

DEN-CHU-KEN

TOPICS

2017 3 March

VOL.23

Central Research Institute of Electric Power Industry

原子力発電所の安全性向上のための ヒューマンファクター技術

1. 安全性向上のための“人間”の課題
2. ヒューマンエラーの分析からエラーマネジメントへ
3. 危険を察知する感受性の向上
4. 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
5. 東日本大震災における想定外事態対応の成功要因

原子力発電所の安全性向上のためのヒューマンファクター技術

1. 安全性向上のための“人間”の課題

国内外で大きな事故などを経験するたびに“人間”に関わる問題が指摘され、様々な取り組みが行われてきました。特に原子力発電分野においては、2011年の福島第一原子力発電所事故を踏まえて2012年に導入された新規制基準において、「社会科学及び行動科学の知見を踏まえて、保安活動を促進すること」^{注1)}が求められました。また、2015年の経済産業省総合資源エネルギー調査会自主的安全性向上・技術・人材WGの報告書^{注2)}では、「ヒューマンファクター分野に知見を有する人材の育成に取り組むこと」が提言されました。

このように、ヒューマンファクター等の知見を有する人材を育成し、保安活動、品質保証活動を充実することが、原子力発電所の安全性向上のために一層求められています。

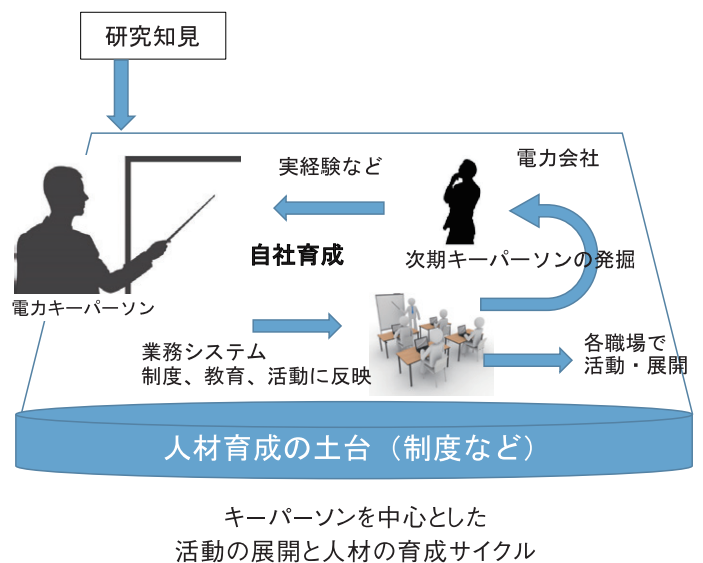
電力中央研究所では、ヒューマンエラー防止や安全文化醸成のために必要なツール開発に継続的に取り組んでいます。本TOPICSでは、最近の主な研究成果や取り組みについて紹介します。

原子力技術研究所 ヒューマンファクター研究センター
上席研究員
佐相 邦英



原子力分野における
“人間”に関わる主な出来事

| | |
|-------|--|
| 1979年 | 米国スリーマイル島原子力発電所事故 (ヒューマン・マシン・インタフェース、運転訓練の重要性) |
| 1986年 | 旧ソ連チェルノブイリ原子力発電所事故(安全文化の重要性) |
| 1999年 | 東海村核燃料加工工場臨界事故 (安全文化、緊急時対応計画の重要性) |
| 2002年 | 東京電力自主点検作業の不正問題(安全文化の重要性) |
| 2003年 | 品質保証の規制要件化 |
| 2004年 | 関西電力美浜原子力発電所二次系配管破断事故 (安全文化の重要性) |
| 2007年 | 北陸電力志賀原子力発電所制御棒落下事故の発覚 (安全文化の重要性) RCA、安全文化の自己評価(第三者評価)の規制要件化 |
| 2011年 | 東京電力福島第一原子力発電所事故 (安全文化の重要性、緊急時対応計画の重要性) |
| 2012年 | 新規制基準の施行 |
| 2015年 | 自主的安全性向上・技術・人材WGの提言 |



注1) 平成25年6月28日原子力規制委員会規則第八号

注2) 原子力の自主的安全性向上の取組の改善に向けた提言(2015年5月27日)

私たち人間は、情報を知覚し、その情報に基づいて判断・行動するという“情報処理”を行っています。この情報処理には、人間誰もが持つ心理特性（例えば、思い込み）や知識・経験などの個人要因はもちろんのこと、特に組織の中で働く場合には図1に示すような技術環境要因、組織要因、経営要因、そして社会要因までの様々な背後要因の影響を直接的、間接的に受けています。この考えは、ヒューマンエラー^{注3),1)}（以下、HE）か否かを問わず、すべての人間の情報処理（知覚・判断・行動）に当てはまります。

原子力発電所という多様なリスクを内在する設備を預かる電気事業においては、“日々の安全を確保する”こと、そして、“事故が起きたときに適切に対処する”ことの双方が求められています。安全性に影響する悪しき背後要因は取り除かなければなりませんし、好影響を与える背後要因は強化していく必要があります。

“日々の安全を確保する”、すなわちHEを起こさないために、現場第一線の事業所では様々なHE防止

活動を通じて、悪しき背後要因を取り除くことが行われています。しかし、①それぞれの活動の連携が乏しく期待通りの効果が得られないという例、②危険であることすら分からずに作業してミスをするといった例も聞かれます。

一方、“事故が起きたときに適切に対処する”ためには、好影響を与える背後要因を強化することも必要でしょう。最近では、原子力発電所で働く人々が持つ能力を最大に発揮するための③リーダーシップやチームワーク、コミュニケーション等、いわゆるノンテクニカルスキルの向上に関心が寄せられています。また④東日本大震災で、想定外の事態に遭遇しながらも一部の組織が、なぜ、適切に対応できたのかを学び、災害対応計画や日常業務に反映することも必要です。このような背後要因の排除や強化に資するのが、ヒューマンファクター技術です。本TOPICSでは当研究所の最近の主な取り組みとして、①～④に関連した研究成果を第2章～第5章でそれぞれ紹介します。

