

## [論文]

# 複雑なシステムにおけるヒューマンエラーの管理 —東海村臨界事故を事例として—

関 岡 保 二

〈目 次〉	I はじめに
	II 事故原因の変化
	1 パイロットのエラー
	2 個人から組織へ
	III J・リーズンの「組織事故」の理論
	IV 事例研究—東海村臨界事故
	1 事故の概要
	2 潜在的原因の分析
	V おわりに

## I はじめに

信楽高原鐵道事故、横浜市立大学附属病院手術患者取り違い事故、雪印乳業集団食中毒事故などにみられるように、多くの業種で事故が頻発している。これらの事故は独特であり、共通の特徴はないようにみえるが、以下2つの共通の特徴がある。第1にこれらの事故はすべて、現場の人間のヒューマンエラー(human error)を直接の原因として発生したという共通の特徴を持っている。第2に、これらの事故が現場の人間のエラーによって発生したことは事実であるが、このことはきっかけ(トリガー)にすぎず、究極の原因は現場の人間のエラーというよりはむしろ組織・管理レベルにおける失敗にあったとみることができるという共通の特徴を持っている。これらの特徴のうち、第2の特徴は重要である。というのも、これらの事故の多くは社会に多大な影響を及ぼしたが、同時に事故を起こした企業・組織の中には信用の喪失や業績悪化から存立の危機に陥るものも現れ、このことから組織・管理レベルでヒューマンエラーを防止することが経営管理上の新たな課題として浮かび上がってきたからである。

1980年代以降、ヒューマンエラーと事故の研究が活発化している。代表的な研究者として、C・ペロー(C. Perrow)、D・A・ノーマン(D. A. Norman)、J・ラスムッセン(J. Rasmussen)およびJ・リーズン(J. Reason)の4人を挙げることができるだろう。ペローは組織社会学者として著名であるが、同時に卓抜な事故理論を展開している。認知科学・心理学を代表するノーマンとラスムッセンのエラー理論はつとに有名である。やはり代表的な認知心理学者のリーズンのエラー研究もよく知られている。しかし、リーズンの研究は単なるエラー研究を超えて、自らの研究に上記3人の業績を組み込むのみならず、システム論に依拠し事故原因を組織・システムレベルに求める「組織事故(organizational accidents)」の理論という名称を持つ新しい事故防止理論を構築しようとしている点で、最も総合性に富む研究である。本稿はこれら4人の理論を紹介し検討する。し

かし、リーズン理論のこのような特徴から、その中心はリーズン理論にあり、上記3人の研究をリーズン理論に収斂する形で紹介する。その後、リーズン理論の枠組みに基づいて、1999年9月に発生した東海村臨界事故を解釈する。

## II 事故原因の変化

### 1 パイロットのエラー

原子力発電所、航空機産業、大型船舶、化学プラントなど現代の産業システムはその構成要素の種類と数がきわめて多く、かつそれらの結合の仕方がきわめて複雑であり、多くの場合物理的にも巨大であり、その結果、事故の頻度は大きくないが、いったん事故が起これば大規模なものとなるという意味でハイリスクであるところにその特徴がある。複雑化・巨大化という特徴から、「巨大システム」「大規模システム」「巨大技術システム」などと呼ばれるこれらのシステムにおける事故原因に関する研究がいくつか存在する。これらの研究のうち、航空機産業については、1959年から1995年までの36年間に世界で発生した427件の死亡事故の第1原因を分析したボーイング社の調査がある。この調査からは、①群を抜いて多い事故原因は運転乗務員(64.8%)であり、これにその他(12.2%)、航空機(9.7%)、空港/管制(6.4%)、気象(3.9%)、整備(3.0%)が続いていること、②この傾向は最近10年間(1986~1995年)のデータでも同様であること、および③航空機、空港/管制、気象、整備の4つの原因のすべては何らかの程度でヒューマンファクター(human factor)に関連性を持っており、その意味でその他を除くすべての事故原因はヒューマンファクターに関連していることが分かる<sup>1)</sup>。また、化学プラント事故については、高圧ガス保安協会が1976年から1985年まで、水島、千葉、堺泉北、四日市、鹿島、徳山・新南陽、岩国・大竹および新居浜・大分の計11カ所のコンビナートに対して行った調査がある<sup>2)</sup>。これらの調査報告書は、例外はあるものの、ほとんどのコンビナートで、事故原因を設備関係(ハード面)と運転管理関係(ソフト面)の2つに分類する(重複分類あり)と、第1原因

1) [17], 10ページ, 図2-1。また、[40], 16ページ, 図1も参照。

2) [7], [8], [9], [10], [11], [12] および [13]。

では設備関係の比率が<sup>3)</sup>、第2原因では運転管理関係の比率が高く出るものの、第1原因と第2原因を合計すると、設備関係と運転管理関係の比率は2:3になるといふ事実を明らかにしている。

これら2つの調査は双方とも、事故の最大原因はヒューマンファクター、特にパイロット、航空管制官、船の乗務員、機関士、制御室のオペレータ、整備士、麻酔医、外科医、看護婦など第一線 (sharp end) の人間によるヒューマンエラー、すなわちパイロットのエラー (pilot error) にあり、残りの原因は機器の故障その他にあるという人間工学の基本的知見を裏付けている。人間工学の諸研究は、技術開発の初期段階では不可抗力 (act of god) が、技術開発が十分に発達していない段階では機械が、十分に発達した段階では人間が事故の主要原因になること<sup>4)</sup>、②航空機では、データの出所によって数字は異なるが、事故の60~90%はパイロットのエラーによって起こり<sup>5)</sup>、電子装置では事故の50~70%が、ミサイルでは20~53%がヒューマンファクターに起因すること<sup>6)</sup>、を明らかにしている。

## 2 個人から組織へ

特に巨大システムにおいて、ここ20年くらい前から事故を引き起こしたヒューマンエラーが発見されたにもかかわらず、事故調査が完了しなくなったといわれる。その原因として以下の3つを挙げることができる。

### (1) 自動化

航空機やその他の産業では、安価なコンピュータの普及を背景にした自動化システムのいっそうの進歩により、現場の人間は制御対象であるプロセスからますます遠ざけられ、人間が直接プロセスに手を触れる機会が少なくなってきた。つまり、複雑化した機械が人間とタスクの間に介在するようになってきたのである。そのため、これらの産業では現場における業務の中心は監視

業務になるとともに、犯されるエラーもスリップ (slips) やラプス (lapses) が減少した反面、システム設計者が意図しなかったミステイク (mistakes) —特に、モードの取り違い (mode confusions) —が増加している<sup>7)</sup>。

このように、自動化の進展はメリットだけではなく、新たな問題をも生み出している。自動化に伴伴する諸問題については、E・L・ウィナー (E. L. Wiener) と R・E・カリー (R. E. Curry)、および L・ベインブリッジ (L. Bainbridge) が指摘しており、その全体像を知ることができる<sup>8)</sup>。まず、E・L・ウィナーと R・E・カリーは、自動化に伴って発生する問題として、①非人間的にみられている、仕事からの満足感の低下、消費者の抵抗、②オペレータの低い警戒心、③システムの誤り (fault) に対する耐性が低く、場合によってはエラーを拡大させてしまう、④目に見えない失敗、⑤手動操作への切り替えの際に必要なオペレータの熟練が低下する、⑥信頼し過ぎ、独り善がり、無批判に結果を受け入れてしまう傾向、⑦誤警報、⑧自動化が誘発する失敗、⑨作業負荷の増加、の9つを指摘している。

一方、L・ベインブリッジは自動化に伴う諸問題を「自動化の皮肉 (ironies of automation)」と名づけ、以下の5点を指摘している。すなわち、①自動化はオペレータ (人間) の仕事の容易な部分を取り去り、難しい部分をさらに難しくしている。②システム設計者はオペレータを信頼できず、非能率的であるとみている。そのため、できうるかぎりシステムからオペレータを排除しようとする。しかし、ここには2つの皮肉がある。第1に設計者によるエラーが操作に関わる主な問題の源であること、第2に設計者は自動化できない仕事をオペレータに押し付けていること、である。③システムに異常が発生した場合、その操作は経験豊富なオペレータが代わって行うか手動操作に切り替えられるかのどちらかである。スキルは維持する機会がなければ低下する。しかし、自動化システムが故障することはめったにないから、経

3) もっとも鹿島コンビナート以降の調査では、新居浜コンビナートを例外として分類項目の変更により第1原因も運転管理関係の比率の方が高くなっている。

4) [14], 8ページおよび [15], 14ページ。

5) たとえば、D・P・ミラー (D. P. Miller) と A・D・スウェイン (A. D. Swain) は70% ([16], 訳書190ページ)、ペローは60~80% ([23], p. 9)、リーズンは80%あるいは80~90% ([30], pp. 42, 61, 訳書63, 91ページ) という数字をそれぞれ挙げている。

6) [36], 3ページ、表1-2。

7) スリップ、ラプスおよびミステイクの意味は以下を参照。

8) [39], p. 1007, table および [1], pp. 271~278。

験豊富なオペレータのスキルは低下する。手動操作に切り替えなければならない場合、平均以上のスキルと平均以下の作業負荷が必要である。しかし、経験豊富なオペレータのスキルは低下しているから、手動操作への切り替えはうまくいかない。④オペレータの主要な仕事は自動化システムが正常に作動していることを監視することである。しかし、いかに高い動機づけを持った人でも30分以上の間、効果的な監視作業を続けることはできない。つまり、人間はまれにしか起こらない異常を見つけ出すという仕事には適していないのである。そこで、監視作業を補助するために音声信号付きの自動警報システムが設置されるようになった。しかし、これは、だれが警報システムが故障していることに気づくのかという問題を生み出している。⑤オペレータが手動で自動化システムに介入する必要性はほとんどなくなった反面、かれらの訓練に膨大な費用がかかるようになった、と。

