

NAIST-IS-DD0761202

博士論文

プラント運転における  
ノウハウの抽出と運転員の育成に関する研究

梶原 康正

2009年 8月20日

奈良先端科学技術大学院大学  
情報科学研究科 情報システム学専攻

本論文は奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科に  
博士（工学）授与の要件として提出した博士論文である。

梶原 康正

審査委員：

西谷 紘一 教授（主指導教員）

木戸出 正繼 教授（副指導教員）

野田 賢 准教授（副指導教員）

# プラント運転における ノウハウの抽出と運転員の育成に関する研究\*

梶原 康正

## 内容梗概

今日、多くの製造業において技術伝承が大きな問題となっている。化学工場においても各社が色々な取組みを行っているが、有効な方法はまだ見つかっていない。本研究では、まずプラント運転の実態把握のため、著者が所属する化学会社の2つの工場における運転員および関係者(113名)にアンケート調査を行った。その結果、多くの運転員が少人化・多能工化の中で、異常時の対応に不安を抱えながら運転に携わっていることや、スキル開発の道筋が見えないなどの現状が明らかになった。この結果を受けて、現場に蓄積された暗黙知の取り出し方、また取り出したノウハウをスキル開発教育に活かす方法および仕組みについて考察した。

第2章では、プラント運転員の実情に関するアンケート調査結果から抽出された課題について、短期的な問題と長期的な問題に分け、二つの課題を設定した。

第3章では、短期的な課題として、トラブル時対応の運転ノウハウの抽出・蓄積・利用のための統一的手法について考察を進め、トラブル事例から運転ノウハウを取り出す手段として時系列解析を系統的に実行することを提案し、着眼点を示した。また、異常時のプラント運転をグラフ表現する方法として、プロセス状態遷移に着目したイベントツリーを考案した。ETOMチャートと名づけたこのチャートは、プラントの異常時のいろいろなシナリオを明示できること、各ステップにおける人とシステムのかかわりが明示できること、人の負荷を評価することによって支援の検討が出来るなどの特徴があることを示した。

---

\*奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科情報システム学専攻学位論文, NAIST-IS- DD0761202,  
2009年8月20日

第4章では、具体的にバッチプロセスのトラブル事例を用いて、暗黙知化した異常時の運転ノウハウを時系列分析によって取り出すケーススタディを行い、結果をまとめた。この手法は運転ノウハウの取り出しにとどまらず、新しい改善活動の方法としても有望であることも示した。

第5章では、長期的な課題として、プラント運転員のおかれている現状について考察を進め、運転員育成のための課題を明らかにした。この中で運転員のスキル開発モデルを作成すること、スキル評価を行うことの必要性を示した。

第6章では、スキル開発のための支援（1）として、スキル開発モデルとスキルアップのための手段としての教材との対応付けを行った結果、抜けているものが多いことが分かった。スキルアップするための手段として、運転作業履歴を蓄積して活用する仕組みを提案し、プロトタイプシステムを試作して効果を確認した。

第7章では、スキル開発のための支援（2）として、作業手順を学ぶのに効果の大きいビデオマニュアルの制作指針をとりまとめた。実際にこの指針に基づいてビデオマニュアルを制作し、使用者の評価を受けて、大きな効果が期待できることがわかった。

第8章では、本論文で得られた成果とともに今後の課題についてまとめた。

## キーワード

運転技術・技能の伝承、ノウハウの抽出、時系列解析、運転スキル開発、ビデオマニュアル

# Study on Know-how Extraction and Skill Development in Plant Operations\*

Yasumasa Kajiwara

## Abstract

Today, handing down senior workers' expertise and skills to the next generation is a serious problem in many manufacturing sites in Japan. In the chemical industry, each company has been making various efforts for this purpose. However, no promising method has been found yet. In this study, we conducted a questionnaire survey to grasp the state of plant operations in two factories of a chemical company. More than 100 answers from operators and operating staff revealed that many operators feel great anxiety when coping with abnormal situations, and they cannot see a way to pursue skill development.

In Chapter 2, we show the results of the questionnaire survey on plant operations and identify problems to be solved in this thesis. These problems are classified into two categories; short-term issues and long-term issues. Based on this result, we became determined to study how to extract know-how accumulated as tacit knowledge in the workplace and how to use these findings in the skill development of multi-skilled operators.

In Chapter 3, we propose a unified method to extract operating know-how for coping with abnormal situations. We focus on problems occurring in the plant and apply time-series analysis as a method to extract know-how. We also modify an event tree chart called ETOM (event tree for operation management) to describe process state transitions under abnormal situations. This chart is superior in displaying various scenarios under abnormal situations and the interactions between humans and systems.

---

\*Doctoral Dissertation, Department of Information Systems, Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology, NAIST-IS-DD0761202, August 20, 2009

Consequently, this chart helps to clarify the mental workload of operators and to consider support systems for operators.

In Chapter 4, we show a case study of extracting know-how from tacit knowledge under abnormal situations in a batch process. The proposed method in Chapter 4 is also useful for improving activity in the workplace.

In Chapter 5, we consider the state of actual plant operations and show the necessity of preparing a skill development model and evaluating the skill levels of multi-skilled operators.

In Chapter 6, we enumerate materials for the training of skills in the skill development model. There are many skills for which manuals have not been prepared. We propose a method to make manuals for an objective operation by recording the actual operation. We developed a prototype system to accumulate operating records in a PC system and to edit a simplified SOP (standard operating procedure).

In Chapter 7, we introduce an instruction set for preparing video manuals to be used by unskilled operators and evaluate this instruction set through case studies.

Chapter 8 presents concluding remarks and outlines future development of this study.

Keywords:

Operating technology and skills, Extraction of know-how, Time-series analysis, Skill development, Video manual

# 目次

<b>1. 序論</b>	<b>1</b>
1.1 はじめに	1
1.2 化学工業界における技術伝承に関する取り組み	2
1.3 まとめ	5
<b>2. 技術伝承に関する現状把握のためのアンケート調査</b>	<b>6</b>
2.1 はじめに	6
2.2 技術伝承に関するアンケート調査	6
2.3 アンケート調査の結果、見えてきた問題点	9
2.4 研究課題の設定	13
2.5 まとめ	14
<b>3. トラブル対応時の運転ノウハウの抽出手法の開発</b>	<b>15</b>
3.1 はじめに	15
3.2 トラブル事例と運転ノウハウ	16
3.3 トラブル事例の時系列分析	18
3.4 プロセス状態遷移に着目したプラント運転のグラフ表現	20
3.5 E TOMチャートの特徴	23
3.6 E TOMチャートを用いた拡張プロセス危険予知活動	28
3.7 E TOMチャートを用いた新たな現場改善活動	30
3.8 まとめ	31
<b>4. 運転ノウハウの抽出事例</b>	<b>33</b>
4.1 はじめに	33
4.2 バッチプロセスのトラブル事例	34
4.3 時系列分析シートによるノウハウの抽出	39
4.4 時系列分析シートを使った改善活動	39
4.5 時系列分析シートを用いたOJT教育の仕組み	42
4.6 まとめ	44

<b>5. 運転員の育成とスキル開発モデル</b>	<b>46</b>
5.1 はじめに	46
5.2 プラント運転員の役割	48
5.3 運転員の置かれている現状	48
5.4 運転員育成のための課題	50
5.5 スキル開発モデルの必要性	51
5.6 まとめ	55
<b>6. 作業履歴の登録・検索システムの開発</b>	<b>56</b>
6.1 はじめに	56
6.2 スキルレベルの評価	56
6.3 運転スキルと教材との関連づけ	57
6.4 作業履歴の記載方法	59
6.5 作業履歴の登録・検索システム	60
6.6 まとめ	63
<b>7. ビデオマニュアルの制作指針</b>	<b>64</b>
7.1 はじめに	64
7.2 ビデオマニュアルの特徴	64
7.3 ビデオマニュアルのニーズ調査	67
7.4 ビデオマニュアルの制作指針	69
7.5 ビデオマニュアル制作実践事例	73
7.6 まとめ	77
<b>8. 結論</b>	<b>78</b>
<b>参考文献</b>	<b>82</b>
<b>謝辞</b>	<b>85</b>

## 付録

A. 言葉の説明	86
B. 運転ノウハウに関するアンケート調査	89
C. 試作ビデオマニュアルに対するアンケート調査結果	97

研究業績	100
------	-----

## 目次

1.1	年齢分布	2
1.2	経験年齢分布	3
1.3	伝承すべき重要な技術と難易度	3
2.1	年齢構成	9
3.1	時系列分析シート	19
3.2	プラント運転のグラフ表現 (ETOM チャート)	22
3.3	運転ノウハウの抽出方法	23
3.4	原因・現象・操作・影響の視覚的理解	24
3.5	製造管理要素の優先度の表示	25
3.6	回復操作の記述	26
3.7	人とシステムの役割分担の表示	27
3.8	自動化による改善の評価例	28
3.9	ETOMチャートを使った改善活動	31
4.1	異常時の思考プロセス	33
4.2	重合反応器の冷却システム	34
4.3	バッチ重合反応の標準的な除熱パターン	36
4.4	二つの重合反応器の重なりによる除熱パターンの総量	36
4.5	冷却システムの故障に関するイベントツリー図	38
5.1	水平型及び垂直型多能工化	50
5.2	運転員のキャリアパスモデル (一例)	52
6.1	作業履歴の登録・検索システムの画面例	61
6.2	作業履歴の登録・検索システムの運用イメージ	62
7.1	トラックスケール定期検査実施要領書 (電子マニュアル)	65
7.2	見えない装置内での現象の理解・学習 (ビデオマニュアル)	66

7.3	作業開始場面 . . . . .	67
7.4	フレコン回収袋の点検・清掃・準備作業のビデオマニュアル . . .	74
8.1	ナレッジマネジメントサイクル . . . . .	81

## 表目次

1.1	技術伝承として実施していること	4
1.2	技術伝承のため意識して整備している資料	4
2.1	アンケート設問の概要	7
2.2	プラント構成	8
2.3	運転体制	8
2.4	視点Ⅰのアンケートからみえてきた問題点	10
2.5	視点Ⅱのアンケートから見えてきた問題点	11
2.6	視点Ⅲのアンケートから見えてきた問題点	12
2.7	視点Ⅳのアンケートから見えてきた問題点	12
2.8	アンケートから抽出された課題	13
3.1	リスク評価の例	20
3.2	プラント運転におけるヒューマンエラー発生要因	20
4.1	異常発生時の時系列分析	35
4.2	工程トラブルの要因分類	39
4.3	抽出されたノウハウ	39
4.4	時系列分析による改善策（事例）	40
4.5	改善策を抽出する視点	41
4.6	設備改善、作業改善の抽出・進捗管理表	42
4.7	OJT 指導員のチェックポイント	44
5.1	プラント定常運転におけるスキル開発モデル	54
5.2	異常対応時におけるスキル開発モデル	55
6.1	運転スキル評価項目（一例）	57
6.2	運転スキル評価レベル（一例）	57
6.3	運転スキル評価項目と教材との対応表（抜粋）	58
6.4	運転スキル評価項目と教材との対応（充足率）	59

6.5	作業履歴記載事項	60
7.1	教育対象者とマニュアル形態	73

# 1. 序論

## 1.1 はじめに

平成 14 年頃から、装置産業現場で大規模な事故が多発した。経済産業省内に「産業事故対応会議」が設置され、その調査結果は産業事故調査結果の中間取りまとめ<sup>1)</sup>として、平成 15 年 12 月 16 日に公表された。この中間報告書の中で、

- ① 産業事故の発生要因として、誤操作・誤判断、マニュアルの不備等の人的要因によるものが、今回の調査対象事故全 100 件中 76 件を占めた。人的要因による事故 76 件中 66 件はマニュアルの不遵守など運転・操作に係るミスにより生じたものであり、16 件はマニュアルの未整備など管理・操作基準の不備であった（複数回答）。
- ② 産業事故の原因として約 2 割の企業が技能伝承及び教育に問題があると指摘している。今後、2007 年には団塊世代の熟練技能者からの世代交代が確実な状況にあることを考えると、製造現場において広く、保安技能の伝承と中堅・若手への保安教育を着実に実施していくことが必要である。特に、従来と比較して生産労働者における中堅・若手層の割合が減少していることから、バランスの取れた年齢構成に十分配慮すると共に、熟練技術者・中堅・若手が一体となり技能伝承及び保安教育に取り組むことが重要である。
- ③ 保安技能を伝承する過程において、熟練技能者のノウハウを相互の世代が共有することなどにより、従業員全ての保安意識を高め、産業事故の主たる要因である人的要因（ヒューマンエラー等）の発生を防ぐことにつなげていくことが重要である。

と、産業事故防止の観点から技能伝承の重要性が述べられている。

石油や化学などのプロセス産業においても、熟練運転員の運転技術の伝承が問題となっている。その理由として、

- ① プラント運転開始から現在に至るまで運転に携わった経験豊かな熟練運転員が大量に退職する時期に来ている
- ② 競争力維持向上のための少人化への拍車が一層強まり、運転業務負荷の増大により、運転技術の伝承のための取組み時間が減少した
- ③ 設備の安定性や信頼性向上に伴うトラブルの減少と運転員のトラブル対処経

験の機会が減少した  
などが挙げられる。多くの企業では、運転業務の質の維持向上のための熟練運転  
員の運転技術の伝承は重要な課題として認識されてきた。

## 1.2 化学工業界における技術伝承に関する取組み

化学工学会システム情報シミュレーション部会プラントオペレーション分科会  
では、プラントオペレーションの技術伝承に焦点をあて、プラントオペレーショ  
ンの現状、プラント運転管理体制と共に、技術伝承に関して調査を行った。調査  
結果は、プラントオペレーション及び技術伝承に関する調査報告書<sup>2)3)</sup>に纏め報告  
されている。分科会会員企業を中心に、18社31事業所から45件の回答があり、  
対象プラントの運転形態は連続が58%、バッチが13%、連続・バッチ混在が29%  
であった。これらのアンケート回答者は、各社、各事業所の生産部門のマネー  
ジャー層である。

担当プラント群での運転員の年齢分布は、**図 1.1**の通り、平均年齢は約39歳で  
あるが、20歳台後半から30歳台前半と、40歳台後半から50歳台前半にピークが  
ある。担当プラント群での運転員の経験年数分布は、**図 1.2**の通り、平均は経験  
18年で、10年未満が28%を占める。運転員の世代交代は、36%が5年以内、44%  
(合わせて80%)が10年以内に世代交代があると回答しており、技術伝承が急務  
であることが伺える。

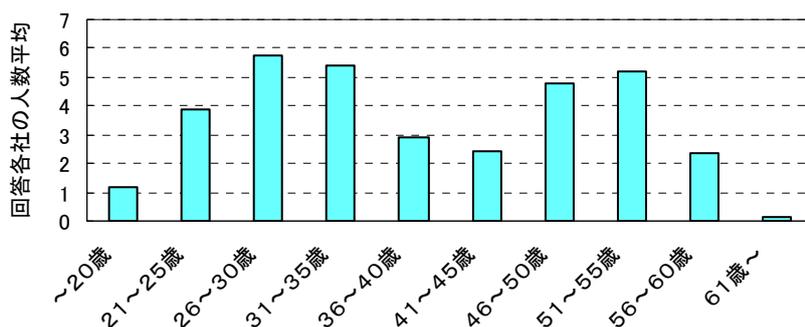


図 1.1 年齢分布<sup>2)</sup>

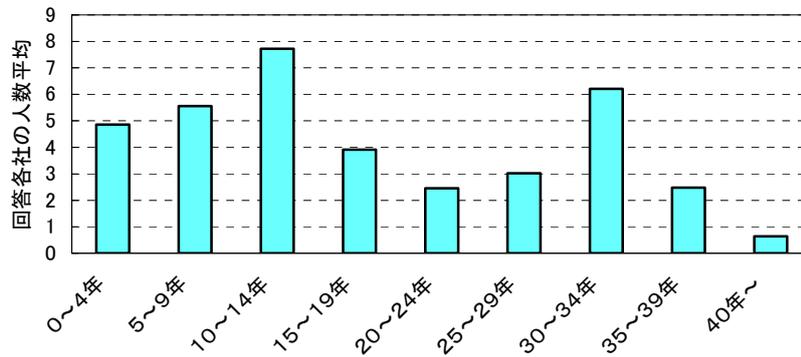


図 1.2 経験年数分布<sup>2)</sup>

回答された企業のマネージャー層から見た「伝承すべき重要な技術と難易度」を図 1.3 に示す。伝承すべき重要な技術は、変調時、スタート時、緊急時などの非定常時の運転操作に関する技術である。一方、伝承が難しい技術は、五感を要する現場巡回で異常に気づくことや、異常時やスタート時などの非定常時の思考と行動である。伝承すべき技術と伝承が難しい技術が一致していることから、本研究テーマの難しさを表している。

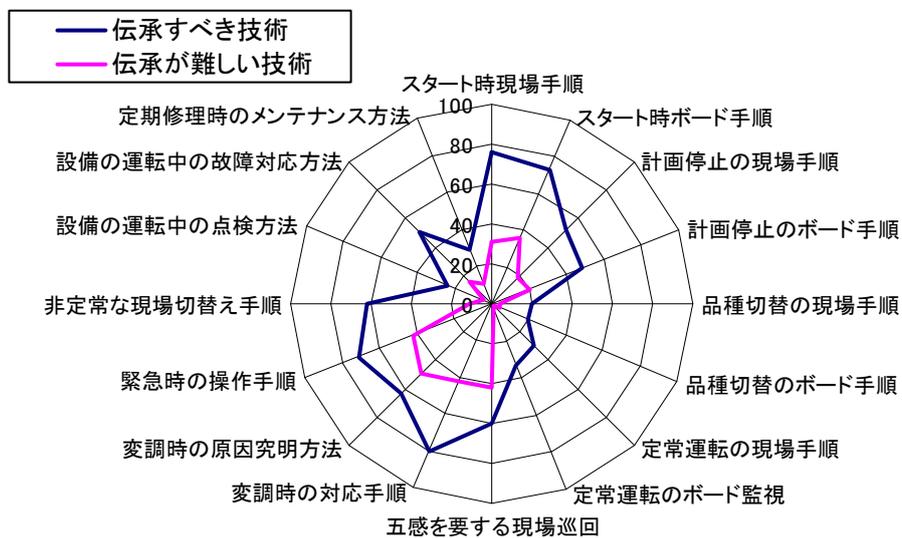


図 1.3 伝承すべき重要な技術と難易度<sup>2)</sup>

回答された企業で、技術伝承として実施していることの集計を、表 1.1 に記す。OJT による教育、作業標準書や教育資料の整備や見直し、トラブル事例集の充実は大多数の企業で実施されていることが分かる。

表1.1 技術伝承として実施していること<sup>2)</sup>

内 容	件数	割合
OJTによる教育	43件	96%
作業標準書や教育資料の整備や見直し	40件	89%
トラブル事例集の充実	35件	78%
ノウハウなどの情報のデータベース化	19件	42%
CAI(Computer Assisted Instruction)による教育	19件	42%
ノウホワイ(Know-Why)の教育資料の作成	18件	40%
定期的なトラブル事例研究会の開催	16件	36%
運転支援ツール(ExapilotやKPなど)の導入	14件	31%
監視や変調対応操作の自動化の推進	13件	29%
ビデオやデジカメを使った教材の作成	12件	27%
共通の教育訓練センターで運転基礎教育を実施	12件	27%
運転訓練シミュレータの活用	11件	24%
ESD(Emergency Shut Down)の充実	10件	22%
運転のノウハウを何らかの手法で体系的に発掘	9件	20%
技術伝承のための教育カリキュラムの充実	9件	20%

回答された企業では、技術伝承の一環として、特に意識して整備している資料を表 1.2 に示す。作業標準書、過去のトラブル事例、作業標準書を補足する手順書などを意識して整備している。一方、ビデオなど映像による手順解説書は少ない。ビデオなど映像を使った教材作成に手間がかかることや、出来ばえ等の課題が残っているためと推察される。

表1.2 技術伝承のため意識して整備している資料<sup>2)</sup>

内 容	件数	割合
作業標準書	36件	80%
過去のトラブル事例	34件	76%
作業標準書を補足する手順書	26件	58%
ヒヤリハット事例	19件	42%
新人教育資料	18件	40%
P&ID(Process and Instrumentation Diagram)	17件	38%
技術標準書およびその付属資料	17件	38%
プロセスの教育資料	16件	36%
ワンポイント教育資料	14件	31%
ノウホワイ(Know-Why)教育資料	9件	20%
バルブ開閉チェックシート	7件	16%
PFD(Process Flow Diagram)	6件	13%
ビデオなど、映像による手順解説書	4件	9%
その他( KYシート、リスク分析など )	5件	11%

### 1.3 まとめ

多くの製造業では、多かれ少なかれ、運転技術の伝承について問題を抱えている。世代交代が待ったなしの状態の企業や、世代交代に問題はないが、技術・技能の伝承の仕組みが旧態然としていて、現在の運転員を取り巻く環境に即した取組みになっていない企業もある。

化学工学会・プラントオペレーション分科会の実施したアンケート結果からは、伝承すべき内容は異常時の対応という意見が大勢を占めている。しかし、本当に異常時の対応のためだけに運転技術の伝承をすればいいのだろうか。運転員の役割<sup>13)</sup>は以下のように三つあり、異常時の対応はその内の一つに過ぎない。

業務1：標準作業手順書(SOP：Standard Operating Procedure)の確実な実行

業務2：異常の発見と適切な処置による事故等の未然防止

業務3：製造現場での品質やプロセスの改善活動

本質的にはプロセスの原理原則を含めた熟知レベルの向上が必要であり、これによって異常時の原因遡及や影響伝播を予測する能力が向上すると考えられる。

プラント運転技術の伝承に関しては、アンケート結果からも各社が実情に合わせた取組みを行っている様子が伺えるものの、競争力強化のための基盤整備（仕組みづくり）に繋がる取組みをおこなっている企業は極めて少ない。技術伝承は今だけの問題ではなく、今後の少人化や少子化などの環境変化を考えると、今のうちに真剣に取り組むべき重要な課題である。

研究に先立ち、プラント運転技術の伝承について課題を抽出するために、運転員の立場に軸足を置いた実態調査が必要と考え、著者が所属する化学会社でアンケート調査を行った。アンケート調査結果の分析と課題抽出について、第2章で詳述する。

## 2. 技術伝承に関する現状把握のためのアンケート調査

### 2.1 はじめに

製造業の競争力維持向上の為には運転技術の伝承は永遠の課題であるが、近年、2007年問題や少人化など製造を取巻く環境変化で益々その重要性が増してきた。その中で、効果的な伝承が可能な仕組みづくりが重要であると考えられる。運転員の育成と技術伝承に向けた取組みは、PDCA(Plan-Do-Check-Action)のサイクルが廻っている風土、すなわち技術スタッフも巻き込んだ改善風土の醸成が不可欠である。このサイクルによって、運転技術が取り出され活用される中で、新たな運転技術が追加・更新される環境を作り上げる必要がある。

研究に先立ち、運転員の立場に軸足を置いた実態調査が必要と判断して、著者が所属する化学会社の二つの工場、三つの製造課で、プラント運転員の技術伝承に関する現状を把握するために、2006年2月アンケート調査を行った。本章ではそのアンケート調査結果について考察する。

### 2.2 技術伝承に関するアンケート調査<sup>4)</sup>

#### 1) 目的

現状の運転員の思考の実態把握のため、著者が所属する化学会社の三つの製造課(T工場・A課及びB課、K工場・C課)の協力を得て、運転経験者全員(113名)を対象にアンケート調査を行った。本アンケートでは、技術伝承に関して現状把握を行うために、四つの視点(①運転マインド、②運転に必要なもの、③異常の発見とその対応、④教育のあり方)から20の設問を設定した。アンケート設問の概要を表2.1に、具体的なアンケート内容は添付資料Bに示す。

表2.1 アンケート設問の概要

No	設問の視点	設問の内容
1	運転マインド	運転時の心理状態 運転に自信があるか 運転前の心構え ベテランが不在時に困る場面 どんな時にスタッフに相談 自分の目標 仕事の満足度 優れたオペレータとは
2	運転に必要なもの	運転に必要な項目 運転の解析について 運転操作マニュアルについて 重視している要素 ノウハウにあたる項目
3	異常の発見とその対応	異常の兆候を発見する方法 異常時の対応
4	教育のあり方	自分が受けたOJT 現在行われているOJT OJTを担当したことがあるか 会社の教育(Off-JT) 何を後輩に伝えたいか

## 2) 対象プラントと運転体制

### (1) プラント構成

A、B、Cの三つの製造課のプラント構成を表2.2に示す。それぞれ詳細は異なるが、概ね、バッチ型の反応工程と連続型の後処理工程及び製品充填工程で構成されている。A課及びB課は、それぞれ一つのプラントであるが、C課は二つのプラントを統合して運転している。

機器点数はA課が最も多く約5000点、次いでC課が4000点弱、B課は他に比べ小規模で1000点弱である。設備面で特徴的なことは、C課の設備年齢35年を筆頭に、A課では20年以上と老朽化した設備を上手く活用しながら運転していることである。設備異常件数が多いのはC課であり、運転員の業務負荷を大きくしている要因にもなっている。そのためC課では工程改善グループを独立させ、安定運転や生産性向上のための工程改善活動に集中させている。

表2.2 プラント構成

	工程名称	反応器数	後処理系列数
A課	0系	8	0
	1系	3	1
	2系	4	1
	3系	3	1
B課	第1工程	2	—
	第2工程	1	—
C課 C1プラント	1系	5	1
	2系	5	1
	3系	2	1
C2プラント	1系	3	1
	2系	1	1

(2) 運転体制

各製造組織は、技術グループと運転グループに大別できる。表 2.3 に各課における人員配置を纏めた。

表2.3 運転体制

	部課長	係長・主任	一般	外注
A課	2名			
技術	2名	6名	5名	
運転	1名	1名	9名×4班+8名	16名
B課	1名			
技術	2名	3名	2名	
運転		1名	4名×4班+3名	1名×3班+1名
C課	1名	1名	1名	
技術	1名	3名	3名	
工程改善		2名	1名	2名
運転		1名	8名×4班+2名	25名

(3) 年齢構成

三つの製造課全体の運転員の年齢構成は、図 2.1 に示す通り平均年齢が約 35 歳の分布となっており、年齢構成としては理想に近い状況と言える。三つの製造課はバッチプラントであり、高い頻度で品種切り替えなど現場作業が発生する。そのため、運転員の体力と集中力を考慮して年齢の上限を設定し、更に年齢分布に歪が生じないように意識的に若手運転員の採用を行ってきた。その結果、図 2.1 のような年齢構成になっている。

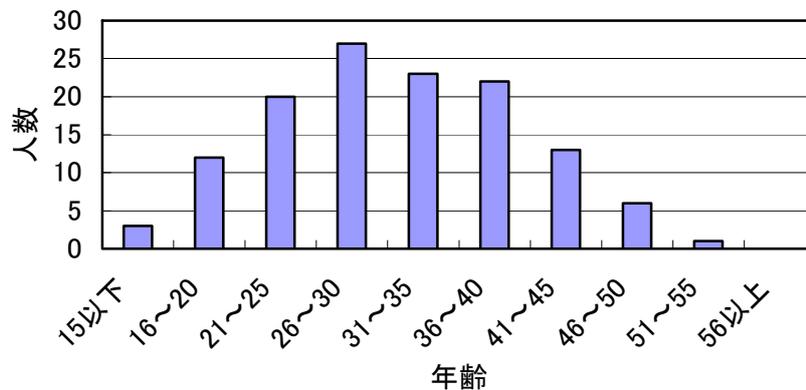


図 2.1 年齢構成

### 2.3 アンケート調査の結果、見えてきた問題点

製造部長・課長は、「製造周辺のスタッフの弱体化は大いに気になっているが、運転現場には 2007 年問題はなく、伝承は問題ない」と言っていた。しかし、アンケートの結果、

