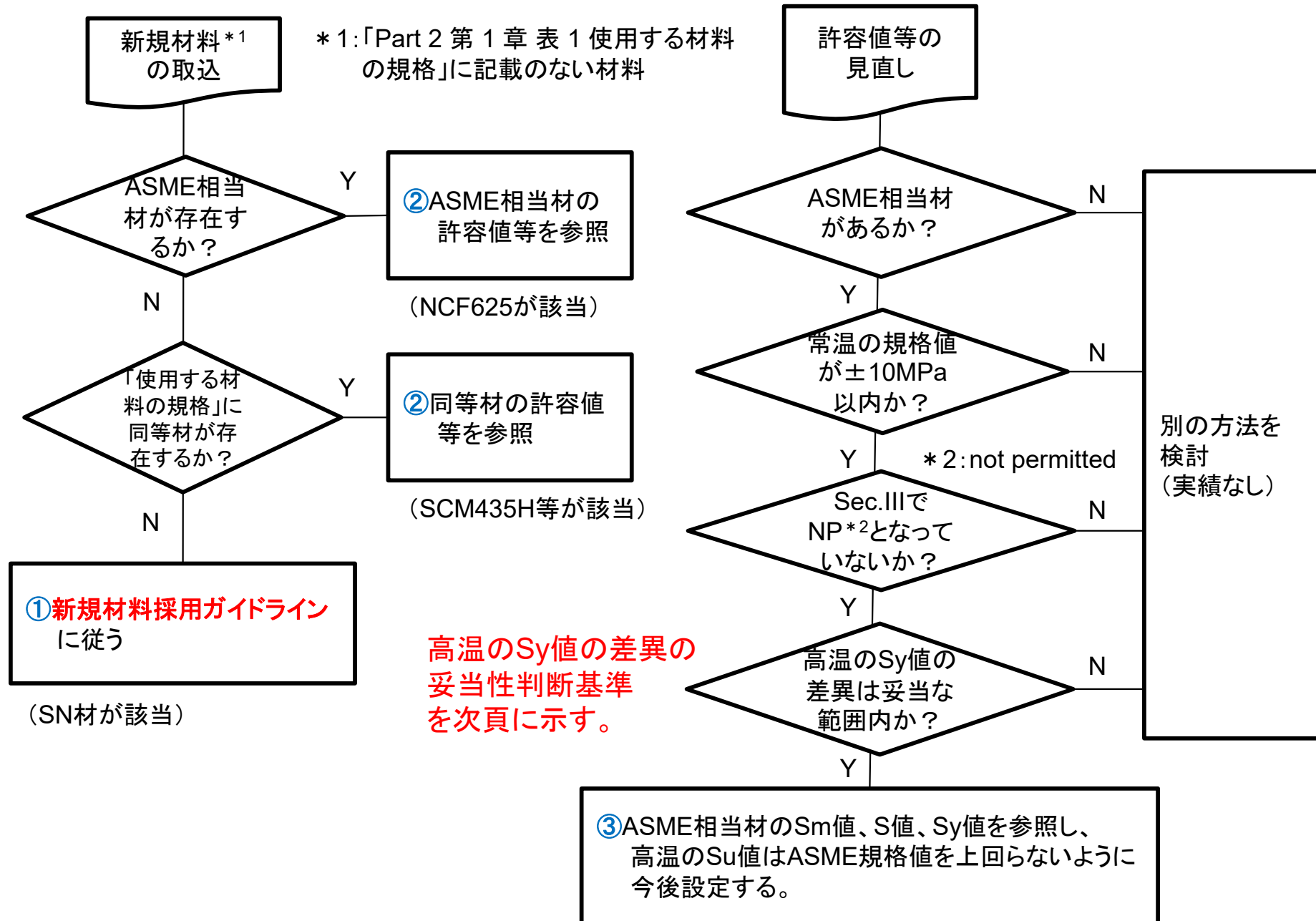
- ① 「新規材料採用ガイドライン」に基づき新規材料を取り込む場合
- ② 相当材(又は同等材)の関係より新規材料を取り込む場合

【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

(第2回検討チーム資料の再掲)

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.(1) 他規格等の材料を取り込む際の考え方

(第2回検討チーム資料の再掲)