## (2) 複雑化と不透明化<sup>9)</sup>

自動化の進展に付随して原子力発電所や化学プラントなどリスクの高いシステムが大規模化、複雑化した。後にみるように、原子力発電所や化学プラントのようなシステムは要素同士がきわめて複雑に絡み合っているため、システム設計者も規制者も発生する故障を予想できず、スリーマイル島原子力発電所事故やチェルノブイリ原子力発電所事故が示すように、いったん事故が起これとそれが及ぼす影響は破滅的と表現しうほどのになってしまう。そこで、主としてますます破滅的な事故が許されなくなっていること、および知的なハードウェアの有効性が拡大しているという2つの理由から、こうしたシステムでは、新たな防護策、特に多層防護(defences-in-depth)が設けられるようになった。多層防護は、①同じ機能を持つ複数の防護を備えること(冗長性)、②異なる機能(認識、理解、警告、ガイダンス、復帰、遮断、封じ込め、避難、救助など)を持つ複数の防護を備えること(多様性)、および③ある防護がある異常によって機能を喪失したとしても、他の防護はその異常の影響を受けず機能を喪失しないようになっていること(独立性)

という3つの性質を合わせ持つように設計された防護システムである。つまり、多層防護では、同じ機能を持つ複数の防護が備わっていることから、また複数の異なる機能を持つ防護が階層的に並び一つ前の機能の失敗を次の機能がカバーするようになっていることから、異常発生を防止し、異常が発生したとしてもそれが拡大し事故に発展しないように、さらに事故に発展したとしてもその影響が最小になるように設計されているのである。したがって、多くのありそうもない事象が組み合わさらないかぎり破滅的事故は発生しない。にもかかわらず、多層防護は破られ、破滅的事故は発生している。リーズンはその理由を以下のように的確に述べている。すなわち、「最も明確な理由の1つは、安全システムそれ自身がヒューマンエラー、特に潜在的なヒューマンエラー(human error of the latent kind)の犠牲になっていることである。このようにわれわれは、1つの逆説に直面している、すなわち、主にプラントの安全性を高めるために設計した特別なシステムが、最大の弱点にもなってしまっている」<sup>10)</sup>と。

多層防護のような高度な防護システムが破られる理由は、高度な防護システムがますます管理、保守、運転する人たちに「不透明(opaque)」<sup>11)</sup>になっているところにある。防護システムの不透明化は2つの要因に基づく。すなわち、第1の要因は、先に述べたように自動化システムの進歩により、人間は制御対象であるプロセスからますます遠ざけられ、人間が直接プロセスに手を触れる機会が少なくなっていることである。第2の要因は、ラスムッセンが「多層防護の誤謬(the fallacy of defences-in-depth)」と呼ぶ問題に起因する。すなわち、自動車のように防護システムがほとんどないシステムの場合には、そのエラーは簡単に気づかれる。しかし、多層防護システムでは、システムが複雑で不透明であるために、エラーは気づかれることがなくその影響は隠されてしまう。つまりエラーの影響はシステム内部に潜在してしまうのである。

ところで、以上の論点をC・ペローは別の角度から分析している。かれは複雑性(complexity)および結合の

9) [27], pp. 176~180, 訳書143~147ページおよび [30], pp. 52~56, 訳書76~81ページによる。

10) [27], p. 178, 訳書146ページ。

11) [27], p. 178, 訳書146ページおよび [30], pp. 8, 55, 59, 訳書10, 81, 86ページ。

強さと弱さ (tight and loose coupling) という2つの次元からシステムを特徴づける。複雑なシステム (complex systems) の特徴は、システムの各要素が特化されていると同時にシステムが各要素の相互依存から成り立っていること、複数のフィードバック回路があり、各要素がそれらの情報を間接的に受けるようになっていること、しかし一方で各要素の機能が特化されているため代替がきかず、問題が生じた場合、他の人材や資源で機能を充足させることがむずかしいことなどにある。そのため、システムの各要素の相互作用 (interaction, interativeness) はきわめて複雑で予期しがたいものとなる。かりに1つの要素に失敗があると、その要素に依存しているすべての機能に失敗が起こることになる。たとえば原子炉内部で水が失われるという1つの原因によって多数の機能が失われ、共通要因故障 (common-mode failures)<sup>12)</sup>が発生し、事故が発生することにもなる。しかも相互作用の複雑性のために、現場の作業員にはシステム全体の状況はますます不透明になっている<sup>13)</sup>。

これに対して直線的なシステム (linear systems) は流れ作業型の生産工程に沿って各要素の相互作用が作られているので、ある工程はそれに続く生産プロセスと直接的な相互作用を持っている。このシステムでは各要素は全体システムから切り離された独自のサブシステムを持っている。したがって、システム全体へのフィードバック回路はほとんどないが、反面、他の資源による代替が容易であるという特徴がある<sup>14)</sup>。

一方、結合とは「2つの物の間に遊びや緩衝作用や弾力性がない」<sup>15)</sup>状態のことである。要素間の結合が強いシステムは遊びがなく、設定圧力や温度の余裕の点でも、また時間的な応答の早さの点でも遊びがなく、設定圧力や温度から少しでもはずれたり操作が遅れるという失敗が事故に直結する。これに対して、結合が弱いシステムは各システムの遅れを許容することができるし、すぐ後

に続く生産工程に対する作業指示をし直すこともできるし、代替できる方法や資源の採用も可能である<sup>16)</sup>。

さて、ペローはこれらの4つのシステム特性を組み合わせた「相互作用・結合図 (Interaction/Coupling Chart, I/C Chart)」を作成し、諸システムの危険度を示している (第1図)<sup>17)</sup>。すなわち、①直線的な相互作用かつ強い結合を持つシステム (ダム、いくつかの連続的な (continuous) 加工工場 (葉の生産ラインやパン屋)、鉄道、海上輸送、航空会社 (airways)、送電網)、②複雑な相互作用かつ強い結合を持つシステム (航空機 (aircraft)、遺伝子組み替え、化学プラント、宇宙飛行、軍事上の早期警戒システム、核兵器、原子力発電所)、③直線的な相互作用かつ弱い結合を持つシステム (ラインの組立作業、商業学校、単一目的の政府機関 (デパートメント・オブ・モータービークル、郵政公社)、大半の製造業、短期大学)、④複雑な相互作用かつ弱い結合を持つシステム (鉱山、大学、軍事的冒険、多目的政府機関 (保健・福祉省、エネルギー省、行政管理・予算局)、研究開発企業)、である。

上で述べたところから明らかであるが、これら4つのシステムのうち最も危険度が高いのは、②複雑な相互作用を持つと同時に強い結合を持つシステムであり、危険度の高い順にシステムを並べると、原子力発電所、核兵器、軍事上の早期警戒システム、宇宙飛行、化学プラント、遺伝子組み替え、航空機の順になる。これらの高い複雑性と強い結合を持つシステムにおける事故は現場作業員のエラーが原因であるというよりは、目に見えない何らかの失敗や不具合が複合的な失敗を引き起こすというこれらのシステムの性質に起因するのであり、この意味でこのようなシステムにおける事故は「正常な事故 (normal accident)」あるいは「システム事故 (system accident)」と呼ばれる<sup>18)</sup>。

12) [23], pp. 72~73.

13) [23], pp. 72~78.

14) [23], pp. 72~78, 86~88.

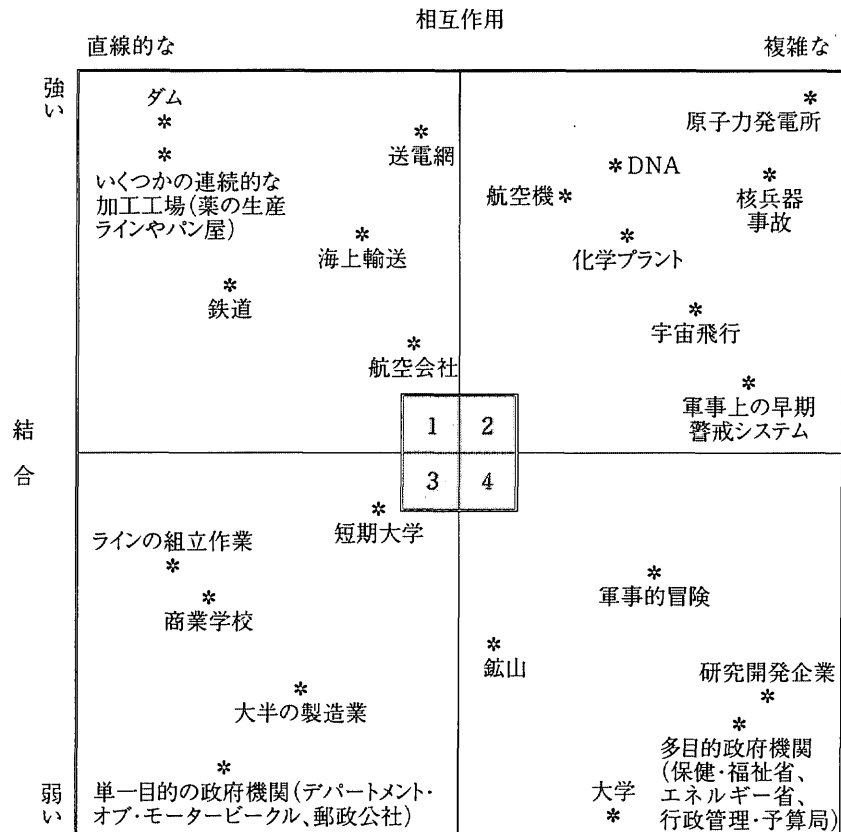
15) [23], p. 90.

16) [23], pp. 89~93.

17) 以下、叙述の関係上、具体的なシステム名は直線的相互作用を持つシステムから複雑な相互作用を持つシステムの順序に並べられている。

18) [23], p. 62. なお、[30]の記者たちは原著にはない「起こるべくして起こる事故」というサブタイトルを付けているが、これはペローの 'normal accident' という語が念頭にあるのだろう。

第1図 相互作用・結合図



出所：[23], p. 97, fig. 3.1 and p. 327, fig. 9.1.

