

# 解説 記事

## 作業手順書に関する一考察

株式会社原子力安全システム研究所

作田 博 Hiroshi SAKUDA

### 1. はじめに

保全是、プラント設備の安全性と信頼性を確保するためには必要不可欠なものであるが、保全のまずさが、トラブルの原因となっていることも散見される。古いデータではあるが、国内原子力発電所のトラブル事例分析において、高川ら(2007)[1]は2003年度から2005年度に発生したトラブル要因として、「保守不良」が全体発生件数の42%を占めていることを示している(図1)。また「保守不良」の内訳は、「ヒューマンエラー」が66%と多く(図2)、さらに「ヒューマンエラー」の内訳は、「作業手順書に記載なし、曖昧」が22%、「作業手順書記載間違い」が19%、残りは「その他」となっている(図3)。

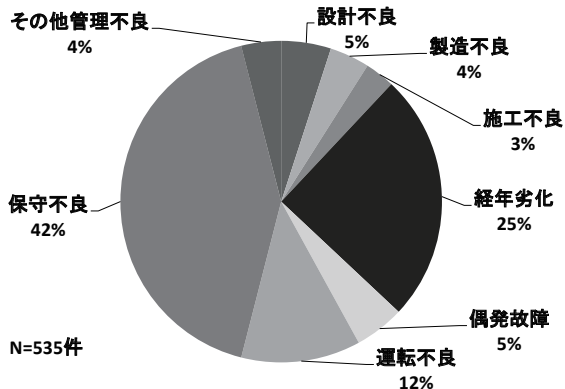


図1 保全トラブルの主要因 [1]

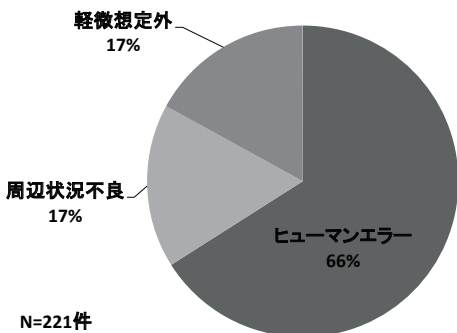


図2 「保守不良」の内訳 [1]

このことは保全トラブルへの対策の多くが、作業手順書を対象にとられていることを示している。例えば、抜けていた作業手順や注意事項の追記、過去にヒューマンエラーを起こした作業手順にはそれがわかるマーキングを施すなどである。また作業手順書を対象にした研修も行われる。

そもそも作業手順書に全ての作業手順と注意事項を書き込むことは無理があることと、わかりやすさの観点からしても作業の軽重や注意事項の目立ち度が低減し、好ましくない。一般的に作業手順書は当該の作業に精通した作業員(熟練者)が作成すると思われるが、初級者でもこれぐらいは記載しなくても知っているだろうと思われる事項は、作業手順書には記載されない。そうすると作業手順の抜けが生じ、トラブルのもととなる可能性がある。また、現場は生き物と言われるように、環境は常に変動している。作業手順書は前提とした環境に合うように作られているため、環境に合わない作業手順書を使うと当然ながらエラーのもととなる。作業手順書に係るトラブルは、作業員個人のエラーととらえるのではなく、作業員と作業手順書と環境との間でのミスマッチングが起きていると考えるべきである。

保全業務における作業手順書の重要性は大きいと言えるが、作業手順書の具体的な改善方法については言及されていないのが現状である。そこで、作業手順書を改善

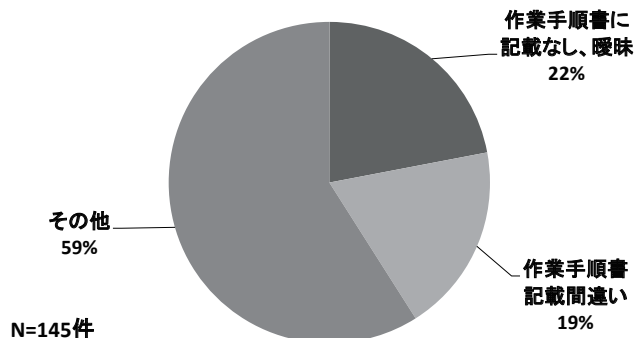


図3 「ヒューマンエラー」の内訳 [1]

