

沿岸域管理手法のあり方に関する一つの考察

研究第三部 主任研究員 上野 久

1. はじめに

我が国の海岸線は延長約32,200kmであり、このうち海岸が人工によって改変されていない自然の状態が保持されている海岸（いわゆる自然海岸）は約57%（18,390km）である。残りはいわゆる半自然、人工海岸という構成となっている。しかしながら東京湾、伊勢湾、大阪湾等の大都市圏における海岸では9割以上が人工化し、干潟などの環境は皆無に近い状況となっている。

このような海岸、沿岸域では、自然とのふれあいや資源、空間としての多様な役割を保ち、豊かさを将来の世代に継続していくことが重要な課題となっているものである。

沿岸域における国土保全事業としての海岸事業は、従来の直立堤防を主として保全の効果を果たしてきたものの、陸域から海域への空間の遮断、砂浜の消滅等、必ずしも海岸環境に充分配慮しているとはいえない状態となっていた。このため、海岸事業の実施においても、利用や景観に優れ、加えて魚介類、藻類等の生態系の棲息にも適した面的防護方式を採用しているが、海と陸地が接する海岸は動植物、景観等の豊かな自然を有していることから、これまでに失われた環境をより積極的に回復する措置も求められるようになってきている。

例えば、新潟県下新川の海岸における侵食状況は図-1に示すとおりである。昭和38年に撮影した写真では広い砂浜と豊かな松林があるが徐々に汀線が後退を始めているのがうかがえる。護岸を整備してからの侵食の状況は著しく、波浪の強さや海岸で起こっている水理の複雑さが類推できるものである。このように、海岸保全施設を整備してもなお、砂浜が失われていくことが現在の海岸整備上の大きな課題である。

一方、建設省においても平成6年1月に環境政策大綱を発表し、「環境」を建設行政において内部目的化することを明言している。また、その中で開発事業などの影響緩和措置として（ミティゲーション）を積極的に実施していくとの見解を示している。

本考察は沿岸域において我が国の実状に見合った米国型ミティゲーション導入の際の基本方針や実施方策の検討をおこなうもので主に次のような事項について検討を加えている。

米国型ミティゲーションの概念について述べ、開発に関わる米国型ミティゲーションとわが国における海岸保全に関わるミティゲーションとの比較を行い、“海岸保全に関わるミティゲーション”の定義を検討した。

また、“海岸保全に関わるミティゲーション概念”を踏まえ、生態系を中心として“環境保全と国土保全との調和を目指した“海岸保全の整備目標”について検討を行ったものである。

2. 開発行為に関わる米国型ミティゲーション概念の定義

米国においてミティゲーションは西海岸のカリフォルニアを中心に、東海岸でも実施されている環境に対する影響を緩和するための手法であり、その所管が工兵隊ということである意味では軍事上の観点からも規制をされているものである。

アメリカ連邦政府が設置した環境保全審議会（CEQ=Council on Environmental Quality）は、ミティゲーションを次のように定義している。