### (3) 保守関連作業におけるエラー<sup>19)</sup>

①原子力発電所におけるヒューマンパフォーマンス問題に関する米国の原子力発電運転協会 (Institute of Nuclear Power Operations, I N P O) が行った2つの研究(1983年、1984年)とわが国の電力中央研究所の研究によると、ヒューマンパフォーマンス問題の半分以上は保守、試験、修正 (calibration) などの保守関連作業で発生していること、②保守関連作業を機器の分解と組立という側面からみると、分解よりは組立においてはるかに多くのエラーが発生していること、および③I N P Oの研究とJ・ラスムッセンによる原子力発電所で発生した重大事象報告書の分析に基づく研究によると、修理・改造と試験・修正という2つの作業で、ラプス、特に必要なタスクの一部を忘れてしまうオMISSIONエラー

ー (omissions) が最も多いエラータイプであることなどが明らかにされた。以上から、以下の2つの結論が導かれる。すなわち、第1に事故の根本原因のほぼ90%以上はヒューマンパフォーマンスに起因すること、第2に第一線の人間のエラーが根本原因である事故の比率は比較的小さく、むしろ事故の根本原因は保守関連作業におけるラプス (オMISSION・エラー) か、組織・管理領域における誤った意思決定のいずれかにあること、である。リーズンの表現を借用するならば、「運転員は事故の煽動者というよりはむしろ、不十分な設計、不正確な設置、誤った保守や管理の悪さによって作り出されたシステムの欠陥の相続者」<sup>20)</sup>なのである。

19) 以下は [27], pp. 184 ~ 188, 訳書153~157ページおよび [30] ch. 5による。

20) [27], p. 173, 訳書139ページ。

### Ⅲ J・リーズンの「組織事故」の理論

#### (1) 個人事故と組織事故

J・リーズンはペローと同様、組織・システムの性質の変化による事故原因および事故の性質の変化に着目し、システム論的視点に立って、「組織事故 (organizational accidents)」の理論という名称の事故防止理論の構築に努めている。かれの理論はまた、J・ラスムッセンとD・A・ノーマンのエラー研究を自らのエラー研究に組み込んでいる点で、最も総合性に富むエラー・事故研究でもある。本節では、かれの組織事故の理論を紹介する。

さて、リーズンによると、事故は「その影響が個人レベルで収まる」「個人事故 (individual accidents)」と、「その影響が組織全体に及ぶ」<sup>21)</sup>、あるいは「手術室や集中治療室のように多種類の技術的、手続き上の安全装置をもつシステム内で依然発生するまれな事故」<sup>22)</sup>である組織事故に分けることができるという。

第1表に示されているように、個人事故とは日常生活や、技術レベルが低い初期の産業段階あるいは現に技術レベルが低い産業で起こる事故である。このような環境

の下で起こる事故の特徴は以下のように述べることできよう。すなわち、防護はないかあっても多層防護のような洗練されたものではないから、ある個人あるいはグループがエラー (スリップかラプス) を犯すと、それは簡単に事故に直結する。しかし、システムが単純であるという理由から事故が影響を及ぼす範囲はその個人あるいはグループに限られ、被害の程度も概して小さいであろう。こうした事故はきわめて数が多いが、それらの因果関係はほぼ一義的にとらえることができる。

これに対して、第Ⅱ節でみたように、組織事故は技術の進展に伴って原子力発電所、航空機産業、石油産業、化学産業など高度な技術産業において比較的最近発生するようになった事故である。こうした産業では、防護は多層防護というきわめて高度かつ複雑な工学的システムが用いられているケースが多い。そのため、こうした産業ではある個人あるいはグループがエラー (ミステイク) を犯したとしても、防護システムのおかげで事故に至ることはまれである。しかし、いったん事故が起こると、多数の原子力発電所事故や航空機事故の例が示すように、その影響は事故の当事者のみならず、その当事者が所属する組織、あるいはその組織とはまったく関係がな

第1表 個人事故と組織事故の相対的な特徴

項目	個人事故	組織事故
発生場所	日常生活や技術レベルが低いシステム	複雑で近代的なシステム
防護	ないか、あっても不十分	高度で複雑な防護 (多層防護)
タスクの特徴	分散型の肉体労働	集約型の頭脳労働
最終原因	個人かグループの不安全行動	個人かグループの不安全行動
エラーの種類	スリップ、ラプス	ミステイク
影響の範囲	個人あるいはグループ (当事者とその周辺)	事故の当事者、その当事者が所属する組織、およびその組織と関係がない人間、資産、環境
被害の程度	概して小さい	大惨事、破滅的な被害
頻度	圧倒的に多い	比較的、あるいは非常にまれ
予測およびコントロールの可能性	ある程度可能	困難
事故の性格	長い年月あまり変化していない	技術進歩により生じた新しい現象
根本原因	個人かグループの不安全行動	組織要因 (潜在的原因)
因果関係	原因と結果はほぼ一義的	複数の原因が絡み合って存在

出所：[30]，pp.1～2，18～20，訳書1～2，23～25ページその他より作成。なお、[4]，4ページ，表1.1も参考にした。

21) [30]，p.1，訳書1ページ。

22) [28]，p.5，訳書6ページ。もちろん、個人事故と組織事故を明確に区別することができないことはリーズンも十分に気づいていることは以下の叙述に示されている。すなわち、「個人事故は通常、組織を源として発生しうるし、頻繁に起こっている。…個人事故と組織事故の間に明確な線引きをすることは決して容易ではないが、それらを別種類のものとしてとらえることの有用性を、本書では述べたい」と。  
[30]，p.20，n.1，訳書26ページ。

い人、資産、環境にまで破滅的な影響を及ぼす。また、組織事故は以下にみるように、「潜在的原因（latent conditions）」（組織要因）が局所的要因や「即発的エラー（active failures）」と結合して発生するので、その予測やコントロールはきわめて困難であり、因果関係の把握も困難である。さらに、事故が発生した場合の被害の程度も甚大である。こうしたことから、組織事故を中心にした事故研究をする必要が出てくる。

## (2) 組織事故の進展過程

上の叙述から明らかなように、人間は事故に即発的エラーと潜在的原因という2つの形で関わる<sup>23)</sup>。この分類は、①事故の影響が現れる時間と、②エラーあるいは誤った意思決定をした人間が組織のどこにいるのかという2つの基準に基づく。即発的エラーあるいは広義のヒューマンエラー（狭義のヒューマンエラーと違反（violations）<sup>24)</sup>）とは、「現場の第一線にいる人間、すなわちパイロット、航空管制官、警官、保険ブローカー、金融トレーダー、船舶クルー、制御室運転員、保守作業員など」によって犯される「不安全行動（unsafe acts）」であり、「システムの安全に直接的な影響をもたらす」が、「その悪影響はすぐに顕在化する」<sup>25)</sup>ので、システムへの危険性は低い。

これに対して、潜在的原因は「組織の上層、または社会全般でなされる誤った決定」<sup>26)</sup>によって生み出され、これに対して責任がある人々は時間的にも空間的にも危険な現場から離れたところにいる。また、このような人々が意思決定をする場合は「組織のプロセス（organizational processes）」と呼ばれる。「あらゆる技術的組織は、病院にせよ、輸送システムにせよ、生産プラントにせよ、多くの共通のプロセスを有している」<sup>27)</sup>というリーゼンの文が示しているように、組織のプロセスはあらゆる組織

において共通であると考えられている。すなわち、組織のプロセスは、目標設定、組織化、管理、情報伝達、設計、建設、操作、維持という共通のプロセスから構成されており、ここでなされた誤った意思決定が、「両立しがたい複数の目標、構造上の（組織の）欠陥、不十分な情報伝達、貧弱な計画と予定の作成、不十分なコントロールとモニタリング、設計失敗と訓練不足、不十分な維持管理」<sup>28)</sup>、あるいは「貧弱な設計、監督の不備、検出されなかった製作不良あるいは保守不良、ずさんな手順書、不適切な自動化、訓練不足、使いにくい道具など」<sup>29)</sup>という潜在的原因を生み出す。そして、組織・管理部門における意思決定の誤りに起因する潜在的原因が気付かれず除去されないならば、それはあたかも体内の病原体（resident pathogens）のように長期間組織に潜在してしまふ。しかし、病気と同様、組織事故も一つの要因のみからは起こらない。組織事故は潜在的原因が作業現場要因（local factors）や即発的エラーと結合して防護を破るか、あるいは防護をかいくぐることによって起こるのである（第2図）。

## (3) 不安全行動

### a. D・A・ノーマンのエラー研究

認知心理学の第一人者であるノーマンは[18]で、エラーをミステイクとスリップに分けるとともに、スリップに関する詳細な分析を行った。ノーマンによると、ミステイクはよくない選択をしてしまったり、現在の状況を間違えてとらえてしまったり、すべての関連要因を考慮に入れることができないなど、「不適切なゴールを選んでしまうために生じる」エラー<sup>30)</sup>である。日常用語を用いると、ミステイクは思い込みによるミスといえる。一方、スリップは、「意図しなかった行動の実行と定義

23) 'active failures' と 'latent conditions' という用語は各段階でかなり修正されてきた。すなわち、'active failures' という語は、[27] (1990) では 'active errors' であったが、[28] (1993) で、より意味内容が広い現在の語に改められた。一方、'latent conditions' は、[27] (1990) では 'latent errors' であったが、[28] (1993) で 'latent failures' になり、[30] で、「エラーや故障（failures）を必ずしも含まない」 ([30], p. 20, n. 6, 訳書26ページ) という理由から現在の用語に改められた。

