

第 5 回高度化検討分科会

議事録

1. 日時： 令和 3 年 7 月 7 日（水） 10:00～12:00
2. 場所： 現地開催（高圧ガス保安協会第 1・2 会議室）及び WEB 開催の併用
3. 出席者（敬称略・順不同）：
委員：中曽根（主査）、高橋（副主査）、三浦、渡邊、小山、鶴澤、中川、木曾、津乗、
松本（茨城県）、保坂（神奈川県） 以上 11 名
オブザーバ：小林（KHK 参与）、三浦（石連）、石崎（出光興産）、昆野（ENEOS）、
大谷（ENEOS）、高寺（石化協）、岡山（出光興産）
供用適性評価規格委員会：鴻巣委員長、小川副委員長、藤井委員
METI 高圧ガス保安室：後藤審議官、佐藤保安室長、阪本総括補佐、飯田室長補佐、村上
技術係長
KHK：近藤会長、久本理事、鈴木理事、越野理事、水野、小山田、加藤（一）、磯村、
草野、宮下、大野、岸川、佐藤、長島、安彦
4. 配布資料：
【事務局資料】
資料 1-1 石連、石化協文書への見解書
資料 1-2 供用適性評価基準（KHK/PAJ/JPCASO851:2014）の高度化検討について
【石連、石化協資料】
資料 2-1 API 法の減肉評価の概要と p-M 法に対する疑問点
資料 2-2 p-M 法に対する産業界の技術的見解について（参考資料含む。）
5. 参考資料：
【事務局資料】
参考資料 1-1 分科会委員名簿
参考資料 1-2 分科会参加者名簿
参考資料 1-3 第 4 回高度化検討分科会議事録
参考資料 1-4 第 22 回供用適性評価規格委員会議事録
参考資料 1-5 ASME PVP2020-21085 及び 21086 論文検討会（令和 2 年 9 月 29 日開催）
報告書(案) 別添 2
【石連、石化協資料】

参考資料2-1 API法とp-M法の比較と問題整理

参考資料2-2 2月取りまとめAPIによる評価方法とHPI (p-M) 法の比較 (案)

6. 議事

6. 1 議題1) 挨拶

近藤会長及び後藤審議官から、以下のとおり挨拶があった。その後、事務局から委員等倫理心得についての通読があった。

○経済産業省産業保安グループの審議官をしている後藤でございます。本日は皆様よろしくお願いたします。日頃より経済産業行政や高圧ガス保安行政にたいへんご協力いただきまして、まずは感謝を申し上げます。経済産業省では、ここ5~6年、スマート保安ということで、次のパラダイムの時代の保安というものを追及しているところがございます。高圧ガス保安の世界でも、一昨年前にはコンディションベースのメンテナンスを導入するなどの取り組みをしてまいりまして、本日の議論もそういったところにつながってくるのだらうと認識してございます。今回の議論のところは、海外ではそれなりに使われている部分もあると聞いているところ、日本ではなかなか議論が収束していないということも聞いていますが、ぜひ建設的な議論ができるようにと願っております。規格というのは実用化されて行かないと意味がありません。議論だけ進めているわけにもいかないだろうと思えますし、世の中に本当に使えるものを届けていくのが重要なんじゃないかと思えます。議論がなかなか収束しないと聞いたものですから、だいたいそういうときはそれぞれの人が頭の中に浮かべている問いが違っていたり、前提が違っていたりということがあったりすると思うのですけれども、ぜひ皆さんが同じ問いを共有できて、同じ方向に向かって議論ができればと思っている。ぜひ、客観的、公正中立にということをやっただけであればと思っています。私も大学のときに材料力学の授業をとっており、久々に有限要素法なんていう言葉を聞きまして、懐かしくてついていけるかどうか分かりませんが、皆さんの議論が建設的な方向で進むようにサポートさせていただければと思っています。

○おはようございます。ただいまご紹介に与りました会長の近藤でございます。本日はお忙しい中、第5回高度化検討分科会にご参加いただきまして、ありがとうございます。

この高度化検討分科会でございますが、昨年8月に開催して以降、1年弱の月日が経過してございます。その間、関係者の間で様々な議論があり、経済産業省も交えた調整を経て、本日ようやく再開の運びとなったところでございます。関係者の皆様におかれましては、お互い様々な思いがあることは承知しております。それにこだわっては、後ろ向きの議論となり解決に向かうことはできません。従いまして、ここでは、一度過去の経緯はリセットし、改めて技術的な観点からきちんと議論をしていただきたいと思います。

KHKの規格は保安上の安全確保が大前提でございます。この供用適性化評価規格も同様でございます。設備の使用期間や検査期間の設定に影響を与える重要な規格でございますので、皆様

にはあくまでも安全の確保を前提に、技術的な観点から、客観的、実証的に議論をしつくりたいと考えております。関係者の間でより適切、中立的な検討ができますよう、本日の会議には経済産業省から後藤審議官のご出席を賜り、また私もこの手の会議には通常参加をしないのですが、この会議に私も参加させていただくことといたしました。今後の分科会の運営には、後藤審議官と私で責任をもって適切な議論ができる環境を維持して参りたいと考えております。ぜひその点は、ご理解とご協力をいただきたいと思いますと考えております。今後分科会で議論を進めまして、結論が得られれば、上部委員会である供用適性評価規格委員会で議論をいたしまして、合意を得られたものは前に進み、そうでないものは引き続き検討を行うこととなります。本日は委員の皆様に加え、産業界からも多数の関係者が出席されています。事務局を含め、発言される方は、委員の方々のご理解が進むよう、建設的な議論をお願いいたします。関係者間の合意が得られるよう、皆様方のご協力をお願いいたしまして、私のあいさつとさせていただきます。しっかり中身のある議論をもう一度スタートからやり直したいと、そして合意に至りたいと、このように考えておりますので、よろしくをお願いいたします。

○ご挨拶ありがとうございました。次に、宮下の方からこの委員等倫理心得を通読させていただきます。委員等は、以下の事項を遵守しなければならない。専門性の保持。第1条 委員等は、自己の専門的知識と技術的良心に基づいて技術基準の作成に貢献すると共に、専門分野の技術力向上に絶えず努めなければならない。中立性の確保。第2条、委員等は、公共の安全の確保を最優先に考えなければならない。2項、委員等は、専門家として中立的立場で行動し、関係者の利害関係の相反の回避に努めなければならない。秘密保持義務等。第3条、委員等又は委員等に あった者は、技術基準の作成に関して知得した秘密を漏らしたり盗用したりしてはならない。また、それらの秘密を個人的な目的のために使用してはならない。2項、委員等は、各々の委員会等の承認なしに委員会等の名称を使い、委員会等の意見を公表してはならない。品位の保持。第4条、委員等は、強い責任感をもって、その名誉を汚す行為を慎まなくてはならない。以上でございます。

○皆様もうご承知かと思いますが、この委員等倫理心得についてご認識いただくようお願いいたします。

6. 2 議題2) 事務局の見解について

事務局から、資料1-2に基づいて説明があった。

○それでは、事前に連絡があったとおり15分でご説明をお願いいたします。

○事務局の小山田より、資料1-2について説明する。15分の説明ということで、説明の順番が飛ぶことがある。

(P4) アメリカのFFSに関する国際的な動きということで、ご承知のとおり、ASME/API規格

というものがある。最新版は2016年。

(P5) 次にヨーロッパの動きについて、API/ASMEのデファクト化を警戒するという一方で、FITNETというプロジェクトがあり、BS7910というものの背景になっている。このように、API/ASMEのFES規格が世界のデファクトスタンダードというわけではないということになっている。

(P12) 高度化検討分科会での検討では、第1回の分科会で評価区分IIの減肉評価法はp-M法、き裂状欠陥評価法第2段階評価はHPISZ101-2を入れることになり、今回再度議論するという事になっている。このようにp-M法及びHPISZ101-2で改正案の作成を進めることに関しては、合意された事実があるということである。

(P15) 改正案の作成状況について、第3回の分科会で提示したように、APIと同じ範囲であれば改正案の作成は済んでいる。

(P20) 委託事業で行った、内面に減肉を付したモデルのFEM解析の結果を示している。このグラフは縦軸が内圧、横軸がひずみということで、変形の度合いということになります。圧力が上がると最初のうちは直線的に上がり、青いラインが横にずれたところで塑性が始まり、柔らかくなる。まず減肉欠陥部が一番弱く、そこから塑性が始まりまして、青いラインの折れた部分で全断面降伏といい、②の絵の柔らかくなった部分が板厚を貫通することになる。p-M法はここを限界としている。一方API法については破裂の状態を基準にしている。決定的な違いとしては、考えている基準点が違うということになる。我々の方から考えると、API法の基準点(破裂の状態)から、減肉部の全断面降伏を予測するのは難しいのではないかとということである。全断面降伏荷重については、実験結果や解析結果とよく一致している。

(P39) 横軸が圧力、縦軸が応力のグラフがあるが、中央にあるように、減肉部の全断面降伏については、実験値とp-M法の計算値がよく合っていることを示している。逆にAPI法の計算値では危険サイドに大きく評価してしまっている。

(P20) p-M法の全断面降伏について、グローバルなのか、ローカルではないかといった質問があったが、p-M法はWilloughbyの提案の幅で考えている。

(P40) これを簡単に説明すると、減肉部を仮想的に、図のように見なし、これを等価貫通欠陥ということで、右下の図のような幅で、表面が貫通した欠陥がある板を考えて全断面降伏を考えている、これは円筒でも同様に考えることが可能。