ミティゲーションとは、許認可の決定にあたって



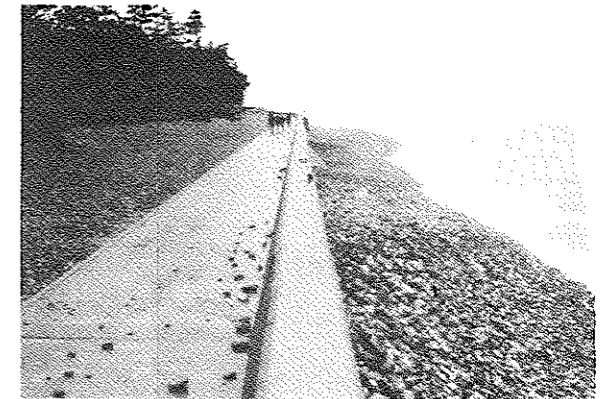
▲1963年撮影



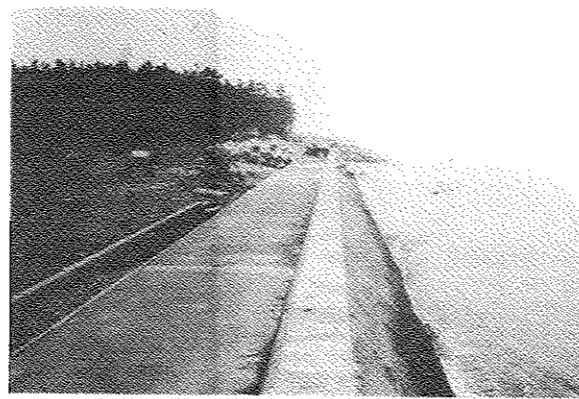
▲1966年4月2日撮影



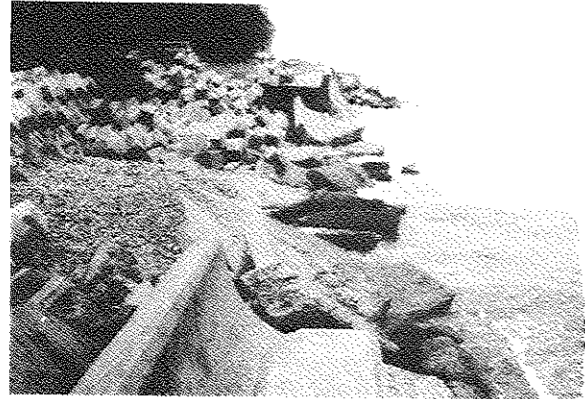
▲1967年7月撮影



▲1972年12月8日撮影



▲1973年6月26日撮影



▲1973年6月29日撮影



▲1984年8月3日撮影

図-1 1963年から1984年に至る下新川海岸(下飯野地先)の侵食状況の遷移

1)ある行為またはその部分的な行為をしないことにより全ての影響を回避する。

《avoid;回避》

2)ある行為及びその実施の程度または規模を制限することにより影響を最小化する。

《minimize;最小化》

3)影響を受けた環境を修復、再生または回復することにより影響を修正する。

《rectify;修正》

4)ある行為の期間中の保存及び維持により時を経て生じる影響を低減または除去する。

《reduce;低減》

5)代替的な資源または環境で置き換えるか、またはそれを提供することにより影響を代償する。

《compensate;代償》

と定義され、要約すれば、『ある事業を実施するにあたって、それがもたらすであろう環境への影響をできるだけ軽減するとともに、失われるであろう環境と同等の質のものを、より積極的に代替措置を講じて保全、創出する政策』と解釈できる。

わが国において“環境と海岸整備との両立を如何にうまくバランスさせていくか”という目的を設定した場合、米国型ミティゲーションをそのままの体系で導入するのではなく、わが国の実情に見合った、その実現手段を広く検討していくことが重要な観点となる。

3. 海岸保全に関わる日本型ミティゲーションの概念

日本の沿岸域において、今後埋立等の開発行為は、社会的な便益向上のために続けられるものと考えられ、これら行為に関しては、自然環境へのマイナス影響を極力ゼロに近づけていく努力が求められる。さらに、代替措置の対応も求められるが、米国型に見られるようなミティゲーション・プロジェクト(Off-Siteのウェットランドの創出)の実施は、わが国の国土事情からは不可能に近い。

このような観点から特に建設海岸において実施する日本型のミティゲーション事業は人間と環境とが共存できる沿岸域空間を確立していくことがもめられる。これは開発行為以外の海岸整備において、環境の質・量を増大させていく努力が求められることとなる。

その結果として、わが国沿岸域のトータルとしての環境の質・量を現状維持あるいは増加させていくことが可能となり、ひいては持続可能な開発が可能になるものと考えられる。

以上の考え方を踏まえて、今後のわが国の海岸保全に関わるミティゲーションの定義を示せば以下に示すとおりとなる。

□海岸保全に関わるミティゲーションの定義

『今後整備される、または既に完了している海岸保全を対象として、人間と環境とが共存できる沿岸域空間の形成を目指し、環境を質・量ともに維持・増大させていくために、“場”の状況に応じた成立要因を積極的に保全・創出していく整備手法』

4. 米国型とわが国の海岸保全に関わるミティゲーションの比較

米国型ミティゲーションとわが国における海岸保全に関わるミティゲーションとの比較を行い、“海岸保全に関わるミティゲーション”の定義を検討した。

米国型とわが国の海岸保全に関わるミティゲーションの比較を行えば、次表に示すとおりとなる。

それぞれの目的は、米国型ミティゲーションではいわゆる”No net loss”でこれ以上環境の質・量を減らさないことと解することが出来る。日本型の海岸保全を中心としたミティゲーションではより豊かな沿岸域環境の創出を目指しているものである。

究極的目的を環境と海岸整備との両立をうまくバランスさせていくことに定めると、このことに対する一つの回答を海岸保全に関するミティゲーションとすれば大きな相違点は、

表一 1 米国型とわが国の海岸保全に関わるミティゲーションの比較

行 為	米国型ミティゲーション	海岸保全に関わるミティゲーション
対 象	・これから行う開発行為	・海岸保全
目 標	・不必要な環境質の低下防止 ・不可避な環境質低下の補償	・「場」の状況に応じた沿岸域の創出
ミティゲーション・プロジェクトの整備主体	・開発行為の事業主体 (原因主体が明確)	・海岸管理者他 (原因主体が不明確)
ミティゲーション・プロジェクトの実施時期	・開発行為の計画策定時から開発行為を実施する期間 (およびモニタリング)	・あるプログラムに基づき実施する(案)
ミティゲーション・プロジェクトの実施場所	・On-Site or Off-Site	・On-Site
補 償 対 象	・In Kind or Out of Kind	・In Kind
ミティゲーション・プロジェクトの実施基準	・損なわれるであろうと評価される環境質と同等	・現状で形成されている環境質以上

