Title	核燃料加工施設(JCO)の安全性に関する一側面
Author(s)	標，宣男
Citation	聖学院大学論叢, 14(2): 113-127
URL	http://serve.seigakuin-univ.ac.jp/reps/modules/xoonips/detail.php?item_id=206
Rights	

聖学院学術情報発信システム ： SERVE

SEigakuin Repository for academic archiVE

核燃料加工施設（JCO）の安全性に関する一側面

標　　宣男

A feature of safety problem at the nuclear fuel processing plant JCO

Nobuo SHIMEGI

The criticality accident of the nuclear fuel processing plant, operated by the Japan Nuclear Fuel Conversion Organization Company (JCO) was analyzed by applying the concept, "safety space", which was proposed by J. Reason to measure degree of safety in industrial systems strictly protected by "defense in depth". In the case of JCO, it is clearly shown that the system moved on the safety space because of illegal changes of mandatory proceedure in the fuel processing manual, which was selected as a process safety indicator. The movement of JCO system from a safe region to an unsafe region on the space was "navigated" by productivity concern and driven by a dimished or complete lack of concern for the problem of safety. It was confirmed that the illegal changes of the job manual played an important role along the way to the occurrence of accident.

1. 序　論

核燃料加工施設（JCO）において，1999年９月30日に起こった臨界事故（以下JCO事故と言う）[1]は，日本における原子力の安全性の歴史において特異なものであった。それは，現場の作業者に２名の犠牲者が出たと言うことばかりではない。確かに，日本における原子力産業の歴史の中で，核的な原因による死亡が確認された事故はこれが始めてである。しかし，作業現場における関係者の犠牲という点からするならば，炭坑の落盤事故などその大きさにおいてJCO事故をしのぐものは幾らも存在した。JCO事故の特異な点は，それが周囲一般住民への照射事故として，一般公衆に影響を持った点である。この際それが現実的に犠牲者を出したかどうかは問題ではない。普通の産業においても産業に関係ない第三者へ事故の影響が直接及ぶことも多くあり，この点でもJCO事故事故は他の産業と同等に見えるかもしれない。しかし，原子力産業における「安全」とは，第一義的に

Key words; JCO, nuclear fuel processing plant, problem of safety, safety space, job manual, illegal change, criticality accident

「一般公衆の安全」を意味したはずである。そして，JCOのような施設においてこのような安全が脅かされる最大の事故は，臨界事故しか有得ないにもかかわらず，この事故から地域住民を防護することが出来なかったのである。JCO事故の特異性とは，原子力産業が，特に原子力発電所の開発において当初から安全設計の根幹に据えてきた「設計による事故対策」という考えを，全く取り入れていなかった点にある。この点についても対応する「安全審査指針」に不備があり(2)，この様な施設の存在を許してしまった規制当局は非難されても当然であろう。

もちろん，原子力の安全設計と言えど，あらゆる種類の事故に設計をもって対処しようと言うわけではない。もし仮に設計によってハードウエア上の事故対策をしない場合，その施設には事故や故障を起こさないような高い「信頼性」が要求される。JCOの核燃料加工施設を構成する機器類は，全く単純なものであり，手作業の為の簡単な道具に過ぎない。この様な環境における「信頼性」はそれを用いる人間の信頼性に依存すると言って良いであろう。JCOにはそれが求められていたはずである。従来から，この様な人間の信頼性を工学的に研究する分野に「人間信頼性工学」(3)があり，また事故原因を心理学的に研究する分野として「産業心理学」(4)あるいは「認知科学」的観点からのもの(5)等がある。これらは，事故の原因を所謂「ヒューマンエラー」として現場の人間の心理や認知傾向に求め（後者二つ）それに対する工学的対策を述べた（前者）ものである。しかし，JCO事故における人間の関与は，「エラー」とは異なった「違反」である。「違反」は現場の人間個人の問題と言うよりも組織そのものが持っている問題の表われと考える方が妥当であるかもしれない。それならば，その事故原因を，個人の心理学的あるいは認知科学的問題と捉えることでは不十分と言うことになる。

この様に，事故原因を事故を直接起こした個人の問題から引き離し，組織自身の中に求めようと言う考えがJ.Reasonによって提唱された。彼はその様な原因により生じた事故を‘organizational accident’(6)（邦訳「組織事故」(7)）と言った。そこでは，その組織を構成する様々な位置の人による様々な関与と決定が潜在的原因を作る，あるいは原因と言うよりも現場の「不安全行為」とあいまって事故を引き起こす状態（condition）を形成すると主張されている。JCO事故はその様な状態の下に引き起こされたと見なすことが出来るのではなかろうか。本論文では，このJ.Reasonの見方にしたがってJCO事故を理解することを試み，JCO事故がなぜ起きたのかを探り，「安全であるとはどのようなことか」を「安全空間」の視点から考え，JCO事故の特異性を改め浮き彫りにしててみたいと思う。

JCO事故を「組織事故」と捉え考察した研究は本論文が最初ではない。既に古田はこの事故を「組織事故」と捉え，この事故の主たる原因を潜在する組織要因に求めることにより，それをシステマティックに分析した(8)。

以下第二章では，J.Reasonによる「組織事故」の概要（主として注(7)の文献による）と古田による先行論文の概要を紹介し，その特徴及び限界を明らかにする。第三章では，同じくJ.Reasonの理

