

Title	既設プラント更新の国際プロジェクトにおけるリスク マネジメントの研究
Author(s)	吉田, 昭彦
Citation	
Issue Date	2014-09
Type	Thesis or Dissertation
Text version	ETD
URL	<a href="http://hdl.handle.net/10119/12292">http://hdl.handle.net/10119/12292</a>
Rights	
Description	Supervisor: 藤波 努, 知識科学研究科, 博士

博 士 論 文

既設プラント更新の国際プロジェクトに  
おけるリスクマネジメントの研究

吉田 昭彦

主指導教員 藤波 努

北陸先端科学技術大学院大学

知識科学研究科

平成 26 年 9 月

# 概要

これまでのプラント事業におけるリスクマネジメントは、プロジェクトマネージャの経験やスキルに依存していて、体系化されていないのが現状である。実際、リスクマネジメントプロセスモデルに関する文献を見ると、実プラントでの適用事例はそれほど多くない。これは、プラントの場合、プロジェクトマネージャの経験によるところが多く、理論を実務に適用することが難しいとされるからである。プラント事業での実践的マネジメント手法の確立は、今後のビジネス展開において大きな課題である。

そこで、本研究では、プロジェクトマネージャの経験やスキルを明らかにし、解決策としてリスクの特定、リスク軽減のためのモデル、リスク評価方法の標準化を提案する。本研究で用いるリスクマネジメントプロセスモデルは、見積から現地調整完了までのプロジェクトリスク、現地リスクを総合的にマネジメントする手法を基本とし、プロジェクトマネージャによるリスクの一元管理と可視化のための実践的な手法を取り入れている。さらに、リスクの可視化のための評価手法として重み付けによる簡易的評価を用い、リスク抑制のためのリスク対策を組合せたモデルを適用することを特徴とする。まず、リスクの可視化のための標準化手法としてプラント事業でのリスク事象の一般化とリスク事象と影響の発生の重み付けによる簡易的リスク評価を提案する。次に、リスク対策の評価手法としてリスク対策を組合せたモデルを適用して、リスク対策の具体策から実行可能性の重み付けを行い、リスク対策の評価と実践的なリスク対応計画を提案する。現地リスクの場合、リスク検知・回避の可能性と結果の重大性軽減の可能性を取り入れた現地リスク評価モデルを提案する。

本研究で提案しているモデルおよび標準化手法を使い、実プロジェクトでのデータを使って検証した結果、ベテランプロジェクトマネージャが行うリスク評価点の推移と同じような傾向が見られた。これにより、リスク評価を可視化するのに有効であることが明らかとなり、リスクマネジメントの実践的手法としての有効性を確認できた。また、リスク事象の一般化を行っているので、この手法はプラントの規模、現地工程の余裕度、現地の地域性に関係しない。従って、モデルおよび手法の基本的な考え方は汎用性があり、鉄鋼プラント設備の既設プラント更新以外のプロジェクトにおけるリスクマネジメントにも適用可能であると考えられる。

# Study of Risk Management in International Project of Existing Plant Revamping

Akihiko Yoshida

School of Knowledge Science  
Japan Advanced Institute of Science and Technology

## Abstract

The risk management for the plant business has been replying on project managers' skill acquired through experiences and is not fully analyzed, which is evident from the fact that few case studies are found in the literature of risk management process models concerning the real plants. It is difficult to apply a theory to practice in case of plant since many factors are attributed to the experience of project manager. Establishing practical management methods for the plant business is a challenge in the future business development.

In this study we clarify the experience and skills of project managers and propose the risk identification, models for risk mitigation, and a standardized risk evaluation method as a solution. The proposed risk management process model forms a basis for comprehensive management covering site risks from quotation to the completion of commissioning. It also incorporates a practical method for the visualization and unified management of risks by the project manager. Furthermore, there are features such as a simplified evaluation for visualizing of risks by weighting, and a model of risks combined with countermeasures for risk mitigation.

We propose firstly a generalization of the risk events in the plant business as a standardized method for the visualization of risk and a simplified risk evaluation by the weighting for the occurrence of risk events and their impacts. Next, we apply the model of combination with risk countermeasures as the evaluation method of risk countermeasures and perform the weighting of the feasibility by specific countermeasures of risk.

We also propose an evaluation method of risk countermeasures and a practical risk response plan. In case of site risk we propose model for site risk evaluation which has possibilities for risk detection and risk avoidance, which has possibilities for mitigation of severity of the results.

In case of using the model and standardized method which are proposed in this study, the result which is verified by the actual data in the project is shown a tendency similar to the transition of risk evaluation point which is performed by veteran project managers. Accordingly, it is clear that it is effective in visualizing the result of risk evaluation, and we can confirm its effectiveness as a practical method for risk management. Further, since a generalization of the risk event is performed, this method is not related with the scale of plant, the margin of site schedule, the regionality of site. Therefore, it is considered that basic concept of the model and method has general versatility and also is applicable to risk management on project other than existing plant revamping of iron and steel plant facilities.

# 目 次

第1章 序論	1
1. 1 研究の背景	2
1. 2 現状の問題点	5
1. 3 研究の目的	8
1. 4 本論文の構成	9
1. 5 リサーチクエスション	10
第2章 先行研究レビュー	11
2. 1 リスクの定義	11
2. 2 プロジェクトリスクと現地リスク	14
2. 3 リスクマネジメントプロセス	20
2. 4 経験とスキル	31
2. 5 FMEA と FTA	32
2. 6 まとめ	34
第3章 プロジェクトリスク管理の改善	35
3. 1 マネジメントプロセスの改善点	35
3. 2 リスクの特定と分類	38
3. 3 リスク分析手法の標準化	43
3. 4 リスク対策の立案と評価手法の標準化	51
3. 5 実プロジェクトによる検証	60

第4章 現地リスクマネジメント手法の提案	71
4. 1 マネジメントプロセスモデルの構築	71
4. 2 現地リスクの特定と分類	74
4. 3 現地リスクの定量的分析	80
4. 4 現地リスクへの対応策	87
4. 5 現地リスクの定量的評価	91
4. 6 実プロジェクトによる検証	94
第5章 結論	120
5. 1 研究の成果	122
5. 2 理論的含意と実務的含意	126
5. 3 今後の研究課題	128
参考文献	129
謝辞	135

# 目 次

1	鉄鋼プラント電気設備の動向	2
2	現地リスクマネジメントの現状	4
3	標準リスクモデル	15
4	標準やガイドにおけるリスクのモデル	16
5	リスク因子、広がる経路、結果の重大性の関連図	17
6	発生の可能性、検知・防御の可能性、結果の重大性の関係式	18
7	一般的なリスク分析の考え方	19
8	リスクマネジメントの全体像	22
9	リスクマネジメントのプロセス	24
10	リスクマネジメント統合のイメージ図	26
11	リスクマネジメントの反復性とそのプロセス間との相互作用	29
12	‘Soft Risk’ model’s diagram	30
13	リスクマネジメントプロセスモデルの概念図	36
14	プロジェクト遂行の業務フローとリスクとの関係	38
15	プロジェクトマネジメント知識エリアとリスクとの関係	39
16	リスク評価指標の決定フロー図	50
17	リスク対策を組み合わせたモデル	52
18	新たなリスク評価指標の決定フロー図	57
19	プロジェクトリスク管理改善の作業プロセスのフロー図	59
20	過去の類似プラントにおけるプロジェクトリスク評価結果	61
21	各リスク事象の改善損失の推移	64
22	改善損失の総和の推移	65
23	リスクの監視コントロールプロセス	66
24	各リスク事象の期待損失の推移	68
25	期待損失の総和の推移	69
26	現地リスクマネジメントプロセスの概念図	72

2 7	現地作業フローとリスクとの関係	75
2 8	現地リスクの分類図	77
2 9	現地リスクの特性要因図	77
3 0	リスク事象のリスク因子と経路の関係	83
3 1	リスク発生の可能性の決定フロー図	84
3 2	リスク連鎖の概念図	87
3 3	現地リスク評価モデル	88
3 4	リスク検知・回避の可能性の決定フロー図	92
3 5	結果の重大性軽減の可能性の決定フロー図	93
3 6	リスクの連鎖によるリスク因子、経路の関係図	95
3 7	現地リスク評価方法の作業プロセス	98
3 8	各リスク事象のリスク評価点分布図（現地工事開始前）	106
3 9	リスク総合評価点の推移（現地工事開始前）	107
4 0	各リスク事象のリスク評価点分布図（各フェーズ開始後）	115
4 1	リスク総合評価点の推移（各フェーズ開始後）	116
4 2	現地工事開始前計画と各フェーズ開始後実績のリスク総合評価点の推移	117
4 3	リスク総合評価点の推移（他プラントでの事例）	118

# 表 目 次

1	リスク定義の分類とその特徴	16
2	リスクマネジメントプロセスモデルの変遷	20
3	PMBOK Guide（第5版）におけるリスクマネジメント	21
4	プロジェクトのリスク事象とその根拠	41
5	プロジェクトリスク定義書	42
6	リスク事象のドライバー(1)	44
7	リスク事象のドライバー(2)	45
8	影響のドライバー(1)	47
9	影響のドライバー(2)	48
10	リスク対策のドライバー(1)	54
11	リスク対策のドライバー(2)	55
12	プロジェクトのデザインレビュー工程	63
13	見積から現地調整前までのリスク管理表（改善損失）	63
14	見積から現地調整前までのリスク管理表（期待損失）	67
15	現地でのリスク事象とその根拠	79
16	内的リスクのリスク因子と経路	81
17	リスク事象と業務プロセスの関係	82
18	現地リスクの結果の重大性	86
19	内的リスクのリスク対策	89
20	結果の重大性の軽減策	90
21	リスク事象と現地工程との関連性	96
22	現地工事開始前のリスク評価スコアシート（電気工事）	100
23	現地工事開始前のリスク評価スコアシート（電気調整）	101
24	現地工事開始前のリスク評価スコアシート（試験運転）	102
25	現地工事開始前のリスク評価スコアシート（操業運転）	103
26	現地工事開始前のリスク評価スコアシート（性能試験）	104

27	現地工事開始前の現地リスク管理表	105
28	各フェーズ開始後のリスク評価スコアシート（電気工事）	109
29	各フェーズ開始後のリスク評価スコアシート（電気調整）	110
30	各フェーズ開始後のリスク評価スコアシート（試験運転）	111
31	各フェーズ開始後のリスク評価スコアシート（操業運転）	112
32	各フェーズ開始後のリスク評価スコアシート（性能試験）	113
33	各フェーズ開始後の現地リスク管理表	114
34	現地リスク管理表（他プラントでの事例）	119
35	プロジェクトリスクと現地リスクのマネジメント手法の比較表	125

# 第 1 章

## 序 論

本研究では、既設プラント更新の国際プロジェクトを対象にプロジェクトリスクを抑制するための理論モデルを構築し、プロジェクトマネージャの持つスキルや過去のトラブル事例をもとにリスクを特定し、リスク分析・評価の標準化を行い、プロジェクトリスク管理の改善を図る。

また、既設プラント更新の国際プロジェクトにおいて設備再稼働後の契約保証値に関するリスクや現地でのプラント再立上げ時のリスクは認知されるべきものであり、契約の不履行を未然に防ぎ、顧客からの信頼を維持させるためにもリスクマネジメントは重要である。更新プロジェクトでは既設機能の復元もしくは改善に加え、現地での工程通りの再稼働を達成することが最重要項目となっており、現地でのリスクマネジメントは必要不可欠なものとなっている。

従って、本研究ではプロジェクトを成功に導くためのリスクマネジメントとしてプロジェクトリスク管理の改善に加え、現地での工程通りのプラント再稼働を達成するための現地リスクマネジメントについても提案を行う。

## 1.1 研究の背景

本研究を進めるに至った背景として、産業分野でのリスクマネジメントに対する関心の高まりとプラント事業分野においてプロジェクトマネジャやサイトマネジャの経験知に頼った実践的手法に依存しているリスクマネジメントの現状に対しての行き詰まり感がある。特に、プラント事業分野においては、鉄鋼プラントをはじめとしてグローバル化が進んできており、国際プロジェクトを遂行する上でリスクマネジメントの重要性はより大きくなっていると考えられる。また、最近の鉄鋼分野のプラント事業では、成熟期に入り新設への設備投資が抑制傾向となり、既存の電気設備の老朽化が急速に進んだこともあり、既存のモータ駆動装置や監視・制御システムなど電気設備の更新を主体としたプロジェクトが急増している。このことは、図1に示す鉄鋼プラント電気設備の動向からわかるように1985年を境に直流ドライブ装置から交流可変速ドライブ装置への更新が始まったのをきっかけに海外での電気設備更新プロジェクトが急増し、さらに2000年以降急増した海外での新設プラント（特に中国での新設ラッシュ）の影響で2010年以降は海外での既設電気設備の更新プロジェクトが増加するものと予測される。ここで、更新の対象となる電気設備は主に老朽化が進んだミルモータやドライブ装置、及び製品ライフサイクル（販売が10年、保守が10年程度）から考えて更新が必要と思われるプラント監視・制御装置などである。

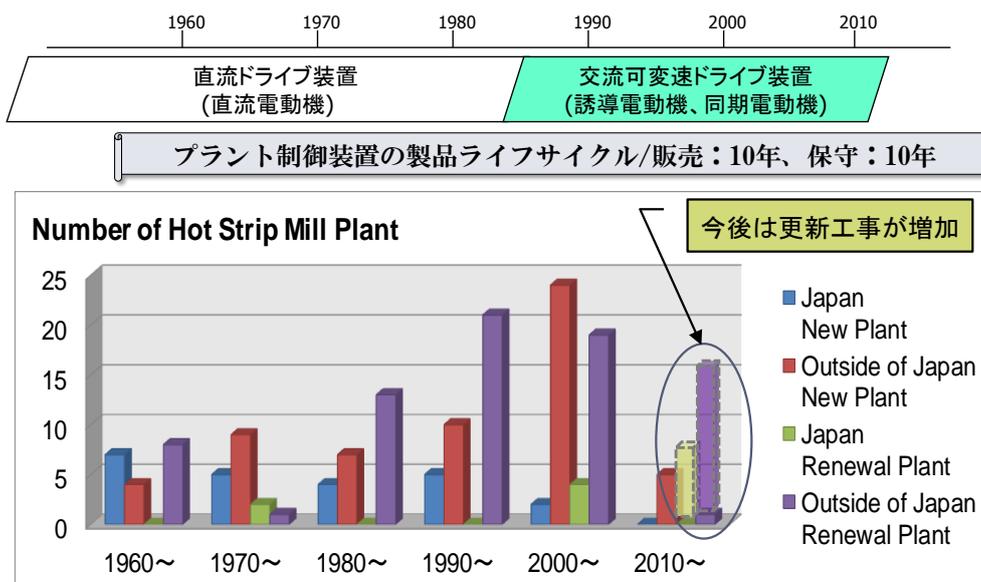


図1 鉄鋼プラント電気設備の動向

従って、プラント事業分野において、今後 10 年～20 年先の市場を考えた場合、既設プラント更新の国際プロジェクトにおけるリスクマネジメントの研究を進めていくことは重要であり、これは一般の産業分野にも共通するものであると考える。

さらに、最近の傾向として更新プロジェクトの大規模化、顧客への柔軟な対応、高負荷による技術者不足、客先からの工程短縮要求などのプロジェクトに課せられた厳しい環境の中で様々なプロジェクトリスクが潜在する。これを受けて既設プラントの更新プロジェクトにおけるリスクマネジメントはいつそう難しくなっていると考えられる。

このような既存の電気設備の更新を行う場合の現地工事や現地調整においては、「プラント再立上げの工程が新設工事に比べ短い」、「生産ラインの再稼働に向けての迅速な設備再稼働が必要」、「プラント再立上げ後の操業側からの改善要求が多い」などの更新プロジェクト特有の制約条件がある。そして、既存電気設備の更新の場合、「定修工事期間内での工程遵守」、「設備稼働前の試圧延テスト開始から実操業運転開始までの工程の厳守と早期操業安定化」、「品質・性能試験期間での生產品質安定化」などの絶対条件が存在し、それらを阻害する要因はすべて現地リスクと考えられる。また、その影響範囲としては契約上のペナルティ、操業開始遅れに対する補償などの費用面での損失のみならず、顧客信頼の失墜や他商談での機会損失などが考えられる。

現地でのリスクマネジメントに関してもう一つ考えておかなければならないことがある。それは、現状の現地リスクマネジメントが、図 2 に示すようなプロジェクトマネージャとサイトマネージャとの分業制で成り立っているということである。つまり、現地でのリスクの特定や認知、リスク分析や判断は現地が主体でありサイトマネージャの勘や経験で実行されていて、現地で処理できない場合のみプロジェクトマネージャへ報告が上がってくる。そして、契約変更に関わる内容や客先からの追加要求、他部門に関係するリスクはプロジェクトマネージャが対策を計画し、実行しているのが現状である。しかしながら、更新プロジェクトのような現地工程に余裕がなく、且つ、現地において既設からの更新内容に対して多くの客先からの仕様変更要求が発生するようなプロジェクトの場合、現地での的確な判断と迅速な対応が要求されるので、今までのような分業制を取ってはいは対応が遅れ、問題を大きくしてしまう可能性がある。これを避けるためにもプロジェクトマネージャによるリスクの一元管理は、今後、重要となってくるであろうと考えられる。

従って、既設プラント更新の国際プロジェクトにおいてこのようなプロジェクトリスクや現地リスクに対してリスクの特定と分析、リスク対策の計画と実行、リスクの評価など積極的にリスクをコントロールするようなリスクマネジメントを確立することは、プロジェクトを成功させる上で極めて重要である。

また、プロジェクトマネージャがリスクを一元管理できるようなしくみ作りを行い、設計と現地を繋ぐリスクマネジメントのフレームワークを完成させることが重要となる。

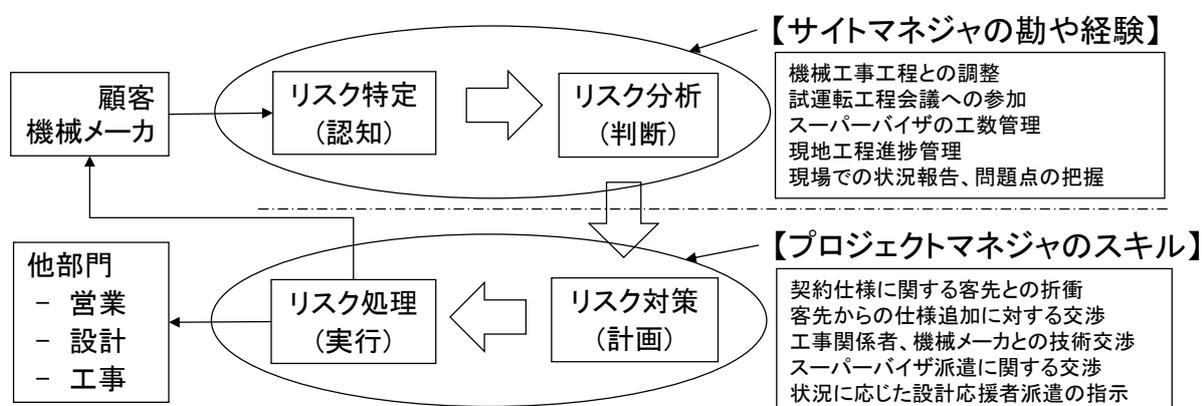


図2 現地リスクマネジメントの現状

これまでのリスクマネジメントにおいては、見積から機器出荷（船積み）までのエンジニアリング過程でのリスクを扱うもの（プロジェクトリスクマネジメントと称するもの）と現地での工事、試運転調整などプラント立上げ時でのリスクを扱うもの（現地リスクマネジメントと称するもの）とに分けて実行されており、それぞれの責務をプロジェクトマネージャやサイトマネージャの知識や経験に基づき実行されてきた。

しかしながら、市場の変化（既設更新プロジェクトの増加や事業のグローバル化）と情報化社会の発達によりリスクマネジメントの重要性も増し、今までのように経験やスキルに依存しては立ち行かなくなってきた。特に、現地リスクマネジメントでは、既設プラント更新の国際プロジェクトを考えた場合、リスクへの的確な判断と即応性から見て今までのような分業制では限界があり、今後はプロジェクトマネージャによる体系化されたリスクマネジメントが必要になってくる。

## 1.2 現状の問題点

### 1) リスクマネジメントの現状

これまでの鉄鋼分野におけるリスクマネジメントはプロジェクトマネージャの知識やスキルに依存していて、体系化されたものがないのが現状である。実際、いくつかのリスクマネジメントプロセスモデルを記述している文献はあるが、必ずしも実践的ではない。例えば、PMBOK Guide (A Guide in the Project Management Body of Knowledge) [PMI 13]で示されているリスクの特定、定性的分析、定量的分析、リスク対策の計画、リスクの監視コントロールを見てみると、鉄鋼分野のプロジェクトにおいては殆どがプロジェクトマネージャの裁量に委ねられているのが実態である。

つまり、プロジェクトマネージャが過去に経験した不適合の事象やプロジェクトのトラブル事例をもとにプロジェクトマネージャ自身でリスク事象を識別し、プロジェクトの置かれている環境や顧客情報、契約内容、プロジェクトの特異性などからリスクを分析してリスクの優先順位や影響の大きさなどを判断している。過去にプロジェクトで実行された対策や実行できなかった施策などを参考にしてプロジェクトマネージャ自身で対策を立案し、その実行計画を立てている。言い換えれば、これまで実行されてきたリスクマネジメントはリスク評価指標が曖昧で決定方法も標準化されていないのが現状であり、そのためリスク対策の具体策も不明瞭のまま適切なリスク対応が取られていないということである。これについては、今後改善していかなければならない課題であると認識している。

一方でこれまでのリスクマネジメントは、プラントの受注から機器の出荷までのプロジェクトを遂行する上でのリスクを主に扱っており、現地工事開始から試運転、操業開始、品質制御の確立までのサイトでの現地リスクはあまり取り扱われていない。更新工事においては、現地立ち上げ工程が短く、短期間での調整が必要であり、現地でのリスクが多いため、如何に現地リスクを減らすかを常に考えてマネジメントする必要があるが、現段階では体系化されたものが少ない。ちなみに現段階における現地でのリスクマネジメントを見てみると、その殆どがサイトマネージャの勘と経験に頼っていて、ルール化された手法や体系化された方法論などはなく、場当たりの行われている。しかも、プロジェクト全体をとりまとめているプロジェクトマネージャの現地

リスクの認知度が低く、迅速な対応が取れないケースが多いのも事実である。

リスクマネジメントにおいては本来プロジェクトの責任者でもあるプロジェクトマネージャが機器出荷までのプロジェクトリスクのみならず、現地でのプラント立上げから品質制御確立までの現地でのリスクをマネジメントすべきであり、そのフレームワークができていないのは問題であると言える。なぜなら、プロジェクトマネージャやサイトマネージャのスキルや経験に頼っているリスク分析やリスク評価では、結果の可視化が難しく、プロジェクトメンバへリスクの存在をうまく伝えることができないため、メンバとのリスク共有ができないからである。また、リスクの定量的評価がなされていないのでリスクの優先順位が不明瞭であり、リスク対策についても具体策が示されていないため実行可能なものかどうかの評価が難しく、プロジェクトメンバへ明確な指針とリスク対応計画を示すことができないからである。プロジェクトマネージャの現地リスクの認知度が低いと設計側と現場側とのコミュニケーションが希薄となり、リスクへの対応が遅れ、不適切な対応となるため、プラント再立上げ工程の遅延や顧客満足度の著しい低下を招く恐れがある。これは契約ペナルティや現地スーパーバイザの追加派遣費用などの損失費用の発生のみならず操業遅延や品質保証値の未達成による顧客信頼の失墜（これは企業としての最大のデメリットである）を招くことになる。

現在、現場で実行されているリスクマネジメントについて調査してみると、現地でのリスク認知やリスク分析、現地での緊急措置的な対応は実質的にサイトマネージャが行い、現地でのリスクマネジメントはサイトマネージャに委ねられていて、後で結果のみプロジェクトマネージャへ伝えられるケースが多々ある。しかしながら、すべてのケースにおいてサイトマネージャが現場でリスクへの対応を判断するのは難しく、契約仕様からの変更や客先からの改善要求、機械メーカーからの仕様変更要求などの内容によってはプロジェクトマネージャの判断が必要な場合や事務上の対応処置が必要な場合がある。そのため現場で発生した問題の質や大きさによっては、現場サイドで処理できずに滞り、客先のクレームや機械メーカーからの変更要求という形でプロジェクトマネージャのところへ連絡が入り、対応が遅れることになるケースがある。サイトマネージャが実際に現場で実施している現地リスクマネジメントについては、サイトマネージャの勘や経験に基づき判断、処理されているケースが大半であり、基本的ルールや知識体系化された方法に従っているわけではない。即ち、リスク事象を発生させる根本

原因や結果に繋がる経路などが把握できているわけではなく、その結果、適切なリスク対応を取れていないのが現実である。これまでのリスクマネジメントは、見積から機器出荷までをプロジェクトマネージャが行い、現地工事開始から現地調整完了までをサイトマネージャが中心になって行っていて、それぞれの分業制で実行されてきた。

しかしながら、非常に工程の短い現地でのプラント再立上げや現地調整中に客先からの要求が多発するような状況を考えた場合、リスクに対する判断の遅れや不適切なリスク対応はプラント再立上げの遅れや顧客満足度の低下を引き起こし、プロジェクト全体の失敗へと繋がるのが予想される。即ち、プロジェクトでのリスクマネジメントは、現状、プロジェクトマネージャとサイトマネージャとの分業制を取っているが、「現地でのトラブル発生時の対応が遅れる」、「現地でのリスク対策が十分に取れない」などの問題があり、現地リスクを含めたリスクの一元管理が難しいのが現状である。

## 2) プロジェクトマネージャの経験とスキル

鉄鋼分野におけるリスクマネジメントに関して、プロジェクトマネージャは過去に自分が経験したプロジェクトでのトラブル事例や問題点などをもとにリスクとなり得る事象をいくつか挙げてそれが外的要因なのか内的要因なのかを考え、リスク事象を分類する。そして、どのリスク事象に対してもそれが発生する根拠とリスク事象が発生した場合に引き起こされる損失およびそれが起こることを確信させる根拠となるプロジェクト環境の中に存在する事実を考慮しながら無意識のうちにリスク事象の発生頻度とその影響度というものを評価し、優先順位を決めている。

さらに、それぞれのリスク事象に対して、プロジェクトマネージャの過去の経験や知識の中からリスク対策として最も有効であると思われるものをいくつか挙げ、実際のプロジェクトでの制約条件や契約内容から判断して実行の可能性を考慮した上でリスクへの対応計画を立てている。つまり、「どのようなリスクを想定して、どのリスクを優先的に対処するか」、「どういったリスク対策を立て実行していくか」などについてはプロジェクトマネージャの裁量に委ねられていて、その判断基準や評価方法については明らかにされておらず、プロジェクトマネージャのスキルとなっている。現地リスクについても同様にどんなリスクが存在し、どう対処するかは、サイトマネージャの経験によるところが支配的でリスクの分析や評価方法については明らかではない。

## 1.3 研究の目的

1.2 で述べた現状の問題点を踏まえた上で、プロジェクトマネージャが実施しているリスクマネジメントについて明らかにし、解決策の一つとしてプロジェクトリスクの顕在化、リスクを抑制するようリスク対策の立案、リスク評価方法の標準化などのプロジェクト管理手法の改善案を提案する。

さらに、既設プラント更新の国際プロジェクトを成功させるためにはプロジェクトの最終リスクとも言うべき「プラント再立上げ遅延」や「契約保証値の未達成」などのリスク事象に対して現地のバックアップ体制を構築し、現地のリスクマネジメントを実施することで現場まかせではなく、設計と現場の連携を図ることが重要である。また、現地工事や現地調整における潜在リスクの特定、リスク分析と評価、緊急性と柔軟性を備えたリスク対応など現地でのリスクマネジメントをどのように推進していくかが重要であり、現地リスクを対象としたリスクマネジメントについて十分検討する必要がある。つまり既設プラント更新の国際プロジェクトにおいてプロジェクトリスク管理の改善、及び現地リスクのマネジメント手法の提案を行うことで見積から現地調整完了に至るまでの総合的リスクマネジメントを構築し、設計と現場の連携によるリスクマネジメントについてのフレームワークを完成させることが重要である。

従って、プロジェクトを成功へと導くためにはやはりプロジェクトマネージャが行うプロジェクトリスク管理の改善だけでは十分とは言えず、プロジェクトにおける最終リスクである現地でのプラント再立上げ時のリスクをマネジメントすることが重要であり、この現地リスクをコントロールするために、プロジェクトマネージャが積極的に現地調整に参画し、現地リスクのマネジメント手法を提案することで効率の良い、効果的なリスクマネジメントを実現することを目指す。また、サイトマネージャの知識との相乗効果により多発する現地リスクに対して適切、且つ迅速な対応が取れるようになることで現地リスクの回避、軽減に繋がるものと考えられる。

即ち、プロジェクトマネージャが主体となって行う現地リスクマネジメントや見積から現地調整完了に至る総合的リスクマネジメントの試行は、リスクマネジメントを研究する上での新しい試みであり、金融や IT 業界で頻繁に行われているリスクマネジメントとは違い、鉄鋼プラント分野での研究はまだ浅いため既設プラント更新の国際プロジェクトを成功させる上での重要なテーマである。

## 1.4 本論文の構成

本研究を進めるにあたり具体的には既設プラント更新の国際プロジェクトを遂行する中でプロジェクトマネージャが自身のスキルに基づき実施しているリスクの特定と分析、リスクへの対応、リスクの評価などのリスクマネジメントを改善し、体系化する。最初に、これまでプロジェクトマネージャのスキルに依存していたリスク分析に関して、標準リスクモデル[Smith 02]を適用して、リスク分析手法の標準化を進め、リスク評価方法の改善策としてリスク事象の発生や影響の発生を抑制するリスク対策を組み合わせたモデルを構築し、具体的なリスク対策の提示とリスク対策を組み込んだ新しいリスク評価方法を提案することでプロジェクトリスク管理の改善を行う。次に、既設プラント更新の国際プロジェクトで重要視されているプラント再立上げ時のリスクの認知とその評価方法について現地リスク評価モデルを提案するとともにリスクを回避、軽減するためのリスクマネジメント手法を提案し、プロジェクトを成功させるための実践的な現地リスクマネジメントのモデルケースを提示する。そして、現地工事や現地調整におけるリスクの特定や定量的分析、リスクへの対応策の策定やリスク評価といった現地リスクのマネジメント手法を明らかにする。

本論文の構成を以下に示す。第1章の序論では、本研究の背景と目的、および論文の構成の説明を行い、本研究でのメジャーリサーチクエスションとサブシディアリーリサーチクエスションを選定する。第2章の先行研究レビューでは、リスクの定義、プロジェクトリスクや現地リスク、リスクマネジメントプロセスなどについての先行研究の調査、分析を行う。第3章のプロジェクトリスク管理の改善では、既設プラント更新の国際プロジェクトにおけるプロジェクトリスクの特定と分類を行い、リスク分析手法の標準化やリスク対策を組み合わせたモデルを適用したリスク評価手法によるリスクマネジメント手法の改善に取り組み、実プロジェクトにおけるシミュレーションを行い、有効性を検証する。第4章の現地リスクマネジメント手法の提案では、既設プラント更新の国際プロジェクトにおける現地リスクの特定と分類について述べ、リスクの定量的分析、リスクへの対応策の策定、リスク評価手法の標準化など実践的な現地リスクのマネジメント手法について論じ、実プロジェクトにこれを適用してシミュレーションを行い、その有効性を検証する。第5章の結論では、本研究の成果、発見事項をまとめ、理論的含意、実務的含意、および今後の研究課題を示す。

## 1.5 リサーチクエスション

本研究のメジャーリサーチクエスションを「プロジェクトを成功に導くためのリスクマネジメントとは何か」、サブシディアリーリサーチクエスションを「①エンジニアリング過程でのリスクマネジメントにおいて必要なものとは何か」、「②現地のプラント再立上げ時でのリスクマネジメントに必要なものとは何か」、「③プロジェクトマネージャの経験を有効活用できるリスクマネジメントとは何か」と定め、これを明らかにする。

研究戦略としては過去の事例やプロジェクトマネージャの持つスキルをもとに事例研究を行い、理論モデルを構築する。そして、実プロジェクトでの調査データをもとにシミュレーションを行い、その有効性を検証する。

また、過去にプロジェクトマネージャとして現地調整に参画した際の‘気づき’や‘知見’を体系的にまとめ、現地リスクの特定、定量的分析・評価、リスク対策などの現地リスクのマネジメント手法について提案する。

## 第 2 章

# 先行研究レビュー

リスクマネジメントプロセスやプロジェクトに存在するリスク、現地調整において存在するリスクの定義についての過去の知見を整理するため、リスクの定義、標準リスクモデル、リスクマネジメントプロセスについての先行研究の調査、分析を行う。また、プロジェクトマネジャの経験知分析のため、スキルの共有化について先行研究の調査を行い、さらに、FMEA[McDermott 10, 鈴木 10]やFTA[鈴木 10]について先行研究レビューを実施する。

### 2.1 リスクの定義

リスクとは将来起こりうる出来事で、望ましくない結果を生むかも知れないものである[Demarco 03]。リスクとは目標達成に影響を及ぼす要因であり、不確かさがあることに特徴がある[野口 11]。

ソフトウェア開発には多くのリスクが潜在する。特にプロジェクトにとっての新規性が高い場合、スケジュールは曖昧になり、マネジメントは困難になる。よく検出されるプロジェクトのリスクとして、規模見積りの根拠が弱いスケジュールのリスク、受注範囲が不明確な要求のリスク、マネジメントスキルが低いプロジェクトマネジャによるリスク等が多い[福島 06]。

従って、リスクマネジメントを実行する上で対象となるプロジェクトリスクや現地リスクに関してリスクの定義を明確にする必要がある。

まず、リスクマネジメントに関する国際標準規格 ISO31000 (Risk management — Principles and guidelines) [ISO 09]が準拠しているリスクマネジメント用語の定義に関する国際標準規格 ISO Guide 73 (Risk management — Vocabulary) [ISO Guide 09]の最新の「リスク」の定義を説明する。

**Risk : effect of uncertainty on objectives**

リスク：諸目的に対する不確かさの影響

備考 1：影響とは、期待されていることから良い方向・悪い方向へ逸脱すること

備考 2：諸目的とは、例えば、財務、安全衛生、環境、戦略、プロジェクト、製品、プロセスなど様々なレベルで規定される

備考 3：不確かさとは、事象やその結果、その起こり易さに関する情報、理解、知識などが例え一部でも欠けている状態である

備考 4：リスクは事象(周辺環境の変化を含む)の結果とその発生の起こり易さとの組み合わせによって表現されることが多い

ISO Guide73 (2009) より引用

次に、リスクの要件として以下の 2 つを挙げる [箱嶋 08]。

(1) 不確実性を持つ

確実に起きている現象であれば、それは問題や障害である。確実にないというのが大前提となる。

(2) 損失をもたらす

不確実性はチャンスとリスクの 2 つの側面を持つが、このうちマイナスの結果をもたらすものがリスクとなる [Wideman 92]。

実際にプロジェクトで管理する対象とすべきリスクを対応策の観点から分類すると以下のようなになる [Kendrick 03]。

(1) 既知リスク (コントロール可能) = 内的リスク

プロジェクトでリスクを防止することが可能なもの。  
アクションプランによって未然の対策が取られる。

(2) 既知リスク (コントロール不可能) = 外的リスク

プロジェクトでは防止が困難なリスク。  
コンティンジェンシープランを策定し、起きてしまった場合の影響の最小化や吸収を行う。

(3) 未知リスク

どのようなリスクが起きるのか自体が不明なもの。  
万が一の場合は、プロジェクトマネジメントリザーブによって吸収する。

プロジェクトリスクは、その特徴から以下の3つに大別される[Campbell 10]。

(1) 既知リスク

プロジェクト目標をビジネスや技術の観点から見直すことで想定できるリスク。自分の経験やステークホルダーの経験を参考にして想定することが可能。

(2) 予測可能なリスク

実際に起こり得るリスクであり、過去の経験や類似プロジェクトなどの事例からも予測することが可能。例えば、チーム・メンバーの入れ替えや景気の変動はプロジェクトに影響する。つまり、具体的確証がないため、存在があいまいなリスクである。

(3) 予測不可能なリスク

過去の経験や事例などから予測するのは難しいリスクであり、プロジェクトマネージャやプロジェクトチームではコントロールできない。

また、国際プロジェクトを遂行するに際してのリスクは、大別して①請負者の責任に起因するもの、②発注者の責任に起因するもの、③当事者いずれの責任にも属さない外的な要因に起因するもの、の三種類に分けられる[古屋 07]。

従って、本論文で扱うプロジェクトリスク、現地リスクは将来起こり得る出来事で望ましくない結果を生むかも知れないものであり、プロジェクトで既に想定されているものを「内的リスク」、コントロールが不可能なものを「外的リスク」として分類する。そして、リスクマネジメントはプロジェクトにマイナスとなるリスク事象の発生頻度と影響度を低減させることである。

## 2.2 プロジェクトリスクと現地リスク

### 2.2.1 プロジェクトリスク

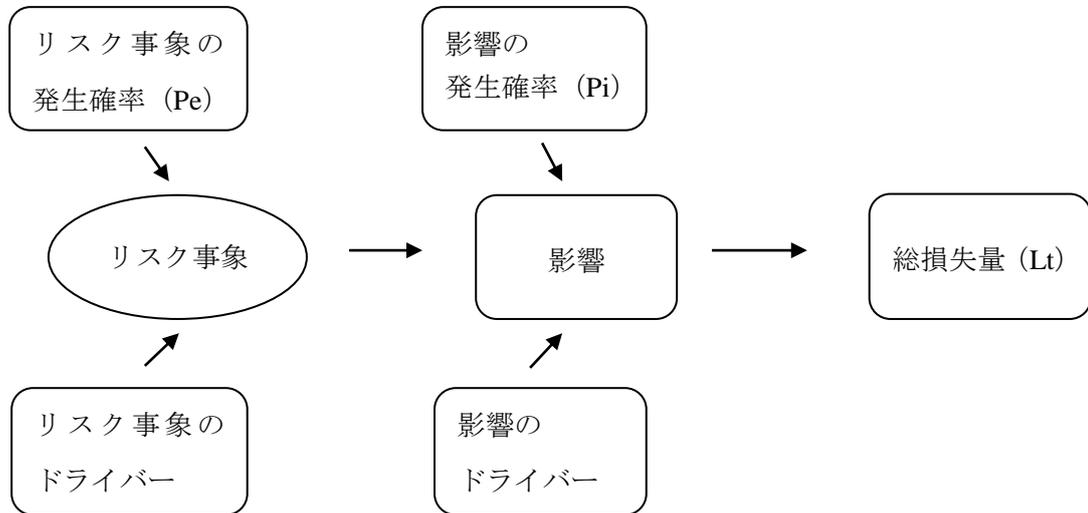
プロジェクトリスクの構造を理解しやすくするためにリスクモデルを取り上げ、その中で最も実用的と考えられている標準リスクモデル[Smith 02]について解説する。

実際に標準リスクモデルの構成や特長について理解を深めるため、概略モデル図とその構成要素について以下に詳しく説明を行う[Smith 02]。

標準リスクモデルは以下の7つの構成要素から成り立っている。

1. リスク事象…損失を引き起こす出来事または状態。
2. リスク事象のドライバー…プロジェクト環境の中に存在し、特定のリスク事象の発生へ導くと思われるもの。
3. リスク事象の発生確率…リスク事象が発生する見込み。
4. 影響…リスク事象が発生したら結果として生じるかもしれない潜在的な損失。
5. 影響のドライバー…特定の影響が起こることを確信させるようなプロジェクト環境中に存在しているもの。
6. 影響の発生確率…リスク事象発生条件下における影響の起こる見込み。
7. 総損失量…リスク事象が発生した場合に生じる損失の大きさ。日数または金額で表現される。

