

第 8 回 供用適性評価規格委員会

議事録

1. 日時：平成 20 年 6 月 23 日（月） 13:30～18:30
2. 場所： 高圧ガス保安協会 7 階第 2・3 会議室
（東京都港区虎ノ門 4 - 3 - 9 住友新虎ノ門ビル）
3. 出席者（敬称略・順不同）：
委員 / 鴻巣（委員長）、小川（副委員長）、酒井（潤）、関根、倉田、渡辺、石丸、
佐藤、山本、酒井、阪野、島川、米山（小澤委員代理）、石津、中条、宇都宮
以上 16 名
オブザーバ / 木村（経産省ガス安全課）、森川（発電技検）、昆野（新日本石油）
石連・石化協・KHK 共同事務局 / 黒巣（住友化学）、三笥（三井化学）、稲葉（新日本
石油）、児島（コスモエナジー）、亀畑（J エナジー）、大ヶ生（出光興産）
石連石化協 FFS 研究会 / 戒田（住友化学）、大木（東燃ゼネラル）、紺野（石連）、田
原（石連）
KHK / 荒井、伊藤、栗原、松木、詫間、磯村、松本、及川、長沼、小山田（記）
4. 配布資料：
 - 資料 5 4 第 7 回委員会議事録（案）
 - 資料 5 5 第 4 章、第 5 章及び附属書 10（水素侵食評価関連）
委員コメントリスト及び対応（案）
 - 資料 5 6 ベイズの定理を使った検査周期設定係数の決定法
 - 資料 5 7 規格案差替えリスト
 - 資料 5 8 付表 2.1 と附属書 4 の修正案
 - 資料 5 9 附属書 5 A、5 B 及び資料 4 9 提案式により許容される
傷の大きさ比較
 - 資料 6 0 水素侵食評価、クリープ評価に関するコメント・検討事
項
 - 資料 6 1 典型的な減肉事例についての資料 4 9 のチェック式と附
属書 5 A 及び 5 B の検証結果資料
 - 資料 6 2 資料 4 4 と資料 4 9 に関する石連 FFS 研究会の考え方

5. 参考資料：

0.5Mo鋼の水素侵食材の材料評価（JPVRC、H9年11月）（抜粋）
鉄と鋼 vol.85(1999)No.10（抜粋）
HATチャートによる寿命予測例
今後の予定

6. 議事

6.1 議題の確認

事務局より、事前に委員に通知のあった議題に加えてベイズの定理について追加すること及び時間に余裕があれば「6）その他」の議題として、附属書4及び付表2.1の事務局修正案について説明する予定である旨の提案があり、追加議題として了承された。

6.2 議題1）前回議事録案の承認

事務局より議事録案について概要説明と、既に委員にはEメールで送付している案から一部修正があることについて説明があった。その後、資料54を正式な議事録とすることについて挙手による採決を行い満場一致で可決された。

6.3 議題2）減肉の評価区分 の供用適性評価について

審議に先立ち、協会理事荒井より現在審議中の規格の在り方に関する説明及びその理解へのお願いについて以下のような発言があった。

- ・ 協会は産業界からの要請を受けて供用適性評価規格の策定を行っているところ。
- ・ 経済産業省からは外国規格の翻訳版を作るのではなく、地に足の付いた技術的裏付けのある規格を作成することに留意するよう条件を付けられている。
- ・ 圧力容器分野の規格はASME規格との整合を考慮する必要もある。
- ・ 本委員会の審議において技術的な疑問が提起された事項については、本委員会においてその疑念が払拭されコンセンサスが得られない限り技術規格として発行することはできない。さらに国の告示指定を受けるためには本委員会外への説明も出来るものでなければならない
- ・ 現在の主な問題である評価区分 の減肉評価法は、構造不連続部等から離れていなければ適用出来ないなどの制約があるなど実際の適用に際して不都合となる点があるかもしれないが、それらを見直し、より使い易い有用な規格にしていくためにも、早期に運用を開始しデータを蓄積することが必要である。
- ・ 以上のような理由から、説明困難な部分には制限を設けた形となっても、できるだけ早期に本規格を発行することが肝要である。協会は規格を発行した後も不断の見直しを行うこととしており、今後新たにAPI/ASME規格の技術的背景が明らかになれば、再検討を行う場は用意されていることも理解の上、早期の発行に協力いただきたい。

