東シナ海の着底トロール調査における漁獲物の昼夜差について

水谷 高教,¹ 原田 泰志,^{1*} 山下 秀幸²山本 圭介,³ 依田 真里,³ 檜 山 義 明³

(2003 年 11 月 12 日受付, 2004 年 9 月 3 日受理)

¹三重大学生物資源学部, ²舩水産総合研究センター開発部,³舩水産総合研究センター西海区水産研究所

Diel variability in the catch composition of bottom trawl survey in East China Sea

TAKANORI MIZUTANI,^{1*} YASUSHI HARADA,¹ HIDEYUKI YAMASHITA,²KEISUKE YAMAMOTO,³ MARI YODA³ AND YOSHIAKI HIYAMA

¹Faculty of Bioresources, Mie University, Tsu, Mie, 514-8507, ²JAMARC of Fisheries Research Agency, Yokohama, Kanagawa, 220-6115, ³Seikai National Fisheries Research Institute, Fisheries Research Agency, Nagasaki, 851-2213 Japan

Diel variability in the catch composition of a bottom trawl survey in the East China Sea is analyzed using the results of sixteen (eight in the day and eight at night) operations. Of several fishes including the Japanese common flying squid, the average catch weight and number were larger at night. Of several fishes including swordtip squid and yellow sea bream, they were larger during the day. A small difference in average size between day and night was observed in *Thamnaconus hypargyreus*, Japanese horse mackerel, and male and female of *Ovalipes punctatus*. The average number of species caught was larger at night. It is also suggested that, by operating in both day and night, the number of species appearing in the survey catch can be increased without increasing the number of operations.

キーワード：東シナ海, 着底トロール, 昼夜差, 漁獲量, 個体数, 体長, 出現種数, 曳網回数

東シナ海では、日本、中国、韓国、台湾など様々な国の漁船が操業しており、漁獲に関して正確な情報を得ることが難しく、資源評価における漁業に依存しない調査の重要性が高い。そのため、独立行政法人水産総合研究センター西海区水産研究所では調査船を用いた着底トロールによる分布密度調査を行っている。

この調査において、曳網は日の出から日没までの昼に行われ、夜には行われていない。種によってトロールの漁獲効率が昼夜で異なる可能性を考えると、漁獲物中における昼に漁獲効率の高い種の割合が、現存量に占める割合にくらべて高くなるため、調査結果にバイアスをもたらしている可能性がある。そのため、漁獲物の重量や個体数の昼夜差について把握しておくことは重要である。また、諸外国には調査船の効率利用の観点から昼夜を通じて24時間体制で調査が行われている例がある。^{1,2)} 昼夜を通じた調査は将来東シナ海でも行われる可

能性があるが、その際には昼に操業した地点と夜に操業した地点のデータを同列に比較するために昼夜差の情報は重要である。たとえば、漁獲効率が昼夜で異なるならば、昼夜の操業結果の比較や、両方の結果を用いての資源量推定において、昼夜差の情報をもとにした曳網結果の補正が必要である。³⁻⁵⁾ また、夜間もしくは昼夜を通じて操業した当業船のデータと昼間だけに操業した調査船データをつきあわせて資源状態を議論する際にも、漁獲の昼夜差についての情報は重要となる。さらに、昼夜差の情報をもとに当業船の現在の操業時間が資源管理上妥当であるか、たとえば小型個体の不合理漁獲につながっていないか、等の問題を検討できる可能性がある。

近年においては、単に漁獲対象種の資源状態を知る手段としてだけでなく、漁獲対象種をその一員とする生態系の状態を知る手段として、着底トロール調査の重要性が高まりつつある。⁶⁾ 漁業に依存した情報をもとに漁獲

* Tel : 81-59-231-9546. Fax : 81-59-231-9634. Email : harada@bio.mie-u.ac.jp

対象種以外の種の分布や個体群の状態を評価することは不可能である。そのため、調査船による操業の重要性が高い。このとき、たとえば、昼夜両方に操業を行ったほうが、昼のみ、あるいは夜のみに操業を行うより同一回数数の操業のもとでの出現種数が多いなら、昼夜両方に操業することによって、より少数の操業で分布種数が把握でき、調査の効率化につながる可能性がある。

着底トロールの漁獲物の昼夜差に関して外国の知見はいくつか³⁻¹¹⁾あるが、東シナ海における報告は少ない。¹²⁻¹⁴⁾ 後者のうち二つは当業船の操業記録からの推定^{12,13)}であり、調査船を使用して行ったトロール曳網の結果を用いて検討した例は、漁獲重量と漁獲個体数の昼夜差を検討した松岡ら¹⁴⁾のみである。また漁獲種数について言及し、生態系調査手段としての観点から昼夜差を議論したものはみうけられない。そのため、調査船による昼夜曳網結果をもとにしたさらなる知見の集積が望まれる。

