

## 最近の日本海のブリ資源について

村 山 達 朗

(島根県水産試験場)

### 1. はじめに

最近数年間の日本海におけるブリ漁獲量は1万5千トンから2万トンと安定して推移しており、日本全体の生産量の40から50%を占めている。しかし、漁獲の主体は0~1才魚でいわゆるブリと呼ぶことのできるような高年齢魚の漁獲量は著しく減少している。

この様な資源の質的变化が著しいにもかかわらず、ブリの組織的な資源調査は昭和30年代の三谷(1960)や沢田ほか(1960)以来行われていない。最近では加藤・渡辺(1985)が福井、石川、新潟3県の年齢組成資料を基に土井(1975)の迅速資料解析法(DOIRAP)により資源解析を行った例があるだけである。

本来、資源解析を行うためには各地の銘柄別漁獲量を集計し、年齢査定を含めた測定により漁獲物の年齢組成を推定することが必要である(土井1972)。しかし、ブリでこの様な組織的な調査が行われたのは土井(1967)が太平洋で行った例だけである。

本研究でも近年の漁獲統計資料と成長式を使って年齢組成を推定し、日本海のブリ資源について診断を行ったのでここに報告する。

### 2. 資 料

資源の生残率の推定や年級別の資源量の推定を行うには漁獲物の正確な年齢組成を知ることが必要である。しかし、日本海では日本海全体はもとより県単位でも年齢別漁獲量の集計を行っているところは少ない。そこで、漁獲物の年齢組成に関する資料が比較的整備されている幾つかの県の農林統計資料と各県水産試験場の漁況資料を農林水産統計との重回帰分析により日本海全体の漁獲量に引き延ばした。

北沢(1983)が求めた対馬暖流域におけるブリ漁獲量の各県の相関性から日本海はA地区(青森、新潟)、B地区(秋田、山形、富山、石川、兵庫、島根、山口)、C地区(京都、福井)の3地区に分けられる。各地区の中から漁獲物の年齢組成の資料が比較的整備されている新潟、兵庫、島根、福井の4県を抽出した。

1976~1985年の各県の漁獲量を独立変数とし日本海地区の漁獲量を従属変数として重回帰分析を行った結果を表1に示した。表1に示したように回帰は有意であったが独立変数として福井県の資料は多少問題があった。しかし、今回は年齢組成の資料に重きをおいてこの点は無視した。

求めた重回帰式から1981~1985年の日本海の漁業種別年齢別平均漁獲量を計算し表2に示した。以降の解析はこの表を基に行っていく。

表1 日本海全体の漁獲量と各海区代表県の重回帰分析結果 (1976年~1985年)

FULL MODEL  
 DEPENDENT VARIABLE = X( 1 ) (日本海)  
 INDEPENDENT VARIABLES are  
 X( 2) X( 3) X( 4) X( 5) (島根、兵庫、福井、新潟)

\*\*\*\*\*  
 \* DEPENDENT VARIABLE = X( 1 )  
 \* RESULT \*  
 \* \*  
 \*\*\*\*\*

Multiple correlation .955752  
 R-Square .913462 Ajusted R-Square .844231  
 AIC 177.554

\*\*\*\*\* Analysis of Variance \*\*\*\*\*

	D. F.	Sum of Square	Mean Square	F-Value	
Regression	4	95706300.00	23926600.00	13.1945	F <sub>5</sub> <sup>4</sup> (0.01)=11.4
Residual	5	9066900.00	1813380.00		
Total	9	104773000.00			

No.	BETA	stand. BETA'	partial correlation	standard error of BETA	standard error of BETA'	F	
X( 2)	0.88692	0.37235	0.78185	0.31629	0.13279	7.86309	島根
X( 3)	3.80758	0.36388	0.75046	1.49962	0.14332	6.44666	兵庫
X( 4)	1.37340	0.32649	0.62160	0.77401	0.18400	3.14848	福井
X( 5)	4.96362	0.57644	0.81576	1.57390	0.18278	9.94583	新潟
const	2525.01000			2514.88000			

No.	Y	Yhat	Residual	
1	18380	16485.8	1894.19	F <sub>5</sub> <sup>1</sup> (0.05)=6.61
2	10199	11458.8	-1259.82	
3	17674	17689.8	-15.7656	
4	18256	19562.3	-1306.28	
5	15123	15531.5	-408.47	
6	14702	14001	701.034	
7	19691	20639.8	-948.762	
8	23013	22500.9	512.059	
9	18206	17886.5	319.521	
10	15964	15451.7	512.287	

