

ノンテクニカルスキルに着目した緊急時対応訓練の開発^{*1}

- (1) 「たいかん訓練」の開発と試行 -

Development of Emergency Response Training focusing on non-technical skills
- (1) Development and Trial of "TAIKAN Training" -

彦野 賢 (Masaru Hikono) ^{*2} 松井 裕子 (Yuko Matsui) ^{*2}
金山 正樹 (Masaki Kanayama) ^{*2}

要約 2011年に発生した東日本大震災以降、プラント現場の緊急時対策本部内で指揮命令をとりしきる幹部クラス職員のリーダーシップ能力の向上が強く求められ、ノンテクニカルスキルを向上させるための訓練プログラムが開発・導入されつつある。そこで、緊急時の初期対応を行うプラント職員を対象とし、現場にて実施可能なアクティブラーニング演習を取り入れた訓練カリキュラムを開発した（通称：たいかん訓練）。訓練の中核部分である演習中の負荷評価および現場導入にむけた課題の抽出を目的として、プラント職員38名に試行した。試行結果、参加者はノンテクニカルスキルの重要性や必要性について多くの気づきを得たことが明らかとなった。今後は、現場主体で繰り返し実施できるための支援検討、および、カリキュラム改善を行う予定である。

キーワード ノンテクニカルスキル, 教育訓練, 緊急時対応

Abstract Since the Great East Japan Earthquake of 2011, there have been increasing calls for developing the leadership capabilities of managers who are in charge of command and control of the on-site emergency response center at nuclear power plants. Training programs to improve non-technical skills are being developed and introduced. The authors developed an active learning exercise "TAIKAN Training" that can be repeatedly performed on-site, targeting on-site commander teams in charge of the initial response in an emergency situation. The exercise forms the core element of a non-technical skills training curriculum. This paper outlines the developed exercise, evaluates the stress on the participants caused by the exercise, and identifies any issues before actually introducing it to a site.

Keywords Non-technical skills, training, emergency response

1. はじめに

国内の航空、鉄道、医療、発電プラントなど特に高い安全性が求められる産業では、業務の安全性をより強化するため、ハード対策やマニュアル整備などのソフト対策を実施するだけでなく、その設備を取り扱う職員の視点（人的要因）からも様々な努力が行われてきた（行待，2004）。その後、機器知識や操作手順など業務に直結した技術的専門知識・技量を効果的に発揮するためのコミュニケーション力や状況認識力の重要性が指摘（例えば，IAEA,2001）されるとともに、変動する業務

状態に柔軟に対応するレジリエンスエンジニアリング（Hollnagel, Leavson & Woods, 2006 北村監訳 2012）と呼ばれる4つのコア能力（学習・対処・予見・測定）からなる新たな安全方法論が提唱されていることをふまえ、専門知識・技量を効果的に発揮すること目的とした訓練プログラムの開発が様々な産業で取り組まれている（たとえば，中野渡・高橋・山崎・北村・石橋（2016），楠神（2015），土屋（2017），大阪大学医学部付属病院（2014）など）。

コミュニケーションや状況認識など「テクニカルスキルを補って完全なものとする認知的、社会的、そして個人的な」スキルはノンテクニカル

*1 本研究は、ICAPP2017での発表予稿(Hikono, Matsui & Kanayama, 2017)を一部修正したものである。

*2 (株)原子力安全システム研究所 社会システム研究所

スキル^{*3}とも呼ばれる (Flin, O'Connor, & Crichton, 2008 小松原訳 2012). 緊急時対応における現場指揮者の状況認識や情報共有といった人的要因に関わる技能は、近年、ノンテクニカルスキルとして注目されており、緊急時の訓練で用いられてきた (たとえば野々瀬・渋谷・長坂 (2017), 南川 (2017), 山内 (2015) など). ノンテクニカルスキルは、テクニカルスキルと対比する言葉であり、ヒューマンエラーを避け安全を確保していくため、特に現場スタッフが持つべきスキルである。Flin (1996) は、緊急事態でストレス下におかれた現場指揮者がもつべきノンテクニカルスキルを9項目(「リーダーシップ」「コミュニケーション」「権限委譲」「チーム管理」「時間制約やストレス下での意思決定」「状況の評価(状況認識)」「行動方針の計画と遂行」「ストレス管理」「起こり得る突発的事態への事前準備」)に整理するとともに、業種に応じた訓練カリキュラムを構築する必要があると指摘した。

ここで発電プラント分野に目を向けると、2011年の東日本大震災を受け、とりわけ有事の際に現場の緊急時対策本部で指揮命令をとりしきる幹部クラスの職員に、緊急時の人間特性に関する知識などの教育あるいは訓練が必要であると東京電力 (2013) は報告した。また、日本原子力学会ヒューマン・マシン・システム研究部会 (2015) は、現場の緊急対策室や本社の対応本部内で、現場運転員の状況認識や情報共有などの人的側面にも問題があると指摘した。それらの反省点を踏まえ、例えば、原子力安全推進協会 (久郷, 2015) は、緊急時対応を行う幹部クラス職員を対象としたノンテクニカルスキルの教育・訓練を事業者に開講してきたが、それぞれの職場の実情に合うよう自発的に企画し訓練を運営するために利用可能な情報は少ないのが現状であった。そのため、現場から、比較的簡易に実施しやすく、緊急時の現場指揮者チームを対象とした、ノンテクニカルスキル向上のための訓練カリキュラムの改善を求める声が高まっていた。

