

台湾中油林園石化プラントのフランジ締結トレーニング 実施の効果とバルカー H&Sへの期待

1. はじめに

当社は創業以来74年、国のエネルギー供給の安定化を担ってきた。台湾石油化学業界売上高の1位として、労働安全や環境保護に対して国民から厳しい目が向けられている。事業環境は、社員の高齢化と人員不足により、厳しい課題に直面している。当社はこのような状況を積極的にとらえ、操業パフォーマンスの向上と人材技術研修を根付かせ、対策として提案している。操業パフォーマンスの向上においては、プロセス安全管理(PSM)システムとスマート産業保安を導入し、産業安全管理実務において4つの制度を推進している。

1. 完全なプロセス安全情報システムを構築する。
2. 業務許可証は、作業前三者共同調査の調査記録及び等級別監査と結合する。
3. 従業員の職務遂行パスポートを作成する。
4. 事故又は設備の故障などは根本的な原因を調査する。

コア技術及び人員(請負業者を含む)の基本的なトレーニングを強化する。フランジ締結トレーニングはその中で保安事故と設備漏洩率を下げる基本的な業務の一環である。

2. フランジ脱着事故分析

近年、台湾の石油化学業界におけるフランジ締結体の分解作業中に発生した事故の要因は以下が挙げられる。

1. 作業対象がはっきりしない。
2. ガasketまたは材質が間違っている。
3. フランジ分解残留物が適切に処理されていない。
4. フランジ分解作業の危害分析・通知がない。
5. フランジを取り外す際に、保護具がない。
6. フランジの取り外しと締付けの作業標準がない。
7. フランジ分解トレーニングが不足またははない。

8. フランジを取り外す際に、旧式の工具を使用している。
9. その他。

以上の要因で発生した事故によって、死亡・怪我・稼働停止命令、漏れによる火災、計画外稼働停止または環境抗議デモが発生した場合、会社の経営や名誉に大きな損害を与える。そして、社員の死傷事故によって家族が離散してしまい、特に社会的弱者層である請負業者への影響が大きい。石油化学業界のフランジ脱着作業は、個別フランジ脱着から、配管、熱交換器の脱着、回転機械のメンテナンス、計装・貯蔵タンクの清掃など、関係者が多く、業務の範囲も広い。そのため、効果的な管理を実施するとともに、フランジ脱着トレーニングを行うことが急務である。

3. 当社トレーニングの実施概要

当社は石油精製と化学プラント請負業者の分解組立作業の安全を確保するため、2019年に『台湾中油股份有限公司請負業者設備脱着トレーニング制度実施要領』(C5731SHM10)を制定した。また、バルカーより紹介を受けた日本工業規格であるJIS B 2251フランジ継手締付方法を参考にしてフランジ締付けの講習内容を作成し、バルカーのトレーニングを通じて、受講者のボルトの脱着などの関連知識と技能を向上させている。

このトレーニングは、以下の内容を含有している。

1. ボルトとガスケット仕様の選定(例えば、材質、寸法、締付力)、その他(例えばアンチスティック/焼き付き防止剤)。
2. ボルトとトルクレンチの使用とトルク計算。
3. バルカー技術書であるHAND BOOKを通して、ワールドボルティングやホットボルティングの違いを理解(ボルトの締付力の50%がナットとフランジの接触面で消耗し、40%がナットとボルト山で消耗し、残りの10%が有効な軸力であることなど)。

特に言及出来る点は、バルカーのフランジ締付実習装置で、ひずみゲージとパソコンの計算を元に、受講者はボルトが適正に締結されているかどうか確認出来ることである。また、対角締めと周回締付けの有無も検証することが可能であり、今まで理解不足であった点を正しく把握し、標準的な締付概念を理解出来る。

当社では、ボルト脱着施工者が良好な締付技術を習得するために、バルカーのフランジ締付実習装置を導入した。また、従業員や請負業者をトレーニングし、これらの装置で施工者の技能を検証するとともに、彼らに標準手順の効果と実施理由を理解させることも出来、納得して自ら標準的な締結手順で実行出来るようになる。当社は、バルカーからHAND BOOKを購入し、自社の修理部門の参考書として配布、活用している。また、2020年9月時点で、トレーニングを計34回、累計848名、行っている。2020年7月には、高雄市政府労働局の賛同と公開表彰を受け、その活動を石油化学業界の石化プラント川下まで推進するように要請を受けた。第一ステップは既に2020年9月25日に行われ、当社は引き続き高雄市政府労働局に協力してこのトレーニングを実施していく。

