

博士論文

生産性向上のためのサステナブル情報リンクモデルの構築と展開

Construction and Development of the Sustainable Information Link Model  
for Productivity Improvement

横浜国立大学大学院  
国際社会科学科

馬場 文雄  
FUMIO BABA

2016年9月  
September 2016



目次	
目次	i
図表目次	iv
序章 本研究の視点	1
第1節 現状認識	1
第1項 日本の製造業の生産	1
第2項 産業構造とオペレーション	1
第3項 保全活動	2
第4項 環境保全の展開	4
第5項 時代の潮流とPDCAの必要性	6
第2節 分析の視点と課題	7
第1項 本研究の分析視点	7
第2項 先行研究の到達点と課題	8
第3節 本研究の課題と研究方法	9
第4節 本論文の構成	10
第1章 問題意識と背景	13
本章の目的	13
第1節 最近の日本のモノづくりシステムの問題点	13
第1項 産業別の国際競争力	13
第2項 トラブル発生状況	14
第2節 サステナブルな活動	16
第3節 エラー防止のための仕組み	17
第1項 経営資源(ヒト、モノ、カネ)減少への対策	17
第4節 時代を経た活動からの振り返り	19
第1項 エラーを低減するモデル	19
第5節 設備保全技術の経緯	21
第1項 日米の品質管理手法の比較	21
第2項 TQC、TQM、TPM、小集団型TPMモデル	22
第6節 品質コストマネジメント	29
第1項 日本における導入企業	32

第2項 品質コストの貢献	33
第7節 これからの日本の製造業の展望	38
第8節 小集団型 TPM モデルの可能性	38
小括	41
第2章 サステナブル情報リンクモデルの構築	43
本章の目的	43
第1節 設備とエラーの構造	43
第1項 エラー防止のポイント	43
第2項 これまで日本が有していた技術力	43
第3項 技術力に立脚した日本の設備保全体系と TPM	46
第2節 エラー防止と生産性向上のための仕組み	47
第1項 トラブルに学ぶ	50
第2項 統合化知識の形成	52
第3節 統合化モデルの構築	53
第1項 階層構造と情報リンク	53
第2項 階層構造と情報リンクの可視化	56
第3項 階層構造の重要性の確認	62
第4節 サステナブル情報リンクモデルとは	69
第1項 階層構造	69
第2項 サステナブル情報リンクモデルの成立	69
第3項 サステナブル情報リンクとリスクの評価	76
第5節 サステナブル情報リンクモデルの活用	78
第1項 L社の設備保全事例の成功要因	78
第2項 階層構造の歪みとエラーのリスク(L社事例)	80
第3項 美浜原子力発電所の設備保全事例とエラー要因	81
第4項 階層構造の歪みとエラーのリスク(美浜原発事例)	87
第5項 モデルのあてはめ	88
小括	91
第3章 サステナブル情報リンクモデルと経済性	94
本章の目的	94

第1節 品質コストに関するメリット	94
第1項 安定生産に向けたモデルの利用	94
第2項 階層構造と情報リンクの確認	95
第3項 コストに着目することでの持続性と推進力	105
第2節 サステナブル情報リンクモデルにおける品質コストの意義	106
第1項 PDCA サイクルと経済性	106
第2項 設備保全と品質、コスト、優先順位	107
第3項 設備保全活動に影響を及ぼすコスト計算	109
第4項 設備保全に関わる必要コストと効果の関係	111
第5項 設備保全活動と品質コストマネジメント	118
第6項 設備保全の能力低下の状況	119
第7項 階層構造と4つの情報リンクの影響の再確認	119
第3節 経済性分析を組み込んだサステナブル情報リンクモデルの事例	120
第1項 Plan と経済性分析	120
第2項 サプライチェーンを対象とした経済性分析	129
小括	132
第4章 サステナブル情報リンクモデルと階層構造	134
本章の目的	134
第1節 階層構造の標準との差異に関する危険予知	134
第1項 ISO14001 の階層構造	134
第2項 階層構造の差異分析	139
第3項 設備保全と連動した環境保全活動	144
第4項 階層構造の差異と原価計算	149
第2節 設備保全を中心とした危険予知（シミュレーション）	151
第1項 階層構造	151
第2項 設備保全を中心とした塩酸タンクの危険予知	152
第3項 EMS 活動の次の展開	162
第4項 階層構造の重要性和モデルの確認	162
小括	164
第5章 結論と課題	166

本章の目的	166
第1節 結論	166
第2節 さらなるモデルの展開	169
第1項 モデルの運用におけるフローチャート	169
第2項 サプライチェーンマネジメントへの応用	171
第3節 本研究の意義	175
第4節 今後の課題と展望	175
<付論>	178
付論-I FAST図 (第2章第3節に関連する付論)	178
付論-II モデルの災害への応用 (第4章第1節に関連する付論)	182
<参考文献・参照URL一覧>	194
図表目次	
図表 1-1 高圧ガス事故発生件数の推移	14
図表 1-2 危険物施設における火災・流出事故発生件数の推移	15
図表 1-3 食品自主回収件数の推移	15
図表 1-4 TQC、TQM、TPM の時代的流れ	23
図表 1-5 TQC、TQM、TPM、小集団型 TPM モデルの比較	25
図表 1-6 伝統的な品質コストビヘイビア・モデル	31
図表 1-7 修正された品質コストビヘイビア・モデル	31
図表 1-8 オムロン社の品質コストの内訳	34
図表 1-9 オムロン社の取り組みのイメージ図	35
図表 1-10 品質コスト関連のデータベース	37
図表 2-1 4つの情報リンクとエラー	49
図表 2-2 濃縮工程でのトラブル発生状況	51
図表 2-3 統合化知識形成の一例	52
図表 2-4 統合化知識の起点に関する考察	56
図表 2-5 階層構造図の一例	60
図表 2-6 スケーリングの原因を想起したチェック図	63
図表 2-7 スケーリングに関する樹形図	65
図表 2-8 スケーリングに関する樹形図(深化させたもの)	66

図表 2-9	スケーリングに関する樹形図(改善したもの)	67
図表 2-10	管内スケーリングの原因を想起した図(改善版)	68
図表 2-11	TQM から小集団での活動への移行	71
図表 2-12	サステナブル情報リンクモデルの位置づけ	73
図表 2-13	トラブル発生状況	75
図表 2-14	樹形図の構造として安全を強化したもの	83
図表 2-15	トラブル事例を追加した樹形図	84
図表 2-16	リンク探しを強化した樹形図	85
図表 2-17	有機的なリンク探し	85
図表 2-18	ダブリのある樹形図	86
図表 2-19	サステナブル情報リンク適応例：美浜原子力発電所	88
図表 3-1	各職場の位置関係と設備専門員の数	96
図表 3-2	職場とキーパーソンの関係性	97
図表 3-3	見えないリンクの例－階層構造の中の要素と 4 つのテーマ－	101
図表 3-4	見えないリンクの例－情報の統合の実現－	102
図表 3-5	品質コストマネジメントのイメージ図	104
図表 3-6	L 社の品質コストマネジメントの結果	105
図表 3-7	TPM 年間活動コスト(単位：百万円)	111
図表 3-8	突発的に発生する故障の推移	114
図表 3-9	失敗コスト、予防コストと評価コスト、保全人員の推移	116
図表 3-10	品質コストの推移	117
図表 3-11	シミュレーション：工場内の作業員と装置の位置	121
図表 3-12	シミュレーション：不良の原因項目	122
図表 3-13	シミュレーション：カットズレ不良の原因分析	123
図表 3-14	シミュレーション：カットズレに深くかかわる不良対策の一例	124
図表 3-15	シミュレーション：品質コストを組み込んだモデル	125
図表 3-16	シミュレーション：設備保全関連項目の階層化	126
図表 3-17	シミュレーション：対象の活動の階層構造	127
図表 3-18	シミュレーション：階層構造の要素と情報リンクの関係	128
図表 4-1	ISO14001 とカネソウ(株)の EMS マニュアルの階層構造	135

図表 4-2	静岡市の EMS マニュアルの階層構造	136
図表 4-3	東京都の EMS マニュアルの階層構造	137
図表 4-4	札幌市の EMS マニュアルの階層構造	138
図表 4-5	階層構造の比較	139
図表 4-6	静岡市の階層構造の特徴	140
図表 4-7	東京都の階層構造の特徴	141
図表 4-8	東京都の EMS レポートの階層構造	143
図表 4-9	札幌市の階層構造の特徴	144
図表 4-10	ISO14001 と EMS マニュアルの比較	145
図表 4-11	札幌市の EMS マニュアルの弱点部位	146
図表 4-12	札幌市の EMS マニュアルからみた行政と市民のメリット／デメリット	147
図表 4-13	シミュレーション：塩酸タンク破断の危険予知	153
図表 4-14	シミュレーション：階層構造のチェック	154
図表 4-15	シミュレーション：危険予知の場合の階層構造と情報リンクの関係	155
図表 4-16	シミュレーション：階層化していない場合の危険予知のイメージ図	156
図表 4-17	シミュレーション：対象の活動の階層構造	158
図表 4-18	シミュレーション：危険予知の場合の二重円構造	159
図表 4-19	シミュレーション：モデルのあてはめ（危険予知を含む）	163
図表 5-1	サステナブル情報リンクモデルのフローチャートと PDCA	170
図表 5-2	サステナブル情報リンクモデルの事例検討のまとめ	174

## 序章 本研究の視点

### 第1節 現状認識

#### 第1項 日本の製造業の生産

日本の製造業は第二次世界大戦後、急速に復興をとげ 1980 年代には品質において米国を凌駕する状況に至った。第二次世界大戦の壊滅的結果に始まり、朝鮮戦争とベトナム戦争という近隣地域で起こった動乱、そして二度の石油ショック、ニクソン・ショック、円高、最近ではバブル経済の破裂などの数多くの経済的危機を乗り越えてきた(野中・竹内[1995]p.2)。日本企業は高品質と低価格を武器に怒濤のように米国に押し寄せた(伊藤[2001]p.1)。1970年代から 1980 年代にかけて、特に信頼性と適合性を重視し、当時の米国製品の信頼性や適合性の水準が著しく低かったことから日本製品は米国に最高品質の象徴として受け入れられた(梶原[2008]p.6)。

日本の製造業を語る上でその生産の特徴を述べることは日本のこれまでの繁栄とその後に続く長い低迷期を振り返る点で重要な意味がある。ひとつは加工組立産業で自動車や家電製品の製造業がこれにあたる。特徴としてコンベアやセル生産方式などの手法で多くの人の手を介在して製品が製造される。この場合、知識や知的熟練は必ずしも作業員に集積されるというわけではなく、派遣作業員やパートなどが製造を担っている。いまひとつは装置産業で鉄鋼業やビール製造業などがこれにあたる。扱う対象に比べてオペレーションを担っている人員は限定されており少数精鋭の体制で製造を担っている。知識や知的熟練は相当なレベルのものまでオペレーターに集積される。ここでは通常は派遣作業員やパートは作業を担わない。

#### 第2項 産業構造とオペレーション

産業構造によって大きくオペレーションの動きが異なっていることから、作業員が有する知識や知的熟練の種類や程度も異なっているのが普通である。ここを明確に分けなければ技術の伝承や訓練方法についても見る視点によって大きく異なってくる危険性がある。知的熟練は、装置産業と加工組立産業とで異なってくるはずで、また、後に述べるように加工組立産業の装置産業化が進んできた状況を踏まえると、時代の変遷とともに作業内容やレベルも変わってくるはずである(小池[1999]pp.11-16)。このような視点で記載されると知的熟練の意味もさらに広くなり一層充実したと推察される。一般的にいうと、化学プラント、石油プラントなど、爆発火災のリスクを持つ装置産業では予防保全が主体になり、

そのようなリスクが比較的小さい電機工場・自動車工場など加工組立産業では事後保全が主体となってきた。ただし、近年、若干様相が変わり始め、加工組立産業も自動機械が多数導入されて装置産業化が進んだ結果、予防保全の割合は増加傾向にあるようである(木村・四道・天川・若槻[2006]p.92)。ここで重要なのは装置産業が予防保全型であり、加工組立産業は事後保全型であるという点にある。装置産業である鉄鋼業において、機械のメンテナンス業務を外部委託したために競争力の根幹である機械のメンテナンスをブラックボックス化してしまった(遠藤[2009]p.165)。これも装置産業の事例として加工組立産業との違いとして捉えることができる。すなわち、設備革新は装置産業のほうが部品・組立産業より約半世紀進んでおり、さらに労働装備率が高まると、専門保全体制(工場内では自動診断と点検、保全情報システムや保守技術の高度化が進み、修理などは外部のメンテナンス専門会社に委託するという体制)に移行するとし、機械産業が装置産業の後追いをする(伊佐[2002]p.173)。

このように設備革新については装置産業が部品・組立産業に比べて進んでいるという認識は、産業の違いによる特性に起因するところで、遠藤[2009]が懸念するように修理などは外部のメンテナンス専門会社への委託が企業の競争力を奪う危険性もある。この保全技術としては日本においては TPM 活動が有名であるが TPM とは Total Productive Maintenance の略で、1971 年代から進められ始めた(坂口・渡辺・西川・木村[2002] p.10)。TPM の歴史的な部分については第 2 章で述べる。以下では TPM などの保全作業の内容がどのように装置産業と加工組立産業へ影響を及ぼすかについて概観する。

### 第 3 項 保全活動

現在に至るまで 40 年以上も経過してきた TPM 活動であるが、A Division of Kraus Productivity Organization[2005]によれば、TPM は設備を改善するだけでなく、測定可能な利益を作り出す。The Productivity Press Development Team[1996]も同様の考え方を示す。この TPM 活動において、装置産業と加工組立産業とで自主保全活動の内容を明確に分けて示すことは重要である(中嶋[2009] pp.127-130)。すでに述べた装置産業は予防保全型で加工組立産業が事後保全型であり、中嶋[2009]はこれを反映し自主保全活動での内容が装置産業と加工組立産業とで教育内容の違いにあることを示した。装置産業では点検技能教育を実施するもののそれは設備のあるべき姿を教育するという抜本的な部分に依拠する。

異常時処置方法などについての教育も実施し、プロセスに強いオペレーターを育成することを目的としている。これに対して加工組立産業ではマニュアルによる技能教育を実施し、点検業務は自主点検チェックシートの作成と実施にとどめている。すなわち異常が発生した場合の抜本的なオペレーターの能力の部分での育成が異なっている。

このように装置産業と加工組立産業のオペレーターの育成方法の違いや予防保全と事後保全の違いについて概説してきたが、この保全の方式の違いは現在の日本の状況にどのような影響を及ぼしているであろうか。

装置産業においては故障が重大災害や重大品質トラブルにつながる危険性があることは既にのべた(木村・四道・天川・若槻[2006]p.92)。装置産業の重大災害や重大品質事故については、その影響の大きさから雪印乳業の脱脂粉乳の中毒トラブルの例が記憶に残っている。これについては多くの論文に詳しい(小山・谷口[2007]pp.65-79)、(谷口・小山[2007]pp.77-88)、(馬場[2012]pp.30-32)。端的に述べれば、このトラブルは現代の日本が進めている環境保全をベースにした廃棄物低減の方向と関係性がある。すなわち、製造の過程で生じた製品の品質不良品をどのように取り扱うか、という問題をあわせ持ったトラブルであった。あらまは以下の通りである。雪印乳業の北海道の工場で氷柱が電気設備を破損して工場内が数時間ー10 数時間停電した。乳製品を取り扱う連続プロセスの設備も場所によっては10 数時間停止した。この間に雑菌が増殖した。こうして製品の中に汚染したものが生じたが、検査でそれを確認後、品質不良品を製品製造の上流側に戻して再び処理して製品化した。再製造の際に雑菌は加熱されて死滅したが雑菌が生成した毒素だけは残った。当時の最先端の技術でも毒素と製品に含まれたタンパク質との分離同定は難しかった。また当時の常識では菌が死滅すれば製品は安全と考えられていた。

この事例を見る限り、製品を製造する過程で生じる品質不良品の処理は、単に捨てればよいということではなく、リサイクル、リユースまでも視野に入れなければならない状況に至っているということである。アメリカの多くの共同体では、かつては役に立たなかったゴミを再度商業の流れに戻すことを重視している(Gore [1993]p.181)。その処理法に関しては一步誤ると雪印乳業と同様の事態となる危険性を有し、それゆえ、どこまで徹底的に処理法を事前に検討しているかが問われる時代となったといえる。

これらの観点では、大量に製造が行われる装置産業は加工組立産業に比べるとリスク要因が大きい産業といえる。

#### 第4項 環境保全の展開

古くから工場においては三つの責任といわれ、品質、安全、環境は製造業の重要な因子であった。品質、安全に関してはエラーの存在が、そのまま企業の利益に直結したが、環境保全はどちらかといえば企業の利益とはトレードオフの関係にあると見られてきた。環境についてこの半世紀を振り返ってみると、1950年頃までは近代化の前段階にあり、足尾銅山に見られるような災厄が多く見られた。1950年からの高度成長期になると、都市に産業、人口が集中し、工業も発展してきて大気汚染、騒音、交通災害も生じるようになった。都市周辺では様々な混乱が見られた。1970年代にはこれまでとは比較にならないほどの公害が多発した。水俣病、四日市ぜんそくなどの工場型の公害が多く見られた。臨海地区では大規模な自然災害も起こった。企業は生産設備に多大な投資をしたが、廃棄物、排出物の処理は手抜きをするところも多かった。このような環境問題に関する経験不足が問題を深刻化した。このような中で1969年の東京都公害防止条例制定を契機として、公害対策基本法の根本的改正がされ、各公害関係法が整備された。1973年には自然環境保全法が制定された。こうして1980年代には、環境は、品質、安全とともに、工場で重要な要因となった。現在では、法規制に支えられて、公害問題のような深刻な被害はほとんどなくなったといっている。

こうした背景を考慮すると、環境は、大きなうねりとともに幾つもの変遷を経て進んできたように思える。2015年の今日では、工場などの運営では環境への取り組みが重視される社会となった。その結果、既に述べたように、大きな環境のエラーは少なくなった。水を河から利用すれば、排水処理が充実しているので利用前よりもきれいにして河に戻すのは極めて当たり前のこととなった。このような中でも、ごくたまに生じる環境に影響を与える災害などには、企業も自治体も神経を使っている。

たとえば、経済産業省[2010]は効果的な公害防止への取り組み事例集を発行した。この事例集に18件の事例が記載されているが、それは以下のようなものがある。水道水汚染、有害物質の流出、排水異常、窒素、亜鉛などの排水基準、設備的な側面(配管の目詰まり、凝縮槽の不備、上澄み貯槽の不備)、苛性ソーダ、塩酸などの流出、排水中の金属値の管理、油流出、めっき液の流出、大気汚染、騒音問題、温暖化ガス削減、火災と連動した有害物質の流出、などである。大気汚染、騒音問題、温暖化ガス削減 以外は直ちに企業や自治体の経営を危うくする危険性をはらんでおり、すなわち、今現在も、環境は品質、安全と同じで、企業の利益に直結するリスクを含んでいるといえる。その意味で、環境もまた、品質、安全と同じようにエラーを防止して工場の生産性を向上させる重要な要素である。

しかも、21世紀に入ってから製造業において、廃棄物削減による製造ロスの低減は特に重要であると考えられている。それは、よい環境規制は企業を強くする、というポーターの主張でも取り上げられている(Porter and Linde [1995]pp.97-118)。この主張によれば、スリー・エムの接着剤の新製法開発やデュポン社のモニタリング装置の導入でも環境規制によって廃棄物低減がなされ、それが利益を生み出す構図を示した。このように商品設計や品質管理に重点を置いた取り組みは廃棄物を低減する効果がある。しかし、同様に重要なのは、生じてしまった廃棄物をいかに処理するかである。近年、リサイクル、リユースが検討されなければいけない時代になった。経済産業省[2013a]は循環社会の形成の推進に関わる法律の施作体系図を示した。これによれば循環型社会形成推進法(基本的枠組み法)は2001年1月に施行されている。この下に廃棄物の適正処理と3Rの推進が位置付けられ、それぞれ廃棄物処理法、資源有効利用促進法が定められている。さらにそれらは個別物品の特性に応じて容器包装リサイクル法、家電リサイクル法、食品リサイクル法、建設リサイクル法、自動車リサイクル法、小型家電リサイクル法が存在する。

また、経済産業省[2013a]は循環型社会形成の歴史を示した。これによれば、第二次世界大戦後1945年には、廃棄物は汚物による問題が主であった。高度成長期である1960年からは大量の廃棄物が排出される中で環境汚染が主となり、1971年に廃棄物処理法が定められた。こうして産業廃棄物も含めた処理責任や処理基準が規定された。1991年には再資源利用促進法が定められて法律に基づくリサイクルの取り組みが開始された。1993年にはバーゼル法が、2000年には容器包装リサイクル法が制定されて、天然資源の消費を抑制し、環境への負荷を低減した循環型社会の構築がなされた。2001年からはリサイクルの前にリデュース、リユースが優先する3Rの概念が作られた。以後、2002年から2013年まで数年おきに建設リサイクル法[2001]、自動車リサイクル法[2005]、容器包装リサイクル法改正[2006]、食品リサイクル法改正[2007]、第2次循環基本計画策定[2008]、小型家電リサイクル法[2013]などが制定された。小型家電リサイクル法では大半が埋め立て処分されていた使用済み小型家電のリサイクルが開始された。

農林水産省[2013]は日本における食品廃棄物の推計を示した。これによれば、2010年ベースで日本は年間約1700万トンの食品廃棄物を排出している。本来食べられるが廃棄されている食品ロスは年間500~800万トンあると推定される。これの有効利用や発生を低減するなどの措置がのぞまれている。

ここに示したようにリサイクル・リユースなどの環境に関わる規制が厳しくなっていく情

勢の中で、製造業によって製造される製品の製造ロス低減が企業の重要な課題となっている。既に述べたように装置産業はその産業の特性からひとたびトラブルが生じると被害が大きくなる。2000年を超えて、環境関係でもリサイクル法の制定なども企業を取り巻く状況は厳しさを増している。

## 第5項 時代の潮流とPDCAの必要性

山田・富田・片山[2004]は、リスクを低減する品質改善の重要な鍵はPDCA循環であると指摘している。PDCA循環で活動をチェックしていくということは、ある意味、運営している組織体の安定性を崩すということになる。工場の運営の場合、たとえば品質に多少の問題があったとしても大きな変更を加えることは問題の本質が予想もしていなかった方向に転がり出す危険性を有してリスクが高い。安全の場合でもPDCA循環によるチェックで問題点を見つけた瞬間から変更することによるリスクを常に有する。PDCAによって問題を掘り起こすのが悪いという意味ではない。この安定性を乱してまで行った修正作業が本当に組織の発展に有効なのかという観点は持っている必要がある。日本企業はカイゼンを繰り返し行ってきて、それはそれでこれまでの日本の発展に多大な寄与してきた。それでも、このようなメリットを考え合わせても、本当に力を注ぐ場所は他にあったのではないかという主張も視野に入れる必要がある(遠藤[2009]p.104)。

一方、品質、安全の問題は、現在の日本において同じようなトラブルが繰り返し生じている(馬場[2012]p.13)。これに対して環境保全はいわゆる公害問題が顕著であった1960年代までに多くの問題が噴出したが、1970年代半ばにはSO<sub>2</sub>の大気汚染や水銀・カドミウムの水・土壌汚染の公害などに関しては解決した(宮本[2010]p.1)。現在は、日本においては地球温暖化対策や廃棄物低減などの方向に変わってきている。加えて環境先進国においては、環境報告書の公表が進展しており、日本でも製造業を中心に企業の環境保全に関する情報開示が一般的になってきている。

このような時代の潮流を見る限り、品質、安全、環境保全の取り組みは、本章第1節第4項に述べたように、組織に大きなリスクを与えるという観点から重要な要因となっている。

一方、品質、安全、環境保全が厳しい状況にある国の代表例が中国である。環境に関していえば日本では、循環社会の形成や食品廃棄物の低減などに取り組んでいる段階であるが、中国では水質汚染、大気汚染、PM2.5問題などに代表されるように公害対策のレベルである。

品質、安全も発展途上にあり、様々な問題が生じてきているのは周知のとおりである(張[2000]p.49)。

日本企業は、発展途上国からは、多くの原材料を調達している一方で、現地でも子会社や合弁会社によって生産活動を行っている。日本企業の海外生産や国内外のサプライヤーについても品質、安全、環境のリスク要因を把握することが重要になってくる。

以上のことを考え合わせると、本論文の目指すところは、工場などを、品質、安全、環境に対してリスクを把握しながら効率的にマネジメントする仕組みを構築することである。この仕組みは、日本国内を念頭に置いたものであるが、途上国などの海外工場に利用可能となることも重要となる。また、将来的には、サプライヤーへの技術移転によってバリューチェーンマネジメントに展開することも想定される。

このようなマネジメントの仕組みを構築するために、本論文では、組織の保全活動を可視化するための方法を検討する。

## 第2節 分析の視点と課題

### 第1項 本研究の分析視点

本論文では 1990 年代以降から日本企業が国内生産から海外への生産にシフトするなど国内生産のスタイルが大きく方向転換した状況に着目し、熟練知や人の数の低減によって引き起こされる組織の弱体化を乗り越えるための個人／組織の能力向上について〈サステナブルな活動の維持〉という概念を用いて調査・分析を行う。サステナブルな活動とは、本論文では現在の日本において、品質、安全、環境保全を維持して生産活動を進め生産効率を上げる活動と定義する。品質、安全に関してはエラーの存在が、そのまま企業の利益に直結したが、環境保全はどちらかといえば企業の利益とはトレードオフの関係にあると見られてきた。しかし、温室効果ガスに代表されるように製品を製造する過程やサプライチェーンで生じる環境負荷の削減が収益や利益にプラスの影響を及ぼす社会の状況が見られるようになってきた。このような時代の潮流を踏まえて、本論文では、サステナブルな活動を上記の品質、安全、環境保全の 3 つに焦点をあてた取り組みとして捉える。具体的には、3 つの要素のエラーの増減を物量で把握すると同時に、これらの 3 つの要素に関連する経済的側面を明らかにする。換言すれば、設備保全活動や品質改善活動によってエラーを予知し、事前に予防することで生産効率もしくは経済性を上げるためのマネジメントツールの構築を企図する。

そのために本論文では一般企業製造業のなかでも組織の能力の影響度が大きい装置産業を対象とし、組織の能力を特定の人間の固有のものという限定的な枠組みではなく、訓練によって獲得可能な能力と認識し、『活動の階層構造化と情報リンク』というフレームワークを用いて品質、安全、環境保全がより効果的に統合された仕組みに関するモデル研究を行った。階層構造の成り立ちとヒトの認知能力という視点をもとに4つの情報リンクからなる独自の『活動の階層構造化と情報リンク』というフレームワークを導き出し、多面的な視点からその有効性について確認する。

日本社会において経営学視点では活動の階層構造化はあまり議論されてこなかった。そこでまず、本論文では、経営学をはじめとする幅広い関連領域から『活動の階層構造化と情報リンク』に関わる国内外の先行研究を検証して、階層構造化のためのモデル構築を試みた。このモデルに従って、強く品質、安全、環境保全が統合された仕組みを作り、組織の設備保全能力の向上を図ることになる。

## 第2項 先行研究の到達点と課題

工場の運営という観点では伊佐[2002]がスタッフの技能形成方式(統合と分離)について研究した。保全技術などを統合して能力向上させるのか、保全と製造とで明確に分けたほうがよいかを考察し具体的なケースに落とし込んだ。しかし個人の能力を組織の力まで仕組みとして向上させるという点では課題が残った。遠藤[2009]は現場力という観点で工場における生産活動を整理した。見える化が機能しにくい理由についてそれ自体が目的化してしまうためだと述べ、複数の部門にまたがるつなぐ化が重要であるとし連結力、粘着力、俊敏力、臨機応変力、問題解決能力を重要なキーであるとした。しかし、具体的に国内の工場の人員が減ってきた中で効率的に工場運営する場合の方策については特に提案もなく課題が残った。企業における設備管理は、一般に「設備を計画する時から廃却に至るまでの設備の一生涯について、設備を最も有効に活用するための管理活動」(都留[2001]p.157)と定義される。

小池[1999]は知的熟練という観点で個人の有している能力を工場活動に応用して整理した。この個々人の知的熟練が工場の生産性を向上させるとして具体的な事例をあげ、この方面での確固たる道筋をつけた。しかし、組織体でも加工組立産業や装置産業での仕分けが明確ではなくモデル化が歪なものとなり課題が残った。野村[2001]は小池[1999]の視点の反証を行った。加工組立産業や装置産業の区分けが明確でない弱点を示すことで個人の能力の限界を

示したが、特に大きなモデルを作るなどにはつなげてはいない。

生産活動の上流にさかのぼって、製品設計という観点では藤本[2007]は設計についてアーキテクチャーのポジショニングを行いモジュラーとインテグラルを組み合わせて製品設計する観点から製品設計する方法を研究した。

知識の移転という観点では、野中・竹内[1995]は知識を個人から組織に移転する場合の方法について研究した。古くは Polanyi [1966]が暗黙知という概念で知識を整理した。

品質の維持向上の観点からは伊藤[2005]は、環境保全の観点からは品質コストマネジメントという概念で説明した。

### 第3節 本研究の課題と研究方法

本研究では、既に述べた通り、国内の製造業が、人的資源の制約の下で、経済性を維持もしくは高めながら、いかにして品質、安全、環境保全のエラーを防止する仕組みを作り、これを維持・管理していくかを課題とする。

本研究の研究方法はモデル構築型の方法を取る。テーマに関わる国内外の先行研究や事例を調査して、本テーマに関わるモデル構築の準備を実施する。また最近の社会的動向などから本稿に有益と考えられる概念やキーワードを整理し、本研究の分析の枠組みを確定し、先行研究で得られた知見をもとに枠組みに照らして精度をあげ、参与観察、半構造化インタビュー、非構造化インタビューを通して一般的モデルにした。このモデルでは、組織の中でミドルに属する者が、エラー防止のための小集団活動としてグループワークを実施することとした。次に過去の事例によってこのモデルのブラッシュアップを行った。さらに組織が、このモデルの効率性を把握するための情報提供を行う仕組みを検討した。具体的には、予防コストである品質コスト、環境コストなどとエラーとの関係を分析するモデルを構築し、エラー防止のための PDCA の中に組み込むことでエラー防止活動の経済性を明らかにした。

なお、本論文では、誤動作をエラーと表現し、それが組織や個人に悪影響を及ぼした結果をトラブルと表現する。また失敗という言葉は原則として使用せず、エラーという言葉で統一し、品質コストに関係する部分の熟語としての失敗、文章中の文献などからの直接引用で記載される失敗のみ、失敗という言葉を使用する。

## 第4節 本論文の構成

本研究の構成は以下の通りである。まず序章では日本の製造業の特徴を装置産業と組み立て産業について概説する。

また、第1章では21世紀における日本の製造業の課題について概説する。国内生産から海外生産に生産の形態がシフトしていく中で国内工場においてはその生産の状況が厳しい状況に変わりつつある。エラーが生じる構造を先行研究に従って10の原因に立ち返ってまとめ、このエラーをさらに4つの情報リンクにまとめた。国際化の潮流の中でモノづくりをどう展開していこうとしているのかを考察する。ここでいうエラーとは、個人が引き起こすヒューマンエラーと組織の不備が引き起こすエラーの両方を含む。この場合、マニュアルが整備されているのに引き起こされるエラーと、マニュアルが整備されていないために引き起こされるエラーの両方が考えられるが、本研究では、主として、前者のマニュアルが整備されているのに引き起こされるエラーについて研究を行う。後者のマニュアルが整備されていないために引き起こされるエラーについては、マニュアルの整備が第一の課題となる。既に解決策があるという意味で、本論文では研究対象から外した。品質、安全、環境保全の取り組みは、本章第1節第4項に述べたように、ベースになるところは同じである。

第2章では生産性向上のためのモデル構築を行う。まず、モデル構築のためのベースとなる理論研究を実施する。組織が知識をいかに有機的に統合して、組織の能力向上に生かすかを検討した。個人及び組織がいかにして多方面に気が付くようになってエラーを防止する能力を獲得するかが課題となる。まず、これまで日本が有していた技術力に関して振り返った。技術力に立脚した日本の設備保全体系とTPMについて解析し、TPMの活動を継続できない昨今の工場で、TPMの代わりに導入できそうな有用な方法がないかを探った。その結果、エラーの原因を4つの情報リンクにまとめることが有効であることがわかった。4つの情報リンクとは中尾[2009]や畑村[2005]が提唱しているエラー防止のためのツールで、(a)過去の情報リンク(b)見えないリンク(c)途中変更のリンク(d)手配遅れのリンクの4点となる。エラーは4つの情報リンクをベースにすると理解できる。実際のトラブルに学ぶために、長期密着型の参与観察を実際の工場で実施した。

従来の理論と事例分析から、エラーを防止して生産性を向上させるためのモデルを作る。これを『サステナブル情報リンクモデル』と命名した。このモデルでは、組織の中でミドルに属する者が、エラー防止のための小集団活動としてグループワークを実施することとした。このモデルが一定の範囲で成立することを、成功事例と失敗事例で確認する。さらに、階層

構造に不具合があると、モデルが有効に働かないことも確認する。

第3章はサステナブル情報リンクモデルに関する有効性の確認を実施する。まず、モデルを長期にわたって維持する手法の検討を行った。品質コストがモデルの活動の経済性を明らかにすることを示した。品質コストは、適正な人員数の設定に幅を持たせた組織が、小集団活動によるエラー防止の取り組みで評価コストとともに失敗コストも低減する。

また、組織の活動の階層構造に標準との差異がない場合には、4つの情報リンクに照らして小集団で活動をチェックすることは、エラーの原因を事前に把握するために有効で、品質コストが活動の経済性を把握するために有効であることを示した。

第4章ではサステナブル情報リンクモデルを危険予知に用いる。階層構造の不具合がどのように組織のリスクに関係するかを具体例で確認した。ISO14001の階層構造を解析し、一般企業、地方自治体のEMSマニュアルの階層構造を解析した。この解析を進める中で、特徴的な構造を持つ札幌市に焦点をあて、EMSマニュアルの解析を実施した。この解析結果をベースに、札幌市のEMSマニュアルの弱点部位を明確化して、サステナブル情報リンクモデルを用いて、PDCAサイクルでのチェックを行い、塩酸貯槽での漏えいトラブルをシナリオに沿って深堀した。想定した体制、対応策、予防・緩和策、情報伝達の方法の整備が改善案の指針を示した。これによって階層構造に不具合や標準との差異があるとエラーの原因になり、4つの情報リンクでも原因を特定できない場合があることがわかった。

第5章はまとめである。ここでは、これまで記載してきたサステナブル情報リンクモデルの利用方法を明確化するフローチャートを作成した。このフローチャートは、Plan、Do、Check、Actionの流れに沿って構成されている。最初のPlanの部分で組織の目標を決め、対象のサプライチェーンを明確にする。期間tにおける環境関連データを入手し、これが集計できない場合には、理由を調査・改善する。財務情報(特に環境コスト)と非財務情報を入手し、集計出来ない場合には、理由を調査・改善する。さらに期間tにおける会計データを入手する。第4章で述べるように、品質コスト(環境の場合には環境コスト)が経営管理者に費用対効果を示し、経営資源の効果的な配分に関する意思決定情報を与えるツールとして機能している。これが集計できない場合には、理由を調査・改善する。次にDoの部分でエラーの予知を行う。4つの情報リンクで階層化した活動をチェックする。Checkの部分で予知したエラーの洗い出しに関して経済性を含めてその効果を確認する。最終的にActionの部分で結果に問題がないかを確認する。問題がある場合には、これを改善して期間t+1で検討を開始する。

このようにしてサステナブル情報リンクモデルは、その機能だけではなく、それを維持・管理していく仕組みも保有した。

さらに、論文全体を通して検討してきた事例をまとめて図表にすると同時に、サステナブル情報リンクモデルのもとになった導入経緯やモデルの存在意義を再確認した。最終的に今後の課題と展望を加えてまとめとした。

巻末には付論を付論－Ⅰおよび付論－Ⅱを記載した。それぞれ本文の詳細な説明となり得る情報であるが、本文に記載すると全体の流れを阻害する部分もあったので付論で論じた。付論は本文中のどの箇所であるか明記した。逆に、本文中では脚注を設けて付論がどの付論に相当するかを明記した。

## 第1章 問題意識と背景

### 本章の目的

本章では近年の日本の品質トラブルとその解析結果について述べる。しばしば品質、安全、環境に関わるトラブルが実際の企業において生じ、何故このようなトラブルが生じるかを理解する必要に迫られる。

### 第1節 最近の日本のモノづくりシステムの問題点

本節では日本のモノづくりの現状がどのような問題点を有しているかを考察する。特に1990年以降、現場力の低下が言及されるケースも見受けられる(森谷[2009]p.46)。このような現場力の低下が本当にあるのかを含めて、日本のモノづくりについて背景に触れながら考察する。

#### 第1項 産業別の国際競争力

次第に国内生産から海外生産に生産の形態がシフトしていく中で国内工場においてはその生産の状況が厳しい状況に変わりつつある。経済産業省[2013b]は、日本、中国、韓国、米国の四か国における1990年から2012年までの期間での世界輸出におけるシェアの推移を示した。これによれば、日本の総輸出のシェアはこの15年間で緩やかに低下している。一般機械、電気機械、精密機械の低下が著しい。対して、鉄鋼、プラスチックはそれほど大きなシェアを落としていない。自動車についてはシェアは下がっているもののトヨタなどの特定の企業は堅調であり、産業の業種や企業によって差が出ている状況である。

一方、中国を見てみると、この15年間、すべての分野で大きくシェア向上を果たしている。中国の爆発的な躍進の程度はこの図表によってよく理解できる。韓国はこの15年間ではどの分野でも微増しており、日本のような落ち込みのある業態は見当たらない。アメリカはこの15年間では一般機械や電気機械でシェアを下けているものの他の分野では堅調であり、アメリカが1990年代から復権したという説には信憑性があるといえる。この4カ国をみただけでも日本がこの15年間に大きく変貌したことが見て取れる。

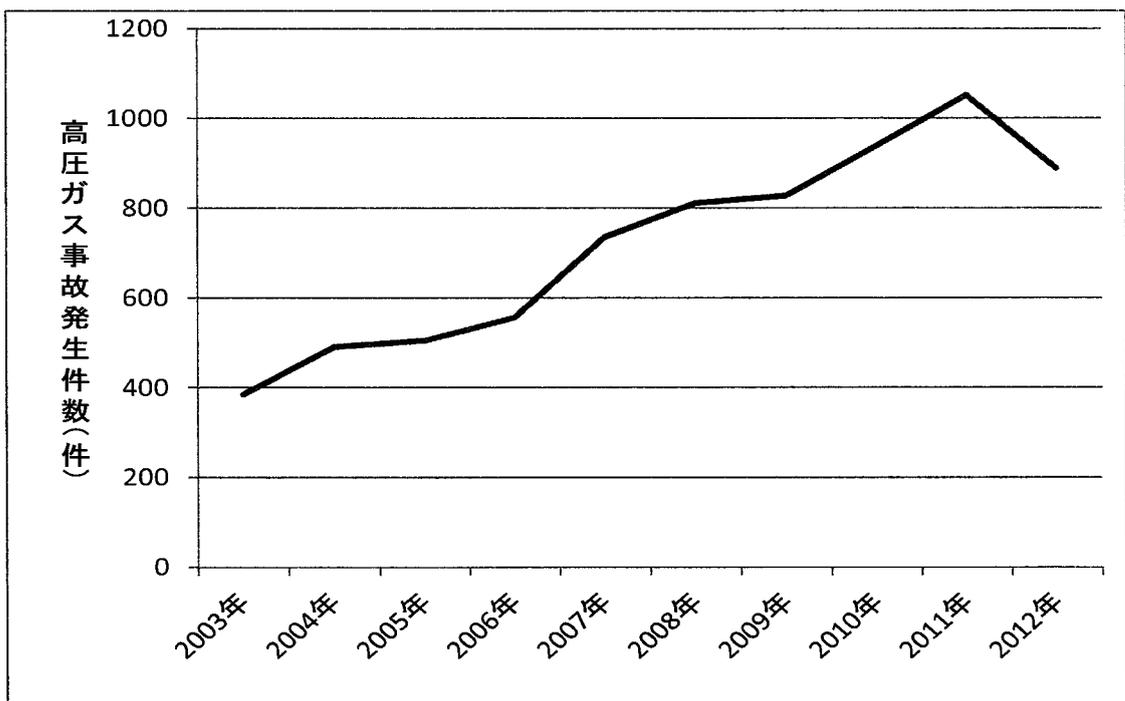
経済産業省[2013c]が行った海外生産比率の調査によれば、製造業の海外生産比率(国内全法人ベース)は2012年度20.3%(対前年2.3%の上昇)と2007年の過去最高19.1%を1.2%上回った。この内訳を見ると輸送機械が40.2%、情報通信機器が28.3%、汎用機器が26.6%となっている。これらのことからいまだに海外生産の割合は増加しつつあることがうかがえる。経済産業省[1996]のデータによれば、過去においてはこの海外生産比率(国内全法人ベ-

ス)は 1985 年にはわずかに 3.0%であったが、10 年後の 1995 年には 9.6%にまで伸び、さらに 20 年弱の 2012 年に 20.3%にまで増加したことになる。すなわち 1980 年代後半から海外生産が活発化してきたといえる。

## 第 2 項 トラブル発生状況

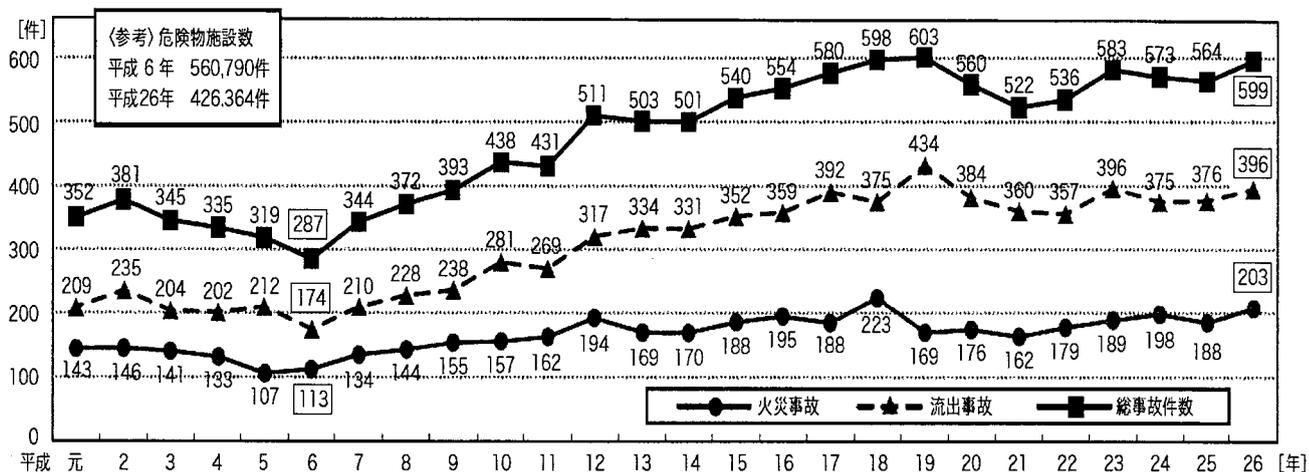
このように生産拠点が海外に移転しつつある状況下において、国内において組織の事故が増加するようになってきた。図表 1-1 に高圧ガス事故発生件数の推移を示す。2003 年からこの 10 年で急激な増加傾向にあるといえる。単純に生産が海外にシフトしたために国内工場などが手薄になったためというのは早計であるが、国内の生産でトラブル増加や生産性の低下の一例にも思われる。図表 1-2 及び図表 1-3 に危険物施設における火災・流出事故発生件数の推移と食品自主回収件数の推移を示す。いずれも増加傾向にある。

図表 1-1 高圧ガス事故発生件数の推移



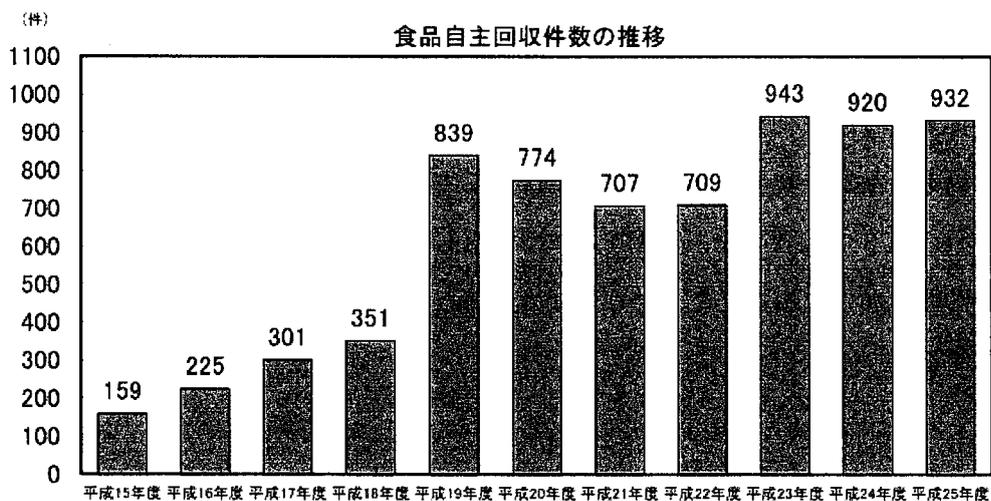
(出所)高圧ガス保安協会『高圧ガス事故統計集計表(平成 25 年 12 月末現在)』、2014 に基づいて筆者作成

図表 1-2 危険物施設における火災・流出事故発生件数の推移



(出所)総務省消防庁『消防の動き』、2015、6頁

図表 1-3 食品自主回収件数の推移



(出所)独立行政法人農林水産消費安全技術センター(FAMIC)食品 HP

以上述べてきたことをまとめる。日本国内では 1990 年代から特定の産業製品の世界的シェアが低下し、貿易特化係数も低減してきた。国内の生産も次第に海外に移転が進み、その動きは 1985 年から顕著になってきた。同時に、日本国内では正社員から派遣社員などの非正規社員が増加してきた。これらの生産に及ぼす影響の因果関係を明確にするのは容易ではないが、本論文で取り上げたデータなどを見る限り、日本国内の生産活動でエラーが増加している傾向を読み取ることができる。日経 BP 社[2011]が実施したアンケート結果をみると、生産に関わる技術力の低減について、半数近くの人間が実感を持っていることが認められる。このような状況を改善し、生産の拠点として日本企業の高い生産性を維持し続ける活動が必要である。

21 世紀に入り、産業構造がグローバルになっていくなかで、日本を取り巻く環境は一層厳しい状況となることが予測される。経済財政諮問会議[2005]は 2030 年までの産業別 GDP シェアの変化を示した。これによれば、製造業の GDP シェアは 1970 年の 27.8%から徐々に低下し、2000 年では 23.6%まで落ち、今後、2030 年には 20.0%まで下がる可能性が示唆された。また産業別雇用シェア(労働所得ベース)は 2010 年では 8.7%まで下がる見込みで、これは 1970 年の 1/3 程度まで低下することになる。すなわち、2030 年は、限定された労働力と資源で製造業を推進していかなければならない状況となっていく危険性を有している。このような厳しい状況のなかで、日本国内の製造業は、これまで通りの高品質を維持して製品を製造していかなければならない。そこには新たな生産管理のための試みが必要である。次章で詳細に述べるが従来の TPM、TQC などは多くの人員と労力を必要とする。本論文では、サステナブルな活動を、品質、安全、環境保全を維持して生産活動を進め生産効率を上げる活動と定義し、これらの 3 つの要素を、発生するエラーとして把握し、その予防策との関係を経済性の観点から明らかにすることで、より少ない人員と労力でサステナブルな活動を実現する方法を探求する。

## 第 2 節 サステナブルな活動

サステナビリティとは、一般的には、環境・社会・経済の 3 つの観点から、世の中を持続可能にしていくという考え方を示す。企業が与える社会・環境・経済面における長期的な影響価値を高めていく。すなわち、環境・社会面の考慮と経済的リターンを長期的には相反するものではなく、両立するものとして扱う。したがって、社会・環境への価値提供は長期的

には財務リターンと矛盾しない。このような社会・環境・経済面の影響価値を、企業活動、特に工場の生産活動に落とし込んでいくことが重要となる。

本論文では、こうしたサステナビリティの視点から設備保全活動をとらえ、そこにおけるサステナブルな活動を、品質、安全、環境保全の視点から効率的に生産効率を高める活動と定義する。

装置産業においては、品質、安全、環境保全は、工場の生産活動を維持していくために重要な考え方となる。加工組立産業に比べて装置産業は故障が重大災害や重大品質トラブルにつながる危険性がある。雪印乳業の脱脂粉乳の中毒トラブルの例が有名である(小山・谷口[2007]pp.65-79)、(谷口・小山[2007]pp.77-88)、(馬場[2012]pp.30-32)。しかし端的に述べれば、このトラブルは現代の日本が進めている環境保全をベースにした廃棄物低減の方向と関係性がある。トラブルの原因は廃棄物のリサイクルが中途半端であったことにある。リサイクルするには十分な準備と検討が必要なのである。

もともと、品質、安全に関するエラー防止は企業の利益につながるが、環境保全は企業の利益とは相反する可能性があった。しかし、近年、温室効果ガスなどの環境負荷の削減が、収益や利益にプラスの影響を及ぼすようになってきた。廃棄物削減も同様である。社会のサステナビリティの視点を企業活動活動や設備保全活動に落とし込んで行く必要性は今後も高まっていくことが予想される。品質、安全、環境保全が必ずしも設備保全活動におけるサステナビリティ活動のすべての領域を網羅しているわけではないが、本論文では、設備保全活動におけるもっとも基本的な品質、安全の要素に、重要度が高まってきている環境保全を加えた3つの視点を考察の出発点として位置づけ、この3つの視点からサステナブルな設備保全活動の在り方を考える。

### 第3節 エラー防止のための仕組み

#### 第1項 経営資源(ヒト、モノ、カネ)減少への対策

木村・永田[2005]は現在の日本の状況を以下のように述べている。「我が国の人材育成システムの中軸を占めてきたOJTが行き詰まり、万能ではなくなった。その最大の要因は、職場における要員削減・スリム化と労働過程のME化・コンピュータ化である。とくに、要員削減は指導員の確保はもとより、長い年月をかけたOJTの遂行を困難にしている」(木村・永田[2005]p.52)。このように経営資源のなかでも特に人員に関する部分の資源の低下が各方面の

生産に関わる能力の低減を引き起こしている。

例えば工場の生産の現場において、きめ細かく設備の管理をするような活動が実質的には行われなくなっている職場もある。かつてPM賞を受賞し、TPM活動を全場的に行っていた工場において、工務部門がそっくり子会社になってしまい、利益を追求するために、親会社との契約で業務を制限して実施するようになった例もある。この場合、契約にない事項は実施しないので、所員の教育なども必要最低限になり、全体的な所員の技術レベルも低下していく（第3章参照）。

一般的に、設備を管理するためには様々な資源が必要である。設備の分類をして重要な機器(予防保全系)とそれほど重要ではない機器(事後保全系)とに分けるために人員が必要である。故障した場合には補修するだけではなく、その故障事例をまとめておいて検索できるようにする仕組みも重要である。この仕組み作りと維持管理には人が必要である。日常点検のためのスキルアップのための研修にも人員をさく必要が生じる。異常を感じ取る能力は訓練と経験で培われる。作業経験が長い人は、こういった予兆をうまく捕らえ、大事故を未然に防ぐことが多い(大山・丸山[2004]p.208)、(ドロシー スワップ[2008]p.83)。それは、長年の経験による勘と呼ばれるもののためで、実は“勘”というものは、似たような事例の体験、事業や機器立ち上げ時に行った試行錯誤やトラブル処理、そういった経験の積み重ねの上に形成される。安西[1997]は以下のように述べている。「ベテランのプランは、状況の変化に即座に対応出来る下位レベルのプランと、問題全体を見渡して、解決の方向を決める基準となる上位レベルのプランの二重構造となっている。そして、このことによって、刻々と変わる状況に対応しながら、大局的には自分の決めたとおりに問題解決を進めてゆくことができるのである」(安西[1997]p.171)。

時々刻々と変化していく現場の状況に対処しなければならない状況に対して、河野・篠田・斉藤[2014]は以下のように述べている。「海外に大量生産向けの生産の拠点を移転したとき、日本に残ったその他の拠点をマザー工場と称する場合がある。コストの高い日本では、試作機能や高付加価値製品の製造を担うべしと言われているものの、実態としては少量品や端数品など寄せ集め品目を処理する工場となり、結果的には現場のモチベーション低下を招いているケースも多くみられる」(河野・篠田・斉藤[2014]p.15)。

このように日本の企業では、訓練と経験で培われてきた異常を感じ取る能力は低下する方向の環境にある。いま必要なのは、故障・不良などに代表される生産トラブルや生産損失が予防できる技能と技術を有することである(坂口[2002]pp.57-58)。

## 第4節 時代を経た活動からの振り返り

### 第1項 エラーを低減するモデル

予備調査として、川崎に位置する工場でインタビューを実施した。これは今後の製造業に必要な視点を得るための原型事例である。この会社は、食品関連企業であり創業100年を超えるもので、多くの歴史を経験してきた。製造部の設備担当者という仕事を担当したキーパーソンを中心にその内容を3つの時期にわたって解析した。インタビューの実施にあたっては、同じ職場の日勤班員、対象者の上司である係長、筆者と同じ工務の係長などから、構造化インタビューと非構造化インタビューを織り交ぜて実施した。最初の時代(1987年10月から1990年6月)では、設備担当者が設備保全に対してきめ細かい対応をすることが出来、トラブルは少なかった。次の時代(1998年10月から2000年3月)では、設備担当者は、2つの職場を兼任し、業務に忙殺されるようになった。トラブルは増加した。最後の時代(2008年10月から2009年3月)では、設備担当者は3つの職場を兼任し、もはや設備を管理下におくような状況ではなかった。トラブルはさらに増加した。3つの時代で設備保全担当者の業務が変化し、それがトラブル増加の原因になっているように見える。インタビューで年代をおって業務の変遷の特徴を見てきたが、次第に多くの業務を抱えるとともに、経験の少ない若手に代替わりして苦慮している状況がみてとれた。これからの日本の製造業の状況を展望してみると、これと同じことが順次起きていくことが予測できる。次第にエラーが生じやすい状況になる。

エラーについては中尾[2007]は、異常事象の発生として、「よく考えれば、今までの真理、定理とされてきたものや経験から理解できるが、その事象について、まだ経験や報告がなかったために引き起こされた失敗である」(中尾[2007]p.55)、と述べている。芳賀[2012]は、最近ではヒューマンエラーの要因や対策のポイントとして、オーガニゼーション・ファクターに注目し、安全意識や仕事意欲とそれらを向上させたり低下させたりする要因となる風土や制度の重要性を指摘している。Norman[1981]は動作のうっかりエラーについて組織化された記憶単位(スキーマ)をベースに考察した。Sasou and Reason[1999]は医療現場の例を説明し、多くのスタッフが相互に関連して働いているので、発生したエラーを修正しにくいことを示した。

樋口[2006]は、実際のトラブルに主眼を置いた。美浜原発の二次冷却水配管粉破事例を例にとり、事故が生じたのは、当該箇所が肝心の点検リストから漏れていたことが原因であるとし、このリストから漏れた原因について解析した。エラーの種類と原因ということで畑村

[2011]は、これまで多くの企業で、「あってはならないことは考えることすら避けてきた。しかし、実際に事故が起きるのは、逆演算で想定される事態になったときである。順演算の考え方だけでは、どうしても抜けがある。そこに逆演算の考え方を重ねると、その抜けがなくなる。失敗に向き合うには、逆演算思考が欠かせない」(畑村[2011]p.170)、と述べている。このように系統的にエラーの発生を解析した結果から、これを防止するためのモデルを作る必要がある。

そのモデルは、QC サークルなどの小集団活動の実態やこの集団への投入人員の考え方を考慮すると、以下の観点が必要であると考えられる(鈴木・山品[1994]p.25)。

- ①コストはかかることはかかるが、TPM 活動費 の数分の一のコストにとどまる
- ②人員は限定されているので、班長、係長が小集団グループを作って一定期間で完結する
- ③上記活動は、工場の生産活動とコストを紐づけるような小集団活動とする。

従来から小集団活動によるグループワークの有用性は、QC サークルや TPM 活動でも実証済みである。しかし、それぞれ膨大な活動の中のひとつとしての位置づけであり、単独に小集団活動だけで改善や効率化を進めるというものではなかった。QC サークルに関しては ISO9001 に代表される品質に直接かかわってくる活動なので、継続して進められていく可能性が高いが、設備保全を主体とする TPM 活動は、既に議論してきたように、エラーの発生を効率的に防いでいく新たな方策が必要な状況にある。その一つの方向性が小集団活動によるグループワークである。この方法によって、工場全体を巻き込んで進めていく TPM 活動を代替わりできるわけではないが、その有効性や効率性を明らかにすることで適用方法と適応可能性を分析することができる。たとえば、自主保全という考え方が定着するに従って、オペレーターとメンテナンスグループが一体化する(日本プラントメンテナンス協会編[2001] p.61)。The Japan Institute of Plant Maintenance[1997]では小集団活動の重要性を述べている。

エラーを防止しながら経済性を確保していくためには、従来のやり方に新しいやり方を付加していくことが重要となる。本論文でも既に取り上げたが、品質コストマネジメントや環境管理会計などは、欧米で発展してきた経緯がある。

たとえば、中嶋・國部[2008]は環境マネジメントの取り組みについてドイツでインタビューした。訪独前の環境への取り組みに関するドイツ企業のイメージは、環境にやさしい企業

であり、優先的に環境負荷を低減しようとする姿勢がうかがわれた。利益獲得よりも環境負荷低減が先に目標として掲げられているはずという印象があった。

結果として、すべてのインタビューでこの印象は覆され、ドイツ企業は利益獲得のため、企業が今後存続するために環境マネジメントに取り組んでいるということが判明した。企業としての環境への対応は、環境を企業戦略のなかに捉えながら活動しなければ、企業は今後存続し続けることは不可能であるという考えから出ている。

一例として中畠・國部[2008]の例を示したが、環境だけではなく、品質、安全の面でも企業はエラーをなくし、経済性を維持する活動を継続し続けなければならない。そのための仕組みのツールとなるのは、小集団によるチェック体制だが、これにくわえて、PDCA が円滑に回るような仕組みを組み込んでサステナビリティを実現するモデルを構築する必要がある。

## 第5節 設備保全技術の経緯

日本の生産の仕組みが 1980 年代まで優れていたことは既に述べた。その優れた生産の仕組みの流れを述べる。

戦後の日本においての日本の生産の仕組みの品質管理は当時としては優れていたテイラー方式<sup>1</sup>を一部導入するにすぎないものであった。品質保証も検査のみに頼っており、その検査さえ十分に行っていなかった。日本に駐屯していた GHQ が日本企業によって納入される通信機器の不良に直面し、これを改善しようとして民間通信局を通じて民間企業に統計的品質管理などを行わせた。これが日本の品質管理の始まりといえる。この統計的品質管理はデミングを始めとする品質管理の専門家の来日もあり、普及が広がったが経営環境や日本的文化もあいまって日本独自の形に進化した。

### 第1項 日米の品質管理手法の比較

検査活動を重視するアメリカ型の伝統的品質管理は、発生した不良品を検査活動によって排除する手法で、その活動は専門的なスタッフ部門の活動として実施される。大量生産方式のもとで製品や工程の改善を頻繁に行うことは望ましいことではない。改善活動を行うたびに生産活動を中断しなければならない。

日本型の品質管理は、最初から不良品を発生させないように品質の作り込みを行うもので、その活動は各階層、各部門の従業員がそれぞれの持ち場で品質管理に関与する。常に品質不良が発生しないよう気を配り後工程に不良品が流れないように心がける。日本の品質管理は最初から不良品を発生させないように設計や工程で作り込みを実施する。100%良品であること、すなわち、ゼロデフエクトが目標とするところである。多くの従業員がさまざまな小集団活動によって職場の問題を解決する(竹川[2003]P.147)。この小集団活動ではリーダーの連結ピンとしてのリーダーシップが重要であるが、そのメンバーがメンバーシップを発揮することも重要である(中野[2007]p.142)。

このような日本式の品質管理は日本企業の競争力の源泉のひとつとなっていた。この日本式の品質管理を TQC(Total Quality Control)と呼ぶ。また 1990 年代にアメリカが日本の TQC をベースに発展させ復権を勝ち得た品質管理を TQM(Total Quality Management)と呼ぶ。TQC と TQM は品質管理活動であり、TPM (Total Productive Maintenance)は TQC と TQM を支える設備保全活動である。成り立ちと特徴を次項で述べる。

