

2. 地球規模の環境変化と沿岸域の課題

CHANGES IN GLOBAL ENVIRONMENT AND TASKS IN THE COASTAL ZONE

海岸工学委員会

澤本正樹¹ ・ 三村信男² ・ 出口一郎³

Masaki SAWAMOTO Nobuo MIMURA Ichiro DEGUCHI

勝井秀博⁴ ・ 小島治幸⁵

Hidehiro KATSUI Haruyuki KOJIMA

ABSTRACT; The activities of the Coastal Engineering Committee, JSCE, are introduced focusing on the global environment-related issues. A research sub-committee has been working to study the possible impacts of sea-level rise and climate change on the coastal zone since its establishment in 1992. After published a comprehensive report on the sea-level rise and climate change, it started the second stage of the study which aims to identify the tasks and problems necessary for achieving the goals to create and preserve safety, attractive, and environmentally healthy coastal zones. Such goals are closely related to the sustainable development, which is also a basic concept for the strategic responses to the global changes in environment.

KEY WORDS; coastal engineering, natural disaster prevention, utilization of coastal zone, preservation of natural environment, coastal zone management, global warming, sea-level rise, response strategy

1. 海岸工学委員会の取組み

沿岸域にもっとも関係の深い地球規模環境問題は温暖化であろう。温暖化によって海面上昇が加速すると、砂浜やサンゴ礁、マングローブなどの自然環境と沿岸都市や港湾、防災施設をはじめ社会経済活動に様々な影響が生じると懸念されている。さらに、台風や降雨パターンの変化が重なるとより深刻な問題に直面する国や地域が現れると思われる。地球規模の環境問題に関連した海岸工学の課題は、これらの現象の実態の把握、影響の予測・評価、そして、対応策の検討の3点にまとめられよう。80年代末から90年代初めにかけて地球規模の環境問題が一挙に注目を浴び、これらの懸念が吹きだしたことから、海岸工学委員会では組織だった研究を始めた。

1. 1 第1期の活動

海岸工学委員会では、1991年4月から「地球規模環境問題研究小委員会」を組織して、海岸工学に関連した地球規模環境問題の研究に取り組んだ。52名のメンバーによる2年間の研究成果は「地球温暖化の沿岸影響－海面上昇・気候変動の実態・影響・対応戦略－」にまとめられ、1994年7月に土木学会から出版された（土木学会海岸工学委員会、1994）。

¹ 東北大学工学部土木港学科 Dept. of Civil Eng., Fac. of Eng., Tohoku Univ., ² 茨城大学工学部都市システム工学科 Dept. of Urban and Civil Eng., Fac. of Eng., Ibaraki Univ., ³ 大阪大学工学部土木工学科 Dept. of Civil Eng., Fac. of Eng., Osaka Univ., ⁴ 大成建設（株）技術研究所 Technology Research Center, Taisei Co., ⁵ 九州共立大学工学部土木工学科 Dept. of Civil Eng., Fac. of Eng., Kyushu Kyoritsu Univ.

こうした研究を通して、地球温暖化と沿岸域の関連に関する我々の知見は大きく前進し、かつ整理された。とくに、海面上昇や気候変動がもたらす影響の広がりや程度については相当程度評価できるようになった。その一方で、地球温暖化の将来予測や対応戦略については現在の知識に限界があることがはっきりしてきた。それをもう少し具体的に述べると、次のようにまとめられる。

1) 地球温暖化や海面上昇は数十年から100年のオーダーの現象であり、長期的な時間スケールで問題を考える必要がある。しかし、現在我々が持っている予測手法や対策技術はこうした時間スケールの環境変化に対応するのには十分ではない。

2) 地球温暖化の予測には不確実性がある。もし生起すれば影響が大きい但不確実でもある将来に対して、どのような考え方にたつて対応戦略をたてればよいのであろうか。国際的な議論の中では、「予防原理 (Precautionary Principle)」に基づいて「後悔のない政策 (No-Regret Policy)」をとることが勧められており、沿岸域管理計画の導入や沿岸域の脆弱性を増大させない政策の必要性が強調されている。しかし、その具体的な内容は明らかとはいえない。

