

## 2 順応的管理の実際

### 2.1 鳥類

#### (1) 具体的な行動計画・事業実施方針の設定（レベル2）

##### 1) 鳥類の生態

港湾整備における鳥類の保全・再生は、影響が考えられる鳥類、特に表2.1.1で示すように河口、海浜、干潟等で見られ、生活の一部がこれら環境の中にかかわる鳥類で、かつラムサール条約で規定する水鳥が主な対象になると考えられる。この中で、留鳥を除く鳥類は、渡りなどの移動の過程で特定の期間に出現するものである。これらの鳥類は、この出現期間に河口、海浜、干潟等で、採食、休息、繁殖などを行う。鳥類の渡りに関する研究は世界規模で調査が進められ、移動ルートや移動時期、繁殖地などが明らかにされてきている。しかし、移動途中での鳥類の採食、休息の日周行動\*に関しては、研究が少ない。

浜口等<sup>1)</sup>の資料では、シギ・チドリ類の多くは、採食と休息が潮の干満に左右され、干潮時に分散して採食し、満潮時に集合して休息を繰り返しているが、昼夜の行動区分が不明である。ガン・カモ類の多くは、昼間に安全な海上の水面で休息し、夜間から早朝にかけて水田、湿地で餌をとるものが多い。また、桑江等<sup>2)</sup>は三河湾の人工干潟での昼間における鳥類の飛来状況について調査して、シギ・チドリ類は干潟を餌場として利用し、サギ・ウ類、カモメ類、カモ類は主として休息場として利用していると報告している。東京湾に渡来するスズガモは、狩猟期になると昼間は行徳野鳥公園などの安全な保護区で休息し、夜間、海上へ分散して海底に棲む貝類を好んで食べることが知られている<sup>1)</sup>。しかし、鳥類の日周行動は、一般に不明な点が多く、特に夜間の行動に関しては調査例が少ない。Kuwaie<sup>3)</sup>は盤洲干潟で越冬中のシロチドリの採餌速度を測定し、昼夜で比較した結果、シロチドリは夜間の方が餌を多く捉えていると報告している。この要因として、チドリ類の目は大きく夜間の視力が優れていることや、餌であるゴカイ類の活性が夜間に高いため、シロチドリは効率的にゴカイの居場所を探し当てることが考えられている。

このような背景の中で、鳥類の保全・再生の具体的な行動計画・事業実施方針の設定する場合は、対象種の日周行動を把握・考慮して、目標とする鳥類の保全・再生のあり方を検討し、そのうえで方策を講ずることが重要である。鳥類の保全では、現在ある生息環境を保護するために、事業による影響を回避または最小化する方策を設定することが基本である。鳥類の再生では、失われた生息環境を復元させるための方策を設定することが目的となる。

\* 日周行動：一昼夜を周期とする鳥類の活動の変化で、休息、採食などの日周期リズム。

表 2.1.1 河口、海浜、干潟等に出現する主な鳥類

タイプ	移動速度	主要種
留鳥	同じ地域に一年中生息する鳥	ウミネコ、カルガモ、アオサギ、コサギ
夏鳥	春に日本より南の地域から渡ってきて日本で繁殖して、秋には南の地域へ渡って過ごす鳥	コアジサシ、ツバメ
冬鳥	春から夏に日本より北の地域で繁殖して、秋に日本へ渡ってきて越冬し、春には北の地域へ戻る鳥	ユリカモメ、セグロカモメ、オナガガモ、ヒドリガモ、オカヨシガモ、ハシビロガモ、コガモ、スズガモ、ハマシギ、シロチドリ
旅鳥	日本より北で繁殖し、日本より南で越冬し、日本には春の北上と秋の南下の際に立ち寄る鳥	オオソリハシシギ、チョウシャクシギ、ダイゼン、アオアシシギ、ソリハシシギ、キアシシギ、キョウジョウシギ、トウネン、ミユビシギ

## 2) インパクト・レスポンスフロー

人為的な影響が対象種にどのような影響を与え、どのように伝播するかについて、インパクト・レスポンスフローを作成して、鳥類の保全・再生を検討することが重要である。ここでは、食性、採食地、休息地、営巣地の異なるコアジサシ、ヒドリガモ、スズガモの3種類を事例として、インパクト・レスポンスフローを検討する。

表 2.1.2 事例とする種の生態

鳥名	タイプ	食性	採食地	休息地	営巣地
コアジサシ	夏鳥	小魚	水面	裸地	裸地
ヒドリガモ	冬鳥	植物質	緑地・湿地・海浜	海水面	－
スズガモ	冬鳥	動物質	海水面	海水面	－



(a) コアジサシ



(b) ヒドリガモ



(c) スズガモ

写真 2.1.1 事例とした鳥類のインパクト・レスポンスフロー

コアジサシは、春に日本より南の地域から渡ってきて日本で繁殖して、秋には再び南の地域へ渡って過ごす夏鳥である。コアジサシは、一般に海岸、河口の裸地に営巣し、近くの港湾域や河口域で小魚を採食しながら子育てを行い、秋に南方に戻っていく。港湾・海岸域の開発の進行や拡大に伴い、コアジサシの営巣地となる裸地が減少したり、裸地の場所が変動したり、近年、コアジサシの営巣・生息環境が毎年変化しやすい状況にある。ヒドリガモ・スズガモは、春から夏に日本より北の地域で繁殖して、秋に日本へ渡ってきて越冬し、春には北の地域へ戻る鳥である。ヒドリガモは、植物食で陸上の植物の種や葉、海面のノリなどを食べ、海面で休息する。これに対して、スズガモは食性が異なり、動物食でホトトギスガイ、アサリ、ヤマトシジミなどを主に食べ、海面で休息する<sup>4)</sup>。

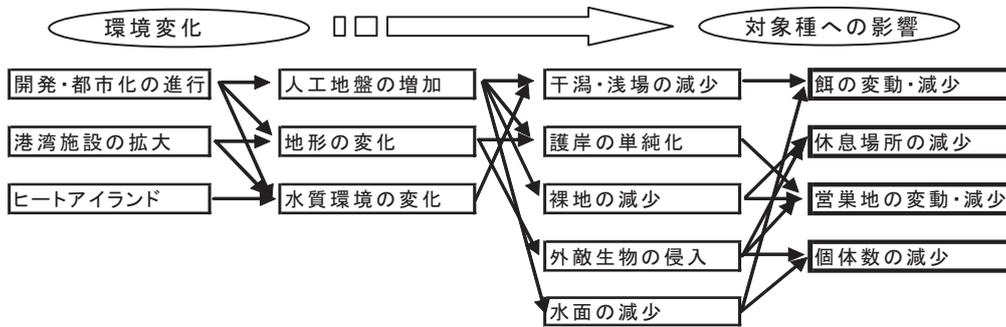


図 2.1.1 コアジサシの生息に負の影響を及ぼすインパクト・レスポンスフロー

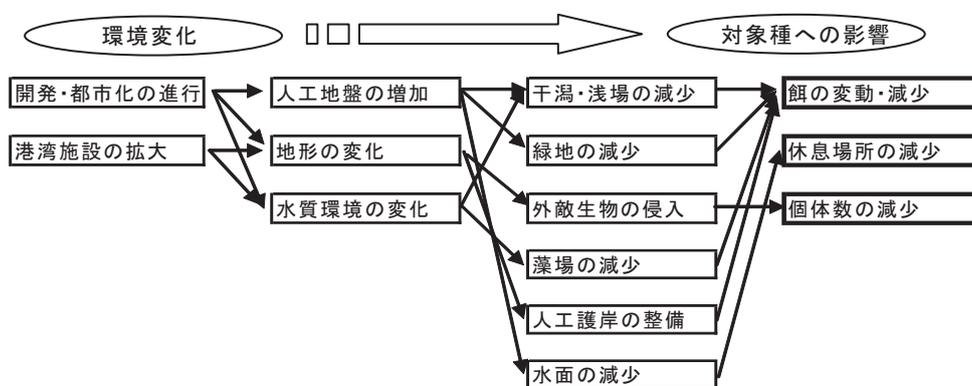


図 2.1.2 ヒドリガモの生息に負の影響を及ぼすインパクト・レスポンスフロー

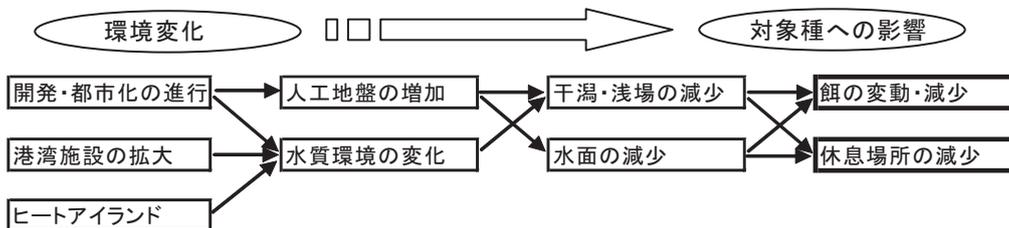


図 2.1.3 スズガモの生息に負の影響を及ぼすインパクト・レスポンスフロー

### 3) 保全・再生手法

鳥類の保全・再生を検討する際には、対象種の生活・生態を年・月・日のレベル毎に把握し、事業による影響を回避・最小化するように、保全・再生の方策を講ずる必要がある。例えば、保全・再生の方策としては、以下に示すように、鳥類の生活・生態を調べて休息地、採食地、営巣地を保全・保護したり、営巣期の影響を回避するため、工事範囲・工事実施時期を考慮するなどが考えられる。また、浅場や干潟などを造成して餌資源を増やすなどの生活環境を改善することにより、水辺の鳥類の保全・再生が期待できる。あるいは、コアジサシの営巣地で見られるように、裸地の保全・維持によるコアジサシの繁殖が試みられている例もある。

- ① 生活・生態マップの整備：休息地、採食地、営巣地の保全・保護
- ② 対象種を含む食物連鎖網\*の把握：採食地の保全・保護
- ③ 工事実施時期の選択：最低限、繁殖期の工事制限による影響の回避
- ④ 浅場・干潟の造成：採食地の創出
- ⑤ 裸地の維持：営巣地の再生(コアジサシ)

## (2) 目標達成基準による管理（レベル3）

### 1) 目標達成基準の設定

#### ① 指標項目

鳥類の指標項目としては、対象種とその生息数が基本となる。また、工事や事業の直接的な影響以外に、別な要因により採食地や休息地の環境の変化が生じ、そのことによる影響も考えられるため、一般的な生息環境の変化を把握することも必要である。

生息環境の把握の指標項目としては、採食地となる浅場・干潟におけるベントス・二枚貝・カニ類などの餌生物や海岸近傍の餌料植物・種などの現存量を設定することができる。また、休息地の急激な地形・形状の変化を指標項目に設定することも考えられる。

#### ② 目標レベル

目標レベルは、現況または周辺における鳥類の生息状況を目標レベルとして設定することが望ましい。なお、鳥類の場合、移動および生活が広範囲であり、かつ年変動が大きいいため、目標レベルは変動を考慮して、図2.1.4に示すようにいくつかのランクに分けて設定する必要がある。採食地や休息地などの生息環境に関しては、過去複数年のデータと比較して現況が急激に変化していないことを目標とする。

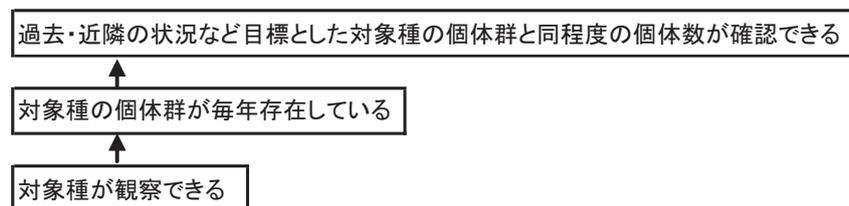


図 2.1.4 目標達成の目標レベル

#### ③ 目標達成年次

目標達成年次は、既往の知見から、対象種の生態や生活を考慮して設定する必要がある。鳥類は影響を一時的に回避するため、別な場所で生活することもあり、複数年による目標達成の確認が必要である。モニタリングにより目標達成年次を変更することを条件に、採食地や休息地への影響であれば2～3年、営巣地への影響であれば3～5年程度を目安に目標達成年次を設定する。

\* 食物連鎖網：生物群集にみられる「食う、食われる、分解する」という種間関係のつながりを示すもの。

## 2) モニタリングの実施

### ① モニタリング計画策定の考え方

モニタリングの実施は、目標達成基準の達成状況を評価し、管理手法のレビューと改善を行うことが目的である。モニタリング計画を策定するためには、鳥類の生活マップや対象種を含む食物連鎖網等を踏まえて調査計画を策定することが重要であり、既存資料や専門家、ボランティア等のヒアリング結果をもとに情報の確認整理を行い、必要な調査項目、調査範囲、調査頻度等を設定する必要がある。

### ② モニタリングの実施方法

#### a. モニタリング実施体制

モニタリングは、基本的に専門家による定点での定期的な詳細調査を実施し、また地元のボランティアやNPOの協力を得て、日常的な生息状況の観察を行うことが考えられる。

#### b. モニタリング手法

鳥類の調査方法としては、表2.1.3に示すラインセンサス調査、定点観察調査、任意観察調査がある。このうち、ラインセンサス調査は、鳥類相の調査で一般的に行われている調査法である。定点観察調査は、猛禽類や水鳥などの行動や生息数を把握するために行われることが多い。また、採餌行動調査は、生息環境を把握するために重要である。

表 2.1.3 調査方法

調査名	調査内容
ラインセンサス調査	あらかじめ設定しておいたセンサスルートを歩き、一定の範囲内に出現する鳥類を姿や泣き声により識別し、種別個体数を計数する。
定点観察調査	あらかじめ設定しておいた調査地点で、目視観察により鳥類を識別して種別個体数を計数する。
任意観察調査	調査地域を網羅的に踏査して、目視観察により鳥類を識別して種別個体数を計数する。
採餌行動調査	目視観察やビデオ撮影により、採餌回数や採餌間隔、採餌種等を記録し、その解析を行う。



写真 2.1.2 鳥類の定点観察調査例

### 3) 管理手法のレビューと改善

#### ① 目標達成基準の評価方法

モニタリングに対する評価は、指標項目が目標レベルに達成していることを基準に判断する必要がある。

対象地区における対象種の生息状況を対照区の状況と比較し、その指標項目が目標レベルを満足しているかどうかを評価する。鳥類は、影響を一時的に回避するため、別な場所で生活するなど比較的移動範囲が広いこともあり、対象種の生態や生活を考慮して複数年による目標達成の評価が必要な場合も考えられる。

また、最終的な評価に際しては、鳥類の採食、休息などの日周行動に関する研究が少なく、不明な点も多いので、必要に応じて専門家の意見を参考にすることも考えられる。

#### ② 管理手法のレビューと改善の必要性と判断

管理については、事業の進捗やモニタリングの実施結果などから、目標レベルの達成度や新規の鳥類の定着等を分析・評価して、管理手法の改善や変更について判断を行う。なお、必要に応じて、専門家、市民、NPO、行政などからなる検討会議等を設置して、その意見を参考に事業者が最終的に管理手法の改善や変更などを判断することもできる。管理手法のレビューと改善の必要性と判断については、科学的知見をもとに関係者・関係機関との協議に基づいて判断する必要がある。

指標項目が目標レベルを満足していると評価された場合には、様子を見るなどの現況を確認することを基本とする。しかし、指標項目が目標レベルを満足していないと評価された場合には、その要因を検討するとともに管理手法をレビューして、その状況に応じて以下のような対策を検討する。

- a. 様子を見る。
- b. 改善のための対応策を導入する。
- c. 目標達成基準を見直す。
- d. 例外的な状況においては、具体的な行動計画・事業実施方針を見直す。

#### ③ 管理手法改善のための対応策

管理手法のレビューについては、現在の状況を計画当初と比較検討し、その違いを明確にして改善の可能性を評価する。改善により目標の達成が可能であれば、鳥類の生息環境に最善の対応策を検討し、関係機関との協力をもとに具体的な対応策を検討する。なお、改善のために必要以上に経費や時間などがかかる場合は、指標項目や目標レベルを変更して、現状に適した新たな目標達成基準の再設定を行うなど目標を見直すことも必要である。

- a. 保全策
  - ・営巣地や採食地への車両・人・犬等の侵入を防止する
  - ・保護区域・保護水面を設定する
- b. 再生・創出策
  - ・浅場・干潟を再生・創出させる
  - ・藻場を再生・創出させる

## 引用文献

- 1) 浜口哲一、盛岡照明、叶内拓哉、蒲谷鶴彦：日本の野鳥、山と溪谷社、1991.
- 2) 桑江朝比呂・河合尚男・赤石正廣・山口良永（2003）：三河湾における造成干潟及び自然干潟に飛来する鳥類群集の観測とシギ・チドリ類が果たす役割,海岸工学論文集第50巻,1256-1230.
- 3) Tomohiro Kuwae (2006) : Diurnal and nocturnal feeding rate in Kentish plovers *Charadrius alexandrinus* on an intertidal flat as recorded by telescopic video systems, *Mar Biol*, DOI: 10.1007/s00227-006-0506-y.
- 4) 岡奈理子：浅水域のprey-predatorシステム－二枚貝採食スペシャリストの潜水ガモとその捕食圧－,月刊海洋,Vol.30,No.5,p.289-295,1998.

## 2.2 魚類

### (1) 具体的行動計画・事業実施方針の設定（レベル2）

#### 1) 魚類の生態・生活史

魚類は沿岸部の干潟、藻場、サンゴ礁、岩礁域に広く分布し、それぞれの場に応じて特有の種がみられる。これらの種は定住する種もいれば、生活史の成長段階や目的に応じて餌場や産卵場として場を使い分け、定期的に回遊する種もいる。とくに干潟・砂浜域や藻場などの浅場は、仔魚期、稚魚期など生活史の初期段階に多くの種が利用していることがわかっている。

このように種によって様々なタイプの生活様式をもつ魚類を、保全・再生する場合の具体的な行動計画・事業実施方針は、まず対象種の生活史を把握しその生活史に応じて設定する事が重要である。

干潟や藻場などの浅海域でみられる魚類については、代表的なものとして、①「一生のほとんどを干潟等の浅海域で過すタイプ」と、②「生活史の一時期を干潟や藻場等の浅海域で過すタイプ」が挙げられる。その例を以下に示す。

#### ① 一生のほとんどを干潟等の浅海域で過すタイプ

(例：トビハゼ、トカゲハゼ等)

一生のほとんどを干潟域で過すタイプの例として、干潟域に生息するハゼ類が挙げられる。これらの種は、仔稚魚期に限っては浮遊生活をするため干潟域外で過すものもいるが、干潟に着底して底生生活を始めてからは一生干潟域で過す。

図2.2.1に、一生のほとんどを干潟域で過すタイプとしてトカゲハゼの生活史を示す。

トカゲハゼは国内では沖縄本島に主に生息しており、干出する泥質干潟で孵化し、潮流によって1カ月ほど沖合で浮遊生活をするが、その後泥質干潟に戻り着底し、干潟に定住する。その生息環境条件について整理したものを表2.2.1に示す。

#### ② 生活史の一時期（産卵期、幼稚魚期）を干潟、藻場等の浅海域で過すタイプ

(例：イシガレイ、アイナメ等)

一生のほとんどを干潟、藻場等の浅海域で過すタイプに対して、産卵時期や幼稚魚期のみ干潟、藻場を利用する種も多い。このように生活史の一時期を干潟、藻場等の浅海域で過すタイプの例としてイシガレイの生活史を表2.2.2に示す。

イシガレイは、冬季に湾内の水深20~60mの砂底域で産卵し、浮遊仔魚期に湾内へ移動し幼稚魚期に干潟域などの浅所へと生息場を移す。幼稚魚期を干潟で過したのち、成長に伴って再びやや深場に生息場所を移す。

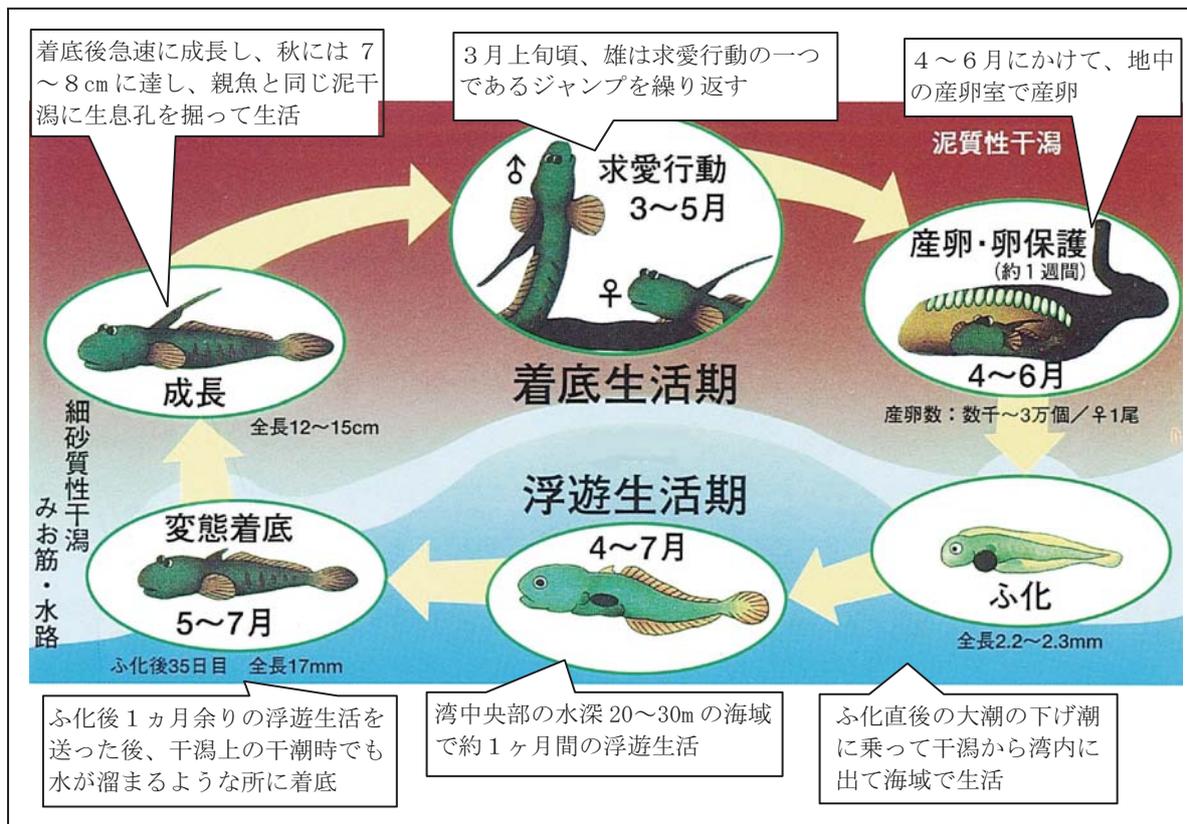


図 2.2.1 トカゲハゼの生活史<sup>1)</sup>

表 2.2.1 トカゲハゼの生息環境条件<sup>2)</sup>

項目		条件
地盤高		C.D.L+0.5~+1.7mに分布 (C.D.L.: 中城湾港工専用基準面)
底質	粒度組成	シルト・粘土分が90%以上を占め、礫分は含まない
	泥厚	生息孔及び産卵室を形成するため20cm以上
水質	塩分	塩分は34~35程度、河川感潮域や淡水域には生息しない
	有機物	CODは満潮時でも平均2~3mg/L程度
その他		<ul style="list-style-type: none"> <li>トカゲハゼの生息地となっている泥質性干潟の周辺背後には、泥質を陸域から運搬し、干潟域へ水分を供給していると考えられる小河川や排水路等が存在 (干潮時でもわずかに海水が溜まった所や、滲出水等のみお筋沿いに生息)</li> <li>ふ化した仔魚は一度湾内で浮遊期を過し、1ヵ月後に干潟に戻ってくるため、沖と干潟との海水の行き来が可能なように海水交換が維持されている場所</li> </ul>

表 2.2.2 イシガレイの生活史<sup>3) 4)</sup>

産卵期	12月～7月頃で北ほど遅い。湾外あるいは湾口付近の水深20～60mの砂底域で産卵する。卵は表層を浮遊する。
仔魚期	孵化後約2.5～3ヶ月間の比較的長い浮遊生活期をもち、発育が進むにつれて内湾性に富んだ場所を選択し生息する。
幼稚魚期	湾奥の波打ち際や干潟等に移動して、幼稚魚期を過す。
成魚期	成長に伴って沿岸の浅所から沖合の深みへ水平的垂直的に広範な水域を季節的に移動する。

## 2) インパクト・レスポンスフローの作成と対策の整理

インパクト・レスポンスフローは、まず前述した対象種の生活史や生態情報を整理し、起こり得る原因（インパクト）が対象種やその生息環境へ与える影響の伝搬経路を整理して作成する。

