

プロセス安全の基本原則: 運転手順



謝辞

米国化学工学会（AIChE）と化学プロセス安全センター（CCPS）は、特定技術に対するプロセス安全の鉄則プロジェクト小委員会に参加された全会員の皆様が、このガイドラインの作成と準備にご尽力を頂いたことに感謝申し上げます。CCPS はまた、小委員会のメンバーが様々な段階においてこのプロジェクトに参加する際に、ご支援いただいた各企業にも感謝の意を表したい。

小委員会のコアチームメンバー:

Denise Chastain-Knight, Chair	exida
Mike Hazzan, Vice Chair	AcuTech
Warren Greenfield, Project Consultant	CCPS Consultant
Della Mann	CCPS Emeritus
Denise Albrecht	3M
Kevin Campbell	Shell
Walt Frank	CCPS Emeritus
Anil Gokhale	CCPS Staff
Ng Ern Huay	Petronas
Pete Lodal	D&H Process Safety
Frank Renshaw	CCPS Emeritus
Louisa Nara	CCPS Emeritus
Linda Bergeron	CCPS Emeritus
Jeff Fox	CCPS Emeritus
Curtis Clements	Chemours

運転手順小委員会のメンバー:

Ng Ern Huay (Grace), Lead	Petronas
Jeffrey Z. Lu, PhD	Shell
Annie Nguyen	PSRG
Jeff Fox, Co-Lead	CCPS Emeritus
Louisa Nara	CCPS Emeritus
Mike Hazzan	AcuTech

小委員会メンバーの業界における経験とノウハウが詰まったこのガイドラインは特にプロセス安全プログラムやその管理システムを推進する方達には有用な物ものとなっている。

すべての CCPS ガイドラインは発行前に査読をしている。CCPS は、査読者の思慮深いコメントと提案に感謝する。彼らの取り組みのお陰で、このガイドラインはより一層正確で明確なものとなっている。

運転手順の基本原則をレビューした査読者:

Danielle Brown

Adam Hirsch

Larry Heugatter

Becky McDonald

Buckeye Partners

AmSty

Mallinckrodt

ABS

査読者はコメントや提案を提供したが、このガイドラインを保証することを求められたものではなく、公開前に最終原稿をレビューすることもなかった。

化学プロセス安全センター(CCPS)は、有害な化学物質や炭化水素の放出に関する重大事故の未然防止および被害軽減に資する技術と管理に着目して、1985年に米国化学工学会(AIChE)によって設立された。CCPSは、書籍の出版、年次の技術会議、調査研究、工学部学生向けの教材を通じて世界的に貢献している。CCPSの詳細については、(+1) 646-495-1371 に電話するか、ccps@aiche.org に電子メールを送信するか、次のサイトからアクセスすることができる。

www.aiche.org/ccps

この文書は、法的義務や前提なしに使用できるように作成されている(つまり、自己責任で使用する)。修正、更新、追加、提案、推奨事項は、CCPS プロジェクトのシニア ディレクターである Anil Gokhale 博士 (ccps@aiche.org) に送信頂きたい

もしこれをプリントなどのオフラインで読んでいるのであれば、それは最新版ではない可能性がある。最新版を CCPS の Web サイトから参照のこと。

<https://www.aiche.org/ccps/tools/golden-rules-process-safety>

本書に記載されている情報が、業界全体の安全成績の向上につながることを心から願っている。しかし、アメリカ化学協会(AIChE)、そのコンサルタント、CCPS 技術運営委員会および小委員会メンバー、その組織、組織の役員および取締役、およびその従業員は、本書に記載されている情報の正確性を保証するものではない。(1)AIChE と、そのコンサルタント、CCPS 技術運営委員会および小委員会メンバー、その雇用者、雇用者の役員および取締役、およびその従業員と請負業者と、(2)本書のユーザーとの間では、ユーザーがその使用または誤用の結果に対して法的責任を負うものとする。

目次

はじめに	2
基本原則 #1: プロセスの実行と維持に必要な運転手順を開発する	3
基本原則 #2: 運転手順がすべての運転モードをカバーしていることを確認する	7
基本原則 #3: 簡潔で正確かつ分かりやすく使い易い運転手順書を書く	11
基本原則 #4: 運転手順書を正確、最新かつ利用しやすい状態に維持する	14
基本原則 #5: 運転手順書の適切な使用方法について運転員を訓練する	17
基本原則 #6: 運転手順の遵守を確実にする	20
基本原則 #7: 運転手順の短期的な変更を管理する	23
参考文献	24

はじめに

本稿は、リスクに基づくプロセス安全（RBPS）[1]の重要な要素の一つである「運転手順」について取り上げる。このエレメントは、運転手順の開発、維持、および運用を強化しサポートすることを目的としている。この基本原則に関する本稿は、「良好な慣行例」、「一般的な慣行例」、「成功した慣行例」を反映したものであり、このエレメントの設計や実装に役立つことを目的としたものである。

この基本原則（KP）での「方法」のセクションに関するガイダンス：

- 「方法 - 管理者」の節は、すべての分野における方針の設定と支援リソースの適切な提供に関するものである。リソース（金銭的および人的リソースを含む）の適切な提供、基本的なプロセス安全方針の要件の確立、トレーニングプログラムの確立、パフォーマンスへの期待の強調など、管理者ならではの活動に関するガイダンスが記されている。
- 「方法 - 全員」の節は、多種多様な職務の人に関係する幅広いガイダンスが記されている。このモジュールを利用する全ての人々が、指針として、また自らの手順や実務の参考として、あるいはこのテーマに対する理解を深めるために読むべきでもある。従って、この「運転手順の基本原則」の「方法 - 全員」セクションは、あらゆる分野、グループ、または部門の担当者に読んで頂きたい。

それぞれの基本原則には、事故事例を挙げている。これらの事故事例は、基本原則に従うことでどのように事故防止につながるか、あるいは、遵守しないことでどのように事故が発生し得るかを示すものである。

運転手順の基本原則

基本原則 #1: プロセスの実行と維持に必要な運転手順を開発する

❖ 理由:

- 1) 運転手順は、プロセス安全管理プログラムの目的を安定的に達成するためには不可欠な要素である。運転手順は、合意に基づいて正式に承認された「プロセスの運転操作」の方法を示し、特に配慮や注意を要する重要な手順、特別な状況や条件などについてユーザーに情報を提供する手段である。運転手順は、プロセスの運転員向けのトレーニングプログラムにおいても重要な構成要素である。
- 2) 運転手順には、運転操作を着実に実行するための明確な指示が記され、安全性、信頼性、再現性、効率性、そして法令遵守に基づいて施設が運転されることを確かなものにする。運転手順の適切な管理は、少なからずプラントのリスク低減に役立つ [2]。
- 3) 運転手順は、米国労働安全衛生局（OSHA）のプロセス安全管理（PSM）規格[3]や欧州連合のセベゾ指令など、規制遵守に関する要件の一部を満たすためのものでもある。
- 4) 運転手順は、潜在的な危険性について従業員に注意を促し、安全な作業方法を提示することで、危険性の情報の伝達手段としての役割を持っている。これにより、事故の防止や従業員の健康と安全の確保に役立っている。
- 5) 運転手順には機器の適切な操作方法が詳細に記されており、作業方法について運転部門と管理部門の間で話し合う際の手段とすることができる。
- 6) 事事故例:

1994 年 12 月 13 日、窒素肥料工場で硝酸アンモニウムの爆発が発生し、4 名が死亡、18 名が負傷したほか、硝酸と無水アンモニアが環境に放出された。工場は約 24 時間停止しており、爆発は再稼働の作業中に発生した。EPA の調査によると、直前のシャットダウンの際に複数の不安全状態が生じていた。具体的なシャットダウン手順が定められていなかったため、運転員が独自の処置を講じてしまい、爆発につながる状況を作り出してしまった[5]。