論に依拠しつつ「安全空間」の観点からJCO事故の原因をを考察する。第四章に結論を述べる。

2. 組織事故としてみたJCO事故

2.1 組織事故とは何か

以下に述べる内容は，J.Reasonの著書「組織事故」(7)から必要と思われる部分を取り出し本論の筆者の解釈をまじえ纏めたものである。

(1) 潜在的原因

現代社会において起こる事故には，その原因が個人に帰され且その影響が個人レベルで収まる単純な事故（個人事故と呼ばれる）もあるが，近代的な産業である原子力産業，航空産業，石油産業および巨大金融業などのように，階層的に厳重に防護され，その設計，生産，運転，管理する人間の意思決定や行為がすべて事故に関係してくるような複雑な組織も存在する。そこでは，それぞれ組織を構成する様々な人達の行動及び意思決定等の組織要因が，事故原因となる危険性を持っている。その結果として，その組織は，組織上層部，製造過程さらに規制や政府機構との関係など組織内外の様々なレベルに事故原因を持つと言うことになる。これらの具体的例として貧弱な設計，監督の不備，検出されなかった製作不良，杜撰な手順書，不適切な自動化，訓練不足，扱いにくい道具などが考えられよう。しかし，これらはそのままでは直接の事故原因として顕在化するわけではない。むしろこれらの原因は人間の体に住む病原体のように潜在し，部門の通路に沿って現場へと伝えられ，「何かのきっかけ」によって事故として顕在化する。それ故，この様な原因を「潜在的原因」(あるいは‘latent condition’を直訳して「潜在的状態」)とよぶ。そして，この「何かのきっかけ」とは，事故現場の特殊な局所的環境（「局所的作業現場要因」(local workplace factors) という）と人間の「不安全行為」(unsafe act) の複合されたものを意味する。このような「不安全行為」は，システムの安全に直接的な影響をもたらし，その悪影響はすぐに顕在化する故に，J.Reasonはこれらの行為を「即発的エラー」(active error) と呼んだ。言い換えると，「潜在的原因」の下，「局所的作業現場要因」と人間の「即発的エラー」が引き金になり，事故が発生するということになる。これが，「組織事故」である。この組織事故では，潜在的原因が組織の中に存在すると同時に，その影響が組織全体に及び，さらに組織と直接関係のない人間，資産や環境にその破壊的な影響をもたらしてしまう。

これまでの説明で判るように，J.Reasonが主張している最大のポイントは，従来の事故調査では事故の原因を主として現場の個人に帰しがちであったのに対し，組織に潜在する要因に重きをおいた点にある。人間が間違いを犯すのは不可避であるが，複雑なシステムの中で働く人間は，個人を対象とした心理学の範囲では説明できない何らかの理由で「不安全行為」をする。組織事故的見方

に従えば，このような「不安全行為」も，事故の原因としてではなく，むしろ組織の中に潜在する様々な原因によって発生した結果としてみられている。すなわち，「潜在的原因」は，「不安全行為」を助長するような，局所的要因を生じさせ，それにより「不安全行為」を誘発すると理解される。「潜在的原因」は，システムの防護，バリア，安全措置等に影響与え，「不安全行為」の結果をさらに悪化させることもありうる，というのがJ.Reasonの主張である。「潜在的原因」は，特に組織の上層部に存在するものほど，その影響は組織全体に広がり，特有の組織文化をつくり，それぞれの作業場所で「不安全行為」を誘発する要因をつくり出していく。

(2) 「不安全行為」

組織事故への人間の関わり方である「不安全行為」には，エラーと違反と言う２種類がある。それらを犯すの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，船舶クルー，制御室運転員などである。このうち，エラーはJ.Reason によれば「望ましい結果を達成する為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無いこと」と定義される（詳しくは注(9)参照)。また，違反は安全手順書，標準及び規則からの違反を意味する。これら２種類の不安全行為の内，JCO事故との関係において本論文で問題となるのは違反，特に「故意の違反」である。この悪意のない違反行為は，行為およびその結果から生じる損害の双方とも計画的であるサボタージュとは区別される。さらに，JCO事故と関係深い（安全）手順書違反の一つに日常的な違反があり，これについて次の様な説明がされている。「習慣的な違反の形成には，(a)労力が最小となるパスを通ろうとする人間の自然な傾向，(b)比較的無関心な環境……の２つが特に重要と思われる」[(10)]。更に，J.Reasonはもう一つの不安全行為を次のように指摘している。「それは決して正しくないことであるが，良いルールに違反し，かつ成功したケースである。その場合には，潜在的な危険性の評価によれは間違った行為と判断されてはいても，個人的な目標は成功裏に達成される。このような成功したものの正しくない違反は，危険な『ルール逸脱』を助長する環境を生み出す。成功裏に終わった違反は何も悪い結果をともなわないが，潜在的な危険性の軽視につながる」[(11)]。

(3) 「安全空間」の概念

J.Reasonは，組織の安全性の程度を示す指標（安全指標）として事故率や事故による死亡率あるいは休業傷害発生数 (loss time injury) などの過去のデータに基づいた結果指標 (outcome measure) を用いることの不適切性について次のように述べる。