図3は標準リスクモデルの概略を説明している。



出典：[Smith 02]の図 2-1 (44 ページ)

図3 標準リスクモデル

そして、このモデルで重要なことはリスク解決の本質を捉えているということである。例えば、リスク事象のドライバーを変更することで、リスク事象の発生確率を減少でき、たとえリスク事象の発生を避けられないとしても同様に影響のドライバーを変更することによって総損失量を軽減する方法を考えることに役立つ。

さらに、このモデルのもうひとつの強みは原因と結果の関係を明確化しているということである。即ち、リスク事象は影響と総損失量の原因となる要素である。

また、リスク事象を影響発生の原因と捉えることもできる。式(1)は標準リスクモデルの構成要素から期待損失を算出する数式を表わしている。

$$\begin{aligned} & \{\text{リスク事象の発生確率 (Pe)}\} \times \{\text{影響の発生確率 (Pi)}\} \times \{\text{損失量 (Lt)}\} \\ & = \{\text{期待損失 (Le)}\} \cdots (1) \end{aligned}$$

また、事象発生前の事柄を主体として表記した定義を事象発生前主体型、事象発生前の事柄と事象発生後の事柄を同列に表記した定義を同列型、事象発生前主体型と同列型の両方を用いて表記した定義を併記型として整理した結果を表 1 に示す。

表 1 リスク定義の分類とその特徴

分類	特徴
事象発生前主体型	事象発生前の事柄を主としてリスクを表現している。
同列型	事象発生前の事柄と事象発生後の事柄を同列に扱いリスクを表現している。
併記型	「事象発生前主体型の定義+同列型の定義」という形で定義されている。

また、表 1 の 3 つの型が示しているリスクのモデルはいずれも概ね図 4 のように表現できる。図 4 ではリスクをある事象（イベント、出来事）としている。そのある事象は過去や現在のことではなく、将来に発生する可能性のある事象であり、2 つの附属的属性がある。ひとつは事象が発生する前にある“発生するかもしれない”という可能性に関するものである。これは、「可能性」、「不確実性」、「チャンス」、「発生確率」などと表記されている。もう一つはある事象が発生した後にすることであり、それらは、「結果」、「影響」、「影響度」、「インパクト」などと表記されている[木野 05]。

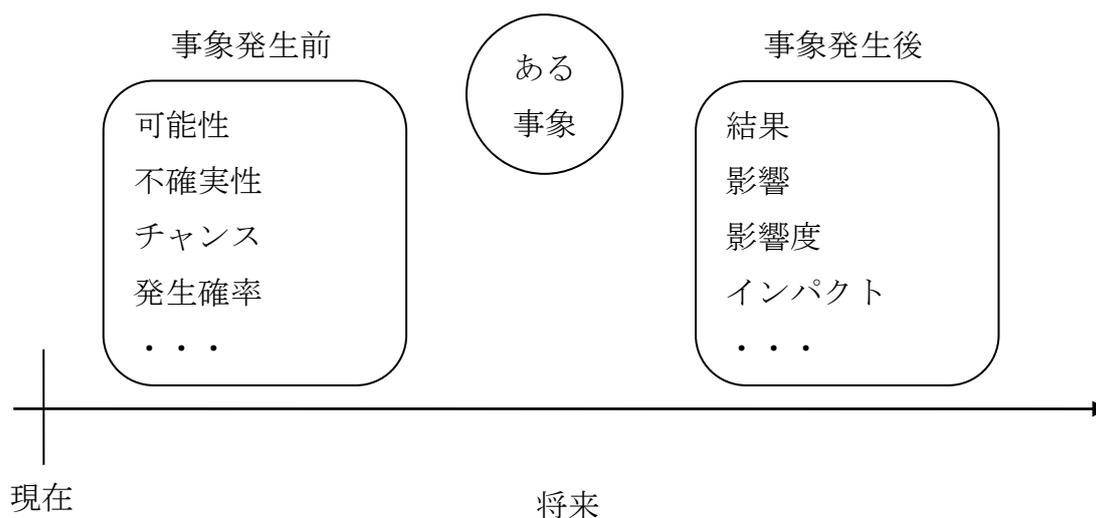
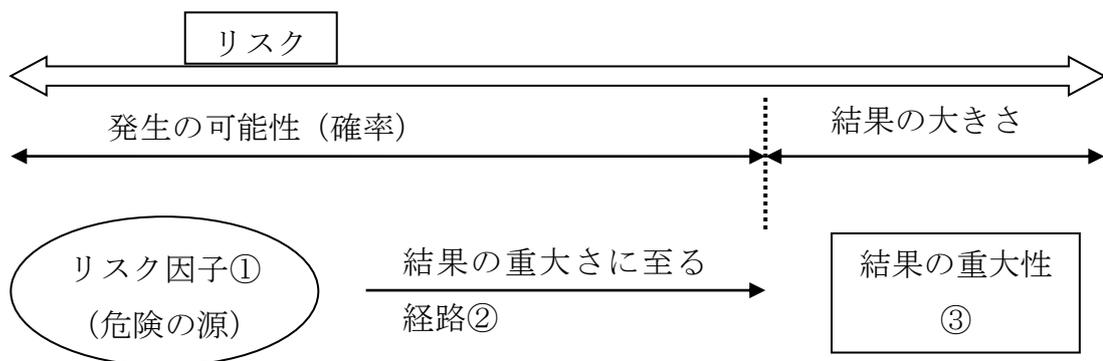


図 4 標準やガイドにおけるリスクのモデル

## 2.2.2 現地リスク

まず、現地リスクの構造を理解しやすくするため、リスクモデル[鈴木 04]について解説する。

一般的にリスクを考えた場合、リスクモデルはリスク因子である危険の源、危険が広がる経路、発生する重大性を考慮すると図 5 のようになる。発生確率は発生の可能性と呼ぶことにする。



安全の分野では

リスク因子は「危険源」

出典：[鈴木 04]の図 1-5 (12 ページ)

図 5 リスク因子、広がる経路、結果の重大性の関連図

以下、このリスクモデルの概略について説明する。

【発生の可能性】には危険の源とこれが広がる経路がある。

- ① リスクの原因となるものがある (危険の源) … ‘リスクの因子’。
- ② 危険の源がさまざまなケースで広がること (危険の誘引) や危険の源に近づく経路ができる…この経路が発生の可能性を決めることになる。

【結果の重大性】は次のようになる。

- ③ 結果が発生 (受けたときの被害の大きさ) … ‘発生したときの結果の重大性’。

また、リスクは発生の可能性 (①×②) と結果の重大性 (③) の組合せで、次のように考えることができる。

$$\begin{aligned} \text{対策前リスク} &= \text{発生の可能性} \times \text{結果の重大性} \\ &= \text{リスクの源①} \times \text{経路②} \times \text{結果の重大性③} \end{aligned}$$



次に、現地リスクを分析するにあたりその特徴を理解するためにリスク事象、影響、要因の関連性について調査を行った。

一般的なリスク分析の考え方[青木 08]によれば、リスク分析を行う場合、リスク事象を中心にその要因と影響を考えると、現実には、要因と事象、事象と影響とは複合的に関連しあっており、それぞれを明確に区別することは難しい。図7に一般的なリスク分析の考え方を示す。

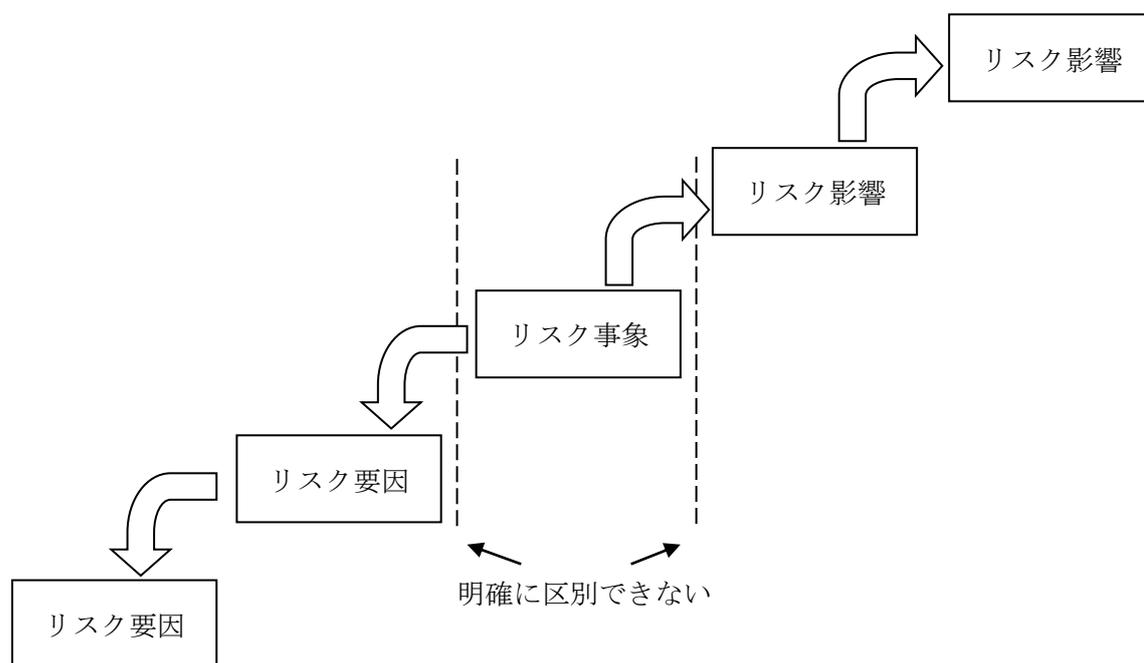


図7 一般的なリスク分析の考え方

現地リスクの場合、それは顕著である。実際、現地でのリスク事象を考えた場合、前工程での結果の重大性によっては後工程でのリスク事象のリスク因子となる場合がある。即ち、前工程のリスク事象そのものが後工程のリスク事象のリスク因子となる可能性があり、その可能性は結果の重大性によって決定されるなどのリスクの連鎖[桑原 05]が起こる。このように実際に現地リスクを考えた場合、リスクの連鎖というものを考慮する必要があり、それは避けては通れないものである。

## 2.3 リスクマネジメントプロセス

リスクマネジメントプロセスモデルに関して過去の研究の変遷については、下記のようにまとめられている[Haghnevis]。

表2 リスクマネジメントプロセスモデルの変遷

No.	Name of model or Researchers	Year	Phases
1	Boehm	1991	Identification, analysis, prioritizing, risk management control, risk resolution, risk monitoring planning, tracking, corrective action
2	Fairley	1994	Identify risk factors, assess risk probabilities and effects, develop strategies to mitigate identified risks, monitor risk factor, invoke a contingency plan, manage the crisis, recover from the crisis
3	SEI	1996	Identification, analysis, response planning, tracking, control
4	Kliem & Ludin	1997	Identification, analysis, control, reporting
5	SHAMPU	1997	Define, focus, identify, structure, ownership, estimate, evaluate, plan, manage
6	PRAM	1997	Define, focus, assess, planning, management
7	Leach	2000	Identify potential risk events, estimate the risk probability, estimate the risk impact, identify potential risk triggers, analyze risks, prevent risk event, plan for mitigation, insure against risk, monitor for risk triggers
8	IRM/AIRMIC/ALARM	2002	Strategic objective, assessment, reporting, decision, response, reporting, monitoring
9	Smith & Merritt	2002	Identification, analysis, prioritizing & mapping, response, monitoring
10	PMBOK	2003	Risk management planning, risk identification, qualitative & quantitative, risk response planning, risk monitoring & control
11	PRMA	2004	Establish context, identify risks, analyze risks, evaluate risk, response risks, review & monitoring, communicate with consultants

### 2.3.1 PMBOK のリスクマネジメントプロセス

表2の「PMBOK Guide (第5版) [PMI 13]」に示されているリスクマネジメントプロセスモデルに関してその内容を詳しく解説する。

PMBOK Guide (第5版)によると、リスクマネジメントプロセスは、次の6つのプロセスに集約される。それは「リスクマネジメント計画」、「リスク識別」、「定性的リスク分析」、「定量的リスク分析」、「リスク対応計画」、「リスクの監視コントロール」の6つのプロセスである。PMBOK Guide (第5版)ではリスクマネジメントを次のように定義している。「リスクマネジメントはプロジェクトに関するリスクのマネジメントの計画、識別、分析、対応、監視コントロールの実施に関するプロセスからなる。これらのプロセスのほとんどはプロジェクトを通して実行される。

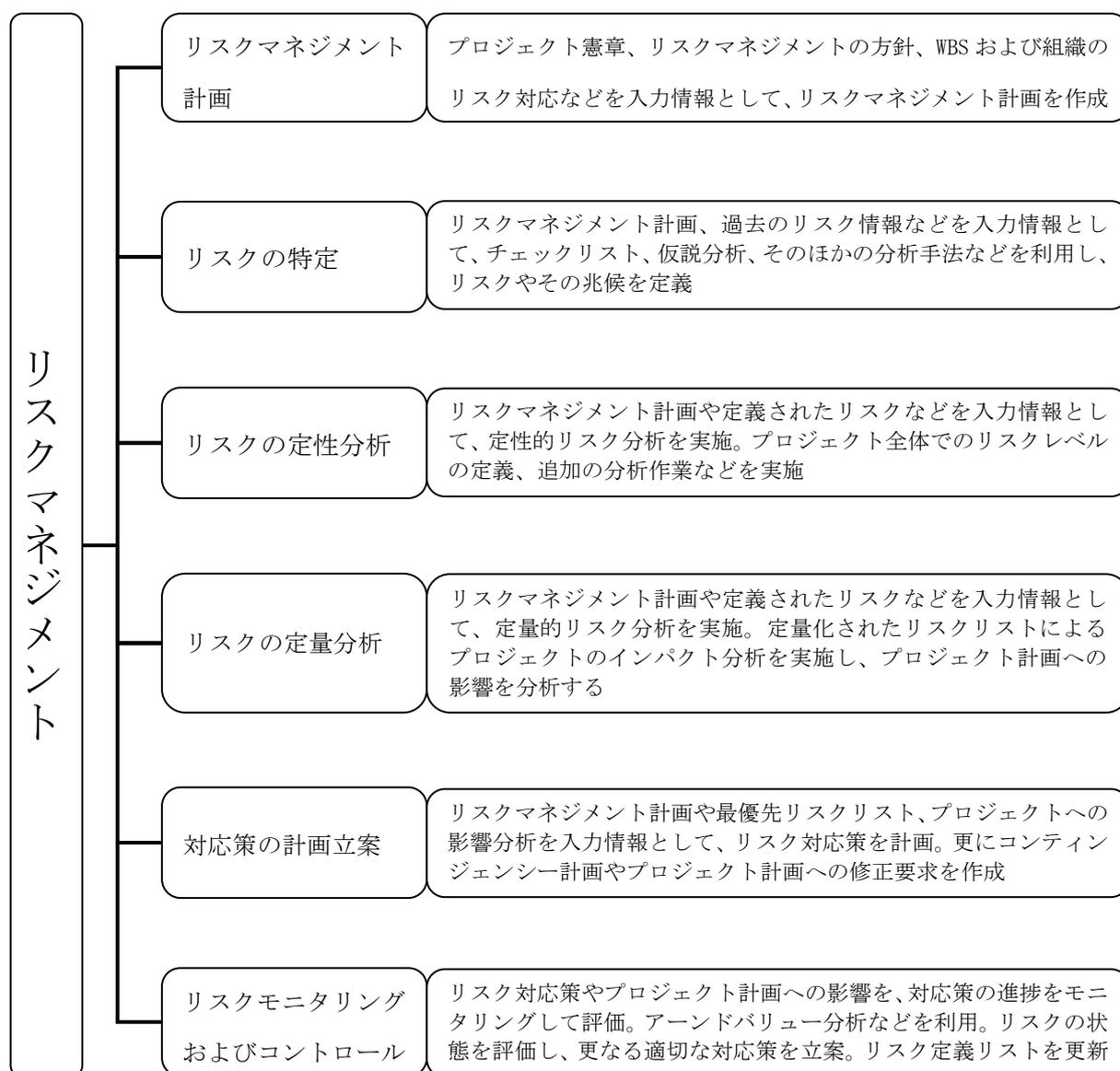
プロジェクトリスクマネジメントの目標は、プロジェクトに対してプラスとなる事象の確率と影響を増大させ、マイナスとなる事象の確率と影響を低減することである。さらに、表3に示すようなリスクマネジメント実施プロセスを規定している。

表3 PMBOK Guide (第5版) におけるリスクマネジメント[PMI 13]

リスクマネジメントプロセス	成果物	説明
リスクマネジメント計画	リスクマネジメント計画書	プロジェクトのリスクマネジメント活動にどのように取り組み、計画し、実行するかを決める
リスク識別	リスク登録簿	どのリスクがプロジェクトに影響するかを見定め、その特性を文書化する
定性的リスク分析	リスク登録簿 (更新版)	リスクの発生確率と影響度を評価し、組み合わせ、この後の分析や対処のためにリスクの優先順位付けを行う
定量的リスク分析	リスク登録簿 (更新版)	識別したリスクがプロジェクト目標の全体に対して与える影響を数値的に分析する
リスク対応計画	リスク登録簿 (更新版) プロジェクトマネジメント計画書 (更新版) リスク関連の契約事項	プロジェクト目標に対する好機を高め、脅威を減少させるための、選択枝とアクションを作成する
リスクの監視コントロール	リスク登録簿 (更新版) 要求済み変更 提案済み是正処置 提案済み予防措置 組織のプロセス資産 (更新版) プロジェクトマネジメント計画書 (更新版)	プロジェクトライフサイクルを通して、識別したリスクを追跡し、残存リスクを監視し、新たなリスクを識別し、リスク対応計画を実行し、その効果を評価する

また、プロジェクトにおけるリスクマネジメント全体の概念を図 8 に示す。これは、PMBOK 2000 年版の考え方に基づいたものである[岡村 04]。

リスクマネジメントを構成する各プロセスは、PMI の「PMBOK」に基づく



WBS : ワーク・ブレイクダウン・ストラクチャ

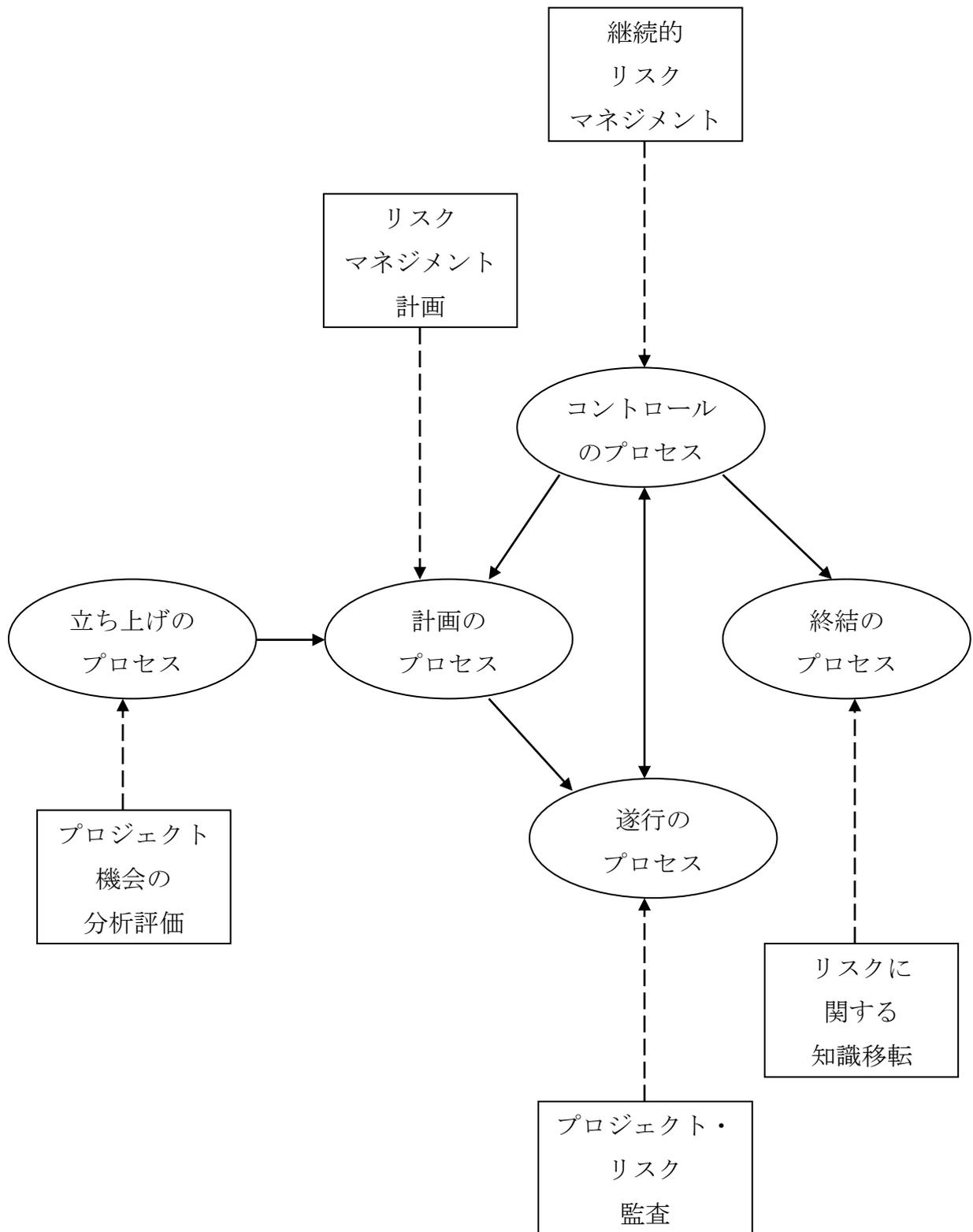
出典 : [岡村 04]の図 75 (221 ページ)

図 8 リスクマネジメントの全体像

## 2.3.2 リスクマネジメントプロセスの概要

各プロジェクトマネジメントのプロセスは、図 9 に示すように PMBOK Guide のリスクマネジメントのプロセスに対応している。共通で参照するフレームワークとするためにリスクマネジメントのプロセスを次のように定義する[Royer 02]。

- 立ち上げ：プロジェクト機会の分析評価（Project opportunity assessment）－  
プロジェクト機会の経営戦略レベルの高水準な要求事項について、プロジェクトを続行するかしないかを決定するためにリスクと機会を明確にする。
- 計画：リスクマネジメント計画（Risk management planning）－  
リスクを識別し、その影響を最小化するために、リスク処理策とコンティンジェンシー計画を策定する。
- 遂行：プロジェクト・リスク監査（Project risk audit）－  
プロジェクトマネジメントのプロセスにおける有効性を監査する。
- コントロール：継続的リスクマネジメント（Continuing risk management）－  
リスク処理策やコンティンジェンシー計画を導入する兆候（トリガー）となるようなリスクを監視する。または、新たなリスクを識別する。
- 終結：リスクに関する知識移転（Risk knowledge transfer）－  
将来のプロジェクトに備えてプロジェクトで発生したリスクの処理に関する教訓・知識を獲得・蓄積しておくプロセスである。



出典：[Royer 02]の図 1-2 (21 ページ)

図 9 リスクマネジメントのプロセス

### 2.3.3 リスクベースのプロジェクトマネジメント

PDCA は問題の識別と是正のマネジメントであり、リスクマネジメントはリスクの識別と顕在化防止のマネジメントである。

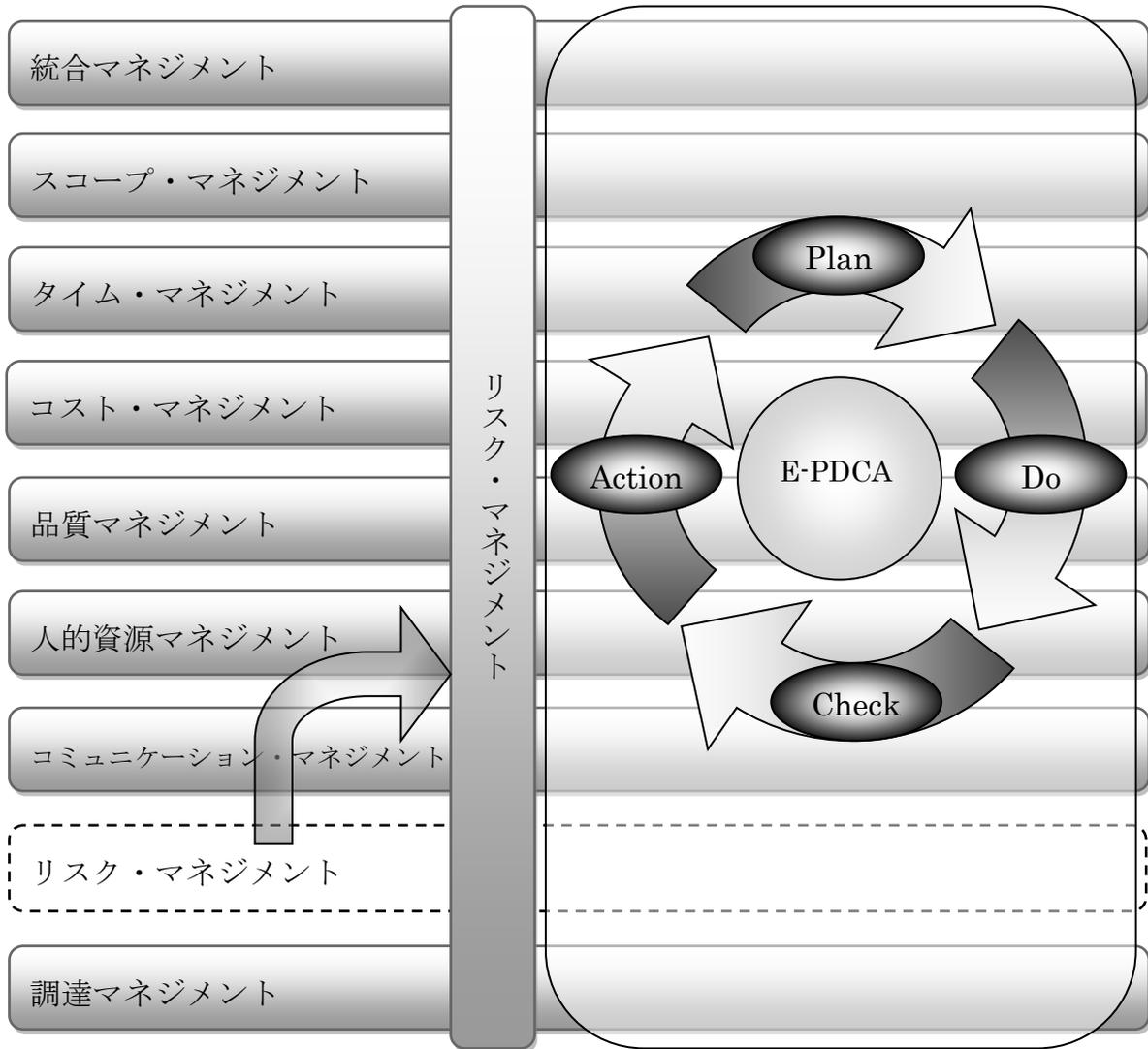
リスクマネジメントと PDCA のマネジメントは類似しているものの、扱う対象が単にリスクか問題かという違いだけではなく、対応にかかる時間とコストに大きな違いがある。リスクがいったん顕在化し問題が発生してしまうと、問題の是正にかかる時間とコストはリスクを未然に防止するための時間とコストに比べかなり大きい。

プロジェクトマネジメント力を左右するのはリスクマネジメントによって問題をリスクの段階で処理できるかどうかである。

リスクマネジメントをプロジェクトマネジメントの他の8つのマネジメントと統合しようというのが、リスクベースのプロジェクトマネジメントのコンセプトである。図 10 のように8つのマネジメントにリスクマネジメントの機能を加えることで、各々のマネジメントは強化される。リスクベースのプロジェクトマネジメントはプロジェクトマネジメントの原理 PDCA をリスクマネジメントで強化する。

それによって、プロジェクトマネジメントの原理・原則に新たに「リスクの顕在化を未然に防止する」ことを加える。リスクベースのプロジェクトマネジメントとは、PDCA の原理と「問題解決」および「リスクの未然防止」を原則としたマネジメントである。PDCA のマネジメントサイクルにリスクマネジメントのプロセスを組み込むことで、PDCA は問題とリスクを同時に処理するプロセスを持つことになる。この拡張された PDCA を E-PDCA と呼ぶことにする[後田 07]。

プロジェクトマネジメント知識エリア



出典：[後田 07]の図 1-3-2 (26 ページ)

図 10 リスクマネジメント統合のイメージ図

## 2.3.4 リスクマネジメントの目的

リスクマネジメントとは、“プロジェクトにプラスとなる事象の発生確率と影響を増大させ、マイナスとなる発生確率と影響度を減少させること”である。

リスクマネジメントに必要とされるプロセスは、組織の様々な基幹プロセスにその一部として組み込むことが必要である。そして、リスクマネジメントを基幹プロセスに組み込むことにより、組織全体が日々活動の一部としてリスクマネジメントを行うことになる[瀬尾 12]。

リスクマネジメントの目的は、プロジェクトチームに下記の適切な措置を取らせることである[OSPMI 07]。

- プロジェクトスコープ、コスト、スケジュール（そしてその結果としての品質）に対する悪影響を最小限に抑える。
- 低コスト、スケジュール短縮、スコープ強化、高品質などのプロジェクト目標を改善する機会を最大化する。
- 危機管理を最小化する。

不確実性を管理する必要性は正規のプロジェクトマネジメントを必要とする殆どのプロジェクトに内在する。多くの優れたプロジェクトマネジメントの実行は効果的な不確実性の管理によるものと考えられる[John 03]。

## 2.3.5 リスクマネジメントプロセスの事例

リスクマネジメントは機会を最大化して、脅威を許容可能なレベルまで軽減するためにプロジェクトに対してスキル、知識、リスク管理ツールやテクニックを適用することである。具体的には、リスクマネジメントは次の5つのエリアに関係する。

- リスクの特定と文書化
- リスクの分析と優先順位付け
- リスク計画の実行
- リスク計画の監視とコントロールの適用
- リスク監査とレビューの実施

これらのプロセスは非常に反復的であり、それらのすべてがどのように連携するかを理解するため、それぞれの目的を明らかにする。

### ➤ リスクの特定と文書化

リスクマネジメントのアプローチの第1ステップとしてプロジェクトに存在するすべての潜在的なリスクを特定し、書き留める。リスクの識別はプロジェクトの全期間を通して発生する。

### ➤ リスクの分析と優先順位付け

何がリスクであるかを知ったあとで、どのリスクがプロジェクトに損害を与える最大の可能性を持っているかを決定するためのツールやテクニックが適用される。分析と優先順位付けプロセスはリスク計画が必要かどうかを決定する。

### ➤ リスク計画の実行

リスク計画はリスクが発生した場合にリスクにどう対処するかを文書化する戦略の策定に関するものである。すべてのリスクに対応計画が必要なわけではない。

### ➤ リスク計画の監視とコントロールの適用

このプロセスでは実行されたリスク対応計画の評価と計画が効果的で、リスクが適切、且つタイムリーに処理されていることを確認するために必要な修正を実装することが含まれている。

### ➤ リスク監査とレビューの実施

このプロセスはプロジェクトが完了した後に行われるため、これまでのものとは性質が異なる。リスク監査の実施は多くの教訓を文書化することである。

プロジェクトが進行するにつれて情報は文書化されるが、リスク監査分析についてはプロジェクトの終了時に実施される。

反復プロセスについて以下に説明する。

プロジェクトマネージャ（またはプロジェクトチーム）は、リスクを特定したら、それがプロジェクトに与える潜在的な影響を判断するため、分析する。

それから、リスクが発生した場合の影響への対処方法について概略の計画を立て、モニタや追跡を行い、おそらく新たな情報の結果で計画を変更する。これは、新たなリスクを特定し、更に必要な計画を立てることなどを意味する。

プロジェクトマネジメントと同じようにリスクマネジメントは反復的なプロセスであり、効果的なコミュニケーションがその中核にある。

主要なステークホルダー、プロジェクトチームメンバー、マネジメント、プロジェクトスポンサーなど間でのコミュニケーションや建設的な情報交換なくしては、リスクマネジメントはうまく機能しない。図 11 はリスクマネジメントとそのプロセス間との相互作用の反復性を示している [Heldman 05]。

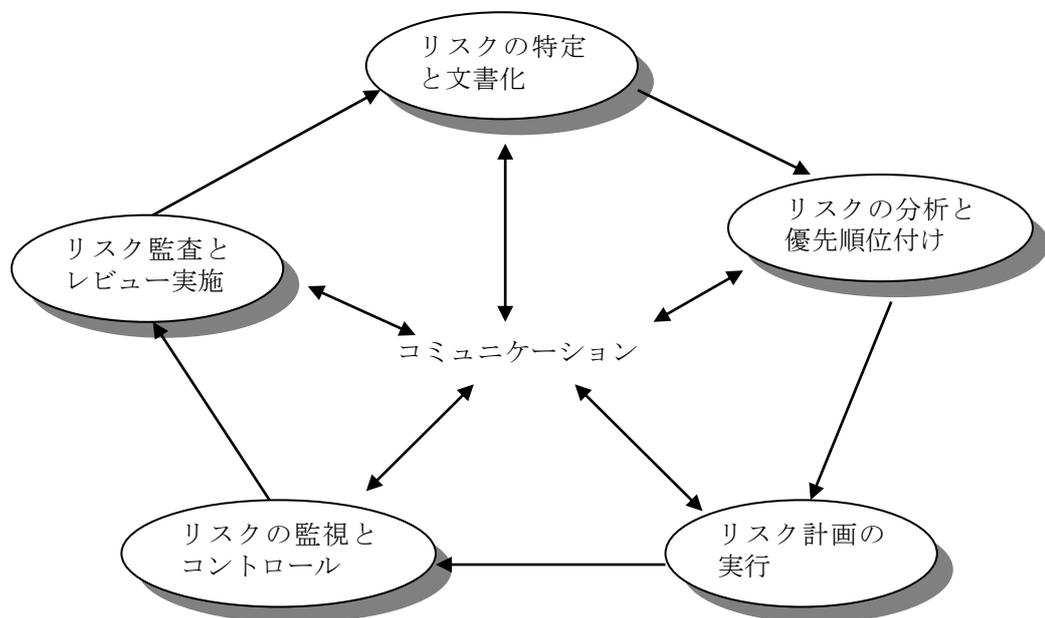


図 11 リスクマネジメントの反復性とそのプロセス間との相互作用

リスクマネジメントはしっかりとプロジェクトマネジメントと同じように、1 回限りのプロセスではなく、プロジェクトマネジメントプロセスと統合されている。

また、Keshlaf と Hashim はソフトウェアのリスクマネジメントプロセスを支援するツールのモデルを開発した。図 12 に示すようにプロジェクトの初期段階で 8 つのステップの処理が行われ、任意の新たなリスクがプロジェクト全般にわたって特定されると、以前の推定と判断を改善するために継続的に 5 ステップの内側の処理が行われる [Kwak 03]。

つまり、プロジェクトの初期段階で外側の 8 つのステップ (1.リスク識別、2.推定、3.文書化、4.評価、5.優先順位付け、6.監視、7.コントロール、8.統計) の処理が実行された後、プロジェクト全体を通して任意の新たなリスクが特定される毎に、以前に実行されていた推定と判断を改善していくため、内側の 5 つのステップ (再推定、再評価、再優先順位付け、監視、コントロール) の処理がプロジェクト完了まで継続的に実行される。

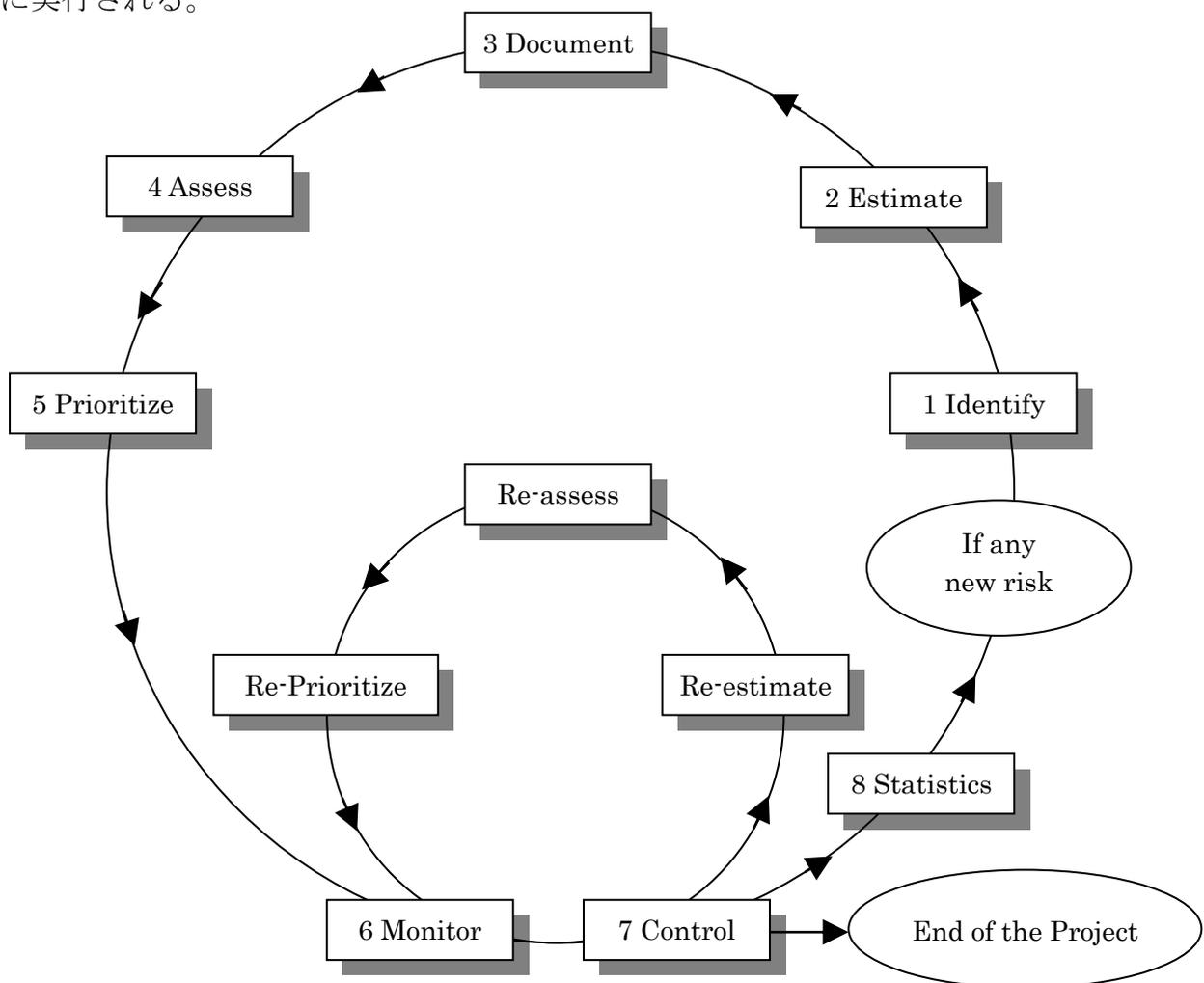


図 12 ‘Soft Risk’ model’s diagram (adapted from Keshlaf and Hashim (2000))

## 2.4 経験とスキル

まず、知識とスキルについて簡単に説明する。言語化しやすい「事実としての知識」を「知識」と呼び、技術や技能のように言語化しにくい「やり方に関する知識」を「スキル」と呼ぶ。これは、認知心理学における「宣言的知識 (declarative knowledge)」と「手続的知識 (procedural knowledge)」の区分に基づいている (Anderson, 1983)。例えば、プロジェクトマネージャが過去のトラブル事例や過去に発生した問題などからプロジェクトに存在するリスクとして考えておかなければならない事実に関するものは「知識」であり、それをどう評価して優先順位を決めるか、また、どのように対処するかについては「スキル」である。

