

## 〈特集〉

# ポンプ運転シミュレータを活用した人材育成

永 井 誠

東京都下水道局職員部人事課 (〒163-8001 東京都新宿区西新宿 2-8-1  
E-mail: Makoto\_Nagai@member.metro.tokyo.jp)

### 概 要

近年の気候変動や都市化の進展に伴い局地的な集中豪雨が多発しており、豪雨時における水再生センターやポンプ所（雨水排除施設）の適切な運転対応が重要となっている。このため、東京都下水道局ではポンプ運転シミュレータを導入し、実践的な運転対応技術を習得することを目的として、訓練を実施している。本稿では、ポンプ運転シミュレータの導入経緯及び実習内容等を紹介するとともに今後の取り組みについて述べる。

キーワード：運転実習所、模擬プラント、模擬中央監視制御装置、豪雨時ポンプ運転、機器故障対応運転  
原稿受付 2012.3.21 EICA: 17(1) 27-31

## 1. はじめに

近年、地球規模での気候変動や都市化の進展などにより、局地的な集中豪雨が多発している。

下水道の基本的な役割は、生活環境の改善、浸水の防除及び公共用水域の水質保全である。特に水再生センターやポンプ所の運転操作に携わる職員には、豪雨時における浸水の防除、都民の生命と財産を守るための適切な運転対応が求められている。

また、東京都下水道局（以下、当局という）では、ベテラン職員の大量退職が続き、少数精鋭での組織運営と人材の育成が求められる中、ポンプ所は遠方監視制御による集中監視体制が敷かれつつある。

さらに、昨年3月の東日本大震災を教訓に、災害時の危機対応力の向上が求められる中、水再生センターやポンプ所等の運転に携わる職員には、運転対応技術を的確に習得させる必要がある。

このため、ポンプ運転シミュレータを活用した訓練を着実に実施し、計画的な人材の育成を図ることが肝要である。

## 2. 実習施設の更新経緯

昭和50年度に当局として初めて、芝浦水再生センター内に設備系職員を対象に技術力の向上を目的とした芝浦実習所を開設した。

この実習所は、芝浦水再生センターの第二主ポンプ室として稼動していた建物が新設ポンプ所の稼動に伴う幹線の切り回しによって、昭和48年11月から使用停止となったため、休止中のポンプ設備を有効利用し、

運転実習のための訓練施設として「雨水ポンプ所模擬プラント」を加えスタートした。

昭和62年度には、コンピュータに関する知識を付与するため制御用計算機を導入し、「雨水ポンプ所模擬プラント」と「計算機」を接続して、運転操作員の職務遂行力の向上及び危機対応力の向上を図ることを目的として運転実習を行うこととした。

平成14年度には、実習用に導入した制御用計算機等が老朽化・陳腐化してきたため、より実践的な運転対応技術を習得する目的で、設備の運転実態に即した訓練システム（模擬中央監視制御装置）として再構築し、運用を開始し現在に至っている。

なお、芝浦実習所の建物が老朽化したため、平成21年度にポンプ運転対応シミュレータを雑司が谷庁舎（東京都下水道研修センター）に移設し運用している。

### 2.1 昭和50年度当初の実習施設

運用を開始した当時の雨水ポンプ所模擬プラントの実習内容は、次のとおりである（Fig. 1, 2）。

- (1) 受電設備の操作訓練、変圧器の切替訓練、自家発電機の運転操作、買電・発電の切替訓練等
- (2) 降雨時の雨水ポンプ運転訓練、故障対応訓練等

### 2.2 昭和62年度更新の実習施設

昭和62年度には、実習施設に制御用計算機を導入し、電子計算機内プログラムによるプラント設備のシミュレーション及びCRT操作による実習（受変電設備・ポンプ所・水処理設備・汚泥処理設備・多段焼却炉）を行っていた。

