

真野湾海域における種苗サイズ別放流効果の予測

板野 英 彬

(新潟県栽培漁業センター*)

1. はじめに

新潟県におけるヒラメの放流技術開発事業は1980年から種苗の放流及びそれに伴う調査を佐渡島真野湾で始めたが、1985年からは対象海域を本土側北部の開放的な砂浜域へ変更して実施している。

本事業の目的は最も経済効果のあがる放流手法の開発及び適正条件の解明であり、特に放流適正サイズの解明は重要な課題の1つである。従って、小型大量放流種苗は各年ごとに平均全長を変えて実施している。真野湾海域では放流し始めてから7年以上経過しており、長期にわたる追跡事例も多い。そこで、これらのうち種苗生産、運搬、追跡調査などの技術が比較的安定してきた1982~1984年放流群の調査結果から種苗のサイズと放流後の経済効果について予測を試みたので報告する。

2. 材料及び方法

適正サイズを解明するために放流した人工種苗は1982年が平均全長40.8mm (85,400尾)、1983年が平均全長33.1mm (155,600尾)、1984年が平均全長75.4mm (34,800尾)で、すべて無標識である。放流位置は各年とも真野湾奥部佐和田町地先水深5mである(図1)。種苗の追跡調査は放流後2カ月経過するまでの間については小型ビームトロール網での定期的な採集を行い、長期にわたる放流効果調

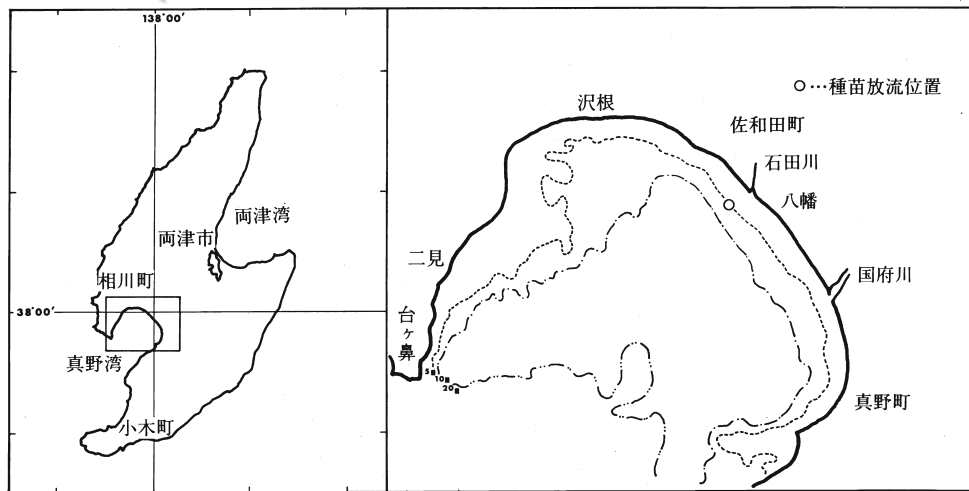


図1 種苗放流海域

*現在 新潟県水産試験場

査としては1982年1月～1987年12月までの間に真野湾周辺で漁獲されたヒラメが出荷される真野漁協、小木漁協、両津市場で刺網37,851尾、板曳網（小型底曳網）4,681尾、定置網1,031尾、曳釣160尾総計43,723尾について全長測定及び体色異常魚の検出を行った。

3. 結果及び考察

(1) 放流種苗の短期的な拡散と生残

ヒラメ人工種苗は放流して1日経過すると一般に図2（1982年群）で示すように放流点（採集点中央の水深5m）から水深3mの浅場へ移動しており、水温が下降し始める9月下旬まで水深5m以浅の海域に分布する。この間の減耗は放流初期が著しく、特に有眼側に白化部位の認められる体色異常個体いわゆる白化個体が放流後2日経過すると急に減少し始め、4日経過すると激減し、1～2週間すると採集されなくなる。図3は1982、1983年群の放流後経過日数と採集個体数に占める白化個体数の割合を経時的に示した。1982年群では放流直前の白化個体の割合が80.7%、放流後1日目79.2%、

