

# 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

STUDY ON PLANNING ENVIRONMENTAL SURVEY WITH IMPACT-  
RESPONSE FLOW DIAGRAM INCLUDING ECOSYSTEM CONCEPT

目黒嗣樹<sup>1</sup>・加藤史訓<sup>2</sup>・福濱方哉<sup>2</sup>

Hideki MEGURO, Fuminori KATO and Masaya FUKUHAMA

<sup>1</sup>正会員 修(工) 国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究室(元海岸研究室)  
(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

<sup>2</sup>正会員 工修 国土交通省国土技術政策総合研究所海岸研究室(〒305-0804 茨城県つくば市旭1番地)

It is important in shore protection works to consider how to make it harmonize with the natural environment of coastal areas. It is also pointed out that in coastal management there is a necessity of incorporating a concept of ecosystem. Here we conducted a study about what impact can be expected as a result of constructing shore protection facilities. Based on that study, this paper examines the current survey plan and discusses what aspects to be more focused or intensified in coastal environment survey.

*Key Words : sandy beach, ecosystem, impact-response flow diagram, coastal management, shore protection works*

## 1. はじめに

平成11年の海岸法改正により、「海岸環境の整備と保全」が海岸法の目的に追加された。しかし、実際に事業を進めていく段階では、防護・利用・環境の相互間でのトレードオフの問題や、自然環境に配慮した海岸整備を進めていくための技術的知見の不足などが問題となっている。

一方、砂浜には特有の生物が生息しており、砂浜自体も水質浄化機能を有する。このため、砂浜の環境的価値が認識されるようになり、海岸保全施設が生態系に与える影響を把握しておくことが重要となっている。

昨今では、海岸事業におけるアダプティブ・マネジメント(順応的管理)の考え方が提示され<sup>1)</sup>、保全計画の策定、事業実施の際に海岸保全施設と周辺の海岸環境や生態系との関連を把握することは、ますます重要となっている。しかし、海岸の生態系は、解明されていないことが多く、それを解明するための実測データは、絶対的に不足している。

また、海岸事業の計画および実施における生物への配

慮は、貴重種や水産有用種の生態について着目することが多く、海岸域の生態系保全の観点からは、これまで限定的であったと考えられる<sup>2)</sup>。

そこで、本研究では、まず、アダプティブ・マネジメントにおける海岸づくりを念頭において海岸環境変化の予測手法及び評価手法について整理するとともに、砂浜海岸に海岸保全施設を設置した場合の生態系への影響についてインパクト・レスポンスの整理を行った。これらの整理を踏まえて砂浜海岸の環境管理に向けた調査の重点化事項や調査計画について考察した。

## 2. 既往の環境変化の予測・評価手法の整理

### (1) 環境変化の予測手法

海岸保全施設設置が生物に与える影響について、アダプティブ・マネジメントによる海岸づくりへの適用を念頭において、既往の海岸環境変化の予測手法および評価手法を整理した。変化の時空間スケールにあわせて整理した物理変化の予測手法を表-1に示す。

波浪変形、地形変化、流況変化については、比較的モ

デルの完成度が高いと言われているが、底質については経験式を介在させる点で汎用性の高いモデルは、まだ開発されていない。水質予測手法については、拡散による物質の動きを予測する場合は汎用性が高いと判断されるものもある。

生物変化予測手法は、[1]地形や流れなどの物理変化を予測して生息条件を予測するもの、[2]生物相の情報データベースを作成し環境変化による生物相の出現割合を予測するもの(土研モデル<sup>3)</sup>)、将来の予測物理的環境条件と生物の生息範囲を図示して予測するもの(マッピングなど)、[3]HEPやニューラルネットワークのように生物量を定量的に予測するものなどがある。

[1][2]は定性的な予測を行うモデルであり、[3]は定量的な予測を行うモデルであるが、まだ試行的段階である。つまり、汎用性の高い生物変化予測モデルは、まだ開発されていない。したがって、現状ではモニタリングによる検証と組み合わせて活用する必要がある。

アダプティブ・マネジメントにおける環境変化評価は、計画・設計・施工・維持管理という事業の各段階においてフィードバックの必要性を判断するための根拠となる。また、フィードバックのために原因を追求し対応策へ活用するために行うものである。評価結果を表現する方法として既往の評価手法を表-2に整理した。

これらの手法は、現場の知見の集積によってその使い勝手や信頼性・精度が変わってくるため、現状ではまだ汎用性が高い手法ではない。また、評価を行うためには、明確な評価項目と目標の設定が必要であり、その項目・目標設定に適応したモニタリングを計画・実施することが重要である。また、モニタリング結果は当該場所の評価にだけでなく、海岸環境の知見蓄積に貢献するものであるから、可能な限りモニタリング調査を実施することは、今後の海岸づくりにも望ましいと考えられる。

