

福島水試研報第5号 昭和53年3月
Bull. Fukushima Pref. Fish. Exp. Stat., No. 5, Mar. 1978

福島県における魚類資源分布に関する研究—I. 刺網に漁獲されたカレイ類の分布

石塚吉生

Studies on the Distributions of Fish Populations in Fukushima—I.
 Distributions of Some Flatfishes Caught by Gillnet.

Yoshio ISHIZUKA

ま え が き

福島県沿岸漁業漁獲物中、カレイ類の占める割合は高く、最も重要な漁獲物であり、今までにも資源診断、資源管理に関する報告が、河井・小松(1966)¹⁾、松井(1972)²⁾、鉄・石川(1972)³⁾、竹内(1976)⁴⁾らによって出されている。これらの業績を更に発展させる為には、資源の分布状態、季節変化等の知見を充実させてゆかなくてはならない。イシガレイの分布に関しては、小松(1968)⁵⁾により報告がなされているが、本報告ではマコガレイ、マガレイも加え、1976年度における標本船操業日誌によりこれらの分布について検討を加えた。今後この種のデータを積重ね、資源量及び分布に関する周期性、傾向を把握する事ができれば、資源管理に有効な資料になると考えられる。

材 料 お よ び 方 法

標本船および操業日誌

資源の分布を把握する為、福島県下の沿岸小型船約40隻に操業日誌の記帳を依頼し、操業毎の位置、努力量、魚種別漁獲量等を収集した。組合別の刺網許可隻数及び報告のあった標本船の延隻・月数を表1に示し、福島県沿岸概略及び各組合の位置を図1に示す。標本船の主たる漁業は固定式刺網漁業であるので、この漁業によるデータより各魚種の資源分布を算出してゆく。標本船による刺網使用反数、イシガレイ、マコガレイ、マガレイの漁獲量を表2に示す。年間の漁獲量はイシガレイが最も多く、マコガレイ、マガレイの順となっている。1976年1月より1976年12月の刺網漁業によるカレ

表1. 組合別固定式刺網漁業許可隻数及び標本船隻数 (1976年4月より1977年3月分)

	標本船所属組合					小計	他組合	福合 島県計
	久之浜	富熊	請戸	鹿島	原釜			
許可隻数	26	7	67	37	183	320	269	589
報告標本船数 (隻・月)	52	33	72	57	131	345	0	345
月平均標本船数	4.3	2.8	6.0	4.8	10.9	28.8	0	28.8
抽出率 (%)	16.7	39.3	9.0	12.8	6.0	9.0	0	4.9

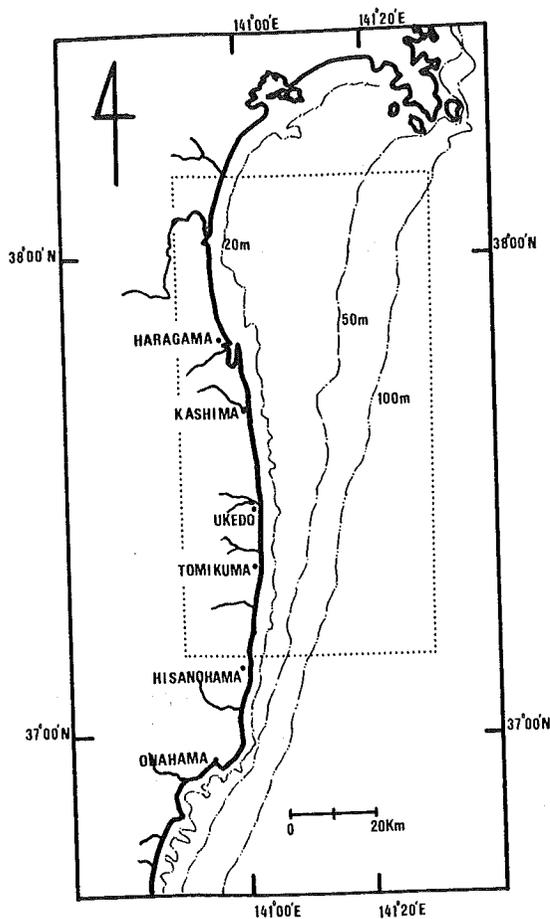


図1. 福島県沿岸概略(点線内は資源分布を計算した範囲を示す)

イ類3種の福島県水揚量と、標本船の刺網による漁獲量を表3に示す。

標本船の抽出率は、隻数では福島全县の4.9%、依頼組合の9.0%であり、漁獲量では福島全县の当該魚種の5.9%であった。

表2. 標本船による刺網努力量及びカレイ類漁獲量

年・月	標本船 報告隻数	刺網 操業回数	使用漁場 面積指数	刺網使用 反 数	漁 獲 量 (kg)		
					イシガレイ	マコガレイ	マガレイ
1976・4	38	686	390	13,770	6,535	573	2,418
5	38	559	376	13,200	3,097	625	177
6	27	570	302	15,240	2,551	1,706	334
7	24	683	353	16,820	1,942	2,018	211
8	24	599	323	13,940	918	1,368	194
9	25	297	233	7,215	1,110	331	13
10	24	660	235	11,380	1,884	437	15
11	22	344	267	10,260	3,663	4,669	586
12	33	618	394	17,860	8,734	17,200	2,180
1977・1	34	408	332	10,040	2,066	1,026	8,249
2	28	183	188	3,694	760	348	1,455
3	28	333	244	5,553	1,072	145	3,538
合 計	345	5,940	3,637	138,972	34,332	30,446	19,370
月 平均	29	495	303	11,581	2,861	2,537	1,614

* 使用漁場面積指数：刺網の投下されたメッシュ数×2分×2分で表わす

表3. カレイ類の福島県刺網漁獲量*
及び刺網標本船による漁獲量

(1976年1月 - 1976年12月分)

	イシガレイ	マコガレイ	マガレイ	3種合計
福島県(kg)	494,164	542,057	212,030	1,248,251
標本船(kg)	31,618	31,009	10,693	73,383
比 率(%)	6.4	5.7	5.0	5.9

* 福島県海面漁業水揚高統計による

資源分布のとらえ方

対象とする海域を小海域に分けメッシュ化し、操業日誌によるデータを各メッシュに割りあて、相対資源量を以下の方法で算出する。6) 7) 8)

記号を、

Y_i : i 番目のメッシュでの漁獲量

X_i : i 番目のメッシュに投下された努力量

A_i : i 番目のメッシュの面積

ϕ_i : i 番目のメッシュにおける魚群密度

とすると、全資源量 P 及び全漁場の平均魚群密度 ϕ は、

$$P = \sum \phi_i \cdot A_i \quad (1)$$

$$\phi = P / \sum A_i \quad (2)$$

となる。一般に ϕ_i は未知であるので

$$\phi_i \propto Y_i / X_i$$

と考えると、指数として資源量、資源密度を表わせる。各メッシュの密度指数 ϕ'_i 、資源量指数 P' 、全漁場での平均密度指数 ϕ' は、

$$\phi'_i = Y_i / X_i \quad (3)$$

$$P' = \sum (A_i \cdot Y_i / X_i) \quad (4)$$

$$\phi' = P' / \sum A_i \quad (5)$$

となる。

資源量の時間変化を見ようとする時、標本船データによる漁場面積 $\sum A_i$ の期毎の変化が小さければ、資源量指数 P' の変化は漁業対象資源量 P の相対的变化を表わし得る。しかし期毎の漁場面積が表 2 の様に異なる場合は、平均密度指数 ϕ' の方が資源量 P の相対的变化と対応していると考えられる。

