

海岸における気候変動への適応戦略

平成22年11月

財団法人 国土技術研究センター

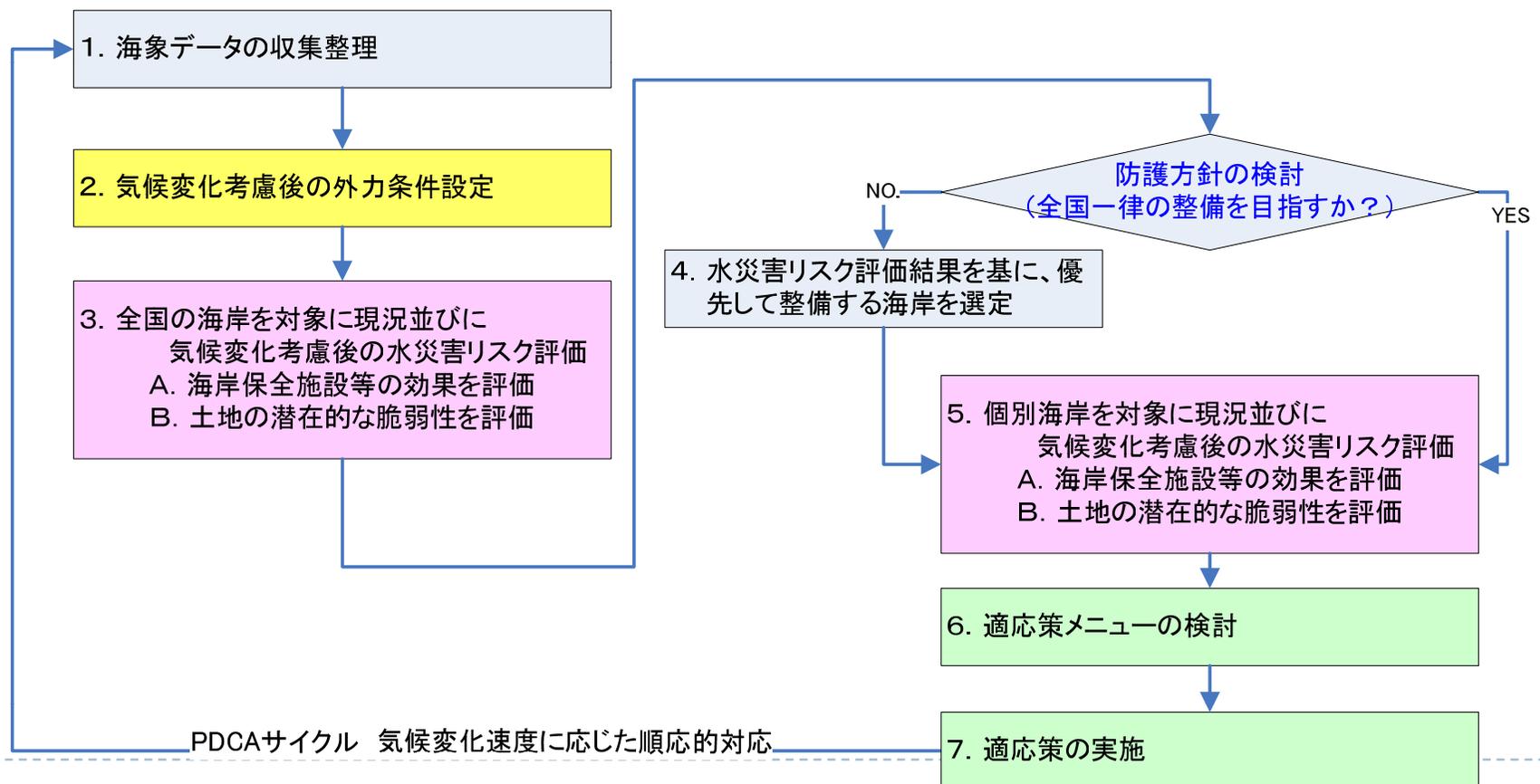
背景

- ▶ 海岸事業は予算が限られており、気候変動に対して全国一律に予防保全を実施することは困難である。
- ▶ 気候変動により外力が増加することで増大する脅威に対しての適応策を予防保全として実施するには、全国の中から優先的に適応策を実施する海岸を抽出し、効果的に事業を実施することが重要である。
- ▶ 優先順位は、各海岸が抱えている水害リスクを把握し、水害リスクの大小や質(項目)に着目して決定することが重要である。

海岸保全施設整備における海面上昇等への適応策の基本的な考え方①

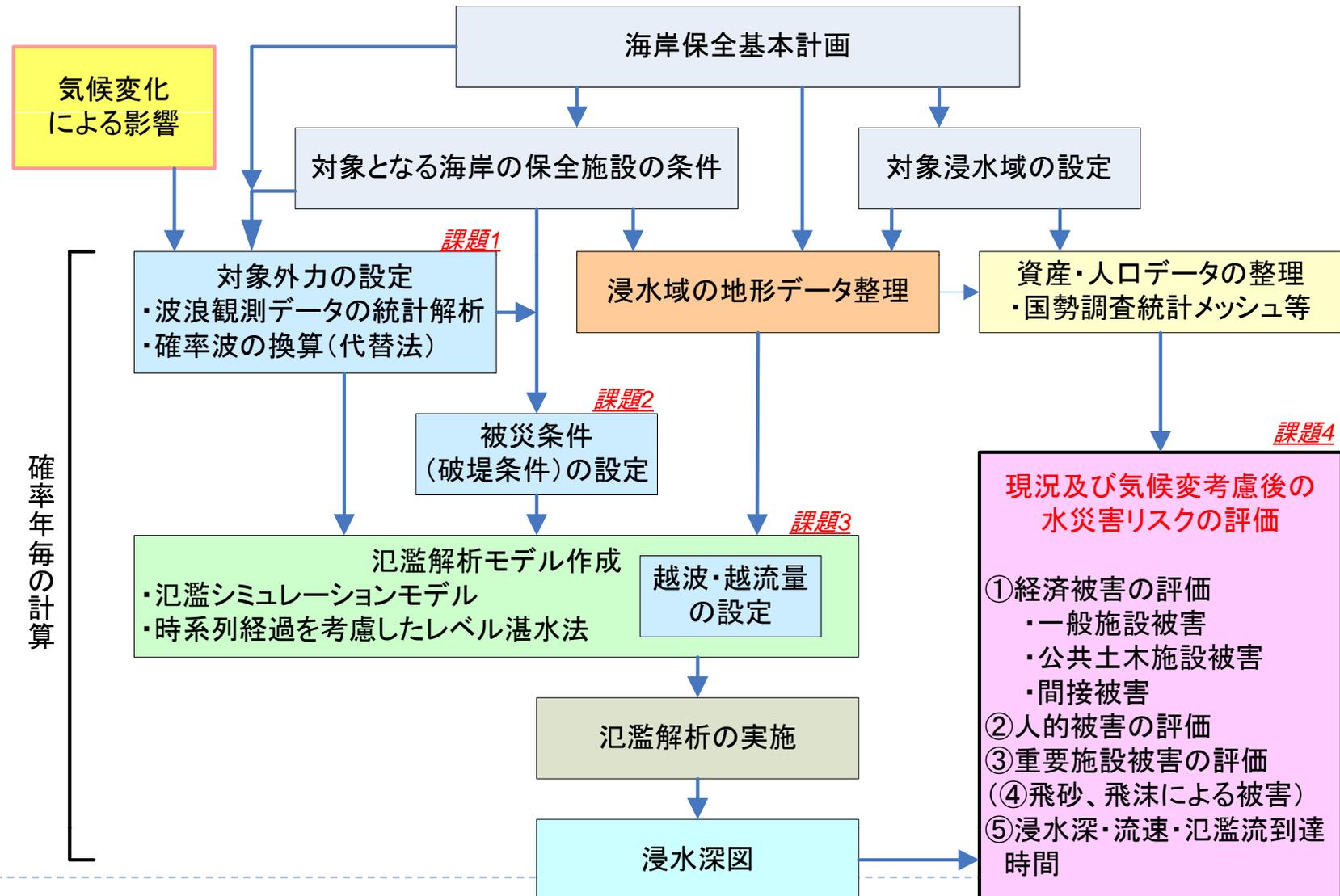
気候変動への適応策を実施するには、各海岸が抱えている水災害リスクを明らかにし、それに対応する適応策を検討することが重要である。また、限られた予算で効果的に事業を実施するためには、水災害リスク評価結果を基に優先して整備を行う海岸を選定することが重要である。

