

プロセス安全の基本原則:

事故調査



KP3 - II, Oct 2023

Copyright 2023 American Institute of Chemical Engineers

www.aiche.org/ccps

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

事故調査小委員会のメンバー:

Mike Broadribb, Lead	BakerRisk
Eric Atkins	OLIN
Amy Gay	Occidental Petroleum
Ammar Alkhalwaldeh	BASF
Mike Hazzan	AcuTech
Della Mann	CCPS Emeritus
Denise Albrecht	3M
Warren Greenfield, Project Manager	CCPS Consultant

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。

事故調査の基本原則をレビューした査読者:

Jerry Forest

John Herber

Della Mann

Denise Albrecht

Celanese

Process Hazards Management

CCPS Emeritus

3M

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@aiiche.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.aiiche.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)。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@aiiche.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.aiiche.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

基本原則 #1:	出来事がプロセス安全事故かニアミスかを見極める	3
基本原則 #2:	プロセス安全事故やニアミスを調査するための手順書を作成し実施する.....	6
基本原則 #3:	調査チームは、訓練を受けた有能な人材を適切な人数で構成する.....	8
基本原則 #4:	プロセス安全事故調査は勧告を最終対策に反映し、解決して、タイムリーにその対策を実行することで進捗管理する	10
基本原則 #5:	プロセス安全およびニアミス事故から学ぶ	14
参考文献および補足資料.....		16

本書は、リスクに基づくプロセス安全(RBPS)の重要なエレメントの一つ「事故調査」に関するものである [1]。ここに示されている基本原則は、優れた、共通性のある、または成功した事例を反映しており、このエレメントのデザインと実施を支援することを目的としている。本編は事故調査プログラムを強化し支援することを意図したものである。

本書では、事故およびニアミスを以下のように定義して用いている。これらは CCPS「化学プロセス事故の調査ガイドライン」第3版 [2]による。

事故 (Incident)—人への危害、環境の損傷、資産や事業の損失、または企業の評判に対する社会的信頼や利害関係者の信頼の喪失、またはその可能性があった異常、計画外、または予期せぬ出来事。例として：

- 運転限界を超える可能性があるプロセスの乱れ
- エネルギーまたは物質の放出
- 防護対策へのチャレンジ(作動要求)
- 製品品質の制御の喪失

事故 (Accident)とは、重大な結果をもたらす事故(Incident)である。

ニアミス (Near-miss)—気象条件、プロセスの安全対策の作動、手順の遵守などの状況が少しでも異なっていたら、有害な結果を招いた可能性のある出来事(Incident)。ニアミスは、ヒヤリハット(near hits)または危機一髪(close calls)と呼ばれることもある。

基本原則 #1: 出来事がプロセス安全事故かニアミスかを見極める

❖ 理由:

- 1) ある出来事が、プロセス安全事故か、それともニアミスであるか、を見極めることは、リスクに基づくプロセス安全のエレメント「事故調査」にとって不可欠である。産業界では、プロセス安全事故を含め、環境・衛生・安全 (EHS)に関連するすべての事故を 1 つの事故管理システムにまとめることが一般的であるためその見極めが大切である。この判断によっては、プロセス安全事故とその調査要件が認識されない可能性がある。例えば、プロセス安全上のインターロックがある機器を停止させた場合、それがニアミスであることが認識されなければ調査されないであろう。調査が行われなければ、プロセスの変動やその他の異常な事象が繰り返され、常態化してしまう可能性がある。そうなれば、安全上の余裕が減少し、問題の根本原因を学ぶ機会が失われるであろう。
- 2) ある出来事がプロセス安全事故、またはニアミスであるかどうかを見極めることで、会社や施設の従業員がなすべき優先順位と行動が決まってくる(基本原則#2を参照)。CCPSの「プロセス安全メトリクス - 先行および遅行指標の選択ガイド」、および API RP 754 の「石油精製と石油化学産業のためのプロセス安全業績指標」は、プロセス安全事故とニアミスを特定し、分類し、優先順位を付けるための指針を提供している [3] [4]。
- 3) ニアミスを調査することは、実際の事故による結果を被ることなく、重要な教訓を学ぶ良い機会である。
- 4) プロセス安全事故またはニアミスを定義する基準を明確に伝えることで、より迅速な報告が可能となり、以下のような利点が得られる:
 - a) 時間が経つと失われやすい証拠の保存
 - b) 記憶が薄れる前に目撃者の証言を得る
 - c) 会社および法規制の要件の遵守(基本原則 #2を参照)。
- 5) 事件事例:
 - a) ある製油所は、プロセス安全事故、またはニアミスとして記録されるべき出来事を認識していなかった。1994年に、この製油所で大気開放のブローダウンドラムから可燃性蒸気が地上に放出される出来事が発生していた。2005年には、同様の放出が多くの死者を出す爆発につながった [5]。

この基本原則に関する教訓は次の通りである:

1994年の出来事がプロセス安全事故として認識されていれば、調査されていたかもしれない。プロセス安全事故調査が必要であると認識し、この前兆の出来事を調査していれば、2005年の爆発を防ぐための対策に繋がったかもしれない。

- b) 2004年1月9日、ある会社が新しいプロセスラインで、ガソリン添加剤製造の最初のフルスケールのバッチ生産を開始した。そのバッチの最初の工程で予期せぬ発熱反応が発生した。その後のバッチの処理中に、品質問題が生じて、いくつかの製法が変更された。発熱は副反応が発生していることの警告サインとして確認されていたが、これらの発熱はニアミスと見なされず、その実際および潜在的な危険性が評価されることはなかった。2007年12月19日、別のバッチの製造中に爆発が発生し、4人が死亡し、13人が負傷した[6]。

