

サザエ資源の現存量推定方法の検討

井谷 匡 志
宗清 正 廣
内野 憲
辻 秀 二
道家 章 生

サザエ資源の現存量推定方法について検討するために、蒲入漁協管内の本庄漁港船揚場の斜路に殻高約 3 mm で放流したサザエ人工種苗について、Petersen 法、1 回放流多回再捕法および Jolly-Saber 法による現存量推定を同時に行った。各方法とも、主に魚類を対象としているため、資源量 \gg 放流数、資源量 \gg 再捕数という仮定のもとに推定を行っている。従って、この仮定にあてはまらない事が多い貝類の場合には、使用に際して補正が必要なのことがわかった。

京都府では、サザエ (*Batillus cornutus*) の人工種苗を放流してその栽培漁業化を進めているが、人工種苗の生残過程や放流効果を把握する上で、放流種苗の現存量を推定する必要がある。これまで既存の魚類において用いられている推定法を適用して放流種苗の現存量を推定してきたが、必ずしも貝類においても同様に使用できるものではない。そこで、実験漁場に放流した人工種苗に対していくつかの現存量推定法を実際に適用し、その結果を比較検討することにより既存の推定法の貝類への適応について考察した。

材料と方法

現存量の推定方法には Petersen 法、1 回放流多回再捕法 (田中, 1985) および Jolly の修正法 (加藤, 1988) を適用した。これらを適用するために、1991年11月6日に実験漁場から3,872個の放流サザエ種苗 (平均殻高 14.8 mm) を潜水により取り上げた。これらの種苗には標識としてアルファシアノアクリレート系の着色瞬間接着剤をその殻頂部に接着し、実験漁場内の分布密度ができるだけ均一になるように再放流した。1992年1月8日、3月5日、4月27日、5月26日および6月19日の調査時には、それぞれ884~1,433個の放流サザエ種苗を潜水により取り上げ、標識の有無を確認した。さらに、取り上げた放流サザエ種苗のすべてを、複数の放流回次が識別できるように、毎回異なった色の瞬間接着剤で多重標識し、できるだけ均一になるように実験漁場内に再放流した。

実験漁場は京都府伊根町蒲入地先の本庄漁港内のコンクリート製の斜路で、その面積は 1644.5 m² (115×14.3 m)、船を引き上げる際の滑りをよくするためのすべり材が取り付けられている。また、沖側および南側は砂泥底、北側は岸壁となっており、サザエが漁場外へ逸散しにくい地形となっている (Fig. 1)。放流実験に用いたサザエは京都府栽培漁業センターで生産されたもので、1991年6月3日に殻高 2.7~3.2 mm の種苗100,000個を実験漁場に放



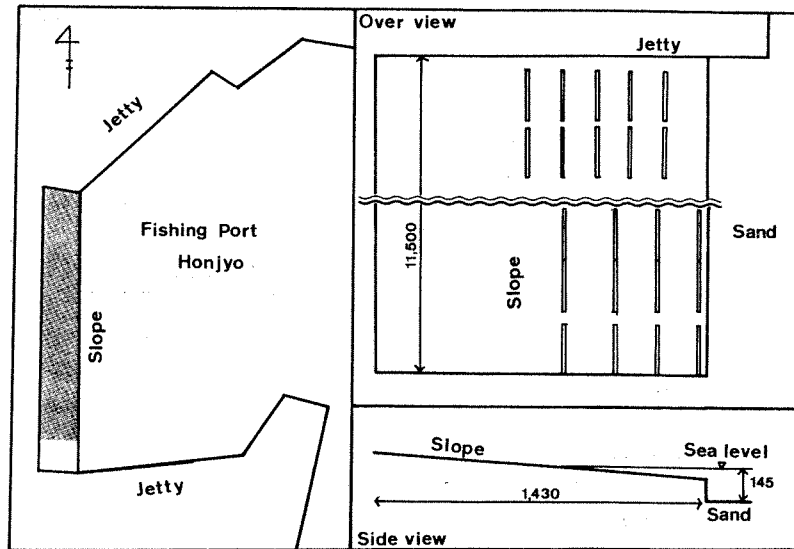


Fig. 1. Map showing survey area in Fishing Port Honjyo.

