

# シビアアクシデント演習ツールの開発と適用

Development and application of the practice tool to deal with severe accident

川崎 郁夫 (Ikuo Kawasaki) \*1      吉田 至孝 (Yoshitaka Yoshida) \*1  
 岩崎 良人 (Yoshito Iwasaki) \*2

**要約** 東京電力福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえ、発電所の原子力緊急対策本部の構成員がシビアアクシデント (SA) 発生時に適切な対応ができるよう、当該本部構成員自らがプラント構成および応答、ならびに状態判断手法等を知識として習得し、SA時の本部対応を模擬体験できる演習ツールを開発した。演習に採用した事象のデータ等は、過去の防災訓練で作成したSPDSデータ等を使用して作成した。本演習ツールを使用してSA教育を実施した結果、訓練者は正しい事象判断や通報連絡票の作成ができており、本演習ツールによりSA対応に必要な知識を付与できることが確認できた。

**キーワード** シビアアクシデント (SA) 演習ツール, シビアアクシデント (SA), アクシデントマネジメント (AM), SPDS, 警戒事象, 特定事象, 緊急事態事象, 原子力災害対策特別措置法 (原災法)

**Abstract** We developed the practice tool to simulate communications between operators at a nuclear power station and persons at the headquarters at the time of severe accident (SA). The tool was developed from considering the lessons learned in dealing with the accident at the Tokyo Electric Power Company Fukushima Daiichi Nuclear Power Station, especially related to making appropriate responses to events. The tool allows users at headquarters to learn about the constitution of a specific plant and to make a reply and state a judgment based on knowledge about SA. The situations used for the practice tool were made using SPDS data from past disaster prevention drills. In a test, SA education of headquarters workers was carried out using this practice tool, and we confirmed that users were able to make the right phenomenon judgment and communicate it effectively based on the knowledge given by this practice tool.

**Keywords** severe accident practice tool, severe accident (SA), accident management (AM), SPDS, Alert, Site Area Emergency, General Emergency, Act on Special Measures Concerning Nuclear Emergency Preparedness

## 1. 緒言

東京電力 (株) 福島第一原子力発電所事故により、原子力安全・保安院 (現原子力規制庁) が東京電力 (株) 福島第一原子力発電所事故の技術的知見に関する意見聴取会での議論を踏まえて取り纏めた「東京電力 (株) 福島第一原子力発電所事故の技術的知見について」<sup>(1)</sup> で示した30の安全対策のうち、「事故時の判断能力の向上 (対策12)」において、シビアアクシデント (SA) 教育の更なる充実が求められている。

事故時の判断能力の向上を図る上で重要なことは、発電所の原子力緊急対策本部の構成員がSA発生時に適切な対応を行うために、当該本部構成員自らがプラント構成および応答、ならびに状態判断手法等を知識として習得しておくことである。

また、原子力災害対策特別措置法 (以下、原災法という)<sup>(2)</sup> 第6条の2第1項において定められた「原子力災害対策指針」<sup>(3)</sup> では、原子力災害事前対策として緊急事態区分及び緊急時活動レベル (EAL) について定められている。緊急事態区分の設定は、レベル1「警戒事態 (AL)」, レベル2「施設敷地

\*1 (株)原子力安全システム研究所 技術システム研究所

\*2 関西電力(株)

緊急事態 (SE)」、レベル 3「全面緊急事態 (GE)」であり、それぞれの事象判断を迅速かつ確に実施して、関係各所に通報連絡を実施しなければならない。

原子力発電所では原災法に基づき年 1 回原子力防災訓練を実施しているが、そのために事象判断、通報連絡票の作成等を実施する対応部署が決められている。関係各所への通報連絡は「原子力事業者防災業務計画」<sup>(4)</sup>において、15分以内を目途に実施すると定められている。平日の日勤帯であれば原子力緊急対策本部構成員は余裕を持って確保できるが、休日祝日、夜間等の発電所要員が少ない状況を想定すると、SA 事象が発生した際 15分以内に通報連絡するためには、限られた本部構成員で迅速かつ適切な対応を行う必要がある。万一、休日夜間に自然災害と原子力緊急事態とが複合した場合は、通報連絡要員以外の者でも応援が必要となることが考えられる。

