

異常事象体感訓練装置「J-CUPID®」*を活用した 人材育成への取り組みと実績紹介

* J-tech Compact Unusual Phenomena Instruction Device

石久保 聡、池本 俊幸

本論文の取り組み実績に係る内容はデンカ殿の許可のもとに掲載するものです。



各種プラントシステムで多用される流体系移送設備について、健全性を維持・管理するための知識・技量を持った人材を育成することは、各企業における生産ラインの安定操業に直結する重要なファクターである。

そこで当社では「異常事象体感訓練装置（以下、J-CUPID®という）」を設計・開発し、当社および協力会社、原子力事業者の人材育成に活用して実績を積み、さらにそのノウハウをもとにして一般産業へも取り組みを拡大している。一例として、デンカ株式会社殿（以下、デンカ殿）では、所有する化学プラントで発生し得る異常事象を、若年技術者に体感、イメージさせることで知識・技量向上を図ることを目的に J-CUPID®を導入し、当社監修による独自の教育訓練カリキュラムを活用している。

本稿では、デンカ殿での取り組み実績およびその実績から当社が得られた知見、今後の人材育成への展望について紹介する。

キーワード：化学プラント、訓練装置、異常事象体感、経験、人材育成、J-CUPID®

1. はじめに

各種製造産業のプラントシステムには、ポンプ・配管・弁・計器等で構成される流体系移送設備が多用されている。それらの健全性を維持・管理していくうえで、様々な機器トラブルや異常兆候などの発生頻度は不確実性のものであり、経験により早期にこれらに気付く力や状況を判断する力など、基本的な知識と対応力を兼ね備えた人材を育てていくことが、プラントを所有する企業における人材育成分野での一つの課題である。

この課題を解決するため、当社では実際にプラントで発生し得るトラブル、現場にて発見した異常兆候を抽出し、代表的な異常事象9項目（キャビテーション、ウォーターハンマ、配管空気溜まり、配管ピンホール、配管

熱膨張、配管温度保温効果、配管異常振動、異常振動（モータ軸ズレ）、異常振動（異常ベアリング）を再現、体感できる J-CUPID®[1]を開発し、自社および協力会社、原子力事業者の運転員、保全員を対象とした教育・訓練に活用している。

J-CUPID® の外観を図1に示す。



図1 J-CUPID® 外観

2. 背景

2.1 プラントにおける課題への取組みと期待事項

プラントの安定・安全運転を継続するうえで、運転員・保全員は、経験をもとにした広範な知識・技量が求められる。しかし、近年の原子力事業所においては定常的に設備を管理・運転する人材がトラブルそのものを経験する機会が少ないため、プラントの異常兆候および異常発生に気付けずに見逃し、ひいては生産能力の低下につながる懸念がある。

当社では、J-CUPID®の活用により、技術員の経験による気付く力と判断する力を効果的に向上させることに着目し、下記に示す期待事項を設定した。

- (1) 装置の系統構成を把握し、現場理解力を向上する。
- (2) 異常兆候の発生要因および設備に及ぼす影響を理解し、異常事象への対応を論理的に捉え、気付く力と状況を判断する力を向上する。
- (3) J-CUPID®を用いて異常兆候および事象を体感し、通常時および異常時の比較を繰り返し経験することで、設備に及ぼす影響度合いを理解して現場力を向上する。

2.2 教育カリキュラムおよび教育ポイントの設定

2.1 で述べた期待事項を満たすため、当社では教育カリキュラムの基本事項として下記5項目を設定し、当社教育・訓練センターにて座学と実技を組み合わせた教育訓練を実施している。教育カリキュラムの教育ポイントについては、表1を参照。

- (1) 流体系移送設備の構成
機器の役割・機能、構成に関する知識
- (2) 異常事象の概要
プラントで想定される異常事象に関する知識
- (3) 異常事象の要因
各異常事象の発生原因と設備に及ぼす影響に関する知識
- (4) 異常兆候の把握
聴診棒や聴診器による通常音や異音の確認方法に関する知識
- (5) 振動・聴音確認
振動測定器による測定方法、聴診棒による音質レベルの聴き取りに関する知識

表1 知識習得を図る教育ポイント

教育ポイント			
基本項目	習得項目	座学	実技
(1) 流体系移送設備の構成	系統機器の構成把握	○	○
	設計図書（EFD）による構成の読み取り	○	○
(2) 異常事象の概要	異常事象の種類	○	○
	異常事象の特徴	○	○
(3) 異常事象の要因	発生要因の理解	○	○
	機器に与える影響の理解	○	○
(4) 異常兆候の把握	兆候ベース発見の有効性	○	○
	単位操作への事象伝播	○	○
(5) 振動・聴音確認	振動測定確認の有効性	○	○
	振動測定機器の使用法	-	○
	聴心棒による音質把握		

