

地質リスク分析のための データ収集様式の研究

高知工科大学 フロンティア工学教室

渡 邊 法 美

共同研究者

わたなべ つねみ

渡邊 法美 高知工科大学 フロントニア工学教室 教授

おがさわら まさつぐ

小笠原正継 (独)産業技術総合研究所 主任研究員

ながの まさのぶ

永野 正展 高知工科大学 教授

いわまつ あきら

岩松 暉 NPO地質情報整備・活用機構 会長

1. 本研究の目的

(1) 地質リスクマネジメント研究のねらい・定義

- 地質(に係わる事業)リスクの分析(計量化・マネジメント)
- コスト構造改革(コスト縮減)への寄与
- 新しいビジネスモデル(地質の技術顧問)の開発

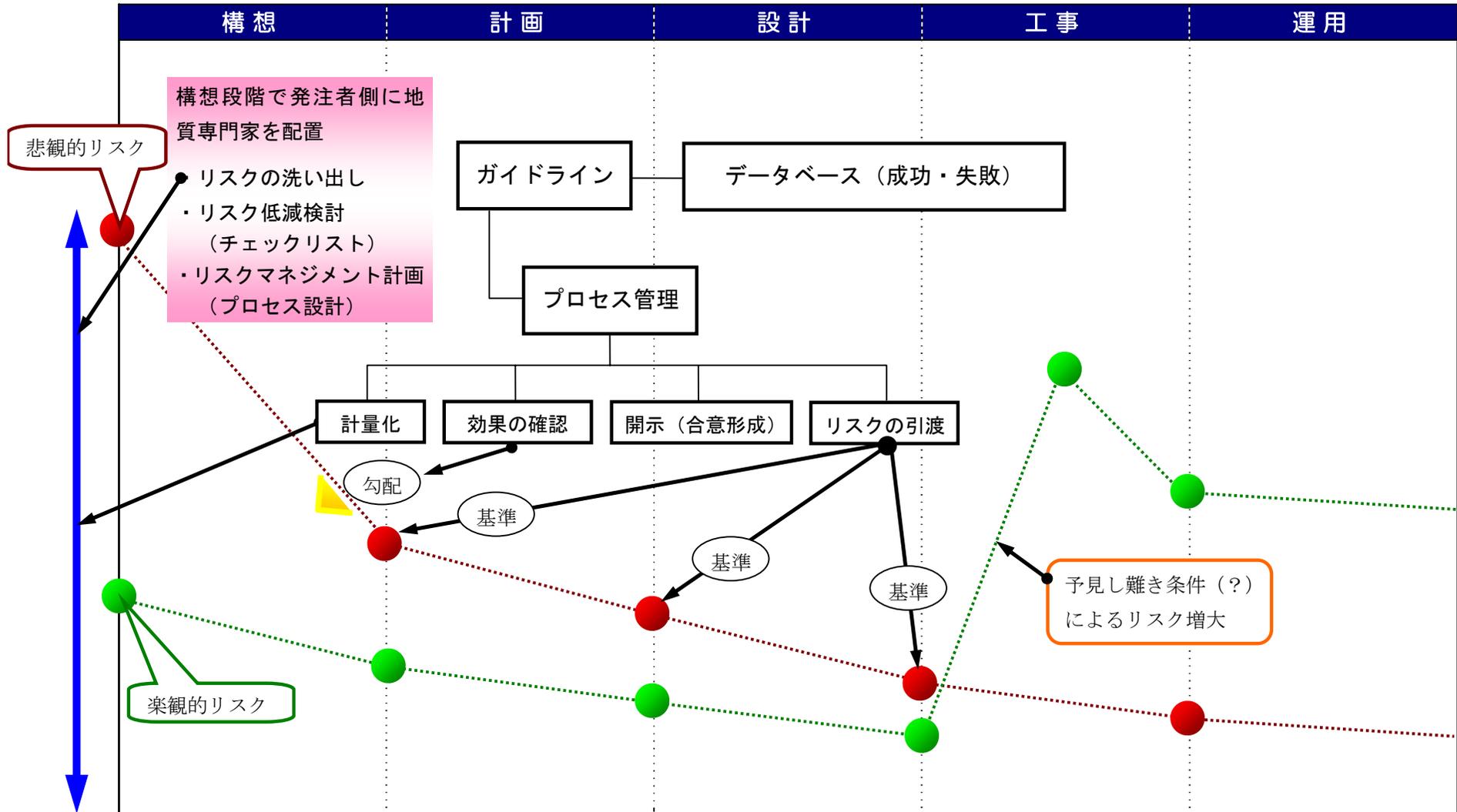
地質リスクの定義

- 地質(に係る事業)リスク
- 特に、コスト増大リスクに着目
(先ず、コスト縮減への貢献を意識した)
- 定義: 事業コスト損失 と その不確実性

(2) 地質リスクマネジメント研究の背景

- コスト構造改革プログラム
 - ・ 「地質リスク」への取り組みによって貢献できそう
- 事業費増大に係わる一連の事件
 - ・ 地質条件の楽観的見誤りによる事業費upへの批判
→ 工事ストップ
 - ・ 地質条件の変更による工事費増大への批判
→ 設計者の瑕疵責任
- 地質技術者の責任としてのリスクマネジメント
 - ・ 知る立場にある者(市民、納税者にとって)の責任
 - ・ 特に発注者側技術者
- 発注者側の体制
 - ・ 地質専門家が少ない
 - ・ リスク計量化手法、マネジメント手法がない

