

## ヒューマン・マシン・システム研究部会セッション

## 再稼働に向けてヒューマン・マシン・システム研究部会に何ができるか？

## Role of HMS research division for resumption of nuclear power plant operations

## (1) BWR 運転員訓練の現状

## (1) Current status of operator training of BWR

\*岩垂功二<sup>1</sup> 笠 咲樹<sup>1</sup><sup>1</sup>BWR 運転訓練センター

## 1. はじめに

BWR 運転訓練センター（以下 BTC）では、主に BWR 型原子力発電所運転員に対し、フルスコープシミュレータを用いて教育・訓練を実施している。国内 BWR プラントでは、審査や工事が進み、様々な準備が進められている。

国内 BWR プラントは、東日本大震災以降運転が停止した状態が継続しており、原子力業界としても人材の育成が課題となっている。

BTC では、経営理念として「質の高い訓練を提供し、原子力発電所の安全・安定運転に寄与する」を掲げ、運転訓練を実施してきた。本セッションでは、BWR の運転訓練の現状を紹介し、長期間運転停止している状況において、BTC における訓練上の工夫などを紹介する。

## 2. 運転訓練の現状

## 2-1. 運転訓練体系

BTC における運転訓練の体系図を図 1 に示す。運転員に必要な知識は多岐にわたり、1つの訓練ですべてを習得させることは困難であるため、図 1 のようなステップアップ方式を採用している。

初級訓練において、プラント運転に必要な系統知識や基本的な対応操作を学ぶ。BTC はこの初級訓練が修了した段階を中級運転員としての力量を持つ者と位置付けている。

中級訓練は中央制御室で主に運転操作を実施する運転員を対象とするため、その内容について

は事故対応操作を含めて高度なものとなっていく。重大事故に関する訓練については中級訓練の範疇となる。

運転責任者については、上級訓練において必要な教育と訓練を行なっている。運転責任者の教育・訓練に関する事項は、「JEAC4804-2021 原子力発電所運転責任者の判定に係る規程」に記載され、その規程に基づいて訓練を実施している。

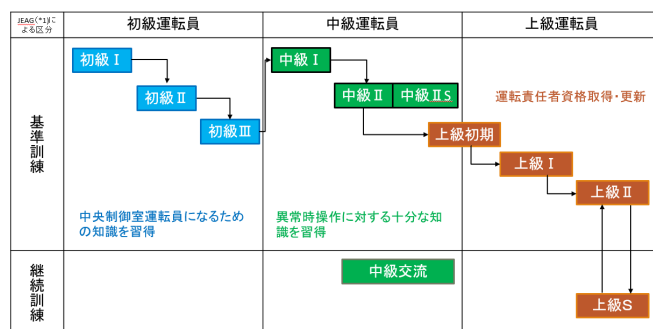


図 1 : BTC 運転訓練体系図 (2023 年度版)

## 2-2. 訓練内容

シミュレータを用いた訓練で実施する内容としては、以下の 4 つに分けられる。

- 通常操作訓練（起動／停止）
- 警報対応訓練
- 事故時対応訓練
- 重大事故対応訓練

\*Kouji Iwatare<sup>1</sup>, Saki Ryu<sup>1</sup><sup>1</sup>BWR Operator Training Center Corp. (BTC)

## (1) 通常操作訓練

通常操作訓練では、運転操作手順書に従って操作を実施する。手順書に従って操作するのみでなく、現場をイメージして操作員を配置する、安全を確保するなど、手順書に記載されない部分についても訓練を実施する。通常操作訓練は主に初級Ⅱ訓練で実施しており、その訓練時間は96時間（24日×4時間）となっている。

課題としては、プラント運転状態を経験していない運転員にとって、現場の状況をイメージしにくいという点が挙げられる。機器の配置や動作する音などは重要な情報となり得る。本訓練の受講者に対し、機器の場所などイメージできるかなどを問いかけて、訓練終了後に、現場において実物を確認してもらえるよう訓練期間中に促している。

通常操作訓練は、その後に続く事故対応操作の基礎となる部分であり非常に重要な訓練である。

## (2) 警報対応訓練

警報対応訓練では、系統単位での故障を発生させて対応する訓練である。警報発生手順書が制定されているため、警報が発生したときの対応を手順書に沿って身に着けさせることを目的とする。また、警報対応を行うことによって、その系統の知識を理解することにも役立つ。

## (3) 事故対応訓練

すべての訓練を通じて最もウェイトが大きいのが事故対応訓練となる。プラント停止に至る事象について対応を実施する訓練となっており、原子炉スクラム事象、タービントリップ事象などそのプロセスは多岐にわたる。想定される事故事象については、事故時運転操作手順書（事象ベース）（AOP: Abnormal Operation Procedure）によって対応を行う。これらは、事象毎（再循環ポンプ停止等）に対応手順が定められており、BTCにおける訓練としてはまず、基本的な対応手順を習得することから始める。さらにこの事象ベースの手順では対応しきれない事象（多重故障等）は、事故時運転操作手順書（徴候ベース）（EOP: Emergency Operation Procedure）によって対応を行う。この手順は、原子炉水位や圧力といったパラメータの徴候によって対応手順が定められており徴候ベース手順とも呼ばれる。徴候ベース手順では、スクラム失敗や給水喪失など厳しいプラント状況にも対応できるよう訓練を行う。

