

自然環境の再生・創出および評価

田 中 ゆう子

海洋国家である我が国には、変化に富む沿岸環境が存在し、それによって多様な生物が生息している。しかし、これら沿岸環境の中でも藻場、干潟、マングローブ林、サンゴ礁などの減少や生息環境の悪化により、生態系の劣化や生物多様性の損失が指摘されている。豊かな生態系に由来するさまざまな恩恵を持続的に利用するためには、その生態系サービスを支える生物多様性の保全が不可欠である。生物多様性の保全へ向けた取り組みとしては、沿岸域における自然環境の再生や創出技術の開発、さらには生態系の価値をいかに評価し、管理していくのかが注目される。

キーワード：藻場、干潟、マングローブ林、サンゴ礁、生物多様性、ミチゲーション、生物共生護岸、アサリ

1. はじめに

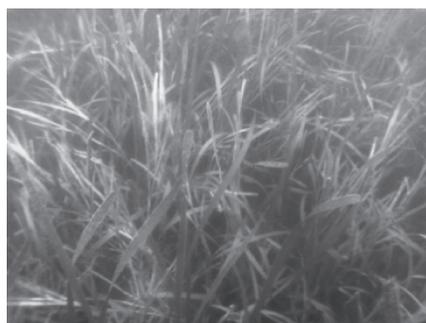
我が国の領海と EEZ（排他的経済水域）を合わせた面積は世界第6位であり、陸地面積の約12倍に相当する。南北に長く複雑な海岸線を有しており、変化に富んだ気候や沿岸の地形、水温、塩分濃度、水深等を反映して、多様な生物が生息している。たとえば、世界に約300種いるといわれる海鳥のうち、我が国には122種が、また世界の約15,000種の海水魚のうち約1/4に相当する約3,700種（うち約1,900種が固有の種）が我が国に生息する。とくに陸域からのエコトーン（遷移帯）として複雑な生態系を形成する汽水域、藻場、干潟、マングローブ林、サンゴ礁などが分布する沿岸域では、環境の変化に富んでいるため生息する生物も多様である。しかし、沿岸域は高度経済成長期に開発が進み、これらの多様な生物のすみかは大きく変貌した。またその現れの1つとして、我が国周辺の水産資源は減少傾向にある。

「生態系サービス」は私たちが直接的・間接的に生態系から得ることのできる恵みである。そしてこれを支えているのが「生物多様性」である。生物多様性の損失は、食の供給における危機にとどまらず、気候の調整機能やレクリエーションの場の消失など、経済的デメリットも大きい。生態系の劣化を抑え、多様な生物のすみかとなる自然環境の再生や新たな創出の方法および評価について以下に述べる。

2. 沿岸域における自然環境の再生・創出

(1) 藻場の再生・創出

藻場を形成する植物は砂泥域に観られる（写真—1）アマモなどの海草と写真—2に示すコンブ、カジメ、ホンダワラなど岩礁域に観られる海藻の2つに大きく分けられる。これら植物の群落である藻場は、魚介類の産卵・生育の場であり、かつ海藻に生息する小動物



写真—1 砂泥性藻場（アマモ場）



写真—2 岩礁性藻場

が様々な生物の餌となる。また、海藻はサザエやアワビなど貝類の餌となり、さらにCO₂固定や栄養塩類の吸収など環境保全機能も有している。

そのような藻場再生の例として、アマモの大規模移植(写真—3)があり、バックホウにアマモ回収ボックス(写真—4)を付け、アマモを土ごと採取して移植地へ移動させるものである。この他のアマモ場の再生方法としては、種子(写真—5)を海底に播く方法、