するための工夫についての知見と、日ごろ感じている作業手順書の課題について紹介する。

## 2. 作業手順書を改善するための工夫

一般的な作業手順書は、作業手順、注意事項および備考などで構成され、チェックのための確認欄が設けられている。作田 (2017) [2] は、作業者が作業手順書を使用する場合の認知行動モデルを提案している (図4)。

この認知行動モデルから、作業者の「作業のイメージ化」、「予測」、および「解釈」を支援することにより、作業パフォーマンスが向上することを実験により確認している。その内容を以下に示す。

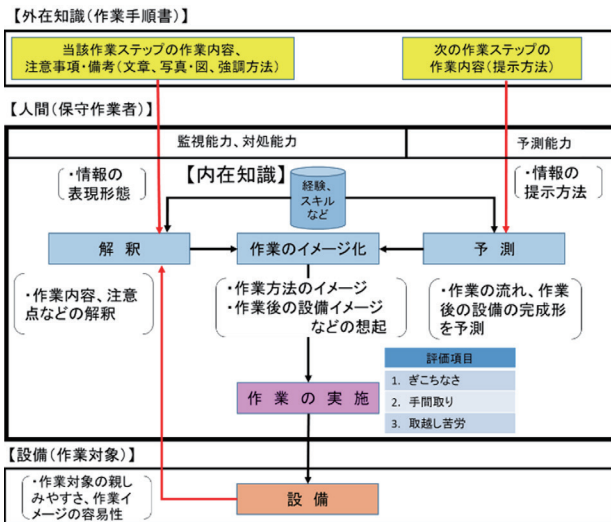


図4 作業者の認知行動モデル [2]

### 2.1 「作業のイメージ化」の支援

#### (1) 実験方法

空気作動式調節弁駆動部の組立作業 (13 ステップ) を対象とし、従来型作業手順書 [文章のみ] (図5) と「作業のイメージ化」を支援することを意図した改良型作業手順書 [文章+写真・図] (図6) を試作する [3]。次に研修センターの訓練設備を借用し、実際に組立作業を実施する。2種類の作業手順書に対して、それぞれ2回試行する。実験参加者4人は、当該作業経験のない者とした。

作業パフォーマンスの評価は、評価者(熟練者)2人が観察により行う。評価は、「ぎこちなさ」、「手間取り」、および「取越し苦労」の観点で、作業ステップごとに1点(問題なし)から5点(問題あり)をつけることとした。点数が高いほど、問題があることを表わしている悪評点である。

#### (2) 実験結果

作業パフォーマンスの悪評点を表1に示す。悪評点は、

#### 3-3 駆動部組立

No	作業手順	注意事項	備考
3-3-1	調整ナットおよび調整ネジ、スプリングを乗せる。	調整ナットおよび調整ネジは寸法調整して一体であるので回さないこと。スプリング整合が正しく中央に位置していることを確認する(マークを合致させる)。	分解組立図を参照すること。
3-3-2	スプリングガイドを乗せる。	スプリングが正しく中央に位置していることを確認する。	
3-3-3	ダイヤフラムプレートを乗せ、セットスクリュー孔に、スペーサーを通してガイドポスト4本を立て手締める。		
3-3-4	分解組立治具をダイヤフラムベースに乗せる。	重量物なので落下させないよう注意する。また計装品にぶつたりしないよう慎重に作業する。	分解組立治具図を参照すること。
3-3-5	ダイヤフラムプレートの中心部に油圧ジャッキを乗せ、ジャッキ先端部がフレームの中心孔に入るよう、ジャッキの位置を調整する。	ジャッキはセットスクリューが取付悪いような向きにする。	

図5 従来型作業手順書 [3]



図6 改良型作業手順書 [3]

