

博士論文

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

倉恒 匡輔

2007年 3月 5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。

倉恒 匡輔

審査委員：

西谷 紘一 教授 (主指導教員)

杉本 謙二 教授 (副指導教員)

野田 賢 助教授 (副指導教員)

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

倉恒 匡輔

内容梗概

今日、多くの製造業において技術伝承が大きな課題となっている。化学工場においても各社がいろいろ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、ある化学会社の二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展望が見えないなどの現状が明らかになった。このため、現場に蓄積された運転ノウハウを取り出して教育訓練を効率よく行い、スキルアップを図って運転員が自信を持って運転ができるようにする活動をナレッジマネジメントの考え方を使得って行うこととした。

運転現場で暗黙知化した知識をとりだすための情報の共有化環境としてグループウェアがある。日々の運転引継ぎをオンライン化するために導入されたグループウェアが運転ノウハウ収集にどのように役立つかについて考察したが、収集されたデータの詳細な分析なしに運転ノウハウは得られないことが分かった。続いて、事後報告書として提出されたトラブル事例を時系列で分析した。報告書に記載された内容と担当した運転員からのヒアリングによって、ようやくトラブル発生時の運転員の思考と行動を把握することができた。このような因果を基にした考察が運転ノウハウの取り出しに不可欠であることが明らかになった。この時系列の分析において、事象の変化を、安全、品質、生産量、納期、コスト、環境など、プラント運転で重要な製造管理要素の視点から評価することを提案した。これによって関連技術に裏付けられたノウハウが得られることを示した。

次に、プラント運転の進行状況を状態遷移図としてグラフ表現する方法を提案

*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 博士論文, NAIST-IS-DD0661013, 2007年3月5日

した。このチャートを ETOM (Event Tree for Operation Management)チャートと名づけた。このチャートはトラブル事例を分析してノウハウとして取り出すのに役立つ。これは異常時の操作手順書替わりになることから、網羅的に想定されるすべての事象に対してこのチャートを作成することによってプラント運転技術の体系化が実現できる。これまで安全に対する感受性を高めるため現場で行われてきた PKY (プロセス危険予知) 活動を少し拡充することによって実行できることも示した。

ETOM チャートによって個々の事象に対する運転手順が示されたとして、運転員は異常原因毎の多くの ETOM チャートを頭の中に持つことになる。実際に何らかの異常が検知されたときその原因を運転員は見つけなければならない。これは経験が必要であるが、トラブル発生が少なくなった現状ではトレーニングシミュレータに使った訓練も重要となる。熟練オペレータの異常診断スキルを ETOM チャートを使って考察した。

最後に、共同化—表出化—連結化—内面化のサイクルとして説明されるナレッジマネジメントの考え方を、運転技術の伝承を骨子として行う運転員の育成に適用する方法を示した。

Study of Knowledge Management System for Plant Operation

Kyosuke Kuratsune

Abstract

Today many industries have a problem with the succession of plant operation skills. Many companies in the chemical industry are trying to solve the problem but have failed to find an effective way. In this study, first, I sent out questionnaires to 113 operators and related personnel in two factories of a chemical company to learn how operators do their jobs. The survey made clear that many operators, who are working as multi-able operators in smaller numbers than is ordinary, deal with disturbances and how to control abnormalities in plant operation when they appear. Additionally, there are not horizons for developing skills to treat abnormalities. Secondly, from the results of the survey, I used the principles of knowledge management to support actions that can make for effective education and drilling of operators by extracting accumulated operational know-how and that can help operators do their jobs with confidence.

One technique is group-ware, the information platform that draws on tacit knowledge in an operation field. I examined how group-ware is available to collect operational know-how, though group-ware was introduced originally to allow daily operation-takeover on an on-line basis. However, I found that it was difficult to obtain know-how without analyzing the data collected in detail. So I analyzed trouble cases described as trouble reports in order. After interviewing operators who were involved in the trouble cases in the reports, I finally discovered the operators' thoughts and the actions they took in trouble situations. It became clear that considerations based on the relationship

*Doctoral Dissertation, Department of Information Systems, Graduate School of Information Science, Nara Institute of Science and Technology, NAIST-IS-DD0661013, March 5, 2007

between cause and effect were necessary to draw operational know-how. I proposed evaluating a change of events from the point-of-view of important operation management items such as safety, quality, output, delivery, cost and environment by analysis in time-order, and then I indicated that this way could bring about know-how backed up by relevant technologies.

Next, I proposed using a graphic expression named ETOM (Event Tree for Operation Management) that shows plant operating conditions as charts of transitions of conditions. These charts are useful for analyzing trouble cases and drawing know-how. Therefore, because it is available as an operating manual for abnormal plant conditions, plant operating techniques can be totalized by making charts for all phenomena that are exhaustively expected to occur. I also showed that totalizing plant operating techniques can be created by widening activities of PKY (process-kiken-yochi training; expectation of plant hazardous situations) that are utilized for making operators sensitive to safety for field operation.

Operators memorize lots of ETOM-charts for each cause of abnormal phenomena. They have to determine a cause when such a phenomenon is actually detected. This work requires experience and often training by using a simulator because not much trouble occurs these days. I studied skills of experienced operators to diagnose abnormal plant conditions by using ETOM-charts.

Finally, I indicated the way that the concept of the knowledge management system (expressed as the cycle of socialization, externalization, combination and internalization) can be applied to operator training with the purpose of introducing the succession of plant operation skills.

目次

1. 序論	1
1.1 はじめに	1
1.2 化学工業界の技術伝承に関する取組み	2
1.3 まとめ	7
2. 技術伝承に関するアンケート調査	9
2.1 はじめに	9
2.2 技術伝承に関するアンケート調査	9
2.3 アンケートから抽出された課題	24
2.4 まとめ	25
3. 運転技術伝承の課題	26
3.1 はじめに	26
3.2 伝承されるべき製造技術	26
3.3 オペレーションから見た知識の構造	27
3.4 運転ノウハウとは	29
3.5 思考過程から見た運転技術伝承の課題	38
3.6 まとめ	43
4. 運転情報共有の仕組み	45
4.1 はじめに	45
4.2 運転情報とノウハウ	45
4.3 運転現場の知識資産の活用方法	47
4.4 ケーススタディ	49
4.5 まとめ	58
5. オペラビリティ・スタディに基づく運転ノウハウの抽出	59
5.1 はじめに	59
5.2 事例からのノウハウ抽出	60

5.3	異常事例の時系列分析	64
5.4	プロセス状態遷移に着目したオペレーションのグラフ表現.	68
5.5	E TOMチャートの特徴	71
5.6	E TOMチャートを用いた拡張プロセス危険予知活動.	76
5.7	E TOMチャートを用いた新たな現場改善活動	79
5.8	ベテラン運転員の直感を支える知識	80
5.9	まとめ	83
6.	ナレッジマネジメントと運転員の育成	85
6.1	はじめに	85
6.2	アンケートからの運転員の実態	86
6.3	O J Tの目標設定.	89
6.4	運転員の役割と育成について	94
6.5	運転ノウハウ抽出と思考訓練	98
6.6	S E C Iモデル上での育成の位置づけ.	101
6.7	まとめ	104
7.	結論	106
	謝辞	111
	参考文献	112
	付録	
A.	運転ノウハウに関するアンケート調査票 (第2章)	114
	研究業績	122

目次

1.1	年齢分布.	4
1.2	伝承すべき事項と難易度.	4
2.1	年齢構成.	13
2.2	運転現場での文書の実態.	17
2.3	経験の知識化手順.	20
2.4	異常時の思考経路.	22
3.1	オペレーションかた見た知識の構造.	28
3.2	運転員の思考の構図.	30
3.3	直感の土台.	35
3.4	プラント運転技術（ノウハウ）の伝承.	40
3.5	現状の知識転換プロセス.	42
3.6	多能工化の二面性.	43
3.7	運転技術伝承のための課題の構図.	44
4.1	引継ぎノートの内容と運転ノウハウ取出しの手順.	47
4.2	SECIモデルの4つのモード.	48
4.3	引継ぎノートを基点とした現状の文書フロー（一部）.	50
4.4	引継ぎ支援システムの入力情報の流れ.	52
4.5	コラボレーションの支援.	52
4.6	引継ぎ支援システムをベースにしたグループウェア.	53
4.7	担当者引継ぎ入力画面.	54
4.8	ユーザー別ノウハウメモ入力画面（例）.	55
4.9	引継ぎ支援システムによる業務改善.	57
5.1	工程変動カード.	62
5.2	時系列分析シート.	65
5.3	プラント運転のグラフ表現（ETOMチャート）.	69

5.4	運転ノウハウの抽出手順.	71
5.5	運転員操作の記述.	72
5.6	製造管理要素の優先度の表示.	73
5.7	回復操作の記述.	74
5.8	人とシステムの役割分担.	75
5.9	自動化による改善の評価例.	76
5.10	運転技術の体系化.	78
5.11	現状の改善活動.	79
5.12	E T O Mチャートを使った改善活動.	79
5.13	運転ノウハウの成長と直感の知識化.	82
6.1	文書類の位置付け.	97
6.2	運転ノウハウ抽出と思考訓練への展開.	100
6.3	S E C Iモデル上での育成の位置付け.	102

表目次

1.1	技術伝承としてやっていること.	5
1.2	技術情報の共有化の手段.	6
1.3	組織・運用面での課題.	7
2.1	製造マネージャーからのコメントの特記事項.	10
2.2	アンケート設問の概要.	11
2.3	A課.	12
2.4	B課.	12
2.5	C課-C 1プラント.	12
2.6	C課-C 2プラント.	12
2.7	運転体制.	13
2.8	アンケートから抽出された問題.	14
2.9	運転員の仕事環境.	15
2.10	視点Ⅰに関連するアンケートからの導出事項.	16
2.11	視点Ⅱに関連するアンケートからの導出事項.	18
2.12	視点Ⅲに関連するアンケートからの導出事項.	21
2.13	視点Ⅳに関連するアンケートからの導出事項.	23
2.14	アンケート分析からの課題.	24
3.1	階層別知識.	29
3.2	初期指導期間における指導知識(例).	31
3.3	ノウハウ成長の課題.	33
3.4	直感のステップアップのトリガー(例).	36
3.5	直感の根底となる知識(例).	37
3.6	ナレッジマネジメントにおける知識転換プロセス.	42
4.1	知識創造プロセス.	48
4.2	問題点の分類.	51

5.1	工程変動カードの現状.	63
5.2	時系列分析シートと技術伝承の視点.	65
5.3	リスクの大きさ(参考例).	66
5.4	発生の頻度(参考例).	67
5.5	リスクのレベル(参考例).	67
5.6	処置内容のレベル(参考例).	67
5.7	プラント運転G a p –W(参考例).	68
6.1	運転員の育成に関連する事項.	86
6.2	現状の育成に対する運転員の意見.	87
6.3	教育部門の製造部門への役割期待(参考例).	90
6.4	プラント運転知識一覧表(参考例) (1 / 2)	91
6.4	プラント運転知識一覧表(参考例) (2 / 2)	92
6.5	プラント運転スキル表(参考例).	93

第1章 序論

1.1 はじめに

近年、石油や化学などのプロセス産業では、ベテラン運転員の運転スキルの伝承が話題となっている。その理由として、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ベテラン運転員が大量に退職する時期に来ていること、また、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る伝承のための取組み時間が減少したこと、そして、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減少などが挙げられる。多くの企業では、運転業務の質の維持向上のためのベテラン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。

筆者は入社後2年間、運転業務を経験し、その後、プラント建設、制御システム開発に携わる中で運転業務の変遷を見てきた。運転員の年齢構成は体力的な面を考慮し50才を上限に平均年齢は35才前後を目標にしてきたため、世代交代自体は予定通りすすめられているが、伝承がうまく進められているか否かについては、製造現場の中でも疑問の声が挙がるようになった。製造周辺の業務はIT化の影響で情報の電子化が進み効率化が進められているが、製造現場の情報化はセキュリティ確保の面などから立ち遅れており、運転員周辺のスタッフとの情報連携も紙で行われるなど多くの無駄が存在している。少人化による負荷増大のため、本来の安全などの運転管理業務に加え、製造技術グループなどスタッフとの調整業務などのウェイトも高まり、製造情報の共有化環境（グループウェア）の必要性を強く感じられるようになった。伝承が叫ばれている割には、何を伝承すべきか、また、運転ノウハウとは何かを明確に答えられる人（製造マネージャーも含む）が殆どいない。会社として運転業務の実態が捉えられていないのではと懸念を持つようになっていた。そのため、プラント運転における技術伝承について実態把握を含めて検討することにした。

一般的に伝承の重要性が指摘されるのは、ベテラン運転員は過去に培ってきた経験と知識で異常兆候を認識し、的確な状況判断と処置を行っており、それと同等のオペレーションを若手に期待していることに因る。伝承に関して、筆者が運転業務に携わっていた当時（1970年代）と現状を比較する。当時は、①自動化範囲が少なく運転対象の特性、特徴が手の内にあった、②生き字引的存在となる人

がいた、③トラブルなど非定常操作の経験機会が比較的多かった、④ベテランとの接触時間が多くとれ指導を受ける場面が作れた、⑤技術スタッフとの協働のテーマで勉強の場があったなどが挙げられる。

現在は、少人化のための過去の施策の弊害と思われる現象が見られるようになっており、運転業務の内容を捉えることが重要である。運転員の役割は以下の3つがある。¹⁾

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

異常時のオペレーションは業務2に相当する。特に、運転員の評価は業務3の改善活動の成果で決まるため、運転員の心情としては、業務2より業務3を優先したいということになる。しかし、業務2と業務3の本質は、対象であるプロセスを熟知することで共通している。つまり、伝承ということで、性急に業務2に取り組むのではなく、業務3が円滑に進む環境作りが伝承の鍵になりうると考えられる。

具体的には、運転と製造スタッフとのコラボレーション環境がベースとなり、PDCA (Plan-Do-Check-Action) のサイクルが廻っている風土、つまり、プラント運転についてナレッジマネジメントを実現することである。この風土の中で運転員の育成と技術伝承に向けた取組みが可能になる。そのため、背景の整理、現状の把握、課題の列挙と優先付け、目標とすべき状態の設定など解決へのシナリオ作りに取り組むことにした。まず、化学工業界での伝承に関する取組み状況の調査から始めた。

1. 2 化学工業界の技術伝承に関する取組み

(1) 計測自動制御学会・中国支部主催シンポジウム (2004年8月)

“ノウハウとは”をテーマとしてノウハウ継承について討議が行われ、そこで、化学系ユーザー企業2社からノウハウ伝承についての取組み状況の報告があった。いずれも、待ったなしの世代交代に際して、既存の散在しているノウハウなど製造文書を有効活用するものであり、一つは、9つに分類される伝承されるべき文書類をデータベース化し、検索(フローシート利用)を容易にしたものである²⁾。二つ目は、文書に埋もれ、活用されていないノウハウをDCS(分散型制御システ

ム)の画面上で展開できるようにし、SOP(運転標準手順書)のOnline-Manual化を狙ったもので、異常予兆発見で運転員の個人差をなくすことを目標にしている³⁾。

これらは、運転員の異常時の思考過程の一部を支援している。前者の場合は関連する事例(経験)の提供で異常兆候に対する原因遡及時、要因の絞込みに活用され、過去の事例の正確な思い起こしを瞬時に行えることで有用である。後者の場合は、プロセス危険予知訓練シートに工夫を加え訓練効果の高揚や、異常事象発生の場合DCSの画面上にSOPなど技術情報を表示させることで、技術情報の活用を狙ったもので、異常兆候の確認や原因遡及の効率化を行っている。

(2)プラントオペレーションおよび技術伝承に関する調査報告書(2005年7月) 4,5)

化学工学会システム情報シミュレーション部会の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、プラント運転管理の体制などについて、そして、技術伝承に関して調査している。分科会会員企業を中心として、18社31事業所から45件の回答があり、対象プラント群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マネージャー層である。

運転員の年齢構成は図1.1の通り、概ね、2峰の分布がある。個別の事例を見ると、例えば、ベテラン運転員に頼らざるを得ない状況にあるプラントや若手中心で編成するプラントなどのように、企業やプラントによって運転員編成の考え方の違いも表れているように思われる。また、バブル崩壊以降、多くの企業が新規採用を控えたため世代交代に歪が生じ50~60歳に大きなピークを持つようになり、その歪を是正しようとしている様子も伺える。このような状況を反映してか、今後5年から10年以内に大きな世代交代があるとした回答が80%あり、世代交代は問題なしとする回答は15%に留まっている。化学工業界では今後5年~10年以内に世代交代が大きく進むと思われ、これから、技術伝承の壁が出てくるのではと考えられる。

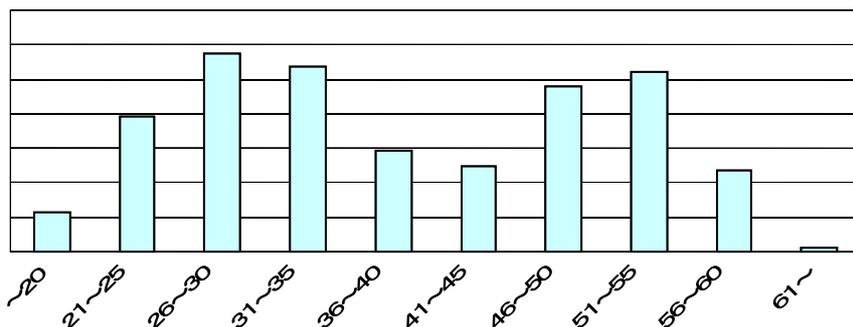


図1.1 年齢分布

図1.2に、マネージャ層から見た「伝承すべき事項と難易度」を示しているが、現場巡視で異常に気付いたり、異常時やスタート時など非定常時の思考と行動の伝承が大きな課題となっている。

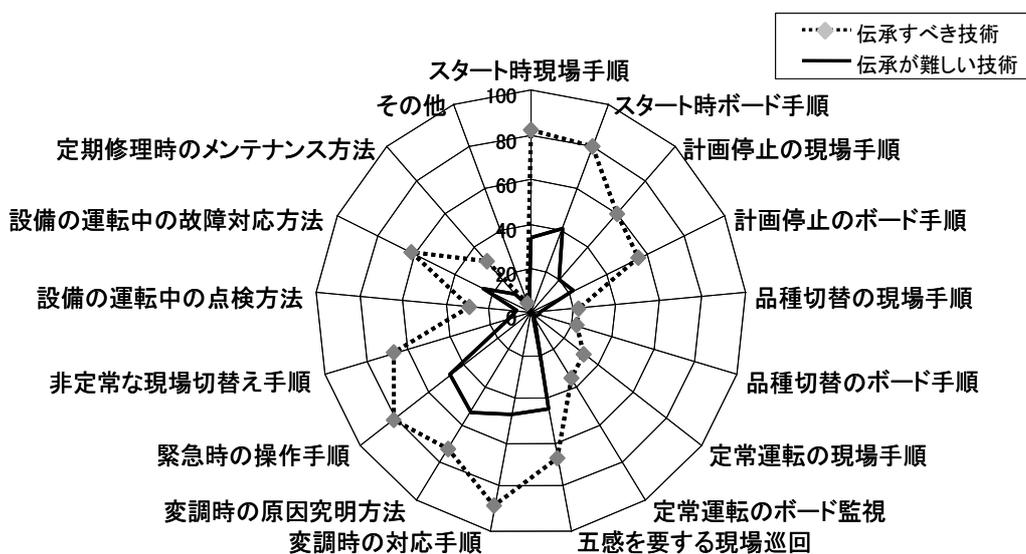


図1.2 伝承すべき事項と難易度

これまで、伝承のための取組みは、表1.1「技術伝承として実施していること」に示すように、標準書や教材開発などは多くの企業で行われていて、ビデオ活用のSOPへの取組みが増加している。文書によるSOP記述は、これまでの簡素化から詳細な記述に変化している。作業のノウハウ(Know-Why)などの背景の記述は、原理原則の指導と思考の促進を狙ったものとみられる。また、ノウハウ

のデータベース化やトラブル事例集などの作成にも取り組む企業が増加している。ベテラン運転員の運転手順をそのまま簡単にプログラムする運転支援ツール（KP, Exapilot）も多くの企業で活用されるようになってきている。しかし、事例などの分析から知識化に踏み込むところまでには至っていない。

教育面では、既に少人化されている状態では OJT、Off-JT などの育成のための時間が取れない、教育するベテランが不足している、質の低下が懸念されるなどのような状況になっている。このように、少人化による影響が見えなくなっている。現在、殆どの企業では極限にまで少人化を進めている中で、やれることはやるという意識で挑戦していると考えられる。事例の知識化（ノウハウ化）から思考訓練への道筋を作ることが今後の課題と考えられる。

表 1. 1 技術伝承として実施していること

OJTによる教育	43 件	96%
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%
教育訓練センターで運転の基礎教育実施	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%

(3) ナレッジマネジメントに関するアンケート集計結果 (2006 年 10 月) ⁶⁾
 前述のプラントオペレーション分科会では、必要に応じて、技術伝承に関する

会員企業の考え方などを継続調査することにしており、(2)のアンケート調査に引続き、ナレッジマネジメントに関するアンケート調査(2006年10月)を行った。技術伝承が組織風土の中で定着するには、ナレッジマネジメントの枠組みが必須と考えられる。このアンケート調査結果をもとに、技術伝承について考察をした。

アンケート回答者は、分科会所属企業の内、17社・23事業所から25名の生産部門・部課長であった。まず、ナレッジマネジメントに対しどのような意識を持っているかが、関心事であったが、回答の集計では、ナレッジマネジメントとは技術やノウハウの蓄積と伝承を管理するもので、キーワードは、共有化、技術伝承、暗黙知、データベースなどとする回答が多かった。特に、多くの企業が関心を寄せているのは技術情報の共有化で、その手段として考えられているものを、表1.2に示す。チェックリストなど要約した文書を作成して伝承事項の表出化やOJTなどによって共同化に心がけている様子が伺える。しかしながら、暗黙知に類する思考については殆ど触れられていない。

表1.2 技術情報の共有化の手段

①ヒヤリハットメモ・トラブル情報シートを作成している	21件	88%
②要領・操作マニュアルに反映している	20件	83%
③ノウハウ集・ノウハウ集を作成している	20件	83%
④OJTによる技術伝承を実施している	19件	79%
⑤チェックリスト・巡回点検表に反映している	16件	67%
⑥システム化(DCS・運転支援システム・トレシミュなど活用)している	15件	63%
⑦ 事例・体験発表をさせる	9件	38%

表1.3に組織・運用面での課題がまとめられている。情報の共有化、必要とする時に出せないことなどの文書に関連する課題については他のアンケートでも指摘されている。注目すべきは、件数は少ないが、失敗事例の人的要因に関するもので、⑤、⑥が相当する。ヒューマンファクターの観点からの事例分析の重要性が指摘されている。⑥のケースでは、失敗を失敗と認識している場合と、失敗として認識できなかった場合の両方がある。その要因についても分析することが重要になってくる。

表 1. 3 組織・運用面での課題

①過去の報告書・技術資料が生かせない	11件	50%
②欲しいデータが直ぐ探せない	10件	45%
③大切な資料が個人持ちになっている	8件	36%
④ノウハウのオープン化、明確化が出来ない	7件	32%
⑤同じトラブルを何度も繰り返す	2件	9%
⑥失敗・トラブル事例をオープンする文化がない	2件	9%
⑦新しいビジネススタイル(システム)導入に消極的	1件	5%

1. 3 まとめ

多くの製造業では、多かれ少なかれ、2007年問題を抱えている。世代交代が待ったなしの状態の企業や、世代交代は問題ないが、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則した取組みになっていない企業もある。伝承を議論する前に、運転員の置かれている実態を把握することが重要である。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やある化学会社において実施したアンケート結果からも、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。本当に、異常時の対応のためだけに運転ノウハウの伝承をすればいいのだろうか。ここで、考えるべきは運転員の役割である。それは3つあり、異常時の対応はその内の1つに過ぎない。しかも、運転員が評価されるのは改善への貢献度であって異常時の対応ではない。これらは本質的には、プロセスの原理原則を含めた熟知レベル向上が共通している。この熟知度の向上で、異常時の原因遡及や影響伝播の思考レベルの向上が可能となる課題が重要だろう。更に、今の製造現場の情報化レベルは低すぎ、運転を中心とした製造業務のコラボレーション環境の実現が急がれる。その環境をインフラとして運転ノウハウに着目したナレッジマネジメントシステムの構築を目指し、改善のPDCAサイクルが息づく風土の醸成を実現させて初めて、伝承が定着する土台が作り上げられる。

プラント運転技術の伝承に関しては化学工学会プラントオペレーション分科会などの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改善基盤（仕組み）の整備に繋がる取組みは未だ見られない。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内に真剣に取り組むべき重要な課題と考えている。これまで、競争力強化の名の下に多能工化などで少人化を推し進めてきた。その過程では運転業務の実態には余り目を向けてこなかった状況も伺えた。そのため、筆者は運転員の立場に軸足を移し、まずは運転員が自信を持って運転できる状況を創出し、その上で運転ノウハウに着目した運転・製造技術・設計・保全等の運転を取巻く組織を包含したナレッジマネジメントの基礎を作るための研究に着手した。

第2章 技術伝承に関するアンケート調査

2.1 はじめに

製造業の競争力維持向上には運転ノウハウ伝承は永遠の課題であるが、2007年問題、少人化など製造を取巻く環境変化で益々、その重要性は増してきた。

その中で、効果的な伝承が可能な仕組みづくりが重要となっている。運転員の育成と技能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ノウハウが取り出され活用される中で、運転ノウハウが追加・更新される環境を作り上げる必要がある。研究の開始に当たり、ある化学会社の3製造課を対象にアンケート方式で、オペレーションの実態把握のための現状調査を行った。本章では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

1) 目的

運転ノウハウ伝承に関する研究活動を開始するに当たり、現状の運転員の思考の実態把握のため、3つの製造課(T工場・A課およびB課、K工場・C課)の協力を得て、運転経験のある全員(113名)を対象にアンケート方式で調査を行った。本アンケートでは、4つの視点(①運転員マインド、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)から現状把握を行うため合計20の選択式回答と共に回答者の意思や回答の背景を可能な限り把握するため、自由記述回答を求めた。

2) アンケートの作成

アンケート設計に先立ち、運転ノウハウの技術伝承に関して、運転業務の経験ある製造マネージャー数名から聞き取り調査を行った。その結果を表2.1にまとめた。

表2. 1 製造マネージャーからのコメントの特記事項

No	視 点	コ メ ントの特記事項
1	仕事に対する姿勢	引継ぎ前、現場を自分の目で確認して引継ぎに臨む。
2	重視するもの	安全至上主義が徹底されている。
		ノウハウの定義があいまい。
		原理原則が重要と言うが、それにもとづく判断ができていないように見える。
		原理原則のレベルはベテランでも低いように見える人もいる。
		原理原則の重要性を指摘するが、対策を持っていない人もいる。
		通常運転は SOP でカバーできていると考えている。
		品質との因果関係が抑えられていなかった場合が見られる。 運転に必要な文書類は分散して有効活用できてないという意見が多い。
3	異常時の処置	異常対応の過程では経験が支配的。
		異常の気付きは圧倒的に警報が多い。
		異常時、原因追求に集中しがち。
4	伝承、育成について	伝承も世代交代も概ね問題ないと思っている人が多い。
		質問されない限り教えないという人が多いようだ。
		業務負荷が高く、十分な OJT は困難になった。
		自己学習が主、Off-JT は手薄になっている。

表2. 1から、マネージャークラスは異口同音に、“伝承も世代交代も問題ない”と言っている。しかし、次の矛盾が見受けられた。

- ①ノウハウや原理原則を言葉にするが、それを説明できない人が多い。
- ②運転員の役割は安全確保だけという教育を受けたという人が多い。
- ③生産計画遵守の作業が優先され、異常の予兆を見出す行動が見られない人もいた。
- ④少人化の影響で業務負荷は高く、OJT が十分でないと全ての人が言っていた。
など

これらの矛盾の背景は何か、実際の運転員の想いとマネージャの認識とのずれはないかなど、実態を把握し、運転員の置かれている環境を把握し、研究すべき課題の抽出を行うため、表2.2に示す事項について、アンケート調査を行うことにした。また、回答形式は、選択式と自由記述式の両方を混ぜることにした。特に、自由記述回答は、回答の背景を探る必要があるために付け加えた。アンケート調査シートを付録Aとしてつけ加えた。

自由記述回答の解析は、文書データ解析ツール“Rexion-Pro“(榊山武)^{7,8)}を利用した。これは、自由記述の内容をグループ化し、属性データとの相関分析を行い、属性間の相関性を明らかにするツールである。

表2.2 アンケート設問の概要

No	設問の視点	設問内容
1	運転時の心理状態	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
	運転業務に対する考え	自分の目標 仕事の満足度 すぐれたオペレータとは
2	運転に必要な知識	運転に必要な項目 運転の解析について 重視している要素 ノウハウにあたる項目 運転操作マニュアル
3	異常の対応の仕方	異常の兆候を発見する方法 異常時の対応
4	教育の現状と 伝承すべき事項	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

3) 対象プラントと運転体制

(1) プラント構成

A、B、C の3製造課のプラント構成を表2. 3～2. 6にまとめた。詳細は異なるが、概ね、バッチ型の反応工程と品種切替えを含む連続型の後処理工程および製品充填工程で構成されている。A 課および B 課のプラント数はそれぞれ1プラントであるが、C 課は2つのプラントが統合されている。機器点数は A 課が最も大きく、約 5000、次いで、C 課の 4000 弱、B 課は他に比し小規模で、約 300 でパイロット設備的な規模である。

表2. 3 A課

工程名称	反応器数	後処理系列数
0系	8	0
1系	3	1
2系	4	1
3系	3	1

表2. 4 B課

工程名称	反応器数
第1工程	2
第2工程	1

表2. 5 C課-C1プラント

工程名称	反応器数	後処理系列数
1系	5	1
2系	5	1
3系	2	1

表2. 6 C課-C2プラント

工程名称	反応器数	後処理系列数
1系	3	1
2系	1	1

(2) 運転体制

製造組織は、それぞれ技術グループと運転グループに大別できる。技術グループは品質管理チーム、製造技術チームがあり、品質管理チームの主要な役割は、定常的な製品品質検査や工程異常時の品質面からの運転グループへの指導、そして、営業と連携した顧客対応の品質処方改善が重要な役割である。製造技術チームの主要な役割は二つあり、一つは製造全般のコストダウンなどの生産性向上に向けた改善活動であり、二つ目は、設備や運転監視操作の改善を通して工程安定化に向けた改善活動である。これらは製造全般の改善の推進母体としての役割であり、改善活動の中で運転員への技術的指導による育成という役割も担っている。

設備面で特徴的なことは、C 課の設備年齢 3 5 年を筆頭に A 課では 2 0 年以上

と、老朽化した設備をうまく活用しながら運転している。設備異常件数の多いのが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. 7に各課における人員配置をまとめた。

表2. 7 運転体制

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

(3) 年齢構成と世代交代の状況

プラントオペレーション分科会の調査報告書の運転員年齢分布（図1. 1）では2峰の分布を示していた。これに対し3課合計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才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。この違いの大きな理由は運転形態によるものと思われる。調査報告書の対象プラントの約60%は連続プラントで運転業務は監視主体であるのに対し、3課はバッチプラントであり頻度の高い品種切替えなど現場作業が主体である。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

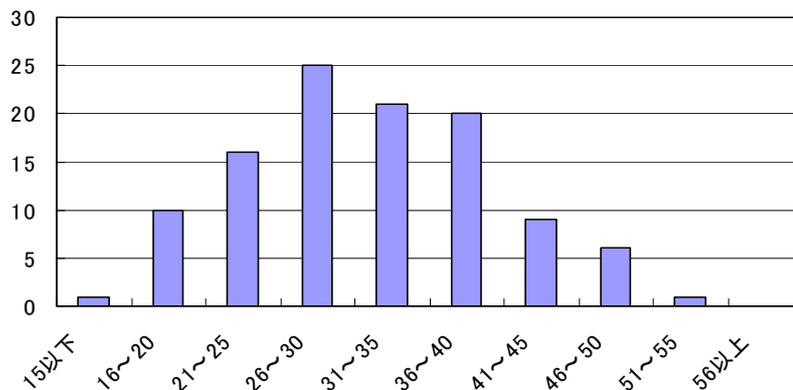


図2. 1 年齢構成

年齢分布に歪が生じないよう意識的に運転員採用を行っていたことが、図1. 1との違いの大きな理由として挙げられる。

3課それぞれの分布も概ね図2. 1の分布と同様であり、世代交代は計画的に進められているように見える。しかし、C課については要員補充に対してベテラン層がやや手薄の状態であり、運転技術伝承の問題に直面している。課題として、ベテランの経験やノウハウを生かす方策を考えねばならないが、それを可能にする取組みについても考えなければならない。

