

人工魚礁における生産効果の推定の一方法

清水 詢 道

One method for estimating the productive effect
at the artificially created fish-reef ground.

Takamichi SHIMIZU*

はじめに

神奈川県における人工魚礁の造成は、1933年に大磯町地先において潜水艦を沈設したいわゆる軍艦魚礁がそのはじめであろうと思われる。第2次大戦後、1954年にコンクリートブロックが国庫補助事業の対象となつてから、本県でもこれを用いた事業が数多く行われてきた。1955年に横須賀市鴨居地先、同市長井町地先で実施された事業を皮切りに、1976年までに29ヶ所、総個数26,000個のブロックが投入されている（清水、1979）。これらの事業は造成規模別に、並型魚礁（造成規模400m³以上）、大型魚礁（同、2,500m³以上）にわけられるが、1974年に沿岸漁場整備開発法が制定され、それ以後は造成規模50,000m³以上の人工礁漁場造成事業が主流になってきたようである。本県での人工礁漁場造成事業は、三浦半島西部地区（長井沖）で59,000m³の事業が完了しており、さらに1983年度から三浦半島南部地区（城ヶ島沖）で66,000m³の造成が計画されている。

これらの事業には膨大な投資が必要である。三浦半島南部地区の造成には8億円がみこまれている。当然のことながら、投資にみあう効果が要求される。一般に人工魚礁に求められる効果とは、魚を集め滞留させる効果（集魚効果）と滞留した魚を漁獲することによって漁場として成立する生産性（生産効果）の2つである。特に投資にみあうということを考えれば生産効果が重要視される。これまでの事業でも生産効果に関する調査研究が、主に事業実施後に、数多く行われてきた。人工礁漁場造成事業では、これらの知見をふまえて、事業開始の前年に事前調査を実施して生産効果を推定し投資効率を求めること、が義務づけられている。

生産効果の推定にこれまで主に採用されてきた方法は、並型魚礁等の調査によって漁場の漁獲量を事業規模あたりの数値として推定し（kg/m³という単位を用いる）、この数値を新しく造成する漁場の規模に乗じることによって生産量を推定するものである。この方法は2つの大きな問題点をもっている。その第一は、基礎となる“kg/m³”の数値が、漁場造成による生産増加量を意味しない、ということである。つまり、その数値の中には漁場造成以前の生産量が含まれてしまっており、造成による増加量を分離できないために、投資にみあった効果を正確に評価できない、ということである。第二の問題点は、この方法では造成規模が拡大すればするほど生産量がそれに比例して増加すると考えなければならない、つまり漁場造成によって資源が無制限に増大するという仮定を必要とする、ということである。これにともなって、生産のために投入される漁獲努力もまた無制限に増加しうること、も必要になってくる。これらの仮定は、現状の漁業・資源を考えれば、成立しえないものである。この方法から推定される生産効果は必然的に過大になってしまう。このような重大な問題点をもっているにもかかわらずこの方法が用いられてきたのは、なんらかの数値を提出しうることが他になかったからであろう。

筆者は、三浦半島南部地区の人工礁漁場造成事業にかかわる事前調査の中で、従来用いらなかった方法によって生産効果の推定を試みた。本報でその考え方、方法を報告し、諸賢の御批判をおおぎたい。

本文に先立ち、終始有益な御助言、御批判を頂いた東京大学農学部水産学科日野明徳助教授に、また御指導、御鞭撻頂いた水産試験場資源研究部中込淳部長、漁業研究部栗原伸夫部長に、標本船調査資料を御提供頂いた漁業研究部小林良則主任研究員に、心から感謝