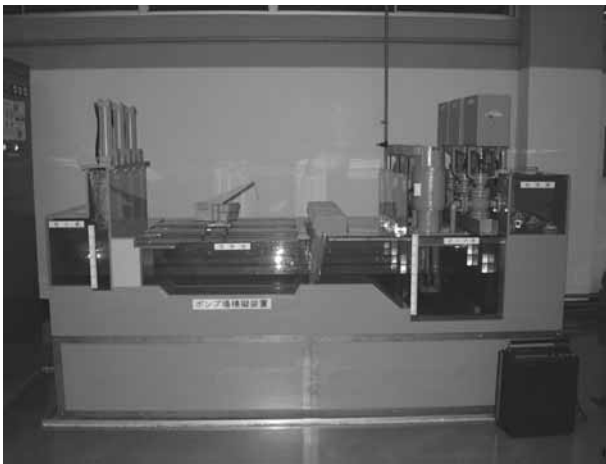


Fig.1 雨水ポンプ所模擬プラント



Fig.2 雨水ポンプ所模擬プラント運転監視制御盤

また、オンライン CRT トレーニングとして、「雨水ポンプ所模擬プラント」と計算機システムを接続し、計算機による監視制御システムの運転対応実習も行っていた。

さらに、電子計算機等の機器取扱い、保守管理の実習も行っていた。

#### 【設備の概要】

- ・ミニコンピュータ (16 ビット)  
PANAFACOM U-1500 II  
(主メモリ 2 MB) 1 台
- ・補助記憶装置磁気 65 MB 1 台
- ・フロッピーディスク 1 台
- ・磁気テープ 2400ft0.5inch 1 台
- ・CRT 端末機 システムコンソール 12inch 3 台
- ・オペレータコンソール 20 inch 4 台
- ・トレーナーコンソール 14 inch 1 台

(パソコン FACOM 9450Z—主メモリ 1 MB)

- ・プリンタ ラインプリンタ 1 台
- シリアルプリンタ 3 台
- ・ハードコピー  
グラフィックワークステーション  
画面用 (カラー) 1 台

### 2.3 平成 14 年度更新の実習施設

平成 14 年度には、老朽化、陳腐化した制御用計算機等を更新し、運転対応に関する疑似体験や揚水システムの構成を理解させるためのシミュレーションシステムを導入し、現在も運用している (Fig.3)。



Fig.3 模擬中央監視制御装置

#### 【機器仕様】

- (1) サーバー FUJITSU PRIMERGY B225 1 台
- (2) 講師端末 FUJITSU FMV-6000CLS 1 台  
(CD-R/RW ドライブにカスタムメイド)
- (3) 研修生用端末 FUJITSU FMV-6000CLS 6 台  
(CD-ROM ドライブ)

#### 【システム概要】

ポンプ及び受変電設備を計算機上で模擬的に実現し、豪雨時や故障発生時の運転操作の演習が行えるシステムとなっている。

- (1) 降雨設定：無降雨から沈砂池が冠水する豪雨を設定できる。
- (2) ポンプ所流入量：排水区面積や初期流出率、雨水到達時間、流入量など排水区の特性格パラメータを設定できる (Fig.4)。
- (3) 水位変化：沈砂池・ポンプ井モデルによる水位変化を設定しポンプ運転の訓練ができる。
- (4) 揚水量計算：ポンプモデルによる揚水量を計算し訓練することができる。
- (5) 設備異常の発生：事前に故障を設定しておき、スケジュール設定による故障を自動発生させることができる。さらに講師が任意に故障を介入