- ・運転に入る時、9 割の運転員が緊張と不安を感じている。
- ・異常時対応を若手運転員は不安がっている。
- ・運転に「十分自信がある」と答えた人は、全体の 25%、熟練層の 45%にとどまった。
- ・今の OJT (On-the-Job Training) は不十分と考えている。
- ・誰にも負けないプロの運転員を目標とする人は少ない。
- ・多能工化で少し現場を離れると、戻った時に変化についていけず自信回復に時間がかかる。

など、運転技術の伝承がうまく進んでいないことが分かった。

アンケート調査結果に基づき、ヒヤリングで背景などの調査を行った結果、見えてきた問題点を以下に列記する。

#### 1) 視点 I (運転マインド) から見えてきた問題点

視点 1 に関連するアンケートから見えてきた問題点を表 2.4 に示す。

表2.4 視点Ⅰのアンケートから見えてきた問題点

①	運転時の心理状態は、緊張感を持って、且つ不安を感じながら運転に臨む方が9割を超える。
②	不安を感じるのは、「異常時」、「S/U・S/D時」、「運転条件変更時」で9割を占める。
③	運転に十分自信があると答えた人は全体で25%、ベテラン層では45%。
④	「誰にも負けないプロの運転員」を目標とする人は1割弱。現在の仕事に満足:25%。
⑤	事前準備として、引継ぎ前に工程把握し、その日の自分の行動シナリオを組立てる人が多い。
⑥	優れたオペレータ像は、異常時にリーダーシップ発揮、改善活動や関連知識の習得に意欲的な人。
⑦	上司や技術スタッフに相談する時は、「異常時の対応で自信がない時」が90%と多い。
⑧	DCSソフトのブラックボックス化が運転員の不安や自信の無さに繋がっているようだ。
⑨	決められた事を守る業務と改善業務が運転員に求められている。教育のあり方が重要

運転員の自信や不安感に影響を与える要因として、以下のような運転の中で必要とされる経験・知識の多さと、それらの理解度の不十分さなどが考えられる。

- ・過去の異常事例や経験など
- ・作業の背景、必要な理由など
- ・自動化シーケンスの処理内容と役割分担の知識など

製造現場での資料体系は二つあり、一つは、製造処方・設備が決まれば運転管理が決まる類の運転の定義と言えるもの（技術標準、標準作業手順などが該当）、二つ目は、日々の運転の中で蓄積されていく資料集で、これはプラントの変化を吸収しながら運転の工夫を蓄積したものであり、この第二の資料体系の整備・充実が、運転技術の伝承には重要である。

これらから導き出される課題は以下の3点である。

- ① 日々の運転記録やトラブル事例の分析
- ② 文書SOPを作るのが難しい作業についてのビデオマニュアルなどの検討
- ③ 制御装置（自動化シーケンス）と運転員の役割分担の見える化

## 2) 視点Ⅱ（運転に必要なもの）から見えてきた問題点

視点Ⅱに関連するアンケートから見えてきた問題点を表2.5に示す。運転のバイブルであるSOPの活用について、“SOPをあまり活用しない”と“よくSOPを活用する”という二つの相反する回答があった。前者は、今のSOPは日常運転では使いづらいため、ワンポイントシート(A4で1枚)で代用していて、回答の真意は“SOPは使用しないが簡略化した資料をよく使用する”ということである。これらのことから、新しいSOPの形態の検討が必要になる。

表2.5 視点Ⅱのアンケートから見てきた問題点

①	運転ノウハウは、「異常時の対応」、「経験や勘を必要とする操作」を上げている人が多い。シーケンスブラックBOX化も合わせ、トラブル時の対応が取れなくなっているようだ。過去のトラブル&処置の経験を蓄積・整理・共有化することが必要。
②	運転に必要な項目は、「SOP」、「コミュニケーションスキル」、「引継ぎノート」が20%。
③	SOPは日常運転で80%以上の人が見ているが、「役立っている」と評価する人は60%。「あまり使わない」、「役に立たない」と回答が2製造課もあり、SOPの工夫が必要。
④	日常運転で特に重視する項目は、「安全」が第一で、「安定運転」、「品質」が続く
⑤	QC手法は全体で70%が活用。「ほとんど活用しない」は、A課:31%、C課:41%
⑥	“生産管理的な見える化”は進めているが、“品質管理の見える化”に陰りがあるようだ。
⑦	運転に必要な情報がさまざまな形で散在しており、十分な活用がなされていない。
⑧	ISO管理ドキュメントと実務的なドキュメントの2種類が存在する。 運転&異常対応という視点から見たドキュメント(オペレーションのために必要な資料)のあり方、体系化が必要と思われる。

アンケートでは、表2.5①の意見が多かった。運転ノウハウに関しては、過去のトラブルや日々の運転から得られる知恵や教訓を抽出し活用できるように知識化することが課題である。

### 3) 視点Ⅲ（異常の発見とその対応）から見てきた問題点

運転管理の第一は安全であることは三課とも運転員全員に周知徹底されている。少人化対策の検討では、定型業務について自動化が検討されるが、異常時の対応については、異常検出・操作レベルに踏み込んだ見直しは行われず、それに関する設備投資も殆どない。その結果、少人化後の異常時において、以前と同様な監視や判断などの一連の業務が残る。アンケート等からは少人化への対策不備といえる状況も見受けられる。

視点Ⅲに関連するアンケートから見てきた問題点を表2.6に示す。最も注目されるのは、異常発見が困難であるという意見が80%で、異常の気づきは殆どがDCSなどの警報によるものである。つまり、今の運転スタイルはアラームドリブン型となっているが、異常時の対応ができるという人が22%と極めて少なく、異常検知・認識・予測などの一連の思考対応能力が低いと言わざるを得ない。そのため、異常対応の運転支援とアラーム設計指針を考える必要がある。

表2.6 視点Ⅲのアンケートから見えてきた問題点

①	異常兆候発見方法は、「現場パトロール」、「DCS警報」、「トレンドグラフ」、「五感」が高い。
②	異常発見は、「容易ではない」が80%。異常認識の思考は難しく、研究課題 ベテラン運転員は、異常兆候の発見から、原因推定⇒確定、処置（応急／恒久）に至る思考 プロセスが確立されている。豊富な経験や知識が、思考プロセスへと昇華している。
③	異常時の対応は、「殆ど原因が判り対応可」が22%、「約半分原因が判り対応可」が63%、 原因まで判らないことが多いが15%
④	異常発見手段としてDCS警報：発生頻度が高く、実用上問題が発生している（危険性） 資料の探索に経験、ノウハウが必要になっている。だれでも使える情報になっていない。
⑤	プロセスKY、HAZOP的思考訓練が有効で、特に若手の段階での訓練が有効と思われる。

4) 視点Ⅳ（教育のあり方）から見えてきた問題点

三課に共通しているのは、定型作業はSOPに沿って教育をしているが、何故その作業が必要か、その作業をしなかったらどうなるか等、作業の背景や影響についての教育は殆どしていない。また、自分が受けたOJTは役に立つと評価しているが、現在のOJTについては多くの運転員が満足していない。

視点Ⅳに関連するアンケートから見えてきた問題点を表2.7に示す。

表2.7 視点Ⅳのアンケートから見えてきた問題点

①	自分が受けたOJTは、「非常に役立つ」と「役に立つ」を合計すると91%と良い評価している。 現在のOJTについては、素晴らしい：25%、不十分：64%、機能していない：11%と評価。
②	理想と思うOJT：①何故、その作業が必要か：35%、②その作業をしなかったらどうなるか、理由 を含めて伝える：32%、③経験に基づいて気をつける点を教える：29%。
③	現在のOJT：75%満足していない。上司のOJTの理解不足、OJTの時間が少な過ぎる、指導する 側の能力に疑問を感じるなどの不満がある。
④	OJTの実施方法：OJTは個人別スキル表、評価水準、育成計画表で進められている。 一方、決められていない部分については指導員のやり方にまかされている。
⑤	OffJTとして、全社の技術学校があるが、約80%の人が「十分に受けていない」。
⑥	OJTとは何か、運転員の役割期待や育成モデルなどから明らかにする必要がある。
⑦	新人のOJTは、体系的に教えているが、中堅層については各自に任されているようだ。
⑧	各製造課では多能工化を進めているが、SOPに基づく作業レベル中心で、プロセス／設備／管理 の違いなど、もう少し基本的な所からOJTで教えていくことが重要と思われる。
⑨	誰でも平均的にレベルアップするのか、それぞれの分野でスペシャリストを育成しつつ、チームとして レベルアップしていくのか、多能工化の方針が必要である。

安全については、プロセス面での危険予知訓練(PKY)、ヒヤリハット(HH)が実施されているが、その基本となる思考訓練は殆ど意識されていない。

OJT (On-the-Job Training)、Off-JT (Off-the-Job Training)、多能工化OJT

など色々な教育手段は考案されているが、運転員個人のスキル開発モデル、運転スキル習熟度評価、運転班としての異常時の対応力評価など、運転員育成の基本計画や方策を明確にする必要がある。運転員の育成とスキル開発モデルに必要性について第5章で詳述する。

## 2.4 研究課題の設定

製造部長や課長は、運転現場には2007年問題はなく、伝承は問題ないと言っていたが、運転員全員に対するアンケート調査の結果、運転技術の伝承がうまく進んでいないことが分かった。

アンケート調査によって新たに炙り出された課題と、調査前から想定されていた課題を四つの視点から整理した。それを表2.8に示す。

表2.8 アンケートから抽出された課題

視 点		アンケートから抽出された課題	短期的な問題	長期的な問題
I	運転員の マインド	不安感(プレッシャー)を下げる方策を提示	○	
		ベテランオペレータの資質整理		○
		個人別育成シナリオの作成		○
		運転引継時、工程把握・行動計画を支援する方法		○
		DCSソフト変更を共有化する方策		
II	運転に 必要なもの	運転ノウハウ抽出方策と評価する方策	○	
		既存ドキュメントの体系化		
		Batchプラントの運転標準書		
		プラントの状態表示		
III	異常の発見 とその対応	異常時のベテラン運転員の思考モデル化	○	
		その時に必要な情報・ドキュメント体系の見直し	○	
		トリガーとなるDCS警報の適正化		
IV	教育のあり方	運転員の役割と育成モデル、OJTの体系化と教材		○
		多能工化について		○

アンケートから抽出された課題について、短期的な問題と長期的な問題に分け、二つの課題を設定した。各課題は以下の各章で具体的に展開し、それぞれ一定の成果を得た。これらの具体的な取組みについて第3章から第7章に詳述する。

課題1：トラブル対応（異常時・変調時対応）手順の明確化

- ① 第3章：トラブル対応時の運転ノウハウの抽出手法の開発
- ② 第4章：運転ノウハウの抽出事例

## 課題 2：運転員の育成の支援

- ① 第 5 章：運転員の育成とスキル開発モデル
- ② 第 6 章：作業履歴の登録・検索システムの開発
- ③ 第 7 章：ビデオマニュアルの制作指針

## 2.5 まとめ

運転員の立場に軸足を置いたアンケート調査結果を受けて、短期的な問題と長期的な問題に分け、二つの研究課題を設定し、それぞれ一定の成果を得た。

短期的な問題はトラブル対応（異常時・変調時対応）手順の明確化である。これについては、トラブル時対応の運転ノウハウの抽出・蓄積・利用のための統一的手法について考察を進め、運転ノウハウの抽出手法を開発し、特許を出願した。また、具体的にトラブル事例を用いてケーススタディを行い、効果を確認した。

長期的な問題は運転員の育成の支援である。まず、運転員育成の課題とスキル開発モデルの必要性を提示した後で、スキル開発のための支援(1)として、作業履歴の登録・検索システムを開発した。また、スキル開発のための支援(2)として、ビデオマニュアルの制作指針をまとめた。

### 3. トラブル対応時の運転ノウハウの抽出手法の開発<sup>4), 5)</sup>

#### 3.1 はじめに

化学企業では、HAZOP<sup>(6-8)</sup> (Hazard and Operability Study) の考え方をベースにオペラビリティ・スタディが行われている。その目的は、主に新規プラントあるいは増設プラントや稼動中のプラントの安全性の評価、更に設備の運転操作に潜む危険事象を取り出す思考訓練によって運転員の安全意識を高めることにある。副次的には、運転操作性、保全性などの改善や設備コスト(修繕費、建設費等)の低減につながる。近年では産業界のグローバルな競争激化により、安全と同じように、品質、生産量、納期、コストを強く意識したプラント運転が志向されている。さらには環境への影響にも配慮しなければならなくなってきた。このような環境の中で、異常の内容の多様化とともに異常判断や対応が極めて難しくなっている。それにもかかわらず異常時に役立つ SOP が用意されている職場は極めて少ない。そのような中で異常時対応を支えてきたのはプラントの建設当時から色々なトラブルを経験してきた熟練運転員である。彼らが大量に定年で職場を離れるとき、残された人たちが困ると思っていることが、異常時の対応とスタートアップ、シャットダウン操作であることは、色々なアンケート調査結果<sup>(2-3)</sup>から明らかになっている。これらの作業はいずれも経験を通して蓄積された運転ノウハウが重要な役割を果たす場面である。

プラント運転で重要な知識の殆どは非定常操作の代表的作業である異常時対応を通して得られる。異常には設備故障、品質異常、人の誤操作によるものなどがあるが、設備年齢が高いプラントでは設備故障の割合が他の要因に比して高くなる。化学プラントについては、設備故障発生の場合、設備から直接に故障信号が発信されるケースは限られており、大半はその影響がプロセス状態に現れ、流量、液面、圧力などの計測信号の異常警報で何らかの異常が発生したことが分る。運転員は色々な手段で原因を探り、その処置をすることになる。しかし、異常現象から直ちに真の原因が分ることは稀で、殆どの場合、過去の類似現象の思い起こしや直近の保守などの非定常作業の有無の確認など、何らかの通常とは異なる兆候を探すことになる。また、プロセスの現状把握から予測される事態進展のリスク判断に基づいた取るべき処置の決定は職長など上司の協力・指示のもとで行っ

ていることが多い。

本章では、異常時対応を中心に、熟練運転員のもつ運転ノウハウをトラブル事例などから取り出すとともに、プラント設計に付随した運転ノウハウを取り出す方法について考察し、実際に取り出しを行うときに役立つ図表を提案する。

## 3.2 トラブル事例と運転ノウハウ

トラブル事例から運転ノウハウを取り出す試みとして、事後に作成される報告書に注目した。ある化学工場で使用されている事後報告書の一つ「工程変動カード」は、製品品質に影響があると予想される場合、発生の都度、製造ラインの職長が作成する報告書である。技術スタッフ、検査スタッフなどと連携して対応処置を行った結果について状況記録と改善策などが記載されている。この報告書は関係部署のコメント・印鑑を貰い、運転員全員に周知徹底される。工程変動カードには以下の項目について記載するようになっている。

- ① 変動発生状況と応急処置および原因調査
- ② 製品および工程内品質調査と運転への指示
- ③ 再発防止など改善の恒久処置など

1件1枚で全容が理解できるよう簡略化と共有化に力点をかけた様式になっている。まず、運転ノウハウの類がそのままの形で含まれているか否かを調査するため多数例について工程変動カードを分析した。その結果、次の特徴が明らかになった。

- ① 記述されている事例については殆ど作業手順書が存在しない。
- ② 対象プロセス（議論すべき範囲）のあるべき状態とそのためのあるべき作業手順が明確になっていない。
- ③ 本人の行った主な作業のみ記述されていて、作業の根拠の記述がない。
- ④ 時刻、時間の記述が少なく、時系列表記になっていないので、他者（技術スタッフなど）にとって分析が困難になっている。すなわち、因果関係が見えにくく、作業の時間的な経緯も見えず、プロセスデータとの突合せも困難になっている。
- ⑤ 記述内容はいくつかのプロセス状態を含んでいるが、状態遷移に着目していない。それぞれのプロセス状態で正常範囲（製造管理要素毎の管理範囲と意味）を明確にするとともに、異常の定義（製造管理要素への影響）- 検出手段-リスク（異常伝播の緊急性・重大性）-回復作業（許容時間と必要な運転スキルレベルと教育方策）-状態変化の予測と次の対応操作の準備などを関係付けた理解が必要と考えられる。

製造管理要素とは、生産性(Productivity)、品質(Quality)、コスト(Cost)、安全(Safety)、納期(Deliverty)を示し、総称してPQCDSと言われることが多い。

- ⑥ コミュニケーションを重視しているにもかかわらず報連相（報告・連絡・相談）の記述がない。
- ⑦ 機械的に作業をしている印象がある。教育された作業の忠実な実行は分かるが、その背景を理解しているか不明である。自動シーケンス動作の中での作業なのか、気をつけるべき事項や他との関連性が見えない。
- ⑧ 異常の気付きの手段がアラームに偏っている。他の作業と重複し見過ごしている場合もある。
- ⑨ 人的要因が殆ど記述されていない。ある処置をした際、ミスオペ（判断ミス含む）と思われる場合もあるが、殆ど気付いていない。気付いた場合でもミスオペとして検討していない。
- ⑩ 教育用の資料ではないため状況説明が極めて簡単で背景などの記述がない。それゆえ記述内容はそのままでは教育用として使えない。

結果として、運転ノウハウに関係する記述は殆ど見当たらなかった。また、現状の報告書の内容は、直接的な要因に対する対策のみで、その過程での運転員の思考と行動の分析は皆無であった。報告書の目的がプラントの安定度を評価する上でのトラブル集計が主目的だったこともあり、再発防止策については、明らかな設備異常は別にする、殆どの場合、運転員の工程管理への注意喚起やSOP化への指導などであり、運転員の業務負荷まで考慮した対策になっていなかった。また、実際にどのような対策が実施されたのかを容易に確認できる仕組みにはなっていない。結局、現状では異常時対応の経験は、直接担当した運転員と職長の経験として、それぞれの運転スキルのレベルに応じて、それぞれの記憶に留めおかれるだけになっている。また、その経験についての振り返りや考察がないため、誤った個人的な解釈がそのまま記憶されている危険性もあり、育成上での盲点にもなっていると推測できる。

暗黙知化した異常時の対応の経験を作業手順書として形式知化するためには、まず、現状の工程変動カードを詳しく分析する必要がある。また、運転ノウハウを抽出するためには事例中の事実を次の3点を重視して捉える必要がある。

- ① 気付き・影響予測とリスク評価・原因遡及と応急処置の判断など、一連の思考内容の取り出しと思考の習慣化
- ② その処置作業の運転員にとっての面倒さ、作業負荷の評価

- ③ 運転員の作業性の評価、真の原因追求のための検出手段の検討、異常兆候の把握が可能となるアラーム再設計への取り組み

### 3.3 トラブル事例の時系列分析

調査対象としたバッチプロセスの運転員は、時刻を意識した運転を行っており、自分自身の思考や行動は時系列で記憶している。異常時の思考や行動を取り出し易くするため図 3.1 の時系列分析シートを考案した。着色部の②、③、⑥、⑦は現場で1年間、色々と試行した結果、運転ノウハウをより効果的に抽出するために改善した箇所、このフォーマットがベストである。

この時系列分析シートは、縦方向が時刻に沿ったプロセスの進捗状況を表す状態変化、横方向がその時刻で運転員が何に気づき、どう判断したかなどの思考内容を記述するようになっている。記入する九つの項目の内容をまとめた。

- ① 異常認識の手段：何で気付いたか。先ず何をしたか（思ったか）。確認はしたか。誰かと相談したか。
- ② 推測できる要因：何が原因か。どうやって絞りこんだか。
- ③ 影響の予測：次に何が起こりそうか。誰かと相談したか。
- ④ 思考・判断または取るべき操作：可能性ある原因に対し確認と応急処置内容を決定し実行したか。何をもとに決定したか。
- ⑤ 判断の結果または操作の結果：処置した結果、プラントの状況はどうだったか。
- ⑥ 判断の根拠となる基礎的知識：SOP、異常処置基準、処方情報、設備情報、シーケンス制御情報など、判断の根拠となる基礎的な知識。
- ⑦ ノウハウ：熟練運転員が保有している暗黙知で若手運転員に伝承すべき運転技術など。
- ⑧ 人的要因：その異常はどんな心理的負担（煩わしさなど）を引き起こすか。
- ⑨ リスク評価：どういう状況だったか（何に対する異常か、重大性は、影響度は）。

ここで、⑧項の人的要因と⑨項のリスク評価に関する参考データを示す。リスク評価の例を表 3.1 に、プラント運転でのヒューマンエラーにつながる人的要因については、GAP-W<sup>(9)</sup>を参考に表 3.2 の要因リストを示した。ヒューマンファクターの視点は、今後益々少人化が進み運転員負荷が増大する傾向があることから、トラブル事例の分析において重要性が増すと考えられる。

現在の工程変動カードでは品質面での運転指示・操作の記述や改善策に重点が

置かれ、幅広い視点での分析がなされていない。そのため、伝承の視点から設けられた9項目の記入に当たっては技術グループによる支援が必要である。これによって運転面、設計面での多くのノウハウの取出しが見込めるため、運用に当たっては技術グループの中に運転ノウハウ担当のナレッジマネージャーの存在が望ましい。ナレッジマネジメントの核としての機能を技術グループが担う覚悟がなければ、運転ノウハウを次々と世代を超えて伝承する仕組みを作ることは難しいと考えられる。

時系列分析シートの①～⑨欄は運転ノウハウ伝承の基礎データとして重要である。このシートは工程変動カードや異常報告書の付属資料として運転グループ（職長と担当運転員）に記入させることが考えられる。運転員が技術グループメンバーとオペラビリティ・スタディの一つの形態であるPKY（プロセス危険予知）活動を行うとき、この時系列分析シートを用いることが考えられる。これによって次の効果が期待できる。

- ① 書くことによって異常時の思考の訓練となる。
- ② 振り返りにより自分の行動の改善点を明確に意識することができ、経験を正しい知識で是正して記憶できる。
- ③ 状況認識と影響の波及予測と予想されるリスクの関連性を理解することで、状況判断のレベルアップに繋がる。
- ④ 運転ノウハウ取出しの雛形となりうる。

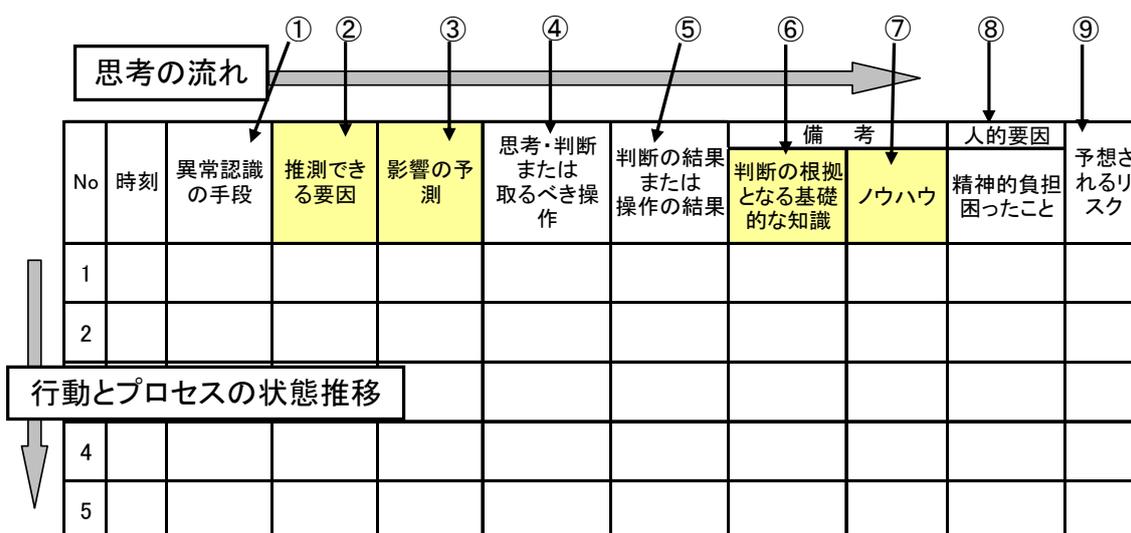


図 3.1 時系列分析シート

表3.1 リスク評価の例

		大 ← リスクの大きさ → 小			
		1	2	3	4
多い	A	1	3	7	13
↑	B	2	5	9	16
リスクの発生頻度	C	4	6	11	18
↓	D	8	10	14	19
少ない	E	12	15	17	20

表3.2 プラント運転におけるヒューマンエラー発生要因

分類	番号	略称	Plant Gap-W (Performance Shaping Factor項目)
形態 Gestalt	G1	要作業経験	作業に対する知識や経験・技量が必要
	G2	反復作業	同種作業の繰返し
	G3	作業状況確認困難	作業状況の確認が難しい
	G4	不定形作業	個人の判断に依存する不定形の対応が求められる
分り易さ Affordance	A1	詳細な読み取り	パラメータの詳細な読み取りが必要
	A2	劣訴求性	実行すべき内容が外見から感じられにくい作業
	A3	劣識別性	識別性が悪い
	A4	表示不十分	表示の種類が不十分、または方法に不具合がある
見易さ Preview	P1	時間圧(急かされる)	時間に制約があり、時間を気にする必要がある
	P2	伝達・連携重要性	指示・連絡に的確性と十分さが要求される
	P3	時定数大	作業の進捗を常に読みながら作業する必要がある
	P4	割込み・予定外	他の要件の介入などにより予定が変わり易い
負荷 Workload	W1	移動距離大	移動距離が長い
	W2	心理的負荷	仕事のいやらしさなど心理的負担の大きい作業
	W3	身体的負担	肉体的負担が大きい作業
	W4	劣作業性	作業環境や作業性が悪い

### 3.4 プロセス状態遷移に着目したプラント運転のグラフ表現

プラント運転の基本オペレーションを規定しているのは SOP であるが、非定常作業については SOP が整備されていない現場が多い。異常時の対応についても SOP はなく、殆どの運転員が SOP の整備を望んでいる。これは運転管理の最重要課題である。SOP 化を支援するため、経験を通して蓄積されたプラント運転に関する暗黙知を、時系列に沿って、安全 (S)、環境 (E)、品質 (Q)、生産性 (P)、納期 (D)、コスト (C) などのすべての製造管理要素から評価しながら運転を分析する必要がある。次にこの分析をする際に役立つチャートを提案する。

今までいくつかのチャートがプラント運転を記述するために開発されている。

HAZchart<sup>(10-11)</sup> と呼ばれるイベントツリーグラフは、Fault Tree 解析 (FTA : Fault Tree analysis) をベースに、プラントの安全性を定量的に評価するために開発された有効な手法である。このチャートはプロセスの安全性解析に有効に使用されるが、品質、生産性、納期、コストなどのすべての製造管理要素に展開されていない。

CE-matrix と呼ばれている cause-effect モデルを使って、異常時の対応策を取得する研究報告<sup>12)</sup> がある。ここでは安全性だけでなく、品質と生産性の視点からも cause-effect モデルを使い、異常時の操作モードを適切に選択する方策を提示している。しかし、それは異常時に運転員が状況に応じて処置する対応策に適用できず、一連の処置手順を示さない。我々が本研究で取り組む狙いは、熟練運転員からノウハウを抽出するために、分析する際に役立つチャートを提案することである。