彦野・作田・松井・後藤・金山 (2016) は、公開されることとなった東日本大震災当時の現場指揮者のヒアリング記録「吉田調書」(内閣官房, 2014) は、

当時の指揮者および緊急時対応チームがおかれた厳しい状況を知るうえで貴重な経験の記録であり活用できるとし、ノンテクニカルスキルの側面に焦点をあてた教訓の抽出を行った。その結果、緊急時対応を行う現場幹部に求められる教訓は、Flin (1996) によるノンテクニカルスキル分類と重なる「コミュニケーション」「ストレス下の意思決定」「ストレス下の人間特性」「権限委譲」「状況把握」「状況評価(認識)」「組織管理」「非常事態への事前準備」の8分類に集約されることを示した。この集約結果を利用し、シビアアクシデントに対応する現場幹部クラスが要求されるノンテクニカルスキルを高めるための訓練カリキュラムを開発することにより、教訓を生かすことができると考えられる。

2. 目的

本研究では、訓練カリキュラムの主要部分である行動型演習を中心に訓練カリキュラムを開発するとともに、開発した訓練を現場職員に試行検証することを目的とする。なお、検証にあたっては、①現場本格導入に際しての課題の抽出、②演習シナリオから参加者が被る負荷測定を含めることとした。

3. 訓練カリキュラムの開発

3.1 開発のねらい

訓練カリキュラムの開発にあたっては、まず現場で繰り返し実施できることを重視した。スキルを習得し実践できるようになるためには反復学習が望ましいが、指揮者クラスが外部まで訓練を度々受けるために現場を離れることは現実的には難しい。そのため、比較的少人数が現場で短時間に実施可能な研修カリキュラムの開発を意図した。そこで、休日夜間に現場に常駐する宿直当番が現場の緊急時対策本部内で初期対応を行う場面に着目した。

また、緊急時対応を対象とするため、ある程度の緊迫感の中での対応を求める必要があると考えた。そのため、訓練対象者には事前に演習シナリオ

*1 IAEA (2001) は、様々な呼び方 (soft skills, core competencies, non-technical skills, human-factor related competencies) があると述べている。Flinら (2012) は、技術的な事柄を扱う場合テクニカルスキルは重要だが、高い技術的専門性をより実効あるものとするために必須なスキルはsoft skillsと称すべきではないとあえて強調しており、本研究も同じ立場をとりノンテクニカルスキルを用いた。なお、航空機の運航乗務員らにおいて発展してきたCRM (crew resource management) スキルとノンテクニカルスキルはイコールではなく、CRMスキルはノンテクニカルスキルの一形態である。

を知らせない（ブラインド）、クロスロード演習のようにジレンマ場面での意思決定を求める際に時間を止めずにリアルタイムで対応を求めること、さらに、中心となるプラントシステムへの対応だけでなく技術的判断を必ずしも必要としない複数の出来事（以後、阻害事項と呼ぶ）への対処を同時並行的に求めること、を必要な要素とした。したがって、訓練手法としては、実際に参加者にチームで協働して対処行動や意思決定を求めるアクティブラーニングのロールプレイング方式を採用した。このような実習ベース手法はノンテクニカルスキル訓練で最も効果的な手法と指摘されている（Flin, O'Connor, & Crichton, 2008 小松原訳 2012）。

訓練参加者が演習に没入しやすいよう、訓練を行うプラント固有の設備や地区名を演習シナリオや後述する事前動画に取り入れるよう現場ごとにカスタマイズした。演習開始後に参加者に新たな対応を求める阻害事項は、前述の所長のヒアリング記録から抽出されたノンテクニカルスキルの8分類（彦野他, 2016）が網羅されるよう意図した。ノンテクニカルスキルの訓練では、振り返りを通じた参加者自身の気づきや学びが重視されるため、事後討議の時間を設けた。

本研究で開発した訓練は、表1に示す特徴をもつと整理できる。まず、実プラントの緊急時対策室とそこに設置されている設備を使用し、参加者は出張する必要がなく比較的短時間で参加でき、万一、現実の緊急時が発生した際には訓練を中断し即対応できる利点を有している。また、実際の当番チームで体制を構築することが可能で、普段からの顔見知りメンバーでチーム構築でき、チームメンバーの組み合わせを変えることも比較的容易であり、様々な想定で計画することが可能である。さらに、それぞれの現場のローカルな条件を加味した設定変更が可能

表1 開発した訓練の特徴

項目	これまでの訓練	開発した訓練
目的	想定事故に対し、定められた手順書通りに対応ができ、時間内にその行動ができること等を習熟。	事故対応する現場指揮者クラスに求められるノンテクニカルスキル（ストレス時の人間特性、状況認識等）を理解し、醸成。
リアリティ	実態(役割分担、人、手順、リソース)とほぼ同じ。	現場の実態とは乖離。(リソースは制限される)
阻害	ポンプ不動作、弁固着などの機械不具合、夜間・悪天候・同時発災など、人的ではないこと。	自然災害や人為災害以降に発生する、人間の不適切な行動や誤解などによるもの。
サクセスパス	手順書に従って行動すること、制限時間内に行動すること。(目標達成・見込時点まで)	失敗から学ぶことを期待しており、100点満点はない。(途中で時間も時間で打ち切り)

であり、演習補助者（コントローラー）に職場の職員の協力が得やすく、個別事情を踏まえた阻害事項のリアルさを高めることができる。これらのメリットにより、参加者の納得性や没入感はより高くなり、効果も高くなることが期待できる。