水災害リスク評価に基づく適応策検討のフロー



海岸保全施設整備における海面上昇等への適応策の基本的な考え方②

海岸保全事業における水災害リスク評価は、下記フローによる実施される。



海岸における水災害リスク評価を実施する際の課題

▶ 【課題1: 対象外力の設定】

- ▶ 海岸では、地区海岸毎に海象観測が実施されておらず、潮位観測でも全国の気象台で66箇所しかない。従って、最寄りの観測所の波高データを用いることにならざるを得ない。

▶ 【課題2: 海岸保全施設の被災条件の設定】

- ▶ 堤防が破堤または、護岸が倒壊するか、否かによって、浸水する氾濫ボリュームは大きく異なり、リスク評価結果も大きく異なるが、今の技術レベルでは設定することが困難。

▶ 【課題3: 氾濫解析モデルの取り扱い】

- ▶ 水災害リスク評価には、氾濫計算が必要となるが、氾濫解析モデルを有している海岸は、全国でも少数であり、現状では、氾濫解析モデルを用いたリスク評価を実施するのは困難。(高潮ハザードマップが作成されている76市町村の内、氾濫シミュレーション結果を用いて作成したと考えられる市町村は、僅かに25市町村である)

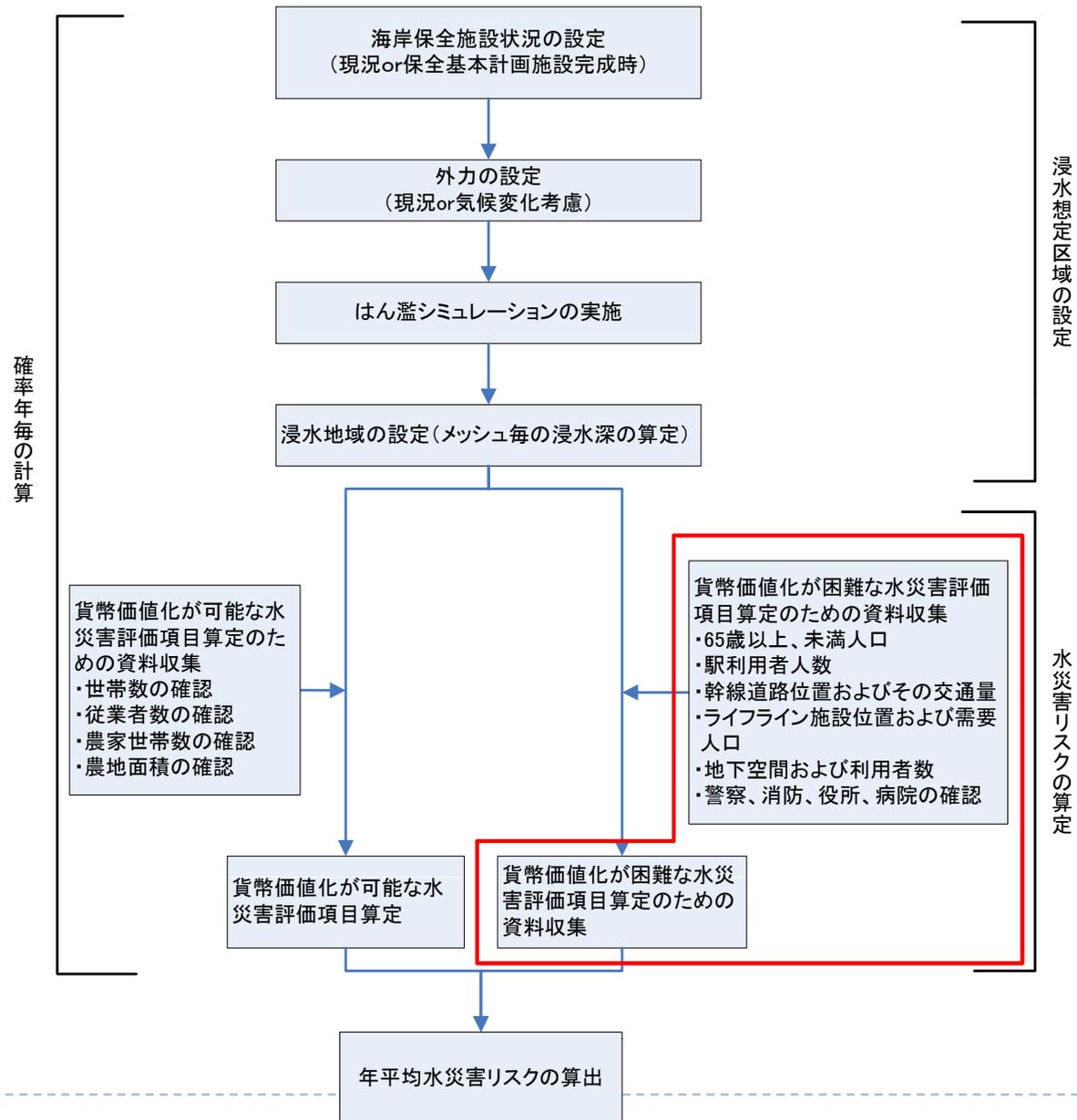
▶ 【課題4: 人的被害のリスク評価における避難条件設定】

- ▶ 今回の検討では避難条件(避難率)は設定していない。実際には避難することにより被害を免れる人がいることから、実態に即すためには避難率を設定する必要がある。しかし、津波に対しての避難行動の分析はなされているものの高潮時の避難行動に関しては、分析が進展していないため設定することが困難。