表1 作業パフォーマンスの悪評点

作業手順書	従来型	改良型
ぎこちなさ	166	152
手間取り	172	145
取越し苦労	151	128

2人の評価者の13ステップに対する合計点を示している。改良型作業手順書は、従来型と比較して、作業パフォーマンスが高く示された。参考までに、作業の所要時間は、2回の平均値で、従来型は75分、改良型は62.5分であった。ちなみに作業手順書の内容が頭に入っている熟練者の模擬実験では、45分であった。

## 2.2 「予測」の支援

### (1) 実験方法

小型横型ポンプの組立作業（13ステップ）を対象とし、次作業ステップ情報なし（1ステップ/枚）の作業手順書と「予測」を支援することを意図した次作業ステップ情報あり（複数ステップ/枚）の作業手順書（図7）を試作する[4]。次に研修センターの訓練設備を借用し、実際に組立作業を実施する。2種類の作業手順書に対して、それぞれ1回試行する。実験参加者2人は、当該作業経験のない者とした。

作業パフォーマンスの評価は、2.1項の悪評点に加えて、作業手順書の読み方を観察する。観察にあたっては、「瞬間視」、「注視」、および「熟読」の発現回数を計数することとした。

手順書 4

手順	作業方法	説明図
1	メカニカルシール組込み	
(1)	メカニカルシールカバー(1)にOリング(2本)を装着し、主軸に差し込む。 (2)項下図参照  【注意】(品質) ●Oリングが「ひび割れ」しないようシリコングリスを薄く塗布し装着させる。 ●シート面に異物、油分の付着による漏洩がないよう光の反射面を見て確認する。(メカ漏れ防止)	【メカニカルシールカバー(1)】 Oリング シート面上向き
(2)	メカニカルシールの回転環がセットされたスリーブ(2)を主軸に差し込む。 (下図参照)  【注意】(品質) ●スリーブ(2)内側のOリングにシリコングリスを少し塗布し、キー溝・径変化部に注意しゆっくり挿入する。(Oリング切損防)  【注意】(品質) ●シート面に異物、油分の付着による漏洩がないよう光の反射面を見て確認する。(メカ漏れ防止) ●シールリングは、径差の調整でも破損する恐れがあるため慎重に取り扱うこと。	【スリーブ(2)】 Oリング メカニカルシー シート面下向
	【順序】 ① スリーブ(2) ② メカニカルシールカバー(1) ③ 主軸 ④ スタン	【主軸】

図7 作業手順書[4]（次作業ステップ情報あり）

### (2) 実験結果

作業パフォーマンスの悪評点を表2に示す。悪評点は、2人の評価者の13ステップに対する合計点を示している。次作業ステップ情報ありの作業手順書は、なしと比較して、作業パフォーマンスが高く示された。

表2 作業パフォーマンスの悪評点[4]

作業手順書	次作業ステップ情報なし	次作業ステップ情報あり
ぎこちなさ	58	46
手間取り	44	34
取越し苦労	43	39

作業手順書の読み方の発現回数を図8に示す。作業手順書が読みやすいものであるならば、「瞬間視」が多くなり、「注視」と「熟読」は少なくなると思われる。次作業ステップ情報ありの作業手順書は、なしと比較して、読み方はより適切である。

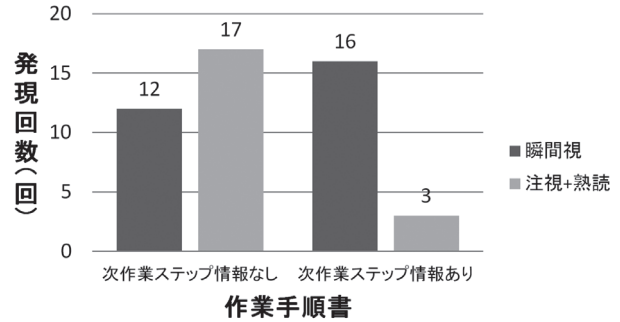


図8 作業手順書の読み方の発現回数 [4]