これについて、以下のような議論があった。

Q / 現在審議している規格は保安検査基準なのか定期自主検査指針なのか。

A / 現在審議している規格は保安検査基準の一部となる基準である。既存の保安検査基準は定期自主検査指針と合本しているが、本規格も発行時には同様にすると考えている。本来定期自主検査指針は保安検査基準をより詳細にしたものとなるのが理想であるが、既存の保安検査基準・定期自主検査指針と同様に当初はほとんど同じ内容で刊行し、先々適切な形に見直されていくものとする。

Q / 早期に発行するというのはKHKが提案している条件式を付すことを決定したということか。

A / 条件を付してでも早期に発行することは必要ということであるが、その条件がKHK提案のものがいいかどうかは委員会の決定に従う。

Q / 議論が、規格の検討というより学会の議論ようになってきているように思われる。規格というのは理論と経験から成り立つものであり、現在は理論を考える上でのモデルとモデルの相違について議論が行われているが、実験や経験に基づいた検証を行い、それぞれ適切な裕度があるかどうかを各委員の経験を踏まえて判断すべきではないか。また、一度制約を設けるとそれを修正することが困難となる懸念があるのではないか。

A / 協会はそういった検証を踏まえた上で制限を設けることを提案しており、疑念がある部分についてはある程度のところで議論を打ち切って妥協をし、早期の発行を行うことが重要と考え、その理解と協力をお願いしているものである。

Q / API/ASME法のモデルとp-M法のモデルの相違について議論するのではなく、モデル同士を比べると多少説明困難な部分があっても検査周期を設定する時の安全係数などで必要な安全裕度を確保するような考えはないか。

A / 協会はモデル同士の違いを問題視しているのではなく、双方の評価法がある一定の裕度を持つべきであるところを簡易的に確認した上で、API/ASME法に裕度が小さくなっている点が見受けられることについて問題視している。

C / 参考として原子力の分野ではベンチマークテストとして規格ユーザ数社での適用例を比較したことがあるが、その際には最もパラメータ等の取り方が危険側になった場合でも一定の裕度を保つように検討したという事例がある。

C / 議論がモデル化の違いに評価の相違という細かなところに集約しているが、細かなところはエンジニアリングジャッジによりある程度の裕度があると割り切ることも必要なのではないかと思われる。

Q / モデル化の違いを検討するのではなく、定量的に何に対して問題があり、それが実際に破壊するかどうかといった問題なのかどうかを明確にすれば、議論が進展すると思われるがどうか。

A / 議論が細かなところに集約しているのは確かであるが、両手法のモデル化の違いで

- はなく、許容される欠陥について材料力学的に簡易な計算を用いて定量的な評価を行い裕度が小さくなっていることが問題であるとして資料4-4及び資料4-9での検討と提案に至っている。そのとき、実際に破壊するのかどうかはさらに別の検討を行い確認すれば確認可能と考えるが、国の基準として引用される技術規格の背景の説明としては通らず、結果として一部の説明困難な箇所を残したために評価区分については適用外となることもあり得る。それでは現状と変わらなくなるので、説明困難な部分は制限を設けることが必要ということである。また、必要な裕度が降伏点に対して1.5なのか1.3なのかという議論ももちろんあるだろうが、現状では1.5であれば現行の設計基準で採用されていることから説明が容易ということである。
- C / 破壊試験データとの比較を見るとどちらの手法も裕度が十分に見えるが、それら実証データとの比較検討結果を再度見直した上で、モデル化の相違による評価結果の違いによる制約が必要かを検討すべきである。
- C / 理論による検証も技術として必要だが、破壊試験データによる検証も技術として受け入れるべきものである。
- C / 技術的な検証を行い議論・検証することも必要かもしれないが、規格を作成することが優先的な目的であることを理解して議論しなければならない。
- C / 理論的な相違の問題とか破壊試験データとの検証による裕度をどのように技術として考えるかといった検討も踏まえた上で、国の審査を受けるときに説明できない部分があれば規格として使えないので、現実的な問題として説明困難な部分を説明できるようにするための条件式などが提案されていることを理解しなければならない。