## 第 2 項 TQC、TQM、TPM、小集団型 TPM モデル

日本において TQC(Total Quality Control)をベースに品質管理活動が展開された。千住[1998]は品質管理について具体的に述べた。品質管理を称して QC(Quality Control、品質管理)という。また、近代的な品質管理は、統計的な手段を採用しているので、特に統計的品質管理(Statistical Quality Control、略して SQC)という。品質管理を効果的に実施するためには、市場の調査をはじめ、研究・開発、製品企画など多くの企業活動の全段階にわたり、経営者を始めとする全員の参加と協力が必要である。このようにして実施される品質管理を全社的品質管理(Company-Wide Quality Control、略して CWQC)又は総合的品質管理(Total Quality Control、略して TQC)という。

日本に統計的品質管理 SQC が紹介され導入されたのは 1950 年前後のことで、検査をして不良品を除くのではなく、工場においてよい品質を作り込むことを目的にすると、製造部だけでは所詮不可能であり、その前後の部門でしなければならないことが沢山生じてくる。したがって、その後、QC 活動の関連部門は製造部門のみにとどまらず、生産技術部門、購買部門、営業部門等、次第に社内の各部門に広く浸透し、1960 年頃から社内の全部門に、しかもトップから第一線の作業員に至るまで、文字通り TQC の形を整えるようになった。

このような品質管理活動を支える設備側の活動として TPM が発展していた。TPM 活動は、設備を管理下に置く活動として、1971 年に定義され、以降、日本の製造業の生産性向上に寄与してきた。

一連の流れを図表 1-4 に示す。

図表 1-4 TQC、TQM、TPM の時代的流れ

	品質管理活動 (TQC,TQM)	設備保全活動 (TPM)
1950 年代	SQC を工業に活用 事実に基づくデータの統計的解析が始まる	米国から予防保全の概念を導入した。
1960 年代	SQC から TQC へ 1969 年頃、高品質の商品が、高能率・低コストで生産されるようになり日本の TQC が注目されるようになる。	生産保全活動が始まる。 設備を保全することによって品質を安定させるようになった。
1970 年代	TQC の確立 高度成長の終わり(1973 年) 第一次オイルショック(1973 年) 第二次オイルショック(1979 年) 省エネの時代へ	TPM の確立 1971 年に TPM の定義が出来た。日本の製造業に展開し、生産性向上に寄与
1980 年代	TQC の発展 製造業以外への TQC 展開	TPM の発展 製造部だけではなく全社に展開 1983 年 TPM 展開プログラム開発
1990 年代	TQC から TQM へ バブル崩壊 ISO9000~9004 の規格を採用し、JIS Z 9900 シリーズとして制定 *TQM とは、品質・顧客満足度を目標とした、アメリカでのトップダウン型の経営戦略	TPM の世界展開 東南アジアを中心に展開 革新的 TPM 開始 表彰件数が海外の方が日本を上回る
2000 年代	ISO9001 による品質マネジメントシステムの広がり	品質管理技術との融合 活動の人員の増減に対応できる新たなモデルの構築が必要になってきた。

(出所)筆者作成

1960 年代から 1990 年代まで、日本では TQC がその実力を発揮して進められてきた。ドイツもアメリカも日本の製品が目覚ましい品質向上をとげたため、日本でやっている QC サークルのまねをしようとし始めた(石川[1983]pp.7-8)。

一方、日本では、QCの専門家だけが品質をやっていて、その他の従業員が関知しないという方式は成立しない。日本では、総務部、技術部、製造部、営業部などは縦のラインが強いので、いくら品質管理だといっても機能しない(石川[1983]p.4)。全員参加の品質管理、全部門参加の品質管理となり、これは全社的QCとなる。総務部、技術部、製造部、営業部も全員、品質管理を実施する。全員参加ということは、トップから重役、部課長、班長、作業員、みんなが実施する。

品質管理は、製造業だけではなく、消防署、市役所、銀行、保険会社などでも実施された。これは日本で実施している品質管理が製品の品質だけではなく、質管理で、人の質を管理することで、銀行が品質管理をやっているのも銀行の仕事のエラーをなくす、お客さんにサービスを良くする、などの狙いがあるからである。

しかし、1990年代にバブルの崩壊が生じるとともに、グローバル化とシステム化の波が押し寄せ、それにTQCで対応するには厳しくなった。TQCは問題解決の手法としては優れたものであるが、これから会社をどうするのかやシステム化をどう進めるかに対応できるような構造にはなっていなかった。そこでTQCがTQMと名称変更され、TQCに新しい概念が付け加えられた。TQMは総合的品質管理<sup>2</sup>とも呼ばれており、品質を中核とする経営管理のことで、製品の品質向上はもとより、業務の質改善、企業競争力の向上など、品質を重視した品質経営の方法である。

一方、アメリカの先進企業は、日本のTQC(Total Quality Control)実践を対象に徹底したベンチマーキングを行い、得られた結果をベースにTQM(Total Quality Management)を創出した。グローバル市場における製造業再生の戦略的ガイドラインとしての性格を有する。

既に述べたようにTPM(Total Productive Maintenance)はTQCやTQMを設備面で支える役割として機能してきた。QC活動がロスを減らす活動で、不良が発生してから分析、対策、改善を実施するのに対して、TPM活動はロス発生前の活動で、不良の発生をゼロにすることを目的とする。従来の製造業の体制ではQC活動もTPM活動も全員参加型の活動として成立してきたが、近年、特にTPM活動は全員参加で実施することが難しくなりつつある。これからの製造業に求められる活動は、スタッフや日勤班員が減少する事態を勘案し、活動人員をひとつの因子としてとらえて、活動人員の増減に対応できるような新モデルと考えられる。このモデルを小集団型TPMモデルと仮称する。

図表 1-5 に TQC、TQM、TPM、小集団型 TPM モデルの比較を示す。

図表 1-5 TQC、TQM、TPM、小集団型 TPM モデルの比較

	品質管理活動		設備保全活動	
	TQC	TQM	TPM	小集団型 TPM (本論文で構築)
運用原則および目標	顧客満足、継続的品質改善、全員参加、チームワークなど	左記にくわえ、株主や従業員の満足、ビジネスプロセスの改善など	継続的設備保全、全員参加、生産システム効率化など	継続的設備保全、活動人員の増減に対応、効率的なエラー低減など
実践上の特色	自主検査等、組織成員の自発的な品質管理活動への関与、オンザジョブトレーニングなど	品質管理活動のシステム化、各種マニュアルの整備、細部にわたるトレーニングなど	設備保全活動のフレームワーク、組織成員の自発的な設備保全活動への関与、オンザジョブトレーニングなど	小集団活動による効率的エラー低減のためのフレームワーク、サステナビリティの追及など
業績評価	品質活動の成果は賞罰等に直接反映されることはない	品質活動の成果は賞罰や人事考課に反映される	設備保全活動の成果は賞罰等に直接反映されることはない	設備保全活動の成果は賞罰等に直接反映されることはない
知識変換	共同体が基本	表出化が基本	共同体が基本	共同体が基本
品質概念	適合品質にくわえて、設計品質の確保が中心	設計品質の内容を拡大し、顧客知覚品質の向上を戦略的に志向。くわえて、品質の認識自体も拡大傾向にある	ゼロデیفェクトを追及する	予防コスト、評価コスト、失敗コストのバランス、外部失敗コストの低減
サポートツール	QC7 つの道具(特性要因図、散布図、パレート図など)、新7つの道具(親和図、連関図法など)など	左記にくわえ、QFD やタグチメソッド、品質コストも重要視される	TPM 展開プログラム 12 ステップ、TPM8 本柱、	組織の活動を可視化するツールとエラー防止のためのフレームワーク、経済性分析ツール

(出所)(伊藤[2001]p.4)を参考に筆者作成

TQM の導入にあたってアメリカの先進企業は日本の TQC を体系的な要素まで分解したうえで新たに戦略的な要素を加味してこれを再構築しようと試みた。このように TQM はアメリカで発展し、日本がそれを導入したことになる。ここについては、少し見解が分かれる。飯塚・慈道[2005]は、1998 年に TQM の定義がなされたと述べており、TQM がアメ

リカで発展したとの記述がない。梶原[2008]も、日本企業の品質管理に対するアプローチは TQC や TQM と呼ばれ、日本企業の能力の高さを示すものであると述べており、やはり TQM が日本で発展したかのようなニュアンスを持つ。一方、伊藤[2001]は以下のように述べている。「米国の先進企業は、日本の TQC 実践を対象に徹底したベンチマーキングを行い、これをベースに TQM という新しい概念を創出した。1990 年代に、米国の製造業が急速に国際的競争力を回復させた背景には、この TQM とこれを制度的にサポートするマルコムボルドリッジ国家品質賞(以下、MB 賞と称す)などに象徴される、卓越した試みがあったとっていいであろう」(伊藤[2001]p.1)。すなわち TQM はアメリカで発展したという見解である。TQM に対する意見の違いは、中嶋[2009]によって、以下のように整理される。「SQC を日本に導入して日本で TQC を育て、その TQC が欧米にわたって TQM になり、日本でも TQC を TQM と呼ぶようになった」(中嶋[2009]p.61)。これが TQC と TQM の関係の実態と考えられる。[中嶋(2009)]はこれを日本と欧米の間にブーメラン現象が起きていたと記述した。

すなわち、日本で育った TQC が優れていて、品質に危機感を持ったアメリカがこれを導入した。そこでアメリカではアメリカの企業文化に合致する形で TQC をベースにして TQM が発展した。それがアメリカの経済を牽引することになり、今度は日本で TQC を TQM と名称変更し、ただ単に名称変更した企業、本当にアメリカの文化に合致した TQM を導入した企業、TQM の日本の文化に合致する部分を導入した企業の 3 者に分かれた。従って、日本では TQM という名称自体がかなり広い意味を持っていて、実際には図表 2-2 に示す TQM の特徴を持っていなくても、TQC の進化という意味で TQM という言葉を使っている場合もある。すなわち、TQM という言葉には 2 種類あって、ひとつはアメリカで TQC をベースに発展してきた TQM である。もうひとつは、アメリカの TQM とは直接関係ないが、TQC を進化させたという意味で使う TQM である。従って、識者によってこの TQM の定義が異なっていて、実際は TQC のことを指しているが、名称変更されたので TQM という言い方をしている場合もある。前述の伊藤[2001]の TQM は前者を指し、飯塚・慈道[2005]や梶原[2008]の TQM は後者である。

伊藤[1996]はアイシン精機での活動を検討した。アイシン精機では 1994 年 6 月を期して、TQC の名称を TQM と変更した。TQC から TQM へ呼称を変更した理由は、次の三点である。

#### (1)TQC の「C」の意味と活動内容の不整合

TQC の C は Control の略であり、統制・制御という意味合いが強い。しかしアイシン精機の TQC 活動は、経営課題から現場の問題にいたるまで、役員・全従業員が一丸

となって取り組んできた企業体質の改善・強化のための活動であり、その内容からして Management の方がふさわしい。

## (2)世界に通用する言葉にする必要性

日本の TQC が欧米に紹介され、各企業で実践されるようになったが、その名称としては TQM が使われている。アイシン精機も企業活動のグローバル化に合わせ、TQC 活動を海外法人へ拡大しており、世界に通用する言葉にする必要がある。

## (3)企業環境の変化に対応し、活動内容・推進方法を再構築する必要性

アイシン精機の TQC 活動は、経営活動の変遷に合わせ、活動内容や推進方法を変化させてきたが、最近の企業環境は、経営の基本姿勢に変化をおよぼすほど激変しており、この変化に 대응できるよう TQC を再構築する必要がある。

以上のことから、少なくともアイシン精機においては、アメリカの TQM という名前をアイシン精機の品質活動の名称として名前だけ使用してきたということがわかる。問題の本質は、TQM という言葉をどう定義するかで、もしもアメリカの TQM を意味しているならば、方法も、タグチメソッドや品質コストの考え方も導入していると考えるのが普通である、という点にある。品質コストは企業のエラーの部分にも光をあてて考察する手法なので、欧米の体質には合うが、なかなか日本の体質には合わない点がある。品質活動の結果も賞罰や人事考課の対象になるもので、その点も、合う、合わないの重要なポイントとなる。

日本では 1960 年代に SQC を工業に活用し、これが 1970 年代で TQC に発展し、高品質の製品を生み出すに至った。一方アメリカでは 1980 年代に日本の TQC をベースにアメリカの体質に合った TQM を発展させて品質向上に努めた。日本では 1990 年代にアメリカの TQM の一部を導入したり、あるいは名前だけを変えたりして、TQC を TQM という名称にした。本論文では、特に記載がない限り、TQM とはアメリカ型の品質管理手法とする。

一方、品質管理活動とは別であるが、TPM は、品質管理活動を側面からサポートする全社的な設備保全活動として展開してきた。品質管理が TQC、TQM といった概念の違いで日本とアメリカとで発展の仕方に違いがあったのに対して、TPM ではこのようなことは生じていない。TPM 活動は、明確な設備保全活動としてのフレームワークに従って進められてきたのである。組織成員の自発的な設備保全活動への関与とオンザジョブトレーニングなどで組織的な能力向上を図ってきた。このような取り組みは、自主保全活動と呼ばれ、

ステップ方式をとって少しずつ前進するようになっている。オペレーターはこのステップを経験することで、設備の不具合を発見する能力を獲得する。

オペレーターは、設備の劣化が自然劣化だけではなく、強制劣化によるところが多いことを学ぶ。切粉、砂、油脂類の漏洩、腐食の促進などを放置することで本来の寿命を短命化する危険性があることを学ぶ。

工務所員が進める活動は専門保全活動と呼ばれる。こちらはベアリングの油分析、回転機器の振動診断、軸受けの熱診断などで適切な診断を実施する。このため TPM 展開プログラムは 12 ステップあり、TPM8 本柱に応じて、組織的な能力向上がはかることができる。自主保全も専門保全も、突発故障件数を低減することに主眼が置かれ、設備は一つひとつ、重要度の違いで A ランク、B ランク、C ランクなどに分類される。ここで加工・組立産業と装置産業とで大きな違いが生じてくる。加工・組立産業では、A ランク機器はほとんどない。故障は避けたいがそれは全体的な生産性に影響があるからで、装置産業のように致命傷ではない。装置産業の場合、危険予知をする場合、A ランク機器は予防保全によって故障がない状態にしなければならない。この機器が故障するということは生産を数日停止することを意味する。場合によっては、故障の修理や代替え器の交換のために、数か月、工場が停止する。機器の生産効率を議論する前に故障やエラーが生じないような体制が望まれる。通常の品質管理だけでは十分な管理ができない領域も考えられる。

最後に、小集団型 TPM モデルであるが、従来の組織的な活動で明らかにしてこなかった活動人員数に関して検討を実施する。活動人員の増減に対応できるモデルが必要なのである。多くの費用を有する組織であれば、多数の人員を小集団活動や全社的活動に投入することが可能であるが、僅かな費用しかない組織では、数名の人員で小集団活動を維持しなければならない。小集団型 TPM モデルでは、小集団活動の適正人員数に関しての視点が必要となる。既に本章の冒頭で述べたように、製造業の生産が日本から海外にシフトしていき、企業が利益を確保するために国内工場を縮小したり、生産スタイルをかえたりする中で、固定費削減のために人員を削減するようになると、活動のための人員の数は重要な変数としてモデルに組み込まれる必要が生じてくるのである。もちろん、これは人員が少ない場合でも十分に人員が取れる場合でも、どのようなケースでも利用できるように考慮したモデルとなる。そのためにはどのような状況でも活動がぶれないフレームワークを設定する必要がある。これはエラーの予知を可能とする仕組みを有している。

次節でこのアメリカ型の TQM で重要視されている品質コストに関して述べる。

## 第6節 品質コストマネジメント

小集団型 TPM モデルでは、ロス発生前に不良の原因を見つけ出すことが望まれる。そのため小集団活動を実施する場合、投入コストによって活動人員の増減が生じ、適正な人員は組織の決める枠組みによって変わる。その枠組みを決める際の意味決定情報のひとつが、品質コストとなる。品質コストは品質管理活動などに付随するコストと、この活動や業務が不完全であった場合にメーカーが支払うコストの総称であるので、小集団活動を実施する場合の人員の設定結果に影響を及ぼす。小集団活動の活動自体にコストがかかり、このコストを正しく把握できる仕組みが必要なのである。この関係でこの節では、間接費も視野に入れた品質コストマネジメントについて検討する。

品質コストマネジメントは、最近、日本においても導入されつつある技術である。この手法は 1950 年代からアメリカで使われ始めた(伊藤[2001]p.8)。伊藤[2001]によれば、この手法は多彩な性格を有し潜在能力を秘めたマネジメント・ツールであり、ゆえに品質原価計算(Quality Costing)と称されたりした。アメリカの先進企業は、日本の TQC(Total Quality Control)をベースに TQM(Total Quality Management)という新しい概念を創出した。1990年代のアメリカの国際競争力の回復にこの TQM とこれをサポートする MB 賞(マルコムボルドリッジ国家品質賞)の存在がある。この TQM の中のサポートツールとしてこの品質コストマネジメントがあり、これらを使ってアメリカは 1990 年代に復活した。

品質に関連するコストを 4 つに分類し、トレンドを分析する。この手法が注目されているのは、アメリカがこの手法を品質改善のツールのひとつとして用いて品質改善とコスト低減を同時に成し遂げたからである。

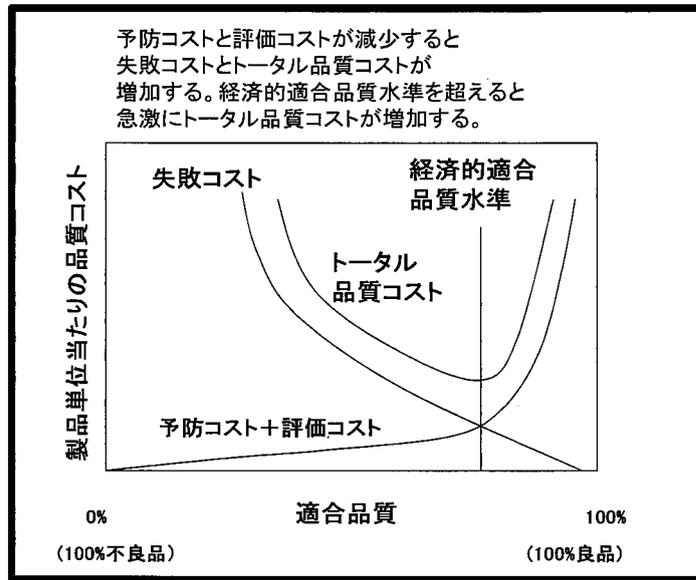
品質に関するコストには予防コスト(Prevention costs)、評価コスト(Appraisal costs)、内部失敗コスト(Internal failure costs)、外部失敗コスト(External failure costs)がある。予防コストとは、品質上の欠陥を早期に防止するために支出されるコストで、評価コストとは品質を評価することで品質レベルを維持するためのコストをいう。両者とも品質管理や品質保証活動を実施する限り必ず生じる。これに対して、内部失敗コストと外部失敗コストは、コストあるいは原価ではなく品質保証活動が不備であった場合に企業が被る損失(Loss)である。コストとは利益を生むための犠牲という特性を持つが損失は利益に貢献しない無駄な支出であり、原価性を持たない。その減少額は、利益業績の改善効果を示す。予防コストと評価コストで表現されるいわゆるコストと、内部失敗コストと外部失敗コストで表現される損失は、トレードオフの関係にあり、視覚的にも経営陣に理解しやすい。

この関係を図表 1-6 および図表 1-7 に示す。図表 1-6 は伝統的な品質コストビヘイビア・モデル、図表 1-7 は修正された品質コストビヘイビア・モデルである(伊藤[2001]pp.19-20)。伝統的な品質コストビヘイビア・モデルでは、2組の品質コストが描かれており、一つは失敗コスト(内部失敗コスト、外部失敗コスト)で、もう一つは予防コストと評価コストである。これらの品質コストのうち予防コストと評価コストは自由裁量で決定できる。この自由裁量のコストをかけることで、失敗コストを低減できることを図表 1-6 及び図表 1-7 は示している。この図によれば、100%欠陥品と欠陥品 0%の間にトータル品質コスト(前述の 2組の品質コストの合算)が最小となる箇所(経済的適合品質水準)があることになる。欧米の経営者はここを目標として品質管理計画を立てる。ここが欧米と日本との品質に関する感性の違いと推察される。日本は欠陥品ゼロを目指す。そこには経済的適合品質などない。加護野[2010]は以下のように述べている。「日本の優良企業の中には、不良ゼロを目標にしているところがある。短期の利益を考えると、一定の不良を許容したほうが利益は増えるかもしれない。それにもかかわらず優良企業が不良品ゼロを目指しているのは、そちらのほうが、現場の緊張感が高まり、技能や技術が向上するからである。これが長期の利益の源泉である」(加護野[2010]p.38)。

加護野[2010]はさらに「トヨタ自動車の品質管理の人々に、不良ゼロはコストがかえって高くつくことにならないですかと聞いたことがある。どんなにコストがかかっても、不良はゼロでないといけません。高い不良率のほうがコストは安いなんて言い始めたら、現場の技術と意欲は急激に低下しますという返事が返ってきた」と述べている(加護野[2010]p.126)。

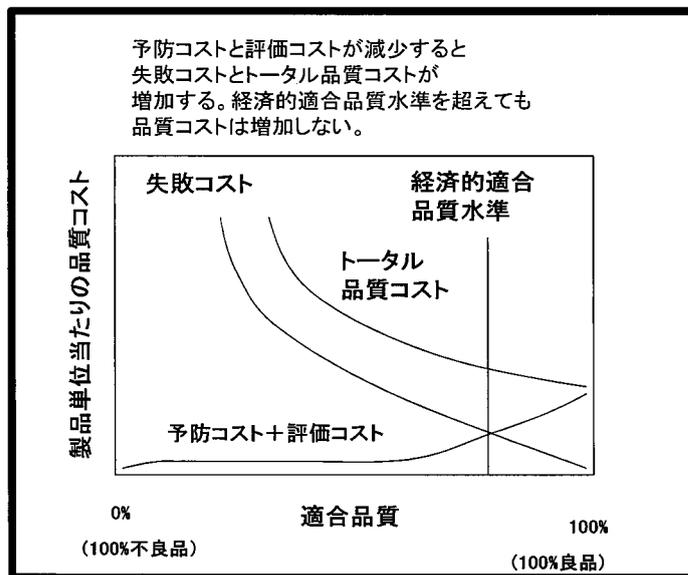
一方、図表 1-7 の修正された品質コストビヘイビアで、このモデルが使用されるようになった契機は Crosby の議論といわれている。高品質と原価低減は同時期に達成可能であるとした。それが品質改善によって収益性の向上をはかるもので、TQM の実践である。とりわけ品質コストの重要性を示した。修正モデル(図表 1-7)では、トータル品質コストが最低なのは欠陥品ゼロ%、すなわちゼロディフェクト(無欠陥)である。このモデルでは予防コストと評価コストが品質を高めても、伝統的モデルのように急激に立ち上がらない。

図表 1-6 伝統的な品質コストビヘイビア・モデル



(出所)(伊藤[2001]p.19)を参考に筆者作成

図表 1-7 修正された品質コストビヘイビア・モデル



(出所)(伊藤[2001]p.20)を参考に筆者作成

この理由は、予防コストと評価コストの間にある種のトレードオフがあるからである。

一般的に、予防コストと評価コストと利益との関係は直接関係しない。しかし、失敗コストと利益は直接関係する。損失である失敗コストの減少は、他の条件が一定ならば、同額の利益となる。だからこそ、アメリカの多くの企業が品質コストの低減を原価管理上の最重要事項としてきた。品質コストマネジメントは失敗コストの低減にこそ向けられるべきである。トータルコストに過度に注目したり、予防・評価コストを安易に削減の対象にしたりすることは品質コストマネジメントの本来の趣旨に反する。予防コストと評価コストの間にある種のトレードオフの関係を見たとえ、トータルな品質コストが最小になるように、それぞれの支出を選択すべきである。外部失敗コストが多いならば、ゼロデフェクトを達成することを考えるのではなく、検査を強化しすべてを検査して欠陥品が顧客に渡らないようにする方がトータルな品質コストは安くなる。内部失敗コストの場合は、トータルな品質コストの減少につながるならば、それが増加しても許容してよい。要は内部失敗コストと外部失敗コストの違いを認識しなければならないのである。しかし日本において品質コストマネジメントは現時点でもあまり導入が進んでいないのが実態である(梶原[2008]p.34)。

伊藤[2001]は以下のように述べている。

- (1) 予防コストと評価コストを算定する場合、QCサークルの運営や工程における自主検査などのように、品質管理活動とその他の活動が渾然一体となって進められていて、分離が難しい。
- (2) 原価計算システムが品質コストのデータベースとしては不適切であり、経理部門と品質部門の連携も欧米企業ほどにはうまくいっていない。
- (3) 測定技術的な難しさが品質コストの測定と分析が遅々として進まない最大の要因。

このような状況に関わらず、日本においても品質マネジメントを実践する企業が増えてきた。

## 第1項 日本における導入企業

品質コストマネジメントの手法で有名な導入事例はオムロン社<sup>3</sup>の事例がある(伊藤[1999]p.54)。コンピュータ制御機器メーカーで1988年から品質コストマネジメントを導入した。予防コストの大部分は製品企画から設計までのプロセスにおけるさまざまな活動に関連したコストによって占められている。品質を見えるようにするためには、歩留まり率、

不良品の把握によって品質をある程度把握できるが、どうしても共通な言葉での意思疎通に欠ける点がある。しかし、コストを切り口にすれば、販売・開発部門などすべての組織で共通な言葉で話ができる。このようなことから品質コストを品質革新活動の効果測定にも活用し、この活動を加速促進させる狙いがあった。この場合の品質革新活動は、予防コスト、評価コスト、失敗コストの最適配分によってコスト全体の最小化を目指すのではなく、適正な予防・評価コストの配分に失敗コストのミニマム化をはかる方向である。予防保全活動の強化によって品質不良を減らし、そのことが結果として品質不良を減らしそれがさらに評価コスト・予防コストを低減させる。

品質コストの測定と報告は月次ベースで行う。各事業部、その上に位置する戦略的ビジネスユニット、品質保証センターにとってこの月次データは重要事項と認識されている。重要な品質課題に適切に対処するために活用されるほか、随時、品質コストの発生部門へもフィードバックされる。この品質コストデータは工場内のコンピュータで工場の管理・監督者が自由に入手できる。さらには、社内の CIM(Computer Integrated Manufacturing)での集中制御する生産の仕組みの構築の一環として整備された。とくに POP(生産時点情報管理)システムの開発によって、部品出庫から製品出庫までのオーダー進捗、実績工程数の把握、チョコ停、機器修理時間、オン・オフラインの仕掛等の製造情報が入手可能となった。

## 第2項 品質コストの貢献

### (1)アウトライン

オムロン社の方法は品質コストデータの解析はほぼ PAF 法(Prevention-Appraisal-Failure 法)、に準拠して実施している。取り組みの一例を図表 1-8 に示す。

図表 1-8 オムロン社の品質コストの内訳

区分	項目	定義
失敗コスト	クレーム対処[社外]	客先で発生した障害の状況及び原因の確認から客先への報告までに要した費用、および処置対策に要した費用。なお、異常なしクレームについても計上するが、ユーザー責任が明確なものは除く
	代品交換[社外]	既納入品が故障のため代品を客先に納入するための費用
	損害補償[社外]	品質不良により客先に対して、損害補償として支払われた費用
	廃棄部材・製品[社内]	品質不良により発生した部品、仕掛品、製品の廃棄金額
	手直し[社内]	客先引き渡し前の段階で不具合品の手直し、修理に要した費用
	購入品不良対処[社内]	受入品の不具合対処に要した費用
	技術変更[社内・外]	社内・外にかかわらず品質不良で発生した設計変更・工程変更処理にともなう費用
評価コスト	検査	検査の準備と実施に要した費用
	信頼性試験	量産試作試験、形式試験、信頼性試験などの製品の評価試験に要した費用
	校正点検	設備、試験機、測定器および治工具の受入検査、定期検査、調整修理計測機の校正、基準器の検定試験に要した費用
予防コスト	品質計画	品質に関するプランおよびシステムを立案するための調査、折衝、立案審議と部門展開に要する費用
	品質技術	品質管理、品質統計、技術指導、支援、定期品質会議、および作業グループ小集団などの各種改善活動の費用
	品質教育	品質に関する教育・訓練に要した費用
	デザインレビュー(DR)	商品開発段階におけるDRの準備と開催およびフォローと対策に要した費用
	品質診断・監査	品質に関する診断・監査の準備と開催およびフォローと対策に要した費用

(出所)(伊藤[1999]pp.55-56)から一部抜粋して筆者作成

失敗コストは、7項目に分類され、具体的にはクレーム対処(社外)、代品交換(社外)、損害保証(社外)、廃棄部材・製品(社内)、手直し(社内)、購入品不良対処(社内)、技術変更(社内・外)となっている。

評価コストは、3項目に分類され、具体的には検査、信頼性試験、校正点検となっている。

予防コストは、5項目に分類され、具体的には品質計画、品質技術、品質教育、デザインレビュー(DR)、品質診断・監査となっている。

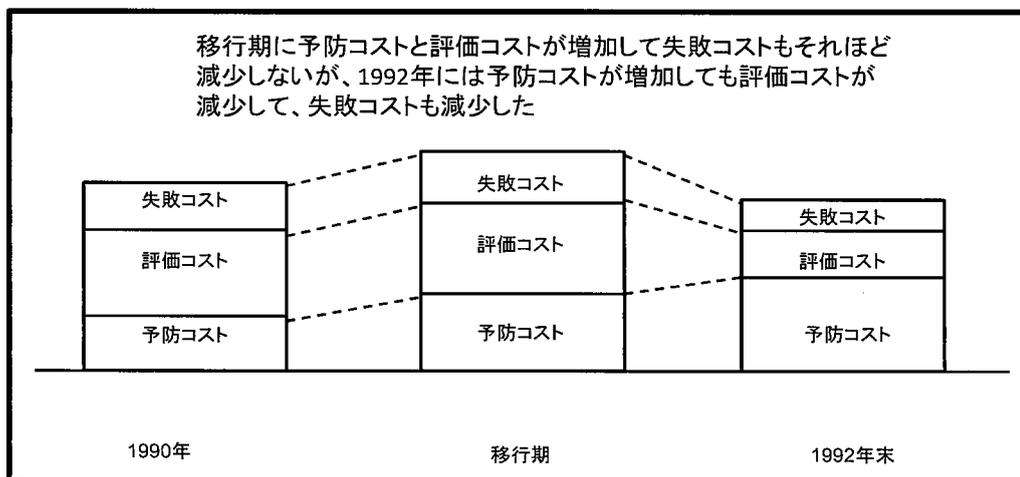
失敗コストは、外部失敗コストに関しても内部失敗コストに関しても、失敗の有無と種類によるので、年度によってコストは大きく変動する。一方、評価コストと予防コストはほとんどが人件費的なものなので、人員や作業の種類をどのように変更してきたかでコストが変わってくる。体制や仕組みの置き方によってかなり規程される部分があり、一定の傾向を持って変化していく。

これらの失敗コスト、評価コストと予防コストのバランスを見ることで、工場の状態を可視化することが品質コストマネジメントの大きな目的のひとつとなっている。

オムロン社では品質コストを顧客の要求事項を満足させるために必要となるコストと考えていて、市場品質(設計品質)を重要視する管理体制として、品質コストシステムをとらえている。この市場品質の確保は、実は日本の企業にとって基本命題であった。そのために品質管理部門だけではなく、商品の設計にまで関わる技術者も品質の確保と改善に重要な人員となった(伊藤[1999]p.55)。オムロン社の戦略として、すべての構成員に対して品質にさらなる関心がいくように品質コストシステムを利用したのである。品質に関心がいくためには、コストと紐づくのがひとつの有益な方法といえる。

品質コストを導入しなければ、一般的な原価計算では歩留まり管理を実施しており、標準原価との差額で管理する場合も多い。歩留まり管理を実施すると共通言語が%という言葉になってしまいコストの概念までいかないケースもある。これに対して、品質コストのようにコストに着目すれば、共通の言語が円になり、管理しやすくなる。まさにオムロン社は品質コストを品質の管理するために有効に活用しているといえる。この活動を進めることで、品質管理体制の強化につなげることができる。オムロン社の品質改善の基本的な考え方は、図表 1-9 に示すように予防活動の強化によって品質不良を減らし、失敗コストと評価コストを低減させるというサイクルを作ることにある。図表 1-9 は 1990 年から 1992 年にかけての取り組みをまとめたもので、オムロン社の考え方をうまく表現している。

図表 1-9 オムロン社の取り組みのイメージ図



(出所)(伊藤[1999]p.56)から一部抜粋して筆者作成

オムロン社は、予防コスト、評価コストおよび失敗コストの3者の配分を最適にすることで全体のコストの最小化を目指すという考えは持っていない。むしろ、まずは適正な予防・評価コストの2者の配分が重要で、この結果として、失敗コストの最小化を図ることを志向した。この考え方を図表 1-9 で示した。1990 年は予防コストよりも評価コストが大きい。また失敗コストもある程度の大きさがある。移行期は予防コストが増大し、評価コスト、失敗コストは大きく変化はない。1992 年になると予防コストはさらに増大し、評価コストと失敗コストが減少している。オムロン社は、予防活動の強化によって品質不良を減少することに重点をおいた。評価コスト・失敗コストを低減し、これをポジティブなサイクルとして回転させた。

## (2)運用

オムロン社の品質コストシステムの運用について述べる。品質コストの測定は月次となっている。ラインは9個の統括事業部(SBU)によって分化してさらに事業部(BU)に分かれている。この統括事業部や事業部ごとに月次の総計および工場別に情報が集められ、本社の品質保証センターに記録される。品質保証センターでは情報を各品質コスト項目に分類し、統括事業部単位、事業部単位、および全社総計の情報にまとめられる。品質コスト率(品質コスト/生産金額)および失敗コスト率(失敗コスト/出荷高)等とともに定期的に社長に報告する。月次報告に加えて、年間実績をベースに次年度の目標(品質コスト予算)が設定される。

情報の処理方法について述べる。月次の情報は品質コストの発生原因の重要な品質課題を示す情報と認識されている。年次の情報は次年度計画を立てるために重要で、品質コストの発生部門へフィードバックされる。品質保証センターでは、次年度計画のために必要な品質管理および品質保証体制の診断と監査に情報が活用される。

この品質管理の情報は、コンピュータ端末で現場の管理・監督者がアクセスして見ることが可能となっている。図表 1-10 に品質コスト関連のデータベースを示した。このデータベースには21のファイルがある。各コストの月次・年次別集計、推移データを品質コストの区分別、項目別、費用別に出力することができる。品質コストの集計処理に各種のレートは、品質コストテーブルと呼ばれるファイルによって管理されている。そこには各費用ごとにコストの算出式が細かく決められている。

図表 1-10 品質コスト関連のデータベース

レコード数	No.	ファイル名	略称	ファイル/ テーブル	概 要
1/月	1	廃棄費(死蔵品) ファイル	QA	ファイル	Qコスト費用別ファイル
100/月	2	廃棄費(製造ミス) ファイル	QB	同上	同上
50/月	3	手直し費 ファイル	QC	同上	同上
10/月	4	ソフトバグ対応費 ファイル	QD	同上	同上
1000/月	5	MAX集計 ファイル	QO	同上	MAXで集計したマンスリー データのファイル
4000/月	6	Qコストサマリー ファイル	QP	同上	費用別にコストを集計した サマリーファイル
9/月	7	システム付番No. マスター	QQ	マスター	システムが自動発番する No.の管理マスター
1	8	Qコストテーブル	QR	テーブル	コスト集計時に参照する レートテーブル

(出所)(伊藤[1999]p.58)から一部抜粋して筆者作成

このようにして運用される品質コストマネジメントは、TQM の主要なサポートツールとして利用されている。品質コストは、発生する品質管理のためのコスト(予防コストおよび評価コスト)と活動が不備であったために企業が被る損失(失敗コスト)とのトレードオフ関係をベースに、経営管理者に品質管理の重要性を知らしめようとする手法といえる。

伊藤[2001]は品質コストマネジメントについて以下のように述べている。「品質コストはわが国の TQC 実践においては、これまであまり注目されることはなかった。日本企業は愚直なまでに品質にこだわるといわれる。それは、組織成員がいわば合理性や効率性といった論理を超越した形で、運命共同体である会社にとって品質がいかに重要であるかを直感的に理解してきたからに違いない。他方、欧米の組織では、組織成員をある行動に駆り立てようとする場合には、その行動がなにゆえに必要かを論理的に説明することが、当該行動を成功に導くための前提条件とされる。

品質コストは品質管理活動に役立つコスト情報を経営管理者にたんに伝えるだけではない。それは、品質の改善がいかに利益業績にプラスに作用するかを理解するうえで不可欠と

なるロジックも、実は同時に提供するのである。そのことから、品質コストの知識が TQM の必要性を正当化し、それを強化するのに役立つと示唆している」(伊藤[2001]p.7)。品質コストに加えて、最近ではシックスシグマ<sup>4</sup>や自工程完結<sup>5</sup>の品質管理手法も有力な方法ととらえられている。両者とも基本的には全社的な展開の中での取り組みで、本論文が対象とする限定された人員でのみ実施する取り組みとは異なっている。

## 第7節 これからの日本の製造業の展望

このような状況から、日本の製造業において、本論文で提示するサステナビリティを確保する活動が必要である。サステナブルな活動とは品質、安全、環境保全に関わるものである。これを分析する際には3つの要素のエラーの発生状況を把握し、その保全活動に関する経済性も把握することになる。

設備保全を実施するなかで、エラーが生じると、それは不良品という形で系外に出てくる。作りやすい製品設計つまり、新製品開発にまでさかのぼって、ロスの未然防止をしようという活動が必要となる(中嶋[1997]p.147)。ロスが工場の生産ラインの中にとどまっているならば、ロスという形で損失が出るだけで済むが、これが出荷されてお客様の手元に渡ってしまうと、リコールやひどい場合には人的損害に対する補償にまで発展する。企業のイメージや信用も失墜しかねない。

ただし、保全活動に投入できる経営資源は限られることから、保全活動とこうしたエラーとの経済的関係を把握する必要がある。効率的に人や設備を配置して、社内外のエラーを削減することが求められている。特に、最近の企業情勢では、地球温暖化ガスに代表されるように、サプライチェーン全体で発生するエラーを把握して削減するための効率的なマネジメントは企業戦略の重要課題となっている。

## 第8節 小集団型 TPM モデルの可能性

このような日本における生産活動の変遷を見ると、TQC をベースに品質管理活動が展開され、近代的な品質管理として、統計的な手段を採用した統計的品質管理(Statistical Quality Control、略して SQC)が導入された。日本に統計的品質管理 SQC が紹介され導入されたのは 1950 年前後のことで、検査をして不良品を除くのではなく、工場においてよい品質を作

り込むことを目的にすると、製造部だけでは所詮不可能であり、その前後の部門でしなければならないことが沢山生じてくる。したがって、その後、QC 活動の関連部門は製造部門のみにとどまらず、生産技術部門、購買部門、営業部門等、次第に社内の各部門に広く浸透し、1960 年頃から社内の全部門に、しかもトップから第一線の作業員に至るまで、文字通り TQC の形を整えるようになった。さらに市場の調査、研究・開発、製品の企画、設計、生産準備、購買・外注、製造、検査、販売およびアフターサービス並びに財務、人事、教育など企業活動の全段階にわたり実施される品質管理である全社的品質管理(Company-Wide Quality Control、略して CWQC)又は総合的品質管理(TQC)が展開された。一方、アメリカの先進企業は、日本の TQC 実践を対象に徹底したベンチマーキングを行い得られた結果をベースに TQM(Total Quality Management)を創出した。加えてアメリカで昔から品質コストマネジメントが導入されて応用展開されてきた。

既に第 1 章で述べてきたように今の日本は海外にかなりの規模の生産拠点を移している。国内工場は複雑で特殊な製品を生産しマザー工場としての機能が望まれる状況となっている。業種にもよるが、多くの業種で従来の人員や体制で生産活動を継続するのは困難である。新しい考え方や方法がなければ、これまでの品質や工場の安全を維持していくのは難しい。たとえば品質コストマネジメントの有効性はアメリカにおいて実証され 1990 年以降のアメリカの復権の原因のひとつである(伊藤[1999]p.1)とあって過言ではないが、これをそのまま日本に導入するには、導入できるように会計方法が出来ていないことや、失敗にまつわるコストを明確化しない慣習などがあるなど、多くの理由で、導入している企業はわずかである。かつての日本がなしえてきたことはそのような環境(人、モノ、カネ)があったからこそであり、特に人員と補修費などが削減されつつある日本においては、これまでと同じやり方は出来ない。これについては次章で事例を交えながら概説する。いま日本に求められているのは日本の文化に反することなく受け入れやすい新しい生産に関する考え方であり、常にベースとなるのは PDCA サイクルをうまく循環させることである。本論文の目指すところはそこにある。

全員参加の設備保全活動は TPM と呼ばれ、確かな効果を発揮してきた。しかし、後述の 3 章で述べるようにこの TPM 活動は 500 名レベルの工場の場合、年間 1 億円を超える活動コストが必要となる。本論文では、こうした PDCA をうまく循環させ、必要最低限の設備保全活動を実施しながら、効率的にエラーを防止するための方策を探求する。

本論では、こうした方策の一つとして小集団型 TPM (仮) に焦点を当てる。そこでは、たとえば、班長や係長で構成される小集団において、エラーの本質を見極めて、エラーを生じ

させないための高度な知識の統合とこれを実践に移す効果的なプロセスが構築される必要がある。さらに、限られた資源を効率的に投入していくためには、米国の TQM 導入での復活を例として、品質コストマネジメントの考え方を導入して、設備保全活動の経済性がコストという言葉で紐付けられて示されるとが重要である。

## 小括

本章では 21 世紀における日本の製造業の弱点について概説した。日本の総輸出のシェアや海外生産比率から特定の分野の商品の国内のシェアが低下し、海外に移転していることがわかった。また、高圧ガス事故統計データからは工場の安全活動が弱まっていることが明らかになった。また、事例研究として、A 会社の川崎工場の事例解析を試みた。国際化の潮流の中でモノづくりをどう展開していこうとしているのかを考察した。

さらに、TQC、TQM、TPM の時代的流れを示して、全員参加の品質管理、全部門参加の品質管理などの日本の品質管理手法を検討した。全員参加ということは、トップから重役、部課長、班長、作業員、みんなが実施する活動であった。しかし、1990 年代にバブルの崩壊が生じるとともに、グローバル化とシステム化の波が押し寄せ、それにそのような全員参加の取り組みが困難なものとなっていった。

このような観点から、これからの製造業に求められる活動は、スタッフや日勤班員が減少する事態を勘案し、活動人員をひとつの因子としてとらえて、活動人員の増減に対応できるような新モデルと考えられる。このモデルを小集団型 TPM モデルと仮称した。

小集団型 TPM モデルでは、小集団活動の適正人員数に関しての視点が必要となる。製造業の生産が日本から海外にシフトしていき、固定費削減のために人員を削減するようになると、活動のための人員の数は重要な変数としてモデルに組み込まれる必要が生じてくるのである。もちろん、これは人員が少ない場合でも十分に人員が取れる場合でも、どのようなケースでも利用できるように考慮したモデルとなる。そのためにはどのような状況でも活動がぶれないフレームワークを設定する必要がある。これはエラーの予知を可能とする仕組みを有している。

そこでは、たとえば、班長や係長で構成される小集団において、エラーの本質を見極めて、エラーを生じさせないための高度な知識の統合とこれを実践に移す効果的なプロセスが構築される必要がある。さらに、限られた資源を効率的に投入していくためには、米国の TQM 導入での復活を例として、品質コストマネジメントの考え方を導入して、設備保全活動の経済性がコストという言葉で紐付けられて示されることが重要である。この品質コストマネジメントを重要な検討事項ととらえて、品質コストマネジメントの考え方について検討した。

これらの結果を受けて次章では日本のモノづくりの歴史を述べ、日本の製造業が強かった原因を振り返る。また、小集団でエラーを予知してその原因を排除するためのモデル構築を実施する。

---

<sup>1</sup> テーラー方式とは工場労働における時間的ノルマ制などを設置する方式。

<sup>2</sup> ここでは TQM を総合的品質管理と呼び、TQC の名称と同じに扱っているが、TQM は直訳すると総合的品質マネジメントである。

<sup>3</sup> オムロン㈱URL 参照。

<sup>4</sup> アメリカで 1980 年代に生まれたのがシックスシグマである。山田・富田・片山[(2004)]によれば、シックスシグマは 1987 年にモトローラ社のジョージ・フィッシャーによって世の中に紹介された。

<sup>5</sup> 佐々木[2015]によれば、自工程完結は 1990 年初頭に英国の TMUK(Toyota Motor Manufacturing UK)の立ち上げ後に生まれた。

## 第2章 サステナブル情報リンクモデルの構築

### 本章の目的

第1章までの検討で、日本の製造業はキーパーソンが少なくなったため、一人で多くの職場を管理することがわかった。そのため、エラーが生じやすく、生産性も低下している。こうした状況への対応策として、前章では小集団型 TPM モデルに着目した。佐伯[1991]のグループワークでの知の獲得に関する知見でも、工場の生産活動でエラーを防止する場合でも、小集団でグループワークを実施して、活動をチェックすることが有効であると考えられる。

この章ではエラーを防止する仕組みに関して検討を行い、設備保全活動をベースに生産性を向上させるためのマネジメントモデルを構築する。

### 第1節 設備とエラーの構造

#### 第1項 エラー防止のポイント

本論文では、個人及び組織がいかにして多方面に気がつくようになってエラーを防止する能力を獲得するかを課題とした。設備保全に応用するために設備保全に関する先行研究を解析し、組織的な活動、スキル、知識移転に関して重要点を整理した。その結果、工場の生産活動を見える化し、少人数のグループワークで問題点をチェックすることを提案した。そのために実施しなければならないことは何であろうか。

#### 第2項 これまで日本が有していた技術力

事故やトラブルを防止するとともに工場の生産性の向上や品質を向上させるためには設備保全活動が重要となる。中嶋[2009]によれば設備保全に関わる技術は基本的に、企業の体質改善、人の体質改善、設備の体質改善の3つから成っている。設備保全活動に関わる書籍や文献を調査すると同様のことを述べており、企業の体制、人、設備に関わる部分が多いことがわかる。企業の体制は組織的な活動と関連が深く、人のスキルや知識の移転と関連が深い。設備は個々の設備に応じた専門保全技術があり、技術の幅が広いが、その設備を支えて生かしているのは人のスキルや知識移転ととらえることもできる。そこで設備保全の研究に関わる先行研究を組織的な活動、スキル、知識移転の3点から順に概説する。

##### (1)組織的な活動

この活動に米国生まれの PM(Productive Maintenance)、日本プラントメンテナンス協会の提唱する TPM(Total Productive Maintenance)、日本生まれの TQC(Total Quality Control)が認められる。PM は 1950 年代にアメリカで確立した。その方式は保全員とオペレーターの役割が明確で、設備のトラブルが起ってもそれはオペレーターには責任がなくすべて保全員の責任となる、というものであった。日本の方式は TPM が有名だが、1971 年にアメリカの PM を参考にして確立した(中嶋[1997]p.28)。TPM では責任は全員にある。さらに TPM の歴史について詳しく述べており、それによれば TPM は人を活かす・人が生きる活動とまとめられ、人に焦点をあてた取り組みであることを示唆している(中嶋[2009]p.2)。TPM とマネジメントの関係について研究されており、それによれば、TPM の活動はロスを低減してメリットをあげる活動となる(木村[2000]p.33)。故障ゼロを謳うこの活動は、品質の組織的な活動である TQC と相乗効果を発揮してきた(千住[1998]p.154)。このように評価が高い TPM であるが、優れた組織的な活動であったからこそ、その進め方が明確に規定され、コストをかけることが出来なくなった際に、限られたコストの範囲でどの部分を優先させ、どの部分の優先度を下げるかの見極めが難しい。TPM のエッセンスを抽出して、それに代わるものを造り出そうとしても難しい。TPM には互いに学び合いながら組織の能力を向上させていく側面があることから、例えばヘラー・藤本[2007]の示す「組織間学習の好循環を生むための最低 3 つの条件」が参考になるかもしれない。それは学習する組織であること、指導能力と指導動機の存在、評価能力の存在の 3 つである。ここでいう学習する組織の定義は知識を生み出すのみならず組織の内外に存在する知識を取得し、それを組織能力に統合できる組織である。この考え方を TPM に活用できる可能性がある。

## (2)スキル

設備保全のスキルは、たとえば振動診断、触診による温度チェック、裸眼での油チェックなどは個人差が大きい<sup>1)</sup>。現場力という概念を導入して現場が強いこと、これが日本企業の強さの秘訣であると述べた研究者も存在する(遠藤[2009]p.165)。特に装置産業などでは装置のメンテナンスは競争力の根幹であるとしている。近年、これを外部委託してしまって、その強みを低下してしまった企業も多い。現場における技術熟練の移転、それも個人から個人、個人から組織への技術熟練の移転は今の日本において強く望まれる研究といえる。日本の製造業の強みのひとつは製造技術のすりあわせの技術の高さにある(吉田[2007]p.1)。そのためにも、個人から組織への技術熟練の移転は重要なポイントとなる。

この観点で若い保全担当者がベテランの技能をどのように引き継いでいくかを熟練技能伝

承のシステムを作りながら概説した研究者も存在する(山本[2004]p.118)。技能修得レベルと研修の体系を丁寧に解析し、a)師弟関係を作る b)師匠の技を盗ませ、やらせてみて評価する仕組みを作る c)企業として、社内の技能伝承システムを確立するという結論を得た。

### (3)知識移転

この項目については、この分野だけで膨大な項目となって多岐にわたる。知識移転を4ステージとしてとらえ、形式知と暗黙知の移転の仕方を考察した研究も存在する(野中・竹内[1995]pp.90-109)。Polanyi[1966]は暗黙知と形式知の本質について解析し、Leonard and Swap[2005]は異常を感じ取る知覚について Deep Smart と定義して考察した。経験の重要性に安西[2013]は言及し、突然の災害や事件が起こると、知識がない人は解決すべき問題がどこにあるかがすぐにはわからないと述べた。机上だけの知識では、いざというときに役立たない。経験によって裏づけされて初めて知識といえるのである(安西[2013]p.28)。

プラントにおいて現状を認知するために必要な機器の状態表示のあり方を示唆した研究者も存在する(沼野[2001]p.140)。ノーマン[2012]は機器の状態の表示と実際の装置の状態と人間の認知の関係性をスリーマイル島の事故を例に解析した。個人の能力とともに組織的な能力の重要性がポイントとなることを示した。ハーバード・ビジネス・レビュー編[2000]によれば、組織的な学習がその長期にわたる知識獲得のプロセスとなる。経験によって裏打ちされた知識をどのように組織に伝承すればいいのかが重要なポイントとなる。Stalk et al. [1992]は、幅広い技能こそが重要なビジネスプロセスを戦略的能力に変えることができるとした。新たな考え方として4つの情報リンクについて記載し、知識のリンクによってエラーをかなり防止できるとした研究者も存在する(畑村[2005]pp.76-85)。その研究によれば、組織内の情報は樹形構造のネットワークになっていて、樹形構造ゆえに隣のエラー情報はすぐには伝わらず、いったん樹形図の上に上がってから隣に伝わる(畑村[2007]p.178)。大量なデータは階層構造となっていてこれを特徴抽出することが重要である(福田・大野・稲積[2006]p.1)。種々の階層構造図を設計に生かしている組織もある(Clausing[1993]p.171)(Cooper et al. [1992]p.75)。

しかし4つの情報リンクだけでは設計まで遡って知識移転を考えることが難しくなる。逆に階層コントロールをITツールなどを利用して強化することを提案した研究者も存在する(仲[2006]p.118)。この場合、設計業務はうまく知識移転できるが、保全業務は、主体が技能であるため知識移転は容易ではない。両方を網羅することが出来る仕組みが必要である。すなわち両者の理論の統合である。知識の統合ということでは小池[1999]は知的熟練で異常を

感じとる能力について述べている。設備保全活動にとってはこの異常を感じとる能力の獲得は重要なものであるが、知的熟練は産業構造(加工組立産業や装置産業などにおける働き方)によってその発現が異なっており、その整理が望まれる。

以上述べてきたことをまとめると、保全技術は技術の伝承が重要で、その意味で個人の能力を組織の能力に知識移転し、それを自在に個人や組織に移転する仕組みが重要である。この意味で日本の設備保全活動は非常に有用な方法であり、これまで成果をあげ続けてきた。次項では、この有用な設備保全活動の中で中心となる TPM 活動に焦点を絞って述べる。

### 第 3 項 技術力に立脚した日本の設備保全体系と TPM

日本の設備保全活動は TPM が有名で、多くの企業がこれを導入してきた。この活動は人のスキルに立脚し、系統だった運転や改善を実施する。故障ゼロ、ロスゼロを掲げる取り組みは、設備保全を中心にした取り組みで、現場のオペレーターと設備保全担当員がともに問題を解決するために、様々な活動を実施する。設備を管理下におくための取り組みは多岐にわたる。現場のオペレーターと設備保全担当員ともに、どこかで故障があれば、その原因を徹底的に調べ、同じような箇所の予防に役立てる。両者によって設備の故障履歴は詳細に把握され、設備リストは膨大な数の設備をランク分けして管理する。トラブルを予防するための活動も豊富で、設備保全担当員は設備の振動、音、温度を測定したり、潤滑油や油の状態を調べたりもする。オペレーターによるパトロール(自主点検)も活発で設備保全担当員によるパトロール(専門点検)とは見る視点が異なるものの、設備に異常がないかどうか気にくばる。定期的に現場のオペレーターと設備保全担当員が会議を持ち、日々の情報を共有化する。

TPM では企業の体質改善として、設備保全に関わる活動領域として『TPM 全社展開の 8 本柱』が定められている。この 8 本柱には、生産システムの効率化、オペレーターの自主保全、保全部門の計画保全、製品・設備の開発管理体制、品質保全体制、教育・訓練の体制、管理間接部門の効率化、安全衛生と環境の管理体制が含まれている。それぞれの職場や担当者の分担を決めて展開する<sup>2</sup>。

TPM を推進する会社では、どの会社もコアの部分で似たような経過をたどる。進めていくうちに活動は工場内で一体化していき、どんどん前へ出てやっていくような風土も醸成されていく。専門に工場の保全に携わる人だけでなく、一般事務員、OA 担当者、流通担当者などにまで活動は広がり、ほとんどの人が共通の目的のために行動するようになる。各所で

いろいろな形で発表会が開催され、発表する人がどんどん模範となり、次に続く人が啓蒙される。そのような活動のため、組織を高いレベルで維持・管理していく必要がある。トップマネジメント層、社員、パート社員を含む全員参加の取組みが活動の本質であり、Heller and Fujimoto [2004]、Heller et al. [2006]、ヘラー・藤本[2007]の示す、組織間学習の好循環を生むための最低 3 つの条件の中の学習する組織が TPM のひとつの側面を示しているかもしれない。既に本論文で述べたように TPM では専門に工場の保全に携わる人だけではなく、一般事務員、OA 担当者、流通担当者などにまで活動は広がり、多くの組織が関わりながら一人ひとりが高いモチベーションを持って、設備の理解や運転の理解や改善活動を行うもので、このことが学習する組織としての性質を示している。第一ステップは工場であるが第二ステップは R&D 部門や販売、財務、人事、企画などの部門にまで広げていく。このように学習する組織として高度に機能する TPM であるが、この活動のどの部分がどのように優れているか、コストをかけられない状況で海外などに移転する場合にはどう知識移転に関わればよいかなどについてはモデル化や理論化が進んでいない部分がある。TPM は知識移転を重要なテーマとしている。たとえば、『ワンポイントレスンシート<sup>3</sup>』の作成や『カット断面サンプル<sup>4</sup>』の製作、個々人の能力を可視化する『スキルマップ<sup>5</sup>』の作成などがツールとしてあるが、個人から個人、個人から組織、組織から個人への知識移転の観点からは理論的に十分には整理されていない。

## 第 2 節 エラー防止と生産性向上のための仕組み

これまで設備保全活動の流れを概説して、TPM 活動が優れたものであることを述べてきた。最近の企業の事故などに鑑み、トラブルを防止するという観点からいったいどのような部分が弱体化してきたのであろうか。それを検討するために設備保全活動のエラーをひとつのエラー事例としてとらえ、以下の観点からエラーの本質を探ることとした。

中尾[2007]はエラーの原因を以下の 10 種類に分類した。①無知②不注意③手順の不順守④誤判断⑤調査・検討の不足⑥環境変化への対応不良⑦企画不良⑧価値観不良⑨組織運営不良⑩未知で、⑩以外は番号が大きくなるにつれて高度な判断ミスとなる(中尾[2007]pp.42-55)。また、①から⑤までは個人に起因する原因で、⑦から⑨は組織に起因する原因、⑥と⑩は個人とも組織ともいえない原因となる。畑村[2005]は違った観点からエラーの原因を調査して人や組織のエラーは 4 つの情報リンクに関係するものが重要であるとした。(a)過去の情報リ

リンク(b)見えないリンク(c)途中変更のリンク(d)手配遅れのリンクの4点となる。過去の情報リンクとは過去において生じた類似の事故が再び生じること、見えないリンクとはたとえば設計変更などで実施した事がらが思わぬ形で別の個所に影響すること、途中変更のリンクとは進行中の事がら途中で変更した際に影響が生じること、手配遅れのリンクとは変更に際して何らかの理由で手配が遅れ影響が生じること、などがあげられる。

本研究の調査によれば中尾の10種類のエラーの原因は②以外は大部分が畑村の4つの情報リンクの中に含まれる<sup>6</sup>。それによると(a)－①⑤、(b)－①④⑤⑥⑦⑧⑩、(c)－③⑥、(d)－④⑧⑨となる。この結果については、第2章の濃縮缶のスケーリングの事例、美浜原子力発電所の事例、L社の新製造ラインの事例、第3章のカットズレの事例、意思決定モデルの事例、第4章の札幌市の危険予知の事例で確認した。

さらに本論文では、組織活動を階層構造とし、これを4つの情報リンクに照らしてエラーの原因をチェックしている。この試みは、エラーを防止する観点としては他に例がない。

たとえば美浜原子力発電所の事例の場合、重要なリンクは階層「事故事例」の下につながる「過去の情報リンク」で、アメリカのサリー原子力発電所の配管減肉事故の事例を十分に伝承できなかった点にある。二番目に重要な情報リンクは階層「設備情報」の下につながる「見えないリンク」で、流量測定用のオリフィスと下流の配管の減肉の関係である。第三の情報リンクは階層「設備点検」の下につながる「途中変更のリンク」で、三菱重工(株)は点検業務を関西電力の子会社である日本アーム(株)に引き継いだ、この際、重要情報の伝承がスムーズにおこなわれなかった。第4の情報リンクは階層「点検手配」の下につながる「手配遅れのリンク」で、関西電力は配管を点検すべきであるという日本アーム(株)の報告書を受け取ったにもかかわらず実際のアクションは遅くなった。この原因のひとつとして、点検業務を実施するためには原子力発電所を停止しなければならず、この停止が膨大な利益損失につながる可能性がある。

以上の考察から、本論では、4つの情報リンクをベースに以下のようなエラーの体系化を行った。

(a)過去の情報リンク：過去の事例を十分に調べていないことを理由に①無知と⑤調査・検討の不足を含めた。(b)見えないリンク：担当者が予想もしていなかった事故が引き起こされることを理由に①無知⑤調査・検討の不足⑥環境変化への対応不良⑩未知を含め、さらに担当者に思いこみや従来の方法の踏襲があったとして、④誤判断⑦企画不良⑧価値観不良を含めた。(c)途中変更のリンク：作業が変更になったり外注先を変更したりすることを理由に③手

順の不順守⑥環境変化への対応不良を含めた。(d)手配遅れのリンク：判断ミス、コスト、手間を嫌がる、などで手配が遅れることを理由に④誤判断⑧価値観不良⑨組織運営不良を含めた。

中尾[2009]のまとめた世界のエラー事件事例集を解析すると大部分が4つの情報リンクで原因を整理することが出来る<sup>7)</sup>。しかし、このような整理をしてみても、実際には、事故が起こると当事者の不注意や能力不足に目がいてしまい、組織のどこに欠陥があったかまで検討することができないことが多かった(石橋[2002]p.232)。

図表 2-1 にこれをまとめた結果を示す。

図表 2-1 4つの情報リンクとエラー

4つの情報リンク	失敗10の原因	内容
a)過去の情報リンク	①無知 ⑤調査・検討の不足	「過去の事例を十分に調べていない」
b)見えないリンク	①無知 ④誤判断 ⑤調査・検討の不足 ⑥環境変化への対応不良 ⑦企画不良 ⑧価値観不良 ⑩未知	「予想もしていない事態」 「従来の方法の踏襲」 「思いこみ」
c)途中変更のリンク	③手順の不順守 ⑥環境変化への対応不良	「作業変更」 「外注先変更」
d)手配遅れのリンク	④誤判断 ⑧価値観不良 ⑨組織運営不良	「判断ミス」 「コスト削減」 「手間を嫌がる」

