

第3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
議事録

1. 日時

令和5年7月14日（金）10:00～12:07

2. 場所

原子力規制委員会 13階BCD会議室

3. 出席者

原子力規制委員会

田中 知 原子力規制委員会委員

原子力規制庁

佐藤 暁 技術基盤グループ長

遠山 眞 技術基盤グループ 技術基盤課長

佐々木晴子 技術基盤グループ 技術基盤課 企画調整官

小嶋 正義 技術基盤グループ システム安全研究部門 統括技術研究調査官

田口 清貴 技術基盤グループ システム安全研究部門 主任技術研究調査官

水田 航平 技術基盤グループ システム安全研究部門 技術研究調査官

東 喜三郎 技術基盤グループ 地震・津波研究部門 副主任技術研究調査官

宮崎 毅 原子力規制部 専門検査部門 企画調査官

南川 智嗣 原子力規制部 専門検査部門 上席原子力専門検査官

藤澤 博美 技術基盤グループ 技術基盤課 技術参与

菊池 正明 技術基盤グループ システム安全研究部門 技術参与

高倉 賢一 技術基盤グループ システム安全研究部門 技術参与

技術支援機関

山口 義仁 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 安全研究センター 耐震・
構造健全性評価研究グループ研究副主幹

外部専門家

大塚 雄市 国立大学法人長岡技術科学大学 工学研究院 准教授
深沢 剛司 学校法人東京電機大学大学院 工学研究科機械工学専攻 准教授
古川 敬 一般財団法人発電設備技術検査協会 溶接・非破壊検査技術センター所
長

一般社団法人日本機械学会

笠原 直人 発電用設備規格委員会 委員長
高橋由紀夫 発電用設備規格委員会 副委員長
松永 圭司 発電用設備規格委員会 原子力専門委員会 委員長
山田 浩二 発電用設備規格委員会 原子力専門委員会副委員長 材料分科会 主査
朝田 誠治 設計・建設分科会 主査
高田 俊明 設計・建設分科会 容器作業会 主査
安田 俊一 設計・建設分科会 支持構造物作業会 主査
高橋 英則 材料分科会 幹事
豊田 昌紀 材料分科会 委員
大城戸 忍 材料分科会 委員
志田 康一 溶接分科会 副主査
藤田 善宏 溶接分科会 幹事
小口 力 溶接分科会 委員
大石 勇一 溶接分科会 委員
兼広 尚典 溶接分科会 委員
曾我 幸弘 溶接分科会軽水炉溶接規格作業会 主査
松岡 圭吾 事務局
渡邊 茂行 事務局

4. 議題

- (1) 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ついて
- (2) その他

5. 配付資料

検討チーム構成員名簿

- 資料 3-1 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第3回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への回答
- 資料 3-2 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
- 資料 3-3 第3回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
- 参考資料 3-1 日本機械学会 発電用原子力設備規格「設計・建設規格（JSME S NC1-2020）、材料規格（JSME S NJ1-2020）溶接規格（JSME S NB1-2020）及び設計・建設規格 事例規格 発電用原子力設備における「応力腐食割れ発生の抑制に対する考慮（JSME S NC-CC-002（改定）-2）」に関する技術評価書（案）
- 参考資料 3-2 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第3回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
- 参考資料 3-3 設計・建設規格及び材料規格に関する日本機械学会への説明依頼事項（その2）（案）
- 参考資料 3-4 設計・建設規格及び材料規格に関する日本機械学会への説明依頼事項（その3）（案）
- 参考資料 3-5 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第2回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
設計・建設規格分（改1）
- 参考資料 3-6 設計・建設規格及び材料規格に関する日本機械学会への説明依頼事項（その2）への回答
- 参考資料 3-7 材料規格に関する日本機械学会への説明依頼事項（その2）への回答

6. 議事録

○田中委員 それでは定刻になりましたので、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の第3回会合を開催いたします。

司会進行をさせていただきます原子力規制委員会の田中でございます。よろしくお願

いたします。

本検討チームは、原子力規制委員会、原子力規制庁職員及び技術支援機関職員のほかに、外部専門家に御参加いただいております。また説明者として、日本機械学会の方々に御出席いただいております。皆さんよろしくお願いたします。

それでは、まず事務局のほうから議事運営について説明をお願いいたします。

○佐々木企画調整官 原子力規制庁、佐々木です。

本日の会合の議事運営ですが、テレビ会議システムを用いて実施いたします。原子力規制庁等に、日本機械学会、JAEA（日本原子力研究開発機構）をテレビ会議システムにて接続し実施いたします。

本日の配付資料は、議事次第の配付資料一覧を御覧ください。なお注意事項ですが、マイクについては発言中以外は設定をミュートにする。発言を希望する際は、大きく挙手する、発言の際はマイクに近づく、音声不明瞭な場合は相互に指摘するなど、円滑な議事運営に御協力をお願いします。また、発言する際には、必ずお名前を名乗ってから発言するようにしてください。

また、資料の説明をされる際には、資料番号、ページ番号も必ず発言してください。よろしくお願いたします。

○田中委員 はい、よろしくお願いたします。

それでは、早速ですが本日の議題に入ります。前回の検討チーム会合における質問等を説明依頼事項として、日本機械学会に提示してございます。その回答を資料 3-1、3-2 及び 3-3 として用意いただいております。

それでは、まずは資料 3-1 の設計・建設規格に関する説明を、日本機械学会のほうからお願いたします。

○日本機械学会（笠原委員長） はい。日本機械学会発電用設備規格委員長の笠原です。

本日は、第 3 回技術評価会合、どうぞよろしくお願いたします。

それでは、松永原子力専門委員会委員長から説明の進行をお願いいたします。

○日本機械学会（松永委員長） 原子力専門委員会の委員長を務めております松永です。

では、資料に従いまして、最初は設計・建設規格になりますので、設計・建設規格部分の御説明をいたします。

では、お願いたします。

○日本機械学会（朝田主査） それでは、すみません。資料 3-1 のほうで御説明させても

らいたいと思います。設計・建設分科会主査の朝田と申します。よろしく申し上げます。

それでは、まず2ページ目、御覧いただきたいと思います。

目次のほうでございませうけども、今回、追加で御質問をいただきましたのは、(2)のクラス1支持構造物の極限解析と、(3)のクラス1支持構造物の曲げ座屈評価式の見直しという二つでございませう。これについて御説明させていただきたいと思います。

2ページ目が御質問の内容の(a)でございませう。一つ目の御質問としまして、極限解析による評価が構造・形状に依存するものではないという、これに対する御質問でございませう。

4ページ目でございませう。4ページ目のほうに回答をまとめてございませう。

まず一つ目、極限解析は、材料の応力のひずみ曲線を弾完全塑性と仮定して増分解析により構造物が抵抗できる最大の荷重、いわゆる崩壊荷重を求める古典的な考え方に基づいておりまして、この方法が適用できる範囲は構造・形状に依存しないからでございませう。

二つ目、許容応力による評価結果と極限解析による評価結果との差異は、荷重負荷形態、断面形状、構造によって生じます。単純引張の荷重形態でいきますと、断面全体が同時に降伏するため、許容応力による評価結果と極限解析による評価結果を一致すると。

単純曲げの荷重負荷の形態でございませうと、梁形状の部材に対して許容応力による評価結果では、支持構造物の場合は断面最外縁部が降伏に達したときを限界とするのに対しまして、極限解析による評価でございませうと、全断面降伏による状態を限界とするということでありませう。

それが、いわゆる従来の容器の設計基準で考慮されています形状係数になってくるといふことで、例としまして梁形状の矩形断面でいきますと1.5になりますし、H型断面のように応力が外縁部に集中する断面では1.0になるということ、こういった差が出てくるというところでありませう。

次、5ページ目でございませう。さらに複雑な構造になりますと、全塑性モーメントが複数の断面に生じて崩壊荷重、または2倍勾配法による保守的近似的に崩壊荷重とみなされる荷重に達するまで許容されると。

上述のとおり、対象としている設計状態は同じですけれども、極限解析による評価は、許容応力による評価では考慮されていない断面、構造の違いにより、その構造が本来有する塑性崩壊に対する抵抗力を合理的に考慮するという方法になります。

3次元性を含めました複雑な形状に対する許容応力ベースでの評価を行う場合に必要で、

結果にも影響を及ぼす応力評価断面の設定が不要なことにより、より確実に塑性崩壊に対する裕度を評価できるという利点もあると考えてございます。

具体的に技術基準との比較を 6 ページ目のほうに整理させてもらいました。6 ページ目の表を御覧いただきまして、左側が技術基準の第 17 条第 8 号、支持構造物に対する規定のところをまとめてございます。

上から運転状態Ⅰ、Ⅱ。これは(ロ)で全体的な変形を弾性域に抑えなさいと。運転状態Ⅲにいきますと、(ハ)で全体的な塑性変形が生じないこと、ただし、構造上の不連続における局所的な塑性変形はこの限りでないと。運転状態Ⅳが(ニ)で、延性破断に至る塑性変形を生じないというところであります。

それに対しまして、クラス 1 支持構造物に対します許容応力による評価が真ん中、クラス 1 支持に対します極限解析による評価が一番右に整理させてもらいました。一番上の運転状態Ⅰでいきますと、許容応力による評価でいきますと、断面の発生応力は、いわゆる F 値を基準としまして、安全率を 2/3 とした許容値以下という規定に対しまして、極限解析内からいきますと、作用荷重が降伏点を F 値として算出した崩壊荷重、その 2/3 にしなさいという規定であります。

運転状態Ⅲでいきますと、許容応力でいきましたら断面の発生応力は F 値を基準とした安全率を 1 とした許容値以下と。極限解析でいきますと、作用荷重が降伏点を F 値として算出した崩壊荷重以下と。最後の運転状態Ⅳになりますと、許容応力でいきましたら、断面の発生応力は F 値、F*値ですね、を基準に安全率を 1 とした許容値以下になりまして、極限解析でいきますと、降伏点を F*値とした崩壊荷重以下というふうな比較になります。

下を書いてありますとおり、許容応力による評価では、断面レベルで弾性範囲内を規定してあります。そのため、全般的には技術基準の要求よりも若干厳しい側の規定にはなっているとこのところでございます。ただし、極限解析でいきますと、技術基準の要求に対応しているということでもあります。

補足ですけども、あと容器のほうも、クラス 1 容器につきましても極限解析による評価がございます。ただし、現状のところ、運転状態Ⅳだけが適用を認めていただいていると。Ⅰ、Ⅱ、Ⅲのほうも、技術評価としては認めていただけていないという状態になりまして、可能であればその容器のほうも併せて検討していただければと思っています。

次の 7 ページ目でございます。(b) でございまして、クラス 1 支持構造物の供用状態 D における制限値 P_{cr} の技術的妥当性の説明でございます。

8 ページ目のほうに回答をまとめてございます。回答としまして、一つ目、極限解析は、材料の応力-ひずみ関係を降伏点までを弾性、それ以降を完全塑性と仮定して崩壊荷重を求めます。現行の各供用状態における許容応力の比率との整合を図るために、極限解析に用いる降伏点を支持構造物の許容応力に基づき設定していると。支持構造物の許容応力は、日本建築学会の鋼構造設計規準を参考としております。