3) 数十年後を考えると、今後の開発や技術の進歩・変化によっても沿岸域は大きく姿を変えているに違いない。沿岸域の将来を考える際に、こうした開発行為による直接的な影響と温暖化による環境変化とはこれまで別々に扱われている。しかし、我々の目標が、安全で活力あかつ自然豊かな沿岸域の保全、創造であるとすれば、温暖化をはじめ地球規模の環境変化の影響も含めて総合的に沿岸域の将来像を考えることが必要になっている。

1. 2 第2期の活動

1994年6月から海岸工学委員会「地球規模環境問題研究小委員会」は第2期の活動を始めている。第2期の研究テーマは、上で述べたような認識もふまえて、「沿岸域のあり方ー21世紀にむけた海岸工学の課題」に設定された。その目的は、地球規模の環境問題を含めて沿岸域の諸問題の見取り図を描き、長期的な視点にたつて問題群の構造や焦点の課題を明らかにすることである。さらに、海岸工学の新しい研究テーマ・取り組むべき課題を提起することも期待されている。そのために、現在「沿岸域の防災」「沿岸域の利用」「沿岸域の総合的管理と環境保全」の3つのワーキンググループを作って、検討を進めている。

以下では、中間報告として、それぞれのワーキンググループの討論の状況を紹介する。

2. 沿岸域のあり方をめぐる論点と課題

2. 1 沿岸域の現状

わが国の国土は約7割が山地であり、平坦な土地は大部分が沿岸部に限られている。そのため、古くから人口と社会経済活動は海岸・沿岸域に集中してきた。とりわけ戦後50年間のめざましい経済成長の結果、利用形態や沿岸災害とその対策工法は変遷を重ね、沿岸域の自然環境は大きく変化した。

沿岸域の利用形態は多様で、工業用地、農業用地、漁場、港湾、漁港、レクリエーションなどが挙げられる。

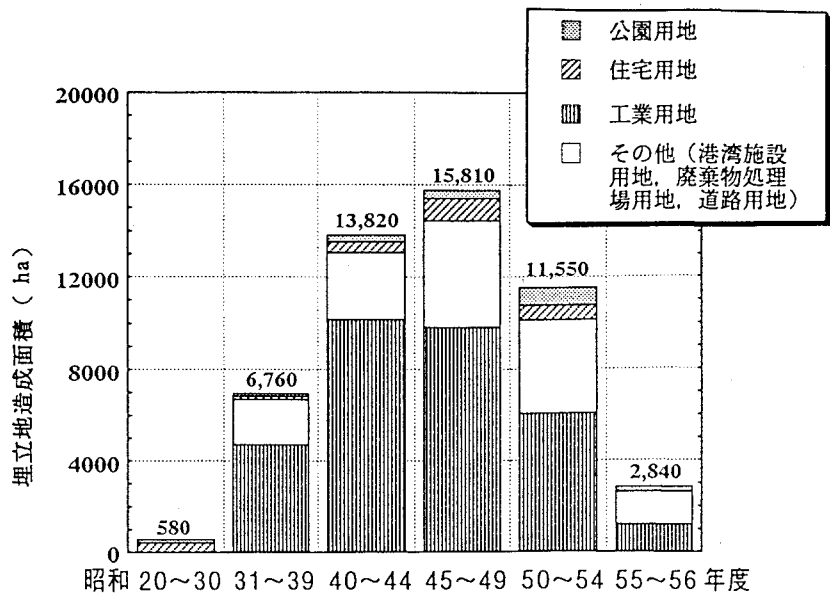


図-1 造成された埋立地面積の推移

沿岸域に敷地を創出するために埋立てが行われ、工場用地はもとより、エネルギー基地、海上空港など、様々な用途に使われてきた。戦後に造成された埋立地面積の推移（図-1、運輸省港湾局，1985）をみると、昭和56年までに埋め立てられた総面積は、実に51,360ha(513.6km²)におよぶ。もし埋立地の幅を1kmとするとその延長は500km以上にも達し、東京から岡山までの直線距離に匹敵する。