> 「不幸にも，このような結果データは，システムの本質的な安全指標としてはあてにならない。特に，事故の発生数がある低いレベルで横ばい状態となり，そのため，ある期間とその次の期間での事故数のわずかな変動が『信号』というよりも『ノイズ』とみなされるような

場合にはあてにならない。よく防護されたシステムの多くは，事故データがあまりにも少なく，ここから効果的な安全管理手法を導出するにはあまりにも時間がかかる」[12]。

彼はこの結果指標に頼る代わりに，プロセスを重視した安全のプロセス指標（process measure）を利用することを提唱した。それは，組織事故の引き金となるプロセス，すはわち設計，訓練，手順書，保守，計画，予算配分などを定期的検討し，「安全健全性」を評価（以下では事故などが起こる以前の事前評価）することを意味する。この際，基本になるのが「安全空間」の概念である。この空間内の各位置は，絶対安全と絶対危険の間の相対的安全（又は危険）の程度を示す。組織はこの「安全空間」のどこかに位置することになる。J.Reasonによれば，この絶対安全の領域（組織が，現在安全領域にいると思っても，どの程度安全余裕を持っているか正確に知ることは，実際にはほとんど不可能である）に近いほど，危険に対する「抵抗力」（resistance）が強く，絶対危険の領域（組織が長時間ここにいることは理論上あり得ない）に近いほど安全に対しより「脆弱性」（vulnerability）が強いと言うことになる。言いかえると，現実問題としての「安全空間」は，この「抵抗力」と脆弱性の間に張られた空間と言うことになる（以下，この意味で「安全空間」という意味をもちいる）。

組織の「安全空間」内での位置は，発生する可能性のある潜在的な危険性とそのプロセス（結果ではない）が如何に関係しているかといことに左右される。しかし，この抵抗力と脆弱性の間にはられた空間内の位置は，一般的には絶対安全と絶対危険の間にはられた空間内の正確な位置を示すものではない。重要なのは，組織が如何に最大の抵抗力を持った領域に到達しそこに踏みとどまるかと言うことである。それならば，現実的に可能な範囲で最大の抵抗力（安全目標）を如何に設定するかと言うことが必要になる。この為にも意識しなければならない点は，問題視しているプロセスによって組織がこの「安全空間」上，いずれの方向に向いて動くかと言う点である。J.Reasonは，組織が「安全空間」の妥当な位置に向かい，さらに踏みとどまる為には，プロセス重視による正しい方向への支援（ナビゲーション支援）とその方向へ組織を動かす為の力が必要であるという。彼はその力として，参画（commitment），能力（competence）及び認識（cognisance）の３つ（これを３つのＣと呼ぶ）を示した[13]。なお，この方向支援が適切になされているかどうかを，プロセス的に注意することによってチェックすることが，プロセス指標による「安全健全性」評価である。

次に重要なのは，組織全体としての「安全健全性」を評価できるプロセスを如何に選択するかという点である。J.Reasonはここでも組織要因を，プロセス評価の為の優先分野に置いた[14]。しかし，組織は多くの要素から構成され，個々の要素は互いに重なり合い，クラスターを形成している。彼は，それらの要素をプロセス安全指標の選択の為に，安全関連要因群，管理要因群，技術的要因群，手順要因群，訓練の五種類の比較的広範囲のクラスターにまとめた（各要因群の要素は注⒂に示してある）。

組織の「安全健全性」を評価する手法についてプロセス指標を用いる方法を述べた。しかし，今現在安全であることと，組織の「安全空間」上の位置とは関係ないのである。あるプロセスによって組織が「安全空間」を「脆弱性」の方向に動いていても，表面上「安全」であることには変わりが無いのである。J.Reasonは何も起こらない状態としての「安全」を「非事象」と呼んだ。しかし，この「非事象」はただの「非事象」ではない。彼はまた，K.Weickの言葉を要約して，「安全は動的非事象（dynamic non－event)」であるという。すなわち，安定した結果がもたらされているように見えるのは，同じことの繰り返しによるためではなく，常に変化に対応しているからである。この安定を継続していくためには，あるシステムを構成するパラメーターの変化を他のいくつかのパラメーターの変更によって埋め合わせなけれはならない」[16]。ただし，J.Reasonが言うようなその組織において，パラメーター変化を他のパラメーター変化によって埋め合わせるようかことが無くても，例えば「安全余裕」を減少させるような変化であっても，この「動的非事象としての安全性」と言う考えは有効であろう。事象として生起するものは分かり易いが，生起しないものは分かり難い。これが安全性を分かり難くくし無視し勝ちになり，事故あるいは事故直前の事象（ニアミスという）が生起した直後のみ，安全性が問題視される理由である。

更に，ほとんどの組織の活動の原則は生産性を向上させることであり，組織を管理・運営する者が所有しなければならないのは，安全についての情報より生産に関する情報である。また，生産性向上に対し，常に注意を集中し状況変化に対応することが必要であるが，これらが，相対的に安全性軽視を助長する要因となる。さらに，特に営利組織における安全性は，生産性とトレード・オフの状態にあり，生産性のレベルに沿った新たな防護がないままに，生産性を向上させると，安全裕度が徐々に狭まってくることもあり得る。生産性追求のあまり，目前の危険を見失ってしまうこともよくある。