(P20) 限界を②でとるとということで、③のように柔らかくなる部分がまだいっぱいあるのもったいないと考えるかもしれないが、設計の基準上でも、極限荷重解析、リミットロードアナリシスというのをやりますと、②が限界となるということで、p-M法と同じになる。

(P22) 評価区分IIの減肉評価に関する事務局の考えとして、基準が具備すべき事項が3点あると考えている。判断基準となる応力、参照応力の妥当性。判定基準に温度依存性があること。安全性の限界を塑性崩壊限界＝全断面降伏とすることである。API法では力学的なつり合い条件を満たしていないのではないかと考えている。

(P23) この参照応力解の比較ということで、平板の参照応力解については、API法もp-M法も

同じ式を使っている。これを円筒上の減肉やき裂状欠陥の塑性崩壊の評価に使うということで、拡張しているが、p-M法で拡張した結果は $M_s\sigma_m/(1-\alpha)$ となるが、API法では分母に $(1-\alpha)$ がなく、単に $M_s\sigma_m$ となっている。この違いとしては、スライドで示しているとおり、p-M法では $(1-\alpha)^2$ となっている部分がAPI法では $(1-\alpha)^4$ となっているのが原因。これが、API法が平板の式と不整合であるということである。

(P24) これを数学的に確認した結果であるが、円筒上に左の図のような減肉があることを想定し、内半径 R_i を大きくしていくと平板になるということになる。この時、右下の赤囲いになるが、p-M法では平板の参照応力解に一致する。API法では、 σ_m ということで、右上の図の減肉がない健全部の応力になってしまうということで、整合性がないと考えられる。後ほどここについては詳細を説明する。

(P22) 温度依存性について、API法では塑性崩壊や降伏現象を評価する際に温度依存性が考慮されていない、ということである。

(P29) 右上の図では、API法での減肉評価の許容応力は設計上の1.1倍となっている。材料の降伏強さの $1/1.5$ を使うp-M法の値と比較すると、高温部で逆転する部分がある。

(P42) 欠陥の許容基準を比較したものを示している。横軸は管軸方向への減肉欠陥の広がり、縦軸は許容される深さを示していて、グラフの上に来ると合格というもの。API法は黒い実線で示していて、 40°C から 350°C までずっと均一になっているが、p-M法では温度が上がると許容される欠陥が少なくなっている。

(P22) API法では、塑性崩壊条件が設計規格（安全性の限界）と異なる、ということである。

(P30) 高圧ガス保安技術＝甲種のテキストにも出ている図であるが、p-Mはこれと同じものを使っている。欠陥がない場合は同じ、欠陥があるとグラフが下に行く。許容限界としては、リミットロードアナリシスの基準になる降伏点の $1/1.5$ ということで、これはp-M法やHPISと同じであり、API/WESは異なる。

(P28) このグラフは横軸が円筒の内半径を示していて、縦軸が参照応力を示している。青い線がp-M法の減肉評価、赤い線がAPI法の減肉評価。上の赤い破線がAPIの平板のき裂、青い線がHPIの平板のき裂。下の方の茶色の破線は健全部にかけている力の大きさを示している。わかりやすく吹き出しを見てもらうと、応力の大きさとして、半径の小さいところでは円筒に欠陥がある場合が一番大きく、次に平板、次に欠陥がない順番となっている。半径がだんだん大きくなっていくと、これが逆転し、欠陥のある平板の応力が欠陥のある円筒の応力よりも大きくなる。平板をもとにして円筒を求めているということはここで矛盾が発生している。さらに半径を大きくすると、平板よりもかなり低い応力になってしまい、円筒に欠陥があるものと欠陥がないものが同じになる。要は欠陥があるものを欠陥がないものと同じとして評価していることになり、非常に危ない評価になっているのではないか、ということである。

(P29) これがなぜ起こるかということ、API法は破裂に合わせて応力評価線図を力のつり合いを無視して左図のような傾きで作っているからではないか、と考える。p-M法では力のつり合いを考えて青のラインで考えているから合うのではないか。APIの実験式をいろいろなケースに適応

するのは難しいということと、発生した応力の値は地震などの外力に対する評価にも用いるため、過小評価することは許されないと考えている。また、再定格についても、API法では再定格を左図の赤い点線のラインで行っていて、これが不適切な評価になるということで、問題ではないか。

(P31) p-M法の評価結果がASMEの原子力規格の減肉評価によく合っているという話である。

(P32) 最後に、まとめとして、API法については多くの問題点があるため、安全上の確保がなかなかできない評価手法ではないか。p-M法はこのような問題点がないため、十分な安全の確保ができるのではないか。なかなかわかりづらいかとは思いますが、事務局からの説明は以上。

○ありがとうございます。質問やコメントはこの次の石崎様のご説明がおわってからということにしたいと存じます。それでは引き続き、PAJ/JPCAの主張について、出光興産の石崎様、ご説明をお願いいたします。15分でお願いします。

6. 3 議題3) PAJ/JPCAの主張 (API法の概要含む)

石油連盟及び石油化学工業協会を代表して、出光興産株式会社の石崎様から、資料2-1に基づいて説明があった。

○石油連盟石油化学工業協会を代表して、出光興産の石崎からAPI法の減肉評価の概要とp-M法に対する疑問点(資料2-1)についてお話ししたい。

(P2) API法による評価対象の損傷・劣化モードを示している。ご承知のとおりpart3からpart13まで全部で10個ほどの運転中に想定される様々な傷の評価方法が書いてある。業界ニーズが一番高いのが減肉評価であり、part4の全面減肉評価とpart5の局部減肉評価の2種類がある。このなかでも特にpart5の局部減肉評価はニーズが大きい。なぜかという、近年、経年劣化により外面腐食が深刻化していて、外面腐食をなるべく積極的に運転中検査しているが、このときに必要肉厚を少しでも割った場合、直ちに装置停止ということを行っている。これを、適宜、供用適性評価をすることによって、適切な時期に装置を停止して補修あるいは更新をしたいというのが我々の趣旨である。時々聞かれる、き裂状評価と局部減肉評価と、いろいろごっちゃになっていてどうなっているのかという質問があるが、根本的なところは、この局部減肉評価もき裂状評価もMtとMsという、これから説明する係数を用いて評価するものである。このMtとMsの解釈をめぐって長年の議論が行われているというのが我々の認識である。

(P3) 概要であるが、局部減肉評価とは、全面減肉と局部減肉があったとき、局部的なすり鉢状の特にえぐれたようなものを評価する方法で、評価手法としてはレベル1ということで、現場サイドのスクリーニングレベルの評価と、レベル2というもう少しちゃんといろいろ計算をしてやりましょうというのと、レベル3のFEMの3種類がある。我々が2008年から特に要望していたのは、part5のなかのレベル2を少なくともやりたいということ。

(P4) 今までの経緯として、小山田さんが話した通りであるが、我々石連石化としては1999年

から供用適性評価研究会を石連で発足。その後2000年に石化協が参画し、2001年にAPIから版權を獲得して国内で供用適性評価ハンドブックを発行した。2000年にAPI579が発行された。このあと原子力設備の同じようなMsを使っている規格が2000年にできている。2007年にはAPIがASME codeという1ランク格上げした形になってアメリカで認められている。同じく2007年にはガス協会さんの方でAPI法とほぼほぼイコールの維持管理基準が発行されている。これを受けて2008年に我々石連・石化協とKHK合同で共同規格KHKSをつくりましょうということで、p-M法とAPIの両論を併記するという話で始まったと記憶しているが、p-M法側からAPIは誤りであるという話になり、我々としてはそれはおかしいということで、規格制定自体を見送りとしたのが我々の意思決定である。その後2009年にその評価区分IIの規定がないままKHKSが出た状態。そして2018年にKHKに高度化検討分科会が設置され、2020年に、先ほど近藤会長からお話があった通り、p-M法によって減肉評価区分IIを設定させていただきたいというのが事務局から提示され、そのときにAPI/ASME法は誤りでしょうという見解が示されたのでそれはおかしいでしょうというのが現在のこう着状態の根本である。一方この時系列と並行して、国内では徐々に供用適性評価としてガス協会や原子力等でAPI法が使われているのが今の実態である。

(P5) 根本的に何を議論していたかという、我々API法はRSFという概念を用いる。RSFの概念とは何かというと、健全な容器とキズのある容器の破損圧の比率である。この破損圧の比率がMsという係数の逆数であるというのが我々の主張。このMsの定義を巡ってずっと議論しているというのが我々の認識である。RSFは何かというと、わかりやすく言うと、設計圧力あるいは使用圧力を1.0としたとき、健全な容器の破裂圧力は3倍+ α 、実験値でいうと3.7くらい。これに対してRSFの合格基準値0.9という考え方を持っており、10%アンダーということで、そうすると傷のある容器はだいたい2.7倍くらいでしょというのが我々のだいたいのエスティメイトである。この0.9倍の根拠が何かというと、詳細設計をしたときに、容器には実際アクセサリーがついたりノズルがついたりいろいろとすることがあるため、ローカルストレスのところは1.1倍までOKですよというところを横目で見て0.9。0.9についてはもともとの許容応力の4倍だとか3.5倍だとか安全裕度の話だとかがあるが、そこについては関係者と広くコンセンサスを得て0.9ということでAPI/ASMEは決めている。我々としてはこれを横目で見て同じように0.9でやらせていただきたいというのが、我々の思いである。

