操作手順書の不具合に起因するトラブル事象の傾向分析

松原 貴史^{1,*}, 五福 明夫²

Analysis of Trouble Events Caused by the Problems in Operation Manuals

Takashi MATSUBARA^{1,*} and Akio GOFUKU²

¹Japan Exlan Company, Limited, 3-1-1 Higashimachi, Kanaoka, Higashi-ku, Okayama 704-8510, Japan

²Graduate School of Natural Science and Technology, Okayama University,

3-1-1 Tsushimanaka, Kita-ku, Okayama 700-8530, Japan

(Received May 19, 2011; accepted in revised form October 2, 2011; published online January 31, 2012)

Up to now, few studies have been devoted to investigate all the steps from the creation to the application of operation manuals and to consider human factors of operators in order to prevent the troubles caused by the problems of operation manuals. This paper deals with the steps and the human factors. In this study, the troubles caused by the problems are examined and the causes of these troubles are investigated. Here, the general procedure for creating an operation manual from the experiences of authors to create some operation manuals is first summarized and the method of analyzing the tendency of troubles and their causes is considered. From this consideration, it is concluded that there are several steps that cause a trouble in the creation of operation manuals and it is necessary to analyze the causes of a trouble from the viewpoints of creators and operators of operation manuals. Next, in this study, the troubles reported in Nuclear Information Archives (NUCIA) as an example of real trouble data bases are analyzed, a list of trouble causes related to the problems of operation manuals is made, and using this list, the causes of troubles reported in NUCIA are categorized. From analysis results, it is concluded that there are some steps that cause troubles in creating operation manuals, that the creation of a checklist and the description of necessary information are sometimes missing, and that operators take operations following operation manuals but sometimes do not understand the contents of operation manuals and/or have little knowledge for operations.

KEYWORDS: operation manual, human factor, general procedure, trouble event, NUCIA

I. はじめに

原子力プラントを始め電力プラントや石油精製プラントなどでは、運転や操作において用いられる操作手順書や運転マニュアル、保守作業で用いられる作業手順書など、様々な手順書やマニュアル(以下、手順書と呼ぶ)が用いられている。このうち、原子力プラントには様々な設備や機器があり、それらを操作または作業を行う者(以下、操作者と呼ぶ)は、基本的にはあらかじめ手順書の作成者により作成された手順書に従って操作あるいは作業(以下、操作と呼ぶ)を実施する。手順書の生成から運用に至るまでの過程(以下、手順書の生成過程と呼ぶ)は、①手順書を作成

する目的の把握、②手順書作成の判断、③手順書に必要な情報の収集、④手順書の作成および内容確認と修正、⑤操作者への説明(手順書に問題がある場合は④に戻る)、⑥運用の①～⑥の過程に基づいて生成され、操作者は生成された手順書を用いて操作を実施する。このように、操作者が操作に使用する手順書を作成する主な目的は、以下の2つが考えられる。

(手順書を作成する主な目的)

① 目的に沿って安全に確実に操作する操作のレベル向上

操作者はプラントを目的の状態にするために機器の操作、あるいは設備の保守・点検などの作業を行う。しかし、操作や作業手順を誤ることにより重大事故に結び付く危険性がある。また、大規模なプラントでは手順書の手順も複雑となるため、効率よく操作を行う必要がある。そこで、操作や作業手順の誤りを防ぎ、

¹ 日本エクスラン工業㈱

² 岡山大学大学院 自然科学研究科

* Corresponding author, E-mail: matsubara@exlan.co.jp

安全で確実に操作者がプラントの操作を実施するために手順書を作成する。

② 操作者のもつスキルによって発生するヒューマンエラーの防止

プラントの操作や作業を行う操作者のもつ能力、業務経験や感性など(総称してスキルと呼ぶ)には個人差がある。そのため、すべての操作者がプラントの操作を同じように実施できる保証はない。そこで、操作者のスキルに影響されることなく、すべての操作者が正確に操作あるいは作業を実施するために手順書を作成する。

以上のような目的で作成された手順書を用いることにより、操作の能率や質を向上させたり、操作者のヒューマンエラーを防止したりするといった効果が得られている。特に、近年石油化学工業界ではベテラン経験者の退職により、操作者の若返りによるスキルの低下が問題となっている¹⁾。そのため、安全に確実に操作を行うためにも、手順書がもつ役割は以前にもまして重要なものとなっている。

しかしながら、手順書の生成には手順書の作成目的による必要な情報の整理(手順、チェックリスト、図面など)とその表現方法の工夫や、手順書を使用する操作者のスキルを考慮した内容にすることなどが必要である。加えて、手順書の運用には年齢や経験の有無などの異なる操作者への操作手順内容の確実な周知といった多くの要因が関係する。そのため、手順書の生成には多くの労力と時間が必要であるが、こうして作成された手順書の不備が原因による事故・トラブル(以下、トラブルと呼ぶ)が発生していることも事実である。

手順書の生成段階における不備を防止するために、手順書生成手法について検討することは重要である。特に、手順書の不備が原因によるトラブルによって発生している、また、トラブルに結び付く手順書の問題点(以下、手順書の問題点と呼ぶ)の例として、手順書の内容が適切でなかった(作成者の問題点)や、手順書が守られていなかった(操作者の問題点)などがある。そしてこのような手順書の問題点が、トラブルの内容により手順書の生成過程全般において単独、あるいは複数発生していると考えられる。そのため、手順書の生成過程全般における手順書の不備を防止するためには、手順書の生成過程全般において発生している手順書の問題点に係る手順書の作成者、操作者、および両者(以下、関与者と呼ぶ)と問題点を引き起こす要因、および手順書の問題点が複数発生している場合にはその関連性を分析し、対策を検討することが必要である。

しかしながら、これまでの手順書に関する研究は、事故時手順書表示の機械化²⁾や手順書の評価ガイドラインの策定³⁾など、手順書の生成や表示における部分的な過程を対象とした研究が多い。事故時手順書表示の機械化については、もともになるデータが正しければ手順書への変換のミスがなくなる。しかし、もともになるデータが誤っていれば、

手順書への変換のミスが発生する。また、手順書の評価ガイドラインでは、手順書の作成者側や操作者側に対して、作成上の注意事項を与える点で、ミスの防止や読みやすさの向上を目指している。しかし、手順書を作成するに当たって設備の種類や作業の特殊性、部品の特徴などが異なるため、操作者の求める手順書の内容が作成される手順書と一致しない場合、操作者が手順書通りに操作できなくなり、操作ミスの発生を防ぐことはできない。また、これらの研究では、手順書生成の部分的過程における、手順書の作成者側あるいは操作者側のいずれかに対する対策を対象としており、手順書生成過程の作成段階における部分的な不備の防止には有効である。しかし、手順書の生成過程全体における手順書の問題点(特に操作者側に対する問題点)および手順書の問題点が複数発生した場合の関連性を考慮した対策の研究には触れていない。そのため、現状では手順書の生成過程全般を対象とした手順書の不備の防止までには至っていない。