経済成長の初期と時期を同じくする1950～1960年代に、伊勢湾台風やチリ地震津波をはじめ数多くの海岸災害が発生したために、防災上の機能を最優先した種々の海岸構造物の建設が進められた。現在では、わが国の海岸線の総延長33,355kmのうち約40%、13,357kmが、高潮、津波、越波、侵食などに対する保全施設を必要とする海岸保全区域に指定され、約5.5%にあたる1,849kmも指定が必要なもの指定海岸とされている。要保全海岸（要指定海岸を含む）のうち64.5%はすでに何らかの保全施設が建設されている。一方、砂浜は全海岸線延長のうち23.9%（7,977km）を占めるが、その約40%（3,190km）に海岸保全施設が建設されている。

こうした海岸の高密度な利用と防災構造物の建設は海岸・沿岸域の人工化を進めた。1966年（昭和41年）以降の23年間にわけるわが国の海岸の状況の推移（図-2）が示すように、人工・半自然海岸と保全区域の延長は年々増加し、逆に自然海岸は年毎に減少している。この減少の割合は海岸総延長に対して年0.3%であり、距離に直すと約100kmに及ぶ。

また、海岸構造物が人と海岸との分離を加速し、結果としてパブリックアクセスを減少させたという反省がある。同時に治水・利水、利水を目的に多くのダムや河川改修が行われた。その結果、河川から海域への供給土砂量が激減し、回復不可能な海岸侵食が進行し、砂浜の消失に拍車をかけた。田中ら（1993）は、地形図の比較に基づいて、最近15年間にわける全国の消失海浜面積が2,395haに達し、160ha/年という近年の侵食速度は明治から昭和におけるその2倍以上になっていることを報告している。さらに将来的には、地球温暖化に伴う海面上昇による砂浜の大規模な侵食が懸念されている。三村ら（1994, 1995）によると30cmの海面上昇でも全国の現存している砂浜の56.6%、65cmでは81.7%、100cmの上昇では90.3%の砂浜が消失する可能性があるという予測されている。

かつての沿岸域開発とは目的・用途は異なるが、現在も依然ビッグプロジェクトが進められている。その一方で、経済成長が停滞して産業の質的転換が余儀なくされ、大都市周辺の沿岸部では工業用地の空き地が出現し始めている。また、海岸・沿岸環境の破壊に対する反省や、漁業の衰退、グローバルな海運流通の変