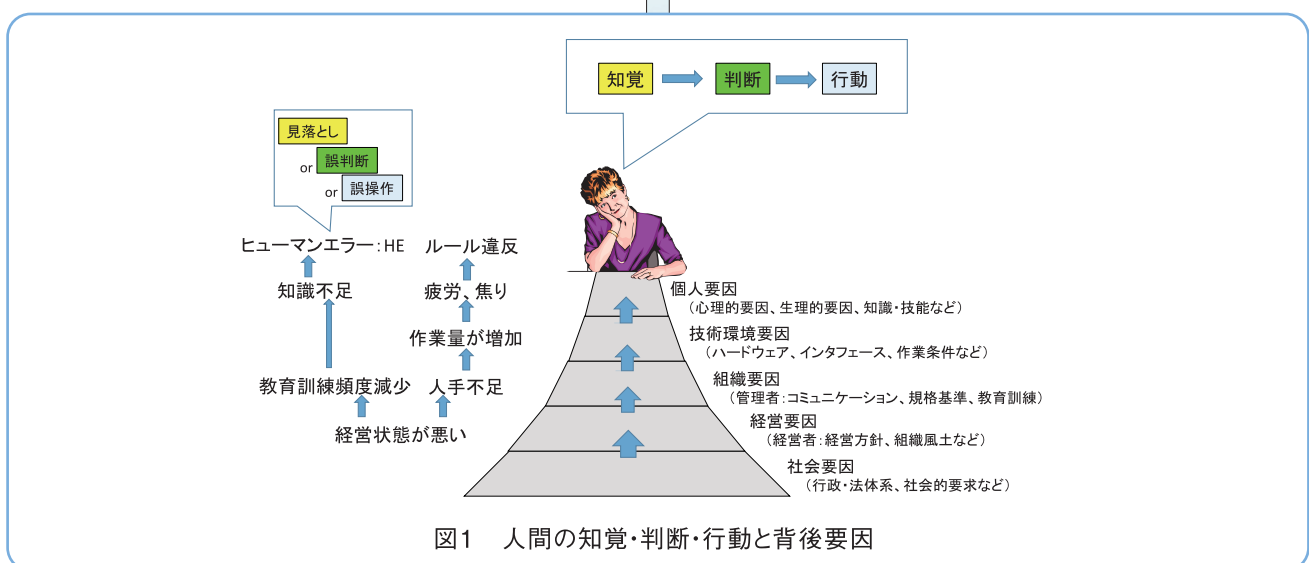


図1 人間の知覚・判断・行動と背後要因

注3) 人間の行為の対象となっているシステムの許容範囲を超えて、事故などの好ましくない結果をもたらした人間の行為であり、行為の実施者の意図に反しているもの

<参考文献>

1) 佐相邦英:原子力教科書 ヒューマンファクター概論, オーム社, 2009.

原子力発電所の安全性向上のためのヒューマンファクター技術

2. ヒューマンエラーの分析からエラー

安全対策をチーズに見立てて、HEによるトラブルの発生を模式化した「スイスチーズモデル」¹⁾があります。潜在的な危険、すなわち危険源が表面化しないように幾重にも設けられている安全対策に、HEが穴をあけ、その穴を危険源がすり抜けて表面化する、すなわち“トラブルが発生する”というものです。

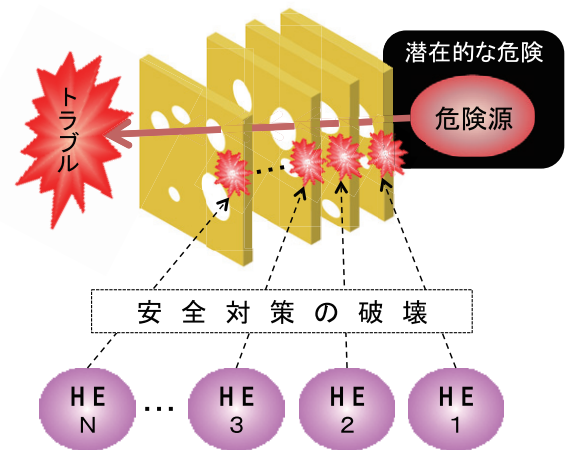
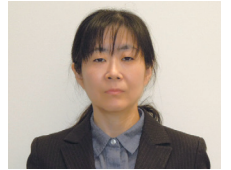
安全対策に「穴」をあけたHEに対しては、影響した背後要因を明らかにしなければなりません。しかし、つい表面的なこと（例えば、注意不足）だけに着目し、背後要因の検討を終えてしまうことがあります。HEの発生には、図に示すように様々な背後要因が影響していて、これらが「木の根」のように広がり互いに関係しあっています。このような様相を呈する背後要因を見出す必要があります。

そこで本章では、分析の基本的な考え方から、トラブルの未然防止へつなげるためのエラーマネジメントについて紹介します。

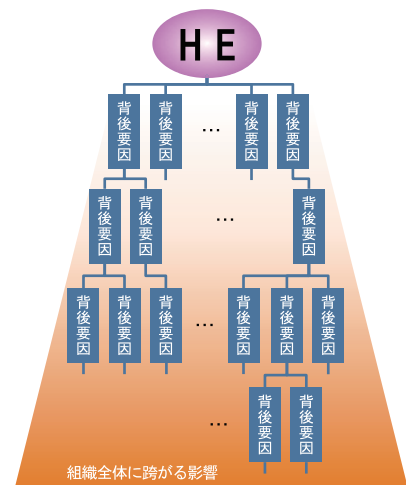
原子力技術研究所 ヒューマンファクター研究センター
主任研究員
武田 大介



原子力技術研究所 ヒューマンファクター研究センター
上席研究員
弘津 祐子



「スイスチーズモデル」¹⁾ と
トラブル、安全対策、HEの関係



「木の根」状に広がるHEの背後要因

マネジメントへ

2.1 HE分析の基本的な考え方

(1) 処罰では解決しない

トラブルを発生させたHEへの対策を考える時に、HEを起こした人に罰を与えて一件落着という間違った方向性で分析がなされる場合があります。いわゆる「犯人捜し」です。しかし、これではHE発生に影響した背後要因に対して何の対策も打たれていません。背後要因がそのまま残ってしまいますので、別の人が同じHEを起こしてしまう可能性があります。このため、HEの背後要因をきちんと明らかにして、その背後要因を除去、あるいは影響を緩和するような対策を取らなければなりません。

(2) ハードウェア故障の分析との違い

ハードウェア故障の場合、例えば、ある電気回路で1つの抵抗が故障し、電気回路が使えなくなり、結果的に機器全体の故障になるように、原因と結果の間には不変的な因果関係があります。しかし、HEと背後要因の間には、不変的な因果関係まではありません。例えば、「操作員Aの誤操作」というHEの背後要因として「機器が見つらなかった」、「場所が狭かった」、「操作員Aは急いでいた」、「操作員Aは考え事をしていた」を見出したとします。しかし、これら4つの背後要因が存在すれば誰でも操作を誤るかという、必ずしもそうとは言えません。同じ背後要因のもとでも適切に操作できる人もいるでしょう。その一方で、「機器が見つらなかった」だけで操作を誤る可能性もあります。これが、HEの分析を難しくしている理由です。

そこで重要になってくるのが、一つ一つのHEに対して幅広くかつ抜けなく背後要因を、事実情報に基づいて見出すことです。事実情報とは当時の現場の状況や使用していた手順書などから得られ

た情報はもとより、当事者へのインタビューから得られた情報も含まれます。分析者の勝手な想像ではなく、分析に必要な事実情報を抜けなく入手できるかが、HEの分析を充実させるための重要な要素となります。

(3) ヒューマンファクターの知識が重要

例えば、スイッチの誤操作が起きたとします。このHEに対して、誤操作防止用のスイッチカバーを設置するという対策が思い浮かぶかもしれませんが。しかし誤操作の背後要因が、「銘板が見つらなかった」とすれば、スイッチカバーでは的外れな対策です。銘板を見やすいものにしなければいけません。人間は、「知覚－判断－行動」という情報処理を行っています。この情報処理のどの段階で誤操作につながるものが起きたのかを正しく把握することができれば、自ずと適切な対策の立案に繋がっていきます。このように、HEの分析には人間特性等のヒューマンファクターを理解しておくことが必要です。

2.2 HINT/J-HPESの特徴

HE分析の基本的な流れは「事象の把握(情報収集)」→「問題点の特定」→「背後要因の追究」→「防止対策の立案」であり、どんな手法でも変わりません。また、「背後要因の追究」では、「なぜなぜ分析」と呼ばれる方法が広く使われており、当研究所で開発した分析手法(HINT/J-HPES)でも用いています。

なぜなぜ分析は、HEの背後要因について「なぜ」を繰り返しながら背後要因を深掘りしていく方法で、非常に自由度が高く、考え方自体も単純で分かり

易いため、広く用いられています。しかし単純に「なぜ」を繰り返していくと、例えば「操作を誤った」→「操作員は考え事をしていた」→「操作員は家庭の事情を抱えていた」といったように、組織として対策がとれない方向に分析が進んでしまうことがあります。また、自由度が高いということは、ある意味、分析者の能力任せというところがあり