その鋼構造設計規準の説明でございますけれども、設計状態を長期と短期で分けておりまして、長期は常時の比較的長期間継続する状態を想定しております。設計・建設規格の供用状態 A、B に対応しているということになります。短期につきましては、少ない頻度で比較的短期間に発生する状態を想定しておりまして、設計・建設の供用状態 C に、ほぼ対応しているというふうに考えてございます。

さらに発生する可能性の低い大変形を許容する供用状態 D に相当する状態の許容応力につきましては、鋼構造設計規準では規定がございませんけれども、降伏点を 1.2 倍して短期の許容値として準用しているというところでございます。

容器、炉心支持の許容応力は、圧力容器の設計基準での設計応力の、いわゆる S_m （設計対応強さ）に基づいて定められているということございまして、上記の許容応力とは違うところがあります。

このような想定される部材の形状や荷重が異なるというところから、必ずしも同一にするという必然性はないと思いますし、それぞれお互いに、各機器の対象に対して適切な裕度を取っているというふうな考え方だと理解しております。

9 ページ目でございます。弾性解析の耐震解析で得られた応力、あるいは荷重を用いて塑性崩壊に対する健全性を評価することが、どのような点で保守的ですかという質問でございます。

回答でございますけれども、一般的に、地震時において支持構造物の挙動が線形範囲を超える振動回数及び継続時間は限られておりまして、弾性線形応答とみなしても大差はないと考えます。

それと構造物が塑性化しますと、履歴減衰により応答が低減されたとともに、塑性化によって荷重増加が抑制される傾向にあると。それによって、その影響を考慮せずに、弾性解析で地震荷重を求めることで、地震荷重を大きめに見積もるという評価を行っております。

塑性崩壊はあくまで応力または荷重で評価することになっておりまして、変形が大き

ても荷重や応力が部材の崩壊荷重、またはそれに対応した応力に達しなければ崩壊しないので、塑性を考慮することで変形が大きくなっても荷重が小さくなる方向であれば評価上問題ないというところになります。

次に、11 ページ目でございます。

(d) 溶接部の継手形状してどんな形状を想定するのかという御質問でございます。

回答を12 ページ目にまとめてございます。

実際の溶接も、設計は個別の事項であるので、一般的な説明にはなりますけれども、支持構造物で使用される鋼材の形状は、板材または型钢になります。そのため溶接部の継手形状及びその設計につきましては、ASME（米国機械学会） Sec. III NF、あるいは建築学会さんのほうの規準類、仕様書類で記載されました一般的な溶接継手になるというふうに考えてございます。

次、13 ページ目でございます。(e) でございます。

溶接規格にはクラス1 支持構造物に対する要求事項を規定していません。クラス1 支持構造物の溶接を行う場合の溶接規格との対応の御質問でございます。

14 ページ目のほうに回答をまとめてございます。一つ目でございますけれども、溶接規格に規定されておきませんので、基本的に溶接規格には依らないということになりますけれども、SSB-3121.1 におきまして、溶接規格の N-1100 の規定に準じて溶接部の非破壊試験に合格していることが許容応力を定める条件として規定しております。

具体的な溶接は事業者、製造者によりますけれども、SSB-3340 の規定に従いまして技術基準規則の要求を満足する設計になっているというふうに考えてございます。

次、15 ページ目でございます。(3) クラス1 支持構造部に対して曲げ座屈のほうでございます。 (a) ASME 規格 NF の Linear type の支持構造物には高サイクル疲労の規定がありますよと。設計・建設のほうに規定を盛り込んでいない理由でございます。

16 ページ目のほうに回答をまとめてございます。

これまで設計・建設規格の支持構造物におきまして、高サイクル疲労に関する要求は規定されておきません。産業界実績としまして、実機では共振しないように機器が設置されているというところでございます。今のところ高サイクル疲労で支持構造物が破損したということはないと、問題となることはないというふうに理解してございます。

この ASME のほうの Sec. III の NF でいきますと、2 万サイクル以上の活荷重に対する高サイクル疲労評価が規定されているというところでございますけれども、その活荷重が具体的

にどのようなものかという、そこまでまだ細かい規定がないというところでございます。

この後、我々としまして、その ASME の規定もフォローして、その活荷重を考慮しなきゃならないか明確になれば、検討を進めたいというふうに考えてございます。

17 ページ目でございます。(b) でございまして、SSB-3121 の供用状態 A、B での許容応力の (4) の曲げ応力の a 式でございます、の適用材質を圧延型鋼と溶接組立鋼に制限している理由でございます。

18 ページ目のほうに回答をまとめてございまして、一つ目、見直し前の規格は H 型断面を対象とした簡略式でありまして、参照元の旧鋼構造設計規準において対象材料が圧延型鋼、プレートガーダー、その他組立材となっております、支持構造物規定ではそれを反映しまして、適用範囲を「圧延型鋼及び溶接組立鋼」に限定していました。見直し後の式は一般的な断面に適用できるものでありまして、鋼構造設計基準では対象材の記載は削除されていましたが、現状、支持構造物では本式を適用する範囲は変わっていないため、記載をそのままにしているというところでございます。

基本的に他の材料ですね、鋳鋼、鍛鋼等についても、現行の許容応力度の式は適用可能と考えますので、今後、これにつきましては検討していきたいというところでございます。

最後の質問でございます。(c) 一般に、横座屈の起こりやすさは断面形状や拘束条件に依存します。設計・建設で対象とする支持構造物の断面形状、拘束条件を想定した場合に、その a 式の保守性の話でございます。

20 ページ目、最後のページでございますけども、回答としまして、一つ目、式中に各断面に応じた緒元を入力することによって、拘束条件は座屈長さで考慮されます。また荷重の分布状態につきましては、両極端の場合である一様と逆対象の分布について保守的であることが鋼構造設計規準解説に示されておりまして、幅広い条件について適用可能と考えております。

今までのところ、支持構造物で当該許容応力式の対象となる断面は H 型鋼です。仮に特殊なものがある場合には、本規格が適用できるものではなくて、個別に詳細解析による設計等を行う必要があるというふうに考えてございます。

設計・建設から以上でございます。

○田中委員 はい、ありがとうございました。

それでは、ただいまの説明に対しまして質問、確認等お願いいたします。いかがでしょうか。

○東副主任技術研究調査官 原子力規制庁の東です。

資料 3-1 の 6 ページについて質問させてください。

前回までの御説明ですと、基本的にこれまでの許容応力による評価と、極限解析による評価はほとんど等価とみなせるという説明だったと思うんですが、今回、違う可能性があるというふうに説明いただいたと思います。我々としても違う可能性があるという理解をしているので、その前提を基に質問させていただきます。

二つ質問があるんですが、まず一つ目が運転状態Ⅰ、Ⅱに対して、技術基準規則で全体的な変形を弾性域に抑えることという要求があるんですが、これに対して極限解析がこの技術基準規則の要求に対応しているということですが、必ずしもこの作用荷重が降伏点を F 値として算出した崩壊荷重の 3 分の 2 以下というのが、全体的な変形を弾性に抑えるというものを満たしているというのは自明ではないと思うんですが、ここについてどのようにこれは基準規則に、要求に対応していると考えたのか、もう少し説明をお願いしますか。

○日本機械学会（朝田主査） 朝田でございます。

基本的に降伏点、これって、もともと今の S_m もそうですけども、降伏点の 3 分の 2 で抑えるということで一応評価はしていますので、それと同じ理解でございます。

○東副主任技術研究調査官 極限解析による評価は、降伏点の 3 分の 2 ではなく、あくまで降伏点を F 値として算出した崩壊荷重の 3 分の 2 でするので、この点を考えると、弾性域に抑えているとは言い切れないんじゃないかと思うんですが、いかがでしょうか。

○日本機械学会（朝田主査） F 値は降伏点相当という理解でおりまして、それから考えれば、全体的な変形を弾性域に抑えるというふうに相当しているものと理解しています。

○東副主任技術研究調査官 少しここは、はっきり分からないところがありまして、というのは、あくまで崩壊荷重というのは、極限解析で求める場合、2 倍勾配法で求めているので、弾性域を超えたところで設定されているので、それに対して 3 分の 2 をしたところが弾性域と言えるかというのは、これ、個別に見ていかないとはっきり分からないんじゃないかと思っています。その点、もう少し技術的根拠を示していただきたいなと思いました。

では、続いてもう一つの質問なんですが、運転状態Ⅲに対して、技術基準の要求が全体的な塑性変形が生じないことで、ただし構造上の不連続部における局所的な塑性変形はこの限りではない、に対して極限解析のほうは、降伏点 F 値として算出した崩壊荷重以下と

ということなのですが、ここで気になるのが、あくまで技術基準規則では、構造上の不連続部における局所的な塑性変形のみを許容しているので、極限解析で算出した場合というのは、構造上の不連続部で塑性変形が起きるとは限らないと言えると思うんですが、この点についてはいかがでしょうか。

○日本機械学会（朝田主査） 全断面降伏してしまえば、それで、いわゆるぼんと一気に変形して、設計・建設（分科会）朝田ですけれども、全断面で降伏してしまえば、いわゆる崩壊状態になりますので。要するに逆に言うと局部しか塑性崩壊は認めていないということになるかと思います。

○東副主任技術研究調査官 もう少し質問をはっきりさせていただきますと、あくまで基準上の要求は、構造不連続部だけ降伏してよいと読めるんですが、極限解析だと、どこで降伏するかは分からないんじゃないかと思うんですね。これについては、基準をどのように満たしていると言えるのかというのを伺いしてもよろしいですか。

○日本機械学会（朝田主査） 朝田ですけども。

そこは現状の容器の許容値の考え方と全く一緒だと思うんですけども。曲げなりが出たときに、表面から塑性していくと。全断面塑性すれば崩壊するという基本的な考え方の世界だとは思いますが。

崩壊で逆に、容器のほうの許容値体系がこの（ハ）の考え方を満足してるというふうに、今、我々理解しておるところでございます。

○東副主任技術研究調査官 容器もですね、極限解析は基本的に運転状態Ⅳにのみ使用できることになっていることを考えると、必ずしも今の御説明で、技術基準規則を満たしていると言えるとは言えないんじゃないかと思いますので、こちらについても、やはり技術的根拠をもう少し示していただきたいなと思いました。

私からは以上です。

○田中委員 あと、ありますか。

○東京電機大学大学院 深沢准教授 電機大学の深沢です。

御説明ありがとうございました。資料 3-1 の 7 ページ目、8 ページ目ですね。(b) のクラス 1 支持構造物の供用状態 D における制限値 P_{cr} について、もう少し、ちょっとお伺いしたいんですけども。

このクラス 1 の支持構造物の応力なんですけども、相対的に小さいので、安全側ですよというような、供用状態 D のお話をしてますけども、という前回からの説明だったんです