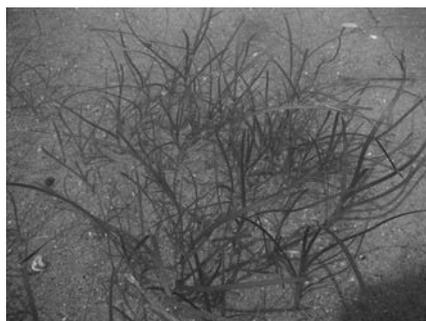
写真—3 アマモの移植



写真—4 回収ボックスによるアマモの採取



写真—5 アマモの種子



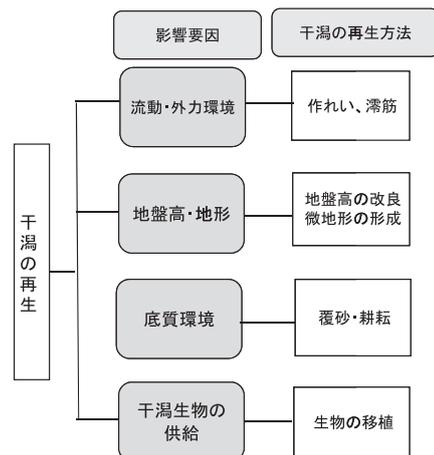
写真—6 アマモの育苗

苗を育てて(写真—6)植えるなどの方法がある。一方、海藻の再生では付着基質を整備し、そこへ大きく成長した成体を直接固定する方法や種苗を移植する方法等がある。いずれの場合も、海草・海藻の生育に適した環境であるのか、波浪や水質などの条件を事前に検討し、再生の場の選定や基盤整備の必要がある。

(2) 干潟の再生・創出

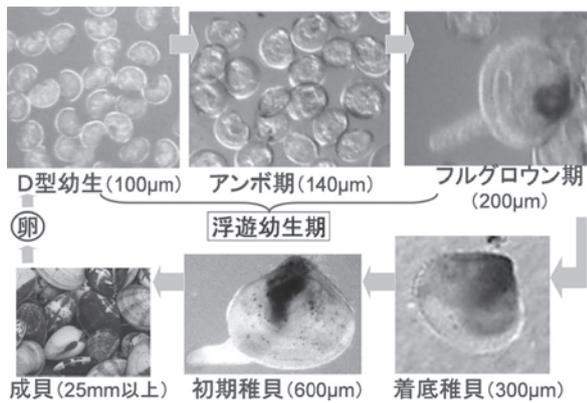
干潟は規模の大小にかかわらず、貝類や甲殻類の幼生、仔稚魚などの移動や分散の際に重要な役割を果たしている。また、干潟に生息するゴカイ類などはシギ・チドリ類等の重要な餌ともなっている。とくに内湾に発達する干潟は、底生動物の量、種数ともに豊富であるが、一方で埋め立てやすいことから開発の対象となり、1945年以降50年間の間に約4割が消滅した。

図—1は干潟環境に影響する主な要因と再生方法の関係を示したものである¹⁾。波動や地盤高など干潟の物理的条件の変化により、生物の生息が難しくなっている場合は、水路を設けて海水交換を促す作れいや、干潟に生息する生物にとって好ましい地盤高や微地形への改良などが必要となる。また底質の悪化が進行している場合は、良質な砂を海底に敷設する覆砂や、底泥を耕して生物の生息環境を整える耕耘もよく用いられる。さらに、干潟周辺の環境の変化により生物の幼生などの供給が減少し、干潟に生息する生物の種が限定されるような場合は、生物の移植も再生方法として考えられる。



図—1 干潟の再生方法

アサリは食材として、また潮干狩りなどのレクリエーションを通じて日本人に親しまれている水産資源である。アサリは海水を濾過して餌を摂るため、干潟における水質浄化に貢献している。さらにアサリは、カモやエイなどの餌にもなり、干潟の生態系における