本研究では、調査船による同一小海域内での昼夜両方の繰り返し曳網結果を用いて、曳網面積あたり漁獲重量や漁獲個体数、体長組成等の昼夜差について検討する。さらに、昼夜の曳網回数と出現種数の関係についても検討する。

試料および方法

調査は、熊本県立苓洋高等学校練習船「熊本丸」（総トン数 443 トン、主機関出力 550 馬力）を使用し、2002 年 6 月 15 日から 18 日にかけて行った。東シナ海

の東経 127 度 30 分から 50 分、北緯 30 度 10 分から 40 分の範囲からなる水深 125~145 m の小海域内の 8 か所の調査定点において昼夜それぞれ一回ずつ計 16 回、船速約 3 ノット、網着底後 30 分（曳網距離約 1.5 マイル）の曳網を行った（Fig. 1）。昼夜の航路は平行に 0.2 マイル離して同じ方向にし、1 回目の曳網と 2 回目の曳網の間に少なくとも 24 時間の間隔を置くようにした。偏りをなくするために昼の曳網が先に行われる定点と夜の曳網が先に行われる定点を 4 か所ずつにした。トロール網には漁網監視装置（スキャンマー社製システム RX400）を取り付け、曳網中の袖網間隔及び網口高さを記録した（Fig. 1, Table 1）。

用いたトロール網はコッドエンド目合 66 mm（外径）である。この網には小型生物の漁獲を目的としてコッドエンドの外側に目合 18 mm および 10.3 mm のカバーネットが取り付けられている。使用した網の網地展開図および主要目を Fig. 2 に示す。本研究においては商業的に利用可能な体長範囲を対象とするためコッドエンドの漁獲物のみについて検討した。コッドエンドの漁獲物については、全操業時において、漁獲された全種について漁獲重量と漁獲個体数を計測した（Table 2）。また、この海域における水産業上の重要種（23 種：Table 2）については全個体の体長測定を行った。なお、ウチワエビ *Ibacus ciliatus*、オオバウチワエビ *Ibacus novemdentatus*、ヒラツメガニ *Ovalipes punctatus* については雌雄別に集計した。ただし漁獲個体数が 50 個体以上の場合にはランダムに抽出した 50 個体の体長測定を行った。これら

Fig. 1 The map showing the position of operations. a: indicates the trawling site. b: Close-up view of the trawling site. Route and the direction of a tow is shown by an arrow. D1~D8: day, N1~N8: night.

Table 1 Towing condition of trawl sampling operations in the day (D1~D8) and at night (N1~N8)

Operation	Date	Towing time			Distance of tow (n.m.)	Depth (m)	Height of net mouth (m)	Distance between wingtips (m)	Area covered per tow (km ²)
		From	To	(min)					
D1	June.16	17:10	17:40	30	1.50	132	3.7	22.1	0.0615
D2	June.18	15:12	15:42	30	1.46	132	4.1	21.6	0.0584
D3	June.16	15:08	15:38	30	1.52	140	3.7	19.6	0.0553
D4	June.18	17:09	17:39	30	1.49	143	3.8	22.0	0.0607
D5	June.15	17:12	17:42	30	1.46	135	3.7	22.5	0.0606
D6	June.15	15:11	15:41	30	1.48	137	4.2	21.6	0.0593
D7	June.17	16:55	17:25	30	1.49	136	4.1	21.9	0.0603
D8	June.17	15:12	15:42	30	1.50	129	3.9	22.0	0.0612
N1	June.18	23:09	23:39	30	1.54	131	4.0	21.9	0.0625
N2	June.16	21:07	21:37	30	1.50	133	3.9	21.9	0.0607
N3	June.18	21:12	21:42	30	1.52	140	4.0	22.3	0.0627
N4	June.16	23:39	24:09	30	1.51	144	4.0	21.8	0.0612
N5	June.17	23:09	23:39	30	1.46	139	3.9	22.4	0.0608
N6	June.17	21:08	21:38	30	1.44	137	3.6	23.0	0.0613
N7	June.15	23:11	23:41	30	1.52	137	4.0	22.3	0.0630
N8	June.15	21:10	21:40	30	1.41	128	4.0	22.2	0.0580

のデータを用いて、操業面積あたりの漁獲重量や漁獲個体数、漁獲物の平均体長、および漁獲種数の昼夜差、昼夜の曳網回数と出現種数の関係について検討を行った。

結 果

トロール曳網状況の概要を Table 1 に示した。曳網中の袖網間隔は 19.6~23.0 m、網口高さは 3.6~4.2 m であった。曳網面積は 0.0553~0.0630 km² であった。