けども、今回の回答で降伏点を 1.2 倍にしていますというところが記載されておりますが、この降伏点 1.2 というのは実力に対して、公称値に対して実力は 1.2 倍程度の降伏点になるだろうから、この 1.2 という値を使っているのでしょうか。

○日本機械学会（朝田主査） 安田のほうから説明させます。

○日本機械学会（安田主査） 設計・建設分科会の安田ですけれど。

供用状態 D の許容値の話は、許容応力度設計のときから同じで、解説にも書いていますとおり、実力値で、その規格値の降伏点よりも大きいということと、供用状態 D の状態ですね。ひずみが早いときなんで、遅いときよりも大きな値を許容できるという二つの考え方から、1.2 倍というふうに、降伏応力を 1.2 倍というふうに設定しています。

○東京電機大学大学院 深沢准教授 はい。その 1.2 という、これはこれまでの、何ていうか統計的なものによるものなんではないでしょうか。もう少しだけこの 1.2 というところを教えてくださいたいんですけど。

○日本機械学会（安田主査） そうですね。ASME の Appendix F でしたっけ。そういうところと、あと、当時、告示のときからの判断で 1.2 というふうにしています。

○東京電機大学大学院 深沢准教授 ありがとうございます。

それから続けての、この質問の意図はですね、許容状態 D のとき、クラス 1 支持構造物の降伏点が小さいですよ。それが S_y によって決まっているということになると思うんですよ。この容器や炉心支持構造に比べて支持構造物の降伏点が小さいということで、利用者側にとって不利益になることはないでしょうかというのが、追加の質問です。

○日本機械学会（安田主査） 設計・建設規格の安田ですけれど。

確かに、不利益かどうかという、厳しめの評価をしているとは思いますが。技術基準にもありますように、そもそもは破断しなければいいというのが供用状態 D なんですけど、 σ_u だけではなくて、 $1.2\sigma_y$ というので両方で制限を入れているので、厳しめには、そういう設定にはして、ずっと設計を行っております。

○東京電機大学大学院 深沢准教授 ありがとうございます。安全側の評価になるという趣旨は十分理解するんですけども、例えば、その先にあるような PRA 評価（確率論的リスク評価）に用いたときに、これが利用者にとって厳しくならないかという観点で質問させていただきました。

以上です。

○日本機械学会（安田主査） どうもありがとうございました。

○田中委員 あと、よろしいですか。はい、どうぞ。

○東京電機大学大学院 深沢准教授 電機大の深沢です。

資料 3-1 の 15 ページのところです。

この 15 ページと、あと 17 ページ辺りのお話なんですけども、この 17 ページを見ますと、座屈の式なんですけども、これは建築学会の鋼構造設計規準にならっていますというふうな理解をしたんですけども、その前のページ、15 ページについては、これ、疲労の話だと思うんですが、これは座屈で参照している鋼構造設計規準にはなっていないという理解でよろしいのでしょうか。

○日本機械学会（安田主査） 設計・建設の安田ですけれど。

なっていないというか、鋼構造設計規準のある規定を、JSME（日本機械学会）のほうでは取り入れていないということです。

○東京電機大学大学院 深沢准教授 この鋼構造設計規準ですと、今ちょっと手元にあるんですけども、7 章に、繰り返し応力を受ける部材ということで、支持構造物については疲労の検討を行うというふうな適用範囲が記載されているんですけども、今回、取り入れられなかった意図をちょっとお伺いしたいんですけども。

○日本機械学会（安田主査） 設計・建設規格の安田ですけれど、回答にも書かせていただいたとおり、支持構造物では、今までのところ、そういう大きな繰り返し荷重が生じるようなことがなかったということで、取り入れる機会がなかったというか、取り入れなかったということになります。

○東京電機大学大学院 深沢准教授 この大きな荷重が問題なののでしょうか。それとも繰り返し数の観点から。

○日本機械学会（安田主査） すみません。いいですか、設計・建設規格の安田ですけれど、繰り返し数 1 万サイクル以上のもので大きいものという、そういう意味です。

○東京電機大学大学院 深沢准教授 もし繰り返し数だとしたら、その応力のレンジを低くすると繰り返し数は上がると思うんですよ。その荷重の設定次第で繰り返し数が、今回排除した原因にはならないと思うんですけども、どれぐらいの荷重を見込んで、そういうお話になったのかということころを、もう少しだけお伺いしたいんですけども。

○日本機械学会（安田主査） 考え方としましては、もう書いていますとおり、繰り返し回数の多いものという機器の振動になるんですけど、機器の振動は共振しないように設置しているということですので、大きいものはないというふうに考えていますけれど、も

もう少し調べてみたいとは思っています。

そうですね。今後、検討していききたいとは思っています。

○東京電機大学大学院 深沢准教授 ありがとうございます。共振しないようにすることは、構造物の取付けを5にするということになると思います。そうなった場合、繰り返し回数という面では高振動数になるので、回数が増えるという方向に行くと思うんですよ。そういった観点を踏まえて、今後検討いただけるといいかなというふうに思いました。

以上です。

○日本機械学会（朝田主査） 設計・建設、朝田です。

御指摘、どうもありがとうございました。我々としても今後の検討課題としまして、鋼構造であり、ASME であり、調べて、検討していききたいと思えます。どうもありがとうございました。

○田中委員 あと、ありますか。

○東京電機大学大学院 深沢准教授 電機大学の深沢です。

度々申し訳ございません。19 ページです。座屈のところのお話で、今回の回答で特殊形状、特殊なものがある場合にはというふうなことが記載されているんですけども、今回規定されている座屈の評価式というのは、基本的にはH鋼の架台を基本としているということなんでしょうか。例えば、スカート形状のようなものもサポート構造に入ると思うんですが、そういったものの座屈の評価というのは、これには含まれないということでしょうか。

○日本機械学会（安田主査） 設計・建設規格の安田ですけれど。

今回改定した式については、H 鋼をメインとして梁状、型鋼を対象としたときの式ですので、スカート形状とかであれば、別の検討は必要ではあります。それは改定前から式の適用範囲というのは変わってはおりません。

○東京電機大学大学院 深沢准教授 電機大学の深沢です。

御回答ありがとうございました。この特殊なものというところで、特殊が何かということころが、恐らく今回の質問の意図につながっているのかなというふうに思っています。それは、その適用範囲というところにもつながってくると思えますので、その特殊というところか何を指してるのかということころを、もう少し明確にさせていただけるといいかなというふうに感じました。これは感想です。

以上です。

○日本機械学会（安田主査） ありがとうございます。

○日本機械学会（朝田主査） 設計・建設、朝田です。

解説に何か説明が要るかぐらいで、ちょっと、それでも今後改定の中で検討させてもらいたいと思います。どうもありがとうございました。

○田中委員 あといかがでしょうか。

大塚先生。

○長岡技術科学大学 大塚准教授 すみません。長岡技術科学大学の大塚でございます。

私は、実はちょっと 15 ページの支持構造物に対する高サイクル疲労の規定について、規定を盛り込んでいないという御説明があるんですけど、事実上これ、繰り返し回数とかに関して、荷重変動が十分低いということを既に調べられているから、評価する必要がないという、疲労評価を不要という判断を入れているというふうには読めるんですけども、それは、そういうふうな解説とかで書くということではできないんでしょうかという質問です。単純に振動とかで十分低いということは分かるんですけども、既にこれは評価した結果、疲労評価不要だというふうな判断をしているという理解でよろしいでしょうか。

○日本機械学会（安田主査） 設計・建設規格の安田ですけれど。

まずは許容応力の段階で、運転状態Ⅲにおいても、 S_y 以下には抑えているというのがありますので、そういう意味では疲労評価は不要というふうには考えています。

以上です。

○日本機械学会（朝田主査） 朝田です。

変動荷重応力として降伏点相当になるように、一応そこで抑えるという規定もあるのが前提かと思います。

○長岡技術科学大学 大塚准教授 それは、分かりました。ありがとうございます。

○田中委員 あといかがでしょうか。よろしいですか。

それでは、次に行きますが、次は、資料 3-2 の材料規格に関することですが、説明を日本機械学会のほうからお願いいたします。

○日本機械学会（山田副委員長） 材料分科会、山田でございます。資料 3-2 の説明をいたします。

シートの 1 を御覧ください。本日説明する内容になっておりまして、前回 2 回目の検討チーム会合で追而にした部分につきましても、本日、御説明いたします。

シートの 2 ですが、JIS の圧力容器の考え方についての説明になりますが、一番下に書いておりますように、JSME の材料規格では、JIS の圧力容器の規格は参照しておりません。シートの 3 に、補足説明として、JIS の圧力容器の規格の変遷と、一番下のほうに、その JIS の圧力容器の変遷と同じような流れに沿った形で、JSME の材料規格の検討経緯を書かさせていただきます。

続いてシートの 4 ですが、国際規格とのハーモナイズの話についての回答でございます。シートの 5 に SDO (Standard Development Organization) Convergence Board について、それが発足される経緯を書かさせていただきます。2013 年 2 月より SDO Convergence Board というものをやっております。

シートの 6 ですが、この参加 SDO が回答になりますけれども、ここに記載のとおり国・機関の SDO が参加をしております。一番下に書きましたけれども、JSME は ASME のボイラー&プレッシャーベッセルコードのコードウィークごとに開催されております SDO Convergence Board に参画をして、国際規格とのハーモナイズを図っているところでございます。

続いてシートの 7 ですが、相当材のフローチャートに、ASME 相当材と同定するときの観点を加えてという、高温の Sy が 10MPa を超えた場合についての判断の流れをフローチャート上で分かるようにしていただきたいということでございました。

シートの 8 は、前回、こういう考えで高温の Sy が 10 Mpa を超えた場合の処理をしておりますということを説明いたしましたが、シートの 9 のフローチャートの右側の一番下のひし形のところで、高温の Sy の際の妥当性判断基準ということで、ここについては次のページに飛ばさせていただきましたが、前回説明させていただいた内容のことを書いております。

続きまして、シートの 12 ページです。

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についての説明になりますが、シートの 13 を御覧ください。材料規格の中に添付 1、新規材料採用ガイドラインというものがございます、この中で、新規材料の提案者は、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まして、これに該当するのはベンダー、プラントメーカー、あと事業者が該当するんですが、この規定により不適切な材料が提案されることを防いでいます。なお、この規定内容については ASME 規格の方でも同様の規定になっております。

その下の丸のところですが、これは JSME の中のルールを書いておりますけれども、データセットの解析結果が、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おりまして、その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おりますということです。

続いてシートの 14 ですが、上位の機器の区分で使用可としている材料を、下位にも使えるようにしている件の JSME-N7、それから JSME-N8 についての説明でございます。回答はシートの 15 になりますけれども、②の相当する ASME 材は、ASME 規格において Sy 値、Su 値に加えて設計係数 3 ベースの Sm 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ということを踏まえまして、材料規格の Sm 値、Sy 値は ASME 規格を基に策定しています。