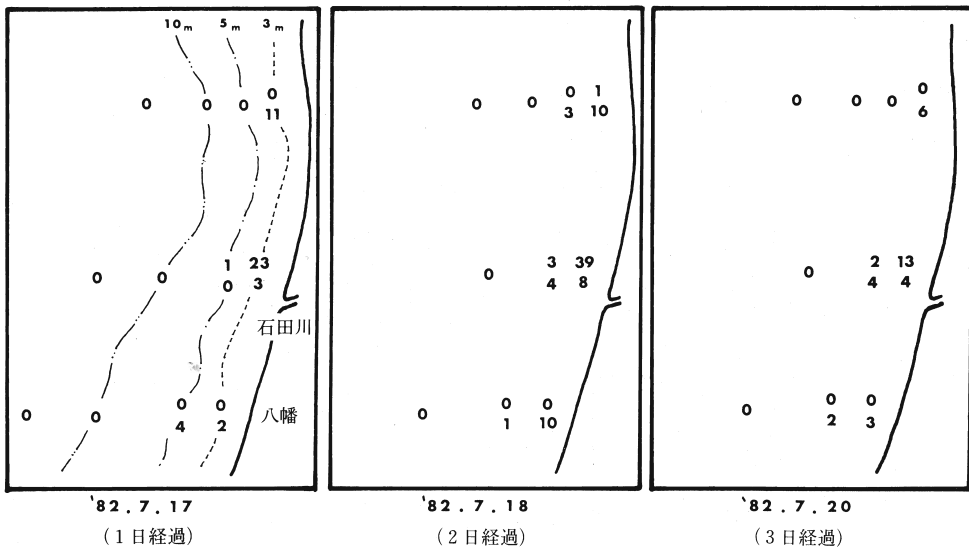
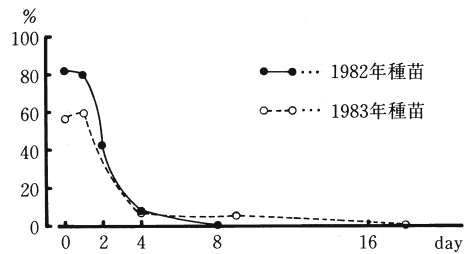


図2 放流後におけるヒラメ人工種苗の分布状況
（数字は、上段が人工種苗、下段が天然ヒラメ稚魚）

2日目41.9%、4日目6.7%、8日目0%と、白化個体の多い放流群であったことから放流初期に激減している。また、1983年群では放流直前の白化割合が55.7%で、日数の経過とともに減少し、18日経過すると採集されなくなって前者とほぼ同様の経過をたどる。



このように、放流初期の短期間で著しく減耗す 図3 再捕時における有眼側白化割合の経時変化

る要因は有眼側に白化部位があるため食害生物及び餌料生物からも発見されやすいことが考えられ、また、人工種苗全般に共通していることではあるが、放流直後では十分な潜砂などの逃避能力や摂餌能力を身につけていないことが相乗的に影響していると考えられる。従って、放流効果を試算するに当り少なくとも有眼側が正常である個体を有効な実放流尾数として取り扱う方がより実態に近い数値であろうと考える。

(2) 放流種苗の成長

人工種苗は放流後2カ月経過するまでの間に全長で1日当たり1mm前後の成長を示し、同一海域のヒラメ天然稚魚の成長とは負の相関を示す。すなわち、1982年では天然稚魚の1日当たりの成長が1.2mmであったのに対して人工種苗が0.9mmであり、1983年では天然稚魚0.9mmに対して人工種苗1.5mmであった。しかし、このことは放流された人工種苗が天然稚魚とは異なった生態的地位を占める可能性や放流海域の環境収容力との観点から知見の収集が必要である。

一方、長期にわたる成長は表1に満年齢に達する4～6月の平均全長を各放流群ごとに示した。全長は満1才魚が21～23cm、2才魚29～32cm、3才魚43～45cm、4才魚50～54cmと各群の間に差が認められ、天然魚に比べて成長がやや遅い。成長式は5月を基準月にした全長(TL:cm)と年齢(t)の関係が、5才魚まで直線式によく当てはまり天然魚と同様の傾向を示すが、1983年群の数値から定差関を画き Bertalanffy の式を求めると雌雄こみで

