

地球温暖化による海面上昇に 対応するための海岸保全対策のあり方

COASTAL CONSERVATION AND MANAGEMENT AGAINST SEA-LEVEL RISE CAUSED BY GLOBAL WARMING

細見寛¹・角湯克典²・内田智³・藤森真理子⁴・鈴木信夫⁵・三村信男⁶

Yutaka HOSOMI, Katsunori KADOYU, Satoshi UCHIDA,
Mariko FUJIMORI, Nobuo SUZUKI, Nobuo MIMURA

¹国土交通省 河川局 海岸室 (〒100-8918 東京都千代田区霞ヶ関2-1-3)

^{2,3}工修 国土交通省 河川局 海岸室 (〒100-8918 東京都千代田区霞ヶ関2-1-3)

⁴正会員 理博 パシフィックコンサルタンツ(株) 地球環境部 (〒163-0730 東京都新宿区西新宿2-7-1)

⁵パシフィックコンサルタンツ(株) 港湾部 (〒206-8550 東京都多摩市関戸1-7-5)

⁶正会員 工博 茨城大学 広域水圏環境科学教育研究センター (〒316-8511 茨城県日立市中成沢町4-12-1)

Japanese coasts have experienced extensive damage caused by storm surges and high waves which made new high records. The impacts of climate change and sea-level rise are suggested to increase in this century. To address these impacts, as protection by hard structures such as coastal dike and seawall has limited effects, integrated policy for coastal conservation should be introduced, combining hard and soft options. Soft options include land use change/regulation, early warning system and disaster prevention scheme. Trends of national population and financial conditions are another factors for the future policy. This paper examines coastal conservation and management policy against sea-level rise caused by global warming through review of existing policy framework in foreign countries as well as in Japan, options of integrated policy, questionnaire survey of coastal residents' opinion, and quantitative assessment of those options. Through these studies, future direction of coastal management is proposed taking into account the effects of climate change and sea-level rise.

Key Words : *global warming, sea-level rise, coastal protection, protection standards, land use regulation*

1. はじめに

近年、既往最大値を超えるような潮位や波浪によって甚大な被害が生じる事例が発生しているが、これらの要因の一つとして、地球温暖化による影響が示唆されている。このような想定を大きく上回る潮位や波浪の発生頻度が增大すると、越波や破堤などによって背後地が被災する可能性が高まる。他方、天端高の嵩上げなどの防護水準の強化は大きな財政負担増を必要とすること、防護水準の強化は背後地の被害ポテンシャルの増大を誘発する恐れがあること、少子化の将来予測下で一部の海岸では人口の減少が予想されること、などの条件を考えると、人口・財政制約下でより高い安全性を確保するための海岸防護対策の見直しが必要と考えられる。すなわち、今後は、堤防や護岸などのハードな防護対策の

みならず、土地利用の変更・規制や情報提供による防災体制の充実などのソフト対策との組合せといった総合的な海岸保全対策を導入する必要がある。

本研究では、地球温暖化による海面上昇に対応するための海岸保全対策のあり方について検討するとともに、新たな時代に向けての海岸管理の方向性を示すことを目的とする。

2. 国内外の関連対策事例

地球温暖化に伴う海面上昇対策の現状を把握するために、沿岸域での土地利用変更・規制や情報提供による防災体制の充実などのソフト対策に関連した国内外の取り組みなどの事例について調査した。

これらのソフト対策のうち、土地利用変更・規制などに関する事例は以下のとおりである。

海外の事例としては、沿岸域管理に関して取り組みを行っている欧州、北米及び近隣諸国であるアジア諸国など11カ国について、具体的な法制度等の内容、それらが策定された背景・目的、対象地域の地理的・社会的特徴などについて調査した。

温暖化による海面上昇の影響の可能性が明示されている法制度は、オランダの国家持続戦略（A National Strategy For Sustainable Development）、米国メリーランド州の沿岸プログラム（Maryland's Coastal Program）、ニュージーランドの地方政府向けガイダンスマニュアル¹¹等ごくわずかであった。更に、この対応策として土地利用変更・規制や移転が示されている法制度の事例は見あたらなかった。

