

ノルパックネットと改良型ノルパックネットで 同時に採集された魚卵数の比較

後藤 常夫¹⁾

Comparison of the Number of Fish Eggs Collected in 36 Simultaneous Hauls of a Frame Attached with a NORPAC Net and a Remodeled NORPAC Net

Tsuneo Goto¹⁾

Abstract

NORPAC net (NP) and Remodeled NORPAC net (LNP) have been utilized for surveys of egg abundance as an indicator of spawning of pelagic fishes in the Japan Sea. Volume filtered ($V: m^3$), plankton wet weight ($W: mg$) and the number of eggs of 4 fish species and a squid species taken in 36 single vertical tows (0-150 m) of an eyeglass-shaped frame with a NP and a LNP around the Noto Peninsula were compared. While V in the LNP was significantly higher than in the NP (mean difference 9%), W (per m^3 or per haul) was significantly larger in the NP than in the LNP. However the number (per haul or per m^2) of eggs of all species was not significantly different between the two net types. A comparison of ratios (LNP/NP) of the volume and the number (per m^2) of the 5 species' eggs suggests that the variation in egg numbers are probably caused by the random or contagious distribution, and this has a greater impact on the egg density estimation than the differences between the net types.

Key words : net comparison, NORPAC net, Remodeled NORPAC net, fish eggs

緒 言

日本海におけるいわし類を主対象とした産卵調査は、日本海区水産研究所並びに各府県の水産研究機関によって春季に行われている。この調査では、調査開始時の1978年から1987年まで丸特Bネット (NAKAI 1962a) が使用され (渡辺 1987)、1988年から1992年までノルパックネット (MOTODA *et al.* 1957) が用いられてきた。その後、元田 (1974) の提唱した改良型ノルパックネット (通称 ロングノルパックネット) が、NIP 60 から NYTAL 52GG へと網地の変更があったものの小口径ネットによる卵を対象とした鉛直曳き用の標準ネットとして推奨され (森 1989, 1992)、これを受けて1993年以降日本海の産卵調査では、改良型ノルパックネット (網地は1988年以降用いているNIP 60) が使用されている (例えば 日本海区水産研究所 1997)。

ネット変更時には新旧ネットの採集能力の相互検定を行う必要がある (元田 1974) が、本研究では日本海の産卵調査における2回のネット変更のうち後者に焦点を絞り、ノルパックネッ

1997年11月25日受理 日本海区水産研究所業績A第522号

¹⁾ 〒951-8121 新潟市水道町1丁目5939-22 日本海区水産研究所

(Japan Sea National Fisheries Research Institute, Suido-cho, Niigata 951-8121, Japan)

トと改良型ノルパックネットの並列採集試験を行った。そして、この両ネットで同時に得られた濾水量並びにプランクトン湿重量とともに、産卵調査の対象種であるいわし類を中心とした卵の採集数の比較から、各項目について両ネット間で有意な差が認められるかどうかを検討した。

報告に先立ち、採集調査にご協力いただいた京都府立海洋高等学校所属実習船“みずなぎ”の斉藤潤司前船長並びに乗組員の方々に厚くお礼申し上げる。また日本海区水産研究所の新保朱美さんには標本の選別や湿重量の測定等で、底魚資源研究室の永澤亨主任研究官には卵・稚仔の査定にご協力いただいた。これらの方々に深く感謝する。