次に各メッシュの魚群密度 ϕ_i の指数である密度指数 ϕ'_i の分布を考える。分布の特色をモーメントで表わす。まず各メッシュの中心座標を南北成分 N_i 、 E_i で表わし、各メッシュの資源量指数を

$$P'_i = A_i \cdot \phi'_i$$

で表わす。モーメントを N 、 E の各成分に分けて考え、 N 方向の 1 次モーメントを m_{1N} 、1 次モーメントまわりの N 方向の 2 次から 4 次モーメントを m_{2N} 、 m_{3N} 、 m_{4N} とすると、

$$m_{1N} = (\sum P'_i \cdot N_i) / P' \quad (6)$$

$$m_{2N} = (\sum P'_i \cdot (N_i - m_{1N})^2) / P' \quad (7)$$

$$m_{3N} = (\sum P'_i \cdot (N_i - m_{1N})^3) / P' \quad (8)$$

$$m_{4N} = (\sum P'_i \cdot (N_i - m_{1N})^4) / P' \quad (9)$$

で表わせる。 E 方向のモーメント m_{1E} 、 m_{2E} 、 m_{3E} 、 m_{4E} も同様である。

1 次モーメントは分布の重心であり、2 次モーメントは重心まわりの分布の分散程度を表わしている。しかし 2 次モーメントのオーダーは長さの 2 乗であるので、

$$m_{2N}^* = \sqrt{m_{2N}} \quad (10)$$

$$m_{2E}^* = \sqrt{m_{2E}} \quad (11)$$

で各方向の分散を表わす事にした。分布の重心に対しての対称性を表わす量として歪度 (skewness) S を考え、各方向の歪度を

$$S_N = m_{3N} / (m_{2N})^{\frac{3}{2}} \quad (12)$$

$$S_E = m_{3E} / (m_{2E})^{\frac{3}{2}} \quad (13)$$

で表わす。分布の重心点付近での分布の密集性を表わす量として尖度 (kurtosis) K を考え、各方向の尖度を

$$K_N = m_{4N} / (m_{2N})^2 \quad (14)$$

$$K_E = m_{4E} / (m_{2E})^2 \quad (15)$$

で表わす。資源の分布が重心まわりでE方向、つまり東西方向に正規分布している時 $S_E = 0$ 、 $K_E = 3$ となる。分布が重心点よりEの正方向、つまり高経度側に分散し、低経度側に集中していると $S_E > 0$ となる。また、東西方向の資源分布が正規分布より平坦な分布になると $K_E < 3$ となる。 S_N 、 K_N についても S_E 、 K_E と同様である。これら m_1 、 m_2 、 S 、 K を調べる事で分布パターンの特色を時期別、魚種別に推定する事ができる。

資源分布の斑状性についてはピールー (1974)⁹⁾ により種々の指数についての説明がなされているのを始めとし、H関数による方法を大久保 (1975)¹⁰⁾ が紹介している。これらを利用した斑状性の解析は後日行なってみたい。

結果 および 考察

標本船データの処理

37° 10' N、38° 10' N、140° 50' E、141° 30' Eの経緯線で囲まれる範囲を東西 2'、南北 2'のメッシュで区切り、標本船操業日誌の刺網漁業のデータにより、前節の方法で、イシガレイ、マコガレイ、マガレイの分布について諸数値を算出した。漁獲量の単位はkg、努力量の単位は使用刺網反数とした。刺網は本来目合により漁獲能率が異なる為努力量を標準化する事が望ましいが、本報告では目合差による漁獲能率の差を無視した。データの期間は1976年4月より1977年3月である。

式3による各魚種毎の密度指数 ϕ'_i の3ヶ月平均の分布を図2～図4に示す。これを見ると密度指数 ϕ'_i の分布は魚種、季節により変化している事がわかる。イシガレイで注目すべき点は、7～9月期に請戸南東に高密度域が存在し、10～12月期においてもかなりの密度を保っている事である。この地域の魚群と仙台湾内に10～12月期に出現する魚群とが同一系群であるのか不明である。マコガレイでは10～12月期以外に高密度域は見られない。10～12月期には請戸北東にも仙台湾内と同等の高密度域が存在している。マガレイでは1～3月期に高密度域が見られ、水深50m前後の密度が高く、イシガレイ、マコガレイの沖側に魚群が分布している。

このような密度指数 ϕ'_i の分布に対し、前節式5による平均密度指数 ϕ' 、式6による1次モーメント m_1 、式10・11による m_2^* 、式12・13による歪度 S 、式14・15による尖度 K を用い分布パターンの性質を表わし、各魚種の特色及び時間変化を次節以降で比較した。

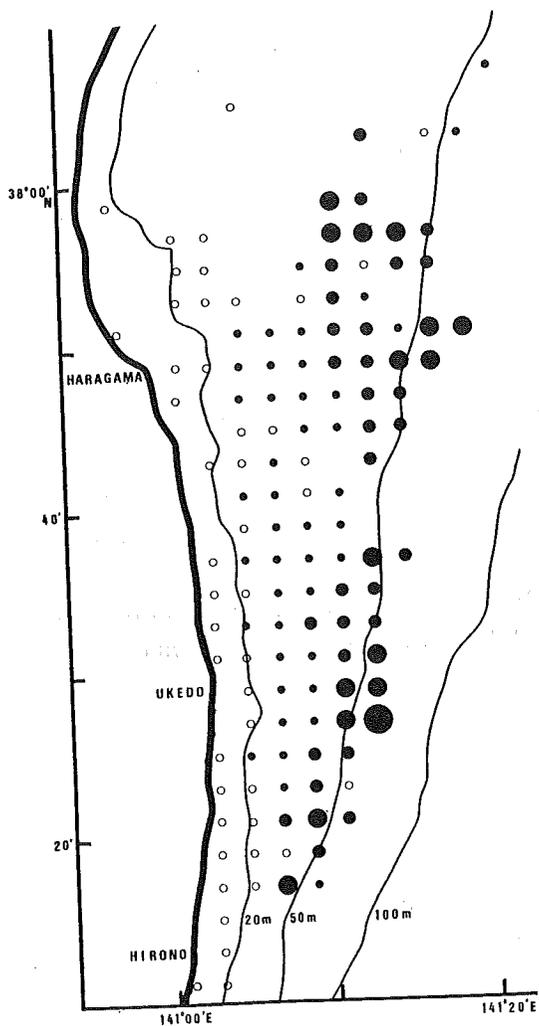


図2-1 1976年4月~6月

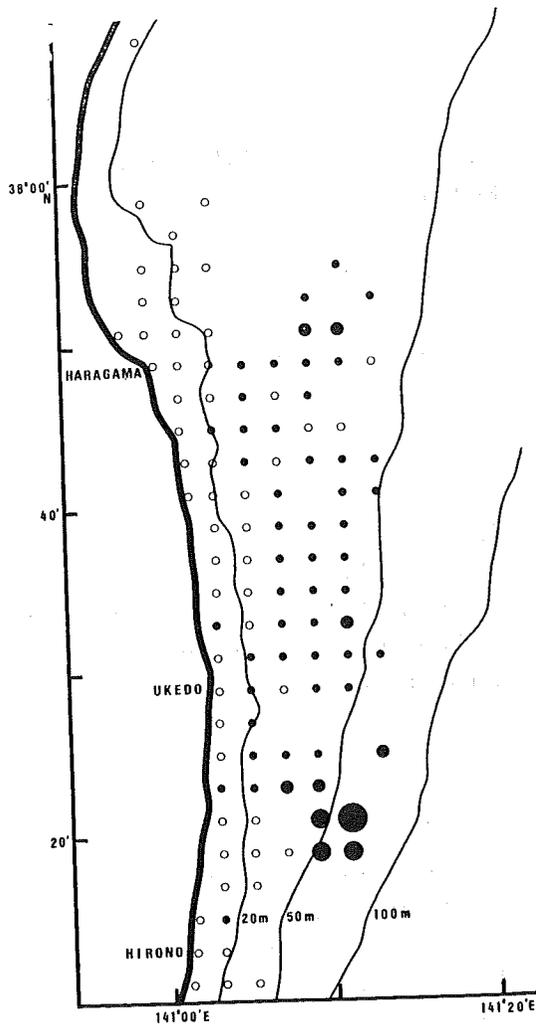


図2-2 1976年7月~9月

図2. イセガレイの3ヶ月平均の密度指数分布
(1976年4月~1977年3月)