しかし、海面上昇に限定せずに、沿岸域管理制度の一環として土地利用変更・規制や移転に関する規定が定められている事例はある。米国サウスカロライナ州の海岸管理法¹²では「40年間にわたり侵食が継続した場合の海岸線までセットバックさせる（セットバックラインから海側における施設の築造は原則禁止）」、フランスの沿岸域法¹³では「海岸線から100m範囲内の建設は禁止する」、スペインの海岸法¹⁴では、「危険となる区域のハード整備と住民移転のコスト評価を行い、移転費用が2倍を超えない場合には移転を実施する」などの施策が制度化されている。

一方、日本では、建築基準法第39条で、「津波、高潮、出水等による危険の著しい区域を災害危険区域における住居の用に供する建築物の建築を禁止・制限できる」と建築物の禁止・制限をする法律があるが、海外のような沿岸域に対する土地利用変更・規制や移転対策は制度化されていない。

他には、土砂災害に対する土地利用規制や移転対策が、「土砂災害警戒区域における土砂災害対策の推進に関する法律」として平成13年4月1日に施行されている。これは、「土砂災害の恐れのある区域において、危険の周知、警戒避難体制の整備、住宅等の新規立地の抑制、既存住宅の移転促進などのソフト対策の推進をする」ことを目的としたもので、我が国でも土地利用規制や移転に関する施策がある。

3. 対策メニューの抽出

国内外の事例をもとに、我が国における将来の地球温暖化による海面上昇への対策メニューを抽出した（表-1）。

土地利用変更等に関する対策は、土地利用の変更・規制、建築様式等の変更が考えられる。いずれの対策についても、私権の制限に関わる部分があり、適切に策定・実施していく上では、地域住民等との合意形成が不可欠となる対策である。

なお、土地利用変更等を含め、他の沿岸域に関係する行政施策との横断的な取り組みを行うものとして総合的沿岸域管理（ICZM）が挙げられる。外国では国や地域レベルで実施されている例も多く見受けられるが、わが国では検討中である。

防災体制の充実等に関する対策は、ハザードマップの作成、配布、情報提供、防災訓練・教育などがある。これらは、住民の防災意識の向上を図り、円滑な避難を実施するための基盤となるものである。

施設整備等による対策は、従来から実施されている堤防・護岸などの海岸保全施設による整備である。

表-1 対策メニューの例

目 的	対策メニュー	実施内容
土地利用変更等に関する対策		
防災を考慮した土地利用の変更	緩衝帯（バッファ）の整備	砂丘保全・整備、防風、防砂林の保全・整備、洪水対策としての空間確保
	遊水池等の整備	集落等への浸水被害を低減するための遊水池・貯水池等の整備
土地利用変更・規制	住居等の移転	危険区域（浸水予想区域）内の住居等の移転、移転支援
	危険区域内の建築禁止・制限	危険区域（浸水予想区域）内の新規の建築禁止
	沿岸域特定区域の開発規制	沿岸域保全を主目的とした建築行為等の制限
建築様式等の変更	建築物の強化・嵩上げ等	高床式化（ピロティ）、鉄筋コンクリート化、地盤の嵩上げ等
	セットバック	危険区域（浸水予想区域）内の新規建築の際にセットバックを義務付け
総合的沿岸域管理	管理制度の整備、法律の制定・変更	沿岸域管理を主目的とした法律に基づき、関連計画を策定・実施（ICZM）
無対策	特段の対策を採らない	自然特性の保全を最優先とし、短期的な侵食対策を行わない。
防災体制の充実等に関する対策		
迅速な避難支援	避難路・避難地の整備	高台等の避難地及び安全な避難路を整備
情報提供、啓発・教育 地域防災力強化	ハザードマップの作成・配布	浸水想定区域、避難地、避難経路等を図示した防災地図を作成し住民等へ配布（必要に応じて住民参加ワークショップを開催）
	情報提供（施設の整備、Webの活用）	観測情報、予測情報等の収集・提供施設の整備（防災センター等）
	防災訓練の実施	地域住民等が参加する防災訓練を定期的に行う
	防災教育の実施	専門家等による地域住民や児童に対する防災教育の実施
	自主防災組織の設置	町内会単位の自主防災組織の設置や高齢者等の避難支援を行う防災ボランティア組織の設置
災害時の支援	災害復旧基金、補助金の創設	行政からの出資金、寄付等により基金を創設
経済的誘導	浸水保険制度の創設	住民等が加入する保険制度を創設
施設整備等による対策		
浸水等の防止	海岸保全施設等の整備・改良	堤防・護岸の整備、沖合消波施設の整備、水門・陸こうの自動化・遠隔化、老朽化施設の改良など
浸水被害の軽減	排水システムの強化	ある程度の浸水・越流を許容した上で浸水被害を最小限とするための排水ポンプ等の整備