作業の所要時間は、次作業ステップ情報なしの作業手順書は53分であり、ありは42分であった。

## 2.3 「解釈」の支援

### (1) 実験方法

レゴ・ブロックの組立作業（10ステップ）を対象とし、注意事項の強調「なし」の作業手順書と「解釈」の支援を意図した強調「あり」の作業手順書（図9）を試作する[2]。レゴ・ブロックの完成写真を図10に示す。2種類の作業手順書に対して、それぞれ実験参加者6人が作業する。作業パフォーマンスについては、組立エラー数を計数することとした。

No.	作業手順、注意事項
1	ブロック(8)を机上に横長方向に置く。  ・( )内の数字は、ブロックの丸い突起物の数を表している ▲ <b>ブロックは、同じ色が接触しないこと(以下同じ)</b>
2	先ほど置いたブロック(8)の手前に、ブロック(8)を横長方向に並べて置く。
3	並んでいる2つのブロック(8)に対して、ブロック(8)を縦長方向に重ね、3つのブロックをつなげる。  ・縦長方向のブロック(8)は、横長方向に置いた2つのブロック(8)の右端にそろえること
4	縦長方向のブロック(8)の中央にブロック(4)を重ねて置く。一旦、向きを変えずに仮置きする。
5	新たに、ブロック(6)を机上に横長方向に置く。

図9 作業手順書[2]（強調あり）

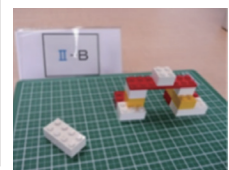


図10 完成写真 [2]

(2) 実験結果

作業パフォーマンスとしての組立エラー数を図 11 に示す。強調ありの作業手順書は、なしと比較して、組立エラー数が少ない傾向を示した。

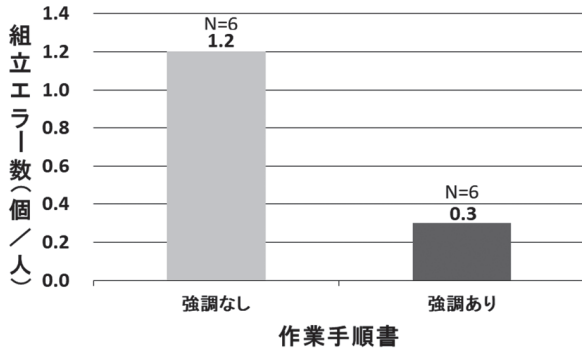


図 11 組立エラー数 [2]

2.4 作業手順書の表現形態の詳細検討

作業手順書に対して、「作業のイメージ化」の支援、「予測」の支援、および「解釈」の支援を行うことで、作業パフォーマンスの向上傾向が認められたことから、具体的な作業手順書の表現形態について検討する [5]。

(1) 検討方法

作業対象がイメージしやすいものの例として小型横型ポンプの組立作業 (3 ステップ) を、イメージしにくいものの例として真空遮断器の点検作業 (6 ステップ) を対象とし、表 3 に示す 6 つの様式の作業手順書を試作する。また各作業手順書には表 4 に示す各種支援を行うこととした。小型横型ポンプの作業手順書 Y-1 を一例として図 12 に示す。

小型横型ポンプに対しては、機械設備の熟練者 (経験年数 10 年以上) 15 人、初級者 (2 ~ 3 年) 5 人、真空遮断器に対しては、電気設備の熟練者 (経験年数 10 年以上) 15 人、初級者 (2 ~ 3 年) 5 人に対して質問紙調査を行うこととした。それぞれ望ましいと思う様式と各種支援を選択回答することとした。

表 3 作業手順書の様式 [5]

作業手順書	特徴
Y-1	1ステップ枚+先ステップ表記
Y-2	1ステップ枚+前・先ステップ表記
Y-3	2ステップ枚+備考
Y-4	2ステップ枚+注意点+安全対策ポイント
Y-5	3ステップ枚+注意点+安全対策ポイント
Y-6	3ステップ枚

表 4 作業手順書への各種支援 [5]