次に、経験について簡単に説明する。経験は「人間と外部環境との相互作用」と定義した (Dewey, 1938)。このとき、身体を通して直接的に事象に関与する「直接経験」と、言語や映像を通して間接的に事象に関与する「間接経験」を区別する。また、関与する事象の客観的特性としての「外的経験」と、関与する事象を理解し解釈する「内的経験」を区別する [松尾 06]。例えば、プロジェクトマネージャが現地でサイトマネージャのサポートとして現地調整に参画する場合は「直接経験」であるが、サイトマネージャから現地の状況を聞く場合は「間接経験」となる。

また、プロジェクトマネージャがどのくらいの期間、どのサイトで現地サポートとしたのかといった客観的特性は外的経験であるが、現地サポートを通じて何にリスクを感じたのかは内的経験に当たる。

「経験知」とは「経験」を通して得られた知識または知見であり、仕事を行う上で自らが体験して得られた知識やノウハウを集約して自らの経験知として蓄えたものであると考える。

そして、プロジェクトマネージャの「経験知」と呼ばれる知識または知見はある意味「スキル」であり、これらを如何にして解明し、共有化していくかが課題である。

## 2.5 FMEA と FTA

FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) とは、製品及び工程についての問題が発生する前に問題を見付け出し予防する体系的な分析手法である [McDermott 10]。

FMEA とは、システムにおける重大な事故・危険の未然防止策を検討するため、設計段階でシステムを構成する部分 (サブシステム) の故障モードを一覧表に列記し、それらが生じた場合に上位システムが受ける影響をランク付けする手法のことである。

FMEA は、サブシステムの単一故障 (不具合、機能不全、失敗) が全体システムの信頼性・保全性・安全性に与える影響を定性的に解析するもので、導き出された重要度に基づいて優先順位を定め、事前対策を施す。重大な事故につながる故障を検出できるため、製品設計・工程設計の段階でよく用いられ、品質管理での改善活動でも活用される。

FMEA は、システムやプロセスの構成要素に起こり得る故障モードを予測し、考えられる原因や影響を事前に解析・評価することで設計・計画上の問題点を摘出し、事前対策の実施を通じてトラブル未然防止を図る手法である。

FTA (Fault Tree Analysis の略語) は、システム全体の特定欠陥事象の発生要因の遡及解析で定性的あるいは定量的な手法であり、システムにおいて発生することが望ましくない事象 (トップ事象という) の解析を行って、その原因系を求める手法である [鈴木 10]。

FTA とは、安全性・信頼性解析手法の 1 つでありシステムに起こり得る望ましくない事象 (特定の故障・事故) を想定し、その発生要因を上位のレベルから順次下位に論理展開して、最下位の問題事象の発生頻度から最初に想定した特定故障・事故の発生確率を算出し、同時に故障。事故の因果関係を明らかにする手法のことをいう。

FTA では、フォールトツリー (FT、故障の木) と呼ばれる樹形図が用いられ、これは解析対象であるシステムに起こり得る特定事象 (通例は起っては困る事象で、故障・事故・異常・危険状態など) を最上位 (頂上事象) に置き、これを発生させる原因事象に展開する。

さらに、この原因事象の原因となる事象というように展開を繰り返し、根本原因となる基本事象まで分解していく。このとき、上位事象と下位事象の関係をブール論理

(主として論理的 AND、論理的 OR) で表現することで、最下位の各原因事象の発生頻度から最上位のシステムにおける危険事象の発生確率をブール代数で論理的に導き出せるようになる。

**FTA** は、システムに発生が予測される不具合現象に対して防止対策のために事前解析技法として開発されたが、実際には、トラブル発生後に原因を探ることを目的に用いられることが多い。**FTA** とは、信頼性または安全性の上でその発生が好ましくない事象を取り上げ、その事象を引き起こす要因を連鎖的に展開し、その因果関係を論理記号と事象記号を用いて樹形図 (**FT** 図) に図示し、対策を打つべき発生経路および発生要因、発生確率を解析する手法である。

**FMEA** がシステムやプロセスの構成要素に着目し、故障モードというものを中心においてシステムやプロセス全体への影響メカニズムならびに故障モード発生メカニズムを検討する要因&影響解析である一方、**FTA** はあらかじめシステムやプロセスの事故や故障などの起こしてはならない重大な事象をトップ事象として捉え、その発生要因を逐次展開してゆく要因解析になる。また、**FTA** は、既に発生したトラブル事象に対してその発生メカニズムを論理的に解析し、具体的な発生原因と発生経路を特定する場合にも用いられる。

## 2.6 まとめ

本章では、鉄鋼分野でのプラント事業におけるプロジェクトマネジメントの中で、最近、特に注目されているリスクマネジメントに関してその基本プロセスを把握するため、リスクマネジメントプロセスモデルの変遷とリスクマネジメントプロセスについて先行研究の調査を実施した。また、マネジメントの対象となるプロジェクトに存在する潜在的リスク、プラントの現地立上げ時における現地リスクについて理解を深めるため、リスク定義やリスクモデルに関する先行研究の調査を行い、過去の知見を整理した。

まず、リスクの定義やリスクモデルに関してはプロジェクトの遂行に対して脅威となる潜在的な事象や事柄（プロジェクトリスク）や現地調整において存在するリスク（現地リスク）の定義を明確にし、標準的なリスクモデルについてモデルの構成やその特長を明らかにした。そして、このモデルは根本的な原因を明らかにしているので、リスクの発生要因や影響範囲を解明し、定量的リスク分析が可能であることもわかった。また、プロジェクトリスクや現地リスクに関して理解を深めることができた。

次に、各リスクマネジメントプロセスモデルの特徴を理解し、リスクマネジメントプロセスを明らかにすると同時にプロジェクトマネージャの持つ知識やスキルを最も有効に活用できるプロセスを選別した。先行研究の中で、FMEAやFTAなどの設計品目の潜在故障のシステムに及ぼす影響解析やシステム全体の特定欠陥事象の発生要因の遡及解析について論じられていて、これらは製品やシステムの信頼性解析に広く用いられ、極めて有効なことは知られている。しかしながら、プラント事業におけるリスクマネジメントを考えた場合、製品やシステムでの問題点の原因や影響を解析し、優先順位決めと未然防止策を検討することやシステムに起こり得る望ましくない事象の発生要因を究明することなどの共通項はあるが、プラントで扱うプロジェクトリスクや現地リスクといった不確実性の高い事象に対しては実用的ではない。

従って、プラントでのリスクを考える場合、決定論的方法や確率論的方法のような合理的な手法は適用が難しく、むしろ簡易で実践的な手法を考えるべきであり、この観点からリスクを定量的に評価するのではなく、重み付けなどによるリスクの可視化を目的とした実践的な手法を提案することやプロジェクトマネージャの知識やスキルといった経験知をうまくリスク評価に取り込み、実践的に応用することが課題である。

## 第 3 章

# プロジェクトリスク管理の改善

本章では既設プラント更新工事の国際プロジェクトにおけるプロジェクトリスクの特定と分類を行い、リスク分析手法の標準化、リスク対策の立案、リスク評価手法の標準化を行うことでプロジェクトリスク管理の改善を図り、プロジェクトを成功に導くためのマネジメントについて考察する。

また、既設プラント更新工事の国際プロジェクトにおけるマネジメントを機器出荷までのマネジメントプロセスと現地プラント再立上げ時のマネジメントプロセスに分けて考え、前者におけるエンジニアリングリスクを狭義のプロジェクトリスクとして捉え、ここではプロジェクトリスクと定義する。後者における現地リスクについては第4章で詳しく述べる。

プロジェクトリスクを考える上でその影響範囲を考えると、見積から機器の出荷までのプロジェクト遂行においてコスト改善や納期確保が重要なポイントであり、如何にプロジェクト損失を出さないように抑えるかが課題と言える。

### 3.1 マネジメントプロセスの改善点

鉄鋼分野でのリスクマネジメントにおいては、リスク識別、定性的・定量的リスク分析、リスク対応計画、リスクの監視コントロールはプロジェクトマネジャの裁量に委ねられているため、プロジェクトマネジャのスキルとなっている。

そこで、これを共有化するため、リスクマネジメントプロセスの各プロセスでの標準化を行うことでリスクマネジメントプロセスを体系化すると共にいくつかの改善点を提案する。

図 13 はリスクマネジメントプロセスモデルの概念図を示すものである。これは、鉄鋼分野でのリスクマネジメントに関するプロジェクトマネジャのスキルを4つの

プロセス（リスク識別、定性的・定量的リスク分析、リスク対応計画、リスクの監視コントロール）に分けて考え、それぞれのプロセスを共有化するため、4つの改善案（リスクの特定と分類、リスク分析手法の標準化、リスク対策の立案、リスク評価手法の標準化）を示すことでプロジェクトマネジャのスキルに依存しない標準化されたプロセスモデルを示している。

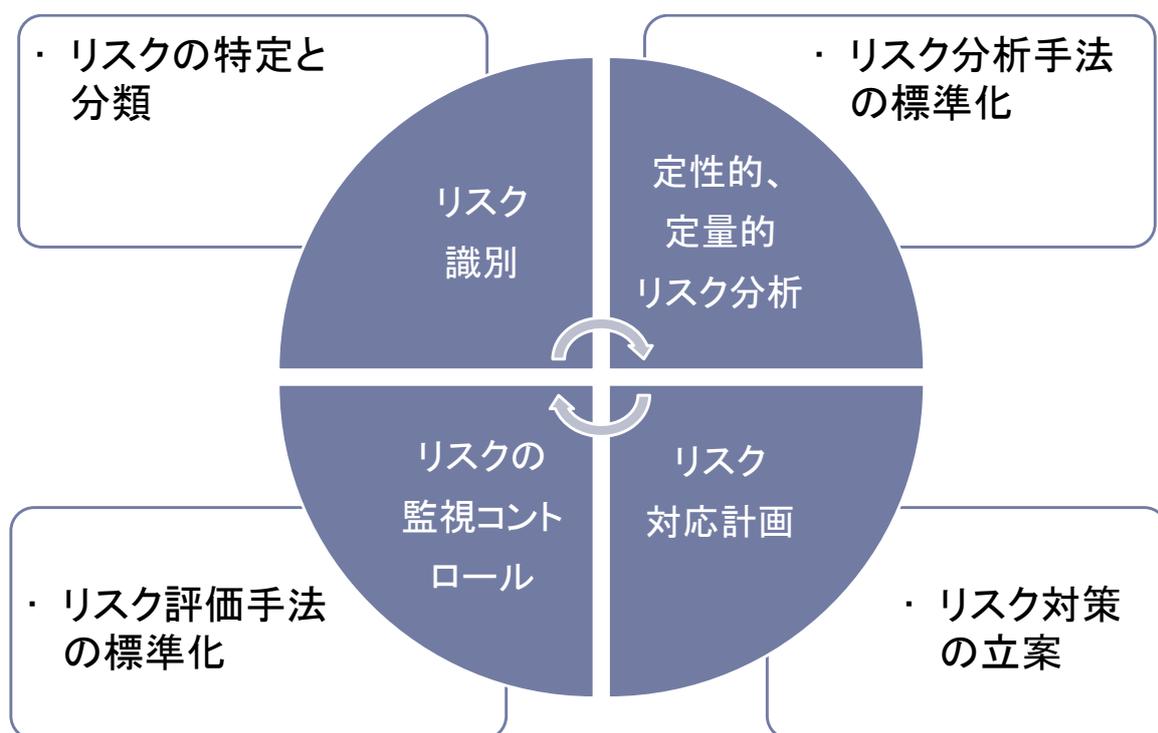


図 13 リスクマネジメントプロセスモデルの概念図

プロジェクトリスク管理手法の改善案とマネジメントを実行するフォーマット作りまでの過程を以下に簡単に説明する。また、各プロセスの詳細な方法論については3.2以降で詳しく述べる。

- 1) リスクの特定と分類については、過去のプロジェクトでの事例やプロジェクトマネジャの経験的知識から普遍的であると思われるリスクを抽出し、それを外的要因と内的要因に分類してリスク定義書としてまとめることでリスクを一般化でき、プロジェクト毎にプロジェクトマネジャの裁量でリスクを特定、分類する必要はなくなる。

- 2) リスク分析手法の標準化については、プロジェクトマネージャが経験的に判断し、評価しているリスクの発生頻度と影響の発生頻度を導き出すために標準リスクモデルに示されているリスク事象のドライバーと影響のドライバーを明らかにして簡易的にリスク事象の発生と影響の発生の重み付けを行うためのリスク分析シートを作成し、これを使ってリスクの優先順位を決める。また、総損失量についても簡易的に影響レベルを 5 段階で評価することで影響度を簡便に決める。プラント事業の場合、このように確率論ではなく実用的な点数制の利点はリスクの発生と影響の発生を厳密な確率論で計算するのは現実的ではなく、むしろ重み付きチェックリストでの点数制による簡易的な計算の方がリスクを簡便に可視化でき、リスクの優先順位を決める上でより実践的である。
- 3) リスク対策の立案については、標準リスクモデルに対してリスク対策を組み合わせたモデルを考え、リスク対策の評価方法について具体的手法を提案する。そして、このモデルに示されたリスク対策のドライバーを明らかにして簡易的にリスク対策の実行可能性の重み付けを行うためのリスク対策シートを作成する。これによって今までプロジェクトマネージャの知識や経験で実行されてきたリスク対策とその評価結果を可視化することができ、プロジェクトメンバにリスク対応計画の意義と効果を伝えることができる。また、プロジェクトメンバとリスクを共有することでリスク対策を効率よく実行できる。損失低減量については簡易的に低減レベルを 5 段階で評価し、改善度を簡便に決めることでリスク対策の点数制による簡易的な評価を行い、可視化することで実践的なリスク対応計画を立てる。
- 4) リスク評価手法の標準化については、リスク評価手法を標準化することでリスク定義書に挙げられた各リスク事象に対する評価結果を可視化でき、プロジェクトの各フェーズでのリスク評価指標のトレンドを分析することができるようになる。これにより、これまでプロジェクトマネージャの裁量に任せていたリスクの判断基準や評価方法を明らかにでき、今後のリスクマネジメントの作業プロセスとフォーマット作りが完成する。

### 3.2 リスクの特定と分類

第2章で述べたリスクの定義に従い、プロジェクト遂行の業務フローとリスクとの関係からリスク事象と考えられるものを特定し、ベテランプロジェクトマネージャが、過去に実行してきたリスクマネジメントの実態調査をもとにそれを検証する。

業務フローとしては、見積から契約までの契約段階、基本計画から試験までの実行段階、現地での調整段階に分けられ、それぞれの品質・技術ドキュメントから鑑みてリスク事象として考えられるものをいくつか挙げてみる。図14にプロジェクト遂行の業務フローとリスクとの関係を示す。

また、プロジェクトマネジメント知識エリアからリスクを考え、各マネジメントの内容から見て関係が深いと思われるリスク事象を特定する。それらは業務フローとも密接に関係している。図15にプロジェクトマネジメント知識エリアとリスクとの関係を示す。

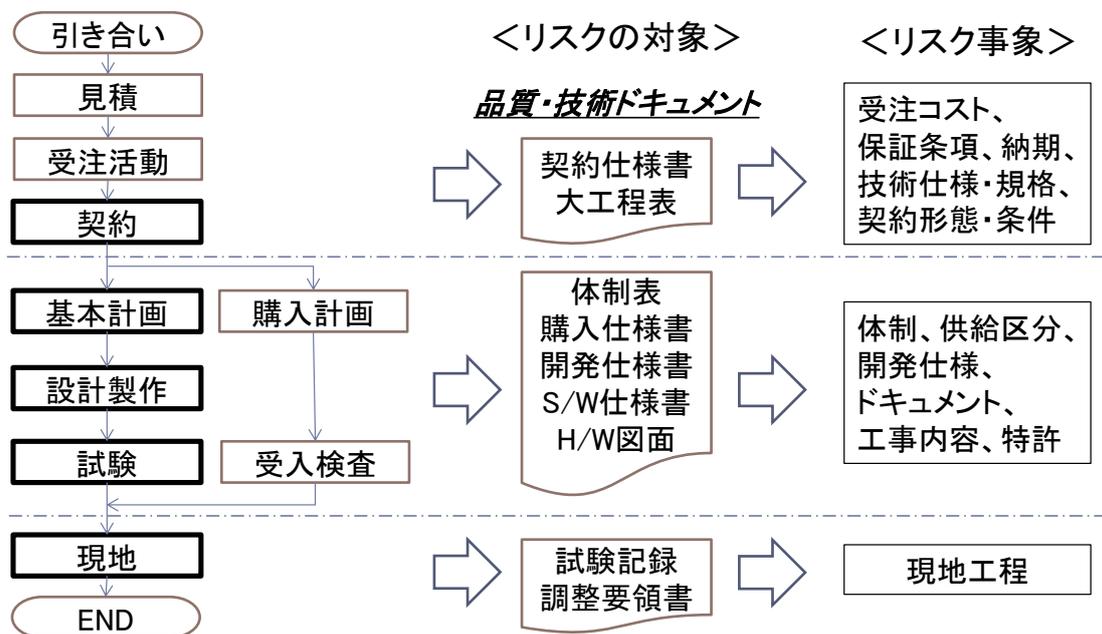


図14 プロジェクト遂行の業務フローとリスクとの関係

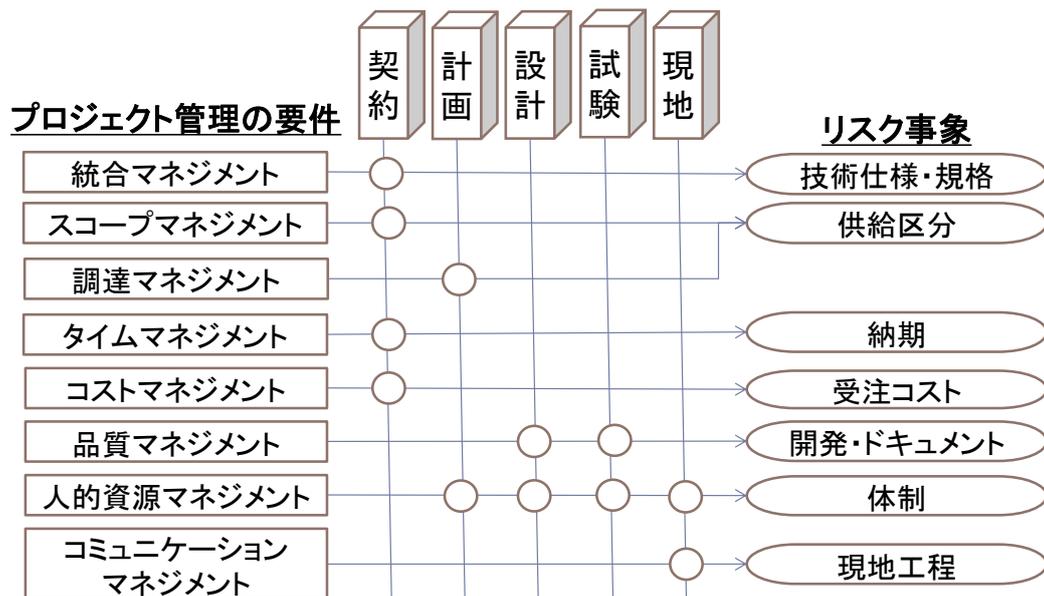


図 15 プロジェクトマネジメント知識エリアとリスクとの関係

まず、最近の鉄鋼分野のプラント事業におけるプロジェクトの現状や事業環境の変化などからどのような制約があり、どのような環境下でプロジェクトが進められているのかを考え、プロジェクトを遂行する上でのリスクを特定するにあたり、その前提となる背景について説明する。研究の背景でも述べたように鉄鋼分野のプラント事業においては、近年、設備の老朽化が進み、顧客の設備投資が既設老朽化更新へと変化する事業環境の中で、同業他社との熾烈な価格競争や技術の差別化、他社に比しての優位性の確保など厳しい条件をクリアしなければならない。また、今後、この流れは海外のプラント事業へと展開されるものと考えられ、国際プロジェクトとしての制約条件などを考慮する必要がある。ここで、鉄鋼分野のプラント事業の今後の戦略を考えると、これまで海外に納入してきた鉄鋼プラントの実績から韓国、中国、台湾などアジア周辺諸国を中心としたマーケットを主体的に考えるのが妥当であり、リスク事象を考える上では中東やアフリカ諸国ではなく、むしろ比較的政情が安定していて、しかも経済的にも成長著しい先進国あるいは発展途上国を対象とすることが適切である。従って、このような産業分野での事業環境においてはグローバル化に適応し、顧客との契約において価格、納期、技術的優位性を考慮した上でリスク事象というものを特定するのは必然である。これは価格競争の少ない安全性最優先の原子力プラント事業、宇宙開発などの国家プロジェクト、鉄道や道路などの公共交通事業とは視点

が異なる。そして、これらのリスク事象は顧客との契約関係において一定の制約を受けるものであり、外的要因によるリスク事象であると見なされる。

さらに、競争激化の中、新規技術開発や社外調達品の積極的採用を余儀なくされ、慢性的なエンジニア不足によるヒューマンリソース問題や既設更新工事の複雑さなどの制約もあり、このようなプロジェクトの構造的要因からリスク事象というものを考えなければならないのは必然である。これは、プロジェクトを遂行する環境の中で一定の制約を受けるものであり、内的要因によるリスク事象であると見なされる。

このように、鉄鋼分野のプラント事業におけるプロジェクトを考えた場合、諸々の制約条件の中でプロジェクトを進めなければならず、その中でリスクとして考えておくべき「顧客との契約書」に関するものと「プロジェクトを遂行する環境」に関するものを網羅的に抽出し、過去の事例や経験的知識から普遍的であると思われるものをプロジェクトリスクとして特定する。この前提でプラント事業でのプロジェクトの現状から特定されたリスク事象とその根拠を表4に示す。

表4は既設更新プロジェクトにおいて、プロジェクト遅延やプロジェクト損失を発生させた過去の事例からその要因となった事象をいくつか挙げ、その中で一般的に更新プロジェクトを遂行する上で当然考えておかなければならないリスク事象を抽出した。そして、この事例が海外の案件であったことからその特異性を明らかにして、国際プロジェクトを遂行する上で考慮すべきリスク事象を挙げ、特に、契約に関するリスク事象を中心に挙げた。抽出項目としては、プロジェクトに共通するもの、既設更新特有のもの、海外プラント特有のものを選別し、顧客との関係、プロジェクト遂行上の制約条件などを中心にまとめた。

次に、3名のベテランプロジェクトマネージャへの20分程度のヒアリングを行い、想定されるリスクについて実態調査を実施した。対象は、いずれも海外のプラントで1つが更新プロジェクト、後の2つが新設プロジェクトである。結果をまとめてみると、更新プロジェクトでは「製作工程の確保」、「設計・調整の人員確保」、「品質保証値の達成」など納期、体制、保証に関するものであった。また、新設プロジェクトでは「モータ製作工程」、「客先との機能分担」、「購入品コスト」など納期、供給区分、受注コストに関するものであった。この結果から判断すると、先に述べた業務フローやプロジェクトマネジメント知識エリアから関係づけられたリスクとほぼ一致することが明らかになったと言える。

表4 プロジェクトのリスク事象とその根拠

	リスク事象	リスクと考える根拠
顧客との契約書	受注コストを確保できない	他社との価格競争の中で確実に受注するために厳しいコスト低減を常に行っている。
	契約保証値が達成できない	プラント事業において契約上必ず必要となる項目であり、他社との差別化を図るために厳しい保証値の設定が必要となる。
	納期が守れない	客先や機械メーカーからの要求により、契約上厳しい納期設定を強いられる場合がある。
	契約上の制約がある	国際企業間での契約の場合、いくつかの契約形態（機電分離、機電一括、コンソーシウムなど）があり、その違いを考慮する必要がある。
	契約仕様に問題がある	契約前に十分な仕様確認ができず、顧客の要求を十分に反映できない場合があり、契約後の仕様変更や顧客満足度の低下を引き起こす。
	規格の違いがある	国際的プラント事業を考えた場合、常に国際標準(IEC)規格や欧米(DIN,ANSI)規格との違いを考慮しておく必要がある。
	守秘義務がある	プラントを受注する上で守秘義務契約の締結を必要とされる場合がある。
プロジェクトを遂行する環境	人員が確保できない	事業環境によってはプロジェクトメンバの確保が困難な場合がある。
	既設更新工事である	最近の傾向で更新プロジェクトが増加傾向にあるのと既設更新工事の場合、工期に余裕がなくプロジェクトの管理が難しい。
	新規開発品である	初適用のため実績がなく、品質が安定していないこともあり、技術的に不安要素がある。
	成果物の品質が悪い	ソフトウェアの外注化や客先、機械メーカーとの分業制が増えたこともあり、品質管理が難しくなっている。
	社外調達が多い	最近の傾向として自社製品より購入品の比率が上がっていて、且つ海外からの調達品も増えている。
	他社特許を侵害する	過去の特許侵害の事例を考えると、最近の技術の多様化や他社の特許請求範囲の煩雑さが影響する場合がある。
	現地立上げが遅れる	最近、既設更新工事が増えており、現地立上げ厳守に対する客先の要求が強くなっている。

結果的に、表 4 をもとにリスク事象と影響を「契約仕様書」と「プロジェクト環境」の 2 つのカテゴリーで分類し、「契約仕様書」を受注明細書、契約保証値、納期、契約形態、技術仕様書、規格、契約条件書の 7 項目に区分し、「プロジェクト環境」をプロジェクト体制、工事内容、開発アイテム、ドキュメント、供給区分、特許、現地立上げの 7 項目に区分すると、表 5 に示すプロジェクトリスク定義書としてまとまる。

表 5 プロジェクトリスク定義書

リスク事象			
カテゴリー	区分	内容	影響
契約仕様書	① 受注明細書	受注コストを確保できない	プロジェクト損失の発生
	② 契約保証値	契約保証値が達成できない	追加コストの発生
	③ 納期	納期が守れない	追加コストの発生
	④ 契約形態	契約上の制約がある	追加コストの発生
	⑤ 技術仕様書	契約仕様の問題がある	追加コストの発生
	⑥ 規格	規格の違いがある	追加コストの発生
	⑦ 契約条件書	守秘義務がある	追加コストの発生
プロジェクト環境	⑧ プロジェクト体制	人員が確保できない	工程遅延
	⑨ 工事内容	既設更新工事である	追加コストの発生
	⑩ 開発アイテム	新規開発品である	追加コストの発生
	⑪ ドキュメント	成果物の品質が悪い	工程遅延
	⑫ 供給区分	社外調達が多い	追加コストの発生
	⑬ 特許	他社特許を侵害する	追加コストの発生
	⑭ 現地立上げ	現地立上げが遅れる	追加コストの発生

### 3.3 リスク分析手法の標準化

プロジェクトマネジャの過去の知見によって実行されてきた定量的リスク分析について考察する。

定量的リスク分析はリスクマネジメントのプロセスの中でも最も重要なプロセスであり、リスクの根拠となっている事実を知らなければ、ほんとうの意味でのリスク管理は難しく、根拠のないリスクに時間を取られ、無駄な時間を費やすことになる。

従って、図3の標準リスクモデルに示されているようにリスク事象のドライバーと影響のドライバーとなり得る「事実」を明らかにすることが重要であり、リスクマネジメントの基本である。

図3の標準リスクモデルに示されているリスク事象の発生確率、影響の発生確率をそれぞれリスクの発生頻度、影響の発生頻度に置き換えて簡易的にそれぞれの発生の重み付けを行う。また、総損失量は影響度に置き換えて簡易的に影響レベルで評価する。そして、リスクの発生頻度と影響の発生頻度と影響度の積で導き出される期待損失をリスク評価指標として考えることとする。

また、プロジェクトマネジャの経験が必要とされるリスク分析においてリスク分析手法の標準化を考える。リスクの特定と分類によって作成されたリスク定義書をもとにリスク事象のドライバーと影響のドライバーを明らかにし、リスク分析シートを作成する。プロジェクト環境の中に存在し、特定のリスク事象の発生へ導くと思われる根拠をリスク事象毎に5個抽出する。これは、プラント事業でのプロジェクトリスクについて過去にリスク評価を実施した数名のベテランプロジェクトマネジャの経験をもとに表4に示した「リスクと考える根拠」を分析した結果、リスク事象の根拠となる事実は5項目が妥当であるとの結論に至ったからである。

過去の事例を参考に、プロジェクトマネジャが「なぜリスクと捉えたのか」、「なぜリスク事象が発生すると考えたのか」を考慮し、一般的に、既設プラント更新の国際プロジェクトを遂行する上でプロジェクトに存在する事実(5項目)をリスク事象のドライバーとして挙げる。この場合、ドライバーは既設プラント更新の国際プロジェクトにおいて普遍的な要因でなければならない。

表6と表7は過去の事例から抽出したリスク事象のドライバーを列挙したものである。

表 6 リスク事象のドライバー(1)

	リスク事象	リスク事象のドライバー
契約仕様書	受注コストを確保できない	1) 受注時の採算が良くない 2) 見積コストの精度が悪い 3) コスト変動要素を多く含む 4) 予備費が 5%以下である 5) 受注範囲が広い
	契約保証値が達成できない	1) 従来と比べ厳しい保証値である 2) 設備的に厳しい保証値である 3) 新機能が多く含まれている 4) 調整パラメータが多い 5) 高度な技術が含まれている
	納期が守れない	1) 超短納期案件である 2) 客先仕様確認に時間がかかる 3) 仕様変更が多い 4) 部品調達に時間がかかる 5) 案件が輻輳している
	契約上の制約がある	1) コンソーシウム契約である 2) 機械、電気の分離契約である 3) 契約条項が特殊である 4) すべて FOB 契約である 5) フルターンキー契約である
	契約仕様に問題がある	1) 不明確な点が多い 2) 自社の標準仕様と違う 3) 顧客要求が反映されていない 4) 過去の仕様と違う 5) 特殊仕様がある
	規格の違いがある	1) 国際標準(IEC)規格である 2) 欧米(DIN,ANSI)規格である 3) 客先購入基準がある 4) 日本(JIS,JEC,JEM)規格が適用できない 5) 旧規格が適用されている
	守秘義務がある	1) 条件が明確でない 2) 契約書の記載があいまいである 3) 過去に経験がない 4) 対象が明確でない 5) 対象範囲が広い

表7 リスク事象のドライバー(2)

	リスク事象	リスク事象のドライバー
プロジェクト環境	人員が確保できない	1) 社内人員が不足している 2) 業務経験者が少ない 3) 協力会社への委託が困難 4) 高負荷の状況である 5) 請負業者が不足している
	既設更新工事である	1) 他社製品改造が含まれる 2) 全面更新である 3) 客先変更箇所が多い 4) 既設システムが複雑である 5) 10年以上経過した設備である
	新規開発品である	1) 他に適用事例がない 2) 開発に新しい技術を要する 3) 短期開発品である 4) 開発要素が多い 5) 開発コンセプトが明確でない
	成果物の品質が悪い	1) 作成ドキュメントの完成度が低い 2) 客先の作業分担比率が高い 3) 機械の作業分担比率が高い 4) 標準仕様が適用されていない 5) 流用元が不明確である
	社外調達が多い	1) 購入品比率が高い 2) 現地調達品が多い 3) 合作品の割合が高い 4) 海外購入品が多い 5) 機械メーカー指定品が多い
	他社特許を侵害する	1) 他社特許調査が不十分である 2) 自社の特許範囲が狭い 3) 自社の特許が少ない 4) 類似の特許が多い 5) 特許に対する関心が薄い
	現地立上げが遅れる	1) 現地調整工程が短い 2) 客先からの工程短縮要求がある 3) S/W 品質に問題がある 4) 従来と比べ機能が複雑である 5) 現場のコミュニケーションが良くない

同様に、プロジェクト環境の中に存在する事実であり、特定の影響が起こることを確信させるような根拠をリスク事象毎に N 個 (N は任意) 抽出する。過去の事例を参考にプロジェクトマネージャが「なぜ影響と捉えたのか」、「なぜ影響が発生すると考えたのか」を考慮し、一般的に既設プラント更新の国際プロジェクトを遂行する上で、プロジェクトに存在する事実 (N 項目) を影響のドライバーとして挙げる。この場合、ドライバーは既設プラント更新の国際プロジェクトにおいて普遍的な要因でなければならない。

表 8 と表 9 は過去の事例から抽出した影響のドライバーを列挙したものである。

表 6～表 9 の各ドライバーについては何人かのベテランプロジェクトマネージャからのヒアリング結果を基に比較的多かった 5 項目を抽出した。

表 8 影響のドライバー(1)

リスク事象		影響のドライバー	影響レベル	
契約仕様書	受注コストを確保できない	見積価格差異によるコストアップが発生 原材料高騰によるコスト高が発生 予備費予算オーバによる損失発生 購入品のコストアップが発生	損失	5000 万円以上 2500 万円以上 1000 万円以上 100 万円以上 100 万円未満
	契約保証値が達成できない	契約書に保証値に対するペナルティがある 現地調整期間が延びる 現地での仕様追加が必要となる 新機能開発が必要となる	追加費用	5000 万円以上 2500 万円以上 1000 万円以上 100 万円以上 100 万円未満
	納期が守れない	契約書に納期遅れによるペナルティがある 客先からの入金が遅れる 輸送費の追加費用が発生する 為替差損が発生する	追加費用	5000 万円以上 2500 万円以上 1000 万円以上 100 万円以上 100 万円未満
	契約上の制約がある	他社からの追加請求がある 契約上のペナルティが発生する	追加費用	5000 万円以上 2500 万円以上 1000 万円以上 100 万円以上 100 万円未満
	契約仕様に問題がある	仕様不明点に関するコストアップがある 非標準に対するコストアップが発生する 仕様変更に対するコストアップがある 流用率が下がる 特殊仕様に対するコストアップがある	追加費用	5000 万円以上 2500 万円以上 1000 万円以上 100 万円以上 100 万円未満
	規格の違いがある	生産コストが増える 特殊設計が増える 外部からの調達によるコストアップがある	追加費用	5000 万円以上 2500 万円以上 1000 万円以上 100 万円以上 100 万円未満
	守秘義務がある	契約書の規定を守れない 罰金が課せられる	追加費用	5000 万円以上 2500 万円以上 1000 万円以上 100 万円以上 100 万円未満

表9 影響のドライバー(2)

リスク事象		影響のドライバー	影響レベル	
プロジェクト環境	人員が確保できない	適切なタイミングで技術者を投入できない 必要以上に製作時間がかかる	工程遅延	3ヶ月以上 2ヶ月以上 1ヶ月以上 1ヶ月未満 無
	既設更新工事である	既設調査に時間を要する 客先改造分が多く、仕様追加が発生する 現物との不一致が発生、手直しが多発する	追加費用	5000万円以上 2500万円以上 1000万円以上 100万円以上 100万円未満
	新規開発品である	技術検討に時間を要する 専門技術者が多数必要となる 開発予算が少ない 開発工数が多い 解決すべき技術課題が多い	追加費用	5000万円以上 2500万円以上 1000万円以上 100万円以上 100万円未満
	成果物の品質が悪い	手直しが多く、修正に時間を要する 客先、機械との作業工程に差異が発生する 試験に時間を要する	工程遅延	3ヶ月以上 2ヶ月以上 1ヶ月以上 1ヶ月未満 無
	社外調達が多い	為替変動による差損がある 特殊仕様に対する価格アップ要求がある 仕様変更に対する価格交渉が難しい 原材料高騰による購入価格がアップする	追加費用	5000万円以上 2500万円以上 1000万円以上 100万円以上 100万円未満
	他社特許を侵害する	特許権がない 特許使用料が発生する	追加費用	5000万円以上 2500万円以上 1000万円以上 100万円以上 100万円未満
	現地立上げが遅れる	追加の現地調整SV費用が発生する 生産開始遅れに対する費用請求がある 現地工事費の追加が発生する	追加費用	5000万円以上 2500万円以上 1000万円以上 100万円以上 100万円未満

リスク事象の発生頻度、影響の発生頻度、およびリスク評価指標の決定プロセスを以下に示す。また、図 16 はリスク評価指標の決定フロー図を示すものである。

- ① プロジェクトマネージャが実際に契約仕様書に記載されている内容やプロジェクトに課せられている条件などから総合的に判断して、表 6、7 に示したリスク事象のドライバーとなる事実の存在を「1：有」か「0：無」で判定し、その結果の合計値をリスク事象の発生頻度として数値化する。
- ② プロジェクトマネージャが実際に契約仕様書に記載されている内容やプロジェクトに課せられている条件などから総合的に判断して、表 8、9 に示した影響のドライバーとなる事実の存在を「1：有」か「0：無」で判定し、その結果の合計値を影響の発生頻度として数値化する。
- ③ リスク事象が発生した場合のプロジェクトに与える損害の大きさ、契約上のペナルティの大きさなどをプロジェクトの規模やスケジュール、開発規模やシステムの複雑さなどから判断して、影響度として 5 段階の影響レベルの中から選定する。影響度についてはリスク事象毎に内容が異なっており、それぞれのリスク事象に対応した適切な影響レベルを選定する必要がある。
- ④ リスク事象の発生頻度、影響の発生頻度、影響度の積からリスク評価指標である期待損失を求める。

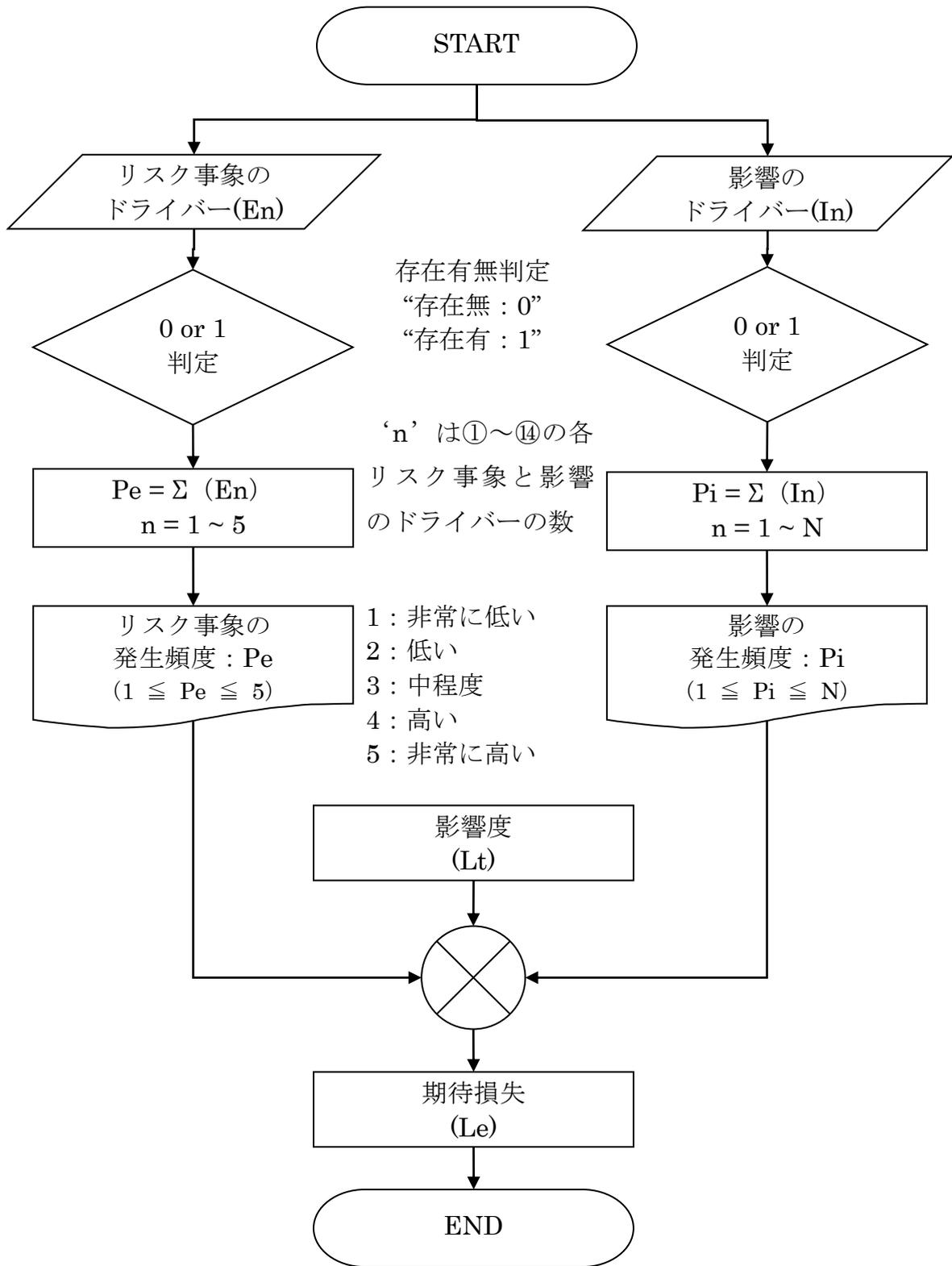


図 16 リスク評価指標の決定フロー図

### 3.4 リスク対策の立案と評価手法の標準化

図3の標準リスクモデルを使い、リスク事象のドライバーや影響のドライバーを明確にすることでリスク事象の発生や影響の発生を予測し、この発生頻度と影響度から期待損失を導き出すことは可能である。しかしながら、リスクに対する具体的対策が明確に示されているわけではないのでリスクに対する対策の立案が難しい。そのため、リスク管理を行う上でいくつかの改善が必要である。