そこで本研究では、①プラント情報の収集、②EALによる判断、③EALによる通報等、④アクシデントマネジメント (AM) の指示を目的として、効果的な教育・訓練ツール (以下、SA 演習ツールという) を開発した。

## 2. SA 演習の概要

SA 演習は、図 1 のようにブラインド訓練をイメージして、訓練者に複数のシナリオを提示して選択させ、事故の起因や進展を知らせず、訓練者自らに判断させるものとした。事象進展は緊急時対策所における安全重要パラメータ表示システム (SPDS) 表示を模擬した画面により表示させ、訓練者は少人数のグループを構成し、それぞれ役割を決めてロー

ルプレイ式の演習を実施できるようにした。

SA 演習ツールの開発にあたり、汎用性を考慮してノートパソコンで動作する環境で構築した。

## 3. SA 演習ツール用データ

INSSでは、過去の原子力防災訓練において、シビアアクシデント解析コードMAAP4を用いて、防災訓練で想定したシナリオについてプラント事象進展シナリオ解析を実施し<sup>(5),(6)</sup>、防災訓練で使用する防災訓練シナリオ解析データ、SPDS訓練データ等を作成している。

SA 演習ツールの訓練シナリオ用 SPDS データは、過去の防災訓練シナリオ解析で実施した SPDS 訓練データを加工して CSV ファイルで作成した。SPDS 訓練データは事故発生から事象収束までの 1 分毎のプラントパラメータのデータである。演習を効率的に行うため、限られた時間で複数の事象を演習することを想定して、演習の事象進展時間は 30 分とし、SPDS 訓練データの中から主要事象を含む 30 分間のデータを使用した。

訓練シナリオに含まれる主要事象は警戒事象 (AL)、特定事象 (原災法第 10 条, SE)、緊急事態事象 (原災法第 15 条, GE) 等とし、訓練シナリオは各々の事象判断と通報、報告等に着眼して作成した。訓練シナリオの 30 分間の事象進展の前半は、パラメータ確認を実施し、どのようなプラント状況であるのか理解することを目的としている。また、事象進展の後半は、パラメータの変化から発生した事象および EAL を判断し、通報連絡票の作成等、適切な模擬対応を実施することを目的としている。

SA 演習ツールの訓練初期状態説明用資料は、過去の防災訓練シナリオ解析データから当該事象進展開始前の状況を記載した資料を作成した。

SA 演習ツールの訓練内容解説用資料は、各訓練シナリオに対して、訓練者が実施した対応が正しかったかどうかを確認させるため、標準的な対応を解説している。この解説資料は、過去の防災訓練シナリオ解析データおよび防災訓練時に作成した通報連絡票等を活用し、当該事象進展の主要事象および実施すべき AM 策の解説、また通報連絡票の記載例を纏めて作成した。

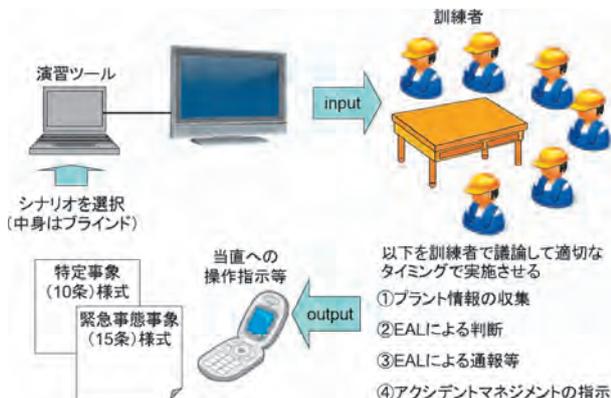


図 1 SA 演習のイメージ

## 4. SA演習ツールの操作方法

SA演習ツールは、演習データを登録するためのアイコン「シビアアクシデント教育ツールメンテナンス」と、登録したデータを表示し、訓練者が演習をするためのアイコン「シビアアクシデント教育ツール起動」の2つで構成されている。

「シビアアクシデント教育ツールメンテナンス」は演習データを登録するためのものである。ここで演習に使用する画面のPDFファイル、SPDSデータのCSVファイルを登録する。