本研究では、原子力プラントを始め、電力プラントや石油精製プラントなどで実施されている手順書の生成過程について、手順書の不備が原因によるトラブルにおいて発生している手順書の問題点が、手順書の生成過程全般のどの部分でどの程度発生しているかを分析する。そして、手順書の問題点の関与者と問題点を引き起こす要因を項目に集約して整理する。その中から特に多く発生している項目に対して、問題点を引き起こす要因を減らすための対策の検討、および実験による有用性を確認し、その結果から操作者にとってもわかりやすく、かつ、ヒューマンエラーを防止できる手順書のあり方を検討する。

本論文では、その第一段階として、本研究の目的である様々な業界における手順書の不備が原因によるトラブルについて、手順書の生成過程における手順書の問題点を分析する。そして、問題点を引き起こす要因の傾向の比較や対策の検討などが実施しやすいように、筆者らのこれまでの様々なプラントの業務経験から考えられる手順書の分類、および生成過程について説明する。具体的には、手順書の生成過程で作成される手順書には、手順書のもつ目的や操作頻度により2つに分類されること、および手順書の生成過程の各過程における実施内容や特徴、注意点などである。そして、手順書の生成過程において、人間の関与によって発生すると考えられる手順書の問題点を列挙し、手順書の問題点に対する関与者、および問題点を引き起こす要因を一覧表に整理する。一覧表に整理した結果を手順書の生成過程に当てはめ、手順書の問題点と問題点を引き起こす要因の発生傾向を把握するという分析方法を説明する。

次に、手順書の問題点に対する関与者、および問題点を引き起こす要因の発生傾向を分析する方法を用いて、実際に発生したトラブル事例としてNUCIA(Nuclear Information Archives)に報告されたトラブル事例における手順書の問題点を分析する。始めに、NUCIAに報告されたトラ

ブル事例から、手順書の不備が原因によるトラブル事例を抽出する。次に、それぞれのトラブル事例に記載された手順書の問題点を手順書の問題点に対する関与者、問題点を引き起こす要因に集約して整理し、分類項目一覧表を作成する。整理された分類項目一覧表に記載されている内容を手順書の生成過程に当てはめ、手順書の問題点、および問題点を引き起こす要因の発生状況を把握する。その中から、特に多く発生している手順書の問題点の分類項目については、問題点の要因をより細かく理解するために、該当する1つ1つのトラブル事例について、記載事項を読み直して詳細分析を行う。

最後に、NUCIAのトラブル事例における手順書の問題点、問題点の関与者、問題点を引き起こす要因の発生状況、および問題点の関連性に関する分析結果から、手順書の生成過程における手順書の問題点の発生傾向についてまとめる。

II. 手順書の分類と特徴、生成過程の説明および問題点の傾向と要因分類の考え方

1. 操作の定常性の点からみた手順書の分類と特徴

手順書を用いる目的についてはI章で述べた。ここでは、手順書が具体的にどのような操作に使用されているのかについて、これまでの筆者らの業務経験や文献⁴⁻⁶⁾から述べる。

手順書の種類は、比較的操作頻度が高い定常的な操作に関する手順書(以下、手順書A)と、非常時や緊急時など操作頻度が低い非定常な操作に関する手順書(以下、手順書B)に大別される。以下にその例を示す。

(手順書の例)

手順書A：比較的操作頻度の高い定常的な操作

- 運転状態の変更に伴う操作
- 設備の運転や作業に伴う操作
- 設備の保守や点検による操作(グリスや薬品の補充、定期的な保安運転など)
- プラントの定期的な停止による操作
- 定期的な見直しが必要な使用頻度の高い操作

手順書B：非常時や緊急時など操作頻度が低い非定常的な操作

- 新規設備の運用、既設設備の撤去・更新による操作
- 非定常時、緊急時の操作
- プラントの事故・トラブルなどの影響による操作
- 不定期な点検を行う設備・機器の不具合操作
- 他社トラブルや自然災害などへの対応で使用頻度の少ない操作

各々の手順書は実際には手順書を作成する目的に対して手順書がもついくつかの基準(操作頻度や信頼性、操作の難易度など)により、さらに詳細に分類することができる。

Table 1に、手順書を区別する基準、および手順書の例を挙げる。また、上で述べた手順書AおよびBとの関連性をあわせて示す。

Table 1より、手順書A、およびBには、以下の**Table 2**に示す特徴が見受けられる。

このように、手順書は通常操作内容により2つの種類に分けられ、それぞれの手順書はいくつかの基準によりさらに細かく区別された特徴をもっている。したがって、手順書の生成過程ではここで説明した手順書の分類や特徴を考慮した対応が必要となってくるため、手順書の分類と特徴を理解しておく必要があると考え、本節で説明した。次節では、具体的に手順書の生成過程でどのような対応がされているのかを述べる。

Table 1 Criteria of categorizing operation manuals

Creation	Content of operation and work	Example of operation manual	Type of operation manual
Frequency of usage	Frequent operation or work	Change of operating condition	A
	Irregular operation or work	Irregular examination or counter actions of a trouble	B
Reliability	Many chances of operation in the past	Regular operation or maintenance	A
	Almost no chance of operation in the past	Operations of a new facility, removal and renewal of an existing facility	B
Difficulty in operation	Operations of multiple facilities or machines at the same time or operations at an emergency plant condition	Operations for an abnormal or emergency plant condition	B
	Operations of a facility or machine and operations at a normal plant condition	Regular operation and work of facilities	A
Preservation and retrieval	Preservation at hand and easy to refer	Periodic shut down operations of a plant	A
	Preservation in library and hard to refer	Counter actions for a trouble	B
Frequency of revision	Frequent revision	Frequently applying operation manuals that are necessary to be revised periodically	A
	Almost no revision	Operation manuals for the trouble happened at other plants and natural disasters	B

Table 2 Characteristics of types A and B of operation manuals

Criterion	Type A operation manual (Periodical operation)	Type B operation manual (Operation at emergency or irregular operation)
Frequency of usage	High	Low
Reliability	High	Low
Difficulty in operation	Low	High
Preservation and retrieval	Easy	Difficult
Frequency of revision	High	Low

2. 手順書の生成過程の説明

手順書の生成過程については、I章で簡単に述べたが、ここではさらに手順書の生成過程について詳しく述べる。本論文で述べる手順書の生成過程は、筆者らのこれまでの業務経験（電力業界：水力発電・変電設備、半導体製造業界：クリーンルームを有する施設設備、および製造・組立工程、化学業界・繊維業界：火力発電プラント関係設備）において、それぞれの業界での手順書の生成業務経験より共通する手順書の生成過程をまとめたもので、以下の過程で構成されている。

