

## 第2回原子力発電の運転におけるヒューマンファクター 研究に関する国際会議 ( ICNPO 2 ) の概要

Report of The 2nd International Conference on Human Factor  
Research in Nuclear Power Operation

平木 忠雄 (Tadao Hiraki)\*

小谷 文夫 (Fumio Kotani)† 守川 伸一 (Shin-ichi Morikawa)†

**要約** 平成8年11月28日～30日に当研究所はベルリン工科大学システム安全研究センターとの共同主催で第2回原子力発電の運転におけるヒューマンファクター研究に関する国際会議をベルリン学術センター（在ベルリン市）で行った。参加者は8カ国から30名であった。会議は、「文化的な背景」、「安全活動」、「組織の変容」、「組織の様相」、「パフォーマンスの評価尺度」、「教育・訓練」の6つのセッションに分けて進められ、4つの基調講演と17の発表があった。各発表に対してはフランクに意見交換が行われ、参加者からは、今回の会議を有意義なものとして評価する意見が多く出された。

**キーワード** 原子力発電, ヒューマンファクター, ヒューマンエラー, 安全, ICNPO

**Abstract** This institute held the 2nd International Conference on Human Factor Research in Nuclear Power Operation in the form of joint sponsorship with the Research Center for System Safety of the Berlin University of Technology from November 28 to November 30, 1996 at the Berlin Technology Center (located in Berlin). The conference was attended by 30 participants from 8 countries. The conference was divided into six sessions consisting of cultural context, safety activities, organizational change, organizational aspects, performance indicators and training. The conference also featured 4 keynote speeches and 17 presentations. Frank exchanges of opinions were held regarding each presentation. Many of the opinions expressed by participants indicated that the conference was very worthwhile and proved to be a source of valuable information.

**Keywords** Nuclear power, human factor, human error, safety, ICNPO

### 1. 概要

本会議は正式名称を原子力発電の運転におけるヒューマンファクター研究に関する国際会議 (International Conference on Human Factor Research in Nuclear Power Operation) といい、ICNPOと略称している。

第2回会議 (ICNPO 2) は1996年11月28日～30日に第1回<sup>(1)</sup>と同じベルリン市のベルリン

学術センターで行われた。参加者は8カ国から30名であった。

会議は、「文化的な背景」、「安全活動」、「組織の変容」、「組織の様相」、「パフォーマンスの評価尺度」、「教育・訓練」の6つのセッションに分けて進められ、4つの基調講演、17の発表 (論文数は19) があった。

発表は組織に関わる問題を中心に取り上げているものと、人間の問題を中心に取り上げているものと

\* (株)原子力安全システム研究所 社会システム研究所  
現 関西電力(株)本店 人材活性化室

† (株)原子力安全システム研究所 社会システム研究所

に大別することができる。

組織に関わる問題としては、原子力発電所内の各部門、発電所全体、電気事業者、規制当局などの組織内、または組織相互の問題が多く議論されている。組織の問題としては、安全文化とその背景、その違いのもたらす影響、その評価などの発表がなされた。組織相互の問題としては、非友好的規制当局との関係、組織間の知識の共有化などが議論された。

一方、人間の問題については、職場のパフォーマンスに大きな影響があるリーダーシップとそのトレーニング効果、シミュレータによる教育・訓練法などの発表がなされた。

今回の会議の全体の基調はセッション4のReasonの基調講演の中で述べられている。すなわち20年ぐらい前までは事故が起きると個人の責任追及、原因追究も個人止まりであり、対策も同様であったが、それでは事故防止にならないし、真の原因を解明したことにもならない。そこで、その人の属する組織、管理体制なども原因究明の対象にするようになっていったのであり、今やヒューマンファクターの研究には、組織、管理要因から、システム全体がその対象となっているのである。

## 2. 各発表の概要

### 2.1 セッション1 Cultural Context (文化的な背景)

(基調講演)

The Social Construction of Safety 「安全を社会的に打ちたてるには」(G.I.Rochlin, University of California Barkeley, USA)

(論文)

1. Arms Choice: Understanding Organisational Diversity in Conducting Scheduled Outrage 「組織信頼性の構築：内包性と二重性の問題 定検の米仏比較」(M.Bourrier, Centre de Sociologie des Organisations, France)
2. Findings from a Comparative Study on Finish and Swedish Practicies in Nuclear Safety 「原子力の安全対策のスウェーデンとフィンランドの比較研

究に基づく知見」(B.Wahlström, VTT Automation, Finland)

