

第7期第1回 圧縮水素スタンド保安検査基準等検討分科会
議事録

1. 日 時 : 令和6年2月1日(木) 10:00~12:20

2. 場 所 : Web 会議 Cisco Webex

3. 出席者 : (敬称略・順不同)

主査 阪上 隆英 (神戸大学)

委員 井上 裕嗣 (東京工業大学)

笠井 尚哉 (横浜国立大学)

荒島 裕信 (日本製鋼所 M&E 株式会社)

橋本谷 直樹 (サムテック株式会社)

三浦 真一 (株式会社神戸製鋼所)

三浦 貴宏 (三菱化工機株式会社)

南條 敦 (ENEOS 株式会社)

古田 博貴 (東京ガス株式会社)

辻 政明 (愛知県)

原 啓暢 (東京都)

平野 雅宏 (大陽日酸エンジニアリング株式会社)

欠席委員 藤坂 裕治 (ガス保安検査株式会社) (迫田委員の代理出席登録者)

※Web 会議システムの都合によりご欠席

共同規格者 今岸 健郎、吉田 剛 (以上、一般財団法人石油エネルギー技術センター (JPEC))

関係者 鈴木 裕晶 (千代田化工建設株式会社)、高野 俊夫 (JFE コンテナ株式会社) (以上、NDIS2436 原案作成委員会)

高圧ガス保安協会 長沼 充祥、畑山 和博、佐藤 裕文 (記)
(事務局)

4. 配付資料

資料 1-1 保安検査基準、定期自主検査指針の見直し概要

資料 1-2 NDIS2436(2023)「圧縮水素スタンド用圧力容器のアコースティック・エミッション 試験の規格概要」の概要

資料 2-1 改正案(見消し)保安検査基準 KHK/JPEC S 0850-9(20xx)

資料 2-2 改正案(見消し)定期自主検査指針 KHK/JPEC S 1850-9(20xx)

資料 2(別紙) 技術上の基準と検査項目の対応一覧表の新旧対照表

資料 3 圧縮水素スタンド保安検査基準等検討分科会 委員名簿

5. 定足数報告等

事務局より定足数の報告があり、委員数 13 名に対し過半数以上の出席があることから、規格委員会規程第 14 条の定足数を満足しており、委員会の成立について説明があった。続いて、主査より、会議の出席者に対して、委員等倫理心得について説明があった。

6. 議事概要

6.1 議事(1) 圧縮水素スタンド保安検査基準等検討分科会副主査の指名について

規格委員会規程第 16 条第 6 項に基づき、阪上主査より笠井委員が副主査に指名された。

6.2 議事(2) 保安検査基準 KHK/ JPEC S 0850-9(20xx)・定期自主検査指針(圧縮水素スタンド関係) KHK/ JPEC S 1850-9(20xx)の改正案について

事務局より、資料 1-1 により、圧縮水素スタンド関係の保安検査基準、定期自主検査指針の見直し概要を説明したのち、資料 2-1 の保安検査基準の改正案により具体的な見直し案を説明があった。主な質疑等は次のとおり。

- 副主査 基本的には賛成する。フレキシブルホースについては、発端となった事故に関する原因と概要を記載しないとわからないのではないか。
- 事務局 参考とした個々の事故の内容は、附属書の末尾に記載している。
- 副主査 附属書にて注意事項を規定する背景として原因となった大きな事故が 1 件あったということではなく、これまでにフレキシブルホースの事故が複数発生したことを踏まえ技術委員会で懸念が示されたという理解か。
- 事務局 ご認識のとおり。個々の事故は高圧ガス保安協会の事故調査解析委員会で検討し、報告されたものである。
- 副主査 承知した。別件で、資料 1-1 の概要説明の図にて、常用の圧力が高い設備から低い設備に水素が流入しないための措置として逆止弁が記載されているのは適切か。40MPa から 70MPa に水素を流入することはありうるか。
- 事務局 ご指摘のように、40MPa から 70MPa に水素を送ることはないと思われる。おそらく 40MPa の蓄圧器から復圧用のタンクに水素を送るなどしているかもしれない。委員の皆様から補足等あるか。
- 委員 40MPa の蓄圧器から 70MPa のディスペンサーにガスを送るということは、ステーションの構成としてありえないことはないと思う。車両のタンク圧力が 40MPa よりも大幅に低い場合には、40MPa の蓄圧器から先に充填し、圧力が高くなったところで 82MPa の蓄圧器に切り替えて充填し、有効に充填する場合はありうると思う。どのステーションでも行っている方法ではないと思うが、ありうる方法と思われる。
- 副主査 あまり意味のないラインが記載されていると思う。改正の本質とは関係ないが。
- 主査 改正の機会なので、よく確認して必要に応じて修正していただきたい。
- 事務局 資料としても確からしさについては、改めて確認して必要に応じて修正する。
- 副主査 承知した。
- 委員 開放検査の起点として明確化する工事完了日というのは明確にあるか。工事契約の中で、契約期間の前に終わることもあれば、追加や変更、見直しの都合により延長する