密度指数 ϕ' (Kg/反)

- 0
- ~0.20
- ~0.56
- ~1.10
- ~1.82
- ~2.72

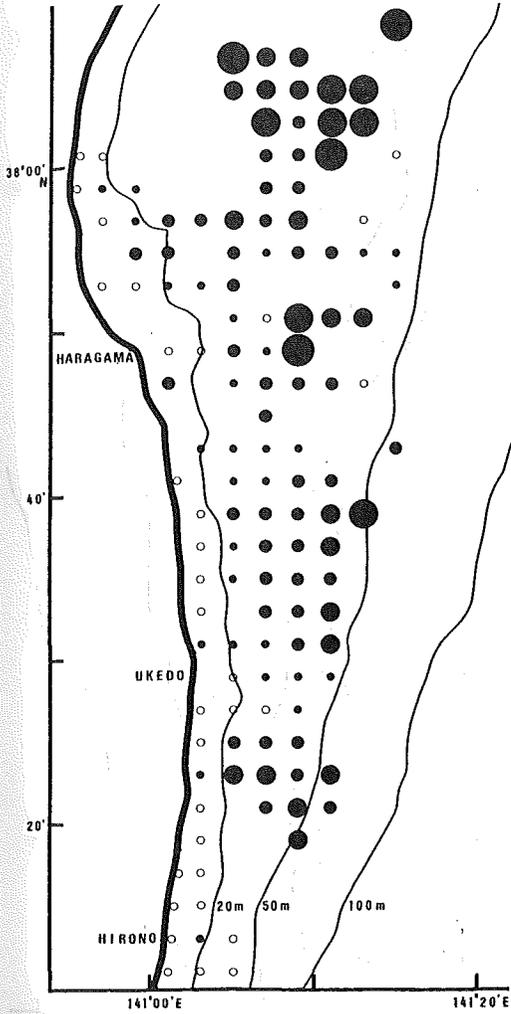


図2-3 1976年10月~12月

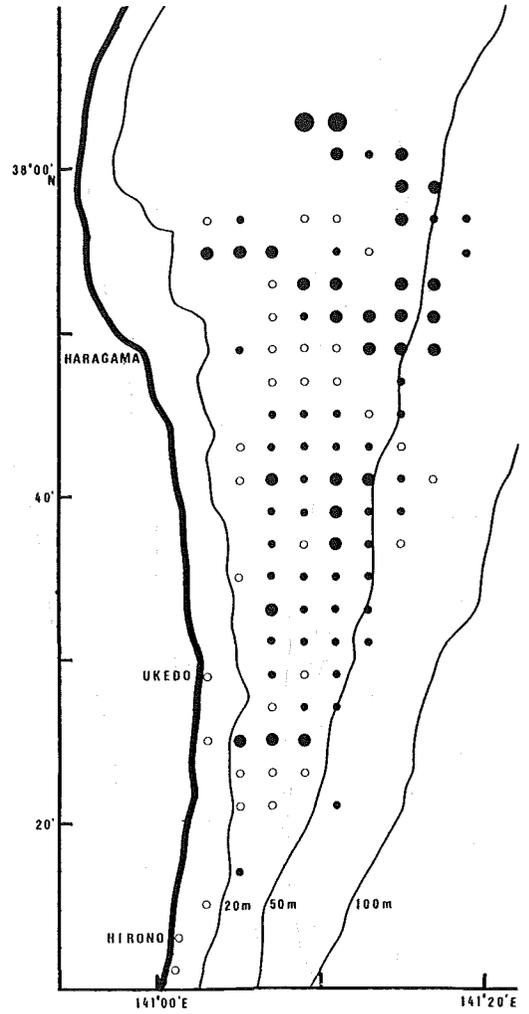


図2-4 1977年1月~3月

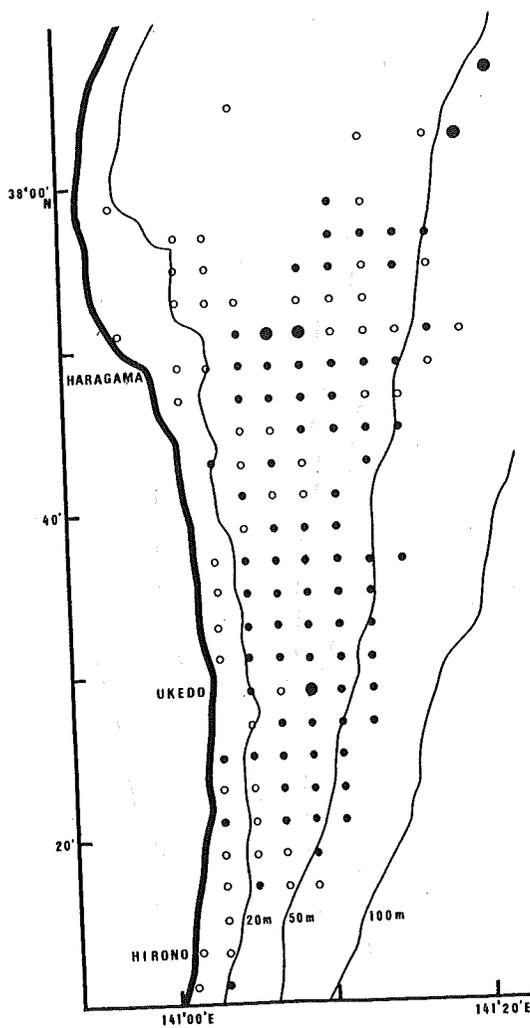


図3-1 1976年4月~6月

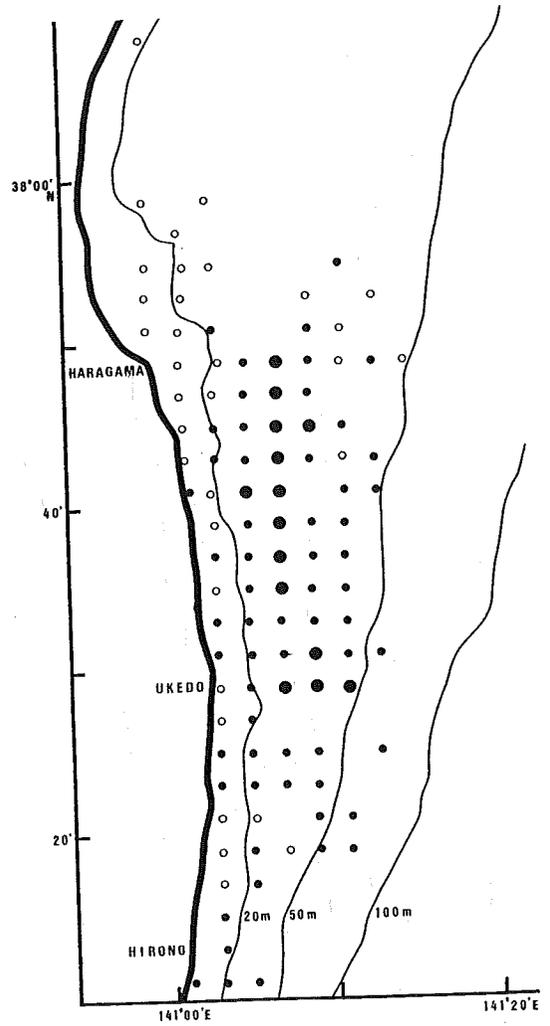


図3-2 1976年7月~9月

図3.マコガレイの3ヶ月平均の密度指数分布
(1976年4月~1977年3月)

