

沿岸域リスクマネジメントについての一考察

Risk Management Technological Procedures at Coastal Disaster

山谷弘幸*

Hiruyuki, YAMAYA

* (財) 沿岸開発技術研究センター 調査部 第一調査部長

This paper shows a consideration methods of refugee procedures at the case of risks on the coastal sites where is surrounded by sea. Risk management on coastal protections can be mentioned with the age of “total technique management” theory. Hazards map must be provided to determine the decision making of the alternative behaviors accounting shore disasters.

Key Words: coastal risk technique management hazard map

1. まえがき

国土を海に囲まれた日本にとっては、海を生活の場としてきた反面、海の脅威を受けてきたという歴史がある。このような状況下において国土を保護する社会的要請は、次の観点から概ね斟酌できる。

- ① 絶対的な保護要請 そもそも国土の保全が、排他的経済水域を確保し領土の主権のための国民的要請として認識されている場合である。
- ② 経済価値保護からの要請 資産や経済活動保護の観点から説明がなされた場合の要請であり、フロー (GDP) とストック (資産) の維持行為である。
- ③ 社会福祉的観点からの保護要請 被災者・負傷者の減少や人命確保のためである。

このような要請を受けて、沿岸域におけるリスクマネジメントの考察をしていきたい。

2. 沿岸域リスクマネジメントについて

沿岸域における我が国の災害の歴史は過酷なものがある。伊勢湾台風、チリ津波など被害の要因は台風による高潮、洪水や地震による津波が主なものである。さらに、近年においては、地球温暖化による水面上昇¹⁾や異常潮位の発生、巨大地震発生確率の上昇などに起因する超大型高潮台風や大型地震津波の沿岸域発生が危惧されている。

このような状況に対応するために、我々日常生活の「危機管理」や「リスク管理」が不可欠である。ここで危機管理とリスク管理についての定義については、図-1のように定義されている例がある²⁾。これらの広義のリスク管理を便宜上「リスクマネジメント」、狭義のリスク管理を「リスク管理」とここではあてはめてみる。“危機管理”とは、生命と財産の危機的な状況を管理することであり、一方、“リスク管理”とは、危機管理よりやや危険度が軽度であり人知の及ぶリスクコントロール制御が可能な範囲と捉えることができると考えられる。