一方、材料規格のほうでは、さすがにクラス 1 容器に使用可とするのはちょっとハードルが高いと判断しましたが、材料の選定の自由度を高めるために、ASME 規格での適用機器に限定せず、許容値に基づいて適用可能機器を幅広く追加設定して、炉心支持構造物に加えてクラス 1 の配管、それから支持構造物での使用可として、以降ですね、クラス 1 配管、クラス 1 支持構造物よりも下位のクラスの機器にも使えるようにしましたということが回答になります。

現状ですね、S 値が設定しておりませんので、今後、S 値の設定について検討していきたいと考えております。

シートの 16 は、JSME の使用する材料の規格と相当材の ASME 規格、コードケースと、それから、そのコードケースの中で適用機器としているものの表をまとめさせていただいております。

シートの 17 ですが、先ほど②以外の材料について、適用範囲を増やしたのがあるのかなのかということですが、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可としたのは、②以外の材料はありません。

続いてシートの 18 です。SFVAF2 について、クラス 1 機器に使用できると規定されているけれども、Su 値、Sm 値が規定されていないと、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くださいという質問についてですが、シートの 19 で、回答としては Sm 値が規定されておりませんので、この表に示しますように、直管ですとか曲げ管、管そのものには使用できません。しかしながら、平板、フランジ、管継手、それと穴と補

強には使用可能であります。このような状況になっていますので、シートの 20 ですが、対応方針としましては、今後、Sm 値の設定について検討していきたいと考えております。

シートの 21 です。設計の例外について、どのような場合に当てはまるかということの質問でございます。回答をシートの 22 以降にまとめております。クラス 1 の場合については、この赤で囲ったところが Sm 値がなくても設計できるという設計の例外の部分になります。

続いてシートの 23 が、クラス 1 ポンプの場合と、クラス 1 弁の場合を書いております。

シートの 24 は、クラス 1 支持構造物の場合を書いております。

続けて、シートの 25 ですが、10MPa の判断理由ですね。こちらについては、シートの 26 は、非 SI 単位から SI 単位（国際単位）に移行した場合の一部の材料の例を書かさせていただいておりますけど、回答自体はシートの 27 に書きました。まず一つ、JIS の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（メートル、キログラム、秒）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まして、製造時の確認ですとか設計評価も、これを基に実施されていること、それと 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りますので軽微なものと考えています。

この二つに加えて、化学成分の同等性等も踏まえて相当材の同定を行っておりますので、 $\pm 10\text{MPa}$ を判断基準とすることとしました。

シートの 28 ですが、焼入れ性を保証した H 鋼と H 鋼でない材料の話ですが、これについての回答は、シートの 29 に書かさせていただきました。H 鋼と H のない材料の試験結果を次のページに示しております。それと鋼材メーカーでは、例えば SCM435 と、それから SM435H につきましては、同一の条件で製造しており、品質に差異はないという、そういう報告も分科会としては受けております。

で、比較したのがシートの 30 になります。高温の値までプロットしてあるのは、NRIM（金属材料技術研究所）のデータシートの値をプロットしております。それとあと、常温の規格値、そもそもこの H があなしにかかわらず、規格としては、常温の S 値を設定していないんですけれども、ミルシートに常温の、ごめんなさい、常温の規格値が規定していないんですけれども、JIS では、ミルシートに常温の規格値があるものを探してプロットしたのがこのグラフになりますが、いずれも材料規格での許容値をクリアしているという結果でございます。

シートの 31 が、NCF750 の棒材と板材の件です。これの回答につきましては、一般的に

化学成分の規定と常温の規格値が同じであれば、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できるということ。それと、NCF750 の棒材の、それから棒材の常温とそれから高温の S_y 及び S_u 値は規定されていて、板材の $S_y \cdot S_u$ 値と同等であるので、当然 S 値は同等であります。

試験結果の比較を次のページに示させていただきました。これもカタログから引っ張った試験結果をプロットしておりますが、棒材も板材も許容値を満足しているという状況でございます。

続いてシートの 33 ですが、SN 材、初めて採用する材料について設計係数 3.5 を与えたことの理由ですね。ですが、まず一つは、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基準化したトレンド曲線による方法を用いて S_y 、 S_u を求めています、この作業とか審議は、先ほどの材料専門委員会傘下の新材料規格化分科会の専門家が実施して、この結果について、材料専門委員会での審議可決を経て決定されるという、そういうプロセスであること。

あとデータセット以外に、製造方法ですとか熱処理、それから検査、化学成分の範囲、それから試験用の供試材の標本ごとの製品分析値等の吟味を行っておりますので、最初から S_m 値を与える材料として取り込んでおります。

シートの 34 は参考です。SN 材の生い立ちというかですね。

シートの 35 が、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ひずみ制限の件ですね。過去のトラブル事例について前回お話ししまして、今回少し調査した結果も記載させていただいております。

シートの 37 を御覧ください。まず、その前に事実関係として JIS の B の圧力容器の 3 規格におきましては、それぞれ初版から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 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いまして、これは 2012 年版の材料規格の技術評価をしていただいた時点と相違はございませんということ、まず書かせていただいております。

シートの 38 が、これまでのトラブル事例の有無を調査した結果について書かせていただきます。まず NUCIA（原子力施設情報公開ライブラリー）のトラブル情報の全文検索を、以下の条件で行ってみました。この青で書かれている検索条件で抽出されたのが、シートの 39 の事例、一つありましたけれども、これ高圧シール継手部の構造というものをちょっと書かせていただいておりますけど、これ、事象の原因としては、定検のときに寸法測定

するということでノギスで測ったときに傷をつけてしまって、その傷のところから漏れたということで、傷のついた高圧シール継手は新品に取り替えられたという、そういった事例はを見つけることができましたが、シートの 40 です。変形を許容しない S_m 値または 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確認できませんでしたというのが結果です。

今後の材料規格における対応なんですけど、これまで御説明しておりますけれども、規格本文では規定はしておりませんが、シートの 41 ページで説明させていただいているように、解説で ASME の規定の内容ですとか、JIS の圧力容器の規定の内容を今紹介しているということもありますので、もう一回、シートの 40 に戻っていただきまして、これまでのトラブル事例の有無の調査結果を踏まえましても、優先度とか、緊急度は高くないと判断しております、引き続き、2 種類の容器の設定については検討していきたいと考えている次第です。

材料規格部の説明は以上でございます。

○田中委員 はい、ありがとうございました。

それでは、ただいまの説明に対しまして質問、確認等ありましたらお願いいたします。いかがでしょうか。

○水田技術研究調査官 原子力規制庁の水田です。

資料 3-2 の 9 ページの他規格等の材料を取り込む際の考え方について質問させていただきます。

左側の新規材料を取り込む場合で、ASME 材が相当するか、使用する材料の規格に同等材が存在するかで全てノーとなったときに、「①新規材料採用ガイドラインに従う」と記載されています。ここで、この SN 材は今回この 1 番に該当すると記載されておまして、他方、材料規格、解説 8 を見ると、ASME 相当材がない材料については、 S 値の設計係数は 4 とするというふうに記載されています。

今回、この SN 材の S 値の検討につきましては、設計係数 3.5 が用いられていますが、その設計係数の設定の考え方について御説明をお願いいたします。

○日本機械学会（山田副委員長） 材料分科会、山田でございます。

シートの 33 ページが、まさにその頂いた質問でして、SN 材の経緯がシートの 34 に書かれておまして、大きな地震の都度、建築基準法が改正されて、その都度、耐震基準が上がってきて、それに対応する建築、建築用の鉄骨ということで、SN 材が JIS のほうで

規格化されたと。

シートの 34 に書かれていますように、SN 材、基本的には建築でも溶接をすることを前提にされているので、SN 材の B 種・C 種には、靱性とか溶接性を低下させるリンですとか、成分元素の濃度分布を均一にする働きのある硫黄の含有量に対して厳しい規定をしていて、高い溶接性を有しているという、こういった SN 材に対する規定内容ですとか、大規模建築にも使われる材料として開発されたものであること。あと、1 からですね、高温引張試験をやって、その試験結果に基づいて許容値を決めるという、そういうプロセスを経て、Su 値、Sy 値を決めましたので、設計係数としては 3.5 を与えるということで判断をしました。

○水田技術研究調査官 原子力規制庁の水田です。

今回その 3.5 を与えられたという御経緯については分かったんですけど、この解説 8 には ASME 材が、ASME 相当材がなかったら、もう既に 4 とするというふうな記載をされています。今回、このフローでは ASME 相当材の下に何か、ASME 相当材が存在するのがノーだったときに使用する材料規格に、同等材が存在するかというふうに記載されておりまして、ここでその判断を行われているのか。解説は ASME じゃないか、ASME 相当材か、そうじゃないかで決まってしまうような記載だと思うんですけど、その設計係数設定の経緯、その中身の考え方について、もう少し詳細に御説明をお願いします。

○日本機械学会（山田副委員長） 材料分科会、山田です。

すみません。今、SN 材の話をさせていただきましたが、新規材料採用ガイドラインに基づいてデータ採取してやる場合については、新規材料採用ガイドラインに基づいて、新規材料採用ガイドラインについては、S 値の設計係数 3.5 というふうに決めています。このフローで、ASME の S 値が 4 から 3.5 になったのに追従して、機械学会の材料規格、ほとんど材料規格の前は付録材料図表でしたけども。3.5 のですね、設計係数 3.5 を与えていい材料なのかどうなのかという観点で、機械的に判断できる判断根拠として、ASME 相当材で 3.5 の SE 値が設定されているものは、それを参照しようと。設計係数 IV の材料については、逐一その材料試験を行ってというところまでは、なかなかできないので、そこは設計係数 4 で据え置きでも致し方がないかなという、そういう判断で規格の見直しをやりました。

○水田技術研究調査官 原子力規制庁の水田です。

ということは、今回 ASEM 相当材ではない設計係数 4 とするという解説 8 の後に、解説

にはそう書かれてますけど、もう一回、試験データ等を勘案して、今回は 3.5 を設定されたという理解でいいんでしょうか。

○日本機械学会（山田副委員長） そのとおりです。新規材料採用ガイドラインに基づいて、そのとおり設定したということになります。

○水田技術研究調査官 原子力規制庁の水田です。

説明了解いたしました。

○田中委員 あとありますか。

○東京電機大学大学院 深沢准教授 電機大の深沢です。

資料 3-2 の 4 ページについて、もう少し教えていただきたいんですけども、国際規格とのハーモナイズというお話がありましたけども、今回の回答ですと、会議体の御説明はありましたが、具体的にどういう規格を取り込もうとしたのかという点について補足いただけないでしょうか。

○日本機械学会（山田副委員長） 材料分科会、山田でございます。

シート の 6 に参加 SDO を書かさせていただいて、機械学会が基本的に参照している規格については、アメリカ ASME の BOILR の pressure vessel code になります。この SDO Convergence Board におきましても、基本的には ASME に他の SDO の規格がハーモナイズするような動きで動いています。韓国の KEPIC（韓国電力産業コード）というのは、基本的には ASME の BOILR の pressure vessel code を韓国語に翻訳したものがベースになっているというような状況です。