密度指数 ϕ' (Kg/反)

- 0
- ~0.20
- ~0.56
- ~1.10
- ~1.82
- ~2.72

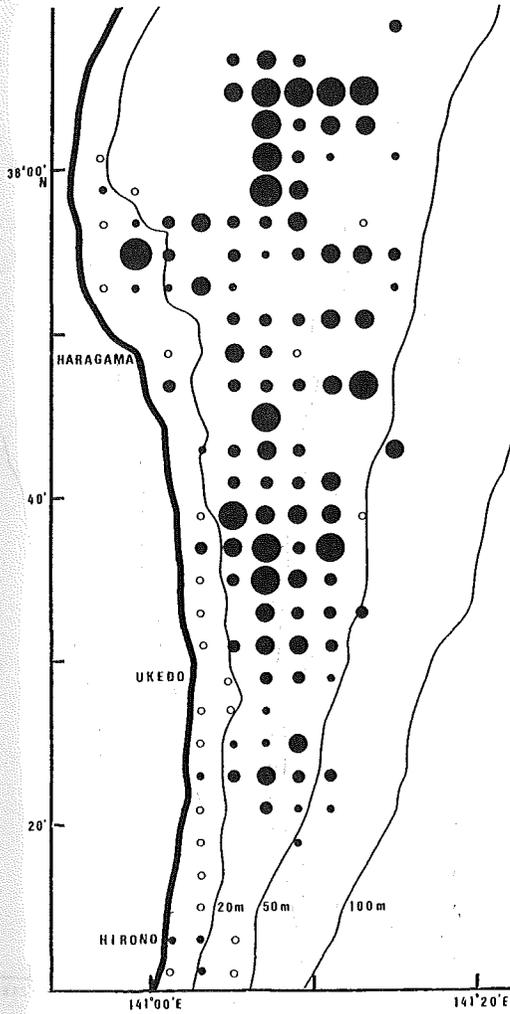


図3-3 1976年10月~12月

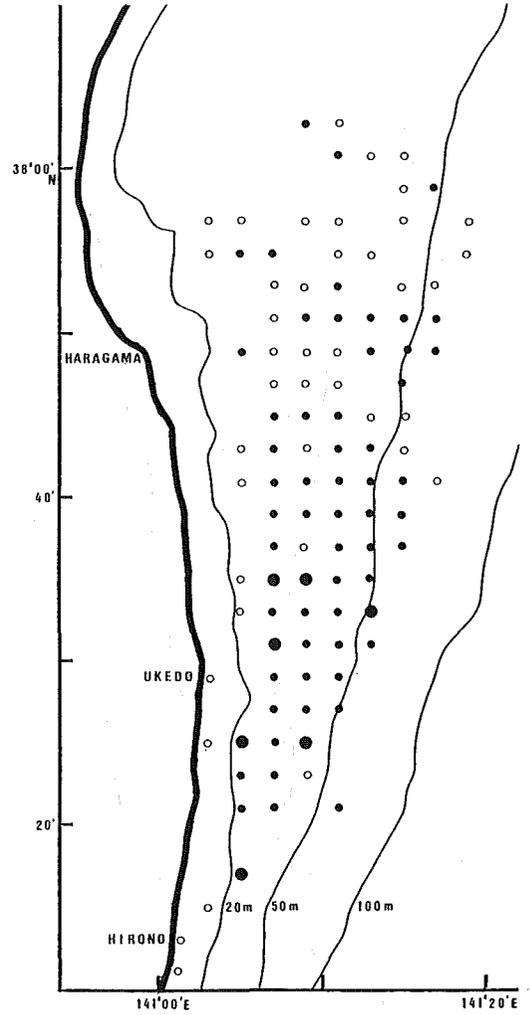


図3-4 1977年1月~3月

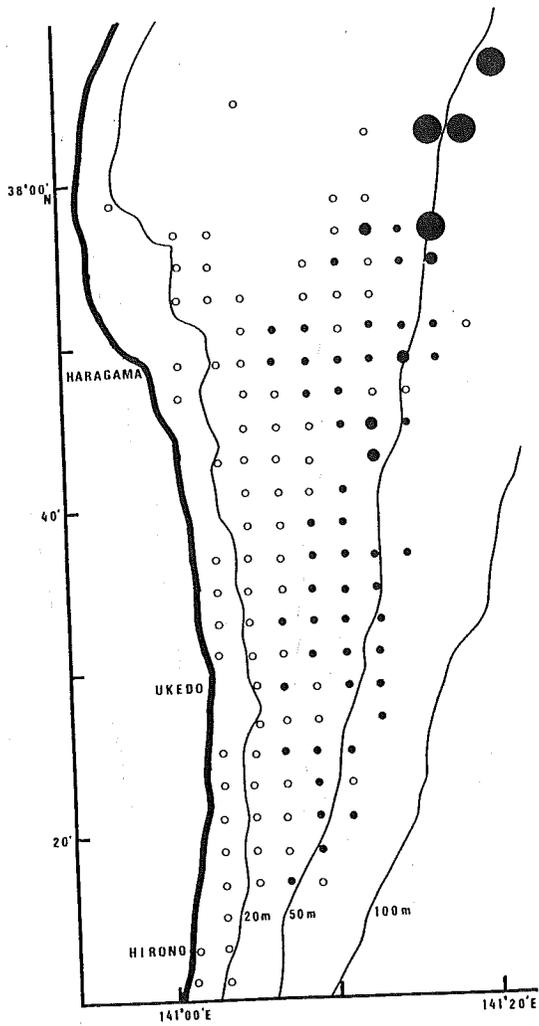


図4-1 1976年4月~6月

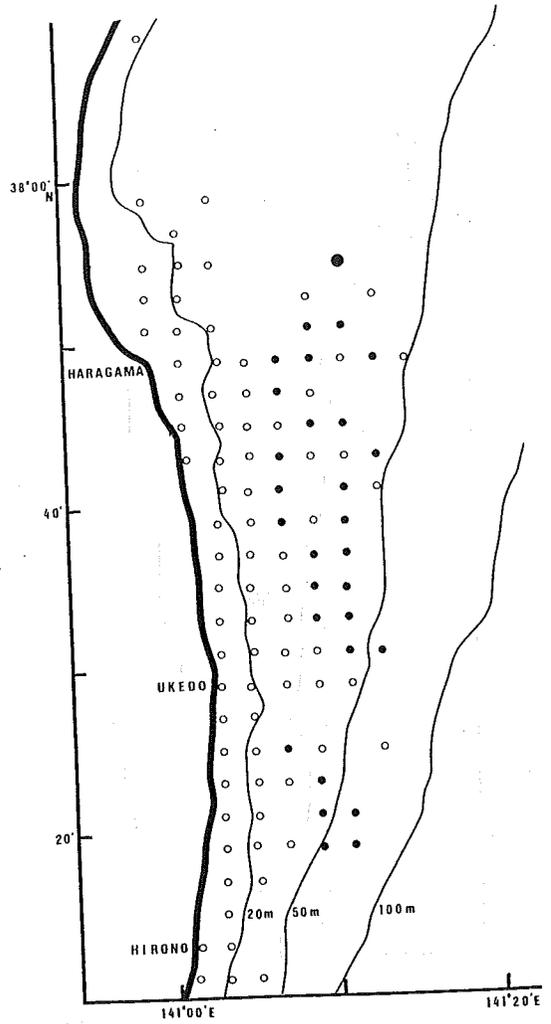


図4-2 1976年7月~9月

図4. マガレイの3ヶ月平均の密度指数分布
(1976年4月~1977年3月)