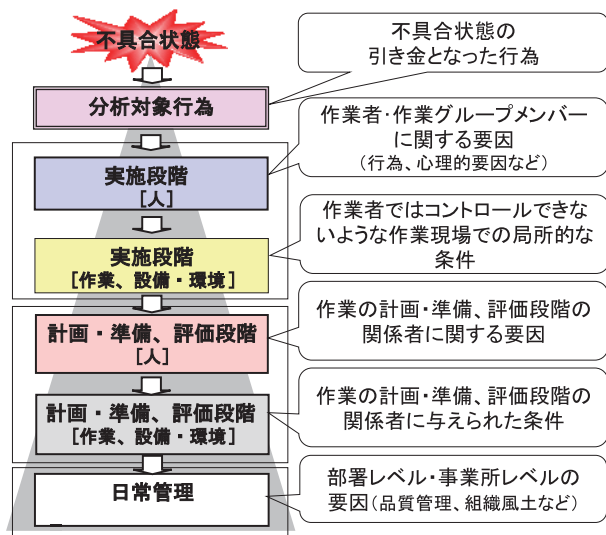


図2-1 背後要因の視点²⁾

ます。分析者によっては、「このトラブルの背後要因はこれだ」と固執してしまい、他の要因に目が向かず、分析をやめてしまうこともあります。

そこでHINT/J-HPESでは、これらの問題を解決するため、分析の深掘りの「ヒント」として図2-1に示す「背後要因の視点」を導入しました。「背後要因の視点」では、なぜなぜ分析時にまずHE (HINT/J-HPESでは「分析対象行為」と呼んでいます)を起こした人と現場の関係者と彼らを取り巻く環境・状況(作業の内容や使用した手順書等)について検討し、次に、当該作業の管理(要領書作成、要領書読み合わせ会、作業前の現場確認等の計画・準備、評価)を行う関係者及び彼らを取り巻く環境・状況について、さらには根底にある日常的な管理や職場の風土といった組織的な要因の順に検討するようになっていきます。

そして、この検討に必要な情報を収集するために、図2-2に示すように、背後要因の視点に沿って収集した背後要因をまとめる要因整理表から要因関連図の作成につなげる手順を整備しました。

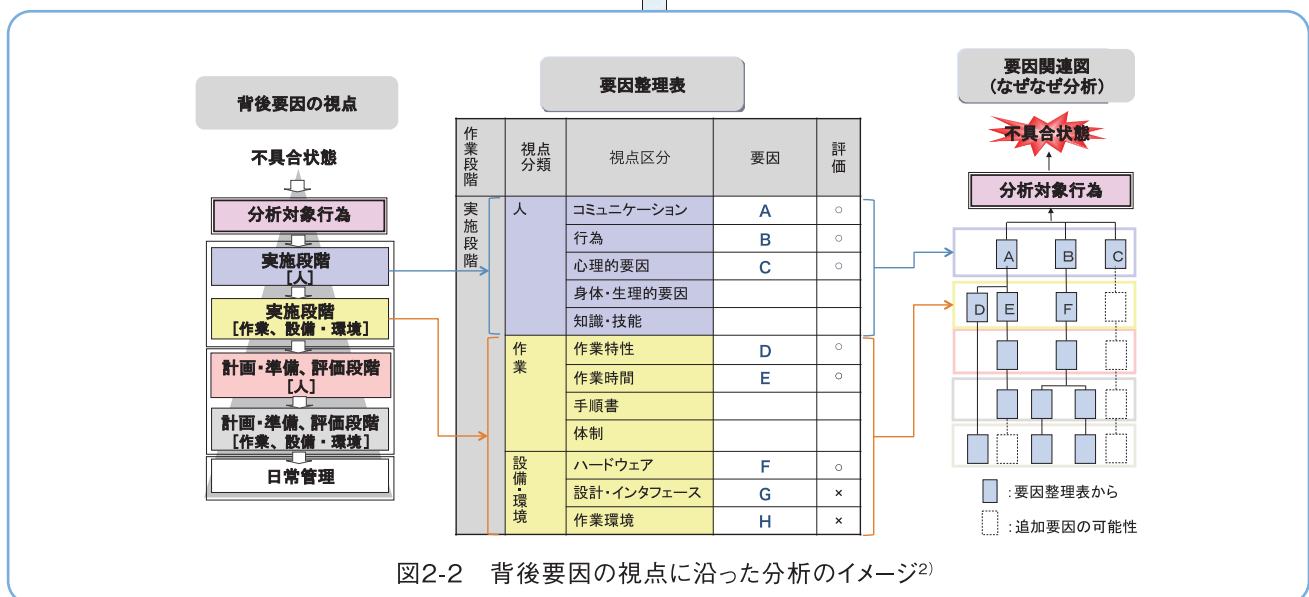


図2-2 背後要因の視点に沿った分析のイメージ²⁾

ともすれば、HEに直接関わる現場関係者と彼らを取り巻く環境・状況のみを分析して終了としてしまいがちです。しかしHINT/J-HPESでは、HEの背後にある作業管理者と彼らを取り巻く環境・状況にも目を向けさせながら、背後要因の視点に沿って「なぜ・なぜ」と考えていくことで、分析経験が浅い人でも容易に背後要因の深掘りができるようになっています。

2.3 HE分析からエラーマネジメントへ

発電所をはじめとする各種事業所においては、HE、規則違反など人の不適切な行為による事象（ヒューマンファクター事象）を防止するために、品質管理、安全管理の観点の様々な対策を行っています。しかし、HE発生たびに新たな対策に着手して対策が場当たりのになる、対策間の整合性が取れていない、対策が過剰になる、などの問題があり、実効性が上がっているとは言えません。このため、管理層を含む事業所全体でヒューマンファクター事象防止を計画的に目指すエラーマネジメントが必要になります。

当研究所においては、前述のHE分析に関する知見や文献調査結果をもとに、図2-3に示すエラーマネジメントプロセスを構築しました。このプロセスは、ヒューマンファクター事象を引き起こす可能性のある問題点を事業所自らが積極的に洗い出し、それに対して実効性のある措置をとるための仕組みです。Plan段階で取りまとめ部署が示す基本方針に沿って各部署がHE防止計画を具体化し、Do段階で発電所レベルおよび業務・作業レベルでHE防止活動を実施し、Check段階で収集したヒューマンファクター事象等の情報の

分析により活動に係る問題点を特定・評価し、そしてAct段階では改善策を立案して次のサイクルのPlan段階につなげる仕組みとなっています。それぞれの取り組みの基本となる考え方として、図2-1に示した背後要因の視点を採用することにより、すべての活動のベクトルを合わせることが可能となり、実効性の向上が期待できます。

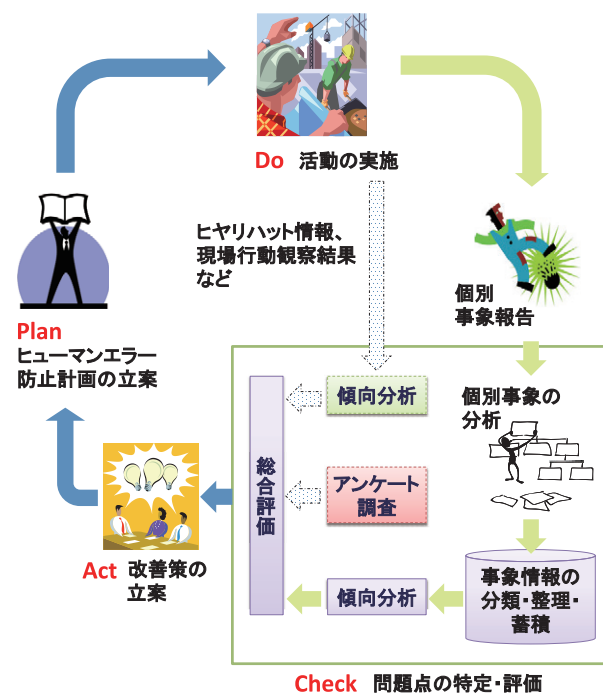


図2-3 エラーマネジメントプロセスのイメージ²⁾

<参考文献>

- 1) リーズン(塩見監訳):組織事故-起こるべくして起こる事故からの脱却-, 日科技連, 1999.
- 2) 弘津, 武田, 藤本, 長坂:発電所におけるエラーマネジメントプロセスの体系化と継続的改善方策の構築, 電力中央研究所報告L08, 2016.

