

シビアアクシデント演習ツールの改良

Improvement of the severe accident practice tool

川崎 郁夫 (Ikuo Kawasaki) *¹

高橋 俊佑 (Shunsuke Takahashi) *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て開発したシビアアクシデント (SA) 演習ツールを活用して、関西電力のSA研修を実施した結果を基に、受講者からの意見要望等を検討し、更に教育効果を上げるためにSA演習ツールの改良を行った。主な改良点は、EAL判断のための演習シナリオの充実、EAL説明資料表示等の演習ツールの機能追加である。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、本演習ツールにより事故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), 緊急時活動レベル (EAL), 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 severe accident (SA) practice tool based on lessons learned in the accident at the Tokyo Electric Power Company Fukushima Daiichi Nuclear Power Station. We utilized the developed SA practice tool and carried out the SA training for some employees of Kansai Electric Power Co., Inc. Afterwards, we examined the opinions given by trainees attending the training lecture and improved the SA practice tool to achieve a better educational effect. The main changes we made were improvement of the practice scenario for EAL judgments and addition of functions to the practice tool such as the EAL explanation document indication. As a result of having carried out the SA education using this practice tool, we determined the tool users could make the right EAL judgment and report the communication vote. Finally, we confirmed that the knowledge necessary for SA correspondence could be given satisfactorily by this practice tool.

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

1. 緒言

東京電力福島第一原子力発電所の事故の安全対策のうち、「事故時の判断能力の向上 (対策12)」⁽¹⁾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。

また、平成25年度から原子力災害対策特別措置法 (以下、原災法という)⁽²⁾ 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」⁽³⁾において、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) が定められた。緊急事態区分の設定は、レベル1「警戒事態 (AL)」, レベル2「施設敷地緊急事態 (SE)」, レベル3「全面緊急事態

(GE)」の3段階としている。「警戒事態 (AL)」は今回新規追加され、「施設敷地緊急事態 (SE)」は従来の原災法第10条, 「全面緊急事態 (GE)」は従来の原災法第15条, 25条に該当する。原子力発電所において事故が発生した場合は、発電所の原子力緊急対策本部の構成員がそれぞれの事象判断 (EAL判断) を迅速かつ的確に実施して、関係各所に通報連絡を実施しなければならない。

これらを踏まえて、当該本部構成員がSA発生時に適切な対応ができるようになることを目的として、SA理解のための効果的教育・訓練ツールの検討を行い、当該本部構成員自らがプラント構成および応答、ならびに状態判断基準等を知識として習得

*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)

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。

SA演習ツールの訓練シナリオ用データは、過去の防災訓練シナリオ解析^{(4)~(6)}で実施した訓練データを加工して作成し、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、1つのシナリオの事象進展時間は30分とし、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ている。

開発したSA演習ツールおよび演習シナリオを用いて関西電力のSA研修を実施して、これまでに有効性を確認した⁽⁷⁾。

本研究では、SA演習ツールを活用して毎年関西電力のSA研修を実施した結果を基に、受講者からの意見要望等を検討し、更に教育効果を上げるために演習ツールの改良を行った。

2. SA演習ツールの改良点

2.1 演習シナリオの充実

2.1.1 警戒事象（AL）シナリオ

福島事故以前の防災訓練シナリオでは、緊急時活

動レベル（EAL）のうち警戒事象（AL）については定められていなかったため、過去の防災訓練シナリオの中からAL事象として活用できるものを選択し、AL事象の判断ができるようにシナリオおよび安全重要パラメータ表示システム（SPDS）データを加工して作成した。具体例として、「蒸気発生器給水機能喪失のおそれ（AL24）」、「全交流電源喪失のおそれ（AL26）」の2ケースを作成した。

「蒸気発生器給水機能喪失のおそれ（AL24）」の判断基準は、原子炉の運転中に蒸気発生器への全ての主給水が停止した場合において、電動補助給水ポンプ又はタービン動補助給水ポンプによる給水機能が喪失することである。演習シナリオでは給水流量を規定流量以下にして給水を継続することにより当該事象判断をさせる。このケースでは補助給水流量のパラメータに着目して、規定流量を下回るとAL24に該当する。（図1～2参照）

「全交流電源喪失のおそれ（AL26）」の判断基準は、全ての非常用交流母線からの電気の供給が1系統のみとなった場合で当該母線への電気の供給が1つの電源のみとなり、その状態が15分以上継続すること、又は外部電源喪失が3時間以上継続することである。演習シナリオでは全交流電源喪失後、ディーゼル発電機2台のうち1台起動成功、1台起動失敗

