

# 砂浜海岸生態系の環境影響評価に関する基本的な検討

蔣 勤<sup>1</sup>・福濱方哉<sup>2</sup>・加藤史訓<sup>3</sup>

海岸法改正に伴って、防護・環境・利用のバランスのとれた「自然共生型海岸づくり」を進めて行くにあたり、海岸事業による生態系への影響を分かりやすく評価・予測する手法の確立が求められている。本研究では、海岸事業による砂浜海岸生態系への影響評価手法の体系化を目的とし、国土交通省河川局所管の直轄海岸等の環境調査データを整理・分析し、海岸保全施設の整備が環境に与える影響を評価するために必要となる代表生物の選定基準と、その生物の生息・生育に支配的な環境影響因子の抽出、及び抽出した影響因子を用いた生物生息地環境評価・予測の手法について検討を行った。

## 1. はじめに

海岸保全施設整備は、海岸の津波・高潮、海岸侵食からの被害の防護の観点から続けられてきたが、平成 11 年に改正された海岸法で謳われているように、海岸環境の整備と保全を図るにあたり、海岸事業による生態系への影響を分かりやすく評価・予測するための技術が必要である。特に、海岸保全施設の整備が海岸の生態環境に与える影響を把握するためには、適切な代表生物の選定や、生物生息環境変化の定量的な評価が不可欠であり、手法の確立が必要である。

本研究では、海岸事業による砂浜海岸生態系への影響評価手法の体系化を目的とし、直轄海岸等の環境調査データを整理・分析し、評価対象とする代表生物・生物群集の選定手法と、その生物の生息・生育に支配的な環境影響因子の抽出、及び抽出した影響因子を用いた影響評価・予測の手法について検討を行う。

## 2. 砂浜海岸の生物分布及び生息特性

### (1) 一般的な砂浜海岸の生態系模式図

砂浜海岸の生物・生態系への影響評価を行うにあたっては、生息する生物の生態的特徴や分布状況、及びその生息・生育に必要な条件等への理解が重要である。

本研究では、砂浜海岸に生息する主な生物種とその生息形態、生息場所の特徴に着目し、海岸生物や生態系に関する既往の文献調査資料及び一般的な知見をもとに、図-1 に示したように、「砂丘」、「後浜」、「前浜」、「外浜」及び「沖浜」の地形や外力特性を考慮した一般的な砂浜海岸の生態系模式図を描いた。また、河川局が直轄で整備している東播海岸等 11 の海岸 (図-2) での環境調査データを用い、各海岸における生物の生息状況を生

息場所ごとに整理し、模式図の検証ならびに具体的な生息種や生息状況の整理を行った。表-1 は伊勢湾西南海岸における主な生物分布の一例を示す。

### (2) 砂浜海岸の生物分布及び生息特性

日本列島は、亜熱帯から亜寒帯に渡る長大な海岸線を持っており、砂浜海岸は日本の海岸線の多くの部分を占めている。砂浜海岸に生息する生物は、対象海岸の地理的特徴や立地条件等によって種のレベルでは異なっているものの、鳥類、魚類、底生生物などの生物群 (生物グループ) ごとに見れば、「砂丘」、「後浜」、「前浜」、「外浜」及び「沖浜」のそれぞれの特徴に応じて棲み分け、以下のような生息特性が挙げられる。

海浜植物は、後浜から内陸側に生育し、風による砂の動きや、砂中の水分・塩分等の条件により、種ごとに適した地盤高に帯状に分布する。

海藻類は、主に外浜に生息する。波浪の影響の強い海岸には大型水生植物は生育しないが、静穏で基盤が安定した海域では、潮間帯から潮下帯までの砂泥底に、アマモ、コアマモ等の海草が生育し、アマモ場が形成される。

プランクトンは沖浜から前浜までの広い海域に生息する。また、植物プランクトンは、主に底生性と浮遊性のケイ藻類から構成され、動物プランクトンは、主にかい脚類、アミ類等の甲殻類で構成されている。

底生生物は、砂浜海岸の全領域に渡って生息する。砂中に巣穴を掘って生息するスナガニ類、寄せ波や引き波に乗って移動・自由生活をするフジノハナガイ類、砂中に定位、埋在する二枚貝類、間隙生物等が含まれる。