### 3. 物理的環境変化と生物変化の整理

海岸保全施設設置による物理的環境変化が生物に与える変化について事例報告があるものや、解明に向けた調査・研究が実施され、文献への掲載が確認できたものを整理した。波・流れと生物との関係、および地形・底質と生物との関係について、それぞれ、表-3、表-4のように整理した。特に、以下の点についての事例、調査や研究が不足していることが明らかとなった。

- [1]流れの強さ(流速など)と生物分布との関係
- [2]底質の粗砂化や細粒化などの変化量と生物との関係
- [3]特定の生物(アサリ等)以外の底生生物と水深、海浜勾配との関係

### 4. 砂浜環境の特徴の整理

#### (1) 砂浜環境の概要

砂浜海岸では波浪による砂の移動が激しく、水中にお

いては表在性の生物の生息は困難である。また、砂の移動性がある程度以上大きくなると砂中の底生生物の生息も困難になる<sup>4)</sup>。また、侵食域が伝播するなど広域的な地形変動を伴う場合があり、生物の環境が広域で経年的に変化している海岸もある。

その他、外海性砂浜域においても1次生産が高い可能性が指摘されており、アマモ場や干潟のみならず砂浜海岸の碎波帯内にも多くの稚仔魚が出現し、同域は沿岸魚類の保育場として重要な機能を果たしているのではないかと考えられている<sup>5)</sup>。魚類は底生性の種類が大半を占め、回遊魚はほとんど見られない<sup>6)</sup>。

#### (2) 砂浜生態系における食物連鎖

図鑑などに特定の生物(主に魚類と鳥類)についての生活史や餌の情報を得ることができるものの、その数は少なく、ほとんどの生物について、情報を得ることが困難であった。ここでは、図鑑、図書(主に、「砂浜の生態学<sup>7)</sup>」、「沿岸の環境圏<sup>8)</sup>」)より得ることができた断片的な内容を表-3に整理した。生物を専門にしている研究者と連携するなどして情報収集し、生態系の観点からの情報を総合化することが今後の課題である。

表-1 物理変化の予測手法

項目	予測内容	予測の時間スケール		予測手法	変化の影響を受ける生物等
		時間スケール 期間	空間スケール 条件等		
波浪	砂浜幅と砂浜勾配の変化に伴う波の打ち上げ高変化	～数日	高波浪時 事業区域(主に構造物背後)	うちあげ高の予測式 改良欣慰勾配法など (砂浜幅・砂浜勾配の変化は等深線位置の変化から把握)	鳥類、海浜植物
	波浪の変化	設置時、地形変化に応じて	季節変化 高波浪時 事業区域	エネルギー平衡方程式 放物型波動方程式 ブシネスク方程式 緩勾配方程式	(主に地形変化・底質変化の計算条件に使用)
地形 (沖浜含む)	汀線位置の変化	～数年	季節変化 周辺海域	汀線変化モデル 等深線変化モデル	鳥類、海浜植物、ウミガメ
	海浜地形(沖浜含む)	～数年	季節変化 事業区域(主に構造物周辺)	3次元地形変化モデル (長期予測モデル、3D-SHORE)	アマモ、カブトガニ、底生生物
	堆積侵食量の変化	～数日	高波浪時 事業区域(主に構造物周辺)	3次元地形変化モデル (長期予測モデル)	アマモ、付着生物
底質	粒度組成の変化	～数年	季節変化 事業区域(主に構造物周辺)	混合粒径の汀線変化モデル	アマモ、ウミガメ、底生生物
	底面せん断力・シールズ数の変化	～数日	高波浪時 平常時 事業区域(主に構造物周辺)	底面せん断力 シールズ数の算定	アマモ、カブトガニ、底生生物、魚類
流況	海浜流の変化	設置時	高波浪時 平常時 周辺海域	海浜流モデル (平均2次元モデル)	底生生物、付着生物
	潮流の変化	設置時	-	潮流モデル (多層モデル)	養殖アリ、カブトガニ、付着生物、魚類
水質	懸濁物質の変化	～数年	高波浪時 平常時 周辺海域	移流拡散モデル (光量予測も必要)	アマモ、海藻

表-2 環境変化の評価手法

評価の方法に求める要件 / 評価の目的	種を評価する方法 (評価内容)	生物群集を評価する方法 (評価内容)
現状や目標(基準)に対する予測結果を定量的に比較することができる手法 / 現状(施工前・目標)と施工後の予測を比較 ・定量的評価	・HEP(生息場の適性) ・ニューラルネットワーク(生物量) ・生活史モデル(生物量)	・HEP(生息場の適性) ・土研モデル(種類数) ・BEST(生物量) ・IBI(生物多様性)
環境変化の方向性を把握できる手法 / 施工前と施工後の状況を比較 ・定性評価	-	・Tw(環境修復性) ・アメーバ法(生物量)
生物相が異なる場合にも評価できる手法 / 生物群集についての評価 ・新たな生息環境が創出される場合の評価	-	・HEP(生息場の適性) ・土研モデル(種類数) ・BEST(生物量)
評価結果に係る要因(原因)が追求できる方法 / 生息条件と生物の関係に基づく方法 ・生息条件で評価する方法	・HEP(生息場の適性) ・ニューラルネットワーク(生物量) ・生活史モデル(生物量)	・HEP(生息場の適性) ・土研モデル(種類数)