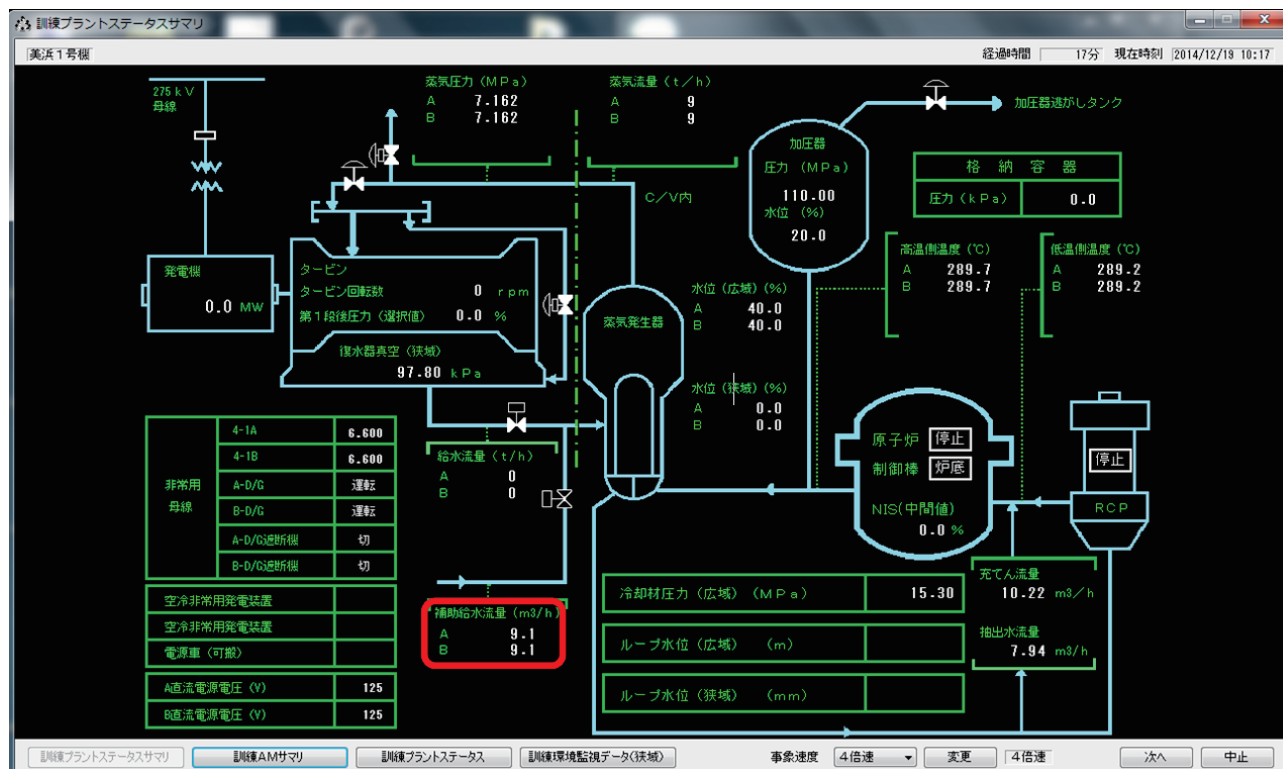


図1 AL24の訓練プラントステータスサマリ画面

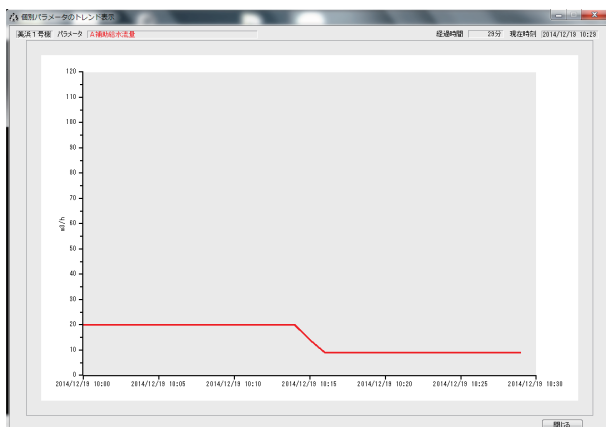


図2 AL24のトレンド表示画面（補助給水流量）

のケースで、電気の供給が1系統のみとなり、その状態が15分以上継続するとAL26に該当する。

2.1.2 同時に複数の事象が発生するシナリオ

従来のシナリオでは1つの演習において1つの警戒事象（AL）、特定事象（SE）、緊急事態事象（GE）を判断することとしていたが、福島事故以降同時に複数の事象が発生することを想定した原子力防災訓練を実施するようになった。それを踏まえてSA演習においても、1つの演習の中に複数の事象を入れ

ることとした。

以下の例では平成26年度高浜3号機防災訓練シナリオ解析⁽⁶⁾で作成したSPDSデータを活用し原災法第10条であるSE26、SE27同時発生、原災法第25条であるGE28、GE01同時発生を取り入れたものである。

SE26、SE27同時発生事象では、演習開始12分後にA,B非常用ディーゼル発電機が故障し、全交流電源喪失が発生、および直流電源の部分喪失が発生した。その5分後に全交流電源喪失5分継続、直流電源の部分喪失5分継続したため、原災法第10条（SE26、SE27）に該当した。（図3～4参照）

GE28、GE01同時発生事象では、演習開始17分後に格納容器高レンジエリアモニタが 10^5 mSv/hを超過し、炉心出口温度条件と合わせて炉心損傷（GE28）と判断された。同時に放射性物質の異常漏洩（GE01）が発生した。（図5～7参照）