4) アンケート回答の分析結果

アンケートでは、現場で行われている伝承や育成の中で、運転ノウハウがどのように認識されているか、業務負荷が増大している中で育成は十分行われているか、また、異常時の運転員の思考と行動などの実態を把握するため、①運転員マインド、②運転に必要なもの、③異常の発見とその対応、④教育のあり方の4つの視点から、回答を求めた。各視点毎の考察の前に、アンケートから抽出された全体的な問題点を表2. 8にまとめた。

ベテランや製造部課長は、「製造の周辺スタッフの弱体化は気になっているが、世代交代をうまく進めているので、運転現場には2007年問題はなく、伝承は問題ない」と言っている。しかし、アンケート結果は、多くの運転員が何らかの悩みや問題を抱えながら運転に携わっているという結果を示しており、実際は、マネージャーが言うほどには、伝承がうまく進んでいるとは言えないのではないかという危惧を強く感じた。

表2. 8 アンケートから抽出された問題

①	運転に入る時、9割が緊張と不安を感じ、特に、異常時に多くの人が不安を感じている。
②	運転に「十分自信がある」と答えた人は、全体の25%、ベテラン層の45%しかいない。
③	「誰にも負けないプロ運転員」を目標としている人は殆どいない。今の仕事には75%が不満。
④	自分が受けたOJTは役立っていると評価する一方、今のOJTは75%が不十分と評価。
⑤	多能工化で少し現場を離れると、変化についていけず自信回復に時間がかかる。
⑥	ISO管理文書はよく整理されているが、日々の運転に役立つ資料の整備は遅れている。
⑦	QC手法を「よく利用する」は30%に満たない。製造の“見える化”に偏りが見られる。

このような問題を抱える背景を探るためには、運転員の置かれている状況の整理が必要である。3課に対し聞き取り調査を行った結果、表2.9「運転員の仕事環境」にまとめた実態が明らかになった。

表2.9 運転員の仕事環境

No	運転員の環境	現 状
①	運転の拠り所となる資料は何か？	・ISO文書の整備は進んでいるが、日々の運転に役立つ資料の整備は進んでいない。
②	運転員に求めるものは？ 運転員の何を評価？ 求めることと、評価は一致？	・対象工程の安全管理と異常時の対応。 ・業務目標としての改善活動(運転員の評価は改善活動の成果で決まる) ・評価とは一致していないが、改善での評価は納得している。
③	どんな環境にあるのか？	・少人化(多能工化)などに伴う負荷の増大
④	運転員への要求を満足させる教育・訓練は十分か？	・作業の訓練はSOPによる学習。 ・それ以外の訓練は時間外なので、質・量共、不十分。
⑤	負荷増大の中で効果的な育成計画はあるか？	・新人教育以外は自己責任でのレベルアップ。 ・多能工化の習熟も自己学習を基本にせざるを得ない。
⑥	チームに求められるものは？ チームの運転能力の評価は？ 個人とチームのスキルの評価は？	・個人のスキル開発モデルがない。 ・組織としてのスキル評価の仕組みがない。 ・運転チーム編成の評価視点が整理されていない。
⑦	習得や習熟の手本はあるか？	・従来通りの紙ベースのシートで記録・伝承。 ・殆どが伝えきれていない。
⑧	運転員の育成モデルはあるか？	・個人別のスキル開発モデルはない。 ・経験年数または管理者の判断に依存する。
⑨	改善活動の支援はあるのか？	・業務目標などは技術Grとの接触が重要だが、運転業務優先のため、勤務形態変更までは困難。 ・個人別スキル開発を考えないと対策は出ない。

5) 視点Ⅰ（運転員のマインドとコミュニケーション）からの課題

視点Ⅰに関連付けられる事項を表2. 10「視点Ⅰに関連するアンケートからの導出事項」に示す。運転員の自信や不安感に影響を与える要因の一つは、運転の中で必要とされる経験・知識などの情報が本人と結び付いている密着度の程度である。そのため、日々の運転で必要な資料の洗い出しと意味付けが重要になる。図2. 2「運転現場での文書の実態」に示すように、現在、運転員の周辺にある文書類は約100種類あり、全てが紙ベースの資料となっている。製造現場での資料体系は2つあることが分る。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集（技術標準、作業標準などが該当）、二つ目は、運転していく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ていくものである。この第2の資料体系は、うまく運転するための運転ノウハウのベースとも言えるもので、他の視点Ⅱ～Ⅳにも繋がる重要なものである。

表2. 10 視点Ⅰに関連するアンケートからの導出事項

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望む人が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	事前準備は、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OP像は、異常時にリーダーシップ、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していく業務が運転員に求められている。教育のあり方が重要。

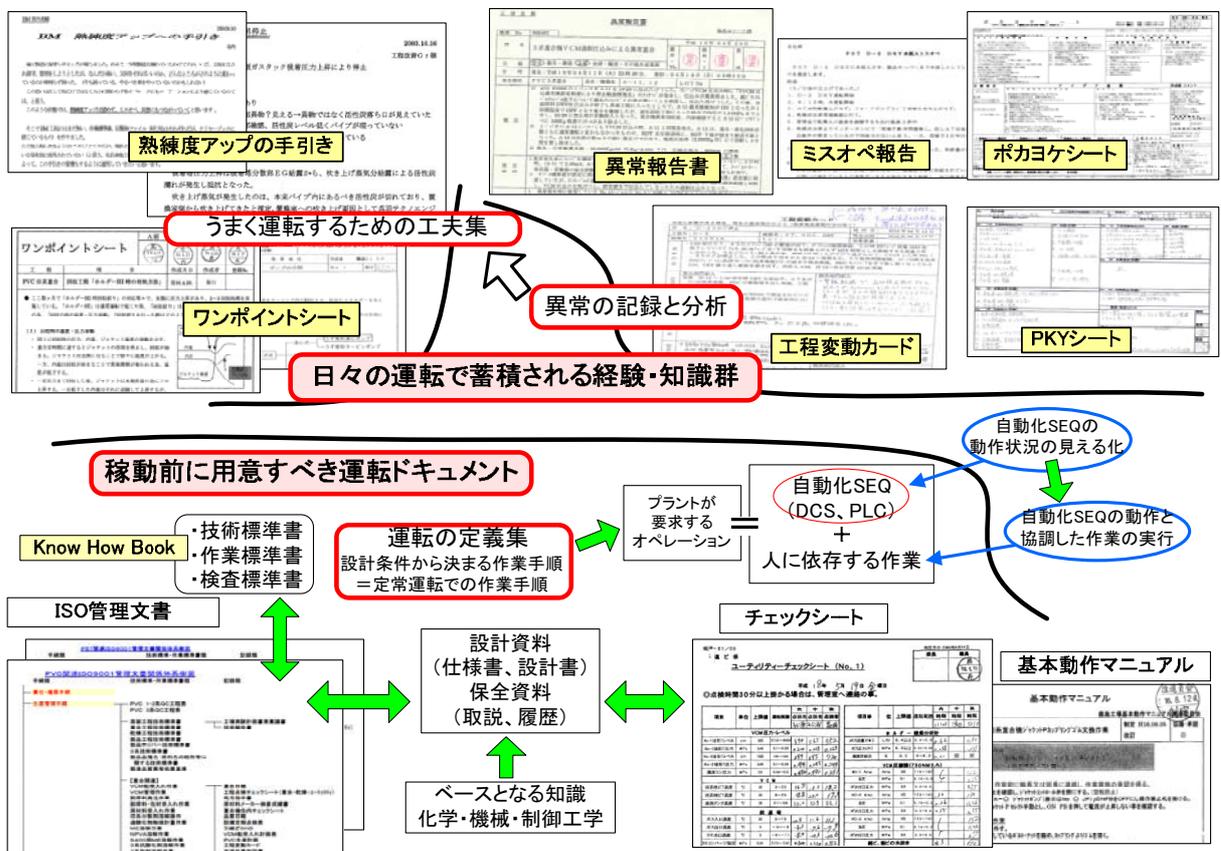


図2.2 運転現場での文書の実態

運転員の自信のなさや不安感に影響を与える要因の一つは、必要とされる経験・知識などの関連性と理解度、そして共有度である。特に、自信を持たせるには、作業の熟練度を増すための訓練よりも、異常の認識と判断の一連の思考訓練が重要である。しかし、アンケートでもこれらの思考訓練が十分に行われてこなかったことが表れている。これまでは経験を通して培われてきたが、現在は、経験の場が非常に少なく、思考訓練などの疑似体験が重要性を増している。

図2.2に示したように、現状の紙ベースの文書群から、とっさに必要な文書を思い起こし即座に引き出すことなどは殆ど不可能である。即断即決が求められる現場ではこれらの紙ベースの管理を目的とした文書群は役に立たない。一方、事例などを時系列で分析した結果は思考訓練に役立つ。また、制御装置 (DCSなど) の制御内容の熟知度が自信の大きさに比例していることもアンケートから明確に

なった。これらから引き出される課題は以下の3点である。

- ①日々の運転記録や異常事例の分析（経験の振返りを可能とする時系列分析）
- ②SOP化がしにくい作業など動画SOPなどの取組み（包括的SOP体系化）
- ③制御装置と運転員の役割分担の見える化（制御ソフトを含めたSOPのあり方）

6) 視点Ⅱ（運転に必要なもの）からの課題

表2. 11に視点Ⅱに関連するアンケートからの導出事項をまとめた。運転のバイブルである筈のSOPの活用について、2つの相反する回答があった。一つは、“SOPは余り活用しない”という意見、もう一つは、“よくSOPを使用する”というものである。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）で代用している。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”ということである。一方、後者の回答の背景は多能工化の推進がある。自己責任で多くの工程のSOPを習得していくため、必然的にSOPに頼らざるを得ない場面があるということである。これらのことから、現状の様式を尊重した包括的なSOPの形態の検討が必要になる。

表2. 11 視点Ⅱに関連するアンケートからの導出事項

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。シーケンスのブラックボックス化も合わせ、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」と回答の製造課(2)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。
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、体系が必要と思われる。

運転ノウハウについては、図2.2に示した現状の文書体系の内、第2の資料体系である“日々の運転で蓄積される文書体系”から、事例（経験）をもとにした知識化（ノウハウ化）が必要である。事例（経験）をもとにした知識化（ノウハウ化）の手順を図2.3に示した。異常事例については要因をヒューマンファクターに拡大し、網羅的な視点で思考と行動を時系列で分析する。次いで、プロセス状態遷移に着目した影響伝播分析を行い、その中で、正しい認知・判断・操作の方法を抽出する必要がある。また、安全訓練の一環として位置づけられているプロセス危険予知訓練活動（PKY）を、品質や安定運転などオペレーションの視点に拡張することにより、原因と影響の因果関係を整理することが可能となる。この因果関係をもとに、プロセス異常時の運転員への思考支援や思考訓練を考えることができる。この知識化の手順については第5章に詳述する。

運転員は異常に際して、まず、自身の経験に照らし合わせ、未経験の場合は聞いたことがあるかを思い起こす。該当する事例があれば、関連資料を探すこともあるが、大抵、すぐには出てこない。異常時の思考段階では、異常原因と考えられる設備や現象に関連する文書や経験情報も瞬時に引き出せる環境が望ましい。運転員の思考に役立つ形に整理することも必要である。これに関しては、C課の特定工程を対象としてケーススタディを行うことにした。

① トラブル事例ベースの時系列分析および知識化の検討

異常時において、状況判断と操作の過程で、ミスオペと思われる判断や操作が含まれているケースもある。トラブル事例をデータベース化し共有化する前に、誤った解釈を正しい解釈に置き換えることが大切である。思考と行動の時系列分析を通して解釈の正当性を確認することができる。

② 異常時の思考過程において望まれる資料の整備

③ 思考訓練の骨格

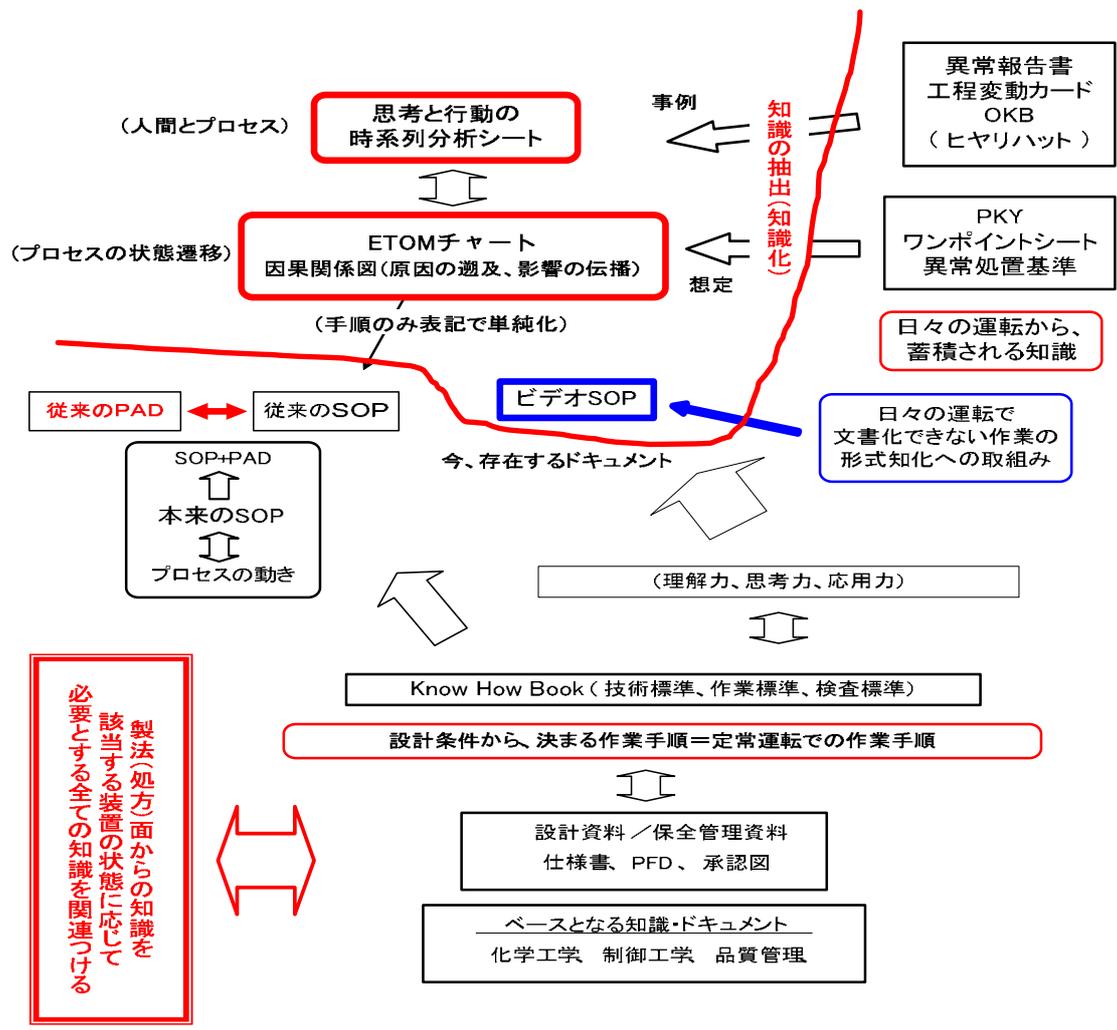


図2.3 経験の知識化手順

7) 視点Ⅲ (異常発見と対応) からの課題

3課とも、運転管理の第一は安全であることは運転員全員に周知徹底されている。安全重視しながら、少人化を積極的に進めるといのは、一見、矛盾している。異常時の監視、判断、操作などの一連の業務が非定型業務でSOP化されていないために、少人化検討の際の評価から外れている。少人化検討では、定型業務の遂行と業務負荷とから、定常運転時の運転の実行可能性評価を行う。少人化対策としての定常業務について自動化は頻度、負荷などから検討されるが、異常時対

応については、異常検出・操作レベルの見直しは一切、行われず、それに関する設備投資は殆どない。少人化された状態でも、異常時には以前と同様な監視や判断などの一連の業務が残る。アンケートからは少人化への対策不備と言える状況も見受けられる。アンケートからの意見を表2. 12に集約した。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%、しかも、異常の気付きは殆どがDCSなどの警報であり、更に、異常時の対応ができるという人が22%という状況である。運転員は作業負荷が非常に高く、定型・非定型業務に追われている状況にある。そのため、異常検知・認識への支援と適切な自動化の指針を考える必要がある。

表2. 12 視点Ⅲに関連するアンケートからの導出事項

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%。異常の認識手段が余り意識されていない印象を持った。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。豊富な経験や知識から、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警報が多い。但し、発生頻度が高く、見落としなど問題が発生している。資料の探索に経験、ノウハウが必要になっているが、だれでも使える情報になっていない。
⑤	PKY、HAZOP的思考訓練が有効(特に若手の段階での訓練が有効)。

今回のアンケート調査では、「あなたは何を後輩に伝えたいか?」という問いに対し、殆ど全ての運転員は、以下の欄に示すように、「異常に際しての運転員の思考と行動、そして、心構え」と回答した。

アンケート設問20. あなたは、何を後輩に伝えたいか? <自由記入文>

- ・特に、若手へ伝えたいのは、異常の気付きから処置に至る思考の経路について。
- ・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・判断・処置決定・操作を行っている。
- ・多くの資料を参考にしながら、判断をしているが、これまでの経験で、有効だった資料は、各人の意思で作成されている便利資料的なもので、色々な人が、色々な形式で作成している。
- ・これらの思考の訓練は、非常に重要で、過去、PKYなどで類似な試みをしてきている。

「異常の早期発見と判断・処置」での現実の運転員の思考パターンを図2. 4に示した。思考経路の中で思考を支配する知識（経験）を明らかにすることが必要である。

① 異常時の思考モデル化

正常からのずれの気づきから行動に至る過程の実態把握のためには、製造管理要素(PQCDSなど)やヒューマンファクターなどの視点から分析を行う必要がある。

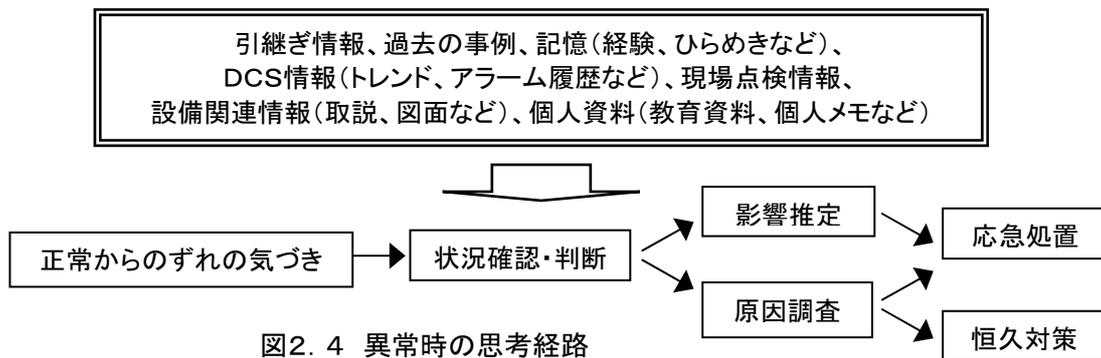


図2. 4 異常時の思考経路

② 異常発見のトリガーとしてのDCS警報の適正化

DCS警報については、早期のプロセス異常の検知と共にその原因を絞り込み易い新たなアラーム設計（アラームマネジメントシステム）が必要である。

8) 視点IV（教育のあり方）からの課題

3課に共通しているのは、定型作業のSOPに沿った教育はしているが、作業の必要性（ノウハウ）、しなかった場合の影響など、作業の背景についての教育は殆どしていないことである。視点Ⅲの異常時の思考訓練などは殆どできていない。安全面については、プロセス面での危険予知訓練（PKY）、ヒヤリハット（HH）が実施されてはいるが、実施することが目的となっているため、思考訓練にはなっていない。また、安全以外の日々の運転で重視される製造管理要素への展開がないため、十分な教育にもなっていない。

ヒアリングからも、OJT、Off-JT、多能工化OJTなど色々な育成手段は考案されてはいるが、運転員個人のスキル開発モデル、運転スキル習熟度評価、運転班としての運転能力評価などは育成の拠り所となる基本計画や方策が明確ではなかつ

た。運転員の不満の多くは、目標が見えないことへの不安、不満と思われる。

表2. 13 視点Ⅳに関連するアンケートからの導出事項

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。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経験にもと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、技術研究カリキュラムがあるが、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、SOPIにもと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、各人は夫々の分野でスペシャリストを維持しつつ、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。

ヒアリングではOJT、Off-JTなどの解釈に一貫性がないこと、作業訓練はよくやるが、判断の基礎である思考訓練は殆ど意識されていないことなどが顕著だった。PKYなども実施されてはいるが、断片的で知識の繋がりが考慮されていない。運転員の育成で重要なOJT教材の整備、特に、思考訓練についての資料の作成が重要である。また、少人化のための多能工化による問題点も新たに浮かび上がった。多能工化の支援についての考察が必要である。

- ①運転員の育成モデルをベースにしたOJT、Off-JTの定義
- ②多能工化の合理的方法論（負荷を考慮したスキル開発モデル）
- ③異常時の思考モデルをベースにした運転員の思考訓練方式

2. 3 アンケートから抽出された課題

アンケートから抽出された課題を表2. 14に列挙した。

表2. 14 アンケート分析からの課題

視 点		アンケートからの課題
I	運転員の マインドと コミュニケーション	<ul style="list-style-type: none"> ○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 ○育成シナリオ作成 <ul style="list-style-type: none"> ・リスクを伴う多能工化の育成シナリオ ・ベテランオペレータへの育成シナリオ ●引継時、工程把握・行動計画を立案支援 <ul style="list-style-type: none"> ・定常/非常作業のワンポイントシート ・トラブルシューティングを自動出力 ●DCSソフト変更を共有化する方策 <ul style="list-style-type: none"> ・鳥瞰的表記方法、変更管理の1枚シート化 ・変更をオペレータに簡単に伝える仕組み
II	運転に必要な ものは？	<ul style="list-style-type: none"> ●運転ノウハウの定義 ○ノウハウ抽出方策と評価する方策 <ul style="list-style-type: none"> ・過去のトラブル事例を整理・共有化 ・過去のプロセス危険予知、リスク評価表活用 ※ヒヤリハットの人的要因からの分析、Rexionによる評価 ○既存ドキュメントの体系化 <ul style="list-style-type: none"> ・運転(SOP、チェックリスト、作業指示・・・) ・技術(技術標準、検査標準・・・) ・設備(P&ID、設備仕様、DCSソフト・・・) ●Batchプラントの運転標準書 <ul style="list-style-type: none"> ・プロセス/SOP/シーケンスの一体化 ・設備情報/技術情報との連携 ○プラントの正常状態の認識 <ul style="list-style-type: none"> ・PQCDsの切口から、プラント状態表示
III	異常発見と 対応は？	<ul style="list-style-type: none"> ○異常時のベテラン運転員の思考モデル化 <ul style="list-style-type: none"> ・異常の兆候発見 ・他工程への影響有無確認 ・原因推定から確定にいたるプロセス ・処置(応急/恒久)の判断基準 ○その時に必要な情報・ドキュメント <ul style="list-style-type: none"> ・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 <ul style="list-style-type: none"> ・思考過程とリンクしたAlarm設計 ・Alarm解析
IV	教育・育成の あり方は？	<ul style="list-style-type: none"> ○OJTとOffJTの役割の明確化 <ul style="list-style-type: none"> ・運転員の役割期待と育成モデルとの関連 ・OJTの体系化、教材 ・スキル開発の評価 ●多能工化について <ul style="list-style-type: none"> ・多能工化の進め方(方針) ・チームとしての評価 ・プラントの難しさ、心理的な嫌さの数値化 ・多能工化の合理的方法論(NAIST)

アンケート調査によって、運転現場が困っている事項が明らかになった。製造課(C課)の協力を得て、以下について、更に調査・検討をおこなうことにした。

- ① 異常事例の経験の振り返りによる操作の正当性評価と知識化の検討
異常に際しての運転員の思考と行動の時系列分析より、幅広い視点から振り返ることにより、見えていなかった事象を明らかにする。その結果を、プロセス状態遷移に着目し、異常要因検出、影響伝播についてまとめる。
- ② 異常時の運転員の思考過程に着目し、プロセス予測能力向上訓練による運転員のスキル開発方式を検討する。前項の思考の時系列分析から得られる因果関係とそれを説明する知識が基礎となる異常時の思考について考察する。
- ③ プロセス状態遷移での異常検知と処置、そして次の状態への遷移の関連から異常対応設計指針（アラームや自動化など）の可能性を検討する。
- ④ 多能工化のための個人とチームとしての運転能力評価方式と多能工化の弊害への対応策

2. 4 まとめ

運転員全員からのアンケート調査では、マネージャー層との矛盾が確認できた。マネージャー層が少人化の切り札と考えて推進した多能工化がうまくいっていると思っていたが、それが引き起こす弊害も確認できた。運転員の置かれている環境についても、アンケートによって初めて新たに炙り出された課題を4つの視点から整理し、表2. 14に課題を列挙した。アンケートから抽出された課題の解決策を見出すためには、運転員自身がどのような思考をしながら運転をしているか、また、その思考のレベルに応じて変化する知識とは何かなどの考察が必要である。伝承されるべき運転ノウハウは新人からベテランに至る過程の中で常に向上するもので、個人の経験や運転スキルに応じて変化する。第3章では、筆者の運転経験より、運転ノウハウの変化プロセスについて考察し、研究課題の抽出を行う。

第3章 運転技術伝承の課題

3. 1 はじめに

運転技術の伝承の最も大きなニーズは、ベテラン運転員の異常時の思考と行動の源となる知識を次の世代に引き継ぎ、プラントの安全安定運転を確保することである。その実現のためには、情報の共有化環境（グループウェア）の上で、運転ノウハウに着目したナレッジマネジメントシステムが必要である。ここでは、ベテラン運転員の何を伝承すべきなのか、それを構成する知識あるいは支える知識は一体何かなど、先ず、筆者の運転経験から、検討すべき対象の全体を述べ、課題の抽出、整理をする。

3. 2 伝承されるべき製造技術

プラントは総合的な技術の結集で建設され、その製造現場では一定の条件（安全、品質、コスト、納期など）を維持すべく運転員による監視操作が行われる。また、取り巻く環境変化に追随すべく工学的知識を駆使したプロセス改善などの技術活動が行われている。その事業を継続する限り、建設企画段階から現時点に至る技術の系譜は整理され未来へ引き継がれねばならない。技術は、設計計算書・仕様書、実験報告書、改善報告書など多くの文書で記述され、それを継承することは可能である。一方、プラント構成機器の状態を把握しながらその時々で最良の判断と処置を行わねばならない運転業務は人間の持つ知恵や経験などに頼らざるを得ない面が強く、人間固有の能力、つまり、技能の伝承の困難さに直面している。

ここで、技術と技能の定義を明確にしておく。森和夫⁹⁾によれば、技術は方法・手段を表し、客観的で記述的であるが、技能は個人の行為・能力を表し、その個人を通してのみ伝承できる。また、中村肇¹⁰⁾によれば、前記の森氏の定義に加え、技能労働者とは、モノの生産の個別・具体的な運動能力を備えた人で、その技能には、所謂、腕のよさだけではなく、その製品に関する知識や生産にあたって必要な判断力も含まれるとしている。更に、高度技能労働者とは、最新の機械設備を操作するだけでなく、コンピュータ化されブラックボックス化しがちな生産ノウハウを全体として把握・管理し、設備の能力を最大に発揮させるために技術と技能の橋渡しの役割を果たす者としている。

プラントの運転員はプラントが所定の能力が発揮できるよう、全ての機器が機能を果たすための行為を行っており、前述の定義の高度技能労働者の範疇に入ることになる。一頃、オペレーションエンジニアという言葉がよく聞かれたが、その意味は、新技術を組み込んだ設備の導入に伴うブラックボックス化を回避するには、運転員のエンジニア的資質保有の重要性を提起したものである。その考えは運転員の採用基準を引き上げた企業も出ていることにも現れている。運転員には基本的技能に加えて総合的知識と思考能力が行動の根底にないと、製造を支えることができなくなっていると言える。

プラント運転は運転員自身が自らの身体を駆使して“ものづくり”するものではなく、その主たる業務は、運転状態にある機器群の稼働状況から異常兆候を感じ、あるいは、知らされ、適切な処置を講ずることである。その意味では、監視業務が主体と言え、運転員の異常に対する認識・予測・判断・処置の根底にあるのは、知識や経験である。いわば、知識と思考を包含した運転スキルと言う方が実体を表している。そのため、一般的にもものづくりの中で議論される匠に相当する技能的なものはないと考えられる。そのためかどうか不明だが、化学工学会でも、プラント運転の中での2007年問題の討議の中では、運転技能という言葉は使わず、運転技術という言葉で統一されている。筆者の経験からも、運転員の認識・判断・処置の一連の行動には全て理論的な科学的・工学的知識に裏打ちされた経験や知恵などが背景にあることは、体感してきた。そのため、技能と言うより、技術、スキルという方が的確と思われる。従って、本論文ではこれに倣い、以降、運転技術という言葉を使用する。スキルという言葉は、知識を包含した思考能力という意味で必要に応じて使用する。

3. 3 オペレーションから見た知識の構造

プラント運転を取り巻く製造技術に関わる知識は、製品の製造過程における原理、それを実現する設備機器の設計仕様、運転管理上必要とされる各種の手順書や遵守マニュアルなど非常に多岐に亘っている。それに加えて、市場のニーズや環境などの変化に呼応した品種改良やプロセス改善として既存文書の改変追加の頻度が非常に高くなっている。ここで、運転員が保有すべき知識をまとめたのが図3. 1である。

30年前は、基本的な遵守事項がマニュアルとして作成されていた。自動化範

囲も限定されていたため、多くの運転員を保有し、異常時は彼らの経験を頼りに運転されていた。大きく変わってきたのは分散型制御システム（DCS）の出現による自動化の進展と、それに伴う運転員の減少や、環境など法規関係の強化による安全意識などの変化である。自らを守るための教育記録や作業手順書などの文書化が進んできたが、体系的に取り組んではいても多大な負荷がかかるため、プラントへの影響度の高いものに限定せざるを得なかった。手順のみ記述された標準作業手順書の類が大半で、手順が守られなかった場合の予想される現象についての思考訓練までは行き届かず、運転は、運転員や指導員の資質に依存している。

図3. 1に示すように、運転員の知識の階層は6つと考えられる。各階層の概要を表3. 1に示している。運転員には担当する工程を限定し、各種作業をOJTにて通常3ヶ月から1年程度で一人でできるよう指導する。この時点で、指導員と指導対象者の資質や相性などから理解度、応用動作などに個人差が出る。プラントの異常現象というものは、設計不良や慢性不良機器でない限り、同じ現象が発生することは少ない。経験則に照らし合わせて状況判断をするには、第1～4階層の知識の取り込みが必須になる。運転現場では秒を争うケースも少なくなく、同じ運転チームのベテランの経験や知識を取り入れ、状態把握の繰り返して原因推定を行い、適切な操作を行う。この経験を通して新たな知識が追加される。つまり、運転員は経験を通して知識のレベルアップを行っている。しかし、ここでも、個人差が出てくる。可能な限り、個人差を排除する目的で各種の標準書が整備される。定常的な作業については作業標準書（SOP）の作成は可能だが、色々な場面での異常処置などの非定常作業の全てを標準書にできないのが実情である。運転員の記憶の中に暗黙知として個人の記憶の中に留め置かれるが、頻度、重要性、汎用性などから共有化すべきものは文書化（形式知化）する必要がある。

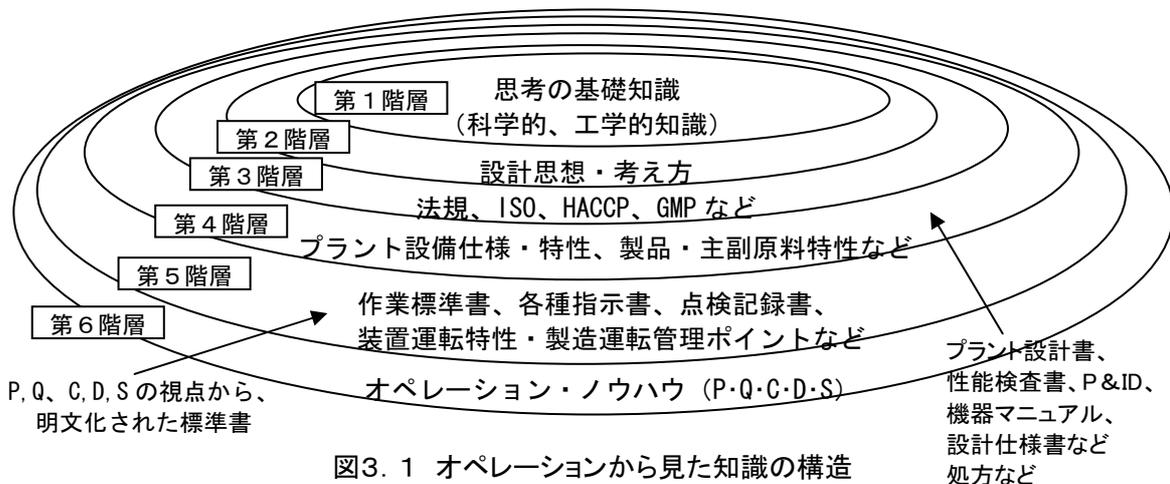


図3. 1 オペレーションから見た知識の構造

表3. 1 階層別知識

	知識種別	運 転 管 理	設 備
第1階層	思考の基礎知識	科学的・工学的知識(機械・化学・制御工学など)	
第2階層	設計思想	製造原理、製品規格	プラント基本設計構想(PFD など)
第3階層	法規関係	ISO、HACCP、GMP、関係法規など	
第4階層	製品特性、設備特性など	製品・主副原料特性など	機器性能特性、流体特性など
第5階層	各種マニュアル、標準書	作業手順書、技術標準書など	保守マニュアルなど
第6階層	オペレーション・ノウハウ	点検シートなど	自主点検手順書など

この暗黙知は、ノウハウ、経験則、知識などさまざまな言い方があるが、以降の議論の前に、本論文での考えを示しておく。ノウハウは一般的には、製品開発・製造などに必要な技術や知識などの情報を示し、製造技術全般を総称している。狭義には文字通り手順として解釈され、ノウハウイなどの言葉も合わせて使われることも多い。ここでは、プラント運転に必要な技術や知識として広義に解釈することにする。このノウハウには、マニュアルなど明文化された形式知と、五感や経験、状況判断や思考に必要な知識など明文化できない暗黙知がある。図3.