3. 一般産業へ拡大した人材育成の取組み

3.1 一般産業へ向けた J-CUPID®の販売開始

当初 J-CUPID®は、当社や協力会社、原子力事業者の人材育成のみを対象にしていたが、これまでの取組み実績から、当社と類似した課題を抱える一般企業に対しても効果が見込めると判断し、2022 年より J-CUPID®の販売を一般産業向けにも開始した。

これまでに、人材育成に取り組む二社の企業の目に留まり、各企業向けに改良した J-CUPID®を活用していただいている。

3.2 J-CUPID®の導入事例

J-CUPID®を導入した二社の企業のうち、化学プラントを所有するデンカ殿は、人材育成および安全文化の醸成のため、様々な訓練設備を備えた体感型教育施設を有しているが、今回さらなる知識・技量の向上を図るべく J-CUPID®の導入に至った。導入していただく決め手となった項目は以下の通りである。

- (1) コンパクトかつ、ひとつの装置で異常事象9項目を任意で発生することが可能で、いつでも体感できること
- (2) 移動が可能で訓練施設に搬入可能なこと
- (3) 教育カリキュラムの監修から講師養成まで、当社の手厚い導入支援があること

4. デンカ殿における取組みの紹介

4.1 教育訓練の課題

デンカ殿では多量の危険物や高圧ガスを取扱い、大規模な爆発火災になる潜在リスクを抱えている。異常発生への適切な対処ができない場合、保安事故に繋がる可能性があるため、異常を迅速に察知し、早期に対処する必要がある。現状、多様な経験を有するベテラン作業員は、特有設備に対する高いトラブル対処技能を有する一方で、個別事象の経験に乏しい若手などの作業員は、十分な技量を得ることが難しい。

4.2 課題解決の取組み

そこで、化学プラントで発生し得る異常事象を体感、イメージすることで、その原理や挙動、対処方法を学び、異常に対する適切な処置を身につけることができる訓練装置として、J-CUPID®を導入した。

本装置を用いた教育の目的として以下の4項目を掲げ、プラント運転や設備保全レベルの向上を図った。

- (1) 危険物の漏洩、爆発・火災等の最悪な事態を避けるために異常に早く気づき対処できる人材の育成
- (2) 9つの異常事象を学び、異常発生時の適切な行動を身につける
- (3) 各部門特有の異常事象に対する主体的な学びや情報共有を促し、現場力を上げる
- (4) ベテラン作業員の知見や技術の伝承を行う

4.3 訓練講師の養成

J-CUPID®を活用していく上で、デンカ殿独自の教育訓練カリキュラムの設定や、講師の養成は重要である。そのため、当社では、J-CUPID®導入支援として、教育カリキュラムの監修から講師養成訓練までを実施している。デンカ殿では6名の社員に対して3日間の講師養成訓練を実施し、受講者全員が講師として社内認定された。訓練講師向け教育プログラムの項目は以下の通りである。

- (1) 基本性能と操作方法の教育
- (2) 異常事象の原理、対処方法の教育
- (3) 教育資料を用いた模擬講義
- (4) 専任講師によるフォローアップ

5. 教育の実施

J-CUPID®導入の初度は、デンカ殿全社員および協力会社員を対象とし、9つの異常事象の内、流体の取り扱いにおいて重要な位置づけであるキャビテーション事象の1項目に絞り実施した。また、教育カリキュラムは当

社監修による独自のものを使用し、講師は社内認定を受けたデンカ殿社員6名が担当した。教育訓練計画を表2に、教育訓練の様子を図2に示す。

表2 デンカ殿教育訓練計画

訓練期間	2023年5月～2024年4月
訓練対象者	全社員、協力会社員1,200名（講師6名）
訓練項目	キャビテーション事象
訓練時間	1コマ30分（座学15分・実技15分）



図2 デンカ殿における教育訓練の様子

6. 教育実施後の理解状況と効果

6.1 教育後における受講者の理解状況

本教育訓練は約一年間で215回実施され、合計1070名のデンカ殿社員および協力会社員（対象者の約90%）に受講いただき、教育訓練の感想として以下が挙げられた。

- ・キャビテーション発生部がアクリル配管になっていたため、バルブを絞った時の水の流れ方（気泡）が容易に確認でき、配管内で何が起きているのかをよく理解できた。
- ・実際に異常を体感しながら学べるため、異常発生の原因～対処方法が理解しやすく、身に付いたと感じる。