識別記号	特性要素	説明
A-1	写真なし	-
A-2	状況写真	装置全体や作業状況の写真
A-3	詳細説明写真	関連部品の写真
A-4	写真+部品説明指示 (線矢印)	写真と線矢印にて関連部品名を示す
A-5	写真+動作説明指示 (ブロック矢印)	写真とブロック矢印にて移動や部分的拡大の様子を示す
A-6	機器形状図なし	-
A-7	機器形状図	図解のための形状図
A-8	詳細説明図	細部についての説明図
A-9	図形+部品説明指示 (線矢印)	図形と線矢印にて関連部品名を示す
A-10	図形+動作説明指示 (ブロック矢印)	図形とブロック矢印にて移動や部分的拡大の様子を示す
B-1	太字	太字にて作業上の注意事項などを示す
B-2	下線	下線にて作業上の注意事項などを示す
B-3	色付き文字	注意事項の記述に色付き文字を使用
C-1	強調マーク	▲、+ など
C-2	吹き出し	内への記載にて注意を喚起
C-3	枠囲い	内への記載にて注意を喚起

作業手順書 Y-1  
機器名: 小型横型ポンプ

作業手順および注意事項

2. ケーシングカバー取付け

(1) ケーシングカバー④を軸受け箱⑤に取付け、固定ボルト⑥ (4本)にて仮締め固定する。

【A-4】  
写真+部品説明指示 (線矢印)

【A-2】  
状況写真

【A-5】  
写真+動作説明指示 (ブロック矢印)

【B-1】  
太字

<品質ポイント>  
・フランジ嵌め合い面に異物の噛み込みがないか確認する。  
(偏芯組込み防止)

▲ 冷却水の通り穴位置が、ズレないようにフランジ面の合いマークを合わせて確認する。

【B-2】  
下線

<安全ポイント>  
+ 重量物のため部品を手元に引き寄せ持ち上げる。また、指詰めしないよう合わせ面を持たないこと。

・ケーシングカバー取付け時、軸受け箱本体が転倒しないよう介添え者が確実に支えること。

【C-1】  
強調マーク

確認区分	次のステップ	作業手順
○	○	2. (2)メカニカルシールカバー取付け

図 12 作業手順書の一例 (Y-1) [5]

(2) 検討結果

質問紙調査結果を表 5 に示す。「作業のイメージ化」の支援において、熟練者は、作業対象がイメージしやすいものは、説明なしの機器形状図を、イメージしにくいものは、写真+部品説明指示 (線矢印) を選択している。「予測」の支援においては、熟練者、初級者とも複数ステップ/枚を選択している。「解釈」の支援においては、色付き文字、強調マークを選択している。熟練者と初級者

で異なっているのは、「作業のイメージ化」の支援において作業対象がイメージしやすいものに対しても、初級者は具体的な写真または図形と関連部品名を示すことを選択していることである。

表5 作業手順書の具体支援例

支援の種類	保守作業者の経験スキル	作業対象がイメージしやすいもの	作業対象がイメージしにくいもの
「作業のイメージ化」の支援	熟練者	・機器形状図 (A7)	・写真+部品説明指示 (線矢印) (A4)
	初級者	・写真+部品説明指示 (線矢印) (A4) ・図形+部品説明指示 (線矢印) (A6)	・写真+部品説明指示 (線矢印) (A4)
「予測」の支援	熟練者	・2ステップ/枚+注意点+安全対策ポイント (Y4)	・2ステップ/枚+注意点+安全対策ポイント (Y4)
	初級者	・2ステップ/枚+注意点+安全対策ポイント (Y4) ・3ステップ/枚+注意点+安全対策ポイント (Y5)	・2ステップ/枚+備考 (Y3)
「解釈」の支援	熟練者	・色付き文字 (B3) ・強調マーク (C4)	・色付き文字 (B3) ・強調マーク (C4)
	初級者	・色付き文字 (B3) ・吹き出し (C2)	・下線 (B2) ・色付き文字 (B3) ・強調マーク (C4)