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。 試験データ が ASME 規 格値を上回 っている。 同種材と比 較。 Sy 値及び Su 値のトレ ンドを比較。	相当材
	SBV2				
	SBV3				
G 3120	SQV1A	300°C~375°C	+5.7%		
	SQV2A				
	SQV3A				
	SQV1B	250°C~375°C	+5.9%		
	SQV2B				
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%		
	STBA26				
G 4109	SCMV-1(480)	100°C~375°C	-14.1%		
G 4901	NCF600	275°C~425°C	-10.0%		
G 4902	(550,245)				
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. (1) 他規格等の材料を取り込む際の考え方

(d) 新材料を提案する場合のデータの取得に関する要求事項を説明して下さい。

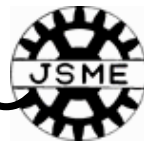
<質問の背景>

- 新材料提案は、提案者が材料に関するデータを整備して提案するとあります。材料に関するデータがない場合、提案者が材料に関するデータを取得するのか、する場合、提案者、材料に関するデータを取得する者(試験所・校正機関の認定)及び発電用設備規格委員会で審議に関わる者の独立性はどのようにしているのか等、品質保証に関する要求が規格には規定されていません。

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」の「1. 一般事項」にて、「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**」と規定しており、**ベンダー、プラントメーカ、事業者**が該当し、**材料メーカ**は該当しない。また、提案者には日本機械学会発電用設備規格委員会での審議に必要な資料(最少3標本のデータセット等)の提出を要求している。
- 委員会内規にて提案者から提出されたデータセットの解析は材料専門委員会傘下の新材料規格化分科会が行い、**解析結果が材料専門委員会での書面審議で可決されること**が発電用原子力設備規格 材料規格への採用の必要条件となっている。なお、材料専門委員会の委員構成は運営規約に基づき、**業種バランス**を考慮した委員構成となっている。

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。

②の相当するASME材は、ASME規格において設計係数3ベースの S_m 値が規定されており、炉心支持構造物に使用可とされている。

(表 JSME規格とASME規格の比較整理表)

規格材料規格の S_m 値、 S_y 値はASME規格をもとに策定している。

材料規格では、クラス1容器での使用は可とはしていないが、炉心支持構造物に加え、クラス1配管及び支持構造物での使用を可とした。

クラス1配管での使用を可としたことからクラス2配管及びこれよりクラスの低い配管への使用を可とした。

なお、現状材料規格では S 値が設定されていないため、今後、 **S 値の設定について検討していく。**

2.(2) 「Part2第1章 表1 使用する材料の規格」の見直し



表 JSME規格とASME規格の比較整理表

JSME規格	ASME規格
JSME-N7 1種 G13CR1	ASME Code Case N-4-13 Annealed 適用: Class 1、Core Support
JSME-N7 2種 G13CR2	ASME Code Case N-4-13 Condition 1 適用: Class 1、Core Support
JSME-N8 1種 G316CW1	ASME SA-193 Gr,B8M cl.2 ASME Code Case N-60-6 適用: Core Support

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。

上位の機器等の区分で使用可としている材料で下位の機器等の区分においても使用を可とした②以外の材料はありません。

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。クラス1配管に使用する場合、どのように計算するのか説明して下さい。

<質問の背景>

○ Su値及びSm値が規定されていないので、クラス1配管には適用できないのではないか。

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)の配管(PPB1110)の場合

設計・建設規格	対象機器	Sm	S
PPB3411 / 3412	管 (直管／曲げ管)	○	
PPB3413	平板		○
PPB3414	フランジ		○
PPB3415	管接手 (レジューサ／鏡板)		○
PPB3420	穴と補強		○

○:設計・建設規格において必要な許容値

- ・ 材料規格Part 2 表1において、SFVAF2は「クラス1配管」で使用可能
- ・ 設計・建設規格では、「配管」の設計において、管(直管、曲げ管)、平板、フランジ、管接手(レジューサ、鏡板)、穴と補強に分類
- ・ 「管」では、Sm値が必要であるが、材料規格Part 3 表2(Sm値)では規定されていない
⇒ 材料規格において許容値(Sm値)の設定が足りていない