表-3 波浪・流れの変化が生物に与える影響

	物理的要因	影響を受ける生物等	インパクト・レスポンスの内容	事象の明確性
①	施設背後の静穏化	魚類・稚仔魚	離岸堤背後等に形成される静穏域に、遊泳能力の低い魚類・稚仔魚が集まり、生息場となる。	現地調査結果がとりまとめられており、調査事例は存在 <sup>9)</sup> する。
②	施設背後の静穏化	海藻・海草類	施設背後が静穏になることで、海草の種子が着底しやすくなる。	室内実験により検証されている <sup>10)</sup> 。構造物背後にアマモ場が形成した事例報告も多い。
③	潮流の発生による物質の集積	植物・動物プランクトン、底生生物、水中の有機物	離岸堤背後等に形成される潮流によって、プランクトンや魚卵が集積し、餌場となる。	潮流による物質の集積については、いくつか事例がある。ホッキ貝の稚貝 <sup>11)</sup> 、アラソリや魚卵の集積が確認されている。
④	海浜流（主に流速）の変化	植物・動物プランクトン、底生生物、水中の有機物	施設設置による流速場等の変化により、浮遊生物や底生生物等の生息環境が変化する。	底生生物の生息域が流速に依存することを示した事例 <sup>12)</sup> は存在する。
⑤	海浜流の変化	ウミガメ等の上陸生物	離岸流の発生、沿岸流の変化がウミガメの上陸を阻害する。	施設設置に伴って沿岸流の変化している海岸へのウミガメの上陸数が減少したという調査結果 <sup>13)</sup> が存在する。

表-4 地形・底質の変化が生物に与える影響

	物理的要因	影響を受ける生物等	インパクト・レスポンスの内容	事象の明確性
A	生物付着基盤の形成による変化	海藻類	付着基盤に海藻類が付着し、小規模な岩礁生態系が形成される。	比較的多くの調査結果があり（例えば明田ら <sup>14)</sup> ）、施設の設置後に生物の増加が報告されている。
B	生物付着基盤の形成による変化	付着動物・底生生物	付着基盤や空隙の出現により、岩礁性生物の生息場、産卵場になっている。	比較的多くの調査結果があり（例えば谷野ら <sup>15)</sup> ）、施設の設置後の生物の増加が報告されている。
C	施設設置に伴う砂地の一部喪失	海浜植物、上陸する海洋生物等	砂地の喪失に伴い、喪失場所に生息していた海草類の生息が困難になる。	生息基盤の喪失は明らかに生じ、結果が明確である。緩傾斜堤による植生帯喪失の事例 <sup>16)</sup> などがある。
D	施設設置に伴う砂地の一部喪失	底生生物、海藻等	砂地の喪失に伴い、喪失場所に生息していた底生生物の生息が困難になる。	生息基盤の喪失は明らかに生じ、結果が明確である。緩傾斜堤による底生生物の生息場所喪失の事例 <sup>16)</sup> などがある。
E	施設背後の静穏化に伴う底質の細粒化	懸濁有機物等	底質の細粒化により、懸濁有機物の量が増える。	水中の懸濁物質に関する調査結果はあるが、水質全般にわたって施設周辺の顕著な変化が認められていない <sup>17)</sup> 。
F	施設背後の静穏化に伴う底質の細粒化	海草、底生生物等	突堤工と人工リーフを組み合わせた人工海浜で底質が安定し、細粒化することでアマモ場が形成された。細粒化により底生生物に影響を与える。	松崎海岸（静岡県）、興津海岸（千葉県）で砂浜の安定化、細粒化により藻場が形成された報告がある。二枚貝の生息環境への影響による分布の変化の事例がある。
G	施設背後の静穏化に伴う砂の堆積・地形の安定化	底生生物等、懸濁有機物	構造物の堆砂効果により緩勾配化することで、生息分布が変化する。地形が安定化することで稚貝などが流出しにくくなる。	特定のアサリなどの底生生物については、その知見は養殖技術 <sup>18)</sup> として利用されている。静穏域で、ホッキ貝の良好な生息環境が形成された事例がある。
H	施設背後の静穏化に伴う砂の堆積・地形の安定化	海浜植物、上陸する海洋生物等	施設背後に土砂が堆積することで、海浜植物が沖合方向へ張り出し、そこに小型動物等が生息する。	海浜植物と地形 <sup>19)</sup> や砂浜幅 <sup>20)</sup> に関する調査結果が存在し、養浜や施設影響による堆砂域に植生が前進し、安定化する事例もある。
I	施設周辺の打線後退による底質の粗粒化	底生生物等	施設沖側や開口部の底質が、波浪状況などの変化により粗粒化し、底生生物の生息数・分布を変えらる。	底生生物と底質粒径の関係については比較的多くの調査結果が存在する（例えば谷野ら <sup>15)</sup> 、加藤ら <sup>17)</sup> ）が、底質の変化の生物への影響については見当たらない。
J	施設周辺の打線後退による底質の粗粒化	上陸する海洋生物	施設の影響を受けて海浜変形が生じ、侵食箇所の底質の粗粒化が進行して、ウミガメなどの産卵環境に影響を与える。	海浜の砂の粒径が粗いと、ウミガメは産卵しないとの報告 <sup>20)</sup> があるが、産卵の限界粒径はまだ明らかではない。
K	施設周辺の打線後退による勾配・水深の変化	底生生物等	施設の影響を受けて海浜変形が生じ、底生生物の生息数・分布が変化する。	特定のアサリなどの底生生物については、その知見は養殖技術 <sup>18)</sup> として利用されている。海底勾配の変化が底生生物の生息環境に影響を及ぼしている事例がある。
L	障害物の出現	上陸する海洋生物	沖合構造物の出現によって、海浜に上陸するウミガメ等の海洋生物の行動を阻害している。	ウミガメの上陸阻害に関する情報は多く、観察結果も充実している（例えば渡辺ら <sup>21)</sup> 、 <sup>22)</sup> ）。