行為における“その性質”と“その対象”、および“ミティゲーション・プロジェクトの実施基準”にある。

“その行為の性質”の相違とは、米国型（埋立等）の場合、その行為を行う直接的な原因が、‘自然環境の損失を伴う性質’であるのに対し、海岸保全の場合には‘自然災害（環境）から国土、人命を防護しようとする性質’の行為内容にある。また、米国型（埋立等）の場合に、ミティゲーションは、“将来行われる開発行為”を対象とするのに対し、海岸保全の場合には、“将来行う海岸保全”はもちろんのこと、“既に行われた海岸保全”も対象に含み検討していくことにある。

さらに、ミティゲーション・プロジェクトの実施基準は、米国型の場合に、‘損なわれるであろうと評価される環境質と同等（原則は±0）’であるのに対し、海岸保全では、現状で形成されている環境質の維持・増大（環境質≥現状）が目標となる。

また、用語表現としては、我が国では、正しく『環境保全』という用語が存在し、ミティゲーションの広義の意味に対しては、この言葉で真の意味合いを持たせて、今後用いていけば良いものとする。

海岸保全の行為は、その整備内容の如何によって、良好な生物生息の場の創出が可能であり、このことを従来の防災機能重視の海岸保全と区別して表現すれば、狭義の意味においては、『環境創出（創造）』といった用語が適切であるとする。

これら、米国型ミティゲーションとわが国の海岸保全に関わるミティゲーションの相違を概念図として表現したものが次頁である。縦軸に社会環境の便益を横軸には自然環境の豊かさを示す指標を無次元で設定する。

この場合、図一 2 に示す米国型ミティゲーションでは、埋立て等の開発行為を対象とし、埋立前と埋立後とでは、点Rから点F n、F a、F mへ移動する関係にある。点F nは、環境ア

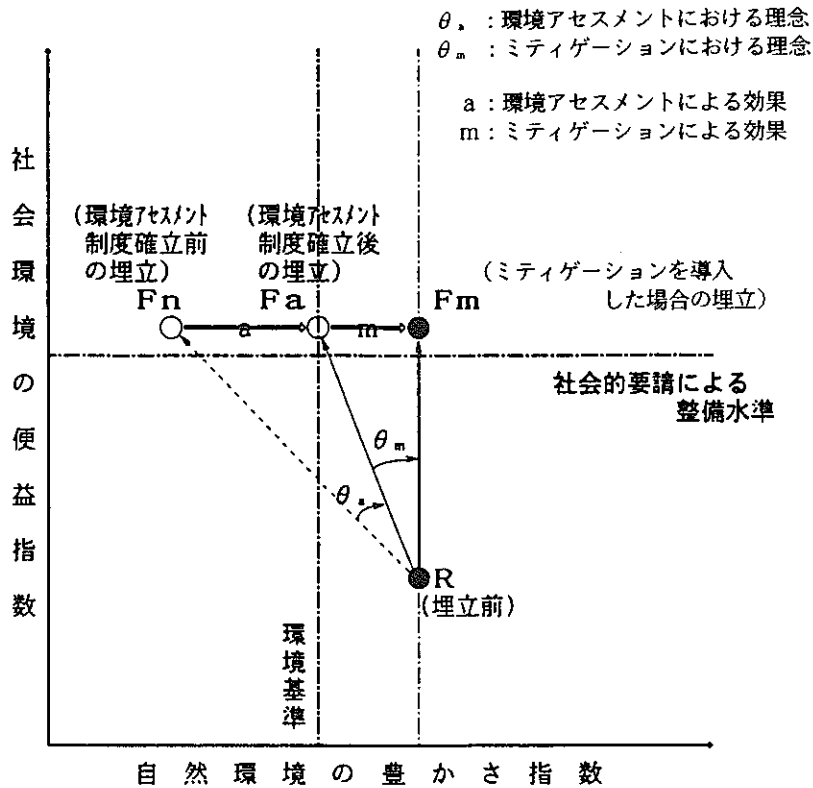


図-2 米国型ミティゲーションの概念図

セスメント制度が確立する以前の状態を示し、自然環境を犠牲にして社会的な便益を一边倒に求めてきた軌跡となっている。環境アセスメント制度が確立した後では、ある一定の環境基準が設けられ、自然環境への犠牲の量は、アセスメント制度確立前と比較して相対的には減少しているものの、アセスメントの基準が人間社会の生活、健康面を重要視したものであることから、依然として自然環境へのマイナス影響は存在する。これを現状で形成されている環境質を何らかの措置を講じて±0を維持させようとする手法がミティゲーションとして点Fmと表記される。

