

## 漁場の事業評価の検討

### - 藻場の機能及び魚礁の遊漁利用を例とした新しい評価項目の考え方について -

Study on evaluation method for the fishing ground development works  
Proposal for new evaluation items like sea weed bed functions and  
utilization of the fish reef toward leisure fishing

伊藤 靖\*・中野喜央\*\*

Yasushi ITO and Yoshio NAKANO

\* (財)漁港漁場漁村技術研究所 第1調査研究部 次長

\*\* (財)漁港漁場漁村技術研究所 第1調査研究部 主任研究員

With regard to the public works inclusive of the fishery infrastructure improvement works, assessment estimate is strictly demanded by cost-benefit analysis. Evaluation concept or method is, however, not completely established yet. Actually there are many cases which indicate rather under-estimate about benefit. Under the circumstances, this study clarified the possibility to determine new factors like indirect effect by utilizing the fish reef toward leisure fishing and carbon fixation effect by sea weed bed.

*Key Words : Cost-benefit , fish reef works, artificial formation of sea weed bed , carbon fixation effect, leisure fishing*

## 1. はじめに

平成12年度以降、水産関係公共事業においては事業評価制度が適用され、事前、期中、事後の評価が求められている。事業評価を実施する際には、「水産基盤整備事業費用対効果分析のガイドライン(暫定版)」<sup>1)</sup>や「沿岸漁場整備開発事業費用対効果分析の手引き」<sup>2)</sup>に示される便益の算定方法を用いるが、事業効果の内容によっては考え方が十分に整理されていないため、便益が低く見積もられ事業そのものを進行することができない事例が多い。

例えば、藻場・干潟造成事業においては水質浄化効果の便益算定方法は示されているが、生物の幼稚仔の保育場効果や餌場効果、炭素固定効果等については定量化の方法が示されていない。また、魚礁設置事業における便益として生産量増加効果および遊漁によるレクリエーション効果については定量化の手法は示されているものの、実際に定量化している事例はほとんどない。

そこで、本論文では、藻場における炭素固定効果を理論的に整理することにより、また魚礁の遊漁利用による間接的効果を事例的に定量化・貨幣化することにより、その事業における新たな便益の可能性を示した。

## 2. 藻場における炭素固定効果

現状の費用対効果分析では、水質浄化効果、生物多様性向上効果、炭素固定効果の最も便益が大きいと考えら

れる評価項目が貨幣化できないため、B/Cが低く見積もられ、事業進行に支障をきたしている。

そこで、藻場における炭素固定効果を定量的に算定する手法を検討した。

### 2.1 調査方法

藻場における炭素固定効果については、関連する既存知見を収集・整理することにより検討した。

なお、藻場・干潟の炭素固定効果等の効果については、従来の研究では現存量をベースにした基礎生産力を基に算定されており、海藻草類の流出、分解等を含めた総合的な評価は行われていない。ここでは、藻場における炭素循環の経路を検討し、藻場における炭素固定の考え方を整理してその効果を試算した。

### 2.2 調査結果

#### (1) 藻場における炭素循環の主な過程

図-1にアラム・カジメ場、ガラモ場における炭素循環の模式図を示した。アラム・カジメ場、ガラモ場における炭素循環を整理すると、次の過程が挙げられる。

- (1) 基礎生産：藻類が光合成により海水から炭素を吸収し、藻体として炭素を固定(生産)する。これに、藻体表面の付着藻類による生産が加わる。
- (2) 消費(食物連鎖)：生産された炭素の一部は、藻体、