材 料 と 方 法

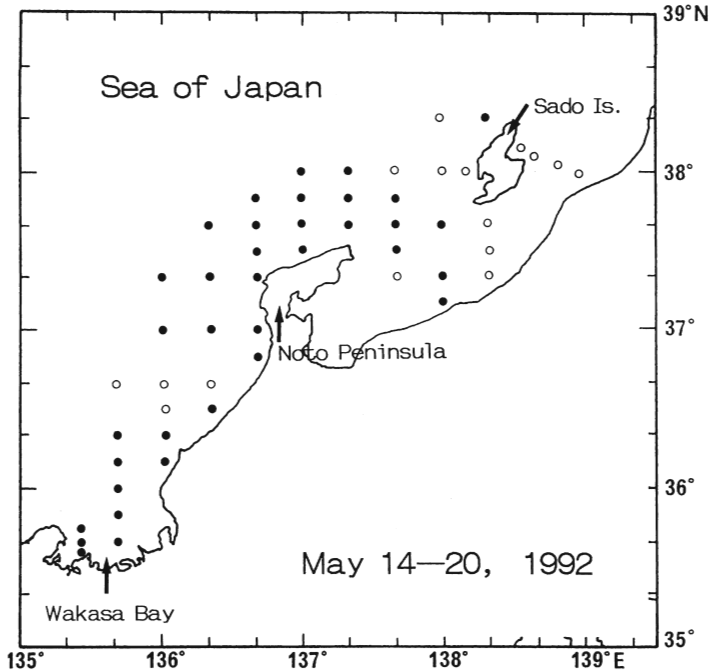
1992年5月14日から20日にかけて、京都府立海洋高等学校所属実習船“みずなぎ”(148トン)により、ノルパックネット(以下、NPネットと略称)と改良型ノルパックネット(以下、LNPネットと略称)の比較採集試験を能登半島周辺海域で行った(両ネットの構造と規格についてはTable 1を参照)。この海域に設定した52定点(Fig. 1の白丸と黒丸)で、口径45cmのリング2つを隣り合わせに溶接した枠に取り付けた両ネットを各定点において一回ずつ曳網した。なお重錘は10kgを用い、各ネットの網口中央部に濾水計を取り付けた。各定点でワイヤを150m繰り出したのち、ワイヤ傾角を測定後秒速1.0mで表面まで巻き上げた。水深が150m以浅の定点では、海底直上3~5mを目処に繰り出すワイヤを調整した。標本は船上で5~10%ホルマリンで固定し、実験室へ持ち帰った。

後述する比較対象項目について、各定点におけるネット間の比較からネットの違いによる差を検出するためには、定点間の曳網条件は大きく異なる方がよい。鉛直曳きでは、ネット到達水深をある程度一定に保つため、ネットを巻き上げるさいのワイヤ傾角が30°を越えないようにするのが望ましいと言われている(SMITH *et al.* 1985)。そこで本研究では、ワイヤ傾角が30°未満であった合計36定点(Fig. 1の黒丸)を対象にして、以下に示すネット間比較のデータとした。

各定点における両ネットの濾水量は、濾水計回転数と無網試験の結果から求めた。一方、標本から魚類と頭足類の卵及び仔魚と頭足類の稚仔を選別後、ゴミや大型生物を除いた残りをプランクトン湿重量として計量するとともに、濾水量1m³当たりの重量を求めた。そして、マイワシ *Sardinops melanostictus*・ウルメイワシ *Etrumeus teres*・カタクチイワシ *Engraulis*

Table 1. Summary of the net construction after MOTODA (1957, 1974), MORIOKA and KOMAKI (1977) and MORIOKA (1979).

	NORPAC net	Remodeled NORPAC net
Mouth area (m ²)	0.159	0.159
Form	Conical	Conical-cylindrical
Length of cylinder (cm)	—	65
Length of cone (cm)	180	130
Gauze	NIP 60	NIP 60
Porosity	0.426	0.426
Open area ratio	3.75	4.82

**Fig. 1.**

Location of the 36 stations (solid circle) where the wire angle was less than 30° , enabling comparison of the NORPAC net and the Remodeled one, in the 52 stations (open + solid circles) of the pelagic fishes spawning survey.

japonicus・キュウリエソ *Mauroliticus muelleri*・ホタルイカ *Watasenia scintillans* の卵を同定し、計数を行った。いわし類3種の卵については、さらにNAKAI(1962b)による発生段階区分に従い、A・B・Cの3段階に分けて計数した。なおカタクチイワシ卵のAステージは、産卵直後から胚体が卵の長径の1/2に達するまでとした。また各種別の卵数については、濾水量とネットの推定到達水深(繰り出したワイヤ長とワイヤ傾角から算定)から海面1 m²当たりの採集数を求めた。濾水量、湿重量並びにこれらの項目の各採集数について、ネット間で差があるかどうかを関連2群の差の検定で調べた。なお濾水量については *t* 検定を、その他については Wilcoxon検定を、市原(1990)を参照して行った。

結 果

各定点における両ネットの濾水量について、横軸にNPネットの、縦軸にLNPネットの値をとりプロットしたものが Fig. 2 である。図中には、両ネットの値が同値を表す直線が示してあるが、この直線よりも下、すなわちNPネットの濾水量の方が多い定点は36定点中わずか2定点のみで、その他の定点では同値かまたはLNPネットの値が大きかった。その比率(LNP/NP)は、0.83 から1.21の範囲にあり、平均で1.09であった。差の検定では $t=7.30$ を示し、1%レベルで有意な差が認められた。

