

# 気候変動に対応可能な 長期的沿岸防災計画に向けた地域特性分析

## REGIONAL ANALYSIS FOR THE PLANNING AGAINST LONG-TERM DISASTER HAZARD CORRESPONDING TO THE CLIMATE CHANGES

野口賢二<sup>1</sup>・福濱方哉<sup>2</sup>・五味久昭<sup>3</sup>・五十嵐竜行<sup>4</sup>・板橋直樹<sup>5</sup>・鈴木純平<sup>3</sup>  
Kenji NOGUCHI, Masaya FUKUHAMA, Hisaaki GOMI, Tatsuyuki IGARASHI, Naoki ITABAHI  
and Junpei SUZUKI

- <sup>1</sup>正会員 国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部海岸研究室 (〒305-0804 つくば市旭1)  
<sup>2</sup>正会員 工修 国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部海岸研究室 (〒305-0804 つくば市旭1)  
<sup>3</sup>正会員 パシフィックコンサルタンツ(株)国土保全技術本部港湾部 (〒206-8550 多摩市関戸1-7-5)  
<sup>4</sup>パシフィックコンサルタンツ(株)北海道支社水工・環境部 (〒060-0807 北海道札幌市北区北7条西1-2-6)  
<sup>5</sup>正会員 工博 パシフィックコンサルタンツ(株)国土保全技術本部港湾部 (〒206-8550 多摩市関戸1-7-5)

In the present conditions that it became clear that influence of global warming is not avoided, we must decide the policy with a long-term view of more than 100 years, at least. It is in particular necessary for development of a disaster prevention plan, we should consider the Japanese present conditions that the birthrate has becoming lower, and an economic structure and sense of values are always changing. In this study, we analyzed an area characteristic to contribute to the disaster prevention plan that within long-term climate changing by information analysis with GIS, using the data which were already got ready as numerical land information, the altitude, population, roads, railroads, etc.

**Key Words:** *Regional plan, policy makes sea level rise, population density, traffic / energy*

### 1. 研究の目的

2007年2月に発表されたIPCC第4次レポート<sup>1)</sup>では、気候システムに温暖化が起きていることが断定されている。そしてその実態として、グリーンランドと南極の氷床の縮小が近年の海面上昇に寄与していることや、熱帯低気圧の強度に増加傾向が見られることが指摘されている。また、世界銀行では発展途上国での適応策策定に役立てるために、海面上昇の影響評価解析<sup>2)</sup>が実施されるなど、気候変動対策に関わる議論は、現象の確認や将来の変動の予測から、具体的対応策の検討に急速にシフトしている。我国においても、地球温暖化の影響が避けられないことが明らかとなった現状においては、少なくとも今後100年規模の気候システムや社会・経済システムの変化を見据えた長期的な視点に立って政策を決定していく必要がある。

特に沿岸防災計画の策定にあたっては、施設の老朽化が進む一方で外力条件もより厳しくなる中、価値観の多様化や社会経済構造の変化、特に少子高齢化が進む我国の現状を十分考慮することが必要である。このため、土地利用の調整や保険制度などのソフト対策を活用した施策メニューのような、新たな概念に基づくものを含め、長期的かつ外力の変動に柔軟に対応可能な対策方法が強く求められている。このような対応策を検討するためには、我国沿岸の

社会特性分布を把握するとともに、外力と社会経済の変動規模を推定する必要がある。そしてさらに、長期計画に基づいて社会資本を適切に配分可能な新たな施策概念を構築するとともに、それらに基づく具体的な沿岸域管理対策実施への適切な移行方法を確立させる必要がある。

そこで本研究では、このような地域特性の変動を考慮した長期的沿岸防災計画立案の第一歩として、我国沿岸の社会特性分布を分析・整理することを目的とした。具体的には、既往の国土数値情報の活用を図り、沿岸地域の特性分析を試みるとともに、新しい沿岸防災方針の考え方を示した。

### 2. 地域特性の分析方法

近年、国土数値情報のデジタルデータ化や地理情報システム(GIS)の整備が進み、全国各地の地域特性を市町村毎や1Kmメッシュ毎などに分割して一括分析することが可能となったことから、本研究ではこれらを活用し、沿岸域の地域特性を分析した。具体的な分析方法を以下に示す。

