

化学プラントの現場力低下と 安全教育・訓練

岡山大学自然科学研究科 教授 岡山大学耐災安全・安心センター長
岡山大学耐災安全・安心センター 研究員・プロジェクトマネージャー

鈴木 和彦
ふもと あつこ
籠 敦子

非定常時の運転員・作業員の教育・訓練は、プラント運転の実体験を通して危険性を心から納得させることが保安の確保上きわめて重要である。しかし、実際に事故を体験するような訓練は危険を伴うため実現することは難しい。本稿では、Virtual Reality（仮想現実感；以下VR）を用いた体験型協調訓練システムを紹介する。このシステムではコミュニケーションを考慮した訓練シナリオを構築しVR環境とプラントシミュレータを統合することで、制御室のボードマン、現場のフィールドマンという実際の現場作業に近い形での訓練を行う。体験的な教育・訓練により安全知識、技術を習得し、日常の作業における安全意識の向上が期待できる。



1 はじめに

近年、プラントの省人化や団塊の世代の定年退職による経験豊富な熟練作業員の減少により、一人あたりの作業量・作業負担が増大し、現場は悲鳴を上げている。また、長期安定化操業により新人作業員だけでなく熟練作業員であってもスタートアップやシャットダウンといった非定常操作を経験する機会が減少している。その結果、現場作業員の安全知識・安全意識の低下が懸念されている。化学プラントでは、高圧ガス等可燃性物質や有害性物質など危険性物質を大量に扱っており、万一、事故・災害が発生すると装置・製品の損害に加えて従業員・周辺住民・地域社会にまで被害が及び恐れがある。プラントにおける異常発生時の対応は、一歩間違えれば事故に直結する作業であり、迅速で的確な状況判断・対応操作が求められる。急速に

進む世代交代や環境の変化の中で、化学プラントの安全を守り競争力のある生産活動を続けていくためには、技術や技能を継承し活用することが不可欠であり、現場力向上のために運転員・作業員に対する非定常時の運転教育・訓練が重要となる。ここでは、次世代の教育・訓練の方法としてVR技術による教育・訓練システムを紹介する。

2 重大事故と現場力の低下

平成元年から現在までのプラントでの事故発生件数は増加傾向を示している¹⁾。A社、B社の重大な火災・爆発事故はまだ記憶に新しい。A社製造施設での火災爆発は、当該施設並びに周辺施設へ甚大な被害をもたらすと共に、従業員1名が死亡した悲惨な事故であった²⁾。この事故はプラント内の緊急放出弁の故障に端を発してプラント部分停止、その後の大幅なロードダウ

ンの影響によって運転状態が変動し、さらに対応操作の不備により装置の破裂と爆発、火災につながった。B社製造施設における爆発火災事故も死者1名を含む死傷者26名の被害を出す惨事であった³⁾。この事故では用役プラントの停止が引き金となった。これに伴い当該プラントは緊急停止したが、現場運転員がインターロックを解除したことにより、当該設備の分解熱を除熱できず、温度上昇による圧力上昇が起こり、反応器が破裂に至った。両事故とも、設備故障に起因する異常事態に対する作業員の誤った対応操作により重大事故へと進展している点が共通している。

このような事故事例は、化学プラントや製造現場での対応力が低下していることを示唆しているといえる。我々を取り巻く社会・経済情勢とともに製造現場の環境・人は大きく変化している。

例えば、かつて製造現場にはプロ・達人と呼ばれる人々が数多く活躍していた。しかし、最近の製造現場には、プロ意識を持って仕事に臨む人々が少なくなり、サラリーマン化しているように思える。仕事に対するモチベーションが低く、作業・操作における緊張感が低下しているのではないかと無事故・無災害が続くと、プラントは安全であると思ひ込み、安全・安定状態に慣れ、危険意識が欠如する。危険意識が欠如することにより、設備からの情報発信(異常兆候)に気がつかない、異常兆候に対して適切な対応ができないなど化学プラントを安全に運転するための基盤が危うくなっている。