多くの事故がそうであるように、根本原因は複数存在し、教訓も複数得られる。この事故からの基本原則に関連する教訓は次のとおりである：

- a) 前回のプロセスシャットダウン中にプロセスが安全な状態になったことを確認するための運転手順が存在しなかった。
- b) 運転員は、プロセスプラントのシャットダウン中に起こった問題を、経験に基づいて解決策を講じた。しかし、この独自の解決策が、最終的に爆発につながる状況を生み出した。
- c) このプラントでは PHA（プロセスハザード分析）が実施されていなかったため、運転手順に含めるべき内容を決定するための適切な根拠がなかった。PHA を実施していれば、回避すべき危険な状態を特定できたはずである。
- d) この施設には、運転停止中の容器に物質が充填されている時のプロセス状態を監視する手順がなかった。

❖ 方法-管理者:

- 1) 運転手順書の作成、確認、承認、および維持のプロセスを概説した書面による運転手順ポリシー (OPP) または標準が作られ、実施されていることを確認すること。
 - a) OPP の範囲は明確に規定され、危険な物質の製造、取り扱い、保管、使用に供されるプロセスと機器に関する運転手順が含まれていること。
 - b) OPP により、運転手順作成の責任者が明確にされ、手順の確認、承認、発行のプロセスが明確にされていること。
 - c) OPP には、運転手順対象の作業に関連してどの記録を保持する必要があるかを含め、運転手順書をレビューおよび更新するが明確にされていること。
 - d) OPP には、担当者が運転手順の形式や内容に関する修正や提案を提供するためのプロセスが含まれていること。
- 2) 運転手順の策定、実施、維持に必要なリソース（人員、時間、予算、設備など）を確保すること。また、このプロセスに関わる全員がそれぞれの責任を認識し、効果的に貢献できるよう役割と責任を定義すること。
- 3) 運転手順書は、必要な知識と経験を有する有能な人材によって作成されていること。これには、明確で簡潔な手順書を作成できる経験豊富な運転員や、対象となるプロセス、ユニット、機器の設計、目的、および操作を完全に理解している資格のある技術スタッフを含めること。多くの場合、運転員と技術スタッフの両方が力を合わせることで最も効果的である。
- 4) 様々なタイプのプロセス（バッチプロセスや連続プロセスなど）に使用できるように、承認された運転手順書のテンプレートに関するガイダンスを備えていること。施設全体で手順書の攻勢が統一されていて、使いやすいように、整合の取れた運用を維持すること。
- 5) 運転手順書を作成する人のためのトレーニング要件が確立されていること。
- 6) 運転手順は新しいものでも変更されたものでも、使用する前に承認を得、文書化しなければならないことを明確にし、周知徹底すること。
- 7) 運転手順書の維持管理のプロセスでは、指定された期間内に手順が見直しおよび更新されるようになっていること。行政機関によっては、最低限のレビューサイクルを設定していることもある。

❖ 方法 - 全員:

- 1) タスク分析を実施して、タスクに必要な手順を特定し、各手順の詳細さの適切なレベルを決定すること。
 - a) 複雑なタスクは細分化し、より管理しやすいステップに分割し、対処する必要のある危険や安全上の考慮事項を特定する。
 - b) どの運転操作に詳細で段階的な手順が必要であるか、トレーニングと運転員の資格認定を行うことで適切にカバーできるか、を決定すること。これにより、詳細な指示を必要とするタスクに焦点を当て、必要な詳細を記した手順書を提供することができる。どのタスクに詳細な運転手順が必要で、どのタスクが他の手段でカバーできるかを慎重に評価することで、企業は運転手順が効果的かつ効率的であることを確認しながら、文書化の負担を最小限に抑えることができる。
 - c) タスクの複雑さ、エラーやミスによる潜在的な危険性、タスクの過負荷、特定の操作のストレス要因などの要素を考慮すること。
 - d) 運転手順を簡素化するために、本質的に安全な設計 (ISD) レビューの実施を検討すること。
 - e) タスク分析に参加して、各タスクに関連する作業ステップと危険を特定すること。これには、運転員が遭遇する可能性のある課題や困難を特定するだけでなく、実行中の作業を観察して文書化することも含まれる。
- 2) 運転手順書は、業務に精通し、業務の遂行と、効果的な手順書作成の両方に関して必要な知識とスキルを持つ有能な担当者によって作成されていること。
 - a) 運転手順書の作成中には、内容が現実的であるかを確認するために運転員に運転手順を段階的に試してもらい、運転員が連続したステップを無理なく実行するための時間が十分あり、矛盾した指示がないことを確認すること。
 - b) 経験と知識が豊富な運転員に運転手順書の作成に参加してもらい、手順が正確で、意図したとおりに実行できることを確認すること。
- 3) 機器が安全に、設計された仕様の範囲内で操作されるように、運転手順書に運転限界を含め、使用する者はこれを参照すること。これらの限界は、関連する技術データと設計基準に基づいており、追跡可能であること。
- 4) 運転手順には、逸脱の結果と、逸脱を検出して回避または修正するための手順を含めること。
- 5) 次の作業に移る前に、各ステップが完了したことを確認する仕組みを含めること。チェックリストや進行状況の記録などを用いて、運転員がプロセスのどの段階にいるかを明確にすること。これは、複雑なタスク、移行作業、ステップバイステップの処理の際には特に有用である。例えば、医薬品の製造では、完了したバッチ処理の記録が各ロットの生産に対する法的記録となる。
- 6) プラントの巡回点検で使用するチェックリスト、点検項目、点検頻度など、運転員がどのように巡回点検記録を残すかなど、運転員の巡回点検に関する手順と記録方法を含めること。巡回点検の手順には、巡回中に発見した欠陥をどのように文書化し報告するか、についても記すこと。
- 7) 運転手順書には、担当エリアの 4 S (整理、整頓、清掃、清潔) に対する運転員の責任が記されていること。
- 8) 運転員のシフト交代は正式なプロセスが定まっており、承認された手順に従って実行、管理、文書化されなければならない。

運転手順の基本原則

- 9) 運転手順の開発、レビュー、および承認の各段階で、改善するためのフィードバックや提案を行うこと。これにより、手順が効果的かつ、それを使用するオペレーターや技術者のニーズを満たしていることを確認できる。
 - a) 手順に誤りや欠落を見つけた場合は、必要に応じて、運転手順書ポリシーまたは変更管理(MOC) 手順書に従って報告/修正すること。
 - b) 運転手順が、不明確、実行が困難、または誤りがあると思われる場合は、説明を求めること。改訂が必要な場合は、改訂が承認されるまでこの手順を使用しないこと。
- 10) 手順書は、実施する前に、権限を付与された管理者または監督者によってレビューされ、承認されなければならない。運転手順書の承認権限は、運転手順書ポリシーに明記しなければならない。また、運転手順書を使用する人たちにレビューのプロセスに参加してもらうこと、改訂が使用する人たちにとって明確で正しいことを確認しておくことが推奨される。
- 11) 運転手順書をレビューする際は、それが最新プロセスを反映した配管計装図(P&ID)と一致していることを確認すること。これにより、間違いの可能性を最小限に抑えることができる。
- 12) すべての運転手順書を記録したデータベースを維持すること。このデータベースには、各手順書の文書番号、タイトル、手順書のタイプ、承認日、手順書の改訂日、および次回のレビューと承認の日付が含まれていること。これにより、どの手順書にも容易に参照できて、最新版が使用されていることを確認できる。
- 13) 地域によっては、運転手順書が最新かつ正確であることを定期的に認定することが義務付けられている。これは前述のレビューとは異なる可能性がある。本件に関する義務が何であるかは、地域の法規制を参照すること。

❖ 補足資料: [[2], Chapter 6]

- 1) CCPS Book, *Recognizing Catastrophic Incident Warning Signs in the Process Industries*, Chapter 6, The Procedure-Related Warning Signs. [2]

運転手順の基本原則

基本原則 #2: 運転手順がすべての運転モードをカバーしていることを確認する

❖ 理由:

- 1) 運転手順書は、すべての運転モードを記述していること。CCPS の運転モードの定義は、「スタートアップ、通常運転、通常シャットダウン、緊急シャットダウン、製品の切り替え、機器の清掃と除染、メンテナンス、その他同様な作業」[6]となっている。プロセス安全に潜む危険は、スタートアップやシャットダウンなどの非定常作業中に発生する可能性が高い[7]。これらの運転モードでは、しばしばプロセス条件や機器構成の変更が発生し、新たな危険を生じたり、既存のリスクが増大する可能性がある。したがって、これらの運転モードに対し、過渡的な状況で安全に作業を行う方法を記述した特定の運転手順書を用意することが必須である。
- 2) すべての運転モードに対する運転手順書が、法規制や業界標準に要求されていることがある。たとえば、米国 OSHA のプロセス安全管理 (PSM) 規制[3]では、スタートアップ、シャットダウン、およびその他の非定常運転の手順を文書化することを企業に要求している。企業がこれらに準拠するには、すべての運転モードに対する運転手順書を作成して実施しなければならない。
- 3) 事故事例:

容器底部の配管に付いている自動バルブのアクチュエータを取り外すメンテナンス作業を請負業者が受注した。設備の所有者と請負業者は、作業が簡単であると考えていたため、作業員に具体的なメンテナンス手順書を提供していなかった。作業員は、バルブのアクチュエータとそのブラケットを外そうとしたが、作業中に誤ってバルブ上部の圧力保持用のファスナーを外してしまった。バルブの上の容器には、約 164,000 ポンド (74.4 トン) の高温で加圧された酢酸混合物が仕込まれていた。バルブの天板とプラグがバルブ本体から外されて、内容物が放出された。請負業者の作業員 3 人が被液して、2 人が死亡した[8]。

多くの事故がそうであるように、根本原因は複数存在し、教訓も複数得られる。この事故からの基本原則に関連する教訓は次のとおりである:

- a) 作業員には、バルブの分解方法に関する手順書が渡されていなかった。設備の所有者と請負業者は、仕事は簡単で、書面による手続きは必要ないと考えていた。
- b) 作業員は、バルブの構造とそれを安全に分解する方法に関するトレーニングを受けていなかった。

❖ 方法-管理者:

- 1) 運転手順書ポリシーは、プロセス異常や想定されるメンテナンスなど、分かっているすべての運転モードに対して運転手順書を作成することを求めていること。
- 2) 緊急シャットダウンを実施する権限が各運転手順書に明確に規定され、トレーニングやその他の機会に、その権限が運転員に移譲されていること。これにより、必要に応じて、運転員は監督者や他の担当者の許可や同意を求めることなく、緊急シャットダウンを実行できるようになる。この権限移譲を確実に行う健全な文化を確立することで、その企業は必要に応じて迅速かつ効果的に緊急シャットダウンを実行できるようになる。

❖ 方法 - 全員:

- 1) 運転手順書を作成する際には、考えられるすべての運転モードを考慮すること。これらには以下が含まれる:
 - a) 連続プロセス
 - i) 初期（最初の）スタートアップ。ここでは通常と異なる手順や停止操作が必要な場合もある。
 - ii) 荷積みと荷降ろし、サンプリング、分析（必要に応じて）などを含む、通常の運転。
 - iii) 異常や混乱状態への対処、これらの状態を未然防止または軽減するために必要な制御および運転を含む。
 - iv) 通常のシャットダウン。
 - v) 緊急時の操作（不安定状態や異常状態での運転など）が可能な場合。このような運転が必要かつ承認されている場合は、通常と異なる運転限界や、これらの限界からの逸脱の回避や復旧のための手順、および適切な警告や注意事項を運転手順書に明確に記載する必要がある。
 - vi) 緊急シャットダウン（緊急 S/D が必要となる条件や、運転員への権限と責任の割り当てなど）。各運転手順書の緊急シャットダウンのセクションは、簡潔かつ段階を追って、できるだけ明確に記述する必要がある。このセクションは、運転手順の中から簡単に見つけることができるようになっていなければならない。
 - vii) 一時的な運転（安全や防護のための設備やシステム、機器がバイパスされたり、取り外されたり、損傷した場合を含む）。
 - viii) 定期修理や緊急シャットダウン後のスタートアップ。
 - ix) メンテナンスの準備。
 - x) 日常の修理作業後のスタートアップ。
 - xi) シャットダウン中でも、プロセス機器を定期的に監視してプロセス条件が変化していないことを確認する必要がある（例：不活性ガスパージが維持されているか、機器の圧力や液面が維持されているかなど）。
 - xii) その他の可能性のある別の運転方法。
 - b) バッチプロセス

バッチ運転が安全に実行され、品質仕様を確保出来るように、レシピやバッチ運転の手順を十分詳細に記述すること。連続プロセスに記載されている項目に加えて、次のような詳細も含めること:

 - i) 原料を投入する順序。
 - ii) 原料の投入、加熱、冷却、攪拌、サンプリング、保持、減圧など、運転工程の順序。
 - iii) 温度や圧力の設定値。
 - iv) 予期せぬ問題や危険が発生した場合に講じなければならない、追加の具体的な安全対策。
 - v) 予期せぬ問題や危険が発生した場合に備えて、異常な運転状態や緊急シャットダウンに対処するための規定をバッチ手順に含めること。
 - vi) 中断されたバッチや正常に進行していないバッチなど「不完全なバッチ状態」に対する特別な規定を含めること。
 - vii) 必要であれば、バッチプロセスの様々な工程で必要とされるサンプリング。

- 2) 運転手順では、接続された装置への影響を考慮すること。たとえば、対象となる装置が起動やシャットダウンが進行中に、他の装置側に伝えるべき情報は何か。また、ユーティリティやサポートシステム、その他の影響を及ぼすプロセス間の供給や受給のような互いに関係する運転も考慮すること。
- 3) 運転手順書には、プラントの異常状態への対応に関する記述があること。異常状態には、警告と注意事項で済ませられるものもあるが、緊急シャットダウンを行わずに、運転員が装置/機器を通常の運転状態や制限範囲内に戻す操作が必要になることもある。
- 4) 緊急時にプロセスをある程度の能力で稼働させ続けなければならない場合、運転手順書には運転員の安全とプロセスの健全性を確保するために必要な手順と予防措置について要点を明記すること。
- 5) 緊急シャットダウン手順の目的は、緊急時にプロセスを迅速かつ安全に安定した状態に戻すことである。
 - a) 緊急シャットダウン手順では、重要なプロセスパラメータの逸脱や一次封じ込めの失敗（漏洩）（LOPC）の検出など、緊急シャットダウンが必要となる条件の要点を明記すること。
 - b) 緊急シャットダウン手順では、プロセスを迅速かつ安全に安定した状態にするために必要な手順を明確に定めること。これらの指示は、簡潔で、理解しやすく、明確な手順であること。説明的な表現や背景に関する情報は、緊急シャットダウン手順の工程では避けるべきである。そのような情報が必要であれば、補足セクションに含めればよい。
 - c) 緊急シャットダウンの各手順をどの運転員が担当するか混乱しない様に、シャットダウンの各手順を特定の資格のある運転員に明確に割り当てる必要がある。
- 6) 一時的な運転手順書には、有効期限か、失効となるプロセス条件をあらかじめ明確にしておくこと。一時的な運転手順の使用期間を延長する必要がある場合は、運転手順書に延長することについて記述するか、運転手順変更の管理プロセスに従って承認を受ける必要がある。

一時的な運転には、以下が含まれる：

 - a) 機器の構成に影響する可能性のある特別な条件や、安全装置がバイパスや取り外されたり、損傷したりした場合。安全装置がバイパスされた場合は、施設の安全装置バイパス手順、または変更管理の手順に従うこと。これには、プロセス機器の安全装置や安全機構だけでなく、防火などの重要なユーティリティシステムやサポートシステムも含まれる。バイパスや無効化された安全システムをできるだけ早く復旧させるために、運転復帰手順を用意しておくこと。管理者はこの手順について、必要に応じて運転員やメンテナンス員、その他の担当者と頻繁にレビューし、話し合わなければならない。安全装置をバイパスしたり、取り外したり、損傷したりした状態は、必要以上に長引かせてはならない。詳細については、KP #7 を参照すること。
 - b) 容量を増加したり、減少したり、運転限界を変更した後での運転。
 - c) 新規または変更された機器やプロセスのテストまたは試運転。
 - d) 予期しないプロセスの異常や緊急修理など、通常とは異なる状況や一度限りの状況への対応。
 - e) 機器やプロセスのメンテナンスや修理で通常とは異なる方法で運転する必要がある場合。
 - f) 一時的や変更された許可の下、または制限された条件下での運転。