(3) プロセスマネジメントのイメージ



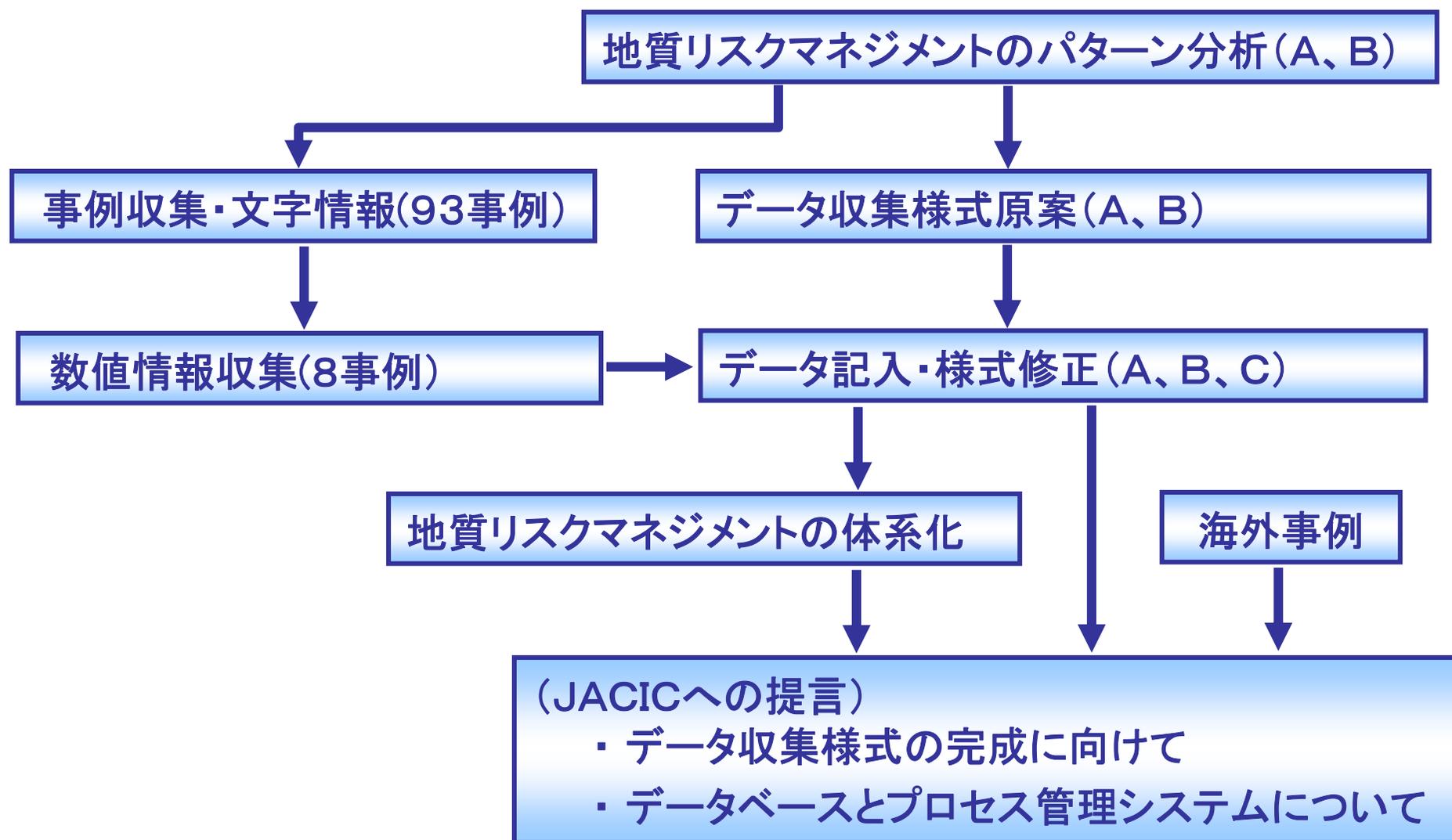
(4) 地質リスクを扱う上での課題

- ① 概念・体系が不明確
- ② 公共事業で、悲観的地質リスクには消極的な対処
- ③ 地質リスクを扱う者(地質技術者)の位置づけが不明確
- ④ 発注者側の技術を支援する行為(発注者支援)が
正業化されていない
- ⑤ 設計変更によるリスク解消が一般的
- ⑥ 投資効果(コスト・便益)への期待
→ リスクの楽観的判断の傾向
- ⑦ 地質リスクに係わるデータが不足
- ⑧ リスク計量化手法が未確立

(5) 本研究の目的

- 地質リスクの計量化研究のためのデータ収集システムの検討
- データ収集のための統一的様式の検討
- 事例分析を通してデータ項目を検討
- あわせて地質リスクの体系を研究

(6) 研究の手順



2. 事例分析

(1) 事例収集

- Aタイプ（地質リスクを回避した事例）

効果＝（当初工事費用）

－（変更後工事費用）－（リスク対応費用）

- Bタイプ（地質リスクが発現した事例）

効果＝（変更後工事費用）

－（当初工事費用）－（リスク対応費用）

- Cタイプ

（発現した地質リスクを最小限に回避した事例）

効果＝（回避しなかった場合の工事費用）－

（当初工事費用）－（追加工事費用）－（リスク対応費用）

A. 地質リスクを回避した事例(様式原案)

対象工事	発注者		
	工事名		
	工種		
	工事概要		
	①当初工事費		
	当初工期		
リスク回避事象	予測されたリスク発現時期		
	予測されたトラブル		
	回避した事象		
	工事への影響		
リスク管理の実際	判断(した)時期		
	判断した者		
	判断の内容		
	判断に必要な情報		
リスク対応の実際	内容	追加調査	
		修正設計	
		対策工	
	費用	追加調査	
		修正設計	
		対策工	
		②合計	
変更後工事の内容	工事変更の内容		
	③変更後工事費		
	変更後工期		
	間接的な影響項目		
	受益者		
リスクマネジメントの効果	費用(①-③-②)		
	工期		
	その他		