「シビアアクシデント教育ツール起動」は、演習を開始するためのものであり、アイコンをダブルクリックすると「ツール起動画面」が表示される。ツール起動後はSA演習ツールのフロー（図2）で示すとおり、「操作説明画面系統」と「訓練画面系統」で構成され、最初に操作説明画面系統で操作方法を習得した後、訓練画面系統にて演習を実施することとなる。

各々の画面は、「次へ」ボタンで次の画面に進み、「中止」または「終了」ボタンでツール起動画面に戻るよう設計されている。

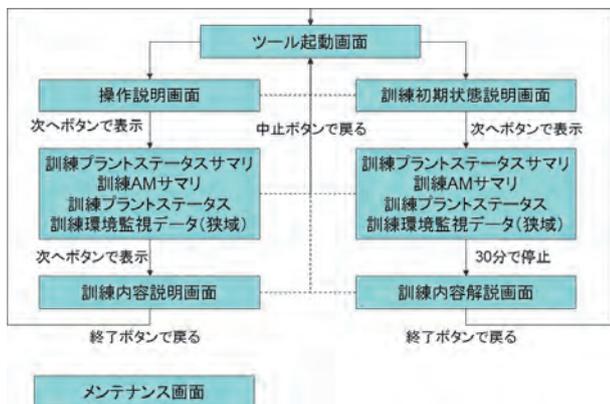


図2 SA演習ツールのフロー

### 4.1 ツール起動

ノートパソコン上のSA演習ツールアイコンからプログラムを起動させると、ツール起動画面（図3）が表示される。この画面には、発電所、シナリオ、事象速度タブ、操作説明ボタンがあるが、訓練者には事象シナリオの内容がわからないようにしておくことが重要であるため、発電所選択タブにて演習をする発電所を選択後、シナリオ選択ボタンにて任意のシナリオを選択するようにしている。また、事象

速度のデフォルト設定は通常モード（30分）であるが、事象発生前のプラント状態の確認が早く終了することが考えられるので、倍速、4倍速に切り替え可能としている。これにより、事象進展を早め、待ち時間を短縮することで演習効果を上げる狙いがある。

シナリオ選択ボタン（A～X）は、後述するメンテナンス画面（図11）においてデータが登録されている箇所のみ選択可能である。データが登録されていない箇所は薄く表示され、選択できないようにしている。任意のシナリオ選択ボタンを押すことにより、次の画面（訓練初期状態説明画面）へ移行する。

また、操作説明ボタンを押すとSA演習ツールの操作説明画面系統へ移行し、操作説明画面が表示される。

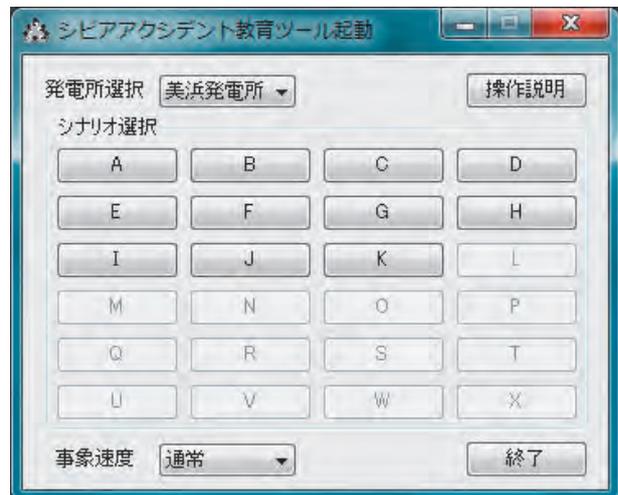


図3 ツール起動画面

### 4.2 訓練初期状態説明

ツール起動画面でシナリオを選択すると、選択した記号に対応するシナリオの訓練初期状態説明画面が表示される（図4）。

演習用シナリオは主要事象を含む30分間に限られていることから、訓練者は演習開始前のプラント運転状態を十分理解した上で演習を開始する必要があるため、ここでは演習開始前のプラント運転状態について説明している。

