

<p>PSB (Process Safety Beacon) <b>2025年10月号</b> の内容に対応</p>	<p><b>SCE・Net の 安全談話室 (No.227)</b></p> <p><a href="https://sce-net.jp/main/group/anzen/">https://sce-net.jp/main/group/anzen/</a></p>	<p>化学工学会 SCE・Net 安全研究会作成 (編集担当: 飯濱 慶)</p>
<p>製油所冷却塔の爆発・火災 (PSB 翻訳担当: 木村雄二)</p>		
<p>司会 : 今月号は、製油所の冷却塔の新しい1基に冷却水を導入したところ、軽質油と蒸気が大量に漏れ出して、それに付近の火気作業とみられる火源から着火して爆発と火災が発生し、29名も死亡者が出了という内容です。この記事についてご感想やご指摘の点などがありましたらお聞かせください。</p>	<p>竹内 : この事故は2013年8月23日に、インドの HPCL ヴィサク製油所で発生したものでした。Beacon の図2にある様に冷却水用の冷却塔4基に不具合が生じていて、この4基を解体再建する中で新たに1基を追加する工事をしていました。既存の冷却塔再建はメンテナンス部門が担当し、新規の1基はプロジェクト部門が担当していました。プロジェクト部門は新規冷却塔の試運転をしようとして、メンテナンス部門が火気作業を伴う工事をしている最中に冷却水の戻りラインを開いて冷却塔に冷却水を流そうとしましたが、工事前に熱交換器で漏れが発生していて、冷却水に大量の炭化水素が混入していてそれが配管上部に蓄積していたため、炭化水素が供給されてしまいました。そのため、新規の冷却塔に炭化水素が流れ蒸発し、可燃性蒸気雲が形成され、隣で工事をしていた火気作業が着火源となって爆発炎上したものでした。死者が29名に上る大事故でした。事故のアニメーションが次のURLで公開されています。<a href="https://safety.iitgn.ac.in/hpcl_refinery/">https://safety.iitgn.ac.in/hpcl_refinery/</a></p>	<p>牛山 : この冷却塔は2009年～2010年に4基作っているのですが、3年位の間に充填物が脱落したみたいです。そこで既設の4基を更新し、新しい1基を追加したことのようです。冷却水に炭化水素が混入していたのは、事故の1箇月前から分っていました。それを放置していた管理者の責任は非常に重いと思います。更に、冷却水に危険物があれば、当然火気使用前にチェックして、火気使用が可能かどうか見極め、必要な対策を探らねばならなかったのも問題です。新旧冷却塔の工事請負業者は別々でその連携も取れていたかったこと、何よりも新設冷却塔のコミッショニング計画が杜撰で各種リスク管理も取れていたなかったことなど、この会社は多くの問題を抱えていたと思わざるを得ません。<a href="https://www.icheme.org/media/2137/lpb245_27.pdf">https://www.icheme.org/media/2137/lpb245_27.pdf</a> (Explosion in a cooling tower, Loss Prevention Bulletin 245 October 2015)</p>
<p>頼 : この事故は熱交換器でユーティリティ側にプロセス流体が流出した場合の怖さを示す事例ですが、牛山さんが指摘されている通り、漏れの認識はされていたが、情報が広く冷水塔保全関係者にまで共有されていなかったことに原因が有るのではないかと思いました。</p>	<p>ユーティリティにプロセス流体が漏れ込むトラブルはよく有りました。ユーティリティは一般的に工場共通ラインとして動力部門で管理するケースが多いです。ユーティリティにプロセス流体が漏れ込んだ場合、関係先が多いので連絡対処に神経を使いました。私の経験では動力部門だけでなく環境安全部も巻き込んで全工場で対処した記憶があります。今は情報管理システムが整備されているのでシステムを通じたアラームの発信がされていると思いますが Beacon ではその辺りが触れられていないのでここでコメントさせて頂きます。ユーティリティには冷却水、蒸気、純水、上水、計装空気、窒素、温水等色々ありますが関係先への連絡・注意喚起が一番大切です。純水中にアルカリを混入させ、ユーザーの洗眼器の直前までアルカリが行った経験もあります。</p>	<p>今回の事例では情報共有システムの不備に一番の原因が有る様に思います。Beacon の内容から情報共有システムの問題は、今月号の談話室の対象にはならないかも知れませんが気になりましたので冒頭で発言させて頂きました。</p>
<p>又、同一施設内で複数の業者が作業をしている場合の設備所管部門(この場合は動力部冷却水担当課)の管理責任の問題も大きいと思いました。私の経験ではメンテナンス部門、プロジェクト部門が勝手に設備の運転をすると言うことは考えられず、設備所管部門の管理責任が大きいと思います。(新規設備の試運転を納入業者がする事は有りましたが、それも試運転計画を運転部門に提出し了解を得てからでした)。この辺りの考えが企業により、国により異なると思うのでこの辺りも議論の対象にして頂ければとも思います。情報管理を含め保安に関する感性の低い(環安部門の責務=会社経営者の責任)会社と感じました。</p>	<p>竹内 : 今回の事故はユーティリティ側にプロセス流体が漏れた例ですが、その逆もある訳です。昔カネミ油症事故というものがあって、ユーティリティ側からプロセス側に漏れが有って、製品に問題が生じた事故です。私の昔の経験では、圧力を調節して、ユーティリティ側に漏れるようにするというのが一般的だったのではないかと思いますが、皆さんいかがでしょう？</p>	<p>牛山 : ケースバイケースじゃないですか？ 例えばコンデンサの場合、プロセス側が常圧、つまり大気圧のところにユーティリティ側に圧をかけますから逆の場合も有り得ると思います。</p>
<p>頼 : しかし収益とか品質を重視するとそういうことでしょうけど、安全を考えた場合にはユーティリティ側に漏洩して本当に大丈夫なのか、どのように見つけるのか、大変難しい問題ですね。カネミ油症の場合はユーティリティが限定されていて直ぐに発見できましたが、大きな事業所で例えば純水等がいくつもの工場に供給されているような場合、漏洩発見後の対策を考えるのは本当に難しいと思います。ユーティリティを工場共通ラインから製造課内</p>	<p>1</p>	