（手順書の生成過程）

- (1) 手順書の作成の必要性判断
- (2) 手順の検討(必要な情報の収集)
- (3) 手順書の作成, 内容確認, 操作者への内容説明
- (4) 手順書の作成または確認後の修正検討
- (5) 操作の実施において発見された問題点の修正
- (6) 他社トラブルや法令の改正などの変更要因による手順書の作成または修正

上記に述べた手順書の生成過程をフロー図にしたものが **Fig. 1** である。

次に、**Fig. 1** に示した手順書の生成過程のフロー図を用いて、各過程における実施内容や特徴、注意点などをフロー図の順番に説明する。

(1) 手順書の作成の必要性判断

この過程では、手順書生成の目的を把握し、手順書を作成する必要性の有無を判断する。II-1 節で説明した定常操作のような頻度の高い操作や過去にすでに実施している操作は、すでに手順書が作成されていることが考えられる。そのため、手順書生成の目的と手順書の内容が一致し、かつ手順書の内容に変更がなければ改めて作成する必要がなく、すでに作成された手順書を使用する。もし手順書の内容を変更する必要がある場合は、すでにある手順書をもとにして次の(2)の過程に移る。このように手順書を作成する必要性の判断力は、手順書の作成者がもつスキルに大きく影響される。特に手順書作成の経験が豊富な作成者は、必要な情報の判断がある程度容易に実施できるが、手順書作成の経験が浅い作成者は必要性の判断を誤る可能

性がある。したがって、作成者のスキルによって誤った判断をする可能性がある。

(2) 手順書の検討(必要な情報の収集)

この過程では、手順書生成の目的に応じた手順書の生成に必要な情報を収集する。手順書は II-1 節で述べたように手順書の目的に応じて作成されるため、必要な情報の内容もそれぞれ異なる。以下に手順書生成の目的に応じた必要な情報の例を述べる。

（手順書生成に必要な情報の例）

手順書 A：定常的な操作

- 運転状態の変更に伴う操作
：操作前後の運転状態、周辺設備への影響、操作目的
- 設備の作業に伴う操作
：操作前後の設備の状態、作業に関する資料(計画書、工程、養生書など)
- 設備の保守や点検による操作(グリスや薬品の補充、定期的な保安運転など)
：設備の仕様書、作業に関する資料(計画書、工程、養生書など)
- 連携する他のプラントの定期的な停止による操作
：操作前後の状態、連携した操作に必要な双方の手順書

手順書 B：非定常的な操作

- 新規設備の運用、既設設備の撤去・更新による操作
：現状と設備変更後の運転状態、新規設備の設計・検討資料
- 非定常時、緊急時の操作
：非定常または緊急時の操作要因、緊急時の運転状態検討資料、プラントの他設備への影響、外部機関への連絡など
- 連携する他のプラントの事故・トラブルなどの影響による操作
：操作前後の運転状態、トラブル時の双方の対応、原料や生産・ユーティリティ供給量の把握、連携した操作に必要な双方の手順書
- 不定期な点検を行う設備・機器の不具合操作
：設備の仕様書、作業に関する資料(計画書、工程、養生書など)

このように、手順書の作成目的によって必要な情報は異なる。特に操作頻度が少ない緊急時や不定期に発生する内容に関する情報は、設備の新設・改造・撤去等に伴う資料や他のプラントに関する資料など通常では入手することが困難な情報が多く、その収集が難しい。しかし、手順書に操作に関する必要な情報の抜けが生じると、最終的にトラブルに結び付く可能性がある。すなわち、情報の取得性が手順書の完成度や正確性に影響を及ぼす。

(3) 手順書の作成, 内容確認, 操作者への内容説明

この過程では、始めに作成目的と集めた情報をもとに手

Fig. 1 General process flows of creating operation manuals

順書の生成を行う。手順書はプラントごとに様式や表記方法が異なるが、これまでの業務経験では運転または作業の担当者が手順書を生成するが多い。そして、手順書の作成者となる運転または作業の担当者のスキルが手順書の生成過程(1)の「手順書の作成の必要性の判断」で述べたように異なるため、手順書を作成する担当者のスキルが生成される手順書の完成度や正確性、および表現性に影響を及ぼす。

次に、生成された手順書に含まれる誤りや現地との不整合、および表記・転記ミスなどの修正が必要であるかどうかの確認が行われる。ここでは、生成された手順書を複数の関係者によって確認するのが一般的であり、確認する関

係者のスキルや確認される手順書の表現、および内容の正確性が要求される。

内容のチェックを終え、担当部署の長に承認の得られた手順書は、実際に操作を行う操作者に配布される。また、操作者と事前に読み合わせや内容の確認を行い、手順書の手順や記載事項に問題がないことの確認、および手順書の表現に誤解がないかなど手順書の作成者と操作者の認識の統一を図る。したがって、手順書の表現が操作者に影響を及ぼす。

(4) 作成または確認後の修正検討

この過程では、手順書の作成または確認において発生した修正箇所がある場合は、この過程で修正を行うかを判断

し、必要に応じて手順書の修正を行う。また、その他として以下の(6)の過程となる社内の他部署または他社でのトラブルにおける水平展開、他社との連携作業、および法律の変更に伴う対応など(以下、外部要因と呼ぶ)による手順書の修正が必要となる場合もこの過程で実施される。しかし、外部要因による修正は情報の入手が難しく時間も掛かるため、手順書の修正に必要な情報の取得性や手順書生成に費やすことのできる時間が手順書の修正に影響を及ぼす。

(5) 操作の実施、および操作の実施において発見された問題点の修正

この過程では、操作者は手順書に従って操作を行う。もし、この時点で手順書に不備があった場合は、一時中断して上記(4)の過程に戻って手順書の修正を実施する、またはその都度手順書の内容を修正しながら手順を進めていく。もし、操作の途中に手順書の内容を変更した場合は、内容の変更点について関係者で討議し、必要に応じて以後の手順に反映させる。ここでは、操作者のスキルにより手順書の理解度が異なり、その後の操作に影響を及ぼす可能性があることから、手順書の作成者および操作者の意思疎通を十分図る必要がある。したがって、手順書を使用する操作者のスキル、および手順書の表現が手順の操作に影響する。

(6) 外部要因による手順書の作成又は修正の判断

この過程では、外部要因により手順書の作成または修正の必要性が発生した場合の判断を実施する。入手した外部要因の情報を手順書にどのように反映するか判断では、上記(1)や(3)と同様に手順書の作成者のスキルがその後の対応に影響する。また、他社との連携作業などでは自社