このようにフローで伝搬経路を整理することで、保全・再生手法や実施の際の配慮すべき事項を具体化することができ、その後のモニタリング調査項目の設定根拠も客観的に示すことが可能となる。

以下にトカゲハゼとイシガレイの場合のインパクト・レスポンスフローの例を示す。このインパクト・レスポンスフローは、対象種の生態特性や対象海域の状況に応じて作成することが重要であり、伝搬経路については情報が少ない段階では不明確な場合が多いため、フローの各経路の検証及び得られた新たな情報をもとに確度や重要度を示すなど随時見直していくことが重要である。<sup>5)</sup>

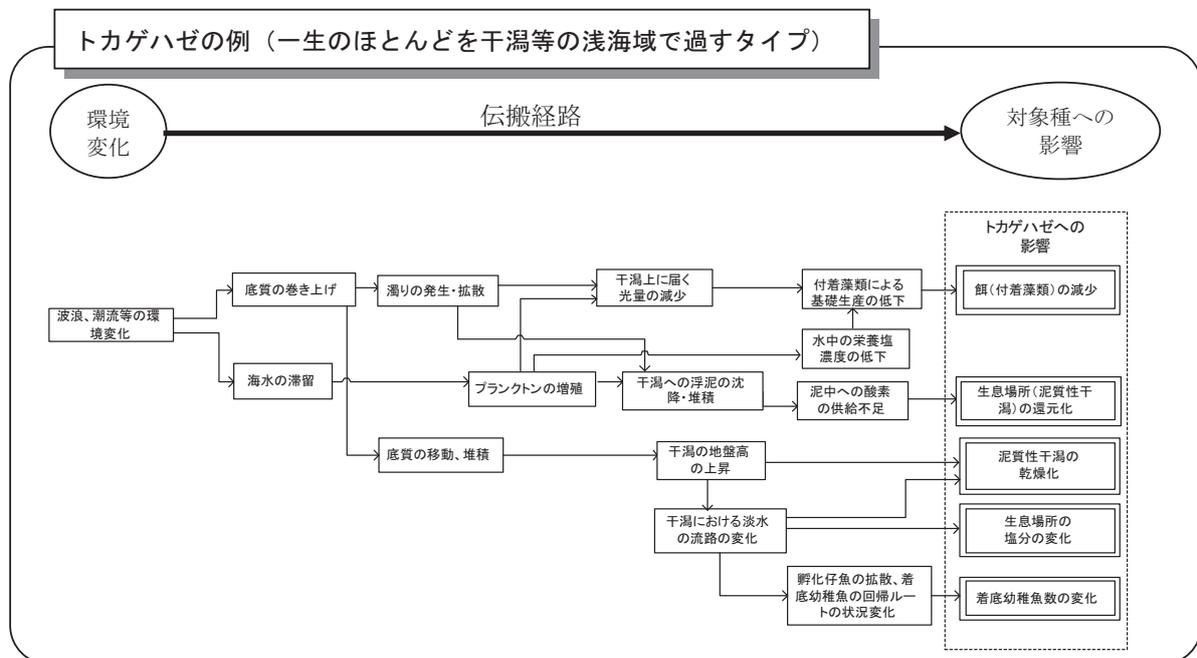


図 2.2.2 (1) トカゲハゼのインパクト・レスポンスフロー（例）  
（上記は、対象種への負の影響の伝搬経路を示した例である。）

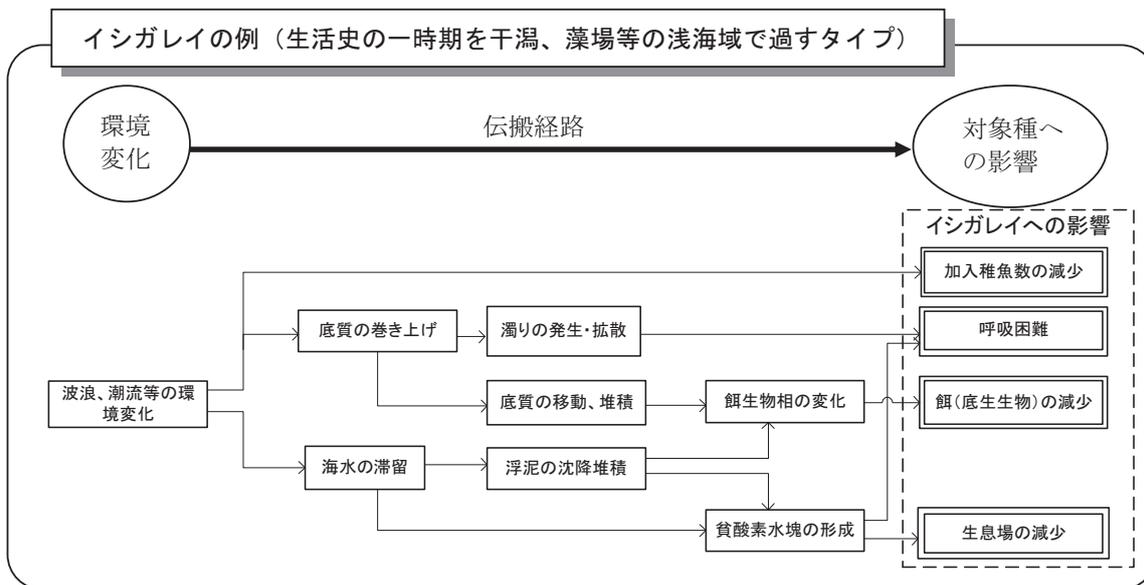


図 2.2.2 (2) イシガレイのインパクト・レスポンスフロー（例）  
 （上記は、対象種への負の影響の伝搬経路を示した例である。）

### 3) 保全・再生手法

保全、再生手法の具体的な行動計画は、対象地区におけるインパクト・レスポンスフローをもとに、対象種が生息可能な場の保全・再生を目的として作成する。手法としては、一般的に既存生息場所の保全、及び生息が可能な干潟や藻場等の造成が考えられる。

#### ① 生息場所の保全

対象種の生活史に応じた生息環境条件が把握できている種については、その条件が保全されていることが重要であり、生息条件が明らかでない種については、まずその種の生息環境を明らかにしていくことが重要である。対象種の生息環境条件やその生息場の形成されている機構の解明は容易でないことが多いため、仮説を立ててその仮説をモニタリングしながら検証することが有効である。

#### ② 生息場所の造成等（人工干潟、藻場造成等）

生息環境の保全が困難な場合には、人工的に干潟や藻場等の生息場を造成することで、ある程度種の保全、再生が期待できる。人工的な生息場の創造には対象種の生息環境条件が把握されていることが前提となる。

#### 例) トカゲハゼの生息地の試験造成の例

トカゲハゼなどの干潟生物保全のために沖縄県が実施した干潟造成の例を図2.2.3に示す。沖縄本島の中城湾港新港地区では、8カ所（合計約3.3ha）で干潟を試験造成している。造成干潟では過去に幼魚の放流も行っており、干潟を造成後は当該地区におけるトカゲハゼの個体数は増加した。

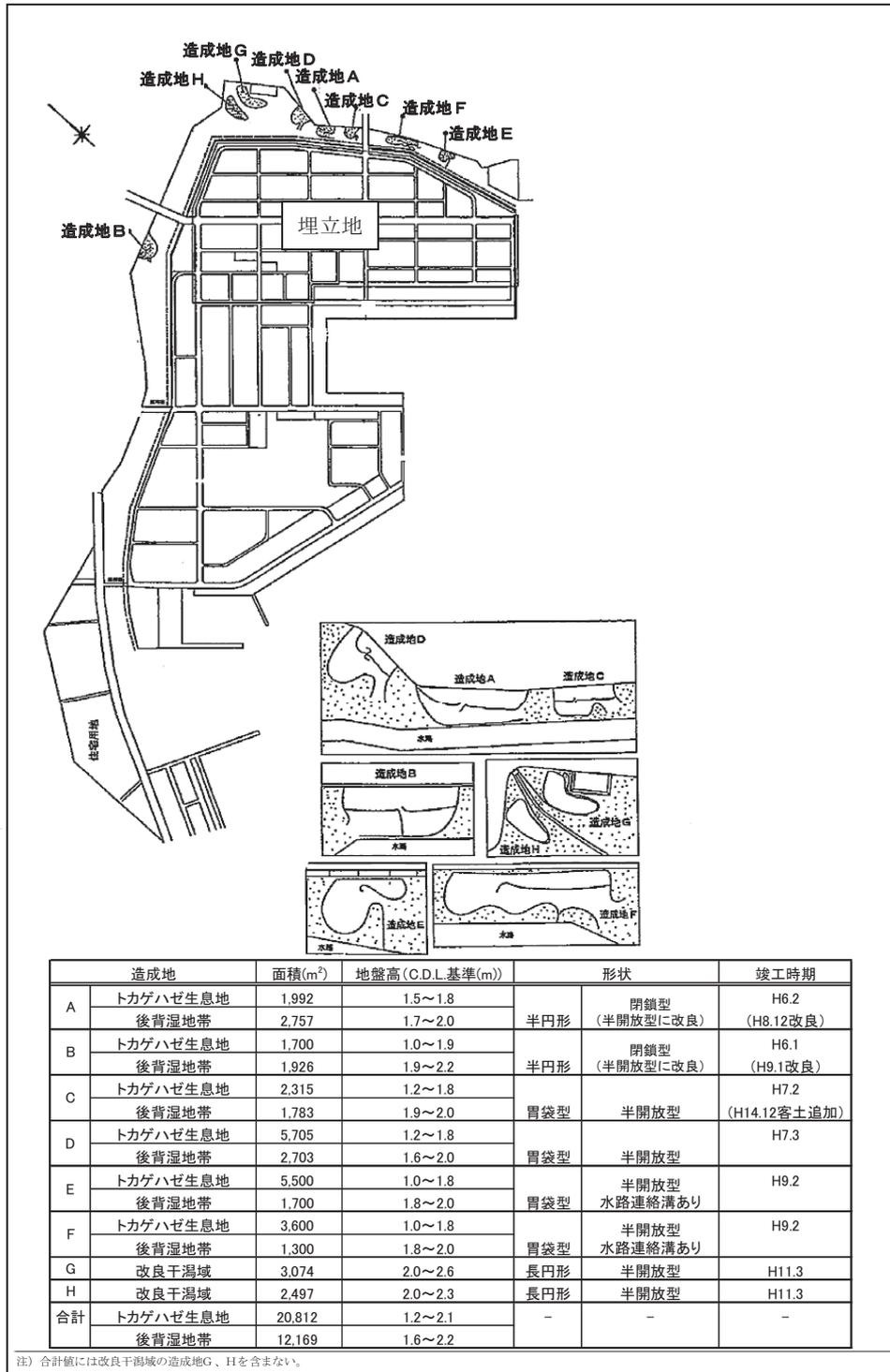


図 2.2.3 中城湾港新港地区における試験造成地の位置及び造成地の概要<sup>6)</sup>

## (2) 目標達成基準による管理（レベル3）

### 1) 目標達成基準の設定

#### ① 指標項目

指標項目は客観的で測定可能な項目であることが重要である。魚類の指標項目の設定にあたっては、成魚の個体数や幼稚魚の個体数、生息面積などの「対象生物の生息状況」と、水質（SS、pH、塩分等）、底質（粒度組成等）、地盤高（水深）などの対象種の生態、生活史を踏まえて「維持管理すべき環境条件」を設定することが適当と思われる。

一生のほとんどを干潟域で過すタイプのように広く回遊や移動をせず、ある程度の範囲内で生息する種は、魚類の中でも比較的観察が容易であることが多いため、生息環境条件と併せて対象種そのものの個体数を指標項目とすることが可能である。一方、生活史の一時期を干潟等の浅場域で過すタイプは、確認できる期間が短いことや年によって変動が大きいことが考えられるため、対象種そのものの個体数を指標項目としても確認が困難な場合がある。このような種は、対象種がその場を産卵場として利用しているのか、育成場として利用しているのかを把握し、そのための環境条件を満たしているかどうかを確認することに重点を置いた指標項目の設定が有効である。

#### ② 目標レベル

##### a. 生息状況について

指標項目を対象種の生息数で設定した場合、種の貴重さや対象種的生活史のタイプによっていくつかのランクに分けて考えることができる。

例えば、トカゲハゼのように貴重種（絶滅危惧 I A類（環境省 2003））として指定されている種については、一定以上の生息個体数の維持というような、より具体的、定量的な目標レベルを当てはめてしっかり保全、維持されることが望ましい（図 2.2.4）。また、一生のほとんどを干潟域で過ごし、比較的観察が容易で、個体数やその変動が把握しやすい場合は、より具体的、定量的な目標レベルの設定が可能となる。

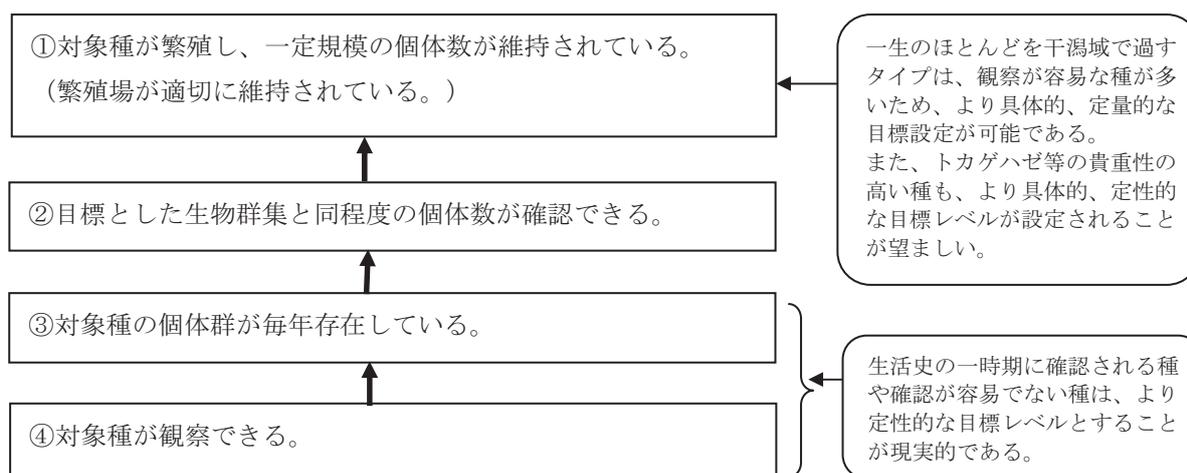


図 2.2.4 目標レベルの設定

生活史の一時期を過すタイプは、確認が困難な場合や利用する期間が短い場合には確認されないことも考えられるため、目標レベルはより定性的なランクを当てはめることが現実的と考えられる。

造成干潟の場合は、どの程度取容できるかなど明確に指標で示すことは難しいが、隣接する自然生息地における生息状況を基準として具体的な目標を設定することが有効である。

#### b. 生息環境について

対象種の生息環境条件（水質、底質、地盤高等；(1)-1）の例参照）が保全されているか、維持されているかを確認するためには季節変動や年変動も考慮して、これまで生息が確認された環境条件の変動の範囲を目安として設定することが有効である。新たに干潟等を創造する場合には、周辺の自然干潟域の対象生物生息地を対照区として設定し比較することが有効である。

### ③ 目標達成年次

対象種の個体数など対象種そのものが指標の場合は、その種の生態特性や世代時間・寿命等を考慮して、再生産が複数世代にわたって行われているか確認できる期間を設定する必要がある。例えば、トカゲハゼの寿命は約2年であり1年で性成熟するため、3世代にかけての個体数変動をみるには最低3～4年間は観察が必要となる。なお、寿命が短い種ほど個体数の年毎の変動は大きくなることが考えられるため、寿命が短い種でもある程度の期間のモニタリングすることが必要である。

また、生活史の一時期を干潟域等で過すタイプは、その一時期に毎年継続して確認されることが重要であるが、年変動があることを考慮すると確認されない年があった場合でもそれが単発的であればそれほど問題ではない場合もある。世代時間等を考慮し複数世代にかけて継続して産卵行動や幼稚魚が確認することが重要であり、それらを確認できる期間の設定が必要である。

生息環境要素が指標の場合は、既往の事例などを参考に物理的・化学的に安定する時期を予測し期間を設定する必要がある。

## 2) モニタリングの実施

### ① モニタリング計画策定の考え方

モニタリング計画は、設定した目標達成基準が達成できているか検証できるように、モニタリング項目、時期、範囲を設定することが重要である。また、インパクト・レスポンスフローで考えられた対象種への影響、伝搬経路を監視できるようモニタリング項目を設定し、得られた結果を用いてインパクト・レスポンスフローの経路の強弱を見直し、また、モニタリング計画にフィードバックさせる体制にすることが望ましい。

### ② モニタリングの実施方法

#### a. モニタリング手法

一生のほとんどを干潟域で過すタイプは、魚類の中でも比較的確認しやすい場合が多い。そのため、調査の精度を高めるには調査頻度を増やすよりも調査項目を増やす方がより有効な結果が得られると考えられる。また、対象種の生活史を踏まえて幼稚魚

期、成魚期、産卵期などにそれぞれの状況が把握できる調査を実施することも重要である。

生活史の一時期を干潟や浅場で過すタイプは、対象種の生息状況が調査時期によって差が大きくなることが考えられるため、調査項目よりも調査頻度を増やすことに重点を置く方が効果的であると考えられる。

例) トカゲハゼ生息地のモニタリング項目

- ・成魚の生息数
- ・稚魚の生息数
- ・生息面積
- ・底質（クロロフィルa、栄養塩類、粒度組成等）
- ・間隙水水質（栄養塩類、塩分、DO、pH等）
- ・鳥類（食害把握のため）

頻度：4回/年

b. モニタリング実施体制

モニタリング調査は、標準的な方法と定性的に目視観察等で行う方法を取り混ぜて実施することが望ましい。標準的な方法は専門機関が実施し、日常的な環境モニタリングや監視については、地元のボランティアやNPOの協力を得ることで、状況をより詳細に把握でき問題が発生した場合に早期に発見し、対策を実施することが可能となる。

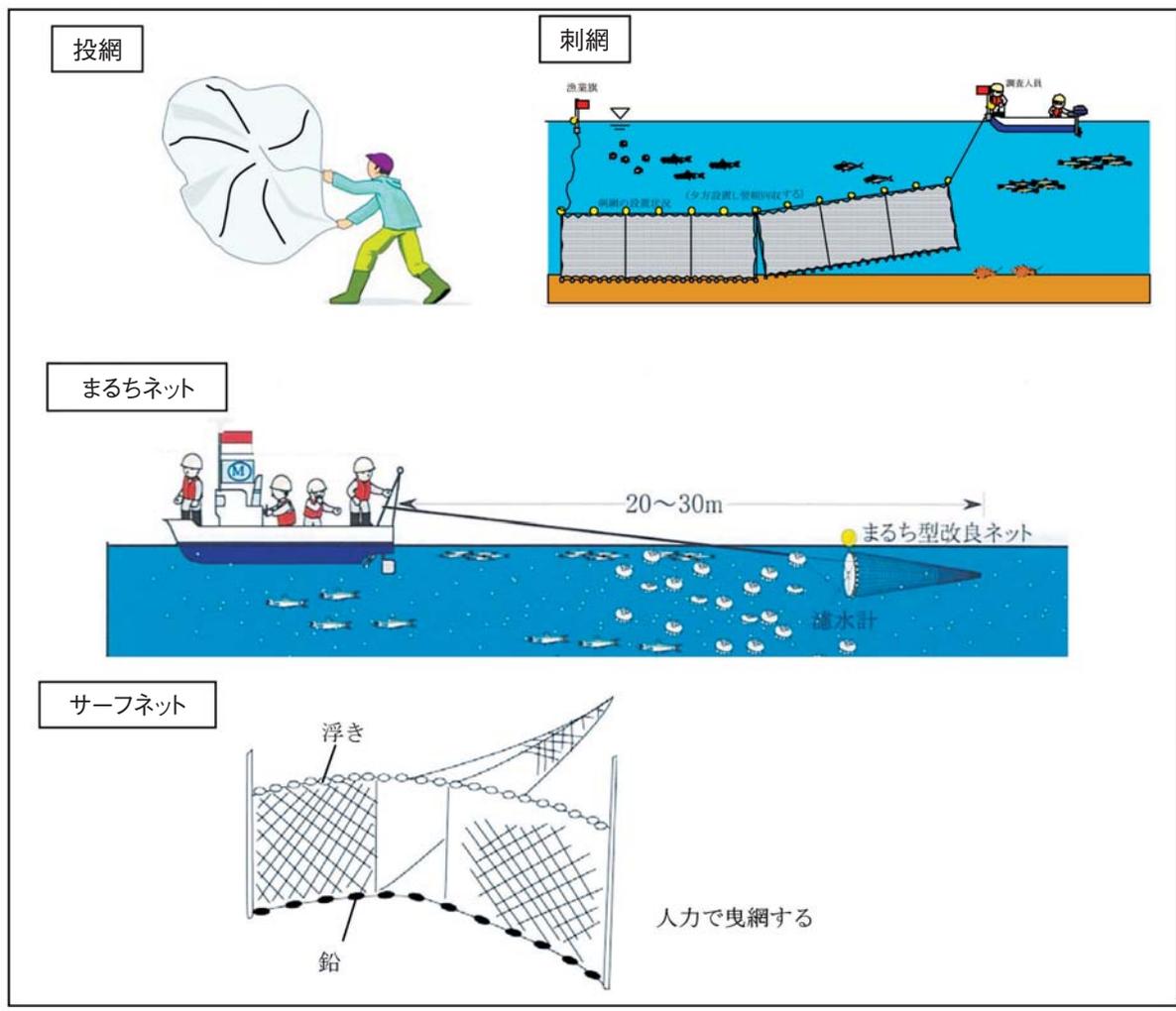
## 例) 一般的な魚類調査方法：

## &lt;成魚を対象とした場合&gt;

- ・網を用いた採集（投網、刺し網等）
- ・双眼鏡等を用いた目視観察（干潟に生息するトビハゼ、トカゲハゼ等）
- ・潜水による目視観察（採集が困難な場合）
- ・漁業者への聞き取り（漁獲対象種の場合）

## &lt;仔稚魚を対象とした場合&gt;

- ・網を用いた採集（まるちネット、サーフネット等）
- ・目視観察（干潟に生息するトビハゼ、トカゲハゼ等）



### 3) 管理手法のレビューと改善

#### ① 目標達成基準の評価方法

指標項目が目標レベルを満足したかどうかで評価する。対象地区における対象種の生息状況や生息環境の指標値を、対照区の状況と比較し、それぞれの指標項目が目標レベルを満足しているかどうかを評価する。指標がひとつで定量的な基準である場合は評価は容易だが、指標が複数ある場合や定性的な場合は、ひとつひとつの項目が目標レベルを満足しているかと併せて、総合的にどうであるか評価する方法もある。

最終的な評価に際しては必要に応じて専門家の意見を参考にすることも考えられる。

#### ② 管理手法のレビューと改善の必要性の判断

指標項目が目標レベルを満足していると評価された場合には、その要因を取りまとめるとともにモニタリング調査の頻度や調査項目を低減していく。

指標項目が目標レベルを満足していないと評価された場合には、モニタリング調査結果及び関連資料をもとに原因を推定し、管理手法をレビューして、その程度と状況に応じて以下のような対策を検討する。

- a. 様子を見る。
- b. 改善のための対応策を導入する。
- c. 目標達成基準を見直す。
- d. 例外的な状況においては、具体的な行動計画・事業実施方針を見直す。

以上のような管理手法のレビューと改善の必要性の判断については、多様な主体の間での合意形成と科学的知見に基づいた判断が重要である。

#### ③ 管理手法改善のための対応策

管理手法の改善が必要と判断される場合は、目標達成基準が未達成となっている原因を検討し、改善のために有効と考えられる対応策を策定し実施する。

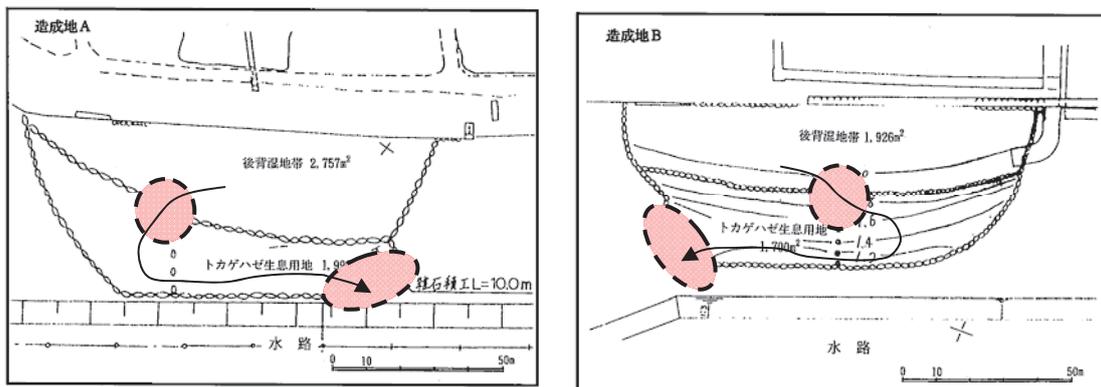
予測が不確実な海辺の生態系を対象とした再生計画においては、あらかじめ起こりうる変化を想定し、各変化に対する対応策メニューを検討しておくことが望ましい。