24) 違反の意味については下記参照。

25) [30], p. 10, 訳書12ページ。

26) [28], p. 2, 訳書3ページ。

27) [28], p. 9, 訳書11ページ。

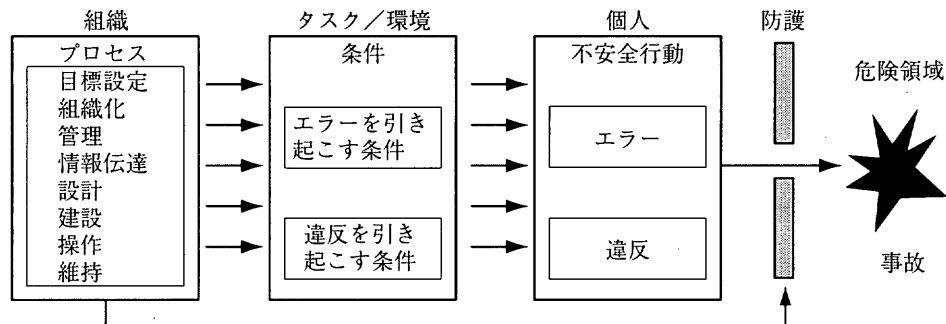
28) [28], p. 9, 訳書11ページ。

29) [30], p. 10, 訳書13ページ。

30) [19], p. 114, 訳書185～186ページ。



第2図 組織事故の進展過程（組織事故の理論的要素間の関係）



出所：[28], p. 5, fig. 1.1, 訳書 7 ページ。

できるヒューマンエラーの一形態である<sup>31)</sup>、「自動化された行動から生じるもので、何らかのゴールを達成しようとしてあまり意識せずに行なった行為が途中でわき道に入ってしまう」エラー<sup>32)</sup>である。日常用語を用いると、スリップはうっかりミスといえる。

さて、ノーマンはスリップを「スキーマの活性化・駆動」(Activation-Trigger-Schema, A T S) 理論の下に包括的に説明する<sup>33)</sup>。ここで、スキーマ (schemas) は行為手順についての内化された知識のまとまりを、活性化 (activation) はスキーマが使用できる状態になっていることを、トリガリング (triggering) は行動の実行を引き出す条件をそれぞれ意味する。われわれの大半の行動はほぼ無意識的・自動的に行われる。このような行動は、①意図の形成、②スキーマの活性化、および③活性化されたスキーマのトリガリングによって実行される。したがって、何らかの原因によってこれらの段階のどこかで注意の不全が生ずると、行動は失敗し、①意図形成の誤りによるスリップ、②スキーマ活性化の誤りによるスリップ、③活性化されたスキーマのトリガリングを誤ることによるスリップ、のいずれかが発生する。ノーマンのエラー分類はエラーの判別を分かりやすくしたものとして画期的なものである。

#### b. J・ラスムッセンのSRKモデル

ラスムッセンは一方の軸に意識的 (conscious)－混成

的 (mixed)－自動的 (automatic) というコントロールモードを置き、他方の軸にルーチン－訓練された問題－未知の問題というタスクの性質を置いて「作業空間 (activity space)」を想定し、これらのコントロールモードとタスクの性質の組み合わせから人間行動を技能ベースの (skill-based) 行動、規則ベースの (rule-based) 行動および知識ベースの (knowledge-based) 行動に分ける<sup>34)</sup>。ここで、技能ベースの行動とはときおり進捗状況をチェックするが、ほとんど自動的にになっているルーチン的な行動である。規則ベースの行動とは問題に対してよく訓練された状況やマニュアルが書ける状況の下にある人間がとる行動であり、この場合には人間は「もしも…であるならば (if ~then)」という手順・規則を適用するが、こうした行動を規則ベースの行動という。知識ベース行動とは、問題やタスクが未知である場合にみられる行動であり、こうした場合には既存の問題解決方法は適用できないので、人間は遅くかつ努力を要する思考をその問題に集中させることになる<sup>35)</sup>。ラスムッセンの人間行動モデルはそれぞれの行動の頭文字をとってSRKモデルと呼ばれる。かれはこのモデルに基づいてエラーの分析を行っているが、このモデルはノーマン・モデルや次のリーズン・モデルと同様、認知レベルに応じて異なるエラータイプが発生することを示している点で重要である。

31) [18], p. 1.

32) [19], p. 105, 訳書170ページ。

33) [18], p. 3.

34) [25], pp. 258ff., [26], 訳書117ページ以下。

35) 以上の説明は、[30], pp. 68～69, 訳書101ページ以下による。

### c. J・リーズンのエラー研究

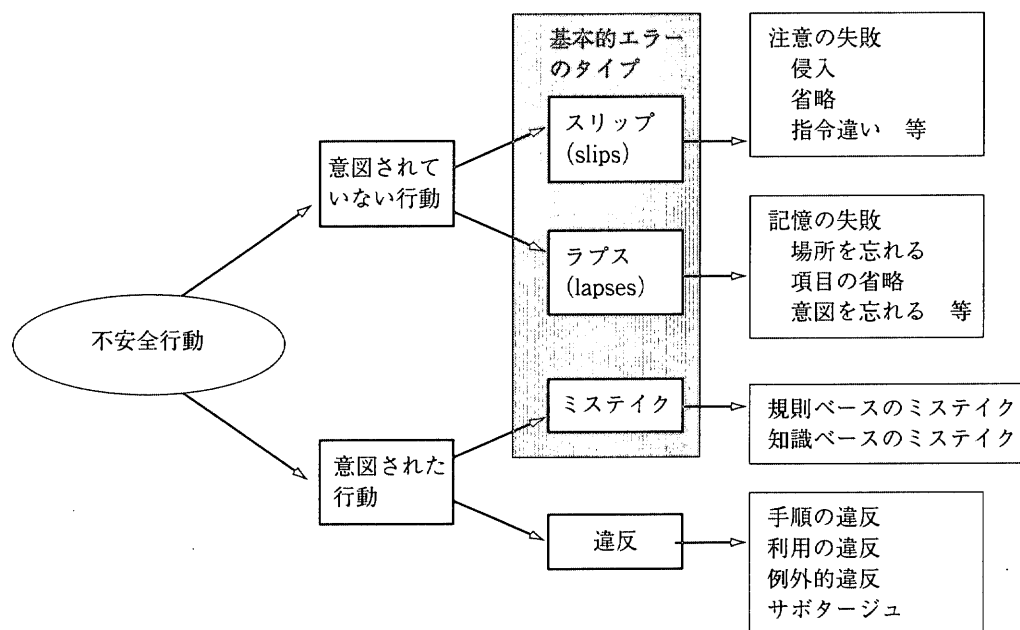
上記のように、ノーマンはエラーをミステイクとスリップの2つに、ラスムッセンは人間行動を技能ベースの行動、規則ベースの行動および知識ベースの行動の3つに分け、それぞれエラー研究を行った。リーズンは計画、考察 (storage)、実行という3つの認知段階を想定し、これとエラーの形態との関係を考えて<sup>36)</sup>。すなわち、かれはノーマンの意味でのスリップをスリップとラプスに分ける<sup>37)</sup>とともに、ラスムッセンの人間行動モデルを自らのモデルに組み込み、第3図のようにエラーを分類した<sup>38)</sup>。

さて、不安全行動 (即発的エラー) はエラー (スリップ、ラプス、ミステイク) と違反の2つからなる。これらのうち、違反は「実施上、規則上の規定からの故意の逸脱」<sup>39)</sup>であり、手順の違反、利用の違反、例外的違反、故意のサボタージュからなる。一方、エラーは「望ましい結果を達成するために計画された行為の失敗。ただし、

何らかの未知の事象による干渉がないこと」<sup>40)</sup>であり、技能ベースのスリップとラプス、およびミステイクの2つに分けられる。ミステイクはさらに、規則ベースのミステイクと知識ベースのミステイクの2つに分けられる。

まず、技能ベースのスリップとラプスは双方とも実行の失敗であり、計画は完璧であるにもかかわらず行動の途中で意図しないでその計画から逸脱してしまうエラーである。これらのうち、スリップは実行の失敗であり、その原因は注意の失敗 (attentional failures) にあるのに対して、ラプスは考察の失敗であり、その原因は記憶の失敗 (memory failures) にある。また、ミステイクは計画の失敗であり、計画が間違っているので適切な目標に到達できないエラーである。ミステイクのうち、規則ベースのミステイクは、比較的馴染みがあるタスクに直面した場合に、適切な規則を誤用する (misapplication of good rules) か、あるいは不適切な規則を適用する (application of bad rules) という形で誤った解決案を提

第3図 J・リーズンのエラー分類



出所：[28], p. 8, fig. 1.2, 訳書9ページ。

36) [27], p. 13, table 1.1, 訳書15ページ。

37) [27], p. 5ff., 訳書23ページ以下。

38) [27] では、かれは「包括的エラーモデル化システム (generic error-modelling system, GEMS)」という名称の下にエラーの発生メカニズムを統一的に説明していたが、その後の著述ではこのモデルに言及することはなくなった。[27], pp. 61~68, 訳書35~41ページ以下。

39) [30], p. 72, 訳書105ページ。

40) [30], p. 71, 訳書103~104ページ。原文イタリック。

示するエラーである。一方、知識ベースのミステイクは未知のタスクに対して不正確なメンタルモデルに基づいて推論する際に起こるエラーである。

以上、リーズンのエラー分類を概述した。リーズンのエラー研究はノーマンおよびラスムッセンのエラー研究を明快な形で自らの理論の中に組み込み統合している点で重要である。以下では、リーズンの組織事故の視点およびエラー分類に基づいて、1999年9月30日に発生した東海村臨界事故を解釈する。

