連載講座 ヒューマンファクター

第2回 組織管理および集団作業における原則

ヒューマン・マシン・システム部会 高野 研一，八木 絵香，
河野 龍太郎，藤家 美奈子，古濱 寛

I. 個人からチーム，そして組織へ

ヒューマンファクターの対象は，1970～80年代には，エラーメカニズム解明やハード改善によるエラー防止技術など，主に「個人」を中心とした研究課題が主流であったが，チェルノブイリ事故を契機として，次第にソシオテクニカル(Socio-Technical)なアプローチが必要であるとの認識が共有されるようになった。このような認識の下，ヒューマンファクター研究の大きなうねりは，「個人」から「チーム(小集団)」，そして「組織」へと拡大していくこととなった。チームのパフォーマンス向上には，リーダーシップやコミュニケーションなど集団心理や集団力学の知見が取り入れられたCRM(Crew Resource Management)などが実践されるようになった。また，組織においては，JCO 臨界事故や雪印食中毒事件などに見られるように，組織としての意思決定過程や管理などの組織要因が重大事故に関与したことが解明されるに及び，組織と社会(公衆・規制)の係わり方，安全優良組織の特性解明，組織内の安全管理，危機管理・情報管理などに基づく，包括的なリスクマネジメントへの取り組みが開始されつつある。今回の連載講座では，このような流れに沿った全体像を概説する。したがって，詳細についてはそれぞれの引用文献を参照されたい。

II. 原則1「経営から現場までが一体となって安全管理に努めよ」

1. 最近の重大事故の共通点

(1) 組織事故とは何か

近年，原子力分野に限らず，各産業分野で発生した大事故では，その背景に組織の要因があることが指摘されている。これらの事故は，顕在的には個人のエラーや違反(不安全行為)が引き金となって発生した事故ではあるが，このような行為が発生した背景を追求していくと，その組織に個人の行動や判断を不安全な方向へ推進させる性質(組織体制・教育内容・雰囲気)があったことが判明している。このように組織のもつ特性が原因となって発生した事故(事件)を一般的に「組織事故」という¹⁾。

厳密には「組織事故」は，(1)事故の影響度による定義と，(2)事故原因による2種類に定義される。前者は，事故影響が組織全体および組織とは関係のない個人や資産・環境に破壊的な影響をもたらす事故を指す。一方，後者は，組織内に長期にわたり潜在的に存在した欠陥が，知らず知らずのうちに拡大し事故に至ったものを指す。本稿では，特に後者の定義に重点をおき解説を進める。

(2) 組織事故の要因

過去に発生した組織事故では，その後の原因調査等により，その背後要因として組織の要因が指摘されているものが少なくない。以下に代表的な事例を基に組織事故の要因(組織要因)について紹介する。

【事例1】信楽高原鉄道事故(1991)²⁾

第三セクターの信楽高原鉄道単線部分で，JR 西日本の臨時列車と信楽高原鉄道普通列車が衝突し，乗員乗客が死傷した事例である。

この事故が発生した最も大きな原因は，「駅長の制止を振り切り，業務課長が赤信号で列車を発車させたこと」，「代用閉塞の失敗」等，定められた規則や手順が遵守されなかったことである。

規則や手順は，組織にとっての長年のノウハウが蓄積された結果であり，これが遵守されていれば，

* Seminar on Human Factor—(2) The Principles in Organizational Management and Group Work
(2002年 7月9日 受理)

想定外の事象が発生しない限り事故は起こらない。しかしこの事例に代表されるように、規則の不遵守により発生した大事故は数多く存在する。最初はたまたま規則を守ることができなかっただけかもしれないが、それが次第に日常化し、「この規則は守らなくても構わない」、「スケジュールよっては規則違反もやむを得ない」という不文律が、組織内に根付いてしまうことが少なくないためであると推測される。

またこの事例では、事故以前に信号トラブルが頻発していたにも係わらず、場当たりの対応でしので、それらのインシデント情報が共有されていなかったことも組織要因の一つとして指摘されている。

(組織要因)

○規則や手順が遵守されなかった

○インシデント情報が活かされなかった

【事例2】JCO 事故(1999)^{3)~6)}

原子力分野の組織事故の典型例としては、JCO 事故をあげることができる。

JCO という組織は、本格的な事故を起こした経験がなく、「自分たちは事故を起こす可能性がある危険な作業をしている」という潜在的リスクに対する認識が不足していた。その結果、工程短縮や、いわゆる‘裏マニュアル’に代表される作業改善が蔓延したことが、JCO 事故の代表的な組織要因であるといえよう。また「事故以前には違反行動が作業の効率化につながっており、成功経験として組織内に根付いたこと」、「職員に対する臨界教育が不十分であったこと」、「現場の管理職が兼務の場合が多く、クロスチェックの機能が有効に機能しなかった」なども、それらの違反行動を促進した原因といえることができる。

また、JCO 事故に限ったことではないが、従業員の間に効率的な活動ノウハウのみが浸透し、なぜそのような手順が定められているか‘Know-why’が浸透していないことも、組織事故を引き起こす大きな要因であるといえる。創業期経験者の引退や、不況による人員削減が進行する中で、それらの技能をいかに伝承していくかは今後の大きな課題といえる。

(組織要因)

○規則や手順が遵守されなかった、違反行為が成功体験として定着していた

○失敗経験が少なく、危機感が薄かった

○潜在的リスクに対する認識が不足していた

○安全管理のクロスチェックが有効に機能しなかった

○表面的な知識のマニュアル化が進み、Know-why が定着していなかった

【事例3】横浜市立大学付属病院患者取違い事故(1999)⁷⁾

責任の所在が不明確であったり、担当者が自分の権限を果たすための十分な能力や権限を有しておらず、責任体制が形骸化していることも組織要因の一つである。この事例では、複数の医師がグループで患者を担当する主治医グループ制がとられていたため、患者への責任の所在が曖昧になっていたことが、事故を引き起こした大きな要因であるといわれている。

また、この事例に代表されるように、医療事故が近年頻発している背景には、医療分野は医者とその他医療従事者との間の権威勾配により、医者の行為が他者により批判されにくい雰囲気があることが指摘されている。