3 Virtual Realityを用いたプラント運転員の体験型教育・訓練システム

このような現場力の低下に対応するため、運転員に対する教育・訓練の

重要性が指摘されている^{4,5)}。運転員への安全教育・訓練の多くは、基礎知識を教授する座学、プラント機器等のカットモデル、簡単な実験装置による体感・体験学習、シミュレータによる操作訓練であり、さらにknow why教育が実施されている^{6,7)}。事故や災害等の非常時に対応する教育・訓練では実際のプラント操作とともに、万一誤操作をすれば火災・爆発に至ること、さらにその際の対応方法を体験することが効果的である⁸⁾。プラントにおける異常発生時の対応操作は事象の進展や被害の拡大を防ぐために人間的確で素早い状況判断・対応操作が必要であり訓練により習熟することが望ましい。しかし、実プラントにおいて、実際に火災・爆発を発生させ、これを運転員に体験させることは不可能である。現状では安全性やコストの問題から十分な訓練が行われていない。この課題を解決するためにプラントの異

常検知・対応操作訓練を目的とする協調教育システムにVR技術を用いる。このシステムでは、VR環境とプラントシミュレータを統合させることで、制御室のボードマン、現場のフィールドマンという実際の現場に近い形での訓練を可能とした。プラントシミュレータに連動した複数の状況下からの訓練が実施できる。VR技術を利用することによりコストや場所の問題を解消し、安全に非常時の体験訓練を行うことが可能となった。

このシステムの構成を図1に示す。実際の化学プラントでは、中央制御室において温度、圧力、流量などのプロセス値を監視・コントロールしている「ボードマン」と、現場において計器の確認、バルブの開閉やポンプの起動などを行っている「フィールドマン」が連携して作業を進めている。本システムではできるだけ現場作業に近い環境で訓練を行い作業者同士のコミュニケー