2. (3) 材料の許容引張応力(S値)の見直し

<対策方針>

現状材料規格では、ASME相当材(SA-182 F1)が同定されているSFVAF1に対してもSm値が設定されていない。(SA-182 F1に対してはSm値が設定されている。)

JIS G 3203「高温圧力容器用合金鋼鍛鋼品」においてQA・QCの観点でSFVAF1とSFVAF2との差異はない。

このような状況を踏まえ、今後Sm値の設定(ASME規格との整合)について検討していく。

2. (3) 材料の許容引張応力(S値)の見直し

(b) クラス1機器・支持構造物の設計において S_m 値、 S_y 値及び S_u 値を使用しない設計の例外について、どのような場合に当てはまるのか説明して下さい。

2. (3) 材料の許容引張応力(S値)の見直し

クラス1配管の場合の設計の例外について

設計・建設規格	対象機器	Sm	S
PPB3411 / 3412	管（直管／曲げ管）	○	
PPB3413	平板		○
PPB3414	フランジ		○
PPB3415	管接手（レジューサ／鏡板）		○
PPB3420	穴と補強		○

○: 設計・建設規格において必要な許容値

2. (3) 材料の許容引張応力(S値)の見直し

クラス1ポンプの場合の設計の例外について

設計・建設規格	対象機器	Sm	S
PMB3300	ケーシング		○
PPB3400	ケーシングカバー		○

○: 設計・建設規格において必要な許容値

クラス1弁の場合の設計の例外について

設計・建設規格	対象機器	Sm	S
VVB3210	弁箱または弁ふた	○	
VVB3220	管台		○

○: 設計・建設規格において必要な許容値

2. (3) 材料の許容引張応力(S値)の見直し

クラス1支持構造物の場合の設計の例外について

設計・建設規格	対象機器	Sm	Sy
SSB3120	ボルト以外の支持構造物		○

○: 設計・建設規格において必要な許容値

2.(4) ASME相当材と同定した材料

(a) 10MPaを工学的には十分小さい差異であると判断した技術的な理由を説明して下さい。

<質問の背景>

○ 10MPaは1.0197kgf/mm²程度であるので同等という説明の理由が分かりません。工学的判断として同等とした理由(例えば、測定器の精度)は何ですか。

2.(4) ASME相当材と同定した材料

SI単位系への移行に伴い、一部の材料の材料記号が以下のように変更された。

材料記号(非SI単位系) (カッコ内は引張強さ)	材料記号(SI単位系) (カッコ内は引張強さ)
SB42 (42kg/mm ²)	SB410 (410MPa)
SB46 (46kg/mm ²)	SB450 (450MPa)
SB49 (49kg/mm ²)	SB480 (480MPa)
SGV49 (49kg/mm ²)	SGV480 (480MPa)
SM41 (A、B、C) (41kg/mm ²)	SM400 (A、B、C) (400MPa)
SM50 (A、B、C) (50kg/mm ²)	SM490 (A、B、C) (490MPa)
SM53 (B、C) (53kg/mm ²)	SM520 (B、C) (520MPa)
STS38 (38kg/mm ²)	STS370 (370MPa)
STS42 (42kg/mm ²)	STS410 (410MPa)
STPT49 (49kg/mm ²)	STPT480 (480MPa)

2.(4) ASME相当材と同定した材料

- JIS鉄鋼材料の材料記号やSI単位系での引張強さの規格値は、従来のMKS単位系でほぼ $1\text{kgf}/\text{mm}^2$ に対応する 10MPa 刻みで規定されており、製造時の確認や設計評価もこれを基準に実施されている。
- 10MPa 以下の差は単位換算等によって引き起こされた可能性もある軽微なものと考えられる。
- ◆ 上記に加え、**化学成分の同等性等も踏まえて相当材と同定することも考慮し、 $\pm 10\text{MPa}$ を判定基準とした。**

2. (5) JIS番号の異なる材料値の適用

(a)「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」とした理由を説明して下さい。

<質問の背景>

○H鋼のほうが高品質で、焼き入れ特性も決められており、オーステナイトの粒度も決められているので、おそらくH鋼でない材料より同等以上の性能であろうとの説明だが、記述的(技術的?)に判断する根拠が必要ではないか。

2. (5) JIS番号の異なる材料値の適用

JIS G 4052 (SCM435H、SCM440H及びSCM445H) と JIS G 4053 (SCM435、SCM440及びSCM445H) の比較は、

