レジリエンスエンジニアリングのコア4能力による 福島第一原子力発電所事故対応分析

○大場 恭子（日本原子力研究開発機構）

吉澤 厚文（長岡技術科学大学）

北村 正晴（テムス研究所）

Analysis of Responses during Severe Accident at Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant

Based on Four Core Capabilities of Resilience Engineering

Kyoko OBA (Japan Atomic Energy Agency),

Atsufumi YOSHIKAWA (Nagaoka University of Technology)

Masaharu KITAMURA (Research Institute for Technology Management Strategy Co., Ltd.)

1. はじめに

東京電力福島第一原子力発電所（以下、「1F」）の事故は、東日本大震災において、当時の津波想定基準であった原子力発電所の津波評価技術¹⁾に基づき備えていた高さを大きく超えた津波が1Fを襲い、原子炉停止後に必要な崩壊熱の除去機能（冷やす）を失ったことによって起きた事故である。津波襲来後の1Fは、敷地内にガレキが散乱し、ほとんどの配電盤が機能不全になる等、災害や事故時に備えて保有していた機器やマニュアルの多くが使えない状況に陥った。しかしながら、現場は、極めて過酷な状況下においても、発電所所員を中心に、協力会社や要請を受けて駆けつけた自衛隊、消防等の方々により、「冷やす」機能の復活を目指した対応を行った。

この現場の対応が、事故の被害を小さくしたことは、INPOの報告書²⁾や東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会の最終報告書³⁾、日本原子力学会の報告書⁴⁾等に言及されている。しかし、既存の事故調査報告書の分析や評価は、放射性物質の拡散を防げなかったことを主な関心事としている。そのため、放射性物質の拡散に至った結果に関する行為が注目され、分析される一方で、備えていたマニュアルが役立たない中で、どのように対応を設計し、実行したかといった現場の行為全体を俯瞰した分析はなされていない。

本研究の目的は、事前の備えを超える事故において、被害や損失を最小限に抑え回復を図る対応の実現である。事前の備えを超えた実際の事故である1F事故について、対象とした時間内の対応における回復を実現した側面を含む行為全体を、レジリエンスエンジニアリングのコア4能力を用いて整理し、分析した。

2. データおよび手法

（1）分析データ

本研究では、「冷やす」機能の回復を実現した側面も含めた行為全体を俯瞰できるものとして、1F事故において使用されたテレビ会議システムの発話データを文字起こしした記録⁵⁾（以下、TV会議）を選定した。TV会議の特徴は、特定の目的による処理等をほどこされていない生のデータであること、および、時間経過が明確であり、状況の推移もわかることである。文字起こしの信頼性は、公開されている映像のある時間帯の映像とTV会議を比較することで担保した。

尚、1F事故時のテレビ会議システムは、発電所緊急時対策本部の設置された福島第一原子力発電所と本店、福島第二原子力発電所、柏崎刈羽原子力発電所および事故時の対策拠点となる予定であった大熊町にあるオフサイトセンター内の東京電力（株）のブースが繋がれていた。

（2）レジリエンスエンジニアリング

レジリエンスエンジニアリングは、2006年にE. HollnagelやD. Woodsらを中心とするメンバーが「安全を達成するために必要な能力を醸成するツールを開発し、提供すること」を目的に、最初の解説書⁶⁾をまとめたことが始まりである。レジリエンスエンジニアリングでは、組織レジリエンスを実現するために必要な4つのコア能力（以下、「4能力」として、Anticipating, Learning, Monitoring, Respondingを挙げている。

（3）本研究の手法

本研究の対象時間は、3号機の原子炉への注水停止（3月13日2:42HPCI停止）から、原子炉への注水を暫定的に回復することに成功した同日13:12までを含む、13日0:00から13日14:00である。

まず、該当時間帯のTV会議の発話内容を、発電所の応急処置や通報連絡など緊急事態の中で行うべきタスクの内容に分類した。次に、4能力への区分を行った。区分は、第一著者と第二著者が中心に行い、さらに全員で議論した。各能力に含めた内容は、表1の通りである。

