

京都府沖合海域におけるズワイガニの生態に関する研究—Ⅵ

底曳網操業中にみられる投棄されるズワイガニの実態

山 崎 淳
桑 原 昭 彦
浜 中 雄 一
傍 島 直 樹



ズワイガニ漁期が終了した5月のアカガレイを目的とする底曳網の漁獲物の中には、投棄の対象となる雄ズワイガニが一曳網当たり85～796尾、雌150～736尾が入網していた。雌雄ともに水深240 m 帯でもっとも多く網に入り、また大部分のカニは漁獲対象サイズに達する直前の令期群であった。したがって、ズワイガニ漁期以外においても、その資源は規制甲幅サイズ以下の群から間引きを受けていることが判った。試算したところ、5月の一カ月で、雄ガニと成体雌ガニの初期資源量の約20%が漁期外の底曳操業で減耗しているようであった。

富山湾以西の日本海西部海域の底曳網によるズワイガニ漁業については、資源保護を目的に省令および関係漁業者の自主規制により漁期、漁獲サイズおよび漁獲量等が設定されている。この規制のなかで漁獲対象サイズについては、雄ガニでは甲幅90 mm 未満、雌ガニでは腹部總絡卵を有しない個体（未成体）および腹部總絡卵は有するがその卵が未発眼である個体（アカコ）は採捕禁止となっている。しかし、底曳網の日々の操業においては、その漁具特性からみて、漁獲対象となるサイズのカニだけを選択的に漁獲することは不可能であり、結果的には対象サイズ未満の小型のカニが漁獲され、これらのカニは海上で投棄されている（石川・福井・京都・兵庫・鳥取・島根・山口、1989, 1990）。

京都府沖合のズワイガニ漁場（水深約230～300 m）ではカニの漁期（11～3月）だけではなく、底曳網の休漁期を除いたカニの禁漁期においても他の魚種を対象に操業が行われる。とくに、4～5月にはカニ漁場内で主にアカガレイ *Hipoglossoides dubius* を対象にかなり多くの操業が行われている。この場合でも、底曳網操業中には漁獲対象外のカニが入網し、海上で投棄されている。

そこで、本研究ではカニ漁場内において、カニ漁期外でとくに操業が集中する5月に海上投棄されているズワイガニの実態について1990年の例を示し、海上投棄による資源の減耗状況を推定する。

報告に先立ち、底曳網の試験操業に快くご協力をいただいた間人漁業協同組合所属の海運丸佐々木茂船長を始め乗組員各位に厚くお礼申し上げる。また、底曳網の操業日誌の記帳にご協力いただいた京都府機船底曳網漁業連合会と兵庫県津居山港漁業協同組合所属の底曳網漁船の各位にもお礼申し上げます。

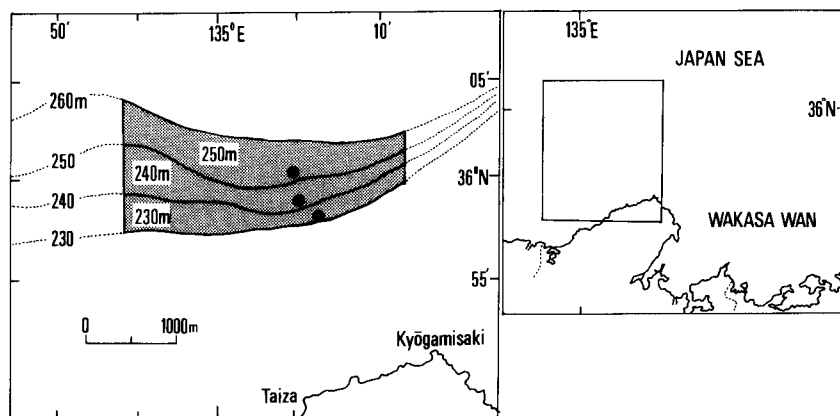


Fig. 1. Fishing Subarea of the 230 m, 240 m and 250 m depths in the sea off Kyoto Prefecture. Closed circles indicate sites of the experimental operations by Danish seine.