	に受入れた場合は工場共通ラインには戻さないと言うルールを作れば他課に迷惑を掛けませんが、温度圧力等を保持するために冷却水以外も工場共通ラインに戻しているケースが多いのではないかでしょうか。
牛山	:勤務していた会社では、水を循環使用している場合は常に水質を監視するようにしていましたので、油分が検出されればどこで漏洩しているかを追跡調査するようになっていたと思います。比較的小規模な工場だったこともあり、各工場で冷却塔を持っていて、工場間で冷却水をやりとりすることはなかったです。ユーティリティ部門でまとめて水を供給していなかった理由の一つとして、水の分配・調整が難しくて、ある所で使用量を増やすと他の所への供給が減ってしまうという問題があり、個別の工場で独立に給水する方が効果的だろうということですね。他に気になっている点ですが、この冷却塔は石油精製所全体のものなら 古い4基も更新しているということは冷却水が全部なくなっていたのでしょうか？それとも他に古い冷却塔があったのか、その点がはっきり分からなかつたです。もし工事中の冷却塔が全プラント向けのものであれば、全プラント停止中に工事をやっていたという状況もあり、工事管理が非常に杜撰であったという感じがします。
竹内	:アニメーションを見る限りではかなり大規模な冷却塔なので、たぶんシャットダウン中に工事していたと思います。
牛山	:普通なら3~4年経過した位で設備を再建するなんて考えられないですね。充填物が脱落したようなこともあったらしいです。
竹内	:最初の設計が悪かったのはないでしょうか。後から1基追加するということは、初めの4基の能力が不足していましたのだと思います。だから想定以上の流量を流していた、というようなことなのでしょう。
牛山	:そういうえば冷却能力を補填する為に海水も利用した、と資料に書いてありました。
司会	:今月号の事例に類似した事故、或いは“冷却水とプロセス流体が混ざった”のようなヒヤリ・ハットに見舞われたご経験や知見がありましたらお聞かせください。
林	:工業用水熱交換器に使用される炭素鋼管は、スケール、汚れ、腐食の阻害要因があり0.1mm/年以上の腐食速度を考慮した管理が必要です。炭素鋼管の余寿命予測が未熟だった頃、時々貫通穴が発生し、プロセス流体圧力が水側圧力より高い場合に混入トラブルを拡大した事例があります。冷水塔近くの常設可燃性ガス検知器で検知し、熱交換器の管漏れを想定し、熱交換器の水側出口配管の上部に設置されたプローブで漏洩箇所を特定した経験があります。塩酸や塩素などの腐食性流体の漏洩では水側の腐食を引き起こし、該当管以外の管や配管の漏洩で更新した事例もあります。水側の腐食は孔食状の局部腐食で、現在は回転式水浸超音波肉厚測定検査やその最大腐食を推定する極値統計解析手法など診断法もあり、余寿命予測が可能となっています。