魚類は、稚魚期を外浜のいそ波帯付近で過ごし、成長に伴って沖合等に移動するヒラメなど、また、一生を海岸で過ごすシロギス、ハゼ類などが挙げられる。

ウミガメ類は、主に春から夏までの間に産卵のために、砂浜に上陸する。砂浜に構造物や流木などの障害物があると迂回行動をとり、産卵をせずに降海する場合もある。また、騒音や人工的な光を嫌う特性がある。

砂浜海岸で見られる鳥類の多くは渡り鳥として飛来する。前浜から沖浜は、シギ・チドリ類などカモメ類など

1 正会員 工博 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 研究官  
2 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長  
3 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 主任研究官

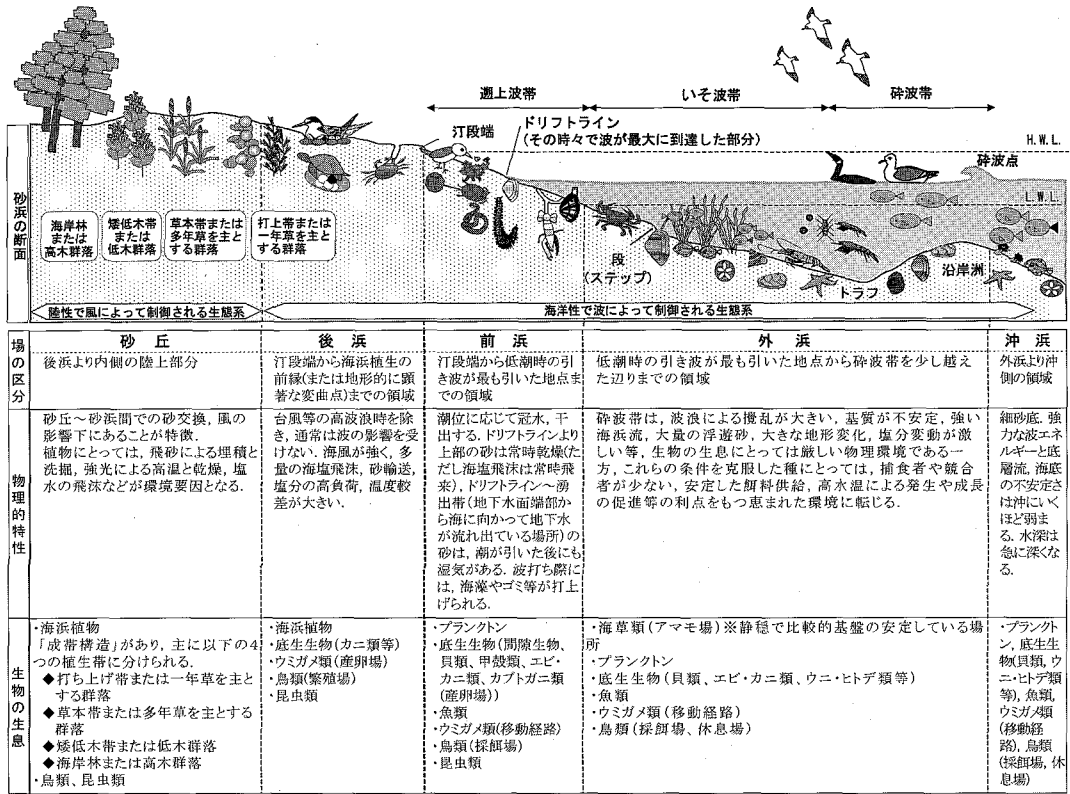


図-1 一般的な砂浜海岸の生態系模式図

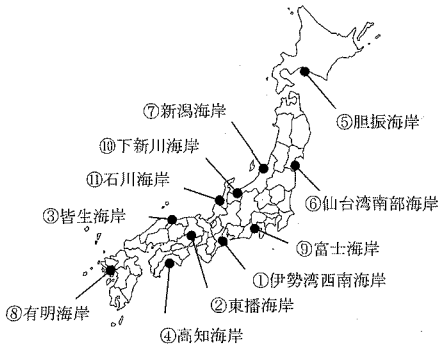


図-2 調査対象となる直轄海岸

表-1 伊勢湾西南海岸における主な生物分布例

生物群	後浜	前浜	外浜
海鳥類	●ハマボウフウ ●アイアシ	—	—
海藻類	—	—	※アマモ場
底生生物	○オホホシ ○Talarchestia sp.	○△シロギス科 ○△シロギス ○△マテガイ ○△マテガイ ○Glycera sp. ○Nephtys sp.	○△シロギス科 △マテガイ ○Glycera sp. ○Nephtys sp.
魚類	—	○△シロギス ○△シロギス ○△シラウオ	○△シロギス △シラウオ ○△シラウオ
ウミガメ類	●アカウミガメ	—	—
鳥類	●ホドリ ●ハヤブサ ●ゴソウ ●ミサゴ ●カクキ	○ハマシギ ●シロチドリ ●コアジサシ	○カワウ ○セウ ●コアジサシ

「凡例」●:希少・貴重 ○:優占種 △:有用種 ※:その他特有用種 —:調査なし

の採餌場となり, 後浜の砂礫地はコアジサシなどの産卵場となっている。

### 3. 海岸事業によるインパクト・レスポンスの考察

海岸事業によって影響されやすい生物や環境影響因子を抽出するため, 離岸堤・人工リーフ, 突堤・ヘッドランド, 堤防・護岸及び養浜など海岸保全施設の種類別にインパクト・レスポンス模式図の再構築を試みた。

従来のインパクト・レスポンスフローは, 工事等によ