## IV 事例研究—東海村臨界事故

### 1 事故の概要

1999年9月30日10時35分、茨城県東海村にあるウラン加工施設「株式会社ジェー・シー・オー（JCO）東海事業所」（以下、「JCO」と略記）の転換試験棟で、核燃料サイクル開発機構（旧動力炉・核燃料開発事業団。以下、「核燃料サイクル機構」「動燃」とそれぞれ略記）の高速増殖実験炉「常陽」用の濃縮度18.8%の八酸化三ウラン粉末を再溶解、均一化していたところ、臨界状態に陥った。その際、作業を担当していたA、B氏、C氏の3人が大量に被曝し、特にB氏は推定18グレイ当量というこれまでに全世界で被曝した人の中で最も高い被曝をし、C氏も12グレイ当量というこの事故以前なら最高値に並ぶ高い被曝をした。その後、B氏とC氏は死亡し、日本の原子力開発史上初の被曝死となった。臨界状態は翌10月1日午前までの約20時間続き、その間半径350メートル圏内に避難要請が、半径10キロ圏内に屋内退避要請が出された。

この事故では、上記の3人のほか、JCO社員、防災業務に携わった人たち（日本原子力研究所の職員、動燃の職員および消防署員）、事業所近くで作業していた人たち、および事業所周辺の一般住民の計436人に一般人の年間被曝許容量である1ミリ・シーベルトをかなり上回る被曝が認められた（推定値を含む）<sup>41)</sup>。この事故はまた、事故調査委員会の招集から、報告書の発行、原子力災害対策特別処置法の制定、核原料物質、核燃料物質、

および原子炉の規制に関する法律（原子炉等規制法）の改正、原子力安全委員会の科学技術庁（現文部科学省。以下、「科技庁」と略記）から総理府への移管の前倒しおよび核燃料サイクル関係の安全審査担当の科学技術庁から通産省への移管など原子力行政システムの見直しに至るまで各方面に多大な影響を及ぼした。科技庁は国際原子力機関（International Atomic Energy Agency, IAEA）に、この事故をレベル4、すなわち放射性物質の少量の外部流出を伴うが、施設外への大きな危険は伴わない事故に当たるとする確定評価を通知し<sup>42)</sup>、日本の原子力開発史上、「前例のない大事故」<sup>43)</sup>となった。

### 2 潜在的原因の分析

#### (1) 不安全行動

東海村臨界事故における現場の作業員による不安全行動（即発的エラー）として、①1993年1月から6月にかけての常陽第6次キャンペーン<sup>44)</sup>以降、再溶解工程を溶解塔ではなくバケツで行い続けた違反、②1994年8月から9月にかけての常陽第7次キャンペーンで粉末製品を製造したとき以来、溶解工程を溶解塔ではなくバケツで行い続けた違反、③1995年10月から1996年2月にかけての常陽第7次キャンペーン以降、均一化工程をクロスブレンディングではなく貯塔で行い続けた違反、④1999年9月の常陽第9次キャンペーンで、貯塔に代わり沈殿槽で7バッチ（質量制限値の7倍）の硝酸ウラニル溶液を注入し均一化した違反、および⑤同キャンペーンにおいて、3人の作業員がフィルムバッジを着用しなかった違反、の5つの違反を検出することができる（第2表および第4図）。以下では、これら5つの違反の潜在的原因を検討する。

#### (2) 潜在的な原因

##### a. 経営側による現場の作業実態の追認

最初の違反は、第6次キャンペーンにおいて溶解塔で再溶解工程を行うのは不便であるという理由から、バケツを使ったことである。使い勝手が悪いという理由から

41) [2], II-10~11ページ, III-22~24ページ, および表II-4-3, II-23ページを参照。

42) [2], II-12ページおよび参考III-34, 参考資料117ページを参照。

43) [2], I-1ページ。

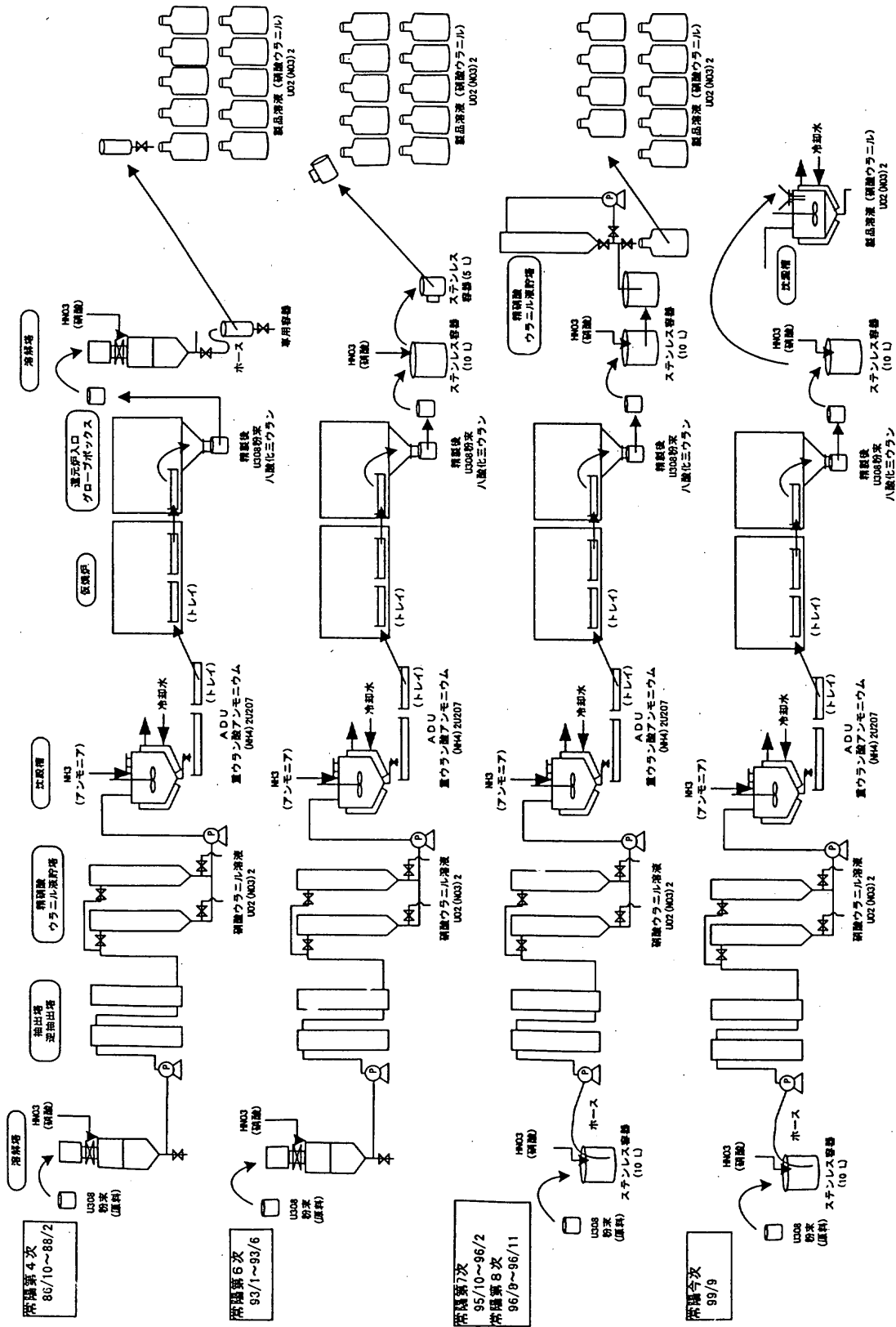
44) 「キャンペーン」という語は不定期の受注生産を意味する。[2], III-2ページを参照。

第2表 事故に至るまでの経緯

年 月	経 緯
1957年	住友金属鉱山、原子力発電用の核燃料の研究開発を開始。
1972年 2 月	科技庁に「核燃料物質使用許可申請書」を提出し、1973年 3 月31日までの期限付きで濃縮度約23%のウランを含む六フッ化ウランおよび二酸化ウラン粉末の年間使用量を40kg (9.2kgU) とする許可を受ける (24日)。
1972年～ 1974年度	核燃料事業部東海工場として、後の第1加工施設棟で再転換事業を開始。濃縮度約23%の二酸化ウラン粉末を1972年度約600kgU、1973年度約640kgU、1974年度約310kgU製造。
1979年10月	住友金属鉱山、核燃料加工部門を分離独立させ、全額出資による子会社「日本核燃料コンバージョン株式会社」(以下、「日本核燃料コンバージョン」と略記) を設立 (1日)。転換試験棟を建設。
1980年	住友金属鉱山、日本核燃料コンバージョンに転換試験棟を譲渡。
11月	濃縮度12%の二酸化ウラン粉末を製造するための核燃料物質の使用許可を取得。
1981年頃	動燃、日本核燃料コンバージョンに濃縮度18.8%の硝酸ウラニル溶液の製造を依頼。
1983年11月	科技庁に、転換試験棟を使用施設から、濃縮度20%未満の硝酸ウラニル溶液も製造可能な加工施設 (年 3 tU) に変更するため、「核燃料加工事業変更許可申請書」を提出 (22日)。
1984年 1 月	申請書の内容を一部補正 (31日)。
4 月	申請書の内容を一部補正 (2日)。
1984年 6 月	内容変更を受け、科技庁、申請書を許可 (20日)。
1986年 5 月～ 6 月	動燃との間で出荷単位についての打ち合わせ。1ロット (7バッチ) を出荷単位にしてほしいと動燃は要望。それを適えるため、JCOはロット混合方法 (クロスブレンディング) による均一化工程という幽霊工程を追加することを発案。
1986年10月～	常陽第4次キャンペーン。
1988年 2 月	
1993年 1 月～ 6 月	常陽第6次キャンペーン。再溶解工程で溶解塔に代えてステンレス製容器 (いわゆる「バケツ」) を使用し始める。
1994年 8 月～ 9 月	常陽第7次キャンペーン (八酸化三ウラン粉末の精製)。溶解工程でも溶解塔に代えてバケツを使用し始める。
1995年 9 月	事業所長・幹部らが出席して安全専門委員会が開催される。主要な議題はバケツでの溶解と貯塔での均一化という現場の作業実態と国の許可を受けた作業手順との違いに関してであった。この違いに関する社内調査の結果をまとめた一覧表が報告されたが、現場の作業実態が了承される (8日)。会議後、科技庁用と社内用の2種類の議事録が作成される。
1995年10月～	常陽第7次キャンペーン。クロスブレンディングに代えて貯塔で一挙に7バッチを均一化し始める。
1996年 2 月	
1995年12月	動燃の高速増殖原型炉「もんじゅ」でのナトリウム漏れ・火災事故 (8日)。
1996年 4 月	現場部門と大卒技術者を中心にリストラが開始される。
11月	手順書MI-C-96001 (いわゆる「裏マニュアル」) を作成。
1997年10月	手順書MI-C-96001の内容の一部を改訂し、手順書MM-C-97003と手順書MM-C-97040 (常陽、溶液製造 (混合、ボトル詰) 出荷手順) を作成。日本照射サービス株式会社 (JISCO) 東海センター建設・竣工。
1998年 8 月	社名を日本核燃料コンバージョンから「株式会社ジェー・シー・オー (JCO)」に変更 (1日)。
1999年 7 月	核燃サイクル機構から常陽用の硝酸ウラニル溶解製造の引き合い。
9 月	8日、核燃サイクル機構と契約。10日、製造部スペシャルクルーのA、B氏、C氏の3人により製造作業開始。28日、精製工程終了。同日午後、3人のうちの1人が均一化工程に貯塔ではなく沈殿槽を使うことを提案。29日の昼休み、A、製造部計画グループ主任 (核燃料取扱主任者資格保持者) に沈殿槽を使うことについて相談。主任、「大丈夫だろう」と回答。午後、3人、4バッチの再溶解・均一化工程を行う。30日、2バッチの再溶解・均一化工程を行う。午前10時35分、最後の1バッチを沈殿槽にほぼ入れ終わったとき、臨界発生。