## 2.5 表現形態改良型と従来型の特徴比較

表現形態改良型作業手順書 (図12) と従来型作業手順書 (図5) について、作業員16人に対して質問紙調査を行った。自由記述意見について、表6に整理する。()内の数値は、回答者に対する人数比率を示す。

表6 作業手順書の特徴比較

	視点	表現形態改良型	従来型
良い点	作業品質 作業安全	・作業のイメージがわかりやすい (56%) ・初級者でもわかりやすい (57%) ・作業のポイントが伝わりやすい (19%)	・要点が集約され、作業の流れがわかりやすい (19%) ・重要ポイントが明確 (3%)
	使いやすさ	・作業項目を探しやすい (6%)	・作成に時間がかからず、変更が容易 (19%) ・ページ数が少なく、携帯に便利 (13%) ・簡潔 (6%) ・印刷コストが低い (6%)
	技能伝承	・技能伝承しやすい (6%)	
要改良点	作業品質 作業安全	・モノクロー写真だと見づらくなる (19%) ・文章の重要点を見逃す (13%) ・作成者の技量によって内容が変わる (13%) ・手順書に頼りすぎて頭に入らない (6%)	・文章のみは、間違いやすい (56%) ・初級者は、間違いやすい (38%)
	使いやすさ	・ページ数が増えて、携帯が不便 (50%) ・作成に時間がかかり、変更が大変 (38%) ・印刷コストが増える (13%)	・文章を読むのに時間がかかる (6%) ・作業項目を探すのに時間がかかる (6%)
	技能伝承		・細かなコツやノウハウが伝わりにくい (6%)

表現形態改良型作業手順書は、多くの視点で高い評価を得ているが、使いやすさでは要改良点がある。従来型は、要点が集約され、作業の流れがわかりやすいが、文章のみは間違いやすいとしている。作業手順書を作業現場に持参して使用する場合は、携帯性を考えると重要ポイントに絞って部分的に改良型を導入することも考えられる。ただ、携帯性については作業手順書を紙ベースで運用することによるものなので、タブレットや現場設置のスクリーンに作業手順書を表示させることができる作

業現場では気にする必要はない。また、熟練者による模範作業動画を蓄積しておけば、必要なときに見ることも可能となる。

## 3. 作業手順書の課題についての検討

### 3.1 作業手順書の必要性

熟練者が作業を実施する場合は、作業手順書がなくても作業ができるかもしれないが、熟練者といえどもうっかり、思い違い、度忘れなどは起こり得る。熟練者10人に対して今の作業手順書よりもわかりやすい手順書の必要性について質問紙調査を行ったところ、9人が必要と回答しており、熟練者においても虎の巻は心強いものと思われる。

また、作業手順書は決められた手順を踏んでいることをチェックし、点検・測定結果を品質記録として残し、トレーサビリティを確保することも役目である。

複数の作業手順を行った後に、まとめて「✓」を入れることがあると思われる。作業を中断するよりは、一連の流れの中で作業する方が合理的な面がある。しかし、このことは作業手順書に書かれている情報を読まずに進めている可能性もある。

#### 【アドバイス】

- 現場での保全の要は、作業手順書と言ってよい。作業手順書を単なる品質保証上求められている品質記録の保管のためだけではなく、自分自身や仲間の安全確保、作業品質の維持に重要な役目を担っていることを認識してほしい。
- 作業手順書上での重要な事項など、確実に確認してほしい場合は、手間は少し増えるが、手順の脱落防止としてサークル・スラッシュ法が推奨されている (図13) [6]。

No.	作業手順	注意事項	確認		備考
			作業責任者	作業担当者	
1			✓	✓	
2			✓	✓	



No.	作業手順	注意事項	確認		備考
			作業責任者	作業担当者	
1			○	○	
2			○	○	

・手順書の内容を確認したときに、「○」  
・作業を実施したときに、「/」を記入

図13 サークル・スラッシュ法

### 3.2 作業手順書の標準化

一般的には、作業者が作業手順書を作成することになると思われるが、場合によっては作業管理者が作成することや、工事の発注元が作成した標準的な作業手順書そのまま、あるいは一部改訂して使用するケースもあると考えられる。

