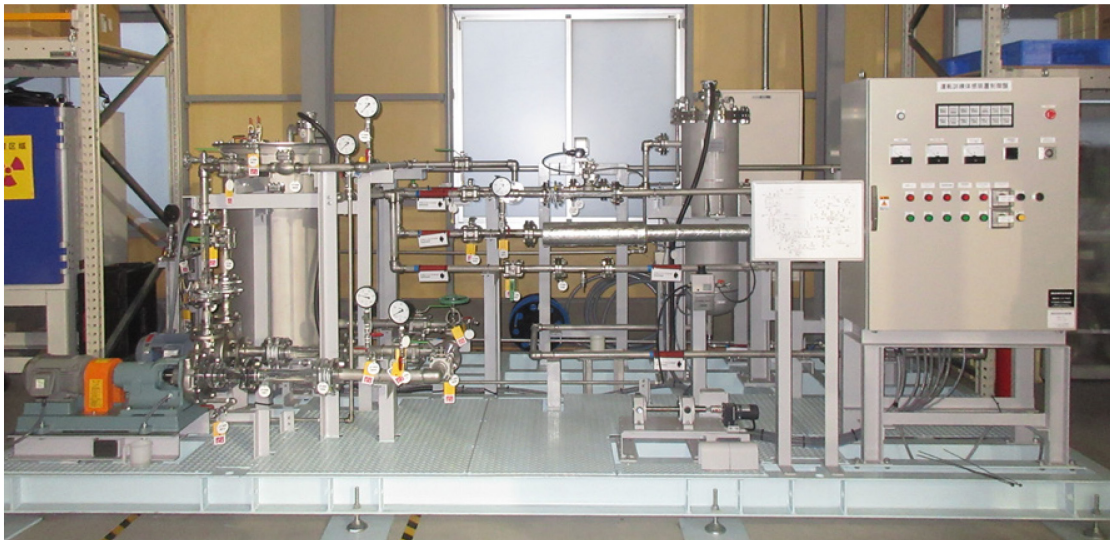


# 異常体感訓練装置 (J-CUPID™) の活用実績と今後の展開

根元 宏和、石原 正敏、伊藤 稔、沖津 由博



当社では、2017年にジェイテック技術・訓練センター内にプラント運転員および保守・保全員の技術力向上を目的として、異常体感訓練装置（以下、J-CUPID™という）を設置した。

J-CUPID™は、ポンプを使用した流体移送ループ内に人為的に異常な状態（兆候）を作り出すことができる装置で、「見る」「聴く」「触れる」ことで異常状態を体感することができる。本装置を利用し、運転員等が現場で発生する可能性のある異常事象に関する知識の向上を図っている。

本稿では、2018年度日本保全学会第15回学術講演会[1]にて発表した内容に加え、その後の活用実績および今後の展開について報告する。

**キーワード：**異常体感訓練装置、J-CUPID、運転、流体移送操作、キャビテーション、微小漏えい、ウォーターハンマ、配管空気溜り、配管振動、ベアリング異常

## 1. はじめに

原子力施設等の各種プラントには、ポンプ・配管・弁・計器等で構成される流体移送設備が多用されている。

当社は日本原燃株式会社の六ヶ所再処理工場およびウラン濃縮工場の保守や運転を受託しており、安全・安定運転に向けた技術・技能の向上のため、運転部門と保守保全部門が協力して異常体感訓練装置（以下「J-CUPID™」という）を独自に開発し、当社の技術・訓練センターに設置して2017年5月から運用を開始した。

運用開始以降、当社社員のみならず他社社員を対象とした訓練を実施中である。本稿では本装置の概要と、教育訓練状況を報告する。

## 2. J-CUPID™の概要

J-CUPID™は、正常運転に加え、誤操作や誤作業、内部流体の変化や設備の劣化等によって発生しうるキャビテーションやウォーターハンマ、微小漏えい等の主要9異常事象を再現し、流体状況の内部目視を含めて体感できる設計としている。