出所: [2] より作成。なお、[38] その他も参照した。

第4図 転換試験棟における製造工程の変遷



出所:[2], 図Ⅲ-1-2, Ⅲ-54ページ。

作業をより簡素化することによって効率を高めようというこの動機がその後の違反の大半を説明している。たとえば、第7次キャンペーンでは、溶解塔で溶解を行うのは不便なので、バケツを使い始めるとともに、クロスブレンディングに代わり貯塔で均一化を行い始めた。しかし、重要なことは、事業所長以下JCO東海事業所の幹部が許可された作業方法から逸脱した現場の作業方法を追認していたことである。すなわち、第7次キャンペーンの直前に開催された安全専門委員会では、バケツで溶解を行うとともに貯塔で一挙に複数バッチを均一化するという現場の作業方法が了承され、その後それらの作業方法は1996年11月に作成された、いわゆる裏マニュアルに明記された。このことは、JCOの経営管理者たちがこれらの作業方法を事実上社内における正式の作業方法と認定したことを意味する。かりにJCOの経営管理者たちによる現場の作業方法の追認がなかったならば、第9次キャンペーンで沈殿槽に質量制限値の7倍に当たる7バッチの硝酸ウラニル溶液を入れて混合均一化することによって、臨界を発生させるという事態が起こる可能性はきわめて小さいものとなっていたであろう<sup>45)</sup>。

#### b. 現場作業の統率が不十分であったこと

第9次キャンペーンで、3人の作業員のうちの1人が貯塔ではなく沈殿槽を用いて硝酸ウラニル溶液を混合、均一化することを提案した。そこで、スペシャルクルーのリーダーであったAは核燃料取扱主任者の資格を持つ製造部計画グループ主任の一人に貯塔に代わって沈殿槽を使うことを相談した。しかし、この主任は職制上のラインとは無関係であった。また、この案はラインの管理責任者の許可を得ずに行われた<sup>46)</sup>。このこと以外にも、転換試験棟の操業記録には職制による審査確認印が押されていなかったし、1999年9月28日、29日の両日には、溶解作業を行わなかったにもかかわらず2バッチの溶解を行い、4バッチの溶解を行ったにもかかわらず2バッ

チの溶解を行ったという実際の製造量とは異なる製造量を記した操業記録が作成されている。これらの事実から、現場作業に関する製造部の職制による日常的な作業の状況確認、把握が不十分であったことが推測できる。このことについては、[2]ですら「現場作業の統率が十分でなかったのみならず、変更管理の概念、従ってその体制がなかったと断ぜざるを得ない」<sup>47)</sup>と指摘している。

#### c. 工程管理および教育計画の問題

第9次キャンペーンで貯塔に代わって沈殿槽を使うのみならず、フィルムバッジを着用しなかった理由は作業を簡素化することにより効率性を高めようとしたところにあった。Aは科技庁の事情聴取に対して貯塔ではなく沈殿槽を使った理由を5つ挙げているが、これらの理由のいくつかは効率化に関連している。しかし、これら5つの理由のうち、10月1日にスペシャルクルーに関連会社から転入社員15人が入ってくる予定で、Aはかれらに廃液処理工程を最初から教えたかったという理由は工程管理および教育計画における問題を含んでいる。つまり、今回の事故は作業日程の面からできるだけ早く作業を終えたかったということがその一因と考えられるのである。そのためには、余裕のある作業計画の策定とこれに基づいた工程管理の実施および教育計画の策定が必要であったと思われる<sup>48)</sup>。

#### d. 社員教育の欠如

溶解工程、再溶解工程および均一化工程において、作業方法の違反が繰り返された要因の一つに、臨界を発生させた3人を含めてJCOの作業員が臨界や中濃縮ウランに関する社内教育を受けていず、これらに関する知識を欠いていたことが挙げられる。JCOの作業員に対する臨界や中濃縮ウランに関する教育方法は「OJT」によるものであったとされるが、実際には何らの教育も行われてはいなかった。唯一の例外が1994年9月に部課室ごとに行われた「転換工程の臨界管理について」という

45) JCOが動燃の依頼に基づいて中濃縮ウランの再転換を開始したのは1970年度から1973年度までの濃縮度23%の二酸化ウラン粉末の製造時からである。このとき、同社は加工施設の許可を得ず、しかも3年間という期限を越えて濃縮度23%の二酸化ウラン粉末を製造し続けた。このことから、JCOの違反は作業員からスタートしたというよりは、最初から会社主導であったと推測することもできる。この点については、後の機会に究明したい。

46) JCOの職制については、[2]、参考Ⅲ-30、参考資料85ページを参照。

47) [2]、Ⅲ-13ページ。

48) なお、作業を早く終えたかったより深い要因として、軽水炉用のウランを製造している第1、第2加工施設棟とは異なり、転換試験棟では高速増殖実験炉「常陽」用の溶液製品製造という利益率は高いものの、注文が年に1度、ときには数年に1度という特殊な製品であったという事情が働いていたと思われる。

講座であり、その後はまったく何らの教育も行われることはなかった。JCOにおいて臨界教育が事実上存在しなかったことについて、森田 洵氏（JCO常務取締役東海事業所総務部長）は以下のように証言している。すなわち、「私自身は、臨界設計というのを技術スタッフから聞いたことがあるが、うちの会社では臨界は起きないという考えだった。臨界についての教育は、入社時にちょこっとやるだけ。避難訓練も、地震や火災に備えてやるもので、臨界に対する避難訓練はしていない」<sup>49)</sup>と。臨界管理や中濃縮ウランに関する知識の欠如がたび重なる違反を生み出したものと考えられる。

なお、教育の欠如に関連しては、国立大学大学院修士課程で応用原子核工学を学び、核燃料取扱主任者有資格者であった製造部計画グループの主任の一人が犯したミスについて触れなくてはならない。9月29日、Aはこの主任に貯塔に代わって沈殿槽を使うことについて相談し、この主任から「大丈夫だろう」との回答を得たことよって、Aたち3人は貯塔に代わって沈殿槽を使うことになったのであるが、この主任のミスは単に個人的なエラーというよりも、JCOにおいて満足な社員教育がなかったことが関係しているように思われる。

#### e. 施設の問題

Aたち3人が均一化工程において貯塔に代わって沈殿槽を用い、フィルムバジを着用しなかった理由の一つは、転換試験棟の作業場が狭いのみならず、転換試験棟が他社（住友金属鉱山）の敷地を通り抜けないとたどり着けない所であったためである。しかし、JCOの歴代の作業員が違反を積み重ね、臨界に至ったより重要な要因はそもそも転換試験棟が溶液製品を製造するための施設ではなく、粉末製品を製造するための施設にほとんど手を加えることなく、1984年6月に許可されたということにある。このため、溶液製品を製造するには転換試験棟の設備はかなり使用しにくく、このことが溶解塔の洗浄が省けるという理由から再溶解工程を溶解塔ではなくバケツで行い始め（第6次キャンペーン）、同じ理由から溶解工程も溶解塔ではなくバケツで行い始め（第7次キャンペーン粉末製品製造）、あるいは床面から10セ

ンチくらいしか離れていないため、製品溶液を取り出しにくいのみならず攪拌機も付いていないため貯塔に代わって沈殿槽を用いる（第9次キャンペーン）などのたび重なる違反を生み出す要因となった。

#### f. 安全意識の低下

第9次キャンペーンで貯塔に代わって沈殿槽を使うのみならず、フィルムバジを着用せず、臨界を発生させた背後には、安全意識の低下があったと考えられる。この安全意識の低下自体は、JCOでは臨界や中濃縮ウランに関する社員教育が行われていなかったこと、転換試験棟で製造していた常陽用の溶液製品の注文が年に1度、ときには数年に1度という特殊な製品であったこと、および1996年4月に開始された大幅なリストラという3つの要因が働いていたものと思われる。最初の2つの要因は先に述べたので、ここでは大幅なリストラが安全意識に及ぼした影響について考察する。