Table 1. Tabulation of numbers released, captured and recaptured.

Date	i, j	n_i	s_i	m_i	m_{ji}				
					$j=1$	2	3	4	5
6 Nov. 1991	1	3,872	3,872	—	—				
8 Jan. 1992	2	1,324	1,324	219	219				
5 Mar. 1992	3	999	999	177	111	66			
27 Apr. 1992	4	884	884	201	81	67	53		
26 May 1992	5	952	952	283	67	53	59	104	
19 Jun. 1992	6	5,837	—	1,433	321	278	202	235	397
Total		13,868	8,031	2,313	799	464	314	339	397

流した。放流時の観察では実験漁場およびその周辺に天然のサザエは生息していなかった。

なお、本文および図表中で用いた記号は以下のとおりである。

- i : 調査回次
- j : 放流回次
- n_i : i 回調査時の取り上げ個数
- s_i : i 回調査時の放流個数
- m_i : i 回調査時の再捕個数
- m_{ji} : j 回放流群のうち i 回調査時の再捕数
- m'_i : i 回調査時まで再捕、再放流され、 i 回調査時に再再捕されたもの
- M_i : i 回調査時の標識員の現存量
- N_i : i 回調査時の現存量

結果と考察

Petersen 法 放流-再捕の結果を Table 1 に示した。この結果から Petersen 法により、全体の現存量を推定した。即ち、 i 回調査時の放流数 (s_i) と以降の調査時のその再捕数 ($m_{i, i+1} \sim m_{i, 6}$)、その時の取り上げ数 ($n_{i+1} \sim n_6$) から、 i 回放流時の現存量 (N_i) を $(6-i)$ とおり推定した。その結果、 N_1 が m_2 から 23,409 と推定されたが、 n_6 から 70,408 と推定されたように、推定に用いた取り上げ数が m_{i+1} から m_6 へと調査回次が進むにつれて、現存量 (N_i) は大きな増加傾向を示した (Table 2)。また、求めた各々の時点での推定値は Fig. 2 で見られるように、大きなばらつきを示した。この原因は、標識員が再捕・再放流される際に、前の標識が無視されること、即ち再標識されることにより s_i が減り、その分だけ $(N_i - s_i)$ が増え標識率

Table 2. Standing crops of topshells estimated by the Petersen method.

	N_i				
	$i=1$	2	3	4	5
m_2	23,409				
m_3	34,848	20,041			
m_4	42,257	17,469	16,663		
m_5	55,017	23,782	16,119	8,092	
m_6	70,408	27,799	28,867	21,957	13,997

($N_i : s_i$ の比) が小さくなること (一例をあげると, S_1 のうち $i=2$ のときに再捕されたものは, 以降は S_2 として扱われるため, S_1 が減少したことによる) によると思われる。そこで, s_i のうち $(i+1)$ 回調査時以降に再標識された後に再再捕されたものを m'_i として放流群別に Table 3-1 から Table 3-4 に整理した。この表から, 再捕数

Table 3-1. Tabulation of n_i, m_i and m'_i about S_1 .

i	S_i	n_i	m_i	m'_i	$m_i + m'_i$
1	3,872				
2		1,324	219	—	
3		999	111	15	126
4		884	81	12	93
5		952	67	22	89
6		5,837	321	92	413

Table 3-2. Tabulation of n_i, m_i and m'_i about S_2 .

i	S_i	n_i	m_i	m'_i	$m_i + m'_i$
2	1,324				
3		999	66	—	
4		884	67	0	67
5		952	53	12	65
6		5,837	278	52	330

Table 3-3. Tabulation of n_i, m_i and m'_i about S_3 .

i	S_i	n_i	m_i	m'_i	$m_i + m'_i$
3	999				
4		884	53	—	
5		952	59	8	67
6		5,837	202	39	241

Table 3-4. Tabulation of n_i, m_i and m'_i about S_4 .

i	S_i	n_i	m_i	m'_i	$m_i + m'_i$
4	884				
5		952	104	—	
6		5,837	235	41	276

(m_i) を $m_i + m'_i$ に補正し, 現存量 (N_i) を求めた (Table 4)。その結果 N_1 が n_2 からは 23,409, n_6 からは 54,724 と推定されたように, N_i は調査回次が進むにつれ, 補正前同様に若干の増加傾向を示したが補正前と比較するとば