材料

底曳網試験操業 京都府沖合で5月頃にアカガレイを対象とした底曳網漁業が集中的に操業される水深220～250 m域において、1990年5月11日に底曳網の試験操業を実施した。なお、曳網水深は226～232 m, 242～244 m および250～252 mの3カ所である。以下、この調査水深帯をそれぞれ水深230 m帯、240 m帯および250 m帯とする (Fig. 1)。

底曳網に入網し船上に揚げられたズワイガニの全数について、雌雄別に甲幅をノギスを用いてmm単位で計測した。雌ガニについては腹部鰹卵を有する個体を成体ガニ、有しない個体を未成体ガニと識別し、甲幅の測定を行った。

今回の試験操業に供した底曳網漁船は間人漁業協同組合所属の海運丸 (14トン) であり、操業に使用した漁網やロープ等の漁具は前報 (山崎他, 1990) と同様である。
底曳網操業日誌 1990年5月に京都府沖合の水深230 m, 240 m および250 m帯における努力量 (曳網数) を把握するため、当海域で操業する漁船の操業日誌を整理した。整理に供した日誌は京都府内の底曳網漁船と兵庫県の一部

の漁船のもので、この中から正確に操業位置が記載されている合計13隻のものを使用した。各漁船が操業する漁場は所属する漁協単位で船団を組み、概ね同一海域であることが多い。したがって、1990年5月の当海域における全体の努力量は、この日誌をもとに全漁船に引き延ばすことにより求めた (Table 1)。また、Table 1には各水深帯の漁場面積を示した。

方法

投棄されることにより生じる資源の減耗 底曳網の一回の操業で死亡するカニの個体数 (C_1) は、漁場内 (漁場面積; S) の初期資源個体数を N とすると次のように計算できる。

$$C_1 = N \cdot S^{-1} \cdot s \cdot k \cdot (1 - e^{-F}) \quad (1)$$

ここで、 s は一曳網当りの掃過面積、 k は漁獲効率、また、 F は一曳網当りの減耗係数である。つまり、 $(1 - e^{-F})$ とは一曳網当りの投棄されたカニの死亡率を意味する。(1)式における死亡個体数 C_1 は、初期資源個体数に対して最初の1回目の操業を行ったときに生じるものである。したがって、 n 回目における死亡個体数 (C_n) は、 $S^{-1} \cdot s \cdot k \cdot (1 - e^{-F})$ を A とすると、

$$C_n = N \cdot \left\{ A - (n-1)A^2 + \frac{(n-1)(n-2)}{2}A^3 - \dots - (-1)^n \cdot \frac{(n-1)(n-2)\dots(n-(n-1))}{(n-1)!}A^n \right\} \quad (2)$$

と表わせる。したがって、ある時期に n 回の操業を行った時の n 回目までの全死亡個体数 ($\sum_{n=1}^n C_n$) は、

$$\sum_{n=1}^n C_n = N \cdot \left\{ nA - \frac{n(n-1)}{2}A^2 + \frac{n(n-1)(n-2)}{6}A^3 - \dots \right\}$$

Table 1. Number of fishing operation by Danish seine and area of the fishing subarea (Fig. 1).

	Fishing subarea			
	230 m	240 m	250 m	230-250 m
Number of hauls	303	170	390	863
Area (km ²)	66.88	73.74	101.18	241.80

$$-(-1)^n \cdot \frac{(n-1)(n-2)\cdots(n-(n-1))}{(n-1)!} A^n \quad (3)$$

となる。また、 n 回の操業を行った後の初期資源個体数に対する生残率 S_n は、次式で与えられる。

$$S_n = \left[N - N \cdot \left\{ nA - \frac{n(n-1)}{2} A^2 + \frac{n(n-1)(n-2)}{6} A^3 - \cdots - (-1)^n \cdot \frac{(n-1)(n-2)\cdots(n-(n-1))}{(n-1)!} A^n \right\} \right] / N \quad (4)$$

但し、この場合には逸散や自然死亡による資源の減耗は考慮していない。また、逸散や自然死亡が無視できるだけの短期間に集中的に n 回の操業を行った後の S_n は次のような簡単式で近似的に表すことができる。

$$S_n = \{N - N \cdot S^{-1} \cdot s \cdot k \cdot (1 - e^{-F \cdot n})\} / N \quad (5)$$

なお、本報告では5月の1カ月間の生残率を推定することを目的としたため、以下の解析には(4)式を用いた。解析に用いたパラメータ 底曳網の一操業の掃過面積 (s) は 1.756 km^2 (山崎他, 1990) とし、漁獲効率 (k) は 0.29 (Sinoda, 1968) とした。

また、5月における投棄直後のカニの生残率は雄ガニで 0.869 、成体雌ガニで 0.870 、そして、未成年雌ガニで 0.966 (石川・福井・京都・兵庫・鳥取・島根・山口, 1990) とした。この数値の推定方法は、まず底曳網船が採捕したカニを直ちにカニカゴ (和田他, 1983) に入れ海底に約5時間設置した後、再び船上に揚げカニの生死の判定を行ったものである。