る物理環境変化(インパクト)が生物やその生息環境に与える影響(レスポンス)を伝搬経路(フロー)で網羅的に整理する手法であり, 主に河川環境を対象として開発された手法である。目黒ら(2005)が砂浜に海岸保全施設が設置した場合の生態系への影響についてインパクト・レスポンスフローで整理を行ったが, 因果関係が明白でないものや, 生じうる確率の低い変化も含んでいた。

本研究では, 海岸事業の調査事例や食物連鎖関係に基づき, 事業によって実際に生じたことが報告されている生物の変化を表-2のように整理し, それをもとに個別

な生物種の代わりに生物群を対象として代表的な変化についてインパクト・レスポンス図の構築を検討した。また、インパクトとレスポンスの位置関係が識別できるように、平面模式図と断面模式図上に描いた。

図-3は砂浜海岸に離岸堤・人工リーフが設置した場合のインパクト・レスポンス平面模式図の一例である。例えば、設置場所の海底を生息している底生生物が構造物によって影響されることが本模式図より判明できる。網羅的な従来のインパクト・レスポンスフローと比べて、事業によって影響されやすい生物群、影響因子、影響範囲、影響内容及びその位置関係を容易に識別できる。

#### 4. 代表生物・生物群集の選定手法

##### (1) 代表生物の選定基準

生態系への影響の評価においては、生息・生育する生

表-2 離岸堤・人工リーフの設置による影響事例

No.	生物群	変化の内容	場所	影響因子	事例
1	付着生物	基盤の出現による付着生物の出現	外浜(構造物)	基盤出現	高知海岸 吉田浜海岸 駿河海岸 胆振海岸 下新川海岸
2	岩礁性魚介類	基盤の出現による岩礁性魚介類の出現	外浜(構造物)	基盤出現	高知海岸 吉田浜海岸 駿河海岸 胆振海岸
3	底生生物、海藻類	砂堆の海底の一部消失による底生生物、海藻類の消失	外浜(構造物設置場所)	空間消失	-
4	底生生物	背後の砂の動きの減少による底生生物の定住しやすさの向上	外浜(構造物背後)	砂の動き	高知海岸 胆振海岸 下新川海岸 胆振海岸
5	海藻類	背後の砂の動きの減少による海藻類の生育の安定向上	外浜(構造物背後)	砂の動き	興津海岸
6	底生生物	底質の変化による底生生物の種組成の変化	外浜(構造物周辺)	底質	高知海岸 胆振海岸
7	底生生物、魚類	渦流の発生による物質(幼生、餌生物)の集積	外浜(構造物周辺)	流れ	高知海岸 吉田浜海岸 胆振海岸
8	ウミガメ類	障害物の出現によるウミガメ類の接岸阻害	外浜(構造物設置場所)	経路	一ツ葉海岸
9	ウミガメ類	海浜流の変化によるウミガメ類の接岸阻害	外浜(構造物上)	流れ	一ツ葉海岸 蘆生田海岸
10	ウミガメ類	開口部の急勾配化によるウミガメ類の上陸阻害	前浜～後浜(開口部)	勾配	一ツ葉海岸
11	ウミガメ類	砂の堆積によるウミガメ類産卵場の形成	後浜	砂の堆積	蘆生田海岸