2.1.3 新規制基準における重大事故対策の有効性評価のシナリオ

平成27年度の原子力防災訓練において、新規制基準における重大事故対策の有効性評価の事故シナリオを採用した。美浜発電所においては原子炉停止

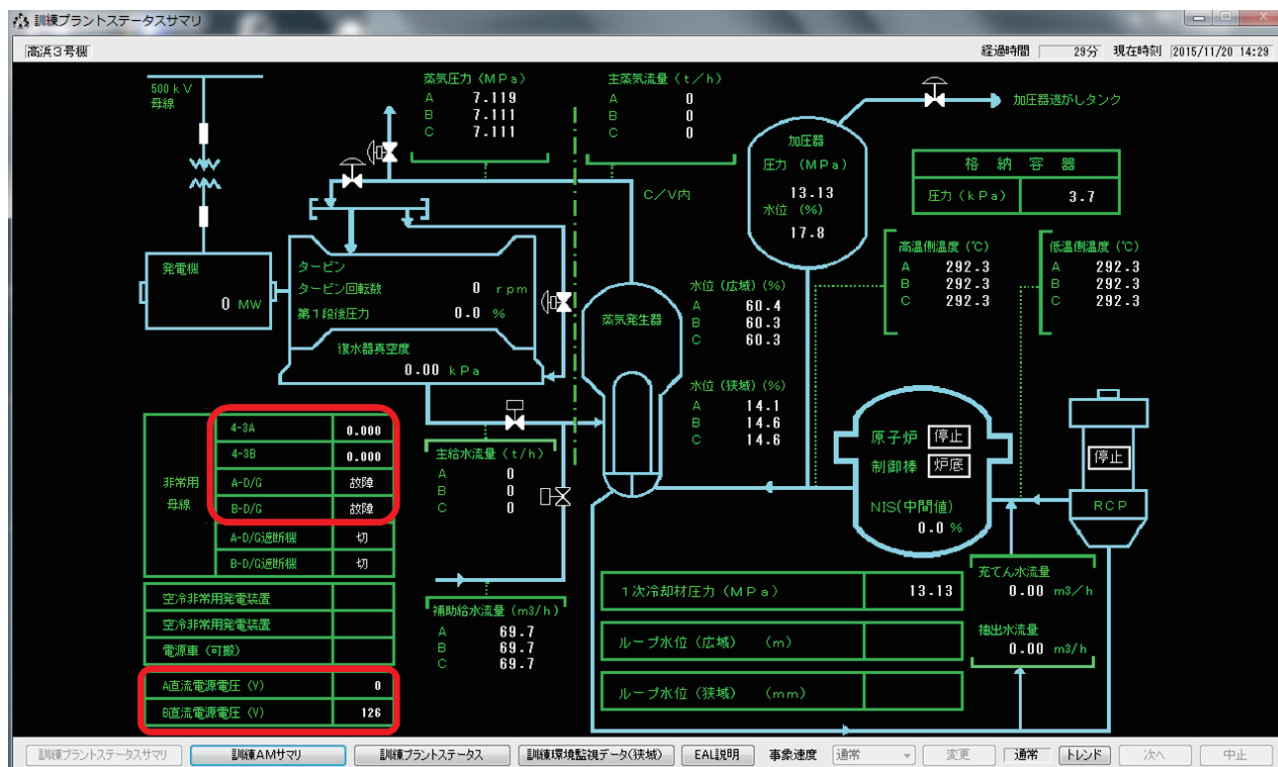


図3 SE26、SE27の訓練プラントステータスサマリ画面

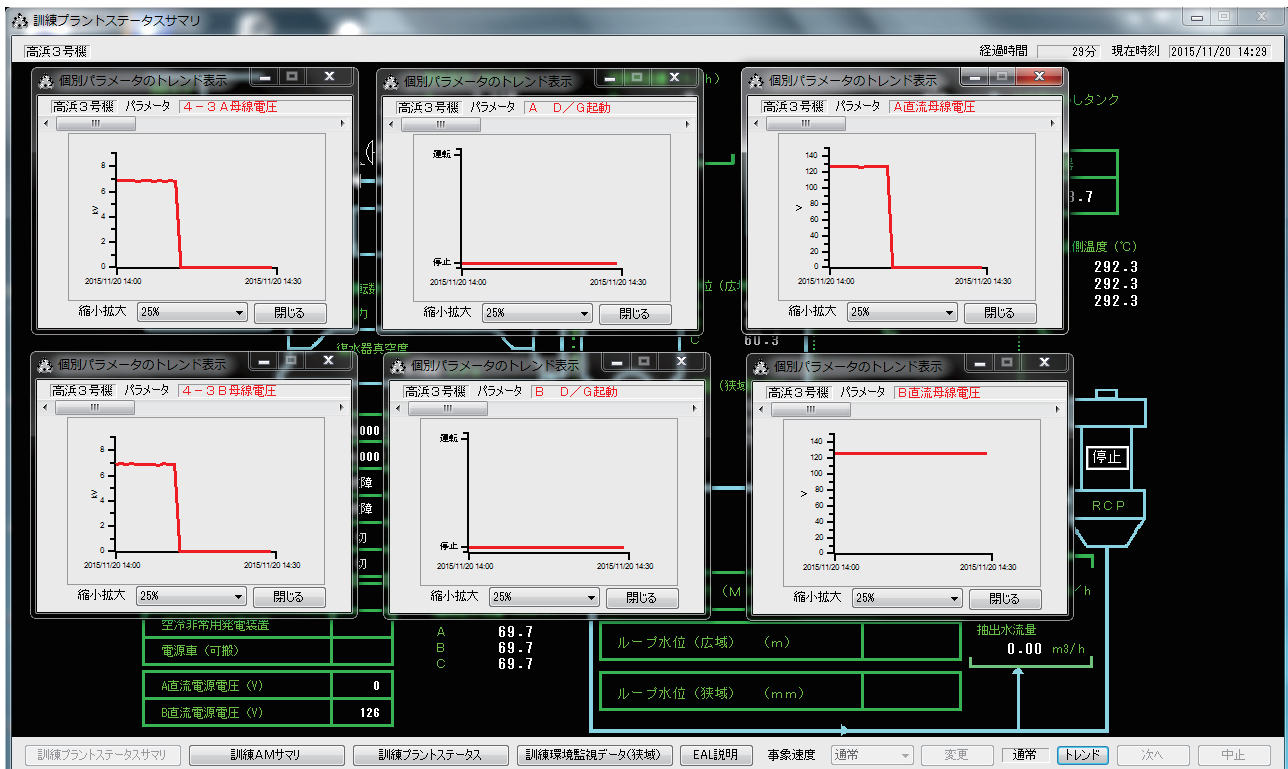


図4 SE26, SE27のトレンド表示画面 (母線電圧他)