B. 地質リスクが発現した事例(様式原案)

対象工事	発注者		
	工事名		
	工種		
	工事概要		
	①当初工事費		
	当初工期		
リスク発現事象	リスク発現時期		
	トラブルの内容		
	トラブルの原因		
	工事への影響		
追加工事の内容	追加調査の内容		
	修正設計内容		
	対策工事		
	追加工事		
	追加費用	追加調査	
		修正設計	
		対策工	
		追加工事	
	②合計		
	延長工期		
間接的な影響項目			
負担者			
リスク管理の理想像	対応(すべき)時期		
	対応(すべき)者		
	対応(すべき)内容		
	判断に必要な情報		
	対応費用	調査	
		対策工	
		③合計	
	想定工事	工事概要	
		④工事費	
工期			
リスクマネジメントの効果	費用(②-③)		
	費用 (((①+②)-(③+④)))		
	工期		
	その他		

C. 発現した地質リスクを最小限に回避した事例 (様式原案)

対象工事		発注者		
		工事名		
		工種		
		工事概要		
		①当初工事費		
		当初工期		
発現した リスク	リスク発現事象	リスク発現時期		
		トラブルの内容		
		トラブルの原因		
		工事への影響		
	追加工事の内容	追加調査の内容		
		修正設計内容		
		対策工事		
		追加工事		
		追加費用	追加調査	
			修正設計	
			対策工	
			追加工事	
			②合計	
		延長工期		
間接的な影響項目				
負担者				
最小限に 回避した リスク	リスク回避事象	予測されたリスク発現時期		
		予測されたトラブル		
		回避した事象		
		工事への影響		
	リスク管理の実際	判断(した)時期		
		判断した者		
		判断の内容		
	判断に必要な情報			
	リスク対応の実際	内容	追加調査	
			修正設計	
			対策工	
		費用	追加調査	
			修正設計	
			対策工	
	③合計			
	回避しなかつた 場合	工事変更の内容		
		④変更後工事費		
		変更後工期		
間接的な影響項目				
受益者				
リスクマネジメントの効果		費用(④-(①+②)+③)		
		工期		
		その他		

(2) 文字情報のみによる事例収集

	A表(リスク回避事例) 41件	B表(リスク発現事例) 52件
発注者	国と地方自治体同じくらい	地方自治体が多い
工事	トンネル(9)、橋梁(6)、 地すべり(5)、ダム(5)、 のり面(5)	のり面(12)、地すべり(8) トンネル(7) ----- ① 斜面、切り土 …… 21 ② 支持層・基礎 …… 17
段階	調査 ~ 設計 26 施工 13	調査 ~ 設計 5 施工 43

(3) 数値情報を加えた事例の絞り込み

番号	パターン	事例の略称	工事特性				リスクマネジメント		
			工種	地質区分	当初金額	発注者	リスクの種類	マネジメントの時期	マネジメントの内容*1
1	A	海上橋梁下部工工事	橋梁下部	土砂堆積層・岩盤	(億円) 212.0~280.6	県	支持力算定	設計着手時	地質調査の追加、 設計条件の見直し
2	A	ダム建設事業の事例	ダム監査廊	岩盤(CLL)・断層	*2	国	監査廊の安全性	設計時	設計条件の見直し、専 門家の判断
3	B	県道トンネル掘削工事	トンネル掘削	岩盤(CII)・断層 (四万十帯砂岩・泥 岩互層)	0.38(当該箇所 のみ) 10.29(トンネル本体)	県	岩盤変位	工事中	地質調査の追加、 設計変更
4	B	林道道路改良工事における斜面崩壊事例	道路切土	中・古生代八溝層群 風化細粒砂岩	0.05	県	自然斜面崩壊	設計時	地質調査の追加、 設計変更、工事中の補 助工法(水抜き)追加
5	B	高規格道路堆積性硬岩地山の切土事例	道路切土法面	中生代砂岩・粘板岩 貫入岩	3.6	国	切り土法面崩壊・ 小規模地滑り	工事中	地質調査の追加、 設計変更、対策工の施 工
6	C	国道道路改良工事	道路切土	脆弱粘土層(熱水変 質帯)	*2	国	法面変形・地滑り	工事中	地質調査の追加、 対策工の施工
7	C	トンネル施工の事例	トンネル掘削	土砂堆積層・岩盤	12.6	県	支保変更・崩壊	工事着手時	専門家の判断
8	C	軟弱地盤における道路改良工事	ボックスカルバート基礎工	旧河道軟弱地盤	0.4	県	支持力不足	工事中	地質調査の追加 対策工の追加

* 1 : Bは「どうすべきであったか」の意

* 2 : 対象工事の範囲設定が困難

(4) 事例分析のまとめ方

1. 事例の概要(リスク発現内容・事例に着目した理由)



2. 事例分析のシナリオ(リスクの特定・分析・論理展開)



3. データ収集分析(論理を実証するためのデータ整理)



4. マネジメントの効果について(マネジメント効果の計量化)