- 7) 運転手順書をレビューするときは、ハザードの特定とリスク分析 (HIRA)で特定された防護手段と独立防護層 (IPL) が手順書に明記され、必要に応じて明確に説明されていること。これにより、設備に関する危険性とリスクが考慮され、安全な運転のための明確なガイダンスとなる。
 - a) 運転手順書を改訂する際には、過去の事故の教訓から特定された是正措置を必ず反映すること。
 - b) 運転手順のレビューでは、運転条件や設定値、その他の運転上の数値が施設の最新で正確なプロセス安全情報 (PSI) と一致していること。これには、アラームやインターロックの設定値も含まれる。これにより、手順書に機器とプロセスの現状が反映され、それら进行操作するための正確なガイダンスが提供される。
- 8) 不慣れな仕事や作業を依頼された際に、運転手順書や標準作業指示書の提供がなければ、懸念を表明すること。必要に応じて、問題が解決するまで作業を停止する権利を行使すること。

運転手順の基本原則

基本原則 #3: 簡潔で正確かつ分かりやすく使い易い運転手順書を書く

❖ 理由:

- 1) 簡潔で正確、そして使い易い運転手順書は、理解しやすく、その通りに作業しやすい。複雑で過度に詳細な手順書は混乱を招くことがあり、意図せずに運転の手抜きや、不適合の元となる可能性がある。手順書を明確かつ簡潔に維持することで、誤解や誤操作のリスクを最小限に抑えることができる。
- 2) 運転手順書を正確で明確にすることにより、運転指示について個々人の解釈の開きを最小限に抑えられる。明確で具体的な手引きが提供されれば、すべての従業員が自分の役割と責任を理解し、一貫性のある安全な方法で作業を実行できるようになる。

3) 事故事例:

2008 年 8 月 28 日、メソミル (methomyl) 設備において、残留物処理装置と呼ばれる圧力容器で化学反応が暴走する事故が発生した。これにより、圧力容器が爆発して、引火性の高い溶剤が放出され、それに着火して 4 時間以上にわたる火災となった。

この事故により、2 人の死者が出た。事故の根本原因は、適切なスタートアップ手順や、化学物質の正しい取り扱いなどを記述した運転手順書に従わなかったことであると判明した。

運転手順書は 1000 ページ以上の長さであったと報告されており、目次は 12 ページ以上（簡潔さに欠ける）に及んでいた。運転手順書には、設備の運転に関する指示以外の事項が含まれ、その運転手順書は分厚く複雑なものになっていた [9]。

多くの事故がそうであるように、根本原因は複数存在し、教訓も複数得られる。この事故からの基本原則に関連する教訓は次のとおりである:

- a) 運転手順書には、プロセスの運転に関係のない事項が含まれていた。無関係な情報を含めると、運転手順書が複雑になり長くなる。
- b) 運転手順書が複雑過ぎたために混乱を招き、運転員が適切に使用することの妨げとなった可能性がある。

❖ 方法-管理者:

- 1) 手順書を作成する担当者には、効果的な操作手順書の作成に関するトレーニングが提供されていること [10]。
- 2) 運転手順書の内容は確実に実行できること、さらに最終ユーザーの運転員に、それをレビューするための時間と情報が与えられていること。

❖ 方法 - 全員:

- 1) 運転手順書を作成するときは、わかりやすく理解しやすい用語や単語を使用すること。運転員と技術者に相談して、手順が明確かつ適切な理解レベルや詳しさと書かれており、容易に運転が実行できるかを確認すること。
 - a) 通常、運転手順書には、明確で簡潔なタイトル、概要や適用範囲の説明、手順に関する責任者のリスト、必要な機器と材料のリスト、順を追った手順の指示、および必安全上必要な注意や警告を含めること。
 - b) 運転手順書には、指示を明確にするために必要なイラストや図、写真を加えること。
 - c) 運転手順書は、設計者や技術スタッフ、または経験豊富な運転員が作成すること。手順が分かりやすく、使い易く、正確で、効果的であるためには、運転員からの情報が不可欠である。
 - d) 運転手順書には、改訂履歴、関連文書や参考文献のリスト、および記録保守や文書化するための要件に関するセクションが含まれていること。
- 2) 運転手順書は、運転員やそれを使用する可能性がある従業員がその第一言語で利用できるようにすること。これにより、誤解のリスクが軽減され、担当者が手順を正しく実行しやすくなる。スラングや略語、短縮名、慣用語句は使用しないこと。
- 3) 運転手順は、それらを使用する従業員の読解力レベルに合わせて作成する必要がある。これを満足するのに役立つ手引き書が公開されており、読者の読解力レベルに見合う言葉遣いや文構造を選択するために役立つソフトウェアもある[11]。
- 4) 運転員が手順書の使用ユーザーであるから、運転手順書の設計と開発には運転員を関与させること。
 - a) 開発チームに運転員を含めることで、運転手順書が実用的で、意図したとおりに実行できるようになる。運転員の情報と意見が運転手順書の完成版に反映されることは、運転手順書の所有者としての意識が強化される。
 - b) 似たようなプロセス設備の運転経験を持っている運転員から運転手順書に対するフィードバックやコメントを受けることは必ず考慮するべきである。
- 5) 運転手順書は、必要に応じて手順番号を付けたり箇条書きにして、論理的で理解しやすい構成で記述すること。
 - a) 運転手順書は実行する順番に段階的に記述すること。各段階では、一つの実行事項のみを扱い、明確かつ簡潔に記述すること。
 - b) 手順の各段階は、「確認する」「開ける」「閉める」などの動詞(動作を表す単語)で記述すること。これらの動作を表す単語は、期待される行動を強調するために大文字にしたり、太字にするのもよい。
 - c) 手順書には、プロセス安全、労働安全衛生、環境に関する警告と注意事項を全て記載すること。安全や衛生、環境に関する警告事項と注意事項には次のものが含まれる:
 - i) プロセスや作業の危険性に関する情報
 - ii) 危険な物質の情報に関する参考文献
 - iii) 環境保護に関する情報
 - iv) 手順書の作業を安全に実行するために必要な保護具(PPE)。
 - d) 警告や注意事項は、他の文章と視覚的に区別しやすいように体裁を整えること。(例えば、異なるフォント、太字や斜体の文字、枠で囲んだ文字、異なる文字色の使用など)。