3.2 開発した訓練カリキュラムの概要

前項の意図を踏まえて開発した訓練カリキュラムの基本形の概要を主要な手続き（図1）に従って、以下に記す。

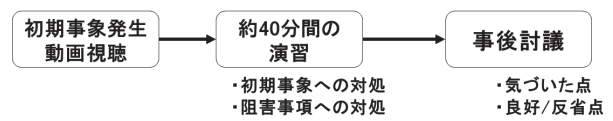


図1 演習の手続き

まず、訓練実施者が訓練の目的と演習のルールを説明した後、演習を開始した。訓練参加者は6名（もしくは4名）でチーム（役割：休日当番の幹部クラス）を編成して行われた。参加者は、本部指揮者、ユニット指揮者（2名もしくは1名）、現場調整者、通報連絡者（2名もしくは1名）のいずれかの役割が与えられ（図2）、職場の実態に即したチーム構成とした。想定される役割は、本部指揮者はチームのとりまとめ、ユニット指揮者は各設備ユニットの責任者、現場調整者は現場の緊急対策要員のとりまとめ、通報連絡者は所内外への情報伝達および記録係であった。なお、詳細な役割は本部指揮者の裁量で変更できるものであった。

演習の冒頭、参加者は、緊急事態につながる起因事象が発生してから休日当番が緊急時対策室に集合

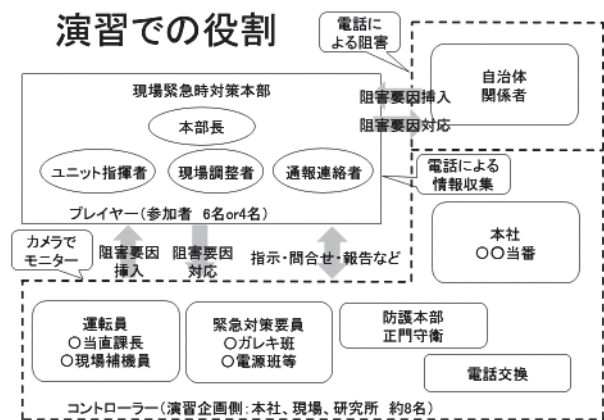


図2 演習での役割

するまでの経緯を説明する動画を視聴した。その後、緊急時対策室に設けた演習場所に移動し、動画で付与された起因事象への対応を約40分間から60分間にわたり行うことが求められた。別室にいるコントローラー（約6名）は、中央制御室運転員や緊急対策員、上位組織などの役割を演じた。演習中、現場緊急対策本部として、状況認識、意思決定、指示を行うことが必要となるため、訓練参加者は、コントローラーが演じる各役割に対し指示や問い合わせをすることが求められた。さらに訓練参加者は、起因事象への対応を行いながら、コントローラーから電話を通じて付与される新たな阻害事項への対処も、あわせて求められた。緊急時対策本部と中央制御室や外部との連絡は、実際に電話等による発話でのやり取りが中心となることが予想されるため、訓練参加者に与えられた演習室外との連絡や情報収集の手段は電話のみとした。また、演習場所には、ホワイトボード、壁掛け時計、ノート、筆記用具、電話、人員表、構内配置図、休日当番用業務マニュアルが用意され、訓練参加者はそれらのリソースを必要に応じて使用することができた。

阻害事項は一回の演習中に約10個程度挿入することとした（表2）。演習場所から離れた場所（コントローラー室）にいるコントローラーは、演習場所に電話をかけて阻害事項を与え、もしくは、参加者からの問い合わせに回答した。訓練参加者が判断する起因事象や阻害事項への対応方針や対応に伴う問い合わせに応じ、コントローラーは台本通りを行うということではなく、自らも臨機応変に対応することを心掛ける必要があり、演習シナリオの進行はチームにより若干異なった。プレイヤーの行動は、演習室内に設置したカメラとマイクによりコントローラー室で投影した。コントローラーはビデオカ

表2 演習で挿入した阻害事項（例）

演習開始からの時間	阻害する内容(例)
0分後から5分後	あえて何もしない(チームビルドの時間)
6分後	現場にいる慌てた運転員から意味不明電話
7分後	B中央制御室からプラント急変の電話
同上	A中央制御室からプラント急変の電話
9分後	B中央制御室から支援要請の電話
10分後	防護本部から構内にいる人数の連絡
15分後	B中央制御室から支援催促の電話
19分後	本社本部から状況確認の電話
同上	B中央制御室から計器異常の電話
同上	正門守衛から住民が避難してきたとの電話
25分後	現場運転員からけが人発生の電話
約25分後	現場派遣要員より、緊急対策設備不具合発生の電話
28分後, 35分後	地元町(28分後)および立地県(35分後)から問い合わせ電話
30分後	B中央制御室から設備異常の電話
35分後	正門より県道トンネル崩壊の情報電話

メラを通じ演習室の様子を見ることができた。

演習終了後は、訓練参加者、コントローラーともに討議スペースに移動し、ヒューマンファクターの専門家によるファシリテーションのもと、演習への感想、反省点、自分や他のメンバーの良好な点等について約1時間、振り返りの議論を行った。

4. 検証方法

開発した訓練カリキュラムを、実際の訓練対象者となる現場の幹部クラスに対して実施し、現場での実施に当たっての課題と、演習シナリオによる精神的作業負荷を測定した。

4.1 参加者

検証の参加者は3つの職場の男性職員計38名（6名×5チームおよび4名×2チーム）で、うち1名を除き、実際の現場で平素より当番体制に組み込まれている幹部クラス職員であった。一方、コントローラー（約6名）は、現場の幹部クラス職員もしくは現場勤務経験者が務めた。