図5 GE28, GE01の訓練AMサマリ画面

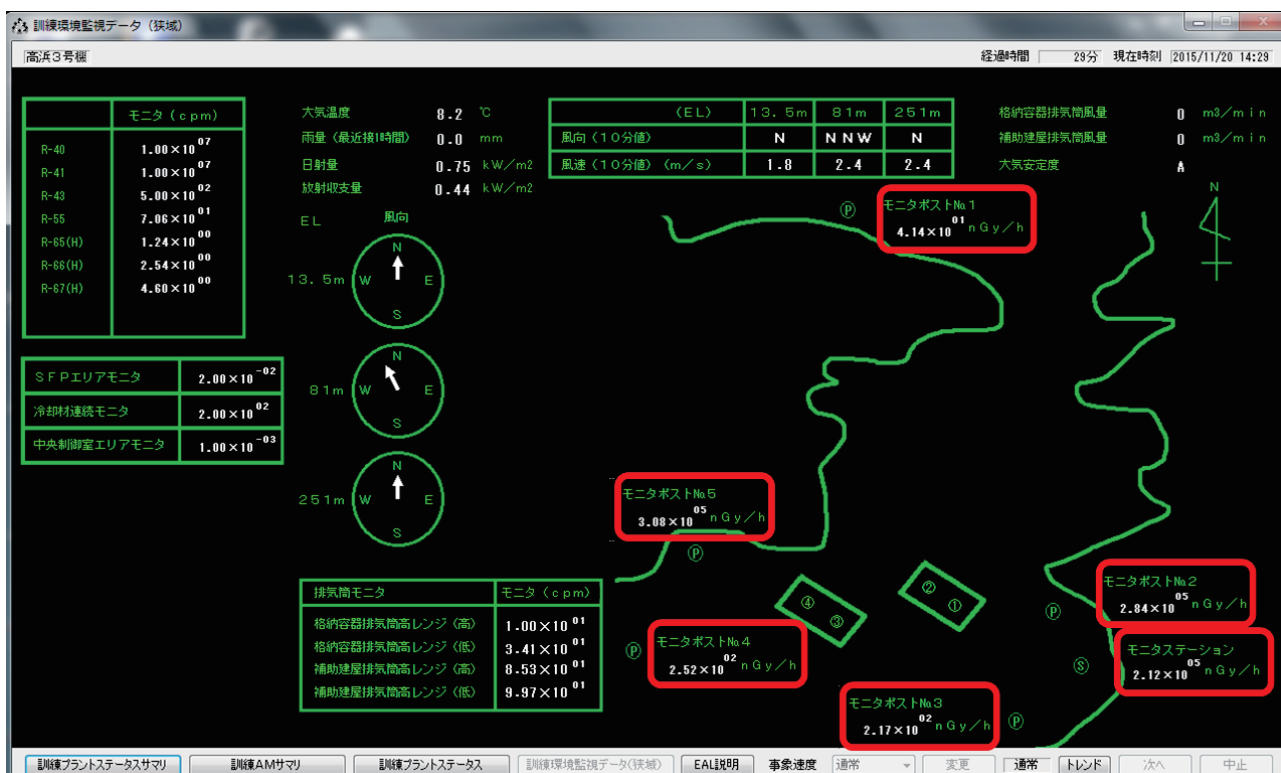


図6 GE28, GE01の訓練環境監視データ(狭域)画面

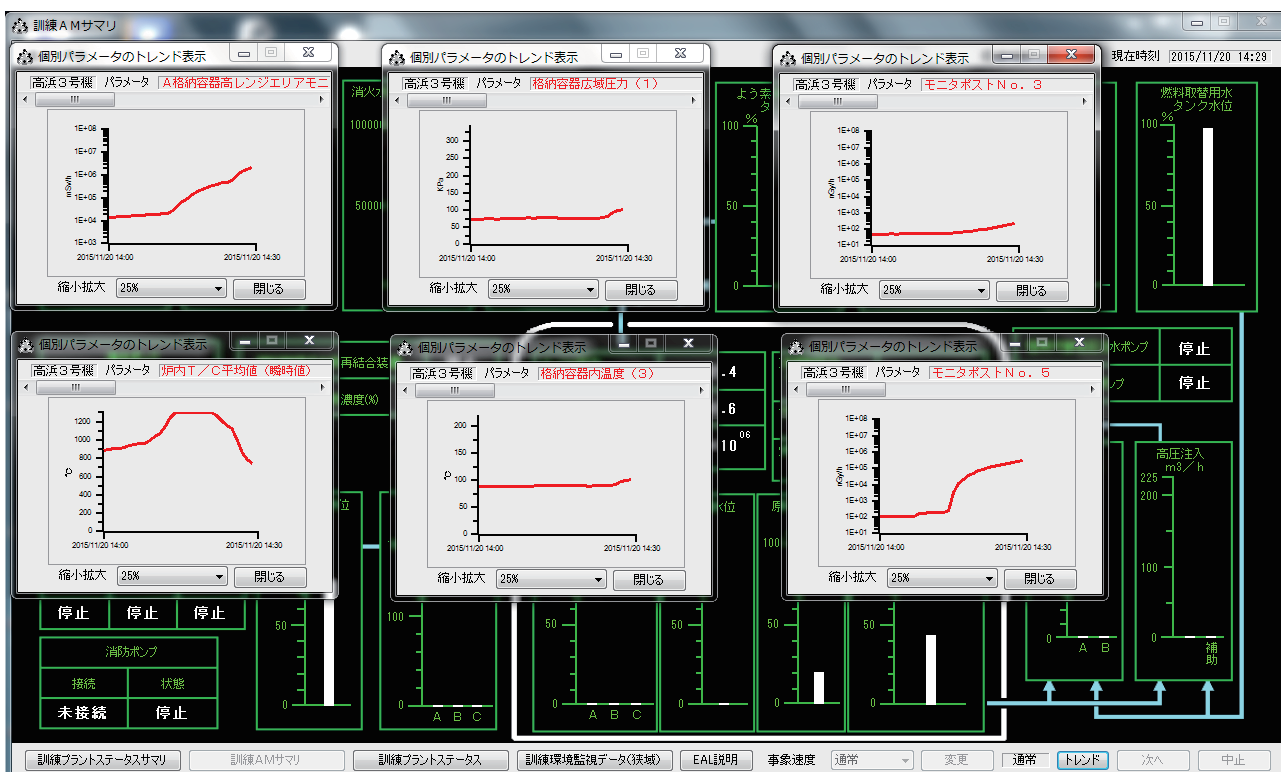


図7 GE28, GE01のトレンド表示画面(格納容器高レンジエアモニタ他)