4. モデル海岸による対策の定量的評価

先に抽出した対策メニューの中で、ここでは、移転対策（危険区域からの住居等の移転）の成立の可能性について、従来から行われている防護対策（現存する護岸・堤防等の海岸保全施設の改良・改修）とのコスト比較による定量的評価を行った。

(1) モデル海岸

モデルとした海岸は、移転対策の方が経済性で優位となる可能性が高いと考えられる以下の3つの条件を満たす海岸地域を選定した。

- ①背後地集落（住宅）の密集度の低い地域
- ②水際線が長く防護延長が長い地域
- ③河川や高台などにより、浸水被害の沿岸方向への拡大が制限される地域

選定したモデル海岸は、海岸線延長が1.8km、背後地状況（T.P. +7.0m以下）は、対象面積570ha、人口1,700人、人口密度300人/km²の地域であり、海岸保全施設は、海岸堤防1.8km、養浜39,000m²、ヘッドランド5基である。

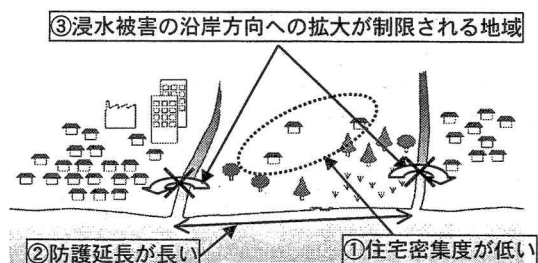


図-1 モデル海岸選定条件のイメージ図

(2) 外力条件

潮位は「気候変動に関する政府間パネル（IPCC）」第三次報告における海面上昇量の予測の中で海面が最も上昇するケース（2100年に88cm）に従い、上昇量を100年後に対して0.9mと設定し、これに、計画高潮位（T.P. +2.9m）を加えた値（T.P. +3.8m）とした。

波浪諸元は、モデル海岸の計画波高（ $H_0=2.2\text{m}$ 、 $H_0'=1.9\text{m}$ 、 $T_0=6.0\text{s}$ ）を用いた。

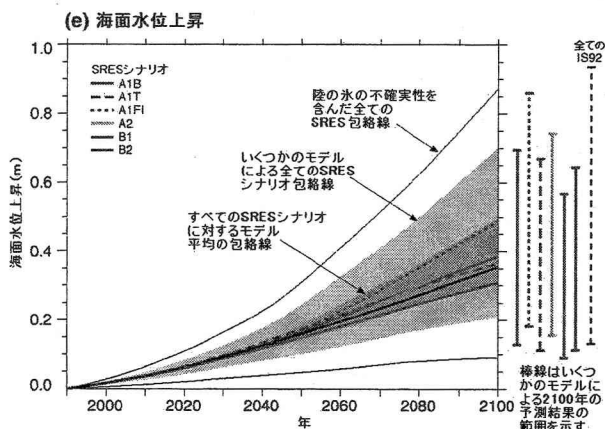


図-2 IPCC第三次報告における海面上昇量の予測⁵⁾

(3) 対策方法

防護対策については、中村らの改良仮想勾配法による波の打上げ高から必要となる天端高を設定し、その高さまで既設堤防の天端高を嵩上げするものとし、場所打コンクリート（パラペット）で1.3m嵩上げた。

移転対策については、Huntの式により波の遡上高を求め、これに余裕分（バッファゾーン）を加えた高さ（T.P. +7.0m）を設定し、この高さより標高の低い地域を浸水危険範囲として、その範囲内の住宅は全て移転の対象とした（図-3）。

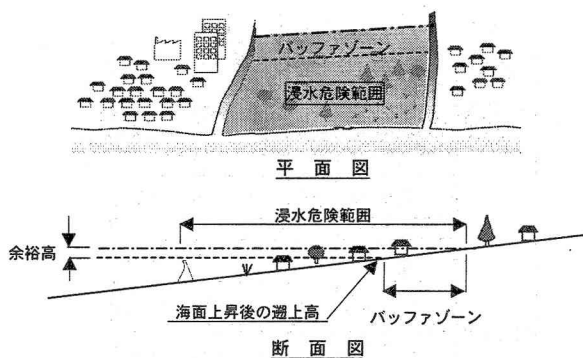


図-3 浸水危険範囲イメージ図

(4) 対策費用

防護対策については、堤防天端高の嵩上げ費用に加えて、海岸保全施設の耐用年数を50年として100年間で最低2回の改修が必要となると仮定し、対象箇所の全て施設について2回分の全面改修費を見込んだものを対策費とした。