(P6) Msの基礎となる係数Mtについて、基本となる文献としてFoliasの文献を2つ書いている。Foliasは1960年代前半のころから弾性解で計算していた。円筒と平板の崩壊応力を弾性解でやっていた。その後70年近くになったころ、これを塑性崩壊に使えるのではないかという話があり、FoliasとKiefnerとHahnとがいろいろ議論して、弾完全塑性体のモデルでこのように平板側の崩壊応力を書き直した。従来ここで平板と円筒の比率をMtと書き、脆性的にき裂が進展する場合は $\frac{K_c}{\sqrt{\pi C}}$ 、延性的に破壊する場合は σ_{flow} ですよという形の関数になった。ただしFoliasは、これは計算上のモデルであり、実験で証明していかなければならないという話ではあった。

(P7) 先ほどの式が一番上に書いてある。Kiefnerがこの式を証明するための実験を行った。先

ほどの式の右辺にあった σ_{flow} を左辺のところに持ってきて、このグラフのところに書いている通り、 $\sigma_{hoop}/\sigma_{flow} \times Mt$ を左辺に持ってきて、右辺は $2/\pi$ 掛ける $\arccos(\exp \dots)$ という式になっている。左辺は実際の破損圧で計算していて、MtはFoliasが4項近似で精度高く作った式があるので、それを放り込んで、 $(\sigma_{hoop}/\sigma_{flow}) \times Mt$ が1になれば、だいたいMtの定義はこのとおりであることが言える。一方でこの右辺の方が同じように1になっていって、たどって見事きれいに一致したら右辺と左辺は等しいということが実験で証明される。実際にプロットしている緑色の点と赤色の点の実験点、赤色のパートがエクスポネンシャルの中の式で、右に行くほど延性的、左に行くほど脆性的な材料ということで、きれいになっている。ここにおいて初めてMtがKiefnerによってFoliasが言った通り、健全な円筒の破壊応力と貫通き裂を持つ円筒の破壊応力の塑性崩壊の場合の比率はこうであるということが1970年前後に議論されて結論が出ている。

(P8) これを受けてMsがどうかといったときに、Mt又はMsは先ほどのRSFの逆数ということで、健全な容器と傷を持った容器の崩壊圧の比率ですと書いているが、ChellとKiefner、日本ではKiefnerといているがこれは間違いで、もともとMaxeyが67年に論文に出している。Maxeyの式というのは傷の底部のこの部分(図中の灰色の部分)の局部崩壊を計算した式でモデルで作っている。Chellは両側の健全部も含めた形で計算をして作っている。それで全体崩壊と局部崩壊の式の形になっていて、Kiefnerが当時何をやったかということ、3つほどMaxeyの式も含めて実験を行い、一番精度がいいのがMaxeyの式だということ結論を出したというのが、73年のKiefnerの論文である。MtとMsは表面傷をもつ平板の限界応力と表面傷をもつ円筒の限界応力の比率といったものではなく、あくまでも健全容器と減肉容器の限界圧力の比率である。これはMtもMsも同じであるというのが今の説明。

(P9) p-M法に対する疑問点ということで、失礼ながら鴻巣先生と小山田さんの論文を読んでいると、先ほどのところで、平板の応力をそのまま $M_s \times$ 円周の応力という形で置き換えているが、これはそもそもどうなのか。Msの解釈を間違えているのではないかというのが、我々が思っていること。

(P10) 同じようなMsの概念を使っているものということで、国内外の規格をそろえたものになる。先ほど申し上げた通り、同じようなMsの概念を持っているのは原子力の維持規格、それからガス協会さんの規格と溶接協会さんの規格も同じようにMsを先ほどの健全な容器と傷のある容器の比でとっている。ということで、Msの概念は、世の中ふつうはこうであるということ。

(P11) 実際に、Kiefnerのトレースだが、同じような論文を重ねまして、Maxeyの式に対してプロットした結果、Maxeyの式が一番よく説明しているという格好になったので、我々としては破壊圧の予測はMaxeyの式が一番合っているだろうと考えている。

(P12) それから、実際に運用するときは安全の話が気になるかと思うが、実際の破壊試験の結果である。左側の縦軸1.0が設計圧力。我々が使うのは1.0以下になる。健全な容器の場合は計算上3倍くらいで破壊するとあるが、実際にやると3から4.5にばらつき平均値が3.7。傷がある容器がどうなるかといいますと、API法でやったときに、健全な容器の使用圧1.0に対して、2.8からだいたい5.2まで分布した。ミニマム値がだいたい10%アンダーできている。平均値は逆に上が

っているので、コンサバティブズムが若干入っている部分があるかと思うが、こうなる。とは言いながら、我々としては使い方として、あくまでも責任を持っている事業者であるため、10%アンダーという部分については、しっかりと監視箇所として検査記録をもって、継続して監視して予測と実績をきっちりと重ね合わせて適切な時期に合理的に補修等をするということで、いつまでも放っておくという話ではない。誤解がないようにお願いしたい。

(P13) 以上をまとめると、塑性崩壊においては M_t 及び M_s はそれぞれ次のとおりであり、これらは理論とそれを証明する実験により確立されていますということで、実験と理論両輪でございましてということで、塑性崩壊に対しては、 M_t は流動応力と貫通き裂のある円筒の破壊荷重の比であります。 M_s については、健全な容器と傷がある容器の破壊荷重の比率であり、 M_s の逆数をRSFと呼んで、これを使いたいというのが我々の趣旨である。一方、p-M法を見ていくと、今までの議論を見ていくと、破壊力学で導出した M_t の概念を応力の換算係数にしてしまっていると、その結果局部崩壊と全体崩壊の論理的な説明がうまくできていないんじゃないですかというのが我々の思っていることである。以上です。

○はい、ありがとうございました。一点確認ですが、ネットで参加されている方は聞こえておりますでしょうか？

→ネット側は聞こえております、大丈夫です。

○大丈夫ですね。では、今10時40分くらいですが、だいたい1時間くらいで、今までの説明に関して、ご質問やコメントがあればお願いいたします。

6. 4 議題4) 議論・質疑

議題2及び議題3の説明に対し、以下のとおり意見があった。

○大変失礼なことかもしれませんが恐縮ですが、石油連盟石油化学工業協会ということで、いろいろ資料を出されているが、この資料のクレジットについて確認したい。どういうプロセスでこういった資料が出てきているのか、どういったレベルの方に説明して承認を受けているのか。教えていただきたい。

→石油連盟の三浦でございます。KHKに提出した資料のクレジットは石油連盟とありますが、我々の方と致しましては当該担当委員会、下の方から言いますと、設備管理専門委員会、環境安全専門委員会、そして親委員会の環境安全委員会というところの審議を経て提出している。METIに提出している資料と全く同様の手続きをとっております。

○会長さんとかそういう方には説明したのか。

→基本的には、技術的なマターについては、特に環境安全設備管理のことにつきましては、親委員会である環境安全委員会がすべて責任を負っておりますので、そちらの方で了承をされてい

るといふことで、必要十分でございます。

○事務局から石崎様の説明に対して確認させていただきたい。資料2-1のP6式、これはダグデー
ルのモデルの式だと思うが、ここに破壊応力と書いてあるが、これが塑性崩壊の限界を表してい
ると理解されているということによろしいか。

→そういうことです。

○次のページの実験値というのは、破裂試験の結果か。

→Kiefnerの論文にある通り。破裂試験といえば破裂試験である。

○塑性崩壊のことを考えていることがその次のページで示されているが、Maxeyの式というか
Kiefnerの式というか、局部崩壊で考えているという、減肉のところのリガメントそのもの、周
りは含まないという部位の塑性崩壊を評価するということと、破裂試験のデータでこれを検証
するというのは、どのような関係か。

→内液がリークした時点で耐圧性能がなくなったというジャッジです。

○そのときの塑性崩壊の領域というのは、リガメントの部分の範囲に収まっているということ
か。資料2-1のP8について、上の式に書かれている局部崩壊というのが、減肉のところのリガメ
ント部が塑性崩壊域であると書かれているが、これを資料P7の実験値で評価、検証するという
説明かと思うが、その時に破裂試験のデータで評価しているとなると、考えている塑性崩壊域と
いうのは、P8の上の図の減肉の直下の塑性崩壊域よりも大きくなっているはずだが、これをど
のようにKiefnerの式で検証したのか。

(web参加者に聞こえなかったため、繰り返し。) 資料2-1のP8の資料になりますが、ここで
考えられている塑性崩壊域というのは減肉のリガメントのところの小さな範囲であると説明が
ありました。それに対し検証したデータというのはP7のグラフで、破裂試験データで確認され
たと説明されたと思います。破裂の状態だとリークの状態までいきますと、さきほど私のほうで
説明したとおり塑性域というのは、この減肉の直下のリガメントだけではなく大きく広がって
いるはずですが、その部分をどのように先程のP8の上の式(Kiefnerの式)で検証をされたので
しょうかというのが質問の趣旨であります。

→前半の質問について、資料2-1のP7のデータは貫通き裂の破壊試験であり、表面傷ではない。
Kiefnerは論文の中で、一つのグラフの中で貫通き裂と表面傷のデータを一緒に載せているが、
私はここで貫通き裂のデータのみを選んで載せている。前頁の貫通き裂のMtの定義が正しいこ
とをKiefnerさんが確認しましたというKiefnerさんの論文の前段の話である。その論文の中で後
段はMaxeyの式が合っているという説明になっているが、今回の資料の中では時間の都合で割
愛している。詳細はKiefnerさんの論文を確認ください。先ほどの小山田さんのキズの底部の塑
性崩壊域が先に降伏して云々という説明があったが、あくまで耐圧の話は内液が漏れるか漏れ