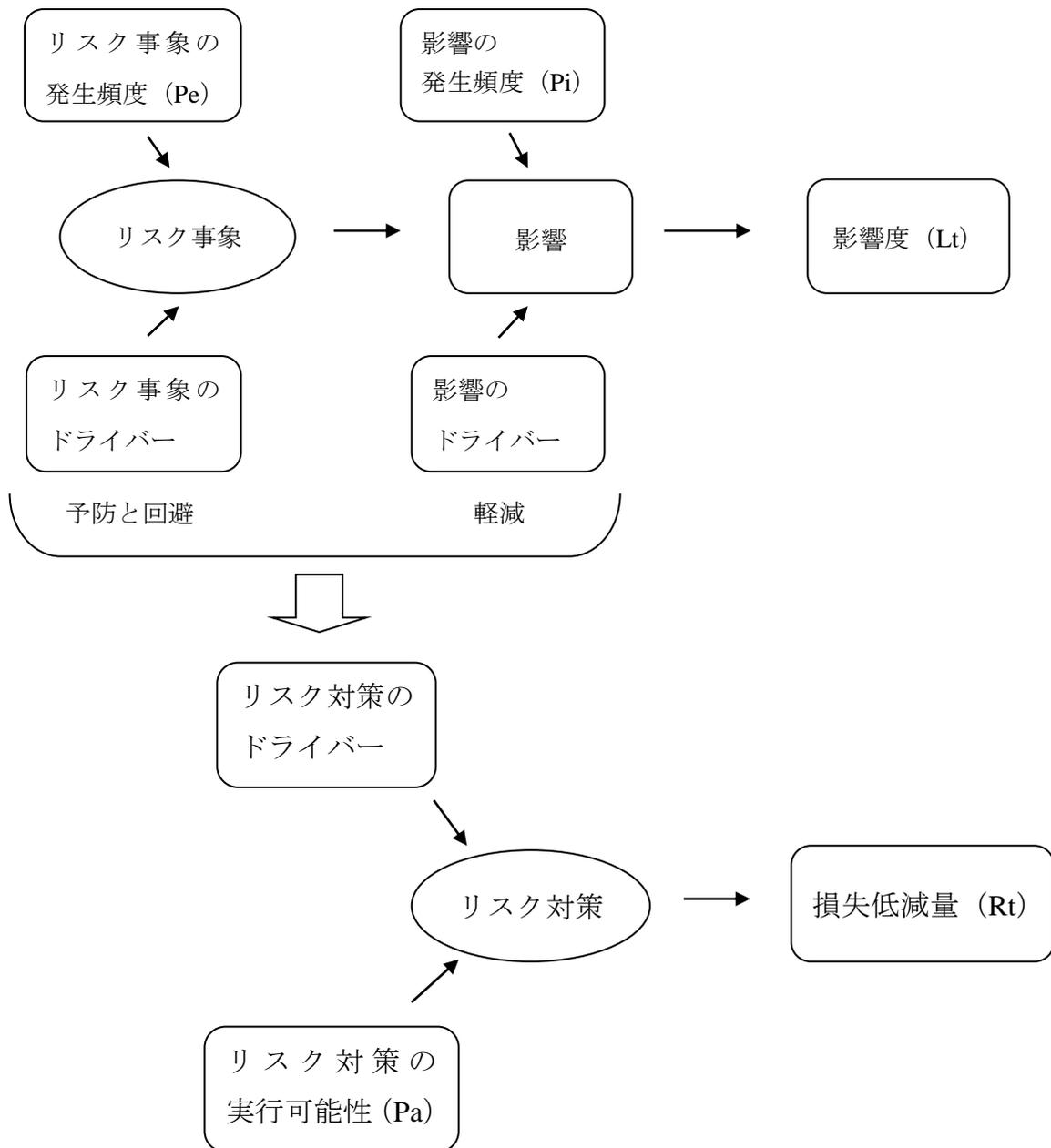
つまり、リスクの予防、回避、軽減など必要とされる具体的なリスク対応策を明確にしてリスク評価に繋げることが重要であり、プロジェクトを成功させる上での課題である。

図3の標準リスクモデルを適用した場合、リスク事象の発生頻度、影響の発生頻度、影響度から導き出された期待損失をリスク評価指標としてリスクのランク付けをすることができる。

しかしながら、リスク管理を行う上ではリスク対策について具体的施策が提示されておらず、リスク対策の評価指標が明確でないため、リスクに対してどのように対処すればよいのか具体的な対応が難しいと考える。

そこで、リスク評価対象であるリスク事象の発生頻度と影響の発生頻度を抑えるためにリスク事象のドライバーと影響のドライバーに対して抑制効果を期待できるリスク対策を明確にする必要があり、具体的なリスク対策の提示とその評価方法について提案する。図17にリスク対策を組み合わせたモデルを示す。

リスク対策としては、主としてリスク事象のドライバーに働きかける予防と回避、影響のドライバーに働きかける不測事態対応や予備などの軽減策があり、その具体的な対策と評価方法を明確にすることが重要となる。



- 1) リスク対策…リスク事象の予防と回避，影響や総損失量の軽減に繋がる対策。
- 2) リスク対策のドライバー…リスク事象のドライバーや影響のドライバーに対して軽減効果のある具体的施策。
- 3) リスク対策の実行可能性…リスク対策が実行できる見込み。
- 4) 損失低減量…リスク対策が実行された場合に生じる損失低減の大きさ。日数または金額で表現される。

図 17 リスク対策を組み合わせたモデル

リスク対策の評価指標として (2) 式にリスク対策の実行可能性と損失低減量から期待効果を算出する数式を示す。

$$\text{リスク対策の実行可能性(Pa)} \times \text{損失低減量(Rt)} = \text{期待効果(Re)} \cdots (2)$$

図 17 に示したリスク対策を組み合わせたモデルは、リスクの優先順位付けと実行すべきリスク対策を選定することができ、リスクの抑制に繋げることができる。

この場合、新たなリスク評価指標としては、(3) 式に示すように期待損失 (Le) と (2) 式の期待効果 (Re) の差分から導き出される改善損失 (Li) となる。

$$\text{期待損失(Le)} - \text{期待効果(Re)} = \text{改善損失(Li)} \cdots (3)$$

第 2 章で述べた標準リスクモデルでは、リスクの発生源、影響の発生源、影響度などに着目し、リスクの優先順位付けを主体としている。これに対して、リスク対策を組み合わせたモデルは、リスク対策の具体的な施策、およびその実行可能性と損失低減量から導き出される期待効果を取り入れることで、実行すべきリスク対策の計画及びその評価が可能となり、有効且つ積極的にリスクへの対応ができる。つまり、これは積極的なリスクコントロールを主体としたモデルを構築している点で新規性があると言える。図 17 に示したリスク対策を組み合わせたモデルを使って新たな評価指標を決定する方法について標準化を考えてみる。

具体的にはまずリスク対策の基本、即ち、「リスクの発生原因となった事実を取り除くことでリスクの発生を防ぐ‘回避’」、「他の組織などへリスクを移転する‘転換’」、「リスクの影響を減らす‘軽減’」、「予備の手段や計画を準備する‘冗長化’」を踏まえてリスク対策の具体策を考える。

実際、リスク事象のドライバーと影響のドライバーに対して最も効果的な‘リスク回避’や‘リスク軽減’の具体的リスク対策を示すことが重要であり、リスク事象のドライバーや影響のドライバーを解決する具体策をリスク事象毎に 5 個抽出する。

この場合、プロジェクトマネージャが過去に実施してきたリスク事象のドライバーに対する回避策や予防策、影響のドライバーに対する不測事態対応策を考慮して、一般的に既設プラント更新の国際プロジェクトにおいてプロジェクトで実施されているリスク対策を具体策として挙げる。表 10 と表 11 は、過去の事例をもとに抽出したリスク対策の具体策を列挙したものである。

表 10～表 11 の各ドライバーについては、何人かのベテランプロジェクトマネージャからのヒアリング結果を基に比較的多かった 5 項目を抽出した。

表 10 リスク対策のドライバー(1)

リスク事象		リスク対策のドライバー	低減レベル	
契約仕様書	受注コストを確保できない	1) コスト低減を徹底する 2) 再見積によるコストの精度アップを行う 3) コスト変動要因を排除する 4) 予備費を 5%以上 10%未満とする 5) 営業に対して売上価格アップを要求する	損失改善	5000 万円以上 2500 万円以上 1000 万円以上 100 万円以上 100 万円未満
	契約保証値が達成できない	1) 保証条件を明確にする 2) 設備改善提案を行う 3) 他案件で実績のある機能を適用する 4) シンプルな調整方法を検討する 5) 他案件で経験のある調整員を集める	コスト改善	5000 万円以上 2500 万円以上 1000 万円以上 100 万円以上 100 万円未満
	納期が守れない	1) 客先と納期交渉を行う 2) 仕様決定を早める 3) 仕様変更を受け付けない 4) 分割出荷を検討する 5) 納期ペナルティを支払う	コスト改善	5000 万円以上 2500 万円以上 1000 万円以上 100 万円以上 100 万円未満
	契約上の制約がある	1) 契約条件を替える 2) 契約条件を遵守する 3) 機械とのコミュニケーションを良くする 4) 特殊条項を排除する 5) 過去の経験を参考にする	コスト改善	5000 万円以上 2500 万円以上 1000 万円以上 100 万円以上 100 万円未満
	契約仕様に問題がある	1) 仕様を明確にする 2) 仕様変更を客先へ求償する 3) 仕様変更を最小限に留める 4) 代案を客先へ申入れ、承認を得る 5) 特殊仕様を減らす	コスト改善	5000 万円以上 2500 万円以上 1000 万円以上 100 万円以上 100 万円未満
	規格の違いがある	1) 日本(JIS,JEC,JEM)規格を採用する 2) 契約規格通りの製品を購入する 3) 規格相違点の抽出と設計変更の最小化 4) 規格の相違点を見つけ、客先承認を得る 5) 新規格で客先の承認を得る	コスト改善	5000 万円以上 2500 万円以上 1000 万円以上 100 万円以上 100 万円未満
	守秘義務がある	1) 守秘義務の条件を明確にする 2) 守秘義務の契約条項を改訂する 3) 守秘義務に関して再協議する 4) 守秘義務の対象を明確にする 5) 守秘義務の対象範囲を限定する	コスト改善	5000 万円以上 2500 万円以上 1000 万円以上 100 万円以上 100 万円未満

表 11 リスク対策のドライバー(2)

リスク事象		リスク対策のドライバー	低減レベル	
プロジェクト環境	人員が確保できない	1) 技術者を増員する 2) 外部へ業務委託する 3) 標準化推進などの業務改善を行う 4) 他案件と共同で業務を遂行する 5) 現状の人員で対応する	工数改善	3ヶ月以上 2ヶ月以上 1ヶ月以上 1ヶ月未満 無
	既設更新工事である	1) 他社製品改造を客先へ依頼する 2) 不明点を徹底的に洗い出す 3) 更新範囲を明確にする 4) 簡単なシステム更新方法を提案する 5) 既設調査を十分行う	コスト改善	5000万円以上 2500万円以上 1000万円以上 100万円以上 100万円未満
	新規開発品である	1) 開発経験者を集める 2) 他部門へ開発を委託する 3) 代案を検討する 4) 開発要素を分割、他部門へ依頼する 5) 新規開発品の予算を追加する	コスト改善	5000万円以上 2500万円以上 1000万円以上 100万円以上 100万円未満
	成果物の品質が悪い	1) 他社との作業工程調整を行う 2) 客先との作業分担範囲を見直す 3) 機械との作業分担範囲を見直す 4) 標準ドキュメントを積極的に採用する 5) 過去の類似プラントの成果物を極力流用	工数改善	3ヶ月以上 2ヶ月以上 1ヶ月以上 1ヶ月未満 無
	社外調達が多い	1) 社外調達品の割合を減らす 2) 標準品を購入する 3) メーカー競合により購入品価格を下げる 4) 海外購入品は為替予約を採用する 5) 機械メーカー指定を減らす	コスト改善	5000万円以上 2500万円以上 1000万円以上 100万円以上 100万円未満
	他社特許を侵害する	1) 自社と他社の特許の違いを明確にする 2) 自社の特許請求範囲を拡大する 3) 自社の特許を増やす 4) 他社特許を侵害する範囲を最小限にする 5) 特許料を支払う	コスト改善	5000万円以上 2500万円以上 1000万円以上 100万円以上 100万円未満
	現地立上げが遅れる	1) 現地調整工程の再検討を行う 2) 客先と交渉する 3) S/W の出荷品質を上げる 4) 他案件で実績のある機能を適用する 5) ベテラン調整員を採用する	コスト改善	5000万円以上 2500万円以上 1000万円以上 100万円以上 100万円未満

リスク対策の実行可能性、新たなリスク評価指標の決定プロセスを以下に示す。  
また、図 18 は新たなリスク評価指標の決定フロー図を示すものである。

- ① リスク対策の具体的施策の中で実行可能な施策を特定し、リスク対策の実行可能性を決定する。リスク対策の実行可能性を決定するため、プロジェクトマネージャが実際に契約上の制約条件や実務上の制約、プロジェクトの状況などから総合的に判断して、表 10 と表 11 に挙げられたリスク対策の具体策の実行可能か否かを「1：実行可能」か「0：実行不可」で判定し、その結果からリスク対策の実行可能性を数値化する。
- ② リスク対策が実行された場合のプロジェクト損失や契約上のペナルティなどに対する抑制効果を工数削減やコスト削減などの面から判断して、損失低減量として、5 段階の改善レベルの中から選定する。損失低減量についてはリスク事象毎に内容が異なっており、それぞれのリスク事象に対応した適切な改善レベルを選定する必要がある。
- ③ リスク対策の実行可能性と損失低減量の積により期待効果を算出する。
- ④ 図 16 に示すリスク評価指標の決定フローにより求められた期待損失と③で求められた期待効果の差分によって導き出された改善損失をプロジェクトリスク管理のための新たなリスク評価指標とする。

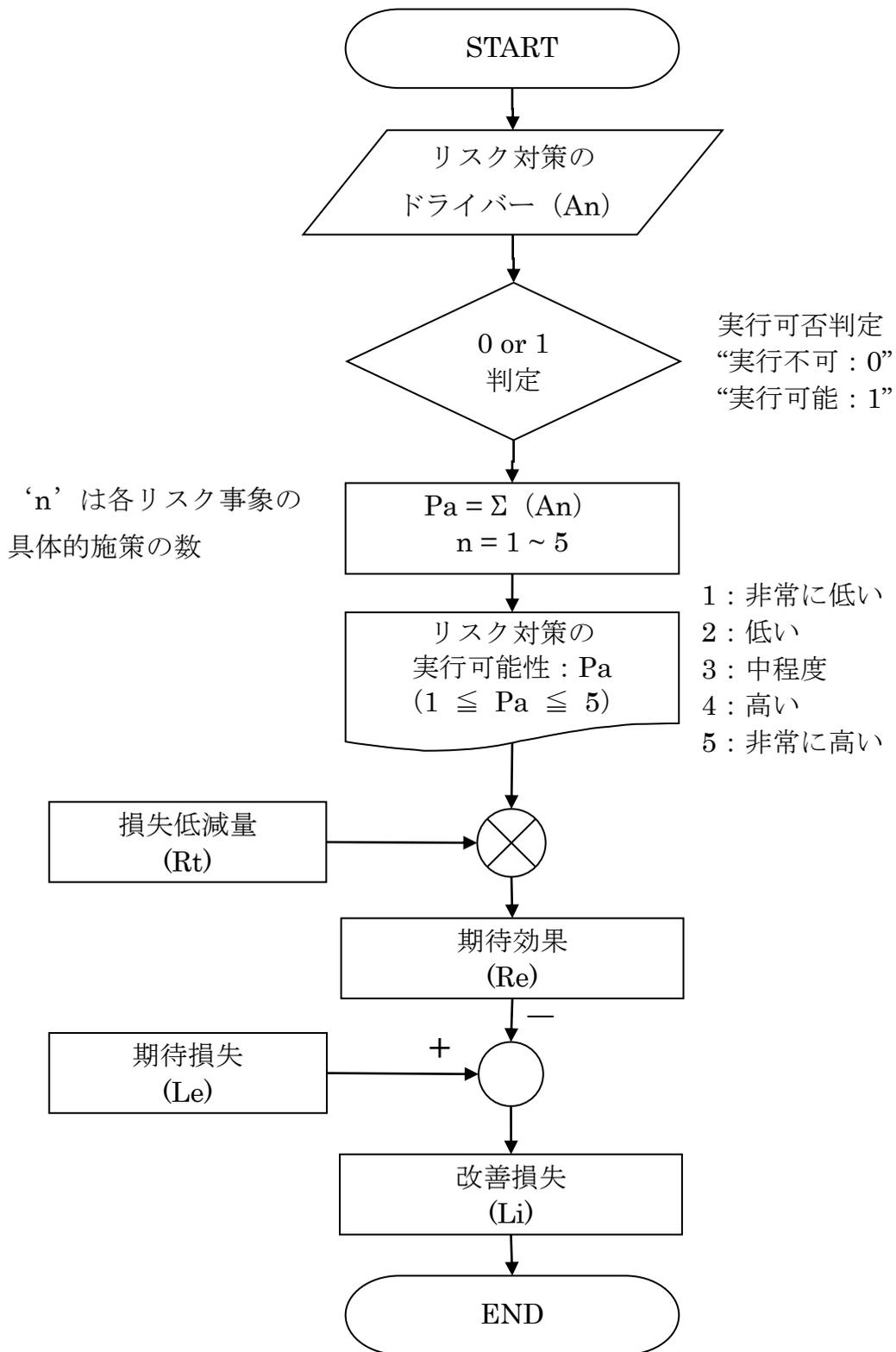


図 18 新たなリスク評価指標の決定フロー図

これまで説明してきた内容を整理し、プロジェクトリスク管理改善の作業プロセスを簡潔にまとめると以下のようなになる。

- ① リスク特定と分類のプロセスにおいて、リスク事象と影響が特定され、表 5 に示すようなプロジェクトリスク定義書が生成される。
- ② 定量的リスク分析のプロセスにおいて、リスク事象のドライバー、影響のドライバー、影響レベルが決定され、リスク事象の発生確率、影響の発生確率、総損失量が決定される。
- ③ リスク対策のプロセスにおいて、リスク対策の具体策、改善レベルが決定され、リスク対策の実行可能性と損失低減量が決定される。
- ④ リスク評価のプロセスにおいて、プロジェクトリスク定義書に示された各リスク事象と影響に対して、リスク事象の発生頻度、影響の発生頻度、影響度から期待損失が決定され、リスク対策の実行可能性、損失低減量から期待効果が決定される。そして、期待損失、期待効果から改善損失が決定される。
- ⑤ リスク監視のプロセスにおいて、プロジェクトのフェーズ毎に管理目標が設定され、各フェーズでの改善損失の集計結果との差異がモニタリングされる。

図 19 はリスク特定と分類からリスク監視までの作業プロセスの流れと各プロセスでの成果を示したものである。

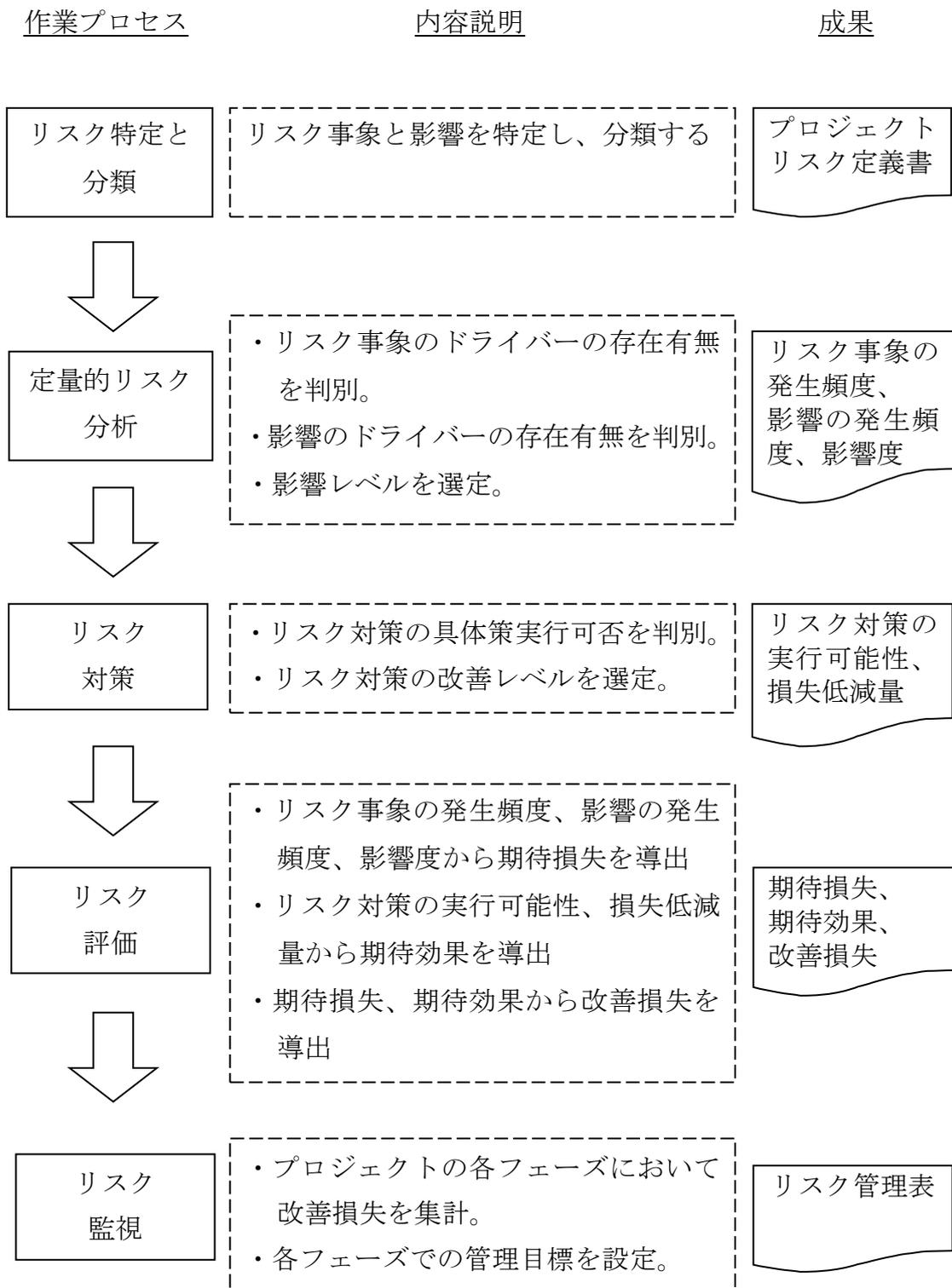


図 19 プロジェクトリスク管理改善の作業プロセスのフロー図

### 3.5 実プロジェクトによる検証

本論文で提案する標準化されたリスク分析・評価手法を使って、実プロジェクトでのリスクの監視コントロールのシミュレーションを行い、従来プロジェクトマネージャの知識や経験に頼って実行されてきたリスクマネジメントによる評価結果と比較することで、プロジェクトリスク管理改善案の有効性を検証する。

ここでのシミュレーションとは、実プロジェクトを対象とした場合のリスク再評価であり、実際の既設プラント更新の国際プロジェクトにおいて、著者自らがリスクの評価を手作業で行ったものである。

検証方法としては、鉄鋼プラント熱間圧延設備既設制御システム更新プロジェクト（契約が2005年10月、現地立上げが2007年10月の約2年間のプロジェクト）を対象にプロジェクトマネージャ歴約10年の著者自らが表5に示すプロジェクトリスク定義書からリスク事象のドライバー有無、影響のドライバー有無の判別、影響レベルの選定、リスク対策の具体策の実行可否の判別、改善レベルの選定等を行い、プロジェクトリスクの定量的分析と対策立案を実施する。これは、本研究の評価手法を使って複数のプロジェクトマネージャが実施、検証すると数年はかかるため、標準化適用の先駆けとしてまず著者自らがシミュレーションを行い、シミュレーションで得られたリスク評価結果を過去の結果と比較して類似の評価結果であることを確認するために実施するものである。

図20に過去の類似プラントにおいて数名のベテランプロジェクトマネージャが行ったプロジェクトリスク評価結果をまとめた。

この結果はベテランプロジェクトマネージャに14項目のリスク事象に対してリスク事象のドライバー、影響のドライバー、対策のドライバーを意識せずにプロジェクトマネージャ独自の判断でリスクの発生頻度、影響度、対策難度について、5段階評価を実施してもらい、最大で各5点の重み付けによる各リスク事象の評価点（最大で $5 \times 5 \times 5 = 125$ 点）の合計で算出した結果をまとめたものである。

即ち、20年以上プロジェクトマネージャを経験されたベテランの方が自らの経験知でリスク発生頻度、影響度、対策難度を評価し、リスクの重み付けを行い、その点数評価をベテランプロジェクトマネージャ毎にトレンドグラフにまとめたものである。

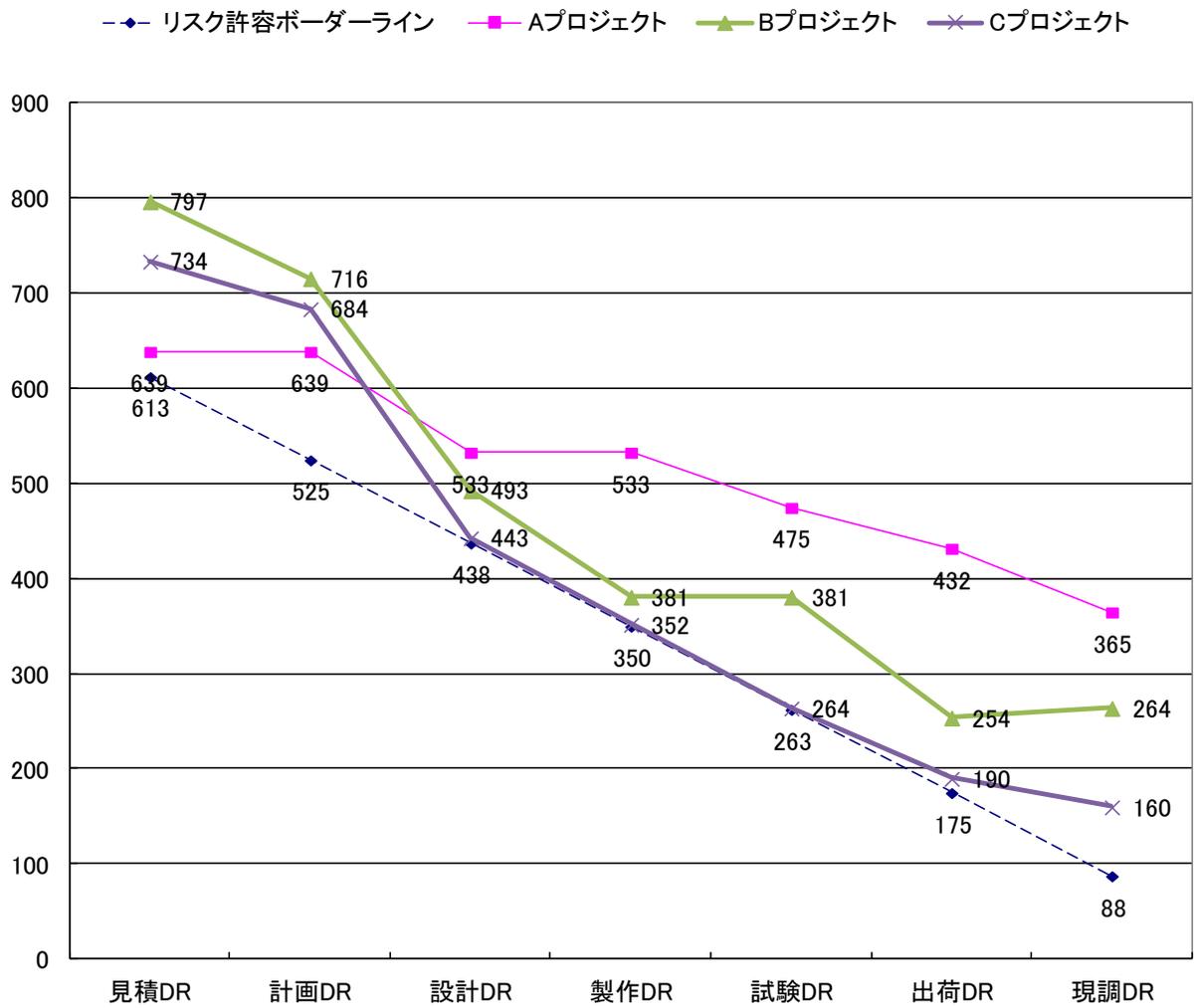


図 20 過去の類似プラントにおけるプロジェクトリスク評価結果

まず、対象となるプロジェクトにおいてプロジェクトリスクに関するプロジェクトリスク管理計画を立てる。図 19 に示す作業プロセスのフローに従い、プロジェクトリスク定義書をもとに見積から現地調整前までのプロジェクト遂行過程において各リスク事象の改善損失を記入するためのリスク管理表を準備する。

次に、プロジェクト遂行過程においてリスクの監視コントロールを実践するため、以下の手順でプロジェクトリスク管理を進める。

- ① 対象プロジェクトのエンジニアリング工程から各フェーズでのデザインレビュー工程を決定する。対象プロジェクトでのデザインレビュー工程を表 12 に示す。
- ② 見積から現地調整前までの各フェーズにおいて対象プロジェクトでの改善損失の総和の管理値としてリスク許容ボーダーラインを決定する。これは、過去の類似プラントの実績データから想定して決めたものであり、各フェーズのリスク評価指標の最大値（1750）の 35%から 5%ずつの下げ幅で設定されている。
- ③ 各フェーズでデザインレビューを行い、同時にプロジェクトリスクの定量的分析と対策立案を実施する。そして図 19 の作業プロセスのフローに従い、フェーズ毎に各リスク事象の改善損失をリスク管理表（表 13 参照）にまとめ、各リスク事象の改善損失の割合と推移を把握するため、図 21 にそのトレンドグラフを示す。
- ④ 各リスク事象の改善損失の総和を求め、それをグラフ化してプロジェクト進捗に応じた改善損失の実績トレンド、及びリスク許容ボーダーラインとの差異を監視する。図 22 は改善損失の総和の推移をグラフ化したものである。
- ⑤ リスク対策の分析・評価によって実行可能と判断されたリスク対策の具体策については、次のフェーズにおいて実施状況を確認し、確実に実行されたかどうかをチェックして、その結果をプロジェクト報告書に記載すると同時にリスク対策の達成度としてリスク対策の分析・評価に反映する。

表 12 プロジェクトのデザインレビュー工程

時期	イベント	デザインレビュー	入力情報	成果物
2005年7月	見積開始	見積 DR	客先購入仕様書	見積仕様書
2006年2月	契約成立	計画 DR	契約仕様書	機能仕様書
2007年3月	仕様凍結	設計 DR	機能仕様書	S/W 設計仕様書
2007年5月	設計完了	製作 DR	S/W 設計仕様書	プログラムリスト
2007年6月	S/W 出図	試験 DR	試験仕様書	試験成績書
2007年9月	S/W 出荷	出荷 DR	試験成績書	出荷判定書
2007年10月	現地調整前	現調 DR	現地工程&体制	現地調整要領書

DR : Design Review

表 13 見積から現地調整前までのリスク管理表（改善損失）

No.	リスク事象	改善損失						
		見積 DR	計画 DR	設計 DR	製作 DR	試験 DR	出荷 DR	現調 DR
①	受注コストをキープできない	75	50	45	25	0	0	0
②	契約保証値が達成できない	55	55	50	50	50	50	40
③	納期が守れない	60	56	36	36	20	4	0
④	契約上の制約がある	16	0	0	0	0	0	0
⑤	契約仕様に問題がある	115	85	45	40	40	5	5
⑥	規格の違いがある	21	21	18	6	6	6	6
⑦	守秘義務がある	3	3	0	0	0	0	0
⑧	人員が確保できない	40	40	40	35	10	0	0
⑨	既設更新工事である	70	70	55	5	5	5	5
⑩	新規開発品である	20	20	20	20	8	4	4
⑪	成果物の品質が悪い	20	20	10	10	5	0	0
⑫	社外調達が多い	25	20	20	10	0	10	0
⑬	他社特許を侵害する	3	3	1	1	1	2	0
⑭	現地立上げが遅れる	30	30	25	25	25	15	20
	改善損失の総和	553	473	365	263	170	101	80