プロセス状態は時間について連続的に変化するが、運転員の操作は必要な場面では時間について離散的に現われる。このことから、システムの構成要素の動作、システム内の情報の流れなどを記述するための抽象モデルであるペトリネットと、対応の失敗を含む色々な展開を記述できるイベントツリーの考え方をもとにしてプラント運転を表現するチャートを考案した。図 3.2 に示したグラフを ETOM (Event Tree for Operation Management) チャートと呼ぶことにする。このチャートを使えば、並行して進行する複数のプロセスの動作、互いの交信の様子も記述でき、対応の失敗も含めてシステムの動作を解析することができる。

運転員の介入操作を必要とするプラント運転方法を記述するには、操作が必要なプラント状態（正常時あるいは異常時の定義など）を規定する必要がある。異常が発生しなければプラントは予想されたプロセス状態を遷移して最終状態に至る。ETOM チャートでは、状態と状態の間にあらかじめ設定した操作がその条件と共に付け加えられる。運転は手動／自動にかかわらず装置に対して操作を加えることを意味する。このとき、操作がどの製造管理要素に関わるかの理解はその影響度も含めて極めて重要である。特に正常状態から外れた時、プラント状態をどのように捉えて（どのような検出手段で）、どのように操作する（どのように回復操作をする）かは、プラント運転の基本と考えられる。また、最初の状態から次の状態に遷移するまでの時間（反応などのダイナミクスに依存）を運転員は感覚的に捉えていて、所要時間を記入することは意味がある。遷移に要する時間が短かければ人に依存するわけにはいかない。また、所要時間は異常の検出手段の選択と回復操作の自動か手動かの判断基準にもなる。検出手段の検討ではどのようなア

ラームが必要なのかを考える際にも必要になる。

プラント運転において発生した種々の異常事例について、工程変動カードなどの事例記録をもとに時系列分析したあと、あるべきオペレーションをこの ETOM チャートを使って書くことが重要である。またプラント設計段階で、考えられるすべての異常を列挙して、これらの異常に対して ETOM チャートを書くことが出来る。同じことは、プラント稼働後でもオペラビリティ・スタディとして行われているプロセス危険予知 (PKY) 活動を拡張して行うこともできる。事例に基づいて作成されるチャートと想定異常に対して網羅的に作成されるチャートは、異常時における運転員の思考のベースになる重要な運転ノウハウである。熟練運転員はこのような運転ノウハウを豊富に持っていると考えられる。このような仮説に基づいて、運転ノウハウの抽出を図 3.3 に示した手順でおこなうことを考案した。図 3.3 は、異常事例の分析を通して得られたあるべき運転の姿としての ETOM チャートと、プロセスユニット毎の想定事象に対する思考訓練として行う拡張 PKY (危険予知活動) から得られる ETOM チャートの二つの ETOM チャートを加え合わせることで運転ノウハウの集大成を図ることを表している。

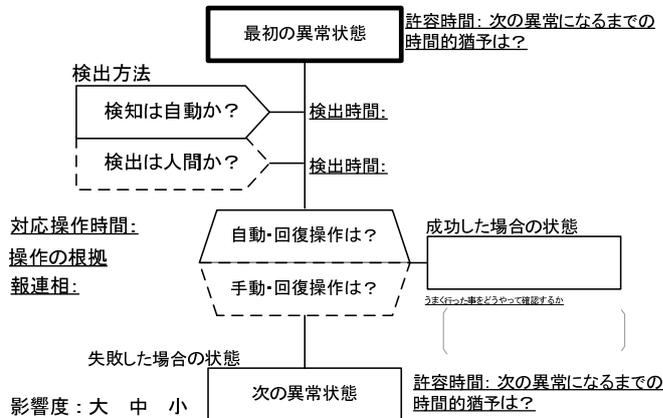


図 3.2 プラント運転のグラフ表現 (ETOM チャート)

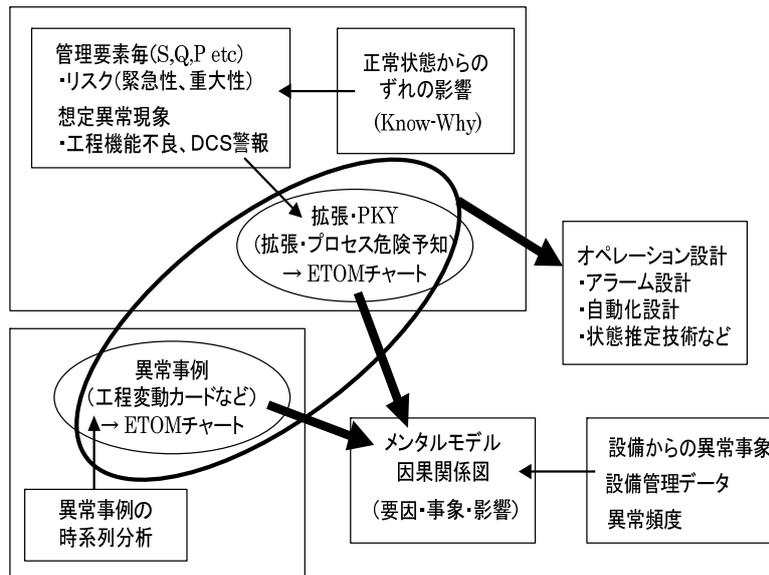


図 3.3 運転ノウハウの抽出方法

### 3.5 ETOMチャートの特徴

#### (1) 運転員操作の記述

ETOM チャートの特徴は、プロセス状態遷移を軸に、運転員の操作を記述する仕組みになっていて、非定常作業の SOP と見ることができる。従来の SOP や非定常時の操作方法を記述した文書は注目する現象に対する操作のみを記したものであった。原因や影響が記述されている文書もあるが、原因・現象・操作・影響がばらばらに記載されていてそれらの因果関係が視覚的に分る表現方法ではなかった。運転員はそれらの個別の情報間を暗黙知（経験や原理原則）で補い作業を行なっている。そのため、熟練者と未熟練者での作業の質に差が出易かった。図 3.4 に示したように、ETOM チャートの表記によって、原因—現象—操作—影響のつながりの理解が深まり、思考と知識のレベル向上を期待することができる。ETOM チャートではプロセスの状態遷移に応じた一塊の操作を“ステージ”（防護層）という概念で捉える。この表記方法により、プロセスの移り変わりとともに、成すべき操作が次々と変わることが直感的に分かる。また現在直面している現象がどのような原因によるものだったのか、また今後どのような影響が予想されるのかを俯瞰できる仕組みにもなっている。

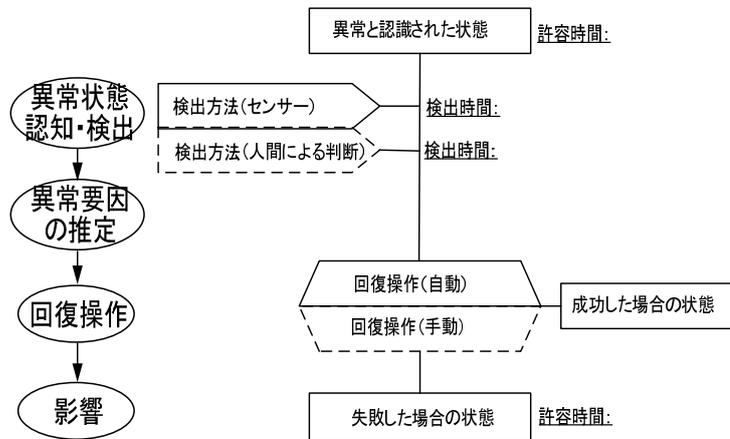


図 3.4 原因・現象・操作・影響の視覚的理解

## (2) 製造管理要素の視点

ETOM チャートでは、“ステージ”毎に製造管理要素の優先度/影響度を明確に表記するようになっている。この表記により、運転員は優先度を把握した上で作業を行なえるようになる。プロセス状態の把握から製造管理要素の優先度を意識させ、それぞれの要素への影響度について考える癖をつけさせる思考訓練の意味合いを持った仕組みでもある。従来の SOP や非定常時の操作方法を記述した文書では、製造管理要素に対する作業の優先度、重要度を明示したものは無かった。従って、その場の状況に応じ、何が最優先事項であるかをその都度判断していたため、判断の遅れや判断ミスに繋がる可能性があった。図 3.5 では、異常の気付きからの処置は、先ず安全(S)を優先し対応し、安全面での異常回避の確認ができれば、次は右部の品質(Q)の確保のための処置に移ることを示している。

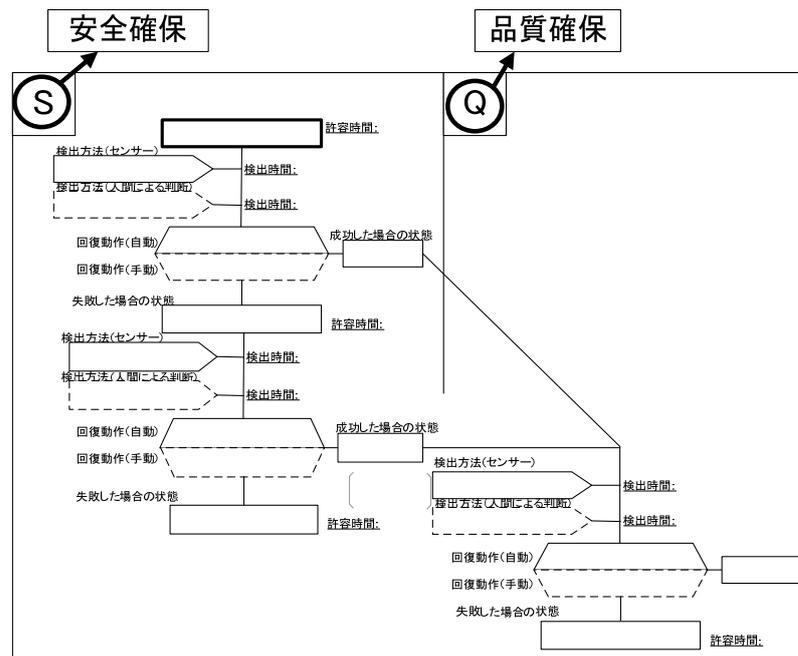


図 3.5 製造管理要素の優先度の表示

### (3) 回復操作の記述

ETOM チャートでは図 3.6 に示したように、ステージ毎に現象とその検出方法を表記し、それに対応する回復操作を記述する仕組みとなっている。プロセス状態の検出は人間（巡視点検など）と自動設備（センサーなど）が分担する（図中①）。化学プラントの場合、計測できる信号種類（流量、温度、圧力、成分分析計など）はそれほど多くないため、得られた信号からプロセス状態を推定することになる。この推定が運転員の役割であれば、その方法を記述する。また、センサー信号による場合、通常運転員は何かを確認するが、これも記述する。従来、これらを記述する手段がなかった。また、検出による気づきから回復操作を行うが、その操作時間に制限がある場合、許容できる時間を記述する（図中②）。プロセスの状態を製造管理要素毎に評価し、そのリスクの程度と操作許容時間とから、回復操作の自動化の是非の判定が可能になる。また、回復操作をしなかった場合に予想されるプロセス状態のリスクがどの程度かも記載する（図中③）。このリスクの程度で回復操作の重要度が決まる。

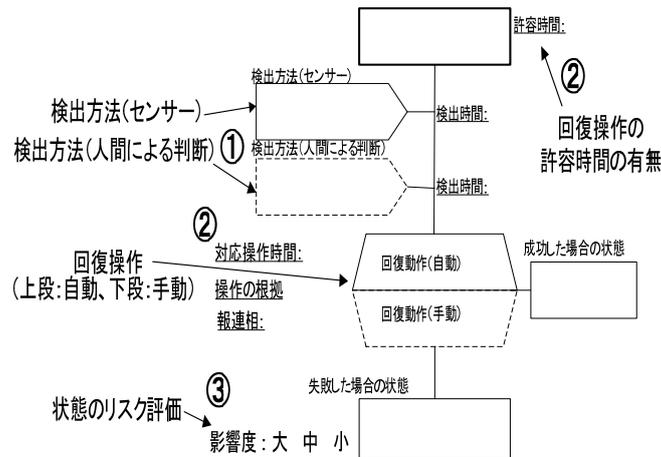


図 3.6 回復操作の記述

(4) 人とシステムの役割分担の明示

検出記述部分と回復操作記述部分では、図 3.7 に示したように上段に自動的に  
行われる項目と下段に人が行わねばならない項目を記入するようになっている。  
上段が空欄で下段に記述があることは、全てを運転員に依存していることを示し  
ており、上段に記述があつて下段が空欄であることは、何らかの方法で人に検知  
情報を伝える手段がある。また、許容時間から、その時間内に検出から回復操作  
までが可能かなどの確認も可能になる。これは操作の実行可能性の一つのチェッ  
ク手段とも言える。また、人間が検知、処置をしなければならない個所をカウン  
トすることで運転員の負担を定量化することができる。問題個所が分かれば、人  
とシステムの役割を再設計することができる。

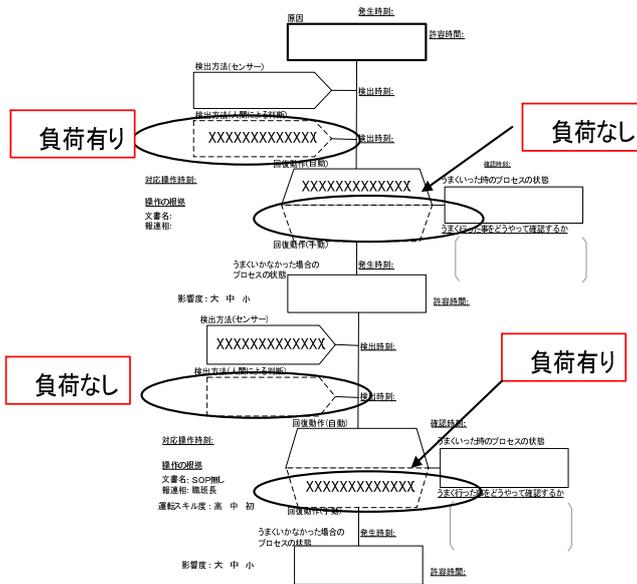


図 3.7 人とシステムの役割分担の表示

(5) 運転方法改善の評価

図 3.8 左側に示した現状の ETOM チャートでは、最上位のプロセス状態の検知手段は自動・手動共になく、無条件で第 2 の状態へ移行する。第 3、第 4 のプロセス状態へは運転員の気づきと処置が間に合えば回避可能であるが、少人化されている場合、他の作業と重なって気がつかなければ、第 4 の状態へ移行する。そのため、自動で検知する仕組みと回復操作についても余裕時間のない箇所での自動化を行うことにした。改善後の ETOM チャートは図 3.8 右側となり、運転員へ依存するブロック数（操作回数）は 4 から 0 に減らすことができた。この運転員負荷評価にプロセス遷移状態のリスク評価を加味することで、改善効果の定量化が可能となる。

従来の改善活動は生産性指標の改善が主目的であり、ヒューマンファクター的な改善については余り議論されることはなかった。オペレーション設計にヒューマンファクターの視点が入ることで、少なくとも心理的な負担の軽減、ひいては、安心感のあるプラント運転の実現に近づけることができる。

運転員依存ブロック数 = 4

運転員依存ブロック数 = 0

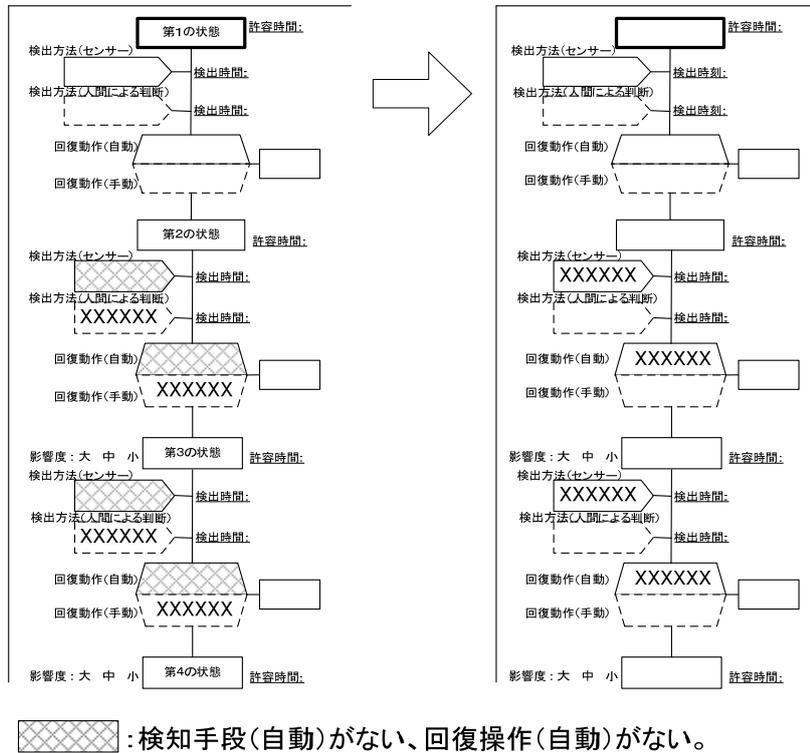


図 3.8 自動化による改善の評価例

### (6) 異常時の経験の記述

運転員にとって熟練運転員に語って欲しいのはなんと言っても、異常時の経験である。大きな事故では原因究明のため詳細な分析を行うが、殆どの事例が該当する一定規模以下の損失の場合、その経緯を振り返ることはない。そのため、貴重な異常体験が暗黙知にすらならない状況にある。そのため、先ず、時系列分析によって経験を振り返り、ETOM チャートであるべき異常対応の仕方を整理することにより、暗黙知が部分的であるにせよ形式知となる可能性がある。ETOM チャートは未熟練者のみならず熟練運転員にとっても有用なツールになる。

## 3.6 ETOMチャートを用いた拡張プロセス危険予知活動

先ず、製造管理要素別に重要なプロセスを選択し、正常時からのずれを網羅的に定義し、その状態を最初のプロセス状態として ETOM チャート上にそれらの影響

伝播（プロセス状態の遷移と製造管理要素毎の変化）を記載する。その結果、原因毎の ETOM チャートが出来上がる。それらを集約することによって、原因・兆候マトリックス（運転員の一つのメンタルモデル）が出来上がる。運転員が異常の兆候に気付いた時、真っ先に思い起こすのが過去の類似の経験である。この過去の事例が ETOM チャートにまとめられていることになる。

運転員の思考訓練として PKY（プロセス危険予知）活動がある。残念ながら、安全意識を高めることが主目的で、議論された内容を積極的にプラント運転全般に利用する考えはなかった。全ての運転管理要素に対して PKY 的な活動を行えば、網羅的に異常を分析する HAZOP に近いものになる。本研究では、従来の PKY とは区別するため、『拡張 PKY』と呼ぶことにした。拡張 PKY の運用においては、従来の PKY との違いを認識する必要がある。

本来はプラント設計段階において運転を十分に考慮した設計がなされているはずである。運転ノウハウも記述されるはずである。また、プラント稼動後は種々の出来事から事例が蓄積され、これをもとに異常対応の運転ノウハウが蓄積されていくはずである。これによって系統的に運転ノウハウが蓄積されていくというシナリオになるが、現実のプラントでは必ずしもこのような理想的な状況にはない。オペレーション設計の文書が残っていない場合、これを補うのに拡張 PKY が役立つ。プラントの重要部分から以下を意識して拡張 PKY を進めればよい。

- ① 運転員の異常に対する安全以外の管理要素に対しても感受性を高める教育訓練手法として再出発する。
- ② 専門技術スタッフの参画を得ながら原理原則を理解した思考訓練に変える。
- ③ 異常時の運転員の思考と行動は、発生事象の認識とその事象が引き起こす影響とその重大性の認識、次に、原因の遡及とその対策を行うことであり、的確な状況判断を行える冷静さを保つことがとりわけ重要である。運転員が冷静さを保つ要因は自信を持つことである。そのため、慣れた PKY の考え方を運転管理全般に拡張した活動を思考訓練として用いる。
- ④ 想定異常事象は、運転管理要素(S, E, Q, P, D, C)毎に重要度の高いユニット（機器単体ではなく、周辺機器を含めてある機能を発揮する機器群を一つのユニットと言う）を対象とする。
- ⑤ この拡張 PKY から抽出された運転ノウハウを ETOM チャートの形で管理する。必要があれば内容を更新する。

### 3.7 ETOMチャートを用いた新たな現場改善活動

日々の運転で蓄積される文書類の主な目的は、①設備中心とした現場改善、②運転手順の標準化などによる運転環境改善、③運転スキル向上の三つである。それぞれの文書の利用は作られた経緯から限られており、文書に含まれる知識や知見が有効活用されていない。そのため、ETOMチャートを中心とした改善活動を提案する。思考訓練を意識した時系列分析を通して得られたあるべき運転の姿を表したETOMチャートと、拡張PKYでのETOMチャート使用による原因遡及・影響伝播の因果関係の分析により、改善活動の基本的知識が整備されてくる。この結果、ETOMチャートと既存文書も自然に繋がりができ、グループウェア環境の中でナレッジマネジメントの環境が整う。

図3.9に示したようにETOMチャートを使った色々な改善活動が可能である。代表的な改善の進め方をまとめた。

#### (1) トラブル時の課題解決

時系列分析シート作成とETOMチャートの両方を使用する。実質の担当者に、先ず事実（行動と思考）を整理させ、職長を含めて聞き取り調査し、分析する。その上で、一度、あるべき姿をETOMチャートで描き、行動を見直す。特に、ヒューマンファクター要素の問題点の把握が今後にとって重要になるので、運転員の判断・操作/作業の障害となる点に着目し、運転員にとっての“面倒くささ”や“いやらしさ”を定量化する。出来上がったETOMチャートは非定常時のSOPとして活用する。必要に応じ、工程変動カードにまとめる。

#### (2) 拡張PKYを中心とした運転の見直し

拡張PKY活動の中でETOMチャートを使ってあるべき運転の姿を記述する。これまでのPKYの目的は安全教育だったが、位置付けを改善活動に変更する。従来の安全も含めた製造管理要素全てについてオペレーションを再設計する。計画的に重要ポイントのテーマを決め、重要度から対象ユニット（工程）を選択し、優先度の高いものから、正常時のずれの原因遡及と影響伝播を検討し、影響度の判定を加えてETOMチャートを作成する。出来上がったETOMチャートは非定常時のSOPとして活用する。

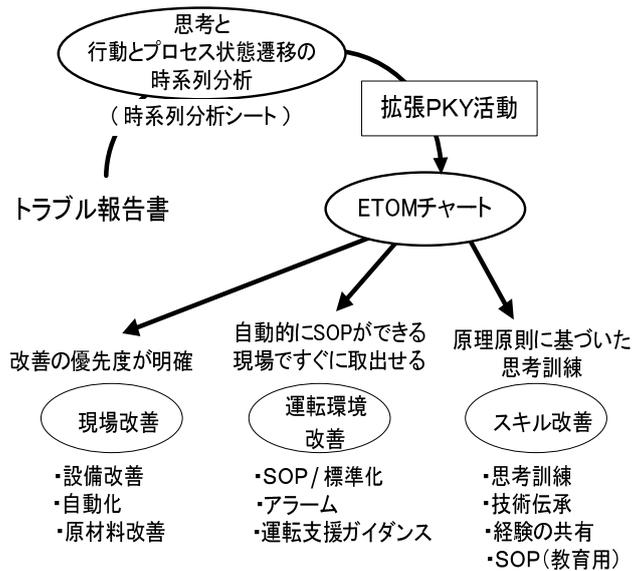


図 3.9 ETOM チャートを使った改善活動

### 3.8 まとめ

短期的な課題として、トラブル時対応の運転ノウハウの抽出・蓄積・利用のための統一的手法について考察を進め、トラブル事例から運転ノウハウを取り出す手段として時系列解析を系統的に実行することを提案し、着眼点を示した。また、異常時のプラント運転をグラフ表現する方法として、プロセス状態遷移に着目したイベントツリーを考案した。ETOMチャートと名づけたこのチャートは、プラントの異常時のいろいろなシナリオを明示できること、各ステップにおける人とシステムのかかわりが明示できること、また、運転員の作業負荷を評価することによって支援の検討が出来るなどの特徴があることを示した。この二つの統一的手法について、それぞれ特許を出願した。

多くの企業では、異常時のオペレーションまでは SOP 化できないとしてきた。その理由は、異常の要因は多数あること、プラントや処方是客户ニーズで頻繁に変化するため、同じ要因で異常が発生することは少ないことなどが挙げられる。そのため、SOP 化するにしても的を絞ることができない。ある石油化学会社では、アラームの発生に対して原因候補を提供し運転員に調査範囲をガイドする方式を採用している。各原因に対する ETOM チャートを提示すれば運転員に対する大きな

支援となる。ETOM チャートはそのまま異常時 SOP として活用できる点が特徴である。

プラント設計段階で重要なプロセスに対し拡張 PKY を行うことで、異常検知方式と回復操作方式の決定に際して、人と自動化の役割分担の考え方を明示することができる。更に、リスクの大きさや、プロセス状態の遷移速度（異常の伝播速度）を考慮した運転方法の合理性チェックができる。また、ETOM チャートを見れば運転員への依存の程度が分かることから、ETOM チャートのデータを自動集計する機能を付加すれば運転員の業務負荷やリスク評価をしながら運転方法の改善を行うことができる。このように、ETOM チャートは製造部門だけに留まらず、設計保守部門と一体となった運用が有効である。そのためにも、製造周辺部門を包含したナレッジマネジメントのための環境整備が必要となる。

## 4. 運転ノウハウの抽出事例

### 4.1 はじめに

日々の運転から蓄積される知識の殆どは非定常操作の代表的作業である異常事例を通して得られる。異常には設備故障、品質異常、人的要因などがある。化学プラントの場合、設備故障が発生すると、その影響がプロセスに表れ、温度、圧力、流量、液面、などのプロセス計測信号の警報によって何らかの異常が発生したことが分かり、運転員は色々な手段で原因を探り、その処置をすることになる。プラントの異常警報から直ちに真の要因が分かることは非常に稀で、殆どの場合、類似現象の過去の経験の思い起こしや直近の非定常作業の有無の確認などを行っている。同時にプロセスの現状把握から予測される事態のリスク判断に基づいて取るべき処置の決定などは上司の協力・指示の下で行っている。

熟練運転員は、特に若手に、異常の気づきから処置に至る思考の経路について伝えたいと思っている。熟練運転員は、**図4.1**に示すように異常兆候の発見から、原因推定・確定、処置（応急／恒久）に至る思考プロセスを過去の経験や知識から体得している。異常兆候の発見プロセスでは、自分自身の持つ経験・知識をフル稼働させて状況認識・異常要因の推測・影響の予測・応急処置の決定までを行っている。これらの根拠となっているのは記憶されている経験などが主体であるが、特に効果的であるのが、自分の記憶を呼び起こす起点となる自分なりの運転記録である。これは便利帳とも言えるもので、色々な人が自分に合ったやり方で作成している。これは自分の異常時の思考を助けるためのものである。