それぞれのボタンに応じてメンテナンス画面（図11）で指定されたPDFファイルを開き、PDFファイルの中に収録された全てのページを順に表示する。

「次へ」を押すと次の画面（事象進展画面）に移

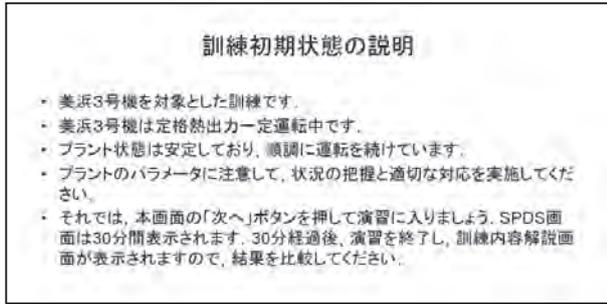


図4 訓練初期状態説明画面

行するが、事象進展中でも訓練初期状態説明画面は表示されるため、再度画面を確認することが可能である。

### 4.3 事象進展

30分間の事象進展において、プラントの状態を確認し、EAL判断を実施するために、緊急時対策所におけるSPDS表示画面を参考にして、「訓練プラントステータスサマリ画面(図5)」「訓練AMサマリ画面(図6)」「訓練プラントステータス画面(図7)」「訓練環境監視データ(狭域)画面(図8)」および「個別データのトレンド表示画面(図9)」を作成した。

各画面とも、ツールメンテナンスに登録した

CSVファイルからSPDSデータを読み取って表示する。

画面左下に画面切替ボタンがあり、表示中の画面は薄く表示され押せないようにし、切替可能な画面ボタンは通常表示され押せるようにしている。

各画面においても事象進展速度を変更できるようにしているが、15分以内に事象の判断および通報連絡票の作成を実施しなければならないという演習の制約により、一時停止や後戻りは不可としている。

#### 4.3.1 訓練プラントステータスサマリ画面

訓練プラントステータスサマリ画面(図5)はプラント状態を把握するための画面である。

原子炉冷却材の漏えい事象(EAL区分21)では「1次冷却材圧力」の値、全交流電源喪失事象(EAL区分26)では「非常用ディーゼル発電機」の運転状態、蒸気発生器給水機能喪失事象(EAL区分24)では「蒸気発生器(SG)給水流量」の値を確認する。また、炉心損傷に至る事象では「格納容器高レンジエリアモニタ」「炉心出口温度」の値を確認する。