$$TL(t) = 94.13(1 - e^{-0.175(0.457 + t)})$$

となった(図4, 5)。また、全長(cm)と体重(g)の関係は再捕種苗250尾の測定結果から雌雄こみで

$$BW = 0.004315 TL^{3.248}$$

となった。

表1 小型大量放流種苗における全長の経年変化

放流地区	経過年	1	2	3	4
	放流年				
真野湾	1980	22.0 (6)	32.8 (4)		54.6 (7)
	1981	24.6 (1)	29.5 (7)	44.6 (6)	
	1982	22.5 (8)	30.4±4.5 (29)	43.3 (12)	
	1983	21.2 (10)	31.2±4.6 (39)	44.2 (10)	50.9 (2)
	1984	23.7±1.7 (22)	31.6±3.8 (103)	45.2±7.1 (22)	
	Ave	22.8±1.1 (47)	31.3±0.6 (182)	44.5±0.8 (50)	53.8 (9)
天然魚 (真野湾:1983)		24.6 (29)	32.9 (148)	47.0 (60)	56.2 (7)

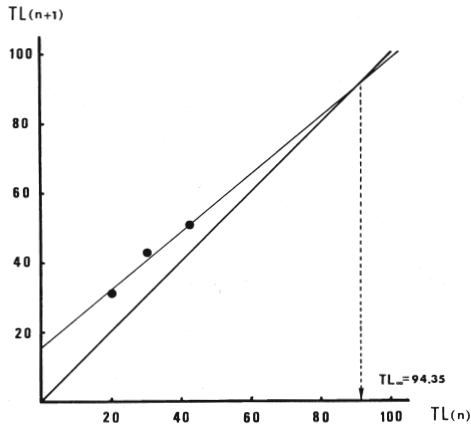


図4 ヒラメ人工種苗の定差図

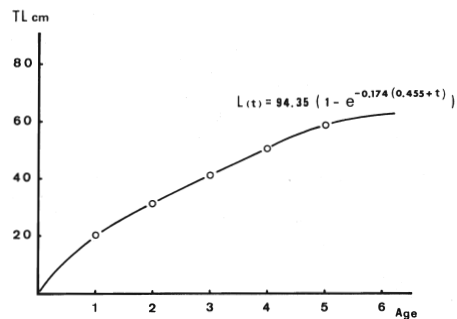


図5 ヒラメ人工種苗の全長と年齢の関係

(3) 人工種苗の長期的な拡散

夏期に真野湾奥部で放流された人工種苗は水温が下降し始める9月下旬になると、それまで分布していた水深5m以浅の海辺から湾口周辺の水深40~80m海域へ移動して越冬する。しかし、この移動は天然魚にみられる季節的深淺移動のようにはっきりしたものではなく、特に小型種苗（TL 30~70mm）は再捕位置からみて、大型種苗（TL 140~160mm：タグ標識種苗）に比べ冬期にも水深40m以浅の湾内にかなり留まっていると推察される。越冬した放流種苗は春期に入り水温が上昇するのに伴って湾内および湾口周辺に拡散していく。種苗の拡散範囲と速度は1983、1984年標識種苗の再捕状況からみると、放流後2~3カ月経過すると湾内広範に及び、1年経過すると湾口から南北へ約15km、2年経過すると南北へ約50km（前浜~外海府海域）の範囲まで拡がるが、4年経過しても両津湾や島外へ移動する個体は認められず、1983年群では4年経過しても放流点から半径20km以内に98.2%、1984年群では3年経過しても同範囲内に99.5%が留まっている。この他1980~1982年標識種苗も同様の傾向があり、また、小型種苗についても市場調査や漁業者からの聞き取り調査によるとほぼ同様の傾向を示すと推察される。このようなことから、真野湾海域における人工種苗の拡散は5年前後経過しても島内全域に及ぶことがなく、主分布範囲は湾内および湾口周辺の海域である。

(4) 漁業実態および市場調査

真野湾海域のヒラメは主に二見、佐和田、真野、小木の4漁協で板曳網（5t未満の小型底曳船）、刺網、定置網、曳釣などによって漁獲されている。漁場面積は水深100m以浅の湾内および湾口周辺として約140km²、1980~1984年の年平均漁獲量は4漁協合せて34.7tである。漁業種類別漁獲割合は同年の平均漁獲量から板曳網58.7%、刺網21.8%、定置網5.6%であり、湾内に限ってみると真野漁協の刺網が71.4%、定置網（小型3ヶ統）が12.8%である（図6、7）。ただし、板曳網は湾内禁漁で、3~11月までの間は湾口周辺以外に島北部の外海府一帯もヒラメ漁場として利用している。漁業規模は4漁協合せて板曳網の許可28隻、刺網（1~3t主体）の許可91隻、大型定置網2カ統、小型定置網5カ統である。