(組織要因)

○責任の所在が曖昧であった

○権威勾配により批判・指摘をしにくい雰囲気があった

【事例4】雪印乳業食中毒事件(2000)^{8,9)}

事故発生時、一般公衆が求めるものにすぐわない対応をとった結果、批判にさらされる場合がある。一般社会では、大きな事故(事件)であると認識しているにも係わらず、意識が組織の中だけに向かった状態で事故の重要性を判断してしまった。その結果、雪印社長が夜中の会見時に、「私は寝ていないんだ!」と発言したことは、その典型例といえるだろう。

また、上記の例を別の側面から見れば、事故やトラブルが発生した際の広報対応を含めた具体的な対応計画がなく、危機管理能力が欠如していた結果であるといえることができる。

また、「経営トップが財務出身で現場の実情を全く把握していなかったこと」、「数10年前に八雲工場での同様の事故が発生していたにも係わらず、その教訓が活かされていなかったこと」、「手順書に定められたバルブ洗浄が実施されていなかったこと」も、この事故を引き起こした要因であると指摘され

ている。

(組織要因)

- 組織内の常識が社会常識から乖離していた
- 具体的な危機管理計画が存在しなかった
- 経営トップが現場の実情を知らなかった
- 過去の教訓が共有されなかった
- 規則や手順が遵守されなかった

上記に示した以外にも、組織事故が発生した組織に共通の要因として、組織内の情報を外部に公開したがる気配をあげることができる。一般に社会的信用や損失を心配するあまり、絶対に事故は起こらないと強調したり、起きてしまった事故を矮小化したり、極端な場合には隠そうとする行動につながる可能性があると推測できる。また、それと同時に、組織外からの苦言や批判を受け入れない雰囲気も、組織事故が発生した組織に共通の要因である。

その他にも、納期の切迫性によるタイムプレッシャーや、業界内の競争激化やリストラの進行による人手不足なども、組織事故が発生した組織に共通で見られる要因である。これらの組織を取りまく環境は、事故の直接的な原因となると同時に、組織内にある組織要因の欠陥を増長する傾向がある。

2. 安全優良組織の共通点

(1) 安全優良組織とは何か

前述の通り、組織事故をおこした組織や事故・トラブルが頻発する組織が存在する一方で、他組織と比較して格段に事故が少ない状況が続いている組織、いわゆる「安全優良組織」が存在する。カンタス航空やデュボンなどの企業がその代表例である。これを言い換えると「恐れを忘れず安全確保に向けて努力を継続している」安全文化が十分に醸成されている組織と言い換えることができる。

長期に無事故である状況が続けるためには、組織の管理体制や教育方法、組織構成員が持つ安全意識など、組織全体に広く影響を与える要因が関与していると推測される。そのためこれらの「安全優良組織」に着目し、それらの組織にはどのような特性があるかを調査する研究が近年盛んである。

(2) 安全優良組織の特性

安全優良組織とそうでない企業の違いは、具体的に実施されている安全推進活動の内容や規則・手順にあるのではなく、むしろ「トップが組織の安全哲

第Ⅱ-1表 安全優良組織の安全管理・取組みの特徴¹⁰⁾

- (1) 組織トップが実施すべき安全管理
 - トップが安全に対する強い決意を持つ
 - 責任の所在を明確にする
 - 「安全第一」を目に見える形で実行する
 - 安全推進活動のキーマンが「現場の管理職」であることを認識する
- (2) 現場の安全管理担当者が実施すべき安全管理
 - 見本を示し、具体的な活動のモデルを認識させる
 - 簡単に効率的にできる方法を工夫する
 - 提案に対して適切にフィードバックする
 - 各現場の特性にあわせた主体的な活動を推進する
 - 活動の必要性和メリットをわかりやすく示す
 - 手を変え品を変え活動を継続する
- (3) 安全優良組織に共通の特性(安全の秘訣)
 - ‘自分たちはまだまだ安全ではない’という謙虚な姿勢を持ち続ける
 - ‘できることをコツコツ’と‘自分たちの手で’実行する
 - ‘危険’なことを正しく危険と認識する
 - ‘完全ゼロ災’の目標設定(目標を高く持つ)
 - 忘れられない事故の記憶
 - ‘風通し’の良い雰囲気
 - 生産性と安全の一体化
 - 地元地域と共に歩む
 - ‘安全’について考え続ける姿勢
 - ‘安全’を意識しない
 - ‘安全’を一人称で考える
 - 小手先の議論ではなく‘安全’の本質議論を!

学を明確に示し、具体的な行動につながる意志を率先垂範して示していること」、「組織の安全目標に向かって、組織構成員全員が一丸となって取り組むこと」の2つが形骸化せずに定着していることにあると考えられる。詳細については、第Ⅱ-1表の(1)組織トップが実施すべき安全管理、第Ⅱ-1表の(2)組織トップが実施すべき安全管理に示されているような項目を実施することである。また、その他にも、組織の安全を重視し、自分たちの組織に対する満足度・愛着度を持ち続けるための特性として、第Ⅱ-1表の(3)安全優良組織に共通の特性(安全の秘訣)が重要であることが示されている。

3. 組織事故防止の戦略

(1) 管理への介入

重大事故および安全優良組織の共通点からわかることは、組織としての安全に対する取組み姿勢が、日常の安全管理にどのように活かされ、従業員が安

全をどのように認識し、行動しているかが重要であるということである。組織事故に限らず、故障・トラブルに対処していくためには、組織として戦略的な対処が必要であることも示唆している。近年、労働災害の防止体制を確立することを目的としたOHSMS(Occupational Health and Safety Management System)や規制緩和を実効あるものとするためのリスクアセスメントの導入が検討されており、これらを包括した総合的なリスクマネジメントシステムが求められている。

組織事故は、長年にわたり組織要因が多重防護に作用し、これが徐々に損傷、疲弊した状態で、現場での不安全行為あるいはヒューマンエラーがきっかけとなって発生すると考えられている¹¹⁾。軽微な事故・トラブルについても、防護層が薄いこと、損傷に要する時間が短いことを別にすれば、同じようなメカニズムで発生していると考えられる。したがって、総合的なリスクマネジメントでは、組織としての安全姿勢が後退していないかを常時監視し、問題があれば是正するという仕組みが必要となる¹¹⁾。