2.2　JCO事故おける組織事故的要素についての先行研究とその限界

JCO事故の検討は様々行われたが，注(1)の原子力委員会の報告書，及び注(2)の古田の論文がその一部を形成する原子力学会の「特集」がその主なものであろう。古田の論文は，JCO事故原因を技術的な要因よりむしろヒューマン・ファクターとしての組織要因に求め，それをシステマティックに分析している点でより本質的な事故原因評価になっている。そこでは管理的要素及び規制にまで遡って次のように事故原因の分析を行った。

事故を直接を引き起こした「不安全行為」は，この場合「約16kgの濃縮ウランを沈殿槽に投入した」（ウラン取扱量の超過と沈殿槽の使用と言う２つの違反を犯したした）ことである。古田はこの様な「不安全行為」を引き起こした，局所的な原因，即ちJ.Reasonの「局所的作業現場要因」に相当するものとして次の項目を挙げる。

Ｉ．「局所的作業現場要因」に相当する要因

Ｌ．１　貯塔の代わりに沈殿槽利用を思い立った

Ｌ．２　沈殿槽利用の安全評価を誤認識した

①手順書では７バッチ分を貯塔に投入する手順だった

②作業員が臨界に関する十分な知識を持っていなかった

Ｌ．３　心理的な理由により作業を急いだ

Ｌ．４　手順書を遵守しない社内的風潮があった

Ｌ．５　上司等が作業員の不安全行為を阻止できなかった

これらの要因の内どれか一つでも無かったならば，JCO事故が発生する確率はかなり小さくなったであろう。

次に，これらの「局所的作業現場要因」の原因となった組織要因（潜在的原因）に相当する事項を以下に挙げる。―→の先の番号は結果として生じた下位の要因である。この要因間の対応関係は，古田の論文を基本に本論の筆者の考えを入れて付けたものである。ただし，全ての「局所的作業現場要因」に上位の組織要因があるとされているわけではない。

Ⅱ．組織要因

<u>安全管理および企業経営上の要因</u>

Ｍ．１　安全管理組織の不備 ―――→ Ｌ．2②

Ｍ．２　安全管理体制の形骸化 ―――→ Ｌ．2②

Ｍ．３　業務改善活動の不備 ―――→ Ｌ．2②，Ｌ．４

Ｍ．４　危機意識の欠如から来る教育訓練の不備 ―――→ Ｌ．2②

Ｍ．５　経営合理化の影響 ―――→ Ｌ．2②

Ｍ．６　国の原子力開発政策 ―――→ Ｌ．2①

Ｍ．７　発注者との関係 ―――→ Ｌ．2①

<u>安全行政（規制）上の要因</u>

Ｒ．１　安全審査の問題 ―――→ Ｍ．３

Ｒ．２　安全審査指針の問題 ―――→ Ｍ．２

Ｒ．３　安全行政の整合性の問題 ―――→ Ｍ．２

Ｒ．４　原子力安全委員会のあり方 ―――→ Ｒ．１

Ｒ．５　核燃料取り扱い主任者の資格認定 ―――→ Ｌ．５

この結果から規制及び安全行政にまで遡る多く組織要因が，Ｌ．2の「沈殿槽の安全性の誤認識」

（16kgのウランを沈殿槽に投入しても問題ないと思った）に結果しているのが明瞭に読み取れる。その「安全性の誤認識」の内容は「手順書では7バッチ分のウランを貯塔に投入する手順であった」（バッチに就いての説明は，注(17)）こと，及び「作業員が臨界に関する十分な知識を持っていなかった」ことからなり，この二つが重なり多量ウランの沈殿槽への投入へと向かってしまった，と言うことになる。

古田の分析は，ヒューマンファクターの観点からのものである為，ハードウェアー的な観点からの分析が含まれていない。それについて多少付言する。L．1の「貯塔の代わりに沈殿槽利用を思い立った」という「局所的作業現場要因」に関係して，まずなぜこの同じ作業場にこの様な沈殿槽があったのかという点に関しては，その様な作業環境を許した安全管理及び安全審査上の問題が指摘される。ついで，もしこの様な沈殿槽の存在を許すならば，仮にこれを用いても臨界にならないような沈殿槽の設計が必要であった。これは，深層防護の欠如というハードウェアの設計思想問題へつながる。また，古田の分析は，「16kgのウラン投入」という，「不安全行為」に帰着する事故要因の分析に目的を絞った為，「作業員3人の被曝」と言う被害の原因の解明に対しては有効であったが，「住民の被曝」という被害の原因解明には不十分であった。この後者の被害に対する「局所的作業現場要因」として，臨界事故が起こった場合の防護の欠如と言う設計・設備上の欠陥が指摘されなければならない。その欠陥の一つは，この臨界事故において臨界を異例の長時間継続させてしまった沈殿槽外周部のジャケット内の水の存在である。他の一つは，JCO施設周囲への放射線防護対策の欠落であった。この様な欠陥を生じさせた潜在的な組織要因としては，先に述べた臨界事故は想定しなくても良いとした「R．2安全審査指針の問題」が挙げられる。本事故における，規制当局の責任の重さを良く示している点である。