1 km² あたりの総漁獲重量の平均は昼の曳網で 671.8 kg (標準偏差 628.9 kg)、夜の曳網で 431.7 kg 標準偏差 256.3 kg) だった。昼の方が平均値は大きかったが、夜との間の差は統計学的に有意ではなかった (Wilcoxon の符号順位と検定 (両側): 有意水準 5%)。出現種数の平均値は夜の曳網で 41.9 種 (標準偏差 4.9 種)、昼の曳網で 35.3 種 (標準偏差 5.9 種) だった。平均出現種数は夜に多かった (Wilcoxon の符号順位と検定 (両側): 有意水準 5%)。

小海域内での漁獲種数は 84 種類だった。そのうち、夜に平均漁獲重量が多い種は 44 種 (10 種)、昼に平均漁獲重量が多い種は 40 種 (5 種)、夜に平均漁獲個体数が多い種は 46 種 (10 種)、昼に平均漁獲個体数が多い種は 38 種 (7 種) であった。なお、() 内は差が統計学的に有意であった種数である (Wilcoxon の符号順位と検定 (両側): 有意水準 5%) (Table 2)。

夜に出現頻度 (全曳網回数のうち漁獲があった回数の割合) が多かった種は 45 種、昼に出現頻度が高かった種は 29 種、昼と夜の出現頻度が同じだった種は 10 種だった。出現頻度について正確確率検定 (有意水準 5

%) を行ったところ、昼に出現頻度が高かったのはケンサキイカ *Loligo edulis*、夜に出現頻度が高かったのはアブオコゼ *Erisphex pottii*、コウベダルマガレイ *Crossorhombus kobensis*、ソコハリゴチ *Hoplichthys gilberti* であった (Table 2)。

この海域において水産業上重要と考えられる魚種についての結果を Fig. 3 から Fig. 5 および Table 3 に示した。

重要魚種で、夜に漁獲重量が多かった種はスルメイカ *Todarodes pacificus*、昼に漁獲重量が多かった種はケンサキイカ、マトウダイ *Zeus faber* であった (Fig. 3)。重要魚種以外で夜に漁獲重量が多かった種はアブオコゼ、カナド *Lepidotrigla guentheri*、コウベダルマガレイ、ソコハリゴチ、トサウデボソコウイカ *Seoia subtenuipes*、ハリイカ *Sepia madokai*、ヒメソコカナガシラ *Lepidotrigla hime*、ワスケフウリュウウオ *Malthopsis annulifera*、昼に漁獲重量が多かった種はヒメ *Aulopus japonius*、ベニテグリ *Foetorepus altivelis*、サギフエ *Macroramphosus scolopax* であった (Table 2) (Wilcoxon の符号順位と検定 (両側): 有意水準 5%)。

重要魚種で、夜に漁獲個体数が多かった種はスルメイカ、昼に漁獲個体数が多かった種はキダイ *Dentex tumifrons*、ケンサキイカ、マトウダイであった (Fig. 4)。重要魚種以外で夜に漁獲個体数が多かった種はアブオコゼ、カナド、コウベダルマガレイ、ソコハリゴチ、トサウデボソコウイカ、ハリイカ、ヒメジ、ヒメソコカナガシラ、ワスケフウリュウウオ、昼に漁獲個体数が多かった種はヒメ、ベニテグリ、サギフエであった

Seikai National Fisheries Research Institute

SS-RI Type Trawling net

Fig. 2 Plan of Seikai National Fisheries Research Institute SS-RI type trawl net used in the operation.

(Table 2) (Wilcoxon の符号順位和検定 (両側) : 有意水準 5 %)。

重要魚種で夜に平均体長が大きかった種はマアジ, ヒラツメガニ♀であった。昼に平均体長が大きかったのはサラサハギ, ヒラツメガニ♂であった (Fig. 5 および Table 3) (Welch の方法による t 検定 (両側) : 有意水準 5 %)。しかし, これらの種においても昼夜差は小さく, マアジで 0.81 cm, サラサハギで 1.64 cm, ヒラツメガニ♀で 0.25 cm, ヒラツメガニ♂で 0.3 cm であっ

た。

また, 以下のようにして, 昼のみに曳網した場合 (昼曳網), 夜のみに曳網した場合 (夜曳網), および, 半分の回数を昼に, 残り半分の回数を夜に曳網した場合 (昼夜曳網) それぞれについて, 総曳網回数ごとの出現種数を比較した。

昼の 8 曳網から重複を許さずに n 曳網 ($n=2, 4, 6, 8$) を抽出する組み合わせのすべてについて出現した総種数を求めた。夜の曳網についても同様に求めた。また, 8