## 例) トカゲハゼ試験造成地の改良

定量的な目標を定めた管理ではないが、モニタリング調査を実施してその結果を反映させて造成干潟を管理している事例としてトカゲハゼ造成地が挙げられる。図2.2.3に示した8カ所に作られた造成地のうちはじめの2箇所（造成地A、B）は当初、閉鎖型の半円形の形状で造成された。しかし、浅い水たまりが十分に形成されずトカゲハゼの生息数も少なく生息環境として好ましくない状況が観察された。特に、造成地Bでは造成直後に比べて砂・礫分が増加し、干潟表面の乾燥傾向がみられた。その2年後に半円形ではなく胃袋型で造られた造成地C、Dではトカゲハゼの生息数等経過が良好であった。これは干潮時にも適度な水溜りが形成されること、泥の流失がおきにくいことが理由として考えられた。これらの結果を受けて造成地A、Bでは干潮時に湿潤な状態が広範囲に形成されるように、潮のとおりをよくするため石積みの一部を外して半開放型に改良した（図2.2.5中の点線内）。さらに造成地Bでは客土をシルト・粘土分の多いものに入れ替えた。改良後は、トカゲハゼの生息数の増加が確認されており、その後もモニタリングを継続し、粒度分析の結果泥分の不足が確認された場合には、泥の投入を行うなどモニタリング結果をフィードバックさせて管理を行っている。

## 閉鎖型の半円形の形状（造成地A、造成地B）

点線箇所の石積み部の改良を施した。



## 経過が良好であった胃袋型の形状（造成地C、造成地D）

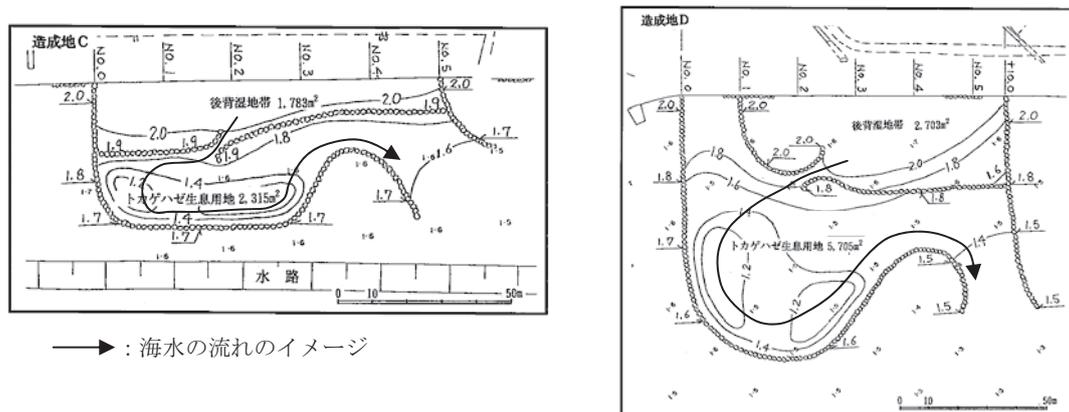


図 2.2.5 トカゲハゼ造成地の改良

## 参 考 文 献

- 1) 沖縄県（2000）：トカゲハゼのはなし、第3訂.
- 2) 沖縄県（1995）：中城湾におけるトカゲハゼの生態及び保全施策について（中城湾全体におけるトカゲハゼ保全計画).
- 3) 坂本一男（1997）：イシガレイ.日本の海水魚.山と溪谷社、東京.P.674.
- 4) 財団法人海洋生物環境研究所（1985）：水産生物の生活史と生態 財団法人日本水産資源保護協会、P.97.
- 5) 酒井陽一・赤倉康弘・冨田幸晴・小早川弘・高橋由浩・細谷誠一・池田宗平（2006）：海域における生活史や生活環境の情報が少ない種に対するモニタリングのためのインパクト・レスポンスフローの策定.沿岸域学会誌Vol.18,No.14,pp79-91.
- 6) 沖縄県（2004）：平成16年度中城湾港新港地区トカゲハゼ生息状況等監視調査委託報告書.

## 2.3 カニ類

### (1) 具体的な行動計画・事業実施方針の設定（レベル2）

#### 1) 生態

##### ① 分類および分布

沿岸の自然再生を行う場合、特に干潟が対象である場合には、カニ類は重要な対象生物の一つである。カニ類は、人目に触れる場所に分布しており、干潟などの自然再生を行う場合のシンボルとなりやすい。また、カニ類は鳥類の餌ともなるため、野鳥類を娯集させることにも効果がある。さらに、カニ類は底質中に孔を掘って生息するが、この過程で底質を表層に移動させたり、攪拌したりする。底質へのびる生息孔は、底質内に酸素を供給することに役立ち、また底質内から空気中に移動された底質は空気中にさらされるので、そこに含まれる有機物の分解が促進される。このような生物を介在した底質の攪拌はバイオターベーションと言われる。

我が国の沿岸の干潟周辺には、各種のカニが生息している。これらの一例を写真2.3.1に示す。また、沿岸の干潟や海浜付近に主に分布しているカニ類の種類別生息場所および地理的分布範囲を表2.3.1に示す。干潟や海浜付近のカニ類は、イワガニ科（ベンケイガニ亜科を含む）と、スナガニ科（オサガニ亜科・コメツキガニ亜科を含む）が大部分であり、潮間帯のカニ類の大部分はこれら2グループに属している。これらのカニ類は広く分布している生物であり、わが国の沿岸であれば何らかの種が必ず分布している。日本海側と太平洋側で北限が異なる種が見られるが、これは海流系の相違が影響しているものと考えられる。

表 2.3.1 主な沿岸のカニ類<sup>1)</sup> より作成

科(亜科)名	種名	主な生息地	地理的分布		備考
			北限	南限	
コブシガニ科	マメコブシガニ	河口付近の浅い泥底	岩手	奄美諸島	
ガザミ科	ヒラツメガニ	浅海の砂・泥底	忍路湾・函館	沖縄	
	ノコギリガザミ	泥海岸の亜潮間帯	千葉	九州西部	甲羅に斑紋なし
			沖縄諸島		甲羅に斑紋あり
	イシガニ	潮間帯・潮下帯の岩礁・礫・砂底	房総半島	九州	
イワガニ科	イワガニ	やや外洋の岩礁	函館	沖縄諸島	
	モクズガニ	河川遡上	北海道	九州	
	ケフサイソガニ	転石の下	北海道厚岸	沖縄諸島	
	イソガニ	同上	北海道	沖縄諸島	
	ヒライソガニ	同上	北海道	沖縄諸島	
	アカテガニ	半陸生	秋田・岩手	沖縄諸島	
ベンケイガニ亜科	クロベンケイガニ	硬い泥地や塩生草原	牡鹿半島・宮城県	沖縄諸島	
	カクベンケイガニ	河口の石の間隙	牡鹿半島・房総半島	沖縄諸島	
	クシテガニ	河口の硬い泥地	東京湾	南九州	
	ユビアカベンケイガニ	同上	相模湾	沖縄諸島	
	フタバカクガニ	同上	東京湾	沖縄諸島	
	ベンケイガニ	半陸生(硬い泥地)	牡鹿半島・東京湾	沖縄諸島	
	ハマガニ	硬い泥地(潮間帯上部)	青森	沖縄諸島	
	アシハラガニ	泥地や塩生草原	青森		
	ヒメアシハラガニ	泥地(スナガニ類と重なる)	三浦半島	沖縄諸島	
	ウモレベンケイガニ	硬い泥地の石の下	相模湾・伊勢湾・和歌山・瀬戸内海など		
	スナガニ科 スナガニ亜科	スナガニ	やや外海の砂地	男鹿半島・岩手	九州
シオマネキ		河口の硬い泥地	三重	沖縄本島	
ヤエヤマシオマネキ		マングローブ林周辺の泥地	沖縄本島以南		
ヒメシオマネキ		マングローブ林周辺の泥地	—		
ベニシオマネキ		マングローブ湿地	奄美諸島以南		
ハクセンシオマネキ		河口の砂泥地	伊勢湾	九州	
オキナワハクセンシオマネキ		—	沖縄		ハクセンシオマネキ近縁種
コメツキガニ亜科		コメツキガニ	河口の砂泥地	北海道	沖縄諸島
	チゴガニ	同上	宮城	沖縄諸島	
	ミナミチゴガニ	石灰岩性岩礁海岸潮間帯中・上部に群生	沖縄		
オサガニ亜科	オサガニ	外海の砂泥地、河口泥地	東京湾	九州	
	ヤマトオサガニ	泥地	青森	種子島	
	ヒメヤマトオサガニ	同上(行動が異なる)	和歌山	西表島	

		
ケフサイソガニ (東京)	コメツキガニ (東京)	チゴガニ (東京)
		
ヤマトオサガニ (東京)	ヒメヤマトオサガニ (沖縄)	アシハラガニ (東京)
		
クロベンケイガニ (東京)	クシテガニ (東京)	アカテガニ (東京)
		
ハクセンシオマネキ (沖縄)	シオマネキ (沖縄)	マメコブシガニ (東京)

写真 2.3.1 干潟の各種のカニ類

(東京：東京港野鳥公園、沖縄：漫湖公園にて撮影)

② 生態と分布場所

ほとんどの場所でカニ類は、同一の場所に複数の種が分布している。例えば、図2.3.1に示すように、狭い範囲でもそれぞれの種類によって分布ゾーンが異なっている。

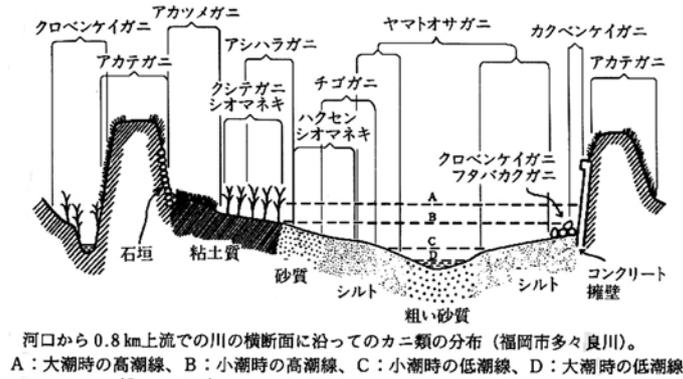


図 2.3.1 地形によるカニの分布状況<sup>2)</sup>

また、カニ類は微地形の要素に応じて、主に分布する種が異なっている。図2.3.1に示すように、植生の存在、護岸構造物、底質、水深などによって複雑な分布状況を示している。

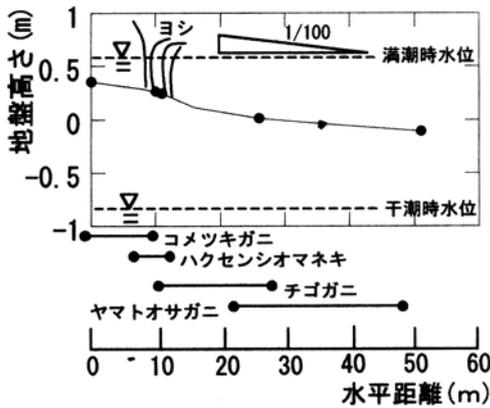


図 2.3.2 地盤高によるカニ類の水平分布<sup>3)</sup>

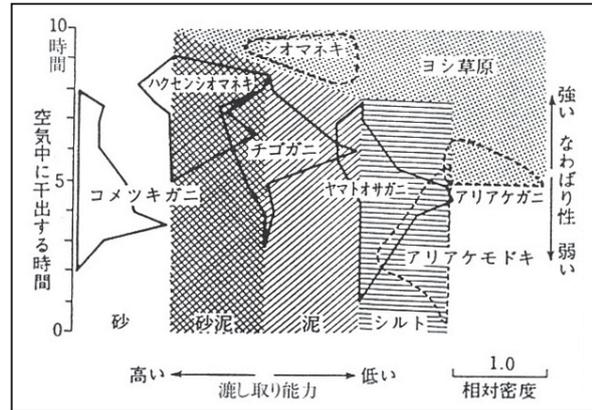


図 2.3.3 底質・地盤高によるカニの棲み分け<sup>2)</sup>

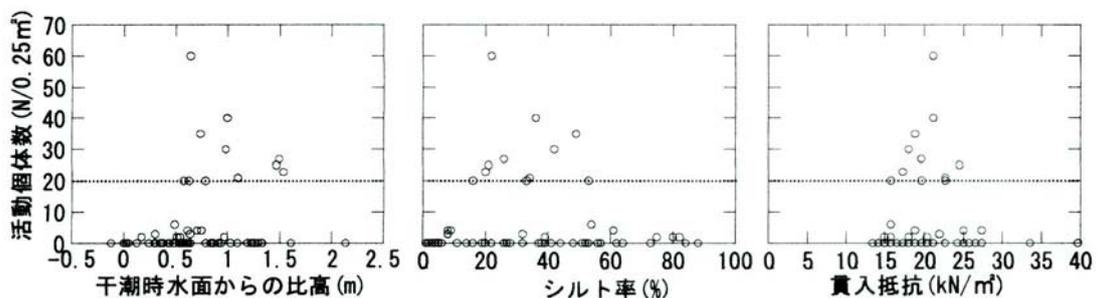


図 2.3.4 地形によるカニの分布状況<sup>4)</sup>

これらのカニ類の棲み分けの分布は、図2.3.2～図2.3.4に示すように、地盤高さや、底質の物理的条件等によって決定されている。

カニ類の保全を行うためには、それぞれの場所や地形に応じて分布する種を把握して、これらのカニの種類グループ別に対象を設定し、そのグループに適した場所や微地形を保全・再生することになる。また、直接カニが分布している場所の保全・再生だけでなく、周辺の植物群落・陸域との移動経路・海域や河川とのつながりも併せて考えなくてはならない。これらは、カニ類の産卵時に重要な条件である。

主な地形要素別に分布している代表的カニ類のグループと、これらのグループ別の保全・再生に関わる留意点を以下に示す。実際のカニ類の保全・再生には、その場所に分布するカニ類のグループのうちから、保全・再生の必要な種（そのままでは衰退してしまう種）を選定して、これを対象とする。場合によっては単一の種ではなく、複数の種を同時に対象とすることもある。

#### a. 河口域～河川下流

- ・河川内：モクズガニ

モクズガニは常時水中に生息している。河口部から下流域に分布し、河川内を移動する。

#### b. 背後地との関係が重要

- ・干潟背後地の植生帯：オカガニ、ベンケイガニ、アカテガニ、クロベンケイガニ

これらのカニ類は淡水中でも脱皮できるので、海から遠く離れた場所でも生育できる。海浜背後地の植生帯（樹林地まで分布）を生息場とするが、冬季は陸上に穴を掘って冬眠する。なお、このときに巣穴の下端は干潮時地下水位まで達している必要がある。

カニ類は産卵時には海に幼生を放出するので、海浜背後地の植生帯から汀線までカニ類が支障なく移動できることが重要なポイントである。

- ・塩性湿地帯：カクベンケイガニ、フタバカクガニ、クシテガニ、アシハラガニ、ハマガニ

ベンケイガニ類は塩性湿地に分布する植生帯が隠れ家・生息場・餌場として重要である。これらのグループはヨシなどの基部に巣穴を設ける。特にハマガニはヨシを直接餌とする。

#### c. 砂浜・干潟が必要（生息場として、砂浜・干潟を利用している）

- ・砂浜：スナガニ
- ・砂質干潟：コメツキガニ、オサガニ
- ・泥質干潟：ハクセンシオマネキ、ヤマトオサガニ、チゴガニ

スナガニ類（スナガニ、コメツキガニ、オサガニ、ヤマトオサガニ、シオマネキ類）は種によって好む底質中央粒径、地盤堅さ、および地盤高さを持っている。また、これらの種は底質を取り込み、鰓で餌（有機物・藻類）を濾し取って食べるが、鰓のフィルターのサイズより、生息に適する地盤の粒径が決まっており、このため底質の粒径別に棲み分けられている。

- ・レキ質干潟：イソガニ、ケフサイソガニ、ヒライソガニ

イソガニ、ケフサイソガニは種は空气中を好まない。干潮時には、乾燥を防ぐために転石の下に隠れている。このため、満潮時に水没する部分に転石が必要である。また、これ

らの石の下部に泥が堆積しない程度の波浪が必要である。

- ・水中部分：イシガニ、マメコブシガニ、ガザミ（タイワンガザミ）、ヒラツメガニ  
水中部分に生息するカニ類は、干潟・海浜に続く浅い砂泥の浅場が必要であり、貧酸素状態にならない必要がある。ガザミ類は砂泥性藻場が存在している場所で多く見つかる。

なお、全てのカニ類（サワガニを除く）は幼生期を海中で過ごすため、陸上性が強い種であっても、産卵期には必ず海水中あるいは汽水中で産卵（幼生放出）する。このため、カニ類群集の持続的維持のためには海域とのつながりを確保しておく必要がある。

③ 生活史

カニ類は母ガニの腹に卵が付着した状態で孵化して、海中にゾエア\*幼生という形で放出される。ゾエア幼生は、しばらくプランクトン生活を送った後に、稚ガニとなって海岸にたどり着く。このライフサイクルの一例を図2.3.5に示す。ゾエア幼生は5回程度脱皮してから稚ガニになる。

カニのゾエア幼生は、放出された海岸や干潟近傍の沿岸海域に分布していると言われていた。図2.3.6に、九州天草下島沿岸におけるコメツキガニゾエア幼生の分布調査例<sup>6)</sup>を示す。図中I～V期というのは、ゾエア幼生の生長段階を示す。この図から、いずれの生長段階の幼生も、成体が分布する干潟（放出された場所）の周辺水域に多く分布していることがわかる<sup>6)</sup>。

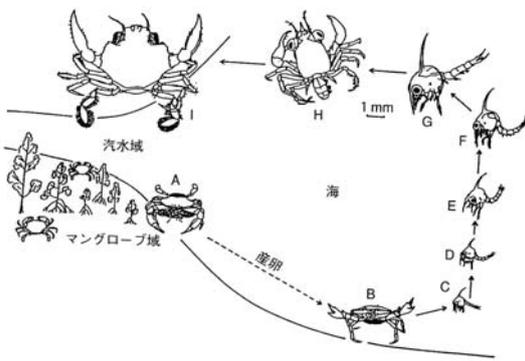


図 2.3.5 ノギリガザミの生活史<sup>5)</sup>

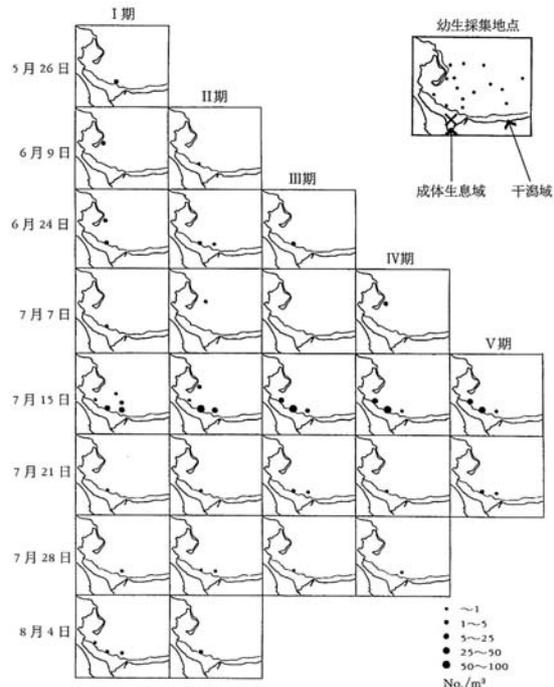


図 2.3.6 コメツキガニのゾエア分布<sup>6)</sup>

\* ゾエア：甲殻類に共通する幼生。卵→ノウプリウス→ゾエアまではどの甲殻類もほぼ共通。カニの場合は卵はカニの腹に付着した状態で付着し、ノウプリウスを経て、ゾエアの段階で海に放出されることが多い。

④ 餌料

一般にカニ類は雑食性であり、沿岸の植物、落ち葉、有機物（ゴミ）、生物の死骸、小型の動物を食べるものが多い。

ただし、スナガニ類は、底質中に含まれる微細藻類\*破片や有機物、あるいは干潟表面に生育する微細藻類を底質ごと食べて、体内のフィルターで泥や砂の粒子を濾し取って、有機物や藻類のみを捕食する。このとき、食べ残した土砂粒子は干潟や海浜の上に砂団子などのようなかたちで排出する。スナガニ類は、鰓の大きさによって濾し取ることのできる粒子の大きさが異なっており、このためスナガニ類の分布は、底質の粒度組成によって決定づけられる事がよく知られている。

ベンケイガニ類は植物の芽や葉、および陸生の昆虫類などを餌とすることもある。

なお、カニ類の幼生は一般に沿岸海域において、動植物プランクトンを餌としている。

2) インパクト・レスポンスフローの作成と対策の整理

カニ類を対象としたインパクト・レスポンスフローについては、まだまだ議論が不足しているところである。ほかの対象生物と考え方が異なる点は、同じインパクトがあった場合でも、ある種のカニにはプラスにはたらし、別の種ではマイナスに働くことがある。

カニ類について特に重要なことは、カニ類の安定的な生育基盤を提供すること、および背後地の植生および移動経路を考慮すること（特にベンケイガニ類）である。

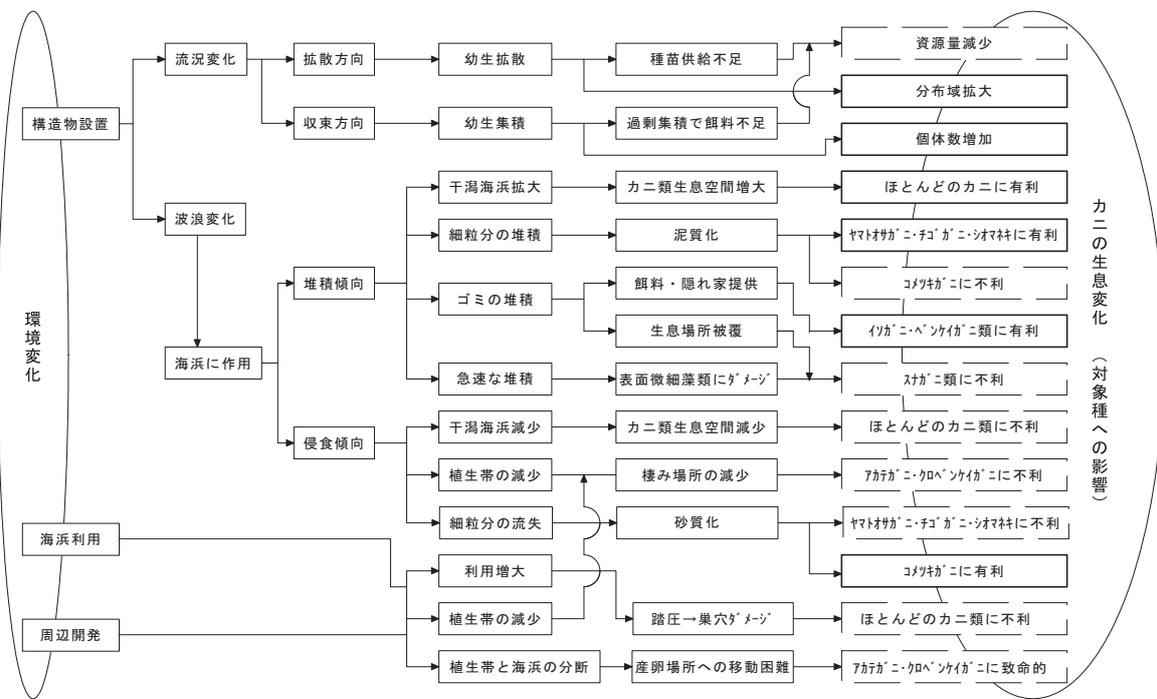


図 2.3.7 カニ類のインパクト・レスポンスフローの一例

\* 微細藻類：干潟や砂浜を構成する粒子の上に生育する、珪藻類を主体とする顕微鏡的サイズの藻類。

### 3) 保全・再生手法

カニ類の保全・管理については今のところ定まった方法は確立されていない。また、人為的行為によって、カニ類の群集にどのような反応が起こるかについても予測不能なことが起こると考えられる。そこで、順応的管理手法を用いたカニ類保全・管理を行うことになる。

#### ① 検討チームを構成する

順応的管理を導入した保全・再生を行う場合に、事業者・周辺住民および関係者・学識経験者が含まれた検討チームを組織し、チームの決定事項を事業者が尊重するというルールを作成しておく必要がある。