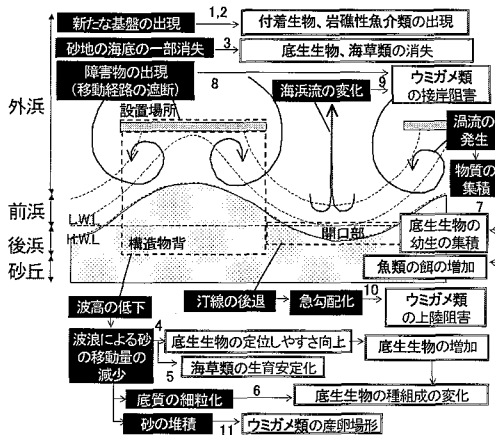


図-3 離岸堤・人工リーフの設置に伴うインパクト・レスポンスの平面模式図

物種すべての調査は現実には困難であり、評価対象とする代表生物・生物群集の選定が必要とされる。従来の環境影響評価における代表生物(評価対象種)は、種の希少性や地域の生態系の特性からみて選定されるのが一般的であるが、対象域の生物種や生態系の特性があらかじめ十分に把握されていることが前提であり、詳細な現況調査や生態系の特性分析が要求される。これに対して、海岸事業は波浪の低減など物理環境そのものを制御する目的で行われる場合が多く、環境変化の内容は施設の種類ごとに体系づけられ、それに伴う生物の応答も施設の種類に応じて整理することが可能である。

そこで、本研究では、インパクト・レスポンス関係に基づき、施設の種類や設置場所から見て影響の及びやすい生物群や影響範囲をあらかじめ抽出し、限定された生物群を影響範囲内で詳細に調査することで、代表生物を簡易かつ効果的に選定する方法を提案した。また、対象海岸の代表生物の選定において、生態系の変化特性及び地域住民や関係者に理解されやすい観点から、a) 海岸事業により影響されやすい生物種のうち、b) 社会的に注目される生物種(学術上または希少性の観点から重要な種、地域で親しまれる種、水産上の有用種など)を代表生物として選ぶ。

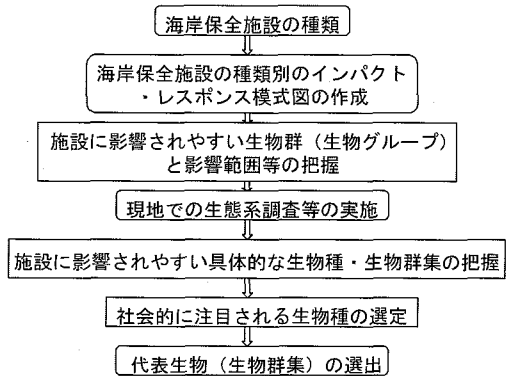


図-4 代表生物の選定手順

##### (2) 代表生物の選定手順

代表生物の選定手順は図-4に示す。選定において、a) 海岸保全施設種別のインパクト・レスポンス図に基づく影響されやすい生物群と影響範囲の把握：事業によって生じる環境変化を想定し、どの範囲内でどのような生物群が影響されやすいかを概略的に把握する。b) 現地調査等による具体的な生息種の把握：a)で抽出した影響されやすい生物群について、想定される影響範囲を中心に調査し、生息する生物やその生息状況を種レベルで具体的に把握する。c) 社会的に注目される種の選定(代表生物の選定)：b)で把握した影響されやすい生物種のうち、社会的に注目される種を選定して代表生物とする。