古田は，J.Reasonの考えを取り入れ，事故の原因を現場の「不安全行動」にのみ集約せず，組織要因を中心に分析し，潜在的組織要因の中に求めることにより，JCO事故の主たる原因を明らかにしている。しかし，J.Reasonによれば「手順要因」は重要な安全評価の対象であるにもかかわらず，古田の分析では「作業手順書」変更（違反）と言う事故に直接つながるプロセスの重要性が，十分明らかになっていない。この中には，所謂バケツ（ステンレス容器）使用のマニュアル化に関し，直接の要因でないこともあってその意味合いの分析が不十分であると思われる，ことも含まれる。次節では古田の分析を補完する意味でもこの「作業手順書」の変更（違反）についてその意味を検討する。

3.「安全空間」の視点から見た核燃料施設JCOの安全性

3.1　作業手順書の変更経緯

前章に示した「局所的作業現場要因」L．2の「社内手順書では7バッチ分の酸化ウランを貯塔

に投入する手順であった」は，それだけの分量の酸化ウランを一度により容易に扱える沈殿槽の利用を現場作業員に思い付かせてしまったことに対する要因であった。しかし，彼らは，沈殿槽を用いるという手順変更に関し，専門家である「核燃料取り扱い主任技術者」の判断を仰いだ際，この主任技術者がウランの濃縮度を勘違いし許可を与えてしまったのである。このことの背後には，「手順書を遵守しない社内的風潮があった」と言う。それでは，JCO事故において「作業手順書変更（違反）」は，どの様に行われていたのであろうか。

JCOの事故を起こした作業場における業務は，原料である酸化ウランを精製し硝酸に溶かすことにより「硝酸ウラニル溶液」を製造することである。製造の工程は次のようなものである（具体的内容については注(18)参照）。

Ⅰ．溶解工程，Ⅱ．再溶解工程，Ⅲ．均一化工程

濃縮ウランを取り扱うどの工程でも，最も注意を要する点は，当然ながら臨界にならないようにすることである。その為に，次の２つの方法が考えられている。(1)一度に取り扱うウランの量を制限する（質量制限），(2)用いる容器の形を制限する（形状制限）。通常質量制限は，1バッチでのウラン取扱量によって行われる。この場合の１バッチでは，酸化ウラン2.4ｋｇが最高取り扱い量とされた。この量は最小臨界量（5.5kg）から，安全係数2.3を持って決められたものである[17]。これは，この値を守る限り形状に関係なく臨界にはならない安全量である。又，この量は硝酸ウラニル溶液にすると6.5㍑に相当する。

さて上記の工程は，どのように行われてきたのであろうか。事故を起こしたのと同じ濃縮度のウランの作業は，昭和61年の常陽第４次不定期受注生産（JCOではキャンペーンと言っていた）から始まった。表１に，この第４次キャンペーンから事故を起こした平成11年の第９次キャンペーンまでの各工程での使用機器を示す。

表１　キャンペーンごとの工程と使用機器

	Ⅰ．溶解工程	Ⅱ．再溶解工程	Ⅲ．均一化工程
第４次①	溶解塔	溶解塔	クロスブレンディング専用器
②	溶解塔	溶解塔	クロスブレンディング専用器
第６次①	溶解塔	SUS容器（10㍑）	クロスブレンディング専用器
②	溶解塔	SUS容器（10㍑）	クロスブレンディング専用器
第７次	SUS容器（10㍑）	SUS容器（10㍑）	**貯塔で混合**
第８次	SUS容器（10㍑）	SUS容器（10㍑）	**貯塔で混合**
第９次	SUS容器（10㍑）	SUS容器（10㍑）	**沈殿槽へ投入**

（太字は違反部分，SUSはステンレススチールを意味する）

第４次キャンペーン①，②では使用機器は，許可された申請書の手順書どうりのものを使い，溶解塔での作業は全て１バッチごと処理されていた。ただし，均一化工程は，当初の申請書には記載されていない工程であり，発注者の要請によったもので，厳密にはこの工程そのものが申請書違反であった。なお，クロスブレンディングとは４㍑の専用容器を用い混合する方法で，1バッチごと処理されており安全上は問題はなかった。しかし，第６次キャンペーンにおいては，再溶解工程にSUS容器（10㍑）という申請書では許可されていない機器の使用に作業手順を変更している。この容器は，安全上問題なかったと判断したこともあり，再溶解作業と次のクロスブレンディング作業との関係における作業性改善（作業効率向上）の為社マニュアルとして使用を決めたものである。第７次キャンペーンにおける溶解工程でのSUS容器（10㍑）の使用も，溶解塔使用の不便さに対する作業性改善の為と思われる。さらにこのキャンペーンでは均一化工程において，貯塔を用い硝酸ウラニル溶液40㍑約７バッチを一度に処理した。貯塔は形状制限をしているため臨界には至らなかったが，1バッチ管理の規則からして明らかに取扱量の違反であった。この貯塔の使用も作業効率化の為であり，これも社内マニュアルとなっていた。更に第９キャンペーンでは，作業を早く終えたいという現場作業員の意見により，貯塔の代わりに形状制限をしていない沈殿槽を用いることを，濃縮度の低い燃料と勘違いした燃料取り扱い主任技術者が簡単に許可した。この沈殿槽を用いた作業において臨界が生じたが，その時までに投入された酸化ウランの推定量約16ｋｇ（より正確には16.6kg）[19]は，最小臨界量の約３倍であった。表１は第７次キャンペーン以降，全ての工程に手順違反が認められ，「手順書を遵守しない社内的風潮があった」ことを明瞭に示している。

