

水産物の持続的生産を巡る評価と管理

中村 義治*

Evaluation and Management for the Sustainable Production of Fishery Products

Yoshiharu NAKAMURA

Synopsis : Several problems concerning the relationship between the demand and supply of fishery products in Japan are outlined in this study. Interactions between ecological functions of the coastal areas known as fishing grounds, and four fishery production processes (the cultivation fishery, the resource management type fishery, the coastal fishing ground development practice, mariculture) are summarized. In addition, this study describes the framework of the technical combination surrounding fishery researches. From views of fisheries that are responsible for the stable supply of safe fishery products, the ecologically compatibility production method is structured into three types (the symbiosis type, the compatible type, the conservation type). Ecological explanations are also provided to describe each type of the method. Further, management objectives and standards are proposed for the sustainable fishery production by effectively utilizing structural characteristics of an ecosystem, and notable issues raised at production settings are outlined. Lastly, a functional evaluation model necessary as a guideline for the protection of fishing environments and for the sustainable production is classified and roles of the model are summarized.

Key words: sustainable production; symbiosis production; compatibility production; conservation production; management aim; evaluation model of function; fisheries.

1. はじめに

1992年リオで開催された地球サミットでは、そのアジェンダ21で持続可能な発展の必要性が提唱され、地球環境問題と生態系保全に対する国際的協調による取り組みが開始されている。人口爆発、食糧とエネルギーの危機、環境汚染の進行等によって、地球の環境収容力の限界が強く意識される状況に至ったことがこれらの背景にあると言える。我国においても、環境保全意識の高まりは1999年6月から実施されている環境影響評価法の制定と相次ぐ事業法（海岸法、河川法、港湾法）の改定や立法化（持続的養殖生産確保法）に連動しており、国土保全、防災、生産確保と並び環境保全がこれらの法案主旨にうたわれている。さらに、環境基本法の基礎的理念には、「生物多様性の確保および自然環境の体系的保全」が提唱されている。開発に伴う生態系への影響評価には、生態系を食物連鎖網、エネルギーにおけるフロー系として取り扱うだけではなく、物質循環系として捉え、その構造を定量化する方法や、浄化、CO₂固定能、生産、再生産やエネルギー転送効率、系の安定性と云った機能性の計量化などが求められている。このような状況のもとに沿岸域を行政区に持つ省庁間で各種の環境調和型事業が実施されている。

以上の現状把握のもとに本論文では、1) 国内の水産物の需給動向、2) 持続的生産方式、3) 持続的生産のための管理目標、4) 生態系の機能評価モデルなどについて、

理念を整理した。

2. 水産物の需給動向

日本における漁業生産のここ40年間の推移は、沖合と遠洋漁業については漁業を取り巻く国際環境の厳しさやレジュームシフトなどによる多獲性魚種（特に、マイワシ）の魚種交替等が原因して、1988年以降の漁業生産量の減産化傾向が継続している。1985年には1200万トンあった年間漁獲量は2000年では半分の600万トン規模（生産金額2兆円）になっている¹⁾。これら沖合、遠洋漁業の減産化傾向に対して、養殖業を除く沿岸漁業も沖合、遠洋程ではないが、アサリ、コンブ、アワビ、ワカメなど沿岸漁業を支える主要水産物も軒並み暫減傾向が続いている。日本人は動物性タンパク質の約4割を水産物に依存しているので、全体的な漁業生産性の低下を補うため水産物の輸入額は急激に上昇しており、世界の水産物輸入額の32%を占めるに至っている。

この結果、国内における水産物の食糧自給率は現在では約60%になり農産物、畜産物と同様に年々低下傾向にある。漁業生産の減産化には色々なことが原因として考えられるが、獲りすぎによる資源枯渇に加えて漁場環境の劣化による生産機能の低下がいちばん懸念される。自給率のこれ以上の低下は我国の食の安全保障を脅かすことになる。水産物の自給率を支える持続的な食糧生産は健全な環境

あってこそ達成されるので、このいちばん重要な命題を解決するためには、Fig. 1に示すような、漁業者の減少から安全な水産物自給率の低下、環境保全対策意識の低下、漁場面積や生産機能の量的質的劣化へと続く、現在の水産状況をとり巻く悪循環を断ち切る必要がある。

3. 持続的生産方式

我国における水産物の生産構造はFig. 2に示した4つの生産過程、すなわち① 資源管理型漁業、② 栽培漁業、③ 養殖業、④ 漁礁・漁場造成等から成り立っている。これらの生産過程を支援する要素技術については、資源管理型漁業では品質・在庫管理技術、栽培漁業および沿岸整備事業については種苗生産・放流技術、漁場造成技術、環境修復技術等に体系化される。ただし、ここに示した要素技術は単独では持続的生産を維持する有効な手段となれない場合が多く、「生態系の機能を利用した持続的生産方式」

