

第12条 人的な要因

原子力施設の計画、設計、建設及び運転の各段階における安全確保に関するすべての活動において、一般的に、個人としての、又は集団としての人間が関与しており、これらの人間の関与にはヒューマンファクターが関与する余地がある。

このヒューマンファクターを適切に管理し、人的過誤の防止、検出及び是正により原子力施設の安全の確保を図るためには、技術的能力のある人員を必要な量確保し、適切な訓練を行い、安全審査、品質保証及び運転管理を適切に行うとともに、原子力安全に関与するすべての組織において安全文化を醸成することが必要である。

我が国における原子力に関する安全文化は、第10条に関する報告に記述したように、我が国社会に自明のこととして根ざしているともいえるが、我が国政府としても、原子力の安全に携わる人々を対象に政策声明の公表、セミナーの開催等により、原子力安全への意識高揚に努め、人的過誤の防止に努めているところである。

また、1970年以降の我が国の実用発電用原子炉の人的過誤によるトラブル報告件数の推移を附属書2に示しているが、トラブル報告件数に占める人的過誤の割合は、ほぼ一定の割合で推移しているものの、1基当たりの人的過誤の発生件数は全体的に減少傾向にある。

12.1 ヒューマンパフォーマンス問題に対する規制機関及び原子炉設置者の役割

(1) 規制機関の役割

経緯

第10条に関する報告において記述したように、米国TMI及びソ連チェルノブイリ等の事故により発電用の原子力施設の安全に果たす人間の役割の大きさが再認識され、運転管理面に対する安全規制体制の充実が図られてきている。

このような考え方の変遷に基づき、通商産業省は、1980年より通商産業大臣の指定した機関に実用発電用原子炉の運転責任者の資格認定を行わせる制度を設け、運転員の資質の向上を図っている。また、1986年8月に、「原子力発電安全確保対策のより一層の充実について(セーフティ21)」を公表し、最新の知見を反映した技術基準の一層の整備、ヒューマンエラー防止の研究、技術開発を行っていく必要があることを発表している。さらに、1987年10月に、財団法人原子力発電技術機構にヒューマンファクターセンターを設立し、研究開発に努めている。

また、科学技術庁においても、日本原子力研究所において研究を行っている。

人的過誤の防止、検出、是正のための取組

規制機関は、人的過誤の防止、検出及び是正のために、原子炉設置者に対し各種の規制上の要求を行っている。これらの規制上の要求については、12.2及び12.3において記述する。

また、規制機関は、原子力施設でトラブルが発生した場合、原因究明を行うとともに再発防止対策を検討し、原子力安全委員会等の意見を聴取した後、具体策の適切な反映を行うよう原子炉設置者を指導している。とりわけ、ヒューマンファクターに関連するトラブルが生じた場合、その行動を分析し、ヒューマンエラーをもたらした要因を究明し、それらの要因を取り除く方策を講じることによって、原子力施設の安全性が脅かされることのないよう指導している。

研究開発

人的過誤の防止、検出、是正のため、通商産業省は財団法人原子力発電技術機構のヒューマンファクターセンターに委託して研究、技術開発を進めている。

また、日本原子力研究所においては、人的因子研究室を設置し、安全研究年次計画に基づきヒューマンファクターに関する研究開発を行っている。

(2) 原子炉設置者の役割

一方、原子炉設置者においては、以下の活動を通じ、自主保安を強化して人的過誤の防止を含めヒューマンパフォーマンスのより一層の向上を図るための活動が行われている。

安全文化の醸成

原子炉設置者は、原子力発電における安全思想やヒューマンエラー防止に関する講演会等を実施し、安全文化の醸成・高揚に努めている。また、原子力発電安全月間を実施する整理点検等の行事を通じて、職員に対する安全配慮への意識向上を図っている。

建設段階における取組

建設段階において、規制機関による審査のほか、ヒューマンファクターの観点から各種試験及び試運転を行い、人的過誤を防止するための機能が設計どおりに建設されていることを確認し、運転手順書及び試験手順書に適宜反映し、必要に応じて設備の改善を実施している。