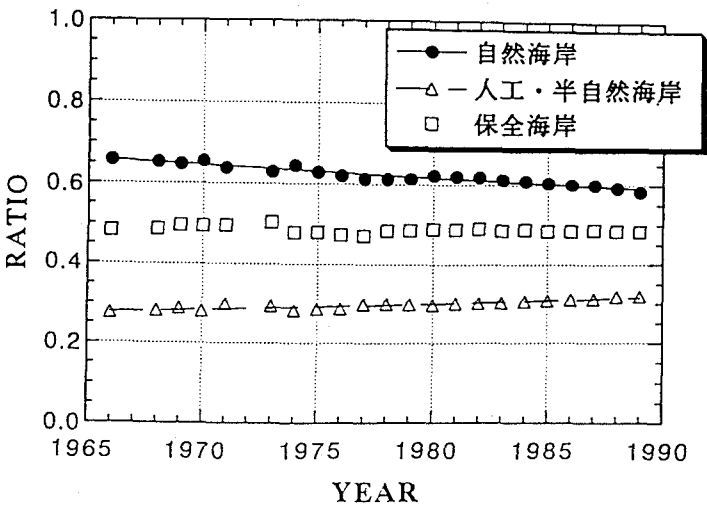


図-2 わが国の各海岸延長率の遷移

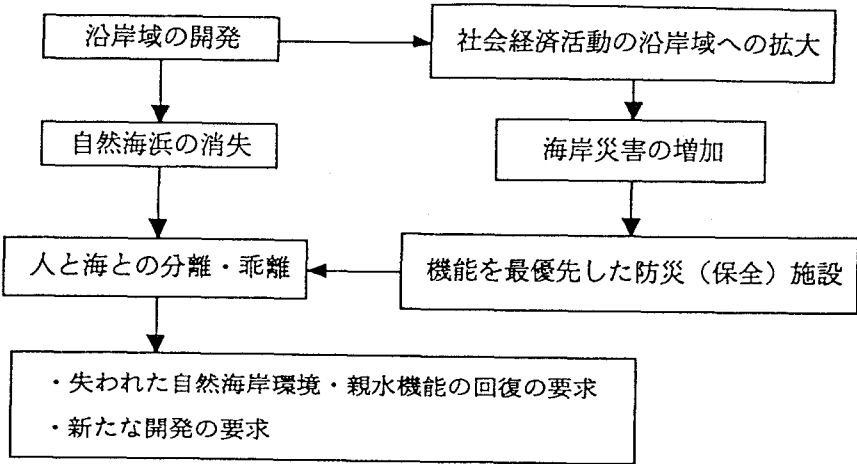


図-3 沿岸域の開発と保全に関する論点の流れ

化などから、沿岸用地や港湾に求められる機能や役割も変化を迫られている。各地で人工海浜、人工干潟あるいは海浜公園、マリーナと言ったいわゆる親水性施設の建設が進められているのも近年の特徴である。図-3は高度経済成長期以降の沿岸域の開発と保全に関する論点を流れ図として示したものである。

以下では、より詳しく防災、利用、環境保全それぞれの分野における論点を紹介する。

2. 2 沿岸域の防災

(1) 防災に関する論点

沿岸域の利用形態の変遷に伴い、発生する沿岸災害とその対策工法も変化を重ねてきた。このような変遷をふまえて、「沿岸域の防災」WGは、残された問題点と今後検討すべき新たな問題について検討している。議論の対象となった主な事項について列挙すると、以下の通りである。

1) 沿岸域において、なにを護らなければならないのか？今解決しなければならない沿岸域での問題はなにかな？

従来は、人命と財産に関わる fatal な事象（高潮、津波、高波による家屋等の流出、損壊、溺死、浸水／海岸侵食による陸地の消失、海岸構造物の倒壊、災害ポテンシャルの増大／越波あるいは飛沫の飛散による塩害、交通障害、農作物への影響／飛砂による交通障害、農作物への影響など）が災害とされ、それらに対して種々の防災対策がとられてきた。その上に、快適な社会経済活動（アメニティ）を損なうような事象（環境問題）は防災の対象にはならないのか。

2) 「防災」をどのような時間・空間スケールで考えるのか？

時間スケールを大きくとると、予算だけでなく利用や環境保全の目的に障害を及ぼすことになる。どの程度先を見越した防災を考える必要があるのか。また、海岸侵食などには空間的に大きな広がり対策を考える必要がある。それは、沿岸域の土砂のトータルな管理計画の可能性にもつながっている。

3) 防災構造物の耐用年限と設計外力、安全率との関わりは？

限られた予算で防災構造物を施工する場合、対象とする外力のレベル（確率年）を上げると防御できる範囲は狭くなる。治水経済調査（例えば、西原、1988）的な検討に基づく外力レベルの決定方法は考えられないのか。さらに、温暖化に伴う海面変動も外力として考慮する必要があるのではないかな。

外力レベルを上げると防災構造物が大規模となり、沿岸域の利用、アメニティーを阻害する。周辺住民、海岸利用者のコンセンサスが得られるような外力レベルの確保と沿岸域の利用にたいする利便性を損なわない新しい防災構造物を考える必要がある。他方で、危険度に対応した沿岸域の利用方法、住み分け方を考える必要性もあるのではないかな。そうした計画的な対応を進めるためには、ハザードマップを整備しておく必要がある。

4) 沿岸域の利用、親水性構造物の建設と防災（事故）のかねあいをどう考えるか？

ここ数年、親水性防波堤等の親水性を考慮した防災施設の建設が行われている。不特定多数の利用者を対象とするこれらの施設では、利用者の安全を確保しなければならない（瑕疵責任）。その方法について検討する必要性がある。