一方、海岸保全に関わるミティゲーションでは、図-3に示すとおりとなる。点Pが過去の状態を示し、この状態が海岸侵食等の自然災害により、点Rまで遷移する。そして、従来の保

全対策では、防災対策の強化に重点が置かれてきたため、点Fnへと移行する。これを、単に過去の状態に引き戻すのではなく、社会環境の便益を低下させるかたちで、自然環境を豊かにするのでもなく、図-3に示すように、環境容量の増加に寄与できるような海岸保全のあり方、この概念図で“右上がり（社会環境の便益も向上するし、自然環境の豊かさも増大する）”の手法がミティゲーションとして点Fmと表記される。そして、自然環境が健全な状態で、かつ環境の再生・浄化能力を維持できる人間環境と自然環境との境界を人間・環境共存ラインとして、便宜上傾き45°で表記してある。

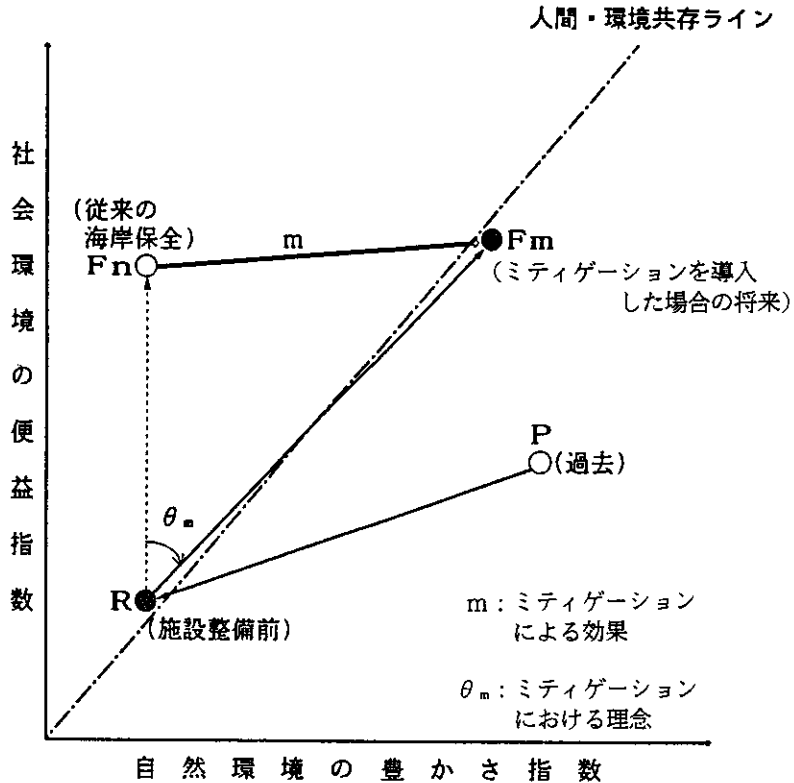


図-3 海岸保全に関わるミティゲーションの概念図

5. 整備の目標

以上の海岸保全に関わるミティゲーション概念を踏まえながら、環境保全と国土保全とが調和した海岸保全の整備の在り方（整備目標）が課題となる。

海岸保全施設（離岸堤、突堤等）に海藻や付着生物が着生し、生物相が多様になったとの報告は比較的多い。

しかし、砂浜には砂浜の生態系が、磯浜には磯浜の生態系が形成されているのが本来の自然であり、その場に生息していなかった生物種が新たに出現することが、一概に良いこととは言いきれない。

生物の多様性とは、本来土着の、あるいは自生の種を、それを含む生物群集や立地（地形・地質・土壌など）とともに維持（充実・向上）することが重要であると考えられる。砂浜、干潟

といった環境（“場”）毎の持つ生物的な様々な機能が全て解明されているわけではないが、将来における環境保全と国土保全との調和を目指した海岸保全の整備目標として、『場』の状況に応じた海岸保全の推進を設定した。

これは、磯浜なら本来磯浜に生息している、砂浜なら本来砂浜に生息している生物が恒常的に、かつ安定性を維持し得る空間を創出しつつ、総合的な海岸環境の保全を推進していくこととして位置付けたものである。