(出所)中尾[2007]をベースに筆者作成

この考え方を実際の組織運営に応用した場合、それはどのような観点での応用となるであろうか。実際の工場の場合、様々な活動は階層構造になっており、品質関連活動の下に設備保全活動が位置することがあり、それらをチェックしていく場合に内部に含まれる各要素を有機的につなげて考える必要が生じてくる。第3章で詳しく述べるが、たとえばバルブの中にゴム製パッキンが使用されている状況で配管内を薬剤で洗浄する場合、この薬剤がバルブのゴム製パッキンを劣化させることがある。これを事前に防止するためには薬剤の使用方法、

使用頻度、使用濃度、メーカーによる薬剤の種類の把握が重要となる。たまにしか使用しない、内容液の種類もわからないような薬剤も存在する。水処理剤などは同じような名前の薬剤が多種類存在するが、その中の成分がまったく異なっている場合も多く存在する。このような薬剤の中である種の薬剤とバルブのパッキンが劣化を引き起こすこともありえる。

これを防止するためには個々人の持っている情報をうまくリンクさせることが重要となる。

この節では知識を移転するための具体的なモデルを構築するために知識を統合する事例を検討する。主として長期密着的に実際の工場現場に入り込んで、現場において進められている効果的な階層構造の利用について検討する。

## 第1項 トラブルに学ぶ

### (1)方法の説明

本法は長期密着的に工場の事例解析を試みる。これからモデルを構築する上で重要な視点を与える事例であるので、この事例は原型事例である。この方法を用いた理由は、実際に五感を使って得た情報を持っているからである。ここに記すことでより詳しい事例紹介になる。インタビューだけではなく、その場に同席して現場観察を実施した。この手法ならば、過去においてその人物に密着して取材した際の情報を利用できるので、インタビューだけという形式に捕らわれず、その人物が発した言葉や筆者に教えてくれた事実などをそのまま使用できる。インタビューは半構造化インタビューと非構造化インタビューを織りまぜて実施した。通常の現場調査であれば、限定された時期と現場を対象に実際に行わなければならない。しかし、ある一定時期に密着しながら情報を得る場合、長期間に生じた出来事やスポット的な現場調査では見過ごしてしまうような事例も拾い上げることが出来る。

本方法は1987年10月から1990年6月までの3年弱にわたって調査した結果となる。このうち、特徴的な場面を記載して、本研究が構築しようとしているモデルの参考とする。

対象現場は食品製造会社であるA会社の川崎工場で、この期間、インタビューをし易かったBU課(仮名)とした。

### (2)対象の説明

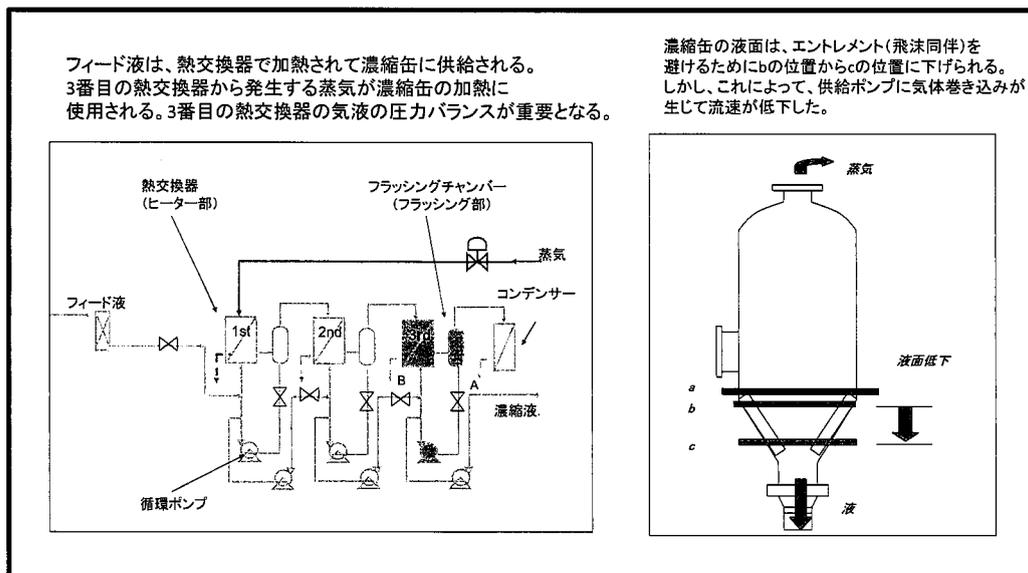
BU課では、上流で処理されてきた溶液のなかの有効成分を、濃縮缶という反応容器で多量の水分を蒸発させて濃縮する。濃縮した液を続く晶析缶という冷却装置つきの反応容器に送り、ここで結晶化させて、遠心分離機でこれを分離して結晶を取り上げる作業に従事して

いた。この濃縮缶では、多重効用缶となっていて、蒸気の使い回しに重要なポイントがあり、晶析缶での作業は pH の調整と温度管理に重要なポイントがある。

### (3)トラブル状況

運転開始時にエントレメント(飛沫同伴)とよばれる現象が生じて蒸気とともにかなりの液が飛散してしまったことが始まりであった。これを防止するために濃縮缶の液面を低下させた。エントレメントはおさまったが今度は循環ポンプにキャビテーションと呼ばれる気体巻き込みが生じたため、循環している液の流量を低下させた。その結果、流量が低下したため、熱交換器のチューブの内面にスケールが多く付着するようになり、効率が著しく低下するようになった。仕方なく 9 時間おきに装置を停止して、熱交換器のチューブのスケール除去をしなければならなくなった。生産性は著しく低下してしまった。この現象を解明できる専門家が存在せず、この濃縮缶は数年にわたってこのように効率が悪いまま運転された。状況を図表 2-2 に示した。

図表 2-2 濃縮工程でのトラブル発生状況



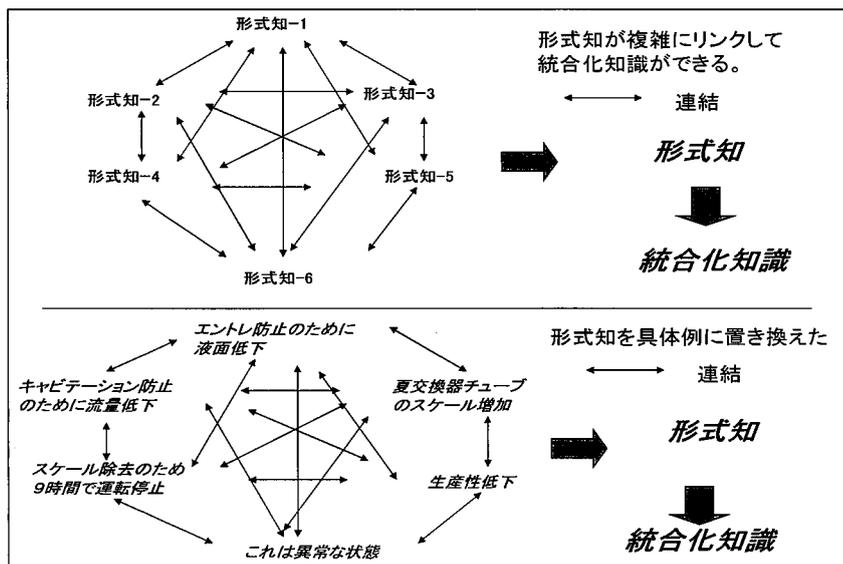
(出所)インタビューに基づき筆者作成

この状況を改善したのは海外工場から国内勤務になったエンジニアだった。わずか 1 時間で解決した。彼は冒頭でエントレメントが生じた際に、液面を下げはしたものの、運転が安定した後に、液面を再度あげることにした。操作としては、ただそれだけだった。エントレ

メントは運転の初期段階でしか生じない。液面を通常の位置にしたため、続くポンプのキャビテーションは起こらない。結果として熱交換器のチューブのスケーリングも起こらない。

このような知識をどのようにしたら身につけることができるのかを解明するために、このエンジニアに聞き取り調査を行った。このエンジニアをC氏と呼ぶ。C氏によれば、このような知識は統合化知識であるということであった。統合化知識は仲[2006]が詳しいが、浮島のようにになっている知識を互いに結びつけて問題を解決する性質がある。図表 2-3 にこのモデルを示す。多くの知識(形式知)を有機的に結びつけることにより、形式知を統合化知識にまで統合するに至った。

図表 2-3 統合化知識形成の一例



(出所)野中・竹内[1995]を参考に筆者作成

## 第2項 統合化知識の形成

今回の事例では多くの現象が複雑に連鎖反応のように互いに影響を及ぼしながら最終的な生産性の低下につながった。これらの知識は形式知であり、たとえば冒頭のエントレメントは十分に教科書に記載されているもので、その後に発生するキャビテーション、スケーリングも同様である。Nonaka and Takeuchi[1995]は、既に誰でも知っている形式知が複雑に絡み合うと、まったく解明できなくなる事態になり得ることを事例で示した。この形式知を統

合化知識とする仕組みをつくっていかないと、異常に対処できるエンジニアが育っていかない。今回、トラブルを解決した C 氏は、多くの経験をしてこの統合的知識を身につけたと報告している。

しかし、何よりも重要なことは、実は C 氏が海外工場において、グループワークによる改善活動を経験していたということなのである。この際に小集団現場で何度もこれらの基本操作に関係することを議論して、体系的に統合的な知識を身につけてきた点にある。ここにひとつの方策が見える。国内工場は縮小化して、種々の経験をする機会を損失している。既に日本の企業の多くは海外に生産をシフトしているので、海外でしか得られない経験も多い。だからといって多くの人員を海外工場勤務にするわけにはいかない。小集団によるグループ活動によって、互いの不足している知識を補い合いながらトラブルを回避したり、トラブルに対処したりすることが、これからの日本の工場において重要となってくる。

### 第 3 節 統合化モデルの構築

#### 第 1 項 階層構造と情報リンク

本研究は、生産性を向上させるためのモデルを構築する研究であるので、従来の知見や事例に照らして不都合がないかを確認し、不都合がある場合には適宜修正しブラッシュアップする。最終的にはモデルを構築し、実務に活かすための指針を示すことを目的とする。

まず、本論文は第 1 章第 3 節でキーパーソンの重要性を認識した。さらに本章第 2 節で 4 つの情報リンクに関連した階層構造の重要性について認識した。そこで、キーパーソンの重要性、グループワークの重要性、活動の構造解析の重要性の 3 つの項目を第 2 章図表 2-2 および図表 2-3 の事例に基づいて、設備保全活動を構築していくための方向性を再確認する。

##### (1) キーパーソンの重要性

本章第 2 節図表 2-2 の事例から考察する。このトラブルの特徴は、複数の原因が連鎖して大きなトラブルにつながっているということであった。今一度状況を聞き取り調査してみると、この職場では係長が 3 つの係を兼任しており、常に多くの事案に時間を割かれている実態が浮かび上がってきた。しかも中心となる濃縮缶は、多重効用缶となっていて、蒸気の使い回しに重要なポイントがあり、晶析缶での作業は pH の調整と温度管理に重要なポイントがあった。

第1章で工場の生産活動において4つの情報リンクを含む様々なエラーが生じやすい状況になっている可能性について触れた。これを改善することは、単にエラーをなくすだけではなく、工場の生産性の向上や品質向上させるための問題解決にもつながる。この4つの情報リンクをチェックするためには人や組織の能力に負うところが大きい。効果的にブレインストーミングするためには組織にそれなりの体制が必要なのである(大江[2011]p.3)。組織的に知識や考え方をまとめるにはKJ法も効果的である(保木本[2012]p.64)。人や組織の能力に関しては、本章第1節において、スキルや技術の知識移転が重要であると述べた。保全技術は技術の伝承が重要で、その意味で、個人の能力を組織の能力に知識移転し、それを自在に個人や組織に移転する仕組みが重要である。4つの情報リンクとスキルや知識獲得を念頭において、工場の生産活動の仕組みを、活動、編成、方法に関してチェックする体制が必要である。

既に第1章第3節で、職場が弱体化した事例について述べた。3つの時期で、定点観測的に状態の変化を把握した。キーパーソンが多数の職場を兼任し、次第に専門的な知識を身に付けられなくなった状況も把握できた。すなわち、最初の時代(1987年10月から1990年6月)では、設備担当者が設備保全に対してきめ細かい対応をすることが出来、設備を十分に管理下に置くことが出来た。トラブルは少なかった。次の時代(1998年10月から2000年3月)では、設備担当者は、2つの職場を兼任し、業務に忙殺されるようになった。トラブルは増加した。最後の時代(2008年10月から2009年3月)では、設備担当者は3つの職場を兼任し、もはや設備を管理下におくような状況ではなかった。トラブルはさらに増加した。3つの時代で設備保全担当者の業務が変化し、それがトラブル増加の原因になっているように見える。一方、この職場だけではなく、本章第2節に述べたA工場のBU職場(濃縮缶の職場)でも同様の状況になっていた。この企業は5000人を有する大手食品企業で、経営状態は良好であるが、さらに調査すると、今回のA工場だけではなく、地方の3つの工場や関係会社(10社以上)も含めて同様の状況が見て取れた。これらの事実から、日本の製造業はキーパーソンが少なくなったため、一人で多くの職場を管理する。そのため、エラーが生じやすく、生産性も低下している点は、一定の妥当性がある。

## (2)グループワークの重要性

本章第2節で述べたA工場のBU職場(濃縮缶の職場)で1987年10月から1990年6月までの調査では、TPMの活動の一環として保全会議を実施した。ここでの工務部と製造部との

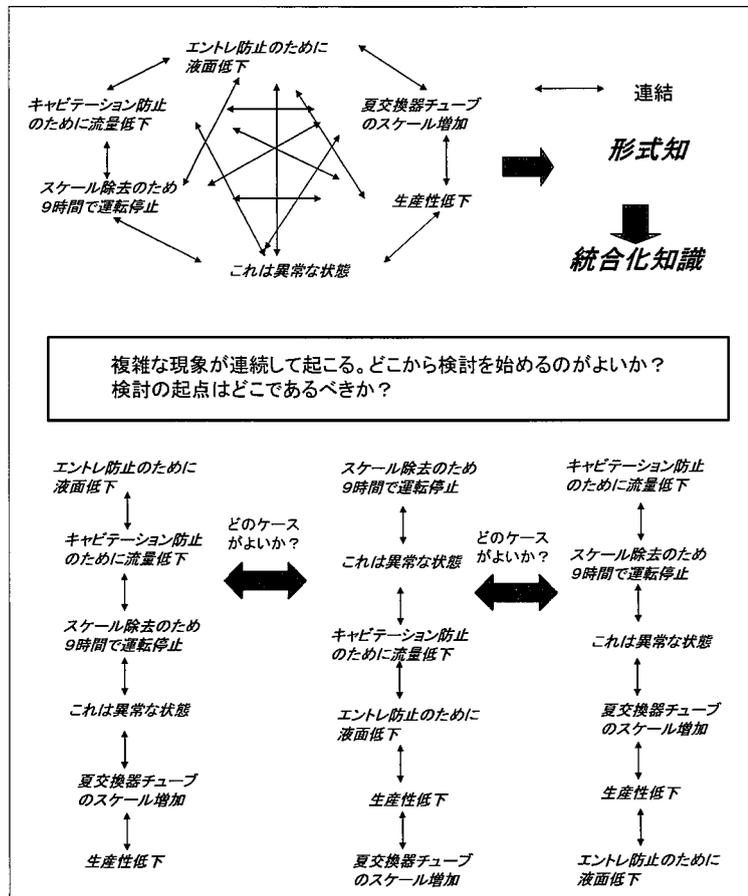
グループ討議を実施して、多くのトラブル原因を見出していた。濃縮缶の件では、C氏は海外工場において、グループワークによる改善活動を経験していた。この際に小集団現場で何度もこれらの基本操作に関することを議論した。これらの活動を実施した結果、以前には見つけ出すことが出来なかったエラーの原因を見つけることが出来るようになった。これらの事実から、小集団でグループワークを実施して、解析を実施するチーム（以下、解析チームと呼ぶ）がエラーの生じやすい場所を見つけ出して対策を講じることは効果的であるといえる。

### (3)活動の構造解析の重要性

第2章第2節図表2-3において、多くの形式知が結合し、統合化知識となった状態が示された。しかしこの濃縮缶の場合、複雑な現象が連続して生じており、解析チームには4つの情報リンクに照らしたとしても、解決の糸口が見えない。この糸口を探す作業が必要となる。この状況を図表2-4に示した。図表2-4では、多くの形式知が統合して統合知識になる状況がわかる。具体的なこれらの形式知はいくら解析チームがグループ討議を行ったとしても糸口自体が見つけにくい。複雑な現象が連続して生じているからなのである。多くの現象の起点となる現象があるはずで、これを解析チームが見つけられない限り、解決策は得られない。ただ単に、4つの情報リンクでエラーを防止するというだけでは不十分であるといえる。

情報を可視化するという観点でさらに検討を行う必要がある。これについて次項以降で検討を実施する。

図表 2-4 統合化知識の起点に関する考察



(出所)野中・竹内[1995]を参考に筆者作成

## 第2項 階層構造と情報リンクの可視化

トラブルの原因を考える場合に、本章第2節で述べたように、エラーの原因が4つの情報リンクでほとんどが整理されることを考慮すると、情報リンクを構築することが重要である。この場合、エラーの原因を効率的にチェックするためには情報を階層的に可視化する必要がある。膨大な情報から必要な情報を見つけ出すためには項目を階層化することが効果的である(鎌田・梶・堀内[2008]p.45)。工場の活動は、いろいろな階層構造を持っている。解析チームが多岐にわたる階層構造の項目をチェックするには、解決策を具体化するためのロジックツリーを利用すると便利な場合が多い(野口[2002]pp.101-108)。

一方、階層図として有名で問題点や解決方法を要領よく理屈に合って整理できるロジック

ツリーに関しては、既にその方法自体が確立しており、その利用方法が盛んに書籍や講習会で行われている。Kaufman[2006]は医者とナースなどが分けられた樹形図を示した。Sasou and Reason[1999] は病院のエラーの構造を樹形図で示した。

通常は、解析チームのデータベース上において樹形図上に設備関連要素が構成される際に、この階層構造自体は彼らが意識しなくても出来ているが、樹形図の形では出来ていない。解析チームがこの階層化構造を樹形図にして可視化した場合、樹形図は、設備の見直しやフロー変更などを通して変化する。結果として階層構造と情報リンクは相互に変化しながら改善していく。常に最新データやエラー事例を反映して変化する。情報リンクに潜む見えないリンクを検出するための解析チームによる監視は、頻度よく実施される必要がある。このためには第1章第8節で述べたようにPDCAサイクルをうまくまわすことが必要となる。

解析チームのグループワークによる可視化で効率的に工場の生産活動の仕組みをPDCAサイクルでチェックすることが出来るようになる。樹形図は課題と解決策が階層的に配置されているので、樹形図上で近接する項目は同じ課題に対して派生する複数の解決策となる。情報はすぐには伝わらず、いったん樹形図の上に上がってから隣に伝わる(畑村[2007]p.178)。その意味で近接する項目の解決策の数が限定されていることで解析チームがチェック過程において相互に解決策をリンクしやすくなる。この相互リンクが樹形図利用の主たるメリットとなる。この部分が欠けると効率的な樹形図の利用が解析チームにとって難しくなる。

一般的に設備保全にかかわる樹形図の階層構造を考えると、安定生産を第一階層とした場合、これに続く第二階層として、生産管理、設備、品質、環境保全、安全、などの活動がリストアップされる。第二階層から第三階層へのつながりを見てみると図表 2-5 に示すようにまとめられる。本論文では図を簡略化するために活動をキーワードでしか示していないが、それぞれが課題(上流側の階層)と解決策(下流側の階層)となっている。ここでキーワードは『～を維持・改善して効果をあげる』と読み替えることができる。

このようにして活動を樹形図として階層化し、その活動を維持・改善して成果を上げるための課題と解決策を網羅して、解析チームがこの中からエラーの要因を探し出す一連の取り組みが、トラブルを防止するとともに工場の生産性の向上や品質を向上させる仕組みとなる。そこで、樹形図としての活動の階層化による見える化と4つの情報リンクによる見える化を組み合わせる。すなわち、解析チームによって、前節で述べたエラーの要因である(a)過去の情報リンク(b)見えないリンク(c)途中変更のリンク(d)手配遅れのリンクの4点と結びつける。

一般的に、樹形図上で、品質の下の階層には品質管理基準、品質維持管理教育、品質保証、

効果測定、などが存在する。設備の下の階層には、設備設計管理基準、設備管理維持教育、補修履歴、設備点検などが存在する。

いまここで、組織の経営管理者が優先順位を検討した結果、品質が重視しなければいけない項目と決まったとする。この場合、少人数の解析チームで比較的短時間で、品質という活動(品質を維持・改善する活動)を重視しながら図表 2-3 に示した切り口で全体の活動をチェックすることになる。

この場合、生産に関わる活動のチェックとなる。そのために解析チームが焦点を絞りやすくなるように活動の範囲が限定されていた方がよい。いかに品質と対象とを強く関連づけて効率よくチェックできるかが重要となる。4 つの情報リンクをチェックするために、新たに自由に解析チームが変更可能な仮想的な樹形図を設けてみることは有効であろう。この仮想的な樹形図は仮想的で短期的な存在であり、チェック時のみ成立する階層構造となる。図表 2-5 に示す階層構造であればダブリや抜けがないので望ましい。しかし、解析チームが 4 つの情報リンクの視点で現在の活動、編成、方法などをチェックしながら PDCA をまわしていくことを考えた場合、図表 2-5-1 に示した基本構造はいわば職場構成図を示す図であり、項目が多く、メリハリがないため、後述の図表 2-16 で示すリンク探しが実施しにくく十分に目が行き届かない不安が残る。教科書的にまとめられた樹形図構造の活動を狙って PDCA をまわしてチェックした場合、膨大な項目に対してヒト、モノ、カネが不十分で、結果として何ら PDCA がまわっていない事態になりかねない。たとえば、解析チームが異物混入、製造不良、雑菌汚染を防止したいならば、仮想的にしてもそれぞれを重点的に課題(上流の階層)と解決策(下流の階層)とを関連づけて PDCA サイクルできる構造にする必要がある。異物混入、製造不良、雑菌汚染は設備に起因する部分が多いので、これらの項目が課題と解決策としてうまく結びつけられるような構造を狙うことになろう。この場合、以下に示す 3 種類の構造が考えられる。

(1)品質と同じ階層に設備の項目を設ける(図表 2-5-1) :

解析チームが品質と同じ階層に設備の項目を設けて、この下の階層に設備維持管理方針、設備管理体制、設備設計管理基準などを作る。最も一般的な構造である。職場構成図を示す図でもあるので、活動と職場が直接結びついている。

(2)品質の下の階層に設備の階層を設ける(図表 2-5-2) :

解析チームが品質の下の階層に品質維持管理方針、品質管理体制、品質管理基準と並べて

設備の項目を設けて、この下に設備維持管理方針、設備管理体制、設備設計管理基準などを作る。品質に係る活動を列挙した第三階層の中に設備が同じ階層として混在する。

(3)品質の2つ下の階層に設備の項目を設ける(図表 2-5-3) :

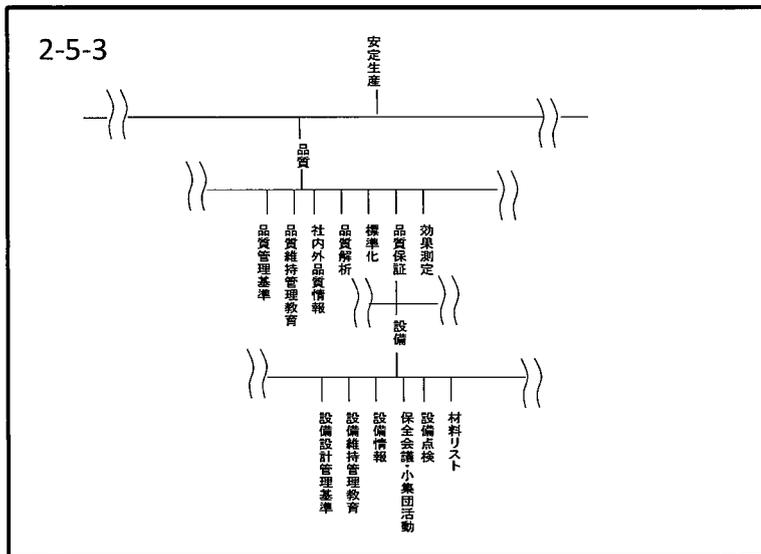
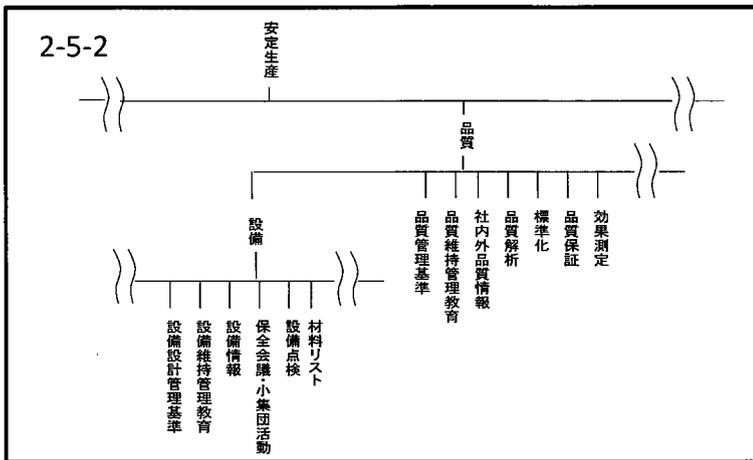
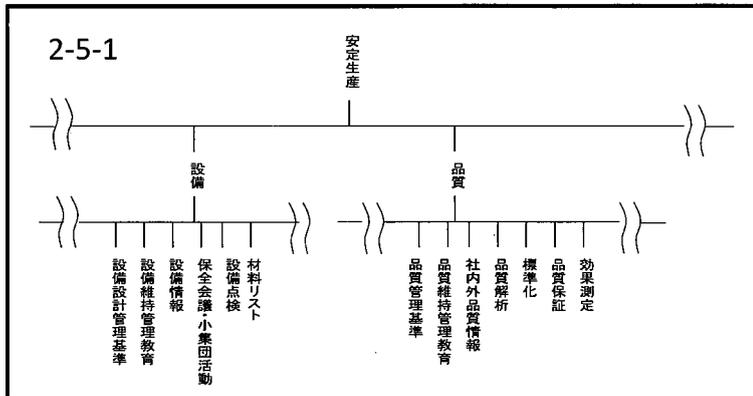
解析チームが品質の下の階層の品質保証の下の階層に、新製品や工程と並べて設備の項目を設けて、この下の階層に設備維持管理方針、設備管理体制、設備設計管理基準などを作る。品質だけのために設備があるのかという誤解が生じかねない構造といえる。しかし千住 [1987]によれば TQC などの取り組みを進める企業の場合、品質活動の下の階層に設備保全活動が位置することも珍しくはなく効果的な場合もある<sup>8</sup>。

組織の活動の階層構造というものはロジックツリーによく似ている。How ツリーや Why ツリーなど多くの種類が存在するが、このロジックツリーの発生の起源が不明確でこれについては多くの意見がある。マッキンゼー社が示すロジックツリーが世界的には有名で多くのノウハウがあるが新しいルールを加えるなどの変化させる余地がない。一方、ロジックツリーに似た FAST 図(Function Analysis System Technique)で企業の活動を解析した例が存在する(Bytheway [1965]p.2)。この FAST 図は広い意味ではロジックツリーを含むものであるが、改良されてきた経緯なども調べることが出来るので、状況に応じて変化可能である。

Bytheway [2007]の論文では、水平方向は Why ツリー(右から左)と How ツリー(左から右)をそれぞれ示す。Bytheway [2007]は以下のように述べている。「水平方向の左側に沿っては目的を示す。水平方向右側に沿っては方法を示す」(Bytheway [2007] p.22)。さらに垂直方向では When ツリーと If ツリーを示す。Bytheway [2007]は「この垂直方向のツリーが加わることで図として完成形になる」とした(Bytheway [2007]p.162)。この場合、共通項目は図の上流側に配置するのがよく、関連する項目は近い場所に配置されることが望ましい。最近の事例では、Moga et al. [2009]は、中小企業のプロジェクト応用例を示した。Firmawan et al. [2012]は、インドネシアの組み立て産業でのリーン生産方式への応用例を示した。その他、樹形図を中心とした理論的な考察を巻末の付論 2<sup>9</sup>に示した。

Bytheway [1965]は FAST 図の基本構成図を示し、図において左右の直列の因果関係図をさらに上下方向に拡張している。本論文では階層図はこの FAST 図を参考にした。通常の FAST 図は横向きとなっている。図表 2-5 の場合、FAST 図を 90 度回転した形状となっているが基本構造は FAST 図と同様である。

図表 2-5 階層構造図の一例



(出所)馬場[2012]を参考に筆者作成

(3)、(2)、(1)の順に樹形図上で空間的位置関係が変わってくる。『品質』と『設備』が同じグループにないことによって解析チームの認識能力が落ち、相互の要素を紐づけることが難しくなる。この配置に関しては次項で詳しく検討する。解析チームが(1)(2)(3)のどの構造に決めるかはその企業が置かれている状況とPDCAをまわしていく人材の構成や質によっても違ってくる。

解析チームが上記に述べた多岐にわたる仮想的な樹形図の活動を(a)過去の情報リンク(b)見えないリンク(c)途中変更のリンク(d)手配遅れのリンクの4つの観点でチェックしていく。重要なのは樹形図のさまざまな項目を必ずこの4つの観点に照らしてチェックしていくことである。

特に(b)の見えないリンクは多くの項目を解析チームが有機的に統合して考えなければいけない。見えないリンクを発見するためには解析チームが多方面の知恵を集める必要がある。本論文の冒頭で、プラントや製品設計のことをよく知っていて、多方面に気がつく人材がいたなら事前に防止できた事故も少なくないように思われる、と記した。これは主として見えないリンクに気がつく能力の高い人を想定している。トヨタ自動車のCE(チーフエンジニア：7万人の中で十数人しかいない)たちが、車作りの過程のすべての項目に対して複合的な能力を有している(畑村[2005]pp.84-85)。このような能力の本質を探ることは容易ではないが、さまざまな形状の仮想的な樹形図が解析チームのデータベース上に入っていて、種々の項目の関連を照らすことが出来れば、見えないリンクに気付く能力を向上できるであろう。認知のとらえ方として2種類のアプローチの提示がある(小高[2003]p.98)。ひとつは認知とは頭の中で起こる情報処理であるという考え方、もうひとつは認知には環境、他人、道具といった外界との相互作用が必要であるという考え方である。見えないリンクに気づくためには解析チームが様々な認知の仕組みを理解する必要がある。

その他の(a)過去の情報リンク (c)途中変更のリンク(d)手配遅れのリンクに関しては解析チームが仮想的な樹形図を丹念に精査することでチェックできる。仮想的な樹形図を意識してこれの改造や構造変化を手掛けることで、(a)過去の情報リンク(b)見えないリンク(c)途中変更のリンク(d)手配遅れのリンクの4つの観点でチェックするための機会と能力を得ることが出来ると考えられる。

以上述べてきたことから、畑村[2005]のトヨタのチーフエンジニア、小高[2003]の認知科学、Metzger [1953]の認知科学の理論、Bytheway [2007]のFAST図のデータなどにおいて、解析チームが階層化をしなかった場合と階層化した場合で情報のリンクの差異が認められ、

工場の活動を階層化して可視化することと4つの情報リンクを可視化のツールとして利用することはエラーを防止するために効果的であると考えられる。

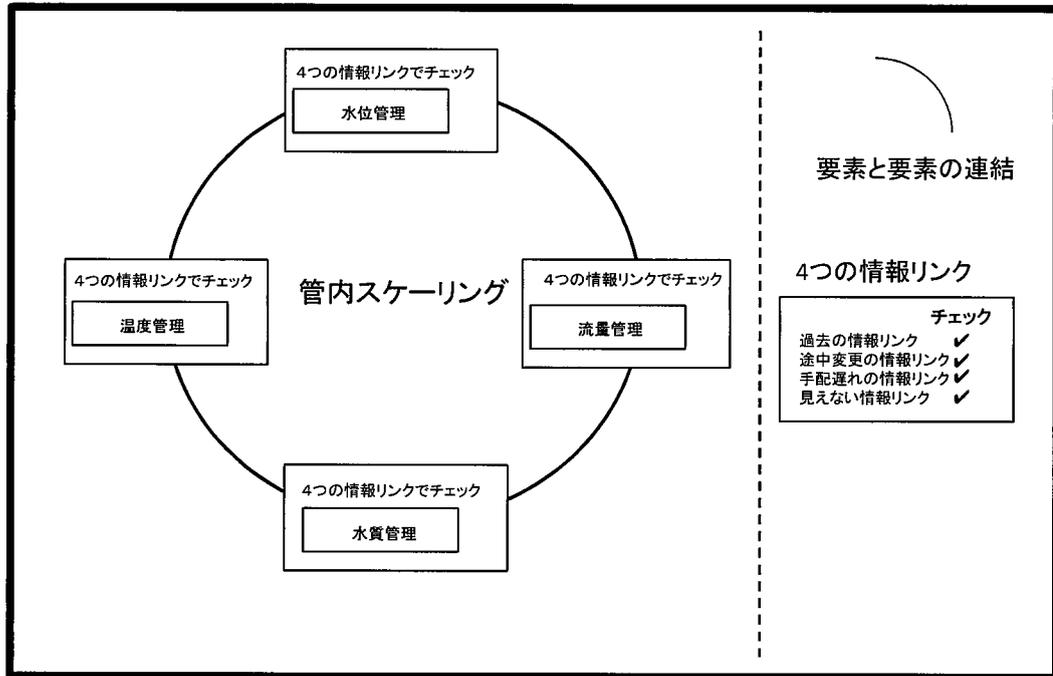
### 第3項 階層構造の重要性の確認

今回の濃縮缶のスケーリングの事例を検討する場合、解析チームが工場の生産活動を階層構造にして、活動を見える化する手順が必要となる。C氏によれば、海外での小集団活動に際しては、解析チームが工場内の機器の配置やフロー図を用いて活動の階層化を試みるそうである。今回の濃縮缶の場合は、日本の工場でスケール付着の原因を樹形図を使って明確化した。この樹形図の中の原因を一つひとつ4つの情報リンクに照らしてチェックすることとした。

スケール付着の原因は、エントレメントが激しく、蒸気とともにかなりの液が飛散したことに起因する。このエントレメントの原因は①沸騰②液位低下などが考えられる。

まず、小集団の解析チームが検討する場合の方法をC氏にインタビューして実際にC氏が経験したグループワークを再現してみた。まず、スケーリングの原因がエントレメントにあることは通常の観点ではわからない。そうであっても、関係のありそうな原因を想起してみたのが図表2-6である。

図表 2-6 スケーリングの原因を想起したチェック図

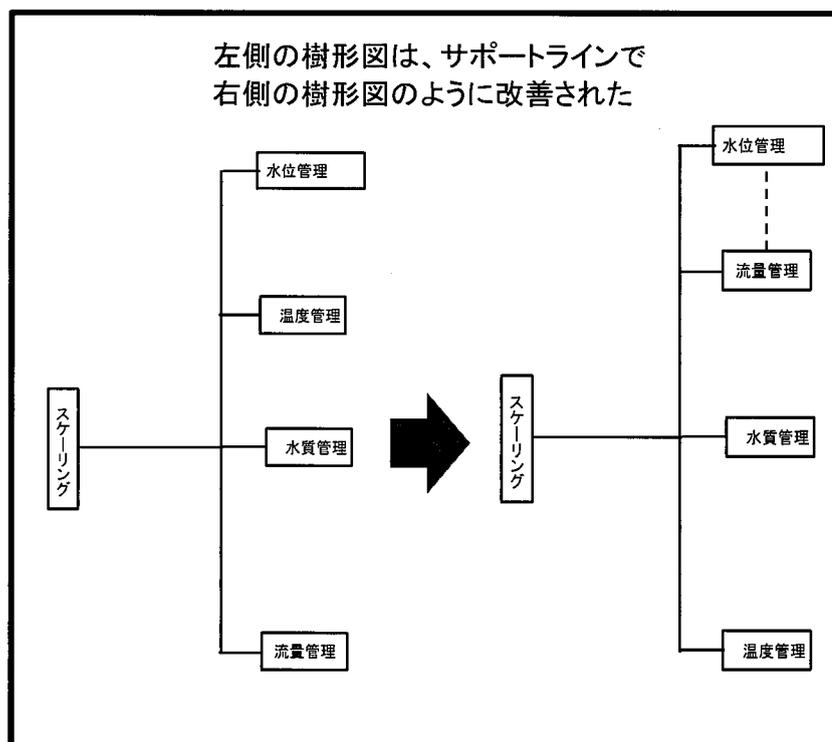


(出所)インタビューに基づき筆者作成

図表 2-6 ではスケーリングの原因が明確ではなかったもので、解析チームはスケーリングに関する樹形図を作成した。この結果を図表 2-7 の左側に示す。この場合、水位管理、温度管理、水質管理、流量管理の可能性が考えられたが、さらにこの小集団のグループワークで解析チームが検討した結果、水位管理と流量管理が互いに強く影響を与え合う関係であることがわかった。どちらかが変化するともう一方も変化する。その変化は敏感である。そこで、解析チームが図表 2-7 の左側の図は右側の図のように温度管理と流量管理の位置を入れ替えて、水位管理と流量管理を近い場所に設定した上で両者をサポートラインで結んだ。このサポートラインは水位管理の中の要素(水位自然変更と水位強制変更)と流量管理の中の要素(流量自然変更と流量強制変更)を考慮して図表 2-3 に示すような統合化知識を形成することに寄与する。このサポートラインで結合された要素は、それ以外の要素を排除して、この2つの要素だけに焦点を絞るように機能する。図表 2-7 を例にとると、エントレメントと流量管理に起因する水の移動に関する関係に着目して、これを絞り込むことで、問題を解くための糸

口を得ることができる。この場合の例では、pHに代表される水質管理、液体の温度に代表される温度管理、各塔の蒸気圧(これも温度と直接の関係がある)などが検討項目から排除され、水位と流量だけに焦点が絞られる。従って、この関係性を見つけることが本論文の樹形図で重要となり、これがサポートラインの意味することなのである。サポートラインを引くことで対象の絞り込みとそこに焦点をあてた管理の強化が期待できる。Bytheway[1965]は、FAST図でこのような破線で示すサポートラインを多用している。ここがFAST図の普通のロジックツリーと異なっている点である。本論文はこれを参考に行っている。通常のロジックツリーでは、階層構造のそれぞれの要素の位置関係にまでは関与しない。同じ3階層目でも、空間的位置が離れている場合には、その影響がどのように現れるかまでは考慮されていない。それはもともとロジックツリーが、多岐にわたる課題と解決策を同時にを見つけるために作り出されたもので、これに対するFAST図とは生まれ方が異なっているからなのである。FAST図はひとつの課題に対してひとつの解決策が示された図で、これに影響を与える要素をどんどん加えていくことで多岐にわたる構造となる。最終形はロジックツリーと同じ形状であっても、FAST図は、互いに影響を与える要素の位置関係(すなわちそれ以外の要素の干渉を排除できるような近い位置)が重要となるように設計されている点でロジックツリーと異なっている。本論文で、樹形図でこのサポートラインがたびたび記載されているが、それはそのサポートラインで結合された要素を、一塊としてとらえなければ情報がうまくリンクしないからなのである。

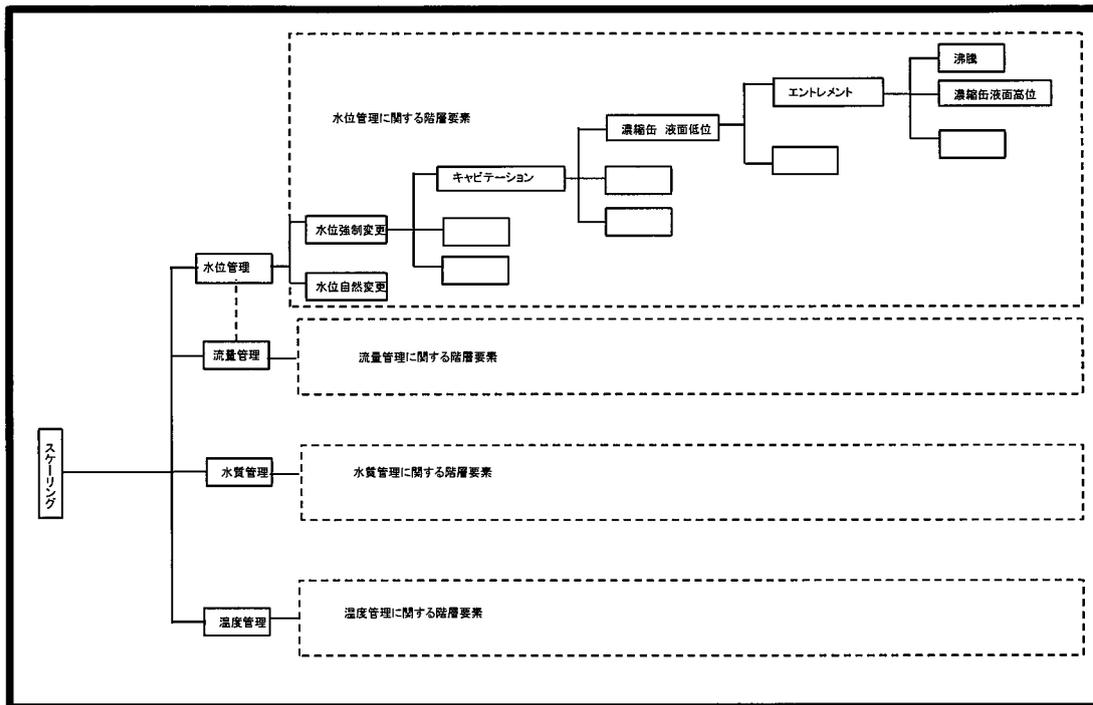
図表 2-7 スケーリングに関する樹形図



(出所)インタビューに基づき筆者作成

このようにして作った樹形図を解析チームがさらに下の階層まで深化させた図を図表 2-8 に示す。水位管理の下には、さらに水位強制変更、キャビテーション、濃縮缶、液面低下、エントレメントと続く。この段階にきて初めて問題の本質に迫るようになってきた。さらにエントレメントの下には、沸騰、濃縮缶、液面高位が続く。

図表 2-8 スケーリングに関する樹形図(深化させたもの)



(出所)インタビューに基づき筆者作成

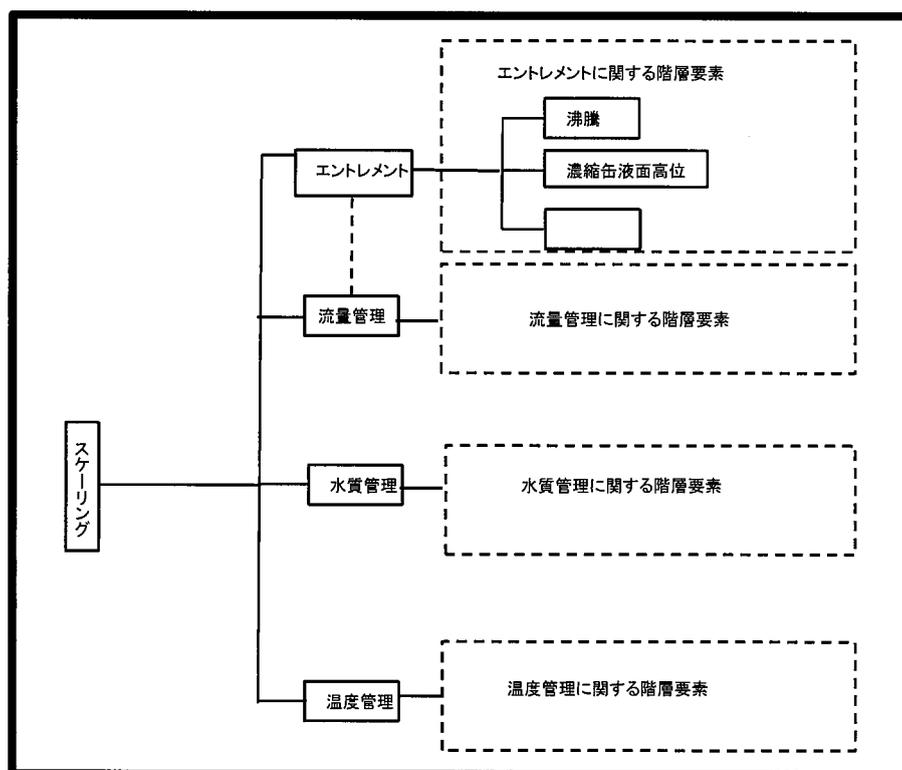
このようにして樹形図のなかで関連する項目を解析チームがチェックすると、水位管理からエントレメントに続くライン(すなわち水位管理)と流量管理のサポートラインが重要であるとメンバーの中の一人が気づいた。小集団のグループ討議は、この気づきを理解していない人が理解している人を批判する形式で起こったとのことである(三宅[1985]pp.84-85)。三宅[1985]、Miyake[1986]によれば、理解していない人が理解していて先にすすんでいる人を批判する形で議論がすすむ。よくわかっていないはずの人が、よくわかっているはずの人を批判する形である。先にすすんでいる人が、先にすすんでいない人から文句をいわれることによって、さらに自分の考えをすすめる。

このようにグループ討議は、議論の対象が明確な場合には有益な結果を導き出す。Miyake

and Shirouzu[2006]と Miyake[2006]は実際の高校などを例にさらに議論を進めている。今回の事例で言えば、検討すべき対象が階層化構造となっていたことで解析チームの議論がさらに進んだ理由と考えられる。加えて、解析チームが図表 2-7 の左側の図は右側の図のように、温度管理と流量管理の位置を入れ替えて、水位管理と流量管理を近い場所に設定した上で両者をサポートラインで結んだことが、グループの理解を深めた。

さらに解析チームはエントレメントと流量管理の関係性に着目し、図表 2-8 を図表 2-9 のように改善した。

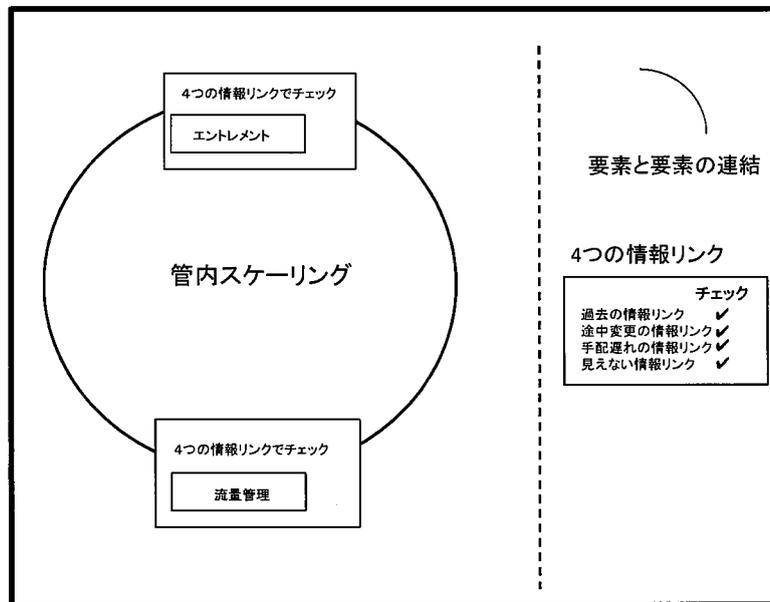
図表 2-9 スケーリングに関する樹形図(改善したもの)



(出所)インタビューに基づき筆者作成

この改善によって、解析チームがスケーリング、エントレメント、流量管理の関係性に気づくことになった。これをもとに図表 2-10 に示すように階層構造となった要素を 4 つの情報リンクに照らしてチェックする手法が確立した。これは本論文で後に何度も示す手法となる。

図表 2-10 管内スケーリングの原因を想起した図(改善版)



(出所)インタビューに基づき筆者作成

図表 2-10 において、エントレメントと流量管理の関係性を検討事項に入れながら 4 つの情報リンクに照らしてチェックする手法をさらに解析する。

まず、エントレメントは濃縮缶内の液面が高いことによって生じるケースである。これについては世の中で多くの事例を有しているので解析チームが過去の情報リンクで検出できるであろう。流量管理は液の投入と密接に結びついている。この液の投入量は、実は、異常が起きると時々刻々と変化しているはずで、途中変更のリンクで解析チームが検出可能である。濃縮缶の 1 塔目、2 塔目、3 塔目の缶内圧力の変化に対応するため制御を行うが、1 塔目、2 塔目、3 塔目のシーケンスの間には遅れが出ることになる。これは手配遅れの情報リンクに相当する。最後に流量管理とエントレメントの間にある見えないリンクは両者を近い位置において解析チームがグループディスカッションすることで発見できる(実際に C 氏のグループはこれを発見している)。

以上、述べてきたことから、活動を階層化しなかった以前の方法では、解析チームがエラーの原因を発見できなかったが、今回は、要素の階層化でエラーの原因を発見することが出来た。すなわち、直接 TPM 活動の代わりにはならないが、工場の活動を階層化して可視化することと 4 つの情報リンクを可視化のツールとして利用することは効果的であるといえる。

## 第4節 サステナブル情報リンクモデルとは

### 第1項 階層構造

図表 2-5 に示すように実際の工場の場合、様々な活動は階層構造になっており、品質関連活動の下に設備保全活動が位置することがあり、それらを解析チームがチェックしていく場合に内部に含まれる各要素を有機的につなげて考える必要が生じてくる。第3章で詳しく述べるが、たとえばバルブの中にゴム製パッキンが使用されている状況で配管内を薬剤で洗浄する場合、この薬剤がバルブのゴム製パッキンを劣化させることがある。これを解析チームが事前に防止するためには薬剤の使用法、使用頻度、使用濃度、メーカーによる薬剤の種類の把握が重要となる。たまにしか使用しない、内容液の種類もわからないような薬剤もある。水処理剤などは同じような名前の薬剤が多種類存在するが、その中の成分がまったく異なっている場合も多く存在する。このような薬剤の中である種の薬剤とバルブのパッキンが劣化を引き起こすこともありえる。

これを防止するためには解析チームが個人で持っている情報をうまくリンクさせることが重要となる。この情報のリンクには個人ではなかなか気づかないような情報のリンクも含まれていることからグループワークが効果的になる。この場合、ホワイトボードなどに作業の内容を記した階層図を描くことは議論を活性化する上で重要である(市川[1994]p.7)。

一方、階層図によって問題点や解決方法を整理できるロジックツリーは、既にその方法自体が確立している。しかしこのロジックツリーに示す基礎的なルールや利用方法に関しては、本質的な階層構造の成り立ちや情報をリンクさせるために重要なブロック間のつながりに関する考察はほとんど行われていない。したがって、階層構造を応用していくためには、新たな情報を積み上げていくことが重要であり、現場でのインタビューや現場調査が必要となる。

この節では第3節まで進めてきた階層構造の知見を確認し、エラー防止と生産性を向上させるためのモデルを構築する。

### 第2項 サステナブル情報リンクモデルの成立

前節までに優先順位、階層、4つの情報リンクの3者を循環サイクルしていくことでPDCAサイクルを循環させる効率的な保全活動の可能性を探ってきた。Baba et al. [2013]は、組織活動を階層構造化して4つの情報リンクで活動をチェックした。PDCAサイクルとは、事態

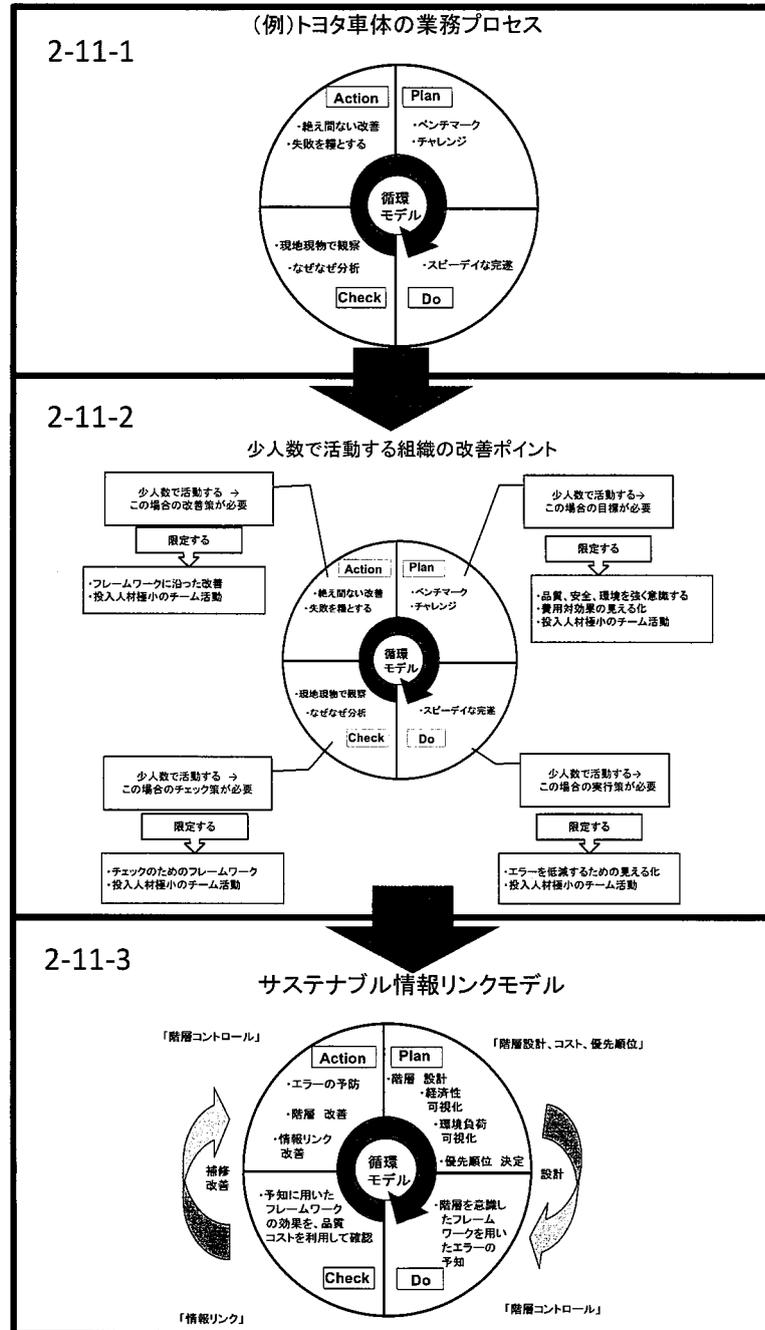
の改善をずっと行うというものではなく、PDCA のシステムそのものを継続的に改善するというものである(平井・山本・星・川瀬・奥山[2009]p.57)。

この PDCA サイクルを導入する意味において、既存の TQM、シックスシグマ、自工程完結などの取り組みは有効に機能するモデルであると考えられる。その活動は科学的に分析され、組織から個人へと知識移転させる仕組みも備わっている。しかし、その取り組みは多くの人的資源の投入が必要であることから、本論文では、より少ない人件費で効率的に高いレベルの保全効果を実現できるモデルを考えていく。

図表 2-11-1 にトヨタ車体の TQM の取り組みを示した。Check で、『現地現物で観察』や『なぜなぜ分析』が示されているが、これには多くの人手が必要である。図表 2-11-2 に少人数で活動する組織の改善ポイントを示した。想定している取り組みは、全員で実施する取り組みではなく、たとえば 5 名程度の選ばれた人員で、5 日程度の期間でエラーを未然に洗い出す作業である。数名の人員で 5 日程度のグループワークを行うことで、コストパフォーマンスを求めていく。その意味で PDCA の各プロセスでコストパフォーマンスを意識した項目を持つ。

解析チームは、Plan で品質、安全、環境を管理項目に設定すると同時に、活動の費用対効果も可視化する。Do で階層を意識したエラーの予知を実施する。効率的なチェックのためのフレームワークを作り、エラーを未然に洗い出す。Check で、予知したエラーの洗い出しに関する経済性を含めた効果を確認する。チェックのためのフレームワーク自体の有効性も検証する。フレームワーク自体が良くないと、チェックは機能しない。Action でエラーの原因を排除し、フレームワーク中の階層構造や情報の内容を改善する。図表 2-11-3 に具体的なモデルを示した。図表 2-11-3 のモデルを『サステナブル情報リンクモデル』と呼ぶ。これまでの小集団型 TPM モデルはこれに包含される。サステナブルな活動とは品質、安全、環境保全を維持して生産活動を進めるものである。実際の運用では、分析する際に上記の 3 つの要素のエラーの発生状況とその増減を把握し、さらにこれらの 3 つの要素に関連する経済性を把握する。また、最近では、サプライチェーン全体を対象として企業活動をマネジメントする重要性が増してきていることから、サステナブル情報リンクモデルをサプライチェーン上で発生する品質、安全、環境に関わるエラーにまで展開することも必要となってくる。

図表 2-11 TQM から小集団での活動への移行



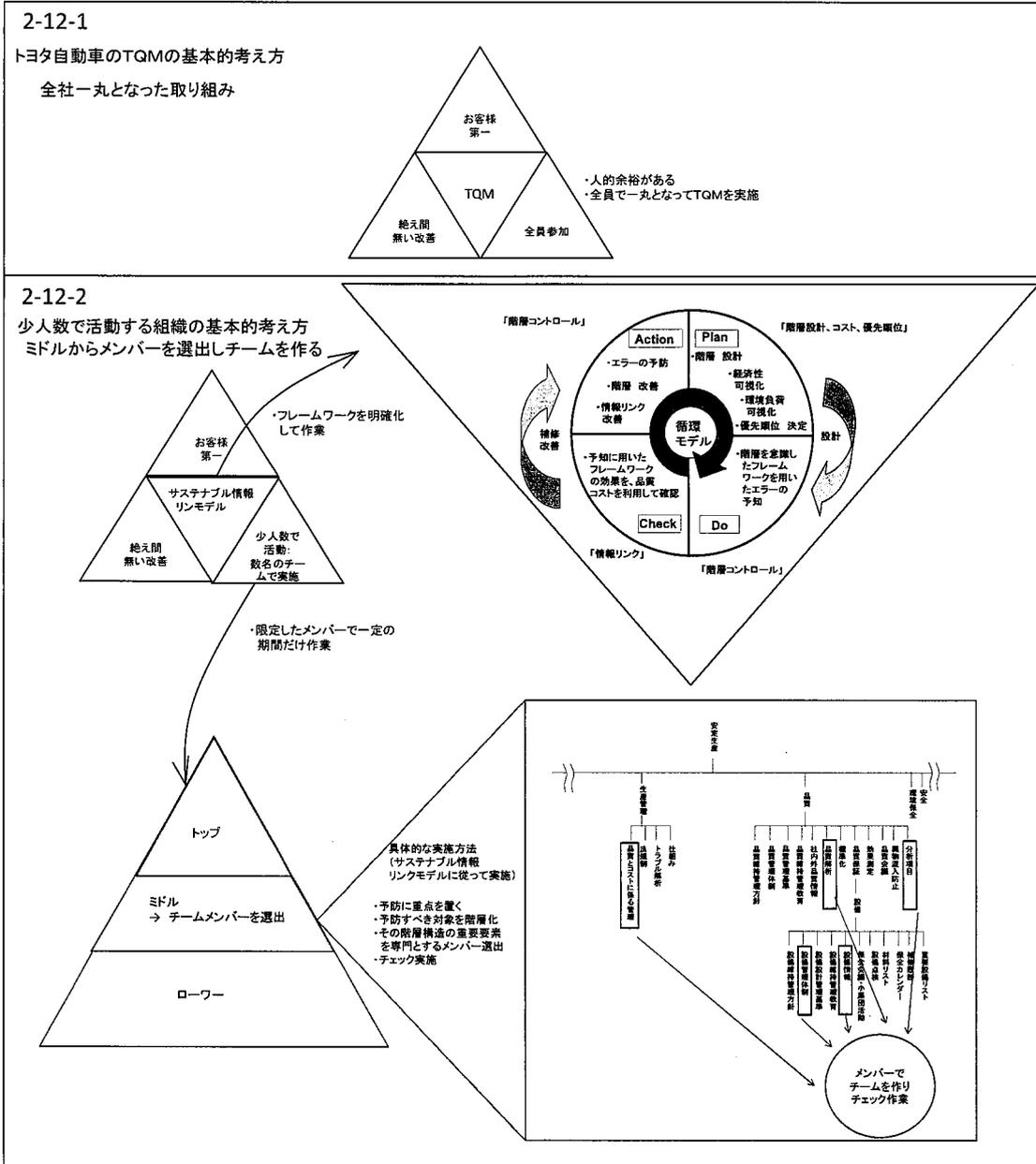
(出所)トヨタ車体の TQM を参考にして筆者作成

トヨタ車体の URL 参照

図表 2-12 にサステナブル情報リンクモデルの位置づけを示す。まず、図表 2-12-1 にトヨタ自動車の TQM の取り組みを示した。ここでは、お客様第一に考え、絶え間無い改善を全員参加で実施するという概念であり、これがトヨタ自動車の力の源泉のひとつである。この活動を品質コストに置き換えると、予防コスト、評価コストをかけて、失敗コストを下げる戦略となる。さらには、不良品の発生によるその先の機会損失や信頼性を失うことでの将来の利益の低減を防止する極めて優れた方法といえる。