さて、1996年4月にJCOは「リエンジニアリング」という名称の下、事実上のリストラを開始した<sup>50)</sup>。JCOがリストラを開始せざるをえなくなった原因は、1995年12月に発生した動燃の「もんじゅ」におけるナトリウム漏れ・火災事故の後、常陽用の燃料原料の需要が途絶えたこと、1997年3月に発生した動燃東海事業所のアスファルト固化処理施設における火災爆発事故による需要減少、1995年の電気事業法改正による電力会社への競争原理の導入、同年前半の円高による海外メーカー（米国のメーカー）との競争の激化すなわち電力会社からのコストダウン要請と需要減少、および、わが国の他の軽水炉燃料メーカーと同様、JCOも加工方式が乾式ではなく湿式であったため、海外メーカーと比べ製造コストが高かったことなどにより、1995年頃から経営が悪化し始めたからである。すなわち、生産量（出荷量）は1993年度の540 トンをピークに、これ以降徐々に減少し、1998年度には365トンにまで落ちた。経常利益も1994～1996年度の間は3億円前後で推移していたが、1997年度は1億9,400万円、1998年度は1億円台を切り9,900万円に減少した。このため、リストラを行うことにより、社員数は1995年度145人から1998年度110人に削減された。社員数の削減の内訳をみると、間接部門の社員数は77人から

49) [38], 211ページ。

50) 以下は、[2], VI-3～4, [38], 214～215ページ, および[6], 242～246ページによる。

72人へとわずかし削減されていないのに対して、直接部門の社員数は68人から38人へ、また大卒技術者数も33人から20人へと大幅に削減されており、直接部門と大卒技術者を中心にリストラが行われたことが分かる。

このリストラの効果は顕著であり、1人当たり生産量は1996年度は10.3トンであったものが、1998年度は18.7トンと80%上昇した。しかし、転換試験棟における作業経験者もリストラの対象となったため、多忙になると同時に転換試験棟における作業経験が失われることになった。Aたち3人の本来の職務は第1、第2加工施設棟における軽水炉用燃料製造に伴う廃液処理であり、中濃縮ウランの製造については、Aのみが1998年3月から6月にかけて粉末製品を精製した経験があったが、他の2人は中濃縮ウランの製造ばかりか転換試験棟での作業自体が初めてだった。軽水炉用の廃液処理の作業員に危険性の高い中濃縮ウランを製造させることは安全意識の弛緩を端的に示している。

#### g. 発注者の責任

クロスブレンディングによる均一化工程は申請書および「核燃料物質の加工施設に関する設計及び工事の方法についての認可申請書」(1984年7月6日付)のいずれにも記載されていず、安全審査後、1ロットを出荷単位にして欲しいとの発注者である動燃の要望に応えるためJCOが考案した幽霊工程である。濃縮度18.8%の中濃縮ウランは濃縮度5%以下の軽水炉用の低濃縮ウランと比べると、はるかに慎重な取り扱いが求められる<sup>51)</sup>。にもかかわらず、この工程が発案された理由は1バッチ(約6.5ℓ)ずつ製造し、製造された順番に4ℓ入りのステンレス容器に詰めていくと、濃度が微妙に異なってしまう、そのため10本のステンレス容器すべてについてサンプル調査を行わなければならないという問題を動燃が解決することを求めたからである。このクロスブレンディングによる均一化工程はかなり困難な作業であったようである。古川路明氏は次のように述べている。すなわち、

「クロスブレンディングの実際の作業は決して簡単ではなく、職員にとっては煩雑で、時間を要する歓迎できないものであったと想像できる」<sup>52)</sup>と。

ところで、動燃自らが溶液製品を製造することはできなかったのであろうか。この点に関して、[38]は、溶液製品の製造は可能であるが、政府の特殊法人であることを考慮すると民間企業にできる仕事を行うことは民業圧迫になりかねないと動燃は考えていたため、あえてJCOに溶液製品の製造を行わせることにしたと述べている<sup>53)</sup>。しかし、このことがそれまで粉末製品以外の製造経験がなく、しかも溶液製品を製造する施設を持たないJCOに無理を強いることになった。この点について、伴英幸氏は、動燃の要請がなかったならば、「困難な再溶解の作業もなく、また、均一化の作業も不要」であったであろうと述べている<sup>54)</sup>。また、古川路明氏は、[2]参考Ⅲ-25、参考資料73ページに基づいて「旧動燃による困難な加工作業の依頼」について、次のように述べている。すなわち、「溶液製品に対する仕様は、ウラン濃度370g/ℓ、遊離硝酸濃度0.5N以下である…。このように過剰の酸が少ない状態で濃厚溶液を製造するのは決して容易ではなく、作業上の大きな制約である。常陽は実験炉であることを考えれば、このような作業は旧動燃が行うのが適当だと考えている」<sup>55)</sup>と。以上から、クロスブレンディングによる均一化工程、および動燃がJCOに溶液製品製造の依頼をしたことがJCOに無理を強いる要因になったことが推測される。

#### h. 原子力安全委員会の安全審査および科技庁の安全規制の欠陥

原子力安全委員会の答申に基づき科技庁が認可した申請書は完全なものではなく、以下のような明白な欠陥が存在する。①溶液製品の製造方法の記述がほとんどなく、設備も粉末製品製造用の設備を流用したものであること。②沈殿工程の臨界管理が形状制限ではなく質量制限によって行われるという記述がないこと。沈殿工程の臨

51) なお、クロスブレンディングによる均一化をJCOは一箇所に多数の製品容器を並べるという臨界発生の危険を伴う方法で行っていた。そのため、JCOは臨界計算によって製品容器の安全な位置を求め、その位置をマーカーで指示することにより、臨界発生の危険の低減に努めていた。[2]、Ⅲ-10ページ。

52) [6]、57ページ。

53) [38]、189ページ。

54) [6]、37ページ。

55) [6]、55ページ。



界管理について、[2]は質量管理によって行われるという条件の下に許可されたと述べている<sup>56)</sup>が、その根拠は、二酸化ウラン粉末製造に関する許可申請書添付書類三の単一ユニットの臨界管理に関する記述内容が「硝酸ウラニル溶液に関して上記が準用されるものとすれば」<sup>57)</sup>という論理に基づいており、根拠がきわめて薄弱であるといわざるをえない。③再溶解工程の記述が欠如していること。[2]は溶解工程と同様、再溶解工程も最大取扱量を1バッチ以下とするという条件の下に許可されたと述べている<sup>58)</sup>が、その根拠は核燃料安全専門審査会第8部会第2回会合に提出された説明資料中の「溶解装置を用いて再溶解する」という記述のみに基づくものであり、やはり根拠がきわめて薄弱であるといわざるをえない。申請書におけるこのような欠陥のために、使い勝手が悪いという理由から効率性を高めるため、溶解工程と再溶解工程の双方で溶解塔に代わってバケツの使用が開始されたと考えられる。

また、科技厅の安全規制にも欠陥があったと考えられる。すなわち、科技厅は申請書にはない均一化工程という製造工程を経て溶液製品が製造されていたにもかかわらず、この工程の存在に気づかなかったのみならず、クロスブレンディングから貯塔へという均一化工程における違反のエスカレーションをも見逃していた。これらの点については、以下の2点を指摘しておきたい。第1に科技厅がJCOの溶液製品の製造工程を十分に把握・理解していなかったことである。事故後、科技厅は溶解工程はバケツではなく溶解塔で行われ、均一化工程は沈殿槽ではなく貯塔で行われる「正規の手順」と「今回の手順」を書き入れた工程図を作成し記者たちに説明した。しかし、その直後、均一化工程が申請書には存在せず審査対象にもなっていなかったことが分かり、科技厅は失態を演じた<sup>59)</sup>。第2に科技厅の立入調査が不十分であったことである。科技厅は保安規定遵守状況調査を1984年3月から1992年11月（つまり、JCOが違反をし始める第6次キャンペーン（1993年1月～6月）の直前）ま

で、ほぼ1、2年の間隔で計8回行った。しかし、1992年11月以降は、同調査は「民間事業者による加工（濃縮）、再処理の事業の許可等に伴い、関連の許認可及び検査にかかる業務が急増し、これらの法令上必須の審査や検査が優先され、任意事項である保安規定遵守状況調査は人間的に実施」できなかった<sup>60)</sup>。また、1998年4月には東海原子力施設運転管理専門官事務所が配置され、運転管理専門官によりほぼ月1回の頻度で巡視が行われ、転換試験棟についても3回の巡視が行われた。しかし、[2]によると、転換試験棟の「運転が不定期で、かつ、その機会も少なかったことから、これらの巡視の際には施設が運転されていなかった」<sup>61)</sup>ため、運転管理専門官が製造工程における違反に気づくことはなかった。

## V おわりに

本稿では以下の諸点を述べた。すなわち、第Ⅱ節では、まずシステムの自動化は労働の性質と犯されるエラーの型を変えただけでなく、システムの大規模化、複雑化をももたらしたこと、システムの大規模化、複雑化は大規模事故の確率を高めたこと、大規模事故の発生を防ぐために、多層防護という工学的にはきわめて洗練された防護システムが設けられるようになったけれども、その採用がかえってシステムを複雑で不透明にしたことなど、である。続いてヒューマンパフォーマンス問題に関するINPOその他の研究とC・ペローの「正常な事故」論を紹介した。すなわち、INPOその他の研究は、事故原因は現場の人間にあるのではなくシステム内部の要因によって起こることを明らかにし、C・ペローは相互作用の複雑性の程度および結合の強さの程度という2つの概念に基づいて事故を研究し、相互作用が複雑になればなるほど、また結合が強くなればなるほど、一つの失敗は予期できない複雑な相互作用や失敗をもたらすこと、すなわち、複雑なシステムにおいては、事故は複雑な相互作用と強い結合というシステムの性質から発生するの