Table 2 Catch weights, numbers and occurrence by species

Nomenclature	English name	Catch weight (kg)			Catch number			Occurrence	
		Average	s	±	Day Average	s	±	Day	Night
<i>Acanthaphritis barbata</i>	Smallmouth argentine	—	—	0.00	—	—	—	0	1
<i>Argentina kagoshimae</i>		1.31	2.05	1.01	49.93	72.03	3.97	5	4
<i>Ariosoma shiroanago shiroanago</i>		—	—	0.10	—	—	24.54	0	1
<i>Armoglossus polyspilus</i>		0.11	0.31	—	6.11	17.30	4.03	1	0
<i>Armoglossus tenuis</i>		—	—	0.38	—	—	—	0	3
<i>Armoglossus yamanakai</i>		—	—	0.25	—	—	12.01	0	3
<i>Arothron firmamentum</i>		—	—	0.70	—	—	4.08	0	1
<i>Aulopus japonicus</i>	Japanese aulops	0.99	2.69	1.87	69.19	189.09	36.14	2	3
<i>Bathycallionymus formosanus</i>		15.96	16.13	4.73	352.01	246.61	128.12	7	8
<i>Bathycallionymus kaianus</i>		—	—	0.04	—	—	2.00	0	1
★ <i>Branchiostegus japonicus</i>	Kai dragonet	0.06	0.16	0.38	2.11	5.96	22.47	1	4
<i>Cantherhines multilineatus</i>	Red tilefish	2.04	5.77	—	2.26	6.39	—	1	0
<i>Chactodon modestus</i>	Brownbanded butterflyfish	0.14	0.41	0.02	2.06	5.83	1.99	1	1
<i>Champsodon snyderi</i>	Benttooth	—	—	0.01	—	—	1.98	0	1
<i>Charybdis riversandersoni</i>		0.00	0.01	—	2.11	5.96	—	1	0
<i>Chaunax abei</i>		0.62	1.05	0.22	20.53	36.01	5.99	3	2
<i>Chelidonichthys spinosus</i>	Bluefin searobin	1.95	2.36	1.63	31.12	31.79	11.89	6	7
<i>Citharoides macrolepidotus</i>		1.00	2.82	—	2.14	6.06	21.50	1	0
★ <i>Conger myriaster</i>	Largescale flounder	1.26	1.91	0.70	10.49	17.58	14.26	3	3
<i>Crossorhombus kobensis</i>	Common japanese conger	—	—	0.70	—	—	2.06	0	1
<i>Dacotus peterseni</i>	Broad-forehead flounder	0.04	0.07	0.40	4.17	7.73	46.89	2	7
<i>Dactylopterus acaadsi</i>	Starry flying gurnard	0.54	1.54	—	4.14	11.72	—	1	0
★ <i>Dentex tumifrons</i>	Redfin jack mackerel	0.03	0.10	—	2.04	5.78	—	1	0
<i>Dipturus kvaangtungenses</i>	Yellow sea bream	30.06	25.42	9.38	202.07	184.29	54.49	8	7
★ <i>Doederleinia berycoides</i>	Kwangtung skate	2.37	6.44	0.23	4.08	7.55	3.98	2	2
<i>Echelus uroperus</i>	Blackthroat seaperch	1.22	3.44	1.93	4.12	11.65	6.10	1	3
<i>Erisiphex potii</i>	Arrowhead worm eel	—	—	0.03	—	—	43.72	0	1
<i>Fistularia petimaba</i>	Serrate flutemouth	0.05	0.13	0.46	2.26	6.39	30.44	1	6
<i>Foclorepus altivelis</i>	Serrate flutemouth	0.00	0.01	—	2.03	5.75	—	1	0
<i>Halautaea sp.</i>	Red dragonet	3.50	5.74	1.46	53.98	84.27	22.44	6	4
<i>Halautaea stellata</i>		—	—	0.04	—	—	1.98	0	1
<i>Hoplichthys gilberti</i>	Red batfish	—	—	0.49	—	—	2.06	0	1
★ <i>Hoplobrotula armata</i>	Gilbert's spiny flathead	0.07	0.12	0.41	4.32	8.01	24.57	2	7
★ <i>Ibacus ciliatus</i> ♀	Snubnose brotula	4.31	4.15	3.24	12.58	11.67	6.12	5	3
★ <i>Ibacus ciliatus</i> ♂	Japanese fan lobster ♀	3.13	3.68	2.56	27.11	31.65	22.60	5	5
★ <i>Ibacus novemdentatus</i> ♀	Japanese fan lobster ♂	2.83	1.94	1.87	27.57	18.25	18.39	7	3
★ <i>Ibacus novemdentatus</i> ♂	Large-toothed sand crayfish ♀	0.03	0.10	1.15	2.26	6.39	8.17	0	3
<i>Japonoconger siricolus</i>	Large-toothed sand crayfish ♂	—	—	0.23	—	—	16.16	0	2
<i>Japonolaeps dentatus</i>		—	—	0.88	—	—	2.06	0	2
★ <i>Kauiarinus equula</i>	Whitefin trevally	—	—	0.17	—	—	8.15	0	3
<i>Lepidotrigla abyssalis</i>	Abyssal searobin	2.24	1.80	2.75	106.19	94.61	68.15	8	8
<i>Lepidotrigla guentheri</i>	Redbanded searobin	21.51	22.26	36.96	795.83	826.13	1417.46	7	7
★ <i>Lophiomus setigerus</i>		6.82	5.45	14.80	83.13	68.82	188.09	8	8
		11.34	25.35	26.03	445.66	1011.17	1045.46	7	8
		2.14	1.97	0.22	52.28	32.02	6.04	8	2
		0.33	0.93	1.98	2.14	6.06	6.22	1	3