3.2　「安全空間」とプロセス指標

J.Reasonの言う組織の「安全健全性」の評価とは，安全に操業している組織について考察されるべきもので，JCOの様に既に事故を起こしてしまった組織についてこれを云々することは無意味と考えるかもしれない。しかし，ここでは彼の「安全健全性」評価手法を事故分析に用い，組織が「安全空間」を如何に移動したか，またその動きが事故に至るまでの組織の安全（不安全）状態をどのように表すかを見ることにより，事故評価への有効性を検討しよう。この際「プロセス安全指標」として「作業手順書の変更（違反）プロセス」をとり，このプロセスの重要性を明らかにしようと思う。また，「抵抗力が強い領域」（以下では「安全領域」と言う）から「脆弱性の強い領域」（以下では「不安全領域」と言う）への組織の動きを表すパラメータとして，取り扱いウラン（酸化ウラン）量をとることにする。

図１は，表１の各工程に対応した「安全空間」の上の組織の位置と動きを示している。第４次―①，②キャンペーンでは，作業手順に違法性はなく（均一化工程は無許可ではあったが，ウランの取り扱い量は１バッチごとと安全性上は適切であった)。従って，「安全空間」における組織の位置は，安全領域にとどまっている。第６次―①，②キャンペーンでもまた，組織は安全領域にある。

しかし，第7次キャンペーンにおいて，組織は形状管理によって安全が保たれる領域（ここでは「制限付安全領域」と呼ぼう）に移動する。この「制限付き安全領域」への移動は，組織が不安全領域へ移動するに一歩のところであり，まさに第9次キャンペーンにおいてこのことが生じたのである。その直接の理由は先に述べたように作業員の「作業を早く終わらせたい」と言う要求であった。

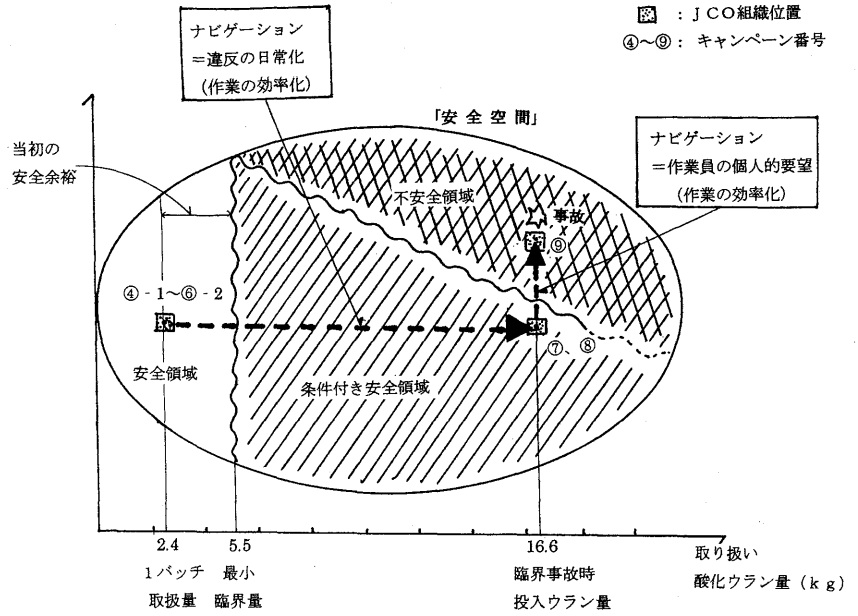

図1 「安全空間の組織活動」

図1を見ると，第7次キャンペーンにおけるJCO組織は，当初持っていた安全余裕をはるかに越え「安全空間」上を不安全領域の方向に向かって，突如進んだ様に見える。これはどのように解釈されるであろうか。ここでは，このことについて考えてみよう。前章で述べたように，J.Reasonは，「安全空間」上を組織が「抵抗力」の強い領域（安全領域）に向かって進むためには，駆動力とその方向へのナビゲーションが必要であると言う。この考えを応用しここで起きた事態を整理すると次のようになろう。まずJCOにおける不安全領域へ組織移動の駆動力は，安全問題への「不十分な参画」（前節要因M．1～M．3），「不十分な能力」（R．5），「不十分な認識」（M．4）と表されるのではなかろうか。更に，安全性とトレード・オフの関係にある生産性向上（作業効率向上として現われる）という圧力の下に，「日常化した（手順書）違反」（L．4）が，不安全領域へのナビゲイションの役目を果たしたと言えよう。SUS容器の使用はこれを象徴している。すなわち，第7次キャンペーンにおいて貯塔の利用と言う違反を起こし，突如として組織を「安全領域」から「制限付き安全領域」へ移動させたのは，第6次キャンペーン以降における「手順書違反」というナビゲーションが，背後にあってのことと解釈できるのではなかろうか。ここで起こったことを簡潔に言えば，

「安全性への意識の低さと，日常的な生産性向上圧力が安全余裕を減少させた」結果と言えよう。また，その後の沈殿槽使用への移行と事故発生を考えると，結果として貯塔の使用はJ.Reasonのいう，「良いルールに違反し，且つ成功した為の潜在的原因の軽視」につながった好例と見なせるであろう。