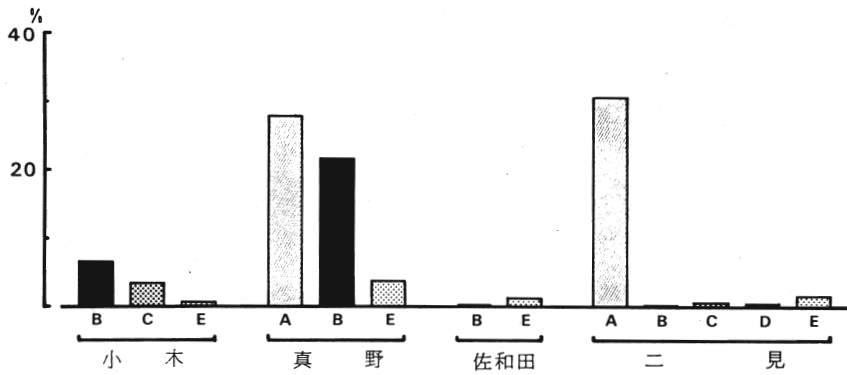


図6 真野湾周辺漁協におけるヒラメの漁業種類別漁獲割合

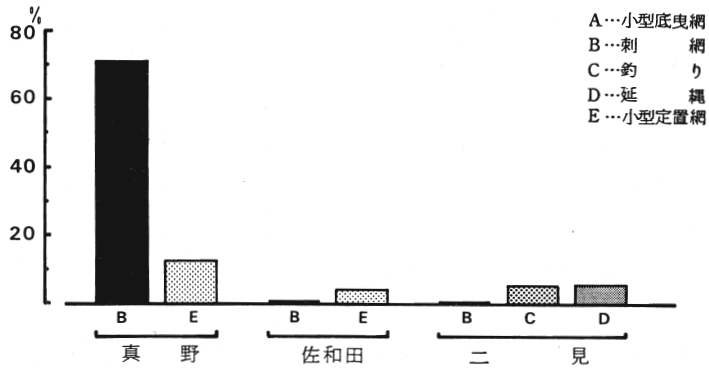


図7 真野湾内におけるヒラメの漁業種類別漁獲割合

市場調査は放流魚の長期的な主分布域が湾内及び湾口周辺であり、刺網による漁獲尾数が多いことから真野漁協の刺網を中心に実施した。表2は1982年1月～1987年12月の真野湾周辺ヒラメ漁業の

表2 市場調査状況

漁業種類	年	1982	1983	1984	1985	1986	1987
刺網		6021	9800	5763	5269	2983	2894
		(29.0)	(46.8)	(61.7)	(44.0)	(82.7)	(77.7)
(活魚)					575	1112	896
					(20.0)	(91.6)	(30.6)
(小木漁協)				1240	571	602	125
				(25.7)	(24.4)	(95.3)	(15.2)
板曳網			669	803	1272	1185	752
			(1.7)	(3.6)	(6.5)	(11.5)	(9.4)
定置網				266	155	366	244
				(9.3)	(13.0)	(35.1)	(26.1)
曳釣				160			
				(36.5)			

数字は測定尾数である。()は年間の調査率である。

漁業種類別調査尾数及び調査率（測定重量／漁獲重量）である。調査率は刺網29.0～82.7%，定置網9.3～35.1%，板曳網1.7～11.5%で、板曳網の数値が低いのは真野湾口周辺を漁場とする期間が主に11～3月であることから調査期間を9～3月を中心にしたためである。