一方、サステナブル情報リンクモデルは、小集団活動を展開する組織に使用することを想定したモデルであり、図表 2-12-2 で示される仕組みは選出された数名のメンバーで実施する。このメンバーは係長、班長などのミドルで、フレームワークに従ってエラーの予知を行う。メンバーの選出方法であるが、理想的には、これからエラーを予知する対象に深くかかわる係長、班長であるが、常にベストメンバーが選出されるとは限らない。最低限、その対象に沿った内容のできるだけ多くの階層要素を専門とする人員から選出することが情報を互いにリンクさせるうえで重要となる。

図表 2-12 サステナブル情報リンクモデルの位置づけ



(出所)トヨタ自動車の TQM の図を参考に筆者作成

トヨタ自動車の URL 参照

これまで述べてきた活動の階層構造と4つの情報リンクをベースとしたPDCAモデルを使い、解析チームが実際のトラブルを想定しながらトラブルを未然に防止する方法を検討する。

まず、トラブルが起こっていない平時の状態で、班長研修や係長研修などの少人数で解析チームを作り、現状の階層構造(現実のものと仮想のものとの両方を含めて)を4つの情報リンクに照らしてチェックして問題となる危機を察知してシナリオを作り、そのシナリオに従ったリスクの大きさを把握して対策を講じる。そして実際にトラブルが生じた際に瞬時に生かされる体制にする。

図表 2-5-3 に示した図において、第三階層の品質保証の下の第四階層に『設備』が存在している。すなわち課題が品質保証を維持・改善して効果をあげることであり、解決策が、設備を維持・改善して効果をあげることである。この課題／解決策の因果関係を念頭におき、解析チームがさらに、『設備』の下の階層に続く課題／解決策をリストアップする。

解決策をリストアップし、これを採用しなかった場合のトラブルのシナリオと影響度の一例を図表 2-13 に示す。

図表 2-13 トラブル発生状況

課題に対する解決策	「途中変更のリンク」及び 「手配遅れのリンク」	チェックすべき内容
1) 仕組みを維持・改善する	設備変更、運転変更、人の配置変更、品質基準変更、原材料の入手先変更、製品量の変更、状態の変化	変更点と仕組み
2) 設備点検を維持・改善する	同 上	同 上
3) 補修履歴を維持・改善する	同 上	同 上
4) 保全カレンダーを維持・改善する	同 上	同 上
5) 材料リストを維持・改善する	同 上	同 上
6) 設備トラブル事例を維持・改善する	同 上	同 上
7) 重要設備リストを維持・改善する	同 上	同 上

(出所) 馬場[2012]を参考に筆者作成

Reason[1990]は計画された一連の精神的または身体的活動が、意図した結果にいたらないものをエラーと定義した。エラーの種類は豊富なのである。

このような過程を経たのち、残りの三つの情報リンク(見えないリンク、途中変更のリンク、手配遅れのリンク)を念頭に置いて図表 2-13 の解析チームが活動をチェックする。ここで、見えないリンクは文字通り、工夫しないと見えないリンクであるので、順番としては、まず途中変更のリンクと手配遅れのリンクについて検討をおこない、活動内容が可視化出来た時点で見えないリンクの検討を実施する。具体的な手順は以下の通りである。

第一として、過去の情報リンクであるが、設備のトラブル事例と品質との関係をチェックすることで、過去に生じた設備起因の品質トラブルが検出できる。具体的には既述の図表 2-13 の課題に対する解決策を解析チームがチェックする。

第二として、途中変更のリンクを解析チームがチェックする。ここでいう途中変更とは図表 2-13 に示す内容となる。一般的に、途中変更のリンクは工事や手配などの結果に生じると考えがちであるが、実際には図表 2-13 に示したように、運転変更、原材料の入手先変更、製品量変更、状態の変化なども含まれ多岐にわたる。

第三として、手配遅れのリンクを解析チームがチェックする。この場合の手配とは、途中変更のリンクでリストアップした項目が利用できる。

第四として、見えないリンクを解析チームがチェックする。図表 2-13 は設備についてまとめているが、これをベースに、お客さまに製品を届ける上で何か抜けている部分がないかをグループワークなどで解析チームが確認していくことが重要となる。

### 第 3 項 サステナブル情報リンクとリスクの評価

既にモデルにおいて Do の時点で階層構造を 4 つの情報リンクに照らして解析チームが見直すことの重要性を述べた。品質において、解析チームが設備の部分と品質の部分を仮想的な階層で近い位置におき、それを 4 つの情報リンクのうちの過去の情報リンク、見えないリンク、途中変更のリンク、手配遅れのリンクの観点に照らして、活動、編成、方法に関して順次チェックする。仮想的な階層で近い位置におく理由は、各活動を有機的につなげて解析チームによるリンク探しが容易に出来るようにするためである。5 項目まで絞り込めれば、有機的なつながりは 10 項目(すなわち  $n \times (n-1)/2$ )となり、5 名くらいの共同作業で十分チェックが可能となる<sup>10</sup>。このチェックは既に設備が稼働して長期にわたる場合でも、これから

設備を新設する場合でも、いずれの場合でも実施できる。エラーやトラブル防止対応だけではなく工場の生産性の向上や品質向上させるための問題解決にもつながる。

この取組みをたとえば、班長研修、係長研修などで解析チームを作って実施していけば、実践的設備保全活動を実施できるとともに、班長、係長の能力向上と知識移転をスムーズにして統合的な知識を得る助けになると期待される。過去の情報リンク、見えないリンク、途中変更のリンク、手配遅れのリンクを解析チームがチェックできるようにリストを作って PDCA をまわすこと、それは仮想的な階層構造や 4 つの情報リンクをもとに Check、Action、Plan、Do を行っていくことに繋がる。リスクとはその発生頻度とエラーが生じた場合の影響の積で表現できる(金湖・岡・今里・大縄・伊藤・吉田[2008]p.61)。発生頻度と影響を低減することが重要となる。

本章第 2 節において、最近の企業に生じているトラブルは、4 つの情報リンクの不備が起点となり、企業の置かれている状況がよりエラーが起りやすい状況へと変化しつつあるためではないだろうか、との疑念を示した。それを踏まえたうえで事故やトラブルを防止するとともに工場の生産性や品質を向上させる仕組みを作ってモデル化することを本論文の目的とした。既に多くの企業でコストと手間がかかるが TPM 活動が優れているとの結果を示してきた。しかし近年、コストと手間の部分の負担が大きくて TPM 活動を継続することが困難な企業も増えた。TPM 活動は、組織的な活動、スキル、知識移転、品質とコストに優れた点がある。専門に工場の保全に携わる人だけではなく、一般事務員、OA 担当者、流通担当者などにまで活動は広がり、多くの組織が関わりながら一人ひとりが高いモチベーションを持って、設備の理解や運転の理解や改善活動を行うもので、このことが学習する組織としての性質を示している。技術の伝承が重要で、その意味で組織の能力を向上させる仕組みが重要となる。

多くの企業が人員減少、スキル低下、投資削減、補修費カット、海外移転、などの状況にさらされ、エラーが起りやすい状況となっていると仮定した場合、本論文の課題である組織が多方面のエラーの可能性をチェックできる仕組みを構築することが可能であれば、より効率的な設備保全活動が可能となる。係長、班長レベルに限定はされるが、多くの組織が関わりながら多方面のエラーに気がつくようになる能力を獲得していくことで単にエラーをなくすだけではなく、工場の生産性の向上や品質向上させるための問題解決にもつながる。何より 4 つの情報リンクを切り口に PDCA チェックすることで保全業務だけではなく、新たに工場を新設する場合にも使うことが可能であり、その適用の幅は広い。そのために解析チー

ムが活動を階層化して、4つの情報リンクを含む様々なエラーが生じやすい状況を PDCA チェックによって改善することを提案した。

## 第5節 サステナブル情報リンクモデルの活用

限定された人員で限定された期間内に組織のエラーを未然に防止するためには、工場の生産活動を見える化することは問題点を明確化できて有意義であろう。その見える化のためのひとつの手法として、活動の項目を階層化した樹形図(FAST 図)を作成することを検討した。活動を階層化することで、より効率的に体系的に活動内容を理解できる。

これまで本論文ではモデルの確認を行ってきたが、このモデルを実際に生じた事例に適用して実際に活かすための指針を確認する。

### 第1項 L社の設備保全事例の成功要因

本事例はモデルの有効性を確認するための代表事例である。L社では固形乳製品を製造している。2009年、製造工程に新規製品1ラインを導入することになった。導入に際して、従来通り HACCP(Hazard Analysis Critical Control Point)<sup>11</sup>を導入し、あらかじめ食品の原材料、製造工程および流通において、安全性にかかわる危害の要因と可能性の大きさを特定し、その危害を防止するための管理方法を定めた。製造、設備設計、設備保全、品質管理、原料調達などに関係する者5名が集まって、解析チームを作り、トラブルの洗い出しを実施した。5名という人員数に関しては、異物混入エラーを未然に防止するために必要な人員数となる。本章第4節第3項の冒頭で述べたように、検討すべき要素を5項目くらいにまで絞り込めば、5名程度の人員で作業をカバーできる。今回は、L社の一般的な知見から、製造、設備設計、設備保全、品質管理、原料調達の5項目を対象とした。この5項目の専門性を有する人数となる。彼らは議論を重ねた際に、原料中異物、メーカー製造時洗浄不良、バルブパッキンの劣化、配管腐食、膜破損による菌体混入、マグネット不良などの危害を予想できた。

通常であれば新ラインの追加に関しては終了であるが、L社ではこれに加えて、試験的に同じ5名のメンバーによる解析チームで、情報リンクのチェックも実施することとした。工場運営上の仮想的な活動を本章の図表 2-5 の下段の図をモデルとし、品質保証の下に設備に

関わる活動項目をおいた。この準備を経て、解析チームで4つの情報リンクでのチェックを実施した。

(1)過去の情報リンク：配管腐食、膜破損の頻度や破損時期を洗い出すことが出来、適宜対応を実施した。

(2)途中変更のリンク：仕組みにかかわる変更点 a)設備、シーケンスなどのルールなどの変更がないか。b)トラブル時の対応に変更がないか。c)人の配置にかかわる変更がないか。d)品質の基準にかかわる変更点がないか。e)原材料の入手先の変更がないか。f)製品量の変更はないか。g)納品時期を変更してないか。h)製品設計を変更してないか。i)固体、紛体、液体の状態が変化しないか、などの項目に関して階層を見ながらチェックした。さらに、設備点検にかかわる変更点、補修履歴にかかわる変更点、保全カレンダーにかかわる変更点、材料リストにかかわる変更点、設備トラブル事例にかかわる変更点、重要設備リストにかかわる変更点、小集団活動にかかわる変更点、設備情報にかかわる変更点、設備維持管理教育にかかわる変更点、設備設計管理基準にかかわる変更点、設備管理体制にかかわる変更点、設備設計管理方針にかかわる変更点、などに関して順次チェックを行った。

その結果、解析チームは、固形乳製品を包む包装材の変更、バルブの種類の変更、施工業者の変更、定期点検の時期の変更、原料の一部変更、原料調達先の一部変更、配管の形状の変更、エラーした場合のリサイクル方法、などに心配な箇所が存在することがわかった。これらに関して適宜対応を実施した。

(3)手配遅れのリンク：工事遅延、設備点検の遅延、製造部と設計部門の連携不足、などを解析チームが洗い出すことが出来、適宜対応を実施した。

(4)見えないリンク：専門が異なる5名のチームで解析チームを作っている中で、議論する中でバルブの内面に使用するゴムパッキンが、ある特定の条件での洗浄方法で劣化が加速することを見出した。これによって洗浄の頻度や方法、パッキンの材質を見直すことが出来、異物混入の危険を未然に回避できた。専門的な見地での意見の共有(見えないリンクの防止)がなければ見過ごしてしまうところであった。

以上の取り組みの結果、順調に新ラインは稼働を開始したが、特に大きな事故やトラブルがなかっただけでなく、安定生産を実現でき工場の生産性の向上や品質を向上させることが可能となった。

## 第2項 階層構造の歪みとエラーのリスク(L社事例)

L社の事例で、この事例の階層構造について検討する。まず、活動を可視化する必要があるが、L社では、階層は図表 2-5-3 として検討を行った。すなわち、階層構造で品質保証の下に設備を置き、その下に設備情報、保全会議・小集団活動、設備点検、材料リストなどを置いた。そのために、品質保証を実現するための要素として、配管腐食、膜破損の頻度や破損時期を洗い出すことが出来た。

さらに品質保証と品質解析が近い位置関係にあるために、設備情報と品質保証がリンクしやすくなった。これはたとえば、図表 2-7 に示したように、要素と要素を入れ替えて、水位管理と流量管理を近い場所に設定したことが、グループの理解を深めたことに類似している。品質保証の下に設備の要素が存在するので、品質保証の要素と設備の要素は、グループ討議をする際に、常にメンバーの検討事項の因果関係をチェックすることになる。

このことで情報としての仕組みにかかわる変更点から、a)設備などの変更 b)トラブル時の対応の変更 c)人の配置にかかわる変更 d)品質の基準にかかわる変更 e)原材料の入手先の変更 f)製品量の変更 g)納品時期の変更 h)製品設計の変更 i)固体、紛体、液体の状態の変化、などの項目に関して階層を見ながらチェックすることが可能となった。これが、ゴムパッキンが、ある特定の条件での洗浄方法で劣化が加速することを見出す結果につながった。これによって洗浄の頻度や方法、パッキンの材質を見直すことが出来、異物混入の危険を未然に回避できた。

このグループワークで班長を務めた係長に対する半構造化インタビューによれば、L社では、従来の組織の階層構造は図表 2-5-1 の状況であった。品質保証活動に関わる各要素と設備保全活動に関わる各要素は同じ2階層目にあり、品質保証活動に関わる各要素と設備保全に関わる各活動は要素として離れていた。これは特に大きな問題でもなく製造業では同様の構造となっている場合も多い。しかし、これをある種の階層構造の歪みととらえることも可能である。両者の関係が離れてしまった。この場合、解析チームは、設備保全に関わる各活動を、単独で設備に関する情報として見ることになる。品質保証活動に関わる各要素も同様に単独で品質に関わる情報として見る。この場合、解析チームは、品質保証を実現するための要素として、配管腐食、膜破損の頻度や破損時期を洗い出すことが出来なかった。さらに、彼らにとって、情報としての仕組みにかかわる変更点に関しても疎くなり、a)から i)までの9項目に目が行きにくい状況であった。

この事例の改善策として、解析チームによって、組織の階層構造を品質保証の下に設備を

置くことによって多くの情報のリンクが活性化したといえる。適切な階層構造を対象としてグループワークすることのリスク回避の重要性がここにある。これは仮説を活かすための指針となる。

### 第3項 美浜原子力発電所の設備保全事例とエラー要因

本事例はモデルの有効性を確認するための代表事例である。本研究の対象が設備の保全に関する研究であることを考慮し、設備保全に関係が深い美浜原子力発電所の事例を取り上げ、これまで述べてきた4つの情報のリンクと情報の階層化構造(樹形図)に関する考え方を整理する。

美浜原子力発電所<sup>12</sup>の事例の解析方法として、まず概要を記し、次にエラーの原因を4つの情報リンクをベースに解析する。この場合、情報リンクを可視化するために情報の構造を整理し、情報の関連性(リンク)を調べた。最後に何が原因となったかを解析した。以下この順番で記載する。

#### (1)概要

2004年8月に発生した美浜原子力発電所のトラブルは配管が減肉し、破損して噴出した蒸気により5人が亡くなり、7人が火傷による怪我を負うものであった。この配管は29年間使用したもので、減肉は流量測定用のオリフィスの下流側50センチに生じていた。乱流が引き起こした摩耗腐食でほとんど薄皮一枚の状態になっており、配管が圧力に抗しきれずに破裂し蒸気が噴出した。

アメリカで発生した有名なサリー原子力発電所の死亡トラブル(1986年)もまったく同様の原因で生じていた。このサリー原子力発電所のトラブルのあと、関西電力は1990年に管理指針を作成しオリフィス付近の配管を点検対象として追加した。加えて関西電力は三菱重工(株)に美浜原子力発電所の配管の点検計画の作成を依頼し、三菱重工(株)は点検計画を作成した。この点検計画書は2箇所の配管の点検が洩れていた(そのうちの 하나가死亡事故につながった)。その後、関西電力の子会社の日本アーム(株)が三菱重工(株)から配管点検業務を引き継ぐことになる。その際に、三菱重工(株)は後で判明した2箇所の配管の点検洩れについて日本アーム(株)に伝え、厚さを測定すべきと提言した(1999年と2000年)。日本アーム(株)はしばらくこの問題を放置した後、美浜原子力発電所の点検計画を2003年に関西電力に提出、配管に点検漏れがあったことを関西電力に伝えた。しかし関西電力は彼らの意見をすぐには採用しなかった。2003年12月ようやく関西電力は翌年(2004年10月)の計画に配管の点検を繰り

入れたが、点検の2ヶ月前(2004年8月)に事故が発生した。

#### (2)4つの情報リンクとの関係

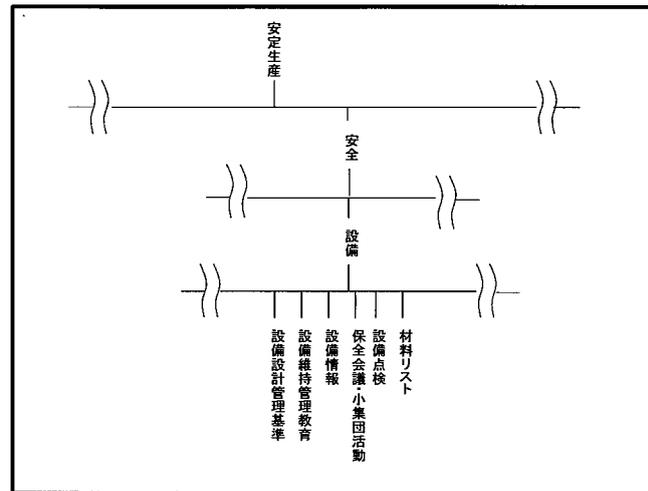
次に美浜原子力発電所の事例解析のために、情報の関連性(リンク)を見る。今回のトラブルの第一番目のリンクは、過去の情報リンクに関わるもので、アメリカのサリー原子力発電所の配管減肉トラブルの事例を十分に伝承できなかった点にある。同じトラブルを自らのものとして伝承できなかった。二番目のリンクは、見えないリンクで、流量測定用のオリフィスと下流の配管の減肉の関係である。今回の見えないリンクは材料工学の専門家にとってはよく理解されている事例である。しかし一般的なエンジニアはこの情報を持っていない。この見えないリンクをいかに組織全体に伝承するかが重要なポイントとなる。第三のリンクは、途中変更のリンクで、三菱重工(株)は点検業務を関西電力の子会社である日本アーム(株)に引き継いだ。この際、重要情報の伝承がスムーズにおこなわれなかった。確かに伝承自体はされているのだが、その重要性を伝えきれなかった。このように委託会社などが変更になった場合の情報の伝承の阻害は致命的なものとなりかねない。第四のリンクは、手配遅れのリンクで、関西電力は配管を点検すべきであるという日本アーム(株)の報告書を受け取ったにもかかわらず実際のアクションは遅くなった。この原因のひとつとして、点検業務を実施するためには原子力発電所を停止しなければならず、この停止が膨大な利益損失につながることを考えられる。1日の停止で数千万円の損失になる。計画的な点検時期以外の点検に二の足を踏んだ。もうひとつの理由は、関西電力の組織構造が完全な縦割り構造となっており、適正な計画というものは常に遅れる傾向にあったことがあげられる。

#### (3)循環サイクルとPDCA

前節で述べた事故解析結果は以下のようにまとめられる。トラブルの原因を考える場合に、解析チームが4つの情報リンクを考えることが第一であるが、この場合、活動が階層化していると可視化しやすい。通常はプラントが構成される際に組織内に活動の階層構造は出来ているが、樹形図の形で整理されていない。解析チームがこの階層化を樹形図にして可視化した場合、樹形図は設備の見直しやフロー変更などを通して変化する。結果として、解析チームは階層構造と4つの情報リンクを相互に影響させ変化させながら改善していく。常に最新データやエラー事例を反映して変化させながら、活動、編成、方法などに関してPDCAが働くことにする。樹形図の構造が安全を重視した形状に変化させた一例を図表2-14に示す。一

般に品質を重視する構造の場合は通常の製造業が該当し、安全を重視する構造の場合は運輸業、医療機関などが該当する<sup>13</sup>。

図表 2-14 樹形図の構造として安全を強化したものの



(出所) 馬場[2012]を参考に筆者作成

まず解析チームはこの仮想的な樹形図が美浜原子力発電所の事例解析における4つの情報リンクをどのように活動、編成、方法に関してPDCAチェックに利用出来るかを検討する。

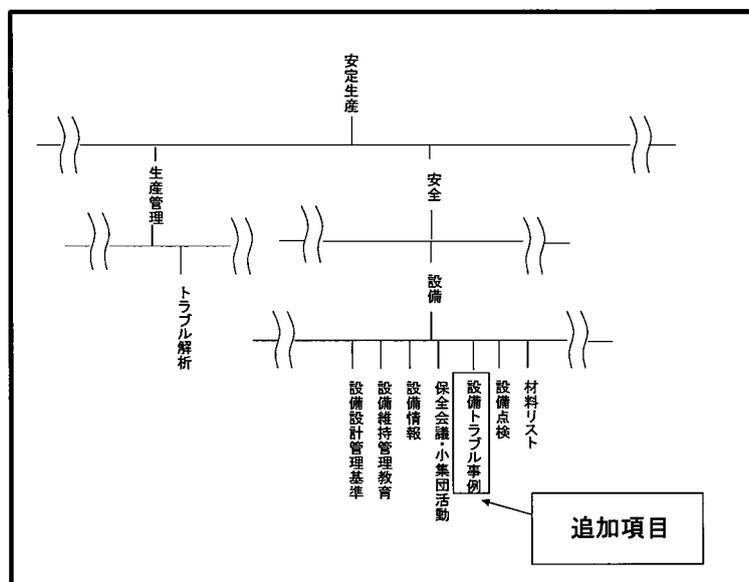
#### (4)4つの情報リンクの内容

##### (a)過去の情報リンク

関西電力がアメリカのサリー原子力発電所の配管減肉事故の事例を十分に伝承できなかった点であるが、これを改善するためには、いかに関西電力がトラブル事例を探し出して実装置の保全に役立っているかがポイントとなる。図表 2-15 の樹形図上の第三階層の『トラブル解析』は、『安全』や『設備』と課題／解決策との関係で直接つながっていないので、組織がトラブルを総論的にとらえてしまう危険性が存在する。安全のトラブル、品質のトラブル、環境保全のトラブル、オペレーションのトラブル、天災によるトラブルなど、多岐にわたり、膨大な時間があるのでない限り、工場に人的余裕も少ない状況では、組織はうまく樹形図上

の『安全』や『設備』と関連付けられない。従って、樹形図上の『トラブル解析』は『設備』と直接結びつくべきなのである。仮想的な樹形図の構造としては『設備』の下の第四階層に『設備トラブル事例』があると、組織は、『トラブルの事例』と『設備』や『安全』とを、課題／解決策のつながりとして強化できる。この状況を図表 2-15 の追加項目として示す。

図表 2-15 トラブル事例を追加した樹形図

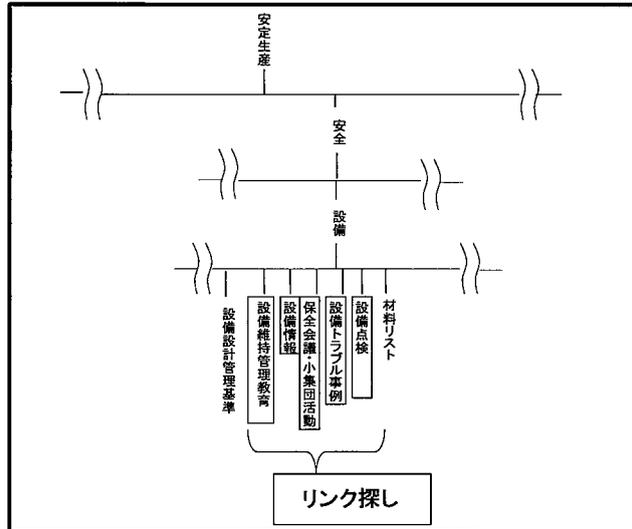


(出所) 馬場[2012]を参考に筆者作成

### (b)見えないリンク

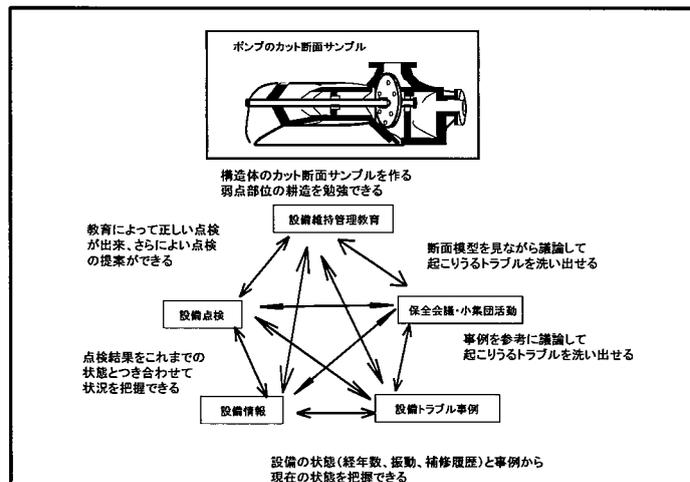
流量測定用のオリフィスと下流の配管の減肉の関係であるが、この例では、仮想的な樹形図上で『設備』と『設備トラブル事例』を近い個所に置いた。これによって、設備点検、設備トラブル事例、保全会議・小集団活動、設備情報、設備維持管理教育などが課題／解決策としてつながり、見えないリンクに今まで以上に気がつきやすい構造に変化した。階層化することは問題点の発見に有効である(我妻・藤代・堀井[2004]p.406)。状況を図表 2-16 および図表 2-17 に示す。仮想的な階層で近い位置におかれた活動は組織にとって見える化されていて、図表 2-17 に示す有機的なリンク探しが容易に出来るようになる。

図表 2-16 リンク探しを強化した樹形図



(出所) 馬場[2012]を参考に筆者作成

図表 2-17 有機的なリンク探し



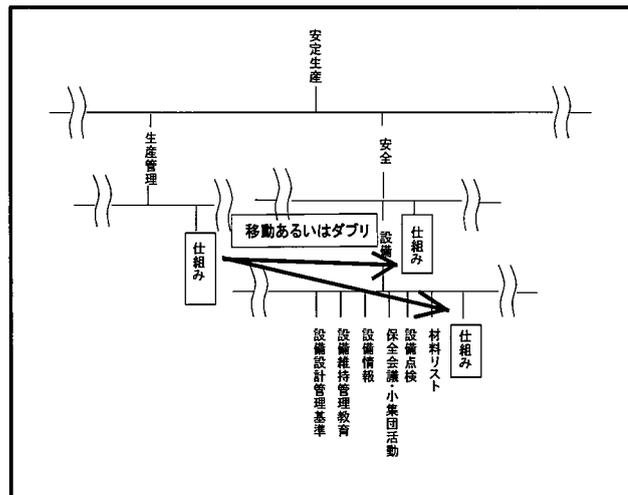
(出所) 馬場[2012]を参考に筆者作成

(c)途中変更のリンク

三菱重工(株)は点検業務を関西電力の子会社である日本アーム(株)に引き継いだ。この際、重要情報の伝承がスムーズにおこなわれなかった。このように何か重要な部分で変更点があ

った場合にその変更点の情報が伝わるべきところに伝わってなければトラブルに繋がりがやすい。仮想的な樹形図ではこれを仕組みの中の項目としてとらえて、安全の下の第三階層および第四階層に『仕組み』を設けて、仕組みに起因する途中変更のリンクに気がつきやすいようにした。この状況を図表 2-18 に示す。同じ仕組みという名前の活動であっても、安定生産を支える全体の仕組みと位置づけるか、安全のための仕組みと位置づけるかで内容が異なる。組織は、ダブリであるからダメだと単純に考えずに、異なった仕組みの活動を配置したととらえる必要がある。

図表 2-18 ダブリのある樹形図



(出所) 馬場[2012]を参考に筆者作成

#### (d)手配遅れのリンク

関西電力は配管を点検すべきであるという日本アーム(株)の報告書を受け取ったにもかかわらず実際のアクションは遅くなった。このように重要な部分で、手配遅れがあった場合にその手配遅れの情報が伝わるべきところに伝わってなければ事故に繋がりがやすい。仮想的な樹形図ではこれを仕組みの中の項目としてとらえて、解析チームが気がつきやすいようにした。状況は途中変更のリンクと同様である。

4つの情報リンクに潜む見えないリンクを検出するための監視は解析チームにとって頻度よく実施される必要がある。既に述べたように企業のシステムはISO活動に見られるように

情報の整理と管理は得意ではあるが、実際に PDCA をうまく回すことは不得意な面がある。このためには、解析チームが樹形図をベースとした PDCA サイクルをうまくまわすことが必要となる。

解析チームは PDCA サイクルのうち以下のことを実施する。Plan で方針を決めて方針を展開し活動の階層化を実施する。美浜原子力発電所の事例では、点検業務を実施することで 1 日の停止が数千万円の損失につながり、これがトラブルを深刻なものとした。その意味で経済性の可視化は重要で、品質コストや環境コストが有力なツールとなり得る。同様に、環境負荷の可視化としては地球温暖化ガスの可視化が有益である。以降、サステナブル情報リンクモデルの Plan 部分には、品質コスト、環境コスト、地球温暖化ガスの可視化を導入する。Do でエラーを予知し、Check で予知したエラーの洗い出しに関して経済性を含めてその効果を確認し、Action で 4 つの情報リンクと階層化を相互に改善し、マネジメントレビューして Plan に循環する。サイクルの起点である Plan を明確にするために何が重要なのか、何を重視するのかという優先順位を組織が定めることが必要となる。この優先順位は品質とコストとのかねあいで決定されるのが一般的である。

優先順位、階層、4 つの情報リンクを循環サイクルさせて PDCA をまわす。設備を設計する立場は優先順位、階層、4 つの情報リンクの順になりがちで、逆に、設備のメンテナンスを実施する立場は、4 つの情報リンク、階層、優先順位の順になりがちである。通常は設計者と保全担当者とはサイクルを何度も循環させることは稀であるので、ここに優先順位、階層、4 つの情報リンクの 3 者を循環サイクルしていくことの意義がある。

#### 第 4 項 階層構造の歪みとエラーのリスク(美浜原発事例)

美浜原子力発電所の活動の階層構造は、公開されていないので正確なところは不明であるが、樹形図の構造として、組織が安全を重視した構造であったことは予測できる。その場合、図表 2-5-1 に示すように、樹形図上の『安全』の下に『設備』が存在することになる。一般に安全を重視する構造の場合は運輸業、医療機関などが該当する。原子力発電所も同様の業種と考えられる。

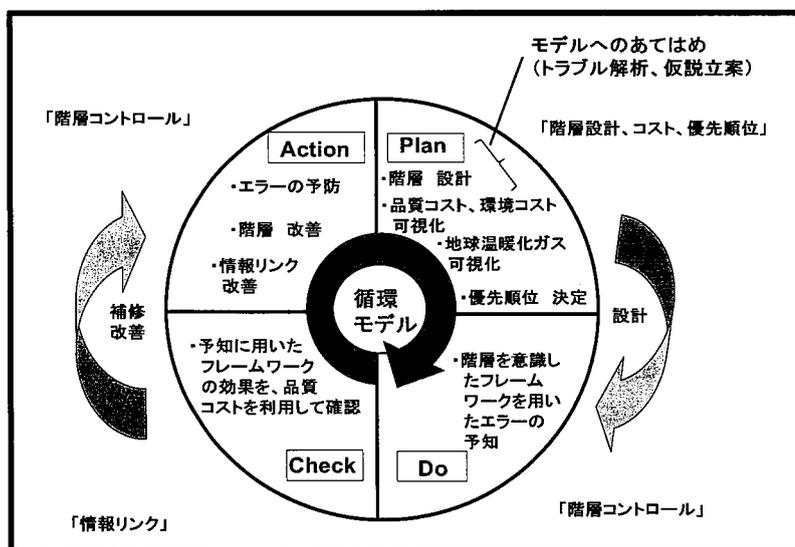
通常はプラントが構成される際に、組織の中で活動の階層構造は出来ているが、樹形図の形で整理されていない。解析チームがこの階層化を樹形図にして可視化した場合、階層構造と 4 つの情報リンクは相互に影響し変化しながら改善していく。この美浜原子力発電所の階

層構造が、仮に図表 2-15 あるいは図表 2-18 が、改善前のような構造であったとすると、そこにある種の歪みが生じる、という可能性も考えられる。図表 2-15 の改善前の図でいえば、樹形図上の『トラブル解析』と『設備』は空間上の位置関係が遠くなり、過去の情報リンクを十分に設備の情報とリンクできないことも考えられる。従って、解析チームが樹形図上の『設備』の下に『設備トラブル事例』を設置することは有効である。アメリカのサリー発電所の配管減肉トラブルはこうしなければ解析チームにとって可視化しにくい。また、図表 2-18 でいえば、樹形図上の『仕組み』が『生産管理』の下に存在する場合、『設備』と空間関係上の位置関係が遠くなり、途中変更のリンクに関わることに解析チームの目が行きにくくなる。途中変更は都度、きちんと把握し、リスクを見積もらなければいけない。階層構造が適切に配置されていれば、グループワークでエラーの原因を見つける可能性が高まる。適切な階層構造を対象としてグループワークすることのリスク回避の重要性がここにある。

## 第 5 項 モデルのあてはめ

図表 2-19 は美浜原子力発電所の事例をサステナブル情報リンクモデルにあてはめた結果である。

図表 2-19 サステナブル情報リンク適応例：美浜原子力発電所



(出所)インタビューに基づき筆者作成

このモデルにおいて、Plan 部分は、トラブル解析、仮説立案が階層設計に組み込まれている。

ここで重要なのは、サステナブル情報リンクモデルでは、解析チームが活動内容を階層化してから 4 つの情報リンクに照らしてチェックすることである。活動内容から解析チームが階層構造を作成する場合に、十分に考慮して作らなければ、その後のチェックの精度が大きく異なってくるといことなのである。一連の図表 2-15 から図表 2-18 に示すように階層図上で互いの空間位置関係(近い場所、遠い場所)が重要となる。ここに注意しなければ、サステナブル情報リンクモデルで PDCA を回転させても良い結果が得られない。次章以降でさらにこれらのポイントについて考察していく。

#### (1)活動の階層化と見える化

本論文では活動を階層化して課題／解決策の仮想的樹形図を作成し、階層構造を 4 つの情報リンクでチェックしやすいように見える化した。TPM の活動でいえば、計画保全活動における活動の体制作りの部分に相当する(中嶋[2009]pp.13-18)。この場合も樹形図で活動をチェックしたりする。しかし、工場の多岐にわたることがらに関してチェックするので、膨大な時間と手間がかかる。一方、本論文のモデルはこれを 4 つの情報リンクに限定することで効率的な仕組みになっている。

#### (2)4 つの情報リンクに関係する PDCA チェック

本論文では、活動にかかわる階層構造を 4 つの情報リンクに照らして見直すことの重要性を述べた。優先順位が品質にかかわる場合、設備の部分と品質の部分を仮想的な階層で空間的に近い位置におき、それを 4 つの情報リンクのうちの過去の情報リンク、見えないリンク、途中変更のリンク、手配遅れのリンクの観点に照らして、活動、編成、方法に関して順次チェックする。これを数名程度の班長や係長により 5 日程度で実施することを提言した。TPM の活動でも、このような少人数での集団活動が活発である。TPM では製造部と保全部とが定期的に集まって、現時点の設備にかかわる問題点について情報の共有化や問題点の洗い出しを実施する。しかし、TPM の活動自体は年間を通して長期にわたって実施するもので、手間とコストがかかる。膨大な項目に関して多岐にわたる活動に耐えられない企業も存在する。本論文のモデルとは手間とコストをかけない方法で効率的な設備保全が可能となる点が異なっている。以上述べてきたように本モデルは TPM と内容が重なる部分もあるが異なっている部分も多い。TPM では保全技術は技術の伝承が重要で、その意味で組織の能力を向上させ

る仕組みが重要である。加えて専門に工場の保全に携わる人だけではなく、一般事務員、OA担当者、流通担当者などにまで活動は広がり、多くの組織が関わりながら一人ひとりが高いモチベーションを持って、設備の理解や運転の理解や改善活動を行うもので、このことが学習する組織としての性質を示している。技術の伝承が重要で、その意味で組織の能力を向上させる仕組みが重要となる。

これに対して本モデルは数名の人間が工場の活動を4つの情報リンクを切り口にPDCAチェックすることが基本である。一般的に、PDCAは日常的業務で斬新的改善が見込まれる、クローズドシステムで有効に機能する(吉澤[2011]p.349)。クローズドされた状況で、組織の能力を向上させることが可能であろう。さらにPDCAは施策実施段階で初めて機能する。PDCAは施策実施段階の管理手法であるので、サブサイクルでしかない(渡邊[2011]p.403)。あくまでも施策実施段階の管理手法から逸脱してはならない。すなわち、組織の体質改善や組織力強化のために使うものではない。小集団活動によって個人の能力を組織の能力の向上に向けられる(山本[2001]p.138)。TPMに比べれば係長、班長に限定されるので狭い範囲ではあるが、学習する組織としての形態も有している。また工場の仕組みの中でエラーをなくしていくことも可能であろう。加えて単にエラーをなくすだけでなく、工場の生産性の向上や品質向上させるための問題解決にもつながる。何より4つの情報リンクを切り口にPDCAチェックすることで保全業務だけではなく、新たに工場を新設する場合にも、クローズドされた状況での日常的業務に対して使うことが可能で、その意味での適用の幅は広い。

## 小括

本章ではサステナブル情報リンクモデルのフレームワークを提唱し、その有効性を事例に基づいて検証してきた。まず、組織が知識をいかに有機的に統合して、組織の能力向上に生かすかを検討した。これまで日本が有していた技術力に関して組織的な活動、スキル、知識移転の3つの観点から検討し、その結果、保全技術は技術の伝承が重要で、その意味で個人の能力を組織の能力に知識移転し、それを自在に個人や組織に移転する仕組みが重要であることがわかった。この意味で日本の設備保全活動は有用な方法である。

技術力に立脚した日本の設備保全体系とTPMについて解析し、TPMの活動を継続できない昨今の工場で、小集団活動でエラーを防止する有用な方法がないかを探った。そのために、エラーが生じる構造を先行研究に従って10の原因に立ち返ってまとめ、このエラーをさらに4つの情報リンクにまとめた。4つの情報リンクとは中尾[2009]や畑村[2005]が提唱しているエラー防止のためのツールで、(a)過去の情報リンク(b)見えないリンク(c)途中変更のリンク(d)手配遅れのリンクの4点となる。過去の情報リンクとは過去において生じた類似のトラブルが再び生じること、見えないリンクとはたとえば設計変更などで実施した事ながら思わぬ形で別の個所に影響すること、途中変更のリンクとは進行中の事ながら途中で変更した際に影響が生じること、手配遅れのリンクとは上述の変更に際して何らかの理由で手配が遅れ影響が生じること、などがあげられる。10のエラーを4つの情報リンクに振り分けた。事故は4つの情報リンクをベースにすると焦点が絞られて整理しやすい。

実際のトラブルに学ぶために、長期密着型の参与観察を実際の工場で実施した。その工場では、濃縮缶工程でのエントレメント(飛沫同伴)と濃縮缶の管スケーリングの関係について問題が生じていた。スケールが短期間に管内壁に付着するため効率が著しくダウンするのである。これの改善に向けて、グループで討議した。この結果、グループワークが大きな鍵となる。

さらに本章では、濃縮缶の事例を深掘りし、キーパーソンが多数の職場を兼任し、次第に専門的な知識を身に着けられなくなった事実と、この工場だけではなく、地方の3つの工場や関係会社(10社以上)も含めて同様の状況が見て取れたことを重視し、キーパーソンの重要性を確認した。次に1987年10月から1990年6月までの調査で、TPMの活動の一環としての保全会議の実施状況を調査した。ここでの事例からグループワークによる改善活動の結果と、実施しなかった場合の活動の結果とで、違いが認められた。すなわち、以前には見つけ出すことが出来なかったエラーを、小集団活動を実施するようになってから見つけることが

出来るようになった。次に、情報を可視化するという観点でさらに検討を行った。その結果、組織活動の階層構造が重要で、情報をリンクするためには、歪みのない階層構造を作り、それをベースに4つの情報リンクに照らしてエラーの原因を抽出することが重要だとわかった。

以上述べてきたことを組み合わせ、エラーを防止して生産性を向上させるための小集団型TPMモデルを作った。これを『サステナブル情報リンクモデル』と命名した。

解析チームは、Planで品質、安全、環境に焦点を当てる。費用対効果も強く求められるので、これが見えるようにする。Doで階層を意識したエラーの予知を実施する。効率的なチェックのためのフレームワークを作りエラーを未然に洗い出す。Checkで予知したエラーの洗い出しに関して経済性を含めてその効果を確認する。Actionでエラーの原因を排除し、フレームワーク中の階層構造や情報の内容を改善する。

階層構造と情報リンクを組み合わせることでモデルが有効に機能することを、L社の成功事例、美浜原子力発電所のエラー事例で確認した。さらに、階層構造に不具合が存在すると、モデルが有効に働かないことも確認した。

次章ではサステナブル情報リンクモデルを応用面で展開する方法について検討する。

- <sup>1</sup> 経験によって能力が開発される分野で、たとえば保全技能士資格試験などはこの経験を問う試験となっている。
- <sup>2</sup> 展開の方法として、『TPM 展開プログラムの 12 ステップ』が定められている。第 1 ステップは TPM の導入準備段階として、トップの TPM 導入決意宣言、TPM の導入教育とキャンペーン、TPM の基本方針と目標の設定 などの準備に関わる 5 ステップがある。導入段階として 6 ステップ目にキックオフがある。導入実施段階として、7 ステップ目に生産部効率化体制づくり、8 ステップ目から 11 ステップ目までは製品・設備開発管理体制などの体制づくりなどが網羅される。定着段階が 12 ステップ目となる。これらに従ってステップ方式で展開することが重要となる[中嶋(2009)pp.10-22]。その他にも生産活動における効率化のために、効率化を阻害しているロスの徹底排除を狙った『生産効率を阻害する 16 大ロス』の考え方や自主保全の考え方をまとめた『自主保全展開の 7 ステップ』などの進め方が言及されている。この『自主保全展開の 7 ステップ』は装置産業と加工組立産業とで 4 ステップ目と 5 ステップ目が異なっている。1 ステップ目の初期清掃、2 ステップ目の発生源・困難箇所対策、3 ステップ目の自主保全仮基準、6 ステップ目の標準化、7 ステップ目の自主管理の徹底は、双方共通である。しかし、装置産業では、4 ステップ目に点検技能教育、5 ステップ目に異常時処理方法の教育がある。これに対して、加工組立産業では、4 ステップ目にマニュアルによる技能教育、5 ステップ目に自主点検チェックシートの作成がある。異常時に対する教育が装置産業と加工組立産業では大きく異なるのである。
- <sup>3</sup> 設備や関連する事柄についてのノウハウなどをまとめた 1 枚のシート。これを作成することで他者の教育資料になるだけでなく自らも能力開発される。
- <sup>4</sup> 設備の一部を金ノコなどで切り出して、断面が見えるようにしたサンプル。内部の細かい機構がわかるような仕組みになっている。金ノコを使うことで、保全マンとしての道具を扱う技量が磨かれ、長期間取り組みことで設備のからくりを体で覚えることができる。作製の過程で 5S などの躰も醸成される。
- <sup>5</sup> 各人の技能や技術のレベルがわかるようにしたレベル表やそれに類した図。
- <sup>6</sup> それぞれのエラーを分類した。
- <sup>7</sup> 課題と解決策を明確化出来ない場合もある。たとえば現状の技術では分析不可能な品質エラーなどの場合は明確化出来ない。
- <sup>8</sup> たとえばトヨタ車体では昭和 50 年代後半から、品質第一とする TQC 活動の下に TPM 活動を展開し効果をあげた(千住[1987]p.135)。トヨタ自動車 75 年史 (巻末の URL を参照)。
- <sup>9</sup> 付論一 I に FAST 図などの階層構造図を示した。
- <sup>10</sup> 既に述べた L 会社の聞き取り調査結果からの情報。理論的な解析までは出来ていないので、経験的な値である。5 項目に絞り込んで 5 名体制で 2 日間で有機的なチェックを実施できた。もちろん IT 技術などを使って、より効率的に出来る可能性もある。
- <sup>11</sup> HACCP とは、食品の製造工程において、汚染が発生する危険性をすべての工程をチェックして重要管理点を定める手法。詳細は厚生労働省(厚生労働省 HACCP)を参照。
- <sup>12</sup> 関西電力美浜原子力発電所 URL 参照。
- <sup>13</sup> 品質重視であるか安全重視か品質重視かは業務の質によって異なる。製造業では商品をお客様のところまで届けることが第一で、商品は所定の品質を持っていて、スピーディに届けられなければならない。列車などの場合は、安全に、所定の時間でお客様を移動させることが重要となる。

## 第3章 サステナブル情報リンクモデルと経済性

### 本章の目的

本章ではサステナブル情報リンクモデルを経済的に維持・管理する手法を検討する。第1章第5節第2項では、品質コストをモデルの経済性を把握するためのものとして取り上げた。品質コスト、環境コストなどの設備保全活動に係るコストと、これらによって削減される外部失敗コスト、環境負荷などのエラーとの関係の見える化によって、サステナブル情報リンクモデルに活動の経済性が明らかにされる。4つの情報リンクに照らして小集団で活動をチェックすることは、エラーの原因を事前に把握して防止するために有効である。そこで、本章では、第2章第5節で検討したL社の事例を再度検討し、品質コストを軸とした経済性分析の可能性を確認する。また、温室効果ガスの発生を具体例としながら、把握すべきエラーをサプライチェーンにまで拡大してエラー発生に関連コストと発生するエラーの関係を分析する。

### 第1節 品質コストに関するメリット

#### 第1項 安定生産に向けたモデルの利用

過去のトラブル事例からトラブル解析を実施し、人や組織のエラーを4つの情報リンクを見出すことで、トラブル低減につながる可能性がある。また、この4つの情報リンクを探することは情報の階層構造を見直すことにつながる。次に4つの情報リンクと仮想的な階層構造を関係づけて、望ましい設備保全のモデルを導出した。PDCAサイクルのうち、Planは方針を決めて情報の階層化を実施し、Doはエラーの予知となる。効率的なチェックのための、活動を階層化したものを対象に、4つの情報リンクに照らしてエラーの洗い出しを実施する。このフレームワークを作り、エラーを未然に洗い出す。Checkで上記のフレームワーク自体の有効性を品質コストなどを用いて検証する。Actionで4つの情報リンクと階層化を相互に改善する。4つの情報リンクと仮想的階層と優先順位が、活動に関してPDCAサイクルとして機能することが理想である。このPDCAモデルをベースに、2008年に食品製造業L社で生じたトラブルを品質コストの推移として含めて検討した。重要なのは、トラブルが起っていない平時の状態、階層構造（現実のもの、仮想的なもの）を4つの情報リンクに照らしてチェックして問題となる危機を察知してシナリオを作り、そのシナリオに従ったリスクの大きさを把握して対策を講じることである。そして実際にトラブルが生じた際に瞬時に生かさ

れる体制になっていることが重要となる。事例のまとめを通じて、過去の情報リンク、見えないリンク、途中変更のリンク、手配遅れのリンクの4つの情報リンクをチェックするためのリストを作成しこれを利用してトラブルを防止出来る可能性を見出した。この章では第2章のモデルの妥当性を確認する。

対象となる活動を仮想的階層で課題/解決策として直接つながるようにする取組みは長期にわたる活動に有効であろう。それとともに複数の目で仮想的階層をチェックすることが望まれる。仮想的な階層で関連する活動を近い位置におく理由は、第2章第3節第2項で述べたように、課題と解決策が階層的に配置されているので、樹形図上で近接する項目は同じ課題に対して派生する複数の解決策となるからである。これによって各活動を有機的につなげてリンク探しが容易に出来るようになる。チェックは既に設備が稼働して長期にわたる場合でも、これから設備を新設する場合でも、いずれの場合でも実施できる。この取組みをたとえば、班長研修、係長研修などを通じて実施していけば、実践的設備保全活動を実施できるとともに、班長、係長の知識移転をスムーズにして統合的な知識を得る助けになると期待される。PDCA サイクルさせることで、長期間にわたって洩れ、ダブリがなく4つの情報リンクの視点でチェックできる。

## 第2項 階層構造と情報リンクの確認

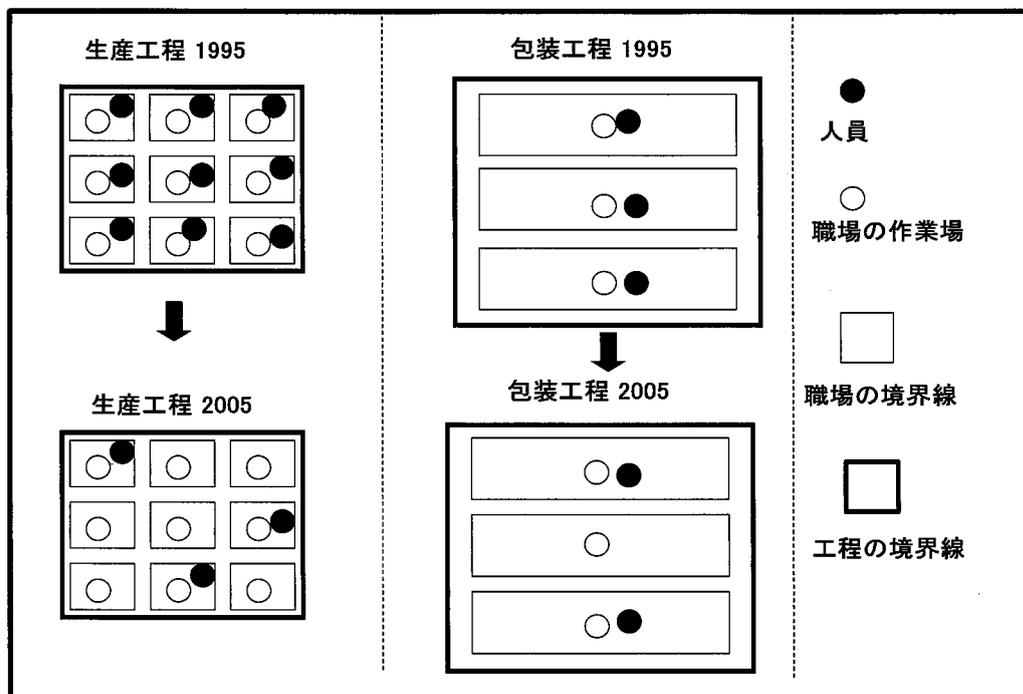
### (1)事例での分析

第2章第5節において成功事例としてL社の事例を述べた。ここでは、既に構築したモデルがこの事例に適合するかどうかを調べることにした。さらに、品質コストマネジメントへの導入として基礎的なデータを入手出来たのでこれを記載して考察する。日本において品質コストマネジメントを導入している企業はまだまだ少数であるので、本事例は組織的な活動も含んだ先端事例となる。

2011年12月にL社において工場長と副工場長を交えてインタビューを実施した。インタビューは半構造化インタビューと非構造化インタビューを織りまぜて実施した。彼らは秘密保持のためにコストデータを公表することが出来なかったため、1995年の値をベースに比率で示した。最も大きな出来事は2008年の品質不良によるリコール問題で大きな失敗コストとなった。2009年、2010年は品質問題に力を入れたこともあって失敗コストは減少した。図表3-1から図表3-6も同じインタビュー結果によって得られた情報をもとに作成したもの

である。図表 3-1 において各職場の位置関係と設備専門員の数を示す。1995 年時点では設備専門員は各職場に一人いたが 10 年後にはその状況は変化し、設備専門員は複数の職場を兼務するようになった。解析チームが 4 名の製造員と 1 名の包装関係所員のキーパーソンで構成された。チームでは設備の状態、汚染防止の状態について議論した。その内容は、原料、洗浄不足、バルブパッキンの劣化、配管の腐食、膜破損、磁石の劣化などであった。

図表 3-1 各職場の位置関係と設備専門員の数



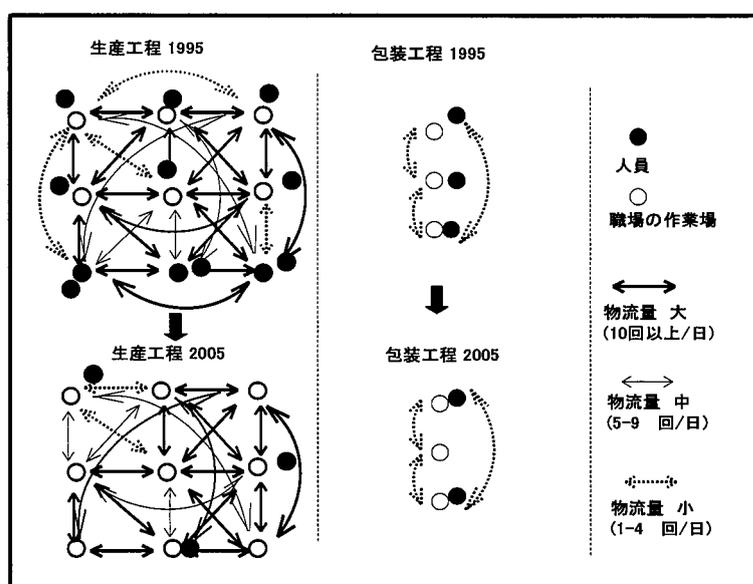
(出所)Baba and Yagi[2012]を参考に筆者作成

L 社の品質基準によれば新しい製造ラインが設置された後に、次のステップとして解析チームを作ってそのラインを予防的にリスク解析することになっていた。チームは 4 つの情報リンクに沿って過去の情報リンク、見えないリンク、途中変更のリンク、手配遅れのリンクの観点から新しいラインのチェックを実施した。この場合、第 2 章の図表 2-5-3 の仮想的な組織図によれば、このチームは品質保証の下に設備が設置されていた。チームは既に述べた情報リンクを利用して工場の操業方法についてチェックを開始し、生産ラインの危険箇所を見つける作業を行った。

図表 3-2 に職場とキーパーソンの関係性を示した。強い線は物流量が多い（日に 10 回以

上の中間品や製品の移動)ことを示し、弱い線は物流量が中程度(日に 5-9 回の中間品や製品の移動)であることを示す。さらに破線は物流量が小さい(日に 1-4 回の中間品や製品の移動)ことを示す。1995 年には工場の物流は複雑で全体的に物流量が大きかった。2005 年には物流量が中程度のものや小さなものになり、物の流れはよりシンプルになったが、それぞれのエリアのキーパーソンは人が減少したため忙しくなって、様々なことに対応ができにくくなった。

図表 3-2 職場とキーパーソンの関係性



(出所)Baba and Yagi [2012]を参考に筆者作成

人の負荷は 1995 年の 2 倍となった。この場合、キーパーソンは重要なミスをするような不注意が目につくようになった。さらにキーパーソンが新しい職場に配属された場合、職場で設備の改造などが実施された場合、多くの負荷に晒されることになる。

経験不足のキーパーソンがこの増加した負荷を処理するには能力の向上が必須である。個人の能力向上と処理できる仕事の負荷の関係は明確には定量化できない。この場合、キーパーソンは設備の状態、保全計画、品質関連情報、物の流れ、環境保全などに気を配る必要があるがこれらは広範囲にわたる。多くの要素を有するセクション間の原料フロー図、エネルギーフロー図などが重要となる。製造部では生産活動は多くの設備と人の作業といった多くの情報によってなされている。この複雑な情報の流れのもと、高品質の製品を低コストで生

産しそれを維持管理するためにはキーパーソンが多方面にわたる特殊な能力を獲得する必要がある。もともとこのキーパーソンの役割は設備のメンテナンスであったが、統合的に情報をリンクさせる品質や設備や環境保全や安全などにも役割が広げられてきた。

1995年ではキーパーソンはひとつの職場にひとりで主に設備のメンテナンスだけを見ていれば良かったが2005年には先に述べたように多くの仕事を兼ねるようになり、さらには3つか4つの職場を兼務することになった。この仕事の負荷の増加は徐々に増えていったため慣れる期間があり、なんとか適用することもできたが、次の世代に引き継ぐ際には、荷が重く、実際にこの10年で多くの問題が生じてきた。

これに対して包装部門では、もともとのキーパーソンの仕事量が多くなかったために1995年と2005年を比較しても大きな違いはなかった。作業の負荷で比較すると2005年の包装部門のキーパーソンの負荷は製造部門のキーパーソンに比べて1/10か1/20程度と見積もられる。というのも包装部門の場合、他の職場との物質や情報の共有や移動が少ないことによる。

## (2)優先順位

品質とコストをベースとした優先順位を決定することはPDCAサイクルを循環するうえで重要である。もしも生産ロスを減少させたいければ、失敗コストを可視化することや1年間を通した内部失敗コストや外部失敗コストを集計することは効果的である。それゆえ、内部失敗コストと外部失敗コストに焦点を絞り、外部失敗コストを低減するために設備点検や品質チェックシステムを強化し、内部失敗コストを低減するために、設計デザイン、工場生産システム、設備保全体制などの見直しが有効である。

品質とコストは生産現場の裏に潜む問題点や優先順位の方向性を決めてくれる。

## (3)階層構造

保全の階層は材料リスト、設備点検、保全会議、設備情報、保全教育、設備設計基準から構成されている。

品質の階層は効果測定、品質保証、品質基準、品質解析、品質情報、品質制御教育、品質制御基準から構成されている。

保全の階層は品質保証の階層の下に置かれ品質の視点で制御される。解析チームは品質保証と保全の階層をチェックし、エラーのシナリオ（それは設備も問題と影響度を示したもの

である)に沿ってリストをチェックする。情報リンクで次のセクションで述べる階層構造がチェックされる。

#### (4)情報リンク

最初の情報リンクは過去の情報リンクで解析チームは過去のトラブルを調査し配管の腐食や膜破壊を取り上げてこの故障頻度や発生時期を明確化する。過去のトラブルは予防保全のために重要である。

二番目の情報リンクは途中変更の情報リンクで操作システムに途中変更がないことを確認する。a)シーケンスに変更がない b)トラブル処理に変更がない c)分配に変更がない d)品質基準に変更がない e)原料の供給に変更がない f)製品の量に変更がない g)原料供給のタイミングに変更がない h)デザインに変更がない i)輸送に関して変更がないなどで、これをベースにチームは8つのエラーを検出した。

まず、包装材料の変更、バルブ型式の変更、製造メーカーの変更、停止時期の変更、原料の種類の変更、原料メーカーの変更、配管形状の変更、廃棄製品のリサイクル方法の変更であった。これらの検査は適切な方法で実施した。

三番目の情報リンクは手配遅れの情報リンクで解析チームは遅延した工事、遅延した設備点検、製造部と工務部との協力体制の不足などに着目して検討していくつかのエラーの検出や関連する改善を実施する。

最後の四番目の情報リンクは見えない情報リンクでチームはバルブの特にゴムライニングの部分に着目して検討する。このバルブは重要な部分に使用されており、ある特定の条件で劣化するものであった。解析チームはゴム表面の劣化によるゴム片の混入トラブルを事前に防止できたが、その対策は望ましい洗浄方法の導入とバルブの材質変更であった。材質、水処理、配管洗浄の専門家などの異なった分野のチームメンバーでの議論を活発化することでバルブの劣化のリスクを見いだすことが出来た。このような製造ラインへのチーム活動でトラブルを未然に防止できる。