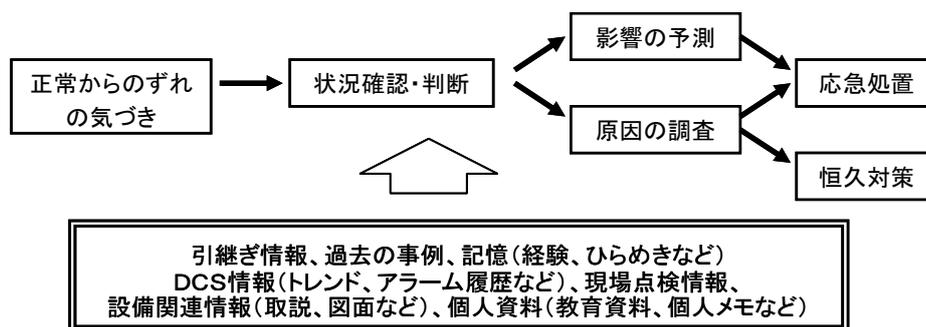


図4.1 異常時の思考プロセス

このような異常時の思考訓練は非常に重要で、過去、プロセス危険予知などで

類似な試みをしてきている。特に若手の段階での訓練が有効と思われる。

本章では、具体的にバッチプロセスのトラブル事例を用いて、暗黙知化した異常時の運転ノウハウを時系列分析によって取り出すケーススタディを行った。また、この手法は運転ノウハウの取り出しにとどまらず、新しい改善活動の方法としても有望であることも示す。

## 4.2 バッチプロセスのトラブル事例

### 1) 工程変動カードの記述

異常事例からの運転ノウハウ抽出するために、工程変動カードを基に起こった事象の分析を行った。工程変動カードには、トラブル内容として以下のように記載されている。『No. 2 ブライン(Br)冷凍機異常停止警報(XCA-502)発生。現場確認したところ No. 2 Br ポンプが停止していた。No. 2 Br ポンプが何故停止したか不明のため、電気室のNFB（ノーヒューズブレーカ）を確認したが、過負荷検知器（サーマルリレー）は作動していなかった。現場押釦にて No. 2 Br ポンプを起動できなかったため、予備の No. 3 Br ポンプを起動させ、Br 流量低下異常を回復させて、No. 2 Br 冷凍機を起動した。』 図 4.2 は、重合反応器の冷却システムを示す。No. 2 Br 冷凍機は、2つの重合反応器（CとD）を冷却している。

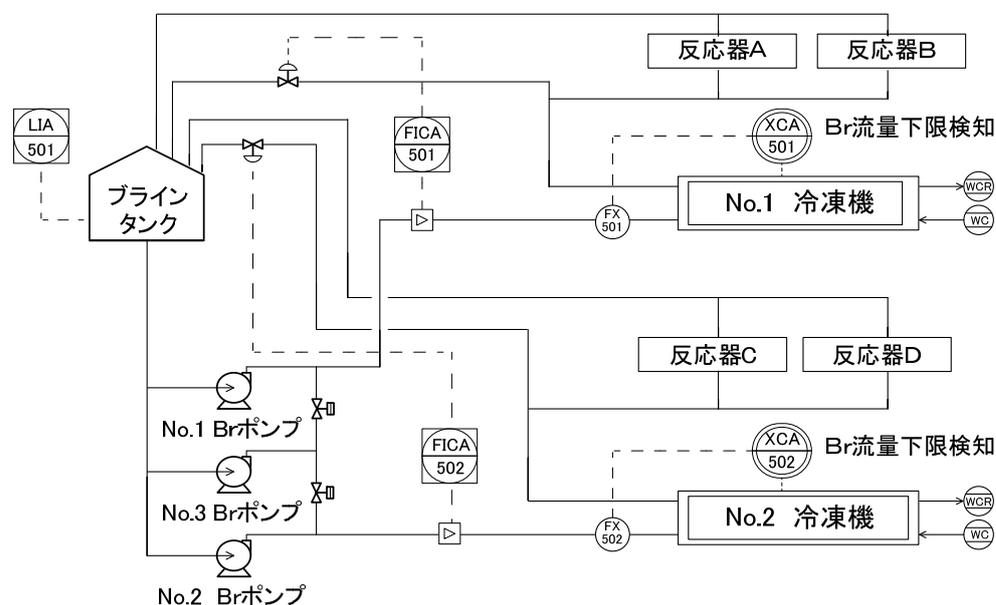


図 4.2 重合反応器の冷却システム

## 2) 時系列分析シート

工程変動カードから以下の六つの Event を定め、時系列分析シートを活用して分析した。

Event 1 : 警報 XCA-502 の発生

Event 2 : No. 2 ブラインポンプの停止原因の調査

Event 3 : No. 2 ブラインポンプの再運転

Event 4 : No. 3 ブラインポンプの起動

Event 5 : No. 2 ブライン冷凍機の起動

Event 6 : No. 2 ブラインポンプの修理

運転中の重合反応において、異常時の熟練運転員の思考プロセスを抽出するために、表 4.1 中の Event 1' と Event 1'' を追記した。各々の Event において、運転員の思考プロセスにそって、各アイテム（発生時刻、異常認識の手段、要因、影響の予測、思考・判断・操作、判断または操作の結果、判断の根拠となる基礎的な知識、ノウハウ、精神的な負荷、リスク）を記載する。表 4.1 は、工程変動カードの時系列シートを活用して分析した結果を示している。この時系列分析シートは運転員が状況に応じて、どのように対処したかを示している。しかし、運転員が何故そのような行動をしたかについて理解するには十分ではない。ノウハウ欄の星マーク（★）は、熟練運転員の暗黙知の存在を示す。

表4.1 異常発生時の時系列分析

No	時刻	異常認識の手段	推測できる要因	影響の予測	思考・判断 または 取るべき操作	判断の結果 または 操作の結果	備 考			
							判断の根拠となる 基礎的な知識	ノウハウ	精神的負荷 困ったこと	予想される リスク
1	11:30	警報 (DCS or パネル)	Brポンプの停止	冷凍機の停止	影響を受ける 重合機の 反応状態の確認		・インターロック、DCS、 シーケンス制御 ・PID、冷凍機仕様書etc ・DCSソフトなど			不明
1'			除熱能力の不足	温度、圧力の上昇	緊急処置の 必要性の判断	緊急処置の介入 は不要と判断。 時間的余裕ある	・品種毎冷却パターン ・温度異常の処置基準 (冷却手段などPID) ・製品扱い混込み処理な どの判断処置基準など	★ ・複数重合機の状態組 合せ(リスク予想と時間 的余裕の判断)		低
1''					Br流量の 回復操作を優先	現場で状況確認 (ポンプ、冷凍機 の要因)	・Br回復手段とその操作 ・現場・電気室・管理室で 確認できる項目の整理			低
2	11:35	サーマルリレーの 状態確認	Br流量の過負荷		サーマルリレー は正常	ポンプ再起動をト ライ	ポンプの異常種類と その判断方法			低
3	11:40				ポンプ起動を試 みた	不可のため、 予備ポンプ を準備				低
4	11:45				予備ポンプを起 動	流量回復し 冷凍機起動 を準備	冷凍機起動手順		ポンプ切替 SW動作チェック は実施してい ない。緊急時 不安要素あり	低
5	11:48				冷凍機を起動し て重合機状態を 確認	冷却復帰し、正常 状態確認	テラ-状態の見方			低
6					異常ポンプの要 因特定と補修	(NFB部品交換)	保全員より状況確認し 異常処置基準などへの 記載の検討が必要			

### 3) 熟練運転員からのインタビュー

ライン流量の低下や冷凍機が停止すると、重合反応器から十分な熱は除熱できない。その結果、重合反応器の温度と圧力が上昇し、品質上の問題が生じる。最悪のケースでは安全弁が吹く。それは安全面や環境面から重大な問題となる。重合反応の異常処置（禁止剤投入など）をするべきか否かを判断することは、非常に重要な決断である。しかし、工程変動カードには、運転員の判断や意思決定した経緯は記載されていない。そこで、熟練運転員がどのような判断をしているかを調べるためにインタビューを行った。熟練運転員とのインタビューの結果、彼が重合反応器の標準的な除熱パターンに基づいて、2台の重合反応器の除熱パターンの重なりを考慮して、除熱すべき総量を予測していることを確認した。図 4.3 は、おおよそ 10 時間かかる重合反応プロセスの標準的な除熱パターンを示した。重合所要時間は、製品品種に依存して変わる。熟練運転員は、図 4.4 に示すように、2台の重合反応器の合算した除熱パターンを予測している。

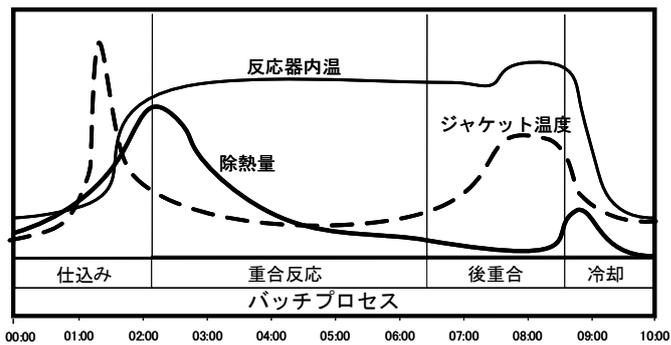


図 4.3 バッチ重合反応の標準的な除熱パターン

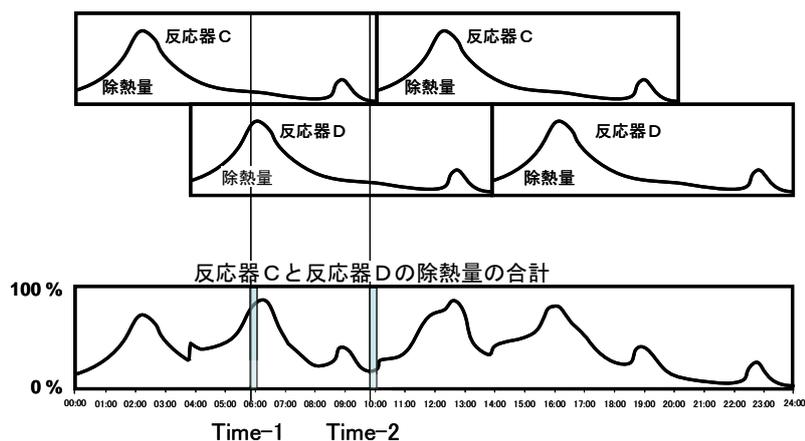


図 4.4 二つの重合反応器の重なりによる除熱パターンの総量

熟練運転員からのインタビュー結果、以下の思考プロセスが明らかになった。  
図 4.4 の Time-1 では、反応器 C は重合プロセスの後半部で熱の発生量は小さい。一方、反応器 D はモノマーと重合開始剤を投入後、重合反応のピークにある。Time-1 の時点で、異常を検知して処置するまでの短期間のトータル除熱量予測は、図 4.4 中のバンドとして示される。このタイミングで反応器の除熱能力が低下すると、異常反応が起こり、温度と圧力は急速に増加する。最悪の場合、安全弁が作動する。その時は異常反応を避けるため、重合禁止剤を加えることになる。以上のことから、熟練運転員は Time-1 の場合は、重合禁止剤を投入するか否かの判断を最優先することになる。

一方、図 4.4 の Time-2 では、反応器 C は最後の冷却段階にあって、除熱能力が減少しても殆ど影響を受けない。反応器 D も重合プロセスの後半部で、熱の発生量は小さい。Time-2 の時点での短期間のトータル除熱量予測は、図 4.4 中のバンドとして示される。従って、熟練運転員は Time-2 の場合は緊急処置の介入は不要と判断し、時間的に余裕があるので除熱能力を回復するためにラインポンプとライン冷凍機を再開するという意思決定をすることができることになる。

熟練運転員とのインタビュー結果、今回の異常は Time-2 の頃に起こり、担当の運転員はラインポンプと冷凍機の起動を再開した。上記のように、熟練運転員は熱除去の将来の負荷予測することによって適切な決定をしている。我々は、時系列分析と熟練運転員とのインタビューを通してこの重要なノウハウを取り出すことができた。このようなノウハウは下記の二つの方法で利用できる。

- ①異常状態での運転マニュアルとして用いる。これは運転員の教育において日常業務の中で使える。
- ②重合器内温やジャケット温度などプロセス計測値ではなく、それらを除熱能力負荷の形に加工し且つ除熱量総量の形で時々刻々のトレンド表示させることは将来予測可能とするので運転員にとっては大きな支援となる。(異常兆候の把握や影響の予測のための運転支援システム化につながる)

#### 4) ETOM(Event Tree for Operation Management)チャート

故障に起因した様々な異なるプロセス状態があり、各々の状態において、適切な操作を実施しなければならない。冷凍機の回復処置が不成功の時、重合反応器の温度と圧力の経緯を観察しながら、以下の対応策を取らなければならない。

- (1) ブラインの代わりに冷却水を使って冷却する。反応温度が制御可能と判断できれば品質異常（規格外品）となっても運転は続行する。この時、製品ホッパーの切替えなど、正常製品との混入を防止するために必要な処置を行う。
  - (2) 重合反応器からの排出先のブローダウンタンク液面が指定された値以下の時、反応していない液はブローダウンタンクへ移す。この処置により温度と圧力の上昇速度を低下させることができる。
  - (3) 重合反応の最終段階では、未反応モノマーガスを回収する。
  - (4) 最悪のケースでは、安全のために反応器に重合禁止剤を投入することにより、重合反応を止める。この場合、反応器の内容物は産業廃棄物として処理される。
- 以上の考察から、図 4.5 で示すようにプロセスの状態推移をイベントツリー図に描くことができる。このチャートは、状況に応じた異常状態へ移行を防止するための防護層を例示する。

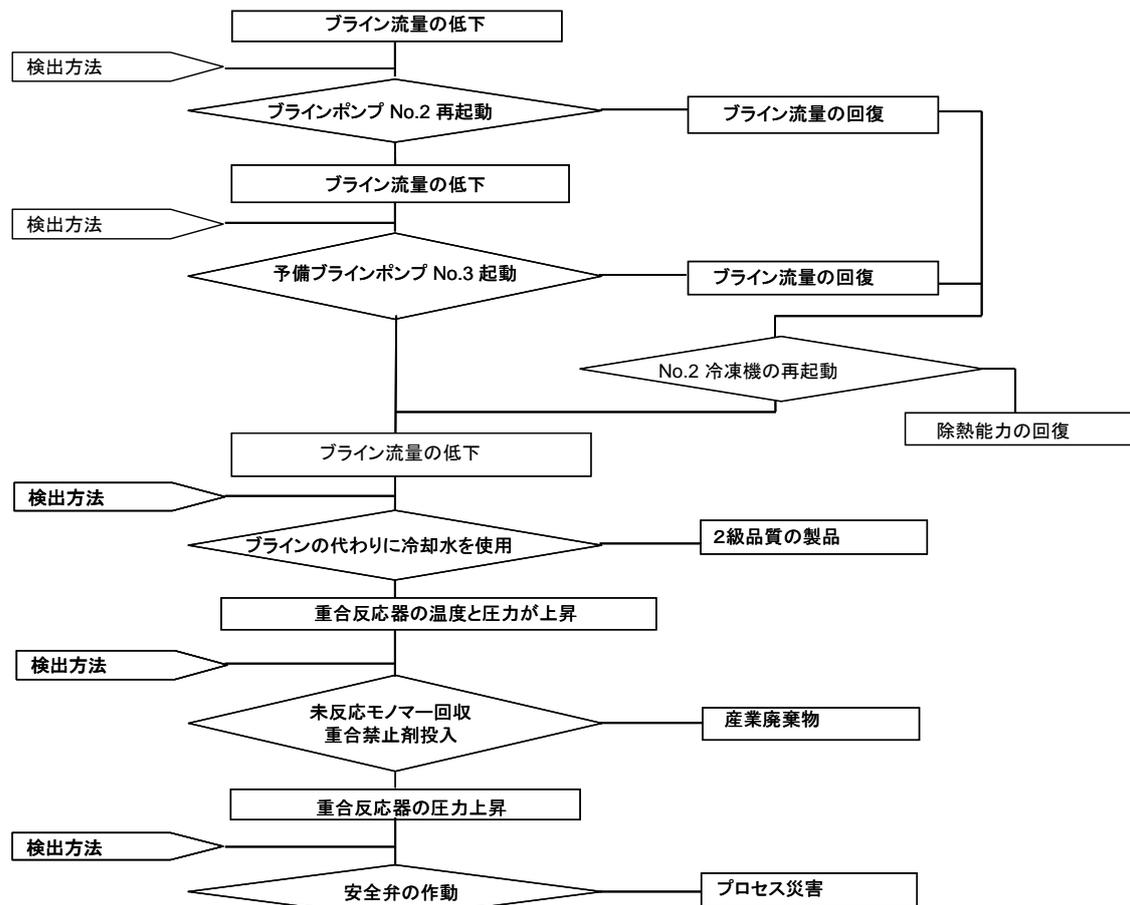


図 4.5 冷却システムの故障に関するイベントツリー図

### 4.3 時系列分析シートによるノウハウの抽出

ある化学プラント（バッチプロセス）で発生した工程トラブルを、時系列分析シートを活用して分析した。35件の工程トラブルの原因について、一次要因で分類したものを表4.2に示す。また、35件の工程トラブルから37件の運転ノウハウが抽出した。それを表4.3に示す。

表4.2 工程トラブルの要因分類

1次要因	内容	件数
設備の故障	計器指示不良、電気機器の接触不良、腐食・振動・劣化による機械装置の故障、ライニング剥離、溶接外れ、ホースの破れ、ノズル破損、溶接不良など	19
運転管理面	湿度調節管理、注水量管理、季節変化による処方変更、ヒーター詰り、長期間運転停止中の処置など	10
操作ミス	操作開始タイミング、設定値復元、回収開始判断ミス、MSGや警報見落とし、作業中断の忘れなど	6
合 計		35

表4.3 抽出されたノウハウ

項目	内容	件数
異常時の処置	・復旧時、回復を容易にする為の運転ノウハウ	14
	・異常時、品質アウトとしないための運転ノウハウ	
	・運転条件変更時の注意点とその理由	6
	・過去の経験から上手い処置方法	1
	・複数装置の組合せ、リスク予想と時間的余裕の判断	3
原因の絞込	・機器の良否判定の仕方	3
異常個所推定	・製品異物の色により、異常個所の推定方法	2
	・トレンドの推移を見て、異常工程を推定する	3
シーケンス	・工程トラブル時のシーケンスの動作説明	3
運転管理	・正常運転時の装置の運転管理値	1
品質異常	・品質異常と仕込み遅延時間との因果関係	1
異常伝播	・触媒を常温で放置すればどうなるか	1
異常兆候	・異常の兆候発見(異物、臭い)と報・連・相	2
合 計		37

### 4.4 時系列分析シートを使った改善活動

#### 1) 時系列分析シートを使った改善点の抽出

時系列分析シートを使って分析する過程で、「判断の根拠となる基礎的な知識」、「ノウハウ」、「困ったこと」の欄を記入する際に以下の問題点が炙りだされた。

- ① 資料が無い。揃っていない。保管場所を知らない。
- ② 判断基準が曖昧な所がある。異常処置基準に載っていない判断を必要とする場面がある。
- ③ 人によってやり方が異なる、指導員によって教育方法が異なるものがある。
- ④ 製造技術スタッフや設備技術者など、専門家の確認が必要なものがある。

工程トラブルの一次原因に対する改善だけでなく、このような時系列分析の過程で炙りだされた潜在的な問題点も確実に改善に繋げていく必要がある。今回 35 件の工程トラブルについて時系列分析する中で炙りだされた潜在的な問題点に対する改善点は 86 件抽出された。それを表 4.4 に示す。これらの改善点は従来のトラブルに対する再発防止の改善活動だけでは見逃されていたものである。何故なら従来の改善活動はトラブル原因に対する改善であるが、今回の提案方法は時系列分析の過程で思考プロセスの各段階での潜在的な問題点や改善策を抽出していくからである。即ち、時系列分析が運転ノウハウ抽出だけでなく、仕事改善・設備改善にも役立つことが確かめられた。

表4.4 時系列分析による改善策(事例)

改善分類	内容	件数
設備面	・液面形機種変更、SEQ改善、マンホール改善、計器設置、自動弁更新、配管変更、CRTに表示、調節弁の修理、警報&メッセージの改善 など	23
管理面	・定期点検の見直し、溶解温度変更、運転立上げ手順化、定期洗浄のルール化、トレース温度変更、工場間の情報共有化、担当の明確化、予備品管理基準、回収ラインの水洗方法変更、設定値変更の確認方法の変更、異常時の点検方法の変更、予備機を含めた運転管理など	31
ドキュメント面	・トラブルシューティング、異物点検箇所のMAP化、SEQ停止条件一覧表、異常処置基準、ワンポイントシート化、過去のトラブル履歴の整理、洗浄後のチェックリスト、高圧洗浄ホース交換作業のSOP化など	21
教育面	・SEQ勉強会、特定設備・新規設備の運転教育など	11
合 計		86

ここで改めて改善点を抽出する視点を表 4.5 に整理する。表 4.5 の①～⑨は、図 3.1 の時系列分析シートの①～⑨に対応する。この「改善点を抽出する視点」は時系列分析シートを活用した改善活動を行う場合のノウハウと言える。

表4.5 改善策を抽出する視点

	項目	改善を抽出する視点
①	異常の認識 の手段	・認知手段は容易か ・異常の兆候をもっと早く見つけられないか
②	推測できる 要因	・原因推定は容易か ・原因の絞込みは容易か
③	影響の予測	・何故異常状態が進展したのか？ ・何故修復に時間がかかったのか？
④	思考・判断 または 取るべき操作	・処置は容易か。(複数作業か、時間的制約の有無、ノウハウが必要か) ・オペミスが減らず工夫はないか ・判断ミス、操作ミスはどのような場面で起こるのか。
⑤	判断の結果 または 操作の結果	・処置後の状況(良否判定)は容易にわかるか ・危険な作業、熟練が必要な作業はないか。
⑥	判断の根拠 となる知識	・判断の根拠となる基礎的な知識は何か ・それは、ドキュメントとして明文化されているか ・既存ドキュメント(SOP、技術標準書等)に、洩れや間違いはないか
⑦	ノウハウ	・若手に伝承しておきたいことは何か ・ベテランの判断方法(What、Why、How-To)
⑧	いやらしさ	・その時困ったことは何か、心理的負担を軽減できないか ・設備面、作業面、管理面の改善の工夫はないか
⑨	予想される リスク	・異常発生した場合のリスク想定は容易か ・リスクを下げる方法はないか

2) 抽出された改善点を確実に実施していく仕組み

時系列分析から炙りだされた問題点に対し、設備改善、作業改善として確実に実施していく仕組みを作る必要がある。下記項目を明記し、改善の進捗管理ができるように表 4.6 に示す書式を工夫し、運用する仕組みを提案した。

- ・時系列分析結果、判明した問題点
- ・改善のアイデア……アイデアレベルでも良い
- ・具体的改善実行策……技術スタッフと協議して具体策にする
- ・担当者………具体策を実行する担当者
- ・期日 ………具体的改善策を実施する予定日
- ・確認 ………定期的に進捗管理する

トラブルに対応した班が原案を作成し、製造課の設備担当者と技術スタッフ間で内容を具体化し、必要に応じて設備保全担当者などの専門家と具体的な改善策を検討して完成できるように運用方法を指導した。

表4.6 設備改善、作業改善の抽出・進捗管理表

		推進員	作成班/実施者(作成年月)	部署長

No	時系列分析結果、判明した問題点	改善のアイデア	具体的改善実行策	担当者	期日	確認
		時系列分析シートで分析結果、抽出された問題点を記録する。	別途、専門家スタッフ(技術・設備保全)と打合せを行い具体的改善策を決定する。			具体的改善策と担当者・期日を決めて進捗管理を行う。

#### 4.5 時系列分析シートを用いたOJT教育の仕組み

ある製造課において、工程トラブル発生都度、時系列分析シートを用いてその時の状況を振り返り分析することにより OJT 教育を行うことを提案し、実際に指導した。

- ・若手運転員がその時の行動を振り返り、書くことにより何が問題だったのか、自分に何が不足しているのかを気づかせ、異常時の思考パターンを訓練する。
- ・それを上司がチェックすることにより、更に不足している点について具体的に若手運転員を指導する。

ことを重視した。

また、時系列分析シートを OJT 教育に活用できるように運用ルールを決めた。

<運用ルール>

- ① 新規に発生したトラブルは、トラブルに対応した班が 10 日以内に作成する。
- ② 過去のトラブルは、各班に分担している担当工程毎に、各班が作成する。
- ③ トラブル発生から処置終了まで複数班にまたがる場合は、最初に対応した班が作成を開始し、次班が引き継いで完成させる。
- ④ トラブル発生に対し、漏れなく時系列分析シートを作成していくよう一覧表を

作成し、製造課の推進リーダーが進捗を管理する。

- ⑤ 作成者主導で作成するものの、出来るだけ班内ミーティングなどで他メンバーの知恵を集める。
- ⑥ 各班の班長クラスを推進員とし、各班で作成した時系列分析シートを推進員がチェック・添削をして班毎のバラツキを無くす。
- ⑦ **表 4.6** に示す改善策一覧表を作り、製造課内の設備担当班と技術スタッフ、及び設備保全メンバーとの検討会を行い、具体的な改善策を纏める。
- ⑧ 基本的に交代勤務時間内で作成するが、無理ならば日勤日を設定しても良い。

時系列分析シートを用いて OJT 教育を進める場合、指導員が十分なチェックができるように指導員自身の育成も重要な課題となる。製造技術スタッフや設備保全スタッフが一緒になって支援する体制が必要である。時系列分析シートを用いて OJT 教育を行う際の指導員のチェックの視点を**表 4.7**に整理した。

表4.7 OJT指導員のチェックポイント

1	必要な資料を準備し、参照したか	①フローシート(P&ID)、②プロセスデータ記録(警報、メッセージ、トレンドデータ)、③プラント設計資料/保全資料 (SEQ資料など)、④基準・標準類(技術標準、SOP、検査標準)、⑤教育用資料、など 異常事象に関連した資料を揃えて参照したか。
2	自らの行動の振り返り	異常対応処置を終え(落ち着いてから)、その時の自らの行動や、上司の判断・指示を思い出して、時系列に整理しているか。
	本人の理解度を 確認	若手運転員が作成した時系列分析シートに対し、①異常の認知、②推測できる要因、③影響の予測、④思考・判断、⑤処置、⑥処置の結果プラントの状態、⑦判断の根拠となる基礎的な知識、⑧ノウハウ、⑨リスクレベル、⑩その時、困ったこと(精神的負担) などについて、“なぜなぜ”を意識しながら若手運転員とコミュニケーションを行いながら、思考プロセスやノウハウを伝承したか。
4	専門家の意見を 聞く	製造技術面、制御システム面から、確認すべき事項があれば、コメントして技術スタッフのチェックを受けるよう指導したか。
5	改善策の検討	①異常認知は容易か。もっと早く兆候を見つけれないか。 ②異常波及のリスク想定はしたか、 ③根本原因は何か。原因推定・絞込みは容易か ④異常処置は容易か。(複数作業、時間的制約、ノウハウ有無) ⑤処置結果の状況は容易にわかるか ⑥人的要因(ヒューマンエラー、心理的負担)はないか ⑦SOP、技術標準に洩れ、間違い、曖昧な面はないか ⑧何故異常が伝播したのか。何故修復に時間がかかったのか ⑨その時困ったことは何か、改善策は(設備面/作業面)
6	あるべき姿との ギャップ	本来のあるべき姿は何かを指導員が考え、作成した時系列分析シートとのギャップを若手に気づかせる

## 4.6 まとめ

工程トラブルの発生都度、時系列分析シートを活用して、若手運転員にその時の状況を振り返らせ分析させることは、何が問題だったのか、自分に何が不足しているかを気づかせることになる。それを上司がチェックすることにより、具体的に若手運転員を指導することができる OJT になることを示した。

また、異常時の判断の根拠となる知識・ノウハウを抽出することは、伝承すべき知識・ノウハウを明確化する上で不可欠であることを示した。また、時系列分析の過程で、炙り出された問題点や困ったことを精査することにより、設備改善・作業改善に役立てることができることも示した。

