

リスクマネジメントにおける地質学的解釈の重要性

脇坂安彦¹⁾

1. はじめに

最近の社会は環境リスク、災害リスクなど様々なリスクを含んでおり、リスク社会と呼ばれ、新聞紙上でもかなり頻繁に「リスク」の語が使用されている。今田(2007)は、「リスク社会とはたんにリスクが増大しているだけでなく、それ以上に、リスクに対して敏感になった社会を表す」としている。

また、一方では、バブル崩壊後の公共事業費は減少を続けており、社会資本整備に当たっては、さらなるコスト縮減が求められている。

国土交通省では、新しい入札契約方式の一つとして「設計・施工一括発注方式」を開始している。従来、公共工事における設計と施工は分離して発注され、施工者は設計に関与しないことから設計段階のリスクは発注者が担い、施工段階で発生するリスクは、設計が確定した時点で内在化するため、設計を確定した発注者が同じく担っている。一方、設計・施工一括発注方式では、受注者が設計と施工を一体として行うため、リスクに関する上述の考え方は必ずしも成立せず、原則としてリスクは受注者が受け持つが、内容によっては発注者がリスクを分担する場合もある(設計・施工一括発注方式導入検討委員会, 2001)。したがって、発注者、受注者の双方にリスクアセスメントが必要と考えられる。

リスク社会を迎え、事業費が削減され、また、入札契約方式に新方式が導入されている中で、公共工事の計画・設計・施工に当たって実施されている地質調査にも、

- ①より正確な地質情報を経済的に求める必要性、
 - ②事業の発注者と受注者との間のリスク分担を明確化する必要性、
- が高くなっている。これらの必要性に答えるために、

地質調査をするに当たって、リスクアセスメントを行い、リスクマネジメントをする必要が生じている。これまで、地質、特に土木地質に関するリスクマネジメントは、特殊な場合を除いては、暗黙のうちに実施されていたが、これを顕在化して行うことが肝要である。本稿では、土木地質に関するリスクマネジメントの考え方および現状を述べるとともに、リスクマネジメントを行うに当たっての地質情報と地質学的解釈の重要性について述べる。

2. 地質に関するリスク

リスクに関しては様々な定義がされているが、リスクの定義をする前に関連する用語の整理をしておきたい。リスクに関連する用語として、確実性、不確実性、無知、ハザード、危険などがある。吉川(1988)によると、

- ①確実性：何が起こるか確定的にわかっている、
- ②リスク：何が起こるか確定的にはわからないが、起こりうる状況はわかっており、かつその確率分布がわかっている、
- ③不確実性：起こりうる状態はわかっているが、その確率分布がわかっていない、
- ④無知：何が起こるか、どのような状態が起こりうるか、全く予見できない、

とされている。すなわち、これらの用語は起こりうる現象が既知か未知かの別とその現象の生起確率が既知か未知かの別の組み合わせによって定義されている。これらのうち、リスクと不確実性の区別は、経済学におけるシカゴ学派の始祖となったKnightによって1921年に発表されたもの(Knight, 1921)である。この定義によるとリスクは、なにかしらの現象とその発生確率の組み合わせで表されるが、これは、一般的

1) 独立行政法人 土木研究所

キーワード：地質リスク、リスクマネジメント、地質学的解釈、不確実性、ハザード

なリスクの定義(例えば, JIS Q 2001)と同じである。吉川(1988)によると, 上記のリスクと不確実性を合わせたものが、「広義の不確実性」であり, 酒井(2010)によると「広義のリスク」となる。このため, 現象とその発生確率の組み合わせで定義されるリスクを「狭義のリスク」として, 本稿では区別する。時々, 地質現象には不確実性があるので, リスクが存在するという話を耳にするが, これは上記の「狭義のリスク」, 「広義のリスク」の双方の定義からして, 成立しない。狭義のリスクは不確実性とは同じではなく, 広義のリスクは不確実性と同じであり, 不確実性とリスクの間には, 因果関係はないからである。