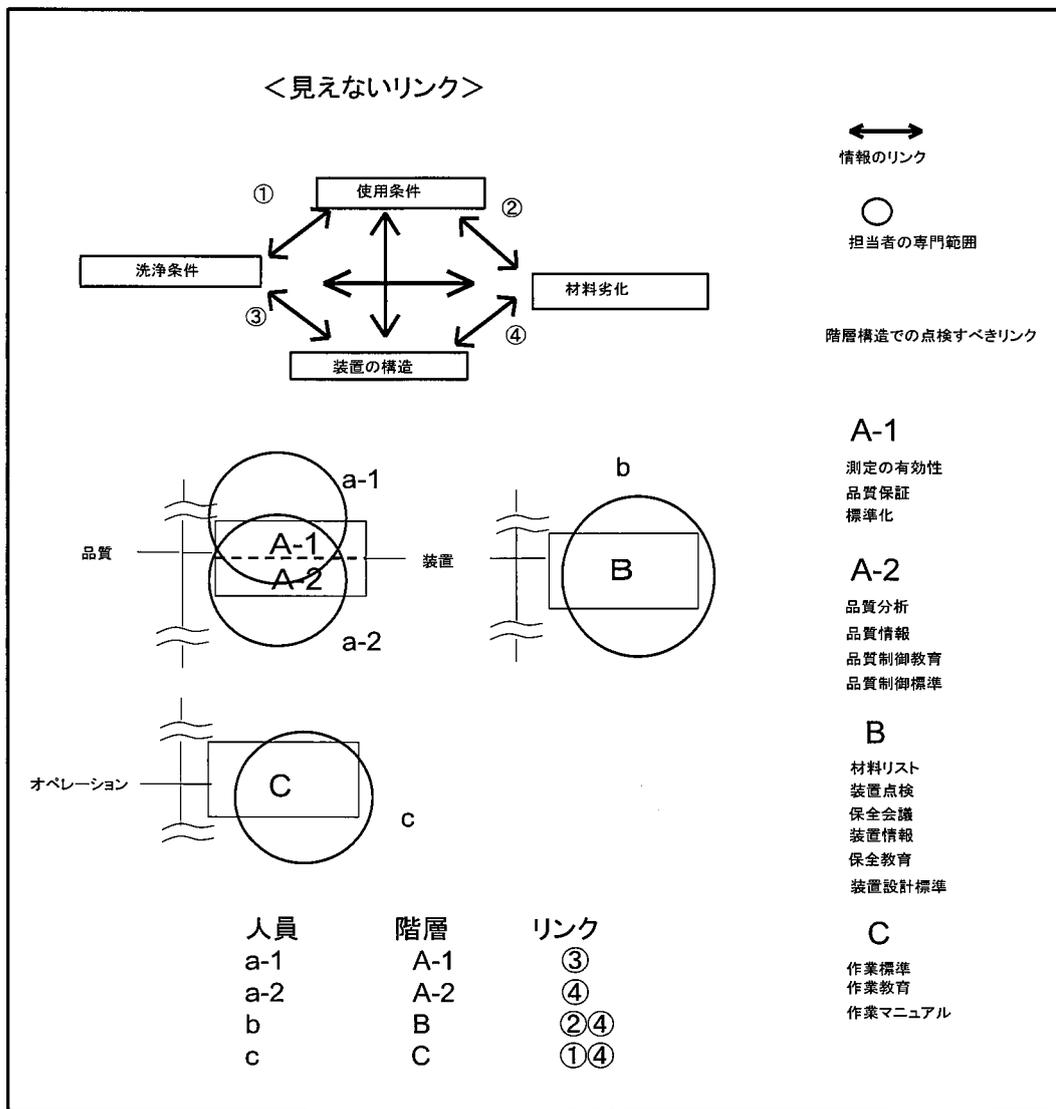
#### (5)見えないリンク

これまで4つの情報リンクについて述べてきた。ここでは見えない情報リンクを例に取ってさらに説明する。図表 3-3 は L 社についての見えない情報リンクの事例を記載しており、この図で活動の階層構造の中の要素としてオペレーション、品質、設備がリストアップされ

ている。図の上部にはテーマとして使用条件、材料劣化、設備の構造、洗浄方法を示した。解析チームは上記の 4 つのテーマについて見えないリンクがどこに潜んでいるかを念頭に置いてその検出に努めた。可視化された活動の階層構造は見えないリンクを見つけ出すためのサポートツールになるのである。この手法については既に第 2 章第 3 節の濃縮缶の事例で詳細に述べている。

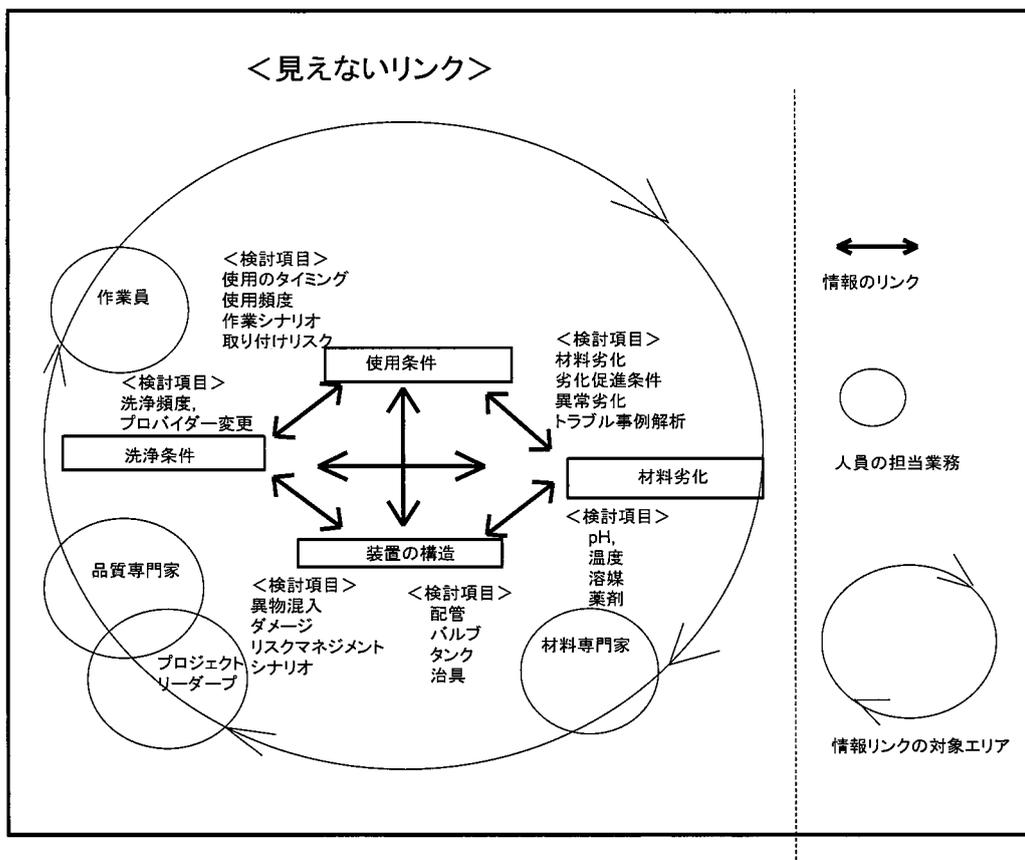
可視化された階層構造は相互に結びつきやすく、これらの活動は階層構造の使用条件、材料劣化、設備の構造、洗浄方法の 4 つのテーマがリンクしてリスクシナリオを作ることが出来る。馬場[2012]はリスク表のノウハウを示し、この有効性を検討している。図表 3-3 において工場のオペレーションと上記の 4 つのテーマとの関係性を可視化し、さらに階層構造と 4 つのテーマとの関係性も可視化してチェックすることが出来る。解析チームのトラブル検出の能力はチーム内のメンバーのそれぞれの専門性のリンクをベースにしている。すべてのメンバーが階層構造の活動をチェックする。

図表 3-3 見えないリンクの例－階層構造の中の要素と4つのテーマー



図表 3-4 にメンバーの役割と検査項目を示す。

図表 3-4 見えないリンクの例ー情報の統合の実現ー



(出所)Baba and Yagi [2012]を参考に筆者作成

図表 3-4 においてメンバーの役割とチェック項目の関係が記載されている。それぞれのチェック項目は見えないリンクを探すように配置されている。チェック項目の一例を以下に示す。

- (1)過去にあったケーススタディをチェックする
- (2)すべての配管とバルブを設計図からチェックする
- (3)すべての配管とバルブの内面の化学条件をチェックする
- (4)酸化剤、還元剤、漂白剤などの有無と洗浄手順をチェックする
- (5)洗浄と流体の切り替え頻度をチェックする

(6)他ラインからの混入の可能性とリスクをチェックする

解析チームのそれぞれのメンバーは他のメンバーと情報のリンクについて討議することが出来る。それぞれのメンバーの情報は独立していて孤島のような存在であるがそれぞれの情報を意図的に統合することは重要である。

ここでは、PDCA サイクルの優先順位、階層の支配、情報リンクについて確認する。この仕組みは係長や班長などで作られる小グループでトラブルシューティングする場合を念頭においたものである。このPDCAの仕組みの目的はオペレーションを含む階層構造をFAST図に仕立ててその活動を情報リンクでチェックすることである。既に設備情報は品質情報の近辺に配置されており、これらの要素を過去の情報リンク、見えないリンク、途中変更のリンク、手配遅れのリンクなどの4つの情報リンクでチェックすることが可能な状態となっている。

設備情報は品質情報の近辺に配置されているのでそれぞれの要素を統合しそれぞれの関係性をチェックしやすくなっている。隣どうしの要素は可視化され単純化された階層構造によって組織的に結びついており、もしも要素が5項目程度に絞られれば、全体的な組織的なつながりは10個程度となり、5名程度で容易にチェックできる(Baba and Yagi [2012]p.32)。

このPDCAチェックの仕組みは新しく工場を設置する場合の事前の予防保全活動としても応用できる。さらに設備保全だけではなく工場の品質向上や効率化向上にも応用できる。改善ポイントはリスク評価を作り上げることでダメージのシナリオを過去の情報リンク、見えないリンク、途中変更のリンク、手配遅れのリンクなどの4つの情報リンクに従って描くことができる。

L社のPDCAチェックの仕組みは4つの主たるステップから成っている。第一に、優先順位は品質とコストで決まる。第二に、解析チームは工場のオペレーションを含む階層構造をFAST図として取扱い、これらを4つの情報リンクに従ってチェックする。第三に、解析チームは工場の活動を統合して考えて隣合う活動のリンクを検討する。第四に、解析チームはリスク、ダメージのシナリオを過去の情報リンク、見えないリンク、途中変更のリンク、手配遅れのリンクなどの4つの情報リンクに従って描く。

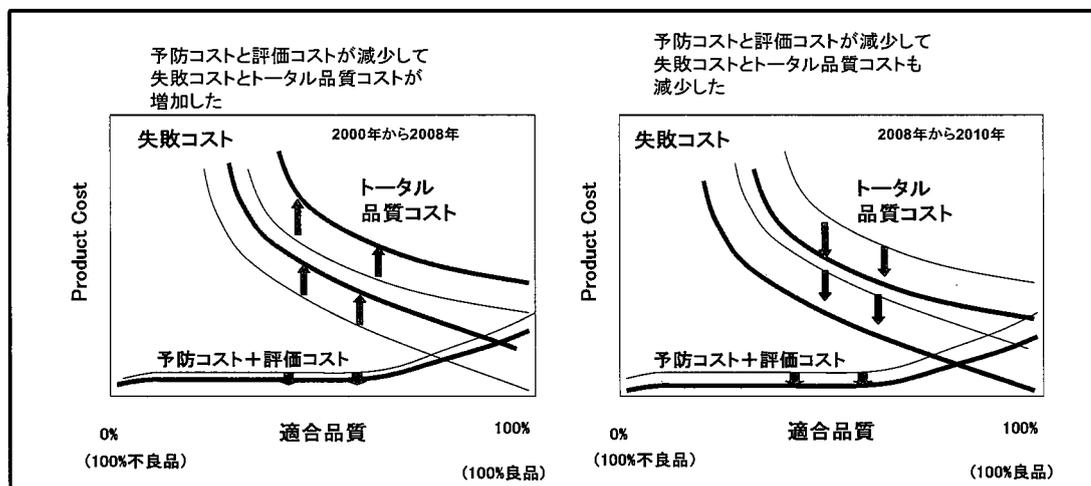
図表 3-5 に品質コストマネジメントの概略図を示す(伊藤[2005]p.21)。左側の図はトレードオフの関係を示す。L会社の場合、生産量の減少にともないキーパーソンの人員が減少し、リコールなどの失敗コストが年々増加し始めた。この結果は、キーパーソンの負荷が彼ら

の能力の限界を超えてしまい、設備と人間の能力の間に多くのエラーが生じている可能性があることを示唆している。Hammer [1980]は安全な製品の製造に関してリコールの例を示し原因を解析し樹形図で整理もした(Hammer [1980]p.218)。

一方、右の図は TQM 状態を示す。初期コストが大きい場合、外部失敗コストが減少するならば直接利益ロスを減少させ ROA を増加させるとしている(伊藤[2005]p.23)。

しかしながら、品質コストマネジメントはまだ日本ではそれほど一般的な手法ではないので、L社も通常であれば失敗コストや予防コスト品質評価コストを記録しない。深刻なりコール事故などが起こらない限り、これらの値は記録されないのである。

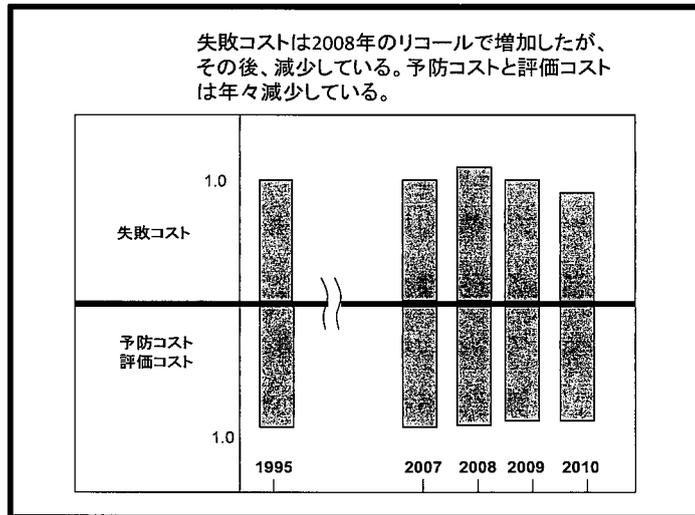
図表 3-5 品質コストマネジメントのイメージ図



(出所)(伊藤[2005]p.21)の図を参考に筆者作成

L社へのインタビューから得た1995年から2010年までの失敗コストと予防コスト・評価コストを図表3-6に示す。

図表 3-6 L社の品質コストマネジメントの結果



(出所)インタビューに基づき筆者作成

もっとも深刻な事例は 2008 年に生じたリコールで大きな失敗コストを記録した。2009 年および 2010 年の失敗コストは減少した。これは解析チームを編成して失敗の原因を見つけ出したことによる。チームが予防活動を実施して改善を行った結果、トータル失敗コストを低減できた。4つの情報リンクに照らして小集団で活動をチェックすることは、エラーの原因を事前に把握するためには有効であり、品質コストや失敗コストの見える化はこうした活動の経済性を明らかにする。小集団によるエラー防止の取り組みは、現在も継続されている。

### 第3項 コストに着目することでの持続性と推進力

既に図表 3-2 に示したように 1995 年に比べると 2005 年ではキーパーソンの負荷が増大している。このような負荷を抱えた状態で高い品質を維持しながらローコストオペレーションを実施するには、キーパーソンに多方面に通用する特別なスキルを身に付けさせる必要がある。小集団での解析チームの活動は、組織としての能力を向上させる効果があり、

これは結果として個人の能力を向上させるのと同等の効果がある。技術の生産のスループット(製造効率)の影響を評価する場合、影響が現れる製造工程ばかりではなく工場全体のスループットまでも考慮することは重要なことである(Berliner and Brimson (eds.)(1988)p.174)。工場の活動を階層化して可視化し、4つの情報リンクでチェックすることに加え、こうした活動を品質コストと連動することで、工場が抱える設備保全の問題を明らかにし、エラー防止活動の効果を計量的に示すことができる効果的な設備保全活動手法といえる。すなわち、サステナブル情報リンクモデルは、L社には十分に適合し、品質コストを重視することで、その活動の経済性が明らかにされ、将来にわたって持続的に利用できる保全活動の可能性を明示している。本来、品質コストであれば、解析チームが予防コスト、評価コストに関して、予算と実績を突き合わせて標準との違いを分析することで、コストネック部分を明確化でき、事後の是正活動に役立てられる。失敗コストは予算と実績を突き合わせて、グループワークなどの費用対効果を検討できる。L社の品質コストはあまり精緻なものではないので、事後の是正活動には十分な効果を発揮できない部分もあるが、経営管理者に費用対効果を示し、経営資源の効果的な配分に関する意思決定情報を与えるツールとして機能している。

## 第2節 サステナブル情報リンクモデルにおける品質コストの意義

### 第1項 PDCA サイクルと経済性

前節までの取り組みで、サステナブル情報リンクモデルが有効に作用することが確認されたが、この仕組みでは経済性のバランスが重要である。これは時代によって変化するので、小集団活動の規模が大きい場合や小さい場合でかけるコストが変化する。この場合に経営管理者に意思決定情報が入手できるような仕組みがなければ、いかに有効な取り組みであっても維持できない。既に本章第1節で、サステナブル情報リンクモデルが、L社には十分に適合し、品質コストを重視することで、この活動が維持されるための有用な情報を提供できた可能性を提示している。ここでは、これをPDCAの連動を考慮しながら検討する。

サステナブル情報リンクモデルを使ってPDCAサイクルを回す方法を検討する。既にTPMが膨大な人手とコストがかかることは述べた。このすべてを少ない人員と安いコストで代替はできないが、出来るだけ効率よく、抜けのない方法でPDCAサイクルを回

す方法を考えなければならない。この場合、キーとなるのはコストなのである。PDCA を回すための意思決定情報が明確な形で示されていれば、小集団でのグループによる組織の活動の PDCA サイクルのチェックを実施できる。

エラーを防止するためのサステナビリティは、階層化構造と情報リンクの関係から進めることが可能である。一方、この取り組みに意思決定情報を働かせるための仕組みとして、経済性を確保するためのサステナビリティが望まれる。品質コスト&ロス連動によって進めることが可能である。これらの要素は一般企業では容易に適合できるが、自治体などの場合にも、ロスの考え方や品質のとらえ方などに一部検討を要する部分があるものの、工夫すれば適合できることが期待できる。

これらの階層化構造、情報リンク、品質コスト&ロス連動はサステナブル情報リンクモデルの Plan、Do、Check、Action のそれぞれの部分に深く関わっており、これらの要素を適正に連動させることで PDCA サイクルをうまく回していける。

## 第 2 項 設備保全と品質、コスト、優先順位

サステナブル情報リンクモデルは PDCA をうまく循環させることも重要なモデルの役割であるが、この循環の起点となる Plan 部分については、「計画をたて、それを実行し、評価、改善を行っているのに、まったく、状況に進展がみられない場合、それは計画そのものが妥当ではないということになる」と述べる研究も存在する(小室[2009]p.10)。すなわち Plan の部分が PDCA サイクルの中で最も重要な部分であるからなのである。また小室[2009]は、PDCA サイクルには限界があり、さまざまな状況や環境の変化が激しい状況では評価も改善も実施できないと言及しており、Plan 部分の設定の仕方でも PDCA サイクルの効率や長期的な存続が変わってくる。

まず PDCA サイクルの起点である Plan の部分について品質、コスト、優先順位の 3 つの検討項目を入れた。この意義について具体例をあげて検討する。

製品の品質を品質コストシステムという概念で説明できる(伊藤[2001]p.23)。品質コストとは、品質管理を実践することによって発生するコスト(予防コストおよび評価コスト)と当該活動が不備であったために企業がこうむる損失(失敗コスト)の総称である。そこで、両者のトレードオフ関係をベースに、品質管理活動の費用対効果を判定して経営管理者に品質管理の重要性を知らしめる枠組みが品質コストシステムである(伊藤[1999]p.7)。この

品質、コスト、優先順位の三者をバランスして工場の生産活動を効果的に維持管理する。なぜならば、品質とコストはある種のトレードオフの関係にあり、工場の運営上は切っても切れない。優先順位は品質第一を目標とするのかコスト第一を目標とするのかという点を決定することになるので品質とコストに影響を与える。石川[1983]によれば、経営を品質第一で行えば、市場の信頼は次第に上昇し、製品の売行きは次第に増加する。長期的には大きな利益を得る。利益第一で行えば、短期的には利益が出ても、長期的には競争に負けてしまうことが多い。すなわち、品質をよくすれば不良・欠点が減少し、スクラップ、手直し、調整、検査コストが激減し、大きなコストダウンになり、生産性が向上するのである。これが工程の自動化や無人工場につながる。さらに設計の品質がよければ、売上高が急増し、結果的にはコストダウンとなり、利益は増大する。

まず品質とコストの観点で検討する。たとえば品質管理コストと失敗コストのバランスで企業の立ち位置と優先順位の取り方を見ることが出来る(梶原[2008]p.159)。本論文ではPDCA サイクルをうまく回すことが重要と考えており、何度もPDCA サイクルを回すためには、その都度、Plan の部分で新しい視点を入れる必要がある。これを円滑に進めるために設備保全活動を中心に据えてPDCA サイクルを回して、工場の生産活動の不備な点や弱点をチェックして改善する必要がある。PDCA サイクルの起点であるPlan についてはこの品質、コスト、優先順位をどのように設定するかで企業の立ち位置が問われる。ここの優先順位でどのような工場運営をするべきなのかが問われるのである。

仮に製造工程のスピードをあげて生産性を向上させた場合、加工費は減少するが、そのかわりに品質不良品が増加する際に、この品質不良品が工場内で見つかるのか工場の外に出て行ってしまってから見つかるかで状況が異なってくる。工場の外に出てから見つかる場合は長期的にみて企業の収益性に大きなマイナスの影響が生じる。品質管理の観点から見ても、利益管理の観点から見ても、このような外部失敗コストの増大は容認することが出来ない。

次にPlan 部分の優先順位の観点で検討する。

既に、優先順位は品質第一を目標とするのかコスト第一を目標とするのかという点を決定することになるので品質とコストに影響を与える、と記載した。

たとえば品質を管理するための活動は、工場の目標を実現するための手段でしかない。工場の目標や事業戦略にあわせて活動を展開しなければならない。工場の効率化を重要と考える場合と顧客に品質の高さをアピールする場合とでは、品質管理に対して取り組み方

法が異なる。後者の場合は製品や信頼性をアピールする場合とアフターサービスをアピールする場合で取り組み姿勢が異なる。

これまで多くの企業では、品質を第一に考えその向上に地道に取り組んでおけば、長期的には利益がもたらされるという信念に基づき品質管理活動が展開されてきたため、それについて費用対効果が問われることはあまりなかった。いわば、日本企業において、品質管理活動は、費用対効果が問われることのない聖域とされてきたのである(梶原[2008]p.7)。

品質管理活動がある意味聖域であるならば、これをいつまでも聖域としていたのでは工場の品質管理自体が不明確なものとなってしまう。視えないものは管理できないのである。この場合、重要となってくるのは、工場の目標や戦略となる。あくまでもゼロデフェクトを念頭において最高水準の品質を実現することなのか、品質の状態を把握しながら品質を所定の幅の中で管理していくことであるのか、方針を明確化させることである。この優先順位づけをする場合に品質コストが有効に使用できる。品質コストは品質の悪化が企業業績に対してどのように影響を及ぼすかを経営者に示すことになる。品質の悪化と企業業績の関係から経営者への品質に関する意識を変える。より費用効果が高いものがどれで、それに向けた取り組みの優先順位をどうするのが重要となる。PDCA サイクルの起点である Plan についてはこの品質、コスト、優先順位をどのように設定するかで企業の立ち位置が問われるというのはそのようなことである。ここの優先順位でどのような工場運営をするべきなのかが問われるのである。

本論文では PDCA サイクルをうまく回すことが重要と考えており、経営戦略上の方向性を決める意味で、PDCA サイクルの Plan の部分が重要なのである。

### 第3項 設備保全活動に影響を及ぼすコスト計算

工場において品質の程度の悪い製品が製造される場合、いろいろな工程で多種多様なコストが発生するが、失敗コストは、既存の原価計算では仕損費、代品交換費、補修費、廃棄費、損害賠償費などの実際に支出に伴う原価として測定される。既存の仕組みで入手できる項目であるが、品質の悪化が生ずれば、その他のコストがかかってくる。生産活動が停止することが頻繁にあれば余計な在庫が必要になったり、納期が守れなかったり、欠品が生じたり、受注機会や販売機会を失う。顧客満足度や顧客ロイヤリティが低下すると売上高やマーケットシェアの減少にもつながりかねない。加えて、マテリアルロスの取扱い

に関しても従来の原価計算では製品原価に含まれて把握しにくい部分がある。マテリアルロスに関わるマテリアルコストと加工コストは製品コストに割当て又は配賦される。マテリアルロスは視覚的に確認できるが、そのコストは認識されていない。廃棄物管理コストは製品コストに組み込まれているか間接費のなかに隠されていることもある。すなわち、従来の原価計算はマテリアルコスト及びプロセスの非効率性を明確に示さない。これらのことを経営層に伝えることが現行の原価計算では難しい部分もある。

このような現行の原価計算の問題点を解決するためのひとつの方法として既に述べてきた品質コストの測定が存在する。この品質コストも研究者によって扱いが異なっている。

ジュラン[1969]は、早い時期から、品質コストの有用性を提唱した一人である。ジュラン[1969]は、総品質コストが最小になる最適品質水準は、必ずしも最高品質水準とはならないと考えていた。総品質コストが最小となる最適品質水準を実現するように品質管理活動を行うために、品質管理コストと失敗コストを把握する必要があると述べた。クロスビー[1980]は、1979年に『Quality is Free』を著し、品質コストの概念を広く一般に浸透させることに貢献した。クロスビー[1980]も、品質コストの有用性を認めるが、総品質コストが最低になるのは、最高品質水準であると考えていた。検査よりも、ゼロデフエクトを目指し、予防活動を行うことを重視する。デミング[1996]は、ジュラン[1969]やクロスビー[1980]とは対照的に、品質コストが、ゼロデフエクトより低い品質水準において最小化するという考えを受け入れない。一貫して、品質不具合がもたらす損失やコストは著しく膨大であるため、最高品質水準であるゼロデフエクトにおいて、品質コストが最小化されると主張する。このためデミング[1996]は、不良品を発生させない品質の作り込みの重要性を強調し、品質コストについては、あえてそれを測定する必要はないとした。

現在の日本において、工場の生産活動を効率的に運営していくには、コストの面で考えても、ただ単にゼロデフエクトだけを目指せば良いということではなく、その経済性を把握することが重要である。従来の原価計算はマテリアルコスト及びプロセスの非効率性を明確に示さないという点を考慮して、そのような点を可視化できるような仕組みを整備していくことが重要になってくる。ゼロデフエクトの考え方はロスをゼロにする取り組みとともに、おうおうにしてロスの定量化をしない取り組みとなりかねない。次項で、生産ロスの観点も含めて、設備保全に関わる必要コストに関して述べる。

#### 第4項 設備保全に関わる必要コストと効果の関係

##### (1)TPM に関わるコスト

設備保全を実施する場合に必要なコストを考える場合、通常の設備保全活動コストに上乗せするかたちで TPM などの予防保全活動のコストがかかる。いまここで B 社の事例を例にとって述べる。この事例は TPM 活動費を見積もった代表事例となる。B 社は神奈川県内にある食品を製造する会社で、従業員数は 500 名程度の規模で、1988 年から TPM 活動を実施してきた。工場幹部からの半構造化インタビュー及び非構造化インタビューをもとにデータをまとめた結果を以下に示す。TPM 活動の内訳は以下の通りである。

図表 3-7 TPM 年間活動コスト (単位：百万円)

専任事務局員 3名	60
TPM 会議 工務と製造 月1回 10名 3時間/回×10職場	40
TPM 工場全体会議 年2回 200名 3時間/回	13
TPM 間接部門 活動費	1.7
TPM 企画活動	1.1
TPM 予備品管理	2.1
TPM 危機ランク、機器弱点部位 洗い出し	2.0
TPM 情報システムの維持管理	1.2
TPM 教育 工務 カットサンプル	5
TPM 教育 工務 振動診断、油、計装、機械、電気	1.3
製造部 TPM 工務教育	1.6
TPM 活動 解析費	0.5
TPM 工務 専門パトロール	2.7
TPM 製造部 パトロール	1.3
TPM 関連外部発表の聴講、講習会参加	0.7
TPM コンサルタント料	3
合計	137.2 百万円

(出所)インタビューに基づき筆者作成

内訳の詳しい計算方法は以下の通りである。

(1-1)前提：計算を簡便に実施するために実態をベースに以下の前提を設定した。

10個の製造職場と1個の工務部を有する工場である。工場の要員は500人とする。工務部員のうち設備保全に関わる人員を30名とする。TPM選任事務局員は3名とする。人件費は給与以外の付帯条件を考慮し一人2000万円、年間労働時間を1800時間とした。

(1-2)詳細計算

- ・専任事務局員 3人 2000万円×3=6000万円
- ・工務・製造会議 30時間/回 年間12回 360時間 2000万円×360/1800×10=4000万円
- ・設備保全 工場全体会議 1200時間(300人×4時間) 2000万円×1200/1800=1300万円
- ・設備保全 間接部門 活動費 150時間(30人×5時間)2000万円×150/1800=166万円
- ・企画活動 100時間(10人×10時間) 2000万円×100/1800=111万円
- ・予備品管理 192時間(8人×24時間) 2000万円×192/1800=213万円
- ・危機ランク、機器弱点部位 洗い出し 160時間(8人×10時間) 2000万円×160/1800=200万円
- ・情報システムの維持管理 105時間(3人×35時間) 2000万円×105/1800=117万円
- ・カットサンプル 工務 480時間(6時間/回×年間20日×4人) 480時間 2000万円×480/1800=500万円
- ・設備保全教育 工務 振動診断、油、計装、機械、電気 120時間(6人×20時間) 2000万円×120/1800=130万円
- ・製造部 工務教育 140時間(1人×20日×7時間) 140時間 2000万円×140/1800=155万円
- ・TPM活動 解析費 2人2時間/月 48時間(2人×2×12) 2000万円×48/1800=53万円
- ・TPM 工務 専門パトロール 10人 240時間(10人×24時間) 2000万円×240/1800

=266 万円

- ・TPM 製造部 パトロール 120 時間(10 人×12 時間) 2000 万円×120/1800=133 万円
- ・外部発表の聴講、講習会参加 聴講 30 時間(10 人×3 時間)、講習会 35 時間 (5 人×7 時間) 2000 万円×65/1800=72 万円
- ・コンサルタント料 年間 300 万円

#### (1-3)通常の設備保全に関わるコスト

- ・メンテナンス費 50,000 万円/年間、 人件費 60,000 万円/年間 総計 110,000 万円/年間

#### (1-4)品質保全活動に関わるコスト

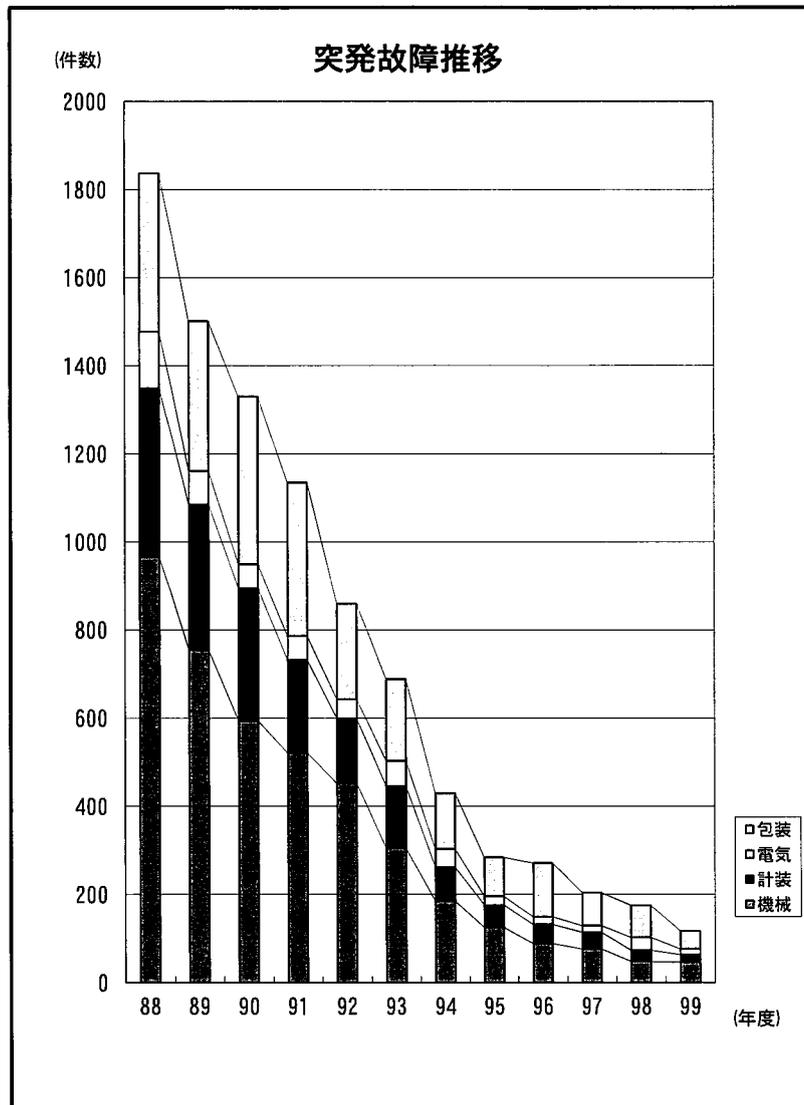
- ・20,000 万円/年間(聞き取り調査：おおむね人件費)

#### (1-5)TPM の効果

このように冒頭的前提条件に従って計算すると、TPM 活動に年間 1 億 3 千万円のコストがかかり、このほとんどが従業員の TPM 活動に要する時間となっている。従来の設備保全のコストは人件費だけで 6 億円(30 名×2000 万円)必要なので、TPM 活動費は設備保全の人件費にさらに 1/6 強の 1 億円強の人件費をかけなければいけないことになる。TPM 活動を停止すると、この 1 億円強のコストをそのまま除去できる。

このような TPM の活動コストをかけた TPM 活動の効果であるが、以下のような効果が期待できる。図表 3-8 は TPM 活動によって突発的に発生する故障の発生状況を示した。

図表 3-8 突発的に発生する故障の推移



(出所)インタビューに基づき筆者作成

包装、電気、計装、機械についての設備に関してまとめているが、いずれの設備でも時間とともに突発的な故障の件数が低減している。1988年に1800件あった故障が1999年には100件程度まで低減した。年間、1億3000万円のコストをかけ続けることで、故障が低減したということはそれだけ品質コストの失敗コストも低減することになる。

(5) 失敗コストの集計

(イ) 外部失敗コスト

- ・クレーム対処
- ・代品交換
- ・損害補償

(ロ)内部失敗コスト

- ・廃棄部材・製品
- ・手直し
- ・購入品不良対処

図表 3-9 に品質コストに係るデータを示した。図表は、失敗コスト、予防コストと評価コスト、保全人員の 3 種について示している。予防コスト及び評価コストは人件費を配賦し、失敗コストの計算は、外部失敗コストはリコールにかかったコスト、内部失敗コストは工程内のロス製品の原価(材料費、加工費、製造間接費)とした。オーバータイム労働や物流・納期の遅れなどの機会損失や、顧客の離反や信用の失墜による将来の売り上げ減や利益の損失は、今回はそれほどの計算精度を保てなかったので計算しなかった。

保全人員は年々減少してきているが、一定の予防コストと評価コストをかけることで、失敗コストも減少してきている。図表 3-8 に示すように突発的発生する故障が TPM 活動によって減少してきた。突発的な故障は、生産停止、チョコ停などを引き起こし、失敗コストにつながる場合が多いので、これが減少することで、失敗コストが減少した。ただし TPM 活動を停止した 2000 年から突発的な故障が増加し、失敗コストも上昇し、TPM 活動停止から 3 年経過した 2003 年には明確な増加が認められた。

図表 3-9 失敗コスト、予防コストと評価コスト、保全人員の推移

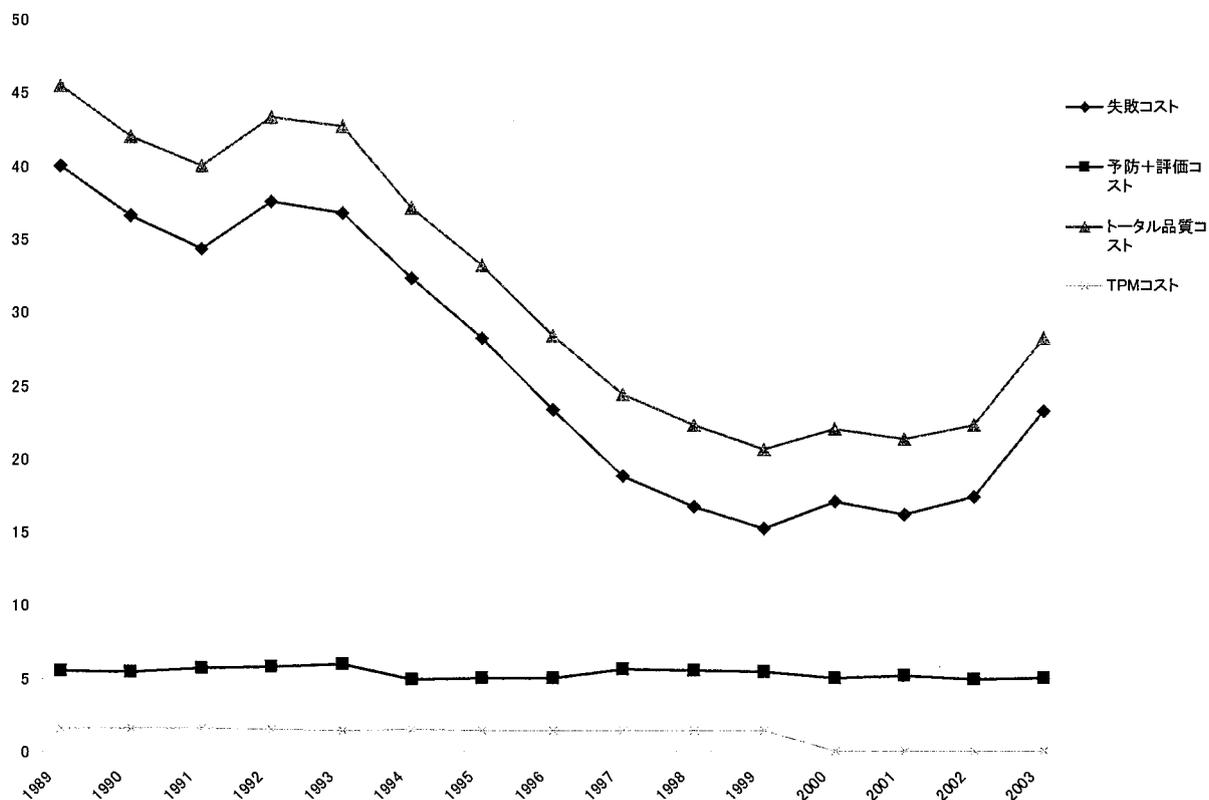
年代	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
失敗コスト	40.0	36.6	34.3	37.5	36.7	32.3	28.2	23.3	18.8	16.7	15.1
予防コスト	4.8	4.7	4.9	5.2	5.3	4.2	4.4	4.5	4.8	4.9	4.9
評価コスト	0.7	0.7	0.8	0.6	0.6	0.7	0.6	0.5	0.7	0.7	0.5
予防コスト 評価コスト	5.5	5.4	5.7	5.8	5.9	4.9	5.0	5.7	5.5	5.6	5.4
保全人数	50	49	49	47	46	46	45	44	44	43	43

年代	2000	2001	2002	2003
失敗コスト	17.0	16.1	17.4	23.3
予防コスト	4.3	4.5	4.4	4.4
評価コスト	0.6	0.6	0.5	0.6
予防コスト 評価コスト	4.9	5.1	4.9	5.0
保全人数	43	42	42	41

(出所)インタビューに基づき筆者作成

図表 3-10 に品質コストの関係を図にしたものを示す。1989 年の TPM 活動開始から 1993 年までの 5 年間は、失敗コストはほとんど減少しなかったが、そこを過ぎると、TPM の効果が出始めてゆるやかな減少傾向を示すようになった。この間、予防+評価コストはほぼ一定であったので、トータル品質コストは失敗コストと同じような挙動を示した。

図表 3-10 品質コストの推移



(出所)インタビューに基づき筆者作成

一方、TPM コストは 2000 年から活動停止に伴いゼロとなった。この TPM 活動の停止によって、設備は再び突発故障の頻度があがり、失敗コスト自体がしばらくは減少も上昇もしない状態を維持したまま、TPM 停止から 3 年後に明白な上昇を示した。2004 年からはデータの入手が困難になったので、その後の状況は不明である。

このような整理の仕方をするると、TPM 活動が生産ロスや失敗コストを減少させる効果があったことがうかがわれる。しかし、このような切り口でみない限り、この失敗コストは通常の前価計算の標準原価の中に隠れてしまい、工場要員の固定費削減などの方針の方が重要な決定となってしまふ。

## 第5項 設備保全活動と品質コストマネジメント

設備保全活動は TPM を実施してもしなくてもコストがかかる活動であるが、図表 3-7 の TPM 活動内容をみてわかる通り、TPM コストの大部分は人件費となっている。むろん、設備の補修費などは別途予算が定まっていて、予防保全とは別枠となっているが、このコストは今回はカウントしない。品質コストのうち失敗コストと予防コストおよび評価コストのバランスをみてみると、失敗コストは予防コストおよび評価コストの数倍以上のコストがかかる。

設備保全活動は多大なコストがかかる。人件費だけでも 40 人以上のコストがかかるが、保全要員を効率よく作業させるためには必要なコストともいえる。一方、TPM の活動費はプラスアルファのコストで、全設備保全コストの 1/10 程度のコストとなる。これを実施することで品質コストの失敗コストの低減につながるためのコストである。もちろん図表 3-8 に示したようにこの TPM 活動は効果的で、突発的なトラブルは減少していく。

この TPM のためのコストは、一括して削減してしまうか、残すかのどちらかしか想定できない。なぜならば、TPM 活動は多岐にわたり全体を巻き込んで進める活動であるだけに、逆に部分的に残し、部分的に削減するということが出来にくい。どの部分を残せば、効果的に TPM と同等の効果が期待できるということは言えない。

B 社における TPM 活動も唐突な形で 2000 年に終了している。B 社の場合、工務部自体が協力会社になってしまい、利益を追求しなければならぬ状態に至ったため、余分な活動は切り捨てることとなってしまった。

もしも、年間 1 億 3 千万円を超える額ではなく、その 1/10 程度の額であったらどうであろうか。小集団活動で、5 名程度の人員が 5 日間くらいでグループワークしたならば、それは有効であった可能性も考えられる。精緻でないにしても、今回のレベルの品質コストを示せば、費用対効果を経営管理者に有用な意思決定情報として提示できた。むろん TPM 活動を代替できるわけではないが、その有効性や効率性を明らかにすることで適用可能性を分析できる。

## 第6項 設備保全の能力低下の状況

設備保全活動を進めていく場合、そのレベルをどう維持し効果的に活動を実施していくかが重要となる。1990年代までの豊富にヒト、モノ、カネを利用できた状況であれば、たとえば TPM 活動によって小集団活動の展開、設備保全会議の開催、コンピュータによる設備保全システムの充実、専門保全点検や製造部による自主保全、OJT 設備保全教育などを実施していく方法があった。製造現場にも設備保全教育を受けたオペレーターが多く存在し、毎日の設備パトロールを実施して異常を早期に発見できた。しかし 1990 年代に入ると、工場の固定費を下げるために人員を削減するようになった。本章第2節第5項の図表 3-9 で述べたように TPM 推進のための専任事務局員は 3 名を擁していたが、これを削らざるを得ない事態となった。

専任事務局員がいなくなると TPM 活動は停滞しだした。事務局員がいないので、企画力が弱まり『TPM 会議、工務と製造 月 1 回 10 人 3 時間/回×10 職場』と『TPM 工場全体会議、年 2 回 200 名 3 時間/回』が実施できなくなった。何より、重要なのは、TPM 活動よりも工場の生き残りのために固定費を下げるという方向に舵を取ったということなのである。この結果、B 社においては、以下のようなことが生じた。

- ・ 製造部は課長が複数の職場を兼務するようになった。
- ・ 係のスタッフの人員が減少したため、係長の業務が増加した
- ・ 製造部の専門の設備担当がいなくなり、他の業務を実施するようになった。

このような状況で、品種切り替えが頻繁に生じることになった。係長を始めとした製造部員はトラブルが生じるごとに、工程内での対応と上下流工程に連絡を取るなどの対応に追われるようになった。既に設備担当の専門員がいなくなっているため、設備だけに関しての対応人員が存在せず、設備を十分な管理下に置くような従来の活動は困難となった。

## 第7項 階層構造と4つの情報リンクの影響の再確認

このようにスタッフ業務の人員が減少していく工場の中で、効率的かつ有効な保全活動の1つがグループワークによる小集団活動である。たとえば、本論文で設定した係長や班長を 5 名程度集めた小集団で工場の活動をチェックする取り組みである。この取り組みのために必

要な時間は1日程度の取り組みを5回程度実施することとなる。もともとTPM活動は膨大な人員と時間を注いで実施していくもので、このすべてを小集団のグループワークで代替できるものではない。ただし、エラーに対象を絞り、経済性を明示することで効率的で持続可能な保全活動の可能性を示すことができる。

### 第3節 経済性分析を組み込んだサステナブル情報リンクモデルの事例

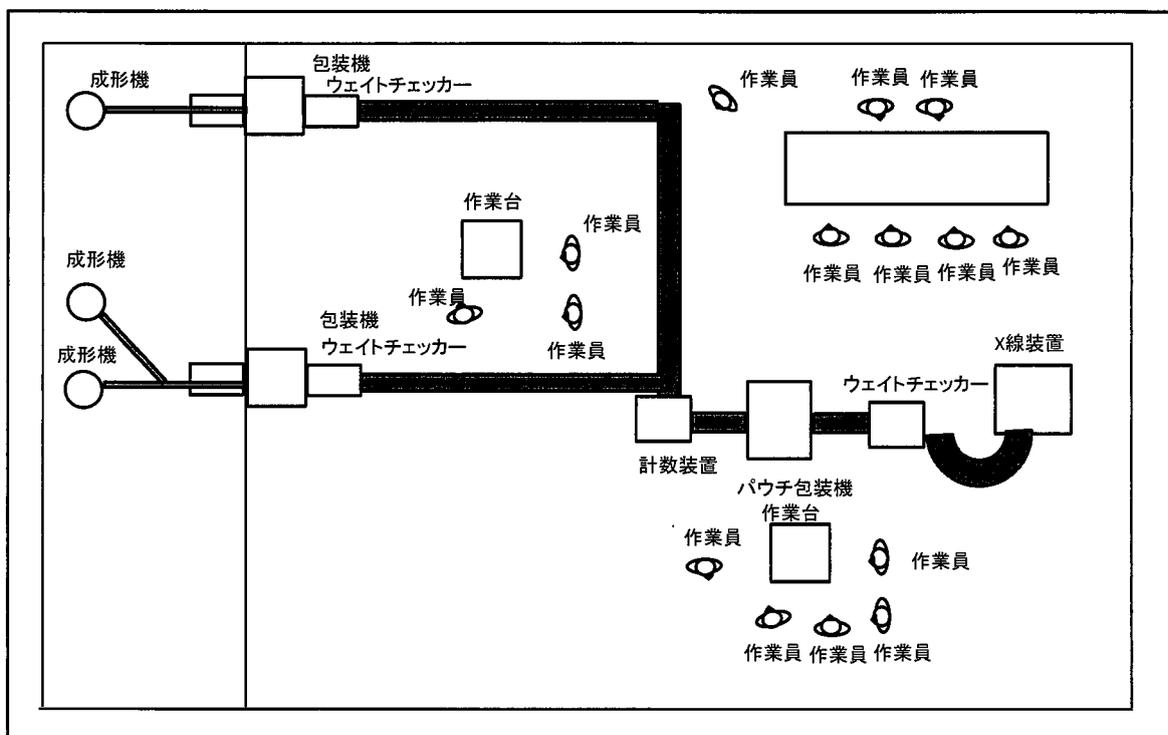
#### 第1項 Planと経済性分析

組織の活動の中で一般企業の場合、活動を永続的に進めていくためには、多くの視点を盛り込んだ将来プランが重要である。本論文の主たる研究部分は設備保全を中心とした取り組みである。既に前節で言及したように、工場の活動を階層構造にすることで、活動と活動の繋がりを図式化し、より相互の関係性が明白となるようにできる。

いまここで、食品企業C社の基本情報をベースにアレンジして、生産ロスの低減に取り組む場合の仮想的ケーススタディを実施する。この事例はPlanの部分にコストの見積もりと炭酸ガス量の見積もりを導入した代表事例となる。

この工場で固形スープの製造を実施するものとする。工場の基本情報は、工場の製造課長からの半構造化インタビュー及び非構造化インタビューから得た。工場内の作業員と装置の位置関係を図表3-11に示す。

図表 3-11 シミュレーション：工場内の作業員と装置の位置



(出所)インタビューに基づき筆者作成

工場内では、設備保全活動として、チョコ停と生産ロスの低減の活動を進めることとする。

目標：チョコ停の防止と生産ロス低減

- (1)設備の重要度決定
- (2)予備品管理
- (3)保全カレンダー作成
- (4)傾向管理診断
  - ・油分析
  - ・振動診断
  - ・温度管理
  - ・センサー作動点検
  - ・設備の日常点検
- (5)作業性の確認
  - ・治具の使用点検

製品を包装する場合の主たる不良原因を図表 3-12 に示した。この状況を注視すべき担当は作業員と保全員である。これは項目によって担当が異なる。カットズレについてさらに詳細に検討した結果を図表 3-13 に示す。

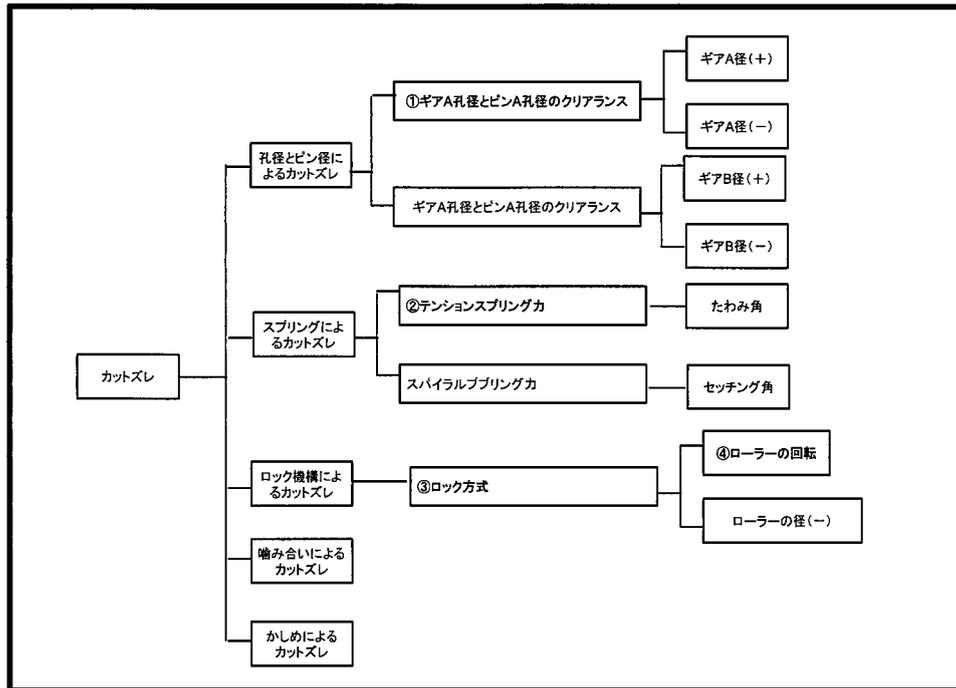
図表 3-12 シミュレーション：不良の原因項目

不良原因項目	作業員	保全員
異常音	○	
チェーン部の緩み		○
温度上昇	○	
給油時間	○	
光電管のズレ		○
シール不良	○	
原料噛み	○	
回転速度		○
カットズレ	○	
フィルムの張り	○	
原料の落下速度	○	
プレスロールの開き		○

(出所)インタビューに基づき筆者作成

カットズレの原因は多岐にわたる。ピン径、スプリング、ロック、噛み合い、かしめ などによって生じ、さらにそれぞれにさらなる原因が存在する。図表 3-13 にまとめた。これらの原因のうち、経験的にもっともカットズレに影響すると予測できるものを図表 3-14 にまとめた。

図表 3-13 シミュレーション：カットズレ不良の原因分析



(出所)(藤田[1983]p.57)を参考に筆者作成

図表 3-14 シミュレーション：カットズレに深くかかわる不良対策の一例

	対 策	対策効果	機能	技術	コスト	総合
①	孔クリアランスをつめる	○	○	△	△	◎
②	テンションSPを強くする	△	×	○	○	×
③	スパイラルSPを弱くする	△	×	○	○	×
④	ローラーを回転式に変更	△	△	○	×	○

○ 良好      △ 普通      × 不良

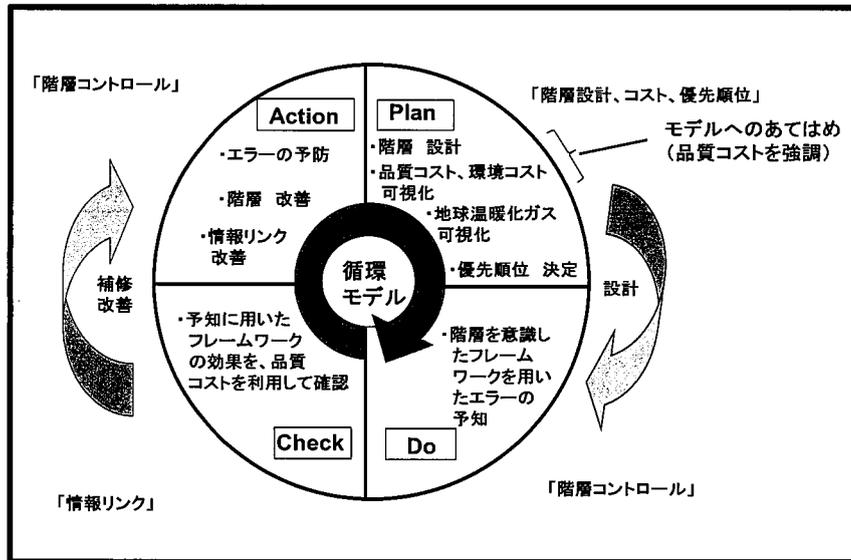
(出所)(藤田[1983]p.57)を参考に筆者作成

図表 3-14 で対策効果、機能、技術、コストを評価して総合的な評価を実施すると、孔クリアランスをつめるのが一番効果が高いと推定できる。このようにカットズレに対する対策に関して効果的と考えられる対策を立てることが可能である。

生産ロスの低減という対策に関しての検討は工場において改善活動を継続しながら、設備保全の観点を入れながら実施するのが一般的であるが、設備を新しく導入する場合や工場を新設する場合には設計の観点も必要となる。例えば、粉の混ぜ方や混ぜる順番、設計時における成形回転スピードの検討、成形時の機械内部での温度と形状の関係など、多岐にわたる検討が必要となる。

この場合にサステナブル情報リンクモデルをあてはめた図を図表 3-15 に示す。これはサステナブル情報リンクモデルが維持・管理されるように品質コストが強調され、意思決定情報が強化されたのである。

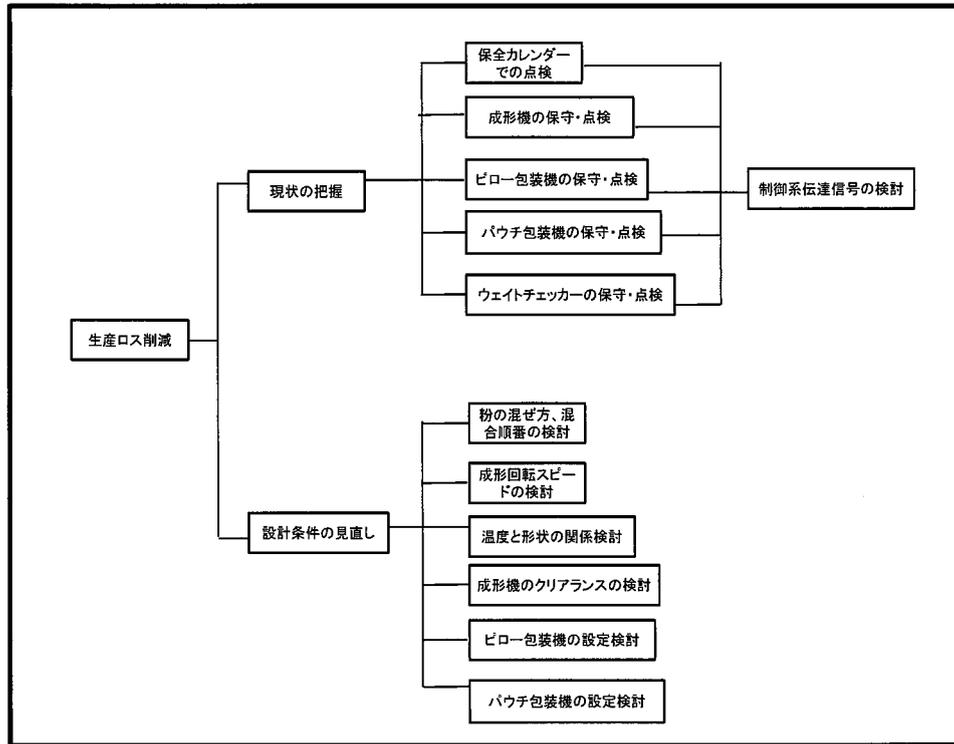
図表 3-15 シミュレーション：品質コストを組み込んだモデル



(出所)インタビューに基づき筆者作成

このモデルに従って活動を階層構造にしたものを図表 3-16 に示す。この場合、生産ロスを削減するために現状の把握する場合のチェックすべき要素と、設計条件の見直しをする場合のチェックすべき要素を示している。

図表 3-16 シミュレーション：設備保全関連項目の階層化

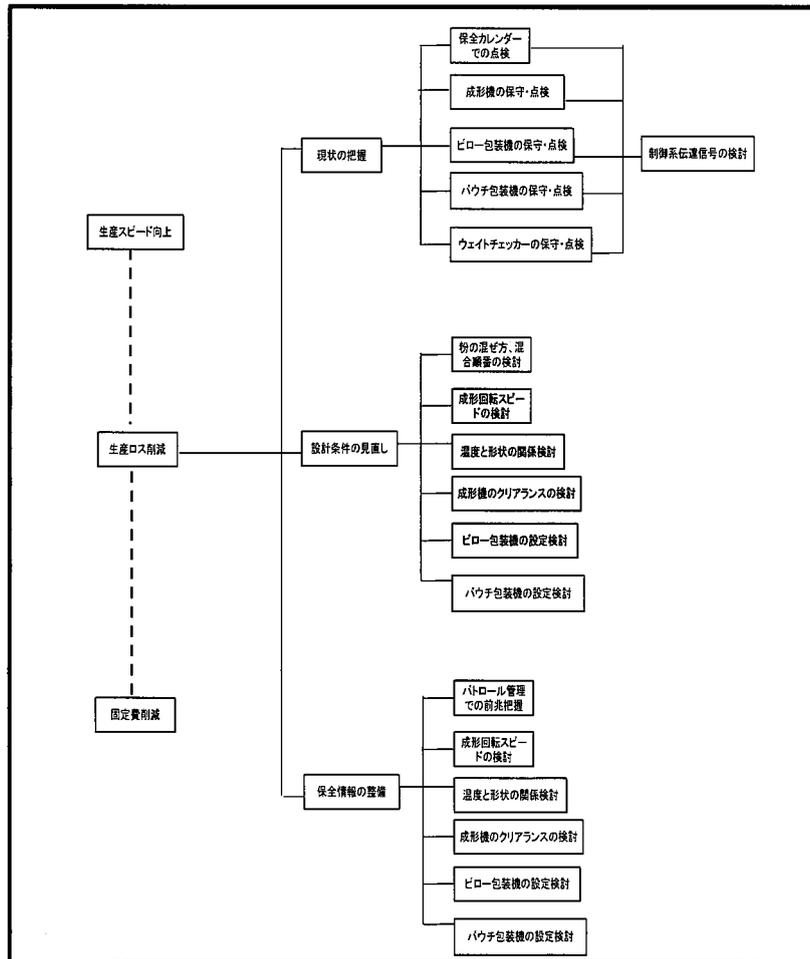


(出所)インタビューに基づき筆者作成

いまここで、ひとつのラインだけではなく、工場全体の活動を改善する場合、工場の運営の全体的な部分にわたる要素もチェック項目に入れる必要が生じる。

図表 3-17 及び図表 3-18 にこの場合の階層構造の要素と情報リンクの関係について記載した。

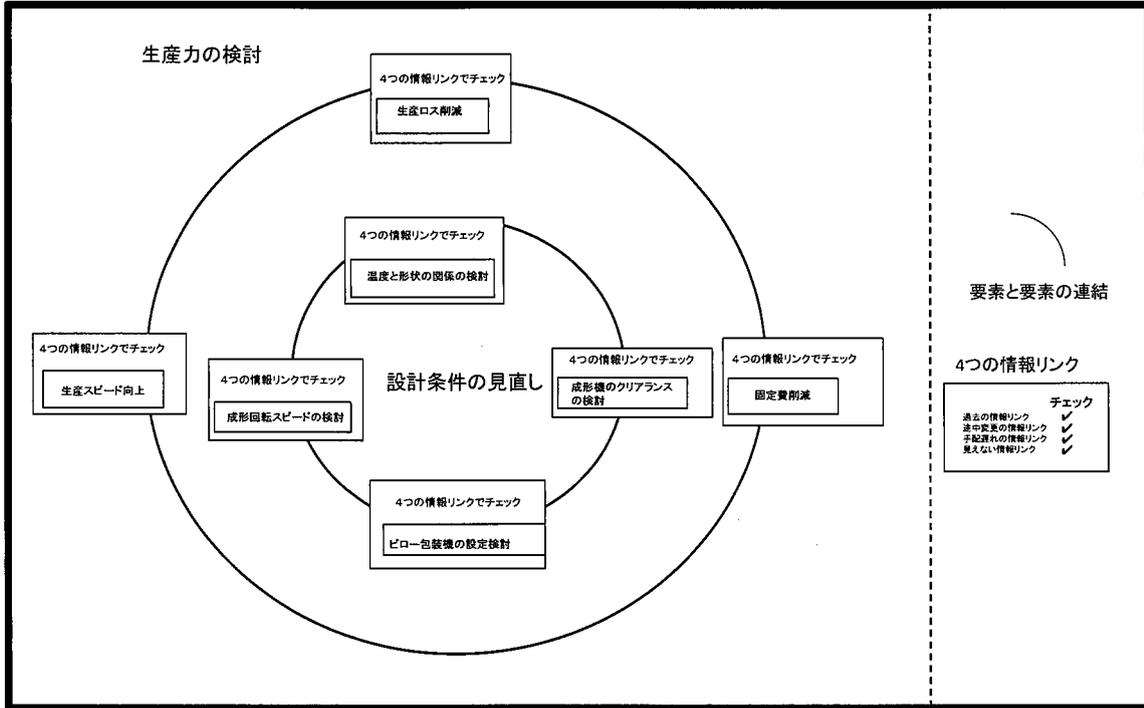
図表 3-17 シミュレーション：対象の活動の階層構造



- ・ 全体の活動：工場の運営の全体的な部分の設計として生産力の検討についての検討。生産スピード向上、生産ロス削減、固定費削減の3項目に対して、相互の関連をみながら4つの情報リンクでチェックする。
- ・ 小集団活動：工場のひとつの工程の設計として設計条件の見直しについての検討。温度と形状の関係、成形回転スピードの検討、成形機のクリアランスの検討、ピロー包装機の設定検討の4項目に対して、相互の関連をみながら4つの情報リンクでチェックする
- ・ 小集団活動は全体の活動に影響を及ぼす。