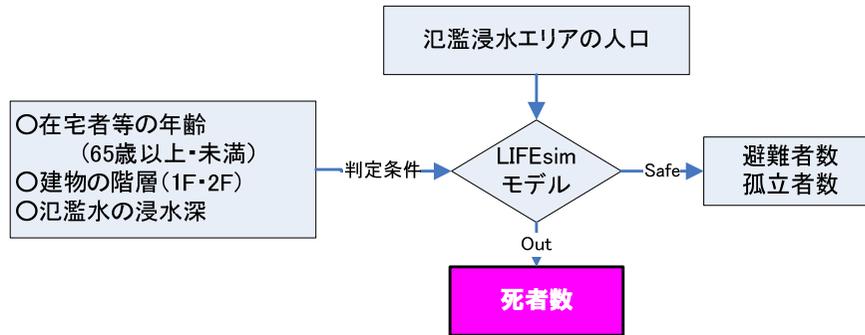
▶ 【課題5: 海岸の水災害リスクにおける侵食の取り扱い】

- ▶ 気候変動の影響による侵食への影響は解明されていない。

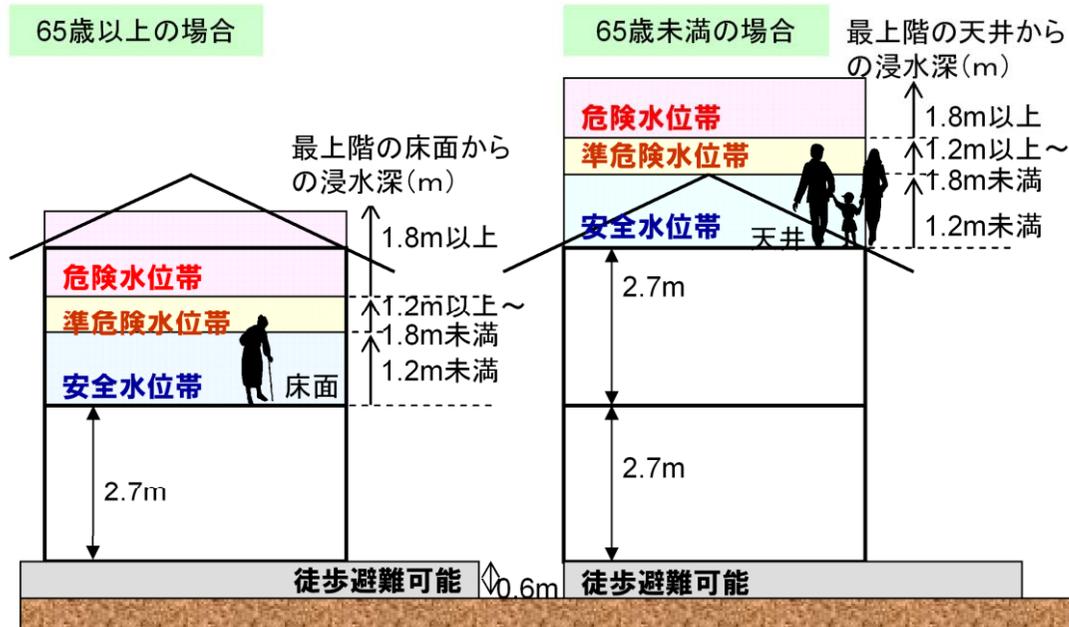
(参考) 海岸における水害リスク評価手順



(参考) 人的被害の評価手法



人的被害(死者数)の算定は、氾濫解析(代替手法含む)により算定された浸水区域のエリア人口に対して、LIFEsimモデルを用いて実施する。



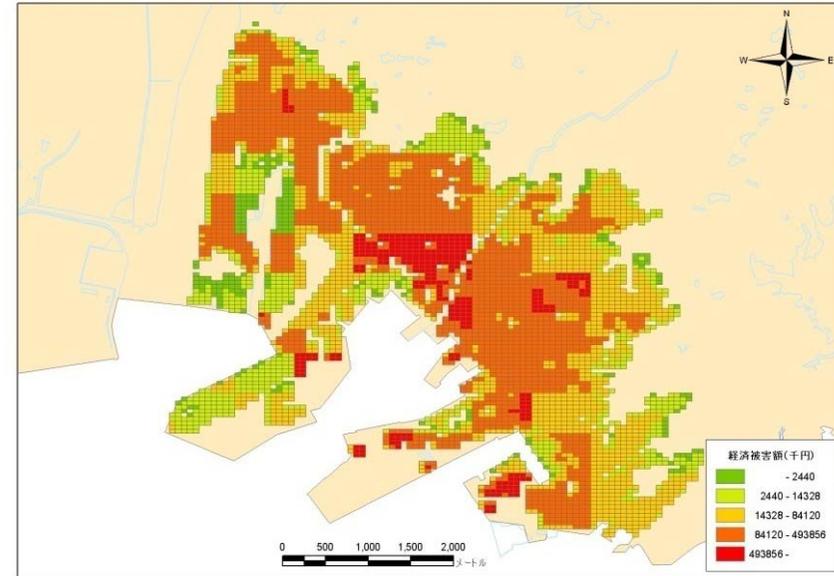
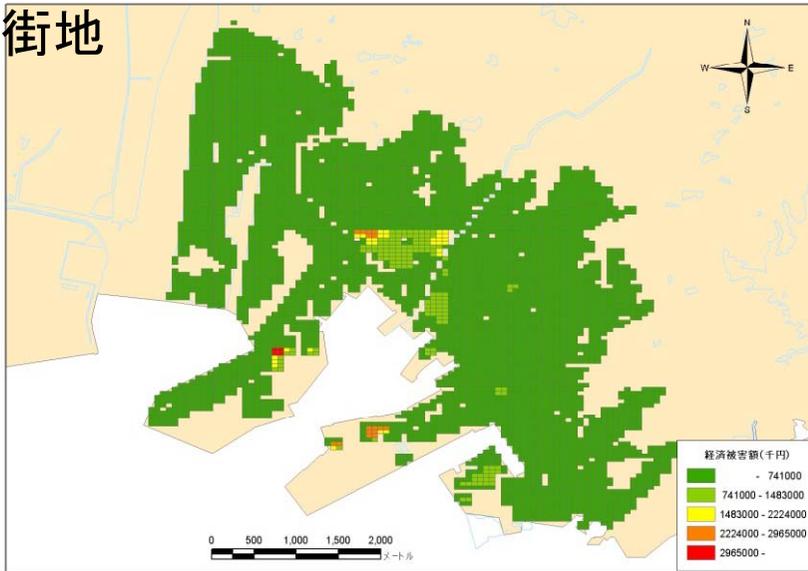
- 床面からの浸水深により危険水位帯、準危険水位帯、安全水位帯に分類
- 年齢、建物の階数から危険度別の人数を算出し、各々の死亡率を乗じ算出
- 浸水深が地面から60cm未満ならば、安全な地域に避難できる
- 65歳以上の人口に相当する人数が、住宅・建物の最上階の居住階まで避難
- 65歳未満の人口に相当する人数が、さらに、屋根の上等に避難