濾水量1 m²当たりプランクトン湿重量の結果を Fig. 3 に示した。36定点中27定点でNPネットの方が多かった。また、その差がかなり大きい定点も認められ、最大でLNPネットの14.8倍の値が得られた。差の検定では1%レベルで有意な差が、また一曳網当たりでも5%レベルで有意な差が認められ、ともにNPネットの方が多いという結果となった。

マイワシ・ウルメイワシ・カタクチイワシ・キュウリエソ・ホタルイカの卵の出現定点数・

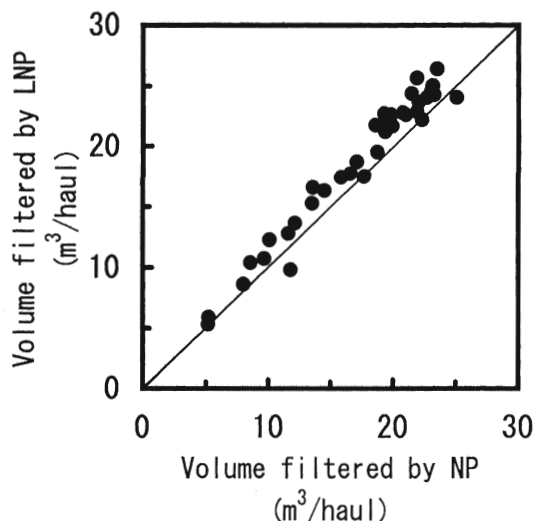


Fig. 2. Relationship of the volumes of filtered water (m^3/haul) between the NORPAC net (NP) and the Remodeled one (LNP). The solid line indicates the same level of volume filtered between the two nets.

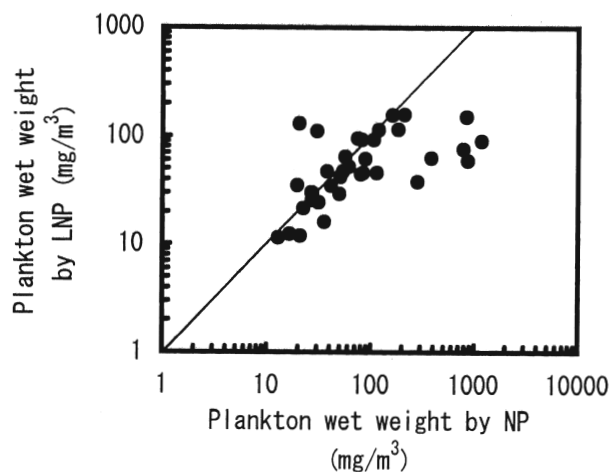


Fig. 3. Relationship of the plankton wet weights (mg/m^3) between the NORPAC net (NP) and the Remodeled one (LNP). The solid line indicates the same level of weight filtered between the two nets.

NPネットによる総採集卵数・LNPネットによる総採集卵数についてTable 2にまとめた。種間で出現定点数に違いはあったが、各種の総採集卵数では両ネットの間に大きな差は認められなかった。一曳網当たりの各採集卵数について、両ネットでもともに採集されなかった定点を除いて種別にFig. 4に示した。種別の各グラフから認められるように、両ネットにおける採集卵数は定点間でばらつきが大きく、NPネットで多く採集されることもあれば、LNPネットの方が多し定点もあった。図に示した値についてネット間で差があるかどうか検定した結果、すべての種類で有意な差は認められなかった。また採集卵数を海面 1 m^2 に換算した場合でも有意な差は認められなかった。