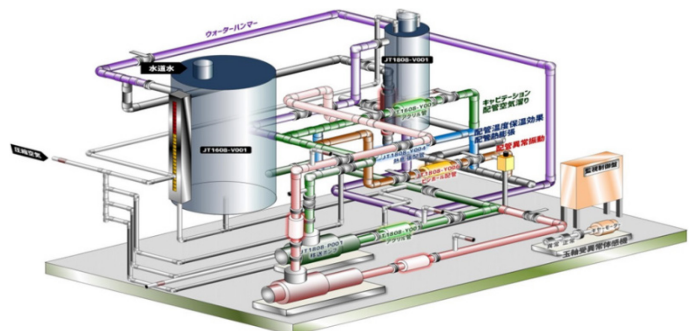


図1 J-CUPID™ 鳥瞰図

### 3. 再現異常事象

液体移送設備で発生しうる主要な9異常事象を抽出し、出来る限り簡易な方法でこれらを再現する設計とした。また、装置の仕様は、当社が普段接している設備とほぼ同様な構造や機能を持つものとして設定した。

再現異常事象の概要を表1に示す。

表1 再現異常事象の概要

分類	事象項目	発生原因と再現方法	
1. 流体の挙動	①キャビテーション	原因	ポンプ入口弁の開度不良や吸入側のストレーナの詰りによるポンプ吸込み圧力の低下。
		方法	ポンプ吸込側の入口弁を手動で絞り、減圧沸騰状態を作る。
	②ウォーターハンマ	原因	空気作動弁のスピードコントローラの設定ミスや手動弁の急閉止操作による急激な流量変動。
		方法	専用の加圧タンク内で圧縮空気により加圧した水を急速に開放して圧力波を作る。
③配管空気溜り	原因	ポンプ保守工事時のフランジ復旧不良やガスケット劣化によるポンプエア噛み。	
	方法	ポンプ吸込側より強制的に空気を吸い込ませる。	
④微小漏えい	原因	経年劣化等による配管や弁のピンホール、及びフランジや弁グラウンド部の締付不良による内部流体の流出。	
	方法	循環運転ラインの超小型弁の開度を調整して漏えい部とする。	

⑤配管の振動	原因	流量調整用オリフィス部の乱流による配管振動。	
	方法	配管外付けのバイブレータにより強制的に振動させる。	
2. 異常振動	⑥電動機の軸ずれ振動	原因	電動機の保守工事時の芯出し不良や長期運転による軸ズレによる発生。
		方法	流体移送配管系とは別置の小型電動機のベースを任意にずらして軸ズレ状態とし、電動機を起動する。
⑦ベアリング異常による振動	原因	長期間運転によるベアリングの摩耗や油脂切れによる。	
	方法	正常なベアリングと摩耗したベアリングの両者を流体移送配管系とは別置の軸受にセットし電動機を起動する。	
3. 温度変化	⑧流体膨張・配管熱膨張	原因	環境温度上昇等により、隔離満水状態での内圧上昇や、拘束配管の軸方向膨張による変形。
		方法	前後弁による隔離満水液封状態において、配管外付けヒータにより50℃に昇温し、管内圧力変化や配管膨張をつくる。
⑨配管温度保温効果	原因	保温材の施工不良や機能低下による保温効果の低減。	
	方法	厚さの異なる保温材を配管に施工し、内部ヒータにより配管を50℃に昇温する。	

## 4. J-CUPID™の活用実績

J-CUPID™にて基本動作訓練および事象体感訓練を2018年度～2021年度までに受けた人数を図2に示す。

当社のプラント運転員および運転業務に係る協力会社社員の訓練人数が年々増加しており、業務経験年数が少ない社員への訓練の需要が増加している。

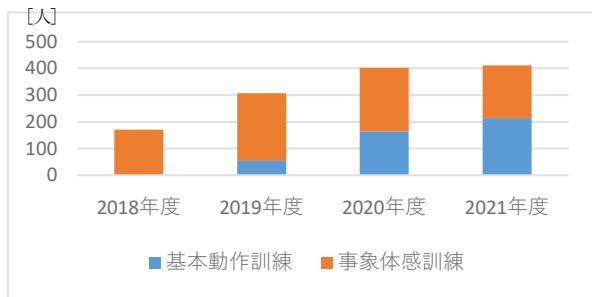


図2 年度別各種訓練活用実績 (人)

