

# 博士論文

## 題目

地質リスクマネジメントにおける  
リスクコミュニケーション方法の研究

高知工科大学大学院 工学研究科 基盤工学専攻

博士後期課程 起業マネジメントコース

学位区分：博士（学術）

氏名：寺井 康文

学位論文審査委員：

主指導教員 土屋 哲 教授

副指導教員 那須 清吾 教授

副指導教員 渡邊 法美 教授 (Bond University)

審査委員 金 広文 教授

審査委員 永野 正展 名誉教授

2026年3月

## 要旨

# 地質リスクマネジメントにおける リスクコミュニケーション方法の研究

本研究は、土木事業において近年顕在化している、地質条件の不確かさに起因したコスト損失を抑制するための、地質リスクマネジメントの社会実装を目指し、関係者の理解を促進するために、その有効性や必要性、実現可能性を学術的に説明するとともに、導入に際してとくに課題となることが予想される、関係者間のコミュニケーションについての方策を検討したものである。

地質や地盤の条件は、多くの土木事業を実施するうえでの基本条件である。地質は、不均質さを有する自然材料で、その真の空間分布や物理・力学・化学的性状は不均一かつ複雑である。一方、事前の地質調査で得られる地質情報は限定的で、設計や施工で用いられる地質情報は不確かさを有するモデルである。地質条件のモデル化に際して不確かさの取扱いを誤った結果の、重大な事故や事業コスト損失が、近年多発している。国土交通省ほかは令和2（2020）年に『土木事業における地質・地盤リスクマネジメントのガイドライン』を策定し、関係者間の情報共有や連携、ONE-TEAM体制での事業遂行を、全ての事業において実施することを推奨した。しかし、令和3（2021）～6（2024）年度に国土交通省事業で発注された地質リスクマネジメント業務は、全国で年間10件程度に留まっており、地質リスクマネジメントの裾野が広がらず、事業への実装が進んでいないことが示唆される。

社会実装が進まない要因として、筆者は実務経験から3つの仮説を立てた。一つ目は、必要性への無理解である。従来の事業では、地質リスクマネジメント業務を実施しなくてもコスト損失が顕著とならなかった理由が説明されなければ、必要性は理解されない。関係者の技術力の低下や怠慢でないことが示されなければ、マネジメントにコストを費やすことは合意されない。二つ目は、マネジメントの有効性への無理解である。コスト損失発生機構や、マネジメントによって得られる効果が明確にされなければ、有効性は理解されない。情報共有や連携、ONE-TEAM体制とコスト損失発生の因果関係が示される必要がある。加えて、問題となる地質リスクが存在しない事業では、マネジメントの実施はコストの浪費となるが、それでもすべての事業で実施することが最適であることも示される必要がある。三つ目は、実現性への懐疑である。地質リスクでは、協働する担当者が土木と地質という異なる学問分野に立脚しており、コミュニケーションは容易でない、という認識が生じる。異なる学問分野の担当者でも、コミュニケーションが可能であることが示されなければならない。

本研究では、筆者の実務での観察結果や文献等の事例を基に、記述的推論と因果的推論によって、仮説の検証を行った。加えて、いくつかの数値シミュレーションにより、推論結果や課題解決方法の妥当性を定量評価した。

一つ目の仮説は、事業状況の変化に伴い、地質リスクが増大傾向にあることが示されたことによって支持される。現在の事業では、地質や地形など事業場の条件に選択の余地が狭まっていること、これに伴って地質情報の多様化・複雑化が進行していることから、地質条件の不確かさが増大している。また技術の進展に伴う高度な解析設計方法は、地質条件の各種パラメータの影響を増大し、効率化の反面で地質条件の不確かさへの柔軟な対応が困難な施工技術も増えている。さらに事業の周辺環境の制約が増えたことにより、好ましくない事象が発生したときの影響の大きさも増大している。加えて、人的資源は増大しておらず、地質情報や技術の多

様化・複雑化に対して相対的に減少している。従来の事業に比べて地質リスクマネジメントの必要性が増大していることが説明される。

従来のように、リスクが小さくリスク要因が単純であれば、設計施工に必要な、特定の地質条件の定量的な評価から開始し、必要に応じて評価の対象を拡大するという、簡便なプロセスでもリスクアセスメントが可能であったが、リスク要因が多様化・複雑化し、従来は許容できたインシデントが重大なコスト損失に直結する現在の事業では、技術基準書で推奨されるとおり、定性的な不確かさの評価に始まり、徐々に評価対象を絞って定量的な評価を行う、段階的なアセスメントプロセスが求められることも説明された。

二つ目の仮説は、リスク要因と、地質条件の不確かさに対する理解の程度を区分し、コスト損失発生機構を一般化したことで支持される。リスク要因は、地質情報そのものの不確かさである自然的要因と、地質情報の加工解釈の過程で生じる不確かさである人為的要因に区分される。不確かさに対する理解の程度は、定量的に評価できる（確率などの数値化が可能な）不確かさと、定性的に評価される（文脈的や相対的な蓋然性として評価される）不確かさとして表すことができる。

コスト損失発生過程では、人為的要因が支配的な不確かさの評価に際して、定量的な評価を行うための指標やその調査方法が不相当である、あるいは有害な地質事象の見落としが発生している、という共通性が示される。定性的な不確かさは、関係者の知識・経験・情報によって評価の品質が向上するため、情報共有や連携による地質リスクマネジメントがコスト損失の抑制に有効であることが説明される。一方、従来の説明では、不確かさの程度に関わらず、ある地質事象がコスト損失の原因とされ、情報共有や連携の効果の説明が不十分であった。

また『ガイドライン』で述べられている、リスクを“我がこと”と認識することの重要性について、事業者、地質技術者、設計者の三者それぞれによるリスク対応の過誤発生確率を仮定し、事業コストの期待値を算出した結果、“我がこと”の担当者と“他人ごと”の担当者では事業コストに10%以上の差異が生じた。これは“我がこと”すなわち役割志向の高い担当者は、自分の役割を柔軟に認識し、関係者間の理解を促して仕事の隙間を埋めるための行動を取るのに対して、“他人ごと”では自分の責任に境界を設定して隙間を埋めようとしないう仕事志向の帰結として説明される。

さらに事業コストの期待値の分析から、実際の地質リスクによる事業費増大を説明するには、多くの関係者が“我がこと”の認識であり、かつ対応すべきリスクが存在しない事業は稀である、という条件が必要であることが示唆され、全ての事業で地質リスクマネジメントの実施が求められることの妥当性が確認された。

三つ目の仮説は、担当者間の情報の非対称性によって生じる、役割認識のばらつきによって、コミュニケーション不全が発生しやすくなることで説明される。コミュニケーション不全は、異なる学問分野での知識体系やスキーマの違いによって生じるものと認識されやすいが、主要にはリスクアセスメントの成果品質の不均質さ、とくに関係者間の情報の理解を促すための“丁寧”な成果が作成されないことに求められる。成果に対する低い品質目標の設定は、コスト構造を含む地質調査業務の特性に起因した、業務リスクとその結果の担当者間のリスク転嫁によって発生し、かつ制度環境によって許容されるため必然性を有する。

複数の業務間で情報共有を行う場合、「役割志向」を担う業務（地質リスクマネジメント業務）を配置することが有効であることを、担当者の作業時間の総量が低減されることで検証したほか、取引費用理論を用いて説明した。すなわち、情報の非対称性に起因する機会主義的行動は、担当者間での過剰なモニタリングとシングリングという不毛な（リスクアセスメントの品質に貢献しない）作業時間を増大させるが、「役割志向」を担う業務によって非対称性の大きい情報共有の機会を集約することで、事業全体の不毛な作業時間を低減する。この結果、関係者が相互に期待する品質のアセスメント成果が作成され、またアセスメント成果の意図に適合した対応が取られるため、円滑なコミュニケーションが成立する。

「役割志向」を担う業務は、専門分野内での相互浸透、組織を跨いだ専門性や役割の共有、組織間の適度な統制といった、協働や組織のレジリエンス向上にも貢献することが、先行研究

との議論から示唆される。このため「役割志向」を担う業務は、地質リスクマネジメントにおける有効なリスクコミュニケーションのための業務となる、という結論が得られる。

「役割志向」を担う業務を実施するための事業体制は、情報の非対称性の大きい関係を集約する統合型組織が有効となる。ここで、取引費用理論によれば、このような特殊性の高い業務は内部化が合理的となるが、価格の上限拘束性といった公共調達制度や、人的資源の不足、内部化後の組織内取引費用の大きさという特徴のため、現在の条件下では内部化が困難であることを予察的に検討した。

従来の地質リスクに関する研究では、地質条件の定量的な不確かさを対象とし、その低減方法や、事業での意思決定などの定量評価の手法に主眼が置かれ、担当者は均質なものとして扱われてきた。本研究は、担当者の役割認識が不均一であるという実務での観察結果に着目して、“他人ごと”の認識が個人の資質として片付けられる問題ではなく、コスト損失の必然的な原因となることを示し、“我がごと”の認識で事業に貢献するための事業体制を検討したものである。マネジメントプロセスや組織体制だけでなく、個々の担当者の不均一さの影響は、土木事業に限らず、情報の非対称性の大きい事業では、重要な視座になるものと考えられる。

# Abstract

## Study of Risk Communication Methods in Geotechnical Risk Management

This study aims to promote the social implementation of geotechnical risk management in construction projects to mitigate cost overruns and benefit losses arising from uncertainties in geotechnical conditions, which have become increasingly apparent in recent years. To enhance stakeholders' understanding, the study explains the effectiveness, necessity, and feasibility of geotechnical risk management from an academic perspective and examines measures to improve communication among project members, a key challenge in its implementation.

Geological and ground conditions are fundamental prerequisites for many construction projects. Geotechnical conditions are a heterogeneous natural medium, and their true spatial distribution, as well as their physical, mechanical, and chemical properties, are highly variable and complex. However, geotechnical information obtained from geological surveys is limited, and the information used in design and construction is based on models that inherently contain uncertainty. In recent years, numerous serious accidents and cost overruns have occurred due to inadequate handling of uncertainty when modeling geotechnical conditions. In 2020, the Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism (MLIT) formulated the "Guidelines for Geological and Ground Risk Management in Construction Projects," recommending that all projects be carried out under a "One-Team" framework with information sharing and collaboration among project members. However, the number of geotechnical risk management services commissioned by the MLIT from 2021 to 2024 was limited to approximately ten per year, suggesting that the scope of geotechnical risk management has not expanded and its implementation in projects has progressed only slowly.

Drawing on the author's practical experience, three hypotheses were formulated to explain the limited progress in the social implementation of geotechnical risk management.

The first hypothesis concerns a lack of understanding of its necessity. In conventional projects, geotechnical risk management services were not implemented, yet cost overruns were not always conspicuous. Unless the reasons for their limited visibility are adequately explained, project members may fail to recognize the necessity of such management. Furthermore, unless it is demonstrated that past cost overruns were not attributable to declining technical competence or negligence among engineers, consensus on allocating additional resources to management services is unlikely to be achieved.

The second hypothesis relates to limited understanding of the effectiveness of management. Unless the mechanisms underlying cost overruns and the benefits derived from management services are clarified, their effectiveness will not be fully recognized. In particular, the causal relationships between information sharing, collaboration among project members, the "One-Team" framework, and the occurrence of cost overruns need to be demonstrated. Moreover, in projects where problematic geotechnical risks are absent, implementing management may appear wasteful of resources; therefore, it is also necessary to show that implementing such management across all projects remains the optimal strategy.

The third hypothesis concerns skepticism about feasibility. In geotechnical risk management, collaborating personnel often come from different academic disciplines—civil engineering and geology—which may lead to the perception that effective communication is inherently challenging. It is

therefore essential to demonstrate that meaningful communication is achievable even among engineers from different disciplinary backgrounds.

In this study, the hypotheses were examined through descriptive and causal inference methods based on practical observations and documented case studies in the literature. In addition, several numerical simulations were conducted to quantitatively evaluate the validity of the findings and the proposed approaches for addressing the identified challenges.

The first hypothesis is supported by evidence indicating that geotechnical risk has been increasing in response to changes in project conditions. In recent projects, there is less flexibility in selecting site conditions, such as geological and topographical settings. Geotechnical information has become increasingly diverse and complex, resulting in greater uncertainty. Advances in analytical and design methodologies have increased the sensitivity of project performance to various geotechnical parameters. While these sophisticated methods enhance efficiency, they have also led to construction techniques that are less adaptable to uncertainties in geotechnical conditions. In addition, growing environmental and social constraints surrounding projects have amplified the consequences of incidents. Furthermore, human resources have not expanded correspondingly and have become relatively insufficient in light of the increasing diversity and complexity of geotechnical information and technologies. Compared with past projects, these factors collectively explain why the necessity of geotechnical risk management has increased. When risks were relatively small and risk sources were simple, as in conventional projects, risk assessment could be conducted through a simplified process that started with the quantitative evaluation of specific geotechnical conditions required for design and construction and expanded the scope of assessment only when necessary. However, in contemporary projects—where risk sources have become increasingly diverse and complex, and incidents now directly lead to substantial cost overruns—a different approach is required. As recommended in technical guidelines, a step-by-step assessment process is necessary, starting with a qualitative evaluation of uncertainties and progressively narrowing the scope toward more detailed quantitative analyses.

The second hypothesis is supported through the categorization of risk sources and levels of understanding of uncertainty in geotechnical conditions, as well as the generalization of mechanisms by which cost overruns occur. Risk sources can be classified into two categories: natural factors, which arise from the inherent uncertainty of geotechnical information, and anthropogenic factors, which emerge during the processing and interpretation of geotechnical information.

The level of understanding of uncertainty can be differentiated into two types: uncertainties that can be quantitatively evaluated (i.e., expressed numerically in terms of a priori or statistical probability) and uncertainties that are assessed qualitatively (i.e., evaluated in terms of contextual or relative probability). In the process leading to cost overruns, a common pattern emerges: when uncertainties dominated by anthropogenic sources are assessed, the indicators used for quantitative evaluation and the corresponding investigation methods are often inappropriate, or harmful geotechnical events are overlooked. Because the quality of qualitative assessments improves with the knowledge, experience, and information possessed by project members, this explains why geotechnical risk management based on information sharing and collaboration is effective in mitigating cost overruns. By contrast, conventional explanations have tended to attribute cost overruns to specific geotechnical events irrespective of the degree or nature of uncertainty, providing insufficient justification for the effectiveness of information sharing and collaborative practices.

Regarding the importance emphasized in the Guidelines of recognizing ownership of risk, the expected project cost was calculated by assuming probabilities of error in risk responses for the three principal project members—the project owner, the geotechnical engineer, and the designer. The results indicated that a difference of more than 10% in total project cost emerged between cases in which project members perceived risks as their own responsibility versus as someone else's problem.

This difference can be explained as a consequence of role orientation. Project members who perceive risks as their own responsibility, reflecting a strong role orientation, tend to interpret their roles flexibly and take actions to bridge gaps in work processes by facilitating mutual understanding among involved parties. In contrast, members who regard risks as someone else's problem adopt a task-oriented stance, define rigid boundaries around their responsibilities, and refrain from addressing gaps outside those boundaries.

Furthermore, the analysis of the expected value of project costs suggests that, to account for the magnitude of cost increases observed in actual projects due to geotechnical risks, two conditions must be satisfied: first, a substantial proportion of project members must perceive the risks as their own responsibility, and second, projects without actionable geotechnical risks must be relatively rare. These findings support the validity of implementing geotechnical risk management across all projects.

The third hypothesis is explained by the tendency for communication failures to arise from variations in role perception among project members, generated by information asymmetry between responsible parties. Communication breakdowns are often attributed to differences in knowledge systems or disciplinary schemas across academic fields. However, they are primarily rooted in the heterogeneity of the quality of risk assessment outputs—particularly in the failure to produce sufficiently “careful” and comprehensible deliverables that facilitate mutual understanding.

The adoption of low-quality standards for deliverables originates in the characteristics of geotechnical risk assessment services, including their underlying cost structure. This practice emerges from operational risks and the resulting transfer of risk among responsible parties, and it acquires a degree of inevitability insofar as such practices are tolerated within the framework of institutional legitimacy.

When information is shared across multiple service contracts, the effectiveness of assigning a dedicated role-oriented function—namely, geotechnical risk management services—was demonstrated by a reduction in total working time required of personnel. This effect is further explained using transaction cost theory. Specifically, opportunistic behavior arising from information asymmetry increases unproductive working time among project members in the form of excessive monitoring and signaling that do not contribute to the quality of risk assessment. By contrast, assigning a role-oriented function centralizes opportunities for information sharing characterized by high levels of information asymmetry, thereby reducing unproductive working time across the project as a whole.

As a result, risk assessment deliverables that meet the mutually agreed quality standards of project members are produced, and responses consistent with the assessment findings are implemented, enabling smooth and effective communication.

In relation to prior research, the findings suggest that a dedicated role-oriented function contributes not only to effective geotechnical risk management but also to enhanced collaboration and organizational resilience. Such contributions include mutual integration of expertise within professional domains, the sharing of specialized knowledge and roles across organizational boundaries, and a balanced level of inter-organizational control. Accordingly, the results support the conclusion that a role-oriented function constitutes an effective mechanism for risk communication in geotechnical risk management.

With regard to the organizational structure required to implement such a function, an integrated organization that consolidates highly asymmetric informational relationships is considered effective. Transaction cost theory suggests that highly specialized tasks of this nature are, in principle, most efficiently internalized within a single organization. However, a preliminary examination indicates that internalization is difficult under current conditions due to factors including upper-bound price constraints in public procurement systems, shortages of human resources, and the magnitude of intra-organizational transaction costs following internalization.

Conventional research on geotechnical risk has primarily focused on the quantitative aspects of uncertainty in geotechnical conditions, emphasizing methods for its reduction and quantitative

approaches to decision-making in projects, while implicitly assuming that project personnel are homogeneous.

In contrast, this study highlights practical observations showing that project members' perceptions of their roles are heterogeneous. It demonstrates that perceiving risk as "someone else's responsibility" should not be dismissed as merely an individual disposition; rather, it constitutes an inherent and systematic cause of cost overruns. On this basis, the study examines an organizational framework that enables project members to contribute to projects through a sense of "personal responsibility."

The findings suggest that, beyond management processes and organizational structures, individual role perception provides a critical analytical perspective not only in construction projects but also in other domains characterized by high information asymmetry.

## 目次

1	はじめに	1
1.1	地質リスクに関わる土木事業の背景と問題意識	1
1.2	学術的背景と先行研究の課題	2
1.3	研究目的と課題	4
1.4	研究の流れと本論文の構成	6
1.5	用語の定義	8
2	コスト損失の発生機構と地質リスクマネジメントの必要性	13
2.1	リスク要因と不確かさの区分	13
2.1.1	リスク要因の既往の区分	13
2.1.2	不確かさの程度に着目した区分	18
2.1.3	マネジメントが対象とする不確かさ	21
2.2	コスト損失発生機構	24
2.2.1	福岡地下鉄でのリスク要因	24
2.2.2	その他の事例でのリスク要因	25
2.2.3	コスト損失発生機構	26
2.3	事業状況の変化と地質リスクの増大	28
2.3.1	不確かさへの従来のアセスメント	28
2.3.2	不確かさと影響の減少	29
2.3.3	マネジメントの必要性	33
2.4	コスト損失を抑制するためのマネジメントプロセスの検討	33
2.4.1	『ガイドライン』のマネジメントプロセスの課題	33
2.4.2	プロセスとコスト損失抑制の機構	36
2.4.3	アウトプットに着目したマネジメントプロセスの提案	38
3	担当者の役割認識の影響	50
3.1	役割認識のばらつきの原因	50
3.1.1	担当者の役割認識に着目する理由	50
3.1.2	制度環境の影響	51
3.1.3	コスト構造の影響	54
3.1.4	業務リスクによるアセスメント品質のばらつき	56
3.2	役割認識の事業コストへの影響の定量評価	63
3.2.1	役割認識のタイプの設定	63
3.2.2	役割認識のタイプと行動	64
3.2.3	コスト損失が発生する確率	65
3.2.4	リスクの有無と事業コスト	70
3.2.5	事業コストの期待値	73

3.3	役割認識が事業コストへ影響する機構の検討	82
4	円滑な情報共有のためのマネジメント	86
4.1	リスクコミュニケーションの課題	86
4.1.1	コミュニケーション不全の一般認識	86
4.1.2	土木事業における地質リスクコミュニケーションの課題	88
4.2	情報共有に関わるコストの定量評価	90
4.2.1	地質調査業務の成果作成コスト	90
4.2.2	役割志向を担う業務を行った場合のコスト	100
4.3	役割志向を担う業務の機能	103
4.3.1	取引費用理論によるコミュニケーション効率向上の機構	103
4.3.2	協働に対する役割志向を担う業務の機能	106
4.3.3	役割志向を担う業務のための体制の検討	108
5	まとめ	114
5.1	仮説の検証	114
5.2	本研究について	116
	謝辞	118

# 1 はじめに

## 1.1 地質リスクに関わる土木事業の背景と問題意識

地質や地盤の条件は、多くの土木事業を実施するうえでの基礎条件である。地質は、不均質さを有する自然材料であり、真の地質・地盤の空間分布及び物理的・力学的・化学的性状は、不均一かつ複雑である。一方、設計や施工を行うために、事前の地質調査で得られる地質情報は限定的である。このため、設計や施工で利用される地質条件は、限定的な地質情報を元に作成されたモデルであり、恒常的に不確かさが介在する。実務上、“確実”として扱われる地質条件は、設計や施工に影響しない程度に不確かさが低減された状態のモデルである。

設計施工に用いられる地質条件には、不確かさが介在する。ここで、地質情報をモデル化するにあたっての不確かさの取扱いや、設計施工に影響しない程度と判断するにあたっての不確かさの取扱いを誤ると、重大な事故や事業コスト損失が発生するおそれがあり、近年そのような事例が顕在化している。

例えば平成 28（2016）年に発生した福岡市地下鉄の工事では、難透水層である風化泥岩の性状や分布の不均質さを楽観的に評価した結果、表層の地下水が土砂とともにトンネル内に流入し、地表の道路が陥没した<sup>1</sup>。令和 2（2020）年には東京外かく環状道路において、煙突状に空洞が生じやすい単調な砂層や、シールド掘削に不調が生じやすい粒度組成の土質など、複合的な要因によって土砂が過剰に掘削され、一般的には発生しないとされていた大深度地下空間の工事による地表面の陥没が発生した<sup>2</sup>。北海道新幹線（新函館北斗・札幌間）では、自然由来重金属を含む発生土の処理計画の変更や、地質不良箇所の出現によるトンネル掘削の難航を主要な原因として、大幅な事業費の増額と開業時期の遅延（便益の減少）が生じている<sup>3,4</sup>。土木事業ではないものの、平成 27（2015）年に発覚した横浜市のマンション基礎杭施工データ流用も、事前の地盤の評価を誤って支持層に到達しない長さの杭が計画されたことが原因の一端である<sup>5</sup>。このほか本研究の最中にも、地質条件の不確かさに起因した事故が続々と報告されており、枚挙に暇がない。

このような地質や地盤の条件の不確かさに起因する事故や事業コスト損失の発生を受け、地質や地盤に起因した事業リスクのマネジメントの重要性が関係者の間で強く認識され、令和 2（2020）年に国土交通省と土木研究所が中心となり『土木事業における地質・地盤リスクマネジメントのガイドライン』<sup>6</sup>（以下『ガイドライン』と略す）が策定された。これは前出の福岡地下鉄の事故を踏まえてとりまとめられた『地下空間の利活用に関する安全技術の確立について答申』<sup>7</sup>を受け、地質・地盤の不確かさの影響やその取り扱い、リスクマネジメントの必要性、導入にあたっての留意点をまとめたものである。『ガイドライン』では、地質・地盤リスクのマネジメントにあたり、関係者間の情報共有や連携、すなわち ONE-TEAM 体制が重要であると述べられている。

また『ガイドライン』以前にも、平成 20（2008）年に全国地質調査業協会連合会が中心となって地質リスク学会が設立（令和 5 年解散）され、多数の事業コスト損失や、マネジメントによってコスト損失を軽減した事例が公表されている。国土交通省では平成 28（2016）年度から、地質リスクマネジメントに関わる項目として「地質リスク調査検討」「地質調査計画策定」を設定し、地質調査業務として実施できるようにした。

ところが、このような経緯を踏まえながらも、国土交通省で令和 3～5（2021～2024）年度に発注された地質リスクマネジメント業務（「地質リスク調査検討」および「地質調査計画策定」業務）の件数は、年間 10 件程度で停滞している<sup>1</sup>。業務発注件数の停滞は、地質リスクマネジメントの裾野が広がらず、事業への実装が進んでいないことを示唆するものと考えられる。

地質リスクマネジメントが、事故やコスト損失の抑制に有効であるとすれば、地質リスクマネジメントの裾野が広がらず、事業への実装が進まない現状には、なんらかの解決すべき問題の存在が示唆される。

## 1.2 学術的背景と先行研究の課題

地質リスクマネジメントに関する先行研究は、(1)地質リスクに対する事業の意思決定方法、(2)発注者と受注者間のリスク分担方法、(3)地質リスクマネジメントの効果の評価、(4)その他、に大別され、そのうち(1)(2)はともに地質条件の不確かさを定量的に評価することに主眼が置かれ、先行研究の大部分を占める。以下、概要を述べる。

### (1) 地質リスクに対する事業としての意思決定に関する研究

大津ほか（2003）は、クリギング手法やポートフォリオ理論を用いて、沖積粘土の深度の不確かさをふまえた地中連続壁の深度最適化のための調査ボーリング間隔を検討し、従来の地盤リスク対応が広義のポートフォリオ理論に基づいていると解釈できることを示した<sup>8</sup>。また大津ほか（2007）は、推定される岩盤等級に対し、リスクカーブを用いてトンネルの建設コストの変動リスクを表現することで、事業に内在する地質リスクを考慮した意思決定の可能性を示した<sup>9</sup>。尾ノ井（2008）は、既に存在している空間的な不確かさに依る地盤リスクと、将来発生する市場リスクとの相違を指摘しつつ、地盤リスクを金融工学的に評価することは、事業の投資にあたっての意思決定に寄与するであろうことを提起した<sup>10</sup>。

また酒井ほか（2009）は、トンネル工事において事前の地質調査データから推定されるコストと実際のコストの乖離量から、地質調査の価値の定量化を試み<sup>11</sup>、長谷川・大津（2011）は、同じくトンネル地山について、事前調査による評価と施工実績を踏まえた追加調査による評価を比較し、単純に地盤情報が増えるだけではトンネル地山の適切な評価には寄与せず、不確かさの適切な評価がなされた地盤情報が増えることが重要であることを示した<sup>12</sup>。国外の研究動向では、GeoRisk 誌の 2019、2020 年の投稿論文 42 件のタイトルから、地質条件の不確かさに対する定量的な評価方法や、不確かさを踏まえた解析設計手法の研究が多いことが窺える。

これらの研究では、ある特定の地質条件の、幾何学的分布や力学的指標の不確かさを対象に、不確かさを低減するための方法や、事業での意思決定のために定量評価することに

---

<sup>1</sup> 同様に新規の項目として実施されるようになった「事業促進 PPP」業務は、平成 30（2018）年度にガイドラインが策定されたのち、わずか 3 年で件数が倍増（平成 30 年度：82 件→令和 3 年度：176 件）している。

主眼が置かれている。しかしながら、地質条件に起因した事故の事例では、必ずしも評価すべき地質条件が事前に特定され、その条件に対する空間分布の評価や意思決定の失敗が事故の原因となっているわけではない。例えば北海道新幹線の例では、硬質な岩塊という事前には特定されなかった地質条件、すなわち“見落とし”が原因となっているし、東京外かく環状道路では、複数の地質条件の相互作用によって事故が発生している。定量的な評価方法の精緻化は、このような地質条件に起因したコスト損失を防ぐうえで、必ずしも有効とは言えない。

## (2) 発注者と受注者間のリスク分担に関する研究

英国土木学会が策定した GBR<sup>1</sup>は、土木事業の工事における地質条件の不確かさを、発注者と施工者が分担して協働するための方法を示したもので<sup>13</sup>、各国の事業に取り入れられている。Freeman ほか（2009）は、現在のトンネル建設工事で重要な役割を担っていることや、いくつかの課題が挙げられていることを、10年間の GBR に関する研究のレビューで整理した<sup>14</sup>。海外でリスク分担に関する研究が盛んとなる理由として、発注者と建設業者間での契約の運用が厳格であることが要因の一つと考えられる。日本の事業でも、大高・堀田（2023）は、ゲーム理論を用いた受発注者のリスク分担の検討を行い、大規模地すべりでは変状発生後に GBR を設定することが有効である可能性を示した<sup>15</sup>。

一方で渡邊（2006）は、日本の公共事業では発注者と受注者間の“安心システム”が発展し、工事の設計変更に対して曖昧な対応がなされてきたことを指摘している<sup>16</sup>。これは、旧来の公共事業では、地質条件に関するリスク分担である GBR の必要性が乏しかったことを示唆している。

地質条件に対してのリスク分担は、設計段階での地質条件の評価の不確かさによって起こりうる、発注者と受注者間の駆け引きとそれに伴うコスト増大を抑制するマネジメントシステムとして有用ではあるものの、地質条件に起因した事故によるコスト損失を防ぐための有効な方策とはならない。

## (3) 地質リスクの影響やマネジメントの効果に関する研究

植田ほか（2021）は、国土交通省の事業再評価での事業費の増大の程度と要因を整理し、事業費のおよそ 5% は地質リスクが要因であることを示した<sup>17</sup>。渡邊（2008）は、マネジメントの事例収集のための様式を検討した<sup>18</sup>。地質リスク学会は、この様式を用いて 2010～2023 年に事例研究発表会を開催し、個々の事例でのコスト損失とマネジメントによって低減されたコストをマネジメントの効果として示した。

これらの研究は、地質リスクによる事業コスト損失の大きさや、地質リスクマネジメントの効果を経済価値化している。一方で、事業コスト損失が近年になって顕著となった原因は検討されていない。また個々の事例では、地質調査と工事費用という事業の一部のプロセスで費用や便益が評価され、工程などを含めた事業全体の費用と便益として効果が示

---

<sup>1</sup> GBR (Geotechnical Baseline Report) は、個々の工事に対して契約時に地質条件を事前に規定したもので契約書の一部を構成する。例えばトンネル掘削時に、岩盤が硬く施工コストが増えた場合、規定値を超過する硬さであれば設計変更を行って事業者（発注者）がコストを負担するが、規定値内であれば工事費の変更は行われない。

されていない事例が多い。

#### (4) その他の地質リスクマネジメント

Spross ほか (2017) は、スウェーデン地盤工学会の地質リスクマネジメント方法論を紹介し、すべての事業に適用されることで事故を削減できること、そのための重要事項として関係者のリスクマネジメントシステムの理解と、意思決定者の役割が重要であることを述べている<sup>19</sup>。前述のような、地質条件の不確かさの評価方法や、リスク分担と異なり、リスクマネジメントシステムの重要性を示した研究で、ISO3001 リスクマネジメントを適用している点で『ガイドライン』と共通する。

産業技術総合研究所地質調査総合センター (2008) は「地質リスクとリスクマネジメント」と題してシンポジウムを開催して地質リスクに関わる国内外の動向やその必要性を提示し、脇坂 (2009) は土木地質に関わる既往研究でのリスクの用法や評価手法をまとめ、今後ますます重要になるであろうという見解を示した<sup>20</sup>。

地盤工学会 (2023) は、「応用地質学と地盤工学の協働について-地盤工学からの提言-」を公表し、地形学や応用地質学的観点と土木工学や地盤工学的観点双方からのアプローチが必要であり、その協働が立ち後れていることを課題として挙げた<sup>21</sup>。また応用地質学会 (2024) は、「土木における地質リスクと地質・地盤技術者の役割」と題したシンポジウムを開催し、事業関係者でも“技術者”に焦点を当てた<sup>22</sup>。これまでの地質リスクの定量評価やマネジメントの制度的な研究の中では、事業関係者や個々の技術者は、均質で無機質的に扱われてきたが、個々の担当者の行動の相違による事業コスト損失への影響は、筆者が実務において感じている問題意識に合致する。ただし事業関係者や個々の担当者に焦点を当てた研究は、これまでほとんど行われていない。

多くの関係者が地質リスクの重要性や地質リスクマネジメントで円滑で効率的な事業を行うことを提言しているにもかかわらず、事業への実装が進まない背景や、普及のための課題解決を目指す研究は、始まったばかりと言ってよいであろう。

### 1.3 研究目的と課題

本研究は、地質リスクマネジメントの実装が進まない原因を明らかにし、それらを解決するために有効な方法を検討することを目的とする。

#### (1) 研究課題：なぜ地質リスクマネジメントが社会実装されないのか

柱となる課題は“なぜ地質リスクマネジメントが社会実装されないのか”である。

これを明らかにするため、これまでの実務経験や、先行研究の課題から、“必要性への無理解：従来は必要性が低かった”“有効性への無理解：機能や効果が明確でない”“実現性への懐疑：情報共有や連携は困難”という関係者の認識を仮説とする。社会実装に近づけるためには、必要性が高いこと、有効性が明確であること、機能する手段が存在すること、が示される必要があると考える。

## (2) 仮説①従来は必要性が低かった

地質を対象とした公共土木事業は、古くから行われていることである。近年になって事故が多発している原因を、関係者（本稿では、地質調査・設計の業務担当者と、業務を監督する事業者の、組織及び個々の技術者を指す）の技術力低下や怠慢に求められることはないだろうか？従来の事業では地質リスクマネジメントの必要性が乏しく、一方で現在の事業ではその必要が高まっていることが説明されなければ、地質リスクマネジメントにコストを費やすことはできないであろう。

事業者に対し、地質リスクマネジメントの実施を提案した際に、「コストをかける必要性を説明できない」「そのような業務を発注しても、応札できる（知識や経験を有する）企業が存在しないのではないか」という回答があり、これまでの実績や先例を含め、必要性への懐疑が、業務として発注することの障壁となっていると感じられる。現在の事業では、コスト損失を抑制するために、マネジメントが効果的となる地質リスクが、従来よりも増加していることを示すことが求められよう。

## (3) 仮説②機能や効果が明確でない

コスト損失に至る重大な地質リスクが実在する事業では、マネジメントによって事業費が低減された実績は、先行研究の事例で示されている。しかし重大な地質リスクが存在しない事業では、マネジメントは“空振り”で無駄なコストとなる。また多くの事例では、マネジメントの効果を、金銭的コストの増減で部分最適的に評価しているが、マネジメントを行うことによって事業完了までの期間が延長されれば、事業便益が減少するだけでなく、事業再評価の機会や発注する業務数が増え、事業者内部のガバナンスコストも増大する。地質リスクマネジメントは、事業や国民（納税者や受益者として）にとって全体最適と言えるだろうか？マネジメントによるコスト損失抑制機構が、重大な地質リスクが実在する一部の事業でのみ有効なのではなく、あらゆる事業に有効であること、また事業のトータルコストとしての見地からも有効であることが示されなければ、マネジメントにコストを費やすことへの躊躇が生じるであろう。

事業者からは「事業工程は遅らせられない」「どうせ地質リスクによる事故はゼロにならないのだから、地質調査にコストをかけたくない」といった声が聞かれる。地質リスクマネジメントを行うためには、多大な金銭的・時間的コストを要する、という認識が躊躇につながっていると感じられる。コスト損失が抑制される機構を明らかにし、事業遂行における総合的な見地から、マネジメントがコスト縮減に資することを示すことが求められよう。

## (4) 仮説③情報共有や連携は困難

地質リスクに対しては、設計者、地質技術者が協働する。ここで、設計は土木学（工学）、地質調査は地質学（理学）に立脚してそれぞれ発展してきた。また、事業を監督する事業者は、土木学を履修した技術職員が大多数を占め、地質学を修習した職員はほとんどいない。機械論的なコミュニケーションの機構では、意味情報を伝達する際、送り手と受け手はそれぞれ符号化と解読を行うが<sup>23</sup>、学術的背景の違いによって意味情報が正しく伝わらないと考えられる。『ガイドライン』が重要視する、関係者の情報共有や連携、

リスクコミュニケーションは、このような担当者間で円滑に行えるであろうか？異分野の担当者が行ったリスクアセスメント結果を、自身の意思決定に的確に反映するための方法が示されなければ、マネジメントがコスト損失抑制のために機能することに対して懐疑的にならざるをえないであろう。

これまでも、「（検討過程は理解できないので）結論だけ教えてほしい」、「（地質調査の報告書に書いてあるのに）設計に反映されていない」、「土木と地質を翻訳してくれる人がほしい」といった意見や要望を聞くことがたびたびあった。関係者間の情報共有や連携、コミュニケーションに支障が生じる要因を明らかにし、リスクコミュニケーションが円滑に行われるための方法を示すことが求められよう。

#### 1.4 研究の流れと本論文の構成

本研究では、著者の実務での観察結果や聞き取り調査結果、文献等の事例をもとに、記述的推論と因果的推論によって、仮説の検証を行う。またいくつかの数値シミュレーションにより、考察結果や課題解決方法の妥当性を定量的に示す。

本論文の構成を図 1.1 に示す。

第2章で、事業全体や地質リスクマネジメントのプロセス全体に着目し、仮説①と仮説②の検証を行う。2.1節にて、リスク要因の区分を行う。リスク要因は、コスト損失発生機構等の重要な因子でありながら、『ガイドライン』や先行研究では定義にあいまいさが残り、コスト損失発生機構の解明の支障となるためである。2.2節では、リスク要因とその不確かさの扱われ方に着目して、事例分析からコスト損失の発生機構を推論する。リスクマネジメントの必要性を示すために、コスト損失発生機構を明確にする必要がある。

2.3節では、文献調査や事例から、事業の過去と現在を比較し、現在の事業では地質リスクが増大して地質リスクマネジメントの必要性が高まる要因を考察する。

2.4節では、リスクマネジメントの各プロセスに着目して、現状の課題や、リスクマネジメントにおいて解決すべき問題やアウトプットを明確にし、事業における効果的な地質リスクマネジメント方法を検討する。

第3章では、個々の担当者に着目し、担当者の役割認識の重要性を明らかにする。『ガイドライン』では地質リスクを“我がこと”とする認識の重要性が示されているが、実務においては、担当者の認識にはばらつきが見られ、その結果としての行動やリスクアセスメントの成果が、事業コストの増減や情報共有の成否に強く影響するほか、円滑なリスクコミュニケーションの支障になっていると考えられるためである。3.1節では、制度環境によって生じる担当者の態度やリスクアセスメント成果の性質の相違を整理し、コスト構造や業務リスクの影響による、担当者の認識や成果にばらつきを検討する。

3.2節では、担当者の役割認識の相違が事業コストへの影響を試算する。また3.4節では、“我がこと”の役割認識がコスト損失抑制に貢献する機構を考察する。

第4章では、担当者間のコミュニケーション方法を検討する。4.1節では、リスクコミュニケーションの課題として、一般的な認識によるコミュニケーション不全の機構と、実務で散見されるコミュニケーション不全の要因を整理する。

4.2節では、情報共有に関わる役割志向の作業コストを定量化し、役割志向を担う業務

によって情報共有が円滑化し，コスト損失抑制が図れることを示す。

4.3節では，取引費用や協働に関する既存の研究と対比し，役割志向を担う業務がコスト損失抑制に有効となる機構を明らかにするとともに，役割志向を担う業務の実施体制について予察を行う。

第5章にて，第2章から第4章の検討結果をまとめるとともに，本研究の適用範囲や限界，今後の課題を述べる。

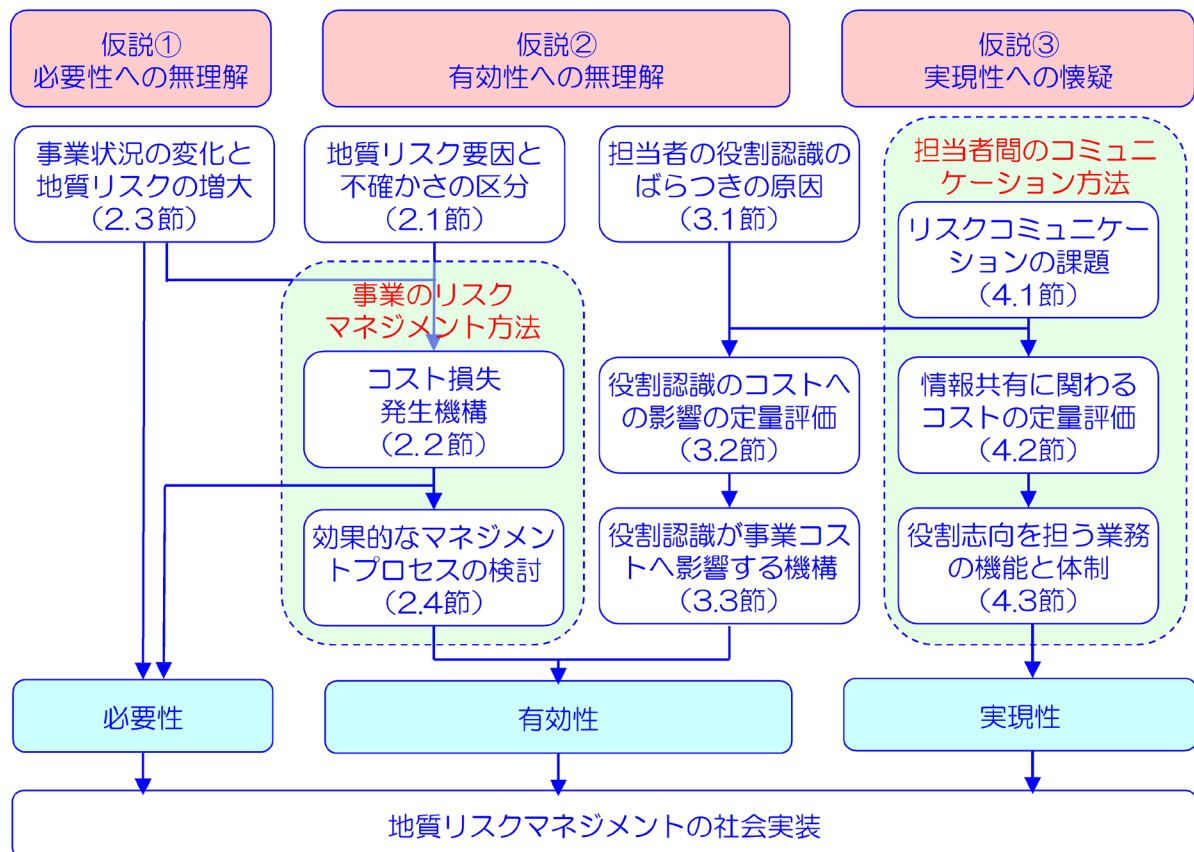


図 1.1 本論文の構成

## 1.5 用語の定義

### (1) 地質リスク

『ガイドライン』に従い、「当該事業の目的に対する地質・地盤に関わる不確実性の影響・計画や想定との乖離によって生じる影響」とする。なお従来 of 文献等では「地質リスク」「地盤リスク」のほか多様な呼称があり、『ガイドライン』では「地質・地盤リスク」としているが、本稿では「地質リスク」に統一する。

「地質・地盤に関わる不確実性」は、地質条件の不確かさのほか、関係者から人為的にもたらされる知識や経験・情報の不確かさも含む。

### (2) 業務リスク

地質調査や設計業務を実施または監督するうえでの、事業や業務の条件の不確かさの影響。とくに地質調査業務は、自然材料を扱うため、地質条件の不確かさが影響しやすいだけでなく、現地における作業の制約など、業務の条件に多様な不確かさが介在する。

### (3) リスクマネジメント

リスクマネジメントや、マネジメントプロセスに関する用語は、『JIS Q31000:2019 リスクマネジメント-指針』<sup>24</sup>（『ISO31000:2018 Risk management-Guidelines』）に従う。

### (4) リスクアセスメント

本稿では、リスクマネジメントのうち、通常の地質調査業務で行われるプロセスをリスクアセスメント（単にアセスメントとも）と呼ぶ。図 1.2 では「地質条件等の調査」「リスク特定」「リスク分析」「リスク評価」で構成され、解析や設計・施工に反映される地質条件の不確かさをモデル化するプロセスである。

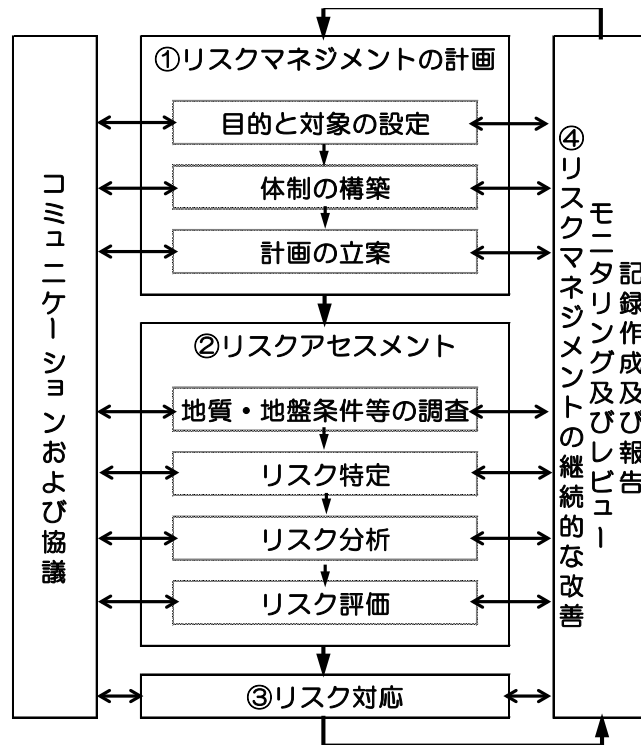


図 1.2 地質リスクマネジメントのプロセス（『ガイドライン』による）

#### (5) リスクコミュニケーション

一般には、リスクの情報を行政、専門家、市民、メディア等の関係者が相互に共有し、合意形成と適切な行動につなげるためのコミュニケーション、として使われる。本稿では、「対象の持つ情報、ことにリスクに関する情報を、当該リスクに関係する人びとに対して可能な限り開示し、たがいに共考することによって、問題解決に導く道筋を探す社会的技術」<sup>25</sup>（木下, 2008）の定義を用い、言語的コミュニケーションに留まらず、組織活動や制度的なものを含んだ統合的リスクコミュニケーションを指す。

本稿でのコミュニケーションは、リスクコミュニケーションやマネジメントプロセスを実現するための、関係者間の意思疎通の意味で用いる。

#### (6) コスト損失（事業コスト損失）

リスクに適切な対応がなされた場合の事業コストと、妥当ではない対応でリスクが発現した場合や、過大な対策を行った場合の、事業コストとの差分。工事等に費やされる金銭の増大のほか、事業工程の遅延等に伴う便益の減少もコスト損失となる。

#### (7) 適切（不適切）

技術基準や、規制・規範（3.1 節）に従って実施されている状態を適切とし、何らかの過失や省略が関与した状態を不適切とする。意思決定の結果が失敗に帰した場合、得られていた情報や知見を反映したものであれば不適切ではないが、情報や知見が反映されてい

なければ不適切となり，結果としての成否は問わない<sup>Ⅰ</sup>。

#### (8) 地質条件・地質事象

事業に反映される，地質事象の有無や，地質の空間分布，物理的・力学的・化学的性質などの条件。このうち地質事象は，応用地質学的または地盤工学的に，地質リスクとなる現象で，存在の有無で表される。

真の地質条件に対し，事業で扱われる地質条件は，地質情報に基づいた，なんらかの加工や解釈が介在する。

#### (9) 地質情報

地質条件や地質事象を示すためのデータ。

一次情報は，人為的解釈を伴わない状態のデータ。ボーリングコアや，試験のデータシートなど。

二次情報は，一次情報を加工解釈し，設計施工のためにモデル化したもの。地質平面図，地質断面図や，地盤定数など<sup>Ⅱ</sup>。

#### (10) 関係者・担当者

とくに断りのない場合，実務を担う者として，事業者・発注機関および所属する技術職員（監督員），建設業者および所属する施工技術者，土木コンサル業者および所属する設計者，地質調査業者および所属する地質技術者を指す。

土木コンサル業務や地質調査業務は，準委任契約で実施されることが主流であり，設計者や地質技術者が技術的意思決定の主体となる。監督員は，品質を確保すること，そのために成果を適切に評価する役割を有する。

---

<sup>Ⅰ</sup> 例として，「地すべり範囲の把握」を目的とした業務で，地すべり範囲の根拠となる情報を収集しようとしなかった場合や，根拠となる情報を提示できずに範囲を誤って設定した場合は不適切であるが，収集した情報に対する評価に過誤があり（地すべり微地形を人工改変によるものと判断した場合など），結果として範囲の設定に失敗した場合は，不適切ではない。

<sup>Ⅱ</sup> ボーリング柱状図（ボーリングコアの観察結果）は，解釈を伴うため二次情報であるが，比較的均質性が担保され，かつ地質断面図など解析や設計・施工に用いられるモデル作成に際して加工解釈が生じることから，一次情報として扱われることが多い。

## 1 章引用文献

---

- <sup>1</sup> 福岡地下鉄七隈線延伸工事現場における道路陥没に関する検討委員会，国立研究開発法人土木研究所：福岡地下鉄七隈線延伸工事現場における道路陥没に関する検討委員会 報告書，2017.
- <sup>2</sup> 東京外環トンネル施工等検討委員会有識者委員会：東京外環トンネル施工等検討委員会有識者委員会報告書，2021.
- <sup>3</sup> 北海道新幹線（新函館北斗・札幌間）の整備に関する有識者会議：北海道新幹線（新函館北斗・札幌間）の整備に関する報告書（令和4年報告），2022.
- <sup>4</sup> 北海道新幹線（新函館北斗・札幌間）の整備に関する有識者会議：北海道新幹線（新函館北斗・札幌間）の整備に関する報告書（令和7年報告），2025.
- <sup>5</sup> 基礎ぐい工事問題に関する対策委員会：基礎ぐい工事問題に関する対策委員会中間とりまとめ報告書，pp. 15，2015.
- <sup>6</sup> 国土交通省大臣官房技術調査課，国立研究開発法人土木研究所：土木事業における地質・地盤リスクマネジメント検討委員会：土木事業における地質・地盤リスクマネジメントのガイドライン，2020.
- <sup>7</sup> 社会資本整備審議会・交通政策審議会：地下空間の利活用に関する安全技術の確立について答申，2017
- <sup>8</sup> 大津宏康，尾ノ井芳樹，大西有三，李圭太：金融工学理論に基づく地盤リスク評価に関する一考察，土木学会論文集 No. 742, VI-60, pp101-113, 2003.
- <sup>9</sup> 大津宏康，酒井悠，尾ノ井芳樹：地質リスクがプロジェクトの事業性評価に与える影響に関する研究，材料，Vol. 56, pp. 858-865, 2007.
- <sup>10</sup> 尾ノ井芳樹：地質リスクと意思決定問題，応用地質，Vol. 48, pp. 318-323, 2008.
- <sup>11</sup> 酒井悠，大津宏康，長谷川信介：地盤リスク解析手法を用いた山岳トンネル地質調査の価値評価に関する研究，土木学会論文集 F, Vol. 65, No. 3, pp. 299-312, 2009.
- <sup>12</sup> 長谷川信介，大津宏康：地質リスクから見た山岳トンネルの地質調査における留意点，土木学会論文集 F4（建設マネジメント），Vol. 67, pp. I\_169-I\_180, 2011.
- <sup>13</sup> C. R. I. Clayton, 英国土木学会編，全国地質調査業協会連合会訳：ジオリスクマネジメント，古今書院，2016.
- <sup>14</sup> T. Freeman, S. Klein, G. Korbin, W. Quick : Geotechnical baseline reports-a review, Rapid Excavation and Tunneling Conference, pp. 232-241, 2009.
- <sup>15</sup> 大高正暉，堀田昌英：受発注者間の地盤・地質リスク分担に関する事例分析と建設契約への示唆：契約理論と提携ゲームを用いたリスクマネジメント効果の定量的評価，土木学会論文集，Vol. 79, No. 23, 2023.
- <sup>16</sup> 渡邊法美：リスクマネジメントの視点から見たわが国の公共工事入札・契約方式の特性分析と改革に関する一考察，土木学会論文集 F, Vol. 62, pp. 684-703, 2006.
- <sup>17</sup> 植田律，阿南修司，梶山敦司：公共事業における地質・地盤に関するリスク要因の特徴，応用地質，Vol. 62, pp. 181-186, 2021.
- <sup>18</sup> 渡邊法美：地質リスク分析のためのデータ収集様式の研究報告書，（財）日本建設情報総合

---

センター研究助成事業, Vol. 2007-12, pp. 4-6, 2008.