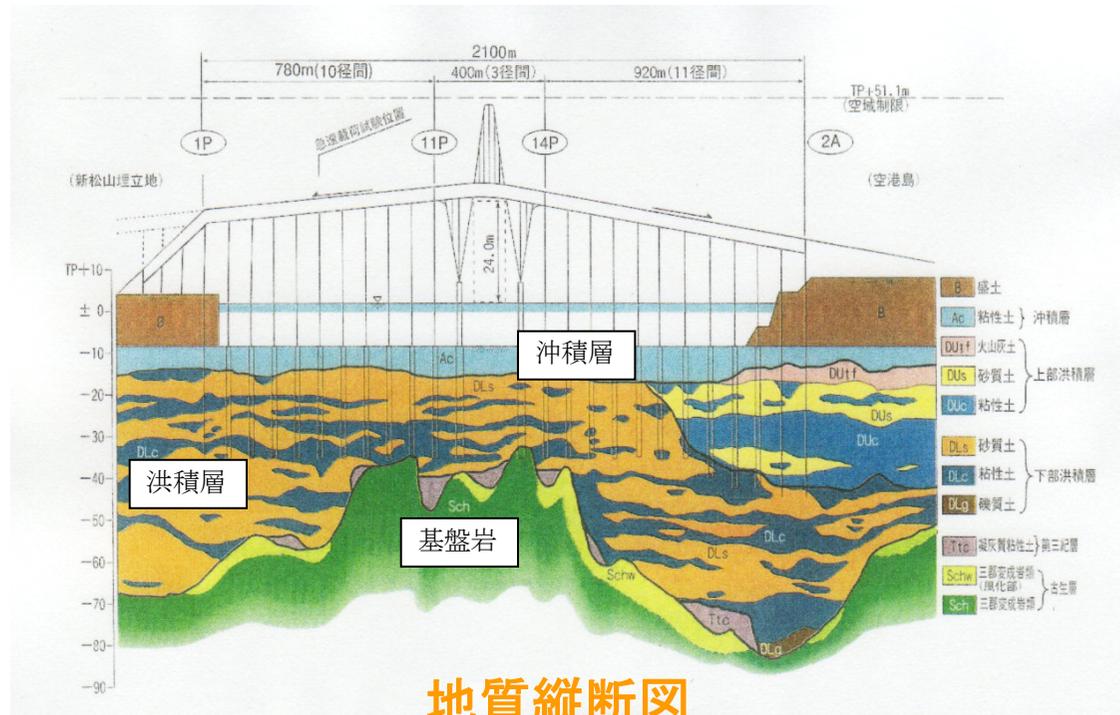
5. データ様式の検討(マネジメント効果を計量するために必要なデータ項目等検討)

(5) 事例紹介

Aタイプ (海上橋梁下部工工事)

工事の概要

- 鋼管矢板筒基礎工事
- 当初工事費(210~280億円)
- N値を用いた杭周面摩擦力による杭長算出(コスト増大リスク)



地質縦断図

Aタイプ（海上橋梁下部工工事）

マネジメントの効果

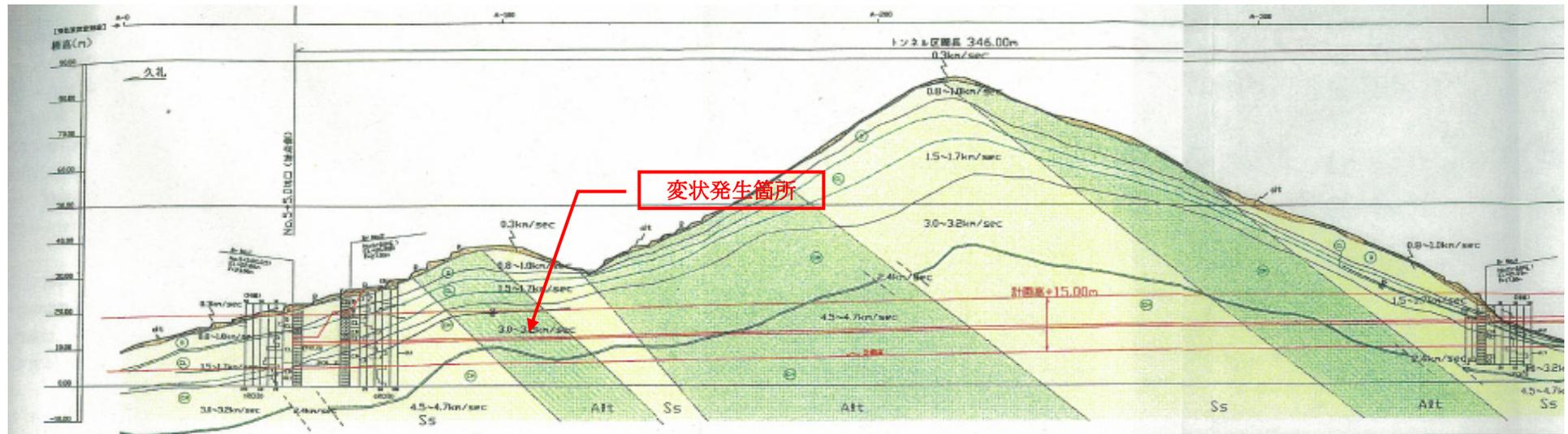
- 委員会による判断
- 詳細設計の前
- c', ϕ' 法による杭長計算によりコスト縮減(63~85%)

項目	岩盤に支持		M値法（中間層に支持）		c', ϕ' 法（中間層に支持）		
	内訳	費用(百万円)	内訳	費用(百万円)	内訳	費用(百万円)	
調査・試験費	ボーリング調査	2,898m (各ピア2本)	188	2,898m (各ピア2本)	188	2,217m	140
	サンプリング		0		0		18
	室内土質試験		0		0		50
	孔内水平載荷試験	c', ϕ' 法と同等と仮定	12	c', ϕ' 法と同等と仮定	12		12
	実杭の載荷試験	必要なし	0	必要なし	0	12P、22Pの2箇所、破壊まで実施	188
	小計		200		200		408
施工費	材料および施工費	平均深度60m (1~24P)	28,061		21,195	平均深度30.5m (1~24P)	17,400
合計			28,261		21,395		17,808

Bタイプ（県道トンネル掘削工事）

工事の概要

- NATMトンネル(364m)本体工事
- 当初工事費 10.29億円(トラブル区間3,800万円)
- 地質判断の甘さと豪雨による水圧上昇予測が不十分
(コスト増大リスク)



トンネル地質縦断図

Bタイプ（県道トンネル掘削工事）

マネジメントの効果

- 追加工事の内容

追加調査	調査ボーリング(6本)(504万円)
追加工事	支保工変更(2,543万円)