5.2 場の定義

場は出現する生物群衆を決定付けするが、場は基質や水の流動状況、地形等、場そのものがどのような「質」と「量」の物質を受け入れるかによって決定される。

陸と海の境界は様々な生態系を構成するが、これらは大きく次の8つに分類して考えること

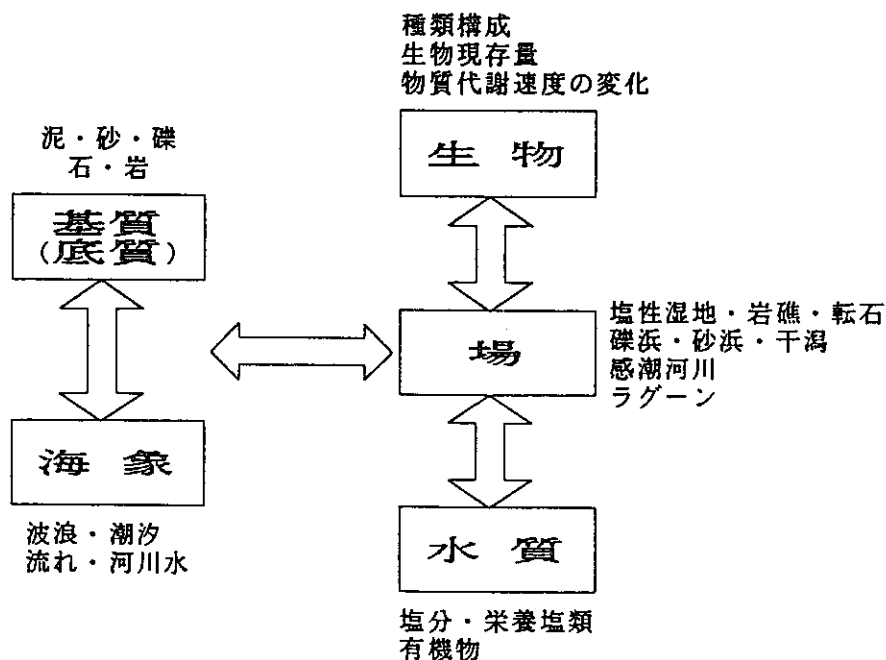


図-4 河口・沿岸域における生態系の成立要因 (栗原、1986より改変)

が出来る。すなわち岩礁、磯浜、礫浜、砂浜、干潟、感潮河川、マングローブ沼沢地、珊瑚礁である。このような生態系の特徴は、一義的には、基質の状態即ち、泥、砂、礫、石、岩、と海象の状態即ち、波浪、朝潮、潮流、海水、河川等との組み合わせによって決定される。そしてこのような場所がどのような地形を持ち、どのような質と量の物質を受け入れるかによって、それぞれの場に特有の生物群集が出現する。これらの場に生息する生物が、それぞれの場の特性に適応した機能と形態を持っていることが重要な意味を持っている。図-5にそれぞれの場の状況の概念図をしめす。

ここでは、特に砂礫海岸として2種類の砂浜について取り上げてみる。

砂礫浜

砂礫浜は一般に風や波浪の影響を強く受け、砂礫の移動が激しく、表面に定着する動・植物は少ないが、環境要素として風と波浪の強さの違いにより次の二つに類型化が出来る。

① 風や波浪の激しい砂礫浜

外洋に面した砂礫浜では一般に風が強く、潮感带上縁部にはしばしば砂丘が形成され、そこにはカモジグサ、スゲ等の塩性植物も観察されるが、砂丘表面に生息する動・植物は極めて少なく、砂の移動の比較的少ない砂粒間の隙間に珪藻類や鞭毛藻類がバッチ状に認められる他、カニ類などの動物はいずれも掘った穴の中に生息している場合が多い。

又、波浪が激しいため碎波帯の勾配は急で、浅場の面積は少ないが、巻き上げによるデトリタス状の懸濁物質が豊富なために、プランクトン等のバイオマスは大きい。そのため、それを餌とするハマグリ等の貝類の生育場、あるいはイワシ等魚類の卵や稚稚子の餌場として、又、水深の浅さもあって逃避場所として、砂礫浜の碎波帯は生物体量やその組成等既設の変動はかなり大きいものの魚介類稚稚子の格好の保育場となっている。