(出所)インタビューに基づき筆者作成

図表 3-18 シミュレーション：階層構造の要素と情報リンクの関係



- ・外側の円：工場の運営の全体的な部分の設計として生産力の検討についての検討。生産スピード向上、生産ロス削減、固定費削減の3項目に対して、相互の関連をみながら4つの情報リンクでチェックする。
- ・内側の円：工場のひとつの工程の設計として設計条件の見直しについての検討。温度と形状の関係、成形回転スピードの検討、成形機のクリアランスの検討、ピロー包装機の設定検討の4項目に対して、相互の関連をみながら4つの情報リンクでチェックする。
- ・内側の円の検討結果は外側の円に影響を及ぼす。

(出所)インタビューに基づき筆者作成

図表 3-18 において、内側の円は設計条件の見直しという保全業務に関する要素について4つの情報リンクを用いてチェックした状況である。外側の円は生産力の検討という戦略的な要素について、4つの情報リンクを用いてチェックした状況である。図表 3-17 の階層構造をベースに図表 3-18 の二重の円を作ることができた。内側の円は、工程の設計条件を見直す場合の検討内容で、温度と形状の関係、成形回転スピード、ピロー包装機の設定条件、成形機のクリアランスなどに関して、それぞれを4つの情報リンクに照らして検討できる。この検討事項を外側の円の生産性の検討に広げていく。この二重の円を使うことで、たとえば、Planとして、生産活動で生じるロスを低減させるための検討ができる。想定していた原料による

温度と形状の特性、製造時の適切な回転スピード、成形機のクリアランスにかかわる製造条件、などについて、図表 2-7 から図表 2-10 に示した手法でエラーを可視化して、品質コスト、環境コスト、環境負荷に落とし込んで検討できる。そもそも原料のプロバイダーの選定、不純物の量、それが後工程に及ぼす影響などを内側の円で要素と要素を組み合わせで考慮して、今、重要視するべきものが何かの優先順位を決める。それが外側の円にどのように影響するかを検討する。Do として、エラーの予知は、図表 3-18 の内側の円でリンクされた要素と要素を視野に入れながら、4 つの情報リンクに照らして危険箇所を探し出す。それが外側の円にどのように影響するかも検討する。Check として、予知したエラーの洗い出しに関して経済性を含めてその効果を確認する。Action では、内側の円でエラーの予知から想定される不具合を 4 つの情報リンクに照らして改善する。これを外側の円にどのような影響があるかを検討する。このように活動を階層化して可視化したうえで 4 つの情報リンクでチェックすることは有効と考えられる。サステナブルという観点で工場を運営していく場合、従来の設備保全だけではなく、戦略的な部分についての計画を持っていなければならないのである。本論文では、図表 3-18 のような二重の円となるチェック形式を二重円構造と称する。

## 第 2 項 サプライチェーンを対象とした経済性分析

サステナブル情報リンクモデルの経済性を分析するためには、既に本章第 1 節第 3 項で示したように、サステナブル情報リンクモデルに品質コストを導入することが有効である。モデルで最初の Plan の部分に品質コストを導入・検討する。今回の場合、図表 3-18 で検討したのは生産力の検討であった。生産性を向上させると同時に生産ロスを低減する。この場合、直接、廃棄物の削減にもつながる。廃棄物の削減は製造工程で生じるロス品、半端品の削減などとともに、たとえば、環境に関するエラーとしてとらえられる環境負荷の削減にもつながる。ロス品、半端品の削減によって生産性が向上し、環境負荷が低減するのである。

環境保全活動では、サプライチェーンを視野に入れることが重要になっている<sup>1</sup>。例えば原料が高価であったとしても、不純物の含有量が少なく、結果として精製処理工程が削減できる場合、コストと環境負荷の発生が抑えられる。この場合には、その高価な原料には使用するだけの妥当性がある。これはサプライチェーンであれば可能となる議論と言える。

発生する炭酸ガスを CFP (カーボンフットプリント) コミュニケーションプログラム<sup>2</sup>で

製品の CFP を計算する手法が利用できる。この CFP 計算書をベースにすると、製品量 (kg) に換算しなおすことで、工場で発生する炭酸ガスを Scope1、Scope2 として計算することができる。また、工場で使用する原材料は Scope3 として社会への炭酸ガス発生量として求めることができる。計算してみると、ひとつの製品を生産する場合、原材料に起因する炭酸ガス発生量が多いことがわかる。これは製品の生産に用いる原材料が、すでに高い炭酸ガス排出係数を有しており(すなわち、その原料を生産するために多くの炭酸ガスが発生している)、この炭酸ガスが Scope3 として計算されるからである。これは企業が Scope3 レベルの炭酸ガス発生情報を開示する場合、社会に排出する炭酸ガスとして明確になるが、現時点のように Scope1、Scope2 レベルの炭酸ガスの情報開示では明確にならない。しかし、いずれ企業が Scope1、Scope2、Scope3 のすべての情報を開示する場合に重要な視点となり得るのである。

一方、2012年に JIS 化された MFCA(Material Flow Cost Accounting: JISQ14051:2012)の手法によれば、工場の廃棄ロスを負の製品にとらえ、コストの内訳として詳細に解析することができる。この場合のコストは物質に関係するものがマテリアルコスト、エネルギーに関係するものがエネルギーコスト、それ以外の労務費や経費などに関係するものがシステムコストとして計算される。

八木・馬場・大森[2015]は MFCA による貨幣価値と CFP による炭酸ガスの量を組み合わせて、原料の価格、質、輸送距離などが製品製造企業のコスト構造、生産性、ロス発生量、CO2 発生量などに影響を及ぼしていることを示した。コストと環境面からの問題点や改善点をサプライチェーン全体で明示することができる。これを応用すると、本章第 3 節第 1 項に示した C 社の工場を想定して、コストと炭酸ガスの量を計算し、コストと炭酸ガスの関係性をサステナブル情報リンクモデルの Plan 部分の検討項目に導入することで、モデルの維持・管理の経済性に関する意思決定情報を提供することが可能となる。

八木・馬場・大森[2015]はカーボン排出に関わる物量情報と貨幣情報に着目し、具体的な CMA (Carbon Management Accounting)モデルを構築した。そのモデルによれば、工場の生産性を向上させ、工場での不良品を低減させることで、原材料に起因する Scope3 の炭酸ガス量を低減することが可能である。絶対量は小さいが工場から排出される Scope1、Scope2 の炭酸ガスの排出も低減することができる。

このように、品質コストの概念を一部含んでいるカーボン会計マトリクスは、サステナブル情報リンクモデルの経済性をサプライチェーンを含めて明らかにすることで、品質の

向上、生産ロスの低減、炭酸ガス削減、顧客満足などこれに関わるコストとの関係を示す。サステナブル情報リンクモデルを想定すると、解析チームが Plan でたとえばカーボン会計マトリクスを利用して、品質コストあるいは環境コストなどの貨幣情報を求め、さらに優先順位を決め、階層構造を設計する。Do で解析チームがエラーの予知を実施する。階層構造と 4 つの情報リンクをチェックし、エラーの原因をチェックするとともにフレームワーク自体のチェックも実施する。Check で予知したエラーの洗い出しに関して経済性を含めてその効果を確認する。Action で階層構造と情報リンクを見直す。コストの考え方を導入するとモデルを維持・管理するためのトータルな視点が得られ、有効な意思決定情報が提供されていることがわかる。このような強化されたモデルを擁した事例をここでは意思決定事例と呼ぶ。

## 小括

本章は、モデルの経済性に関する手法を検討し、品質コストがモデルに長期維持するための意思決定情報を与える可能性が存在することがわかった。そこで、第2章第5節で検討したL社の事例を再度検討し、意思決定情報の有無を確認した。その結果、組織の活動の階層構造に標準との差異がない場合には、4つの情報リンクに照らして小集団で活動をチェックすることは、エラーの原因を事前に把握するために有効で、品質コストが活動に強い意思決定情報を与えることがわかった。実際にシナリオを作り、コストや環境影響を試算する中で、有効性を確認してきた。さらに従来のサステナブル情報リンクモデルと環境マネジメントをリンクして、工場の活動の幅を広げることもできた。すなわち、40年以上前には、工場の3つの責任といわれていた品質、安全、環境の3要素が、現在でも工場の運営に重要であり、これらのリスクが企業の存続を脅かしかねないため、安全、品質、環境を同列に置いた取り組みなのである。環境保全にまで目を行き届かせる観点から、コストの流れと組織の活動と環境会計との関係性も視野に入れた。このL社では品質コストを導入していたが、品質コストとともに同じ概念として環境コストも注視する。これらに着目することでサステナブル情報リンクを有効に使用出来る。モデルのPlanの部分に品質コスト(あるいは環境コスト)を入れることの重要性が示された。

また、食品企業C社のロス低減のシミュレーション事例を解析することで、サステナブル情報リンクモデルが有効に機能することを確認出来た。この事例では、サプライチェーンマネジメントにまでモデルの適用を広げ、品質コストと同様に環境コストを導入することを検討した。また、ひとつのラインだけではなく、工場全体にまで広げて検討を実施し、二重円構造でのチェックを実施した。さらに2012年にJIS化されたMFCA (Material Cost Accounting: JISQ14051:2012)の手法によって、工場の廃棄ロスを負の製品にとらえ、コストの内訳をシミュレーションすることが可能である。生産ロスにかかわるコスト情報と環境負荷情報(地球温暖化ガス)もシミュレーションし、コスト情報と地球温暖化ガスの関係をサステナブル情報リンクモデルのPlanに導入してモデルの適用を広げられる。一方、活動の階層構造が標準と差異が存在する場合のリスクについて検討を開始した。

---

<sup>1</sup> 環境負荷に対する経済性の評価は幾つか研究がある。たとえば、松尾[2010]は財務報告において環境関連事象の企業財務への影響が適正に反映／開示されるあり方を考察した。加藤[2011]はリアルオプション法を用いることで地球温暖化対策に伴う推定的経済効果を数量化できることを示した。

<sup>2</sup>CFP コミュニケーションプログラム：商品やサービスの原材料調達から廃棄・リサイクルに至るまでのライフサイクル全体を通して排出される温暖効果ガスの排出量を、CO<sub>2</sub> に換算して商品やサービスにわかりやすく表示する仕組み。2009年度から経済産業省等主導で試行事業として実施された。このカーボンフットプリント試行事業は2011年度で終了し、2012年4月2日から財団法人産業環境管理協会によるCFPプログラムが開始された。

## 第4章 サステナブル情報リンクモデルと階層構造

### 本章の目的

サステナブル情報リンクモデルでは組織の活動を階層化して可視化して、それを4つの情報リンクでグループチェックすることを基本とする。ただし、少人数の集団によるサステナブル情報リンクのチェックはすべての階層構造で効果的に機能するわけではない。そのためには、活動の階層構造が適切に構築されている必要がある。本章では、標準的階層構造といくつかのケースに基づきながら少人数グループのチェックを効果的に実施するための階層構造の在り方について考察する。

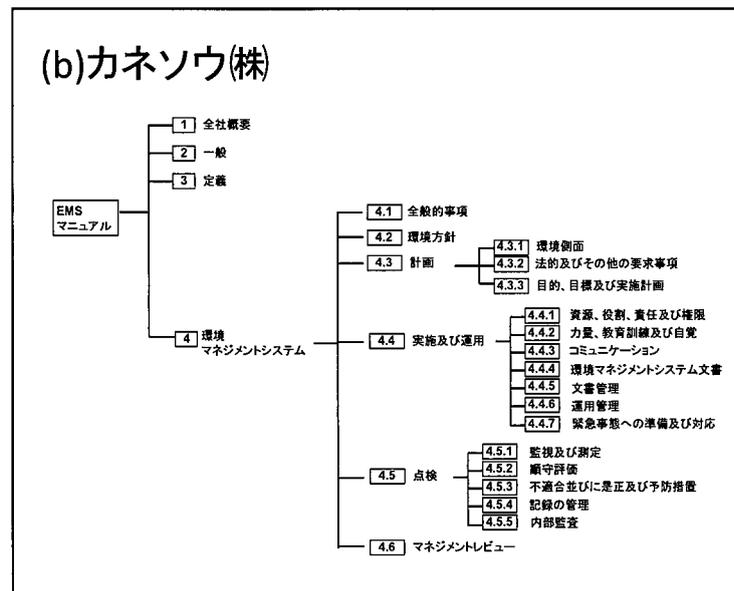
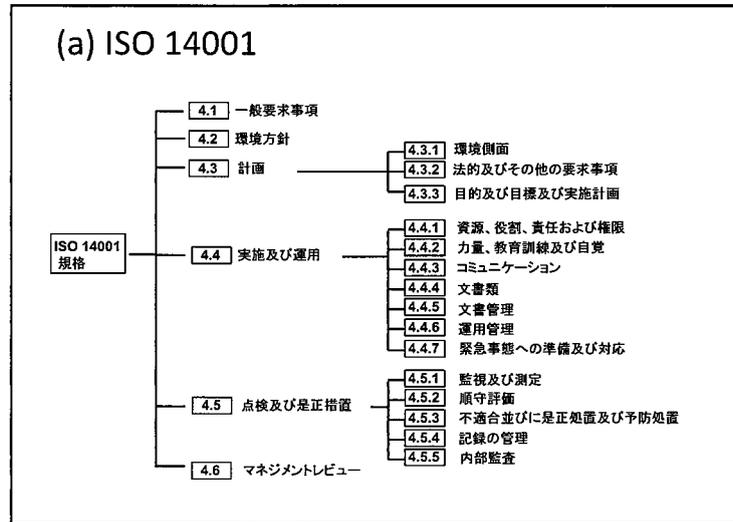
### 第1節 階層構造の標準との差異に関する危険予知

#### 第1項 ISO14001の階層構造

この章で記載される事例は、標準的な階層構造およびこれと差異が存在する場合の取り組みで、事例は代表事例となる。標準的な階層と実際の階層構造が明らかとなっていて、両者に明確な差異がある事例として地方自治体の環境保全活動を取り上げる。環境マネジメントシステムマニュアル(Environmental Management System Manual : 以下、EMS マニュアルと呼ぶ)は基本形がISO14001という形で規定されており、組織の階層構造がどれほど基本形から差異があるかを把握しやすい。ここでは、まず、基礎形となるISO14001のマニュアルに関して深堀し、その階層構造を明らかにする。次に、企業では、EMS マニュアルをほとんど公開していないことから、これを公開している自治体の水道局事業を取り上げて基本形との差異とその影響を分析する<sup>1</sup>。

EMS マニュアルの階層構造の解析事例は図表 4-1～図表 4-4 にまとめられる。図表 4-1 で (a)はISO14001のガイドラインを示し、(b)はカネソウ(株)のEMS マニュアルの階層構造を示す。ほとんどの一般企業では、EMS マニュアルを公表していない。カネソウ(株)は電子情報を公開していたので本論文ではこれを利用した。これらのガイドラインやマニュアルは文章で記載されていて特に階層構造の図があるわけではない。ISO14001は3階層でカネソウ(株)のEMS マニュアルは4階層構造である。カネソウ(株)のEMS マニュアルの構造は企業では一般的なもので、基本的にISO14001と同じ階層なので作りやすく、その意味でこのスタイルは広く普及している<sup>2</sup>。これに対して地方行政のEMS マニュアルは多様性に富んでいる<sup>3</sup>。

図表 4-1 ISO14001 とカネソウ(株)の EMS マニュアルの階層構造



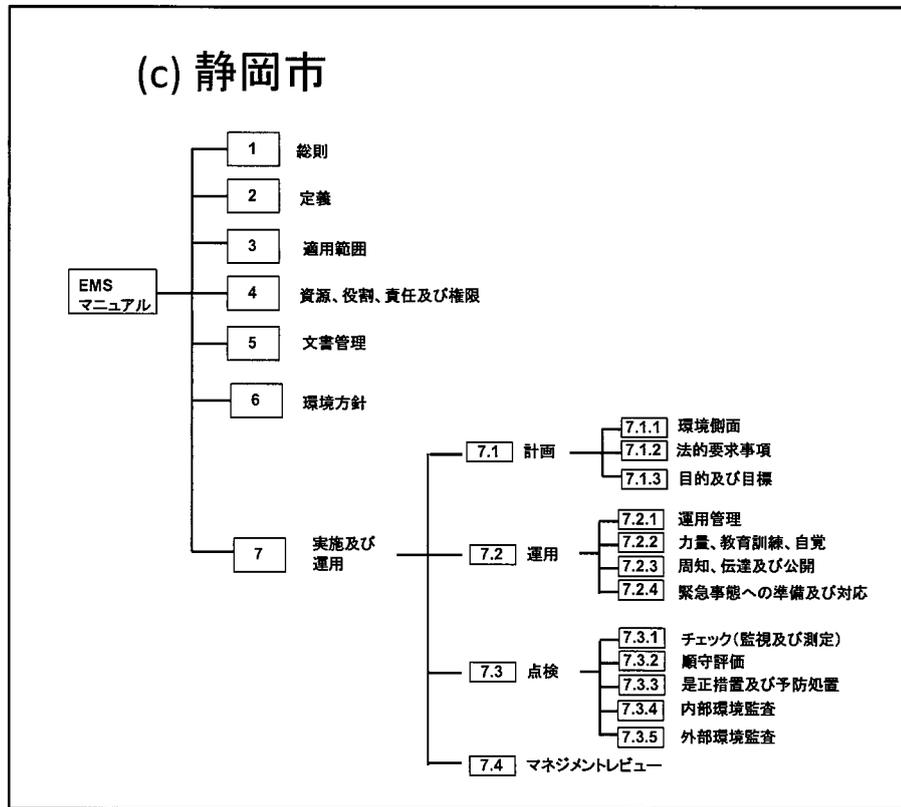
(HP では文書形式で記載されているだけなので、このように可視化した図は存在しない)

ISO14001URL 参照

カネソウ(株)URL 参照

(出所)ISO14001 とカネソウ(株)のマニュアルに基づき筆者作成

図表 4-2 静岡市の EMS マニュアルの階層構造



(HP では文書形式で記載されているだけなので、このように可視化した図は存在しない)

静岡市環境マネジメント文書 URL 参照

(出所)静岡市環境マネジメント文書に基づき筆者作成

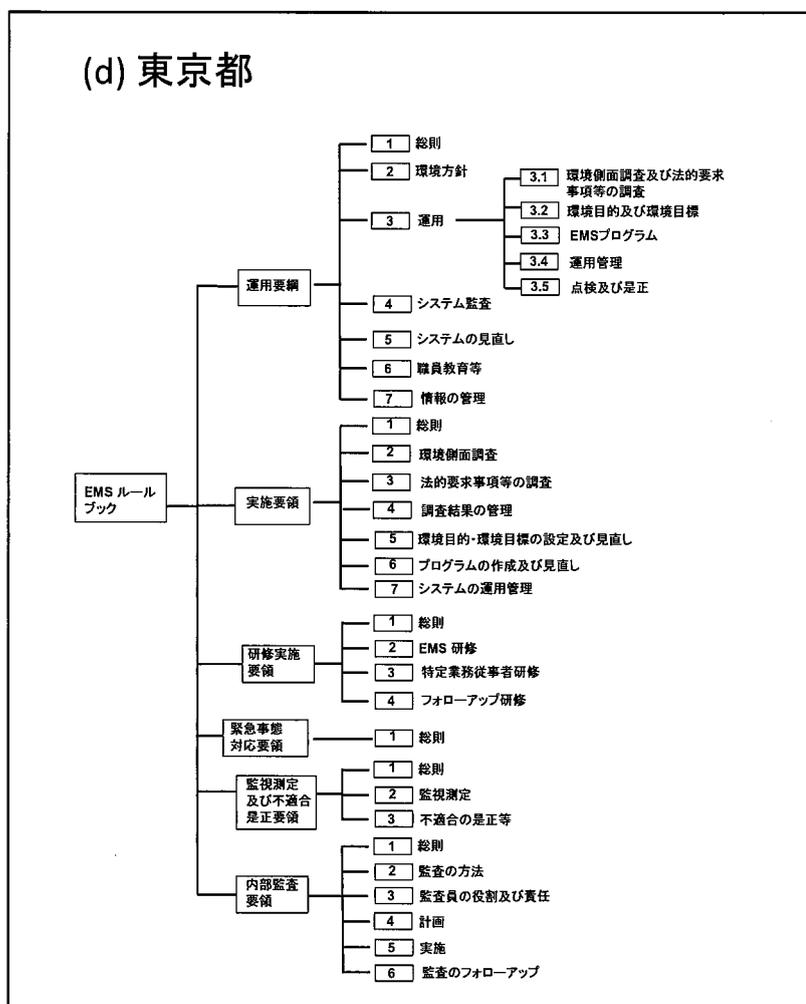
図表 4-2 から図表 4-4 に地方行政の静岡市、東京都、札幌市の EMS マニュアルの一例を示した。3 都市の EMS マニュアルを比較すると、東京都の EMS マニュアルの構造の方がより複雑な形状になっており項目数も多い。

EMS マニュアルの階層構造の解析結果を図表 4-5 に示す。type(a)の ISO14001 は 3 階層で構成されており 2 番目の層は 6 要素、3 番目の層は 3 ブロックになり、その下に 15 要素存在する。type(b)のカネソウ(株)はほとんど type(a)と同じであり、多くの企業はこの構造になっている。相越[1998]は建設業における環境マネジメントシステムの現状と課題についてまとめたが、それは ISO14001 のスタイルにあわせることが企業にとって重要だからなのである。

Sompo Japan Risk Management[2010]は環境マネジメントシステムの抱える課題を示した。

type(c)の静岡市は type(b)とほとんど同じだが数か所が強調された構造となっている。  
 type(d)の東京都は(a)(b)(c)と異なった構造になっていて多くの要素が存在する。3階層目には  
 20以上の要素が存在し、2階層目には操作アウトラインとオペレーションガイドラインとで  
 分けられている。Type(e)の札幌市は2階層目の項目が多い。詳細は次節にて示す。

図表 4-3 東京都の EMS マニュアルの階層構造

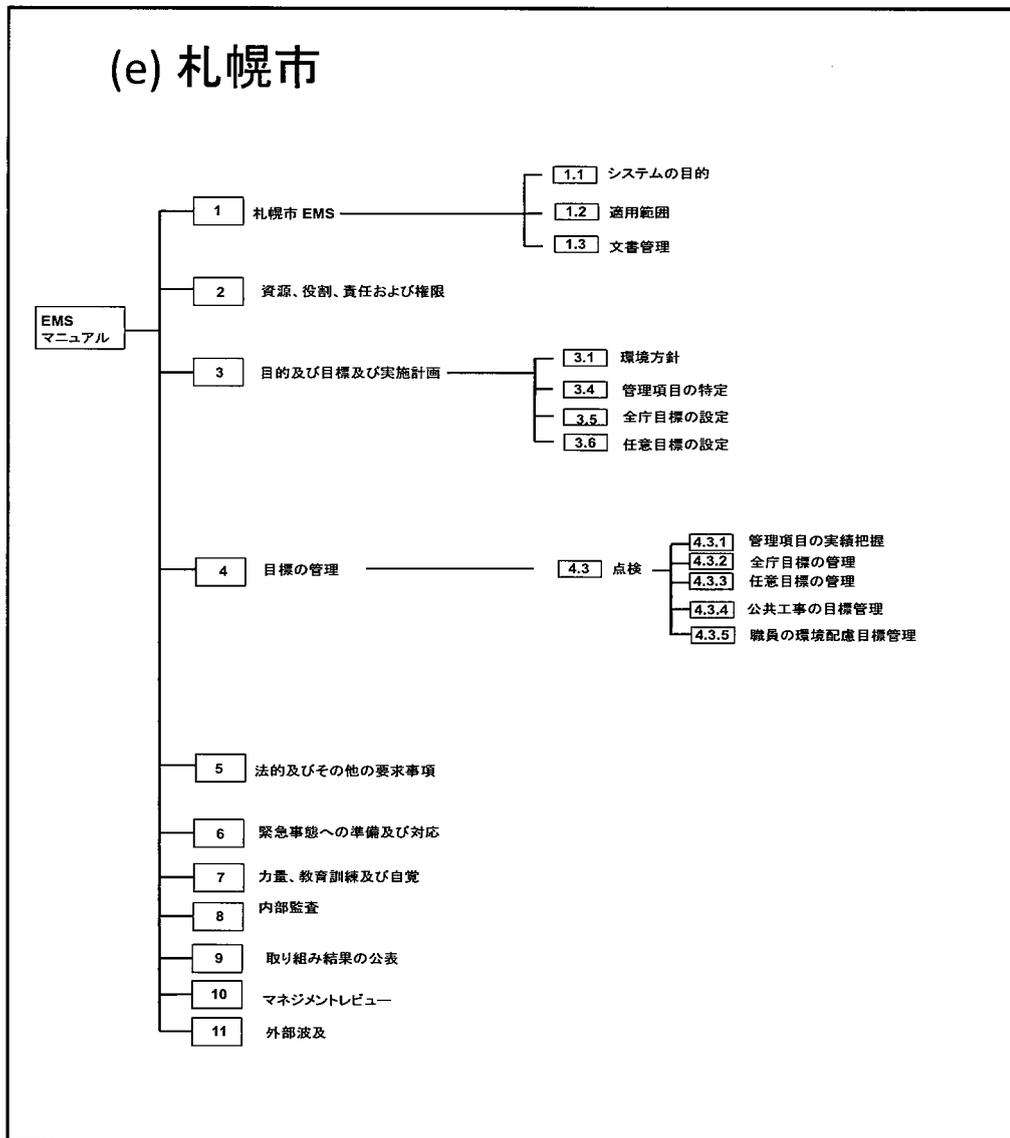


(HP では文書形式で記載されているだけなので、このように可視化した図は存在しない)

東京都環境局マネジメントシステム URL 参照

(出所)東京都環境局環境マネジメントシステムに基づき筆者作成

図表 4-4 札幌市の EMS マニュアルの階層構造



(HP では文書形式で記載されているだけなので、このように可視化した図は存在しない)

札幌市環境マネジメント文書 URL 参照

(出所)札幌市環境マネジメント文書に基づき筆者作成

図表 4-5 階層構造の比較

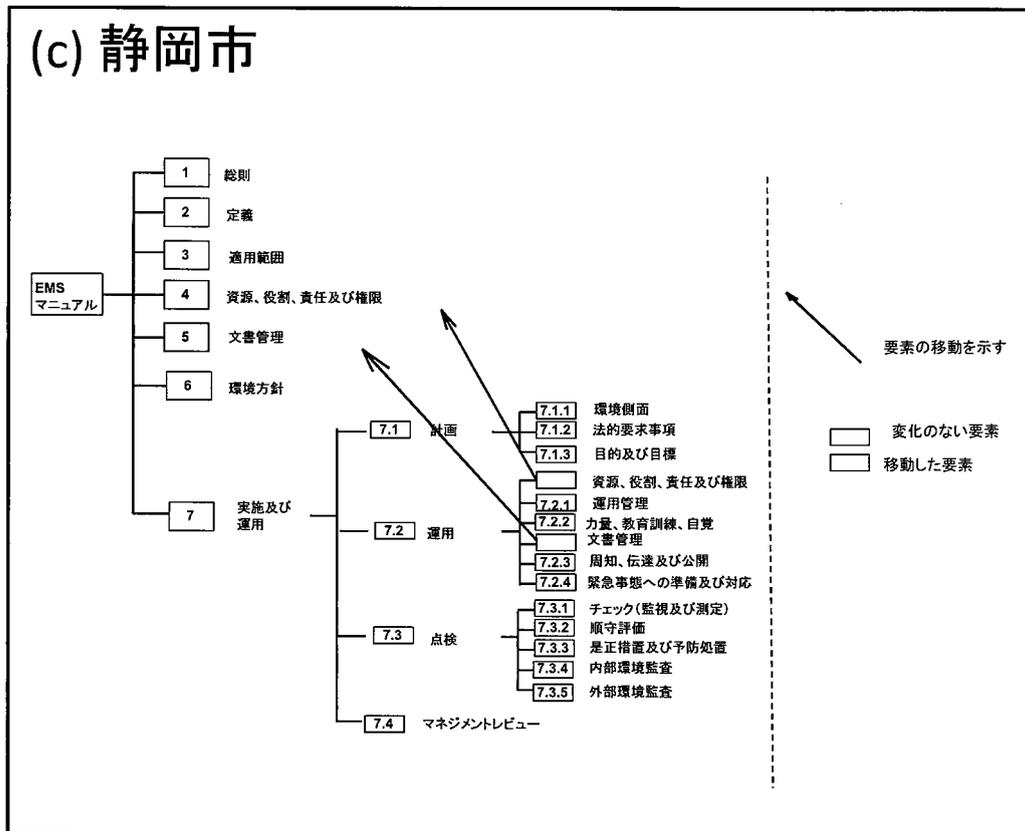
	(a) ISO 14001	(b) カネソウ㈱	(c) 静岡市	(d) 東京都	(e) 札幌市
階層構造	2階層目 6要素 3階層目 3ブロック 15要素	2階層目 4要素 3階層目 6要素 4階層目 3ブロック 15要素	2階層目 7要素 3階層目 4要素 4階層目 3ブロック 12要素	2階層目 6要素 3階層目 6ブロック 28要素 4階層目 5要素	2階層目 11要素 3階層目 3ブロック 8要素 4階層目 5要素
階層の特徴	単純	・単純 ・ISO 14001に類似	・単純 ・数カ所強調	・複雑 ・数カ所強調	・複雑 ・数カ所強調
強調された要素	—	—	・資源、役割、責任 及び権限 ・文書管理	・研修実施要領 ・緊急事態対応要領 ・内部監査要領	・資源、役割、責任 及び権限 ・目的及び目標及び 実施計画 ・法的及びその他の 要求事項 ・緊急事態対応要領 ・力量、教育訓練及び 自覚 ・内部監査要領

(出所)各種 EMS マニュアルに基づき筆者作成

## 第 2 項 階層構造の差異分析

type (c)はいくつの特徴的な構造を持つ。これらのポイントを図表 4-6 にまとめた。この図で 4 階層目の『資源、役割、責任及び権限』と『文書管理』が 2 階層目に移動し強調された。ISO14001 の階層構造によればこれらは『運用』の下に配置され『運用』の一要素として扱われるはずであるが、静岡市は『資源、役割、責任及び権限』と『文書管理』を上流へ移し重要である項目として扱っている。

図表 4-6 静岡市の階層構造の特徴



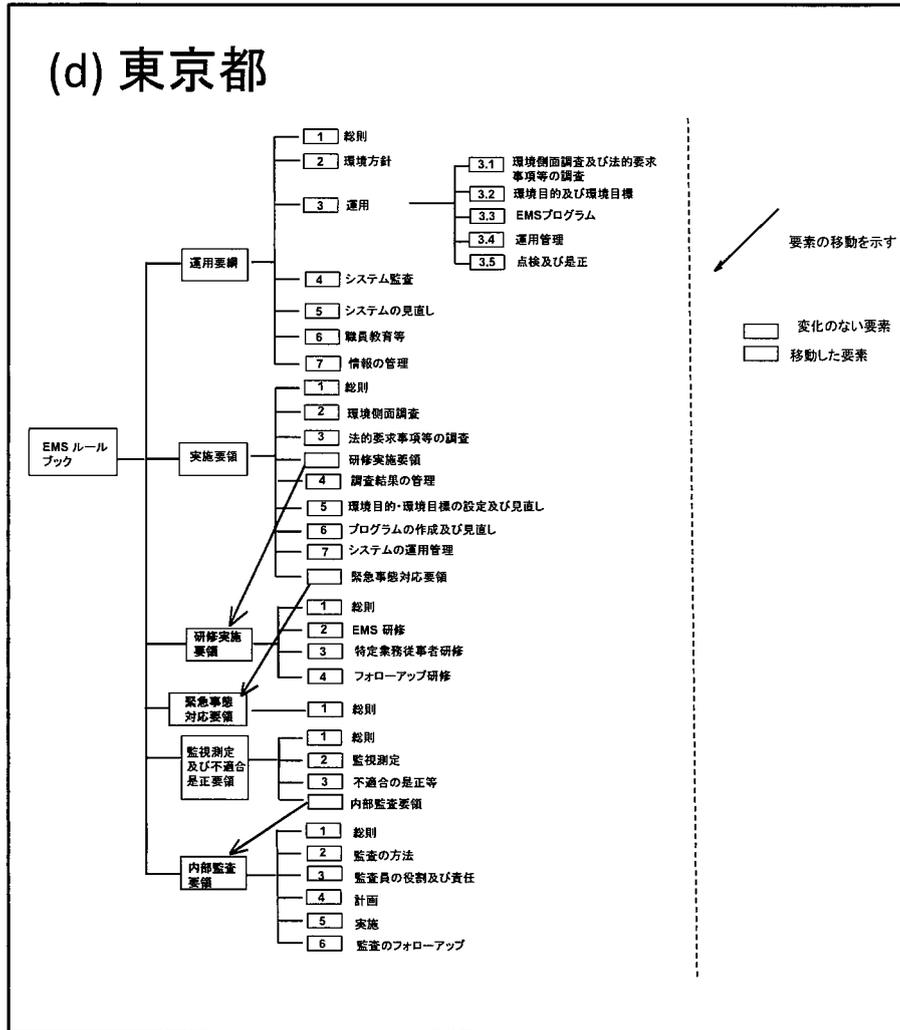
(HP では文書形式で記載されているだけなので、このように可視化した図は存在しない)

静岡市環境マネジメント文書 URL 参照

(出所)静岡市環境マネジメント文書に基づき筆者作成

一方、Type(d)の構造にも階層構造としていくつかの特徴的なポイントがある。このポイントを図表 4-7 にまとめた。この図において 3 階層目の『研修実施要領』、『緊急事態対応要領』、『内部監査要領』は 2 階層目に移動され要素は強調されている。ISO14001 の構造によれば『実施及び運用』と『点検及び是正措置』の下に配置されそのひとつとして取り扱われるはずのものである。東京都は『研修実施要領』、『緊急事態対応要領』、『内部監査要領』を上流に移し、重要な項目として扱った。

図表 4-7 東京都の階層構造の特徴



(HP では文書形式で記載されているだけなので、このように可視化した図は存在しない)

東京都環境局マネジメントシステム URL 参照

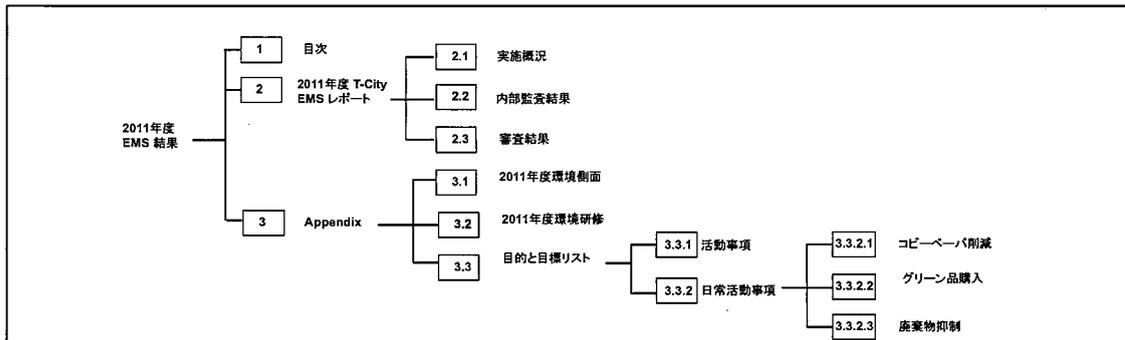
(出所)東京都環境局環境マネジメントシステムに基づき筆者作成

type(a)から(d)は、都市についての EMS マニュアルに多様性があることを示している。いまここで静岡市と東京都に着目する。

静岡市は 2012 年に ISO14001 の認証を継続するのをやめて独自の EMS 活動を開始した。2013 年 1 月には静岡市は ISO14001 を返上した。複雑なシステムであるからといって、あるいは、ISO の規格の要求事項があるからといって、意識改革や数々のメリットが期待できるわけではない(山田[2003]p.51)。五艘・那須・草柳[2004]は地方自治体の新しいマネジメントシステムの構築と導入に関する研究を進め、EMS システムの多様性について考察した。石原[2010]は環境マネジメントを軸として、地方自治体のガバナンスとマネジメントについて考察した。2012 年の静岡市の環境報告書は、2010 年のデータなので ISO14001 の認証をやめたことの影響はない。(4) 資源、役割、責任及び権限 と (5) 文書管理は図表 4-7 で 4 階層目から 2 階層目に移動して重要性が強調されているが特徴的な結果は出ていない。これらの強調された 2 つのアイテムは継続的にチェックされて環境報告書に反映されることが望ましい。この状況において、2 階層目においた意味がなかったように見受けられる。

東京都の 2011 年の EMS 活動は図表 4-8 にまとめられる。結果は 3 つの項目から出来ていて、(1)目次 (2)2011 年の東京都の EMS レポート (3)Appendix となっている。特に(2-2)内部監査結果 (3-2)2011 年度環境研修 は図表 4-8 の EMS マニュアルにおいて 3 階層目から 2 階層目に移動しており強調されている。東京都は監査を重要な要素として取り扱っており、図表 4-7 の 2 階層目に設置している。

図表 4-8 東京都の EMS レポートの階層構造

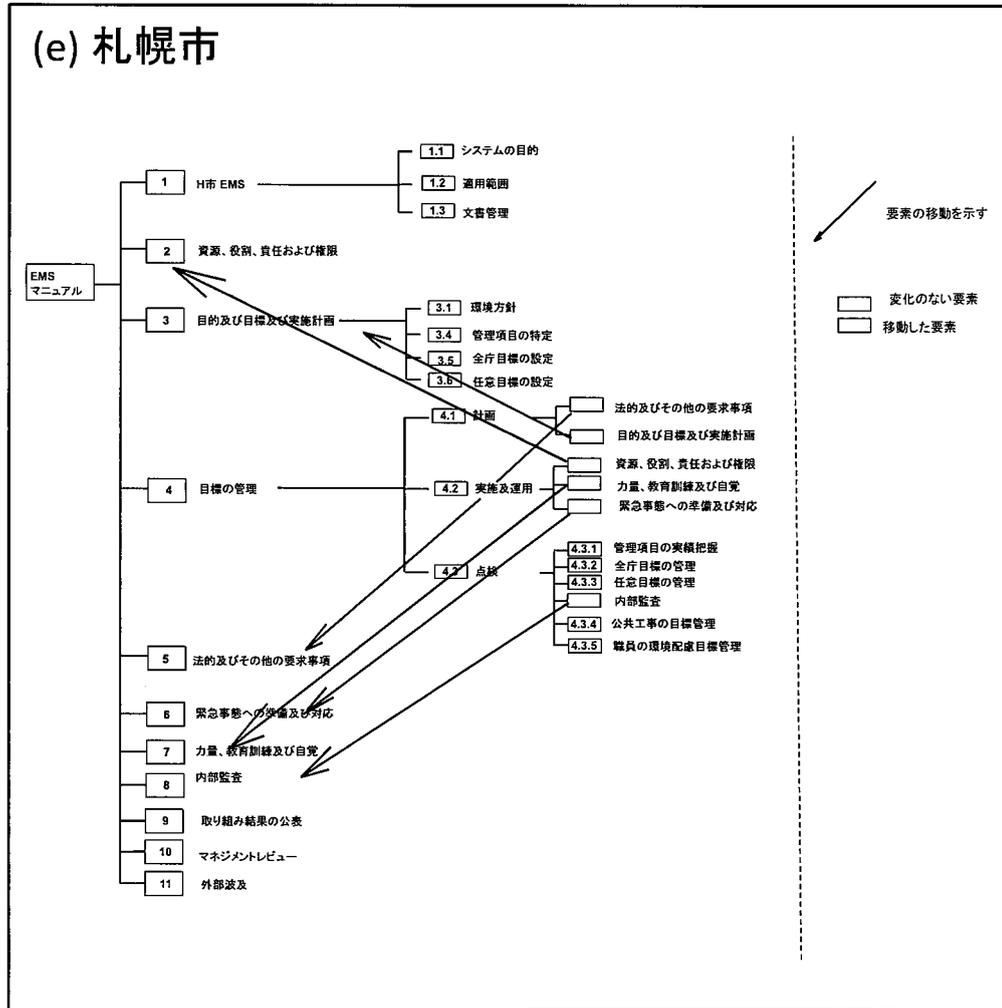


東京都 EMS レポートの URL 参照

(出所)東京都の EMS レポートに基づき筆者作成

これまで静岡市と東京都の EMS マニュアルの階層構造を検討してきたが、階層が ISO14001 と比べて変わった箇所は、前者が 2 か所、後者が 3 か所であった。札幌市の場合にはこれが 6 か所になる。状況を図表 4-9 に示した。本来は 4 階層目にあった 6 項目は、2 階層目に移動してしまっている。

図表 4-9 札幌市の階層構造の特徴



(HP では文書形式で記載されているだけなので、このように可視化した図は存在しない)

札幌市環境マネジメント文書 URL 参照

(出所)札幌市環境マネジメント文書に基づき筆者作成

### 第3項 設備保全と連動した環境保全活動

西澤[2010]は EMS モデルと ISO14001 の関係を図表 4-10 のように示した。ISO14001 の 4.2 は Plan に相当する。4.3.1 から 4.3.3 も Plan に相当する。4.4.1 から 4.4.7 は Do に相当し、4.5.1 から 4.5.5 は Check に相当し、4.6 は Act に相当する。

ISO14001はPDCAサイクルになるように作られているので、このPDCAサイクルがスムーズに回ってEMS活動を改善していく。階層構造となった活動を解析することで内部監査などのグループ活動を情報のリンクで可視化できる。

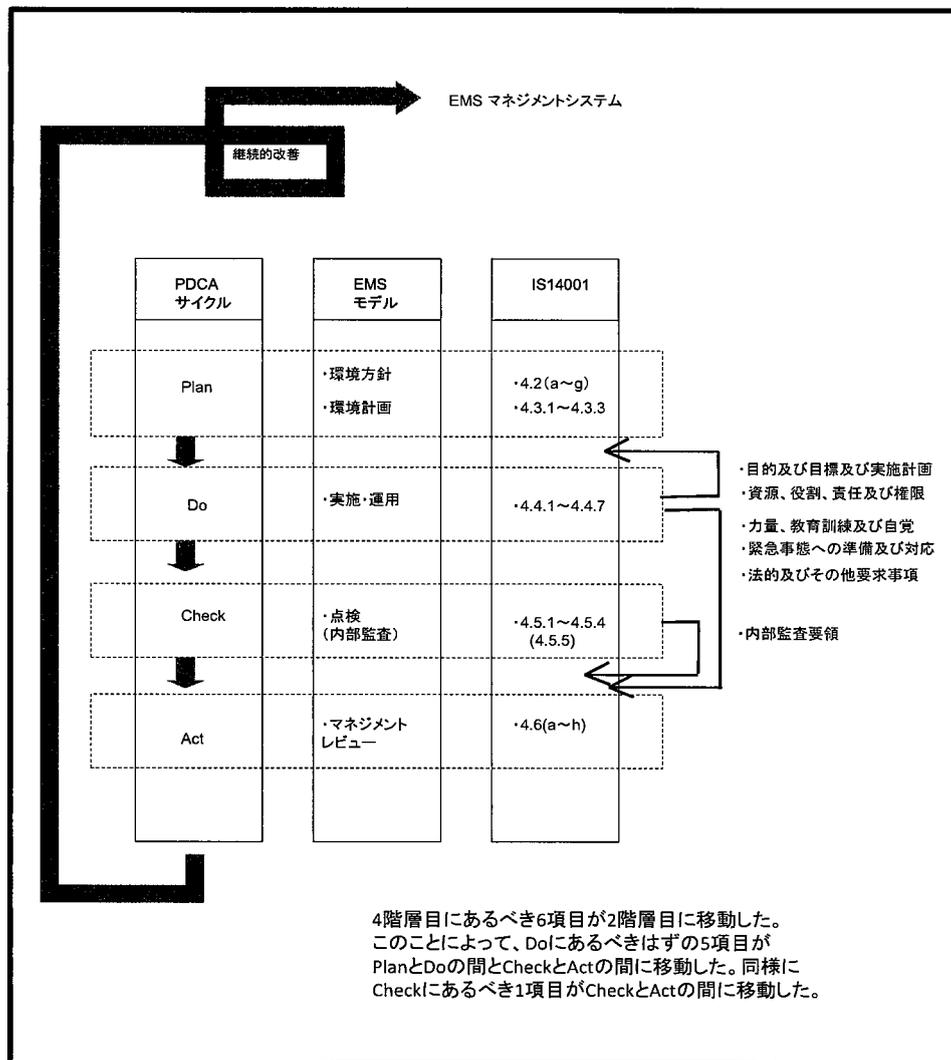
図表 4-10 ISO14001とEMSマニュアルの比較

EMS マネジメントシステム		
継続的改善		
PDCA サイクル	EMS モデル	IS14001
Plan	・環境方針 ・環境計画	・4.2(a~g) ・4.3.1~4.3.3
Do	・実施・運用	・4.4.1~4.4.7
Check	・点検 (内部監査)	・4.5.1~4.5.4 (4.5.5)
Act	・マネジメント レビュー	・4.6(a~h)

(出所)(西澤[2010]p.67)を参考に筆者作成

図表 4-11 及び図表 4-12 に PDCA サイクルモデルとしての札幌市の EMS モデルと ISO14001 モデルのイメージ図を同時に掲載する。図表 4-12 で行政と市民のメリットとデメリットを示している。

図表 4-11 札幌市の EMS マニュアルの弱点部位



(出所)(西澤[2010]p.67)を参考に筆者作成

両者のメリットとデメリットは異なっており、地震などのトラブルが生じた際には市民のデメリットの方が大きくなる。これについては付論－Ⅱ<sup>4</sup>で減災の考え方を示した。2011年の震災以来、EMS マニュアルの緊急事態への準備及び対応が多くの組織体で充実したものになってくるとともにその準備が必要なものとしてとらえられてきた。

図表 4-12 札幌市の EMS マニュアルからみた行政と市民のメリット／デメリット

	行政側の状況	市民側の状況
メリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・研修実施要領、緊急事態対応要領、内部監査要領の3点を強調できる</li> <li>・行政の姿勢を市民にアピールできる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・研修実施要領、緊急事態対応要領、内部監査要領の3点を強く認識できる。</li> <li>・上記の3点は行政の姿勢として記憶に残る。</li> </ul>
デメリット	<ul style="list-style-type: none"> <li>・第2階層目に移動した要素のPDCA上の位置が不明瞭で、全体としてPDCAがうまく回らない</li> <li>・情報リンクが弱くなっている</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・第2階層目に移動した要素のPDCA上の位置が不明瞭で、全体としてPDCAがうまく回らない</li> <li>・EMSマニュアルから各要素の廉潔性が失われたために、緊急時のトラブルが予想される。特に研修と緊急時の対応のリンクが弱くなった</li> <li>・内部監査と監視測定とのリンクが弱くなった</li> </ul>
結果	<ul style="list-style-type: none"> <li>・PDCAサイクルが変化したことの意味がわかる者はいない。</li> <li>・環境報告書の内容は、市民にアピールしなかった強調点に関する記載がないので、この点をアピールする試みはうまくいっていない。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・市民はPDCAサイクルが変化したことよりもEMSマニュアルの各要素のリンクが弱まったデメリットの方が大きい</li> <li>・緊急事態発生時の行政の対応不備が発生する危険性が増した</li> <li>・4階層目から2階層目への要素の移動は行政と市民の間のメリット／デメリットの差となった</li> <li>・環境報告書は行政のアピールしたいことを市民にうまくアピールできない。内部監査結果も監視測定とのリンクが弱くなったので、十分に行われない危険性もある</li> </ul>

(出所)(西澤[2010]p.67)を参考に筆者作成

図表 4-1(a)の ISO14001 には 『4.4.7 緊急事態への準備及び対応』が存在するので、多くの自治体はこれにならってマニュアルを作成している。札幌市が『緊急事態への準備及び対応』を第4階層から2階層に独自に移動したことで、その重要性が強調され、市民の理解が深まることが期待される。ただし、構造的にはこれを生かし切れない部分も存在する。たとえば、『緊急事態への準備及び対応』が日々の訓練に関連する『力量、教育訓練及び自覚』とPDCAのポジションにおいて空間的な構造としてリンクしていない。『緊急事態への準備及び対応』と『力量、教育訓練及び自覚』が『緊急事態』という概念でリンクしていないのである。多人数で活動する組織であればこの状態でもエラーを予知したり防止したりできるが、少人数で活動する組織の場合には弱点となり得る。このような弱点をチェックする『内部監

査』は、データを取り扱うグループが同じではなくなるので、チェック機能が落ちる。行政にとっては、『力量、教育訓練及び自覚』と『緊急事態への準備及び対応』に焦点をあて、4階層目から2階層目にする意義を市民にアピールできているものの、PDCAのポジショニングが明確ではない。隣どうしで存在すべきである要素が『Do』という共通の場でリンクしていないのである。2階層目に移動したことでISO14001の基本形に比べてリンクが弱くなり、少人数の集団でのチェックを効率的に行うことができなくなった。たとえば、『力量、教育訓練及び自覚』が4階層目の『実施及運用』の下から新しく2階層目に移動したとすると、PDCAサイクルと連動した隣どうしの要素が可視化されず、階層構造による組織的な結びつきが弱くなる。『緊急事態への準備及び対応』も同様である。ここで、図表 4-9 において、『力量、教育訓練及び自覚』と『緊急事態への準備及び対応』が『実施及運用』の下から上流側に移動したために、存在すべき場所がなくなってしまったことに注意しなければならない。『内部監査』も『点検』の下から上流側に移動して同様の状況になった。この不明慮で曖昧な状況がPDCAの混乱を引き起こす。

札幌市のEMSマニュアルの階層構造をISO14001の標準構造と同じ構造にすると、『実施及運用』を起点として、『力量、教育訓練及び自覚』と『緊急事態への準備及び対応』とリンクできる。たとえば『力量、教育訓練及び自覚』と『緊急事態への準備及び対応』の下の階層に、さらに細かい要素を網羅して俯瞰する樹形図が作成できたとするならば、図表 2-8 で示したようなサポートラインを作成して、重要な要素どうしを関連付けることが可能となる。結果として第2章の図表 2-9 と図表 2-10 に示すエラーの原因を想起するような図を作ることができる。この図が出来て、4つの情報リンクでチェックすることで、たとえ少人数であったとしても効率的にエラーを予知できる。一方、多人数で活動する組織の場合、コストはかかるが、このようなエラーを想起するような図がなくても、多様な人員でカバーしあいながらエラー予知とその防止を実現できる。

図表 4-12 で、札幌市の試みは、市民にとって『力量、教育訓練及び自覚』、『緊急事態への準備及び対応』および『内部監査』を可視化できてこれらを理解できるメリットがあった。デメリットはこれら3つが4階層目から2階層目に移動したためにPDCAの位置が不明確になってしまった点である。

多人数で活動する場合には問題ないことでも、人員数が減少する場合には問題となる。これは行政の緊急トラブルへの対応への遅れを生じかねない。このように4階層目から2階層目への要素の移動は、行政のメリットと市民のメリットのアンバランスを引き起こす。行政

組織の人員数が少なくなれば、市民は『内部監査』と『点検』のチェックミスが発生する可能性が高まり『内部監査』の信頼性が揺らぐことになる。札幌市の ISO14001 の各要素の階層構造を変える努力は、前向きな行動と取ることが出来るが、変化の前後で近接する要素の関係性を失うことは、将来的に行政組織の人員数が減少する場合には大きな損失となる。行政組織の人員数が少人数であっても、たとえば、企業の場合と同様に、ミドルでつくった解析チームでこの影響をチェックすることは可能であろう。この場合のポイントは階層構造を作ったうえで可視化してそれをチェックすることである。共通の項目は高い階層に置き、隣り合う要素どうしは何らかの工夫でリンクする。札幌市では図表 4-9 の『内部監査』と『点検』の両者を認知できるようにサポートラインを作ることが望ましい。同様なことが『実施及運用と力量』、『教育訓練及び自覚』と『緊急事態への準備及び対応』にもいえる。

#### 第 4 項 階層構造の差異と原価計算

図表 4-9 に札幌市の EMS 階層構造を示し、ISO14001 の標準形から、どの程度差異が存在するかを示した。この札幌市の活動の費用対効果を把握すると、階層構造の標準との差異が及ぼす経済的影響が把握できる。既に図表 3-15 で示したように、サステナブル情報リンクモデルでは、Plan の段階で、原価計算の中の品質管理に関係するコストの一手法として、品質コストを導入する。しかし、多くの組織で、品質コストでは正確な測定が困難との理由で、間接費が無視される(伊藤[2001]p.58)。実際には、間接部門から多くの品質コストが発生している。今回の検討でも、階層構造の標準との差異の部分は、特に間接費に関わる部分であろう。『内部監査』と『点検』の両者を認知できるようにサポートラインを作り、『実施及運用と力量』、『教育訓練及び自覚』と『緊急事態への準備及び対応』の活動に対して品質コストを測定する。

この間接費の明確化の問題をサポートするシステムが ABM(Activity-Based Management)分析である。ABM 分析は、間接費の発生原因を明らかにし、これらを管理する場合にもっとも効果を発揮する。また、先端的な水道事業を行っているところでは、たとえば大阪市や福岡市では、既に ABM 分析を水道局事業活動のコスト解析に利用しており、この前例も存在することから、この ABM 分析の適用を検討して、活動の費用対効果を明らかにする。

ABM 分析は組織のコストを活動別に分類し、活動ごとの原価を把握する管理会計の手法で

ある。たとえば、福岡市の水道局では、水道局事業活動は以下の6項目になる。

①原水を得るための活動 ②浄水場で水をきれいにする活動 ③浄水場からお客様の蛇口まで水を届ける活動 ④メーターの維持管理を行う活動 ⑤メーターの検針、料金算定・徴収、窓口サービス等を行う活動 ⑥水道事業における全般的な管理事務を行う活動

これらの活動に着目して考察する。

札幌市の場合、人的要員の検討は重要な問題を含んでおり、EMSに関わる活動の費用対効果と原価計算の関係は重要な視点といえる。解析チームは、組織の階層構造の標準との差異を考慮しつつ、エラーの予知を行ってエラーの防止に努める。これが失敗コストの低減につながるならば、解析チームの活動の費用対効果を、経営管理者に認めさせられる。そのためには、解析チームの活動コストとそれによってなされたエラー防止のためのさまざまな対策コストを、組織が見積り、評価コスト、予防コスト、失敗コストとして算定する必要がある。たとえば、札幌市水道事業5年計画[2010-2014]によれば、団塊の世代の職員が大量に退職することや効率化による職員の減少などから、水道技術に関するノウハウを次世代の水道技術者に継承していかなければならない。この水道技術のノウハウは、先に挙げた6つの活動のいずれの部分にも深くかかわってくる。この継承のための内部研修時間は、2015年で年間13.1時間となっている。5年前の内部研修時間が11.5時間であるので、増加しているものの、技術革新などの対応も業務に反映させていくことを考慮すると、一層の拡充が望まれる。

また、札幌市では、この退職者問題のピークを迎えるなかで、効率的かつスリムな組織を図り、配水管理事務所及び料金センターの体制を現行の8拠点から3拠点3支所に集約する計画がある。さらに、1999年に開設した電話受付センターは機能を拡充しつつあり、電話・ファクシミリ・インターネットによる転出・転入届出の受付を年中無休で行うとともに、急な水道の故障や道路からの水漏れなどの、緊急時対応を24時間体制にするなど、人的な拡充も推し進めている。

札幌市をはじめ多くの自治体が、このように多岐にわたる人的な活動の原価をABM分析で可視化して、EMSに関わる活動の費用対効果を明確にするであろうし、今後、一層の重要度を増してくると考えられる。ABM分析では、活動別のコストを集計することで、どの活動を行うのにいくらかかったかというコストの発生原因を明確化できる。日常の業務および活動状況を定量化し、業務構造を可視化する。通常目にはみえない人件費を業務別・活動時間(日数)と人件費単価から給水原価を計算し、どの活動が本当に価値を生むのか、その活動は効率的であるのか解析が可能となる。

## 第2節 設備保全を中心とした危険予知(シミュレーション)

### 第1項 階層構造

具体的に設備保全を中心とした階層構造と情報リンクの連動の有効性を考察する。今回の事例は、品質、安全、環境すべての項目に関係が生じてくる事例で、その意味でサステナブル情報リンクモデルの具体例を明示することになる。品質に関しては、危険物の流出によって操業が停止する危険性が生じ、これを契機として品質に大きな影響が生じる危険性もある。安全に関しては、危険物の流出で作業員が被災する危険性が存在する。環境に関しては、危険物が河川に流出し、環境問題を引き起こす危険性が存在する。

既に図表 4-9 に札幌市の EMS マニュアルを示した。第4階層目の『力量、教育訓練及び自覚』、『目的及び目標及び実施計画』、『法的及びその他の要求事項』、『緊急事態への準備及び対応』、『資源、役割、責任及び権限』、『内部監査』の6つの項目が第2階層目に移動して強調されている。

図表 4-1 の ISO14001 の階層構造に照らすと、これらの6つの項目はもともと『計画』、『実施及運用』、『点検』の下に位置していた項目である。札幌市はこれらの6つの項目を重要な項目として取り扱っている。

札幌市では行政と市民とのメリットとデメリットが異なっており、地震などの環境アクシデントが発生した場合には市民の側のデメリットは大幅に増す。

緊急事態への準備及び対応を第4階層目から第2階層目に移動させたことは、第2章第3節第2項で述べたように高い階層の方がより伝達しやすいという理論に照らせばよい判断であったといえるであろう。隣接する要素もよく伝達する。しかし、図表 4-12 に示したように整合性が取れていない。PDCA の図の中でいくつかの重要な要素が PDCA のしかるべき場所に置かれていないので、PDCA がうまく回らず、情報リンクもよくない。

札幌市の EMS マニュアルは、『4.目標の管理』の下の階層に『4.1.計画』、『4.2.実施及運用』が存在したはずであるが、これらの要素は第4階層目から第2階層目に移動してしまった。従って、『4.1.計画』の下に存在したはずの、『法的及びその他の要求事項』と『目的及び目標及び実施計画』は、このグループとして相互につながる機会がなくなった。同様に、『4.2.実施及運用』の下に存在したはずの、『資源、役割、責任及び権限』、『力量、教育訓練及び自覚』、『緊急事態への準備及び対応』も、グループとして相互につながる機会がなくなった。本来であれば、『資源、役割、責任および権限』、『力量、教育訓練及び自覚』、『緊急事態への準備及び対応』の3つの項目を相互に補完しあいながら検討できた。