- リスク対応費用

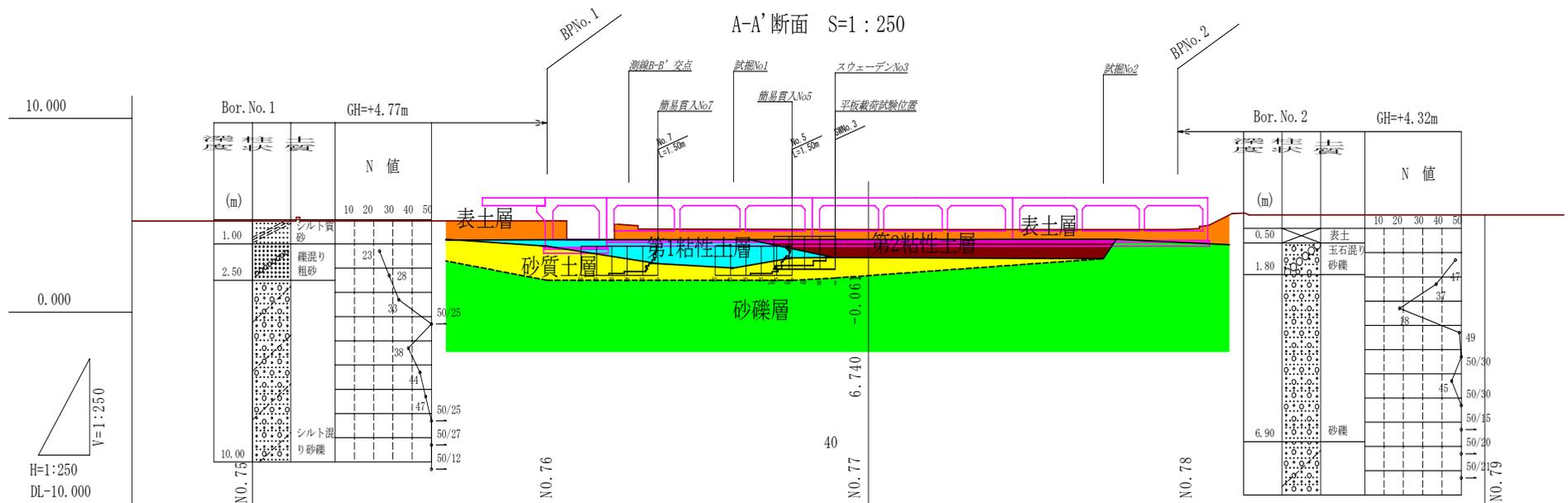
事前調査費用(想定)	(200万円)
想定追加工事費用	水抜きボーリング(350万円)、 支保パターン変更差額(1,080万円)

- 効果 = (変更後工事費用 - 当初工事費用) - (リスク対応費用)
= (追加工事費用) - (リスク対応費用)
= (追加調査費用 + 追加工事費用)
 - (事前調査費用 + 想定対応工事費用)
= (504 + 2,543)万円 - (200 + 1,430)万円
= 1,417万円 (工期1ヶ月延長)

Cタイプ（軟弱地盤における道路改良工事）

工事の概要

- ボックスカルバート工（約40m）
- 当初工事費 8,950万円
- ボックスカルバート基礎部掘削時に軟弱地盤出現（コスト増大リスク）



推定地質断面図（追加調査時）

Cタイプ（軟弱地盤における道路改良工事）

マネジメントの効果

- マネジメント（リスク対応）の内容

追加調査 地質調査、土質試験、平板載荷試験（28万円）

対応工事 安定処理工（190万円）

- 効果 = （回避しなかった場合の工事費用）－

（当初工事費用）－（追加工事費用）－（リスク対応費用）

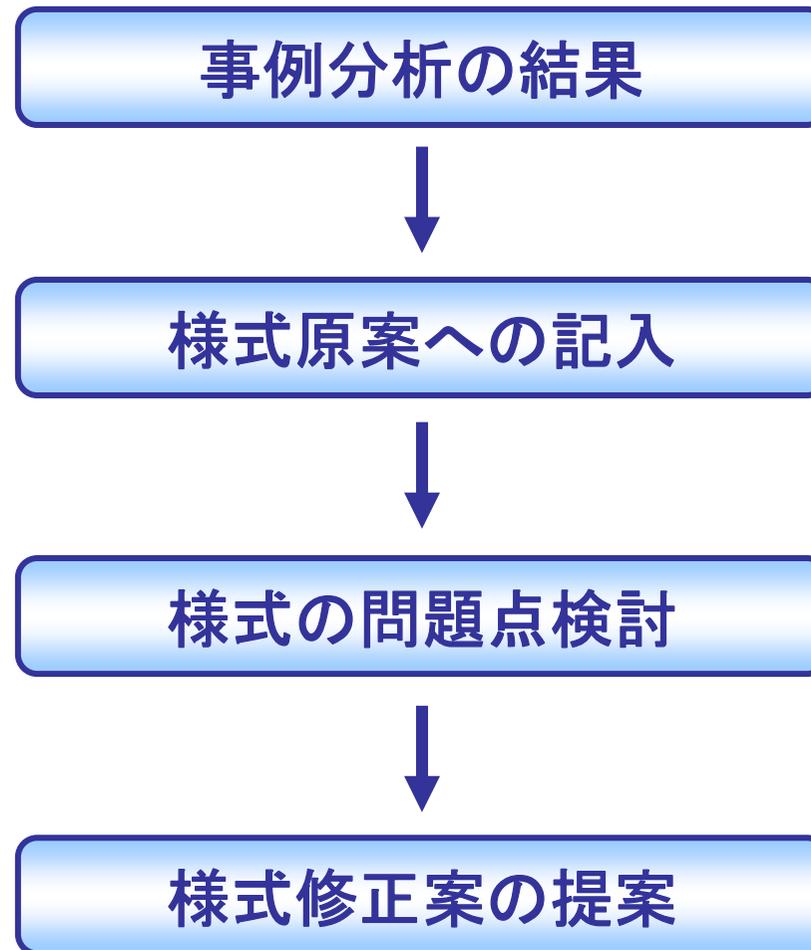
= 9,450 － 8,950 － 0 － （28＋190）

= 282万円

（工期90日以上延長の回避）

3. 様式の検討

(1) 様式の検討方法



(2) Aタイプ（地質リスクを回避した事例）

- リスクの過大評価（過大積算）を工事着手前に回避（縮小）した事例であることを確認
- 様式：リスク回避事象の記述項目を追加
- リスク回避事象（因果関係）が事実として存在するため、記述は比較的容易