3. Cultural Context of the Nuclear Safety Culture: A Conceptual Model and Experimental Study 「安全文化の文化的背景：概念モデルと実験的研究」(N. Meshkati, University of California, USA)
  4. Implicit Social Norms in Reactor Control Rooms 「中央制御室における暗黙の社会規範」(M.Ignatov Burgarian Science Academie Burgaria)
  5. Advanced Displays, Cultural Stereotypes and Organisational Characteristics of a Control Room 「制御室の先進的なディスプレイ、文化的なステレオタイプと組織の性格」(N. Moray, Universite de Valenciennes, France)
- (論文のみ)

組織にはそれぞれ固有の文化 - 思考と行為のパターンがあり、安全文化もその一部である。組織の構造は法律や規制によって作られるが、Rochlinは基調講演の中で、組織に内在する文化は社会的なものであり、その表れ方は様々であるが、そのような文化がどのように生まれて、育まれていくかを明らかにしていくことにより、安全文化も育成をはかることができる」と述べている。

Bourrierは米国の2つの原子力発電所とフランスの2つの原子力発電所の定期検査における準備、計画、組織、実施の状況を組織科学の観点から比較することで組織的な信頼性(Organisational Reliability)について検討している。

Wahlströmは、フィンランドとノルウェーのともに優秀な成績を修めている原子力発電所の安全対策を発電所と監督官庁の面接調査により比較した。両者で認められたのは「安全には長い目で取り組む必要があり、何かが起こる前に改善していこうという態度が重要だ」、「経験から学び、自分自身を省みて謙虚な態度を保つ必要がある」というものである。更に、安全文化は実現可能であり、原子力関係者にはすぐに理解できるものであることがわかった。しかし実際に定着させるためには更に何ステップも必要である。

Meshkatiは、安全文化がその国や地域における

文化と密接に関係していることを指摘している。多国籍企業の工場の例では、海外進出した工場の組織文化には違いが見られなかったが、パフォーマンスの順位は組織文化がその国の文化に適応している順位に一致しているとの結果であった。

Ignatov は原子力発電所の中央制御室の運転員の活動に重要な役割を果たしている暗黙の規範について、ブルガリアの原子力発電所における観察事例に基づき報告している。手順書などの審査と運転員に対する面接によって明らかになった暗黙の規範は「運転員のパフォーマンスの良さは、効率の良さにつながる」、「自分たちが成績優秀なのは明文の規則に違反しないからではなく、責任を1人で負わねばならない、または責任を分担せねばならないような状況で慎重に振る舞うからだ」、「内心どんなに不安を感じていても自信に満ちた外見を保たなければ周囲の人々に憶病者と思われる」などがある。暗黙の規範は何が認められ何が認められないか、何が重要で何が重要でないかを規定するものであるが、安全文化を理解する上で暗黙の規範を明らかにしておく必要があることがわかった。

## 2.2 セッション2 Safety Activities (安全活動)

(論文)

1. Outline of Human Factor Studies Conducted by Electric Power Industry 「電気事業者によるヒューマンファクター研究の概要」 (O.Yamaguchi et al., The Japan Atomic Power Company, Japan)
2. A Study on Human Factors in NPPs Maintenance 「原子力発電所の保守におけるヒューマンファクターの研究」 (N.Tanabe et al., Tokyo Electric Power Co., Inc., Japan)
3. Analysis of Human Caused Errors at Japanese NPP in the Past 25 Years 「過去25年間の日本の原子力発電所におけるヒューマンエラー解析」 (M.Kojima et al., Central Research Institute of Electric Industry, Japan)
4. Review of Human Error Prevention Activities at Kansai Electric's NPS 「関西電力の原子力発電所におけるヒューマンエラー防止活動の概要」 (T.Tokuine, Kansai Electric Power Co., Inc., Japan)
5. Analysis of Human Factors in Case Studies of Near Incident at Nuclear Power Plants 「ハットヒヤリ事例の解析」 (H.Shinohara et al., Institute of Nuclear Safety System Inc., Japan)

山口からは、日本の電気事業者によるヒューマンファクター研究に対する取り組み状況の概要が紹介された。ヒューマンファクターを研究している研究機関は日本原子力研究所、原子力発電技術機構、電力中央研究所、東京電力原子力研究所、原子力安全システム研究所であり、人間やチームの行動の分析、人間信頼性の解析、運転員の振る舞いのモデル化など幅広い観点から研究が行われている。

田畑は、保守作業のヒューマンエラーへの取り組みを発表した。ヒューマンファクターの研究は運転分野が多いが原子力発電所のトラブルの原因は保守作業によるものが多いので、保守作業についてタスク分析とアンケート調査を行い、ハンディターミナルを活用した保守作業支援システムや、教育支援ツールを開発した。ただ保守分野は作業の種類が極めて多様であるので、個々の作業に対するヒューマンエラー防止よりも管理の面に焦点を当てていくことになる。