密度指数 ϕ' (Kg/反)

- 0
- ~0.20
- ~0.56
- ~1.10
- ~1.82
- ~2.72

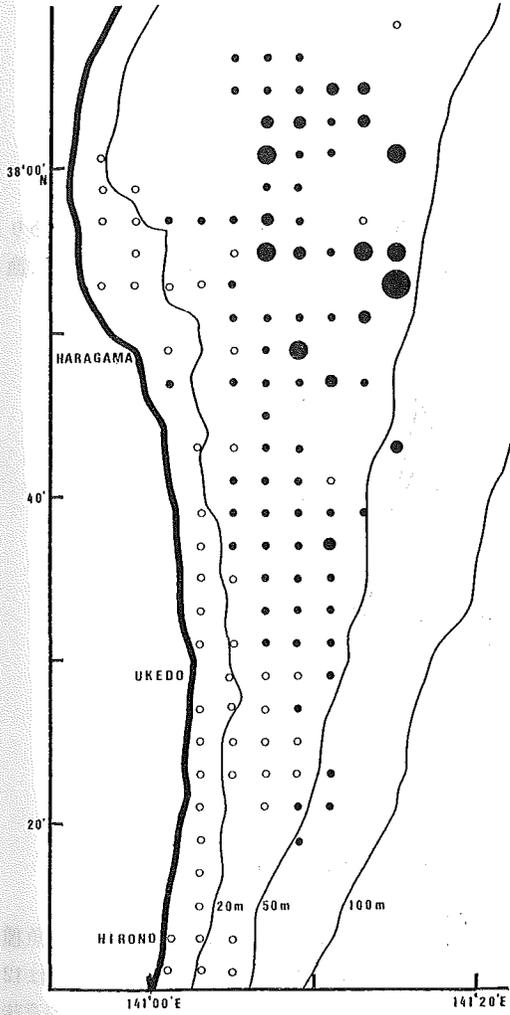


図4-3 1976年10月~12月

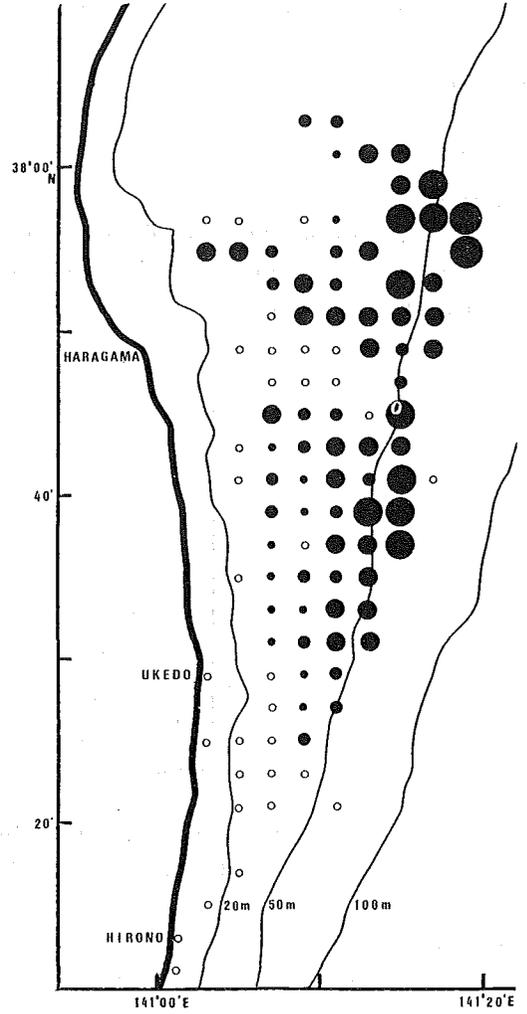


図4-4 1977年1月~3月

次節以降の図中の数値は、季節変動の傾向を明確にする為、2ヶ月移動平均を2回行った結果を図示した。つまり t 月の値を X_t 、移動平均後の値を X'_t とすると、

$$X'_t = (X_{t-1} + 2X_t + X_{t+1}) / 4 \quad (16)$$

で表わした。

平均密度指数

各魚種の平均密度指数 ϕ' の月変化を図5に示す。 ϕ' の変化が最も大きい魚種はマガレイであり次にマコガレイ、最小がイシガレイとなっている。つまりイシガレイが3魚種中では年間を通して漁獲されやすい魚種である。

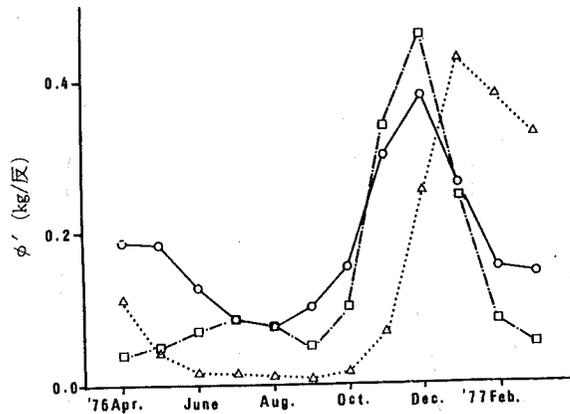


図5. 平均密度指数 ϕ' の変化
(○印イシガレイ □印マコガレイ △印マガレイ)

ϕ' が最大になる時は、イシガレイ及びマコガレイが12月、マガレイが1月である。これは各魚種の産卵期と一致している。イシガレイは12月の他に4~5月に ϕ' が少し高くなり、マコガレイは12月の他に8月に ϕ' が少し高くなる傾向がある。今後これらの産卵期以外の ϕ' の高まりの生態的意味づけ、 ϕ' 変化の傾向、周期性の解明、 ϕ' の低い期間における生息場所の確認等を行わなくてはならない。

資源管理とは資源量、資源密度を適正なレベルに保つ事であるから、平均密度指数 ϕ' を常に把握しておく事は資源管理にとって基礎的な事項である。

分布の1次モーメント

資源密度分布の南北方向の1次モーメント m_{1N} 及び東西方向の1次モーメント m_{1E} を式6で算出し図6に示す。ここで注意しなければならない事は、この1次モーメントは、前に示した空間範囲内かつ漁業の行なわれた範囲内での資源の1次モーメントであり、もしこの範囲外にも魚群が存在した時には、資源分布の真の1次モーメントは別に存在する事である。また、1次モーメントは資源密度の最も高い場所を示すのではなく、その点では魚群が存在しない事もある。つまり1次モーメントはみかけ上の重心である。