検討チーム内では情報の共有を行い、定期的な協議の場を設定する。また、事業者は検討チームに対して十分な情報開示を行う。チームのメンバーは学識経験者や専門家の他に、公募等の手段を用いて広く公平に周辺住民等のメンバーを募ることが望ましい。

#### ② 情報の公開と論議

カニ類の保全・管理を行うのに必要な情報は公開されるべきである。また、ここで検討した内容についても、情報を欲する人々にはこれを開示するとともに、広く意見を募集し、よりよい保全・管理方策を立案する参考にする。

#### ③ 実行（試行錯誤）

カニ類の保全部管理の技術は未だに完成しているとはいえない。そこで、検討チームで考えた保全方策が有効であるかどうか、小規模な実験を行いその有効性を確認する必要がある。この試行錯誤は、検討チームで検討してモニタリングを行い、そのモニタリング結果を可能な限り公開して、関係者間で十分に論議して評価することが重要である。

なお、今までに試みられているカニ類の保全方策には以下のようなものがある。

##### 1) 石積み

潮間帯に碎石等を積み上げる。石の下面にはイソガニ・ケフサイソガニが分布し、石の間隙にはベンケイガニ類が蝟集するものと期待される。

##### 2) 耕耘

スナガニ類が底質内に穴を掘ることができるように、干潟の土砂を耕して柔らかくする。

##### 3) 滲筋・タイドプール

干潟上に常に水面がある場所を作る。特にヤマトオサガニなどのように水中にいる時間が長いカニ類に有効と考えられる。

##### 4) 塩性湿地造成

ヨシ群落等塩性植物の群落を移植等によってシオマネキ類、ベンケイガニ類等のすみか、および鳥類に対する逃げ込み場を造成する。塩性植物自体が生育できるような干潟の造成も併せて行う必要がある。

##### 5) 移動経路の確保

アカテガニやオカガニは、産卵期に湿地や樹林地から海へ集団で移動して、幼生を海域に放出する。このとき、移動経路に建築物や道路があると移動が妨げられる。沖縄県宮古島の池間島<sup>5)</sup>や沖縄本島北部大宜味村喜如嘉では、写真2.3.2に示すようなカニの産卵期の移動経路を横断する舗装道路にはカニ移動のためのトンネルが配置されている。



写真 2.3.2 国道58号線大宜味村喜如嘉「カニさんトンネル」

内閣府沖縄総合事務局北部国道事務所ホームページより  
(<http://www.dc.ogb.go.jp/hokkoku/works/eco/kani.html>)

なお、カニ類の幼生を含めた保全については、現在までに試みられている事例はほとんどないものと思われる。プランクトン世代を過ごした幼生が着底する浅場や干潟、およびその背後域を保全・再生することが対象となっていることがほとんどである。

## (2) 目標達成基準による管理（レベル3）

カニ類の対象種（あるいはグループ）別に、保全・再生を行う場合には、事前の調査およびインパクト・レスポンスフローにより、保全・再生のための操作を行ったことによる成果を評価する必要がある。この成果はモニタリングにより把握する。

また、目標達成基準を設定して、これを参考にモニタリング結果を評価し、カニ類が増加あるいは減少した因果関係を検討する。この検討結果を基に以降の保全・再生の方法を再検討する。以上の流れが、目標達成基準による管理の基本的流れとなる。

### 1) 目標達成基準の設定

目標達成基準は、現地および現地周辺のカニ類の分布・生育状況、および水質・底質、植生分布などの環境条件によって設定する。

#### ① 指標項目

カニ類は、通常目にとまる生物であり、また、その寿命も3～5年程度である。また、その生息の有無は活動季節であれば誰にでも視覚的に確認できる。

したがって、カニ類のために自然再生を行った場合には、水質や底質などといった環境項目よりも、カニ類の分布そのもの、および個体数（生息穴数）が指標項目となる。カニ類が毎年分布している、あるいは個体数が増加していることは、その場所がカニ類の生育場所として適している事を示していることになる。

また、その場所で繁殖しているかどうかについては、雌の個体が抱卵しているかどうかで評価することができる。したがって、抱卵個体の確認による繁殖の有無も重要な指標項目である。

なお、カニ類は通常複数種が分布しているため、この中のある種のみが増加する、あるいは、分布しないといった現象も起こる場合がある。このような場合には、カニ類をとり巻く環境（特に底質や生息場の微地形など）が影響していることもあるので、これらの環境についても同時に把握することが必要である。

## ② 目標レベル

目標レベルは、図2.3.8に示すように、まず対象種が存在するというレベルから、安定した生物群集を維持している状態まで、いくつかの段階がある。実際に保全・再生を行う場合には、周辺の地形的に類似した場所であって、カニ類が分布している場所の状況を保全・再生の目標とすることが現実的である。

このような目標とするべき生物群集が存在している場所を、保全・再生を行う上での対照区として設定し、モニタリングを行なう場合には必ずこのエリアと比較する。

### a. 生息状況

カニ類は沿岸生物の中では寿命が長く、また観察しやすい生物である。このため、目標レベルは最低限、カニ類の活動期間中には、常に目視できる状態であることが要求される。また、出現するカニ類の種は地盤高さや底質、および微地形との関係が比較的明確であるため、その場所に分布するカニの種類が明らかな場合には、出現種の動向を予測することもある程度は可能である。

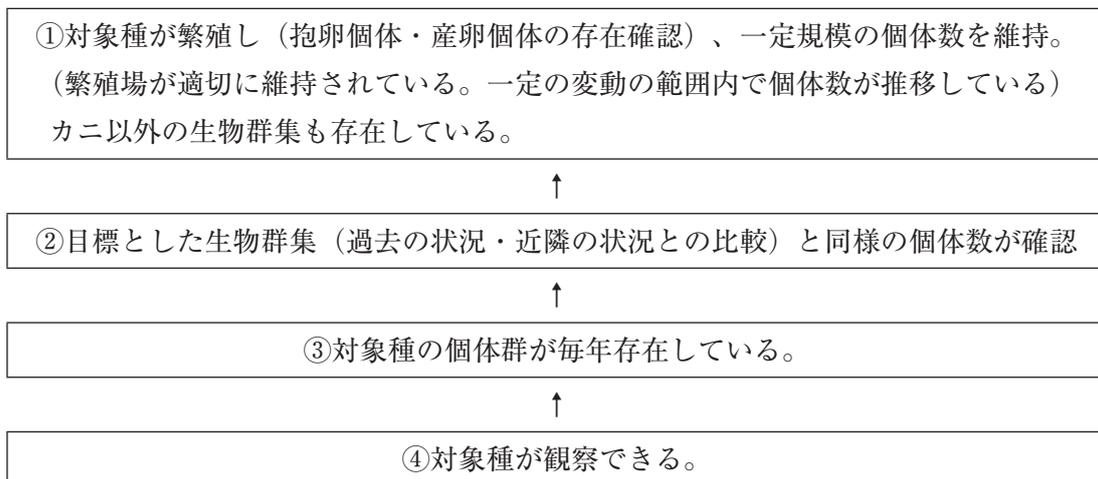


図 2.3.8 カニ類保全の段階的目標レベル

### b. 分布量

カニ類の環境収容量については、まだ明確な指標が明らかになっていない。実際の分布量はその場所の餌料、すなわち有機物量や藻類の量（＝水質・底質の栄養塩によって規定される）や、カニが利用できる空間容積などとの関係があると思われる。これらについては、現地の条件が大きく影響するので、順応的管理における達成目標は、近傍に設定した対照区の種組成、生息密度の状況を目標とするべきである。

c. 繁殖の確認

カニ類は、プランクトン世代に広く分散する。そのため、親が生息していない場所であっても分布することは可能である。しかしながら、安定した群集を維持するためには、その場所の個体群が再生産をしていることが望ましい。もちろん対照区において繁殖出来ない状態であれば、再生した場所における再生産は、次のステップの目標になる。

再生産の確認のためには、放卵行動の確認、抱卵個体の確認が必要である。これらは、抱卵期に雌の個体を観察することで確認が可能である。新規加入個体群（稚ガニ分布、可能なら幼生）も可能であれば確認することが望ましい。

③ 目標達成年次

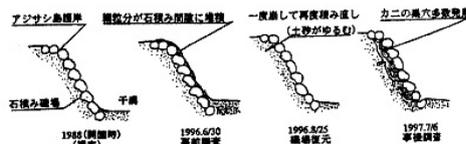
カニ類は、幼生世代がプランクトンであるので、海域に面した場所で、周辺に種苗の供給場所（産卵場所）がある場合には、環境を再生した後、比較的早い時期にカニ類の分布が確認されるようになる。また、周辺にカニ類の個体群（特にベンケイガニなど陸生カニ類）がある場合には、陸路カニ類が移入してくることもある。

埋立地を掘削して人工的に造成した潟湖干潟である東京港野鳥公園の潮入りの池で

表 2.3.2 東京港野鳥公園のカニ類の加入状況<sup>7)</sup>より作成

種\年	'91	'92	'93	'94	'95	'96	'97	'98	'99
オサガニ	26	●		●					
ヤマトオサガニ	93	●	●	●	●	●	●	●	●
コムツキガニ	13	●	●	●	●	●	●	●	●
チゴガニ	1	●	●	●	●	●	●	●	●
ケフサイソガニ	4	●	●	●	●	●	●	●	●
クロベンケイガニ	32	●	●	●	●	●	●	●	●
アシハラガニ		●	●	●	●	●	●	●	●
マメコブシガニ		●	●		●	●	●	●	●
カクベンケイガニ		●				●	●	●	●
チチュウカイストリガニ						●	●		●
ウモレベンケイガニ						●	●		●
アカテガニ	1							●	●
ベンケイガニ								●	●
イソガニ	6	●							●
クシテガニ									●
合計種数	10	10	7	7	7	10	10	10	14

は、表2.3.2に示すように1991年の完成後、早期にカニ類が見られ、完成の翌年には、主要な種は確認されている。そして、6年程度経過後には出現種数が増加している<sup>7)</sup>。



	事前調査	第一回修正	第二回修正	第二回修正後
	1996/6/30	1997/7/6	2003/6/29	2003/9/27
アシハラガニ	4	25	75	85
ヒメアシハラガニ				
クロベンケイガニ	91	170	2	10
カクベンケイガニ				
ウモレベンケイガニ	4	41	4	5
ヤマトオサガニ	1	12	8	
チゴガニ	8	3	30	10
ケフサイソガニ				
合計	108	273	148	136



(石積み5mあたり個体数)

図 2.3.9 石積み修正によるカニ生息拡大の試み<sup>8)</sup>

カニ類は移動能力が大きいいため、環境が変化して、カニ類の生育が不適當になると、短期間にその場所から離脱する。例えば、石積み部分にシルトが堆積した場所で、石を積み替えて堆積状況を緩和した結果、図2.3.9に示すように、石積みの修正（積み直し）1ヶ月後に、すでに間隙をすみかとするベンケイガニ類の生息数の増大がみられた<sup>8)</sup>。

このように、環境を操作した後の比較的早期（その年のカニ類活動期がおわるまで）に、何らかの効果が発現することがわかる。

カニ類は短期的には、その場その場の環境に適応しながら、長期間にわたって種が加入して行くことが考えられる。その年次が何年であるかについては現在のところ明らかになっていない。事例より判断すると、表2.3.2に示すように、その場所に分布する種が出そろうまでには、例えば人工干潟を整備した後5年間程度は必要であると思われる。さらに、その後も頻度を減らしてでも継続的モニタリングを行うことが望ましい。特に出水や大型台風などのイベントがあった場合には、保全・再生した場を補修しなくてはならない場合もあるので、イベント後にモニタリングを行う必要がある。

## 2) モニタリングの実施

### ① モニタリング計画策定の考え方

カニ類は幼生期を海域で過ごすため、同一海域であれば、同様のカニ類が加入して行く可能性がある。逆に言えば、その場所に加入しうるカニしか、その場所に生息できない。また、幼生の加入量も変動する。このためカニ類の生息状況は自然状態でも変動するので、モニタリングの結果の評価は対照区の状況との比較が重要である。

また、インパクトレスポンスフローに示したように、カニ類は海域のみならず陸域との往復が生活史の上で重要である場合がある。このため、カニだけを調査対象とするのではなく、周辺の地形や移動経路、陸域を含む植生、および土壌条件も視野に入れたモニタリングを考える必要がある。

これらのことから、カニ類のモニタリングを行う場合、その場所に分布する各種のカニの種別分布特性、および生態特性（特に活動時期：カニ類は冬季には土の中に潜って冬眠するので、冬季は観察が困難になる。）を踏まえてモニタリングの時期、項目や方法を設定することが重要である。また、カニ類は生息場所の物理的条件に左右されるので、物理的評価項目とカニ類の生息状況を比較できるモニタリングを行うべきである。

自然条件による環境変化や幼生加入量の変動もあるので、対照区に設定した場所と合わせて、モニタリングを行い、両者の比較を行うべきである。

### ② モニタリングの実施手法

#### a. モニタリング手法

カニ類のモニタリング方法には、誰でもできる簡単な方法から、高度な専門技術が必要な方法まで各種の方法が存在する。

一定範囲のカニ類の個体数を計数するだけであれば、比較的容易である。例えば干潟の観察会などのイベントを利用して、専門家の指導のもとで、識別データシートをもって種類別の個体数を把握する事ができる。このような調査の延長として、抱卵個体数の計数も可能である。スナガニ類のように巣穴を形成する種の場合には、写真2.3.3のように、コドラートを配置してその中の巣穴数を計数する方法も現実的である。

夜行性や移動力の大きなカニ（ハマガニ、クロベンケイガニなど）は観察や計数が困難

な場合がある。このような種には、トラップを仕掛けて捕獲することが現実的である。



写真 2.3.3 カニ観察会におけるコドラート調査状況（東京港グリーンボランティア）

#### ア) 物理的項目

カニ類はその場所の外力等の物理条件や地形条件に大きく依存している。このため、モニタリングは物理的条件、特に地形に関する調査項目が最も基本となる。地形や物理的条件に主眼を置いたモニタリングの主な調査項目は以下の通りである。

##### ・地形変化（陸上～汀線測量～深浅測量）

カニの分布にとって、地形は重要である。特に干潟に生息するカニ類は、地形や地盤高さ、水面（タイドプールなど）の存在に分布場所が決定づけられている。さらに、カニの種によっては海岸のみならず背後地も生育範囲としているものがあるので、カニの分布範囲のみならず、周辺地域（背後地の水路・植生地などを含む）の地形も明らかにしておく必要がある。特に、ベンケイガニ類（ベンケイガニ、クロベンケイガニ、アカテガニ）は内陸の樹林帯から水辺までを行動範囲としているので、これらの移動を妨げる道路、側溝、擁壁に至るまで、その位置を把握しておく必要がある。さらに、漂着ゴミなどが集積する場所も明らかにさせておく必要がある。

海浜が始まる部分から汀線までの空間については、干潟の検討と同様に考える。潟湖などの環境においては、繁殖期にカニから放出された幼生が海域に拡散される必要があるため、海域への開口部を有することを確認する必要がある。

これらの調査は、基本的には時期を選ばないが、季節的に海浜の侵食・堆積が著しい場所においては、海浜が広がっている時期と浸食される時期の両者の調査を行うべきである。

##### ・外力

カニの生息場が干潟の場合、地形の維持に外力分布（波浪、河川の流れなど）が大きく影響する場合には、干潟の維持や幼生の拡散、定着という観点から外力分布（波浪・流速の実測あるいは数値計算による）が必要な場合もある。なお、周囲に構造物の設置撤去などの変化が無い場合には、基本的には波・流れは変化しないと考えられる。このような場合には調査の省略も可能である。

なお、干潟のカニ類に対するモニタリングと干潟のモニタリングは基本的に同様である。この詳細については「海の自然再生ハンドブック第2巻干潟編」<sup>9)</sup>を参照されたい。

## イ) 底質

カニ類は基本的には干潟などの底質内を生息の場とするベントスであるので、底質の調査は重要である。カニ類は底質に孔を掘ってすみかとするものがほとんどである。このため、生息基盤として底質条件は特に明らかにしておくべき重要な項目である。カニの分布に関わる底質物理性状は以下のとおりである。

これらの底質の調査方法も、基本的には外力と同様に干潟の調査方法と同一である。

## ・ 粒度組成

カニ類の分布は図2.3.10に示すように底質の粒度組成によって大きく影響される。これは、カニ類の分布が穴を掘ってすみかとする場合の穿孔能力、および底質に含まれる藻類や有機物を餌とする場合の鰓による濾過能力によって規定されるためである。

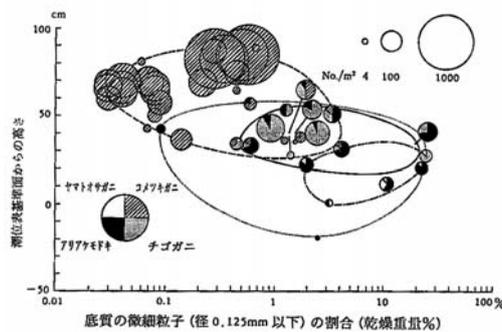


図 2.3.10 細粒分および潮位基準面からの高さとなガニ類の分布<sup>6)</sup>

## ・ 堅さ

カニの生息する地盤の堅さと、カニの分布には大きな関係がある。これは、主としてカニ類の穿孔能力によるものであり、副次的にカニの生息地盤の保水性を表現している。

地盤の堅さを測定する方法は各種あるが、図2.3.11に一例を示すように、コーン貫入試験、簡易的には山中式土壌硬度計\*等を用いて評価することができる。ただし、干潟面の場合には水の影響があるので、注意を要する。各測定点の測定時を完全に水中にする、あるいは潮が引いてからの時間を統一するなどの配慮が必要である。

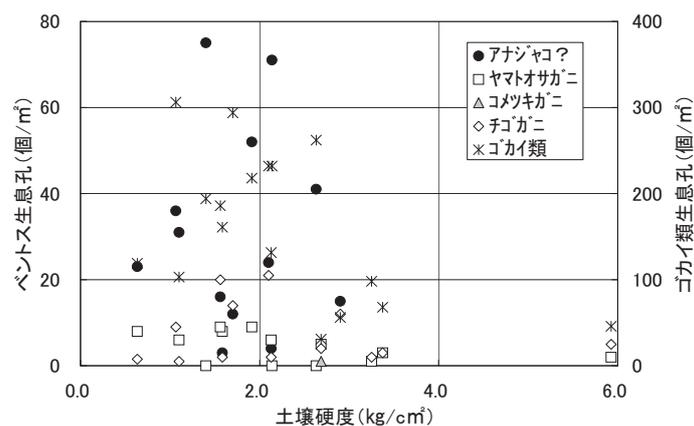


図 2.3.11 山中式土壌硬度計による地盤の堅さとカニの分布<sup>8)</sup>

\* 山中式土壌硬度計：土に円錐状の金属を貫入させ、めり込んだ深さより土の荷重に対する耐性を簡易的に計測する装置。

#### ・化学的項目

カニの生息に特有な化学的項目は、現在のところ特に見出されてはいない。しかしカニ類は干潟の底質中に生息するので、底質の化学的状態は重要である。また、カニ類の幼生はプランクトンとして沿岸海域に分布するので水質環境もまた重要な要素である。

干潟のカニ類は一般に有機物の多い沿岸海域に生息しているので、底質・水質汚濁には強い種が多い。しかし、底質内が嫌気化して硫化水素が発生するような場所では生育できない。このため、底質内の栄養塩類（窒素、リン）、有機物量（強熱減、化学的酸素要求量COD）および硫化物を分析しておく必要がある。酸化還元電位を測定することにより底質内が嫌气的状態かどうかを評価することもできる。

水質については、基本的に干潟を含む沿岸域の調査と同様である。各自治体（水産あるいは環境部局）の定期調査結果を利用することもできる。

### ウ) 生物調査

#### ・カニ類の分布調査方法

カニ類は、その活動期においては干潟や湿地の表面に出現するので、目視による調査が容易である。ただし、チゴガニなどは人間の接近を感じると素早く巣穴に隠れてしまうので、個体数計数には注意が必要である。なお、分布している種が明らかでない場合には、巣穴の数を計数してカニの個体数と考える調査方法もある。

カニ類は移動性が大きいいため通常の底質調査のように採泥器やスコップによる採取では逃亡してしまい採取できないことがある。したがって、海浜表面に分布しているカニの個体数を把握するためには、複数回の調査を行う、あるいは複数の観察担当者が計測を行うことが必要である。

夜行性の種（ハマガニやクロベンケイガニ等）は、調査を行う昼間は潜伏しており採取しにくい。このような種については、網や容器で作成したトラップを干潟に仕掛けておき、夜間活動している個体を捕えることもある。

カニ類は移動能力が大きいいため一般的な底生生物の採取方法である採泥器を用いる、あるいはスコップで底質を掘るといった方法では、採取されないことがある。このため、カニ類の分布調査に当たっては、スコップや採泥器による定量的サンプリングと、[図 2.3.12](#)に示す定性的観察を併用する必要がある。

### エ) 調査時期、頻度、期間の設定

カニ類は多年生の生物であり、冬季は孔を掘って冬眠している。このためカニ類の調査は、カニ類が視認される時期に行う必要がある。

調査頻度は最低年1回（カニの活動が活発な初夏～夏期が望ましい）とするが、カニ類の生息場所を造成するような行為を行った場合には、事前調査とその年のシーズン終了前の2回は実施することが望ましい。施工後年は年数回とし、その後は年1回とする。調査期間は既に示したように5年程度を基本とする。その後も頻度を落として監視を継続するべきである。また、出水や高潮等の異常現象が生じた場合は可能な限りモニタリングを行うことが望ましい。

なお、カニの活動時期に、その分布に影響を与える操作（石積みの修正や掘削など）を行った場合、そのシーズンに少なくとも1回はモニタリングを行う必要がある。これは、カニ類はその生息環境に何らかの環境的操作を行った場合、これに適応するために巣穴を作ったり分布場所を変えたりするためである。

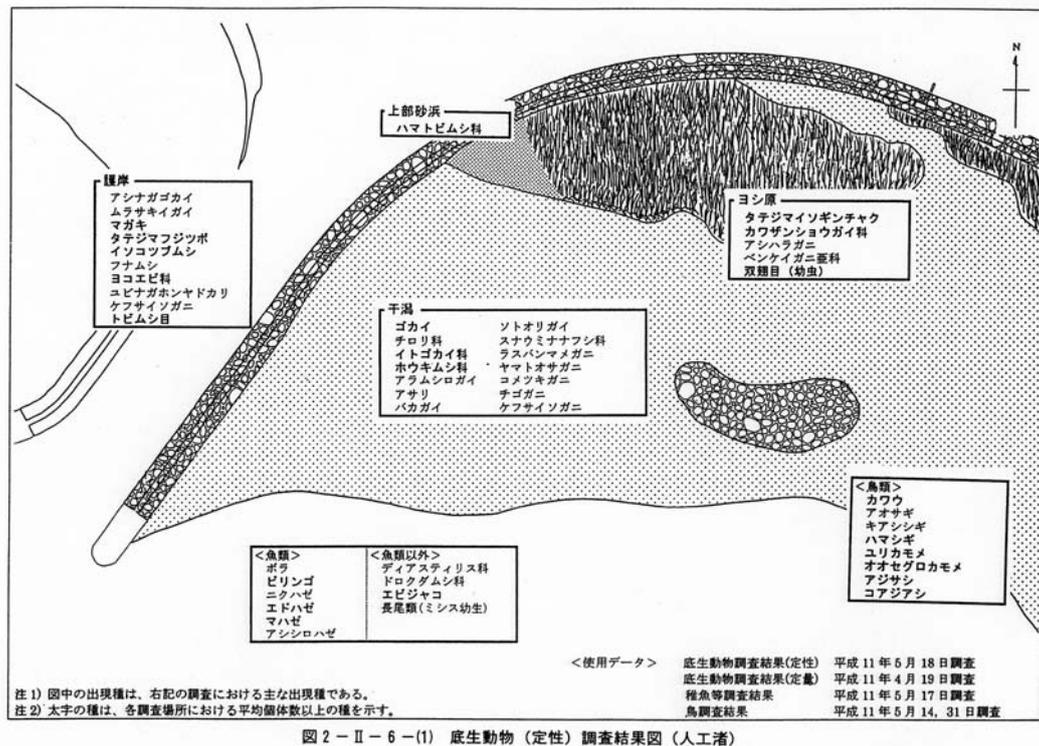


図2-II-6-1(1) 底生動物(定性)調査結果図(人工河川)

図 2.3.12 カニ類分布定性調査の一例<sup>9)</sup>

### b. モニタリング実施体制

カニ類は昼間に行動する種については、活動期の個体分布状況をモニタリングしやすい対象であると言える。しかし、移動力が大きいこと、すぐに生息孔に隠れること、夜行性のものもいることから、しっかりしたデータを残すことは意外と難しい面も持っている。