表2 日本海における漁業種別、年齢別ブリ漁獲量 (1981年~1985年の平均)

単位: トン

	定置網			その他			全漁業種		
	0才	1才	2才以上	0才	1才	2才以上	0才	1才	2才以上
島根県	121.5	327.9	597.4	1,898.9	1,295.9	228.6	2,020.4	1,623.8	826.0
兵庫県	30.1	21.5	110.6	222.0	116.8	2.6	252.1	138.3	113.2
福井県	557.2	299.8	112.6	876.2	214.4	138.0	1,433.4	514.2	250.6
新潟県	593.2	279.2	195.2	383.0	20.2	3.8	976.2	299.4	199.0
日本海	4,544.1	2,508.1	2,397.4	6,510.9	2,298.4	486.6	11,055.0	4,806.5	2,884.0

### 3. 解析上の仮定・条件

解析に当たっては以下のような条件を設定した。

- ① 日本海に加入したブリは他海域には移動しない。
- ② 漁獲物の年齢組成は個体群の年齢組成を正確に反映している。また、表2に示した年齢組成の中には卓越年級の影響は消され、加入量一定のモデルが使える。
- ③ 年齢は暦年とする。
- ④ 成長については太平洋南部と同じとして河井（1967）の成長式
 
$$L_t = 99.7 (1 - \exp(-0.449(t + 0.113)))$$
 Lt：尾又長（cm） t：年齢  
を用いた。
- ⑤ 体長体重関係についても同様に鉄（1967）の
 
$$W = 0.0125L^{3.04}$$
 W：体重（g） L：尾又長（cm）  
をもちいた。
- ⑥ 0才魚の漁期は7月から12月までの0.5年とし、1才魚以降についてのそれは1月から12月までの1年間とした。
- ⑦ 0才魚は10月始めの、1才魚以降については7月始めの尾又長を各年齢の代表値として、各年齢の体長と体重を求め表3に示した。
- ⑧ 1才魚以降の自然死亡係数Mは一定とした。
- ⑨ 産卵時期は3月末とし、産卵親魚は3才以上とした。
- ⑩ 成魚は雌雄半数づつとする。
- ⑫ 成熟率及び産卵数は加藤（1985）に従った。

表3 年齢別の体長、体重代表値

年 齢	0	1	2	3	4	5	6
尾 又 長(cm)	32.0	51.4	68.9	80.0	87.1	91.7	94.6
体 重(kg)	0.47	1.99	4.84	7.63	9.88	11.54	12.69

### 4. 自然死亡係数Mの推定

ブリの自然死亡係数には横田（1986）の0.18/year、土井（1967）の0.58/year、加藤（1985）の1.0498/year などがあるが、今回は PAULY の方法（日本水産資源保護協会1985）により検討を行った。

PAULY の方法では von Bertalanffy の成長式の成長パラメーター  $L_{\infty}$ 、K および生息域の平均水温 T により以下の式で自然死亡係数 M の値が決まる。

$$\log M = -0.0066 - 0.279 \log L + 0.6543 \log K + 0.4634 \log T$$

いま2. ④より  $L=99.7\text{cm}$ ,  $K=0.449/\text{year}$  ある. そこで  $T$  を  $10^\circ\text{C} \sim 24^\circ\text{C}$  で変化させて  $M$  を求めた結果を表4に示した.

表4 PAULYの方法による自然死亡係数Mの推定

水温 ( )	10.0	12.0	14.0	16.0	18.0	20.0	22.0	24.0
M (/year)	0.4696	0.5110	0.5488	0.5839	0.6166	0.6475	0.6767	0.7046

加藤・渡辺 (1985) がまとめた日本海の季節別の漁場の変化から, 主漁場近辺の50m深水温の年平均を求めると  $16.33^\circ\text{C}$  となる. この水温値での  $M$  は土井 (1967) が求めた値とほぼ同じであり今回の解析にも  $M=0.58/\text{year}$  をもちいた.

