

戦略的失敗のシステム分析

齋藤 雄志

目次

1. はじめに
2. 戦略的失敗に関する基本概念
3. さまざまな失敗研究事例
4. 戦略的失敗とシステムの視点
 - 4.1 システムとその特性
 - 4.2 事業・計画のシステムの側面
5. 戦略的失敗の事例
 - 5.1 事例1 福島原発事故－組織の硬直性と想定外への不対応
 - 5.2 事例2 TMI原発事故－システム管理の失敗と事故の連鎖反応拡大
 - 5.3 事例3 チェルノブイリ原発事故－システムの不安定性と運転管理の失敗
 - 5.4 事例4 JCO臨界事故－基本知識欠如と経営の失敗
 - 5.5 事例5 原子力船むつの失敗－地域紛争と新技術開発の混乱
 - 5.6 事例6 さまざまな事例と戦略的失敗の可能性
6. 結論に代えて

1. はじめに

本論文では、「戦略的失敗」の概念を提案するとともに、過去における大規模・巨大システムの戦略的失敗事例を踏まえながら、どのよう

な経緯や要因で戦略的失敗に至るのか、その構造と特徴はどうなっているか、社会として大規模・巨大システムの計画についてどういう態度をとればよいかなどを検討することである。表題でいうシステム分析的視点とは、第1には、現象をシステムとしてみて、失敗の構造を明確にすることであり、第2には、政策科学的視点を基礎とするという意味である。

戦略的失敗は、一言で言えば本質的失敗という意味である。わが国は（正確に言えば、わが国に限定されないが）、歴史的にみれば、多くの戦略的失敗を経験してきた。たとえば、福島原子力発電所事故は戦略的失敗の代表である。事故の原因は巨大津波だけでなく、原発というシステム構築に関わる組織や制度の欠陥も関わっているという見方が妥当である。多くの地域開発や技術開発でも戦略的失敗の側面が見て取れる。海外では、チェルノブイリ原発事故やTMI原発事故があり、それらの事故の背景にはシステムや組織の問題が絡む。

戦略的失敗は過去の問題だけが重要なのではない。今後とも多くの戦略的失敗の可能性がある。多くの期待を集めている、リニア中央新幹線、電気自動車の導入、燃料電池車システム、大規模な太陽光発電の急速な導入でも戦略的失敗の陰がある。

巨大な失敗は、社会連関的に大きな余波を引き起こす。小さな失敗は、社会的に吸収可能であり、容易に回復可能であるが、巨大な失敗はその直接的間接的影響が大きい。巨大な失敗と

複数の小さな失敗を比較すると、その社会的影響の大小について、直接的損失が、「巨大な失敗 = Σ小失敗」であっても、その社会への直接的間接的波及効果を考慮して考えれば、「巨大な失敗 > Σ小失敗」である。巨大な失敗は対応が困難なこともあり、経済的社会的意味で大きな悪い乗数効果を生む。巨大であるが故に失敗するとその影響が大きい。

システムを計画し構築するというプロセス面から、事業の立案戦略という面からみても巨大な計画は大きな問題を含んでいる。たとえば、巨大であるが故に、戦略や計画そのものが容易でない。巨大な事業はチェックや方針の変更が難しい。巨大な計画には多様な要因が複雑な形で関わり、環境が多様・複雑である。また巨大な事業ではその実行組織が複雑である。さらに巨大であるが故に利害が絡み、大きな組織や政治勢力がその背景に存在する。巨大であるゆえに、システムや技術に関わる要因が複雑である。

失敗の要因には、組織的要因、制度的要因、社会的要因、政治的要因、行政的要因、経済的要因、技術的要因、システムの特性に関わる要因、環境に関わる要因などさまざまな要因が絡む。

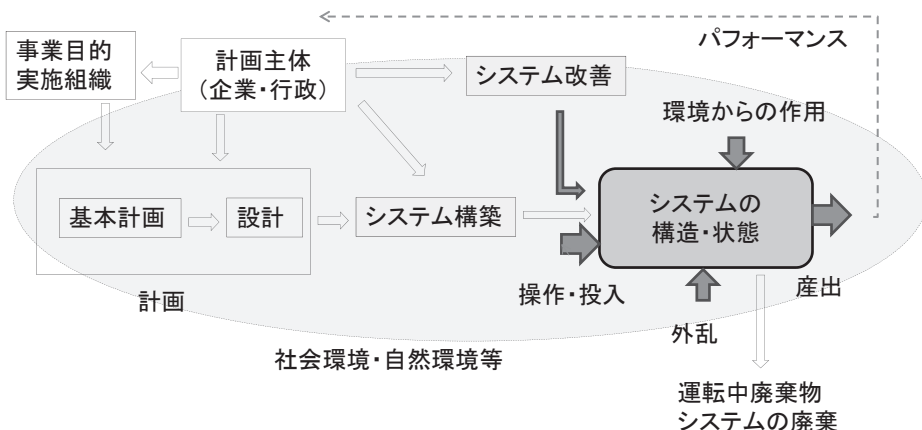
2. 戦略失敗に関する基本概念

まず最初に、戦略的失敗を論ずるに当たり、失敗に関する基本概念を整理・定義しその意味を明確にしておく。特に、戦略的失敗の概念は、事業（システムの構築作業）の戦略や計画に関係する。特に、それらに関する根幹的失敗が戦略的失敗である。事業とは、「目的→計画（基本計画・設計）→システム構築→システム運用（利用）」のプロセス全体を指す言葉として使用する（図表1参照）。

システムとは、「原発」、「道路」のような「ハードなシステム」だけでなく、「法律」・「制度」のような「ソフトなシステム」も含めて考える。大規模システムが事故を起こせばそれは失敗だが、組織や制度にも失敗がある場合が多い。

戦略的失敗とは簡単にいえば、事業、つまり、目的→計画→システム構築→システム運用（利用）」のプロセスにおいて、もとの戦略や計画に含まれていた欠陥や問題が原因となってプロジェクトや事業の目的が大きく失われたことをいう。多くの失敗現象では、構築されたシステムに失敗があるとしても、その根本原因は、計画自体やそれを行う組織に含まれている構造や

図表1 目的・計画からシステム構築・運用プロセス



機能に問題があることが多い。後に戦略的失敗の他にも技術的失敗、偶発的失敗などのより「より軽い」失敗の概念を定義するが、本稿の対象は主に戦略的失敗である。またシステムの視点でみると事業を実施するシステムにせよ、構築されたシステムにせよ、失敗の原因が小さくともシステム内で連鎖反应的に拡大するという特徴がある。この意味でシステムをどのように捉えるかが重要になる。

システムはいくつかの構造化された要素あるいはサブシステムの集まりである。構造化とは互いに相互作用をし、それらが一体になって、一定の機能を果たすことを意味する。システムの定義には、システムの構造を中心に見るか、機能を中心に見るかという立場がある。しかし結論的にいえば、構造と機能は分離することはできない。

要素の集まりがシステムとよばれ、その外部は環境とよばれる。システムには投入・入力（インプット）と産出・出力（アウトプット）がある。システムのインプットには許容される範囲がある（入力の許容範囲）。システムのインプットが許容範囲を超えれば、システムは誤動作することがある。時には事故に発展する。

またシステムは、環境からさまざまな外乱を受ける。外乱の存在はシステムの動作の自然な前提条件であり、外乱のもとでシステムは正常に動作しなければならない。通常、システムは順調にいけばシステム構築の目的に従い価値を生み出す（産出＝アウトプット）。

そのようなシステムのアウトプットには、

パフォーマンス評価が行われる。しばしば最適な価値を生み出すように全システムは計画され構築される。アウトプットに関しても、パフォーマンス以前に、許容範囲がある。アウトプットは許容された範囲に収まっていなければならない。そうでなければそのシステムは失敗と見なされる。たとえば、発電所によって発電される電気の電圧や周波数はある一定の範囲に押さえられなければならない。それを逸脱すれば異常・故障と見なさる。

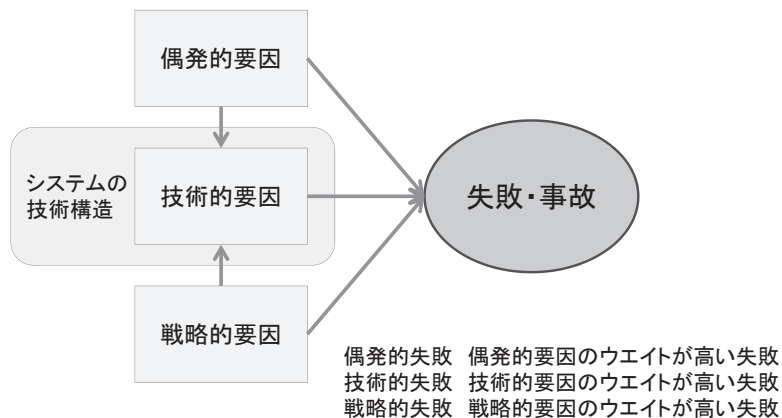
失敗には、戦略的要素、技術的要素、偶発的要素が複雑な形で作用する。失敗の典型的パターンは、計画や設計に関わる要因（戦略的要素）がシステムの技術的要因に影を投げかける中で、偶発的要因がきっかけになって、システムの技術構造の中で反応が生じ失敗を起こすことである。

このような中で、偶発的要因のウエイトが高い失敗を偶発的失敗、技術的要因のウエイトが高い失敗を技術的失敗、戦略的要因のウエイトが高い失敗を戦略的失敗と呼ぶことにする。より詳しくは図表2の通りである。

(1) 偶発的失敗

偶発的失敗（事故）は、失敗の主たる要因が

図表2 失敗・事故の因果関係



偶発的要因であるタイプの失敗である。たとえば、突然、大きな隕石が落下してきたことによって工場が爆発したとすれば、これは偶発的失敗である。言いかえると、偶発的失敗とは、十分正しく作られたシステム（設備や制度など）を、通常どおり決められた正しい手順により、運用していたにもかかわらず、外部事象や外部条件などの大小の変化により失敗を引き起こす場合を指す。通常は、小規模な失敗が多いが、大津波のように非常に大きい外的条件の変化による偶発的失敗もあり得る。

(2) 技術的失敗

技術的要素が中心的に絡む「技術的失敗」は、現場における運転・運用上の失敗（第1の技術的失敗）とシステムの構造に原因する失敗（第2の技術的失敗）の2つに分けるのがよいであろう。第1の技術的失敗とは、基本的に正しく作られたシステム（設備や制度など）の運転や運用の失敗があったものを指す。たとえば、正常な構造と機能を持つ航空機を操縦するパイロットが何らかの理由により決められた手順を逸脱した操作を行い、事故に結びつくような場合である。

第2の技術的失敗とは、システム（設備や制度など）に主に潜在的な技術的・構造的欠陥がある場合である。この構造的欠陥とは、システムの通常の基本的動作に影響を与えない程度の許容可能な不良を指す。もし、システムの構造に重大な本質的欠陥があれば、それはシステムの計画や計画などの前段階のプロセスに起因する問題であり、戦略的失敗に位置づけるのが妥当であろう。しかし技術的失敗と戦略的失敗の境界は明確には分けられないともいえる。

(3) 戦略的失敗

「図表1 目的・計画らシステム構築・運用

の全プロセス」に対応して考えると、(1)構築されたシステムに本質的な構造的欠陥があり失敗をもたらすこともあれば、(2)計画・事業・組織に構造的欠陥があり、結果として失敗する場合もある。これらを「戦略的失敗」ということにする。それらの構造的欠陥は、組織内でその手続きに従い「正式」かつ「十分」に検討したにも関わらず起こることに着目する必要がある。システムを構築する際の社会環境、あるいは組織や計画の進め方、状況あるいはシステムを開発する技術者集団や経営層の考え方などが、戦略的失敗の原因となる。過去の多くの環境問題、大事故などもその背景には戦略的失敗の要素が含まれていることが多い。

1つの失敗には、偶発的要因、技術的要因、戦略的要因が同時に複雑に絡むのが普通である。このように失敗や事故を3つの分類に分けたとき、一つの失敗事象（失敗や事故）が明確に一つの分類の当てはまるわけではない。たとえば、ある戦略的失敗が技術的失敗を引き起こし、その技術的失敗がある状況で偶発的要因（偶発的失敗の要因）と反応を起こし、事故が発生することがある。「一つの失敗事象が戦略的失敗である」という時は、戦略的失敗の性格が強く、それが最終的現象に本質的役目を果たすことをいう。「一つの失敗事象が技術的失敗である」というのは、戦略的失敗の要素が少なく、技術的失敗の性格が強いことを意味する。戦略的失敗と技術的失敗には人が絡むので「責任論」が浮上する。「一つの失敗が偶発的失敗である」というのはそれに戦略的失敗や技術的失敗の要素が少ないことであり、「不可抗力」と位置づけられる。たとえば、ある設備が戦争や巨大な隕石で破壊されたとすれば、それは不可抗力に位置づけられるのが妥当であろう。偶発的要因に対して対策可能であるにも関わらず、実際に対策をとっていなければ、技術的失敗や