と他社の手順書を比較しながら操作するため、手順書の表現が正しくないと自社や他社の操作者に対して誤解を招く可能性があるため注意が必要である。

最後に、終了した手順書は、手順書の記録ファイルに綴じられる。ここでは、操作頻度の高い手順書は、年度ごとに実施した手順書をまとめたファイルに綴じて保管される。一方、操作頻度の低い手順書は、点検作業やトラブルごとに作成されたファイルに綴じて保管される。なお、将来同様の操作または作業が発生した場合において、過去の手順書を検索する検索性については、手順書 A は年度ごとに保存されているため比較的容易に検索可能である。一方、手順書 B は点検作業やトラブルごとに作成されたファイルに綴じられているため検索が困難な場合が多い。

3. 手順書の生成過程において発生し得る問題点の傾向と原因分類の考え方

前節では筆者が考える手順書の生成過程について説明した。本研究では、手順書の問題点の整理を行っていることから、ここでは手順書の生成過程において発生し得る問題点について考える。発生し得る問題点は II-2 節で説明した手順書の生成過程の各過程で考えられる。そのため、Fig. 1 で示した手順書の生成過程のフロー図の(1)から(6)に対して、II-2 節の各過程の説明文から人間が関与することにより発生すると考えられる問題点を列挙する形で、Table 3 のように整理した。ここで、問題点を引き起こす要因については、II-2 節で示した手順書の生成過程の説明文およびフロー図(Fig. 1)から列挙した問題点を引き起こす要因になると考えられる以下のものとした。

Table 3 Problems that may happen in the general flow of creating operation manuals

No.	Step of problem occurrence	Problem item	Classification of problems
1	(1)	Forgetting the creation of operation manuals	④
2	(2)	Not reflecting to the operation manuals of past operation experiences	②
3	(2)	Difficulty in obtaining the materials of plant design conditions	②
4	(2), (3)	Difficulty in judging the validity of current operation manuals in the case that plant conditions is different from that in plant design	④
5	(3)	Not explaining of the purpose of operation manuals and the importance of the items in operation manuals	①
6	(3)	Not describing of necessary informations in operation manuals	①
7	(3)	Difference of the formats and expressions of operation manuals depending on plants	①
8	(3)	No combination among operation manuals when operators and workers use some operation manuals	③
9	(3)	Difficulty in judging the validity of operation manuals when the know-hows of skilled operators should be included	④
10	(4)	Inappropriate revision of operation manuals in the plant with many facilities changed	⑤
11	(5)	Difficulty in understanding the importance of each procedure in operation manuals	①
12	(5)	Difficulty in understanding operation manuals described in only sentences at the first operation or work	④
13	(5)	Difficulty in understanding each procedure because of no explanation of the meaning of the contents in operation manuals	①
14	(5)	Contents (or completeness) are different by the skill of creators of operation manuals	④
15	(5)	Difference of understanding level of the contents of operation manuals depending on the skill of an operator	④
16	(6)	No combination among operation manuals when operators and workers use some operation manuals	①

(問題点を引き起こす要因)

- ① 手順書の表現
- ② 情報の取得性
- ③ 手順書の内容の正確さ
- ④ 手順書作成者や操作者のスキル
- ⑤ 手順書生成に費やすことのできる時間

Table 3 の結果を Fig. 1 の手順書生成フロー図に当てはめた結果、問題点を引き起こす要因の分類が特に多かった手順書の生成過程は、生成過程(2)の「手順書の検討(必要な情報の収集)」, 生成過程(3)の「手順書の作成・内容確認・操作者への説明」および、生成過程(5)の「操作の実施, および操作の実施において発見された問題点の修正」であり、これらの過程で問題点が発生しやすいと考えられる。

次に、手順書の問題点を引き起こす要因については、Table 3 に示すとおりに分類される。これらは問題点の内容に対して関係する関与者が異なるため、手順書の関与者のいずれかに分けられる。そのため、問題点を分類する際には、手順書の問題点の関与者が誰であるか、および問題点を引き起こす要因を明確にする必要がある。以下に問題点の分類作業の例としてトラブル事例1を挙げて説明する。

(トラブル事例1)

手順書の手順は正しいが操作バルブの表現が明確でなかった。この手順書を用いて操作者が初めてあるバルブを操作しようとしたが、操作者は手順書に記載されたバルブの表現が理解できず、誤って別のバルブを操作してしまった。

このトラブル事例の問題点を考える。先ほど述べた問題点を引き起こす要因より考えられるのは、手順書に記載された操作バルブの表記方法である。これを Table 3 の問題点を引き起こす要因に当てはめる場合、手順書の作成者側と使用者側からみた場合では、以下のように分類される要因が異なる。

(問題点を引き起こす要因の分類の考え方)

作成者側：操作バルブを明確に表現しなかった。

→ 問題点を引き起こす要因①に分類される。

操作者側：操作バルブの表現が理解できず、誤って別のバルブを操作した。

→ 問題点を引き起こす要因④に分類される。

このトラブル事例1の場合に考えられる問題点としては、手順書に記載されたバルブの表現が明確でなかったこと(作成者側の問題点), およびバルブの表現が理解できず誤って別のバルブを操作したこと(操作者側の問題点)の2つである。これらは、結果的に問題点を引き起こす要因に分類する際には、2つの要因に分類される。このように、トラブルに結び付きやすい手順書の問題点を、問題点を引

き起こす要因に分類する際は、手順書の問題点の内容を問題点の関与者の立場で考えた上で、問題点を引き起こす要因に対応させて考える必要がある。

また、トラブル事例1では手順書の問題点、および問題点を引き起こす要因が2つ発生し、それぞれの手順書の問題点の関与者が作成者側と操作者側に分かれている。このように、1つのトラブル事例に対して手順書の問題点、および問題点を引き起こす要因が複数発生している場合、その対策を行う際にはそれぞれの手順書の問題点について検討を行う必要がある。しかしながら、手順書の問題点に対する対策を検討する際には、手順書の問題点1つ1つを検討するよりも、それぞれの手順書の問題点の関連性を考慮する方が、よりよい対策を検討することが可能であると考えられる。

以上のことから、Fig. 1 の手順書生成フローを用いることにより、問題点が発生した生成過程を判別することが可能となる。そして、手順書の問題点を手順書の問題点の関与者と、問題点を引き起こす要因に対応させて考えること、および手順書の問題点が複数発生した場合には、それぞれの関連性を考慮することが、問題点の対策を考察する上で重要であるといえる。

III. NUCIA に登録されたトラブル事例における手順書の問題点の分析

II 章では、手順書生成フローに基づき、手順書の問題点の整理方法を説明した。本論文では、手順書の問題点が、手順書の生成過程のどの部分でどの程度発生しているかを分析し、特に多く発生している問題点、および問題点を引き起こす要因を明らかにすることを目的としている。そのため、本章では実際に発生している手順書の不備が原因によるトラブル事例として、原子力プラントの不具合事象に関するデータベースに登録されたトラブル事例を用いることとした。そして、手順書の不備が原因によるトラブルについて、手順書の問題点に対する関与者、問題点を引き起こす要因の発生状況、および手順書の問題点が複数発生している場合における関連性を分析する。