浸水深による危険度の分類

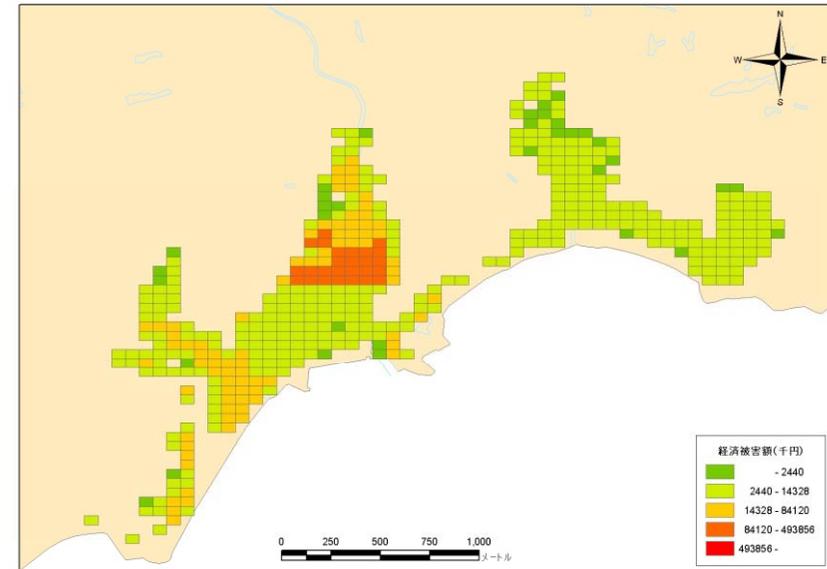
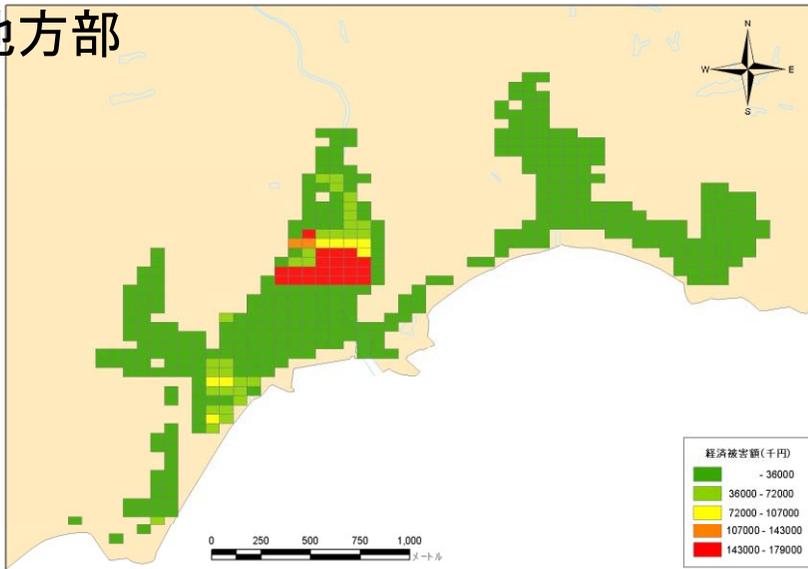
	死亡率 (%)
危険水位帯	91.75
準危険水位帯	12.00
安全水位帯	0.023