- <sup>19</sup> Spross, J. and Olsson, L. and Stille, H.: The Swedish Geotechnical Society's methodology for risk management: A tool for engineers in their every work, *Georisk*, Vol. 12, pp. 183-189, 2017.
- <sup>20</sup> 脇坂安彦: 地質のリスクマネジメント, 地盤工学会誌, Vol. 57, No. 2, pp. 10-13, 2009.
- <sup>21</sup> 地盤工学会: 応用地質学と地盤工学の協働について-地盤工学からの提言-, 2023.
- <sup>22</sup> 日本応用地質学会: 土木における地質リスクと地質・地盤技術者の役割-応用地質学と地盤工学のさらなる協働に向けて-, 2024.
- <sup>23</sup> 末田清子, 福田浩子: コミュニケーションの4つの視点, コミュニケーション学・その展望と視点-増補版, 松柏社, pp. 37-56, 2011.
- <sup>24</sup> 日本規格協会: 対訳 ISO31000: 2018 リスクマネジメント-指針, 2019.
- <sup>25</sup> 木下富雄: リスク・コミュニケーション再考-統合的リスク・コミュニケーションの構築に向けて(1), 日本リスク研究学会誌, 18(2), pp. 3-22, 2008.

## 2 コスト損失の発生機構と地質リスクマネジメントの必要性

### 2.1 リスク要因と不確かさの区分

地質リスクマネジメントがコスト損失抑制に有効であることを示すうえで、コスト損失の発生機構を理解する必要がある。発生機構を検討するうえで、その重要な因子であるリスク要因や地質条件の不確かさを明確にする。

#### 2.1.1 リスク要因の既往の区分

##### (1) 『ガイドライン』の課題

『ガイドライン』は、その基本的考え方の中で「“我がこと”として認識する必要」「関係者は（中略）ONE-TEAM体制を構築することで、個別に役割を果たした場合よりも大きな成果」と述べている。また「地質・地盤リスクの約8割は人為的要因が関与」といったデータを示し、「適切な体制」「関係者間の連携」「不確実性を見える化し共有」といった留意点を提示している<sup>1</sup>。コスト損失の根源が人為的要因にあると捉え、マネジメントの主要な目的を、コミュニケーションの障害やリスク認知の齟齬の抑制に据えていることは明らかである。

その一方で、地質リスクを「地質・地盤に関わる不確実性の影響」と定義し、不確実性の例として物性値のバラツキや地質学的な仮定といった要因を挙げている。軟弱地盤を例とした関連用語の解説でも、不確実性を「軟弱地盤の分布や沈下量等の調査時の想定と盛土施工時のずれ」としている。これらは、地質調査の質や量の向上によって改善される不確かさ<sup>1</sup>を想起させる。図 2.1 では、コスト損失事例の発生要因の内訳の中で、「発生場の予測が困難な事象（局所的な地質脆弱部等）」は自然的要因としているが、「リスク発現兆候（事象）の見誤り」は人為的要因に分類している。「予測困難」と「兆候の見誤り」の相違は、主観的な区分と誤解される恐れがある。

このような曖昧な区分となる原因として、コスト損失の原因が地質事象で説明されやすく、かつ地質事象は一義的に表現されることが考えられる。地すべりによる事故を例にとれば、存在が知られていなかったために危険が認識されなかった「予測困難」な地すべりも、調査が行われて兆候を示す情報が得られていたにもかかわらず「兆候の見誤り」で危険が認識されなかった地すべりも、コスト損失の原因は「地すべり」である。危険を認識するうえでの、二つの地すべりに関する地質条件の不確かさの程度は明らかに異なるが、「地すべり」という地質事象として一義的に表現されている。

『ガイドライン』では、目的に影響を及ぼす不確かさを、「地質・地盤に関わる不確実性」と一括している。このため、地質調査の量を増やすことで低減しうるリスク要因やその不確かさと、体制や連携・情報共有といったマネジメントによって改善されるリスク要因やその不確かさを取り違えられるおそれがある。リスク要因やその不確かさと、コスト損失発生やコミュニケーション不全の関係、これらを改善するマネジメントプロセスの関連を明示することで、マネジメントの有効性を伝えることが求められる。

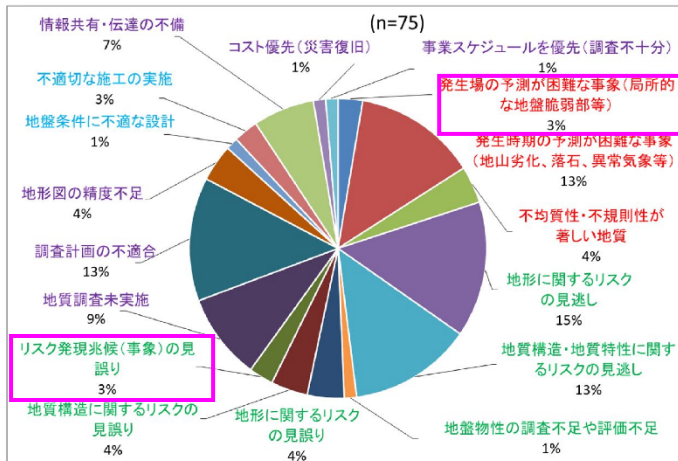
---

<sup>1</sup> 本稿では、程度の違いがある”uncertainty”に対応する日本語を「不確かさ」と表現する（引用や、程度を表現しない場合は「不確実性」とする）。

## 地質・地盤リスクマネジメントのポイント（2）

### ● 人為的な要因の重要性の理解

**事業者や受注者が、「地質・地盤の現象であっても、リスクの発現には人為的な要因が重要であることを」、（我が事として）理解すること**



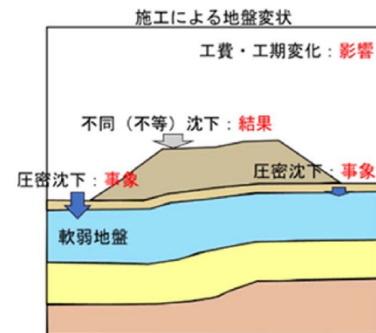
円グラフ凡例

赤字: 自然的要因(予測困難な事象等)

緑文字: 調査技術不足

紫文字: 事業マネジメント上の問題

青文字: 設計・施工の問題



(例) 軟弱地盤に不適切な盛土工事(人為的要因)が加わりリスクが発現

リスク事例の発生要因の内訳。自然的要因が主とされるもの(赤字)は2割に過ぎず、人為的な要因が約8割を占める。

出典: 第1回地質・地盤リスクマネジメント検討委員会資料(地質リスク学会の収集事例の分析結果)

図 2.1 人為的な要因の重要性の理解<sup>2</sup>

### (2) 実務における地質事象の不確かさの認識

著者の経験では地質技術者が、事業目的に対して好ましくない地質事象を、不確かな情報として報告した場合、設計者や事業者の要望は以下の3つに大別される。

1つめは、調査を増やして確実な条件にしてほしい、という要望である。これは、不確かさとは統計的(定量的)に評価し最適化できるもの、という認識に基づいていると考えられる。例えば、橋梁設計における基礎地盤の地質条件のように、支持層分布(地質断面図)の精度や、地層の物性値のばらつきは、ボーリングや試験などの頻度を高くすることで、その不確かさを小さくすることができ、その結果を確実な条件として設計が行われる。繰り返しとなるが、ここでの“確実”な条件とは、不確かさが存在しない状態ではなく、不確かさが設計施工に影響しない程度に低減された状態である。

しかし『ガイドライン』が例として挙げた亜炭の採掘空洞の分布(空洞による陥没のリスク)など、「存在そのものも含め想定が困難なもの」は、ボーリング調査の頻度を高めても、不確かさはほとんど低減しない。なぜなら、事業対象範囲は“面”としての広がりがあるのに対し、ボーリング調査は“点”の地質情報しか得られないためである<sup>1</sup>。

<sup>1</sup> ボーリング調査による“点”の地質情報で、事業対象範囲の“面”に空洞が存在しないことを示すためには、事業に影響する空洞の幅より狭い間隔(幅1m以上の空洞で陥没のおそれがある場合、ボーリングは1m間隔)で網羅する必要がある。

また、調査を増やして確実な条件にすることは、事業全体を考えた場合に必ずしも合理的とならない。例えば岩盤崩壊が懸念される急崖での、岩盤亀裂の分布の不確かさを、橋梁の基礎地盤と同程度の不確かさにするためには、作業の安全面を含めて膨大な費用と時間を要する。詳細な調査を行った代表箇所の地質条件を、未調査範囲に展開して設計するなど、地質条件の不確かさを保有することが合理的とされる場合もある。

2つめは、不確かであれば報告しないでほしい、という要望である。これは、不確かさとは評価不能なもの、という認識に基づいていると考えられる。例えば未知の活断層や偶然的に形成された地下空洞など、関係者が認知していない地質事象まで含めれば、あらゆる事業に、好ましくない地質事象が存在する可能性はゼロではない。評価できない事象へ対策を行うことは困難であり、かつ、事象が“存在しないこと”を確実に示すのは、いわゆる“悪魔の証明”<sup>1</sup>であって非現実的であるため、不確かな地質事象には対応しない、という判断には一定の合理性がある。

しかしながら、不確かな地質事象の中には、近隣で実施された事業での地質事象など、定性的な根拠ではあっても高い信頼性で推定しうる事象も存在する。このような地質事象も、存在に不確かさがある、という理由で対応しなければ、コスト損失が生じやすくなるであろう。後述するとおり、福岡地下鉄の事例では、近隣の同様の工事において小規模な陥没が発生しており、さらに別工区では陥没の原因となる地下水への対策工事が行われていたが、当該区間には反映されなかった。

3つめは、不確かな地質事象は申し送りしてほしい、という要望である。不確かさや影響、リスクは変容する、という認識に基づいていると考えられる。報告を受けた段階では対応できないが、設計や事業の段階が進んだ段階では、定量的に評価できる場合や、好ましくない影響が発生しない計画になっている場合もある。このため、不確かさへの対応を留保することは、リスク対応の一つである。

しかしながら、「ここには〇〇（好ましくない地質事象）の可能性があるので注意されたい」といった定型的な記述に留まり、不確かさの性質や程度が説明されていない地質調査業務の報告書が多く見られる。留保した後の具体的な対応方針が申し送りされていないため、施工段階まで対応がなされていない地質事象にしばしば遭遇する。

以上のように、実務における地質事象の不確かさの認識は多様である。地質事象の不確かさに対し、時として不的確な対応が取られることがある。これは、不確かさの性質や程度に対する関係者間の認知の齟齬が原因となっている可能性がある。

### (3) リスク要因及び不確かさの用法

コミュニケーションやリスク認知の不全、それら改善するマネジメントプロセスを関連付けるにあたり、リスク要因と不確かさの区分を定義する。

リスクマネジメントにおけるリスク要因<sup>11</sup>やその不確かさには、多様な定義や分類が

<sup>1</sup> 土地などの所有権に関して、所有者が継承経緯の正当性を無限に遡って証明するのは不可能であり、裁判で正当性を求められた場合には必ず敗訴することの比喩。消極的事実の証明。所有権を否定する場合は、不当性を証明する必要がある。

<sup>11</sup> 『ISO31000』では“risk source”で『JIS Q 31000』では“リスク源”と訳されているが、本稿では『ガイドライン』に従い“リスク要因”とする。

あり，そのいくつかを比較する．

a) 『ISO31000: 2018 Risk management – Guidelines』

(『JIS Q 31000: 2019 リスクマネジメント-指針』)<sup>3</sup>

ISOによるリスクマネジメントの指針である．リスクを「目的に対する不確かさの影響」，リスク要因を「それ自体またはほかとの組合せによって，リスクを生じさせる力を本来潜在的に持っている要素」と定義している．『ガイドライン』はこの仕組みや枠組みを参照して策定されている．

ISOのガイドラインは，多様な形態や目的を有する“組織”を対象としたリスクマネジメントであるため，リスク要因や不確かさの定義は汎用的で抽象的な表現となっている．土木事業や地質条件を対象としたリスクマネジメントにおいては，関係者が理解しやすい具体的な表現での定義付けが必要となる．

b) 『土木事業における地質・地盤リスクマネジメントのガイドライン』(国土交通省ほか, 2020)

土木事業を対象とし，かつリスクを地質・地盤に関わるものに限定して策定された指針である．

リスクに「計画や想定との乖離によって生じる影響」，リスク要因にも「自然的要因と人為的要因が存在」という定義が加えられている．自然的要因とは，地質・地盤・地下水等の要因で，材質・構造・物性等の不確実性や，それに起因した災害等影響発生の不確実性に起因する．人為的要因とは，関係者やその対応の要因で，調査・設計・施工等や，情報の伝達・対応等の妥当性や不確実性に起因する．自然的要因が「不確実性」に起因するのに対し，人為的要因は「妥当性や不確実性」に起因するとしている．

不確かさを「情報，理解または知識が，たとえ部分的にでも欠落している状態」「情報不足，推定・想定との乖離」と定義付けた一方，人為的要因に付随する「妥当性」は定義付けられていない．関係者の行為（判断や意思決定）に対する，行為の変動を意図した表現と理解され，体制や連携によって改善しうることを暗示している．

また不確かさは，「真の値からのバラツキの幅のように，計測を繰り返しても発生」する確率論的なものから，「亜炭等の採掘空洞の分布のように，地質学的な仮定が難しく，存在そのものも含め想定が困難」なものまで多様であることを述べている．

c) 『岩盤構造物の建設と維持管理におけるマネジメント-ジオリスクマネジメントへの取り組み』(土木学会, 2009)<sup>4</sup>

妥当な建設投資や，発注者・請負者間の費用面のリスク分担を検討する目的で，岩盤工学分野にリスク工学を適用した解説書である．

ジオリスクを「建設工事で対象とする地下の地盤・岩盤の幾何学および力学的条件の不確実性に起因するリスク」とし，原則的に『ガイドライン』の自然的要因に該当する不確かさのみを扱っている．

d) 『地質リスクマネジメント入門』

(地質リスク学会, 全国地質調査業協会連合会, 2010) <sup>5</sup>

事業を対象としたリスクマネジメントであるが, 地質リスクを「地質に関わる事業リスク, 事業コスト損失そのものと, その要因の不確実性」と定義し, リスクと不確かさ, リスク要因を一括してリスクと呼んでいる.

ただし「設計に供する地盤条件の不確実性」として「一次情報を取得する際のばらつきやあいまいさ」「二次情報に加工解釈する際に生じる不確実性」が過去の研究で概ね共通して指摘されていることを示している. この不確かさの区分は, 地質調査の実務に親和性が高く, かつそれぞれが概ね『ガイドライン』の自然的要因と人為的要因に該当する.

#### e) 『講座：地盤工学におけるリスクマネジメント』

(地盤工学会, 2011) <sup>6</sup>

2011年の東北地方太平洋沖地震の後に掲載された講座で, 事業に限定しない地盤に関連する不確かさのリスクマネジメントを目指した講座である.

地盤の不確かさを「地盤の調査把握」「地盤の設計・施工・維持管理」「自然災害」「地盤環境」「技術力不足・ミス」の5項目に区分し, 自然的要因のみに起因する不確かさも取り上げている.

リスク要因は, 例えば地盤の調査把握の不確かさの原因として, 自然的要因である「地盤本来の不均一性」と人為的要因である「地盤評価の不確実性」が混在するなど, 『ガイドライン』の区分とは整合しない.

#### f) 『講座：地質体における土木地質調査の要点』

(応用地質学会, 2020) <sup>7</sup>

『ガイドライン』策定ののちに「地質技術者がリスクを適切に抽出できるようになること」を目的として掲載された講座である.

新たに「土木地質リスク」という用語を使い, リスク要因は地質的素因(自然的要因)のみを対象とするが, その抽出のために知識や情報が必要であることが述べられている. 地質事象は, 定量的に表せないものであっても, 「発生しやすさ」や「影響の程度」として定性的に評価することや, 定性的にすら表現できないもの(不知)もリスク要因として抽出することを目指している.

#### g) その他

土木地質以外の分野では, 緒方(2009)は, 不確かさは一般的な分類として, 観測される数値に本来的に存在している差異や変動に起因するもの(変動性, 確率的不確実性)と, 知識または情報の不足に起因するもの(知識に起因する不確実性, 認識論的不確実性)の2タイプに区分されるとした<sup>8</sup>. 『ガイドライン』と対比すると, 前者は自然的要因, 後者は人為的要因に対比される.

酒井(2013)は, リスクや不確かさを経済学に適用したF. ナイトとJ. M. ケインズの2人の思想を以下のように整理した. ナイトは, 不確かさのうち測定可能なものをリスク, 測定不可能なものは推測や判断によってのみ表される真の不確実性と呼び, このうちリスクを, 理論的に数値化される先験的確率と, 経験から数値化される統計的確率に区分した.

ケインズは、数値化できるものだけでなく、相対的な比較や文脈によって推論できるものを蓋然性と呼び、それ以外の事象を不確実性に区分した<sup>9</sup>。

表 2.1 リスク，リスク要因，不確かさの定義例

	リスク	リスク要因・リスク源	不確実性・不確かさ
ガイドライン	当該事業の目的に対する地質・地盤に関わる不確実性の影響。計画や想定との乖離によって生じる影響。	自然的要因（素因） 人為的要因（誘因）	地質・地盤をリスク要因とする事象、その結果またはその起こりやすさに関する情報、理解または知識が、たとえ部分的にでも欠落している状態。地質・地盤条件の情報不足、推定・想定との乖離。
ISO31000	目的に対する不確かさの影響	それ自体またはほかとの組み合わせによって、リスクを生じさせる力を本来潜在的に持っている要素	-
土木学会2009	-	立地条件リスク 立地地盤条件変動リスク 環境保全リスク 地盤・岩盤の長期的性能低下リスク	-
全地連・地質リスク学会2010	地質に関わる事業リスク、事業コスト損失 そのものと、その要因の不確実性	-	-
地盤工学会2011	目的に対する“地盤に関連する”不確かさの影響	地盤の不確かさ	地盤の調査把握 地盤の設計・施工・維持管理 自然災害 地盤環境 技術力不足・ミス
応用地質学会2020	（広義）土木地質に関わるリスク （狭義）土木事業等における土木地質に関わる望ましくない事象の発生確率または発生しやすさとその影響の組合せ。 【土木地質リスク】	土木事業等における土木地質に関わる望ましくない事象を発生させる素因となる地質的要因	土木地質リスク事象の発生確率（定量的） または発生しやすさ（定性的） 事象が発生した場合の影響の大きさ（定量的） または程度（定性的）
緒方2009	-	-	・変動性、確率的不確実性、偶然的な不確実性（時間的変動、空間的変動、個体差） ・知識に起因する不確実性、認識論的不確実性（モデル、パラメータ、決定基準）

### 2.1.2 不確かさの程度に着目した区分

地質リスク要因として『ガイドライン』の「自然的要因」「人為的要因」の区分は、『地質リスクマネジメント入門』の「一次情報の取得」「二次情報への加工解釈」とも対比され、実務との親和性が高いため、本稿でもこの区分を用いる。

一方、土木地質系のリスクマネジメントでは、自然的要因の不確かさ、物性値や事象の発生しやすさには程度があることを前提としているが、その程度は体系的に区分されていない。『ガイドライン』では、リスクの分析や評価に際して「定量的に示すことができない場合も多いが（中略）不確実性のある項目やその程度を明示することに努める」と述べられているが、その程度の表現方法までは言及していない。

『ガイドライン』で述べられたとおり，その事象の不確かさが，どの程度，またはどのように理解されているか，を示すことは，リスクの分析や評価において重要である．とくに，「人為的要因」に対する「妥当性」を明確にすることになると考えられる．また，土木と地質という異なる学問分野に立脚した関係者間での，情報共有やコミュニケーションに際し，共通理解を形成するうえでも重要である．前述のとおり，「不確かな地質条件」を一律に扱っていることが，回避しうる事故の遠因となっている可能性もある．

本稿では，酒井(2013)のまとめたナイトとケインズの不確かさの概念を参考に，地質条件の理解の不確かさを，「定量的な評価が可能な不確かさ」，「定性的に評価される不確かさ」，「評価不能な不確かさ」に区分する(図 2.2)<sup>1</sup>．なお以降はそれぞれ，定量的な不確かさ，定性的な不確かさ，評価不能，と省略する場合がある．

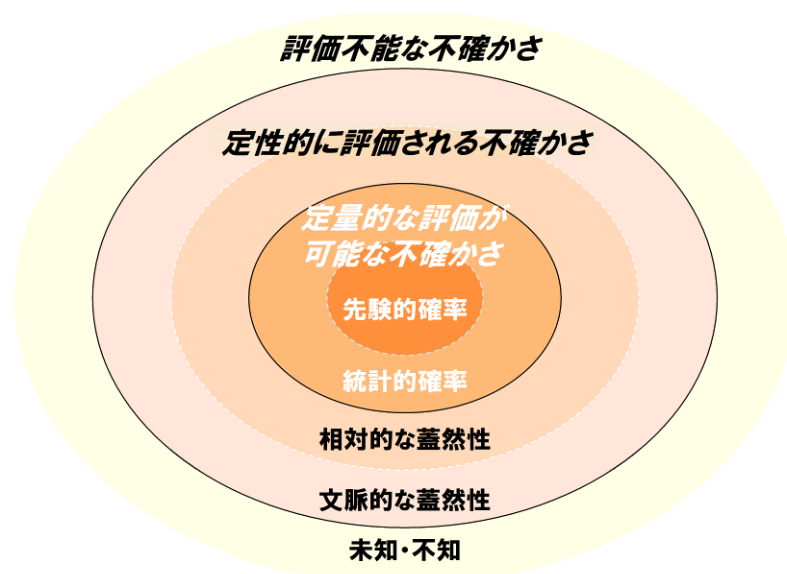


図 2.2 地質条件に対する理解の不確かさ

#### a) 定量的な評価が可能な不確かさ

不均質な自然材料で構成される地層条件は，どれだけ調査を行っても情報の不足が生じ，推定や解釈によってモデル化する必要があるため，不確かさが介在する．

物性値や空間分布などの数値的な指標で表される地質条件は，調査で得られた地質情報を統計処理することで，ばらつきや推定誤差の不確かさを数値的に表すことができる．そもそも地質調査で行われる試験等は測定誤差を有するが，データが増えるにしたがってその不確かさは小さくなり，真の値に漸近する．解析や設計に用いる地層のせん断強度などのパラメータの不確かさは，新たに得られた地質情報を用いて検定することが可能である．これはナイトが“リスク”とした不確かさのうち統計的確率 (statistical probability) に該当する．

<sup>1</sup> 本研究の区分は，不確かさに対する理解の程度を表すための概念であり，不確かさが一義的に区分できることを示すものではない．例えば図 2.3 の「深度の妥当性」は，既往施設の杭長との比較だけで理解されれば“相対的な蓋然性”となるが，一般的にはボーリング結果の定量的な不確かさを含めて複合的に理解される．

また地質情報を取得する以前に、理論的・演繹的に表現できる不確かさもある。ある2地点での支持層の深度と測定誤差が把握された場合、その中間地点の支持層深度は、2地点間が単調に傾斜するモデルを仮定できれば、水平距離と傾斜から数学的に求めることができ、調査地点間を内挿補間して地質断面図（地層境界線）が作成される。ボーリング等の調査地点の頻度は、同様の理論によって、不確かさが設計施工で許容できる程度となるよう計画されている。このような不確かさはナイトの先験的確率（a priori probability）に該当する<sup>1</sup>。

定量的に評価される不確かさは、理論式の選択や統計処理方法、データの取捨等に人為的要因が介在するが、大部分は地質条件が普遍的に有する、物性や空間分布のばらつきなどの自然的要因に支配されている。

なお定量的な不確かさは、実務上は地質リスクとして認識されていない可能性がある。取得された地質情報に過誤がなければ、通常的设计施工手法において、許容されている、と考えられる。例えば施設の構造計算は、モデル化した物性値のパラメータが真の値から乖離しても、健全な構造が設計されるよう、安全率を考慮した手法が一般的である。

ところで、地層の空間分布の不確かさに関して、重大なコスト損失を生じる“支持層への未到達”があるが、これはほとんどの場合、分布の傾向（調査した2地点間が単調に傾斜するか、褶曲しているか、階段状か、など）の仮定が妥当ではないことが原因であり、定性的な不確かさに対する評価の過誤に起因する。

## b) 定性的に評価される不確かさ

定量的な評価が不可能な不確かさは、ナイトによればすべて真の不確実性（true uncertainty）に分類されるが、ケインズは定性的にすら評価不能のものを不確実性（uncertainty）、定性的であっても評価できる不確かさは、定量的に評価できるものと合わせて蓋然性（probability）と呼んだ。

地質条件は、その不確かさを定性的にも定量的にも評価することが可能なものが多い。不確かさの定性的な評価は、相対的に小さい費用で可能という特性を有し、また後述するとおり定量的な評価の前提として必要となるため、土木事業においては重要である。このため定量的に評価された不確かさとは明確に区分すべきである。

例えば前出の亜炭の採掘空洞は、亜炭が分布しない地域には存在しえない一方、亜炭が分布する地域には存在する可能性があり、近傍に採掘した履歴があれば空洞に遭遇する可能性は高い、というように、文脈や相互比較によって定性的に評価することができる。遭遇する可能性が高い場合や、高くなくても遭遇時の事業への影響が非常に大きい場合には、リスク要因となる。リスク要因となった場合は、空間分布の不確かさを定量的に評価するための物理探査やボーリングなど高価な調査が必要となるが、リスク要因となるかどうか、という定性的な評価は、文献調査など低い費用で可能である。

そのほか頻出する例として、橋梁支持層の空間分布の不確かさは、設計の段階では定

---

<sup>1</sup> 地質断面図を作成する際に、数学的な理論が認識されることは少ないと思われる（実際に計算している技術者は観察されない）が、幾何学を基盤とした“地質図学”を用いて地層境界線が推定されている。見かけの傾斜と真の傾斜の関係などはその代表である。

量的に評価されている必要がある。しかし事業計画の段階では、周辺の実績などから推定して構造物の費用を試算する。この場合の支持層の空間分布は、直接基礎が可能か、あるいは長尺の杭基礎が必要か、という程度の定性的な評価である。

土木事業においては、同一の地質事象でも、事業段階や目的によって、求められる不確かさの理解の程度は変化する。定性的な不確かさは、知識やそれに基づく意思決定など、人為的要因に支配されやすい。

### c) 評価不能な不確かさ

土木事業においては、評価できない不確かな自然的要因が存在する。

例えば陥没事故に遭遇していない過去においては、地下空洞はリスク要因としては未知の地質事象である。未知の事象は評価不能である。

### 2.1.3 マネジメントが対象とする不確かさ

区分を踏まえ、どのようなリスク要因やその不確かさがコスト損失の原因となり、地質リスクマネジメントによって改善されるのかを考察する（表 2.2）。

表 2.2 地質事象に対する不確かさの理解の程度と可能なマネジメント

不確かさの程度		地質条件・地質事象の例	可能なマネジメント
定量的	理論的 確率	・調査頻度による推定精度	・不確かさの理解 ・処理過程の引き継ぎ (記録・報告・適切な管理)
	統計的 確率	・統計処理によるばらつき ・試験の測定誤差	
定性的	相対的な 蓋然性	・関連する情報や知識	・関係者の知識や能力の有効活用 (連携・情報共有) ・リスクの理解や意志決定の整合 (コミュニケーション)
	文脈的な 蓋然性	・地質の特性・事業への 影響の知識	
不 評 価	未知・ 不知	・未知・不知	—

### a) 定量的な評価が可能な不確かさ

自然的要因が支配的な、定量的な評価が可能な不確かさは、従来は解析設計手法や施工方法に許容される誤差が大きかったこともあって、ほとんどコスト損失の原因にはならなかったと考えられる（2.3節で検証する）。また不確かさを定量的に評価するための、選択した理論式やデータの取捨過程など的人為的要因は、報告書等で容易に明文化し共有することができる。

不確かさの定量的な評価は、通常の地質調査業務の範疇である。ここでの地質条件の不確かさ、測定誤差や統計誤差は、関係者が理解する必要があるが、体制や連携、共有によって、地質リスクが低減されたり、リスク対応の質が向上するものではない。このため、体制や連携、情報共有の質を向上させるための、地質リスクマネジメント業務が実施されても効果は小さいと考えられる。

### b) 定性的に評価される不確かさ

定性的に評価される不確かさは、人為的要因に支配される部分が多い。亜炭の採掘

空洞を例に取れば、リスク要因は亜炭そのものではなく空洞という自然的要因である。ここで関係者が、空洞の存在が陥没等の悪影響を及ぼすという知識を持っていても、亜炭の分布に伴うという知識がなければ、空洞の存在は偶然的で評価不能な不確かさとなる。一方で亜炭という地質が採掘によって空洞を生じやすいことを知っていても、空洞が陥没の要因となり事業へ悪影響を及ぼすことを知らなければ、リスク要因として認知できない。さらに亜炭から空洞というリスクを特定した場合にも、周辺での採掘履歴や陥没事故等の情報の多寡によって、事業の空洞への遭遇しやすさに関する評価は変化する。すなわち亜炭の採掘空洞というリスク要因は、亜炭という地質の分布や特性、採掘空洞と事業のコスト損失の関係、採掘履歴や陥没発生状況といった、地質、設計、施工等の広い分野の知識や、情報の収集能力といった人為的要因に支配されている。

得られた空洞の存在という不確かな条件に対して、リスクアセスメントを行って不確かさを低減するか、後続の段階まで留保するか、といったリスク対応の意思決定も、人為的要因が支配的である。ここでは影響の大きさに対するリスク認知が影響するが、担当者の知識や経験、与えられた情報によって異なる。例えば盛土を計画するうえでの軟弱地盤は、自沈する厚い泥炭地盤での事業を経験した担当者には重大なリスクとして認知され、その経験がない担当者は比較的容易に対応できるリスクとして認知するであろう。また同等の知識や情報を有していても、例えば事業の推進を急がされる立場であれば、リスク対応を省略しようとして、異なる立場の担当者に比べて不確かさの影響を小さいものと認知しやすいであろう<sup>1</sup>。

不確かさに対する評価や意思決定、その根拠となる知識や情報収集能力は、一般的に“技術力”と呼ばれるものであるが、一律の指標で表現できるものではない。ある地域に限れば、それを卒業研究の対象とした経験の浅い技術者のほうが、技術力が高いと評されるベテラン技術者よりも質の高いリスクアセスメントを実施する可能性がある。『ガイドライン』が言うところの人為的要因の“妥当性や不確実性”は、このように担当者の技術力が支配する、定性的な評価の過程や結果を表現する意図と解釈される。

定性的な不確かさに対しては、地質リスクマネジメント業務など、地質リスクを視座とした体制やプロセスが事業に組み込まれることによって、関係者の知識や能力を効率的に活用し、リスク認知のばらつきを抑え、質の高いアセスメントとリスク対応が可能となると考えられる。個々の担当者の知識や能力の欠落があっても、亜炭と空洞と事業への影響を結び付けることが可能になるであろうし、採掘や陥没発生履歴の情報も多く集められ、空洞の見落としすなわちコスト損失発生を抑制することが大いに期待できる。

### c) 評価不能な不確かさ

未知や偶然的な事象は、アセスメントすらできないため、必然的にマネジメント対象とならない。

---

<sup>1</sup> 認知心理学分野では、ヒューリスティクスによる認知バイアスとして説明される（例えば、ダニエル・カーネマン、村井章子訳：ファスト&スロー（上）、早川文庫、pp. 193-348, 2014.）。

#### d) 一連の地質条件の不確かさとマネジメントの関係

簡単な例として、基礎杭の支持層未到達を防ぐための、支持層の空間分布という地質条件に対する不確かさの程度のアセスメントと、そのためのマネジメント方法を想定する(図 2.3)。

調査ボーリング地点での支持層深度の不確かさは、統計的確率(ボーリング調査の測定誤差)によって表される。またボーリング地点間の支持層深度は、理論的確率(測定誤差を考慮した線形補間)によって表される。これらの不確かさは、地質調査業者及び地質技術者が、ボーリング調査での測定誤差を正しく理解し、2地点間が単調な分布をなすという仮定を示して報告書等の記録を残すことで、適切な状態で設計施工に引き継がれる。ここでは、関係者間の連携や情報共有の効果は小さい。

一方、2地点間が単調な分布をなすのか、階段状あるいは凹凸の分布をなすのか、という分布傾向は、堆積物の性質や、堆積前の浸食作用といった、地域の地質成因(文脈的な蓋然性)によって推定される。また、深度の妥当性(どの程度の深さであるべきなのか、調査ボーリングの結果で深度を代表させられるか)は、周辺のボーリング調査結果などとの比較(相対的な蓋然性)で判断される。地域の地質成因や、周辺の調査結果などは、関係者間の連携や情報共有によって、推定の品質や情報量を高めることができるであろう。

平成 27(2015)年の横浜市マンション基礎杭の事例では、地質技術者の見解として「地下にも同じような谷があると容易に類推できる」(文脈的な蓋然性)うえ、以前にあった建物の杭長が把握されていた(相対的な蓋然性)にもかかわらず、ボーリング調査結果のみから短い杭長で設計された<sup>10)</sup>。これは定性的に評価すべき支持層深度の不確かさに対する意思決定の誤りであり、十分な知識や情報を与えるマネジメントによって回避出来た可能性がある。

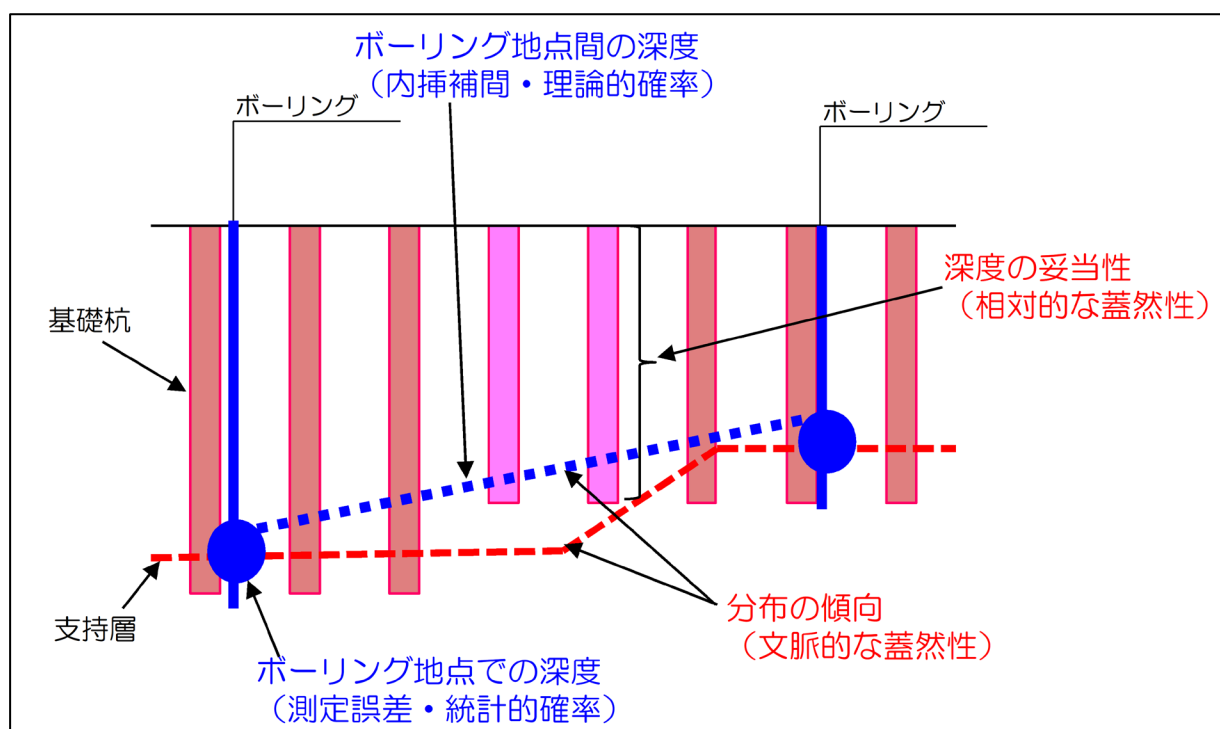


図 2.3 基礎杭設計における支持層深度の不確かさ

## 2.2 コスト損失発生機構

### 2.2.1 福岡地下鉄でのリスク要因

これらのリスク要因とその不確かさが、コスト損失が発生する過程でどのように扱われたのか、福岡地下鉄の事例を分析する。

先に、自然的要因が支配的な、定量的に評価される不確かさは、従来はほとんどコスト損失の原因にはならなかった、と述べたが、異論が想定される。

福岡地下鉄陥没事故の報告書は、事故の原因として可能性が高いものは「①難透水性風化岩層の強度や厚さ」「②地下水圧の影響」と結論付けている<sup>11</sup>。これらは自然的要因であり、定量的な評価が可能な不確かさである。しかし①については「強度や厚さを均質であると捉え（中略）バラツキの考慮が不十分なまま設計及び施工が行われ」とされており、地質体の物理性状や空間分布の解釈、すなわち定性的な評価の結果に支配されている。また②についても「高い水圧が作用し（中略）不規則で複雑な構造であったが、設計及び施工にあたっては、その遮水性や水圧に対する耐力を十分であるとしていた」とされ、地質体の分布や水理の複雑さに対する認識、いわゆる“技術力”と呼ばれる人為的要因に支配された不確かさである。

当該事業は、別工区で止水目的の対策工として薬液注入が行われていたほか、本件の2年前に近傍で小規模な陥没事故が発生していた。これらの情報が共有され、注意が必要な地質及び水理条件を有することを関係者が認識していれば、事故発生区間のリスク評価や対応も変わっていたと考えられる。「過去において周辺部で実施された地質調査等を官民間問わず情報収集し、利活用できるように」という留意点は、人為的な要因が事故の主要な原因であったことを示唆している。

『ガイドライン』ではリスクを「計画や想定との乖離」と定義付けている。陥没事故でのリスクは、“妥当な前提条件に基づいて定量化した計画や想定（地質条件）に対して、対象箇所の条件が不運にも乖離したこと”ではなく、“対象箇所の地質条件に対して、乖離した（妥当ではない）前提条件に基づいて計画や想定が定量化されたこと”によって、想定されなかったリスク要因が顕在化しコスト損失となった。ここでの前提条件は、風化岩層や高い水圧がリスク要因となるという認識であり、定性的に評価される不確かさである。

本事例のコスト損失発生機構を、リスク要因や不確かさに対するリスク認知と意思決定の過程としてまとめると図 2.4 のように表される。風化岩層や高い水圧が事業に影響する、という知識が欠如したため、詳細な地質調査が計画されなかった。すなわち、知識や情報が不足してリスクが認知されなかったこと、がコスト損失の主原因であり、その結果として必然的に、対象箇所の地質条件と乖離した地質条件が想定されたと理解できる。

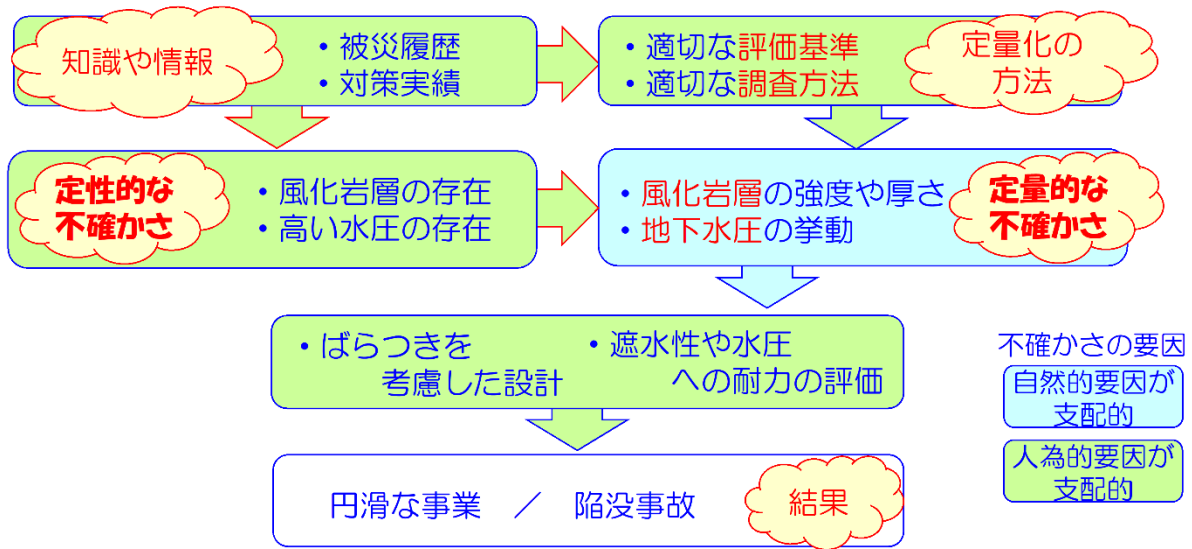


図 2.4 福岡地下鉄事故におけるリスク要因の関係

### 2.2.2 その他の事例でのリスク要因

令和3年に発生した北海道新幹線羊蹄トンネルは、トンネル施工中に、シールドマシンでは掘削不能となる硬質な岩塊群が出現し、事業費や工程に大きな影響を及ぼした事例である<sup>12</sup>。事前の地質調査において掘進困難な地質条件は確認されなかったため、SENS工法（シールドマシンでのトンネル掘削）を計画した（詳細は2.4.3節で解説する）。