原子力発電所の安全性向上のためのヒューマンファクター技術

3.危険を察知する感受性の向上

発電所等の作業現場において、好ましくない事態が生じる前に、作業環境や状況等に潜む危険源を危険であると認識できること、すなわち「危険感受性」を有することは、自らの、そして現場の安全を守る上で重要です。かつては、先達が痛い思いをしながら習得した安全確保に関する知識や技能は、ベテランから若手に適切に伝承されていましたが、団塊世代の大量退職によりこのような伝承が難しくなってきました。また、設備面の進化により、事故・トラブルも減少し、若手自らが事故等を体験する機会もほとんどありません。そのため、近年の若手の危険感受性は低下し、従前ではありえなかった事故・トラブルが発生しているとの声が多く聞かれるようになっていきます。そこで、当研究所では如何にして危険感受性を向上させるかについて、これまで以下の研究を実施してきました。

- 1) 危険感受性測定手法の開発
- 2) 危険感受性規定要因の解明
- 3) 危険感受性向上方策の提案

本章では、これらの研究成果について紹介します。

原子力技術研究所 ヒューマンファクター研究センター
主任研究員
廣瀬 文子



原子力技術研究所 ヒューマンファクター研究センター
主任研究員
武田 大介



危険感受性測定 実験風景



危険体感教育例(疑似体験教育)

3.1 危険感受性測定手法の開発

事故・トラブルを起す前に、危険源を発見することは重要です。産業現場では、危険感受性を向上させるための様々な教育・訓練、活動が精力的に行われています。この教育・訓練等を一層実のあるものにするためには、それらの効果を何らかの手段で測りたいものです。現場の安全管理者などの中には、一緒に作業している部下や同僚の中から、危険感受性の低そうな人(危なっかしい人)を日々の言動から何となく見分けることができる人もいます。しかし明確な評価尺度が存在しているわけではないため、教育・訓練の効果測定には向いていません。

交通業界においては、危険感受性測定手法について古くから研究が進められており、すでに商品化されているものもあります。しかし交通場面以外の危険感受性測定手法については、その作業内容や想定される危険、また危険がもたらす結果が多岐にわたるため、今まであまり研究されていませんでした。そこで当研究所では、どのような仕事に従事する人に対しても一様に使えるような危険感受性測定手法の開発に取り組みました¹⁾⁻³⁾。

当研究所で開発した危険感受性測定手法は、あるサラリーマンの出勤から退勤までの1日を映像化した10場面(うち1場面は練習用)の短い動画と回答用紙から成ります(図3-1、3-2)。映像中にはいくつかの危険源(悪い結果につながりそうな不安全状態や不安全行動)が含まれており、何か所見つけられたか、また各危険源がもたらす被害の内容や大きさを回答用紙に記入してもらいます。回答を模範解答と照らし合わせ、正しく指摘できた数や指摘内容の正確さを加味して総合得点等を算出します。11か所の職場(延べ300名以上)で、この手法による危険感受性測定結果と仲間評定(ここで

は、一緒に働く同僚や管理者が主観的に感じている危険感受性の程度を点数付けしてもらうこと)の結果を比較したところ、いずれも仲間評定による危険感受性の程度と本手法の結果に正の相関がみられ、危険感受性測定手法として機能することが確認できました。本手法は電力会社の新入社員研修の効果測定⁴⁾等に用いられるなど、現在までに1200名以上の方に利用いただいております。



図3-1 映像例

シーン 1

何かしら悪い結果につながる可能性のある状態や行動は、【 】欄ありました。

1-1

| | | | | | |
|----------------|---|---|---|---|---|
| 1 人的被害の程度 | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ |
| 2 被害者 | | | | | |
| 3 物的災害の程度 | | | | | |
| 4 その他の被害(自由記述) | | | | | |
| 5 あなたが思う危険度 | | | | | |

1-2

| | | | | | |
|----------------|---|---|---|---|---|
| 1 人的被害の程度 | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ |
| 2 被害者 | | | | | |
| 3 物的災害の程度 | | | | | |
| 4 その他の被害(自由記述) | | | | | |
| 5 あなたが思う危険度 | | | | | |

1-3

| | | | | | |
|----------------|---|---|---|---|---|
| 1 人的被害の程度 | ① | ② | ③ | ④ | ⑤ |
| 2 被害者 | | | | | |
| 3 物的災害の程度 | | | | | |
| 4 その他の被害(自由記述) | | | | | |
| 5 あなたが思う危険度 | | | | | |

図3-2 回答用紙

3.2 危険感受性規定要因の解明

危険感受性には個人差がありますが、その理由として、まず知識や経験の違いが挙げられます。当研究所においても、前述の日常場面映像のほか、発電所でのバルブ分解点検作業映像やセルフガソリンスタンドでの給油作業映像を用いて検討しました¹⁾。その結果、作業上の重要なポイント(例えば、セルフガソリンスタンドの給油作業前の静電気除去シートにタッチすること)は、経験した人でないと回答できないことが分かりました。

しかし一方で、バルブ分解点検作業映像を作業経験のない机上業務者に視聴させ、危険源を指摘させた結果、日常場面映像で多くの危険源を指摘できる人は、作業経験のない作業場面映像であっても、相対的に多くの危険源を指摘できることが分かりました(図3-3)。また、例えば日常場面映像において整理整頓の不良を多く指摘する人は、作業場面映像においても整理整頓に関連する箇所を多く指摘するなど、指摘する内容に個人別の偏りが見られました²⁾。

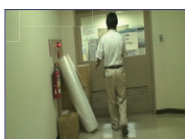
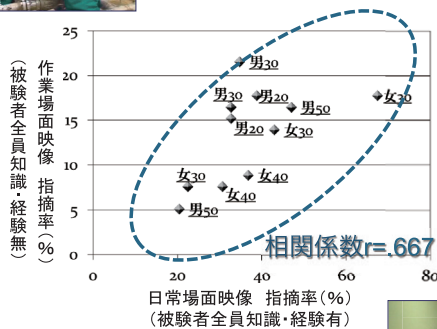


図3-3 日常場面映像と作業場面映像における指摘率の相関

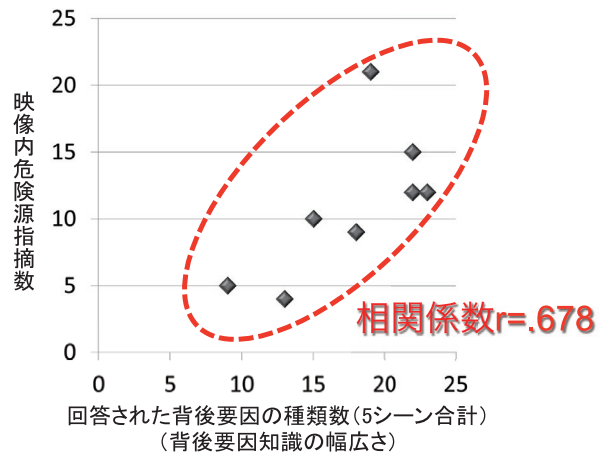


図3-4 背後要因種類数と危険源指摘数との関係

これらの結果から、危険感受性は作業に関連する知識や経験のみならず、もっと深い要因が影響していることが考えられます。そこで、当研究所では、これまで培ってきたヒューマンエラーの背後要因分析からヒントを得て、「人の情報処理(知覚・判断・行動)に影響を与える背後要因に関する知識の幅広さ」に焦点を当てました⁵⁾。