総合的なリスクマネジメントの基本戦略を第Ⅱ-1図に示す。すなわち、組織としての目標は、2つのトレードオフ関係にある目標、すなわち、組織事故、故障、トラブルの減少という目標、そして生産性向上、コスト削減という目標のバランスを保ちながら、組織全体としてのパフォーマンスを向上させることである(レベル0)。設備や環境が大きく変化しない限り、これを変化させ得る要因を人間行動に求

めざるを得ない(レベル1)。そして、人間行動をコントロールしているのは、意識であり、意識が変わって初めて行動が変化する(レベル2)。それでは意識はどのように変化させるのか。意識は長年にわたる経験、教育などにより形成され、その場の状況、人間関係、モチベーション、インセンティブなどにより変動する。短期的に変化を期待するのであれば、外部からの働きかけに求めるしかない。組織における従業員への働きかけは、いうまでもなく管理であり、ポジティブな管理(インセンティブを与える管理)により意識に直接訴える必要がある(レベル3)。それでは、管理を作り上げ、支えているものは何かというと、これは組織風土であり、所属員全体の潜在意識の集合体としての組織文化である(レベル4)。

この4つのレベルのうち、組織として直接介入しやすく、かつ、変化させやすいのは「管理」であることは容易に理解できるであろう^{1,11)}。

(2) リスクマネジメントの広がり

近年のリスクマネジメントは、組織としての安全管理体制を整えることを前提として考えており¹²⁾、その核となる目標は「潜在的リスクを洗い出し、是正するシステム」を管理に組み込むことである。我が国の場合には、多くの企業において、潜在的リスクの洗い出しを従業員の全員参加で行っているという特徴を持つ。我が国の代表的な安全優良組織の取り組みについて、聞き取り調査した結果を取りまとめたものを第Ⅱ-2図に示す⁴⁾。ここでもその中心となる目標は、潜在的リスクの発見と除去であり、それら

第Ⅱ-1図 パフォーマンス（生産性・安全性）を頂点とした組織風土・文化、管理、意識、行動の関連構造図

組織として管理に介入することによって、組織風土・文化、意識・行動に影響を与え、最終的にパフォーマンスを向上することができる。

第Ⅱ-2図 我が国の安全企業における安全文化醸成への戦略と方向性

潜在的リスクの発見と除去を核とした具体的な安全活動の目的およびそれらを支援する3つの推進エンジン

一連の活動を支える要因として、「経営層のイニシアティブ」、「相互のコミュニケーション」、「行動・意識へのインセンティブ」が挙げられた¹³⁾。潜在的リスクは当初、職場の設備、環境、作業工程など第一線の作業者に関連する潜在的リスクの範囲に限られていたが、その範囲は大きく広がりを見せている。

チェルノブイリ事故、北海油田事故、あるいは北海フェリー転覆事故などにより、個人のエラーよりもむしろ、管理や組織の問題が根本原因となることに早くから気づいていた欧米では、組織や管理に潜む潜在的リスクをも対象とすべきであると、様々なマネジメント手法を生み出した(第Ⅱ-2表参照)。これらのほとんどが事前(Proactive)に組織要因を含めたリスクを洗い出すことを目的としている¹⁾。このうち、トライポッドデルタ(Tripod Delta)は、「目標」、「組織」、「管理」、「設計」、「製作」、「運用」、「保守」の広い範囲にわたる詳細なインディケータを用意し、これがどのように変化しているかを、第一線管理者から管理者層までを対象に、「はい／いいえ」で答えられる設問により傾向を把握しようとするものである¹⁾。また、米国の原子力発電所など多くの企業では、さらに組織要因に絞り込み、LEADという手法により、現状の企業風土を把握し、よりよい方向に変化させるための取組みを実施している¹⁴⁾。米国の原子力発電会社では、このような組織変革を含めたトータルとしてのヒューマンパフォーマンス向上活動により、運転・保守コスト費用の削減につながったとしている¹⁵⁾。

4. 産業界における具体的な取組み

(1) 一般産業

一般産業界における安全への取組みについて、化学・製造分野のいくつかの安全優良組織を調査した結果を第Ⅱ-2図に示した。また、TPM(Total Productive(preventive)Maintenance)やレスポンシブルケア(Responsible Care)などの諸活動は、全員参加が前提である。各企業ともそれぞれマンネリ化を防ぐため工夫を凝らした安全活動を展開し、特に、化学工場では事業部ごとに業務内容が異なるため、それぞれ特徴のある活動を展開していることに注目すべきである。

(2) 原子力業界

原子力業界では、最大の教訓となったチェルノブイリ事故をきっかけとして、「過去事象に学ぶ」、「情報交換の活発化」を促進するため、国内外で取組みが開始された。国際レベルでは、事業者サイドとして世界原子力発電事業者協会(WANO)による原子力発電運用技術に関する情報交換、相互評価(ピアレビュー)、良好事例紹介など、情報ネットワークを駆使した活動を開始した。また、規制サイドでは、IAEAが実施主体となり、発電所訪問による運転管理調査チーム(OSART)、重要事象評価チーム(ASSET)、セーフティカルチャー評価チーム(ASCOT)、国際規制レビューチーム(IRRT)などを発足させ、東欧諸国を中心に活動を強化している⁷⁾。また、国内においても、ヒューマンファクターに関連する研究を強化するため、民間側として、東京電力、電力中央研究所、原子力安全システム研究

第Ⅱ-2表 リスクマネジメントの工具箱として開発された様々な手法と組織要因への適用¹⁾

エラーマネジメント手法	開発された分野	評価できる組織レベル	事前・事後の区分
トライポッド・デルタ(Tripod-Delta)レビュー(Review)	原油探索・生産、船舶	作業現場と組織要因	事前
メッシュ(MESH:Managing Engineering Safety Health(工学的安全健全性管理))	鉄道	作業現場と組織要因	事前
ヒューマンエラー評価・低減手法(HEART:Human Error Assessment and Reduction Technique)	航空機保守	作業現場と組織要因	事前
影響線図(IDM:Influence Diagram Method)	あらゆる潜在的な危険性を有する産業に適用可能	タスク、作業現場、組織要因	事前
保守エラー決定支援(MEDA:Maintenance Error Decision Aid)	あらゆる潜在的な危険性を有する産業に適用可能	タスク、作業現場、組織要因	事前、事後
トライポッド・ベータ(Tripod-Beta)	航空機保守	タスク、作業現場、組織要因	事後
	原油探索・発掘	タスク、作業現場、組織要因	事後