この基本原則に関する教訓は次の通りである:

これらの発熱がニアミスとして特定されていれば、プロセス安全事故調査が開始されていたかもしれない。その調査をしていれば、2007年に起こった実際の事故を軽減、もしくは防ぐための対策を特定できたかもしれない。

- c) 事故: 2003年2月20日、オーブンの温度調節器の故障により、オーブンが過熱状態になっていた。温度を調節するためにオーブンのドアは開放されていた。その状況下で、作業員がエリアを清掃してフェノール樹脂粉末の粉塵雲が発生した。オーブンでの小規模な火災は従業員が消火器やホースを使って日常的に消火していたが事故調査はしていなかった。調査員たちは、2003年2月20日にオーブン内部で火災が発生し、粉塵雲に引火したものと結論づけた。その結果、粉塵爆発と火災が発生し、さらなる爆発が起こり、生産ラインの大部分が破壊された。37人が負傷し、7人が死亡した。

この基本原則に関する教訓は次の通りである:

同社は可燃性粉塵の火災や爆発のリスクを認識してはいたが、小規模な火災や爆発を正式に調査することなく、これらの出来事の重要性を従業員に伝えてもいなかった。1992年から1995年までの会社の覚書と安全委員会の議事録には、爆発性粉塵が発生することの危険性への懸念が記されていた。同社は、フェノール樹脂の粉塵爆発の危険性を従業員に認識させることを怠り、ニアミスの事故調査を実施しなかったのである[7]。

❖ 方法 - 指導者:

指導者は:

- 1) プロセス安全事故およびニアミスの定義を明確にした文書を提供すること [8] [4]。
- 2) 出来事がプロセス安全事故かニアミスかを分類し、どうなったら出来事を調査すべきかを明確にするためのツールを提供すること[4]。
- 3) 施設の全従業員に対して、プロセス安全事故とニアミスを認識して報告する方法に関する教育を行うこと。事故調査チームに任命される可能性のある従業員には、事故調査方法とその手法についてのより詳細な教育を受けさせること。
- 4) 調査するか否かに関わらず、出来事を報告することを奨励すること。従業員に、出来事を報告したことが昇進、配属、賞与、または雇用など、人事関連の事項に悪影響を及ぼすのではないかと心配させてはならない。
- 5) プロセス安全事故、およびニアミスを効率的に報告でき、調査できるように、必要な手段(コンピュータのソフトウェアなど)を提供すること。事故とニアミスの実際のリスクと潜在的なリスクに対して、指導者として目に見える形で関心を示し、より多くの事故が調査され、より多くの良い教訓が共有されるように事故調査プロセスを継続的に改善すること。
- 6) 事故とニアミスの報告システムが有効に機能していることを把握するための指標を保持すること 9][3][10][11]。

❖ 方法- 実行者 / ユーザー:

- 1) 講習会(公式/非公式の)や職場における事故やニアミスの経験のレビュー、などを活用して、出来事、プロセス安全事故、ニアミスの違いを学ぶこと。掲示物にはこれらの重要な違いを常に意識させるものもある。従業員は、プロセスハザード分析(PHA)に参加することで、プロセス安全事故やニアミスを引き起こす可能性のある通常および異常な出来事を学ぶことができる。通常運転からの逸脱(人為的ミスなど)は、プロセス安全事故やニアミスになる可能性がある [12]。PHA でのハザードのシナリオ(すなわち原因と結果)には、許容される運転条件から外れるものもあるので、PHA は潜在的なプロセス安全事故やニアミスに対する認識をより向上させるはずである。
- 2) プロセス安全事故の調査プロセスに精通している専門家に、その出来事が通常の出来事か、プロセス安全事故か、ニアミスかを尋ねてみること。
- 3) プロセス安全事故、およびニアミス報告システムの仕組みと報告時期の要件を理解しておくこと。
- 4) プロセス安全事故、またはニアミスの可能性のあるすべての出来事を報告すること。
- 5) 実害が生じなかったために常態化した異常な出来事に注意すること[12]。

❖ 補足資料: [1] [2] [3] [4]

基本原則 #2: プロセス安全事故やニアミスを調査するための手順書を作成し実施する

❖ 理由:

- 1) プロセス安全事故の調査手順が文書化されて正しく実行されることで、証拠の収集、原因の分析と特定、根本原因の特定、および勧告の作成、を可能にする一貫した再現可能なプロセスが提供される。
- 2) 事故調査手順が文書化され、正しく実行されることで、教訓を学ぶことが出来、安全で信頼性の高い運転をサポートすることに役立つはずである。

❖ 方法- 指導者:

指導者は:

- 1) プロセス安全事故およびニアミスの調査を、組織、実行、文書化、進捗管理、伝達するためのガイドランスとなる事故調査手順の作成を支援し、承認すること。
- 2) 工場、または会社全体に、一貫した事故調査プログラムを実施するように強く求めること。
- 3) 事故調査プログラムに十分な資源を割り当てること。
- 4) 徹底的な調査に必要な透明性を確保するために障害を取り除くこと。例えば調査チームの客観性を確保し、非難されることを恐れる関係者の影響を制限するなど [13] [14]。
- 5) 事故調査チームのリーダー、およびメンバーのためのトレーニングプログラムを確立すること。
- 6) プロセス安全メトリクスのプログラムに事故調査の重要業績評価指標 (KPI) を含めること [3] [10] [11]。
- 7) 事故調査の勧告を追跡・管理するシステムを確立すること。これは全体的なプロセス安全の勧告の追跡システムの一部であっても良いし、別個のシステムであっても良い。