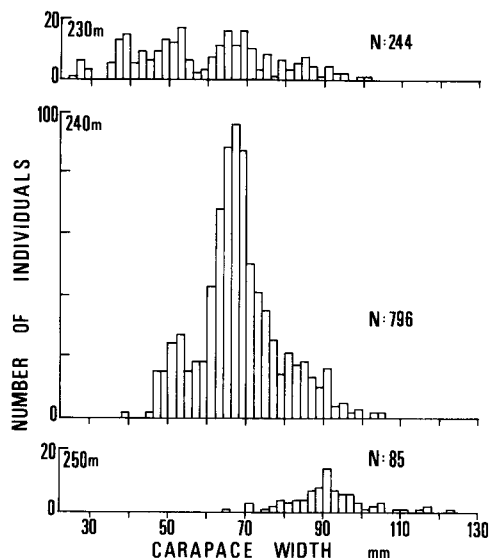


Fig. 2. Carapace width compositions of male crab caught by Danish seine from the areas with bottom depth of 230 m, 240 m and 250 m.

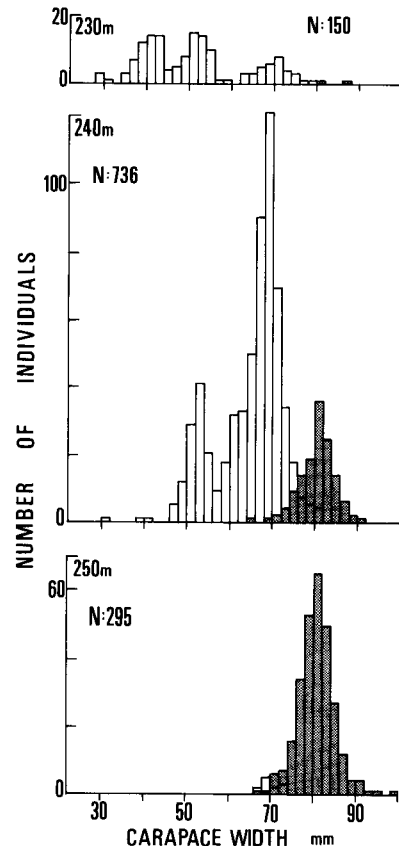


Fig. 3. Carapace width compositions of female crab caught by Danish seine in the areas with bottom depth of 230 m, 240 m and 250 m. Open and closed vertical columns indicate immature and adult female crabs, respectively.

結果

水深帯別の甲幅組成 1990年5月11日に京都府沖合の水深230 m, 240 m および 250 m 帯で底曳網により採捕された雄ガニと雌ガニの甲幅組成を水深帯ごとに Fig. 2 と 3 に示した。なお、水深帯ごとの甲幅組成には一曳網当りに採捕された全数を示した。Fig. 2 と 3 から、雄・雌ガニの採捕個体数はいずれの場合でも水深240 m 帯に多い傾向がみられた (雄ガニで796個体、雌ガニで736個体)。

雄ガニは水深230 m 帯では甲幅68 mm, 50 mm および40 mm 前後の群と甲幅30 mm 未満の小型な個体により全体の約85%を占めた。水深240 m 帯では230 m 帯でみられた甲幅50 mm 未満の個体はほとんどみられず、甲幅66~68 mm にモードをもつ群が卓越し、全体の約70%を占めた。また、水深250 m 帯では甲幅70 mm 未満の個体

Table 2. Catch in number per haul of male and female crabs collected from the areas with bottom depth of 230 m, 240 m and 250 m.

Fishing subarea	Mean size of male (mm)				Mean size of female (mm)			
	51.0	67.6	86.6	others	51.8	68.7	80.0	others
230 m	80.2	84.9	34.1	44.8	85.8	37.2	2.0	25.0
240 m	123.4	531.9	131.6	9.1	138.3	461.7	134.0	2.0
250 m	—	7.4	61.2	16.4	—	12.0	258.0	25.0
230-250 m	203.6	624.2	226.9	70.3	224.1	510.9	394.0	52.0

はわずか1個体だけであり、個体数はそれほど多くはないが採捕された主体は甲幅 90 mm 前後の群であった。したがって、雄ガニでは水深帯が浅くなるにしたがい、主として採捕されるカニの甲幅が小さくなる傾向がみられた。