A表（地質リスクを回避した事例） データ収集様式

大項目	中項目	データ	
対象工事	発注者(事業主体)		
	工事名		
	工種		
	工事概要		
	①当初工事費		
	当初工期		
リスク回避事象	リスク回避のシナリオ		
	マネジメント実施者		
	アセスメント実施者		
	予測されるリスク発現時期		
	予測されたトラブル		
	回避した事象		
	予測されたトラブルおよび回避した事象		
	事象回避内容		
	工事への影響		
事業への影響			
リスク管理の実際	判断時期		
	判断者		
	判断内容		
	判断に必要な情報		
リスク対応の実際	変更内容と費用		
	内容	追加調査	
		修正設計	
		対策工	
	費用	追加調査	
		修正設計	
		対策工	
②合計			
変更後工事の内容	工事変更の内容		
	③変更後工事費		
	変更後工期		
	間接的な影響項目		
	受益者		
リスクマネジメントの効果	費用(③—①+②)		
	工期		
	その他		

(3) Bタイプ（地質リスクが発現した事例）

- 予期せぬリスクが発現した原因である「地質」の記述項目を追加
- リスク発現の原因（楽観的リスク評価）項目を追加
- リスクマネジメントを行った場合の工事費は推定値（自己申告）
- 工期延長回避が重要な評価要素であることを確認

B表（地質リスクを回避した事例） データ収集様式

大項目	中項目	データ	
対象工事	発注者		
	工事名		
	工種		
	工事概要		
	①当初工事費		
	当該工事費		
	当初工期		
地質リスクの抽出・ 処理に関する総括 表	地質概要		
	地質構造概要		
	地質リスクの抽出		
	地質リスクの伝達		
	地質リスクの低減等があったかどうか		
	地質リスクの反映又は発現		
リスク発現事象	リスク発現時期		
	原因となった地質		
	トラブルの内容		
	トラブルの原因		
	トラブル発生の原因となった地質リスクカテゴリー		
	原因となった(楽観的)リスク評価		
	工事への影響		
追加工事の内容	追加調査の内容		
	修正設計内容		
	対策工事		
	追加工事		
	追加費用	追加調査	
		修正設計	
		対策工	
		追加工事	
	②合計		
	延長工期		
	間接的な影響項目		
間接的な影響額			
負担者			

大項目	中項目	データ	
リスク管理の理想像	対応(すべき)時期		
	対応(すべき)者		
	対応(すべき)内容		
	判断に必要な情報		
	対応費用	調査	
		対策工	
		③合計	
	想定工事	工事概要	
		④工事費	
		工期	
リスクマネジメントの 効果	費用(②-③)		
	費用 (((①+②)-(③+④)))		
	工期		
	その他		

(4) Cタイプ

(発現した地質リスクを最小限に回避した事例)

- Aタイプ、Bタイプにおさまらないタイプとして作成
- 事例に合わせて作成したため原案の修正は少ない
- リスク回避行為を複数回行った場合にも適用可
- 工期延長回避が重要な評価要素であることを確認

C表(発現した地質リスクを最小限に回避した事例)データ収集様式

大項目		中項目	データ	
対象工事	発注者			
	工事名			
	工種			
	工事概要			
	①当初工事費			
	当初工期			
発現したリスク	リスク発現事象	リスク発現時期		
		トラブルの内容		
		トラブルの原因		
		事業・工事への影響		
	追加工事の内容	追加調査の内容		
		修正設計内容		
		対策工事		
		追加工事		
		追加費用	追加調査	
			修正設計	
			対策工	
			追加工事	
			②合計	
		延長工期		
		間接的な影響項目		
負担者				
最小限に回避したリスク	リスク回避事象1	予想されたリスク発現時期		
		内容		
		予想されたトラブル		
		回避した事象 事業・工事への影響		
	リスク管理の実際1	判断(した)時期		
		判断した者		
		判断の内容 判断に必要な情報		
	リスク対応の実際1	内容	追加調査	
			修正設計	
			対策工	
		費用	追加調査	
			修正設計	
対策工 変更工事 ③合計				