❖ 方法 - 実行者 / ユーザー:

- 1) 次の事項を含む信頼性の高いプロセス安全事故調査手順を策定すること [2, pp. 47-77] [14]:
 - a) プロセス安全事故やニアミスの定義(基本原則 #1 を参照)。
例があれば、出来事がプロセス安全事故、またはニアミスであるか否かの説明に役立つ。
 - b) プロセス安全事故、またはニアミスの可能性のある出来事を報告すること。
政府機関に報告する必要がある出来事の場合の具体的な報告期限や報告書の様式と内容を事故調査手順書に含めること。
 - c) プロセス安全事故、またはニアミスの調査を開始する判断基準。
 - d) 事故調査のプログラムにおいて種々の役割に対して求められる責任と能力。
 - e) 調査対象となる事故の境界／範囲を定めること。
 - f) プロセス安全事故、またはニアミスの実際と潜在的な重大性の分類に基づいて適切な調査手法を選択すること。一般的に利用可能な調査手法は、事故、またはニアミスの複雑さや重大性によって異なる。
 - g) 事故調査チームメンバーの選定では、事故に関与した協力会社の人も含めること。出来れば利益相反を避ける (基本原則 #3 を参照) [14]。
 - h) 事故現場を保全し、証拠を収集し、現場調査がいつ安全に開始できるかの判断について。証拠を保存、収集、分析、記録するための実践と方法には、次のようなものがある:

基本原則 #2: プロセス安全事故やニアミスを調査するための手順書を作成し実施する

- i) サンプリング、機器のテスト、現場や証拠に対するあらゆる変更など、作業の手順。
 - ii) 証拠を収集する前に、関係者と手順を確認する。
 - iii) 独立した第三者による証拠の検査が必要な場合、証拠の保管と移送に関するシステム。
 - iv) データベースに記録された運転データ、監視カメラの映像、写真、放出された物質や破片のサンプル、ドローンによる空撮、その他の記録などの証拠 [2]。
 - v) 目撃者に聴取を行い、証言を得る。
 - vi) 関連する記録や文書を特定し、収集すること。
 - vii) 物的証拠が損なわれないように保存すること。
- i) 事故の時系列表の作成。
 - j) 根本原因の分析手法 [15]。
 - k) 事故報告書には、様式、内容、レビュー、承認が含まれていること。報告書は保管システムに保存され、保存期間が指定されていること。場合により、機密データやアクセス権限付きのデータの扱いに関する手順が必要。
 - l) 事故調査の勧告が実施されるまで追跡管理すること。
 - m) 運転手順、訓練、設備資産の健全性など、他のプロセス安全のエレメントに関連する情報も含み、事故調査から得られた教訓に関連する従業員や協力会社に伝達すること（基本原則 #5 参照）。
 - n) 必要に応じて外部と連絡をとること。例えば、規制当局からの命令に基づいて、事故調査の結果を当局に報告しなければならない場合がある。
 - o) プロセス安全事故のデータを収集して傾向分析し、再発型の事故を把握すること。
 - p) 施設のプロセスハザード分析のプログラム管理者に連絡して、事故シナリオが次回の PHA 再評価時に分析されるようにすること。
- 2) 事故調査手順書に従って実施する。
 - a) 目撃者へのインタビューは、目撃者が詳細を忘れたり、出来事について他の人と相談したりする前に、早く実施すること。
 - b) 事故調査チームのメンバーは、与えられた任務に従い、証拠の収集、インタビュー、根本原因の分析、事故調査報告書の作成などを行う。
 - c) 現場での調査活動を安全に行えるよう、設備を安全かつ安定した状態にして保持すること。
 - d) 任命されたら事故調査に参加すること。多くの調査には、事故発生時に現場にいた可能性が高く、事故の要因のいくつかを直接知っている運転や保全の従業員へのインタビューが含まれる。
 - 3) 報告が必要な出来事に気付いたら、プロセス安全事故かニアミスとして報告すること。
 - 4) 証拠収集の任務を与えられた場合は、現場の証拠保全要件を理解し、遵守すること。調査記録（目撃証言、データシートなど）は安全に保管すること。
 - 5) 調査チームに対して、エンジニアリング計算、シミュレーション、モデリングなどエンジニアリング面での支援を行うこと。

❖ 補足資料: [2] [6] [14] [16] [17]

基本原則 #3: 調査チームは、訓練を受けた有能な人材を適切な人数で構成する

❖ 理由:

- 1) 事故調査チームに、訓練を受けた有能な人材を適切な人数配置することで、より効率的で、焦点を絞った、綿密な事故調査が可能になる。それは、以下を確実にするのに役立つ：
 - a) 事故調査チームのリーダーは、最低限、事故調査チームリーダーとしての正式な訓練を受けていること。また、チームメンバーは、重大な事故に関する事故調査の訓練を受けること [2] [18] [19] [20]。
 - b) チームメンバーは、それぞれの専門分野における能力を持っていること [18] [19]。
 - c) 選択された調査手法が理解され、一貫して適用されていること [14]。
 - d) プロセスと機器の技術が理解されていること。
 - e) 客観的で偏りのない事故分析が行われていること [2]。
 - f) 再発防止のために、事故の要因、根本原因及び勧告が特定されていること [2]。
 - g) 文書や報告書が完全かつ効果的に記述されていること [2] [14]。
 - h) プロセス安全事故調査チームの規模は、調査の複雑さに見合うものでなければならない [1]。
- 2) 事故事例：
 - a) 高機能ナイロンを生産するあるポリアミド製造設備では、1993年の立ち上げ当初から2001年まで、ポリマーの反応事故（廃ポリマーによる火災や爆発）が数件発生していた。2001年には、ポリマー捕集タンクの鏡板(エンドプレート)が吹き飛び、分解性の廃ポリマーで満杯になった容器の洗浄準備をしていた従業員3人が死亡する事故が発生した[21]。過去の事故は調査されていたが、調査チームは再発防止に必要な管理方法を十分に把握していなかった。過去の調査チームの誰も、プロセス設計がこの反応の危険性を認識していなかったことに気付かなかった。プロセスの計装システムも容器の開放作業要領も、内部の物質の状態について適切な警告を発することができていなかった。

この基本原則に関する教訓は以下の通りである：

複数回実施された事故調査のチームはいずれも、反応の危険性を特定するのに十分なプロセス工学の知識を持たず、ハザードを制御する方法を勧告できなかった。爆発した容器（ポッド）の熔融ポリマーが変色していたと証言した目撃者がいたが、これは「熱分解反応」の証拠であった。有能な調査チームであれば、ポリマー捕集タンク内に(廃棄物を含み)熔融ポリマーが大量に蓄積していると、反応による重大なハザードが生じることを認識できただろう。

❖ 方法 - 指導者 :

指導者は :

- 1) 主任調査員とチームメンバーに対して初期教育を確実に実施すること。
- 2) 主任調査員とチームメンバーに対して再教育または継続的な教育を実施すること。
- 3) 調査チームに参加するメンバーが、その分野の専門家としての能力を有していることを確認すること。
- 4) 調査チームメンバーが調査を実施するために必要な時間を確保すること。
- 5) 可能な限り、事故調査チームが公正であることを確認すること。これにより、事故の客観的で偏りのない分析が行われるようになる[2]。

❖ 方法 - 実行者 / ユーザー :

- 1) 以下のことを実現するために、訓練を受けた有能な人材を適切な人数配置すること :
 - a) 調査チームに、事故またはニアミスを徹底的に調査するために必要な技術的専門知識のすべてが備わっていること。
 - b) 事故調査リーダーは、正式な訓練を受けていること。
 - c) チームメンバーは、実施する事故調査活動について訓練を受けていること。
例えば、目撃者に正式な聞き取り調査を行うチームメンバーは、目撃者へのインタビューの実施方法について訓練を受けていること。[2] [18] [19] [20]
 - d) 事故調査リーダーとチームメンバーは、客観的で公正であること。
 - e) 選択された調査手法を、チームは理解し、一貫して用いていること。[14]
 - f) チームメンバーは、プロセスの技術、装置の設計と運転について基本的に理解をしていること。但し、事故調査チームの専門知識を補うために、技術面での追加の支援が必要な場合もある。
 - g) 正しい事故要因と根本原因が特定されていること。[2]
 - h) 事故の再発防止のための勧告が策定されること。
 - i) 事故調査報告書が作成されること。[2] [14]
 - j) プロセス安全事故調査チームの人数は、調査の複雑さに見合うものでなければならない。実際の人数は、事故の性格や重大性などによる。[1]
- 2) 次のメンバーが事故調査へ参加すること（運転と保全の知識のある要員、エンジニア、緊急対応要員、プロジェクトの代表者、プロセス安全の専門知識を有する者）

❖ 補足資料: [2] [14] [22]

基本原則 #4: プロセス安全事故調査は勧告を最終対策に反映し、解決して、タイムリーにその対策を実行することで進捗管理する

❖ 理由:

1) 事故調査からの勧告を解決し、対策を完了するまでは、プロセス安全事故のリスクは低減されない。
[2]

2) 事故事例:

- a) 1986年のチャレンジャー号の事故は、2005年のBPのテキサスシティ製油所爆発事故など、いくつかの化学/プロセス産業事故と同様、過去の事故やニアミス进行调查していたにもかかわらず、事故調査からの勧告を適切に進捗管理しなかったことが一因となって発生した。ロジャーズ委員会（チャレンジャー号の事故）とベーカー・パネル（BPテキサスシティの事故）はともに、これら大惨事を招いた事故の調査で、それぞれ前兆となる出来事があったことを指摘している。どちらの場合も、これらの組織はそれまでの事故の調査を実施し、見いだされた根本原因を正すための勧告を作成していたが、完了させていなかった。加えて、先述の事故調査とは関連していないが、工学的分析と運転経験に基づくプロセス変更に対して勧告がなされていたが、実施していなかった。これらの勧告を実施していれば、最終的に大惨事になった事故の根本原因を除去あるいは違った結果にしていたかもしれない。