4.2 検証手続き

前章で述べた訓練概要に従った検証手続きを行った。冒頭、訓練および検証の目的を参加者に説明し、書面で同意を得て実施した。訓練全体では約2時間半の時間を要した。本検証計画は、事前にINSS研究倫理委員会に付議した。3事業所で実施した検証手続きの比較を表3に示すが、各事業所の個別事情を踏まえ、演習時間、演習場所、外部専門家の立会の有無、ブラインド有無について差異が生じた。

表3 事業所別検証手続き比較

	A 事業所	B 事業所	C 事業所
実施場所	緊急時対策室	緊急時対策室	INSS研究室
参加者	6名×3班	6名×2班	4名×2班
事故シナリオ	自然災害およびSBO+小LOCA	自然災害およびSBO+小LOCA	自然災害およびSBO+大LOCA
ブラインド	○	○	×
ノンテク阻害数	15個	15個	15個
演習+討議時間	60分+60分	40分+60分	40分+60分
外部専門家招聘	あり	あり	なし

※ SBO (Station Black Out) : 全交流電源喪失
LOCA (Loss of Coolant Accident) : 冷却材喪失事故

※ 現場協力者との協議に基づく実施内容

4.3 内観測定（質問紙）

演習後に参加者に求めた質問は、演習に対する評価（5段階評定×2項目）、演習から得られた気づき（自由記述1項目）、現場適用に向けての課題（自由記述1項目）、および、演習により与えられた作業負荷評価（7項目）であった。演習に対する評価は、現場幹部に受け入れられる演習となっているかどうかを知るために、「質問1：演習目的は他の幹部（これから参加する人）にも理解されるか」（1：理解されない～5：十分理解される）「質問2：演習に参加した意義を感じたか」（1：感じなかった～5：感じた）への回答を求めた。演習から被る作業負荷評価は日本語版NASA-TLX（NASA Task Load Index）（芳賀・水上，1996）を用いた。NASA-TLXは、代表的な精神的作業負荷の主観的評価法であり、知的・知覚的要求（mental demand）、身体的要求（physical demand）、タイムプレッシャー（temporal demand）、作業成績（own performance）、努力（effort）、フラストレーション（frustration）の6つの下位尺度から成る。本研究では、下位尺度に加え、「全体的負担感」を尋ねる項目を加えた。6つの下位尺度および全体的負担感を0—100のアナログスケールで評定を求めめるものである。0：負担なし～100：負担ありとし、演習終了直後に尋ねた。本来、NASA-TLXは重みづけ評価を行うが、重みづけ評価を省略した簡便法を採用した。

4.4 生理測定

簡便に取扱いができ、非侵襲性で、6名同時に測定可能な心拍計（ユニオンツール株式会社製 ウェアラブル心拍センサWHS-1）を用いた。心拍センサは参加者の胸に自ら装着し、演習補助者が通信データを確認後に、データ取得用PCを演習室に置き測定した。心拍センサから得られるデータのうち分析には体動、心拍数およびLF/HF値を利用した。LF/HF値は高くなるほど「緊張度合が高まる」との解釈（堀，2008）を採用した。また、心拍数は個人差があることから、LF/HF値をz得点化^{*4}し比較した。

*4 平均が0、標準偏差(SD)が1になるように変換した得点。

5. 結果と考察

5.1 演習に対する参加者の評価

参加者の評定値を全員（38名）および役割別、事業所別に示した結果を表4に示す。質問1および質問2ともに、参加者は高い評定をした（いずれも5段階評定で平均値は4.63）。役割別にみると、本部指揮者のばらつき（標準偏差）が他の役割よりも大きい。また、事業所別では、C（質問1、質問2ともに4.88）がA（4.56）、B（4.58）より高い評定を示した。事業所、役割に関わらず、参加者は本演習を肯定的にとらえていることがわかった。

表4 演習に対する評価結果

		質問1 この研修の目的 は他の幹部の 方々にも理解され ると思いますか	質問2 あなたはこの演習 に参加した意義を 感じましたか	n(人)
全体	平均値	4.63	4.63	38
	標準偏差	0.49	0.54	
本部 指揮者	平均値	4.43	4.43	7
	標準偏差	0.54	0.79	
ユニット 指揮者	平均値	4.75	4.83	12
	標準偏差	0.45	0.39	
役割別 通報 連絡者	平均値	4.58	4.58	12
	標準偏差	0.52	0.52	
現場 調整者	平均値	4.71	4.57	7
	標準偏差	0.49	0.54	
事業所別 A	平均値	4.56	4.56	18
	標準偏差	0.51	0.62	
B	平均値	4.58	4.58	12
	標準偏差	0.52	0.52	
C	平均値	4.88	4.88	8
	標準偏差	0.35	0.35	

5.2 演習から得た参加者の気づき （自由記述）

演習を通じて得た気づきは、全参加者38名のうち無回答の2名を除く36名から59件の自由記述回答が得られた。訓練効果評価の枠組みとして広

く用いられる Kirkpatrick の 4 階層学習レベル^{*5} (Kirkpatrick, 1998) を参考として内容を分類した結果、訓練への反応 (reaction) レベルが12件、参加者の気づきである学習 (learning) レベルが41件、今後の職場などでの行動 (behavior) レベルへの言及が5件、組織管理への改善提言 (organization) レベルが1件であった。

Reaction レベルの内容は、演習で設定した状況が仮想的であることによる対応のしにくさに対するネガティブな反応、プラント事象以外への対処訓練であることに対するポジティブな反応に分かれた。参加者に対する事前説明のなかで、今回の検証は開発した訓練評価が主目的と伝えたが、多くの参加者は自らも学ぶ機会となったと言及した。