ないかだけの話であると我々は理解しているため、今回はそもそも漏れるか漏れないかの議論でありましょうというのが一つ。もう一つは小山田さんの式でFEMの結果で誤解があると思っていたので、この機会にお話した方がいいかと思うが、小山田さんの資料1-2のP18からP20にかかっている質問だと理解している。この話をみていくと、配管の外形が165.2mmで厚さ5.5mmなので、これはスケ40である。プラントをやっている方ならご存じだと思うが、スケ40というのは、ほぼほぼスケジュールスタンダードで、これはないかという腐食しろ1.6mmで300ポンドのレーティングのことを言っている。腐食しろ1.6mmで300ポンドのレーティングと聞くと皆さん頭に浮かぶのは、大体使用圧力がせいぜい常温で5.0MPaくらいだということは理解しているはず。実際計算して腐食しろ1.6mmを0にして最大の使用可能な圧力を計算すると6MPaくらいになる。我々はこの配管というか圧力部を6MPaでしか使わない。小山田さんの非破壊試験のところをみると、ずっと上のところの議論をしているが、そうではなくまず6MPaで使っている物体の話をしている。この傷の深さで計算していくと、我々のやり方では最終的に使える圧力は6.0MPaくらいになる。傷がない状態だと6.3MPaで、傷がある状態だと6.0MPaとなる。5%位ダウンした状態で使うため、小山田さんの資料2-1のP20のずっと下の方である6MPaくらいのところでしか使わないという話をしているので、断面部の塑性、全断面塑性云々には全然関係がない領域の話をしていると我々は理解している。そういったことは起こらないと理解している。

○この事例は石崎さんがおっしゃったとおり。この事例自体についてFEM解析を説明しているのではなく、考え方としてAPIの $M_s\sigma_m$ という式の限界点は（資料1-2のP20の）⑤の破裂のところに合わせているということよろしいか。

→破裂に合わせている。健全な容器であっても破裂に合わせて見ているため、傷のあるものも破裂であるというのが我々の考え方である。

○そうすると、破裂試験で確認されているということで、先ほど大径になると合わなくなる部分が出てくるとか、そういったことが出てくるのではないかというのが私の主張。破裂だけで $M_s\sigma_m$ という式を正しいとして管理基準としてこれを使っていくととんでもないことになるのではないか。個別のこの実験をしたモデルの欠陥が危ないといっているわけではなく、考え方として、破裂を合わせた評価基準を使っていると気づかないうちに塑性崩壊に行くという場合もあるのではないかということである。すべての欠陥がそうなるといっているわけではない。

→その理屈が理解できないので、もう少し説明していただきたい。ここがかみ合わない部分かもわからない。

○資料1-2のP28で、参照応力 $M_s\sigma_m$ がどういう値を示すかというのを、上に書かれている板厚10mmで深さ8mmの欠陥がある場合に半径を上げていくということで、左側の方に行くとかなり小さい径で10mmということで、こういったものがあるかはわからないが、これを大きくしていくと平板に近づいていく。このときに $M_s\sigma_m$ という式で評価すると、半径が小さい値では平板

と同じようなところということで、それなりの応力が出てくるが、径が大きくなってくると、だんだんと欠陥がなくなってしまうということになり、このケースだと半径が234.5mm、内径がだいたい50cm弱の配管になり、板厚が10mm、先ほど石崎様が言われた通り考えると、4MPaくらいで使える圧力容器ということになるかと思う。安全率が4であれば。このようなときに、内径がだいたい50cm弱で板厚が10mmで4MPaのものは結構あるかと思うが、そのようなものの評価のときにこの式を使っていると、板厚が10mmで軸方向長さが30mmで深さが8mmという結構大きなぼこっとした半楕円き裂、半楕円減肉ですね、投影するとき裂になるが、これがあると径が大きくなると合格してしまうということになる。半径が1万mmなんてものがあるとは思ってないが、平板の状態に近づいていくとどんどん欠陥がないことになってしまうため、非常に危険な評価方法であると考えている。これがなぜ起こるかということで、資料1-2のP29で説明した通り、これは破裂のところを起点として、 $M_s\sigma_m$ となるように式を作ったものであり、力のつり合いなどがあまり考慮されていない。破裂試験の結果に合わせるようにこういった式を作ったために、径の大きさや欠陥の大きさによっては全然合わない場合が出てきており、危ない評価になるというのが私の主張である。併せて隣にある許容応力の考え方も温度によらず一定という、設計で使う許容引張応力を1.1倍するという、1割増しだったらいいだろうという考え方かと思うが、これも安易にこのように使うと応力の過小評価が効いてきて、このような評価基準を使っていると危ないところが出てくるというのが私の主張である。

○チャットで高橋副主査から質問が来ている。実際の使用応力が計算応力と異なるのは分かった、しかし大きな圧力がかかった場合は資料にあるFEMのような結果になるのかをお聞きしたいと。

○FEMの欠陥のサイズが変われば、当然破裂の圧力も小さくなる。欠陥のサイズによって変わる話であり、今のFEMの結果だけみてそのように断定するのはおかしいと思う。もっと根本的な話で、石崎さんの資料2-1のP7で、Kiefnerの式、Kiefnerの実験結果から良いといっているが、この式はダグデールモデルといって、き裂の先端に塑性域が大きく出たときの破壊を言っている。塑性変形や塑性崩壊ではなく、破壊である。もし延性破壊の塑性崩壊を考えるのであれば、ネット応力概念というのが通常である。ネット応力概念とは、平板に対して何か欠陥があった場合、残った残断面の応力がある値以上になったら延性破壊しますという考え方である。このダグデールのモデルはそうではなく、延性的な応力をかけると塑性域が広がるが、そのときにどれくらいで破壊するかという考え方である。この考え方をういてFAD曲線を描いている。FAD曲線においては、破壊靱性と応力荷重という2パラメーターで出している。資料2-1のP7では横軸がKとなっており、き裂の破壊の方を考えている。延性破壊とは全く関係ない話である。
→おっしゃっていることが理解できない。弾塑性モデルで書いて、き裂の先端が降伏して広がっていきました、これで破壊している話をしているので、塑性崩壊でよいと我々は考えている。

○最後のところは塑性崩壊するが、この実験のほとんどはKで低いところまでやっているところを出しているが、塑性域が非常に大きいところの破壊をやっている。脆性破壊や弾塑性破壊のようなことでダグデールの式はそういう式である。もし延性破壊をやるのであれば、ネット応力概念という考え方で、通常延性破壊においては断面積や減少した欠陥があったらそのリガメント、残った断面積応力がある値以上になったら延性破壊するという考え方である。このダグデールの考え方をもってどうこう言うのはおかしい。

○チャットでも意見が来ている。今は塑性崩壊や破壊の話になっているが、なかなか素人には難しい話だと思う。もっと根本的な話をしてほしい。渡邊さんからMsの定義が両者で違うから話が食い違っているのではないかと、高橋副主査からは議論が異なる方向に行っているため、収束させた方がいいと。もう少し本質的な話をしていただければと思う。私の考えでは、APIを両論併記するか否かということから始まった話だと思っている。APIがKHKの小山田さんからはおかしいと指摘があった。石崎さんはMsの話をしており、両者で話が食い違っている。ここで足並みを合わせてもらえれば。Msの話と、力学的な原理に則っているということで食い違っています。ここを交通整理して、本質的な話をしてもらえればと思うが、いかがか。

○中曽根主査のご要望が一瞬理解できなかったのですが。

○要するに石崎さんはMsの議論ということで、Msが非常に重要であると言っていた。一方で、小山田さんの方は、そもそもAPIは力学の原理に則っていないと。これは非常に本質的ですよ。Msというのは修正係数の話なので、レベルが違うのでは。そこを、足並みを合わせて、APIが力学の原理に則っていない、いや則っているのだといった話ですね。Msについていえば、Msというは一部だ、とか、そういうような話をしてもらえればと思う。

○中曽根主査からご紹介いただいた委員の方々のコメントを読み上げさせていただきます。まず、渡邊委員から。さきほどの小山田さんのご説明、資料1-2のp28の参照応力と言われているところは、Msの定義がp-MとAPIで異なることに起因しており、p-Mを正とした比較をされていると思います。Msの定義を議論するのがよいと思われます。次の議題にして頂けると助かります。ということでした。高橋副主査からもこれと同趣旨かと思いますが、先ほどの塑性崩壊等の議論に関して、そういった議論というのは、議論が異なる点に移動しはじめた様に思います。石崎さんがおっしゃるとおり、ここが見解相違の1つのポイントの可能性があるので、1つ1つ確認して進めて欲しいですが。というコメントでしたので、レベルもさることながら、委員の皆様もMsの定義というものをやはりかっちりとして、両者でそこがずれているということ、その入り口から…

○それをまとめて私なりに解釈して説明してくださいと申し上げた。両者の意見が食い違っているので、片方は本質的な議論、もう片方はMsの議論ということで、Msの説明なり、Msの質問を

するなりしてくださいと。

○私の理解が足りずすみません。ありがとうございます。では、 M_s の定義等からさらに上の次元の話へということで、議論をということで理解しました。ありがとうございます。すみません。差し出がましいことを申し上げました。

