

<b>PSB</b> (Process Safety Beacon) <b>2015年5月号</b> <b>の内容に対応</b>	<b>SCE・Net の</b> <b>安全談話室</b> (No.107)	<b>化学工学会</b> <b>SCE・Net</b> <b>安全研究会作成</b> (編集担当: 渡辺紘一)
	<a href="http://www.sce-net.jp/anzen.html">http://www.sce-net.jp/anzen.html</a>	

今月のテーマ: 機械的健全性

(PSB 翻訳担当: 斎藤興司、渡辺紘一、竹内 亮(纏め))

司会: 今月号は腐食管理の不備、部材交換のミスによる事故が紹介されていますが、2009年5月号にも同じ表題で、腐食および溶接不良による圧縮空気タンクの破裂事故が載っております。今回の記事についての疑問点とか補足があればお願いします。

竹内: 表題の”Mechanical Integrity“ですが、これは OSHA の PSM(Process Safety Management)の14項目の一つでして、以前の会社では安全上の要求スペックを全て満足していることと解釈して「設備の完全性」と意識していました。

山岡: 運転中の設備に完璧というものはないので、機器を適切に管理し機能を維持していかなければならないという意味で「健全性」という言葉を使っていました。

中村: 2例目ですが、炭素鋼で約 15 年間もったということは、結果的には、破裂した直管部が非常に薄くなっていたことを考えると、パイプ肉厚の検査がキチンとなされていれば事故を防ぐことができたかもしれないと思います。ここでは検査・点検の充実を主張すべきでしょう。

山岡: 部材の交換時に決められた材料を使うべきで、これを守らないのは許されないことで、使わなかったのは初歩的なミスです。決められたことを遵守するよう徹底する教育も必要かもしれません。

渡辺: 「小さな漏れが突然おおきくなった。」とありますが、この例として、配管の錆のところから液体が浸みだしており、点検のため、錆を剥がしたら漏れが大きくなったということを2度ほど経験しました。

司会: 認識不足ですが、部材の材料に関して、Positive Material Identification (PMI)ということが記載されておりますが、これはどんなものでしょうか。また、交換した部材を完全に成分検査するよう言われておりますが、実際、どのようにされていますか。

三平: PMIのことはよく知りませんが、配管や機器の材料スペックは早くから社内で独自に作られ、その後 JIS 規格が採用されました。プラントの建設を多く経験したので必携でしたし、製造現場でも必要な時は見られるようにしていました。部材の成分検査はメンテナンス部門が、特殊なケースで専門会社へ依頼することがあるようですが、事例は少ないと思います。日本のプラント用材料と機器製作メーカーは信用できます。

渡辺: PMIに近いものは、設計時使用する材料選定基準に当たるかとおもいますが、現場オペレーターまでには認識されていませんね。交換部材の成分検査ですが、全くの納入者任せで、要求の材質のものを使用しているかを先方の書類でチェックするだけです。これらの事項をどこまで工場、現場がやるかは各会社、組織の考えで決めるものだと思います。

竹内: 個人的には PMI の経験はありませんが、インターネットで検索したところ、鉄鋼関係の会社では PMI 検査という言葉が使用されている様です。プラントメーカーの品質保証部では購入品の材質検査を行っていたと記憶していますが、作業内容は似たものだったと思います。

司会: 漏れ、不具合を見つけたら報告、処置することと言われておりますが、実際、具体的に問題があればコメントください。

三平: 配管ではフランジ継手部からの漏れの発生を何回か経験しました。ボルトの締め付けの不均等によるものです。オペレーターで対応できる小規模のものは、配管の流れを止めて自分たちで処置しました。

澁谷: 先日、JR で架線を支える電柱が倒れ、電車が9時間以上とまりました。この電柱が傾いているというのが前日に見つかり修理が必要と判断していたにもかかわらず、すぐ対応しないで、結果として大きな混乱を招きました。化学工場の現場でも実施するタイミングの判断は難しい時があります。

竹内: 報道では、山手線は早朝から深夜まで運行している為に作業できる時間が限定されており段取りが出来なかったと言っていました。ただ、撤去工事の段取りが出来なくても、電柱が倒れない応急処置は必要だったと

思います。判断が甘かったのでしょうか、安全ではいつも最悪の事態を想定した対応が大切だという良い例だと思います。

長安: ある新聞記事で、経済産業省の調査により全国の商業ビルやマンション、アパートで老朽化により漏れの恐れのあるガス管が非常に多いことが判明したと説明されています。古い埋設配管は 20 年を超えると外部腐食による漏れの可能性が非常に高くなるそうです。寿命管理も大事だということだと思います。一方、化学工学誌の 5 月号ではプロセストラブル防止及び安全性確保の観点から「材料の長寿命化への取り組み」というテーマで特集が組まれています。