表-5 砂浜生態系における食物連鎖に関する情報

	影響を与える生物	影響を受ける生物等	影響の内容	影響の把握可能性
1	懸濁有機物等	海藻・海草類	栄養塩類の増減で海藻・海草類の成長に変化（施設内における水質の滞留等）	現地における水質変化の状況は、施設の影響以上に海域特性に左右されることから、施設周辺で明確な差が認められることが少ない。
2	懸濁有機物等	底生生物・付着動物	懸濁物質の増減が底生生物類の成長に影響	懸濁有機物は、施設の影響以上に海域特性に左右されることから、施設周辺で明確な差が認められることが少ない。
3	懸濁有機物等	動物プランクトン	懸濁物質の増減が動物プランクトンの成長に影響	動物プランクトンは、施設の影響以上に海域特性に左右されることから、施設周辺で明確な差が認められることが少ない。
4	植物プランクトン	動物プランクトン	植物プランクトンの増減で動物プランクトンの成長に変化	両者とも、海域特性を受け移動距離が大きく、時間的変動が大きいため、関係を見出すのは難しい。
5	海藻・海草類	底生生物・付着動物	海藻の増減により底生生物・付着生物の数・分布に影響	海藻類、底生生物、付着生物は、調査すれば関係を把握できる可能性がある。
6	海藻・海草類	小型魚・定住性魚	海藻類の増減が、海藻食性の魚類に影響する	海藻類、定住性魚、付着動物は、調査すれば関係を把握できる可能性がある。
7	動物・魚の死体、植物の葉・種子等	底生生物・付着動物	底質内の有機物量の増減により、底生生物の成長・生息数・分布に影響	底質調査により有機物の分布は明確に把握でき、底生生物、付着生物と関係を調査できる可能性がある。
8	水中の有機物	動物プランクトン	水中の有機物の増減が動物プランクトンの成長に影響	両者とも、時間的・空間的変動が大きく、関係を見出すのは難しい。ただし、細かい時間間隔で調査すれば関係を見出せる可能性もある。
9	水中の有機物	底生生物・付着動物	水中の有機物の増減が、底生生物・付着動物に影響	水中の有機物の変化は、時間的変動が大きいため、変化の要因が海域特性に左右されるので、両者の関係を把握するのは難しい。
10	動物プランクトン	定住性魚	動物プランクトンの増減が、定住性魚の数、分布、成長に影響	一般的な捕食関係として位置付けられ、いくつかの種についての捕食関係の調査が存在する <sup>23)</sup> 。定住性魚は観察しやすく、胃の内容物調査 <sup>23)</sup> で、捕食内容を確認可能。
11	動物プランクトン	稚仔魚、小型魚	動物プランクトンの増減が、稚仔魚の成長に影響	動物プランクトンも稚仔魚は、両者とも海域特性に左右されることから、両者の関係を見出すのは難しい。
12	動物プランクトン	肉食性大型魚	動物プランクトンの分布が、小型魚類・幼魚の生息数・分布に影響	動物プランクトンは、施設の影響以上に海域特性に左右されることから、施設周辺で明確な差が認められることが少ない。
13	底生生物・付着動物	定住性魚・小型魚類	底生生物の生息数・分布が、定住性魚などの生息数・分布に影響	一般的な捕食関係として位置付けられているが、捕食関係の詳細がわかっている種もある。定住性魚は観察しやすく、胃の内容物調査 <sup>23)</sup> で、捕食内容を確認可能。
14	稚仔魚	肉食性大型魚	稚仔魚の生息数・分布によって回遊性の魚種の出現数などに影響する。	稚仔魚の生息分布は、海域特性に左右されやすい。また、回遊性の魚類は、行動範囲が広く、調査しても両者の関係を見出すのは難しい。
15	肉食性大型魚	鳥類（シギ・チドリ類）	肉食性大型魚の生息数・分布が鳥類の飛来行動に影響する。	回遊性の魚種は、行動範囲が広いので、明確な観測結果がなかなか得られないが、遊獲量などとの比較による観察事例 <sup>24)</sup> は存在する。
16	稚仔魚	鳥類（シギ・チドリ類）	定住性魚の生息数・分布が鳥類の飛来行動に影響する。	稚仔魚の生息分布は、海域特性に左右されやすく、調査が困難である。
17	底生生物	鳥類（シギ・チドリ類）	底生生物の生息数・分布が鳥類の飛来行動に影響する。	砂浜域の底生生物と鳥類の捕食関係は一般的に言われている。底生生物の増減が鳥類の飛来に与える変化について関係性を調査 <sup>25)</sup> したことがある。