事故・故障等の経験の反映

国内外の原子力施設で発生した過去の人的過誤によるトラブル事例やヒヤリハット

事例（人的過誤を起こす寸前で未然に防止した事例。）の分析及び評価を通して、運転手順書や施設の改善に適宜反映し、人的過誤の再発防止に努めている。

運転体制

運転員の勤務は、発電所の運転監視・操作を毎日24時間連続して確実にを行うため、三交代勤務としている。この三交代勤務に当たっては、当初四班制で実施されていたが、運転に係る知識・技能の維持向上のために教育訓練を充実させることを目的に五班制に移行し、さらに、教育訓練の一層の充実を図るために六班制に移行している。各班は、運転責任者である当直長1名と、その補佐をする副当直長1名、原子炉、タービン等の監視及び制御を行う複数の制御員並びに現場の巡視点検及び補機操作を行う複数の補助制御員から構成されている。

当直長は、当直業務の引継ぎに当たっては、所定の鍵、運転日誌及び当直長引継日誌を確実に引き渡すとともに、運転状況を的確に申し送ることとしている。また、引継ぎを受けた当直長以下の運転員は、運転状況及び業務予定等について、役割ごとに打合せを行っている。

運転手順書の整備及び改訂

原子炉設置者は、原子力施設の運転に当たって、保安規定に基づいて原子力施設の保全、放射性物質の管理に関し必要な具体的手順を運転手順書及び保守手順書に定めているが、運転経験及び技術の進歩に伴って、絶えずその整備及び改訂を行い、運転員及び保守員の教育訓練に反映している。

運転員の教育訓練

原子炉設置者は、運転員の能力の維持向上及び判断の誤りや誤操作防止のため、長期及び短期養成計画を作成し、教育訓練を継続的に実施している。

まず、運転員は社内研修で原子力に関する基本的な知識を習得した後、運転直に配属され、経験者の指導監督の下に実務訓練（OJT）を行い経験を積んだ後、厳しい社外の訓練を行っている。社外の運転員訓練施設としては、BWRを対象にしたBWR運転訓練センター（BTC）とPWRを対象にした原子力発電訓練センター（NTC）があり、大規模シミュレータを使用した幅の広い教育訓練が行われている。これら運転訓練センターには、運転員の能力段階に応じ、初期訓練コース、再訓練コース及び直員連携コースが設けられている。なお、運転責任者の資格を取得するには、これらの訓練センターによる実技試験に合格することが必要な条件のひとつとなっている。

近年、各原子炉設置者も自社内に訓練設備を整備するようになってきており（表

11 - 2 参照)、それぞれの会社のニーズにあった訓練が行われるようになってきている。

また、原子力基礎知識の全般的な修得のために、日本原子力研究所の研修コースがあり、例えば原子炉主任技術者の多くが、この研修コースを受講した者である。

保修員の教育訓練

保修員の教育体系は、保修員の技術レベルに応じて、導入、初級・中級、上級、管理・監督者の各段階に分かれており、導入教育、机上教育、モックアップ訓練、定期検査時に実施する実務訓練（OJT）及び社外セミナー研修が教育訓練として実施されている。

また、各原子炉設置者は、社内及び保修関係企業の保修員の教育訓練のための施設として保修訓練センターを整備し（表11 - 3参照）、作業環境の模擬も含めた実技訓練を実施している。

これらの教育訓練は、保修実務訓練実施要領等に基づく、計画的な体系により実施されているほか、各原子炉設置者内の技能認定制度を設けることにより、技術水準の向上を図り、教育訓練の充実を行っているほか、国内外のトラブル情報から得た教訓を絶えず反映している。

研究開発

電気事業者は、財団法人電力中央研究所にヒューマンファクター研究センターを1987年7月に設置し、原子力施設に果たす人間の役割に関し、応用的な分野における研究開発を行っている。電気事業者の研究成果の具体例としては、従来から行っている人的過誤防止のためのタッチパネル制御盤を開発し、ABWRにおいて採用される等具体的な実績がある。

12.2 人的過誤の防止、検出、是正のための要請

(1) 規制上の要請

原子力施設において、人的過誤による異常発生を防止することを目的に、設計面及び設備面において、人的要因及びマンマシンインターフェースを考慮することにより、人的過誤の防止を図ることを、安全設計上の要求事項として「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針」（以下「安全設計審査指針」という。）に定めている。