従って、カニ類のモニタリングを地元のボランティアやNPOに委託する場合には、専門家が十分な指導を行わなくてはならない。また、一般市民のボランティアの参加を募る場合には、日常的観察よりも観察会などのイベントを利用したモニタリングが適している。これは、多人数を集めることができ、集中的に観察指導を行うことが可能であるためである。もちろん、観察に適した日程が限られることもその理由の一つである。

なお、管理手法の見直しに活用すべき定量的データは、観察能力や評価能力のある組織に責任を持って請け負わせる事が必要である。

## 3) 管理手法のレビューと改善

前述したように、カニ類については現在のところ、管理手法そのものが明確になっていない。これらの方法は十分に評価されたものではないが、情報を関係者で共有し、議論を行い、次の方向を考え、次の管理方法を検討するべきであろう。

### ① 管理手法のレビューと改善の必要性

指標項目が目標レベルを満足している場合には、その要因をとりまとめるとともに、モニタリング調査頻度や内容の低減に関する提案を行う。

指標項目が目標レベルを満足していない場合には、モニタリング調査結果および関連資料

をもとにその原因を推定する。多くの場合は地盤高さや底質条件などの物理的条件が適合していないことによると予想されるが、当初設定した条件が適合していない場合には、これらを修正する。

さらに、管理手法をレビューして、その程度と状況に応じてそのまま継続するか、改善するか、やり方を変更する等の方策を判断する。

## ② 目標達成基準の評価方法

指標項目が目標レベルを満足したかどうかで評価する。ただし、カニ類はプランクトン世代を過ごす幼生が加入することで繁殖するので、年変動も大きいものと思われる。このため、対照区の状況も視野に入れて、目標達成状況の評価を行う。

基本的には、対象地区におけるカニ類の種別個体数、抱卵親数等の指標値を、対照区の状況と比較し、それぞれの指標項目が目標レベルを満足しているかどうかを評価する。

なお、カニ類は種によって環境の変化に対する反応が異なる。保全・再生の対象としている種については成功していても、別の種については思わぬ影響を与えている場合も考えられる。場合によっては、単一の種のみを対象とするのではなく、その地域に分布する複数の種を対象として評価しなくてはならない場合もある。

特に造成あるいは改変した地形が対象である場合には、環境変動によってカニ類の群集の組成も変化するので、ある種については目標が達成されているが、別の種は達成されないこともある。したがって、物理的環境状況が安定するまで、可能な限り長期間の調査を実施して評価することが望ましい。

最終的な評価に際しては必要に応じて専門家の意見を参考にすべきである。

## ③ 管理手法改善のための対応策

管理手法改善のための対応策を検討する際には、インパクト・レスポンスフローに立ち返り、行動計画や事業実施方針と現地の対象とする種が生息可能となる環境条件との整合性についてモニタリング調査結果をもとに検討する。

カニ類は、その場の環境条件（環境因子）によって生息する種がおおよそ明らかになってくる。多くの場合は、物理的条件が対象種の生息に不相当であることが考えられるので、物理的条件のモニタリング結果を十分に評価して、対策を立案することになる。

想定される管理手法改善策としては保全管理手法で示した項目について、再度検討することである。カニ類に対する環境改変の影響は早期に現れることが多いので、これらについては検討チームで協議したり、専門家の助言を得た上で小規模な実験を行い、状況を観察した後、改善策に活用すべきである。

## 参 考 文 献

- 1) 西村三郎（1995）：原色検索日本海岸動物図鑑〈2〉原色検索日本海岸動物図鑑〈2〉pp379-418、北隆館
- 2) 小野勇一（1995）：干潟のカニの自然誌、pp58-144、自然叢書、Vol.29、平凡社。
- 3) 上田薫利・上月康則・倉田健悟・村上仁士・白鳥実・桂義教（2002）：干潟生態系の構造把握を目的とした底生生物調査手法の現状と課題、海岸工学論文集、Vol.49、pp1111-1115。
- 4) 上月康則・倉田健悟・村上仁士・鎌田磨人・上田薫利・福崎亮（2000）：スナガニ類の生息場からみた吉野川汽水域干潟・ワンドの環境評価、海岸工学論文集、Vol.47、pp1116-1120。
- 5) 諸喜田茂充（2003）：エビ・カニ・ヤドカリの幼生時代、甲殻類学（朝倉 彰編著）、pp208-232、東海大学出版会。
- 6) 和田恵次（2000）：干潟の自然史、生態学ライブラリーⅡ、pp33-56、京都大学出版会
- 7) 中瀬浩太・林 英子（2002）埋め立て地に造成した人工干潟の環境変化と環境管理海洋開発論文集、Vol.13、pp31-36。
- 8) 有田茂生・中瀬浩太・田中 勉・加澤良夫（2004）：市民参加による干潟の環境調査および環境管理事例、第三回海環境と生物および沿岸環境修復技術に関するシンポジウム発表論文集、pp1-6。
- 9) 海の自然再生ワーキンググループ（2003）：海の自然再生ハンドブック、第2巻、干潟編、pp122-127、ぎょうせい。

## 2.4 貝類

### (1) 具体的行動計画・事業実施方針の設定（レベル2）

#### 1) 貝類の生態・生活史

##### ① 分類

貝類は形態から大きく巻貝類、二枚貝類に分けられ、さらに生活環境や食性ごとに図2.4.1のように分類できる。

生息環境は、巻貝類、二枚貝類ともに概ね岩礫性と砂泥性に分けられる。また、なかには他の生物に付着し寄生、共生している種もみられる。

食性は、巻貝類は肉食性、藻食性、デトリタス等の堆積物食性など、食性や摂食様式も多岐にわたっている。一方、二枚貝類は肉食性の種は稀で、植物プランクトン等の懸濁態有機物を鰓で濾過して食べる懸濁物食（suspension feeding）と、海底の泥土中の有機物を摂取する堆積物食（deposit feeding）の2つに分けられ、多くの種は懸濁物食者に含まれる。

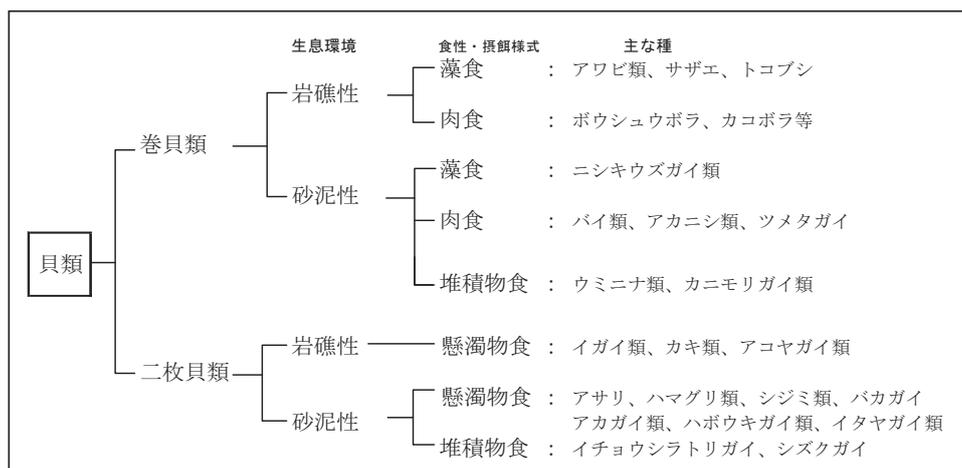


図 2.4.1 貝類の生息環境及び食性等による分類<sup>1)</sup> 一部改編

##### ② 生活史の概要

浅海域でみられる貝類の生活史は、浮遊生活をせずすぐに着底する種もいるが、ほとんどの種がトロコフォア幼生、ベリジャー幼生となり浮遊生活を送り、その後変態して生息基盤に着底する。

変態後に生息基盤として着底する基質は、巻貝類、二枚貝類ともに砂質、砂泥質等の不安定な基盤に生息するタイプと、岩盤のような安定した基盤に生息するタイプに分けられる。それぞれの生活史の代表的な種としてアサリとアワビ類の生活史を図2.4.2に示す。

また、アサリは発育段階ごとにある程度生息環境条件が把握されており（表2.4.1、表2.4.2）、生活史を把握するとともにこのように対象種の生態情報を整理することが行動計画や事業実施方針の設定には重要である。

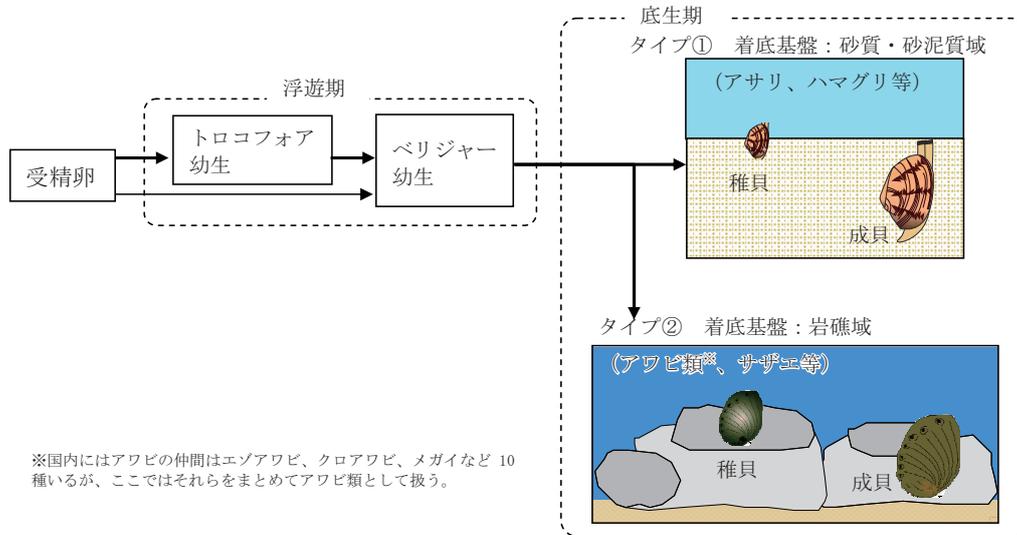


図 2.4.2 浅海域の貝類の代表的な生活史

表 2.4.1 アサリの生態的特性<sup>2)</sup>

産卵時期	日本の東北地方以北では夏季を中心に年 1 回。関東地方以南では春と秋を中心に年 2 回。
浮遊期	受精後12時間でトロコフォア幼生となり、48時間後にはベリジャー幼生となる。2～4週間後に底生生活へ移行する。
生息場所	卵・幼生期：内湾で浮遊生活 稚貝：砂泥底表面 成貝：砂泥底中
成長	殻長30mmに達するのに潮下帯の潮通しの良いところでは約12カ月、干潟の沖側では16～17カ月、干潟の岸側では28カ月。
餌	珪藻類などの植物プランクトン及びデトライタス

表 2.4.2 アサリの生息条件<sup>2) 3) 4)</sup>

環境要因		底生移行期 (稚貝)	底生期 (成貝)
底質	地盤並びに土質の安定性	底面摩擦速度 4 cm/s で分布量が極大	
	土質 (粒度組成)	粒径 1 ～ 2 mm が適	粒径 0.07 mm ～ 2 mm が好ましい
	砂浜域の干出時間	概ね 1 ～ 5 時間の場所。稚貝の発生は 1 日の最大干出時間が 2 時間以下の場所に多い	
水質	水温	致死水温：-2℃以下 40℃では平均生存時間は 5 時間	0 ～ 37℃ で生息 最適水温は 23 ～ 24℃
	塩分	適塩分 25 以上 (適比重 1.018 ～ 1.027)	
	溶存酸素量	5 ppm 以上が望ましい	
	SS (浮遊懸濁物)	10 mg/L 以下	
外敵	カモ類、タコ類、ヒトデ類、タマガイ類、ツメタガイ類、魚類		

## 2) インパクト・レスポンスフローの作成と対策の整理

インパクト・レスポンスフローは、まず対象種の生活史や生態情報を整理し、起こりうる環境変化などのインパクトが、対象種やその生息環境へどのように影響するか伝搬経路を整理して作成する。

このようにフローで影響の伝搬経路を整理することで、保全・再生手法を具体的にすることができ、その後のモニタリング項目設定の際にも考えられる影響に対して何をモニタリングすればよいかを明瞭に示すことが可能となる。

以下に砂泥性のアサリと岩礁性であるアワビ類のインパクト・レスポンスフローの一例を示す。このインパクト・レスポンスフローは、対象種や対象海域に応じて作成することが重要である。また、伝搬経路については不明確な場合が多いため、フローの各経路の検証及び得られた新たな情報をもとに確度や重要度を示すなど随時見直していくことが重要である。<sup>5)</sup>

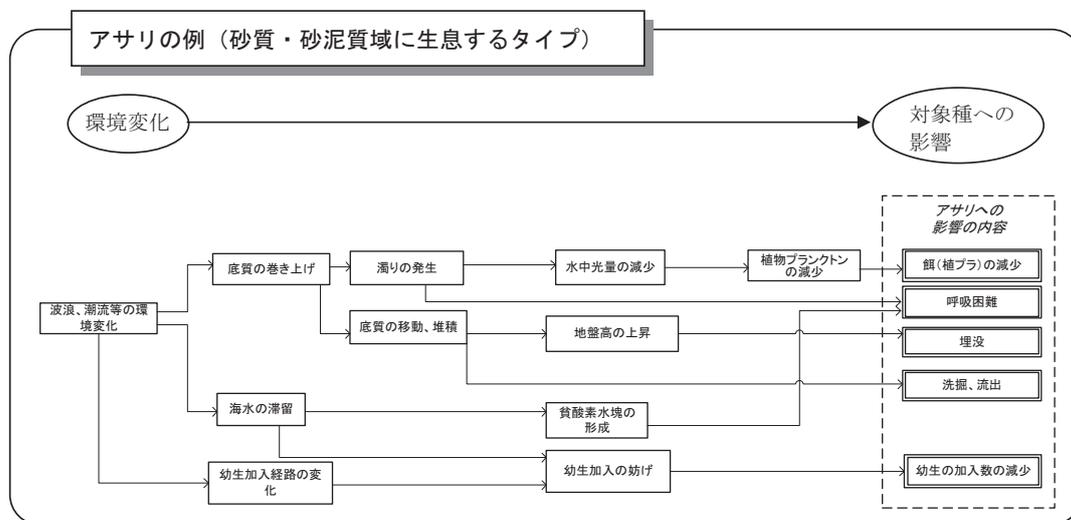


図 2.4.3 (1) 砂質・砂泥質域に着底する種のインパクト・レスポンスフロー（アサリ等）  
（上記は、対象種への負の影響の伝搬経路を示した例である。）

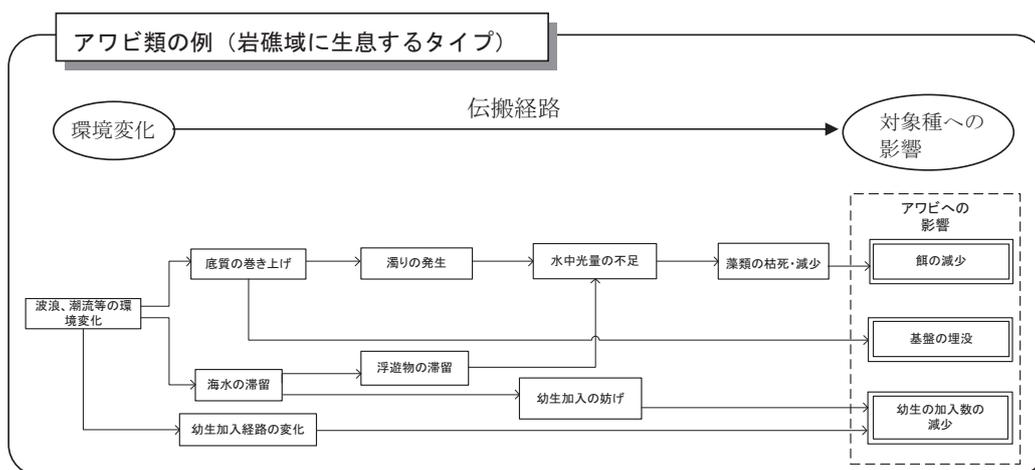


図 2.4.3 (2) 岩礁域に着底する種のインパクト・レスポンスフロー（アワビ類等）  
（上記は、対象種への負の影響の伝搬経路を示した例である。）

### 3) 保全・再生手法

保全、再生手法の具体的な行動計画は、対象地区におけるインパクト・レスポンスフローをもとに、対象種が生息可能な場の保全・再生を目的として作成する。手法としては、一般的に既存生息場所の保全及び生息が可能な人工干潟や藻場の造成等が考えられる。

#### ① 生息場所の保全

対象種の生活史に応じた生息環境条件が把握できている種については、その条件が保全されていることが重要であり、生息条件が明らかでない種については、まずその種の生息環境を明らかにしていくことが重要である。しかし、生息環境条件やその生息場が形成されている機構の解明は容易でないことが多い。その場合は、仮説を立ててその仮説をモニタリングしながら検証していくことも有効な手段である。

また、アサリについては、遊泳力を持たない浮遊幼生期に潮流等で広く拡散していることが分かりつつあることから<sup>6)</sup>、特定の生息場所の保全のみではなく、幼生の供給が考えられる近隣の干潟、幼生の供給経路、潮流の変化等の保全にも配慮することが重要である。

#### ② 生息場所の造成等（人工干潟造成、生物の生息に配慮した構造物の設置等）

生息環境の保全が困難な場合には、人工的に干潟や岩礁等の生息場を造成することで、ある程度種の保全が期待できる。人工的な生息場の創造には対象種の生活史に応じた生息環境条件が把握されていることが前提となる。

例えば貝類の場合は、稚貝の着底場、幼貝生息場、成貝生息場として条件を満足する環境を造成することが重要であり、アサリでは生息場としての造成干潟の事例があり、アワビ類では生息基盤としての岩礁の設置及びその前面に離岸堤を配置して渦流を発生させ幼生を集積させる事例がある。<sup>7)</sup>

## (2) 目標達成基準による管理（レベル3）

### 1) 目標達成基準の設定

#### ① 指標項目

指標項目は客観的で測定可能な項目であることが重要であり、人為的に制御可能な項目を設定することが望ましい。貝類では砂質、砂泥質域に生息するアサリ、岩礁域に生息するアワビ類の指標項目の設定例として、以下の項目が挙げられる。

砂質・砂泥質域に生息するアサリなどの二枚貝類は、成貝になってからはあまり広範囲には移動しないため、成貝の生息状況の確認は比較的容易に正確に把握することが可能である。

しかし、生息場である砂質・砂泥質干潟は粒径や地盤高が変化しやすく、幼生の加入もその年の潮流等環境要因によって変化するなど未解明な点が多いため、このような場合は生息環境及び対象種の個体数の両方を基準に設定することが望ましい。

表 2.4.3 (1) 指標項目の設定例 (砂質・砂泥質域に生息する貝類を保全する場合)

生息状況	成員の個体数、湿重量 稚貝の
底質	地盤高 (干出時間) 勾配、粒度組成、
外敵生物	肉食性貝類、ヒトデ類、魚類等

岩礁域に生息している種にとって生育基盤である岩場は前述した砂泥性の基盤に比べ物理的な形状の変化は少ない。そのため指標項目としては対象種の個体数や大きさ、成長度合いや餌となる付着藻類などを指標とすることが有効である。アワビ類では、生育場の藻場の健全度と肥満度 (軟体部乾燥重量と殻長の比から求める)<sup>8)</sup> の関連が把握されており、餌場となる藻場を維持することも重要である。

また、岩盤は限られた面積の生息場に多くの生物が生息することがあるため、同様の生息条件を必要とする競合生物も併せて指標とすることも有効である。

表 2.4.3 (2) 指標項目の設定例 (岩礁性の貝類を保全する場合)

生息状況	成員の個体数、湿重量、肥満度 稚貝の個体数、湿重量
基盤	岩礁の状態 (浮泥の有無等)
餌生物	海藻類
競合生物	稚貝の着底基盤となる岩礁上の付着生物等

## ② 目標レベル

### a. 生息状況について

指標項目が対象種の生息数の場合、種の貴重さや生息数の観察の容易さによっていくつかのランクに分かれる。

造成干潟の場合は、隣接する自然生息地における生息状況を基準としてより具体的な目標を設定することが有効である。

例えば、アサリの成貝のように比較的観察が容易で、個体数やその変動が把握しやすい場合は、より具体的な定量的な目標レベルの設定が可能となる。

岩礁域に生息する貝類の中には比較的大きく岩の表面に生息する種から、小型で岩の裏や陰に生息する種までいることから、観察しやすい種は個体数の変動を把握しやすいためより具体的な目標レベルを設定し、確認が容易でない種はより定性的な目標レベルを設定することが望ましい。

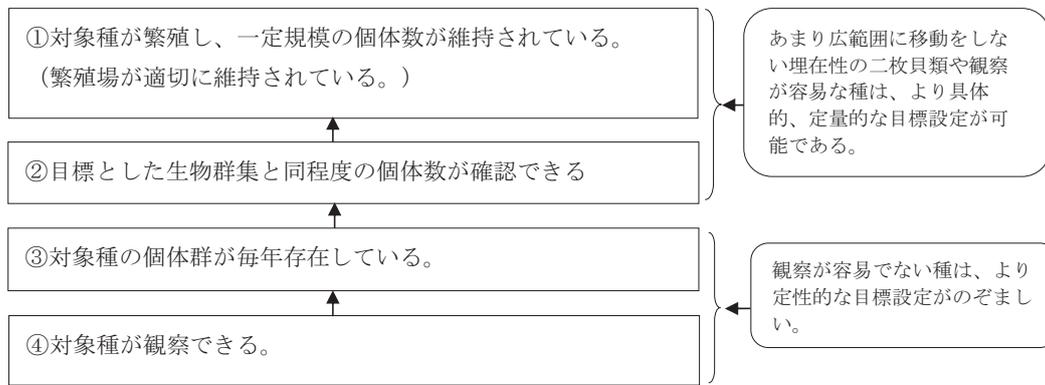


図 2.4.4 目標レベルの設定 (砂質・砂泥質域に生息するタイプ)

#### b. 生息環境について

生息環境の目標レベルは、対象種の生息環境条件（水質、底質、地盤高等）が保全されているか、維持されているか、季節変動や年変動も考慮して、これまで生息が確認された環境条件の変動の範囲を目安として設定することが有効である。新たに人工干潟等の生育場を創造する場合には、周辺の自然干潟域を対照区として設定して、その対照区を目標レベルに設定することも有効である。

ただし、定量的な目標レベルを設定することが難しい場合は、許容範囲も併せて示す方法も考えられる。また、複数の目標レベルを設定して総合的に評価する方法も考えられるが、あらかじめ評価のための基準を設定しておくことが重要である。いずれにしても評価が出来るように様々な条件を想定して設定する必要がある。

#### ③ 目標達成年次

対象種の個体数など対象種そのものが指標の場合は、その種の生態特性や世代時間・寿命等を考慮して、再生産がうまく複数世代にかけて行われているか確認できる期間を設定する必要がある。

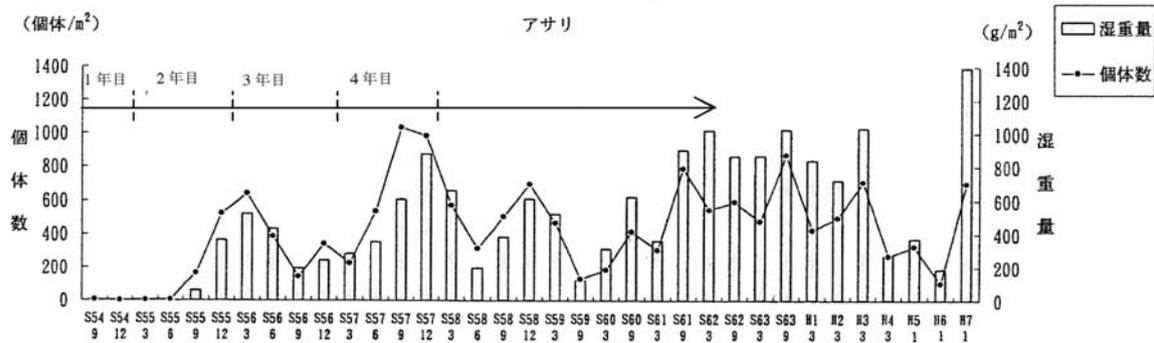
生息環境条件が指標の場合は、既往の事例などを参考に物理的・化学的に安定する時期を予測し期間を設定する必要がある。これまで三重県英虞湾や大阪府阪南地区、長崎県諫早湾における造成干潟の底生生物出現種類数は、造成後長くても2年程度で平衡状態に達するケースが多い<sup>9)</sup>。しかし、造成干潟では造成後から時間の経過とともに大型で寿命の長い種が優占するなど種類数の変化はなくとも種組成の変化（遷移）が起こる<sup>10)</sup>ことから、特定の種が生息、定着するまでにはその生物の生活史や生態特性に応じてさらに時間を要するといえる。