さらに、参加者自身の Learning, behavior および organization の水準で記述された気づき (47件) をノンテクニカルスキル分類 (彦野他, 2016) にしたがって分類した (表5)。その結果、コミュニケーション (16件)、状況把握 (18件) に関する記述が多く、開発した演習を通じて、入手した情報の共有および情報の集約による状況の把握においてより多くの気づきが得られたことがわかった。また、複数のノンテクニカルスキルについての記述から、ホワイトボードなどへの情報集約や電話での情報収集が俯瞰的な状況把握を阻害している状況がうかがえた。

表5 参加者の気づき

ノンテクニカルスキル分類 (彦野ら, 2016)	記述数 (件)	記述内容(主なもの)
コミュニケーション	16	情報伝達・共有のタイミングの難しさ、他のメンバーとのコミュニケーションの重要性、正確な情報伝達の工夫の必要性(口頭、板書)
状況把握	18	積極的な情報収集の重要性、わかりやすい記録の重要性。
状況認識(評価)	4	今後の状況を予測した情報収集の重要性
ストレス下での意思決定	7	不明確な状況での意思決定に伴うストレスに関する気づき、優先順位の重要性
ストレス下での人間関係構築	1	他のメンバーのスキルを活かすことの重要性
組織管理	9	役割分担の重要性、状況に応じた積極的で柔軟な役割変更の重要性、組織管理スキルの必要性、慣れない役割を体験することの意義
事前調整	1	PHS等の通信設備の日常管理の意義
その他	2	テクニカルスキルの重要性、ノンテクニカルスキル全般の重要性
合計	58	

※複数のノンテクニカルスキルについて記述した分が含まれているため、総数は47件とはならない

5.3 演習の改善に関する意見 (自由記述)

38名からのべ58件の演習に対する意見が得られた。そのうち演習の改善に関する提案は32件で、実施方法に対する提案 (実施頻度, 対象者範囲), 事前の情報提供のあり方 (実施目的, 役割分担), 演習中の手がかりの追加 (パラメータ挙動, 現場要員の連絡先), 訓練後のフォローの必要性についてであった。残りの26件の記述は、訓練にポジティブな意見 (19件) および中立的な感想 (7件) であった。

ポジティブな意見の主な内容は、緊急時対応スキル向上への期待、既存訓練とロールプレイ演習の比較による評価であった。一方、改善提案のうち演習実施にネガティブな意見は3件認められ、ノンテクニカルスキルの訓練でありながらテクニカルな判断も求められることによる訓練目的の不明確さ、与えられる情報の少なさによる判断のしにくさ、および、シナリオ設定に関する意見であった。プラントのトラブルへの対応でありながら、普段の業務やこれまでの訓練では利用できる情報が利用できないことに対する参加者の戸惑いがうかがえた。東日本大震災でも明らかになったように、緊急時対応の際にはスキルのある人員が応援に来られない、もしくは、SPDSプラント情報が使えないなどの可能性も現実には発生するかもしれない。今後は、そのような状況での対応も求められる可能性があることを前提とした訓練であることの事前の説明も必要であると考えられる。

5.4 作業負荷 (質問紙)

表6に全参加者および役割別、事業所別の平均評定値を示す。下位6項目の評定値を見ると、身体的負担が最も低かった (49.2)。本演習では、1時間の演習のほとんどの時間、参加者は着座していることによるものと考えられる。その他の評定値は57.3~62.4であり、全体的負担感 (60.4) は、芳賀・水上 (1996) において難易度が中程度に設定された課題と同程度であった。今回のシナリオは設置許可記載の内容であり、今回10個程度の阻害事項を挿入したが、東日本大震災の事例からある程度予想され

*5 Kirkpatrick (1998) の4段階モデル。第1段階「反応 (reaction)」満足度など受講者の訓練プログラムへの反応、第2段階「学習 (learning)」参加者によって理解され、吸収された原理、事実、スキル、第3段階「行動 (behavior)」訓練で学んだ知識の職場や模擬環境での行動への転移、第4段階「組織 (organization)」生産性など組織レベルでの目に見える改善。

表6 精神的作業負荷評価

		知的・知覚的	身体的要	タイムプ	作業成績	努力	フラスト	全体の負	n(人)
		要求	求	レスシャ-			レーション	担感	
全体	平均値	60.8	49.2	59.3	51.0	63.7	58.0	58.8	38
	標準偏差	15.04	20.46	15.76	21.09	16.30	15.61	15.85	
本部指揮者	平均値	60.1	45.4	59.1	44.7	61.4	55.4	60.0	7
	標準偏差	13.06	21.89	19.03	21.07	16.49	15.97	13.76	
ユニット指揮者	平均値	59.3	47.5	52.9	53.1	64.4	53.2	55.1	12
	標準偏差	11.98	16.46	16.19	19.28	14.54	14.71	14.77	
通報連絡者	平均値	60.8	50.0	63.4	56.2	60.3	64.8	59.3	12
	標準偏差	17.00	23.00	13.66	17.31	16.32	14.52	17.99	
現場調整者	平均値	64.3	54.6	63.3	44.9	70.6	56.9	63.1	7
	標準偏差	20.32	24.01	14.59	30.25	20.16	17.76	17.71	
A	平均値	62.4	48.5	59.7	57.3	60.6	59.4	60.4	18
	標準偏差	16.10	17.68	14.62	16.80	17.06	16.89	13.21	
B	平均値	58.8	41.8	55.1	45.7	65.1	57.1	61.9	12
	標準偏差	15.89	25.25	18.06	22.72	16.69	16.47	16.46	
C	平均値	60.4	61.9	64.8	44.8	68.8	55.9	50.6	8
	標準偏差	12.52	13.12	14.70	25.64	14.23	12.53	19.43	