海岸法では、海岸保全対策は、防護・環境・利用の3要素に留意して実施することとしているが、このうち、防護と環境の両立は達成し難く、両者をバーターの関係とするのが現実的である。本研究で

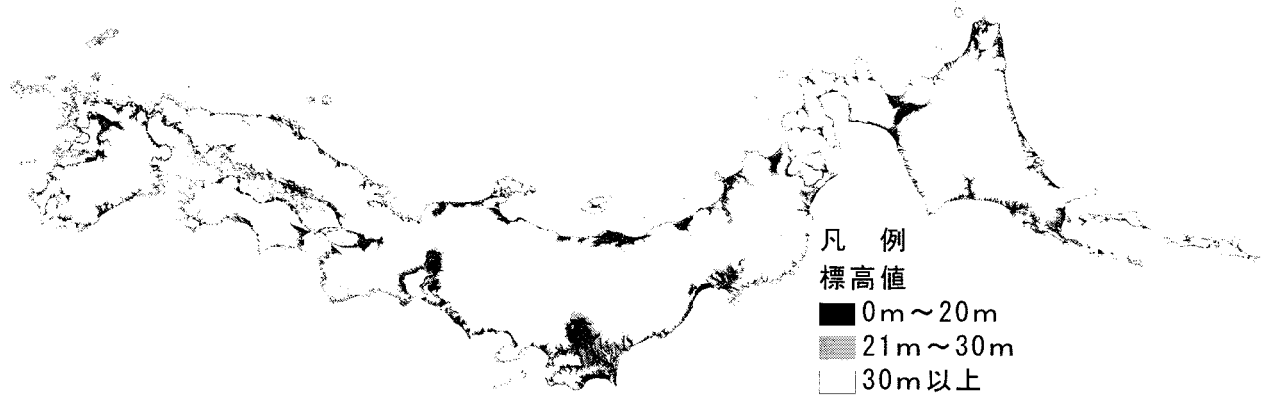


図-1 全国の標高分布（標高30mまで）

は、これらのバーター関係にある防護と環境の重視度合いによって、沿岸域を5つのタイプに分類した（表-1）。ここでは、「防護」はそのまま用いたが、「環境」に対しては「自然」という表現を用いた。これは、砂丘や砂浜が外力に応じて巧みに変化し、背後地への波浪の侵入を防ぐような自然の力を活かした整備という意味を含めたもので、自然のまま放置することや整備の放棄を意味するものではない。

表-1 沿岸タイプの位置づけ

沿岸タイプ	地域特性とハード整備の必要性
a) 防護必須型	人口密度：高い 人口：増加傾向 社会資本：整備が進んでいる ハードによる防護が必要不可欠
b) 防護優先型	人口密度：高い 人口：増加傾向 社会資本：整備中もしくはほぼほどほど 自然環境への配慮余地あり
c) 防護・自然バランス型	人口密度：高い，人口：減少傾向 または、 人口密度：低い，人口：増加傾向 防護と環境の両立（バランス）が重要。
d) 自然適用型	人口密度：低い 人口：減少傾向 災害弱者比率：大 ハード整備よりも環境を重視し、被害軽減を目指した防護施設と、徹底したソフト対策による減災を進める。
e) 自然回帰型	人口密度：低い 人口：減少傾向 自然海岸の価値の創造とソフト対策による自己防衛のための情報強化を進める

### (1) 評価対象とする標高の設定

IPCC 第4次ワーキンググループ1政策決定者向け概要<sup>1)</sup>では、シナリオとモデルの全体での海面上昇量の予測を今後100年間で0.18~0.59mとしているほか、グリーンランドの氷床が完全に融解すると、世界中の海面が約7m上昇することが指摘されている。また、世界銀行の発展途上国への海面上昇の影響評価解析<sup>2)</sup>においては1~5mの上昇量について解析している。