1に示す知識の内、第3～5階層の多くは形式知化され文書として伝承されるが、実態は作業手順を示しているに過ぎないことが多い。運転員は手順書に記述されたある一つの操作をする場合、その一部の標準的な前後の工程状況や操作した結果の工程へ与える影響を予測しながら、状況に応じて操作の仕方を工夫している。このような状況判断や予測などは文書として殆ど記述できていないことが多く、運転員の経験にもとづく思考と応用動作に期待している面がある。また、昨今のプラントはプロセス改善や製品開発の頻度は高く、細かく文書化するのは変更追加などに業務負荷の面から十分に対応できないという側面もある。このような変化に柔軟に対応できるのは運転員の思考能力だけであり、この根底にある記述できてない知識や経験などは暗黙知として存在せざるを得ない。このような暗黙知の伝承の議論をする前に、先ず、いかに個人差をなくし向上させる状態を意識的に作り出すかが重要である。そのため、運転員の広義のノウハウの成長の過程を見ることによって、その策を考える。

3. 4 運転ノウハウとは

運転員の運転管理業務の中で主な役割は、プラントが最大限の能力を発揮し計画通りの生産を実行できるよう、色々な手段で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にある。そのため、運転員は表3. 1の第4～6階層の定められた点検作業などを中心に状態把握を行うことになるが、これは最低限やらねばならないことを実行しているだけで、異常の徴候を見出すには、工程全体の動きと主要機器の特性変化、現場機器の音、振動、温度など五感で感じ取るなどの行為が欠かせない。この行為においては表3. 1の第1～3階層の知識と経験の違いが個人差を生むと言える。

このような運転員の状態を見て判断し操作する際の思考の過程を筆者自身の経験から図解したのが、図3. 2である。楕円内は運転員の思考、楕円外は行為と職場環境を表しており、思考と行為の流れを矢印で示している。運転ノウハウは色々な非定常運転（スタートアップ、シャットダウン、工場実験、プロセス改善、異常など）を経験する過程で多くの知識を得て成長していくことになり、その過程は、生成・成長・活用・蓄積のサイクルのスパイラルアップと見ることができる。次に、この各過程について詳しくみる。

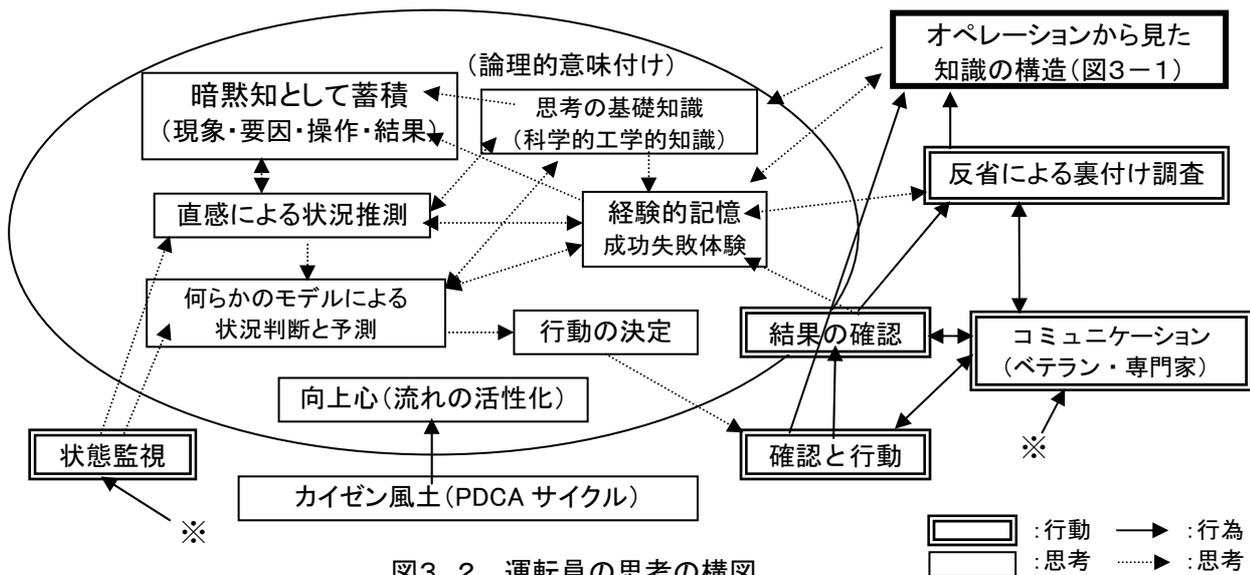


図3. 2 運転員の思考の構図

1) ノウハウの生成

ノウハウの生成は、個人の知識に裏打ちされた経験によるところが大きい。現在の自動化の進んだプラントでは日常の運転で体で覚えるような経験は非常に稀になっており、先輩たちと同じ経験をすることは少ない。過去の作業手順の伝承自体にはあまり意味がなく、その時のプラントが要求していることを理解する能

力(スキル)が必要とされる。設備形態や製造銘柄が技術や市場の変遷で変わったとしても、普遍的な科学的、工学的知識とこれらの知識に裏打ちされた経験は個人のノウハウの根底と考えていいであろう。

新人に対して、表3. 2に示す項目について計画的に教育する。担当工程について指導員のもとで一定期間、定常作業を中心とした指導を受け、その中で、機器操作に類する技能も習得していく。基本的には指導員から個人への一方通行の指導の中で、常に疑問を持つことなど業務に向かう心構えも指導するが、指導員と本人の資質に左右されていることは否めない。

表3. 2 初期指導期間における指導知識(例)

	OJT 指導期間での付与する知識
第1階層	製造過程における基本化学反応と反応条件
第2階層	製造プロセスフローと主要機器での運転条件と設計資料の見方
第3階層	関連法規の概要と点検事項
第4階層	プラントレイアウト、P&ID 見方、計装と運転条件など
第5階層	日常点検業務など定型業務、切替え作業などの非定型業務の訓練
第6階層	製造管理(PQCDs)の基本と心構え

一定期間の指導後、指示される内容が理解でき実行もできる状態になっておれば、運転チームの定員として日常の運転業務を担当し、その後のスタートアップ、シャットダウン、異常発生、品種切換えなどの非定常運転の経験を通じ、より上位階層(図3. 1)の知識を経験と共に習得していくことになる。初期の指導期間での教育で、個人差が既に出ていることが少なくない。指導員は本人の思考面での特性を把握している。例えば、何故この作業が必要か、作業を間違えばどういふ影響が出るか、対象機器の原理、どういう操作をしたら壊れるかなどを聞く「なぜなぜ」の癖と探究心をつけさせる指導を行っている。作業経験と思考訓練を合わせて行っており、その後の指導の基本にしている。よい指導員はある作業を指導する過程で、その作業に関連する全階層(図3. 1)の知識の一部を与えながら無意識の内に思考訓練をしており、それに応えられる人は総じて信頼される運転員に育っている。制御工学出身の筆者の場合、プラント稼動直前の現場配属後、運転業務の教育は一切なかったため、化学工学出身者から教科書を借り、

単位操作や、運転管理ポイント近傍での物性、そして主要機器の仕様構造などの理解に努め、業務に臨んだ。これらは、異常時の状態把握や迅速な処置がかなり自力で判断できた大きな要因であり、このことから第1～4階層（図3. 1）の知識は運転員にとって非常に重要であるといえる。このような知識の獲得と経験の繰り返しは、直感を働かせる土台にもなっていたと考えている。

2) ノウハウの成長

運転現場で必要とされる知識は非常に多岐に亘っており、運転員がオペレーションエンジニアと呼ばれる所以でもある。ベテラン運転員は多くの経験にもとづいて蓄積してきた知識をもとに、異常の兆候を何らかの手段で検知し、適切な手段で正常状態に復帰させ、異常を未然に防止している。ベテランが重宝されるのは、人に伝えることが難しい異常兆候の気づきである。20数年間の運転で、ミスオペをしたことがないと言う製造課長や複数の現場を渡り歩いた製造課長などの話を総合すると、心構えに共通点があるようだ。3現（現場・現物・現実）主義の徹底と旺盛な探究心・知識欲である。例えば、シフトに入る前の30分は現場を歩き、運転状況を稼働機器の状態から肌身（五感）で感じ、全体状態を把握してから引継ぎに入る。また、品種改良の工場実験などに際して研究部門担当者から品質作りこみの考えや運転条件設定の考え、そしてパイロット設備での実験結果の確認など、新たに獲得した知識を整理した上で運転に臨んでいる。このようなプロセスの状態把握の基礎となる知識は運転員の持っているプロセス状態を表す一種のモデルともいえ、その人のノウハウの根幹ともいえる。このモデルには化学工学、統計学などに基づく数学的なモデルと運転員の経験や知識に基づくナレッジベースのモデルの2種類がある。運転員の場合、論理的な数学的モデルを持つことは少なく、むしろ、きっかけとなる警報やプロセス情報と経験や知識の組合せから運転スキルに応じたナレッジベースのモデルを持つことが多い。このモデルが暗黙知として無意識に行動に繋がっている場合、あるいは論理的に理解されて意識的に行動している場合などのように、モデルの意識のされ方に大きな個人差がある。この運転員固有のモデル化は運転員のスキルに応じて構築され活用されることが重要であり次期の課題と考えている。また、暗黙知を意識させる訓練は異常対応能力向上には必須であり、その育成の考え方は第6章で述べる。

ベテラン運転員へ成長する過程では保有する知識は図3. 1において空白領域

が多く、種々の経験を積みながら空白領域だった知識を獲得し、既存の知識を改変追加せねばならない。個人と上司の裁量に任せている場合、個人差を容認していることになるので、意識的にいい経験をさせるよう努める必要がある。経験には、よい経験、悪い経験があり、指導員の存在が必須である。ここで言う“よい経験”とは成功体験のことではない。図3. 2の思考の構図を意識した、新たな知識を獲得するサイクルを実行することである。また、“悪い経験”とは失敗体験のことではなく、自分自身で結果の評価ができていない行為のことであり、本人にとっては結果よければ全てよしとは言えない。つまり、経験の振返りが重要で、正しい解釈をした状態で記憶することが重要である。暗黙知は全てが表出化できるわけではない。暗黙知のままをより高度な暗黙知に変身させることも表出化以上に重要であることも理解しておく必要がある。また、運転員は体が覚えるまで同じ作業を繰り返して行い体得することが非常に重要であるが、並行して、作業の背景、理由、結果の予測など論理的な知識を与え、体得した経験にもとづいた応用動作が働くよう指導することが重要である。これまでは、教育指導に要員を割り当てることができたが、現在のような少人化の中では、きめ細かい指導は非常に困難な状態にある。本人の自己啓発活動に頼らざるを得ない面もあるが、組織側にも課題がある。課題を個人、組織に分類し表3. 3にまとめた。これらについては、3. 5節で改めて述べる。

表3. 3 ノウハウ成長の課題

分類		課題
個人	心構え	向上心、探究心、知識欲、改善意欲
	行動	現場主義、コミュニケーション
	知識の整理	経験のシナリオ化（現象・要因、行動・結果・分析）
組織	育成方針	知識マップと個人別育成計画化
	OB活用制度	体験化（思考と行動）と評価
	目標管理	知識マップと課題設定と人事評価処遇
	研修方針	疑似体験教材開発と思考訓練

特に、非定常運転の経験はノウハウ成長の重要なステップであり、指導する側にもシナリオが必要である。このシナリオとは、育成目標であるベテランのある

べき姿（要件）を定めておくことが必要である。暗黙知が支配的な高度技能の伝承には徒弟制度のような方式が効果的だが、プラント運転の現場においても同様であり、昔は目標とする人が身近にいて指導をきめ細かく受けることもできた。今は誰を目標とすべきか分からないという意見を聞くことがある。現実には技量的に十分という人はいるが、日々の作業に追われているためか、指示され、作業し、報告するという事務的な関係が強く、師匠的存在ではないために教えを乞うという姿を余り見かけなくなった。ベテランが何をよりどころに状況判断し適切な処理を短時間で行っているか、また、その結果をどのように自分の知識にしているかなど、ベテランのノウハウの成長の過程を考える必要がある。

3) 運転員の異常時の直感

運転現場では、ベテラン運転員から“もっと勘を働かせろ”など言われたことがある。この勘とは別に、勘と同義語のように直感という言葉を使う人もいるし、五感を磨けという人もいる。広辞苑によれば、勘は“直感、第六感”、そして直感とは“説明や証明を経ないで、ものごとの真相を心で直ちに感じること”とある。以降は、直感という言葉に統一して使うことにする。運転現場で使われる直感とは一体何を指しているのか、また、何をどうすれば、周囲から直感が働いていると見られるのか、以下の事例で考えてみる。

事例：ある反応工程において、制御状況は良好で警報も出ていないが温度の小さな変動が見受けられる場合に次のような対応をする。

- (i) 先ず、プロセス状態監視の基本として、品質を決定づける時間領域があり、過去の経験から記憶している温度・圧力などの正常パターンと比較する。
- (ii) 小さな変動は何かの予兆と見て、温度制御系の変動要因である反応と除熱について調べる。
- (iii) 反応状態の異常であれば小さな変動はあり得ないので、冷却側の異常の可能性に絞り込み、冷却水圧力と調節弁動作、あるいは考えにくいのが、制御パラメータ変更の有無など、要因推定と並行して現場確認と直近での保全作業記録などの確認を行い、原因を特定し処置をする。

上記(i)～(iii)のそれぞれにおいて過去の経験や論理的な背景から直感らしき絞り込みが行われ、この思考過程の中で、図3. 2に示したような思考の流れをたどっていると考えられる。現場での状況認識や判断などは、全くと言っていいほ

ど、文書化された手順書や標準書を見ている時間的余裕はない。状況認識や判断に自信がない場合は、上司（職長）の意見を求めるが、上司（職長）は全てを頭の中で決めねばならず、製造部門内でのコミュニケーションは非常に重要である。

ベテランと称される人は、直感の根底にあるのは、種々の経験により蓄積された知識（第1～3階層、図3. 1）であると言う。経験によって獲得された知識は雑然と記憶されている訳ではなく、自分自身である一定のシナリオに沿って整理し記憶している。例えば、工場実験では、事前に研究部門担当者と実験目的や実験成否の条件や運転条件との関連性など詳細に確認する。実験後、これまでの自分の記憶にある経験と照合して、品質との因果関係の論理的知識を織り込んで、新たな知識として整理して記憶・蓄積している。更に、記憶する際、すぐに引き出せるよう何らかのシーンを代表させて整理している。この経験のシナリオ化は、ノウハウ成長の課題（表3. 3）にも記述しているが、経験を、背景や条件、現象、要因、結果のように整理し、過去の経験とのつながりも確認した上で、新たな経験として記憶することである。

例えば、先の事例の場合、反応器の温度・圧力などの変動を見れば、その品種の正常なパターンが直感として呼び起こされ、条件の違いなどを把握して、過去の経験やそれにつながる論理的知識などが次々に呼び起こされ、状況把握が短時間で実行される。つまり、直感とは、その状況にもっとも合致するパターンをキーとして自分の記憶する知識や経験などを無意識に極く短時間で検索し該当する記憶を呼び起こしていると考えられる。現象の見え方と経験の記憶が似かよっていれば、直感は働きやすいと言えるのではないかと思われる。このパターンとは、一概には決められない。この事例の場合、反応期間（バッチ開始から終了まで）の温度・圧力などの変動トレンドグラフの形を見ると共に、現場パトロールで回転機器の状態を診るとき、音、振動、温度、また、臭いなどの五感を働かせる。記憶にある正常状態との比較や前日の状態との感覚的な比較など、これらもパターンの一種とみることができ、直感の土台としては、図3. 3のような関係が想定できる。

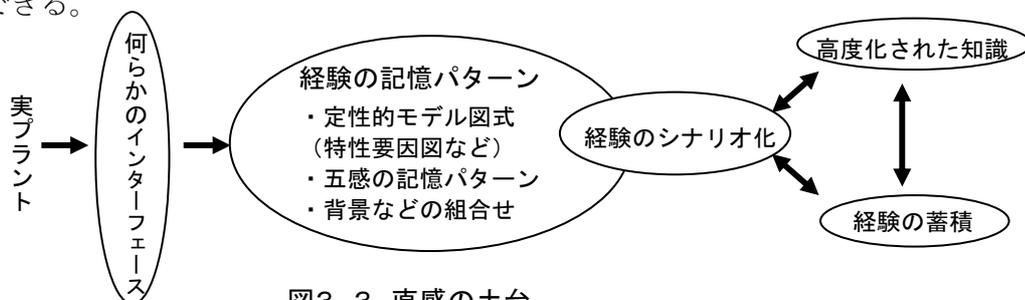


図3. 3 直感の土台

実際の運転現場で直感が働くケースというのは、自分が記憶しているプラントの正常状態と何がしか違いを感じることで発端となる。検索キーとなりうる経験の代表的パターンを形成する経験のシナリオ化を指導し、異常時の運転員の直感の基礎となる因果関係を導出する思考訓練を意識的に行うことは意味がある。このような取組みは、プラントの建設時に於いては、オペレーション設計として製造管理要素毎の分析に利用される一方、稼働中の異常事例の分析の結果を導出された因果関係に折込むことで運転技術の体系化に繋がる。これらは異常時の思考支援の基本とした支援システムの開発に役立つ。また、当然、ナレッジマネジメントの中核に位置付けられ、運転支援と教育訓練の両面で活用できる。こうして体系化された運転技術の知識は運転員にとっては異常時に働かせる直感の基礎になるもので、個人の種々の経験でその内容は充実していくことになる。表3.4にそのステップアップのトリガーとなる項目を示す。これにオペレーションから見た知識構造（図3.1）に示された各種文書が連携することになる。

表3.4 直感のステップアップのトリガー(例)

①	知識・経験の追加修正(自分の経験として蓄積)
②	異常など失敗情報をもとにした自分の経験の中で更新または蓄積
③	目標管理、改善提案などで新たな知識の獲得と経験の追加修正
④	安全・設備教育など研修設備で新たな知識を習得 この過程では、重要性、共通性などを考慮し、一部が形式知化し標準化されるが、殆どのは、個人の経験として蓄積される。経験として記憶する際は、たいていの場合、認識を容易にするため、何らかのパターン化を行い、現象・要因・行動をまとめる。また、この過程は自発行動が多いため個人差が大きく是正する仕組みが必要である。
⑤	自分の持つ正常パターンとのずれを感じ、要因推定 パターンのずれ検知は直感であることが多いが、直感(勘)を働かせるようにする論理的な取組みは過去見られない。30年前のパネル計装時代は、まさしく、警報表示パターン、記録調節計の制御量の変動傾向パターンなどからプラントの正常な変動範囲か異常な変動なのか、全体を把握する上では非常に有用であった。DCS化され従来のパターン認識を可能にするMMIなどが必要とされ大型画面などが導入されているのは理解できる。
⑥	推定された複数要因に対応する現象の詳細検証
⑦	過去の類似事例をベテラン運転員などと協議し、集約
⑧	要因特定後は、新たな経験としてノウハウ追加修正

表3. 5は直感のもとになる知識について、ベテラン運転員（運転経験20年以上で係長、課長を経験）から聴取したものである。これらの知識は図3. 1の知識構造の中で、運転員としての役割変化に伴って製造管理要素別に知識が高度化されていく。図3. 1の知識は運転員のキャリアパスに伴って自由自在に成長していくと考えられる。ベテラン運転員の状況判断の根底にある知識は、手順書や標準書の記載内容を超えるものであり、理論的な裏づけや品質改良のための多くの工場実験やプロセス改善に際して専門家から直接ヒアリングした内容などが多い。これらは文書化されることは少なく個人の記憶に留め置かれる場合が殆どである。形式知の部類に入る現状の文書化された作業標準書などは、結局、教育や確認用でしかないことになる。筆者の経験からも運転作業中にこのような手順書などを読んだ記憶は全くない。

表3. 5 直感の根底となる知識（例）

優先順位	製造管理要素	経験から得られる知識
1	S Safety	異常発熱や接続部漏洩時の対応（程度により処置は一様ではない）
		原料の性状確保のための対策
		状況に応じた危険作業の管理監督
2	Q Quality	製品特性と運転条件
		水質やpHなどが製品特性へ与える影響
		重要顧客別の品質許容と運転条件
3	P Productivity	主副原料品質と製品特性の関係
		反応器生産性、許容充填率など
		反応器生産能力向上手段と過去の経緯と結果
4	C Cost	生産計画変更に対する対応、主要設備運転状況
		製品の原価構成と収率・原単位
		エネルギー使用 MAP と重点課題の把握
		適正在庫からの現状把握と必要な処置

4) ノウハウの活用と蓄積

3. 2節にも記したが、参考文献¹⁰⁾に「高度技能者は設備の能力を最大限引き出すため技術と技能の橋渡しをする」という表現がある。技術の進展に応じてプラント機器はその機能、能力を向上させており、また、製品品種も市場のニーズに応じて変化の頻度を高めている。この中で、運転員は新しい技術に付加された機能を経験し理解した上で運転技術を向上させ、新たな知識へと成長させている。

この過程で注意すべきことはブラックボックス化である。特に、化学プラントの場合、制御ソフトを示すことが多い。新たな技術の進展に対して運転員の理解が及ばず、設備の性能を十分発揮させることができないことも起こる。このブラックボックス化は技術の進展がある限り無くなることはない。制御ソフトは運転員のノウハウをどこまで入れ込むことができるかで、運転のし易さが決まるといって過言ではない。運転員の記憶にある有用なノウハウ（暗黙知）を可能な限りとり出しプログラム化するため、運転員と一緒にソフトを作ることが多い。特に、設備更新の場合、機能の変更程度に応じて知識のスパイラルアップを行うなど、伝承を意識した取組みが必須になる。ノウハウというのは個人個人の特質によるところが大きく、表3. 3に示すように個人と組織の両面に検討すべき課題がある。とりわけ、個人の向上心を高揚させる職場風土の影響が大きい。製造管理要素の中に、M (Moral) を含める場合が多い。日常的にPDCAのサイクルが廻っているカイゼン風土、これが正にスパイラルアップの最大の要件と言える。

3. 5 思考過程からみた運転技術伝承の課題

これまで、運転員に必要とされる知識とその成長と活用の思考過程をみてきた。このような知識の伝承は受ける側と指導する側の特性に依存するところが大きく完全な伝承はあり得ないと言える。しかし、ベテランと言われる人の持つ知識（暗黙知）は企業にとっても重要な資産であり、伝承への取組みは人材の育成に直接的に関わっているだけに伝承を目的とした育成シナリオが必要になる。

1) 第1の視点（事例分析からの運転ノウハウの表出化と運転監視業務のレベルアップ）

異常時のベテラン運転員の思考過程については、必要とされる知識、思い起こすべき過去の事例の知識、対象となっているプロセスに関する“操作と影響の因果関係”から得られる要因の候補に関する情報・知識などが、思考過程の流れに沿って、運転員または運転グループ（大画面）に提供されれば、状況認識の深さと共有化が可能になる。運転員は異常の認識の際、殆どの人は過去の類似の経験を思い起こす。そのため、過去の事例から学ぶべき教訓（ノウハウと言えるもの）の抽出と正しさの分析（事例の知識化）が非常に重要になる。ベテラン運転員は非定常運転を経験する毎に自分だけの教訓を自身の暗黙知として更新し蓄積して

いる。事例の知識化が可能になれば、日々の運転監視業務のレベルアップと共に、異常時の対応に関する解決策の一つになる。事例には大なり小なり人的要因が潜んでいる。少人化で業務負荷が増大してくると、トラブルの原因として人的要因が引き金になることが予想される。ハインリッヒの法則の第3段階の要因にはヒヤリハットなど人的要因があるが、事例をヒューマンファクターの観点から分析することも今後、重要になってくると考えられる。

2) 第2の視点(運転を取り巻く文書連携のあり方)

図3. 1「オペレーションから見た知識の構造」に示したプラントの運転管理に必要な知識は、プラント技術に関わる生い立ちを理解し、業務に役立てるように整理された形で、運転員とその周辺のスタッフにいつでも提供されねばならない。ここで、意識せねばならないのは、図3. 1に包含される情報、知識は、プラント建設が企画され、稼動するまでに関わった複数の組織に跨っていることである。その伝承の現状を図3. 4に示す。これらの部門間に跨る情報は、受取る側の業務遂行に必要な情報のみが伝達される。これらの情報は、必ずしも最終の製造部門へは伝わらず、運転が知っておくべき情報がいろいろな部門に分散化している状況を示している。少人化される以前は、このような伝承されるべき情報・知識は、部門間の人の異動で、意識することなく伝承されてきた。残念なことに、これらの伝承されてきた貴重な情報・知識は、当事者に意識されることなく、個人資産(メモ帳あるいは暗黙知)に留め置かれてきた。少人化が進むと、人材の流動も停滞し、情報・知識の異動もなくなった。そのため、人の移動に頼らない部門間で情報を共有する仕組みが必要で、そのためには、運転員が状況判断する際、よりどころとしている知識や経験の顕在化が必要になる。運転に必要な知識は、研究から製造に至る過程での基本情報と、現場の経験などの情報とが一体となって、しかも、製造管理の視点から、いつでも使える状態に整理されていなければならない。

これまで情報の蓄積はデータベース化の一言で片付けられてきた。運転現場で必要としているのは単なる情報の提供や検索機能ではなく、目的に応じた知識の使える形での提供である。例えば、図3. 1に示す階層別の知識を、オペレーションの視点から必要な全ての知識を階層を越えて串刺しにしたような取り出し方である。ここに教材としての活用の仕方がある。これまで、教材はSOPしかなく、その記述を説明する知識などの紐つけもなかった。自己啓発のための自分に合っ

た教材の編集が可能になる。さらに、マルチメディア技術を活用することにより、適切な教材開発が可能になる。また、実際の運転現場では、過去の事例など必要な情報を関連情報と関係づけられて、瞬時の情報検索が可能になれば、有効な運転支援機能の実現が可能になる。

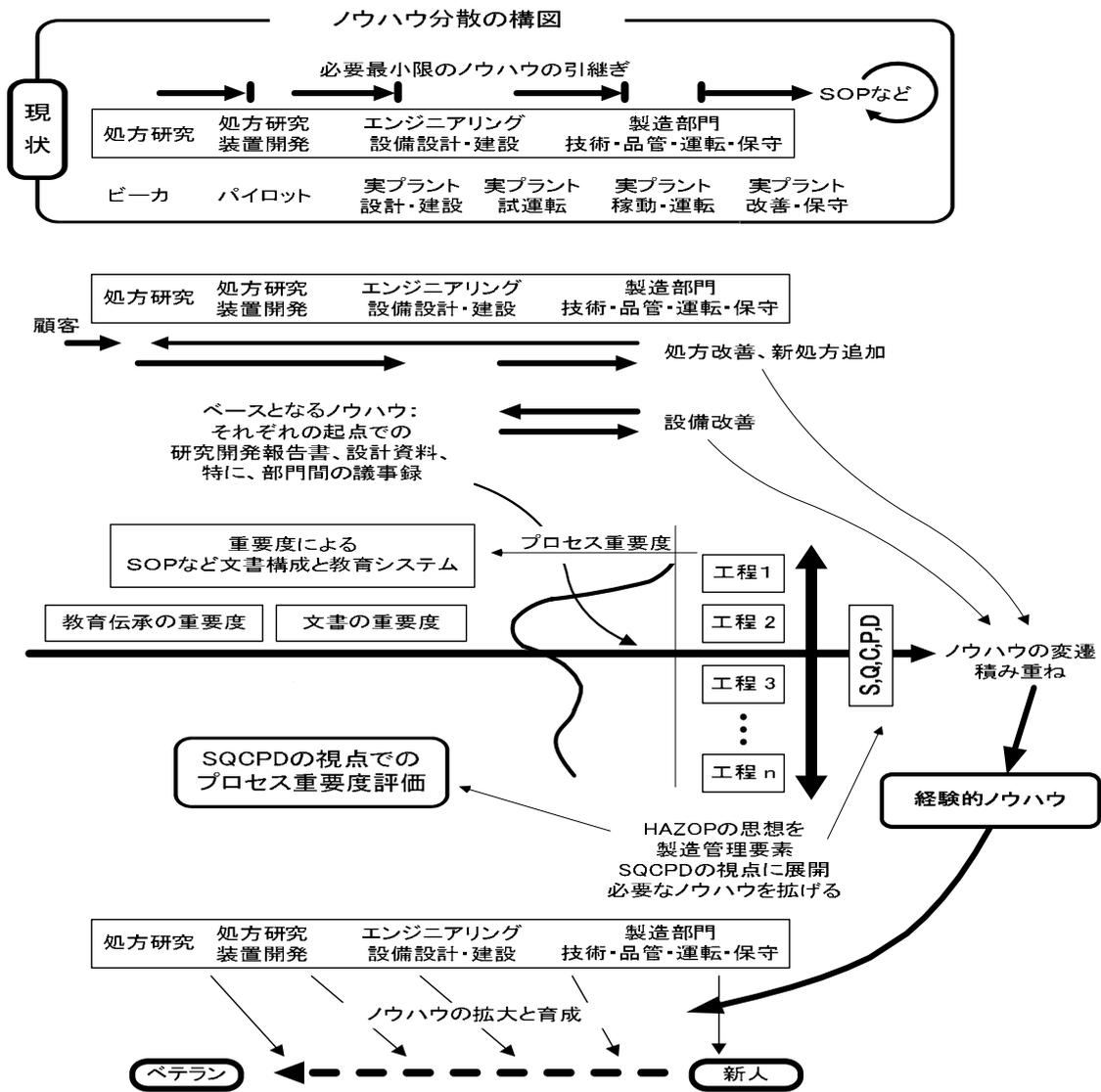


図3.4 プラント運転技術(ノウハウ)の伝承

3) 第3の視点 (ナレッジマネジメントの必要性)