- 6) 運転手順書には、プロセスハザード分析（PHA）や防護層解析（LOPA）などのハザードの特定とリスク分析（HIRA）手法および事故を含む過去の運転経験により特定されたハザードやリスクが確実に反映され、記述されていること。これにより、運転員は潜在的な危険を認識でき、安全に作業を行う方法を知ることができる。
これは、HIRA(ハザードの特定とリスク分析)の一部として実施することもある。
 - a) 操作手順において安全上重要な手順が飛ばされたり、順序を逆にするなど不適切に実施された場合に危険な事象が発生するリスクを特定するために、What-if や HAZOP などの手法を用いて HIRA を実施すること。
 - b) プロセスを安全な状態に戻すために運転員の行動が必要な場合、運転員の応答時間と成功の可能性を考慮すること。
 - c) HIRA での勧告や、装置を安全に運転するための設備の設計変更に対応するものとして、予防措置を運転手順書に反映すること。
 - d) 変更管理（MOC）プロセスの一環として、安全上重要な運転手順に対する全ての主要な変更に対して HIRA を実施すること。
- 7) 運転手順書を作成するときは、起こり得る通常の行動方針からの逸脱を考慮することが重要である。運転員が予期しない状況に効果的に対応できるように、決められた前提条件を満たせない場合について、代替の行動方針を指定することも考慮すること。
- 8) 人間がプロセスや機器にどのように対応するかを考えること。手順からの逸脱は、手順通りよりも作業を簡単にできる方法がある場合にしばしば発生する。運転手順の開発や定期的なレビューでは、ヒューマンファクターについての知識と経験があり、この概念を運転手順に組み込む方法を知っている人が実施するべきである。
- 9) 運転手順書の原案を見直したり、意見を提供したりする場合は、手順書が承認された形式に従っていて、内容が技術的に正確であることを確認すること。これには、一般的技術標準や、事業所の基準に準拠していることの確認が必要となる場合がある。機器が容易に識別できること（たとえば、P&ID、計器と制御ループの番号と一致したタグ番号を使用し、設置場所が正しいことなど）や、記述されている緊急停止ロジックが正しいかを確認すること。
- 10) 様々な手順に対応した標準様式の利用により、運転手順書の作成と実行が容易になる可能性がある。たとえば、緊急時手順にはチェックボックスを用いて、起動とシャットダウン手順にはフローチャートなどを利用すると便利である。
- 11) 運転手順書を電子的に作成・維持する場合は、クイックリファレンスのリンク（ハイパーリンク）、対話型の目次と索引、その他の電子文書の機能を活用して、運転手順書を簡単に使用できるようにし、付随する重要な情報をすばやく検索できるようにするべきである。
- 12) 手順において安全上重要な段階については、承認要件にすることや、別の人による検証、その他の承認事項を含める必要があるかどうかを検討すること。バッチプロセスの手順では、運転を段階毎に承認することが一般的であり、承認された手順はバッチの正式な記録として残される。
- 13) 緊急シャットダウン（または緊急停止ロジック）の要約を運転手順書に記述し、運転員がその制御動作が発生する理由や意味、さらに解除する方法を理解しやすく記すこと。これらの要約は正確であり、現在の設定や機能と一致していること。

❖ 補足資料: [10]

- 1) CCPS Book, *Guidelines for Writing Effective Operating and Maintenance Procedures*. [10]

運転手順の基本原則

基本原則 #4: 運転手順書を正確、最新かつ利用しやすい状態に維持する

❖ 理由:

- 1) 正確でない、あるいは最新版でない運転手順書は、誤った指示や誤解を招く指示を与えることがあり、事故やエラーのリスクを高める可能性がある。運転員が「手順書が不正確または誤解を招くものである」と認識している場合、承認されていない別の運転手順を使うかもしれない。
- 2) 運転手順書が容易に利用できない、あるいは理解しにくいと、正しく使用されない可能性があり、事故やエラーのリスクを高める可能性がある。
- 3) 運転手順を定期的に見直し、改訂することは、適切かつ正確であり続けるようにすることに役立つ。
- 4) 事故事例:

2013 年 6 月 13 日、化学プラントでオフラインのリボイラーの故障により、大惨事が発生した。この事故により、2 人が死亡し、167 人が負傷した。この事故の数年前、同社はフラクショネーター(蒸留塔)のリボイラーの配管を改造し、リボイラーの 1 基をオンラインに、もう 1 基をオフラインにした。このユニット構成により、一方のリボイラーを清掃またはメンテナンスのために分離し、もう一方のリボイラーをオンラインのままにすることができるようになった。オンライン側のリボイラーの過圧保護は、フラクショネーターの圧力リリーフバルブを介して行われた。オフライン側のリボイラーがフラクショネーターから分離された状態では、オフライン側リボイラーには過圧保護が存在しなかった。

圧力リリーフ装置から切り離されたオフラインリボイラーが加熱されて事故が発生した。オフライン側のリボイラーは当初、不活性ガスでブランケットされていたが、おそらく閉られた遮断バルブからの漏れにより、長い時間が経つうちにシェル内が満液になっていた。その為、オフラインのリボイラーの内圧が高まり、閉じ込められた流体の熱膨張によりシェルが破裂し、火災と爆発が発生した。

このプラントには、オフライン側リボイラーの再起動に関して具体的な運転手順書がなく、一般的な手順書に依存していた。一般的な手順では、プロセス流体はチューブ側にあると想定されていたが、このリボイラーではプロセス流体がシェル側にあった。スタートアップの際の加熱により、リボイラーのシェル側に閉じ込められていたプロセス流体が気化し、事故につながった。[12]

多くの事故がそうであるように、根本原因は複数存在し、教訓も複数得られる。この事故からの基本原則に関連する教訓は次のとおりである:

- a) この事故の少し前に、プロセスの構成がオンライン中にリボイラーを切り替えられるように変更されていた。事故当日に取られた具体的な手順では、オフラインのリボイラーが圧力リリーフ装置から分離されていることが考慮されていなかった。使用していた運転手順は、このプロセスユニットの配管構成に対しては適切ではなかった。これは、配管と手順の変更にによって生じる問題を特定できなかった MOC の失敗であった。
- b) このリボイラーの構成に適した具体的な運転手順が存在しなかった。一般的な運転手順書が使用されたが、このリボイラーの実際の構成を反映したものではなかった。適切な手順書が存在して、それに従っていれば、事故は発生しなかった筈である。

❖ 方法-管理者:

- 1) 運転手順書の定期的な見直し、更新、および承認のプロセスを確立し、運転手順の定期的な見直しの要件が守られていることを確認すること。
- 2) 運転手順書の定期的な見直しのためのリソースを提供し、必要に応じて、エンジニア、運転員、保全員が参加できるようにすること。
- 3) 運転手順書の見直しと更新状況を追跡し、見直しのプロセスが守られていることを確認すること。
- 4) 運転手順書の変更が管理され、監査などきちんとした承認プロセスに従っており、すべての関係者に周知されていること。
- 5) 運転手順の変更がその影響を受ける人たちに通知され、必要に応じて追加のトレーニングが提供されていること。

❖ 方法 - 全員:

- 1) 必要に応じて運転手順書を見直して更新し、現在の運用方法や、プロセスのデータと情報、および機器の構成を確実に反映させること。
 - a) 見直しの際には、運転手順にプロセスデータと機器構成の全ての変更が反映されていることを確認すること。必要に応じて、業界のベストプラクティス、事故の教訓、および再評価されたハザードレビューの結果を取り入れて運転手順を更新すること。運転手順を改訂する際には、運転員の手書きのメモの活用も考慮すること。
 - b) 運転手順書は、次のようなさまざまな理由で改訂が必要になることがある。：
 - i) プロセスへの新しい機器や新しい化学物質の導入。
 - ii) プロセスの作業内容、人員、または機器の変更。
 - iii) 温度、圧力、濃度、時間の変更など、運転条件の変更。
- 2) 設備の変更管理(MOC)手順には、プロセスや機器に変更が加えられた場合に運転手順書を更新する要件を含める必要がある[13]。
- 3) 計画されている運転手順の定期的な見直しに参加すること。専門家が参加することにより、手順が最新状態であり、現行の運用慣行が反映されていることを保証しやすくなる。
- 4) 運転手順を改善または更新するための意見や提案を提供すること。このことにより、手順が現行の運用慣行を正確に反映し、安全で効率的な運転を促進する上で効果的であることを保証しやすくなる。
- 5) 間違いに対処したり、問題を明確にしたりするために、運転手順書を迅速に改訂すること。手順書を適時に修正することで、運転員に手順書に潜む問題点の指摘を促し、そのことは手順書を遵守する動機付けにもなる。
- 6) 運転前の安全レビューPSSR(Pre-Startup Safety Reviews)では、運転手順書が準備され、その使用について要員が訓練を受けていることを記録しておく必要がある。
- 7) 運転手順書は、監査証跡を有する管理文書として扱う必要がある。
 - a) 運転手順には、どれが最新バージョンであるかが容易にわかるように、改訂日や改訂番号を記載する必要がある。