しかし, この値はある程度成長し自然死亡係数が一定となった後の値であり, 若齢期の自然死亡係数はこの値より遥かに大きなものとなるはずである. 若齢期の生存率として土井 (1967) は卵からモジャコになるまでを  $1/1000$ , モジャコ期を  $1/90$  と推定している. これらの値を使って漁獲対象となった後の0才魚の自然死亡係数を推定した.

図1に個体数の時間変化を模式的に示した. 図の下には1才魚の初期資源尾数を10,000尾とした時の各年齢の初期資源尾数, 及び産卵親魚尾数を示した. 加藤 (1985) に従えばこの産卵親魚からは15億1630万個の卵が産卵され, これより土井 (1967) の生残率から漁獲対象となる0才魚の初期資源尾数として16,848尾が推定される. 1才魚の初期資源尾数は10,000尾であるからこの間の生残率としては  $S' = 10,000/16,848 = 0.59354$  が導かれる. これより漁獲対象となった後の0才魚の自然死亡係数  $M_0$  は  $S' = \exp(-M_0 \times 0.5)$  より  $M_0 = 0.9585/\text{year}$  となる.

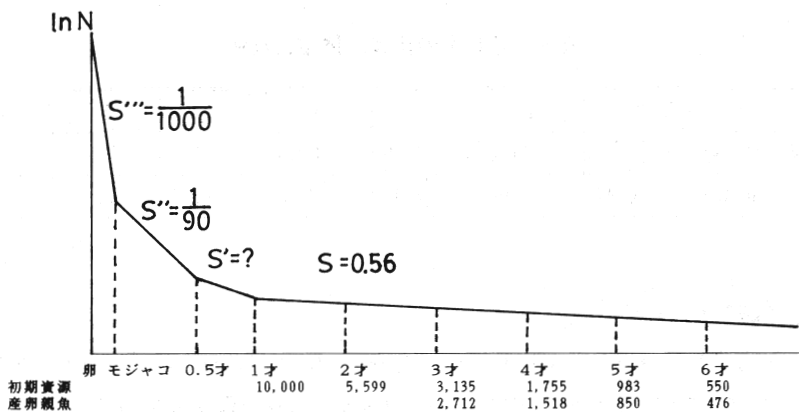


図1 処女資源状態における個体数の時間変化

## 5. 全減少係数 Z 及び漁獲死亡率 E の推定

村山ほか (1987) より漁獲死亡率係数 F を一定とするモデルでは現実の漁獲量と著しく矛盾するため自然死亡係数と同様に 0 才魚と 1 才魚以降では F が異なると仮定してモデルを作った。

図 2 にモデルの模式図を示した。0 才時の全減少係数を  $Z_0 (=F_0+M_0)$ , 1 才以降を  $Z_1 (=F_1+M_1)$  とし表 2 の資料に基づき解析を行った。漁獲対象となった (7 月初め) 0.5 才魚の初期資源尾数を  $N_0$ , 年齢  $t$  における初期資源尾数を  $N_t$ , 漁獲尾数を  $C_t$ , 年齢  $t$  から  $t+1$  の間の減少尾数を  $D_t$ , とすると以下の式が導かれる。

$$N_t = N_0 \exp(-0.5Z_0) \exp(-(t-1)Z_1) \quad t \geq 0.5 \quad \dots(1)$$

$$D_0 = N_0 (1 - \exp(-0.5Z_0)) \quad \dots(2)$$

$$D_t = N_t - N_{t+1}$$

$$= N_0 \cdot \exp(-0.5Z_0) (1 - \exp(-Z_1)) \cdot \exp(-(t-1)Z_1) \quad t \geq 1 \quad \dots(3)$$

$$C_0 = D_0 F_0 / Z_0 \quad \dots(4)$$

$$C_t = D_t \cdot F_1 / Z_1 \quad t \geq 1 \quad \dots(5)$$

(1)~(5)式より

$$C_1 / C_0 = \exp(-0.5Z_0) (1 - \exp(-Z_1)) (Z_1 - M_1) Z_0 / ((1 - \exp(-0.5Z_0)) (Z_0 - M_0) Z_1) \quad \dots(6)$$