○ M_s の定義の話でよろしいですね。

○飲み込みが悪くて失礼しました。資料2-1のP26に書いているChellの論文について、該当する部分を載せています。おわかりのとおり、真ん中に $f(a/t, a/c, \varphi)$ があり、これが L_1/L_y になっている。 L_1 は傷のある部材の崩壊荷重、 L_y は傷のない部材の崩壊荷重ということで、この両者の比をファンクションの f というふうに彼は表現している。これが、我々が使っている M_s の定義の源流になっている。これがChellの式のもと。同じChellの論文の中に、後ろの方に(19)と(21)があり、我々の中でChellの式と呼ばれているもの、KiefnerあるいはMaxeyの式と呼ばれているものをそれぞれ引用しておりまして、同じようにファンクションの f ということで、グローバルとローカルの解ということで、ここの中に出てきまして、あくまでこの定義は L_1/L_y ということで、傷のある部材と傷のない部材の崩壊荷重の比率としている。続いてP27を見るとわかる通り、Kiefnerの論文でも、(8)式でこれ自体が M_{p-1} ということで、 σ 、流動応力分の σ_p ということで、表面傷のある部材の破壊圧ということで、その比率が M_{p-1} ということでできているので、これでやっていますということで、いずれにせよ一貫性はとれていて、いずれの論文を見ても、 M_s の定義というのは流動応力あるいは傷のない配管の崩壊応力と、傷のある部材の崩壊応力の比率ということになっている。もう一つ、小山田さんが作られた参考資料1-5のP6で非貫通欠陥に対するバルジングファクター M_s の正しい導出という資料があったが、右のほうを読んだとき、 σ と書いているが、表面傷のある平板の限界応力と読み取っていいか。

→荷重に応じた応力と考えてもらえれば。

○荷重に応じた応力で、最終的に崩壊時の応力だと思っているということでもいいのか。

→崩壊荷重でも合うと思う

○これで右側の下から2つ目の $t \times \sigma / M_s$ という式があって、これから M_s を求めたとしても、 M_s の正体が、ただ M_s はこれですということで、何々何かわからないと思うので、これはたぶん $t \times \sigma / M_s$ は $t \times \sigma$ のシェルだと思うが、これでいいか。

→シェルではなく、資料の左図にある健全部のところの応力になるのではないか。

○そこが多分食い違いの元。我々の M_s のとらえ方で言ったら。

○すみません。荷重は外側をLで引っ張っているの、それによって発生している膜応力のことだと思う。

○そうすると、小山田さんがとらえているMsの定義とは何なのか。

○（参考資料1-5のP6の左側の図を指しながら）これが二つ分かれていて、分けて考えるというのがChellの考え方かと思うが、この貫通欠陥のある部分と、その残りの部分を健全部としてただ合わせただけ。

○そうすると、ここ出てくるMsの定義って、なんの応力となんの応力の比率ですかといったときに、どうなるのでしょうか。

○補足します。Msというのは、Chellがそのように考えたのだが、応力の分配ではない。単にバルジングファクターということで出している。バルジングファクターなので、1からMtの間になるようになっている。応力の比ではない。応力の比で考えるということ自体がおかしいのでは。

○Chellの論文、Kiefnerの論文のどちらを読んでもそのようには読み取れない。式ではっきりと崩壊荷重の比率と定義している。これは言葉ではなく式で定義する問題だと思うが。

○Chellの式ということで、APIでも使っているのではないか。バルジングファクターと呼んで使っているのではないか。

○言葉はバルジングファクターとなっているが、バルジングファクターという言葉の定義はそうようにしていない。ちゃんと前後の文脈を読んでこういう場合は使うべきだと思う。

○バルジングファクターというのは、膨れによる応力を見かけ上上がる分を考えているということの良いのではないか。

○そういう定義はAPIのもととなっているKiefner・Chellの論文にはでてこない。そのような定義ではないと我々は思っている。

○その議論をしても仕方がないと思う。Msに関連して、小山田さんの資料1-2のP28にMsと書いてあるのは、KiefnerのMsということで良いか。

→赤いラインのMsはKiefnerである。

○青いラインはChellのMsですね。これはもう歴然として、理屈はどうであれ、計算するところ

いう結果になる。定義がどうか、APIがこう言っているなどの意見があったが、計算すればこうなる。これを問題としているのではないか。

○今チャットでいろいろ質問が来ている。一通り紹介すると、重複がありますが、高橋副主査から、議論が異なる点に移動しはじめた様に思います。という意見があり、ひと段落した後、次の議題で構いませんということです。その後、高橋副主査から資料のどの式なのか表示してもらえると考えやすいと。小川先生からMsの意味に関する発言を一段落したところでお願いします。と、ENEOSの大谷様から、p-M法のMsの式は過去のChell他の論文と整合とれているかをp-M法側からしっかり説明してください。小山田さんの説明がほしいところです。とのことでした。

○ちょっとすみません。そこおぼえておいてください。さきほど小川先生からのMsについての発言をしたいとのことでしたので。小川先生よろしいですか。

○はい。お願いします。今まさに議論されていたところですが、資料2-1のP9の石崎さんのスライドのなかで、小山田さんの論文の一部が書かれています。ここの部分で今まさに鴻巣先生が説明されたように、MsChellの式を応力の換算係数として使って、円筒の内容を板の式に入れるために使っているということです。まさにその部分が小山田さんの資料1-2のP27に表現されていて、円筒だとMs分だけ応力が大きくなるという表現がされているが、私はここがどうしてもわからない。どうしてこのMsは先ほど説明があったような方法で導出したのに、これが応力の換算係数になるというのが全く分からない。ぜひこれを詳細に説明していただきたい。

→Msが何を意味しているかという、平板のものと円筒の場合で、き裂が入った場合にFoliasは応力拡大係数が違い、その違いが円筒の方が高くなると、円筒の方が高くなるのはバルジング効果だと言っている。平板には膨れという現象がないが、円筒では膨れがあるので、そういうものでしょう。そういうことで、MtというものをFoliasが提案している。円筒の効果を取り入れるためにMtというパラメーターを考えた。それを貫通ではなく非貫通のものにするにはどうしたら良いかということで、Msというものが出てきた。Msがどういう物理的意味を持っているかという、欠陥がない場合は1ですけれども、もし欠陥が貫通したらMtになる。これがFoliasの考え方です。そのため、Msは1とMtの間の値でないといけない。それが膨れに対する評価。円筒の評価をそういう形で取り入れようということ。APIのように、Msが貫通したら無限大まで行くというのはおかしい。なぜMtにならないのか。こういうことで、物理的に変な定義になっていると言いたい。

○（WEB不調による中断あり）

去年の九月にも議論したかと思うが、今の鴻巣先生のお話のように、MsChellというのはき裂があることを考慮して求められた値だが、この値を健全部の応力に置き換えてそこを割り増す係数にするというのは、破壊力学的に求めたものが材料力学的なところに移行されていると思

う。ひとつ前のスライド（資料1-2のP26）で、この左側に円筒を貫通するような傷がある場合の参照応力解というような表現をされているが、MsChellはこういう状態になったら $1-a/t$ の値とほぼ同じになる。傷があるから、傷がある分が考慮される値であると私は理解していて、鴻巣先生がやられているように、傷があるもので求めた係数を、単なる割り増し応力係数にすると、ダブルに傷の効果をカウントすると思っていて、これは違うのではないかと私自身は思っている。

○Foliasの考え方では、そのように、応力の増し分で良いと考えている。これをp-Mで管全体に対して応力の増し分があるという風に言っているわけではない。Willoughbyが提案した式のごく限られた幅に対してそういう応力があると考えている。その辺を誤解しているのではないか。→納得はできませんが、回答はいただいたのでこれで結構です。

○そのほか、コメントとして、ENEOSの大谷委員から、p-M法のMsの式は過去のChell他の論文と整合とれているかをp-M法側からしっかり説明してください。小山田さんの説明がほしいところです。小山田さんの参考資料1-5のP6の説明は全くわかりません。ということで届いております。

○さきほど鴻巣先生から説明があったかと思うが、Chellの考えの中で、貫通欠陥の部分と健全な部分に分けて考えるということで、健全な部分の板厚をa、残りをt-aとして、aの貫通欠陥があるところはMt、貫通欠陥のFoliasのファクターで考えるということ。残りの部分は健全部ということで、通常の荷重の式になるが、これをただ単に合わせたものを求めたものがMsとなっている。この式については、石崎さんからいろいろ指摘があったが、使っている意図はAPIの式と何も変わっていない。この適用の方法が、p-M法はバルジングファクターとして使っていて、おそらく石崎さんの説明ではここに断面積の減少分も入っていると言っているのかと思う。また、Chellの論文に出ている参照応力の式があるが、あの参照応力の式はp-M法では使っていない。あくまでもWilloughbyの平板の式を使っている。

○大谷の質問に対しての回答ということで、感じたことを確認させてもらいたい。大谷はAPIのMsとp-MのMsの違いについて、p-Mから見たAPIの違いを説明してほしいということだったと思う。端的に言うと、APIのMsは、我々は欠陥があるものと欠陥がないものの比であると思っている。しかし先ほどの説明では、p-MのMsは平板と円筒の換算だというような説明があったかと思う。APIでいうMsの欠陥がないものとあるものの比っていう話と...