「作業手順書変更（違反）」と言うプロセスの検討は，組織が「安全空間」上を事故に向かって進んでいる様子を半定量的及びダイナミックに示しており，事故原因理解を助けるよき方法であると思われる。これはまた，JCOのような組織における「安全健全性」の評価手法としても優れていることを示していると考えられる。

4. 結　論

本論文における検討より以下のことが結論づけられる。

① 「安全空間」を用いた「安全健全性」評価の手法を，JCO事故分析に用いた。この際安全のプロセス指標として，「作業手順書変更（違反）」を採用した。このプロセス指標は組織の「安全空間」上の動きを半定量的にダイナミックに示した。この結果は，組織要因に注目して事故分析を行った古田の結果と補い合って，「作業手順書変更（違反）」に注目した事故原因の良い理解に役立った。

② 「安全」は「動的non－event」と言い表されるように，非事象であり，何も起こらない状態持って示される。しかし，この状態の背後には安全あるいは不安全領域へと組織を方向づけ動かす動的なものが存在し，それを知ること無しには組織の安全は保てないことが指摘されている。JCOにおけるこの動的なものとは「作業手順書変更（違反）」であり，これが安全意識の低さとともにJCOを不安全の方向へ駆りたてて行ったと考えられる。JCOにはまさに，この様な安全性の理解が欠けていたと言えよう。

③ J.Reasonは「組織がすべてを結果指標（事故の発生頻度）に頼るならは，その組織は，まるで漂流片のように無意識のうちに空間の中央部を横切って反対側に向かってしまう」と言う。一方，「安全空間」の概念を用いプロセス指標による「安全健全性」評価の手法は，めったに事故を起こさない組織あるいは事故を起こしてはならない組織にとって，事故を防ぐ方法として相応しいものであると言い，このことをJCOの分析が実証したと言えよう。何故なら，この分析によりJCOの組織は，事故直前まで表面上安全であったにもかかわらず，「安全空間」上を‘無意識’の内に不安全な方向へ進んでいったことが明瞭に示されたからである。なお，この様な「安全空間」による安全管理が有望な分野は，適切なプロセス指標を持っている分野であるが，とりわけ明瞭な数量的限界管理が可能な分野であろう。臨界量を持つウランを取り扱う核燃料加工施設はその様な組織の一つである。

（注）

(1) 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書」（平成11年）

(2) 原子力案全員会「ウラン加工施設安全審査指針」，原子力案全員会安全審査指針集，p. 716～729，大成出版会（1994）

上記指針には，次の事が明記されている。

「指針3．事故時条件

核燃料施設に最大想定事故が発生するとした場合，一般公衆に対し，過度の放射線被曝を及ぼさないこと」とされ，，臨界安全については，指針10に「単一ユニット」及び指針12に「複数ユニット」の臨界を防止する対策が取られるべきであることを明記した後，

「指針12．臨界事故に対する考慮

誤操作とうにより臨界事故の発生する恐れのある核燃料施設においては，万一の臨界事故に対する適切な対策が嵩じられていること」と臨界事故対策の必要性を述べているにもかかわらず，指針12の付則に，「ウラン加工施設においては，指針10及び指針11を満足する限り，臨界事故に対する考慮は要しない」とある。

(3) 例えば，林 喜男「人間信頼性工学」海文堂（昭和60年），など。

(4) 例えば，大山 正，丸山康則編「ヒューマンエラーの心理学」麗澤大学出版界（平成13年）

(5) J.リーズン（林 喜男監訳）「ヒューマンエラー，認知科学的アプローチ」海文堂（2000）および，海保博之，田辺文也「ヒューマン・エラー」新耀社（2000），など

(6) James Reason ‘Managing the risk of organizational accident’ Ashgate Publishing Limited（1997）

(7) J.リーズン（塩見 弘 監訳）「組織事故」日科技連（2000）

(8) 古田一雄「ヒューマンファクターの観点からの原因分析と教訓」，
特集「ウラン燃料加工施設における臨界事故」，原子力学会誌 vol. 42 No. 8（2000）

(9) 前載書(5)に詳しいが，前載書(7)の104頁にはエラーに就いて次のように纏められている。

・計画は適切てあるが，しかし，計画どおり行為を実行することには失敗。これらは意図しない失敗で，普通はスリップ（slip），ラプス（lapse），トリップ（trip），ハンブル（fumble）とされている。スリップは目に見える行為の失敗てあり，通常は注意や知覚の失敗をともなう。ラプスはもっと内的な事象であり，しばしば記憶の失敗に相当する。

・行為は完全に計画どおり。しかし，計画自体が意図した結果を達成するには不適切。ここでは失敗は，もっと高次の思考過程（与えられた情報の評価，計画，意図の形成，そして，その行為により期待される影響の判断）で発生している。これらのエラーはミステークとされ，さらに二つのサブグループに分割される。すなわち，ルールベースのミステークとナレッジベースのミステークである。ルールベースのミステークは，通常は正しいルールを間違って適用してしまった場合，悪いルールの適用，あるいは良いルールを適用しない（違反）場合を含んでいる。ナレッジベースのミステークは，事前に用意した一連の解決策が早きてしまい，オンラインで問題の解決策を考えなければならだいような場合に現れる。これは既に述へたように，エラーが発生しやすい過程である。