貝類の仲間の寿命は種によって幅があり、1年程度の短いものから数十年生息する長寿命のものまでみられる。アサリの場合は、性成熟するまでに1～3年<sup>2)</sup>とされていることから、再生産がうまく行われているか確認するためにも干潟に定着後、最短で4年間は必要であると考えられる。また、幼生の浮遊経路についても研究されているが、幼生期に広範囲に拡散していることがわかりつつあり、その年の幼生の加入量は環境要因に大きく左右されると考えられる。そのため、安定した着底稚貝の個体数が維持されているかどうかを把握するためには、2世代だけではなくより長期的な視点での期間設定が重要である。

アワビ類の場合は寿命が比較的長くエゾアワビ、クロアワビともに20年程度という報告が

あり、性成熟までの期間は地域によって異なるが2年～4年を要する。そのため再生産が行われているか、幼生の加入が確認するためには最短でも3～5年程度の期間が必要と考えられ、一般的に浮遊幼生の加入量は年変動が大きいと考えられること、成員の寿命が長いことからある程度の個体数が維持されているかを指標とする場合には、より長期的な期間設定が望ましい。また、餌環境として藻類の量を指標とした場合は、餌となる藻類の生活史についても考慮して設定する。

図2.4.5に横浜市に造成された砂浜でのアサリの個体数変動の例を示す。養浜後アサリの個体数は4年間である程度のレベルに達し、その後は年毎に増減していることがわかる。



※養浜工事は昭和53年～54年にかけて実施

図 2.4.5 養浜後のアサリの個体数変動（横浜市金沢区海の公園）<sup>3)</sup>

## 2) モニタリングの実施

### ① モニタリング計画策定の考え方

モニタリング計画は、設定した目標達成基準が達成できているか検証できるように、モニタリング項目、時期、範囲を設定することが重要である。また、インパクト・レスポンスフローで考えられた対象種への影響、伝搬経路を監視できるようモニタリング項目を設定し、得られた結果を用いてインパクト・レスポンスフローの経路の強弱を見直し、また、モニタリング計画にもフィードバックさせる体制にすることが望ましい。

### ② モニタリングの実施方法

#### a. モニタリング手法

モニタリングは時期、頻度については、対象種の生態特性を踏まえて、産卵行動、新規加入が把握できるよう設定することが望ましい。

アサリなどが生息する内湾域では、夏季に貧酸素水塊が形成され個体数の変動に大きく影響を及ぼす場合もあることから、このような季節変化や事象が把握できるように実施することが望ましい。また、浮遊幼生期に広範囲に拡散する二枚貝類は、浮遊幼生期間の気象、海象の把握や幼生の分布調査及び近隣の干潟域の成貝生息（残存）状況も把握することが重要である。

また、アワビ類のような寿命が長い種については個体数の変動だけでなく、個体サイズや重量、肥満度も把握しておくことが望ましい。

表 2.4.4 (1) モニタリング項目例 (アサリ)

生息状況	成員の生息個体数、密度、湿重量 稚貝の〃
底質	地盤高、勾配、粒度組成、砂面レベル変動量
外力	波浪、流況
外敵生物	肉食性貝類、ヒトデ類、魚類等の生息状況

表 2.4.4 (2) モニタリング項目例 (アワビ類)

生息状況	成員の個体数、湿重量、肥満度 稚貝の個体数、湿重量 浮遊幼生の個体数
基盤	浮泥の堆積状況 着底基盤としての条件※
水質・餌	水温、塩分、餌となる藻類（コンブ類）の量
外力	波浪、流況
競合生物	タコ類、カニ類等

※アワビ類の仲間では、幼生の着底は同種や同属の匍匐した跡の粘液状物質により誘引される。また、別のアワビ類の一種では海藻類から出される誘引物質によって着底することが分かっている。

#### b. モニタリング実施体制

モニタリング調査は、標準的な方法と定性的に目視観察等で行う方法を取り混ぜて実施することが望ましい。標準的な方法は専門機関が実施し、日常的な環境モニタリングや監視については、地元のボランティアやNPOの協力を得ることで、状況をより詳細に把握でき問題が発生した場合に早期に発見し、対策を実施することが可能となる。

### 3) 管理手法のレビューと改善

#### ① 目標達成基準の評価方法

指標項目が目標レベルを満足したかどうかで評価する。対象地区における対象種の生息状況や生息環境の指標値を、対照区の状況と比較し、それぞれの指標項目が目標レベルを満足しているかどうかを評価する。指標がひとつで定量的な基準である場合は評価は容易だが、指標が複数ある場合や定性的な場合は、ひとつひとつの項目が目標レベルを満足しているかと併せて、総合的にどうであるか評価する方法もある。総合的な評価についても、あらかじめ目標レベルを設定しておく必要がある。

最終的な評価に際しては必要に応じて専門家の意見を参考にすることも考えられる。

#### ② 管理手法のレビューと改善の必要性の判断

指標項目が目標レベルを満足していると評価された場合には、その要因を取りまとめるとともにモニタリング調査の頻度や調査項目を低減していく。

指標項目が目標レベルを満足していないと評価された場合には、モニタリング調査結果及び関連資料をもとに原因を推定し、管理手法をレビューして、その程度と状況に応じて以下のような対策を検討する。

- a 様子を見る。
- b 改善のための対応策を導入する。
- c 目標達成基準を見直す。
- d 例外的な状況においては、具体的な行動計画・事業実施方針を見直す。

以上のような管理手法のレビューと改善の必要性の判断については、多様な主体の間での合意形成と科学的知見に基づいた判断が重要である。

### ③ 管理手法改善のための対応策

管理手法の改善が必要と判断される場合は、目標達成基準が未達成となっている原因を検討し、改善のために有効と考えられる対応策を策定し実施する。

予測が不確実な海辺の生態系を対象とした再生計画においては、あらかじめ起こりうる変化を想定し、各変化に対する対応策メニューを検討しておくことが望ましい。

## 参 考 文 献

- 1) 波部忠重・奥谷喬司・西脇三郎（1999）：軟体動物学概説 下巻.
- 2) 社団法人全国沿岸漁業振興開発協会（1996）：増殖場造成計画指針 ヒラメ・アサリ編、P.126-130.
- 3) 国土交通省港湾局監修（2003）：海の自然再生ハンドブック 第2巻干潟編.
- 4) 財団法人海洋生物環境研究所（1991）：沿岸至近域における海生生物の生態知見 貝類・甲殻類・ウニ類編、p.271.
- 5) 酒井陽一・赤倉康弘・富田幸晴・小早川弘・高橋由浩・細谷誠一・池田宗平（2006）：海域における生活史や生活環境の情報が少ない種に対するモニタリングのためのインパクト・レスポンスフローの策定.沿岸域学会誌Vol.18,No.14,pp79-91.
- 6) 粕谷智之，浜口昌巳，古川恵太，日向博文（2003）：秋季東京湾におけるアサリ（*Ruditapes philippinarum*）浮遊幼生の出現密度の時空間変動、国総研報告、第12号
- 7) 運輸省港湾局監修（1999）：自然と生物にやさしい海域環境創造事例集.
- 8) 磯焼け診断指針作成事業委員会ほか（2002）：磯焼け診断指針.
- 9) 桑江朝比呂（2005）：干潟、亀山章・倉本宣・日置佳之編集、「自然再生：生体工学的アプローチ」、pp.229、ソフトサイエンス社、p.264.
- 10) 桑江朝比呂・細川恭史・小笹博昭（2000）：メソコスム実験による人工干潟の生物生息機能の評価、海岸工学論文集、第47巻、pp.1101-1105.

## 2.5 ウミガメ類

### (1) 具体的な行動計画・事業実施方針の設定（レベル2）

#### 1) ウミガメ類の生態

##### ① 分類

現存するウミガメ類は7種（クロウミガメを種と見なすと8種）で、これらは全てワシントン条約\*（絶滅のおそれのある野生動植物の種の国際取引に関する条約）附属書Iに絶滅危惧種として記載されており、国際的に商業取引は禁止されている。

日本の近海に来るウミガメは、ウミガメ科のアカウミガメ\*\*、アオウミガメ\*\*\*、タイマイ\*\*\*\*、ヒメウミガメ、オサガメ科のオサガメの5種である。それぞれの特徴を表2.5.1に示す。これらのうち、日本で産卵するウミガメは、アカウミガメ、アオウミガメ、タイマイの3種であり、これらは環境省のレッドデータブックでは、絶滅危惧種に指定されている。九州・四国・本州で産卵する唯一の種であるアカウミガメは、ウミガメの中で最も北方まで分布する種である。

\* ワシントン条約：「絶滅の恐れのある野生動植物の種の国際取引に関する条約」の通称。1973年にワシントンで締結会議が行われ、加盟国は約100ヶ国。絶滅の危険度に応じて制限が設けられ、ウミガメ類のすべての種は、最もその危険が高いとされるグループ（附属書1）に含まれている。

\*\* アカウミガメ：世界の大洋に広く分布するウミガメで、日本では本州、四国、九州、沖縄の海岸線で産卵する。

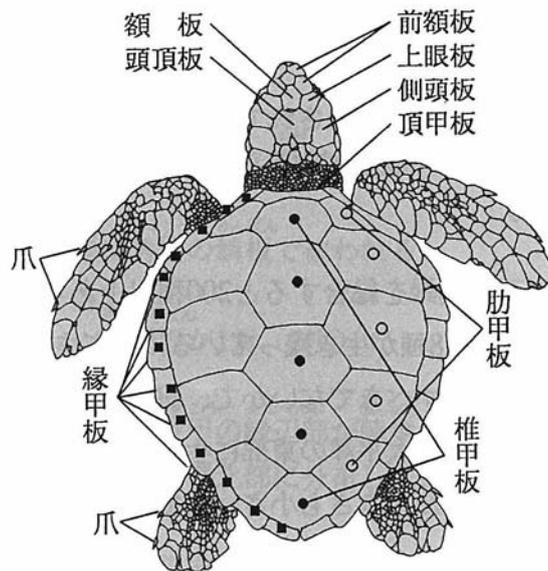
\*\*\* アオウミガメ：世界の大洋に広く分布するウミガメで、日本では小笠原諸島、屋久島以南の南西諸島で産卵する。

\*\*\*\* タイマイ：世界の熱帯海域に広く分布するウミガメで、日本では沖縄島以南の南西諸島で産卵するが、その数は少ない。

表 2.5.1 日本近海に来るウミガメ<sup>1) 2)</sup> より作成

種 名	特 徴
アカウミガメ <i>Caretta caretta</i>	前額板は5枚が基本だが2対（4枚）のことも多い。肋甲板は基本的には5対だが変異は多い。頭部が大きく、背は茶色である。世界中の熱帯・温帯海域に分布するが、赤道付近には生息域や産卵場がなく、やや高緯度地方にある。日本では最も多く産卵する種である。
アオウミガメ <i>Chelonia depressus</i>	前額板が1対（2枚）であり、眼後板が4枚である。下顎にはのこぎりのようなギザギザがある。世界中の熱帯・温帯海域に分布し、日本でも普通にみられる。
タイマイ <i>Eretmochelys imbricata</i>	前額板が1対（2枚）である。肋甲板は4対である。背甲の縁辺部が鋭くとがり、背甲の鱗板は瓦のように重なる。くちばしはとがる。
ヒメウミガメ <i>Lepidochelys kempii</i>	前額板が1対（2枚）である。肋甲板は5対以上、椎甲板も5枚以上のことが多い。背側は灰色である。世界中の熱帯・温帯海域に分布し、日本でも稀にみられる。
オサガメ <i>Dermochelys coriacea</i>	甲羅は薄い皮膚で被われ、7本のキール状の隆起がある。

備考：ウミガメの各部名称<sup>2)</sup>



## ② 分布

アカウミガメは、太平洋、大西洋、インド洋に広く分布し、沿岸域に多く外洋ではあまりみられない。熱帯ではむしろ少なく、亜熱帯・温帯の海に多い。また、岩礁地よりむしろ砂泥地に多いといわれている。

また、ウミガメ類では摂食場所と産卵場所が別れており、アカウミガメが日本にやってくるのは産卵回遊のためである。ふ化\*した幼体の生息場所は確認されていないが、太平洋の南の海域において漂流生活を送っていると考えられている。産卵場所として利用するのは比較的広い砂浜で、通常は人家等の明かりの見えない場所を選ぶ。

アカウミガメの国内における分布は、沖縄県から福島県南部にかけての太平洋岸および石川県に至る日本海側数県の合計16県で多くの産卵地点が知られている。その中でも鹿児島県吹上浜・屋久島、宮崎県一ツ葉海岸、徳島県大浜海岸、静岡県御前崎が有名である。

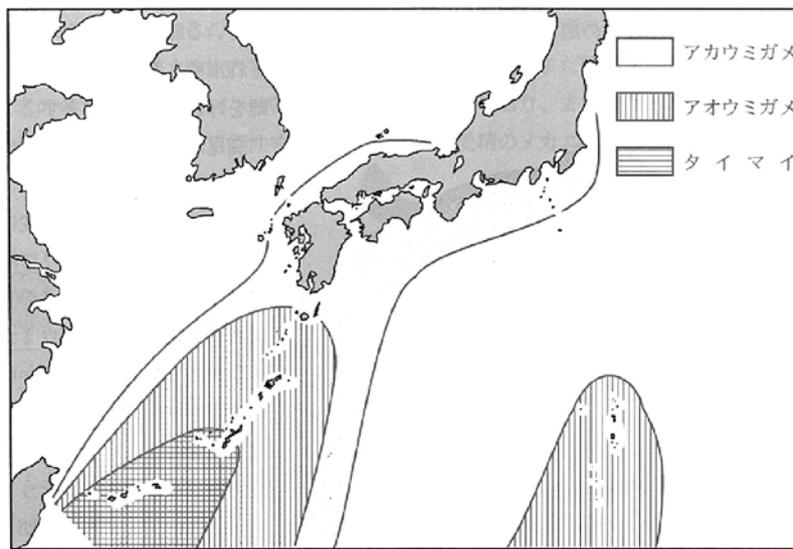


図 2.5.1 我が国で産卵する3種類のウミガメの産卵域<sup>2)</sup>

## ③ 生活史

広大な海洋を生活の場としているウミガメの生態は未知の部分が多く、特に沖合や外洋における生態は不明である。アカウミガメの生活史を推定すると、図2.5.2のようになる。

ふ化したアカウミガメの稚ガメは直ちに帰海するものの、日本沿岸での稚ガメおよび未成熟ガメはほとんど確認されておらず、一方、アメリカ側では成長期の発見個体が多いことから、アカウミガメの稚ガメおよび未成熟ガメは日本沿岸からずっと遠く離れて成長し、太平洋を時計回りに大回遊し、南方の温暖で餌となる動物の豊富な海域を摂食場所として過ごし、再び産卵のために日本沿岸に近づくものと考えられている。最近では、メキシコのカリフォルニア半島沿岸で成長したアカウミガメが太平洋を横断して日本の海岸で産卵することを確認するために、衛星テレメトリーによる追跡調査が実施されており、発信器をつけて放流したアカウミガメがメキシコから日本沿岸まで移動したことが確認されている。

\* ふ化：ウミガメの場合、砂中で子ガメが卵殻を破って卵外に出ること。

なお、産卵を終えたアカウミガメは、その後は、摂食場所としての日本南方の海域（東シナ海）と、産卵場所としての日本沿岸を往復するものと考えられている。

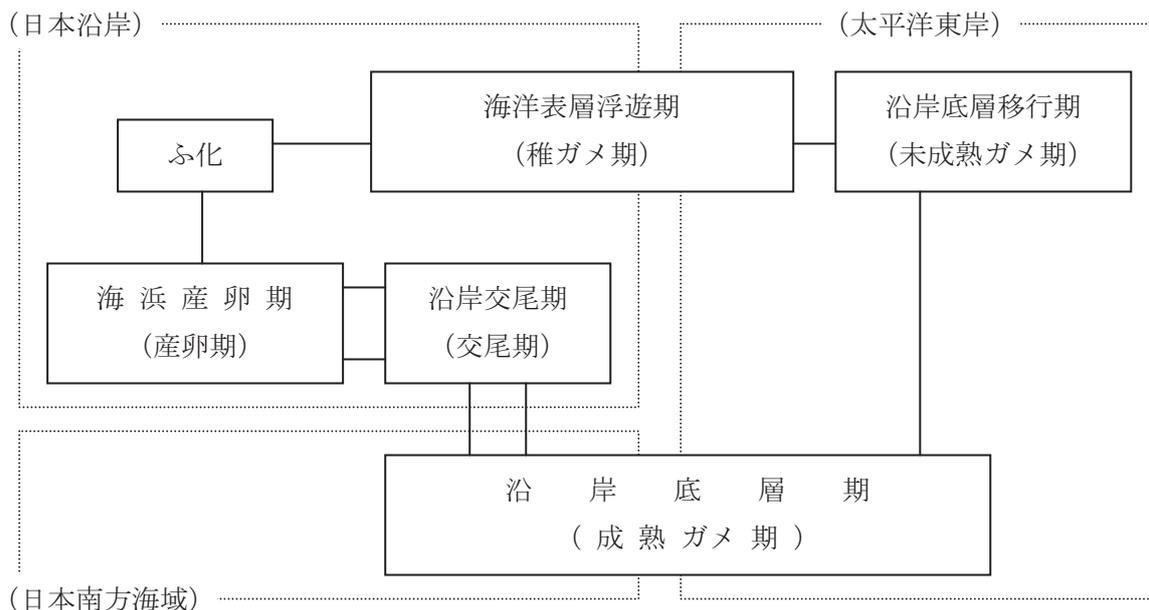


図 2.5.2 日本で産卵するアカウミガメの生活史<sup>3)</sup> より作成

#### ④ 産卵行動

アカウミガメは九州・四国・本州の海岸で産卵する唯一のウミガメであり、日本は北太平洋におけるアカウミガメの重要な産卵地となっている。日本沿岸での産卵は、水温が20℃前後になる5～6月頃始まって9月頃まで続くが、最盛期は6～8月である。

産卵場は緩傾斜の砂浜である。また、その1～2km沖に浅瀬が必要で、水深20m前後の場所で交尾を行う。産卵は雌が上陸して穴を掘って行う。1回の産卵上陸における産卵数は100個程度である。雌は1シーズン中に数回の産卵上陸を行い、11～25日間隔で同一の産卵場に再上陸している。また、同一の雌が数年おきに同一の産卵場にきて産卵することが各地の産卵場で確認されている。

産卵行動を整理したものを表2.5.2に示す。産卵行動の中では、上陸から巣穴の位置を決定するまでの時間が最も長く、この行動が最も慎重に行われていると考えられている。また、上陸しても産卵するとは限らず、渚や浜の様子を探りに来るような上陸が観察されており、このような非産卵個体はその後も産卵のために同一海岸に上陸することが確認されている。非産卵個体の多い海岸は、灯火や人の声、犬の鳴き声など物理的刺激的の多い場所であることが知られている。また、前面に離岸堤や防波堤あるいは定置網など海浜に対する物理的遮蔽物のある海浜ではアカウミガメの上陸数が減少し、それらのない海浜に集中することが知られている<sup>4)</sup>。

#### ⑤ 子ガメのふ化と降海

産卵から約2ヶ月すると、親ガメとほぼ同じ形をした子ガメが卵の殻を破って砂の中に脱出する。このようなふ化は一つの穴の中ではほぼ同時に起こり、何十匹もの子ガメがもがくことで砂の天井が徐々に崩れる。ふ化から地上への脱出には数日かかり、子ガメは主に夜間

に地上に出てくる。子ガメには明るい方向に向かう習性があることから、暗い山側に比べて明るい海側に向かい海にたどり着く。

表 2.5.2 アカウミガメの産卵行動<sup>2), 5)</sup> 等より作成

産卵行動項目	内 容
①交尾	産卵の数週間前に沖合の浅瀬付近で交尾するといわれている。
②陸への接近	主に底層を遊泳し、岸に近づくにしたがって浮上と沈降を繰り返しながら接近する。
③上陸	汀線際で鼻を砂につっこんでしばらく海岸をうかがい、産卵場の安全を確認してから上陸する。
④定位まで	光、音等に敏感で危険を感じると降海する。湿地、汀線際の濡れるところは避け、波の来ない産卵に適したところを探して移動する。全体を通して最も慎重な行動である。
⑤定位	産卵場所決定後、前脚、後脚の届く範囲内で砂をかきわけ、自分の体の大きさの窪み（ボディーピット*）を掘る。
⑥穴掘りと産卵	ボディーピットを掘った跡、後脚で巣穴を掘る。途中で砂中から、岩やコンクリート等が出て掘れなくなると産卵行動を中止し、再び定位場所を探すか降海する。一度に約100個の卵を産卵する。
⑦穴埋めと降海	後脚で砂をかけ、押し固めた後、前脚と後脚で砂を全体にかけて産卵場所をカモフラージュする。
⑧離岸	岸からは、まっすぐ沖へ向かい近くの瀬に滞留するといわれている。

\* ボディーピット：雌が産卵巣を掘る前に、前脚を使って作る比較的広く浅いくぼみ。雌はその中に定位し、産卵する。

## 2) インパクト・レスポンスフローの作成と対策の整理

自然環境の変化もしくは人為的なインパクトがある場合には人為的なインパクトが対象種やその生息環境にどのような影響を与えるか、どのように伝播するかについて計画対象地区におけるインパクト・レスポンスフローを作成して、保全・管理方法、再生手法を具体的に示す。

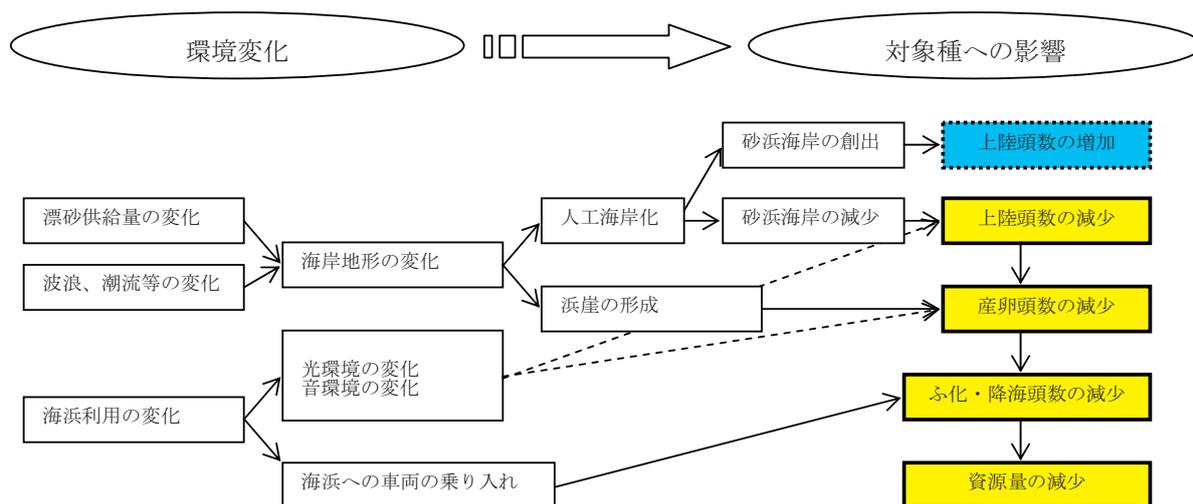


図 2.5.3 ウミガメに関するインパクト・レスポンスフローの一例

注：ここでは人間活動がウミガメに及ぼす概略的な影響を整理した。個別事業についてインパクト・レスポンスフローを作成する際には、具体的な開発項目（例えば侵食対策事業における海岸構造物の建設など）を起点として、ウミガメに及ぼす影響の伝播経路について地区特性を考慮して整理する必要がある。影響としてはマイナス面だけでなく、海浜の新たな創出による産卵場所の増加等のようなプラス面についても考慮することが望ましい。

## 3) 保全・再生方法

具体的な行動計画は、計画対象地区におけるインパクト・レスポンスフローをもとにウミガメが上陸、産卵、ふ化、降海が可能な海岸を保全・再生することを目的として作成する。保全・再生方法の内容は、ゾーニング、海浜形状、利用等の観点から検討する。

### ① ゾーニング

- ・ゾーニングを行い、ウミガメの産卵を優先するゾーン（保全ゾーン）、ウミガメの産卵期には立入を制限するゾーン、人が常時利用できるゾーン等に区分する。ウミガメの産卵頻度が高い海浜周辺は保全ゾーンとし、海浜形状等の安定性に関する検討を行う。

### ② 海浜形状等

ウミガメの産卵に適した海浜形状等の一例を以下に示す。

- ・ウミガメの産卵海浜は、浜幅を十分に広く確保する。
- ・海浜の基礎として緩傾斜護岸などのブロックがある場合、産卵のための砂層厚は60cm以上必要であり、砂の侵食を考慮して1m以上は確保する。
- ・養浜の際には周辺海域の砂を利用する。養浜砂の採取場所については十分な検討が必要である。