○すみません。APIのどこにそれは書いてありますか。何回か読んでいますが、バルジングファクターとしてFoliasと同じ意味で書いている。

○Msは基本的に、欠陥のある円筒の崩壊荷重と欠陥のない円筒の崩壊荷重の比である。そう書

いてある。

○それはAPIのどこに書いているのか。私が調べた限りでは、2か所にわたってバルジングファクターとして書いてある。今説明があった定義はAPIには書いていない。ここのところがわからない。

○APIの中でどうなっているかという、そもそもMtとMsの定義は文言としては書いていない。ただ引用文献としてこのKiefnerの論文、Chellの論文、それからKiefnerとFoliasの論文は引用している。言葉ではなくもともと論文の主旨は何ですかということで、MtとMsの定義を見なければいけない。

○バルジングファクターについてはAPIに書かれているのではないか。

→バルジングファクターという言葉では書かれている。この言葉がなんの荷重となんの荷重の比率ですかということまでは書かれていない。その言葉だけをとらえてこれを平板と円筒の荷重とするのは違うと思う。

○石崎さんからあった通り、式の形から見て、APIのMsは基本的に健全な円筒と欠陥のある円筒の、おなじ円筒同士の比であると考えている。これに対し、p-Mの方からは、平板と円筒の換算係数ということで、同じMsでも、その部分が違うのでモデルの違いにあり、冒頭の審議官からもあった通り、頭の中の問いが違うかたちになっていることの原因だと感じている。Msが円筒と平板の換算だということ、もしそうであれば我々は理解したいということ。

○資料1-2のP27について、平板と円筒の換算と意味が、誤解があるかと思うが、平板も円筒も膜応力という意味では、減肉がなければ σ_m で同じである。平板にかかっている膜応力と円筒にかかっている膜応力は同じだと理解している。換算という意味ではなく、 σ_m の式がただ単にこの矩形の力÷断面積が内圧の力になるということで、 σ_θ になっている。Msの意味としては、下の図にある通り、減肉のある場合の円筒が内圧を受けて膨らむ場合、減肉によって減肉がないときよりも余計に膨らむ。膨らんだものを通常の内径の式で応力を求めることはできない。内径の式というのは健全な円筒の式で、内径が変わらないとして応力を出しているため。この式の中で補正ができないので、余計に膨らんだ分を外から補正するために $M_s\sigma_m$ で置き換えている。これがp-M法におけるMsの物理的な意味である。

○先ほどの中曽根主査とのやり取りは、part9のき裂上評価のセクションの話かと思う。今日メインで議論しているのは減肉の評価についてだが、減肉の評価自体は評価手法が書かれているだけで、part9のCに書いているのはあくまでもその補足が書いてある程度。減肉のバックグラウンドがどこに書いてあるかという、WRC文献の中に書いてある。その中では、Ms、すなわ

ちKiefnerは健全な容器のフローストレスと破断荷重との比率と明記されている。バックグラウンドになっているWRC文献になっている。そのうえでpart5の減肉評価があるという構成になっている。

○いただいている質問を紹介したい。高橋副主査から、既に、各モデル化の細部に突入してしまっていますが、どういう破壊をモデル化しているのか確認するのが最初のように思うので、上記の質問をしました。ということです。渡邊委員から、なぜこのMsが欠陥のある平板と欠陥のある円筒の応力の比になるのか理解が出来ない所です。石崎さん説明資料2-1のp9の部分になります。ということです。ENEOSの大谷委員から、参考資料1-5のP6はChellの式と書いてあるが、勝手に変えてよろしいのでしょうか？Chellの論文を理解できていないのですか。という意見があった。

○まずは、高橋副主査のコメントで、「どういう破壊をモデル化」にしているかについて両者の意見を聞きたいのですが。

○Op-M法の破壊の考え方については、資料1-2のP39の図にある通り、円筒でも平板でも同じだが、中央の断面をとって欠陥を等価に置き換えた形で、Willoughbyの式で一番重要なのは、等価貫通欠陥の幅を $2CL+2T$...

○Msの定義の細かい話に突入していて、おそらくこれが双方の見解の違いの原因らしいと確信が持てたが、そもそもどういうものを評価するのか。違うモデル化で、同じ変数を使って違うものを評価していたら式は違って当たり前だと思ったので、どういう破壊を評価しないといけないのか確認したく、先ほどの質問をした。有限要素法の計算結果が資料1-2のP20にあったかと思うが、こういうことは起こりうるが、実際に使うのは圧力が小さい為こういうことは起こらないという説明だったと思う。もしこういうものにこれだけの圧力がかかったらこういう破壊をする可能性があるということを小山田さんが説明したかと思うが、こういう認識で正しいか。また、石崎さんからは実際にはこういった圧力では使用しないから計算に意味がないという趣旨の発言があったが、この認識で正しいか。

→シンプルに言ったらそういうことだと思う。FEMをやった時に破壊を示すEnd of Calculationとして何を採用するかという問題があり、その話も絡んでいる。

○要するにこれだけの圧力がかかったらこういう破壊の仕方をする可能性がある。

○FEMの計算の終点をどうするかという話なので、FEMの結果と現実の破壊試験があり、現実の破壊試験が正であろうというのが私の意見。

○こういう応力がかかったら、この計算はでたらめということか。この計算してはいけないという説明かと思ったのだが。

○そういう意味ではない。破壊した時点のモデルとしてはFEMをしたりしていろいろなモデルを出して検証するのが普通。

○こういう圧力がかかったらこういう破壊をするということで間違いはないということでしょうか。

→モデルが違ったら違うこともある。

○当然形が違ったりすれば、全く異なるかと。FEMの計算はケースバイケースの計算なので、実験と同じ。すべての場合は計算できないが、例えばこのような形のものにこのような力がかかったらこういう風に壊れるというのは間違いなのか。

→破壊時の応力をこれに設定したらそうなるかもわからない。人によってメッシュなどの詳細が変わってくるので若干違ってくることがある。

○しょせん計算ですから。そのときに実験の方が大切だと考えておられるのも、なるほどと思う。

(資料2-1のP7の) M_s の定義の違いに双方のモデルの齟齬があると理解したが、そもそも違う定義を使っているのだから、同じ係数であっても結果が違って当然。これを解消しないと前に進まないと思ったので、確認している。資料2-1のP7で、係数の値を実験的に検証したということか。

→そういうこと。

○計算よりも実験の方が真実性があると。

○先ほど鴻巣先生と議論した通り、ダグデールのモデルを用いてFoliasが解いたもの。それに対して実験を合わせて、両者があっているということを確認したというのがここの結論。

○実験的に有限の数で決めた係数が、応力がもし大きくかかった時どうなるかなど、無限の可能性があるので、式が使えるかどうかの検証に使えるのでしょうか。

○一つ誤解してらっしゃるのは、 M_t は実験では求めていない。 M_t はあくまでもFoliasが解いた係数で、これは収束しない。Kiefnerは健在のため、連絡して聞いてみたが、これをFoliasと議論したとき、2項近似だとあまりにも精度が悪い。Foliasも論文に書いている通り、 $\pm 6\%$ の精度である。これを4項近似にし、精度を上げた。それを M_t という形で、理論的に用いた M_t を放り込んでいる。実験で求めた係数はこの中に存在しない。

○回帰関数のようにしたときに、非常に狭い範囲でしか検証ができないかと思うが、問題ないのか。

○その部分は、最終的にFoliasファクターを修正したものを、修正Foliasファクターとして、傷の長さや径を大きなところまで変えていって、現実的な範囲で網羅したものを、10項くらいの近似式で使っている。

○径を大きくしたりして決めるときに、資料1-2のP28で、 r がどんどん大きくなっていったときに、き裂があってもなくても同じになってしまうが、APIの式で計算するとどうなるのか。

→APIの式で計算するとどうなる。この根本には、平板の式は精度が悪いということで、資料2-1のP24で計算している。APIの式と1.5倍の幅で作っているのがWillongbyたちの式の実験データをプロットしている。Sattari-Farらの局部崩壊の詳細なデータも反映してる。

○あまり詳細な細かい話になると理解がしづらい。さきほどのAPIの式でいうと r を大きくすると精度が悪くなるということでもいいか

→精度はよくなる。平板の精度がわるいので、これを正にしているのがおかしい。

○この平板の式に漸近している値がAPIの式ではない？

○時間も押しているので。小山田さんの方から回答願います。

○APIの平板の式は赤い線図とは関係ない。平板のき裂の式からこの赤い線を求めたという説明かと思うが、平板の式は関係なくなっていて、これは健全部の膜応力に近づいている。

○欠陥があってもなくても同じということか。先ほどの説明はそう理解した。

○そういうこと。

○そういうこと。径が大きくなると何が起きるかという、両端に構造不連続部までの距離が必要となり、それが大きくなっていく。

○そうであれば、やはりこれを使うときは径に制限を与えないと危険ではないか。

○いやいや。径が大きくなったら平板に近づく。全体崩壊ではないか。全体崩壊なので、これでいいはず。幅が広がったら傷の効果がないと簡単に思ってもらえれば。

○この計算上は、APIの減肉の評価の合格。WESでも同じだが。内径は23.4cmの半径で、板厚10mmで欠陥の深さが8mm、長さが30mmである。このような深い傷があるものが、内半径が23.4cmになった時に合格して、さらに半径が大きくなっていくと、許容圧力は下がっているが、この時点では計算すると4MPaくらいの圧力になっていると思う。これが、高橋副主査のおっしゃるとおり、欠陥の効果がなくなってしまう。健全部の膜応力に一致するというのは、言い方は悪いがあり得ないのではないかと思う。

○まだいろいろあるかと思うが、審議官と会長の方からご発言をとのことだったので。よろしいでしょうか。

○我々は委員のディスカッションを聞きに来たので、委員のディスカッションが尽きましたということで、我々部外者にね、部外者と言うのはおかしいけれども、オブザーバに意見を求められれば述べるが、それでよろしいですか。