多くの会社では、全ての潜在的な異常を想定し SOP 化することは、異常原因が多面に亘り、不可能であると考えられていた。しかし、運転員が経験した各々の工程ト

ラブルについて、時系列分析シートを用いて分析することは可能であり、暗黙知化したノウハウを熟練運転員とのインタビューを通して得ることができることがわかったことから、重要なノウハウを逐次蓄積することができる。これによって異常時対応の SOP を整備していくことができることを示した。

工程トラブル発生に対し、起こりうるプラント状態遷移に対し、対処方法をグラフ化して表現する ETOM チャートを作成することによって、個々の工程トラブルに対し、対応策を一目で分かるように表現することができる。これによって、プラントの運転ノウハウを包括的に捉えることが可能になる。ETOM チャートを異常時の SOP として使うことは、異常時に運転員が安心して操作するための支援になることを示した。

## 5. 運転員の育成とスキル開発モデル

### 5.1 はじめに

第2章で述べた運転技術の伝承に関するアンケート調査結果から、長期的な問題として、運転員の育成の支援を課題として設定した。

再度、アンケート結果から見てきた運転員の育成に関する問題点を整理する。

- ・運転に入る時、9割の運転員が緊張と不安を感じている。
- ・不安を感じるのは、「異常時」、「S/U・S/D時」、「運転条件変更時」で9割を占める。
- ・運転に十分自信があると答えた人は全体で25%、ベテラン層では45%。
- ・SOPは日常運転で80%以上の人が見ているが、「役立っている」と評価する人は60%で、「あまり使わない」、「役に立たない」の回答も多い。SOPの工夫が必要。
- ・異常時の思考訓練としては、プロセス危険予知訓練(PKY)やヒヤリハット(HH)活動を行っている。しかし、日々の運転業務で重要な、全ての製造管理要素(P/Q/C/D/S)に着目した特別な訓練は行われていない。そのため、総合的な状況認識や判断の修得が難しくなっている。
- ・現在のOJTは、75%の人が満足していなく、やり方については指導員に任されている部分も多い。指導する側の能力に疑問を感じるなどの不満がある。
- ・新人のOJTは体系的に教えているが、中堅層については各自に任されている。
- ・OJTとは何か、運転員の役割期待や育成モデル等から明らかにする必要がある。
- ・Off-JTとして全社の技術学校があるが、約80%の人が「十分に受けていない」。
- ・各製造課では多能工化を進めているが、SOPに基づく作業レベルが中心で、プロセス/設備/管理の違いなど、もう少し基本的な所からOJTで教えていくことが重要と思われる。

回答を見る限り、多くの運転員は個人別のキャリアパス（昇格のための育成計画）がないため、何を目標に自己啓発すればいいのか、具体的な学習目標が見えないことに不満を抱いていると推察できる。

これらから、次のような運転員の育成に関する課題が明らかになった。

#### ① 標準作業手順書(SOP)の整備・充実

運転のバイブルはSOPである。そのため、定常・非定常作業を基本的に全てSOP化し、必要に応じて常に更新していくことが必要である。SOPの内容も、作業手

順だけでなく、個々の作業の理由や背景（Know-Why）や正しく作業が行われなかった場合の影響の記述を含めるなど改善が必要である。

## ② 系統的な異常時対応の訓練

運転員は入社後半年で、担当工程の定常作業のSOPを一定数習得すれば定員化されるが、異常時対応はSOPが揃っていないため、定常作業のように自習できない。また系統的な異常時対応の訓練が不十分であるため、異常時対応では熟練運転員や技術スタッフに依存してしまう。スキル向上につなげる教育の仕組みがないため、運転ノウハウのかたまりである異常時の対応を伝承の困難な暗黙知にしている。そのため中堅以下の非熟練運転員は異常時の対応に不安を持ち、運転に自信が持てない状況に陥っていると考えられる。

## ③ 運転員のスキル開発モデルの設定

運転員には一般的なキャリアパスに沿って三種類のOJTがある。新人へのOJT、多能工化に取り組む中での自己学習によるOJT、そして昇格研修者の職場での改善課題に対するOJTである。新人OJTと昇格研修OJTの間は十数年空いている。この間に多能工化OJTがあるが、自己学習が基本であり、先輩からのノウハウなどの伝授も制度化されていないことから、運転スキル面での大きなレベルアップは期待できない。この間は、目標管理制度の中での改善業務の中で、知識と論理的思考能力の向上に期待するしかない。もし個々の運転員のスキル開発モデルが設定されていれば、多能工化OJTにおいて自己啓発が促されると考えられる。

## ④ Off-JT教育への参加

アンケートからはOff-JT教育を十分に受けたことがないとする意見が多く見られた。制度上では入社後数年目に運転に必要な知識を習得するための自由参加の研修がある。しかし、製造現場では少人化の影響で、運転員を研修に出すとその間、他の運転員に時間外勤務が発生し負担がかかるということから、製造管理者層が積極的に研修を推奨しにくい状況になっている。

## ⑤ 班(チーム)の組織能力向上

班の運転能力向上のためには班編成は重要な課題である。このためには個々の運転員のスキルを評価し向上させる仕組みと、班の運転管理スキルの明確化と向上させる仕組みが必要になり、教育・訓練の整備が重点課題になる。

## 5.2 プラント運転員の役割<sup>13), 14)</sup>

運転員の役割は、プラントが最大限の能力を発揮し計画通りの生産が可能となるよう、プラントの状態を判断しながら適切な処置を講ずることである。このため、まず SOP で定められた作業を忠実にを行うことが求められる。SOP に基づいたプラントの定型的な監視および点検業務が運転員の第一の業務であるが、プラントに異常が発生した場合は、的確な状況認識・判断とともに適切に対応することが求められる。この第二の業務遂行能力の向上こそが、今日の技術伝承や運転員育成の重要な目標となっている。さらに運転員にはこれらのプラント運転管理能力以外に、生産競争力向上のための改善活動の担い手としての第三の業務がある。

業務 1：標準作業手順書(SOP)の確実な実行

業務 2：異常の発見と適切な処置による事故等の未然防止

業務 3：製造現場での品質やプロセスの改善活動

三つの業務それぞれに対応する計画的な教育と訓練が必要であるが、運転員の負荷増大の中での業務遂行能力の維持・向上には、習熟期間の短縮化などの効率化が必要になる。業務 3 は、三現主義を基本とした生産性向上のための改善活動であり、技術スタッフと共同して改善を進める役割を担っている。このため、改善目標に沿って運転員に原理・原則と言われる知識を与え、プロセスを見る目を養成すると共に、改善のサイクル（PDCA）を学ぶ機会をある期間だけ運転シフトから外すなどの工夫をして、設定する必要がある。

このように運転員の役割を業務内容によって三つに分類して見ることは、より適切な育成計画を考える上で役立つ。

## 5.3 運転員の置かれている現状<sup>14)</sup>

競争力向上のためのコスト削減から生じた製造部門の少人化により、個々の運転員の負荷が増えている。また、市場への柔軟な対応のための生産条件の変更頻度の増大や複雑化によっても運転員の負荷は増大している。一方では、運転管理室の統合化に伴う複数のプラント運転を行うことができる多能工化も進められている。このようなプラント運転の環境変化に伴う運転員側の問題点を把握するため、アンケート調査を行った化学工場における多能工化の現状について考察した。

現状の多能工化の方法は、対象作業を定めそのための SOP を自己学習で習得する方法である。指導員からは最初のみ指導を受けるが、以降は自己努力で習得す

ることになっている。最初の指導は殆ど作業手順が主体となる。本来は、作業に必要とされる背景的知見や期待される状態、目標から外れた場合の影響やその処置、現在の手順になった経緯、そしてトラブル事例など、多くの過去の知見を時間をかけて受け継ぐ OJT が必要である。最初の指導だけでこれらが伝承される筈もなく、十分な伝承の機会があるというには程遠い。“SOP から何を学ぶのか”から考え直し、その上で育成の方法を考えてその効果を評価することが大切である。

これまでは、SOP の習熟数、すなわち様々な製造工程の運転を担う工程業務カバー率の向上を目標にしてきており、結果として運転能力（運転スキル）が高いとは言にくい水準で平均化されてきた。これを水平型多能化と呼ぶことにする。

一方、プラントのあらゆる事態に迅速に正しく対応できるためには計画的な運転スキルの向上が重要である。運転員として必要な思考訓練を受け、状況毎に必要な知識が何であるかを理解していることがこの運転スキルの基礎になる。非定常業務、特に異常対応における運転スキルの習得は運転員の自信と積極性につながり、改善スキルを向上させることにも繋がってくる。このような多能工化を垂直型多能工化と呼ぶ。熟練運転員が若手の育成に十分に時間と情熱をかけることができたこれまでの育成では、この垂直型多能工化は自然に実行されていた。特に運転員として基本的な思考が徹底して叩き込まれた結果、毎日のように経験の振返りが行われ、知識の整理が行われ、新しい知識が獲得されてきた。今日では、このような OJT における熟練運転員からの指導が期待できない状況になっており、意識的な思考訓練が必要になっている。

二種類の多能工化の概要を図 5.1 にまとめた。それぞれの多能工化には次のような課題がある。

- 水平型多能工化の課題：SOP 自習による工程カバー率向上が数値目標になり運転能力の質的向上が難しい。結果的に運転能力が高いとは言いがたい水準での平均化をもたらす。トラブル時など難しい局面では、職長（直長）に依存することになりやすい。
- 垂直型多能工化の課題：異常対応を含むスキル開発モデルや運転員育成モデルが必要になる。このためには異常対応時の SOP の整備が必要となる。また、運転員としての思考訓練を過去のトラブル事例の時系列分析などを通して計画的に行うスキル開発カリキュラムの整備が必要になる。

多能工化を議論する時、多くの場合、個人の作業遂行能力の範囲や運転スキル

が問題になる。一方、多能工化によって少人化された現実のシフトの中で運転員の役割はプラントの状況に応じて変化する。運転員たちのスキルのレベルや運転操作可能範囲を前提にシフトメンバーは編成されるが、プラントの安定度や突発的な現場作業の発生によって運転員の役割分担が変わる。そのため、色々なケースを考慮して、想定した様々な場面にも対応可能となるようなシフト編成が行われる。例えば、スキルが低く作業可能範囲も限定的な新人運転員の場合は、その担当工程を習熟したスキルの高い運転員を事前に指名して、準 OJT 的な位置づけで指導できるように配慮される。しかし、少人化がより一層進めば、運転シフト編成の要件はさらに複雑化することになる。

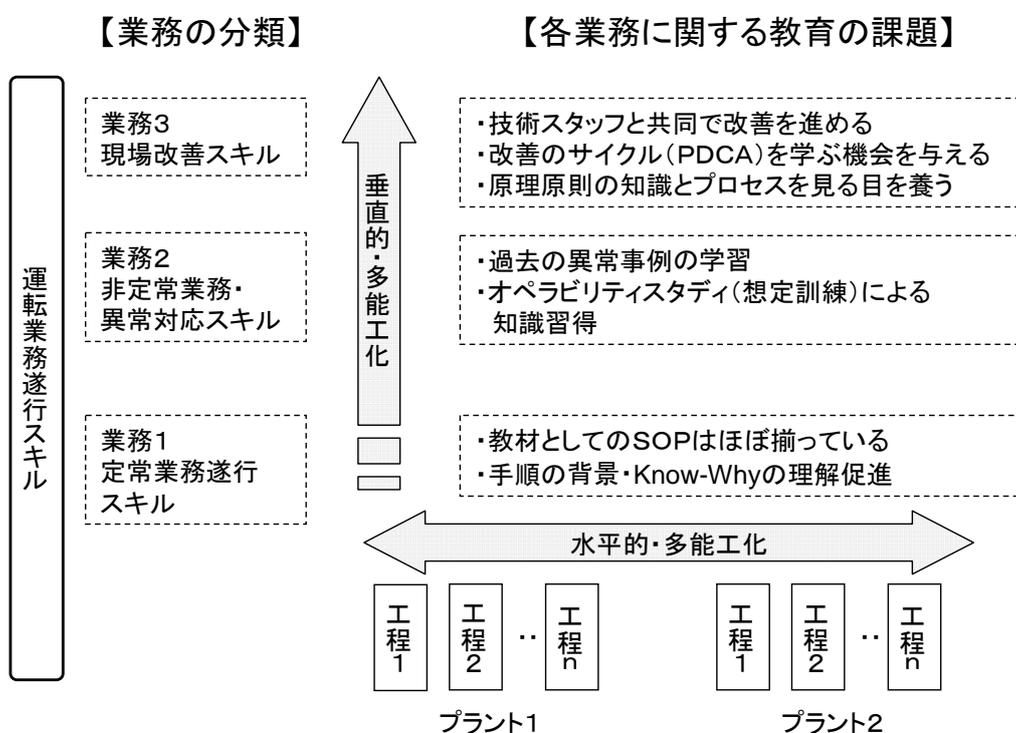


図 5.1 水平型及び垂直型多能工化

#### 5.4 運転員育成のための課題<sup>14)</sup>

運転員としての実質的な教育は製造現場での OJT 教育が主である。製造現場での OJT 教育は、新人教育、多能工化教育、非定常時の作業指導など多くの場面で行われているが、その指導方式や指導内容は教える側、教わる側の資質に大きく左右される。アンケート調査結果からも、指導する側の能力に疑問を感じている

などの不満があるようだ。

OJT 教育を補完する役目を持つ Off-JT 教育は昇格研修に関連した上司推薦型と本人の意思で受講可能な自発型の 2 つがある。アンケートからは Off-JT 教育を十分に受けたことがないとする意見が多く見られたが、Off-JT 教育参加はシフト要員不足を引き起こし、運転員の思い通りの参加がしにくいという最近の実態を反映していると考えられる。これらの OJT、Off-JT の教育カリキュラムは、この数十年間、余り変化がない。自然科学や工学的知識および基本的技能や安全教育などについて定期的な改訂は行われていても、基本的にはカリキュラムは余り変わっておらず、運転員のスキル開発に有効な Off-JT が殆ど見られない。運転員を取巻く環境は前述したように大きく変化しその役割も複雑化してきている。この変化に対応できる運転員の育成カリキュラムが必要とされている。

運転員育成の目標は、期待されている役割を果たすレベルに効率よく向上させることであり、製造現場での OJT 教育は重要な位置を占める。各業務に関する教育の課題をまとめた。

業務 1：SOP の習得に必要な資料はほぼ整備されているが、手順の背景的知識であるノウハウなどの理解を促す仕組みが必要である。

業務 2：異常時における作業は、経験豊富な運転員が中心となって対応してきたが、過去のトラブル事例の学習が参考になる場合が多い。製造管理要素の全ての視点でのオペラビリティ・スタディによる思考訓練が必要である。

業務 3：改善目標達成には、専門スタッフとのコミュニケーションが必須であるが、現状では個人の意欲に任せられている。また、運転員がマネージャーや技術スタッフ（設備改善や工程改善）などへローテーションされる場合があるが、そのための OJT を受けている訳ではない。組織力の維持向上にはこのための OJT も欠かせない。

## 5.5 スキル開発モデルの必要性<sup>14)</sup>

運転員の役割期待が明確になれば、運転員個人別に本人の特質、潜在的能力、適性などを考慮した育成計画の作成が可能になる。一般に、入社後 3～5 年間は個人別の育成計画を指導員が中心となって策定している場合が多いが、製造部門特有の条件などを加味したキャリアパスモデル（昇格要件モデル）があることは少ない。アンケートでは教育の自己啓発の目標が見えない、何を目標にすべきな

のか、何をどこまで勉強すればいいのか分からないという意見が多かった。運転責任者としての上位職への道もあるが、技術スタッフとしての上位職もあり、運転員個々の特質を見極めた、的を射た指導が重要である。図 5.2 にキャリアパスモデルの一例を示す。オペレーションの定義からその製造プラントの運転員として要求される資質や要件が明確化されることによって、キャリアパスに基づく育成計画が立案できる。これによって OJT を効果的に進めることができるため、運転操作の背景となる知識を計画的に理解させるための Off-JT も計画に入れることができる。一般的には Off-JT として、プラントや製品など、運転操作および安全など、管理に関する知識の習得を図るが、本人のスキルレベルに応じた Off-JT とするためには、知識構造に基づいた体系化<sup>4)</sup>が必要になる。これによって本人のレベルに応じた教材のカスタマイズが可能になり、上司も指導しやすくなる。

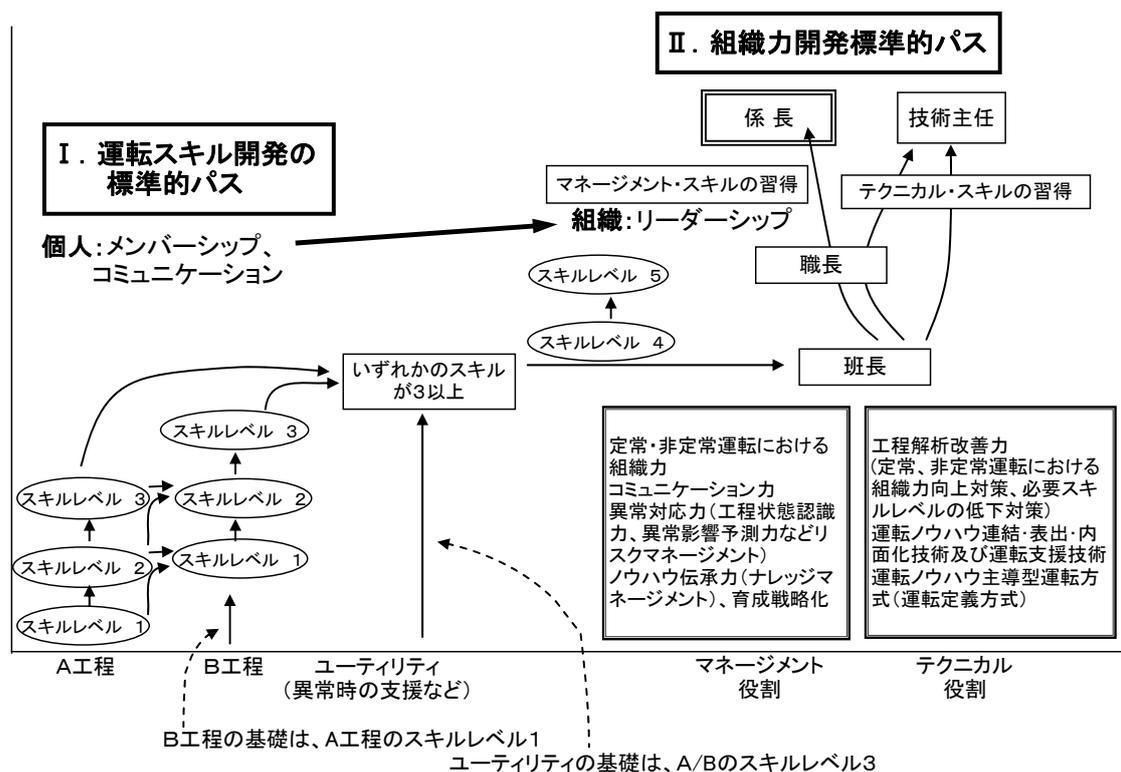


図 5.2 運転員のキャリアパスモデル (一例)

現状の SOP は育成のための教材としては問題がある。SOP に書かれている内容は運転員の一定以上の理解能力を前提とし、更に本人の自習能力にかなり依存して

いる。新人と熟練運転員とでは同じ SOP を読んでも理解度がかなり違う。熟練運転員は書かれている内容に応じて自分の頭の中に対象プロセスが浮かぶが、新人はプロセスが頭に浮かばない。読む人のスキルの違いを考慮した SOP が理想的であるが、その作成コストを考えると非現実的である。更に、運転員のスキルは常に向上しており、自己啓発の意欲を促す知識提供の仕組みが重要である。このことは、運転ノウハウの表出化が仮にできた場合、それをスキルの違いを乗り越えて理解しやすい形にすることが伝承には重要であることを意味する。スキル開発モデルをもとに本人の具体的な運転スキル向上のメニュー作成が重要となる。表 5.1 は、プラント定常状態におけるスキル開発モデル、表 5.2 は、異常対応時におけるスキル開発モデルを示す。

多くの運転員が自分の運転に自信が持てないなど、不安感を持ちながら運転に臨んでいる最大の理由は、異常時の対応に自信がないことにある。運転員が自信を持って運転できるようにするためには、異常対応訓練を行うことが有効と考えられる。その場合、異常対応時の思考と行動の起点となる“なぜ”という思考過程の指導が重要になる。これまでは熟練運転員から思考と行動の指導を受けてきたが、現在は、行動の指導に偏っているという指摘もある。殆どの運転員がノウハウなどの行動の根拠の指導を望んでいる。また、現場の文書類の分析からも思考面での指導の不足が明らかになっている。そのため、表 5.2 に示した異常対応の思考訓練が重要になっている。運転員自身の経験の振り返りを通して運転員としての基本的な思考手順を指導する訓練を Off-JT、OJT で適正化することによって、運転員の異常対応能力、緊急時対応能力を向上させることが期待できる。

表5.1 プラント定常運転におけるスキル開発モデル

段階	スキルレベル1	スキルレベル2	スキルレベル3	スキルレベル4	スキルレベル5	
年数	0 ~ 1	2 ~ 4	5 ~ 7	8 ~ 12	13~15年以上	
定常運転における運転スキル表	役割	1.点検など定常業務の目的や意味を理解し作業を行う。 2.製造管理要素毎に状況を把握する。疑問を感じた場合、上司へ報告し対応など指示に従い行動記録を確実に行う。 3.常になぜの心を持ち、周囲から貪欲に知識を吸収	1.工程の運転状況を把握し生産計画通り運転する。 2.担当工程の正常状態(運転管理ポイント)を理解し、ずれた場合の影響を常に考える癖をつける。 3.工程安定と生産性向上に繋がる改善提題し成果を出す。	1.全プラントの状態把握、安全の維持 2.全プラントの安定運転の維持 3.定常監視活動(法定点検など)監視 4.メンバーの多能工化を支援する。	1.全プラントの状況に応じて臨機応変な運転体制をとる。 2.プラントの緊急時対応を的確に判断し、処置する。	
	必要なスキル項目	1.正常時の生産順序がわかる 2.運転開始、停止、品種切替え操作が一人で実施。 3.工程の設備の機能、構造がわかり、運転、停止ができる。 4.工程の安全設備、アラーム発生時の意味がわかる。 5.法点検業務やチェックリストを理解し、現場点検ができる。 6.担当工程のSOPがわかり、上司の下で実行できる。 7.職場のルール(報・連・相)、安全行動が身についている	1.SOPを読み作業の順序や考えるべき内容を理解。 2.担当する工程の正常状態を確実に把握し、設備のくせや特性を把握。 3.工程状況をよく監視し、兆候を見出すなど工程安定化を常に考えている。 4.作業標準書を習得し、不足している作業の標準化活動が少しづつできる。 5.安全活動(ヒヤリハット、危険予知活動など)と一緒にできる。	1.プラント全般及び担当する工程の状況を把握し生産計画のずれの有無を常に注視している。 2.現場点検などからプラント状態を常に把握し正常状態を認識している。 3.工程改善の視点を理解し、現状を分析する技術や知識の習得。 4.DCSの制御内容を理解した的確な運転操作ができるようになる。(ブラックボックス化防止のこつを習得)	1.改善活動に取組み、専門スタッフなどとの連携から知識習得し成果を出している。 2.メンバーの多能工化を積極的に支援し効果的なOJTを心がけている。 3.サブリーダーとして現状を把握した的確な作業指示ができる。 4.上位職の下で緊急処置をメンバー指導しながら遂行できる。	1.プラント全般の状況を常に把握し先手を取ること心がけている。 2.緊急時、的確な判断と処置を講ずることができる
	教材	1.技術標準(品質、安全等) 2.DCS(制御内容)など主要機器の操作要領およびプログラミング習得 3.重要工程ノウハウブックなど	1.技術標準(品質、安全) 2.重要工程・制御内容、ノウハウブック			
マネージメント・スキル	役割	・工程把握力の向上 ・製造管理要素の理解 ・他工程の影響の程度、緊急性理解 ・生産計画への影響の理解	・担当プラントの状況把握と異常対応 ・生産計画の遂行と調整 ・改善活動の実践 ・メンバーに常に運転員としての思考と行動の規範を示す。	・安全、品質管理等の実質的リーダー ・状況に応じた運転管理体制が可能となるよう上司を支援 ・全体把握し、予測される状況に応じた対応策を提題し策を講じる ・問題の発見と改善を推進 ・メンバーに常に報連相のお手本を示し、思考レベル向上と心構えを指導。運転員のOJT面での実質的リーダー。	・安全、品質管理等の責任者として、プラント全般を把握、問題の発見と対策を立案。 ・工程安定・安全と生産性向上に繋がる方向付けした改善を推進する。 ・状況に応じた臨機応変な運転体制をとる。 ・緊急時対応を的確に判断し、処置する。	
	必要なスキル項目	・QC管理技術による状況把握 ・製造管理要素の理解 ・他工程への影響、緊急性理解 ・生産計画の策定知識の習得 ・品種切替の制約条件など理解	・生産進捗状況とプラント運転状況を判断し、生産計画の達成予測と調整 ・全体の製造管理要素毎の状況把握 ・担当工程の的確な生産調整 ・担当プラントの問題把握と改善提題 ・関連工程の担当者の運転スキルを考慮した対応の仕方が出来る	・プラント全体の多面的な状況把握と予測と対応の中心。 ・緊急処置をメンバーの特性、スキルの実態を考慮した対応を的確に行う。 ・班の能力向上に繋がる多能工化を積極的に支援し効果的なOJTを実施。 ・改善活動ではプラントの多面的な問題把握とスタッフと連携した課題検討を通じ知識習得。	・安全、品質管理等の責任者として、プラント全般を把握、問題の発見と対策を立案。 ・工程安定・安全と生産性向上に繋がる方向付けした改善を推進する。 ・状況に応じた臨機応変な運転体制をとる。 ・緊急時対応を的確に判断し、処置する。	
	教材	[定常運転スキル]教材と共通[時系列分析]による思考の訓練 作成された拡張PKYで予測を勉強 スケジュール管理の理解 運転管理(安全、品質、原価)基礎知識	スケジュール管理知識の習得 QC管理技術と技術標準(品質、安全)による製造管理要素の理解度向上 原単位などによる工程把握力向上 [時系列分析]による思考レベル向上 作成された拡張PKYで予測知識向上	1.技術標準(品質、安全) 2.プロセス改善マニュアル 3.QCなど 4.生産管理、品質管理、安全管理、原価管理など	5.[時系列分析][拡張PKY]から知識の蓄積と指導 6.個人スキルと運転組織能力のシミュレーション	