(参考) 水害リスクマップの作成④

市街地



地方部



海岸における水災害リスク評価を実施する際の課題に対する短期・長期での対応

▶ 【短期に取り組むべき課題】

▶ ①海象データの蓄積

- 海象データは、外力設定の基礎となる部分であることから、海象データの蓄積を早期に実施すべきである。

▶ ②はん濫解析の普及および簡易代替手法の開発

- はん濫解析を実施することが大きな負担であることから、簡便な代替手法(レベル湛水法等)の活用が急務である。

▶ 【長期的に取り組むべき課題】

▶ ①堤防の破堤等の条件設定に関する技術向上

▶ ②人的被害のリスク評価における避難条件設定に関する検討の実施

▶ ③侵食による影響を把握するための技術開発

適応策メニューの検討

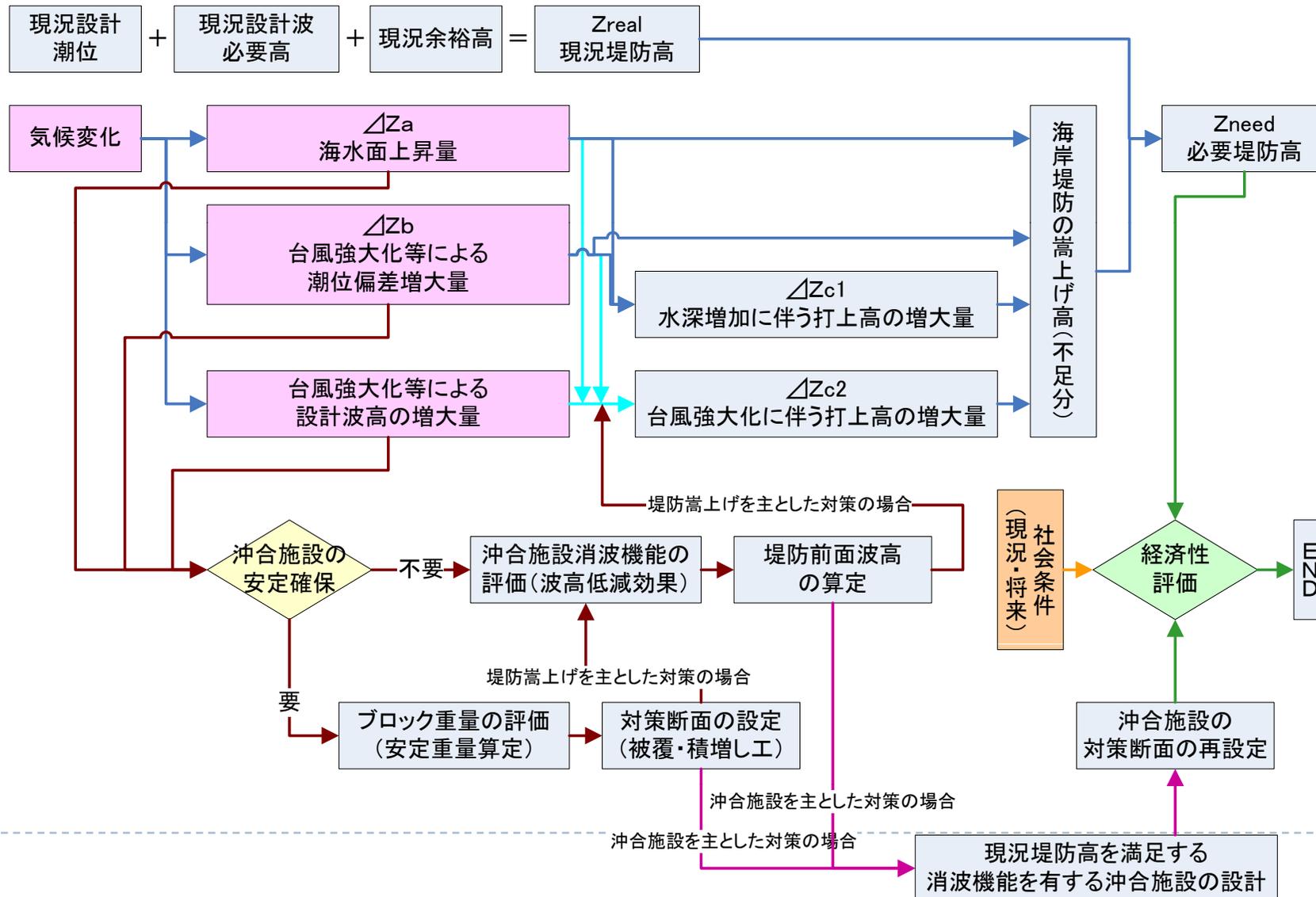
- ▶ 海岸において実施可能な適応策メニューのメリット・デメリットを整理する。

海岸における気候変動適応策を実施する上で、考えられるメニューのメリット・デメリット

適応策メニュー	メリット	デメリット
避難率向上に資するソフト対策	避難率が向上した場合、人的被害の軽減効果が高く、施設整備に比べて短期間での対応が可能である。	経済被害、重要施設等の機能停止による被害を軽減させることは出来ない。
線的防護(堤防整備)	気候変動で増大する外力により打上げ高や越波量が増大することに対し、直接的に効果がある適応策である。陸上施工であるため、工事費が面的防護より一般的には安価である。	侵食系の海岸では、基礎部が洗掘され倒壊する可能性がある。
面的防護	漂砂の補足機能により侵食の防止効果が期待できる。	海上での施工となるため線的防護よりも一般的に工事費が高くなる。