### 排水区の特性パラメータ

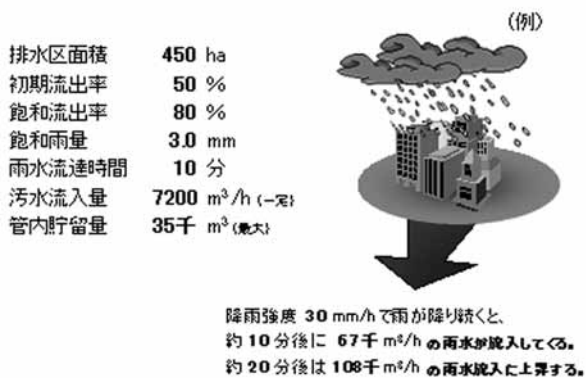


Fig. 4 排水区の特性パラメータ

させ、対応訓練を行うこともできる。

- (6) 運転操作：受変電設備及び揚水設備、沈砂池設備の運転操作訓練ができる。

#### 【システム構成】

構成はシミュレーションサーバー、講師用端末 (1 台)、研修生用端末 A (3 台)、研修生用端末 B (3 台) から構成され、3 人で 1 チームを組みながら訓練を行うシステムとなっている。また、A チームの操作状況を B チームが監視することも可能となっている (Fig. 5)。

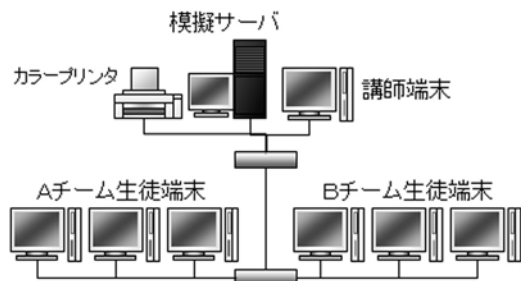


Fig. 5 システム構成

#### 【各種設定】

- (1) プラント規模の設定  
定格容量・排水区域特性・ポンプ所構造・初期水位設計等を細かく入力できる。
- (2) 状況設定  
演習時間の設定 (最大 90 分)、初期受電系統構成、故障発生の設定、降雨強度、汚水流入量等の設定が可能である。
- (3) 演習用画面  
画面は、受変電画面、ポンプ画面、リアルタイムトレンド画面、アラーム情報画面、メッセージ画面で構成されている。
- (4) 受変電設備画面  
遮断器・断路器の操作、発電機の運転、電力デ

マンド・受変電設備等の監視を行う。

種々の故障対応の研修を実施するため、特別高圧 2 回線受電 + 発電機設備 2 基で構成している (Fig. 6)。

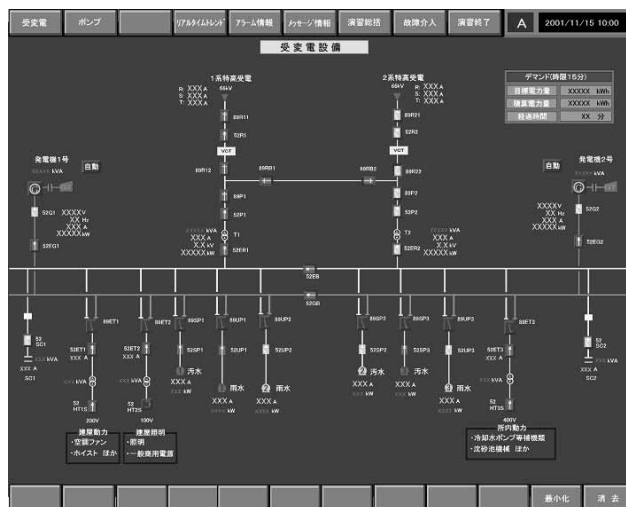


Fig. 6 受変電設備画面

- (5) ポンプ設備画面

降雨強度・総雨量・流入水位・ポンプ所内水位の監視、汚水ポンプ・雨水ポンプの運転、阻水扉の制御、汚水ポンプ運転水位設定等を行う。雨水ポンプ台数は 3 台構成とし、内 1 台は、先行待機型ポンプとしている (Fig. 7)。