山本	:プロセス安全関係の書籍には、化学プロセスで用いられる汎用的な機器について、その機器の故障モードとその結果(事故)、対策について表にまとめられているものがあります。熱交換器について調べてみると、今回の事故事例のような故障モードが記載されています。それから対策について引用しますと、次のようなものが記載されています。 ①腐食検出方法(例:腐食試験片)の確立 ②高圧流体からの漏れ検知のために、低圧流体の検査や分析をする手順書の作成と訓練 ③機器の健全性を検査するためのシャットダウン ④検査プログラム導入(例:RBI(Risk-Based Inspection:リスク基準の検査))。RBIは、設備の損傷リスクを評価し、そのリスクに基づいて検査の方法や頻度を最適化する手法です。熱交換器以外の機器についても、多くの典型的な故障モードと対策が記載されているので、機器の設計や安全審査などに活用できると思います。(出典:CCPS, GUIDELINES FOR ENGINEERING DESIGN FOR PROCESS SAFETY, 2nd ed.)
林	:山本さんからご紹介頂いたCCPSのガイドラインの他にも、高圧ガス保安協会(KHK)、石油連盟(PAJ)、石油化学会業協会(JPCA)による共同規格の「高圧ガス設備の供用適性評価に基づく耐圧性能及び強度に係る次回検査時期設定基準」がありますが、そこに熱交換器伝熱管の評価(附属書7)が出ています。JPIにも多くの基準が定められているので、現在では設備管理する上で多くの基準が揃っている状況です。
三平	:冷水塔は用役部門が一括して運転管理していて、化学プラントを管轄する製造部門は保有していないことから、冷却水へのプロセス流体の漏れ込みについて関心が薄くなりがちです。私が最初に運転から関わったPVCプラントでも冷却の復水は汽水課の冷水塔へ返していました。その後新立地でPVC単独のプラント建設に関わり、製造プラントに合わせて窒素、計装空気、濾過水、純水、加熱用温水、廃水などの用役諸設備と一緒に冷水塔もプラント内に設置することになりました。ここで可燃性高圧ガスであるVCモノマーの冷却水への漏れ込みのリスクに気付いて、いろいろとアセスメントと対策を検討しました。冷水塔上部の放気口にガス検知器を設置することを考えましたが、当時(1970年代前半)は未だ高性能の半導体式ガス検はなく、古いタイプは高湿度の環境下で長期使用はできませんでした。重合反応器は堅牢で過去の長期間の実績でも冷却水へモノマーの漏れ込みは無かつたことが分かりました。VCモノマーガスの回収設備で使う多管式熱交はモノマー側の温度が60~70°Cと低く、水側との差圧が低いので、漏れのリスクは小さいと判断して、結局冷却水へのVCモノマーの漏れ込み検知は行いませんでした。その後プラント停止まで漏れ込みのトラブルや事故は起きました。
司会	:石油精製所や化学工場では、冷却塔は生産プロセス本体の設備ではないものの、重要な用役設備ですが、その点検・補修・プロセス復帰について、皆さんの知見がありましたら、ご紹介お願ひいたします。
林	:20年を過ぎる木材製冷水塔では、防腐剤を真空や加圧注入した防腐処理材でも腐朽菌などにより構造部材の取替補修が必要となるようです。専門家によるハンマリングによる音診断や腐食深さを測る針などで取替要否を判断していました。取替は防腐処理材で、ある程度の範囲をまとめて実施します。程度が酷い場合は、セルまたは塔全体の更新が必要になり、寿命や維持費からFRP製やステンレスで更新されることもあります。