果を

あり
て漁

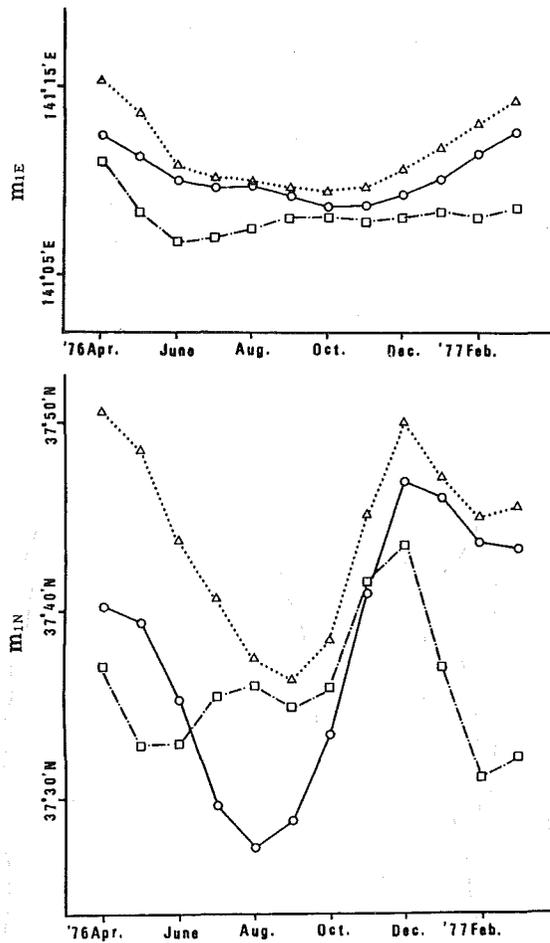


図6. 分布の東西方向の1次モーメント m_{1E} (上図) 及び南北方向の1次モーメント m_{1N} (下図) (○印イシガレイ □印マコガレイ △印マガレイ)

各魚種
イは12
的意味
らない。
に把握し

図6の東西方向の1次モーメント m_{1E} を見ると、一年を通してマガレイが最も東に位置し、マコガレイが最も西に位置する。しかし9月から12月の間の各魚種の差は小さい。

m_{1E} の変化の大きさは、イシガレイ約4'、マコガレイ約4'、マガレイ約6'である。式16による移動平均をとる前のデータでは、それぞれ約5'、6'、8'であった。

図6の南北方向の1次モーメント m_{1N} を見ると、マガレイは一年を通じ他魚種より北に存在し、4月及び12月に最も北に位置し、9月に最南に位置する。イシガレイは12月に北に、8月に南に位置する。マコガレイはイシガレイ、マガレイと同様に12月に最北に位置するが、最南に位置する月は2月となっている。 m_{1N} の変化の大きさはイシガレイ約20'、マコガレイ約12'、マガレイ約14'である。移動平均をとる前のデータでは、それぞれ約24'、19'、23'であった。

m_{1E} と m_{1N} の変化量を比較すると、 m_{1N} の方が m_{1E} より大きい結果が出ているが、これは刺網操業海深が約60m以浅であるので、深所に存在する資源の情報が欠落している為である。資源の真の1次モーメントは更に東にずれると考えられるので、今後底曳網でのデータと合わせて検討する必要が

で算出
範囲内
存在した
資源密度
メントは

あろう。

資源分布の1次モーメントが地図上でどう変化したかを図7に示す。これは個々の魚がこの様に動く事を示してはいない。個々の魚の移動は標識放流調査等により調べねばならない。

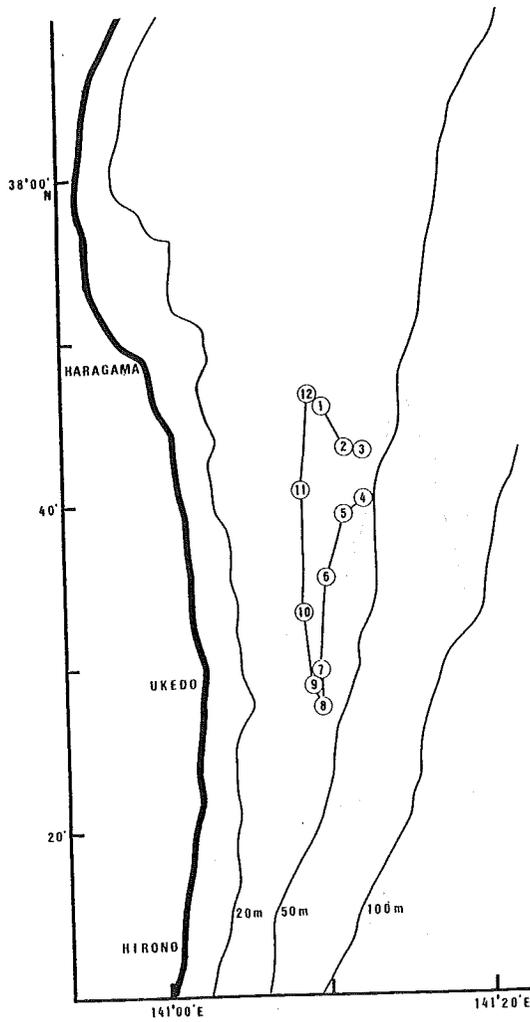


図7-1 イシガレイの1次モーメント
の変化 数字は月を示す
(1976年4月~1977年3月)

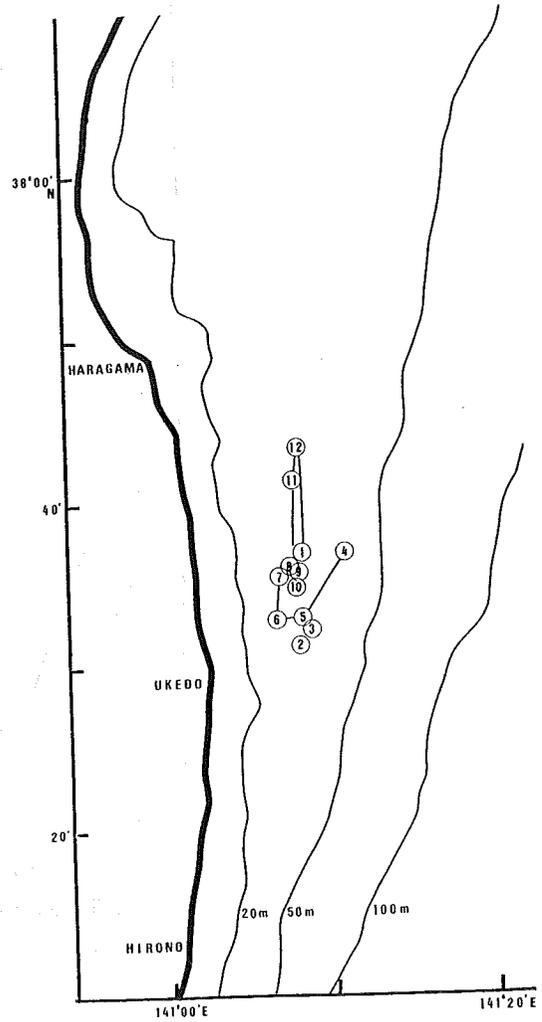


図7-2 マコガレイの1次モーメント
の変化 数字は月を示す
(1976年4月~1977年3月)