戦略的失敗の可能性が浮上する。

失敗における原因と結果の関係はフローチャートなどで表現することができる。フローチャートはわかりやすく全体を見渡せるというメリットもあるが、紙面という制約がある。しかしこれらを因果関係式として記述することも可能である。たとえば、原因A, B, C, D, E, Fによる失敗を、 $失敗 = A \times B \times C \times D \times E \times F$ と論理式で表現できる。「×」は論理積「AND」に相当する。「×」は省略してもよい。この表現は事実上、失敗（事故）のプロセスの記述になっている。過去の事象に関しては推定の場合以外は右辺に論理和は必要ない。右辺の説明要因群A, B, C, D, E, Fはなるべく相互に独立性が高いものを取り上げることが望ましいが実際には容易でない。これらの右辺の要因の一部をさらに説明できる他の要因（技術的要因、戦略的要因、偶発的要因）があれば、付属式として別式を立てる。たとえば、一例として、

対象とする失敗 ← 技術的要因群論理積
付属式

個別技術的要因 ← 技術的要因群論理積 ×
偶発的要因群論理積 ×
戦略的要因群論理積
個別戦略的要因 ← 技術的要因群論理積 ×
偶発的要因群論理積 ×
戦略的要因群論理積

と記述できる。もちろん右辺の論理積は関係するものだけが表示される。すべての失敗構造は複雑かつ曖昧な面があり、このような失敗方程式も十分に検証された結論というよりは、単なる説明あるいは仮説を提示する方法の1つの方法の部類と考えるのがよいであろう。

ところで、失敗の定義には3つの要素が関係する。第1の要素は「原因・結果の因果性」である。失敗には必ずその原因があり、複雑な過

程を経て失敗に至ることが多い。たとえば、ある偶発的失敗が、根本的失敗である戦略的失敗を引き起こす引き金になる場合もあるかもしれない。そのことを検討するには、失敗・事故における原因の複合性と事象の連鎖性を考慮する必要がある。事故あるいは失敗の最初の原因は小さいことも多いが、それが連鎖反应的に拡大し、大事故あるいは大規模な失敗につながることもある。その典型例は、チェルノブイリ原発事故やTMI原発事故に見られるように不運な複合的事象の組み合わせが事故の引き金になることも多い。

第2の要素は、上記のような因果関係、あるいは事象の連鎖の中における、組織や個人の「意思の関与」の大きさである。「意思」とは、「ある行為をした」、あるいは逆に「するべき必要な行為をしなかった」という意思のことである。いわば事故における人や組織の責任に関わる要素である。突然の巨大隕石によって、原発が破壊されたとしても、それに対する対応手段がないし、また予測もつかないとすれば、原因における意思の関与がなくこれはただの運命ということもできる。実際は、福島原発事故のように、防潮堤・予備ディーゼル発電機・各種冷却装置・電池・出入口・電源盤・配電盤・外部送電線・変電設備・各種資材等の不備や脆弱性、あるいはその前段要因として検討不足・対策不足という組織の「意思」が関与する要素と巨大な津波という「偶発的事象」の複合作用で事故や失敗が起こることが多い。

第3の要素は、失敗事象の大きさである。失敗事象の大きさも重要な意味を持つ。小さい失敗であれば、それを回避する代替手段が存在することが多いし、波及も小さい。大きい失敗は、しばしばコントロール可能でなくなる。大きい事故が社会的に注目され、小さい事故の集合が社会的に注目されないのはこのようなことに原

因があろう。

これらの3つの軸によって、すべての失敗は、偶発的失敗、技術的失敗、戦略的失敗に整理できるという訳でないが、少なくとも特徴付けが可能である。

偶発的失敗とは、通常の因果関係において、意思の関与がなかった、あるいはほとんど無視をしてよい場合である。原理的には上記の隕石事故のような偶発的大規模事故もありうる。一方、戦略的失敗とは、失敗の原因に計画や組織の意思が関与し、それらに責任があると位置づけられる失敗である。原理的には小さい戦略的失敗もありうるが、ここでは主に大きな失敗を念頭に置く。

失敗の原因がどこにあったかを考えるには、「図表1 目的・計画からシステム構築・運用の全プロセス」を考慮しながら、上記の連鎖反応性や意思の関与を考えればよい。図中の中心の背景楕円は環境（制度・行政・政策・政治要因、経済・コスト要因、社会・文化要因、インフラ要因、情報要因、計画主体以外の人・組織要因、環境地理要因）を意味する。

このようなことを考えると、「失敗の原因はここにあった」という形で、単一の原因を挙げることは、簡単でない。マスコミ報道ではしばしば単一あるいは少数の原因が「失敗の原因」として、

クローズアップされるが、これはマスコミ報道の特徴ともいべきものである。つまり失敗の原因を多様な要因に帰してしまえば、わかりにくくなり、原因が不明になり、責任も社会的に不明になり、報道としての価値がなくなることによる。

単純化していえば、多く

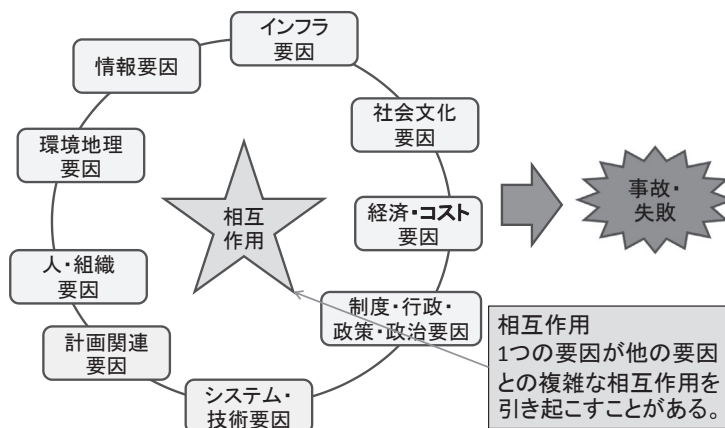
の場合に「失敗の原因は複数の原因事象の複合作用にあった」という方がより正確であろう。実際は、複数といっても、それらには大小の重みがあり、複雑なAND/OR関係があり、さらにそれら事象の間の因果関係があり、かつ「重み」も「AND/OR関係」も「因果関係」にも曖昧さがある。

図表1のすべての要素が失敗の原因になり得る。図表1には明示していないが、社会環境にも多様な要素があり、またそれらとシステム構築側あるいはシステムそのものとの複合作用によって失敗が生ずるといった方がよい（図表3）。

本稿のメインテーマである戦略的失敗を引き起こす要因となり得る項目を、「図表1 目的・計画からシステム構築・運用の全プロセス」と「図表3 失敗要因の相互作用」に従って、例として抽出してみれば図表4のようになる。実際の失敗事象はこれらの組み合わせによって生ずる。失敗の要因には、事業そのものや計画主体の特性に関わるもの、計画に関わるもの、システム構築に関わるもの、システム運用に関わるもの、そして環境と事業との関係に関わるものなどがある。

失敗や事故はシステムや組織の特徴も関係している。その典型的例は、チェルノブイリや

図表3 失敗要因の相互作用



図表4 戦略的失敗等の要因の分類

<p>(1)計画主体の組織要因 組織規模・硬直的な体制 組織構造の不備、経営方針・誤った信念 組織内文化に関わる要因 経済的競争環境・資金不足 不作為・違法業務 人手不足・技術者不足</p> <p>(2)事業・計画関連要因 事業目的の誤り 計画の難易度 不適切な計画・無理な計画 柔軟性のない計画・誤った信念 ガバナンス不足・度々の方針転換 不適切なリーダー・派閥と対立・不協力 無責任なプロジェクト体制 コミュニケーション不足・知識不足 時間不足・資金不足、人材不足 ・教育不足 不適切な見通し(過大・過小)・ 予測への誤った信頼 リスクアセスメントの不備・不足</p> <p>(3)経済・コスト要因 コスト要因(資材・労働コスト上昇) 過剰なコスト削減 他技術との競合</p> <p>(4)システム・技術要因 技術的未成熟・過剰な技術的期待 必要作業期間の見積りのミス 技術者不足 設計の複雑さ・設計変更の困難性・ システムの不安定性・システムの構造的欠陥 インフラ不足、システム異常の発生</p>	<p>構造上の欠陥・不備、状態の不安定性 運転に伴う劣化、運転・操作ミス 操作マニュアルの不備 予定された成果の不足 改善の硬直性・改善のコスト 他技術と競争、廃棄コスト・不適切な廃棄</p> <p>(5)制度・行政要因 法制度の未発達 硬直的な制度 過剰な制度的制約 行政機関の硬直性 行政機関の構造的無責任性 違法業務・裁判・訴訟</p> <p>(6)政策・政治要因 地域社会の要望 推進の社会的・政治的環境 不適切な政治的介入・利益団体の介入</p> <p>(7)環境・地理要因 インフラの不足 地域の経済構造・中央との格差 環境影響・環境対策コスト 環境対策技術の未発達 地盤・大気・用水・冷却水・森林・海域に 関わる問題点 不適切な自然環境条件の存在 災害発生(地震・津波・台風・竜巻・洪水)</p> <p>(8)社会文化要因 地域の社会構造・地域の政治構造 組織外の社会的文化に関わる要因 計画主体の論理と地元社会の論理の差 交渉体制の誤り・交渉文化の不一致 地域の反対運動</p>
---	---

TMI事故に見られる。一見些細な要因がシステム内で連鎖反応を起こし、大事故につながった。コンピュータプログラムを利用するシステムでは、ごく小さなバグがシステムを暴走させることはよく知られている。このような現象は、工学的なシステムだけでなく、組織のようなシステムでも生ずる。すべてのシステムは想定外の複雑な動きをすることが多い。そこで、このような点からシステムの特性を検討することが重要になる。

上記に列挙した失敗要因の意味を直観的に理解するために、以下に、失敗とその要因の事例を具体的な言葉でいくつか挙げてみよう。これらは必ずしも実際の事例と正確に対応しているわけではないし、すべてを網羅している訳でないが、失敗や事故のイメージを掴むのに役立つ。

列挙した失敗事象の多くは戦略的失敗といえるものが多い。

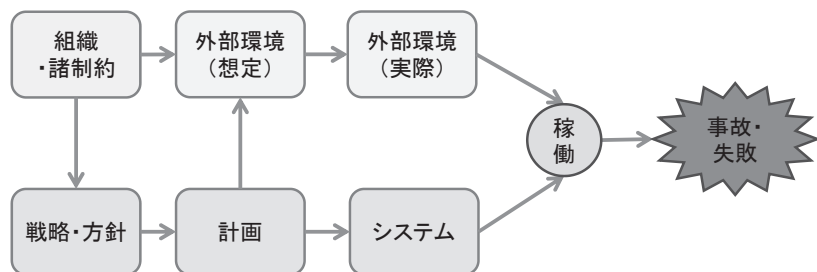
[失敗要因の事例]

- 例1 組織における意思決定が不十分であったので、巨大災害への対策がされず、その結果、システムが災害に巻き込まれ、システムが破壊され、大規模な被害も発生した。
- 例2 関連する分野で法制度の発達が遅れていたばかりか、行政側が現法制を工夫して適切な対策をとらなかったのが甚大な被害が発生した。被害への社会的認識も低く、マスコミの報道も十分でなかった。
- 例3 代替技術がないために、規制に対して産業側（経営側ばかりか労働者側も）がその技術の利用中止に反対し被害が拡大し

- た。マスコミも十分な報道をしなかった。
- 例 4 自国技術の発展を過信するとともに自国の生産方式に固執していたために、他国の発展技術に市場を奪われた。為替レートや物価（労働コストも含む）の影響も大きかった。
- 例 5 運転員がマニュアルに許容されていない操作を行い、その結果、小さな異常が発生し、それが連鎖反動的に拡大し大事故につながった。
- 例 6 システムの小さい異常を修理中に事故が連鎖反動的に拡大した。システムの不備が連鎖反応を引き起こした。
- 例 7 経営者と担当者の意思疎通が不十分であり、また経営者側に技術に精通した人間がいなかったで、システム変更の見通しがあまく大事故につながった。
- 例 8 利益を確保しコストを削減するために、専門知識を大きく外れたシステム変更を行った。現場担当者への教育も十分に行われなかった。その結果、現場を担当する技術者に十分な知識がなく、非常に危険な操作が日常的に行われた結果、大事故が発生した。
- 例 9 コスト節約に走る経営方針のもと、十分なシステム管理や教育が行われなかった。老朽化した設備に異常が発生したが、現場では適切な対応をせず、大事故を招いた。
- 例 10 組織を運営する上で基本的な知識が抜けていたために、組織の崩壊を招いた。

- 例 11 開発コストが著しく高くまた期待される効果も認められないにもかかわらず巨大投資を続け、大きな損失を招いた。巨大投資の背景には行政側の硬直性と投資を要望する政治的背景があった。
- 例 12 需要の見通し、技術発展の見通し、システムコストの評価等を誤り、大規模なシステムの導入を行い、社会的なロスを招いた。
- 例 13 地域の強力な要請やそれに伴う政治家の活動により多大な設備を建設せざるを得なかった。設備そのものは役に立っているが、大きな国家的負債が残った。
- 例 14 政治家が、自己の政治的目的や私的信念のために新しいムダなシステム導入を押し進めた。
- 例 15 時代の変化を読み取らず、古典的な交渉方法を採用したので、環境問題で強力な反対運動が発生し、システム建設期間が大幅に増大したばかりか計画も最終的に頓挫した。
- 例 16 中央の論理を押しつけたことや地元の経済情勢の変化によりシステム建設が地元の利益と合致なくなり、紛争を招いた。またシステムも欠陥を持っていたために、計画は頓挫した。
- 例 17 システムの安全性に過大な信頼を寄せた