(10) 前載書(5)，（J.リーズン）163頁

(11) 前載書(7)，110頁

(12) 前載書(7)，152頁

(13) 前載書(7)，159頁

・参画には動機づけと資源という二つの主要な成分がある。動機づけの問題は，業界での模範となるよう組織として良好な安全活動をしようと努力しているか，あるいはただ単に規制側に一歩先んじようとしているのか，ということに関わっている。………高いレベルの参画を実現した例は比較的まれであり，そのレベルを維持することは難しい。これは組織の安全文化と密接な関連があるからてある。最高経営責任者（CEO）は，絶えず入れ替っている。最高経営責任者は，格差のあまり生じない安全成績の記録を改善するよりも，落ち込んだ営業利益を回復させようとするために起用されるのである。

一方，良好な安全文化とは，このような上層部の交代にも関わらず継続し，現在の最高経営責任者の嗜好とは無関係に必要な推進力を供給する何らかのものである。

・二番目の問題は安全目標の達成に充てられる資源に関係する。……・それは，量と同様に質に関係するものであり，そして組織の安全管理を指揮する人たちの能力と地位に関係してくる。……・けれども参画だけては十分ではない。同じく，組織はその安全目標を達成するために必要な技術的能力をもたねばならない。能力は，組織の安全情報システムの品質と非常に密接に関係している。「その情報システムは正しい情報を収集しているのだろうか？」。「集めた情報を流布しているのだろうか？」。「その情報に基づいて行動を起こしているのだろうか？」。………

・組織がその活動を脅かす危険を正しく理解（あるいは認識（cognisance））できなければ，参画と能力のいずれもが十分でないということになろう。

⒁ 前載書(7)，171頁

J.Reasonは，事故発生の3つの要因に就いて，プロセス評価をする相対的メリットを次のように考えている。

・不安全行為：(省略)

・局所的な現場要因：不安全行動より一段階上流側には直接的な精神的，物理的な前兆がある。すなわち，貧弱な作業現場設計，不細工な自動化，不適切な道具と装置，実行不可能な手順書，効果的な監督の欠如，高い作業負荷，タイムプレッシャー，不十分な訓練と経験，非協調的雰囲気，不適当な交替制パターン，貧弱な作業計画，人員配置の不足，危険認識のなさ，不適切な個人保議具，レベルが低いチームワーク，指導力欠如などである。それらの要因は，生み出される不安全行動よりはおそらく少ないであろう。さらに，それらは人間の状態の管理よりは容易に管理できる。しかし，もっと高次の組織問題の氷山の一角にすぎない。

・組織要因：システムのより上位のレベルに介入することによってのみ，問題となる子供たち」を下流側に作り出すプロセス，すなわち「親」の欠陥の型を理解する手始めとなる。もし，この親が変わらないようであれば，作業現場と労働者レベルでの物事の改善の努力はほとんど無駄となってしまうであろう。ある種の不安全行為か与える損害の程度は減衰され，作業現場に特有な条件は改善されるかもしれないが，組織の上級管理者の間にずっと存在し続ける「親」の欠陥は，すぐに人や作業に関連した他の問題の発生につながってしまうであろう。そして，明らかに組織要因はプロセス評価のための優先分野に属する。

⒂ 前載書(7)，172頁

安全関連要因群：(例えば，事象，事故報告，安全施策，緊急時資源と手順書業務外の安全性など)

管理要因群：(例えば，変更管理，指導力と運営，コミュニケーション，雇用と配置，購買管理，生産と防護の不均衡など)

技術的要因群：(例えば，保守管理，自動化レベル，ヒューマンインタフェース，工学的制御装置，設計，ハードウェアなど)

手順要因群：(例えは，標準，規則，監理的コントロール，運営手順など)

訓練：(例えば，正式・非公式の訓練法，訓練部門の存在，技能と作業遂行能力など)

⒃ 前載書(7)，54頁

⒄ 前載書(1)，Ⅲ－1頁

「バッチ」は一回の作業単位を意味する。1バッチの最高取り扱いウラニュウム（酸化ウラン）量は濃縮度に依存する。事故を起こした作業の濃縮度は19%であり，この場合は2.4ｋｇが最高取り扱い量とされた。この量は最小臨界量（5.5kg）から，安全係数2.3を持って決められたものである。

⒅ 前載書(1)，Ⅲ－2頁

溶解工程

①溶解：原料である酸化ウラン（U_3O_8）に硝酸を加え溶解する。

②溶媒抽出：りん酸トリブチル（TBP）を用いた溶媒抽出により，硝酸ウラニルを抽出。

③沈殿：硝酸ウラニル溶液にアンモニア・ガスを吹き込み，重ウラン酸アンモニュウムを沈殿させる。

④仮焼：重ウラン酸アンモニュウムの熱分解により精製酸化ウラン（U_3O_8）を精製する。
再溶解工程
精製酸化ウラン（U_3O_8）に硝酸を加えて再溶解し，製品である硝酸ウラニル溶液とする。
均一化工程
硝酸ウラニル溶液製品１ロット（約40㍑）を混合し濃度を均一にする。

⒆ 前載書⑴，Ⅲ－15頁