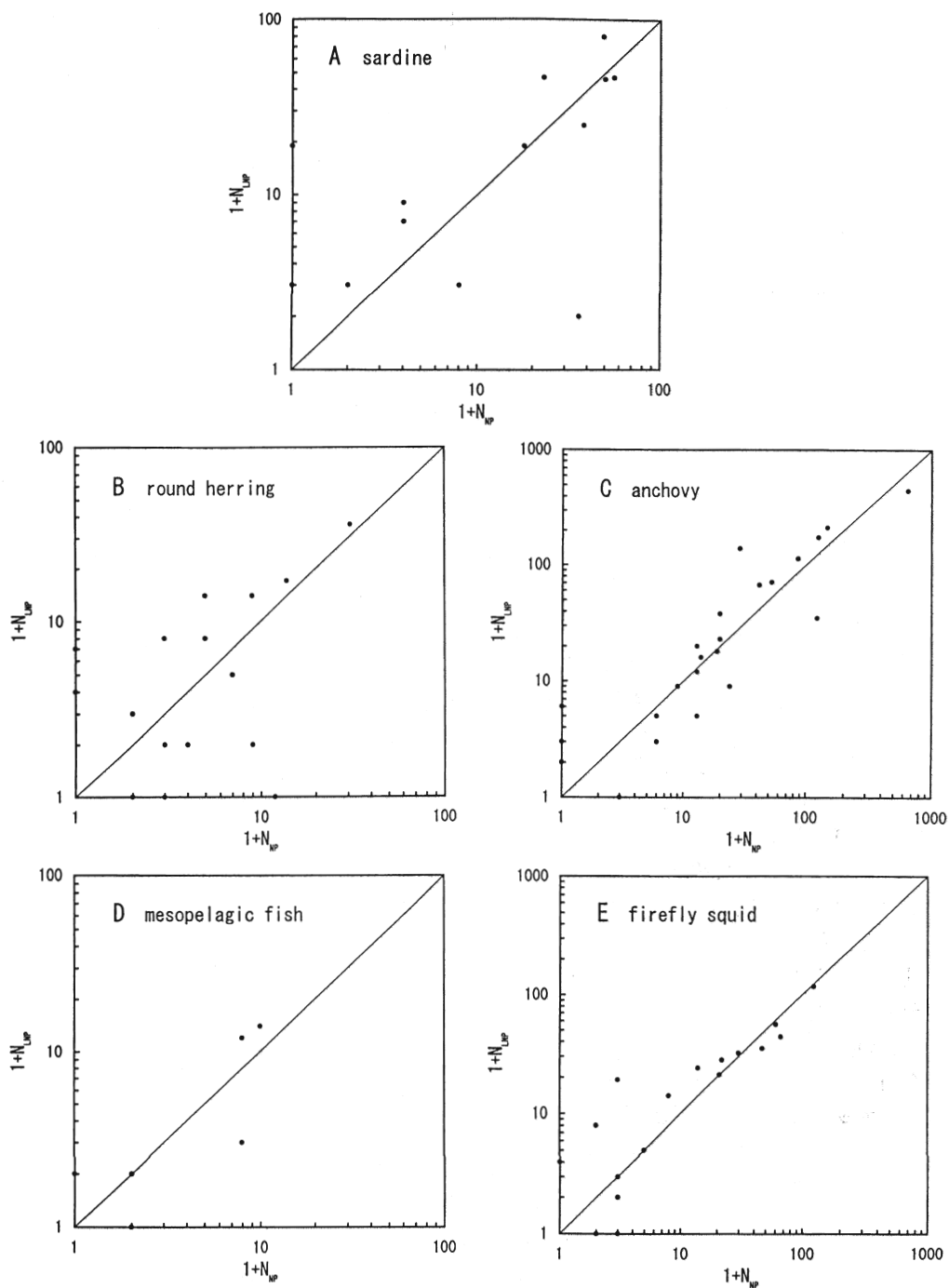


Fig. 4. Relationships of the 1+numbers (N) of the 5 species eggs/haul between the NORPAC net (NP) and the Remodeled one (LNP). A: sardine *Sardinops melanostictus*. B: round herring *Etrumeus teres*. C: anchovy *Engraulis japonicus*. D: mesopelagic fish *Mauroliticus muelleri*. E: firefly squid *Watasenia scintillans*. The dots on the X or Y axes indicate that no eggs were collected by the LNP or the NP, respectively. The solid line indicates the same level in quantity between the two nets.

Table 2. Total egg numbers of the 4 fish species and the squid species collected during the 36 hauls of the frame with a NORPAC net (NP) and a Remodeled one (LNP).