図一 2 アサリの生活史

重要な生物種である。しかし、全国的にアサリの生産量は低下している。アサリは図一2に示すように浮遊幼生の時期があり、この幼生の新たな加入が期待できない地域も少なくない。その場合、アサリの種苗(稚貝等)を放流することで干潟の再生あるいは漁場の再生を図る方法が選択される。これまでの種苗の放流には、海外の安価な種苗を用いることが多かったが、その安全性や供給量の安定性などには不安も聞かれた。このため、国内で安全かつ安価な種苗を生産するための技術開発に取り組んだ。検討の結果、千葉県木更津市において陸上水槽(2,550 mm × 930 mm × 420 mm)を用いて、人工産卵ののち2 mmの着底稚貝まで陸上水槽で飼育し、写真一7に示すように干潟へ移して放流サイズ約10 mmになるまで粗放的に育成する方法を確立した。粗放的な種苗生産により、安価な国産の種苗の供給が可能となった。



写真一 7 アサリの粗放的種苗生産

干潟の再生においては、干潟の地形変化や対象生物の浮遊幼生等の挙動を予測して適地を選定する必要がある。また再生後はモニタリング調査を通じてスパイラルアップを図る順応的管理を行うことが望ましい。

(3) マングローブ林の創出

マングローブ林は亜熱帯から熱帯の汽水域に発達し、淡水や海水のバランス、潮の干満など複雑な要素

が絡み合うことにより、特異な生態系を形成している。マングローブ林の林床は、陸域からの栄養塩等の供給により、貝類や甲殻類などさまざまな生物の餌場となり、またその独特な根の構造により、これら生物へ多様な生息空間を提供している。

シンガポール共和国では焼却灰処分場の建設に伴って消失するマングローブ林と同じ面積のマングローブ林を代替として造成した。新たなマングローブ林創出に際して、既存のマングローブ林を調査し、その遷移などを考慮して地盤高や水路の設計、種の選定および配置などを決定した。また、マングローブ植物は根の構造が複雑であるため成木の移植は難しい。このため、既存のマングローブ林から採取した種子を苗床で育成し、その苗木を新たな13 haの造成地に移植した。こうしてミチゲーション(開発に伴う環境への影響の最小化・代替処置)として造成されたマングローブ林は、その後のモニタリング調査により、写真一8に示すように8~9割の苗木が生残していることが確認された。また、新たなマングローブ林ではカニ類や魚類も観察されており、多様な生物の生息空間としても機能していることが確認された。



写真一 8 移植したマングローブの苗木(手前)の生長

(4) サンゴ礁の再生・創出

サンゴ礁は世界の大陸棚のわずか1.2%を占めるにすぎないが、全海洋魚種の4分の1を超える約100~300万種の生息場所である。サンゴ礁由来の資源に全面的に依存して暮らしている人は約3000万人に上ると推定される。しかし、2008年の報告によると、世界のサンゴ礁の20%がすでに消滅しており、20~40年後にはさらに20%が消滅する危険性があるとされている。消滅の原因はさまざまあるが、表一1に示すようにサンゴ礁を新たに創出するのにかかる費用は、きわめて高額である²⁾。サンゴ礁は復元が難しいからこそ優先して保全しなければならない対象であることがわかる。

サンゴ礁をつくる代表的なイシサンゴ目は、卵と精子が受精してプラヌラという幼生になる。それが基質

表一 1 各生態系の復元プロジェクトに関する費用と便益

	復元費用 (米ドル/ha)	年間便益 (米ドル/ha)	40年間の 累積便益 (米ドル/ha)	収益率 (%)	費用対 便益比率
サンゴ礁	542,500	129,200	1,166,000	7	2.8
沿岸域	232,700	73,900	935,400	11	4.4
マングローブ	2,880	4,290	86,900	40	26.4
内陸湿地	33,000	14,200	171,300	12	5.4
河川・湖	4,000	3,800	69,700	27	15.5
熱帯林	3,450	7,000	148,700	50	37.3
その他森林	2,390	1,620	26,300	20	10.3
疎林・低木林	990	1,571	32,180	42	28.4
草原	260	1,010	22,600	79	75.1