機能喪失（主給水流量喪失＋原子炉自動停止失敗）、高浜、大飯発電所においては格納容器過圧破損（大LOCA＋ECCS注入失敗＋格納容器スプレイ失敗）のシナリオ解析およびSPDSデータ作成を実施し、それらのSPDSデータを活用して演習シナリオを作成した。

2.2 SA演習ツールの機能追加

2.2.1 EAL説明資料表示

SA研修のような集合研修においては、事務局側でテキスト、資料、操作マニュアル等を準備するが、集合研修以外でも発電所にて個別に演習ツールを使用した自主訓練を実施する場合を想定して、演習実施時に画面上にEAL説明資料を表示させることができるよう、SA演習ツールのメンテナンス側にEAL説明資料（2種類）をセットできるよう改良した。（図8参照）

資料をセットした後、ツール起動画面、4つの事

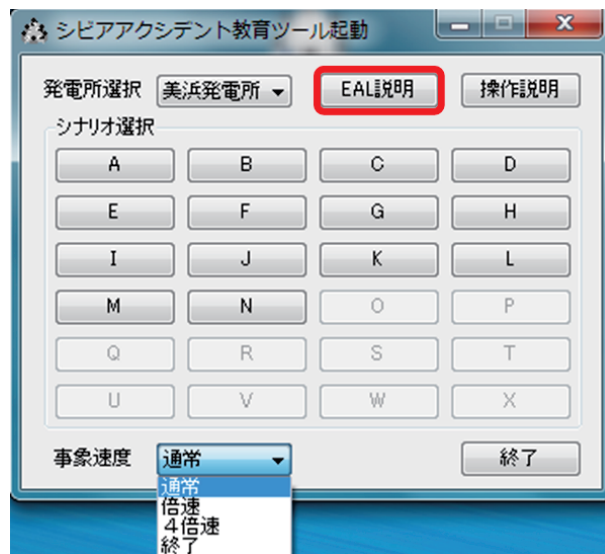


図9 ツール起動画面

象進展画面（訓練プラントステータスサマリ画面他）において「EAL説明」ボタンを押すことにより、セットしたPDF資料が画面上に表示される。（図9～11参照）

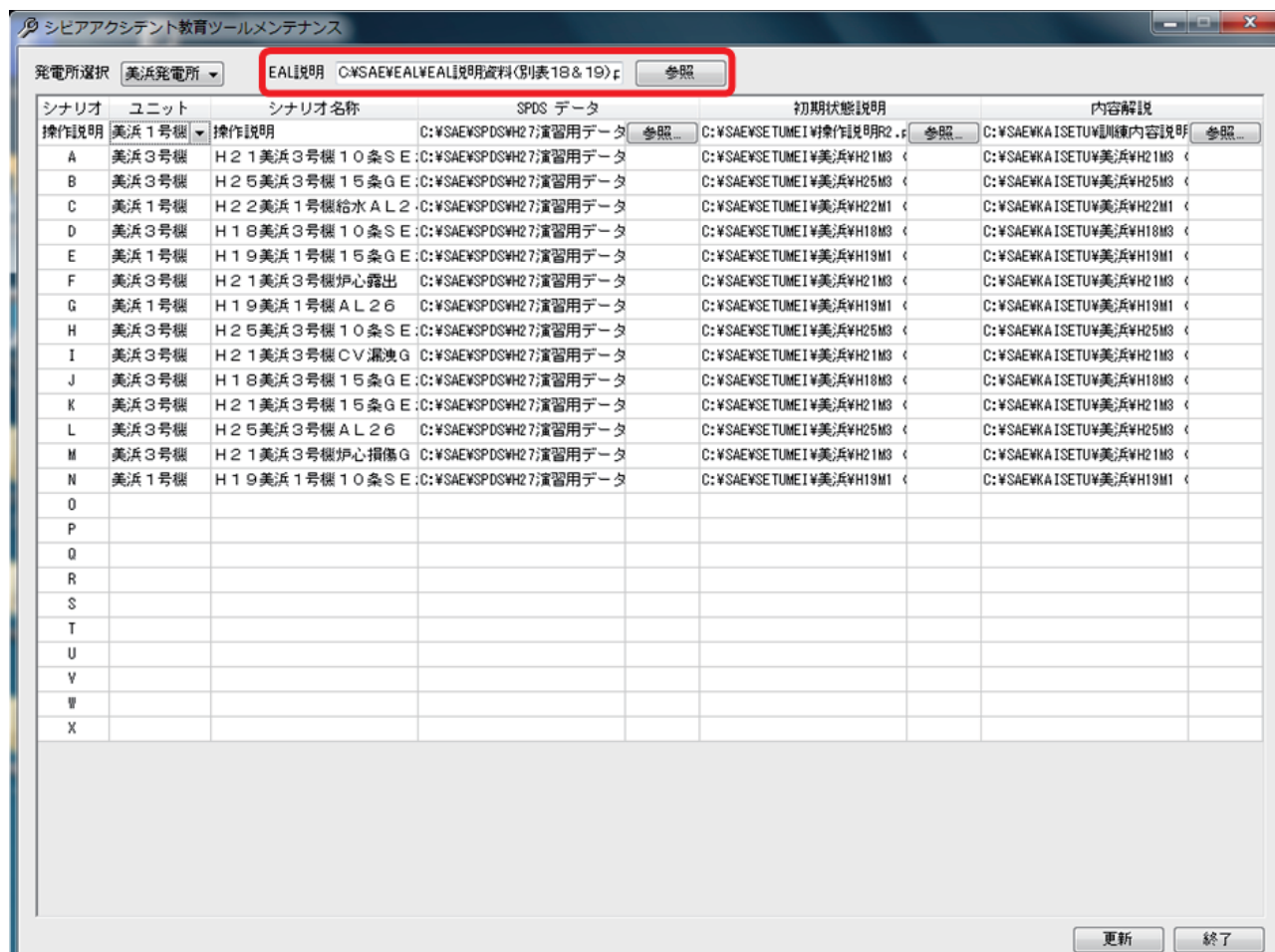


図8 ツールメンテナンス画面

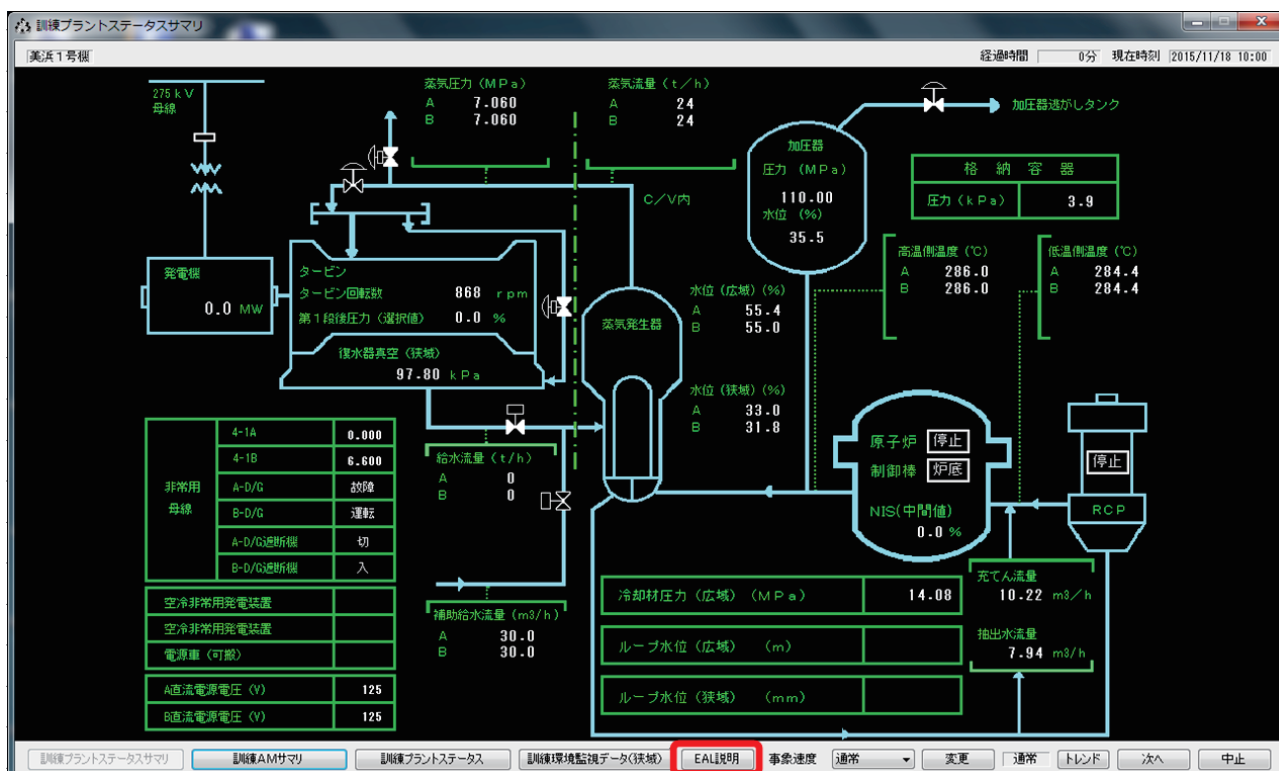


図10 訓練プラントステータスサマリ画面

原災法および原子力災害対策指針に基づく通報(報告)事象一覧

EAL 区分	警戒事象 (AL)		原災法第10条第1項に基づく特定事象 (SE)		原災法第15条第1項に関する緊急事態事象 (GE)	
	EAL番号	EAL名称	EAL番号	EAL名称	EAL番号	EAL名称