3. 結果

整理の結果、以下のような特徴が見られた。

- ・ 分析対象の時間帯は、3号機への能力の発揮が中心になっている。
- ・ Learningは少ないが、1号機や2号機対応の経験が、早い時間に活かされている。
- ・ Monitoringの割合が高いのは、多くの計測機器が機能を喪失したためと考えられる。
- ・ 各号機で発揮された能力に比べ、全体のRespondingの割合が高いのは、外部への業務分担によるものである。
- ・ 各号機の対応では、Anticipatingの割合が高いことが特徴である。

4. 考察

今回、対象とした時間帯の全体に対する各号機における4能力の発揮のカウント数の割合は、3号

表1 各能力の主な内容

能力	内 容
Anticipating	予想(現在の状況, 事故進展, 作業終了時間等)
Learning	直前の事故対応からの学び
Monitoring	現場の状況の確認(作業の遂行状況, 水位, 線量他)
Responding	優先順位, 作業指示, 行為の実施等

表2 サイト全体および各号機別4能力発揮分

		全体	1号機	2号機	3号機	4号機	5号機	6号機
Anticipating	カウント	79	9	13	58	1	0	0
	割合 ^(※)	16.4%	28.1%	20.3%	27.2%	25.0%	0.0%	0.0%
Learning	カウント	5	0	3	2	0	0	0
	割合 ^(※)	1.0%	0.0%	4.7%	0.9%	0.0%	0.0%	0.0%
Monitoring	カウント	217	18	35	93	2	1	1
	割合 ^(※)	45.0%	56.3%	54.7%	43.7%	50.0%	50.0%	100.0%
Responding	カウント	181	5	13	60	1	1	0
	割合 ^(※)	37.6%	15.6%	20.3%	28.2%	25.0%	50.0%	0.0%

(※) 全体／各五機の全カウント数に対する各能力カウント数の割合である。

図1 4能力分布 (3号機)

機が44.2%，2号機が13.3%，1号機が7%である。最もカウント数の多かった3号機の時系列に注目してみると、Monitoringは常に高いレベルで維持されているのに対し、AnticipatingおよびLearningは早い時間帯に立ち上がり、それらに続くようにRespondingが発揮されている。Monitoring が、Respondingが発揮されている間も、継続して発揮されていることも特徴である。すなわち、備えられた機器やマニュアルが機能を果たさない状況下では、Monitoringにより状況認識を行い、AnticipatingとLearningにて事態の想定を行った上でRespondingが発揮されたと考えられる。

本研究において、事前に用意した機器やマニュアルに則ったRespondingが期待できない状況下において、時間推移とコア能力の発揮との間に遷移の関係が示されたことは、今後の緊急時対応力の強化を考える上での重要な示唆と考えられる。

5. まとめ

本研究は、1F事故対応をレジリエンスエンジニアリングの4つのコア能力に分解し、発揮能力の割合や、時系列構成を明らかにすることを試みた。今後も、事前の備えを超えた事故において、被害や損失を最小限に抑えるために必要な取り組みについて、実際の事故対応の分析を軸に、検討を進める予定である。

参考文献

- 1) 土木学会原子力土木委員会津波評価部会策定：“原子力発電所の津波評価技術”，2002
- 2) INPO（Institute of Nuclear Power operations）：“Special Report, Lessons Learned from the Nuclear Accident at the Fukushima Daiichi Nuclear Power”，p.3, 2012
- 3) 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：“最終報告書”，p.448, 2012
- 4) 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：“福島第一原子力発電所その全貌と明日に向けた提言”，pp.354-355
- 5) 福島原発事故記録チーム：福島原発事故 東電テレビ会議49時間の記録，pp.7-104, 2013
- 6) Eric Hollnagel,他，北村正晴 監訳，“レジリエンスエンジニアリング 概念と指針”，日科技連，2012