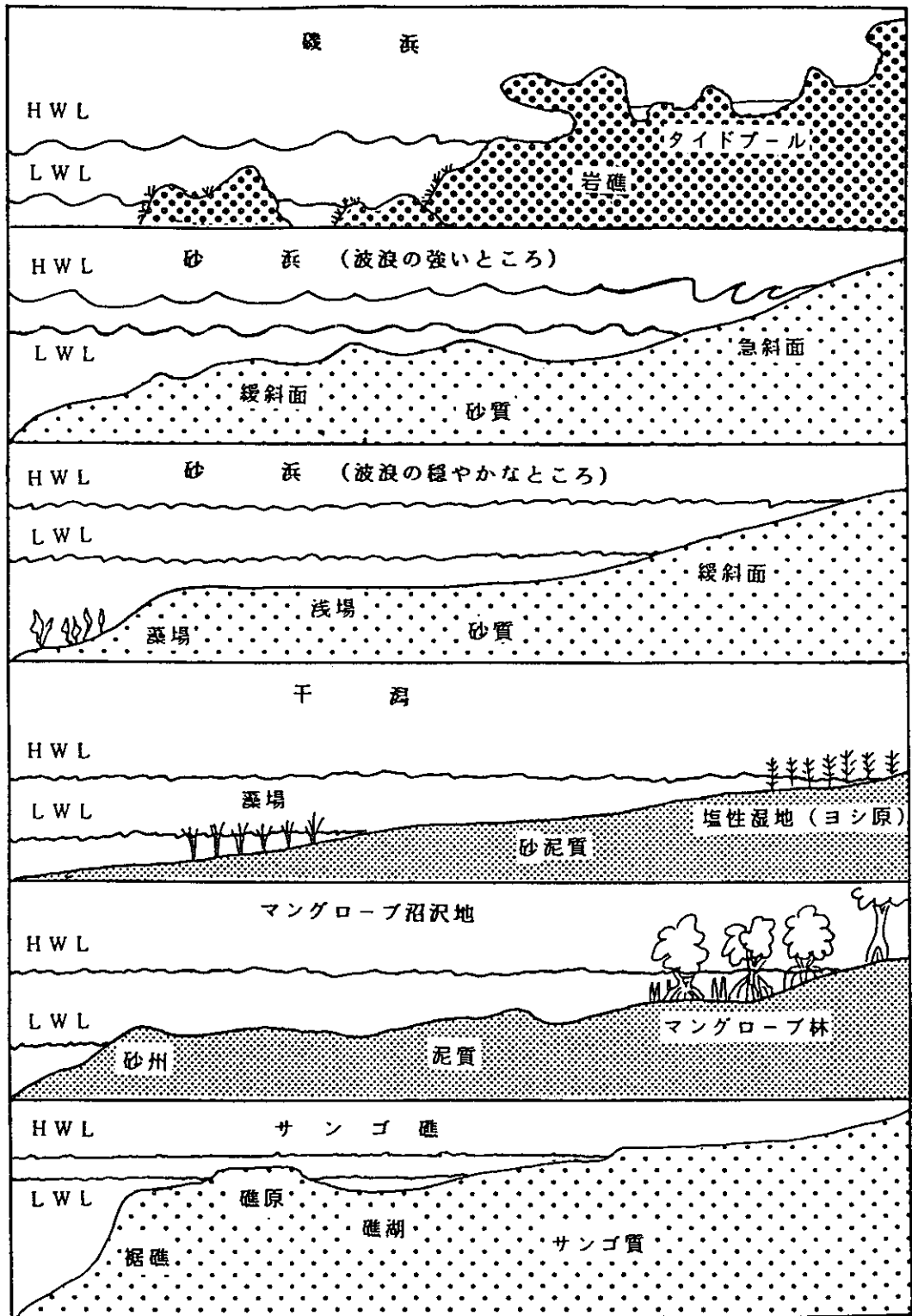


図-5 潮間帯の帯状構造 (大槻、1994)

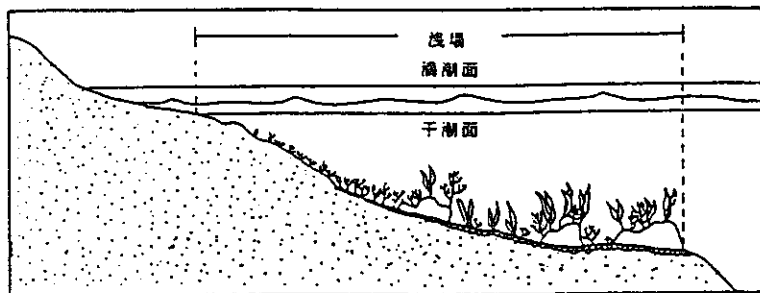


図-6 浅場と藻場

② 風や波浪の穏やかな砂浜

内湾に面した砂浜等では、一般に風や波浪は穏やかで、勾配も緩やかであり、浅場（水深3～4mから7～8m程度）の面積も広い。そのため河口付近では図-6に示すように、浅場は、アサリ等貝類の生育場あるいはボラ、スズキ等魚類やエビ、カニ等甲殻類幼稚子の重要な保育の場所となっている。動物は掘った孔中に生息するものが大部分であるが、砂浜表面に定着する動・植物は外洋に面した砂浜よりは多く、浅場におけるバイオマスも大きく、浅場のカタには各種の成魚も蛸集して、良い漁場となっている。