以上のような議論の後、KHK事務局より実際の附属書5-B案の内容について説明を行い、具体的な問題点がどこの部分なのかを明確にした上で再度検討いただくことを提案し、了解を得られたので附属書5-B案について説明を行った。ポイントは以下のである。

- ・ 軸方向長さ s の評価ではサブセクション法を用いてRSFが最小となる断面について評価する。
- ・ 貫通き裂に関するバルジング (Folias) ファクター M_t は10次式を用いている。
- ・ 石連FFS研究会とKHK事務局の意見の相違がある議論の一つは、軸方向の評価における $RSF < 0.9$ のときの式 (7.1.2 MAWPrの算定) の取り扱いである。
- ・ 同様に議論の一つは、周方向減肉長さの評価における周方向応力の算定式をRSFにより評価するモデル化 (7.2.2の1) 式) がある大きさの減肉を評価する場合に過小評価となること、についてである。
- ・ 周方向減肉長さに関してもバルジング (Folias) ファクターを考慮している
- ・ 地震による曲げモーメントを考えた場合の許容応力については耐震告示の許容応力に従う。

引き続きオブザーバである石連石化協FFS研究会田原氏が発言を求め、資料を配布し、前

回まで議論を行っていた資料 4 4 (附属書 5 A と附属書 5 B の共通基本事項) と資料 4 9 (KHK 提案の応力チェック式) に関する石連FFS研究会の考え方としてAPI/ASME規格のバックグラウンドについて説明を行った (後に当該資料について資料番号 6 2 を付すこととした) 。これに対し以下のような議論があった。

Q / 降伏応力に対して1.5の安全率を考えるとというのは設計基準における許容応力でも採用されている考え方であり「過分に保守的」ではないのではないか。

A / JISB8266やASME Div2の局部減肉の評価については、一次局部膜応力の局所の定義として1.1Smを超える一次膜応力が子午線方向に R_t の範囲である場合としているので、 R_t での位置での一次膜応力の許容値を1.1倍のSmとみなすことができ、1.1Smを超える局部膜応力の許容値を1.5倍のSmまで採用していることを考慮してのことである。

C / 局部減肉の分類では長さの制限等を設けることになっているが、現在の附属書 5 A 及び 5 B ではそういう制限は考慮されていない。

C / 協会が指摘しているのは、既存規格の詳細応力解析における応力分類とその許容値の問題ではなく、附属書 5 B の応力評価式ではある大きさの減肉について正しく評価できていないということである。

Q / 協会が問題だと指摘している減肉についての実験データというものはあるのか

A / 問題にしている形状の減肉を有する容器の実験データは確認しておらず、また、問題は温度が高くなる時のことであり、現時点ではFEMによるデータしか存在しない。

Q / 問題になっている減肉形状は周囲からの拘束を受けているひずみ制御の範囲であり、実際には破壊は起こらない範囲であると思われるが、そういった検討はできるのではないか。

A / 実際に破壊が起こるか起こらないかを把握するためには、個別に詳細な応力解析等を行えばそのような検討も可能かと思うが、附属書 5 B の応力評価式で評価・検討を行うのは無理があり、KHK提案のチェック式で補正すべき範囲と考える。

以上に引き続き、前回の委員会における課題である、典型的な減肉事例についての附属書 5 A 及び 5 B の検証結果について石連石化協FFS研究会より資料 6 1 について、KHKより資料 5 9 について説明を行った。これについて以下のような意見・議論があった。

C / KHKの資料 4 9 提案式により附属書 5 B が制限を受けるのは非常に限られた範囲であることは認識すべきことである。

C / 附属書 5 A と 5 B の両方で合格すれば一番問題はないという考えもあるが、両者が過剰な影響を及ぼすことや技術的背景の説明を考えると、独立したものであるべきである。