## ③ 利用

- ・ウミガメが産卵するゾーンと人が常時利用できるゾーンの境界には観察壁を配置し、ウミガメの上陸行動への影響を小さくしつつ産卵行動を観察できるようにする。
- ・障壁などにより、ウミガメゾーンへの光の進入を防止する。
- ・産卵期（6～8月）には、産卵上陸する時間帯（22～3時）には照明を消す。あるいは、別途、足下照明等を設置して、足下照明のみ点灯する。
- ・観察壁にウミガメの生態などの説明資料を設置し、市民への啓蒙を行う。
- ・産卵が終わってから卵がふ化して子ガメが降海するまでの時期（8月～10月）についても砂浜への立入制限を行う。
- ・子ガメがふ化する時期には、子ガメには光に向かって移動する習性があることから、夜間に陸側の照明が砂浜に進入するのを防止する。

## (2) 目標達成基準による管理（レベル3）

## 1) 目標達成基準の設定

## ① 指標項目

指標項目として、対象種の単位海岸延長当たりの上陸頭数\*、産卵頭数\*\*に加えて、対象海岸の海岸地形が重要である。

## ② 目標レベル

目標レベルは周辺の自然地形上に目標とする区域を想定し、その中に対照区としてのモニタリング地点を設定することが望ましい。

ウミガメが上陸・産卵する海岸の保全・再生については、現況およびこれまでの変遷を考慮して目標レベルを設定する。新たに創出するウミガメの産卵に配慮した海岸整備については、周辺の自然地形上の海浜を対照区として設定する。図2.5.4に示すようにいくつかのランクに分けて設定する必要がある。

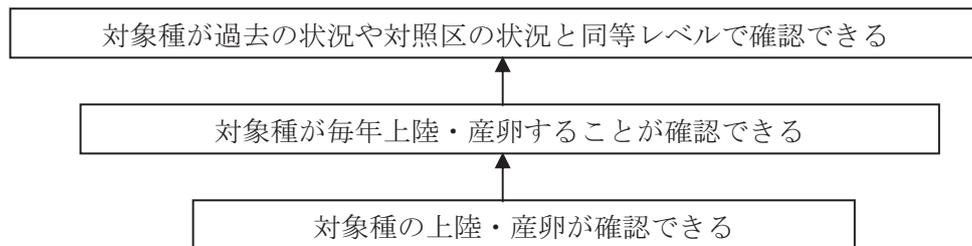


図 2.5.4 目標レベルの設定

\* 上陸頭数：海から砂浜に上陸した個体数。上陸頭数には、産卵したものと、上陸しただけで産卵せずに海にもどったものが含まれる。

\*\* 産卵頭数：産卵した個体数。ウミガメは1シーズンに複数回産卵するので、1日当たりの産卵頭数と延べ産卵頭数を使い分ける必要がある。

### ③ 目標達成年次

年変動を考慮して5年間を目安とする。地域によってウミガメの産卵時期が異なるため、事前に地域のNPO等から産卵時期に関する情報を収集し、産卵期間中を対象として5年間以上の結果を統計的に解析する。ウミガメの上陸・産卵頭数は年変動が大きいいため、可能な限り長期間にわたるモニタリング調査を継続することが望ましい。

## 2) モニタリングの実施

### ① モニタリング計画策定の考え方

モニタリングの主な調査項目は、「ウミガメの上陸・産卵頭数」と「海岸地形」である。それぞれ、調査時期、頻度、期間、方法等を設定したうえで実施することが望ましい。また、海岸地形に影響を及ぼす波浪・降水量等の情報を把握しておくことが望ましい。

### ② モニタリングの実施方法

#### a. モニタリング手法

調査区域において、調査期間中の前夜に上陸したアカウミガメの足跡を調査し、上陸・産卵位置、海浜条件、産卵地点の地盤高を記録する。

調査方法は図2.5.5に示す手順に基づき実施する。調査項目と調査方法を表2.5.3に示す。

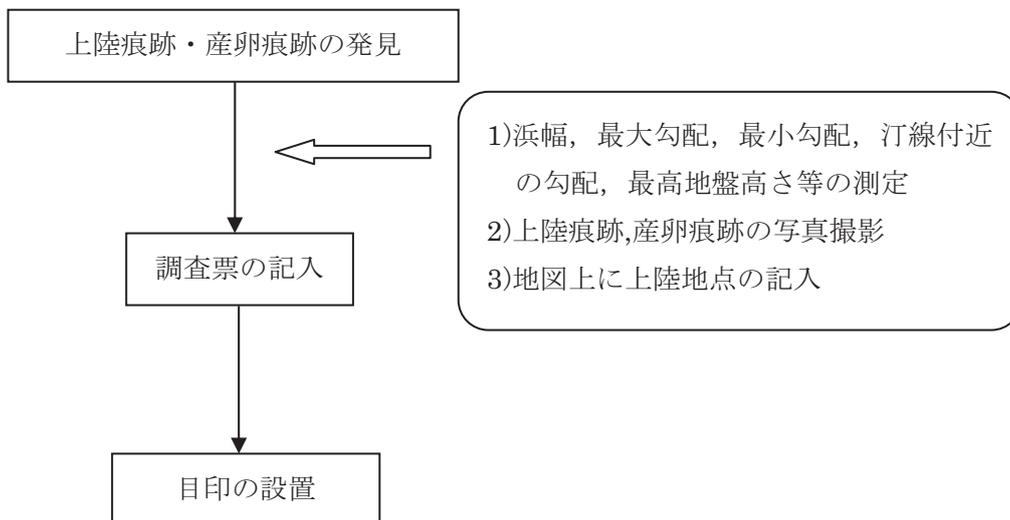


図 2.5.5 調査手順フロー

表 2.5.3 主な調査項目と調査方法

海浜条件	調査方法
上陸・産卵位置	上陸・産卵痕跡*を目視により確認し位置を記録する。位置の確認する。GPS等を使用する。
海浜幅	上陸地点の海浜について、海浜幅・汀線から上陸最高点までの距離をメジャー等により測定する。
海浜勾配	上陸地点の海浜について、産卵位置（最大到達点）から海を見通して勾配が最大・最小と思われる場所の勾配を計測する。
海浜植生	上陸地点の海浜について、目視により海浜植生の被度、群度、位置について観察する。
構造物	上陸地点の海浜について、目視により構造物（離岸堤，護岸等）の有無、位置について観察する。
ゴミの状況	上陸地点の海浜について、目視によりゴミの種類（丸太，枝，木片等）、量について観察する。
車の轍	上陸地点の海浜について、目視により車の轍の状況について観察する。
人の足跡	上陸地点の海浜について、目視により人の足跡の状況について観察する。
産卵地点の地盤高	産卵した場合は産卵地点の高さを、産卵していない場合は最大到達点の高さを計測する。



写真 2.5.1 アカウミガメ上陸・産卵状況調査の状況

\* 産卵痕跡：海岸の砂の表面に残されたウミガメが産卵した跡。

## b. モニタリング実施体制

専門家による定期的なモニタリング調査に加えて、日常的な監視については地元のボランティアやNPOの協力を得ることが望ましい。

## 3) 管理手法のレビューと改善

### ① 目標達成基準の評価方法

目標達成基準の評価は、指標項目が目標レベルを満足したかどうかで評価する。

対象地区におけるウミガメの上陸状況や産卵状況および地形の状況等の指標値を、対照区の状況と比較し、それぞれの指標項目が目標レベルを満足しているかどうかを評価する。

ウミガメの上陸・産卵頭数は年変動が大きいいため、可能な限り長期間の調査を実施して評価することが望ましい。

### ② 管理手法のレビューと改善の必要性の判断

指標項目が目標レベルを満足している場合には、その要因をとりまとめるとともにモニタリング調査頻度や内容の低減に関する提案を行う。

指標項目が目標レベルを満足していない場合には、モニタリング調査結果および関連資料をもとに原因を推定し、管理手法をレビューして、その程度と状況に応じて以下のような対策を検討する。

- a. 様子を見る。
- b. 改善のための対応策を導入する。
- c. 目標達成基準を見直す。
- d. 例外的な状況においては、具体的な行動計画・事業実施方針を見直す。

以上のような管理手法のレビューと改善の必要性の判断については、多様な主体の間での合意形成と科学的知見に基づいた判断が重要である。

### ③ 管理手法改善のための対応策

管理手法改善のための対応策を検討する際には、インパクト・レスポンスフローに立ち返り、行動計画や事業実施方針と現地の環境条件との整合性についてモニタリング調査結果をもとに検討する。

想定される管理手法改善策としては「保全管理内容」の項目で示した以下の3項目について、再度検討することがあげられる。

- ・施設配置
- ・海浜形状等
- ・利 用

## 参 考 文 献

- 1) 内田 至 (1982) ウミガメ学入門 (I) 現生ウミガメ類の形態と分類、海洋と生物22、pp.333-339.
- 2) 紀伊半島ウミガメ情報交換会・日本ウミガメ協議会編集 (2003) ウミガメは減っているか、117p.
- 3) 内田 至 (1982) ウミガメ学入門 (II) 繁殖の生態、海洋と生物23、pp.402-410.
- 4) 内田 至 (1986) ウミガメ学ノート ③離岸堤の構築と海ガメの産卵上陸生態の変化、海洋と生物44、pp.217-219.
- 5) 田水達之・児玉理彦・山本秀一・飴矢智之 (1992) アカミガメの産卵に配慮した侵食対策工法、テクノオーシャン92国際シンポジウム、pp.275-280.

## 2.6 サンゴ類

### (1) 具体的な行動計画・事業実施方針の設定（レベル2）

#### 1) サンゴ類の生態

##### ① 分類

表2.6.1にサンゴを含む刺胞\*動物門の分類表を示す。サンゴは刺胞動物\*\*門のヒドロ虫綱および花虫綱のいくつかの「目」にまたがっている。このように、サンゴという名は系統分類学的な名称ではない。

サンゴにはかたまりとして石灰質の骨格、すなわちサンゴ体を作るものと、代わりに角質の骨格を作ったり、石灰質の微小な骨片を体中に充満させるものがある。前者をハードコーラルと呼び、後者をソフトコーラルと呼ぶ。ハードコーラルはサンゴ礁の形成に大きな役割を果たす。これら造礁サンゴの多くは体内に褐虫藻\*\*\*が共生\*\*\*\*しており、成長が速い。

表 2.6.1 刺胞動物門の分類<sup>1)</sup>

刺胞動物門	
ヒドロ虫綱	
サンゴモドキ目	(サンゴモドキ)
アナサンゴモドキ目	(アナサンゴモドキ)
その他、8目	(サンゴなし)
立方クラゲ綱(1目)	(サンゴなし)
鉢虫綱(4目)	(サンゴなし)
花虫綱	
八放サンゴ亜綱	
ウミヅタ目	(クダサンゴ)
ウミトサカ目	(ウミアザミ、ウミトサカ)
アオサンゴ目	(アオサンゴ)
ヤギ目	(アカサンゴ、イソバナ)
その他、3目	(サンゴなし)
六放サンゴ亜綱	
ツノサンゴ目	(ウミカラマツ、ネジレカラマツ)
イシサンゴ目	(ハナヤサイサンゴ、ミドリイシ)
その他、5目	(サンゴなし)

:サンゴを含む目と代表種  
 :造礁サンゴを含む目と代表種

\* 刺胞：刺胞動物のみが作る細胞器官の一つで、餌をとったり、攻撃をする際に用いられる。毒をもったものもあり、刺されると炎症を起こすことがある。

\*\* 刺胞動物：外胚葉と内胚葉をもつ二胚葉性の動物で、刺胞をもっている。サンゴ、クラゲ、イソギンチャク、ヒドラなどを含み、ほとんどは海産であるが、わずかに淡水にも生息する。

\*\*\* 褐虫藻：造礁サンゴに共生する直径10ミクロンほどの単細胞の渦鞭毛藻で、シャコガイなど他の動物にも共生する。サンゴの組織内では鞭毛を失い運動性を欠く。分裂によって増える。

\*\*\*\* 共生：複数種の生物が緊密な関係を成立させて共に生きることで、互いに利益を得ることが多い。内部共生と外部共生があり、褐虫藻は造礁サンゴの組織内部に共生する共生藻である。

表2.6.2にサンゴの造礁性\*における分類を示す。

ハードコーラルには、サンゴ礁の形成に大きな役割を果たすものと、サンゴ礁の形成にあまり関与しないものがある。前者を「造礁サンゴ」、後者を「非造礁サンゴ」と呼ぶ。造礁サンゴの大部分はイシサンゴ目が占めている。

また、非造礁サンゴのアカサンゴ、シロサンゴ、モモイロサンゴは宝石として利用される。

表 2.6.2 サンゴの造礁性<sup>1)</sup>

サンゴ	ハードコーラル	造礁サンゴ	アナサンゴモドキ目
			クダサンゴ (ウミヅタ目)
			アオサンゴ (アオサンゴ目)
			イシサンゴ目の大部分
	ソフトコーラル	非造礁サンゴ	サンゴモドキ目
			イシサンゴ目の一部
			アカサンゴ
			シロサンゴ
			モモイロサンゴ
			ヤギ目の大部分
			ツノサンゴ目
			ウミトサカ目

表2.6.3に造礁サンゴの生活形、群体\*\*形による分類を示す。

ほとんどの造礁サンゴは岩石等の固い基盤にしっかりと固着しているが、一部には基盤から離れて海底で生息しているサンゴもある。前者を「固着性\*\*\*サンゴ」、後者を「非固着性サンゴ」または「自由生活サンゴ」と呼ぶ。

固着性サンゴ、非固着性サンゴともに、1個のポリプ\*\*\*\*からできている「単体サンゴ」と、複数のポリプからなる「群体サンゴ」がある。造礁サンゴの大部分は、「固着性・群体サンゴ」である。

\* 造礁性：炭酸カルシウムの骨格を大量に生産し、サンゴ礁の形成に貢献する性質。サンゴ類では、褐虫藻と共生するもののほとんどが造礁性である。

\*\* 群体：共通の親個体から出芽によって形成されたポリプの集まりで、出芽後も離れることなく複数のポリプが共肉部で連絡してできている状態。

\*\*\* 固着性：サンゴ等が基盤に固着して自由に動けない状態。

\*\*\*\* ポリプ：生きているサンゴの基本単位で、個虫ともいう。イソギンチャク様の形態である。

図2.6.1に造礁サンゴの群体形の概要を示す。造礁サンゴの大部分を占める固着性・群体サンゴの群体形には、被覆状\*、塊状\*\*、葉状、樹枝状\*\*\*の四つの基本型があり、これらの基本型が変形してさまざまな群体形を作り出している。サンゴは種類によって成長の速さが異なり、一般的には樹脂状のミドリイシ属は成長が速く、塊状のハマサンゴ属、ククメイシ属は成長が遅い。

表 2.6.3 造礁サンゴの生活形、群体形<sup>1)</sup>

生活形		群体形	代表的な種、分類群
固着性	単体	-	ミナミカワラサンゴ など
	群体	被覆状	アナサンゴ属 など
		塊状	ククメイシ属 ハマサンゴ属 など
		葉状	リュウキュウキッカサンゴ ウスコモンサンゴ など
		樹枝状	ミドリイシ属 など
非固着性 (自由生活)	単体	-	マンジュウイシ属 クサビライシ属 など
	群体	-	ヘルメットイシ属 キュウイリシ属 など

\* 被覆状：基盤を覆うように成長した薄い皮革状の群体の形状。

\*\* 塊状：塊状の群体の形状。典型的には半球形になる。

\*\*\* 樹枝状：比較的細かく枝分かれした群体の形状。

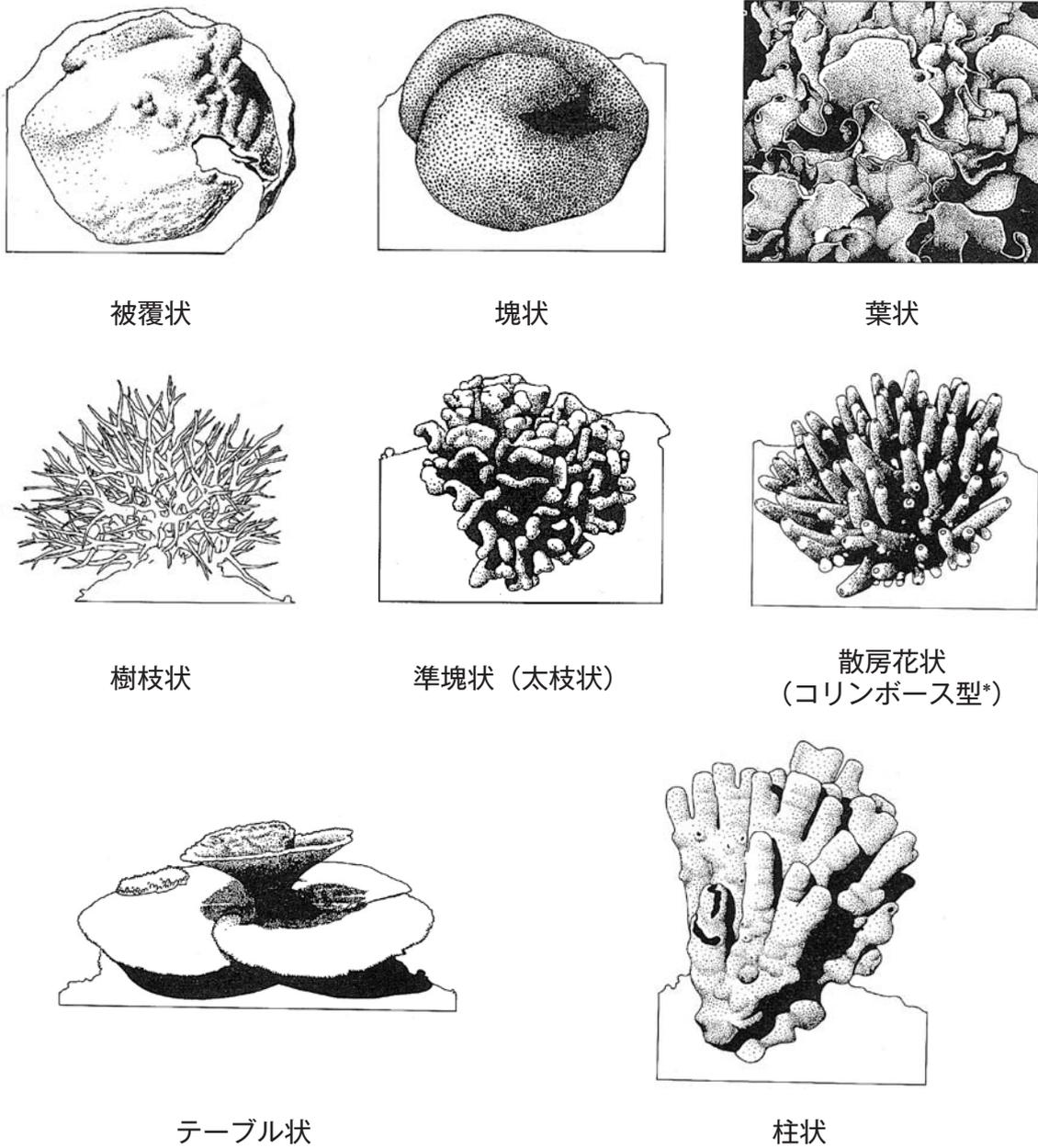


図 2.6.1 群体サンゴの群体形<sup>1)</sup>

\* コリンボース型：ミドリイシ類の群体形の一つで、基部から放射状に横に張り出した枝から、上向きにほぼ同長の枝が等間隔で多数伸びてできる群体形。

## ② 生活史

### a. 生活史

造礁サンゴの代表といえるイシサンゴ目の生殖には、卵と精子が受精してプラヌラ\*という幼生を経て1個のポリプになる「有性生殖\*\*」と、ポリプが次々と出芽\*\*\*・分裂して新しいポリプを作っていく「無性生殖\*\*\*\*」がある。

イシサンゴ目の生活史を概説すると、成熟した親ポリプが卵と精子を作り、受精後に発生を進めてプラヌラ幼生になる。プラヌラ幼生は数日～数週間（最大100日以上）の浮遊生活の後、適当な底質を選んで着生して1個のポリプになる。新しいポリプは、親ポリプから分離することなく、連結したまま分裂して新しいポリプを作り、多数のポリプからなる集合体を作る。これが一つのサンゴの群体（コロニー）であり、通常目にするサンゴはこのサンゴ群体である。

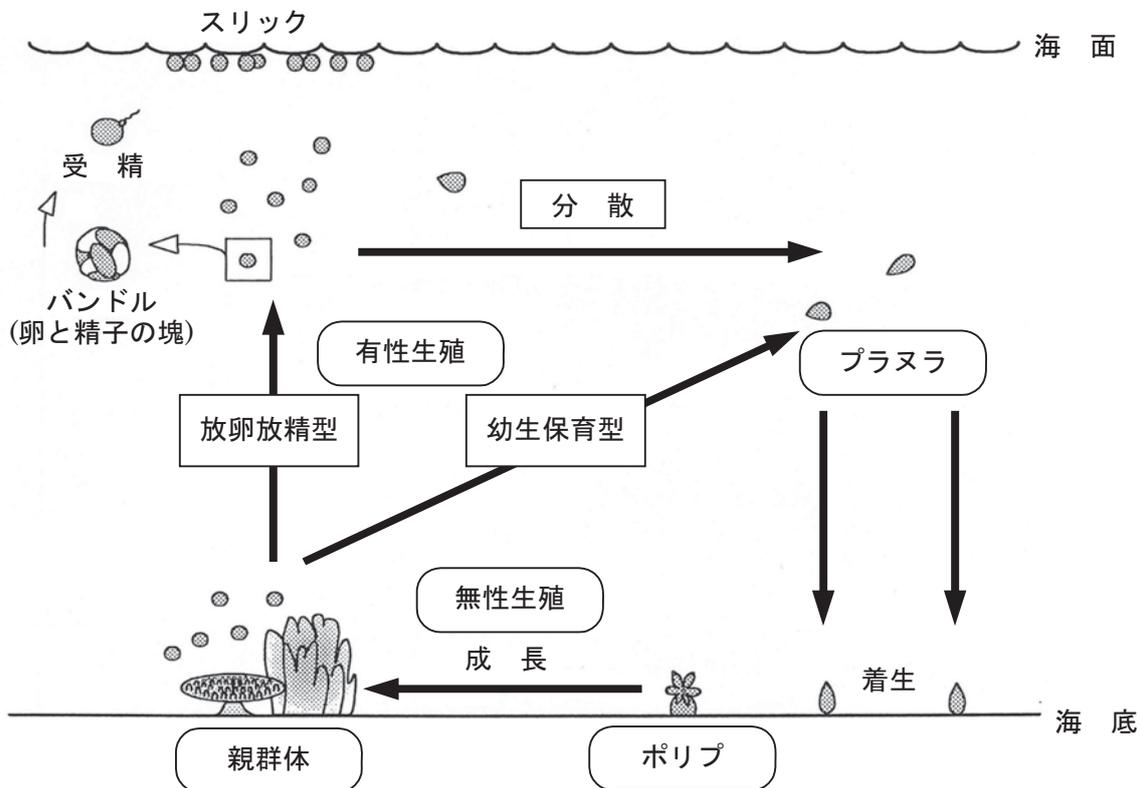


図 2.6.2 サンゴの生活史<sup>1)</sup>

\* プラヌラ：サンゴその他の刺胞動物の幼生で、プランクトン生活を送る。ほとんど有性生殖で作られ、分散の役割を果たす。

\*\* 有性生殖：卵と精子など配偶子を用いて、子孫を生産すること。有性生殖によってできる子は、親と遺伝子組成が異なっている。

\*\*\* 出芽：群体が成長していく際に、ポリプが芽を出すようにして新たに形成されること。

\*\*\*\* 無性生殖：配偶子を用いずに子孫を増やすこと。無性生殖によってできる個体は、遺伝子組成が等しいクローンである。

### b. 有性生殖と生殖時期

イシサンゴ目の有性生殖と生殖時期については、雌雄同体\*および雌雄異体\*\*の種があり、それぞれに放卵放精型\*\*\*と幼生保育型\*\*\*\*があることから、生殖様式に4つのパターンが存在する。放卵放精型はポリプが卵と精子を放出して水中で受精するものであり、幼生保育型はポリプの中で卵と精子が受精してプラヌラ幼生を放出するものである。生殖様式の違いは、概ね科のレベルで分類できるが、同じ属内にも放卵放精型の種と幼生保育型の種が含まれる場合もある（例：ハナヤサイサンゴ属）。イシサンゴ目は群体ごとに性が決定しており、一つの群体ではすべてのポリプが同一の性である。

一般的に、造礁サンゴの生殖については、「初夏の満月の夜に一斉に産卵する」といわれている。しかし、産卵時期は場所や種類によって異なる。また、同じ場所でも産卵日時が毎年同じというわけではなく、海況により若干の違いが生じる。