表5.2 異常対応時におけるスキル開発モデル

段階	スキルレベル1	スキルレベル2	スキルレベル3	スキルレベル4	スキルレベル5
年数	0 ~ 1	2 ~ 4	5 ~ 7	8 ~ 12	13~15年以上
段階	第1段階 【運転員としての標準的思考の習得】		第2段階 【異常対応スキルの知識習得】	第3段階 【異常対応スキルの向上】	
指導の要点	振り返り訓練による 標準的思考の徹底した訓練		中堅運転員として育成 上司の意図を理解訓練 製造スタッフとの連携訓練	運転技術の体系化の訓練 組織としての運転能力の向上	
異常対応の運転スキル表	<ul style="list-style-type: none"> <li>製品の製造過程の理解と設備の理解</li> <li>製造管理要素の理解</li> <li>コミュニケーションの重要性の認識</li> <li>ほう・れん・そう(報告、連絡、相談)</li> <li>背景知識(ノウホワイ)の理解</li> <li>得られる知識がノウハウを形成</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>運転員としての標準的思考</li> <li>時系列分析シートの理解・実践</li> <li>オペレーションの見方</li> <li>ETOMチャートによる運転理解</li> <li>リスクマネジメントの基礎</li> <li>安全の理解と実践</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>5現主義</li> <li>現場観察眼の醸成</li> <li>標準的思考のレベルUP</li> <li>正常の認識レベルUP</li> <li>過去のトラブル事例の時系列分析とETOMチャートの理解</li> <li>オペラビリティ・スタディ</li> <li>一般的手法(HAZOP, FTA等)</li> <li>コミュニケーションUP(報告、連絡、相談)</li> <li>DCS制御内容の理解</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>【運転ノウハウ体系化の訓練】</li> <li>異常対応思考訓練</li> <li>時系列分析シート訓練</li> <li>ETOMチャート訓練</li> <li>拡張PKY訓練</li> <li>兆候・要因マトリックス作成訓練</li> <li>スパイラルアップ訓練</li> <li>オペレーション設計の視点</li> <li>オペレーション改善訓練</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>【運転責任者のマネージメント思考訓練】</li> <li>異常時における班全体の臨機応変な管理体制の訓練</li> <li>製造知識のナレッジ</li> <li>マネージャー</li> <li>運転業務改善の推進</li> <li>リーダー</li> <li>オペレーション設計の視点からの改善活動の推進</li> </ul>
指導方式	<ul style="list-style-type: none"> <li>自らの運転を基にした【時系列分析シート】による振り返り訓練</li> <li>正しい運転のETOMチャート化訓練</li> <li>過去のトラブル事例の理解</li> <li>時系列分析シートからETOMチャートの理解の訓練</li> <li>【班運転能力向上に責任を持つ】</li> <li>OJT(1:N)方式によるOJT風土(班単位)を作り上げる</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>5現主義</li> <li>現場観察眼の醸成</li> <li>標準的思考のレベルUP</li> <li>正常の認識レベルUP</li> <li>過去のトラブル事例の分析</li> <li>オペラビリティ・スタディ</li> <li>一般的手法(HAZOP, FTA等)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>異常対応時の基本的知識拡充と思考訓練レベル向上</li> <li>時系列分析(自分自身での振り返り)による訓練</li> <li>工学的知識の指導の下での拡張PKY訓練</li> <li>スパイラルアップ訓練</li> <li>運転技術の体系化訓練</li> <li>異常診断メンタルモデルの基礎形成</li> <li>オペラビリティ・スタディの訓練</li> <li>リスクの認識(波及、影響度など)</li> </ul>	

## 5.6 まとめ

本章では、運転員の育成について考察した。

まず、アンケート調査結果から運転員の育成に関する課題として、①SOPの整備・充実、②系統的な異常時対応の訓練、③運転員のスキル開発モデルの設定、④Off-JT教育への参加、⑤班(チーム)の組織能力向上などを明らかにした。次に、運転員に期待される役割を三つの業務に分類し、それぞれの業務毎に運転員の育成のための課題を設定した。そして、運転員育成の為のキャリアパスモデルと、定常運転時および異常対応時のスキル開発モデルを提示することの必要性を示した。

提案したスキル開発モデルに基づいて運転員を育成するための支援について、第6章および第7章で述べる。

## 6. 作業履歴の登録・検索システムの開発

### 6.1 はじめに

製造課では、一班数名のチームを組み、定常作業、非定常作業および異常処置作業を行うので、班構成を考える際、班メンバーのスキルレベルのバランスを考えて人員配置するとともに、メンバーのスキルアップを図っている。

入社後製造課に配属されると、新人として指導員のもと OJT 教育を受けながら、製造の基本を理解し、半年後には担当工程の定常作業を任されて任務に就く。入社して 2 年間は初任研修期間として「育成計画表」を立てて育成する。特に最初の半年間は指導員のもと OJT 教育（実地指導）を受けるが、残り 1.5 年間は修得計画を立て、メンバーの協力のもとに自主修得となる。初任研修期間を終えた 2 年目以降は、修得計画を特に作成せず、自ら SOP などを読んで学習し、不明点があれば上司に確認しながら自ら習得していくスタイルとなる。

その際教材が必須となる。教材としては、SOP、技術標準書、異常処置基準書、ワンポイントシートやチェックリストなどがあるが、現状においては以下の課題がある。

- ① 運転の合間（数分間位）に学習したいが、必要とする教材がすぐに取り出せない。
- ② ある運転スキルを向上するにはどの教材を学習すれば良いか対応付けがない。
- ③ 異常時の対応処置については、第 3 章、第 4 章で扱ったような教材となる SOP が整備されていない。

そこでスキル開発のための環境づくりが必要と考え、ある製造課について運転スキルを評価する項目に対応する教材が揃っているかを確認するため、運転スキル評価項目と教材との関連付けを行った。

### 6.2 スキルレベルの評価

運転に関するスキルレベルの評価は、製造課の実態に合わせて製造課毎に設定している。それに基づき、製造現場では定期的に運転スキル調査を行っている。従来、調査対象の製造課では運転スキル評価項目が 367 項目あり、新人から熟練運転員まで年 1 回、定期的に評価していた。しかし、新人から熟練運転員に対し

ては、経験年数や能力等級に応じて、習得すべき項目が異なる。そこで、従来、羅列していた運転スキル評価項目を、新人、中堅、熟練運転員のレベルで選別した。また、運転状況として「定常作業&非定常作業」、「トラブル編」、「定修、S/D、S/U」に分類し、全体像が分かるように工夫した。従来、羅列していた運転スキル評価項目を運転状況及びスキルレベルによって分類した結果を表 6.1 に示す。

現在、調査対象の製造課では、運転スキル評価のレベル設定は、表 6.2 に示すように「定常作業&非定常作業」は4段階、「トラブル編」、「定修、S/D、S/U」は5段階に設定しているが、今後、表 5.1、表 5.2 のスキル開発モデルのスキルレベルに合わせていく必要がある。

表6.1 運転スキル評価項目(一例)

運転状況	運転員のレベル	工程	運転スキル評価項目数	
定常作業 & 非定常作業	新人	上期	A工程	59
		下期	A工程	141
	初心者		B工程	110
	中堅運転員	A工程		107
		B工程		30
		A工程、B工程両方		137
	熟練運転員		A工程、B工程両方	168
トラブル編	A工程		155	
	B工程		93	
定修、S/D、 S/U	A工程		80	
	B工程		40	

表6.2 運転スキル評価レベル(一例)

運転状況	段階	評価レベル
定常作業 & 非定常作業	4段階	0 全く判らない
		1 資料(メモ・SOP・ワンポイントシート等)・聞けば判る
		2 1人で出来る(作業レベル)
		3 意味・必要性を理解している。
トラブル編	5段階	0 全く判らない
		1 指示されれば出来る
2 資料を見れば出来る		
3 要因が概ね判り処置出来る		
定修、 S/D、S/U時		4 人に教えられる

### 6.3 運転スキルと教材との関連づけ

運転合間の短い時間を有効に使い、必要教材を早く見つけ学習するための支援の一つとして、運転スキル評価項目と製造現場で保有している SOP とワンポイントシートの対応表を作成した。その抜粋を表 6.3 に示す。

表6.3 運転スキル評価項目と教材との対応表(抜粋)

No	運転スキル評価項目	No	SOP	No	ワンポイントシート
1	*系重合仕込み・払出作業(CRT操作含む)	233-04	副原料・触媒運搬投入作業標準	PJ33	**処方仕込み作業
		233-05	全自動旧系重合仕込操作作業標準	PJ44	旧系重合機マンホール開閉作業
2	*系重合仕込み・払出作業(CRT操作含む)	"	"		
3	*系巡回点検	292-01	重合*系点検基準		
		112-06	巡回点検管理基準		
4	*系巡回点検	292-02	重合*系点検基準		
		112-06	巡回点検管理基準		
5	重合監視(チャート・トレンドの見方が判る)	-		S22	***重合度
6	仕込計画入力、修正(CRT操作含む)	233-16	重合工程計算機操作	PJ24	重合仕込み速度異常について
7	**ポンプ水抜き、オイル追加	232-04	*系***ポンプ運転管理基準	PJ35	*系***ポンプオイル再生装置使用手順
8	*****溶解(CRT操作含む)	223-08	*系分散剤溶解操作作業標準		
9	****溶解(CRT操作含む)	223-11	****溶解作業		

運転スキル評価項目と教材との対応表を作る過程で、以下の問題点が明らかになった。

- ① スキル評価項目を設定しているが、具体的内容（範囲、内容、レベル）が明記されていない。それ故、スキルレベルを自己評価する際、バラツキがでてくる可能性がある。
- ② スキル評価項目に対応する教材(SOP、ワンポイントシート等)が揃っていない。特に、「熟練運転員」、「トラブル編」、「定修、S/D、S/U」に分類されたスキル項目に対応する教材が極めて少ない。これらは、
  - (ア) 応用動作が要求される。
  - (イ) 作業頻度が少ない。
  - (ウ) 作成者（熟練運転員）が限定され、忙しく作成する時間が取れない。
 等の理由から、教材となる資料が作られることが少ないからと考えられる。
- ③ 教材として活用できる資料として、SOP、ワンポイントシート、チェックシートなどがあるが、それらの資料は散在している。製造技術スタッフが作成する資料（生産指示書など）も教材として活用できる。今後、資料の管理体制を明確にして、必要な時にすぐに見つけて使えるようにしなければならない。
- ④ スキル評価項目と SOP とを対応づけた所、逆に、SOP はあるが対応するスキル項目がないものがあつた。現状のスキル項目は、全ての作業を網羅したものでないことが分かった。今後、スキル項目も随時改訂していく必要がある。

⑤ SOP の中には複数作業が一つに纏まっている場合がある。この場合、該当作業を探するために手間どることから、目次をつけるなどの工夫が必要である。

SOP は数年に一度、定期的に見直し改訂している。その際、今回明らかになった上記問題点を改善していく必要がある。

## 6.4 作業履歴の記載方法

スキル評価項目と教材との対応付けを行った結果、SOP が充分揃っていないことがわかった。スキル評価項目と教材との対応（充足率）について表 6.4 に記す。定常作業&非定常作業では SOP の充足率が概ね 5 割、トラブル対応まで含めると 4 割弱となり、SOP の整備が必要であることがわかった。

表6.4 運転スキル評価項目と教材との対応(充足率)

作業の種類	工程	スキルレベル	スキル評価項目	教材の充足率			
				SOP	充足率	ワンポイント	充足率
定常作業 & 非定常作業	A工程	新人上期	59	29	49%	20	34%
		新人下期	83	33	40%	26	31%
		中堅	17	8	47%	2	12%
	B工程	初心者	110	52	47%	12	11%
		中堅	18	12	67%	1	6%
	両方	中堅	35	20	57%	3	9%
		熟練	30	17	57%	2	7%
トラブル 対応	A工程		155	33	21%	38	25%
	B工程		93	10	11%	6	6%
合計(定常作業&非定常作業)			352	171	49%	66	19%
合計(定常&非定常&トラブル)			600	214	36%	110	18%

そこで教材としての SOP やワンポイントシートを充実する仕組みを検討した。運転の基本である SOP を充実することが最終目標であるが、新規に SOP を作成するのは手間である。しかし、決められた作業は日常運転業務の中で誰かが実施している。そこで、該当作業を終了後、その履歴を残して蓄積していくことにより、初めてその作業を行う前に該当作業を検索すれば、それまでに蓄積した事例を参照できる仕組みを考えた。また、SOP を作成する場合、いくつかの事例を参考にすることにより、より効率的に SOP を作成できる可能性がある。

作業履歴の記載項目は、作業名、事前準備、作業手順、作業終了の確認、次回への改善など PDCA サイクルの視点と、関連作業、想定リスク、その他特記事項、所要時間を記録または関連資料を紐付けできるようにした。特に“その他特記事

項”は、該当作業を実施した熟練運転員の注意事項やノウハウが内在する可能性が高いと考えた。作業履歴として記載する事項を表 6.5 にまとめた。調査対象の製造課では、作業名は1000を超えることが予想されるので検索機能が必要である。検索キーワードとして、作業名、工程名（大／中）、設備名、ステージ（定常／非定常／異常時／定修作業）を用いて検索できるようにプロトタイプシステムを作成した。

新人の運転員だけでなく、多能工化で初めてその作業を行う中堅運転員にとっても有益で、安全・安定稼動に繋がると期待される。

表6.5 作業履歴記載事項

①	作業名	スキル評価項目の作業と合わせる(理想)
②	工程名	大工程
		小工程
		A工程、B工程、ユーティリティ・共通 上記大工程に紐付けて小工程を定義
③	設備名	上記大工程／小工程に紐付けて、設備名を定義
④	ステージ	定常作業／非定常作業／トラブル対応／定修作業
⑤	作業した日時	その作業を実施した年月日、時刻を記載する
⑥	作業者	その作業を実施した作業者名を記載する
⑦	共同作業者	その作業を実施した共同作業があれば記載する
⑧	事前準備	何に気をつけるか、どんな情報が必要かを記載する
⑨	作業手順	その時実施した作業手順を記載する
⑩	作業終了の確認	その時確認した内容を記載する
⑪	次回への改善点	その時の問題点、改善点があれば記載する
⑫	関連作業	その作業の前／後の関連作業があれば記載する
⑬	想定リスク	その作業で、想定されるリスク(労災、プロセス、品質)
⑭	所要時間	その作業の所要時間を記載する
⑮	その他特記事項	その作業を実施後、気付いたことをメモとして残す
⑯	関連資料	SOP、ワンポイントなど添付資料を記載する

## 6.5 作業履歴の登録・検索システム

初めてその作業を行う場合、製造課特有のキーワードで、事前に該当作業名を検索して活用することにより、事前学習や不明点を熟練運転員に確認することができる。また、不十分なものは追加または新規登録して蓄積できるようにした。日常の運転業務をこなす中で、必要とする時に容易に過去の作業履歴を探し出して活用できる『作業履歴の登録・検索システム』はマイクロソフト社製の Info-Path でプロトタイプを開発した。その画面例を図 6.1 に示す。

### 1) 『作業履歴の登録・検索システム』の活用

- ① 日常業務で該当作業が未経験な運転員は、表 6.5 の作業履歴記載項目①～⑦のキーワード（図 6.1 の点線で囲った部分に相当）で検索する。作業開始前に学

- 習して、不明点などがあれば上司や同僚に確認してから該当作業に取り掛かることにより、本人は安全・確実に作業ができ、上司も安心して任せられる。
- ② 検索しても何も資料が無かった場合は、表 6.5 の作業履歴記載項目に従って、自分が実施した作業履歴を入力し登録する。
  - ③ 作業終了後、自分が実施した作業を振り返り、登録されている作業履歴情報と比べて補足する事項があれば入力して再登録する。
  - ④ 熟練運転員は該当作業を熟知しているので、運転の合間に他メンバーが作成した作業履歴を見て、不足点があれば追記・修正をする。特に「作業終了の確認」、「次回への改善点」など、若手運転員への指導や、作業改善の視点から追記して作業履歴データベースの完成度を上げていく。

Ver-2009.3.12

作業名:  \*

作業日時:   所要時間:  分

作業者氏名:  共同作業者氏名:

ステージ:  \*

工程名:  \*

検索キーワード

関連作業	<input type="text"/>
想定リスク	<input type="text"/>
事前準備 (PLAN)	<input type="text"/>
作業手順 (DO)	<input type="text"/>
終了の確認 (CHECK)	<input type="text"/>
次回への改善点 (ACTION)	<input type="text"/>
その他特記	<input type="text"/>
関連資料	<input type="text"/>

図 6.1 作業履歴の登録・検索システムの画面例

## 2) 標準作業手順書(SOP)、ワンポイントシートの作成

SOP やワンポイントシートの新規作成や、見直し・改定には手間が掛かる。そこで以下のステップを進めることを提案した。

- ① SOP、ワンポイントシートの新規作成

図 6.1 の運転作業の登録画面で作業履歴を入力し、『作業履歴の登録・検索システム』に蓄積していくと、数ヶ月後検索すると同じ作業履歴が少なくとも数件表示されることになる。それらを参考にして比較的容易に SOP、ワンポイントシートを新規作成することができる。

② SOP、ワンポイントシートの見直し・改訂

『作業履歴の登録・検索システム』に蓄積された作業履歴を参考にして、既存の SOP やワンポイントシートを効率的に見直し、改訂ができる。その際、「次回への改善点」、「その他特記事項」には、ノウハウや改善事項が含まれているので、貴重な情報源として活用できる。

③ 補足資料の登録・検索

各個人が作成した作業手順書・メモ類や、技術スタッフが提供した技術資料なども貴重な情報源である。これら補足資料を関連資料として、『作業履歴の登録・検索システム』に登録し、一元管理することができる。

運用イメージを、図 6.2 に示す。

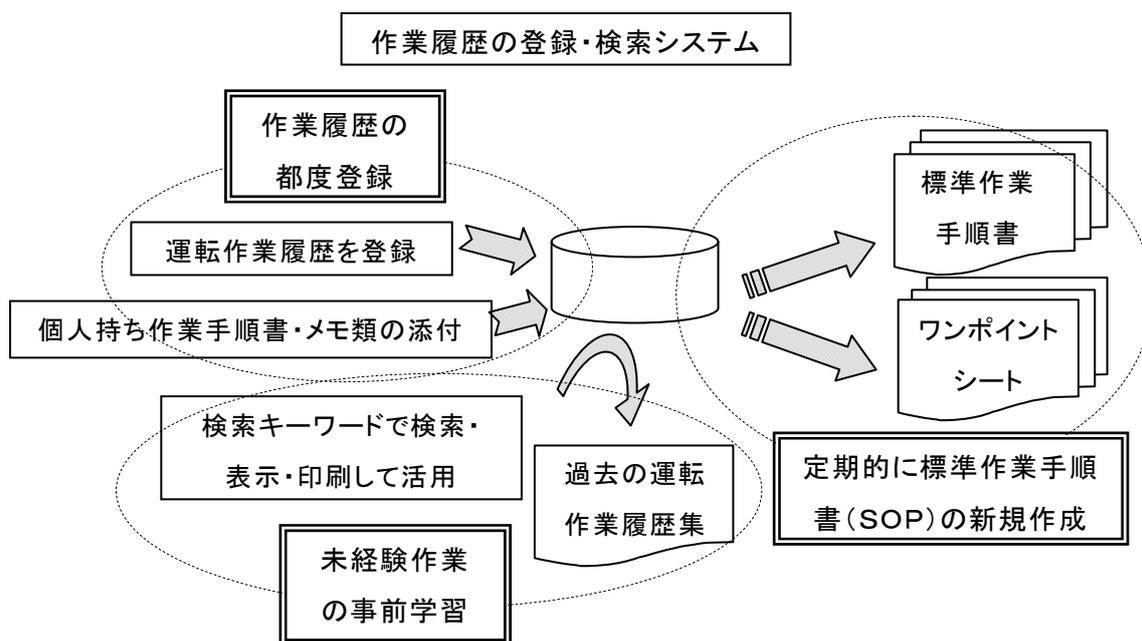


図 6.2 作業履歴の登録・検索システムの運用イメージ

## 6.6 まとめ

運転スキルアップのための支援が必要と考え、運転スキルと教材（SOP、ワンポイントシート）との対応付けを行い、教材不足を明らかにした。これらの不足する教材の充実について、日々の運転作業履歴を蓄積し、検索・活用する仕組みを提案し、プロトタイプシステムを試作した。現場の課長、係長及び職長・班長全員に説明会を行い、有効であると確認した。ケーススタディを行った製造課では、非定常作業を重点に、『作業履歴の登録・検索システム』に 15 件登録している。今後、『作業履歴の登録・検索システム』の運用・充実を図りながら、以下の項目について順次充実していくことになっている。

- ① 年一度のプラント定修時の立上げ手順の標準化に向け、作業履歴の蓄積
- ② 蓄積された作業履歴データベースを基に、SOP の整備
- ③ 個人持ち資料も含め、現場が保有する資料の整理・登録
- ④ ビデオマニュアルなど、現場点検の感性アップに適した教材の補足

## 7. ビデオマニュアルの制作指針

### 7.1 はじめに

運転員を育成する為の教材としてSOPは基本的なものである。最近では、SOPに一部写真が添付されることがあるものの文字情報が主で、細かな作業内容や作業間の関連性が判りづらい。しかも、マンパワーに依る泥臭い仕事についてのSOPが作られることは少ない。また、異常時の対応について標準化されていないことが多く、結果としてSOPが整備されている職場は少ない。作業内容をより分かりやすく伝える為には、文章での表現が難しい部分に写真やビデオ映像を積極的に利用することが有効と考えられる。

作業指導や技術伝承においてビデオ映像の有用性については広く認識されているが、化学産業界ではあまり普及が進んでいない<sup>(2,15-24)</sup>。その主な理由は、ビデオマニュアル制作の担当者自身や協力者として重要や役割を果たす熟練運転員に時間的余裕がないことがあげられる。また、ビデオマニュアルの位置づけを明確にしたスキル開発モデル<sup>14)</sup>の開発が遅れていることがあげられる。

以上の背景の中で、本章では、ビデオ撮影・マニュアル編集・修正にかかわる担当者の負担をできるだけ軽減することを目的としてビデオマニュアル制作指針を纏める。その第一ステップとして、ビデオマニュアルにどのようなことが求められるかを調査することから始めた。その為、まず簡単な現場作業をビデオ映像にとり、ビデオマニュアルの試作品を作って、現場が求めるものを調査した。この調査結果の分析をもとに、ビデオマニュアルを制作する際に必要となる各事項について指針をまとめた。この指針に基づいて改めて別の現場作業のビデオマニュアルを作り、現場の意見を求め、提案したビデオマニュアル制作指針の評価を行なった。

### 7.2 ビデオマニュアルの特徴

ここで三つの代表的な形態のマニュアル（文書マニュアル、電子マニュアル、ビデオマニュアル）の使い分けについて考える。

- ① 文書マニュアル：従来の SOP のように文章で記述している。
- ② 電子マニュアル：写真やビデオ映像などの新しいメディアを部分的に取り込んだもの

ので、静止画像・ビデオ映像などをハイパーリンクで貼り付け、詳細を見たい人は展開して見るようにしている。ビデオ映像は編集が面倒という理由から、ビデオ映像が必要な作業については数十秒の単位作業別に分割して映像をとり、それらを貼り付けてマニュアルとすることで編集負荷を軽減する方法がとられている。

- ③ ビデオマニュアル：ビデオ映像をメインとしたもので、ビデオ映像のみからなるものもある。専用ソフトを使ってパソコンやモバイル機器（例えばアップル社製 iPod™ など）を用いて見る。

図 7.1 に、電子マニュアルの一つの事例として「トラックスケールの定期検査実施要領書」を示す。

**トラックスケール定期点検実施要領書**

1. 事前準備

- 1) 定期検査の日程調整
- 2) 検査対象機器の確認
  - ① 検査対象機器
    - ・中央トラックスケール 器物番号:8021 (秤量40t、最小目盛10kg、M級)
    - ・西側トラックスケール 器物番号:8020 (秤量40t、最小目盛10kg、M級)
    - ・東側トラックスケール 器物番号:6284 (秤量40t、最小目盛10kg、M級)
  - ② 前日までに、計量機・印字機の調子(キーの接触)に問題無いことを確認。
- 3) 基準分銅の手配
  - ① 定期検査は秤量40tの60%で行うので、24tが必要となるが、運搬したトラックを補助分銅として使うので、12t分の基準分銅が必要となる。
  - ② 基準分銅は兵庫県計量管理協会に借用依頼する。
  - ③ 2級基準分銅の検査成績書も取り寄せること。

2. 定期検査

- 1) 外観検査
  - ① 載台の状況を確認する
    - ✓ ボルトの外れ、載台の鉄板が錆びはないか、
    - ✓ ビットに水が溜まっていないか
  - ② 載台の4隅が接触していないか確認する。  
載台を足で揺らして、接触していないことを確認する。[\(右のビデオ映像を参照\)](#)
- 2) ゼロ点の確認
  - ・ゼロ点を確認後、オートゼロ機構を外しておくこと。
- 3) スパンの確認
  - ・1.5t, 3t, 4.5t, 6t, 8t, 10t, 12t の分銅を順次載せて、基準分銅と表示との器差を確認する。
  - ・定期検査の使用公差(合否判定器差)は、検定公差の2倍
  - ・印字も一緒にとり、検査報告書に添付する
- 4) トラックを補助分銅として活用
  - ・兵庫県計量管理協会の基準分銅は12tで、運搬用のトラックを補助分銅として使う。
  - ・目量が10kgなので、追加分銅を載せて10kg変わる重さを確認する。
  - ・トラックを乗せ、目盛が変わる追加分銅の重さと同じ状態にする。
  - ・5kgで変われば丁度いい状態
- 5) スパンの確認
  - ・14t, 16t, 18t, 20t の分銅を順次載せて、基準分銅と表示との器差を確認する。

図7.1 トラックスケール定期検査実施要領書(電子マニュアル)

トラックスケールとは、トラックと一緒に積載品重量を計量して商取引を行う為の大型の計量器で、計量法で定期的に基準分銅による器差検査を行うことが義務付けられている。「0.5ton 2 級基準分銅とはどのような分銅か」、「外観検査とはどこを見るのか」、「トラック載台がベース基礎と接触していないことをどうやって確認するのか」などの説明の為に、静止画像だけでなく、数十秒のビデオ映像をハイパーリンクで貼り付けている。詳細に見たい人は、該当箇所をクリックすればビデオ映像が見えるような仕組みになっている。

次にビデオマニュアルを利用した事例として、運転員の目から見えない装置内での現象の理解・学習に使った例を示す。反応器の中でどのような現象が起こっているかは通常では外から見えない。実験室で特別に準備したガラス製反応器を使い異常反応を発生させ、その様子をビデオ映像に撮り原理を説明することは安全教育に極めて有効である。その事例を図 7.2 に示す。右側の反応器は正常で、左側は界面活性剤を多く投入して異常反応を再現させたものである。重合開始後数分で、左側の反応器の攪拌状態を見ると異常な状態が見える。サンプリングして重合初期の粒子の状態を正常側と比較してビデオ映像で見せること、また異常処置をすることにより安定な状態に戻ることをビデオ映像に撮りその原理を説明することも、安全教育および運転操作の根拠となる知識の習得に役立つ。このようなノウハウと言われる背景知識は異常時における思考・判断のスキル向上に有効である。

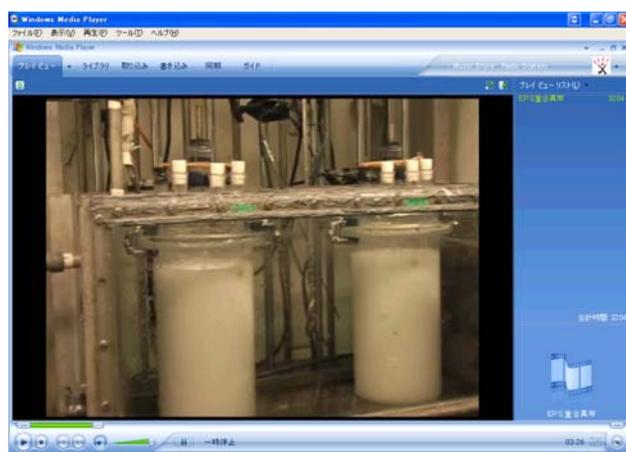


図7.2 見えない装置内での現象の理解・学習（ビデオマニュアル）

## 7.3 ビデオマニュアルのニーズ調査

### 1) ビデオマニュアルの試作

ある製造課のバッチプラントの基本作業である、「重合缶マンホール開閉作業」および「副原料溶解作業」を取り上げて、それぞれの作業をビデオに収録した。いずれの映像も 7 分程度に編集して、作業手順や注意事項などをコメント文として映像に貼り付けたビデオマニュアルの試作品を制作した。