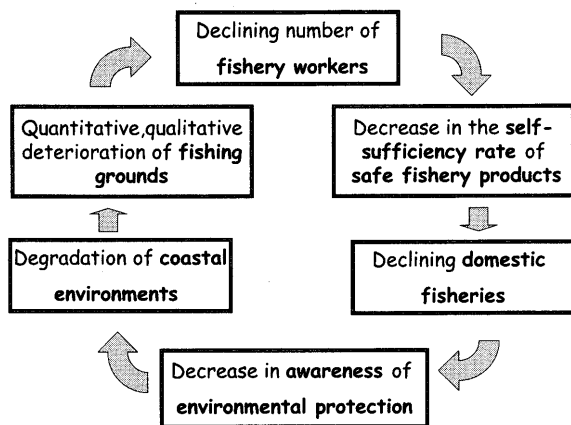


Fig. 1. The vicious cycle on fisheries.

を確立するためには、生物機能研究、環境動態研究、評価・管理研究など共通基盤研究と連携した総合的研究体制として取り組む必要がある。

そこで、まず「異なる3つの持続的生産方式」について生態系機能との関係から意味づけを行った。Fig. 3は生態系の主要回路を2つのサイクルで表したものである。第一は生産者、消費者、分解者から構成される生態系の物質循環系であり、第二は生物群集のキーストン種の成長過程と再生産を示す生活史ループである。これら2つの機能サイクルが安定している系では、環境および人為的インパクトに対し柔軟な復元力が働き、その結果として持続的な生産の確保が期待される。

水産における生産方式には共生型 (Symbiosis)、調和型 (Compatibility)、保全型 (Conservation) の3種のパターンが考えられる²⁾。それぞれの生産方式における生態学的解釈と漁業形態の関係についてFig. 3を用いて説明する。共生型は基本的には、物質循環と生活史の2つの機能サイクルにほとんど人間の手を加えずに、再生産力にとって余剰の資源の一部を漁獲として利用するタイプである。この生産方式の例は資源管理型漁業として実践されている。問題点としては、乱獲による資源減少や環境変動によるレジュームシフトが持続的な生産に対して大きな障害となっていることである。調和型では生活史と生態系の一部に移植、放流、漁場造成などの行為を加えることにより、系が本来有している物質循環機能や個体群の成長・再生産機能を取り戻す役割を担っている。栽培漁業や漁場造成などがこの生産方式の例となるが、環境改変による種多様性への影響、過剰な人工種苗の放流による天然魚の駆逐と種内における遺伝的多様性への影響が懸念される。また、生態系機能のゾーニングを無視した造成は逆効果をもたらす。保全型は

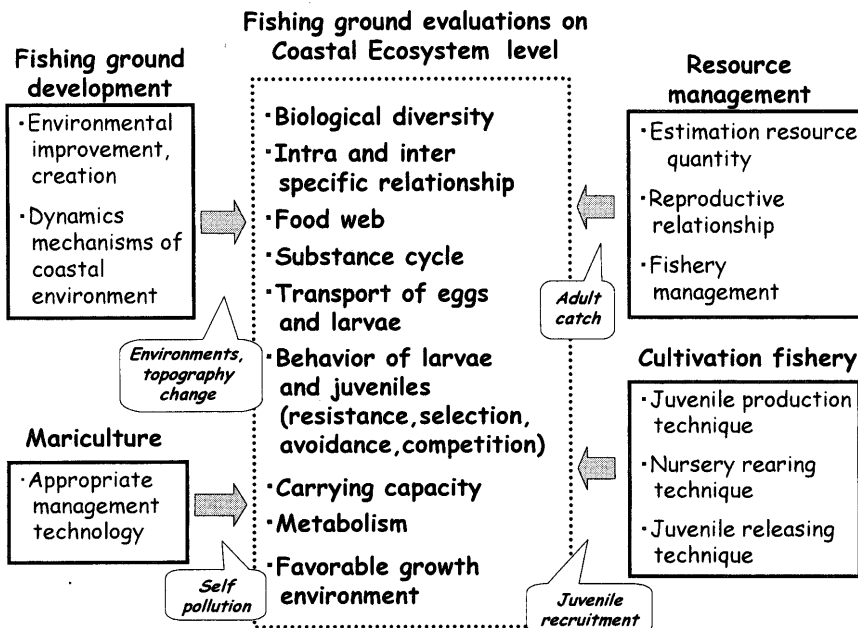


Fig. 2. The connections between the structure of farmed production and ecosystem research.