運転員の役割に競争力強化のための工程改善業務がある。この改善業務は目標管理制度の中での活動と位置付けられ、その貢献度で運転員の評価が決まるため、運転員にとっては重要な役割と言える。技術スタッフより、PDCA(Plan-Do-Check-Action)サイクルでの指導を受けながら改善業務に携わる。技術スタッフよりの技術情報に接することや工場実験などでの非定常操作の経験など、科学的あるいは工学的な知識に触れることでプロセス特性などの理解度が向上し、自身の運転能力が向上するが、これらは本人の暗黙知のレベルアップに過ぎない。個々の能力向上が組織の能力向上につながる仕組みが必要である。筆者は、ナレッジマネジメントの重要性を以前から感じてはいたが、その実行を議論する状況になかった。ようやく、2・3年前からグループウェア環境の必要性が認識され、その整備が段階的に進められるようになった。

年々変化する事業環境に対応して、図3. 4の中段右部に記載しているように製造技術は常に変化している。一方、図3. 4の最下部に示しているように、運転員個人も新人からベテランへと運転ノウハウを蓄積しながら運転スキルを成長させる中で、変化する製造技術に対応している。このような変化に追従できる運転ノウハウの伝承の仕組みが必要である。その仕組みの中で、日々の運転現場での出来事をうまく運転のノウハウに反映し、伝承して、新たな暗黙知の形成を促進する知識のスパイラルアップの仕組みが重要になる。

ナレッジマネジメントは、知識の獲得、創造、活用、蓄積を通じて継続的なイノベーション創出を促すための手法である。「暗黙知が個人とチームとの間の相互作用によって認識され、形式知に転換される。これは形式知として伝承され、個人の持つ知識と融合し、より深い知識となって、やがて暗黙知として定着する。この知識の創造プロセスは、表3. 6に示す4つのプロセスを継続的にスパイラルアップして実現する。」とある。^{11, 12)}

図3. 5に現状の知識転換プロセスの特徴を示した。運転ノウハウは個人の暗黙知のままで殆ど留まっており、部分的に表出化されてSOPの見直しに活用されているに過ぎない。今後、暗黙知自身のレベルアップと共に、この暗黙知の内容に応じた表出化の仕組みの開発が重要な課題である。

暗黙知を闇雲に文書類に落とし、表出化させることは不可能であり、無意味であることに気づく必要がある。暗黙知が手続き的なものであれば従来型SOPでも

可能だが、手続き的でも感覚的なものが支配的であれば画像（静止画、動画）型 SOP、また因果関係にノウハウなどを含めた知識表現の場合は表形式 SOP など、暗黙知の内容に応じた知識の表現方法は多種多様になる。勿論、他の説明文書との連携は必須条件である。

表3.6 ナレッジマネジメントにおける知識転換プロセス

知識転換プロセス	プロセスの概要	
共同化 socialization	暗黙知から暗黙知へ	この時、伝承もされるが、新たな暗黙知へ成長する。
表出化 externalization	暗黙知から形式知へ	新たな暗黙知や知識を取り込み明示化される。
連結化 combination	形式知から形式知へ	形式知を複合化し新たな形式知化が行われる。
内面化 Internalization	形式知から暗黙知へ	形式知の実践を通じて新たな暗黙知が獲得される。

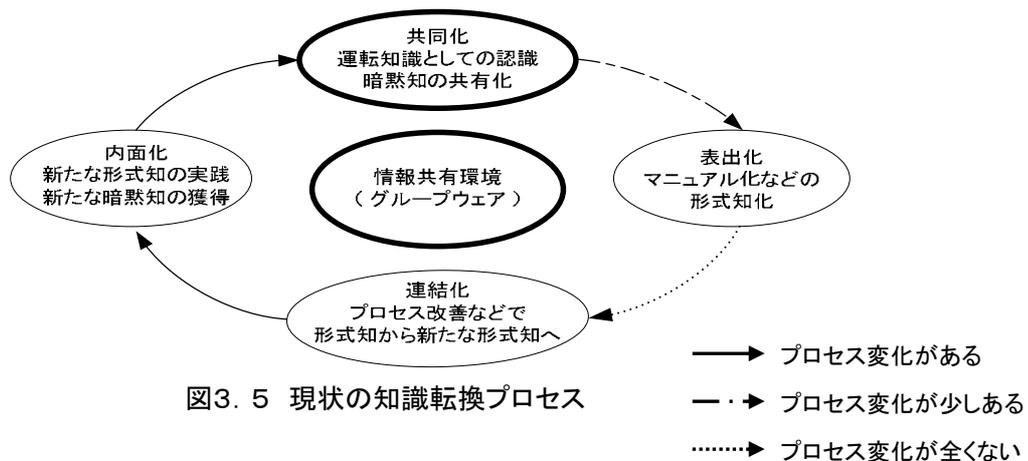


図3.5 現状の知識転換プロセス

4) 第4の視点（運転員の育成方式）

アンケート結果から多くの運転員は、手順だけでなくノウハウや背景の指導を望んでいる。図3.1の第5階層の手順を主体にしているOJTから、第1～4階層の知識の指導または自己啓発のきっかけを与える育成方策を望んでいると言える。これに関しては第6章にて詳述する。また、アンケートでは不安を感じながら運転に臨んでいる実態が明らかになった。現在の運転員の置かれている環境の中で、運転員が、“安心して、且つ、自信を持って”運転に携われるようにする

には、どんな育成方式¹⁾がよいのかを検討する必要がある。現在、多くの企業が少人数化の前提条件として定着化しているのが多能工化である。図3.6「多能工化の二面性」をまとめた。多能工化にはプラス面とマイナス面があることを理解した上で、多能工化の評価方式を決める必要がある。同時に、運転員のキャリアパスを考慮した育成方式も見直す必要がでてくる。

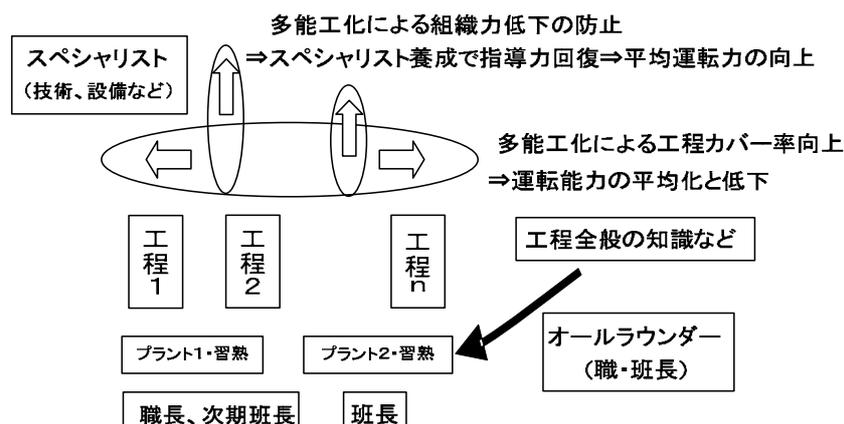


図3.6 多能工化の二面性

3.6 まとめ

運転員に必要とされる知識が思考過程の中でどのような繋がりがあるか、また、思考過程の中で瞬間的な検索である直感の根底にある知識などについて考察した。その結果、4つの視点から運転ノウハウの伝承に課題があることを明らかにした。

- ①第1の視点（事例分析からの運転ノウハウの表出化と運転監視業務のレベルアップ）
- ②第2の視点（運転を取り巻く文書連携のあり方）
- ③第3の視点（ナレッジマネジメントの必要性）
- ④第4の視点（運転員の育成方式）

また、図3.7に4つの課題の関連性を図式化した。

ここで強調しておきたいのは、運転技術の伝承は、運転技術に関するナレッジマネジメントシステムの構築によって、自然にカイゼン風土が醸成され、その業務サイクルの中で伝承が自然な形で行われるようになることである。伝承のために、伝承だけに躍起になるのではなく、ナレッジマネジメントのサイクルの

定着の結果、伝承が定着するという意識を持つことが重要である。言い換えれば、ナレッジマネジメントで目指していることは、「人と共に消えていく暗黙知を表出化させること、得られた形式知を共有化させ他者との接点により洗練させること、そしてその知識を用いた行動における環境との相互作用によって高めていくこと」¹³⁾であり、サイクルの中で、他者との接点（連結化）や環境との相互作用（内面化）によって形式知や暗黙知のレベルアップが図られることにある。

そのため、本論文では、ナレッジマネジメントの手法を意識し、第4章では、共有化環境（グループウェア）について、第5章では、ノウハウの表出化、連結化の方法について、第6章では、連結化、内面化、共同化に類する運転員育成方式について考察する。

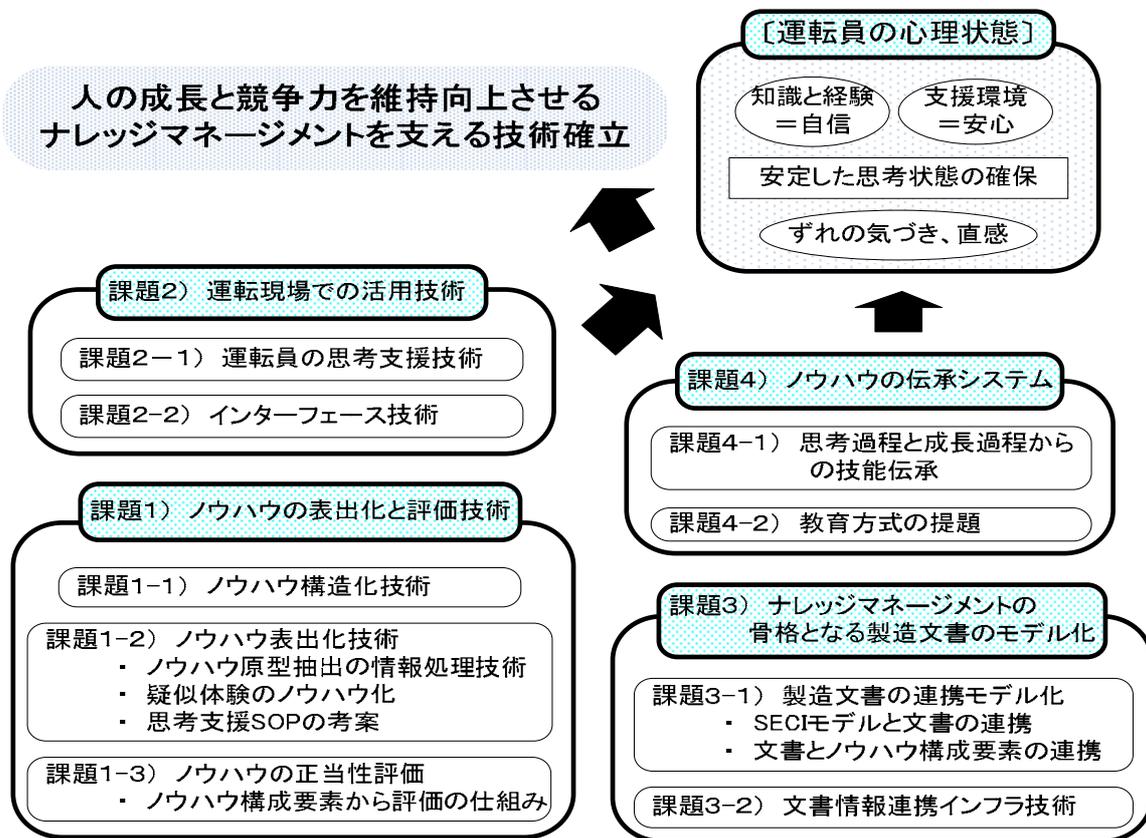


図3.7 運転技術伝承のための課題の構図

第4章 運転情報共有の仕組み

4.1 はじめに

第3章では、運転員に必要とされる知識が思考過程の中でどのような繋がりがあるか、また、思考過程の中でしばしば異常時に有効な働きをする直感の基礎について考察した。その結果、運転ノウハウの伝承に必要なアプローチを4つの視点（①運転ノウハウの表出、②運転ノウハウに関する文書連携、③ナレッジマネジメントの必要性、④運転員の育成）から明らかにした。

運転ノウハウの伝承は、それに関するナレッジマネジメントシステムの構築によって、改善風土が醸成され、その業務サイクルの中で伝承が自然な形で行われるようになる。伝承のために、伝承だけに躍起になるのではなく、ナレッジマネジメントのサイクルの定着の結果、伝承が継続されることが重要である。そのため、本章では、ナレッジマネジメントの共有化環境（グループウェア）のケーススタディとして、ある化学会社での取組みを取り上げて、基本的な考え方や支援環境の構築についての課題を考察する。

4.2 運転情報とノウハウ

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を実行できるよう、色々な手段で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にある。そのため、運転員は定められた監視作業や点検作業などを中心に状態把握を行うことになる。しかし、これは最低限やらねばならないことを実行しているだけである。異常の徴候を見出すには、工程全体の動きの把握、主要機器の特性変化に気づく、現場機器の音、振動、温度などの微妙な変化を五感で感じるなどの行為が欠かせない。これらの行為においては、もっている知識や経験の違いが個人差を生むことになる。

運転員がプラント状態を見て判断し操作する際の思考過程の概要を図3.2に示す。図3.2の左側の大きな楕円内は運転員の認知情報処理を表している。この楕円外の矩形は運転員の行為を表している。思考および行為の流れは、それぞれ破線と実線の矢印で示している。思考—行為—思考のサイクルが重要な役目を果たす。

運転ノウハウは、一般に、スタートアップ、シャットダウン、工場実験、プロ

セス改善、異常対応などの非定常時の運転を経験する過程で得られる。これらはそれぞれの非定常作業に関連する知識や経験則として成長していく。ベテラン運転員の状況判断の根底には、品質改良のための工場実験やプロセス改善に際して専門家から直接ヒアリングした内容などが含まれている。これらの大部分は文書化されず、個人の記憶に留め置かれることが多い。形式知に分類される現状の作業標準書などについても、日常業務に必須となる事項は機器点検シートあるいは運転記録シートなどに取り込まれていて、作業中に見ることはない。それゆえ、作業手順書などの文書類は教育や確認用でしかないことになる。運転作業中に手順書などを読んだ記憶はないと答える運転員がほとんどである。

運転ノウハウの獲得には、日常の運転業務の中で、一つずつの作業の持つ意味を常に考え、図3. 2に示す思考と行為のサイクルを廻すことが重要である。この積み重ねが突発的な異常が発生した時などに活かされる貴重な知識となる。

ここで運転ノウハウが関係すると考えられる運転引継ぎノートに注目した。図4. 1に引継ぎのノートに書き込まれる項目（起こった事象、推定原因、アクション、結果）を示した。日々の運転業務の中で、運転シフト間で、これらの情報が引き継がれる。そこには異常と判断する理由や処置などが記述されることから、引継ぎ前後のシフトで記述された内容を総合して解釈することによって、留意すべき事項が導き出される。これらは異常に関連した種々の作業などが時系列で記述されているが、それらの記載内容は個人差があり詳細度は一定でない。そのため、引継ぎ内容の時系列での整理だけでは運転ノウハウの取出しには不十分で、別の手段で運転ノウハウの表出化を検討せねばならない。この運転ノウハウの表出化については第5章で論じるが、この表出化のためには、引継ぎノートに記載されている異常に関連したすべての行動と思考の取出しが必要になる。

通常、異常に際した運転員は自分が行った操作しか引継ぎノートには記載しない。そのため、その操作に至った背景や判断の拠り所とした知識や他の情報は殆ど記載していないし、その余裕もない。引継ぎ時に口頭で説明がある程度であり、引継ぎノートの記録は分析のデータとしては不十分である。現状の入力様式は従来のノートの延長で自由記述としているため、記入事項に個人差を容認している。従って、運転員が意識することなく入力項目や内容をナビゲートする機能により徐々に個人差を排除する工夫をしていき、時系列情報が蓄積される仕組みや検索機能を充実させていく必要がある。次節では、このような考察をもとに、ナレッ

ジマネジメントの視点から異常時の記録をもとにした時系列の行動と思考の取出しについて考えると共に、運転情報を関連する全ての部署で共有するためのシステム作りについて検討する。

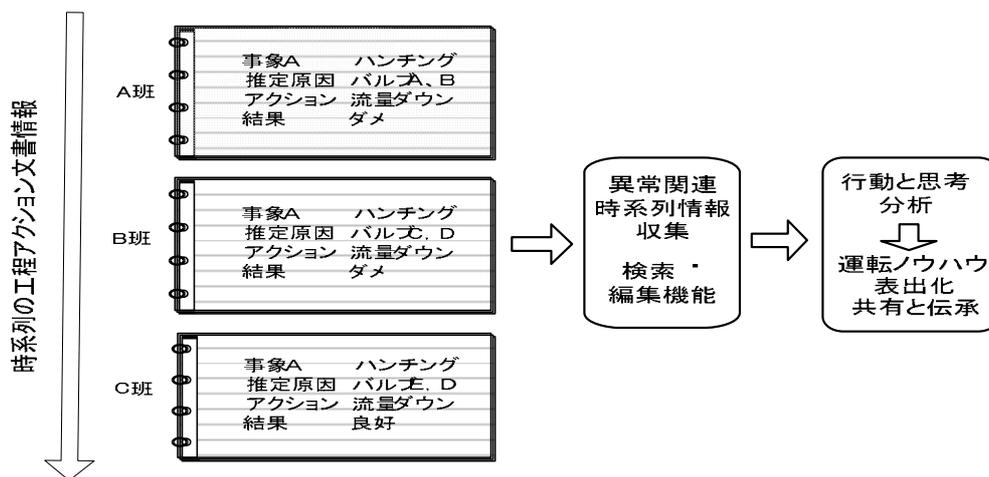


図4. 1 引継ぎノートの内容と運転ノウハウ取出しの手順

4. 3 運転現場の知識資産の活用方法

企業の知識資産を有効に活用するための一般的手法としてナレッジマネジメントがある。ナレッジマネジメントは、知識の獲得、創造、活用、蓄積を通じて継続的なイノベーション創出を促すための手法と解釈できる。知識は明示化された形式知と明示化されない暗黙知とがある。文献¹⁾¹⁻¹³⁾では、「暗黙知が個人とチームとの間の相互作用によって認識され、形式知に転換される。これは形式知として伝承され、個人の持つ知識と融合し、より深い知識となって、やがて暗黙知として定着する。この知識創造プロセスは、表4. 1に示す4つのプロセスを継続的にスパイラルアップして実現する。」とある。図4. 2はナレッジマネジメントシステムにおける共有化環境（グループウェア）の関連を示す。

これらの知識創造プロセスをプラント運転現場にあてはめてみる。最初は手順書などの形式知を実践することにより個人の暗黙知が形成され、OJT や実務などその後の経験を通じてその暗黙知が成長する。このプロセスは内面化から共同化への移行に相当する。

表4.1 知識創造プロセス

共同化 socialization	暗黙知から暗黙知へ： 経験を共有することにより、言葉によらず体験によって、知識を伝授し獲得する。
表出化 externalization	暗黙知から形式知へ： 新たな暗黙知や知識を取り込み、明示化される。
連結化 combination	形式知から形式知へ： 形式知を流通させ、複合化し新たな知識をつくる。他人による洗練などが起きる。
内面化 internalization	形式知から暗黙知へ： 更新され、洗練された形式知の実践を通じて、個人内部の新たな暗黙知に変換される。

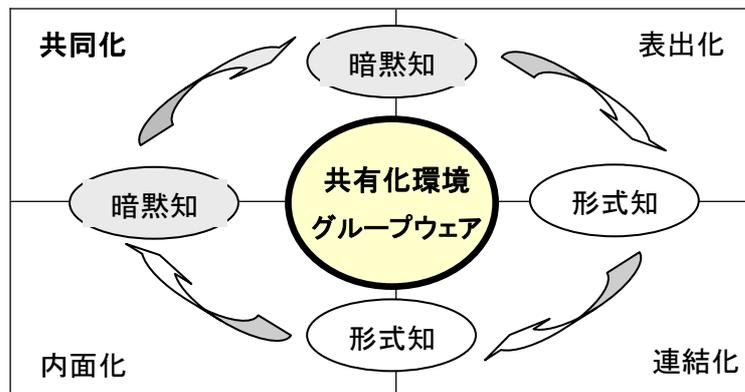


図4.2 SECIモデルの4つのモード

日常の運転業務での引継ぎは、同じ現象に対して経験年数の異なる運転員間のコミュニケーションの内容が記述されることになるので、共同化そのものであると見ることができる。また、それらの情報を運転ノウハウとしてまとめることは表出化に相当する。工程改善や作業変更などでは、他の運転員との共同化を経て、新たな標準書作成など意識的な表出化が行われる。現状では標準書の変更が目的になっているが、その根底にある暗黙知が重要なノウハウであることを意識した取り組みが必要である。工場実験や少し規模が大きい工程改善（能力増強計画など）の場合は、事前に既存標準書からの相違点を明確化させ、個人またはグループで新たな運転のイメージ化を行い、その結果を新たな標準書としてまとめる。試運転時にそれを実践することによって新たな暗黙知を獲得することになる。こ

のプロセスは、連結化、内面化から、さらには共同化に相当すると考えられる。

プラント運転現場においてナレッジマネジメントを根付かせるには、上に述べた4つのプロセスにおける情報処理と情報共有の環境が必要になる。運転情報の共有化について考えるとき、まず、引継ぎノートなどに記載される非定常運転時の時系列情報を取り出すことの大切さに気づく。このためには関連スタッフとの情報共有化を支援する環境の実現が課題になる。言い換えれば、運転情報共有化のためのグループウェア環境の整備が求められる。図4. 2にナレッジマネジメントの4つのプロセスとグループウェアの関係を示した。現状の知識転換プロセスは、共同化プロセスではOJT教育が行われ、部分的に表出化でSOPを補完する標準書作成や、また、標準化されていない工程の作業の内容の連結化により新たなSOP作成など、部分的な取組みが行われている程度である。ナレッジマネジメントシステムを意識している訳ではない。現在、運転員が困っているのは、前述の種々の活動でも運転に関連する文書の共有化環境がないことによる活動の非効率性である。そのため、ナレッジマネジメントの条件ともなる共有化環境（グループウェア）の整備を優先した。次節では、ある化学会社における運転現場での引継ぎノート情報を起点とする運転情報のグループウェア構築の取組みを取り上げて、その基本的な考え方を明らかにするとともに、今後の課題について考察する。

4. 4 ケーススタディ：運転情報共有のための取組み

(1) 運転引継ぎ業務を起点とした業務と情報のフロー分析

24時間連続稼働しているプラントでは、シフト間の引継ぎは引継ぎノートや日報用紙などである。これは30数年前と殆ど変わっていない。これらの文書には、品種変更など運転条件の変更や、運転員の五感による現場パトロールなどで発見された異常兆候とその対処、対処に至った経緯などが記述されている。これらは異常の未然防止操作などの記録ともなっているため永久保存になっている。これらの情報は関係部署への発信源となって、それぞれで必要な処置などが日々とられる。引継ぎノートを起点とした文書フローをまとめたものを図4. 3に示す。これは化学工場における調査結果の一部を図示したものである。

過去の運転異常や警報、設備異常についても、その対処方法も含めて引継ぎノートに逐一記録されることから、異常が発生するたびにこのノートに立ち戻り、

過去の履歴や対応状況を参考に対処するという方法をとっている。異常の兆候や警報の出ない異常に関する事項の集計もこのノートの記述をもとに手作業で行っている。これらの文書は設備改善などの活動もつながっている。しかし、少人数の進んだ現場では、これら文書作成に関わる運転員の負荷が過大になり、いろいろな問題点が顕在化していた。これらの問題点をナレッジマネジメントの視点から見て分類したものが表4. 2である。現状は、情報の共有化環境がないがゆえの問題が顕著で、共同化プロセスが働きにくい状況となっている。

そのため、対象となった工場では、ナレッジマネジメントの基盤とも言える運転情報のグループウェア化について取り組みを始めた。その中で運転ノウハウの蓄積についても取り組むことになり、第1ステップでは図4. 2の太字で示される引継ぎ情報の共有化と共同化を目標とした。

しかし、引継ぎノートに記載されない事項においても、各種の法規（消防法、高圧ガス保安法など）により規定されている点検記録報告業務があり、運転員のかなりの負荷となっている。このような文書類やモバイル端末からのデータなど、運転に関わる全ての情報を統合したグループウェアの充実を図ることや、引継ぎ情報からの運転ノウハウの抽出、すなわち表出化は第2ステップ以降の課題とされた。

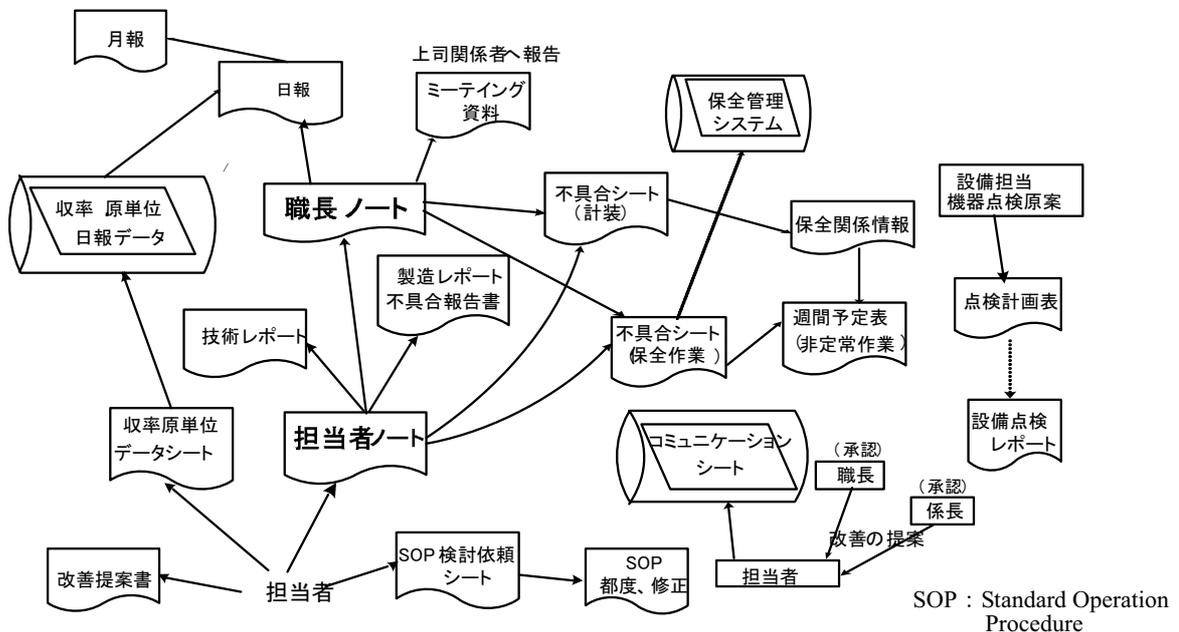


図4. 3 引継ぎノートを起点とした現状の文書フロー(一部)

表4.2 問題点の分類

	主要な問題	知識創造プロセス
1	紙ベースのため、転記など時間的無駄が多く、共有化が困難。	共有化環境
2	少人化が進んだため、OJTが新人教育期間に限定せざるを得なくなった。	共同化
3	師匠的存在のベテランが多忙で、且つ、若手も望まなくなっている傾向にある。	共同化
4	一人前とされた以降は、決められたことの実行に集中するため、精神的な余裕がない。	共同化
5	作業手順書などは繰り返し体得できるが、その過程の思考訓練は本人の資質による。	共同化
6	経験は無意識に本人固有の暗黙知になり、共有化が困難である。	共同化
7	そのプラントにおいて伝承すべきノウハウを明確化しにくい。	表出化、連結化
8	ヒヤリハットなどは新たなノウハウ獲得の機会という認識はあるがノウハウ化しにくい。	表出化、連結化
9	専門スタッフと勤務形態の違いもあり十分な意思疎通が図りにくい。	連結化、内面化
10	専門スタッフの指導を受ける目標設定が少なく、専門知識に触れる機会が少ない。	連結化、内面化
11	社内教育は共通知識が主体で、製造技術・技能の伝承は製造部門に任されている。	内面化、共同化

(2) 引継ぎ支援システム

業務と情報フローの現状調査をもとに引継ぎ業務支援システムが開発された^(14,15)。これは引継ぎシステムの根幹となる部分である。このシステムでは、担当者（運転員）が入力した発見事象、対処内容などの情報が電子化され、そのまま担当者ノートとして保存される。図4.4に示すように、このノートは職長や課長・係長によって追記・修正されながら問題が解決するまで表示される。休み明けのシフトが直（業務）に入る前は、2～3日前に遡ってプラントの状況を確認した上で運転を引継がなければならない。従来の紙ノートの場合は、運転中のシフトの担当者がノートを使用していない時しか読めず、十分な時間をかけて状況把握することができなかった。引継ぎ業務支援システムでは、空き端末を使っていつでも引継ぎノートを読むことが出来るだけでなく、引継ぎノートの記載事項以外の保全状況や他社を含めた事故情報なども含めて確認できるようになっている。

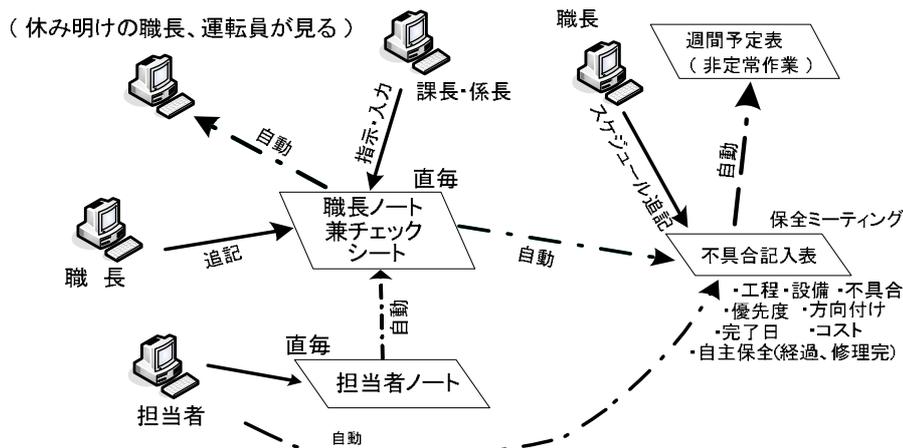


図4.4 引継ぎ支援システムの入力情報流れ

このシステムは運転現場と専門スタッフのコラボレーションを支援するための環境も提供している。図4.5にコラボレーションにおける関連情報と業務の連携を示した。これまで、製造技術部門では毎朝、職長引継ぎ簿をコピーし、グループ内で読み合わせて情報を共有化し、品質や生産性に影響を与えそうな事項の抽出を独自に行い、必要に応じて運転側への確認などを定期的に行っていた。また、製造技術部門より運転側へ運転条件変更などの指示書を出しているが、運転側で現在有効となっている指示書の内容の確認や指示書通り運転されているかの確認に時間がかかるなど、製造技術部門においても電子化が望まれていた。運転側が提出する改善希望事項についても、関連スタッフとの状況認識に時間を要することから情報連携の要求が高まっていた。今回のコラボレーション環境の実現によって、専門スタッフを含めた現場の改善サイクル(PDCA)のスピードアップが可能になった。

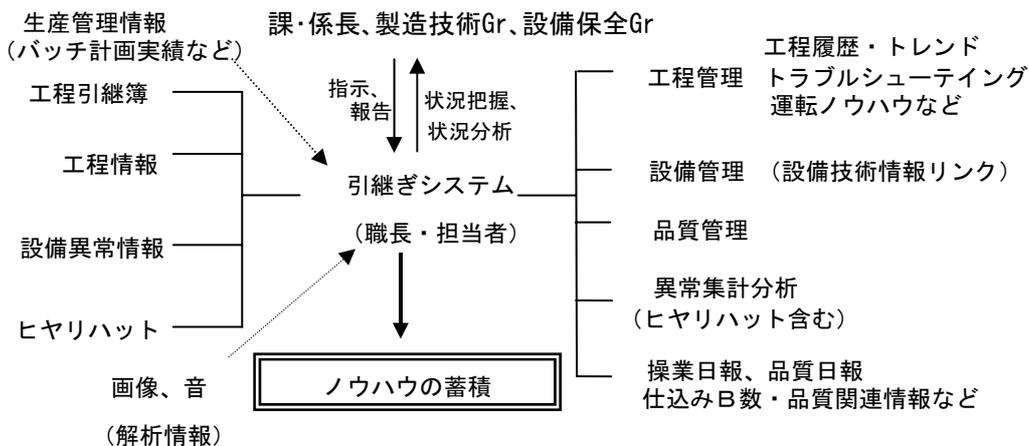


図4.5 コラボレーションの支援

これらの関連情報は、図4.6に示すように、プロダクショングループウェアサーバに蓄積され、製造係長や課長のみならず保全などの関連スタッフによる確認や必要に応じて書き込みも可能である。従来は、毎朝、引継ぎノートから保全への修理点検依頼事項を抽出し、それをもとに保全担当者と依頼事項の進捗状況や新たな依頼事項の状況説明や優先度などを協議したり、保全の週間計画を見直して追加修正を行っていた。このグループウェアの導入によって、各担当者は事前に課題を調査して会議に臨むことができる。また、運転員により入力された情報は全て、図4.6に示すグループウェアサーバに蓄積され、必要に応じてメールでも発信されるため、専門スタッフ（製造技術、品質管理、設備管理など）もリアルタイムでプラントの現状と経過を確認することができ、的確な対策が迅速に取れるようになった。保全作業などの進捗状況も作業ステータスや作業予定が運転員用入力画面にも表示されるため、無駄な待ち時間などは解消された。また、未処置事項も忘れることのないように配慮されている。このような情報を、データをカンマで区切って並べたファイル形式であるCSV形式（Comma Separated Value Form）、または、文書の論理構造を再現できるXML形式（eXtensible Markup Language Form）で外部のパソコンへ転送し、他の情報と合わせて解析することができるようになっている。