場合もある。役所の工事の場合には工事完了届という書類で明確に工事完了日が記載された日にちがわかるが、民間の工事の場合この点明確なのか確認したい。

事務局 工事完了日の定義を明確に定めてはいない。事業所において工事を完了した日であると認識している。高圧ガス規格委員会でも、同様の意見があり、「技術上の基準に適合していることを確認した日」、「軽微な変更の工事を行って届出をした日」などの案があったが、軽微な変更の工事、完成検査が不要な工事いずれにおいても一意に定まる日にちが良いとの考えのもと「工事を完了した日」とした。「工事を完了した日」をいつにしたらよいかと問われれば、着工した工事がまさに終わった日であると認識している。工事完了日であれば、民間事業者の工事においても記録が残ると考えての見直し案であるが、民間の事業者の皆様から補足等あればお願いしたい。

委員 民間事業者の場合も、当然、購買契約がある。仕様書で納期も決まっているが、工事終了後は支払いに際し、検収のための工事完了届として工事完了日が記載された書類が必須要件として一般的なものとなっていると思われる。

委員 フレキシブルホースは樹脂製のものが使用してよいように見えるので、KHKの委託検査を受検したものなどの断りが必要ではないか。

事務局 例示基準で材料の規定があり、**-40°C以上 85°C以下**においてゴム製、樹脂製のフレキシブルホースの使用が認められている。

委員 樹脂製と言っても様々な種類があるのではないかと、記載の温度であれば何でも使用してよいのか。自治体で判断するのは難しいのではないかと。

事務局 本附属書は、メンテナンス時の注意事項をまとめたもので、樹脂製ホースの使用許可については、設置時の許可に関することなので、自治体でご判断いただきたい。

委員 承知した。

委員 開放検査の起点が変わるのは、当該工事範囲のみということについて明確にする必要はないか。例えば、水素スタンドの中に**A**と**B**の圧縮機が**2**系列あったとして、**B**を開放して軽微な変更で部品を取り替えた場合、**A**は開放していないので従来の前回開放検査の実施日が起点となり、**B**は軽微変更に伴う工事を起点とするということになると考える。

事務局 原則はご認識のとおり。ただし、開放時にどこまでの範囲を開放するのかは、開放検査周期の管理のしやすさも含め、事業者の判断次第だと認識しているが、その点を明確にした方が良いということか。

委員 「工事個所は」とするなど、限定した方が良いと思う。

事務局 現状、事業者が自ら判断していると思うが、もう少し明確化できないか考えたい。

共同規格者 先ほどの辻委員の意見について補足する。フレキシブルホースは強度の基準も適用されるため、これも満足する必要があることを考えると、樹脂製といってもどんなものでも使用できるとはならないと考える。

副主査 常用の圧力 **82MPa** 以下と記載する必要はあるか。

事務局 現在、圧縮水素スタンドの技術上の基準では **82MPa** 以下とされており、そのため参考とした事故事例も常用の圧力 **82MPa** 以下となっている。これをもとに作成した注意事項であるので、適用範囲を **82MPa** 以下としている。今後、圧縮水素スタンドの高圧化

も想定されているので、その場合には、この附属書に記載されている事項の他にも注意すべき内容が出てくると考えられるので、本附属書の適用範囲では **82MPa** 以下と制限しておきたい。

副主査 承知した。

続いて、関係者より資料 1-2 を用いて **NDIS2436** に関する概要の説明があった。主な質疑等は次のとおり。

委員 開放検査周期表の注 h)によれば、開放検査の省略には破壊力学的評価を行って、初期き裂の進展評価を行うことで安全性を担保しているが、今回検討されているアコースティック・エミッション試験で検出可能な初期のき裂サイズはどの程度か。また、想定する検出可能な初期の最小き裂サイズと規定しておく必要はないか。

関係者 今回提案する **NDIS2436** に基づくアコースティック・エミッション試験の適用対象として想定しているのは、開放検査周期表中で設備の種類が **4** つに区分されているうち上から **3** つ目の蓄圧器である。すなわち、初期欠陥を設定し、破壊力学的解析を行った蓄圧器である。このときの初期欠陥は、渦電流探傷試験であれば **0.3mm**、超音波探傷試験であれば **0.5mm** を初期欠陥として評価している。ご質問があったアコースティック・エミッション試験でどこまで検出できるかということについては、欠陥の大きさについては議論していない。原案作成委員会でも質問があったが、現時点では、アコースティック・エミッション試験により欠陥の寸法までは評価できないと考えている。