小島からは、過去25年間のヒューマンエラーによるトラブル事例を電中研が開発したJ-HPESにより解析した結果が報告された。これによると、全体の50%が警報で発見されており、原因となる作業は「予防保全、定期検査」が最も多いことなどがわかった。またBWR2,3,4とBWR5では警報により発見される割合が増加しているなど原子炉のタイプにより違いのあることがわかった。今後は、全体的な特徴を見るマクロの視点と個別事例を検討するミクロの視点とを合わせた形で分析を進める。

徳稲からは、95年10月と96年3月にユニット取り違いエラーが立て続けに発生したため、従来からの対策とは別の観点から対策の検討を行い再発防止に取り組んだ事例が報告された。ユニットの色分けの徹底、コントロールパネルなどの機器、通路にユニット番号を大きく表示、ユニット区分のための物理的なパーティションの設置、テスト端子へのブラ

スチックカバーの取り付け，操作対象弁のバーコードによる識別，ハットヒヤリ事例集の作成などの対策を実施していることが紹介された。

篠原からは，原子力発電所で収集されたハットヒヤリ事例560例について自然言語に基づく解析を行った事例が報告された。

### 2.3 セッション3 Organizational Change (組織の変革)

(論文)

1. From Theory to Practice On the Difficulties to Implement Improved Human Factors Learning from Events in an Unfriendly Environment 「理論から実践へ：非友好的状況における事象から改良されたヒューマンファクターを学ぶことの難しさについて」 (G.Becker, Technology University of Rainland, Germany)
2. Interorganizational Development in the German Nuclear Safety System 「ドイツの原子力安全システムにおける経験の共有化」 (B. Fahlbruch et al., Berlin University of Technology, Germany)

Becker は，組織的な学習の実施に伴う問題点について述べている。組織的学習は，原子力発電の建設，運転などあらゆる分野で安全性の向上に有効であることが示されているが，現行のトラブル報告システムにベルリン工科大学とラインラント工科大学が共同で研究した成果の反映を提案したところ，これを実施に移すときには，数多くの問題や抵抗があることがわかった。階層的な組織構造の問題，監督官庁の原子力発電に対する姿勢，とりわけ原子力発電所の廃止を望む州の政治問題などの問題がある。実施のためには，関係者のプライバシーの尊重と段階的な進め方が大切であるとしている。

Fahlbruch の報告によれば，ベルリン工科大学が開発した組織的学習の方法に対して電力会社は自主開発したヒューマンファクターの系統的な評価法の目標の競合と経済的な負担増を恐れて反対している。規制当局も自分たちの規制行動を問題にされることを懸念している。さらに現実的な問題として電力会社は，この報告システムによりトラブルの原因

が組織，管理の欠陥であることがわかった場合に，州（特に原子力に反対の立場の政党が発言権を持つ州）の規制当局が安全性が保障されないと判断して原子力発電所を停止する権限を行使することを恐れている。このような状況を打破して組織的学習を促進するには関係機関の信頼感の欠如が及ぼす影響を認識してもらうことが大切であるとしている。

### 2.4 セッション4 Organizational Aspects (組織の様相)

(基調講演)

Are we Casting the Net too Widely in our Extended Search for Factors Contributing to Errors and Accidents? 「組織的，社会的要因の探求は十分行われたか」 (J.Reason, University of Manchester, UK)

(論文)

1. Organizational Factors and NPP Safety 「組織的要因とNPPの安全性」 (G. Apostlakis, MIT, USA)
2. Capturing the River: Multi-Level-Modeling of Safety Management 「川を捕らえる：安全管理の多層モデル」 (A.Hale et al., Delft University of Technology, Netherlands)

安全文化は目で見ることはできないが，それを構成する要素を明らかにしていくことが求められている。安全文化に重要な役割を果たしている組織的な要因を明らかにするツールとしてWPAM（ワークプロセス解析モデル）をApostlakisが提案している。タスクの分析などを通して各タスクの相対的な重要性を評価し，組織的な要因が定量的にどの程度信頼性に影響を与えるかを分析する。WPAMによりプラントの安全文化を評価したり，事象に関係する組織的な要因を明らかにしたりすることが可能となっている。

組織には役員会から生産現場までの異なるレベルの層流のような構造が認められる。安全管理システムのダイナミックな姿を分析するには，この構造をゆがめることなく分析できることが必要である。構造化解析・決定技法により安全管理システムの情報の流れと決定の層構造を分析する方法がHaleによ

り紹介された。

## 2.5 セッション5 Performance Indicators (パフォーマンスの評価尺度)

(基調講演)

Action Research on Leadership Training and Group Decision for Accident Prevention at NPPs 「原子力発電所における事故予防のためのリーダーシップトレーニングと集団決定に関するアクションリサーチ」(J.Misumi, Institute of Nuclear Safety System Inc., Japan)

(論文)