- 付着藻類が分泌する有機物として海中へ放出される。
- (3) 呼吸・分解：生産された炭素の一部は、生物の呼吸や枯死・死骸となった後にバクテリアにより分解され、二酸化炭素として海水中・大気中へ回帰する。
- (4) 海洋中深層へ移送：生産された藻体は、枯死・脱落等により、一部は流れ藻（寄り藻）となって、沖合の海洋中深層へ沈降する。
- (5) 現存量：上記の(1)基礎生産量から(2)消費、(3)呼吸・分解、(4)海洋中深層への移送による喪失量を差し引いた残りが、藻体としての現存量となっている。現存量は、藻類の生活史や動物等による消費量のバランスで季節的、経年的に変動する。藻体の繁茂の状況に応じて生息する動物等の現存量が左右される。
- (6) 漁獲等取上げ：自然の循環の他に人為的な作用として、魚介類の漁獲および藻体自体の漁獲による陸上への取上げがある。

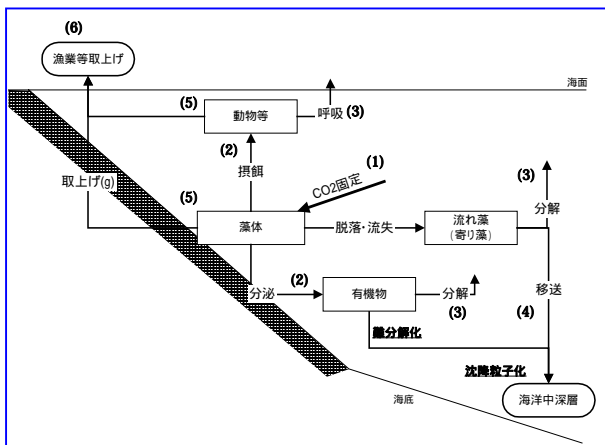


図-1 アラメ・カジメ場、ガラモ場における炭素循環の模式図

この他、アマモ場においてはさらに、堆積化として「生産された草体が枯死等により、一部は地下茎とともに藻場内で分解を受けつつ堆積する(難分解化)」過程がある。そのため、アマモ場における現存量は、「上記の(1)基礎生産量から(2)消費、(3)呼吸・分解、(4)海洋中深層への移送、および堆積化による喪失量を差し引いた残り」として示される。

## (2) 炭素固定の考え方

炭素固定の考え方については、海草藻類の流失、分解等を含めた総合的な評価はほとんどなく、基礎生産力をベースにした評価となっている。

飯泉は、海藻種によっては生長しながら脱落する部分が大きく、現存量(B)の何倍も炭素固定(P)していること考慮し、この喪失量を補正するためP/B比を用いて固定量を算定している<sup>3)</sup>。

$$\text{海藻による炭素固定量} = \text{単位面積あたり現存量} \times \text{P/B比} \times \text{炭素含有率} \times \text{藻場面積}$$

しかし、P/B比の算定における固定量は、現地の藻場で観察できる現存量をベースにしたものが多い。例えば、ホンダワラ類では藻体を一定の高さごとに切断・計量する「層別刈り取り法」では、生産構造図を作成し、前回調査との差から生産・流失量を算定するが、常に流失した残りの現存量を測定することから、生産量として過小評価となると考えられる。

本調査では、藻場を含む海域の生態系が、陸上生態系と比べてP/B比が極めて高く、いわゆるフローが卓越する系になっており、諸現象の経時的変化やそれに伴う物質循環速度が大きいという特徴を踏まえた検討とする。具体的には、藻(草)体の見かけの現存量に対し、継続的に脱落し周辺海域や中深層へ移送される量が多いことや、藻体から継続的に分泌されている有機物量を含めた炭素固定量を検討する。

従来の炭素固定(生産量)の考え方と本調査の考え方の相違を図-2に示す。

炭素が循環系から隔離される「堆積化」や「海洋中深層への移送」を純粹な「固定」と考え、これに一時的な「貯留」として藻(草)体の「現存量」、藻体の「漁獲等による取上げ」を加えて固定量を算定する。この固定量に、藻食動物による「被食」や藻体の「呼吸・分解」を含めて、各要素の炭素量を積み上げることで「生産量」を算定する。