○大丈夫です。今そういう場になっています

○わかりました。だいぶ感想に近いが、今の委員の間のディスカッションで、ずっと同じような議論を何年間も続けてきたかと思う。部外者としては、こういう議論をずっとやってきたのかということを皆さんに理解していただいたかと思う。かなり情けない議論をしている。高橋副主査は私は良く専門を知っているから、ああいう質問をするのはやむを得ないが、今までの委員会の中で、そういう質問に対してきちんと回答して理解してもらおう努力をしてきたのかという話。嫌味な話で申し訳ないんだけど。問題が何かというのは皆さんにおわかりいただいたと思うが、参照応力という問題なんですよ。参照応力とはなんですかということを委員の方が多分理解していないと思う。ましてや部外者の方は全く理解していない。

申し訳ないけど、資料の2-1の石連石化協の資料の、先ほどからずっと議論になっているのが、P5の議論をしたいが、まずはP6を見ていただきたい。この議論に尽きていると思う。これに対して先ほど鴻巣先生から解説があったが、たぶん何か間違えとは言わないが、行き違いがある。この式は我々破壊力学を勉強している人にとっては極めて当たり前の式で、2パラメーター法破壊評価線図というのがあって、破壊力学で応力拡大係数で評価しますという問題と、今ここで話題になっている塑性崩壊という問題。き裂というモデル化にたいしてはこの両方が起きる。それをうまく使い合わせましょうというのがこの式。この式の横軸を見ると今の減肉の塑性崩壊ということになっていて、この資料の解釈は非常に正しいことを言っている。問題はその次のページで実験結果があうか合わないかという議論をしている。著者がこういうプロットをしていたからだと思うが、このプロットが嫌なプロットで、破壊評価線図の縦軸応力拡大係数、横軸応力でプロットしていただいたら一目瞭然だった。そういう結果。こういう表示でもおなじことで、よく合いますということ。問題は、破壊評価線図の横軸が応力を見ているが、横軸は本来は円筒

形の圧力容器に適合するといったら、その時の圧力と、塑性崩壊で壊れる圧力という同じ構造に対して圧力比を横軸に取る。このモデル自身はDugdale Modelといって、無限平板にき裂があるというモデル。だから応力換算したいわけです。応力の降伏の強度に対する比が、今かけている荷重、圧力、と塑性崩壊圧力の比に等しいと定義した。定義である。そういうふうにみなしますという話。

そこから参照応力という概念が出てきた。参照応力の議論をずっとしているが、参照応力というのは、ベースを決めるところがどういうモデル化ですかということところが両方で違ってきているという話。大分前から私は、き裂と減肉という、減肉はこのモデルでいうと横軸でしか使わない。だからき裂の問題を議論するのをやめなさいと。横軸の減肉だけにして、しかも形状が決まっている。円筒形状で内面か外面に減肉があるという。そこに平板のモデルというややこしいものを持ち込んで議論するのをやめなさいとずっと言っている。それを皆さん聞いてくれない。

そこで本論であるこの前のスライド。資料2-1のP5のスライドに尽きるが、これが、APIが提唱している方法で、ここで皆が M_s がなんだとか参照応力がなんだといったややこしい議論をしているが、RSFという定義通りである。減肉容器の限界圧力と健全容器の限界圧力の比を求めて、その比が0.9だったら許容しますという非常にシンプルな話。それをどうして理解しないのですかという、私にとっては非常に不可解。あとは参照応力とか、それを平板に戻したらどうなるかとか、それは学者の遊びとしては面白い。しかし、規格としての有用性は全くない。さっき、実験をとつともないところでやっているという話があったが、それは石崎さんが説明した通りで、左下の図で非常に明快である。さっき高橋副主査が小山田さんの実験に対して指摘したように、圧力が高すぎる。そんなこと起きないでしょうとっているのは、許容容器限界圧力のところの話である。そういう現象は起きませんというのは嘘で、そういう現象が起きるといふのを我々は見ている。それは健全容器でしか見てない。健全容器ではいくらの圧力で破壊するかといふのはしっかり見て、実験結果でそれが合うことも検証していて、それが緑の位置である。今ここでAPIが何を言っているかという、RSFの式があって、健全容器の限界圧力といふのは設計上全部ちゃんと解析して実験結果から合う合わないといふのは分かっている、十分安全は確保されていると。ちょっと減肉したら少し割り引いてもいいでしょうと。0.9がなぜかといふのはまた議論があるが、0.9でいいでしょうといふ話を作つた。それは緑の線からはるか下の話になっている。こういう非常にシンプルな、事業者の方があまり考えなくてもきちんと使えるような規則になっていると私は思っている。それに対して、それはそうじゃなくて、参照応力みたいなものを持ち出して、古い論文が合っているとかが間違っているとかいった議論を延々と続けていること自体が間違いだと思っている。

あとは技術的には途中でいろいろ意見を聞かれて、局部崩壊と全体崩壊という、まあ、Chellの式といふのを現実にはそこで限界圧力を求めるために使うが、これのどちらが正しいかといふことも、読みわけが全くないといふことを常に言っていて、今日の資料だと読みわけはそれなりにできていて、局部崩壊の式を使うのが正しい。正しいんです。APIはそうなっているといふ話。

一番わからないのは小山田さんの説明で、温度が高い場合に裕度がないということをものごく強調している。このRSFの式を見ていただくと明らかなように、健全容器の裕度というのは高温側も保証されている。許容引張応力で設計しているのであって、許容引張応力というのは設計温度の値である。健全容器は温度の問題ははじめからクリアしている。RSFの比を見ていただくと、これは健全容器の限界圧力と減肉容器の限界圧力の比になっている。限界圧力を求めるためには降伏強度を入れなければならないが、その降伏強度というのは分子と分母でキャンセルする。なので、温度依存性は考える必要がないというのは初めから自明の理。それをどうして持ち込んだかというと、特定の材料に関しては、設計で考える健全容器の限界圧力が現在の許容引張応力では問題があるということの意味しているのかと、私は恐ろしくなっている。その検討は今後してみようと思う。

以上で、簡単に言うと3つのポイントだと思う。Msの議論と参照応力の議論、局部崩壊か全体崩壊か、温度依存性がどうかという。この3つに関してはAPI法で何も問題がないんじゃないですかというのが部外者としての私の意見。以上。

○ありがとうございます。それではどういたしましょうか。

○もしあれでしたら。

○手短かにお願いできますか。

○コメントありがとうございます。資料2-1のP5のMsの定義でおっしゃっていた件について、これはAPIの定義そのものなので、APIはそういう風に考えている。この時に、Msの中に欠陥を色々変えてMsを出すのが、欠陥の断面減少の分が入ってきている。それはこの式の中で限界圧力ということですから。それが最終的に、例えば小山田さんが作ったライン、P39の赤い線で書いてあり、破裂のところで定義している。通常欠陥がない設計では、青い線の限界荷重解析によって出されており、破裂を基準にしているわけではない。だから青い線で評価しなければならないところを赤い線で評価しているところが問題だと思う。次に参照応力について、参照応力といっているのは、たとえば曲げ応力とかそういうものが入ってきたときに、評価するために言っているだけである。内圧だけであれば局部応力のことになる。言葉は参照応力といっているが、ここで今議論している範囲内であれば局部応力と考えてもらえば良い。局部破壊と全体破壊について、小山田さんの資料1-2のP20の図ですと、p-Mで考えているのは局部破壊ではないか。破裂なんかを考えているのは非常に大きいのですから、塑性域全体が広がっているため、全体破壊、全体崩壊している。APIの破裂で考えたら全体崩壊だし、p-Mで考えたら局部崩壊である。温度については、例えば小山田さんの資料1-2のP29の図にあるように、Smはほとんど温度に対して影響を受けない。これは鋼種によっても違うが、STPG370の場合には、Smの値は温度に対して変わらない。ところが、同じ規格上に降伏応力のデータが載っていて、これは明らかに温度の影

響を受けている。当然、今は塑性崩壊を考えているため、温度の影響がある。降伏応力を介して温度が影響する。参照応力、 S_m 、許容応力ではなくて、応力でもって評価される。その応力は温度依存性があるのはごく当たり前の話であって、P29の赤い線のように温度が高くなると下がってくると。こういうことで温度の影響を考えないといけない。高橋副主査が指摘しているように、小山田さんの資料1-2のP28にあるように、赤い線の M_s はAPIの、Kiefnerの M_s を使っている。青い線は p - M の、Chellの M_s を使っている。 M_s は違うが、単にAPIの通りに計算すると赤い線のようになる。そうするとすごいことに、大きい径の場合には、欠陥があろうとなかろうと、欠陥がないときの応力に一致すると計算では出てきてしまう。これはおかしいのではないかと、どこからきているかということ、先ほどの $(1-\alpha)$ を4乗にして、それをKiefnerの式で出すということから、すべてここからきている。そういうことをここで主張しているという風に思う。

6. 5 議題5) 総括等

後藤審議官及び近藤会長から、本日の議論を以下のとおり総括いただいた。また、三浦様から以下のとおりご意見があった。

○今回時間が超過してしまいましたが、引き続き議論をきちっとやっていって、技術的にどうするかというのを、今日も含めて議論のテーマを考えてやった方がいいかと思う。審議官と会長からお言葉を頂戴したい。