移転対策については、移転の対象となる住宅に対して、住宅地の土地代のみを支払うと仮定し、浸水危険範囲の住宅地の面積に地価（2002年）を乗じたものを対策費とした。

各々の対策費の算定結果を表-2に示す。この結果より、今回のモデル海岸では、100年後の総対策費を考えると防護対策よりも移転対策の方が経済的であることが分かった。このように、海岸の特性によって移転対策が防護対策よりも経済的に有利な地点が存在することが分かる。

表-2 対策費の算定結果

防護	嵩上げ費	全面改修費	総対策費
対策費	205百万円	5938百万円×2回	12,081百万円
移転	住宅地面積	地価単価	総対策費
対策費	506,191m ²	16,200円/m ²	8,200百万円

5. 沿岸域の住民に対するアンケート調査

(1) 調査概要

移転対策に対する住民の意識、すなわち受容性を調べることを目的としてアンケート調査を実施した。

調査は、2004年9月にインターネットを活用したアンケートシステムにより実施した。日本全国を対象範囲とし、海面上昇の被害を直接受ける可能性のある沿岸域の住民を対象とした。この住民は、事前調査により、「自分の住んでいる市区町村が海に面しており、更に海から徒歩30分以内に居住する」に該当する人を抽出した上で、本調査を行い2061件の回答を得た。回答者の性別、年齢、職業の構成を表-3に示す。

男女比は56：44でほぼ同程度で、年齢は25才～44才で約7割を占めており、海岸線をもつ都道府県はすべて対象となっている。

表-3 アンケート回答者の構成

	回答数	%
性別		
男性	1150	55.8
女性	911	44.2
年齢		
16才～19才	75	3.6
20才～24才	127	6.2
25才～29才	319	15.5
30才～34才	436	21.2
35才～39才	364	17.7
40才～44才	316	15.3
45才～49才	199	9.7
50才～54才	90	4.4
55才～59才	64	3.1
60才以上	71	3.4
職業		
公務員	110	5.3
経営者・役員	37	1.8
会社員(事務系)	311	15.1
会社員(技術系)	351	17.0
会社員(その他)	161	7.8
自営業	175	8.5
自由業	39	1.9
専業主婦	364	17.7
パート・アルバイト	222	10.8
学生	147	7.1
その他	144	7.0

アンケートの内容として、まず、地球温暖化とそれに伴う海面上昇に関する住民の認識度を確認した。

次に、もし、海面上昇により自分の家が20年後に浸水することになった場合に対する行動意識を調査した。

更に、海面上昇の対策として、防護対策（堤防整備）、移転対策、減災対策（情報提供、自主防災活動等）を例に挙げ、それぞれのメリット、デメリットを示した上で、対策に対する受容度を質問した。

なお、アンケートに際しては、海面上昇による影響度合、危険区域からの移転に対する効果など、日常の生活とは直接関わりの低い事項であったため、これらをわかりやすく説明するためにイメージ図を盛り込んだ資料を添付することにより、正確な回答を得ることに努めた（例えば、図-4参照）。

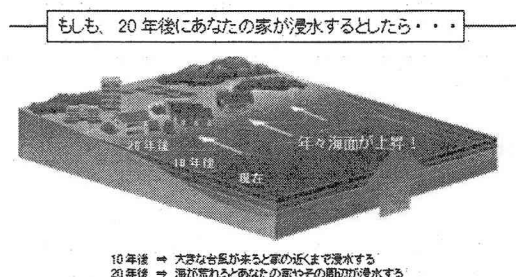


図-4 アンケートに添付したイメージ図（例）

(2) 調査結果

地球温暖化への関心度については、「とても関心がある」「少し関心がある」で約91%となっており、非常に多くの人が関心を持っていることが分かった。

温暖化の影響として思い浮かべる事象については、91%の人が海面上昇を挙げており、地球温暖化が海面上昇に影響を及ぼすことは認知されている。また、この影響に対して「太平洋の小さな島国が水没する」ということは約80%の人が認識していたが、砂浜の侵食や高潮被害の激化など日本国内に対する影響についての認識度は50%程度以下となっている。