図表 5 戦略的失敗の要因（原因）の因果関係



外部環境は、自然環境のみならず、社会環境も含む。

こともあり、状況判断や予測をあまり事故を起こした。

例18 需要の予測を見誤り過大な計画を作ったばかりか、計画主体の組織的硬直性のために、必要な修正や方向転換を行わなかった。結果としては、計画は大失敗に終わった。

例19 技術の発展やその社会的価値の判断を誤り、必要な方向転換をしなかった。そのために多大な社会的コストが発生した。

3. さまざま失敗研究事例

過去の失敗に関する調査研究についても簡単に触れておこう。森谷氏^[47]の「戦略的失敗」を除くと、本稿でいう「戦略的失敗」という概念に直接的に一致する研究や文献はあまり見当たらないが、広く考えればさまざまな失敗研究が知られている。

「失敗」については、畑村氏による失敗研究^{〔34〕}他が有名である。「畑村失敗学」といわれている。畑村氏の失敗学に関する中核は、失敗に関する原因まんだら、行動まんだら、結果まんだらである。まんだらとは、項目を円上に分かりやすく、曼荼羅のように示したものである。畑村氏の失敗学は、原因×行動⇒結果（失敗）という分かりやすく実用的な組み合わせでできている。失敗は、状況（原因）に人間の要素（ヒューマンエラー）が重なり生じているという視点である。

松本氏^[2]の『知の失敗と社会 科学技術はなぜ社会にとって問題か』もすぐれた研究である。松本氏はタイタニック号事件、イギリスのボイラ事故やOTEC（海上温度差発電技術）などについて議論を行っている。松本氏の著作は科学技術論ともいえる内容である。松本氏は、1800年代中葉のボイラ爆発事故に対する対策

の不十分さの原因のとして、組織、制度間の隙間論を展開している。最初のボイラは大気圧で利用されていたが、トレヴィシックの高圧蒸気機関が登場するとボイラが4気圧程度になり、1830年代に以降、ボイラ爆発事故が多発した。イギリスでは、週平均1回の爆発事故（10年に数百件・1860年代にピーク）が発生した。それに関わらず、ボイラ数は増加していった。1844年には工場法制定されたが、ボイラの安全規定は含まれていなかったうえ、法の適用は、本格的にボイラが導入されている重工業には適用されなかった。事故の責任について商務省と内務省の間に論争が発生し有効な手段はとられなかった。1869年に超党派のボイラ定期点検法が下院に提出されたが廃案になった。このような事態は、イギリス社会が経験したことのない大量死に遭遇してもそれに対処する仕組みを作らず、「法制度、専門家、官僚組織、議会、民間会社といった既存の複数の関係主体の隙間に事故の原因が入り込んでしまうという見通しの悪さが存在し、責任の所在を確定するのに実に80年にも達する膨大な時間を費やしてしまっている」（p.25）と松本氏は述べている。時には戦略的失敗は隙間論という構造論の見方もできる。計画・事業を担当する関連組織自体に問題があるだけでなく、組織・制度の間に問題がありうる。これは社会の構造の中に失敗を回避する仕組みが不足しているという視点である。

橋山禮治郎氏^[3]の『必要か、リニア新幹線』も失敗学的には価値ある著書である。表題としては、リニア新幹線を挙げているが、氏は豊富な経験を踏まえて、多数の開発事業の失敗を厳しく論じている。橋山氏は元日本開発銀行（現・日本政策投資銀行）調査部長であり、過去の多数の大規模な計画を組織、計画、意思決定、経済性、技術の面から総合的かつ具体的に分析を行っている。分析の対象となった計画事

例としては、成功例の東海道新幹線、名神・東名高速道路、黒部ダム、失敗例の東京湾横断道路、成田空港、関西国際空港・伊丹空港・神戸空港、英仏ドーバー海峡トンネル、超高速機コンコルド、独リニア鉄道などが含まれている。表題にあるように、橋山氏の最終的主張の一つは、現在進行中のリニア中央新幹線計画を中止すべきということにある。世界でまだどこでも実用化されていない10cm浮上の新型高速鉄道「リニア中央新幹線」には疑問が多く、2007年に突然再浮上したが、「本当に必要か?」、「実際にできるのか?」、「プロジェクトとして本当に成功するのか?」などの疑問を呈している。橋山氏は、リニア新幹線を、JR東海という民間1企業が独自にやろうとしているが、このような巨大プロジェクトは、民間企業のもので失敗は許されないという考えである。本稿では多数の事業を取り上げているので、筆者の主張も基本的に橋山氏の意見に近い。橋山氏は、「計画は事前に客観的な事前評価を行えばほぼ9割方予測できる」としている。

ジェームズ・R・チャイルズによる『最悪の事故が起こるまで人は何をしていたのか』^[4]は、50あまりのケースを紹介しながら巨大・大規模事故のメカニズムと人的・組織的原因を検討している。

岸田純之助（監修）氏の『巨大技術の安全性』^[5]は、少し古い文献だが、大きなテーマを扱っている。本書は、TMI事故、チェルノブイリ原発事故など大事故を受けて、ジャーナリストを含む多数の執筆者によって書かれたものである。必ずしも統一見解が示されている訳でないが、それぞれの専門家の他にジャーナリストの考えが入っているのが特徴といえる。また事故におけるヒューマンファクタも大きなテーマとして取り上げている。原子力については、IAEAの考え方、原子炉における深層防護の考

えの紹介がなされている。福島原発以後は、過去の深層防護の考え方には問題があったことが認められており、本書は現時点から見るとやや楽観的に書かれている感は否めないものの、原子力の他には、チャレンジャー事故などの宇宙関係事故、日航ジャンボ機墜落事故などの航空機事故、ボパールなどの化学工場事故などがとり入れられている。これらの事故はいずれもその後の技術政策に大きな影響を与えている事故である。これらの事故を受けて、現在でも、工学分野では安全工学関係の研究が続けられている^[8]。

伊藤健太郎氏による『プロジェクトはなぜ失敗するのか』^[7]は、プロジェクトマネジメントの優れた参考書である。伊藤氏は、プラント関係のプロジェクトに豊富な経験をもっており、それを分かりやすく伝えている。伊藤氏は、本来、プロジェクトは、適切なコントロールをしないと失敗するものであるという「失敗視点」に立っている。そのように考えることによって成功の可能性が高まるとしている。プロジェクトが失敗する要因の例として、「無理なスケジュール」、「関係者のコミュニケーション不足」、「トップの関与不足」、「マネジメントプロセスに対する意識の弱さ」、「プロジェクト成功の定義が不明なこと」、「リーダーのリスクマネジメントに対する関心の薄さ」、「横断的プロジェクトに対する経験の不足」、「見積のミス」、「プロジェクト管理方法の不統一」、「プロジェクト実施過程におけるスコープの拡大」など貴重な例を挙げている（表現は原文と異なる）。

これらの多くは技術的失敗といえる面が強いが、その背景に上位組織、戦略、その意思決定、文化に関係しているものがある。本稿では、すでにのべたように、巨大な事業における戦略的失敗の原因をシステム分析的視点から検討しようとするものであり、上記の文献とは少し異な

る視点を持つ。以下では、その中核となるシステム概念と失敗の関係について述べよう。

4. 戦略的失敗とシステムの視点

4.1 システムとその特性

どのようなシステムでもさまざまな問題点が含まれており、完全なシステムは存在しない。そのことが事故や失敗につながるともいえる。これは福島原発で有名になった「想定外の問題」も関係する。本稿では、システムの「陰の機能」という概念を導入する。大規模システムは複雑で事故の種はいくらでもある。そのなかで、大小のサブシステムが次々と事故を起こすことがある。その代表例は、TMI 原発事故やチェルノブイリ原発事故である。わずかな操作ミスが大きな失敗につながった。失敗や事故は「連鎖反応」というシステムの特性と関わっていることがある。システムに関する知識不足がシステムの欠陥を生み事故を拡大することもある。その代表はJCO事故である。担当者の原子力分野に関する初歩的な知識不足、あるいは組織の教育システムにも原因にあった。また事業で対象とする技術的な装置ばかりでなく、組織やプロジェクトも「システム」である。この分野でもシステムの構造的特徴が事故を起こすという視点に焦点を当てる必要がある。そこで、事故や失敗に関係させながら、システムの見直しをしよう。

やや一般的ではあるが、まず最初に「システムとは基本的にどういうものか」という問題に焦点を当てる。システムの基本的特性のなかに、事故の要因が含まれているからである。

本稿の「システム」に関する視点を要約すればつぎのようになる。

- (1) システムにはそれを構築する目的があり、その目的は一定の機能の集合であり、それを

実現するためには、要素やサブシステムを集めて構造化されている。つまりシステムでは「機能」と「構造」と2つの面から見る必要がある。

- (2) システムでは、サブシステムや要素がつながって、全体としてシステムに求められた機能を実現している。そのような中で、事故に関していえば、システムの要素やサブシステムは予想外の動きや「連鎖反応」を起こす可能性があるという点に注目する必要がある。このような特性はシステムが持つ運命だが、システム管理者や利用者からみれば、どのような事故や異常がどのような連鎖反応を起こすかを事前に把握しておく必要がある。
- (3) システムの要素は全体が一定の機能を持たせるために構造化されているがシステムは当初予定した機能だけを持つのでないことに着目すべきである。この点は後に陰の機能として論じる。

システムの目的、機能、構造を、システムを設計し、構築し、実現し、利用するという立場から図示すれば、「図表6 システムの目的・機能・構造」のようになる。

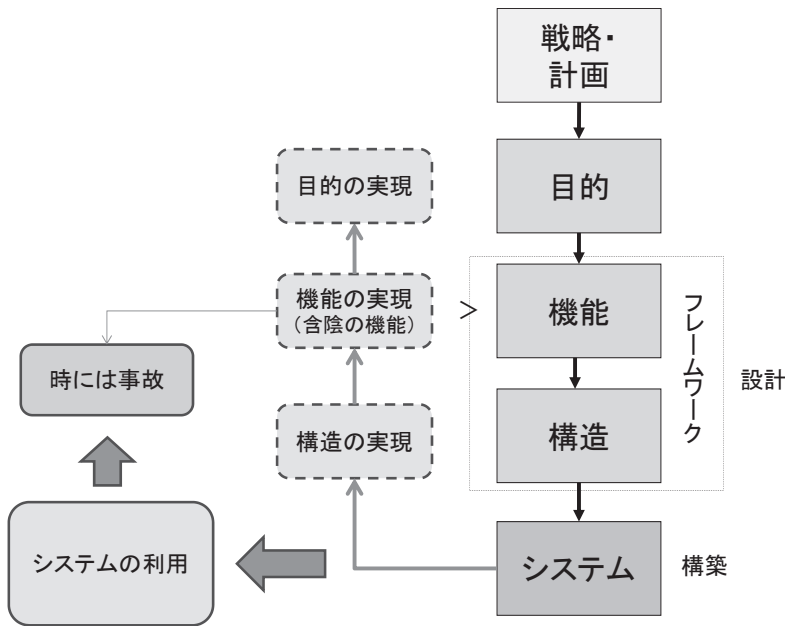
システムには、構造や機能の複雑性がある。複雑性という意味は、外見から容易に想像される構造や機能の「複雑性」という意味ではない。システムでは、外見的な構造や機能の裏には複雑な構造や機能が隠れている。

システムは単純かつ多様な構造や機能が積み重なり、複雑な機能や構造を持つが、要素が複雑に構造化されていればその機能はますます複雑化する。時にはそれは予想外の動作をする。この点を論ずるために、システムの定義から検討しよう。システムの定義には2つのアプローチがある。

- 構造主義的定義

この考え方は、大変に直観的であり、システ

図表 6 システムの目的・機能・構造



品やサブシステムの機能がわかり、目的とする機能がわかって初めて部品やサブシステムを構造化できるのである。つまり「構造」だけではシステムは定義できないといえる。

技術者の持つ直感的システム概念は構造主義なのか、それとも機能主義なのかという疑問がわく。対象を見る際に、技術者はまず要素（部品）と関係＝システムの構造に着目する。ユーザは機能から

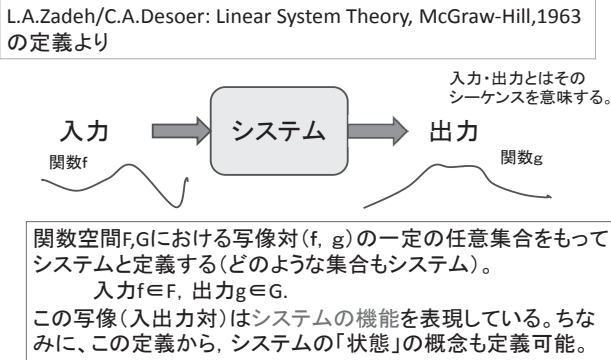
互いに接続した要素あるいはサブシステムの複合体と考える。たとえば、子供の時に作ったことのある鉱石ラジオ（ゲルマニウムラジオ）を考えれば分かりやすい。全体構造は、入力装置（アンテナ）と出力装置（イヤフォン）と中間の部品（コイル、バリコン、ダイオード）で接続している。作る人（十分な知識を持った人＝専門家）はどのような部品を組み合わせればよいか、どうすれば、目的とする機能を果たせるように装置を構成できるかが、わかっている。しかし、構造だけに着目したシステムの定義は不完全である。なぜならば、構造だけの視点からは、要素あるいはサブシステム間の「どのようなつながりがあればシステムなのか」がはっきりしない。システムはただの部品の接続でなく、「求める機能」を実現するために、理論に従って部品を配置しなければならない。鉱石ラジオの作成者は、部品の機能を考え、それをどのように構成し構造化すれば、鉱石ラジオという機能を果たせるかがわかっている。部