大部分のサンゴでは年に1回の生殖期をもち、八重山諸島で5～7月、沖縄島周辺で6～8月の満月の日から数日以内の日没後数時間内に産卵が行われる。なお、ハナヤサイサンゴやショウガサンゴでは、年に複数回の幼生放出をすることが知られている。

### c. 浮遊幼生の分散と幼サンゴの着生

イシサンゴ目の多くの種の有性生殖は、成熟したポリプが作った卵と精子が、海中に放出される。放出された卵や精子の多くは一旦海面近くまで浮上し、一斉産卵が起こった翌日には、大量の卵や受精卵を含んだスリック\*\*\*\*\*と呼ばれる白やピンクの帯状の浮遊物が確認される。スリックは短期間で形成-消滅-再形成を繰り返して分散する。卵と精子は受精後に発生してプラヌラ幼生になる。プラヌラ幼生は数日から数週間の浮遊生活の後、適当な底質に着生・変態して1個のポリプになる。このように、サンゴは幼生を分散させることによって、個体群を維持・拡大させている。

プラヌラ幼生は表層の流れによって輸送されるため、リーフ内の幼サンゴの加入量は時空間的に大きく変動する。そのため、ダメージを受けた礁への外部からのサンゴ幼生の人為的供給の重要性も指摘されている。

なお、沖縄本島西部では、プラヌラ幼生は慶良間列島から沖縄本島西岸への東向きの流れに乗って産卵後4～5日で輸送されることが明らかとなり、慶良間列島が沖縄本島西岸へのプラヌラ幼生の重要な供給源の一つであることが示されている。

### d. 有性生殖以外の群体数または個体数の増加

無性生殖はポリプが増加して群体が成長することであり、群体数の増加にはつながらない。

\* 雌雄同体：一つのポリプに卵巣と精巣があり、卵と精子が形成される。

\*\* 雌雄異体：雌雄の性が群体によって異なり、卵巣をもつポリプからなる雌群体と、精巣をもつポリプからなる雄群体が別々になっている。

\*\*\* 放卵放精型：卵や精子をポリプから体外へ放出し、水中で体外受精を行う。多くのサンゴが一斉放卵放精\*を行う放卵放精型である。

\* 一斉放卵放精：放卵放精型の有性生殖を行うサンゴは、初夏の満月のあとの夜、多くの種が一斉に放卵放精を行うことが多い。

\*\*\*\* 保育型：体内受精をして、ポリプの胃腔内でプラヌラまで保育する有性生殖の型。ハナヤサイサンゴ科で普通に見られ、ポリプは幼生を放出する。

\*\*\*\*\* スリック：大規模な産卵の後、海面に卵と幼生の集団が帯状に漂っている様子。

しかし、破片化\*したサンゴが岩盤に再固着し、新たな群体に成長することや、群体が部分的に死んで群体数が増加することがある。サンゴは有性生殖以外にもさまざまな方法で群体数を増やす。

## 2) インパクト・レスポンスフローの作成と対策の整理

自然環境の変化もしくは人為的なインパクトがある場合には人為的なインパクトが対象種やその生息環境にどのような影響を与えるか、どのように伝播するかについて計画対象地区におけるインパクト・レスポンスフローを作成し、次頁に示すような保全・再生手法を具体的に示す。

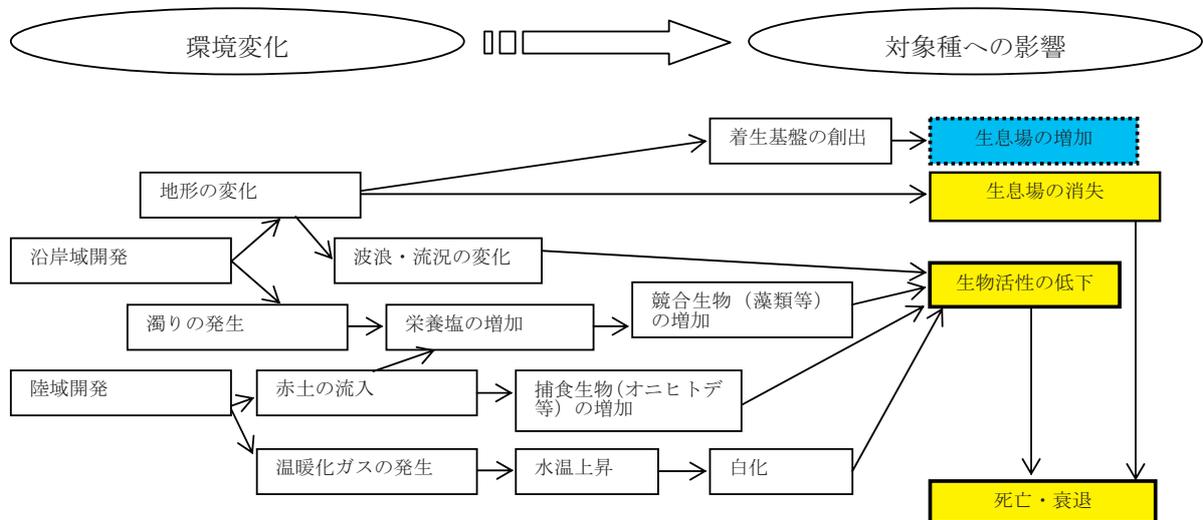


図 2.6.3 サンゴに関するインパクト・レスポンスフローの一例

注：ここでは人間活動がサンゴに及ぼす概略的な影響を整理した。個別事業についてインパクト・レスポンスフローを作成する際には、具体的な開発項目（例えば防波堤築造など）を起点として、対象とするサンゴに及ぼす影響の伝播経路について地区特性を考慮して整理する必要がある。影響としてはマイナス面だけでなく、新たな着生基盤の創出による生息場の増加等のようなプラス面についても考慮することが望ましい。

\* 破片化：樹枝状のサンゴや葉状のサンゴなどが、波浪などの衝撃によってばらばらに壊れることをいう。このようにしてできた群体の破片が再固着または再生して新たな群体が増えることもある。

### 3) 保全・再生手法

サンゴ礁海域における保全・再生技術は、表2.6.4に示すように有性生殖過程による増殖を期待した「サンゴの着生基質\*の形成技術」と、無性生殖過程による増殖を期待した「サンゴの直接的導入技術」およびサンゴ群集\*\*の成長に適した環境条件を形成するための「環境の改善技術」に分類されている。具体的な行動計画は、インパクト・レスポンスフローをもとに対象種の生態的特徴と現地の環境条件を考慮して設定する。

なお、移植\*\*\*などの直接的導入手法の適用に際しては、移植元の環境への影響や遺伝子攪乱\*\*\*\*にも留意する必要がある。

- 
- \* 基質：生物の生活の足場。固着性動物にとっては、安定した持続性のある基盤に固着することが重要。
  - \*\* サンゴ群集：サンゴ類が一つの場所に多数生息して形成する集まりで、サンゴ礁のさまざまな環境によって、群集を形成する主要な種の群体形が異なることが多く、異なる景観が作り出される。
  - \*\*\* 移植：サンゴは破片で無性的に繁殖することができる。そのため、破片を基盤に固定することによって、サンゴを移植することができる。
  - \*\*\*\* 遺伝子攪乱：ある生物種の分布域内に、繁殖を行う集団がいくつかに分かれて存在している場合、それら集団間には何らかの遺伝子組成の変化が認められる場合がある。こうした集団間で安易な移植、混合を行うと、各集団の持つ遺伝子の独自性が失われ、種の分化が妨げられると共に、異なる適応価を持つ集団との混合による集団全体の適応力の低下が懸念される。

表 2.6.4 サンゴ礁海域における自然再生技術<sup>1)</sup>

手 法 内 容					
保 全	法線計画上の配慮		埋立てや防波堤建設計画予定地にサンゴ礁が存在する場合に法線計画上の配慮を行い、保全を図る。		
再 生	着 生 基 質 の 形 成	基質投入	安定基質の投入	海底が礫、砂地でサンゴが成育できない場所に、安定した基質（石材、ブロック等）を投入する。	
		浅場造成	深場への基質投入による浅場造成		水深が深く、サンゴが成育できない場合に、石材やブロック等で浅場を造成する。
			消波工法面の緩傾斜化		防波堤沖側の消波ブロックの法面勾配を緩傾斜にして浅場面積を増す。
			消波工の小段設置		防波堤沖側の消波ブロックの法面に小段を設けて浅場面積を増す。
			マウンドのかさ上げ		防波堤岸側のマウンドをかさ上げて浅場面積を増す。
			護岸の緩傾斜化		船舶が接岸しない護岸は、直立護岸としないで、緩傾斜とするか、または前面に浅場を造成する。
	表面加工	ブロックの凹凸加工		消波ブロック等の構造物の表面に凹凸加工を施し、サンゴ等の着生促進を図る。	
		ケーソン直立壁の凹凸加工		防波堤の岸側の直立壁に突起や棚を設けて、サンゴ等の着生場所を確保する。	
		基質表面の化学的処理		消波ブロック等の構造物にサンゴ等の着生促進物質を、塗布、添付する（研究開発段階）。	
	環 境 の 改 善	物理環境の多様化	ケーソンの凹凸配置	ケーソンを凹凸に配置し、法線を複雑化することで積極的なサンゴ礁の再生を行う。	
		海水交換の促進	ケーソンの隙間配列	積極的に隙間を確保するようにケーソンを配置するか、防波堤の一部はケーソンを用いずに消波ブロック等で充填する。	
			有孔ケーソン	孔開きケーソン等を用いることで、港内の海水交換を促進する。	
	サンゴの直接的導入	幼生放流		サンゴの幼生を採取、育成、放流することにより、大量・確実な着生を図る。	
		幼サンゴの移植		サンゴの幼体が着生した人工基質を構造物やサンゴの少ない天然礁に移植し、増殖を図る。	
サンゴ片の移植		サンゴの破片を水中ボンド等で構造物やサンゴの少ない天然礁に移植し、増殖を図る。			
サンゴ群集の移築		サンゴ礁が埋立てや防波堤建設により消滅する場合に、サンゴ群集を移築する。			
利 用	親水防波堤		防波堤を遊歩道として開放し、港や海の景観を楽しむ場所を提供する。		
	海中展望塔		海中から直接サンゴ等を観察できる施設を建設する。（海中展望塔、海中トンネル）		
	沖合海水浴場		防波堤の岸側や沖合の天然礁を利用して海水浴やダイビング等を行う。		
	自然観察施設		海の生物や野鳥等を観察する区域を設定し、観察施設（ネイチャーセンター）、生態系展示施設（水族館）、観察指導員（レンジャー）等を置く。		

## (2) 目標達成基準による管理（レベル3）

### 1) 目標達成基準の設定

#### ① 指標項目

特定の種のサンゴに関する指標項目としては、被度、群体数、最大径等がある。

図2.6.4に示すように那覇港の防波堤における調査結果によると、ミドリイシ属は浅い水深帯（-1m、-3m）で成長が速く、深い水深帯（-5、-7、-9、-12m）で遅い。ハマサンゴ属は深い水深帯（-12m）で緩やかに成長している。また、ハナヤサイサンゴ属の成長は緩やかで、水深の違いによる差は小さい。

このような関係を参考にして、指標項目は種ごとに目的に応じて選定することが望ましい。

また、サンゴ群体の成長に影響を及ぼす環境因子として、物理・化学因子、地形・地質因子、生物因子、人間活動等がある。これらが複雑に関与して、サンゴ群体の成長に関与している。これらの環境因子についても人為的に改善が可能なもの（例えばオニヒトデ等の生物因子）については指標項目とすることが望ましい。

#### ② 目標レベル

サンゴは地域や水深によって成長の速さが異なるため、計画対象地域周辺の自然地形上のサンゴ群集に関する調査結果や現地調査結果をもとに、目標とするサンゴの状況を想定し、対照区を設定する。目標レベルとしての対照区は、比較主体と環境条件が同じであることを前提とし、同じ時期での他の場所の状況または、同じ場所での以前の状況を設定することができる。

既存のサンゴの保全および新たに形成されたサンゴについては、現況およびこれまでの変遷を考慮して目標レベルを設定する。これから再生しようとするサンゴについては、周辺の自然地形に分布するサンゴの現状およびこれまでの変遷を考慮して目標レベルを設定する。

図2.6.5に示すようにいくつかのランクに分けて設定する必要がある。

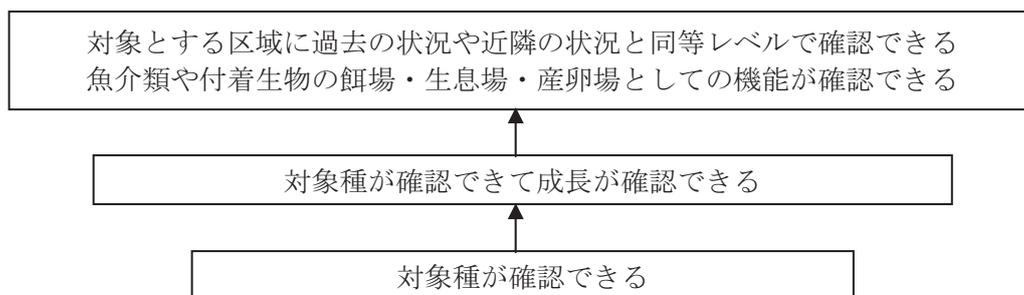


図 2.6.5 目標レベルの設定

#### ③ 目標達成年次

目標達成年次は6年間から8年間を目安とする。

既に示したようにサンゴの成長の速さは種類によって異なる。このような種類による成長の違いを考慮して、成長の遅い種類については目標達成年次を長くすることも必要である。

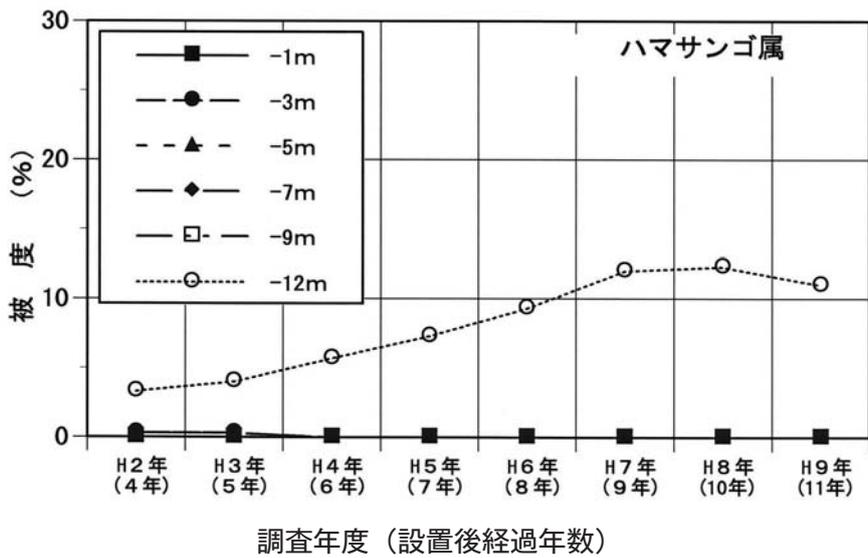
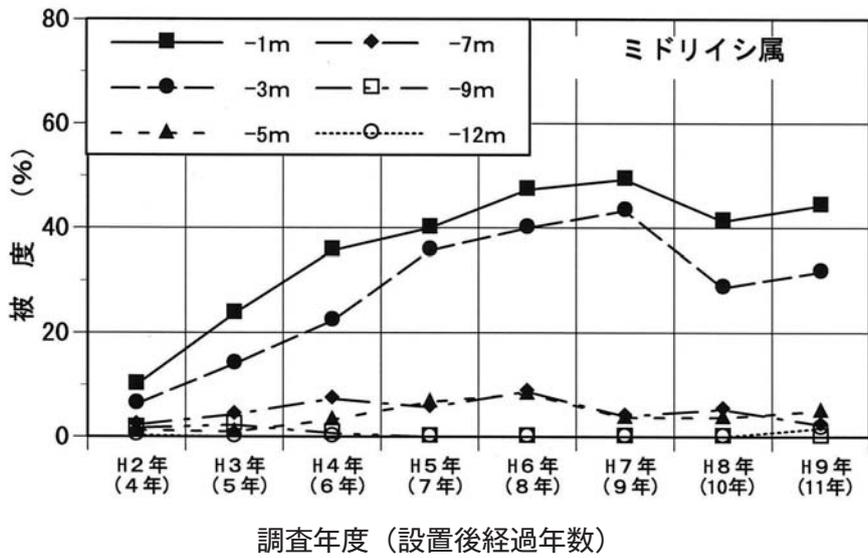
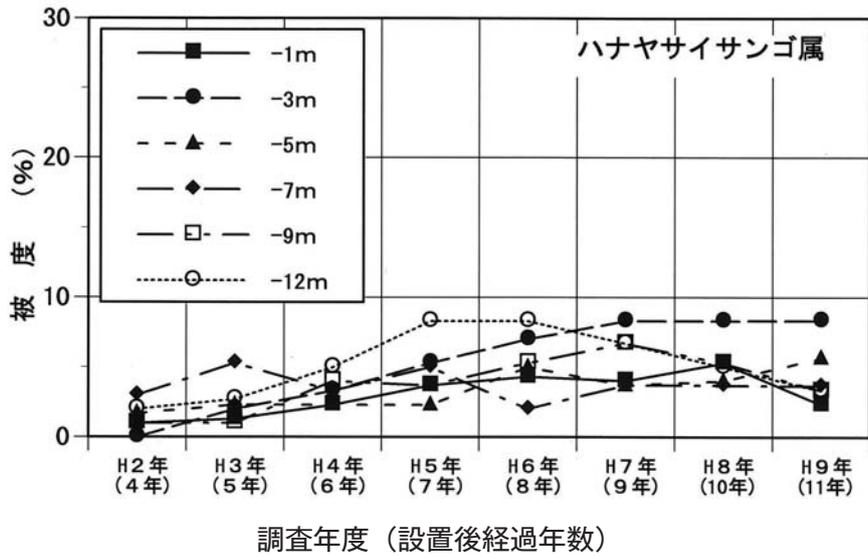


図 2.6.4 属別、水深別の被度経年変化<sup>2)</sup>  
 (水深はD.L.換算、那覇港ではD.L.0m ≒ M.W.L.-1m)

## 2) モニタリングの実施

### ① モニタリング計画策定の考え方

今までに形成された場の保全、再生および新たな場の創出を計画した区域では、サンゴの成育分布状況や水質等の環境条件について専門家によるモニタリング調査を実施し、サンゴが計画通りに保全・再生・創出されているか否か等の確認を行い、必要に応じて対策を検討し、以後の計画に反映させる。

造礁サンゴ類は動物プランクトン等を捕食する他、共生している褐虫藻が光合成によって生産した物質を得て成長している。褐虫藻が光合成を行うためには光が必要であることから、造礁サンゴ類の成長にとって光が重要な環境因子になっている。光の条件のほかに波浪、セディメンテーション、水温、塩分、栄養塩等が重要である。これらの環境因子がサンゴ群体の指標項目の変化に影響を及ぼすため、順応的管理に際しては関連する環境因子の把握に努めることが望ましい。

### ② モニタリングの実施方法

#### a. モニタリング手法

モニタリングの主な調査項目は、「サンゴの調査」と「水質等の環境調査」である。それぞれ、調査時期、頻度、期間、地点等を設定したうえで実施することが望ましい。

また、サンゴ以外の生物相やオニヒトデ等の外敵生物についてもモニタリングを行うが、これらの生物については、地元のボランティアやNPO等による日常の観察により得られる成果も有効と考えられる。

サンゴは長期間をかけて徐々に成長するために調査時期は特定しない。調査頻度は基本的に年1回とするが、再生手法を実施した場合、実施後1～2年は年数回とし、その後は年1回とする。調査期間は対象とするサンゴの成長の速さに応じて設定し、その後も監視を継続することが望ましい。

サンゴ調査、水質等環境調査、生物相調査、外敵生物調査の調査方法について以下に概説する。

#### サンゴ調査（コドラート法）

一定面積内のサンゴの種類、被度、群体の大きさ等について観察する。定期的に調査することにより、サンゴ群体の新規加入、成長状況、回復状況等を把握する。

コドラート全体の面積は、対象とする地区の生物相を代表できる範囲とするが、対象とする基質の規模（消波ブロック、石材、天然礁）に応じて異なる。一般的には1 m × 1 m ～数m × 数m程度である。対象範囲内のサンゴ・ソフトコーラル・海藻草類・底生生物等について目視で種類、被度等について測定する。写真を撮影する場合は、コドラートを0.5 m × 0.5 m または 1 m × 1 m に区分する。



写真 2.6.1 コドラート法によるサンゴ調査

### 水質等環境調査

サンゴ調査と並行して水質等環境調査を定期的実施することにより、サンゴの成育状況と環境条件とを検討する。

調査項目としては、現地測定調査による透明度、水温、塩分、光量子、濁度等と、採水分析調査によるCOD、窒素、リン等があげられる。

また、浮泥等の濁りがサンゴに及ぼす影響を把握するためにはセディメントトラップを用いた調査を行う。

### 生物相調査

対象海域の生物相の概要を把握するために、ダイバーの潜水目視により、サンゴ以外の観察可能な動植物のリストアップおよび概略生息密度を記録する。

### 外敵生物調査

外敵生物調査は、サンゴの食害生物の生息状況を把握するために、ダイバーによる潜水目視で主にサンゴを摂餌する生物の生息密度や摂餌状況を観察する。

サンゴの主な食害生物の中でもオニヒトデはサンゴに重大な被害を与える生物として、特に注意を要する。



写真 2.6.2 オニヒトデ

#### **b. モニタリング実施体制**

サンゴの成育状況や水質等の環境条件についてモニタリング調査を実施し、環境が計画通りに保全・再生されているか否か等の確認を行い、必要に応じて対策の検討を行い以後の計画に反映させる。

モニタリング調査は、標準的な方法と定性的に目視で行う方法を取り混ぜて実施することが望ましい。標準的な方法は専門家や専門機関と連携して実施し、日常的な環境モニタリングや監視については、地元のボランティアやNPOの協力を得ることで、オニヒトデの大発生等の異変を早期に発見し、対策を実施することが可能となる。

### 3) 管理手法のレビューと改善

#### ① 目標達成基準の評価方法

対象地区におけるサンゴの状況や環境因子等の指標項目の値を、対照区の指標項目の値と比較し、それぞれの指標項目が目標レベルを満足しているかどうかを評価する。

#### ② 管理手法のレビューと改善の必要性の判断

指標項目が目標レベルを満足している場合には、その要因をとりまとめるとともにモニタリング調査の頻度や内容の低減に関する提案を行う。

指標項目が目標レベルを満足していない場合には、モニタリング調査結果および関連資料をもとに原因を推定し、管理手法をレビューして、その程度と状況に応じて以下のような対策を検討する。

- a. 様子を見る。
- b. 改善のための対応策を導入する。
- c. 目標達成基準を見直す。
- d. 例外的な状況においては、具体的な行動計画・事業実施方針を見直す。

以上のような管理手法のレビューと改善の必要性の判断については、多様な主体の間での合意形成と科学的知見に基づいた判断が重要である。

指標項目が目標レベルを満足している場合には、その要因をとりまとめるとともにモニタリング調査の頻度や内容の低減に関する提案を行う。

なお、オニヒトデの大量発生や高水温等に伴う白化\*のように、サンゴ群集が広域にわたる環境変動の影響を受けて大規模に衰退する場合がある。例えば、那覇港では1998年に高水温に伴う白化の影響でモニタリング中のサンゴが大規模に衰退した。指標項目が目標レベルを満足しているかどうかを評価する際には、このような大規模で広域にわたる環境変化に伴う影響についても情報を入手して判断することが望ましい。

#### ③ 管理手法改善のための対応策

管理手法改善のための対応策を検討する際には、インパクト・レスポンスフローに立ち返り、行動計画や事業実施方針と現地の環境条件との整合性についてモニタリング調査結果をもとに検討する。

想定される管理手法改善策として以下のような手法が想定される。

##### a. 土木的対応手法

表2.6.4に示したサンゴ礁海域における自然再生技術が対象地区の環境条件に適合していたものであったかどうかの検討を行い、具体的な土木的対応策を策定し実施する。

##### b. 生物的対応手法

例えば、行動計画設定時に想定外だったオニヒトデの発生によるサンゴの食害が確認された場合には、オニヒトデの駆除等の対策を実施する。

\* 白化：高水温や低塩分などのストレスによって、サンゴから褐虫藻が抜け出してサンゴが白くなる現象。ストレスがなくなれば回復するが、白化が長期間続けば、サンゴは死亡する。

## 参 考 文 献

- 1) 海の自然再生ワーキンググループ（2003）：海の自然再生ハンドブック第4巻、103p.
- 2) 岩上淳一・宮井真一郎・栗田一昭・尾崎幸男・山本秀一・高橋由浩（1995）：サンゴの人工構造物への着生状況－2,海岸工学論文集,42,pp.1206-1210.
- 3) 西平守孝・Veron, J.E.N.（1995）：日本の造礁サンゴ類,海遊舎,439p.