(5) 放流効果の予測

種苗放流効果は1982～1984年群の再捕結果に基づいて種苗のサイズと経済効果について試算した。これら種苗の真野湾海域における再捕総数は前述した4漁協の市場調査で得た再捕数を調査率で補正して各経過年ごとに表3で示した。放流した小型種苗が再捕され始めるのは放流翌年の1～2月である。再捕率は白化個体が短期間に減耗して、市場調査でもほとんど発見されないことから放流実数を有眼側正常個体数とし、再捕個体数の年計をこの数で除して表のカッコ内に示した。この結果から、再捕率と全長との関係を図8に各放流群の経過年ごとにプロットし、回帰式を求めると上から順に放流翌日から3年目12月31日までの累計再捕率と全長（ R_{1-3} ）、1年目（ R_1 ）、2年目（ R_2 ）、3年目（ R_3 ）のそれぞれ1～12月までの年計再捕率と全長（TL：mm）の関係が一次式で求められ、

$$R_{1-3} = 3.556 + 0.086 TL$$

$$R_1 = 1.471 + 0.057 TL$$

$$R_2 = 1.305 + 0.023 TL$$

$$R_3 = 0.781 + 0.006 TL$$

となった。この関係から放流種苗のサイズが大型になれば相対的に再捕率も上昇している。しかし、これを経過年ごとにみると、大型になるほど1～2年目の再捕率が高く、3年目からはほとんど差がなくなり、見掛け上サイズによる差が1～2年目の再捕率の差となっている。この傾向は標識放流種苗にも認められ、再捕総数の70～80%は放流後2年目以内に再捕されてしまう。これはこの海域の漁獲努力が非常に高いことを意味している。

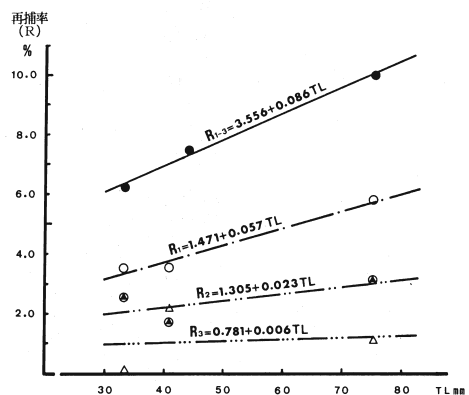


図8 真野湾における放流時の全長と再捕率の関係

- R_{1-3} — 放流後3年目12月までの累計再捕率
- R_1 — 放流後1年目12月までの累計再捕率
- R_2 — 放流後2年目1～12月までの累計再捕率
- R_3 — 放流後3年目1～12月までの累計再捕率

表3 真野湾における大量放流種苗の再捕状況

放流年月日	放流数	有眼側正常 個体数 (a)	平均全長 (mm)	年別再捕数					Total ($\Sigma n/a \times 100$)
				1983 n_1	1984 n_2	1985 n_3	1986 n_4	1987 n_5	
1982. 7. 16	85,400	16,500	40.8±4.9	585 (3.55)	281 (1.70)	357 (2.16)	12 (0.07)	3 (0.02)	1,238 (7.50)
1983. 7. 13	155,600	69,000	33.1±6.0		2,444 (3.54)	1,741 (2.52)	51 (0.07)	42 (0.06)	4,278 (6.20)
1984. 8. 16	34,800	22,200	75.4±12.1			1,285 (5.79)	700 (3.15)	234 (1.05)	2,219 (10.00)

次に、種苗生産単価は当センターの施設償却費、職員の賃金などを含めた実態に近い数値と真野町栽培漁業センターの単価も参考にして全長（TL：mm）と単価（ a ）の関係を1次回帰式で求め

$$a = -19.84 + 2.33 \text{ TL}$$

を得た（図9）。サイズ別の予想単価は全長30mmで50.06円、50mmで96.66円、70mmで143.26円となる。また、競り値（ P ）と体重（ BW ：kg）の関係は真野漁協の販売伝票からべき乗回帰式で求め