「第2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」における資料「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」の2(5)(a)に記載している。

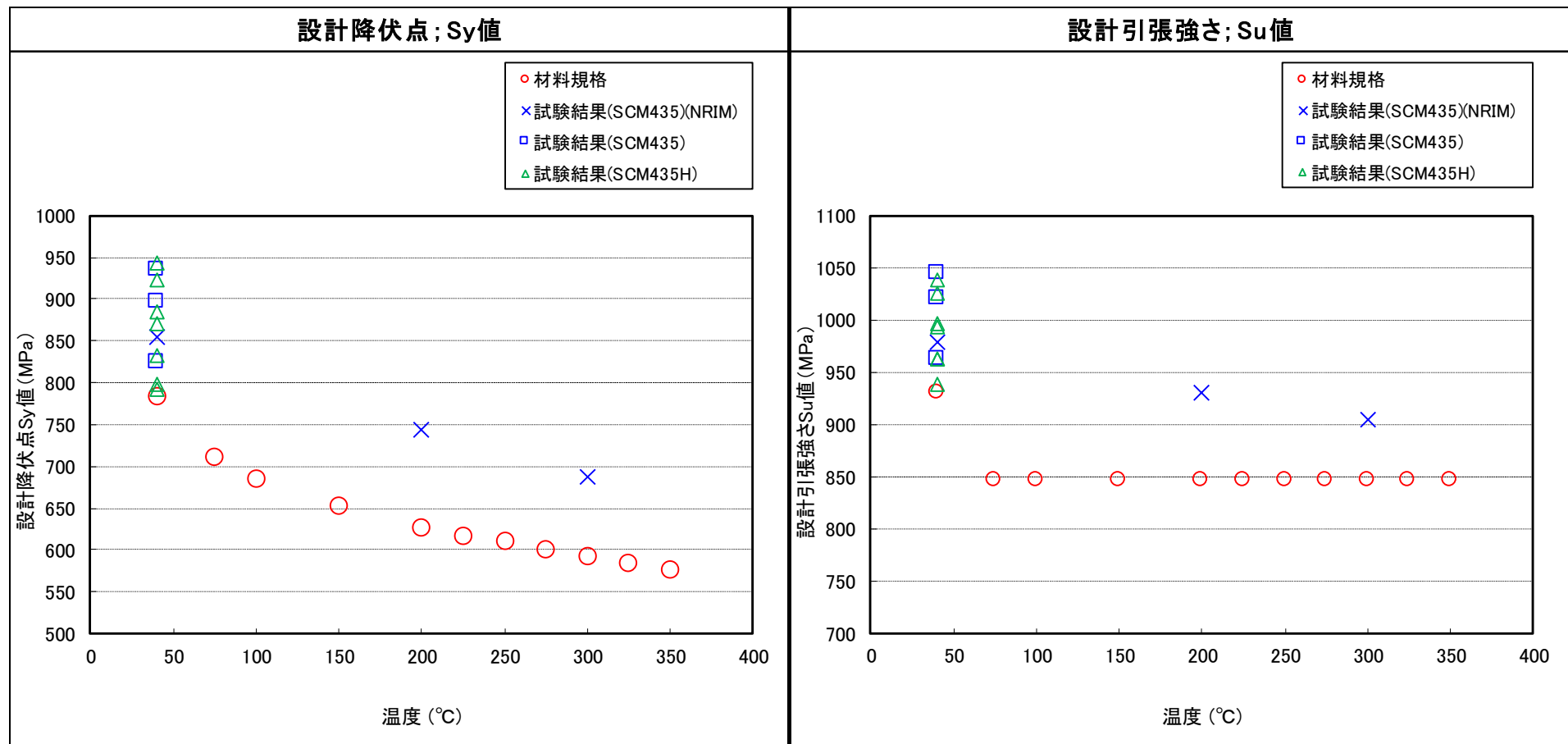
JIS G4052 (SCM435H) と JIS G4053 (SCM435) の試験結果を比較した結果を次頁に示す。