飯濱	若い時に勤務した工場は1980年代半ばに建設されたのですが、FRP製冷水塔だけで、木材製を見たことが無かったのですが、古い設備では木材製が多かったのでしょうか？
三平	私が関与した冷水塔は、1970年代のもので本体の骨格は木材で組まれ、側面はスレートの波板を張り、下方から空気を吸い込むようにしてありました。充填材は硬質PVCの薄板を成型加工して積層してありました。防腐剤を含侵させた木材は緑がかった独特の色をしていて、かなり長持ちした記憶があります。ずっと後になって定期修査で部材の一部を更新したと聞きました。
林	FRP製は1990年代以降に設置されるようになったと思います。小規模設備では樹脂製でしたが、石油化学など装置産業用の大規模な冷却塔の場合、コンクリート製の躯体も採用されましたが、大部分は木材製でした。
司会	またBeacon記事の中に“冷却塔の内装に木質材やガラス繊維が使われるこもあり火災の時に消火が困難”という指摘もありますが、日本国内での実態は如何でしょうか？
林	冷却塔メーカーの資料によれば1980年代頃から木材製の他にFRP製が採用され、現在では産業廃棄物の処理の課題もあり、FRPやその他樹脂、ステンレスなど金属製が多用されているとのことです。自身の経験でも、まずファンスタックをFRP製に更新、柱材も木材との混在で、FRP製を補修材に採用していました。FRPも木材も火には弱いので、設置場所には配慮が必要だと思います。排気空気中の水滴を捕捉して塔内に戻す、飛散水を抑制するエリミネータは、複雑形状をしていますが樹脂製で可燃物です。冷却塔の上部で火気作業をしていて、飛散した火花で火災事故の発生がありました。近隣での火気作業に対しては、防煙シートではなく防火シートで完全養生をする必要があります。散水なども併用していました。
竹内	冷却塔を構造体として考えた場合、水が流れていらない状態では、木材やプラスチックで空間を作つて組み上げているので、キャンプファイヤーの時に薪を組んで燃えやすくすることと同じで、酸素をどんどん供給する形ですので一旦火が付くと大変なことになるだろうと思います。
司会	またシェルチューブ型熱交換器について保守や検査の課題が取り上げられていますが、皆さんのご経験や知見がありましたらお聞かせください。
林	冷却塔の工業用水を使用する熱交換器では、水処理とメンテナンスの課題があります。定期修理後には、炭素鋼管や配管のカソード防食の被膜を付ける初期処理が行われますが、更新された管の内面の油分を予め除去しておくことが初年腐食の抑制効果を高めます。また水処理で濁度5ppmにすることで腐食抑制効果が大きく、ろ過装置の設置が採用されています。水処理自体は濃縮度の設定を含め専門会社に依頼している場合が多く、課題の改善を相談すべきです。検査については、非磁性管ではET(Eddy Current Testing)が多用されますが、余寿命予測も考慮して多チャンネル渦流アレイ(ECA:Eddy Current Array)も適用されます。炭素鋼を含む磁性管ではリモートフィールド渦流探傷が実用段階にありますが、管の肉厚を直接測定する回転ミラー式水浸超音波測定が開発され、極値統計解析と併せて余寿命予測が可能となっています。
飯濱	現役の最後に勤務していた工場では、冷却塔経由ではなかったのですが、シェルチューブ型熱交換器を使用して冷凍機で冷却水を供給していました。30年近く経過していたので、鋼管束の一部は既に両端にプラグ処理がしてあり、定期修査の度に清掃と漏れ検査を行っていました。運転中のある日、冷凍機の日常巡回点検をしていた班長が「冷凍機の吐出圧の振れ方がなんだか変です」と言ってきたので、製造課長と一緒に冷凍機を見に行きました。班長の言う通り、ブルドン管圧力計の指針は全て緑ゾーンで振れていますが、振れ方が不安定とのことでしたので、数日後の生産休止予定日に冷凍機回りを分解点検しました。そうしたら、冷凍機自体に特段の異状は無かったのですが、熱交換器の複数の鋼管に漏れが発見され、冷媒が冷却水側にかなりの量漏れたことが判りました。その場では漏れが見つかった鋼管にはプラグ処理をして当座を凌ぎました。危険物ではないものの一定量の環境負荷物質を漏らしたので、事後処理として、保安環境課が市や県の環境課に提出する書類作成と事情説明に追われたことを思い出しました。
藤村	熱交換器のチューブはET検査を用いていますが、根元の管板に接している部分はチューブを固定するための拡管部分があるため従来のET検査では欠陥検出は困難でした。このため、この部分のチューブの欠陥検出方法を検討していましたが、最近、回転コイル式のETが有効であることを知り、検査に用いています。通常コイルのETでは検査速度が1.5m～2.5m/秒程度ですが、回転コイル式は検出範囲が狭い上、コイル自体が回転しているため非常に遅く10mm/秒程度です。その分、微少欠陥の検出や欠陥個所の特定に優れています。略図をご参考ください。
	<p>1. 通常のコイル</p> <p>2. 回転コイル式</p>