5) 多機能型保全施設（新しい防災工法）としてどのようなものがあるか？

(2) 今後の課題

「沿岸域の防災」WGでは、先に述べた検討項目をふまえて、今後以下の点について検討を加えていく予定である。

- ・現状の波浪推算手法の問題点と設計波算定上の諸問題
- ・日本各地の最大波高の経年変化とその発生要因
- ・想定津波高さの沿岸分布、及び津波の流体力
- ・文献調査に基づく海岸侵食に関するデータベースの作成及び土砂収支に関するケーススタディー

- ・動的解析に基づく構造物の安定性評価，及び構造物の安定性に及ぼす波浪の不規則性
- ・入射波の方向分散性の影響評価

表-1 沿岸域の利用形態

沿岸との関わり	利用形態	施設・機能の例
産業・経済活動として沿岸に	海運・流通 水産 スペース提供	港湾、コンテナ基地、倉庫、流通センター 漁業（沿岸、遠洋）、漁港・漁村 臨海工業地帯（工場用地、石油基地など） 農業用地・農村 海上空港、臨海都市、臨海道路
	迷惑施設	廃棄物処分場、下水処理場
個人活動として沿岸に	観光・リクリエーション	海水浴場、海浜公園、展望塔、マリーナ 景観（景相）、心の安らぎ
生態系の一員として人間に	水質・底質環境	多様な生態と再生産の場、食物連鎖による浄化能力
自然がその一部として人間に	防災 気候緩和	バッファゾーン（バリアーなど） 大きい比熱による温暖気候

2. 3 沿岸域の利用と開発

(1) 利用の現状と将来構想

「沿岸域の利用」WGは、21世紀を見通して問題点を絞り込み、議論を深めた上で有意義な提案を行うことを目的としている。検討の出発点として、各省庁の取り組みを調べた。ここで、沿岸域利用に関する行政の取り組みを簡単に紹介しておく。

建設省は、「沿岸域保全利用指針」を作成するために、これまで、独立に取り扱われてきた、環境保全、国土保全、利用を統合した「保全利用」の形態を調査中である。建設省が沿岸域の活性化施策として掲げるものとして、地域おこしのためのCCZ事業、海岸へのアクセスを取り戻すなぎさリフレッシュ事業、保全と静穏海域利用を図るバリア事業、MMZ構想などが挙げられる。運輸省では、用地確保と背後の静穏海域利用を一体とした沖合人工島を整備中である。既に102島が供用され、さらに100島余りが整備・計画中である。将来構想としては、人工島の大水深化（沖合化）と大規模化、テクノスーパーライナー(TSL)による高速物流システムと港湾へのモーダルシフト、さらには、海上空港の浮体化などを構想中である。水産庁では、若手後継者の減少、生活環境の遅れなど、漁港・漁村が抱える問題点をとらえ、第9次漁港整備長期計画を策定している。そこでは、フィッシャリーナ、ふれ合い漁港空間、交流広場などを備え、人が集まる漁港・漁村作りを図っている。

(2) 沿岸域の利用に関する論点

表-1に、沿岸域との関わりと利用形態の一例を掲げる。表でも分かるように、沿岸域には極めて多様な受益者が存在する。また、沿岸域の利用形態は、たとえば産業における多面性だけでなく、海への関わり方が個人レベルから社会全体までと多層的でもある。しばしば、問われる「海は誰のものか」という問には、「海は生態系を含めたみんなのもの」と答えるのが適切であろう。この多様性、多層性に伴って、利用者間のコンフリクトが多く発生し、相互に複雑に絡んでいる点に沿岸域のもっとも根本的な特徴があるといえる。

(3) 21世紀に向けての課題

1) 利用と環境との調和

我々は、沿岸域を利用するに当って、地球環境の保全と多様な生態系との調和が大切であること、持続可能な発展が望まれることを知っている。しかし、もう一歩掘り下げて、例えば、利用者相互の調和（コンフリクトの回避）にはどのような方法があるのか、コストを前提にどこまで自然（生態系、景観など）と調和