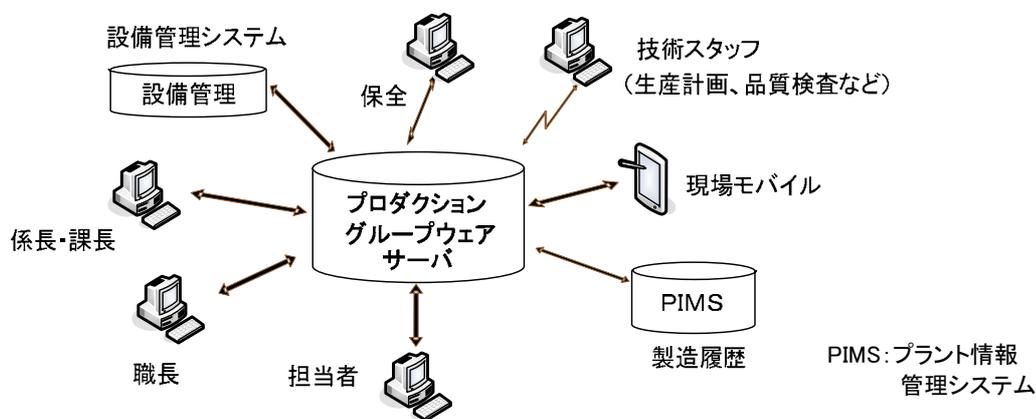


図4.6 引継ぎ支援システムをベースにしたグループウェア

本システムでの担当者（運転員）が入力する画面例を図4.7に示す。工程パトロールや作業で感じた異常兆候やそれに対する状況把握や判断と操作などの一

連のデータをこの画面を介して入力する。必要に応じて、現場の状況の写真やスケッチなども添付でき、直接入力も可能である。各担当者が記入した特記事項を職長がまとめ、同じような画面を介して記入し、次のシフトへ引き継ぐ。引き継いだシフトでは、職長以下運転員全員が集まり、プラント全体の状況把握と特記事項の共有化を行う。プラズマ・ディスプレイやプロジェクタなどの大画面の活用により、制御システムのプロセストレンド情報も表示できるようになり、従来の口頭による引継ぎ以上の正確な伝達が可能になった。

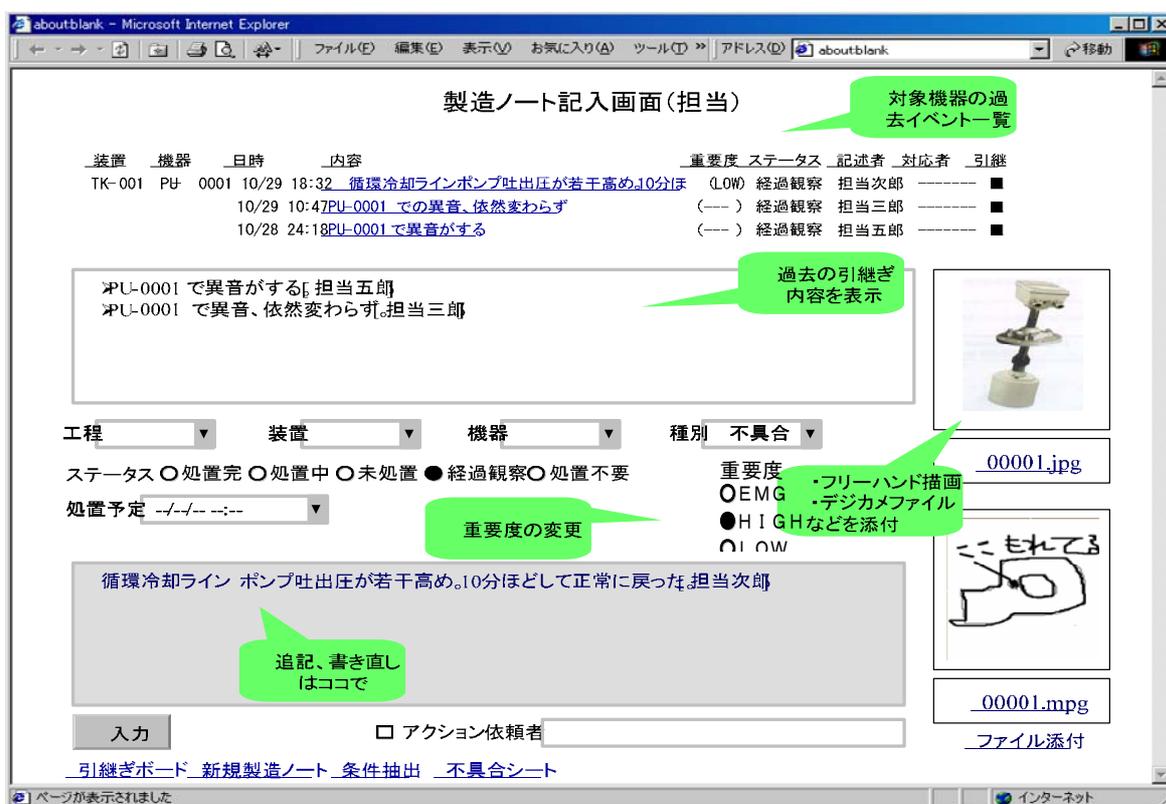


図4.7 担当者引継ぎ入力画面(例)

個人の五感や体験により習熟したノウハウには、言葉や文書、図面等での表現が困難なものがある。所謂、暗黙知と呼ばれる知識の蓄積と活用も重要である。ベテラン運転員は暗黙知で状況把握をしていると言っても過言ではない。この暗黙知を積極的に取り出す支援として、図4.8に示した個人別のノウハウメモ画

面が用意されている。各個人が運転業務の過程で新たに得た知識や経験事項、改善テーマの活動メモなどとしても活用でき、個人の暗黙知のレベルアップにも役立つ。このような暗黙知を含めたノウハウは新たな経験を経て成長する。経験から得られる知識は、殆どの場合、気づき→状況把握・認識→確認→判断→操作→結果・観察のような一連の思考と行為を経て得られる。これらの個人別記録は引継ぎシステムの一つの重要な柱でもある。このノウハウメモは、日常の運転業務でベテラン運転員から指導された事項を記録するのに用いたり、OJTでの指導員とのコミュニケーションの手段としても活用できる。このシステムでは一つの現象について、「状況把握・認識」→「判断」→「操作」→「結果・観察」の形で整理されている。このため、「検索」の機能を活用することで、現象に対する関係知識を結び付けた形で学ぶことができる。現状ではこれらの情報は現象ごとに蓄積されているだけである。類似事象の集約や伝承すべき事項の抽出を行い、作業標準書の改廃、教育カリキュラムの更新などにつなげていくのは今後の課題となっている。

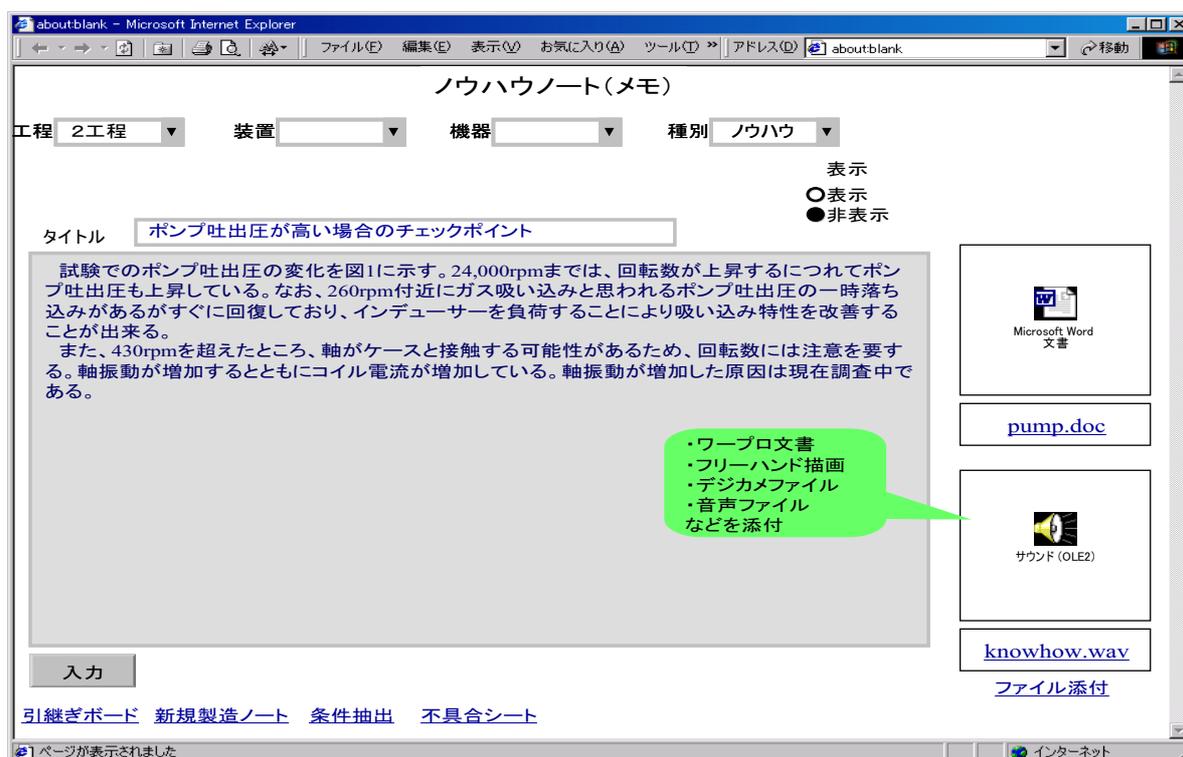


図4. 8 ユーザー別ノウハウメモ入力画面(例)

(3) 引継ぎ支援システム導入の効果

引継ぎ支援システムは、運転員および職長の意見を尊重して導入された。主担当であった職長は、導入の効果について以下の5点を挙げている。

- 1) 日報などの文書作成作業にかかっていた時間が、1～2時間から10数分に短縮できた。この結果、運転員とのコミュニケーションに振り向けることが出来た。
- 2) 手作業で行っていたトラブル集計も殆ど瞬時で可能となり、解析に集中できるようになった。
- 3) 従来は引継ぎノートから不具合事項を抽出し、改善に向けて関連部門などと文書を介在させた取組みを行ってきた。今回のシステム化により、関係者とのコラボレーション環境が出来たことで、円滑な改善活動が可能となり、次のステップでやるべき課題も見えてきた。
- 4) 運転ノウハウは、品質を作りこむ知識、それを実現する設備の特性など幅広い知識を経験を通じて習得することによって初めて獲得できるものである。関連スタッフとのコラボレーション環境ができたことでコミュニケーションがよくなり、従来よりも運転員の感性を磨くことが期待できるようになった。
- 5) システム化当初は定着に相当な時間がかかると思ったが、実際には混乱もなく、運転員は目的を正しく理解していたようで、熟練層を中心とした積極的な取組みが目立った。

(4) 考察

運転情報グループウェア構築の第一ステップとして運転現場の引継ぎノートの電子化が行われた結果、関連部署とのコラボレーション環境が形成された。これまで、設備や品質に関連する正常時とのずれの認識、過去の経験や知識にもとづく要因推定、予測と処置の過程を引継ぎノートに記載すると同時に関連スタッフへ口頭で連絡していた。連絡後はスタッフからの連絡待ち状態となり、多忙時は双方の確認抜けあるいは連絡忘れなども過去に経験していた。また、異常の再発防止への取組みは運転員や製造技術グループの業務であるが、勤務形態の違いで十分な連携が取れず、それぞれの能力の範囲での対策となり抜本的な取組みが困難であった。今回のコラボレーション環境により、図4.9に示すように業務の改善が可能になった。すなわち、運転員の定常業務から発見される事象が暫定処

置され、関連スタッフとの連携のもとでの再発防止のための改善活動が行われ、SOP などでの標準化を経て共有化が行われるようになると、従来に比して業務改善の質的向上が図れる。

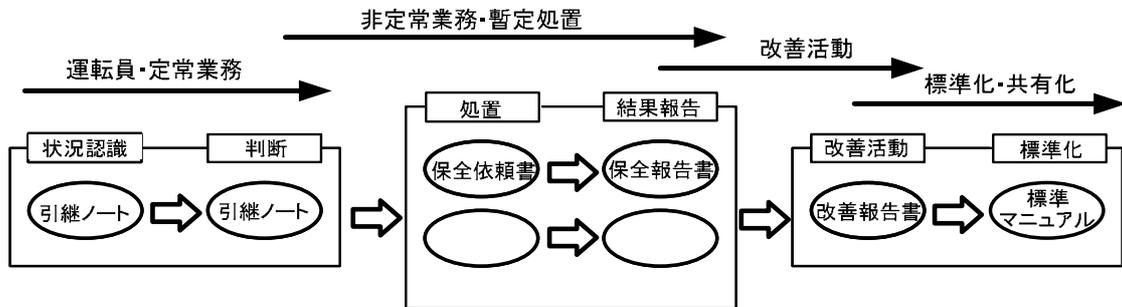


図4.9 引継ぎ支援システムによる業務改善

グループウェア構築の第2ステップとして次の課題がある。

- ① ナレッジマネジメントに向けた取組み：今回のシステム化では、現象ごとの一連の情報と個人別ノウハウメモ情報は蓄積するだけとなっている。プラント製造の競争力維持・向上に必要な伝承すべき運転ノウハウの抽出、共通的な事象の集約からの形式知の取り出し、標準書の改廃、教育カリキュラムの変更などを支援するために検索やテキストマイニング技術の応用が必要である。また人材育成を含む改善風土の醸成のためには、制度を含めた仕組み作りが不可欠である。最終的には少人化された製造現場で実行可能な解決策を見出す必要がある。
- ② グループウェア環境の充実：製造現場に存在する約100種類（ISO、各種標準書、点検記録など）の文書を含めた統合したグループウェア環境の構築が必要である。また、図4.6に示したようにプラント情報管理システム（PIMS）、設備管理システム、モバイル端末などとの連携が課題となる。これらについてはXML技術の応用が考えられる¹⁶⁾。

ケーススタディした工場は、プラントの見える化に取組み、MES (Manufacturing Execution System)¹⁷⁾の実現を目指している。MESは11個の管理項目（①生産資源配分と監視、②作業のスケジューリング、③製造指示、④文書管理、⑤データ収集、⑥作業管理、⑦品質管理、⑧プロセス管理、⑨設備保守・保全管理、

⑩製品の追跡と製品体系の管理、⑪実績分析)の視点から、プラントの現状を該当部門へ提示するものである。その情報を受取る組織(人)の効率的かつ協調的な業務環境と、常にPDCAの改善サイクルが廻っている風土があって初めてMESは有効に機能するものである。運転情報のグループウェアは組織(人)を中心にしたシステム化であり、MESやナレッジマネジメントが機能するための基盤とも言える。

4.5 まとめ

化学プラントにおいて行った運転引継ぎ情報を起点としたプラント運転知識の電子化およびグループウェアの構想についてナレッジマネジメントの視点から考察した。ドキュメントフローの分析は情報の流れから業務を見直すのに役立ち、引き継ぎ業務支援システムのシステム設計および操業情報グループウェアの構想にも役立った。一連の思考の手順はプラント運転管理にとって必要な思考手順を示しており、今後の運転にかかわるナレッジマネジメントにおいても有効と考えられる。

また、運転引継ぎ情報の電子化の狙いの一つに運転ノウハウ取出しへの期待があった。引継ぎノート記載事項からの運転ノウハウの抽出について試みた結果、現在の引継ぎノートへの記述には2つの欠点があることが分かった。

- ① 引継ぎノートに記載されている異常に関連したすべての行動と思考の取出しが必要になる。しかし、通常、異常について運転員は自分が行った操作しか引継ぎノートには記載しない。そのため、その操作に至った背景や判断の拠り所とした知識や他の情報は殆どわからない。
- ② 現状の入力様式は自由記述としているため記入事項に個人差がある。

これらの改善のための課題として、運転員の入力項目やオペラビリティ・スタディの考え方に沿って入力内容をナビゲートする機能を充実させることも考えられるが、記入内容そのものは運転員としての思考のレベルに因るところが大きい。従って、入力機能のナビゲート機能は思考手順に従った機能とし、これにより個人差を排除する必要がある。

第5章 オペラビリティ・スタディに基づく運転ノウハウの抽出

5.1 はじめに

運転ノウハウの伝承に関して、第2章では、今の運転員が何を想いながら運転に臨んでいるのか、製造課（3課）の全運転経験者（113名）を対象に実態調査を行い、その結果から、優先すべき課題の絞込みを行った。4つの課題（①事例からの運転ノウハウの抽出と正当性の検討、②ベテラン運転員の異常時の直感の知識化への取組み、③プロセス状態遷移に着目した異常対応オペレーションの検討、④多能工化を支援する運転スキル開発方式の検討）を抽出した。

これらの課題に共通するのは、図2.2に示す日々の運転で蓄積される知識・経験群の文書類からの教訓（知識）の抽出および運転ノウハウの取り出しの必要性である。これら文書には、“うまく運転するための工夫”が記載されており、これにノウハウが記述されれば、或いは、参照できる仕組みになれば、正に、運転ノウハウそのものと言える。そのため、本章では、図2.3「経験の知識化手順」に示すように、「異常報告書」、「工程変動カード」、「ヒヤリハット」などの事例についての経験の振り返りと知識化、そして、「ワンポイントシート」などの一部マニュアルや「PKY（危険予知訓練シート）」などの想定訓練文書からの知識の抽出を可能とする方式を提案する。また、課題②～④のベースとなる運転員の因果関係とそれを説明する知識が基礎となる異常時の思考についても提案する。

プラント運転のバイブルであるSOPは定常作業についてまとめられてはいるが、作業手順のみでそれ自体はノウハウなどの作業の必要とする背景知識などが記述されていないため、運転ノウハウとは言いづらい。また、運転員が最も不安に思っている異常時の対応は、地震・火災などの自然災害の対応以外は、全くSOPがない状態である。日々の経験で蓄積された暗黙知を可能な限り、形式知化しSOP化するのが運転マネジメントの重要な課題である。事例の振り返りから知識化を進める方式は、言い換えれば、異常時の対応の一種のSOP化とも言うことができる。これにより、この方式の活用で、SOPの充実と共に運転員の不安の解消も可能になるし、新人運転員の思考訓練への道も開くことができる。

これらの提案した方式は、現状の運転業務の中で運用されることが最重要である。しかし、現在の運転員の業務負荷は高い状態にあり、運転員とスタッフにとって魅力ある提案でなければならない。即ち、ノウハウ共有、ベテランの思考の

見える化、ムダ排除、今までの文書形態を維持し業務の流れを効率化するなど、運転員に受け入れられる運用形態を見つけなければならない。

5. 2 事例からのノウハウ抽出

英国の ICI 社で開発された HAZOP が、オペラビリティ・スタディとして、ある化学会社でも 1990 年にマニュアルが作られた (オペラビリティ・スタディ Phase I マニュアル 1990 年)。このマニュアルでは、オペラビリティ・スタディはプラント災害防止の有力な一手法として受け止められている。その目的は、主には、①新規プラントあるいは主要な増設プラント (新設) または、使用中のプラント (既存) の安全性の評価、②設備の運転操作方法をチェックして、危険事象を発掘する過程により、オペレータを教育することにある。副次的には、③運転操作性、保全性などの改善、④設備コスト (修繕費、建設費等) の低減としている。

その後、産業界での競争激化により、安全と同じように、品質、生産量、納期、コストを意識したプラント運転が行われるようになった。さらには環境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、異常時の対応が極めて複雑化してきた。これを支えてきたのはプラントの建設当時からいろいろなトラブルを経験してきたベテラン運転員であり、彼らが大量に定年を迎えるとき、残された人たちが困っていることは、異常時とスタートアップ、シャットダウンである (表 2. 10)。いずれも経験を通して蓄積されたノウハウが重要な役割を果たす。

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。異常は設備故障、品質異常、人的要因などがあるが、設備年齢が高い状態のプラントでは設備故障の割合が他の要因に比して多い。化学プラントの場合、設備故障発生の場合、直接、設備から故障信号が発信される設備は非常に限られており、大半は、その影響がプロセスに表れ、流量、液面、圧力などの計測信号の異常警報でその系で何らかの異常が発生したことが分り、運転員はいろいろな手段で原因を探り、その処置をすることになる。プラントの異常現象発生から直ちに真の要因が分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 (保守など) の有無の確認など何らかの通常とは異なる状況の調査を行う。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もとづいて取るべき処置の決定などは上司の協力・指示

のもとで行っている。

このような事例がまとめられている図5. 1に示すような「工程変動カード」を分析することにした。この工程変動カードは、品質に影響があると予想される場合、発生の都度、運転職長が作成する資料である。技術スタッフ、検査スタッフなどとの連携で回復処置を行い、その状況の記録と改善策などが記載されており、関係部署のコメント・印鑑を貰い、全員に周知徹底させることになっている。このシート（A4－1枚）には以下の項目を簡潔に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

などのように、1件1枚で簡潔に全容が理解できるよう簡略化と共有化に力点をおいた様式になっている。

工程変動カード

品質に影響がある場合、発生の都度発行のこと（異常報告書発行分は除く）

件名；						発行日；	H 年 月 日			
工程名；	機器名；					発生日時；	H 年 月 日			
品名；	Lot；					対象数量；				
変動内容										
応急処置・原因調査	発生部門記入					関係部門記入				
品質評価										
製品処置										
再発防止	発生部門記入					関係部門記入				
課長指示										
処置ルート	①発見者	②職長	③係長	④技術	④技術	⑤品質保証	⑥工務	⑦ｽｸｯ7Gr	⑧課長	写要否
		⑫	⑩	⑨			⑪			
	(写)									

図5.1 工程変動カード

まず、この工程変動カードの十数例についてトラブル状況を分析することによって、運転ノウハウの類が含まれているか否かを調査した。その結果、表5. 1に示す特徴が確認され、運転ノウハウに関係する記述は殆ど見当たらないことが分った。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行動と思考の分析は皆無であった。

表5. 1 工程変動カードの現状

	検討されていない事項	分析すべき視点
1	人的要因が殆ど記述されていない。(ある処置をした際、ミスオペもあるが、気付かない場合もある。気付いた場合でも、ミスオペとして検討してない)	ヒューマンファクター
2	対象プロセス(議論すべき範囲)のあるべき状態と、そのあるべき作業手順が明確でない。	非定常 SOP の不備
3	本人の主な作業のみ記述されているが、作業の根拠の記述は全くない。	教育(ノウホワイ)
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、技術スタッフにとって、分析が困難。(因果関係が見にくい、作業の時間的な緊急性も見えない、プロセス DB との突合せも困難)	時系列記録の習慣化(特に、思考)
5	コミュニケーションを重視している割には(アンケート結果)、報連相の記述が全くない。	ヒューマンファクター
6	機械的に作業している印象を受ける。 教育された作業の忠実な実行は伺えるが、その背景を理解しているように思えない。SEQ 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。	教育(ノウホワイ) DCS/PLC の習熟度向上
7	異常の気付きの手段が、アラームに偏っている。見落としもあるようだ。	アラーム再設計必要
8	記述されている事例は、殆ど SOP が存在しない。	非定常 SOP の不備
9	記述内容はそのままで、教育用として使えない。←そのための資料ではない。(状況説明が極めて不十分。背景などの記述がないなど)	教育(ノウホワイ)
10	記述内容はいくつかのプロセス状態を含んでいるが、状態遷移に着目できていない。それぞれのプロセス状態で、正常(管理要素毎の管理範囲と意味)と異常定義(管理要素への影響)– 検出手段-(頻度・重大性)-回復作業対応(時間的緊急度と必要な運転スキルレベルと教育方策)-状態変化の予想と次の対応準備などのセットの定義・理解が必要。	原因影響要因図の理解不足 事例の分析共有不足 リスクへの思考不足

報告書の目的は再発防止が主目的だった。再発防止策については、明らかな設備異常を別にすると、殆どの対策が運転員の工程管理への注意喚起や SOP 化への指導などで、運転員の業務負荷を考慮した対策になっていない。また、実際にどのような策が実施されたのかはフォローできなかった。つまり、現状では、異常

時の対応の経験は、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置かれるだけになっている。問題なのは、その経験についての考察がないため、誤った解釈での経験がそのまま記憶される危険性があることである。

異常時の対応の経験（暗黙知）の SOP 化を可能にするためには、まず、現状の工程変動カードを再検討する必要がある。運転ノウハウ抽出に必要な事例中の事実についての捉え方の視点として、以下の視点を意識しながら記載できる仕組みを考案した。

① 思考の習慣化

（気づき・影響予測とリスク判断・原因遡及の判断と処置の一連の思考内容）

② ヒューマンファクター

（人的要因、その処置作業の運転員にとってのいやらしさ度）

③ 改善（再発防止）の視点の拡大化

（運転員への依存の程度、検知手段の上流指向、アラーム再設計の必要性）

5. 3 異常事例の時系列分析

異常事例からの運転ノウハウ抽出として、工程変動カードをもとに事実の分析を行うことにし、前節で挙げた3つの視点での時系列分析を思考と行動の両面で行うことにした。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。異常時の記録は可能な限り、思考訓練を兼ねて本人に記載させる必要があり、そのため、記載し易いように、時系列表記とした。

この時系列分析シートは図5. 2に示すように、縦方向が時刻に沿ったプロセスの状態変化、横方向がその時刻で何に気づき、どう判断したかなどの運転員の一連の思考内容（①～⑥）を記述するようになっている。表5. 2に示すこれらの思考内容は、運転ノウハウ伝承の基礎データとして重要である。異常事例の思考と行動を振り返ることによって、経験を正しい知識で見直し正しいオペレーションを見出すことができる。つまり、時系列分析を行うことで自然に異常時対応の SOP 化が可能になる。また、異常時の運転員の思考の標準化とその分析の中で必要とされる知識群の繋がり（ノウハウに相当）も含まれる。これらは、第6章の運転員育成でも重要な役割を果たす。

発生日時 発生工程 発生設備 異常現象

[]														
想定原因 []														
<div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">思考の流れ</div> <div style="text-align: center;">①</div> <div style="text-align: center;">②</div> <div style="text-align: center;">③</div> <div style="text-align: center;">④</div> <div style="text-align: center;">⑤</div> <div style="text-align: center;">⑥</div> </div>														
↓	発生時刻	手 順	作 業 者	A / M	認知の経緯 判断・操作をするきっかけとなった事象を書く	種 類	影 響 度 頻 度	A / M	原因と 影響の推測結果	A / M	判断と操作	処置した結果 (プラント状態)	分 類	仕事 の 難 し さ 心理的側面 (フリー記述)
	1													
	2													
	3													
	4													
	5													
<div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">行動とプロセスの状態遷移</div>														

図5. 2 時系列分析シート

表5. 2 時系列分析シートと技術伝承の視点

No	オペラビリティ・スタデイ欄の記入項目	伝承の視点
①	何で気付いたか。まず、何をしたか(思ったか)。確認は。誰かと相談。	検知手段の有無
②	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)。	リスクの認識
③	次に何が起こりそうか。何が原因か。どうやって絞り込んだか。誰かと相談。	思考手順の習慣化 直感の知識化 非正常作業の SOP 化
④	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。何をもとに決定か。	
⑤	処置した時、その時はどうだったか。処置結果の判断は。	
⑥	その異常はどんな思いを引き起こすか(心理的影響度)。	人的要因

このシートを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。また、運転員が技術グループメンバーとオペラビリティ・スタデイの一形態である PKY（プロセス危険予知訓練）を行うとき、この時系列分析シートを用いることも考えられる。こうすることによって、次の効用が期待できる。

- ① 書くことによって異常時の対応の訓練となる。
- ② 振り返りにより改善点が明確に意識でき、経験の正しい解釈で記憶ができる。
- ③ 状況とリスクの関連性の把握ができ、状況判断のレベルアップに繋がる。
- ④ 運転ノウハウの取出しの雛形となりうる。

また、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、表5. 2の伝承の視点欄の記載項目については、技術グループによる分析が必須で、ここから、多くの運転面、設計面でのノウハウの引き出しが可能になる。そのため、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必須になる。つまり、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は作れない。

ここで、②項のリスク、および、⑥項の人的要因に関する分類を示す。リスクの分類を、参考例として表5. 3～6に示した。また、プラントオペレーションのし難さなどの人的要因については、GAP-W¹⁸⁾を参考に、表5. 7に示す通り、プラント運転に適した内容を選んだ。特に、ヒューマンファクターの視点は、今後、益々少人数化が進み運転員負荷が増大してくると見過ごせない状況になる。事例分析でもその重要性を増すものと考えている。

表5. 3 リスクの大きさ(参考例)

大きさ	地域環境への影響度	機会損失	傷病程度	復旧時間	生産性 納期遅れ	品質クレームの 大きさ
1	重大な環境破壊	1億円以上	死亡	1週間	1ヶ月以上	1億円以上
2	甚大な環境破壊	数千万円	数ヶ月	1日	1ヶ月	1千万円以上
3	軽度の環境破壊	数百万円	1ヶ月	数時間	1週間	百万円以上
4	上記3に至らない環境破壊	百万円以下	1週間	5分以下	1日以下	百万円未満
	E	S		D(P)		Q

表5.4 発生の頻度(参考例)

頻度	判断基準		
	感覚的表現	間隔または回数	
A	頻発する	数日に一回	10回に一回
B	起こりうる	数ヶ月に1回	100回に一回
C	随時に	数年に一回	1000回に一回
D	起こりそうにない	10年に一回	1万回に一回
E	起こりえない	数十年に一回	10万回に一回

表5.5 リスクのレベル(参考例)

リスクレベル	処置レベル	具体的処置内容
1~5	許容できない	設計変更や物理的安全防護策を追加して10~20のレベルにすること
6~9	好ましくない	設計変更や物理的安全防護策を追加して10~20のレベルにすること
10~17	許容できる	設計変更や物理的安全防護策を追加して、さらにレベルを減じること
18~20	許容できる	安全防護策を追加して、さらにレベルを減じること

表5.6 処置内容のレベル(参考例)

		大きい ← 影響度 → 小さい			
		1	2	3	4
多い	A	1	3	7	13
↑	B	2	5	9	16
発生頻度	C	4	6	11	18
↓	D	8	10	14	19
少ない	E	12	15	17	20

表5.7 プラント運転 Gap-W(参考例)

分類	No	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が必要
	G2	反復作業	同種作業の繰返しや類似作業が多い
	G3	作業確認難	状況判断が困難、または、作業状況の確認が難しい
	G4	不定形作業	SOPがない、または、個人の判断に依存せざるを得ない
分り易さ Affordance	A1	詳細な読み取り	作業をする前に、確認すべきパラメータの詳細な読み取りが必要
	A2	劣訴求性	注意すべき内容が分りにくい、現場で細かい指示が必要
	A3	劣識別性	作業の合否の識別や判定が分りにくい
	A4	資料不十分	要領書などの記載内容に不備がある
見易さ Preview	P1	時間圧	時間に制約があり、時間を気にする必要がある
	P2	伝達重要性	指示・連絡に的確性と十分さが要求される
	P3	分担・計画難	作業の進捗から、分担や計画変更が余儀なくされる
	P4	割り込み・予定外	応援作業などにより、割り込みや予定が変わり易い
負荷 Workload	W1	移動距離と経路	移動距離が長い、上下移動が多い
	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
	W3	身体的負担	肉体的負担が大きい
	W4	劣作業性	作業環境や作業性が悪い