○経済産業省の後藤です。本日はどうもありがとうございました。議論の中身については、ついていけない部分もあったが、思ったのは先ほど先生からもあった通り、学術的なお遊び的なものになっている感覚に見えてしまったが、どちらが優れているとかここがおかしいといった議論をする場では、本来ないのではないかと。本来の目的がなんなのか、立ち戻ってみると、それぞれ的手法が現場できちんと使えて、それで安全が確保できるのかというのを検証すればいい話だと思いますので、そういう方向で議論していただけるといいのでは。APIが使えないのではないかという話の中にも、海外では使っているだとか、一部原子力やガスで使っているという話もある中で、それはなぜ使っているのかも我々は知りたい。論点がかなり狭くなっているが、そうではなくて、前提となっている考え方や、だれがどのように使っているかとか。それから、ある条件下では危ないといったことがあるのであれば、範囲を限定して使うといった、別の形も考える余地があるのではないかと。もうすこし広く見ていただいて、全体として使って安全を担保できるのかということに尽きるのではないかと思う。ぜひ両方で論点の整理と、それぞれがどんな条件下でどのように使っているのかということの整理をしていただけると次の議論が進むのではないかと思います。是非、よろしくをお願いします。

○ありがとうございます。それでは会長から一言お願いいたします。

○三浦さんのご発言あるようですが。

○私が挨拶をします。いいですか。

○（近藤会長の）後でよろしければ。

○私の後で話すのであればお断りします。

○では私が先に話させていただきます。最後に、2時間議論をしてきて、論点が今後まとめて再び継続しますということですが、正直言ってこの議論って別に今日初めて始まったわけではなくて、小林先生もおっしゃっている通り相当長いことやっていて、論点をいまさら整理するという話ではないんじゃないかと私は思っています。今日の話はかなり細かい話がいろいろと発散していた部分もあるにはあるんですけれども、ただ、今日の皆さんからのご質問、回答、説明、そして小林先生のコメント、そこにほとんど、すでに議論といいますか、重要な情報は尽きているのではないかと私は思いました。

であるがゆえにですね、今日の2時間の議論というのはかなり精緻でなおかつ必要な条件を満たしているような感じがいたしますので、それを踏まえたうえで、今日の議論の中身を整理した結果として結論を出すという形にさせていただかないと、おそらく今後これをまた整理して議論を続けていきたいと思いますという話だといつになるかわからない。

これは今までの経緯をみますと全く明らかでございまして、正直、今後同様の話を続けていっても徒労に終わるといった感じがして仕方がありません。

我々産業界として、なぜこのような文書を出してですね、このようなお話をさせていただいたかっていうと、やはりこのFFSっていうものの実装に関して、一日も早く使わせていただきたいというのはまさに業界の課題というか悲願でございまして、なぜ日本だけこれが使えないのかという話が我々としてはどう考えてもおかしいと思っているからこそ、我々の石油連盟、石化協さんもそうだと思うんですけれども、全社がこれに関しておかしいという形で、機関決定してものを申し上げているわけです。

そこを踏まえたうえで、基本的にこれは実用領域上での話ということで、なおかつそれを使って実際に安全が担保されるということがあれば、それで使えるって話を是非ご理解いただきまして、まずそのところを、細かいところもあるのでしょうけど、基本的にトータルとしてこの規格を実用化するに於いての結論を早急に出していただきたいと思っております。以上です。

○私が当初しゃべろうと思っていたことと、今の三浦さんの発言を聞いて、私の考えが違うことを申し上げますが、まず三浦さんのおっしゃったこれで議論を打ち切れということについては、私どもは納得をいたしません。ちゃんとこういう形で初めて経済産業省の審議官まで出て、議論

をしたところで、これで継続しようといったところについて石油連盟として反対だとおっしゃるなら、次回から出てきていただかなくて結構です。そんな馬鹿な話はなくて、議論をしようといっているのだから、議論をしたらどうでしょうか。まず私は今日の議論の取りまとめにあたって申し上げようと思っていたのは、私の尊敬する小林先生が、10年もやってきてまとめられなくて情けないじゃないかとおっしゃっていただいたことは、私もそう思います。10年もやってきてまとめられなかったことは誠に残念であります。ただ、私が受けた印象は全く違ひまして、安全のためにどう考えていくのか、実に専門的、技術的議論をすることができましたし、安全という同じ方向を向いて議論をしていくことが確認できたところをごさいます。私は非常にうれしく思っているところであります。あらためて、今日の議論を整理して、数点の論点がごさいます。その論点をしっかり整理したうえで、必ずこの議論を重ねれば、合意ができると私は確信しております。次回以降のスケジュールに関しましては、夏休みもごさいますからなかなかすぐにといいわけにはいかないかもしれませんが、とにかく、産業界の要望も踏まえて、私どもとしてはできるだけ早く皆様と議論を調整してこの解を得たいと、こう思っているところであります。先ほどのこれ以上議論をしないというところは、ぜひ石油連盟としての考え方がそうだとおっしゃるのなら、石油連盟を外して議論をさせていただくと、こういう形になろうかと思ひます。この議論を継続して、後藤審議官、それから私も引き続き出ますので、決してこの10年今からかけようというのではなくて、ある程度短い時間の中に解を得ようと思ひしておりますので、議論を重ねていただきたいと、こんな風に思っているところをごさいます。ありがとうございました。

○また、次回以降につきましては、事務局の方から連絡を差し上げるということによろしいでしょうか。

○そのようにいたします。本日いろいろ細かい議論をしましたが、わからない点もあったかと思ひます。委員、オブザーバの方は、事務局からの説明、石崎様からの説明のそれぞれについて何か追加の質問があれば事務局に、フォーマットは問いませんので、文書の形で宮下の方に今日から2週間以内に送っていただければと思ひます。関係者間で追加のコメントも含めて内容を共有し、必要に応じて次回の議題に必要により加えたいと考えています。

○ありがとうございました。今日はこれでお開きにします。皆様お忙しいところご出席いただきありがとうございました。

6. 6 チャットでのコメントについて

Webexの機能を用いて、以下のとおりコメントがあった

○午前 10:04

住友化学の小山です。小生の所属が「住生産安全基盤センター」となっておりますが、

正しくは「生産安全基盤センター」です。修正よろしく申し上げます。

○午前 10:07

発表者が画面に写るように御願います。KHK 会長他の顔のみが見えています。

○午前 10:43

すみません。聞こえにくです。><

○午前 10:44

聞こえ難いです。

○午前 10:44

マイク使われていますか？声が届いてきません。

○午前 10:44

小山田さんの声が聞こえにくいです。

○午前 10:46

声の方は聞こえるようになりましたでしょうか

○午前 10:47

聞こえなくなりました。

○午前 10:47

小山田さんの質問聞こえました

○午前 10:47

はい

○午前 10:48

小山田様質問 p 8

○午前 10:49

ハウリングしはじめました。

○午前 10:54

実際の使用応力が計算例の応力と異なるのは分かりましたが、大きな圧力かかった場合は FEM の様になると言うことでしょうか？

○午前 10:56

高橋副主査

○午前 10:56

どなたに対するご質問でしょうか。

○午前 10:57

石崎さんの質問に対するみなさんの理解の確認なので、みなさんにたいする質問になると思います。

○午前 10:59

質問にあった通り、ここが見解の相違の 1 つのポイントだと思いましたので…

○午前 11:01

さきほどの小山田さんのご説明、p28の参照応力と言われているところは、Msの定義がpMとAPIで異なることに起因しており、pMを正とした比較をされていると思います。Msの定義を議論するのがよいと思われます。次の議題にして頂けると助かります。

○午前 11:02

議論が異なる点に移動しはじめた様に思います。石崎さんがおっしゃるとおり、ここが見解相違の1つのポイントの可能性があるので、1つ1つ確認して進めて欲しいですが…

○午前 11:04

高橋副主査の仰る通り、一段落した後の次の議題で構いません

○午前 11:05

発言をお願いします。

○午前 11:08

その前に上記の質問を確認させて欲しいです

○午前 11:09

資料のどの式が表示して貰え则认为やすいですが…

○午前 11:12

Msの意味に関する発言を一段落したところでお願いします。

○午前 11:13

PM法のMSの式は過去のChell他の論文と整合とれているかをPM法側からしっかり説明してください。小山田さんの説明がほしいところです。

○午前 11:14

小山田さんのPage.6の説明は全くわかりません。

○午前 11:14

既に、各モデル化の細部に突入してしまっていますが、どういう破壊をモデル化しているのか確認するのが最初の様思うので、上記の質問をしました。

○午前 11:15

なぜこのMsが欠陥のある平板と欠陥のある円筒の応力の比になるのか理解が出来ない所です。石崎さん説明資料のp9の部分になります。

○午前 11:16

Page.6はChellの式と書いてあるが、勝手に変えてよろしいのでしょうか？Chellの論文を理解できていないのですか？

○午前 11:24

webは聞こえています。

○午前 11:24

小川先生の声ははっきり聞こえています

○午前 11:27

大谷さん 参考資料1-5のp6ということでよろしかったでしょうか。

○午前 11:28

いただきます

○午後 12:07

小林先生のお言葉は非常によくわかりました。

○午後 12:10

私が危険を感じた点や温度依存性は、 $\times (2.7+\alpha)$ することで安全を担保されている...と言うことで良いでしょうか？

○午後 12:10

小林先生、初歩的な質問で申し訳ありません。

○午後 12:14

業界は信頼できる API 法を使いたい。疑義のある PM 法は使いたくないと思いますし、実用されない規格（PM 法）は KHK 殿は作るべきではないと思います。

○午後 12:18

高橋委員、大谷委員、頂戴したコメントは中曽根主査に共有いたしました。次回以降に繰り越しになるかと存じます。コメントは記録させていただきます。

○午後 12:19

小林先生は API 法を認めておられました。一点 PM 法についての評価のコメントがなかったのは非常に残念です。

以上