みる。技術者は要素の機能にも熟知している。また個別部品⇒構造化⇒機能の関係を知っている故、ある構造（部品の集合）を見れば、「これはシステムだ」と理解する。

• 機能主義的定義

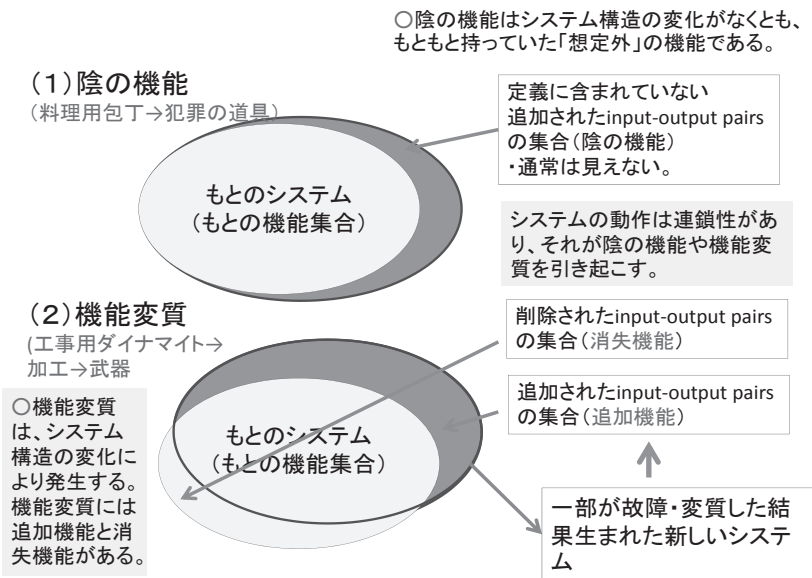
機能主義的定義とは、機能からシステムを定義する方法である。これは L.A.Zadeh/C.A.Desoer (1963) の Linear System Theory^[28] などに見受けられる定義である。今、システムの入力の時系列関数 f の集合を F とする。また出力の時系列関数 g の時系列関数の集合を G とする。つまり、入力 $f \in F$ 、出力 $g \in G$ である。このとき、関数空間 F, G における写像対 (f, g) の任意の集合をもってシステムと定義する。どのような集合もひとつのシステムとなる。これは数学における写像（関数）の考え方と同じであり、この写像（入出力対）はシステムの機能を表現している。ちなみに、この定義から、システムの「状態」の概念も定義可能である。詳細は上記の資料^[25] 参照。

図表7 機能主義的定義



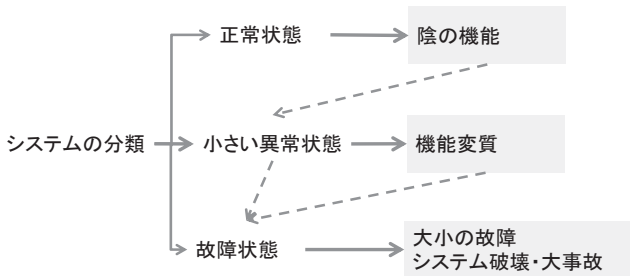
は抽象的で実物の姿(構造)が見えないのである。そこで機能主義的定義に従いその機能を実現する実際的な構造を持つシステムを製作したとする。しかし容易に想像できるように、このようにしてできた実体としてのシステムは、最初の定義にある機能だけを持つのでなく、それ以外の機能を持っている可能性が高い。この点を一般的に証明することは容易でないかもしれ

図表8 陰の機能と機能変質義



れないが、直観的には明らかである。つまり、 F に属しない f を入力として選択することができれば、従来の G にない出力を出す可能性がある。別の言い方で言えば、システムには予想外の機能が潜んでいる可能性があるということである。このことは日常的にはほとんど明白である。たとえば、料理用の

図表9 陰の機能、機能変質、故障・事故



包丁として機能する物体(システム)を作ったとする。この包丁は明らかに他人を傷つける犯罪の道具として利用できる。これが陰の機能である。原子力発電所、コンピュータ、家などあらゆるシステムは、製作時に求められていた機能以外の機能を持っている。たぶん、陰の機能を持

このような機能主義的定義は、構造主義的定義より、数学的に正確である。定義という意味では完結しているように見える。ところが、このような機能主義的定義にも問題がある。それ

たないようにすることはできないだろう。システムのいわゆる安定性はシステム論的には重要な特性であるが、その裏返しの不安定性は陰の機能の一部ともいえるかもしれない。また陰の

機能は広く意味でのシステムの信頼性の裏返し
の概念である。

繰り返すと、機能主義的定義は、それで数学
的には一見定義としては完全のように見えるが
この定義も完全でない。構造主義的定義では、
事前にその機能を把握することができない。

以上のように与えられた入出力対（機能）を
満たす物理的な実物（構造）としてのシステム
を作ると、そのシステムは、予想した以外の動
作（定義をこえた動作）をする可能性がある。
これを「陰の機能」とよぶことにする。つまり
作られたシステムは予想外のとんでもない動作
をすることがある。陰の機能は想定外の操作や
環境変化で生ずることが多い。たとえば、原発
のようなシステムでは、運転員が想定外の操作
をすると、システムが想定外の連鎖反応を起こ
す。このような例はTMI原発事故で経験済み
である。（例TMI原発事故では、2次系の脱塩
塔のイオン交換樹脂を再生するための移送作業
が行われていたが、それが連鎖的にメルトダウ
ンにまで発展した）

さらに何らかの理由で、システム自体の構造
が変わってしまえば、さらにシステムの異常は

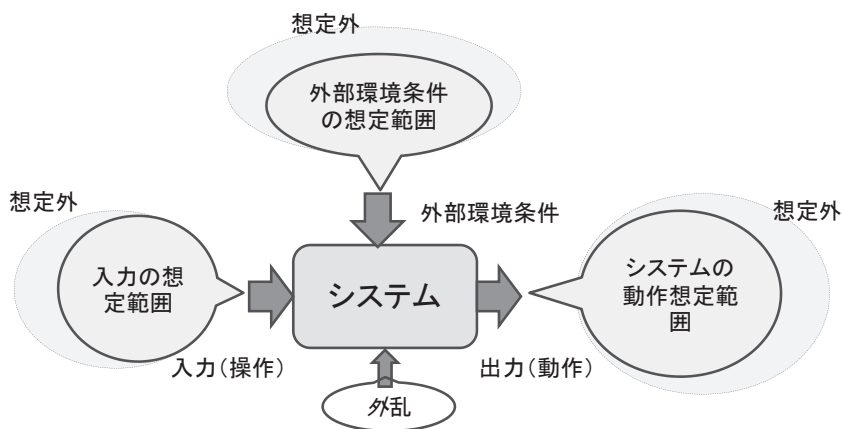
拡大する。これを「機能変質（機能逸脱）」と
よぶことにする。一つには、システムの要素に
は連鎖性があることによる。上記の陰の機能に
この機能変質を含めて、「陰の機能」とよぶこ
とにする。見方によっては、環境問題はシステ
ムの陰の機能の面がある。もし陰の機能も含め
てシミュレーション可能であれば、事前の事故
解析に役立つであろうか。おそらく原発のよう
な巨大なシステムでは事前に完璧な事故解析を
行うことは不可能であろう。

事故や失敗をシステムとしての視点からみる
ことは重要である。福島原発事故では、想定外
の問題が話題になった。福島の想定外をどう捉
えるかには、見解の相違がある。「想定外を想
定しなかったことを批判する」人々もいれば、
「想定外に理解を示す」人々もいる。正常なシ
ステムでも、想定外という現象が必ず付随する。
これは陰の機能というシステムの基本特性に関
係する。

システムにおける想定外の動作は図表10に
示すように、入力（操作や投入）が想定範囲を
超える場合、外部環境条件が想定範囲を超える
場合の2種類がある。チェルノブイリ事故は前

者の例である（タ
ービン惰力からの
電力取得実験にお
ける操作ミスとシ
ステム特性）。福
島原発事故は後者
の例である（巨大
津波）。システム
の利用は、システ
ムが正常でも、常
に想定外の動作の
危険を持っている。
問題は「どの範囲
まで想定するか」

図表 10 システムと想定外



- ・青色点線範囲は、想定外を意味する。
- ・外乱は、通常、想定内の現象でそれへの対応がシステムに組み込まれる。最も基本的な方式は「フィードバック回路」である。

という問題であり、これは技術ばかりでなくコスト問題が絡む。これは戦略的失敗に関する基本的問題である。

4.2 事業・計画のシステムの側面

多くの計画やプロジェクトは可能な限り明確な手順を踏んで行われる。分析を行う立場でも、システムのアプローチという考え方が用いられる。システム分析は、歴史的にはマクナマラ戦略の失敗以来、米国では評判を落とし、政策科学とよばれるようになった^[24]。二つの用語があると混乱するので、以下では上記の説明との連続性のために古い用語法「システム分析」を用いる。現在では、政策の計画立案や評価を狭い意味でシステム分析だけに依存という考えはない。システム分析的アプローチにも限界があることが十分に認識されているからである。ただしその1つの手法である費用便益分析等は重要であり広く利用されている。システム分析は、対象をシステムとしてとらえ、計画、評価、実施を行う考えであるが、現実の現象は、複雑であり、完全にシステムとして捉える程の情報は得られない。システム分析はある意味では、その統一的視点故に限界のある思考方法である。しかし、事業の計画や実施において、可能な範囲ではあっても明確な視点をとることは必要不可欠なことである。しかしシステム分析的な計画の立案や実行が事業の失敗に結びつく場合もある。その意味では、事業や計画のシステム分析的視点の利点や欠点の両面を分析することは意味があるといえる。

計画と実行のプロセスは一般にはプロジェクトとよばれる。プロジェクトは生起する多数の事象（行為・作業・判断・意思決定・論理判断・遅延など）の連鎖である。1つの事象のインプット側に複数の要素があれば、and/orなどの論理判断を組み込むことができる。事象のア

ウトプットは複数の事象のインプットになる。事象の連鎖関係を図形表現すればより分かりやすくなるが、現実の複雑なプロジェクトではフローチャートで記述できるのはごく一部である。プロジェクトは時間の要素の入ったシステムとみることができる。これはプロセスと呼べるものである。プロジェクトもシステムであるので、陰の機能を有すると考えることができる。つまり、事象の動作（トラブル）によっては、予想外の事象列が発生することがある。これが失敗や事故につながる可能性がある。

法制度や工学的システムを含めてあらゆるシステムの構築・改良プロセスは、外部より一定の機能の要求→それに対応する構造を持つシステムを構築→不十分な機能あるいは問題ある陰の機能の判明→構造の改善→不十分な機能あるいは問題ある陰の機能の判明→構造の改善……という、改良プロセスの繰り返しから成り立っている。

このような「プロセス」の事故や失敗でも、不十分な機能や陰の機能に着目しなければならない。失敗や事故の直接的原因が、システム構築プロセスにある場合も構築されるシステム自体に問題がある内因性原因の場合もあるし、システムを取り巻く環境（含む社会）に関する外因性原因の場合もある。

多くのシステムやプロセスの失敗は内因性要因×外因性要因の複合作用で発生する。TMI原発事故・チェルノブイリ原発事故は内因性事故であり、福島原発は直接的には外因性の事故であるが、それが内因性要因と複雑に絡んでいる。これらについては後により詳しく述べよう。

5. 戦略的失敗の事例

以下では、戦略的失敗のいくつかの事例を挙げ、その失敗要因の検討を行う。本研究のペー

スとなる基礎研究ではより多くの多様な失敗事例について検討を行ったが、本論文では紙数の関係で、主に福島原発事故、TMI事故、チェルノブイリ事故などの原子力関係についてのみ説明を行い、それ以外についてはごく簡単なコメントに止める。これらの失敗の原因は広く分析されていて例として分かりやすいことによる。

5.1 事例1 福島原発事故一

組織の硬直性と想定外への不対応

福島原発事故に対して見方にはよく知られているように2つの考え方がある。現在において福島原発事故については、第2の見方が多数派だが、現時点でも一部には第1の見方をする人々も存在している。

第1の見方

津波や地震に関する専門家の情報はわずかなものであり、設備建設時の想定を大きく変える意思決定はできなかった。いわば想定外の巨大自然災害が生じたという考えである。システムの改良には多大な費用を要し、建設基準を変えることはシステム全体へ大きな影響があることも考えれば、電力側・行政側としては再検討を行い、想定を変え、大規模な改良工事を行うという決定には至らなかった。それゆえ、これは事故の規模は大きかったが運命的な偶発的失敗である。

第2の見方

巨大な地震や津波に関する情報は少なかったことは確かだが、情報がなかったとはいえ、設備の持つ本質的危険性から、積極的に検討することの必要性があった。しっかり検討を行いシミュレーション等を行えば、今までの想定を変え、15-20m程度の津波に耐えられるように方針を変更することも可能であった（東電は15m程度の津波について検討したことはある）。そのほかに電池位置等の低コスト対策も多々あ