$$P = 2,849.02 \text{ BW}^{1.325}$$

を得た（図10）。ただし、体重5 kg以上の個体は1 kg当りの単価が安くなるので当てはまらない。

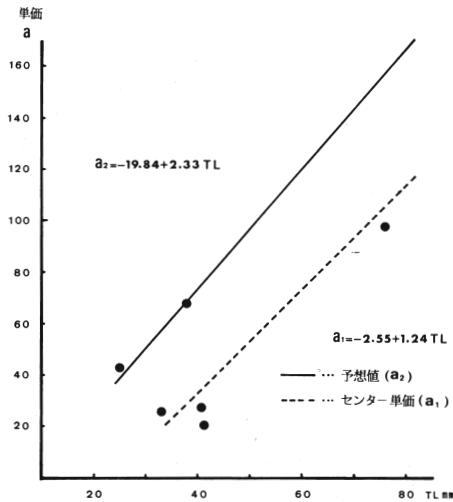


図9 ヒラメ種苗生産単価と全長の関係

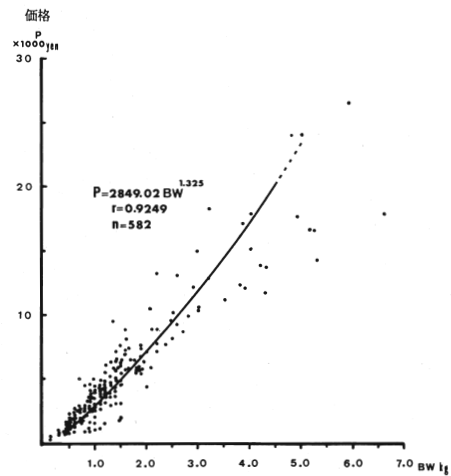


図10 ヒラメの競り値と体重の関係
体重5 kg以上になると不適である。

以上の関係式から平均全長30, 50, 70mmの有眼側が正常である人工種苗を10万尾放流した場合の再捕尾数及び水揚げ金額をそれぞれのサイズについて試算する。ただし、試算に当たっての条件は漁獲努力が毎年一定である。種苗放流日はTL 30mmが7月10日、TL 50mmが7月20日、TL 70mmが8月10日であり、漁獲は放流翌年1月1日から始まる。年令は5月1日が基準日であるとする。

まず、TL 30, 50, 70mmの再捕尾数は図8の1次回帰式からそれぞれ1, 2, 3年目の年計値を得た。全減少係数（ Z ）はこの数値の自然対数と経過年数の1次回帰式から傾きの絶対値とした。次に、漁獲死亡係数（ F ）と自然死亡係数（ M ）は漁獲開始が1月1日であることから下記の式より求めた。

（この解析法については日本海区水産研究所赤嶺技官より指導を受けた。）

N_0 —種苗放流尾数 ΔC —総再捕尾数

N_n —種苗生存尾数 t —漁獲開始までの期間

として

漁獲開始までの種苗生存尾数

$$N_t = N_0 e^{-Mt}$$

①

n 時の種苗生存尾数

$$N_n = N_t e^{-(F+M)(n-t)} \quad \text{②}$$

n 時の総再捕尾数

$$\Delta C = \frac{F}{F+M} (N_t - N_n) \quad \text{③}$$

②を③に代入する。

$$\Delta C = \frac{F}{F+M} N_t \left\{ 1 - e^{-(F+M)(n-t)} \right\} \quad \text{④}$$

④に①を代入する。

$$\Delta C = \frac{F}{F+M} N_0 e^{-Mt} \left\{ 1 - e^{-(F+M)(n-t)} \right\}$$

ここで $M = Z - F$ だから

$$\begin{aligned} \Delta C &= \frac{F}{Z} N_0 e^{(F-Z)t} \left\{ 1 - e^{-Z(n-t)} \right\} \\ &= Fe^{tF} \frac{N_0}{Z} e^{-Zt} \left\{ 1 - e^{-Z(n-t)} \right\} \end{aligned}$$

この式のうち

$$\frac{N_0}{Z} e^{-Zt} \left\{ 1 - e^{-(F+M)(n-t)} \right\} = B$$

とおくと

$$\Delta C = Fe^{tF} B$$

変形して

$$Fe^{tF} = \frac{\Delta C}{B}$$

$$Fe^{tF} - \frac{\Delta C}{B} = 0$$

となり、 F は一般式 $f(x) = xe^{ax} - b = 0$ を満たす x の求め方と同一であることからニュートン法で求めると、各サイズの F と M の値は、

$$\text{TL 30mm} \quad Z = 0.6005 \quad F = 0.0573 \quad M = 0.5432$$

$$\text{TL 50mm} \quad Z = 0.6925 \quad F = 0.0804 \quad M = 0.6121$$

$$\text{TL 70mm} \quad Z = 0.7570 \quad F = 0.1043 \quad M = 0.6527$$

となった。この数値を用いて各年（1～12月）ごとの再捕尾数を算出し、満年齢時の体重および競り価値を年間の代表値（表4）にして再捕重量および金額を算出し、表5に示した。

