

# Safety-II 概念に基づく良好事例からの教訓獲得と安全性向上

○高橋 信\*

## 1. はじめに

東日本大震災の結果生じた東京電力福島第一原子力発電所の事故に関しては、原子力分野における安全対策の不十分性が露呈する結果となった。事故原因の分析に関しては数多くの報告書が作成されているが<sup>(1,2,3,4)</sup>、その多くは旧来の現状固定的な安全概念の視点に基づくものが多く、失敗または過誤を犯した機器や個人を見つけて責任を追究するという視点が支配的である。本報告では、これら報告書における後知恵的な見方と原因と結果の因果関係に基づく事故調査の問題点を指摘し、実効性のある安全性の向上対策を策定するためには Safety-II 概念に基づく良好事例への着目が重要である点を指摘する。

## 2. 事故報告書における後知恵的視点

### 2.1 安全への人間の寄与の軽視

原子力の分野においては、安全性の定量的な評価手法として確率論的リスク評価 (Probabilistic Risk Analysis: PRA) が導入され、安全審査において重要な役割を果たしている。安全審査においては可能性にある事故シナリオに対して、炉心溶融に至る確率が十分に低いことを示すことが要求される。事故の進展シナリオでは、人間 (運転員) は期待される操作を行うことが要求されるが、解析モデル上ではある確率で壊れる (エラーを犯す) 一要素として取り扱われている。このエラー率は様々な要素 (ヒューマンマシンインタフェース、手順書、訓練等) により変化すると仮定されており、ある程度は現実的な状況を反映させる枠組みとはなっているが、問題は安全に対する人間のポジティブな寄与が一切考慮されていないという点にある。一旦エラーを犯してもリカバリーのパスを考慮することで、一見安全へのポジティブな寄与を考慮しているように見えるが、特定の状況において運転員が自発的に気付き能動的な行動を行うことでトラブルの進展が阻止されるというシナリオは陽には考慮されていない。運転員は PRA シナリオで表現されているような受動的で時として誤りを犯すだけの存在ではない。運転員は状況を適切に判断し事象の進展に対して予測的に対応することができる高度に能動的な存在である。このような安全を確保するために人間に要求される役割に関しては、海運の分野の方が装置産業分野より遙か

に理解が共有されているように思われる。

### 2.2 根本原因分析の限界

厳密な因果関係の成立性を仮定している点も旧来の現状固定的な安全概念の視点の持つ問題点である<sup>(5)</sup>。根本原因分析 (Root Cause Analysis: RCA) では、エラーの原因をその根本まで遡って詳細に分析を行うことが要求されている。この背後には、エラー発生メカニズムが線形伝搬と因果関係に厳密に従うという暗黙の仮定が存在している。結果から遡れば、必ず原因にたどり着けるという信念である。対象とするシステムが単純で、要素分解が容易に行える場合にはこの前提条件はある程度は満たされるが、人間とシステムの複雑な相互作用が存在する Socio-technical (社会技術的) システムにおいては、この前提条件は満たされない場合が多いと考えるべきである。RCA はトラブル事象全体のストーリーを明示化するには有用であり、その利用価値を否定するわけではないが、逆にわかりやすい因果関係に基づくストーリーで納得してしまう危険性をはらんでおり、そこから導き出される安全性向上対策が機能しない怖れがある。原子力プラントに代表される人間を含む複雑大規模システムにおいては事故シナリオを要素分解して表現することは常に可能ではなく、一つの結果に対して因果関係を遡ることで厳密にその原因を同定すること自体がしばしば困難であるという。認識が広い範囲で共有されることが望ましいと考える

海運の分野においても、ダイナミックに変化する環境下においては人間のポジティブな寄与がなければ安全は確保できないということに関しては十分認識されていると考えられるが、責任追及の場となる海難審判等の場においては、エラーはある特定の原因の組み合わせで起きるという因果関係の考え方が支配的であることは否めない。

## 3. 良好事例への着目の重要性

東日本大震災時の福島第一原子力発電所の絶望的な現場において対応を行った人間の行動には、レジリエンスの面から見て多くの安全へのポジティブな寄与があった。後知恵として「こうすれば炉心溶融は防げた」という主張もあるが、理論的に可能であったというこ

と現実的にその時の状況（外的環境、利用可能なリソース、人間の心理的状況、時間的制約、等）においてそれが実現可能であったかということは全く違うことを認識しなければならない。