Q / 両方の資料で同じ茨城県基準例題について検証しているが、異なる結果となっているのはどういうことか。

- A / 資料 6 1 の茨城県基準例題の附属書 5 B による検証では、附属書 5 B のRSFが0.9未満となる場合のMAWPrの式を用いており、MAWPを算定するとき最小厚さではなく余肉を含めた厚さを用いて高めることによりこのような結果となる。
- C / 資料 5 9 も余肉を含めた算定になっているが、資料 6 1 との違いはRSF = 0.9で合格する場合の最大の傷を評価しており、資料 6 1 が用いているMAWPrの計算式を用いていないことだと考える。KHK事務局では、API/ASME規格の規定ではRSFが0.9以上の時は設計時のMAWPを用いること、RSFが0.9未満であれば補修するか又は再定格して低くしたMAWPrを用いることと解釈しており、RSFが0.9未満となった場合にMAWPを大きくするという解釈ではないと理解している。余肉を最小厚さにカウントするという事は設備管理の手法としてあまり現実的な考え方ではないという意見もあり、MAWPrの式の問題は別の議論として考えなければならない。
- Q / 附属書 5 A 及び 5 B で対象とする減肉と、き裂状欠陥の評価対象となる割れの区別はどうなっていてまた両者で差があるのか、またどのように減肉とき裂状欠陥の間で整合をしているのかを確認しておきたい。
- A / 附属書 5 A と 5 B では減肉の先端半径の制限をしており、若干の差があるが丸みが制限値以上であれば減肉として評価してよいことになる。その先端半径を満足しない場合は対象外となる。減肉とき裂状欠陥の定義は附属書 2 で行っているが、アスペクト比などの形状で制限を加えるかどうかは見直しが必要。なお、減肉評価は軸方向の長さと同様に周方向の広がりをそれぞれき裂状欠陥と同様に投影して考えている。
- Q / API/ASME法（附属書 5 B）で不合格かつp-M法（附属書 5 A）で合格となる場合はどう取り扱われるのか。
- A / 例えば一度附属書 5 B で検討して不合格、再度附属書 5 A で検討すると合格した場合は、資料 4 9 のチェック式を満たしていれば規格としては合格となる。
- C / 資料 4 9 提案式はp-M法に考え方は近いものであるがp-M法そのものではなく、技術的背景の説明をクリアにするために設けられた基準式として理解すべきである。
- Q / 附属書 5 A と 5 B の選択についての制約は設けることが必要と考えているのか。
- A / 資料 4 9 でそれぞれの附属書の技術的背景が説明できることになれば、制約を設ける必要はなく、事業者の自由選択とすべきと考えている。
- C / 附属書 5 A の方が合格範囲は広いので附属書 5 B は不要ではないかということについては、附属書 5 B は国際整合性の面から必要であり、技術的背景の説明が困難な部分を資料 4 9 でカバーするものである。
- Q / 資料 4 9 の提案式の形ではなく、説明困難となるような減肉形状などを適用外とすることなどで対処できないか検討は必要ないか。
- A / 協会としては資料 4 9 の提案式がシンプルかつ適切であると考えているが、委員会が別の手法がよいとすればそれを採用するのだと考えている。
- Q / Div.2やJISB8266の応力分類では局所的な降伏が許容される場合があり、考慮すべ

きではないか。

A / 資料 4 9 も附属書 5 A 及び 5 B での評価も減肉がある場合に減肉周りの残肉部による拘束を踏まえた膜応力の評価をしており、設計基準とも同じ思想で降伏点の 1/1.5 に押さえようというのが K H K の提案である。

Q / 現実的に附属書 5 B で資料 4 9 の提案式で制限を受けるような傷というのはどんなものなのか。

A / 軸方向長さが比較的短い深い減肉である。

Q / 減肉評価と脆性破壊評価との関係はどうなっているのか。また、どこにその評価が入るのか。

A / 前回検討資料を紹介した Pellini の式などにより脆性破壊が起きないと確認されている範囲で減肉評価を用いる。脆性破壊評価については附属書 5 A 及び 5 B で共通の部分に入れるのかと考えている。