委員 超音波探傷試験で検出されるような微小な欠陥からわずかに進展していたとしても **AE** で信号が出てくるわけではなく、疲労限の近くまでいかないと信号が出てこないという理解か。

関係者 そのとおり。

委員 初期の欠陥より進展していても、わずかしこ進展していない場合には、**AE** で出てこないということか。

関係者 わずかな進展というのは定量的に表現するのが難しいが、欠陥のサイズの評価はできない。

関係者 今回、**NDIS2436** を適用している対象は、開放検査周期表中で設備の種類が **4** つに区分されているうち上から **3** つ目の蓄圧器である。この蓄圧器は、設計時に余寿命評価を行い、き裂進展解析を行って、十分に問題がないことを確認しているものである。このときのき裂進展解析の初期欠陥は **0.3mm** であり、**0.3mm** の初期欠陥があった場合にも十分にもつという蓄圧器に対して、**NDIS2436** を適用し、初期の **0.3mm** 以上の欠陥の有無を判断しようというものである。先ほどご説明があったように、**AE** が発生してもき裂の寸法はわからないが、**AE** が発生したときには、何らかの微小なき裂が進展したことを意味している。**NDIS2436** の **AE** は、現在供されている **82MPa** の圧力容器に対し、**0.3mm** の欠陥の場合、圧力を **63MPa** まで降圧させたときに、応力拡大係数の下限を下回るため、何らかのき裂が進展し、その前には **AE** が出るということが分かっている。よって、微小なき裂だから進展が検出できないということではなく、わずかでも

進展すれば、顕著な AE が発生するという理論に基づいて方法である。

委員 0.3～0.5mm の微小では、そこまで急激にき裂が進展しない範囲だと思う。UT ならばその変化が捉えられると思うが、破壊直前に急激にき裂が進展するところで AE が検出されるという考え方と同じ考え方でよいのか。AE を適用することについては、コスト低減のために必要だとは思いますが、き裂の大きさと進展具合によって AE の扱いを考えないといけないのではないかと。

関係者 扱いというのは、どういうものを意味しているか。

委員 要するに、初期の 0.3mm の微小き裂が 0.4mm になったときに AE では検出されるのかということが聞きたい。応力的には疲労限よりはかなり小さい状態だと思うが。

関係者 先ほど、水素ステーションでの使用中に検査をするという説明があったが、通常、82MPa の蓄圧器は、低圧バンクであれば、50MPa まで圧力が下がるが、この程度の圧力降下があった場合、0.3mm の欠陥が少しでも進展すれば、AE が出てくることになる。UT であれば、0.3mm から 0.4mm に変化したときのき裂の長さが評価できるのかもしれない。これが AE の場合には、長さの評価はできないものの、AE ならば 0.3mm の初期のき裂が少しでも進展すれば、0.1mm の進展がなくても、AE では顕著な反応が見られるはずである。

委員 ということは、AE の探触子を長期間つけっぱなしの状態に計測するということになるか。0.3mm のき裂が 0.4mm に進展するのに数千回オーダーの圧力サイクルにより少しずつ進展することになると思うが。数回の圧力振幅で 0.3mm から 0.4mm にき裂が進展するわけではないと思うが。

関係者 最初は年に 1 回の計測を予定しているが、AE が出ない年は健全性が保たれていると考えられる。次の年も AE の計測を行って、き裂の進展がないかを評価する。これを毎年確認することでき裂進展の有無を判断する方法である。

委員 毎年判断するに際しての測定期間は、長い期間行うということか。

関係者 そうではなく、毎年 1 回、10 サイクル程度の内圧の変化によって AE の計測を行う。したがって、年に 1 回 1 日程度で計測を行うことを想定しているが、FCV が 1 日に 10 台程度充填に来て、蓄圧器の圧力変化を繰り返してもらえれば、1 日で試験が達成できると考えている。その結果、AE が出なければ健全性が保たれているということになる。一方、AE が検出されれば、AE ではき裂の長さが評価できないので、合わせて開放検査を行ってもらい、き裂の評価を行ってもらうことになる。このことを規格の解説にも記載している。

委員 10 回の圧力サイクルでは、き裂が進展するにしても 10^{-5} ～ 10^{-6} mm オーダーのき裂進展しかないと思われるが、そういった進展は捉えられるのか。