る事態であり、参加者の負担もそれほど高くならなかったと考えられる。

次に、役割分担別の作業負荷を見ると、全体的にユニット指揮者と通報連絡者がやや高く、本部指揮者は低い傾向を示した。タイムプレッシャーとフラストレーションは、通報連絡者と現場調整者が高い傾向を示した。班によって、各役割が実際に行ったアクティビティは異なるので、単純には比較できないが、役割によって異なる負荷がかかっていたといえる。最も負荷が高くなると思われる本部指揮者が最も低かったのは、業務経験や訓練経験が他の参加者よりも豊富であり、緊急時対応に慣れていることも影響したのではないかと考えられる。

5.5 作業負荷（生理測定）

全参加者の記述統計量（LF/HFピーク数、体動、1分あたりの心拍数および安静時との心拍数比）を表7に示す。全参加者38名中、心拍測定に同意した参加者は32名で、うち欠測なく評価できたデータを有効とした。z得点で2 ($\sigma=2$) と1 ($\sigma=1$) を目安として、演習中に何回ピークが発生したかを計数した。もし、データが正規分布と仮定した場合には、1 σ は全体の68.3%、2 σ は全体の95.4%を網羅しており、その値を超えた場合は、演習全体を通じ、緊張が瞬間的に高まったものと解釈した。

2 σ ピーク数は役割別比較の差は認められなかった(図3)が、体動を比較した結果(図4)、本部指揮者と現場指揮者との間で有意差が認められた。本部指揮者は着座しながら状況把握や指示を行って

表7 生理測定結果

		LF/HFピーク数(2 σ)	LF/HFピーク数(1 σ)	体動	心拍	安静時との心拍比	n(人)
		全体	平均値	6.83	14.53	0.102	
	標準偏差	2.04	4.80	0.032	12.38	0.04	
本部指揮者	平均値	6.50	16.17	0.068	86.68	1.015	6
	標準偏差	2.17	6.85	0.015	9.74	0.04	
ユニット指揮者	平均値	6.88	13.38	0.101	88.30	1.056	8
	標準偏差	1.64	3.85	0.026	14.11	0.04	
通報連絡者	平均値	7.40	15.30	0.105	82.15	1.064	9
	標準偏差	2.67	4.92	0.034	12.69	0.04	
現場調整者	平均値	6.17	13.17	0.131	86.10	1.069	6
	標準偏差	1.17	3.66	0.014	13.16	0.02	
A	平均値	7.91	18.18	0.094	89.21	1.067	11
	標準偏差	1.92	4.35	0.039	9.93	0.03	
B	平均値	6.55	12.55	0.101	83.53	1.046	11
	標準偏差	1.97	4.52	0.023	16.04	0.04	
C	平均値	5.75	12.25	0.117	82.77	1.041	7
	標準偏差	1.75	2.43	0.028	8.95	0.04	

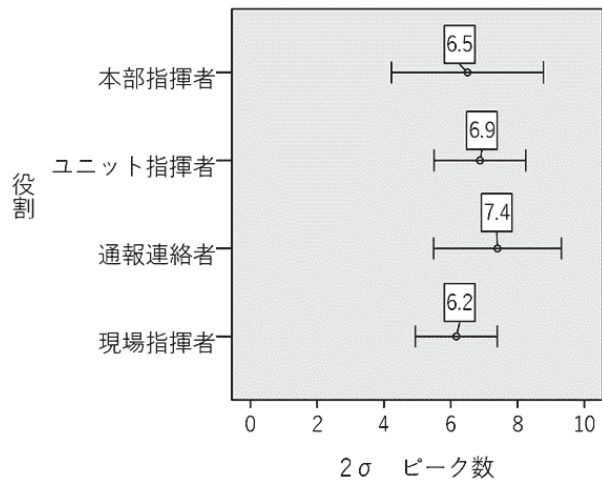


図3 LF/HFピーク数（役割別比較）

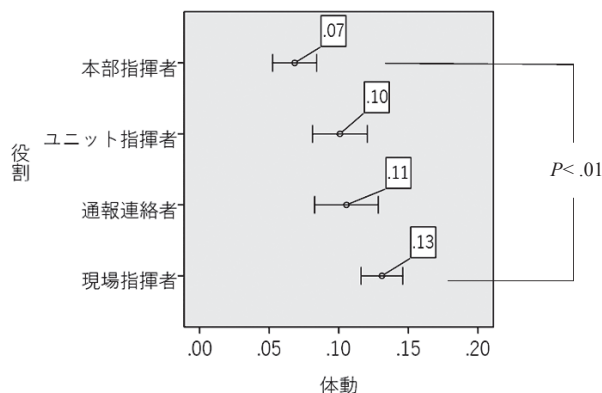


図4 体動（役割別比較）

いたことによると考えられる。

5.6 総括

参加者はそれぞれに多様な気づきを得ていたことが、事後討議、自由記述でもみとめられた。特に、本訓練を通じて緊急時対応に際しての個人の引き出しが増えたという意見もみとめられた。阻害事項は、企画側が意図しあらかじめシナリオで用意した阻害（外からの電話など）と演習参加者が自ら演習中に生み出した阻害（チーム内の他のプレイヤーの振る舞いによるもの）の2種類が発生した。このような訓練では本人が自分の気づきを理解し納得し（引き出しとしてナレッジ化）、さらに、場面に応じて引き出しを使う、より高い次元に導くための工夫が必要であると考え。例えば、なぜ復唱したほうがよりよいのかという知識を理解したとしても、その本人が日々の業務で如何なくスキル（復唱）を発揮できるかは、訓練で繰り返し実践しながら自分の引き出しとして体得する必要がある。