5.4 プロセス状態遷移に着目したオペレーションのグラフ表現

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、現状は、非定常作業については殆どSOPが整備されていない。異常時のオペレーションについてもSOP化はなく、殆どの運転員がSOPの整備を望んでいる。これは運転マネジメントの最重要課題である。そこで、経験を通して蓄積された暗黙知を製造管理要素全体(S, E, Q, P, D, C)から評価するために考案したのが、図5.3に示すプラント運転のグラフ表現である。プロセスは連続的に変化しているが、運転員の操作が必要な場面は離散的に現われる。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のようなグラフを考案した。これによって、並行して進行する複数のプロセスの動作、互いの交信の様子が記述でき、システムの動作を解析することができ

る。このグラフをETOM(Event Tree for Operation Management)チャートと呼ぶことにする。

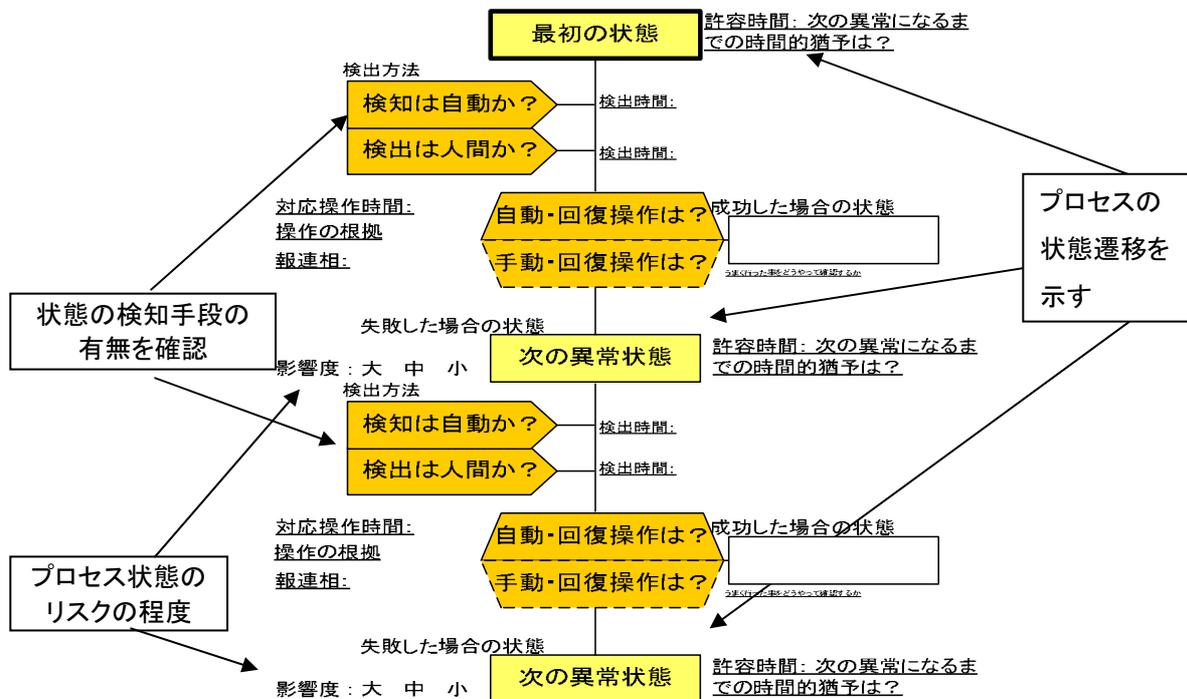


図5.3 プラント運転のグラフ表現(ETOMチャート)

プラント運転を記述するには、監視制御に必要なプラント状態を規定（正常時あるいは異常時の定義など）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状態を遷移して最終状態になる。図5.3はプロセス状態遷移図ということも出来る。状態と状態の間にはあらかじめ決めた操作が条件と共に付け加えられる。運転は手動にしる、自動にしる、装置に対して操作をすることを意味する。操作がどの製造管理要素(S, E, Q, P, D, C)に関わるかの理解は重要であり、図5.3では、影響度としてリスクの程度を記述する。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）、どの程度のリスクを予測して、どのように操作する（どのように回復操作をする）かは、運転管理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相当）を運転員は感覚的に捉えており、経験的な時間を

記入させることは意味がある。これは重要なデータであり、時間が短ければ人に依存するわけにはいかない。異常の検出手段と回復操作の自動か手動かの判断基準になる。更に、検出手段の検討ではそのオペレーションにどのような緊急性の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できる。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) 活動を製造管理要素全てに拡張しておこなうことができる。実際の異常事例にもと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もっていると考えられる。このような仮説にもとづいて、運転ノウハウの抽出を、図 5. 4 に示した手順 (①～⑤) で行うことにする。

- ① 異常事例の時系列分析により、正しいオペレーションに見直す。
⇒時系列分析シート(図 5. 2)は、異常時の思考手順のモデル化と見ることができる。
- ② 正しいオペレーションのあるべき姿の ETOM チャート化
⇒ETOM チャート(図 5. 3)は、異常時のプロセス状態に対応した操作を示した SOP のモデル化と見ることができる。
- ③ 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 (プロセス危険予知活動) から得られる ETOM チャート (5. 6 節で詳述)
- ④ 上記②③の ETOM チャートを加え合わせることによって得られる因果関係を表すマトリックスは運転ノウハウの集大成 (図 5. 10)
⇒運転ノウハウの集大成は、運転員の異常時の直感の知識化の一つのモデルとみなせる。(5. 8 節で詳述)
- ⑤ 拡張 PKY (③) から得られる ETOM チャートからオペレーション設計へ展開
⇒設計段階での運転可能性検討の重要性を 5. 8 節で提起した。

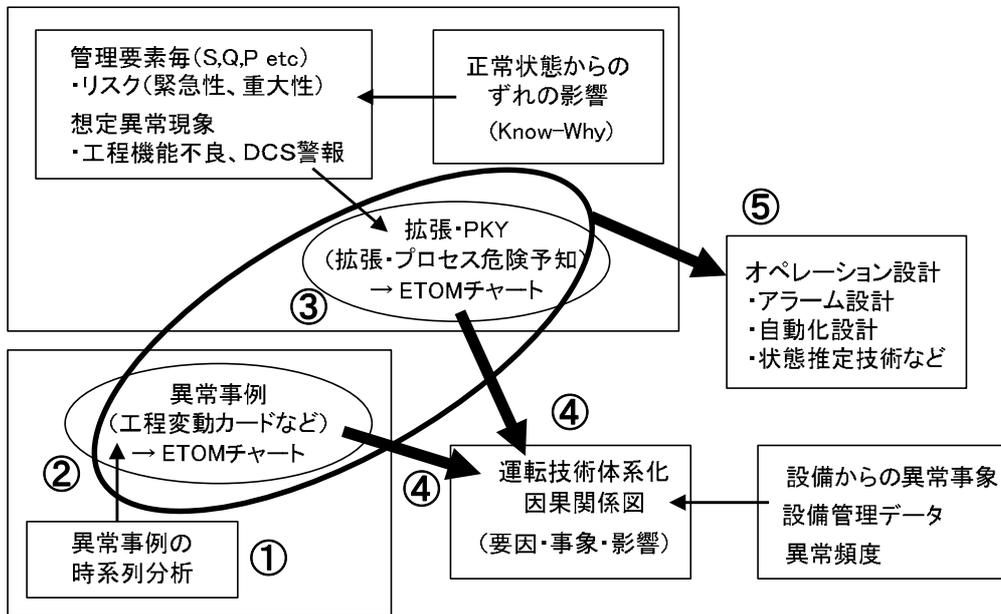


図5.4 運転ノウハウの抽出手順

5.5 ETOMチャート(Event Tree for Operation Management)の特徴

1) 特徴1 (運転員操作の記述)

第1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となっており、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5.5に示すようなETOMチャートの表記によって、異常状態の検出-要因推定-回復操作-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”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わかる。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。

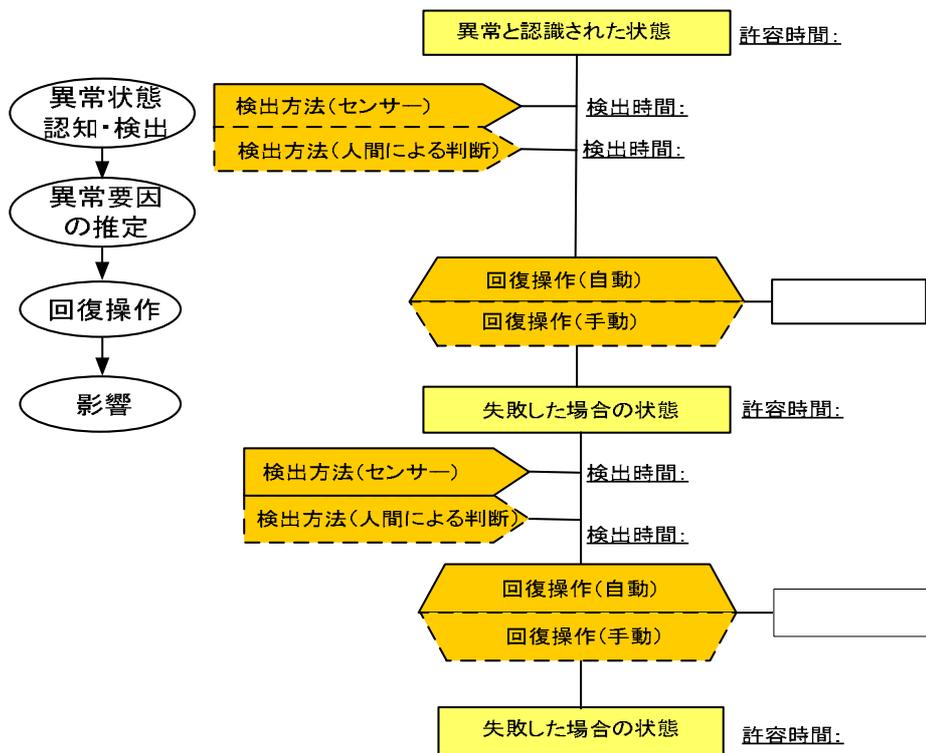


図5.5 運転員操作の記述

2) 特徴2 (製造管理要素の視点)

第2の特徴は、プロセス状態の把握から製造管理要素(S, E, Q, P, D, C)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(S, E, Q, P, D, C)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。ETOMチャートでは、ステージごとに製造管理要素(S, E, Q, P, D, C)の優先度/影響度を明確に表記するようになっている。この表記方法により、運転員は優先度を明確にした上で作業を行なえるようになる。図5.6の例では、異常の気付きからの処置は、まず、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。

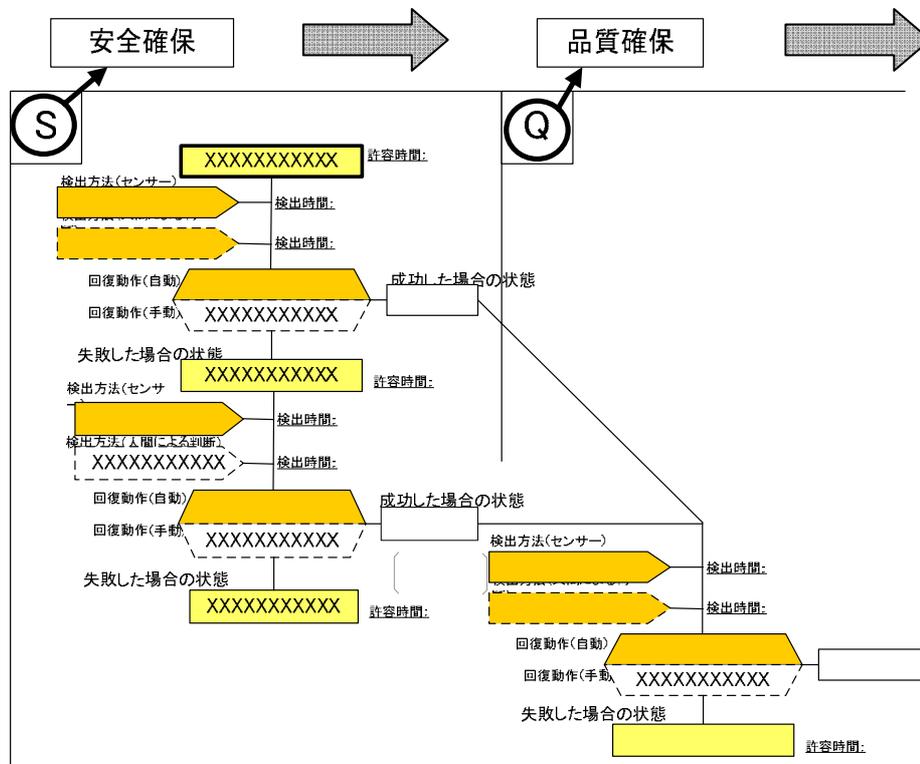


図5.6 製造管理要素の優先度の表示

3) 特徴3 (回復操作の記述)

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（点検など）と自動設備（センサーなど）が分担する（図5.7、①部）。化学プラントの場合、計測できる信号種類（流量、温度、圧力、分析計など）はそれほど多くないため、得られた信号から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、これを記述する。従来、これらは記述する手段がなかった。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5.7、②部）。プロセスの状態を製造管理要素毎(S, E, Q, P, D, C)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

れるプロセスの状態のリスクがどの程度かも記載する（図5.7、③部）。このリスクの程度で回復操作の重要度が決まる。

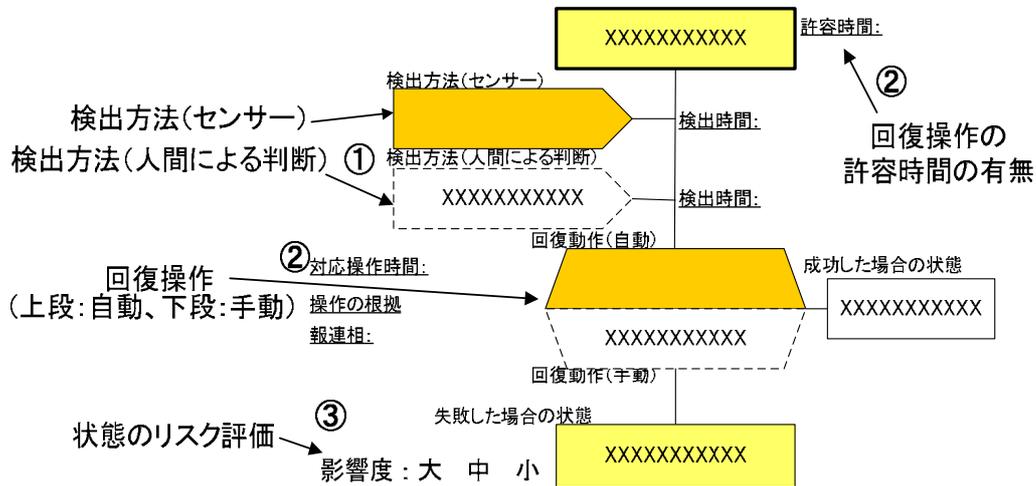


図5.7 回復操作の記述

4) 特徴4 (人とシステムの役割分担)

検出記述部分と回復操作記述部分では、図5.8に示す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ケースを示しており、上段に記述があつて下段が空欄であるケースは、何らかの方法で人に検知情報を伝える必要がある。また、許容時間から、その時間内に検出から回復操作が可能かなどの人とシステムとの分担の合理性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。

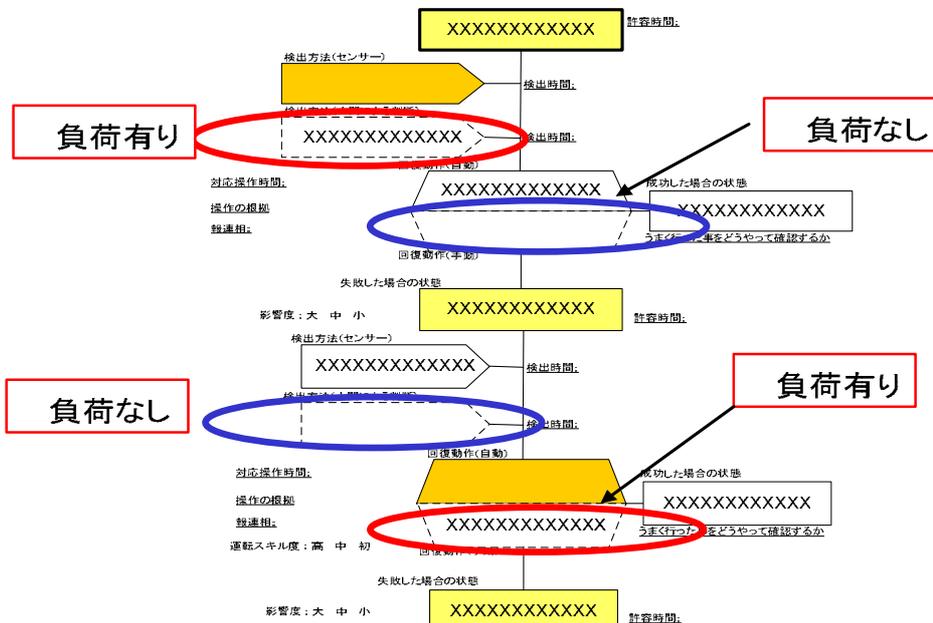


図5.8 人とシステムの役割分担

5) 特徴5 (運転方法改善の評価)

図5.9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5.9右側となり、運転員へ依存するブロック数は8→4に減らすことができる。この運転員の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。

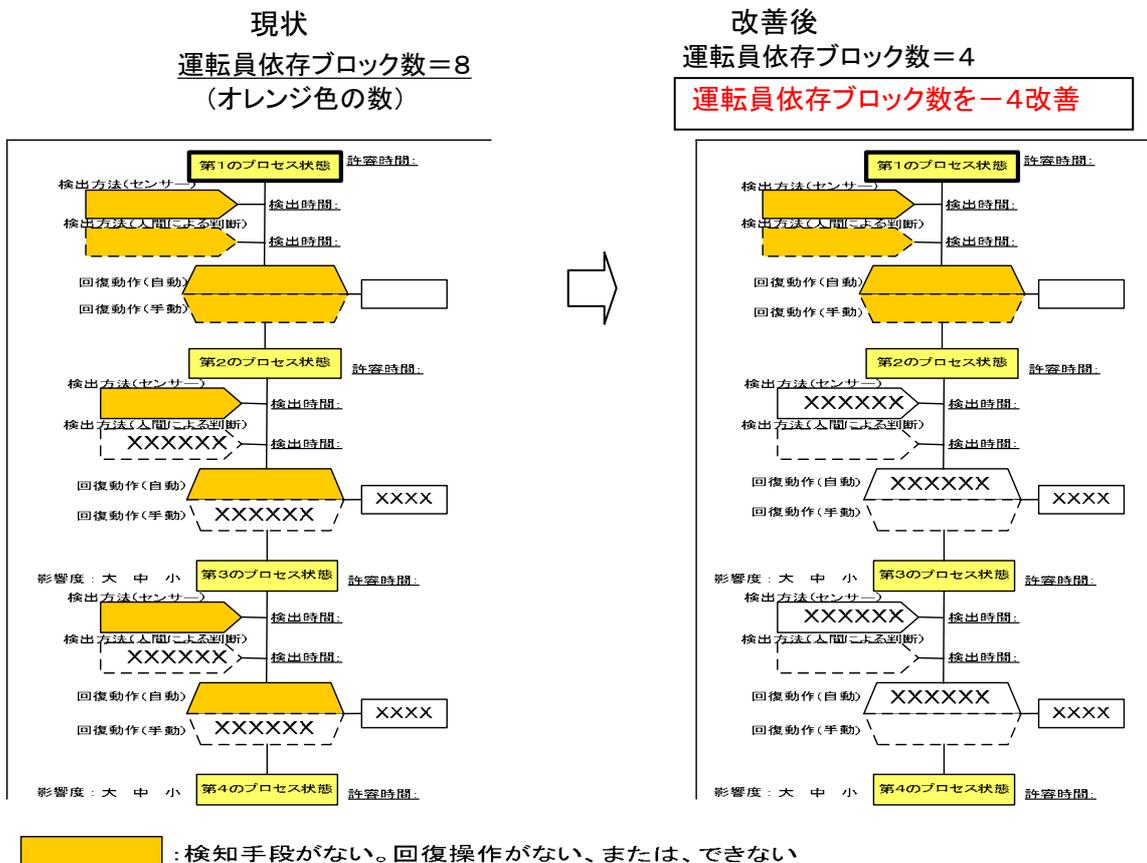


図5.9 自動化による改善の評価例

6) 異常時の経験の記述

運転員にとってベテラン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。

5. 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・徴候マトリックス（ベテラン運転員の持っている異常時の直感のベースとなる知識）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。

現在、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。全ての製造管理要素に対して 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。正常状態からのずれを起点として影響予測をして異常事象への安全上の防護策を講ずる手法が HAZOP²⁰⁻²²⁾であるが、ここでは安全だけではなく製造管理要素すべてを対象に検討を加える。この考え方はオペラビリティ・スタディそのものであり、HAZOP に限らず、思考訓練に関連する殆ど全ての進め方に共通している。筆者の所属する会社では前述したように、HAZOP については「オペラビリティ・スタディ」（1990）としてマニュアル化されている。運転員の思考訓練として PKY（プロセス危険予知）活動も HAZOP と同様に、「PKY」（1994）としてマニュアル化されて運用されている。残念ながら、実施することだけが目的になってしまい、議論された内容が活用できない状況になっている。

従って、全ての製造管理要素に対して PKY 的な活動を行うが、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 活動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、プラント稼働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、これを補うのに図 5. 10 に示す拡張 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。オペレータ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 の考え方を製造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、製造管理要素 (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ユニットという) 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。

このような拡張 PKY 活動を行うことにより、運転技術の体系化が可能になると同時にベテラン運転員の頭の中にある因果関係が原因・兆候マトリックスとして表出することが可能になり、結果的に運転員の異常時に働く直感の知識化に繋がると考えている。拡張 PKY から得られる ETOM チャートから原因・兆候マトリックスへの具体的展開方法は次ステップの課題としている。

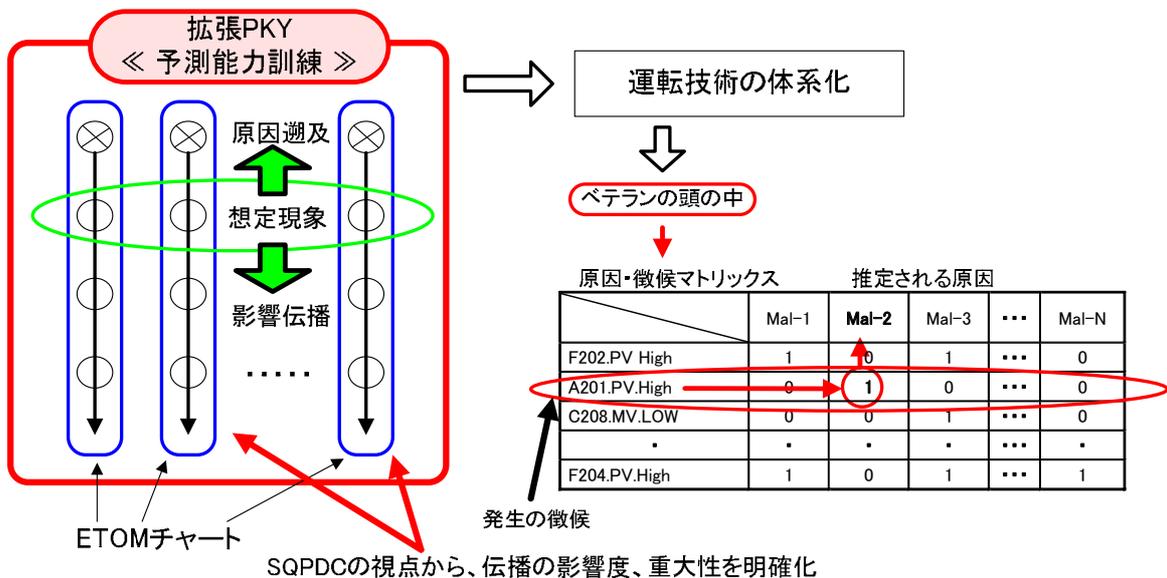


図5. 10 運転技術の体系化

5. 7 ETOMチャートを用いた新たな現場改善活動

運転現場での文書の実態を図2. 2に示した。日々の運転で蓄積される経験知識群に類する文書類の殆どは改善を目的としている。これらの文書は、図5. 11に示す通り、活用度で見ると、①設備中心とした改善、②全員に徹底させる目的で作られた一種のSOP、そして、③運転スキル向上を目的とした訓練の3種類に分類できる。それぞれの文書の生まれた目的の範囲での活用に限られており、文書に含まれる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ってくる。

図5. 12に示したようにETOMチャートを使ったいろいろ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。

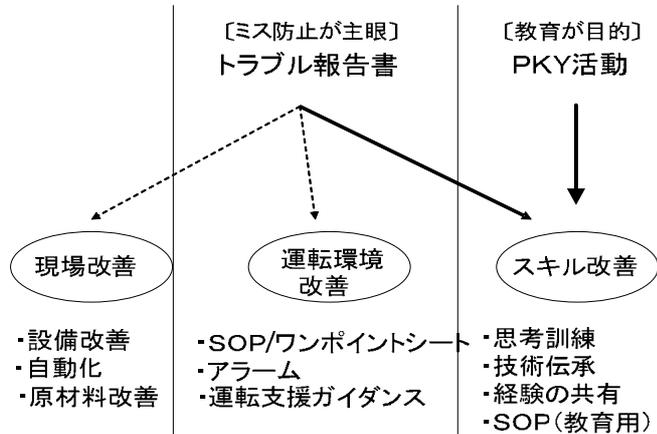


図5. 11 現状の改善活動

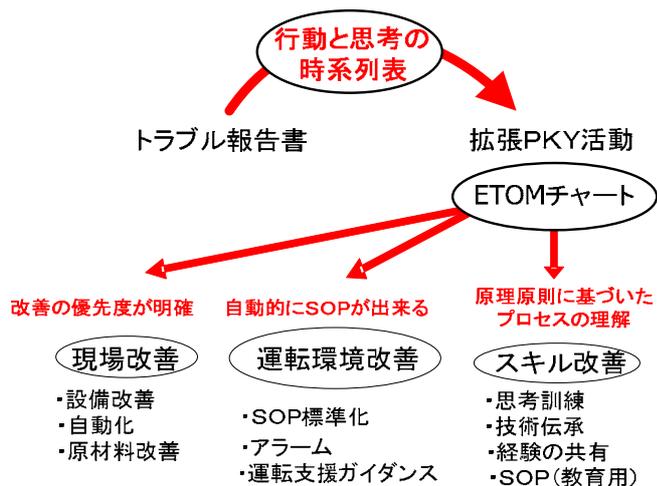


図5. 12 ETOMチャートを使った改善活動

(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。異常対応した担当者に、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。

5. 8 ベテラン運転員の直感を支える知識

第2章で述べた4つの課題の内、①運転手順の正当性評価と知識化、②思考の時系列分析から得られる因果関係とそれを説明する知識が基礎となる異常時の思考の2つのテーマに関連して、5. 3節の工程変動カードの時系列分析シート、そして、5. 4節のプロセス状態遷移に着目した ETOM チャートを考案した。また、異常時のベテラン運転員の思考過程については、筆者の運転経験をもとに、図3. 3「直感の土台」で考え方を紹介したように、ベテラン運転員がしばしば感じる直感や勘が異常時に際しての思考の中で決め手となる重要な働きをしていることが分っている。

五福¹⁹⁾はプラント運転のスキルについて、以下のように述べている。『プラントの安全な運転には、状況認識が重要であり、状況認識とは、「何かが起こっていることに気づき」、「何が原因で起こっているかがわかり」、「これからどうなるかの予測ができる」ことである。即ち、プラントの異常を検知し、原因推定を行い、将来予測ができることである。異常の早期検出には徴候が現れる着目すべきプラ

ント信号や異常発生時におけるプラント信号の時間変化の傾向に関する知識が必要である。また、異常原因の推定や将来予測を行うためには、異常原因と徴候やプラント挙動との関連におけるメンタルモデルが必要で、その多様性と正確性がパフォーマンスを決める。一方、バッチプラントでは運転員の直感（勘）と呼ばれたり、暗黙知と呼ばれる知識が重要である。また、定常的に運転するプラントでも、しばしば非定常運転が余儀なくされることが多い。そのため、プラント内での単位操作の知識だけでなく、変更前の運転履歴の把握が重要であり、操作とプラント挙動の関係の的確なメンタルモデルが必要である。』

筆者が経験から把握している内容と多くの点で符合している。本章でこれまで述べてきた運転ノウハウ抽出の仕組みがどのように運転員の異常時の直感の知識化に繋がるのか、図3. 3「直感の土台」と図5. 4「運転ノウハウの抽出手順」の関連づけを図5. 13に示した。①から④はその関連性を示している。

- ① 異常事例の時系列分析はプロセスの状態認識に応じた運転員の思考と行動を分析する。状態の認知・原因推定と伝播の予測・回復処置とその影響予測の思考の連鎖はプラント運転の基本であり、新人からベテランに至る全ての過程でこの思考の基本が変わることはない。そのため、ここで示した時系列分析の手順は、運転員の思考の標準的モデルを示したものと言える。この分析の過程で、ノウハウなどの知識の補強を行いながら、次ステップのETOMチャート化によって正しいオペレーションへの振返りで正しい経験の蓄積を可能にしている。こうして、運転に即した思考の順序で自身の記憶を再整理することが容易になる（経験のシナリオ化）。

直感の働きを考えると重要な点がある。人それぞれで事態の捉え方が異なることである。それは経験・知識の影響も大きい。プラント運転の場合、状態に対するリスクの感じ方によって、異常時の状況認識の仕方、感じ方の強さに差が出る。そのため、時系列分析での初期の異常の気づきと検出については、技術グループメンバーの参画を得て論理的な考察のもとで気づきのパターンを磨き上げることが重要である。このパターンは運転員の暗黙知として記憶され、その人の直感の基礎になるが、直接、担当した運転員の場合が最も鮮明な記憶として残る。拡張 PKY は想定訓練であるため直感の知識化の底上げには貢献できるが、強い気づきのパターンにはなり得ない。このことは異常時に自信を持って運転できる運転員の育成の

視点を示している。

- ② 時系列分析で得られたあるべき運転の姿をプロセス状態遷移に応じてオペレーションを記述することで異常時の SOP が出来上がる。言い換えれば、この ETOM チャートは異常時の SOP のモデル化ということができる。
- ③ 全ての製造管理要素について想定した異常事象に対する拡張 PKY を行う。これにより得られた ETOM チャートを集約することで運転技術の体系化が可能となり、異常時の SOP 化も可能になる。また、ここで得られた ETOM チャートの集合体は重要な意味を持っている。この ETOM チャートには定性的なプラント挙動に関する情報と異常状態のリスクの影響度やヒューマンファクターに関する情報も含んでいる。これらの情報から対象プロセスのそのプラントにおける重要性に応じた運転可能性の検討が可能になる。これまでこのようなオペレーションの立場での検討は殆どなされることはなかった。全ての製造管理要素に亘ったオペレーション設計の重要性を示している。次ステップでの重要な研究課題である。
- ④ 拡張 PKY から得られた体系化された運転技術は、異常に際して運転員が咄嗟に思い浮かべる因果関係を表している。殆どの運転員は異常を認識すると原因推定と影響伝播の判断のためそのプロセスの異常原因・兆候の因果関係を思い浮かべる。言い換えれば、因果関係のマトリックスは直感の知識化のひとつのモデルとすることができる。