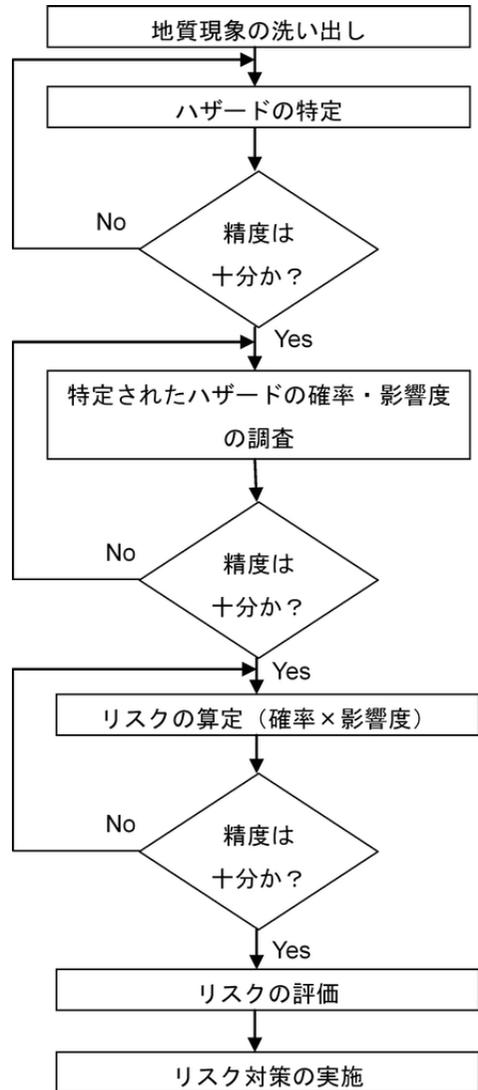
ここで地質に関する現象とその発生確率について考えてみる。地質情報は, 直接, 我々が観察できるものに比べ圧倒的に観察できないものの方が多い。したがって, 何が起きるかが確定的にわかっている確実性と呼べるものは少なく, 何が起きるかがわかっていて, その確率が算定できるものとできないもの, 何が起きるかもわからないものが多い。すなわち, 狭義のリスク, 不確実性および無知の範疇に入るものが多い。そこで, 本稿ではこれらの範疇に入るものを全てまとめて「広義の地質リスク」と呼ぶこととする。

一方, ハザード, 危険は, 起こりうる現象のうち好ましくない現象を示す用語であり, リスクや不確実性などのように確率の概念は含まれていない。

地質に関する好ましくない現象, すなわちハザードには, 構造物の立地場所の変更, 構造物の設計変更および構造物設置後の事後対策を要する現象などの事業費の増大を招くような現象や, 災害要因, 環境汚染要因など人命や人の健康に影響するような現象がある。

3. 土地地質に関するリスクマネジメント

一般的なリスクマネジメントの流れにしたがって土地地質に関するリスクマネジメントの流れを示すと第1図のようになる。まず, 地質調査によって地質現象の洗い出しを行い, その中からハザードの特定を行う。ハザードの特定を行ったところで, 精度良くハザードの特定がされているか確認する。ハザードの特定は, 何が起こるか, すなわちどのようなハザードが起こるかかわからない「無知」の状態から, ハザードを明確にする「不確実性」へ移行する過程である。ハザードの



第1図 土地地質に関するリスクマネジメントの流れ。

特定が不十分な場合には, さらに地質調査と解析を追加する。

ハザードが特定された次の段階では, そのハザードの確率と影響度の調査を行う。ハザードの確率であるが, 地質の場合には, ハザードとなる現象が対象地域に存在するか否かを表す確率(存在確率)と対象地域に存在する場合に, それがハザードとなるか否かを表す確率(狭義の生起確率)に分けて考える必要がある。活断層を例にとると, 対象地域に活断層が分布する確率と分布する場合にその活断層が活動する

確率を考慮しなければならない。地質に関するハザードの場合、これらの確率を算定することは、大変困難であり、定性的あるいは半定量的に算定せざるを得ない。

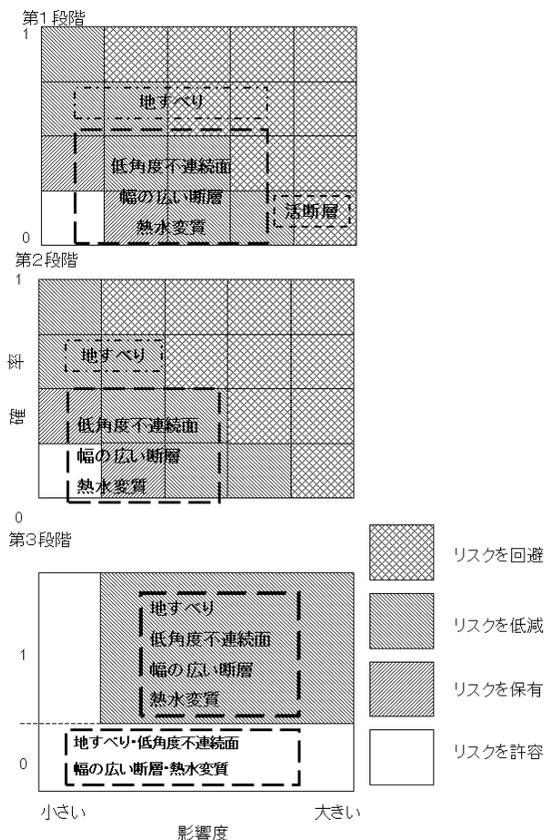
存在確率は、ある程度、過去の事例から地質ごとに帰納的に求めることができるが、精度は良くない。狭義の生起確率^{えんえき}を求めるには、過去の事例に基づく帰納的な推定と演繹的な推定とがある。過去の活動履歴から将来の活動確率を推定する活断層などは、帰納的な推定である。演繹的な推定を行うには、信頼性設計の破壊確率などを算出する必要がある。いずれにしても狭義の生起確率を求めることは、困難である。土木地質における現状では、生起確率の高低を帰納的に求めるか、安定解析の安全率から推測している。