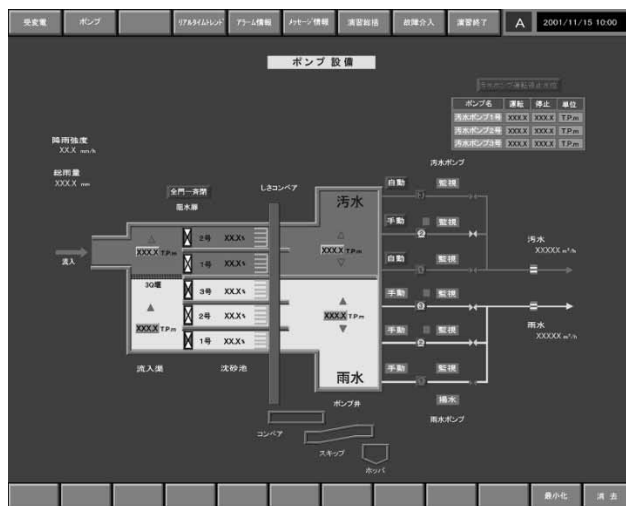


Fig. 7 ポンプ設備画面

- (6) リアルタイムトレンド画面

選択した機器の状態監視を瞬時値とグラフで表示する。読取値の最大値・最小値及びグラフスケールは、任意に変更することができる (Fig. 8)。

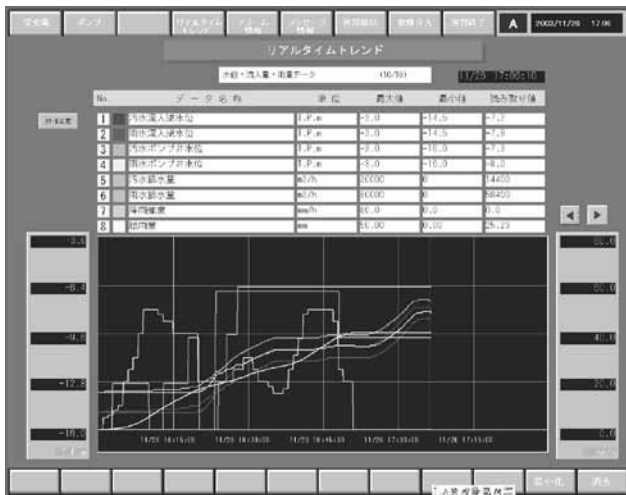


Fig. 8 リアルタイムトレンド画面

## 2.4 模擬中央監視制御装置を用いた緊急時対応訓練

運転操作員には高度な操作能力や判断力の向上が求められることから、模擬中央監視制御装置を用いて緊急時対応を行う実習を実施している。

実習は、新任職員や転入職員、新たに水再生センター・ポンプ所の運転管理業務に従事する職員を対象に、雨期前の6月及び新任職員については職場経験を踏まえた1月に実施し運転操作員の育成を図っている。

### 2.4.1 実習内容

- ① 実習装置の予備操作及び必修操作（ポンプ所内事故発生に最低限必要な操作の習得）
  - ア 所内無停電による受電線切替え操作訓練
  - イ 所内無停電による主変圧器の切替え操作訓練
  - ウ 主変圧器及び発電機の許容負荷量の把握
  - エ ポンプ運転マニュアルの確認と把握
- ② 強度 20 mm/h を越える豪雨時ポンプ運転演習
- ③ 停電・ポンプ故障・発電機故障等の機器故障対応運転演習 (Table 1)

講師は、演習の進行状況を監視し、必要に応じて任意に故障介入を行い、的確な操作及び判断ができていないかを確認し、研修生が誤った操作をした場合には適宜、操作手順を記録に残し、指導にあたっている。

### 2.4.2 演習総括表を用いた討議

講師及び研修生同士が演習総括表を用いて運転操作を振り返り、目標不達成時の原因究明及び再発の防止対策を討議する (Fig. 9)。また、過去に経験した大停電やガソリン流入事故、震災などの事例をもとに、災害時における危機対応の事例研究を行い、操作員の危機対応力の向上に努めている。

Table 1 故障項目 (抜粋)