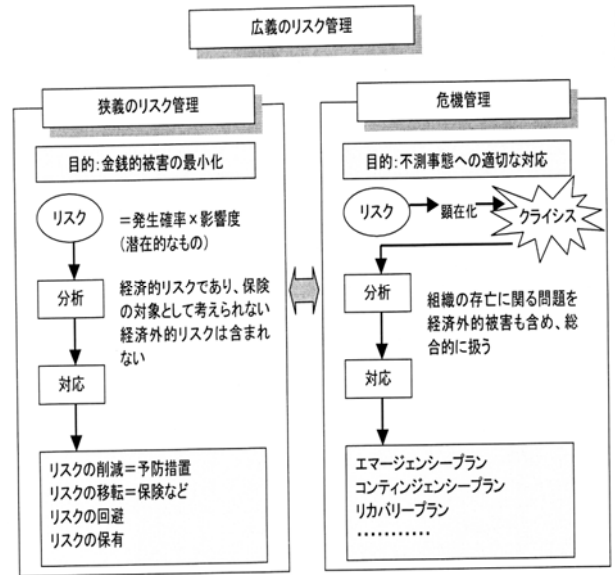


図-1 リスク管理と危機管理

本稿では、沿岸域の“広義のリスク管理”を便宜上、“沿岸域リスクマネジメント”と総称することにする。

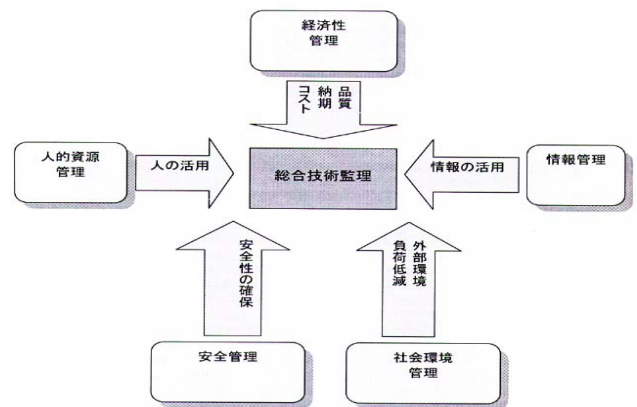


図-2 総合技術監理の概念図

ここで、「我が国は一つの経済活動やプロジェクトを遂行している一セクターである。」という概念規定を仮定し議論を進めてみることにする。この場合、我が国沿岸域の総合的技術管理について、技術士会提案の「総合技術監理」の概念（図-2）を適用して総合的管理のあり方を試みてみる。この概念は、ある経済活動あるいはプロジェクトに係わる技術的フィールドを総合的に捉え、“技術的監理”概念に内部化するという試みであり技術分野の“総合的体系化”として評価できるものとする。

管理要素としては次の5管理要素が挙げられている。

- 安全管理
- 情報管理
- 経済性管理
- 社会環境管理
- 人的資源管理

これらの管理手法を用いて沿岸域リスクマネジメントを議論してみる。

① 安全管理

沿岸域において安全を確保しようとする場合、国土環境の保全、沿岸域都市部の資産・市民の保護、経済活動などの保護が第一の目的となる。そのためにはリスクに対する対応方針を定め、行動指針基本目標を策定する必要がある。図-3はリスク図²⁾と呼ばれるもので発生確率と被害規模で表現しリスクの削減や保有の領域を示すものである。リスク値は両者の積であり直角双曲線となる。沿岸域リスクマネジメントにおいては、プロジェクト推進や国家経済活動の断念といったことは非現実的なものであるためリスク削減からリスク保有への速やかな移行が望まれる。

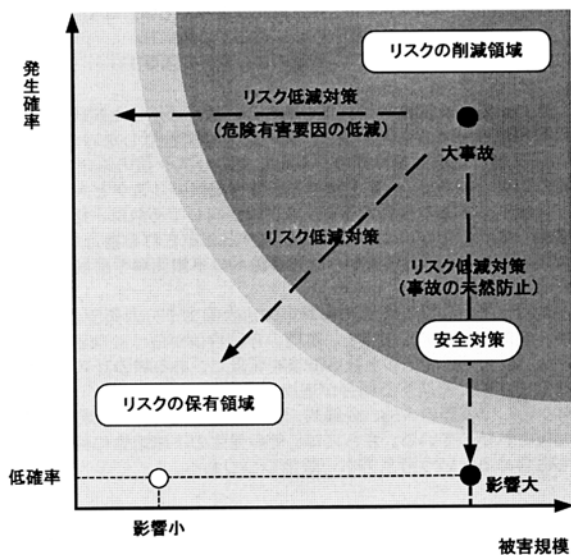


図-3 リスク図

② 情報管理

安全管理を達成するためには適確な情報収集・分析が必要不可欠である。海岸護岸本体の健全度や水門・陸ごうの機能性など海岸保全施設現況、気象海象など自然状況に関する情報は、定量的・定性的なリアルタイム情報、

可視化情報媒体形態、過去の蓄積情報（データベース）、情報管理担当者の情報共有・相互互換性などについて管理する必要がある。防災ステーション（図-4）の整備、被害想定ハザードマップ、海岸保全施設のデータベースの総合的整備が必要である。温暖化、異常気象などきめ細かいモニタリングも必要である。

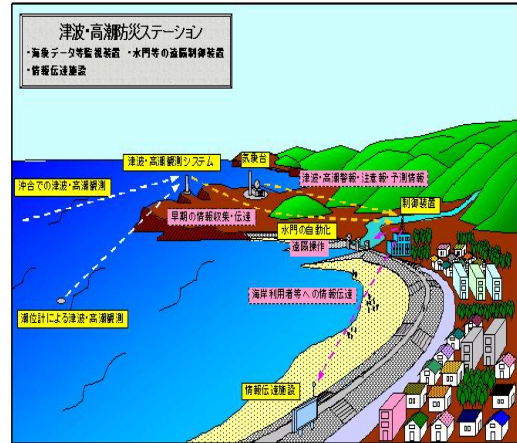


図-4 防災ステーションの例³⁾

③ 経済性管理

組織やプロジェクトの運営や成否については、最適収益や組織運営費用について適切なコスト管理、資源配分、収益分配を行う必要がある。資源配分や工程管理の計画については、国全体の沿岸域における保全施設整備や管理・運営については経済合理的な資源配分を行わなければならない。ハード的には最適設計と維持補修管理などの技術開発・研究・データ蓄積分析が長期のスパンで必要となる。近年は、台風や地震の予測技術の進展、ロングサイクルコスト（LCC）の理論を適用し最小コストで最適な補修時期を決定する意思決定支援システム（DMS）の整備が不可欠である。