3-1) トレーニング設備／機器の設置場所及び計画

簡易的実技を実施する場所及び計画は以下の通りである。

3-1-1) 実技フランジの脱着場所は以下のように設定されている。

1. 広さ：約5m × 10m (Figure1)。
※室内はエアコンを完備している。
2. 150lb × 6Bのフランジ締結体3セット (Figure2)。
3. 資材室①：エアボンベ30L × 3セット、予備用3本のエアボンベにエアヘッダーが付けられている (Figure3)。
4. 資材室②：エアコンプレッサー1台、エアヘッダーとホース3セット。
5. 空気呼吸マスク6台とホース3セット。
6. 道具セット：3/4Bラチェットレンチ12本。
7. アクセサリー：6 B × 150lb × 1/8 B 薄型ブラインド3枚、6 B × 150lbのノンアスガスケットとわず巻形ガスケット消耗品。
8. その他の付属品：スクレーパー、清掃・潤滑ユニット、泡漏れ検知ユニット、3/4 Bヤイト管、Fレンチ大小各3セット、掛け看板、スチール定規、スチールブラシ、工具バスケット、ボルト置き皿など。



Figure1 実技試験会場

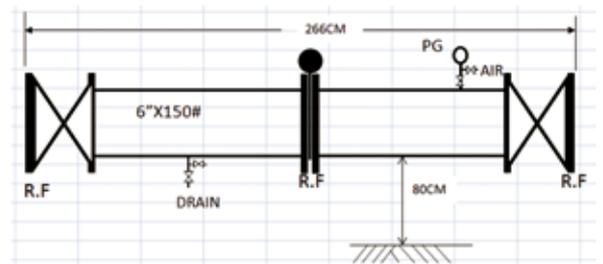


Figure2 実技試験管継手

9. その他：ヘルメット6個、手袋、消火器、保安標識設置、救急箱、ロッカーなど。

3-1-2) フランジ締付体験エリア及びフランジ締付体験設備

バルカーが主に計画している (Figure8)。

3-2) トレーニングコース

あらゆる分野の参考として、当社の研修コースを以下の通り紹介する。1日研修コースは、座学と実技試験に分かれている。座学の内容は、関連する事故事例の説明、作業環境の危険認知、呼吸保護装置の使用法、フランジ脱着の安全性、一般的な関連知識(ガスケットの選定、配管材質・仕様、ボルト、工具など)、及び従業員のプロセスフローチャート(P&ID)紹介がある。フランジの脱着講習内容は、バルカーによって導入されたJIS B 2251を採用している。フランジ締付手順は、10%、20%、60%、100%の4段階の締付力で対角線状に仮締付け (Figure4)をし、100%の締付力で4回締付ける(時計回り、または反時計回りの締付け)。ボルトの取り外し順序は当社が検討した仕様に基づき、フランジの最下部から、下から上に向かって取り外し (Figure5)、作業員を保護するために下部3本のボルトを取り外した所を「一時停止検査ポイント」とする。