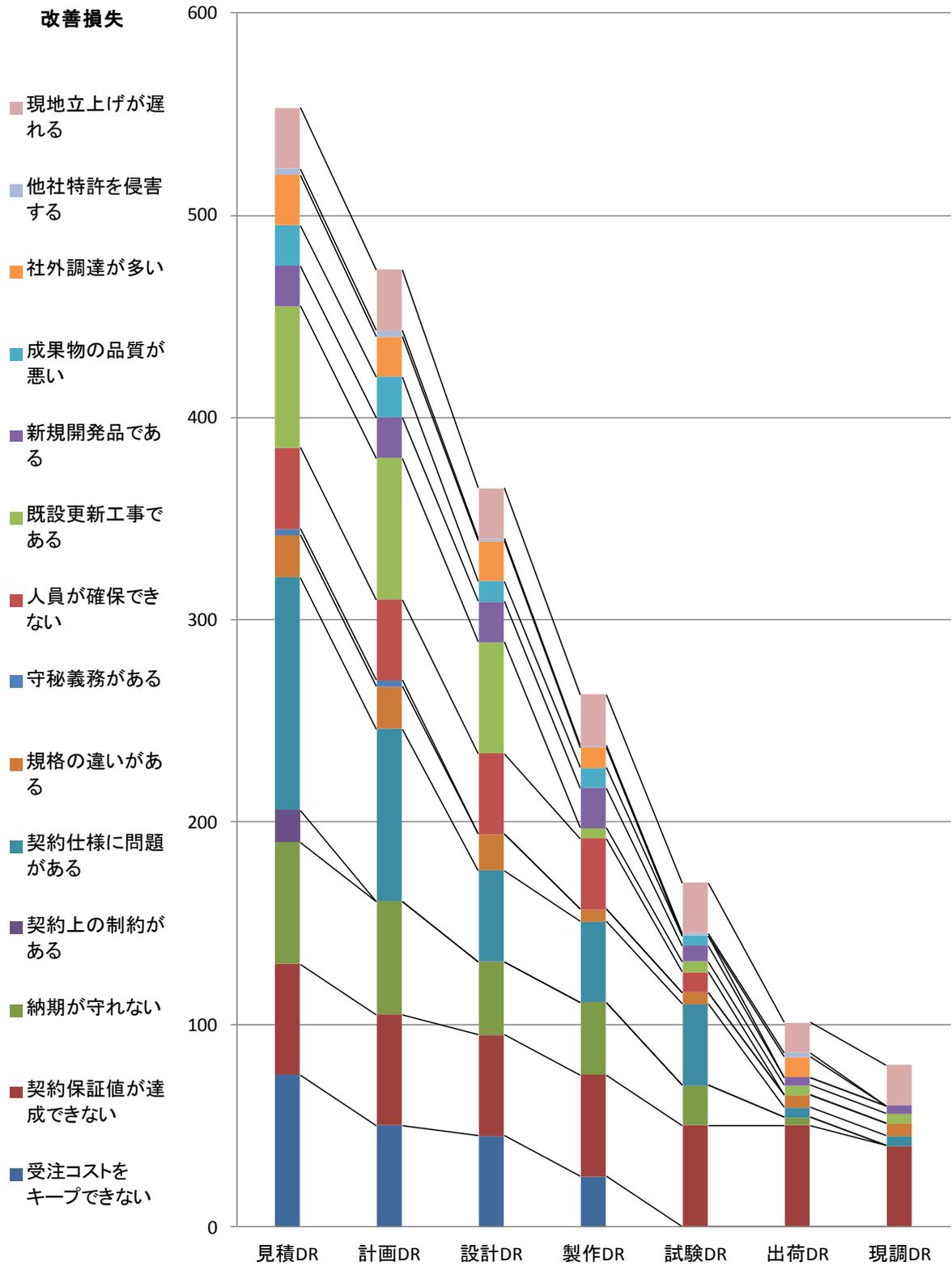


図 21 各リスク事象の改善損失の推移

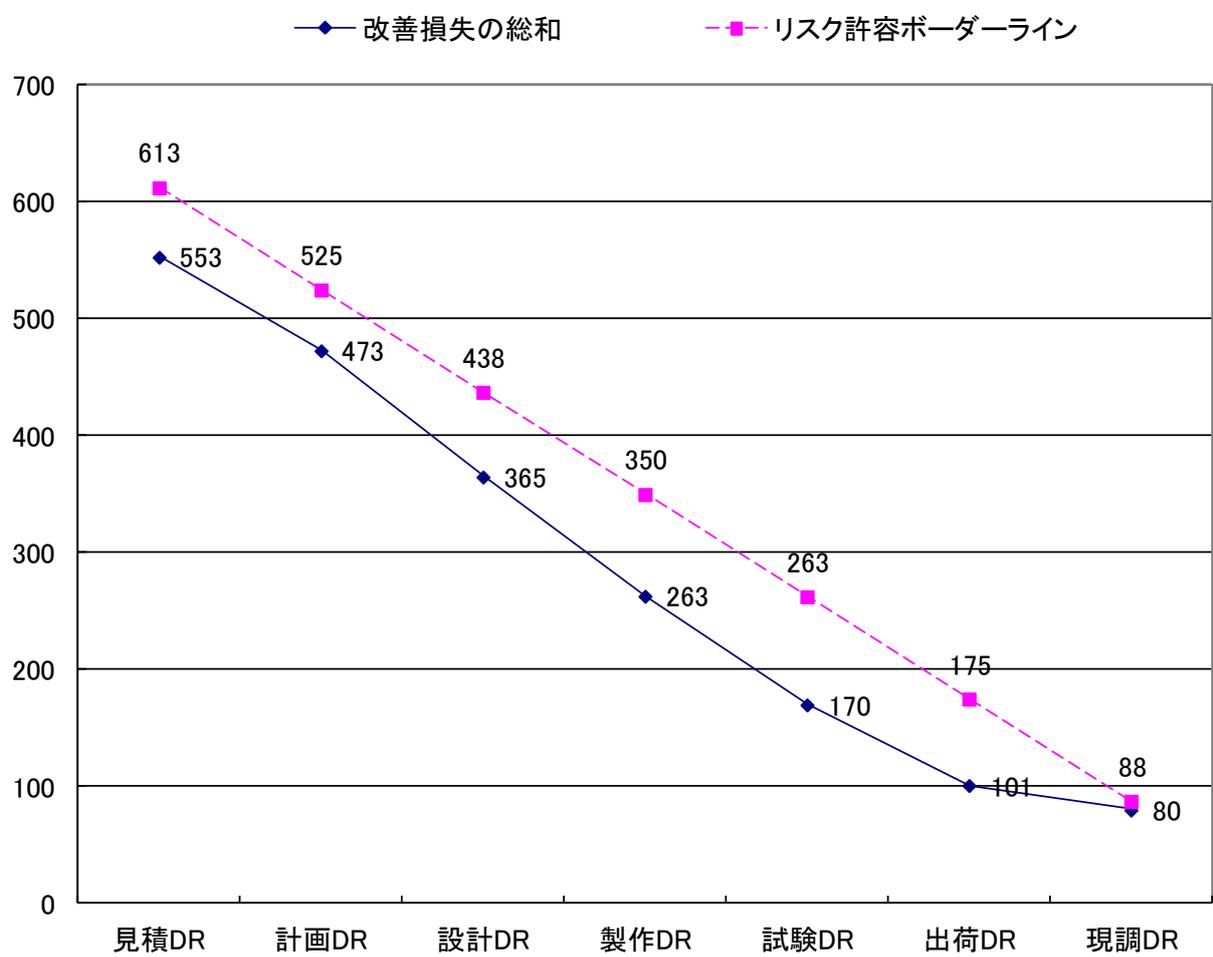


図 22 改善損失の総和の推移

リスクの監視コントロールプロセスを簡単にまとめたものを図 23 に示す。

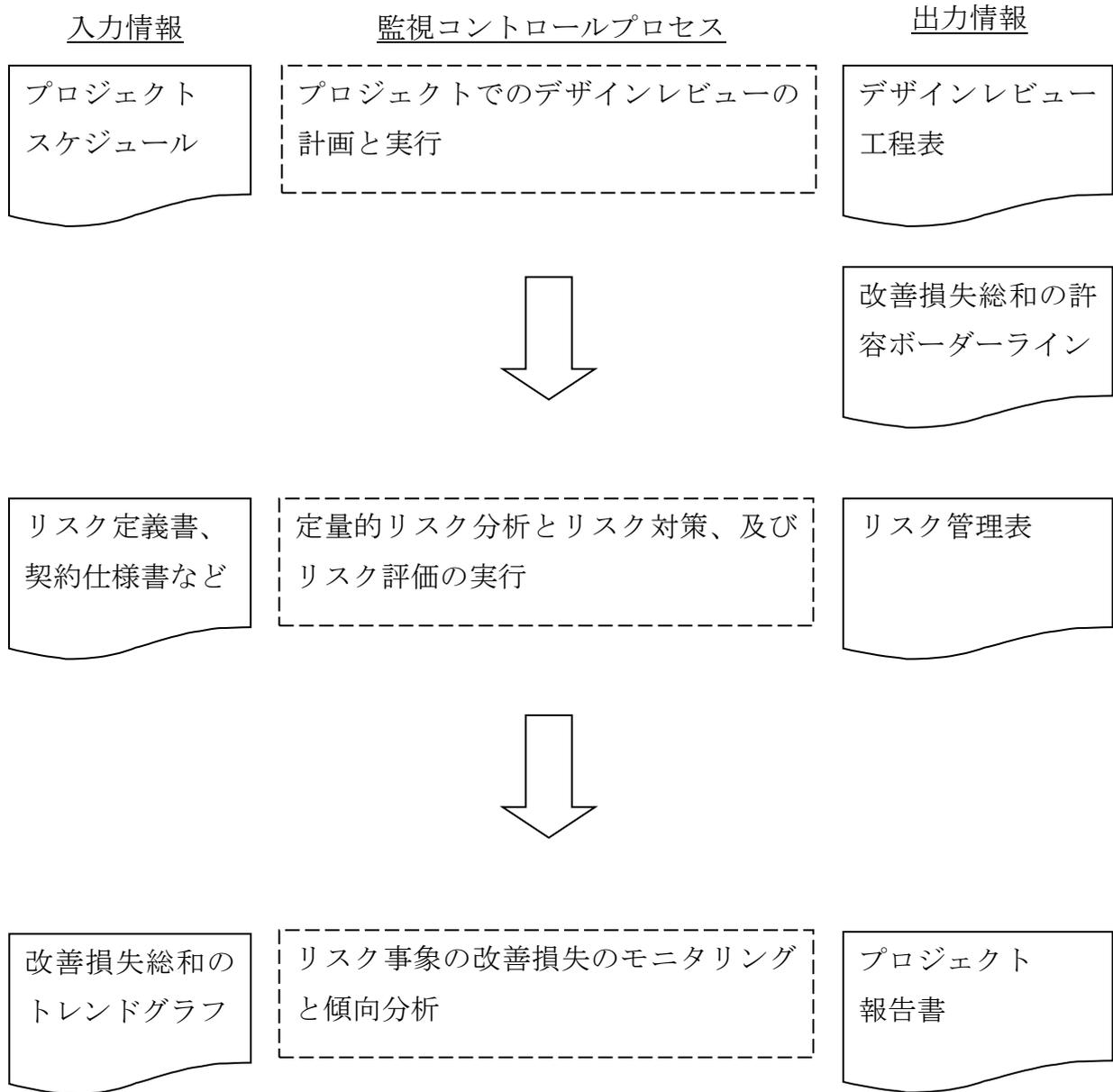


図 23 リスクの監視コントロールプロセス

標準リスクモデル（図 3）を適用した場合について、リスクの監視コントロールのシミュレーションを行い、見積から現地調整前までのプロジェクト遂行過程における各リスク事象のリスク評価指標（期待損失）をリスク管理表（表 14 参照）にまとめた。各リスク事象の期待損失の割合と推移を把握するため、図 24 にトレンドグラフを示す。図 25 は期待損失の総和の推移をグラフ化したものである。

表 14 見積から現地調整前までのリスク管理表（期待損失）

No.	リスク事象	期待損失						
		見積 DR	計画 DR	設計 DR	製作 DR	試験 DR	出荷 DR	現調 DR
①	受注コストをキープできない	80	60	60	40	20	20	20
②	契約保証値が達成できない	60	60	60	60	60	60	60
③	納期が守れない	64	64	48	48	32	16	4
④	契約上の制約がある	24	12	12	12	12	12	12
⑤	契約仕様に問題がある	125	100	60	60	60	30	30
⑥	規格の違いがある	27	27	27	18	9	9	9
⑦	守秘義務がある	9	9	6	6	6	6	6
⑧	人員が確保できない	50	50	50	50	30	5	5
⑨	既設更新工事である	75	75	75	25	25	25	25
⑩	新規開発品である	24	24	24	24	12	8	8
⑪	成果物の品質が悪い	30	30	20	20	20	10	10
⑫	社外調達が多い	40	40	40	30	20	20	10
⑬	他社特許を侵害する	6	6	4	4	4	4	4
⑭	現地立上げが遅れる	40	40	40	40	40	30	40
	期待損失の総和	654	597	526	437	350	255	243

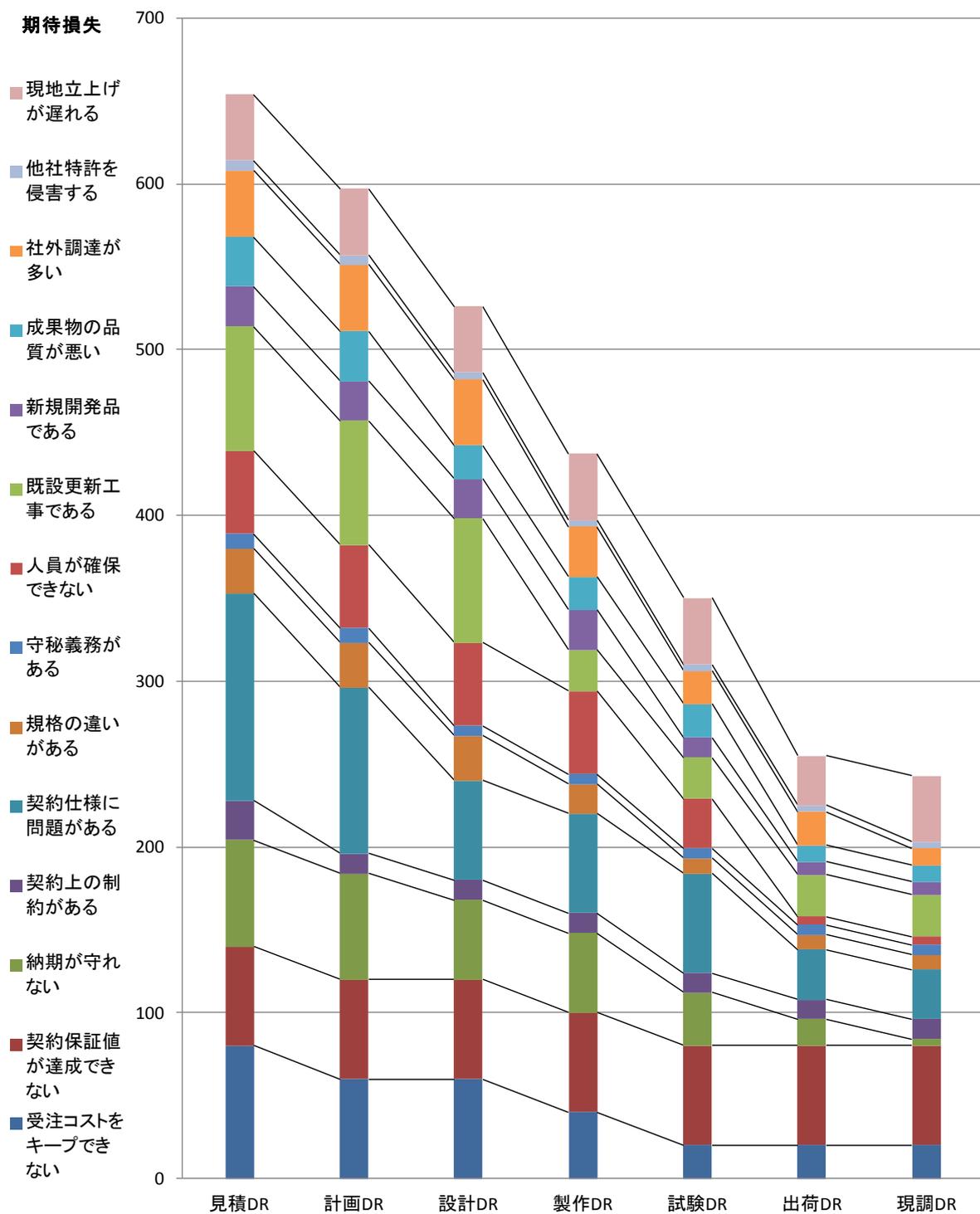


図 24 各リスク事象の期待損失の推移

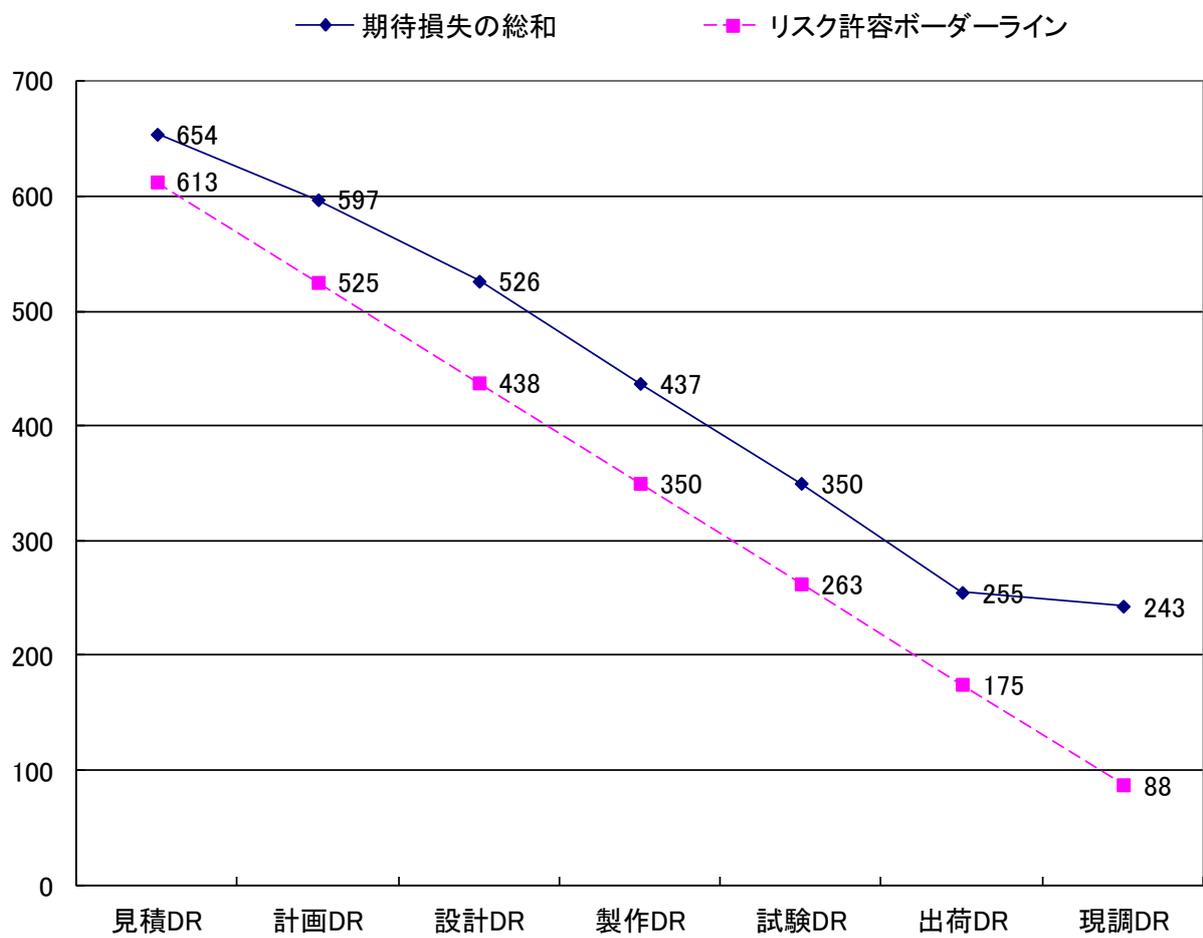


図 25 期待損失の総和の推移

本シミュレーションは、リスク対策を組み合わせたモデルを適用し、標準化されたリスク分析・評価手法を使って検討されており、その結果は、プロジェクトの全工程において過去に実施されていたベテランプロジェクトマネジャの経験知に依存するリスク評価方法の評価結果から定めたリスク許容ボーダーラインよりも低い評価点となっている。また、各フェーズにおけるリスク評価点の傾向を見てもプロジェクトマネジャ歴 20 年以上のベテランが評価した結果とほぼ同じような結果が得られたことは、この改善案が実務的に有効であることを示すものである。従って、この手法を使えばプロジェクトマネジャ歴約 10 年のマネジャクラスの人が行っても 20 年以上経験のあるベテランマネジャとほぼ同等の結果が得られそうである。即ち、ベテランマネジャの持つスキル（経験知）を共有化したことに他ならない。

さらに、リスク対策を組み合わせたモデルを適用した場合、リスクの要因とリスク対策の具体策が明らかとなり、リスクの監視コントロールを容易に進めることができる。そして、プロジェクトを遂行する過程において、リスク対策が確実に実行されたかどうかをモニタリングすることでリスクへの対応が強化される。

図 22 と図 25 のシミュレーション結果については、実プロジェクトでの評価点を使っており、対策についても実プロジェクトで実際に対策を行った結果の評価点としている。対策は実プロジェクトの各フェーズで評価し、実行可能なものを選択した上で、実際に対策を実施している。

しかしながら、現地調整前デザインレビューにおいて改善損失の総和はリスク許容ボーダーラインとほぼ同じであり、表 13 からわかるように「契約保証値が達成できない」、「現地立上げが遅れる」のリスク事象に対する改善損失が他のリスク事象と比べて大きい。図 21 からこの 2 項目については他のリスク事象と比べて見積からの改善があまり見られない。従って、このリスク事象に対するリスクマネジメントを実行する上でも現地立上げ時から品質・性能保証試験完了までのリスクマネジメントは必要不可欠であり、プロジェクトを成功させる上で重要なポイントであると考えられる。これについては次章の現地リスクマネジメント手法の提案で詳しく説明する。

## 第 4 章

# 現地リスクマネジメント手法の提案

本章では既設プラント更新工事の国際プロジェクトにおける現地リスクを特定し、リスクの定量的分析、リスクへの対応策の策定、リスクの定量的評価を提示し、現地リスクマネジメントのプロセスモデルを構築する。

また、既設プラント更新工事の国際プロジェクトにおける現地プラント再立上げ時のリスクをここでは現地リスクと定義する。現地リスクを考える上でその影響範囲を考えてみると、現地での定修工事開始から設備再稼働後の性能試験完了までの現地再立上げ作業遂行において設備再稼働日の厳守、設備再稼働後の操業安定化、生産品質安定化が重要なポイントであり、如何にして契約ペナルティや設備再稼働遅れに対する補償などの損失を発生させず、且つ顧客の信頼を裏切らないようにするかが課題と言える。

### 4.1 マネジメントプロセスモデルの構築

鉄鋼分野における現地リスクマネジメントの現状分析によると、サイトマネジャが現地でのリスク特定と分析を行い、プロジェクトマネジャがリスク対策と処理を行う分業制となっている。

そこで、プロジェクトマネジャの現地リスクの認知度向上と迅速な対応、及び現地リスクまで含めたリスクの一元管理を実現するためにプロジェクトマネジャによる現地リスクマネジメントのプロセスモデルを構築する。図 26 にその概念図を示す。



図 26 現地リスクマネジメントプロセスの概念図

現地リスクマネジメントのプロセスモデルと各プロセスでの処理内容について以下に簡単に説明する。また、各プロセスの詳細な方法論については 4.2 以降で詳しく説明する。

- 1) リスクの特定と分類では、過去の事例やプロジェクトマネージャの経験的知識から既設プラント更新の国際プロジェクトにおいて現地リスクとして考えておくべき事象を抽出して、普遍的な事象として扱うべきものを選別する。さらに、それをプロジェクトで未然に防ぐことが可能なリスクと困難なリスクに分類し、現地リスク定義書としてまとめることで現地リスクを一般化でき、プロジェクトマネージャが認知可能となる。
- 2) リスク分析では、サイトマネージャの経験により実行されてきた現地リスク分析をリスクモデル[鈴木 04]に記載されたリスク因子と結果の重大さに至る経路と結果の重大性との関係を用いて定量的分析手法を提案する。リスク因子と結果の重大さに至る経路については、プロジェクトで未然に防ぐことが可能なリスクのみ特定することが可能である。そこで、これらのリスク因子と経路を明らかにして、リスク発生の可能性の重み付けを行うためのリスク評価スコアシートを作成する。また、結果の重大性については、現地立上げ工程への影響度を考慮してレベルを 5 段階で簡易的に評価し、リスク評価スコアシートを作成する。これにより現地リスクの可視化ができ、どのリスクに注意すべきか、どの程度のリスクかを簡易的に判断することができる。

- 3) リスク対策では、リスクの連鎖を考え、リスクの検知・回避の可能性のみならず、結果の重大性の軽減の可能性についても視野に入れて対策を検討する。そして、プロジェクトマネージャがこれまで経験的に実施してきたリスク対策の具体策を挙げ、その可能性についての重み付けをするためのリスク評価スコアシートを作成する。これによりリスク対策の点数制による簡易的な評価ができるようになり、評価結果を可視化することで実践的なリスク対応計画が立てられる。
- 4) リスク評価では、リスク分析とリスク対策で得られたリスク評価スコアシートを使ってこれまでサイトマネージャやプロジェクトマネージャの経験によって実行されてきた現地リスクの定量的評価を行うことで簡易的に各リスク事象の重み付けを行い、現地リスクの評価結果を可視化できる。これにより現地メンバとプロジェクトメンバでリスクを共有化でき、個々のリスク対策の意義と重点施策を示すことができる。
- 5) リスク監視では、現地立上げ工程の各フェーズ（電気工事、電気調整、試験運転、操業運転、性能試験）とリスク事象との関連性を考えながらリスク評価スコアシートを用いてリスク事象の評価を行い、各フェーズでのリスク評価点をリスク管理表にまとめ、リスク評価結果の可視化とリスク総合評価点の傾向分析ができるようになる。これにより、今までサイトマネージャやプロジェクトマネージャの経験的知識やスキルに頼って実行されてきた現地リスクマネジメントに関して、このプロセスモデルを適用することで簡易的な現地リスクの分析、評価ができるようになり、リスク対策まで含めた現地リスクマネジメントのフレームワークと現地リスクの定量的な判断基準（リスクの許容範囲や管理目標など）を設定することができる。そして、今後はプロジェクトマネージャ主体の現地リスクマネジメントのプロセスモデルとして活用できる。

## 4.2 現地リスクの特定と分類

最初に、本論文で述べる現地リスクの定義について説明する。ISO Guide 73[ISO Guide 09]によると「リスク」とは諸目的に対する不確かさの影響であり、本論文で取り上げる現地リスクを考えた場合、それはプロジェクトに対する事実やその結果、その起こり易さに関する情報、理解、知識などの一部が欠落している状態によって悪い方向へ逸脱することである。

つまり、プロジェクトに関係する人や物、既存設備や顧客などの要因で定修工事期間内での現地工事・調整の作業が妨げられ、設備再稼働や安定操業の脅威となる結果とその発生の起こり易さとの組み合わせによって表現されたものを現地リスクとして定義する。

ここで、最近の既設プラント更新の国際プロジェクトにおける現地工事、現地調整の現状や更新工事の固有の問題などからどのような制約があり、どういった環境下で現地作業が進められているのかを考え、現地作業を進める上でのリスクを特定するにあたり、その前提となる背景について説明する。

研究の背景でも述べたように、既設プラント更新工事の場合、「定修工事期間内での工程遵守」、「設備再稼働後の操業の安定化」、「設備再稼働後の生產品質安定化」などの絶対条件をクリアしなければならない。また、海外でのプラントを対象に考えた場合、日本と違った現地環境や社会情勢を鑑み、国際社会での制約条件などを考慮する必要がある。

従って、このような現地の環境下においては、グローバル化を視野に入れ、現地再立上げにおいて工程厳守を考慮した上でリスク事象というものを特定するのは必然である。

さらに、慢性的な現地調整員不足によるヒューマンリソース問題や既設更新工事の複雑さなどの制約もあり、このようなプロジェクトの構造的要因からリスク事象というものを考えなければならないのは必然である。

このように、既設プラント更新の国際プロジェクトを考えた場合、諸々の制約条件の中で現地工事、現地調整を進めなければならず、その中でリスクとして考えておくべきものを網羅的に抽出し、過去の事例や経験的知識から普遍的であると思われるものを現地リスクとして特定する。

次に、現地作業フローとリスクとの関係からリスク事象と考えられるものを特定し、著者自らが現地調整に参加して、現地での実経験をもとにそれを体系化する。

現地作業フローとしては、機器の搬入から据付までの準備段階、電気工事から電気試運転までの定修工事段階、再稼働後の客先引渡段階に分けられ、それぞれの制約条件、環境条件から鑑みてリスク事象として考えられるものをいくつか挙げてみる。

図 27 に現地作業フローとリスクとの関係を示す。

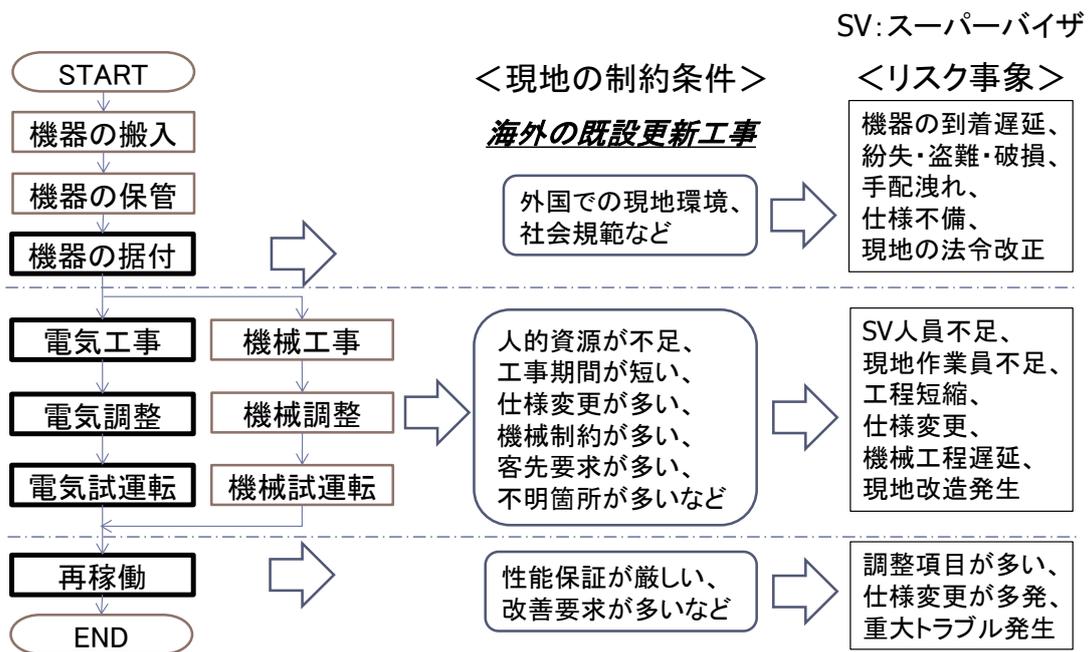


図 27 現地作業フローとリスクとの関係

この現地リスクの定義に従い、既設プラント更新の国際プロジェクトにおいて“不確かさ”と思われる事象を識別するため、著者自らがプロジェクトマネージャとして現地調整支援に参加して現地リスクに関する実態調査を行った。その対象は鉄鋼分野における既設プラント更新の国際プロジェクトであり、既存のモータ駆動装置や監視・制御システムの更新である。

そして、先進諸国で比較的政情が安定した諸外国での環境下において既設プラント更新工事の現地工事・調整を実施する場合の不確かな事象について抽出を行い、既設プラント更新の国際プロジェクトにおける現地リスクに限ったものではあるが、その中で普遍性のあるものを特定、抽出した。

現地リスクの特定方法について以下に記述する。

- 1) 国際プロジェクトを対象に考えた場合、過去のプラントの知識や経験から言えることだが、世界的に共通していることは、日本と違って機器の紛失や盗難、現地到着遅延などが比較的起こり易いということであり、現地での環境の違いによる機器の破損やトラブル、現地工事業者のストライキや法令の改正といった日本では考え難い不測の事態も起こり得るということである。また、現地での作業員不足や作業員のスキル不足、コミュニケーション不足などの問題は当然避けられないということである。つまり、これらの事象は普遍的に抽出しておくべき不確かな事象であると言える。
- 2) 既設プラント更新のプロジェクトを対象に考えた場合、現地立上げ工程が短く、設備の再稼働の期限厳守や早期操業、生産品質の安定化が必須条件となるため、過去のプラントでの実績などから当然考えておかなければならない事象として、図面等で見落とされている既設改造分が現地で判明するケースがあることや現地立上げ工程が非常にタイトであるため機械据付工事や機械調整の遅れが発生し易いこと、新設の場合と比べ客先からの要求として工程短縮や機能改善要望などが比較的多く発生するということが挙げられる。つまり、これらの事象は少なからず起こり得る事象であり、現地リスクとして考えておくべきものである。
- 3) 新設、既設更新の工事種別や国内、国外のプロジェクトの違いなどに関係なく、プロジェクトの現地立上げにおいて共通していることは、現地調整のヒューマンリソースの問題、製品の出荷品質や手配ミスの問題、現地での仕様変更発生などいくつかの普遍的な不確かな事象が存在するということである。

抽出した現地リスクをまとめると図 28 のようになる。

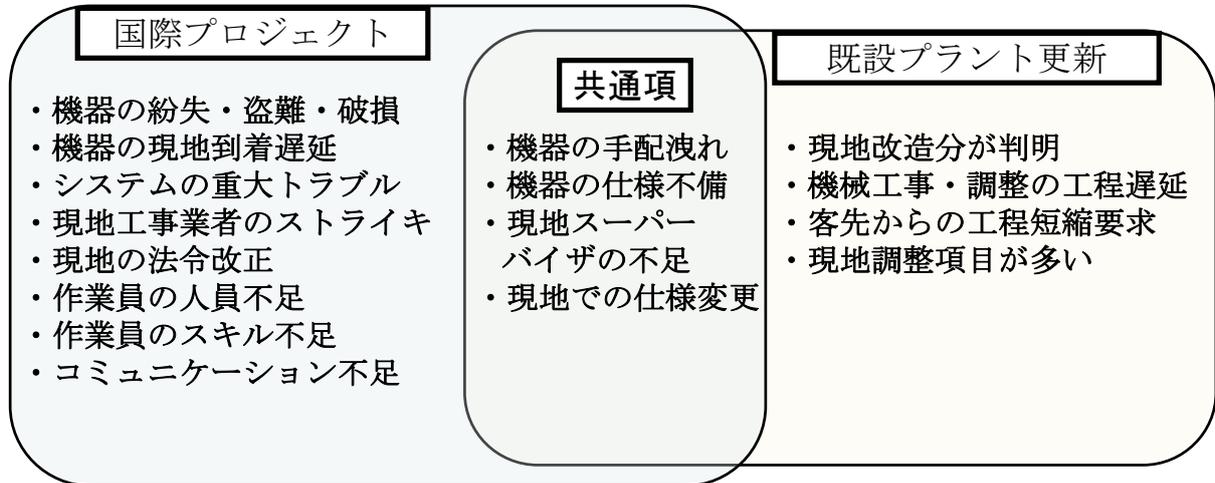


図 28 現地リスクの分類図

さらに、現地リスクの特性要因図をまとめると図 29 のようになる。

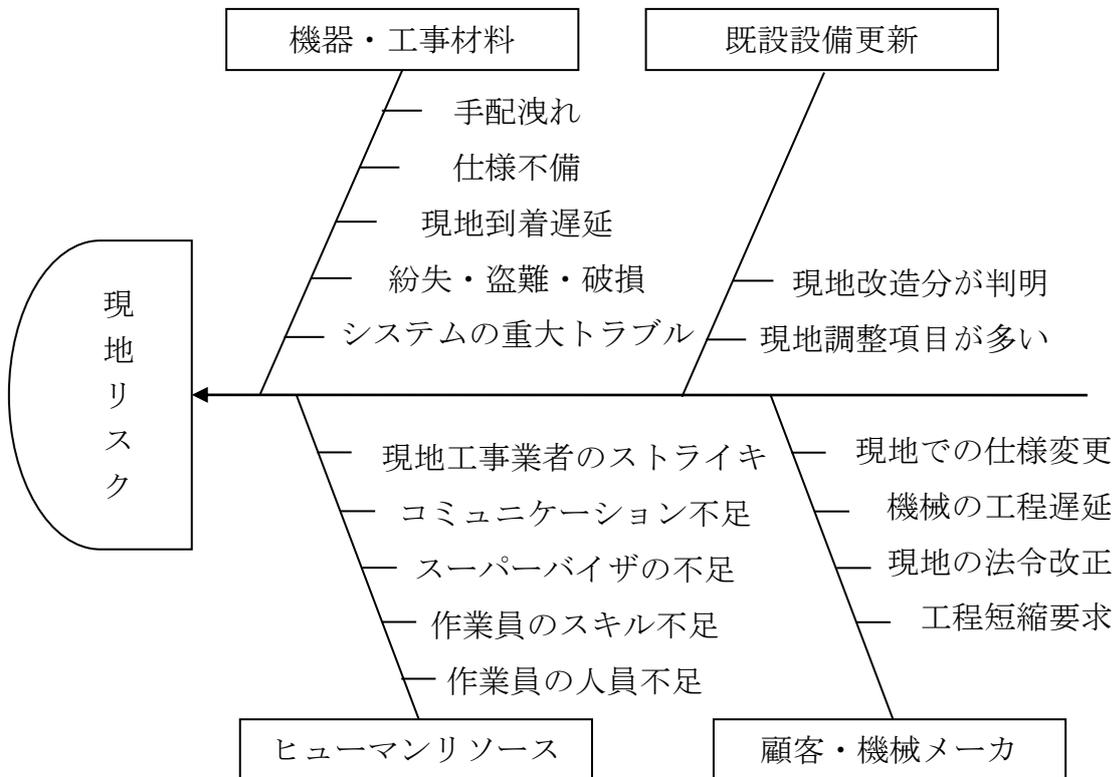


図 29 現地リスクの特性要因図

図 28 と図 29 については著者自らが海外の既設更新プロジェクトの現地調整に参加し、そこで得られた情報や経験をもとにリスクと思われるものを抽出し、特に問題となった事象を中心に体系的にまとめた。また、海外プラント更新プロジェクトでの過去の事例や現地でのトラブル、国際プロジェクト特有の問題などからリスクを抽出し、著者自らの経験知と照らし合わせて特性要因図の形でまとめ、国際プロジェクト、既設プラント更新の観点で分類を行った。

現地リスクをマネジメントの観点から分類すると、次のように分類できる。

- 1) 機器の現地到着遅延、手配洩れ、仕様不備、紛失・盗難・破損、トラブルなどの契約出荷品に関する事象や現地スーパーバイザの人員不足、コミュニケーション力不足などサービス提供側のヒューマンリソース問題に関する事象については、機器やサービスを提供する契約者側に関係するリスクであるため、基本的にプロジェクトの情報、現地環境の状況などをきちんと把握していれば、未然にリスクを検知することが可能であり、プロジェクトで未然に防ぐことが可能なリスク（内的リスク）である。
- 2) 客先手配範囲の機器・工事材料の現地到着遅延、手配洩れ、仕様不備などの客先手配品に関する事象や現地作業員、客先調整員の人員不足、スキル不足などの客先側のリソースの問題、現地での仕様変更、現地の法令改正、機械の据付工事・調整の遅延、客先からの工程短縮要求、機能改善要求などの客先や機械メーカーに関する事象については客先や機械メーカーに依存するため、プロジェクトで未然にリスクを防ぐことは困難であり、コンティンジェンシープランを策定し、起きてしまった場合の影響の最小化や吸収を行う必要がある。さらに、現地工事業者のストライキやシステムの重大トラブルなどの事象については実際に起こり得るリスクであり、類似のプロジェクトから予測はできるが、具体的根拠がないため発生するかどうか不明である。これはプロジェクトでは未然にリスクを検知することが難しく、プロジェクトで未然に防ぐことが困難なリスク（外的リスク）である。

既設プラント更新の国際プロジェクトにおける現地リスクとして考えておくべきリスク事象とその根拠を表 15 に示す。表 15 は、図 28 と図 29 に示したリスク事象の根拠を記載しており、一般的に海外での既設更新プロジェクトを考えた場合、現地リスクとして考えておかなければならない事象を抽出した。

表 15 現地でのリスク事象とその根拠

	リスク事象	リスクと考える根拠
プロジェクトで未然に防ぐことが可能なリスク	契約出荷品の現地到着遅延	プラントの立上げが海外となるため、機器の輸送や通関などの手続きに遅れを生じるケースが多々ある。
	契約出荷品の手配洩れ発生	手配区分の確認洩れや単純な手配ミスなどで機器の手配や出荷が遅れるケースがある。
	契約出荷品の仕様不備発生	仕様の検討が不十分で客先との確認が洩れたり、不足したりするケースがある。
	契約出荷品の紛失・盗難・破損	外国でのプラント立上げの場合、地域によっては保管の不備や取扱いの不備などから機器の盗難や紛失、環境の違いなどによる機器の破損等も考えられる。
	現地スーパーバイザの不足	プロジェクトの置かれている状況で場合によっては人員の不足や適材適所の人員配置ができないケースが生じる。
	現地スーパーバイザのコミュニケーション不足	外国でのプラント立上げの場合、習慣や文化の違いなどで、工事業者や機械メーカーの作業員とのコミュニケーションがうまく取れないケースがある。
	既設設備の現地改造分が判明	既設更新工事の場合、十分な既設調査ができず、客先からの情報も不足するケースが多々ある。
プロジェクトで未然に防ぐことが困難なリスク	システムの現地調整項目が多い	既設更新工事の場合、客先からの要求仕様も高度になり、高いレベルの調整を要求されるケースがある。
	客先手配機器、工事材料の現地到着遅延	客先の都合により機器や工事材料の到着遅れが発生するケースがある。
	客先手配機器、工事材料の手配洩れ発生	客先手配ミスによる突然の機器や工事材料の手配洩れが発生するケースがある。
	客先手配機器の仕様不備発生	客先の検討不足による手配品の仕様間違いがよくある。
	現地作業員、客先調整員の不足	外国でのプラント立上げの場合、他プラントと輻輳して現場の作業者を確保できないケースがある。
	現地作業員、客先調整員のスキル不足	外国でのプラント立上げの場合、現場に不慣れた作業員、又は経験の少ない作業員を就かせることもあり、作業員のスキルに問題がある。
	客先からの工程短縮要求	既設設備の再稼働を早めるため、場合によっては客先上層部から工期短縮の要請が出される。
	客先の現地での仕様変更が多発	操業からの既設の機能改善要求があり、客先からの突然の仕様変更が発生する。
	機械据付工事・調整の遅延	既設更新工事の場合、現地工程が非常にタイトであるため、機械据付工事や機械調整に遅れが発生し易い。
	機械メーカーの現地での仕様変更が多発	現地での機械メーカーからの突然の仕様変更が発生する。
	現地の法令改正	外国での諸事情による突然の法改正が発生する。
	現地工事業者のストライキ発生	外国労働者の突然の労働デモや労働ストライキが起こるケースがある。
システムの重大トラブル発生	過去の事例から起こらないとは言い切れない事象である。	

## 4.3 現地リスクの定量的分析

最初に、現地リスクの定量的分析を行うため、図 5 で示したリスクモデル[鈴木 04]を使い、リスク事象の発生の可能性と結果の重大性について考察する。

図 5 のリスクモデルによると、リスク事象の発生の可能性は、リスク因子と結果の重大さに至る経路が関係する。ここでリスク因子と経路の違いについて説明しておく。リスク因子はすべてのリスク事象に潜んでいる火種となる事実であり、これは何かのきっかけ、もしくはこれを拡大させる誘因によって重大な結果へと繋がる。そして、このきっかけとなる出来事や誘因となる事象を経路として扱っている。

つまり、リスク因子となり得る事実は存在するものであるとの認識を持ち、如何にしてそれを結果の重大性へと繋げないかを常に考え、経路というものに対して注意を払うことが重要である。ベテランのプロジェクトマネージャは過去の経験などから常にリスク因子は存在するとの認識であり、経路に着目し、リスク事象の抑えどころを見極めて未然にリスクの発生を抑止している。