資料：TEEB 資料を蒲谷・西宮²⁾より引用

に着底してポリプとなり、さらに成長してサンゴ礁を形成する。サンゴ礁をつくる造礁サンゴ類は、体内に共生する褐虫藻の光合成によって栄養を得ている。このため、サンゴ礁が健全な成長を維持するためには、共生藻類が光合成できる水質などの条件が整っていないなければならない。

しかし、国内においてもサンゴ礁の変化や劣化が指摘されている。そこで水質や物理的条件の変化により劣化しつつあるサンゴ礁を対象に、水質の良好な別の海域に新たに着生基盤を設け、そこにサンゴを移植またはサンゴを群集ごと移築する再生方法を検討した。サンゴの移植先としては、高水温になりにくく、赤土など陸水域からの影響が少ない等、サンゴの良好な成長が見込まれる海域を選定する必要がある。また、移植後は新たな幼生の供給源としての機能も持ちうることから、凸凹に加工した着生基質の形成により幼生の着底を促進するなど、総合的な再生方法の検討が重要である。写真—9はサンゴを新たな着生基盤に移植したものであり、移植後のモニタリングでは小魚が蟄集する(写真—10)など良好な推移が観察された。

サンゴ礁の新たな創出においては、周辺の水質を左右する陸水の影響がきわめて大きい。藻場や干潟には



写真—9 移植直後のサンゴ



写真—10 移植から半年後のサンゴに集まる小魚

陸上から流入する水を浄化する機能があることから、サンゴ礁に連続する藻場や干潟の機能を併せて保全することが重要である。

3. 陸水域との良好な関係へ

海は陸から河川や地下水を通じて供給される栄養塩や土砂により、生態系や干潟の地形を維持している。我が国の生物多様性国家戦略2010では、森、里、川、海のつながりを確保しつつ、海洋の保全・再生を強化することが基本戦略の一つとされる³⁾。したがって、河川、湖沼、湿原などの陸水域と海とのつながりを踏まえて、海の生物多様性保全に取り組む必要がある。

津久井湖畔に造成した棚田は、図—3のように湖水の一部を植生により浄化し、湖に再び戻すシステムである。調査の結果、植物が73種、動物が魚類、両生類、昆虫など70種が観察され、多様な生物のビオトープとしても機能していることが分かった。また神奈川県において貴重種とされる昆虫のオナガササキリや魚類のウキゴリも確認された。さらに写真—11に示すように棚田は遊歩道によって散策できるようになっており、環境学習の場としても利用されている。