表-2 沿岸域管理計画と関連する課題

沿岸域管理計画	概念的課題	工学的課題	具体化のための視点
問題の認識 ↓	現状の把握 利用・防災・環境保全		
目標の設定 ↓	沿岸域の価値の認識 防災基準・環境保全目標の確立	複合的な目的に対応する幅広い戦術の提供 ・地域：地域計画 ゾーニング 人工島	外力条件による違い ・開放性海岸 ・開口性内湾 ・閉鎖性内湾
計画の立案 ・現状分析 ・設計 ↓	多様な目標・利用の調整	・地点：人工海浜・干潟 ・施設：親水構造物 生物涵養型構造物等 ミチゲーション手法の検討	海岸地形による違い ・砂礫海岸 ・岩石海岸 ・泥浜海岸
環境影響評価 ↓	環境の価値の評価	環境の評価手法の確立	背後地の開発・利用の程度による違い ・大都市圏 ・市街地 ・農地・森林・山地 ・島嶼
調整 住民の理解 ↓			
実施 ・管理計画の実行 ・構造物の建設 ↓	個別のガイドラインの確立	施設の設計基準の検討 環境配慮事項などの整理	
モニタリング 効果・影響の評価 ↓ (先頭へ帰る)			

すべきなのかと問われると、回答は難しい。この点で、丹保(1994)が述べる、21世紀の開発ではエネルギーを最小に制約した質的成熟を目指すべきであるとの考え方は示唆に富んでいる。沿岸域の利用のあり方を定めるためには、そうした議論を踏まえた上で、開発によるメリットとデメリット、発生する費用・便益のバランスシートを求め、さらにガラス張りのコンセンサス作りを必要とする。したがって、このプロセスには、工学技術だけでなく、自然科学、人文科学など広範な領域の研究の成熟と援用を待たなければならない。

2) 沿岸域利用のあり方

以上の論点を視野に入れた上で、本WGは、あと数年～十年で日本が直面する問題点を掘り起こし、検討を行っている。

その一つは、港湾・物流の本来のあり方を問うものである。人口の減少に伴う産業構造・消費形態の質的転換や韓国・台湾・香港・シンガポールなどアジアにおける拠点港湾の充実と日本港湾の相対的地位の低下、地方の活性化における港湾の役割などについて検討を行っている。第二に、環境創造の視点から、沿岸域におけるエネルギー利用のあり方に焦点を当てている。エネルギー基地の集中立地による効率化の追及、効率化とリスク分散の線引などの論点がある。さらに、沿岸域の環境保全にプラスの役割を果たしていた漁村の過疎化と漁業の在り方も今後、研究を深めて行きたいテーマである。これらの検討を通して、21世紀の沿岸域利用のあり方を探っている。

2. 4 沿岸域の総合的管理と環境保全

自然環境を保護・保全しながら持続可能な開発を行うためには、長期的で総合的な沿岸域の管理計画が必要である。このような観点から、「沿岸域管理と環境保全」WGは、総合的沿岸域管理計画の可能性を検討している。具体的な検討テーマは、(1) 沿岸域管理、(2) ミチゲーション、(3) 環境の評価と保全手法、の3つに絞られている。これら3つのテーマは、表-2に示すように沿岸域管理計画の流れとそれに対応する課

題という関係になっており、管理計画に対する工学的課題として、ミチゲーションおよび環境の評価と保全手法が考えられている。

1) 沿岸域管理計画

沿岸域の各種の開発と自然環境の共生を図るために、先進各国は何等かの総合的な沿岸域管理計画を立てている。わが国においては、沿岸域の開発と防災に重点がおかれてきたために、結果的に自然環境の保全がおろそかにされてきた。しかし、国民生活の向上にともなって環境保全の意識が高揚し、自然環境の保全が沿岸域の重要な目標になってきている。沿岸域におけるこれら3つの目標、すなわち自然環境の保全、防災および開発利用の競合関係を調整するために総合的な沿岸管理計画が是非とも必要になってきている。そのため、総合的沿岸域管理に関しては先進国である米国や他の諸外国における管理計画の理念や特徴および手法を調査している。また、日本の沿岸域を今後どうするかという理念を確立するために沿岸域の価値を多方面から再評価するとともに管理の仕組と要素および工学的な課題を整理し、管理システムをどのように構築するかということを中心に議論している。