#### 4.3.2 訓練AMサマリ画面

訓練AMサマリ画面(図6)はアクシデントマネ

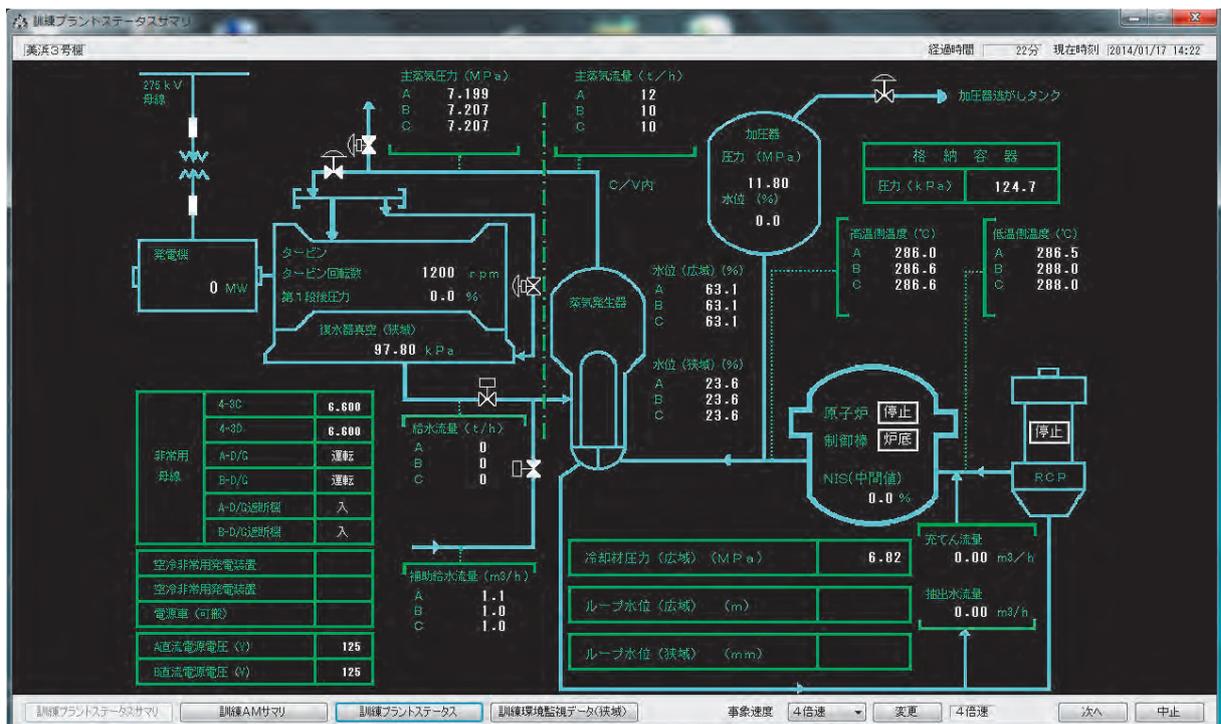


図5 訓練プラントステータスサマリ画面

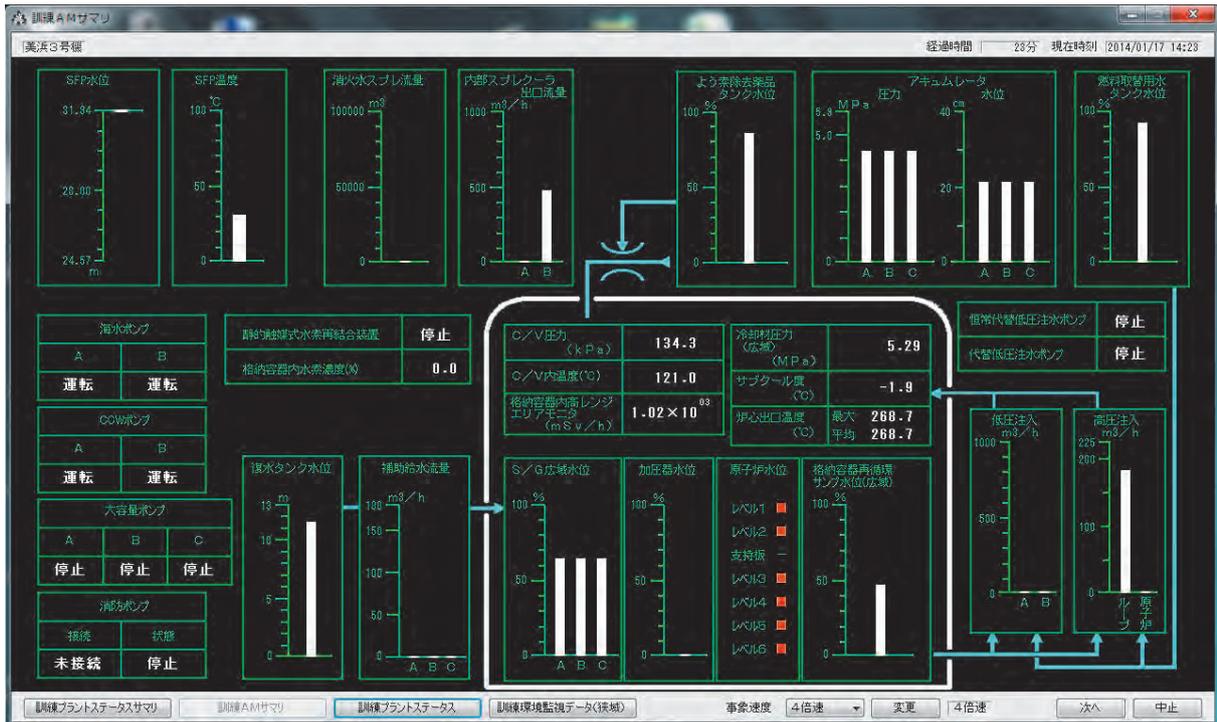


図6 訓練AMサマリ画面

ジメントを把握するための画面である。

原子炉冷却材の漏えい事象 (EAL区分21) では「燃料取替用水タンク水位」の値, 蒸気発生器 (SG) 給水機能喪失事象 (EAL区分24) では「蒸気発生器 (SG) 水位」「補助給水流量」の値を確認する。