司会: 変更管理で検査グループの承認・手続きの関与を勧めておりますが、実際はどうでしょうか。

山岡: 検査グループは、運転中の設備変更に関わる承認手続きに関与していましたが、設備管理の面で主役の 1 部門でしようから当然関与すべきだと思います。

渡辺: 設備の点検点、検査方法、測定法、頻度、判断基準と処置、これらに伴う責任、権限、担当部署などは設備管理基準できまっておき、関係部署の定期打ち合わせで見直しされます。ランクが低い設備変更、検査方法の変更についてはここで検討されます。大きな問題は工程変更手続きに基づき申請され、ランクにより課、工場、全社レベルで検討されます。検査グループも例外ではありません。

竹内: 変更管理では内容の分かる人が承認手続きに関与することが大切です。しかし、最近は材料メーカーでの品質管理が徹底され、要求スペックをギリギリで満足する製品が出てきているそうです。つまり、品質での「ゆとり」が無くなった為に、以前と同じ材質表示のものでも耐食性に問題が出てしまうことが指摘されています。これを事前に変更としてとらえることは、なかなか難しいと感じています。

司会: 腐食の発生場所、点検箇所などの留意すべき点や盲点について、参考になるような事故例がありましたらお願いします。

三平: PVC の流動層式乾燥器内で滞留付着していた PVC 粒子が熱分解を起こし、発生した塩化水素により溶接部で SUS の応力腐食割れを引き起こしました。器内の湿度管理の徹底、付着しにくい構造や表面処理、応力腐食割れ耐性のより高い SUS の採用などで対応しました。

渡辺: 塩素系触媒使用の反応器で、底部のノズル部(攪拌機軸下)に微少の漏れを発見した例があります。当該ノズルは常時使用せず、ブラインドフランジ(閉止板)で止められており、定修時に点検されておらず、また、定修時には釜を水洗するため、このノズル部分には塩化水素が蓄積滞留し応力腐食割れに至ったことがわかりました。抜けなく網羅的に管理点を定めることの重要性を痛感しました。

小林: 腐食の偏在(ローカリティ)について、私の経験では、一つはポリオレフィンの触媒は一般には塩素を含みますが、塩素と水を含むポリマーを乾燥するための流動乾燥機内での応力腐食割れがあります。加熱コイルが温度と付着物の濃度の影響で最も腐食の顕著となる部分ですが、乾燥機内でも局部的環境の差によって、腐食にむらが生じます。

二つ目は蒸留塔での腐食で、微量腐食成分による影響です。軽沸なのか、重沸なのかによって濃縮される位置は異なりますが、塔上部もしくは、塔下部に腐食が起こります。私の経験したケースでは軽沸であったので、塔上部の腐食部分だけ材質を変えるという事後対策を取りました。これは副反応によって生成した微量性分が生成することと、それが濃縮され、蒸留温度雰囲気腐食成分となることの見落としでした。存在する事さえわかれば、シミュレーションで容易に予測できたことでした。

山岡: 高圧ガスのメインの配管に溶接されている枝管のつけ根部分に、腐食によりピンホールができ、ガスが断熱材にしみ込んだという事例がありました。

また、エチレンプラントのある蒸留塔で、断熱材下の外部腐食が想定以上に速い速度で進行していたことがありました。同業他社の定修での点検からの情報により直ちに点検して事なきを得ました。他社との情報交換や他社の事故事例の活用に関心をもち、適切な腐食管理をすることが重要です。

司会: 腐食管理の実施方法も含め、特に挙げておきたいことはどうでしょうか。

牛山: Beacon 事例のような水素化脱硫(水添脱硫)装置は、高圧下の還元性雰囲気でも硫化水素のような腐食性物質がありますので、昔から腐食対策が重要な問題となっていました。温度的には 400°C 程度でそれほ

ど高温でもないため、過去は耐圧性を重視し、価格的にも安価な高クロム低ニッケルの材料にアルマ加工を施したような低合金鋼を使用していましたが、腐食は起こりやすく定期的なチェックも必要で、また、数年で交換が必要でした。最近では SUS321 というチタンを含む 18-10 オーステナイト系 SUS の粒界腐食割れに強い材料が使われ、大幅に寿命が延びたようです。ただ、材料メーカーからは寿命 5 年、定期的にソーダ洗浄による腐食物質除去が要求されてはいました。材質選定の重要性とともに定期的な点検チェックは設備管理の基本ということでしょう。