1. 原子力施設情報公開ライブラリー(NUCIA)⁷⁾について

本論文では、インターネット上で一般公開されている原子力安全データベース(NUCIA)のトラブルの登録データベースを利用して、操作手順書の不備と不具合事象との関連性を分析する。NUCIA(ニューシア)とは、原子力施設情報公開ライブラリー(NUCuclear Information Archives)の通称であり、2003年10月1日より運用を開始したデータベースである。その目的は、

- ① トラブル等の情報を電力会社間で共有・活用することにより、トラブル等の未然防止および再発防止を図るとともに、産官学で情報を共有する
- ② トラブル等の情報を公開することにより、原子力施設

に対する透明性を確保する

③確率論的安全評価(PSA: Probabilistic Safety Assessment)用機器故障率のためのデータベースを構築するである。トラブル等情報, 信頼性, 故障率算出などの情報が登録され, 2009年2月までに約3,500件の情報が登録されている。

2. 手順書の問題点と, 問題点を引き起こす要因の分類項目の設定

まず, NUCIA に登録された手順書の不備が原因によるトラブルについて, どのような問題点がよく発生しているかを分析するために, 手順書の問題点に対する関与者, および問題点を引き起こす要因を整理するための分類項目を検討した。

NUCIA の Web ページにある「トラブル等情報検索」より, 2006年1月1日~2008年12月31日までの3年間のトラブル登録データを対象に, 登録年数別に分けて呼び出した。呼び出した各登録年数のすべての登録データに対して, トラブルの登録データのうち手順書の不備が原因によるトラブル内容から, トラブル登録データに記載されている項目のうち, 「原因」「大・小分類」「再発防止対策」の記載事項において手順書に関連する記載がある登録データのみを抽出した。次に, 抽出した登録データに記載されている「原因」や「再発防止策」の記載事項をもとに, 手順書の問題点を関与者の観点から問題点を一覧表にして整理した。そして, 一覧表に整理した問題点1つ1つに対して, 問題点の関与者, 問題点を引き起こす要因の順番に検討し, 可能な限り項目を列挙した。列挙された問題点を引き起こす要因の項目は同じ意味をもつ項目を1つに整理した。以下の **Table 4** に手順書の問題点の整理, 問題点の関与者, および問題点を引き起こす要因の分類項目を列挙する作業例を示す。

Table 4 は, NUCIA の登録番号8205のトラブル事例

「非常用ディーゼル発電機 2C の運転上の制限逸脱について」である。まず, この事例に記載されている情報から手順書の問題点を整理する。この例では, 記載事項より手順書の問題点となると考えられる情報として(原因)の欄から①の情報, (再発防止対策)の欄から②の情報に番号を付けて整理する。次に, 番号を付けて整理した情報から考えられる手順書の問題点を, 情報の1つ1つについて分析して整理する。最後に, 整理された手順書の問題点の内容から, 問題点の関与者, 問題点を引き起こす要因の順番に対応させて分類項目を列挙(同じ意味をもつ項目がある場合は整理)した。なお, 分類を進める中で, その時点でどの問題点を引き起こす要因の項目にも当てはまらないものについては, いったんその他の項目を作成してまとめておき, 後でその他の項目について再度分析を行い, 問題点を引き起こす要因の項目名を追加した。そして, この作業を数回繰り返すことにより, 問題点を引き起こす要因の分類項目を確定した。この分析手法における特徴については以下のとおりである。

(特 徴)

- ① 手順書の問題点が, 単独あるいは複数存在する場合でも, いくつかの問題点を引き起こす要因の項目に簡単に分類することが可能である。分類する際に使用される問題点の分類項目の一覧表は, トラブル事例における手順書の問題点を, 問題点の関与者, 問題点を引き起こす要因の順番に項目に分類した。そして, 同じような意味をもつものを1つの項目に整理する作業を数回実施して集約した結果である。また, 分類項目の一覧表は問題点の関与者, 問題点を引き起こす要因の順番に階層別に作成されている。そのため, ある程度の手順書の問題点は階層別に作成された分類項目の一覧表により, いずれかの関与者と問題点を引き起こす要因の項目に簡単に分類することができる。
- ② トラブル事例の問題点を, 問題点の関与者と問題点

Table 4 An example trouble case for extracting the categories of problems

Title of trouble case	Deviation of the restrivtion in the operation of the emergency Diesel generator 2C
Registration number	8205
Description in the report of trouble case	(Cause) ... <u>The closing operation of an indicator cock valve should be made by following the operation manual at the completion of turning after a long time operation in the manual start-up examination last month. But the closing operation of the valve was not made due to no checklist in the operation manual. ①</u> ...
	(Meaasure for preventing the happening of the same trouble) ... <u>A checklist similar to the one used before the examination is added in the column of the operation of the indicator cock valve at the turning after a long time operation. ②</u> ...
Problems extracted	①The operator took operations following operation manuals by using them. However, he/she did not take a necessary operation because he/she forgot to confirm the operation history without a checklist. ②A checklist is not supplied for the operations.
Listing up of category items	①⇒Item III-(1)-⑤「Confirming the contents of operation manuals but not taking a necessary operation」 ②⇒Item I-(1)-①「Forgetting the creation of a necessary operation manual」

Table 5 List of categories of the problems in trouble cases

Category of problems		
I. Problems in operation manuals from the viewpoints of creators of operation manuals		
(1) Problems in creating step	①	Forgetting the creation of a necessary operation manual
	②	Inappropriate usage of existing operation manuals (standard manual or the manual for similar past works) instead of creating a new one
(2) Problems in examining (or reexamining) step	①	Not sufficient examining procedures in the creating step of operation manuals
	②	Not reflecting the examination of procedures to operation manuals in creating step
(3) Problems in creating, confirming and examining step	①	Not describing necessary informations in operation manuals
	②	Wrong description of operation manuals
	③	Inappropriate description of a procedure in operation manuals
	④	Wrong procedure
	⑤	Not conforming the contents of operation manual due to no apparent problem in the past usage
	⑥	Not conforming the contents of operation manual in the approval step of it
	⑦	No distribution of operation manuals
(4) Problems in revising step	①	Not reflecting the lessons by the troubles happened in the past
	②	Not reflecting the results of examinations of procedures
II. Problems in operation manuals from the viewpoints of operators		
(1) Problems in operation	①	Not offering a mean to confirm the contents of the operation manuals
	②	Not offering a mean to firmly take a procedure in operation manuals
	③	Not suspecting a problem in operation manuals
	④	Not suspecting a problem in operation manuals and taking the operations described
	⑤	Erroneous interpretation of the contents and descriptions of operation manuals
	⑥	Incorrect contents and descriptions of operation manuals and erroneous interpretation of them
	⑦	Incorrect opetaion of a device in the field corresponding to the description of an operation manual
III. Problems ascribed by operators		
(1) Human factors of operators	①	Not confirming the contents of operation manuals
	②	Not confirming the contents of opeation manuals and taking an operation (or decision) by the interpretation (or conviction) of worker
	③	Taking an operation (or decision) by the interpretation (or conviction) of worker due to missing necessary descriptions in operation manuals
	④	Not taking an operation due to missing necessary descriptions in operation manuals
	⑤	Confirming the contents of operation manuals but not taking a necessary operation
(2) Experiences of operators	①	Lack of the recognition of a worker for the work (or operation)
	②	Making an erroneous decision by a worker due to the condition in the field, the atmosphere of the field, and the relation with previous procedures
	③	Making an erroneous decision in the differences from past experiences
	④	Not awaring mis-operation
	⑤	Others
(3) Confirmation of condition of machines and tools	①	Not checking in the field before (or after) an operation
	②	Not making exact indication of machine condition in the field after an operation
	③	Others
IV. Problems in the combination of workers		
(1) Lack of communications	①	Workers in the same company
	②	Workers from different companies
V. Problems ascribed by instructors of operations		
(1) Mistake in instruction	①	Workers in the same company
(2) Ommision of instruction	①	Workers in the same company