### 4.3.3 訓練プラントステータス画面

訓練プラントステータス画面 (図7) は安全系機器の状態およびファーストアウト警報を把握するための画面である。



図7 訓練プラントステータス画面



図8 訓練環境監視データ(狭域)画面

原子炉冷却材の漏えい事象 (EAL区分21) では「高圧注入ポンプ (SIP)」「余熱除去ポンプ (RHRP)」の運転状態, 蒸気発生器 (SG) 給水機能喪失事象 (EAL区分24) では「電動補助給水ポンプ (M/DAFWP)」「タービン動補助給水ポンプ (T/DAFWP)」の運転状態を確認する。

### 4.3.4 訓練環境監視データ(狭域)画面

訓練環境監視データ(狭域)画面(図8)は環境モニタリング関係のデータを把握するための画面である。

炉心損傷後格納容器内からの放射性物質漏えい事象(EAL区分01,02)ではモニタポスト, モニタステーション, 排気筒モニタの値を確認する。

### 4.3.5 個別データのトレンド表示画面

4つの訓練画面の表示を確認するだけでは, パラメータの変化に気付くのは難しい。そのため, 表示されたパラメータ, 運転状態の時系列が明確になるように, 各パラメータのトレンド表示画面を設けている。

訓練画面上で, データ表示箇所, 運転状態表示箇所

等所白色で表示されているデータ項目(ファーストアウト警報を除く)をダブルクリックすると, 当該データのトレンド表示画面がポップアップする。

図9で示した「原子炉圧力」のトレンド表示画面は, 訓練プラントステータスサマリ画面の「冷却材圧力(広域)」のデータをダブルクリックすることにより表示されたものである。



図9 トrend表示画面(原子炉圧力)

トレンドグラフは, データ項目に該当するパラメータの測定値がアナログ形式(圧力, 流量, 温度等)のときは, X-Yグラフを表示する。また, データ項目に該当するパラメータの測定値がデジタル形

式(ポンプ運転状態, 弁開閉状態等)のときは, ステップチャートを表示する. グラフの横軸は30分とし, 縦軸はSPDSデータの表示レンジで固定する.

#### 4.4 訓練内容解説

各訓練シナリオに対して, 訓練者が実施した対応が正しかったかどうかを確認させるため, 標準的な対応を解説している. 解説内容は事象全体の流れ, 主要事象, EAL判断の着眼点, 通報連絡票に記載すべき内容について記載している. この解説と演習結果を比較して, 訓練者が作成した通報連絡票に記載漏れや間違いがないかどうか確認する.

メンテナンス画面(図11)で指定されたPDFファイルを開き, その中に収録された全てのページを順に表示する.

30分間の事象進展が終了したら, 訓練内容解説画面(図10)を表示する. それぞれのボタンに応じてメンテナンス画面で指定されたPDFファイルを開き, その中に収録された全てのページを順に表

**訓練内容の解説(1/4)**

- これは平成18年度の美浜3号機原子力防災訓練のシナリオでした.
- 主な流れは以下の通りです.
  - ー 定格熱出力一定運転中に, 格納容器内で原子炉冷却材の漏洩が発生する. 漏洩口径が拡大し, 原子炉圧力の低下による原子炉トリップ, さらにECCSおよび内部スプレが作動する. その際内部スプレは一系統のみが作動する. 燃料取替用水タンク水位が低下し再循環切替えを行うが, 切替に失敗したため, 充てん/高圧注入ポンプ1台で注入を継続する. 燃料取替用水タンクへの補給を開始するが, 途中で注水ラインの異常が発生し補給を停止する. 燃料取替用水タンクが枯渇し, 注水手段を喪失するため炉心が露出する. しばらくして内部スプレによる代替再循環ラインが復旧し, 炉心への注水を開始するため炉心の健全性は維持される.
- この演習では, 演習開始16分後に原子炉圧力の低下と格納容器圧力および格納容器内モニタ指示値の上昇が認められ, 原子炉冷却水が漏洩している可能性が示唆されました.
- さらに, 19分後に原子炉圧力低により原子炉が自動停止するとともに, 格納容器圧力高によりECCSが作動しました. この時点で原子力災害対策特別措置法10条に該当する条件が成立しました. また, 格納容器サンプ水位の上昇し, 原子炉冷却材喪失事故であると判断されました.