小林： 私はこの例にある硫化腐食のような厳しい環境下でコントロールしながら、設備を使いこなしていくような経験はなく、どちらかと言えば腐食とは無縁に近い現場でしたが、幾つかの経験から、次のことを言うことができます。使用環境が設計時に考えられたことと、実際の運転条件の違いがあることがしばしば起こりうるということです。想定外ということもあり、前提条件の誤りということもあります。

1) 設備の使用条件、特に温度や、腐食成分の濃度の意図する、しないはありますが、特に温度変化は影響が極めて大きいことを理解しておくことが必要です。

2) 幾つかの指摘もありましたが腐食の偏在(ローカリティ)には注意を払うことです。

その他にも攪拌槽の界面部や、機器や配管のデッドスペース部分で、腐食が顕著になるという例もあります。また、山岡さんの言われるような、外部腐食については局部的に程度が異なることも勿論ですが、海岸沿いのコンビナートなどは塩害にからんでそのプラントの位置によって程度も異なります。

山崎： 高圧ガス保安協会の高圧ガス事故の原因分析(文末の表 1 参照)では、腐食管理の不良、検査管理の不良など、設備の維持管理の不良が年間 200 件近くと多く、全体の約 60% を占めています。金属材料は使われる環境の中で次第に劣化し耐久性が低下していきます。腐食環境下での減肉、繰返し応力の加わる環境下での金属疲労と疲労割れ、高温の環境下での熱脆化とクリープ劣化、アルカリ環境下でのアルカリ脆化、高温蒸気下のオーステナイト SUS の応力腐食割れ、エロージョン/コロージョンなど劣化のケースは多様です。

三平： 経験がないので石油精製プラントの硫化腐食について調べて、厳しい腐食環境であることが分かりました。：日本ではコンビナートを形成して稼働させているプラントが圧倒的に多く、年に 1 回の定期点検あるいは修理を徹底して行っています。高圧ガス保安法自主検査認定制度で認定されたプラントは、最長 4 年間の連続運転を行うので、運転中の機器や配管の検査体制をしっかり組み、問題箇所を早く見つけて処置するようにしています。

渡辺： プラントの運転を見ることになった時に感じたことですが、腐食、点検、については設備設計時の資料が全く現場にありませんでした。設計時の材質選定には腐食データ、腐食物質の生成・蓄積の有無と程度の情報が欠かせません。この種のデータは設計止まりが多く、現場まで行かないので、そのプラントを設計通り運転していくために、是非、現場に書類を開示し、引き継いでいくようにすることが大切です。

小林： Beacon のここでの標語は“推測でなく、検査を” ですが、網羅的に、検査は出来ないのも、一般論で言えば、腐食は運転条件とも密接な関係もあるし、それも含めて確かな推測やシミュレーションに基づいて、必要な検査を効率的に行う努力も必要です。

司会： Beacon の記事は設備変更や改修の際の変更管理として、正しい設計に基づいた正しい材質選定の重要性が説明されておりましたが、更に広く議論され、運転条件の変化やプロセス中の局所的な変化をよく観察して変更管理することも大事であることにまで言及されていました。

機械の健全性を保つことは生産の維持、安全の確保に大きく寄与するものです。そのためには、現場では腐食に限らず、不具合に注意し、見つけたらただちに対応することが第一歩だと思います。

今回、皆様の有意義なご意見有難うございました。

表1 高圧ガス事故の原因別分析（出典：KHK「高圧ガス関係事故年報」平成26年3月）

区分 年	設備の設計、 製作の不良				設備の維持管理の不良							組織体制の 不良			ヒューマン ファクター			
	設計不良	製作不良	施工管理不良	計	腐食管理不良	検査管理不良	点検不良	締結管理不良	シール管理不良	容器管理不良	計	組織運営不良	操作基準等の不備	情報伝達の不備	計	誤操作・誤判断	不良行為	計
平成25年	28	10	19	57	65	22	18	21	31	18	175	0	14	1	15	41	4	45
平成24年	35	11	10	56	64	64	8	28	30	11	205	0	13	1	14	69	13	82
平成23年	22	17	11	50	67	66	8	38	28	20	227	0	8	1	9	45	4	49
合計	85	38	40	163	196	152	34	87	89	49	607	0	35	3	38	155	21	176

(キーワード)

機械的健全性、腐食、変更管理、PMI, 検査グループ

【談話室メンバー】

井内謙輔、牛山 啓、加治久継、小谷卓也、小林浩之、齋藤興司、澁谷 徹、竹内 亮、中村喜久男、長安敏夫、日置 敬、平木一郎、三平忠宏、山岡龍介、山崎 博、渡辺紘一

以上