雌ガニでは雄ガニと同様の傾向がみられた。すなわち、水深 230 m 帯では甲幅 70 mm, 50 mm および 40 mm 前後の未成体群が卓越した。水深 240 m 帯では甲幅 68 mm にモードをもつ未成体群が全体の約65%を占めた。また、当水深帯では甲幅 80 mm にモードをもつ成体ガニ（アカコ）がみられた（約20%）。水深 250 m 帯では甲幅 70 mm 未満の未成体ガニの出現はわずか3%程度で、卓越してみられたのは成体ガニであった（約97%）。このように、水深帯の違いにより雄・雌ガニとも採捕されたカニの大きさ（甲幅）が異なることが明らかとなった。

次に、Fig. 2 と 3 の甲幅組成をもとに各令期群の頻度分布が正規分布するものと仮定し、Cassie (1954) にしたがって各令期群の平均と標準偏差を求め、雄・雌ガニの age-length key を作成して、令期ごとの採捕個体数を推定した（Table 2）。Table 2 から、雄ガニでは主に平均甲幅 51.0 mm, 67.6 mm および 86.6 mm の3つの群で構成されていることが分かった。ここで、雄ガニの漁獲対象サイズは甲幅 90 mm 以上であることから、対象令期に当たるのは平均甲幅 86.6 mm 群からと考えられる。したがって、全体のなかで最も多く採捕された甲幅 67.6 mm 群は、漁獲

の対象となる1つ前の令期群といえる。すなわち、雄ガニの脱皮の周期を1年とすると、この群は翌年には漁獲対象サイズに加入するはずである。

一方、雌ガニでは主に平均甲幅 51.8 mm, 68.7 mm の2つの未成体群と平均甲幅 80.0 mm の1つの成体群で構成されていた。雌ガニの漁獲の対象となるのは、発眼した腹部繸緒卵を有する成体ガニである。すなわち、今回採捕された成体ガニではその腹部繸緒卵は未発眼の状態であったが、同年の漁期（11月から）には発眼し漁獲対象となる。また、今回の調査で最も多く採捕された平均甲幅 68.7 mm の未成体群は、同年の夏から秋に産卵を行い成体となり、翌年の漁期には漁獲対象となる。したがって、これらのカニは同年もしくは翌年には漁獲対象に加入する群である。

以上のことから、今回の調査で採捕された多くの雄・雌ガニは漁獲対象に加入する直前の令期群であり、これらのカニは底曳網の操業により一定の減耗を受けているものと考えられる。

投棄されることによる資源の減耗 Table 2 をもとに各水深帯の令期ごとの資源個体数 (N) を下式により推定した (Table 3)。

$$N = (s \cdot k)^{-1} \cdot S \cdot Cd \quad (6)$$

但し、 Cd は一曳網当り採捕個体数である。

ここで、Table 1 と 3 の数値を (4) 式に代入し、5月の

Table 3. Number of male and female crabs by size group in the areas with bottom depth of 230 m, 240 m and 250 m at the experimental fishing period.

Fishing subarea	Mean size of male (mm)			Mean size of female (mm)		
	51.0	67.6	86.6	51.8	68.7	80.0
230 m	10,533	11,150	4,478	11,268	4,886	263
240 m	17,869	77,021	19,056	20,026	66,856	19,404
250 m	—	1,470	12,160	—	2,384	56,626
230-250 m	28,402	89,641	35,694	31,294	74,126	76,293

Table 4. Survival rate (month^{-1}) of male, mature and immature females crabs in the areas with bottom depth of 230 m, 240 m and 250 m in May 1990.

Fishing subarea	Survival rate (month^{-1})		
	Male	Mature-female	Immature-female
230 m	0.739	0.740	0.925
240 m	0.857	0.858	0.961
250 m	0.773	0.755	0.935
230-250 m	0.788	0.789	0.940

1 カ月間の各水深帯における雄ガニ、成体雌ガニおよび未成年雌ガニのそれぞれの生残率を試算した (Table 4)。なお、投棄直後の生残率は雄ガニと未成年雌ガニではサイズに関係なく一定 (雄ガニは0.869, 未成年雌ガニは0.966) とした。また、カニの自然死亡は多くの場合脱皮前後に高く、他の期間には低いものと考えられている (山崎, 1988)。雄ガニと未成年雌ガニの脱皮時期は前者で10~12月 (伊藤, 1970), 後者で8~11月 (山崎他, 1985) であることから、5月の1カ月間の自然死亡係数は無視できるものと思われる。1990年5月の水深230 m~250 m帯において底曳網の操業により資源は減耗し、その生残率は雄ガニで0.788, 成体雌ガニで0.789, また、未成年雌ガニで0.940と試算された。