	Species	No. of hauls*	Number of eggs	
			NP	LNP
sardine	<i>Sardinops melanostictus</i>	14	277	299
round herring	<i>Etrumeus teres</i>	16	95	109
anchovy	<i>Engraulis japonicus</i>	24	1402	1402
mesopelagic fish	<i>Maurolicus muelleri</i>	10	29	29
firefly squid	<i>Watasenia scintillans</i>	21	402	401

*Number of positive hauls

考 察

濾水量はLNPネットの方がNPネットよりも平均で9%多かったけれども、プランクトン湿重量では、濾水量1 m³当たり及び一曳網当たりともにNPネットで多かった。これらの結果は、開口比のより小さいNPネットが部分的に目詰まりを起こし、より小さい生物を捕集したためであると考えられる(小笹・木元 1988)一方で、LNPネットでは曳網中に円筒部が振動して付着物を自動的に振り落とす自浄作用(SMITH *et al.* 1968; 元田 1974)が働いて目詰まりが少なかったためと推測される。さらにFig. 3から明らかのように、定点によってはNPネットの採集量はかなり高い値を示した。これらの定点におけるNPネットの濾水計回転数がLNPネットのものよりかなり少なかったということはなく、前述のような部分的な目詰まりだけではこの現象は説明がつかない。しかし、極端に高い値がNPネットのみで得られたということは、これまでNPネットを使って得られた湿重量を再検討する上で注目すべきことであろう。また本研究ではLNPネットの方が少ない結果となったが、同じ様な結果が得られている(小谷 1994)一方で、LNPネットで高い値が得られたという結果(澤本ら 1983)もあるので、プランクトン湿重量に関するネット間比較については、採集物の組成の検討も含めて今後の知見の蓄積が重要と考えられる(小谷 1994)。

卵の採集数についてネット間の比較を行った結果、5種類すべてにおいて一曳網当たり及び海面1 m³当たりともに有意な差は認められなかった。薩南海域で丸特Bネットと改良型ノルバックネットによる同時採集で得られたマイワシ卵数を比較した結果でもネット間に有意な差が認められていない(松岡 1995)。従って、各定点における両ネットで得られた採集数の差は、ネットが異なることに起因するのではなく、その他の要因によるものと考えられる。以下、この要因について考察した。上野(1983, 1986)は、ボンゴネットの鉛直曳きで同時に得られた2つの採集数(カタクチイワシ卵)の分布型について検討し、卵はランダム分布あるいは弱い集中分布に従うと推定した。そこで本研究の各定点における5種類の卵の分布が、生物の分布型として分けられている一様分布・ランダム分布・集中分布の3種類(伊藤ら 1992)のうちでどれに該当するかについて、ネット間の採集数から検討した。なお、検討にさいし両ネット間で濾水量に有意な差が認められたので、まずこの差を除去するために両ネットの採集数を海面1 m³当たりの採集数に換算した。各定点におけるネット採集を一組とする種別の採集数の平均値 m と分散 S^2 から分散示数 S^2/m を求め、この値が1であればランダム分布、1より小さければ一

様分布、大きければ集中分布に区分し、さらにそれぞれ得られた一様分布あるいは集中分布が有意にランダム分布から離れているかどうかについてF検定を行った(上野 1986, 伊藤ら 1992)。5%水準で有意に集中分布を示した定点数は、マイワシで14点中12点、ウルメイワシで16点中11点、カタクチイワシで24点中18点、キュウリエソが10点中7点、ホタルイカで21点中15点であった。全体では74%が集中分布を示し、さらにランダム分布を示した点数を加えると、その比率は約90%となった。従って、それぞれの定点における2つのネット間にみられた種毎の採集数の違いは、対象種のランダム分布あるいは集中分布によるものであることは間違いない。この2つのネット間に見られる採集数の違いが対象種のランダム分布によって生じる場合、平均採集数が多くなるにつれて採集数の比の信頼区間は狭く、かつ1に近づくことを上野(1983, 1987)は示した。そこで対象とする卵が同時に採集された定点をとりあげ、横軸に海面1 m²当たりの採集数の平均値、縦軸にその採集数の比(LNP/NP)をとり、種別にプロットしたものがFig. 5である。両ネットで同時に採集された定点数は、マイワシとウルメイワシで11、カタクチイワシで19、キュウリエソが5、ホタルイカでは14で、合計60点であった。またこれらの点のうちいわし類3種については、採集数が多かった方のネットで発生の進んだCステージが半数より多く占めていた点を黒点で示した。このような点は、マイワシで4点、カタクチイワシで3点、ウルメイワシではなかった。Fig. 5にはランダムに生じた場合の95%信頼区間が実線で示してあるが、特に採集量の多い平均値100以上の場合にこの信頼区間から大きくはずれている前述した黒点を除くと、上野の示した傾向が見られる。この黒点はマイワシで1例、カタクチイワシで2例認められ、極端に比が小さかったNPネットで採集されたマイワシ卵35個のうち発生の進んだCステージのものは63%であった。また2例認められたカタクチイワシでは、採集された卵の79%(NPネットによる122個のうち)、80%(LNPネットによる137個のうち)がそれぞれ発生の進んだCステージで占められていた。これら3点で採集された卵が発生ステージの進んだもので占められていたことは、単一ネットで発生の進行した卵が大量に採集された場合、それらの卵が集中分布している可能性を示唆しており、大変興味深い。また濾水量による補正という観点に立つと、今回の結果からせいぜい濾水量の比率(LNP/NP)が0.83から1.21の範囲にある一方で、海面1 m²当たり換算した採集数の比でさえその範囲を大きく上回る例が多いことがFig. 5から明らかとなった。さらに松岡(1995)は、改良型ノルパックネットと丸特Bネットを47定点で一曳網ずつ同時に行った結果、前者の濾水量がすべての定点で後者の値を上回り、平均で14.6%(8.2~24.2%の範囲)多かったことを報告している。従ってこれら網口45cmの3種類のネットでは、濾水量等による補正が卵の採集数に及ぼす影響は、対象種のランダム分布や集中分布に伴う採集数の変動に比べてかなり小さいものと推定される。しかし、対象種の採集卵数を濾水量等で補正することは、時空間的に異なるデータを比較可能とする*ばかりでなく、卵密度の推定においても大切な役割を果たすので、これまで述べた点に注意しながら、データを標準化することが重要である。