また、台風や熱帯低気圧の増強等により、高潮、高波等の外力条件が増大する可能性が指摘されてい

ること、気候が2100年で安定化しても海面上昇は数世紀に亘って続くことが外力の面で示されている。

この他防災面の経験として、2004年の高知県葉生海岸の海岸災害の教訓より海岸保全施設の背後であっても十分安全となる標高までの対策が必要であること、阪神大震災やハリケーンカトリーナの経験として災害により地域の機能が損傷するとその回復は厳しいこと（例えば Duncan J. Watts<sup>3)</sup>）、地域ネットワークの再構築（特にコミュニティ）には長期を要すること等を考慮して影響範囲を設定することが肝要と考えられる。しかしながら、この点については社会学モデルを導入する必要があると考えられるため次の研究ステップとなる。そこで、本研究では、気候変動予測の高度化に伴い更新される海面上昇予測や海象の変化、または社会学モデル等から割り出される影響範囲に対応するために、4つの標高レベル1m以下、10m以下、20m以下、30m以下の標高で内陸の範囲を設定した。国土数値情報の250mメッシュの標高ポリゴンデータの重心座標位置を算出し、ポイントデータに変換し分布として表現したのが図-1である。

本研究において、対象としようとする海岸災害（越波や遡上、侵食等）の影響範囲として1mは低すぎる。また、人口データとのオーバーレイにより各標高の人口と年変化を示したのが図-2である。

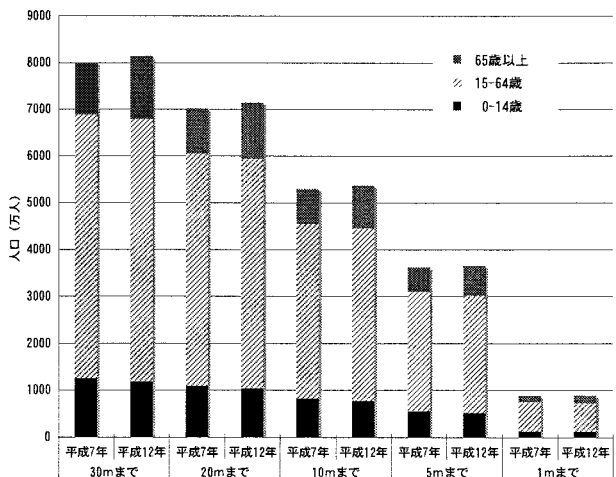


図-2 標高レベル毎の各年、各年齢階層人口

この図からも 1m 以下の人口は全体に比して少なく、大都市圏のゼロメートル地帯とその周辺とが半数以上と考えられることから、評価対象とする標高は 10m, 20m, 30m とした。さらに、それら 3 つによる解析結果はほぼ同等となったことから、本論文では 20m の結果を用いて示した。

## (2) 地域別の社会特性指標の抽出

現在国土数値情報には表-2 に示す 13 区分のデータが整備されている。ここでは、人口変動と背後地の社会資本整備状況に着目して解析したため、これら 13 区分の国土数値情報のうち海岸域、地形、流域等、行政界、道路、鉄道、公共施設の 7 区分から、人口、標高、し尿処理施設、浄水場、空港、発電所、道路、鉄道、流域界の情報を抽出し、沿岸域の市町村の持つ社会・自然特性を代表させる指標として、人口増減、人口密度、災害弱者、危険度、交通・エネルギー、浄水・し尿処理施設の 6 指標として整理した。各々の指標の設定方法を表-3 に示す。なお、近年市町村合併の事例が多く、経年的な変動の解析には注意が必要であるが、合併後の合算値を元の市町村単位のデータに再分割することは非常に困難であるため、平成 17 年 10 月段階の市町村情報を基準にデータを解析・整理した（標高 20m 以下の土地を持つ市区町村数は 1443 市区町村であった）。

表-2 国土数値情報の情報区分と活用データ

区 分	活用有無	活用データ
海岸域	○	海岸線位置
地形	○	標高
土地分類	×	
湖沼	×	
流域等	○	流域界
土地利用	×	
行政界	○	行政界
指定地域	×	
道路	○	高速道
鉄道	○	新幹線
公共施設	○	浄水場、し尿処理場、等
文化財	×	
地価公示	×	