とはいえ、フランスに EDF（フランス電力会社）のかなりたくさん BWR（沸騰水型原子炉）がありまして、それらはフランスの AFCEN、RCCM という規格で作られておりますので、今、SDO Convergence Board の中でも、ASME 規格と、あと BOILR の pressure vessel code と、あと AFCEN の RGCM の比較をやろうみたいなそういう話もあって、いずれはその比較の結果に基づいて、いいところは取り入れていくような、そんな枠組みで SDO Convergence Board が機能していくんだというふうに理解しております。

なので、いつとき、ISO が原子力の規格においても国際標準になるんじゃないかという時期もありましたけれども、先ほどの設計係数 4 から 3.5 に変わるぐらいのところからは、基本的には ASME が一応主流になっています。だけど、世界的に RCCM で作られた原子炉の数も相当な数がありますので、そういう RCCM なんかの規格も参照にしながらという動きは、SDO Convergence Board の中ではあって、その結果として ASME が仮に RCCM のよいと

ころを反映するというふうなことになるれば、それを受けて ASME 側も、その動きに追従なのか吟味しながら規格を改定していく、そういうことになってくるというふうを考えております。

○東京電機大学大学院 深沢准教授 御説明ありがとうございました。

もう少しだけお伺いしたいんですけども、どういったところが課題で、今後どうしようかとされているのかという点を、もう少し分かる範囲で教えていただけると助かります。

○日本機械学会（山田副委員長） 材料分科会、山田でございます。

そういう意味で言いますと、RCCM も設計の部分がかかなり大きなところで、材料については、ASME の BOILR の pressure vessel code の Section II に対して、Section II を他の規格に置き換えるというような動きは現状ではないので、材料について言えば、Section II を参照していけば、他の SDO の規格との乖離も起きないというふうに理解しております。

○東京電機大学大学院 深沢准教授 はい。ありがとうございました。

○田中委員 あと、ございますか。よろしいですか。いいですか。

よろしければ、次に行きますが、次は資料 3-3 の溶接規格に関して説明を、日本機械学会のほうからお願いいたします。

○日本機械学会（藤田幹事） 溶接分科会の藤田でございます。資料 3-3 に基づきまして御説明いたします。

ページ番号ですけれども、1 のほうは目次でございまして、頂きました説明依頼事項の順に御回答申し上げます。

ページ番号の 2 のほうに行かさせていただきまして、まず、御質問は、事例規格ですね。コンクリート製の原子炉格納容器規格（CCV 規格）、これを溶接規格の本体に呼び込んだ、反映しました理由とその内容ということでございました。

ページ番号の 3 になりますが、反映した理由としましては、やはりこの事例規格を規格の本体に取り込みまして、維持、それから 2 年ごとの見直し及び改定をしっかりと行っていくため、本体のほうに取り込んできたという経緯がございます。

なお、この事例規格に関しましては、2011 年に制定しまして、ポツ 2 のほうに少し書いておりますけれども、こういった二つの技術指針、これを参考に規定しております。本規定は、2018 年の追補での溶接規格において、本体のほうに第 10 章として取り込まさせていただきました。

4 ページ目に行きまして、事例規格の概要ですが、大きな特徴を五つ挙げさせていただいております。一つ目のほうは、CCV の部位と継手の部分に関する要望の定義を規定させていただいております。規定の項目に関しては、他クラスとこの機器とはほぼ類似のものを構成としております。

溶接施工法、溶接士に関しても、溶接規格の第2部、第3部を引用しております。

4 ですが、コンクリートの内張りにされるライナープレート及び貫通部スリーブの溶接部に対する漏えい試験の規定を設けています。

なお、ライナープレートの溶接部に関する RT（放射線透過試験）ですね、の判定基準に関しては JIS の2類以上という形で規定しております。これが規格の特徴となります。

続きまして、新たに取り込んだ規定としまして、炉心支持構造物の件でございますが、これは溶接の規定に追加した理由と内容をとということが御質問でございました。

規定した理由ですけれども、設計・建設規格のほうにおいて炉心支持構造物の規定が制定されましたので、それに応じて溶接規格においても、溶接部の検査などを規定する必要が生じたということで規定した経緯になります。

これは、本規定は 2019 年の溶接規格の追補にて制定しております。内容自身は、先ほどの設計・建設や ASME でも参考にはしておりますが、新たに内容としては規定したという形になります。

その概要に関しては6 ページ目に記載させていただいておりますが、基本的にはクラス 1 容器と同等の規定とさせていただいております。ただ、少し矢印のほうで二つ書かせていただいておりますけれども、相違点が二つございまして、溶接部の機械試験の規定をしていないということと、耐圧試験の規定をしていないということになります。

この理由としましては、本体付機械試験板というのは耐圧バウンダリの突合せ溶接に要求されていますけれども、本炉心支持構造物に関しては耐圧バウンダリというのを構成しておりませんので、規定しなかったということになります。

また、溶接部の非破壊検査等につきましては、設計・建設規格と同等の規定とさせていただいております。

続きまして、施工方法の確認試験ですね。これで衝撃試験が必要となる場合に、確認項目として溶接入熱、それから溶接姿勢などを追加した、この理由についてということで御質問いただいております。

理由につきましては、8 ページ目、書かさせていただいております。追加した理由です

が、溶接入熱というものが過大になりますと、材料の溶接の特性として靱性が低下するということがありますため、衝撃試験が要求されるケースにおきましては、入熱の管理が必要であるということで確認項目としております。また、溶接姿勢につきましても入熱に影響を及ぼすので、これに関しましても確認項目とさせていただいたというところでございます。

続きまして、9 ページ目ですが、溶接の施工法の組合せの施工法を行えるようにした、いわゆる技術的根拠をと、それぞれの溶接方法の溶接の施工試験で組合せができるようにした理由ですけれども。その理由を 10 ページ目のほうに書かさせていただいております。

技術的根拠ですけれども、これまでの単独、それから組合せの施工法ですね。この違いがどうかということポツ五つで表しておりますが、基本的に確認項目、溶接パラメータ、試験の方法、いずれにおきましても差異はないというのが回答となります。

11 ページ目のほうに移りまして、こちらで少し補足事項をさせていただいておりますけれども、組合せ施工法の場合、組み合わせたときの溶接部の厚さだけが制限されまして、各、その内部の溶接方法のおおの積層厚さ、これについてちょっと制限がないというところがございますので、厳密にそういったところを見ますと、今回新たに単独の施工法の組合せのほうで、この点に関しては、よりしっかり管理される方向になるというふうに考えております。

また、運用面のほうに関しましては、四つ目のポツのところに書いておりますけれども、組合せ施工法の場合、溶接方法の種類が増加、組合せの多様化に伴いまして、複数の異なる記載が、表記が存在するといった問題がありますが、この辺が本改定によって解消されていくだろうということを見込んでおります。

続きまして、12 ページ目ですけれども、少しその組合せと単独施工法の中身、これを少しポンチ絵を用いて記載させていただきました。12 ページ目のほうは、組合せの従来の施工法の例でございまして、左側の図が、認証試験の溶接の厚さでございます。TIG と ARC、MAG、こういったものを三つ、溶接方法を用いて 30mm の認証試験の厚さ、同じ試験をした場合ですね。実際の実機に適用されるのは、最大で倍ですので 60mm までいけます。ただ、中身のほうの溶接方法のそれぞれの溶接の、何て言いますか、積層の厚さ、これに関しては自由ですよというところがございますので、例えばですけれども、M の MAG に関しては、こういった場合、50mm ぐらいまでやっても問題ないと。そうしますと、認証試験で 10mm ですが、実際の実機は 50mm という形で、積層の厚さに関しては、かなり大きな

ところまでも許容してしまうというような状況でございます。

13 ページの今回の単独施工法の組合せ、こちらを見ていただきますと、各それぞれの TIG、ARC、MAG に関する施工法で取っていただいたものに対して、それぞれの母材の厚さの上限というのが、この事例ですと 30、60、60 の厚さまで規定されます。この中で実際に組み合わせた場合の母材の厚さというのは、最大 30mm、いわゆる TIG の一番小さい 30mm 厚さまでと限定されますので、こういった形で、30mm の母材厚さのものを組合せでやる場合、それぞれの TIG、ARC、MAG においても、単独施工法でその厚さまで、実際に施工法は取れているというところになります。

先ほど言ったものの 60mm ぐらいの厚さのものをやる場合は、それぞれ 60mm 厚さのものが要りますので、TIG の場合も 60mm 厚さのものの単独の施工方法ですね、が必要になってくるということで、それぞれのプロセスに対しての少し、より厳しく正確に反映できているものと考えております。

続きまして、14 ページのほうの溶接施工確認試験の項目に関するところに移らせていただきます。御質問は、ソリッドワイヤとフラックス入りワイヤの心線の区分、これを異なる区分にした理由ということでございました。

御回答は、15 ページ目、見ていただきますと、ポツ 1 になりますが、フラックス入りワイヤですね、通常の金属でいきますソリッドワイヤとは異なりまして、いわゆる外皮の金属の中にフラックスを含むというようなワイヤでございまして、心線の形態が異なると。それによって若干、溶接性も異なっていくことになります。

基本的な特性としては、矢印のところを書いておりますけれども、一般的にフラックス入りワイヤのほうにフラックスが入っているんですね。アークが安定するため溶着効率と溶着速度、これがソリッドワイヤに比べると少し高いという傾向がございます。そういった特性がございますので、心線の区分としては分けたということになります。

なお、こういった ASME、JIS に関しても、こういったものが区分されておまして、そういったものに整合を取る形で区分をしたというのが経緯となります。

16 ページ目のほうには、各規格ごとの状況を書いてありますが、いずれの JIS にしても、ASME にしても、心線の区分を設けられているという状況でございます。

17 ページ目は、本溶接規格において少し追加で参考で入れたものでございますが、溶接の方法としては、この本規格では、マグ、M として区分はしておりません。溶接の心線の区分として下の表に書いてありますとおり、心線の区分の後ろに、フラックス入りのワ

イヤの場合はFCと入れていただくという形で、独立した区分にしております。

ということで、溶接施工法の認証試験においても、確認項目として心線というところで区分し、認証試験を通らせる必要があるということでございます。

続きまして、18 ページ目に移らせていただきます。ここからチタンとジルコニウムの活性金属の溶接を行う場合についての御質問でございます。

シールドガスに関して確認項目を規定した理由ということでございますが、こちらのほうは、御承知のとおり、チタンとジルコニウムというのは非常に活性な金属でございます。溶接中、大気と反応しますと劣化して酸化して、劣化するということで、それを防止する目的でシールドガスという確認項目、これを設けさせていただいております。

それに関する追加の質問で、19 ページで頂いておりますけれども、トレーリングガスの件でございます。ASME のほうでは10%以上の減少という確認項目をしていますが、これを取り入れなかった理由ということで、御回答のほうは20 ページ目のほうに入れさせていただいております。