具体的には、運転員の誤操作を防止するよう設計されていること、発電所を構成する機器が適切な信頼性を確保し、かつ、維持しうること、及び異常状態発生後、ある

時間までは運転員の操作を期待しなくても必要な安全機能が確保される設計とすることが要求されている。さらに、制御室は、原子炉及び主要な関連施設の運転状況並びに主要パラメータが監視できるとともに、安全性を確保するために急速な手動操作を要する場合には、これを行うことができる設計であることが要求されている。

特に異常時においては、運転員の心理状態の変化、環境からの認知・行動要求の増大が予想され、人間の対処能力が低下することによる人的過誤増大に対し、通常時以上の配慮が必要とされている。このため、安全機能を有する系統、機器の設計の評価においては、一般に異常状態の発生直後は、10分間は運転員の操作を期待せずに必要な安全機能が作動できるような設計であることを原則としている。また、運転員の操作を期待する場合には、運転員が事態を的確に判断し、高い信頼性でその操作が行えるように十分な時間的余裕と適切な情報が与えられることを要求している。

通商産業大臣は、電気事業法に基づき、実用発電用原子炉の設計段階において、人的過誤の防止、検出及び是正に必要な機能の確保についての要求のとおり詳細設計が行われているかどうかを、工事計画認可において審査している。また、科学技術庁長官は、研究開発段階にある原子炉について、原子炉等規制法に基づいて実用発電用原子炉と同様の認可、検査を実施している。

原子炉設置者は、第19条に関する報告において記述するように、原子力施設の保安及び特定核燃料物質のために講ずべき措置を保安規定に定め、自らこれを遵守するよう義務付けられている。主務大臣は、この保安規定の認可を通じて、原子炉設置者が人的過誤の防止、検出及び是正のために適切な保安体制を整備していることを確認している。

また、実用発電用原子炉施設の運転責任者については、資格認定を受けた者が選任されるが、この資格は3年ごとに更新する必要がある、能力の低下を防ぐ仕組みとなっている。また、運転員及び保修員の育成及び資質向上のため、原子炉設置者が行う教育訓練を、新人運転員及び新人保修員だけでなく、熟練者に対しても実施するよう指導・監督を行っている。

また、主務大臣は、原子炉設置の許可に当たり、原子炉設置者が人的過誤の防止、検出及び是正を行うことを含めて、技術的能力があることを確認している。技術的能力に対する確認事項としては、原子力関係組織及び関係技術者数、国内外の研修機関における研修者数、原子炉主任技術者等の有資格者の人数、技術者の養成計画がある。

さらに、(2)で述べるように、規制機関は事故、故障の事例を具体的に分析し、人的過誤の要因を見いだした場合には、設備面での改善等を含めその是正に努めさせるとともに、他の原子力施設に対する注意を促し、改善を図っている。

(2) 過去のトラブルからの教訓

米国TMI事故が、運転員の誤操作及び安全規則違反に原因があったことにかんがみ、原子力安全委員会は我が国の安全確保対策に反映させるべき事項を抽出し、通商産業大臣は原子炉設置者に対する審査に、人的過誤防止の観点から、以下を追加することとした。

- a. 安全保護系の信号により原子炉停止系、工学的安全施設等が確実に自動作動するよう設計されていること。また、手動操作を要請されるものは、ヒューマンクレジットを考慮した上で、確実に作動するかどうか審査すること。
- b. 技術的能力及び運転管理体制について、運転開始等の段階で更に十分な確認をすること。
- c. 事故時における制御室への接近及び居住性を確保するため制御室の遮蔽、換気等について審査すること。
- d. 異常な過渡変化時及び事故時における一次冷却材の状態及び炉心冷却状態を運転員が常時把握できるよう監視手段(ディスプレイ等)を設けること。
- e. 運転制御をより一層しやすくするため、制御室におけるプラントの主要なパラメータの表示方法及び制御室等のレイアウトに関して人間工学的観点から検討すること。

また、TMI事故を契機として、実用発電用原子炉の運転責任者は通商産業大臣の指定機関による資格認定を受けること、実用発電用原子炉施設に運転管理専門官を常駐させることが実施された。

その他、で記述する異常事象に関する情報の収集、分析及び伝達に努めること、訓練センターにおける訓練内容に故障が重なったシナリオに無い事故を想定しての対応措置を取り入れること、その他運転管理に関する研究開発の成果を反映させること等が要請されているが、これらについては、今日においても継続的な努力が行われてきている。