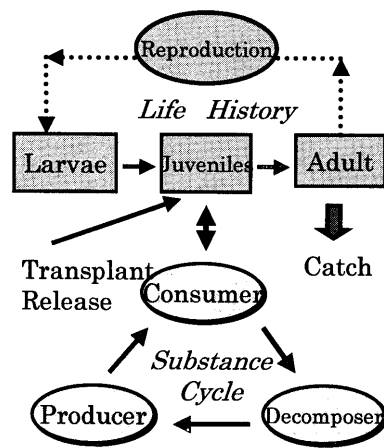


Fig. 3. The ecologically sound sustainable production method.

Symbiosis

(It does not alter basic functions and structures of ecosystems.)

- Resource management type fisheries

Compatibility

(It artificially manipulates a part of the ecosystems)

- Farming fishery, Coastal improvement works

Conservation

(It utilizes a part of the life history)

- Mariculture

海面養殖のように、人工的な生態系を作り出し、生活史の一部（例えば幼魚から成魚まで）だけを利用するタイプである。この生産方式では、過密養殖による自家汚染、魚病の発生、外国産種苗の移植による地域固有種の絶滅、遺伝子操作などによるバイオハザードの問題が懸念される。生産方式別に漁業形態を分類すると、我国の漁獲量の大半を占める遠洋・沖合・沿岸域は共生型の資源管理型漁業に依存している。一方、栽培漁業や内水面漁業等は調和型に、海面養殖は保全型にあたる。これらの漁業形態は共生型に比べ漁獲量では劣るものの、高級魚を生産しているため、漁獲金額では重要な位置を占めている。なお、農林畜産生産については採取や狩猟にあたる共生型、調和型は既に産業としては存在せず、低農薬、有機農業は保全型に相当している。従って、海域の生産の本質は農業と違い、自然生態系の機能を利用した共生型の生産方式に依存していると云える。調和型における生産方式も本来、生態系の潜在的機能を回復するのが目的で、日常的な種苗放流によって漁獲量維持を続けるべきではない。人為的に添加した資源が、自然の再生産力によって調和型から共生型の生産方式へ遷移していく方向が望ましい。

4. 持続的生産のための管理目標と管理基準

水産庁では、2001年に日本周辺水域における水産資源の持続的利用、漁業地域の活性化など今後の水産政策の課題に的確に対応し、より効率的・効果的な整備を進めるため、これまでの資源管理型漁業、栽培漁業の推進に加え、新規事業である水産基盤整備事業について長期計画を発表している³⁾。水産基盤整備事業の事業項目には漁港・漁村生活環境基盤整備、漁場整備開発、漁業構造改善事業、流通加工基盤整備など漁場環境にやさしい保全対策が重点的に組み込まれている。無駄な投資を避け、生態系の特性を上手く利用し、生産活動を持続するための管理目標と守ら

なければならない管理基準について生産構造のタイプ別に説明する。

- (1) 環境依存型の生産構造の管理目標：環境負荷の軽減と高い経済的生産性の調整

保全型生産の典型である養殖業は1番目の環境依存型の生産構造に相当している。その管理目標にはトレードオフの関係にある「環境負荷の軽減」と「高い経済的生産性」の調整が要求される。管理基準の必要条件は水底質に関する環境基準、環境収容力、生態系の健康度等で、十分条件として生産活動の経済原理にもとづく費用対効果のレベルが指標となる。

- (2) 資源依存型の生産構造の管理目標：適度な漁業生産と安定した再生産力の確保



一方、共生型生産にあたる沖合・沿岸漁業は2番目の資源依存型の生産構造に相当しており、ここでの管理目標はやはり、トレードオフの関係にある「適度な漁業生産の維持」と「安定した再生産力の確保」で、適正資源豊度、費用対効果が管理基準の必要・十分条件となる。また、調和型生産方式は2つの生産パターンの中間に位置し、漁業活動の内容により環境又は資源に対する依存度の重み付けが異なる。

持続的生産を推進する立場から、生産現場における具体的な問題点や検討項目をTable 1に整理した。なお、生息環境の保全と、そこでの生物生産管理については、管理基準が示されるだけでは不十分であり、目標達成までのガイドラインが必要になる。生産活動を計画的に実行するためには、生態系レベルの機能評価モデルがツールとして利用されるため第5章では生態系の機能評価モデルに関する最近の動向について述べる。

5. 生態系の機能評価手法の特性

生物機能の評価については、個体レベル、個体群レベル、

Table 1. Remarkable items by management aims and type of production sites.