表-3 伊勢湾西南海岸大淀地区における代表生物の選定例

影響されやすい生物	施設	影響の観点		
		離岸堤・人工リーフ	突堤・ヘッドランド	養浜
底生生物・海藻類	影響範囲	設置場所、設置場所の背後 (前浜～外浜)	設置場所 (前浜～外浜)	養浜場所とその周辺 (砂の移動、流出が想定される範囲) (前浜)
	影響されやすい生物種	バカガイ科 マテガイ* Glycera sp. (ゴカイ類) Nephtys sp. (ゴカイ類) スゴカイイソメ ミズヒキゴカイ アマモ**	バカガイ科 マテガイ* Glycera sp. (ゴカイ類) Nephtys sp. (ゴカイ類) スゴカイイソメ ミズヒキゴカイ アマモ**	バカガイ科 マテガイ* Glycera sp. (ゴカイ類) スゴカイイソメ ミズヒキゴカイ
鳥類 (底生生物を餌とする種)	影響範囲	設置場所、設置場所の背後 (前浜～外浜)	設置場所 (前浜～外浜)	養浜場所とその周辺 (前浜)
	影響されやすい生物種	シロチドリ*、ハマシギ	シロチドリ*、ハマシギ	シロチドリ*、ハマシギ
魚類 (底生生物を餌とする種、海藻藻場に生息する種)	影響範囲	設置場所、設置場所の背後 (前浜～外浜)	設置場所 (前浜～外浜)	養浜場所とその周辺 (前浜)
	影響されやすい生物種	シロギス*	シロギス*	シロギス*
ウミガメ類	影響範囲	設置場所の沖から後浜	設置場所の沖から後浜	養浜場所
	影響されやすい生物種	アカウミガメ*	アカウミガメ*	アカウミガメ*
養殖ノリ	影響範囲	-	-	養浜場所前面 養殖ノリ**

□:代表生物として選定した種 (選定の観点: \*希少・貴重種, \*\*水産有用種, \*\*\*地域で親しまれる種)  
注) 離岸堤 (人工リーフ) は外浜, 突堤 (ヘッドランド) は前浜から外浜に設置, 養浜は前浜で行うことを想定した。

また、本選定法を用いて、環境調査で得られた直轄海岸での生物相をもとに、実際の代表生物の選定を検討した。表-3は伊勢湾西南海岸大淀地区において海岸事業を行う場合に代表生物を選定した例である。

5. 生物生息・生育に支配的な影響因子の抽出

海岸域の生物は、波浪、流れ、地形、底質、水質など様々な環境因子から直接、間接に作用を受けて生息している。選定した代表生物を用いた評価・予測においては、これらのうち対象生物の生息に最も「支配的な影響因子」を選定し、その変化を予測することによって、生物への影響を効果的に評価できる。

生物の変化は、その生物が要求される物理的・化学的・生物的環境因子の変化によって引き起こされる。本研究では、支配的な影響因子が、a) 事業に伴って変化し、生物の直接的な変化要因になりうること、またb) 生物の生態や生息条件と密接に関連していることという2つの条件を満たす必要があると考えた。そこで、前述したインパクト・レスポンス模式図をもとに、離岸堤やヘッドランド等の海岸保全施設の種別に、対象生物の生息・生育に要求される様々な環境因子から、海岸事業による生物変化に最も支配的な環境影響因子の抽出について検討を行った。表-4は離岸堤・人工リーフによる支配的な影響因子の一例である。