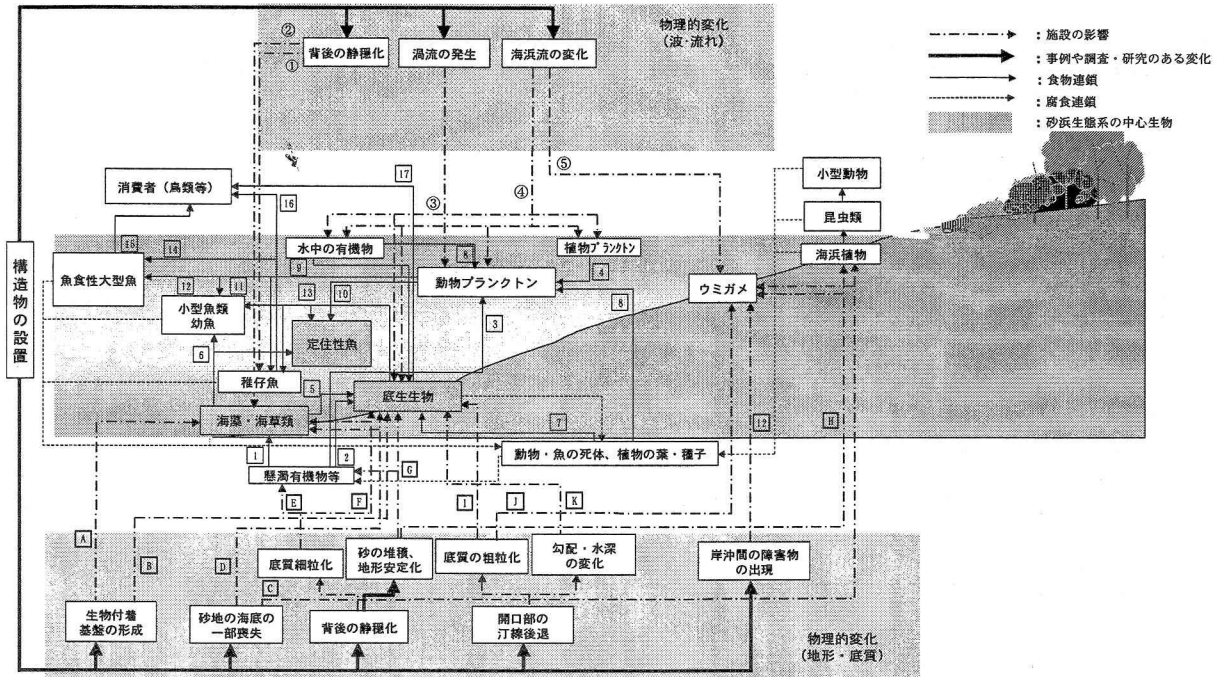


図-1 砂浜生態系におけるインパクト・レスポンスフロー図

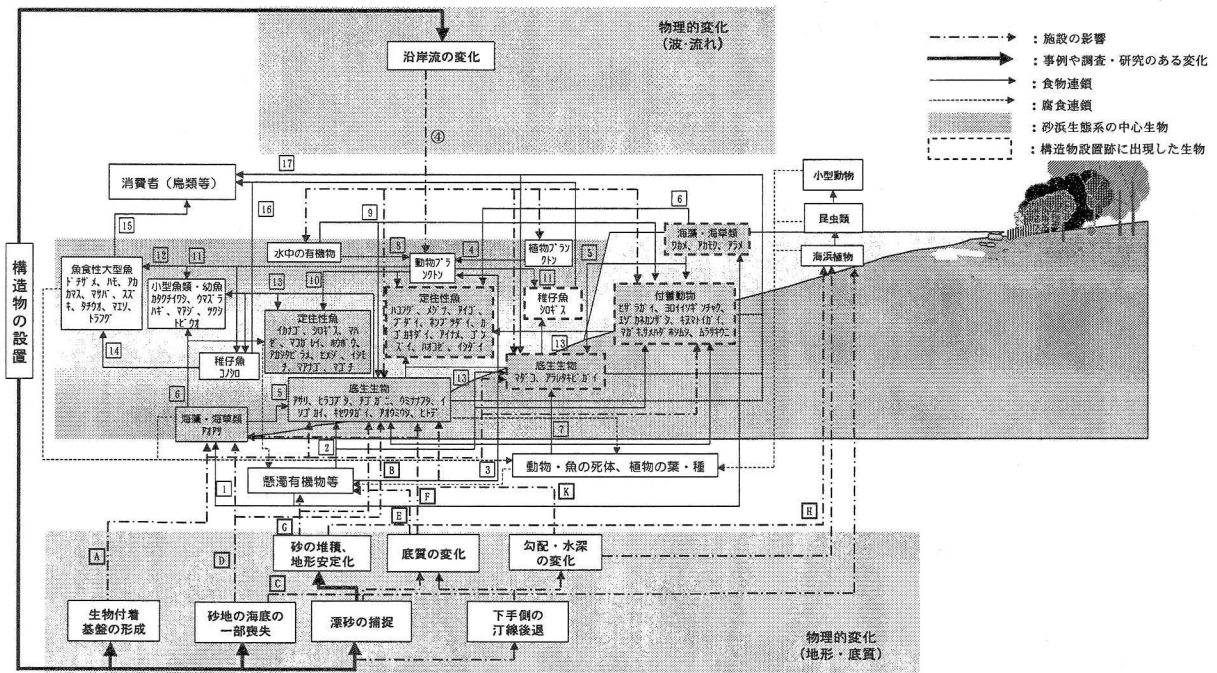


図-2 環境調査結果をあてはめたインパクト・レスポンスフロー図（皆生海岸，突堤設置の例）

## 5. インパクト・レスポンスフロー図

### (1) インパクト・レスポンスフロー図の作成

表3～5を組み合わせ、インパクト・レスポンスフロー図(以下、I.R.F.図)を作成した(図-1)。この図は、砂浜生態系における食物連鎖の概念を導入し、砂浜生態系のどの部分へ影響を与えるかを視覚的に説明できるようにすることを目的としている。図中の①、A、1は、表3～5に対応している。この図では、底生生物に矢印が多く集中していることから、砂浜生態系の中で変化を受ける中心的な生物は、底生生物であると考えられる。

### (2) 既往環境調査データを利用したI.R.F.図

国土交通省河川局所管の直轄海岸のうち、胆振、仙台湾、駿河、下新川、東播、皆生、高知の平成7～10年の調査データ(生息している生物種)をI.R.F.図に当てはめた。こうすることによって、これまでのような海岸のどの辺りにどんな生物がいるかといった整理だけではなく、それぞれの海岸の生態系が、どのようなものであるかを概観できるほか、施設設置の影響を受ける生物を視覚的に説明することができる。このことは、各海岸において調査対象の選択や調査の位置づけを理解するうえでも役立つものと考えられる。図-2に皆生海岸の突堤設置箇所周辺についての結果を例示した。