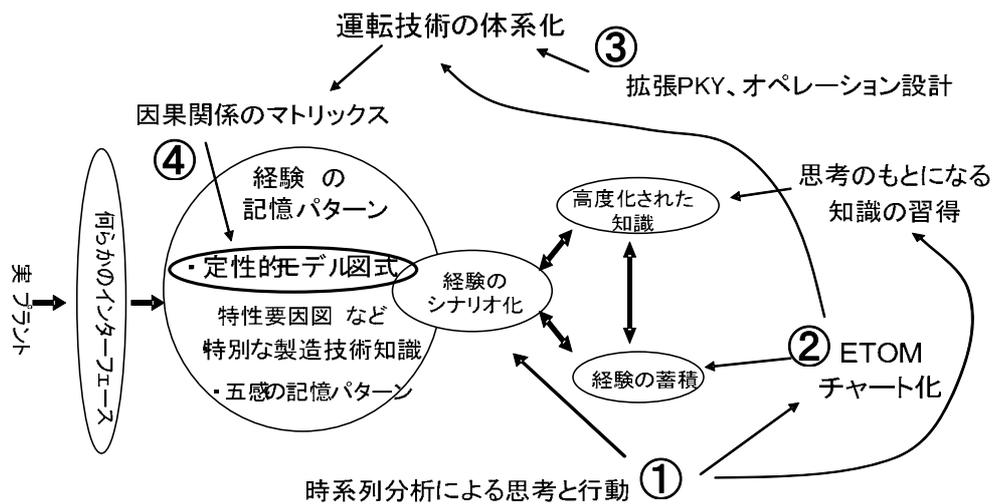


図5. 13 運転ノウハウの成長と直感の知識化

以上の考察から、運転ノウハウ抽出の仕組みをまとめた。

- ① 時系列分析シートは正しいオペレーションに見直すため思考ナビゲーション機能を持っており、運転管理の思考の一つのモデルと見ることができる。
- ② あるべき姿の ETOM チャート化は、異常時のプロセス状態に対応した操作を示した SOP のモデルと見ることができる。
- ③ 全ての製造管理要素に拡大した拡張 PKY から得られる ETOM チャートの集約から因果関係を示す体系的な運転技術が得られ、これにより思考訓練が可能になる。
- ④ 上記②③の ETOM チャートを加え合わせることによって得られる因果関係を表す原因・兆候マトリックスは運転員の異常時の直感の知識化の一つのモデルとみなせる。
- ⑤ ③の拡張 PKY の ETOM チャートからオペレーション設計（運転可能性検討）が可能となる。
- ⑥ 上記の全項目についてナレッジマネジメントの枠組みの中でスキル開発が可能となる。

5. 9 まとめ

第2章での優先課題の内、①運転手順の正当性評価と知識化、②思考の時系列分析から得られる因果関係とそれを説明する知識が基礎となる異常時の思考の2つのテーマに関連して、5.3節の工程変動カードの時系列分析シート、そして、5.4節のプロセス状態遷移に着目した ETOM チャートを考案した。

日々の運転から蓄積される知識の殆どは非定常操作である異常事例を通して得られる。そのため、この事例がまとめられている「工程変動カード」を分析した結果、運転員の行動と思考についての記述が全く不十分であることが分かった。現状の記載項目のみでの知識化は誤った知識を誘発する可能性があるため、運転員の思考と行動を時系列分析する方式を提案した。これは運転員としての標準的思考手順を示しており、運転員として極めて重要である。この表記がなされているのは、HAZOP だけであるが、安全に限った運用になっているので、運転業務へ拡張できない。そのため、時系列分析シートでは製造管理要素全てに亘って分析できるようにしている。

現在の工程変動カードは幅広い視点での分析がなされていない。そのため、運

転員をサポートする技術グループによる分析が必須で、これにより多くの運転面、設計面でのノウハウの引き出しが可能になる。運用に当たっては、技術グループの中に運転ノウハウに関連したナレッジマネージャーの存在が必須で、世代を超えて永続的に伝承する仕組み（ナレッジマネジメント）の核としての機能を持つ必要がある。

工程変動カードは品質異常が懸念される場合に使用され、関連スタッフとの連携を強め異常を未然に防止あるいは拡大を防止するのが目的である。そのため、トラブル全てに工程変動カードが作成される訳ではない。それ以外の場合は、引継ぎノートに記載される情報から、必要部分を抽出し、工程変動カードで議論した思考と行動の時系列分析を行う必要がある。

5. 8節では、運転ノウハウ抽出の手順（図5. 4）がどのように運転員の直感の知識化に繋がっているか、その関連性を示した。図5. 13に示す4つの関連性が運転ノウハウの成長と直感の知識化につながることを示した。

これまで、述べてきた運転ノウハウ抽出の仕組みは、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システムが必要である。

第6章 ナレッジマネジメントと運転員の育成

6.1 はじめに

運転ノウハウの伝承は運転員の育成過程の中で行われ、それは「運転員の能力開発」を議論することと同等である。この能力開発は、仕事の充実感、達成感を実現する重要な手段で日常の仕事の取り組み姿勢に大きな影響を与えるもので運転員にとって非常に重要である。第3章でも述べたように、運転ノウハウの伝承は、それに関するナレッジマネジメントシステム¹¹⁾の構築によって、自然にカイゼン風土が醸成され、その業務サイクルの中で伝承が自然な形で行われるようになることが望ましい。そのため、運転員の育成とノウハウ伝承を考えると、ナレッジマネジメントの仕組みの中で改善のためのPDCA(Plan-Do-See-Action)のサイクルがうまく機能していることが非常に重要である。

本章では、これらの伝承と育成についてナレッジマネジメントの視点から検討する。ナレッジマネジメントからこれらの伝承と運転員の育成を見ると、形式知化されたものを組合せ新たな形式知を生み出すプロセス〔連結化〕や、形式知化されたものを実践して自分のものにするという経験して暗黙知を獲得するプロセス〔内面化〕、そして、得られた暗黙知を他人に指導し広めるプロセス〔共同化〕の3つのプロセスが伝承と育成に絡んでいる。形式知や暗黙知のレベルアップが図られるプロセスは、他者との接点のある連結化そして環境との相互作用のある内面化であり¹³⁾、この二つのプロセスは育成の面では非常に重要なプロセスといえる。

ところで、運転員の持っている運転ノウハウというものは、表出化できるのはその一部でしかない。むしろ、表出化できず暗黙知としてしか存在しないようなものが、伝承したい運転ノウハウである。ここで重視したいのは、運転員の思考レベルの向上が育成の目的ということである。そのため、形式知の習得も幅を広げる意味では必要だが、暗黙知の習得と向上が最も重要である。暗黙知の習得とは、新しい経験で新しい暗黙知の獲得や、新たな環境の中で変化する既に持っている暗黙知の更新の2つを含む。運転員のキャリアパスを考えた場合、入社後、おそらく7-8年未満までは、新しい経験により新しい暗黙知を蓄積していくケースが多い。それ以降は、新しい暗黙知の獲得というのは余りなく、むしろ、設備や製品仕様の変化などに追従する中で、既存の暗黙知を更新することの方が多

い。そのため、このような背景も考慮して育成の仕組みのあるべき姿を考える必要がある。

本章では、先ず、6. 2節でアンケートからの運転員の実態を整理し、6. 3節でOJTの目標設定について、そして、6. 4節で運転員の役割から見た育成について述べる。次いで、5. 9節で述べた運転ノウハウ抽出と運転員の直感の知識化との関連性を考慮した育成の仕組みとして、6. 5節で運転ノウハウ抽出と思考訓練について、6. 6節でSECIモデル上での育成の位置づけについて述べる。

6. 2 アンケートからの運転員の実態

運転員は入社して三十数年間、運転員として働く。この間の育成は基本的にOJTであり、指導員とペアで日常の運転業務を体験しながらOJTで習得していく。1年程度のOJTで、上司の観察のもとで一人立ちするが、以降は基本的には自己学習主体のOJTで仕事の幅を拡大し、より多くの非定常作業を経験しながらベテランへと成長する。この間の育成について、運転員がどのように考えているか、アンケート調査から実態を整理する。2. 2節「技術伝承に関するアンケート調査」および分析に際しての聞き取り調査から、育成に関連した事項を表6. 1にまとめた。

表6. 1 運転員の育成に関連する事項

①	優れたOP像は、異常時にリーダーシップ、改善活動や関連知識の習得に意欲的な人。
②	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%。
③	運転時、不安を感じながら運転に望む方が、90%以上。
④	不安を感じるのは、「異常など非定常状態の対応」で、90%。
⑤	上司や技術スタッフに相談する時は、「異常時の対応」が、90%。
⑥	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。
⑦	過去の事例など見たい資料が出てこない。異常時のSOPがないので、学習できない。

優れたオペレータ像(①)とは、異常時にリーダーシップが発揮でき、改善活動や関連知識の習得に意欲的な人とある。つまり、運転員の役割は、決められたことを忠実にを行うこと、異常時に的確に対応すること、そして、改善活動に寄与することの3つ¹⁾があり、それぞれの業務に対しての育成指導が期待されていると見てよい。次に、運転に自信がない人、不安を感じながら運転をしている人の割

合が多いのが特徴的(②～⑥)である。不安を感じるのは異常時の対応と答えている通り、自信を持って運転できるようにするには、異常時、落ち着いて対応できるよう異常時の訓練を行う(疑似体験させる)ことであるが、作業熟練度向上のための訓練よりも、異常の認識と判断の思考訓練が重要である。また、異常時に際して過去の事例など参照したい場面(⑦)が必ずある。その場合、図3. 1に示す関連する知識を串刺しにした知識提供も運転支援の機能として望まれている。

次に、現状の育成(OJT、Off-JT)に対する運転員の意見を表6. 2に示す。

表6. 2 現状の育成に対する運転員の意見

①	自分が受けたOJTは、「役に立つ」が91%と良い評価。現在のOJTは、不十分:64%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経験にもと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、技術研修カリキュラムがあるが、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にもと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
⑨	誰でも平均的にレベルアップするのか、各人は夫々の分野でスペシャリストを維持しつつ、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

アンケート対象の3課で共通しているのは、定常作業のSOPによる学習をしているが、作業のノウハウや、しなかった場合の影響などについての考察は殆どしていない。運転員が不安に感じたり自信が持てないとする異常時の対応に関する思考訓練なども殆どできていない。プロセス対象毎のプロセス危険予知訓練(PKY)活動、ヒヤリハット(HH)活動が実施されているが、安全管理の面から実施することが目的のため、思考訓練になっていない。また、製造課の中で、OJT、Off-JT、多能工化のためのOJTなど色々な育成手段を考案してきているが、運転員個人のスキル開発モデル、運転スキル習熟度評価、運転班としての運転能力評価などはな

く、育成の拠り所となる基本計画や方策が明確ではなかった。運転員の不満の多くは、何を目標に自己啓発すればいいのか、目標が見えないことへの不安、不満と思われる。製造の管理者層に顕著なのは、生産性向上（少人化）のための多能工化への拘りであるが、その功罪の整理ができておらず客観的かつ公平な評価が必要である。

以上をまとめるとアンケートからは、下記の問題が浮かび上がった。

- ① 異常時の対応に不安を持ち、運転に自信が持てない。一方、管理者層は運転員が自己学習で定常作業(SOP)の一定数を習得すれば一人立ちさせるが、異常時対応の訓練などは全く受けていないため、運転員の心理的負担は増大の一途となる。発生したら皆で相談という対応になりがちな状態である。
- ② 運転のバイブルは作業標準書である。そのため、定常・非定常作業を基本的にSOP化し、常に更新することが製造の重要な仕事である。しかし、異常時対応では熟練運転員と技術スタッフに依存してしまい、運転ノウハウの中核である異常時の対応を伝承の困難な暗黙知にしている。
- ③ OJTには3種類ある。新人へのOJT、多能工化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。新人時代と昇格研修でのOJTの間隔は長く10数年に亘る。この間は多能工化のための自己学習が基本なので他人からの暗黙知の伝授もなく、運転スキル面では大きなレベルアップは期待できない。従って、この間は目標管理制度の中での改善業務で知識と思考の能力向上に期待するしかないが、個々の運転員のキャリアパスの設定がないので、それを考慮したテーマにはなりにくい。
- ④ Off-JTを受けた記憶がないという意見が思いのほか多かった。入社後5年目では運転に必要な知識を習得する意味で自由参加の研修がある。ところが、少人化の影響で運転員を研修に出すと、その間、補充として時間外勤務が継続して発生し残りの運転員に多大な負荷がかかるということから管理者層が敬遠するようになり、受講したくても受講できないという事態になっている。

アンケート分析では以上が特徴的な事項であるが、①～③に対しては、第5章で提題したETOMチャート、拡張PKYによる体系化された運転技術を活用した思考訓練が有効な解決策の一つになりうる。この思考訓練については、6.5節にて論じる。また、アンケート分析結果にもとづいて、製造マネージャー層に聞き取り調査したが、その結果、OJTやOff-JTの定義、育成の目標などが極めて曖昧で、且

つ、各自が個人的見解を述べているに過ぎなかった。この背景も探る必要がある。そのため、6. 3節ではOJTとOff-JTについて考え方を整理し、④の指摘にも踏み込む。次に、育成内容や目標については、本来、運転員に期待する内容に応じた育成方針を出す必要があることから、6. 4節で“運転員の役割から見た育成のあり方”について論じる。

6. 3 OJTの目標設定

「能力開発」は、企業の活性化や各人にとっての仕事の充実感、達成感を実現する重要な手段で、能力(業務遂行能力)の向上で成果が出れば評価される。結果的に達成感を持って積極的、意欲的に取り組むことができる。能力開発に最も有効な方法として、実践を通して技能・知識を学ぶ職場内で行われる教育はOJTと言われ、教育する人のレベル、考え方、教え方などで変わってきたり、経験が中心になってくる。この教育方式は、上司は部下を育てようという強い意欲を持ち、部下の能力を正しく把握し、教育目標を明確にして、部下の能力を引き出し、能力に応じた計画的な仕事の与え方をする。そして、部下の成長ぶりを絶えずチェックし、適切なアドバイスをする。このような行動があつてはじめてOJTと言える。今日のように、技術革新や企業環境が目まぐるしく変化している時代にはOJTだけでは不十分であり、Off-JT(職場外教育)を組み合わせる。つまり、運転員の育成は、OJTを基本として不足分をOff-JTで補完する。

ところで、このようなOJTやOff-JTの育成目標は一体、何が最終目標なのか。アンケートでは、運転員は教育の先が見えないので、自分で何をどこまでやればいいのか分からないという意見もあった。表6. 3に教育部門が製造部門へ育成の目標とすべき役割期待表(参考例)を示す。

この役割期待表に記述されている事項は、製造部門が発揮すべき能力と発揮された状態の目標レベルを示している。これをもとに、各製造部門ではプラントや運転形態の実態に即した具体的な役割期待などを設定し、それに応じて運転グループでOJT目標などが決められる。また、アンケートでは多くの運転員が十分に受けていないという教育部門主催のOff-JTは昇格研修の位置付けで全員対象ではないが、問題なのは、多くの運転員がOJTやOff-JTの不十分さを訴えていることである。OJTだけでは不十分な育成をOff-JTでカバーするというのが本来の考えであるが、現状の運転員育成方針では、OJTとOff-JTの全体を明記したものは

なく、表6. 3の役割期待表があるだけである。アンケートの指摘も考慮し、以下の方式を提案する。

表6. 3 教育部門の製造部門への役割期待（参考例）

能力項目		期待する行動
改善提案	現象解析	3現主義（現場、現物、現象）にもとづいて観察と分析によって現象を解析する
	改善提案	自ら問題意識を持ち、改善に取り組む
	事業性	事業の特質からみたプロセスの要件を明確にし競争力ある設備投資計画を立案する
組織化	リーダーシップ	課題達成のため、メンバーの力と知恵を結集し活用する
	ネットワーク	自分の誠意や意欲を示し、信頼性ある協力関係を築く。社内外から幅広く必要な情報が得られるネットワークを作り有益な情報を収集する
	現場調整力	状況を分析し裁量の生産状況を作り出すと共に、安全安定操業を実現するための環境づくりを行う
	メンバーシップ	安定操業を可能とするためメンバーの状況を理解し職場運営する
実行力	自己啓発	常に業務に関連する技術や知識の習得・レベル向上に努めそれらを職務に応用する
	工程熟知	現場の各工程や設備を熟知し、日々の運転状況を把握する。製品や設備・機器の変化、異常をすばやく察知し必要な処置をとる
	緊急時対応	緊急時、冷静に適切な判断と処置をスピーディに行う

役割期待が明確になれば、運転員個人別のキャリアパス（本人の特質、潜在的な能力、適性など）を考慮し、OJT 目標設定を行う。この時、計画的に表6. 4に示すようなプラントや製品などの知識の習得を可能とする教材を図3. 1の知識の構造から編集する。この編集については3. 5節・第2の視点（運転を取り巻く文書連携のあり方）で課題として挙げられており、ナレッジマネジメントの内面化に結びつく重要な機能である。このようなOJTの内容に合わせた自在の教材編集のような知識のバックアップのもとで、表6. 5に示す運転スキル表をもとに、本人の具体的な運転スキル向上目標の設定を行う。このような、プラント運転に必要なスキルと知識の全容が明示されていれば、運転員が目標を持って自己啓発することも可能になるし、上司も指導しやすく計画性が向上する。また、例えば、表6. 4の1・1 1項の化学工学などの共通知識を抽出することでOff-JTも事業所単位での実施など、少なくとも、現状よりは工夫し易くなる。

表 6. 4 プラント運転知識一覧表 (参考例) (1 / 2)

1. 技術全般	1.11 化学・化学工学	3.環境	8.2 計画工事
a.会社概要	a.化学	3.1 公害防止	a.作業計画
b.プラント名	b.化学工学	a.大気汚染防止	b.工事準備
1.1 プラント概要	2. 安全	b.水質汚染防止	c.保安操作
a.機器レイアウト	2.1 安全管理体制	c.産業廃棄物	d.安全確認
b.関連プラント	a.安全管理理念	d.劇毒物取締法	e.監督・立会い
c.組織	b.環境安全方針	e.放射線法	f.予算管理
1.2 プロセス概要	c.環境安全保安組織	4.運転管理	g.工事安全システム
a.原料製品の流れ	d.労働災害	4.1 運転管理区分	h.保全システム
b.製造原理	e.KY 活動、PKY	4.2 定期点検	9.生産管理
1.3 ユーティリティ	f.ヒヤリハット活動	4.3 運転調整	9.1 生産管理
a.種類	2.2 安全行動	4.4 定常作業	a.操業管理
b.役割	a.安全基本動作	4.5 非定常作業	b.原価管理
1.4 主副原料	b.安全基本作業	4.6 分析・測定	c.品質管理
a.主副原料の種類	c.安全基本操作	4.7 設備保全	d.予算管理
b.主副原料の役割	2.3 燃焼爆発	a.主要機器	e.備品予備品管理
1.5 P&ID、PFD	a.燃焼の化学	b.弁、ボルトナット	f.原料副原料管理
a.読み方	b.静電気	c.配管、パッキン	10.技術管理
b.活用の仕方	c.爆発の化学	d.グランドパッキン	10.1 技術管理
1.6 機器	d.爆発の種類	e.潤滑油	a.技術基準
a.主要機器	e.消火原理	f.フィッティング	b.技術標準
b.付属機器	f.消火器・消火設備	g.軸受け	c.作業標準
c.保安設備の概要	g.混合危険	h.メカニカルシール	d.技術情報
d.保安設備	2.4 産業衛生	i.伝動部品	10.2 合理化計画
1.7 計装	a.有害物質	4.8 特殊機器運転	10.3 トラブル事例
a.計装フローシート	b.中毒	5.スタート操作	a.トラブルシューティング
b.計装記号	c.保護具	5.1 計画スタート	11.品質管理

表 6. 4 プラント運転知識一覧表 (参考例) (2 / 2)

c.ループ構成	2.5 作業環境	5.2 緊急スタート	11.1 品質管理
d.シーケンス制御	a.作業環境	6.ストップ操作	a.製品規格
e.インターロック	b.酸欠危険作業	6.1 計画ストップ	b.品質システム
f.検出部	c.タンク内作業	6.2 緊急ストップ	c.PL 法
g.調節部	2.6 安全性の確保	7.異常時処置	12.法規対応
h.操作部	a.災害の原因	7.1 アラーム発生時処置	12.1 定期検査
i.計装制御システム	b.信頼性	7.2 インターロック作動時処置	a.適用法規
j.アラームシステム	c.セーフティ・アセスメント	7.3 緊急時体制	b.検査
k.インターロックシステム	d.人間工学	a.防災体制	12.2 許認可等申請
l.分析計	2.7 防災設備	b.緊急連絡系統	a.適用法規
m.PID 調整	a.緊急遮断装置	7.4 用役トラブル	b.申請
1.9 電気	b.ガス放出装置	a.用役緊急処置指針	13.労務・教育
a.電力系統	c.破裂板	b.用役喪失	13.1 労務管理
b.保安電力	d.引火防止装置	7.5 異常気象	a.職場方針
c.電気制御装置	e.爆発制御装置	a.集中豪雨	b.職場環境
d.誘導電動機	f.防爆電気機器	b.台風対策	c.人事制度
e.故障表示	g.除害設備	c.寒波対策	13.2 資格取得
f.シーケンス図	2.6 保安諸規定	7.6 火災処置	13.3 TPM
g.測定器具	2.7 適用法規	a.自衛消防	a.TPM の目的
h.移動用機器	a.保安四法	7.7 地震対策	b.TPM の運営
1.10 DCS	b.高圧ガス保安法	8.工事	13.4 小集団活動
a.機能	c.消防法	8.1 定期修理	a.メンバーシップ
b.制御構成	d.労働安全衛生法	a.組織	b.リーダーシップ
c.条件の設定	e.コンビナート等災害 防止法	b.実施計画	c.手法・技法
d.画面操作展開		c.実施中の管理	d.提案活動
e.キー操作		d.保安管理	

表 6. 5 プラント運転スキル表（参考例）

	入社後3年未満	入社後3～7年	入社後8～15年
目 標	<ol style="list-style-type: none"> 1. 生産計画から運転操作の順序がわかる。 2. 担当する工程の主要な設備の運転操作と安全のポイントがわかる。 3. 後処理工程の品種切替作業が上司の指示の下で一人で実行できる。 4. 担当する工程の安全維持活動を上司の下でできる。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 生産計画に基づく工程の運転が一人でできる。 2. 担当する工程の運転管理ポイントの幅を広げた運転ができるようになる。 3. 工程を安定運転するための処置や上司との確な報連相ができるようになる。 4. 工程改善のやり方を習得する。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. マネージャあるいは技術リーダーとしてプラント全般を把握、問題の対策が可能。 2. 意図する方向へ部下をリード、関連部門と調整が可能。 3. 事業の状況を把握し運転管理できる。 4. 工程安定・安全と生産性向上に繋がる改善が推進できる。
運転スキルの達成イメージ(例)	<ol style="list-style-type: none"> 1. 正常時の工程の生産順序がわかる。 2. 運転開始操作と停止操作、品種切替え操作の SOP が理解でき、一人で実施できる。 3. 工程の設備の機能、構造がわかり、スタート・ストップができる。 4. 工程の安全設備の意味がわかり、アラーム発生時の意味がわかる。 5. 法規による定期点検業務やチェックリストの意味を理解し、現場点検が一人でできる。 6. 担当工程の運転標準書の内容がわかり、上司の下で実行できる。 7. 職場のルールが身についている。(報連相、安全行動など) 8. 安全活動(ヒヤリハット、危険予知活動など)がメンバーと一緒にできる。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 担当する工程の異常対応ができるよう主要設備のくせや動きが把握できる。 2. 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) 3. 工程状況をよく監視し、兆候を見出すなど工程の安定化運転を考えるようになる。 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ずつ、できるようになっている。 5. 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に努めている。 6. 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。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 事業の状況を把握した運転管理を部下へ指導し、関連部署をコントロールしている。 2. プラント全般の状況を常に把握し先手を取ることを心がけている。 3. メンバーの運転スキル向上およびチームとしての運転能力向上に計画的に取り組んでいる。 4. 製造運転技術の強化に常に取り組み、工程改善を推進している。 5. 情報収集を行い、全体の進行を把握している。 6. 運転情報共有化による業務効率化と高度化の意識を持った施策が出せる。
指導図書	<ol style="list-style-type: none"> 1. 新入社員研修資料 2. プロセスフロー(P&ID、主要機器仕様、レイアウトなど) 3. 技術標準、作業標準 4. 設備技術教科書(技術学校資料での基本編) 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 技術標準(品質、安全等) 2. プロセス改善マニュアル(PKY、HAZOP など) 3. DCS(制御内容)など主要機器の操作要領 4. 重要工程のノウハウブック 5. QC など 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 技術標準(品質、安全等) 2. 生産管理、品質管理、安全管理など 3. 事業部事業計画、製造管理方針など

6. 4 運転員の役割と育成について

1) 運転員の役割と分類¹⁾

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、まず標準作業手順書(SOP)で定められた作業を忠実にを行うことが求められる。プラントの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、競争力向上のための改善活動の担い手としての第三の役割がある。運転員の役割をこのように業務内容によって3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と考えられる。

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

2) 運転員の置かれている現状

競争力向上のための少人化による負荷の増大、市場への柔軟な生産対応のための仕事内容の変更頻度の増大や複雑化によって、運転員の負荷は年々増大している。また、運転管理室統合化に伴う複数のプラント運転を可能とする多能工化で、一層の少人化が進められている。このような環境変化に伴う運転員側の問題点を把握しておく必要がある。

(1) 運転員の役割と習熟レベルに関する問題点

- ・ 3つの業務に応じた計画的な教育と訓練が必要である。
- ・ 運転員負荷の増大の中での業務レベル維持向上には習熟期間の短縮化などの施策が条件になる。
- ・ 第三の業務は、3現主義を基本とした“あらゆるムダの排除”を行うこと(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、専門技術スタッフからオペレータへ原理原則と言われる知識などを与え、プロセスを見る目を養成すると共に改善のPDCAサイクルを学ぶ機会を改善目標の内容に沿って設定する。

(2) 多能工化の課題

少人化の推進策として多くの企業が取組んでいる多能工化には図3.6に示すような二面性がある。これまでは闇雲にSOPの習熟に取り組んできたが、その弊害も顕著になってきていることをアンケート結果が示している。

- ・これまで、図3.6に示す工程カバー率向上（SOPの習熟数向上）だけを目指してきたため、運転能力が高いとは言えない水準で平均化された。そのため、あらためて多能工化の長所・短所を整理し、垂直的および水平的多能工化の意義の明確化が必要である。
- ・班の運転能力向上のため班編成問題や運転員育成モデルの設定も課題となる。
- ・現状の多能工化の方法は、自ら習熟するSOPを定め自己学習で概要を把握し、指導員からは初回の指導を受け以降は自己努力で習得する方式で、自己学習が基本のOJTである。初回だけの指導では殆ど作業手順の指導が主体となる場合が多い。本来のOJTは、作業の必要とされる背景や期待される状態や外れた場合の影響やその処置など、今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ことが目的である。初回の指導でこれらが伝承される筈もなく、形だけの伝承になっている。これらの知識、知見が教材として自在に編集できることも重要だが、“SOPから何を学ぶのか”から考え直し、その上で運転能力の評価と育成の考察が必要である。

（今のSOPには問題がある。現状のSOPは運転員の学習能力にかなり依存している。新人とベテランとは同じSOPを読んでも理解度がかなり違う。書かれている内容に応じて自分の頭の中に対象のモデルができるが、ベテランのようにそのモデルが正しければ続いて読む内容も理解しやすい。しかし、新人は理解できるだけのモデルが頭の中にできないので読んでも理解はできない。読む人のスキルの違いを考慮してSOPを作成する必要がある。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状態にすることが伝承には非常に重要であることを意味する。これは次ステップの課題である。）

(3) スキル習熟と関連文書

運転員が定められた役割を果たすためには、一定の訓練指導を受けて体得した実務経験が大きく左右する。運転員全員が同じ経験をするのは殆ど不可能であるため、各人の経験を共有化することが必要で、このための試みがこれまでいる

いろな形で行われてきた。例えば、手順の変更などを SOP の改訂に反映する、状況判断の重要な注意事項などはワンポイントシートなどに書き込み共有化するなどがある。運転員が独自に改善提案して自分たちでルールを創造し実践することが推奨されているため、体系化されていない(認定レベルの異なる)文書が多く生み出される背景にもなっている。

運転員が関係する文書は図 2. 2 (2. 2 節) に示すように、2 つに大別できる。第一の文書は技術標準、作業標準、検査標準などの“運転の定義集(Know-How Book)”と言われる文書で、第二の文書は日々の運転で蓄積される“うまく運転するための工夫集”と言われる文書である。つまり、定常状態での運転を定めている第一の文書を、日々の運転で蓄積される第二の文書が補完していると考えることができる。ここで運転員がそれぞれの役割を果たす上で、現在、存在する文書類がどのように使われているかについて整理する。

① 業務 1 : 標準作業手順書(SOP)の確実な実行

- ・ SOP などはプロセスに対応して他の文書類と関連付けて整理されている。
- ・ 標準文書類は OJT 教育などに活用できる形に整備されている。
- ・ ISO 管理文書として体系化されているため使い勝手が悪い。

② 業務 2 : 異常の発見と適切な処置による異常の未然防止

- ・ 今までの文書は、異常発見・処置に関する情報が未整理のまま散在しており、蓄積・活用の段階にない。関係する文書類を情報の質によってまとめたものを図 6. 1 に示した。
- ・ 一連の情報(正常からのずれの気づき→原因→現象→影響→対応→HF など・・・)の一部だけを取り出しているが、全ての情報を同じ流れで書いておけば活用しやすくなる。活用しやすい情報の仕組み、蓄積しやすい情報の整理・体系化が必要である。

③ 業務 3 : 製造現場での改善活動

- ・ プロセス・品質・作業改善のためには幅広い知識が必要であり、専門スタッフを含めたグループウェア環境による情報共有が必要である。現状は、他の専門スタッフやオペレータとの共有化は余りない。
- ・ 活動の成果は SOP 改訂などに結果が反映されるが、改善プロセスそのものの工学的説明による共有化は余りない。

この改善活動に関連する文書はノウハウなどの知識が含まれているため、文

書連携の仕組み（グループウェア）の中で使える状態にしておくことが製造の技術活動として非常に重要である。

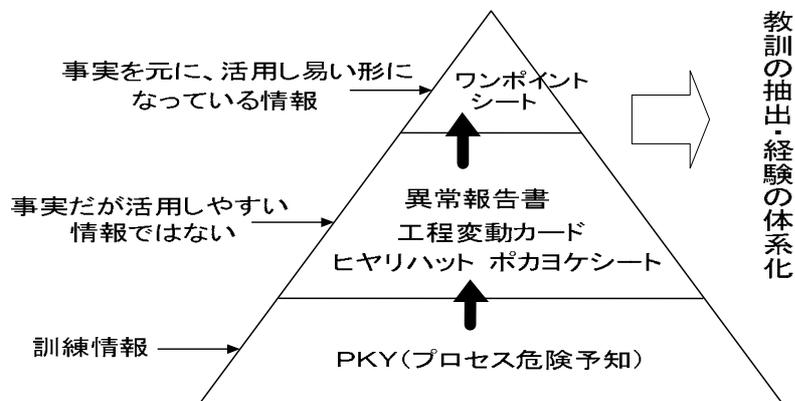


図6.1 書類の位置づけ

3) 運転員のライフサイクルマネジメント

運転員育成は新人からベテランにいたる過程で本人の能力と人事評価制度の標準的昇格パターンを参考にしながら行われている。この人事制度での Off-JT 教育は昇格の節目での教育であるため、運転員としての実質的な教育は製造現場での OJT 教育となる。現在の 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、教わる側の資質に左右される。また、3 交替の各班の運転能力に差が出ないように一定レベル以上の能力を維持せねばならないが、すべてマネージャーの裁量に頼っている。

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、製造現場での教育は非常に重要な位置を占める。各業務の教育の課題をまとめた。

- ① 業務 1：SOP の習得に必要な資料はほぼ整備されているが、手順の背景となっている Know-Why などの理解を進める必要がある。
 6. 4 節 2) 項・多能工化の課題でも時期の課題として述べたが、SOP の書き方に問題があることを指摘しておく。
- ② 業務 2：異常時における作業は、経験豊富なオペレータが中心となって対応してきたが、事例の学習が参考になる場合が多い。PKY を幅広く網羅的に行う

オペラビリティ・スタディによる思考訓練が有効と考えられる。

- ③ 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、マネージャーや技術スタッフ（設備や工程改善）などヘ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も課題である。

以上、各業務について見てきたが、今後、以下の課題解決に優先的に取り組まねばならない。

- (1) 第一、第二の文書の連携を考慮した SOP ベースの教育方式の検討
- (2) 教訓の抽出と経験の体系化
- (3) プラント異常時対応の思考訓練
- (4) 運転員育成のためのスキル開発モデルの作成
- (5) 育成計画の立案と評価
- (6) 多能工化の合理的評価（生産計画とリンクした個人と組織の運転能力評価方式）

6. 5 運転ノウハウ抽出と思考訓練

第5章にて、運転ノウハウの表出化とそれをベースにした拡張PKYによる運転技術の体系化を提題し、5. 8節では運転ノウハウの成長と直感の知識化の関連性について述べた。異常事例の時系列分析ではその分析手順がプラント運転における運転員の標準的な思考モデルとみなせること、ETOMチャートは異常時SOPのモデルとみなせること、また、拡張PKYから得られるETOMチャートは事例から導出されるETOMチャートとあわせることで異常時の直感の知識化の一つのモデルと見なせることから、これらのモデルの理解と活用のための思考訓練が重要になる。図6. 2において運転ノウハウ抽出の流れの中の①から⑤で行うべき思考訓練について育成上で留意すべき事項を示す。