なお、鋼材メーカーでは、例えばSCM435及びSCM435Hは同一の条件で製造されており、品質に相違点はないとの報告もある。

2. (5) JIS番号の異なる材料値の適用

試験結果 (SCM435、435H)* は同等であり、また材料規格 (SCM435、SCM435H) の規定値を上回っている。

(*: 試験結果はNRIM (金属材料技術研究所) FATIGUE DATA SHEET No.23及びミルシートより引用)



材料規格(SCM435、SCM435H)の規定値と試験結果(SCM435、SCM435H)

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。

一般的に、**化学成分の規定と常温の規格値（ S_y 値及び S_u 値）が同じであればクリープ温度領域未満での高温強度は同等**であると判断している。

NCF750 (棒材) の常温及び高温の **S_y 値及び S_u 値は規定されており**

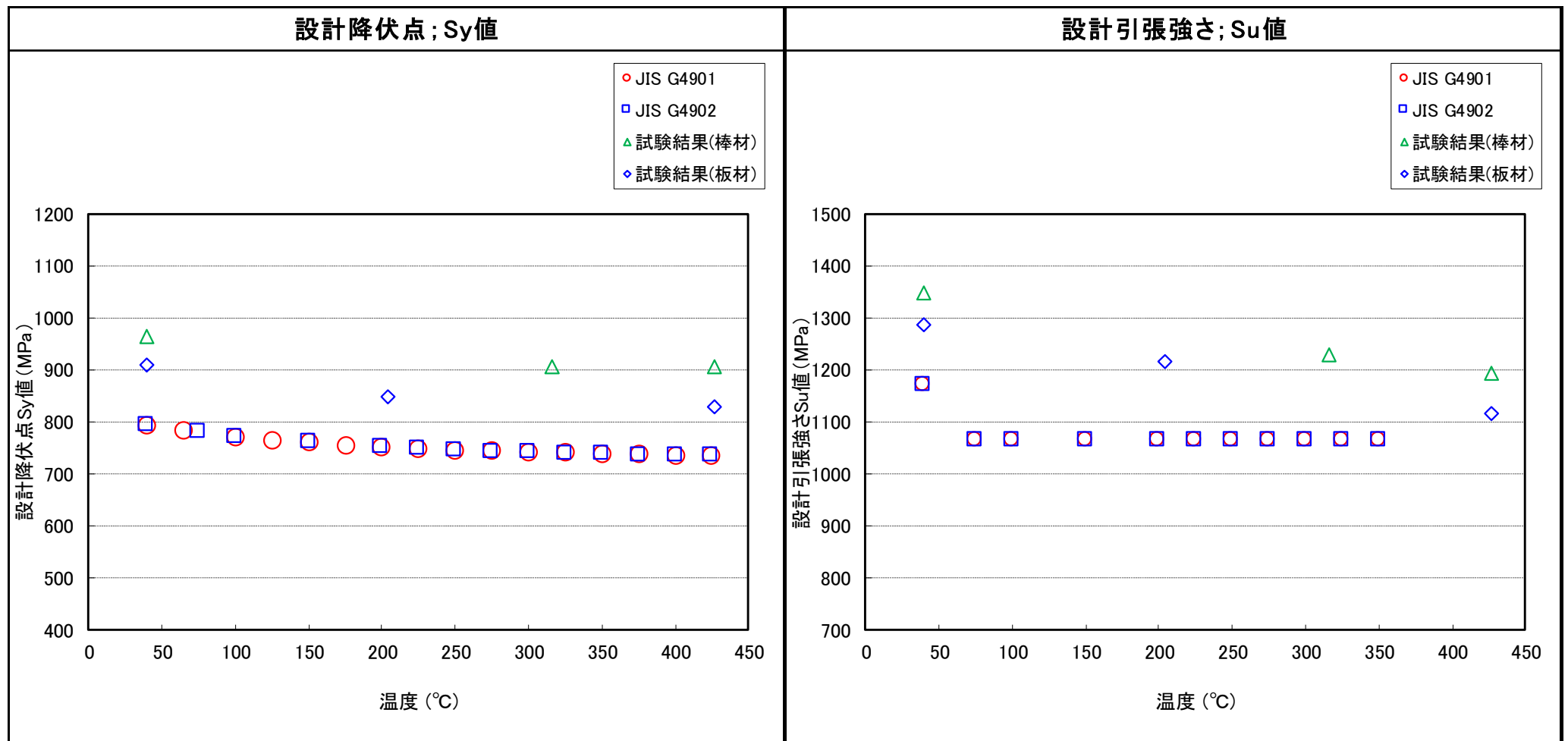
NCF750 (板材) の S_y 値及び S_u 値と**同等であり**S値は同等である。