を引き起こす要因に対応させて分類が可能である。手順書の問題点は、問題点の関与者によって問題点を引き起こす要因は異なる。そのため、問題点の対策を検討する際には、問題点の関与者の立場における問題点

を引き起こす要因を把握する必要があると考える。

③ いくつかのトラブル事例の問題点を、問題点を引き起こす要因の項目に分類した。その結果、問題点を引き起こす要因の項目が複数ある場合、それらの組み合

わせから、各々の問題点の関連性が把握できる。この方法は、発生した問題点を引き起こす要因の対策を1つ1つ実施するよりも、効率のよい対策の検討に有効である。

さらに、検討を進める中で、複数の作業にまたがる場合や、同じ職場の同僚・グループ間の連絡(コミュニケーション)不足による問題点も多く発生していることがわかったため、これらについても問題点を引き起こす要因の項目に含めた。

3. トラブル事例における手順書の問題点の関与者、問題点を引き起こす要因の分類結果

III-2節の方法により、最終的にトラブル発生の原因となった問題点を **Table 5** の分類項目に分類した。

なお、**Table 5** のうち、分類項目 I-(3)-②の「手順書の表記内容が誤っていた」は、手順書の手順は問題ないが、手順書の操作が正しいことを判定する情報(判定条件や添付資料など)が誤っていたことを意味し、I-(3)-③の「手順は問題ないが、適切な表現がされていなかった」は、手順書自体は問題ないが、その内容の一部に誤解を招く表現がされていたことを意味する。また、分類項目 III-(1)-①～⑤の操作者の人的要因による分類項目には、手順書を使用している操作者の人的要因による問題点を項目に挙げているが、手順書が作成されていることを前提としている。

4. 操作の定常性からみたトラブルの発生状況

2006年1月～2008年12月までの NUCIA に登録されているトラブル事例は553件あり、そのうち手順書の不備が原因によるトラブル事例は71件あった。この件数は、トラブル事例全体の13%に当たる。このトラブル事例の発生件数を、トラブル事例の内容から II-1 節で述べた手順書の種類(定常または非定常の2つ)に分別して集計した。その結果を **Table 6** に示す。

Table 6 より、手順書の種類については、71件のトラブル事例のうち、定常操作：53件、非定常操作：18件となり、定常操作の手順書によるトラブルが多く発生している。これは、定常操作の頻度が高いことによる影響と考えられるが、逆に頻度が高い定常操作に使用される手順書は使用頻度が多く、完成度が高いものと考えられる。しか

し、実際には実績のある完成度の高い手順書を用いる定常操作でも、多くの問題点が存在していると考えられる。

5. 問題点を引き起こす要因の項目の発生件数と分析結果

次に、**Table 5** に述べた問題点を引き起こす要因の項目の発生件数を集計した。最終的な結果を **Table 7** に示す。また、問題点を引き起こす要因の項目を II-2 節に示した **Fig. 1** の手順書の生成過程のフロー図に当てはめて、問題点を引き起こす要因の項目ごとの発生箇所について整理した。その結果を **Fig. 2** に示す。ここでは、問題点を引き起こす要因の各カテゴリー別に集計したカテゴリー別発生件数も合わせて記載した。

トラブル発生の原因となった問題点については、**Table 7** に示すとおりほぼすべての分類項目にわたって発生している。**Table 7** の中から、特に多く発生している問題点を引き起こす要因(発生頻度が5件以上)の項目については、同じ内容であってもその内容をよく読んでみるとさらに異なった要因が発生していることがわかった。そのため、より具体的な問題点を引き起こす要因の内容について詳細に分析する必要があると考えた。そこで、項目に分類された問題点を引き起こす要因1つ1つについて、NUCIA の登録データに記載された該当箇所を読み直して詳細に分析を実施した。その結果を以下に述べる。

(**Table 7** に示す分析結果詳細)

大分類 I. 作成者に関連する項目

(1)-① 作成する必要があったが、失念した(14件)。

手順書に必要なものが準備できていなかったため、トラブルに結び付いたものである。その内訳は、チェックリスト関係：11件、作業要領書関係：1件、作業に関するルール：1件、点検要領の規格化：1件と、チェックリストの作成ができていないケースがほとんどであった。

(2)-① 作成段階における手順に関する十分な検討がされていなかった(18件)。

NUCIA に登録されているトラブル事例から、手順書の内容が十分検討されていないと判断できるものである。その内訳は、作業手順関係：5件、規格やルール：6件、図面や仕様：7件となっている。

大分類 I. 作成者と操作者に関連する項目

(3)-① 手順に必要な項目が記載されていなかった(53件)。

トラブル事例の報告内容から、手順書に記載がないことによりトラブルが発生したものである。それらの内容を検討し、手順書に記載しておく必要のあると判断されるものと、必要ないものと判断されるものとを分けて分析した。その結果、必要ありのケースでは、操作や作業に必要なトラブルに直接関係する事項であり、その件数は45件であった。必要なしの場合では、作業の基本的事項や注意点などであり、その件数は8件となった。

Table 6 Results of statistical analysis of troubles by the problems in operation manuals

Year	Number of reported troubles	Number of troubles by the problems in operation manuals	Periodical operation	Irregular operation
2006	147	17	12	5
2007	216	21	20	1
2008	190	33	21	12
Total	553	71	53	18

Table 7 Results of analyzing problems in accidents and troubles ascribed by operation manuals