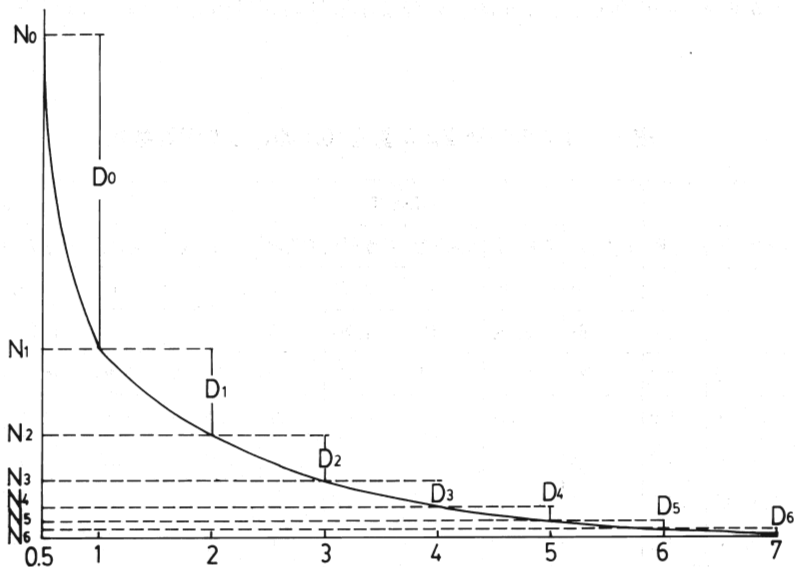


図 2 漁獲対象となってからの個体数の時間変化

表2より2才以上の漁獲量が2,884tonであるので各年齢での漁獲尾数C<sub>t</sub>に表3の体重をかけて加えると以下の式が得られる。

$$2,884 \cdot 10^3 = 4.84C_2 + 7.63C_3 + 9.88C_4 + 11.54C_5 + 12.69C_6 \quad \dots\dots(7)$$

(3), (5)式より

$$C_{t+1}/C_t = D_{t+1}/D_t = \exp(-Z_1) \quad t \geq 1 \quad \dots\dots(8)$$

これより、

$$C_t = C_1 \cdot \exp(-(t-1)Z_1) \quad t \geq 1 \quad \dots\dots(9)$$

(9)式を(7)式に代入すると

$$2,884 \cdot 10^3 = (4.84 \cdot \exp(-Z_1) + 7.63 \exp(-2Z_1) + 9.88 \exp(-3Z_1) + 11.54 \exp(-4Z_1) + 12.69 \exp(-5Z_1)) C_1 \quad \dots\dots(10)$$

表2, 3よりC<sub>1</sub> = 4,806.5 · 10<sup>3</sup> / 1.99 = 2,415 · 10<sup>3</sup>尾であり、これから(10)式を解くとZ<sub>1</sub> = 1.71/yearが得られる。

同様にC<sub>0</sub> = 11,055 · 10<sup>3</sup> / 0.47 = 23,521 · 10<sup>3</sup>尾である。4項よりM<sub>0</sub> = 0.9585/year, M<sub>1</sub> = 0.58/yearなのでこれらの値を(6)式に代入して解くとZ<sub>0</sub> = 4.13/yearを得る。これより各年齢での漁獲率Eを計算すると、

$$E_0 = F_0 \cdot (1 - \exp(-0.5Z_0)) / Z_0 = 0.67053$$

$$E_t = F_1 \cdot (1 - \exp(-Z_1)) / Z_1 = 0.5413 \quad t \geq 1$$

が求められた。

以上の結果からN<sub>0</sub> = 10,000として年齢別の資源尾数等の相対値をまとめたのが表5である。

表5 0才の初期資源尾数を10,000とした資源数量

年齢	体重(kg)	産卵数/尾	成熟度	PRESENT					VIRGIN				
				資源尾数	資源重量	漁獲尾数	漁獲重量	親魚数	産卵数	資源尾数	資源重量	親魚数	産卵量
0	0.47	0	0.0	10,000	4,700	6,705	3,151	0	0	10,000	4,700	0	0
1	1.99	0	0.0	1,268	2,524	686	1,366	0	0	6,192	12,323	0	0
2	4.84	0	0.0	229	1,110	124	601	0	0	3,467	16,781	0	0
3	7.63	450,000	0.9	41	317	22	171	27	5,478,465	1,941	14,812	1,679	340,043,986
4	9.88	600,000	1.0	8	74	4	40	5	1,467,951	1,087	10,739	940	282,059,366
5	11.54	700,000	1.0	1	16	1	8	1	309,752	609	7,023	526	184,245,342
6	12.69	900,000	1.0	0	3	0	2	0	72,030	341	4,324	295	132,632,570
				11,548	8,743	7,543	5,340	33	7,328,199	23,637	70,701	3,441	938,981,264

6. 資源診断 (ここにあげた数値は $N_0=10,000$ とおいた時の相対値である.)