## 6. 重点化事項および調査計画の提案

### (1) 海岸環境調査が置かれている現状

生態系を含めて海岸環境については、未だ解明されていないことが多い。特に、砂浜生態系については、調査・研究の対象フィールドとして選択されることが干潟や藻場などと比べて少なく、実測データが絶対的に不足している<sup>26)</sup>。これを解決するためには、必要な調査を継続して行うしかない。また、「2. 既往の環境変化の予測・評価手法の整理」の中で示したように、海岸においてアダプティブ・マネジメントを実施するためにも、モニタリング調査の実施が欠かせないことがわかっている。一方、防護上の理由から早急に海岸事業を実施することが求められることが多いことや予算上の制約などから、調査期間や項目が限定される場合が少なくない。

したがって、明確な目的のもとで調査に優先順位を付け、継続的にデータを取得するように調査を計画することが必要となっている。

### (2) これまでの調査の問題点

海岸事業におけるこれまでの調査は、短期間または低頻度であらゆる生物を対象としてきた。あるいは、一般的な関心が高い生物種(貴重種、水産有用種など)のみを対象としがちであり、生態系の変化を把握する観点から調査項目が選択されていなかった。このため、調査を実施しても、生態系への影響の把握につながるものとはなっていなかった<sup>2)</sup>。