設備名称	機器名称	故障項目 (状態名称)	警報区分
特高設備	受電1号, 2号	停電	重故障
	受電1号, 2号	過電流	重故障
	主変圧器1号, 2号	比率作動	重故障
	主変圧器1号, 2号二次	過電流	重故障
	主変圧器1号, 2号	温度高	軽故障
高圧設備	1号, 2号買電	不足電圧	重故障
	1号, 2号発電	不足電圧	重故障
自家発電設備	発電機1号, 2号	始動渋滞	重故障
	発電機1号, 2号	GT潤滑油給油圧力異常低下	重故障
	発電機1号, 2号	地絡過電流	重故障
	発電機1号, 2号	GT潤滑油給油圧力低下	軽故障
沈砂池設備	汚水阻水扉1号, 2号	油圧異常高	重故障
	雨水阻水扉1号~3号	油圧異常高	重故障
ポンプ設備	雨水ポンプ1号~3号	モータ軸受温度高	重故障
	雨水ポンプ1号~3号	モータ軸受温度高	重故障
	雨水ポンプ1号~3号	始動渋滞	重故障
	雨水ポンプ1号~3号	始動渋滞	重故障
	雨水ポンプ1号~3号	冷却水断	重故障
	雨水ポンプ1号~3号	冷却水断	重故障

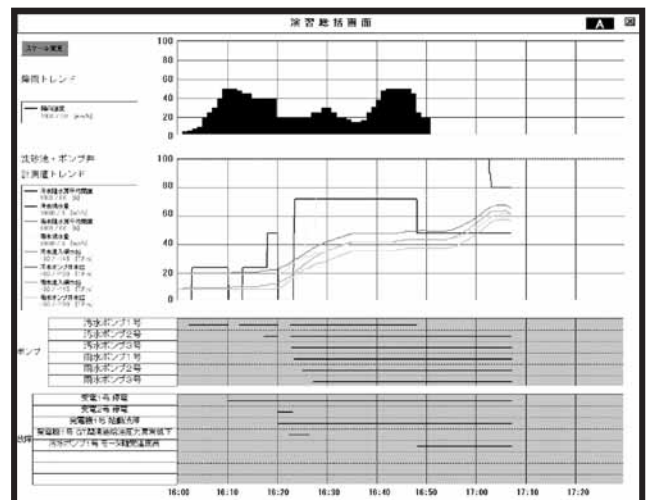


Fig. 9 演習総括表画面

## 3. 実習の効果

シミュレータによる演習・訓練を受講した研修生のアンケート結果では、「職場では経験できない豪雨時の停電対応など貴重な訓練になった」、「故障発生時には素早的確な判断が必要で、良い訓練になった」、「降雨の流入状況を把握しながら、ポンプ運転、電力デマンド監視、発電機運転など、チームで対応する良い訓練となった」など、訓練の成果が表れている。

また、講師からは、「研修生は沈砂池を冠水させることなく、水位変動を予測しながら揚水ポンプの運転を行っていた」、「多くの故障に素早く対応する危機感を体験してもらうことができた」などの感想があり、訓練の目的が達せられている。

#### 4. 現状システムの課題

現在のシミュレータは、平成14年度の更新後、約10年が経過しCPUなど交換部品の調達に苦慮している。また、運転監視制御設備の技術進歩により、各種設定が実際に職場で運転操作をしている監視制御装置とやや異なっており、訓練として実感に欠ける部分がある。現在の演習総括表は故障履歴の表示が8件までであり、多くの故障を経験させて検証を図ることができない。追加訓練のソフト変更が容易にできないなどの課題がある。

さらに、講師による操作部分が多く、講師本人への負担が大きいなどの課題もある。

#### 5. 今後の取り組み

ポンプ運転対応シミュレータを活用した運転対応訓練は、毎年約50名の研修生に対し実施している。

現在、水再生センターからの遠制御ポンプ所を加えた構成や大型マルチ画面とCRTを組み合わせたシステム、過去の運転データを取り込んだシミュレーションの構築、容易に訓練内容を追加できる仕様など、設備の更新を検討している。

今後も、ポンプ運転に限らず、効果的に運転対応技術を習得できるシステムの検討及び改善を図りながら、シミュレータを活用した訓練を継続し、人材育成に努めたい。