表-3 評価に用いた指標と元データ

指標	単位	対象年	出典
①人口増減	人/m <sup>2</sup>	H7,H12	国土数値情報
②人口密度	人/km <sup>2</sup>	H7,H12	国土数値情報
③災害弱者比率	%	H7,H12	国土数値情報
④地形的危険度	-	S56	国土数値情報
⑤ 交通 エネルギー	-	H2, H7	国土数値情報
⑥ 浄水・し尿処理施設	ヶ所/km <sup>2</sup>	H2	国土数値情報

※⑤交通エネルギー：高速道路・新幹線 (H7)、発電所 (H8)、空港 (S60)。⑥浄水・し尿処理施設 (H2)

## 3. 地域特性の分析結果

各指標については、各々の分布特性から、相対的評価のために 5 段階の評価ランクを設定することとした。分布の特徴と具体的なランク分けの方法について以下に示す。基本的には、5 等分する形にした。

### a) 人口増減

1995 年と 2000 年の国勢調査結果（3 次メッシュデータ）を用いて、人口増減指標（人/年・km<sup>2</sup>）として下式で算出した。

$$\Delta N = N_{H12} - N_{H7} \text{ (人/Km}^2\text{)}$$

$\Delta N$  : 人口増減指標 (人/年・km<sup>2</sup>)

$N_{H7}$  : 平成 7 年の人口密度 (人/Km<sup>2</sup>)

$N_{H12}$  : 平成 12 年の人口密度 (人/Km<sup>2</sup>)

$\Delta N = -0.05 \sim 0.05$  のほとんど変化しない 850 市町村（全体の 58.9%）をランク 3 とし、増加・減少傾向にある市町村を各々 2 分する形でランク 1, 2, 4, 5 を分類し、それぞれの閾値は、増加または減少傾向が変化する変極点とした（図-3）。

### b) 人口密度

平成 12 年の国勢調査の人口密度を用いた。人口密度が 4 千人以下の市町村が約 8 割を占めており、人口密度が 4 千人を超える市区町村は全体の 2 割であった。ランク分けについては、全市町村を対象に 5 等分する形で分けた（図-4）。

### c) 災害弱者比率

災害弱者率は、人口データが 3 つの年齢層別に集計されているので、15 歳未満および 65 歳以上を災害弱者とし、15 歳以上 65 歳未満に対する比率を算出して用いた。防災活動の担い手と成り得る人と避難を補助してもらう可能性がある人との均衡性として設定した。

$$P = (N_{15} + N_{65}) / N_{15-65} \times 100$$

P : 災害弱者比率 (%)

$N_{15}$  : 15 歳以下の人口密度 (人/Km<sup>2</sup>)

$N_{15-65}$  : 15~65 歳以下の人口密度 (人/Km<sup>2</sup>)

$N_{65}$  : 65 歳以上の人口密度 (人/Km<sup>2</sup>)

13 市町村で災害弱者率が 1 を超えており、災害時に 1 人の救助者が 1 人以上の人を救助しなければならない状況になる可能性が高いことを示す結果となった。ランク分けについては、全市町村を対象に 5 等分する形で分けた（図-5）。

### d) 地形的危険度

地形的危険度は、その地点の標高と海岸からの距離が大きく関与すると考え、以下の指標を用いた。

地形的危険度

$$= (\text{各市町村の平均標高} / \text{全市町村の最大標高}) + (\text{各市町村の海岸からの距離} / \text{全市町村の海岸からの距離の最大値})$$

1.0~2.3 では緩やかに変化している一方、両端部では指数関数的に変化しており、51 の市町村では地形的危険度が 0.5 を下回るほか、20 の市町村では地形的危険度が 4.0 を上回っている。ランク区分では、全市町村を対象に 5 等で分けた（図-6）。