本事例でのコスト損失の原因は、想定外の地質が出現したことであるが、当該地域に岩塊が分布することは一般的に認識されている。このため、リスクとなる地質事象として岩塊を特定していなかったこと、その結果として岩塊を評価するための的確な地質調査手法が用いられなかったことが、硬質な岩塊群の見落としの原因と考えられる。すなわち、地質条件のモデル化という人為的要因の処理に対しての、知識や情報の欠落が、コスト損失の原因と言える。

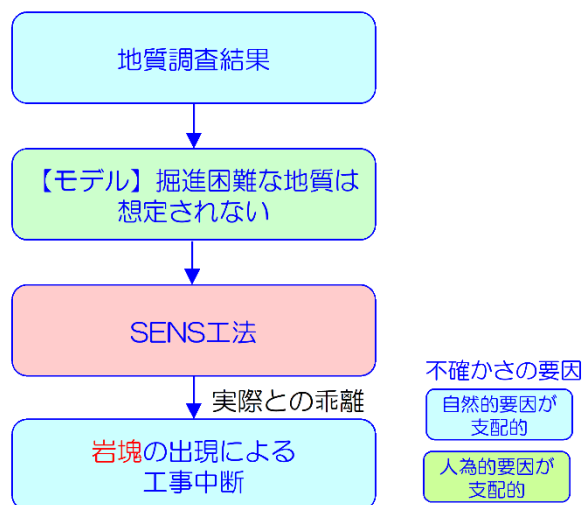


図 2.5 羊蹄トンネルのリスク要因と対応結果

一方、令和2年に発生した東京外かく環状道路の事例は<sup>13</sup>、シールドトンネル施工中に、過剰な土砂をシールド内に取り込み、地表に陥没を発生させた事故である。シールド掘削断面に地山の塑性流動性や止水性の確保が困難な、細粒分の極めて少ない砂層が、また掘削断面上部に、煙突状に変状が伝わりやすい単一の砂層が分布したことが原因とされる。これらの地質条件は、トンネル設計段階の地質調査結果で把握された。

この地質条件を踏まえた設計では、細粒分が極めて砂層を想定して事前に試験等を行い、施工方法を決定した。しかし事故後の検討では、細粒分だけでなく、細砂分が乏しい特徴も、塑性流動性が著しく低下した要因とされた。

本事例では、事前にリスクとなる事象が特定され、想定どおりの地質が出現した。しかしリスク対応のための塑性流動試験では、細粒分含有率のみを指標とし、細砂分含有率の多寡が指標とならなかったことが、事故の原因となった<sup>1</sup>。すなわち、事前の塑性流動試験の試料に対しての、自然条件が支配的な、粒度塑性のばらつきが事故の原因と言える。

しかしながら、地層の不均質さのほか、事故が発生した際の影響の大きさ（住宅地が陥没する）を考慮すれば、粒度構成の異なる複数の試料で試験を行う判断も考えられる。特定されたリスクに対する、評価手法（試料作成手法）の意思決定に関して、改善の余地があったと考えることもできる。

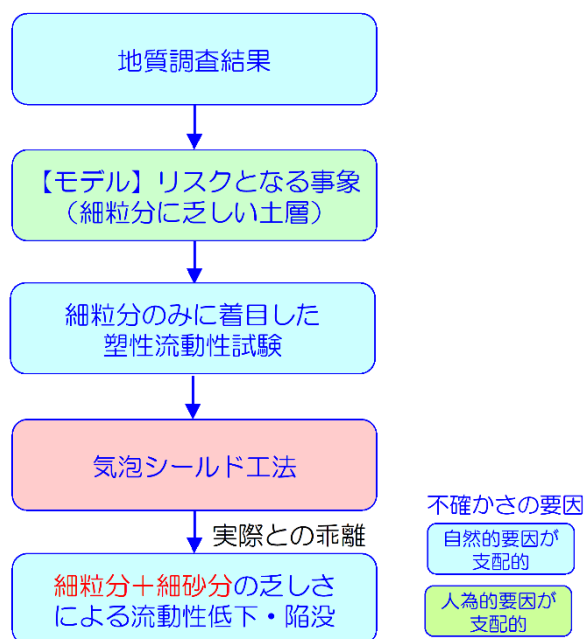


図 2.6 東京外かく環状道路のリスク要因と対応結果

### 2.2.3 コスト損失発生機構

コスト損失、とくにリスク要因の顕在化による事故の発生機構は、図 2.7 のように一般化される。

<sup>1</sup> 細砂の含有量を指標としてシールドトンネルの試験や設計が行われた事例は知られておらず、設計段階では定量的に把握されていながら、未知の不確かさであった。

先に述べたとおり，地質条件の不確かさに対して，自然的要因の定量的な不確かさが事故の原因となることは稀であると考えられる．これは通常，地質情報の不均質さに対し，その不確かさを許容できる解析設計手法が用いられているためである．安定計算における“安全率”などは，地質条件の定量的な不確かさを限りなく小さくすることができるならば，過大設計とされるであろう．しかし空間分布や物性及びその指標について，通常の土木事業でその不確かさを小さくすることは，人的資源や時間及び金銭的なコストから，非合理的である<sup>1</sup>．また，許容できない程度のばらつきが残っているとすれば，得られた地質情報に対する評価の失敗であり，これも人為的要因となる．

事故は，多くの場合は以下の2パターンで発生する．1つは，羊蹄トンネルの事例のように，リスク要因となる地質事象の見逃しがあるパターンである．もう1つは，東京外かく環状道路の事例のように，リスクとなる地質事象が特定された状態で，地質条件の不確かさを評価するための指標や，その指標を得るための調査・試験方法等，地質調査計画に失敗があり，事象を評価するための的確な指標が得られないパターンである．

これら，人為的要因による定性的な不確かさの評価や，定量的な評価のための計画の失敗は，事業としてすでに得られている情報（災害や対策の履歴）や，一般的な知識（岩塊の分布）が的確に用いられることで改善しうる．

ここで注意すべきは，通常の地質調査では，明らかになっている地質条件の定量的な不確かさは低減されるが，想定されていない地質条件の不確かさは低減されないことである．地質条件の指標は無数に存在し，事象に応じた妥当な調査方法がとられなければ，リスク要因は不確かなままである．福岡地下鉄の事例では，仮に詳細な地質調査が行われたとしても，風化岩層や高い水圧というリスク要因の知識が欠落していれば，これらに対する評価は行われなかったと推測される．同様に通常的设计業務では，要因が特定されたリスクを対象にリスク対応が検討されるが，リスクが特定されていない地質調査結果に対しては，リスク対応はなされない．

コスト損失の原因は多くの場合，リスクとなる地質事象に対しての評価手法や，事象の有無の定性的な評価，そのための知識，情報収集などの，人為的要因である．このためコスト損失発生を抑制するには，定性的な不確かさとしてリスク要因となる地質事象を特定し，的確に定量的評価を行うためのアセスメントが計画される必要がある．後述するとおり，これを担うのが地質リスクマネジメント業務であり，必ずしも高度な技術力を用いずとも<sup>11</sup>，関係者が保有する情報を丁寧に収集することで，コスト損失の発生を大幅に抑制できる可能性がある．

なおコスト損失の原因は人為的要因である，と述べたが，関係者の責任を問う意図ではない．むしろこの人為的要因“技術力”に基づいた評価や対応が，大多数の事業において，地質リスクを妥当に処理しコスト抑制に貢献していると考えられる．これについては3.2節で明らかにする．

---

<sup>1</sup> 原子力発電所のように，不確かさを限りなく小さくすることが合理的となる事業も存在する．

<sup>11</sup> 前例の乏しい先端技術や知識を用いたり，複雑な解析計算を行うことを必要としない．

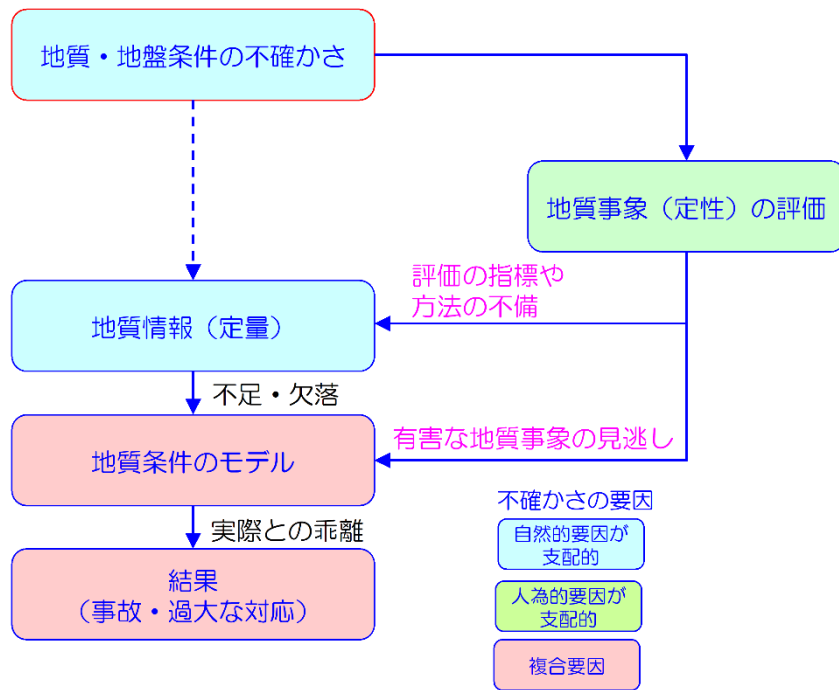


図 2.7 コスト損失の発生機構

## 2.3 事業状況の変化と地質リスクの増大

### 2.3.1 不確かさへの従来のアセスメント

従来の事業のプロセスにおいて、地質リスクへのマネジメントが完全に欠落していたわけではない。多岐にわたる地質条件の不確かさに対応するため、事業の段階に応じたアセスメントを行い地質事象の影響を軽減することが多くの技術基準書で推奨されている。事業の初期には重大な影響が懸念される地質事象への定性的な評価が行われ、後期には設計のための定量的な評価が行われる、という流れが合理的なアセスメントとされる（図 2.8）。

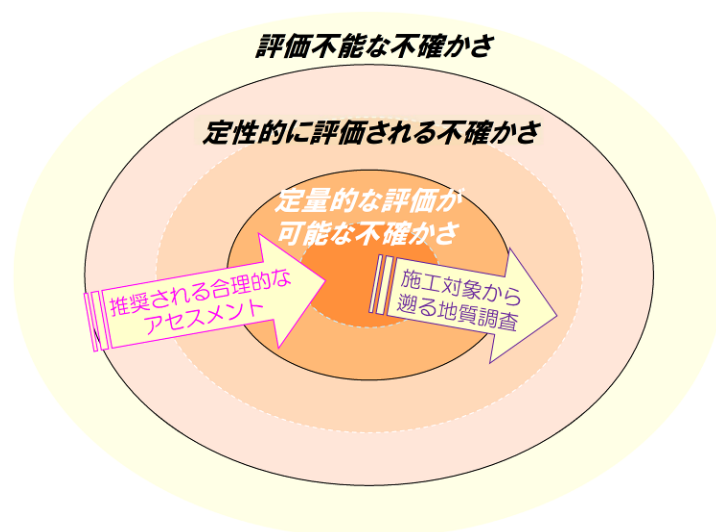


図 2.8 推奨されるアセスメントと簡便なアセスメントの流れ

『ガイドライン』策定の契機となる陥没事故が発生した，福岡地下鉄が設計された当時の『トンネル標準示方書〔山岳工法編〕同解説』でも，事業の流れと並行して段階的に地山条件の調査を行って情報を取得し，計画や設計へ反映がなされるべき旨が述べられている<sup>14</sup>。

しかし当該事故を含め多くの事業では，地質調査から設計施工までのプロセスは，最終的な施工対象から遡って計画されているケースが多いと推察される。トンネル建設という事業目的に対し，トンネルを施工するために設計を行い，設計に必要な，地質条件の定量的な評価のために地質調査を行う。この過程でリスク要因が発見されれば，別途そのためのアセスメントを行う，という流れである。

設計のための，特定の地質条件の定量化を目的とした地質調査業務では，発注された業務の目的や対象となっていない地質条件の不確かさは，必ずしも評価されない。すなわち，リスク要因となる地質事象の見落としが発生しやすいプロセスである。しかし従来の多くの事業では，このような“簡便な”プロセスでも，地質リスクによるコスト損失は，現在のように重要視されるほど大きくなかったと考えられる。その理由を以下で検討する。

### 2.3.2 不確かさと影響の減少

従来の事業では，“簡便な”アセスメントプロセスでも，地質リスクによるコスト損失は小さく，現在の事業ではそれが顕在化している。その一因は，従来から現在に至る事業状況の変化にともなって，地質リスクすなわち地質条件の不確かさやその影響が増大していることに求めることができる。以下に代表的な要因の状況変化を述べる。

#### a) 事業場の条件

事業の場としての地質・地盤及び地形条件（以下，事業場の条件）は，時代とともに変化している。

道路等を建設するためには土地が必要であるが，従来に比べ取得できる土地の選択肢が狭まっている。これは，未利用の土地が減少している一方で，高規格化や立体構造化により，必要な土地の範囲や幅も拡大傾向にあることによる。

ここで，土地には地質・地盤及び地形が付随する。取得できる土地に制約がなければ，災害要因の少ない地形（段丘面や丘陵など）を選択することができるが，土地が制限されたり，広い幅で土地を取得する必要があるれば，危険の大きな地形（急斜面や溪流など）を包有せざるを得ない。同様に従来は均質で工学的問題の少ない地質（段丘堆積物や健全な岩盤など）が分布する地域を選択できたが，現在は複雑で問題が多い地質（軟弱地盤や破碎帯の岩盤など）を回避できなくなる。事業における地質の不確かさが増大するのは当然と言える。

事業場の条件の変化が要因となったコスト損失の一例として，令和2年度の東京外かく環状道路での陥没事故が挙げられる。当該路線は当初地上での高架方式で計画されていたが，日照や騒音など地域環境への配慮のために地上を回避し，トンネル方式による大深

度地下空間での建設に変更された。事業の場が，地上に比べて施工実績が少なく，地質や地下水の挙動に対する不確かさが大きい条件下での施工となったことが，事故の遠因と捉えることができる。

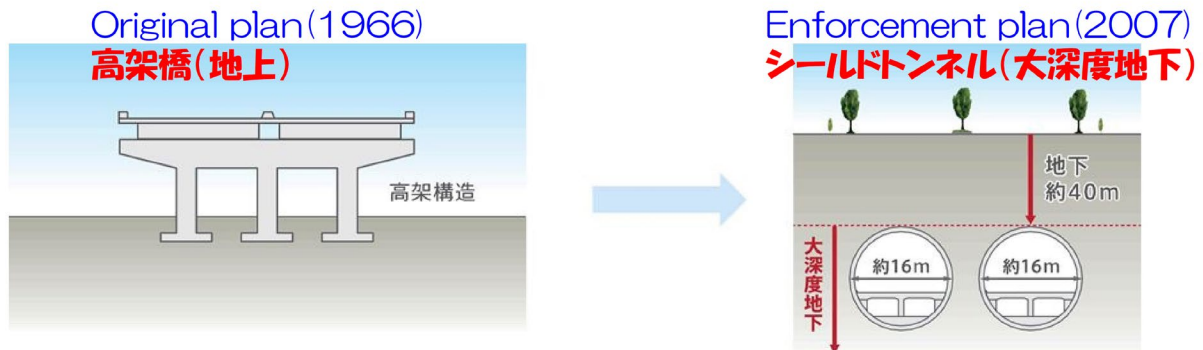


図 2.9 東京外かく環状道路の構造の変遷 (15に加筆)

なお土木事業の状況変化については，技術や環境を視座とした論考が複数あるが，これまで事業場の条件の変化は言及されてきていない。

例えば持永<sup>16</sup>は，道路土工技術の進展について，最初は作る技術，続いて安全，サービス，環境と変化してきた経緯から「次から次へと新しい要素が加わってきて，まるでむいてもむいても新しい皮が現れる，玉ねぎのようなもの」と状況変化を捉えている。用地や地価の面で最適としていた湿地での盛土に対して，アメリカのコンサルタントから自然環境への配慮を指摘されて驚いたエピソードが掲載されているが，道路建設で配慮すべき条件の変化を述べたもので，湿地という事業場の条件は不変として扱われている。

また土木学会創立100周年宣言では，状況変化への対応のため，学会内外のあらゆる主体との間で技術や事業等の連携や協力を推し進めることを意味した「あらゆる境界をひらき」との宣言がなされた<sup>17</sup>。これは『ガイドライン』のONE-TEAM体制を彷彿とさせるが，対応が必要なものとして公害や自然破壊，経済，安全といった施工に関わる条件が列挙され，事業場の条件の変化には言及していない。

事業場の条件の変化は，さらに以下のような事業状況への影響を与えており，地質リスクマネジメントの必要性の根幹をなすものである。

## b) 地質情報と人的資源

地質情報の変化は，地質リスクアセスメントの品質を低下させやすい状況にある。

前述のとおり，危険の多い地形や複雑な地質が事業対象となれば，より詳細で質の高いアセスメントが必要となる。災害や事故を契機に取得する地質情報が増加し，より高い精度でのアセスメントを求められるようになった事業は多い<sup>1</sup>。求められるアセスメントの品質が高まり，それに伴って取得する地質情報が増加し，かつ情報の取得方法も多様化

<sup>1</sup> マルパッセダム災害を契機としたダム基礎岩盤の調査や，バイオントダム災害を契機とした貯水池地すべりの調査，阪神淡路大震災後の液状化検討のための室内試験など。

しているが、アセスメントに費やすコストはむしろ減少傾向であることが、以下の状況から推測される。

一つには、アセスメントにおいて欠かせない人的資源の不足である。国土交通省によれば、2010年以降の10年間で、年間の建設投資額は50%以上増加している<sup>18</sup>。これにともない地質調査事業量も増加傾向があるものの、地質技術者数の指標として地質調査技士の登録者数はほとんど増加していない<sup>19</sup>。人件費や物価の上昇もあるため単純には比較できないが、人的資源が不足していることは『ガイドライン』でも指摘されている<sup>1</sup>。事業量の増加と、事業の場の不確かさの増大に伴って、取得される地質情報が増加する一方、人的資源が増加していないため、アセスメントに費やす人的資源は相対的に減少することとなる。

二つ目は、その結果として技術情報の蓄積が停滞していることである。経験や実績に基づいて設定された地質の評価指標に非常に古いものが多いことは、それを更新できるだけの質の高いアセスメントと技術情報の蓄積が行われていない証左と考えられる。例えば地すべり調査における変動の評価は、半自動記録器の普及などで高精度の地質情報を容易に得られるようになったにもかかわらず昭和40年代に整理された指標が技術基準書に掲載されている。また切土法面勾配の指標は、法高30mを超える長大のり面が多く建設されるようになったにも関わらず、長大のり面の実績が乏しかった昭和50年代の評価区分が使われている<sup>20</sup>。

アセスメントに費やす人的資源が減少し、アセスメントの品質が低下することは、事業における地質条件の不確かさが増加することを意味する。

### c) 技術の進展

技術の進展による安全性や生産性の向上は、事業の周辺環境が絶えず変化する中で、事業を円滑に推進するために大きく貢献しているが、これも地質リスクが増大する要因となりうる。

一つには、高度で精細な解析や設計手法の普及である。従来は一次元での静的な解析や、仕様設計が主体であり、前述の安全率を含め、やや過大で不経済になるとしても確実に迅速な事業を可能としてきた。一方で有限要素法解析や信頼性設計は、合理的で経済的な事業を可能にするが、各種パラメータ設定に関わる不確かさを的確に評価する必要が生じる。均質で実験によるデータ取得が可能な人工材料と異なり、不均質かつ限定的なデータしか得られない地質情報は、パラメータ設定に関わる不確かさが大きく、解析や設計結果に影響を及ぼしやすい。

二つ目は、施工技術の高度化に伴うジレンマである。従来の単純な技術は、組合せが容易で、非効率ではあるが多様な条件に柔軟に対応でき、地質調査や設計段階での不確かさを許容してきたと考えられる。一方、高度に効率化した施工技術には、一定の条件下では卓越した施工性や安全性を示すが、適用限界や許容範囲が狭く、不確かさに対応しづらい側面を有するものがある。

---

<sup>1</sup> 著者の体感として、事業量が減衰した1990年代後半～2010年頃までに就労した技術者が、相対的に少ない。

一例として、令和3年度の北海道新幹線羊蹄トンネルの工事を取り上げる。このトンネルでは、低強度の地山と多量の地下水への対応としてSENS工法<sup>1</sup>が採用された。ところが巨大な岩塊群に遭遇して掘進不能となり、迂回トンネルを作成して岩塊除去を行うこととなって、事業費と工程に大幅な影響が生じた<sup>21</sup>。従来のNATM工法<sup>11</sup>であれば、岩塊が出現しない区間では施工性が劣るが、遭遇した岩塊への対応は比較的容易、すなわち地質条件の不確かさを許容することができたと考えられる。

すべての技術ではないが、事業場の条件の悪化や、工程短縮、コスト抑制に対応するために進展した技術には、地質条件の不確かさに対する許容度が小さいものがある。このような技術は、特定の地質条件下においては従来の技術よりも無力となり、好ましくない地質事象が発生した場合のコスト損失、不確かさの影響が増大する。

#### d) 事業の周辺環境

自然事象の不確かさである事業場の条件だけではなく、人為的な作用が事業コストに与える影響も増大している。従来は存在しなかった施設や、制約が厳しくなった自然環境など、事業の周辺環境に対しても、地質の不確かさは影響する。

例えば軟弱地盤上に盛土を行う場合、解析によって求められた沈下量や沈下時間といったアセスメント結果の不確かさは、周辺に施設のない新規の道路であれば、工程や搬入する土量の変化など、その事業に対してのみ影響する。作業ヤード等の制約も少ないため、対策方法に自由度があり、安価な対応が選択可能である。一方で既設道路を拡幅するための盛土の場合、沈下量が想定外に大きくなれば供用中の道路を変形させ通行に支障を来す。作業ヤードも限られているため、対応するための工法が限定され、費用への影響も大きい。

地質事象の不確かさが同程度であっても、周辺環境への影響が大きくなる、という形で地質リスクは増大しやすくなっている。

#### e) 不確かさと影響が減少する要素

地質リスクが増大する状況変化を挙げてきたが、時代変遷によって減少する地質リスクも存在する。

地質調査や試験における技術の進展、新たな調査手法や機器の普及は、得られる地質情報の精度を向上させ、不確かさを小さくしている。

代表的な例として、地すべりのボーリングコア採取技術が挙げられる。従来の技術では、硬質部と軟質部が混在する地すべり土塊は掘削中に堆積構造が乱れやすく、すべり面を観察できるボーリングコアは稀で、コア観察で推定したすべり面深度には大きな不確かさが存在した。現在は掘削流体やビットの改良、送水量の調整技術などで、堆積構造の乱れが少ないコアを採取した事例が多数報告されており<sup>22</sup>、ボーリング地点で推定されるすべり面深度の不確かさは小さくなった。

<sup>1</sup> シールドマシンで掘削することで切羽の自立性が低い地山に対応しつつ、山岳工法に準じた支保工を用いることでコストを抑制する工法。

<sup>11</sup> 重機や発破で掘削し、モルタル吹付で切羽を安定させ、ロックボルトで支保を行う、1980年代以降の主要な山岳トンネル工法。

ただし多くの場合、高精度の地質情報を得る手法は従来の手法に比べ費用が大きく、適用は高い品質のアセスメントを求められる一部の事業に限られる。一部の事業にコストを費やすことで、その他の事業に費やすことのできる費用が削減されるおそれもある。

技術の進展による地質リスク減少の効果は、費用や人的資源に制約される。地質リスクによるコスト損失が顕在化していることを鑑みれば、先に挙げたリスク増大の要因を相殺できていないと考えられる。

### 2.3.3 マネジメントの必要性

事業状況の変化を表 2.3 にまとめる。現在の事業は、事業場の条件の悪化に加え、地質情報の増加に対する相対的な人的資源の不足によってアセスメント品質が低下するなど、地質条件に関わる不確かさが増加している。また不確かさへの許容度が小さい技術や、事業の周辺環境の制約は、好ましくない地質事象が発生した場合のコスト損失を増大させやすい。

事業状況の変化に伴い、地質条件の不確かさとその影響、すなわち地質リスクは増大する傾向にある。従来の事業プロセスでは、増大した地質リスクに対するマネジメントが不足し、コスト損失が発生しやすいことが示される。

表 2.3 事業条件の変化と地質リスク

条件	従来	現在	リスク増大
事業の場	安定した地形 信頼の高い地質	危険な地形 不確かさの多い地質	不確か さの 増大
地質情報	単純な取得方法 少量の情報	多様な取得方法 多量の情報	
人的資源	概ね一定 (不確かさや情報に対して相対的に減少)		
技術	不確かさを許容した 解析/設計/施工方法	効率化の反面、不確か さへの許容度が小さい	影響の 増大
周辺環境	不確かさは事業に 対してのみ影響	周辺の既存施設や自然 環境に影響	

## 2.4 コスト損失を抑制するためのマネジメントプロセスの検討

### 2.4.1 『ガイドライン』のマネジメントプロセスの課題

地質リスクの増大に対し、従来のマネジメントが不十分となる部分を、『ガイドライン』のマネジメントプロセスの、各段階の特徴と比較して考察する。

『ガイドライン』のマネジメントプロセスを図 2.10 に示し、従来の事業プロセスでの作業の主体を対比する。また各プロセスの概要と特徴、従来の事業プロセスでの課題を表 2.4 にまとめる。

『ガイドライン』のマネジメントプロセスでは、「①コミュニケーション及び協議」

は各プロセスに関わるもので、「②リスクマネジメントの計画」に始まり、「③リスクアセスメント」、「④リスク対応」、「⑤継続的な改善」に進んで「②マネジメントの計画」に戻る部分が主要なプロセスである。

「②リスクマネジメントの計画」は、マネジメントの体制や工程を計画するもので、委託業務の発注計画などにも影響する。またそのための、当該事業でのリスク基準の設定や、リスクの列挙、調査方針の決定も含まれる。従来のマネジメントでは、事業者内部や事業計画等の業務が担っており、施工対象から遡って地層の空間分布や物性の不確かさを低減するための定型的な調査方針を用いて、マネジメント計画がなされてきたと考えられる。リスク要因が画一的な事業では効率的であるが、現在はリスクとなる地質事象が多様化しているため、不十分な計画となりやすい。

「③リスクアセスメント」は、地質事象を明らかにし、リスク対応を検討するための基礎条件を整えるプロセスであり、従来のマネジメントでは主に地質調査業務が担当している。「地質・地盤条件等の調査」は、前段で決定された調査方針に基づいて地質情報を取得し、「リスクの特定」は、得られた地質情報からリスク要因となる地質事象を特定する。事業場の条件が単純、かつ不確かさを許容した技術を用いる事業には、設計施工に必要な、地層の分布や物性といった特定の地質条件の定量化を行う過程で、リスクの特定を行うことが可能であったと考えられる。しかしリスク要因の多様化・複雑化が進んでいる現在の事業では、特定の地質条件の定量化の過程では、リスクとなる地質事象の見落としが生じやすい。福岡地下鉄陥没事故における、“難透水性風化岩層の強度”などはその典型と考えられる。

「③リスクアセスメント」の「リスクの分析/評価」は、特定されたリスクについて、発生しやすさと影響の大きさなどを分析し、リスク基準との比較等によってリスク対応の要否を評価する。現在は、事業場の条件の変化に伴ってリスクの発生しやすさも複雑化しており、かつ周辺環境の変化に伴ってリスクが与える影響も複雑化している。このため分析評価結果は、知識や情報といった担当者の技術力によってばらつきが生じやすく、従来の、地質調査業務を主体としたプロセスでは不十分なアセスメント結果となりやすいと考えられる。

「④リスク対応」は、リスクの分析評価結果に基づき、リスクの回避・低減・移転・保有等の方針を選択し、最適な対応策を検討・実施する。実施のうち施工の部分を除けば、主に設計業務が担ってきたプロセスである。リスクの分析評価結果が一様であれば対応方針の意思決定も容易と考えられるが、現在の事業では不確かさの大きい分析評価結果に対して検討を行うこととなるため、リスク認知は担当者によって多様となり、対応方針の意思決定結果にもばらつきが生じやすい。

「⑤継続的な改善」は、リスクマネジメントのモニタリング及びレビューに基づき、体制の見直しや追加によってマネジメントの改善を図る。委託業務で不足している事項の抽出や、情報の引き継ぎなども含め、事業者が担ってきたプロセスである。従来は汎用的な知識を用いて、リスク対応の状況や残存リスクに関わる情報の引き継ぎが可能であったと考えられる。しかし現在は技術が高度化・複雑化しており、情報の発信や理解に際して高度な専門知識が必要で、情報伝達に障害が発生しやすい。リスクに関する情報が的確に伝達されなければ、マネジメント体制の適切な改善を図ることができないのは自明であ

る。福岡地下鉄陥没事故において、別工区の情報共有されなかった背景には、情報伝達の困難と、それに伴う改善の機会の喪失が一因として挙げられる。

以上のとおり、従来の施工対象から遡って地質リスクに対応するプロセスでは、事業状況の変化に伴って、リスクとなる地質事象の見落としや、不確かさの大きい検討結果が生じやすい。従来のプロセスでも“技術力の高い”“気の利いた”技術者が担当する事業では、従来と同品質のマネジメントがなされることが期待される。しかし土木事業においてコスト損失を抑制するためには、質の高いマネジメントが実施されるための制度設計、すなわち『ガイドライン』の示す、地質リスクを視座としたマネジメントが必要と考えられる。

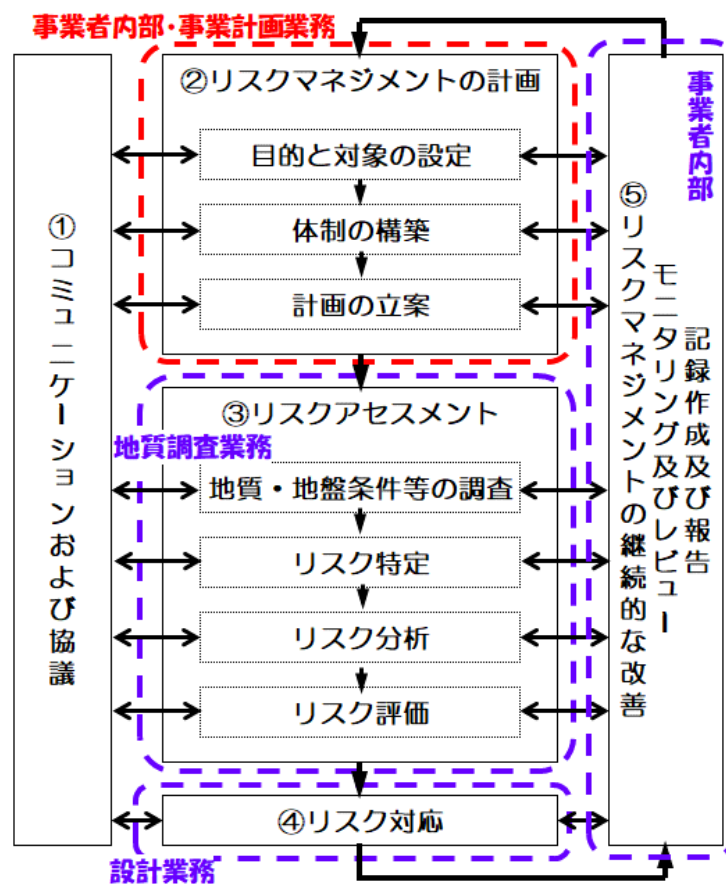


図 2.10 地質リスクマネジメントプロセスと主体となる業務

表 2.4 マネジメントプロセスの特徴と従来の課題

ガイドラインのプロセス	ガイドラインのプロセスの概要と特徴	従来のプロセスにおける課題
マネジメントの計画	委託業務の発注などの体制や工程の計画、リスク基準の設定や、リスクの列挙、調査方針の決定も含む。	対象とする主なリスクは、設計施工のための地質条件（地層の分布や物性）の不確かさで、リスクの多様化に対応しない定型的な計画となりやすい。
リスクアクセスメント	地質・地盤条件等の調査	地層の分布や物性など、設計施工のための特定の地質条件の定量化が主目的となり、多様な地質事象を網羅できない。
	リスク特定	調査で得られる情報が限定的であり、リスクとなる地質事象の見落としが生じやすい。
	リスク分析/評価	多様なリスクがあるため、担当者の技術力（知識や情報）によって分析評価結果のばらつきが生じやすい。
リスク対応	リスクの回避・低減・移転・保有等の方針や、対応策を決定。	不確かさの大きい分析評価結果に対し、リスク認知や対応方針もばらつきやすい。
継続的な改善（モニタリング及びレビュー）	情報やレビュー結果を共有し、体制の見直しや追加によるマネジメント品質の改善を図る。	技術の高度化に伴い、高度な専門知識が求められるようになり、地質リスクに関わる情報伝達に障害が生じやすい。

#### 2.4.2 プロセスとコスト損失抑制の機構

『ガイドライン』の各プロセスが、コスト損失の抑制、すなわちリスクの見落としや不適切なリスク対応を防止する機構を、事業の計画、予備設計、詳細設計の段階ごとに考察し、表 2.5 に整理する。

##### a) 事業計画段階

事業計画、福岡地下鉄の事例ではトンネル延伸を計画する段階では、事業箇所固有の地質条件や地質リスクは不明なことが多い。この段階では、汎用的なリスク要因<sup>1</sup>について、主に机上での文献や資料の調査に基づく検討が行われる。“難透水性風化岩”という特殊な地質事象は、通常の実業では調査の対象にならない。また得られる地質情報も乏しいため、リスクの分析評価や対応も困難である。

しかし事業箇所固有のリスクに関わる情報、すなわち別工区での対策状況や陥没の履歴が共有されれば、事業計画段階でもリスクとして認識できる可能性があり、そのためには「継続的な改善」のプロセスが重要となる。また豊富な知識や高い情報収集能力があれば、風化岩という地質事象がリスクとして特定される可能性があるが、これは「地質・地盤条件等の調査」における担当者の技術力に期待するものではなく、「マネジメントの計画」において情報収集能力を高める体制を計画することが求められる。

##### b) 予備設計段階

予備設計は、地質条件や施工計画も考慮して路線や縦坑の配置等を設計する段階であ

<sup>1</sup> 平野部のトンネルであれば、軟弱地盤や地下水の分布、井戸への影響など。

る。計画路線に沿った地質の分布や物性を現地調査で把握し、地質リスクへの対応が計画される。

“難透水性風化岩”というリスク要因が認識されていれば、これを分析評価するための的確なアセスメント計画が可能となる。リスク要因が認識されるためには「マネジメントの計画」において、風化岩という地質事象がリスクとして列挙される必要があり、知識や情報を得るための体制を計画することが求められる。

「リスクアセスメント」は、その調査計画によって得られる情報が異なるが、計画段階の資料調査に比べて現地調査で得られる地質情報は質が高く量も多い。このため汎用的な一リスク要因が認識されていない計画に基づく調査で得られた一地質情報によっても、リスクとして特定されたり、妥当な分析評価結果が得られる地質事象は多い。しかし一般にリスクとして認識されていない事象や、汎用的な調査では十分な情報が得られない事象に対しての、「リスク特定」や「リスク分析/評価」の結果は担当者の技術力に依存し、ばらつきが大きくなる。またばらつきの大きいリスク分析/評価結果に基づく「リスク対応」の結果も、人為的要因の影響を受けて結果がばらつきやすくなる。“難透水性風化岩”は、このような条件に該当し、リスク特定や評価、対応結果のばらつきが好ましくない結果<sup>1</sup>となって、コスト損失が生じたものと推察される。

「継続的な改善」は、このようなアセスメント及びリスク対応の結果の不確かさを踏まえた、詳細設計段階への的確な情報共有やマネジメント体制の見直しの機会となり、コスト損失抑制に寄与するプロセスになると考えられる。

### c) 詳細設計段階

詳細設計は、トンネル細部の設計や施工計画を行う段階である。地質リスクに関しては、予備設計での残存リスクへの対応、対策工の設計などが行われる。

この段階では、調査は限定的な地質条件に対して計画される。このため予備設計段階のように、得られた地質情報から新たなリスクが特定されることは期待できず、見逃されてきたリスクはコスト損失をもたらしやすい。すなわち、この段階でも「マネジメントの計画」においてリスクが列挙され、的確な調査方針が計画されることがコスト損失抑制に強く寄与すると考えられる。

詳細設計段階では、リスクとなる地質事象を対象として情報を取得し、的確に分析・評価を行い、その結果に基づいた最適な対応を選択することが、コスト損失を抑制することとなる。的確な分析・評価や対応のためには、地質事象と設計施工、事業の制約条件等の幅広い知識や情報が必要となり、技術力に依存しやすいプロセスである。

評価や対応の結果を受けて、残存リスク等を情報共有し、施工時のモニタリング体制の構築など残存リスクへの妥当な対応を実施するためには、「継続的な改善」の役割も重要である。

### d) コスト損失を抑制するプロセス

---

<sup>1</sup> リスクの見落としや、不適当な指標での地質調査、妥当性のないリスク評価結果に基づく不十分なリスク対応。

以上のとおり、事業の各段階において、「マネジメントの計画」でのリスクの列挙や的確な調査計画が、地質リスクによるコスト損失、すなわちリスクの見落としや、不適切なリスク評価・対応を抑制するための重要なプロセスになっていると考えられる。

また「継続的な改善」も、リスク情報の共有や、残存リスクへの対応、効果的なマネジメント計画のための重要なプロセスとなる。

一方で「リスクアセスメント」、とくに「地質条件等の調査」は、マネジメント計画に依存しているため、単独ではリスクの見落としを防いだり、的確なリスク分析のための地質情報を効果的に取得することができない。

もちろん「地質条件等の調査」がなければ的確なリスク評価や対応が行えないため、このプロセスの価値が低いことを述べるものではない。しかし「地質条件等の調査」は一般的に現地調査を伴い、相対的に大きな費用と期間が必要となるプロセスであるため、効率的な一費用対効果の高い地質リスクマネジメントとするためには、「地質条件等の調査」を最適化することが重要である。そのためには、従来は定型的に処理されてきたと考えられる「マネジメントの計画」や「継続的な改善」の質を高めることが重要となることを述べたものである。

表 2.5 プロセスごとのコスト損失抑制機構

ガイドラインの プロセス	事業の各段階におけるコスト損失抑制機構と留意点			
	事業計画 (例：トンネルの延伸計画)	予備設計 (例：施工計画も考慮した、具体的な トンネルの配置計画)	詳細設計 (例：トンネル細部や施工計画、リス ク対策の計画)	
マネジメントの 計画	○ 特殊な地質事象（風化岩）でもリスクとして認識するための、知識・情報が得られる体制の計画により、リスクの見落としを抑制。	○ リスクの特定や、リスク分析評価が可能なアセスメント計画により、適切なリスク対応が可能となる。	○ 適切なリスク対応を目指す調査計画によって、コスト損失が抑制される。	
リスクア セ ス メ ン ト	地質・地盤 条件等の調査	△ 机上での資料調査の段階。特殊な地質事象は調査対象となりづらい。	△ 計画や調査方針に依存し、単独ではアセスメントの品質が向上しない。	△ 計画や調査方針に依存する。
	リスク特定	△ 得られる地質情報が少なく、特殊な地質事象をリスクとして認識しづらい。	○ 調査で得られた情報からリスク特定が可能な事象は多い。	△ 得られる情報が限定的となるため、新たなリスクは特定されづらい。
	リスク分析/評価	△ 得られる地質情報が少なく、特殊な地質事象に対する分析評価は困難。	○ 得られる地質情報が少ない状態での分析評価となり、技術力に依存しやすい。	○ 得られた十分な地質情報に基づく、適切な分析評価結果がコスト損失を抑制する。
リスク対応	△ リスクアセスメントの精度が低く、適切なリスク対応は困難。	○ 不確かさの大きいリスク評価結果に対する対応となり、技術力に依存しやすい。	○ 質の高いリスク評価結果に基づき、適切なリスク対応がコスト損失を抑制する。	
継続的な改善（モニタ リング及びレビュー）	○ 事業固有のリスク情報が共有されれば、特殊な地質事象であってもリスクとして認識することが可能となる。	○ リスク評価や対応結果の不確かさも含め、適切な情報共有やリスクの引き継ぎによって、コスト損失の抑制が期待できる。	○ 施工時の残存リスクなどの情報共有や、モニタリング体制などで、リスク対応が完成する。	

○コスト損失の抑制に影響の大きいプロセス

△単独ではコスト損失抑制が困難なプロセス

### 2.4.3 アウトプットに着目したマネジメントプロセスの提案

#### (1) 地質リスクマネジメントの流れ

事業の各段階でのコスト損失抑制の機構、とくに地質リスクの見落としによるコスト増大を抑制するために効果的な地質リスクマネジメントについて、各プロセスのインプット、アウトプットを考慮して検討した（図 2.11）。また『ガイドライン』のプロセスと

提案するプロセスとを対比し、必要となる知識・情報を整理する（表 2.6）。

提案する流れでは、「状況の理解」「リスクの列挙」「マネジメントのデザイン」「地質調査計画」「地質の一次情報の取得・二次情報への加工」「リスク特定」「リスク分析」「リスク評価」「リスク対応」「継続的な改善」のプロセスによってマネジメントを行う。基本的には『ガイドライン』のマネジメントの流れを踏襲したものであるが、類似するプロセスとの区分や、重要なアウトプットを得る段階を明確にするために、プロセスを見直したものである。

表 2.6 提案するプロセスの概要と求められる知識

『ガイドライン』の プロセス		提案するプロセスの概要	必要となる主な知識
リスク マネ ジメン トの 計画	目的と対象の設定	状況の理解 (事業条件・周辺環境の理解)	事業全般の知識・情報
		リスクの列挙 (影響する地質事象の抽出)	設計・施工に影響する地質 事象に関わる知識・情報
	体制の構築	マネジメントのデザイン (役割分担や体制の構築)	リスクアセスメントや事業の 流れに関する知識・情報
	計画の立案	地質調査計画 (手順や方法・地質調査業務計画)	地質事象のアセスメント方法 (地質調査)に関する知識
リスク アセ スマ ン ト	地質・地盤等の調査	地質の一次情報の取得 (ボーリング・各種試験の実施)	地質情報の取得方法(仕様)
		地質の二次情報への加工 (断面図・地盤定数等のモデル化)	モデルの利用(設計・施工) に関わる知識や情報
	リスク特定	リスク特定	設計・施工に影響する地質 事象に関わる知識・情報
	リスク分析	リスク分析 (発生しやすさと影響の分析)	地質事象の発生や、事業への 影響に関わる知識・情報
	リスク評価	リスク評価 (リスク対応の要否の決定)	分析結果と事業条件を関連 付けるための知識・情報
リスク対応	リスク対応 (回避等の方針選択・対策設計)	対応方法と、残存リスク等を 関連付ける知識・情報	
モニタリング及び レビュー	継続的な改善 (マネジメント結果のレビュー・ マネジメントデザインの見直し)	事業全般と地質リスクを関連 付けるための知識・情報	
リスクマネジメントの 継続的な改善			
記録作成及び報告	記録作成及び報告 (リスク管理表の作成更新)	地質リスク情報の整理方法	

#### a) 状況の理解

リスクアセスメント等の計画を立てるためには、目的となる地質リスク事象が想定されている必要がある。リスクとなる地質事象が多様であり、該当する事象に対しての的確な調査計画がなければ、的確に分析評価できないためである。

リスクを想定するためには、計画している施設や工程・用地等の制約、事業の進捗と

発生している問題といった事業条件と、地形地質や水理等の地質に関わる周辺環境を把握する必要がある。これが状況の理解となり、リスクとなる地質事象だけでなく、当該事業の進め方など、広範な知識と情報収集能力が求められる。

前述のとおり、施工対象から遡れば、最小限の状況の理解で地質調査を計画することが可能である。現在の事業でも、事業条件の制約が少なかったり、問題が生じにくい地質条件であれば、従来と同様に施工対象から遡って地質調査を計画すればよい。ただし、施工対象から遡って計画してよい、とする意思決定のためには、状況の理解が必要である。

状況の理解は、事業の計画、予備設計、詳細設計等の各段階や、年次ごとの引き継ぎの際に、継続的な改善と合わせて行われる必要がある。なおここでいう事業は、事業全体（例えばある区間の道路建設事業）だけでなく、サブ事業（計画路線の中の1基の構造物に対して行われる調査から設計の過程）も意味する。

## b) リスクの列挙

得られた各種条件は、単独でリスク要因となる条件もあれば、条件の組合せによってリスクとなるものもある。橋梁の計画では、地形や地質条件に関わらず支持層の空間分布というリスク要因が生じる。また軟弱地盤や地すべりは、計画される施設に関わらずリスクとなる地質事象である。一方で難透水性風化岩は、福岡地下鉄陥没事故のように、地下水面より下方を掘削する工事ではリスク要因となるが、地下水が影響しない施工対象ではリスクとならない。

得られた条件を解釈し、リスクとその要因を想定するプロセスがリスクの列挙であり、マネジメント体制や地質調査を計画するための重要なアウトプットを得るプロセスとなる。この段階では、地質条件の不確かさへは定性的に評価されるものである。このため、とくに地質事象に関わる知識が必要となるが、設計や施工等、組合せによってリスク要因となる条件に関わる知識や情報も、列挙されるリスクの妥当性に影響する。

「状況の理解」と「リスクの列挙」は『ガイドライン』のプロセスの「目的と対象の設定」に該当する。なお「リスクの列挙」は、『ガイドライン』では「計画の立案（提案プロセスの「地質調査計画」）」にて行うこととなっている。しかしアセスメントの流れや体制は列挙されたリスクによって異なる（例えば軟弱地盤がリスクに列挙された事業と、地すべりが列挙された事業では、発注する委託業務内容が異なる）ため、「目的と対象の設定」に含まれるべきと考える。

また地質条件の調査の後に「リスク特定」のプロセスがある。検討の基となる情報や、結果の不確かさは異なるが、同様のアウトプットが得られるプロセスである。しかし、リスクの列挙はアセスメントのための事前の想定であり、リスクの特定はリスク対応のために事象を明らかにするためのものであるため、両者は同時には実施できないプロセスである。

## c) マネジメントのデザイン

マネジメントのデザインは、リスクアセスメントの手順や工程、役割分担と委託業務等の体制をデザインするプロセスである。

マネジメントの体制をデザインするためには、業務発注など事業に関わる知識が影響

する。一方でアセスメントの手順や工程を検討するためには、リスク対応までのマネジメントの流れに関わる知識や、当該事業の工程や地質リスク以外の制約条件などの情報収集能力も必要となるプロセスである。

マネジメントのデザインは、『ガイドライン』の「体制の構築」に相当する。『ガイドライン』では、「内部・外部から必要な能力・知識を持つ者からなる関係者を参画させるものとし、これら関係者の連携体制を構築するものとする。」としている。外部の関係者を参画させる枠組みは、現在の制度では主に委託業務であり、業務を発注するためのプロセスと位置付けられる。委託業務の内容や工期を適切に発注するために、マネジメントの手順や各業務の連携体制等を検討しておく必要があると考えられる。