2. Some Considerations on Human Performance Indicators 「ヒューマンパフォーマンスに関する考察」(Y.Nishijima, Central Research Institute of Electric Industry, Japan)
3. Situational Approach to the Measurement of Safety Culture 「安全文化の測定に関する情況的アプローチ」(N.Semmer, Bern University, Switzerland) (論文のみ)

三隅は、組織のパフォーマンスの重要な要素であるリーダーシップについてその概念と測定、トレーニングについて基調講演を行った。

西島は、ヒューマンパフォーマンス指標があれば、ヒューマンファクターに関する研究成果の評価、発電所現場における安全施策の具体的成果の評価や改善目標を設定する上でいろいろと利用可能との観点から、指標となりうるものをいくつか検討した結果を報告した。

## 2.6 セッション6 Training (訓練)

(基調講演)

Predicting Human Error Probabilities from the Ability Requirements of Jobs in Nuclear Power Plants 「原子力発電所の業務の能力規定からヒューマンエラーの確率を予測する」(E.A.Fleishman, Management

Research Institute, USA)

(論文)

1. How to Improve the Crew's Common Understanding and Norms by Self-Assessment during Simulator Training 「シミュレーター訓練中の自己評価によって共通の理解と規範を向上させる方法について」(M.Antalovits et al., Technology University of Budapest, Hungary)
3. Analysis of Operators' Ways of Acting (AWA). Development of a Simulator Training Method for Nuclear Power Plants 「NPPシミュレーター訓練のための訓練ツールの開発」(L.Norros et al., VTT Automation, Finland)
4. Experimental Study on Aquisition and Systemization of Knowledge through Repeated Education and Training 「反復教育と訓練による知識の獲得とその体系化についての実験的研究」(K.Sasou, Central Research Institute of Electric Industry, Japan)

Fleishmanは基調講演で、ある作業に要求される口頭表現力、読解力、危険感受性といった能力のテストによってヒューマンエラー率を推定する方法を、アメリカ空軍の作業から開発し、原子力発電所に応用した例を示している。作業に要求される能力を16種類に絞り込み、次にアメリカ空軍の32種類の作業に対してこれらの能力がどの程度必要かを4人のエキスパートに評価させた。その結果、能力とヒューマンエラー率の間には、能力の評価が同じような傾向の作業は同じようなエラー率であること、高い能力を要求する作業はエラー率が高くなりがちなこと、認知能力を必要とする作業のエラー率は感覚的能力を必要とする作業より高いことなどがわかった。この手法を原子力発電所の運転、保守の作業に対して試みたところ、アメリカ空軍の場合と同じ傾向であることがわかった。

Antalovitsは開発したシミュレータトレーニング法(COSMOS)について報告した。シミュレータによる訓練を行い、訓練終了後、その収録ビデオを見ながら訓練者が討論し、訓練のポイントの理解を深めるとともに、各自の役割について討論し、評価する。このプロジェクトは、現在Paks原子力発電

所で試行中である。

Norrosはシミュレータトレーニングの効率を高める手法について紹介している。

佐相は、教育と反復訓練により運転員を養成する日本的なやり方の利点を示唆する観察結果を報告している。教育背景の違う2つのグループに対して運転員の教育、訓練過程を模擬したケースを設定し観察を行った結果、教育・訓練の初期段階で獲得される知識は、教育背景によって異なるが、教育・訓練を反復することでその違いは解消されることがわかった。

### 3. 会議の総括

閉会セッションでWilpert教授が会議全体を総括した。

今回の会議では原子力発電所の運用を支配する戦術、文化的環境の国際比較、教育・訓練方法、特にシミュレータを使用する訓練方法、調査の取り組みなど幅広い内容の発表があった。また、各発表に対してフランクに意見交換が行われたこと、日本の原子力発電に関する研究活動の紹介が多かったことなどが特徴的であった。

一方で、規制に関わる情報がカバーできなかった

こと、教育システムなどの社会構造が及ぼす影響に関する発表がなかったこと、信頼性・安全性と原子力発電所運用の調和に関する発表がなかったことなどは残念であった。しかし、今回発表された諸論文は、学界に広く配布する価値のあるものと信じている、というものであった。

また、参加者からは今回の会議を有意義なものとして評価する意見が多かったが、一方でデータ、特に実験に関するものが少なかった、理論の発表が多く現場サイドのものが少ないなどの意見も出た。

### 4. 謝辞

ICNPO2は、ベルリン工科大学のWilpert教授を始めスタッフの方々の協力と支援により実施できたものである。改めて感謝の意を表する。

### 参考文献

- (1) 高見和幸, 三隅二不二, 山田 昭 第1回原子力発電の運転におけるヒューマンファクター研究に関する国際会議 1994. 10. 31 ~ 11. 2 / ベルリン INSS JOURNAL Vol.2 249 - 256