林	: ET では管板部分はその干渉を受けて管腐食の測定ができません。そこで、藤村さんからご紹介の検査方法が、管端から 10~100mm の部分に特化した検査手法として開発されました。特に微小欠陥や管の縦、周方向の割れの検出にも有効とのことです。
牛山	: 熱交換器の検査についてですが、昔は熱交換器を分解して内部を見るようにしていましたと思いますが、最近では非破壊で検査することが主流なのですか？
林	: 熱交換器のチューブは配管に比べて肉厚が薄いため弱点部位になります。炭素鋼のチューブでは、水処理を行っていても、0.15mm/年程度の腐食を考えた方が良いです。腐食の速度は、初年度の初期腐食が大きく、それ以降年数の 1/3 乗則で進行すると言われています。初期腐食を抑えることが寿命延長に繋がります。またチューブ漏れは事故扱いになるので、現在では漏れる前に対策することが要求されます。昔はチューブを抜き取って検査する“抜管”をやっていました。チューブを半分に割ってポイントマイクロメーターで、肉厚を測定していました。さらにレーザー測定も開発されました。いずれの場合も測定データを統計解析(極値統計解析)して、熱交換器の最大腐食量を推定して、貫通穴を生じるまでの余寿命を予測します。1ヶ所でも貫通すると漏えいトラブルなので、設備のリスクを考慮した信頼度区間、たとえば 90% 等の設定で、貫通する前に設備のチューブ更新をする計画を行っていました。非磁性のチューブの場合には、ET で体積の何% が腐食しているかを測定できます。ET は測定スピードがとても速いのが特徴です。またチューブの損傷には割れという現象もあります。特に、シェル側が気体の場合に、チューブ振動という現象が起こることがあり、条件により管板部位で割れが発生することがあります。それを発見する方法として開発された検査手法が、藤村さんから紹介された回転コイル式 ET です。TEMA ((Tubular Exchanger Manufacturers Association) や JIS の基準に従いバッフル間隔を設定することが防止策になります。最近ではチューブ振動の解析技術も進歩していて、問題を起こさないような設計がなされています。
牛山	: ずいぶん進歩したんですね。良く分かりました、ありがとうございます。
木村	: 以前(1990 年 10 月)に化学工学会 化学装置材料委員会 腐食分科会で「冷却水環境における軟鋼製熱交換器の使用実績データ集」を作成しました。これは、化学装置のユーザー企業を対象に冷却水環境における軟鋼製熱交換器の使用実績調査を行い取りまとめた報告書です。ここでは、水質や使用条件に関連して、従来明確にされていなかった腐食への影響因子のいくつかが明らかにされています。
司会	: 「あなたにできること」の中に、「スタートアップ途中で有害物質が放出されることもある。付近の作業者に注意喚起し、作業を中断したり、安全に作業に復帰できるまで担当エリアから離れろ」とされていますが、皆さんよく使っておられた安全確保手順等がありましたら、お聞かせ下さい。
藤村	: 以前は、ガス検知器や現場パトロールで有害物質の放出を確認した場合、三交替の直長や、日勤帯であれば製造課長などが現場に急行して状況を把握していましたが、現在は、①周囲にいる人はまず避難する、②テレビカメラのズーム機能で状況を確認する、③有害物質に適応した加圧服などの PPE を着用後に接近する、といった基準に変わっています。PSM 導入後にリスクベースで網羅的に作業を見直した結果です。現場に急行する癖はなかなか抜けませんが、漏洩訓練のシナリオを工夫するなどで浸透させています。