- b) 運転手順書の最新バージョンには容易にアクセスできなければならない。電子版とハードコピー版の両方が利用可能な場合は、それらは一致し、最新の状態でなければならない。このことは、制御室、運転や保全のオフィスにあるハードコピーとすべてのレーニング資料の更新が含まれる。
- 8) 運転作業を行う際には、最新バージョンの運転手順書が必ず使用されるようにすること。
- 9) 廃版となったすべての運転手順書は通常のアksesエリアから削除し、すべての関係者が現行の運転手順書のみに容易にアクセスできるようにすること。廃止された運転手順書には、適切なマークを付け、廃止されたことが明確になるようにして別途保管すること。
- 10) 最新の危険情報を緊急対応要員に伝達し、緊急対応計画およびそれをサポートする緊急手順に変更内容が反映されるようにすること。
- 11) 運転手順の変更により影響を受けるすべての従業員が、更新された手順について適切な訓練を必ず受けているようにすること。

運転手順の基本原則

基本原則 #5: 運転手順書の適切な使用方法について運転員を訓練する

❖ 理由:

- 1) 施設を安全で効率的に運用するためには、常に運転手順書に従う必要があることを徹底することが重要である。
- 2) 承認された運転手順は、そのプロセスの運転員に対する正式なトレーニングおよび資格認定プロセスに含まれていなければならない。運転手順書は、特定の作業に初めて従事する従業員や再トレーニングが必要な従業員に標準化されたトレーニングを提供する際の貴重な資料である。承認された運転手順に精通することで、従業員は自分が担当する作業とプロセスに関する危険性について理解を深めることができる。

3) 事故事例 - 1:

1997 年 1 月 21 日、製油所のハイドロクラッカーユニット(水素化分解装置)で爆発と火災が発生し、1 人が死亡し、46 人が負傷した。この事故は、反応器内が異常な高温になった為に、反応器出口配管の破損と破裂が引き金となって発生した。

配管が破断するまでに、何度か温度異常が発生していたが、運転員は実際に温度異常が発生しているかどうかについて迷っていた。この迷いが生じたのは、データロガーの温度表示が高温から低温、そして「0」まで変動し、その後標準値に戻ったためである。運転員は、「0」の表示は温度が 1400F(760℃) 以上であるということを理解していなかった。

事態が進行する中で、運転員は計器類のエラーと考えて問題を解決しようとしたが、ユニットの緊急運転手順で要求されていた反応器の緊急減圧システムを作動させることはなかった。この運転手順は、制御盤上にも目立つように掲示されていたのだが。

この事故の調査では、運転手順書の記載が不十分であり、機器や運転に加えられた変更を反映するための更新がされていなかったことが判明した。この運転ユニットでのトレーニングは、正式なトレーニングというより、現場トレーニング(OJT)であった。会社の記録には、この運転ユニットのための初期トレーニングや再トレーニングは記載がなかった[14]。

多くの事故がそうであるように、根本原因は複数存在し、教訓も複数得られる。この事故からの基本原則に関連する教訓は次のとおりである:

- a) プロセス運転に関する正式なトレーニングがされておらず、トレーニングはほとんど現場で行われていた。
- b) 運転員は、彼らが見ていた温度表示に精通していなかった。彼らは、1400F(760℃) を超える温度はデータロガーには「0」と表示されることを理解していなかった。

4) 事故事例 - 2:

この事故では、運転員が運転手順に従うことによるプラスの影響の一例が示されている。

2019 年 6 月、フッ化水素酸(HF)アルキル化ユニットのエルボ配管が破損し、大量の蒸気雲が放出されて着火した。制御室の運転員は緊急酸排出(RAD : Rapid Acid Deinventory)システムを作動させ、プロセス中の HF を別の封じ込めドラムに行先変更することで、HF の放出を最少に留めた。RAD が作動したことで、ユニットから約 339,000 ポンド (約 153,768kg) の HF が移送された[15]。

運転手順の基本原則

多くの事故がそうであるように、根本原因は複数存在し、教訓も複数得られる。この事故からの基本原則に関連する教訓は次のとおりである：

- a) 同社は、HF ユニットの事故による潜在的な影響を緩和するために RAD を設置していた。
- b) 従業員は事故の重大性を理解し、被害を効果的に軽減するために必要な時間内に RAD を作動させた。当直のボード運転員は、上司からの直接の指示なしに、エルボ配管からの発火直後（1 秒未満）に、この重要な緊急シャットダウンを開始した。この事故は、適切に記述された緊急シャットダウン手順書と十分に訓練された運転員は事故の影響を緩和できることを実証した。
- c) 事故の影響は、ボード運転員の迅速な行動により大幅に軽減された。運転員は十分な訓練を受けており、緊急時の運転手順に従った。
- d) この事故は重大ではあったが、HF をプロセスから移送していなかったら、もっとひどいことになっていたかもしれない。

❖ 方法-管理者:

- 1) 新入社員に必要な運転手順を概説したトレーニング計画書および、運転員を含む既存の従業員向けの再教育トレーニング計画書が策定されていること。この計画書には、各従業員がトレーニングを受ける必要がある具体的な運転手順、トレーニングの頻度、およびトレーニングの実施責任者を含める必要がある。さらに、この計画書には、OJT/実務トレーニングと理解度の検証、および必要なフォローアップ訓練や評価に関する規定を含める必要がある。通常、一般的なトレーニング計画書には、ロックアウト/タグアウト、閉鎖空間への立ち入り、火気作業許可など、安全作業慣行や運転手順の管理など、運用をサポートするその他の重要な安全関連の項目も含まれている。
- 2) トレーニングマトリックス(教育管理表)に指定されている運転手順書の正しい使い方を含めて、プロセスの運転員向けの「トレーニングと資格認定」のプログラムを確立すること。このトレーニングは、特定の仕事に初めて従事する者や、再教育トレーニングが必要な従業員に適用する必要がある。
- 3) 施設内のその他の職員(メンテナンス要員など)向けの「トレーニングと資格認定」のプログラムには、必要に応じて、運転手順またはその一部に関するトレーニングを含めること。
- 4) トレーニングのニーズや希望について忌憚のない意見を求めること。トレーニングセッションの有効性について従業員からフィードバックを求め、このフィードバックをトレーニングプログラムの継続的な改善に活用すること。
- 5) トレーナーが有能であり、トレーニングプログラムを効果的に実施するために必要な知識とスキルを持っているかを確認すること。

❖ 方法 - 全員:

- 1) 自分の業務に適用されるトレーニングマトリックス（教育管理表）に従うこと。作業や活動を始める前に運転手順を理解するために必要なトレーニングを受けること。運転手順書を順守するための知識やスキルに自信が持てない場合は、追加のトレーニングを求めること。
- 2) 新入社員や再教育のトレーニングに携わる運転員やトレーナーに、必要に応じて技術サポートやプロセス情報を提供すること。
- 3) 新規または改訂された手順書の利用者は、手順書を使用する前にトレーニングを受ける必要がある。
- 4) 実務経験を通して手順を身に着けるために、OJT／実務トレーニングやシナリオベースの演習を運転手順トレーニングに取り入れること。これには、訓練や机上演習だけでなく機器のシャットダウン、故障、緊急事態のシミュレーションも含まれる。体験トレーニングの臨場感を高めるために仮想現実 (VR) や拡張現実 (AR) のトレーニング方法の利用も検討すること。
- 5) 従業員が運転手順を完全に理解し、それ順守することができるよう、トレーニングプログラムに筆記試験、口頭試験、実技試験を含めること。
- 6) 新入社員の運転員をサポートするためにコーチングプログラムまたはバディプログラムを構築すること。危険性の高い重要な作業や活動では新入同士をペアにしないこと。
- 7) 承認された運転手順書の内容と運転員の理解が一致していることを確認するため、必要に応じてトレーニングセッションを企画したり、定期的にそれを受けること。
- 8) トレーニングプログラムの内容を定期的に見直して、運転員と施設のニーズを満たしているかを確認すること。これには、トレーニング前後の運転員のパフォーマンスのデータを集め、潜在的な事故を含めて事故を分析し、不適切なトレーニングが要因であるかどうかを判断することを含むこともある。
- 9) トレーニングで提供された情報を理解し、維持していることを確認するために、定期的な試験または評価の実施を検討すること。トレーニングプログラムの試験/評価には、筆記試験、口頭試験、トレーナーや監督者の前での特定の作業の実演、シミュレーターの使用、またはこれらの方法の組み合わせを含むこともある。