例えば、ロジャーズ委員会は最終報告書で以下のように述べている。[23]：

「協力会社の Morton Thiokol 社は、プログラムの初期テストで、設計に重大かつ予期せぬ欠陥があったという話があったが、これを受け入れなかった。NASA も、この設計は受け入れられないというエンジニアの判断を受け入れなかった。接続部の問題の回数と深刻さが増すにつれて、NASA はマネジメントへの説明やレポートでそれらの問題を最小限に留めた。Thiokol 社の見解は、「この状態は望ましいものではないが、許容できる」というものであった。Thiokol 社も NASA も、接続部をシールするゴム製 O リングが補助ロケットから出た高温ガスに触れ、ましてや部分的に燃焼するとは予想していなかった。しかし、テストやその後の飛行でシールリングの損傷が確認されると、NASA と Thiokol 社は、損傷の「許容限界」を増やしていった。マネジメントは接合部の再設計を勧告したり、問題が解決するまでシャトルの飛行停止を求めたりすることは一度もなかった。」

ベーカー・パネルは最終報告書で以下のような結論を出した。[24]：

「事故調査の最終的な目的は、特定の事故シナリオまたは関連する類似の事故の再発を防ぐことである。事故の根本原因を特定し、推奨される予防策を特定するには、多くの労力とリソースが費やされる。このような努力にもかかわらず、勧告が実施されなければ再発の可能性は変わらない。事故調査の価値は、進捗管理活動の効果に完全に依存している。例えば、この事故調査チームは、追跡データベース内に、事故調査で策定したものも含め、プロセス安全管理のさまざまな側面に対する対策が未完了となっている記録を確認した。事故調査からの対策の中には、12ヶ月以上の期間にわたり延長されていたものもあった。」

この基本原則に関する教訓は次の通りである：

事故やヒヤリハット調査から勧告された解決策を速やかに解決して行動計画の実施項目をクローズ/完了できなかったことは、マネジメントシステム上の重大な問題である。この問題の根本的な理由（事故調査だけでなく、PHA、監査、およびその他のプロセス安全プログラムのエレメントにも当てはまるであろう）を徹底的に特定、理解、修正しなければならない。そうしないと、再発の可能性が高くなり、再発の結果が元の事故よりも深刻になる可能性もある。

事故調査に対するプロセス安全の基本原則

基本原則 #4: プロセス安全事故調査は勧告を最終対策に反映し、解決して、タイムリーにその対策を実行することで進捗管理する

❖ 方法—指導者:

指導者は:

- 1) 工場/施設に、勧告事項を解決し、行動計画の実施項目が完了するまで追跡するシステムが存在することを確認すること。このシステムは、他のプロセス安全および EHS 関連の勧告事項とその実施項目の解決および追跡を行うシステムと同じでも、別でもよい。
- 2) 勧告と対策の管理が、技術的に適切な方法で、可能な限り迅速に完了できるように、適切なリソースを提供すること。これには、勧告事項の解決と実施項目の完了の状態および進捗状況を監視するための定期的なレビューも含まれる。
- 3) 勧告事項を解決して完了させる期限を指定し、実行責任者を任命すること。
- 4) 最終的な対策の実施が遅れる場合は、遅延期間中の安全な運用を確保するために、適切な暫定的/一時的な安全対策を実施すること。一時的な安全対策は、恒久的な対策によって軽減しようとしているリスクに見合ったものであること。実施上の困難が後になって判明し、期日の延期/延長や暫定的な安全対策の必要性の検討が求められる場合もある。
- 5) 事故調査の勧告を確認し、勧告が効果的な解決策であり、特定されたリスクが可能な限り低減されるように、適切なレベルの承認者が勧告を承認、却下、または修正するようにすること。勧告を却下または修正する場合はその理由を文書化する必要がある。承認者の適切なレベルは、勧告の複雑さ、事故の結果または重大性による。却下または修正を文書化する際の根拠としては、以下の基準を適用することができる ([25]から引用)。
 - a) 基礎となっている事故調査の根本原因分析やその他の作業に事実誤認があり、その結果、勧告に欠陥があった。
 - b) 勧告が人々の健康と安全を守るために必要ではなかった。すなわち、製品の品質や生産コストなど、安全性やプロセス安全以外の問題を取り上げていた。
 - c) 十分な防護レベルの代替措置が取られた。
 - d) 勧告は実行不可能であった。勧告が実行不可能であると主張する場合、その主張を裏付ける証拠を文書化し、リスクを軽減する代替手段を特定して実施すること。
- 6) どの対策を実施するか、いつ実施するか、およびその優先順位に関する決定をすること。指導者は、プロジェクト、作業指示書、MOC (変更管理)、その他のプロセスについて、それぞれの活動を管理する手順の規定に基づいて承認を行う。その手順では、その施設やプロセスにおいて、軽減されるリスク、コスト、生産性または運用性への影響、その他の要因に応じて、適切な承認レベルを指定する必要がある。承認には、各勧告に対する行動計画の実施項目作成及び実行責任者の任命と権限付与が含まれる。
- 7) 計画の各項目の実行責任を組織機能ではなく個人に明確に割り当て、組織の変更が生じたときに対策の責任を引き継ぐシステムが存在することを確認すること。
- 8) 最終的な対策の実施目標日を定めた計画を作成すること。実施目標日が「タイムリー」であるように指定すること。「タイムリー」であるかの判断は、以下の基準に基づく。
 - a) 対策が完了しなかった場合のリスク。例えば、現状のままでは再発の可能性が高まる可能性がある。
 - b) 「タイムリー」が「即時」となるのはどの様な時か? この優先度の高い対策は、どのような条件下で取られるべきか? 通常、修正前のリスクの大きさがこの決定を下す際の考慮すべき重要な基準になる。