④ 社会環境管理

沿岸域の政策策定に当たっては、国土の保全すなわち沿岸域防護が基本的な目的となる。しかし、水際線（ウォーターフロント）のアメニティーへの関心、P I意識の高揚、地球環境問題への対応など基本目的に限らずさまざまな社会環境要請に応えなければならない状況になってきている。アメニティー開発については、まちづくり、地域づくりの観点からP Iも含めた都市の活性化や経済効果にとっても有益な沿岸域整備が望まれている。地球環境については、ライフサイクルアセスメント（LCA）についての厳格な評価、環境負荷をコストへ内部化する手法の開発など時代の変化に対応する経済性管理を考慮する必要がある。

⑤ 人的資源管理

組織・プロジェクトを担当するものとしての人的資源いわゆるヒューマンリソースについての資質の向上を管理するというものである。ハザードマップを作成しそれに対応した適切な対応行動を日常から訓練・教育・情報交換

をしていく必要がある。さらに、各責任分担間における情報交換についても命令系統、意思伝達経路、責任分担など明確化しておく必要がある。なお、教育訓練については、OJT、OFF-JT、自己啓発を通じ備えが必要である。

以上5要素について概観してきたが、ここで沿岸域リスクマネジメントを考える場合に検討項目として優先度の高いと考えられる“安全管理”と“経済性管理”についてさらに詳細に検討してみることにする。

3. 安全性管理について

一般的に沿岸域の“リスク”を挙げると、波浪、高潮、津波、長周期波、異常潮位、地球温暖化による海面上昇などを原因とする人的・物的・経済的な浸水被害や荷役障害など甚大な被害が想定される。それらの対策としては、防災連絡体制や監視機能の充実、沿岸域における海岸保全施設のモニタリング（劣化評価など）、基礎地盤の液状化診断、施設建造物の耐震・免震性の評価、維持補修マニュアルの整備、劣化データの蓄積と補修技術理論の構築など多種多様な観点からの検討事項が存在する。

これらをリスクマネジメントの観点から分析し対応方針・体制を策定しなければならない。例えば、リスク対応方針を決定するためには、次の一連の作業を行う必要がある。

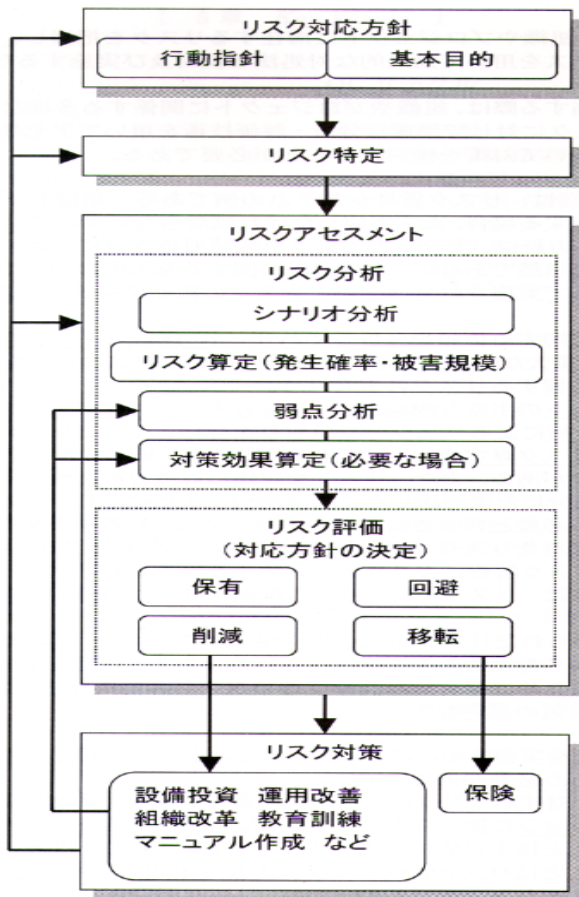


図-5 リスク管理の例

①リスク特定

沿岸域においてリスク要素を特定する必要があるが、先述した波浪、津波などであるが、これらの災害の要因を有する現象は、潜在的危険要因すなわちハザード (hazards) と呼ぶことができる。