2) ミチゲーション

ミチゲーションは、開発行為による環境影響をなくすか可能な限り小さくする努力をしたうえで、なお予想される環境影響に対して代償措置を施すというもので、従来の環境アセスメントよりも一歩進んだ環境保全の枠組みである。この意味から持続可能な開発を可能ならしめるひとつの手法であるといえる。ミチゲーションに関する課題には、いかに環境を創生するかという技術的なものと元の環境と創出した環境との相対的な価値を決めるための評価手法の確立という二つがある。ミチゲーションを日本に導入する場合、わが国の自然や社会的条件に合った環境保全と環境評価の手法を開発する必要がある。

3) 環境の評価

環境を修復したり創生したりするとき、元の環境よりもより良い環境が生み出されることを保障するためには、環境の評価基準を確立しておくことが要求される。これは、きわめて難しい問題である。例えば、砂質の海底に自然石やコンクリートブロックで人工リーフを造成すると藻場が形成され、それを餌や隠れ場とする魚貝類が集まり、新たな生態系が創出される。この新しい環境は、元の環境に比べ生産性は高いが、真により良い環境なのかあるいは理想的な環境なのかを判断することが非常に難しい。ミチゲーションを実施する場合、最終的には上述したように環境保全の手法と環境評価の手法を開発することに行き着く。この点に関して、米国において実務に用いられているいくつかの手法を調査研究している。

3. おわりに

地球規模の環境問題は世界的に環境意識を高めた。そのため、地球規模の環境問題を離れても、自然環境の保全や良好な生活環境の向上を求める強い意識が広がっている。こうしたことを背景に、沿岸域においても、人間の利便性だけを前提にした施設の建設や計画から、環境の保全、さらには創造を考えたものへの指向が高まっている。

地球規模の環境問題のもたらした効果のもう一つは、我々の視野を広げたということであろう。それには、3つの領域がある。一つは時間的に、もう一つは空間的に、そして考える対象においてである。これまで、沿岸域においても、対症療法的な計画や単年度の事業が進められることが多かった。それらの事業は、局所的な防災や利用など単一の目的を追求するためのものが多い。しかし、上で述べたように、数十年から100年オーダーの事態を視野にいれること、直接的な事業目的だけでなく持続可能な開発の観点から自然環境の保全を十分位置づける必要があることが強調されるようになっている。沿岸域は、利用者、受益者が多く、相互の関係も複雑である。したがって、それらから生まれるコンフリクトを賢く調整しながら、長期的広域的な観点に立って、持続可能な沿岸域の防災・利用・保全計画が検討される必要がある。

第2期の海岸工学委員会「地球環境問題研究小委員会」の検討は直接的に地球規模の問題を対象にしたもの

ではない。しかし、こうした取り組み自体が地球規模の環境問題の登場によって触発されたものであるし、検討の中から、地球規模の問題の対応戦略にもつながる方向性が見いだされることを期待している。

参考文献

運輸省港湾局 (1985) : 21世紀への港湾。

西原 巧 (1988), 河川の計画と調査 (新体系土木工学73), 技報堂出版, p. 398

田中ら (1993) : 地形図の比較による全国の海岸線変化, 海岸工学論文集, 第40巻, pp. 416~420.

丹保憲仁 (1994) : 土木学会誌巻頭論説, 1994年9月号, p. 1.

三村ら (1994) : 砂浜に対する海面上昇の影響評価 (2) - 予想モデルの妥当性の検証と全国規模の評価 -, 海岸工学論文集, 第41巻, pp. 1161~1165.

三村ら (1995) : 海面上昇に対する海岸地形の応答, 第3回地球環境シンポジウム講演集。