以上の議論から採集卵数について異なるネット間の補正を行うにさいしては、単位濾水量当たりなど単位をそろえることは基本的に必要な作業であるけれども、このような補正作業以上にすでに伊東(1958)が推定しているように卵分布の不均一性に起因する採集卵数の変動が極めて大きいことに常に留意しておくことが必要である。さらに、この変動は採集卵数が少ないほどより顕著であり(上野 1983, 1987)、一方採集卵数が多くても、その中に発生の進んだ卵の

*比較を可能とする前提として、対象種が曳網水深に浅に常に分布し、さらに対象種の数に濾水量に比例していることなどが考えられる。

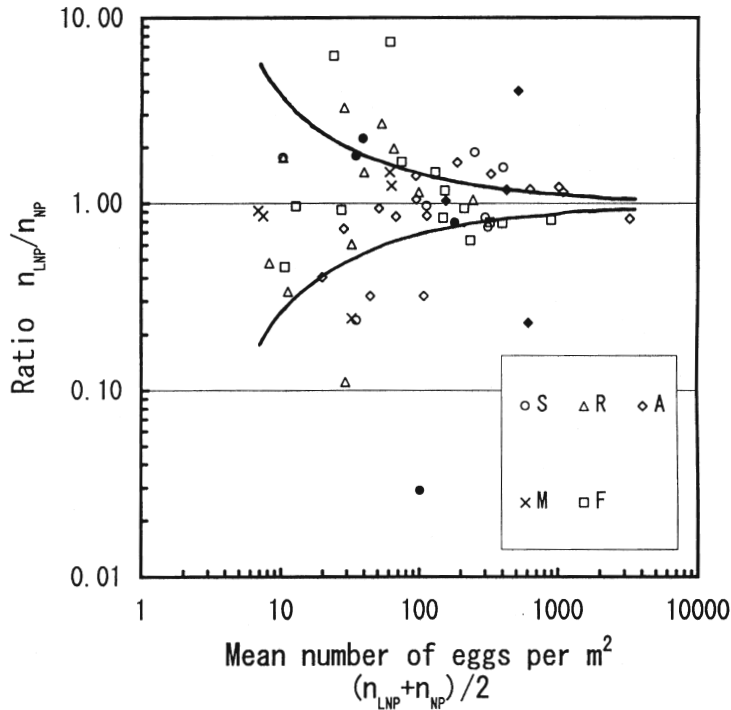


Fig. 5. Relationship between the ratio and the mean for each pair of numbers (n :per m^2) of 5 species eggs collected by the NORPAC net (NP) and the Remodeled one (LNP) in the positive stations for both nets. S: sardine. R: round herring. A: anchovy. M: mesopelagic fish. F: firefly squid. The solid circles and diamonds indicate the hauls in which more than half of the number of eggs were in the advanced stage; for each haul the net with the most abundant eggs was used. Curved lines are the upper and lower limits of the fiducial limits obtained with Eq. (5) in UENO (1987) at 95% levels.