所に、国側も原子力発電技術機構、日本原子力研究所に専門部署が設置された。欧米諸国では、チェルノブイリ事故の反省から、安全性と組織要因(例えば、規則遵守の風土、コミュニケーションの重要性など)の關係に係わる研究が鋭意進められることとなった。我が国において、組織要因の研究の重要性が深く認識されたのは、JCO 事故が契機であり、組織における安全文化の醸成が急務であるとの認識が共有化され、民間側に NS ネットが設立された。一方、国側では、きめ細かな規制という立場から、原子力安全・保安院が設置され、原子力施設全般を対象に検査・監視体制を強化した。

これらの取組みにより、潜在的リスクの顕在化を未然に防止する(reactive から proactive へ)ための様々な取組みが活性化するであろう。一例として、原子力安全システム研究所では、組織風土を評価するための取組みとして、安全風土評定尺度(管理監督者の姿勢、安全の職場内啓発、知識・技能の自信、安全確認・報告、業務の明瞭性)を作成し、自らの組織風土の現状を把握し、その変化トレンドにより安全施策の効果を評価する試みが行われている¹⁷⁾。また、原子力発電技術機構においても安全文化の諸相をアンケートにより調査し、管理側と非管理側の意識差を分析している¹⁸⁾。電力中央研究所では、安全に関わる組織要因に加え、プラス面の組織診断項目を加えた組織安全診断システムを開発し、電気事業ばかりでなく、一般産業界を含めた標準値を整備し、リスクマネジメントシステムと組み合わせた安

全性向上システムを構築している(第Ⅱ-3図参照)¹⁹⁾。

Ⅲ. 原則 2「インタフェース設計や教育訓練の工夫によって円滑なチーム協調を促進せよ」

1. なぜ「チーム協調」か

原子力施設をはじめとする大規模で複雑な人間機械システムの運用は、多くの人間が協力することで可能となっている。当然であるが、1人で処理できる情報量や対応操作には限界があり、このようなシステムにおけるタスクはチームで遂行するよう設計されている。よって、システム設計の立場からいえば、緊急時などにおいても各メンバーが決められたタスクを確実に実施すれば、システムとして正常に目的を達成できるはずである。しかし現実には、各メンバーのタスクの連携に失敗したなどの理由により、チームとしての良いパフォーマンスを発揮できず、結果として、システムのトラブルを引き起こした例は事欠かない。

TMI 事故では、加圧器逃し弁からの1次冷却水の噴出により冷却水量は減っていたが、加圧器の水位計はこの噴出のため満水を示していたため、運転員チームは1次系には水が大量にあるという思い込みをしてしまった。一番若い運転員だけが1次系の他のパラメータが満水を示していないことに気づいたが、この情報は他のメンバーに伝えられず、水位

第Ⅱ-3図 組織安全診断と安全処方システムを組み合わせた安全性向上システムの構築
一般産業を含めた各種産業界の診断システムへの回答結果により、標準値を作成し、比較により診断結果を示し、具体的なリスクマネジメント法を提示することにより、組織全体での安全のスパイラルアップを図るシステム

計が正常であることを確認した以外は追求されなかった。チームでタスクを遂行する場合は、メンバー全員がシステムの状況について共通の認識を持つことが重要であるが、一方で他のメンバーにしっかり共有されている認識は変更されにくく、矛盾する情報が気付かれなかったり、気付かれても適当に正当化されて報告、追求されなかったりという問題もある。結局、このチーム全体での思込みは、応援に駆けつけた次シフトの当直長という「外部の眼」により加圧器逃し弁からの漏洩が発見されるまで、事故発生から2時間以上も是正されなかった。

こうした多くの事例は、いかに詳細にチームのタスクを定め、優秀なメンバーを集めて厳密にタスクを割り当てても、複数の人間が関わるシステムを運用する以上、人間同士のインタラクションがチームのパフォーマンスに大きな影響を及ぼすことを示している。Ⅲ-2節ではこうした要因について知見を解説し、チームパフォーマンス向上のための取組み、およびチームの評価に関する知見を、それぞれⅢ-3、-4節で紹介する。

2. チームパフォーマンスに影響を及ぼす要因

(1) 集団の特性

どのようなチームが良いチームなのか。原子力発電所運転員への調査からは、「指示命令系統が明確であること」、「活発であること」、「指摘・助言が自由に行えること」が重要なポイントとして挙げられた。3つのうち2つまでが自由に意見を言い合えることを指している。では、どのようなときに自由に意見が言い合えなくなるのか。ここでは以下の5つの観点を紹介する^{20,21)}。

(a) 権威勾配

若手の運転員が操作の際に手順に不安を感じた。先輩に聞けばいいことはわかっているが、こんなことを聞いたらまたきつと怒られるに違いない。聞かずに操作した結果、エラー発生…。こんな事例がよく聞かれる。第三者は、「わからないなら聞けばいいじゃないか」と思う。なぜそんな簡単なことができなかったのだろうか。人は権威をもった人に弱い。権威をもっている人(上位職者)に指示され命令されると、自分の意志に反しそれに従ってしまうものである。

米国の心理学者ミルグラム(Milgram, S.)は、実

第Ⅱ-4図 この上司に逆らえますか？

験という名目で他者に電気ショックを与えるよう命令された個人が、その他者の生命にかかわるほど強烈なレベルまでショックを与え続けるという事実を明らかにした。この実験により、権威勾配がもつ影響の恐ろしさが示唆された。