また、I.R.F.図を試作した海岸の既往環境調査については、以下のようなことが指摘できる。

[1] 海岸域生物環境調査マニュアル(試行案)<sup>26)</sup>にもとづいて実施されたものは、調査項目が網羅的であり、対象海岸での環境の全体像を把握するためには有効な調査であるといえる。しかし、網羅的であるが故に継続性の点で難しい点がある。

[2] 施設設置前の調査が少なく、生態系の変化を把握することは困難である。

[3] その後、現在まで経年的・継続的な調査は、ほとんど行われておらず、施設設置後の変化についての情報が不足している。

[4] いくつかの海岸では種類数などの変化を把握できるものの、食物連鎖の関係を明らかにするような調査項目は設定されておらず、種の増減の生態系への影響評価に寄与するようなものとなっていない。

### (3) 提案する調査フロー

以上を踏まえて、図-3に示す調査フローを提案する。

#### ①生物相の把握

対象海岸の生物生息状況を把握しておく必要がある。この部分に関して、海辺の生物国勢調査<sup>27)</sup>などによる環境データの取得および共有化が期待される。

#### ②I.R.F.図の作成

海岸一般の知見に加えて、対象海岸ごとの「波浪・流れや地形・底質の変化が生物に与える影響」、「砂浜生態系における食物連鎖に関する情報」についての知見も集約し、I.R.F.図を作成する。

③生態系全体に影響を与える種(キーストーン種)の抽出  
①, ②を集約して、図-2のような各海岸のI.R.F.図を作成し、対象海岸についてのI.R.F.図から矢印の多く集中する生物種(場合によっては個別生物)を抽出する。

#### ④調査項目の絞込み

まず、抽出した生物種に関わる物理的変化を絞り込む。砂浜生態系においては、「3. 物理的環境変化と生物変化の整理」に示したように地形(水深, 勾配等)や底質粒径と生物分布との関係が明らかになっておらず、優先的に解明すべき事項であると考えられる。

その他、生態系の変化を把握していくためには、食物連鎖に関わる部分も調査することが望ましい。例えば、底生生物と定住性魚の食物連鎖関係を明らかにするためには、定住性魚の胃の内容物に関する調査<sup>28)</sup>が必要となる。

#### ⑤調査項目に応じた調査の実施

生物種の生活史を考慮した調査の頻度, 期間, 範囲, 手法を設定する必要がある。

#### ⑥変化の評価

調査結果を評価し、今後の設計, 施工や次の調査にフィードバックすることが重要である。

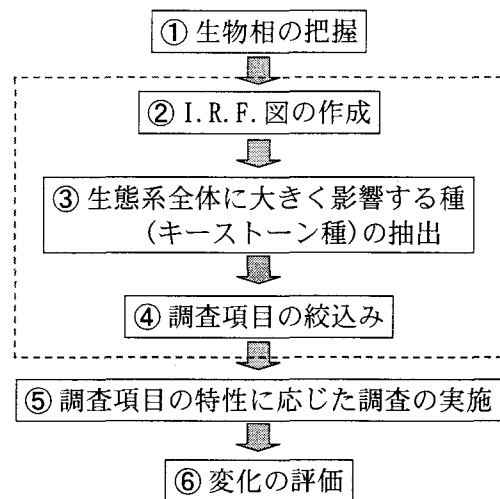


図-3 提案する海岸環境調査フロー

### (4) 今後の課題

砂浜の生物に関する情報は断片的であり、また実証的データも不足しているため、生物の生活史がわかっていないものが多い。生物分野などの研究・調査結果の情報の共有化を進める必要がある。

また、生物関係の情報を集約してI.R.F.図を改良していく必要がある。その他、予測計算や調査手法の精度向上が必要である。例えば、海岸域の生物はパッチ状に分布している場合が多く、設定した測線上の調査では、その代表性について議論がある。

## 7. おわりに

本研究では、海岸工学分野を中心に事例・知見を収集し、これまで砂浜海岸を対象にはほとんど提示されてこなかった食物連鎖の概念を取り入れたI. R. F. 図として視覚的・体系的な整理を試みた。さらに、これをもとにした、環境調査フローを提案した。