56) [2], Ⅲ-4 ページ。

57) [2], Ⅲ-5 ページ。

58) [2], Ⅲ-5 ページ。

59) [38], 191ページによる。

60) [2], Ⅲ-15 ページ。

61) [2], Ⅲ-15 ページ。

であり、その意味で事故は「正常な」ものであることを明らかにした。第Ⅲ節では、D・A・ノーマンのスリッパ研究とJ・ラスムッセンのSRKモデルを説明した後、2人の業績を総合したリーゼンの組織事故の理論を紹介した。第Ⅳ節ではリーゼン理論を東海村臨界事故に適用した。同事故の直接的原因は貯塔に代わって沈殿槽を使うのみならず、フィルムバッジも着用しなかったという3人の作業員の裏マニュアルからも逸脱した違反にある。しかし、これらの直接的原因の背後には、経営側による現場の作業実態の追認、現場作業の統率の不十分さ、工程管理と教育計画における問題、社員教育の欠如、施設の問題、安全意識の低下、発注者の責任、原子力安全委員会の安全審査の欠陥、および科技庁の安全規制の欠陥の8つの潜在的要因があり、同事故が典型的な組織事故であることが明らかになった。

リーゼン理論は、エラーを原因としてではなく結果としてみようとしている点、および事故原因とその責任を現場の人間に帰するというこれまでの安易な姿勢を捨て、組織・システムの水準でとらえ直そうとしている点で高い評価にあたいする。しかし、事例研究を通して、以下の2点の欠陥も明らかになった。第1に、リーゼン理論は、組織のプロセス（組織要因）、局所的な作業現場要因（エラー・違反を引き起こすタスク・環境の条件）、および不安全行動（即発的エラー）という3つの要素から構成されているが、リーゼン理論は事故報告書から作業現場要因を検出する手立てを持っていない。この欠陥は、リーゼン理論が現在までのところ、概念モデルの段階にとどまっており、数量化モデルの段階に至っていないことに関連している。第2に、組織事故という名称が示すように、リーゼンは事故調査の視点を組織に置いている。リーゼンは、かりに事故原因が経済問題や社会問題にあったとしても、それらの問題は組織の管理者の管理範囲を越えており、改善策に結びつけることはできないから、事故調査は制御可能であり変更可能である組織レベルに限定すべきであると述べている<sup>62)</sup>。しかし、東海村臨海事故に関する事例研究が示すように、リーゼンの主張は一般論としては妥当性を持つものの、JCOのような許認可企業にも適用されるならば、多くの一場合によっては、最も重要な一事故原因が見失しなわ

れることになる。

# 【参考文献】

- [1] Bainbridge, L., "Ironies of Automation", in J. Rasmussen, K. Duncan and J. Leplat, eds., *New Technology and Human Error*, John Wiley & Sons Ltd., 1987, pp. 271~283.
- [2] 原子力安全委員会ウラン加工工場臨界事故調査委員会『ウラン加工工場臨界事故調査委員会報告』1999年12月。
- [3] Hawkins, F. A., *Human Factors in Flight*, Gower Technical Press Ltd., 1987. (黒田 勲監修、石川好美監訳『ヒューマン・ファクター—航空の分野を中心として—』(株)成山堂、1992年)
- [4] 伊部崇生「組織におけるヒューマン・エラーに関する研究」早稲田大学大学院社会科学研究科修士論文、2001年3月。
- [5] 石橋忠雄・大塚 直・下山俊次・高橋 滋・森島昭夫「原子力行政の現状と課題—東海村臨界事故1年を契機として」『ジュリスト』No1186、2000年10月1日号、2~27ページ。
- [6] JCO臨界事故総合評価会議『JCO事故と日本の原子力行政』七つの森書館、2000年。
- [7] 高圧ガス保安協会『水島コンビナート保安調査報告書』高圧ガス保安協会、1976年。
- [8] 高圧ガス保安協会『千葉コンビナート保安調査報告書』高圧ガス保安協会、1978年。
- [9] 高圧ガス保安協会『堺北コンビナート保安調査報告書』高圧ガス保安協会、1979年。
- [10] 高圧ガス保安協会『四日市コンビナート保安調査報告書』高圧ガス保安協会、1980年。
- [11] 高圧ガス保安協会『鹿島コンビナート保安調査報告書』高圧ガス保安協会、1981年。
- [12] 高圧ガス保安協会『徳山・新南陽及び岩国・大竹コンビナート保安調査報告書』高圧ガス保安協会、1982年。
- [13] 高圧ガス保安協会『新居浜及び大分コンビナート保安調査報告書』高圧ガス保安協会、1985年。
- [14] 航空法調査研究会・宮城雅子『航空における

62) [30], pp. 15~16, 236, 訳書19~20, 337ページ。

- Incident Reporting System に関する総合的研究—航空機整備をめぐって—』有斐閣、1988年。
- [15] 航空法調査研究会・宮城雅子『複雑大規模システムにおける事故防止(Ⅱ)—航空機整備をめぐって—』有斐閣、1995年。
- [16] Miller, D. P. and Swain, A. D., "Human Error and Human Reliability", in G. Salvendy, ed., *Handbook of Human Factor*, John Wiley & Sons, Inc., 1987. (大島正光監訳『ヒューマンファクター—新人間工学ハンドブック—』同文書院、1989年、189~214ページ)
- [17] 日本エアシステム総合安全推進室『ヒューマン・ファクターズ—入門から実践まで—』日本エアシステム、1997年。
- [18] Norman, D. A., "Categorization of Action Slips", *Psychological Review*, Vol. 88, No. 1, 1981, pp. 1 ~15.
- [19] Norman, D. A., *The Psychology of Everyday Things*, Basic Books, 1988. (野島久雄訳『だれのためのデザイン? 認知科学者のデザイン原論』新曜社、1990年)
- [20] Norman, D. A., *Turn Signals are the Facial Expression of Automobiles*, Addison-Wesley Publishing Co., 1992. (佐伯 胖監訳、岡本 明・八木大彦・藤田克彦・嶋田敦夫訳『テクノロジー・ウォッチング ハイテク社会をフィールドワークする』新曜社、1993年)
- [21] Norman, D. A., *Things That Make us Smart, Defending Human Attributes in the Age of the Machine*, Addison-Wesley Publishing Co., 1993. (佐伯 胖監訳、岡本 明・八木大彦・藤田克彦・嶋田敦夫訳『人を賢くする道具 ソフト・テクノロジーの心理学』新曜社、1996年)
- [22] 岡本浩一「核燃料臨界事故—社会心理学的考察」、大山 正・丸山康則編『ヒューマンエラーの心理学—医療・交通・原子力事故はなぜ起こるのか』麗澤大学出版会、2001年、53~77ページ。
- [23] Perrow, C., *Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies*, (Basic Books, 1984) Princeton University Press, 1999.
- [24] Rasmussen, J., "Human Errors. A Taxonomy for Describing Malfunction in Industrial Installations", *Journal of Occupational Accidents*, Vol. 4, 1982, pp. 311 ~333.
- [25] Rasmussen, J., "Skills, Rules, and Knowledge; Signals, Signs, and Symbols, and Other Distinctions in Human Performance Models", *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics*, Vol. SMC-13, No.3, May/June, 1983, pp. 257~266.
- [26] Rasmussen, J., *Information Processing and Human-Machine Interaction — An Approach to Cognitive Engineering —*, Elsevier Science Publishing Company, Inc., 1986. (海保博之・加藤 隆・赤井真喜・田辺文也訳『インターフェースの認知工学 人と機械の知的かかわりの科学』啓学出版、1990年)
- [27] Reason, J., *Human Error*, Cambridge University Press, 1990. (林 喜男監訳、林 喜男・森 博彦他訳『ヒューマンエラー—認知科学的アプローチ—』[部分訳] 海文堂、1994年)
- [28] Reason, J., "The Human Factor in Medical Accidents", in C. Vincent, M. Ennis and R. J. Audley, eds., *Medical Accidents*, Oxford University Press, 1993, pp. 1~33. (安全学研究会訳『医療事故』ナカニシヤ出版、1998年)
- [29] Reason, J., "A Systems Approach to Organizational Error", *Ergonomics*, Vol.38, No.8, Aug. 1995, pp. 1708 ~1721.
- [30] Reason, J., *Managing the Risks of Organizational Accidents*, Ashigate Publishing Limited, 1997. (塩見弘監訳、高野研一・左相邦英訳『組織事故 起こるべくして起こる事故からの脱出』日科技連、1999年)
- [31] 佐藤一男『原子力安全の論理』日刊工業新聞社、1984年。
- [32] 関岡保二「ヒューマン・エラーのマネジメント—安全志向の社会・経営システムを目指して—」『経営行動研究年報』(経営行動研究学会)、第9号、2000年5月、75~78ページ。
- [33] 関岡保二「組織とヒューマンエラー—J・リーゾンの『組織事故』の理論をめぐって—」ASIM [工業経営研究学会] Working paper Series No.E-01-02、2001年10月。
- [34] 関岡保二「医療組織におけるヒューマンエラー」『中央学院大学商経論叢』第16巻、2002年3月、25~38ページ。

- [35] 関岡保二「産業事故へのシステム論的アプローチ」  
『工業経営研究』（工業経営研究学会）、第16巻、  
2002年10月、159～163ページ。
- [36] 塩見 弘『人間信頼性工学入門』日科技連、1996  
年。
- [37] 常田 稔「組織事故とヒューマン・エラー—イル  
ストラクチャー意思決定問題のひとつの側面—」  
『工業経営研究』（工業経営研究学会）、第16巻、  
2002年10月、75～81ページ。
- [38] 読売新聞編集局『青い閃光—ドキュメント東海臨  
界事故』中央公論新社、2000年。
- [39] Wiener, E. L., and Curry, R. E., “Flight-deck  
Automation: Promises and Problems”, *Ergonomics*,  
Vol. 23, No. 10, 1980, pp. 995 ~1011.
- [40] 全日本空輸株式会社総合安全推進委員会事務  
局『ヒューマン・ファクターズへの実践的アプロ  
ーチ』全日本空輸株式会社、1993年。