(b) 同調行動

チーム内の他のメンバーが全員、自分と異なる意見をもっているとしたら、人はそのような状況でも自分の意見をいうことができるのだろうか。

アッシュ(Asch, S. E.)は、こうした社会的影響過程を明らかにするために、実験を行った。8人の集団に、2枚のカードを見せる。1枚には線分が1本描かれており(標準刺激)、もう1枚のカードには、それぞれ長さの異なる線分が3本描かれてあった。被験者は、3本の線分の中から標準刺激と同じ長さのものを選ぶのだが、本当の被験者は1人で、残る7人はサクラであった。サクラにより、全員一致で故意の誤判断がなされる圧力試行において、被験者がどのように回答するかが観察された。実験の結果、圧力試行時の回答の約1/3で、サクラに合わせた誤判断がなされていた。被験者にとってサクラの存在が社会的圧力となり、同調行動現象が生じたのである。

(c) 社会的手抜き

自分1人だったら100の力を発揮するところを、他者がいたために手を抜いてしまう。チームで作業をすると、人は単独のときよりも働かなくなる。このような現象をラタネ(Latane, B.)らは「社会的手抜き」と名づけた。ニューヨークで起こったキティ・ジェノバーズ事件からもその一端が伺われる。

ある夜、午前3時過ぎに帰宅したキティは、アパートの前で不審な男に襲われた。キティの叫び声を聞いて、真夜中であつたにも関わらず、周りのアパートから何人も人が事件の様子を見ていた。しかし、誰も助けに行かず、警察にも連絡をせず、結局、

キティは殺されてしまった。何人もの人がこの事件を見ていたが、誰もキティを助けなかった。その後の研究では、「何人もの人」が事件を見ていたことに原因があったといわれている。事件の目撃者が1人であったなら、自分が助けなければならないという自己責任を感じるのだが、複数の人の存在により自己責任が拡散し、結局は誰も助けられないという結果になってしまったのである。

このような社会的な手抜き現象を最初に発見したのは、リングルマン(Ringelmann)である。彼は、1人、2人、3人、8人で綱を引いてもらい、1人あたりの引っ張る力を計算した。その結果、人数が増えるに連れて1人1人の力が弱くなっていることがわかった。このような、1人あたりの作業量が単独作業状況よりも集団状況において低下することをリングルマン効果という(第Ⅱ-5図)。ラタネらは実験により、このリングルマン効果を一般的現象としても確かめている。

第Ⅱ-5図 リングルマン効果

(d) 集団浅慮

集団で意思決定を行うとき、メンバーが優れた人達であっても失敗を犯すことがある。ジャニス(Janis, I.L.)は、ケネディ政権のピッグズ湾侵攻において、愚かな意思決定へと導く集団過程が働いたことを発見し、「集団浅慮」と名づけた。この侵攻は、カストロに率いられた革命政府を倒すことであったが、わずか数日で大失敗に終わった。

原因としては、ケネディ大統領とその政策決定集団が、①カストロ政権を甘く見ていたこと、②使命感が強すぎ、冷静な状況分析よりも早く敵をたたくという決定が優先されてしまったこと、などが挙げられている。彼らがこのような状況に陥ってしまったのは、①自分たちの判断力を過信し、②批判的な情報の価値を軽視し、③その結果、他の集団や情報から孤立したからだ、とジャニスは分析している。

(e) リスキーシフト

集団の決定は個人の決定よりも、より危険な選択

になりやすいという。ワラック(Wallach, M. A.)とコーガン(Kogan, N.)は、このリスキーシフト現象を確かめるため、以下の実験を行った。被験者は、リスクを伴うがうまくいけば大きな報酬を得ることができる行動をとるべきか、報酬は低いが高リスクのない、より安全な行動をとるべきかを、12の仮想状況において選択する。まず個人で回答し、その後6人の集団で討議し全員一致の回答を出す。また討議後、再び個人として回答し実験は終わった。その結果、集団討議の結果は最初の個人決定よりもリスクであることが確認され、さらに、討議後の個人決定も、討議前の個人決定よりリスクな方向にあることがわかった。

(2) リーダシップ

前項で集団のもつマイナス面を述べたが、集団のパフォーマンス向上のためにはリーダーシップが大きな影響力をもつ。ここでは、2つのリーダーシップモデルを紹介する。

(a) グリッド理論

ブレイク(Brake)とムートン(Mouton)によって考案されたもので²²⁾、リーダーの行動を人への関心と業績への関心の2軸で捉えており、どちらへの関心も低い(1.1)型、どちらへの関心も高い(9.9)型、その中間の(5.5)型、片方への関心だけが高い(1.9)型・(9.1)型などのタイプに分類している。現状の自分のタイプを把握し、あるべき管理写像に近づけるにはどのような自己革新が必要であるかを理解し実践していくための技法である。

(b) PM理論

三隅ら²³⁾によって考案されたもので、集団における基本的機能について、集団の目標達成や課題解決に関する機能を「P(Performance)機能」、集団の維持を目的とする機能を「M(Maintenance)機能」と名付け、リーダーの行動類型を2つの機能の大小によりPM型、P型、M型、pm型の4種類に分類したものである。多くの実証的・実験的研究から、部下集団の生産性・満足度の効果順位は、PM型・M型・P型・pm型となることが示されている。

(3) コミュニケーション

第Ⅱ-6図は対人間のコミュニケーションが成立するプロセスを7つのステップで表したものである。各ステップにおいて、下記のようなエラーが発生する可能性があり、これを考慮した上でチームにおける情報の共有化を図らなければならない。

第II-6図 コミュニケーションプロセス

- (1) 送り手が送信する内容を思い浮かべる(読取り間違い)
- (2) 送り手が情報を符号化する(言い間違い, 不適切な指示代名詞)
- (3) 送り手が符号を送る(符号の途切れ, 欠落)
- (4) 符号を物理的に伝播する(信号の減衰, ノイズによる妨害)
- (5) 受け手が符号を受け取る(感覚器官の指向性, 感度の個人差)
- (6) 受け手が符号を解読する(曖昧な符号の誤った補完)
- (7) 受け手が内容を解釈する(解釈違い)

送り手の意図した意味と受け手の解釈した意味が一致して, 初めてコミュニケーションが成立したといえる。安全を重視するシステムでは, 受け手が解釈した内容を送り返し, それを受領した送り手が送った内容と照合して相互の理解を確認する。しかし, 言葉や略号が一致しても, 送り手と受け手で解釈が異なる危険性もある。