②リスクアセスメント

リスクを特定し次にシナリオ分析 (Scenario Analysis) をおこなう。シナリオ分析については、FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) やHAZOP (Hazard and Operability Studies) のように対象システムに固有なハザードを抽出しシステム全体に与える影響を分析・評価する手法と、イベントツリー手法 (Events Tree Analysis) やフォールトツリー分析 (Fault Tree Analysis), イシューツリー分析 (Issue Tree Analysis) のようにハザードを抽出しその要因間の因果関係を定量的に評価する手法がある。

沿岸域におけるリスクマネジメントの観点からは、災害による死傷者の発生や都市機能・資産の壊滅状態といった“頂上事象”からハザード分析をおこなうフォールトツリー手法が最も有効なリスク分析手段の一つと考えられる。フォールトツリー分析をおこなうに当たっては、海岸保全施設（護岸、水門・陸閘など）に関する蓄積データによる定性化・定量化が必要不可欠となる。蓄積データが少ない場合は海岸・港湾施設などの構造・機能に類似した他の建造物のデータ集積によっておこなうのが望ましい。同時に、海岸保全施設の老朽化や地盤沈下などによる海岸保全施設の機能不全の度合いである危険度評価を検討する必要がある。危険度評価に付け加えて、それらの管理・運営をおこなうオペレータ（担当者、協力者、一般市民）についてオペレーショナルリスクすなわちヒューマンエラーについてもチェックリスト方法によってエラーデータの妥当値を導出し上位事象への影響感度分析をおこなうことも考えられる。これらの分析結果からフェールソフト（冗長性技術）やフォールトトレランス（システム再構成）やフールプルーフ（ヒューマンエラー影響抑制）を図っていく必要がある。

次に、リスク算定の導出方式を考えてみる。リスク算定に当たっては、まずリスクが顕在化する確率および被害規模を推定することである。リスク発生確率は、台風や高潮、津波がワイブル分布などの確率変数で評価されることが一般的に行われている。近年は、地球温暖化や異常気象潮位などによる水面上昇が危惧されており高い再現性が期待できる“地球シミュレーター”のようなシミュレーション技術の確立が重要になってくるであろう。このような分析によって、リスクの発生確率や被害規模の定性的・定量的特性を抽出する作業と、その結果をもとに、リスク算定 (risk estimation 発生確率×被害規模) によってリスク評価 (evaluation) を計ることになる。なおリスク評価にあたってはリスク基準 (criteria) を明確化しておく必要がある。

③リスク対策

リスクアセスメントによるリスク評価を基にリスク対応方針の対策をおこなうこととなる。対応方針については“人的資源管理”における人的資源の資質向上方法をもとにリスク対応方針を構築することが有用である。災害に対する日頃の危機意識、施設運営、監視機能、情報伝達、意思決定といった人的操作が及ぶ範囲のヒューマンリソース機能の高度化が必要である。

④ リスク対応方針

以上の一連の作業を経て、リスクに対する「行動指針」や「基本目標」の整備を、国家的規模、自治体規模、町内会規模、個人的規模での常備体制の確立が求められる。

4. 経済性管理について

沿岸域を効率的、経済的に防護するためには、保全施設機能を評価するため危険性や安全性、信頼性を数値化あるいは序列化する必要がある。そのためには、保全システムのリスクアセスメントを適正に行い、その結果をもちいて被害額や今後被害を抑えるためのコスト算定をする必要が出てくる。海岸保全施設のLCCは、防護ライン調査に始まり、研究開発、初期投資、維持管理、被災復旧などの費用の、更新時期までのサイクルコストである。これらの費用を最小化するための方策を採る必要がある。その一方で、保全施設の信頼性については、高潮時などの浸水域、ハザードマップなどから得られる予測被害相当規模を最小化する信頼度を担保する必要がある。これらLCCと信頼性の関係は二律相反になるため合理的な保全施設規模の選択が重要な問題である。

