

## Safety-I, Safety-II と深層防護の関係性

### (2) 安全概念の分類と福島第一発電所における現場対応の分析

Relations among the Concepts of Safety-I, Safety-II and Defense in Depth

(2) Investigation of the Field Experiences at Fukushima Daiichi Accident for Classifying the Safety Concepts

\*吉澤 厚文<sup>1</sup>, 大場 恭子<sup>2</sup>, 北村 正晴<sup>3</sup>

<sup>1</sup>原燃輸送, <sup>2</sup>JAEA, <sup>3</sup>テムス研究所

福島第一原子力発電所の事故（以下、「福島事故」）の対応では多くの応用動作が実施された。本稿では、深層防護による予防措置とその動作状況を整理した上で、現場で行われた「人」による対応を分析し、Safety-IIの原子力における必要性を明示するとともに、成功事例の分析の重要性を確認する。

**キーワード** : Safety-I, Safety-II, 深層防護, 福島第一原子力発電所事故, レジリエンスエンジニアリング

#### 1. 緒言

リスク除去型の安全を目指す Safety-I では、「人」を「システムの安全を脅かす要素」として位置付けている。一方、Safety-I を包含する成功拡張型安全概念である Safety-II では、複雑な社会技術システムは絶えず変化しており、すべてを予測することは困難であると同時に、発生した事象の因果も単純には分解できないとの認識の下、「人」は「システムのしなやかさ、回復力に必要な資源」と認識しており、システムのレジリエンスに必要な要素とされている[1]。

本稿では、福島事故時の「人」の行動に着目し、原子力などシステムの安全を高めるアプローチについて検討する。

#### 2. 福島第一原子力発電所事故の教訓（現場におけるレジリエンスの必要性）

津波によりほとんどの電源が喪失し、設計条件をはるかに超える事態となった福島第一原子力発電所事故では、深層防護に基づいたさまざまな備えが役に立たない状況となった。このような中であって、なんとか事故を食い止めよう、被害を小さくしようと、たとえば社員の車のバッテリーを用いた計装の復旧や消防車を活用した原子炉への注水、タンカーの救出や仮設の海水ポンプを活用した5・6号機の冷温停止など、現場に踏みとどまった「人」の手順書にない臨機応変な対応は、深層防護の枠では整理できないものである[2]。これらの応用動作は、「人」のみがなしえるものであり、また Safety-I, Safety-II の概念に当てはめるならば、Safety-II の概念が適用される課題領域であると言える。

すなわち、福島事故はいかに深層防護を綿密に組み立てても、様々な事象への対応において現場のレジリエンス（回復力、弾性力）が必要であることを示唆している。なぜならば、システムや環境は絶えず変化しており、こういった中ですべての状況を想定することは困難であるとともに、人身安全確保、使命感、ワークロードマネジメント(WLM)、文脈判断やスピード感を持った学習など、人間や組織にしかできない要因が存在するからである。このような要因に注目すれば、Safety-II を達成するために提唱されているレジリエンスエンジニアリングをいかに活用し、組織レジリエンスを高めてゆくのが課題となることは必然と考える[3]。

#### 3. 結論

これまでのトラブル・事故からの学びでは、深層防護の中で想定通り実行されなかったものを確実に実行させるための再発防止が主であった。しかしながら、福島事故の現場におけるさまざまな対応は深層防護の枠内では整理できない。今後、福島事故の教訓に基づいたより高い安全を実現するには、現在実施されている深層防護を充実したものに変更してゆくアプローチに加え、さらにその外側にも Safety-II が目指す安全を確保するための課題領域があることを認識するとともに、この領域における対応を充実するための方策を併せて検討してゆく必要がある。この安全向上策は、主に人や組織のレジリエンスを高めるアプローチであるが、既に航空業界等で実施されている WLM 等の高度化手法である CRM (Crew Resource Management) の適用など、方法論であるレジリエンスエンジニアリングを活用し、具体的な展開につなげてゆきたい。

#### 参考文献

[1]Hollnagel, E., Safety-I and Safety-II, The Past and Future of Safety Management, ASHGATE(2014) .

[2]東京電力株式会社, 福島原子力事故調査報告書(2012)

[3]吉澤厚文他, 福島第一原子力発電所事故をふまえた組織レジリエンスの向上(Ⅲ), 日本機械学 2015 年度年次大会予稿集, G1700105

\*Atsufumi Yoshizawa<sup>1</sup>, Kyoko Oba<sup>2</sup> and Masaharu Kitamura<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Nuclear Fuel Transport Co.,Ltd., <sup>2</sup>Japan Atomic Energy Agency <sup>3</sup> Research Institute for Technology Management Strategy