「重合缶マンホール開閉作業」の SOP はあるが、新人運転員に対して、数十 kg のマンホールの開閉をどの様な姿勢で行えば腰痛を起こさずに作業できるか、またボルト外し、パッキン点検等関連する一連の作業を確実にこなせるよう教育することを目的としてビデオマニュアルを制作した。

「副原料溶解作業」は、バッチ重合工程で使用する副原料を事前に溶解する作業で協力会社に委託している。作業開始の連絡、指示書と現物の照合、投入作業、後片づけ、次バッチの準備、作業終了の報告からなる一連の作業である。図 7.3 は、作業員が作業開始を管理室に連絡して指示を確認している場面である。作業手順、注意事項などをコメント文としてビデオ映像に張り付けている。



図 7.3 作業開始場面

### 2) アンケート調査結果

二つのビデオマニュアルの試作品をもとに現場のニーズをさぐる為、実際にこれらの作業が行なわれている製造ラインの運転員およびスタッフの 14 名に対してアンケート調査を行なった。アンケートでは次の六つの質問に回答を求めた。

- Q1:あなたは今見たビデオの作業を実施したことがありますか？
- Q2:今回の試作ビデオマニュアルを見ての理解度は何点位ですか？
- Q3:この試作ビデオマニュアルの良い点は何ですか？
- Q4:この試作ビデオマニュアルの悪いところは何ですか？
- Q5:この試作ビデオマニュアルについての改善点は何かありますか？
- Q6:ビデオマニュアルをどのような時に使ってみたいですか？

参考の為、全質問に対する回答集計を付録にまとめた。これらの回答を吟味することによって、ビデオマニュアルを制作する際の留意点を抽出した。

### 3) 指針づくりへの知見の抽出

六つの質問に対する全ての回答から、教育効果の向上 (Know-Why) とビデオマニュアル制作方法 (How-To) に関する知見を抽出し、ビデオマニュアル制作の三つのステップ (準備、ビデオ撮影、ビデオマニュアル編集) の留意点としてまとめた。

#### (1) 準備

- 対象作業をビデオマニュアル化する目的、及び教育対象者は誰か、何を教えたいのかを明確にする。できればスキル開発モデルでの位置づけを与える。
- 事前にヒヤリングなどして作業手順を整理しておく。教えたいポイントと撮影対象をメモしておく。
- 事前に実際の作業状況を観察しておくのが好ましい。
- カメラを移動すると振れて見難いので、カメラ位置は出来るだけ固定し、回転とズームで滑らかに撮影する。
- 撮影位置を事前に把握した上で現場での撮影に臨む。

#### (2) ビデオ撮影

- 現場点検や検査など、熟練作業者は何処を見て、どの様に判断するのか、文字情報では伝えにくい感覚的な情報はビデオ映像を見せると教育効果が高くなる。熟練作業者は何を見てどの様に作業をしているか、熟練作業者の目線の先にカメラ焦点を移動して撮影する。
- 異常兆候の発見には、現場機器が出す音は重要な判断材料である為、撮影時には集音にも気を配る。ビデオ機器付属のマイクであれば現場の雑音も録音される。専用の集音マイクを使うとクリアに音を録音することができる。

- 照度不足の場合、現場では目が慣れて気にはならなくても映像を通して見ると見づらいので、照明にも気を配って撮影する。屋内や夕暮れ時の撮影には注意が必要でビデオライトなどの照明器具で照度を確保する。

### (3) ビデオマニュアル編集

- 再生時間が長いと見る側（教育対象者）は注意散漫になるのでビデオマニュアルの長さは5分～10分程度が適当と考えられる<sup>(23,24)</sup>。
- よく考えないで単純にビデオマニュアルの長さを短縮すると作業手順が飛んで実際の作業時間とかけ離れてしまい、未経験者にとって作業の全体像が分かりにくくなる。
- 作業手順に沿って安全上の注意事項や勘所、伝えたい内容をコメント文としてビデオ映像に貼り付けるのがよい。
- 一連の作業の流れの中でポイントとなる事項(急所)や注意点を音声で伝えると教育効果も上がる。
- ビデオマニュアルを繰り返し見る場合、作業手順を示した全体メニューから見たい作業へジャンプする等の工夫は役立つ。そうすることにより、5分～10分の単位作業を組み合わせ、長時間の全体作業を構成することができる。
- ビデオ映像の編集作業には結構労力を要する。新規制作だけでなく改訂作業が簡単なツールが好ましい。
- ビデオ映像を変換することによって汎用パソコンでも見えるようにして、色々な場所で使えるようにすると便利である。

## 7.4 ビデオマニュアルの制作指針

### 1) 環境整備

プラント運転員の育成の為にスキルアップの手段・ツールとして、ビデオマニュアルを位置づけるためには次の環境整備が必要となる。

- ① 新人の育成および多能工化を推進する際のスキル開発モデルを明示した上で各レベルに応じた教育資料を体系的に整理する。
- ② 中堅および熟練運転員の育成を図る為の異常時対応および運転現場のマネジメントに関するスキル表と教育資料を充実する。

### 2) 制作準備

ビデオマニュアル化する目的を明確にし、目的に応じてマニュアルのコンテンツを設計することが重要である。この為の留意点をまとめた。

- ① 教育対象者（初心者、中堅運転員、熟練運転員、技術スタッフ、協力会社運転員等）を明確にした後、教えたいポイントを明確にする。
- ② 作業手順などをベースに、ビデオ撮影するシナリオを作成し、学ぶべきポイントをわかりやすくまとめる。
- ③ 一つの映像の長さは5分～10分以内にする。

### 3) 制作手順

#### a) 対象作業の吟味とシナリオづくり

- ① 対象作業がビデオマニュアルに適しているか否かを判定する。
  - ・対象作業および作業者を考慮して、文書 SOP、電子マニュアル、ビデオマニュアルのどれがふさわしいかを判定する。その上でビデオマニュアルが有効な作業を選定する。
- ② 対象作業についてビデオ撮影のシナリオを作成する。
  - ・単位作業レベルに分解してフローチャート化する。
  - ・教えたい内容・ポイントを整理する。それに基づき撮影対象を整理する。
  - ・収録に必要な器具・道具類を準備する。映像を補足する為の関係資料も収集しておく。

#### b) ビデオ撮影の準備

- ① 作業手順の確認
- ② ビデオに撮りたい箇所を決め、カメラを固定するか、移動して撮るかを定める。
- ③ 拡大したい部位、視点を変えた場面の映像を決める。それらはメインの映像に対し、別途貼付けができる様に別映像として分けておく。
- ④ 作業の成否判定の基準（成否の静止画像、判定表）を準備する。特に状態変化の兆候、目視検査の判定、現場機器点検部位と判定など、文章では表現し難い判定基準などは静止画像を使うことにより教育効果が高くなる。
- ⑤ 該当作業で使う工具、保護具、測定器等を準備し外観を撮影する。特殊な器具の場合は使い方も撮影し、未経験者が選択して見られるようにすれば学習効果が高くなる。

⑥ 教育の観点から添付したい資料（機器構造図、フローシート図）を準備する。

c) ビデオ撮影上の注意点

- ① 撮影環境を作る。（照明、カメラ設置場所確保、付帯機器との位置関係を考慮）
- ② 現場での臨場感や、異常兆候の発見には現場機器が発する音は重要な判断材料である。一般にビデオ内臓マイクでは難しいので、音声を取り込む場合、集音マイクを準備する。
- ③ 最終的にビデオマニュアルは5分～10分に編集するので、連続して撮影しても良いが、後の編集のことを考え、15分程度に細切れに撮影した方が良い。
- ④ 最新のビデオカメラはMPEG4でビデオ映像も細かく撮影できるが、ビデオ編集ツールがMPEG1対応の場合、撮影後に変換する無駄が生じるので事前に確認しておく。

d) 作業分析および作業の標準化

ビデオにとった現状作業について作業分析を行い、無駄・無理・不安全作業を見つけ排除する。出来ることならばこのような改善活動のステップを経て作業を標準化することが望ましい。

- ① 無駄な作業はないか（必要な作業か、待ち時間はないか、作業員の連携に無駄はないか）
- ② 無理な作業はないか（姿勢、時間、手順など）
- ③ 不安全作業はないか（保護具を着用しているか、危険性はないか）

e) 標準化した作業のビデオ撮り

作業手順を見直した上で、撮影シナリオをつくり、ビデオ収録する。

f) ビデオ編集

- ① 一つのビデオマニュアルの長さは学習効率の観点から5分～10分が適当である。映像を5分～10分に編集する為に、市販のビデオ編集ソフト（例えばアドビシステム社製 Adobe Premiere Elements™など）が役立つ。不要、冗長なビデオ映像は削除し、5分～10分のコンテンツ映像として編集する。
- ② ビデオ編集ツール（例えばアヴァシス社製 I. ADICA™など）を使い収録したビ

デオ映像を編集する。

- ③ タイトル、目次（対象作業の作業手順）、注意事項等をビデオ映像に貼り付ける。
- ④ 対象作業全体を単位作業に分割し、目次と単位作業を紐つけることにより知りたい作業・項目がすぐに見られるように編集する。
- ⑤ 拡大した映像、視点を変えたビデオ映像も編集して、目次に紐付けるなどして貼り付ける。
- ⑥ 作業の成否の判定基準の静止画像があれば貼り付ける。
- ⑦ 補足説明用に装置・機器の構造図などの添付資料を貼り付ける。
- ⑧ 音声ナレーションをつける。

#### g) 承認と改訂

- ① 従来の文書 SOP 作成と同様にルールに従い、職制の承認を得る。
- ② 改訂は従来の文書 SOP 改訂ルールに従い、職制の承認を得る。

#### h) ビデオマニュアルの配布

- ① どのパソコンでも見えるようにする。市販のビデオ映像編集ソフトで編集した場合はマイクロソフト社製 Windows Media Player™ ファイル形式に変換するか、ビデオ編集ツールで編集した場合はビューアソフト（例えば I. ADICA Viewer など）をつけて、ビデオ編集したビデオマニュアルを CD 等に焼き、配布する。
- ② セキュリティ対策をとっておく。
- ③ 手軽に見たい時に見ることができるよう携帯端末画面（例えばアップル社製 iPod™ など）に出して現場で利用することも有効な利用法と考えられる。

### 4) 利用指針

プラント運転員のスキルアップの手段・ツールとして、ビデオマニュアルを活用する場合の留意点をまとめた。

- 新人教育、中堅教育（多能工化の為に OJT）、協力会社運転員の教育（委託作業）に活用する。それぞれの目的に応じて有効なマニュアルの形態は変わる可能性がある。各目的に対してそれぞれのマニュアル形態に期待される効果の大きさを表 7.1 にまとめた。

- スキル開発モデルに基づいて OJT/Off-JT 教育において教材として積極的に活用する。制作段階からスキル開発モデルに対応付けておくことが大切である。
- 業務の標準化の推進に役立てる場合、複数の熟練作業員の作業をビデオに撮り相互比較をすれば、無駄・無理・不安全作業の視点で最良の作業（ベストプラクティス）を決めることができる。
- 現場での作業が変更される場合、必ずビデオマニュアルの改訂も行う。
- 海外にプラント建設する場合、早期に稼動する為には現地運転員の教育が必須となる。言葉の障害が少ないビデオ映像を活用したビデオマニュアル、電子マニュアルが有効と考えられる。

表 7.1 教育対象者とマニュアル形態

	マニュアル形態		
	文書	電子	ビデオ
新人教育	—	○	◎
中堅教育	—	○	○～× <sup>(※)</sup>
協力会社	—	○	◎

◎:教育効果が高く、他より適している

○:教育効果が高い

—:変わらない(基準)

×:教育効果が低い

※:対象とする作業についての習熟度によって教育効果は大きく変わる。

## 7.5 ビデオマニュアル制作実践事例

提案したビデオマニュアル制作指針に基づいて、粉体製品の運搬に使われたフレコン袋を回収した際の回収袋の点検・清掃・準備作業のビデオマニュアルを制作して、製造ラインのスタッフおよび運転員に見せて評価をもらった。

### 1) 回収したフレコン袋の点検・清掃・準備作業

この作業の概要についてまとめた。客先から回収したフレコン袋を再利用する為に、外観検査、袋内外の清掃、次のフレコン充填に向けての準備の一連作業を協力会社に委託している。対象作業は2人作業で、担当Aは、回収したフレコン袋を籠から取り

出し、使用済みの荷札などを取外し、外観を点検して不良フレコン袋は除外、良好フレコン袋は再利用する為に袋の内部をエアブローする。担当 B は、エアブロー終了後、内部を確認し、次のフレコン充填に備えて、底部を紐で縛りつけ、上部を上にして、フレコン充填エリアに送る為に吊り下げコンベアにセットする。

ビデオマニュアル制作では特に次の 2 点に注意した。

- ① 対象作業を 3 ブロック (二人の合同作業、担当 A の作業、担当 B の作業) に分け、各ブロックは 5 分～10 分に仕上げ、詳細を見たい場合に該当ブロックにジャンプできるようにした。

二人作業 : 全体作業の流れが分かるようにビデオ撮影

担当 A の作業 : 回収したフレコン袋の外観点検、使用済み荷札の取外し、袋内部のエアブロー

担当 B の作業 : 袋内部をブロー後のフレコン袋の底部を縛る、次工程のフレコン充填へ運搬

- ② 個々の作業の中で、注意事項などをコメント文として追記し、ビデオ映像に貼り付けた。

図 7.4 にビデオマニュアルの一場面を示した。右側の六つのビデオ映像は全体の作業を構成している代表的な単位作業の場面を示していて、ユーザはこのビデオ映像をクリックすることによって単位作業を選んで見ることができる。左側のビデオ映像は、選んだ作業を再生している場面を示している。



図 7.4 フレコン回収袋の点検・清掃・準備作業のビデオマニュアル

## 2) ユーザの評価

制作したビデオマニュアルを製造ラインのスタッフおよび運転員に見せて感想を聞いた。そのとき得たコメントを以下にまとめた。

- 二人作業で大切な協調作業の様子が分かる上に、各担当者の作業もクリックすれば見えるのは良い。
- 作業の注意点をコメント文としてビデオ映像に張りつけているので良く分かる。
- 作業の流れを音声でガイドしているのでよく分かる。ビデオ映像情報と音声情報を組み合わせて注意点を提示しているので良く分かる。
- 作業全体のビデオマニュアルは約 30 分であるが、詳細な各作業はメニューにより選択できる。最初から最後までダラダラ見る必要がなく、見たい箇所だけ見ることが出来るのはありがたい。
- 最終版は CD に収録されているので汎用パソコンで見ることが出来る。協力会社運転員の教育にも使ってもらえる。

以上のような現場の評価から、提案したビデオマニュアル制作指針に基づいて制作したビデオマニュアルは、現場で受け入れられるレベルのものであると判断した。その後、このビデオマニュアルは、初心者教育で使われている。今後の改善として、回収したフレコン袋の外観検査時の合否判定表（静止画像）を貼り付け、見たい時にジャンプして見るようにすること、および特定作業の拡大ビデオ映像を別途撮影し、標準ビデオ映像に貼り付け、クリックすれば拡大ビデオ映像が同時に見えるようにすることがあげられる。

## 3) 考察

これらの一連の活動で次の知見が得られた。

- ① 作業時の姿勢など具体的な動きを文章で表現し難い場面には、ビデオ映像を用いれば微妙な動きを正確に伝えることができる。
- ② ビデオマニュアルは実際の現場作業が見えるので、未経験者や微妙な作業のコツの伝承に有効である。その際、現場機器の振動などの触感も大切なので、ビデオの中でナレーションとして付加すると教育効果が高まる。

- ③ 一方、ビデオ編集の負荷が高い、記載情報量が限られるなどの弱点もあるので、ビデオマニュアルに適した作業であるか否かを判定する必要がある。
- ④ ビデオマニュアルの制作はその作業をよく理解した上で制作することが重要である。制作にかかる負荷をさげる為には、編集が容易なツールを導入するなどの環境整備も大切な要件である。
- ⑤ 一連の作業をビデオ撮影し編集する作業は面倒で作業負荷が高すぎるという現場も多い。このような場合、数十秒の単位作業別に分割して、それを文書マニュアルに貼り付ける「電子マニュアル」も一つの簡便な文書マニュアルの改善方法である。
- ⑥ 従来 of 文章を主体とした文書マニュアルは記載可能な情報量も多く紙でも運用できるので、基本的な SOP として必要である。

ここで改めて、ビデオマニュアルを制作した過程で得た知見や試作品を見た製造現場からのアンケート評価をもとに、ビデオマニュアルの長所と短所について整理する。

a) ビデオマニュアルの長所

- ① 映像を見ることによって一連の作業の流れや、人と装置、人と人との関係が理解しやすくなる。
- ② 微妙な動きが伴う作業や、言葉では表現し難い、又は時間と共に変化していく形状・状態認識は、映像を見ることによって理解しやすくなる。
- ③ 作業手順を正しく実行する人が被写体(モデル)になれば、その作業映像を見ることによって暗黙知化した技術・技能が伝承される可能性がある。
- ④ 作業の前にビデオ映像を見ることによって、作業ミス of 減少、作業能率 of 向上が期待できる。
- ⑤ 日本 of 会社が海外へ進出する際の地元採用者の教育の手段として効果があるといわれている。外国人など日本語文書の理解が苦手な人の作業習得に役立つ。
- ⑥ 整備することが難しいめったにない作業 (スタートアップやシャットダウン作業など) of 簡易マニュアルとして役立つ。
- ⑦ 直接結果が見えない作業 (重合異常反応など) of ビデオマニュアル化はノウハウ教材として有望である。

## b) ビデオマニュアルの短所

- ① 連続した映像を最初から見ていくのであまり長くすると集中力が薄れ注意散漫となる。一つの映像の長さは教育効果の観点から5分～10分以内が適当である。しかし、単純に5分～10分に圧縮すると逆に各作業の時間配分が分からなくなるので工夫が必要となる。
- ② 新人など未経験者にとっては最初から連続してビデオ映像を見たいが、一方、経験者が繰り返し見る場合、知りたい作業や項目がすぐに探せて見ることができる機能が必要である。
- ③ ビデオを撮影するには、明るさ、撮る角度、ズーム、被写体の振れなど、ビデオ撮影の技術、経験、センスが必要である。
- ④ SOPと同様、ビデオマニュアルも必要に応じて改訂していく必要があるので、ビデオ編集が容易であることが求められる。
- ⑤ コメントは付記できるが文字数が制限される。相当量の文章表記が不可欠な作業には不向きと考えられる。

## 7.6 まとめ

プラント運転員が行う現場作業をビデオに撮り、ビデオマニュアルを試作してユーザ側のニーズを調査した。調査結果を反映して、ビデオマニュアルを制作する際の指針をまとめた。この指針に基づいてある現場作業についてビデオマニュアルを制作した。制作したビデオマニュアルを製造ラインのスタッフおよび運転員に見せて現場の評価を受けた結果、十分役立つビデオマニュアルになっていることが確認された。現在、このビデオマニュアルは、初心者教育で使われている。また、提案した制作指針はケーススタディを行った製造課において、今後、ビデオマニュアルを作成する際には、必ず事前に確認することとなっている。

## 8. 結論

本章では得られた成果を整理し、研究として継続せねばならない事項について言及する。

### 研究課題の設定

多くの製造業では、多かれ少なかれ、運転技術の伝承に問題を抱えている。世代交代が待ったなしの状態の企業や、技術・技能の伝承の仕組みが旧態然としていて、現在の運転員を取り巻く環境に即した取組みになっていない企業もある。化学工学会・プラオペ分科会のアンケート結果から、各社は実情に合わせた取組みを行っている様子が伺えるものの、技術・技能の伝承の仕組みづくりに繋がる取組みをおこなっている企業は極めて少ない。

研究に先立ち、運転員の立場に軸足を置いた実態調査をある化学工場において行った結果、運転技術の伝承がうまく進んでいないことが分かった。アンケート分析結果から抽出した課題について、短期的な問題と長期的な問題に分け、二つの課題を設定した。

課題1は、トラブル対応（異常時・変調時対応）手順の明確化である。これについては、トラブル対応時の運転ノウハウの抽出手法を開発し、実際に運転ノウハウの抽出を行った。

課題2は、運転員の育成の支援である。まず、運転員育成の課題とスキル開発モデルの必要性を提示した後で、スキル開発のための支援(1)として、作業履歴の登録・検索システムを開発した。また、スキル開発のための支援(2)として、ビデオマニュアルの制作指針をまとめた。以下、各課題に対する成果をまとめた。

### 成果1：トラブル対応時の運転ノウハウの抽出手法の開発

トラブル対応時の運転ノウハウの抽出・蓄積・利用のための統一的手法について二つの手法を開発した。一つはトラブル事例から運転ノウハウを取り出す手段として時系列解析を系統的に実行する手法を提案し着眼点を示した。もう一つは、異常時のプラント運転を包括的に示すグラフ表現する手法で、プロセス状態遷移に着目したイベントツリーを考案した。ETOMチャートと名づけたこのチャートは、プラントの異常時の色々なシナリオを明示できること、各ステップにおける人と

システムのかかわりが明示できること、それ故、人の負荷を評価することによって支援の検討が出来るなどの特徴があることを示した。

#### 成果2：運転ノウハウの抽出事例

暗黙知化した異常時の運転ノウハウを抽出する手法を、具体的にバッチプロセスのトラブル事例に適用して、ケーススタディを行った結果をまとめた。運転員が経験した各々のトラブルについて、時系列分析シートを用いた分析と、熟練運転員からのインタビューを通して、重要な暗黙のノウハウを得られることを示した。また、この手法は運転ノウハウの取り出しにとどまらず、新しい改善活動の方法としても有望であることも示した。現在、ケーススタディを行った製造課では工程トラブルが発生都度、時系列分析シートを用いた振り返りを行い、工場内の共有化データベースに登録して活用している。

#### 成果3：運転員の育成とスキル開発モデルの提示

アンケート調査結果から、若手運転員は学習意欲が高いが、運転スキルを向上するには何を学習すればいいのか、自分がどのように育成されるのか等の不安感を持っていることが分かった。運転員への役割期待を三つの業務に分類し、業務毎に運転員の育成のための課題を設定した。そして、運転員育成のプロセスを明確にするために、運転員のキャリアパスモデルを提示し、定常運転時と異常対応時のスキル開発モデルを整備することの必要性を示した。提案した運転スキル開発モデルをベースに運転員を育成するための支援について研究を進めた。

#### 成果4：作業履歴の登録・検索システムの開発

運転スキルと教材（SOP、ワンポイントシート）との対応付けを行い、教材が不足していることを明らかにした。これらの不足する教材の充実について、日々の運転作業履歴を蓄積し、検索・活用する仕組みを提案し、プロトタイプシステムを試作した。現場の課長、係長及び職長・班長全員に説明会を行い、有効であると確認した。現在、年一度のプラント定修時の停止及び立上げ手順の作業標準化に向けて、運転作業記録の蓄積に取り組んでいる。

#### 成果5：ビデオマニュアル制作指針の作成

作業指導や技術伝承においてビデオ映像の有用性は広く認識されているが、化学産業界ではあまり普及が進んでいない。主な理由はビデオマニュアル制作に手間がかかり、制作担当者や熟練運転員に時間的余裕がないことがあげられる。そのため、ビデオ撮影及びビデオマニュアル編集・修正に関わる担当者の負担をできるだけ軽減することを目的として、ビデオマニュアル制作指針を纏めた。実際にこの指針に基づいてビデオマニュアルを制作し、ユーザ使用者の評価を受けてその効果を検証した。

本研究で取り組んできた二つの課題をナレッジマネジメントサイクルに位置づけた図を図8.1に示した。課題1の「トラブル対応（異常時・変調時対応）手順の明確化」に関連するものを実線枠で、課題2の「運転員の育成の支援」に関連するものを点線枠で表記した。

今後、図8.1に示したように、知識の獲得、創造、活用、蓄積を通じて持続的な改善サイクルを廻すことにより、プラント生産システムを進化させていくことが必要である。熟練運転員の暗黙知の表出化、表出した知識を体系化・標準化する連結化、それを教育訓練に活用し学習する内面化、経験や考察を通して新たな暗黙知を創造する共同化という、ナレッジマネジメントサイクルを廻しながら、組織としてスパイラルアップし続けることが、プラント生産システムを進化させていくことにつながると考える。

プラント生産システムの進化プロセス  
 持続的な改善サイクル(技術伝承を含む) ⇒ 進化

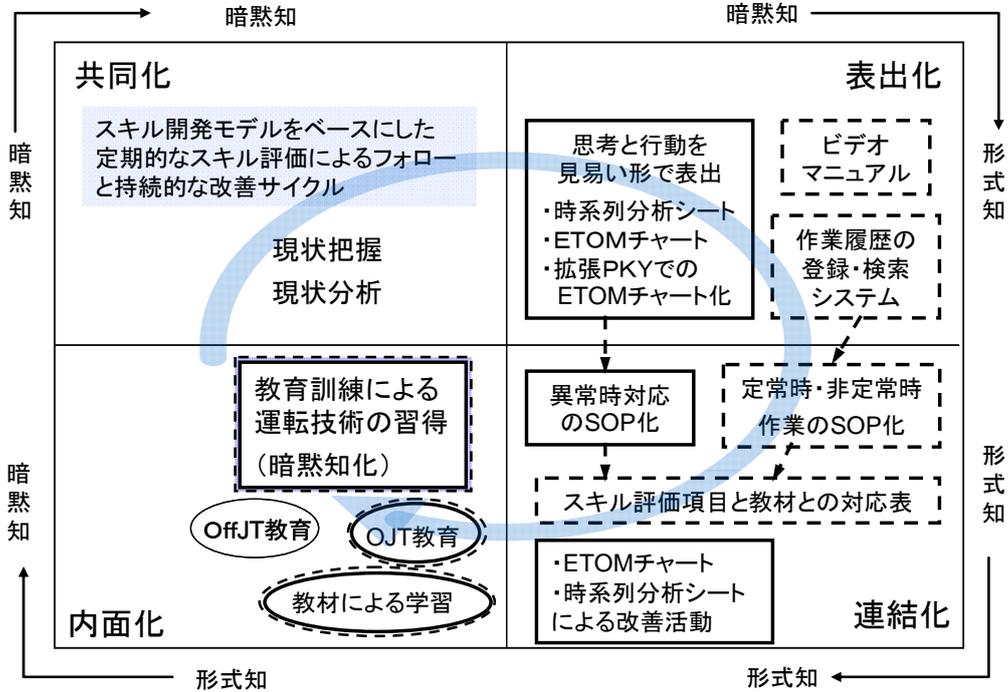


図 8.1 ナレッジマネジメントサイクル

## 参考文献

- [1] 経済産業省. 産業事故調査結果の中間とりまとめ, 2003
- [2] 化学工学会 SIS 部会プラントオペレーション分科会; プラントオペレーションおよび技術伝承に関するアンケート調査結果, 7月, 2005
- [3] プラントオペレーション分科会事務局. プラントオペレーションと技術伝承に関するアンケート調査結果. 化学工学会, Vol. 70, No. 4, 2006
- [4] 倉恒匡輔; プラント運転におけるナレッジマネジメントに関する研究, 奈良先端科学技術大学院大学博士学位論文, pp. 9-25, 2007
- [5] 倉恒匡輔, 梶原康正, 西谷紘一, 福田祐介, 高山仁; チャートを用いた運転ノウハウの抽出, 日本プラント・ヒューマンファクター学会誌, Vol. 12, No. 1, PP. 31-39, 2007
- [6] 厚生労働省安全課; 化学プラントのセーフティ・アセスメント(指針と解説), 中央労働災害防止協会, 2001
- [7] 松岡俊介; HAZOPSによるプラントの設計安全評価, 石油学会, Vol. 13, No. 6, pp. 456-462, 1990
- [8] 高木伸夫; 化学プラントの安全性評価, 化学工学, Vol. 56, No. 10, pp. 735-741, 1992
- [9] 永田学; 人的信頼性向上に向けた改良保全の実現可能性の研究, 日本プラント・ヒューマンファクター学会誌, Vol. 11, No. 1, pp. 31-41, 2006
- [10] 川崎祐史, 白尾哲夫, 植田章夫, 中川昌樹; “定量的プロセス・ハザード・アナリシスの新手法“HAZchart手法”-HAZOPを超えて-, 安全工学, Vol. 37, No. 6, pp. 441-452, 1998
- [11] Nakagawa, M., A. Ueda, T. Shirao and Y. Kawasaki; “The New Methodology of Quantitative Process Hazard Analysis-HAZchart,” Int. Conf. Probabilistic Safety Assessment and Management (PSAM5), 307-313, Osaka, Japan (2000)
- [12] Hamaguchi, T.; Selection of Operating Modes in Abnormal Plant Situation,” J. Chemical Eng. Japan, 35, 1282-1289 (2002)
- [13] 倉恒匡輔, 梶原康正, 西谷紘一; プラントオペレータの役割と育成についての考察, 第6回日本プラント・ヒューマンファクター学会, 総会ポスタ