人間の情報処理には、第1章の図1に示したような様々な背後要因が影響します。そこで、前述の作業場面映像を視聴した被験者に対して、同映像に見られた5つの不安全な行動の背後要因について回答してもらいました。その結果、同映像に含まれる危険源の指摘数と回答された要因の総数には相関が見られませんでした。図3-4に示すように、要因の種類の数との間に正の相関が見られました。すなわち、個人要因(性格、心身状態、態度等)ばかり思いつく人ではなく、作業特性や環境、設備、組織要因といった幅広い要因を考えられる人ほど、多くの危険源を指摘できることが分かりました。

3.3 危険感受性向上方策の提案

(1) 背後要因知識の獲得効果

前述の結果を踏まえると、背後要因の知識の幅を広げることができれば、危険源をより多く発見できるようになる可能性があります。そこで社会人76名を対象として、背後要因に関する20分程度の簡単な座学を実施し、その前後(間隔は約1か月)に危険感受性測定と背後要因に関する知識を確認する質問紙調査を実施しました⁶⁾。

その結果、座学を実施しても背後要因の種類数が増加しなかった被験者では成績向上が見られませんでした。背後要因に関する種類数が増加した被験者の場合、図3-5に示すように2回目の危険感受性測定の成績が向上しました。知識を教授する方法に関しては今後の課題ですが、背後要因に着目した教育の実施は危険感受性向上に役立つことが示唆されました。

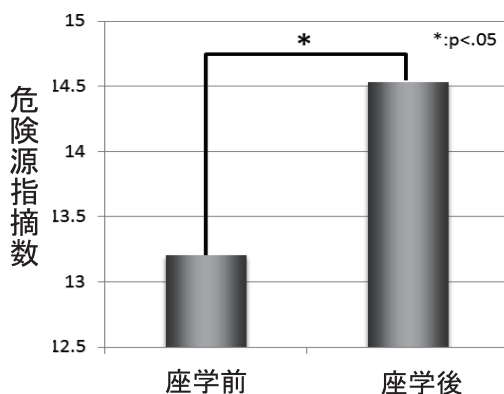


図3-5 座学前後の危険源指摘数の変化
(背後要因種類数増加群のみ)

*:p<.05とは、統計学的に有意差が見られたことを示す(有意水準5%)

(2) 危険感受性向上方策の調査研究

危険感受性を効果的に向上させるためには、前述の背後要因に関する知識を教授する方法の他に、どのような方法があるのでしょうか。また、

形骸化などの現状の課題を克服するには、どのようなことに注意すべきでしょうか。そこで、安全衛生関係誌等の文献調査や特徴的な教育を実施している事業所等4業界14か所への訪問調査を行いました⁷⁾。

危険感受性向上を目的として実施されている安全教育・訓練は、1)危険源や危険への恐怖を理解させるもの(疑似体験、自社事故関連資料の掲示等)、2)現実の自分や自己評価の歪みを気づかせるもの(行動観察、実技訓練等)、3)他者の見解や新たな視点を与えるもの(グループ討議、安全業務への専心等)の3要素を主眼としていました。この他、業務に直結した内容の利用、講師の現場経験や気づきを促すための教授技量、現場独自の教育効果評価ツールの作成、組織トップの意思表示等、計24の要件が見出されました。危険感受性を向上させるための教育・訓練を設計する際には、前述の3つの要素を複数組み合わせること、そしてその他の要件を考慮に入れていくことが望まれます。

<参考文献>

- 1) 廣瀬, 藤本, 武田, 山崎: 個人の危険感受性測定可能性の検討, 電力中央研究所報告Y08017, 2009.
- 2) 廣瀬, 武田, 山崎: 個人の危険感受性測定可能性の検討(その2)-危険源の内容・危険度・見つけにくさに着目した評価尺度の提案-, 電力中央研究所報告Y09011, 2010.
- 3) 廣瀬, 武田, 藤本: 個人の危険感受性測定可能性の検討(その3)-「危険感受性測定手法」の開発-, 電力中央研究所報告Y10012, 2011.
- 4) 廣瀬, 武田: 若手従業員の危険感受性に関する検討 -新入社員の危険感受性の特徴-, 電力中央研究所報告L11012, 2012.
- 5) 武田, 廣瀬, 山崎: 個人の危険感受性規定要因の解明 -背後要因に対する知識の幅広さが問題行動の発見に与える影響-, 電力中央研究所報告Y10017, 2011.
- 6) 武田, 廣瀬: 個人の危険感受性規定要因の解明(その2)-不安全行動発見能力向上に対する背後要因知識の獲得効果-, 電力中央研究所報告L12006, 2013.
- 7) 廣瀬, 武田: 危険感受性向上のための教育・訓練手法の検討 -教育・訓練手法の体系的整理および教育・訓練要件の抽出-, 電力中央研究所報告L14007, 2015.

原子力発電所の安全性向上のためのヒューマンファクター技術 4. ノンテクニカルスキルを活かしたヒューマン

原子力発電所の運用には、平時・緊急時を問わず、多くの人関わっています。その中でHEを減らし、より確実かつ効率的に業務を遂行していくためには、機器操作等、業務を遂行する上で必要となる専門的スキル(テクニカルスキル: Technical Skill、以下TS)だけではなく、その適切な発揮を支援するリーダーシップやチームワーク、コミュニケーション等の能力、いわゆるノンテクニカルスキル(Non-Technical Skill、以下NTS)も重要です。

このNTSは、平時、緊急時を問わず必要なスキルです。しかし多くの人と連携をとらなければいけない場面、複数の作業を同時に進めなければならない場面、そして、時間的に切迫した場面では、TSを遺憾なく発揮するためにNTSの役割が一層重要になります。そこで当研究所では、これら3つの“場面”が重畳する原子力発電所の緊急時対策本部要員を対象に、NTSの教育訓練手法、評価手法の開発を行っています。本章では、その概要を紹介します。

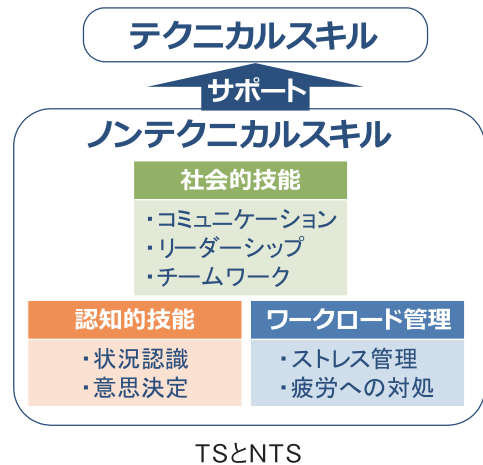
原子力技術研究所
ヒューマンファクター研究センター
主任研究員
野々瀬 晃平



原子力技術研究所
ヒューマンファクター研究センター
特定上席研究員
渋谷 尚夫



原子力技術研究所
ヒューマンファクター研究センター
上席研究員
長坂 彰彦



写真協力: 中国電力島根原子力発電所

NTSの教育訓練と評価のサイクル

パフォーマンスの向上

4.1 ノンテクニカルスキル

原子力発電所の安全運用のためには設備の安全性向上のみならず、発電所員の業務遂行能力の向上が必要です。能力は知識、意識、スキルに大別され、スキルにはTSとNTSがあります。