#### d) 地質調査計画

地質調査計画は、前段で検討されたアセスメントの流れに従って、リスクの分析や評価を行うための地質情報を取得するための計画を立案するプロセスである。

事業の段階や列挙されたリスクに応じて、調査項目や数量、優先順位等を検討することとなる。例えば予備設計段階では、多様なリスクに対し“広く浅い”地質情報を得るための計画となる。福岡地下鉄陥没事故の難透水性風化岩のような、特殊なリスク要因が列挙されていれば、この事象を的確に評価するための調査項目や数量の立案が必要となる。地質調査計画を合理的に立案するためには、リスクとなる地質事象や事業の制約条件に関する知識や情報だけでは不十分な場合がある。地質調査は現地作業を伴い、費用や期間が大きくなるほか、地形や地質条件によっては適用できない調査項目がある。このため、各種調査項目の費用や適用条件、所要時間など、地質調査に関わる知識が求められる。

「地質調査計画」は、『ガイドライン』の「計画の立案」に相当するプロセスである。『ガイドライン』では、「計画の立案」では、事業でのリスク基準の設定や、リスクの列挙、コミュニケーション及び協議の時期等の計画も立案することとしている。しかし前述のとおり、委託業務によってマネジメント体制を構築するとすれば、リスクの列挙や連携の計画は、発注する委託業務の内容や工期を計画する「マネジメントのデザイン」にて行われている必要がある。このため、「マネジメントのデザイン」に続いて行われるマネジメント計画の対象を、リスクアセスメント（地質調査）としている。

#### e) 地質の一次情報の取得

地質の一次情報は、リスクアセスメントの流れや地質調査計画に沿った地質調査によって取得される。

地質の一次情報を得るための、物理探査やボーリング、各種試験は、仕様や基準、マニュアル等に従って実施される。作業の熟練による差異はあるとしても、担当者が有する知識や情報によらず、そのアウトプットは一定の品質となる。また、得られた地質情報の不確かさは、測定誤差などによって定量的に評価することができる。

#### f) 地質の二次情報への加工

二次情報への加工は、得られた一次情報を基に、設計施工の基本情報となる地質のモデル、地質断面図や地盤定数を作成するプロセスである。

一次情報の取得と異なり、モデルを利用する目的、設計施工の知識や情報が不足すると、不確かさに対して的確なモデル化を行うことができない。例えば風化岩は、掘削する目的に対しては、強度を高く、分布を広く推定することが、事業の安全性を高めるモデルとなる。一方で福岡地下鉄陥没事故のように、難透水層としての機能を期待するのであれば、強度を低く、分布を狭く推定することが、施工時のコスト損失発生を抑制するモデルとなる。

二次情報への加工のアウトプットは、その不確かさを定量的に評価できる（風化岩の強度であれば、モデルとした数値に対する統計的なばらつき）。しかしモデル化に際しての、担当者が有する知識や情報、すなわち人為的要因にも支配された地質情報であることに留意が必要となる。

「地質の一次情報の取得」「二次情報への加工」は、『ガイドライン』の「地質・地盤条件等の調査」に該当する。『ガイドライン』では、「地質・地盤技術者が通常行う地形・地質・地下水等の調査とこれを踏まえたリスク要因の考察、リスクの抽出まで」の広い範囲としている。これは、従来の地質調査業務として行われる一連のプロセスである。本稿ではプロセスを明確にするため、前後のプロセス（『ガイドライン』の「計画の立案」「リスク特定」）と重複する内容を省いた。地質調査業務としては、『ガイドライン』で示されるとおり、広い範囲を対象として実施され、前後のプロセスと重複する作業によってクロスチェックがなされるべきである。

また、仕様等で規定される「一次情報の取得」と、設計施工の知識や情報を必要とする「二次情報への加工」は、結果の不確かさの性質が異なる。さらに「一次情報の取得」は現地作業等を伴って大きな費用や期間を要するため、実務上は一連の業務として行われるものであっても、マネジメントプロセスとしては区分して扱うべきものと考えられる。

#### g) リスク特定

取得・加工された地質情報を基に、分析の必要があるリスクを特定するプロセスである。

「リスクの列挙」と同様に、単独で事業のリスクとなる地質事象だけでなく、設計施工や事業の制約条件との組み合わせによって事業のリスクとなる地質事象があるため、これらに関わる知識や情報が必要となる。

#### h) リスク分析

特定されたリスクについて、発生しやすさと、発生した結果の影響の大きさを分析するプロセスである。

地質事象の発生は、地質や地形、地下水等の多様な指標が影響するため定量的な評価が困難であり、担当者の見解によって定性的に区分されることが多い。

また影響の大きさも、事象の種類や規模によって異なるだけでなく、発生する時期など、事業に対しての影響の発生過程も多様であるため、定性的に区分することとなる。

このため地質事象の発生機構や設計施工への影響のしかた、事業の制約条件など、多様な知識と情報が必要とされるプロセスである。

#### i) リスク評価

分析結果を踏まえて、リスク対応の要否を決定するプロセスである。

リスク対応を実施しないことは、広義ではリスク対応の選択肢の一つ（リスクを保有する）である。ただし後続の「リスク対応」のプロセスは、解析業務や対策工設計業務として行われることが多い。リスク対応の実施を目的とする委託業務の要否を決定する必要があるため、「リスク評価」と「リスク対応」は区分することが合理的であり、『ガイドライン』でも区分している。

またこのプロセスでは、とくにリスク対応をしない場合には、その意思決定理由を記録し、事業を通して共有することが重要となる。これは、評価した時点の条件ではリスク対応が不要だが、事業の進捗に伴う条件の変化によって、対応が必要となる場合があるためである。

記録を的確に整理するためにも、リスク分析結果と、設計施工や事業の制約条件等に関連付けるための、知識や情報が必要となるプロセスである。

#### j) リスク対応

リスク対応の方針や対応策、残存リスクへの対応方法を決定するプロセスである。

リスク対応では、回避、低減、移転、保有が主な選択肢となるが、前述のとおり保有の場合は「リスク評価」にて記録を整理し完了する。移転は、保険など他者とリスクを共有する対応で、土木事業では選択されることは稀であろう。

リスク回避は、リスクとなる地質事象を除去したり、発生した地質事象が影響しない位置に施設を計画する対応である。また低減は、発生しやすさを対策工によって減じたり、計画した施設において地質事象の影響が小さくなる構造に変更する対応である。いずれの場合も、リスク対応として解析や設計が必要となる。

リスク対応では、段階を踏んで対応する場合があり、それぞれの段階での残存リスクへの対応も検討する必要がある。施工中の動態観測は、低減または保有した残存リスクへの対応の一手法である。

リスク対応のプロセスでは、設計施工だけでなく、これらと残存リスクなどの地質事象を関連付けるための知識や情報が必要となる。

#### k) 継続的な改善

リスク対応までの一連のマネジメントの実施状況のモニタリングや、結果のレビューをもとに、マネジメントの手順や体制の見直しを行うプロセスである。マネジメントの結果としての、目的への達成状況を検証し、リスクの特定や対応に問題が生じている場合は、良好なマネジメントとなるようデザイン等を見直すこととなる。

『ガイドライン』では「モニタリング及びレビュー」と「リスクマネジメントの継続的な改善」の2つのプロセスに区分しているが、いずれもマネジメントプロセス全体を対象とし、極めて密接に関連するプロセスであるため、本稿では「継続的な改善」の1つのプロセスに統合した。

マネジメントプロセス全体を対象とするため、地質事象から設計施工、また事業条件等の幅広い知識と情報が必要となるプロセスである。

## 1) 記録作成及び報告

記録や報告は、各プロセスで行われる必要がある。一連のマネジメントの結果としての記録作成及び報告は、担当者に入れ替わり等が生じた場合でも、事業における不確かさを適切に共有し引き継ぐために、重要なプロセスである。

『ガイドライン』では、地質リスクに関わる情報として、地質の必要性能や推定性能、不確かさの状況と性能への影響等を挙げており、リスク対応において、①リスクの項目、②リスクの位置や範囲、③リスクの内容、④結果の大きさとその根拠、⑤発生しやすさとその根拠、⑥評価の結果、⑦リスク対応結果、⑧残存リスクへの対応、等の整理を求めている。これらの情報を、各プロセスで作成することによって、リスクに関わる情報の蓄積更新が適切に行われるものと考えられる。

このプロセスは、他のプロセスのアウトプットの整理であるため、記録の様式や作成方法が確立されれば、専門的な知識は必要とされないプロセスと考えられる。

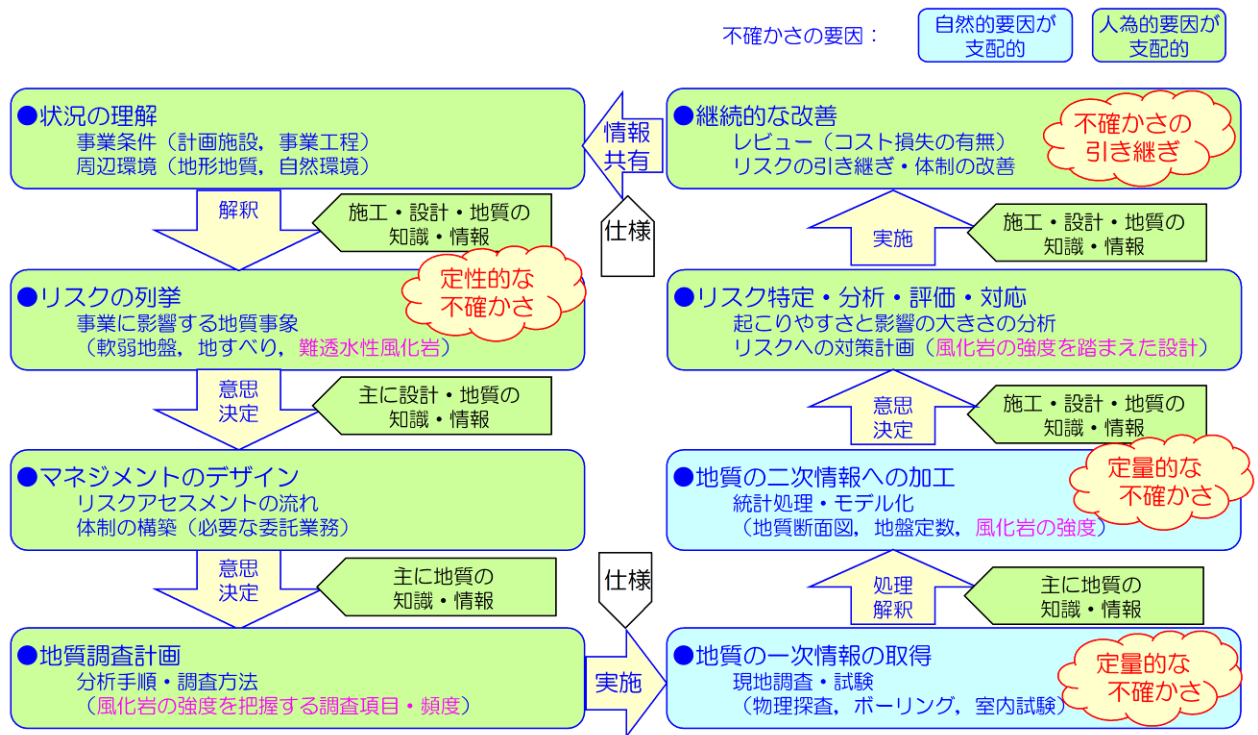


図 2.11 不確かさの要因に着目したマネジメントプロセス

## (2) 羊蹄トンネルでのプロセスの分析

提案したマネジメントの流れで、前出の令和3年度の北海道新幹線羊蹄トンネルの事例を概観し、コスト損失抑制の可能性を検討する（図 2.12）。

最初に、岩塊という地質事象のリスクは、「状況の理解」や「リスクの列挙」の段階では認識されなかった。これは、約 5.5km 区間に対し「事前のボーリング調査では数百メートル間隔で 20 本超を実施したが察知できなかった」<sup>23</sup>が、掘削不能となった幅 20m 程度の岩塊の有無を把握しようとするれば 100m あたり 5 本程度のボーリング調査が必要で、連続的な情報を得るためには物理探査が計画される。ただし地質事象を認識していながら、「マネジメントのデザイン」や「地質調査計画」のプロセスで、地質調査に関わる体制や知識が不足したため、効果的でない地質調査が計画された可能性もある<sup>1</sup>。

岩塊がリスクとして特定されなかった理由として、評価できない不確かさと認識した可能性がある。羊蹄山の西麓に古羊蹄山の山体崩壊で発生した流れ山地形が分布することは広く知られており（例えば吉田<sup>24</sup>）、定性的な評価で存在が推論され、地質調査によって分布の定量化が可能な事象である。しかし地形と流れ山や岩塊を結び付ける知識が不足していれば、偶発的な事象（例えば、耕作者が改変した地形）と誤認しうる。

また岩塊を、リスク対応が不要な事象と評価した可能性もある。一般的には山岳トンネルにおいて、硬質な岩塊は施工性に影響するものの、重大なリスクとは認識されない<sup>25</sup>。実際に用いた SENS 工法に関わる知識が不足したり、SENS 工法が状況の理解の段階で条件に挙げられていなければ、事業のリスクとなる地質事象として認知されない。

これらのコスト損失要因は、いずれも「状況の理解」や「リスクの列挙」における、定性的に評価された不確かさにおいて発生している。このため関係者が連携し、地質調査から施工に至る広い分野の知識を活用することや、採用する工法に関わる情報の共有がなされることで、岩塊を地質リスクとして特定し評価できた可能性がある。

この後のプロセス、地質情報の取得・加工や、リスクの分析・評価をいかに精緻に行っても、コスト損失を抑制することはできない。例えばボーリング調査を倍増させても、岩塊を対象とした調査計画ではないため岩塊が発見される可能性は低く、幸運に岩塊が発見されたとしても、リスク事象として認識していないため、地盤の硬さが不均質という評価に止まり、工法の変更には至らない可能性が高い。

ところで当該トンネルの起点側工区には、同様に SENS 工法で計画しながら、令和2年の時点で岩塊（礫）に遭遇し NATM 工法に切り替えた区間がある。そのリスク対応結果にもとづいたレビューがなされていれば、令和3年の工事における岩塊の遭遇は予測できた可能性がある。しかし令和2年の岩塊遭遇の結果を受けても、その先の区間は「礫のリスクは低い」と判断された<sup>26</sup>。隣接工区の結果が活用されず、同質のリスク要因によるコスト損失が発生した流れは、福岡地下鉄陥没事故と相似する。

---

<sup>1</sup> 設計段階でも物理探査が行われていたが、測定間隔の設定や、データの解析において、硬質な岩塊と火山灰など脆弱な土質が混在する特性が考慮されず、有用なモデルが作成されなかったものと推測される。硬軟が不均質に混在する、という認識を持たなければ、物理探査データは解析によって均等化されるためである。結果的に、岩塊遭遇後に、残区間の地質調査として再度物理探査が行われている。

もちろん令和2年の段階では、当該工区はすでにSENSI工法での工事が進んでいたため、起点側工区の結果を活用したとしても、令和3年の岩塊遭遇は避けられない。しかし岩塊遭遇のリスクが予見されていれば、その後の対応期間を多少なりとも短縮できた可能性がある。

プロセスの面から考察すれば、岩塊が地質リスクとして列挙されなかったことがコスト損失発生の直接的な原因である。事業の早い段階にリスク列挙のプロセスが組み込まれていれば、リスクとして抽出され、見落としによるコスト損失を低減できた可能性がある。また隣接工区での地質リスク対応結果が、継続的な改善のプロセスで活用されなかったことも、コスト損失を拡大した原因の一つである。これらのプロセスが機能するための体制の構築がなされなかった、すなわちマネジメントのデザインが欠落していることが、コスト損失の根本的な原因と考えられる。

当該事例の分析は断片的な情報によるものであるが、人為的要因で定性的な不確かさがコスト損失発生の原因となっており、適切なマネジメントプロセスによって損失の軽減が可能であったと推察される。令和4年の有識者会議において『ガイドライン』を参考とすべきことが指摘されている<sup>27</sup>ことは、この分析結果と調和する。

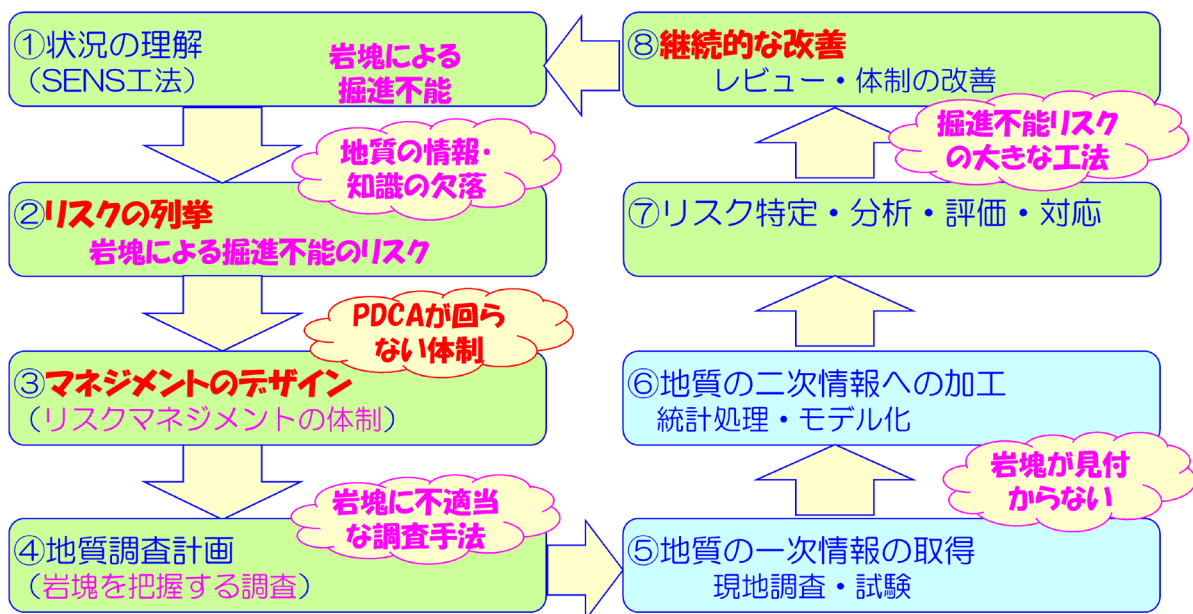


図 2.12 羊蹄トンネルでのプロセスの不備とリスク発現の関係

### (3) 地質リスクマネジメント業務の役割

『ガイドライン』では体制の構築に際しての関係者の役割として、事業者の中から「地質・地盤リスクマネージャ」を選任し、必要に応じて「リスクサブマネージャ」や「リスクアドバイザー」も委託・委嘱することを推奨している。

「リスクマネージャ」らの役割は、各プロセスに必要な知識や情報を関係者に与え、マネジメントの品質を高めることである。とくに、地質事象と設計施工の関連付けといった、複数の業務内容に関わる知識や情報を用い、またそのための連携や情報共有の中核と

なって、各業務の隙間を埋める役割が重要になると考えられる。

しかし事業者内部には、地質リスクに関わる知識や情報が豊富な技術者は多くない。このため地質リスクに関わる知識や情報の多くは、「リスクマネージャ」を補佐する「リスクサブマネージャ」や、助言を与える「リスクアドバイザー」からもたらされることになる。外部の関係者である「リスクマネージャ」や「リスクアドバイザー」は、地質リスクマネジメント業務を介して体制に組み込まれることとなる。

ここでは既存の委託業務の枠組みの中で、地質リスクマネジメント業務を導入することによって、地質リスクに関わる知識や情報をもたらすことを提案した。近年は事業促進PPPの適用範囲が拡大しており、「リスクサブマネージャ」ら外部の関係者を、事業促進PPPにおける民間技術者チーム<sup>28</sup>の一員として体制に組み込むことも検討されるであろう。また全国地質調査業協会連合会（2024）は、民間技術者チームの一員としての専任制を緩和し、地質リスクアドバイザーを事業に組み込む方法を提案している<sup>29</sup>。リスクマネージャを組み込むための事業体制については、その役割も含めて、4.3.3節で再考する。

## 2 章引用文献

- <sup>1</sup> 国土交通省大臣官房技術調査課，国立研究開発法人土木研究所：土木事業における地質・地盤リスクマネジメント検討委員会：土木事業における地質・地盤リスクマネジメントのガイドライン，pp. 10，2020.
- <sup>2</sup> 国土交通省大臣官房技術調査課，国立研究開発法人土木研究所：土木事業における地質・地盤リスクマネジメント検討委員会：土木事業における地質・地盤リスクマネジメントのガイドライン・概要とポイント，pp. 18，2020.
- <sup>3</sup> 日本規格協会：対訳 ISO31000：2018 リスクマネジメント-指針，2019.
- <sup>4</sup> 土木学会：岩盤構造物の建設と維持管理におけるマネジメント-ジオリスクマネジメントへの取り組み，2009.
- <sup>5</sup> 地質リスク学会，社団法人全国地質調査業協会連合会：地質リスクマネジメント入門，オーム社，2010.
- <sup>6</sup> 地盤工学会：講座：地盤工学におけるリスクマネジメント 2. リスクとリスクマネジメント，地盤工学会誌，Vol. 59，pp. 100-107，2011.
- <sup>7</sup> 日本応用地質学会：連載講座：地質体における土木地質調査の要点 (1)連載を始めるにあたって，Vol. 61，pp. 192-197，2020.
- <sup>8</sup> 緒方裕光：リスク解析における不確実性，日本リスク研究学会誌，19(2)号 pp. 3-9，2009.
- <sup>9</sup> 酒井泰弘：ケインズの蓋然性論とナイトの不確実性論，彦根論叢，2013 冬，pp. 050-068，2013.
- <sup>10</sup> 日経コンストラクション：過信が招いた施工管理不足，2015 年 12 月 28 日号，pp. 41-45，2015.
- <sup>11</sup> 福岡地下鉄七隈線延伸工事現場における道路陥没に関する検討委員会，国立研究開発法人土木研究所：福岡地下鉄七隈線延伸工事現場における道路陥没に関する検討委員会 報告書，2017.
- <sup>12</sup> 北海道新幹線（新函館北斗・札幌間）の整備に関する有識者会議：北海道新幹線（新函館北斗・札幌間）の整備に関する報告書（令和 4 年報告），2022.
- <sup>13</sup> 東京外環トンネル施工等検討委員会有識者委員会：東京外環トンネル施工等検討委員会有識者委員会報告書，pp. 6-3，2021.
- <sup>14</sup> 土木学会：[2006 年制定] トンネル標準示方書 [山岳工法編] 同解説，2006.
- <sup>15</sup> 東日本高速道路(株)関東支社東京外環工事事務所：外環まめ知識，<https://tokyo-gaikan-project.com/library/trivia02.php>，2025 年 10 月参照.
- <sup>16</sup> 持永龍一郎：土工技術の進展から見たこれからの道路技術について，土木学会論文集，2002 巻 707 号 pp. 1-19，2002.
- <sup>17</sup> 土木学会：土木学会創立 100 周年宣言-あらゆる境界をひらき、持続可能な社会の礎を築く-，2014.
- <sup>18</sup> 国土交通省総合政策局情報政策課建設経済統計調査室：令和 5 年度（2023 年度）建設投資見通し 概要，2023.
- <sup>19</sup> 全国地質調査業協会連合会：新たな時代の地質調査業発展ビジョン-2020 年代を駆け抜けるた

- 
- めの地質調査業の羅針盤-, 2021.
- <sup>20</sup> 日本道路協会：道路土工-切土工・斜面安定工指針(平成 21 年度版), 2009.
- <sup>21</sup> 北海道新幹線（新函館北斗・札幌間）の整備に関する有識者会議：北海道新幹線（新函館北斗・札幌間）の整備に関する報告書（令和 4 年報告）, 2022.
- <sup>22</sup> 脇坂安彦, 上妻睦男, 綿谷博之, 豊口佳之：地すべり移動体を特徴づける破碎岩-四万十帯の地すべりを例として-, 応用地質, Vol. 52, pp. 231-247, 2012.
- <sup>23</sup> 北海道新聞：2023 年 2 月 25 日記事.
- <sup>24</sup> 吉田英嗣：流れ山分布の地形学的特徴からみた古羊蹄火山の巨大山体崩壊, 地学雑誌, 124(4) pp. 575-586, 2015.
- <sup>25</sup> 物理探査評価研究小委員会基盤内弱層検討ワーキンググループ：トンネル地質調査におけるリスクマネジメントシステム導入の提唱, 応用地質, Vol. 44, pp. 36-47, 2003.
- <sup>26</sup> 鉄道・運輸機構：さまざまな工法を使い分け、自然環境を守りながら進むトンネル工事, 鉄道・運輸機構だより, No. 67, pp. 14-19, 2020.
- <sup>27</sup> 北海道新幹線（新函館北斗・札幌間）の整備に関する有識者会議：北海道新幹線（新函館北斗・札幌間）の整備に関する有識者会議（第 1 回）議事概要, 2022.
- <sup>28</sup> 国土交通省：国土交通省直轄の事業促進 PPP に関するガイドライン, pp. 4, 2024.
- <sup>29</sup> 全国地質調査業協会連合会：令和 6 年度版地質リスクマネジメント技術支援業務発注ガイド（案）-事業促進 PPP 等の品質向上のために-, 2024.

### 3 担当者の役割認識の影響

#### 3.1 役割認識のばらつきの原因

##### 3.1.1 担当者の役割認識に着目する理由

前章ではコスト損失抑制のために効果的なマネジメントプロセスを検討した。しかし筆者は、プロセスを整備するだけではコスト損失の抑制は困難であると感じる。なぜならば、マネジメントプロセスで常に要求される「コミュニケーション及び協議」が現状では効果的に機能していないためである。

コミュニケーション及び協議が機能しない原因として、“土木と地質”という異なる学問を背景とする担当者が協働するため、言語的なコミュニケーション不全が発生する、という理由が挙げられる。担当者どうしが用いるスキーマや知識に相違があり、情報が正しく伝達されなかったり、伝達した情報が意図どおり理解されないことで、コミュニケーションの不全が生じ、対応すべき地質リスクが対応されない、という構図は容易に想像することができるであろう（図 3.1）。リスクコミュニケーションの課題については別途検討する（4.1 節）。

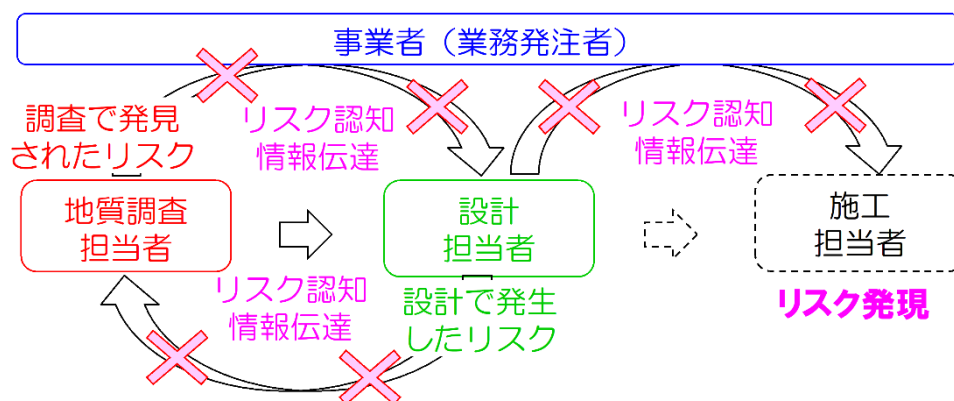


図 3.1 言語的なコミュニケーション不全によるコスト損失の概念

しかし実務での観察では、地質リスクマネジメントを行ううえでの、担当者の役割認識ばらつきが、コミュニケーション不全に大きく影響している、と感じられる。協働する担当者の、リスクアセスメントやリスク対応の主体に対する認識が異なり、自分ではないだれかがリスクアセスメントを行っている、という誤解が発生している。リスク対応がなされていない状態の地質調査業務成果に対し、リスク対応がなされていると誤解して設計を開始すれば、リスクは見過ごされるであろう（図 3.2）。

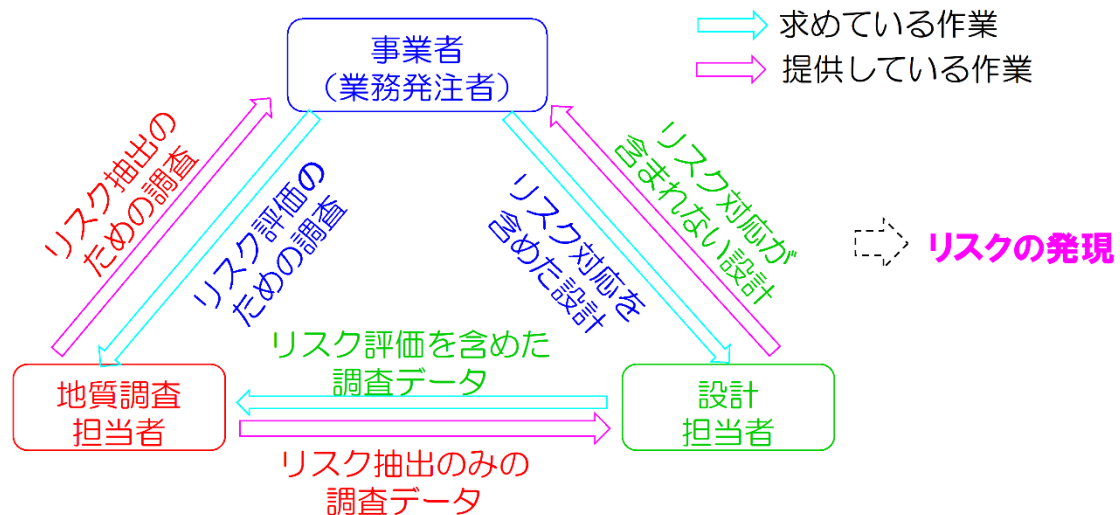


図 3.2 役割認識の相違によるコミュニケーションの不全の概念

福岡地下鉄の事例では、報告書からはそれぞれの担当者の認識は読み取れない。しかし、工学的な発生機構のほかに配慮すべき事項として、「①設計・施工における意思疎通」が挙げられ、「調査、設計、施工にあたっては、関係者は、最終的にどのように使用されるかも含めてその目的を十分に踏まえ（中略）リスクの低減に努める必要がある。」<sup>1</sup>と指摘されていることから、地質調査に対する地質リスクの位置付けや、地質調査結果に対する地質リスクアセスメントの状態などについて、担当者間で認識の不整合があり、リスクが看過されたことが示唆される。

『ガイドライン』で、リスクを“我がこと”として連携・共有することが重要である、と述べられているのは、リスクを“他人ごと”と認識する担当者が存在し、それによってリスクアセスメントやリスク対応の不全が生じることを示唆している。なお本稿では、役割認識は、担当者の責任感や倫理観といった資質を示すものではなく、リスクアセスメントの成果<sup>1</sup>が、結果として“我がこと”“他人ごと”の品質であることを意味する。前述のコスト損失発生機構で、地質条件の定性的な不確かさの評価が重要であることを示したが、評価を行う主体は役割認識によって異なり、結果として“他人ごと”の対応を取る担当者の存在が的確な評価の障害となっている可能性がある。

### 3.1.2 制度環境の影響

担当者、ここでは地質技術者の役割認識のばらつきについて、制度環境によって、担当者が作成する成果物がどのようにばらつくか推論する。逆説的であるが、成果すなわちアセスメント結果のばらつきは、役割認識のばらつきに対比することができるであろう。

事業を遂行するうえで、関連する地質調査業者（地質技術者）や土木コンサル業者（設計者）は、事業者（監督員）を含め、それぞれを組織として存在する。Scott（2013）に

<sup>1</sup> ここでの成果とは、地質断面図や調査報告書等の有形の成果物だけでなく、その過程での行動や態度を含む。

よれば、組織の正統性は、「規制 (regulative)」、 「規範 (normative)」、 「文化・認知 (cultural・cognitive)」という制度環境上の3つの柱によって表すことができる (米澤, 2022) <sup>2, 3</sup>.

地質技術者や設計者は、業務として事業者と契約しているため、契約を遵守する必要が生ずる。契約の一部をなす、設計書や共通仕様書、特記仕様書に定められた内容も、これを満足しなければ、瑕疵や契約不履行となり、重大な懲罰が科されることになる。契約に基づく正統性は、制度区分の規制に該当する。

地質技術者は、調査・試験の方法や、作業量、報告様式などについて、設計書や仕様書、またはこれらで指定されている規格や技術基準書等を遵守して業務を実施する。規制に従った成果とは、業務を成立させ、懲罰を科されないため、“必要最小限”の成果物、およびそれを作成する作業である。ただし、報告書や地質断面図のように、その内容までは規格化や様式化がなされていないものもあるため、規制を遵守するだけでは、業務の目的を満足するための“必要十分”な成果物は作成されない。

規格化がなされていない成果物は、規範や文化・認知によって作成されると考えられる。契約書では、業務の目的が記載され、これを満たす成果が求められている。しかし業務の目的は、「〇〇(事業)において、地質調査を実施し、△△(設計対象)等に関わる基礎資料を得る」など、曖昧に記載されていることが多い。このため、例えば業務報告書であれば、検討・報告すべき事項は仕様書(契約)で定められているとしても、検討する手法やその程度は担当者の裁量に依る部分が大きく、相当のばらつきが発生する。担当者は、業務の目的を満足するために、“善良な管理者の注意義務”に代表される良識や常識、すなわち「規範」に基づいて、慣例や先例を参考とした、標準的で“必要十分”な内容の成果物を作成することとなる。

“必要十分”な成果は、その利用者である事業者や設計者の用途に足りるものである。しかしこのような成果の作成過程では、事業の品質をより高める(コスト損失をより低減する)機会を逸している可能性がある。例えば福岡地下鉄の事例では、より慎重に成果を作成しようとするれば、設計業務にリスク要因(難透水性の風化岩)を的確に伝達したり、リスク要因を的確に評価することができた可能性がある。

このため、事業者や設計者の地質条件の理解を促す目的で、地質データの解釈の過程や、暗黙知によって設定される部分を可視化するための、必要以上の説明や資料が添付された、“丁寧”な成果もよく見受けられる。また、地質調査対象の周辺で問題となる地質事象の抽出や、地質調査を含む今後の事業方針への提言など、契約上の業務目的には含まれないが、事業の品質を高めようとする、“世話焼き”な成果も散見される。担当者が自主的に作成したものか、発注者の要求によるものかを問わず、これらは、業務の条件によって作成の可否が異なり、標準的・規範的な業務成果とは言えない。このような成果は、文化・認知に従って作成されるもの、と分類することができる。

担当者が、標準に比べ検討時間などコストを投じて“丁寧”や“世話焼き”な成果を作成する理由について、実務の観察や経験から、以下のようなことが考えられる。一つには、良質な成果を作成することによって、業務評価点など発注者の評価を高めることや、その結果としての業務受注機会の拡大、競争優位の獲得といった企業としての戦略のほか、これらを通じて雇用者からの評価を高めるといった労働者としての戦略的な誘因、であ

る。また戦略とは別に、自己有用感、すなわち事業にとって担当者が必要とされていることを感じるためや、自己実現欲求、すなわち自分の能力を発揮しようとした結果、という側面も有するであろう。

Parker et al. (1997) は、仕事や作業環境に対する従業員の認知を説明するものとして「仕事志向 (work orientation)」という概念を用い、これは「戦略志向 (strategic orientation)」と「役割志向 (role orientation)」の2つのタイプに分かれるとした。戦略志向とは“仕事に組み込まれている戦略についての認識あるいは信念”である。戦略志向が高い従業員は、戦略や組織の目標から派生する諸原則を理解し受容しているため、自らの仕事や作業環境を戦略や組織の目標に関連付けて認識し、環境の変化に対して的確な行動を採ることができる。他方、役割志向とは“特定の仕事上の役割に関する境界についての認識あるいは信念”であり、役割志向が高い場合は自分の仕事に対する心理的領域が「広くかつ柔軟」であるが、低い場合は「狭くかつ硬直的」となり、他人の仕事で問題が生じても無関心となる (渡辺, 2008) <sup>4, 5</sup>。

「文化・認知」に基づいて行われる作業は、地質調査業務で期待される「規範」に基づく成果に比べ、事業の品質を高める (コスト損失を低減する) ものとなる。このうち“世話焼き”な成果は、事業の目標に対して、地質リスクアセスメントをより高い精度で実施してコスト損失の低減する、すなわち事業の品質を高めるための、高い戦略志向に基づいた行動と捉えることができるであろう。また“丁寧”な成果は、関係者どうしの仕事の境界を柔軟に扱い、情報共有や連携を円滑にするための、高い役割志向に基づいた行動によると捉えることができるであろう。前者が自然的要因としての地質事象への働きかけであるのに対し、後者は人為的要因であるコミュニケーションの質を高めることで事業品質を高める、間接的な働きかけとなっている。

企業としての戦略や、技術者個人の動機があるとしても、「文化・認知」に基づく成果は、『ガイドライン』の文言に当てはめれば“我がこと”の認識に基づいて作成される。

“我がこと”の認識を有さなければ、事業は事業者の、設計業務は設計者のものであり、その品質を高める動機は発生しない。すなわち“他人ごと”の認識では、“必要十分”を超える成果を作成できない。

以上のとおり、制度環境の帰結として、同一内容で発注された地質調査業務 (リスクアセスメント) であっても、その成果は“必要十分”なものだけでなく、“丁寧”や“世話焼き”な成果が作成され、あたかも“他人ごと”と“我がこと”の役割認識によって作成されたかのようなばらつきが生じると考えることができ、そのばらつきは制度環境上の正統性によって容認されている (表 3.1)。

表 3.1 制度に基づく成果のばらつきと役割認識の関係

制度の区分	行動の根拠	成果の概要	認識
規制 (regulative)	契約・設計書・仕様書	<b>必要最小限</b> 「業務」の達成。 作成しないと不履行となる成果。	他人ごと ↑
規範 (normative)	良識・慣例	<b>必要十分</b> 「業務目的」の達成。 成果の利用者（設計者等）にとって不足が生じない成果。	
文化 (cultural) 認知 (cognitive)	戦略志向 (work orientation /strategic)	<b>世話焼き</b> 「リスクアセスメントの品質」への貢献。 設計書の要求よりも高度な品質の成果。	↓ 我がこと
	役割志向 (work orientation /role)	<b>丁寧</b> 「共有・連携」への貢献。 事業全体の品質の整合や、関係者の理解を促すための成果。	

### 3.1.3 コスト構造の影響

地質調査業務のコスト構造の面から、リスクアセスメント成果のばらつきの要因を考察する。

通常的地質調査業務の主要な費用は、「一般調査費」「解析等調査費」で構成される（表 3.2）。「一般調査費」は、ボーリングや各種試験実施のための労務費や、材料、機械や計測器の損料、燃料といった直接調査費、運搬仮設などの間接調査費で構成される。

「解析等調査費」は、主としてデスクワークに関わる人件費である。試料採取や計測器のデータ収集のみを目的とする場合などを除き、大多数の地質調査業務は、なんらかの地質条件の不確かさを低減することを目的として、「一般調査」と「解析等調査」の両方を実施する。

「一般調査」に含まれる作業は、概ね「規制」で定められた、設計書の数量に合致し、かつ規格や基準に依拠した成果作成が求められる。工事と異なり、1件ごとの業務費が小さい地質調査業務では、生産性<sup>1</sup>を高めることが困難な内容である。ボーリングの専門業者は、個人や小規模な経営企業が多く、ボーリングマシン等の主要機材の更新頻度は低い。地質調査業界は中小企業が大半を占めることと合わせ、高性能な機材や掘削システムの導入による生産性向上には課題が多い<sup>6</sup>。このため地質調査業者は、作業の習熟度を高めることが、「一般調査」の生産性を向上させるためのほぼ唯一の手段となっているようである。また、各種試験や材料も、少量多項目で発注されているため、スケールメリットは発生しづらい。

<sup>1</sup> ここでの生産性は、投入される材料費や作業時間（人件費）等のコストに対して、産出される価値（成果）として用いる。

一方「解析等調査」で産出される成果，すなわち地質断面図や報告書は，「規範」や「文化・認知」によって作成される．これらの生産性向上には，高性能なパソコンやソフトウェアの導入といった作業環境の改善の効果よりも，知識や経験すなわち技術力の向上の効果が大きいと考えられる<sup>1</sup>．これは，リスクマネジメントの意義として挙げられている，「目的の設定及び達成を行い，（中略）組織における価値を創造し保護する人々が使用するためのもの」<sup>7</sup>に資するために，地質調査業務で一定品質のアセスメント結果，“世話焼き”や“丁寧”な成果を生産する場合の話である．

リスクマネジメントの一環としての地質調査業務ではなく，地質調査業務だけを切り取れば，「解析等調査」の作業では，「規範」に基づいた“必要十分”な成果を目指し，「文化・認知」に基づく“世話焼き”“丁寧”な成果の作成を省くことで，少ない労働力で多量の成果を産出する－生産性を高める－ことができる．当然ながら，一定品質のリスクアセスメントを目標としてないため，事業において効果的な地質リスクマネジメントを行ううえでは，不十分な品質のアセスメント結果となるおそれがある．

業務コストの制約が弱ければ，地質調査業者や地質技術者は，前述の外発的及び内発的な動機があるため，「戦略志向」「役割志向」に基づいた“世話焼き”や“丁寧”な成果を作成すると考えられる．しかし制約が強い条件下では，「規範」に従って“必要十分”の成果を作成することで，限られたコストでの地質調査業務の完遂を目指すことになるであろう．さらに言及すれば，“必要最小限”の成果を目指すことも可能であると考えられる．これは，地質調査に関する発注者と地質調査業者間での情報の偏在によって，“必要十分”と“必要最小限”の成果を容易に区別できないためである．

「一般調査」も，コストの制約が強まれば，「規範」や「文化・認知」によって実施されていると考えられる，作業の安全や環境への配慮など，設計書の数量として現れない作業を省く可能性がある．ただしこれらを省けば，事故等の業務遂行上の重大なリスクが増加し，そのリスクが顕在化した場合，「解析等調査」の成果と異なり明確な罰則を科される．このため，一般調査でのコスト抑制幅は小さいと考えられる．

さらに「一般調査」は，業務条件の不確かさの影響を受けやすい．業務は標準的な「積算基準」や「市場単価」によって積算されるが，地質性状や現地条件によって，ボーリング掘進や運搬仮設等の作業能率が大きく異なる．事業用地を取得する前に行われることが多いため，地権者による農耕地等の利用が優先され，作業期間や運搬経路が限定され非効率な作業を強いられることは，多くの地質調査業者が経験するものであろう．

このような不確かさに備えれば，現場作業の多い「一般調査」でのコスト抑制を計画することは困難であり，コストの制約は，アセスメントの品質に関わる「解析等調査」の成果に強く影響しやすくなることが予想される．

コスト構造に着目すると，地質調査業務の遂行に際してコストの制約が強まった場合，“我がこと”の認識に基づいて作成される“丁寧”や“世話焼き”，すなわち事業の品質を高めるための成果のためのコストが削られやすい．その結果，“必要十分”な成果だけでなく，場合によっては“必要最小限”の成果が作成されるため，地質調査業務を多

---

<sup>1</sup> 熟練技術者が3日で作成した技術資料に対し，若手技術者は，熟練技術者の資料を参考にしたにもかかわらず，同様の資料の作成に8日を要したことがある．

数実施しても、コスト損失発生を抑制するためのアセスメントが行われたいおそれがあると言える。

表 3.2 地質調査業務の価格とコストの概要

	業務価格の主な構成	成果との対比	主なコストと縮減策
一般調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>現場作業（ボーリング、サンプリング、原位置試験等の現場作業）</li> <li>現場作業に伴う運搬仮設</li> <li>室内試験</li> <li>データシート等の整理</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>必要最小限の成果作成に必要な項目</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>作業のための労務費</li> <li>機材の損料・燃料費</li> <li>各種材料費</li> <li>交通費</li> </ul> <縮減策> <ul style="list-style-type: none"> <li>作業の熟練による労働時間の短縮</li> </ul>
解析等調査	<ul style="list-style-type: none"> <li>地質断面図の作成</li> <li>地盤定数等の検討</li> <li>リスク事象等の検討</li> <li>報告書の作成</li> <li>打合せ・資料作成</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>必要十分・世話焼き</li> <li>丁寧な成果作成に必要な項目</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>検討のための人件費</li> <li>PCやソフトウェアの使用料</li> </ul> <縮減策> <ul style="list-style-type: none"> <li>技術力向上による労働時間の短縮</li> <li>低い品質目標の設定</li> </ul>

### 3.1.4 業務リスクによるアセスメント品質のばらつき

業務条件の不確かさは、業務コストを介して成果品質の低下をもたらしやすい。それだけでなく、担当者に対して多様な業務リスクを発生させ、“丁寧”や“世話焼き”な成果作成に対して負の動機となることが考えられる。

地質調査業務は、準委任契約であることに加え、実務を担当する技術者の裁量が強く影響する。このため、業務の発注者である事業者と、受注者である地質調査業者、その担当者である技術者は、それぞれの立場での業務条件の不確かさに直面し、異なるリスク認知と、リスクへの対応行動を取る可能性がある<sup>1</sup>。

業務遂行上の担当者間のリスク認知と対応行動を推論するうえで、本稿では、情報の非対称性に着目する。情報の非対称性は、二者間の取引において、取引される製品に関わる情報が偏在した状態を指す。多くの優れた情報を保有している側は、機会主義的行動（自己にとって都合のよい行動）をとることが容易となる。

Akerlof (1970) は、情報の非対称性の結果として、いわゆる逆選択の問題を提示した。品質に関わる情報を保有する販売者は、機会主義的行動として低い品質の商品を高い価格で販売でき、購買者はそれに対処するため、市場の平均的な品質を想定した支払い意思額を設定する。高い品質で妥当な価格が設定された商品は購買されないため、低い品質の商品（を販売する業者）だけが市場に残る、という問題である<sup>8</sup>。

<sup>1</sup> 北海道開発局の『測量等調査業務契約書』では、主任技術者は契約金額の変更など一部の権限を除き、「この契約に基づく受注者の一切の権限を行使することができる」と記されており、受注した企業の代理人的な行動を取ることができる。

地質調査業務においても、成果の品質に関わる情報は地質調査業者に偏在する。業務費に対して低い品質の成果が納められることがないように、事業者が購入価格（業務費）を抑えようとすれば、結果として低い品質のアセスメント成果となる、という事象が起こりうることを、以下で推論する。

#### (1) 業務条件に関する情報の非対称性

業務遂行に影響する条件は多様であるが、主な条件に関する知識・情報の偏在を、観察結果や文献から推論し、表 3.3 にまとめる。

事業に関する情報として、地質調査に関連する設計業務等の実施は、業務中の調査内容の追加・変更の可能性に影響する。このため、当該年度の設計等の事業目標や、関連業務の実施状況、発注予定などの情報は、地質調査業務条件の不確かさとなり、一定程度は受注者も収集できるものの、基本的には事業者側に偏在する。