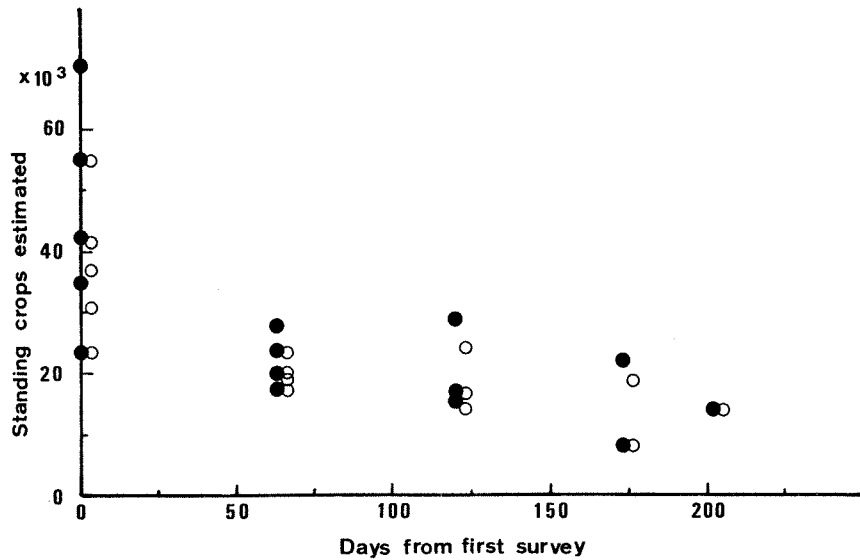


Fig. 2. Standing crops of topshells estimated by the Petersen method. Solid circle : before modification, circle : after modification.

らつきが少なくなった (Fig. 2, Table 2, 4)。

このように、多回放流-多回再捕を繰り返し、継時的な推定を行う場合、Petersen 法を用いるためには、過大推定とならないように、多重標識を用いて複数の標識回次を区別して把握する必要がある。

1 回放流多回再捕法 Table 1 から一回放流多回再捕法により現存量を推定した。即ち、 i 回調査時の放流数 (s_i)、以降の調査時のその再捕数 ($m_{i, i+1} \sim m_{i, 6}$) およびその時の取り上げ数 ($n_{i+1} \sim n_6$) から一回放流多回再捕法を用いて推定現存量 (N_i) を求めた。その結果、 N_1 が m_2, m_3 からは 27,251, $m_2 \sim m_6$ からは 48,441 と推定されたように、推定現存量 (N_i) は Petersen 法と同様に、用いた再捕数が放流後 2 回分、3 回分……と調査回次が進んでいくとともに大きく増加し、推定値のばらつきも大きくなった (Fig. 3)。この理由は Petersen 法と同じように再標識によるものだとおもわれるため、Petersen 法同様に Table 3-1 から

Table 4. Standing crops of topshells estimated by the Petersen method using $m_i + m'_i$.

	N_i				
	$i=1$	2	3	4	5
m_2	23,409				
m_3	30,699	20,041			
m_4	36,805	17,469	16,663		
m_5	41,417	19,391	14,195	8,092	
m_6	54,724	23,419	24,196	18,695	13,997

Table 3-4 の補正した値 ($m_i + m'_i$) に基づいて現存量の推定をやりなおした。その結果、 N_1 が m_2, m_3 からは 26,071, $m_2 \sim m_6$ からは 41,131 と推定されたように、推定現存量 (N_i) は、調査回次が進むとともに若干の増加傾向を示したが、ばらつきは小さくなった (Fig. 3)。また、推定値のばらつきは、 N_1 を例にあげると、Petersen 法では 23,409~54,724、一回放流多回再捕法では 26,071~41,131 と、一回放流多回再捕法が Petersen 法の重みつき平均の形になっているため、Petersen 法と比較して小さかった。なお、推定値については、すべて Petersen 法と同じ傾向となっているため、図示のみとし表については略することとした。