3. チームパフォーマンス向上のための取り組み

(1) 人間系

チームパフォーマンス向上のためには, 集団がもつマイナス面をプラスに転じ, 適切なリーダーシップを発揮する必要がある。そのための取り組みを, 次に2つ紹介する。

(a) CRM (Crew Resource Management)

CRMは, 1981年に米国のユナイテッド航空(UA)ではじめて導入されたパイロット訓練のプログラムである。事故の未然防止・拡大防止のため, チームというものを最大限に活用しようという考え方に基づいている。1970年代前半, 航空事故に対して占め

る人的要因の比率が増加傾向にあるのを受け, NASAではそれらのデータの分析・検討などを実施した。その結果, 操縦技術には問題ないが, マネージメント, コミュニケーションなどに関する訓練が十分ではないことがわかり, それをきっかけにCRMの開発・導入が進められた。

日本でも1986年のJALをはじめとして, ANA, JASと国内大手航空会社が次々にCRMを自主導入していたが, 2000年4月には, 国内で運航を行うすべての航空会社のパイロットにCRMが義務づけられた。座学で学んだCRMの知識や方法を実際の運航ですぐに活用するために, LOFT (Line Oriented Flight Training) という訓練が行われている。これは, シミュレータを使用して路線運航で発生する様々な事態の模擬を行うもので, パイロット達は多様な事態にチームで対処することにより, CRMの知識や方法を身に付けていく²⁴⁾。CRMの効果として, 望ましい行動変容を起こすなどのプラス面が認められている一方, 安全に対する寄与は明確には確認されていない。しかし以下のユナイテッド航空(UA)の事故をみる限り, CRMの必要性は疑う余地がない。

1989年7月19日, UA 232便は高度37,000フィートの上空で, 油圧系統が全系統故障し操縦不能に陥った。コックピットの3人のパイロットと偶然乗り合わせたUAの飛行訓練教官は, 残された2つのエンジンのスラスト操作だけで, 緊急着陸に持ち込んだ。事故機のクルーは, プロシーチャーを検討し, 可能な解決法はないか, コントロールロスに対処するにはどうすればよいかなどの, 事故に集中した積極的なディスカッションをしている。便乗の訓練教官をコックピットに招き, 援助を受け入れた機長の態度も適切なものであった。UAでは10年来, CRM訓練を行ってきており, それがこの緊急事態にあって真価を発揮したと, NTSB (National Transportation Safety Board) は評価した。

(b) TIPS

日本の原子力界においてもチームパフォーマンス向上策への取り組みがなされている。原子力発電所の運転員に関するヒューマンファクターの研究において, 藤家ら²⁵⁾は, 訓練用シミュレータを用いて多重故障を起こし, 実機運転員チームに対応操作してもらった「シミュレータ実験」を実施した。その中で, 緊急時に高いパフォーマンスを発揮できるチームは通

常時からのチーム状態が良好であることがわかった。緊急時のパフォーマンスを向上させることは、ヒューマンファクターの大きな目的のひとつであるが、そのための一方策として、通常時のチーム状態を向上させるための訓練プログラム「TIPS(ティップス)」が東京電力において開発された。TIPSはコミュニケーションやチームワークの重要性をチームとして再認識し、体得するプログラムであり、ゲームワークやビデオケーススタディなどを盛り込んだ参加型の訓練である。東京電力では、全原子力発電所の全運転員チームが受講しており、チームパフォーマンスの向上に努めている(第Ⅱ-7図)。

TIPSに続く訓練として、SuperTIPSという訓練が開発されている。理想のチームの対応を映像化した「標準ビデオ」と自チームを比較検討することにより、さらなるチームパフォーマンスの向上を目指すものである。航空界のLOFT同様、シミュレータでの実操作を伴うものであり、実業務に即した状況の中で、チームパフォーマンス向上への認識を高めるものである。

(c) タスク配分と訓練

システムが複雑となると1人の人間の理解できる範囲には限界があり、システム全体を細かく理解することは無理である。そこで、1人の受持ち範囲がある範囲に限定して、その範囲の専門家として教育訓練を受け、異なった専門家でチームを作るという考え方もある。運転員というリソースには限界があるので、各メンバーがそれぞれある範囲の専門性を深くし、全体としてパフォーマンスを上げるという考えである。ただし、各メンバーのバックアップ機能は低下するので、当然、このことを考慮した運用にしなければならない。

また、どのような人間をチームメンバーとして組

第Ⅱ-7図 TIPSによりコミュニケーション等の重要性は再認識できたか。

み合わせると、最高のパフォーマンスを発揮できるか、という問題も、安全や効率を考えると重要なテーマである。あるいは、組織編成や安全文化を醸成する仕組み等も、原子力発電システムが社会により受け入れられるためには重要な課題である。

(2) 機械系

チームパフォーマンスを向上させるもう一つのアプローチは、機械系、具体的にはヒューマン・マシン・インターフェースの改良である。

チームでの問題解決においては、情報の共有とその手段としてのコミュニケーションが最も重要である。しかし、複数の人間による社会心理的關係は、時にコミュニケーションの阻害要因となる。そこで、人間から人間へのコミュニケーションを人間以外のもので代替することが考えられる。また、集団浅慮に陥るのを防ぐために、機械系により多面的な視点を提供することも考えられる。以下、このような取組みを3つ紹介する。

(a) 大型表示盤

ABWR型中央制御盤(第Ⅱ-8図)には、新しいインタフェース技術が導入されている²⁶⁾。中でも大型表示盤は、システム全体の概要が表示され、メンバー全員がシステムの状態をどこからでも理解できるように設置されたものである。これにより、①システム概要の把握、②発話コミュニケーションに伴うエラーの可能性の低減、③プラントイメージの共通化、などを支援できる。

a) ABWR型中央制御盤の評価

在来型制御盤(在来型とは、第一世代、第二世代型制御盤をいう)からABWR型制御盤への訓練用シミュレータを使った移行訓練を利用して、新型制御盤の有効性が検討された²⁷⁾。2つのシナリオを用いて、ABWR型と第二世代型制御盤の比較が行われた。被験者は移行訓練および再訓練の実機運転員であり、アンケート、インタビューおよび行動観察