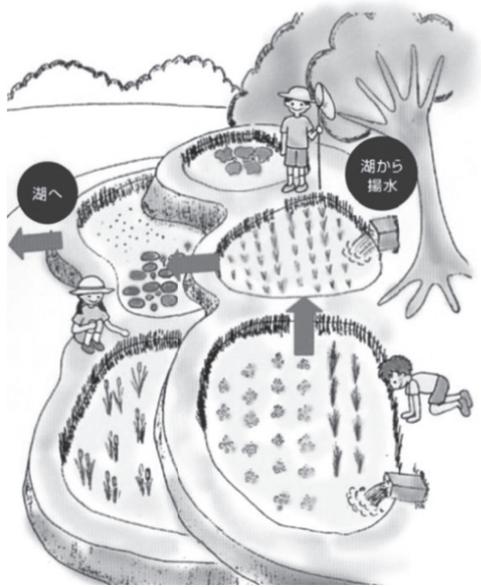


図-3 棚田の水循環イメージ



写真-11 津久井湖畔に施工した棚田

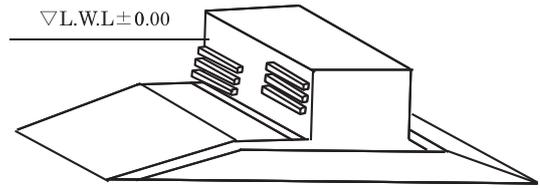


図-4 棚護岸形状・全体イメージ

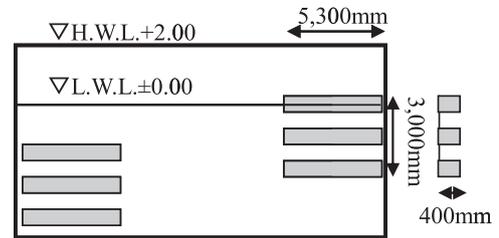


図-5 棚護岸の正面・断面形状

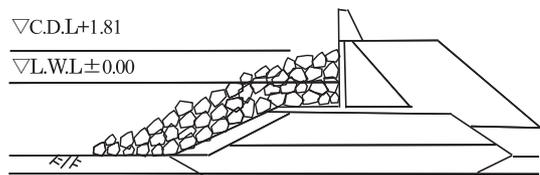


図-6 石積護岸の形状

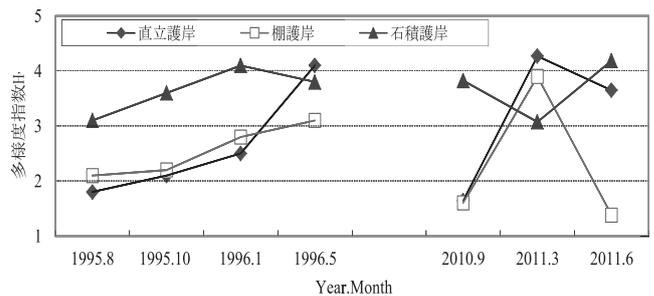


図-7 付着動物の護岸別多様度指数の変動

4. 新たな生物生息場の創出における評価

大都市圏の沿岸域では生物の生息できる空間、自然に触れあえる空間が限られている。このため、多様な生物の生息場の保全や新たな創出、さらに人々が親しみやすい海辺づくりが求められている。しかし、沿岸域は高度に利用され、直ちにそうした空間を確保することが難しい。最近、老朽化した護岸や耐震強化が必要な護岸などを生物共生護岸へ転換させる取り組みが推進されている。生物共生護岸には、周辺海域における生物多様性や水産資源の保全、市民の憩いの場、環境学習の場などの機能が期待されている。

横須賀港内の埋立地では、1992～1994年に生物との共生を目的に、図-4、5に示す凸凹のあるプレキャストコンクリート板を取り付けた棚護岸や図-6に示す石積み緩傾斜護岸等を生物共生護岸として造成した。これら生物共生護岸の「棚護岸」と「石積み護岸」、さらに対照として「直立護岸」において、造成直後の1995～1996年および、その後約15年を経た2010～2011年に護岸の形状と付着生物群集の遷移の関係に

ついて調査を行った。その結果、図-7に示すように棚護岸では直立護岸と同様に造成直後はムラサキイガイの大繁殖により、多様度指数が低いが、その後、15年を経て写真-12のようにナマコの生息場として利用されていることが分かった。ナマコは海底の堆積物を餌として利用するため、海域の浄化に貢献しており、また食料としての需要も高い。その意味で棚護岸



写真-12 棚護岸に観られたナマコ

は水産資源の保全に寄与していると考えられる。さらに、直立護岸では付着したムラサキイガイが、何層にも重なって成長するため、その重みに耐えかねて海底に落下することが知られているが、柵護岸ではムラサキイガイの群体が柵状のコンクリート板の上に落下するため、海底への負荷低減に少なからず寄与していると考えられる。一方、石積護岸では造成直後もその15年後も他の護岸に比べ、多様度指数が安定していた。石積護岸では、他の護岸に比べて肉食の巻貝や海藻が造成直後から安定して出現しており、これが石積護岸における群集構造の豊かさや安定性につながっていると考えられる。肉食の巻貝は、ムラサキイガイなどの大繁殖を抑え、さらに海藻は付着動物と付着基盤をめぐる競争を維持しており、動的安定性によって特定の生物種が優占種となるような状況を抑えたと考えられる。図-8は15年後の護岸別の海藻の出現量の季節変化であり、他の護岸との海藻の繁茂の違いが、一目瞭然である。よって、石積護岸(写真-13)は柵護岸や直立護岸とは異なる生息空間を提供していると考えられる。