また、藻場が存在することで多くの魚介類が集中(蜻集)し、漁獲により効率的に炭素が系外へ取上げられることについても、藻場の効果を補足するものと考えられる。

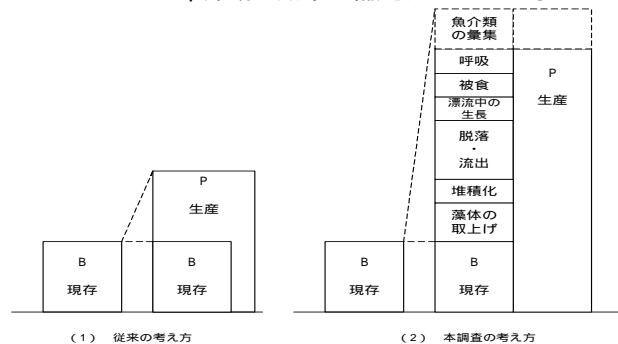


図-2 従来の炭素固定(生産量)の考え方と本調査での考え方の相違イメージ

アラメ・カジメ場における炭素固定について、「2.1 藻場における炭素循環の主な過程」における藻場での炭素循環を踏まえて各要素の考え方を整理した。

- (1) 生産量：(2)以降の各要素の炭素量を積み上げることで年間の生産力を算定する。
- (2) 被食：藻食動物等による藻体の被食を算定する。
- (3) 呼吸・分解：環境へ回帰する炭素量として、藻体の呼吸、枯死藻体等と分解速度から算定する。
- (4) 海洋中深層へ移送：長期間、炭素循環の系から隔離されることから固定量として算定する。毎年、継続的な固定量として算定する。藻体が脱落・流失する

量と分解速度等から算定する。

- (5) 現存量：炭素循環において、藻体として貯留する量を算定する。生活史等を踏まえて年変動を考慮する。
- (6) 漁業等取上げ：炭素循環において、藻体として取上げる場合、その量を算定する。

既往の研究において、アラム・カジメの藻体が主に成熟することによって脱落する量が検討されている一方、藻体が生長する過程においても、多くの側葉を安定して落とし続けることが知られている<sup>4)</sup>。藻体から脱落した海藻の破片は水深4,000~8,000mの深海でも数多く確認され<sup>5)</sup>、ツルアラメの寄り藻は荒天後に水深200m付近で採取されている<sup>6)</sup>。沿岸には水深数百mを超える海域が広く分布することから、大量に発生する流れ藻や寄り藻は、深海に向けてダイナミックに移動していると予想されている<sup>4)6)</sup>。深海に運ばれた海藻(草)は次第に分解されるが、海洋中深層の水塊は、地球規模の大循環等によって再び表層へ上昇するまで数千年を要することから炭素固定機能を有する。

また、大型海藻における有機物の分泌量は総生産量の30%、純生産量の40%に相当する<sup>7)</sup>大きな量とされる。これら分泌された有機物の9.3%は分解を受けにくいフミン酸等であり、生物に利用されずに残ると考えられ、炭素固定量として相当量が見込まれる。また、残りの約9割は藻体に付着するバクテリア等の生物に活用され、最終的には分解され二酸化炭素として大気へ回帰する。

同様に、藻体の呼吸、分解に伴う二酸化炭素の発生により、大気中に炭素が回帰する量がある。この呼吸・分解量は、炭素の固定量には反映されないが、藻場の総生産量を算定する際には考慮する必要があると考えられる。

## 2.3 まとめ

藻場における炭素固定効果は、海草・藻類の生理・生態的特性と環境中における炭素循環を理論的に検討することにより、今までほとんど研究されてない新たな要素を積み上げることができ、今まで報告されていた炭素固定量を大きくすることができるものと考えられる。