一方、ハザードの影響度は、確率に比べるとある程度定量的に求めることができる。ハザードの影響度は、その事象の分布範囲の広さや現状では各種の安定解析などからその事象に対抗する所用の抑止力などを求め、それらの大きさをもって影響度とみなされている。

ハザードの確率と影響度の調査が終わった段階で、それらの精度が十分であるかを検討する。この検討は、確率が不明な「不確実性」から確率が算定できる「狭義のリスク」へ移行できているか否かの確認である。精度が不十分である場合には、さらに地質調査と解析を追加する。

次の段階では、これまでに求められたハザードの確率と影響度からリスクの算定を行う。算定した結果について、精度が十分かどうかを検討する。この検討内容は、ほぼ直前の段階の精度の検討と同じである。既述のように、ハザードの確率と影響度を定量的に精度良く求めることは困難であり、双方ともある程度の幅（誤差）を持った範囲で表さざるを得ない。この幅を持った範囲がリスク評価を行うのに適切かどうかを検討する。精度が不十分な場合には、これまでと同様、地質調査と解析を追加する。

これまでの流れの中で3回に亘りそれまでの段階で求められる精度が十分かどうかの検討をしてきた。各段階での必要な精度を得るためには、適切な質と量の地質調査とその解析が必要である。なお、この地質調査と解析の中には既存の地質情報の収集とその解析も含まれる。また、調査の解析には、調査結果



第2図 構造物の事業段階ごとのリスクの評価。

の分析と地質学的解釈が含まれている。適切な質と量の地質調査を行うには、広範囲の概略調査から狭い範囲の詳細調査を系統的に行うことが肝要である。地質学的解釈の重要性については後述する。

リスクの算定が求める精度でできた場合には、リスクの評価を行う。リスクの評価は、算定されたリスクを第2図のようなマトリクスに記入して行う。このマトリクスでは横軸にハザードの影響度、縦軸にハザードの確率をとっている。このマトリクスでは、ハザードの影響度と確率の組み合わせで、リスクを①回避するもの、②低減するもの、③保有するもの、④許容するものに区分して評価している。なお、ハザードの確率と影響度のどの組み合わせを回避、低減、保有、許容とするかは、土木構造物の社会的影響度などを勘案した工学的判断による。

事業が長期に亘る構造物、例えばダム建設事業な

どでは、リスク評価を事業の段階ごとに行う必要があり、段階ごとに第1図の流れのマネジメントを繰り返す。ただし、段階が進むにつれ、流れの中でも後半のマネジメントに力点が置かれる。なお、第2図では重力式コンクリートダムを例として、ハザードをあげている。

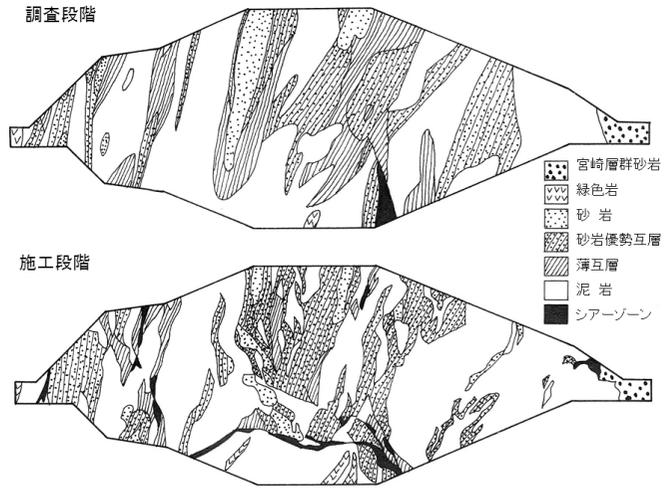
事業の計画から調査が主体の第1段階では、ハザードの確率、影響度の精度はあまり高くなく、かなりの幅を持っている。この段階で回避すべきリスクが存在する場合には、そのリスクを回避しなければならない。回避が困難な場合には、さらにリスクの算定の精度を上げ、そのリスクが真に回避すべきものかどうか再評価を行う。