	この件で参考になる事故があります。2021 年 10 月にルイジアナ州 Geismar の Honeywell Performance Materials and Technologiesにおいて、フッ化水素が微量漏洩したため、運転員が特別な PPE を着用することなく接近し状況を確認していたところ、突然、ガスケットが損傷しフッ化水素が噴出、死亡事故となりました。適切な PPE を着用していなかったために発生した痛ましい事故でした。同工場ではこれを発端に 2024 年までに 3 件の大きな事故を発生させており、CSB による詳しい調査報告書が出ていますので、ご参考ください。 <a href="https://www.csb.gov/-/media/assets/investigations/reports/2021/geismar-honeywell-performance-materials-and-technologies-investigation-report-final.pdf">honeywell_geismar_investigation_report_-final.pdf</a>
竹内	: スタートアップという点では、2005 年の BP テキサスシティ製油所の事故のように、スタートアップの時には非定常状態での運転になるので、いろいろな危険が潜んでいます。また随分前に聞いた話ですが、新設設備の配管の中に油分が残っていて、フラッシュしたときに着火したという事例もありました。
司会	: その他、今月の事故に関連した事例で補足するご意見などありましたらお願ひします。
頼	: 冒頭で述べましたが、同じ建屋内、敷地内で複数の業者が作業をすることは良くあります(運転・保全・建設・開発・分析・物流等)。その場合その作業の安全を誰が責任をもって管理するのかが問題でした。作業前提・作業環境等の変化で作業内容が変わることは良くあります。環境安全部が管理責任を持つケースも有ると思いますが、最終的には対象設備の設備所管部門(現場課長)が管理・許可するのが分かり易いと思って居ます。大切な事は情報の共有と何かあつたら、ためらわずに作業を中断する勇気を持つ事だと思います。また先程、牛山さんから各工場が冷却塔を持って管理しているケースとか、三平さんから比較的新しい工場では用役設備一式を製造部が管理しているケースをお聞きしまして、組織や責任の在り方まで考えた組織体制を考える必要があると感じました。他社の事故事例の活用方法として大変、参考になりました。
上田	: 先月一段と改善が進んだという AI の Copilot に試しに今回の事例を読み込ませて、“データ解析の視点で貢献できることはありますか？”と質問してみたところ、回答の中に“配管の高所に炭化水素が溜まる”無流量(停滞)“の後、…”とあるのですが、今回の事故事例に関係があるのでしょうか？ 例えば一回炭化水素が溜まると流れが止まるようなことが発生するのですか？
竹内	: 今回の事故事例の場合、水に炭化水素が混入して長時間停止して、比重の小さな炭化水素が配管内の上部に溜まって、それが試運転の時に冷水塔にまとめて噴き出して、蒸気雲を形成した、と書いてあります。