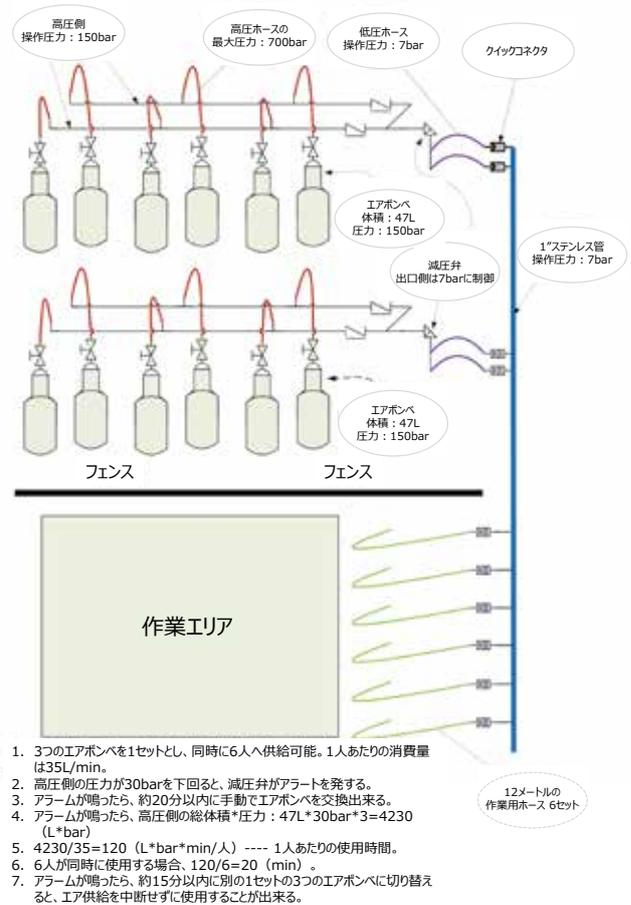
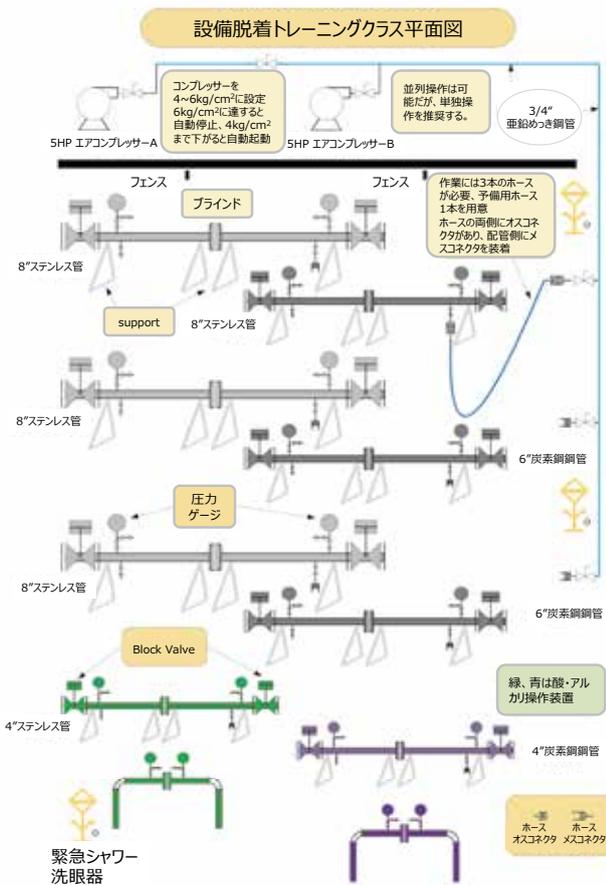


Figure3 資材室設計計画



Figure4 フランジの固定順序



Figure5 ボルトの取り外し順序

■実技試験プログラム：

- I. 作業を始める前にまず以下を確認する。
 1. 仕事の対象を確認する(白い工事看板の設置)。
 2. 配管残存物措置状況を確認する(保護具を選択)。
 3. 管内内容物の処理状況を確認する(施工前の再安全確認)。
 4. 対象寸法仕様材質などを確認する。
- II. 作業中は、呼吸保護具をつけて/排出確認/フランジを外して/ブラインド(黄色い工事看板の設置)/排出確認/閉止板を取り外し/復元を実施する。
- III. 3kgf/cm²以上の圧力試験漏れの確認と場所の(清掃)整理を行う。

4. トレーニング効果

フランジの脱着トレーニングは工場作業の実施と同じく、どちらも作業前の注意事項に重点を置いている。作業の前日に三者(請負業者、監督及び管轄区の関連部門)の調査票(Figure6)を用いて環境安全監査を記録し、そして各員が署名して承認を受ける(施工場所、施工内容、施工周囲の環境処理、施工配管あるいは設備のブラインド図面付き処理状態の監査、危害予防措置、施工方法などの確認、及び当日に工事許可書が発行された後に工事を開始する)。請負業者の作業前の危害告知と防護措置準備は、実際の作業よりも重要であり、環境認知の不足はフランジを分解するとすぐに死亡の脅威に直面する可能性がある。例えば、硫化水素作業やその他の毒物作業である。しかし、実際の作業前の三者共同調査と作業前教育などのステップは一般に重視されていない。なおかつ、利益のない工数と見なされ、作業員を危険に陥れる認識がないため、フランジの脱着トレーニングの中で絶えず血と涙の事例と実技の習得に必要なステップを踏み、場合によっては不合格と判定することもある。