図10 訓練内容解説画面

示する. 終了を押すと起動画面に戻る.

#### 4.5 ツールメンテナンス

SA演習ツールのメンテナンスを行う際には, 独立したアイコンから起動する. また, データを登録するデータベースも合わせて作成する.

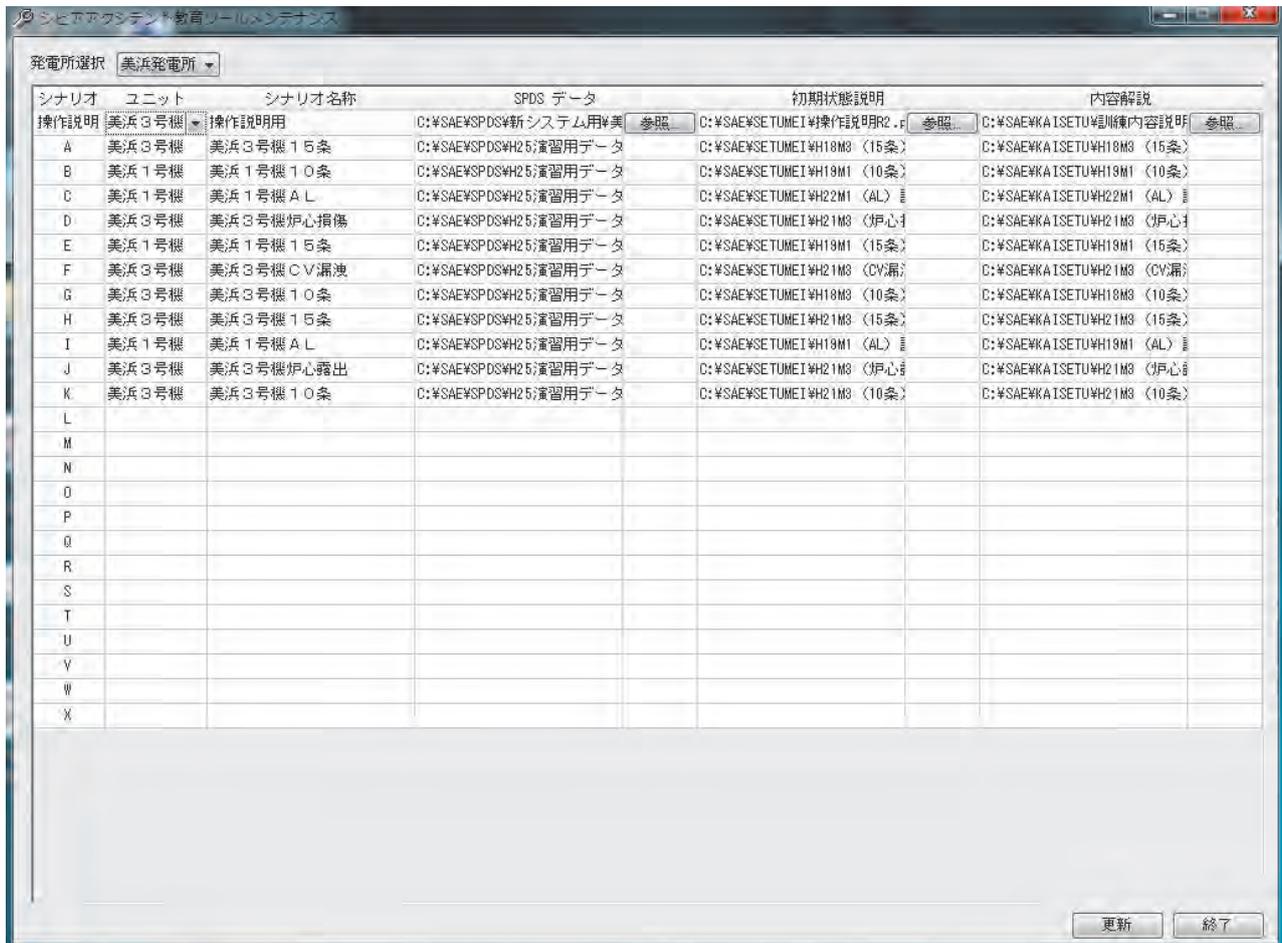


図11 ツールメンテナンス画面

ツールメンテナンス画面（図11）において、発電所選択により該当する発電所を選択した後、シナリオ欄（A～X）を選択して、ユニット、シナリオ名称を記載し、SPDSデータ、初期状態説明、内容解説の参照ボタンを押して、それぞれ訓練シナリオ用SPDSデータ（CSVファイル）、訓練初期状態説明用資料（PDFファイル）、訓練内容解説用資料（PDFファイル）を登録して更新ボタンを押すことにより、演習ツール起動画面のシナリオ選択画面においてシナリオ選択が可能となる。演習用データは各発電所最大24ケース登録可能である。

## 5. SA演習ツールを活用した訓練の実施結果と今後の課題

平成24、25年度に、関西電力美浜、高浜、大飯の各発電所において、合計約520名（平成24年度約320名、平成25年度約200名）がSA研修を受講し、SA演習ツールを活用した演習を実施した。その結果、各グループともに正しいEAL判断、通報連絡票の作成ができており、演習ツールを活用することによりSA対応に必要な知識を付与できることが確認できた。

今後の課題として、過去の原子力防災訓練シナリオでは特定事象（原災法第10条、SE）、緊急事態事象（原災法第15条、GE）は含まれているものの、警戒事象（AL）を含むものは少ないため、警戒事象（AL）シナリオを充実させる必要がある。また、本研修の目的であるEAL判断等をする上で直接影響はないが、実機に近づける意味から、福島第一原子力発電所事故以降に新たに追加された安全機器の機能を、SA演習ツールに追加することが望ましい。



図12 SA研修の様子

これらを実施し、SA演習ツールが更に効果的なものになるよう改善していく。

## 6. 結言

東京電力福島第一原子力発電所事故の教訓を踏まえ、発電所の原子力緊急対策本部の構成員がSA発生時に適切な対応ができるよう、当該本部構成員自らがプラント構成および応答、ならびに状態判断手法等を知識として習得し、SA時の本部対応を模擬体験できるSA演習ツールを開発した。