Table 2 Catch weights, numbers and occurrence by species (Continued)

Nomenclature	English name	Catch weight (kg)			Catch number			Occurrence	
		Day Average	s	Night Average	Day Average	s	Night Average	Day	Night
<i>Lophius litulon</i>	Yellow goosfish	0.02	0.07	3.26	2.04	5.78	4.06	1	2
<i>Macroramphosus scolopax</i>	Japanese snipefish	16.49	20.21	3.51	1600.56	1667.38	335.94	8	8
<i>Mallophopsis annulifera</i>		0.01	0.03	0.31	2.06	5.83	41.07	1	6
<i>Monocentris japonica</i>	Pineapple fish	—	—	0.34	—	—	4.04	0	2
★ <i>Muraenesox cinereus</i>	Pike eel	0.62	1.75	—	2.07	5.86	—	1	0
<i>Octopus cyanea</i>		0.50	0.95	—	4.10	7.58	—	2	0
<i>Octopus vulgaris</i>	Common octopus	—	—	0.05	—	—	2.06	0	1
<i>Okamejei acutispina</i>		—	—	0.88	—	—	2.00	0	1
★ <i>Ovalipes punctatus</i> ♀		16.30	18.22	25.58	160.83	174.33	255.27	8	7
★ <i>Ovalipes punctatus</i> ♂		63.45	60.01	53.25	395.21	416.07	327.73	8	7
<i>Parabothis coarctatus</i>		0.09	0.26	—	2.11	5.96	—	1	0
<i>Physiculus japonicus</i>		—	—	0.06	—	—	1.98	0	1
<i>Plagiosetella glossa</i>	Tounge flounder	—	—	0.15	—	—	8.04	0	2
★ <i>Pleuronichthys</i> sp.	Pleuronichthys sp	—	—	1.67	—	—	12.13	0	4
<i>Poeclopsetta plinthus</i>	Brick sole	0.16	0.29	1.02	6.24	8.62	30.42	3	6
<i>Proscyllium haberei</i>	Graceful catshark	—	—	0.58	—	—	2.06	0	1
<i>Pterygotrigla hemistictata</i>		0.77	2.19	0.78	6.33	17.89	10.07	1	3
★ <i>Saurida</i> sp.		1.70	4.81	2.60	6.19	17.50	8.10	1	3
★ <i>Scomber australasicus</i>	Spotted mackerel	2.09	5.92	0.22	10.71	30.28	1.99	1	1
★ <i>Scomber japonicus</i>	Pacific mackerel	24.89	67.50	—	9.04	25.58	—	2	0
<i>Scorpaena neglecta</i>	Izu scorpionfish	1.69	3.24	2.05	4.10	7.58	6.18	2	3
<i>Sebastes tertius</i>		0.66	1.22	—	4.12	7.62	—	2	0
<i>Scotia subtenipes</i>		0.61	0.95	2.92	26.80	26.32	65.72	5	8
<i>Sepia (Dorotosepion)</i> sp.		0.64	0.42	0.59	39.81	24.62	48.78	7	7
<i>Sepia madokai</i>		0.71	1.01	2.60	8.30	12.51	28.74	3	7
<i>Sepia pardex</i>		0.45	1.28	1.04	2.06	5.83	4.04	1	2
<i>Sphoeroides pachygaster</i>	Slackskinned puffer	0.30	0.84	—	2.14	6.06	—	1	0
★ <i>Sphyræna japonica</i>	Japanese barracuda	0.23	0.64	—	2.03	5.75	—	1	0
<i>Synagrops japonicus</i>	Japanese splitfin	0.15	0.27	—	4.40	8.15	—	2	0
<i>Synodus macrops</i>	Crossbarred lizardfish	0.35	0.40	—	18.51	23.84	—	4	0
★ <i>Thamnaconus hypargyreus</i>		4.34	6.17	3.74	71.03	104.74	85.92	6	8
<i>Thamnaconus tessellatus</i>	Tessellated leatherjacket	0.11	0.30	—	2.06	5.83	—	1	0
★ <i>Todarodes pacificus</i>	Japanese common flying squid	5.07	4.81	31.59	42.50	37.51	246.69	6	8
★ <i>Trachurus japonicus</i>	Japanese horse mackerel	350.82	595.66	106.77	4464.48	7659.91	1420.70	7	8
<i>Triacanthodes anomalus</i>	Red spikefish	0.02	0.05	0.17	2.06	5.83	10.38	1	3
<i>Upeneus japonicus</i>	Goatfish	3.69	8.10	0.88	98.93	199.88	18.77	7	5
<i>Xenocphalus elongatus</i>	Bluespotted stargazer	—	—	0.66	—	—	1.98	0	1
<i>Zenopsis nebulosa</i>	Mirror dory	0.02	0.07	—	2.04	5.78	—	1	0
★ <i>Zeus faber</i>	Target dory	5.79	6.23	2.55	97.56	89.58	16.49	8	5