現地作業の条件として、近接する工事の実施など、現地作業の支障条件についても、事業者だけが把握できる場合が多い。一方で、現地での運搬仮設作業は、地形図等による標準的な評価と実際の難易が大きく異なることがあり<sup>1</sup>、これは現地の担当者である地質技術者に情報が偏在する。また、ボーリング掘削の難易や、原位置試験におけるデータの取りやすさも、事業者や、地質調査会社からは把握できない情報となる。

業務遂行のための資源とコストについて、業務に配分可能な予算は事業者のみが把握しており、受注者がアセスメントのための的確な試験項目の追加を提案した場合に、認可が容易になされる業務と、多量の説明資料を求められる業務が発生する。また配分可能な物資・人員は、業務受注計画など企業全体の資源配分に影響されるため、地質調査会社としては把握できるが、個別の業務を担当する地質技術者には情報が不足する。一方で、現地作業を含めて業務にかかる時間や、実際に必要な物資・人員についての情報は、業務担当者のみが実態を把握できる。

成果物は、前述のとおり同一内容の業務でも質がばらつく可能性がある。その品質や、検討の難易を、事業者が評価することは困難であり、地質調査会社や地質技術者に偏在する。一方で、成果に対する理解の程度は、受領する事業者のみが把握しており、理解のために要求される資料内容など、求められる成果品質の程度は、地質調査会社や地質技術者には把握できない。

---

<sup>1</sup> 現場内運搬において、地形図には表現されていない作業道が存在し、標準に比して大幅に作業時間を短縮できる場合など。

表 3.3 業務条件と情報の偏在

業務条件に関する情報		情報の質・量				
事業の情報	当該年度の事業目標	事業者	地質調査会社	地質技術者	>	—
	関連する他業務の有無				>	—
作業の条件	現地作業の支障条件				>	<
	運搬仮設の難易				<	<
	調査・試験の難易				<	<
資源	配分可能な予算				>	>
	配分可能な物資				—	>
	配分可能な人員				—	>
コスト	必要な時間				—	<
	必要な物資				—	<
	必要な人員	—	<			
成果物	品質	<	<			
	理解の程度	>	>			

(2) 担当者間のリスク認知

このような情報の非対称性の中で、それぞれの担当者間に、どのようなリスク認知と対応が生じるか、以下で推論する（図 3.3）。

a) 発注者と受注者間でのリスク認知と対応行動

事業者と地質調査業者間においては、業務内容と条件が設計図書として共有される。しかし前述のとおり、業務の目的は曖昧に記載されていることが多く、業務内容や条件の詳細な情報は、契約時点だけでなく業務遂行中においても、事業者に偏在する。例えば関連する設計業務の進捗状況に応じ、事業者は比較的容易に業務内容の変更を要請することができる。

対して地質調査業者や担当技術者は、作業量が増やされることで、資源の不足や作業時間増加のため他の業務遂行の支障が生じたり、業務全体の作業量の減少もしくは利益率の小さい作業の増加で利益が減少するリスクを抱えることとなる。このようなリスクを回避するため、すでに実施している作業や変更要請された作業内容の難度を過剰に報告し、作業量の増加に伴う資源の不足や作業時間増加の回避を試みることが考えられる。また追加される作業に対して過大な見積もりを作成して利益の確保を目指す可能性も生じる。

業務費の見積もりは、作業の難易に関わる現場の詳細な条件や、標準的な積算に対する業務コストなどの情報が、地質調査業者や担当技術者に偏在した状態で作成される。このため機会主義的行動、すなわち過大な見積もりの作成が可能となる。

事業者は、過大な見積もりによって不必要な費用を支払うリスクがあるため、設計変更の対象を制限してそのリスクを低減するか、設計変更に関わる根拠資料を過剰に求める可能性が生じる。

梶浦ほか（2024）は、請負工事における設計変更に関して、発注者の振る舞いやモラル

ハザードを制御・監視する制度的フレームワークが不十分であるとし、「発注者に有利な利得バランスで帰着する可能性が高くなる」と指摘している<sup>9</sup>。請負工事と委託業務を安易に同一視することはできないが、現場条件に関わる情報の非対称性は、発注者側の過剰なモニタリングなどによって、必ずしも受注者が優位に作用しないことが示唆される<sup>1</sup>。

#### b) 地質調査業者と担当技術者間のリスク認知

業務を受注した企業と、実行する担当技術者間には、業務条件に付随して、資源の配分に関わる情報の非対称性が存在する。

企業側は、経営計画、とくに業務受注の計画や、その業務の難易に応じて、経営資源を配分する。業務遂行に必要な経営資源としては、人員の配置や、担当技術者のものも含めた時間、またボーリング班など企業内外の労働力や資機材が該当する。

担当技術者は、地質調査会社内の他の業務が優先されて、担当する業務の資源が要求どおり分配されないリスクや、予定外の業務の担当を追加され、元の担当業務で費やすことのできる作業時間が減少し、時間外作業時間が増える、といったリスクを抱えることとなる。このようなリスクを低減するために、必要な資源を過剰に要求して、要求が削減されても業務遂行に支障のない資源の確保を目指したり、業務の難度を過大に報告して、担当業務を追加されないことを試みる可能性がある。また、成果の質を低下させる、すなわち“世話焼き”や“丁寧”な成果作成を目指さず、“必要十分”や“必要最小限”の成果を目指して、業務遂行に必要な作業時間を削る対応もとられるであろう。

担当技術者の対応行動のうち、資源の過剰な要求や業務難度の過大な報告は、現場の状態や、事業者からの要求の詳細など、業務の詳細な条件に関する情報が、担当技術者に偏在しているため可能となる。

企業側は、担当技術者の過剰な要望や難度の報告によって、人員や資機材が不足するリスクを抱えている。これの対応として、直接的には担当技術者の要求や報告を割り引いて受け取ることが考えられ、間接的には発注者に対して過大な見積もりや難度の報告を行うことになるであろう。

業務とは別に、雇用者と被雇用者の関係として、報酬に関する裁量は企業側が保有するため、リスクへの対応行動の選択肢は企業側に多いように見受けられるが、技術者側も、業務遂行の困難を過剰に報告したり（シグナリング、これについては4.3節で詳述する）、成果の品質目標を低下させるといった、企業への貢献を低減する対応を取ることができると考えられる。

---

<sup>1</sup> 公的機関の事業者（発注者）と民間企業の担当者（受注者）では、契約が実質的に片務的となることが指摘されている。観察において、設計書を逸脱した作業内容であっても、発注者の要請を拒絶する技術者は極めて稀である。

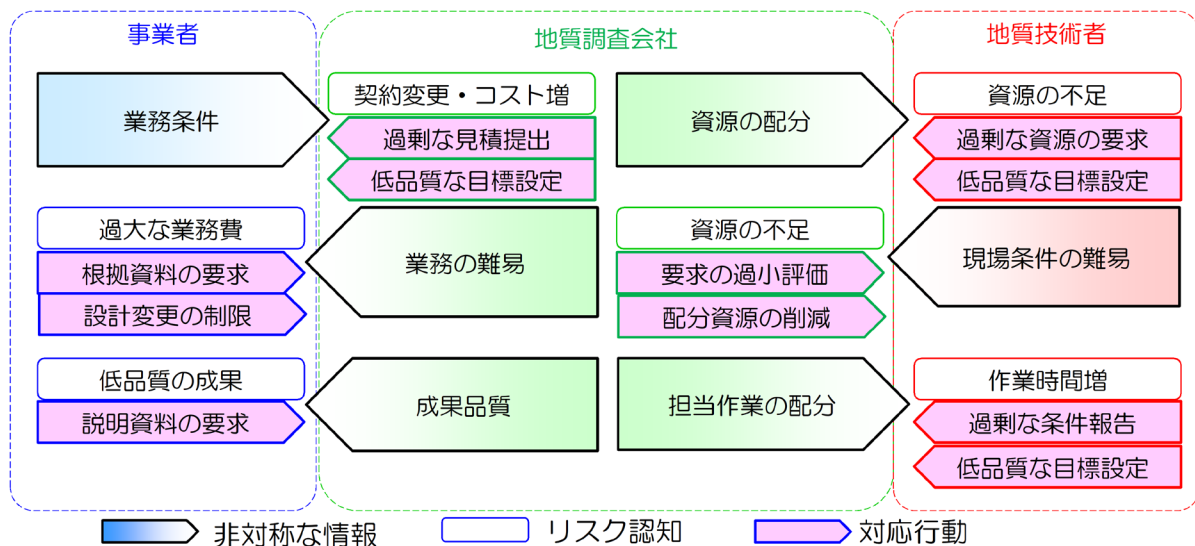


図 3.3 事業者・地質調査会社・地質技術者間の情報の偏在と対応行動

### (3) 業務リスクへの対応と成果品質のばらつき

成果の質を低下させて作業時間を削減する，という担当技術者の対応行動を述べた．これは，事業者と，地質調査業者または担当技術者の間で，情報の非対称性が大きいために成立する．

事業者に所属する技術者は，ほぼ全員が土木工学分野の出身者であり，地質学の知識が不足している．土木工学が 4.1 節で述べるとおり，“現在を基に将来を創造するための学問”であるとすれば，地質調査業務の成果は，“現在”が示されていればよいこととなる．さらに地質断面図や報告書に示された“現在の成り立ち”の妥当性については，事業者側の技術者は，地質学的な知識の不足のため容易に判断することができない<sup>1</sup>．妥当性を不問とした“現在”を示す成果は，すなわち「規制」に基づいた“必要最小限”の成果でよいから，地質リスクのアセスメントとしては“必要十分”とは言えない可能性がある．

自らの知識不足によって，“必要十分”ではない成果を受け取るリスクを抱える事業者の対応行動として，地質調査業務の成果を直接利用する設計者に確認させる，という行動がよく見受けられる．実際に利用する設計者にとって“必要十分”であれば，業務目的を満足するためである．さらに，設計者に確認させる目的や，知識不足を補うことを目的として，過剰な資料を要求することもある．

受注者の作業時間が増大する原因として，事業全般で「“過剰な資料”，“念のための資料”の作成や，作成した資料の修正などによる手戻り」が指摘されている（土木学会，2024）<sup>10</sup>．このすべてがリスク認知への対応行動の結果とは言えないが，事業者から“念のための資料”を要求されることにより，受注者側の作業時間が増加しやすいことを示唆する．

<sup>1</sup> 地質学的見地から，妥当性が乏しい，ときには明らかに誤った地質断面図等が，受領された成果物として散見される．

このような事業者の要求は、遑って業務条件に対しての、地質調査業者や担当技術者にとって利益の減少や作業量の増加といったリスクとなるであろう。

このほかにも多様なリスク認知と対応行動が考えられるが、事業者、地質調査業者、担当技術者それぞれの対応行動が、他者にとってのリスクとなって、新たな対応行動に至らしめることが示唆される。これらの対応行動で回避されたリスクは、最終的に成果の品質のばらつき（低品質な成果の目標）につながると推察される。業務の遂行に対して問題となる、現場作業の安全や業務の完了検査などと異なり、成果品質のばらつきは、事業者が成果品質の妥当性を判断できない条件においては、顕在化しないと考えられるためである。また、地質調査業者による事業者への過剰な見積もりの提示や、技術者の所属会社への過剰な資源の要求は、認められないおそれがあり徒労に終わるリスクが介在するのに対し、低い成果品質の目標設定は、リスク低減の実現性が高いためである。

Wang and Watanabe(2020)は、中国でのバイオマス発電において、行政、発電所、仲買人、農家の各者が、生産や買い取りに関わる多様な不確かさから生じるリスク認知への対応行動として、他者へのリスク転嫁を行い、結果として当人のリスクをも増幅し、全体として生産量減少の原因となっていることを示した<sup>11</sup>。

地質リスクのアセスメントにおいても、その品質低下は、担当者間での業務遂行上のリスク転嫁の結果として説明しうる。すなわち、業務条件の不確かさに対して、事業者が過剰な支払いの回避しつつ、自らは評価のできない成果の品質を確保しようとするれば、過剰なモニタリングが発生する。これに対し、地質調査会社や担当技術者は、過剰なシグナリングによって業務費を確保したり、成果品質の目標を“必要十分”“必要最小限”とすることで利益の減少を回避する。情報の非対称性が大きい<sup>1</sup>ため、これらの機会主義的な対応行動は両者にとって容易である<sup>11</sup>。

#### (4) コスト損失発生に対する役割認識の影響

2.2節で述べたコスト損失の発生機構は図 3.4のとおりである。リスク要因に着目した場合、地質条件に対する定性的な評価結果の不確かさの結果として、地質条件の定量的な評価指標やその方法の不備のほか、地質事象の見落としを生じ、事故につながることを述べた。

役割認識の影響は、この機構に対して、定性的な評価結果の品質を低下させると考えられる。図 3.5のとおり、地質条件の不確かさは、業務条件の不確かさに影響し、業務リスクを増大させる。さらに業務リスクや、コストのリスクは、担当者間でのリスク転嫁を助長し、成果に対する低い品質目標設定の動機となる。制度環境の正統性は“他人ごと”の役割認識に基づいた成果を許容する。結果として“我がこと”すなわち“丁寧”や“世話焼き”な成果が作成されず、“必要十分”あるいは“必要最小限”の成果が作成される

<sup>1</sup> 事業者が監督する必要がある業務が多いことも、個別の業務条件や成果に対する理解の支障となり、機会主義的な行動を助長すると考えられる。

<sup>11</sup> 本稿では担当者間の閉じた関係でのリスク転嫁関係を考察した。地質調査会社が、ボーリング専門業者への支払額を、積算上の価格より抑制するなど、外部にリスクを転嫁している状況も観察されている。

ようになる。当然ながら、品質の低い成果では、情報共有や理解が促進されず、地質条件の定性的な評価の質が低下する。さらに 2.3 節で述べたとおり、地質条件の不確かさ・複雑さは、過去に比べて増加している。このことも、業務リスクを増大させ、成果品質の低下を助長していると考えられる。

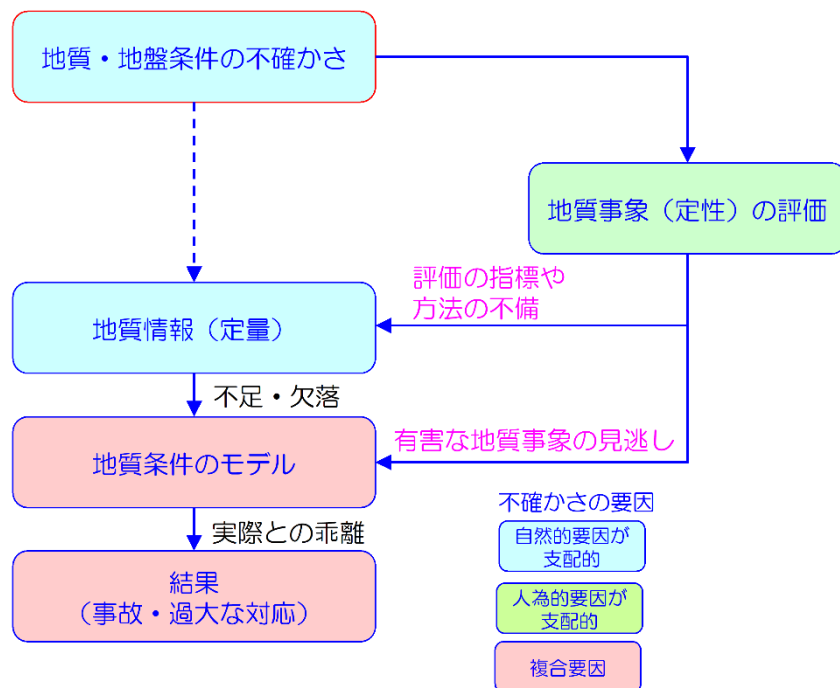


図 3.4 コスト損失の発生機構（再掲：リスク要因）

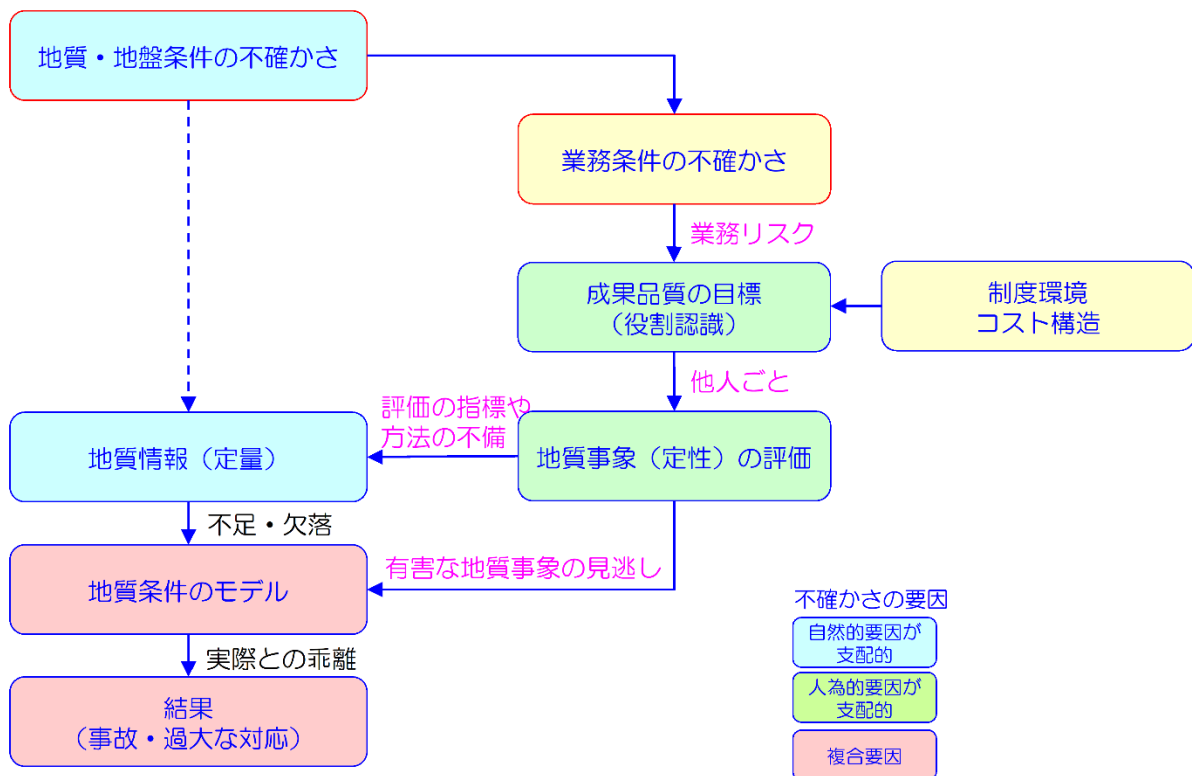


図 3.5 コスト損失の発生機構（役割認識の影響）

### 3.2 役割認識の事業コストへの影響の定量評価

担当者の役割認識の違いが、事業コストに有意に影響することを、定量的に評価する。ここでは、担当者の役割認識のタイプを、基準書等と観察結果から設定し、タイプによってどの程度のリスク対応の誤りが発生するか仮定する。事業者、地質技術者、設計者の三者の組合せによって、それらが最終的な対応結果としてどの程度の誤りとなるかを算定し、リスクの存在する事業及びしない事業の標準的なコストに対して、期待値としてどの程度のばらつきが生じるかを算定する。

#### 3.2.1 役割認識のタイプの設定

各担当者の役割認識は、制度環境や業務コストの影響だけでなく、担当者の経験や所属する組織の伝統など多様な要素に支配され、その特徴や、役割認識に基づく行動も多様で複雑である。本稿では、どの担当者が地質リスクアセスメントや、リスク対応の主体として認識されるかを、技術基準書および設計図書から推論した。

##### 1) 技術基準書（道路事業共通）による役割認識

技術基準書には、事業として実施すべき内容が規定されている。

道路事業の主要な技術基準書である『道路土工要綱』では、地形、地質・土質、土壌、地下水、自然環境、気象条件、人為的な要素など様々な要因をとりあげ、道路土工で問題となる可能性があるものとしてリスクアセスメントの必要性を述べている<sup>12</sup>。また事業の各段階において数次に分けてリスクアセスメントを行うべきことや、早期に重大なリスクへのアセスメントを行い回避を目指すといったリスクマネジメントの視座での文言が読み取れる。

本基準書では、主にリスクアセスメントについて記述されているのは「調査方法とその活用」<sup>13</sup>の項で、55頁のうち42頁が地質調査に直結する内容である。このことは、地質リスクアセスメントの主体は地質調査業務の担当者であるという認識を与えると考えられる。

一方、この項では環境条件などのリスクも示されているほか、事業の各段階でのリスクアセスメント実施が要求されている。これにより事業計画や設計業務の担当者がアセスメントの主体であるという認識も生じる。

##### 2) 業務設計図書（NEXCO）による役割認識

設計図書には、業務で行うべき契約内容が示されている。技術基準書で規定されていても、契約内容にリスクアセスメントが含まれなければ、別の業務で実施されている、と認識することができる。

東日本高速道路株式会社の『調査等共通仕様書』は項目ごとに実施すべき内容やその成果物を規定した設計図書の一部である。このうち「総合解析」の項には、道路への支障事項の抽出など地質リスクアセスメントの実施が規定されており、それを明らかにするための調査内容を検討する「調査計画」も作業項目として明記されている<sup>14</sup>。これらのアセスメントに対しては、作業項目ごとに技術業務として費用が計上されている。

当該設計図書が適用される NEXCO 事業では、地質リスクアセスメントは地質調査業務

で実施することが明確に求められている。NEXCO 事業の業務を受託する機会の多い担当者は、その他の事業でもアセスメントは地質調査業務の担当者であると認識しやすいと考えられる。

なお川井田（2013）によれば、リスクアセスメントの役割を地質調査業務に求めるようになったのは、日本道路公団が 1992 年に調査要領および共通仕様書を全面改定して技術業務として発注するようになってからであり、それ以前の地質調査業務はボーリングや試験などの作業を実施しその結果をまとめることのみを求め、リスクアセスメントは事業者の技術力や地質調査業務での“気の利いた”技術者に期待していた<sup>15</sup>。

### 3) 業務設計図書（国土交通省）による役割認識

国土交通省北海道開発局の仕様書では、NEXCO の技術業務に相当する「解析等調査業務」の項には土質定数の設定など設計に直結する地質調査結果のとりまとめが規定されている。地質リスクに関しては“調査地周辺の地形・地質の検討”，“設計・施工上の留意点の検討”といった項目が挙げられているものの、具体的な目標や成果品は規定されていない<sup>16</sup>。また当該作業に対する費用は NEXCO のそれに比べて大幅に少ない。

この設計図書に従えば、地質リスクアセスメントは以前の日本道路公団のように事業者の役割であるか、設計等の検討業務で実施されるものと認識される。ただし技術基準書を念頭に仕様書の“検討”を広く解釈すると、評価は行わないものの、リスク事象の特定は地質調査業務の役割という認識が生じ、事象の抽出のみ行われた報告書も多く見受けられる。

なお北海道開発局の仕様書を取りあげたが、同内容の仕様書が用いられる他の国土交通省関連機関や地方公共団体においても、設計図書に基づく地質リスクアセスメントへの認識は同様となる。

#### 3.2.2 役割認識のタイプと行動

技術基準書および設計図書で規定される文言からの推論によれば、どの担当者が地質リスクアセスメントの主体であるかという役割認識と、その認識に基づく行動は以下のように推定される。なおここで言う“主体”は技術的検討を行う担当者を指す。

##### 1) 地質技術者の認識タイプ

(i) 地質リスクアセスメントの主体は、技術基準書や NEXCO 設計図書に基づいて“我がこと”であると認識している。リスクアセスメントだけでなく、リスク対応方針の検討が行われた地質調査結果を成果として提供する。

(ii) 国土交通省業務の設計図書に基づき、地質リスクアセスメントの主体は設計業務等の担当者であり、リスクの特定は地質調査業務であると認識している。業務対象に付随して、リスクとなる地質事象の有無を調査した地質調査結果を提供する。

(iii) 地質リスクアセスメントの主体は設計業務の担当者と認識している、もしくはアセスメントの必要を認識していない。規制や規範に従い、定型的な地質調査結果を提供する。

## 2) 事業者の認識タイプ

(i)地質リスクアセスメントは事業者が主導する必要があると認識している。地質調査や設計業務に対してリスクアセスメント及びリスク対応の実施を指示し、事業条件に関わる情報や資料を積極的に業務担当者へ提供する。

(ii)地質リスクアセスメントは地質調査や設計業務の過程で自然的に行われるものと認識している。リスクアセスメントやリスク対応に必要な情報や資料は、業務担当者から要求されると考え、能動的な指示や情報提供を行わない。

## 3) 設計者の認識タイプ

(i)地質リスクアセスメントの主体は“我がこと”と認識している。地質調査でのリスクアセスメント実施の有無に関わらず、事業資料等の情報を事業者へ要求し、アセスメント及びリスク対応を行う。

(ii)地質リスクアセスメントの主体は地質調査業務担当者と認識している。評価されているリスクに対してはリスク対応の検討を行うが、地質調査で特定されていない、または事業者から提供されていない条件に関しては、リスクは存在しないと判断する。

### 3.2.3 コスト損失が発生する確率

#### (1) 確率の算定方法

地質は自然事象であり、対応が必要なリスクが存在しない事業があるほか、妥当なリスクマネジメントが行われなくても、幸運に恵まれてコスト損失が発生しないケースや、リスクの顕在化までにタイムラグがあり、リスクマネジメントの不備がコスト損失の要因と捉えられないケースもある。一方で各担当者が“我がこと”と認識して的確なマネジメントを行っても、得られた地質情報の精度、技術的知見の限界によって、リスクが特定できないケースがある。さらに、地質情報の不均質さの影響などから、リスク評価やリスク対応方法が結果的に失敗し、コスト損失が発生するケースもある。このため対応が必要なリスクが存在する事業数や、リスクマネジメントが行われた事業数、コスト損失が発生した事業数から、コスト損失の発生確率を求めることは困難である。

本研究では、対応が必要なリスクが実在する事業と実在しない事業に対し、特定の役割認識の特徴を有する担当者が、リスク対応の要否を誤って判断する確率を仮定・算出してコスト損失が発生する確率と同義とした。対応が必要なリスクが存在にも関わらず、対応が不要と判断する（見落とし・第二種過誤）だけでなく、対応が不要なリスクに、対応を行って不要なコストを投じる（過剰対応・第一種過誤）ケースについても、評価の対象とする。

リスク対応の要否を誤って判断する確率は、担当者のリスクアセスメントの能力（リスク事象を抽出・特定する能力とリスク事象を分析・評価する能力）を、役割認識に基づく行動から推論し相対的に設定した。この能力には、保有する技術力や、その作業への意識の高さや、与えられる条件や情報の確かさだけでなく、前述のとおり制度環境やコスト構造の影響も含むものとした。

地質リスクは、事業の内容による差違はあるものの、地質条件によって普遍的に存在

する（例えば地すべり地形という地質条件があれば、計画される構造物に関わらず地すべりのリスクがある）ものが多い。このため事象を発見しリスクを特定する能力（地すべりを見落とさない能力）は、地質条件を直接調査する地質技術者に求められることが多く、この能力が低いとリスク発現によるコスト損失が発生しやすい。一方でリスクへの対策は、設計条件に左右される（安定化させる土工であれば、地すべりリスクは存在するが、対策が不要になったり小規模なものになる）。このためリスクを評価する能力（的確な対策を検討する能力）は、設計条件と地質条件が集約される設計者に求められることが多く、これが低いと特定されたリスクへの的確な対策が行えないだけでなく、過剰な対応によるコスト損失が発生しやすくなる（図 3.6）。

なお対応の必要なリスクが実在しない場合（対策不要な地すべりのみ存在する）には、リスク特定的能力が低い担当者も、妥当な判断（地すべりリスクが存在しない）となることに注意が必要で、これについては後述する。

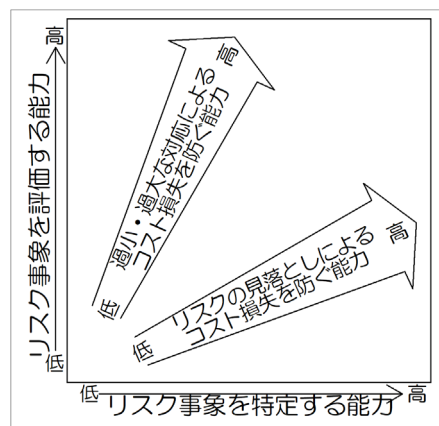


図 3.6 担当者のアセスメント能力と判断の妥当性

## (2) 地質技術者の判断

前述の役割認識のタイプごとに、(i)アセスメントの主体が“我がこと”（タイプ Gg）、(ii)設計者が主体だがリスクの特定は地質調査が行う（タイプ Gd）、(iii)アセスメントは“他人ごと”（タイプ Gu）それぞれの能力は図 3.7 で示される。

(i)タイプ Gg は、設計条件を念頭に地質条件を調査するので、事象を特定する能力、評価する能力とも高く、特定と評価を同時に行う相乗効果も期待され、判断の妥当性が高い。ただし地質調査段階では、施工条件など事象を評価するための情報が不足、または不確実である。このため事象を評価する能力は特定する能力に比べて低く、実際には対応が不要な事象であっても、誤って対応が必要と判断する可能性が高くなる。

(ii)タイプ Gd は、マネジメントを設計業務に依存し、設計条件を重視せずに地質条件を調査しがちであるため、事象を評価する能力がタイプ Gg に比べて著しく低く、対応が不要な事象に対して過大な対応を求めやすい。事象を抽出する技術力はタイプ Gg と同程度だが、間接的な事象（仮設工など図示されていない計画や、土石流などの広域的な事象）への意識が低いため、事象を特定する総合的な能力もタイプ Gg に劣る。

(iii)タイプ Gu は、リスクの特定や評価の意識がないため、特定する能力、評価する能力ともに極めて低い。リスクを抽出できないため、リスクが実在する場合は誤った判断を

行いやすいが，リスクが実在しない場合は結果としては正しい判断を行う。

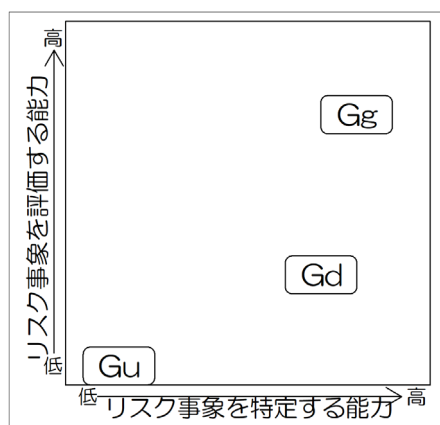


図 3.7 地質技術者のタイプごとのリスクアセスメント能力

### (3) 事業者の判断

本研究では，事業者を技術的検討の主体として扱わないため，事象を特定する能力及び評価する能力は設定しないが，(i)地質リスクに主導的に関わる担当者（タイプ Oi）は，リスクアセスメントに関係する情報や費用を積極的に提供することで，担当者の能力を高める。

一方(ii)リスクアセスメントが自発的に行われていると認識する担当者（タイプ On）は，リスクアセスメントは地質技術者と設計者の能力に依存する。

### (4) 設計者の判断

(i)設計者がアセスメントの主体と認識している担当者（タイプ Dd）と，(ii)地質技術者が主体と認識している担当者（タイプ Dg）に区分されるが，事業者が主導的に関与する場合（タイプ Oi）と受動的な事業者（On）の効果を加え，設計者は4つのタイプ（Did, Dnd, Dig, Dng）が生じ，それぞれの能力は図 3.8 で示される。

なお事業者の認識による効果は設計者に対してのみ考慮する。地質調査段階では設計施工までの条件に不確実性が大きいこと，また普遍的な地質条件が検討対象となることから，設計条件の情報提供が判断の妥当性に与える影響は小さいと考えられるためである。

設計者は，その成果にリスク対応が求められているため評価する能力が高いだけでなく，注意すべきリスクなどが事業の進捗に伴って明確になっているため，リスク特定の能力も高い。

(i)リスクアセスメントの主体を“我がこと”と認識する担当者（タイプ Dnd）は，“我がこと”と認識する地質技術者（タイプ Gg）と同等の能力を有するものとする。事業者が積極的に関与した場合（タイプ Did）は，事業者からの情報や検討コストの提供など，より高い精度でのリスク特定や評価が可能となり，アセスメント能力が向上する。

一方(ii)アセスメントの主体が地質調査業務にあると認識する担当者（タイプ Dng）は，地質リスクによるコスト損失の原因は地質調査結果にあると考え，地質調査で特定・評価されたリスク事象への対応に主眼を置きくため，アセスメント能力が低い。ここで事業者が関与した場合（タイプ Dig）は，設計に原因を問われないよう，顕在化するコスト

損失（見落としによるリスク発現）を防ぐ意識が作用し、事象を特定する能力が向上すると考えられる。一方で過剰な対応は顕在化しづらいため、評価する能力の向上の程度は小さい。

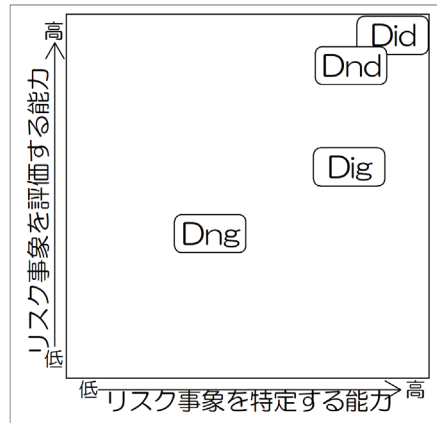


図 3.8 設計者のタイプごとのリスクアセスメント能力

#### (5) 判断の妥当性の数値化

前述の判断の妥当性を、相対的な定量化を行うために表 3.4 のとおり数値に置き換える。対応の必要なリスクが実在するケース、しないケースがそれぞれ 10 回あった場合に、リスク対応の必要性を正しく判断する、誤って判断する頻度を示す。

一般的に、能力が高いほど正しい判断の頻度が大きくなるが、要対応のリスクが実在する場合はリスク事象を特定する能力の高低が、要対応リスクが不在の場合はリスク事象を評価する能力の高低が、判断の正しさに強く影響する。

ここで、担当者の判断を経る際には、判断の妥当性は向上する、すわなち 50%以上の妥当性を有する。ただし不確かさがある以上、判断の妥当性が 100%となることはないし、仮に 100%に近い妥当性を有する担当者が実在すればるのであれば、有識者委員会等による対応が頻繁に行われる必要もないであろう。よって担当者の判断の妥当性は、50%以上かつ 100%未満（100%には漸近しない）であり、10 件あたりの誤判断の頻度は 1～5 件となる。

各担当者の判断の妥当性は、役割認識によって有意な差異が生じるものとし、表 3.4 では 1～5 件の範囲の中で数値を設定した。

加えて、対応が必要なリスクに対して妥当とは言えない判断を行う、いわゆる第二種過誤となった場合、コスト損失は顕在化しやすく、対策費用だけでなく事業工程への影響など目に見えないコストも生じる。そのため事業全体を見据えた担当者では、過剰な対応（第一種過誤）となるとしても、第二種過誤を回避するための判断を行いやすいと考えられる。よって対応が必要なリスクがない場合の判断は、対応が必要な場合に比べて高くないものとした。

なお、“他人ごと”の担当者（Gu）は、実質的にアセスメントを行っていない。このためリスクの有無にかかわらず、リスク対応の要否の判断は一定となる。そのうえで、要対応リスクが実在しない場合には、対応を要しないリスクを特定する他の地質技術者より

も、誤判断の頻度は低くなるものとした。

表 3.4 担当者タイプごとの判断の正誤の頻度

担当者の判断 リスク対応		実際のリスク		担当者の判断 リスク対応		実際のリスク			
		あり	なし			あり	なし		
地質 技術者	Gg	必要	8	3	設計者	Dnd	必要	8	3
		不要	2	7			不要	2	7
	Gd	必要	7	5		Did	必要	9	2
		不要	3	5			不要	1	8
	Gu	必要	2	2		Dng	必要	5	5
		不要	8	8			不要	5	5
				Dig	必要	8	4		
					不要	2	6		

誤った判断

#### (5) 役割認識の組み合わせとコスト損失の発生確率

地質技術者と設計者の双方が、リスク対応の要否で誤った判断を行い、対応が必要な事象を見逃して発災する、あるいは対応不要な事象に過大な対応を行うケースを、コスト損失が発生した状態とする。

地質技術者と設計者で要否の判断が異なるケースは、両者とも正しく判断するケースと両者とも誤って判断するケースの比で按分する。

実際の事業で判断が異なった場合は、判断の一致を図って詳細な調査や検討を追加実施するケースや、過大となることを許容して対応するケース、モニタリング等でリスク発現を許容しながら施工を行うケースなど、事象の性質や事業工程などの条件で多様な対応が想定される。担当者によって判断が異なった部分は、コスト損失発生確率の不確実さを表している。

対応が必要なリスクが実在する場合 ( $R$ ) に、誤ってリスク対応を不要と判断する ( $n$ ) 同時確率  $P[R,n]$  は、式 3.1 で表される。右辺の第一項は地質、設計とも対応不要と判断する確率、第二項は地質、設計の判断が異なるケースのうち最終的に対応不要と判断する確率を示している。

$$\begin{aligned}
P[R, n] &= P[R]P[n|R] \\
&= P[R]P[gn, dn|R] + (P[R]P[gr, dn] + P[R]P[gn, dr]) \times \frac{P[R]P[gn, dn]}{P[R]P[gr, dr] + P[R]P[gn, dn]}
\end{aligned}$$

式 3.1

$R, N$  : 要対応リスクが実在する (しない)  
 $r, n$  : リスク対応必要 (不要) と判断する  
 $gr, gn$  : 地質担当者がリスク対応必要 (不要) と判断  
 $dr, dn$  : 設計担当者がリスク対応必要 (不要) と判断

同様にリスクが存在しない場合 ( $N$ ) にリスク対応が必要と判断する ( $r$ ) 確率  $P[N, r]$  は、式 3.2 となる。

$$\begin{aligned}
P[N, r] &= P[N]P[r|N] \\
&= P[N]P[gr, dr|N] + (P[N]P[gr, dn] + P[N]P[gn, dr]) \times \frac{P[N]P[gr, dr]}{P[N]P[gr, dr] + P[N]P[gn, dn]}
\end{aligned}$$

式 3.2

地質技術者の認識タイプ  $Gg$ , 事業者のタイプ  $Oi$ , 設計者のタイプ  $Dd$  の組み合わせで、要対応リスクに対してリスク対応不要と判断する確率は、式 3.3 のとおり 2.7%となる。すなわち、本稿で設定した判断の妥当性の場合、“我がこと”の担当者によるマネジメントが行われても、リスクが実在する 100 件の事業のうちおよそ 3 件は、リスク対応が不要と判断されてコスト損失が発生することとなる。

$$P_{gid}[R, n] = \frac{2}{10} \times \frac{1}{10} + \left( \frac{2}{10} \times \frac{9}{10} + \frac{8}{10} \times \frac{1}{10} \right) \times \frac{\frac{2}{10} \times \frac{1}{10}}{\frac{2}{10} \times \frac{1}{10} + \frac{8}{10} \times \frac{9}{10}} = 2.7(\%)$$

式 3.3

$P_{gid}$ : 各担当者の認識の組合せによる確率  
この場合は地質  $Gg$ , 事業者  $Oi$ , 設計者  $Dd$

### 3.2.4 リスクの有無と事業コスト

#### (1) 地質リスクマネジメントの事例

地質・地盤リスクと事業コスト増大の関係については、植田ほか (2021) が事業再評価資料からコスト増となった事業の地質・地盤に関わる要因を整理している<sup>17</sup>が、対象の事業における地質リスクマネジメントの実施状況は不明である。

マネジメントと事業コストの関係については、渡邊 (2008) が事例収集とデータ様式の検討を行い<sup>18</sup>, これを基に地質リスク学会で事例研究が行われた。本研究では、道路事業で地質リスクの対応やリスク発現によるコストの増減が明瞭なものを抽出し、マネジメントによる事業コストの増減を整理した。

表 3.5 において、「対応なし」はリスク対応が行われなかった場合の工事コスト、「対応あり」は適切にリスク対応が行われた場合のコスト（地質調査などの対応コストと最終的な工事コスト）を示す。また「リスク発現」は対応が行われず発災や工事の手戻りが生じた場合、「過大対応」は対応不要な事象へ対応コストを費やした場合のコストで、斜体字は仮定された事業コストを示す。

タイプ A（事前の対応でリスクを回避）の事例では、「リスク発現」の事業コストは仮定となるため、算出されていない研究も多い。このタイプの事例では、初期の条件（リスク対応なし）に対し、詳細設計の過程や観測によって新たなリスク事象が特定され、これを回避するための対応が取られたケース（事例 7, 12, 18, 20）よりも、標準的な評価手法ではコストが大きくなるため詳細な試験などで地質条件を再評価しコスト縮減を図ったケース（事例 1, 6, 8, 9, 10, 13, 22, 23）が多く研究されている。

タイプ B（リスクが発現し事業コストが増大）の事例では、「対応あり」は理想的なマネジメントが行われた場合のコストが想定されている。結果を知ったうえで理想的なマネジメントのプロセスを組み立てるため、その実現性は懐疑的に捉えられる可能性もあるが、理想的なマネジメントとならないまでも、事前に何らかの対応が取られてコスト損失を抑えることが可能な事例が研究対象となっている。

## (2) マネジメントと事業コストの関係

事例の事業コストは、海上橋の 24 基の下部工で 100 億円超の大規模なものから、200 万円の短区間の盛土まで事業規模が多様であるため、対応が不要な場合（対応なし）のコストを 1.0 とした場合に、リスクが発現しコスト損失が生じた場合（リスク発現）、事前にコストを費やしリスクを回避した場合（対応あり）のコスト比で評価する。

事業コストは二極化が見られ、リスクが発現した場合はコスト比 1.12~1.80 と 3.61~13.1、リスクを回避した場合はコスト比 1.01~1.43 と 2.31~11.5 となる（図 3.9, 図 3.10）。なお基準となる「対応なし」のコストが求められていない事例はコスト比の算定に反映せず、一方で「対応あり」「リスク発現」とも試算されている事例は図 3.9, 図 3.10 両方の件数に反映している。

これらのうちコスト比が二倍以上となった事例は、切土法面の表層対策が大規模な地すべりを誘発した、橋梁基礎工の地質調査に際して井戸への影響が問題となったなど、リスク事象が事前と事後で変化しており、事業コストを整理するうえでは棄却する。

リスク対応不要な場合を 1.0 とした場合の事業コストは、リスクが発現した場合の平均が 1.48、リスクを回避した場合の平均は 1.17 である。またタイプ B のみで整理すると、リスクが発現した場合は 1.35~1.80（平均 1.57）、理想的に対応を行った場合は 1.16~1.43（平均 1.28）となり、タイプ A の事例に比べ若干大きい。

タイプ A の事例はリスク発現時の事業コストに想定が多いため、より現実的なコストを表していると考えられるタイプ B 事例の平均値を用い、リスク発現時のコスト比を 1.6、リスク対応時のコスト比を 1.3 と設定する。実在しないリスクに対応コストを費やした場合の事業コストも、適切にリスク対応を行った場合と同じく 1.3 とする。

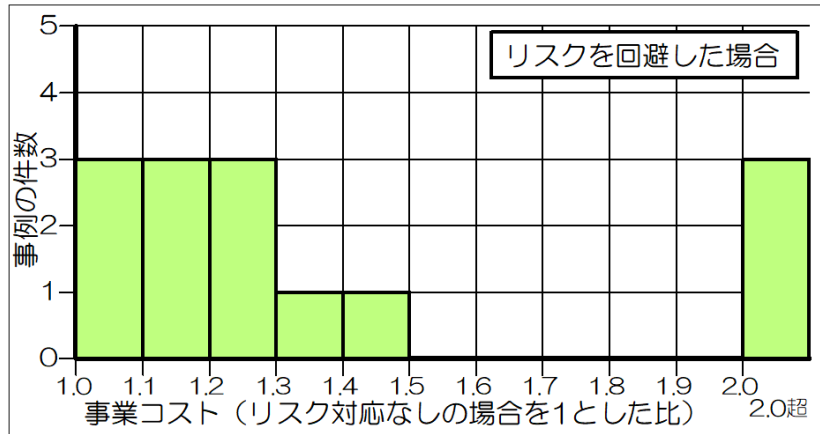


図 3.9 リスク回避の対応が行われた場合のコストの頻度分布

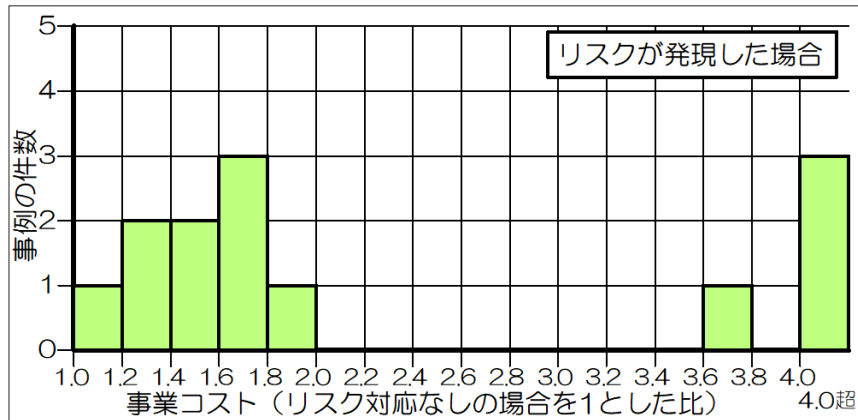


図 3.10 リスクが発現した場合のコストの頻度分布

表 3.5 地質リスクマネジメント事例と事業コスト（単位：百万円）

※事例の出典は章末に添付

事例	対応なし	対応あり	リスク発現	過大対応	概要 (A: 事前対応で回避, B: リスク発現)
1	—	17,608	—	21,195	(A) 海上連絡橋の地盤の評価を再検討しコスト縮減
2	38	54	68	—	(B) トンネル本体の地質評価を楽観し大規模な変状発生
3	5	58	66	—	(B) 切土法面の評価を楽観し崩壊発生
4	365	—	633	—	(B) 切土法面の評価を楽観し崩壊発生
5	830	1,055	1,211	—	(B) 地すべりの排土工で隣接地すべりを誘発
6	—	35	60	63	(A) 切土法面の崩壊要因を精査しない過大な対策を回避
7	397	400	—	497	(A) 地すべり区間で地すべり規模を精査し過大対策を回避
8	—	2	—	5	(A) 盛土区間の精査により押さえ盛土を縮減
9	25	26	—	30	(A) 切土の植生工選定, 施工時の対応でコスト縮減
10	—	50	—	74	(A) 盛土軟弱地盤対策, 精査により地盤改良を大幅に縮減
11	—	37	7,100	—	(A) ニューマチックケーソンによる利水への影響を予防
12	279	312	335	—	(A) 精査と橋梁形式変更により地すべりを回避
13	—	6,637	—	7,520	(A) 路線全体の工程管理で軟弱地盤対策を軽減
14	31	36	44	—	(B) 調査頻度の不足で軟弱地盤上の盛土が変状
15	9	—	94	—	(B) 切土で大規模地すべりを誘発
16	143	190	231	—	(B) 地すべり対策が不足, 変状助長後に対策追加
17	170	209	272	—	(B) 切土で想定より大きな地すべりを誘発
18	128	132	144	—	(A) トンネル坑口を延伸し崖錐斜面のリスクを回避
19	30	38	40	—	(B) 切土区間端部の土砂が変状
20	225	250	—	—	(A) 観測で深いすべり面を抽出し対策を変更
21	290	949	1,048	—	(B) 表層崩壊対策ののち地すべり対策が必要となった
22	—	131	—	230	(A) トンネル本体の地質精査で支保と掘削土処理を軽減
23	—	26	—	92	(A) 試験盛土の動態観測により圧密促進工を省略
24	40	93	161	—	(B) 表層崩壊対策箇所地すべりが再発