放射線量・放射能物質の放出	01	—	SE01	敷地境界付近の放射線量の上昇	GE01	敷地境界付近の放射線量の上昇
	02	—	SE02	通常放出経路での気体放射性物質の放出	GE02	通常放出経路での気体放射性物質の放出
	03	—	SE03	通常放出経路での液体放射性物質の放出	GE03	通常放出経路での液体放射性物質の放出
	04	—	SE04	火災爆発等による管理区域外での放射線の放出	GE04	火災爆発等による管理区域外での放射線の異常放出
	05	—	SE05	火災爆発等による管理区域外での放射性物質の放出	GE05	火災爆発等による管理区域外での放射性物質の異常放出
	06	—	SE06	施設内(原子炉外)の臨界事故のおそれ	GE06	施設内(原子炉外)での臨界事故
止める	11	AL11 原子炉停止機能の異常のおそれ	—	—	GE11	原子炉停止の失敗または停止確認不能
冷やす	21	AL21 原子炉冷却材の漏えい	SE21	原子炉冷却材漏えいによる非常用炉心冷却装置作動	GE21	原子炉冷却材漏えい時ににおける非常用炉心冷却装置による注水不能
	22	—	—	—	—	—
	23	—	—	—	—	—
	24	AL24 蒸気発生器給水機能喪失のおそれ	SE24	蒸気発生器給水機能の喪失	GE24	蒸気発生器給水機能喪失後の非常用炉心冷却装置注水不能
	25	AL25 全交流電源喪失のおそれ	SE25	全交流電源の30分以上喪失	GE25	全交流電源の1時間以上喪失
	26	AL26 全交流電源喪失のおそれ(旧基準炉)	SE26	全交流電源の5分以上喪失(旧基準炉)	GE26	全交流電源の30分以上喪失(旧基準炉)
	27	—	SE27	直流電源の部分喪失	GE27	全直流電源の5分以上喪失