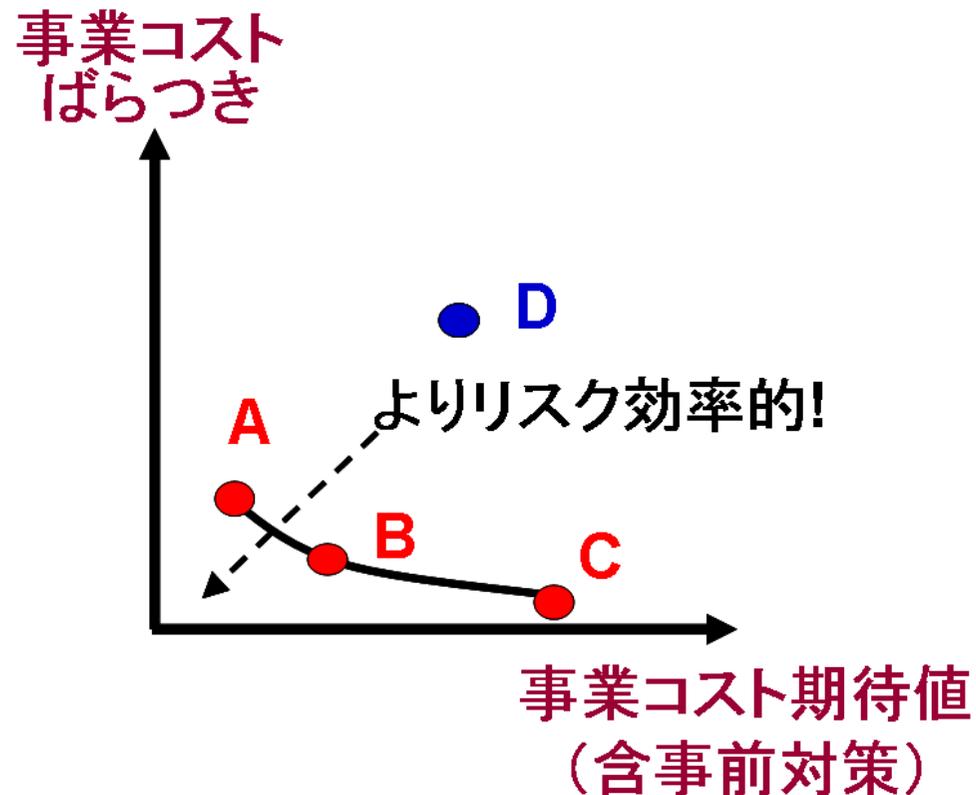
大項目		中項目	データ	
最小限に回避したリスク	リスク回避事象2	予測されたリスク発現時期		
		予測されたトラブル		
		回避した事象		
		事業・工事への影響		
	リスク管理の実際2	判断(した)時期		
		判断した者		
		判断の内容 判断に必要な情報		
	リスク対応の実際2	内容	追加調査	
			修正設計	
			対策工	
		費用	追加調査	
			修正設計	
			対策工 変更工事 ③合計	
	回避しなかった場合	工事変更の内容		
		④変更工事費		
変更工期				
間接的な影響項目				
受益者				
リスクマネジメントの効果		費用④ - ((①+②)+③)		
		工期		
		その他		

4. 地質リスクマネジメントの体系化

(1) マネジメント効果と地質リスクマネジメントの類型化

マネジメントの効果の分類

- リスク効率性に基づくマネジメントの類型化



- 満足(4タイプ)と不満(2タイプ)

地質リスク対応策の結果と 該当し得る提案データ収集様式

対応策結果		結果の概要	該当様式
満足	タイプ1	十分な事前検討、リスク発現回避、 最終事業コスト最小化	A表
	タイプ2	想定内リスク発現、的確対応、 最終事業コスト最小化	C表
	タイプ3	想定内リスク発現、的確対応、 最終事業コスト最小化せず	C表または B表
	タイプ4	想定外リスク発現、的確対応、 損害拡大抑制	C表
不満	タイプ5	想定外リスク発現、(不的確対応)、 損害拡大	B表
	タイプ6	リスク発現回避のため、 過大対応策採用	該当なし

(2) 概念の定義と地質リスクマネジメントの類型化

事業費の定義

I : 当初事業費

A : 追加事業費

F : 最終事業費

E : 想定事業費

マネジメントの類型化 → 次ページ

ケース1 (I = F) 当初 = 最終

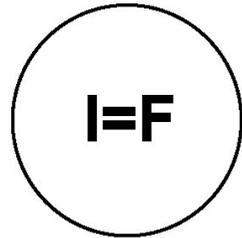
ケース2 (I > F) 当初 > 最終……………タイプAに相当

ケース3 (I < E < F) 当初 < 想定 < 最終…タイプBに相当

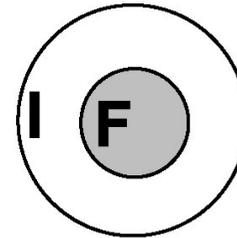
ケース4 (I < F < E) 当初 < 最終 < 想定…タイプCに相当

事業費の増減と地質リスクマネジメント

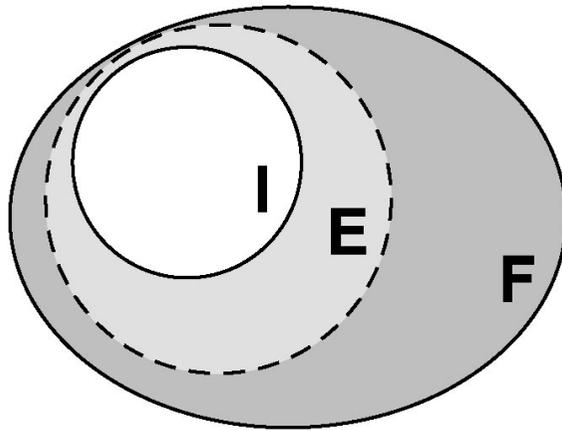
a. ケース 1



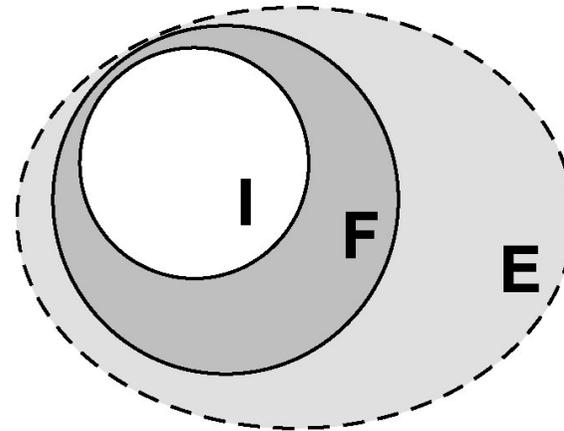
b. ケース 2



c. ケース 3



d. ケース 4



5. 海外における地質リスクマネジメント ～ ニュージーランド ～

リスクの定義とマネジメント

- 危機 (Threat) の記述方法 (評価項目) と評価方法
- 危機のマネジメント方法 → 可能な限り緩和・最小化する
- 好機 (Opportunity) の記述方法 (評価項目) と評価方法
- 好機のマネジメント方法 → 可能な限り強化・最大化する