### (1) J-CUPID™を用いた訓練内容

J-CUPID™を用い、運転員に対し以下3つの訓練を行っている。訓練の様子を図3に示す。

#### ① 事象体感訓練

異常事象を目で見て、音を聴いて、触って肌で感じることで、普段体感できない経験を積むことができ、異常兆候の早期発見と異常判断への技術力を高める。

#### ② 設計図書読み取り訓練、ラインナップ訓練

設計図書と実際の設備とを照らし合わせ、機器や配管、計装のつながりを理解することで、図書を読み解く力が付く。また、ラインナップ訓練では、設備の状態を指差呼称で確認することで、運転員として必要な一連の基本動作を習得する。

#### ③ 隔離訓練

隔離作業に必要な図書の読み取り、弁操作時の指差呼称等の基本動作を繰り返し行うことで、隔離作業にあたっての基本実務動作を習得する。



図3 J-CUPID™を用いた運転員に対する教育・訓練の様子

### (2) J-CUPID™の訓練効果

J-CUPID™を用いた訓練により、プラント運転員は、以下5つの効果を得られた。

#### ① 異常事象時の対応力向上

新人や若手社員に通常では経験できない異常事象を体験させることができる。

#### ② 現場機器操作による技術力向上

装置内を水が循環した状態でバルブ類操作経験を積むことができる。

#### ③ 反復訓練による基本動作の習得

基本動作を繰り返し訓練することでヒューマンエラーの低減が期待できる。

#### ④ 図面類の読解力向上

図面等を用いて操作対象を理解して機器と照合することで図面類の読解力が向上する。

#### ⑤ 歩留率の改善

製造現場等、歩留率の改善に必要となる、新たな着眼点が発見できる。

## 5. 今後の展開

### ① 事象体感訓練の拡大

保守保全部門への適用を拡大することで、保守や保全技術及び現場管理能力の一層の向上を図る。

### ② 保守の知識・技術力向上

基本的な保守技術(ガスケット交換、ポンプ・弁・計器点検、操作盤内電気品・計装品交換)の訓練を通じて知識・技術力を向上する。

### ③ 計測・診断技術向上

振動測定や3次元レーザ計測とその診断やデータベース化の訓練に利用し技術力を向上する。

### ④ 非破壊検査技術向上

設備の健全性に関する非破壊検査の訓練に利用し、検査方法や評価方法等の技術力を向上する。

### ⑤ 再発防止教育

現場で発生した事象を体感装置で模擬し、再発防止対策として訓練を行う。

## 6. まとめ

当社でJ-CUPID™を導入して社員の訓練を開始してから約5年が経過し、プラント運転員は、従来からの机上教育に加えて、通常時と異常時の両事象を実規模で体感できることで現場における五感による巡視能力の向上と、

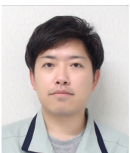
運転・保守保全技術が一層向上している。

また、同装置を用いた社外への展開教育を実施しており、日本原燃グループ企業の新入社員の導入教育として活用している。更に、J-CUPID™は、広く一般の企業・工場の方向けにも製作・販売を行っており、教育訓練プログラムの提供、講師の派遣も可能である。

今後も継続して教育訓練プログラムの改善を図るとともに、社内各部門および協力会社における活用拡大を図ることで、一層の技術力向上と工場の安全・安定運転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、他 “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、技術向上教育について”、日本保全学会 第15回学術講演会 要旨集、2018、pp.210-213.



根元 宏和  
㈱ジェイテック  
設備運転部 第二運転グループ



石原 正敏  
㈱ジェイテック  
設備運転部 第二運転グループ



伊藤 稔  
㈱ジェイテック  
設備運転部



沖津 由博  
㈱ジェイテック  
設備運転部 第二運転グループ