上田：気体が先に流れて、後から水が流れるから流量計が上手く働かないということですか。

竹内：そうではなくて、液体の炭化水素の意味です。例えばガソリンが水に混入していて、長時間滞留している間に比重の軽いガソリンが分離して配管の高い部分に溜まっていて、そのガソリンが流れて可燃性蒸気雲を形成したと思われます。後から水も流れたかもしれないですが、時すでに遅しという状況だったのではないかと思います。

上田：“無流量(停滞)”というのはAIが頓珍漢な回答をしたのですかね？

竹内：ガソリンが大量の水に混合しているだけなら、一緒に冷却塔に噴き出しても大きな問題にはならないでしょうが、長時間滞留したために、比重の差で徐々に分離して、ガソリンが配管の高所に集まつてくる事象が生じたのだと思います。

上田：分かりました。もう一つ質問なのですが、AIの回答として「冷却水への炭化水素”混入の早期検知」というのがあるのですが、混入の検知はできないですか？導電率等を測定していれば出来そうですが。

竹内：水質を測定していれば油の混入は検出できるはずです。Beaconの記事では1か月前から混入は分っていたと記載があります。

牛山：長期滞留の話ですが、配管系で高くなっている箇所があると普通は一番高い部分にベントを付けて滞留したものを持くようにしています。しかしひんが無い配管の場合、流体が流れても高所で軽い成分が溜まって停滞することは有り得ると思います。

上田：ありがとうございました。参考になりました。

頼：私もこの事例での炭化水素は水より比重が軽く比較的気化し易い成分であったと考えました。その場合運転現場で冷却水に炭化水素が混入した事に気付いた時、“冷却水に溶け込んだ炭化水素など、冷却水が冷水塔の上部で放散される時に大気に放出されるから問題ない”と考えるか、今回の事故の後でも“未だどこかの冷却水配管の上部の溜まり部に溜まりが残っているかも”と心配するかで、トラブルへの対応は変わってきます。事故事例から得る真の教訓は“トラブルの結果をどう予想しどこまで必要な対策を考えるかの判断の重要さ”ではないかと思います。会社によると思いますが、私はこれが現場課長の一番大切な役割だと考え教育指導をしてきました。

司会：メンバーの皆様には長時間の議論ありがとうございました。  
本日はインドの製油所における冷却塔の大事故を題材にして、プロセス流体と冷却水の混入の問題、ユーティリティ(用役)設備の管理の問題、シェルチューブ型熱交換器のメンテナンスや検査技法の発達経過について議論すると共に、冷却水に関する様々な体験談や各社で工夫されている活動を紹介して頂きました。読者の皆様に少しでもヒントになればと願っています。

**キーワード** 冷却塔、(複数の)請負業者の管理、ユーティリティ／用役(ユーティリティ／用役設備の管理)、冷却塔の内装(木質、ガラス繊維)、軽質油(炭化水素)、熱交換器、シェルチューブ型(の検査方法)、スタートアップ、トラブル情報の共有、無流量(停留、滞留)、冷却水の水質検査

#### 【談話室メンバー】

安喜 稔、飯濱 慶、今出 善久、上田 健夫、牛山 啓、木村 雄二、塙谷 寛、瀧谷 徹、竹内 亮、中田 吉彦、林 和弘、春山 豊、藤村雅也、松井 悅郎、南川忠男、三平 忠宏、山岡 龍介、山本 一己、頼 昭一郎