① 漁獲対象としての適正最小年齢

表5に示したように漁獲のない状態 (VIRGIN) では資源重量のピークは2才にあり自然状態では2才までは資源重量は増加し続けるが、それ以降では漁獲が無くとも年々減少する。そこで漁獲してもよい最小年齢としては2才と判断できる。

② 現在の再生産力の低下割合

再生産力を卵の数で表すと表5に示したように現在の産卵数は約733万個、処女資源のそれは9億3900万個であり産卵数は処女資源の0.78%である。再生産力が最大となる所が最大持続生産の水準であり、これは産卵数が処女資源の1/2近くとするのが通例である。それ以上では未開発でありそれ以下では乱獲である (土井 1977)。これから考えて日本海におけるブリは著しい乱獲状態にあるといえ、日本海にモジャコとして加入してきたブリは再生産にほとんど関与することなく捕り尽くされているといえる。

③ 等漁獲量曲線群を用いた適正漁獲水準の推定

横軸に0才魚の漁獲死亡係数 $F_0$ を、縦軸に1才魚以上の漁獲死亡係 $F_1$ をとって総漁獲重量の等量線図を図3に示した。この図には再生産力低下の目安として加藤ほか (1985) に従い、産卵数の処女資源に対する割合が30, 50, 70%になる等量点を結び破線で示した。

図中に示した白丸が現時点である。これから読み取れることは0才魚に対する漁獲努力を増せば増すほど総漁獲量は減少する、逆に言えば総漁獲量を増やしたければ0才魚に対する漁獲努力を減らせば良いと言うことになる。1才魚以上に対する漁獲努力も現時点ではいくら増やしても総漁獲量には反映されない。

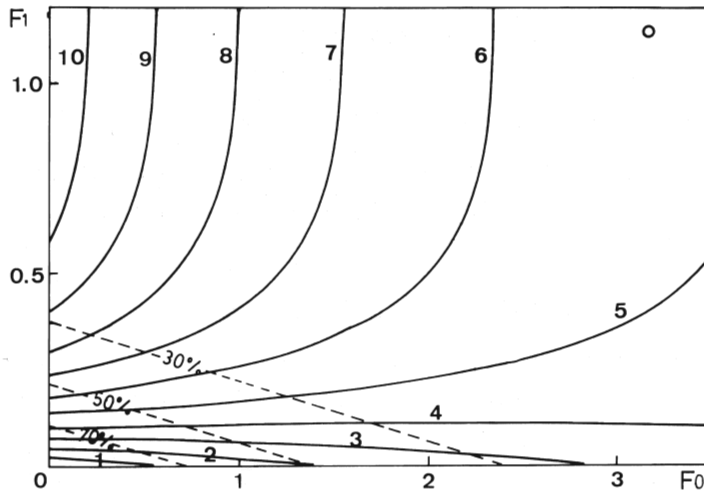


図3 0才魚の初期資源尾数を10,000と仮定したときの等漁獲量曲線 (実線 単位:千円)と産卵数の処女資源に対する割合の等量線 (破線) 横軸は0才の、縦軸は1才以上の漁獲死亡係数、白丸が現時点

再生産の適正水準を土井（1977）に従って産卵数の比が50%の所におくと、この水準で漁獲量が最大になる点は $F_0=0/\text{year}$ 、 $F_1=0.215/\text{year}$ でありこの時の漁獲量は6,712となる。現在の漁獲量が5,340であるから約25%漁獲量は増加し、また漁獲の主体は高年齢魚に移るので生産額はそれ以上に増加するはずである。

以上のように、この診断では0才魚の漁獲を禁止し1才魚以上についても漁獲努力を約1/5にすれば安定した漁獲が獲られ漁獲量も現在より25%増加するという結果が得られた。

## 7. 今後の課題

本報告の資源解析はシミュレーションであり、多くの仮定や前提条件をおいている。本当の意味での資源研究は3項にあげた仮定や条件を研究、証明していくことにある。その意味では3項に示した仮定・条件は全て以下のような課題に置き換えることが可能である。