- ー・セッション予稿集, pp. 11-12, 2006
- [14] 倉恒匡輔, 西谷紘一; プラント運転員の育成についての考察, ヒューマンファクターズ, 12(1), pp. 49-61, 2007
- [15] 森下光政, 坂本正文, 柏原正純; ヒューマンファクターに直目した先取りの安全活動, 日本プラント・ヒューマンファクター学会誌, 2(1), pp. 71-76, 1997
- [16] Opat Orapimpan, Kouichi Sakata, Taketoshi Kurooka, Yuh Yamashita, Hirokazu Nishitani; Development of a learning system of know-how and know-why in on-site plant operations, Journal of Society of Industrial Plant Human Factors in Japan, 6(1), pp. 34-44, 2001
- [17] 藤原昌史; 自営範囲拡大に伴うメンテ技術継承の新しいアプローチ, TPM発表会, 宝塚, 12月12日, 2002年
- [18] Opat Orapimpan, Akira Kurosaki, Taketoshi Kurooka, Yuh Yamashita, Hirokazu Nishitani; Computer aids for knowledge management in plant operations, Industrial & Engineering Chemistry Research, 43(14), 3731-3740, 2004
- [19] 宗陽一郎, 江部宏典, 植崎博司, 中村英夫; ICTを活用した技術・技能教育支援システムの開発, 第49回自動制御連合講演会(神戸大学: 11月25日-26日) SU7-3-4, pp. 1-2, 2006
- [20] 酒井浩久; トヨタのグローバル化と人材育成—急拡大するグローバル化を上回るスピードでの人材育成—, 日本オペレーション・リサーチ学会秋季大会, pp. 148-149, 2006
- [21] 矢野和夫, 西谷紘一; ビデオ映像の技術, 技能伝承への利用, 第40回日本芳香族工業会大会技術・研究発表要旨(鹿児島大会: 10月11日-13日), pp. 138-143, 2006
- [22] 鈴木剛, 小菅通孝, 西山穂高; 技術伝承への保守・点検作業支援技術の開発—熟練オペレータの映像記録と行動の解析でスキル蓄積と活用—, 計装, 50(2), pp. 46-50, 2007
- [23] 西岡洋; e-ラーニングによるエンジニア育成への取り組みとその考え方, 計装, 50(2), pp. 42-45, 2007
- [24] 西岡洋; 公開座談会「工場革新へ先進サポート技術活かす」, 計装, 50(9),

pp. 17-32, 2007

## 謝辞

本研究を進めるにあたって、主指導教官として常に温かいご指導と、研究の場を与えて下さった奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科システム制御・管理講座 西谷 紘一 教授に深く感謝いたします。

論文審査委員としてご助言をいただきました知能情報処理学講座 木戸出 正繼 教授に深く感謝いたします。そして、貴重なご意見及びご助言をいただいたシステム制御・管理講座 野田 賢 准教授に深く感謝いたします。

共同研究者として本研究を共に進めさせていただき、且つ、貴重なご意見及びご助言をいただいたシステム制御・管理講座 倉恒 匡輔 研究員に深く感謝いたします。

本論文で表記した言葉は、著者が日常何気なく使用する言葉であるが、改めて意図することを列記する。英数字は ABC 順に、漢字・かなは、あいうえお順とした。

ETOM (Event Tree for Operation Management) チャート；プラントの異常現象の原因、検出手段、回復操作、回復操作に成功した場合のプラントの状態、又は失敗した場合のプラントの状態という一連の過程を、イベントツリーの考え方でプロセス状態遷移を軸に運転員の操作を記述してプラント運転を表現するチャートを考案した。これを ETOM チャートと名づけた。

NFB (ノーヒューズブレーカ)；三菱電機(株)の商品名。一般的には MCCB (モールド・ケース・サーキット・ブレーカー) と言う。

Off-JT (Off-the-Job Training)；社外での研修などによる技術や業務遂行能力に関するトレーニングのことをいう。基本的には実務的なものというよりは一般化された技能や知識についての教育で、職場から離れ、外部の講師などからのトレーニングを受ける。

OJT (On-the-Job Training)；社内で行われる職業指導手法のひとつで、職場の上司や先輩が部下や後輩に対し、具体的な仕事を通じて仕事に必要な知識・技術・技能・態度などを、意図的・計画的・継続的に指導し、修得させることによって、全体的な業務処理能力や力量を育成するすべての活動である。

PDCA サイクル (Plan-Do-Check-Action Cycle)；製造業では、生産管理や品質管理などの管理業務を計画どおりスムーズに進めるためのマネジメントサイクルの一つで、改善サイクルを確実に廻すことを狙っている。

PKY 活動；P はプロセス、K は危険、Y は予知を意味する。危険予知活動とは、作業を行う前、ミーティングなどで、その作業にひそむ危険を短時間で話し合い、「これは危ないなあ」と危険に気付き、これに対する対策を決め、行動目標を立て、一人ひとりが実践する活動である。訓練(トレーニング)と区別して、職場で実践するのを危険予知活動という。PKY とは、生産設備やプロセスに潜む危険を対象にした、危険予知活動である。

SOP (Standard Operating Procedure) ; 標準作業手続き。組織がその目的を達成するのに望ましいとして定め、更に関係者によって承認された仕事のやり方の手順を意味する。

過負荷検知器 (サーマルリレー) ; ポンプ等の電動機を動かす回路構成は、「ブレーカー (MCCB)」 → 「電磁接触器 (コンダクタ)」 → 「サーマルリレー (過負荷検知)」 → 「電動機 (モータ)」の順番となる。電動機には定格容量と呼ばれる性能の限界があり、それ以上の負荷には耐えられない上限がある。その上限をサーマルリレーを使用し、電動機が壊れないように設定して保護している。

拡張 PKY ; 運転員の思考訓練として PKY (プロセス危険予知) 活動がある。PKY は安全意識を高めることが主目的であるが、全ての運転管理要素 (P/Q/C/D/S) に対して PKY 的な活動を行えば、網羅的に異常を分析する HAZOP に近いものになる。本研究では、従来の PKY とは区別するため、『拡張 PKY』と呼ぶことにした。P;Productivity、Q;Quality、C;Cost、D;Delivery、S;Safety

技術 ; 科学を実地に応用して自然の事物を改変・加工し、人間生活に利用するわざ。出典 : 広辞苑 (岩波書店)。各分野において目的を達成するために用いる手段・手法で、これを体系的に纏めたもの。

技能 ; あることを行うための技術的な能力。うでまえ。出典 : 大辞泉 (小学館)

スキル ; 物事を行うための能力のことで、技術的な能力を意味する「技能」と同義である。技術的な能力だけではなく、交渉力などの仕事を潤滑に進めるために必要な能力や、運動を行うための肉体的能力についてもスキルと呼ばれる。

日勤 ; 製鉄所や石油化学コンビナートなど、停止や再稼動に非常に手間と時間がかかる業種では、盆・正月の区別無く 24 時間の連続運転を行っている。これらの業種では 1 日を 8 時間ごとに分けた『三交代勤務』を採用している。交替勤務時間帯をシフトしながら廻していくが、途中、昼間の一般的な始業・就業時間 (例えば、8 時半~17 時半) の勤務を入れる。それを日勤と言う。

ノウハウ (Know-How) ; 原意は方法を知るということで、そこから秘法や秘訣をさす用語となった。国際商業会議 International Chamber of Commerce (ICC) によれば、「産業目的に役だつある種の技術を、実際に応用するために必要とされる秘密の技術的知識、経験またはそれらの集積」をいう。この場合のノウハウは、製造設備の完成・運転に基本的に必要な技術的知識をいうことから、従来の技術と大差がなく、そのために特許にもなっていないが、実用上の価値の

ある技術的秘訣までの広い範囲をさしている。出典：日本大百科全書（小学館）  
ブライン(Brine)；冷凍作用を被冷却体に伝える仲介をする不凍液体。冷凍機によ  
って冷却されて冷却力を運ぶ役目をする。塩化カルシウムや塩化ナトリウム  
などの水溶液をいう。

フレコン袋(Flexible Containers Bag)；粉末や粒状物の荷物を保管・運搬するた  
めの袋状の包材で、略してフレコン、フレコンバッグとも呼ばれる。ポリエチ  
レンやポリプロピレン等の丈夫な化学繊維で編まれたシートで製作される。バ  
ッグ上部には丈夫な吊りベルトが付けられており、バッグをフォークリフトや  
クレーン等で持ち上げるのに適している。タイプによっては下部が開閉可能な  
構造になっており、吊り上げた状態で下部開口部を開くと内部充填物がバッグ  
から排出される仕組みになっている。充填は上部から行う。バッグ自体は軽量  
で折りたたみが容易であり、価格も安価であることから幅広い分野で活用され  
ている。

## 付録B

### 運転ノウハウに関するアンケート調査

このアンケートは、運転ノウハウの伝承に関わる研究開発計画のために、運転現場の現状把握を行い、それを基に運転を支援する有効なシステムを開発する目的で行うものです。

年 齢	歳
運 転 経 験	年（3交替業務を行なった年数）
製 造 課 名:	課
現在の職務:	<input type="checkbox"/> 運転員 <input type="checkbox"/> 製造技術 <input type="checkbox"/> 設備技術 <input type="checkbox"/> 品質管理 <input type="checkbox"/> その他
経験した職務: (複数回答可)	<input type="checkbox"/> 運転員 <input type="checkbox"/> 製造技術 <input type="checkbox"/> 設備技術 <input type="checkbox"/> 品質管理 <input type="checkbox"/> その他
現在の役職:	<input type="checkbox"/> 幹部職 <input type="checkbox"/> 係長 <input type="checkbox"/> 主任 <input type="checkbox"/> 職長/班長 <input type="checkbox"/> 一般

#### 1.運転時の心理状態について教えてください。

問1：緊張感を持って、注意深く運転していますか。

- いつもそうだ 緊張感が緩むことがある 緊張感を余り感じない

問2：運転に入る時、不安を感じますか。

- いつも不安だ 不安を感じることもある 不安は感じない

問3：不安を感じるのはどのような時ですか。

- いつも S/U,S/D 異常時 定常監視時  
運転条件変更時 引継ぎ時 ミーティング時 その他

問4：その時どうやって不安を解消しますか？

#### 2.運転に自信がありますか？

問1：運転に自信がありますか？

- 十分な自信を持っている 自信はあるがまだ十分ではない 自信が無い  
その他

問2：なぜ自信があるのか、あるいはなぜ自信が無いのか、その理由を教えてください。

### 3. 運転前の心構えについてお聞きします。

問1：運転前の心構えとしてどのような点に注意されていますか。

- 十分な事前準備が出来ている 少し準備ができていないが、何とかなる  
いつも準備不足を感じるがなんとかなる  
その他

問2：事前準備をされる方にお聞きします。どのような準備をしますか？

問3：準備不足を感じる方にお聞きします。どういう点で準備不足を感じますか？

4. 最近 TV や新聞等で技術伝承やノウハウ伝承という言葉がよく聞かれますが、運転にノウハウはありますか。あると思われる方は、ノウハウに当たると思う項目にチェックして下さい。

- プロセスの化学的原理（反応式等）  
設備の原理の知識  
S/U,S/D 操作  
設備故障対応（修復、交換等）  
異常時に適切に対応する技術  
標準操作マニュアルに書かれていない技術  
経験や勘を必要とする操作  
その他、自由に書いてください。

5. 運転に必要な項目の中でもっとも重要なものを3つ選んでください。

- プロセスの物理・化学工学的原理  
運転操作マニュアル

- 運転操作マニュアルに書かれていない経験・勘による技術
- 過去の事例レポート（成功例、失敗例）
- 引継ぎノート
- 過去の運転日誌・日報・月報
- コミュニケーションスキル（例えば意思疎通を円滑にする能力や手段）
- その他に重要なものがあれば書いてください

**6. ご自身が受けられた OJT について教えてください。**

問 1：ご自身が受けられた OJT はどのようなものですか

問 2：ご自身が受けられた OJT についてどう思いますか。

- OJT は、自分の成長に非常に役に立っていると思う。
- OJT は、自分の成長に役に立っていると思う。
- OJT は、自分の成長にあまり役にたっていないと思う。

問 3：OJT が役立っている、あるいは役立っていないと思う理由を教えてください。

問 4：理想と思われる OJT はどんなものですか？（上位 3 つまで）

- なぜその作業が必要なのか教えてくれる（原理・原則から教えてくれる）
- その作業をしなかったらどういう状況になるのかを理由を含めて教えてくれる
- 作業の手順を繰り返し丁寧に教えてくれる
- 作業するときに気をつけなければいけない事を自分の経験から教えてくれる
- その作業をしなかったらどういう状況になるのかを教えてくれる
- その他（自由記入）

**7. 現在行われている OJT についてお聞きします。**

問 1：現在行われている OJT についてどう思いますか？

- 現在の OJT は素晴らしいと思う。
- 現在の OJT は不十分だと思う。
- 現在の OJT は機能していないと思う。

問2：その理由を教えてください。

**8.OJTを担当したことがある方（教えたことがある方）にお聞きします。**

問1：OJTを担当されたことがありますか。

はい

時期： <input type="checkbox"/> 1970年代	<input type="checkbox"/> 1980年代	<input type="checkbox"/> 1990年代	<input type="checkbox"/> 2000年代
期間： <input type="checkbox"/> 1年未満、	<input type="checkbox"/> 1年～5年	<input type="checkbox"/> 6年～10年	<input type="checkbox"/> 10年以上

いいえ

問2：「はい」と答えられた方にお聞きします。OJTの実施方法についてお答えください。

決められた方法に基づいて行っている。

自分自身の考え方で行っている。

自分を見て学べという方法で行っている。

その他の方法でやっておられる場合は、その方法を簡単に説明してください。

問3：どういう事を心がけて教えていますか？

なぜその作業が必要なのかを教える（原理・原則から教える）

その作業をしなかったらどういう状況になるのかを理由を含めて教える

作業の手順を繰り返し丁寧に教える

作業するときに気をつけなければいけない事を自分の経験から教える

その作業をしなかったらどういう状況になるのかを教える

その他（自由記入）

**9.プロセスの化学・物理的な原理等についての会社の教育についてどう思いますか。**

運転を離れてのプロセス・設備の化学・物理的な原理に関する教育を十分受けている

運転を離れてのプロセス・設備の化学・物理的な原理に関する教育は必要であるが十分に受けていないと思う。

運転を離れてのプロセスの化学・物理的な原理に関する教育はあまり必要ないと思う

その他

**1 0.自分の目標について教えてください。**

- 誰にも負けないプロの運転員を目指して日々勉強している
- 明確ではないが自分なりに目標の姿を描き、日々勉強している
- 特に目標はない
- その他

**1 1.自分の仕事に対する満足度について教えてください。**

- 現在の仕事に満足している。
- 満足ではないが、特に不満も無い。
- 不満であるが、仕方ないと割り切っている。
- 出来れば、運転以外の職種に替わりたい。
- その他

**1 2. 運転操作マニュアルについてお聞きします。**

問 1：日常の運転で標準操作手順書（SOP）を見ることはありますか。

- ある
- ない

問 2：SOP は日々の運転に役立っていますか

- 役に立っている。
- 役に立つと思うがあまり使わない。
- あまり役に立たない。
- 全然役に立たない。

問 3：役に立たないと答えられた方に聞きます。役に立つようにするにはどのようにすればよいと思いますか。

**1 2. あなたの日常運転の中で、特に重視している要素は何ですか。優先順位を□内に記入してください。**

生産量、 品質、 安全、 安定運転、 納期、 コスト

その他（自由記入）

#### 1 4. 異常の兆候を発見する方法についてお聞きします。

問 1：あなたは異常の兆候をどうやって発見することが多いですか？（上位 4 つを選び、多い順に番号を付けてください）

（DCS 等の）警報

トレンドグラフからの予測

グラフィックから前後工程を含めた状況把握

グラフィックから重点監視工程の状況把握

現場パトロール

チャンピオンデータ（ゴールデンバッチ）からのずれ

管理図

五感

その他（自由記入）

問 2：異常の兆候を発見するのにどんな情報があると良いと思いますか？

#### 1 5. 異常時の対応についてお聞きします。

問 1：異常の発見は易しいですか。

はい

いいえ

問 2：担当プラントで異常が発生したときどの程度対応できますか。

ほとんどすべての異常に対して原因がわかり、対応できる。

約半分の異常に対して原因がわかり、対応できる。

異常が発生しても原因まではわからないことが多い。

問 3：異常原因がなかなか見つからない場合、どのような対応をとりますか。

問 4：異常原因を見つけるのに（DCS の）アラーム情報は役立っていますか。

16. 優れたオペレータはどんな人だと思いますか？

最も重要と思うもの2つに印をつけて下さい。

- 運転経験の長い人
- 意欲的に関連知識について勉強する人
- マニュアル通りに実施する人
- 勘の鋭い人
- 体力のある人
- 現場改善活動に意欲的に取り組む人
- 異常時や緊急時にリーダーシップがとれる人
- 若手の教育に熱心な人
- その他

17. 運転の解析について聞きます。

問1：QC手法等を使って運転の解析をしていますか。

- よく実施している。
- 時々実施している。
- ほとんど実施しない。
- 自分の仕事ではないと思うので実施しない。
- その他

問2：どのような解析ですか。簡単に内容をまとめて下さい。

問3：用いている解析手法を挙げて下さい。

18. どのような時に製造現場の上司や技術スタッフに相談しますか。

- 異常時等の対応で迷ったり、自信が無い時

- 自分の考えを確認する時
- マニュアルに書いていない状況に対応した時
- はじめての作業を実施する時
- ほとんど相談しない
- その他

### 19. ベテランが居なくなると困るのはどういう場面ですか？

問1：自分はベテランだと思われますか？

- はい
- いいえ

問2：「はい」の方は、自分が居なくなったら若手はどういう場面で困るかをお答え下さい。「いいえ」の方は、ベテランが居なくなったらあなたがどういう場面で困るかをお答え下さい（上位3つまで番号を付けてください）。

- あまり困らない
- プロセスの物理・化学工学的原理を知りたいとき
- 昼専スタッフ（保全や技術等）との連携など社内調整業務
- ご自分が担当しているプロセスの運転そのもの
- ご自分が担当しているプロセスの挙動を知りたいとき
- ご自分の担当していないプロセスを運転する必要がでたとき
- 異常があったとき過去の事例を元にアドバイスが欲しいとき
- 小集団活動やTPM活動など改善活動を行うとき
- 現場点検を行うとき
- スタートアップ/シャットダウンをおこなうとき
- 上記に当てはまらないものを書いてください。

### 20. プラント運転について後輩たちに何を伝えたいですか

アンケートのご協力ありがとうございました。

## 付録C

### 試作ビデオマニュアルに対するアンケート調査結果

Q1:あなたは、今見たビデオの作業を実施したことがありますか？

- |                       |          |
|-----------------------|----------|
| 1) 両方とも経験有り           | 7名 (50%) |
| 2) 重合缶マンホール開閉作業のみ経験あり | 4名 (29%) |
| 3) 乳化剤溶解作業のみ経験あり      | 0名 (0%)  |
| 4) 両方とも経験なし           | 3名 (21%) |

Q2:今回の試作ビデオマニュアルを見ての理解度は何点か？

- |         |          |
|---------|----------|
| 1) 100点 | 2名 (14%) |
| 2) 80点  | 8名 (57%) |
| 3) 60点  | 4名 (29%) |

14名の加重平均は77点となった。

Q3:この試作ビデオマニュアルの良い点は何ですか？

- 文章を読まなくても良い。
- 作業全体像が5~6分程度で分かるので、新人でも理解し易い。
- 設備の位置や確認事項など、紙面上より具体的に分かる。
- 作業の流れを把握するには良い。映像で見ると作業が分かり易い。
- 文章ではなく実際の動きで確認できる。
- 実際に現場作業方法が見えるので、経験する前に見ると、どんな作業なのか心構えが出来る。
- 映像化されているので、どうアクションを取ればよいか分かり易い。
- 要所要所で、注意する点・作業状態が判り易い。
- 紙面ではイメージし難いが映像である程度確認できる。指導者は教え易い。
- 作業を実際に行っているの解り易い。
- 現場の状況と作業内容が理解しやすい。作業前に見る気になる。
- 現場を通しての内容であり紙面と違ってイメージがわきやすい。

Q4: この試作ビデオマニュアルの悪いところは何ですか？

- 注意事項や何でこんな作業をするのかが判りにくい。

- 実際の作業時間の長さ、間の取り方などが判断できない。一気にビデオ内容を覚えられないので、何回か見直すような使い方ができる工夫が必要。
- 映像が見つらい場合がある。映像が暗い。
- 細かい部分や重合機内部が映像に映っていないので、分かりづらい。
- 展開が早すぎる。作業経験がない人はこの作業が何の為か把握できない。
- 薬液塗布作業では、実際にどのような塗り方をしているのかは判らない。
- 作業のポイント（重要な点）が不明確。改訂時の編修（取直し）が難しそう。
- 映像に音声を出して欲しい。
- 作業の注意点が分からない。注意点等の説明がない為、どこに危険が潜んでいるか理解し難い。
- 制作に手間がかかる？
- 長い！見つらい！「重宝さ」に欠ける。

Q5: この試作ビデオマニュアルについての改善点は何かありますか？

- 音声があれば、臨場感があって更に良い。
- ビデオ映像が暗い。若干映像が見難い。表示されるテロップ文字の精査が必要。
- もっとより具体的に確認ポイントを入れるとよい。
- 経験の無い人に作業の流れを説明するには良いと思う。これを見ただけで作業して下さいと依頼するなら、もっと細かく説明や映像を入れた方が良い。
- 作業前にこの作業が何をやる為にあるのか説明を付けて欲しい。
- 作業者だけでなく、対象物の視点でも（缶の中、溶解槽の中等）見えると、更に説明し易い。
- 作業の流れの中で『ここがポイント』や『ここを注意』みたいなテロップが入ると、より理解し易い。
- 試作段階なのか？無声ではなく、ポイントを音声付にしたほうが良い。
- 映像に、作業時に起こる注意点を一作業に最低でも二つ入れた方が良い。
  - ①その作業でミス操作すると、どのような災害が起こる。
  - ②この作業は、手元 or 足元 or 腰に注意するなど。
- 撮る側の技量&編集センスが問われる。
- 音声による危険ポイントの説明及び画面の鮮明度を高くする。

Q6: ビデオマニュアルをどのような時に使ってみたいですか？

- 重要な作業、危険な作業、協力会社への委託作業 etc。

- 新人教育、数回作業を繰り返した後で見る復習学習、作業のムダ取り検討時、リスクアセスメント時、プラント増改築設計時など。
- 新人教育にはいいと思う。経験者は見ないと思う。
- 新人教育や新たに工程を把握する時に、作業前に確認したい。
- 作業を忘れてしまった時。全くの未経験作業。
- 人によって、作業方法に違いにあるもの等で作業の比較（安全性・作業性の視点）をしてみたい。
- 初めて作業する時や、類似作業時の安全に関するグループディスカッションを行う時など。
- 特に、スタートアップ、シャットダウン時の作業において、原材料回収・置換 etc のバルブ操作・作業方法を知る時に使用したい。
- 新人教育、リスクアセスメント、安全・環境・改善活動。
- 新規で入場される新人さんに見せたい。
- 分からない作業、初めて実施する作業など、このビデオ映像を見て、スキルアップにつなげたい。
- 非定常作業前の危険予知（KY）シート代わりとなり、現場に行かなくても現場の状況が分かる事で、注意しなければいけない部分が見えてくると思います。
- 近年、現場で作業を指導する機会が少なくなっている。このようなマニュアルであれば理解度は高い。あとは現場の注意点も含めて完成度を高めてほしい。

## 研究業績

### 学術雑誌論文

- [1] 倉恒匡輔, 梶原康正, 西谷紘一, 福田祐介, 高山仁: チャートを用いた運転ノウハウの抽出, 日本プラント・ヒューマンファクター学会誌, Vol. 12, No. 1, 31-39, 2007
- [2] 倉恒匡輔, 梶原康正, 西谷紘一: ナレッジマネジメントを用いたプラント運転における業務管理の仕組み, 日本プラント・ヒューマンファクター学会誌, Vol. 13, No. 2, 91-101, 2009
- [3] Yasumasa Kajiwara, Kyosuke Kuratsune and Hirokazu Nishitani: Knowledge Management for Handing Down Elder Workers' Expertise and Skills to the Next Generation in the Batch Process, Journal of Chemical Engineering of Japan, Vol. 42, No. 8, 581-588, 2009 (In Press)
- [4] 梶原康正, 倉恒匡輔, 野田 賢, 西谷紘一: プラント運転のためのビデオマニュアルの制作指針, 日本プラント・ヒューマンファクター学会誌, Vol. 14, No. 1, 2009 (印刷中)

### 国際会議プロシーディングス

- [1] K. Kuratsune, Y. Kajiwara, Y. Fukuda, H. Takayama, and H. Nishitani: Study on Know-how Extraction for Skill Succession in Plant Operations, Proceedings of PSE ASIA2007, Aug. 15-18, Xi' an, China, Paper E-1, 1-6 (2007)

### 国内学会発表 (プラントヒューマンファクター学会)

- [1] 倉恒匡輔, 梶原康正, 西谷紘一: プラントオペレータの役割と育成についての考察, 第6回日本プラント・ヒューマンファクター学会, 総会ポスター・セッション予稿集, 11-12, 2006

### 解説

・なし

## 特許

- [1] 梶原康正他 4 名：“プラント運転の時系列分析シートの表示方法およびプラント運転支援装置”，特願 2007-30624，特開 2008-197798
- [2] 梶原康正他 4 名：“プラント運転のイベントツリーチャートの表示方法およびプラント運転支援装置”，特願 2007-30633，特開 2008-197799

## その他

- ・なし