する。

方 法

前提として漁場造成の前後において対象とする種の資源量は変わらない、と考える。その上で、現在対象としている資源を「漁獲の圧力下にさらされ、かなりの確率で漁獲されている部分」と「漁獲の圧力をまぬがれている部分」にわけて考える。もちろん資源の実態がこのように2分されているということではなく、考え方の上でこのように2分することが可能であって、生産効果を考える上で便利である、という理由による。2分することについて例をあげると、ある資源に対して0.3という漁獲率が推定されたとする。これはもちろん現状の漁獲努力で資源の30%が漁獲されるということの意味ですが、上記2分の意味は資源の30%強がかなりの確率で漁獲される部分であり、残り70%弱が漁獲の圧力からまぬがれている部分である、と考えることである。本報では前者を蛸集量、後者を通過量と表現する。すなわち、資源量 = 蛸集量 + 通過量、と考える。新しく造成する漁場に集まる量を考えるには、この通過量が基礎となる。現状における通過量を新しく造成する漁場に蛸集させることによって生産をあげることを考える。この生産量は造成によってえられた純粋な増加量と考えることができる。以上を模式的に示したのが図1である。つまり、問題は次の2点に要約される。

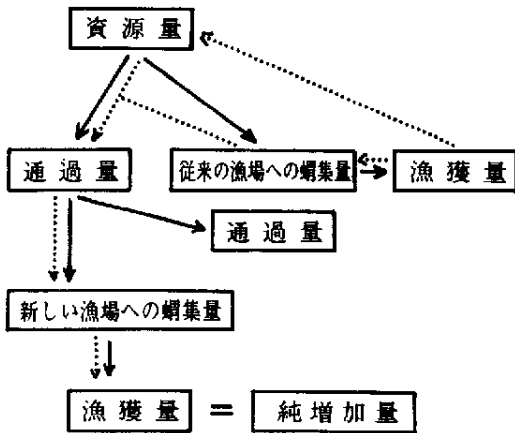


図1 生産効果推定の模式図
.....は推定の流れ

(1) 通過量の推定。 (2) 新しい漁場への蛸集量の推定。

通過量を推定するために用いる方法は、(a)DeLury (1947)の方法、(b)Palloheimo(1961)、Tanaka(1960)の方法、である。DeLuryの方法は次の(1)式で示される。

$$C(t) = k(N(o) - K(t)) \dots \dots \dots (1)$$

ここで、C(t) : 第t漁期の努力あたり漁獲量

k : 漁獲能率

N(o) : 初期資源量

K(t) : 第(t - 1)漁期までの累積漁獲量

DeLuryの方法は、資源は漁獲によってのみ減少し加入・逸散がない、と仮定しうる場合に適用されるものである。したがって通常、魚類資源に用いた場合、えられるN(o)の推定値は過小推定値となるが、前に述べたように資源を2分して考える場合には、DeLury法で推定されるN(o)は、蛸集量の推定値と考えることができる。この時の漁獲率をEaとすると、

$$Ea = C / N(o) \dots \dots \dots (2)$$

ただし、C : 全漁期間の漁獲量。

Palloheimo, Tanakaの方法は、全減少係数を漁獲強度に対して回帰させて、漁獲能率と自然死亡係数を推定するもので、次の(3)式で示される。

$$\ln \left\{ \frac{(C/f)_t}{(C/f)_{t+1}} \right\} = q \left(\frac{f_t + f_{t+1}}{2} \right) + M \dots \dots \dots (3)$$

ここで、 $\frac{(C/f)_t}{(C/f)_{t+1}}$: 第t漁期の努力あたり漁獲量

q : 漁獲能率

f_t : 第t漁期の努力量

M : 自然死亡係数

全減少係数Zは、Z = q · f + Mであるから、(3)式によって推定されたq, Mを用いて、漁獲率をE_tとすれば、

$$E_t = \frac{q \cdot f}{Z} (1 - e^{-Z}) \dots \dots \dots (4)$$

により推定することができる。この漁獲率を用いて推定される資源量は、2つに分割する以前の、全体の資源量の推定値である。

以上、2つの方法によって、全体の資源量と蛸集量の推定値がえられるので、図1にしたがって、その差を求めれば、通過量の推定値がえられる。

次に、通過量が新しく造成する漁場にどのくらい蛸集するか、を考える。ここでは、従来からある漁場と新しく造成する漁場との魚類の蛸集密度に差はない、と仮定する。この点については様々な論議があるが、一般に人工魚礁の方が天然礁より蛸集密度が高い、と考えられているようである(小川良徳氏, 1981年人工