図-6の様に海岸保全施設の信頼性を横軸パラメータとするとLCCと予測被害額は二律相反の関係となる。ここでLCCと予測被害額の合計値（社会的負担額）が最小となる点が保全施設の適正な規模ということが出来る。ここでLCCに関する技術革新がおこなわれた場合、LCCは右へシフトする事となり信頼性が向上し社会的負担額も小さくなる。一方、リスクマネジメントの技術が進歩すると予測被害額は下へシフトすることとなり信頼度がやや低くなくても社会的損失は小さくなることとなる。

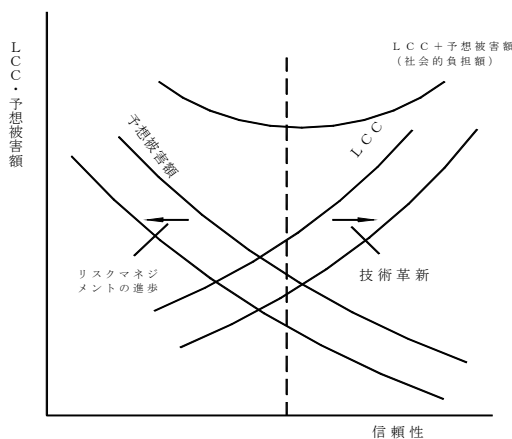


図-6 LCCと信頼性と社会的負担額の相関

5. ハザードマップについて

最後にハザードマップがリスク対応に対し重要であることを付け加える説明する。沿岸部におけるハザードマップづくりの目的は、護岸・海辺や水門・陸間など海岸保全施設の天端高や物理的機能などの信頼性評価をおこなうことである。総合管理技術におけるリスク対策の選定に関わる問題を解く重要なカギを握っている。すなわち、リスク保有、リスク軽減、リスク回避、リスク移転の4対策のいずれかを採るための選択肢の決め手となる。定義は、以下の通りとなる。

- ①リスク回避 (risk avoidance 沿岸保全の断念)
- ②リスク保有 (risk retention 受容可能リスクの保有)
- ③リスク削減 (risk reduction リスクの削減)
- ④リスク移転 (risk transfer リスク部分の保険移転)

沿岸部における都市は非移動性という性格から“リスク回避”が困難である。すなわち、リスクに対しては“リスク保有”を余儀なくされる場合がほとんどである。この場合は予防訓練など具体的なもっとも信頼性の高い避難パターンを個人、地域、行政間での連携を行う必要がある。次善の策として“リスク削減”がある。この場合は、個人的並びに公共的な経済的負担をとまなう。その他の対応策としてリスク回避が担保されない部分に対する保険を掛けるなどの“リスク移転”がある。実際に被害にあったときの補償機能として有効である。いずれにしても、高潮や波浪などの外力に対する防護性能についての分析・評価・統計的データ整理を体系化し、浸水域と湛水域のハザードマップを作成し、地域住民に対し避難方法や避難場所等に関する情報をいち早く連絡するための情報連絡網や、水門、陸間に対する機動的な災害からの防御作動体制を構築する必要がある。

6. あとがき

“総合技術監理”から我が国を一つの経済的組織体もしくはプロジェクト組織として捉えた場合、“総合技術管理”の概念で沿岸域リスクマネジメントを説明することができたものと思われる。他に、地球温暖化や異常潮位など不確実性要素を考慮する必要性がますます増大化してくるものと思われる。日頃の災害避難のための訓練および災害情報の開示が必要である。そのための、高度なハザードマップの整備が不可欠である。

なお、本稿における意見等は、執筆者の個人的な見解であり、あり得るべき誤りは執筆者個人に帰属する。本稿で用いた図-1, 2, 3, 5及び専門技術用語のほとんどは参考文献②より引用したものである。

参考文献

- 1) 島陶也：沈むのか日本列島，建設オピニオン，2002.2
- 2) (社)日本技術士会：技術士制度における総合技術監理部門の技術体系，
- 3) 国土交通省ホームページより抜粋