図11 EAL説明表示画面

2.2.2 トレンドグラフの 複数表示および縮小

従来はトレンドグラフの表示は1つだけしかできなかったが、複数の事象を判断する際に、同時に複数のトレンドグラフを確認する必要があり、最大10個のトレンドグラフを表示できるようにした。それに伴いトレンドグラフの大きさをデフォルトの100%から25%、50%、75%に縮小できるように変更した。(図12～13参照)

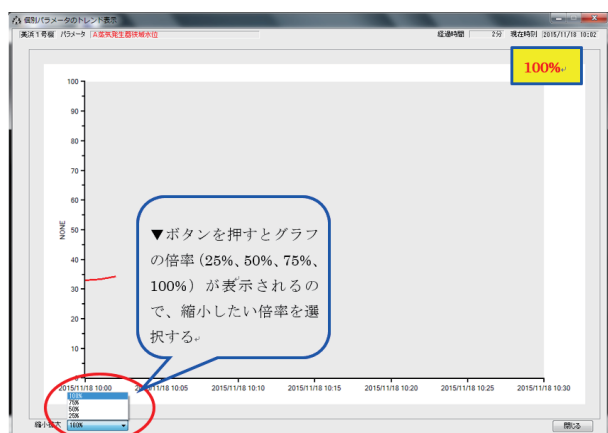


図12 トレンド表示画面（デフォルト100%）

2.2.3 機器の故障表示

事象進展画面において、事象の判断にあたっては従来の運転、停止表示だけではなく、故障表示を追加することにより、事象発生原因の判断をより正確に実施できるようにした。具体的には、演習用データ(csvファイル)において、0なら“停止”, 1なら“運転”, 0.5なら“故障”と画面表示するようにプログラムを改良した。(図14参照)

なお、故障による停止については「故障」と表示するが、ディーゼル発電機故障による安全機器の起動不能については、従来通り「停止」と表示して、電源復旧等の条件が整えば使用可能であるとしている。(図15参照)

また、故障のトレンドグラフについては従来どおり「停止」として表示している。

3. 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24～27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760名(平成24年度約320名、平成25年度約200名、平成26年度約160名、平成27年度約80名)がSA研修を受講し、SA演習