った。安全サイドの見解に立てば、過去の想定や設備改良工事に対する東電や規制側の過去の判断や姿勢が誤っていた。意思決定に向けての組織の行動や判断も適切でなかった。それゆえにこれは戦略的失敗である。

現在では、大事故を生じたことにより、第2の見方が主流となっており、しばしば「想定ミス」という言葉が広く知られるようになった。第1の見方は、原発というシステムの計画主体側の責任を認めない考えであり、第2の考えは、事故を計画主体側の責任に帰すという考えである。2つの考え方に対して「どちらが正しいか」という質問は意味がない。「どちらの意見を採用することが社会にとって望ましいか」という質問のみが意味がある。

だが、問題は複雑である。確かに過去の歴史からみれば3.11程度の津波は1000年に1回起こるとされているが、かつて八重山諸島では1771年の明和の時期に85mに達する大津波に襲われ、住民の大多数が死亡したという（一説では津波の高さはその半分）。またアラスカのリツヤ湾では1958年に500mを越える津波に襲われたという。これらは特殊な地形の元に起こった津波ともいえるが、15mをはるかに超える津波が起こる可能性もある。地震に伴い海底の複雑な動きが発生し、仮に福島原発周辺に30mを越える津波が生じたとしよう。この場合は、第2の見方はどうなるのであろうか。仮に20m程度の津波を想定して堤防を作ったとする。さらに配電盤、予備電源などにも大幅な改良を重ねて、20mの津波には耐えられるようにしたとする。しかし実際には30mの津波で発電設備が大損傷を受け、炉心溶融に至ったとする。ではなぜ30m以上を想定した工事をしなかったかという議論になるかもしれない。明らかに費用対効果を考えれば、無限定な状況を想定して原発を作ることは経済的に不可能である。

つまり、第1の見解よりは第2の見解の方が安全サイドに立った見解であるが、第2の考え方にも限界があり、それも「15mの津波が発生した」、「30mの津波は来なかった」をいうことを前提にした事後的な見解でしかないともいえる。つまり津波に対してどれだけ備えるかというのは政策的判断・社会的判断でしかない。どのような政策も損失や失敗につながる可能性がある。さらにこの判断には、津波という事象の立証困難な発生確率や対策方法の合理性も関係する。

もちろん、津波に対する対策方法に関しては、防潮堤のみを高くするのではなく、発電関連設備（原子炉建屋・タービン建屋・中央制御室あるいは各種機器など）の防水機能（含設置位置）を高める方が合理的かもしれない。そもそも、事故は津波だけではない。運転操作ミスによる事故、航空機の衝突、テロ、軍事的攻撃などさまざまな事故原因が考えられる。それぞれに対してすべて完璧に備えることは不可能である。結局、「将来の未知の事故や失敗に対してはどのように備えるのが合理的か」という問題に行き着く。明らかにいえることはより多くの対策をすれば、安全率は高まるが、常に事故の可能性はゼロではないということである。

対策をするのに当たり、コストは一応想定できるが、事故や失敗の確率を想定することは容易でない。すべては、総合的判断、政策的判断にすぎない。極端な言い方をすれば運命ともいえる。ただし、本稿では福島原発事故は、適切な対策をとれば安全性は効率的に高まったはずなので、極力安全サイドに立って、工夫と投資を行うべきであった、そのためにはそのような意思決定を行う仕組みが必要であったと考える。その意味で福島原発事故は、人為的要素の高い戦略的失敗であったという立場をとる。

具体的にいえば、電力会社や規制当局が柔軟

性を持ち、津波による被害に関してシビアな視点から、適切な分析やシミュレーションを行い、関係者で議論を行えば、おそらく防潮堤の高さは過去の2-3倍にまで高まり津波事故を回避できたであろう。その他のシビア事故対策もとられたであろう。また、組織内での合理的なリスク判断の他に、意思決定権を持つ経営者側の直観的な危険回避行動も重要である。女川原発では平井弥之助副社長が、869年の貞観地震とそれに伴う大規模津波に関するわずかな情報や自身の信念を元に、昭和50年代に社内の反対にもかかわらず、主要施設の標高を14.8mに設計し、辛うじて津波被害から逃れたことはよく知られている。東北電力副社長の平井氏は、原発建設後、おそらく社内では長い間非難されていたと思われる。なお、福島原発では1971年の第1号機建設時3.1mの津波を想定していた。防潮堤の高さは、その後、複数回にわたり「改善」され2009年には6.1mとなった。対策がとられていなかったわけではない。しかし現在から見れば、津波に対する対応はしていたもののその対応における非積極性が見られる。その理由はコストや組織構造にあらう。このような楽観的な想定は東電や規制当局だけでなく、中央防災会議の見解にも見られたとのことである^[9]。

以下では、福島原発に関する事故の要因を、偶発的要因、戦略的要因、技術的要因の3つに分けて列挙している^{[11]、[12]、[13]、[14]、[15]、[27]}。項目量が増えるので、記述する対象は主に1号機関連だけである（例外は「参考」と印す）。要因には種別毎に通し番号（必ずしも発生順でない）がつけられている。それぞれの要因の説明の後に「←（ ）（ ）（ ）……」という論理積の形でその原因と考えられる別の要因が示されている。以下の表現は項目数が多すぎるので「失敗方程式」として記述してはいないが実質的に同じである。基本構造は、福島原発事故＝

(t-1) × …… (t-15)、付属式（技術的要因や戦略的要因の一部 = 技術的要因 × 偶発的要因 × 戦略的要因）のような形となる。ただし、下記の内容は、要因の列挙が第一の目的であるとともに因果関係も暫定的作業仮説にすぎない。

A. 偶発的要因

(p-1) 2011年3月11日に発生した東日本大震災「東北地方太平洋沖地震」により、福島第一原発は11.5-15.5mもの巨大な津波に襲われた（防潮堤は最高10m、敷地は10m）。

(p-2) 福島第一原発は震度6強に相当する地震に襲われた（最大加速度550ガル）。

B. 戦略的要因

(s-1) 原発システムの巨大性・複雑性。構造上、緊急停止が容易でないこと。

(s-2) 原子力関連組織の巨大性・複雑性・ムラ的性格。国と電力会社の複雑な関係。電力会社の強い社会的地位。

(s-3) 他の電源との歴史的競合・発電コスト抑制の必要性 ← (s-1)。

(s-4) 原発の推進・電源立地問題・安全性問題・安全神話の確保。

(s-5) 東電や同原子力関連の組織の性格。組織内における意思決定における慎重さ・遅さ。 ← (s-1) (s-2) (s-3) (s-4)

(s-6) 規制当局内における改善や意思決定に対する慎重さ・遅さ。国の組織の縦割的性格。 ← (s-1) (s-2) (s-4)

(s-7) 原発におけるシステム改善の硬直性。特にコスト上昇を伴う提案には慎重であった。リスクに対する提案・システム改良に関して、東電も規制行政も硬直的。 ← (s-1) (s-2) (s-3) (s-4) (s-5) (s-6)

(s-8) 硬直的な原子力法制。長時間にわたる全電源喪失の可能性を想定しなかったこと。 ← (s-1) (s-2) (s-3) (s-4) (s-5) (s-6) (s-7)

(s-9) 東電における非常時に対する組織体制の不十分さ。大事故に対する準備不足・意思決定のまずさ。 ← (s-1) (s-2) (s-4) (s-5) (s-7)

(s-10) 大事故に対する政府当局の準備不足・意思決定のまずさ。 ← (s-1) (s-2) (s-4) (s-6) (s-7) (s-7)

(s-11) 津波・地震予測の困難性。

(s-12) 15mに達する津波が想定外であった。巨大津波や巨大地震に関する想定や対策も不十分であった。 ← (s-5) (s-6) (s-7) (s-8) (s-9) (s-10) (s-11)

(s-13) 非常時における作業マニュアルの準備や訓練が不備であった。 ← (s-7) (s-8) (s-9) (s-10) (s-11) (s-12)

(s-14) 発電所が立地したもとの丘陵の高さは30mあったが、工事上の理由（設備の岩着^[9]等）のための掘削し10mまで低くした。 ← (s-3) (s-5) (s-7)

(s-15) 諸設備の位置とその改善に関する意思決定の不適切さ。予備ディーゼル発電機、電池、電源盤をタービン建屋の地下に設置し、水密化も行なわなかった。 ← (s-7) (s-8) (s-9) (s-10) (s-11) (s-12)

(s-16) 発電所を含まらゆる部署間の情報伝達システムの不十分さ（政府・東電）。 ← (s-9)

(s-17) 送電線鉄塔、変電設備の耐震強度が不十分であった。建屋の水素爆発への対策、圧力容器・格納容器の脆弱性等。5重の防壁も不十分であった。 ← (s-1) (s-3) (s-4) (s-5) (s-6) (s-7) (s-8) (s-10)

(s-18) 高圧電源車を発電所に配置していなかった。 ← (s-5) (s-6) (s-7) (s-8)

(s-19) 事故時における情報洪水で判断混乱。事故時における一部計装機器性能も不十分であった。 ← (s-10) (s-16)

(s-20) オフサイトの情報機能・対放射能機能が不十分であった。 ← (s-9) (s-10)

(s-21) 空気弁操作のための予備の可搬コンプレッサを用意していなかった。 ← (s-1) (s-7) (s-9)

(s-22) 非常時における弁開閉の仕組みが適切でなかった（全電源喪失時に自動的に閉となる）。 ← (s-1) (s-7) (s-9)

(s-23) 発電所内の通信設備や外部監視カメラの不備。 ← (s-5) (s-7) (s-9) (s-16)

(s-24) 緊急時における資材の輸送システムの不備、事故時における発電所、電力会社、地方自治体の連絡システムの不備。 ← (s-6) (s-7) (s-9) (s-10)

なお、上記の戦略的要因の一部は、技術的要因とより戦略的な要因に分解し、戦略的要因の項目数を減らすこともできる。

C. 技術的要因

- (t-1) 上記津波により、13mの高さの発電所敷地と原子炉建屋、タービン建屋の1階、地下部分が水没した。給気ルーバ、建屋出入り口、機器ハッチより浸水。← (p-1) (s-5) (s-6) (s-7) (s-8) (s-11) (s-12)
- (t-2) 上記地震により、原発本体の諸設備は損傷を受けなかったとされているが、外部送電線につながる送電塔と変電設備が損傷・倒壊した。← (p-2) (s-5) (s-7) (s-9) (s-11)
- (t-3) 予備ディーゼル発電機、非常用の電池、電源盤・配電盤が水没し使用不能になり、全電源喪失が喪失した。← (p-1) (t-1)
- (t-4) 全電源喪失のために、各種の操作機能の他に、計器盤の表示機能喪失、圧縮空気を使用した操作等が一切不可能になった。← (t-3)
- (t-5) 発電所ではIC（非常用復水器）に関する訓練が定期的に行われず、ICに対する知識の不足していた。← (s-5) (s-9)
- (t-6) 1号機ではICは当初起動したが、全電源喪失後によってICにつながるバルブの電磁弁が自動的に「閉」（電源がoffになると弁は放射能流出事故防止のために自動的に閉となる）となり、その冷却機能を喪失した。また発電所関係者はICが稼働し炉の冷却が続けられているものと誤解した。← (s-1) (s-9)
- (t-7) 1号機では格納容器の圧力が過剰に上昇し水蒸気爆発などの危険な状況が予想された。ベントをおこなうためにMO弁（電磁弁）とAO弁（空気作動弁）の両方を開とする必要があった。決死隊を組織しMO弁を手動で開くことに成功した。さらに、停電のために圧縮空気もないので、手動操作でAO弁を開こうとしたが、放射線量の高まりにより中止せざるを得なかった。協力企業で可動式のコンプレッサを探し出し、ベント指示から14時間後にAO弁開操作を実施した。格納容器の圧力は減少傾向がみられたが、時すでに遅く建屋に漏れた水素が爆発を起こした。ベントが実施が遅れ、かつ失敗した。ラプチャーディスクの動作も不明であった^[9]。← (s-1) (s-7) (s-9) (s-13)
- (t-8) 2号機、3号機では、電源喪失時の冷却装置であるRCICが比較的長く動作した（参考）。
- (t-9) 1号機の爆発事故のために2、3号機の注水作業が困難になった（参考）。
- (t-10) 2、3号機では消防車のポンプを利用した注水の努力が行われが、容易には十分な機能を果たさなかった（参考）。
- (t-11) 2号機では、1号機爆発の影響でブローアウトパネルが開き建屋の水素爆発は起こらなかったが大量の放射性物質が放出された（参考）。
- (t-12) 3号機では、建屋の水素爆発が生じた。また3号機ベントの際に、水素が共通排気塔の経路から4号機建屋へ漏洩し爆発を起こした^[9]（参考）。
- (t-13) 構造的問題により原子炉水位計が不調になり、表示パネル不調も重なり、水位に関する情報が混乱した。← (s-1) (s-7)
- (t-14) 発電所内では通信手段としてのPHSが使用不能になり、ホットラインと固定電話だけになった。外部から送られたトランシーバーも通信周波数帯が同じなので事実上使用できなかった。← (s-5) (s-7) (s-9) (s-23)
- (t-15) 3号機ではRCIC（原子炉隔離時冷却系）が起動したが自動停止、HPCI（高圧注水系）も起動したが、運転員が不安になり停止させた。2号機ではRCICが70時間動作したが、原因不明の理由で自然停止した（参考）。以下省略。