1) 運転員の気づきから ETOM チャート化

運転員の思考モデルである時系列分析シート(①)の手順で経験した事例を記述させる。技術グループメンバーの知識をもとに運転員の経験を正しいオペレーションに見直し ETOM チャート化(②)させる。

(注1：すべての異常事例に対して行い、全ての運転員にプラント運転の標準

的思考を徹底させる。定期的なチェックも必要である。)

(注2：技術メンバーの参画は必須)

2) 運転員の気づきのパターン化

時系列分析(①)では初期の異常の気づきと検出が最も重要である。この気づきのパターンはその人の直感の基礎になり、経験した運転員だけに鮮明な記憶として残る。異常時に強い運転員の育成および従来より短時間でベテランの域に達するには、計画的かつ継続的なこの訓練が必須である。

(注3：技術グループメンバーの参画を得て論理的な考察のもとで気づきのパターンを磨き上げることが重要である。)

(注4：個人別スキル開発表をもとに、日常の異常体験の運転員に対し①→②を実施する。異常の規模は関係なく、ミスオペも対象に入れる。)

3) 拡張 PKY による運転技術の体系化

計画的にプロセスを決定し製造管理要素全般について想定事象について ETOM チャート化(③)する。1) で得られた ETOM チャートと合せて運転技術の体系化として蓄積する。この時、1) の ETOM チャートは事例としても記録することが重要である。

(注5：計画的に全プロセスに対し実施し体系的に運転技術を蓄積する)

4) 原因・兆候マトリックス化

3) で得られた運転技術の体系を原因・兆候マトリックス(④) (直感の知識化の一つのモデル) として整理する。

(注6：技術グループメンバーの指導で進める必要がある。運転技術の体系やマトリックスは技術グループで管理される。)

5) 直感の基礎としての知識の増強

4) のマトリックス(④)は因果関係が感覚的に分りやすく表形式にしたもので、実際の異常時では直感として作用することが期待される一つの異常診断モデルとも言える。個人の直感を補強するものである。

6) オペレーション設計への展開

3) の拡張 PKY での ETOM チャートでは運転可能性検討 (運転のし易さの指標の検討を含む) (⑤) が重要である。

(注7：計画的に技術グループ主催で行う。プラント設計への応用を念頭に進めることが重要である。)

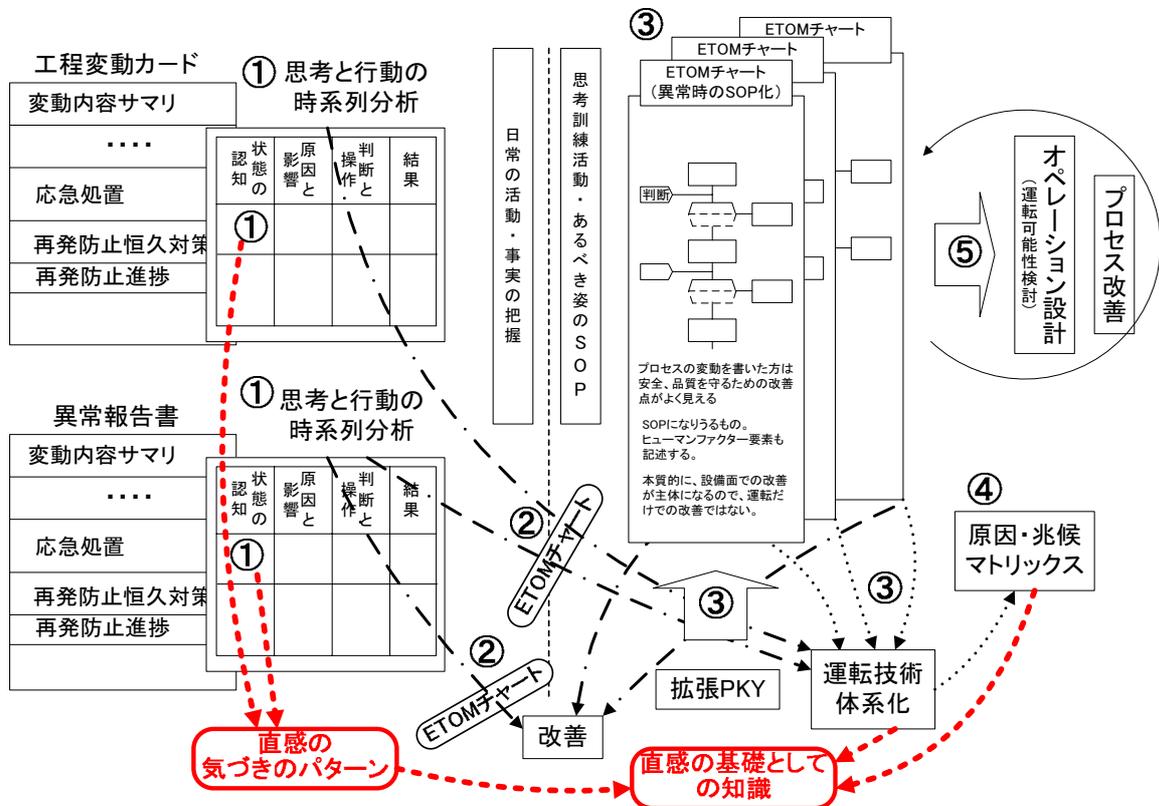


図6.2 運転ノウハウ抽出と思考訓練への展開

上記のOJT、Off-JTはいずれも運転ノウハウに関するナレッジマネジメントの核となる技術グループが中心となって企画指導することが望まれる。

以上の考察から、運転員のスキル評価を5段階で考える必要がある。表6.5の3段階（一般的なスキルや多能工化OJTなどはこの3段階で考えればよい）に、2段階（異常対応能力、緊急時対応能力）を追加する必要がある。工程改善力も異常対応能力に加える必要がある。上記の4つの思考訓練は、改善やリスクの視点を含めた総合的な視点でのオペレーションの把握と異常時の対応能力向上を可能にするので、この思考訓練を中心としたOff-JTは、追加する2段階への重要なOff-JTとなる。

6. 6 SECIモデル上での育成の位置づけ

アンケート分析の結果では殆どの運転員が不十分と回答している。また、アンケート調査に先立つ製造マネージャーやベテラン運転員からの聞き取り調査でも現状の育成方式には問題を感じていることが分かった。そのため、先ず、ナレッジマネジメントの視点からこれまで行われてきた育成について考え、次いで、今後の育成について考えることにした。

1) これまでの育成方法のナレッジマネジメント上での位置づけ

ナレッジマネジメントの観点から、これまで実施してきた育成を考えてみる。

図6. 3はこれまで記述した各項目をSECIモデル上に位置づけたものである。

アンケートでは、運転員の育成は3種類のOJT（新人、多能工化、昇格研修）が主で、これらは図6. 3の共同化に相当する。新人OJTでは教材はSOPなどだが、現実の指導は説明をしながら作業を通して繰り返し経験することで習得していく。多能工化のOJTは、事前に対象工程のSOPを理解し、指導員よりSOPに沿って指導を受け、以降は自己学習で繰り返し体験し習得する。多能工化のOJTでは指導員による指導は基本的には一度だけであるため殆ど定常作業だけの指導に終わる。異常時の対応は殆ど理解することもできず、定員化される。従って、運転現場にはノウホワイなどの知識が伝わる環境はなく、ワンポイントシートなど部分的なSOP化、表出化があるだけである。

運転ノウハウの質の向上のためには、既存の形式知を組み合わせ新たな形式知を生み出す〔連結化プロセス〕とそれを実践して新たな暗黙知を獲得する〔内面化プロセス〕が重要である。例えば、手動の運転操作の手順をDCSの画面上に対話形式で入力し、SOPの電子化を狙ったものがある。KP（山武）やExapilot（横河電機）などのツールを利用し、標準化されていない操作手順をDCSの画面を通して担当者間で理論的な背景や各人の過去の経験などを総合して、新たな操作手順を生み出し標準化するものである。現在のこれらの運用形態を見ると、完成させる過程でナレッジマネジメントのプロセスは実行されていると言える。表出化・連結化・内面化である。しかし、これらの3つのプロセスの過程を記録する仕組みがないため、新たな暗黙知から新たな形式知が得られたとしても、そのこと自体が暗黙知となっている。検討グループ内での暗黙知の獲得や伝承に限定された仕組みと考えている。

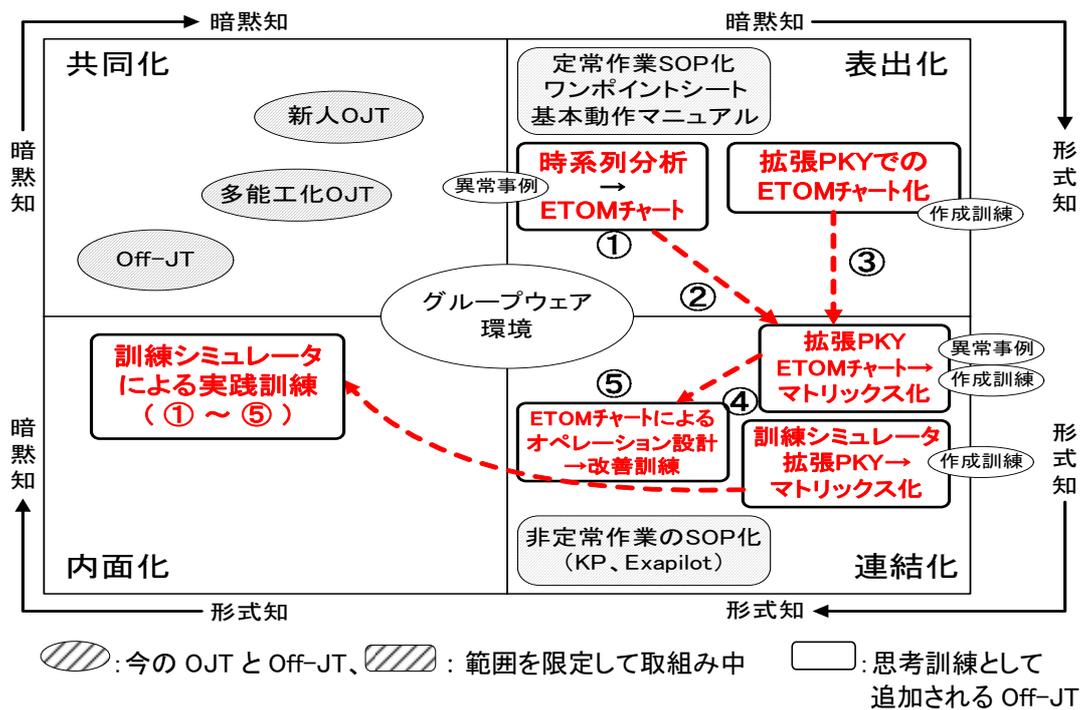


図6.3 SECIモデル上での育成の位置付け

2) ノウハウ伝承から見た育成の考え方

プラントは複数の工程で構成され、それぞれの工程について、製造管理要素ごとに異常対応などを明確化したものは運転技術の一部である。この表出化の一つの手段が拡張PKYである。これから得られる体系化された運転技術は、製造技術のノウハウと言えるもので環境の変化に常に晒されている。

一方、運転員は、新人からベテランへ成長する中で、スキルに応じて運転ノウハウを習得している。この運転ノウハウとは個人の頭の中にある“暗黙知”のことである。これまで、ノウハウ伝承が困難になった理由に、経験の機会の減少が挙げられている。この解決策の一つが、時系列分析やETOMチャートによる思考訓練である。異常事例に限らず日常の運転操作を振り返ることでスキル向上と運転ノウハウの獲得は可能である。

このように製造技術のノウハウも、個人の暗黙知も常に変化している。これらが関連し合ってレベルアップしていくような育成方式がないと変化に追従することができない。ナレッジマネジメントは、“知識の獲得、創造、活用、蓄積”を通じて個人と組織の能力向上を実現させる手法であり、4つのプロセスをスパイラルアップさせることで変化に対応できる。ノウハウの伝承と育成にはこの考え

方の活用は効果的と考えている。

3) 思考訓練のナレッジマネジメント上での位置づけ

運転ノウハウ抽出の流れの中の①から⑤の位置づけを図6. 3に示している。

6. 5節で述べたこれらの育成上の留意事項とノウハウ伝承から見た育成の考え方を考慮し、4つの思考訓練にまとめた。

(1) 運転員としての思考訓練 (①、②)

- ・ 時系列分析シートに従った思考訓練を計画的に全員対象に行う。
計画的かつ継続的に、全員が対象になるよう異常の有無に関らず、実施者に対し、運転操作に関する認知から一連の思考の振り返り訓練を行う。
- ・ 個人別のスキル開発表が必須である。また、スキルのランクはSOPの実施レベルだけで決めるのではなく、知識を含めた思考能力のランク付けが必須である。

(2) 運転技術の体系化と改善の視点の訓練 (③、④、⑤)

- ・ 計画的な拡張PKYを行い、プロセス診断の一つのモデルとして運転技術体系化を位置付ける。
- ・ 運転可能性検討による新たな視点での改善活動への展開。

(3) 実践 (訓練シミュレータ活用) による気づきの訓練 (①、④)

- ・ 異常の程度に関らず、異常対応の実施者に対する初期異常の認知に重点を置いた一連の思考の振り返り訓練を行う。気づきのパターン化が課題であり、異常時に強い運転員の育成には欠かせない訓練である。

(4) 実践 (訓練シミュレータ活用) でのスパイラルアップ訓練

- ・ 実践 (訓練シミュレータ活用) による上記の訓練 (1)、(2) を組み合わせさせたスパイラルアップの訓練で異常対応能力向上を指導。

これらの訓練の目的は、運転員自身の運転スキル向上とノウハウ蓄積そして変化に対応する手段の修得である。そのため、第4のスパイラルアップの訓練が重要である。また、この思考訓練の実施方法とその内容は、目的に応じて決める必要がある。製造技術ノウハウの変化への対応と個人のスキル向上の2種類について方式を決めることになるが、次の運用段階での課題である。

筆者の所属する会社では、小規模だが訓練シミュレータ (ボイラプラント) がある。このシミュレータを図6. 3の訓練モデルとして活用することを考えており、次ステップの研究計画で具体化させる予定である。ボイラ対象のETOMチャー

トや原因・兆候のマトリックスの作成訓練と得られたマトリックスを利用した異常処置訓練を新たな運転ノウハウ抽出の課題としてとりあげる。また、ETOMチャートを利用したオペレーション設計から改善へのアプローチについても、Off-JTに含める予定である。

6. 7 まとめ

アンケート調査結果では、運転ノウハウを「ベテランの異常時の対応」とする意見が大半を示した。異常時の対応はSOP化されず人の伝承に頼っていること、異常時の対応に不安を抱えて自信のない運転業務を強いられている実態が浮かび上がった。また、現在のOJT、Off-JTにベテランを含めた多くの運転員が不満をもっており、管理者層への聞き取り調査ではOJT、Off-JTの定義も運転員への育成目標もあいまいになっていることがわかった。一方、人事部門が定めた職掌（職務）は明確であり、現場の事情を考慮したスキル開発モデル、評価指針を整備する必要がある。そのため、運転員に期待されている3つの業務を洗い出し、それに必要な育成方式を考えた。具体的には、運転員がもつべき運転知識の体系化をもとに、キャリアパスにおける3段階のスキルアップ計画を示した。これによって、運転員の自己啓発の目標設定が容易になったこと、また、レベルに応じて必要となる教材を自ら編集して自己啓発に用立てることが可能になった。この枠組みは今後、更に詳細化を図って現場で実行することになっている。

多能工化のための自己学習で行うOJTに対する不満もある。この教材は正常時の手順書(SOP)しかない。過去、異常が工程のどこで起こったのかを知らない不安である。前述の教材が自在に編集できることは大きな自己啓発上の武器になる。

次に、運転員の3つの各業務について検討した結果、多能工化のもつ二面性が明らかになった。多能工化ではすべての作業を平均的にこなし、全体を同じレベルで見渡せる能力を持たねばならない。もう一つは、プロセス改善のためにプロセスの原理原則が分らなければならない。このためには目標管理制度の中での工程分析能力（QCなど）の習得などが中心となる。この二つのニーズに対するOJTは重要な課題である。

現状では、SOPのない作業に対して運転員の個人差排除の目的で、作業手順の電子化（KPやExapilotなど利用）を行っている。これをオンライン化し実際のプロセスへ適用し評価を行い、再度、修正を加え、実践し評価するというPDCAサイクル

ルが廻っている。これは、連結化と内面化が交互に行われ、この過程で暗黙知のレベルアップが図られ、同時に、他のメンバーへの伝承も行われることになり、共同化プロセスも実施されていると見ることができる。小規模ながら、ナレッジマネジメントの知識創造プロセスのサイクルが廻っていると見ていい。このように運転員のノウハウの蓄積や伝承には、ナレッジマネジメントの4つのプロセスの内、連結化と内面化が暗黙知のレベルアップに直接、繋がるだけに、特に重要である。この2つのプロセスに跨るような育成シナリオを強化しない限り、問題は解決しない。異常対応能力向上の訓練として挙げた4つの思考訓練がこれに対応すると考えている。

第7章 結論

本章では、各章でのまとめを整理し、研究として継続せねばならない事項について言及する。

研究目的について

多くの製造業では世代交代や伝承の課題を抱えながら有効な手を打てずにきている。一方、競争力強化のため多能工化などで少人化を推進してきたが、その過程で運転業務の実態に余り目を向けてこなかった状況もある。そのため、運転員の立場に軸足を移し、まずは運転員が自信を持って運転できる状況を創出し、その上で運転ノウハウに着目した運転・製造技術・設計・保全等の運転を取巻く組織を包含したナレッジマネジメントの基礎を作るための研究に着手した。

アンケート調査について

アンケート設計に際し、製造マネージャー数名から運転ノウハウ伝承に関連した聞き取り調査を行った。彼らは“スタッフ部門の弱体化は気になっているが、運転に関する伝承や世代交代は問題ない”と言っていたが、①ノウハウの定義がない、②安全確保の教育しか受けてない、③決められたことを確実にすることだけが要求される、そして、④負荷が高くOJTが不十分などの問題が見受けられた。これらの背景や運転員の置かれている環境を把握し、研究すべき課題の抽出を行うため、4つの視点（運転員のマインド、運転に必要なもの、異常対応、教育）で付録Aに示すアンケート調査票を作成し、3つの製造課の運転経験者(113名)にアンケート調査を行った。アンケート結果では、多くの運転員が何らかの悩みや問題を抱えながら運転に臨んでいるという結果が得られた。このような問題の背景を探るため、製造3課に対し聞き取り調査を行った。表2.9に示す問題が明らかになったため、以下の4項目については、より詳細な調査を行うこととした。

- ①：異常事例の思考と行動の時系列分析から運転ノウハウを抽出
- ②：異常時の運転員の思考過程に着目した熟練運転員の思考モデルの考察
- ③：プロセス状態遷移での異常検知と処置の関連から異常時のオペレーション設計指針（アラームや自動化など）の可能性の検討
- ④：多能工化のためのスキル開発と班編成指針

運転技術伝承について

第3章では、運転員に必要とされる知識が思考過程の中でどのような繋がりがあるか、また、異常時の運転員の直感の知識化についても考察した。その結果、以下の4つの視点から運転ノウハウの伝承に必要なアプローチを明らかにした。

(1) 事例分析からの運転ノウハウの表出化と運転監視業務のレベルアップ

異常時のベテラン運転員の思考過程では、過去の類似の経験を思い起こす。そのため、過去の事例からノウハウの抽出と正しさの分析（事例の知識化）が非常に重要になる。

(2) 運転を取り巻く文書連携のあり方

図3. 1に示したプラントの運転管理に必要な知識は、プラント技術に関わる生い立ちを理解し業務に役立てるように整理された形で運転員とその周辺のスタッフにいつでも提供されねばならない。運転に必要な知識は、研究から製造に至る過程での基本情報と、稼動以降の現場の情報とが一体となって、製造管理の視点から、いつでも使える状態に整理されている必要がある。運転現場で必要としているのは単なる情報の提供や検索機能ではなく、目的に応じた知識の使える形での提供である。これらはグループウェア環境の構築で共有化が可能である。

(3) ナレッジマネジメントの必要性

現状では運転員の評価は改善業務への貢献度で決まる。技術スタッフより、PDCA (Plan-Do-Check-Action) サイクルでの指導を受けながら改善業務に携わる。技術スタッフより提供される技術情報や工場実験などの科学的あるいは工学的な知識に触れることでプロセス全般の理解度が向上し、個人の運転能力が向上するが、個々の能力向上が組織の能力向上につながる仕組みが必要である。ナレッジマネジメントは、知識の獲得、創造、活用、蓄積を通じて継続的なイノベーション創出を促し組織全体の能力向上を実現させるための手法である。ベテランの持つ暗黙知のレベルアップを促進させる仕組みと共に、この暗黙知の内容に応じた表出化と共同化の仕組みの開発が重要な課題である。

(4) 運転員の育成方式

現在の育成には計画性が見られず、その影響で運転員自身が自己啓発の目標を持ってないでいる。運転員が“安心して、且つ、自信を持って”運転に臨めるようにするには、キャリアパスを考慮した運転スキル向上の仕組みの再検討が必須である。また、伝承ニーズの高い「異常時のベテラン運転員の思考過程」を説明す

る体系化された運転技術をベースにした思考訓練と教材開発が新たな重要課題となる。

本論文では、ナレッジマネジメントの手法を意識し、第4章では、共有化環境（グループウェア）について、第5章では、ノウハウの表出化、連結化の方法について、第6章では、連結化、内面化、そして、共同化に繋がる運転員育成方式について考察した。

運転情報共有の仕組み

運転現場では、工場実験など多くの生産活動以外の改善技術活動が行われ、運転技術のナレッジマネジメントの核として位置づけられる。運転現場においてナレッジマネジメントを根付かせるには、情報共有の環境が必要になる。運転情報の共有化について考えるとき、引継ぎノートなどに記載される非定常運転時の時系列情報を取り出すことの大切さに気づく。引継ぎノートは現場から最初に発信される唯一の情報源である。運転を取巻く全ての業務はこの情報を起点としており、スタッフを含めた製造現場で共有化すべき最重要な情報である。そのため、共有化環境（グループウェア）の整備を優先し、運転業務における文書フローの実態調査をもとに引継ぎ支援システムが開発された。このグループウェアによるコラボレーション環境の実現により、現場の改善サイクルのスピードアップが可能になった。グループウェア構築の第一ステップとして運転現場の引継ぎノートの電子化が行われた結果、関連部署とのコラボレーション環境が形成され、今後の運転技術のナレッジマネジメントの確立に向けたインフラが構築できた。

オペラビリティ・スタディに基づく運転ノウハウの抽出

プラントの異常現象発生から、すぐに真の要因が分ることは稀で、類似現象の過去の経験の思い起こしやプロセスの現状把握から予測される事態のリスク判断から取るべき処置の決定などの行動をとっている。異常事例である「工程変動カード」に書かれた運転員の行動と思考について分析した結果、現状の記載項目のみでの知識化は難しいため、運転員の思考と行動を時系列分析する方式を提案した。更に、この分析結果をもとに、プラント運転のグラフ表現としてのETOMチャートを提案した。これが異常時のSOPにもなりうるオペレーションを表記したプロセス状態遷移図である。このETOMチャートには5つの重要な特徴があることを

説明した。運転現場で時系列分析やETOMチャート化が可能となるような支援ツール開発は次ステップの課題としているが、「運転員の業務解析支援ツール」、「運転設計の支援ツール」（いずれも仮称）として構想化を進めている。

次に、もう一つの運転ノウハウ取出しの方法として、拡張PKYによる方法を提案した。従来のPKY活動をすべての製造管理要素(S, E, Q, P, D, C)に拡張したものである。対象プロセスについて、製造管理要素別に、正常時からのずれの影響を網羅的に評価する。ETOMチャート上にそれらの影響伝播を記載する。これらの集合によって、体系化された運転技術（原因・徴候マトリックス）が出来上がる。図5.4の中で、運転技術の体系化への転換プロセスを図示した。整理すると、異常事例の時系列分析ではその分析手順がプラント運転における運転員の標準的な思考モデルとみなせること、ETOMチャートは異常時SOP化のモデルとみなせること、また、拡張PKYから得られるETOMチャートは事例から導出されるETOMチャートとあわせることで異常時の直感の知識化の一つのモデル化と見なすことができる。これらのモデルにより運転ノウハウの抽出の仕組みを提案しそれを活用した新たな改善の視点を示した。

ナレッジマネジメントと運転員の育成

アンケート調査結果では、運転ノウハウを「ベテランの異常時の対応」とする意見が大半を示した。異常時の対応はSOP化されず人の伝承に頼っていること、異常時の対応に不安を抱えて自信のない運転業務を強いられている実態が浮かび上がった。また、現在のOJT、Off-JTにベテランを含めた多くの運転員が不満をもっており、管理者層への聞き取り調査ではOJT、Off-JTの定義も運転員への育成目標もあいまいになっていることがわかった。一方、人事部門が定めた職掌（職務）は明確であり、現場の事情を考慮したスキル開発モデル、評価指針を整備する必要がある。そのため、運転員に期待されている3つの業務を洗い出し、それに必要な育成方式を考えた。具体的には、運転員がもつべき運転知識の体系化をもとに、キャリアパスにおける3段階のスキルアップ基本計画を示した。これによって、運転員の自己啓発の目標設定が容易になること、また、レベルに応じて必要となる教材を自ら編集して自己啓発に用立てることが可能になる。この枠組みは今後、更に詳細化を図って現場で実行することになっている。

多能工化のための自己学習で行うOJTに対する不満もある。運転員の3つの役割

について検討した結果、多能工化のもつ二面性が明らかになった。多能工化ではすべての作業を平均的にこなし、全体を同じレベルで見渡せる能力を持たねばならない。もう一つは、プロセス改善のためにプロセスの原理原則を分らねばならない。このためには目標管理制度の中での工程分析能力（QCなど）の習得などが中心となる。この二つのニーズに対するOJTは重要な課題である。

運転員のスキル評価は基本的な3段階（一般的なスキルや多能工化OJTなどはこの3段階で考えればよい）に、2段階（異常対応能力、緊急時対応能力）を追加する必要がある。工程改善力も異常対応能力に加える必要がある。6.5節で提案したETOMチャートを利用した思考訓練は、改善やリスクの視点を含めた総合的な視点でのオペレーションの把握を可能にするので、この思考訓練を中心としたOff-JTは、追加する2段階への重要なOff-JTとなる。

運転員のノウハウの蓄積や伝承には、ナレッジマネジメントの4つのプロセスの内、連結化と内面化が重要である。この2つのプロセスを中心にした異常対応能力向上の訓練として挙げた4つの思考訓練は運転ノウハウのスパイラルアップを意識したもので、製造現場でのナレッジマネジメントの骨格となる。

おわりに

本研究では、運転ノウハウの表出化として、日々の運転事例の中から運転員の思考と行動の時系列分析方法を提案し、オペレーションをグラフ表現するためプロセス状態遷移に着目したETOMチャートを考案し、異常時対応のSOP化を可能にした。また、想定異常事象に対する製造管理要素全般に拡大した拡張PKYにより得られるETOMチャートと、トラブル事例から得られるETOMチャートをもとにして運転技術の体系化を試みた。

以上は、異常時対応の運転ノウハウの表出化の取組みであるが、暗黙知となっている運転ノウハウの完全な表出化は困難な場合も多く、先ず、暗黙知で対応し、その後、表出化というナレッジマネジメントのサイクルを効果的に廻すことが育成と伝承に重要と考えられる。筆者が特に重視したいのは、暗黙知を暗黙知として如何にレベルアップさせるか、運転スキルレベルを考慮した訓練シミュレータを活用した方策、および、多能工化に関わる考察が引き続き行われなければならない研究課題であると考えている。

謝辞

本研究を進めるにあたって、主指導教官として常に暖かいご指導と、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応用システム科学講座 杉本 謙二 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 助教授に深く感謝いたします。

また、ご多忙の中、快く論文査読をしていただき、貴重なご意見をいただいた電気通信大学電気通信学部システム工学科 新 誠一教授に厚くお礼を申し上げます。

共同研究者として本研究を共に進めさせていただいた(株)カネカの梶原康正様、(株)山武の福田祐介様、高山仁様、中島浩雅様、小河守正様、村上英治様の皆さまには甚大な労力とお知恵をいただき、深く感謝いたします。

参考文献

- [1] 倉恒匡輔他. プラントオペレータの役割と育成についての考察. 日本プラントヒューマンファクター学会総会パネルセッション, 2006
- [2] 糸山他. 技術継承DBの構築. 計測自動制御学会中国支部, 計測制御シンポジウム2004, 2004
- [3] 橋本芳夫. 運転技術の知恵袋を活用した運転支援の展開. 計測自動制御学会中国支部, 計測制御シンポジウム2004, 2004
- [4] 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. 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報告書, 2005
- [5] 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

- [6] プラントオペレーション分科会事務局. ナレッジマネジメントに関するアンケート集計結果. プラントオペレーション分科会定例会議, 2006(10)
- [7] 村上英治他. 産業応用分野に求められるテキストマイニング技術と適用事例. Azbil Technical Review2006(山武・技報), No.11, pp.30-37, 2006
- [8] 村上英治他. テキストマイニングを使ったリコール情報からの問題点抽出とナレッジマネジメントへの適用. 経営情報学会2005年春季全国研究会発表大会, pp.246-249, 2005
- [9] 森 和夫. 技術・技能伝承ハンドブック. JIPM ソリューション, 2005
- [10] 中村肇. 製造業における技能伝承に関する研究. 三菱総合研究所所報, Vol.25, 1994

- [11] 野中郁次郎. 知識創造企業. 東洋経済新報社, 1996
- [12] 野中郁次郎. ナレッジ・イネーブリング. 東洋経済新報社, 2001
- [13] 大澤幸生他. 知識マネージメント. オーム社, 2003
- [14] 高山仁他. 最新の伝承システム. 化学工学, Vol.69, No.4, pp.191-194, 2004
- [15] 山武. 引継業務の効率化と世代を超えたコミュニケーションの活性化と実現. セーブメーション, No.11, pp.6-7, 2005

- [16] 倉恒匡輔. 化学プラントへの XML 技術適用に寄せる期待. 計装, Vol.46, No.9, pp.85-88, 2003
- [17] 中村実他. MES 入門. 工業調査会, 2000
- [18] 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, Vol.1, No.1, pp.31-41, 2006
- [19] 五福明夫. 運転スキルの伝承とオペレータ. 計測自動制御学会中国支部, 計測制御シンポジウム 2004, 2004
- [20] 厚生労働省安全課編. 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

- [21] 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
- [22] 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

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のために運転現場の現状把握を行い、それをもと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	才
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：1970年代、1980年代、1990年代、2000年代
期間：1年未満、1年～5年、6年～10年、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。

決められた方法にもとづいて行っている。

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

10. 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

11. 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

12. 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。

13. 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）

14. 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？

15. 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：異常原因をみつけるのに（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えますか？

- 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もと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。

研究業績

学術論文誌

1. 倉恒匡輔、西谷紘一：プラント運転知識の電子化と活用に関する考察，ヒューマンファクターズ，10(2)，pp. 122-132，2006
2. 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，ヒューマンファクターズ，12(1)，2007（採録決定）

国内学会発表

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，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

解説

1. 大内啓三，倉本孝政，倉恒匡輔：TCOからみたパソコンDCSのインテグレーション，計装，44(6)，pp. 35-40，2001
2. 大内啓三，木村大作，倉恒匡輔：リモート監視・保守システムの構築視点と今後の可能性，計装，44(13)，pp. 18-23，2001
3. 木村大作，倉恒匡輔：化学プラントにおけるFOUNDATIONフィールドバス適用事例と稼動状態，計装，45(9)，pp. 49-56，2002
4. 倉恒匡輔：化学プラントへのXML技術適用に寄せる期待，計装，46(9)，pp. 85-88，2003

特許

1. 倉恒匡輔他3名：フィールドバスの設計支援装置，フィールドバスの学習装置，フィールドバスの設計支援プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体，フィールドバスの学習プログラムを記録したコンピュータ読み取り可能な記録媒体，特願平11-227595，特開2001-53780

2. 倉恒匡輔他 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
3. 倉恒匡輔他 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

以上