以上のような議論の後、評価区分 の減肉評価法について今後の進め方をどうするかを検討し以下のような意見があった。

- ・ データ検証結果については以前に紹介していることから再度の説明は必要があれば行うこととしたい。ただし、現在主な問題になっているような形状の減肉を有する実験データは確認しておらず、また高温であるため実験データはないのは確かである。また API が検証に用いた破裂試験データは破裂箇所などの詳細も現時点では不明である。
- ・ 実際のデータ検証からエンジニアリングジャッジで両者とも安全裕度は十分と判断できるのであれば資料 4 9 を見直し、判断できないのであれば資料 4 9 を採用するというのではないか。
- ・ 石連・石化協 FFS 研究会と共同事務局及び K H K での検討というのは出尽くした感があり、これ以上の事務局レベルでの調整というのは平行線になってしまう。
- ・ 石連・石化協 FFS 研究会のスタンスは資料 6 2 で説明を行った通りであるが、説明困難な部分があるということについてはエンジニアリングジャッジを盛り込んだような規定を考えることはどうか。
- ・ K H K としては、これまでの委員会の検討では降伏点に対する 1.5 の安全裕度を持つことについてエンジニアリングジャッジを含めてもそれを保持しなくともよいという確証は得られていない、と認識しており、資料 4 9 の提案式を採用すべきであるというスタンスである。もし委員会が API / ASME 規格のままでよいという方針を出せばそのように事務局も案を修正する。しかし、今までのところそのような方針はないので、資料 4 9 提案式を採用してもらえないか。
- ・ 資料 6 1 など本日の説明を聞いた上で、API / ASME 法が資料 4 9 提案式で制限を受ける範囲はかなり限られた部分なので、この議論を進めるよりは K H K 提案式を採用して早く実際に使えるようにすべきではないかと思う。

- API/ASME規格は海外で使用されているが、精査した結果ある範囲については実証されていないので現時点では使用制限を設けて、今後新たな事実の検証やASME規格の改正により使用制限を見直していくものとする。
- 資料59と資料61で結果に大きな差があることについては問題であり、附属書5Bの表現などを見直す必要がある。
- 保安検査基準を策定していることを考えると説明困難な部分については何らかの制限を設けることは必要であることは間違いなく、資料49提案式がいか別の手法がいかは考える余地があるということである。
- 耐震設計に関する問題は別途検討の必要があることは確認した。
- 日本のユーザ業界側がAPI/ASME規格の背景説明をすることにも無理があり、API/ASME規格の考え方は資料62の通りであると踏まえた上で、共同事務局としてもう一度意見を纏めることはできないか。これ以上意見が平行線のまま議論を進めていくことは得策ではないので業界としても意見を纏めるよう努力はする。
- 一度基準を設定してしまえば変更するのが困難であるということについては、協会の規格は5年見直しの原則や改正提案の受付・対応を行うことになっていることで、理解いただきたい。使い始めてデータベースも出来れば見直しも容易となる。
- 実際に問題となっている減肉が起こるかどうかわからないとしか言えない。ユーザとして実用上問題になるかどうかについては減肉をどの時点で見つけるかの問題ともなり影響があるともないとも言えるので、判断材料としては難しい。
- 軸方向には比較的短くても周方向には広がりのある減肉なので、一般膜応力評価を行い降伏に対して制限を設けることは一般的な考えである。
- 降伏をしても壊れないという考え方はあると思うが、規格としては例えば設計圧力の4倍で壊れないことという規定になるのであれば、そのような検討を実験で行い、FEMで検証を行わなければならないが、検証する時間はない。また、この場合附属書5BのRSFが高温で今問題となっている減肉の条件になっても4倍で破壊しないことを満足することを検証しなければならない。
- このまま議論が平行線であれば減肉の評価区分はペンディングで発行することも視野に入れなければならない。
- 附属書5A及び5B両方にかかる制約条件は共通とすべきである。
- 石連・石化協FFS研究会が資料44及び資料49に関して別の見方をした検討を行ったことがあるが、共同事務局内で検討した時に纏まらなかった経緯もある。それを委員会にFFS研究会として出すことで議論が発散して混乱し規格の発行が遅れることも懸念されるので、委員会への提案はFFS研究会として考えさせて欲しい。
- 資料62では資料49提案式が不要という意見であるが、専門家から見て、API/ASME規格の技術的背景を説明し資料49の式が不要であるというには当該資料は不十分であると判断される。