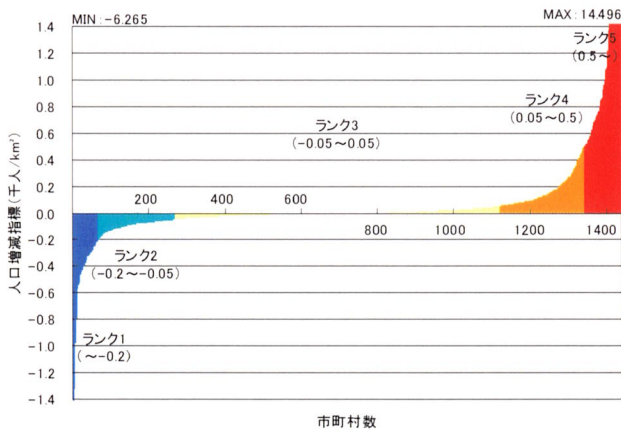


図-3 市町村別人口増減とランク区分

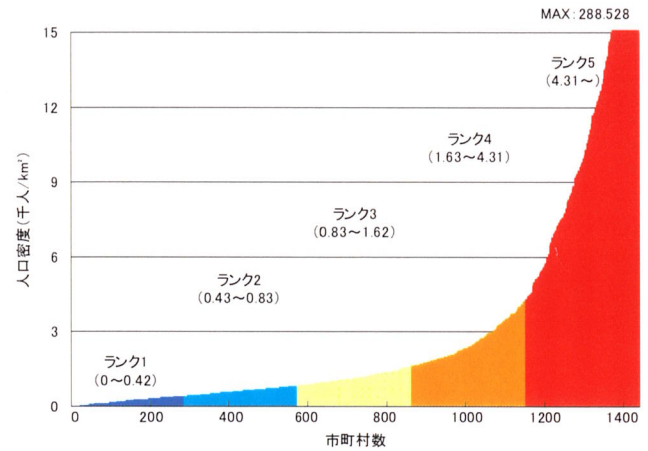


図-4 市町村別人口密度とランク区分

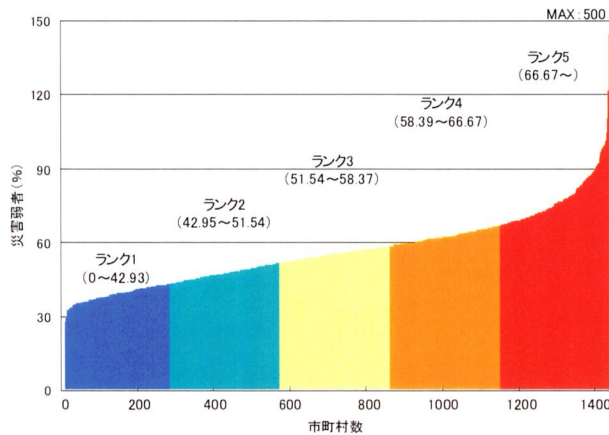


図-5 市町村別災害弱者率とランク区分

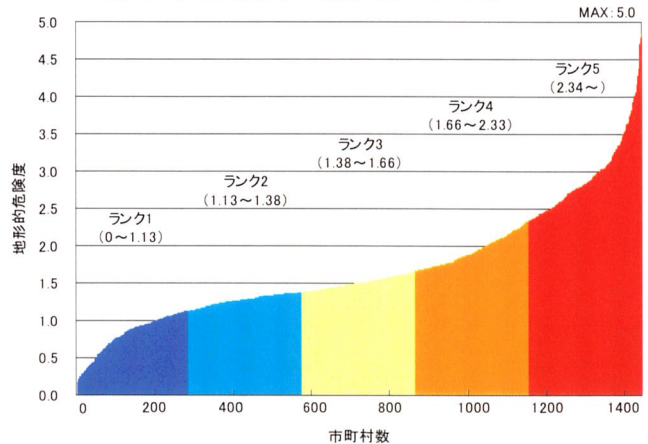


図-6 市町村別地形的危険度とランク区分

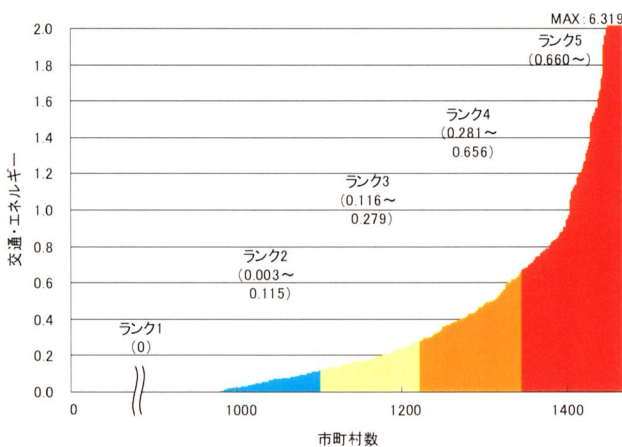


図-7 市町村別交通エネルギー施設数とランク区分

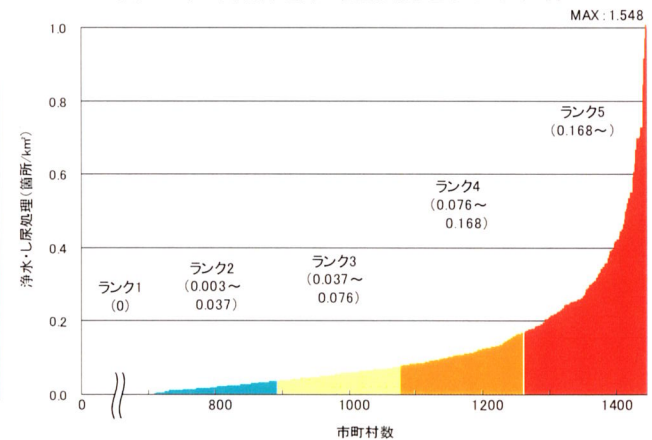


図-8 市町村別浄水・し尿処理施設数とランク区分

#### e) 交通エネルギー

空港が担う空路や発電所による電力等のハブとなる施設の破壊は直ちにネットワーク機能が失われるため、これらのハブ施設は拠点インフラとした。一方、陸上交通インフラは残った部分だけでも最低の機能を果たすことから、拠点インフラと区別した。

道路は高速道路、国道、その他の道路の3種類、鉄道はJR（新幹線）、JR（在来線）、公営鉄道、私営鉄道の4種類の情報があるが、分類性を高めるために高速と新幹線に限って解析した。