第2段階は、土木構造物の概略設計の段階である。この時点では、回避すべきリスクはなくなっており、リスク算定の精度が向上し、マトリクス上での範囲が狭められている。

第3段階は、土木構造物の詳細設計の段階である。現状では、多くの土木構造物は安全率設計法で設計されているので、確率は、事象によって定められた所定の安全率を満足するか否かによって、0または1に区分される。確率が1となった場合には、影響度の大きさが安定解析などによって算出され、リスク低減対策が検討される。低減策としては、ハザードそのものの大きさを減じること(断層を掘削し範囲を狭めるなど)、構造物の大きさを大きくし、確率を減じることなどがある。確率0または1の区分、すなわち、マトリクス上でどの程度の確率を境界にするかは、工学的判断によって行われる。また、個々のハザードの確率と影響度もこの段階においても精度良く求めることは困難であり、個々のリスクの範囲中で最大のリスクをとるか、最小のリスクをとるかも工学的判断によって行われる。

4. リスクマネジメントで重要な地質学的解釈

既述のようにリスクマネジメントの流れの中で検討してきた精度に関しては、地質学的解釈が枢要を担っている。土木地質に関するハザードの確率、影響度を精度良く算定することは、正確な地質図を作る



第3図 日南層群中のダムの調査段階と施工段階の地質図の違い。高岡土木事務所・八千代エンジニアリング(株)(1998)から作成。

ことに他ならず、正確な地質図を作るためには、地質学的解釈が重要だからである。土木構造物の設計・施工に必要な岩級区分図や透水性分布図などの工学図も基本は地質図である。

例えば、芥川(1969)に示されているように、第四系の地質断面をボーリングコアに基づき土質工学的に作成したものと、同じコアを用いて第四紀の成因的考察、すなわち地質学的解釈を経て地質学的に作成したものとでは、異なるものとなる。また、周知のように地質図は、観察事実や分析結果を基に地質学的解釈を経て作成される思想図であって、同じ観察事実や分析結果に基づいても解釈次第で別の図となる。

第3図は四万十累帯日南層群の地域に建設されたダムの調査段階と施工段階の地質図を比べたものである。調査段階の図は主にボーリング調査の結果から作成されたもので、施工段階の図は表土を剥いで作成されたもので、真実を表している。ダムのような数十m間隔でボーリング調査が行われるほど高密度の調査を行っても、堆積性メランジュの場合には、真の地質分布を事前に把握することは困難である。そこでリスクマネジメントの観点からも重要になってくるのが、地質学的解釈である。まず、日南層群のような場合には、堆積性メランジュ地域であり、オリストリス

となる岩塊の大きさ・形状・分布の推測には、かなり誤差があることを認識しておく必要がある。ダムを対象としたリスクマネジメントの観点からは、シアーズゾーンや強度に劣る泥岩の分布を広めに推定しておく必要がある。

5. おわりに

リスク社会を迎え、土土地質分野でもリスクマネジメントを顕在化して実施することが急務である。リスクマネジメントを適切に行うには、適切な質量の地質調査の実施、地質学的解釈が重要であり、既存の地質情報の活用も大変重要である。

文 献

- 芥川真知 (1969) : 土木工事と第四紀学. 土木技術資料, 11, 10, p.1-2.
今田高俊 (2007) : リスク社会への視点. 今田高俊編, リスク学入門, 4, 岩波書店, p.1-11.
Knight, F. H. (1921) : Risk, uncertainty, and profit. Houghton Mifflin.
酒井泰弘 (2010) : リスクの経済思想. ミネルヴァ書房, 269p.
設計・施工一括発注方式導入検討委員会 (2001) : 設計・施工一括発注方式導入検討委員会報告書. <http://www.mlit.go.jp/tec/nyuusatu/keiyaku/ikkatu/kisya2.pdf>
高岡土木事務所・八千代エンジニアリング (株) (1998) : 瓜田ダム工事誌. 宮崎県, 630p.
吉川智教 (1988) : 不確実性. 日本大百科全書, 20, 小学館, p.142-143.

WAKIZAKA Yasuhiko (2010) : Importance of geological interpretations for geological risk management.

<受付: 2010年7月23日>