・ 委員としては石連石化協FFS研究会の意見も参考にして判断できるようにして欲しい。
 以上のような議論の後、早期に規格発行に結びつけるよう議論を収束することは委員会の総意であり、KHKから資料49の内容を規格として明記した附属書5A及び附属書5Bにかかる共通事項案を作成し、それを委員に回付する前に石連石化協FFS研究会が対案を出したいということであれば併記してもらい、附属書5Bとともにそれらをコメントに付すという形を取ることにし、8月の第1週には各委員に送付することとした。

6.4 ベイズの定理について

住友化学(株)政友氏より資料56ベイズの定理を使った検査周期設定係数の決定法について説明いただいた。

- ・ 当初この考え方は注目されていなかったが、コンピュータが発達してからインターネットのGoogle検索や不審車探索などで活用されている。
- ・ ベイズの定理を使って検査周期設定係数0.8を採用できる場合というのは、減肉速度が0.2mm以上であるが非常に安定したきれいな直線で減肉速度が表せる場合となる。
- ・ 採用厚さが比較的最小厚さに対して余裕がないと適用は困難かもしれない。
- ・ 再度検査を行い確信の度合いが0.95未満となった場合は検査周期設定係数0.5を用いる必要がある。

続いて以下のような議論があった。

Q / ベイズの定理を採用する理由は何か。

A / 検査データが通常の標本統計学の適用に十分でない場合に検査周期設定係数0.8を採用することを数学的に検証するためである。

Q / ベイズの定理により証明されても、腐食速度が早い場合でデータが少ないということになると検査周期設定係数0.8を採用してもよいのか。

A / 確信の度合いが95%以上となるためには減肉測定データが連続して安定的に得られる必要があり、これを達成するのはかなり厳しく、結果として通常の標本統計学を適用するよりも安全サイドの検討をしているので、問題ないと思う。

C / 減肉速度が0.2mm/年以上で確信の度合いが95%以上となる安定的な減肉というのはかなり稀な類の減肉であり、現実的にはあまり適用可能例は少ないと思われる。

Q / 附属書12の5.の計算例は比較的薄肉で腐食速度が早い例であるが、寿命予測を考えると現実的でないのではないか。

A / 計算が分かり易い例でこのようにしたが、コメントを踏まえ現実的な採用厚さと腐食速度を踏まえた例に修正します。

Q / 主観的に当初の確信の度合いを与えるのではなく、規格としては当初は0.5とすべきではないか。

A / 0.5で統一するようになりたいと思います。

以上のような議論の後、附属書12について上記の必要な修正を加えた後、2週間のコ

メント期間を設けることとした。

6.5 水素侵食評価について

資料55においてコメント期間における各委員からの意見への事務局対応をしたことの説明を行った。書面投票に進むかどうか議論を行ったが、以下のコメントがあり次回以降に持ち越すこととした。

C / C-0.5Mo鋼以外の鋼の水素侵食が起きていないことについて検査を行って確認すること、という表現について見直しをお願いしたい。通常の検査を行うことは必要と考えるが、水素侵食が起きているかを検査することが可能なのかということとネルソン線図の安全領域で水素侵食の発生を検査する必要があるかの確認をしたい。

C / ネルソン線図の安全域でも水素侵食が発生している事例があり、検査は必要ではないのか。

ただし、水素侵食評価のC-0.5Mo鋼の水素侵食の評価については、金属組織検査をしてPv値評価を行うという原案に対し、資料60に有るとおり修正案として、ネルソン線図の炭素鋼の評価ラインによる評価、 Pv^{cr} 、 Pw^{cr} と評価式での評価、炭化物同定法を用いる評価と修正したものを事務局で用意し次回に提案することとした。

7. その他

時間の都合上、本日はクリープ評価及び附属書4及び付表2.1の議論は割愛した。

参考資料4を事務局より説明し、次回の会議は平成20年8月21日(木)10:30~12:30(昼食)13:30~17:30とし午前中は第7章及び第8章の議論を行うこととした。次々回は9月29日(月)10:30~17:30として調整することとした。

以上