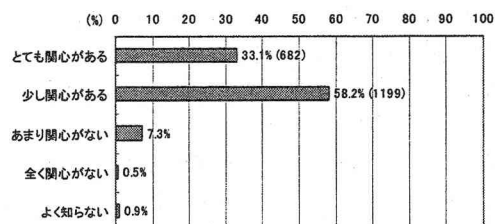


図-5 地球温暖化の関心度

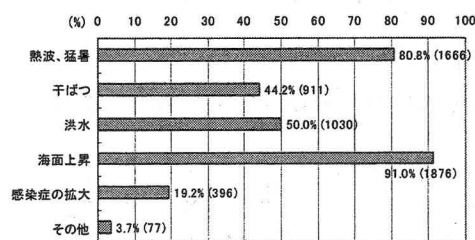


図-6 地球温暖化が及ぼす影響のイメージ（複数回答可）

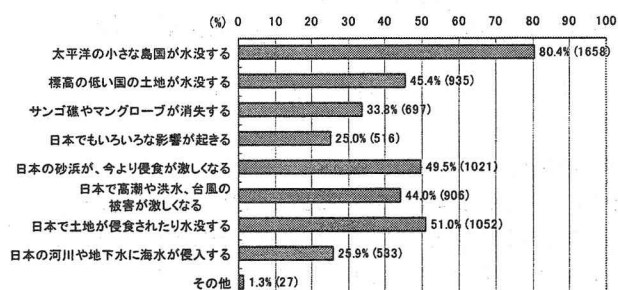


図-7 海面が上昇した場合のイメージ（複数回答可）

次に、「もし、海面上昇により自分の家が20年後に浸水し、安全な生活ができなくなると分かった場合の行動」としては、「安全な場所に引っ越す」と回答した人が約64%にも及んでおり、危険と分かれば、自らその場所を移る人が多いことを示している。一方「行政に任せる、行政に安心できる対策を要望する」は約38%であった。

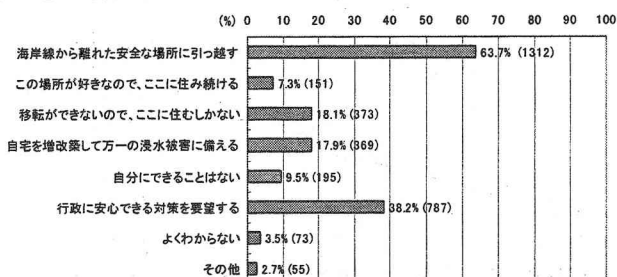


図-8 自分の家が危険とわかった場合の行動（複数回答可）

更に、「安全な生活ができなくなると分かった場合に、行政に力を入れてほしい施策」としては、従来通りの防護施設の整備を望む人が約41%で項目別では最も多いが、「移転させてほしい」「被害を低減させる対策を進めてほしい」を併せると約48.3%であり、従来通りの防護対策と同程度、あるいはそれ以上に移転や減災対策を望んでいる人が多かった。なお、住居所有形態により望む対策が異なると思われるが、ほとんど違いは見られなかった。

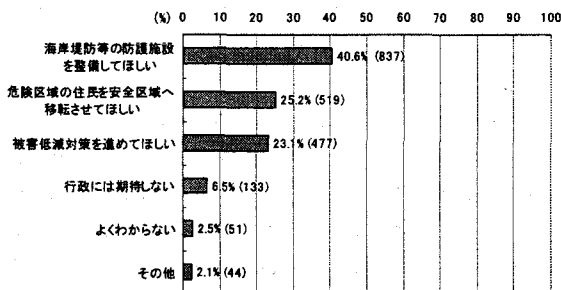


図-9 自分の家が危険とわかった場合に行政に期待する施策

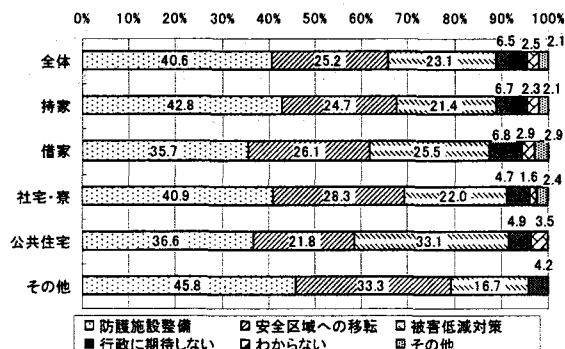


図-10 住居所有形態毎の行政に期待する施策

移転対策の受容度に対しては、「あなたの世帯が今後安全に暮らしていくために、移転費用の負担を条件に安全な地区へ移転するように促された場合、あなたはどうか」の問いに対して「速やかに移転する」「移転する」で約72%となっており、危険であれば安全な生活を得るために移転する人が約7割であることが分かった。逆に、「移転しない」「絶対に移転しない」は、わずか3%程度であった。