ランク区分については、新幹線・高速道路の1km<sup>2</sup>当たりの延長および発電所・空港の1km<sup>2</sup>あたりの

施設数を用い、いずれの施設もない交通エネルギー指標0の953市町村が全体の66.0%を占めたためこれをランク1とし、残りの490市町村を4等分するように区分した（図-7）。

#### f) 浄水・し尿処理施設

浄水・し尿処理施設も拠点型のインフラである。浄水・し尿処理施設については、1km<sup>2</sup>あたりの施設数を用いた。

ランク区分においては、浄水施設も処理施設もない市町村が707と、全体の49.0%を占めたためこれをランク1とし、残りの736市町村を4等分するように区分した（図-8）。

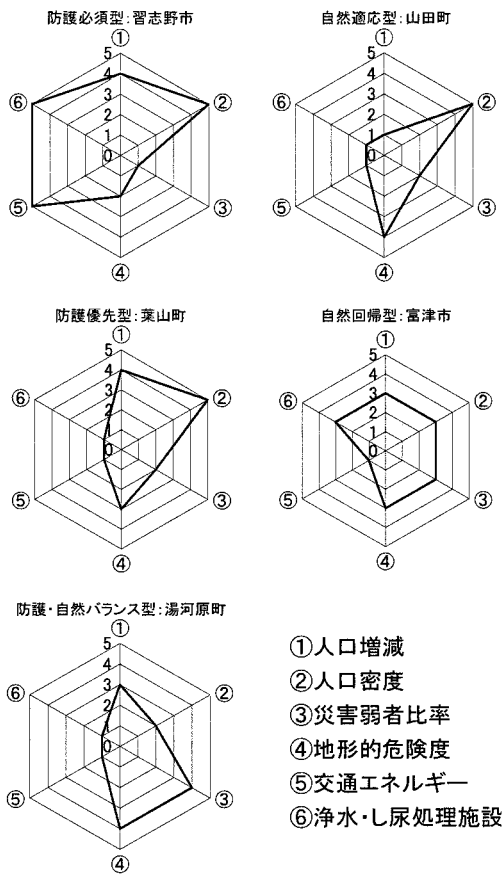


図-9 代表的な地点のレーダーチャート

#### 4. 考察

##### (1) 沿岸タイプの特徴と沿岸防災方針の考え方

市区町村別の6つの地域特性指標の分析結果を元にレーダーチャートを作成するとともに、特徴を全国の沿岸について横並びで総括的に比較・評価し、各沿岸のタイプの位置づけを考慮したところ、表-4に示す沿岸タイプの特徴より分類することができた。代表的なレーダーチャートのイメージを図-9に示すとともに、分類された各沿岸タイプ毎の沿岸防災方針の考え方を以下に示す。