Participate of problems		Problems of category classification			Year			A part of information total	A part of category total
					2006	2007	2008		
I	Creators	(1) Problems in creation step	① Forgetting the creation of a necessary operation manual	4	1	9		14	15
			② Inappropriate usage of existing operation manuals (standard manual or the manual for similar past works) instead of creating a new one	0	0	1		1	
		(2) Problems in Examining (or reexamining) procedure	① Not sufficient examining procedures in the creating step of operation manuals	4	2	12		18	20
			② Not reflecting the examination of procedures to operation manuals in creating step	1	0	1		2	
	Creators and operators	(3) Problems in Creation, Confirmation, and examination of operation manuals	① Not describing necessary informations in operation manuals	12	18	23		53	72
			② Wrong description of operation manuals	1	0	4		5	
			③ Inappropriate description of a procedure in operation manuals	4	0	3		7	
			④ Wrong procedure	0	2	1		3	
			⑤ Not conforming the contents of operation manual due to no apparent problem in the past usage	1	0	0		1	
			⑥ Not conforming the contents of operation manual in the approval step of it	0	0	1		1	
	Creators	(4) Problems in revision of operation manuals	⑦ No distribution of operation manuals	0	0	2		2	4
			① Not reflecting the lessons by the troubles happened in the past	0	1	0		1	
			② Not reflecting the results of examinations of procedures	0	0	3		3	
II	Creators and operators	(1) Problems in operation	① Not offering a mean to confirm the contents of the operation manuals	2	1	5		8	26
			② Not offering a mean to firmly take a procedure in operation manuals	1	2	3		6	
			③ Not suspecting a problem in operation manuals	0	0	1		1	
			④ Not suspecting a problem in operation manuals and taking the operations described	1	1	2		4	
			⑤ Erroneous interpretation of the contents and descriptions of operation manuals	1	0	3		4	
			⑥ Incorrect contents and descriptions of operation manuals and erroneous interpretation of them	0	0	1		1	
			⑦ Incorrect operation of a device in the field corresponding to the description of an operation manual	1	0	1		2	
III	Operators	(1) Human factors of operators	① Not confirming the contents of operation manuals	0	0	2		2	20
			② Not confirming the contents of operation manuals and taking an operation (or decision) by the interpretation (or conviction) of worker	0	3	4		7	
			③ Taking an operation (or decision) by the interpretation (or conviction) of worker due to missing necessary descriptions in operation manuals	1	1	2		4	
			④ Not taking an operation due to missing necessary descriptions in operation manuals	1	1	0		2	
			⑤ Confirming the contents of operation manuals but not taking a necessary operation	3	1	1		5	
		(2) Experiences of operators	① Lack of the recognition of a worker for the work (or operation)	4	2	9		15	27
			② Making an erroneous decision by a worker due to the condition in the field, the atmosphere of the field, and the relation with previous procedures	2	1	0		3	
			③ Making an erroneous decision in the differences from past experiences	0	0	1		1	
			④ Not awaring mis-operation	0	1	1		2	
			⑤ Others	2	4	0		6	
		(3) confirmations of condition of machines and tools	① Not checking in the field before (or after) an operation	2	2	3		7	19
			② Not making exact indication of machine condition in the field after an operation	0	1	0		1	
			③ Others	2	7	2		11	
IV	(1) Lack of communications		① Workers in the same company	2	3	7		12	13
			② Workers from different companies	0	0	1		1	
V	(1) Do a miss indicate		① Workers in the same company	1	1	1		3	3
	(2) Do not indicate		① Workers in the same company	1	1	1		3	3

Fig. 2 Relation of problem categories to general flow of creating operation manuals

(3)-② 手順書の表記内容が誤っていた(5件)。

トラブル事例の報告内容から、手順書の表記内容が誤っていたことによりトラブルが発生したものである。現場と手順書の整合性が取れていないものがほとんどであった。

(3)-③ 手順は問題ないが、適切な表現がされていなかった(7件)。

手順自体は問題ないが、手順書に必要な情報が適切な表現でなかったことによりトラブルが発生したものである。その内訳は、作業の手順：5件、作業の関係事項：2件であった。

大分類 II. 作成者と操作者に関連する項目

(1)-① 手順書の内容を確実に確認する工夫がされていなかった(8件)。

手順書やチェックリストが作成されているが、それらを確認しないで手順を進めているケースがほとんどであった。

(1)-② 手順書どおりの手順を確実に実施する工夫がされていなかった(6件)。

手順書を使用しているにも関わらず、手順書どおりの作業を実施していないケースがほとんどであった。中には、誤操作(制御棒を巻上げるところを巻き下げた)もあった。

大分類 III. 操作者に関連する項目

また、IV-(1)-①の「同じ社内間」でのコミュニケーションが不足していたとの関連性が9件発生している。手順書に必要な事項が記載されていなかった際、操作者が他の関係者とコミュニケーションが正しく取れ、記載されていない必要手順に関するアドバイスがあれば、トラブルを未然に防止できた可能性もあるのではないかと考えられる。

7. NUCIA で公開された手順書の不備が原因によるトラブル事例の分析結果まとめ

II-3 節では、手順書の生成過程における手順書の不備が原因による手順書の問題点、問題点を引き起こす要因の分類、およびそれらの関連性の分析方法について説明した。次にその分析方法を用いて、III-5 節において NUCIA のトラブル報告書のうち手順書の不備が原因によるトラブル事例を呼び出した。そして、呼び出したトラブル事例から手順書の問題点について、問題点の関与者と問題点を引き起こす要因を項目に分類して一覧表に整理した。整理した一覧表から、発生件数の多い項目について分析を行った。また、III-6 節において同時に発生しやすい問題点を引き起こす要因の関連性についても分析を行った。これらの結果から、手順書の不備が原因によるトラブルの発生に関して得られた知見を以下にまとめる。

(分析結果から得られた知見)

① III-3 節で分類した問題点を引き起こす要因の発生件数を当てはめて説明した III-5 節の Fig. 2 で示す手順書の生成過程のフロー図から、ほぼ全体に渡り問題点を引き起こす要因が発生していることがわかった。特に Fig. 2 で示す手順書の生成過程(3)の「手順書の作成、内容確認、操作者への内容説明」から(5)の「操作の実施、および操作の実施において発見された問題点の修正」に至るまでの過程では、手順書の問題点の関与者、および問題点を引き起こす要因が各々に発生している。また、問題点を引き起こす要因の中には III-6 節で説明したように、同時に発生しやすく関連性の強い問題点を引き起こす要因の項目も存在することがわかった。これらの結果から、問題点を引き起こす要因の対策には、手順書の関与者の立場で考え、そして発生した問題点を引き起こす要因の項目の関連性を十分把握して検討する必要があると考えられる。その反面、Fig. 2 で示す手順書の生成過程(4)の「作成または確認後の修正検討」における問題点を引き起こす要因の発生件数は4件と非常に少ないこともわかった。これは、作成または確認後の修正検討における手順書の生成過程のフローが正しく運用されているためではないかと考えられる。