本訓練による参加者のノンテクニカルスキル向上の流れを説明するため、参加者の気づきや事後討議発言などから、スキルとして知っているか否か、そして気づくか否かの2軸で4象限（AからD）に分けることを試みた（図5）。

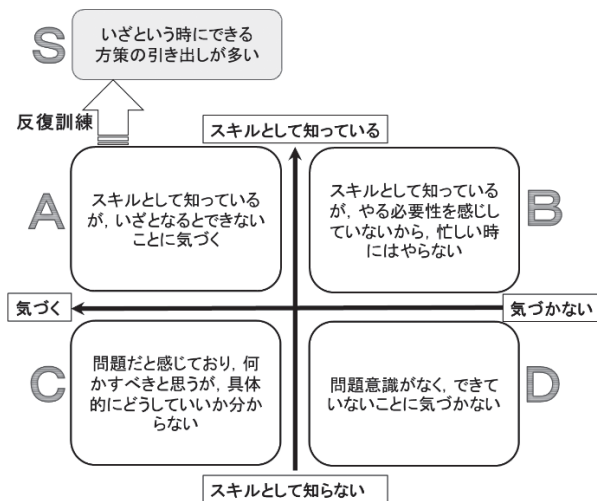


図5 本訓練で分類されるノンテクニカルスキル

象限A：スキルとしては知っているが、いざとなるとできないと気づく

指揮者は自ら電話するべきではないと知ってはいるが、いざとなると、つい自分で中央に電話をかけてしまうなどが該当

する。

この場合、自覚があるので自己努力でスキル修得できる可能性が高い。

象限B：スキルとしては知っているが、やる必要性を感じていないから、忙しい時にはやらない

電話の対応時に、指揮者から指示を受けた際に、復唱せず、単に「はい」と答えるなどが該当する。

この象限は基本的な事柄が多いと思われる。復唱など簡単なことなので、誰でもできていると思っているが、なぜ復唱が必要かを認識していない。復唱を省略したことで、情報の伝達が不正確になり、後から問い合わせるなど二度手間となり、タスク遂行に余計な時間がかかり、結果的に時間的なゆとりを失うことがある。自己努力でスキル修得できないので、教育すべき焦点のひとつといえる。

象限C：問題だと感じており、何とかすべきと思うが、具体的にどうしたらいいかわからない（スキルを知らない）

全体的に情報が錯そうし、チーム内で情報共有できていないと感じ、なんとかせねばという気持ちはあるが、どうしたらいいかわからず、迷っている状態などが該当する。

この象限は、個々の阻害事項に対応するのではなく全体像を掴めないなど、状況をコントロールできない感じを持つ時に、問題意識として現れる傾向がある。このようなとき、具体的な行動で状況を改善することができない。自己努力でスキル修得することは難しいが、問題意識は高いので、スキル修得意欲もある。教育の対象としたい領域である。

象限D：問題意識がなく、できていないことにも気づかない。

無意識に行動していることなど。例えば、「現場が水浸し」との電話を受け「人が水をかぶった」と本部内で報告すること。正確に電話の内容を本部内へ伝達していない

が、演習中はその虚構が明確な問題点とならないため、報告した本人は、自分が虚構したという意識がないだけでなく、その虚構を事実と思い込む。また、本部外（例えば運転員）に依頼した事柄について、指示したきりフォローアップせず、事後のディスカッションでコントローラーから指摘を受けて初めて気づくことなどが該当する。

この象限は、無意識の行動（または行動しないこと）が多い。

実際に今回の訓練の要点は気づくことであり、ノンテクニカルスキルを知ることと考える。象限Bから象限Aへの移行とは、阻害事項により演習で困難なことを経験させることであり、あえて失敗させ、スキルの有益性に気づかせないといけない。失敗を自覚し、振り返りで気づかせることが重要である。象限Cにいる参加者は、冊子等で知識を与える必要があり、象限Dにいる参加者も、冊子等による知識付与で象限Bの領域に移行させ、さらに演習で気づかせて象限Aに移行させるべきであろう。そのようなきっかけを与えるものが、演習であり副読本と考えられる。そして、最終的に現場指揮者クラス全員を領域Sの次元まで高めることが理想となるであろう。

本研究では、開発した訓練を「たいかん訓練」と命名した。その意味するところは、訓練受講により経験と気づきを「体感」し、緊急時対応の核となる「体幹」を鍛錬し、問題解決のために広い視野とチーム全体を「大観」という本訓練のねらいをその名称にこめた。

6. まとめ

ノンテクニカルスキルに焦点を当てた現場主体で実施しやすい訓練を開発し、実際の休日当番対象者による試行を行った。

訓練参加者は、演習を通じて「コミュニケーション」「状況把握」「組織管理」を中心として6分類のノンテクニカルスキルの重要性や必要性について気づきを得た。実際に演習中に発揮されたノンテクニカルスキルについても、ビデオ分析を通じて明らかにしていく必要がある。