Species indicated by “★” are commercially important species

Averages and the standard deviations (s) of catch weights (kg) and catch numbers per operated area (km²), and the occurrences or the number of tows in which the species is caught are shown for day and night for all the species considered.

Statistical significance of difference between averages in the day and the night are shown by “+”, “-”, “.” or “.”; “+” or “-” indicates that the average in the day is significantly larger than that in the night, “.” indicates that the average in the day is significantly smaller than that in the night, and “.” indicates that the difference is not statistically significant.

Fig. 3 Average catch weights per operated area in the day, horizontal axis, and those at night, vertical axis, for commercially important species in East China Sea. Solid circle indicates that there is a significant difference between day and night.

Fig. 5 Average lengths of individuals caught in the day, horizontal axis, and those at night, vertical axis, for commercially important species in East China Sea. Solid circle indicates that there is a significant difference between day and night.

Fig. 4 Average numbers of individuals caught per operated area in the day, horizontal axis, and those at night, vertical axis, for commercially important species in East China Sea. Solid circle indicates that there is a significant difference between day and night.

定点から重複を許さずに抽出した n 個 ($n=2, 4, 6, 8$) の定点から、各定点で1曳網かつ昼夜の曳網回数が1:1になるように漁獲データを抽出するすべての組み合わせについても同様に総出現種数を求めた。これらの結果を Table 4 にまとめた。

同一曳網回数のもとでの出現種数は、夜曳網と昼夜曳網では大きな差がなかったが、昼曳網では他の二つの場合より少なかった。また、操業回数が増えるにつれ、昼夜曳網の出現種数が夜曳網のそれを超えていく傾向がみ

てとれた。これは、夜のほうが昼より一回あたりの出現種数は多いものの、夜だけの曳網では夜に獲られにくい種が出現しにくいいため、それらの種をも獲らえることができる昼夜曳網時の種数が、曳網回数の増加に伴い、相対的に多くなると考えられる。

考 察

今回出現した多くの種において着底トロール曳網における漁獲重量、漁獲個体数、平均体長、出現種数、出現頻度に昼夜差が認められた。

本研究の曳網で漁獲された魚種と既往研究の対象魚種が一部しか一致しないため両者の結果の比較は十分に行えないが、重要魚種については以下になる。

松岡¹⁴⁾の結果とは、ケンサキイカ、キダイの漁獲個体数が昼に多いという点は一致した。また、ヨロイタチウオ *Hoplobrotula armata* の漁獲個体数について彼らは夜に多いとしているが、本研究では昼にしか漁獲がなかった。マトウダイについて、彼らは昼夜差を認めていないが、本研究では漁獲重量、漁獲個体数ともに昼に多いという結果であった。アカアマダイ *Branchiostegus japonicus* の漁獲個体数について彼らは夜に多いとしているが、本研究では昼にしか漁獲がなかった。なお、彼らの用いた検定方法（カイ二乗検定）は本研究の検定方法（Wilcoxon の符号順位検定）と異なるので、同列に比較できないことに注意が必要である。また、彼らは主要魚種では昼夜の体長に顕著な差が見られなかったとしているが、本研究ではマアジ、ヒラツメガニ♂は昼に大きく、サラサハギ、ヒラツメガニ♀は夜に大きいとい