運転手順の基本原則

基本原則 #6: 運転手順の遵守を確実にする

❖ 理由:

- 1) 運転手順には、思わぬ結果を招かないために守らなければならない安全運転限界が含まれている。
- 2) 運転手順書の指示を遵守することは、プロセス事故を防ぐための鍵である。
- 3) 安全運転限界を超えると、プロセス機器に目に見えない損傷が発生し、回復できない運転上の問題が発生する可能性がある。
- 4) 計装機器の指示範囲を超えて運転するということは、運転員にはプロセスの実際の状況が分らないことを意味する。

5) 事故事例:

2005 年 3 月 23 日、ある製油所で爆発と火災が発生し、15 人が死亡し、180 人が負傷した。事故は炭化水素異性化装置の再スタート中に発生した。MOC 分析を実行せずに、手順からの逸脱行為が行われていた。再スタート中、蒸留塔は液面計の指示範囲を超えて液が充填され、引火性炭化水素で満液になった。炭化水素はそのプロセス全体に充填し、ベントスタックから放出された。追って生じた蒸気雲に最終的に着火し、爆発と火災を引き起こした。調査では、一連のスタートアップ作業中の運転手順違反が 11 件見つかった。[16]

多くの事故がそうであるように、根本原因は複数存在し、教訓も複数得られる。この事故からの基本原則に関連する教訓は次のとおりである:

- a) このスタートアップ手順書には、運転員への十分な指示が書かれていなかった。
- b) 運転員がプロセス装置の再スタート中に運転手順から逸脱した行為をした。
- c) 管理者は、運転員と監督者が、これらの変更によるリスクの影響を評価するための MOC を実施せずに、手順の変更、編集、追加、および削除を許可した。
- d) 管理者は、人員配置、運転手順の見直しおよび保守に関する会社の方針に従わなかった。

❖ 方法-管理者:

- 1) 運転手順の遵守を期待していることを口頭や指示書を通じて伝えて、(管理者も) 運転手順遵守に本気で取り組んでいることを示すこと。
- 2) 運転手順の監視を行うプロセスを確立すること。
 - a) 管理者チーム、エンジニア、および監督者に、定期的に運転手順の現場観察を行う業務を割り当て、運転手順が守られているかどうかを把握すること。逸脱行為が見つかった場合は、調査してその理由を明白にすること。
 - b) 安全会議、ツールボックスミーティング、シフト変更などの会議で観察レポートを共有すること。
 - c) マネージャー、エンジニア、および監督者の年間業績目標の一部に、運転手順の観察の完了に関する指標を含め、リーダーの従業員との関わりを促進すること。
- 3) 運転員に運転手順は自分たちのものであるという意識を持たせることにより、運転規律を推進すること。
 - a) 運転手順の遵守は、運転員自身の安全と健康のためであることを強調すること。運転手順書は、運転員に遵守を強制する管理者の文書と見なすべきではない。むしろ、運転員はその作成や承認前のレビューに協力しているので、彼ら自身も所有する共有文書である。
 - b) 運転員に、運転手順に関する懸念があれば積極的に話すように促すこと。

運転手順の基本原則

- 4) 事故調査の際には、手順に準拠しなかったことが事故の一因となっている可能性がないかを必ず調査すること。
- 5) 施設（工場）または会社で適切なプロセス安全文化を確立し、運転手順書の内容遵守が、運転の必須かつ違反してはならない条件と見なされるようにすること。

❖ 方法 - 全員:

- 1) 運転員を運転手順の設計や開発に参加させることにより、運転員間に運転手順が自分たちのものであるという意識を持たせること。KP #3 を参照。
- 2) 常に運転手順書従うこと。
 - a) 承認された運転手順書の内容から許可なく逸脱しないこと。手順書に示されている手順を常に守ること。事前の承認が得られない限り、手順をスキップしてはならない。
 - b) 運転手順に対するすべての変更や手順から逸脱する行為は、施設（工場）の MOC プログラムを通じて管理しなければならない。
 - c) 安全運転限界によって定義された安全運転範囲を超えてはならない。
 - d) 必要な PPE（保護具）の使用を含め、運転手順書で示された前提条件が満たされていることを常に確認すること。
 - e) 次の作業に移る前に、各ステップが完了していることを確認すること。バッチプロセスや複雑な操作（連続した一連のプロセスのスタートアップなど）の場合は、手順の各ステップが完了する度に、実施した時刻を含め、承認を受けると良い。電子化された手順の場合、特にシフトの交代時に、運転員に作業がどの工程にあるかを明確に伝えるための手段を確立する必要がある。
 - f) 緊急シャットダウンの状況では、特に承認を得たりその他の文書を使用したりして、手順の各ステップを確認する時間がないことがある。緊急対応者や施設を再スタートする人達がプロセス機器の状況を知ることができるように、プロセスの状態を何らかの方法で記述しておく必要がある。
- 3) 現場観察を実施して、実際の運転遂行が手順と一致しているかを確認すること。
 - a) 運転手順に実際の作業と何らかのギャップがないかを積極的に調べる。これにより、手順を改善し、実際の作業への適用性を高めることができる。
 - b) 運転手順書に記載されている内容、特に緊急時や高リスクの状況に対応する能力が実際に運転員にあるか、つまり、要求されている時間枠内で手順を完了することが物理的に可能かどうかを検討すること。
 - c) 緊急時や異常な状況に対応した後で、使用された手順を見直して、アクションが適切であったかどうかを判断すること。必要に応じて手順を更新すること。
- 4) 運転手順書の手順/指示が紛らわしい場合は、監督者に説明を求めること。監督者もあやふやな場合は、手順書の作成者に相談する必要がある。その間、操作を停止または一時停止する必要があるかもしれない。
- 5) 大規模なオーバーホール後に行う常温からのスタートアップ手順などのように、使用頻度が低く、非常に複雑でリスクを伴う運転手順は、運転員にとって馴染みのないものかもしれない。これらの手順は長時間に及ぶため、しばしば多くの運転員や交代番が関わる必要がある。事故は、スタートアップおよびシャットダウン操作中に発生することが多く、過渡的な状態を伴い、多くの危険とリスクをもたらす可能性がある [7]。このような状況で安全な運転を確実に行うには、運転手順に厳密に従うことが不可欠である。複雑でめったに使用されない手順に対しては、ステップ毎に承認を求めることを検討すること。

- a) 複雑な運転手順や使用頻度の低い運転手順を実行する前に、プロセスエンジニア、運転管理者、および運転員でレビューを行い、手順を見直す必要がある。これは、最近のプロセス変更で影響を受けた手順や、実施中に問題が発生した経歴がある手順については特に重要である。この（レビュー）会議は、手順を実行する前に潜在的なリスクや課題を特定して対処するのに役立つ。
 - b) シフト交代時の引継ぎに関して、プロセスの状態に関する詳細な情報が次のシフトに確実に伝えられるように、具体的な方法を調製して引継ぎ指示書を作成すること。
- 6) 運転手順に従わない場合はそれに対処すること。
- a) 確実に適正な運転を行うために、必要に応じて手順を修正すること。手順に従わない事例が繰り返し起きる場合、その逸脱が意図的で悪意があると見なされるなら、懲戒処分が必要になる場合もある。
 - b) そのために、その施設（工場）の承認されたプロセスに従って、手順書と実際との不適合を文書化しておくこと。それはニアミスか、その施設（工場）の慣行により事故のタイプとなる可能性がある。これらを確実に記録し、管理者が問題を把握して対処する機会を確保することが重要である。
- 7) 運転手順書で指定されている正しい工具と個人用保護具を使用すること。

運転手順の基本原則

基本原則 #7: 運転手順の短期的な変更を管理する

❖ 理由:

- 1) 手順に従うことができない場合、安全上の重大な問題を絶対に起こさない様に、承認された手順からの短期的な逸脱を評価して承認するための正式なプロセスが必要である。これらの逸脱は、通常、何らかの変更管理 (MOC) プロセスを通じて対処される。長期的な逸脱は、基本原則#4 で概説されている運転手順の変更プロセス、または MOC プログラムを通じて管理する必要がある。
- 2) 設備の設計変更や手順の変更により、システムの運転方法が変わる可能性がある。たった一つの変更でも、プロセスの安全性に問題が発生する場合がある。「変更管理 (MOC) の基本原則」を参照すること。
- 3) 緊急時の、短期的または一時的な、変更を検討し承認するために、文書化されたプロセスを使用することで、対処しなければならない体系的な問題（不十分な設計慣行など）を特定できる場合がある。
- 4) 事故事例:

2003 年 8 月 13 日、化学工場から液体フッ化水素(HF)が放出され、工場の作業員 2 人が被曝した。その放出は、蒸発器から液体 HF を排出するための一時的な作業中に発生した。HF は、以前の事故のため蒸発器に残ったままだった。HF を排出するための新しいシステムが利用できたものの、正しく作動しなかった。そこで蒸発器から HF を抜き取るために、一時的にベンチュリースティック(と呼ばれる 1 インチのパイプ)を用いて吸引する方法が考案された。工場には、ベンチュリースティックを使用してさまざまな液体を排出するための一般的な手順書があったが、その手順書にはフッ化水素に対する使用については特に記載がなかった[17]。

多くの事故がそうであるように、根本原因は複数存在し、教訓も複数得られる。この事故からの基本原則に関連する教訓は次のとおりである:

- a) 同社は、ベンチュリースティックを使用して蒸発器から HF を排出することが、リスクの高い非常作業であるとは認識しておらず、具体的な手順も提示していなかった。
- b) 物質に特化した手順書ではなく、一般的な手順を修正して使用していた。その修正は、HF により派生する追加の危険性を確実に特定し、管理できるものではなかった。
- c) 運転員は、承認された変更管理手順やその他の許可もなしに、承認された手順から逸脱した。

❖ 方法-管理者:

- 1) 運転手順に緊急時、短期的、または他の一時的な変更が必要な場合に、運転および保守の担当者が変更管理プロセスに従うように期待事項を確立しておくこと。リスクに基づくプロセス安全(RBPS)の「操業の遂行」エレメントを適用し、運転手順の変更に対して変更管理プロセスを確実に遵守すること[1]。緊急時、短期的、または一時的な運転手順の変更を管理するために、特別なカテゴリと迅速なプロセスを作成する必要があるかもしれない。
- 2) 安全機能、システム、機器などが、バイパス、取り外し、故障などしている場合、それらの状態を頻繁に確認すること。管理者が主要なスタッフと運転会議を毎日開催する場合は、このことを定例の議題として(日常的に)含める様に検討すること。バイパス/取り外しを実施できる最大時間については、施設(工場)/会社の基準によって決められている制限時間を厳守すること。

運転手順の基本原則

- 3) 変更管理プロセスが期待どおりに機能し、欠陥を特定して修正しているかを確認するために監査を実施すること。設定された会社の方針または規則に従って、運転手順の変更を確認および監査する責任者を任命すること。「変更管理 (MOC) の基本原則」を参照。
- 4) 施設のすべての従業員に、不安全な行為や危険になる可能性のある不安全な状態を停止できるように、作業停止権限を文書で付与すること。不適切な運転手順書を使用しないことのために作業停止権限を行使した運転員は積極的に評価すること。

❖ 方法 - 全員:

- 1) 手順が守れない場合は上司に報告し、正式な承認なしに逸脱した作業をしないこと。
 - a) 手順を実行できない場合、または異常な現場状態のために安全上の懸念がある場合は、作業を停止すること。
 - b) 運転手順書に何らかの安全上のリスクの懸念がある場合は、監督者への直接通知などの適切なチャンネルを通じて管理者にそれを提起すること。交代引き継ぎノートにコメントを追記して、問題と解決策を他の運転員に伝えること。
- 2) 確立された手順からの逸脱が、リスクの観点から評価されるようにすること。
 - a) 運転手順を変更する場合は、会社の MOC 手順に従うこと。
 - b) 運転手順を変更する際は、リスク評価を実施すること。適切なリスク評価方法を使用して、運転手順からの逸脱について評価を実施すること。

参考文献

- [1] CCPS (Center for Chemical Process Safety), Guidelines for Risk Based Process Safety, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2007.
- [2] CCPS (Center for Chemical Process Safety), Recognizing Catastrophic Incident Warning Signs in the Chemical Industries, Hoboken: Wiley-Interscience, 2011.
- [3] OSHA (Occupational Safety and Health Administration), [Online]. Available: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.119>. [Accessed 24 April 2024].
- [4] European Union, "Directive-2012/18-EN-Seveso III-EUR-Lex," 24 July 2012. [Online]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32012L0018>. [Accessed 20 April 2024].
- [5] U.S. EPA (United States Environmental Protection Agency), "U.S. EPA Chemical Accident Investigation Report: Terra Industries, Inc.," September 1996. [Online]. Available: <https://archive.epa.gov/emergencies/docs/chem/web/pdf/cterra.pdf>.
- [6] CCPS (Center for Chemical Process Safety), "CCPS Process Safety Glossary - Operating Mode," [Online]. Available: <https://www.aiche.org/ccps/resources/glossary>. [Accessed 30 April 2024].
- [7] CSB (Chemical Safety and Hazard Investigation Board), "Safety Digest: Chemical Safety Board Investigations of Incidents during Startups and Shutdowns," US Chemical Safety and Hazard Investigation Board (CSB), csb.gov, 2018.
- [8] CSB (Chemical Safety and Hazard Investigation Board), "Fatal Release of Acetic Acid and Methyl Iodide Mixture at LyondellBassell La Porte Complex," 25 May 2023. [Online]. Available: <https://www.csb.gov/lyondellbasell-la-porte-fatal-chemical-release/>. [Accessed 30 July 2024].

- [9] CSB (Chemical Safety and Hazard Investigation Board), "Bayer CropScience Pesticide Waste Tank Explosion," 20 January 2011. [Online]. Available: <https://www.csb.gov/bayer-cropscience-pesticide-waste-tank-explosion/>.
- [10] CCPS (Center for Chemical Process Safety), Guidelines for Writing Effective Operating and Maintenance Procedures, Hoboken: Wiley, 1996.
- [11] J. Nielsen, "Legibility, Readability, and Comprehension: Making Users Read Your Words," 15 November 2015. [Online]. Available: <https://www.nngroup.com/articles/legibility-readability-comprehension/>. [Accessed 1 May 2024].
- [12] CSB (Chemical Safety and Hazard Investigation Board), "Williams Olefins Plant Explosion and Fire," 16 October 2016. [Online]. Available: <https://www.csb.gov/williams-olefins-plant-explosion-and-fire-/>.
- [13] CCPS (Center for Chemical Process Safety), Guidelines for Management of Change for Process Safety, Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2008.
- [14] U.S. Environmental Protection Agency, "EPA Chemical Accident Investigation Report - Tosco Avon Refinery, Martinez, California," November 1998. [Online]. Available: <https://archive.epa.gov/emergencies/docs/chem/web/pdf/tosco.pdf>.
- [15] The Chemical Safety and Hazard Investigation Board, "Fire and Explosions at Philadelphia Energy Solutions Refinery Hydrofluoric Acid Alkylation Unit," 11 October 2022. [Online]. Available: https://www.csb.gov/assets/1/20/PES_Final_Report_Published_October_2022_r1.pdf?16845. [Accessed 12 August 2024].
- [16] CSB (Chemical Safety and Hazard Investigation Board), "BP America (Texas City) Refinery Explosion," 20 March 2007. [Online]. Available: <https://www.csb.gov/bp-america-texas-city-refinery-explosion/>.
- [17] Chemical Safety and Hazard Investigation Board, "Honeywell Chemical Incidents," 8 August 2005. [Online]. Available: <https://www.csb.gov/honeywell-chemical-incidents/>.
- [18] CCPS, Recognizing Catastrophic Incident Warning Signs in the Chemical Industries, Hoboken: Wiley-Interscience, 2011.

プロセス安全の基本原則: 運転手順

KP4 - OP, October 2024

Copyright 2024 American Institute of Chemical Engineers

www.aiche.org/ccps