礁漁場造成事業調査中間報告会の席での口頭発表)。しかし、蛸集密度の差は、海域（漁場）によっても魚種によっても程度が異なるであろうから、ここでは最低条件として、蛸集密度が同じであるという仮定を採用する。したがって、従来からある漁場と新しく造成する漁場の面積が求められれば（各々 S_1, S_2 とする）、新しい漁場に蛸集する量 X は、

$$X = \frac{S_2}{S_1} \times \text{通過量} \dots \dots \dots (5)$$

によって求めることができる。つまり、

$$\frac{(S_2 - S_1)}{S_1} \times \text{通過量} \text{が、やはり漁場から通過してしまう}$$

量である。(5)式によって新しい漁場への蛸集量が求められたならば、この蛸集量に対して適用されるべき漁獲率は(2)式で推定される E_a である。結局、新しく造成する漁場で期待される生産量 P は、

$P = E_a \times X \dots \dots \dots (6)$ によって計算することができる。

以下に三浦半島南部地区人工礁漁場についての実例を示すが、神奈川県の場合DeLury法を用いるのに適切な漁獲統計資料がなかったため、三浦半島西部地区人工礁漁場にかかわる効果調査の中で実施した標本船調査資料のうち1981年度の数値を用いた。この場合の方法は調査資料の数値から(1)・(2)式、(3)・(4)式に

よって各々の漁獲率を推定し、この推定値と三浦半島南部地区人工礁漁場の利用予定地区の10t未満船による漁獲量（1981年度の値。定置漁業による値を除く）との値をもとに、資源量、蛸集量を推定した。なお、標本船調査資料からの推定の場合、対象とした魚種ごとに特定の漁業種類を選択して行なった。対象とした魚種及び漁業種類は次のとおりである。マダイ（延縄）、ムツ（一本釣）、マアジ（一本釣）、イカ類（イカ釣）。なお、努力量として延縄の場合は鉢数（ひと鉢に鈎70本付）、釣の場合は操業人数（竿数）を用いた。

結 果

標本船調査資料から、前述の方法を用いてえられた各魚種の漁獲率及び各推定値は、表1に示したとおりである。

利用予定地区（横須賀市大楠地区～三浦市松輪地区）地先の、従来からの漁場面積を水深50 - 100mの部分の面積と考え、海図上から計測して3,300haという値がえられた。また、新しく造成する漁場の面積としては、735haが予定されている。したがって、(5)式によって蛸集量を、(6)式によって生産期待量を計算し、表2に示した数値がえられた。表中の平均単価は、利用予定地区産地市場の年平均値である。とりあげた魚種4

表1 各魚種でえられた推定値

魚 種	E_a	E_t	漁獲量 (kg)	資源量 (kg)	蛸集量 (kg)	通過量 (kg)
マダイ	0.9339	0.2828	14,298	50,559	15,310	35,249
ムツ	0.5236	0.1877	71,644	381,694	136,830	244,864
マアジ	0.9684	0.0811	23,998	296,272	24,781	271,491
イカ類	0.7808	0.2953	74,371	251,849	95,250	156,599

表2 蛸集量と生産期待量

魚 種	蛸集量(X)kg	生産期待量(P)kg	平均単価 円	増加金額 千円
マダイ	2,377	2,220	4,000	8,880
ムツ	19,551	10,237	1,113	11,394
マアジ	5,058	4,898	1,296	6,348
イカ類	13,191	10,300	857	8,827
合 計	40,177	27,655		35,449