考察

今回の調査結果から、ズワイガニ資源は漁獲対象サイズに加入する前からカニの漁期如何を問わず、底曳網の操業により減耗していることが明らかとなった。今回は5月だけの結果であったが、以上のようないわゆる“資源の不合理漁獲”はカニ漁場内で操業するかぎり生じる問題である。このことは、資源保護を目的に設定されている漁獲サイズの規制や禁漁期などの措置だけでは、目的を達するために十分に機能していないことを示唆するものである。

ここで、京都府沖合の水深230~250 m帯の漁場において、底曳網の操業によって生じる上記のような資源の減耗の状況を Fig. 4 に示した。Fig. 4 は逸散を含んだ自然死亡を無視できる期間において、投棄直後の生残率と努力量とその期間内の資源の生残率の関係を示している。上述のとおり、1990年5月の雄ガニと成体雌ガニではこの間の初期資源に対する生残率は0.79であり、約20%の資源が底曳網の操業により減耗している (Fig. 4 の I)。例えば、この減耗を引き下げて生残率を0.90に向上させるには、現在の努力量をこのままにしておく場合では、投棄直後の生残率

を0.87から0.95程度に向上させる必要がある。また、逆に投棄直後の生残率をそのままにしておく場合では、努力量は現在の860曳網程度から400曳網程度と半分以下に緩和する必要がある。本研究で使った投棄直後の生残率については、実際のそれよりも過大に評価している可能性が高い。すなわち、投棄されたカニが海底に到着するまでの時間は、カニカゴを使った場合の時の方が通常の何も使わない時よりも早い。さらに、通常の場合ではカニが船上に揚げられてから、投棄されるまでの時間がもう少し長いこと、また、投棄の際に雑な扱いを受けることも少なくないことから、上述の生残率は実際のそれよりも過大に推定しているものとする。一方、投棄直後の生残率はシミュレーションモデルによる現状分析の結果から、平均0.50と推定されている (石川・福井・京都・兵庫・鳥取・島根・山口, 1991)。仮りにこの数値が実態に近いものとするれば、0.50を0.90に引き上げるには採捕から投棄のまでの時間の短縮や投棄方法の全面的改善が必要と考えられる。底曳網で操業する限り選択的に資源を採捕するのは不可能であり、このことからすると、投棄直後の生残率を1.00にすることは困難であると思われる。したがって、漁場内のカニ資源を保護するには、底曳網による努力量を緩和する方法

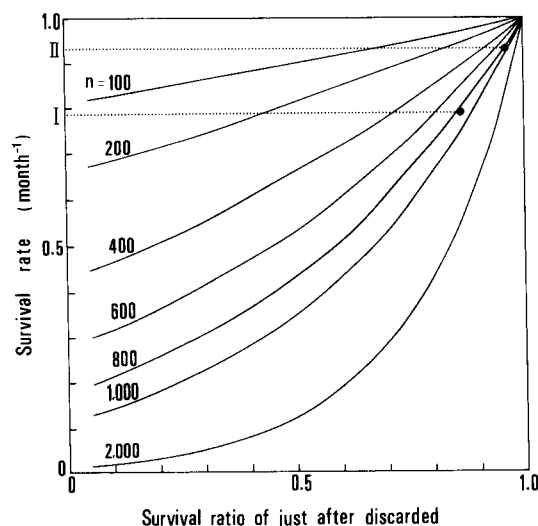


Fig. 4. Relationship between survival rate (month^{-1}) against the number of crabs the experimental fishing period (11th May 1990) and survival ratio just after discarded, under conditions after from 100 to 2,000 operations of Danish seine in fishing subarea of the 230 m to 250 m depths in Fig. 1. I and II indicate the survival rate of male, adult female crabs and immature female crab in May 1990, respectively.