一方、Petersen 法、一回放流多回再捕法ともに、修正後も推定値は増加傾向を示しているが、この原因は標識減耗によると思われる。このことは、 $i=2$ のときの殻高が無標識群においては 20.5 ± 2.9 mm であるのに対し、標識群では 15.7 ± 2.2 mm であり、分散および平均値の検定を行ったところ、危険率 1% で有意差があり、標識群が小さいことから示唆されている。このような場合、能瀬 (1961a, 1961b) の方法により修正が可能であるが、今回は $N \gg S$ という仮定が当てはまらないために、利用できなかった。

Jolly の修正法 Table 1 の結果から Jolly の修正法により現存量 (N_i) を求めたところ、 N_1 は、41,104 と他の方法と比較して大きな値となった (Fig. 4)。しかし、この推定値も Petersen 法や一回放流多回再捕法と同様の理由か

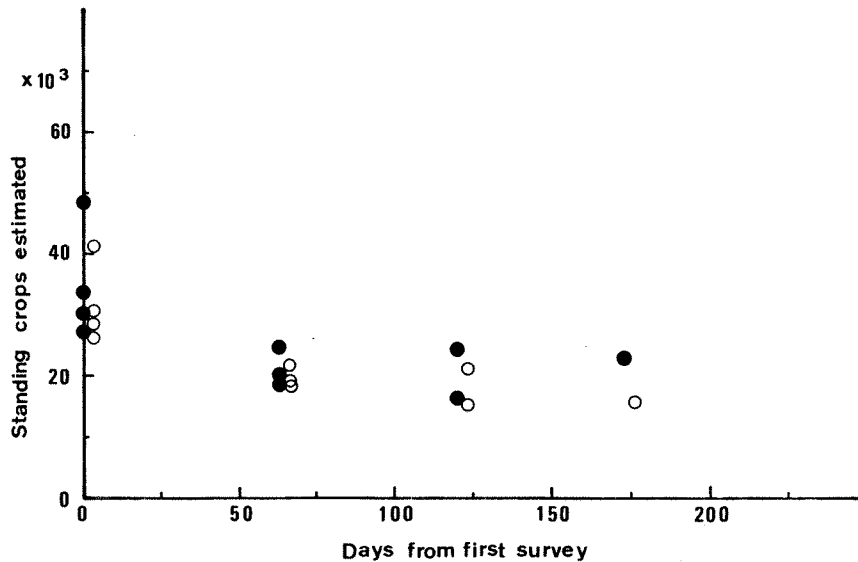


Fig. 3. Standing crops of topshells estimated by the multi captured method. Solid circle: before modification, circle: after modification.

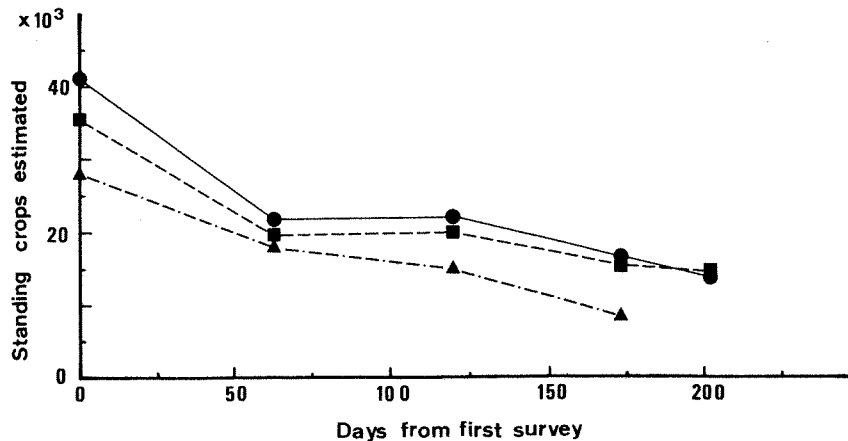


Fig. 4. Standing crops of topshells estimated by the Jolly-Saber method in case of no immigration. Solid circle: before modification, solid square: after modification, solid triangle: after modification except 6th survey.