移転する人の移転理由としては、「家族の安全確保が最優先」と言う回答が約89%に及んでいる。逆に移転したくない人の理由は、「移転費の補助だけでは、財政的に移転は困難」が約54%で「経済的な負担を負いたくない」が約33%であった。

また、移転したくない人に対して、「どうしても移転が必要となった場合に、移転費用の補助のほかに、何らかの形で行政から援助が期待できると仮定した場合、どのような援助を検討してほしいか」については、「安全な土地との等価交換」が約53%で次いで「移転のための住居等の取得に関わる税金や利子の免除」が約47%であった。

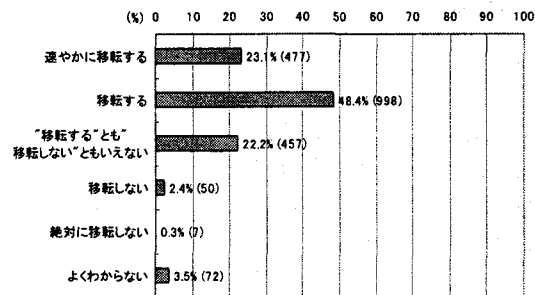


図-11 移転費用の負担を条件に移転するように促された場合の行動

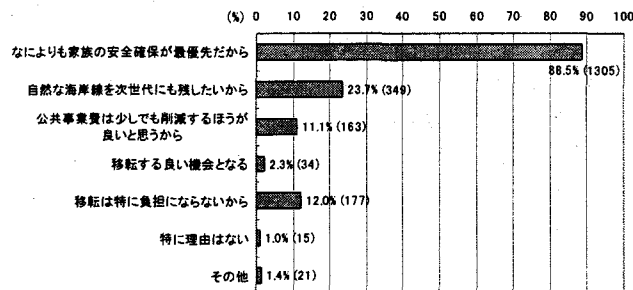


図-12 移転する人の移転理由（複数回答可）

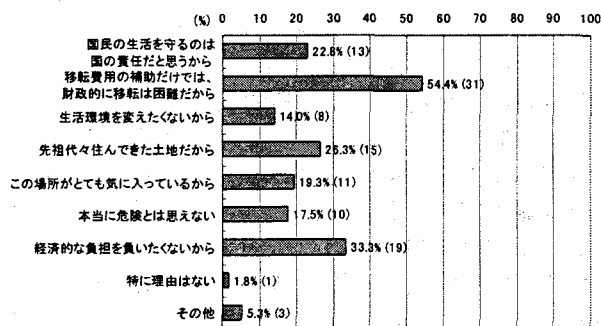


図-13 移転しないと回答した人の移転しない理由（複数回答可）

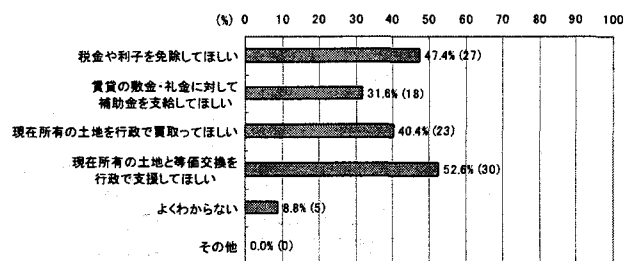


図-14 移転費用の補助以外に必要な援助（複数回答可）

なお、本アンケートは、インターネットを活用したため、他のアンケート方法に比べて、若年層が若干多いが、結果に対する影響は低いと考えた。さらに、本研究が将来の課題への対応を対象にしているために、相対的に若い世代の意見を確認したことの意義は大きい。しかし、この結果を政策等、他の検討に利用する場合には、若年層が多いことに留意が必要と思われる。