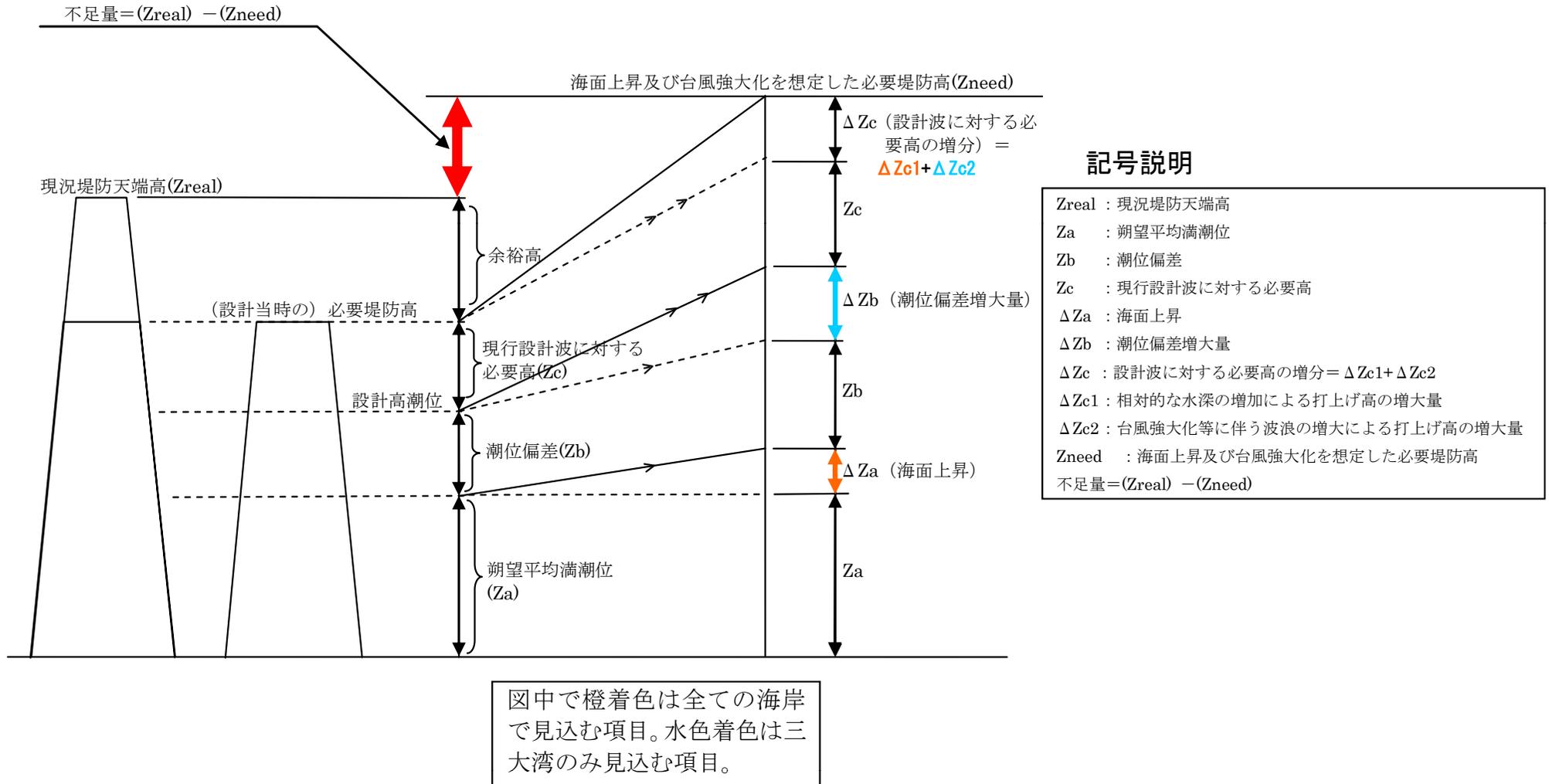
(参考) 線的防護、面的防護の検討フロー

海面上昇等による影響に対して、線的防護と面的防護の両方を組み合わせた検討を行う際のフローを下記に示す。



(参考) 堤防の嵩上げ高の算定①

▶ 堤防嵩上げ高算定の概念図



(参考) 堤防の嵩上げ高の算定②

△Za海水面上昇量の設定

海面の上昇量は**全国一律の値として3.1mm/年**を設定する。海面の上昇量は、既上昇分と将来上昇分を見込む。

ΔZ_a (海水上昇量) = 既上昇分として設定する海水面上昇速度 × 経過年数
+ 将来分として設定する海水面上昇速度 × 更新までの年数

○世界的な海面水位の上昇の状況

海面水位の上昇はIPCCの報告によると、1961年～2003年における潮位計観測では 1.8 ± 0.5 mm/年、**1993年～2003年における衛星高度計観測では 3.1 ± 0.7 mm/年程度**と見込まれており、直近の10年ではより大きな海面水位の上昇が起きていると報告されている。海洋は深層への熱の伝播に時間を要するため、熱による海水の膨張が数世紀にわたって継続することとなり、温室効果ガス濃度が安定化したとしても、海面水位は上昇し続ける。

○我が国周辺の海面水位の上昇の状況

高潮対策としての海岸堤防整備は、1959年の伊勢湾台風以降に本格化していることから、海岸堤防整備後においては、日本沿岸の平均で、1961年～2003年の間では 0.8 ($0.3 \sim 1.3$)mm/年、1993年～2003年にかけては 4.9 ($2.1 \sim 7.7$)mm/年の海面水位上昇が起きている。

参考) 堤防の嵩上げ高の算定③

△Zb偏差上昇量

台風強大化については、規模・頻度について不確実性が高いことから三大湾以外では当面考慮しないこととする。既往最大偏差等の実測値が明らかに変化している場合は計画値の変更を行う必要があるが、変化が気候変動によるものであるかどうかの検証は現時点では困難である。

(参考) 堤防の嵩上げ高の算定④

ΔZ_c (設計波に対する必要高の増分)

設計波に対する必要高であるうちあげ高の増大量は、水深の増加によるもの (ΔZ_{c1})と外力の増加によるもの (ΔZ_{c2})の和とする。

相対的な水深の増加によるうちあげ高の増大量(ΔZ_{c1})

手法1) 水深増大量 × 係数で算定。砂浜の有無、消波工の有無により異なる係数を使用する。

・砂浜有り: $\Delta Z_{c1} = \text{水深増大量} (\Delta Z_a + \Delta Z_b) \times 0.7$ (1)

・砂浜無し: 消波工の有無を考慮

(消波工なし) $\Delta Z_{c1} = \text{水深増大量} (\Delta Z_a + \Delta Z_b) \times 1.7$ (2)

(消波工有) $\Delta Z_{c1} = \text{水深増大量} (\Delta Z_a + \Delta Z_b) \times 1$ (3)

ただし、堤脚水深が沖波波高より小さい場合を適応範囲とする。

※砂浜の有無は、HHWLで砂浜が有るかどうかで判断することとする。

手法2) 改良仮想勾配法で算定

既増大量については、計画時と現在の深淺測量資料が整備されている場合には、改良仮想勾配法等で算出することも出来ることとする。ただし、将来予測については、地形変化の不確実性及び算定精度の低さを補う校正情報が得られないので、前述の簡易手法を用いることとする。

(参考) 堤防の嵩上げ高の算定⑧

台風強大化等に伴う波浪の増大によるうちあげ高の増大($\Delta Zc2$)

台風強大化については、来襲する台風の規模の変化について不確実性が高いことから当面考慮しないこととする。また、既増大量についても波浪観測の成果によると気候変動の影響を数値で評価することが可能な段階ではない。但し、資産が集中する三大湾等や明瞭に影響が現れている海岸では考慮できるものとする。

海岸における適応策実施に関する短期・長期での対応に関する基本的な考え方

▶ 【短期：災害余力の向上を図る（危機管理対応）】

▶ ①避難率の向上に資するソフト対策の実施

- 死者数等の人的被害は、避難率が向上すれば、格段に軽減される。

▶ ②堤防嵩上げによる対策の実施

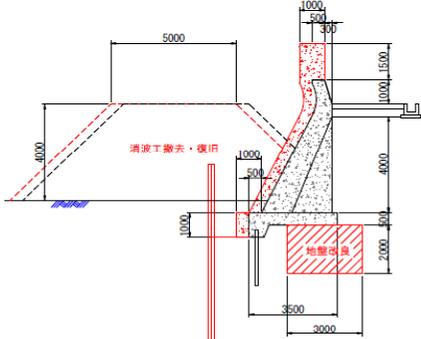
- 気候変動により外力が増加するため、打上げ高や越波量が増大する。堤防嵩上げは、増大する越波量に直接的に効果を発揮するものである。施設改修時や災害復旧時に気候変動による影響またはその一部を見込んだ堤防嵩上げを行うことが有効である。