また、本教育訓練の効果を確認するため、受講生に対して受講前後におけるキャビテーションに関する理解度調査を実施した結果、受講前に30～40%だった理解度が、受講後には全ての項目で80%を上回り、受講者全体の知識の底上げを確認できた。（図3参照。）

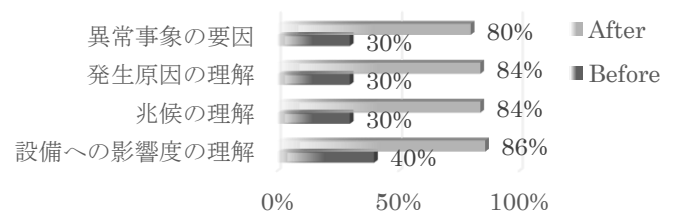


図3 教育実施前後の理解状況

6.2 教育訓練の効果

6.1 の結果より、J-CUPID®を活用することで、実現場においてトラブル事象の経験が浅く、経験値が少ない若年層においても、短時間の教育訓練で、キャビテーションに対する一定の知識レベルの向上が図れたと評価できる。

特に効果が得られた項目は以下の通りである。

- (1) 異常兆候の発生要因の理解が進み、キャビテーション発生時の気付き力や判断力が向上した。
- (2) キャビテーション事象を実際に見る(視覚)、聴く(聴覚)、触る(触覚)体感した経験により通常時と異常時の相対比較ができたことで気付き力や判断力が向上した。
- (3) 教育前後でのキャビテーションに対する理解度の進展、対処方法を身に着けたことにより安全意識やマイプラント意識の高揚を図れた。

7. 教育結果から得られた知見(改善事項)

本教育訓練を通し、得られた知見は以下の通りである。

- (1) 受講生の知識レベルに合わせた研修スタイルの構築と継続的な教育手法の改善。
- (2) 各講師の力量を均一化するための講師養成プログラムの改善。
- (3) 座学における教育資料の充実と有効的な活用方法の改善。

8. 今後の当社での取り組み

当社は、2019 年より J-CUPID®の運用を開始し、事業者および協力会社を対象に多くの研修生を受け入れ、多くの訓練実績を上げてきた。化学プラントを保有するデンカ殿における一年間の教育実績から得られた知見を踏まえ、教育訓練のクオリティー向上と将来に向けた発展性を高めるためのフィードバック事項を以下に示す。

- (1) 教育手法の改善、DX 化推進
座学や講師養成教育など事前学習を目的とした e ラーニングによる効率化、省力化
- (2) 事象の可視化による状態イメージ力の向上
光ファイバセンシング技術 FBG センサ[2]による、流体系移送配管の脈動状態、圧力変化挙動などリアルタイムによる配管歪み計測
- (3) 各種測定機器類の不調、制御系故障時の不安定状態の模擬化
各事象要因における測定器不調模擬体感、対処方法の把握

- (4) 訓練講師の養成拡大
一律した育成ツールの確立、講師要員の確立

9. まとめ

今回、原子燃料サイクル施設に携わる当社および産業分野が異なるデンカ殿において実施された教育訓練実績より、J-CUPID®はプラントに携わる技術員育成に大きく貢献できるものであり、原子力業界のみならず産業分野の垣根を越えて多くの企業の技術員育成に貢献できる訓練装置であることが確認できた。

また、流体系移送設備における様々な要因で発生する異常事象の基本知識と状態イメージを経験が少ない若年層が掴めたことと新たな発見が生まれたことは幸いなことである。今後もデンカ殿と多種多様な提案、改善などについて意見交換し、新たな課題解決のために継続した取り組みを共に協力し展開していくことで、プラントの安全性の向上を図っていきたい。

今回得られた知見から、今後も当社 J-CUPID®専任講師の人材育成に注力し、流体系移送分野におけるエキスパートの養成、各事象の予兆監視技術など、新しい技術レベルの構築と取り組みを推進し、あらゆる産業分野の発展および安全文化の醸成に貢献していく所存である。

参考文献

- [1] 大坂滝広、池本俊幸、富岡和也 “水移送系の異常状態を模擬した体感訓練による運転・保守技術向上教育”、日本保全学会 第 15 回学術講演会 要旨集、2018、pp.210-213
- [2] 西村昭彦、井出次男、石原信之、伊藤稔、浦田健勇 “遠隔歪計測技術の原子力工学への応用について”、日本保全学会 第 20 回学術講演会 要旨集、2024、pp.511-515



石久保 聡
(株)ジェイテック
設備運転部



池本 俊幸
(株)ジェイテック
人づくりセンター