6. 結論

本研究によって、以下のような主要な結論を得た。

モデル海岸による対策の定量的評価より、

- ①我が国でも、防護対策よりも移転対策の方が経済的に優位となる可能性の高い地域が存在する。
- アンケート調査の結果より、
- ②住民意識は、防護対策と同程度、あるいはそれ以上に移転対策を含めたソフト対策を望む声が多い。
- ③移転を促された場合、移転費用を補助してもらえらば、危険区域から安全区域へ移転してもよいと答えた人が7割にも及んだ。
- ④住民の多くは、自分の住居が危険とわかれば自ら移転する意志がある。
- ⑤地球温暖化による海面上昇が発生することは認識されていたが、我が国の沿岸域にも影響を及ぼす可能性があることはあまり認識されていない。

以上の結果、移転対策は、地域特性（自然状況、背後地利用状況など）によっては、わが国の海岸防災対策の一つとして十分な効果が期待できるばかりでなく、経済性、住民意識の両面からみても十分導入可能であると結論付けられる。

今後の海岸整備には、長期的な視点に立って、人口・財政制約下でより高い安全性を確保するための総合的海岸管理政策が必要である。このためには、住民意識の啓発とともに、ハードな防護対策、移転対策及び防災情報の充実によるソフト対策などそれぞれについて幅広い対策メニューを抽出した上で、例えば図-15に示すように、地域に適した対策の組合せ（ベストミックス）を確立していくことが重要である。

参考文献

- 1) New Zealand Climate Change Office Ministry for the Environment “Coastal Hazards and Climate Change: A guidance manual for local government in New Zealand”, 2004.
<http://www.climatechange.govt.nz/resources/local-govt/coastal-hazards-may04/>
- 2) South Carolina Code of Laws, Title 48 - Environmental Protection and Conservation, CHAPTER 39 COASTAL TIDELANDS AND WETLANDS, SECTION 48-39-280. Forty-year retreat policy.
<http://www.scstatehouse.net/code/t48c039.htm>
- 3) Frangoudes, Katia : An Institutional Analysis of the Integrated Coastal Zone Management in France, the Eighth Conference of the International Association for the Study of Common Property, Bloomington, Indiana, USA, P6, May 31-June 4, 2000.
- 4) 運輸省港湾局：平成11年度海外海岸管理制度調査報告書，pp38，平成12年3月
- 5) IPCC（気候変動に関する政府間パネル）編・気象庁・環境省・経済産業省監修：IPCC地球温暖化第三次レポート，気候変化2001，中央法規，pp. 289，2002.

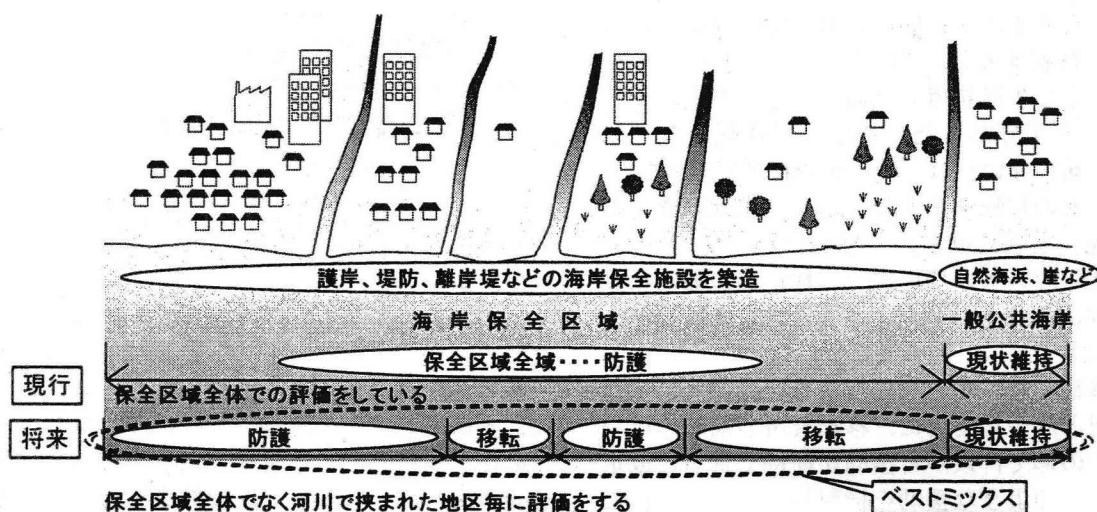


図-15 海岸保全対策の組合せ (ベストミックス) イメージ図