第Ⅱ-8図 ABWR型中央制御盤

が行われた。大型表示盤の評価の結果では、プラント全体の主要機器の状態把握、大型表示装置を見ながらの対策や手順の検討に高い評価が得られた。また、インタビューではプラント全体の把握がしやすいという意見が多かった。行動観察では、大型表示盤の導入された ABWR 型制御盤の方が、問題解決を効率よく行う行動が多く観察された。

b) 在来型中央制御盤への応用

第二世代制御盤用の大型表示盤が試作され、その効果が検討された²⁷⁾。研究用シミュレータに、実サイズの試作版大型表示盤を取り付け実機運転員に評価してもらった。アンケート、インタビューおよび状況認識テストが用いられた。その結果、運転状態を尋ねることやパラメータの読上げを要請する機会の減少、トリップ機器の見落としや発見の遅れの減少などが高く評価された。状況認識テストでは、どのシナリオにおいても大型表示装置の方が正解数が多かった。また、コミュニケーションの分析では、当直長の発話頻度が大型表示装置のある場合の方が少なかった。

c) 警 報

視覚情報を提示する大型表示盤だけではなく、聴覚情報の警報も情報共有に有効な方策として考えられる。警報を工夫すると、運転員のシステム状態の理解やコミュニケーションを支援することができる。たとえば、(1)訓練用シミュレータの警報の基本周波数は、運転員の音声の基本周波数と近いので、これを高い音か低い音に移行させると楽にコミュニケーションができることが示唆された。また、(2)警報には、トラブルの大きさや系統に応じて音色を違えたり、トラブルの内容や対応手順を想起させるような楽器を用いて、音楽的要素を取り入れた手がかりの多い警報が有効と考えられた。さらに、(3)音声告知では、女性の音声で、告知する情報は「対象(パラメータ)名称」と「状況」を組み合わせた形式で、命令形の形態で告知するのが望ましいという結果が報告されている²⁸⁾。

d) 視座の多様性

北村らは、運転員支援の方策として、cognitive diversity の提案をしている²⁹⁾。これは、緊急事態に陥ると、チーム全体がトラブルの発生しているシステムに対してある一つの見方に固執し抜けられなくなるので、多面的な見方をインタフェースで支援しようという考え方である。複数の人間がいると冗長

性が増加するが、未経験の異常事態や判断に混乱をもたらす可能性のある状況では、冗長性よりも多様性の方が重要であるという点が興味深いアプローチといえる。

その他、対応している運転員自身を含めたシステムの状態を、自分自身で客体視すると冷静に対応できるという自己客体視のインタフェースも提案されている³⁰⁾。

4. チームの評価

(1) チームパフォーマンス評価

チームのパフォーマンスを評価するには、まずチームの行動を記述し、これをタスクに照らして分析する必要がある。原子力発電所の運転員チームを例にとったものでは、行待³¹⁾は、チーム行動を形成する観察可能な基本的要素として、メンバー間のコミュニケーション、各メンバーの行動および位置の3つに注目し、それぞれの内容を分類した上で、コミュニケーションフロー、アクションフロー、ポジションフローと呼ばれる線図に記述する手法を開発した。大塚ら³²⁾は、各メンバー間のコミュニケーションのタイプと実効的な量により、チーム内のコミュニケーション構造をコミュニケーション・トポグラフィックマップと呼ばれる相関図に表した。これとチームとしてのタスクの達成度合いとの関連について分析したところ、当直長と主任が連携して、あるいは主任が中心となって活発なコミュニケーションを行っているチームでは、パフォーマンスが良いとの結果が得られている。

(2) 集団信頼性評価

古田ら³³⁾は、集団過程を確率論的にモデル化し、集団行動の信頼性を定量的に評価する手法を開発した。このモデルでは、正しいあるいは誤った判断をする情報処理素子でメンバーを表し、これを有向リンクで結合した情報処理ネットワークとしてチームをモデル化する。各素子が正しい判断を行う確率は、素子の処理能力および影響因子により算出される。影響因子には、チームの凝集性などに相当する、他素子からの社会的影響を表すものと、情報の価値などに相当する、環境の影響を表すものがある。各素子の状態に基づきチーム全体の確率分布を求め、さらにチームとしての成功確率を算出する。

シミュレーションにより、優秀なリーダーを有する「上意下達型」のチームでは、リーダーと部下の結合が

強くなりすぎない(つまりリーダーがある程度独自に判断する)方が信頼性が高いが、結合が弱くなり、部下からリーダーに情報が伝わりにくくなると急速に信頼性が下がること、凝集性の高いチームは、緊急事態においても信頼性の低下の度合いが小さい反面、緊急事態が去ってもなかなか回復しないことなど、チームの興味深い静的/動的特性が示されている³⁴⁾。

5. おわりに

複数の人間が存在しているところには必ず微妙な人間関係が存在する。したがって、複数の人間から構成されるチームの場合は、人間関係の問題は避けて通れない。原子力発電システムでは、このことも考慮してさまざまな教育訓練やハードウェア、ソフトウェアなどの支援が必要である。