Management aims	Offshore/ coastal fisheries	Transplant/ release	Sea alga/ marsh	Fish shelter	Fishing port	Aquaculture ground
(Ensuring environmental Protection) 	Bycatch Ghost fish Household		Purification CO ₂ fixation		Designing fishing port Waste water management	Emergence of disease Self pollution Overcrowded aquaculture
(Ensuring sustainable production) 	Discarded fish Over effort Adult- juvenile relationship	Coexisting with native species Genetic diversity	Spawning Rearing Species diversity	Aggregation Rearing Feeding area		

群集レベル、生態系レベルなど目的に応じて階層的に検討しなければならない。既往の生態学的指標はもっぱら生態系を構成する個体レベル（成長、生残、代謝機能など）、個体群レベルの特性（生物量変動、生産力、再生産力、浄化機能、年齢組成など）もしくは生物群集に関する分布様式評価（nicheの計量化、多様度、類似度、種類一面積指数など）にとどまっている。従って、生物間並びに環境と生物の相互作用を含めた生態系全体の構造や機能的な側面についての評価手法はあまり提案されていない。

しかし、環境基本法の基礎的理念にある、「生物多様性の確保および自然環境の体系的保全」を行うには、現状診断にもとづく短期的な環境修復や資源管理だけに頼るのではなく、生態系の機能解明と将来へのリスク評価から、地域の個性ある環境価値を維持又は、向上するために生態系レベルの管理が必要となる。つまり、水質基準達成などを目的とした保全型から、円滑な物質循環を基調にした調和型、共生型へと進化していく生態系管理手法の開発が要請される。具体的には生態系を食物連鎖網上のエネルギーフロー系として取り扱うだけでなく、物質循環系として捉え、その構造を定量化し、浄化、CO₂固定能、生産、再生産、エネルギー転送効率、系の安定性と云った諸機能の計量化などが求められる。

生態系機能の価値判断およびその管理目標を定量化するための機能評価手法を2つに類型化し、それぞれの特徴をFig. 4に要約した。

5.1 環境機能評価法

環境機能評価法 (Evaluation method for the environmental function) は主に、沿岸開発による影響評価やミチゲーションなどの効果と影響の数量評価法として開発されたもので HEP, WET, HGM など数多くの手法が知られている。この

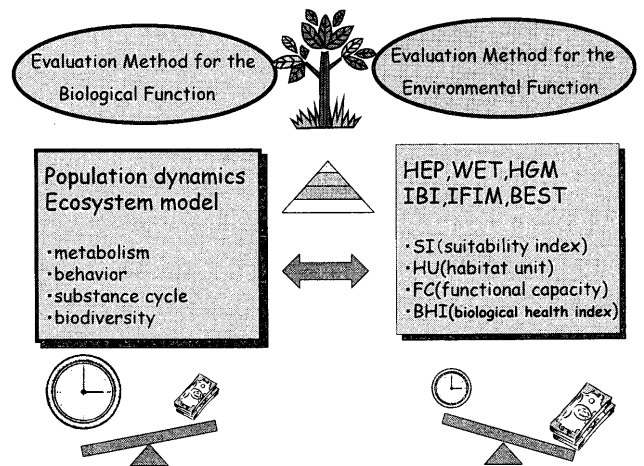


Fig. 4. Concepts and features of two evaluation method.
 HEP: Habitat Evaluation Procedures
 WET: Wetland Evaluation Technique
 HGM: Hydrogeomorphic Approach
 IBI: Index of Biotic Integrity
 IFIM: Instream Flow Incremental Methodology
 BEST: Biological Evaluation Standardized Technique

ような評価法はこれまでに数10以上開発されており、目的の方法によって幾つかに類型化され、レビューも国内外^{4,5)}で出版されている。この評価法では、現場調査を主体として生物特性値（生物量、出現種類、機能特性）と環境要素との関係性を評価関数にして、対象生物の生息適地性から環境価値を評価する。例えば、HEP (Habitat Evaluation Procedures) では生物量の多寡に対する個々の環境項目（ベントスであれば、水深、粒度組成、有機物量、溶存酸素量など）との回帰分析をSI (Suitability Index) で現し、複数のSI関数から生息適地性を示す評価関数としてHSI (Habitat Suitability Index) が合成される。HEPについては、国内でもアサリの生息適地評価等に使われている⁶⁾。また、HGM (Hy-

drogeomorphic Approach) では HEP の HSI に相当するものとして、評価場所の水文学的、生息地の環境機能を表す指標として FCI (Functional Capacity Index) が定義され、湿地の修復効果や造成の環境影響評価に利用されている。HEP では評価の対象を個体群の生物量におき、生息環境項目との関係を問題にしているのに対し、HGM では、例えば物質の固定機能、生物の利用度など場の環境機能を評価の対象におき、浸水時間 (水理学的項目) や地形の複雑性 (地理学的項目) などとの関係を評価の視点としている。