表-4 沿岸タイプの特徴

沿岸タイプ	増減	密度	弱者	危険	交通エネ	し尿
a) 防護必須型	4以上	4以上	—	—	4以上	4以上
b) 防護優先型	4以上	4以上	—	—	3以下	3以下
c) 防護・自然 バランス型	—	—	—	—	—	—
d) 自然適用型	3以下	3以下	4以上	4以上	—	—
e) 自然回帰型	3以下	3以下	3以下	3以下	—	—

##### a) 防護必須型

現状で人口密度が高く、人口が増加傾向にあり、高速道路、新幹線等の交通整備や空港、発電所等の

エネルギー施設が多い沿岸タイプである。人口集中、社会資本整備が進んでいることから基本的には浸水を許さないことが必要である。

##### b) 防護優先型

人口は増加傾向で、高速道路、新幹線等の交通整備や空港、発電所等のエネルギー施設はある程度整備されているが多くはない沿岸タイプである。人口増加に伴う都市化が進行し、まだ、十分でない交通、エネルギー等の施設整備が今後実施されていくと考えられる。そのため、自然環境等に配慮しつつも、これらの防護を優先することが望まれる。

##### c) 防護・自然バランス型

人口がほぼ安定か減少傾向にあり、高速道路、新幹線等の交通整備や空港、発電所等のエネルギー施設が比較的整備されている沿岸タイプである。人口変動を勘案し、自然環境に配慮しながら施設整備を維持していくことが望ましいと考えられる。

##### d) 自然適用型

人口が減少傾向であり、交通・エネルギー等の施設も少ない。また、災害弱者が比較的集中しているが、人口、社会資本集中があまり進んでいない沿岸タイプで、ハードによる防護等を考慮しつつも自然環境への適用を目指すことが望ましいと考えられる。

##### e) 自然回帰型

人口が減少傾向であり、交通・エネルギー等の施設も少ない沿岸タイプである。このため長期的な視点では費用対効果の面から必ずしもハード整備は得策でない。そこで、沿岸域からの住民の移転を促し、自然本来の防護機能を引き出すような整備をすることが望ましいと考えられる。

##### (2) 沿岸タイプの地先レベルでの特性分類

この沿岸タイプの特徴を用いて全国の20mまでの標高を有する市町村の地域特性を解析して日本地図上に整理したのが図-10であり、概ね各地域の性質を表現している結果となった。

しかし実際には、市町村に含まれている海岸は、地先海岸毎に環境や地元住民の利用意図が異なることが想定されることから、よりよい沿岸域管理を実現させるためには、地先毎の地域特性の違いまで含めて検討することが重要となる。そこで、市町村をさらに河川を境にして細分化して分析したのが図-11である。ここでの分類は市区町村の分類の際に得られた各ランクの閾値を用いて分類している。図より分かるように市町村の解析では自然回帰という種類の特性として分類された地域が、より詳細な地区に細分化して分析することにより、この例のように、市街地と田畑の領域が切り離され、自然回帰型から防護・自然バランス型になり(図中の縦線の領域)、その市区町村内のより詳細な地域特性をも表現することができる。このような分析・評価が可能となれば、細見ほか<sup>4)</sup>が示したベストミックスに配慮した保全計画も可能となる。またこの手法により、各自治体が独自に海岸域の全国における相対的