標準化とは多くの人に共通的であるが、特定の人には不適な部分もあると思われる。作業は同じでも、作業者のスキルレベルや作業環境は異なる。担当する作業者は、作業手順書のシミュレーションを実施してほしい。注意書きに安全带フックをかけることとあったとしても、現場に行ってみると足場の設置や親綱を張ることが難しいことがあるかもしれない。初めて現場に行くとそれに気づいたとしても、少しの時間だけだからということで、安全带フックをかけずに移動してしまうことがあるかもしれない。

#### 【アドバイス】

- 上位機関から降りてきた作業手順書、標準化された作業手順書などを使うときには、現場の作業者自身が現場トレースして作業環境に合うようにカスタマイズしてほしい。

### 3.3 作業手順書の技能伝承への活用性

作業手順書を技能伝承のために活用するためには、熟練者の勘所、ノウハウ、また作業を積み重ねていく中で得た貴重な情報を落とし込んでいく必要がある。しかしながら、紙ベースで表現するには限度がある。

#### 【アドバイス】

- 熟練者がいる間に、模範作業動画と発話を残しておいてほしい。

## 4. まとめ

作業手順書をよりわかりやすくするための工夫、および作業手順書に関する課題を複数の視点で検討し、紹介した。作業手順書は、作業者と設備のインタフェースであり、重要な役割を担っている。作業手順書は、作業者と設備と環境のマッチングが重要であると先に述べたが、良いマッチングを図ることは、現場を最もよく知っている作業者にしかできないと思われる。

シドニー・デッカー (2018) [7] は、「職人の技量のプライドを認めなさい」と言っている。作業者が作業手順書の抜けをカバーし、作業手順書が作業者のエラーをカバーできるという良い関係を作るには、作業者がプライ

ドを持つことが重要であり、これがなければマニュアル通りにやれば問題なしとして、いわゆるマニュアル人間になってしまう可能性がある。全ての作業現場で作業者が尊敬されるような風土がつけられることを願っている。

#### あとがき

本稿の一部については、平成 17 年度は独立行政法人原子力安全基盤機構、独立行政法人日本原子力研究開発機構から、平成 18 年度から平成 21 年度は独立行政法人原子力安全基盤機構から受託した「品質保証等のソフトウェアを含む保全管理に係る技術基盤の整備に関する研究」により実施したものである。

#### 参考文献

- [1] 高川健一, 宮崎孝正, 五福明夫, 飯田裕康: “原子力発電所における人的過誤の新しい分析方法とこれを適用した国内発電所の保守不良の分析結果”, INSS JOURNAL, Vol.14, pp.293-309 (2007)
- [2] 作田博: “保守作業者が作業手順書を使用する場合の認知行動モデルに関する研究”, ヒューマンファクターズ, Vol.21, No.2, pp.68-79 (2017)
- [3] 作田博: “保全パフォーマンス向上のための作業手順書に関する研究”, ヒューマンファクターズ, Vol.19, No.2, pp.29-37 (2015)
- [4] 作田博: “ビジュアル型作業手順書の効用に関する実験的研究”, ヒューマンファクターズ, Vol.20, No.1, pp.2-11 (2015)
- [5] 作田博: “保守作業者への質問紙調査結果に基づくビジュアル型作業手順書に関する研究”, ヒューマンファクターズ, Vol.21, No.1, pp.6-15 (2016)
- [6] INPO: “Human Performance Tools for Workers”, INPO 06-002 (2006)
- [7] SIDNEY DEKKER: “THE SAFETY ANARCHIST- Relying on Human Expertise and Innovation, Reducing Bureaucracy and Compliance-”, Routledge (2018)

(2021 年 2 月 5 日)

#### 著者紹介



著者：作田 博  
 所属：株式会社原子力安全システム研究所  
 社会システム研究所  
 ヒューマンファクター研究センター  
 専門分野：ヒューマンファクター、電気工学