ポツ1のほうに書かさせていただいておりますが、トレーリングガスを流すトレーニング治具というのは、製品の形状、いわゆる溶接の方法の作業者によりまして、それぞれ治具の形状が異なります。それに合わせてトレーリングガスの絶対量というのは大幅に変わってくるというのが現状でございますので、そういった絶対量が大きく変わる中、10%という下限を設けることは技術的に適切でないということで省いております。

ただし、溶接部の品質としては、変色の程度を確認することによって担保していると。酸化していないということを担保しているという形にしております。

で、その変色の程度に関する御質問を21 ページのほうで頂いておりますが、判定基準の規定を追加した理由ということが御質問になります。そちらに対する回答としまして、22 ページ目に設けさせていただいております。

追加した理由でございますけれども、チタンとジルコニウムですね、非常に活性な金属であると。溶接金属に酸素もしくは窒素が含まれると、溶接金属が硬化して靱性が低下します。その酸化度合いによって色が変わりますので、溶接後、ビード外観の色調試験を行いまして、酸化の程度を確認しているというのが、追加した理由となります。

続きまして、23 ページ目に、同じ話で、さらに追加の質問を頂いております。この判定、変色の程度に関する判定基準でございますが、溶接の過程における層間のほうも判定に適用されますかということですが、適用されるということが回答でございます。

実際には、溶接の施工工場の管理において、層間も本判定基準の合格範囲内で健全性を保ち溶接するというところが回答となります。

続きまして、24 ページ目のほうに移ります。これは確認項目の母材の厚さに関する御質問でございまして、JIS を取り込んだ理由と、試験材の厚さを母材の上限値とする規定を削除した理由というところが質問の内容になります。

こちらの回答を 25 ページ目に示しておりますが、まず規定の取り込みを行った理由でございすけれども、基本的には JIS、それのですね、正確さの元となっています ASME、その整合性を考慮しまして、そちらに合わせたというところが回答となります。取り込み先の JISB の 8285 が、25 ページの②に書いていますけれども、高圧ガス保安法であるとか、ガス事業法、こういった 4 法を整合化してきた経緯がございすので、溶接規格においても、こういった内容を取り込んで規定したいということとなります。母材厚さの上限に関しても、これに合わせる形で規定しているということが回答となります。

次のページの 26 ページ目になりますが、ちょっと母材厚さの区分ですね、どう規定したかというのを載せております。

表 WP-322-1 で、表として載せておりまして、左側に試験材の厚さ、右側のところに認定される母材の実際の厚さというところとなります。1.5、1.5～10、10～150 それぞれに関して、右側のような母材の厚さが規定されます。150 以上になりますと、実際の適用される母材の厚さは、5mm～1.33t もしくは 200 のどちらか大きい値かということになります。

実際にどうなのかというのは、幾つか参考例として下のほうの表にまとめておりますが、例えば試験材の認証する試験材の厚さが 150 の場合ですね、実際の実機で適用できる母材の厚さとしては、5mm～200 となります。ちょうど 150 の 1.33t 倍しますと、ほとんど 200 に近いんですけど 199.5 ですから、と 200 を比較して、200 のほうが大きいので 200 以下となります。

それ以上の試験材の厚さに関しては、1.33t 倍したほうが大きくなりますので、例えば 200mm 厚さのやつを、試験材の場合は、実際の母材に関しては 5～266、それから 300 の場合は 5～399mm 以下というところが、実際の母材の厚さとして認定されるという状況でございす。

少し、27 ページは飛ばさせていただきまして、28 ページ目のほうですね。先ほどの試験材の厚さの母材の上限値を削除した理由ですけど。少し、29 ページを見ていただいた

ほうが分かりやすいかと思いますが、少しそこら辺で書いてありますように WP-411 ですね、2013 年の追補におきまして、WP-411 の試験材の厚さ、この (1) が一般的なものですね。母材の厚さの上限が括弧のものでございまして、それを 2020 年版では、WP-322 の母材の厚さのほうのところの (1) に統合して、先ほどの表のように規定しています。

多分、御質問のほうは、411 の (2)、ここの特殊な例ですね。こういったエレクトロslag溶接とか、括弧に書いてますような特殊なケース、これに関しては、それぞれ特殊な母材の厚さの上限というのは規定しておりましたが、その辺を確認しましたところ、本規格の対象としています軽水炉で実際に使用される項目というのはないと、適用される項目はないということもございまして、この (2) に関しては削除したというのが回答となります。

続きまして、30、31 は、先ほどの母材厚さの参考例でございますので、次は 32 ページ目のほうに移らせていただきます。

こちら溶接方法の区分でございまして、溶接のほうですね、裏当て金を用いないとか、そういった溶接技能に関する記載を一部削除されたことに伴って、溶接施工法が同じ区分なんですけど、溶接の技能は、実際どのように識別していくのかということ、こういった溶接士の技能の管理ですね、こういったものを実際の運用のほうでどうされますかという御質問をいただいております。本規定に対して、まだちょっと運用されていませんけど、実際運用された場合で想定される現状の考え方につきまして、33 ページのほうに回答を記載させていただいております。基本的には、従来と確認する内容というのは同じでございますが、例えばポツ 2 に書いてありますように、製造者は、計画書に溶接方法の適用手順、積層手順及び対応する溶接士の技能を説明する資料を含める必要があるだろうということで、そこで溶接士の技能の説明が入ります。

ポチ 3 の施工記録に関しましても、それぞれの溶接方法に対応して、溶接士の名前と資格を記録するというような形で記載することによって、先ほどの識別というのは十分対応できるというふうに考えております。

実際ちょっとどうなのかというのが、文章だけではあれですので、34 ページ以降に、一例ではございますけれども、少しその例を示しております。34 ページ目は、計画書、溶接部の詳細一覧表の例でございます。

左上に書いてありますように、溶接方法というのはそれぞれここに記載させていただいて、それぞれの溶接ですね、に対応する溶接士の資格というのを記載するんですが、ここ

に関しては、新たに欄を設ける、備考欄に記載する、こういった形で溶接部の詳細一覧表なんかですと対応するということとなります。

35 ページ、36 ページは、溶接施工記録の一例を載せております。表の中の左から二つ目の溶接方法、これが組み合わせれば順にですね、溶接する順に溶接方法を記載することで、それに対して裏波が必要な場合はその他の欄に記載する。また、それぞれ、この条件に合致した溶接士に関しましては、右側のほうの溶接士の欄に記載しますので、ここで技能を有するかどうかというのを確認していくということになるかと思われま

す。37 ページは参考情報ですけれども、今回こういうような経緯に至った理由としまして、やはり初層限定の資格というのは、現状ベースですとほとんど保持者がいないですし、実際、将来的にもというか、実際、現状においても、取るというような傾向にはならないので、ほとんどニーズがないという状況でございます。そういった意味も込めまして、区分していないということになります。

続きまして、38 ページ目のほうに移らせていただきます。溶接士の資格の更新に関する御質問でございまして、製品の更新においては、従来は製品の耐圧試験に合格した場合のみ更新としておりましたが、2020 年版では、実際の製品ではなくて試験材の溶接、いわゆる初回で認定してきたような試験材の溶接においても更新できますよという規定を追加してございまして、その同等とする技術的根拠を示してくださいということで御質問いただいております。

下に書いてありますけれども、試験材の溶接による更新としましては、今回二つの方法を設けてございまして、曲げ試験と放射線透過試験、こういったものを設けております。

39 ページ目はちょっと文章で書いておりますけど、ちょっと表の方が分かりやすいと思いますので、40 ページ目の表を基に説明させていただきます。

40 ページの表内の試験方法、耐圧試験、これが従来のものでございまして、耐圧試験を行って合格すれば更新してもよいよということになります。意図としては、実際の溶接士が行った場合、欠陥が、いわゆる約ですね、あるクライテリア以下であれば、耐圧試験で漏れなくできていますということによって、技量があるというふうなことで更新したわけでございます。

それと同じように、溶接士の技能でありますから、溶接部の品質を同等に評価するものとして、曲げですね。これは溶接した後に板に切り出して、表側曲げが曲げ、裏曲げといった形で、内部の欠陥を表に露出させて評価する方法。

それから、下の放射線透過試験というのは、内部のものを放射線によって溶接の欠陥を非破壊的に評価する方法ということでございますので、いずれにおきましても、溶接部の内部、これの品質を評価する方法であると。で、それぞれ方法は異なりますけれども、ある、それぞれのクライテリアによって評価することで、同等に技術的に評価できるというふうに考えております。なお、曲げ試験に関しましては、初回の確認試験と同じ方法でやるということでございます。

こういったことをした経緯でございますけれども、やはり運用面において、従来の実機の耐圧試験のみでありますと、実機があればよろしいんですけども、期間が空いてしまったりした場合、溶接士の更新が途切れてしまうということもあまして、試験での更新をできることによって、計画的に溶接士の技能を保有していくことができるということで、運用面のところからも、こういったものを追加した経緯がございます。

続きまして、41 ページになりますが、溶接士が、JIS 規格の溶接技能者及び発電用火力設備の溶接士が、溶接規格で規定されている溶接技能者と同等と認められた理由についてということで、御質問いただいております。

質問の背景として、特にティグに関して同等ですかということをお聞かせして、その中身の回答を 42 ページ目以降に示しております。

42 ページ目の一つ目ですけれども、第 1 部 N-0050 (1) において同等と認定、認められるものというのは、溶接作業に従事可能だが同等と認められるものについての具体的な規定がないということで、今回こういったものを追加したというのが経緯になります。

例えば、JIS のティグ溶接に、先ほどのティグ溶接に関しましては、実用炉技術基準の解釈、これを参考に溶接規格と同等のものが規定されているということを確認してありますが、そのような具体的な中身は、43 ページ以降に書いております。

発電用火力設備に関しましては、各区分に関しては同等だということで、実際の中身に関しては 45 ページ以降、規定されております。これは区分もほぼ同じ取扱いにしておりますし、また試験の項目ですね、あと判定基準についても同等だということから、同等だと判断したということとなります。

具体的な中身が 43 ページ以降ですけれども、こちらティグのほうですね、左 JIS、右側が溶接規格でございますが、同様な区分、区分けで対応しているということで、同等と判断したということになります。

44 ページ目のほうに、それぞれの試験項目と判定基準の概要を書いておりますが、こ

ちらに関しては、ほぼ同等ということで、同等だということを確認しております。

火力のですね、発電用の火力設備に関しても同じでして、45 ページにその確認項目の区分が同じだということを表のとおり確認しております、46 ページ目、少しですね、火力に関しては有壁がございまして、その部分については反映していませんけれども、他に関しては同じでございます。

47 ページ目のほうには、試験方法と判定基準のほうも比較した表を載せておりますけれども、中身同じだと。ほぼほぼ類似のものであるということで、同等とみなしているということでございます。