▶ 【長期】

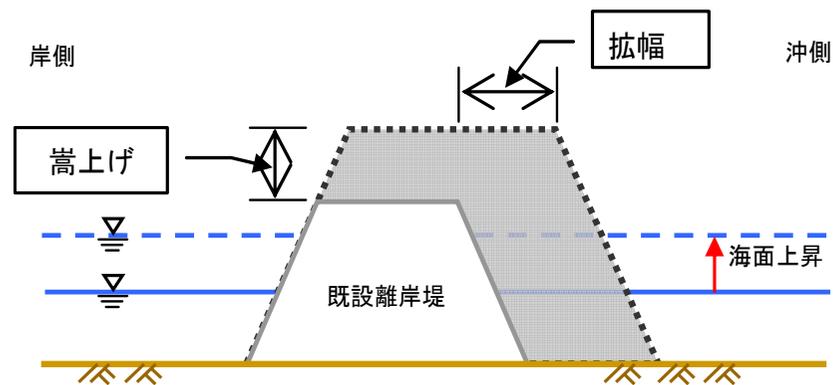
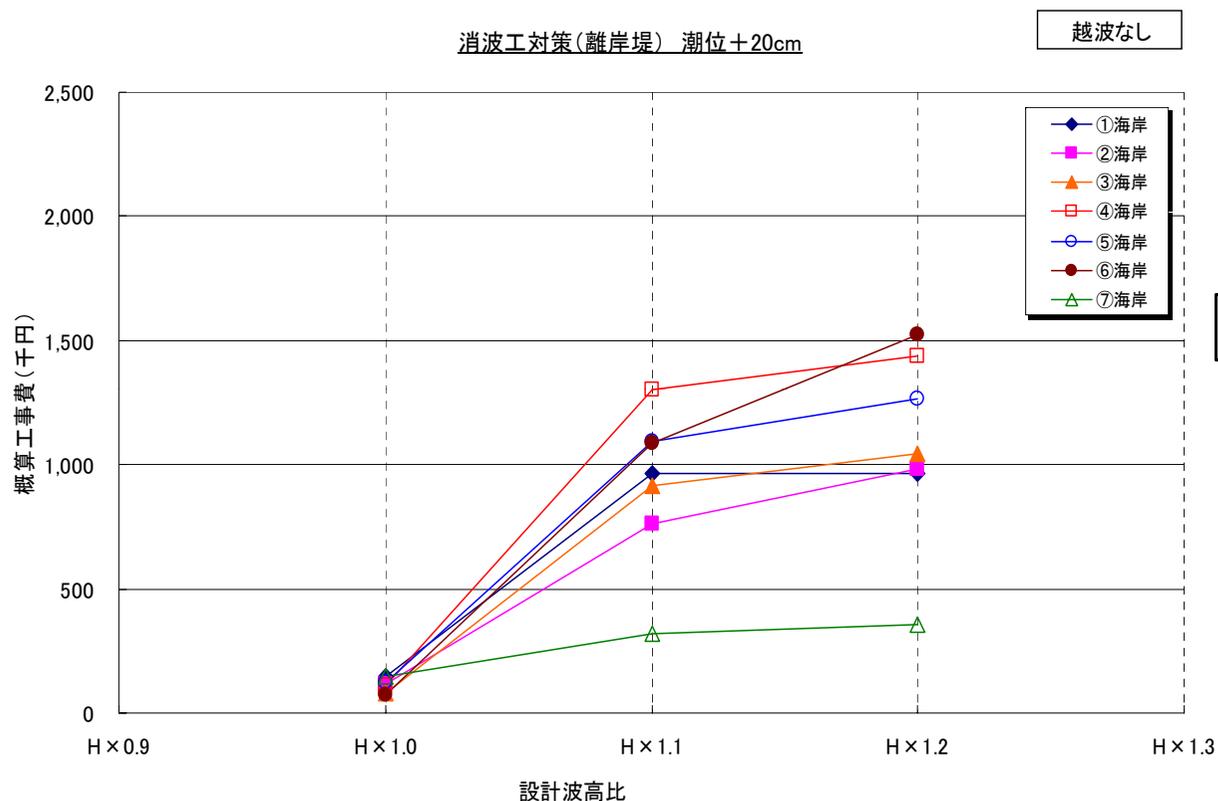
▶ ①面的防護施設の改築による対策の実施

- 面的防護施設の改築は、一般的に堤防嵩上げよりも高額となり、緊急的な危機管理対応とは意味合いが異なる。面的防護施設の改築を含めた検討を行う際は、外力の増加程度を予測し、対象海岸の海岸保全基本計画を見直して実施することが有効である。このことから、外力の予測精度の向上と合わせた対応が必要である。

(参考) 堤防嵩上げと離岸堤改築の概算工事費の比較 (強固な対応が必要なケース)