一 参 考 文 献 一

- 1) J. Reason, *Managing the Risk of Organizational Accidents*, Ashgate, Aldershot, (1997) (塩見 弘監修, 組織事故, 日科技連出版社, (1999)).
- 2) 網谷りょういち, 信楽高原鐵道事故, 日本経済評論社, (1997).
- 3) 日本原子力学会ヒューマン・マシン・システム研究部会 JCO 事故調査特別作業会, JCO 臨界事故におけるヒューマンファクター上の問題, (2000).
- 4) 日本原子力学会「原子力安全」調査専門委員会, JCO ウラン加工工場における臨界事故の調査報告, (2000).
- 5) 住田健二, JCO 臨界事故体験 原子力とどうつきあうか, 筑摩書房, (2000).
- 6) 東京大学社会学情報研究所, 1999年 JCO 臨界事故と住民の対応, (2001).
- 7) 横浜市立大学ホームページ
- 8) 産経新聞取材班, ブランドはなぜ墜ちたか 雪印, そごう, 三菱自動車 事件の深層, 角川書店, (2001).
- 9) 北海道新聞取材班, 検証・「雪印」崩壊 その時, 何がおこったか, 講談社, (2002).
- 10) 安全の秘訣とは何か? 無事故組織に学ぶ, 社会安全研究所, (2000).
- 11) K. Takano, M.Kojima, N.Hasegawa, A.Hirose, "Interrelationship between organizational factors and major safety indicators", *Safety Culture in Nuclear Power Operations*, Ed.B.Wilpert, N. Itoigawa, Taylor & Francis, London, UK, p 189 ~205 (2001).
- 12) 中央労働災害防止協会編, 職場のリスクアセスメントの実際, 中央労働災害防止協会, (1999).
- 13) 長谷川尚子, 他, 職場における安全風土(文化)醸成に関するシステム構築の研究について, 電中研報告 S 99502, (2000).
- 14) F. Petrock, *The Organizational Nature of Human Performance*, Inst. General Systems Consulting Group, (2002).
- 15) Exelon & INPO, *Proc. Spring 2002 Human Performance Workshop*, (2002).
- 16) 原子力安全委員会編, 原子力安全白書, 大蔵省印刷局, p.245~254 (2000)
- 17) 福井宏和, 他, 原子力発電所における安全風土に関する研究. *J. Inst. Nucl. Safety Syst*, 8, 2~14 (2001).
- 18) S. Inoue, S. Hosoda, T. Suganuma, K. Monta, A. Kameda, "Decreasing ambiguity of the safety culture concept", *Proc. AESJ/ANS Joint Meetings Safety Goals and Safety Culture*. Milwaukee, USA, p.373~374, (2001).
- 19) 高野研一, 他, 意識面・組織面からみた安全診断システムの構築(1); 診断に必要な機能および診断結果の妥当性の検討, 電中研報告 S 001002, (2002).
- 20) 齊藤 勇, 人間関係の分解図, 誠信書房, (1987).
- 21) 原岡一馬, 組織とコミュニケーション, 福村出版, (1993).
- 22) R. Blake (上野一郎訳), 期待される管理職像, 産業能率大出版部, (1966).
- 23) 三隅二不二他, "バス運転士の事故防止に関する集団の効果", 教育社会心理学研究, 6, 125~133 (1967).
- 24) <http://www.jas.co.jp/crm/jascrmindex.htm>
- 25) 藤家美奈子, 他, BWR の安全性に及ぼすヒューマンファクターの研究(Phase-Ⅲ)その1, 原子力学会「1991秋の大会」予稿集, F 48, (1991).
- 26) 岩城克彦, 他, "ABWR 型中央制御盤の概要", 電学論, 112, 1265~1268 (1991).
- 27) 河野龍太郎, 藤家美奈子, 大塚 勉, "最新型制御盤ヒューマン・マシン・インタフェースのヒューマンファクターの観点からの評価", 日本プラントヒューマンファクター誌, 1[1], 46~57 (1996).
- 28) 久保田龍治, 河野龍太郎, "運転クルーに望ましい警報音と音声告知に関する実験", 日本プラントヒューマンファクター誌, 5[1], 43~53 (2000).
- 29) 北村正晴, 原子力プラントクルー協調支援の知能化に関する研究, 平成7~8年度科学研究費補助金研究報告書, (1997).

- 30) 河野龍太郎, “自己客体視型インタフェースの提案”, *SICE 2001 in Nagoya*, (2001).
- 31) 行待武生, “プラント事故時のチーム行動に関する解析的方法の研究”, *人間工学*, **25**, 357~366(1989).
- 32) 大塚 勉, 吉村貞紀, 河野龍太郎, “原子力発電プラントにおける運転クルーパーフォーマンス分析手法とその適用”, *日本プラントヒューマンファクター誌*, 4[1], 68・77(1999).
- 33) K. Furuta, S. Kondo, Group reliability analysis, *Reliab, Eng, Syst. Safety*, **35**, p.159~167(1992).
- 34) K. Furuta, S. Kondo, “Impact of group organization on human reliability”, *Relia, Eng, Syst, Safety*, **38**, 193~198(1992).

著者紹介

高野研一 (Ken'ichi TAKANO)

1978年名古屋大学工学部原子核工学科卒, 80年同修士課程修了。工学博士。
(財)電力中央研究所ヒューマンファクター研究センター上席研究員。2000年日本人間工学会大島賞受賞。研究テーマは, 事故トラブル分析とDB化, 組織事故, 組織の安全文化と安全診断, リスクマネジメント。

藤家美奈子 (Minako FUJIE)

1988年東京女子大学文理学部心理学科卒。同年東京電力(株)入社, 91年同社原子力研究所ヒューマンファクター研究室, 2002年同社技術開発研究所ヒューマンファクターグループに改組, 現在に至る。研究テーマは, チームパフォーマンス向上策など。

八木絵香 (Ekou YAGI)

1995年早稲田大学人間科学部卒業, 97年同修士課程修了。(株)社会安全研究所ヒューマンファクター研究部主任研究員。2002年より東北大学工学研究科技術社会システム専攻在籍。研究テーマは, 緊急時の人間行動特性, 組織安全文化, 原子力防災, リスクコミュニケーション。

古濱 寛 (Yutaka FURUHAMA)

1990年東京大学工学部原子力工学科卒, 96年同大学院システム量子工学専攻博士課程修了。工学博士。同年東京電力(株)入社, 98年同社原子力研究所ヒューマンファクターグループ勤務, 2002年同社技術開発研究所ヒューマンファクターグループに改組, 現在に至る。研究テーマは, 組織要因, ヒューマンマシンインターフェイスなど。

河野龍太郎 (Ryutaro KAWANO)

1975年防衛大学校(航空要員, 電気工学)卒業。1976年運輸省航空局東京航空交通官制部配属。1983年東京都立大学人文学部心理学卒業, 1988年人文科学研究科博士課程単位取得退学, 同年東京電力(株)入社。現在, 技術開発本部技術開発研究所ヒューマンファクターグループ主管研究員。1994年日本人間工学会橋本賞, 1996年日本原子力学会賞(技術賞, システム安全賞)受賞。