以上のように、主に福島原発1号機の事故の原因を、偶発的要因、戦略的要因、技術的要因の順に列挙した。技術的要因を最後にしたのは図表2に対応させるためである。つまり、事故は偶発的要因、戦略的要因を受けて、最後には技術的要因で展開するからである。戦略的要因が非常に多くその間の関係が複雑である。津波のような巨大な偶発的要因を組織の具体的な検討事項にあげることは容易でないことが想像できるが、原発事故の巨大さを考えれば、福島原発事故では事前になすべきことが十分になされなかったと言わざるを得ない（これは政策的判断、社会的価値判断である）。本稿では福島原発事故は戦略的要因の多さから戦略的失敗と位置づけることができる。しかもシステムの陰の機能ともいえるものが多々作用している。

福島原発については、事後的に見れば、さま

ざまな対策があり得た。たとえば、防潮堤を20m以上に高くする。ICに対する事前のトレーニングをしておく。ICのフェイセーフ機能を見直す、DG（ディーゼル発電機）を高いところに置く、あるいは建物を水密化する。配電盤・電源盤を水密化する。全電源喪失に対する最後の砦である直流電源（電池）を高い位置に十分な量配置する。十分な真水貯水池（貯水槽）を用意する。配電設備や送電線鉄塔を地震に耐えられるようにする。炉への非常用注水口を用意する。バルブなどの閉開の論理を考え直す。重要免震棟に十分な外部監視カメラを用意する。各種関連施設の改良（放射能防御・通信設備・電源など）も原理的には可能であった。それらができなかったのは、単なる偶発的事象だけでなく、組織の特性とその意思決定のあり方が関わっている。

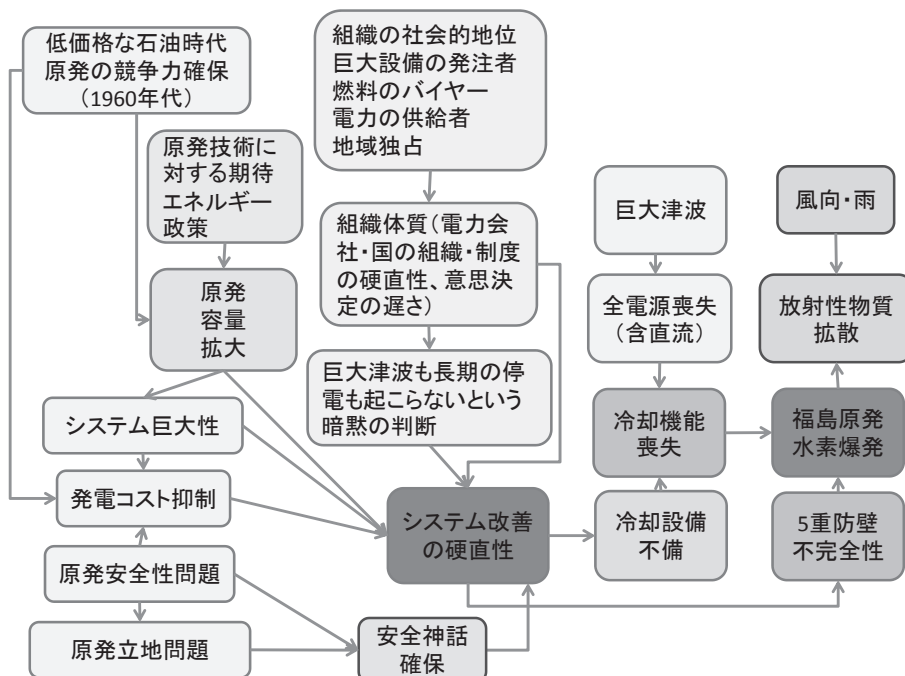
だが難しい面もある。すべての状態に備えることはできない。たとえば、すべてのバルブの

論理を変更し停電時でも手動操作可能にしておけば、ある一群の事故は防げるが、逆にテロや誤動作もあり得る。100%の失敗回避はあり得ない。

図表11に巨視的な事故要因とその因果関係を図として示す。原発事故には、いわゆる「安全神話」の維持も安全対策の消極的行動につながったという意味で、戦略的失敗の要因として挙げられよう。

よく知られているように福島原発事故の原因については、2011年5月頃から非常に多数の検討事例がある。社会の事故への評価は、巨大津波が直接的原因であるものの津波に対する想定ミス、基本的な原発事故対策が不十分であったという見解が多い。一部には、3.11のような巨大津波は偶発的な自然現象であり、事業者側（東電）・規制側（政府側の経済産業省・原子力安全保安委等）に大きな責任はないという見解もあるが、それは極めて少数派である。原子

図表11 福島原発事故の失敗要因



力業界内でも多くの反省の見解が聞かれる。本論文では、福島原発に限らず、事故を「失敗」としての評価をすることは、技術的判断でなく、価値判断を伴う社会的判断であると考え。つまり、「責任がない」という考えには「社会的利益」がない。有効で実現可能性あるあらゆる事故対策を検討し、改良や政策につなげていかなければ、大きな事故を経験した意味がない。

福島事故の重要遠因の1つとして、「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針」（1977年6月）も挙げられる。指針では、「原子力発電所は、短時間の全動力電源喪失に対して、原子炉を安全に停止し、かつ、停止後の冷却を確保できる設計であること、ただし、高度の信頼度が確保できる電源設備の機能喪失を同時に考慮する必要はない。長期間にわたる電源喪失は、送電システムの復旧または非常用発電機の修復が期待できるので考慮する必要はない」と述べられている。指針中の「長期間にわたる電源喪失」の「長期間」とは、1977年以降、「30分以上」と共通的に解釈する習慣がとられてきたとのことである（淵上・笠原・畑村^[9]）。これらは事故の大きさからいえば、指針は「戦略的失敗」ともいふべき内容である。このような背景には、原発のコスト上昇を極力回避しようとする業界の強い意思とともに制度の方向転換や意思決定を柔軟に行えない電力業界・政府の組織体質があったと考えられる。

現時点で見れば、福島原発事故は原子力政策上の戦略的失敗の感が極めて強い。原子力政策や関連組織の硬直性のために、必ずしもコスト高とはいえないいくつかの有効な津波対策さえも抜け落ちてしまったことによる。原発事故は社会に強力な反原発意識を生み出した。わが国では今後長期にわたって新規原発の建設が困難になるであろう（理由：立地問題と安全対策費増大によるコスト上昇および資金問題）。逆に

わが国では原子力制約が温暖化政策と相俟って、わが国のエネルギー政策における新たな戦略的失敗＝「国際的に高コスト電力」や「温暖化政策という外交上の失敗」を生み出す可能性がある。

わが国では自然エネルギーも大きくは期待できない。風況が悪いわが国では風力発電は重要なエネルギー源としての寄与が期待できない。国際的な電力連携網を持たないわが国では、稼働率が13%と著しく低い太陽光発電は導入に限度がある。太陽光発電の大規模な導入によって、火力などの他電源は、電源構成の中で調整用電源となる可能性があり、電気料金を大きく押しあげ、かつ将来の電力供給不安定の要因となるであろう。地熱は一定の量的可能性はあるが、環境・立地要因のためにその導入が容易でない。石炭火力は、新技術もあり、燃料費も安い。外交政策としての地球温暖化問題に制約される（現在、多数の石炭火力が計画されている）。LNG火力は、環境特性や建設期間の短さ等の理由より有利だが、燃料が高めである。今後、電源は、エネルギー価格の変動に大きく左右される。高コストな電気料金がつづけば一部の産業の競争力が低下することになる。

5.2 事例2 TMI原発事故一

システム管理の失敗と事故の連鎖反応拡大

スリーマイルアイランド（TMI）原発事故は、1979年3月に米国で起こった大規模な原発事故であり、多くの解説が知られている^{[18]、[19]、[20]、[41]}。TMI原発2号機は96万kWのPWR型原発（B&W社）で3ヶ月目の運転を出力97%で続けていた。この事故は、最初に発生した極小事故が連鎖反動的に拡大した「システム」型の典型的事故である。システムの見えなかった「陰の機能」が事故の原因になっている。TMI事故では、イオン交換樹脂が配管につまるという極小の二次冷

却系の事故が原因で最終的に炉心メルトダウンまで拡大した。また原発では、多重の安全装置ついているが、時にはそれが事故を拡大する原因にもなる。

TMI原発事故の要因とプロセスは次のようである（主として [18] による）。事故の要因としては、一部システムの不備と運転管理の失敗が挙げられる。それ故、TMI原発事故は戦略的失敗と位置づけられる。

A. 偶発的要因

(p-1) 二次冷却系の8基中の一つの復水脱塩器のイオン交換樹脂を再生する際に「詰まり」現象が発生した。

B. 戦略的要因

(s-1) 一次系加圧器逃がし弁が開固着となる等の慢性的システムトラブルがあった。

(s-2) TMI原発では、運転開始3か月のこの原発では事故がしばしば起こっているにも関わらず、運転員の問題意識が低かったといわれる。

(s-3) 炉心内の冷却水の水準を示す計器がなかった。各種制御盤のランプの表示装置にも問題があった。

C. 技術的要因

(t-1) もともと、二次系の補助給水ポンプの弁の1つに「閉」の表示があったものの、それに気づかず運転を続けていた（人為ミス）。← (s-2)

(t-2) 二次冷却系の復水脱塩器のイオン交換樹脂の再生復旧作業に数時間も手間取っていた。← (p-1) (s-2)

(t-3) その際に樹脂移送用の水のごく一部が空気作動弁の計装用空気系に入り安全装置が反応し、その結果、脱塩塔の出入口の弁が閉じ、二次系主給水ポンプとタービンがトリップした。← (t-2)

(t-4) このような場合に作動するはずの二次系脱塩器バイパス弁も開かなかった。運転員はその状況を理解できなかった。← (t-1) (s-2)

(t-5) このトリップにより設計通りに蒸気発生器に水を供給する補助給水ポンプが作動するも、出口弁が「閉」状態にあり、給水系作動しなかった。二次系では水を蒸気発生器に送ることが

できなくなり、一次系の熱を奪うことができなくなった。← (t-3) (t-4)

(t-6) 二次系閉鎖のために一次系冷却水が過熱・圧力上昇。← (t-5)

(t-7) 加圧器上部（一次系）にある圧力逃がし弁が自動的に「開」になるものの、開固着のために圧力低下しても閉じない状態になった。適切なシグナルもなく、また運転員も気づかなかった。← (s-1) (s-2) (s-3)

(t-8) その結果、高温水が格納容器内の逃がしタンクへ流れ、大量の原子炉冷却材が失われた。← (t-7)

(t-9) 一次系冷却水ポンプがトリップし、その8秒後に、原子炉は自動スクラムにより自動的に制御棒が挿入され原子炉緊急停止した。← (t-8)

(t-10) 運転員は加圧器の水量増加による圧力コントロール不能状態を恐れていた。冷却水過剰と誤った判断を行い、弁を閉じなかった。炉が露出しているという認識はなかった。← (s-2) (s-3) (t-7)

(t-11) ECCSが設計通りに自動的に作動し、炉心からの冷却水減少に反応して、高圧炉心注入ポンプが自動的に作動。しかし運転員は加圧器における水位上昇を恐れ、高圧炉心注入ポンプの1つを止め、もう一つのポンプの能力も抑えた（ECCS手動停止）。← (s-2) (t-9) (t-10)

(t-12) 逃がし弁開のため2時間以上の間に大量の一次系の冷却水が流出し、一次冷却水が沸騰し、原子炉冷却水ポンプが激しく振動し始め、原子炉冷却問題がより複雑になった。← (t-11)

(t-13) 炉心上部2/3がむき出しになり、燃料棒破損・炉心の45%メルトダウン。運転員は2時間後になって漸く加圧器逃がし弁の開固着に気づいて弁を「閉」に戻した。← (s-2) (t-12)

(t-14) この間に、逃がし弁の先にあるクエンチタンクが満水になり、設置されていた破裂板が破裂したために、一次冷却水と放射性希ガスが格納容器内に放出された。さらに放射性希ガスは補助建屋を通じて、大気に放出された。

(t-15) 建屋で正常値より高い放射線レベルが観測され、炉心溶融が認識された。サイト内緊急事態が宣言された。ついで一般緊急事態が地域へ宣言された。← (t-14)

(t-16) この時点では、炉からのシグナルは矛盾し、発電所内外の関係者の認識は混乱していた。炉

心は水が蒸気状態になっており、燃料は冷却されない状態にあった。最初は、圧力をかけ、水を一次系に多く送り込み、蒸気を凝縮させる努力をしたが、失敗した。次いで減圧し大量の水の注入を試みたが失敗した。最後に原子炉冷却水ポンプを作動させ、給水回復措置がなされ、蒸気発生器で冷却が可能になり、数時間の努力でプラントは安定方向に向かった。← (s-2) (s-3) (t-10)

(t-17) この間に、大量の周辺住民の避難が行われ、混乱が起きた。← (t-15)