6. 予測・評価手法の検討

ある人為的要素や自然環境の遷移によって、現在の生物群種が、将来の時点でのどのように変わるのかを明らかにすることは、今後のミティゲーション手法の目標の設定の為や、整備を行

う上で重要であり、ミティゲーションプランに求められる目的となる。

しかし、直接的に生物群集の変化を予測することは現在の状態ではその手法は確立されているとはいえない。そこで、本研究では、「場の成立要因」と「生物群集」とに一定の因果関係があるものと想定して、整備行為や自然現象により「場の成立要因」がどのように変化するかを予測することにより、この「生物群集の変化」を間接的に予測することが望ましいと考えた。

場の成立要因と生物群衆との明らかな因果関係については、今後多方面での調査・研究の結果を待つこととなるが、実際には一定の手法を試行することによりデータの蓄積と手法の確立を行うことが肝要であると考ええる。このような、試行を繰り返すことにより、より豊かな海岸線の創出が可能なミティゲーションの手法の確立が望まれるところである。

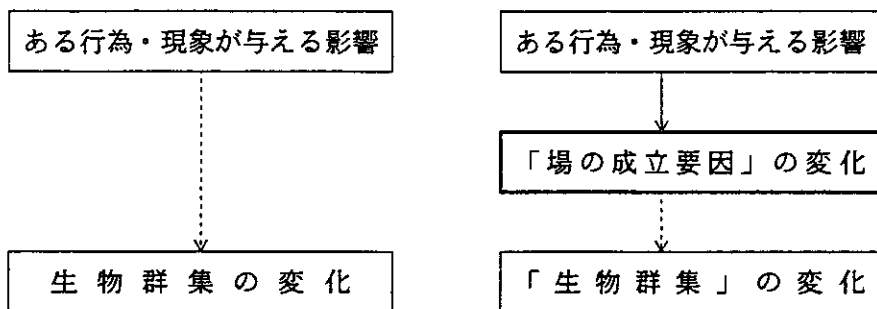


図-7

6.2 評価試案の策定

ここでは整備目標（場の区分等）のコンセンサスが得られたと仮定して、生態系の定義、場の定義と沿岸域の区分を検討し、“場”毎の評価試案を作成していく。ここで、評価試案策定の目的、目的別着眼点等を示せば以下に示す通りとなる。

評価試案については、生物学的に多々払拭しきれない疑問点を残すが、実行可能（調査費用や調査期間等を考慮して）な評価手法としては、各々以下に示す方向での評価が可能と考えられる。

◆目的

- 現状評価：現状における生物の豊かさの評価
- 将来予測評価：海岸保全整備（影響要素）により、場の成立要因がどのように変化し、生物の豊かさがどのように変化していくかの評価

◆着眼点

- 現状評価：生物調査結果をベースとして種類数の多さや現存量等に着目し、『生物』を評価する。この際には、藻類・プランクトン・魚類といった分類のカテゴリーでの、“場”毎の重みづけが必要となる。
- 将来予測評価：生物学的には、多くの解明されていない点があるものの、“生物の多様性”は、場の成立要因と深い因果関係にあるといえる。

そこで、場毎に『成立要因』をラフではあるが評価することで間接的に生物の豊かさを評価する。

◆評価結果

- 現状評価＝現状の『生物』の状況から直接評価
- 将来予測評価＝ $\frac{\text{将来の「成立要因」の変化予測結果}}{\text{現状の「成立要因」の評価}}$

今後の課題としては、生物学的アプローチにより、『生物』の評価基準に示す“場毎に異な

る重みづけ”の適正化と、場の成立要因と生物との因果関係の解明が必要となる。

そのためには、現状調査としても『成立要因』と『生物』との現状把握が必要であり、また海岸保全整備後においては『成立要因』と『生物』との関係のモニタリング調査が不可欠となる。

以上の基本的な考え方に基づいて、整備目標で区分した“場”毎の『成立要因』と『生物』との評価指標および評点基準の一例として「風や波浪の穏やかな砂浜」を示せば表-2のとおりとなる。

7. おわりに

これまで述べてきたように、ミティゲーションの概念そのものは、米国において始まったウエットランドの環境修復の手法である。しかも、どちらかという民間の開発行為を対象としており、もちろん公的施設についても適用されているがこれを日本の海岸整備に直ちに取り入れることはなじまないものである。それは、海岸の自然環境や水理条件の違い、社会における環境の価値感の相違などが考えられるためである。しかし、このような環境や生態系と共生を図っていくという考え方やその実現手法などについては学ぶべき点が多々あることは確かである。