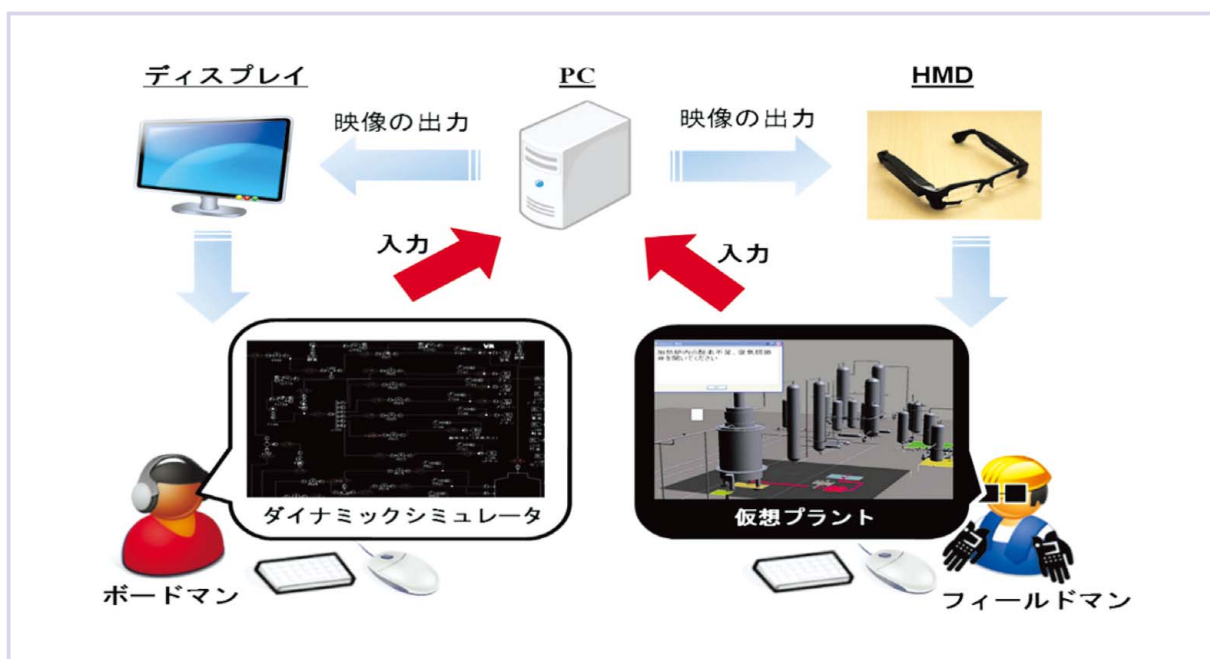


図1 システム構成

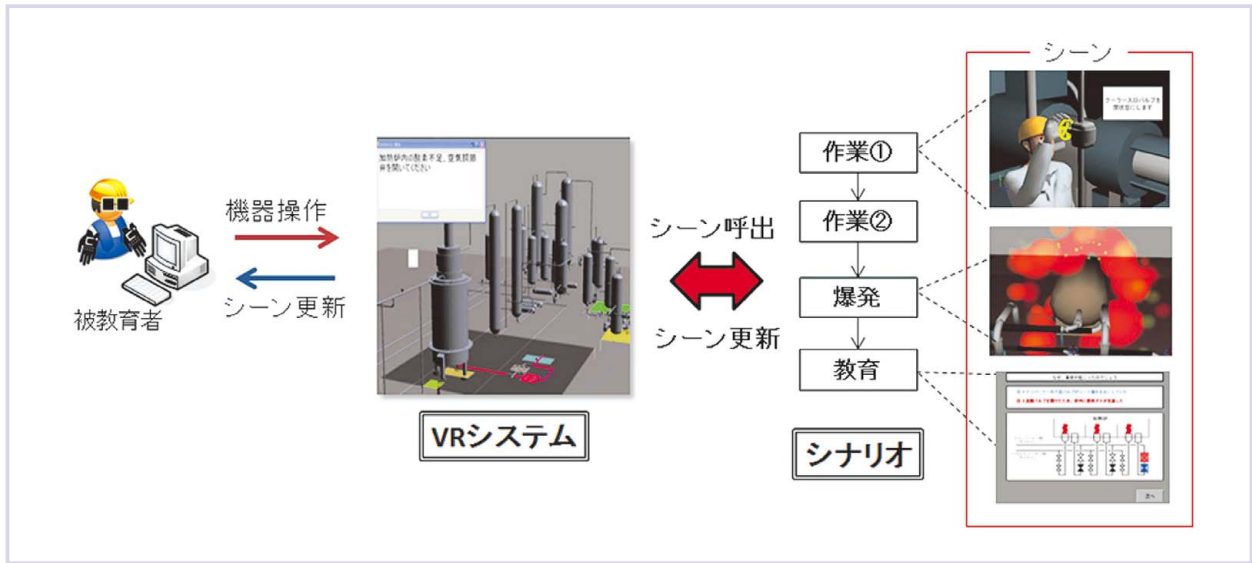


図2 訓練シナリオシーンの展開

シオンや連携作業を体験するために、協調訓練環境を構築した。プラント事故の主原因は人的要因が約4割を占める¹⁾。複数の被教育者による訓練により誤操作や誤判断、誤伝達による事故を仮想体験することで日常業務でのヒューマンエラーへの気づきを促すことができる。

体験型教育・訓練システムは、図1に示すようにボードマンはディスプレイに表示されるダイナミックシミュレータのDCS (Distributed Control System) 画面を通して、仮想プラント (VRプラント) への入力(操作)を行う。また、フィールドマンは装着したHMD (Head Mounted Display) に表示される仮想プラント画面を見ながら、仮想プラント内の機器の操作を行うことで訓練を進めていく。

このシステムはプラントの異常運転時に対する教育・訓練を目的としていることから、訓練シナリオは実際の事事故例や、OJTやOFF-JTなどの現場の教育・訓練時に使用されるSOP (Standard Operating Procedures :