表-4 離岸堤・人工リーフによる支配的な環境影響因子

対象生物	支配的因子	事業による影響内容		生物の生息・生息条件との関係
		影響の内容	影響範囲	
底生生物	生息空間	設置による消失	設置場所	-
	砂の動き	砂の動きの減少、底質変化による種組成や生息密度の変化	設置場所の背後	砂の動きが少なくなると、砂中に定住して生活する種は生息しやすくなる。 通じた底質は種ごとに異なるため、底質変化は種組成の変化要因になる。
	底質	流れ	潮流の発生による幼生の集積	設置場所の周辺
海藻類	生育空間	設置による消失	設置場所	-
	砂の動き	砂の動きの減少による生育の安定	設置場所の背後	砂の動きが少なくなると、根の露出等が生じにくくなり、生育が安定する。
鳥類	餌量 (底生生物)	餌量 (底生生物) の変化に伴う生息状況の変化	設置場所とその周辺	餌量が少なくなると、餌場としての価値が低下する。
魚類	流れ	潮流の発生に伴う生息状況の変化 (プランクトン等) の集積	設置場所の周辺	潮流が発生すると、餌となるプランクトン等が集積されやすくなる。
	餌量 (底生生物)	餌量 (底生生物) の変化に伴う生息状況の変化	設置場所とその周辺	餌量が少なくなると、餌場としての価値が低下する。
魚類 (深場に生息する種)	海藻類の分布	海藻類の変化に伴う生息状況の変化	設置場所、設置場所の背後	海藻類の分布が縮小したり密度が低下すると、隠れ場や餌場としての価値が低下する。
	ウミガメ類	接岸経路	構造物の出現や海浜流の変化による接岸阻害	構造物の出現は接岸経路の分断要因になる。 離岸流等の発生により、接岸 (選泳) が阻害される。
ウミガメ類	流れ	急勾配化による上陸阻害	開口部の汀線付近	選った上陸するため、汀線付近が急勾配化すると上陸しにくくなる。
	勾配	急勾配化による上陸阻害	開口部の汀線付近	選った上陸するため、汀線付近が急勾配化すると上陸しにくくなる。
	砂の堆積	砂の堆積による産卵場の形成	設置場所背後の後浜	これまで底質 (粒径、砂厚) が適さず産卵できなかった場所に、砂の堆積が促進されると、新たな産卵場となる。

6. HEP法を用いた環境影響評価実験

HEP (Habitat Evaluation Procedure) は、選定した生物種の生息地環境の適性を生息環境適性度 (Habitat Suitability Index, HSI) という指標で表し、この HSI に生息地の面積を乗じて得るハビタットユニット (Habitat Unit, HU) と呼ぶ数値を指標として、対象種が利用できる生息域を質的、量的に評価する手法である。HEPでは、現況と将来におけるハビタットユニット (HU) を求めることにより、対象生物の生息環境変化の規模を定量的に評価する。

海岸保全施設による生物生息環境の変化に関する定量的な評価手法の適否を検討するため、U.S. Fish and Wildlife Service (1980) の HEP 法により、伊勢湾西南海岸大淀地区に養浜事業を行う場合を想定し、アカウミガメの上陸・産卵への影響について定量評価のケース・スタディを行った。

図-5は計算条件と影響評価の結果を示す。養浜によって、アカウミガメの産卵に対して HU の値は現況 12.8 に対して 28.8 となり、砂浜の面積の拡大や地盤高の改善でこの地区は母ウミガメの産卵場として好ましい環境になると推定され、合理的な結果が得られた。