② III-5 節では、手順書の生成過程(Fig. 2)の(1)の「手順書の作成の必要性の判断」から(3)の「手順

書の作成、内容確認、操作者への内容説明」においては、問題点を引き起こす要因の発生件数が多い。さらに、一覧表に整理した問題点を引き起こす要因の分類のうち、同じ項目であっても発生している内容には細かくみるとさらに異なった要因が発生していたので、詳細に分析した。そのうち、Table 7 の I-(1)-①の「作成する必要があったが、失念した」では、チェックリスト関係の作成忘れが11/14件と多く発生していることがわかった。操作に関するチェックリストは意外と作成忘れが多いようである。また、I-(2)-①の「作成段階における手順に関する十分な検討がされていなかった」では、作業手順の他にも規格・ルール、図面・仕様などの検討もされていないことがわかった。さらに、I-(3)-①の「手順に必要な事項が記載されていなかった」では、手順書の必要事項の省略可能なものは8/53件であったのに対し、記載漏れは、45/53件であった。作成者は、ある程度手順書に必要な情報を網羅して手順書を作成していると考えられるが、意外と抜けが多いようである。これに対して、操作者については、III-(1)-③の「手順書に必要な事項が記載されていなかったため、自分なりの解釈(思い込み)で操作を実施した」、および III-(1)-④の「手順書に必要な事項が記載されていなかったため必要な操作を実施しなかった」の要因の中に、手順書に必要な事項が記載されていないことにより、必要な操作を実施しなかった、あるいは、手順書の操作内容が認識できていないなどが発生していることがわかった。また、III-(2)-①の「手順書の作業(または操作)に関する認識が不足していた」の中で、手順書で操作している操作に関する認識が不足した状態で操作していることもわかった。したがって、手順書は、作成者と操作者の視点のバランスを重視した内容であることが重要であると考えられる。

③ 操作者が関与する問題点の要因については、Table 7 の III-(1)-①の「手順書の内容を確認しなかった」から III-(3)-③の「その他」で示すように、ほとんどの場合手順書どおりに操作を実施しているようである。しかし、中には手順書の内容と現場との整合性が取れない、手順書の内容を確認しない、手順書の操作を忘れる、あるいは手順書の表現が理解できないなどが生じていることがわかった。加えて、上記②でも説明したとおり操作者は手順書の操作内容に関する認識が不足しているケースも多く発生していることから、手順書の記載事項が漏れることによるトラブルが発生しやすいと考えられる。これらのことから操作者は手順書どおりに操作しているが、中には手順書の内容を必ずしも理解していない操作者もいるようである。操作者の手順書の操作

に関する理解度を高めることが必要であると考え。

このように、実際に発生したトラブル事例として NUCIA に登録された手順書が原因によるトラブル事例を呼び出した。そして、呼び出したトラブル事例における問題点を、問題点の関与者、問題点を引き起こす要因、およびこれらの要因の関連性について問題点の 1 つ 1 つを分析し、一覧表に整理した。そして、一覧表に整理した分析結果を手順書の生成過程に当てはめることで、各過程で発生している問題点について整理することができた。この分析結果は、実際に発生している手順書の問題点を筆者らの業務経験から述べた手順書の生成過程の各過程に当てはめることで、手順書の問題点が手順書の生成過程のどの過程で発生しているかを明確にすることができた。さらに、手順書の生成過程で今後も発生する可能性がある問題点の対策を検討する上で、問題点の関与者、および問題点の関連性を考慮したこれまでにない分析である。そのため、手順書が原因による問題点の再発防止対策を検討する上で、非常に有効性が高い分析結果が得られたと考える。

IV. おわりに

本論文では、II 章で手順書の分類と特徴、生成過程の説明、およびトラブルに結び付く手順書の問題点について、手順書の生成過程の各過程における人間の関与によって発生すると考えられる手順書の問題点を関与者(手順書の作成者、操作者、および両者)と、問題点を引き起こす要因に対応させること、および問題点が複数発生している場合にはその関連性を考慮するという手順書の問題点の分析方法の考え方について説明した。そして、III 章で実際に発生しているトラブル事例として、原子力発電所の不具合事象について網羅的に公開されている NUCIA に登録されているトラブル事例から、手順書の不備が原因によるトラブルを抽出し、トラブル事例の 1 つ 1 つについてトラブルに結び付く手順書の問題点を列挙した。そして、列挙したトラブルに結びつく手順書の問題点を、問題点の関与者、および問題点を引き起こす要因の順番に項目に分類し、一覧表に整理した。整理した一覧表より、問題点を引き起こす要因が 5 件以上発生している、あるいは、同時

に発生しやすい問題点を引き起こす要因の発生を低減するため、問題点を引き起こす要因について項目ごとに詳細な分析を実施した。その分析結果から、手順書の不備が原因によるトラブルで発生したトラブルに結び付く手順書の問題点、および問題点を引き起こす要因の発生状況、および同時に発生しやすい問題点を引き起こす要因の関連性などについての傾向がわかった。

今後は、本論文でまとめた分析結果からトラブルの発生を低減させるための対策の方向性について、具体的な手法を検討していく。その中で、情報量の量や質、表現、手順書の内容確認など、様々な角度から対策方法を考察する。その中から、いくつかの対策方法の効果について実験を行い、有意性の検証を行う。そして、手順書が問題となるトラブルを低減させるための、手順書生成過程および、手順書のあるべき姿について検討を行うこととする。

— 参考文献 —

- 1) A. Gofuku, T. Ogawa, R. Kiriko, *et al.*, “An experimental investigation of the effect of the usage of skilled-operator’s eye fixation points on the training of plant operation”, *Trans. Hum. Interface Soc.*, **11**[3], 21-22 (2009), [in Japanese].
- 2) Y. Niwa, E. Hollnagel, “Study on computerized presentation of emergency procedures of a nuclear plant (Step-1 Thoughts on basic concept and specification)”, *INSS J.*, **1**, 214-226 (1994), [in Japanese].
- 3) H. Sakuda, “Hozen sagyou ni okeru PSF (koudoukeiseiinshi) no shitenkaramita sagyouteijunsyo ni kansuru kentou,” *Summer seminar of division of human machine system of AESJ* (2009), [in Japanese].
- 4) A. Komatsubara, *Human error (2nd Edition)*, Maruzen (2008), [in Japanese].
- 5) A. Murata, *Human error no Kagaku -Shippai to Umaku Tsukiauhou-*, Nikkan Kougyou Shinbunsha (2008), [in Japanese].
- 6) H. Sayama, Mitsubishi chemical corporation Mizushima Plant, *Zoku-Koujyousyoujinka no Susumekata Sayonara 「Muda Sagyou」*, Japan Institute of Plant Maintenance solution (1999), [in Japanese].
- 7) <http://www.nucia.jp/>