HEを減らし、業務を確実に遂行する上でNTSが重要であることは、航空業界をはじめ、鉄道、船舶、医療等の分野で広く認知され、その教育訓練が積極的に行われています。原子力発電所においても、NTSの教育訓練の重要性は同じです。特に緊急時では一つのHEにより事態が深刻になる可能性があり、TSの遂行には、リーダーシップの発揮や周囲とのコミュニケーション、チームワーク等のNTSがより重要になってきます。

当研究所ではNTSを認知的技能(状況認識、意思決定)、社会的技能(コミュニケーション、リーダーシップ、チームワーク)、ワークロード管理(ストレス管理、疲労への対処)に分類し、緊急時対策本部要員向けのNTS教育訓練手法の開発と効果測定のための評価手法の開発を、実際に発電所で適用しながら進めています。

4.2 NTS教育訓練手法の開発

教育訓練手法の開発は、体系的教育訓練管理手法であるSAT(Systematic Approach to Training)手法¹⁾(図4-1)に基づいて、訓練ニーズの分析を行い、教育訓練プログラムを設計し、それを行うための訓練資料等の開発、教育訓練の実施、教育訓練効果の評価という一連の流れで進めています。

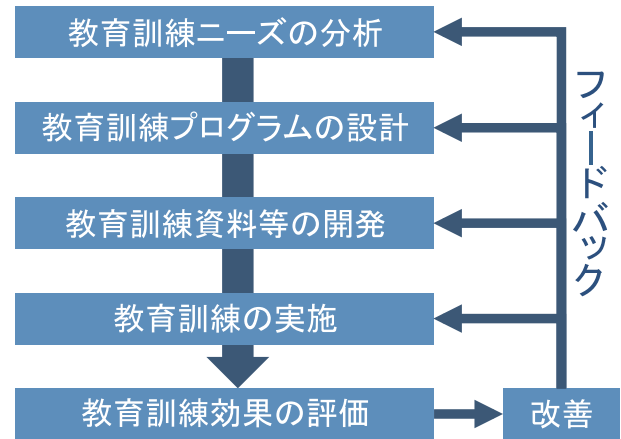


図4-1 SAT手法の5フェーズ

(1) 教育訓練プログラムの作成

NTS習得を“意識付け”、“知識取得”、“スキル向上”の3つの点から促すため、それぞれ“講話”、“座学”、“演習”という方法を採用しました。さらにNTS教育訓練の浸透レベルを図4-2に示すように導入フェーズ、定着フェーズ、維持フェーズの3つに分け、各フェーズに応じてプログラムを調整していきます。現在は原子力発電所の実態に合わせて導入フェーズの教育訓練プログラムを作成しています。

今回策定した教育訓練プログラムでは、緊急時対策本部要員を3つの階層(統括、班長、班員)に分け、それぞれに教育訓練コースを設定しました。例として、統括及び班長クラスの教育訓練の内容を図4-3に示します。この教育訓練では、NTSの意識付けのための発電所長による講話、ヒューマンファクターとNTSに関する知識習得の座学、スキル向上のためのロールプレイ演習(実業務リスクシナリオ演習)と振り返りで構成し、最後に知識習得確認のためのテスト、NTSへの意識調査と今後の改善のためのアンケートを実施しています。これに加え、受講者らが受けた緊急時対策本部要員の要素訓練の様子をビデオで自ら振り返る訓練も実施しました。

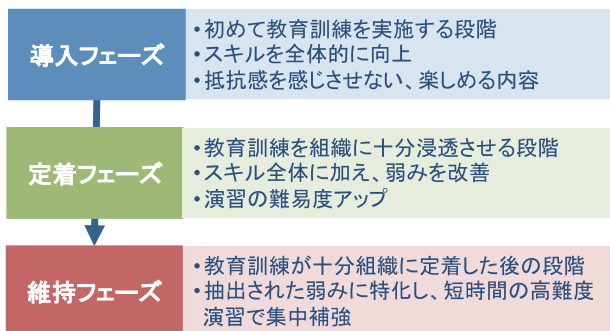


図4-2 導入・定着・維持フェーズ

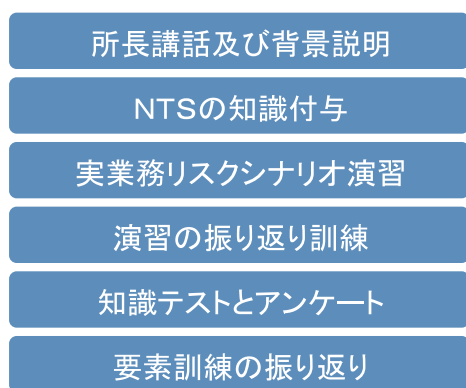


図4-3 統括・班長クラス向け教育訓練の内容

(2) 実業務リスクシナリオ演習

演習として、図4-4に示すような統括・班長クラス向けの“実業務リスクシナリオ演習”を開発しました。

この演習では、緊急事態へ対応する際にNTSがどのように必要になるかを体験するために、“実業務リスクシナリオ”を使ったロールプレイを行います。この演習で用いるシナリオは、防災訓練で用いられる事象の進展に加えて、人的リソースの不足や上長からのプレッシャー、曖昧な報告や不十分な報告等の“落とし穴”を組み込んだものになっています。例えば、1) 作業完了に関する部下からの

曖昧な報告に対して確認を怠ると、報告対象とした作業でミスが起きる、2) 部下に指示の復唱をさせなければ、それ以降、不十分な報告しか来ない、といったものです。

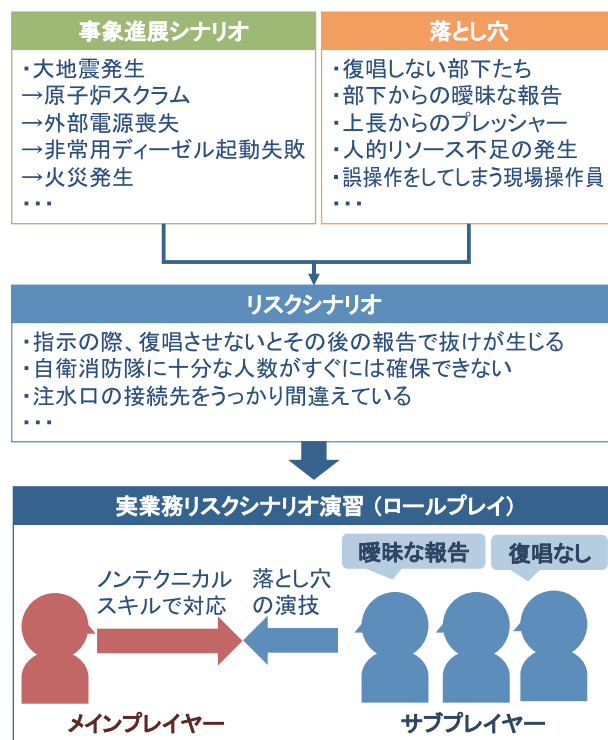


図4-4 実業務リスクシナリオ演習

演習では受講者はメインプレイヤー1名、サブプレイヤー数名に分かれ、緊急時対策本部内のある機能班の業務を模擬します。サブプレイヤー達はメインプレイヤーの部下または上長の役を演じ、演習前に渡される台本に基づき、メインプレイヤーに落とし穴を仕掛けていきます。メインプレイヤーはNTSを行使して落とし穴を回避しながら適切に事態収束を行うことが求められます。