ら過大推定となっていると思われるため、同様に再捕数を $m_i + m'_i$ と修正し、再計算を行った。ただし、Jolly の修正法を用いる場合には、再捕個体を標識の数だけダブルカウントするため、取り上げ個数についても補正を行い m'_i を加えたものとした。その結果 N_1 は 35,519 と推定され、修正前の推定値は他の方法同様に過大推定であったと思われる (Fig. 4)。

Petersen 法、1 回放流多回再捕法の両法においては、第 6 回の調査の際の実験値を用いた場合の推定値のばらつきが非常に大きくなっている (Table 4)。これは、第 6 回の調査時の取り上げ個数が他の調査時に比較して大きかったため、その実験値に含まれる偏りの影響が推定値に大きく影響しているためだと思われる。そこで、第 6 回の調査時の実験値を用いない形で Jolly の修正法を用いて現存量を推定したところ、 $i=1$ のときの現存量は 27,964 個となった (Fig. 4)。

総合考察 以上のような修正を行うと、使用した 3 方法ともに $i=1$ のときの推定現存量 (N_1) は 30,000 個付近に収束した。そのため、実際の現存量は約 30,000 個だと考えられる。また、この時にはどの方法においても、サザエの死亡率はほぼ一定となり、現実の生態に即したものとなった。

また、今回利用した 3 方法は、いずれも Petersen 型の推定式を用いており、 $N \gg S$ という仮定のもとに、二項分布を当てはめて推定値の分散を求めている。しかし、今回の調査では、第 1 回調査時の推定現存量 (N_1) を、前述の約 30,000 と仮定すると、当初の標識率は 10% をこえることとなり、 $N \gg S$ という仮定が当てはまらないため、分散を

求めることができなかった。

このように、前述の能瀬の方法も含め、魚類等で試みられてきた標識放流による資源量推定においては、母集団が十分に大きいという仮定、即ち $N \gg S$, $N \gg n$ という仮定を用いて、2 項分布等に当てはめて分散等の論議が行われていることが多い。また、この仮定は標識放流だけではなく、小野、森下 (1979) のように枠どり法等にも使用されている。一方、貝類等の定着性の人工種苗を放流する場合、放流効果の把握のために放流群にかなりの割合で標識が付けられていることが多く、調査による取り上げ率も大きいため、 $N \gg S$, $N \gg n$ とはならない。従って、魚類で用いられている方法をそのまま用い分散等を求めることは不適当である。

また、魚類と異なり貝類は移動能力が小さいため、標識放流後短期間のうちに調査を行う場合には、標識個体と非標識個体が十分に混じりあわず、推定値に誤差を生じる可能性がある。

従って、今後同様の標識放流を行う場合には、標識数、解析方法等について、さらに検討をかさねる必要があると思われる。また、今回の実験は閉鎖系と考えられる斜路での実験についての論議である。従って、今後は開放系である実際の漁場において、検証を行い、その場に適した方法を見付けていく必要がある。

謝 辞

終わりに、本調査にご理解とご協力をいただいた蒲入漁業協同組合および蒲入水視組合に厚くお礼申し上げます。

文 献

- 小野勇一・森下正明. 1979. サンプルングのための理論的基礎. 「森下正明生態学論集 第2巻」, 197-214. 思索社.
- 加藤史彦. 1988. 加入がないとみなせる放流調査における Jolly モデルの修正法の適用. 「パソコンによる資源解析プログラム集」(東海区水産研究所 数理統計部編), 64-72. 東海区水産研究所.
- 田中昌一. 1985. 標識放流. 「水産資源学総論」, 284-341. 恒星社厚生閣, 東京.
- 能勢幸雄. 1961a. PETERSEN 型資源量推定法の一吟味. 日本水産学会誌, **27**(8) : 763-773.
- 能勢幸雄. 1961b. 標識率法による東京湾北部のマハゼ資源量の推定. 日本水産学会誌, **27**(8) : 793-800.

Synopsis

Considerations About Methods to Estimate the Standing Crop of Topshells, *Batillus cornutus*

Masashi ITANI, Masahiro MUNEKIYO, Ken UCHINO,
Syuji TSUJI and Akio DOUKE

Petersen, Multi captured and Jolly-Saber methods are applied to estimation of standing crops of artificial reared and released topshells at the slope of Fishing Port Honjyo. These methods are used to estimate the number of fish and based on the supposition, that, total number of fish \gg Total number of tagged fish, Total number of fish \gg Number captured in the sample. So, modification is needed to use these methods to estimate the number of shellfish.