環境機能評価法は生物項目と環境項目の同時観測を前提としているため、1 調査単位の費用は多くかかるが、評価にかかる時間は、生物機能評価法に比べ短くクイックアセスメントのための手続法 (Procedural method) と位置付けられる。ただし、生活史を踏まえ時間的に連続した調査体制を実施しなければ、生態学的に意味のある評価はできない。

5.2 生物機能評価法

生物機能評価法 (Evaluation method for the biological function) は実験、分析、調査などから抽出される生物の内在的機能 (代謝、免疫、内分泌)、種内関係、種間関係における生態学的機能、生物と非生物環境との相互関係 (物質の輸送と循環等) について主として演繹的にモデル化する方法である。ウバガイ⁷⁾、ヨシエビ⁸⁾ の個体群動態モデルや内湾域⁹⁾、干潟域¹⁰⁾ の生態系モデルなどが例として挙げられる。生物機能評価法は生物実験を伴うことが多く、調査・実験、データ解析およびモデル化を経て評価に至るまでの時間が長くかかることが欠点である。しかし、環境機能評価法で示された帰納的關係、例えば SI で示された水深、底質、波浪などアサリの好適生育環境条件が成立する理由については、濁度に対するアサリの生理耐性や餌料性などの実験的検証 (生物機能評価法) から生物学的意味づけを行う必要がある。反対に、生物機能評価法の個体群動態モデルから推定されたアサリの好適生育場についても、現場調査と HSI 等から検証することが求められる。従って、両評価法の利点と欠点を理解して双補的に利用し評価手続を行うことが望ましい。

6. 結論

日本の水産物の需要と供給の関係における諸問題を概観し、生産現場である沿岸域の生態系機能と 4 つの漁業生産過程 (資源管理型漁業、栽培漁業、養殖業、漁礁・漁場造成) との相互関係について説明した。次に、安全な水産物の安定供給を義務づけられている水産の立場から、場の生態系に配慮した生産方式を 3 つ (共生型、調和型、保全型) に体系化し、それらの生態学的意味づけを示した。また、生態系の構造特性を上手く利用し、持続的な漁業生産を行う上で条件となる 2 つの管理目標と管理基準を提案し、生産現場における具体的な検討項目を整理した。最後に、漁場環境の保全と持続的な生産を行うガイドラインとして必要な機能評価モデルについて、その類型化と役割について要約した。

健全な水産業推進のガイドラインとして、現状診断にもとづく短絡的な環境修復や資源管理だけに頼るのではなく、生態系の機能解明と将来へのリスク評価から、地域の個性ある価値基準を維持又は、向上するために生態系の管理が必要となる。具体的には水質基準達成などを目的とした保全型 (conservation) から、円滑な物質循環を基調にした調和型 (compatibility)、共生型 (symbiosis) へと進化していく生態系管理技術の開発が要請される。

文 献

- 1) *Annu. Rep. JAPAN's Fish.*, (1999), 1.
- 2) Y.Nakamura: *Bull. Coastal Oceanogr.*, **36** (2002) No. 1, 101.
- 3) M.Nakaizumi: *Fish. Eng.*, **37** (2001), 229.
- 4) Y.Nakamura: *Fishery Engineering Research Reports, National Research Institute of Fisheries Engineering*, **8** (2000), 205.
- 5) C.C.Bartoldus: A Comprehensive Review of Wetland Assessment Procedures, Environmental Concern Inc., Maryland, (1999), 196.
- 6) Y.Shimbo, M.Tanaka, T.Ikeya and Y.Koshikawa: *Coastal Eng. Jpn.*, **47** (2000), 1111.
- 7) Y.Nakamura, S.Taguchi, H.Iizumi, N.Mimura and K.Murai: *Coastal Eng. Jpn.*, **42** (1995), 1121.
- 8) K.Oda, K.Ishikawa, K.Kido, Y.Nakamura, S.Yamochi and K.Taguchi: *Coastal Eng. Jpn.*, **44** (1997), 1196.
- 9) K.Taguchi: *Ocean Animals*, **20** (1998) No. 118, 366.
- 10) 鈴木輝明, 青山裕晃, 畑 恭子: 生物機能による環境修復, 石田祐三郎, 日野明德編, 恒星社恒星閣, 東京, (1996), 109.