福島第一原子力発電所事故の事象の進展の中で吉田所長らの対応には多くの賞賛すべき点があったとの指摘もある<sup>(6)</sup>。例えば、津波が到達して全電源喪失が起こった直後に、所内の使用可能な消防車の状況を調べて、本店側に消防車の派遣を要請している。道路状況の悪化や情報共有の問題から遠隔地からの消防車の到着には遅れがあり、この早期の判断は重大事象の発生を防ぐことには直接は繋がらなかったが、最終的にはこのようにして派遣された消防車による注水が事象収束に重要な役割を果たしている。

また、1号機における消防ポンプからの注水ラインを格納容器内の線量上がる前に確保していたことも特筆に値する行為である。これは当直により独自に下された判断であり、事象の進展に極めて大きな影響を及ぼした判断である。この注水ラインの構成の判断が遅れ格納容器内線量が上昇してライン構成が出来なかった場合、原子炉への注水手段は一切なくなり炉心熔融の状況は、はるかに悪化していた可能性がある。

#### 4. 海運分野の安全に対する示唆

##### 4.1 リスク認識に対するバイアス

3.11直前の原子力を廻る情勢を思い返すと、その時点で焦点があてられていたのは「耐震裕度」問題と「高経年化」問題である。耐震の問題に関しては2007年7月16日に発生した新潟県中越沖地震における東京電力の柏崎刈羽原子力発電所の被災状況の影響を受けて、耐震裕度の向上と再稼働に向けた議論が活発に行われていたが、津波に対する危険性に関する議論はほとんど行われていなかった。今となって考えてみれば、地震のリスクと比較して津波に対するリスクが小さいと判断する理由はない。10mに近い津波がサイトに押し寄せた場合の状況は、地震によりプラントが損傷を受ける状態と比較しても、同様の危機的な状況を生じさせるであろうことを想像することは難しいことではない。このような同等のリスクのある二つの事象に関して、前者に対しては注目が集まり詳細な議論が積み重ねられ、後者に対してはほとんど注意が払われることはなかった。ここにはリスク認識のバイアスの問題が深く関係している。特に、ここでは指摘したいのは中越沖地震による Recency Bias である。Recency Bias は Recency Effect (親近性効果) により生じる人間の普遍的な認識のバイアスであり、時間的に最近目にした

ことに対して多くの関心を向ける人間の性質である<sup>(7)</sup>。このようなバイアスから逃れることは困難であるが、少なくとも「危なさ」に関する認識が、様々な要素によって偏向している可能性を意識して注意を向けることが重要である。

##### 4.2 想定外事象に対する認識

遭遇する可能性のある状況の多様性に関しては、装置産業よりも海運の分野の方が大きいと推測される。福島第一原子力発電所事故は「想定外」であったというよりも、工学的、社会的判断に基づき「想定除外」されていた事態が発生したと考えるべきであるが、これまで経験したことがなく、発生確率が極めて低い事象に対して、どのように対処するかという点が課題であることは、共通であると考えられる。原子力分野における新規制基準においては、ハードウェアによる対策に基づきより広範囲の厳しい事象に対応出来るようにすることが要求されているが、これに加えて「想像を超えた事態が発生した時に適切に対処できる一般的能力」はどのように醸成されるのかという点に関しても訓練の中で検討する必要があると考えている。

#### 5. おわりに

海運分野も装置産業分野も、高度に訓練された人間が安全性の向上に対して大きな役割を果たすという点では共通性を持っている。今後は、ダイナミックに変化する環境における高い安全性の確保という課題に向けて Safety-II の概念が海運分野で広く活用されることを期待する。

#### 参考文献

- [1]福島原発事故独立検証委員会 調査・検証報告書,一般財団法人日本再建イニシアティブ,ディスカバー,2012.
- [2]国会事故調報告書,徳間書店,2012.
- [3]政府事故調 中間・最終報告書,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,メディアランド株式会社,2012.
- [4]<http://www.tepco.co.jp/nu/fukushima-np/interim/index-j.htm>
- [5]E.Hollnagel, D.D.Woods, N.Leveson,(Eds.), Resilience Engineering: Concepts and Precepts, Ashgate Publishing Co.,(2006).
- [6]門田隆将,死の淵を見た男,PHP,2012
- [7]ダニエル・カーネマン,ファスト&スロー-あなたの意思はどのように決まるか?- (上) (下),早川書房,2012.