Figure6 施工前三者共同調査票

これまでフランジの脱着に対応した標準的なトレーニングコースがなく、作業員への指導は勤続年数の長いベテラン社員が自身の経験に基づいて行ってきた。作業手順も、当社の「配管工事基準(台湾交通部/日本国交省相当の文書)」「(CS-102-0006-5) SOP 及び関連する各請負工事契約書に作業基準の記載がある。しかし、例えばフランジ締付けの場合は何回仮締めするか、何回本締めするかなど、現場では何が正しいか判断しにくい状況で、特にフランジの取り外しの場合は標準作業手順が欠けていた。現在では、例えばボルトを取り外す順番が下から上か、遠所から近所か、また対角分解するかなど、新たに定めた「台湾中油股份有限公司請負業者設備脱着トレーニング制度実施準則」(C5731SHM10)で解決することが出来るようになった。締付けにおいては、強力な支えになる JIS B 2251 規格を採用し、かつバルカーのフランジ締付実習設備を購入した。それにより、以前の締付方式と JIS B 2251 規格採用後の方式を、スクリーンのレーダー画像からリアルタイムで比較することが出来、確実に有効な検証が出来た。一方、フランジを分解する際にも、専門家のグループディスカッション方式を採用し、取り外しの順番を規定した。垂直フランジの場合は、一番下の

ボルトから上へ3本外したのち、一度停止点検を行う。安全を確認してから再度作業を継続することと、水平フランジの場合は人から最も離れたボルトから取り外す順番とした。

これらの規定と施策は石化精製業界に対して非常に必要なことである。当社は産業安全において、業界のリーダーになる抱負を持っており、これまで既に大きな一歩を踏み出すことに成功したが、将来的には業界内のトレーニングの相互認識、学習と普及が出来るよう取り組んでいく。

林園石化工場は労務調達規範 SOP を根源から改正し、2019年7月1日からの新調達案件に適用させ、旧案件も追加方式で処理し積極的に推進し、参加した。半年以内に「設備フランジ脱着トレーニング」の設置を計画して完成し、また2020年9月までの請負業者派遣トレーニングの合格者数は331人(Figure7)に達した。

林園石化工場においては、次のようにトレーニングを開始した。

- 2020年5月7日
新入社員向けトレーニングを実施。
- 2020年5月21日 及び 6月5日
エンジニアと次期幹部候補トレーニング(Figure8)を実施。
- 2020年8月20日 及び 9月4日
その他事業部では、「設備フランジ脱着と締付固定」見学トレーニングを2段階で実施し、参加者は延べ46人。
- 2020年8月
芳三組(台湾中油作業グループ名) / 北電大修理請負業者フランジ脱着作業員再測定トレーニングでは参加者は延べ50人。

その実際の効果は2019年末の四軽組(台湾中油作業グループ名)と2020年初めの新三軽組(台湾中油作業グループ名)の各シャットダウンメンテナンスの際に大きく利益として現れ、請負業者の設備のフランジ脱着の品質が大幅に向上した。産業安全においても事故発生がゼロであったことと、設備漏洩における信頼度が高かったことも、エリア管轄の長官より高い評価を得られた理由である。また、フランジ締付トレーニングは産業安全事故を低減するほか、漏洩による稼働停止時間の不確実性を低減し、揮発性有機物(VOC)のフランジ漏洩率を低減することが出来る。トレーニング実施時間がまだ短いため、フランジ漏洩率の低減効果を数値化することが出来ないが、必ずその効果があると確信しており、今後、定量的なデータで証明出来ることを期待している。



Figure7 請負業者のフランジ脱着トレーニング



Figure8 フランジ締付トレーニング

5. おわりに

この度、フランジの脱着標準の提供とトレーニングの実施に協力していただいたバルカーに感謝したい。その結果、産業安全技術と品質を向上させることが可能となった。当社は、より多くの作業員と請負業者にトレーニングを受けていただくことで、ボルトの取り外し・締付技術を最大限に向上させ、締付けの安全性を高めていきたいと考えている。

また、政府が石油化学業界全体に産業安全の対策を切実に要求していることに対して、当社は自らの責任を果たすべく、積極的に最先端の技術システムと設備を導入していく。その上で、それらの運用の普及と代訓（業界関係者への代理訓練）によって、石油化学産業が安全な産業として持続的な経営が出来るようにしていく所存である。

6. 参考文献

- 1) 台湾中油公司請負業者安全衛生管理弁法(2020/10/20 5731-SHM-01)
- 2) 台湾中油公司配管施工基準(2018/04/12 CS-102-0006-5)
- 3) 台湾中油公司リングジョイントガスケットフランジ取付作業標準(2018/02/23 CS-102-0003-1)
- 4) 台湾中油公司請負業者設備脱着訓練制度実施要領(2020/07/10 5731-SHM-10)
- 5) バルカー社STCトレーニング教材(2019/03/29 文書番号 12015-001)



林 欣正

台湾中油股份有限公司
石化事業部林園石化廠
工安課 課長