### 3.2.5 事業コストの期待値

#### (1) 役割認識の組合せによる事業コストの期待値

事業コストの期待値は、前述のコスト損失の発生確率及びコスト損失が発生しない確率と事業コストから式 3.4 で求められる。

$$E[N] = P[N, n] \times 1.0 + P[N, r] \times 1.3$$

$$E[R] = P[R, r] \times 1.3 + P[R, n] \times 1.6$$

式 3.4

$E[N]$ : リスクが実在しない事業でのコストの期待値

$E[R]$ : リスクが実在する事業でのコストの期待値

地質技術者と設計者で判断が異なったケース（コスト損失発生確率の不確かさ：式 3.1，式 3.2 の右辺第二項）に事業コストを乗じたものは期待値の不確かさである。これが大きいと事業コストが増減しやすいことを示唆し、本稿では“事業コストのばらつき”と表現する。要対応リスクが実在する事業コストのばらつき  $Ev[R]$  は式 3.5 で表される。

$$Ev[R] = (P[R]P[gr, dn] + P[R]P[gn, dr]) \times \frac{P[R]P[gn, dn]}{P[R]P[gr, dr] + P[R]P[gn, dn]} \times 1.6$$
$$+ (P[R]P[gr, dn] + P[R]P[gn, dr]) \times \frac{P[R]P[gr, dr]}{P[R]P[gr, dr] + P[R]P[gn, dn]} \times 1.3$$

式 3.5

担当者の役割認識の組合せによって得られた確率を代入し期待値とそのばらつきを求めた結果を図 3.11，図 3.12 及び表 3.6 に示す。

対応が必要なリスクが実在する場合は、リスクを“我がこと”と認識している担当者の組合せ (Gg0iDd) での期待値が 1.308 となる。判断が常に正しい場合の期待値は 1.3 であるから、これに比べてコスト増は 1%未満である。一方で“他人ごと”と認識している組合せ (Gu0nDg) での期待値は 1.540 となり、“我がこと”に対して約 18%のコスト増となる。また地質技術者が“他人ごと” (Gu) の場合はばらつきが 0.38~0.51 と大きく、事業遂行中にコストの大幅な増減が発生しやすい。

一方リスクが実在しない場合の期待値は、“我がこと”では 1.029，“他人ごと”では 1.060 で、それぞれ約 3%のコストの違いが生じるほか、地質技術者がリスク評価せずに特定だけを行い、設計者がリスクの特定を地質調査に依存する組合せ (Gd0nDg) では、1.150 となり、“我がこと”の組合せに比べて 12%もの過剰なリスク対応コストが生じる。



表 3.6 担当者の組合せによるリスク対応への判断の正誤確率と事業コストの期待値

担当者	対応の必要なリスクが実在する					対応の必要なリスクが実在しない				
	リスク対応判断の正誤確率		コスト期待値			リスク対応判断の正誤確率		コスト期待値		
	組合せごと	最終判断	ばらつき			組合せごと	最終判断	ばらつき		
Gg Oi Dd	P[gr.dr R]	72/100	P[r R]	97.3%	1.308	P[gr.dr N]	6/100	P[r N]	9.7%	1.029
	P[gr.dn R]	8/100				P[gr.dn N]	24/100			
	P[gn.dr R]	18/100	P[n R]	2.7%		P[gn.dr N]	14/100	P[n N]	90.3%	
	P[gn.dn R]	2/100				P[gn.dn N]	56/100			
Gg On Dd	P[gr.dr R]	64/100	P[r R]	94.1%	1.318	P[gr.dr N]	9/100	P[r N]	15.5%	1.047
	P[gr.dn R]	16/100				P[gr.dn N]	21/100			
	P[gn.dr R]	16/100	P[n R]	5.9%		P[gn.dr N]	21/100	P[n N]	84.5%	
	P[gn.dn R]	4/100				P[gn.dn N]	49/100			
Gg Oi Dg	P[gr.dr R]	64/100	P[r R]	94.1%	1.318	P[gr.dr N]	12/100	P[r N]	22.2%	1.067
	P[gr.dn R]	16/100				P[gr.dn N]	18/100			
	P[gn.dr R]	16/100	P[n R]	5.9%		P[gn.dr N]	28/100	P[n N]	77.8%	
	P[gn.dn R]	4/100				P[gn.dn N]	42/100			
Gg On Dg	P[gr.dr R]	40/100	P[r R]	80.0%	1.360	P[gr.dr N]	15/100	P[r N]	30.0%	1.090
	P[gr.dn R]	40/100				P[gr.dn N]	15/100			
	P[gn.dr R]	10/100	P[n R]	20.0%		P[gn.dr N]	35/100	P[n N]	70.0%	
	P[gn.dn R]	10/100				P[gn.dn N]	35/100			
Gd Oi Dd	P[gr.dr R]	63/100	P[r R]	95.5%	1.314	P[gr.dr N]	10/100	P[r N]	20.0%	1.060
	P[gr.dn R]	7/100				P[gr.dn N]	40/100			
	P[gn.dr R]	27/100	P[n R]	45.5%		P[gn.dr N]	10/100	P[n N]	80.0%	
	P[gn.dn R]	3/100				P[gn.dn N]	40/100			
Gd On Dd	P[gr.dr R]	56/100	P[r R]	90.3%	1.329	P[gr.dr N]	15/100	P[r N]	30.0%	1.090
	P[gr.dn R]	14/100				P[gr.dn N]	35/100			
	P[gn.dr R]	24/100	P[n R]	9.7%		P[gn.dr N]	15/100	P[n N]	70.0%	
	P[gn.dn R]	6/100				P[gn.dn N]	35/100			
Gd Oi Dg	P[gr.dr R]	56/100	P[r R]	90.3%	1.329	P[gr.dr N]	20/100	P[r N]	40.0%	1.120
	P[gr.dn R]	14/100				P[gr.dn N]	30/100			
	P[gn.dr R]	24/100	P[n R]	9.7%		P[gn.dr N]	20/100	P[n N]	60.0%	
	P[gn.dn R]	6/100				P[gn.dn N]	30/100			
Gd On Dg	P[gr.dr R]	35/100	P[r R]	70.0%	1.390	P[gr.dr N]	25/100	P[r N]	50.0%	1.150
	P[gr.dn R]	35/100				P[gr.dn N]	25/100			
	P[gn.dr R]	15/100	P[n R]	30.0%		P[gn.dr N]	25/100	P[n N]	50.0%	
	P[gn.dn R]	15/100				P[gn.dn N]	25/100			
Gu Oi Dd	P[gr.dr R]	18/100	P[r R]	69.2%	1.392	P[gr.dr N]	4/100	P[r N]	5.9%	1.018
	P[gr.dn R]	2/100				P[gr.dn N]	16/100			
	P[gn.dr R]	72/100	P[n R]	30.8%		P[gn.dr N]	16/100	P[n N]	94.1%	
	P[gn.dn R]	8/100				P[gn.dn N]	64/100			
Gu On Dd	P[gr.dr R]	16/100	P[r R]	50.0%	1.450	P[gr.dr N]	6/100	P[r N]	9.7%	1.029
	P[gr.dn R]	4/100				P[gr.dn N]	14/100			
	P[gn.dr R]	64/100	P[n R]	50.0%		P[gn.dr N]	24/100	P[n N]	90.3%	
	P[gn.dn R]	16/100				P[gn.dn N]	56/100			
Gu Oi Dg	P[gr.dr R]	16/100	P[r R]	50.0%	1.450	P[gr.dr N]	8/100	P[r N]	14.3%	1.043
	P[gr.dn R]	4/100				P[gr.dn N]	12/100			
	P[gn.dr R]	64/100	P[n R]	50.0%		P[gn.dr N]	32/100	P[n N]	85.7%	
	P[gn.dn R]	16/100				P[gn.dn N]	48/100			
Gu On Dg	P[gr.dr R]	10/100	P[r R]	20.0%	1.540	P[gr.dr N]	10/100	P[r N]	20.0%	1.060
	P[gr.dn R]	10/100				P[gr.dn N]	10/100			
	P[gn.dr R]	40/100	P[n R]	80.0%		P[gn.dr N]	40/100	P[n N]	80.0%	
	P[gn.dn R]	40/100				P[gn.dn N]	40/100			

(2) 判断の妥当性に対する感度分析

表 3.4 で設定した判断の正誤の頻度は、著者の経験に基づいたものであるが、統計的根拠がない仮定である。そこで、仮定した数値が結果（コスト）に与える影響を把握するために、感度分析を行った。

地質技術者、設計者それぞれの判断の妥当性（誤判断の確率）を、0～50%の範囲で変化させ、組合せごとのコスト期待値とばらつきを算出した。確率を10%ごとに変化させた結

果が 表 3.7, 確率を 5%ごとに変化させた結果を三軸のグラフ上に示したものが図 3.13～図 3.16 である。

図 3.13, 図 3.15 のとおり, 要対応リスクの有無にかかわらずコストの分布は末広がり  
の曲面を描き, 両者ともに誤判断の確率が大きくなるとコストが急激に大きくなること  
を示す. どちらかの担当者の誤判断が 20%程度であれば, もう一方が 10%変化してもコス  
トには 1%程度の違いを生じるだけであるが, 両者の誤判断が 40%程度と大きくなると, 一  
方の確率が 10%変化することでコストに約 3%の違いが生じる.

このことから, 比較的正しい判断を行う“我がこと”の担当者が関与していれば, 設  
定した頻度が現実と乖離しても, 最終的なコストへの影響は小さいと言える. 一方で“他  
人ごと”の担当者の組合せの場合, 算出されたコストの妥当性は乏しい.

また図 3.14, 図 3.16 のとおり, コストのばらつきは谷状の曲面となる. すなわち両  
者の誤判断が同程度の確率の場合はコストのばらつきが小さいが, どちらか一方の誤判断  
の確率が大きいと, コストが小さく抑えられてもばらつきが大きくなることを示す.

感度分析の結果から, 誤判断の多い“他人ごと”の担当者が関与しても, 複数の“我が  
こと”の担当者の判断を経ることによって最終的なコスト損失は抑制されることが示唆さ  
れた. このことは, 事業の計画段階から予備, 詳細設計の各段階で地質調査と設計を繰り  
返して実施する場合の事業のマネジメント (ただし地質リスクのみを対象としていない)  
の実態と整合する.

本稿では, 地質技術者, 設計者, 事業者の組合せを, その特徴 (各主体が地質リスクア  
セスメントを“我がこと”として捉える程度) によって, 12 通りに分類できるものと仮  
定した. 感度分析から得られる示唆は, 三主体の組合せの分類や, 誤判断の確率に関する  
仮定が, 最終的なコスト損失やコストばらつきの抑制方法を検討するうえで, 一定の範囲  
で有用であることを示していると考えられる.

表 3.7 誤判断の確率の変化とコスト及びばらつき  
(  要対応リスクあり  要対応リスクなし)

コスト ばらつき	設計者の誤判断 (%)												
	0		10		20		30		40		50		
地 質 技 術 者 の 誤 判 断 ( %)	0	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		1.300	1.000	1.300	1.000	1.300	1.000	1.300	1.000	1.300	1.000	1.300	1.000
	10	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		0.065	0.050	0.117	0.090	0.170	0.131	0.223	0.172	0.277	0.214	0.333	0.258
	20	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		0.130	0.100	0.170	0.131	0.211	0.163	0.253	0.196	0.295	0.229	0.340	0.265
	30	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		0.195	0.150	0.223	0.172	0.253	0.196	0.283	0.220	0.314	0.245	0.348	0.273
	40	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		0.260	0.200	0.277	0.214	0.295	0.229	0.314	0.245	0.334	0.262	0.355	0.280
	50	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
		0.325	0.250	0.333	0.258	0.340	0.265	0.348	0.273	0.355	0.280	0.363	0.288

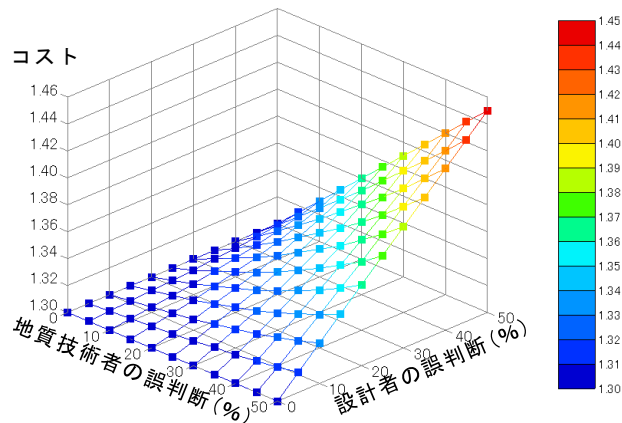


図 3.13 担当者の判断とコスト（要対応リスクあり）

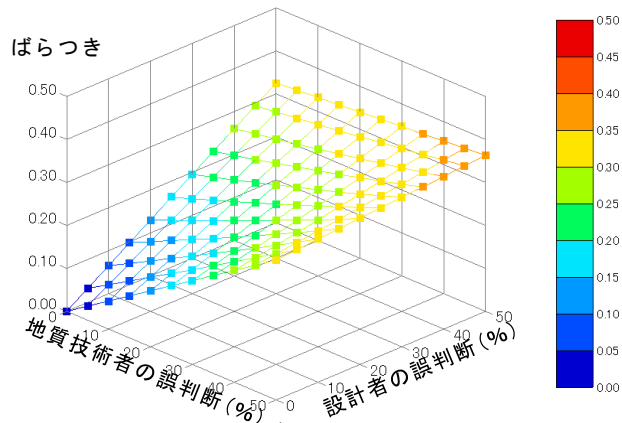


図 3.14 判断とコストのばらつき（要対応リスクあり）

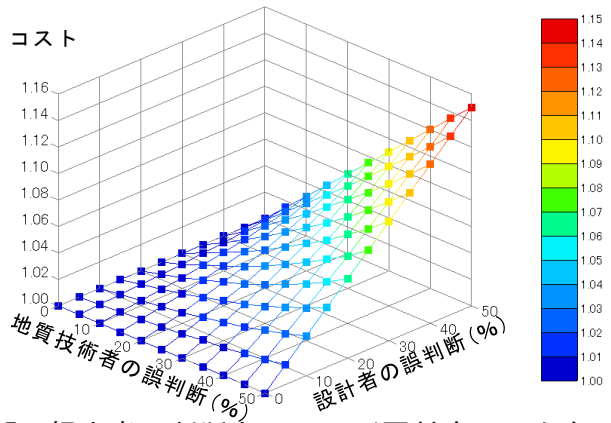


図 3.15 担当者の判断とコスト（要対応リスクなし）

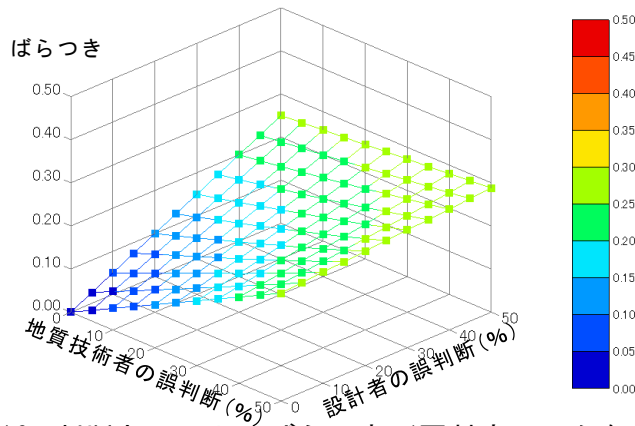


図 3.16 判断とコストのばらつき（要対応リスクなし）

## (5) 実際の事業におけるリスクの有無

対応の必要なリスクが実在する場合、実在しない場合に分けて期待値を求めた結果、リスクが実在しない場合では三者とも“他人ごと”の組合せ (Gu0uDg) よりも、地質技術者がリスクを特定だけ行う組合せ (Gd0nDg) でコストが大きくなる。また三者とも“我がこと” (Gg0iDd) であるよりも地質技術者のみ“他人ごと” (Gu0iDd) のほうが期待値が小さくなる。

この結果は、対応が必要なリスクが実在する事業が少数であれば、アセスメントやリスク特定の主体は地質調査にあると認識する地質技術者 (Gg, Gd) は、対応不要なリスク事象を抽出することでかえって事業コストを増大させることを示し、地質リスクを“我がこと”と認識し関係者が連携することを求める『ガイドライン』の理念と調和しない。このため対応が必要なリスクが実在する事業と実在しない事業の割合を変数として事業1件あたりの期待値を求め (式 3.6) , すべての事業に対してどの程度の割合で対応の必要なリスクが実在するか検討した (図 3.17～図 3.19 及び表 3.8) 。

$$E = E[R] \times x + E[N] \times (1 - x)$$

式 3.6

$E$ : 事業1件あたりのコスト期待値

$x$ : 全事業におけるリスクが実在する事業の割合

対応が必要なリスクが実在する事業が少ない (有:無=1:9) 場合は、コストは 1.055～1.174, ばらつきは 0.274～0.473 であり、前述のとおり地質調査でリスク特定を行う認識の組合せ (Gd0nDg) が最もコストが大きく、地質調査はリスクと無関係との認識 (Gu0iDd) で最もコストが小さくなる。

反対に要対応リスクが頻繁に実在する (有:無=9:1) 場合は、コストは 1.280～1.492, ばらつき 0.279～0.838 で、“他人ごと”の組合せ (Gu0nDg) で最もコストが大きく、“我がこと”の組合せ (Gg0iDd) が最もコストもばらつきも小さくなる。すなわちリスクが実在する事業が多いほど、“我がこと”の認識が有効であることが示される。

表 3.8 リスク存在頻度に対する 1 件あたりの事業コスト  
(上段：コスト期待値 下段：ばらつき)

リスク 組合せ	有:無=9:1	有:無=7:3	有:無=5:5	有:無=3:7	有:無=1:9
	Gg0iDd	1.280 0.279	1.224 0.202	1.169 0.183	1.113 0.222
Gg0nDd	1.291 0.346	1.236 0.246	1.182 0.215	1.128 0.253	1.074 0.360
Gg0iDg	1.293 0.346	1.242 0.251	1.192 0.228	1.142 0.278	1.092 0.402
Gg0nDg	1.333 0.556	1.279 0.382	1.225 0.306	1.171 0.328	1.117 0.448
Gd0iDd	1.288 0.367	1.238 0.267	1.187 0.244	1.136 0.300	1.085 0.434
Gd0nDd	1.305 0.415	1.257 0.297	1.210 0.263	1.162 0.313	1.114 0.447
Gd0iDg	1.308 0.415	1.266 0.298	1.225 0.266	1.183 0.320	1.141 0.459
Gd0nDg	1.366 0.569	1.318 0.392	1.270 0.318	1.222 0.344	1.174 0.473
Gu0iDd	1.355 0.838	1.280 0.534	1.205 0.339	1.130 0.252	1.055 0.274
Gu0nDd	1.408 0.803	1.324 0.518	1.240 0.344	1.155 0.280	1.071 0.327
Gu0iDg	1.409 0.803	1.328 0.524	1.246 0.361	1.165 0.314	1.084 0.382
Gu0nDg	1.492 0.629	1.396 0.425	1.300 0.325	1.204 0.329	1.108 0.437
平均	1.344 0.531	1.282 0.361	1.221 0.283	1.159 0.294	1.098 0.397

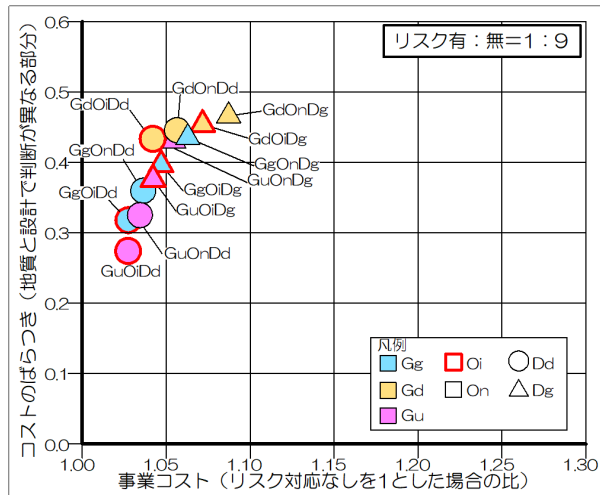


図 3.17 要対応リスクの有無が 1:9 の場合の事業コスト

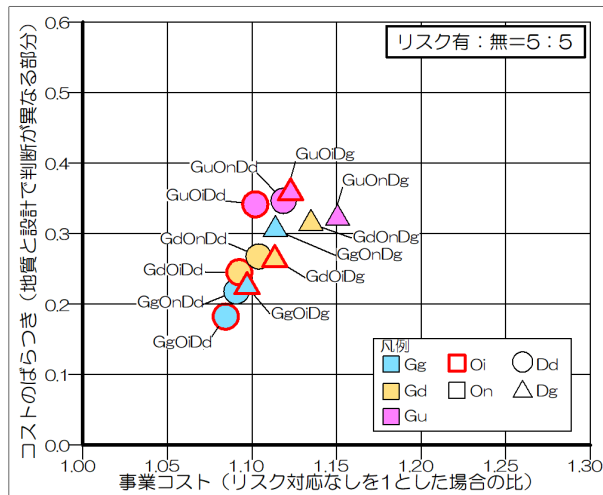


図 3.18 要対応リスクの有無が 5:5 の場合の事業コスト

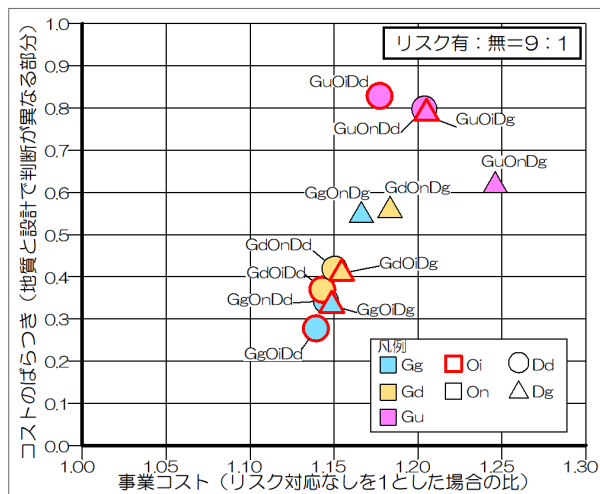


図 3.19 要対応リスクの有無が 9:1 の場合の事業コスト

ここで植田ほか（2021）によれば、地質・地盤に関する要因による増額は国土交通省の一般会計歳出の支出済み歳出額に対して4.9%を占めるとされる。

増額前の事業費（当初の事業コスト $E'$ ）は、事前にリスクがあると判断された場合（ $P[r]$ ）には事業コスト1.3、リスクがないと判断された場合（ $P[n]$ ）には1.0であるから、式3.7で求めることができる。

$$E' = (P[r,R] + P[r,N]) \times x \times 1.3 + (P[n,N] + P[n,R]) \times (1-x) \times 1.0$$

式 3.7

それぞれの役割認識タイプの担当者が均等に存在する場合（12通りの組合せの平均）、実際のリスクの有無に対しての、事前及び最終的な事業コストは図3.20で表される。また事業コストの増額分（図中の折れ線）について、役割認識が“我がこと”の担当者のみ（ $Gg0iDd$ ）の場合、“他人ごと”の担当者のみ（ $Gd0nDg$ ）の場合と比較した。

役割認識タイプの担当者が均等であれば、要対応リスクが実在する事業が少ない場合（有:無=1:9）の増額は1.4%と小さく、リスクの有無が同程度（有:無=4:6）の場合に約5%の増額が発生する。しかし実際には重要な（コストの大きい、または明らかに地質リスクが存在する）事業は、アセスメント能力の高い“我がこと”の担当者に優先的に割り振られるであろうから、それぞれの担当者の人数比以上に“我がこと”の担当者がコストへ与える影響が大きく、図中の増額分の折れ線は“我がこと”（下側）に寄ると推測できる。

すなわち地質リスクによる事業費の増額が4.9%となるためには、要対応リスクが実在しないケースは少数である必要がある。または担当者の大多数が“他人ごと”の役割認識であることになるが、技術基準書で規定されたリスクアセスメントが成立していないという矛盾が生じる。この結果は、過剰な対応になるケースが増えるとしても、地質リスクアセスメントや少なくともリスクの特定を地質調査で行うべきと認識する地質技術者（ $Gg, Gd$ ）がコスト増大を抑える効果に貢献することを示し、『ガイドライン』の理念に調和する。

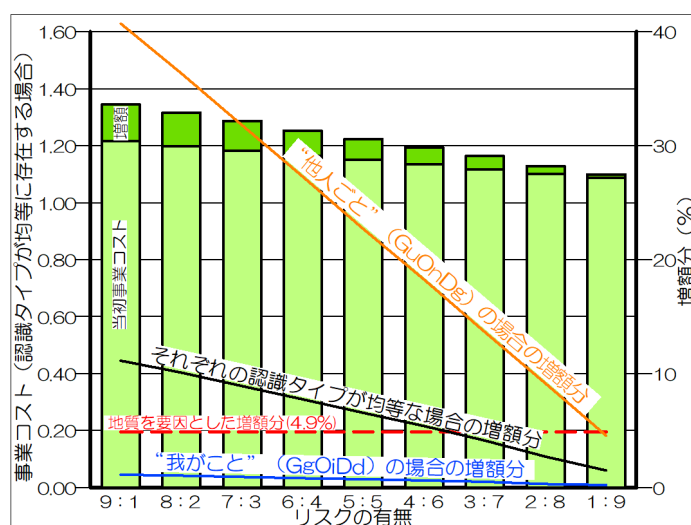


図 3.20 当初の事業コストと最終的なコスト

### 3.3 役割認識が事業コストへ影響する機構の検討

地質リスクによる事業コストを抑制するためには、『ガイドライン』に述べられているとおり各担当者がリスクを“我がこと”と認識することが重要であることが確認された。

前述のとおり、対応が必要なリスクが実在しない場合に関しては、事象を抽出しない“他人ごと”の担当者（Gu）のほうが、対応が不要な事象まで抽出しがちな“我がこと”の担当者（Gg, Gd）よりも、結果的には正しい判断を行う。しかも実際の事業においては、抽出された事象に対してはリスク評価のための調査費用や期間が必要だが、抽出されなければこれらの費用や期間を省略できる。すなわちリスクが実在しないケースでリスク対応を行う（第一種過誤）と、過誤によるコスト損失が地質調査段階や設計段階など早期に顕在化するケースが多くなる。一方リスクが実在するのにリスク対応を行わない（第二種過誤）場合は、コスト損失が顕在化する時期は施工段階など遅くなりやすく、コスト損失の原因とアセスメントの因果関係が不明確となるケースもある。このため事業者や設計者の中には、地質調査・設計段階でのコスト損失を防ぐ意識によって、地質調査に高い品質のアセスメントを期待せず、“他人ごと”の地質技術者を求める者が存在することが、ある意味で自然なことと言える。

しかしながら“他人ごと”の地質技術者の関与は、事業コストを増加させるだけでなく、事業費に対するばらつき（予算と最終的な事業費の乖離）も増大させ、円滑な事業遂行を阻害しやすいことが示された。結果的に省略可能だった調査費用や期間は、条件が変更された場合や維持管理段階において有用な記録として残ることも踏まえ、“我がこと”の担当者の関与でリスクアセスメントのコストが増えることは無駄ではない、という認識が必要となる。

“我がこと”すなわち当事者意識の影響について、渡辺（2008）は、以下のように考察した。仕事志向（戦略志向と役割志向）が高い従業員は心理的領域が広くかつ柔軟で、仕事上の問題や目標を「自らのもの」「自ら責任を持つもの」と認識しやすい一方、仕事志向が低い従業員は心理的領域が狭くかつ硬直的で、「自分の仕事」と「他人の仕事」のように二分岐思考が顕在化し、グレイゾーンの見過ごし、否定、回避といった認知エラーが生じやすくなる。また組織革新に必要な意識的認知処理モードと自動的認知処理モードの切り替え（スイッチング）が阻害されやすくなる。

このような意識の影響があるとするれば、“我がこと”と認識することは、リスクの特定や評価の妥当性を向上させるだけでなく、認知処理モードの的確な切り替えにより、従来の手法で処理すべき事象と新たな手法を用いるべき事象の的確な判断など、事業の効率性やコストにも影響することを示唆する。

また当事者意識は、担当者間のグレイゾンを埋める効果も期待できよう。土木事業では、地質条件を含めて事業の条件は多様で不均一なため、地質リスクマネジメントのように、実施すべき主体や責任者が設計図書に明示されない事項が少なからず存在し“隙間”が生じる。図 3.21 のとおり、仕事志向の低い“他人ごと”認識の担当者は、自分の仕事や責任を限定化して他の担当者の仕事に興味を示さないため、事業に“隙間”が生じ、リスクの見落としや誤った評価を行いやすい。一方仕事志向が高い“我がこと”認識の担当者どうしであれば、他者の担当分野まで興味を示して注意を払い、とくに役割志向

が高ければ関係者の理解を促す。この結果、図中の矢印のように、隙間を自ら埋めようとするか、隙間に対応できる専門分野の担当者へ情報を伝えて、隙間を埋めることを促すであろう。この結果、“隙間”が自然に埋まり、リスクの見落としが回避され、コスト損失を抑制することができると考えられる。また、一部の担当者の仕事志向が低い場合でも、役割志向の高い担当者が存在することで、“隙間”が埋まる機会が発生する。ただし担当者ごとのリスク対応の判断や意思決定は不均一となりやすく、その結果として事業コストにばらつきが生じやすい状態が生じる、と考えることができる。

一世代前は図面のCAD化や成果の電子化、近年は情報化施工の標準化、BIM/CIMの導入など、道路事業に関わる技術は日進月歩であり、従来の手法では問題とならなかった事象が“隙間”となりリスクが生じている場合がある<sup>1</sup>。様々な変化に対応するためには、役割に対して広く柔軟な心理的領域を保有する、すなわち地質リスクマネジメントに限らず事業全体を“我がこと”とする当事者意識を持った担当者が求められる。

ここで“我がこと”の担当者であるためには、地質リスクマネジメントに関して言えば判断の妥当性（事象の特定や評価の能力）を保持している必要がある。技術や知識を有しても、業務リスクへの対応行動の結果として“他人ごと”のアセスメントを行うのと同様に、仕事志向だけ高くても技術や知識が欠如すれば、“隙間”に気付くことができず、高い品質のリスクアセスメントは行えない。技術や知識を有し、かつ“我がこと”の認識であることが、地質リスクマネジメントの担当者に求められる資質と考えられる<sup>11</sup>。

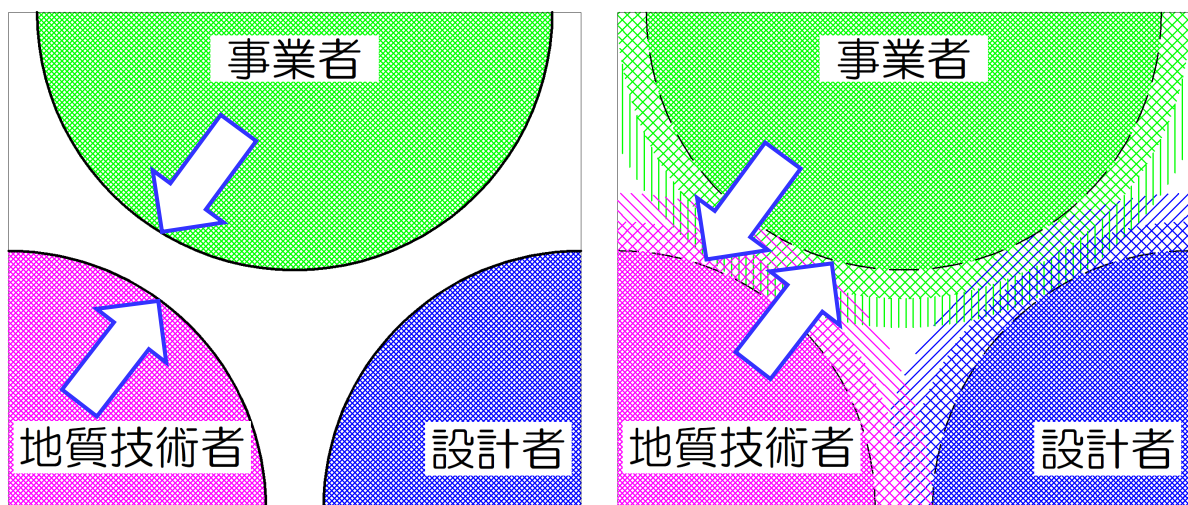


図 3.21 事業の隙間の概念図（左：他人ごと，右：我がこと）

<sup>1</sup> 地質断面図の地層境界線は、青焼き図面の時代では、少なくとも縮尺に応じた線の太さの不確かさが許容されており（縮尺 1:200 の図面で、線の太さが 1mm であれば、現地での 200mm は誤差である）、不確かさを許容した設計がなされてきた。CAD 図面では、地質情報の精度に関わらず、境界線を現地の実寸として mm 単位まで読み取ることができるため、その精度を保証しているかのように誤解されやすい。このため地質条件やモデルが有する不確かさを伝達する必要が生じている。

<sup>11</sup> “我がこと”の認識で業務を担当すれば、“他人ごと”認識よりも作業時間が増える。その条件下で継続して最新の技術等の情報・知識を保有することは、当然ながら容易ではない。そのような“技術力の高い”担当者が醸成されるための外的環境の整備も、今後の課題となるであろう。

### 3 章引用文献

- <sup>1</sup> 福岡地下鉄七隈線延伸工事現場における道路陥没に関する検討委員会，国立研究開発法人土木研究所：福岡地下鉄七隈線延伸工事現場における道路陥没に関する検討委員会 報告書，PP2-72，2017.
- <sup>2</sup> Scott.W.R. : Crafting an Analytic Framework I: Three Pillaras of Institutions, Institutions and Organizations: Ideas, Interests, and Identities, pp.55-86, 2013.
- <sup>3</sup> 米沢且：組織は社会のしがらみの中で活動する-制度理論，組織理論入門-5つのパースペクティブ-，晃洋書房，pp.43-76，2022.
- <sup>4</sup> Parker.S,Wall.T,Jackson.P：“That’s not my job” :Developing flexible employee work orientations, Academy of Management Journal,Vol.30,No.4,pp.899-829,1997.
- <sup>5</sup> 渡辺伊津子：従業員の二分岐思考，日本経営診断学会論集，8巻，pp.73-78，2008.
- <sup>6</sup> 全国地質調査業協会連合会：新たな時代の地質調査業発展ビジョン-2020年代を駆け抜けるための地質調査業の羅針盤-，2021.
- <sup>7</sup> 日本規格協会：対訳 ISO31000：2018 リスクマネジメント-指針，2019.
- <sup>8</sup> Akerlof.G :The market for “Lemons” : Quality uncertainty and the market mechanism, The Quarterly Journal of Economics, Vlo81,No.3, pp.488-500, 1970.
- <sup>9</sup> 梶浦久尚,大西正光,越智祥太：建設請負契約における交渉力と信義則とプロジェクト効率性の関連性の理論的研究,第42回建設マネジメント問題に関する研究発表・討論会講演集,2024.
- <sup>10</sup> 土木学会：働き方改革実現への土木学会からの提,2024.
- <sup>11</sup> Wang.L,Watanabe.T :The Development of Straw-Based Biomass PowerGeneration in Rural Area in Northeast China-AnInstitutional Analysis Grounded in a RiskManagement Perspective, Sustainability,2020.
- <sup>12</sup> 日本道路協会：道路土工要綱(平成21年度版), pp.11-21, 2009.
- <sup>13</sup> 日本道路協会：道路土工要綱(平成21年度版), pp.45-99, 2009.
- <sup>14</sup> 東日本高速道路株式会社：調査等共通仕様書, pp.3\_9-3\_10, 2021.
- <sup>15</sup> 川井田実：NEXCOにおける土質・地質調査の考え方,第4回地質リスクマネジメント事例研究発表会講演論文集, pp.89-93, 2013.
- <sup>16</sup> 北海道開発局事業振興部技術管理課：地質・土質調査業務共通仕様書, pp.35-36, 2021.
- <sup>17</sup> 植田律,阿南修司,梶山敦司：公共事業における地質・地盤に関するリスク要因の特徴,応用地質, Vol.62, pp.181-186, 2021.
- <sup>18</sup> 渡邊法美：地質リスク分析のためのデータ収集様式の研究報告書,(財)日本建設情報総合センター研究助成事業, Vol.2007-12, pp.4-6, 2008.

表 3.5 の出典

『地質リスク分析のためのデータ収集様式の研究報告書』

事例 1) 海上橋梁下部工工事, pp. 17-24

事例 2) 県道トンネル掘削工事, pp. 32-41

事例 3) 林道改良工事における斜面崩壊事例, pp. 42-46

事例 4) 高規格道路堆積性硬岩地山の切土事例, pp. 47-57

『地質リスクマネジメント事例研究発表会講演論文集』

事例 5) 緒方康浩: 排土工法により隣接した土塊の地すべりを誘発した事例, 第 1 回, pp. 65-70

事例 6) 松村法行: 道路建設に伴う切土による岩盤すべり, 第 1 回, pp. 83-88

事例 7) 佐々真也, 遠藤学, 菊地良昭, 松浦努: 国道 108 号地すべり災害復旧事業におけるリスク回避事例, 第 1 回, pp. 101-106

事例 8) 今村純: 盛土による地盤破壊対策のコスト低減策, 第 2 回, pp. 1-6

事例 9) 寺井康文, 大和田敦, 石井真治, 武田理香: 切土法面の植生工における地質リスクとコスト縮減の試み, 第 2 回, pp. 19-24

事例 10) 米浦大輔, 西田宜一, 菅野雄一: 地盤改良設計における地質リスク対応事例ー道路盛土建設を例としてー, 第 3 回, pp. 31-36

事例 11) 仙波伸治, 渡邊弘志, 日吉智, 陣内龍太郎: ニューマチックケーソンの施工に伴う漏気による周辺地域への影響リスク回避事例, 第 3 回, pp. 89-95

事例 12) 寺井康文, 近藤嘉伸, 濱野淳則: 斜面上の橋梁設計における地質リスクマネジメント, 第 4 回, pp. 31-36

事例 13) 金子敏哉: 軟弱地盤上の道路構築について, 第 4 回, pp. 37-42

事例 14) 高橋浩之: 道路盛土工事中に発現した地質リスク事例, 第 4 回, pp. 43-48

事例 15) 大井手淳二: 新設道路の切土法面工事にて発現した地質リスクについて, 第 4 回, pp. 49-53

事例 16) 小山純二: 対策工施工斜面における地すべり災害の再発について, 第 4 回, pp. 54-58

事例 17) 橋尾宣弘, 佐田真, 工藤健雄: 熱変質凝灰岩の切土後劣化による地すべり発生とその対策, 第 4 回, pp. 100-105

事例 18) 丹野浩, 水野直弥, 佐伯和哉: トンネル坑口斜面の地質リスク回避事例, 第 5 回, pp. 54-58

事例 19) 岸本圭, 長谷部継俊, 石井真治: 崖錐性緩斜面における切土法面工事で発現した地質リスク事例, 第 5 回, pp. 117-122

事例 20) 清水順二, 伊藤慶司, 坪山厚実: 地すべり抑止杭工の計画段階で発生した地すべり拡大現象とその対応について, 第 5 回, pp. 135-139

事例 21) 藤原康正, 佐田真, 森由希奈: 斜面崩壊発生後に生じる地すべり活動事例, 第 6 回, pp. 23-28

事例 22) 尾高潤一郎, 高田嘉典: 複合探査により地質リスクを評価した事例, 第 7 回, pp. 25-30

事例 23) 高橋浩之, 石黒圭一郎: 不均質な軟弱地盤上の道路盛土に対する対策工の検討事例, 第 9 回, pp. 24-29

事例 24) 田中敏行, 小野晃, 松場康二: 台風豪雨による地すべり災害の再発について, 第 9 回, pp. 60-65

## 4 円滑な情報共有のためのマネジメント

### 4.1 リスクコミュニケーションの課題

#### 4.1.1 コミュニケーション不全の一般認識

マネジメントプロセス（図 1.2）では、「コミュニケーションおよび協議」（communication and consultation）が恒常的に行われることが求められる。担当者の役割認識が高いほど、隙間を埋めるためにコミュニケーションおよび協議が活発になるものと想像されるが、ここで担当者間のコミュニケーションに不全があり、地質条件に対するリスク認知の整合が図られなければ、地質リスクマネジメントによるコスト損失低減の実現性が乏しくなる。

機械的なコミュニケーションは、Shannon & Weaver (1949) のモデルに代表されるように、あるチャネルを介し、発信者がエンコードした信号を、受信者がデコードすることで、意味を共有する（受信者のフィードバックを含む、双方向の）プロセスとして示される（図 4.1）。コミュニケーション不全は、その過程で多様なノイズが生じる、というモデルで説明される。また機械的なモデルにおいては、二律背反関係にある、コミュニケーションの効果と効率を踏まえての、コミュニケーション方法が論じられることが多い<sup>1</sup>。

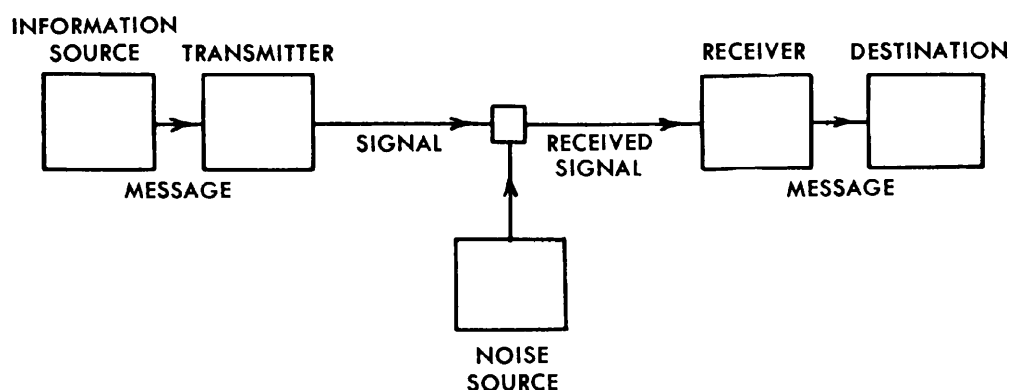


図 4.1 コミュニケーションの機械論的なモデル<sup>2</sup>

先にも述べたとおり、土木事業での地質に関わる情報は、土木（工学）と地質（理学）という異なる学術的背景に立脚した担当者によって扱われる。用いる知識体系やスキーマ<sup>1</sup>が異なる担当者の協働であることを、コミュニケーション不全の原因であるとした学術的文献は認められないが、実務において、土木（または地質）技術者が「地質（または土木）はよく解らない」という発言を聞く機会が多い。佐藤（2012）は、北海道開発局での豊浜トンネル事故調査報告書作成などの経験から、多くの土木技術者は地質用語に弱

<sup>1</sup> 特定の概念を表現するために構造化された知識の集合のこと。人工知能の分野では、知識を表現するためのデータ構造（フレーム）や、系列に関する一まとまりの知識（スクリプト）として体系化される。また認知科学では、知覚処理において、外部から入力されたデータに対し、データを組織化して有意な構造を作るはたらき（ボトム・アップ処理）と、データによってスキーマが駆動され、スキーマから一致する感覚情報を抽出するはたらき（トップ・ダウン処理）が同時に進行するとされる（川崎絵里子：記憶におけるスキーマ理論，認知心理学講座 2，東京大学出版会，pp.167-192，1996.）。

いと感じて「理学的地質と工学的地質の乖離を埋める技術者の不足」を課題として提起している<sup>3</sup>。

学術的背景については、土木工学は“現在を基に将来を創造するための学問”，地質学は“現在の成り立ちを解明するための学問”として対比できるであろう。例えば「粒度分布の良い土」という工学的用語に対して、分級された土をイメージする地質技術者や、「強風化〇〇岩」という地質学的用語に対して、堅硬な岩盤をイメージする土木技術者が見られる。前者は“良い”を“均一な環境で堆積した”土の成因，すなわち地質学的なスキーマで解釈した結果であり，後者は“強”を現在の状態，すなわち土木工学的なスキーマで読み取った結果と考えることができる<sup>1</sup>。

両者の学際領域として、地盤工学（土質工学）や応用地質学（土木地質学）という分野が存在する。しかし学術誌に掲載されている論文のタイトルや要旨を概観すると、地質が影響する工法や施工技術，すなわち“将来の創造”に対する研究か、地質条件を明らかにする手法や事例，すなわち“現在の成り立ち”に区分できる研究が大部分である。それぞれが土木工学もしくは地質学のスキーマに基づいた研究であり，両者を融合したスキーマによって議論が展開するわけではない。

地盤工学会（2023）は、「地質技術者と地盤技術者は、同じ対象として地盤を取り扱っているにもかかわらず（中略）棲み分けられているような状況が続いている」としている<sup>4</sup>。また大西（2024）は、応用地質学は地盤の特性やリスクを評価する学問，地盤工学は地盤の安定を確保するための設計や施工技術を研究する学問とし、「応用地質学と地盤工学のさらなる協働」が重要と述べている<sup>5</sup>。これらは、土木事業等で同一の対象としているにも関わらず、地盤工学（土木工学）と応用地質学（地質学）は、それぞれ独立した学術領域である，という認識である。

技術者の専門分野が異なれば、担当者間で用いる知識や用語が異なるのはやむをえないと思われる。報告書などの記録（信号）に対して、地質調査での作成（発信）と設計での利用（受信）に用いられるスキーマが異なれば、地質リスク要因やその不確かさの理解に、齟齬が生じやすくなるのは必然であろう。すなわち、学術的背景の相違があるため、伝えようとしたこと（地質調査で発見されたリスク要因や、設計で用いるために明らかにしたい地質条件）が、発信者の意図どおりに受信者へ伝わらず、リスクが顕在化してコスト損失が発生する，という機構は容易に想像される（図 4.2）。このため、土木（設計技術者や事業者）と地質（地質技術者）によるコミュニケーションや情報共有，連携は困難である，と一般的に認識されるのは、妥当であろう。