関係者 進展のオーダーの問題ではなく、危険性のある活性のき裂で進展すれば、AE が出る。委員 き裂が進展すれば検出できると思うが。

関係者 この場合のき裂の検出ができるというバックデータを取って NDIS2436 にしている。副主査 NDIS2436 を取り込むか否かという議論でよいのか。

事務局 そのとおり。

副主査 ということは、今議論があったような 10 回程度の圧力サイクルをかけるなどの測定方

法のことが記載されている必要があるのではないかと。

- 事務局 KHK/JPEC S では、NDIS2436 に基づくアコースティック・エミッション試験としており、先の圧力振幅のようなことは、NDIS2436 側に委ねている。
- 副主査 先ほど議論があったような測定時間や、ノイズに対してき裂かどうかを判定するクライテリアのようなものが必要になると思われる。AE が反対という考えはないが、この点を明らかにしてもらった方が議論になるのではないかと。
- 関係者 そのあたりのことは、NDIS2436 に記載されている。
- 主査 加圧・減圧の過程での AE の発生を測定するとの説明であったが、再加圧するときには一度経験した圧力までは AE が出ないと聞いている。同じ圧力変動レベルで測定しているうちは AE が出ないのではないかと。過去に経験した圧力の最高圧力以上に加圧しないと AE が出ないのではないかと。
- 関係者 カイザー効果に関するご指摘かと思う。耐圧試験圧力まで上げた後にこれより低い圧力では AE が検出されないことを確認している。今回の検出可能性とは種類が異なるものと理解いただきたい。
- 主査 き裂進展の原因となるものが圧力変動であるのであれば、同様にカイザー効果によって検出されないということが起こるのではないかと。
- 関係者 き裂があれば、圧力が上がって、き裂が進展すると AE が出る。
- 主査 AE の発生メカニズムが違うということによいか。
- 関係者 タイプ 2 容器でカイザー効果が発生することを確認している。
- 主査 つまり、実際にき裂が伸びていくときの AE というのは、繊維とライナーの剥離や、樹脂割れに起因する AE で、耐圧試験のときのような AE の発生の仕方とは違うということによいか。
- 関係者 そのとおり。
- 主査 実際の水素ステーションでの運用においては、昇圧試験の時に検出されるような AE は出ないという理解によいか。
- 関係者 そのとおり。

委員からの指摘を踏まえ、NDIS2436 本文を提示した。NDIS2436 に基づき、関係者から補足説明があった。主な質疑等は以下のとおり。

- 委員 NDIS2436 については、専門家が十分な議論の上作成されていると思われる。この場で NDIS2436 を提示しても直ちに委員に理解されないと思われる。高圧ガスの世界では、AE に対しては非常に保守的に議論されてきたと理解している。AE を KHKS に取り入れるのは、今回が初めてか。
- 事務局 初めてである。
- 委員 長らく AE に携わってきた方々にとっては、非常に大きな 1 歩となるが、これまで保守的に議論され、実際には採用された例がなかった経緯を鑑みると、今日この場で AE の採用の是非を決めてしまうには心配がある。委員の方々に NDIS2436 の中身を見てもらう必要があるように感じるがいかがか。
- 主査 おっしゃるように、十分な議論が行われたうえでの規格となっており、その点では問

題ないと思うが、中身がわからない中で委員も承認しにくいと思う。

関係者 ご指摘のように AE の取込みとしては初めてのことなので、ぜひしっかり議論していただきたい。

主査 そのような方向性でよろしいか。

委員 承知した。NDIS2436 のことよりも、保安検査基準として安全性を担保できるかをきちんと確認したいと思っている。

主査 定量的に評価するというよりは、き裂の進展をしっかりモニタリングすることが重要と感じている。検出感度は高いと思うので、きちんとき裂進展をモニタリングして AE が検出された場合には、他の方法で精密検査をするという考えかと思う。

委員 単に、「又は」として他の非破壊検査と並列に追記するというのではなく、例えばそのようなイメージで、AE が検出された時には再確認が必要といったことを保安検査基準に記載することも 1 つかと思う。

主査 水素スタンドの使用条件下におけるき裂進展の検出感度について NDIS2436 にて保証されているということによいか。

委員 その点含め NDIS2436 の内容を確認したい。

関係者 AE に関しては、感度は高いが、き裂評価の定量性はないので、AE が検出されてしまった場合には、従来どおり開放検査を行うことを NDIS2436 で規定している。

以上を踏まえ、NDIS2436 以外の部分について 1 週間のコメント期間を設け、NDIS2436 の内容が確認できるようになった段階で NDIS2436 部分についても時間をずらして同様に確認期間を設け、資料 1-1 に示したスケジュールで進めること、異論がなければ 3 月 13 日の規格委員会に上申する方針について、委員から異論なく承認された。

以上