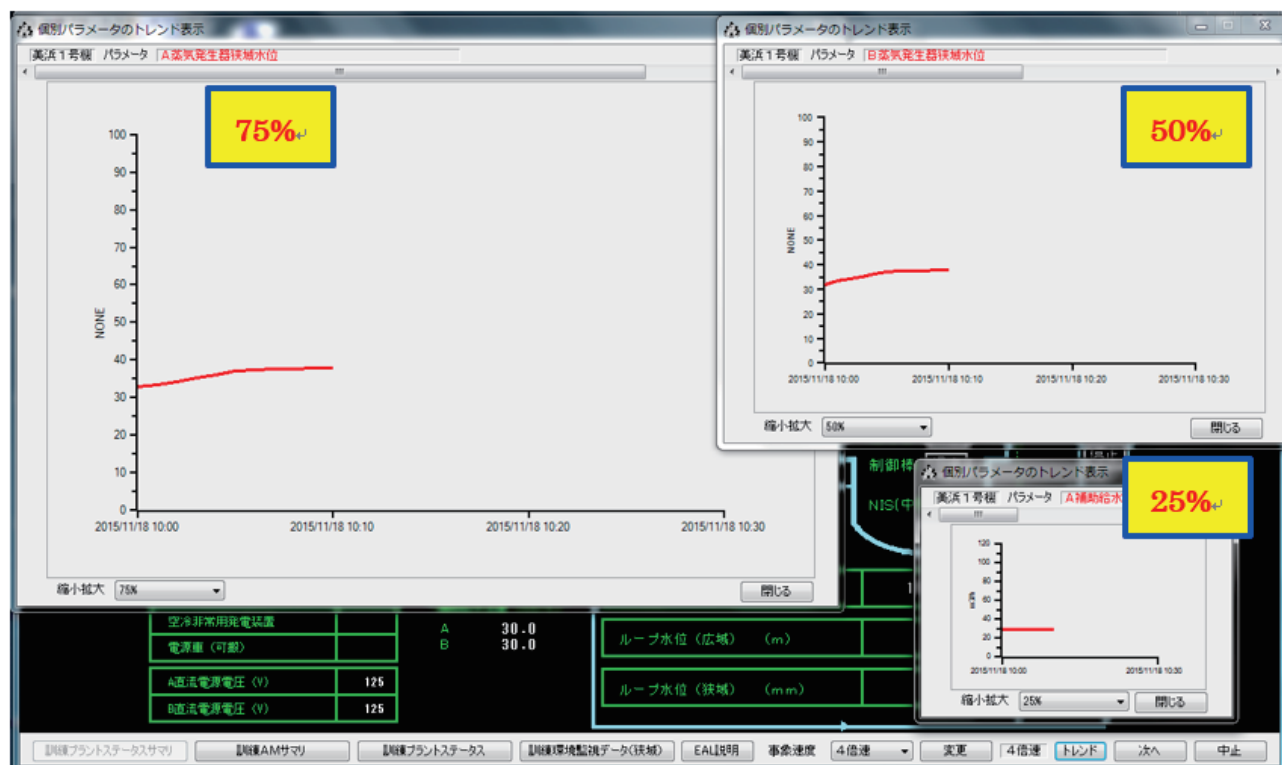


図13 トレンド表示画面（25%、50%、75%）

METI名称	TR078	TR079	TR080	TR081	TR082	TR083	TR084	TR085
APSYM	METI_TR078	METI_TR079	METI_TR080	METI_TR081	METI_TR082	METI_TR083	METI_TR084	METI_TR085
通番	165	166	167	168	169	170	171	172
点番号名称	A D/G起動	B D/G起動	安全注入ラインアッ	安全注入ラインアッ	CVスプレイラインア	A電動補助給水ボ	B電動補助給水ボ	タービン動補助給水
単位	—	—	—	—	—	—	—	—
1	1	0.5	0	0	0	0	0	0
2	1	0.5	0	0	0	0	0	0
3	1	0.5	0	0	0	0	0	0
4	1	0.5	0	0	0	0	0	0
5	1	0.5	0	0	0	0	0	0
6	1	0.5	0	0	0	0	0	0
7	1	0.5	0	0	0	0	0	0
8	1	0.5	0	0	0	0	0	0
9	1	0.5	0	0	0	0	0	0
10	1	0.5	0	0	0	0	0	0
11	1	0.5	0	0	0	0	0	0
12	1	0.5	0	0	0	0	0	0
13	1	0.5	0	0	0	0	0	0
14	1	0.5	0	0	0	0	0	0
15	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
16	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
17	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
18	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
19	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
20	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
21	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
22	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
23	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
24	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
25	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
26	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
27	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
28	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
29	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0
30	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0

図14 演習用データ (0:“停止”, 1:“運転”, 0.5:“故障”)

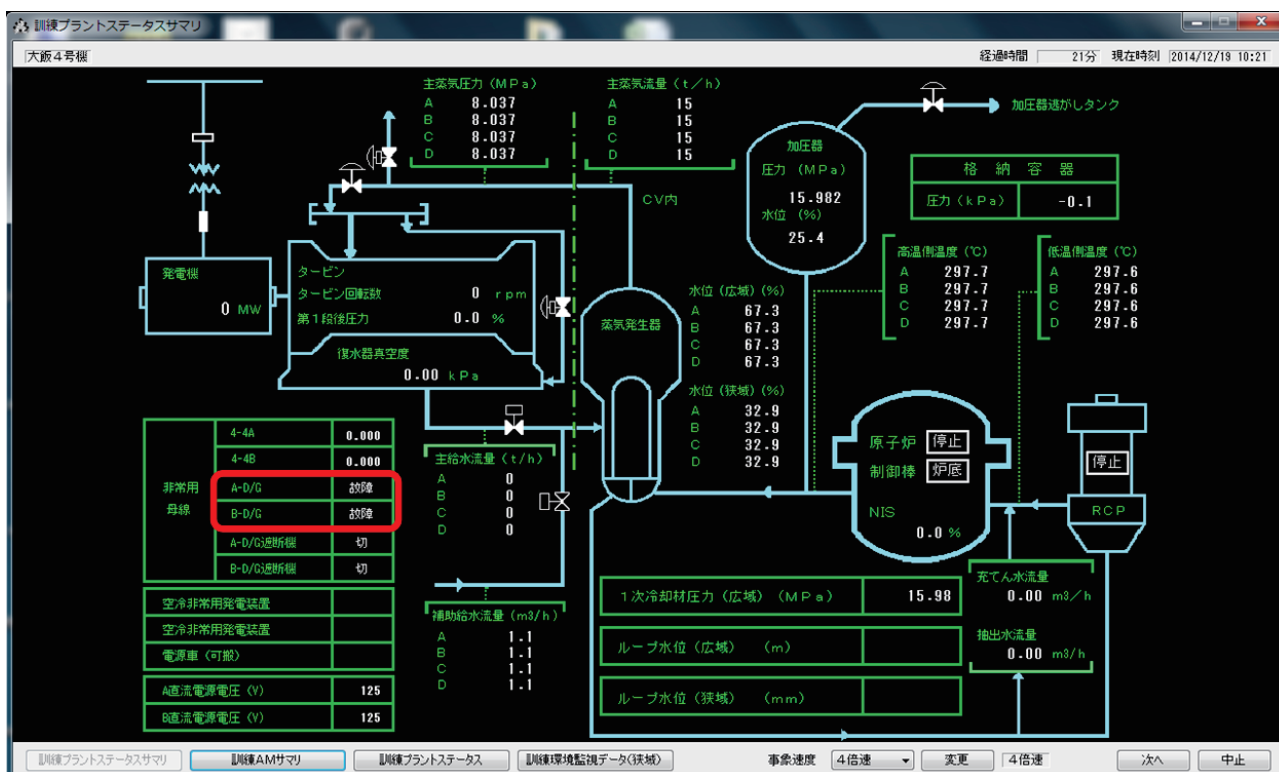


図15 訓練プラントステータスサマリ画面 (故障表示)

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通報連絡票の作成、EAL判断ができており、演習ツールを活用することにより事故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取り扱っていない事象（使用済燃料貯蔵槽の冷却機能喪失（SE30）、火災・溢水による安全機能の一部喪失（SE53）等）の演習シナリオを充実させる必要がある。また、関西電力でのSA研修の実施結果および受講者からの改善要望を踏まえた演習ツールの改善を継続して実施する必要がある。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。

4. 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て開発したSA演習ツールを活用して、関西電力のSA研修を実施した結果を基に、受講者からの意見要望等を検討し、更に教育効果を上げるために演習ツールの改良を行った。

主な改良点は、EAL判断のための演習シナリオの充実、EAL説明資料表示等の演習ツールの機能追加である。

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、本演習ツールにより事故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改善していく。

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/yosan_hourei/yosan_hourei.html.
- (3) 原子力規制委員会, “原子力災害対策指針（平成28年3月1日部分改正）”, (2016).
- (4) 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, PP.308-316 (2010).
- (5) 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, PP.291-296 (2012).
- (6) 川崎郁夫, 吉田至孝, 山本泰功, 岩城隆則, “平成26年度福井県原子力防災訓練のプラント事象進展シナリオ解析”, INSS Journal, Vol.22, PP.169-176 (2015).
- (7) 川崎郁夫, 吉田至孝, 岩崎良人 “シビアアクシデント演習ツールの開発と適用”, INSS Journal, Vol.21, PP.196-204 (2014).