---

<sup>1</sup> 「粒度分布の良い土」は、土の粒度試験における均等係数 10 以上の、締固めに適した土の呼称であったが、現在は「粒径幅の広い土」と呼ばれ（地盤工学会：地盤材料試験の方法と解説 [第一回改訂版]，pp. 149, 2020.），地質学的には、堆積環境の視点から淘汰の悪い土を指す。一方で「強風化〇〇岩」は、地質学的に、強い風化作用を受けた岩の呼称であり、工学的には土砂として取り扱われることの多い、脆弱な材料である。

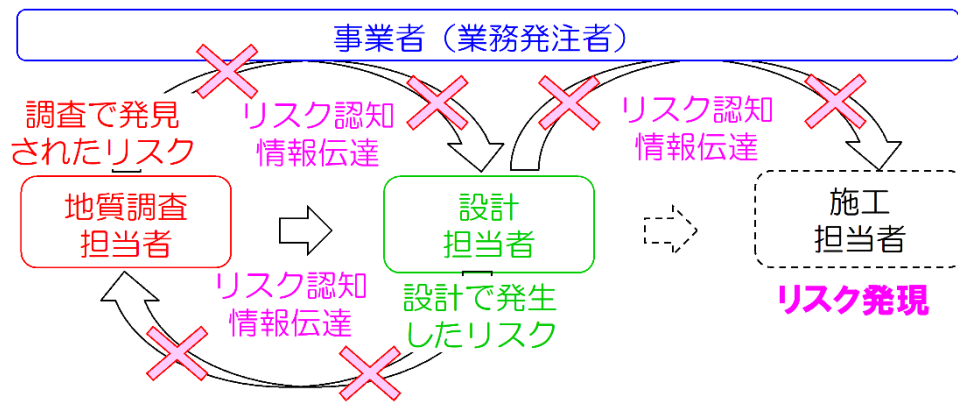


図 4.2 コミュニケーション不全によるコスト損失の一般認識（再掲）

#### 4.1.2 土木事業における地質リスクコミュニケーションの課題

ところで、学術的背景に起因した協働におけるコミュニケーションは、一般的に行われていることである。土木事業においても、希少動植物等の環境アセスメントは、生態学（理学）に立脚して行われているが、コミュニケーション不全によって効果的でない計画がなされ、顕著なコスト損失や事業工程の遅延が発生した事例は、地質リスクの事例ほど顕在化していない<sup>1</sup>。学術的な背景が異なるろうとも、一方から一定品質のアセスメント結果が提供されれば、他方が的確に理解し対応することは、必ずしも困難ではないと考えられる。

3章では、担当者間の役割認識が異なることによって、リスク評価がなされていないアセスメント成果に対して、評価がなされているという誤認が生じ、結果としてリスクが見落とされることを示唆し、実際に生じうる役割認識のばらつきがこれを支持した（図 4.4）。地質リスクマネジメントにおける主なコミュニケーション不全は、知識やスキーマの相違によって、リスク情報の伝達と理解の中で発生するのではなく、役割認識のばらつきに起因すると考えることができる。

現在の事業での地質リスクアセスメント（地質調査業務）成果は、事業者や設計者に対し、地質リスクに関する条件の理解を促すため、概念図や明瞭な指標が示された“丁寧”な成果と、事業者や設計者が精読し定性的なリスク要因を理解しなければならない“必要十分”または“必要最小限”の成果が、混在している。事業者が、“丁寧”であることを期待して“必要十分”の報告書を読めば、地質リスクを認知できないであろうし、“必要十分”のつもりで“丁寧”な報告書を読めば、リスクを過剰に認知するであろう。役割認識のばらつきによって、作成されるリスクアセスメントの成果が不均質であれば、それをを用いる関係者の理解も不均質となる。

<sup>1</sup> 例として、令和5年度に実施された北海道開発局の道路事業評価9件では、事業が順調でない理由として軟弱地盤やトンネル掘削等の地質に関わる要因が延べ6件挙げられているが、環境に関する要因は、影響評価がなされた3件を含め、事業進捗に影響を与えていない（北海道開発局道路計画課道路IRサイト令和5年度対象事業一覧、[https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/kn/dou\\_kei/slo5pa000001g1im.html](https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/kn/dou_kei/slo5pa000001g1im.html), 2025年11月閲覧）。

コミュニケーションの心理学的なモデル（図 4.3）によれば，受け手がメッセージに意味を与えるという視点のもと，個々が保有する概念フィルター（conceptual filters）によって刺激（stimuli）を選別して取り入れ，それに対して何らかの反応をする（responses）ことが，コミュニケーションである（末田・福田, 2011）。

業務リスクの認知や業務コストの制約によって生じる，役割認識という概念フィルターの相違によって，同じ条件が与えられても，成果品質の目標という反応に相違が生じて，ある担当者は“我がごと”の成果を作成し，別の担当者は“他人ごと”の成果を作成する．同様に，同じリスクアセスメントの成果に対して，ある担当者は“丁寧”な成果であることを期待してリスクを読み落とし，別な担当者は“必要十分”の認識で精読し過剰なリスク対応を行う．このような地質リスクの認知やリスク対応のばらつきは，心理学的な視点でのコミュニケーション不全の結果と捉えることができる．

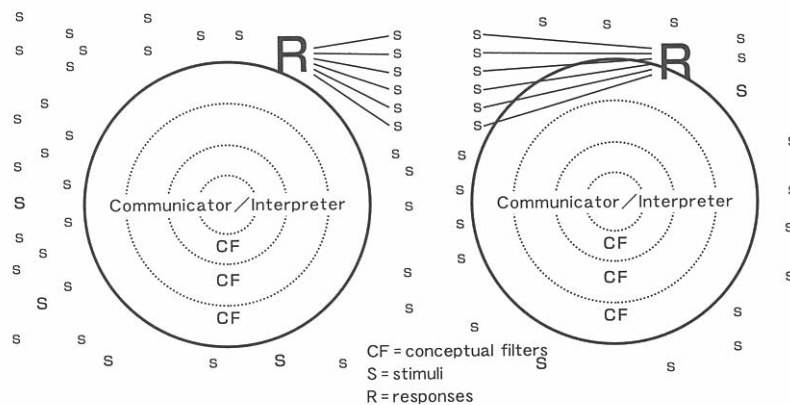


図 4.3 コミュニケーションの心理学的なモデル<sup>6</sup>

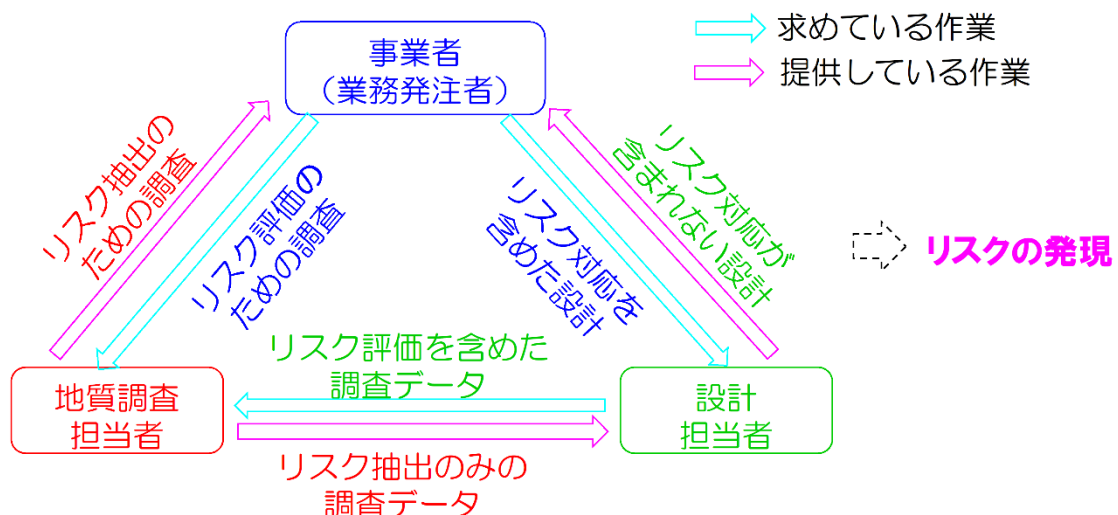


図 4.4 役割認識の相違によるコミュニケーションの不全の概念（再掲）

すなわち、地質リスクアセスメントにおいては、“発信者が伝えようとした情報が受信者に正しく伝わらない”（機械論的）ことよりも、“発信者からの情報は正しく伝わっているのに、受信者が期待されたとおりに反応しない”“受信者の期待とは異なる情報を発信者が伝えようとしている”（心理学的）ことが、コミュニケーション不全の原因と考えられる。

木下（2008）は、リスクコミュニケーションを「たがいに共考することによって、問題解決に導く道筋を探し出す社会的技術」と定義付け、組織活動や制度的なものを含むとしている<sup>7</sup>。『ガイドライン』のONE-TEAM体制は、この定義に合致するものであるが、その中で「コミュニケーションと協議」のプロセスに不全が生じれば、共に考えることができないので問題解決の達成は期待しがたく、地質リスクマネジメントによるコスト損失抑制の実現は困難である。

本章では、コミュニケーションの機能に対し、情報共有や相互理解を深めるための「役割志向」に着目し、“丁寧”な成果を効率的に作成するための方法を検討する。

## 4.2 情報共有に関わるコストの定量評価

### 4.2.1 地質調査業務の成果作成コスト

#### (1) 成果作成コスト定量化の目的と方針

事業者が地質調査業務を発注し、「役割志向」に基づいた“丁寧”な成果を期待しても、3.1節で述べたとおり、業務遂行上のリスク転嫁の結果、その品質のばらつきや低下が発生し、その結果として、情報共有や連携の円滑化を目指した“丁寧”な成果が作成されない。このことが、効果的なコミュニケーションの阻害となり、またコミュニケーションを非効率にしているとすれば、通常の地質調査業務とは別に、「役割志向」を担う業務を発注し、「規制」や「規範」として“丁寧”な成果を作成することで、情報共有や連携を、効果的かつ効率的にできるのではないだろうか。

業務リスクとして述べた、事業者のモニタリングによる“過剰な資料”の作成は、「役割志向」に基づき“丁寧”な成果の作成を目指している地質技術者にとっては、重複する作業となり、リスクアセスメントの品質に対しては不要な作業時間である。それを回避するために、地質調査業者が行う過剰なシグナリングも、リスクアセスメントの品質向上に貢献しない。「役割志向」を担う業務によって、このような無駄な作業時間を低減することは、効率的な情報共有と言えるであろう。

この仮説を検証するために、情報共有に関わる“丁寧”な成果の作成にかかるコストを定量化し、「役割志向」を担う業務を発注して地質リスクマネジメントを行った場合の、リスクアセスメント全体のコストの変化を分析する。

ここでのコストは、成果作成に要する時間とする。知識や経験の影響によるばらつきを抑えるため、筆者が担当したいくつかの業務で、作業時間を「規制」「規範」「戦略志向」「役割志向」に区分して集計し、とくに「役割志向」すなわち情報共有のための“丁寧”な成果作成に費やしている時間比を算出する。

このうえで、通常の地質調査業務とは別に「役割志向」を担う業務を発注し、通常の

地質調査業務では「規制」「規範」「戦略指向」のみの成果を作成した場合に、業務件数によってリスクアセスメントの作業時間の総量がどのように変化するか試算する。

## (2) 地質調査業務の流れと成果

作業時間の定量化にあたり、標準的な地質調査業務の流れに従って、それぞれの段階において、制度環境の区分（「規制」「規範」「戦略志向」「役割志向」）に基づき、どのような作業時間が生じるかを整理する。

全国地質調査業協会連合会(2023)によれば、標準的な業務の流れは図 4.5 に示すとおりで、大きくは5つの段階に区分できる<sup>8</sup>。

地質調査業務では、前述のとおり目的を曖昧にした設計書が多いため、「業務着手」で具体的な目的や条件を打ち合わせたうえで、受注者で既存資料や現地条件を確認のうち、「実施計画」の協議が行われることとなる。条件や目的を満たすために、発注時の作業内容に対しての変更提案や協議が行われる案件も多い。

実施計画に基づき、作業の準備を経て、ボーリングや各種試験などの「一般調査」が行われるが、業務条件の不確かさによって、事前に計画した調査数量や項目では目的を満足できない場合があるため、作業が完了する前の段階で状況が報告され、協議や変更の指示が行われる。

「一般調査のとりまとめ」として、ボーリング柱状図や試験のデータシート、地質断面図などが作成される。ボーリングの土質ごとの延長など、概数で契約されていた項目については、この段階で設計変更がなされる。

仕様書の要求としては一般調査のとりまとめで挙げた項目も重複するが、「解析等調査とりまとめ」として、調査箇所の地質条件の評価や判定が行われ、留意点や申し送り事項が報告書にまとめられる。

以下、各段階の作業や共有される資料の性質を、制度的環境の視点で整理する。

### a) 業務着手

設計書に基づいて業務計画書を作成する。業務計画書で報告する項目は仕様書で「規制」されており、「規範」に基づいて必要な事項を記載し図表を添付することとなる。

業務計画書は、発注者、受注者とも見慣れた書類であるうえ、設計者等の第三者が理解する必要は生じないため、役割志向に基づいた作業は発生しない。また目的が曖昧で現地等の条件も不確かな段階では、戦略志向に基づいた作業も無用となりやすい。

### b) 実施計画

受注者において、既存資料の検討や現地踏査を行い、現地等の条件に対応しつつ業務目的を満たすための実施計画を検討する。当初の発注内容では条件に不適當な場合、また調査地点・試験項目・数量等の妥当性について、設計変更も念頭に発注者と協議することとなる。

検討する既存資料や、現地踏査については、設計書や仕様書では、その対象範囲は曖昧であり、制度的環境に基づいて多様な対応が考えられる。

例えば既存資料は、設計書に記載されている場合や、打合せ時に発注者から貸与され

たものについては、これらを検討していない場合は瑕疵となるおそれがあるため、「規制」に基づく範囲である。発注者の指示がなくても、調査の対象について過去の業務成果の有無を確認したり、汎用的な地質情報を収集するのは、確認忘れや見落としを責められるおそれがあるための、「規範」に基づいた対応と考えられる。一方で、調査対象とは直接関与しない、周辺の業務成果や、学術誌の文献などを収集するのは、それをしなくても受注者の責めに帰すものではないため、「文化・認知」に基づくものである。これらの資料検討は、地層名の統一や支持層の評価の整合といった、関係者の連携を円滑にするための「役割志向」に基づくものや、事業で認知されていない地すべりや軟弱地盤の見落としを防ぎ事業の質を高めるための「戦略志向」に基づくものと考えられる。

現地踏査についても、一般調査を安全に行うため、もしくは対象範囲の地質を評価するための、「規制」や「規範」に基づく作業と、評価の整合のための周辺の確認や、周辺の地質リスク事象の把握といった、円滑な連携や地質情報の質を高めるための、「役割志向」や「戦略志向」に基づく対応が考えられる。

既存資料や現地踏査の結果から、調査内容の変更提案が行われる。契約書では、業務目的を満たすうえで優れた代替方法等があれば変更を提案することができる旨が記載されており<sup>23)</sup>、「規範」に基づけば代替方法等を検討し協議する資料を作成するが、「規制」に基づけば代替方法の有無にかかわらず資料を作成して協議を行う必要はない。「役割志向」や「戦略志向」に基づいて既存資料の検討や現地踏査が行われていれば、変更提案の資料にも反映されるであろう。

変更提案の結果を踏まえて変更計画書（実施計画書）が作成されることとなる。これは当初の業務計画書と同様、「規制」や「規範」に基づいて作成される。

### c) 一般調査

ボーリングなどの現地作業や室内試験、これらに伴う作業の準備や後片付けは、規格や標準作業が定められたものが多い。しかし「規制」に基づく作業だけでは、地質性状の不確かさに対応できない場合がある。例えば原位置試験を行うためのボーリング孔の保護方法などは、受注者の判断に委ねられているため、確実に有用なデータを得るための「規範」に基づいた対応がなされている。

さらに「戦略志向」や「役割志向」に基づいて、業務目的で求められている以上の品質、例えば事業における後々の検討での観察に適した良好なコアを採取するために、“腕の良い”オペレーターを配置するなどの対応が取られることもある。ただし実施計画での作業のように、時間ではなく金銭的なコストを要することが多いため、今回のコスト定量化では考慮しないものとする。

地質調査業務では、想定外の地質条件、例えば支持層の空間分布が想定以上の傾斜や不規則さが確認された場合など、得られるデータが業務目的に対して不足する場合があるため、一般調査実施中に、中間報告と変更協議が行われる。ここで受注者が「規制」に基づいて、数量を説明するだけの資料を作成すれば、目的に対する妥当性の判断を発注者が独自で行う必要が生じる。このため「規範」に基づいて、発注者の判断を助けるための、

妥当性の根拠<sup>1</sup>となる資料を作成することになる。さらに「役割志向」に基き、関連する設計者等を交えて妥当性を協議するための、概念図等の補足資料が作成される場合もある。

#### d) 一般調査のとりまとめ

調査結果のとりまとめも、制度に基づいた多様な対応が考えられる。例えば試験結果は、「規制」に基づけばデータシートだけがあればよいが、「規範」に基づいて、値の範囲や平均値などを、区分された地層ごとに一覧に整理している成果が多い。さらに異常値の取捨選択の経緯や、データのばらつきを考慮した統計処理の過程などを、第三者が再現できるように明示した成果も見られ、これは「役割志向」に基づいたものと考えられる。

地質断面図も、「規制」に基づけば、柱状図の地層境界を直線で結ぶだけで契約は満たされる。しかし「規範」に基づけば、境界線の妥当性を高めるために地形地質の成り立ちを考慮し、直線でよいか、上または下向きの弧状となるか、といった検討がなされる。さらに「役割志向」に基づいて、検討過程に関する事業者や設計者の理解を促すための、岩盤等高線図や地質平面図が作成されることもある。

一般調査やそのとりまとめは、実施計画においてなされた提案に従って進められる。「戦略志向」に基づいた行動は、実施計画の段階でなされているため、ここでは発生しづらい。

#### e) 解析等調査とりまとめ

ここまでの作業で行われた解析等調査を含め、業務目的に対する地質の評価や、その不確かさなどリスクの申し送り事項などが、報告書としてとりまとめられる。構造物設計に関連する地質調査業務として、支持層の評価や基礎形式の予察、地盤定数の提案値や地下水の影響の有無等の検討項目が、仕様で挙げられている。

ここでも、「規制」に基づくとりまとめでは、その内容は、業務の目的にかかわらず定型的なものでよい。しかしそれでは業務目的を満足しないおそれがあるため、「規範」に基づいた検討が必要となる。

この段階は「戦略志向」に基づく成果が作成されやすく、事業品質を高めるための、地質リスクを考慮した評価や考察がなされたり、事業の展開を見据えて後続業務での地質調査の提案などがなされる。事業者や設計者の理解を促すため、また周辺の地質調査業務成果との整合を図るために、「役割志向」に基づいた検討や説明資料が作成された成果もよく見受けられる。

---

<sup>1</sup> ボーリング調査の数量の妥当性であれば、調査目的の基準となる深度と、それに対して確認した深度等が比較するような資料。“支持層となる地盤は深度〇m以深と考えられ、連続性や均質性を把握できる延長を確認した”といった説明。

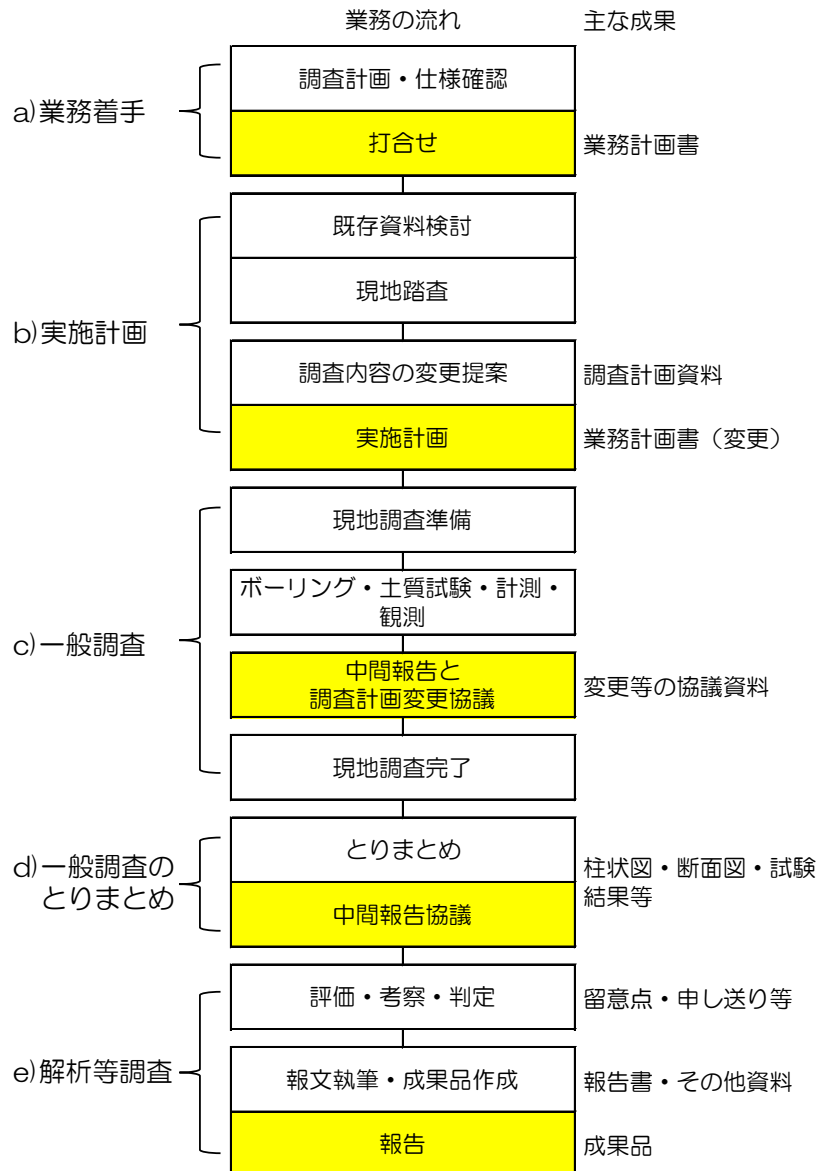


図 4.5 地質調査業務の流れと主な成果

### (3) 業務に費やす時間の内訳

筆者が平成 27 年～令和 4 年に主担当した、北海道開発局の建設中の道路事業における地質調査業務 9 件について、勤務状況の記録や作成した資料の項目と内容から、作業時間を「規制」「規範」「戦略志向」「役割志向」に区分して整理した。

筆者以外の担当者が行った作業は、筆者が行った場合に要する時間を想定して置き換えた。また関連する地質調査業務も筆者が担当していた場合、既存資料の検討等には省略しているが、行うものとして要する時間を想定している<sup>1</sup>。勤務状況の記録が 0.5 日単位であり、作業中は 4 つの区分を意識して作業を行ったわけではないため、分解能を 0.5 日単位として、傾向を把握することとした。

<sup>1</sup> トンネルを対象とした地質調査で、前年の地質調査業務を筆者が担当していた場合などは、それを本人が担当していなかったものと想定し、報告書の内容把握やデータの整理に要する時間を経験的に設定した。

発注機関や事業を絞った理由は、事業者の成果に対する要求内容や、関連して実施される地質調査及び設計業務を含めた、担当者の技術力の不均質さの影響を抑えるためである。また「役割志向」の作業を抽出する目的であるから、同時並行もしくは直後に関連する地質調査や設計業務が行われていることも必要条件とした。

図 4.6 のとおり、「規制」、「規範」、「文化・認知」それぞれに基づく作業時間が概ね 1/3 ずつを占めた。個別に見ても、いずれかの作業時間が全体の 1/2 を超えた業務はなく、業務条件による時間配分の偏りは認められない。1 件の業務に配分される人的資源には限りがあるため、業務目的を満たすための「規制」と「規範」を優先したうえで、「文化・認知」に基づく作業量が調整しているであろうことも含め、筆者が担当する地質調査業務での作業時間の配分は概ね 1/3 ずつになるものと推測される。

作業全体ではなく、事業者や関連業務へ提供する資料作成に要する時間に目を向けると、作業時間の比は図 4.7 のとおり変化する。内訳を見ると、資料作成に割かれる時間は、「規制」「規範」「戦略志向」に基づく作業では全体の 1/2 弱～1/3 の時間であるのに対し、「役割志向」は全体の 3/4 程度の時間を費やしており、結果として資料作成に関わる作業の 1/3 程度が「役割志向」に基づく作業時間であることが示される。

この要因は、「役割志向」が、事業における関係者の情報共有や連携への貢献を目指して行われる作業であるため、と考えられる。他の関係者に、地質リスク等の情報を共有し、連携のための認知の整合を図るためには、表出された有形の資料が必要である。土木と地質の関係者が、定型的な成果だけでは共有できない事象に対して、認知を共有させるための資料を作成するには、相応な時間が必要となる。

他方、「規制」「規範」に基づく作業は、口頭や定型の資料で共有が可能である。また非定型であっても、事業や地質事象を対象にする「戦略志向」に基づいた作業では、検討の過程、いわゆる“頭の中”は必ずしも他の関係者と共有する必要がない。このため、「役割志向」以外での資料作成に要する時間は、作業全体の半分程度以下となっている、と読み取ることができる。

なお、分析した業務では、1 業務あたりの平均作業時間が 40.8 日となった。設計書で計上された直接人件費を、国土交通省の技術者単価単純平均値で除すと、1 件あたり 34～55 人工となったため、分析した業務の作業時間は、通常の業務として費やす時間としては概ね妥当と判断した。

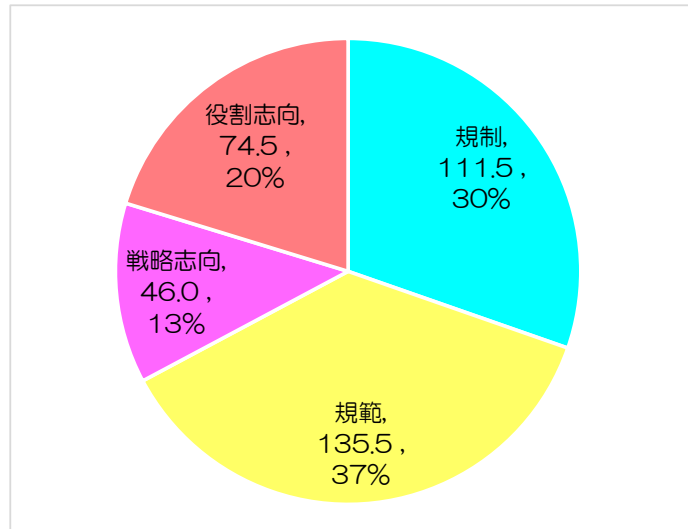


図 4.6 作業時間の制度区分ごとの割合（総作業時間 367 日）

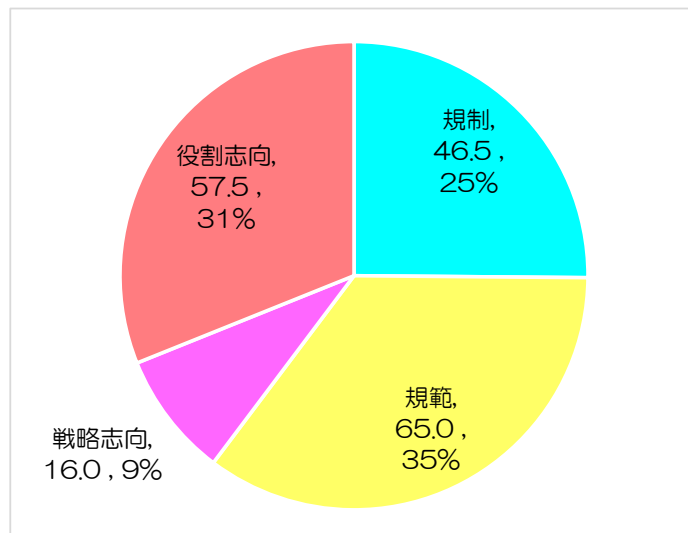


図 4.7 作業時間の制度区分ごとの割合（資料作成 183 日）

#### (4) 役割志向に基づく資料作成時間

「役割志向」に基づく作業は、他の制度環境区分に基づく作業と異なり、資料作成に要する時間が過半を占めている。

分析対象業務のうち 1 件での、担当技術者の作業時間の内訳を表 4.1 に示す。例として挙げた業務は、掘削土からの有害物質溶出が懸念される計画トンネルにおいて、掘削土への対応を検討する業務（以下、検討業務）へ提供する地質情報を取得するために、ボーリング 1 孔で試料を採取し、化学試験を行ったものである。

業務着手段階での、設計書に基づいた計画書や、現地等の条件確認後に作成される実施計画段階の業務計画書は、概ね「規制」や「規範」に基づいて作成された。ただし本業務では、地質調査の不足区間に対して地質調査を追加提案できる可能性があり、「戦略志向」に基づいた既往資料の整理が行われた。また「役割志向」に基づき、トンネル全体での整合的な資料とりまとめを念頭に、既往業務で実施された試験項目や地層、岩種名称等が整理された。

一般調査段階で、当該業務では、化学試験の対象とする試料の選定を、検討業務の担当者と相談する必要があったため、そのための協議資料が作成された。ボーリング柱状図とコア写真、試料採取予定深度の一覧表が、協議に際して“必要十分”と考えられるが、試料抽出予定深度や岩種、試験項目の組合せ等の条件をコア写真上に書き込んで視覚的な理解を促すとともに、岩種ごとの予定試料数等を一覧に整理して抽出する試料の偏りの有無を把握できるよう、“丁寧”な成果となった。“必要十分”な作業に比べて多くの時間を費やしたが、事業者および検討業務担当者それぞれに“必要十分”な資料で説明しても、理解が促進されず多くの質疑を受けることを予想したためであり、「役割志向」に基づいて作成された成果である。

また、業務数量の設計変更のための資料として、標準的には数量表や見積が作成されるが、当該業務では特殊な運搬方法を用いたため、その理由を監督員が契約担当者等へ説明するための、平面図や現地状況写真等を取りまとめた資料が作成された。これも円滑な情報共有を促すための「役割志向」に基づいた作業である。

一般調査とりまとめ段階では、トンネルに対する地質断面図は、既往業務で作成されており、当該業務のボーリング柱状図を挿入し、地層境界等の修正を行うのが「規範」として求められるものである。この業務の断面図では、既往を含めた試料採取箇所を断面図上に示し、かつ有害物質の溶出量の程度に応じて異なる着色を施した。これは有害物質の対応必要性が高い区間や、試験の頻度が乏しく不確かさの大きな区間について、事業者及び検討業務担当者の視覚的な理解を促進するためのもので、「役割志向」に基づく作業である。また化学試験結果も、基準値を含めて一覧表に整理し、基準超過試料の欄を塗色する程度が「規範」の作業であるが、当該業務では試験数が多かったため、地層や岩種ごとの溶出量を散布図として示した。これも対応が必要な地層や岩種の傾向に対する、関係者の理解を促すための「役割志向」に基づく作業である。

解析等調査のとりまとめでは、先に作成した断面図や散布図をもとに、有害物質に対する不確かさが大きな区間の整理や、追加調査の有効性が検討された。これは今後の地質調査業務発注を促進し受注可能性を高めるための「戦略志向」に基づいた作業である。また業務成果の要点をまとめた概要版が作成されたが、関係者が当該業務の内容を短時間で理解し、情報共有や連携を円滑にするための、「役割志向」に基づく作業である。

「役割志向」に基づく作業で資料が作成されていないのは、トンネル全体での地質調査結果の整合を図るために行われた、既往資料の収集整理だけである。作業内容を区分すると、「役割志向」に基づく作業時間の大部分は、関係者の理解を促すための、資料作成に費やされていることが確認できる。

表 4.1 業務の作業時間内訳例

段階	作業内容	作業時間（日）			
		規制	規範	戦略	役割
業務着手	業務計画書（暫定）作成	0.5			
実施計画	現地確認	1.0	1.0		
	既往資料等の収集整理	0.5	0.5	2.0	1.0
	実施計画書作成	0.5	1.0		
一般調査	コア写真撮影・コア観察	1.0	0.5		
	試料抽出箇所協議資料作成		1.0		2.0
	その他ボーリング結果整理	0.5	1.5		
	設計変更協議資料作成	0.5	1.0		0.5
一般調査のとりまとめ	ボーリング柱状図作成	0.5			
	地質断面図作成（基図の整理）	0.5	1.0		
	地質断面図作成（修正・加筆）		0.5		1.0
	化学試験結果一覧表作成		1.0		
	化学試験結果散布図作成				2.0
解析等調査のとりまとめ	評価・検討	0.5	1.5		
	報告書作成	1.0	0.5	1.5	
	概要版作成				2.0
（打合せ）	打合せ	2.5			
	協議簿整理	1.0			
	協議用資料作成		1.5		1.5
計	作業全体	10.5	12.5	3.5	10.0
	資料作成に関わる作業	4.0	6.5	1.5	9.0

#### (5) 役割志向を担う業務の作業時間

それでは個々の業務において「役割志向」の作業を行わず、「役割志向」を担う業務を別途発注して、情報共有や連携を行うとコストすなわち作業時間はどのように変化するであろうか。

これまで整理した作業時間は、1件の地質調査業務内の、「規制」「規範」で得られた地質情報から発生した情報共有のための時間である。複数の業務で得られる地質情報に対しての資料作成には、当然ながら1件分の地質情報に比べて時間がかかり、かつ作成された成果の様式は業務ごとに差異が生じる。一方で資料の作成に要する時間は、地質情報量には単純に相関せず、地質情報を集約したうえでまとめて整理がなされることで効率化が図られる。このため、複数の地質調査業務で得られた“必要十分”や“世話焼き”な成果から、関係者が共有するための“丁寧”な資料を作成する、「役割志向」を担う業務の効果を検討するものである（図 4.8）。

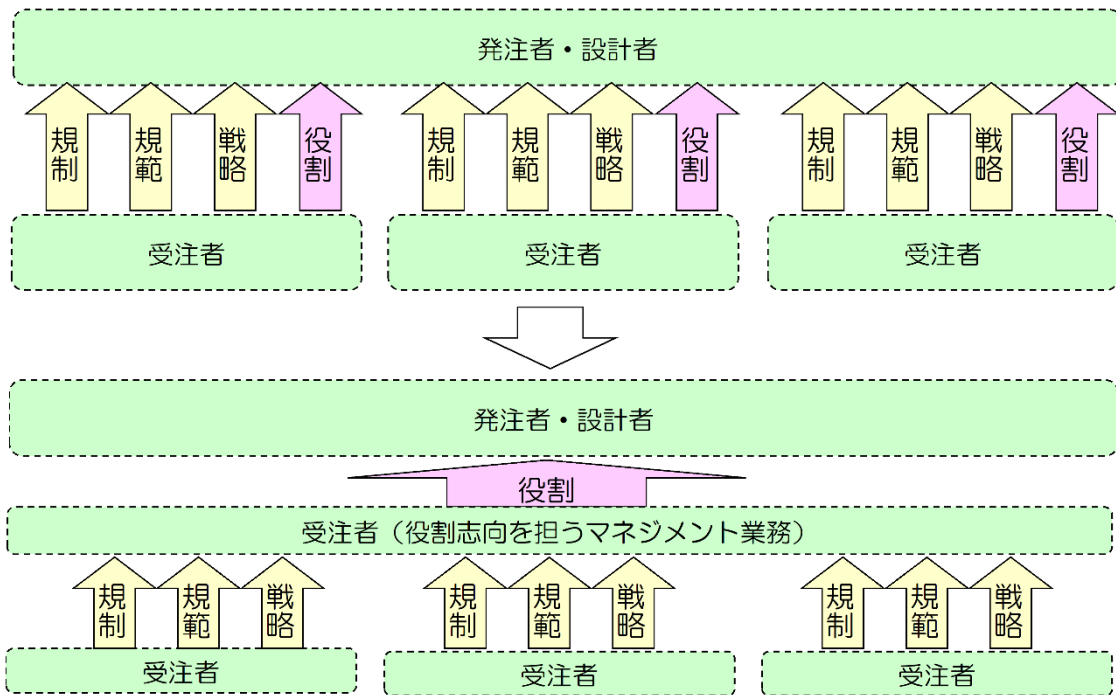


図 4.8 役割志向を担う業務の概念図

筆者が担当した、道路建設事業において多数の地質調査業務が発注されている状態での地質リスクマネジメント業務3件において、情報共有に関わる作業時間を抽出した(表4.2)。当該業務では、役割志向に基づく作業として関連業務の指導調整のほか、関連業務の結果を踏まえたリスクの分析・評価・対応方針検討・地質調査計画策定を行っている。総作業日数が他に比べて2倍程度となった業務は、上記作業に加えて路線の地表地質踏査が含まれたためである。本検討では、これら「役割志向」を除く、設計書で要求されたリスクマネジメントの作業時間は考慮しない。

対象の事業では、地質調査業務担当者が事業者と協議する内容のうち、調査内容の変更・追加の提案は、マネジメント業務を介して行われた。これにより、通常は地質調査業務担当者が、対象箇所での地質調査の不足を懸念する場合、既往業務成果を収集整理し、調査の実施頻度や試験項目の過不足を確認して資料を作成し、事業者と協議する必要があるのに対し、この事業では懸念を伝えるだけで、マネジメント業務によって資料の収集整理や協議資料の作成が行われる。すなわち地質調査業務担当者が「規範」に基づく作業を行うだけで、事業としては“丁寧”な成果が作成される。

同様に、地質調査業務担当者と設計業務担当者が協議が行われる、解析等調査で用いる技術基準書やとりまとめの様式についても、マネジメント業務にて統一したうえで、設計業務担当者と協議が行われた。地質調査業務担当者では説明のための“丁寧”な資料作成が省略され、設計業務担当者でも協議対象が複数の地質調査業務担当者ではなくマネジメント業務担当者に集約される。

表4.2で役割志向の作業時間が地質調査業務件数と完全に相関しないのは、担当者の熟練度の影響や、過年度に情報共有のための様式が作成されていたことが原因と考えられる。先に整理した9件の平均(右欄)と比較すると、資料作成以外に要する時間の割合が

非常に大きいですが、これは通常の業務に比べ、「規範」に基づく資料の理解や、現地状況等の確認に要する時間が、複数の業務分必要となったためである。

表 4.2 役割志向を担う業務の作業時間

	地質リスクマネジメント業務			通常業務
				平均
地質調査業務数 (件)	7	11	8	
作業日数 (日)	245.0	120.0	123.0	40.8
役割志向の作業 (日)	35.0	44.0	35.0	8.3
役割志向の資料作成 (日)	17.0	14.0	14.0	6.4

#### 4.2.2 役割志向を担う業務を行った場合のコスト

事業における地質調査業務の成果作成に要する作業時間 ( $Ta$ ) の総量は以下のように表されるであろう。

地質調査業務を個別に発注する場合

$$Ta = Tg \times N \quad Ta = Tg \times N$$

式 4.1

「役割志向」を担う業務を発注する場合

$$Ta = (Tg - Tr) \times N + Tm$$

式 4.2

$Ta$  : 地質調査業務に要する時間

$Tm$  : 「役割志向」を担う業務に要する時間

$Tg$  : 通常業務の作業時間

$Tr$  : 通常業務のうち「役割志向」の作業に要する時間

$N$  : 地質調査業務件数

前述のとおり、「役割志向」を担う業務では、資料作成に要する時間は業務件数の影響が小さく、全体の作業は業務件数の影響を受けやすい。このため式 4.3 で表すことができるものとする。

$$Tm = a \times Tr + b \times N$$

式 4.3

$a$  : 「役割志向」の作業に要する時間の、通常業務との比。

実績よりおよそ 2

$b$  : 「役割志向」を担う業務での、関連する通常業務 1 件当たりの作業時間。

実績より 2.6 日/件

右項の前半は、様式や用いる基準の選択など、業務の多寡にかかわらず生じる基本的な時間、後半は個々の業務から得られる地質情報量に相関して増加する作業時間となる。

先に整理した通常地質調査業務9件の平均では、 $T_g$ は40.8日、 $T_r$ は8.3日であった。これらから、地質調査業務に要する時間の総量と、地質調査業務件数の関係は、図4.9に示すとおりとなり、通常地質調査業務が4件を超える場合は、別途役割志向を担う業務を実施することで、作業時間の総量を低減することができる。

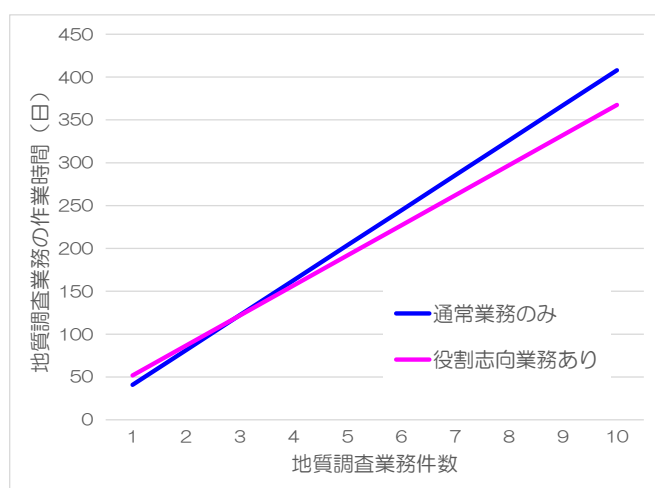


図 4.9 リスクアセスメントの総作業時間と業務数

#### (7) 定量化したコストの妥当性

前述の定量評価は、元となるデータ数が少なく、事業対象や、対象箇所の地質条件の不確かさ、また関係者の知識・経験等に影響を受けるため、感度分析によって妥当性を検証する。

式 4.3 の係数 $a$ は、業務件数にかかわらず発生する、共通の技術基準の検討や、とりまとめ様式の作成にかかる時間であるため、対象となる設計工種等に影響を受けやすい。

係数 $a$ を 1.5~3.0 まで変化させた際の、役割志向業務を合わせた業務 1 件あたりの作業時間は図 4.10 のとおりとなる。件数が少ない場合は、役割志向の業務を別途実施することで、1 件あたりの作業時間は増加するが、件数が増えると資料作成の効率化によって 1 件あたりの作業時間が低減される。ここで係数 $a$ が大きくなるほど、役割志向の業務の作業時間が増加し、 $a = 3.0$  の場合は、通常地質調査業務が 4 件以下の場合は役割志向の業務を行わないほうが有利となる。しかし、件数の閾値は、地質調査業務の 1 件あたりの規模にも影響されるため、仮定した係数の影響は小さいと言える。

式 4.3 の係数 $b$ は、業務件数に応じて増加する作業時間であり、地質条件の不確かさや、取得する地質情報の量や種類に影響されやすい。

係数 $b$ を 1.5~4.0 まで変化させた際の、業務 1 件あたりの作業時間は図 4.11 のとおりとなる。係数が大きくなるほど、同様に役割志向の業務の作業時間が増加するため、 $b = 4.0$  の場合、通常地質調査業務が 4 件以下の場合は役割志向の業務を行わないほうが有利となる。これも係数 $a$ と同様で、仮定した係数の影響は小さい。

本稿では、地質リスクアセスメントに要する費用を、地質調査業務の作業時間に置き換えて試算した。「役割志向」を担う業務は、資料作成の効率化によりアセスメントに要する作業時間を低減する、すなわちコミュニケーション効率の向上が図られ、概ね5件以上の情報共有が必要な業務が存在する場合、別途「役割志向」を担う業務を行うことが有利となる。また効率だけでなく、業務ごとのばらつきがない均一なアセスメント結果を提供し、事業者や設計業務担当者の理解を促進する効果、すなわちコミュニケーション効果の向上も期待できる。このため、同一の事業において複数の地質調査業務が並行して実施される場合、「役割志向」を担う業務を実施することが合理的と考えられる。

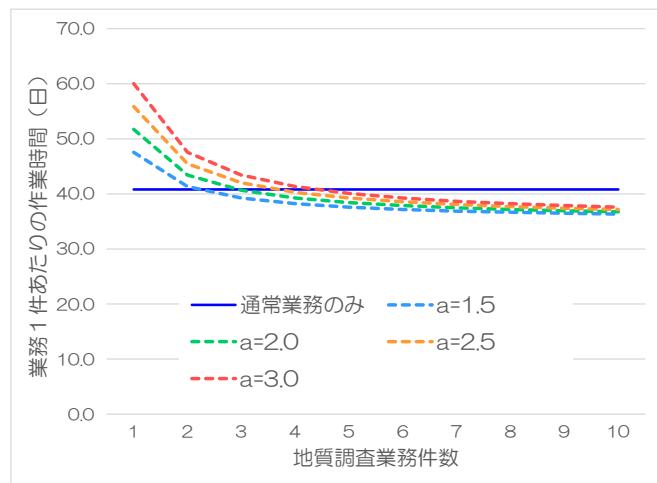


図 4.10 係数 $a$ を変化させた場合の作業時間

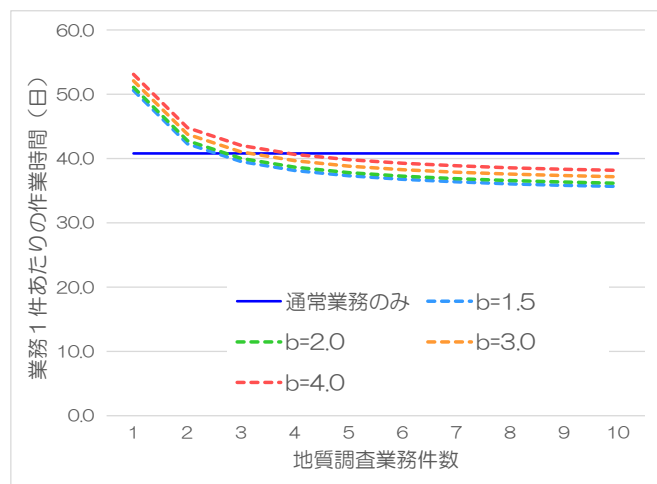


図 4.11 係数 $b$ を変化させた場合の作業時間

### 4.3 役割志向を担う業務の機能

#### 4.3.1 取引費用理論によるコミュニケーション効率向上の機構

事業規模が大きくなり、多数の地質調査業務が実施される場合に、役割志向に基づく“丁寧”な成果が、成果作成にかかる時間を低減させ、アセスメントの品質向上に貢献する理由について、取引費用理論に基づいて考察する。

Williamsonによれば、人は機会主義的（自分の利益のために悪徳的に行動する可能性がある）であり、限定合理性（情報の収集、情報の計算処理、情報の伝達表現能力に限界があり、合理的であろうと意図されているが限定的でしかありえない）に基づいて行動する。このような人どうしが取引を行えば、相手にだまされないよう、契約前の相手の調査や、契約書の作成、取引履行中のモニタリングなど、人間関係上の様々な費用（取引費用）が発生する<sup>9</sup>。