これが補完しにくくなった。

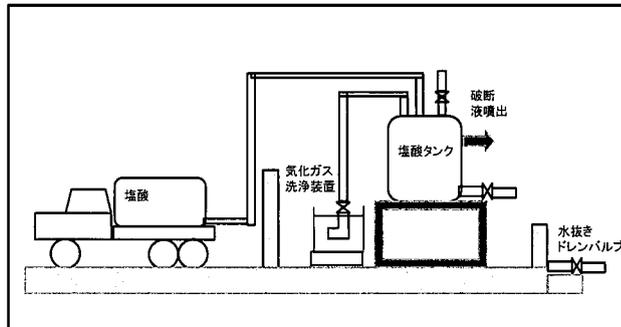
## 第2項 設備保全を中心とした塩酸タンクの危険予知

このように標準との差異が生じた階層構造でどのような危険が生じるかをシミュレーションで予知してみる。

### (1)シナリオ

- ・塩廃棄物処理設備に設置されている 10kL の塩酸タンクはガラス繊維強化プラスチック製で、設置後 5 年が経過していた。
- ・設置後 2 年で上部開口部から塩酸漏れが生じて、いったん運転を停止し、漏洩防止のために、タンクの排気口に気化ガス洗浄装置を設置した。この後、運転再開。
- ・防液堤内に水抜きドレンバルブが設置されており、通常、雨水がたまった際にバルブを開け排水していた。4 月 4 日、大雨が降り、ドレンバルブを開いて閉じるのを忘れた。定期パトロール時にも点検を実施しなかった。
- ・4 月 5 日、午後 3 時半、塩廃棄物処理設備に設置されている 10kL の塩酸タンク周辺を運転作業員が定期パトロールを実施した。タンクの 2/3 の高さに亀裂らしきものを発見したため、設備担当者にこの旨を連絡し、設備担当者が点検することを確認した。
- ・4 月 6 日、設備担当者が塩酸タンクの上部の点検を実施する手はずを進めていた。設備担当者が別件で午後から出張することになったが、その時点で塩酸の使用予定量と残量のバランスから、オペレーターサイドで残量が少ないということがわかった。この相談をオペレーターから受けた別の設備担当者が急遽、タンク上部の点検の予定を変えて、塩酸ローリーを手配して塩酸タンクに塩酸を送液した。
- ・上記のシナリオの場合、あくまでも EMS マニュアルに関しての弱点部位とこれに関連する札幌市の危険部位を洗い出すことに重点を置いた。EMS と直接関係のない事項は取り上げない。一連の作業を図表 4-13 に示した。

図表 4-13 シミュレーション：塩酸タンク破断の危険予知



(出所)シナリオに基づき筆者作成

## (2)異常の危険予知

ローリー車から塩酸を移送する場合、タンクへの液の導入とともに圧力を抜く仕組みがうまく作動しなければ、タンク内が加圧状態になり、鉄製タンクに比べて強度が弱い繊維強化プラスチック製のタンクは破断してしまう。4月5日、午後3時半にパトロール員がタンクに亀裂らしきものを確認した時点で、これがこの前兆でなかったかがポイントとなる。設置後2年で上部開口部から塩酸漏れが生じているので、この部分の不具合がなかったかどうか。タンクが加圧状態になってしまうトラブルに関して過去の知見を調べたかどうか。このタンクに関しての過去のトラブルだけではなく、類似タンクに関する検索をかけたかどうか。この亀裂らしきものを手配したが、途中で変更して、先に塩酸をタンクに充填する作業を優先させた。この判断がマニュアル通りであったかどうか。万一タンクが破損した場合の安全措置(例えば周辺の状況確認や防液堤の不備がないかどうか)の確認を実施したかどうか。防液堤を乗り越えて塩酸が漏洩すると、河川が近傍に存在するので、河川汚染につながりかねない。

## (3)危険部位

札幌市のEMSマニュアルの弱点課所は、第4階層目の『力量、教育訓練及び自覚』、『目的及び目標及び実施計画』、『法的及びその他の要求事項』、『緊急事態への準備及び対応』、『資源、役割、責任及び権限』、『内部監査』の6つの項目が第2階層目に移動して強調されていることである。

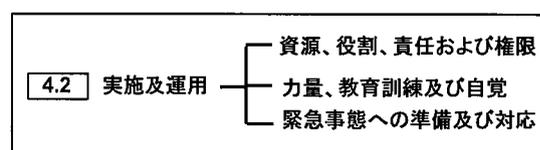
札幌市のEMSマニュアルの場合、『4.1.計画』のうちの2項目全部が4階層目から2階

層目へ移動してしまい、『4.1.計画』に関しては2項目が相互に補完しあえる状況にない。同様のことが『4.2.実施及び運用』に関してもいえる。3つの項目がこのブロックから出てしまって2階層目に移動してしまったために、相互に3項目が補完しあえなくなってしまう。本来であれば、『資源、役割、責任および権限』、『力量、教育訓練及び自覚』、『緊急事態への準備及び対応』の3つの項目を相互に補完しあいながら検討できる。これが階層化構造の重要な点となる。最初に階層構造の重要な部分を決めなければ、後でこの階層のままでは十分な解析チームのグループ討議ができないことになる。危険予知をする場合、4つの情報リンクに照らして検討する。

サステナブル情報リンクでは、Plan部分で階層設計および品質コスト&ロス可視化を検討する。この場合、まず、Planの部分で階層設計の一環として、弱点化した4階層目の『資源、役割、責任および権限』、『力量、教育訓練及び自覚』、『緊急事態への準備及び対応』の3つの項目を相互に補完しあいながら検討する必要がある。ここをひとつのブロックとして考えると、近接性の利点を活かして活動の適正化につなげることが出来る。

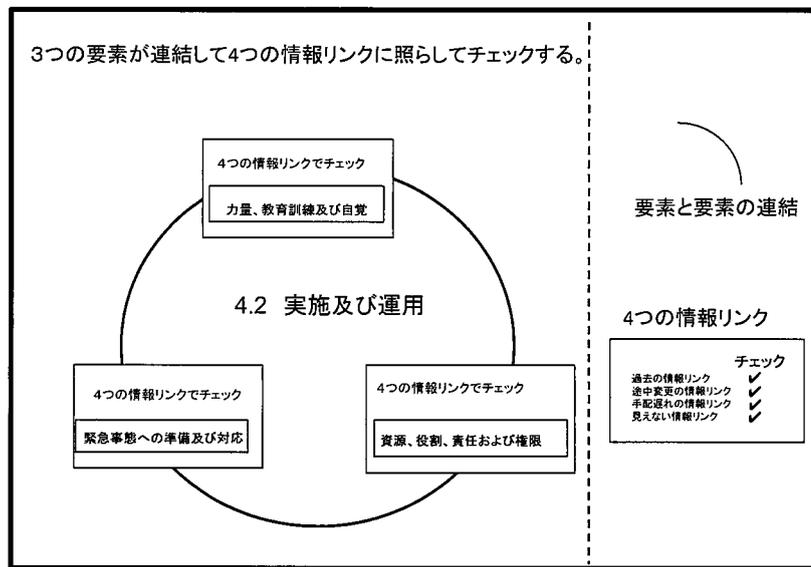
これを示すイメージ図を図表 4-14 及び図表 4-15 に示す。

図表 4-14 シミュレーション：階層構造のチェック



(出所)シナリオに基づき筆者作成

図表 4-15 シミュレーション：危険予知の場合の階層構造と情報リンクの関係



(出所)シナリオに基づき筆者作成

まず、階層構造が ISO14001 に準拠している場合、『4.2.実施及び運用』の下に配置されている 3 要素(『資源、役割、責任および権限』、『力量、教育訓練及び自覚』、『緊急事態への準備及び対応』)を 4 つの情報リンク (過去の情報リンク、途中変更の情報リンク、手配遅れの情報リンク、見えない情報リンク)に照らしてチェックする。この場合、3つの要素の不具合を摘出するだけでなく、この3つの要素の有機的なつながりもチェックする必要がある。この各要素の有機的なつながりを持たせるために、階層構造が明確なかたちで設計されていないといけない。図表 4-14 は階層構造化された 3 要素を示し、図表 4-15 に階層構造でつながりを持たせた要素の情報リンクでのチェック状況を示した。

例えば、『緊急事態への準備及び対応』と『力量、教育訓練及び自覚』とをつながりを持たせた場合、以下の項目に意味が出てくる。

#### (4)緊急事態への準備及び対応

(4-1)想定する緊急事態

(4-2)緊急事態時の教育訓練

(4-3)灯油、重油、軽油、塩酸、硫酸、苛性ソーダなどの貯蔵タンクからの漏洩

(4-4)危険物質、有害物質の使用または保管による漏洩

(4-5)緊急事態対応手順書の整備と置き場所の明確化

(4-6)緊急事態対応手順書の定期的なテストの実施

(5)力量、教育訓練及び自覚

(5-1)職員環境研修

- ・業務の環境に与える配慮

(5-2)特定業務研修

- ・毒物・劇物・危険物の取り扱い

(5-3)EMS 研修

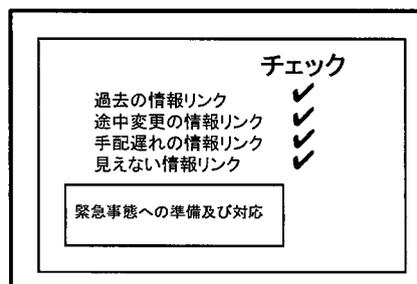
- ・環境マネジメントの理解を深める研修

(6)情報のリンクの重要性

(4)『緊急事態への準備及び対応』では、要素(4-1)は、緊急事態の想定をするもので、特に組織の能力向上が重要となるので、(5)『力量、教育訓練及び自覚』での(5-1)、(5-2)、(5-3)がつながりを持つ。同様に、要素(4-2)、(4-3)は、特定業務であるので、(5-2)とつながりを持ち、(4-4)、(4-5)、(4-6)は、環境対応能力に関連するので、(5-1)と(5-3)につながりを持つ。

このように要素と要素の間でつながりを持つことで単一の要素を4つの情報リンクでチェックするよりも多くの関連性をチェックできる。図表4-16にこのような階層構造を持たずに単一の要素だけをチェックした場合を示した。多岐にわたる危険を抽出できない。

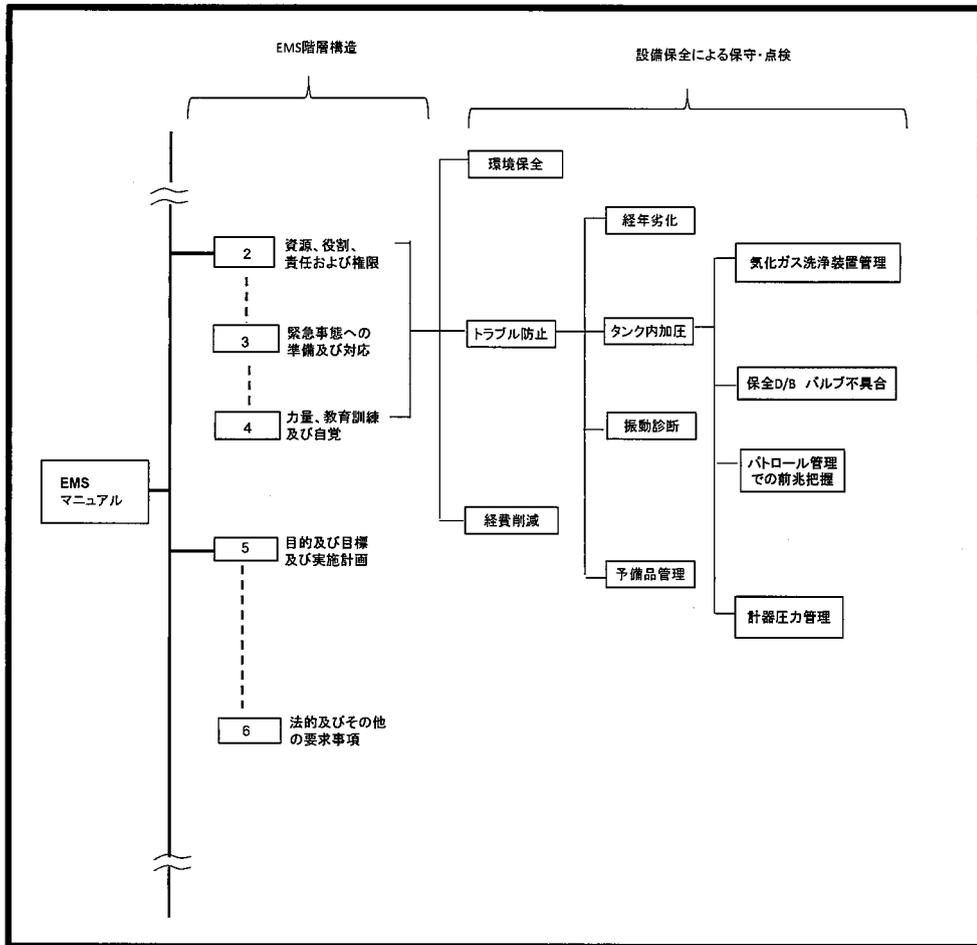
図表 4-16 シミュレーション：階層化していない場合の危険予知のイメージ図



(出所)シナリオに基づき筆者作成

このように、組織が実施している活動を効果的に階層構造化することは、4つの情報リンクでチェックする場合に相互の要素のつながりを見る上で重要となる。小集団活動の場合、いくら優れたメンバーが集まってグループワークを展開しても、活動が効果的に階層構造化していなければ多岐にわたる活動を網羅した取り組みにはなりにくい。この場合の効果的な活動の階層構造化とは、本章の EMS マニュアルの階層構造で検討したように、高次の階層と低次の階層が相互の関連性を失うことなく結びつき、同じブロックに存在する要素どうしも相互の関連性を失わないことが重要となる。理想的には図表 4-15 に示したように、関連するブロックがより高次の項目で関連性を持ち、この関連性で相互のつながりを見ながら 4つの情報リンクでチェックできる仕組みを作ることが望ましい。これらの関連性を明確化した上で PDCA サイクルをどう回していくかを検討した結果を図表 4-17 及び図表 4-18 に示す。

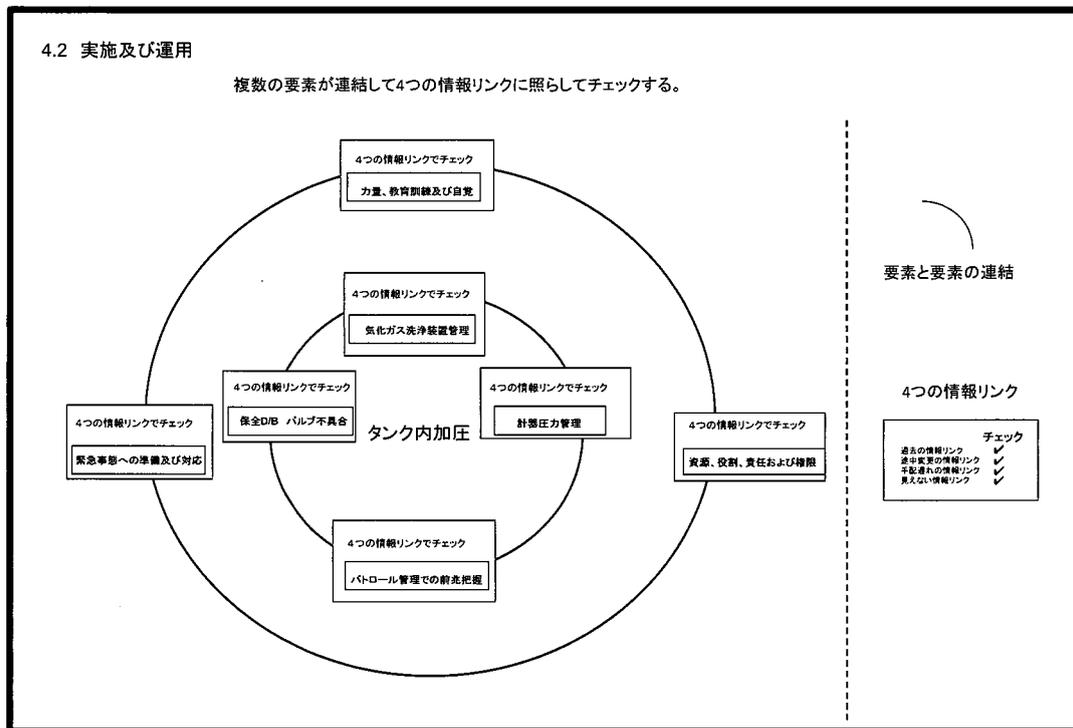
図表 4-17 シミュレーション：対象の活動の階層構造



(出所)シナリオに基づき筆者作成

図表 4-17 が EMS 階層構造の部分と設備保全による保守・点検の部分に分けられるとすると、EMS 階層構造の、より上位の階層が、図表 4-18 の外側の円に相当し、図表 4-17 の設備保全による保守・点検の中のタンク内加圧が図表 4-18 の内側の円に相当する。すなわち高次の階層と低次の階層が相互の関係性を持続したまま結びついてチェックできる。

図表 4-18 シミュレーション：危険予知の場合の二重円構造



- ・ 外側の円：工場の運営の全体的な部分の設計として EMS マニュアルについての検討。力量、教育訓練及び自覚、緊急事態への準備及び対応、資源、役割、責任及び権限の 3 項目に対して、相互の関連をみながら 4 つの情報リンクでチェックする。
- ・ 内側の円：ひとつの工程（塩酸タンク）の設計としてタンク内加圧についての検討。気化ガス洗浄装置管理、保安 D/B バルブ不具合、パトロール管理での前兆把握、計器圧力管理の 4 項目に対して、相互の関連をみながら 4 つの情報リンクでチェックする。
- ・ 内側の円の検討結果は外側の円に影響を及ぼす。

(出所)シナリオに基づき筆者作成

マニュアルに従って危険部位の洗い出しをする場合には、『4.2.実施及び運用』の下に配置されている 3 要素(『資源、役割、責任および権限』、『力量、教育訓練、及び自覚』、『緊急事態への準備及び対応』)を 4 つの情報リンク(過去の情報リンク、途中変更のリンク、手配遅れのリンク、見えないリンク)に照らしてチェックする。3 要素を有機的につなげながらチェックすると効果的である。特に今回の場合は、設備保全の観点からのチェックを実施することになるので、さらにこのサイクルの中に、タンク内加圧を生じさせる原因のチェックをもうけた。4 つの情報リンク (過去の情報リンク、途中変更のリンク、手配遅れのリンク、見えないリンク)に照らしてチェックする。気化ガス洗浄装

置管理、保全 D/B、バルブ不具合、パトロール管理での前兆把握、計器圧力管理の項目についてチェックする。気化ガス洗浄装置管理に関しては、たとえば保全カレンダーを作成し、定期的にこの点検を実施するとともに、4 つの情報リンクで日常点検の項目に織り込む必要がある。保全 D/B、バルブ不具合については、塩酸タンク周辺のバルブに関しては重要機器との認識を持って定期的な交換を実施する必要がある。パトロール管理での前兆把握では、タンク内が加圧状態になっていないかの点検が必要である。機器圧力管理ではオペレーター室で管理することができる機器の作動チェックのマニュアル整備と実践・教育が必要となる。

#### (7)危険予知の実施

この範囲で危険予知を実施すると以下のような予知結果が得られる。

(7-1)過去の事例を調べてみると、繊維強化プラスチックの破断事故は、気化ガス洗浄装置が詰まることで生じるケースがあった。塩酸から生じる塩素ガスが気化洗浄装置の中の苛性ソーダと反応し NaCl の結晶を作り、排気口を詰まらせる。ここが詰まると塩酸を充填する際にタンク内が加圧になり破損する。これは札幌市全体のデータベースから検索すれば検索できたはずであるが、これを実施しなかった(過去の情報リンク)。

(7-2)設備担当者はパトロール作業員からの連絡を受けて、塩酸タンクの亀裂の有無を検査しようとしたが、実施しなかった(手配遅れのリンク)。

(7-3)設備担当者は、タンク内の塩酸が減少したため、予定をかえて先にタンクへの塩酸の充填を実施した(途中変更のリンク)。

(7-4)気化ガス洗浄装置の不具合で塩酸タンクが加圧状態になることがわからなかった(見えないリンク)。

#### (8)EMS マニュアルから見た改善案

塩酸タンク破断事故は EMS マニュアルでの『緊急事態への準備及び対応』での緊急時に発生すると想定される環境影響と位置付けられる。タンク破断事故を想定した体制、対応策、予防・緩和策、情報伝達の方法の整備が改善案の指針を示す。タンクからの塩酸の漏えいの問題についても、マニュアルの改善によって指針を示すことが可能である。このそれぞれの要素に対して、過去の情報リンク、途中変更の情報リン

ク、手配遅れの情報リンク、見えないリンクの4つの情報リンクでチェックする。視点として、加圧トラブル(過去の情報リンク)、タンク亀裂の点検の遅れ(手配遅れのリンク)、塩酸の充填(途中変更のリンク)、気化ガス洗浄装置の不具合(見えないリンク)は予知できるかもしれない。しかし、いくら計画案ができたとしても、それを実際に実行するのが組織である以上、具体的な訓練やテストなどとリンクしなければ具体的な改善とはなりにくい。ここに4階層目から2階層目に要素を移動したことによって、同じブロックで4つの情報リンクで検討できないデメリットが生じる。

#### (9)サステナブル情報リンクモデルでのメリット

サステナブル情報リンクモデルでは、Planの部分に階層設計を設置した。これによって事前に行政は活動の階層構造を計画段階で設計することが可能となる。鈴木[2013]によれば、災害対策における4つの段階の第一段階は災害予防(Mitigation)で、災害による人命や財産に対する脅威を除去または軽減する対策が重要となる。建物、什器・備品などの危険性、危険物などによる脅威などを対象とした対策となる。その効果は対策を講じることにより持続する。建物の耐震補強、耐震岸壁等の構造物の耐震化、建物や橋梁の免震化のような大型のハード対策から、家具の転倒防止のような簡易なハード対策まで、災害予防に含まれる。

自治体及び個人は、災害対策の第一段階で必要となるハード的な対策を実施する必要がある。サステナブル情報リンクモデルでは、Planの部分で品質コストを設置した。自治体の活動に関していえば、計画段階において、建物の耐震補強、耐震岸壁等の構造物の耐震化、建物や橋梁の免震化のような大型のハード対策や市民への補助金などに関しても応用可能であると考えられる。

サステナブル情報リンクモデルでは、Doの部分で、情報リンクチェック、階層チェック、品質コストチェックとなっていて、災害を想定した訓練などで情報リンクに照らしたチェックと階層構造のチェックを実施しつつ、計画されたハード面での対策のコスト視点でのチェックを実施することが重要である。チェックされた情報リンク、階層、品質コストはCheckの部分で経済性を含めて効果を確認され、Actionの部分で改善される。

以上述べてきたようにサステナブル情報リンクモデルは自治体をイメージし場合でも、一般企業の場合と同様に応用できることが期待できる。

### 第3項 EMS活動の次の展開

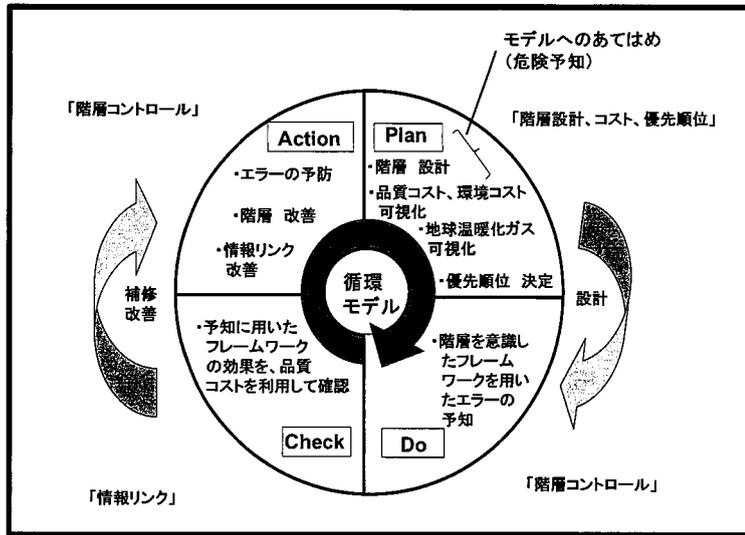
『緊急事態への準備及び対応』を第4階層から第2階層に移動させた札幌市の取り組みは、より上位の階層の方が知識を伝承しやすいので良い取り組みといえる。しかし、4階層目に存在すべき『緊急事態への準備及び対応』と『力量、教育訓練及び自覚』とがこれらとリンクしている3階層目に存在すべきである『実施及運用』にリンクしていないうえに、PDCAサイクルでの位置取りも明確ではないのである。PDCAサイクルの位置取りが不明確であるためのデメリットとして、チェック部分の弱体化が存在する。『緊急事態への準備及び対応』と『力量、教育訓練及び自覚』は4階層目から2階層目に移動しているが、これはPDCAサイクルを示す図表4-12の点検(内部監査)とマネジメントレビューのスリットの間に移動してしまうことに相当してしまう。このスリットの位置関係が不明確なのである。

『内部監査』も同様の状況にある。4階層目に存在すべき『内部監査』は、リンクしているべきである上位の3階層目の点検とリンクしていない。『内部監査』が図表4-12の点検(内部監査)とマネジメントレビューのスリットの間に移動してしまうことに相当してしまう。

### 第4項 階層構造の重要性とモデルの確認

以上、述べてきたことを再確認すると、階層構造が標準と差異があって、不足部分などがあると、組織の活動が円滑に機能できなくなる。サステナブル情報リンクモデルを適用する場合、対象の階層構造を解析し、その活動の階層構造に標準との差異や不足部分がないかを検討することは重要である。それは危険予知を実施することにつながる。そこでサステナブル情報リンクモデルは図表4-19のように示される。

図表 4-19 シミュレーション：モデルのあてはめ（危険予知を含む）



(出所)シナリオに基づき筆者作成

このようなモデルを使用してエラーの予知を実施する。次章でこの取り組みをサプライチェーンマネジメントにあてはめた場合について考察する。

## 小括

本章は階層構造の不具合がどのように組織のリスクに関係するかを具体例で確認した。ISO14001 の階層構造を解析し、一般企業、地方自治体の EMS マニュアルの階層構造を解析した。この解析を進める中で、特徴的な構造を持つ札幌市に焦点をあて、EMS マニュアルの解析を実施した。この解析結果をベースに、札幌市の EMS マニュアルの弱点部位を明確化した。札幌市の EMS マニュアルでは、本来、4 階層目にあった要素が、横とのつながりを持ちながら活動するものであったが、これらが 2 階層目に移動したことで、相互の関連が弱くなった。PDCA サイクルと連動した、隣どうしの要素が可視化されず、階層構造による結びつきも弱くなった。多人数でエラー防止活動を行う組織であれば、このような弱点はカバーしあうことができる。しかし、少人数でエラー防止の活動を実施する組織の場合、この弱点が問題となってくる。

さらに、サステナブル情報リンクモデルを用いて、PDCA サイクルでのチェックを行い、塩酸貯槽での漏えいトラブルの深堀をシナリオに沿って実施した。塩廃棄物処理設備に設置されている塩酸タンクに、異常個所が見つかったとのシナリオで、このタンクの危険予知を実施し、体制、対応策、予防・緩和策、情報伝達の方法の整備などの改善案の指針となる。これによって階層構造に不具合もしくは標準の状態との差異が存在するとエラーの原因が不明確になり、4 つの情報リンクでも原因を特定できない場合が考えられることがわかった。サステナブル情報リンクを用いた少人数でのエラー防止活動を有効に行うためには、組織の活動を適正に階層構造化することが有効である。

---

<sup>1</sup>自治体の環境マネジメントシステムは、多くのものが公表されている。政令指定都市の環境マネジメントシステムに関する詳細な URL は、本論文巻末の URL を参照のこと。

<sup>2</sup>一般企業では多くの場合、EMS マニュアルは ISO14001 と同じ構造になっている。

<sup>3</sup>自治体の EMS マニュアルは多種多様である。またいったん ISO14001 を取得した後、これを取り下げる組織も出てきており、その場合はさらに変化に富んだ EMS マニュアルとなる。

<sup>4</sup>階層構造に従った減災の考え方：付論Ⅱに示した。

## 第5章 結論と課題

### 本章の目的

これまでの章ではサステナブル情報リンクモデルのフレームワークを明確にして、モデルの経済性に関する手法を検討し、品質コストがモデルに長期維持するための意思決定情報を与える可能性が存在することを示した。さらに、小集団活動を実施していく上で、階層構造の不具合がどのように組織のリスクに関係するかを具体例で確認し、実際の活動へ展開し危険予知を実施した。これによって、階層構造に不具合もしくは標準の状態との差異が存在すると、小集団活動を実施する際にエラーの原因が不明確になり、4つの情報リンクでも原因を特定できない場合が考えられる。サステナブル情報リンクモデルを用いた少集団でのエラー防止活動を有効に行うためには、組織の活動を階層構造化することが有効である。

本章ではサステナブル情報リンクモデルに関する結論と今後の課題を明確にする。

### 第1節 結論

日本の装置産業では、事故、トラブル、不具合などのエラーが増加傾向にあり、エラーを起こした際に企業が受ける直接的・間接的な影響も大きくなる傾向にある。一方、国内生産の海外移転、非正規社員の増加、メンテナンスのアウトソーシングなどに代表されるように、装置産業を取りまく環境が変化の中でエラーを効率的に防ぐ新たな設備保全活動が求められている。

本論文の目的は、近年、日本の装置産業で増加傾向にあるエラーに焦点を当て、品質、安全、環境保全の視点からエラーを効率的に防止するためのマネジメントモデルを構築することである。具体的には、設備保全活動を階層化し、その個別活動間に存在するエラーのリスクを情報リンクによって明らかにするサステナブル情報リンクモデルを構築し、同モデルの有効性を事例研究に基づいて確認する。

序章では、本論文の分析視点、先行研究の到達点、研究課題、研究方法、論文構成について述べられており、本論文の目的が、人的資源の制約が進む中で、経済性を高めながら、品質、安全、環境保全のエラーを防止する仕組みを作り、維持・管理していくためのマネジメントモデルの構築にあることを明らかにしている。

第1章では、本論文が提示する設備管理モデルが必要とされる背景を明らかにする。まず、日本の製造業が直面するエラー増加の問題について概観した上で、その原因として、国内生

産から海外生産に生産形態がシフトしていく中で、国内工場の設備管理において、担当者が多くの業務を兼任していること、担当者間で経験や知識の伝承がスムーズに行われていないことなどを指摘している。次に、本論文が対象としている日本企業の設備保全活動（TPM：Total Productive Maintenance）の発展の経緯を TQC（Total Quality Control）、TQM（Total Quality Management）と対応させながら分析している。ここでは、TPM、TQC、TQM がいずれも全員参加型の活動として発展してきたのに対し、近年、固定費削減などの理由から、特に、TPM 活動が全員参加型で実施することが難しくなるケースが生じていることを指摘する。さらに、これらの状況を踏まえて、活動人員が減少もしくは変化した時にも対応することができる小集団型設備保全活動モデルの構想が提示されている。ただし、小集団型設備保全活動モデルでは、小集団活動の適正人員数を設定する必要があることから、同モデルには、活動の経済性を分析することの重要性が指摘されている。

第2章では、第1章で構想された小集団型設備保全活動モデルを具体的な設備管理保全ツールとしての展開したサステナブル情報リンクモデルを提示する。まず、従来の設備保全活動で中心的に扱われてきた品質、安全に、今後、重要度が大きくなることが予想される環境を加えた3つの領域をエラー分析の対象として設定する。次に、エラーを発生させる10の原因（無知、不注意、手順の不遵守、誤判断、調査・検討の不足、環境変化への対応不良、企画不良、価値観不良、組織運営不良、未知）をエラー防止ツールである4つの情報リンク（過去の情報リンク、見えないリンク、途中変更のリンク、手配遅れのリンク）と対応させて、情報リンクに基づくエラーチェックのためのフレームワークを提示する。このフレームワークは単にエラー自体の原因分析を行うだけでなく、組織的な設備保全活動への適用が想定されており、そのためには、階層構造を用いた設備保全活動の可視化が行われる。階層構造では、特定の活動の下の階層に、当該活動を実現するための解決策となる活動が配置される。たとえば、安定生産の下の階層には、これを実現するための活動として、生産管理、設備、品質、環境保全、安全などが配置される。

本論文の設備保全活動では、Plan で 品質、安全、環境を管理項目としたエラー解析を計画した後に、Do で上記の保全活動の階層構造と情報リンクに基づいてエラーを洗い出し、Check でエラー原因の分析、情報リンクとび階層構造の有効性の確認を行い、Action でこれらの改善を行う一連のPDCA サイクルモデルをサステナブル情報リンクモデルと呼び、小集団型の新たな設備保全モデルとして提示する。同モデルの基本的なフレームワークは、企業インタビュー、原子力発電所事故のケーススタディを通じた実践的な有効性が確認されて

いる。

第3章では、サステナブル情報リンクモデルに組み込まれている経済性分析の仕組みを明らかにする。小集団活動を前提とする同モデルでは、小集団の規模、情報リンクによるチェックレベル、改善レベルなどを決定していく際に、経済性を確認する必要がある。ここでは、経済性を把握するツールとして品質原価計算をサステナブル情報リンクモデルに導入することが提案されている。すなわち、設備保全活動に係る費用を品質コスト、発生するエラーを内部失敗コスト、外部失敗コストおよびこれらの増減として捉えることで、設備保全費用とこれらによって削減されるエラーとの関係の見える化し、設備保全活動の経済性の分析方法を明示する。具体的には、一般企業L社の事例を取り上げて、品質コストである予防コスト及び評価コストとして人件費を配賦し、内部失敗コストとして工程内のロス製品の原価（材料費、加工費、製造間接費）、外部失敗コストとしてリコール費用を計上して、設備保全活動の経済性の分析が行われている。このケーススタディを通して、経済性分析を組み込んだサステナブル情報リンクモデルの実践的な適用方法が詳らかにされる。

第4章では、サステナブル情報リンクモデルと階層構造の関係性について分析する。同モデルは小集団で実施されることから、階層構造がその効率や効果を大きく左右する。そこで、標準的な階層構造と個別階層構造の違いがサステナブル情報リンクや実際の保全活動に及ぼす影響を明らかにするために、階層構造の基本形がISO14001によって規定され、個別の保全活動の階層構造が公表されている自治体のEMS（Environmental Management System）マニュアル（以下、EMSマニュアル）を分析対象とする。

ここでは、まず、静岡市、東京都、札幌市のEMSマニュアルの階層構造の分析が行われる。各自治体のEMSマニュアルの階層構造は、それぞれの政策に応じて修正が行われている。たとえば、札幌市はISO14001の階層構造のうち6つの要素が第4階層から第2階層に移動し、より高い重要性が与えられている。ただし、階層構造上では、EMSのPDCAサイクルにゆがみが生じることから、小集団活動によるサステナブル情報リンクモデルを適用する際には、エラーにつながる活動間の関係性が見落とされる可能性がある。

次に、こうした危険性を明確にするために、札幌市のEMSマニュアルとISO14001の差異に着目して、サステナブル情報リンクモデルを用いて塩酸タンクの塩酸漏えいトラブルの危険性をシミュレーションし、階層構造に関係性が弱くなっている箇所が存在する場合には、小集団のサステナブル情報リンクモデルでは原因を特定できないかコストが大きくなってしまふ可能性があることが示されている。

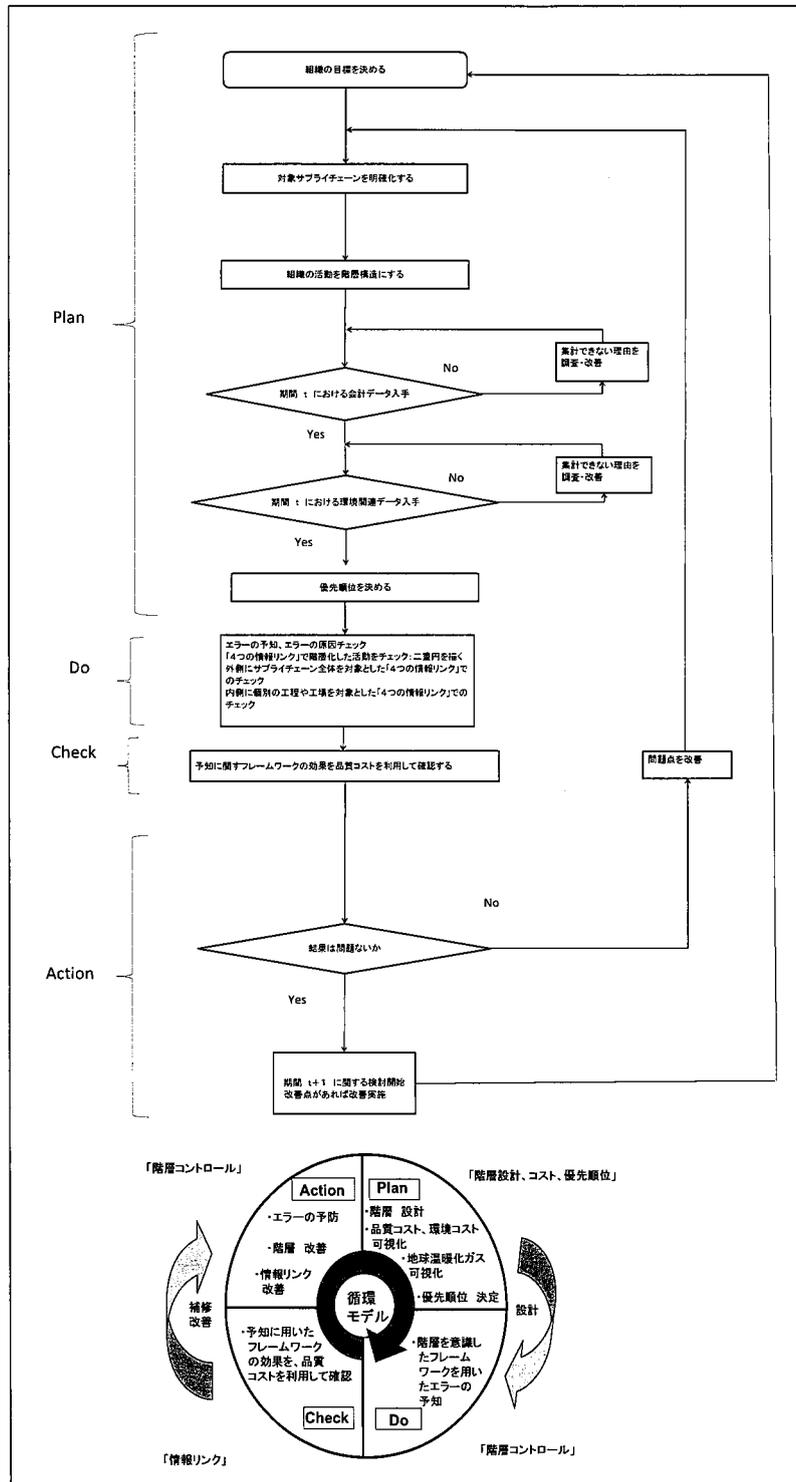
## 第2節 さらになるモデルの展開

### 第1項 モデルの運用におけるフローチャート

これまで述べてきたサステナブル情報リンクモデルを作成するにあたり、本論文の第3章までは既存の組織活動に応用する展開を考えてきた。組織の活動を階層化して、それぞれのブロックとその下層の活動の位置関係に注意しながら、4つの情報リンクでそれらを小集団活動でチェックする。この場合、組織の活動の階層化は、PDCAのPlanで実施するような構造とした。この活動の階層構造を明らかにすることで、より効率的に組織活動を運営できる。既に第3章で述べたように、設備保全活動を例にとれば、設備保全活動が品質管理活動と並列に存在するのか、それとも、品質管理活動の下層に位置するのかが重要となる。明確なルールがないのならば、それを可視化することは、既存の階層構造を可視化することに通じる。可視化されていない組織の階層構造を可視化する。

図表5-1にサステナブル情報リンクモデルのフローチャートを示した。フローチャートによれば、解析チームはPlanで方針を決めて方針を展開し活動の階層化を実施する。期間tにおける環境関連データを入手し、これが集計できない場合には、理由を調査・改善する。さらに期間tにおける会計データを入手する。これが集計できない場合には、理由を調査・改善する。解析チームはDoで階層を意識したエラーの予知を実施する。5名程度の人員が5日程度の期間で最も力を投入するのがポイントである。効率的なチェックのための、活動を階層化したものを対象に、4つの情報リンクに照らしてエラーの洗い出しを実施する。このフレームワークを作り、エラーを未然に洗い出す。Checkで上記のフレームワーク自体の有効性を品質コストなどを用いて検証する。活動の階層構造や情報リンクに係るフレームワーク自体が良くないと、モデルは有効に機能しない。Actionでエラーの原因を排除し、フレームワーク中の階層構造や情報の内容を改善し、マネジメントレビューしてPlanに循環する。

図表 5-1 サステナブル情報リンクモデルのフローチャートと PDCA



(出所)筆者作成

## 第2項 サプライチェーンマネジメントへの応用

上述のフローチャートによれば、これまでの本論文の事例に基づく検討内容は、以下のようによまとめられる。

### (1)設備のスケーリングなどの不具合(第2章第2節第1項)

- ・組織の目標：設備のスケーリングを低減させて安定生産し利益を出すこと。
- ・階層構造：スケーリングを生じさせる項目を階層構造化。
- ・階層と4つの情報リンク：エントレメントと流量管理の関係性を検討事項に入れながら、4つの情報リンクに照らしてチェック。
- ・二重円構造：このケースは二重円ではなくひとつの円。
- ・サプライチェーン：対象サプライチェーンは工場単体。
- ・期間tにおける会計、環境データ：会計データなし、環境データなし。
- ・期間t+1での会計データ、環境データ：会計データなし、環境データなし。

### (2)美浜原子力発電所のトラブル(第2章第5節第3項)

- ・組織の目標：設備を安定運転させて利益を出すこと。
- ・階層構造：安全と設備の項目を階層構造化。
- ・階層と4つの情報リンク：安全と設備の関係性を検討事項に入れて、4つの情報リンクに照らしてチェック。
- ・二重円構造：このケースは二重円ではなくひとつの円。
- ・サプライチェーン：対象サプライチェーンは工場単体。
- ・期間tにおける会計、環境データ：会計データなし、環境データなし。
- ・期間t+1での会計データ、環境データ：会計データなし、環境データなし。

### (3)L社の成功事例(第2章第5節第1項および第3章第1節第2項)

- ・組織の目標：設備を安定運転させて利益を出すこと。
- ・階層構造：安全と設備の項目を階層構造化。
- ・階層と4つの情報リンク：設備と品質の関係性を検討事項に入れて、4つの情報リンクに照らしてチェック。

- ・二重円構造：このケースは二重円ではなくひとつの円。
- ・サプライチェーン：対象サプライチェーンは工場単体。
- ・期間  $t$  における会計、環境データ：粗いが会計データあり、環境データなし。
- ・期間  $t+1$  での会計データ、環境データ：会計データなし、環境データなし。

#### (4)札幌市の塩酸タンク設備を中心とした危険予知(第4章第2節)

- ・組織の目標：設備を安定運転させること。
- ・階層構造：安全と設備の項目を階層構造化。
- ・階層と4つの情報リンク：『力量、教育訓練及び自覚』、『緊急事態への準備及び対応』、『資源、役割、責任および権限』の関係性を検討事項に入れて、4つの情報リンクに照らしてチェック。さらに、気化ガス洗浄装置管理、保全 DB バルブ不具合、パトロール管理での前兆把握、計器圧力管理の関係性を検討事項に入れて、4つの情報リンクに照らしてチェック。
- ・二重円構造：二重円。外側の円は実施及び運用、内側の円はタンク内加圧。
- ・サプライチェーン：対象サプライチェーンは札幌市全体。
- ・期間  $t$  における会計、環境データ：会計データなし、環境データなし。
- ・期間  $t+1$  での会計データ、環境データ：会計データなし、環境データなし。

#### (5)食品企業の包装設備のカットズレとロス削減(第3章第3節)

- ・組織の目標：設備のカットズレを低減し安定運転させて利益を出すこと。
- ・階層構造：設備の項目を階層構造化。
- ・階層と4つの情報リンク：生産力の検討(コスト、環境負荷)、原料の調達場所の検討(コスト、環境負荷)、物流の検討(コスト、環境負荷)の関係性を検討事項に入れて、4つの情報リンクに照らしてチェック。さらに、成形機において温度と形状の関係の検討、成形回転スピードの検討、パトロール管理での前兆把握、制御系伝達信号の検討の関係性を検討事項に入れて、4つの情報リンクに照らしてチェック。
- ・二重円構造：二重円。外側の円は環境マネジメントと MFCA の応用、内側の円は成形機の保守・点検。
- ・サプライチェーン：対象サプライチェーンはサプライヤーと企業。

- ・ 期間 t における会計、環境データ：会計データなし、環境データなし。
- ・ 期間 t+1 での会計データ、環境データ：会計データなし、環境データなし。

(6) 企業でのコストと環境負荷に関する意思決定の検討(第 3 章第 3 節)

- ・ 組織の目標：設備を安定運転させロスを低減し、利益をあげて環境負荷低減にも貢献すること。
- ・ 階層構造：設備、環境の項目を階層構造化。
- ・ 階層と 4 つの情報リンク：・ 設備と品質の関係性を検討事項に入れて、4 つの情報リンクに照らしてチェック。
- ・ 二重円構造：二重円。外側の円は MFCA 予算、環境保全予算。内側の円は設備保全予算。
- ・ サプライチェーン：対象サプライチェーンはサプライヤー、企業、顧客。
- ・ 期間 t における会計、環境データ：会計データあり、環境データあり。
- ・ 期間 t+1 での会計データ、環境データ：会計データなし、環境データなし。

以上の 6 つの事例について検討項目のまとめを実施した結果を図表 5-2 に示す。

図表 5-2 サステナブル情報リンクモデルの事例検討のまとめ

事例名	1 スーリング	2 美浜	3 L社	4 札幌市危険予知	5 カットズレ	6 意思決定モデル
事例の特徴						
組織目標がある	○	○	○	○	○	○
階層構造がある	○	○	○	○	○	○
階層と4つの情報リンクがある	○	○	○	○	○	○
二重円構造がある	×	×	×	○	○	○
サプライチェーンがある	×	×	×	×	○	○
期間 t の会計、環境データがある	×	×	△	×	×	○
期間 t+1 の会計、環境データがある	×	×	×	×	×	×

○：記載      △：一部記載      ×：記載なし

(出所)筆者作成

図表 5-2 において、後ろの事例にいくに従って検討項目が多くなっている。これは、サプライチェーンなどの規模の大きな対象になるに従って、検討内容が複雑になったことによる。また、期間 t における会計と環境データは、最後の意思決定モデルの事例でのみ取り扱った。札幌市危険予知までの事例は、会計と環境データを Plan で重視する検討になっていなかった。将来のエラーよりも過去のエラーをサステナブル情報リンクモデルで解析し、組織の活動の PDCA に生かす意味合いが強かったのである。そこでは期間 t における組織の会計と環境データは特に重要となるものではなかった。しかし、最後の意思決定モデルの事例では、過去のエラーを解析するというよりも、これから組織の活動を最適な状態で運営するための組織の活動を設計する意味合いが強い。ここでは会計情報と環境情報が存在することで多面的な状態把握が可能となる。

以上、述べてきたことをまとめると、小集団活動によって組織のエラーを検出して、エラーを防止して効率よく PDCA を回していくためには、サステナブル情報リンクモデルが有効であると考えられる。サステナブル情報リンクモデルは、階層化構造の設計を Plan で実施する。この場合、会計情報や環境情報などを検討しながら、サプライチェーンの視点で全体最適化を検討する。本論文で記載した主たる事例のうち、後半の事例になるに従い、工場の全

体像、あるいは会社全体の取り組みとなり、サプライチェーンマネジメントの考え方が重要となった。その場合、サステナブル情報リンクモデルも複雑なものとなり、工場の工程を検討するつながりを、もっと広い範囲の活動で展開するつながりで包み込むような、二重のチェック機構が働く構造となる。

### 第3節 本研究の意義

1970年代から日本で実施してきたTPM活動は設備保全活動としては有効な手法であった。しかし、その維持・管理には多大な労力とコストがかかる。本論では、企業が置かれているさまざまな状況に対応し、適正な人数による、より効率的な保全活動を実施するためのモデルの構築を試みた。たとえば、TPM活動のような全社的な活動ができない場合でも、組織が本論文で示したモデルを使い、安全コスト、品質コスト、環境コストに基づいて、効率的にエラーを削減する活動に寄与できればその意義は大きい。小集団活動の規模が大きい場合や小さい場合でかけるコストが変化する。この場合に経営管理者に意思決定情報が入手できるような仕組みを作る。

本論文で示したモデルは、小集団活動を実施する組織を対象にしている。従来事例を組み合わせて作っており、効果的に機能する事例も観察することができた。また、従来失敗学などではともすれば、過去の事例の解析にとどまってしまったが、今回の取り組みは、将来の取り組みに生かす仕組みにまで発展することができた。設備保全活動を中心に検討してきたこのモデルは、企業のサステナビリティに重要な品質、安全、環境の視点に組み込むことで、多くの場面に適用することができるようになることが期待される。さらにこのサステナブル情報リンクモデルの可能性を追い求め、設備保全だけでなく、多くの場面で活用することができるような事例を積み重ね、モデルのブラッシュアップを図ることも期待される。ここに本研究の意義がある。

### 第4節 今後の課題と展望

企業はエラーを低減して安定的にモノづくりを継続していく必要がある。本論文ではこの活動を実施するために、設備保全活動を中心に置いて検討をおこなってきた。1980年までの日本の製造業は、高品質を維持するように品質維持のために多くの取り組みを実施してき

た。工場では、TQC や TPM の活動が活発化し、人手と手間を惜しまずに、不具合の低減、不具合の起きにくい生産の仕組み、チョコ停や突発トラブルの低減を目指して全社を巻き込んだ取り組みにつながった。しかし、当然のことのように、それには多くのコストがかかっていた。1990 年代以降、いろいろな環境変化に対応できるようなサステナブルに運用できる効率的な TPM 活動が求められるようになった。費用をかけるべきところはかけ、必要のないところには小集団の効率的な保全活動を展開する。全社一丸の取り組みは出来ないが、小集団活動で活動の弱点部位を検出し、エラーの芽を摘むことは可能である。本論文では、数名単位で効果的にグループワークを実施し、組織の活動の不安箇所をチェックする手法を検討し、それをサステナブル情報リンクモデルとして提案した。

本研究の今後の課題としては、以下の 4 点があげられる。①このサステナブル情報リンクモデルをどのようにさまざまなケースに使用していくのかを明確化する必要がある。例えば、今回は装置産業について少人数でも適用できるモデルとしたが、他の業態にも使用できるようにするためには、解析チームの人数や構成などについての適切性をどう判断すれば良いかが重要となる。ケースにはよって処理の方法が変わってくる。組織の大きさによっても意思決定の方法が変わってくる。②エラーの範囲を広げる必要がある。例えば環境負荷に関しては本論文では CO<sub>2</sub> に関して検討したが、水質汚濁、有害金属、一般有害廃棄物、感染性廃棄物、建設廃棄物などにも応用する必要がある。③サプライチェーンへの適応可能性の検討である。解析チームでの重要ポイントは組織の目標設定、対象サプライチェーンの選定、組織の活動の階層構造の設計などにある。利害関係が完全には一致しない組織にどのようにモデルを適用すれば良いかが課題となる。情報ひとつ取っても、情報システムが連携できていないので、生産データなどが入手できない。個々のチャンネルでリードタイムの削減が不十分で過大な在庫が存在しても検知できない。顧客視点での製品設計、製品製造工程に展開し、エラーを含めた環境負荷などをいかに低減するかも課題となる。モデルを使った PDCA をいかにして異なった組織に展開して全体最適するのが大きな課題となる。④さまざまな会計データの導入可能性の検討である。解析チームの人数、構成、エラーの範囲、サプライチェーンについても、ベースはコスト対エラーが軸となる。さらに、品質コストの計算で、失敗コストとして機会損失コストを見積もっていないので、今後は検討を実施していく必要がある。

今後の展望であるが、サステナブル情報リンクモデルが効果的に機能する事例も観察することができた。設備保全活動を中心に検討してきたこのモデルは、企業のサステナビリティとして重要な品質、安全、環境保全に対してエラー防止と経済性の確保の視点を組み込むこ

とで、サプライチェーンの多くの場面に適用することができるようになることが期待される。さらにこのサステナブル情報リンクモデルの可能性を追い求め、設備保全だけではなく、多くの場面で活用することができるような事例を積み重ね、モデルのさらなるブラッシュアップを図ることも期待される。

## <付 論>

<付論一 I>本論文 第2章第3節に関連する付論

### I FAST 図

#### 1 これからの設備保全活動に向けてのモデル化

ヒトの活動の階層構造というものはロジックツリーによく似ている。How ツリーや Why ツリーなど多くの種類が存在するが、このロジックツリーの発生の起源が不明確でこれについては多くの意見がある。マッキンゼー社のコンサルタントが示すロジックツリーが世界的には有名で多くのノウハウがある。このノウハウや進め方は確立しており、状況に応じて新しいルールを加えるなどの変化させる余地がない。ロジックツリーに似た FAST 図(Function Analysis System Technique)で企業の活動を解析した例がある(Bytheway[1965]p.2)。この FAST 図は広い意味ではロジックツリーを含むものであるが、ずっと改良されてきた経緯なども文献などから調べることが出来るので、構造の成り立ちが明確で、状況に応じて変化可能である。横田[2010]はウオークマンを例に取り FAST 図で商品の構造を示した。Annappa and Panditrao [2012]は最近の事例をあげている。

図表 I -1 に FAST 図の基本構成図の一例を示す。この図において左右の直列の因果関係図が示され、さらにはこれを上下方向に拡張している。基本的な FAST 図については、最近の事例では、Moga et al. [2009]は、中小企業のプロジェクト応用例、Firmawan et al. [2012]は、インドネシアの組み立て産業でのリーン生産方式への応用例、Shukla and Misra[2013]は、インドでの自動車産業でのクロスファンクションチームの事例、Annappa and Panditrao[2012]は、オフィステーブル関連の中小企業へ展開例、Adams and Lenzer[1997]は、基本の再整理例を示した。

図表 I -2 に FAST 図の応用的な一例を示す(Bytheway [2007]p.151)。上の図は Foster Better Relationship に関する改良前の状態を表現しており、この図の目的はいかにして人と人の関係を向上させるかに関するもので、水平方向は Why ツリー(右から左)と How ツリー(左から右)をそれぞれ示す。Bytheway [2007]は以下のように述べている。『水平方向の左側に沿っては目的を示す。水平方向右側に沿っては方法を示す』(Bytheway [2007] p.22)。さらに垂直方向では When ツリーと If ツリーを示す。Bytheway [2007]は『この垂直方向のツリーが加わることで図として完成形になる』とした(Bytheway [2007]p.162)。さらに Bytheway [2007] は改良図を示している(Bytheway [2007] p.204)。図表 I -2 の下の図は上の図の改良型で4つの追加項目と1つの移動項目が記載されている。一例をあげると、第二階層に Prompt

## 付 論

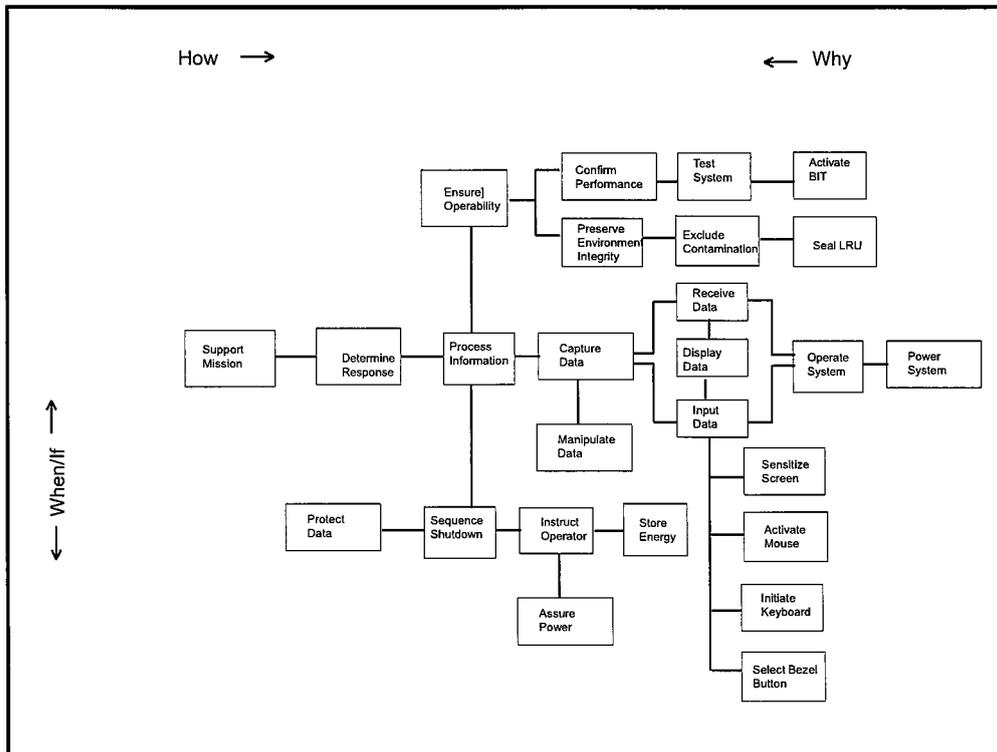
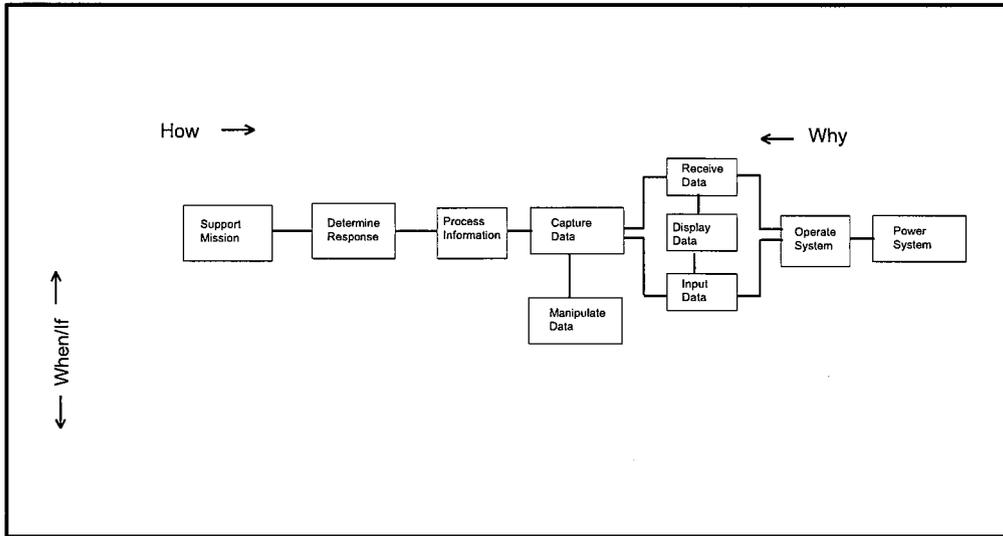
---

Action が新たな項目として追加された。Give Reasons がこの Prompt Action の下に配置されるとともに他に 4 つの項目が追加された。Prompt Action が追加された理由は Motivate people と Give Reasons を支えるためである。Prompt Action は第三層目以降の項目をグループ化する役割がある。これはすなわち共通項目は図の上流側に配置するのがよいということを示している。さらに Motivate People と Be Friendly が強い関係があり、これらは近い場所に配置されることが望ましい。Motivate People と Be Friendly が互いに影響し合いよい状態を保つ。イエ・中小路・山本[2003]は知識の有効性と存在する距離に関して考察している。それによれば知識の流通元と知識の流通先の距離を考慮する必要がある。有効視野やゲシュタルト心理学の類似性はヒトの認知をよく説明している。階層構造はもともと共通的な項目は上流に配置し、似たもの同士は近い場所に配置することが重要である。北村[2004]は以下のように述べている。「類似したものは、頭の中に類似した表象を形成する。類似した表象同士は互いに賦活されやすい。賦活とは、活性化(activation)ともいうが、情報が取り出されやすい、読み出されやすい状態に持ち上げることをいう。意識の中に現れる前であっても(前意識という)、すぐに出てきやすい状態が活性化状態である。テーブルという言葉を聞けば、いつもそれと一緒にあるいすという概念は活性化する。医者といえば看護婦など、意味的、経験的に関連が強いものは強く表象として連合されている」(北村[2004]p.150)。

階層構造を作る場合にはこの 2 つのルールを守るとよい階層構造が作ることが可能である。もしも作成する上で矛盾する部分などができてしまった場合、基本に立ち返って、認知の考え方を考察するとよい。多くの書籍はノウハウのたぐいは記載が多いが、このような認知と階層構造を結び付けるものが少ない。