- ① 従来日本海に加入したブリは2才までは日本海内に留まり3才から大回遊を始める（渡辺 1979）とされてきたが本当にそうなのか。特に日本海西部の群れと東シナ海の群れの交流の可能性はないのだろうか。
- ② 九州西岸も含めた対馬海流域各地の漁業種別銘柄別月別漁獲量の集計。
- ④ ブリの成長式は今回用いた河井（1967）のものを含め多数存在する。日本海でも三谷（1960）、沢田ほか（1960）があるが現実の漁獲物の体長組成とは必ずしも一致しない。この原因は彼らの成長式が間違っているのではなくブリの成長そのものが変わってきている、もしくは彼らが年齢査定に用いた系群とは異なった群れが漁獲物の主体になってきているのではないだろうか。村山（1987）の0、1才魚の体長組成に関する報告によれば日本海西部の漁獲物は複数の群れから成り立っており、各地区で漁獲物の体長組成の推定と年齢査定を進める。

成長式も従来の年単位での単純な Von Bertalanffy の成長式ではなく周期関数を用いた月単位での成長式を求めることが必要である。

- ⑦ 自然死亡係数の推定は最も重要かつ最も困難な問題であるが過去の知見に頼るだけでなくなんらかの方法を見いだすべきである。
- ⑧ 成熟率、産卵数については三谷（1960）以来報告がない。一般に資源状態が悪化すると成熟年齢が下がると言われており薩南海域や九州西岸域での産卵親魚の調査が必要である。

上にあげた課題はブリだけに限られたものではなく、広域性の回遊魚に共通のものである。これらの問題を解決していくには個人の努力は言うに及ばず組織的な取り組みが必要である。

幸いブリについては漁海況予報事業、200カイリ調査に加え北陸5県を中心としたブリ予報技術連絡会議が古くから活動を続けている。最近では日本栽培漁業協会による幼若齢期の資源生態調査も行われている。しかし、残念ながらこれらの調査が一つの方向性を持ち有機的なつながりを持って組織研究を行っているとはいいがたい。往々にして地域的な研究に留まり担当者が同じ様な問題に行き詰まっている例が多い。

各事業の担当者は重複していることが多く、協力して事業を行えばブリの組織的研究は十分可能である。その際、本報告が多少なりとも役立てば幸いである。



## 引用文献

- 土井長之 (1967). プリ成魚の漁獲統計調査とその資源学的解析. モジャコ採捕のプリ資源に及ぼす影響に関する研究, 研究成果, (30), 100-129. 農林水産技術会議.
- (1972). 実戦数理資源学概論, 東海区水研.
- (1977). メキシコ産アワビの資源診断—迅速解析手法の一例として—. 日本水産資源保護協会月報, (154), 5-13.
- 加藤史彦・渡辺和春 (1985). 日本海におけるプリ資源の利用実態とその改善. 漁業資源研究会議報, (24), 131-164.
- 河井智康 (1967). プリの年齢査定と成長. モジャコ採捕のプリ資源に及ぼす影響に関する研究, 研究成果, (30), 86-99. 農林水産技術会議.
- 北沢博夫 (1983). 天然プリ資源保護培養のための基礎調査実験昭和57年度報告, 協会研究資料, (25), 29-52. 日裁協.
- 鉄 健司. プリの体長・体重について. モジャコ採捕のプリ資源に及ぼす影響に関する研究, 研究成果, (30), 79-85. 農林水産技術会議.
- 三谷文夫 (1960). プリの漁業生物学的研究. 近大農学部紀要, (1), 81-300.
- 村山達朗 (1987). 天然プリ仔資源保護培養のための基礎調査実験昭和61年度報告, 日裁協.
- (1987). 銘柄別測定によるプリ0, 1才魚の体長組成. 日本海ブロック試験研究収録, (10), 21-28. 日水研.
- 日本水産資源保護協会 (1985). PAULYによる自然死亡係数の推定.
- 沢田都次・石津 峻・田中 章・吉川明夫 (1960). プリ資源調査報告(1). ていち, (26, 27), 151-153.
- 渡辺和春 (1979). 春・夏期に放流した標識魚の再捕結果からみた対馬暖流水域におけるプリの回遊と分布. 日水研報, (30), 131-164.
- 横田滝雄・通山正弘・金井富久子・野村星二 (1961). 魚類の食性の研究. 南海区水研報, (14), 1-234.