事故調査に対するプロセス安全の基本原則

基本原則 #4: プロセス安全事故調査は勧告を最終対策に反映し、解決して、タイムリーにその対策を実行することで進捗管理する

- c) 時間を掛けすぎないこと。複雑ではない対策は、迅速かつ比較的簡単に完了できるであろう。たとえば、手順や管理の変更に関する対策は、機器の変更を伴う対策よりも容易であり、より迅速に完了すべきである。
 - d) 実施の期日は合理的かつ適切であること。例えば、対策を完了させるには、プロセスまたは機器の停止が必要になり、実施を遅らせる可能性がある。
 - e) 目標期日を達成しているかどうかの現状。例えば、現在のリソースでは目標期日を達成できないなら、リソースを追加するか、目標期日を延長する必要があるかもしれない。対策の延長や延期には注意を要する。これらは、予定より遅れている対策も含めて対策の実施状況の全体を追跡・管理し、把握する必要がある。予定が遅れている対策や延期された対策の時間経過を調査し、完了期限から遅れている時間数を把握しなければならない。
 - f) 対策に機器の変更が含まれる場合、その対策を完了する機会があったのに、何の対策も実行されずに過ぎ去ってしまったことはないか？例えば、定期修理があり、その停止中に完了する予定だった対策が完了しなかったことはないか？
 - g) 恒久的な是正措置が予定どおりに、または合理的な期間内に完了できない場合、リスクを低減するための暫定的な措置を講じることはできるか？
- 9) 目標期日を守らせるために、期待されている事柄を伝え、未完了の対策の完了を管理すること。
- 10) 対策の完了が期限に遅れた場合に備え、延期または延長のための正式なプロセスを確立すること。延期/延長は、コスト面の考慮だけではなく、合理的で説明できる理由によって正当化されるべきである。事故調査の対策の完了に対して延期/延長が認められた場合、それらは施設のプロセス安全プログラムの指標で監視すること。[3] [10] [11]
- 11) 必要に応じて、対策の進捗状況を上級管理職および/または規制当局に報告する。

❖ 方法—実行者/ユーザー:

- 1) 事故調査チームは、根本原因や事故に寄与した要因に対して初期の勧告を策定し、以下の様に各勧告を解決すべく最終的な行動計画 (施設/会社)を作成しなければならない。:
 - a) 特定されたすべての根本原因に対処する。
 - b) 可能な限り本質安全の概念を取り入れる。 [26]
 - c) 以下の階層的原理に従い、将来の事故を防止する:
 - i) 可能な限り危険を排除する。
 - ii) 可能な限り危険を回避する。
 - iii) 関連するエレメントの管理システムの変更を検討する。
 - d) 懲戒処分やその他の人事に関連する措置を行わない。
 - e) 不完全または曖昧な表現の勧告を避ける。
 - f) 施設または会社の事故追跡システム、またはすべてのプロセス安全関連の勧告用の追跡システムに勧告を追加入力する。
 - g) 事故やニアミスの再発防止のための最終的な対策を作成する際に、技術責任者、SME (特定分野の専門家)、その他のリソースを活用して、勧告を解決する。
 - h) 勧告を解決するために実施したことを明確に文書化する。
 - i) 施設または会社が使用しているシステムにより、最終対策を追跡・管理する。
- 2) 事故またはニアミスのリスクを低減し、再発を防止するために、以下の様に指定された対策を実施/完了すること:
 - a) 最終的な対策に記述された設備、手順、慣行に対して実際に変更するためのプロジェクト、保守作業指示、MOC (変更管理)、またはその他の管理プロセスを確立し、それらのプロジェクトまたは作業指示を可能な限り早期に完了するよう計画する。

事故調査に対するプロセス安全の基本原則

基本原則 #4: プロセス安全事故調査は勧告を最終対策に反映し、解決して、タイムリーにその対策を実行することで進捗管理する

- b) 施設／会社のエンジニアリング、建設、試運転の仕様、基準、手順に従って、これらのプロジェクトまたは作業指示を実行する。
 - c) プロジェクト、作業指示、MOC、その他の変更の実施に際しては、その活動の管理手順に従って、対策が完了した日付を含め、指定された方法で記録を残す。
- 3) 将来に対応するからという約束によって、対策を完了と認めてはならない。これには、承認されたがまだ実行されていないプロジェクト、作業指示、または MOC などが含まれる。プロジェクトやその他の活動は、機器や手順に対する実際の変更が完了し、検証された場合にのみ、完了したとみなされるべきである。
 - 4) 事故調査によって作成された勧告や対策の策定および解決をサポートするためのエンジニアリング業務を遂行すること。
 - 5) 事故調査で出された対策を目標期日までに実施すること。
 - 6) 期限の延長が必要な場合は、代替案を適切に検討できるよう、期限前にリクエストを提出すること。期限の延長をリクエストするには正当な理由が必要である。

❖ 補足資料 : [2]

基本原則 #5 : プロセス安全およびニアミス事故から学ぶ

❖ 理由 :