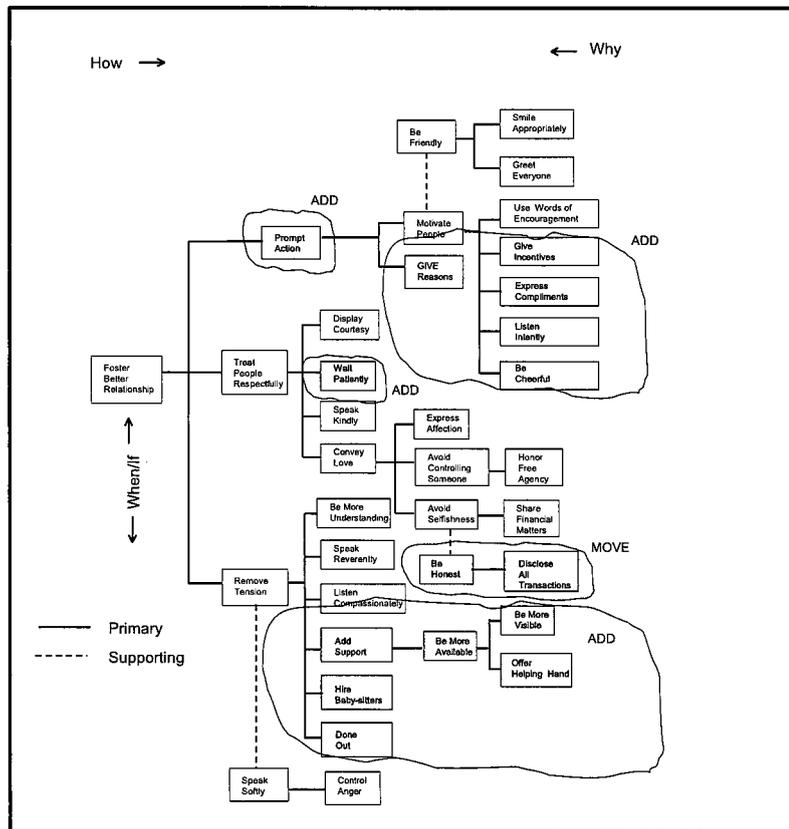
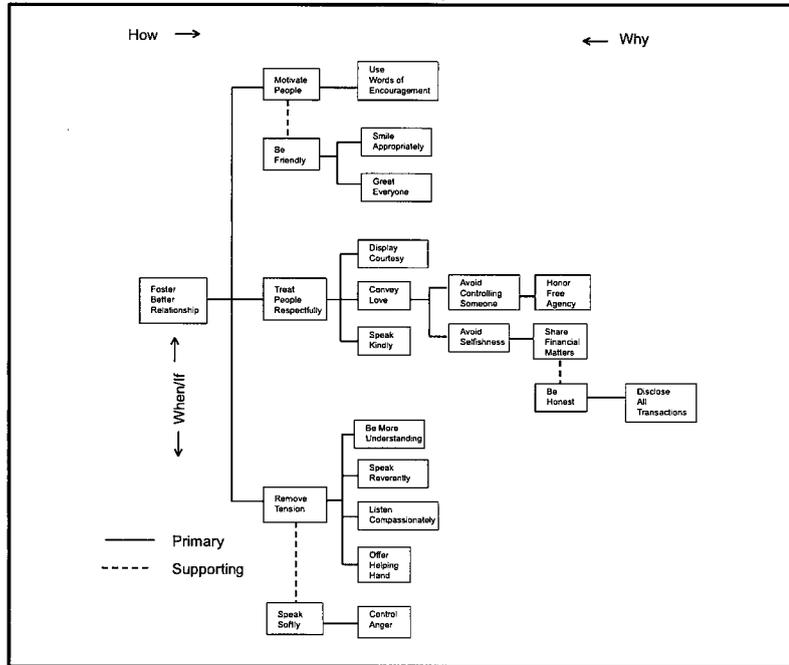
# 付 論

図表 I -1 FAST 図の一例



(出所)(Bytheway [2007] p.151 and p.204 )をベースに筆者作成

図表 I -2 FAST 図の一例



(出所)(Bytheway [2007]p.151 and p.204)を参考に筆者が作成

<付論一Ⅱ>本論文 第4章第1節に関連する付論

## Ⅱ モデルの災害への応用

### 1 危険予知 東京都を例として

#### 1) 東京都の EMS マニュアルの状況

東京都の EMS マニュアルの弱点部位から危険予知を実施する。

<シナリオ>

- ・12月1日、午後6時半、大規模な地震が発生し、首都圏にある東京都が震度6の地震に見舞われた。
- ・首都圏の交通がストップし市民は徒歩以外の交通手段を持たない
- ・火災の発生はない
- ・電気は半分の地域で停電した。
- ・水道管の破損によりA地区、B地区、C地区の三か所(全体の10%)で水没しはじめた。
- ・同時に市で保有している酸やアルカリを含む危険物のタンクから漏えいが発生した。
- ・上記のトラブルにより全地域で水道の供給が停止した。
- ・上記のシナリオの場合、あくまでも EMS マニュアルに関しての弱点部位とこれに関連する東京都の危険部位を洗い出すことに重点を置いた。EMS と直接関係のない事項は取り上げない。

<帰宅時の危険予知>

会社のオフィスにいた人が帰宅する場合、交通機関は麻痺しているので、徒歩で帰宅することになる。水道管の破損によって水没による危険箇所や、危険物タンクからの漏えいの情報をどのように入手するかが重要なポイントとなる。水道管の破損や危険物タンクの破損を予防するような措置が立てられていたかどうか。また冬季であり午後6時半を過ぎたことで、既に屋外は暗く、周辺の電気が停止している。周辺に対して、行政がすみやかに環境保全の視点での対策をたてているだろうか。川の周辺では海に近い箇所では、水道管の破損によって、急激な水位の上昇や、洪水が生じていないだろうか。この警告はどのような形で発しているであろうか。

<EMS マニュアルでの緊急事態時の重要事項>

東京都の EMS マニュアルで緊急事態対応要領では、緊急時には緊急事態対応計画書

## 付 論

---

を作成することになっている。ここで、著しい環境影響があると特定した環境側面を有する設備を管理する課長は、以下の内容を記載した対策を講じる。

### (1) 計画書の作成

- ・ 緊急事態時に発生すると想定される環境影響の内容
- ・ 緊急事態に対応するための体制
- ・ 緊急事態が発生したときの環境影響を予防・緩和するための措置内容
- ・ 緊急事態が発生したときの情報伝達の方法
- ・ 有害物質を保管している場合における当該物質に関する情報
- ・ 定期テストの実施計画

### (2) 措置

- ・ 緊急時設備担当課長は、緊急事態が発生したときには、作成した計画書に従い、速やかに対応措置を講ずるものとする。
- ・ 緊急事態への対応をすべて終了したときは、緊急時設備担当課長は、速やかに対応措置の状況等を緊急事態対応記録書に記録し、緊急事態に係わる設備の管理を担当する部長及び環境管理責任者に報告する。
- ・ 緊急時設備担当課長は、緊急事態が発生したときには、計画書の内容が適切であったかどうかを見直すものとする。
- ・ 統括環境管理責任者は、環境管理責任者に対して、緊急事態に対する措置状況等について報告を求めることができる。

### (3) 計画の見直し

- ・ 緊急時設備担当課長は、計画書の適用が適切で合ったかどうかを見直した結果またはその他の事由により必要に応じて計画書を変更するものとする。

### (4) 定期テストの実施

- ・ 緊急時設備担当課長は、計画書について、テストを定期的実施するものとする。
- ・ 緊急時設備担当課長は、前項の規定によるテストを実施した場合には、その結果について緊急事態定期テスト記録書に記録する。
- ・ 第 1 項に規定するもののほか、緊急事態に対応するための教育及び訓練は、環境マネジメントシステム研修実施要領に定めるところによる。

## 付 論

### ＜EMS マニュアルでのシステム研修の重要事項＞

東京都の EMS マニュアルで環境マネジメント研修実施要領では、規定する研修の実施に関して必要な事項を規定するものとする。

#### (1) システム研修の内容等

- ・システム研修の内容等は、その研修の区分に応じて、環境マネジメントシステム運営要綱別表 3 のとおりとする。

#### (2) システム研修の年間計画

- ・システム研修のうち、環境マネジメントシステム科研修、特定業務従事者研修の実施責任者は、年度当初に当該年度の研修計画及び実施目標を策定し、その内容を環境マネジメントシステム研修実施状況管理表に記載し、総括環境管理責任者に提出するものとする。

#### (3) システム研修の実施記録 (省略)

#### (4) システムの受講記録 (省略)

#### (5) 研修の対象者

- ・第 1 本庁舎、第 2 本庁舎に勤務する職員で、非常勤、アルバイト以外の再雇用・再任用・外部からの交流職員を含む。

#### (6) 特定業務従業者研修

- ・特定業務とは、トラブル等が起きた場合に、環境に大きな影響を与える業務を指し、次の通り定義する。

①環境負荷事業活動のうち、設備機器の運転・管理、毒物・劇物及び特別管理産業廃棄物の保管・処理・管理並びにその他これに準じた作業

②法的要求事項に係る事業活動のうち、設備機器の運転・管理、毒物・劇物及び特別管理産業廃棄物の保管・処理・管理並びにこれに準じた作業

#### (7) 特定業務従業者研修の対象者

- ・特定業務を行う職員は、適切な能力が求められるため、特定業務従業者研修を行う。  
なお、必要な専門的知識及び技術を証明できるときは、研修を省略することができる。

－参考－

第 8 の (2) の例

#### (1) 特定業務

## 特別管理産業廃棄物の管理

### (2) 規制を受ける法律

廃棄物の処理及び清掃に関する法律

### (3) 特定業務の概要

大気及び水質の自動測定の中で発生する廃酸 (pH2.0 以下)、廃アルカリ (pH 12.5 以上) は特別管理産業廃棄物であり、その管理に当たっては、①測定装置のメンテナンス委託の中で廃液の保管状況を管理すると共に、②廃液の処理については専門業者に委託して実施している。

### (4) 特定業務従事者研修

資格(講習)を必要とされる特別管理産業廃棄物管理責任者の設置が法律で定められているので、特定業務従事者研修は省略する。

#### <緊急事態時と研修時の重要事項と弱点部位>

既に<シナリオ>と<帰宅時の危険予知>によって市民の側の状況説明は実施済みである。行政の側の<EMS マニュアルでの緊急事態時の重要事項>と<EMS マニュアルでのシステム研修の重要事項>がこの市民の側の状況をうまく反映してキャッチアップできるものになっているかどうか重要なポイントとなる。次項でこれについて考察する。

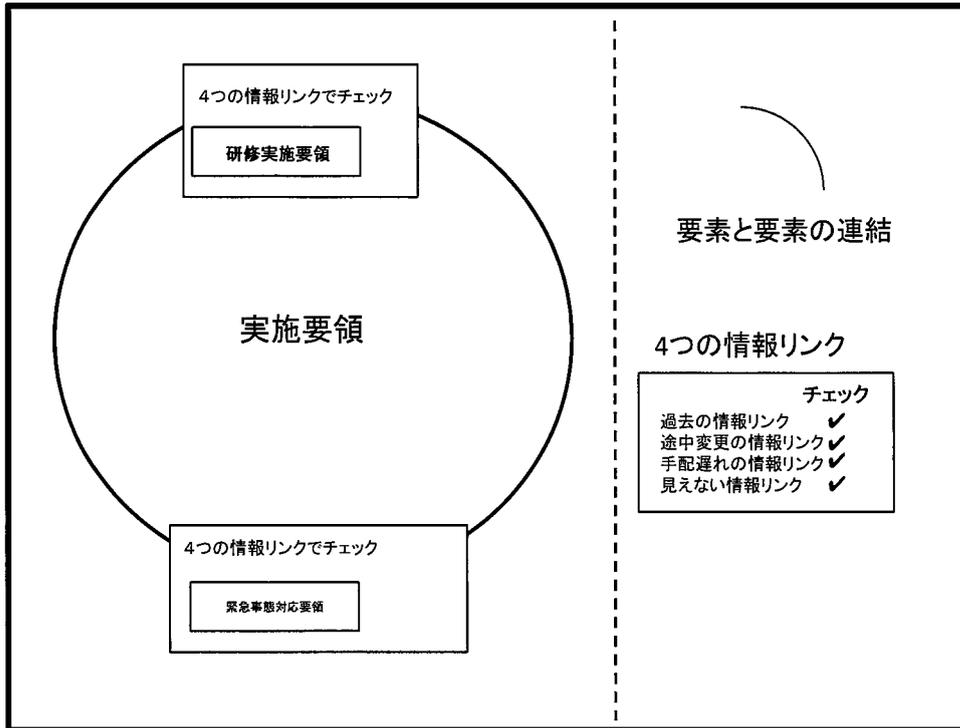
## 2) 危険部位の洗い出しと危険予知

東京都を例に取り、環境関連の危険予知を実施する東京都の EMS マニュアルの階層構造に照らして危険予知を行う。

#### <危険部位>

EMS マニュアルの弱点課所は、2 階層目に移動した研修実施要領と緊急事態対応要領が同じ実施要領の階層の下に置かれていない。実施要領の下に同じブロックとして置かれていれば、両者のつながりをもとに 4 つの情報リンクを用いて改善すべき点が明確化できる。第 2 階層目で単独に存在する扱いになるとかなり狭い検討にならざるをえない。図表 II-1 にこの状況を示す。

図表Ⅱ-1 実施要領を軸としたチェック機構の例



(出所) 筆者作成

この範囲で危険予知を実施すると以下のような予知結果が得られる。

(1) 水道配管の破損による水没で A の車両が水没した。水没前に連絡を受けた行政は別の場所からの連絡と勘違いして、別の場所での B の車両の人員の安全を確認したにとどまり、A の車両の水没は探すことはしなかった(途中変更のリンク)。

(2) 水の濁流が激しかったので、行政は分水路トンネルを設置することにしたが、作業にあたった土木工事請負業者は、トンネルの入り口に仮締切を設けてトンネル内で作業を実施した。この時点で作業の安全をはかるのが困難と現場で判断した。しかし、行政の担当者と連絡がつかないまま 2 時間が経過して突然、濁流がトンネル内に流れ込んだ(手配遅れのリンク)。

(3) 地震発生後、移動タンク貯蔵所で、被災エリアでの給油を実施中に再び地震が発生して移動タンク貯蔵所が倒れ、火災が発生した(過去の情報リンク)。

### <EMS マニュアルから見た改善案>

水没トラブルは、水道管破裂の場合、EMS マニュアルでの緊急事態対応要領での緊急時に発生すると想定される環境影響と位置付けられる。水没トラブルを想定した体制、対応策、予防・緩和策、情報伝達の方法の整備が改善案の指針を示す。同様に、移動タンク貯蔵所からの漏えいの問題についても、マニュアルの改善によって指針を示すことが可能である。このそれぞれの要素に対して、過去の情報リンク、途中変更の情報リンク、手配遅れの情報リンク、見えないリンクの4つの情報リンクでチェックする。視点として、車両の水没トラブル(途中変更の情報リンク)、分水路のトンネルトラブル(手配遅れ情報リンク)、移動タンク貯蔵所(過去の情報リンク)は予知できるかもしれない。しかし、いくら計画案ができたとしても、それを実際に実行するのが組織である以上、具体的な訓練やテストなどとリンクしなければ具体的な改善とはなりにくい。ここに4階層目から2階層目に要素を移動したことによって、同じ階層のブロックで4つの情報リンクで検討できない弊害が存在する。ここについて次項で改善する。

### 3) 東京都の EMS マニュアルの改善

図表Ⅱ-2の左側は東京都のEMS マニュアルの改善した図である。右側は文章で記載されたEMS マニュアルのタイトルである。左側に着目すると、第2階層目の研修実施要領と緊急事態対応要領は実施要領とサポートラインでつながっている。

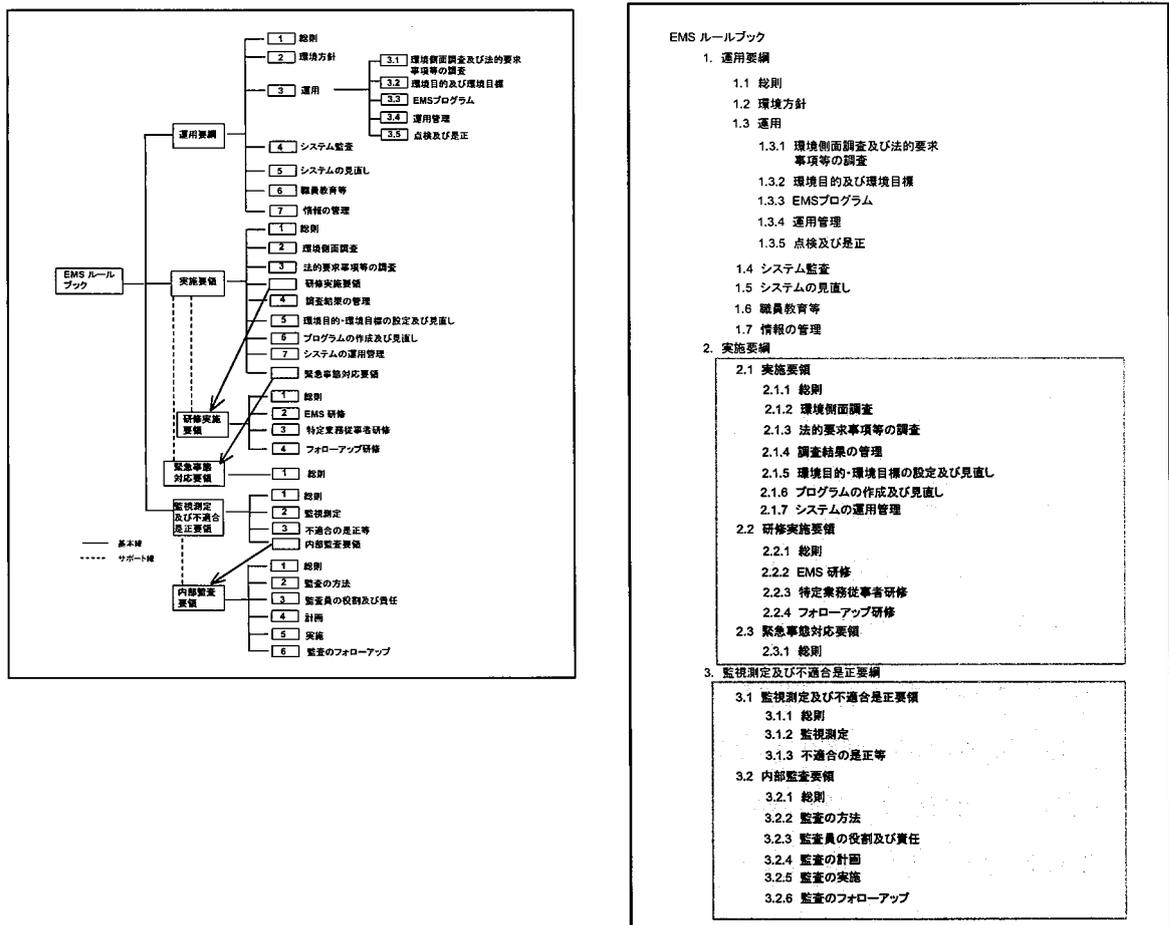
内部監査要領は同様に監視測定及び不具合是正要領とサポートラインでつながっている。これらの改善は3階層目から2階層目に移動した効果を維持したまま、隣接する要素との関係性を失うという欠点を補っている。図表Ⅱ-2の東京都のEMS マニュアルを左側のように変化させると、それに応じて図表Ⅱ-2の右側の図も変化する。すなわち、実施要領と緊急事態対応要領をアピールすることに成功して、かつ、この二つの関係を良好な状態でリンクできる。階層構造はヒトの認知行動の深い理解の上に成り立っているので、階層構造の設計に心を砕く必要がある。図表Ⅱ-2では、左側の図は右側の図よりも可視化という点

# 付 論

で優れており、多くの要素も関連性を理解できる。もしも左側の図がなければ、東京都のEMS マニュアルの弱点はなかなか認識できないであろう。ヒトの認知は、外部からの情報と可視化要素に強い関係がある。有効視野、ゲシュタルト心理学、外部からの情報による認知が重要なのである。

PDCAサイクルをイメージした場合、EMSモデルとISO14001は、階層構造の中でPDCAサイクルの4つの部位から構成される。

図表 II-2 改善された東京都の EMS マニュアル



(出所)筆者作成

すなわち、既に述べたように、高い階層にある要素は良く伝承され、隣どおしの要素もよく伝承されるので2階層目の要素が重要となる。

既に述べたように、PDCA サイクルを作る場合、優先順位、品質、コスト、階層コントロール、情報リンクが重要となる。

Plan では優先順位、品質、コストを可視化する必要がある。可視化された品質とコストは目標を作る場合の助けになる。EMS 活動ではいわば、これが環境会計に相当する。

Do では階層コントロールで階層設計を実施するとともに実際のオペレーションを実施して、階層に関わる重要な情報を得る。EMS 活動で EMS の標準モデルから階層構造を変化させる場合には、隣接する要素との関係性を常に気に掛ける必要がある。

Check では、情報リンクに相当する領域における情報リンクと階層構造の良し悪しをチェックする。EMS 活動では監査が重要な要素なので監査が EMS の標準モデルのチェックリストとリンクする必要がある、このチェックリストに沿って結果が示されなければいけない。

Action は、改善に相当する部分で、階層コントロールと情報リンクを改善し改善のノウハウを得る。EMS 活動ではマネージャーは階層構造と情報リンクをレビューする。ISO14001 活動で環境に関わる考え方では優先順位が相当し、ここは環境会計が品質コストに相当する。EMS 活動をグループ討議で検討する場合、情報リンクのチェックが必要となる。

## 2 階層構造の見直し

### 1) 改善された東京都の EMS マニュアル

まず、階層構造を改善することによって第2階層目の緊急事態対応要領と研修実施要領がサポートラインで、つながることになった。

#### <EMS マニュアルから見た改善案>

水没トラブル及び移動タンク貯槽のトラブルは、EMS マニュアルでの緊急事態対応要領での緊急時に発生すると想定される環境影響と位置付けられる。水没トラブルを想定した体制、対応策、予防・緩和策、情報伝達の方法の整備が改善案の指針を示す。移動タンク貯槽のトラブルの場合も同様である。この場合、研修実施要領では、環境方針、環境マネジメントシステムの基本的内容に理解し、業務と環境との関連について自覚を持たせることが重要となるので、両者(緊急事態対応要領と研修実施要領)を

## 付 論

---

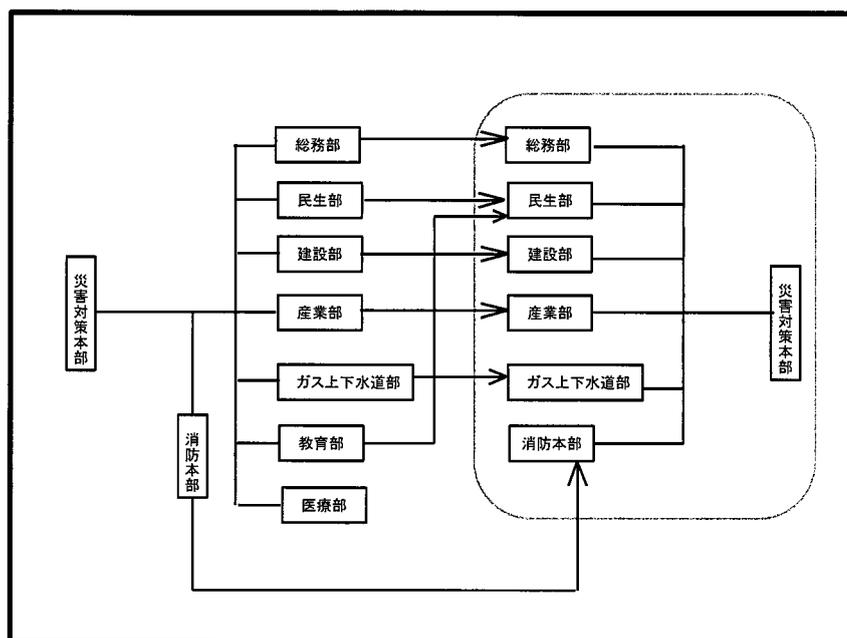
同時に検討することで、計画だけではなく、実行する場合の訓練などにまで視野を広げることが出来る。この視野で以下の措置が可能となる。

- (1) 水没したとの連絡が入った場合には、ひとつひとつの連絡が別々のものであると認識し、普段からも訓練で情報の伝達についての仕組みを作る。これを具体的な場面に落とし込んで訓練・研修を実施する。
- (2) 水が様々な理由で集まってきた場合の危険個所を明確化しておき、普段からその場所の監視体制を明確化しておき、それを訓練・研修で定着化させる。
- (3) 移動タンク貯蔵所のトラブルでは、特定業務従事者研修によって、設備機器の運転・管理、毒物・劇物及び特別管理産業廃棄物の保管・処理・管理並びにこれに準じた作業に落とし込んだ訓練・研修を実施する。

それぞれの要素に対して、過去の情報リンク、途中変更の情報リンク、手配遅れの情報リンク、見えないリンクの4つの情報リンクでチェックする。視点として、車両の水没トラブル(途中変更の情報リンク)、分水路のトンネルトラブル(手配遅れ情報リンク)、移動タンク貯蔵所(過去の情報リンク)は予知できるかもしれない。これに実際の研修をリンクさせることによって、訓練やテストなどとリンクした具体的な活動に落とし込んでいく。ここに3階層目から2階層目に要素を移動したことによって、同じブロックで4つの情報リンクで検討できないデメリットをサポートラインでサポートする意味がある。

図表Ⅱ-3に災害対応組織の一例を示した。今回の危険予知を考察する場合、ガス上下水道部が重要な役割を担うことが予想される。

図表Ⅱ-3 災害対応組織の一例



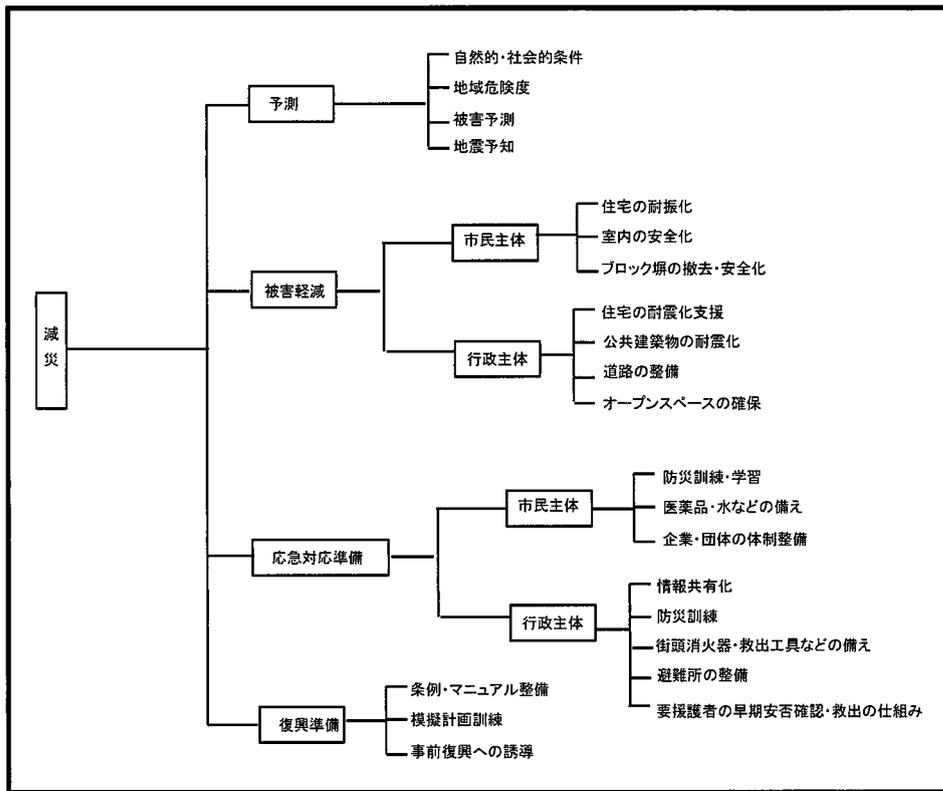
(出所)(鈴木[2013]p.115)を参考に筆者作成

図表Ⅱ-4 に減災の場合の構成図を示す。鍵屋[2011]は以下のように述べている。「市民も自治体も、大地震を無傷で乗り切ることが出来ません。また日常生活を犠牲にしてまで、防災のために過大な準備をすることも合理的ではありません。

生命など、絶対に守らなければならないものはしっかり守る。それ以外のものは、被害を生じるのはやむをえないが、費用対効果を含め効果的に被害を少なくする方策を選択しよう、という減災の考え方が、近年では重要視されています」(鍵屋[2011]pp.74-75)。

図表Ⅱ-4 で、被害軽減と応急対策準備では市民主体と行政主体とで実施事項が異なっており、特に応急対策準備では、行政主体で実施すべきことは、情報共有化、防災教育、街頭消火器・救出工具などの備え、避難所の整備、要援護者の早期安否確認・救出のしくみとなっている。

図表Ⅱ-4 減災の構成図



(出所)(鍵屋[2011]p.74)を参考に筆者作成

たとえば、情報共有化では市民、自治体、消防、警察、国、ライフライン、マスコミなどが情報を共有する必要がある。

付論－Ⅱ 1 2) の＜危険部位(1)＞から、水道配管の破損による水没で A の車両が水没した。水没前に連絡を受けた行政は別の場所からの連絡と勘違いして、別の場所での B の車両の人員の安全を確認したにとどまり、A の車両の水没は探すことはしなかった(途中変更のリンク)。情報の共有化と正確な情報、そして活動を階層化して 4 つの情報リンクに照らして危険部位をチェックすることがいかに重要であるかがわかる。

付論－Ⅱ 1 2) の＜危険部位(2)＞から分水路トンネルを設置することにしたが、

## 付 論

---

作業にあたった土木工事請負業者は、トンネルの入り口に仮締切を設けてトンネル内で作業を実施した。この時点で作業の安全をはかるのが困難と現場で判断した。しかし、行政の担当者と連絡がつかないまま2時間が経過して突然、濁流がトンネル内に流れ込んだ(手配遅れのリンク)。

付論－Ⅱ 1 2) の<危険部位(3)>から地震発生後、移動タンク貯蔵所で、被災エリアでの給油を実施中に再び地震が発生して移動タンク貯蔵所が倒れ、火災が発生した(過去の情報リンク)。

## <参考文献・参照 URL 一覧>

[日本語]

### 日本語文献

- 相越宏[1998]「建設業における環境マネジメントシステムの現状と課題」『建設マネジメント研究 論文集』第6巻、pp.56-68。
- 安西祐一郎[1997]『問題解決の心理学』中公新書。
- 安西裕一郎[2013]『認知科学入門 心と脳』岩波新書。
- 飯塚悦功・慈道順一[2005]『超 ISO 企業実践シリーズ 3 TQM の基本的考え方ー超 ISO 企業の羅針盤』日本規格協会。
- イエ ユンウェン・中小路久美子・山本恭祐[2008]「知識流通における距離と近接性」『人工知能学会』第三回知識流通ネットワーク研究会。
- 伊佐勝秀[2002]『日本における技能管理と生産システム：分離か統合か』一橋大学博士論文。
- 石川肇[1983]『誰にでもわかる TQC のはなし』鹿島出版会。
- 石原俊彦[2010]「地方自治体の監査と内部統制ーガバナンスとマネジメントに関連する諸問題の整理ー」『ビジネス&アカウンティングレビュー』第6巻、pp.1-19。
- 石橋明[2002]「ヒューマンファクターとエラー対策」『J. Natl. Inst. Public Health』第51巻、第4号、pp.232-244。
- 市川伸一[1994]『脳と心のモデル』岩波書店。
- 伊藤嘉博[2005]『品質コストマネジメントシステムの構築と戦略的運用』日科技連。
- 伊藤嘉博著[2007]「環境予算マトリックス」[第4章 59ー89 頁]伊藤嘉博[2007][編著]「環境配慮型原価企画に関する調査および研究」平成16年-18年度科学研究費補助金。
- 伊藤嘉博[2001]『環境を重視する品質コストマネジメント』中央経済社。
- 伊藤嘉博[1999]『品質コストマネジメントー品質管理と原価管理の融合ー』中央経済社。
- 伊藤清[1996]『TQM による魅力ある企業づくり』日科技連。
- 遠藤功[2009]『現場力復権』東洋経済新報社。
- 大江ひろ子[2011]「エチュード手法に依拠したコミュニケーションメソッド開発と提案」『横浜国際社会科学研究所』第16巻、第2号、pp.1-26。
- 大山正・丸山康則[2004]『ヒューマンエラーの科学』麗澤大学出版会、p.208。
- 小田博志[2014]『エスノグラフィー入門<現場>を質的研究する』春秋社、p.161。
- 小高久仁子[2003]「戦略的意思決定における判断の論理」『京都マネジメント・レビュー』第4号、

pp.97-108。

鍵屋一[2011]『図解よくわかる自治体の防災・危機管理の仕組み』学陽書房。

加護野忠男[2010]『経営の精神』生産性出版。

加藤郁夫[2011]『企業の地球温暖化対策に伴う経済効果の研究ーリアルオプション法に基づく環境会計モデルの構築ー』学位論文[経営学博士]ー横浜国立大学。

梶原武久[2008]『品質コストの管理会計』中央経済社。

金湖富士夫・岡秀行・今里元信・大縄将史・伊藤博子・吉田公一[2008]「リスク評価の船舶設計への応用・火災リスク評価手法の開発ーリスクベース設計に向けてー」『海上技術安全研究所報告』第8巻第4号、pp.59-98。

鎌田たか浩・梶雅代・堀内直明[2008]「知識データベースを応用した Web 取説検索システム」『PIONEER R&D』第18巻、第1号、pp.45-52。

北村英哉[2004]『認知と感情』ナカニシヤ出版。

木村好次・四道広・天川一彦・若槻茂[2006]『経営のための保全学』プラントメンテナンス協会。

木村保茂・永田萬亨[2005]『転換期の人材育成システム』学文社。

クロスビー フィリップ[1980]『クオリティ・マネジメントーよい品質をタダで手に入れる法』日本能率協会マネジメントセンター。

経済産業省[1996]「第26回海外事業活動基本調査結果概要速報」経済産業省。<[http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/kaigaizi/result/result\\_11.html](http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/kaigaizi/result/result_11.html)>(アクセス日：2015年11月19日)。

経済産業省[2010]「効果的な公害防止への取り組み事例集」<<http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g100630d04j.pdf>>(アクセス日：2015年11月19日)。

経済産業省[2013a]「資源循環ハンドブック 2014 法制度と 3R の動向」経済産業省。<<http://www.meti.go.jp/policy/recycle/main/data/pamphlet/pdf/handbook2014.pdf#search=%E7%B5%8C%E6%B8%88%E7%94%A3%E6%A5%AD%E7%9C%81+%E5%BE%AA%E7%92%B0%E7%A4%BE%E4%BC%9A>>(アクセス日：2014年11月10日)。

経済産業省[2013b]「通商白書 2013 年度版 第2節」経済産業省。<<http://www.meti.go.jp/report/tsuhaku2013/2013honbun/i3320000.html>>(アクセス日：2015年11月19日)。

経済産業省[2013c]「第43回海外事業活動基本調査結果(2013年7月調査)概要」経済産業省。<[http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/kaigaizi/result/result\\_43/pdf/h2c43-2.pdf](http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/kaigaizi/result/result_43/pdf/h2c43-2.pdf)>(アクセス日：2015年11月19日)。

経済財政諮問会議[2005]「競争力ワーキング・グループ報告書ー文化創造・技の伝承・人間力の

育成による競争力の拡大再生産」 < [http://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/minutes/2005/0419/item11\\_2.pdf#search='%E6%97%A5%E6%9C%AC+%E8%A3%BD%E9%80%A0%E6%A5%AD+%E5%BC%B1%E4%BD%93%E5%8C%96+%E8%A8%BC%E6%8B%A0](http://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/minutes/2005/0419/item11_2.pdf#search='%E6%97%A5%E6%9C%AC+%E8%A3%BD%E9%80%A0%E6%A5%AD+%E5%BC%B1%E4%BD%93%E5%8C%96+%E8%A8%BC%E6%8B%A0) >(アクセス日：2015年11月19日)。

河野宏和・篠田心治・斉藤文[2014]『現場力を鍛える』日刊工業新聞社。

高圧ガス保安協会[2014]「高圧ガス関係事故集計(平成25年度12月末現在)」高圧ガス保安協会。

< [https://www.khk.or.jp/activities/incident\\_investigation/hpg\\_incident/pdf/jiko2512.pdf](https://www.khk.or.jp/activities/incident_investigation/hpg_incident/pdf/jiko2512.pdf) >  
(アクセス日：2015年11月19日)。

小池和夫[1999]『仕事の経済額 第2版』東洋経済新報社。

五艘隆志・那須清吾・草柳俊二[2004]「地方自治体のPlanに重点をおいたマネジメントシステムの構築と導入に関する研究」『建設マネジメント研究論文集』第11巻、pp.225-238。

小室達章[2009]「リスクマネジメントとPDCAサイクル」『金城学院大学 社会科学編』第6巻、第6号、pp.1-12。

小山巖也・谷口勇仁[2007]「雪印乳業大樹工場における汚染脱脂粉乳出荷プロセス」『「経済系(関東学院大学)」第232号、pp.65-79。

佐伯胖編[1991]『認知心理学講座3 推論と理解』東京大学。

坂口光生・渡辺高志・西川勉・木村吉文[2002]『21世紀First AgeのTPM潮流』日本プラントメンテナンス協会。

佐々木眞一[2015]『自工程完結 品質は工程で造りこむ』日本規格協会。

ジュラン ジョセフ [1969]『現状打破の経営哲学—新時代の管理者像 (1969年)』日本化薬株式会社。

鈴木猛康[2013]『巨大災害を乗り越える地域防災力』静岡学術出版。

鈴木徳太郎・山品元[1994]『製品開発のリードタイムの短縮』JIMP。

スワップ ドロシー[2008]『「経験知」を伝える技術』ランダムハウス講談社。

千住鎮雄[1998]『TQCとTPM』JIMP。

総務省消防庁[2014]「平成25年中の危険物に係る事故の概要の公表」総務省消防庁。 < [http://www.fdma.go.jp/neuter/topics/houdou/h26/2605/260530\\_1houdou/03\\_houdoushiryou.pdf](http://www.fdma.go.jp/neuter/topics/houdou/h26/2605/260530_1houdou/03_houdoushiryou.pdf) >  
(アクセス日：2015年11月19日)。

Sompo Japan Risk Management[2010]「環境マネジメントシステムが抱える課題と対応策 ISO14001の取り組み現場から」SJRMレビュー第9号、pp.1-11。

竹川宏子[2003]「東南アジア日系工場に対する小集団活動の移転－QCサークルとZD運動の現地化を中心に－」『高崎経済大学論集』第46巻、第1号、pp.127-140。

谷口勇仁・小山巖也[2007]「雪印乳業集団食中毒事件の新たな解釈」『組織科学』第41巻第1号、pp.77-88。

田村正紀[1990]『ヤング・スクリーム 若者消費者のキーワードを読もう』PHP研究所。

張文青[2000]「中国の環境対策と日中間環境技術移転」『立命館国際研究』第18巻、2号、pp.43-64。

デミング エドワード[1996]『デミング博士の新経営システム論－産業・行政・教育のために』NTT出版。

都留康[2001]『生産システムの革新と進化』日本評論社。

仲勇治[2006]『統合学入門』工業調査会。

中尾政之[2009]『失敗百選』森北出版株式会社。

中尾政之[2007]『失敗の予防学』三笠書房。

中嶋道靖・國部克彦[2008]『マテリアルフロー会計－環境管理会計の革新的手法－』日本経済新聞出版社。

中嶋清一[1997]『生産革新のための新TPM入門』日本プラントメンテナンス協会。

中嶋清一[2009]『人を活かす経営人が活きるTPM』JIPMソリューション。

中野金治郎[2007]『トコトンやさしいTPMの本』B&Tブックス日刊工業新聞社、p.142。

西澤修[2010]『環境保全の会計と管理』東京リーガルマインド。

日経BP社[2011]「日経ものづくり調査「数字で見る現場」 < <http://corporate.nikkeibp.co.jp/info/newsrelease/newsrelease20111028.shtml> >(アクセス日:2015年11月19日)。

日本プラントメンテナンス協会編[2001]『トップが語るTPMと経営戦略』日本プラントメンテナンス協会。

沼野正義[2001]「グループとしての人間の総合的機能の利用技術の研究」『IATSS Review』第26巻、第2号、pp.139-143。

ノーマン ドナルド[2012]『誰のためのデザイン』新曜社。

農林水産省[2013]「食品廃棄物等の利用状況等(平成22年度推計)」 < [http://www.maff.go.jp/j/shokusan/recycle/syoku\\_loss/pdf/syokuhinhaikifuro22.pdf](http://www.maff.go.jp/j/shokusan/recycle/syoku_loss/pdf/syokuhinhaikifuro22.pdf) >(アクセス日:2014年11月10日)。

農林水産消費安全技術センター(FOMIC)[2014]「年度別月別収集件数」 < <http://www.famic.go.jp/syokuhin/jigyousya/nendobetu.pdf> >(アクセス日:2015年11月19日)。

野口吉昭[2002]『ロジカルシンキングのノウハウ・ドウハウ』PHP研究社。

- 野中郁次郎・竹内弘高[1995]『知識創造企業』東洋新報社。
- 野村正寛[2001]『知的熟練論批判ー小池和夫における理論と実証』ミネルブア書房。
- 芳賀繁[2012]『失敗のメカニズム』角川ソフィア文庫。
- 畑村洋太郎[2005]『失敗学の法則』文春文庫。
- 畑村洋太郎[2006]『失敗学のすすめ』講談社文庫。
- 畑村洋太郎[2007]『失敗学事件簿』小学館文庫。
- 畑村洋太郎[2011]『図解雑学失敗学』ナツメ社。
- ハーバード・ビジネス・レビュー編[2000]『ナレッジ・マネジメント』ダイヤモンド社。
- 馬場文雄[2012]「PDCA サイクルをベースとした安定的設備保全に関する研究」『横浜国際社会科学学術研究』第 17 巻、第 2 号、pp.13-35。
- 樋口晴彦[2006]『組織行動の「まずい!!」学』祥伝社。
- 平井孝治・山本友太・星雅丈・川瀬友太・奥山武生[2009]「組織の価値実現過程ー管理サイクルにおける PDCA の位置ー」『立命館経営学』第 48 巻、第 1 号、pp.49-67。
- 福田遼平・大野博之・稲積宏誠[2006]「階層化が可能な時系列データからの特徴抽出」『The 20<sup>th</sup> Annual Conference of the Japanese Society for Artificial Intelligence』。
- 藤田薫[1983]『これからはじめる人の TQC 入門』日本規格協会。
- 藤本隆宏[2007]『ものづくり経営学』光文社新書。
- ヘラー ダニエル・藤本隆宏[2007]「相互学習による価値の向上：自動車産業における M&A」(第 9 章 283-305 頁)宮島英昭(編著)『日本の M&A：企業統治・組織効率・企業価値へのインパクト』東洋経済。
- 保木本利行[2012]「KJ 法を利用した鶴岡市認定農業者意向調査結果ー今日の農業問題をめぐる社会学の立場からの考察ー」『山形大学紀要(農学)』第 16 巻、第 3 号、pp.163-183。
- 松尾敏行[2010]『環境情報開示モデルの構築：財務報告と環境報告の連携』学位論文[経営学博士]ー横浜国立大学。
- 三宅なほみ[1985]「理解におけるインタラクションとは何か」(第 3 章 69-98 頁)佐伯胖[1985][編著]『認知科学選書 4 理解とは何か』東京大学出版。
- 森谷正規[2009]『戦略の失敗学』東洋経済。
- 八木裕之・馬場文雄・大森明[2015]「カーボン会計マトリクスの構想と展開」『横浜経営研究』第 36 巻、第 1 号、pp.1-21。
- 山田明歩[2003]『ISO 崩壊』築地書館。

- 山田秀・富田誠一郎・片山清志[2004]『TQM・シックスシグマのエッセンス』日科技連。
- 山本孝[2004]『熟練技能伝承システムの研究(生産マネジメントから MOT への展開)』白桃書房。
- 山本藤光[2001]『「暗黙知」の共有化が売る力を伸ばす』プレジデント社。
- 横田尚哉[2010]『問題解決のためのファンクショナル・アプローチ』デイスカプアー・トゥエンティワン。
- 吉澤剛[2011]「反 PDCA 論」『JAIST 年次学術大会要旨集』、pp.347-350。
- 吉田敏[2007]「日本の技術特性に関する一考察」特性領域研究「日本の技術革新—経験蓄積と知識基盤化—1」『第3回国際シンポジウム研究発表会論文集』。
- 我妻静香・藤代一成・堀井秀之[2004]「原子力発電所トラブル隠し問題の解析に向けた階層的因果関係対話的可視化」『社会技術研究論文集』、pp.406-413。
- 渡邊栄文[2011]「PDCA 考」熊本県立大学総合管理学会編『アドミニストレーション』第18巻、第3、4合併号、pp.391-405。

[外国語]

- Adams, M. S., and W. F. Lenzer [1997], *Facets of Fast*, save international congruence Proceedings 1997.
- Annappa, C. M., and K. S. Panditrao [2012], “Improving Furniture Product through Value Engineering by Function Analysis Systems Technique (F. A. S. T.),” *International Journal of Application or Innovation in Engineering of Management ( IJAIEM)*, vol. 1, Issue 4, pp. 5-11.
- Atkinson, C., and M. Shiffrin [1968], “Chapter: Human memory: A Proposed system and its control processes” In Spance, K. W., and J. T. Spence. *The psychology of learning and motivation (Volume2)*, New York: Academic Press, pp. 89-195.
- Baba, F., and H.Yagi [2012], “PDCA Cycle for Facility Organization: First Step of the PDCA Framework Based on a Case Study of the Activity of Key Equipment Specialists,” *Yokohama Business Review*, Vol. 33, No. 3, pp. 177-191.
- Baba, F., M. Takehara, and H.Yagi [2013], “The Study of Facilities Activity for Sustainable Production based on PDCA Cycle – based on Information Link and Layer Structure –,” *18<sup>th</sup> Euro-Asia Research Conference*.
- Berliner, C., and J. A. Brimson (eds.) [1988], *Cost Management for Today's Advanced Management: The CAM-I Conceptual Design*, Harvard Business School Press. (長松秀志訳[1993] 『先端企業のコストマネジメント』 中央経済社).
- Bytheway, C. W. [1965], “Basic Function Determination Technique,” *Proceedings of the Fifth National Meeting of the Society of American Value Engineers*, No. 2, pp. 1-21.
- Bytheway, C. W. [2007], *Fast Creating & Innovation*, Florida, J. Ross Publishing, Inc.
- Cooper, R., R. S. Kaplan, L. S. Maisel, E. Morrissey, and R. M. Oehm [1992], *Implementing Activity Based Cost Management*, *Institute of Management Accountants*. (KPMG ピート・マーウィック KPMG センチュリー監査法人訳 [1995] 『ABC マネジメント革命: 米国企業を再生させたコスト管理手法』 日本経済新聞社).
- Firmawan, F., F. Othman, and K. Yahyu [2012], “Improving Project Performance and Waste Reduction Construction Projects: A Case Study of a Government Institutional Building Project,” *International Journal of Technology*, vol. 2, pp. 182-192.
- Gore, A. [1993], *Earth in the Balance: Ecology and the Human Spirit*, Penguin. (小杉隆訳[1994] 『地球の掟』 ダイヤモンド社).

- Hammer, W. [1980], *Product Safety Management Engineering*, Prentice-Hall. (高橋恒彦監訳[1989] 『製品安全の考え方[安全を問われる製品責任]』 鹿島出版会).
- Heller, D. A., G. Mercer, and T. Fujimoto [2006], “The Long-Term Value of M&A Activity That Enhances Learning Organizational: Finding from the Automobile Industry,” *International Journal of Automotive Technology and Management*, Vol. 6, No. 2, pp. 157-176.
- Heller D. A., and T. Fujimoto [2004] “Inter-Firm Learning in High-Commitment Horizontal alliances: Finding from two cases in the World Auto Industry,” *ABAS: Annuals of Business Administrative Science*, Vol. 3, No. 3, pp.35-52.
- Kaufman, J. J. [2006], *Stimulating Innovation in Products and Services*, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- Leonard, D., and W. Swap [2005], *Deep Smart*, Boston: Harvard Business School Press.
- Metzger, W. [1953], *Gesetze Des Senens*, Frankfurt: Waldemar & Co., Frankfurt.
- Moga, L. M., I. Ionita, F. M. Buhociu, V. Antohi, and F. O. Virlamuta [2009], “Introducing Technical Oriented Fast Diagrams in the Projecting of the Informatics System for the Management of Small and Medium Size Enterprises,” *Communication of the IBIMA*, vol. 8, pp. 65-73.
- Miyake, N. [1986], “Constructive Interaction and the Interactive Process of Understanding,” *Cognitive Science*, vol. 10, pp. 151-177.
- Miyake, N. [2006], “Centralized System in Japan may suffer from Additional Factors like the Language Divide: Comments on Halverson & Colons,” *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, vol. 1, No. 2, pp. 171-175.
- Miyake, N., and H. Shirouzu [2006], “A Collaborative Approach to Teaching Cognitive Science to Undergraduates: The Learning Sciences as a Means to Study and Enhance College Student Learning,” *Psychology*, vol. 49, pp. 101-113.
- Nonaka, I., and H. Takeuchi [1995], *The knowledge-Creating Company*, New York: Oxford University Press.
- Norman, D. A. [1981], “Categorization of Action Slips,” *Psychological review*, Vol. 88, No. 1, pp1-15.
- Polanyi, M. [1966], *The Tacit Dimension*, Chicago: The University of Chicago Press, pp. 23-25.
- Porter, E., and C. Linde [1995], “Toward a New Conception of the Environment-Competitiveness Relationship,” *The Journal of Economic Perspectives*, Vol. 9, No. 4, pp. 97-118.
- Sasou, K., and J. Reason [1999], Team Errors: Definition and Taxonomy, *Reliability Engineering and*

*System Safety*, vol. 65, No. 1, pp. 1-9.

Shukla, O. J., and A. K. Misra [2013], "Easily & Economically Feasible Value Analysis & Value Engineering Concepts for Manufacturing Industry," *Engineering Management Reviews [EMR]*, vol. 2, Issue 3, pp. 81-85.

Stalk, G., P. Evans, and L. E. Shulman [1992], "Competing on Capabilities: The New Rules of Corporate Strategy," *Harvard Business Review*, March-April.

The Japan Institute of Plant Maintenance [1997], *Focused Equipment Improvement for TPM Teams*, NY: CRC Press.

The Productivity Press Development Team [1996], *TPM for Every Operator*, NY: Productivity Press, p. 52.

Reasons, J. [1990], *Human Error*: Cambridge University Press.

[参照 URL]

ISO14001URL,<[http://www.epd.gov.hk/epd/misc/env\\_management\\_sme/e\\_e/eng/doc/User%20Manual/UserManual\\_01.pdf#search='ISO14001+operation+manyual'](http://www.epd.gov.hk/epd/misc/env_management_sme/e_e/eng/doc/User%20Manual/UserManual_01.pdf#search='ISO14001+operation+manyual')>(アクセス日：2015年11月19日)。

(株)アドヴィックス トピックス URL,<<http://www.advics.co.jp/jp/news/topics/2013/131008.html>>(アクセス日：2015年6月13日)。

(株)MC システムズお知らせ URL,<<http://www.mcsystems.ne.jp/news/index.html>>(アクセス日：2015年6月13日)。

大阪市市民防災マニュアル URL,<<http://www.city.osaka.lg.jp/kikikanrishitsu/page/0000011873.html>>(アクセス日：2015年6月13日)。

岡山市(水道局)環境マネジメントシステム URL,<<https://www.water.okayama.okayama.jp/jigyokankyo1.htm>>(アクセス日：2015年6月13日)。

オムロン社(株)品質保証 URL,<<http://www.omron.co.jp/about/csr/society/customer/quality/>>(アクセス日：2015年6月13日)。

カネソウ(株)URL,<[http://www.kaneso.co.jp/iso/ks-z101\\_27.htm](http://www.kaneso.co.jp/iso/ks-z101_27.htm)>(アクセス日：2015年11月19日)。

関西電力美浜原子力発電所 URL,<<http://www.kepco.co.jp/corporate/info/community/mihama/>>(アクセス日：2015年6月13日)。

北九州市環境マネジメントシステム URL,<[http://www.city.kitakyushu.lg.jp/kankyou/file\\_0280.html](http://www.city.kitakyushu.lg.jp/kankyou/file_0280.html)>(アクセス日：2015年6月13日)。

京都市環境マネジメントシステム URL,<<http://www.city.kyoto.jp/kankyo/envm/kanri/EMS/EMS.html>>(アクセス日：2015年6月13日)。

経済産業省 URL,<[http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/kaigaizi/result/result\\_11.html](http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/kaigaizi/result/result_11.html)>(アクセス日：2015年11月19日)。

経済産業省 URL,<<http://www.meti.go.jp/committee/materials2/downloadfiles/g100630d04j.pdf>>(アクセス日：2015年11月19日)。

経済産業省 URL,<<http://www.meti.go.jp/policy/recycle/main/data/pamphlet/pdf/handbook2014.pdf#search='%E7%B5%8C%E6%B8%88%E7%94%A3%E6%A5%AD%E7%9C%81+%E5%BE%AA%E7%92%B0%E7%A4%BE%E4%BC%9A'>>(アクセス日：2014年1

1月10日)。

経済産業省 URL,<<http://www.meti.go.jp/report/tsuhaku2013/2013honbun/i3320000.html>

>(アクセス日：2015年11月19日)。

経済産業省 URL,<[http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/kaigaizi/result/result\\_43/pdf/h2c43](http://www.meti.go.jp/statistics/tyo/kaigaizi/result/result_43/pdf/h2c43)

-2.pdf>(アクセス日：2015年11月19日)。

経済財政諮問会議 URL,<[http://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/minutes/2005/0419/item11\\_2.pdf#search='%E6%97%A5%E6%9C%AC+%E8%A3%BD%E9%80%A0%E6%A5%AD+%E5%BC%B1%E4%BD%93%E5%8C%96+%E8%A8%BC%E6%8B%A0'](http://www5.cao.go.jp/keizai-shimon/minutes/2005/0419/item11_2.pdf#search='%E6%97%A5%E6%9C%AC+%E8%A3%BD%E9%80%A0%E6%A5%AD+%E5%BC%B1%E4%BD%93%E5%8C%96+%E8%A8%BC%E6%8B%A0')

>(アクセス日：2015年11月19日)。

高圧ガス保安協会 URL,<[https://www.khk.or.jp/activities/incident\\_investigation/hpg\\_incident/pdf/jiko2512.pdf](https://www.khk.or.jp/activities/incident_investigation/hpg_incident/pdf/jiko2512.pdf)

>(アクセス日：2015年11月19日)。

厚生労働省 HACCP(ハサップ) URL,<[http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou\\_iryuu/shokuhin/haccp/](http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/kenkou_iryuu/shokuhin/haccp/)

>(アクセス日：2015年6月13日)。

神戸市環境マネジメントシステム URL,<<http://www.city.kobe.lg.jp/life/recycle/environmental/heat/kems.html>

>(アクセス日：2015年6月13日)。

札幌市環境マネジメント文書 URL,<[http://www.city.sapporo.jp/shogaifukushi/shiteikanriya/documents/12\\_ems-manual.pdf](http://www.city.sapporo.jp/shogaifukushi/shiteikanriya/documents/12_ems-manual.pdf)

>(アクセス日：2015年11月19日)。

埼玉県環境マネジメントシステム URL,<<https://www.pref.saitama.lg.jp/a0501/ems/index.html>

>(アクセス日：2015年6月13日)。

堺市環境マネジメントシステム URL,<<http://www.city.sakai.lg.jp/kurashi/gomi/torikumi/sems/sems.html>

>(アクセス日：2015年6月13日)。

相模原市環境マネジメントシステム規定 URL,<<http://www.city.sagamihara.kanagawa.jp/kankyo/hozen/ISO/001833.html>

>(アクセス日：2015年6月13日)。

札幌市環境マネジメントシステムとは URL,<[http://www.city.sapporo.jp/kankyo/management/ems\\_jigyosha/ems.html](http://www.city.sapporo.jp/kankyo/management/ems_jigyosha/ems.html)

>(アクセス日：2015年6月13日)。

サンデン(株)トピックス URL,<[http://www.sanden.co.jp/topics/2013/1113\\_3.html](http://www.sanden.co.jp/topics/2013/1113_3.html)

>(アクセス日：2015年6月13日)。

静岡市環境マネジメント文書 URL,<[http://www.city.shizuoka.jp/000\\_002613.html](http://www.city.shizuoka.jp/000_002613.html)

>(アクセス日：2015年11月19日)。

静岡市環境マネジメントマニュアル URL,<<http://www.city.shizuoka.jp/000145884.pdf>

>(ア

クセス日：2015年6月13日)。

新日鐵住金(株)sustainability Report-2014URL,<[http://www.nssmc.com/news/20140801\\_100.html](http://www.nssmc.com/news/20140801_100.html)>(アクセス日：2015年6月13日)。

(株)セキソーURL,<<http://www.sekiso.co.jp/>>[アクセス日：2015年6月13日]。

総務省消防庁 URL,<[http://www.fdma.go.jp/neuter/topics/houdou/h26/2605/260530\\_1houdou/03\\_houdoushiryou.pdf](http://www.fdma.go.jp/neuter/topics/houdou/h26/2605/260530_1houdou/03_houdoushiryou.pdf)>(アクセス日：2015年11月19日)。

館林市環境マネジメントシステムマニュアル URL,<<http://www.city.tatebayashi.gunma.jp/docs/2014040300028/files/manual.pdf>>(アクセス日：2015年6月13日)。

千葉市環境マネジメントシステム URL,<<http://www.city.chiba.jp/kankyo/kankyohozen/hozen/ondanka/c-ems.html>>(アクセス日：2015年6月13日)。

デミング賞 URL,<<https://www.juse.or.jp/deming/>>(アクセス日：2015年6月13日)。

東京都 EMS レポートの URL,<[https://www.kankyo.metro.tokyo.jp/policy\\_others/iso14001/attachement/H23emsome13-2.pdf#search='%E6%9D%B1%E4%BA%AC%E9%83%BD+EMS%E5%A0%B1%E5%91%8A%E6%9B%B8'](https://www.kankyo.metro.tokyo.jp/policy_others/iso14001/attachement/H23emsome13-2.pdf#search='%E6%9D%B1%E4%BA%AC%E9%83%BD+EMS%E5%A0%B1%E5%91%8A%E6%9B%B8')>(アクセス日：2015年11月19日)。

東京都環境局マネジメントシステム URL,<[https://www.kankyo.metro.tokyo.jp/policy\\_others/iso14001/guide/index.html](https://www.kankyo.metro.tokyo.jp/policy_others/iso14001/guide/index.html)>(アクセス日：2015年11月19日)。

トヨタ(株)sustainability Report2014URL,<<http://www.toyota.co.jp/jpn/sustainability/report/sr/>>(アクセス日：2015年6月13日)。

トヨタ自動車 75年史 URL,<[https://www.toyota.co.jp/jpn/company/history/75years/text/entering\\_the\\_automotive\\_business/chapter2/section1/item4.html](https://www.toyota.co.jp/jpn/company/history/75years/text/entering_the_automotive_business/chapter2/section1/item4.html)>(アクセス日：2015年6月13日)。

トヨタ自動車 URL,<[https://www.toyota.co.jp/jpn/company/history/75years/data/company\\_information/management\\_and\\_finances/management/tqm/explanation04.html](https://www.toyota.co.jp/jpn/company/history/75years/data/company_information/management_and_finances/management/tqm/explanation04.html)>(アクセス日：2016年2月13日)。

トヨタ車体 URL,<<http://www.toyota-body.co.jp/csr/report/pdf/2013/ALL.pdf#search='%E3%83%88%E3%83%A8%E3%82%BF%E8%BB%8A%E4%BD%93+PDCA'>>(アクセス日：2016年2月17日)。

名古屋市役所環境行動計画 URL,<<http://www.city.nagoya.jp/kankyo/cmsfiles/contents/0000012/12288/201309kankyokoudoukeikaku2020.pdf>>(アクセス日：2015年6月13日)。

新潟市 ISO14001 の取り組み URL,<<http://www.city.niigata.lg.jp/kurashi/kankyo/ems/index>

[html](#)>(アクセス日：2015年6月13日)。

日経 BP URL,<<http://corporate.nikkeibp.co.jp/info/newsrelease/newsrelease20111028.shtml>>(アクセス日：2015年11月19日)。

農林水産省 URL,< [http://www.maff.go.jp/j/shokusan/recycle/syoku\\_loss/pdf/syokuhinhaiki\\_furo22.pdf](http://www.maff.go.jp/j/shokusan/recycle/syoku_loss/pdf/syokuhinhaiki_furo22.pdf) >(アクセス日：2014年11月10日)。

農林水産消費安全技術センターURL,<<http://www.famic.go.jp/syokuhin/jigyousya/nendobetu.pdf>>(アクセス日：2015年11月19日)。

広島市環境マネジメントシステム URL,<<http://www.city.hiroshima.lg.jp/www/contents/00000000000/1303886351922/index.html>>(アクセス日：2015年6月13日)。

福岡市環境マネジメントシステム URL,<<http://www.city.fukuoka.lg.jp/data/open/cnt/3/29823/1/kannkyoukaikai3.pdf>>(アクセス日：2015年6月13日)。

名北工業 News and Topics,<<http://www.meihoku-kogyo.co.jp/newsdetail.html?id=20131008154618>>(アクセス日：2015年6月13日)。

横浜市 ISO 環境マネジメントシステム運用の手引き URL,<<http://www.city.yokohama.lg.jp/kankyo/mamoru/iso/bunso/data/h26tebiki.pdf>>(アクセス日：2015年6月13日)。