リスクマネジメント様式の活用 → 次ページ

- 地質リスクプロセス管理システムの考え方 (画面5) と同じ
- 段階毎のチェックリストと管理計画に利用できる

◆リスク登録表

- リスクの抽出・評価点
- 評価点の算出(重大さ × 発生確率)
- 措置計画(方針)
- 優先度

◆リスク措置計画表

- リスクの項目・種類
- 措置の種類・進捗状況
- 責任者・時期・資源
- モニタリング
- コスト
- リスク低減予測

6. JACICへの提言

(1) 様式の改良

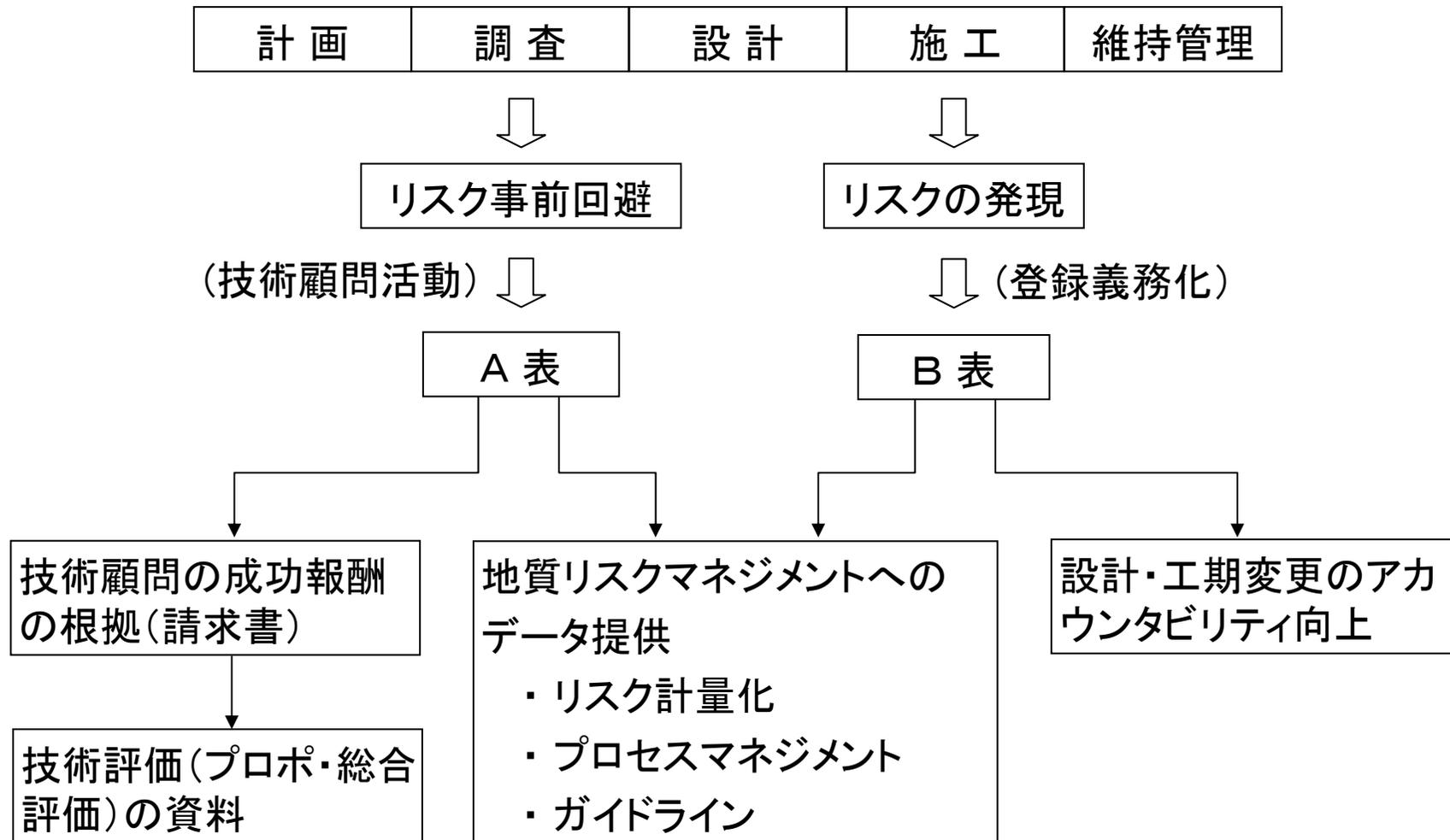
データ項目の仕上げ

- 検索データ(データベース)を想定
- 記述式 → 選択式
- 詳細情報(バックデータ)との連絡
- データ作成方法(マニュアル化)

様式の一元化検討

- A, B → Cに一元化
- Cを改良してプロセスが表現できるように

(2) 様式の直接的活用(例)



(3) 地質リスクプロセス管理システムの構築・提供

- 地質リスク情報の「交換」「連携」「共有」「再利用」
→ システム構築とガイドライン作成
- 3次元地質リスク情報を用いた情報化施工
- 受発注者間の地質リスク情報の
交換システム(ASPサービス)を提供
- 業務プロセスの改善(効率化)

(4) データ収集・蓄積方法

- 過去の事例の記録
- 進行中の事業の記録(例えばC表)
- ある条件の場合に記録(共通仕様書)
- 特定工事で記録(特記仕様書で指示)
- JACICにおける情報共有環境の提供

ご清聴
ありがとうございました