今後、これをもとに、砂浜海岸において、実証的データの取得および知見の集約が進むことによって、海岸生態系の保全が促進されることを期待する。

**謝辞：**本研究を実施するにあたって、海岸保全施設設置が生物へ与える影響の整理について、国土環境(株)吉田和広氏、砂浜生態系の食物連鎖の整理について、パシフィックコンサルタンツ(株)五味久昭氏に協力していただいた。ここに記して謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 自然共生型海岸づくり研究会：自然共生型海岸づくりの進め方，国土交通省河川局砂防部保全課海岸室監修，社団法人全国海岸協会，2003。
- 2) 鳥居謙一，加藤史訓，宇多高明：生態系保全の観点から見た海岸事業の現状と今後の展開，応用生態工学vol.3 No.1，2000。
- 3) 田中茂信，岩崎福久：海岸保全施設が生態系に及ぼす影響に関する調査報告書，土木研究所資料第3346号，1995。
- 4) 栗原康編著：河口・沿岸域の生態学とエコテクノロジー，東海大学出版会，1988。
- 5) 須田有輔：碎波帯生態系，遺伝 Vol.50, No.7, pp.30-35, 1996。
- 6) 阿部宗明：原色魚類検索図鑑，北隆館，1978。
- 7) A. C. Brown and A. McLachlan：砂浜海岸の生態学，須田有輔，早川康博 訳，東海大学出版会，2002。
- 8) 平野敏行監修：沿岸の環境圏，フジ・テクノシステム，1998。
- 9) 谷野賢二，鳴海日出人，小野寺利治，小山征治，本間明宏，三橋嘉夫，黄金崎清人：沿岸構造物の魚礁機能に関する研究—構造物周辺の魚介類，葉上・葉間生物相—，海洋開発論文集 Vol.13, pp.925-929, 1997
- 10) 島谷学，中瀬浩太，中山哲徹，大田雅隆，月館真理雄，星野高士，内山雄介，灘岡和夫：人工リーフ設置による外力場の変化とアマモ分布条件との関係，海岸工学論文集 第48巻，pp.1156-1160, 2001
- 11) 明田定満，宮本義憲，谷野賢二，佐藤仁，桑原伸司：防波堤延長に伴うホッキ貝分布域の変遷，海岸工学論文集 第40巻，pp.1156-1160, 1993。
- 12) 福田光男，坪田幸雄，森信幸，丸山修治，吉田徹，久野能孝，山下俊彦：底質・流速からみた沿岸構造物周辺の底生生物の経年変化，海岸工学論文集第49巻，pp.1221-1225, 2002。
- 13) 渡辺国広，清野聡子，宇多高明：アオウミガメの産卵行動に及ぼす海岸構造物の影響評価，海岸工学論文集 第47巻，pp.1221-1225, 2000。
- 14) 明田定満，山本泰司，小野寺利治，鳴海日出人，斉藤二郎，谷野賢二：複断面構造を有する港湾構造物への海藻群落形成について，海岸工学論文集 第44巻，pp.1131-1135, 1997。
- 15) 谷野賢二，綿貫啓，山本泰司，明田定満，廣瀬紀一：高天幅潜堤の水利特性と生物相，海岸工学論文集 第44巻，pp.1141-1145, 1997。
- 16) 宇多高明，菊池昭男，西隆一郎，芹沢真澄，三波俊郎，古池綱：宮古島における海岸護岸の建設とそれによる人工海岸化・生態系の喪失，海洋開発論文集 Vol.18, pp.695-700, 2002。
- 17) 加藤史訓，佐藤慎司，三輪竜一：海岸域の底生生物とその生息環境に関する全国調査，海岸工学論文集 第46巻，pp.1136-1140, 1999。
- 18) 河口・海岸域の生態系環境造成と管理に関する調査研究報告書，社団法人 国際海洋科学技術協会，pp.110-118, 2003。
- 19) 中西弘樹，福本紘：南日本における海浜植生の成帯構造と地形，日生態誌37, pp.197-207, 1987。
- 20) 加藤史訓 佐藤慎司：砂浜海岸の植生群落と地形変化の現地調査，海岸工学論文集 第45巻，pp.666-670, 1998。
- 21) 渡辺国広，清野聡子，宇多高明：離岸堤の建設がアカウミガメの上陸・産卵行動へ与えた影響，海岸工学論文集第48巻，pp.1196-1200, 2001。
- 22) 千田哲資・木下泉編著：砂浜海岸における仔稚魚の生態学，水産学シリーズ，恒星社厚生閣刊，pp.78-99, 1998。
- 23) 須田有輔，早川康博，大富潤：砂浜海岸の海洋生物生息場としての重要性に関する研究（鹿児島県吹上浜），平成12年度水産大学・鹿児島大学共同研究調査報告書，2001。
- 24) 児玉いずみ，小山康吉，長野章，木田三次：漁村における生態系保全と環境社会システムの構造について，海洋開発論文集 Vol.13, pp.729-734, 1997。
- 25) 石井裕一，村上和仁，石井俊夫，立本英機，瀧和夫：埋立てから取り残された自然干潟の生態系バランスと環境構成因子，海洋開発論文集 Vol.17, pp.129-134, 2001
- 26) 建設省河川局監修：海岸域生物環境調査マニュアル(試行案)，1995。
- 27) 国土交通省河川局監修：海辺の生物国勢調査マニュアル[案]，2003。