- 1) プロセス安全事故が発生するとお金がかかる。
- 2) 事故調査の勧告に関する対策が完了するまで、プロセスのリスクは軽減されない。[2]
- 3) プロセス安全管理のパフォーマンスは、事故から学ぶことから改善すべきである。
- 4) プロセス安全事故情報を共有することで、他の部門や会社が「苦い経験」（例えば、自らの損害から学ぶこと）をしなくて済むかもしれない。
- 5) プロセス安全事故に対する意識を従業員の心に留めておくことで、管理できる危険の警告サインに対する感受性と警戒の感覚が醸成される。[27]
- 6) 学びの文化は、プロセスの設計、運転、保守を改善し、安全で信頼性の高い運転に繋がる。
- 7) 事故事例 :
 - a) ある圧縮機ステーションで逆止弁の故障により重大な火災と爆発が発生した。EPA と OSHA の合同調査により、逆止弁の故障に関連する別の事故が発生していたことが判明した。この会社は以前の事故から学んだ教訓を適切に生かさなかったとして違反を指摘された。[28]

この基本原則に関する教訓は次の通りである :

この会社の文化では、過去の事故から学ぶことに重きが置かれておらず、この事例の通り、逆止弁の故障が再発した。

❖ 方法—指導者 :

指導者は :

- 1) 施設内における事故情報の共有レベルの基準を承認すること。事故やニアミスの根本原因と教訓を社内でも共有し、それを外部に共有するかのレベルを慎重に定義すること。これらの決まりは、施設の事故調査手順書に明確に記載する。
- 2) 施設または会社のプロセス安全管理のメトリクスに、プロセス安全事故調査に関する先行および遅行の KPI (重要業績評価指標) を含めること。これらの KPI は、概ね 1~3 か月の頻度で収集すること。プロセス安全メトリクスの正式なレビューを頻繁かつ継続的に計画し、KPI の傾向に基づいて事故調査を改善するための勧告を策定すること。[3] [10] [11]
 - a) 事故調査の遅行 KPI には、以下のようなものが含まれる :
 - i) 報告されたニアミスの件数 (ニアミスは先行指標として分類されることもある。)
 - ii) 報告された事故の件数
 - iii) 調査されたニアミスの件数
 - iv) 調査された事故の件数
 - b) 事故調査の先行 KPI には、以下のようなものが含まれる :
 - i) 事故調査の対策の遅れ件数
 - ii) 事故調査の対策の延期された件数
- 3) ヒューマンエラーが一因または根本原因であると特定された場合でも、オープンで信頼できる非難をしない文化を確立すること。ヒューマンエラーは通常、トレーニング不足、不適切な手順、その他の管理システムの欠陥を示唆している。
- 4) ニアミスの重要性を認識するための積極的な強化策を確立すること。ニアミスは、悪影響を受けることなく貴重な教訓を学ぶ機会である。ニアミスは、より深刻な出来事の前兆のサインであり、その根本原因を徹底的に分析すべきである。[27]

基本原則 #5 : プロセス安全およびニアミス事故から学ぶ

- 5) 必要に応じて「安全休止 (safety stand down)」を実施すること。安全休止とは、雇用者側が従業員たちと安全について話し合うために、組織的に仕事を休止させることである。この休止は、雇用者側が必要と判断すればいつでも実施してよい。発生した安全上の問題について、深刻さや再発問題を話し合う機会としてよく活用され、一般的な安全に関する組織の方針を強調する機会でもある。
- 6) 根本原因分析が完全なものであったか、また教訓が適切に伝達されていたかを判断するために、過去の事故調査について独立した内部レビューの実施を検討すること。

❖ 方法—実行者/ユーザー :

- 1) 事故調査から得られた教訓を、その教訓によって仕事に影響を受ける社内の関係者と共有するための正式なプロセスを確立すること。このプロセスには、教訓を関係者に伝達するのに、対面での説明、現行の安全ミーティングなどの集会、電子メールシステムなどによる方法を含めること。また、共有された内容、共有された日時、共有された人員を記録することも含まれる。
- 2) 事故調査から得られた教訓を関連する外部組織と共有するためのプロセスを確立すること。この外部組織には事故が発生した社外の組織だけでなく、同じ会社内の他の工場/施設を含めることができる。ここで言う「外部(external)」の意味を慎重に定義し、外部への共有を行う前に、社内の関連するすべてのグループ、部門、および関連する個人が参加して慎重にレビューするべきである。
- 3) 過去の事故やニアミスから得られた教訓を活用して、従業員が施設内のリスクに対して敏感な意識を維持し、それを高める様にする。これらの教訓を運転員、メンテナンス担当者、エンジニアリングおよびプロジェクト担当者、その他の従業員のトレーニングプログラムで適切に活用すること。特に重要なニアミスや事故については頻繁に「語り継ぐ(re-tell the story)」ことで、企業としての記憶を維持すること。プロセス安全事故調査から得られた教訓の社内でのコミュニケーションを促進すること。これらのコミュニケーションの場には以下が含まれる：
 - a) プロセス安全速報 (社内及び社外)
 - b) ツールボックスミーティング (訳者注：作業前打合せ等)
 - c) 再現ビデオ
 - d) プロセス安全タウンホール/タウンミーティング (訳者注：全体集会、意見交換会等)
 - e) プロセス安全文化の改善に役立つその他のイベント
- 4) 事故報告書を入手し、過去の事故やニアミスから得られた教訓を運転手順書の作成および見直しの際に活用すること。特に警告や注意事項の記述において重要である。
- 5) 事故報告書を入手し、過去の事故やニアミスから得られた教訓を運転員のトレーニング活動に活用すること。
- 6) 事故報告書を入手し、過去の事故やニアミスから得られた教訓を緊急対応計画およびその支援手順に含めること。 [29]
- 7) 他の拠点や業界から得た教訓を学び、活用すること。

❖ 補足資料 : [2] [5] [22] [30]