国内で発生した大きなトラブルにおける、ヒューマンファクターに関連するものとして、以下のものがある。通商産業省ではこれらのトラブルの反映として、必要に応じ運転管理制度、体制の一層の強化対策を実施している。

A) 福島第二原子力発電所 3号機原子炉再循環ポンプ損傷事象の教訓としての反映事項

1989年1月6日、東京電力株式会社福島第二原子力発電所3号機において、運転中に原子炉再循環ポンプの振動が大きくなったため、出力を降下するというトラブルが発生した。主な原因は、当該ポンプの水中軸受けリングの溶接部の溶け込み不足により、水中軸受けリングが破損し、羽根車等に損傷を引き起こしたことである。このトラブルにおいて、以下のような管理上の問題が存在していたことが判明し、再発防止の観点から以下の反映事項が実施された。

- a. 本事象においては、ポンプの振動が、停止に至る1週間程前から検知されており、これに対する運転上の対応が十分になされていなかったことが破損につながったことが判明した。このため、今後、原子力施設の運転に当たり、常に安全を最優先とした迅速かつ的確な対応が行われるよう、安全管理の徹底を行うとともに、社内各層の安全意識の向上を図ることとなった。
- b. 本事象においては、運転手順書の規定が適切かつ十分でなかったことが、警報発生後の対応の誤りをもたらし、ひいては事象の進展と拡大を許す要因の一つになったと考えられる。このため、運転手順書を見直し、原子炉再循環ポンプの振動警報が発生した場合、直ちにポンプを停止することとした。

B) 美浜発電所 2号機蒸気発生器伝熱管破損事象の教訓としての反映事項

1991年2月9日、関西電力株式会社美浜発電所2号機の蒸気発生器伝熱管1本が破断し、「加圧器圧力低」の信号により原子炉が自動停止するとともに、安全注入信号が発信し、高圧注入系(ECCS)が作動するというトラブルが発生した。この原因は、蒸気発生器の製作時に伝熱管の振れ止め金具が所定の位置にはめ込まれていなかったため、流力弾性振動により伝熱管が破損したことが、事故後の調査で判明した。このトラブルにおいて、運転手順書どおり加圧器逃し弁の開操作を行ったにもかかわらず、弁が作動せず、応用動作としてスプレー弁を操作して加圧器圧力を低下させる運転操作が行われた。この点についての人的過誤防止面からの反映事項を以下に示す。

- a. 本事象において、加圧器逃し弁に作動用空気を供給する制御用空気系統の弁が閉じられたままになっていた。このため、安全上重要な機能を有する機器の作動に関連する手動弁に関して、施錠管理、開閉の運用状況の明示、点検手順書の対象範囲の明確化等誤操作防止対策を徹底することとした。
- b. 本事象においては、異常事象発生時に、安全上重要な機器について不具合が発生した場合にも、運転員が容易に判断し、適切に対応できるよう運転手順書を整

備することが重要とされた。具体的には、加圧器逃し弁不作動及び主蒸気隔離弁不完全閉の場合の具体的な操作手順を、運転手順書に追加した。

12.3 管理及び組織上の要請及び取組

原子力施設の運転に関し、原子炉等規制法第37条に基づき、原子炉設置者は保安規定を作成しなければならないが、この保安規定において、原子力施設の運転及び管理を行う者の職務及び組織に関することを記載することが定められており、規制機関はその妥当性について審査を行っている。

実用発電用原子炉の運転に関わる職務として重要なものには、所長、原子炉主任技術者及び運転責任者がある。原子炉設置者は、原子力施設の組織全体を統括し、運転保守等全般にわたって責任を有する所長を選任するとともに、原子力施設の運転の保安の監督を行う原子炉主任技術者を選任し、通商産業大臣に届け出ることが要求されている。原子力施設の運転に従事する者は、原子炉主任技術者が保安のためにする指示に従わなければならない。また、原子力施設の運転責任者については、通商産業大臣の指定する機関により行われる資格試験により、緊急時対応能力及び技能を有すると認められた者を配置しなければならない。保安規定については第19条において詳細を記述する。また、運転責任者認定制度については第11条に関する報告において記述している。