また、ロールプレイ後、この演習の様子を録画したビデオを見ながら、より客観的に自分自身を振り返り、NTSの向上を図ります。

4.3 NTSの評価手法の開発

教育訓練によって、受講者のNTSに変化が生まれたか評価しなければなりません。本研究では、原子力発電所総合防災訓練の場を利用し、緊急時対策本部での要員(受講者)の行動を観察しNTSの評価を行う手法の開発を行っています。

しかし、行動の観察評価は、評価者により結果が異なる可能性があります。これは、評価者が持つ評価の基準が人によって異なる、あるいは評価の場面が異なるなどから来ています。そこで観察する場面と対象者、評価基準を明確にした評価手法の開発を行っています。

観察する場面と対象者は、総合防災訓練のシナリオの中で特にリスクが高いと思われるタスクとそのタスクで特に重要な働きをする人員から選定します。評価基準として、図4-5に示すようなNTS毎の行動マーカー(例:「作成期限の時刻を明確に口頭で伝え、復唱させている」「具体的な作成期限の時刻をホワイトボード等に記載し見える化している」)を設定し、行動マーカーに記された行動が「実行できた(OK)」「実行できない(NG)」「不適用(NA)」で評価します。そして、対象者個人や階層(統括、班長、班員)毎に、各NTSの行動マーカーでの「OK」の割合を求めます。このような評価を行うことで、前年度からの変化を見たり、今後特に強化すべきスキルを抽出し、教育訓練の設計に反映することが可能となります。

このように行動観察から教育訓練を立案し、実施し、そしてその効果をまた行動観察で確認するという図4-6に示すプロセスを発電所が自主的に実施できるように手法の開発と整備を進めています。

| タスク | ノンテクニカルスキル | 行動マーカー | 評価 |
|------------|------------|----------------------------------|---|
| 制限時間内に通報する | コミュニケーション | 作成期限の時刻を明確に口頭で伝え、復唱させている | <input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NG <input type="checkbox"/> NA |
| | | 具体的な作成期限の時刻をホワイトボード等に記載し見える化している | <input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NG <input type="checkbox"/> NA |
| | リーダーシップ | タイムキーパーを指名し(班長自身でも可)時間管理を行っている | <input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NG <input type="checkbox"/> NA |
| | | 必要以上のタイムプレッシャーをかけていない | <input type="checkbox"/> OK <input type="checkbox"/> NG <input type="checkbox"/> NA |

図4-5 NTS評価のための行動マーカーの例

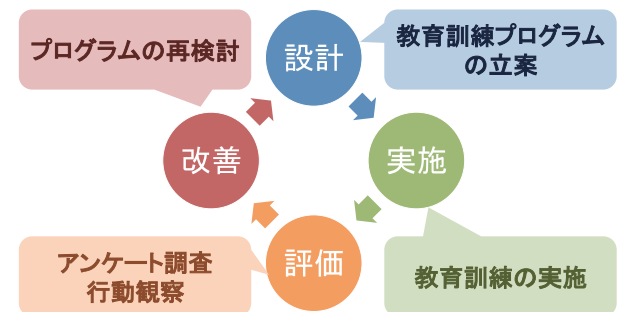


図4-6 教育訓練のサイクル

<参考文献>

- 1) IAEA, (1996). Nuclear Power Plant Personnel Training and Its Evaluation: A Guidebook. Technical Report Series No. 380. IAEA, Vienna.

原子力発電所の安全性向上のためのヒューマンファクター技術

5. 東日本大震災における想定外事態対

2011年に発生した東日本大震災では、巨大地震および津波により、広い範囲で甚大な人的・物的被害が発生しました。事前に想定していなかった事態も次々と発生し、震災以前に策定していた事業継続計画(Business Continuity Plan: BCP)の見直しを余儀なくされた企業も多くありました。

一方、直面する様々な事態に適切に対処しながら、被害の緩和や事業継続、早期復旧を実現させた組織や企業もありました。このような“成功”はどのようにして生みだされたのでしょうか。近年、ヒューマンファクターの世界では、成功事例に学ぶことが注目されています。東日本大震災での成功事例の背景を知ることは、緊急時に対する備えを一層充実させ、対応力の向上を図るうえで極めて重要です。そこで本章では、“不測の事態に強い組織”に関する既存研究の知見や東日本大震災の良好対応事例の背景調査を通じて、今後の想定外事態対応に活かす組織作りの課題を紹介します。

原子力技術研究所 ヒューマンファクター研究センター
主任研究員
長谷川 尚子



原子力技術研究所 ヒューマンファクター研究センター
主任研究員
早瀬 賢一



石巻市内での復旧作業
写真提供:東北電力

応の成功要因

5.1 組織に求められる要件

欧米を中心に行われてきている“不測の事態に強い組織”に関する研究では、実在組織の観察研究や理論的検討によって、組織に求められる要件や特徴が数々示されています¹⁾、集約すると図5-1のようになります²⁾。

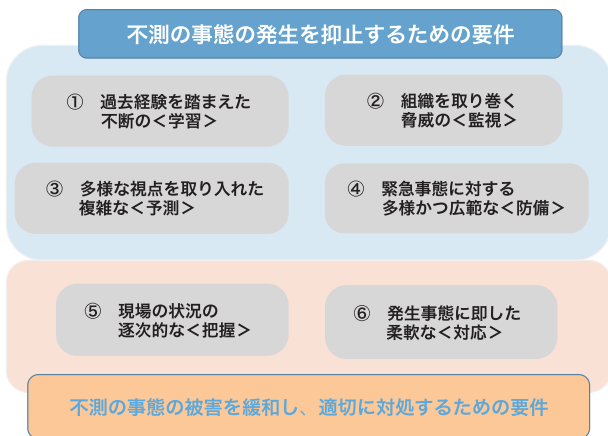


図5-1 不測の事態に強い組織の要件

① 過去経験を踏まえた不断の「学習」

組織メンバーが自分の経験（エラーやミス、成功体験）を分かち合い、他者の経験からも学びます。ミスや事故といった失敗経験は組織全体の問題として分析し、迅速に教訓抽出、原因改善を行います。

② 組織を取り巻く脅威の「監視」

現状に慢心せず、組織内外に脅威や危機が迫っていないかを常に監視・評価します。不測の事態発生への懸念や改善案はいつでも表明できます。

③ 多様な視点を取り入れた複雑な「予測」

多様な人々の間で意見を交わしながら、状況を単純に解釈せず、将来の出来事を予測します。

④ 緊急事態に対する多様かつ広範な「防備」

組織内外の関係者と共に、緊急事態に対する備えを講じます。また平常時から、問題解決に資する知識や対策を生み出す能力を育成します。

⑤ 現場の状況の逐次的な「把握」

不測の事態が生じたときに、組織内外の状況を幅広く把握し、問題を特定します。情報は組織内外の関係者と即時的に共有し、戦略を立てます。

⑥ 発生した事態に即した柔軟な「対応」

問題解決に最もふさわしい体制で対応します。また、日頃から植えつけられた心理的指針（組織文化など）を拠り所として対応を展開します。

不測の事態に強い組織には、当然のことながら、起きた状況を正しく「把握」し、柔軟で適切な「対応」をとることが必要です。しかし、それだけではなく、平常時から、自他の経験を踏まえて「学習」し、組織の置かれている状況を常に「監視」し、また何が起きるかを「予測」し、備え（「防備」）を図ることも重要です。

私たちは、東日本大震災を経験し、多くのものを失いました。その中、尊い命を救うために、あるいは災害物資を速やかに供給するためなどに、様々な組織が自らできることを行い、あの難局に立ち向かいました。まさに不測の事態に力強く対応したといえるでしょう。