References and Supplemental Readings

- [1] CCPS (Center for Chemical Process Safety), *Guidelines for Risk Based Process Safety*, Hoboken, NJ: John Wiley and Sons, 2007.
- [2] CCPS (Center for Chemical Process Safety), *Guidelines for Investigating Process Safety Incidents*, Hoboken, NJ: John Wiley and Sons, 2019.
- [3] CCPS (Center for Chemical Process Safety), "Process Safety Metrics- Guide for Selecting Leading and Lagging Indicators," CCPS, New York, 2022.
- [4] API (American Petroleum Institute), *API RP 754 Process Safety Performance Indicators for the Refining and Petrochemical Industries*, 3rd Edition, Washington, D.C.: API (American Petroleum Institute), 2021.
- [5] CSB, "Refinery Explosion and Fire, Investigation Report No. 2005-04-I-Tx, BP, Texas City," US Chemical Safety and Hazard Investigation Board (CSB), Washington, D.C., 2007.
- [6] CSB, "T2 Laboratories, Inc. Runaway Reaction, Report No. 2008-3-I-FL," US Chemical Safety and Hazard Investigation Board (CSB), Washington, D.C., 2009.
- [7] CSB, "Combustible Dust Fire & Explosions. Report No. 2003-09-I-KY," US Chemical Safety and Hazard Investigation Board (CSB), Washington, D.C., 2003.
- [8] CCPS (Center for Chemical Process Safety), "CCPS Process Safety Glossary," Center for Chemical Process Safety, 2021. [Online]. Available: www.aiche.org/ccps/resources/glossary.
- [9] CCPS (Center for Chemical Process Safety), *Guidelines for Integrating Management Systems and Metrics to Improve Process Safety Performance*, Hoboken, N.J.: John Wiley and Sons, 2016.
- [10] The American Chemistry Council (ACC), "Performance Metrics Guidance Document," The American Chemistry Council (ACC), Washington DC, 2014.
- [11] International Association of Oil and Gas Producers, "Recommended Practice on Key Performance Indicators," vol. 456, no. November, 2018.
- [12] CCPS (Center for Chemical Process Safety), *Recognizing and Responding to Normalization of Deviance*, Hoboken, N.J.: John Wiley and Sons, 2018.
- [13] CCPS (Center for Chemical Process Safety), *Essential Practices for Creating, Strengthening, and Sustaining Process Safety Culture*, Hoboken, NJ: John Wiley and Sons, 2018.
- [14] American Petroleum Institute (API), *API RP 585 – Pressure Equipment Integrity Incident Investigation – First Edition*, Washington, DC, U.S.A.: American Petroleum Institute (API), 2014.
- [15] NFPA, *Guide for Fire and Explosion Investigations, NFPA 921*, Quincy, MA: National Fire Protection Association, 2017.
- [16] CCPS (Center for Chemical Process Safety), "CCPS-Process Safety Incident Evaluation Tool," [Online]. Available: www.aiche.org/ccps.
- [17] CCPS (Center for Chemical Process Safety), *Guidelines for Process Safety Documentation*, Hoboken, NJ: John Wiley and Sons, 1995.
- [18] US Occupational Safety and Health Administration (OSHA), *29 CFR1910.119 Process safety management of highly hazardous chemicals*, OSHA.
- [19] US EPA, *40 CFR68 Chemical Accident Prevention Provisions*, Washington, D.C.: US Environmental Protection Agency.
- [20] CSA Group, *CSA Z 767 2nd edition, Process Safety Management*, CSA Group, 2017.
- [21] CSB, "Thermal Decomposition Incident, BP Amoco Polymers, Inc., Report No. 2001-03-GA," US Chemical Safety and Hazard Investigation Board (CSB), Washington D.C., 2002.
- [22] CCPS (Center for Chemical Process Safety), *Incidents that Define Process Safety*, New York: AIChE, 2001.
- [23] Rogers Commission, *Report to the President by the Presidential Commission On the Space Shuttle Challenger Accident*, June 6, 1986.

Key Principles of Process Safety for Incident Investigation

- [24] Baker Panel, "The Report Of The BP U.S. Refineries Independent Safety Review Panel," (January 2007).
- [25] US Occupational Safety and Health Administration (OSHA), *OSHA Instruction CPL 2-2.45A*, Washington, DC: OSHA, 1994.
- [26] CCPS (Center for Chemical Process Safety), *Inherently Safer Chemical Processes - A Life Cycle Approach (3rd Edition)*, Hoboken, N. J.: John Wiley & Sons, 2019.
- [27] CCPS (Center for Chemical Process Safety), *Recognizing Catastrophic Incident Warning Signs in the Process Industries*, Hoboken, N.J.: John Wiley and Sons, 2011.
- [28] U.S. EPA, *Joint Chemical Accident Investigation Report, Shell Chemical Company, Deer Park, Texas, US EPA document #550-R-98-005*, Washington D.C.: U.S. Environmental Protection Agency, 1998.
- [29] CSB, "Toxic Chemical Release at the DuPont La Porte Chemical Facility," US Chemical Safety and Hazard Investigation Board (CSB), Washington, D.C., 2019.
- [30] A. Ness, "Lessons Learned from Recent Process Safety Incidents," *CEP*, pp. 23-29, March 2015.

プロセス安全の基本原則: 事故調査

KP3 - II, Oct 2023

Copyright 2023 American Institute of Chemical Engineers

www.aiche.org/ccps