なお、棒材及び板材の規格値（ S_y 値及び S_u 値）と試験結果の比較を次頁に示す。

2. (5) JIS番号の異なる材料値の適用

試験結果(棒材、板材)*は同程度であり、また材料規格(JIS G 4901(棒材)、4902(板材))の規定値を上回っている。

(*: 試験結果は材料メーカーのカタログより引用)



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

(a) 新規材料採用ガイドラインでは、引張強さを設計係数3.5で規定しています。原子力で使用実績が無い材料に設計係数3.5を適用する事の方について、説明してください。

新規材料は、各温度における強度(データセット)を常温の強度で規準化したトレンド曲線による方法を用いて S_y 値及び S_u 値が求められるが、この作業、審議は材料専門委員会傘下の新材料規格化分科会の専門家により実施され、材料専門委員会での書面審議での可決を経て決定される。

データセット以外に、製造方法(溶解、精錬、製造及び加工)、熱処理(温度、加熱・冷却方法、速度)、検査(検査方法等)、化学成分範囲(溶鋼分析又は溶湯分析、製品分析)、試験用供試材の標本毎の製品分析値等の吟味を行っている。

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

【参考】SN材について

- 1978年に発生した宮城県沖地震(M7.4)で、ブロック塀の倒壊や建物の崩壊が甚大な被害を及ぼしたことを受け、1981年に大地震時の人命確保を目的とした、「新耐震設計基準」が建設基準法に基づいて施行された。この改定により、旧耐震では震度5の揺れまで倒壊に耐えることができる構造を基準としていたが、新耐震では震度6～7でも倒壊・崩壊しない耐震性が求められるようになった。
- 1994年、地震での過大な引張負荷による溶接部脆性破壊や開裂問題など、建築鋼材特有の溶接性を重要視し、従来使用していたSS材やSM材よりも高い耐震性を持った「建築構造用圧延鋼材(通称:SN材)」がJIS規格化された。SN材には、「降伏点または耐力・降伏比の上限、シャルピー吸収エネルギー値、板厚方向の絞り値」などが厳しく規定されており、いずれの項目も耐震性を確保するための重要な指標となっている。
- ◆ SN材のB種・C種には靱性・溶接性を低下させるリンと、成分元素の濃度分布を不均一にする働きのある硫黄の含有量に対して厳しく規定しているため、高い溶接性を有している。

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

(a) ひずみ制限を規定していない理由として、必要性を感じていない、としていることについて、過去のトラブル事例を踏まえて説明して下さい。

< 質問の背景 >

○ フランジのボルト締結部のような部分にはこの変形というのが影響するので、変形が原因で機器を取り替えた事例があるのではないか。

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



<質問の背景>

- 「JIS B 8265 圧力容器の構造—一般事項」は、原子力以外の設備の規格ですが、許容応力に対する永久ひずみの影響を考慮しており、「JIS B 8265 圧力容器の構造—一般事項」の解説の「5.2.3.2 許容引張応力の設定方法」には、「許容引張応力の設定基準」として、「表B.1の材料の種類」の欄に掲げるオーステナイト系ステンレス鋼鋼材に対して二つの許容引張応力値が示されているものがある。(中略)フランジその他歪みが大きく影響するものの設計には、これらの高い方の応力を用いてはならない。」とあり、歪みが大きく影響するものの設計に対しては設計の考慮を行うことが明記されています。

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

【事実関係について】

□ JIS B 8265、JIS B 8266及びJIS B 8267においてはそれぞれ初版(2000年、2003年、2008年)より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の「許容引張応力」(S値)について、ある程度の変形を許容する場合と許容しない場合の2種類の値が規定されており、状況としては材料規格2012年版の技術評価時と相違はない。

【これまでのトラブル事例の有無の確認結果について

◆ NUCIAのトラブル情報全文検索(検索条件:フランジ&漏えい、フランジ&漏洩)の結果、**変形を許容しないS値で設計されていないことが原因で発生したトラブル事例はなかった。**