今回示した炭素固定の考え方を基に、既往の知見で示されている値を用いて単位面積あたりの炭素固定量を試算した(表-1)。試算は、積算に関わる各種文献を基に条件および仮定を設定し、それらを組合せて各項目における炭素固定量を算出し、その値を積み上げることで行った。その結果、従来の報告値に比べ3~5倍の固定量となることがわかった。

表-1 炭素固定量の従来法と本調査結果との比較

本調査結果	4.3 kg-C/m <sup>2</sup> /年
従来法 吉田 <sup>8)</sup>	0.83 kg-C/m <sup>2</sup> /年
村岡 <sup>9)</sup>	1.3 kg-C/m <sup>2</sup> /年

## 3. 魚礁の遊漁利用による間接的効果

人工魚礁は、漁業利用を主目的として整備されているが、一方では遊漁にも利用され、「水産基盤整備事業費用対効果分析ガイドライン(暫定版)」では、遊漁の利用に伴う便益の計測方法が示されている。しかし、遊漁に関する人工魚礁利用の実態、特に利用者数や依存度等の定量的な利用実態は明らかでなく、人工魚礁の遊漁利用に伴う余暇向上効果や遊漁案内業の所得向上効果等の便益額を算定し、事業効果を計測した事例がほとんどなかった。

そこで本論文では、調査対象となるマイポート遊漁の主体を把握しやすく、政策的にマイポートを集約管理する基地としての性格を持つフィッシャリーナを調査単位として、マイポート遊漁の人工魚礁利用の実態、特に定量的な利用実態を明らかにし、マイポート遊漁利用に伴う便益額算定方法の検討を行った。

### 3.1 調査方法

調査は、選定した事例地区において、地域の状況や漁業実態等の資料を収集・整理するとともに、フィッシャリーナ管理者やフィッシャリーナ管理者を通じて、フィッシャリーナを利用しているマイポート遊漁者への聞き取り調査等をもとにマイポート遊漁利用実態を把握し、マイポート遊漁の人工魚礁利用に伴う便益を試算した。

### 3.2 事例調査結果

#### (1) 地区とフィッシャリーナの概要

和歌浦フィッシャリーナは、和歌山市南部の観光地である雑賀崎半島の和歌浦に位置する第3種和歌浦漁港区域内に立地している。当地区はJR紀勢本線紀三井寺駅と南海電鉄水軒駅が最寄り駅であり、道路アクセスについては国道42号より分岐した県道新和歌浦線沿いにあるため、和歌山市中心市街地からも至近距離にある。

和歌浦地区の主な漁業は、大阪湾を漁場にしたシラス・イカナゴ船曳網、刺網、タコ壺漁、小型定置網、ワカメ養殖、一本釣である。刺網は磯建網ではないことから、魚礁漁場利用関連の漁業は一本釣だけであり、和歌浦漁協では魚礁漁場との関わりは大きくない。

和歌浦フィッシャリーナは、和歌浦漁港を利用して小型船舶(地元船が中心)を集約整理することを目的に整備され、平成4年4月に供用が開始された。設立目的が既存の漁港利用小型船舶の集約整理にあったため、地元船利用に特化している。施設の収容隻数は97隻で、ビジターバースが3隻分完備している。



写真 和歌浦フィッシャリーナ

## (2) マイボート遊漁利用実態調査

利用者への聞き取り及びアンケート調査によれば、ヨット、船内外機船共に所有者は和歌山市内在住がほとんどである。魚礁漁場利用を含む遊漁利用の多い船内外機船所有者の年齢構成は40～64歳が63%、これに65歳以上の33%を加えると壮年・高齢層が多く、職業は退職した高齢者から会社員・公務員、自営業他まで多様である。

フィッシャリーナを起点にマイボート遊漁を行うのは、地元居住の船内外機所有者である。利用者に対する聞き取り調査によれば、このうち仕事を退職した高齢者では、海の状況さえよければ毎日でも平均4時間程遊漁を楽しんでいる。一方、職業を持つ人の遊漁は土日に集中し、夏場で7～8時間、冬場で5～6時間程遊漁を楽しむという実態が把握できた。以下は、アンケートの回答から算定した、利用者の平均的な遊漁指標である。