演習による精神的作業負荷は、身体的負荷を除き

中程度であった。「緊急時」を対象とする演習であれば、より高い負荷となるシナリオを用意してもよいかもしれない。また、役割によって精神的作業負荷はやや異なる傾向を示した。情報量や作業量の配分などの分析を通じて、シナリオの負荷操作や負荷の配分に関する知見が得られる可能性がある。今後も、いろいろな阻害事項を入れながら、各参加者に適切な負荷を与え、ノンテクニカルスキルへの気づきを効果的に引き出せるようにする必要がある。

一方、訓練の現場での実施に関しては、訓練目的の明示や訓練前や訓練中に提示する情報量について課題が抽出された。ノンテクニカルスキル訓練は現場ではなじみがないため、理解が十分でなかった参加者もいたと考えられる。今後は訓練目的について事前に説明することが重要であろう。訓練にあたって提示する情報量については、検討を要する。緊急時対応訓練では、スキルのある人員や情報などが十分でないことを前提として考える必要があり、情報やリソースの与えすぎは訓練の効果を低減させる。リソースの充実や模範例の提示を求める背景には、訓練においても「正しい対応」を行わなければならない、という考え方があるようにも思われる。これまで現場で行われてきた訓練では「正解」があり100点満点に向かってスキルアップを図ることを主眼としたものが多いが、この演習では正解を一意に定めて示すことはあえて目指していない。演習中の自らの行動を振り返り、各自が自発的に課題に気づきながら継続的に向上していくことに主眼がある。そのためには、演習内での失敗はむしろ歓迎されるべきものであると参加者が受け止める必要がある。このような訓練の性格の違いを事前に訓練参加者に理解してもらうための工夫も、検討していく必要があるだろう。今後は、現場主体で繰り返し実施できるための支援検討、および、カリキュラム改善を行う予定である。

引用文献

- Flin, R. (1996). *Sitting in the Hot Seat: Leaders and Teams for Critical Incident Management*. UK: John Wiley & Sons.
- Flin, R., O'Connor, P., & Crichton, M. (2008). *Safety at the sharp end: a guide to non-technical skills*. UK: Ashgate. (フィリン・オコンナー・クリフトン 小松原ら (訳) (2012). 現場安全の技術-ノン

テクニカルスキルガイドブック 海文堂出版)

芳賀 繁・水上 直樹 (1996). 日本語版NASA-TLXによるメンタルワークロード測定, 人間工学, 32(2), 71-79.

彦野 賢・作田 博・松井 裕子・後藤 学・金山 正樹 (2016). 政府事故調聴取記録からのノンテクニカルスキル教訓の抽出, INSS Journal, 23, 153-159.

Hikono, M., Matsui, Y., & Kanayama, M. (2017). Development of Emergency Response Training Program for On-Site Commanders (1). 2017 International Congress on Advances in Nuclear Power Plant (Kyoto, JAPAN), 17382.

Hollnagel, E., Woods, D. D., & Leveson, N. C. (2006). *Resilience engineering: Concepts and precepts*. Aldershot, UK: Ashgate. (ホルナゲル・ウッズ・リーブソン 北村 (監訳) (2012). レジリエンスエンジニアリング: 概念と指針 日科技連出版社).

堀 忠雄 (2008) 心理学の世界 基礎編12 生理心理学 人間の行動を生理指標で測る, 倍風館.

International Atomic Energy Agency. (2001). A Systematic Approach to Human Performance Improvement in Nuclear Power Plants: Training Solutions. Retrieved from http://wwwpub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/te_1204_prn.pdf (May 24, 2017).

小松原 明哲 (2015). レジリエンス行動のためのノンテクニカル・スキル 安全工学シンポジウム2015講演予稿集, 152-153.

Kirkpatrick, D. L. (1998) *Evaluating training programs - The four levels-*. Berrett-Koehler, US.

久郷 明秀 (2015). 原子力発電におけるリーダーシップの必要性, 火力原子力発電, 66 (8), 451-460.

楠神 健 (2015). 鉄道におけるヒューマンファクター教育ツール 安全工学シンポジウム2015講演予稿集, 154-155.

南川 忠男 (2017). ノンテクニカルスキルの向上で事故防止 労働安全衛生研究 10 (1), 3-12.

内閣官房 (2014). 政府事故調査委員会ヒアリング記録, Retrieved from http://www8.cao.go.jp/genshiryoku_bousai/fu_koukai/fu_koukai_2.html. (2017年5月18日).

中野渡 寛之・高橋 信・山崎 悟・北村 正晴・石橋 明 (2016). 現場作業におけるエラー体験シミュレータの開発 ヒューマンファクターズ, 20 (2), 30-44.

日本原子力学会ヒューマンマシンシステム研究部会 (2015). ヒューマンファクターの観点からの福島第一原子力発電所事故の調査・検討.

野々瀬 晃平・渋江 尚夫・長坂 彰彦 (2017). ノンテクニカルスキルを活かしたヒューマンパフォーマンスの向上 電中研 TOPICS, 23, 11-14.

大阪大学医学部附属病院中央クオリティマネジメント部 (2014). 医療安全教育トレーニングプログラム開発事業, Retrieved from <http://www.hosp.med.osaka-u.ac.jp/home/hp-cqm/ingai/instructionalprojects/index.html> (2017年5月24日).

東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会 (2012). 政府事故調最終報告書, メディアランド.

土屋 宏治 (2017). 航空機整備における現場力と人材育成 2017産業安全対策シンポジウム予稿集, S6-1-1.

山内 桂子 (2015). 医療におけるノンテクニカル・スキル 安全工学シンポジウム2015講演予稿集, 156-157.

行待 武生 (監修) (2004). ヒューマンエラー防止のヒューマンファクターズ テクノシステムズ.