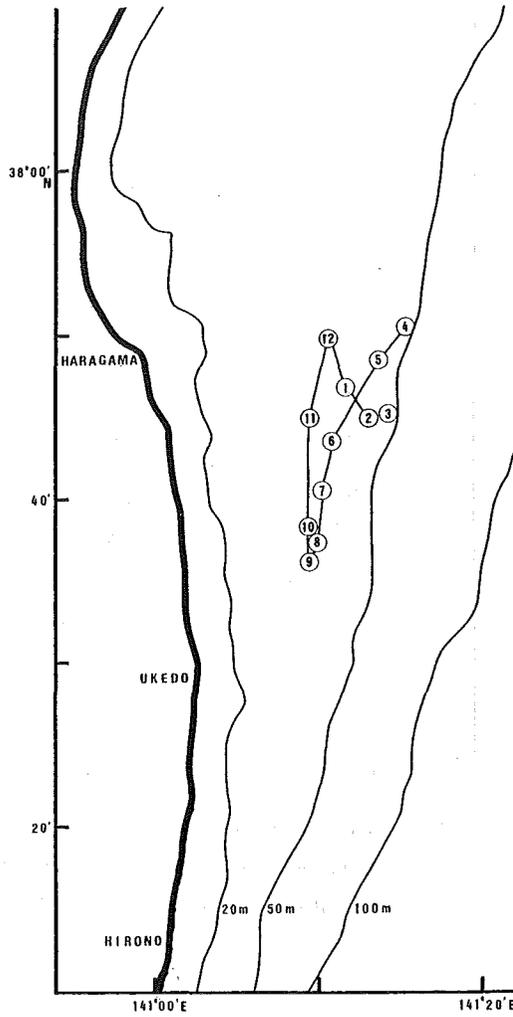


図7-3 マガレイの1次モーメントの変化
数字は月を示す (1976年4月~1977年3月)

分布の2次モーメント

資源密度分布の東西方向の2次モーメント m_{2E} 及び南北方向の2次モーメント m_{2N} を式7で求め次元を長さ(分)のオーダーとする為式10及び11により m_{2E}^* 、 m_{2N}^* に変換し図8に示す。

資源密度が重心に対し左右対称に分布すると仮定し、分布の分散面積指数 m_2^{**} を、

$$m_2^{**} = 2 m_{2E}^* \cdot 2 m_{2N}^* \quad (17)$$

で表わし、図9に示す。

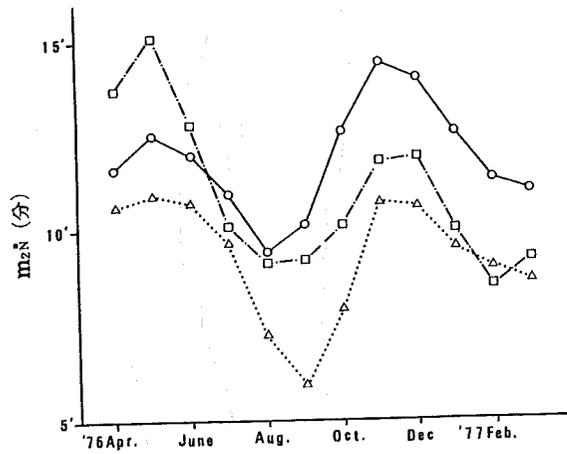
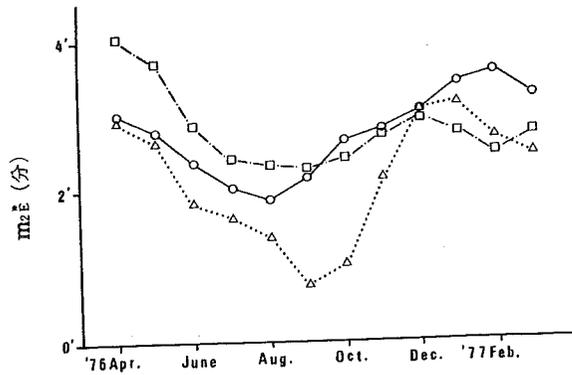


図8. 分布の東西方向の分散 m_{2E}^* (上図) 及び南北方向の分散 m_{2N}^* (下図) (○印イシガレイ □印マコガレイ △印マガレイ)

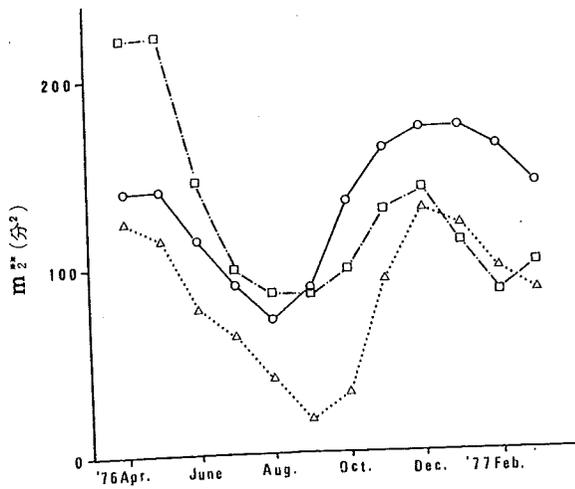


図9. 分布の分散面積指数 m_{2}^{**} (○印イシガレイ □印マコガレイ △印マガレイ)

図8によれば、各魚種とも4~5月及び産卵期に分布が東西方向に分散する。インガレイは産卵期後に更に東西方向の分散が大きくなっている。9月まではマコガレイの m_{2E}^{*} が他魚種より大きい、10月以降インガレイの m_{2E}^{*} が大きくなっている。

南北方向の分布の分散 m_{2N}^{*} については、各魚種とも、4~6月及び11~12月に他の月より大きな分散を示している。4~6月はマコガレイの m_{2N}^{*} が最も大きく、7月以降はインガレイが最大となっている。

図9によれば、マコガレイは1~2月を除き、常に m_2^{**} が他魚種より小さい。4~8月はマコガレイの分散が最も大きく、9月以降インガレイが最大となっている。図5の平均密度指数 ϕ' と図9の分散面積指数 m_2^{**} を比較すると、マコガレイの4~7月を除いて、 ϕ' の減少期には m_2^{**} も減少し、 ϕ' の増加期には m_2^{**} も増加する傾向がある。そして ϕ' の低い4~5月期の m_2^{**} は高い値を示し、この時期資源密度は低いが分布が分散している事を表わしている。また、夏季に ϕ' 、 m_2^{**} ともに低い値を示す事で、この時期大量の魚群が刺網漁場以外の地域に移動した可能性があると考えられる。

分布の歪度

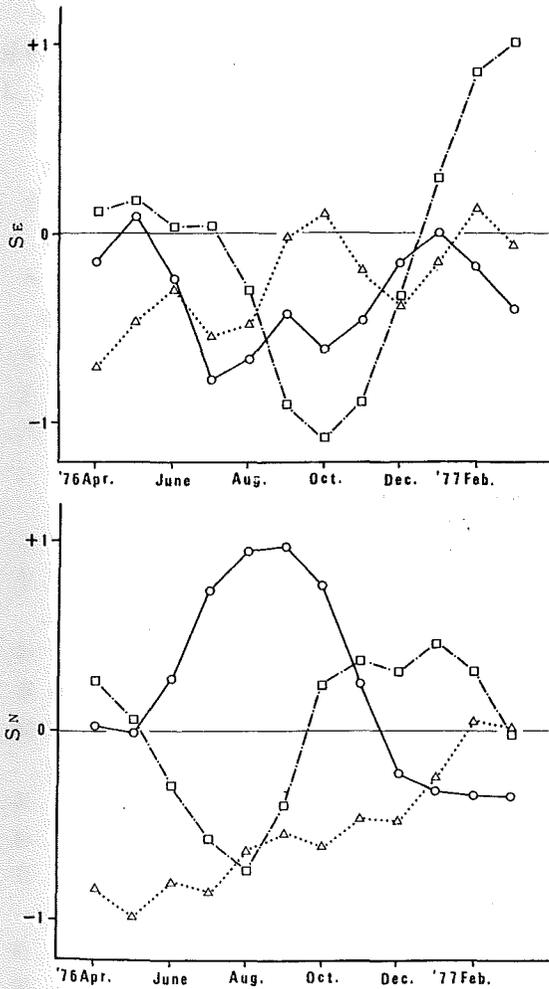


図10. 分布の東西方向の歪度 S_E (上図) 及び南北方向の歪度 S_N (下図) (○印インガレイ □印マコガレイ △印マガレイ)