- ・平均遊漁日数=64.4日
- ・平均遊漁費用=9,145円/回(日)
- ・遊漁の際の平均人工魚礁漁場利用率=50%
- ・遊漁の際の平均人工魚礁漁場利用時間率=0.44

## (3) マイボート遊漁利用による便益額の試算

本調査では、人工魚礁の遊漁利用に伴う余暇向上効果を検討している。費用対効果分析ガイドラインには、余暇機能向上効果として、トラベルコスト法を用いた計測方法になっているが、本調査の内容から、純粋に遊漁に係る実費計算を数字として用いた。本フィッシャリーナ利用遊漁者の魚礁漁場利用に関する年間便益を以下の式により試算した結果、概算で約661万円/年となった。

$$\text{年間便益} = \text{平均遊漁費用} \times \text{平均遊漁日数} \times \text{平均人工魚礁利用率} \times \text{平均人工魚礁漁場利用時間率} \times \text{遊漁船数}$$

## 2.3 まとめ

人工魚礁を利用した遊漁については、漁業者との競合により一部ではトラブルがあるものの遊漁での利用も大きいという実態が本調査により浮き彫りにすることができた。現在の人工魚礁整備における効果として便益換算されている生産量増加効果にこの効果を加えることで、

人工魚礁の便益はさらに大きくなるものと推察される。

しかしながら、人工魚礁は漁業の利用を主目的として整備されていることから、遊漁の効果を便益に加える場合には、人工魚礁の整備目的を踏まえた上で遊漁のあり方を整理しておく必要がある。

## 4. おわりに

水産関係公共事業においては、事業評価制度の適用による事前、期中、事後の評価が求められている。しかしながら事業効果の内容については考え方が十分に整理されていないため、便益が低く見積もられて事業の進行に支障が出ているものがある。

本論文では、藻場における炭素固定効果を海藻の生理生態的特性及び環境中における炭素循環を理論的に検討することにより、定量化するための手法を提示した。また、魚礁の効果については、整備目的として勘案されていないが、現実的には効果とできる遊漁による利用効果の便益を試算した。

現在の水産基盤整備事業は多岐に亘っており、事業によっては本論文で検討したような新たな考え方、計測方法を追加することができるものと考えられる。このように隠れた効果を検討し、適正に事業効果を評価することで、今後の水産基盤整備事業をより効率的に進めていくことが望まれる。

## 参考文献

- 1) 水産基盤整備事業費用対効果分析のガイドライン(暫定版), 水産庁漁港漁場整備部, 2002.
- 2) 沿岸漁場整備開発事業費用対効果分析の手引き, 水産庁資源生産推進部整備課, 2000.
- 3) 飯泉仁: 大型海藻類は二酸化炭素の吸収にどれだけ役になっているか, 日本海区水産試験研究連絡ニュース, No.401, 5-7, 2003.
- 4) 寺脇利信: 藻場, 21世紀の海藻資源 - 生態機構と利用の可能性 -, 大野正夫編著, 緑書房, 1-30, 1996.
- 5) 鈴木款編: 海洋生物と炭素循環, 東京大学出版会, 1997.
- 6) 新井章吾: 流れ藻と寄り藻, 21世紀の海藻資源, 大野正夫編, 緑書房, 31-49, 1996.
- 7) 大和田紘一: 藻類の細胞外代謝生産物とその生態的役割, 藻類の生態, 秋山・有賀・坂本・横浜編, 内田老鶴圃, 505-531, 1986.
- 8) 吉田忠生: アラメの物質生産に関する2,3の知見, 東北水研研報, 30, 107-112, 1970.
- 9) 村岡大祐: 三陸海岸の藻場における炭素吸収量把握の試み, 東北水研ニュース, 65, 2003.