続きまして、48 ページ目のほうに移ります。

御質問は、アンダカットですね。許容した、それを記載とした理由ということでございました。その記載した理由に関しまして、49 ページ目に記載しておりますけれども、まず用語集のほうでのアンダカットというのは、溶接金属が少し満たされなくて、角のところで溝となっているような部分でございますが、これを有害と言うかどうかという、その判断基準というのは書かれてないということで、判定基準が必要だということで追加したということになります。

同じように、第1部の第2章におきましても、有害にあってはならないとありますが、有害なものの定義が明確でないということから、改定を実施したというのが理由でございます。

50 ページ目のほうに移らせていただきまして、先ほど溶接部のアンダカットの話ですけども、これ非破壊検査を行うときに有害にならないかということで記載した文章になります。非破壊検査のほうですね、支障のない範囲内で段がつかないように滑らかな面を、当然、非破壊検査する上で要求されるんですけども、本アンダカットの範囲内の程度にあれば、有害ではないということを判断しております。

51 ページ目ですね。そのアンダカットの許容値に関する、少し補足でございますけれども、許容値を評価する目的から、構造物の製作に関わる各規格の状況というのを、ASME と JIS、調査しております。その結果、ASME のほうの Sec. III で採用されて、0.8 というのを妥当だということで評価しています。

なお、JIS Z 3801、こちらに 0.4mm というような記載はあるんですけども、こちらの 3801 の内容は、手溶接の技術検定に対する技術でありまして、ちょっと構造物に対するアンダカットの基準ではないと。いわゆる手溶接の溶接士の技量の評価として、薄板の場

合は 0.4mm と、そういった形での評価としてのアンダカットの許容値としてあるということでございますので、こちらは構造物でないということから、評価対象外として扱っています。

52 ページですね。最後の御質問になりますが、溶接部の局部加熱によりまして、溶接後熱処理を行う場合の範囲について、2020 年度版で解説の記載を充実させていますけれども、その理由は何ですかという御質問いただいております。

質問の背景としまして、2008 年版のところからになるんですけども、2012 年、13 年版におきましては、技術的妥当性が確認できなかったことから 2008 の範囲内にしたということの経緯もございましたので、2008 年の内容から少し含めて経緯を御説明したいと思っております。

53 ページに、その理由を記載させていただいておりますが、従来の 2007、それから 2008 もそうですけれども、こういった定義されている範囲ですね。溶接後熱処理を行う範囲という文言の定義と、しかし 2012 年版以降のほうですね、その範囲だけでは、明確化されていないところがあるので、2022 年版以降に関しましては、溶接を均一にやる温度領域ですね。これをしっかり設けて、その温度領域を実現するための加熱する範囲といえますか、それを定義すると。この二つでもって正確に後熱処理をしましょうという形で定義しています。そうですので、この二つの文言は少しややこしくなっていますので、解説を充実させたというのが回答となります。

非常に、溶接、局所熱処理で加熱する範囲と、あと溶接部を含めて均一の温度を保持する範囲、こういったものをやや混同、非常にややこしくて少し混同しているという傾向が過去ございまして、ほかの他規格においても、やはり混同してきた経緯がございます。ただ、今、現状におきましては、JIS もそうですし、ASME を含めて、現状、均一の温度領域というのを設けて規定されているというのが現状になっています。JIS のほうでは、2022 においてはそういった形で規定されております。

少しですね、言葉だけでは分かりづらいので、ちょっと 54 ページのほうを御覧いただければと思います。こちらは上のほうに絵を描いておりますけれども、真ん中が溶接金属で、その周りに溶接したことによる熱影響部というのがございます。この二つを局部熱処理では熱処理をしたいと。それを実現するために、したいというか、その溶接部と熱影響部の範囲を、溶接後熱処理である温度範囲に入れるということが目的になります。

今回の 2020 年版では、その温度の範囲ですね、溶接後熱処理の温度の上限と下限値の

範囲を、こちらの図に示す SB（均一温度領域）の範囲ですね、これを均一な範囲に入れると。例えば 550～590 度といった範囲に入れるためには、そのもう少し広い範囲でニクロム線等で加熱しないといけませんので、その加熱する範囲というのは、HB（加熱範囲）として入れているということで、均一な温度を保つ SB というのを定義して、それを実現するために HB という範囲が必要だというような、2 段階のほうで実現するという形で、言葉を定義していると。

なので、均一温度領域のほうですね、この範囲が一応一番重要で、2020 年においては B の止端部からの距離として、母材厚さ、もしくは 50mm のいずれか小さい値というところの範囲を設ければ、十分溶接金属と熱影響部が後熱処理の温度範囲に入るだろうと、入るということを規定しております。

というのが概要でございまして、55 ページ目のほうは、2007 年度版の範囲の内容を書いております。これ、そもそも 2007 年度版の後熱処理の範囲に関しましては、旧電気工作物の溶接のいわゆる省令の技術基準から持ってきたもので、昭和 45 年ですかね、から改定されて、平成 12 年も同じですけども、四角にある範囲という内容になります。後熱処理においては、この範囲を熱処理しなさいよということで、非常に温度に関する規定とかが、やや曖昧なところがございまして、より明確化したいというのが今回の意図となります。

56、57 に関しては、少し補足でございまして、ちょっと飛ばさせていただいて 58 ページになりますが、こちらが、そちらを規定した均一後熱処理の範囲と、それから実際にニクロム線等で熱処理を、熱を入れる加熱範囲ですね、の関係を FEM（有限要素法）解析した結果でありまして、解説にも入れておりますけれども、その結果となります。

この解説のところの計算結果に関しましては、ちょっと解析なので、前提として、溶接の中央部から 2t、厚さ 2t 分の範囲内を均一加熱にするために、どれだけの範囲の加熱幅、HB とここで書いていますが、heated band を設ける必要があるかというのを計算した結果になります。

その実際の計算結果というのが、真ん中の HB のところの辺りで、他の規格のほうでは加熱範囲としてちょっと規定している場合もありますけれども、それよりもより広い範囲を加熱しないといけないということで、安全な、より均一温度のほうで規定するほうが、より安全な規定になるのではないかとということで、こちらのほうを規定したということとなります。

59 ページから少し補足になりますけど、均一の温度範囲や熱処理の温度を、例えば PWHT（溶接後熱処理）の 54、540 と 560 とかそういった範囲で入れるためですが、それがあまりにも広ければ、局部熱処理ですけれども、非常に安全側が広ければいいのかというと、実はそういうことではなくて、あまりにも幅広い範囲でやりますと、母材の変形が生じるケースもありますし、母材自身が劣化することもありますので、必要最低限の範囲を溶接部と熱影響部がしっかりと熱処理されると、後熱処理される。必要最低限の量に入れるというのが望ましいということでございます。

溶接分科会からは以上となります。

○田中委員 ありがとうございます。

それでは、ただいまの説明に対しまして、質問、確認等お願いいたします。いかがでしょうか。

○発電設備技術検査協会 古川所長 発電技検の古川です。

御説明ありがとうございました。技術的な観点での質問と、解釈・運用の観点の質問が幾つかあるんですけど、ちょっと時間もあるんで技術的なほうをメインで、今日お願いしたいと思います。

三つほどあるんですけども、続けたほうがいいのか、止めたほうがいいのかをちょっとまず一つ目から言います。

一つ目は、資料 3-3 の 51 ページのところ、アンダカットに関する許容値なんですけれども、これ規格、幾つか挙げられて、あと、その規格の目的ですね、それに応じてどういう許容値を使ったというふうなことの説明をいただきました。ASME の Section III が一番近いという話なんですけれども。構造物としては、そのほかにも EN ベースの IS の 5817 という溶接品質のものがあつたりしまして、御存じと思いますが、例えば、品質レベル B ですと、板圧にもよりますけれども最大 0.5 とかと、ちょっと違っているのがあります。恐らく設計とかとの関係で、いろいろ変わってくるんだと思いますけれども、もうちょっと、その 0.8 にした根拠というのを丁寧に説明していただければなというのが質問といたしますか、お願いします。

○田中委員 じゃあ、質問ごとに説明をお願いいたします。1 個目の質問に対する、説明いかがでしょうか。

○日本機械学会（大石委員） 溶接分科会の大石から説明いたします。

ASME Section III を使ったのはというと、設計要求が設計・建設規格が ASME Section III

を参考にしているという点。それから EN 規格という話がありましたけども、EN 規格の場合は、設計係数が 2.4 という違う数値が用いられています。ですから、基本的には設計・建設規格と同じ ASME Section III を参考にしたということです。

以上です。

○発電設備技術検査協会 古川所長 発電技検の古川です。

御説明ありがとうございました。

引き続き発電技検、古川です。次の質問は、ページで言うと資料 3-3 の 39 ページになります。溶接士の更新のところでの非破壊試験、放射線透過試験で更新されるというところですけど、判定基準が、これ第 1 回目の資料だと思うんですが、JIS の 2 類をされているということで、ちょっと溶接規格の判定基準ですとクラスごとにも違うと思うんですが、一番厳しいクラス 1 ですと 1 類になるかと思うんで、その辺りを施工法の場合の確認で、なぜそこでいいのかといったところの根拠を、もう少し詳しく説明いただければと思います。よろしくお願いします。

○日本機械学会（小口委員） 溶接分科会、小口です。

構造物によっては確かに 1 類の要求がございますが、これは技能更新で、基本的に技能をお持ちの方が構造物を溶接して、それを維持できているかということで確認しますので、その観点では 2 類の要求でいいなという判断の下に、こういう基準といたしました。

以上です。

○発電設備技術検査協会 古川所長 御説明ありがとうございました。ちょっと、それを参考に、また少し考えさせていただければと思います。

すみません。引き続きで申し訳ありません。これ、技術的な面では最後のというところですけど、資料 3-3 の、同じく資料 3 のページの 46 のところって、そこに関連する溶接士技能確認試験のところの話なんですけれど、これは逆に、ちょっと原子力規制庁に聞きたい点です。場合によって機械学会で補足していただければと思うんですけど。

有壁 R の件なんですけれど、機械学会、溶接規格では、そこは対象外ということなんですけど、技術基準解釈のほうには R が入っていたと思うんですね。それで、こうやって整理されて、発電用火力設備の溶接士の R と、原子力のほうの R は、私は同等だと思っているんですけども、原子力規制庁のほうのお考えはどうかというところをちょっと伺えればなと思います。

○藤澤技術参与 原子力規制庁の藤澤です。

火力設備の技術基準の解釈に書いている有壁固定のR区分の定義と、それから原子力の発電用設備の技術基準の解釈に書いているこのRの定義が異なってくることは承知しております。文章的には、火力発電所の解釈のほうが私は分かりやすく、明確だと思いますので、いずれ技術評価、今回、溶接規格がございますけど、私どもは有壁固定の資格が必要だと思っております、この資格について文章を、いずれ解釈を改正するときに、火力の解釈に合わせて反映しようかなと思っております。