今後は日本型のミティゲーションを発展させていくことが必要である。その中でも特に、調査に関しては、これまでの環境アセスメントとは異なり、ミティゲーションの調査は「場」の生態系が、そこで事業が行われることにより、無くなる物は何か、強い影響を受ける物は何か、全く影響を受けない物は何かを探り出す調査の方法論であり、これはこれまでの調査の概念とは異なる手法の確立が必要な事を示している。

それとともに、調査の結果を解析・評価するシステムについても米国においてはHEP等が改良されているように日本においても今回提案を試みてはいるものの、まだまだ多くの事例を

表-2 「評価指標および評点」

(風や波浪の穏やかな砂浜)

生物生息の場(場の成立要因)に係わる評価指標および評点

評価指標		評点(整備目標:浅場の保全)				重み付け	評点結果
		0点	1点	2点	3点		
海象	河川水(処理水)の流入	非常にあり	あり	余りなし	なし	2/5	
	波浪	非常にあり	あり	ややあり	余りなし		
	流速	非常に速い	速い	やや速い	遅い		
地形	閉鎖性(内湾度)	大・なし	小	やや小	中	2/5	
	勾配	急	やや急	やや緩やか	緩やか		
	前浜	微小	小	中	大		
	外浜	微小	小	中	大		
	浅場	微小	小	中	大		
水・底質	透明度(透過光量)	微小	小	中	大	1/5	
	D/O	少ない	やや多い	多い	非常に多い		
	栄養化の程度	過栄養	貧栄養	中栄養	富栄養		
	粒土組成(含泥率)	非常に高い	高い	低い	非常に低い		
平均							

生物に係わる評価指標および評点

評価指標		評点(整備目標:浅場の保全)				重み付け	評点結果	
		0点	1点	2点	3点			
海岸植生	種類	なし	少ない	中	多い	1/15		
	群落	なし	小	中	大			
藻場	種類	なし	少ない	中	多い	1/15		
	群落	なし	小	中	大			
プランクトン	種類	数種	少ない	中	多い	2/15		
	量	過多	少ない	中	多い			
魚類	卵・稚仔	種類	少ない	やや少ない	やや多い	多い	3/15	
		量	少ない	やや少ない	やや多い	多い		
	成魚	種類	少ない	やや少ない	やや多い	多い	2/15	
		量	少ない	やや少ない	やや多い	多い		
付着生物	種類	少ない	やや少ない	やや多い	多い	1/15		
	量	少ない	やや少ない	やや多い	多い			
底生生物	種類	少ない	やや少ない	やや多い	多い	2/15		
	個体数	少ない	やや少ない	やや多い	多い			
生物の多様性		小	中	やや大	大	1/15		
生物の活性		小	中	やや大	大	1/15		
希少種		少ない	やや少ない	やや多い	多い	1/15		
平均								

積み重ね試行錯誤を経た上で確立されるものであると考える。

又、ミティゲーションの概念を取り入れた沿岸域の整備は、環境（生態系）に対し共生をしていくというものであり、個別整備（各事業）においても環境修復とか、改善等の何らかの施策を導入することは必要である。このためには、今後以下のような課題が考えられる。

- ・各省庁の枠組みを乗り越えた計画論や整備手法が必要である。
- ・環境を重視した沿岸域利用指針や海岸環境計画の策定が必要である。
- ・これに関連し、今後は港湾区域や漁港区域の設定においては環境に配慮した協議を行っていくことも重要である。
- ・環境を測定する指標の設定は、沿岸域のパターン分類が明確にされ、その中で生物と物理的条件の因果関係や構造が解明されなければならない。現段階ではここまでの技術的知見も学術的議論もなされていないようであり、今後の検討が必要である。
- ・そのため、生態系調査の試験施行やその結果の研究がなされなければならない。
- ・整備主体が最終管理者主体となるのか、管理者が異なる場合にはどのような形でミティゲーションのモニタリングを継続するか、これらを明確にすること。
- ・社会的な要請や海岸生態的見地なに基づく適正なモニタリングの期間の設定が必要であること。
- ・これまでの環境対策はいわば貴重種といわれているもののみの対応型の事業だったが、今後は調査における指標種や生物と物理的環境の双方からの方向へ整備手法を持っていくことが必要である。
- ・要素技術の複合化の方向性の検討が必要である。

<参考文献>

- * 1 建設省土木研究所資料 平成4年3月
- * 2 地球環境白書 1993年版
- * 3 土木学会 海岸工学論文集 1993年版
- * 4 ミティゲーションセミナー資料 1993年版
- * 5 築地書館 海の生態学
- * 6 建設省 環境政策大綱 1994年
- * 7 朝倉書店 海岸の環境創造