演習に採用した事象のデータ等は、過去の防災訓練で作成したSPDSデータ等を使用して作成した。

本演習ツールを使用してSA教育を実施した結果、訓練者は正しいEAL判断や通報連絡票の作成ができており、本演習ツールを活用することによりSA対応に必要な知識を付与できることが確認できた。

訓練後の反省点を踏まえてSA演習ツールを改善し、SA演習ツールが更に効果的なものになるようにしていく。

## 文献

- (1) 経済産業省ホームページ，“東京電力株式会社福島第一原子力発電所事故の技術的知見について”，  
<http://www.meti.go.jp/press/2011/03/20120328009/20120328009.html> .
- (2) 内閣府ホームページ，“原子力災害対策特別措置法”，  
[http://www8.cao.go.jp/genshiryoku\\_bousai/hourei.html](http://www8.cao.go.jp/genshiryoku_bousai/hourei.html) .
- (3) 原子力規制委員会，“原子力災害対策指針（平成25年9月5日全部改正）”，（2013）.
- (4) 原子力規制委員会，“原子力事業者防災業務計画の公表について”，  
[http://www.nsr.go.jp/activity/bousai/emergency\\_action\\_plan/index.html](http://www.nsr.go.jp/activity/bousai/emergency_action_plan/index.html) ,  
（2014）.
- (5) 建部恭成，南則敏，吉田至孝，“平成21年度福井県原子力防災総合訓練のプラント事象進展シナリオ解析”，INSS Journal, Vol.17, P.308（2010）.
- (6) 米本幸弘，川崎郁夫，建部恭成，吉田至孝，

南則敏, “平成23年度関西電力原子力総合防災訓練のプラント事象進展シナリオ解析”,  
INSS Journal, Vol.19, P.291 (2001).