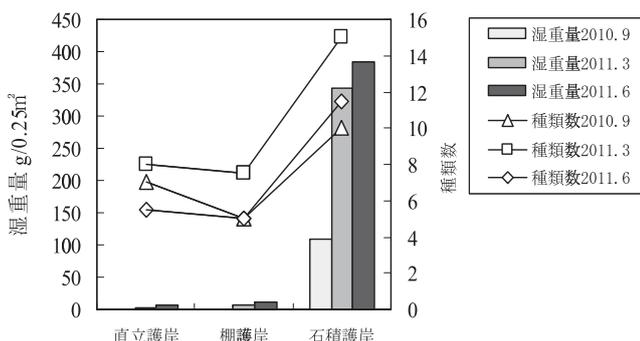


図-8 護岸別海藻の出現状況

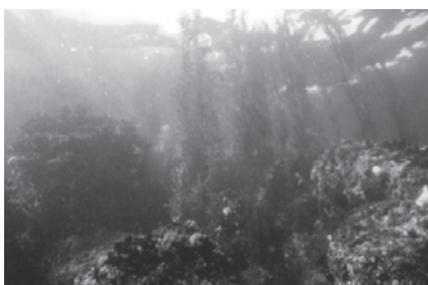


写真-13 石積護岸の海藻

以上のように創出した新たな生物の生息場を多様度指数や生物相互の関係、水産資源の出現量などさまざまな角度から評価することにより、異なる形状の護岸に形成された生態系の特徴を捉えることができた。地域によって藻場や干潟など自然環境の価値は異なる。よって、新たな自然環境の創出に際しては、創出の目的に応じて評価指標を設定し、モニタリング調査の結果や社会的な背景の変化なども踏まえて維持管理することが望ましい。

5. おわりに

私たちの生活は生物多様性によって成り立ち、同時に私たちは生物多様性に影響を与え続けている。しかし、自然の恩恵の多くは目には見えないため、その重要性を忘れがちである。そして、私たちの活動がどのように生物多様性へ影響をもたらすのかも複雑で捉えがたい。このため、生物多様性の甚大な損失が指摘されても、実感がわきにくい。こうした認識の低さを踏まえ、生物多様性国家戦略2010では、多様な主体が生物多様性保全に参画できるよう、社会における「生物多様性の主流化」を重要課題と捉えている。また「生物多様性の経済学 (TEEB)」の報告書では価値評価が難しい自然環境を管理していくためには、自然の価値を経済的に目に見える形にすることが重要であると指摘している⁴⁾。自然環境の価値を多くの人々に理解しやすいものさしで評価すること、並びに生態系の回復力を高め、持続的利用を可能にする技術の開発が急がれる。

JCMA

《参考文献》

- 1) 海の自然再生ワーキンググループ: 順応的管理による海辺の自然再生, pp.52-53, 2007年3月
- 2) 蒲谷景・西宮洋: 「生態系サービスの経済価値」馬奈木俊介・地球環境戦略機関編『生物多様性の経済学—経済評価と制度分析』, 昭和堂, 2011年10月, pp.27-29.
- 3) 環境省ウェブサイト
- 4) 生物多様性の経済学ウェブサイト

[筆者紹介]



田中 ゆう子 (たなか ゆうこ)
 東亜建設工業(株)
 土木事業本部 エンジニアリング事業部 海の相談室
 課長