## (4) 重大事故対応訓練

重大事故とは、実用炉規則 第四条において「炉心の著しい損傷」と定義されている。重大事故対応訓練は、炉心が損傷したと判定した後の対応を行う訓練である。

「重大事故に至るおそれがある事故」として、7つの事故シーケンスが設置許可基準規則の解釈に例示されている。これらの事故シーケンスに対応できるように事故時運転操作手順書（シビアアクシデント）

（SOP: Severe accident Operation Procedure）が制定されておりこれを習熟する。

炉心の状況は直接把握できないことから、SOP 手順においては、プラントのパラメータから炉内の状況を推測して手順を実行していくことになる。しかしながら、炉心状況をイメージすることは、SOP 手順による対応操作の効果を理解する上で有効であるため、SOP 手順を理解する段階においては、図2に示すような教育用画面を用いて炉心内の状況をイメージさせて、訓練を実施している。

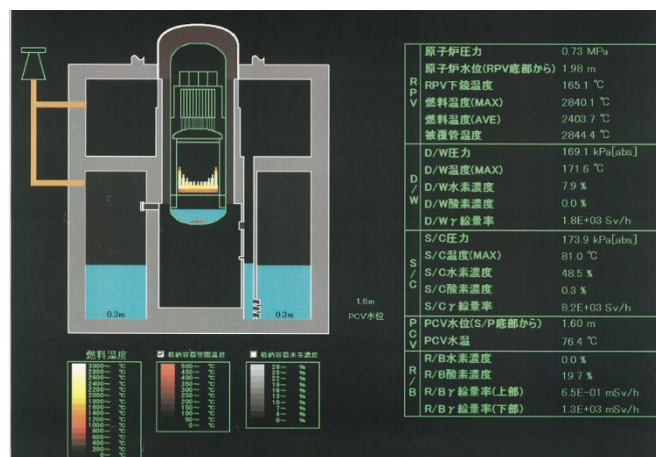


図2：教育用画面例（ABWR,格納容器内状況）

### 3. 訓練方法の高度化

#### 3-1. リトライ訓練の実施

シミュレータ訓練は、対応操作を実施した後、その対応について振り返りを実施し、その次の事象へと移行するというパターンを基本としている。ある程度、熟練した運転員であれば、その方法でも充分である場合が多いが、若手の運転員にとっては十分に理解しているかどうか振り返りだけでは判別が難しい状況であった。このような問題点を解決すべく、初級Ⅲ訓練において、リトライの時間をあらかじめカリキュラムに盛り込み構築することとした。あらかじめリトライの時間を組みこむことにより、時間的に余裕を持って訓練を実施することができる。

失敗した状態で終わるよりも成功する（できた）という状況（手順通りにできた、コミュニケーションが成功したなど）で訓練を完結することが、その後のモチベーション向上にもつながっている。訓練指導サイドとしても、指導したことが「出来た」という状況を確認することができるため、学習したことが確認できるメリットがある。

#### 3-2. 訓練フォローシート

上級Ⅱ訓練を対象に、訓練フォローシートを発行している。このシートは、派遣元電力とBTC間のコミュニケーション強化を図ることと、訓練生の訓練に対する動機づけを図るために開始した。このシートには、前回訓練の状況・課題・取り組み状況などを記載するようになっており、現状において、訓練生がどのような課題を持っているかを把握し、訓練運営に活かすようにしている。また、訓練生本人が目標を定め訓練に取り組む状況を作ることで学習効果を高める狙いがある。

この取り組みについては、まだ開始して1年程度であり、その効果については十分に検証できていないものの、派遣元からは好意的な意見が得られている。

#### 3-3. パフォーマンスガイドラインの制定

2017年に「BWR標準的な事故対応パフォーマンスガイドライン」をBWR電力各社と共同で制定した。目的としては、静穏な環境を作り、良好なコミュニケーションの下、確実な指揮や操作につなげることとし、事故対応時におけるチーム対応において、コミュニケーションやブリーフィングといったツールについて標準的な内容をまとめたものである。本ガイドラインには、いくつかの行動戦略（表1）をまとめており、BWR電力共通的なものとなっている。これによりBTC及び各サイトにおいても統一した考えで訓練指導ができるようになった。

表1 パフォーマンスガイド行動戦略

| 行動戦略項目                                                             |
|--------------------------------------------------------------------|
| スクラムコレオグラフィ                                                        |
| 手順書の使用／即応対応                                                        |
| コミュニケーション<br>－周知<br>－報告<br>－3way コミュニケーション<br>－音標文字（Phonetic code） |
| ブリーフィング                                                            |
| オペレーション<br>－クリティカルパラメータ                                            |

- －警報対応
- －指差呼称
- －許容される両手操作
- －ページングの使用

#### 4. 運転員以外への訓練

BWR 原子力発電所は長期間停止している状況である。運転員だけでなく、原子力業界全体として人材育成は大きな課題と言える。BTC としても、運転員の育成のみではなく、原子力プラントを支える人材の育成に積極的に関わっている。

プラントメーカー技術者向けの訓練は、これまでも継続的に実施しているが、再稼働に向けてシミュレータを用いた訓練プログラムを活用し、起動に向けた準備が進められている。

自治体向けの研修にも積極的に取り組んでいる。自治体向けには、プラントの非常用設備がどのように使われるかなど基本的な知識の習得を図るため、事故の状況をシミュレータを用いて再現し、解説している。自治体向けの研修プログラム制作においては自治体側のご要望に応じた柔軟な対応を行っている。

今後も、原子力発電所の安全で安定な運転に寄与することで社会に貢献していきたい。