占める割合が大きい場合にはこの変動が大きいことも考えられるので、この点も注意が必要である。以上のような留意事項は、異なるネット間の補正ばかりでなく、通常の産卵調査で用いられる単一ネットによる定点毎の卵数の変動、ひいては卵密度の推定にも当てはまるであろう。

文 献

- 市原清志 (1990) バイオサイエンスの統計学. 南江堂, 東京, 27-69.
 伊東祐方 (1958) プランクトン・ネットによる卵・稚仔採集量の信頼性. 日水研年報, (4), 33-41.
 伊藤嘉昭・山村則男・嶋田正和 (1992) 動物生態学. 蒼樹書房, 東京, 47-49.
 小笹悦二・木元克則 (1988) プランクトンネットの開口比が濾過効率と採集量に及ぼす影響. 西水研研報, (66), 13-19.
 小谷祐一 (1994) ネット (丸特, NORPAC, 及び改良型NORPAC) の相互比較と標準化について. pp16-24. プランクトン採集法標準化作業部会報告書, 中央水産研究所.
 松岡正信 (1995) 丸特Bネットと改良型ノルバックネットによる卵稚仔採集比較試験-I. 薩南海域の47定点における採集結果. 西水研研報, (73), 21-26.
 森慶一郎 (1989) イワシ類等を主対象とする卵・稚仔調査結果の一括とりまとめ・公表および採集方法の統一に関する提案. pp80-89. 1988年度漁業資源研究会議 浮魚・環境合同部会報告, 漁業資源研究会議.
 森慶一郎 (1992) 小口径ネットによる鉛直曳網. pp 8-14. 浮魚類卵・稚仔採集調査マニュアル, 中央水産研究

所.

- 森岡泰啓・小牧勇蔵 (1977) プランクトンネット網地の網目幅と開孔率. 日水研報告, (28), 59-62.
- 森岡泰啓 (1979) プランクトンネット, 特にNorpacネットとMTDネットの濾過効率. 日水研報告, (30), 123-130.
- 元田 茂 (1957) 北太平洋標準プランクトンネットについて. 日本プランクトン研究連絡会報, **4**, 13-15.
- 元田 茂 (1974) プランクトンの採集. pp191-225. 丸茂隆三編 海洋プランクトン 海洋学講座10, 東京大学出版会, 東京.
- MOTODA, S., ANRAKU, M. and MINODA, T. (1957) Experiments on the performance of plankton samplings with net. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, **8**, 1-22.
- NAKAI, Z. (1962a) Apparatus for collecting macroplankton in the spawning surveys of Iwashi (sardine, anchovy and round herring) and others. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, (9), 221-237, 10pls.
- NAKAI, Z. (1962b) Studies of influences of environmental factors upon fertilization and development of the Japanese sardine eggs - with some reference to the number of their ova. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, (9), 109-150.
- 日本海区水産研究所 (1997) 卵・稚仔分布調査. pp22-25. 平成9年度海洋観測・卵稚仔・スルメイカ漁場一斉調査指針, 日本海区水産研究所.
- 澤本彰三・吉田正人・塩田喜夫 (1983) プランクトンネット3種の採集効率相互検定 (予報). 東海大学海洋研究所研究報告, (5), 45-48.
- SMITH, P. E., COUNTS, R. C. and CLUTTER, R. I. (1968) Changes in filtering efficiency of plankton nets due to clogging under tow. *J. Cons. perm. int. Exptor. Mer*, **32**, 232-248.
- SMITH, P. E., FLERX, W. and HEWITT, R. P. (1985) CalCOFI鉛直曳卵採集(CalVET)ネット. pp54-62. LASKER, R.編 産卵量による浮魚類の資源量推定法, (渡辺良朗・辻 祥子共訳. 1989), 東北区水産研究所.
- 上野正博 (1983) 卵稚仔定量採集方法の相互検定. pp130-140. 石井丈夫編 水産資源の解析と評価, 恒星社厚生閣, 東京.
- 上野正博 (1986) 反復ネット採集におけるカタクチイワシ卵仔魚採集数の変動. 日水誌, **52**, 1149-1152.
- 上野正博 (1987) ボンゴネットで同時に得られる2つの採集数の違いについて. 日水誌, **53**, 1581-1584.
- 渡辺和春 (1987) マイワシ九州・日本海系群の産卵状況. 水産海洋研究会報, **51**, 42-46.