標準手順書)や操作マニュアルに基づいて作成する。しかし、実際の作業において誰がどのような指示を出し、どの操作を行うというような作業の詳細記述はなされていないことから、より現場に近い訓練を可能とするために複数人で実施する作業内容や作業員ごとの操作を記述した協調訓練シナリオを作成することが肝要である。さらに、プラントの挙動に沿った訓練を行うために、プラントシミュレータと連動しVR環境にプロセス値を反映させることで実プラント同様の挙動をVR環境に再現している。

図2に示すように、インストラクター側PCでは、訓練内容に応じてプラント内の機器の異常を設定することや訓練の状況を監視することが可能であるため、インストラクターが訓練内容に合わせて異常状態をシミュレータに再現することから訓練をスタートさせる。被訓練者であるボードマンとフィールドマンは、異常を確認し正常状態に回復するための操作を行う。その時、ボードマンはディスプレイに表示されるブ

ラントシミュレータのDCS画面を通して、フィールドマンは装着したHMDに表示される画面を見ながら仮想プラントを操作する。画面操作に連動したプラント挙動に応じてVR画面が展開される。

図3は加熱炉内の内部温度の上昇による爆発のケースにおいて、加熱炉内温度がチューブ耐圧を上回った時の爆発シーンを展開している例である。ここではチューブ耐圧を600℃とし、シミュレータで600℃を超える状態を再現している。なお、プラント操作時には、互いにコミュニケーションを取り連携作業を実施する訓練が可能である。

まず、誰が、どこで、何をやるなどの具体的な作業や機器の挙動の情報が記載された訓練シナリオを使い、操作する場面をVR環境内で被教育者に提示する。次に、操作を行うごとにシナリオが進展し、誤った操作を行うと事象が提示され、なぜ事故が起こったのかという解説シーンが表示される。すなわち、被教育者がVR空間内で間違った操作をした場合、仮想的にプラント事故を体験することとなる。

なぜ自分が事故を引き起こしたのかを振り返り、学習することでプラント運転への正しい操作を理解し技術を習得することができる。

4 おわりに

事故や災害を含む非定常時の運転員・作業員の教育・訓練においては、プラント運転の実体験を通して体で覚えることや、失敗体験や苦い経験により危険性を心から納得させることが保安の確保上きわめて重要であると考えられている。しかしながら実際に事故を体験するような訓練を行うことは危険を伴うため不可能である。本稿では、Virtual Realityを用いて、プラントにおける異常検知・対応操作の訓

練を目的とした体験型協調訓練システムを紹介した。VR技術を利用することによりコストや場所の問題を解消しつつ、非定常時の体験訓練を行うことが可能である。また、このシステムは複数人で教育・訓練を行うためにコミュニケーション・情報伝達を考慮した協調訓練シナリオを構築し、VR環境とプラントシミュレータを統合させることで、制御室のボードマン、現場のフィールドマンという実際の現場に近い形での訓練を可能とした。仮想空間（プラント内）であっても自分が事故を引き起こしたという体験は心に残る。安全知識、技術の習得に加えて、体験的な教育・訓練により危険に対する感受性が高まり、日常業務の安全意

識、知識・技量・感性からなる「総合力」の向上が期待できる。

文献

- 1) 内閣官房、総務省消防庁、厚生労働省、経済産業省：石油コンビナート等における災害防止対策検討関係省庁連絡会議 報告書 (2014)
- 2) 南陽事業所 第二塩化ビニルモノマー製造施設爆発火災事故調査対策委員会 報告書
- 3) 三井化学(株) 岩国大竹工場レゾルシン製造施設 爆発火災事故報告書
- 4) 勢登俊明：“「現場の声」から見た最近のコンビナート事業所の特徴とこれからの事故防止に求められること” Safety & Tomorrow No.156 (2014)
- 5) 鈴木和彦：“重大事故から考える今後の課題” 高圧ガスVol.51 (2014)
- 6) 池上正：中核人材育成へのコンソーシアム、化学経済、第53巻、7号、pp.52-60 (2006)
- 7) 池上正：コンビナート製造現場中核人材育成事業について、安全工学、Vol.47、No.6、pp.355-361 (2008)
- 8) 鈴木和彦、宗澤良臣：“化学化学プラント運転員の安全教育・訓練と情報技術”プラントエンジニア Vol.42 No.10 (2010)