な位置付けと地先レベルの特性を把握することが可能であり、将来どのような海岸を残したいかをより

具体的に検討を進めることも可能となる。

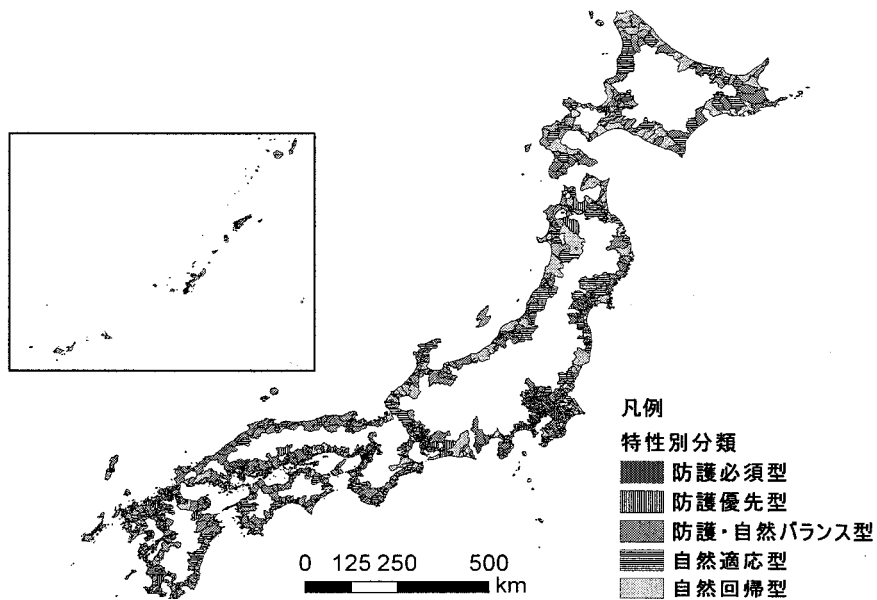


図-10 各市区町村別の地域特性分類結果（標高0-20mの解析結果）

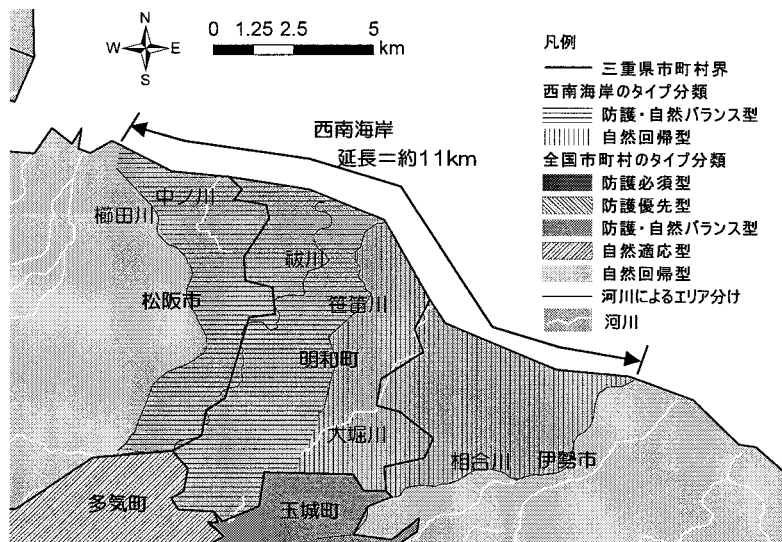


図-11 西南海岸の結果

## 5. 結論

- 1) 国土数値情報を活用して我国沿岸域背後地を社会特性別に区分すると、我国沿岸は、人口変動特性と背後地資産規模から5つの沿岸タイプに区分することができる。
- 2) 全国の市区町村の類型化手法により、地先レベルのミクロな分類も可能であることを示した。
- 3) 社会特性別に区分した沿岸タイプ毎に、新しい沿岸防災方針の考え方を示した。

## 参考文献

- 1) Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Summary for Policymakers, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental

Panel on Climate Change. INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE.,2007.

- 2) Susmita Dasgupta, Benoit Laplante, Craig Meisner, David Wheeler, Jianping Yan, The Impact of Sea Level Rise on Developing Countries: A Comparative Analysis. World Bank Policy Research Working Paper 4136, P.51.,2007.
- 3) Duncan J. Watts, 辻 竜平 (訳), 友知 政樹 (訳): スモールワールド・ネットワークー 世界を知るための新科学的思考法, 阪急コミュニケーションズ, 384p., 2004.
- 4) 細見寛・角湯克典・内田智・五味久昭・板橋直樹・三村信男: 地球温暖化に伴う海面上昇に対する住民意識と長期的対策のあり方, 海岸工学論文集, 第 52 巻, 土木学会, pp. 1291-1295, 2005.