Table 3 Lengths of the fishes caught

Nomenclature	English name	Length (cm)			
		Day		Night	
		Average	Standard deviation	Average	Standard deviation
<i>Doederleinia berycoides</i>	Blackthroat seaperch	26.3	3.5	29.8	4.2
<i>Kaiwarinus equula</i>	Whitefin trevally	7.6	3.2	8.3	3.2
<i>Dentex tumifrons</i>	Yellow sea bream	16.9	2.0	17.6	2.9
<i>Saurida sp.</i>		27.8	9.5	32.1	1.2
<i>Loligo edulis</i>	Swordtip squid	7.7	3.5	7.3	2.1
<i>Scomber australasicus</i>	Spotted mackerel	23.2	5.6	20.8	—
<i>Thamnaconus hypargyreus</i> *		14.5	2.0	12.9	3.5
<i>Todarodes pacificus</i>	Japanese common flying squid	15.7	4.2	17.2	2.0
<i>Trachurus japonicus</i> *	Japanese horse mackerel	17.0	1.0	17.8	1.2
<i>Zeus faber</i>	Target dory	13.9	2.0	15.9	9.6
<i>Hoplobrotula armata</i>	Snubnose brotula	34.5	3.8	38.8	9.2
<i>Ibacus ciliatus</i> ♀	Japanese fan lobster ♀	5.0	0.4	5.0	0.6
<i>Ibacus ciliatus</i> ♂	Japanese fan lobster ♂	4.9	0.5	4.6	0.4
<i>Ibacus novemdentatus</i> ♀	Large-toothed sand crayfish ♀	4.8	—	3.4	2.8
<i>Ibacus novemdentatus</i> ♂	Large-toothed sand crayfish ♂	4.8	1.4	4.0	0.5
<i>Ovalipes punctatus</i> ♀ *		6.7	0.8	6.9	0.8
<i>Ovalipes punctatus</i> ♂ *		8.0	0.9	7.7	1.0

Lengths are shown by standard length for finfishes, by carapace length for a lobster and a cray fish, and by carapace width for a crab *Ovalipes punctatus*. Fishes with “*” are species whose average lengths are significantly different between day and night.

Table 4 The number of species appearing in the catch for the number of tows and the time of operation, “day”, “night” or “day and night”. Median and the range (Minimum-Maximum) are shown. The number of species are calculated by taking out all the combination of tows that satisfy the specified condition. For example, there are ${}_8C_4 (=70)$ possibilities for choosing four tows in the day. The numbers in the cell specified by “day” and “4” are the median of the number of species appearing in these combinations of tows, 45, followed by the range of it (Minimum = 41 and Maximum = 50).

Number of tows	Day	Night	Day and night
2	34 (30–39)	41.5 (34–52)	38.5 (33–49)
4	45 (41–50)	52 (43–60)	51 (42–62)
6	54 (56–50)	59 (53–63)	59 (49–68)
8	60	63	65 (59–71)

う結果であった。しかし、本研究で認められた昼夜の体長差は小さく、その意味では彼らの結果と矛盾しない。

また、本研究では調査を6月に行ったが、松岡ら¹⁴⁾は12月に行っている。東シナ海・黄海の底魚類では種により季節的な分布域変化のパターンが異なることが知られており、周年を通じて今回の調査海域である陸棚縁辺域に分布するのはキダイ、ケンサキイカ、キントキダイ、ヨロイイタチウオ、アカアマダイ、ウマヅラハギ等に限られる。¹⁵⁾ このことが本研究と松岡ら¹⁴⁾の研究との

間で結果を比較できる魚種が少なくなった原因の一つであろう。

当業船の漁獲データをもとにした佐々木・小池¹²⁾が扱った魚種はタチウオ *Trichiurus lepturus*, キグチ *Pseudosciaena manchurica*, タイショウエビ *Penaeus orientalis* の3種で、いずれも今回は漁獲がなかったため比較できなかった。また、同じく当業船のデータをもとにした最首・小島¹³⁾はメイトガレイ *Pleuronichthys cornutus* (ナガレメイトガレイ *Pleuronichthys sp.*) (彼らは二つの種を分類していない) が夜間によく獲れるという結果を得、この種が昼に浮上し夜間は底にいと推察しているが、ナガレメイトガレイについての今回の結果はそれとは矛盾しなかった。それ以外の魚種については漁獲がなかったため、比較することができなかった。

最首・小島¹³⁾は、昼夜の漁獲差は魚群の垂直移動と集中拡散によるものとして議論している。本研究の結果もこれらの要因により説明される可能性がある。一方 Walsh⁷⁾は、Yellow tail flounder *Limanda ferruginea* の漁獲の昼夜差を研究し、夜間の漁獲が多いことを示した。そして、その原因を昼間には摂餌活性が高く、また視覚によって漁具を確認し逃避できるためではないかと推察している。一般的にトロール網に対する魚類の反応においては視覚が重要であり、環境の照度に影響を受けるとされている。¹⁶⁾ 本研究における操業は曳網水深 125 ~ 145 m の範囲で、月齢 4 から 8 (三日月から半月) で