従って、リスク因子の定義としては、リスク事象の根源となる事実であり、経路の定義としては、リスク事象を誘発する要因となる事実である。

表 15 に示したリスク事象に関してリスク因子と経路を考えると、機器やサービスを提供する契約者側に関係するような「内的リスク」の場合、基本的にはプロジェクト情報や過去のデータ、現場の経験や現地の環境知識があれば比較的容易にリスク因子と経路を特定、もしくは予測できる。しかしながら、客先や機械メーカーに関係するような「外的リスク」の場合、過去のプラント情報やデータ、プロジェクトマネージャの経験知から特定された事象であり、顧客や機械メーカーからの情報が未然に把握できない限り、本質的には、リスク因子と経路の特定は困難である。また、「現地工事業者のストライキ」や「システムの重大トラブル」など、類似のプロジェクトから予測できるようなリスクの場合、具体的根拠がないためリスク因子と経路の特定は不可能である。従って、リスク因子と経路の特定は「内的リスク」に関してのみ可能であり、これによりリスク事象の発生の可能性を導き出すことができる。また、リスクを未然に防ぐためにリスク因子または経路に対する具体的な対処方法を抽出することができる。表 15 に示したリスク事象の「内的リスク」について、各リスク事象のリスク因子と経路をまとめたものを表 16 に示す。

表 16 内的リスクのリスク因子と経路

リスク事象	リスク因子	経路
1) 契約出荷品の 現地到着遅延	通関書類の不備	関税法に抵触する
	客先の配船遅れ	機器の船積計画が乱れる
	陸送機関のトラブル発生	復旧に時間がかかる
	天候不順	船舶輸送に影響が出る
	現地で交通事故発生	交通渋滞が継続する
2) 契約出荷品の 手配洩れ発生	供給範囲の記述が曖昧	契約範囲内機器の認知不足
	客先との手配区分確認洩れ	担当者の理解不足
3) 契約出荷品の 仕様不備発生	システム不具合が潜在	顕在化しない
	ソフトウェアの品質不良	顕在化しない
	設計時間の不足	設計ミスが発生
	試験時間の不足	品質確認が不十分
4) 契約出荷品の 紛失・盗難・破損	客先の機器管理不備	保管場所が不明瞭
	パッキングリストの不備	機器の照合が不可
	輸送時の機器取扱い不備	機器の転倒、落下
	輸出梱包の不備	外部からの衝撃有り
	開梱時の機器取扱い不備	内部への衝撃有り
	ロット不良	確認洩れ
	客先の機器保管不備	結露や雨漏り発生
5) 現地スーパー バイザの不足	現地対応案件が輻輳	現地派遣の人員に余裕がない
	人材が不足	教育システムが不十分
6) 現地スーパー バイザのコミュニ ケーション不足	ベテランの調整員が不足	客先とのコネクションがない
	調整員のスキル不足	調整員が消極的
	調整員の語学力不足	対話力の不足
7) 既設設備の現地 改造分が判明	客先からの情報が不足	現地調整時に改造分が判明
	事前の既設調査が不足	改造分調査結果に洩れが発生
8) システムの現地 調整項目が多い	契約上の保証値が厳しい	保証値を満たす付加機能が必要
	客先要求仕様が高度である	付加機能が多い
	新機能が多数	適用事例が少ない

表 16 に示した経路について、それが経路として認知されるための業務プロセスを明らかにすると、表 17 のようになる。

表 17 リスク事象と業務プロセスの関係

リスク事象	リスク要因が絡む業務プロセス
契約出荷品の 現地到着遅延	客先からの配船スケジュールに従い機器を出荷し、 外国の通関で書類を確認後、現場へ機器を搬送する。
契約出荷品の 手配洩れ発生	契約仕様書に基づき機器の手配を行うが、エンジニア リング過程で客先と打合せを行い、手配区分を確認。
契約出荷品の 仕様不備発生	契約仕様書に基づきシステムやソフトウェアの設計、 製作、試験を実施するが、その過程で客先仕様変更、 設計変更などが発生する。
契約出荷品の 紛失・盗難・破損	現場に搬入された契約出荷品は客先が受取り、現地据 付工事が開始するまで客先にて保管、管理される。
現地スーパーバイザの 不足	一般的に海外プラントの場合、現地スーパーバイザ契 約が主流で現地立上げのためのエンジニアを派遣。
現地スーパーバイザの コミュニケーション不足	現地スーパーバイザ契約のため、人数は限られてお り、客先と連携した作業が必要となる。
既設設備の現地改造分が 判明	更新工事の場合、基本的に既設設備の情報を客先から 提供してもらい、不足分などは現地調査で補う。
システムの現地調整項目 が多い	契約仕様書に基づき機器やシステムの調整を行うが、 高度な保証値や客先要求仕様を満足するために多くの 付加機能を現地で追加する。

ここで、リスク因子と経路の関係について表 16 に挙げたリスク事象を例にとって説明する。例えば、リスク事象として契約出荷品の現地到着遅延を考えてみると、このリスク事象に対するリスク因子と経路の関係は次のように説明できる。リスク因子の1つとして「通関書類の不備」を挙げているが、これは海外のプラントを扱う場合、潜在する事実である。この場合、契約出荷品の現地到着遅延に繋がる誘因となる事象は「関税法に抵触する」という事実であり、これを経路と見れば、たとえ通関書類に

不備があってもその内容に「関税法に抵触する」という事実が存在しなければ、現地到着遅延は起こらない。即ち、「通関書類の不備」というリスク因子は存在するものとの認識で、その経路である「関税法に抵触する」という事実に着目し、その有無を確認し、それがなければリスク事象は発生しないということである。

このように「内的リスク」で挙げたすべてのリスク事象に対してリスク因子と経路を明らかにして、その存在有無を判定することでリスク事象の重み付け（点数評価）を行い、リスク事象の発生の可能性を判断する。これは確率論ではなく、重み付けによる実用的な発生の可能性の評価を行うことで簡易的にリスク事象の発生の可能性を決める。この場合、重み付けの点数が大きいほどリスク事象の発生の可能性が高いということになる。リスク因子と経路の関係を図式化すると図 30 のように表される。

最終的には、リスクの大きさを判定するため、各リスク事象の発生の可能性と結果の重大性の積により求めたリスク事象の重み付け（評価点）を合計してリスク事象のトータルの重み付けを行う。それと同時にどのリスク事象の評価点が高いかも見極めておく。

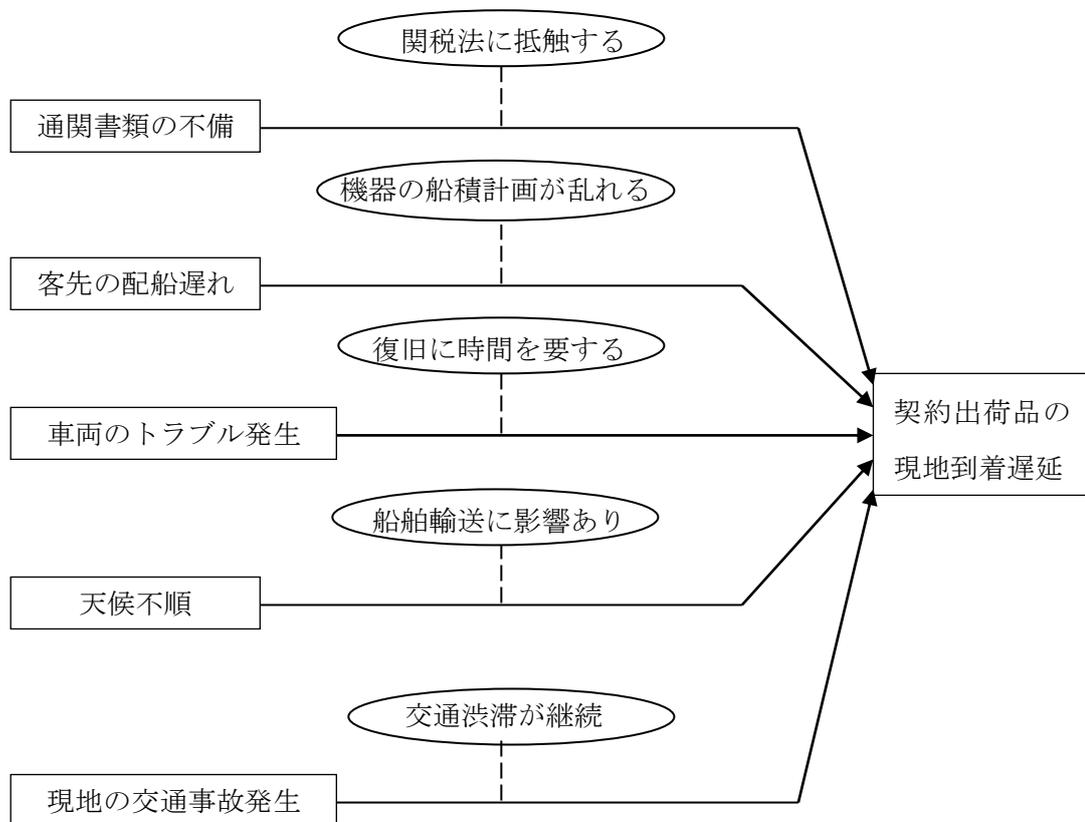


図 30 リスク事象のリスク因子と経路の関係

次に、リスク発生の可能性の決定方法について説明する。

プロジェクトの諸条件、現地の環境、プラントの知識や経験などからリスク因子と経路の存在を“存在無：0”と“存在有：1”で判定し、それぞれの判定結果の積を求め、各リスク事象のリスク因子と経路の積の合計をリスク発生の可能性とする。

ここで、評価のレベルは「1：非常に低い，2：低い，3：中程度，4：高い，5～n：非常に高い」で表現する。図 31 にリスク発生の可能性の決定フロー図を示す。

しかしながら、この分析方法はリスク因子と経路が明らかな場合のみ適用可能であり、外的リスクに対しては適用できないため、リスク発生の可能性は“3：中程度”と見なすものとする。

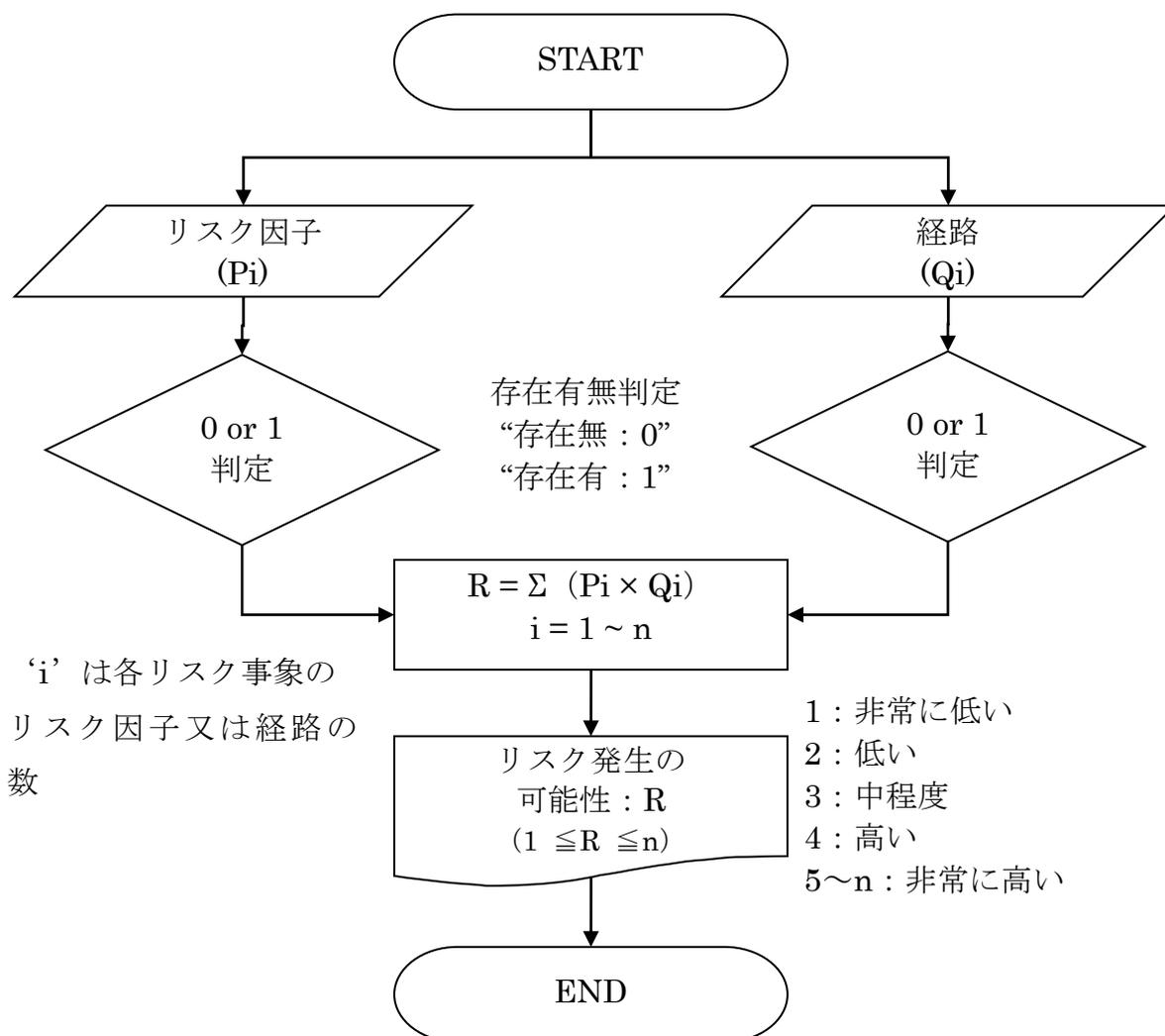


図 31 リスク発生の可能性の決定フロー図

一方、結果の重大性はリスクがもたらす結果の大きさである。

つまり、既設プラント更新の国際プロジェクトを対象とした場合、「現地立上げの工程が新設工事に比べ短い」、「生産ライン再稼働に向けての迅速な設備再稼働が必要」、「立上げ後の操業側からの改善要求が多い」などの制約条件の中、現地立上げにおいて「定修工事期間内での工程キープ」、「設備稼働前の試圧延テスト開始から実操業開始までの期間厳守と早期操業安定化」、「品質・性能試験期間での生產品質安定化」が絶対条件となるため、契約上のペナルティ、操業開始遅れに対する補償などのプロジェクト損失のみならず、顧客信頼の失墜や次の商談での機会損失など今後のビジネスへの影響を考えると、現地立上げ工程の遅延の大きさが結果の重大性となる。

即ち、工事の開始遅れ、再手配や追加・修正・改修作業、調整の開始遅れ、現地作業の遅れ、現地工程短縮などによって生じる工事、調整の遅延が現地立上げ工程計画にどの程度影響を及ぼすかによって結果の重大性は決定される。

つまり、「結果」の種別によって工事期間や調整期間に与える影響の度合いが違っており、その影響度によってレベルを5段階に区別した。例えば、仕様不備など軽微な修正作業が必要なものであれば最低レベルの重大性「1」とし、ストライキや重大トラブルのような影響の度合いが判断し難いものは最高レベルの重大性「5」とした。また、人員不足やスキルの不足などによる作業の遅れや仕様変更などによる多大な修正作業による遅れなどは中間レベルの重大性「3」とした。

そして、表15に示した各リスク事象について、「結果」の種別と「結果」が現地工程計画に及ぼす影響レベル（結果の重大性）をまとめたものを表18に記載する。

表 18 現地リスクの結果の重大性

リスク事象	「結果」の種別	結果の重大性
1) 契約出荷品の現地到着遅延	工事の開始遅れ	2
2) 契約出荷品の手配洩れ発生	機器の再手配	4
3) 契約出荷品の仕様不備発生	軽微な修正作業	1
4) 契約出荷品の紛失・盗難・破損	機器の再手配	4
5) 現地スーパーバイザの不足	現地作業の遅れ	3
6) 現地スーパーバイザのコミュニケーション不足	現地作業の遅れ	3
7) 既設設備の現地改造分が判明	多大な修正作業	3
8) システムの現地調整項目が多い	調整時間の増加	2
9) 客先手配機器、工事材料の現地到着遅延	工事の開始遅れ	2
10)客先手配機器、工事材料の手配洩れ発生	機器の再手配	4
11)客先手配機器の仕様不備発生	軽微な修正作業	1
12)現地作業員、客先調整員の不足	現地作業の遅れ	3
13)現地作業員、客先調整員のスキル不足	現地作業の遅れ	3
14)客先からの工程短縮要求	現地工程の短縮	1
15)客先の現地での仕様変更が多発	多大な修正作業	3
16)機械据付工事・調整の遅延	調整の開始遅れ	4
17)機械メーカーの現地での仕様変更が多発	多大な修正作業	3
18)現地の法令改正	多大な修正作業	3
19)現地工事業者のストライキ発生	現地作業の停止	5
20)システムの重大トラブル発生	膨大な改修作業	5

## 4.4 現地リスクへの対応策

まず、現地リスクを考える上で考慮しておくべきリスクの連鎖について説明する。リスク因子、結果の大きさに至る経路、結果の重大性を考えた場合、リスクの連鎖の概念図を図 32 に示す。

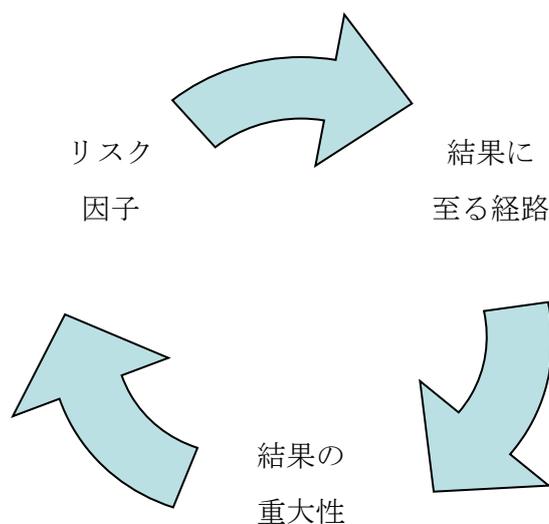


図 32 リスク連鎖の概念図

リスクの連鎖を考慮すると、結果の重大性によってはリスクの影響そのものが新たなリスク因子となることから、結果の重大性を軽減することでリスク因子の発生を抑えることができる。そのため結果の重大性を軽減する可能性について考えておくことは重要であると考えられる。

また、リスク要因や経路の特定が難しいリスク事象ではリスク検知・回避の可能性は極めて低いため、結果の重大性を軽減することがリスクの抑制に繋がる。

従って、リスク検知・回避の可能性に加えて結果の重大性を軽減する可能性を考え、図 33 のような現地リスク評価モデルを提案する。

$$\begin{aligned}
 \text{リスク} &= \text{発生の可能性} \times \text{検知・防御の可能性} \times \text{結果の重大性} \times \text{軽減の可能性} \\
 &= \text{リスクの源①} \times \text{経路②} \times \boxed{\begin{array}{c} \text{検知・防御の可能性} \\ \text{(①または②の検出・防御)} \end{array}} \times \text{結果の重大性③} \\
 &\quad \times \boxed{\begin{array}{c} \text{軽減の可能性} \\ \text{(③の軽減)} \end{array}}
 \end{aligned}$$

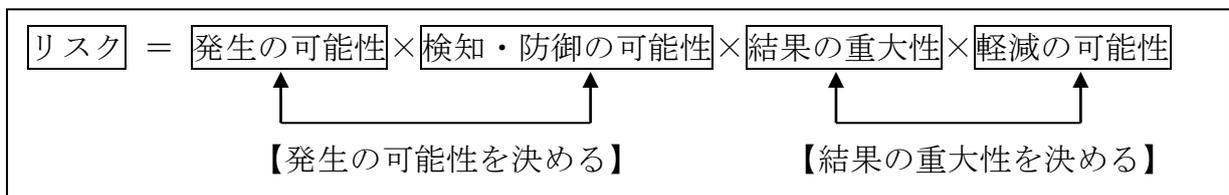


図 33 現地リスク評価モデル

次に、既設プラント更新の国際プロジェクトにおいて特定、分類されたリスク事象に対してリスク対策の可能性を検討する。前にも述べたように、リスク事象がリスク因子や経路を特定できる内的リスクであれば、リスクを未然に防ぐためにリスク因子、または経路に対する具体的な対処方法を抽出することができ、リスクの検知・回避の可能性を含めた現地リスクの評価が可能である。

内的リスクについてリスク因子、または経路に対する具体的な対処方法を抽出したものを表 19 に示す。

しかしながら、外的リスクについてはリスク検知・回避の可能性は極めて低いため、リスク対策としては不十分である。

従って、すべてのリスク事象に対して有効なリスク対策を考えた場合、図 33 の現地リスク評価モデルで示したような結果の重大性の軽減策を考慮しておく必要がある。表 15 で示したリスク事象に関して結果の重大性の軽減策を抽出したものを表 20 に示す。

表 19 内的リスクのリスク対策

リスク事象	リスク因子と経路に対する具体的な対処方法
1) 契約出荷品の現地到着遅延	国別標準通関書類の作成
	代替輸送手段の確保
	迂回路の確保
2) 契約出荷品の手配洩れ発生	契約機器の手配リスト作成
	客先との手配区分確認書を準備
	出荷管理表での洩れチェック実施
3) 契約出荷品の仕様不備発生	基本設計仕様の標準化
	標準ソフトウェアの適用拡大
	既設変更点のリストアップ
4) 契約出荷品の紛失・盗難・破損	開梱立会の実施
	機器の部品リスト作成
	輸出梱包立会の実施
	機器の保管場所の事前チェック
	現地保管場所の確保
5) 現地スーパーバイザの不足	教育システムの再構築
	外部調達による人員の確保
6) 現地スーパーバイザの コミュニケーション不足	調整員の現地調達
	ベテラン調整員の再雇用
	調整員の語学研修実施
7) 既設設備の現地改造分が判明	既設改造のチェックリスト作成
	十分な既設設備の事前チェック実施
8) システムの現地調整項目が多い	標準機能の適用拡大
	機能の簡素化
	過去の事例を最大限活用

表 20 結果の重大性の軽減策

No.	リスク事象	結果の重大性の軽減策
①	契約出荷品の現地到着遅延	通関手続きの簡略化
		高速輸送手段への変更
		機器据付工程の変更
②	契約出荷品の手配洩れ発生	現地での機器調達
		再手配手続きの簡略化
		輸送手段の高速化
③	契約出荷品の仕様不備発生	機器据付工程の変更
		技術支援体制の構築
		現地への設計者派遣
④	契約出荷品の紛失・盗難・破損	自衛予備品の準備
		再手配手続きの簡略化
		現地での修理
		機器据付工程の変更
⑤	現地スーパーバイザの不足	現地調整手順の標準化
		現地調整ツールの改善
⑥	現地スーパーバイザのコミュニケーション不足	現場作業前確認の徹底
		日報、週報の定着化
		客先との関係強化
⑦	既設設備の現地改造分判明	現地への改造員の派遣
⑧	システムの現地調整項目が多い	現地への調整応援者の派遣
		遠隔からの調整支援
⑨	客先が準備する機器、工事材料の到着遅れ	機器据付・配線工事工程の変更
⑩	客先手配範囲の機器、工事材料の手配洩れ	機器据付・配線工事工程の変更
⑪	客先手配範囲の機器の仕様不備、品質不良	改修時間の短縮要請
⑫	客先側の現地作業員、調整員不足	作業員、調整員の増員要請
⑬	客先側の現地作業員、調整員のスキル不足	作業員、調整員の交替要請
⑭	客先上層部からの工程短縮要求	客先との交渉実施
⑮	客先からの仕様変更が多発	変更内容の簡素化
		現地への設計者派遣
⑯	機械据付工事・調整の遅れ	機械メーカーとの交渉実施
		電気配線工事工程の変更
⑰	機械メーカーからの仕様変更が多発	変更内容の簡素化
		現地への設計者派遣
⑱	現地の法令改正	変更点抽出と最小化
⑲	現地工事業者のストライキ発生	他業者への変更要請
⑳	納入機器の重大トラブル発生	スペシャリストの現地派遣
		予備機器・予備システムの準備

## 4.5 現地リスクの定量的評価

これまでサイトマネジャの勘や経験に頼って行われてきた現地リスクマネジメントを見直すため、海外の更新プロジェクトにおいて特定、分類されたリスク事象をもとにそれらを論理的に分析、評価し、リスク対策を含めた新たなマネジメント手法を提案する。

図 33 に示した現地リスク評価モデルによれば、リスク発生の可能性、検知・回避の可能性、結果の重大性、軽減の可能性の積によりリスクが決定され、これがリスクの評価指標となる。

従って、リスク対策の定量的分析を行い、リスクの定量的分析との組み合わせでリスクの定量的評価を行う。また、リスク対策の定量的分析においてプロジェクトの諸条件や現地環境、プラントの知識データベースや過去の事例などからリスク検知・回避の可能性、結果の重大性軽減の可能性を決定する。リスク検知・回避の可能性と結果の重大性軽減の可能性の決定方法について説明する。

### 1) リスク検知・回避の可能性の決定方法

リスク因子または経路に対する具体的な対処方法について、実務上の制約条件や組織としての対応の限界などから実行可否を“0”（実行不可）と“1”（実行可能）で判断し、各リスク事象の具体的な対処方法の実行可否判定結果の合計をリスク検知・回避の可能性とする。（但し、実行可否判定の合計が多い方を下限とし、“レベル1：非常に高い”から“レベル5：非常に低い”までの5段階で評価する）。

図34にリスク検知・回避の可能性の決定フロー図を示す。但し、既知リスク（外的リスク）や予測可能なリスクについては、リスク検知・回避の可能性は極めて低いため、リスク検知・回避の可能性は“レベル5”とする。

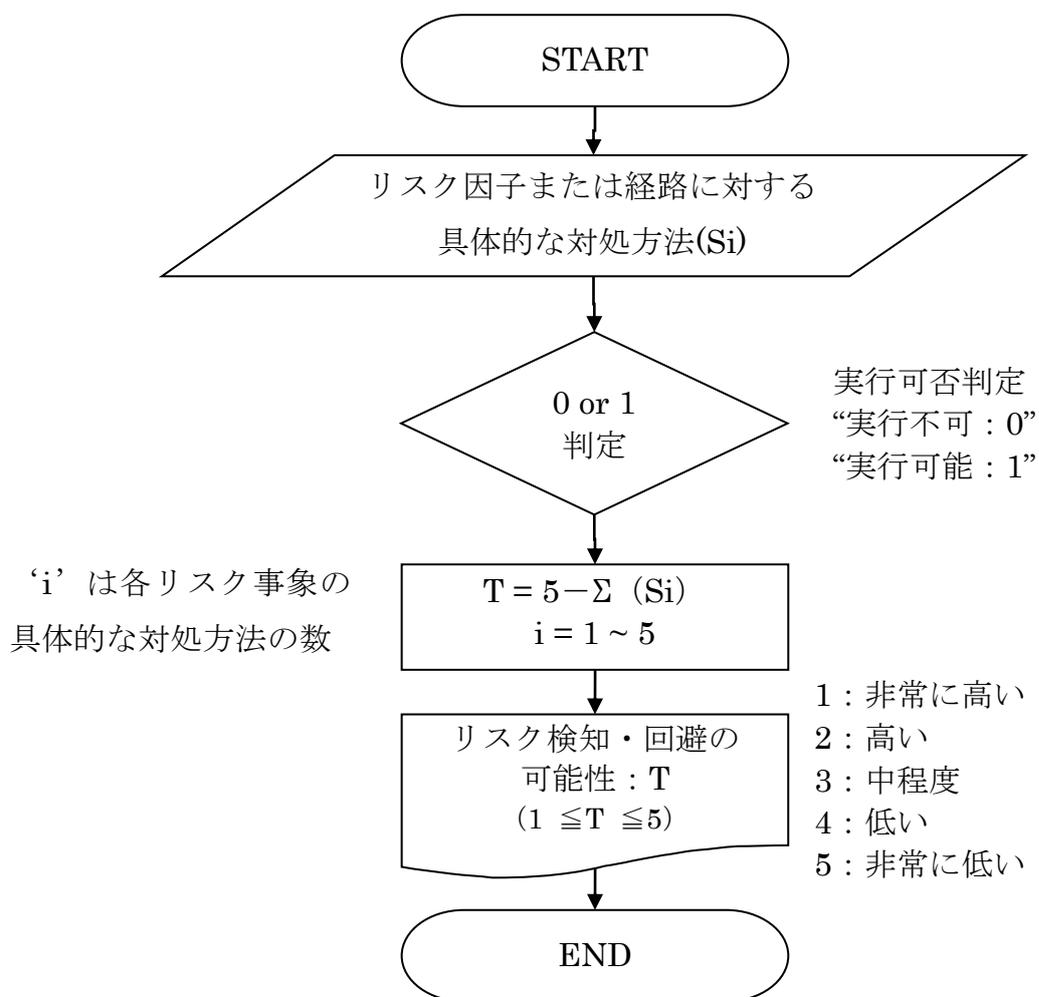


図34 リスク検知・回避の可能性の決定フロー図

## 2) 結果の重大性軽減の可能性の決定方法

結果の重大性に対する具体的な軽減策について費用対効果や人的資源、実現方法などから総合的に実行の可否を“0”（実行不可）と“1”（実行可能）で判断し、各リスク事象の結果の重大性に対する軽減策の実行可否判定結果の合計を軽減の可能性とする。（但し、実行可否判定の合計が多い方を評価点の下限とし、“レベル1：非常に高い”から“レベル5：非常に低い”までの5段階で評価する）。

図35に結果の重大性軽減の可能性の決定フロー図を示す。

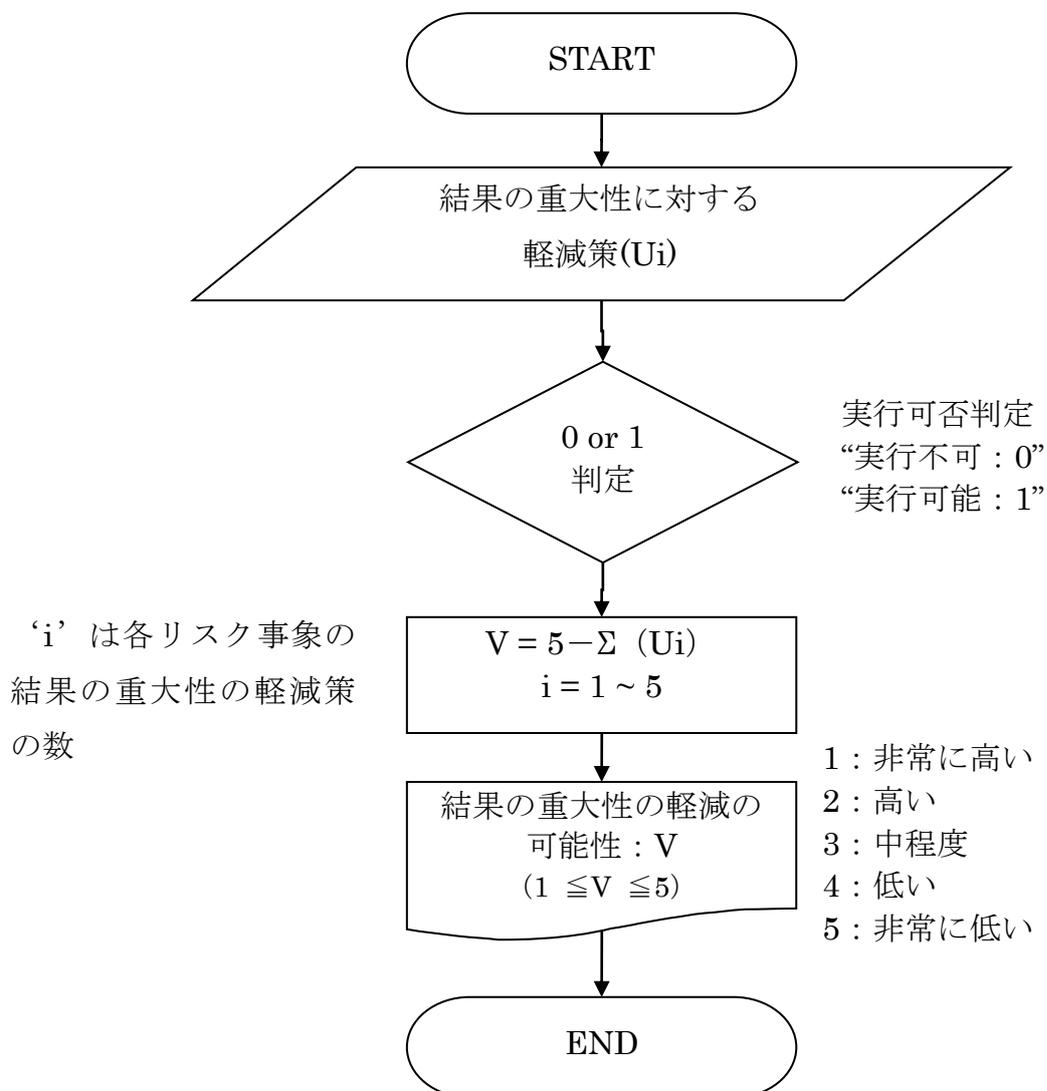


図35 結果の重大性軽減の可能性の決定フロー図

## 4.6 実プロジェクトによる検証

既設プラント更新の国際プロジェクトの場合、現地立上げ工程に関しては、一般的に設備稼働停止から再稼働までを電気工事、電気調整、試験運転の3つのフェーズに分け、再稼働後を操業運転、性能試験の2つのフェーズに分けて考える。

つまり、機器据付・電気配線工事開始から品質・性能保証試験完了までの工程は、以下の5つのフェーズに分けられることになる。そこで a) ～e) の各々のフェーズにおけるリスクの連鎖について説明する。

- a) 機器据付・電気配線工事開始から電気調整開始前まで（電気工事）
- b) 電気調整開始から試験運転開始前まで（電気調整）
- c) 試験運転開始から操業運転開始前まで（試験運転）
- d) 操業運転開始から品質・性能保証試験開始前まで（操業運転）
- e) 品質・性能保証試験開始から完了まで（性能試験）

電気工事におけるリスクを考えた場合、その影響範囲としては電気工事完了の遅れが考えられるが、結果の重大性によっては、それが電気調整開始遅れのリスク因子となる。即ち、電気工事の完了が遅れ、結果の重大性が大きければ、結果的にそれが電気調整開始遅れの要因となる。また、電気調整開始遅れは電気調整におけるリスク事象の1つでもある。その場合、経路としては、“電気工事完了の遅れが比較的大きい”となる。つまり、電気工事完了が遅れてもその遅れが小さく、電気調整工程には影響が出ない場合は、リスク因子が存在しても電気調整のリスク事象にはならないということである。

同様に、電気調整完了の遅れは試験運転開始遅れのリスク因子であり、試験運転開始遅れは試験運転におけるリスク事象の1つである。その場合、経路としては、“電気調整完了の遅れが比較的大きい”となる。また、試験運転完了の遅れは操業運転開始遅れのリスク因子であり、操業運転開始遅れは操業運転におけるリスク事象の1つである。その場合、経路としては、“試験運転完了の遅れが比較的大きい”となる。

性能試験のリスク事象としては、性能試験開始の遅延が考えられるが、リスク因子としては、“操業運転開始遅れ”であり、経路としては、“操業運転が最優先される”となる。つまり、操業運転開始が遅れても性能試験が優先されれば、リスク因子が存在しても性能試験のリスク事象とはならない。

このように各フェーズでの作業完了の遅れがリスク因子となり、完了遅れの大きさが経路となって、次のフェーズでの作業開始遅れというリスク事象に繋がる。このようなリスクの連鎖は現地リスクを考える場合、当然考慮されなければならない。

図 36 にリスクの連鎖によるリスク因子、経路の繋がりを示す。

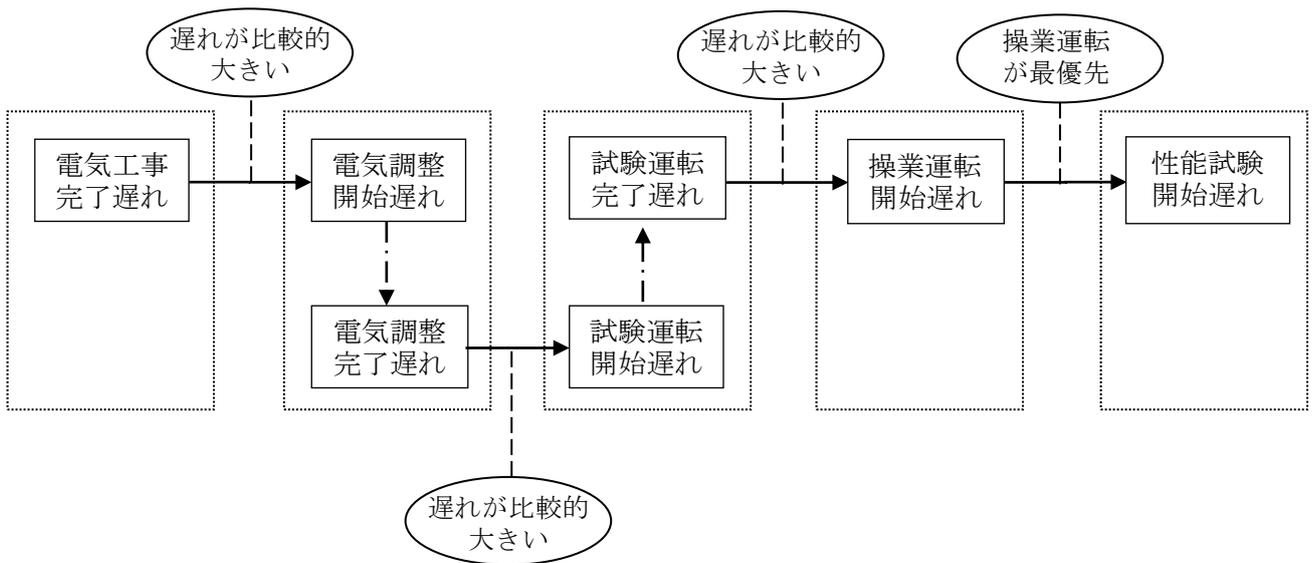


図 36 リスクの連鎖によるリスク因子、経路の関係図

さらに、表 15 に挙げたリスク事象の中で a) ~ e) の各フェーズでの作業完了遅れ、もしくは作業開始遅れと直接的に関連するものを選び、整理したものを表 21 に示す。

これは、リスクの連鎖を考慮せず、a) ~ e) の各フェーズにおいて、それぞれ独立してリスク事象を考えた場合に表 21 のように関連づけできるというものである。

即ち、a) ~ e) の各フェーズでリスク事象の欄に“○”が付いていないものは、直接的に関与しないリスク事象であることを意味する。

従って、現地リスクの評価を行う場合、各フェーズで独立したリスク評価を行うと同時にリスクの連鎖を考慮しておく必要がある。

表 21 リスク事象と現地工程との関連性

No.	リスク事象	電気 工事	電気 調整	試験 運転	操業 運転	性能 試験
1)	契約出荷品の現地到着遅延	○				
2)	契約出荷品の手配洩れ発生	○				
3)	契約出荷品の仕様不備発生	○	○			
4)	契約出荷品の紛失・盗難・破損	○				
5)	現地スーパーバイザの不足	○	○			
6)	現地スーパーバイザのコミュニケーション不足	○	○			
7)	既設設備の現地改造分が判明	○	○			
8)	システムの現地調整項目が多い		○	○	○	○
9)	客先手配機器、工事材料の現地到着遅延	○				
10)	客先手配機器、工事材料の手配洩れ発生	○				
11)	客先手配機器の仕様不備、品質不良発生	○	○			
12)	現地作業員、客先調整員の不足	○	○			
13)	現地作業員、客先調整員のスキル不足	○	○			
14)	客先上層部からの工程短縮要求	○	○	○		
15)	客先の仕様変更が多発	○	○	○	○	
16)	機械据付工事・調整の遅延	○	○			
17)	機械メーカーの仕様変更が多発	○	○	○		
18)	現地の法令改正	○	○			
19)	現地工事業者のストライキ発生	○				
20)	契約出荷品の重大トラブル発生	○	○	○	○	○