種で合計27.7トン，3,540万円の生産増加が期待される，という結果がえられた。

表3に標本船調査資料からえられた努力あたり漁獲

量と生産増加に必要な努力量を示した。生産増加のために，現行努力量の13.9～20.4%，全体で17.7%の努力量の増加が必要である，という結果がえられた。

表3 生産増加に必要な努力量

魚種	cpue	生産増加のための努力量	現在投入されている努力量
マダイ	6,968	319	2,052
ムツ	10,588	967	6,767
マアジ	1,047	4,678	22,921
イカ類	8,459	1,218	8,792
合計		7,182	40,532

考 察

以上，漁獲統計資料あるいは標本船調査資料に2つの解析方法を用いることによって生産効果を推定する方法，について述べ，事例を示した。この方法は，漁場造成によって資源が増大するという仮定を必要とせず，漁場造成による純増加量及び投入すべき努力量を評価できる，という点で従来用いられてきた方法よりも前進したと思われる。しかし様々な仮定を必要とするため，依然としていくつかの問題点をかかえている。

第一は漁獲率の推定精度の問題である。漁獲率の推定は資源学がこれまで長い間取り扱ってきた重要な命題で簡単に計算できるようなものではなく，実際本報で提出した値も相関は必ずしも高くなかった。これは解析手法の問題というより，用いた資料の問題であろう。漁獲率は一般に浮魚類では0.1，底魚類では0.3程度の値になる，といわれている（小川良徳氏，前述の会議における口頭発言）。現段階ではこの値を用いて試算することも意味があると思われるが，あくまでも近似値として考えるべきで，より精度の高い推定値がえられるように，用いる統計資料の整備とともに方法論を検討していくべきである。

第二は，漁場面積の問題である。新しく造成する漁場の面積は一定の予定値をもっている。したがって，通過量から新しく造成する漁場への蛸集量を推定する場合，蛸集量は従来の漁場面積に反比例して決定される。すなわち増加期待量そのものが従来の漁場面積に反比例して決定される。本報では利用予定地区地先の水深50 - 100m帯を一律に漁場として考えたが，実際には漁場の形成は対象魚種・漁業種類によって異なり，かつある水深帯に一律に形成されることはありえない。すなわち個々の魚種・漁業種類について考えるべきで

あり，個々の漁場のもつ生産性も同一ではないから，それらの評価を加えた上で考えるべきである。評価によって重み付けした平均値の和というような形で漁場面積が考えられればよい，と思われる。福岡水試（1982）は，海域を緯度経度2分ます目のメッシュに区切って，魚種・漁業種類ごとに生産性の検討を行い，漁場の評価を試みている。このような検討は，漁獲統計の整備という点で第一の問題点とも密接にかかわっており，本県でも是非行っていくべき検討であろうと思われる。

人工魚礁造成事業の必要性は今後ますます増大していくであろう。それにとまって，生産効果推定の精度を，方法論とそれにとまう諸仮定の吟味・検討によって，高めていく努力が必要である。

文 献

- Delury, D.B.(1947) : On the estimation of biological populations. *Biometrics* 3(4), 145 - 167
- 福岡県水産試験場(1982) : 昭和57年度指定調査研究，「海中構築物周辺の水産生物の資源生態に関する研究」中間報告会資料（ゼロックス刷）
- Paloheimo, J.E.(1961) : Studies on estimation of mortalities.
1. Comparison of a method described by Beverton and Holt and a new linear formula. *J.Fish.Res.Bd.Can.*, 18, 645 - 662
- 清水詢道(1979) : 神奈川県における人工魚礁について。相模湾資源環境調査報告書 - , 257 - 260
- 神奈川県水産試験場，同相模湾支所
- 田中昌一(1960) : 水産生物のpopulation dynamicsと漁業資源管理。東海区水研報，28, 1 - 200