が適当であると考ええる。

現在、京都府沖合のカニ漁場内（水深 220～300 m）では 9 月 1 日から 11 月のカニ解禁日までは、関係漁業者の自主規制により底曳網の操業を全面的に禁止している。とくに、この時期ではカニは脱皮直後で、その甲羅は非常に軟らかい状態にある（伊藤，1970）。このような状態のカニの投棄直後の生残率は極端に低く、船上に揚げられた時点で大部分が死亡している（石川・福井・京都・兵庫・鳥取・島根・山口，1990）。このような時期においては投棄直後の生残率を向上させることは不可能であり、資源を保護するにはカニ漁場内を操業禁止にすることが第一の方法と考えられる。したがって、現在漁業者が実施している操業禁止の規制は、資源の保護にとっては十分にその機能を果たしているといえよう。

ズワイガニ資源を管理するには、以上のように投棄されているカニを積極的に保護することが望まれる。ズワイガニでは雌雄別もしくは成長段階別に“すみわけ”ていることが知られており（今，1969），とくに、保護が必要と考えられる成長段階の令期群が主として分布する水深帯を把握することにより、より現実的な資源の管理方策が展開できるものと思われる。資源管理の目標として、どれ位の資源を保護すれば良いのかを生物の再生産能力から判断するのは困難であるが、まず、現在のところは資源の有効利用という側面から、少なくとも“資源の不合理漁獲”を軽減し、漁獲対象となる資源の加入量を増大させることが不可欠と考える。将来的には投棄されるカニを保護するには底曳網の操業禁止区域を設定することが望まれるが、この場合には Fig. 4 に示した投棄直後の生残率と努力量の両者の関係に加え、禁止しようとする漁場面積や資源の密度から、具体的な管理計画が検討できるものと思われる。

文 献

- CASSIE, R.M. 1954. Some use of probability paper in the analysis of size frequency distribution. *Aust. J. Mar. Freshwater Res.*, **5**: 513-522.
- 石川・福井・京都・兵庫・鳥取・島根・山口. 1989. 昭和 63 年度広域型資源培養管理推進事業報告書日本海西ブロック, 76pp.
- . 1990. 平成元年度広域資源培養管理推進事業報告書日本海西ブロック, 88pp.
- . 1991. 資源培養管理推進指針, 印刷中.
- 伊藤勝千代. 1970. 日本海におけるズワイガニの生態に関する研究—Ⅲ. 甲幅組成および甲殻硬度の季節変化から推測される年齢と成長について. 日水研報, **22**: 81-116.
- 今 攸. 1969. ズワイガニに関する漁業生物学的研究—Ⅲ. 水深別にみた分布密度と甲幅組成. 日水誌, **35**(7): 624-628.
- SINODA, M. 1968. Studies on Fishery of Zuwai Crab in the Japan Sea-II. Rate of Exploitation and Efficiency of Seining Operation. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **34**(5): 391-394.
- 山崎 淳・生田哲郎・西広富夫・内野 憲. 1985. 京都府沖合におけるズワイガニの生態に関する研究—Ⅲ. 成熟・産卵にともなう雌ガニの分布. 本誌, **9**: 17-22.
- 山崎 淳. 1988. 京都府沖合におけるズワイガニの生態に関する研究—Ⅳ. 標識放流結果から推定した成体雌ガニの資源特性. 本誌, **11**: 35-42.
- 山崎 淳・桑原昭彦・浜中雄一・傍島直樹. 1990. 京都府沖合におけるズワイガニの生態に関する研究—Ⅴ. 底曳網とカニカゴの漁具特性に関する一考察. 本誌, **13**: 35-40.
- 和田洋蔵・傍島直樹・宗清正廣・桑原昭彦. 1983. 京都府沖合におけるズワイガニの生態に関する研究—I. カゴ縄試験操業結果からみたズワイガニの分布と移動. 本誌, **7**: 29-34.

Synopsis

On the Trash Snow Crab in Operations by Danish Seine

Atsushi YAMASAKI, Akihiko KUWAHARA, Yuichi HAMANAKA and Naoki SOBAJIMA

On the trash crabs appearing in catches by Danish Seine, the irrationality was emphasized in view of biological points, specially on the catches illegally fished in the off-fishing season of crab. Experimental fishings were made in the sea (from 230 m to 250 m depth) off Kyoto Prefecture in 11th May 1990. There appeared to be a lot of illegal crabs by the experimental fishings, which were illegal sized males less than 90 mm carapace width, immature females and adult females with carrying orange colored eggs. In usual operations by commercial Danish Seiners, these crabs were discarded at sea as trash together with other unedible animals. It is doubtful, however, that the crabs will eventually recruit to be legal size.

Basing on the proposed mathematical model and catch records of commercial Danish Seiners operating in the same ground as experiments, it was approximated that 20% of male and adult female crabs in number decreased by about 860 hauls even in May (off-fishing season), during which seiners fished mainly *Hipoglossides dubiusu*.