リスク発生の可能性、リスク検知・防御の可能性、結果の重大性軽減の可能性の各決定フロー図に基づき、現地リスクの評価方法を簡潔にまとめると以下のようになる。

- ① 現地リスクの特定と分類では、リスク事象を未然に防止可能なものと困難なものに分類して、各リスク事象に対してリスク発生の可能性、結果の重大性、リスク検知・回避の可能性、軽減の可能性を記載できるリスク評価スコアシートを準備する。
- ② 現地リスク分析では、表 16 に記載されたリスク因子と経路の存在有無を判定し、各リスク事象の発生の可能性を決定する。さらに、表 18 に記載された「結果」の種別とその影響レベルによって結果の重大性を決定する。そして、その結果をリスク評価スコアシートに記録する。
- ③ 現地リスク対策では、表 19 に記載されたリスク因子と経路に対する対処方法の実行可否を判定し、検知・回避の可能性を決定する。そして、表 20 に記載された結果の重大性の軽減策の実行可否を判定し、軽減の可能性を決定後、その結果と検知・回避の可能性をリスク評価スコアシートに記録する。
- ④ リスク発生の可能性、結果の重大性、リスク検知・回避の可能性、軽減の可能性からリスク評価点を導き出し、その結果をリスク評価スコアシートに記録する。
- ⑤ 表 21 で示した関連性に基づき、現地立上げ工程の各フェーズで現地リスク評価を行い、結果をリスク管理表にまとめる。

①～⑤の現地リスク評価の作業プロセスをまとめたものを図 37 に示す。

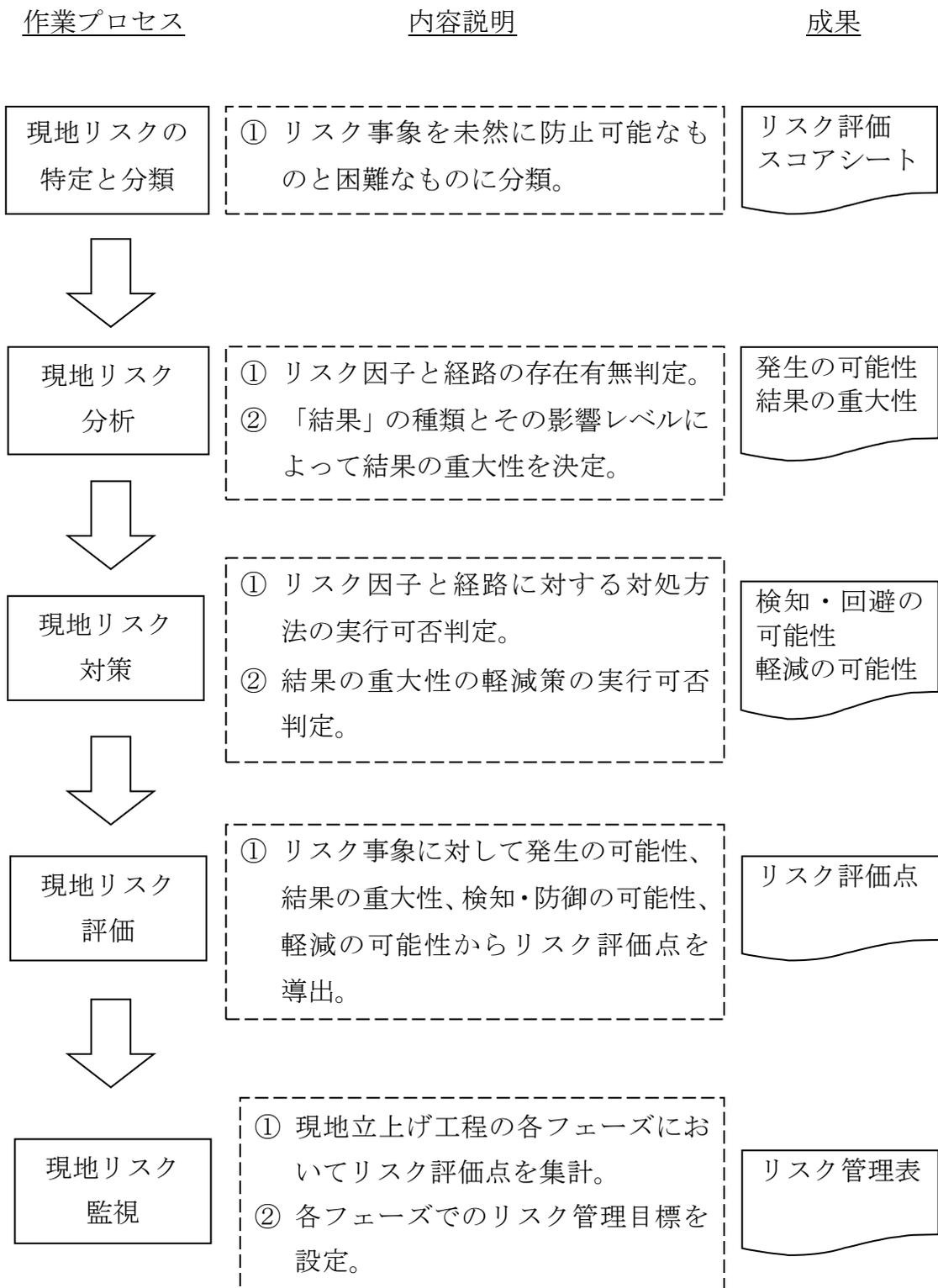


図 37 現地リスク評価方法の作業プロセス

本論文で提案する現地リスクの定量的評価手法を使って、実プロジェクトでの現地リスク監視のシミュレーションを行い、現地リスクマネジメント手法の有効性を検証する。ここでのシミュレーションは実プロジェクトを対象として現地リスクをリアルタイムで監視、評価することであり、既設プラント更新の国際プロジェクトの現地調整において、著者自らが現地リスクの評価を手作業で行ったものである。

検証方法としては鉄鋼プラント熱間圧延設備既設制御システム更新プロジェクト（契約が 2005 年 10 月、現地立上げが 2007 年 10 月の約 2 年間のプロジェクト）を対象にプロジェクトマネージャ歴約 10 年の著者自らが現地調整支援に参画し、現地リスクの特定と分類、リスク因子と経路の存在有無判定、結果の重大性の決定、リスク因子と経路の対処方法の実行可否判定、結果の重大性の軽減策の実行可否判定を行い、2007 年 10 月の現地工事開始から 2008 年 5 月の品質・性能保証試験完了までの現地工事・調整工程においてリアルタイムに現地リスク監視のシミュレーションを行う。

まず、表 21 に示す 1) ～ 20) のリスク事象に対して、リスク発生の可能性、結果の重大性、検知・回避の可能性、結果の重大性軽減の可能性について、プロジェクトマネージャが表 16～表 20 を使って現地工事が始まる前に各フェーズでの各々の評価点を算出し、新しい評価モデルを使った現地リスクの評価を行い、表 22～26 に示すようなリスク評価スコアシートを作成する。そして、1) ～ 20) のリスク事象に対するリスク評価点をフェーズ毎にまとめ、表 27 に示すような現地リスク管理表を作成する。図 38 はリスク事象毎にリスク評価点を各フェーズに分けてバークラフで表したものである。

また、現地工事が始まる前の各フェーズでの現地リスク評価では、各フェーズにおける作業完了遅れが発生するという事実は存在しないので、リスクの連鎖は考慮する必要はない。

表 22 現地工事開始前のリスク評価スコアシート(電気工事)

現地立上げ工程フェーズ		電気工事 (14日)				
No.	リスク事象	発生 の 可能性	結果 の 重大 性	検 知 ・ 防 御 の 可 能 性	軽 減 の 可 能 性	リ ス ク 評 価 点
①	契約出荷品の現地到着遅延	2	2	2	3	24
②	契約出荷品の手配洩れ発生	2	4	2	2	32
③	契約出荷品の仕様不備発生	1	1	2	3	6
④	契約出荷品の紛失・盗難・破損	4	4	1	2	32
⑤	現地スーパーバイザの不足	2	3	3	3	54
⑥	現地スーパーバイザのコミュニケーション不足	1	3	3	2	18
⑦	既設設備の現地改造分判明	2	3	3	4	72
⑧	システムの現地調整項目が多い	0	2	5	5	0
⑨	客先が準備する機器、工事材料の到着遅れ	3	2	5	4	120
⑩	客先手配範囲の機器、工事材料の手配洩れ	3	4	5	4	240
⑪	客先手配範囲の機器の仕様不備、品質不良	3	1	5	4	60
⑫	客先側の現地作業員、調整員不足	3	3	5	4	180
⑬	客先側の現地作業員、調整員のスキル不足	3	3	5	4	180
⑭	客先上層部からの工程短縮要求	3	1	5	4	60
⑮	客先からの仕様変更が多発	3	3	5	3	135
⑯	機械据付工事・調整の遅れ	3	4	5	3	180
⑰	機械メーカーからの仕様変更が多発	3	3	5	3	135
⑱	現地の法令改正	3	3	5	4	180
⑲	現地工事業者のストライキ発生	3	5	5	5	375
⑳	納入機器の重大トラブル発生	3	5	5	3	225

表 23 現地工事開始前のリスク評価スコアシート(電気調整)

現地立上げ工程フェーズ		電気調整 (39日)				
No.	リスク事象	発生 の 可能 性	結 果 の 重 大 性	検 知 ・ 防 御 の 可 能 性	軽 減 の 可 能 性	リ ス ク 評 価 点
①	契約出荷品の現地到着遅延	0	2	5	5	0
②	契約出荷品の手配洩れ発生	0	4	5	5	0
③	契約出荷品の仕様不備発生	1	1	2	3	6
④	契約出荷品の紛失・盗難・破損	0	4	5	5	0
⑤	現地スーパーバイザの不足	2	3	3	3	54
⑥	現地スーパーバイザのコミュニケーション不足	1	3	3	2	18
⑦	既設設備の現地改造分判明	2	3	3	4	72
⑧	システムの現地調整項目が多い	2	2	3	4	48
⑨	客先が準備する機器、工事材料の到着遅れ	0	2	5	5	0
⑩	客先手配範囲の機器、工事材料の手配洩れ	0	4	5	5	0
⑪	客先手配範囲の機器の仕様不備、品質不良	3	1	5	4	60
⑫	客先側の現地作業員、調整員不足	3	3	5	4	180
⑬	客先側の現地作業員、調整員のスキル不足	3	3	5	4	180
⑭	客先上層部からの工程短縮要求	3	1	5	4	60
⑮	客先からの仕様変更が多発	3	3	5	3	135
⑯	機械据付工事・調整の遅れ	3	4	5	3	180
⑰	機械メーカーからの仕様変更が多発	3	3	5	3	135
⑱	現地の法令改正	3	3	5	4	180
⑲	現地工事業者のストライキ発生	0	5	5	5	0
⑳	納入機器の重大トラブル発生	3	5	5	3	225

表 24 現地工事開始前のリスク評価スコアシート(試験運転)

現地立上げ工程フェーズ		試験運転 (20日)				
No.	リスク事象	発生 の 可能 性	結 果 の 重 大 性	検 知 ・ 防 御 の 可 能 性	軽 減 の 可 能 性	リ ス ク 評 価 点
①	契約出荷品の現地到着遅延	0	2	5	5	0
②	契約出荷品の手配洩れ発生	0	4	5	5	0
③	契約出荷品の仕様不備発生	0	1	5	5	0
④	契約出荷品の紛失・盗難・破損	0	4	5	5	0
⑤	現地スーパーバイザの不足	0	3	5	5	0
⑥	現地スーパーバイザのコミュニケーション不足	0	3	5	5	0
⑦	既設設備の現地改造分判明	0	3	5	5	0
⑧	システムの現地調整項目が多い	2	2	3	4	48
⑨	客先が準備する機器、工事材料の到着遅れ	0	2	5	5	0
⑩	客先手配範囲の機器、工事材料の手配洩れ	0	4	5	5	0
⑪	客先手配範囲の機器の仕様不備、品質不良	0	1	5	5	0
⑫	客先側の現地作業員、調整員不足	0	3	5	5	0
⑬	客先側の現地作業員、調整員のスキル不足	3	3	5	4	180
⑭	客先上層部からの工程短縮要求	3	1	5	4	60
⑮	客先からの仕様変更が多発	3	3	5	3	135
⑯	機械据付工事・調整の遅れ	0	4	5	5	0
⑰	機械メーカーからの仕様変更が多発	3	3	5	3	135
⑱	現地の法令改正	3	3	5	4	180
⑲	現地工事業者のストライキ発生	0	5	5	5	0
⑳	納入機器の重大トラブル発生	3	5	5	3	225

表 25 現地工事開始前のリスク評価スコアシート(操業運転)

現地立上げ工程フェーズ		操業運転 (90日)				
No.	リスク事象	発生 の 可能 性	結果 の 重大 性	検 知 ・ 防 御 の 可能 性	軽 減 の 可能 性	リ ス ク 評 価 点
①	契約出荷品の現地到着遅延	0	2	5	5	0
②	契約出荷品の手配洩れ発生	0	4	5	5	0
③	契約出荷品の仕様不備発生	0	1	5	5	0
④	契約出荷品の紛失・盗難・破損	0	4	5	5	0
⑤	現地スーパーバイザの不足	0	3	5	5	0
⑥	現地スーパーバイザのコミュニケーション不足	0	3	5	5	0
⑦	既設設備の現地改造分判明	0	3	5	5	0
⑧	システムの現地調整項目が多い	2	2	3	4	48
⑨	客先が準備する機器、工事材料の到着遅れ	0	2	5	5	0
⑩	客先手配範囲の機器、工事材料の手配洩れ	0	4	5	5	0
⑪	客先手配範囲の機器の仕様不備、品質不良	0	1	5	5	0
⑫	客先側の現地作業員、調整員不足	0	3	5	5	0
⑬	客先側の現地作業員、調整員のスキル不足	0	3	5	5	0
⑭	客先上層部からの工程短縮要求	0	1	5	5	0
⑮	客先からの仕様変更が多発	3	3	5	3	135
⑯	機械据付工事・調整の遅れ	0	4	5	5	0
⑰	機械メーカーからの仕様変更が多発	0	3	5	5	0
⑱	現地の法令改正	3	3	5	4	180
⑲	現地工事業者のストライキ発生	0	5	5	5	0
⑳	納入機器の重大トラブル発生	3	5	5	3	225

表 26 現地工事開始前のリスク評価スコアシート(性能試験)

現地立上げ工程フェーズ		性能試験 (30日)				
No.	リスク事象	発生 の 可能 性	結 果 の 重 大 性	検 知 ・ 防 御 の 可 能 性	軽 減 の 可 能 性	リ ス ク 評 価 点
①	契約出荷品の現地到着遅延	0	2	5	5	0
②	契約出荷品の手配洩れ発生	0	4	5	5	0
③	契約出荷品の仕様不備発生	0	1	5	5	0
④	契約出荷品の紛失・盗難・破損	0	4	5	5	0
⑤	現地スーパーバイザの不足	0	3	5	5	0
⑥	現地スーパーバイザのコミュニケーション不足	0	3	5	5	0
⑦	既設設備の現地改造分判明	0	3	5	5	0
⑧	システムの現地調整項目が多い	2	2	3	4	48
⑨	客先が準備する機器、工事材料の到着遅れ	0	2	5	5	0
⑩	客先手配範囲の機器、工事材料の手配洩れ	0	4	5	5	0
⑪	客先手配範囲の機器の仕様不備、品質不良	0	1	5	5	0
⑫	客先側の現地作業員、調整員不足	0	3	5	5	0
⑬	客先側の現地作業員、調整員のスキル不足	0	3	5	5	0
⑭	客先上層部からの工程短縮要求	0	1	5	5	0
⑮	客先からの仕様変更が多発	0	3	5	5	0
⑯	機械据付工事・調整の遅れ	0	4	5	5	0
⑰	機械メーカーからの仕様変更が多発	0	3	5	5	0
⑱	現地の法令改正	3	3	5	4	180
⑲	現地工事業者のストライキ発生	0	5	5	5	0
⑳	納入機器の重大トラブル発生	3	5	5	3	225

表 27 現地工事開始前の現地リスク管理表

No.	リスク事象	リスク評価点				
		電気 工事	電気 調整	試験 運転	操業 運転	性能 試験
①	契約出荷品の現地到着遅延	24	0	0	0	0
②	契約出荷品の手配洩れ発生	32	0	0	0	0
③	契約出荷品の仕様不備発生	6	6	0	0	0
④	契約出荷品の紛失・盗難・破損	32	0	0	0	0
⑤	現地スーパーバイザの不足	54	54	0	0	0
⑥	現地スーパーバイザのコミュニケーション不足	18	18	0	0	0
⑦	既設設備の現地改造分判明	72	72	0	0	0
⑧	システムの現地調整項目が多い	0	48	48	48	48
⑨	客先が準備する機器、工事材料の到着遅れ	120	0	0	0	0
⑩	客先手配範囲の機器、工事材料の手配洩れ	240	0	0	0	0
⑪	客先手配範囲の機器の仕様不備、品質不良	60	60	0	0	0
⑫	客先側の現地作業員、調整員不足	180	180	0	0	0
⑬	客先側の現地作業員、調整員のスキル不足	180	180	180	0	0
⑭	客先上層部からの工程短縮要求	60	60	60	0	0
⑮	客先からの仕様変更が多発	135	135	135	135	0
⑯	機械据付工事・調整の遅れ	180	180	0	0	0
⑰	機械メーカーからの仕様変更が多発	135	135	135	0	0
⑱	現地の法令改正	180	180	180	180	180
⑲	現地工事業者のストライキ発生	375	0	0	0	0
⑳	納入機器の重大トラブル発生	225	225	225	225	225
リスク総合評価点		2308	1533	963	588	453

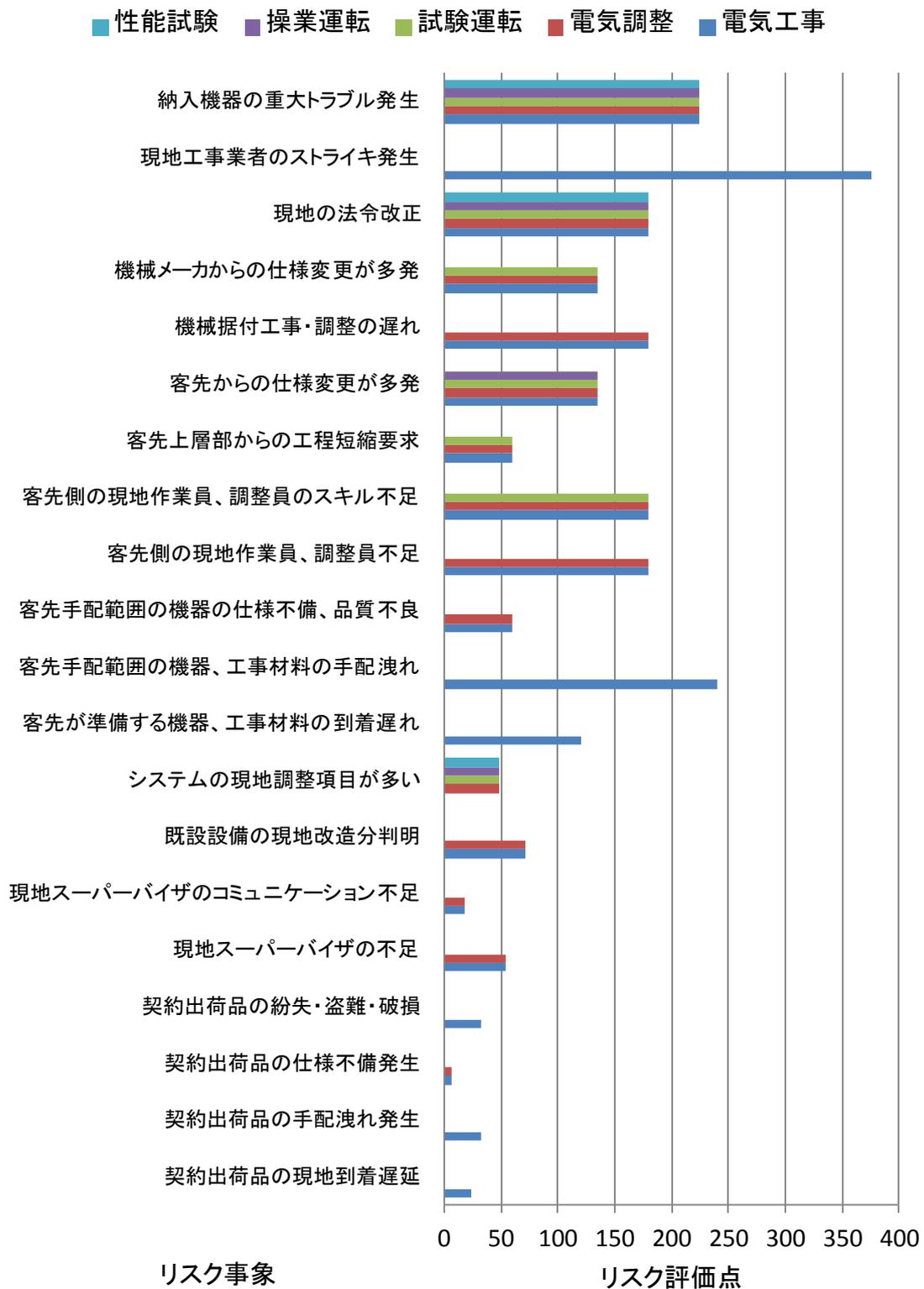


図 38 各リスク事象のリスク評価点分布図(現地工事開始前)

図 39 は現地工事開始前にリスク評価した各フェーズのリスク総合評価点の推移を示したものであり、図中の点線はリスク総合評価点の最大値（12500）の 20%から 4%ずつの下げ幅で設定されたリスク許容ボーダーラインを示している。

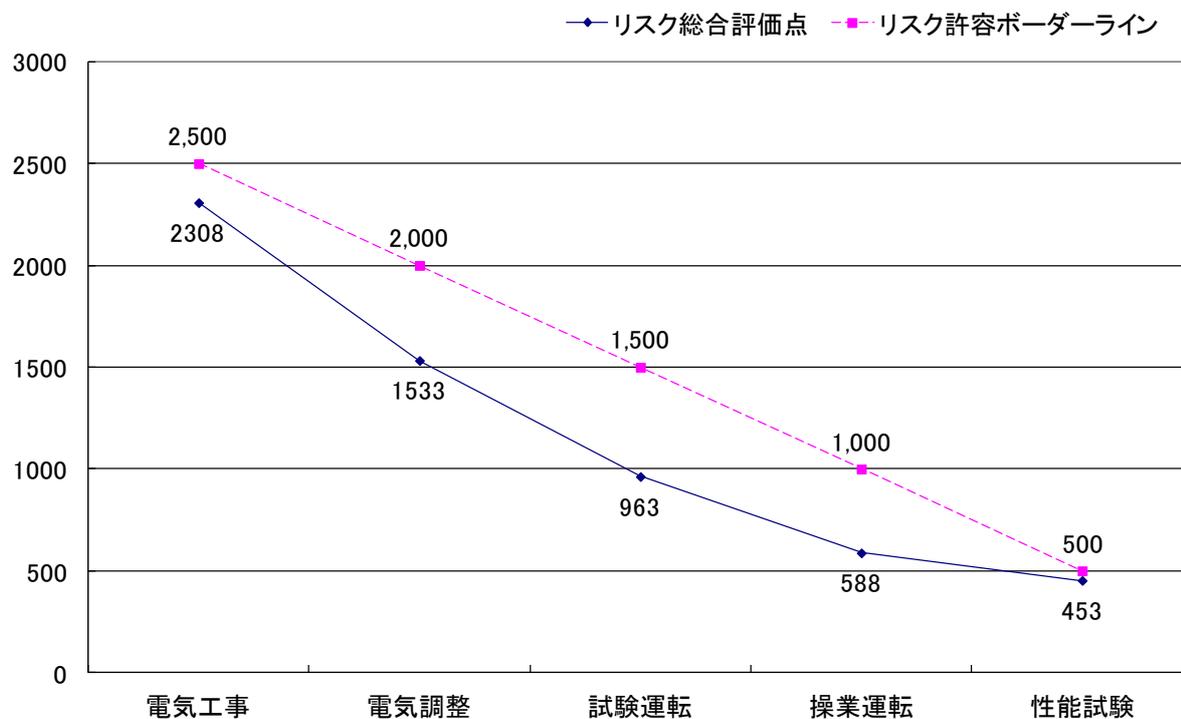


図 39 リスク総合評価点の推移(現地工事開始前)

次に、プロジェクトマネージャが各フェーズの開始後にリスク対策の実行実績を見て、検知・回避の可能性と軽減の可能性について再評価を行い、表 28～32 に示すようなリスク評価スコアシートを作成した。

また、各フェーズの開始後に前工程における作業完了遅れが発生していないこと、もしくは遅れが発生していても現工程の作業開始に影響するような遅れではないことを確認し、リスク連鎖によるリスク事象の発生の可能性はないと判断した。

そして、1) ～ 20) のリスク事象に対するリスク評価点をフェーズ毎にまとめ、表 33 に示すような現地リスク管理表を作成した。図 40 は、リスク事象毎にリスク評価点を各フェーズに分けてバーグラフで表したものである。

表 28 各フェーズ開始後のリスク評価スコアシート（電気工事）

現地立上げ工程フェーズ		電気工事（14日）				
No.	リスク事象	発生 の 可能 性	結 果 の 重 大 性	検 知 ・ 防 御 の 可 能 性	軽 減 の 可 能 性	リ ス ク 評 価 点
①	契約出荷品の現地到着遅延	2	2	4	3	48
②	契約出荷品の手配洩れ発生	2	4	4	3	96
③	契約出荷品の仕様不備発生	1	1	2	3	6
④	契約出荷品の紛失・盗難・破損	4	4	4	3	192
⑤	現地スーパーバイザの不足	2	3	4	4	96
⑥	現地スーパーバイザのコミュニケーション不足	1	3	5	3	45
⑦	既設設備の現地改造分判明	2	3	4	4	96
⑧	システムの現地調整項目が多い	0	2	5	5	0
⑨	客先が準備する機器、工事材料の到着遅れ	3	2	5	4	120
⑩	客先手配範囲の機器、工事材料の手配洩れ	3	4	5	4	240
⑪	客先手配範囲の機器の仕様不備、品質不良	3	1	5	4	60
⑫	客先側の現地作業員、調整員不足	3	3	5	5	225
⑬	客先側の現地作業員、調整員のスキル不足	3	3	5	5	225
⑭	客先上層部からの工程短縮要求	3	1	5	4	60
⑮	客先からの仕様変更が多発	3	3	5	3	135
⑯	機械据付工事・調整の遅れ	3	4	5	3	180
⑰	機械メーカーからの仕様変更が多発	3	3	5	3	135
⑱	現地の法令改正	3	3	5	5	225
⑲	現地工事業者のストライキ発生	3	5	5	5	375
⑳	納入機器の重大トラブル発生	3	5	5	4	300

表 29 各フェーズ開始後のリスク評価スコアシート（電気調整）

現地立上げ工程フェーズ		電気調整（39日）				
No.	リスク事象	発生 の 可能 性	結 果 の 重 大 性	検 知 ・ 防 御 の 可 能 性	軽 減 の 可 能 性	リ ス ク 評 価 点
①	契約出荷品の現地到着遅延	0	2	5	5	0
②	契約出荷品の手配洩れ発生	0	4	5	5	0
③	契約出荷品の仕様不備発生	1	1	2	3	6
④	契約出荷品の紛失・盗難・破損	0	4	5	5	0
⑤	現地スーパーバイザの不足	2	3	4	4	96
⑥	現地スーパーバイザのコミュニケーション不足	1	3	5	3	45
⑦	既設設備の現地改造分判明	2	3	4	4	96
⑧	システムの現地調整項目が多い	2	2	4	4	64
⑨	客先が準備する機器、工事材料の到着遅れ	0	2	5	5	0
⑩	客先手配範囲の機器、工事材料の手配洩れ	0	4	5	5	0
⑪	客先手配範囲の機器の仕様不備、品質不良	3	1	5	4	60
⑫	客先側の現地作業員、調整員不足	3	3	5	5	225
⑬	客先側の現地作業員、調整員のスキル不足	3	3	5	5	225
⑭	客先上層部からの工程短縮要求	3	1	5	4	60
⑮	客先からの仕様変更が多発	3	3	5	3	135
⑯	機械据付工事・調整の遅れ	3	4	5	3	180
⑰	機械メーカーからの仕様変更が多発	3	3	5	3	135
⑱	現地の法令改正	3	3	5	5	225
⑲	現地工事業者のストライキ発生	0	5	5	5	0
⑳	納入機器の重大トラブル発生	3	5	5	4	300

表 30 各フェーズ開始後のリスク評価スコアシート（試験運転）

現地立上げ工程フェーズ		試験運転（20日）				
No.	リスク事象	発生 の 可能 性	結果 の 重大 性	検 知 ・ 防 御 の 可能 性	軽 減 の 可能 性	リ ス ク 評 価 点
①	契約出荷品の現地到着遅延	0	2	5	5	0
②	契約出荷品の手配洩れ発生	0	4	5	5	0
③	契約出荷品の仕様不備発生	0	1	5	5	0
④	契約出荷品の紛失・盗難・破損	0	4	5	5	0
⑤	現地スーパーバイザの不足	0	3	5	5	0
⑥	現地スーパーバイザのコミュニケーション不足	0	3	5	5	0
⑦	既設設備の現地改造分判明	0	3	5	5	0
⑧	システムの現地調整項目が多い	2	2	4	4	64
⑨	客先が準備する機器、工事材料の到着遅れ	0	2	5	5	0
⑩	客先手配範囲の機器、工事材料の手配洩れ	0	4	5	5	0
⑪	客先手配範囲の機器の仕様不備、品質不良	0	1	5	5	0
⑫	客先側の現地作業員、調整員不足	0	3	5	5	0
⑬	客先側の現地作業員、調整員のスキル不足	3	3	5	5	225
⑭	客先上層部からの工程短縮要求	3	1	5	4	60
⑮	客先からの仕様変更が多発	3	3	5	3	135
⑯	機械据付工事・調整の遅れ	0	4	5	5	0
⑰	機械メーカーからの仕様変更が多発	3	3	5	3	135
⑱	現地の法令改正	3	3	5	5	225
⑲	現地工事業者のストライキ発生	0	5	5	5	0
⑳	納入機器の重大トラブル発生	3	5	5	4	300

表 31 各フェーズ開始後のリスク評価スコアシート（操業運転）

現地立上げ工程フェーズ		操業運転（90日）				
No.	リスク事象	発生 の 可能 性	結果 の 重大 性	検 知 ・ 防 御 の 可能 性	軽 減 の 可能 性	リ ス ク 評 価 点
①	契約出荷品の現地到着遅延	0	2	5	5	0
②	契約出荷品の手配洩れ発生	0	4	5	5	0
③	契約出荷品の仕様不備発生	0	1	5	5	0
④	契約出荷品の紛失・盗難・破損	0	4	5	5	0
⑤	現地スーパーバイザの不足	0	3	5	5	0
⑥	現地スーパーバイザのコミュニケーション不足	0	3	5	5	0
⑦	既設設備の現地改造分判明	0	3	5	5	0
⑧	システムの現地調整項目が多い	2	2	4	4	64
⑨	客先が準備する機器、工事材料の到着遅れ	0	2	5	5	0
⑩	客先手配範囲の機器、工事材料の手配洩れ	0	4	5	5	0
⑪	客先手配範囲の機器の仕様不備、品質不良	0	1	5	5	0
⑫	客先側の現地作業員、調整員不足	0	3	5	5	0
⑬	客先側の現地作業員、調整員のスキル不足	0	3	5	5	0
⑭	客先上層部からの工程短縮要求	0	1	5	5	0
⑮	客先からの仕様変更が多発	3	3	5	4	180
⑯	機械据付工事・調整の遅れ	0	4	5	5	0
⑰	機械メーカーからの仕様変更が多発	0	3	5	5	0
⑱	現地の法令改正	3	3	5	5	225
⑲	現地工事業者のストライキ発生	0	5	5	5	0
⑳	納入機器の重大トラブル発生	3	5	5	4	300

表 32 各フェーズ開始後のリスク評価スコアシート（性能試験）

現地立上げ工程フェーズ		性能試験（30日）				
No.	リスク事象	発生 の 可能 性	結果 の 重大 性	検 知 ・ 防 御 の 可能 性	軽 減 の 可能 性	リ ス ク 評 価 点
①	契約出荷品の現地到着遅延	0	2	5	5	0
②	契約出荷品の手配洩れ発生	0	4	5	5	0
③	契約出荷品の仕様不備発生	0	1	5	5	0
④	契約出荷品の紛失・盗難・破損	0	4	5	5	0
⑤	現地スーパーバイザの不足	0	3	5	5	0
⑥	現地スーパーバイザのコミュニケーション不足	0	3	5	5	0
⑦	既設設備の現地改造分判明	0	3	5	5	0
⑧	システムの現地調整項目が多い	2	2	4	4	64
⑨	客先が準備する機器、工事材料の到着遅れ	0	2	5	5	0
⑩	客先手配範囲の機器、工事材料の手配洩れ	0	4	5	5	0
⑪	客先手配範囲の機器の仕様不備、品質不良	0	1	5	5	0
⑫	客先側の現地作業員、調整員不足	0	3	5	5	0
⑬	客先側の現地作業員、調整員のスキル不足	0	3	5	5	0
⑭	客先上層部からの工程短縮要求	0	1	5	5	0
⑮	客先からの仕様変更が多発	0	3	5	5	0
⑯	機械据付工事・調整の遅れ	0	4	5	5	0
⑰	機械メーカーからの仕様変更が多発	0	3	5	5	0
⑱	現地の法令改正	3	3	5	5	225
⑲	現地工事業者のストライキ発生	0	5	5	5	0
⑳	納入機器の重大トラブル発生	3	5	5	4	300

表 33 各フェーズ開始後の現地リスク管理表

No.	リスク事象	リスク評価点				
		電気 工事	電気 調整	試験 運転	操業 運転	性能 試験
①	契約出荷品の現地到着遅延	48	0	0	0	0
②	契約出荷品の手配洩れ発生	96	0	0	0	0
③	契約出荷品の仕様不備発生	6	6	0	0	0
④	契約出荷品の紛失・盗難・破損	192	0	0	0	0
⑤	現地スーパーバイザの不足	96	96	0	0	0
⑥	現地スーパーバイザのコミュニケーション不足	45	45	0	0	0
⑦	既設設備の現地改造分判明	96	96	0	0	0
⑧	システムの現地調整項目が多い	0	64	64	64	64
⑨	客先が準備する機器、工事材料の到着遅れ	120	0	0	0	0
⑩	客先手配範囲の機器、工事材料の手配洩れ	240	0	0	0	0
⑪	客先手配範囲の機器の仕様不備、品質不良	60	60	0	0	0
⑫	客先側の現地作業員、調整員不足	225	225	0	0	0
⑬	客先側の現地作業員、調整員のスキル不足	225	225	225	0	0
⑭	客先上層部からの工程短縮要求	60	60	60	0	0
⑮	客先からの仕様変更が多発	135	135	135	180	0
⑯	機械据付工事・調整の遅れ	180	180	0	0	0
⑰	機械メーカーからの仕様変更が多発	135	135	135	0	0
⑱	現地の法令改正	225	225	225	225	225
⑲	現地工事業者のストライキ発生	375	0	0	0	0
⑳	納入機器の重大トラブル発生	300	300	300	300	300
リスク総合評価点		2859	1852	1144	769	589

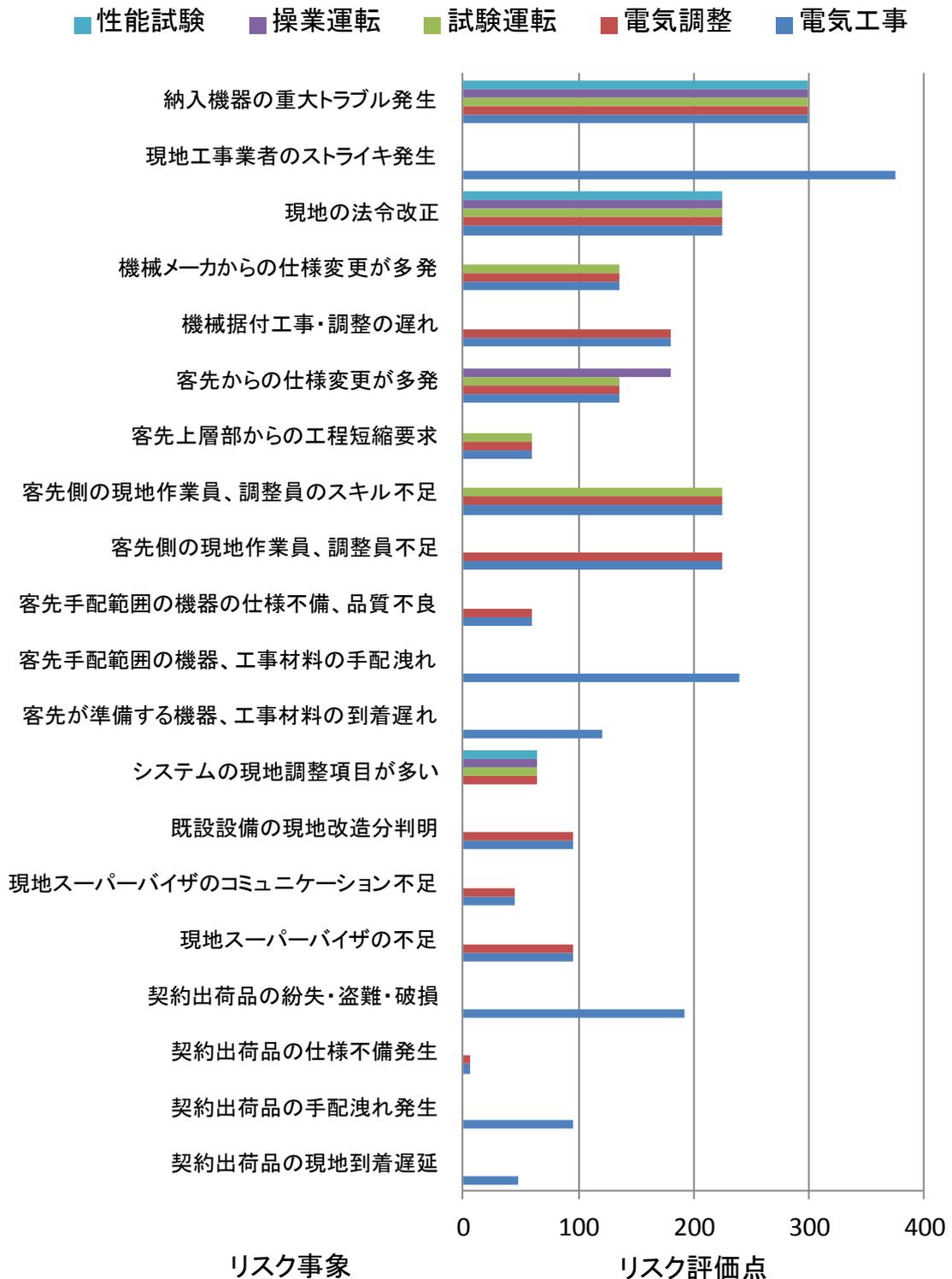


図 40 各リスク事象のリスク評価点分布図(各フェーズ開始後)

図 41 は各フェーズの開始後にリスク再評価した各フェーズのリスク総合評価点の推移を示したものであり、図中の点線はリスク総合評価点の最大値（12500）の 20% から 4%ずつの下げ幅で設定されたリスク許容ボーダーラインを示している。