2

資源密度分布の重心回りの東西方向の歪度 S_E 、及び南北方向の歪度 S_N を式 12 及び式 13 により求め、図 10 に示す。

S_E の図によれば、マコガレイの 1~3 月期を除き、分布はほぼ東西対称か、西側に分散している傾向を示している。1~3 月期のマコガレイは沿岸の密度が高く、東に大きく分散した結果となった。

S_N の変化は 3 魚種大きく異なっている。イシガレイは重心点が $37^{\circ} 42' N$ の南にある時、重心の北側の分散が大きく、 $37^{\circ} 42' N$ の北に重心がある時、南側の分散が大きくなっている。つまり 6~11 月には重心点の北側の資源の分散が大きい事がわかる。マコガレイは 6~9 月に重心点の南側の分散が大きくなり、イシガレイと反対の南北方向の分布の歪みを示している。マガレイは 4 月には重心点の南側の分散が大きかったが、次第に歪度 S_N が小さくなり、2~3 月には全んど歪みが無くなっている。1977 年 3 月以降、それまで沿岸に存在していたマガレイが沖合に移動し、1976 年 4 月と同様北側にだけ高密度域が残るのか興味深い。

分布の尖度

資源密度分布の重心回りの、東西方向の尖度 K_E 、及び南北方向の尖度 K_N を式 14 及び式 15 により求め、図 11 に示す。

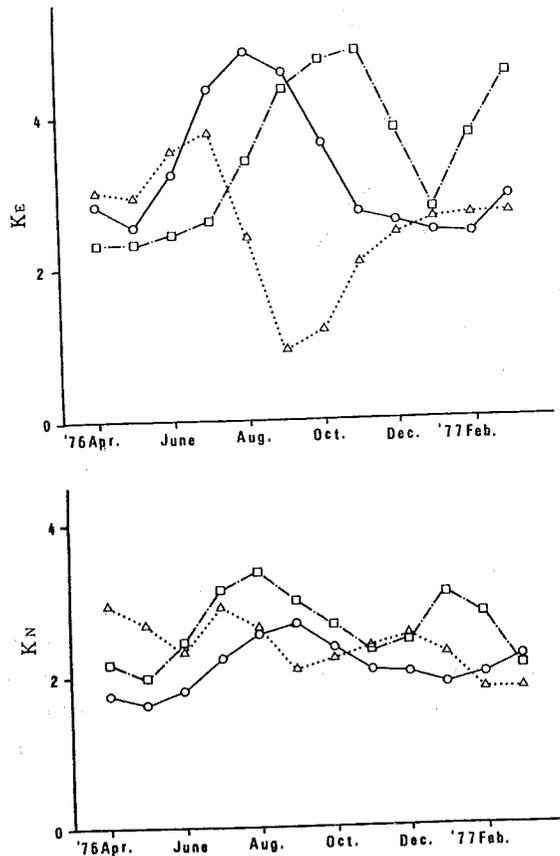


図 11. 分布の東西方向の尖度 K_E (上図) 及び南北方向の尖度 K_N (下図) (○印イシガレイ □印マコガレイ △印マガレイ)

3魚種とも東西方向の尖度の変化が南北方向の変化より大きい結果となっている。

イシガレイは平均密度指数 ϕ' の低い時期に K_E が大きく、 ϕ' が最大となる12月前後は K_E 、 K_N とも低い値となり平坦な密度分布を示している。マコガレイは8~11月に K_E が増加し、 K_N が減少している。つまり東西方向の分布は尖り、南北方向は平坦に分布してゆく。12~1月は東西方向は平坦になり、南北方向は尖ってゆく。2~3月の ϕ' が低い時期は再び東西方向に尖り、南北方向が平坦になった。マガレイは ϕ' が低い6~10月の前半には K_E が高い値を示し、後半では低い値を示す。つまり前半 ϕ' が低いにもかかわらず少量残っていた高密度域が、後半には消滅し、どのメッシュの資源密度も低下したと考えられる。

各魚種の ϕ' の増加期の尖度変化は少しずつ異なる。イシガレイは尖度が低下傾向を示しながら ϕ' を増加させる。マコガレイは K_N を低下させ、 K_E はほぼ高い値のまま11月まで ϕ' を増加させる。12月には K_E が低下し ϕ' が最大となる。マガレイは K_E を増加させながら ϕ' が増加している。

要 約

1976年4月より1977年3月の刺網標本船操業日誌より、イシガレイ、マコガレイ、マガレイの資源分布について、平均密度指数 ϕ' 、1次モーメント m_1 、2次モーメント m_2 、歪度 S 、尖度 K 等を算出し、以下の結果を得た。

1. 平均密度指数 ϕ' は時期により大きく変化し、イシガレイ、マコガレイが12月に、マガレイが1月に最大値を示す。これは各魚種の推定産卵時期と一致する。
2. 3魚種の分布範囲は重複しているが、重心点について比較すると、東から西にマガレイ、イシガレイ、マコガレイと並ぶ傾向は一年間変わらない。
3. イシガレイの重心点の南北変化が最も大きく、マコガレイが最も小さい。又マガレイの重心点は常に他2魚種の重心点の北に位置する。
4. 平均密度指数 ϕ' が最大値を示す時、密度指数 ϕ'_i の分布が最も広くなるとは限らない。
5. イシガレイ、マガレイは重心点西側の ϕ'_i の分布の広がり方が東側より大きい事が多い。
6. 3魚種とも ϕ'_i の分布の東西方向の尖度が南北方向より変化が大きく、多くの場合値も高い。

文 献

- 1) 河井智康・小松昭衛：福島県沖小型底曳網漁業における底魚資源数値解析，福島県沿岸漁業構造改善資料，(1967)。
- 2) 松井 勇：一斉更新に関する参考資料，福島県水産試験場，(1972)。
- 3) 鉄 健司・石川幸児：福島県下カレイ資源の診断結果，福島水試事業報告書，(1972)。
- 4) 竹内 啓：福島県北海域におけるヒラメ・カレイ類資源の診断と管理，本誌，4，9~24 (1976)。
- 5) 小松昭衛：福島県に於けるイシガレイの分布移動，福島水試調査資料，70，1~10 (1968)。
- 6) 土井長之：水産資源力学入門，日本水産資源保護協会，東京 (1975)。
- 7) 田中昌一：水産生物のPopulation Dynamicsと漁業資源管理，東海区水産研究所研究報告，28，1~200 (1964)。
- 8) 田中昌一 編：水産資源論，東京大学出版会，東京 (1973)。
- 9) E. C. ピール著 南雲仁一監訳 合田周平・藤村貞夫訳：数理生態学，95~104，産業図書，東京 (1974)。

- 10 大久保明：生態学と拡散，154～157，築地書館，東京（1975）。