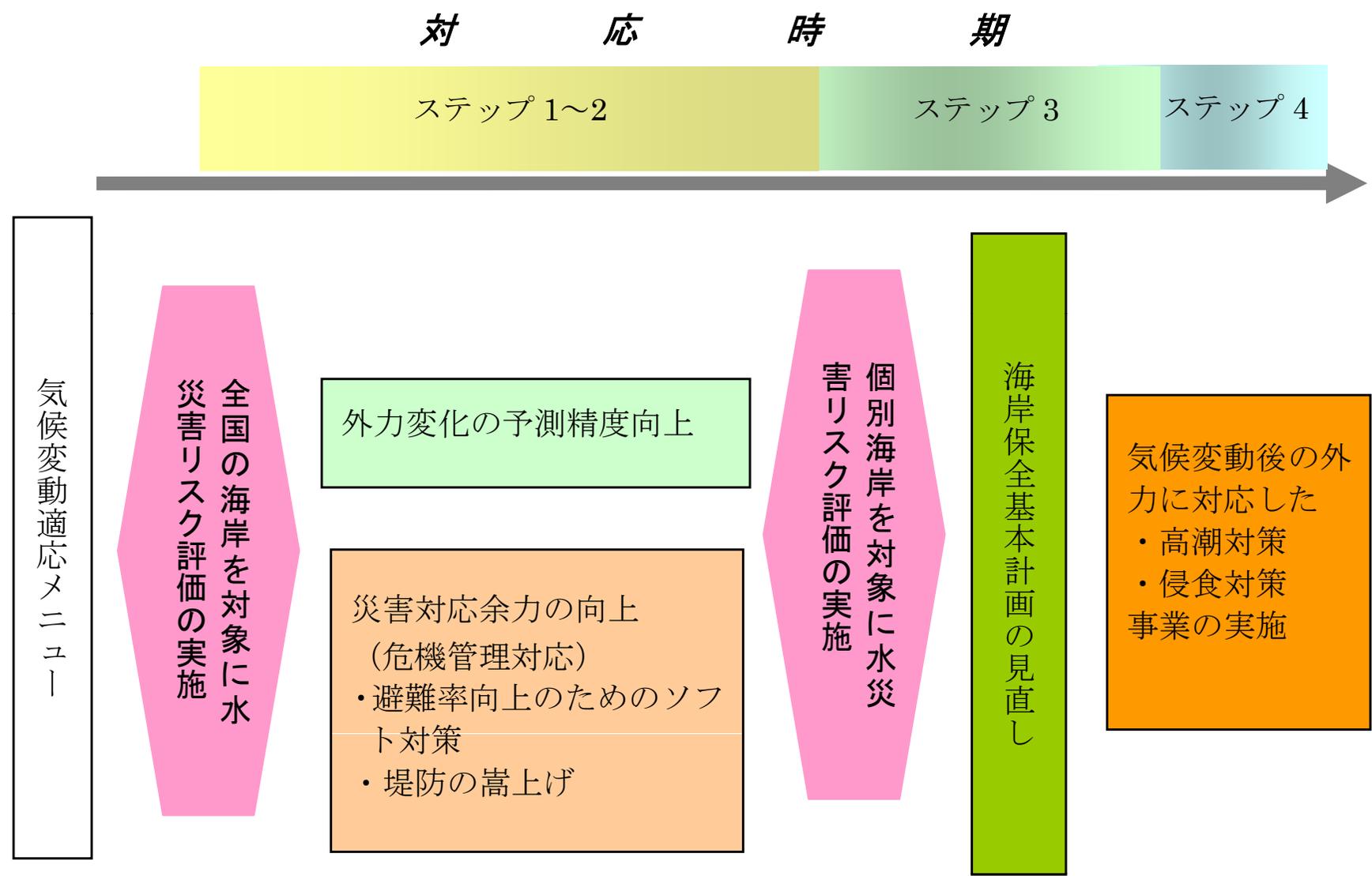
対策工	断面	工事費																																																												
<p>堤防嵩上げ</p>	 <p>既設構造物が劣化しており、既設護岸に表腹付けを行い場所打ちコンクリートによる1.5m嵩上げを行う必要があり、また、前浜がなく締切りを必要とするとともに、前面の消波ブロックを撤去・復旧(転用)する必要があり、さらに増加加重に対して支持力の不足し、対応策として地盤改良が必要な場合を想定。</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>工種</th> <th>単位</th> <th>数量</th> <th>単価</th> <th>金額</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>チップング</td> <td>m²</td> <td>8.00</td> <td>1,500</td> <td>¥12,000</td> </tr> <tr> <td>コンクリート</td> <td>m³</td> <td>4.40</td> <td>14,000</td> <td>¥61,600</td> </tr> <tr> <td>型枠</td> <td>m²</td> <td>9.43</td> <td>7,000</td> <td>¥66,010</td> </tr> <tr> <td>鉄筋</td> <td>t</td> <td>0.242</td> <td>122,000</td> <td>¥29,524</td> </tr> <tr> <td>足場</td> <td>m²</td> <td>1.20</td> <td>2,200</td> <td>¥2,640</td> </tr> <tr> <td>アンカー</td> <td>本</td> <td>—</td> <td>—</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>土工</td> <td>m²</td> <td>2.50</td> <td>5,000</td> <td>¥12,500</td> </tr> <tr> <td>締切り(矢板存置)</td> <td>m</td> <td>1.00</td> <td>150,000</td> <td>¥150,000</td> </tr> <tr> <td>消波工撤去・復旧</td> <td>個</td> <td>10.00</td> <td>12,000</td> <td>¥120,000</td> </tr> <tr> <td>地盤改良</td> <td>m³</td> <td>6.00</td> <td>100,000</td> <td>¥600,000</td> </tr> <tr> <td>小計</td> <td>円/m</td> <td></td> <td></td> <td>¥1,054,274</td> </tr> </tbody> </table>	工種	単位	数量	単価	金額	チップング	m ²	8.00	1,500	¥12,000	コンクリート	m ³	4.40	14,000	¥61,600	型枠	m ²	9.43	7,000	¥66,010	鉄筋	t	0.242	122,000	¥29,524	足場	m ²	1.20	2,200	¥2,640	アンカー	本	—	—	—	土工	m ²	2.50	5,000	¥12,500	締切り(矢板存置)	m	1.00	150,000	¥150,000	消波工撤去・復旧	個	10.00	12,000	¥120,000	地盤改良	m ³	6.00	100,000	¥600,000	小計	円/m			¥1,054,274
工種	単位	数量	単価	金額																																																										
チップング	m ²	8.00	1,500	¥12,000																																																										
コンクリート	m ³	4.40	14,000	¥61,600																																																										
型枠	m ²	9.43	7,000	¥66,010																																																										
鉄筋	t	0.242	122,000	¥29,524																																																										
足場	m ²	1.20	2,200	¥2,640																																																										
アンカー	本	—	—	—																																																										
土工	m ²	2.50	5,000	¥12,500																																																										
締切り(矢板存置)	m	1.00	150,000	¥150,000																																																										
消波工撤去・復旧	個	10.00	12,000	¥120,000																																																										
地盤改良	m ³	6.00	100,000	¥600,000																																																										
小計	円/m			¥1,054,274																																																										
<p>離岸堤改築</p>	 <p>気候変動の影響により設計波高が1.2倍、設計潮位が20cm増加し、既存ブロックでは必要重量が満足できず、既存ブロック(12.5t型)よりも大きいブロック(25t型)で、施設の安定と現況の透過後波高と同程度にすることを目的に嵩上げ、拡幅を行った場合を想定。</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>工種</th> <th>単位</th> <th>数量</th> <th>単価</th> <th>金額</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ブロック制作</td> <td>m</td> <td>8.00</td> <td>143,630</td> <td>¥1,149,040</td> </tr> <tr> <td>ブロック据付</td> <td>m</td> <td>8.00</td> <td>39,680</td> <td>¥317,440</td> </tr> <tr> <td>小計</td> <td>円/m</td> <td></td> <td></td> <td>¥1,466,480</td> </tr> </tbody> </table>	工種	単位	数量	単価	金額	ブロック制作	m	8.00	143,630	¥1,149,040	ブロック据付	m	8.00	39,680	¥317,440	小計	円/m			¥1,466,480																																								
工種	単位	数量	単価	金額																																																										
ブロック制作	m	8.00	143,630	¥1,149,040																																																										
ブロック据付	m	8.00	39,680	¥317,440																																																										
小計	円/m			¥1,466,480																																																										

(参考) 外力の増加と離岸堤改築工事費の関係



離岸堤の必要ブロック重量は、波高と密接に関係している。
 このことから、波高が増大すると既存のブロックよりも大きいブロックにより改築を行う必要が生じるため、工事費が高くなる傾向を示す。

海岸における適応策実施手順（ロードマップ）



海岸における適応策実施手順（ロードマップ）

■第1ステップ

最初の対応としては、全国の海岸を対象に、水災害リスクの比較評価（現況施設、現計画外力規模 & 気候変化を考慮した外力の条件下）を実施し、三大湾を除く海岸の適応策実施、海岸保全整備の優先順位を検討する。

三大湾については人口・資産の集積も多く今後も継続することから、最優先で取り組む地域であり別格の取り扱いと考えるので、それ以外の海岸の優先順位を検討するものである。

なお、優先順位の低くなる海岸は、堤防嵩上げ等のハード対策の優先順位は低くなるものの適応策を実施しないということではなく、災害対応能力（危機管理対応）の向上に資する高潮時の避難率向上等の避難対策を含めたソフト対策の先行的な実施を推奨するものである。

■第2ステップ

第1ステップのリスク評価により優先順位の高い海岸を対象に順次、個別海岸を対象に、水災害リスクの比較評価（現況施設、現計画外力規模 & 気候変化を考慮した外力の条件下）を実施し、ハード対策（海岸堤防の嵩上げや離岸堤の拡充等）やソフト対策（避難対策や建物の耐水対策等）の実施メニューや実施箇所、実施優先順位を検討し、海岸毎の適応策も含めた海岸保全施設の実施計画を整理する。

■第3ステップ

上記検討による適応策も含めた海岸保全施設の実施計画を基に、海岸保全基本計画の改定を実施する。

■第4ステップ

改訂された海岸保全基本計画に基づき、必要なハード対策 & ソフト対策を順次実地していく。