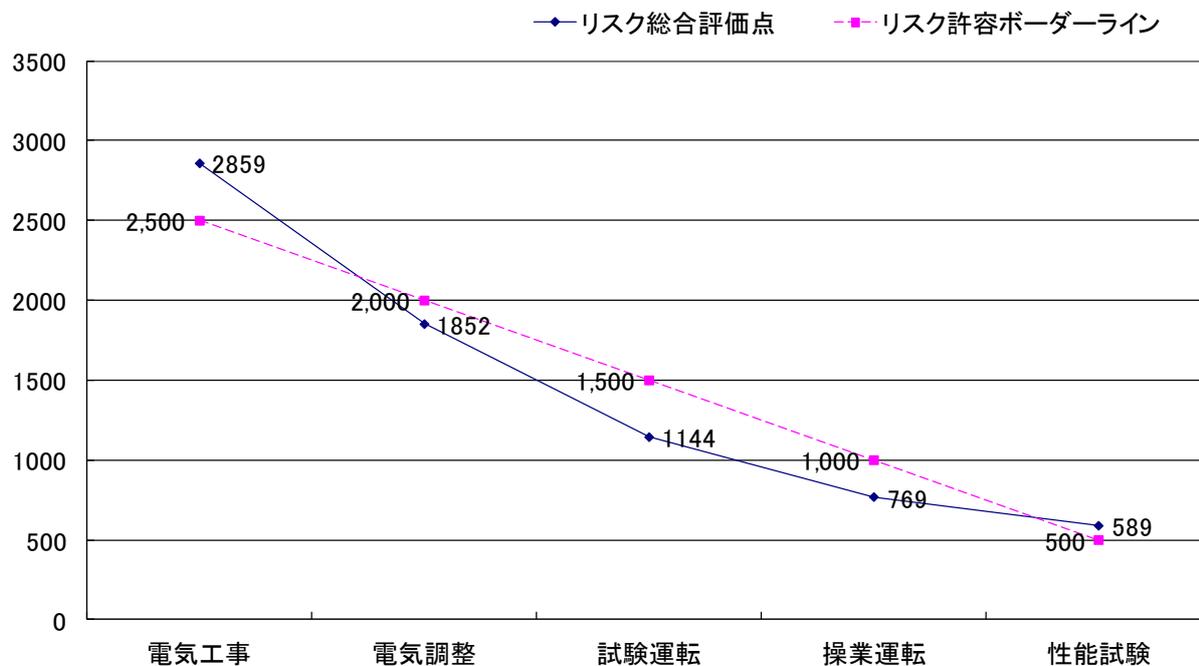


図 41 リスク総合評価点の推移(各フェーズ開始後)

最後に、現地工事開始前のリスク評価結果と各フェーズ開始後のリスク再評価結果の推移を比較してみると図 42 のようになる。

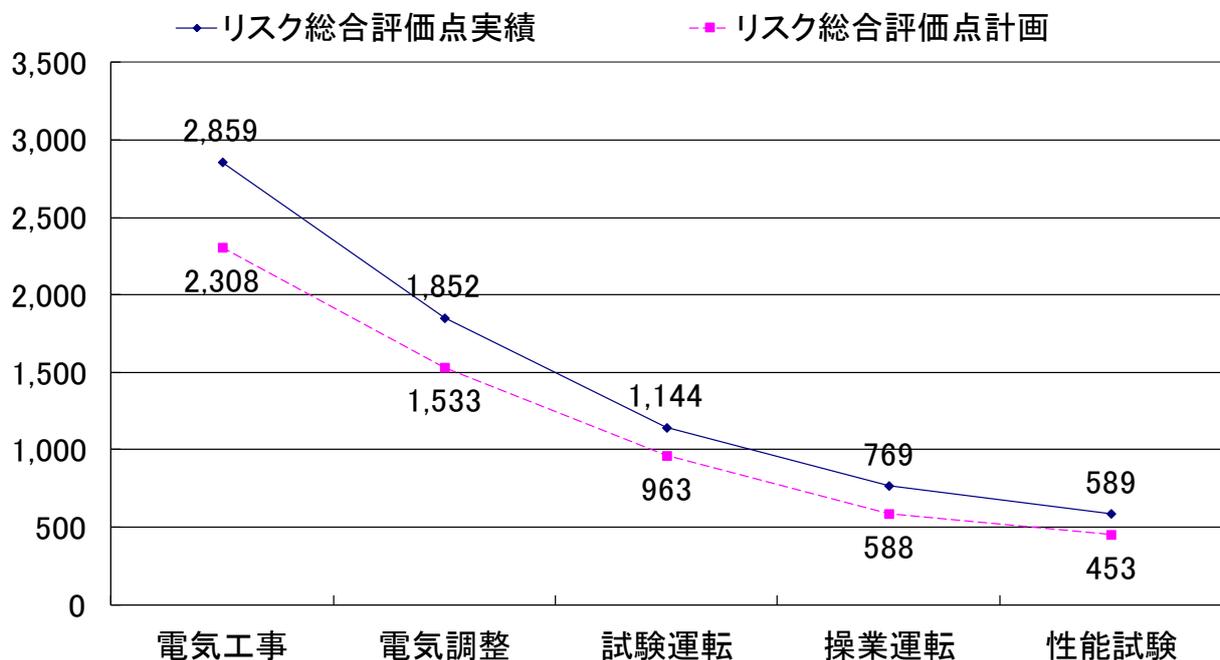


図 42 現地工事開始前計画と各フェーズ開始後実績のリスク総合評価点の推移

既設プラント更新の国際プロジェクトにおける現地のリスク事象に対して、表 16～表 20 に示すようなリスク因子と経路、結果の重大性、リスク因子と経路に対する対処方法、結果の重大性の軽減策を具体的に示すことで、内的リスクや外的リスクに対する定量的分析が可能となり、現地リスクを数値評価することで評価結果の可視化を実現した。これによりサイトマネジャの勘や経験に頼っていたリスクマネジメントがリスク分析・評価の面で論理的に処理され、経験の浅いプロジェクトマネジャでも現地でのリスク評価が実行可能となった。また、具体的な現地リスクの対処方法や軽減策の抽出とその実行可能性を数値評価することで具体的な現地リスクの対策案が立案でき、対策実行の優先順位を決め、実行することができた。そして、現地調整を遂行していく中で実際にリスク対策の実行可能性を評価し、その結果を認知できたことはリスクマネジメントを行う上で効果があったと言える。結果的に今回対象としたプロジェクトでは設備再稼働を数日前倒しで成し遂げることができ、現地でのリスク低減効果があったものと判断する。今後、これは既設プラント更新の国際プロジェクトでの現地リスクマネジメントの有用なモデルケースとして活用され、現地リスクの定量的な判断基準を設定する上でも有効であると考えている。

さらに、この現地リスクマネジメント手法を使えば、プロジェクトマネージャの経験年数に関係なく、先のシミュレーションと同じようなリスク評価結果が得られることを確認するために、プロジェクトマネージャ歴 2～3 年の若手プロジェクトマネージャにこの手法を使って現地工事開始前に現地リスク監視のシミュレーションを実行してもらい、リスク評価結果をまとめた。対象となるプラントは比較的リスクの少ない新設プラントとしているが、先の場合と同じく海外（インドネシア）でのプラントを扱う国際プロジェクトにおいてリスク評価を実施した。（2012 年 9 月の現地工事着工から 2014 年 4 月の品質・性能保証試験完了までの現地工事・調整期間で実施）。既設プラント更新と比べて工事・調整期間が十分長く取れるので工程に余裕はあるが、現地在インドネシアであることを考えると、現地環境としてはあまり良くない。従って、現地でのプラント立上げ条件としては、先のシミュレーションとは多少の違いがあることは認識しておく必要がある。

表 34 にこのシミュレーションでのリスクの評価結果（現地リスク管理表）を示す。

また、各フェーズのリスク総合評価点の推移を図 43 に示す。図中の点線は、先のシミュレーションと同じリスク許容ボーダーラインを示している。

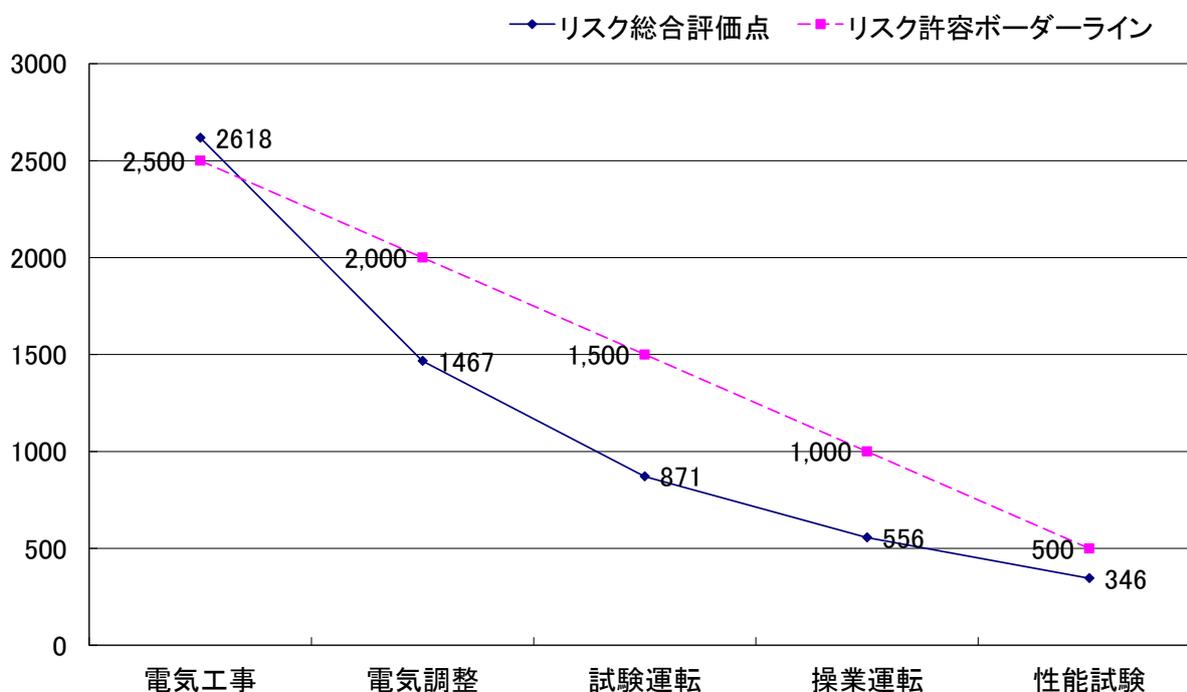


図 43 リスク総合評価点の推移（他プラントでの事例）

表 34 現地リスク管理表（他プラントでの事例）

No.	リスク事象	リスク評価点				
		電気 工事	電気 調整	試験 運転	操業 運転	性能 試験
①	契約出荷品の現地到着遅延	120	0	0	0	0
②	契約出荷品の手配洩れ発生	32	0	0	0	0
③	契約出荷品の仕様不備発生	8	8	0	0	0
④	契約出荷品の紛失・盗難・破損	40	0	0	0	0
⑤	現地スーパーバイザの不足	54	54	0	0	0
⑥	現地スーパーバイザのコミュニケーション不足	54	54	0	0	0
⑦	既設設備の現地改造分判明	0	0	0	0	0
⑧	システムの現地調整項目が多い	0	16	16	16	16
⑨	客先が準備する機器、工事材料の到着遅れ	120	0	0	0	0
⑩	客先手配範囲の機器、工事材料の手配洩れ	240	0	0	0	0
⑪	客先手配範囲の機器の仕様不備、品質不良	60	60	0	0	0
⑫	客先側の現地作業員、調整員不足	300	180	0	0	0
⑬	客先側の現地作業員、調整員のスキル不足	300	180	120	0	0
⑭	客先上層部からの工程短縮要求	60	60	60	0	0
⑮	客先からの仕様変更が多発	135	135	135	135	0
⑯	機械据付工事・調整の遅れ	180	180	0	0	0
⑰	機械メーカーからの仕様変更が多発	135	135	135	0	0
⑱	現地の法令改正	180	180	180	180	180
⑲	現地工事業者のストライキ発生	375	0	0	0	0
⑳	納入機器の重大トラブル発生	225	225	225	225	150
	リスク総合評価点	2618	1467	871	556	346

このシミュレーションでのリスク評価結果から多少の評価点のバラツキはあるが、プロジェクトマネージャ歴 2～3 年の若手プロジェクトマネージャがリスク評価を行っても評価結果としては、ベテランマネージャとほぼ同様の結果が得られることがわかった。

さらに、今回、新設プラントでしかも地域の違う現地でのリスク評価を行ったが、リスク評価点の推移としては、プラント規模や工程の余裕度、現地の地域性などには関係なく、同じような傾向であることがわかる。つまり、プラント事業においてこの手法はリスク事象に一般性を持たせているので、結果的にプラントの規模や現地工程の余裕度、現地の地域性などに関係なく、ある程度汎用的に使えるものと判断する。

# 第 5 章

## 結 論

既設プラント更新の国際プロジェクトにおいてプロジェクトリスク管理を改善するため、その施策としてプロジェクトマネージャの持つスキルや知識、過去のトラブル事例などからプロジェクトに存在するリスク事象と影響を明らかにし、リスク事象の発生頻度、影響の発生頻度の決定方法を提示した。同時にリスク対策の具体策と実行可能性を示し、リスク評価を行った。

これにより、結果的にプロジェクト課題が明確となり、部門間協調や組織的活動を円滑にすることができ、プロジェクトリスク管理を容易にした。

今回のシミュレーション検討の結果、プロジェクトマネージャ歴 20 年以上のベテランが評価した結果とほぼ同等の結果が得られたことで本研究の改善案が実務的に有効であることを示すことができた。

そして、プロジェクトマネージャ歴約 10 年のマネージャクラスの人がこの改善案を実践することで 20 年以上経験のあるベテランマネージャとほぼ同等のことができることを期待できる。即ち、ベテランマネージャの持つスキル（経験知）を共有化したことに他ならない。

従って、今後この手法を使うことでリスクマネジメントの実践的ツールとして共有化が図れ、若手マネージャ教育のためのトレーニング機材としても活用できるものと考ええる。また、プロジェクトマネージャが実行すべきリスクマネジメントに関するスキルを共有化するためのフレームワークを確立できたものと考ええる。

次に、既設プラント更新の国際プロジェクトでは現地での立上げ手法の違いや時間的制約、現地環境の違い、顧客との信頼関係構築などの観点から想定される様々な現地リスクに対してリスクマネジメントを効率良く確実に実行するため、現地リスクの特定と分類、定量的分析を行い、リスク対策としてリスク検知・回避の可能性と結果の重大性に対する軽減の可能性を考慮した現地リスク評価モデルを構築し、リスクの定量的評価を行った。これにより、結果的に見積から現地調整完了に至るまでの総合的リスクマネジメント体系を構築でき、リスクの一元管理が容易に行えるようになり、プロジェクトマネージャによる体系化されたリスクマネジメントが実行可能となった。

このことは、サイトマネージャの勘や経験に頼っていたリスクマネジメントがリスク分析・評価の面で論理的に処理され、経験の浅いプロジェクトマネージャでも現地でのリスク評価ができるようになり、ベテランマネージャのスキルが共有化されたことに他ならない。そして、既設プラント更新の国際プロジェクトにて取り扱うプロジェクトリスク、現地リスクなどの不確実性の高い事象を考えた場合、FMEAやFTAなどの決定論的方法や確率論的方法のような合理的な手法を適用し、リスク評価するのは現実的には難しく、むしろ、いくつかの評価指標の重み付けによるリスクの可視化を行う簡易な実践的手法を提案することで実適用が可能となり、その有効性を確認できた。

## 5.1 研究の成果

本研究の成果として、第 1 章で述べたサブシディアリーリサーチクエスションに対して明らかになったことを以下にまとめる。

最初に、「①エンジニアリング過程でのリスクマネジメントにおいて必要なものとは何か」に対するソリューションについて解説する。

プロジェクトマネージャが過去に実行してきたリスクマネジメントの知識と経験をもとにリスクの特定と分類を行い、管理の対象となるリスクをプロジェクトリスク定義書としてまとめた。

実際には、過去の事例でリスク管理の対象となったリスク事象と影響の実態調査をもとに普遍的なリスク事象を抽出し、カテゴリー別に分類されたプロジェクトリスク定義書となっている。特にプラント事業における代表的なリスクのカテゴリーとして「契約仕様書」に関するリスクと「プロジェクト環境」に関するリスクに分類されている。このプロジェクトリスク定義書からプロジェクトマネージャの知識と経験をもとにリスク事象のドライバーと影響のドライバーを明らかにすることで定量的リスク分析を行い、リスク事象の発生頻度と影響の発生頻度を決定した。さらに、リスク事象のドライバーと影響のドライバーに対するリスク対策の具体策を挙げ、その実行可能性を示すことで管理すべきリスク評価指標を定め、リスク評価を実施することが、リスクマネジメントには必要である。

次に、「②現地のプラント再立上げ時でのリスクマネジメントに必要なものとは何か」に対するソリューションについて解説する。

現地リスクを評価する場合、リスク因子と経路をいち早く発見し、どう対処することができるかその要素を評価に組み込むことが重要であり、リスク検知・回避の可能性を評価することでリスクを検知し、問題発生に繋がらないようにコントロールすることができれば、リスクの発生を未然に防ぐことが可能となる。

さらに、リスクの連鎖を考えた場合、結果の重大性によってはリスクの影響そのものが新たなリスク因子となる可能性があることから、結果の重大性を軽減することでリスク因子の発生を抑えることができる。しかも、リスク因子や経路の特定が難しいリスク事象ではリスク検知・回避の可能性は極めて低いため、結果の重大性を軽減することがリスクの抑制に繋がる。

以上のことから、リスク発生の可能性と結果の重大性に加えてリスク検知・回避の可能性と結果の重大性を軽減する可能性を組み合わせた現地リスク評価モデルを適用し、既設プラント更新の国際プロジェクトにおけるプラント再立上げ時の評価指標を定め、リスク評価を実施することが現地でのリスクマネジメントには必要である。

最後に、「③プロジェクトマネジャの経験を有効活用できるリスクマネジメントとは何か」に対するソリューションについて解説する。

現地リスクの特定と分類において、プロジェクトマネジャの知識は有効である。その理由は、プロジェクトマネジャの持つ顧客情報や機械メーカ情報などの知識、および現地での環境やプラントの特異性などのプロジェクト情報から現地でのリスク事象を特定でき、プロジェクトで未然に防ぐことが可能なリスクと困難なリスクとに分類することが可能となるからである。

内的リスクに関するリスク事象の場合、契約機器の到着遅延、機器やシステムの仕様不備、契約者側のヒューマンリソースやシステム固有の問題など基本的にある程度のプロジェクト情報やプラント知識があれば、比較的容易にリスク因子や経路が特定でき、契約機器の紛失・盗難・破損、現場でのコミュニケーション不足など十分に現場経験や海外プラントのプロジェクト経験があり、現地の環境を熟知した人であれば、リスク因子や経路を予測することが可能である。

そして、特定されたリスク因子と経路を使ってリスク事象発生の可能性を導き出すことができ、リスクを未然に防ぐためのリスク因子と経路に対する具体的な対処方法を抽出することでリスク検知・回避の可能性を導き出すことができる。このことから現地でのリスク事象を分析、評価する上でプロジェクトマネジャの経験は有効に活用されるものと考えられ、現地リスクマネジメントを実行するのに十分役立つと考えられる。

以上のことから、第1章で述べたメジャーリサーチクエスション「プロジェクトを成功に導くためのリスクマネジメントとは何か」に対して、明らかになったことを以下にまとめる。

既設プラント更新の国際プロジェクトにおいてプロジェクトリスクを抑え、プロジェクトを成功に導くためのリスクマネジメントを提案するために、リスク対策を組み合わせたモデルや現地リスク評価モデルを適用し、新しいリスク評価指標を定め、これまでのリスクマネジメント手法について改善提案を行った。

最初に、エンジニアリング過程でのプロジェクトリスク管理の改善提案として、リスクの特定と分類、リスクの定量的分析、リスク対策の立案、リスク評価などの管理手法においてプロジェクトマネージャの知識や経験を活用して、リスク分析手法の標準化や具体的なリスク対策の抽出、リスク評価指標の決定などを行うリスクマネジメント手法を提案した。

具体的にはプロジェクトマネージャの持ついくつかの知識や経験からプロジェクトに存在するリスク事象と影響を明らかにし、リスク分析手法を用いてリスク事象の発生頻度、影響の発生頻度を決定する。そして、プロジェクトマネージャが過去の知識や経験などをもとにリスク事象のドライバーに対する回避策や予防策、影響のドライバーに対する不測事態対応策を挙げ、リスク対策の具体策が実行可能かどうかを判断し、リスク対策の実行可能性を決定する。最終的にはリスク事象の発生頻度、影響の発生頻度、リスク対策の実行可能性を使って改善損失を求め、プロジェクトリスクの評価指標としてリスクの監視コントロールを実行する。

次に、現地リスクのマネジメント手法の新規提案として、現地リスクの特定と分類、定量的分析、現地リスクへの対応策、現地リスクの定量的評価などのマネジメント手法においてプロジェクトマネージャの知識や過去の事例を参考に現地リスクの定量的分析・評価を行い、リスク検知・回避の可能性や結果の重大性を軽減する可能性を現地リスク評価に組み込んだマネジメント手法を提案した。

最後に、プロジェクトリスク管理の改善と現地リスクのマネジメント手法の提案を組み合わせることで見積から現地調整完了に至るまでの総合的リスクマネジメント体系を構築し、設計から現場、現場から設計へと繋がるリスクマネジメントについてのフレームワークを完成させ、現地リスクを含むプロジェクトリスクを総合的にマネジメントする手法を提案することで、プロジェクトを成功に導くためのリスクマネジメントの基本を明らかにした。

ここで、プロジェクトリスク管理と現地リスクマネジメント手法の共通点と相違点を簡単に表 35 にまとめておく。

表 35 プロジェクトリスクと現地リスクのマネジメント手法の比較表

	プロジェクトリスクマネジメント手法	現地リスクマネジメント手法
相違点	<p>&lt;リスクの特定&gt; 見積から機器出荷までのプロジェクト全体に関連し、影響範囲はコスト主体。</p> <p>&lt;リスク分析手法&gt; リスク事象と影響がそれぞれ独立していて、各々のドライバーから発生頻度が導かれる。</p> <p>&lt;リスク対策と評価&gt; リスク事象と影響の各ドライバーから導き出される具体的対策と期待効果によってリスク評価指標が決まる。</p> <p>&lt;リスク監視&gt; 各フェーズでリスク評価を行い、管理目標との差異を監視する。</p>	<p>&lt;リスクの特定&gt; 現地工事、現地調整に限定され、影響範囲は定修工事工程のみ。</p> <p>&lt;リスク分析手法&gt; リスク発生の可能性は、リスク因子と経路の相互関係から導き出される。又すべてに対してリスク因子と経路が明らかなのわけではない。</p> <p>&lt;リスク対策と評価&gt; リスク因子と経路から導き出されるリスク対策と検知・防御の可能性、及び結果の重大性軽減策とその可能性によってリスク評価指標が決まる。</p> <p>&lt;リスク監視&gt; 工事開始前に現地工程の各フェーズでのリスク評価を行い、工事開始後にリスク連鎖を考えた上で、各フェーズのリスク再評価を行う。</p>
共通点	<p>リスクマネジメントプロセスについては同じプロセスであり、どちらも PMBOK Guide に示されているリスクマネジメントプロセスモデルを踏襲している。また、リスクの分析方法として、どちらも重み付きによる簡易的な方法を取り入れている。</p>	

## 5.2 理論的含意と実務的含意

本研究の理論的含意はリスク事象のドライバーや影響のドライバーを明確にすることでリスク事象の発生や影響の発生を予測し、リスク事象の発生頻度、影響の発生頻度、影響度から算出される期待損失を取り扱う標準リスクモデルに対して、リスク事象のドライバーや影響のドライバーに作用するリスクの予防、回避、軽減などの必要とされる具体的なリスク対応策を明確にし、リスク対策の実行可能性と損失低減量から導き出される改善損失を取り扱うリスク対策を組み合わせたモデルを提案できたことである。また、このリスク対策を組み合わせたモデルの適用によりリスクの優先順位付けと実行すべきリスク対策を選定することができ、リスク対策の実行可能性を含めたリスク評価ができた点である。

次に、プラント再立上げ時の現地リスクに関しては、リスク検知・回避の可能性、および結果の重大性を軽減する可能性を組み込んだ現地リスク評価モデルを提案できたことである。

つまり、リスクの連鎖を考慮すると、結果の重大性によってリスクの影響そのものが新たなリスク因子となることから、結果の重大性を軽減することで新たなリスク事象の発生を未然に防ぐことができ、そのため、結果の重大性を軽減する可能性を考慮することは重要であったと言える。実際、リスク因子や経路の特定が、難しいリスク事象ではリスク検知・回避の可能性は極めて低いため、結果の重大性を軽減することは有効であった。

従って、どちらの場合も積極的なリスクのコントロールを主体としたモデルを構築している点で新規性があると言える。

本研究の実務的含意はプロジェクトマネジャの知識、経験を活用した定量的リスク分析・評価、対策の立案などプロジェクトリスクのマネジメント手法を標準化できたことであり、既設プラント更新の国際プロジェクトにおけるプロジェクトリスクを抑制するためにリスク対策を組み合わせたモデルを適用し、リスクの監視コントロールを目的としたプロジェクトリスク管理手法の改善を提案できたことである。

そして、プロジェクトマネジャ歴 20 年以上のベテランが評価した結果とほぼ同等の結果が得られたことで本研究の改善案が実務的に有効であることを示すことができ、20 年以上経験のあるベテランマネジャの経験知を共有化できたことである。

次に、既設プラント更新プロジェクトでのプラント再立上げ時の現地リスクに関して現地リスクを定量的に分析、評価するため、プロジェクトマネジャの知識を活用してリスク事象発生の可能性、リスク検知・回避の可能性、結果の重大性、結果の重大性を軽減する可能性を決定する手法を論理的に展開できたことであり、現地リスク評価モデルによるリスク評価手法を用いた現地リスクのマネジメント手法を提案できたことである。

つまり、既設プラント更新の国際プロジェクトの現地リスクマネジメントにおいてリスク因子と経路の特定が可能な内的リスクのみならず、リスク因子と経路の特定が困難な外的リスクに対して効果的なリスク対策として結果の重大性の軽減策を取り入れた現地リスクマネジメント手法の改善提案を行い、実プロジェクトにおける現地リスク監視のシミュレーションにより有効性を検証できたことは、「定修工事期間内での工程厳守」、「設備稼働前の試圧延テスト開始から実操業開始までの垂直立上げと早期操業安定化」、「プロジェクト完了までの生産品質安定化」の更新プロジェクトでの絶対条件に対する現地リスクの可視化と抑制に貢献するものである。

そして、サイトマネジャの勘や経験に頼っていたリスクマネジメントが、この手法により経験の浅いプロジェクトマネジャでも実施できるようになり、2～3年程度のプラントエンジニアリング業務の経験があれば実施できるレベルのものとなった。

さらに、ベテランマネジャの経験知を共有できたと同時にプロジェクトマネジャによるリスクの一元管理が可能となった。

## 5.3 今後の研究課題

今後の研究課題としては、本研究で提案したプロジェクトリスク、現地リスクに関するリスクマネジメント改善案を複数プロジェクトに適用し、複数のプロジェクトマネージャに実践してもらうことでその効果を検証する必要がある。

さらに、プロジェクトマネージャの持つ知見や知識を如何にリスクマネジメントの研究に繋げて、それを体系化していくかを考え、プロジェクトリスク、現地リスクのリスクマネジメントに関する知識伝承を推進する。

## 参 考 文 献

- [青木 08] 青木政之：SI プロジェクトにおける実践的なリスク識別方法の考察—プロマネ経験不足を補うリスク識別方法の検討と適用—, *Journal of the Society of Project Management*, Vol.10, No.4, pp. 17-20 (2008)
- [石原 08] 石原信男：プロジェクトリスクアセスメントへの S カーブの応用, *Journal of the Society of Project Management*, Vol.10, No.3, pp. 21-22 (2008)
- [内田 05] 内田吉宣, 佃軍治, 初田賢司, 建部清美, 大野治：失敗知識を用いたリスクマネジメント支援方法の提案, *Journal of the Society of Project Management*, Vol.7, No.6, pp. 3-8 (2005)
- [岡田 07] 岡田清久：IT ソリューションプロジェクトにおけるリスクマネジメント—知識と実務とを繋ぐための考察—, *Journal of the Society of Project Management*, Vol.9, No.4, pp. 23-28 (2007)
- [岡村 04] 岡村正司：徹底解説!プロジェクトマネジメント, 日経BP社, pp. 221 (2004)
- [神庭 05] 神庭弘年：リスクマネジメント計画立案時の考慮点, *Journal of the Society of Project Management*, Vol.7, No.3, pp. 8-13 (2005)
- [木野 05] 木野泰伸：リスク表現の揺れを少なくする記述法, *Journal of the Society of Project Management*, Vol.17, No.3, pp. 3-7 (2005)
- [木野 00] 木野泰伸：プロジェクトにおけるリスクマネジメントシステムの構造と課題, *プロジェクトマネジメント学会誌*, Vol.2, No.2, pp. 33-38 (2000)
- [久米 99] 久米均：設計開発の品質マネジメント, 日科技連出版社 (1999)
- [桑原 05] 桑原秀仁：オペレーショナルリスクおよび IT プロジェクトリスクにおけるリスク連鎖の関係—エンタープライズ・リスク・マネジメントの視点から—, *Journal of the Society of Project Management*, Vol.7, No.4, pp. 15-20 (2005)
- [後田 07] 後田廣：Risk Based Practical IT Project Management, 日刊工業新聞社, pp. 23-27 (2007)

- [佐藤 07] 佐藤知一，秋山聡：海外企業との共同プロジェクト遂行におけるリスク要因，*Journal of the Society of Project Management*, Vol.9, No.1, pp. 14-19 (2007)
- [澤田 05] 澤田美樹子：プロジェクトマネジメントにおける定量的リスク評価，*Journal of the Society of Project Management*, Vol.7, No.3, pp. 14-19 (2005)
- [菅野 11] 菅野正泰：リスクマネジメント，ミネルヴァ書房，pp. 1-5 (2011)
- [鈴木 04] 鈴木茂夫：リスクの見方『わかりやすいリスクの見方・分析の実際—マネジメントシステムとの統合を目指す—』，日刊工業新聞社，pp. 11-14 (2004)
- [鈴木 10] 鈴木順二郎，牧野鉄治，石坂茂樹：FMEA・FTA 実施法，日科技連出版社，pp. 1-35 (2010)
- [瀬尾 12] 瀬尾恵：トラブル・プロジェクトの予防と是正，鹿島出版会，pp. 157-159 (2012)
- [竹ヶ原 08] 竹ヶ原郁子：見積もり根拠の明確化と統合変更管理，*Journal of the Society of Project Management*, Vol.10, No.1, pp. 35-40 (2008)
- [友田 08] 友田大輔：顧客の要求を引き出すコミュニケーションマネジメント～予測に基づくリスク識別～，*Journal of the Society of Project Management*, Vol.10, No.4, pp. 12-16 (2008)
- [外山 02] 外山久，南野猛：「リスク早期抽出自己診断表」の開発と活用，*プロジェクトマネジメント学会誌*, Vol.4, No.6, pp. 40-42 (2002)
- [丹羽 06] 丹羽清：技術経営論，東京大学出版，pp. 272-277 (2006)
- [野口 11] 野口和彦：リスクマネジメント—目標達成を支援するマネジメント技術—，日本規格協会，pp. 16-24 (2011)
- [箱嶋 08] 箱嶋俊哉：トラブルの構造化からリスク事象を識別する方法，*Journal of the Society of Project Management*, Vol.10, No.2, pp. 9-14 (2008)
- [福島 06] 福島利彦：プロジェクトリスクを軽減するリスク・マネジメントと定量化分析，*Journal of the Society of Project Management*, Vol.8, No.4, pp. 31-36 (2006)
- [古屋 07] 古屋邦彦：国際プロジェクトにおけるリスクの最適分担，*Journal of the Society of Project Management*, Vol.9, No.1, pp. 9-13 (2007)

- [藤田 06] 藤田大輔：IT プロジェクトにおける新たなリスクマネジメント枠組みの提案, *Journal of the Society of Project Management*, Vol.8, No.5, pp. 24-29 (2006)
- [藤原 07] 藤原良一：ICT ソリューションプロジェクトのリスク・マネジメントの特徴について, *Journal of the Society of Project Management*, Vol.9, No.4, pp. 9-13 (2007)
- [松尾 06] 松尾睦：経験からの学習ープロフェッショナルへの成長プロセスー, 同文館出版, pp. 57-80 (2006)
- [宮島 07] 宮島栄一：CSLC によるプロジェクトマネジメントの改善, *Journal of the Society of Project Management*, Vol.9, No.6, pp. 19-23 (2007)
- [宮谷 09] 宮谷隆：ベイズな予測, *リックテレコム*, pp. 37-38 (2009)
- [村松 07] 村松充雄, 岡村孝彦：システム開発プロジェクトに関わるリスクマネジメント, *Journal of the Society of Project Management*, Vol.9, No.4, pp. 18-22 (2007)
- [劉 07] 劉功義, 横山真一郎：プロジェクトにおけるリスク評価の更新手法の提案, *Journal of the Society of Project Management*, Vol.9, No.2, pp. 27-33 (2007)
- [横田 06] 横田毅, 川端薫：建設プロジェクトリスク管理システムの開発, *Journal of the Society of Project Management*, Vol.8, No.5, pp. 36-41 (2006)
- [Bandyopadhyay 99] Bandyopadhyay K., Myktyyn P.P. and Myktyyn K. : A framework for integrated risk management in information technology, *Management Decision* (37:5), pp. 437-444 (1999)
- [Barber 05] Richard B. Barber : Understanding internally generated risks in projects, *International Journal of Project Management* (2005)
- [Boehm 91] Boehm B.W. : Software risk management principles and practices, *IEEE Software* ; 8:32:32-41 (1991)
- [Campbell 10] G. Michael Campbell and Sunny Baker : Project Management, SOGO HOREI PUBLISHING CO.,LTD (2010), (中嶋秀隆 訳, 世界一わかりやすいプロジェクト・マネジメント第2版, 綜合法令出版, pp. 117 (2010)

- [Chapman 97] Chapman C. : Project risk analysis and management-PRAM the generic process, International Journal of Project Management, 15 (5) 273-281 (1997)
- [Chris 03] Chapman C., and Ward S. : Project risk management processes, techniques and insights, John Wiley and sons ltd. (2003)
- [Cooper 11] Robert G. Cooper : Winning at New Products: Creating Value Through Innovation, 4<sup>th</sup> edition (1988, 1993, 2001, 2011), (浪江一公 訳, ステージゲート法—製造業のためのイノベーション・マネジメント, 英治出版, 2012)
- [Demarco 03] Demarco T. and Lister T. : Walting with Bears — managing risk on Software Projects, 日経 BP 社 (2003)
- [Dorofee 96] Dorofee A.J., Walker J.A., Alberts C.J., Higuera R.P., Williams R.C. : Continuous Risk Management Guidebook, Pittsburgh: Carnegie Mellon University (1996)
- [Fairley 94] Fairley R. : Risk Management for Software Projects, IEEE Software ; 57-67 (1994)
- [Haghnevis] Haghnevis M., Sajedi H. : A MODEL FOR ASSESSMENT OF PROJECT MANAGEMENT RISK MODELS , Department of Industrial Engineering University of Science and Technology
- [Heldman 05] Kim Heldman : Project Manager’s Spotlight on Risk Management, SYBEX Inc., pp. 6-12 (2005)
- [IRM 02] IRM, AIRMIC, ALARM : A risk management standard (2002)
- [ISO 09] ISO31000 : Risk management — Principles and guidelines, ISO (2009)
- [ISO Guide 09] ISO Guide73 : Risk management – Vocabulary, ISO (2009)
- [John 03] John Wiley & Sons Ltd : Project Risk Management (2003)
- [Kendrick 03] Tom Kendrick : Identifying and Managing Project Risk , AMACOM, ISBN0-8144-0761-7 (2003)
- [Keshlaf 00] Keshlaf A.A., Hashim K. : A model and prototype tool to manage software risks, In: Proceedings of First Asia—Pacific Conference on Quality Software, pp. 297-305 (2000)

- [Kliem 97] Kliem R.L., Ludin I.S. : Reducing Project Risk, Gower (1997)
- [Kwak 03] Kwak Y. H., J. Stoddard : Project risk management: lessons learned from software development environment, Elsevier Science Ltd., pp. 916 (2003)
- [Leach 00] Lawrence P. Leach : Critical chain project management, ARTECH HOUSE, Inc. (2000)
- [McDermott 10] Robin E. McDermott, Raymond J. Mikulak, Michael R. Beauregard : FMEA の基礎 第2版 —故障モード影響解析—, 日本規格協会, pp. 11 (2010)
- [NAS 10] NAS (National Academy of Sciences) : Review of the Department of Homeland Security's Approach to Risk Analysis , THE NATIONAL ACADEMIES PRESS (2010)
- [OSPMI 07] OSPMI (Office of Statewide Project Management Improvement) : Project Risk Management Handbook, pp. 2 (2007)
- [Pennock 02] Michael J. Pennock and Yacov Y. Haimes : Principles and guidelines for project risk management, Systems Engineering, Vol.5, No.2 (2002)
- [PMI 13] PMI (Project Management Institute) : プロジェクトマネジメント知識体系ガイド (第5版) (2013)
- [PMJA 07] PMJA (日本プロジェクトマネジメント協会) : P2M プロジェクト&プログラムマネジメント標準ガイドブック, 日本能率協会マネジメントセンター, pp. 424-453 (2007)
- [Polanyi 67] Polanyi, M. : The Tacit Dimension, Doubleday & Company (1967), (高橋勇夫 訳, 暗黙知の次元, 筑摩書房, pp. 16-53, 2003)
- [Raz 01] Raz T. and Michael E. : Use and benefits of tools for project risk management, International Journal of Project Management, 19, pp. 9-17 (2001)
- [Royer 02] Paul S. Royer : PROJECT RISK MANAGEMENT, Management Concepts, Inc. (2002), (峯本展夫 訳, プロジェクト・リスクマネジメントーリスクを未然に防ぐプロアクティブ・アプローチ, 生産性出版, pp. 20-22, 2004)

- [Smith 02] Preston G. Smith and Guy M. Merritt : PROACTIVE RISK MANAGEMENT, Productivity Press (2002), (澤田美樹子 訳, 実践・リスクマネジメント, 生産性出版, pp. 43-46, 2003)
- [Ward 99] Ward S.C. : Assessing and managing important risks, International Journal of Project Management, Vol.17, No.6, pp. 331-336 (1999)
- [Wideman 92] Wideman R. Max : Project and Program Risk Management: A Guide to Managing Project Risks and Opportunities, Project Management Institute (1992)

# 謝辞

本研究を進めるにあたり、ご指導下さいました主指導教員である北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科 特任教授 國藤進先生、副指導教員且つ主テーマ指導教員である教授 藤波努先生、副テーマ指導教員である准教授 伊藤泰信先生にお礼申し上げます。

ゼミで指導及び、関連する研究などをご教示下さいました北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科 教授 井川康夫先生、教授 梅本勝博先生、教授 小坂満隆先生、客員教授 奥和田久美先生に感謝いたします。

また、お忙しい中、予備審査の準備の際、関連する研究などをご教示下さいました名古屋工業大学大学院工学研究科 教授 越島一郎先生にお礼申し上げます。

業務多忙のため、論文完成までに時間を要しました。その間暖かく見守り、ご指導いただいた主テーマ指導教員である教授 藤波努先生に、深く感謝いたします。

JAIST 知識科学研究科講師の方々、及び、JAIST 知識科学研究科の多くの学友、関係各位など、多くの方々のご指導ご支援の賜物です。ここに記してあらためて感謝の意を表します。

また、資料集めなど多岐にわたる協力、支援をしてくれた家内に感謝します。