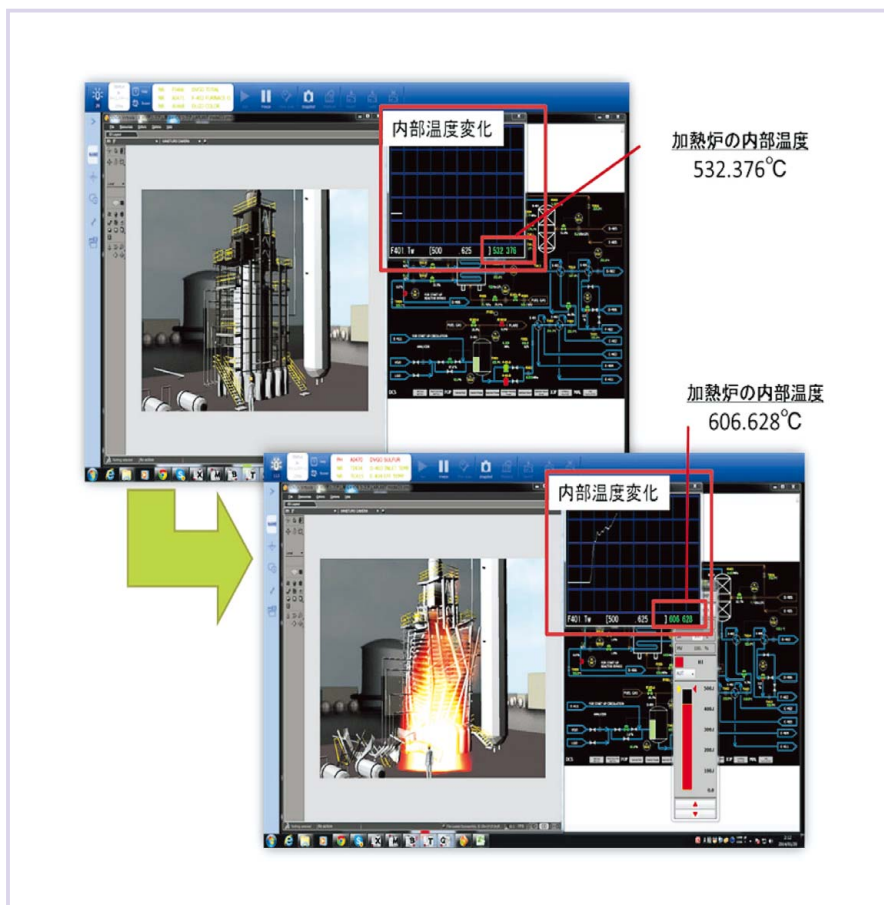


図3 プラント挙動に基づくVirtual Realityの展開

著者略歴

【鈴木和彦】(写真左)

1976年 九州工業大学工学部 卒業
1991年 九州大学化学工学 工学博士
2004年 岡山大学大学院自然科学研究科 教授、現在に至る

〈主な学会活動〉

安全工学学会、化学工学学会 安全部会運営委員会(委員)、
日本機械学会、システム・制御・情報学会、計測自動制御学会

【麓 敦子】(写真右)

1986年 同志社大学文学部 卒業
2014年 岡山大学耐災安全・安心センター
研究員・プロジェクトマネージャー 現在に至る

岡山大学耐災安全・安心センター

(Center for Safe and Disaster-Resistant Society)
“自然災害・事故に対応できる優れた安全技術者育成を岡山から”を目指して2014年に設置され、国内外の大学・研究機関、企業との連携による研究教育、地域貢献を行っている。