5.3 事例3 チェルノブイリ原発事故一

システムの不安定性と運転管理の失敗

この事故は、1986年4月に旧ソ連のウクライナ地方にある黒鉛減速軽水冷却チャンネル型のソ連独自のチェルノブイリ原発4号機（電気出力100万kW）で起きた最悪の原発事故である。同炉ではそれまで行われていなかった外部電源喪失時におけるタービン惰力からの電力取得実験を行おうとしていた。チェルノブイリ原発は低出力時における不安定な原発である上に、運転員の知識不足、操作ミスがあった。さらにも黒鉛減速炉であり、圧力容器・格納容器がなかった。最終的には、原子炉が暴走し、爆発し、大量の放射能が拡散した。事故後の発電所側やソ連上層部の対応も最悪であった。そのためにプリピチャ市をはじめとする周辺地域の住民が被爆し、ヨーロッパ各国の住民も放射能の影響を受けた。ソ連は、ゴルバチョフの下、ベレストロイカ運動が進められていたが、権威、管理を重んずる共産主義体制の下、事故初期の体勢に大きな問題があった^[22]。パニックや機密漏洩、体制の揺らぎを恐れたのであろう。当初、適切な情報提供や避難も行われなかった。

チェルノブイリ事故の失敗要因はつぎのとおりである^{[17]、[36]、[45]}。各失敗要因の後にある記号は、失敗の原因となる要因の番号である。運転員の知識不足と操作ミスと低出力時における

炉の不安定な特性により制御に失敗して、原子炉が暴走・爆発した。炉の構造と特性に問題があり、設計者に大きな責任があるといえる^[17]。

A. 偶発的要因

なし。

B. 戦略的要因

(s-1) 構造欠陥1：この炉は低出力時に不安定を有する（出力変動に対して正のフィードバック）。理由は、圧力管内で燃料と接触した冷却水から泡が発生し核反応が進むとさらに泡が発生が繰り返す傾向がある（ボイド係数正）。

(s-2) 構造欠陥2：制御棒には先端に核反応を促進する黒鉛棒の減速材がつけられており、緊急停止のために制御棒を挿入すると、中性子を吸収する水が排除され黒鉛棒に入れ替わるので逆に反応が高まる（ポジティブスクラム）。

(s-3) 構造的欠陥3：圧力管は4mmと肉薄で、温度・圧力が異常に上昇した場合に耐えられない。

(s-4) 構造的欠陥4：炉を構成する大量の中性子減速用黒鉛の存在。圧力管が破裂すると、冷却水と高温の黒鉛が接触して水蒸気爆発を起こす。高温になれば黒鉛も燃焼する。

(s-5) 構造的欠陥5：格納容器も圧力容器もないので、炉心燃焼・爆発がそのまま外部へ拡散する。

(s-6) 冷却は軽水、中性子減速は黒鉛による。役割が分担されているので、軽水が減少すると核反応が減少する軽水炉よりは不安定といわれる。

(s-7) 炉の欠陥に関する知識伝達の不備。そのような運転員（含指揮者）による運転。電力電化省すら炉の欠陥に関する知識が不足であった。事故は単なる操作ミスではない。

(s-8) ベレストロイカが進行中とはいえ、共産主義体制のもとでの情報公開を制限する傾向が強く、社会への影響を恐れた政府上層部の原発関係者は、周辺住民ばかりか政府トップにも正しい情報をなかなか伝えなかった。退避命令発令も非常に遅かった。

C. 技術的要因

(t-1) 原子炉の緊急停止時における所内電力確保のためのタービン惰力による電力取得実験の実施（タービンへの蒸気の遮断と発電機からの

ECCSや主循環ポンプへの電力の供給)。

(t-2) 実験の際に炉の誤動作をさけるためにECCSを切り離れた。

(t-3) 実験に備えて炉の出力を落としたが、中性子を吸収するキセノンガスの発生のために出力が下がりすぎた。それを回避し出力を再上昇させるために制御棒をほとんど引き抜いた結果、原子炉を安定的に制御する余裕が消失した。低出力での制御棒の操作は安全規則では禁止されていたとも、いなかったともいわれているが^[17]、電力取得実験を可能にするために再び制御棒挿入を強行した。← (s-1) (s-2) (t-1)

(t-4) その結果、タービンの出力の低下により発電機から取得電力が低下し、主循環ポンプの回転数が低下し、冷却水量が低下した。その結果として炉の反応度が増加した。← (s-1) (s-2)

(t-1) (t-3)

(t-5) 炉の出力を押さえるために、制御棒を挿入したが、その結果、冷却水が排除され、さらに制御棒の特性もあり、反応度が促進され暴走が始まった。この間、わずか40秒。← (s-2) (t-4)

(t-6) 炉の不安定な状態は制御盤に表示されず運転員も状況を認識していなかった← (s-7)

(t-7) 炉の出力は定格の10倍になり、燃料は高温になり、冷却水は沸騰し、圧力も上昇した。← (s-1) (s-2) (t-5)

(t-8) 水-ジルコニウム反応で水素が発生・燃焼しその圧力と熱で圧力管が破壊し、冷却剤の水と高温の黒鉛ブロックに接触し、水蒸気爆発と水素爆発が起こり、炉が破壊され、黒鉛が飛び散り、炉の内部が露出し、大量の放射性物質が拡散した。数十名の運転員・消防士が亡くなり、周辺の膨大な住民が放射能の強い影響を受けた。← (s-3) (s-4) (s-5) (s-7) (t-5) (t-7)

3原発の事故は、TMI原発事故、福島原発事故、チェルノブイリ事故の順番の大きな事故となっている。3事故を比較すると、TMI原発事故は、「システム連鎖性」、「システム欠陥」「運転管理失敗」が大きな失敗要因である。福島原発事故は「巨大津波」、「災害想定失敗」、「安全システム改善のための硬直性」が失敗原因である。チェルノブイリ原発事故は、「炉の不安定

性」や「炉の構造的要因」と「電力取得実験強行」が原因であり、広い意味で「組織体制」にも大きな問題があった。

5.4 事例4 JCO臨界事故一

基本知識欠如と経営の失敗

1999年9月、東海村所在の(株)ジェイ・シー・オー東海事業所(住友金属鉱山の子会社、以下JCO)の核燃料加工施設で臨界事故が発生した。臨界事故は文字通り必死の作業で20時間後に収束したが、2名が死亡、7名が被爆し付近住民も緊急避難した。外国人の中には海外へ脱出した人々もいる。核燃料サイクル開発機構(旧動燃)より依頼を受けた高速中性子炉「常陽」で使用する燃料の加工作業で考えられないような初歩的ミスが事故の原因である。中濃縮ウランを含む硝酸ウラン水溶液を安全に取り扱える限界をはるかに超える5倍以上も「沈殿槽」に入れたために、臨界に達し、連鎖反応が起きた。容器の周りの冷却水が反射材となった。強力な中性子線とガンマ線が周囲に20時間近く放出された。沈殿槽へのホウ酸塩溶液注入によって臨界を停止させた。

臨界に関する作業員の初歩的な知識不足や容器の違法使用が直接的原因である。JCOは、1972年以来、動燃の委託を受けて、新型炉常陽等の混合酸化物燃料製造のためのウラン再転換加工を行っていた。常陽は12-23%という高濃縮度のウラン燃料を必要とした。原子力に関する初歩的な知識が無視されたことに多くのエネルギー・原子力関係者も愕然とした。その背景には、コスト削減のための経営体制や社内教育に問題もあったといえよう。これらの背景には、JCOが置かれた厳しい経営状況もあったといわれる。簡略化した失敗方程式はつぎのようになろう。この事故は技術的失敗といえるようなものでなく、最も初歩的な戦略的失敗であ

る。以上、^{[37]-[41]}を参考にした。

(JCO事故)←(手抜き・非合法効率化による
効率化)
←(コスト削減)×(基本的知識不
足)×(不適切な企業文化)

5.5 事例5 原子力船むつの失敗 —

地域紛争と新技術開発の混乱

原子力船「むつ」開発は、今や過ぎ去った過去の事件にすぎないが、原子力船技術の未熟さ、地元との交渉を巡る中央側の姿勢の問題点、原子力船に関する地域経済社会環境の変化やその読みの失敗、コストの見通しの失敗など多数の要因が関わる「戦略的失敗」である。ここでは『「むつ」漂流』^[42]^[43]^[46]などを参考に簡単にまとめた。

わが国の原子力船の建造計画は1960年に原子力委員会で提案され、「原子力船第1船開発基本計画」の下、特殊法人日本原子力船開発事業団が担当した。最初の原子力船は海洋観測船とする予定で、指名競争入札を実施したが大手造船7社のいずれからも応募がなかった。理由は、原子力船製造経験の問題と入札価格の36億円という低さであった。そのために随意契約方式に切替えたが、見積額は当初の2倍となった。そのため、設計を変更し、コストを切り詰める方法をとった。また原子炉は三菱原子力工業が、船体は石川島播磨重工が担当するという分割発注方式となった。この変更が後に放射線漏れにつながったといわれる。船の用途もウラン運搬貨物船に変更した。むつは総トン数8240トンである。

建造した船に原子炉を組み込み、その後の基地となるのが母港であるが、事業団では最初に横浜市を母港として選定した。一方、横浜市は「横浜方式」で知られているように、工場などに立地は拒まないものの、安全性で厳しい条件

をつける方式でのぞみ、結果的には母港を断った。

地元期待のむつ製鉄計画が中止となっていたむつ市が母港誘致を決定した。当初は反対運動は低調であった。青森県も受け入れ表明した。地元は母港受け入れと同時に大湊港周辺・青森県の経済発展を政府に希望した。政府は明確な返事をしなかった。しかし、1963年頃より陸奥湾内でほたて養殖に成功し(100億円規模)、1965年代に大きく発展した。漁民を中心に環境問題に関心が集まりむつ反対運動が始動した。1969年に東京でむつが完成し、原子炉も設置された。一方、むつ市にも原子力船むつ用の岸壁完成し、むつは1970年に大湊港へ移動した。湾内出力試験実施などを巡り、この頃より漁民の反対運動が高まった。母港返上運動へ転換の動きも発生した。当時は、水俣その他で海域での汚染などが社会問題になっていた。むつ市の市長選挙で反対派が勝利し、反対運動も激化した。地元を訪れた森山科学技術長官の発言に漁民が猛反対したことはよく知られている。むつは強行出航したが、青森県尻屋岬東方800kmの試験海上で出力を1.4%に上げた段階で、遮蔽設計の不備(ストリーミング)で放射線漏れ事故が発生した(「放射能漏れ」と報道された)。この事件は地元ならず社会的にも大きく報道され、むつ母港も廃止となった。

原子力船むつ問題は社会的要素が絡む技術開発政策の戦略的失敗の典型である。なにがうまく行かなかったのか。

1. ほたて養殖が成功し、むつは「じゃまもの」になった。
2. 横浜市へ母港打診の頃より、国の行政部門の地元への対応が適切でなかった(情報公開方法、交渉、責任、発言等)。多くの計画において「中央行政機関」の交渉姿勢は問題が多い。

3. 当初、原子力船の技術自身が未熟であった。その背景には無理なコスト削減や計画変更がある。船と原子炉の開発組織が別々であった。
4. 当時は、公害問題が最も高まった時期であった。公害問題に対する国や行政機関の対応も未熟であった。

一般的に言えば、技術の開発が技術的理由だけによって失敗するのは比較的少ない。失敗には、多くの政策的要素、政治的要素、組織的要素、経済、コスト問題、計画の進め方などが絡む。むつはこのあと紆余曲折が続いたが、1990年には修理を終え原子力航行を行った。1991年2月～12月実験航海、82000kmを核動力で航行した。1992年に原子炉を停止し、1993年に原子炉が解体撤去され、1996年には海洋地球研究船みらいとして就航した。

むつの技術は全体としては完成に近いものであり、最終的には、原子力船としての実験航海が実施されたが、船としては不遇な生涯であった。開発費1200億円が投入されたが、コストの高い規模の小さい商用原子力船の需要もなかった。簡略化した失敗方程式的にはつぎのように表現可能であろう。簡略化した失敗方程式はつぎようになる。

(原子力船むつの失敗)←

(遮蔽技術の未熟さ)×(地元との交渉の失敗)×(原子力船に対する否定的な社会環境)×(原子力船コストの高さ)

5.6 事例6 さまざまな事例と戦略的失敗の可能性

本研究では、エネルギー技術開発を含むいくつかの失敗事例あるいはその可能性のあるいくつかの事例についても検討を行ったが、ここでは紙数の関係で簡単な要約のみを述べるに止める。

(1) 太陽光発電の大規模・急速な導入拡大

太陽光発電技術は21世紀中葉以降の重要なエネルギー源である。ドイツ、スペイン、中国、米国その他ではすでに大規模な太陽光発電の導入が進んでいる。ここ10年太陽光パネルのコストは技術進歩・中国の参入などにより急速に低下しており、NEDO等では将来コスト7円/kWhまでを視野に入れた研究開発を進めている。日本の場合は雨が多く天候による変動も大きく、太陽光発電の年平均設備利用率は13%程度(世界平均の半分)しかない。太陽光発電が供給可能な時間帯は昼間であり、ピーク用電源としては向いているが、夜間の利用が容易でない(蓄電のためのコストが高む)。太陽光発電は、小規模導入には大きな問題がないが、大規模に導入すると代替火力を用意しなければならないという点で大きな問題を抱えている。電力周波数などの技術的安定性確保も課題である。太陽光発電が、我が国では長期的にどのような可能性を持つかについては、まだ不明な点が多いが、少なくとも急速な導入策は失敗をもたらす可能性がある。FIT(Feed-in Tariffs)を利用した大規模な太陽光発電の急速な導入拡大は、少なくとも「一次的には」戦略的失敗の例であった。当初の42円/kWhという買取価格が高すぎたことによる。制度としても粗雑な感をぬぐえない。太陽光発電導入の急速展開を図ることを政治的に優先し、買取価格の設定を失敗し、太陽光発電の申請量の予測を誤ったばかりか、電力需給構造などに関する専門家の適正な基礎知識が法制度に組み込まれたことなどが原因である。FITには制度設計上のミスが含まれており、政策的・法制度的な戦略的失敗である。現在は制度の調整が行われている。