以上です。

○発電設備技術検査協会 古川所長 発電技検、古川です。

御回答どうもありがとうございました。技術的な、ちょっとそうですね、まさに藤澤さんと同じ考えでございますので、ぜひよろしく申し上げます。

○田中委員 あといかがでしょうか。

○宮崎企画調査官 原子力規制庁の宮崎です。

資料3-3の7ページについて、ちょっと確認をさせていただきたいのですが。これは溶接施工法の衝撃試験項目の追加に関してなんですが、溶接規格のWP380、衝撃試験追加要求がされまして、設計・建設規格でも、母材にその破壊靱性試験が要求されるものについては、溶接施工法の衝撃試験が追加要求と、溶接施工法に追加衝撃試験の項目があるものが追加要求となりました。

そこで確認ですが、母材に破壊靱性が要求されるすみ肉溶接には、衝撃試験の施工法が必要になるのでしょうか。

○日本機械学会（大石委員） 溶接分科会、大石から説明いたします。

基本的には、従来は溶接の技術基準と構造関係の基準とは別々だったんですけども、今、一体化した考えになっております。ですから、設計上、靱性要求があるならば、溶接部も必要になると。要するに一貫した思想に変えております。ですから、規定上、衝撃試験が要求されないような板厚で溶接法であっても、構造設計上、靱性が要求されるならば、溶接部についても靱性を保証した溶接方法を使うというルールに変わっております。

以上です。

○宮崎企画調査官 原子力規制庁、宮崎です。

母材に破壊靱性が要求される隅肉溶接には、衝撃試験が規定がされた施工法が必要である件については了解しました。

それで、今度、母材が二つあると思うのですが、溶接に関しては、片方が破壊靱性が要

求された母材、片方が破壊靱性が要求されない母材については、溶接継手に衝撃試験の施工法が要求されるのでしょうか。

○日本機械学会（大石委員） バウンダリがどのようになっているか、ちょっと分からないんですけども、設計上ですね、要求される場合は、靱性が保証された溶接法を適用することになります。ですから、溶接部だけで判断するというわけではありません。

○宮崎企画調査官 原子力規制庁、宮崎です。

片方のみ破壊靱性が要求される場合についても、衝撃試験の規定のある施工法が要求されるという件について了解しました。

○田中委員 よろしいですか。

○長岡技術科学大学 大塚准教授 長岡技術科学大学の太塚です。

資料 3-3 の 22 ページですね。溶接施工法認証試験のチタン及びジルコニウム材を用いた場合のその追加した理由について、酸化の程度を確認しているというふうに説明があるんですけども。これについて追加した理由で、「酸素や、または窒素が含まれる溶接金属は硬化し」というふうに書いてあるんですけども、酸化を防止するために、この条件を入れているのか、それとも固溶酸素量を制御するためにこの条件を入れているのか。ちょっと技術的に何を判定しようとしてやっているのかということについて、ちょっと、御説明をお願いしたいんですけど。

○日本機械学会（藤田幹事） 溶接分科会の藤田でございますけれども。

御指摘のとおり、酸化を防止するために、この色調の試験というのを入れています。

○長岡技術科学大学 大塚准教授 特に、この説明ですと、母材中の固溶酸素量を制御するために酸化の確認をするというふうにも読めますので、この説明についてはちょっと修正いただきたいと思います。そもそも窒素が飽和固溶をしているはずなので、実際には入熱量を制御しているはずなんですよね、これは。

あと、規定のところでも、酸化を生じてはならないという書き方なんですけども、一方で、ここでは溶接部の酸化の程度を確認する。で、変色の判定においても、明らかに青色とかで表面にある程度の酸化は許容されるということは実用上も当然なので、規定上も、実用上は過度な酸化を防止するために、このような判定基準があるはずですから、ちょっとこの説明についても御検討いただきたいと思います。

以上です。

○日本機械学会（藤田幹事） 溶接分科会の藤田です。

承知しました。ありがとうございます。

○田中委員 あと、ございますか。

○宮崎企画調査官 原子力規制庁、宮崎です。

資料 3-3 の 11 ページですが、施工法の確認試験の確認項目に関する項目で、4 ポツ目の一番下の 2 行目ですね。同じ溶接方法の組合せでも複数の異なる表記が存在するなどの問題が多数あるが、改定によって解消されるという記載があるのですが、これについて現状でどのような問題があるのか、また、今後どのように改定する予定があるのか、お示しいただくことは可能でしょうか。

○日本機械学会（大石委員） 溶接分科会、大石から説明いたします。

これ、従来から、例えば初層、TIG 溶接の場合、例えば 3 層盛りました。そうすると、それが TF なのか、T なのか、あるいは 2 パス盛りました。それが 1 層なのか、2 層なのかよく分からない。そういう状況で、T+A とか TF+A+TB などいろいろありまして、それでどのように判断するべきかという話が、従来からありました。ということで、そういった、要するに複数の表記が出てくるという問題を解消するために改正したということで、具体的には、ちょっと論文みたいな形でまとめておりますので、火原協大会でも説明しておりますので、その情報を提供したいと思います。それでよろしいでしょうか。

○宮崎企画調査官 原子力規制庁、宮崎です。

今後、改定される内容について、資料を策定したということでしょうか。

○日本機械学会（大石委員） いえ、もう改正されております。ですから、施工法からは、技量の TF とか A0 とかという内容は削除しております。

一方、溶接士の技能に関しても、溶接設計というのを削除しています。あくまでも技量という観点で、TF ならばティグ溶接の裏波を技能というふうな内容に変えております。

○宮崎企画調査官 原子力規制庁、宮崎です。

まとめてある資料があるのでしたら、お示しいただきたいと思います。よろしくお願ひします。

○日本機械学会（大石委員） 了解しました。

○田中委員 あと、ございますか。

○宮崎企画調査官 原子力規制庁、宮崎です。

局部加熱熱処理の 58 ページの資料について、確認させていただきたいのですが、これは解説表、表 N-X090-1-1 が書いてあるのですが、表が。3 列ございまして、加熱範囲に。

一番右側が、溶接規格 2011 年版の追補版以前の加熱範囲ということだと思うのですが、これを見ると、数字的には一番狭い加熱範囲でやっているというふうに読めますが、これは 2011 年版以前の 3.5t の加熱範囲が一番狭いが、必要以上に加熱しているということではないという理解でよろしいでしょうか。

○日本機械学会（大石委員） 大石より説明いたします。

これは、あくまでも配管の溶接部の局部加熱を行うような場合で、しかもこの一番左、中央から 2t の範囲が均一温度になる加熱範囲というのは、あくまでも 40℃、温度差 40℃、本来は 50℃まで認められるんですけども、余裕を見て 40℃までの範囲ということで、あくまでもこれは参考の値です。ですから実際は、各メーカーで片側から加熱する場合は、どのような温度分布になるのかというのを確認してもらるか、あるいは、この図のこの表を参考にして加熱範囲を設定してもらい。例えば、これは片側から加熱しているだけですけども、内面側から溶接した場合はというと、このような加熱範囲は不要になります。

先ほど、必要以上に加熱してはならないという例はというと、管台の溶接部ですね。要するに周りに拘束してる母材があるような場合、その場合は熱処理による加熱、冷却によって膨張したり、収縮したりしますけれども、それが周りの母材によって拘束される。そういった場合は、必要以上に大きなボリュームを加熱冷却すると、残留応力が再配置されるという問題がある。場合によっては、その近くに各冷間加工したような部分がある。例えば、鏡板のナックル部分ですね。そういったところに、部分的に加熱すると、また同じような局部的に熱応力が加わる、そういった問題があるので、必要以上に加熱しないという説明を受けています。

以上です。

○宮崎企画調査官 原子力規制庁、宮崎です。

表の記載の内容については理解しました。どうもありがとうございます。

○田中委員 あと、よろしいですか。

○藤澤技術参与 原子力規制庁の藤澤です。

今の大石さんの説明に対して違和感がありまして、コメントしたいと思えますけども。管台のようなものがくっついているところが拘束になるので、そういうところは加熱範囲を狭めたほうがいいんだというふうなお話でしたけども、もともと溶接後熱処理というのは炉の中に入れて全体を加熱するというのが原則で、それが現地配管のように長い場合には炉の中に入れられないので、局部加熱でもってやりましょうというのが考え方だと思う

んですよ。

そうした場合に、管台のようなところをですね、工場でもって熱処理炉の中に入れれば、それでもって全体は加熱できますから、できるわけですよ。そういうことを置いておいて、現地で管台の溶接を、局部溶接しましょう、局部加熱処理しましょうというのは、私はおかしいと思うんですよ。そういう意味で、もう少しそこを今日の説明資料の中に、全体加熱とそれから局部加熱と全体双方を踏まえて、回答を少し見直していただきたいと思います。

以上です。

○日本機械学会（大石委員） 了解しました。

基本的には、炉内で熱処理が原則です。あくまでも炉内熱処理ができない場合の話が局部加熱ですので、それはごもっともな話です。

以上です。

○田中委員 あとございますか。よろしいですか。

よろしければ、資料3-3に対する質疑、確認を終わりにしたいと思います。

本日予定した議題は以上でございますが、全体を通して、あるいは言い忘れたこと等ですね、何かございますでしょうか。よろしいでしょうか。

はい、どうぞ。

○佐々木企画調整官 原子力規制庁、佐々木です。

今日、御説明いただいた内容で、今後のことをちょっとお話ししたいと思うんですけれども、まず参考資料3-1という形で技術評価書案を準備しているんですけれども、まだ結論は書いていないものが多くて、こういう形で進めているという参考程度の情報しかありませんので、本日説明しませんけれど、今後このような形で作っていきたいと思いますので、コメントがあつたら、外部の先生も、機械学会もお寄せいただければと思います。

それと、参考資料3-1としていただいた設計建設規格のほうについては、まだ少し論点が残っていて、クラス1支持構造物の極限解析については、例えば資料3-1の6ページについて、東のほうから質問がありましたけれど、御説明いただきたい内容もございますし、外部の先生からも御質問ありましたので、これは、また質問を書いて次回説明してくださいというふうにしたいと思います。

それから、材料規格のほうについては、データを示してくださいというものについてデータを示していただいたりして、ある程度、判断できるところもありますし、実際には限

定して使っているという説明も分かりましたので、大体終わったんじゃないかなと思いますので、まだ追加の質問があればお願いしますけれど、今日の感想としてはそういうふうに思いました。

溶接規格のほうについては、今日いろいろ質問して分かったところもありますが、まだ分からない点も、今日もありましたし、今日、時間の関係で質問しなかったけれど、この資料に対する質問は、実はいっぱい寄せられていて、それについてもちょっと取りまとめて、次回説明いただけるように準備したいというふうに思います。

したがって、今回は、この溶接規格の議論を中心に進められればと思っておりますので、よろしくお願いします。

私からは以上です。

○田中委員 今、佐々木のほうからありました件について、よろしくお願いいたします。

特に、ほかはないようでしたら、これでもって議論を終了いたします。

次回の第4回会合の開催日時、場所等につきましては、追って事務局のほうから調整・連絡させていただきます。

それでは、これをもちまして、本日の第3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を終了いたします。ありがとうございました。