次節では、発生した事態に即した柔軟な「対応」をなぜ行えたのかを、具体的事例から見ていきます。

5.2 東日本大震災でみられた適切な対応の背景

当研究所では、表5-1に示す10の組織を対象に、一連の震災対応の中で重要ないくつかの具体的な対応行動に着目し、それを可能にした背景を探りました³⁾。以下では図5-2に示す4つの対応を取り上げ、それぞれの主な背景を説明します。

表5-1 調査対象の組織・企業の震災対応

| 調査対象の組織・企業 | 震災対応 |
|--------------------------|--|
| 1 東日本高速道路株式会社 (NEXCO東日本) | 通行止めとなった高速道路の早期復旧 |
| 2 東北電力株式会社 (配電部門, 総務部門) | 大規模停電の早期復旧 |
| 3 仙台市ガス局 | ガス供給全面停止からの早期再開 |
| 4 東日本電信電話株式会社 (NTT東日本) | 多くの影響が出た固定回線の早期回復 |
| 5 国土交通省 | 寸断された道路交通網における早期の救援ルートの確保 |
| 6 ヤマト運輸株式会社 | 停止した宅配業務の早期再開、事業再開と並行しての救援物資輸送への協力、被災地以外での業務継続 |
| 7 日産自動車株式会社 | 甚大な被害を被った主力拠点等における生産台数の早期回復 |
| 8 イオン株式会社 | 多くの店舗の営業停止や物流機能の停止からの店舗営業の早期再開 |
| 9 株式会社島根富士通 | 被災した他工場からの生産移管による代替生産の早期開始 |
| 10 海上自衛隊 | 被災者の救助・支援など多岐に渡る任務の遂行 |

a. 迅速な初動対応

震災時には、直面した事態に対処するための迅速な初動対応が行われました。このような対応が行われた組織や企業の多くでは、緊急時体制や緊急時対応の手順・方法が整備され、それらを活用するための訓練が行われていました。さらに一部の組織では、緊急時の初動に対する意識の醸成が行われていました。例えばNEXCO東日本では、旧道路公団時代から「24時間以内の緊急交通路確保」という目標を暗

黙知として継承していました。また海上自衛隊では、海軍以来「出船の精神」として、号令に即応する文化が醸成・継承されていました。

b. 現場での自律的な対応

震災時には、上位部署から十分な指示が届かなくても現場の社員が自律的な対応を行った事例がみられました。これらの事例の多くに共通していた背景は、組織構成員(社員等)の判断・行動の拠り所の存在です。これらは社訓・理念などにより通常業務を通じて培われ、BCPや訓練などの緊急時の備えとして培われていました。指示もマニュアルもない状況では、このような判断・行動の拠り所が自律的な行動を生み出す基盤になると考えられます。

他の背景としては、自律性の高さなど、日頃からの優れた業務運営があります。イオン(株)では、平常時から店長判断による柔軟な顧客対応が行われていたため、震災時も迅速に食料の無料提供という判断に至りました。ヤマト運輸(株)では、平常時から10人前後のセールスドライバーを小集団とし、自律的な業務運営が行われていたため、震災時に上位組織から指示が届かなくても現場に即したやり方で業務を継続できました。

現場が自律的に動くためには、現場に十分な権限が必要になります。緊急時における権限委譲が整備されている会社がある一方、平常時から現場での業務遂行のために十分な権限を委譲している企業もありました。

c. 現場での柔軟な対応

事前の備えでは対処しきれない状況に直面し、通常とは異なる柔軟な対応が取られた事例もありました。このような事例の多くに共通していたのは、やはり、日頃から醸成されていた判断・行動の拠り

所の存在でした。

また、熟練社員の存在も背景として挙げられます。日産自動車(株)では、品質管理や労務管理の知識・経験を持つ熟練社員を長期の教育等によって育成していたため、未経験の事態にも柔軟に対応できました。

d. 業務委託先との連携による対応

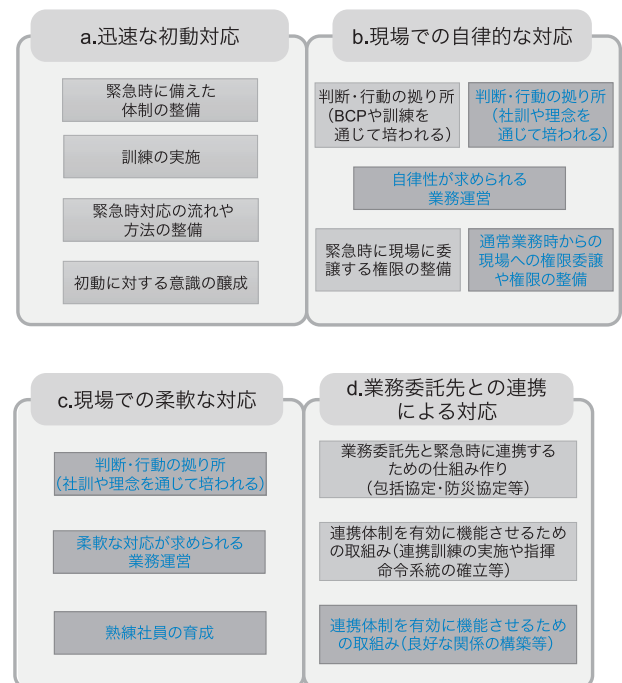
業務委託先(グループ会社、関連会社など)と協働で業務を遂行している組織や企業では、震災時においても委託先と連携した対応が行われました。このような組織では、緊急時に連携するための仕組み作り(体制や防災協定の整備)だけでなく、その仕組みが機能するための基盤となる業務委託先との良好な関係構築も日頃から図られていました。震災時に初動段階からグループ会社と連携した対応を行ったNEXCO東日本では、相互の人材交流など、グループ会社と連携するための取組みが日頃から積極的に行われていました。

5.3 不測の事態の発生を抑止し、事態発生時には適切に対応できる組織を実現するための課題

緊急時に発生しうる事態を予測し、それに備える取組みは重要です。しかし初動対応後に次々と直面する不測の事態への良好な対応の鍵を握るのは、様々な局面に対応できる社員の育成、高い自律性を持つような優れた業務運営、拠って立つ基盤の確立とそれに基づく実践であることがわかりました。

東日本大震災以降も、わが国は多くの災害に見舞われ、テロなどの新たな脅威も指摘されています。既存研究からは、事態発生後の対応だけでなく、不測の事態が発生しないような平常時の取組みの必要性も訴えられています。今後は震災に限らず、

地域や種別を超えた様々な危機からも積極的に学び、多様な視点で危機を予測・監視し、柔軟に対応できる能力と基盤を平常時から確立しておくことが重要です。



背景(黒字) : 緊急時に備えた取組みに関する内容

背景(青字) : 通常時の業務や組織に関する内容

図5-2 各対応にみられた主な背景 (調査結果から一部抜粋)

<参考文献>

- 1) 長谷川, 早瀬: 安全文化の今後の方向性に関する検討, 電力中央研究所報告 L11015, 2012.
- 2) 長谷川: 不測の事態を抑止し、対処できる組織の要件, 日本信頼性学会誌, Vol.36, No.2, pp.113-120, 2014.
- 3) 早瀬: 不測の事態への対処としての組織行動の実践に資する要因に関する研究, 電力中央研究所報告 L15003, 2016.

DEN-CHU-KEN
TOPICS

発行：一般財団法人 電力中央研究所 広報グループ

〒100-8126 東京都千代田区大手町1-6-1（大手町ビル7階）

TEL：03-3201-6601 FAX：03-3287-2863

<http://criepi.denken.or.jp/>