(2) 燃料電池車開発の将来的可能性

トヨタが700万円(補助金200万円付)で燃料電池車を発売し着目されている。燃料電池車

の開発では日本は世界的に優位に立っている。燃料電池が数十年以内の大幅に普及するという楽観的シナリオもある。燃料電池車は、燃料電池の耐久性、小型化、零下性能（水の凍結による空気通路閉塞）、コストなどで、市場参入が近づいたレベルに達しているといわれるが、まだ高価である。燃料電池車はやっと「初めての商品」ができた段階であると言った方がよい。火災時などにおける安全性の問題もある高圧ボンベ方式は暫定的手段でしかない。水素ステーションなどのインフラは2015年に100カ所程作られる予定があるが、水素ステーションの普及には需要と供給のバランスの問題がある。技術は発展しつつあるが水素をいかに製造するかという根本問題も残されている。コストの問題は容易でない。この技術がある程度コスト的に成功しても水素収集、貯蔵、配送には多大なインフラとコストがかかる。燃料電池車は700kmと通常のガソリン車以上の航続距離がある点は大きな利点である。この点で現在の電気自動車よりはるかに優れている。燃料電池車は価格が大幅に低下したとしてもまだ相当に高く電極触媒の改良の問題も残されている。燃料電池車はいずれ技術開発の進歩によって成功すると考えても、当面は、技術開発における「死の海」を越えた可能性はあっても「ダーウィンの海」が待ち構えている。

(3) 電気自動車開発の将来的可能性

電気自動車の歴史は内燃機関より古く、今までにさまざまな努力がなされてきたが、電池の価格・航続距離・重量・充電などに問題があり、過去においては、電気自動車の可能性は「浮上しては消え」を繰り返してきた。しかしここ10年間程は電池改善や各国政府の環境政策の支援によって、電気自動車が再び社会的着目を浴びてきた。日本では日産（リーフ）、三菱（i-MiEV）、米国ではテスラモーターズなどが

積極的に電気自動車の販売を行っている。

電気自動車は燃費がよく、1 km当たり約1円で走行可能であり石油系燃料による走行の10-15%の費用で済むという利点があり、自動車自体は廃棄物を出さないが、走行可能距離が小さいという欠点を持つ。電気自動車における電池のコストは非常に高い。技術開発における電気自動車の位置づけは、燃料電池車と似ている。やはり、技術開発では「ダーウィンの海」が待っていると思われる。電気自動車を開発すること自体は必要であり現時点では戦略的失敗とはいえないが、真の実用時期はまだ見えない。

(4) 過大な道路網の展開

首都県に限らず膨大な費用を投入して高速道路網が整備されつつある。日本はドイツなどと比べるとかつて道路網が貧弱であったこともあり、高度な道路網の整備は一種の夢の実現でもある。しかし、瀬戸内海横断道路、東京湾海底道路などは戦略的失敗の評価対象になってよいであろう。これらの豪華な道路はとも費用対効果に問題があることは明白である。両者とも膨大な費用が投入され、経済的には運営が困難になっている。一言で言えば、前者は3本もの橋は必要でなかったし、後者も技術的には挑戦価値はあるが必要性には疑問が多い。このような判断は専門的判断を必要としないほどである。高度成長の名残がある中で、費用対効果を無視した政治的判断が行われた結果の戦略的失敗の典型といえよう。

(5) 環境事故・開発における戦略的失敗の可能性

水俣病、四日市の大気汚染、サリドマイド事件、ダイオキシン問題、インドボパールの化学事故、アスベスト問題などの環境事故の他に、八ッ場ダム開発、苫小牧東部大規模開発、むつ小川原開発、核燃料サイクル開発・高速増殖炉

開発にも戦略的失敗の構造が含まれている。そのほかに今後の問題としてリニア中央新幹線も戦略的失敗の可能性がある^[3]。わが国に限られる訳でないが、さまざまな政策が戦略的失敗を重ねてきた。環境問題に対する意識が低い時代に発生した水俣病も知識不足や不注意だけで発生した訳でないし、それを阻止する制度的手段もあり得た。このような戦略的失敗には、大規模な組織（国家組織、企業組織、法制度等）の意思決定の硬直性が深く絡んでいる。大規模な組織は、権威・権力・利害関係を持つ故にさまざま失敗を生み出すという素朴な視点だけでなく、大規模な組織の持つ特性が戦略的失敗を引き起こす可能性も持っているとも必要である。大規模である故に利害調整や情報交換の難しさが意思決定の遅さ・硬直性を引き起こし、それが戦略的失敗につながっている可能性がある。

6. 結論に代えて

本稿の目的は、従来、曖昧であった失敗の概念をシステムの視点から整理し、その中で戦略的失敗の位置づけを明確にすることであった。それゆえ、いかに失敗を回避するかという問題は本稿のテーマから外れる。それについては、上記でごく簡単な説明しかしなかったが、次の機会^[44]に論じたい。

戦略的失敗の回避について一言だけ触れておくと、戦略的失敗は図表4のような多様な要因によって生ずるものとすれば、それを回避することは容易でない。一言でいえば、失敗の原因は、事業や計画の組織・計画関連要因、経済・コスト要因、システム・技術要因、制度・行政要因、政策・政治要因、環境・地理要因、社会文化要因のすべてにあり、かつそれが相互に複雑に関係している可能性が高い。また失敗をも

たらず要因は最初から見えるわけでない。過剰な対策をとれば、それが別の失敗につながることもある。成功のチャンスを逃しコストを高めることもある。組織作りや計画の策定あるいはシステム構築作業の実施とともに、過去の経験を踏まえながら、一つ一つ対応していくことが妥当であろう。戦略的失敗の可能性を下げるには、まず事業を適切に実施できる組織の仕組みや制度の評価、責任ある体制の確立、見通しの適切さが必要であろう。それでも個別の事業や計画で戦略的失敗を防ぐのは容易でない。戦略的失敗については、情報公開、環境アセスメントのような社会的仕組みを強化することや低成長下での慎重な計画の展開なども重要であると思われる。現在の日本は、経済、技術、文化面で見てもすでに成熟し、非成長時代に入ったように見える。人口も減少する時代に入っている可能性が高い。発展期を過ぎた社会には、巨大事業の戦略的失敗は経済・社会の大きなボデーブローになる可能性がある。

〈参考文献〉

- [1] 児島襄 (1987) 『誤算の論理』 文藝春秋。
- [2] 松本三和夫 (2002) 『知の失敗と社会科学技術はなぜ社会にとって問題か』 岩波新書。
- [3] 橋山禮治郎 (2011) 『必要か、リニア新幹線』 岩波書店。
- [4] ジェームズ・R・チャイルズ (高橋健次訳) (2006) 『最悪の事故が起こるまで人は何をしていたのか』 草思社。
- [5] 岸田純之助 (監修) (1987) 『巨大技術の安全性』 電力新報社。
- [6] 野中郁次郎編著 (2012) 『失敗の本質』 ダイヤモンド社。
- [7] 伊藤健太郎 (2003) 『プロジェクトはなぜ失敗するのか』 日経BP社。
- [8] 日本学術会議総合工学委員会 (主催) (2015) 『安全工学シンポジウム2015講演予稿集』。
- [9] 淵上正朗・笠原直人・畑村洋太郎 (2012)

- 『福島原発で何が起ったか 政府事故調技術解説』B & Tブックス日刊工業新聞社。
- [10] 中西準子（聞き手：河野博子）（2012）『リスクと向き合う』中央公論社。
- [11] 東京電力福島原子力発電所事故調査委員会（2012）『国会事故調報告書』徳間書店。
- [12] 東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会（2011・2012）『政府事故調中間・最終報告書』メディアランド（株）。
- [13] 福島原子力事故調査報告書（福島原子力事故の社内調査情報）。
<http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/interim/index-j.html>
- [14] 日本科学技術ジャーナリスト会議（2012）『4つの「原発事故調」を比較・検証する 福島原発事故13のなぜ』水曜社。
- [15] 日本原子力学会東京電力福島第一原子力発電所事故に関する調査委員会（2015）『福島第一原子力発電所事故 その全貌と明日に向けた提言－学会事故調 最終報告－』丸善出版。
- [16] 日経ものづくり『重大事故の舞台裏技術で解明する真の原因』日経BP社。
- [17] 今中哲治『チェルノブイリ原発事故の見直し』。
<http://www.rri.kyoto-u.ac.jp/NSRG/Chernobyl/GN/GN9204.html>。
- [18] J.サミュエル・ウォーカー（西堂紀一郎訳）（2006）『スリーマイルアイランド』ERC出版。
- [19] 近藤駿介（1990）『原子力の安全性』同文書院。
- [20] 『複合要因によるスリーマイル島（TMI）原子力発電所の炉心溶融事故』失敗知識データベース。
- [21] 五十嵐富英（1977）『「むつ」漂流』日経新書。
- [22] アナザーストーリー『運命の分岐点「チェルノブイリ原発事故 隠された真実」』2015.7.29NHK テレビ。
- [23] 中尾政之『チェルノブイリ原発の爆発』失敗知識データベース失敗百選。
<http://www.sozogaku.com/fkd/hf/HA0000644.pdf>
- [24] 宮川公男（2002）『政策科学入門（第2版）』東洋経済。
- [25] L.A.Zadeh/C.A.Desoer（1963）：Linear System Theory, McGraw-Hill.
- [26] 中原英臣・佐川峻（1996）『巨大科学技術が日本を破壊する』太陽企画出版。
- [27] 一般財団法人日本再建イニシヤティブ（2012）『福島原発事故独立検証委員会 調査・検証報告書』ディスカヴァー・トゥエンティワン。
- [28] 山村武彦「1771年・八重山地震・明和の大津波」。
<http://www.bo-sai.co.jp/yaeyamajisintsunami.html>
- [29] 女川原子力発電所。
<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E5%A5%B3%E5%B7%9D%E5%8E%9F%E5%AD%90%E5%8A%9B%E7%99%BA%E9%9B%BB%E6%89%80>
- [30] 女川原子力発電所が助かった理由。
<http://oceangreen.jp/kaisetsu-shuu/Onagawa-Tasukatta-Riyuu.html>
- [31] 大前研一（2012）『原発再稼働 最後の条件』小学館。
- [32] 岡本孝司（2012）『証言 斑目春樹 原子力委員会は何を間違えたのか』新潮社。
- [33] 福山哲郎（2012）『原発危機 官邸からの証言』筑摩書房。
- [34] 畑村洋太郎（2006）『失敗学実践講義』講談社。
- [35] 齋藤雄志『環境・エネルギー問題の情報構造－意思決定の重要分岐点と戦略的失敗について－』専修ネットワーク&インフォメーション No.19 pp.49-58 2011。
- [36] 『チェルノブイリ原発の爆発』失敗知識データベース－失敗百選。
<http://www.sozogaku.com/fkd/hf/HA0000644.pdf>
- [37] 原子力安全委員会ウラン加工工場臨界事故調査委員会（平成11年12月24日）『報告の概要』。
- [38] 畑村洋太郎（2006）『失敗学実践講義』講談社。
- [39] 日本原子力学会JCO事故調査委員会（2005）『JCO臨界事故その全貌の解明事実・要因・対応』東海大学出版会。
- [40] JCO臨界事故総合評価会議（2000）『JCO臨界事故と日本の原子力行政安全政策への提言』七つ森書館。
- [41] 中尾政之『スリーマイル島原発の破壊』失

- 敗知識データベース－失敗百選.
<http://www.sozogaku.com/fkd/hf/HA0000404.pdf>
- [42] むつ (原子力船).
http://www.sangiin.go.jp/japanese/annai/chousa/rippou_chousa/backnumber/2013pdf/20130308131.pdf#search=JCO%E4%BA%8B%E6%95%85+%E5%9B%B3++%E6%96%87%E6%95%99%E7%A7%91%E5%AD%A6%E5%A7%94%E5%93%A1%E4%BC%9A%E8%AA%BF%E6%9F%BB%E5%AE%A4
- [43] 『失敗百選 ～原子力船むつの放射線漏れ～』.
<http://www.sydrose.com/case100/212/>
- [44] 齋藤雄志『戦略的失敗のシステム分析 (2)』
専修大学社会科学研究所社会科学年報 (予定).
- [45] チェルノブイリ原子力発電所事故.
<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%81%E3%82%A7%E3%83%AB%E3%83%8E%E3%83%96%E3%82%A4%E3%83%AA%E5%8E%9F%E5%AD%90%E5%8A%9B%E7%99%BA%E9%9B%BB%E6%89%80%E4%BA%8B%E6%95%85>
- [46] [https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%80%E3%81%A4\(%E5%8E%9F%E5%AD%90%E5%8A%9B%E8%88%B9\)](https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%82%80%E3%81%A4(%E5%8E%9F%E5%AD%90%E5%8A%9B%E8%88%B9))
- [47] 森谷正規 (2009) 『戦略の失敗』 東洋経済新報社.
- [48] 北岡俊明・戦史研究会 (2008) 『日本人の戦略的失敗』 PHP 研究所.