7. 主な結論及び今後の課題

海岸事業が砂浜海岸生態系に与える影響の評価において、今回提案した代表生物の選定手法及び生物生息に支配的な影響因子の抽出手法は有効であることが示された。

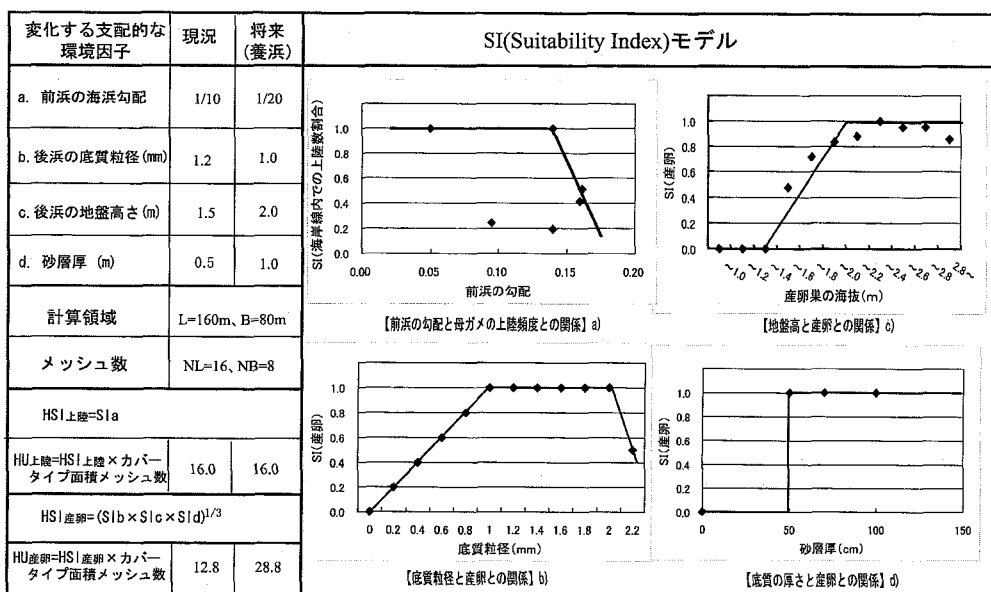


図-5 養浜事業によるアカウミガメの上陸・産卵への影響評価

また、直轄海岸を対象とした具体的な選出手順の検証や HEP 法を用いた環境評価実験結果から、定量的な砂浜生態環境の影響評価に向けて評価手法が整理されたと評価できる。なお、定量に評価・予測する手法を環境影響評価の実務に適用するには、次の課題が考えられる。

(1) 海岸生物の生態特性及び環境変化との関係に関する情報基盤の整備：生物の評価・予測を行うにあたっては、生物の生態特性や環境変化との関係に関する情報が必要である。水産有用種や希少種等についてはそれらの情報についてのデータベース化が図られているが、海岸生物については十分な情報の整備がなされていない。今後、海岸事業による影響評価を効率良く行い、精度を高めるためには、海岸環境の調査データを蓄積し、海岸生物の種ごとの生態特性や環境変化との関係に関する情報基盤を整備していくことが重要と考えられる。

(2) 複数影響因子による影響の統合化に関する考え方の整理：複数の環境影響因子の変化が生物に影響する場合、各環境影響因子による影響を統合する必要がある。本研究のケーススタディに用いた HEP では、限られた種に関して複数の環境影響因子の変化を統合化する手法が示されているが、海岸生物においてはほとんど知見が得られていない。今後、海岸生物に対する影響を定量的に評価するにあたっては、複数の環境影響因子の変化による影響を統合化するための知見の整理や方法の検討を行う必要があると考えられる。

(3) 生物の生息に即した物理的影響因子の予測手法の整備：海岸事業による生物への影響を評価・予測するには、事業により一次的に生じる物理的影響因子の予測が

前提となるが、物理的影響因子の変化が生物にとって具体的にどのような生息環境の変化をもたらすかによって、予測する条件、時期、項目、手法が異なる。物理的影響因子の予測についてはこれまで汎用性の高いモデルの開発が行われているが、海岸生物の特性に応じた予測手法の整備が必要と考えられる。

謝辞：本研究を実施するにあたって、国土環境（株）佐藤隆氏らに協力して頂いた。また、国土交通省直轄海岸の事務所の方々より調査資料を頂いた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

建設省河川局防災・海岸課海岸室 (1995)：海岸域生物環境調査マニュアル (試行案), 161p.  
 (社) 全国海岸協会 (2003)：自然共生型海岸づくりの進め方。国土交通省河川局砂防保全課海岸室 監修, 73p.  
 須田有輔・早川康博訳 (2002) (原著者 A.C.Brown and A.McLachlan (1990))：砂浜海岸の生態学, 東海大学出版会, 427p.  
 清野聡子・宇多高明・佐藤慎司・鳥居謙一・加藤史訓・笹田俊治・丸山 準 (2004)：自然共生型海岸づくりにおける希少生物生息地の生態工学的保全手法, 海岸工学論文集, 第 51 巻, pp. 1341-1345.  
 目黒嗣樹・加藤史訓・福濱方哉 (2005)：生態系の概念にもとづくインパクト・レスポンスフローを活用した海岸環境調査の提案, 海洋開発論文集, 第 21 巻, pp. 235-240.  
 渡辺国広・清野聡子・宇多高明 (2002)：アカウミガメの産卵行動に影響を及ぼす前浜地形と海浜流の特性, 海岸工学論文集, 第 49 巻, pp. 1151-1155.  
 U.S. Fish and Wildlife Service, Division of Ecological Services (1980)：Habitat Evaluation Procedures, <http://www.fws.gov/policy/esmindex.html>, 参照 2006-06-29.