このような取引費用は、取引対象である製品・サービスの品質向上や生産コスト縮減といった、本質的な価値の創造には寄与しない。このため、取引費用が小さいことが、取引を行う両者にとって望ましい状態であり、取引費用が大きい場合、組織は垂直統合や長期契約によって解決を図ることとなる。

この取引費用理論によれば、取引における資産特殊性、不確実性、取引頻度によって、取引費用が増減するとされる。地質調査業務は、資産特殊性が高く、不確実性が大きいため、多様な取引費用が発生し、作業時間に反映されているものと考えられる。

資産特殊性とは、特定の取引相手に対しては価値が高いが、別の相手に対しては価値が低い資産を示すもので、資産特殊性が高い場合は、取引相手を容易に変更できないため、取引費用が大きくなる。地質調査業務では、事業者は、品質確保の観点から、資格や実績を有さない地質調査業者とは取引ができない。地質調査業者は、売上の大部分が公共土木事業で占められる企業が多く、取引相手を容易に変更できない。さらに地質調査業者側は、人材育成や、解析のソフトウェアなど、土木事業に特化した投資が行われている。事業者と取引が行えなくなると企業としての経営に支障が生じる、いわゆるホールドアップ問題を抱えるため、業務において作成した“必要十分”な成果に対して、“念のための資料”といった、事業者から課される過剰な作業の要求を拒絶しづらい状態にあると考えられる。このことは、業務遂行上の担当者のリスク認知の背景となるであろう。

取引の不確実性は、取引相手の情報の多寡によって生じ、情報が不足したり信頼性の低い情報しか得られなければ、不確実性が高く、取引費用も大きくなる。地質調査業務では、取引相手の情報は双方ともに一定程度得られているが、取引の内容についての不確実性は高い。すなわち、契約される設計書に示された条件に対し、実際の業務の難易は、事業条件や、現場の地形地質に影響を受けるが、事業者にとっては現場の条件に関わる情報が、地質調査業者にとっては事業条件に関わる情報が、それぞれ不足するため、双方にとって不確実性が高い。また成果についても、双方の保有する情報や知識の非対称性が大きい。

取引における高い不確実性の結果として、事業者は“必要十分”の成果を期待して、“必要最小限”の成果を受領するリスクや、成果に対して不当に高額な業務費を支払うリスクを認知する。このため、地質調査業者や地質技術者へ“過剰な資料”を要求するなど

のモニタリングを行い、妥当な成果品質の確保や、不当な業務費の支払いを回避しようとする。

一方で地質調査業者や地質技術者も、成果品質が妥当であることを示すためのチェックリストによる照査や、業務費に見合う作業を行っていることを示すための作業状況写真など、“過剰な資料”を作成することとなる<sup>1</sup>。このような地質調査業者および地質技術者のシグナリング<sup>11</sup>は、取引費用であり、アセスメント品質に貢献しない。

取引頻度は、事業者と地質調査業者の間では、一定程度継続的な取引が行われるため、機会主義的行動は取られづらい。継続的な取引が発生するのは、個々の地質調査業者の保有資産、すなわち業務遂行能力に限界があって、急激に業務受注量を増やすことが困難であることや、資産特殊性によって新規参入が困難な市場であることから、個々の地質調査業者の業務受注量の変動が小さいと考えられるためである。取引頻度が高い状態では、機会主義的行動を取ると次回以降の取引条件が不利になったり、取引先を替えられるおそれがある。

地質調査業務における、事業者のモニタリングや地質調査業者のシグナリングは、事業の品質に貢献しない、不毛な作業であり、取引費用と見なすことができる。図 4.12 に示す概念図のとおり。資産特殊性が高い地質調査（リスクアセスメント）業務の成果を取引する場合、業務条件の不確実性も大きいため、情報の非対称性が双方の認知リスクを増幅し、事業者側の過剰なモニタリングや、地質調査業者の過剰なシグナリング、すなわち取引費用が増える。リスクアセスメントの品質に貢献しない不毛な作業時間が増えることは、限られたコスト（人的資源や作業時間）での、リスクアセスメントの品質が低下する、すなわち“他人ごと”の成果が作成されることを意味する。

役割志向を担う業務が配置されることで、情報の非対称性が緩和され、モニタリングやシグナリングの対象となる成果が少なくなれば、地質調査業者や地質技術者は、同じ作業時間を使って、リスクアセスメントの品質を高めることが可能で、それぞれの地質調査業務で期待される“必要十分”な成果品質が確保される。コミュニケーションの視点では、“受信者の期待と一致した情報が発信”され、“受信者が期待されたとおりに反応”することが可能な状態であり、コミュニケーション不全が解消される。

---

<sup>1</sup> アセスメントの成果の“見映え”を向上しても、事業の品質（コスト損失の抑制）は向上しない。やや乱暴な意見となるが、報告書の誤字脱字のチェックや、作業状況の写真を撮影するために割ける人的資源があるのならば、地質断面図の妥当性（地層の堆積環境など）を検討するほうが、アセスメント品質に貢献するであろう。しかし事業者は、地質断面図の妥当性を評価する知識がないため、業務の品質を“見映え”で評価せざるをえない。このような事業者側の知識の欠落を埋めることも、地質リスクマネジメントの社会実装にあたって改善すべき課題になるものと考えられる。

<sup>11</sup> プリンシパル-エージェント理論では、エージェントが自己に対する正統な評価を得るために、経歴等をプリンシパルに提示することを言う（例えば Spence, M., *Job Market Signaling*, *The Quarterly Journal of Economics*, Vol. 87, No. 3, pp. 355-374, 1973.）。本稿では、地質条件の不確かさに対してのアセスメント品質向上に寄与しない、過剰な資料の作成も、情報の非対称性を緩和するための提示行為であるため、シグナリングと呼ぶ。

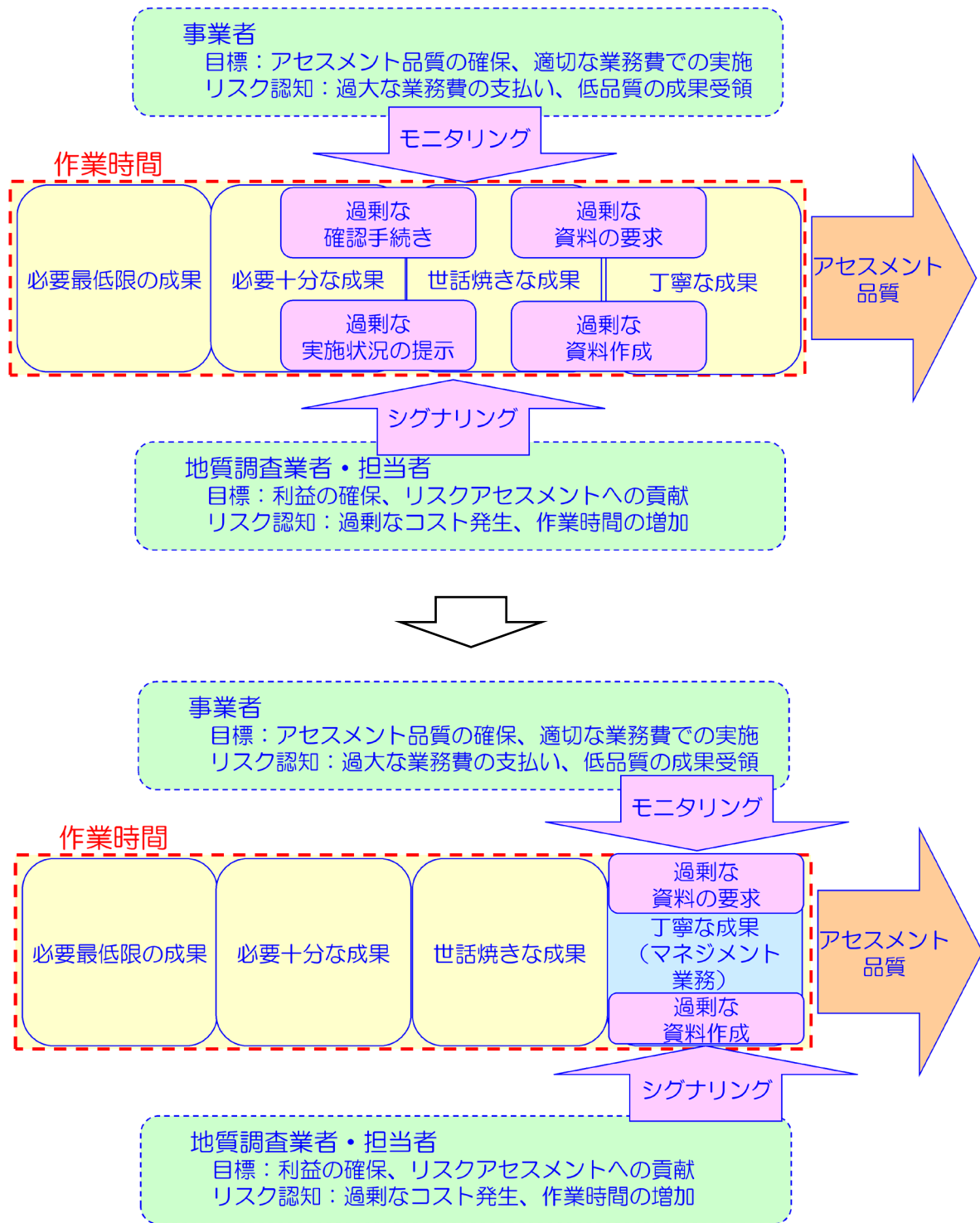


図 4.12 取引費用による品質への影響と役割志向業務の効果

#### 4.3.2 協働に対する役割志向を担う業務の機能

ここまで『ガイドライン』の主張から、事業者や設計者、地質調査業者という異なる主体が協働する土木事業において、情報共有が重要であることを前提として議論を行った。あらためて、情報共有やそのための円滑なコミュニケーションの、土木事業の品質への影響を検討する。

坂口（2013）は、組織間の協働を「相互浸透」と「問題解決」に区分し、それらは既往研究から、情報共有、取引相手の特徴、取引の特徴<sup>1</sup>によって影響されるという前提のもと、アンケートを行った。分析の結果、情報共有は、「相互浸透」「問題解決」双方に対して、取引相手の特徴や、取引の特徴に比べ、影響が大きい結果となり、組織間協働に際して最も重要な要素であることを示した。

土木事業では、資産特殊性の大きい関係者間の協働が求められるが、役割志向を担う業務によって、丁寧な成果が作成され、関係者間の情報共有やコミュニケーション効率が向上すれば、資産特殊性などの取引相手の特徴の影響は相対的に小さくなり、事業品質の向上、コスト損失の低減に寄与すると考えることができる。

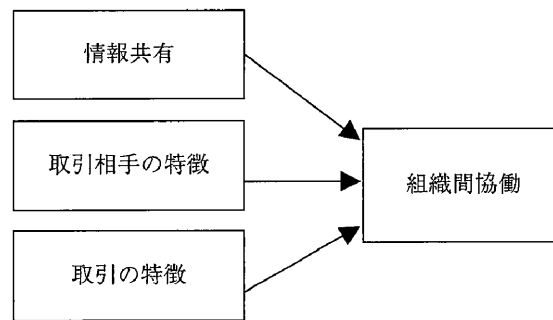


図 4.13 組織間協働における要素の概念<sup>10</sup>

安部・高野（2019）は、不確かさの大きいプラント建設事業において、組織のレジリエンス向上に影響する要素と、その関連を分析した。この結果、組織をまたぐ専門性や役割の共有といった要素が、チームメンバーの役割理解と協力を推進し、組織のレジリエンスを高めていることが示された。またインタビューの結果から、自社優先の行動などの機会主義的行動や、会社間での遠慮で発言しないなどの“他人ごと”の対応が、協力関係阻害の要因と考えた。

役割志向を担う業務は、組織を跨いだ専門性や役割の共有により、関係者の機会主義的行動や“他人ごと”の対応を抑制し、関係者の役割認識と地質リスクの理解、協力を促進しうることが示唆されよう。

一方で、チーム内の相互の尊重と意見の述べやすい環境を作ることもレジリエンスに貢献することを示す結果となっている。役割志向を担う業務は、専門分野の担当者間での、

<sup>1</sup> 取引相手の特徴とは、信頼できる相手、能力のある相手など。取引の特徴とは、資産特殊性、取引規模、不確かさ、複雑性、取引相手間の競争。

情報の非対称性の小さい取引を可能とする効果が考えられる。情報の非対称性が小さい相手との間では、簡単な資料や口頭説明によって情報共有や相互浸透を図ることができる。相手の理解のための、丁寧な資料を作る労力が軽減されることは、意見を述べやすい環境にも貢献すると考えられる。このようなレジリエンスは、3.3で述べた事業の“隙間”を埋めることとも関係し、不確かさの多い土木事業を、より少ないコストで完遂する効果も期待されるであろう。

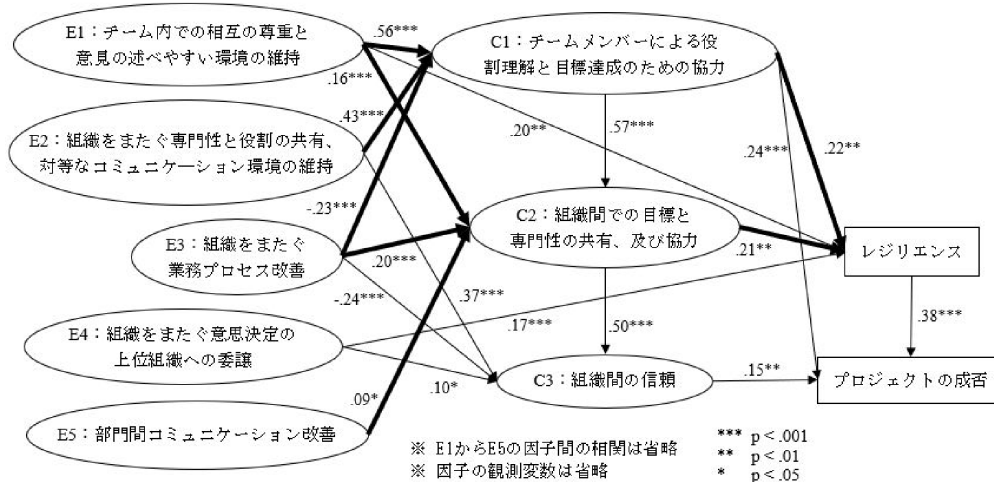


図 4.14 組織のレジリエンスに影響する要素のモデル <sup>11</sup>

港（2014）は、企業間の知的連携において、統制が強すぎると萎縮し、弱すぎると分裂するため、適度な統制が必要であることを述べた。連携の密度によって、一体型、システム型、結成型、混成型、分離型の製品開発形態が想定され、連携密度が大きいほど、コントロール強度が強くなり、かつ適度でないと、萎縮や分裂によって開発が成功しづらくなるため、内部的な統制機構が求められるようになる。

土木事業における設計と地質調査の連携は、双方が独立した技術や知識体系に基づいて活動しつつ、一定の技術基準に則った施設を設計するために、リスクアセスメント結果と、リスク対応のすり合わせを行う。これは、結成型または混成型の協働に区分されるため、準内部的な統制機構、すなわち関係者を強くけん引するべき部分と、裁量に委ねて能力を発揮させる部分的確な使い分けが求められる。

役割志向を担う業務は、主に規範や戦略志向・役割志向に基づく、設計者や事業者との情報共有が生じる地質調査の項目に対して、地質条件の指標や様式の統一などで関係者を強くけん引する。一方で現地調査など、主に規制に基づき個別の業務で完結する項目には干渉しないので、個々の地質調査業務の担当者が、その専門分野において能力を発揮することができる。このため、結成型、混成型の協働を成功に導くための、適度な統制にも貢献すると考えられる。

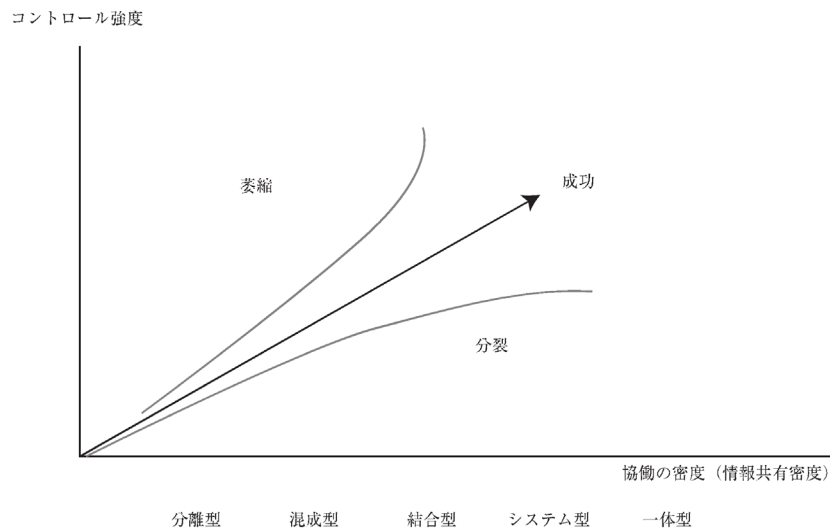


図 4.15 協働の密度とコントロール強度<sup>12</sup>

以上から、役割志向を担うための地質リスクマネジメント業務は、円滑な情報共有のためのコミュニケーションという効率面だけでなく、事業全体のレジリエンスの向上、適度な統制といった、協働の質の向上も期待しうるものと考えられる。

ここで、リスクコミュニケーションの定義は「対象の持つ情報、ことにリスクに関する情報を、当該リスクに関係する人びとに対して可能な限り開示し、たがいに共考することによって、問題解決に導く道筋を探す社会的技術」であった。事業における地質リスクに関する情報を、コミュニケーションの円滑化によって連携や共考の場を提供し、レジリエンスや協働の質を向上してコスト損失という問題の解決に資するのであれば、役割志向を担う業務は、地質リスクマネジメントにおけるリスクコミュニケーションのための業務、ということもできるであろう。

#### 4.3.3 役割志向を担う業務のための体制の検討

##### (1) 組織の形態

それでは、役割志向を担う担当者は、事業の実施体制の中でどのように位置付けるのが効果的であろうか。島崎（1999）は、情報伝達に有利な組織形態について、必要人数、情報取扱量、情報伝達所要時間、伝達時のエラー発生率を変数とした定量評価を行い、フラット型組織がピラミッド型組織に比べて有利と評価した<sup>13</sup>。これによれば、関連するすべての業務を事業者（監督員）が一元的に管理することが効率的となる。ただしこの研究は、CALIS/EC（公共事業支援統合情報システム）の導入を背景として、電子メール等を用いた情報共有の効率化を検討したもので、伝達時のエラー発生率が一定であることを前提とした、機械論的な視点でのコミュニケーションの効率を評価した研究である。

フラット型では、管理者に対してメンバーの人数が多くなると、メンバーが機会主義的行動を取りやすくなる、という問題が生じる。また“土木と地質”のような、地質リスクマネジメントに特有な情報の非対称性も、伝達時のエラー発生の原因となりうる。さらに

心理学的な視点では、役割認識のばらつきからコミュニケーションの効果が低下する。このため、前述のとおり“過剰な資料”の作成時間が発生しやすくなり、必ずしも効率的とは言えなくなる。

取引費用を抑制するためには、統合型（U型）組織が有効な体制の一つとなる。図4.16のように、役割志向を担うマネジメント業務が、他の地質調査業務の情報の集約を行ったうえで、事業者や、設計業務等の他の専門分野と情報共有を行う。専門分野内での情報共有と、専門分野間や事業者との、非対称性の大きい情報に関わるコミュニケーションを分けることで、前述の取引費用にあたる過剰な資料作成等が軽減され、事業の品質を高めることが期待される。また前述のとおり、専門分野内では、情報の非対称性が小さく、簡単な資料や口頭での説明での情報共有が成立するため、相互浸透や協働の質の向上も図ることができると考えられる。

ただしこのような体制の場合、役割志向を担う業務の担当者は、他の地質調査業務に対しては契約関係にないため、強制力がない。このため事業者は、マネジメント業務と地質調査業務の関係を適切に統制する必要がある。

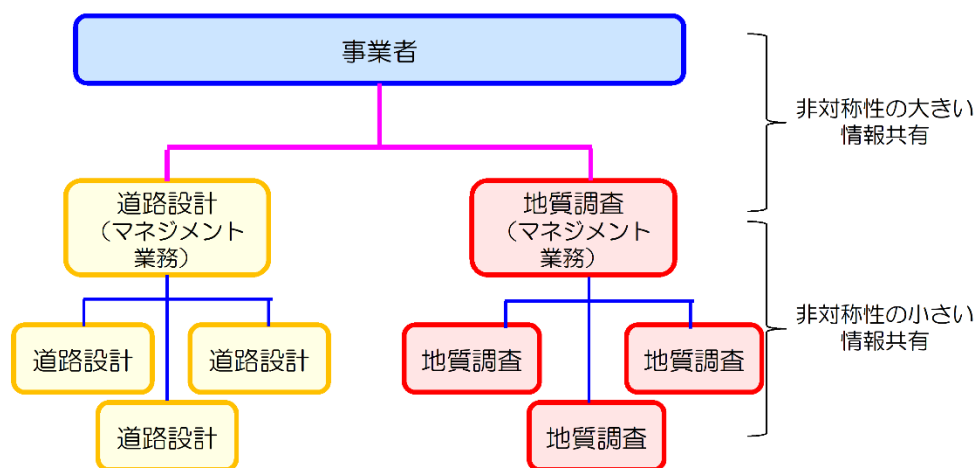


図 4.16 地質リスクマネジメントにおける統合型組織

国土交通省では、災害復興や大規模事業において、事業促進 PPP 業務を導入している。これは官民の知識・経験の融合によって、迅速かつ質の高い事業推進を目指すもので、民間技術者チームが事業者の事務所に常駐する。民間技術者は、関係機関との協議や事業の管理のほか、測量・調査・設計業務の指導や調整を担う。この指導や調整は、地質リスクアセスメントにおける役割志向の作業に相似する。

さらに全国地質調査業協会では、事業促進 PPP の民間技術者チームを補助する立場としての、地質リスクマネジメント技術支援業務の導入が望ましいとしている。事業促進 PPP、技術支援業務ともに、事業者と密接に意見を交わしつつ、通常の地質調査業務を俯瞰できる位置での作業となるため、情報の非対称性による取引費用の増大を抑制し、かつ均質で高品質なリスクアセスメントに貢献できるものと期待される。

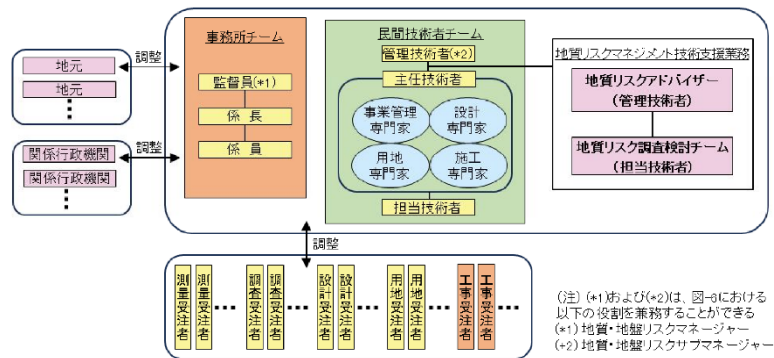


図 4.17 事業促進 PPP における地質リスクマネジメント技術支援業務の位置付け<sup>14</sup>

(2) 委託業務である理由

業務の内製化は、取引費用を低減するための重要な手段となる。地質リスクマネジメント業務を事業者内部で実施することの適否について予察する。

菊澤（2016）によれば、取引費用理論に基づく資産特殊性と不確実性の関係から導かれる、企業の垂直統合戦略の帰結は表 4.3 のとおりとなる。地質調査業務のように、資産特殊性が双方にとって高い取引では、不確実性が戦略に影響する。すなわち、資産特殊性が高ければ機会主義的行動が取られやすくなるため垂直統合が合理的であるが、垂直統合を行うと今度は組織内取引費用が増大する。このため、不確実性が小さくホールドアップ問題が生じない取引であれば、取引相手との長期的契約により、取引費用を抑えるのが合理的である。

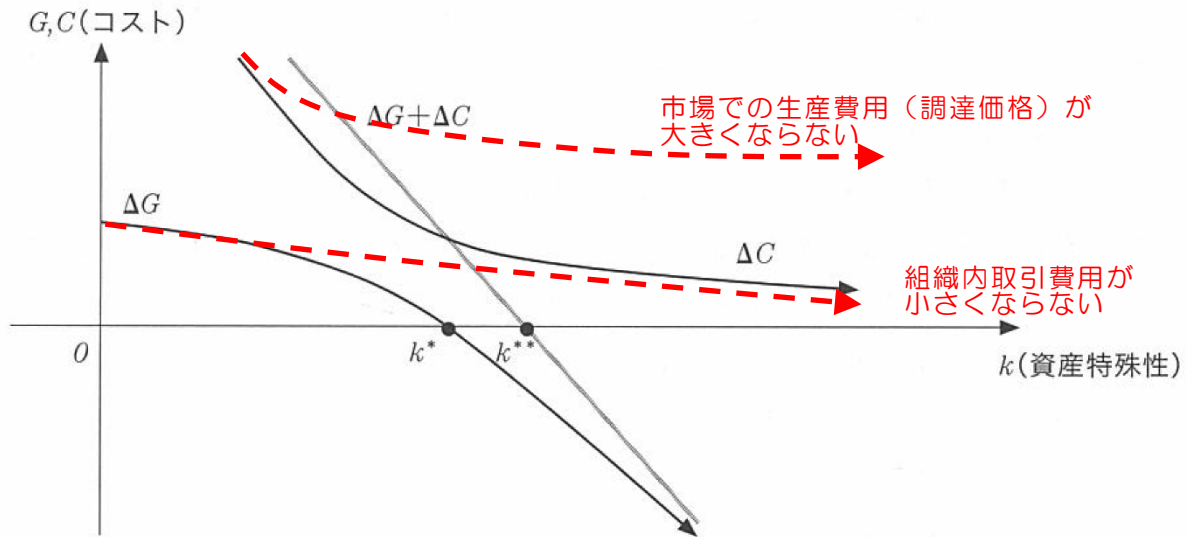
表 4.3 垂直的統合戦略の分析帰結<sup>15</sup>

		資産特殊性		
		両者にとって低い	両者にとって高い	一方に高く一方に低い
不確実性	高い	頻度に依存 (企業の境界維持・拡張)	垂直的統合 (企業の境界拡張)	垂直的統合 (企業の境界拡張)
	低い	スポット契約 (企業の境界維持)	長期契約 (企業の境界あいまい)	垂直的統合 (企業の境界拡張)

地質調査業務を含む公共事業の受発注者の従来の関係について、例えば渡邊（2006）は、契約実務における片務性と不確実性に対し、指名入札や談合という“安心システム”が機能していた、と指摘している<sup>16</sup>。また藤井・宮川（2016）も、不良不適格な業者の排除や、品質が確保されるための的確な価格での契約のために、場合によっては発注機関も関与しつつ“良質な談合”が行われていた、と述べている<sup>17</sup>。これらは、民間側の受注確実性を高めることで、事業の不確実性が高く、駆け引きが生じやすい状態に対して、安定した価格での調達が可能になるよう、結果として垂直統合に類似した関係性が発生していたと考えることができる。

談合が排除された現在は、事業の不確実性が高いため、垂直統合が合理的となる可能性

がある。しかし取引費用理論における Williamson の主張では、垂直統合は、相対的な生産費用とガバナンス費用の総和を抑えるために行われるものである。すなわち図 4.18 の「 $\Delta G + \Delta C$ 」が相対的な費用が 0 (図の横軸) を下回る、資産特殊性が  $k^*$  より高い場合に、垂直統合が有効となる。



$k$ ・・・資産特殊性

$\Delta G$ ・・・ガバナンス費用：「組織内取引費用」－「市場取引費用」

$\Delta C$ ・・・生産費用：「組織内での生産費用」－「市場取引による生産費用」

図 4.18 相対的な生産及びガバナンス費用と地質リスクマネジメントの特性<sup>18</sup>

地質調査業務でも、とくに役割志向を担う業務は資産特殊性が非常に高いが、以下の 3 つの特性が作用し、垂直統合が有効とならないと考えることができる。

1 つ目の特性として、価格の上限拘束性が挙げられる。一般的な製品やサービスは、資産特殊性が高いほど市場価格が大きくなり、相対的に組織内での生産費用が小さくなるため、生産費用 ( $\Delta C$ ) は 0 に漸近する。しかし、現行の制度下では、地質調査業務の価格は発注者側が決定するため、役割志向を担う業務のように特殊性が高くても、市場取引の価格は極端に大きくなるならない。

2 つ目の特性として、人的資源の不足が挙げられる。技術者の需要に対して、供給が不足している。とくに役割志向を担う業務を担当するための知識や経験を有する技術者を獲得するには、組織内での大きな教育投資が必要となり、組織内での生産費用が大きい。

この結果として、生産費用 ( $\Delta C$ ) の曲線は、組織内の生産費用が大きく、かつ資産特殊性が高くなっても市場取引での生産費用のほうが小さいため、右下がりとなるものの、費用 0 の横軸とは乖離した状態になると考えられる。

3 つ目の特性として、担当者間のリスク転嫁が挙げられる。一般的には、組織内であれば機会主義的行動は抑制され、組織内の取引費用は資産特殊性の高さに関わらず概ね一定である。一方、市場取引では、資産特殊性が高くなると取引費用が急増する。このため、

資産特殊性が高い場合は、垂直統合によってガバナンス費用を抑制することになる。しかし地質調査業務の場合、事業者と地質調査会社が垂直統合を行っても、3.1.4節で述べたような、地質調査業者（雇用者）と地質技術者（被雇用者）の間での業務リスクの転嫁構造が解消されないおそれがある。リスク転嫁による組織内部での取引費用が残るとすれば、垂直統合を行ってもガバナンス費用が大きく、ガバナンス費用（ $\Delta G$ ）の曲線は、右下がりの傾向を示すとしても緩やかで、費用0の横軸とは交差しない。

地質調査では、生産費用（ $\Delta C$ ）とガバナンス費用（ $\Delta G$ ）の総和（ $\Delta G + \Delta C$ ）は、特殊性の極めて高い業務でなければ、費用0の横軸と交差せず、垂直統合が有利にならない、と考えることができる。このほか、地質調査業者が民間企業であることで、企業間の競争によって新しい技術の開発や生産性の向上が図られ、長期的には高品質のアセスメントが安価に行えるようになる可能性がある。取引費用による分析結果から、現行の制度下では、地質リスクマネジメントは委託業務として市場にて調達されることが一般的となる理由が説明される。

しかしながら、高度な知識や技術力が求められるにも関わらず、市場調達が有利、という状態には問題があると考えられる。市場調達によって地質調査業者間での価格競争が発生し、結果として地質調査会社や地質技術者の報酬が抑制されれば、企業の経営や人材確保、高度な技術力を獲得するための人材教育、技術者が高い技術力を身に付ける動機などに影響を及ぼすことが懸念される。価格競争によって業務コストが抑制されれば、3.1.3で述べたとおりとおりアセスメントへの低い品質目標設定の誘因となり、また3.1.4節で述べたとおり業務リスクが大きくなるため、コスト損失が増加することが危惧される。

市場調達が有利となる原因の一つとして挙げた業務価格は、価値ではなく作業コストによって決定される、という公共調達制度における価格設定方法にも、不合理性が感じられる<sup>1</sup>。調達方式や、企業の人材教育・技術者の自己学習の動因が確保されるための制度設計が、今後の課題となるであろう。

---

<sup>1</sup> 地質リスクマネジメント業務のような新しい分野に参入するために、人材教育等に投資を行うよりも、従来の作業に経営資源を集中するほうが、経営上のリスクが小さいと考えられるため。

#### 4 章引用文献

---

- <sup>1</sup> Schermerhorn jr. J. R., Bachrach. D. G., Management, Wiley, pp. 369-372, 2020.
- <sup>2</sup> Shannon. C. E., Weaver. W. : The mathematical theory of communication, University of Illinois Press, 1949.
- <sup>3</sup> 佐藤昌志：北海道での取り組み-最適設計のための「地質リスク回避のボーリング調査と評価の手引き」の作成と活用-, 第3回地質リスクマネジメント事例研究発表会講演論文集, pp. 10-20, 2012.
- <sup>4</sup> 地盤工学会, 応用地質学と地盤工学の協働に関する会長特別委員会：応用地質学と地盤工学の協働について-地盤工学からの提言-, pp. 1, 2023.
- <sup>5</sup> 大西有三：土木における地質リスクと地質・地盤技術者の役割, 令和6年度シンポジウム予稿集, pp. 1-8, 2024.
- <sup>6</sup> 末田清子, 福田浩子：コミュニケーションの4つの視点, コミュニケーション学・その展望と視点-増補版, 松柏社, pp. 37-56, 2011.
- <sup>7</sup> 木下富雄：リスク・コミュニケーション再考-統合的リスク・コミュニケーションの構築に向けて(1), 日本リスク研究学会誌, 18(2), pp. 3-22, 2008.
- <sup>8</sup> 全国地質調査業協会連合会：全国標準積算資料（土質調査・地質調査）令和5年度改訂歩掛版, pp. II-1, 2023.
- <sup>9</sup> O. E. ウィリアムソン（浅沼万里, 岩崎晃訳）：組織の失敗の枠組, 市場と企業組織, 日本評論社, pp. 35-70, 1980.
- <sup>10</sup> 坂口順也：組織間協働とその影響要因-サプライヤーの視点-, 原価計算研究, Vol. 38, No. 1, pp. 48-58, 2014.
- <sup>11</sup> 安部和秀, 高野研一：プラント建設プロジェクト遂行組織のレジリエンス向上に向けたチームワークの強化の方策, Journal of International Association of P2M, Vol. 14, No. 1, pp. 281-300, 2019.
- <sup>12</sup> 港徹雄：知的連携のガバナンス・メカニズム, 中小企業総合研究, 第2号, pp. 20-35, 2005.
- <sup>13</sup> 島崎敏一：マネジメントの見地からみたフラットな組織とピラミッド型組織の情報伝達に関する定量的比較, 建設マネジメント研究論文集, Vol. 7, pp. 141-148, 1999.
- <sup>14</sup> 全国地質調査業協会連合会：地質リスクマネジメント技術支援業務発注ガイド（案）, 2024.
- <sup>15</sup> 菊澤研宗：取引コスト理論, 組織の経済学入門改訂版, 有斐閣, pp. 13-113, 2016.
- <sup>16</sup> 渡邊法美：リスクマネジメントの視点から見たわが国の公共工事入札・契約方式の特性分析と改革に関する一考察, 土木学会論文集 F, Vol. 62, pp. 684-703, 2006.
- <sup>17</sup> 藤井聡, 宮川愛由：公共調達制度の歴史変遷に関する研究, 土木学会論文集 F4, Vol. 72, pp. I\_97-109, 2016.
- <sup>18</sup> 菊澤研宗：取引コスト理論, 組織の経済学入門改訂版, 有斐閣, pp. 13-113, 2016.

## 5 まとめ

### 5.1 仮説の検証

#### 1) 仮説①必要性への無理解

文献等の整理の結果、事業状況の変化に伴い、地質リスクが増大傾向にあることが示されたことによって支持される。現在の事業では、地質や地形などの事業場の条件に対する選択の余地が狭まり、危険や不確かな条件を有する場での事業実施が余儀なくされている。これに伴い、危険・不確かな事業場の条件を評価するための、かつ高度な解析設計に供するための、地質情報の多様化・複雑化も進行している。これらは地質条件の不確かさの増大を示すものである。また高度な解析設計手法では、地質条件の各種パラメータの不確かさの影響も大きくなり、効率化の反面で地質条件の不確かさへの柔軟な対応が困難な施工技術も増えている。さらに事業の周辺環境の制約が増えたことにより、好ましくない事象が発生した際の影響も大きくなっている。加えて人的資源は増加しておらず、地質情報や技術の多様化・複雑化に対して相対的に減少し、従来に比べ緻密な対応ができなくなっている。これら事業状況の変化によって、地質リスクマネジメントの必要性が増大していることが説明される。

従来のように、リスクが小さく、リスクが小さくリスク要因が単純であれば、設計施工に必要な、特定の地質条件の定量的な評価から開始し、必要に応じて評価の対象を拡大するという、簡便なプロセスでもリスクアセスメントが可能であったが、リスク要因が多様化・複雑化し、従来は許容できたインシデントが重大なコスト損失に直結する現在の事業では、技術基準書で推奨されるとおり、定性的な不確かさの評価に始まり、徐々に評価対象を絞って定量的な評価を行う、段階的なアセスメントプロセスが求められることも説明された。

#### 2) 仮説②有効性への無理解

リスク要因と、地質条件の不確かさに対する理解の程度を区分し、コスト損失発生機構を一般化したことで支持される。リスク要因は、地質情報そのものの不確かさである自然的要因と、地質情報の加工解釈の過程で生じる不確かさである人為的要因に区分される。不確かさに対する理解の程度は、定量的に評価できる（確率などの数値化が可能な）不確かさと、定性的に評価される（文脈的や相対的な蓋然性として評価される）不確かさとして表すことができる。

コスト損失発生の過程では、人為的要因が支配的な不確かさの評価に際して、定量的な評価を行うための指標やその調査方法が不適當である、あるいは有害な地質事象の見落としが発生している、という共通性が示される。定性的な不確かさは、関係者の知識・経験・情報によって評価の品質が向上するため、情報共有や連携による地質リスクマネジメントが、コスト損失の抑制に有効であることが説明された。一方、従来の説明では、不確かさの程度に関わらず、ある地質事象がコスト損失の原因とされ、情報共有や連携の効果の説明が不十分であった。

また『ガイドライン』で述べられている、リスクを“我がこと”と認識することの重要性について、事業者、地質技術者、設計者の三者それぞれによるリスク対応の過誤発生確

率を仮定し、事業コストの期待値を算出した結果、“我がこと”の担当者と“他人ごと”の担当者では事業コストに10%以上の差異が生じる。これは“我がこと”すなわち役割志向の高い担当者は、自分の役割を柔軟に認識して、関係者間の仕事の隙間を埋めるための行動を取るのに対して、“他人ごと”では自分の責任に境界を設定して隙間を埋めようとしない、という仕事志向の帰結として説明される。

さらに事業コストの期待値の分析から、実際の地質リスクによる事業費増大を説明するには、多くの関係者が“我がこと”の認識であり、かつ対応すべきリスクが存在しない事業は稀である、という条件が必要であることが示唆され、全ての事業で地質リスクマネジメントの実施が求められることの妥当性が確認された。

### 3) 仮説③実現性への懐疑

担当者間の情報の非対称性によって生じる、役割認識のばらつきによって、コミュニケーション不全が発生しやすいことで説明される。コミュニケーション不全は、異なる学問分野での知識体系やスキーマの違いによって生じるものと認識されやすいが、主要にはリスクアセスメントの成果品質の不均質さ、とくに関係者間の情報の理解を促すための“丁寧”な成果が作成されないことに求められる。成果品質の不均質さ、とくに成果に対する低い品質目標の設定は、コスト構造を含む地質調査業務の特性に起因した業務リスクとその結果の担当者間のリスク転嫁によって発生し、かつ制度環境によって許容されるため必然性を有する。

複数の業務間で情報共有を行う場合、「役割志向」を担う業務（地質リスクマネジメント業務）を配置することが有効であることを、担当者の作業時間の総量が低減されることで検証したほか、取引費用理論を用いて説明した。すなわち、情報の非対称性に起因する機会主義的行動は、担当者間での過剰なモニタリングとシグナリングという不毛な（リスクアセスメントの品質に貢献しない）作業時間を増大させるが、「役割志向」を担う業務によって非対称性の大きい情報共有の機会を集約することで、事業全体の不毛な作業時間を低減する。この結果、関係者が期待する品質のアセスメント成果が作成され、またアセスメント成果の意図に適合した対応が取られるため、円滑なコミュニケーションが成立する。

「役割志向」を担う業務は、専門分野内での相互浸透、組織を跨いだ専門性や役割の共有、組織間の適度な統制といった、協働や組織のレジリエンス向上にも貢献することが、先行研究との議論から示される。このため「役割志向」を担う業務は、地質リスクマネジメントにおける有効なリスクコミュニケーションのための業務となる、という結論が得られる。

「役割志向」を担う業務を実施するための事業体制は、情報の非対称性の大きい関係を集約する統合型組織が有効となる。取引費用理論によれば、このような特殊性の高い業務は内部化が合理的となるが、価格の上限拘束性といった公共調達制度や、人的資源の不足、内部化後の組織内取引費用の大きさという特徴のため、現在の条件下では内部化が困難であることを予察的に検討した。

### 4) 課題：なぜ地質リスクマネジメントが社会実装されないのか

上記3つの仮説が支持されたことで、これまで漠然としていた地質リスクマネジメントが社会実装されない原因が、理論的に明らかにされた。それとともに、地質リスクマネジメントの社会実装と、それによるコスト損失抑制という目標を達成するための、さらなる課題が具体化した。

## 5.2 本研究について

### (1) 本研究の新規性

本研究は、以下の点に新規性を有する。

#### 1) 着目点：地質リスクマネジメントにおける担当者

個々の担当者の役割認識のばらつきは、個人の資質によるものではなく、制度環境や、業務条件の不確かさから、必然性があることを明らかにした。これにより『ガイドライン』では経験的・感覚的に説明されていた、関係者の情報共有や連携の重要性とその困難さを、学術的に説明することができた。

#### 2) 分析方法：コミュニケーション効率の取引費用による分析

リスクコミュニケーション方法の検討に際し、担当者間の情報の非対称性と、それによって生じる過剰なモニタリングとシグナリングという取引費用を、実務での作業項目や作業時間に対比させた。これにより、コミュニケーションの効率性を定量評価すると同時に、有効性も評価することができた。

従来の地質リスクに関する研究では、地質条件の定量的な不確かさを対象とし、その低減方法や、事業での意思決定などの定量評価の手法に主眼が置かれ、担当者は均質なものとして扱われてきた。本研究は、担当者の役割認識が不均一であるという実務での観察結果に着目して、“他人ごと”の認識が個人の資質として片付けられる問題ではなく、コスト損失の必然的な原因となることを示し、“我がこと”の認識で事業に貢献するための事業体制を検討したものである。マネジメントプロセスや組織体制だけでなく、個々の担当者の影響は、土木事業に限らず、情報の非対称性の大きい事業では、重要な視座になるものと考えられる。

### (2) 本研究の有用性と適用限界

担当者の役割認識のばらつきを前提とし、事業条件の不確かさから生じる担当者のリスクを定量的に評価する本研究のアプローチは、情報の非対称性が大きい事業での、協働や意思疎通を図るうえで、一定の有用性があるものとする。

例えば谷口・塚田<sup>1</sup>は、医療者側と患者側の期待と結果の乖離による裁判が散見される一因として、「知識」「内心・注意力の限界」「社会や組織の圧力」で情報格差が生じていることに着目した。リスクへの意思決定は専門家である医療者に従うべきという権威主義的な立場と、患者個人の裁量であるという自由主義的な立場が発生するため、両者を緩衝し、総合的な判断による意思決定が行われるための制度設計が必要であると述べたもの

---

<sup>1</sup> 谷口泰弘, 塚田敬義, 医療の情報の非対称性緩衝に向けた検討, 生命倫理, Vol. 15, No. 1, pp. 151-158, 2005.

の、『ガイドライン』と同様、暗黙知的な提案に留まっている。医療者、患者それぞれの認識のばらつきと、情報の非対称性で生じる意思決定の相違を何らかの形で定量化することで、具体的な制度設計につながる可能性がある。

一方で、本研究での定量化に用いた指標は、筆者の長年の観察によって蓋然的・相対的に設定したものが多く、地質リスクマネジメントやそのリスクコミュニケーションを分析するうえで、必ずしも最適な指標ではない可能性がある。また本研究は、土木事業の地質リスクに起因する問題に関しての、地質技術者の視点での観察結果に基づいたものであり、事業者や設計者については、表出されたリスク認知や対応行動の観察・聞き取りに頼っている。今後、この分野の研究が深まり、よりの確な指標や、異なる関係者の視点でのリスク転嫁構造が見出され、さらに効果的なリスクコミュニケーション方法が社会実装されることを期待する。

### (3) 今後の展望

コスト損失の発生機構や、役割志向を担う業務の有効性を説明したが、社会実装に向けては、事業者と地質調査業者双方にとって合理的な、組織体制や調達方法について、さらなる検討が求められる。

### (4) 本研究の学術的領域

本研究は、応用地質学や地盤工学を基盤として発展してきた、地質リスクマネジメントに関する研究である。地質条件の不確かさや、その指標、地質情報を取得するための方法、担当者が保有する知識体系の相違などは、現象・物性・方法等の応用地質学の基礎理論に依拠している。

一方で、応用地質学的観点からは実施されるべき地質リスクマネジメントが、社会実装されない原因の解明のために、コスト損失やマネジメントの効果の評価手法、細分化によるプロセスの課題検討などを含め、事業管理論や、組織論の理論を援用した。

地質リスクマネジメントの構成要素として、地質条件の不確かさではなく、担当者や関係者（プロジェクトチームメンバー）、成果品質など、リスクマネジメントやプロジェクトマネジメントの要素に着目した。主として個々の担当者を対象とした、リスク認知、役割認識などの行動や動因、それらを踏まえたコミュニケーションやリーダーシップのありかたなどは、PMBOK<sup>1</sup>をはじめとして事業管理論として実践的な議論がなされており、これらを参考とした。また組織を対象とした、組織間の協働や、協働の阻害要因としての機会主義的行動などについては、主に組織論で議論されている。

応用理学的な地質条件の不確かさと、事業間理論的な担当者の不確かさと、組織論的な協働の不確かさを組み合わせることで、これまで暗黙知として理解されていた、地質リスクマネジメントにおける人為的要因の問題点を、学術的に説明することを可能とした。

---

<sup>1</sup> Project Management Body of Knowledge は、プロジェクトマネジメントの知識体系をプロジェクトマネジメント協会（PMI）がまとめたプロジェクトマネジメントのデファクトスタンダード。

## 謝辞

指導教官の土屋哲教授，那須清吾教授，渡邊法美教授には，研究内容に始まり事務的な手続きに至るまで，手厚いご指導を賜りました．起業マネジメントコースの諸先生には，集合セミナー等での確かつ建設的なご指摘をいただきました．事務室の五百蔵様には，各種申請その他の手続きに際し，親切なご対応をいただきました．

平成 24, 25 年度の地質リスク学会事例研究発表会活性化委員会において，多大な示唆をいただいたメンバーのみなさま，並びに活動の場を作ってくくださった地質リスク学会並びに全国地質調査業協会連合会のみなさまの存在が，本研究の契機となりました．

所属機関内外の技術者や研究者の皆様には，日々，体験談や多様なご意見を賜り，研究に際して多くの示唆をいただきました．また所属機関の方々には，研究期間中，業務の分担などで融通をいただきました．

このほか本研究を遂行するにあたり，直接のおよび間接的にご助力いただいた，多数の方々には厚く御礼申し上げます．