この結果から、総再捕尾数はサイズが大型になれば相対的に多くなる。しかし、総再捕重量は TL

50mmが計算上13年間で5.77 tに達して量も多く、金額では TL 30mmが15年間で1,537万円と最も高い額を示す。従って、経済的な効果からみるとどのサイズも累計金額の差は大きくないが、大型になるほど種苗生産費が高つくため小型種苗の方が良好な収支を示し、TL 30mmでは水揚げ金額から生産費を差し引くと1,033万円の増額となっている。しかし、これらの試算は再捕に至るまでの過程を単純化して求めており、放流初期の減耗、環境収容力、人工種苗の質的評価法などまだ説明されない課題も多く残っていることから、今後調査手法の改善を計り、長期にわたる追跡調査を進めながら本報告で試算した結果の検証を進めていきたい。

表4 年齢と競り値

年齢	TL (cm)	BW (g)	競り値 (円/尾)
1	21.2	87.7	113
2	32.9	365.5	750
3	42.7	852.3	2,305
4	51.0	1,517.6	4,951
5	57.9	2,291.7	8,549
6	63.7	3,124.8	12,892
7	68.6	3,975.2	17,736
8	72.7	4,800.0	21,600
9	76.1	5,568.2	19,489
10	79.0	6,287.4	22,006
11	81.5	6,957.8	20,871
12	83.5	7,526.9	22,581
13	85.2	8,036.2	24,108
14	86.6	8,473.0	25,419
15	87.9	8,893.2	26,680

各年齢の全長、体重は、5月が基準月である。8才からの競り値は、8才4,500円/kg 9～10才3,500円/kg 11～14才3,000円/kgとした。

表5 10万尾放流した場合のサイズ別再捕数、重量、金額

放流サイズ (放流月日) 再捕 経過年	TL30mm (7/10)			TL50mm (7/30)			TL70mm (8/10)		
	再捕数	重量(kg)	金額 (千円)	再捕数	重量(kg)	金額 (千円)	再捕数	重量(kg)	金額 (千円)
1	3,319	291	375	4,486	393	507	5,671	497	641
2	1,821	666	1,366	2,245	821	1,684	2,660	972	1,995
3	998	851	2,300	1,123	1,960	2,589	1,248	1,070	2,877
4	548	832	2,713	563	854	2,787	585	888	2,896
5	301	690	2,573	281	644	2,402	275	630	2,351
6	165	516	2,127	140	438	1,805	129	403	1,663
7	90	358	1,596	70	278	1,242	60	239	1,064
8	50	240	1,080	35	168	756	28	134	605
9	27	150	526	17	95	331	14	78	273
10	15	94	330	9	57	198	6	38	132
11	8	56	167	5	35	104	3	21	63
12	4	30	90	2	15	45	1	8	23
13	3	24	72	1	8	24			
14	1	8	25						
15	1	9	27						
計	7,351	4,815	15,367	8,977	5,766	14,474	10,680	4,978	14,583

再捕経過年は、放流翌年1～12月の間を1年とし、2年以降も同様とした。

[質疑応答]

杉山（秋田振セ） 生産単価は生産サイズによってのみ決定されるのではなく、生産量によっても大きく変動するのではないか。

板野 種苗生産費は変動費と固定費に分けられ、施設消却などの固定費は生産尾数が多くなれば単価に占める割合が少なくなるので生産単価は同一の施設規模であれば生産量にも影響するが、ここでは計算上現在一般的な生産尾数（10万尾）として扱った。

島（日栽協能登島） 直接放流ではなく短期間馴致すれば放流（加入）量は増加すると思われる。単純に計算しても加入量が2倍になれば漁獲金額は2倍になると思うがどうか。また、真野湾では加入量が増加した場合はどの様に考えられるか（生育が可能か）。

板野 短期馴致は放流初期の減耗をおさえる有効な手法だと考えるが、具体的な数値として把握していないので明確な言い方はできないが経済効果は上昇すると思う。また、真野湾は稚魚の生息に適した底質、面積からみて1980年前後の分布密度を最大収容量と考えるなら20万尾前後の放流数なら充分できると思う。