かつ曇天もしくは雨天のもとで行われた。北洋における事例ではあるが、月齢 15 (満月) のもとでの 150 m 水深での照度は 10^{-6} lx 程度であるとされ、ハドックなどの魚類のトロール網に対する反応の閾値照度に一致する。¹⁷⁾ これらのことから、本研究では夜間において視覚による漁具の回避行動がなかったあるいは抑制されたことも昼夜差の原因となっている可能性がある。

緒言で述べたように、漁獲量や漁獲個体数の昼夜差があるのにそれを無視することは、調査船調査のデータからの資源量推定において問題をもたらす。昼夜の操業を行った場合には、いずれかのデータを漁獲効率の差にもとづいて補正しなければ、たとえ資源量が同じであっても、昼に操業するか夜に操業するかによって推定値に大きな差がでてしまう。たとえば、本研究の結果からはスルメイカの昼の漁獲効率は夜のその 0.15 倍程度であると推定されるが (Table 2), この差を無視して資源量推定を行えば、資源量推定値にバイアスをもたらさう。それだけでなく、漁獲効率の差による観測値のばらつきによって、資源量推定値の精度が過小に評価されることになる。これらのことから、直接推定調査においては、日中のみに操業することにより昼夜差の影響を軽減するか、昼夜に操業するならば補正のための係数を何らかの方法で求めておく必要がある。一方で、日中にのみ操業を行い漁具効率が 1 であるとして資源量を推定すると、極端に過小となる。ただし、日中であっても、時間帯により漁具効率に差があるという報告があり、¹⁸⁾ 日中だけに操業することのみで問題がまったくなくなるわけではない。

漁業依存のデータの解釈においても、昼夜差は同様に問題をもたらす。すなわち、操業時間の異なる当業船のデータ同士、あるいは当業船と調査船のデータを比較する際には、昼夜の漁獲効率の差を考慮することが必要である。

資源管理においても、昼夜差の情報は有用である。たとえば、資源状態が悪く、保護が必要な種が特定の時間帯に選択的に漁獲されているならば、その時間帯における操業を抑制することがその種の資源保護に有効となりうる。ただし、本研究の結果のみからこのような資源管理手法が重要となる魚種を見いだすことは、できなかった。

昼夜での漁獲物のサイズ差の情報も同様に利用可能である。たとえば特定の時間帯にある魚種の小型個体が不合理漁獲されるならば、その時間帯における操業を抑制することが資源管理上有意義となりうる。ただし、本研究では、マアジなど一部の魚種で漁獲個体の体長に昼夜差が見られたもののその差は小さかった。これは松岡ら¹⁴⁾と矛盾しない結果である。

以上述べたように、昼夜における漁獲物の差の情報は

重要であるが、本研究から得られた情報は限られており、今後東シナ海海域における実態について、より充実した情報を得ることが望ましい。

出現種数についての検討からは、昼夜の曳網を組み合わせることによって、同じ回数の曳網でも漁獲される種数が多くなることがわかった。トロール調査の目的として、資源量推定に加え、調査場所の生物多様性のモニターが、今後重要になってくる可能性がある。ここで得られた結果は、効率よい生物多様性のモニターのためには昼夜の操業を組み合わせることに意義があることを示唆している。

謝 辞

本研究をおこなうにあたり、昼夜にわたる調査曳網を行っていただいた熊本丸の寺元省吾前船長をはじめとする乗組員の方々、データ解析に協力いただいた羽生和弘博士に感謝の意を表する。また、本研究は資源評価調査 (資源量直接推定調査【底魚類現存量調査 (東シナ海)】) の一環として行われた。

文 献

- 1) 柏井 誠. 北大西洋の漁業調査船に学ぶ. 次世代の漁業調査船のために (第 1 回). 漁船 2001; **351**: 28-40.
- 2) 柏井 誠. 北大西洋の漁業調査船に学ぶ. 次世代の漁業調査船のために (第 2 回). 漁船 2001; **352**: 35-58.
- 3) Hjellvik V, Godo OR, Tjostheim D. Diurnal variation in bottom trawl survey catches: does it pay to adjust? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 2002; **59**: 33-48.
- 4) Benoit HP, Swain, DP. Accounting for length- and depth-dependent diel variation in catchability of fish and invertebrates in an annual bottom-trawl survey. *ICES J. Mar. Sci.* 2003; **60**: 1298-1317.
- 5) Casey JM, Myers RA. Diel variation in trawl catchability: is it as clear as day and night? *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 1998; **55**: 2329-2340.
- 6) Nicholson MD, Jennings S. Testing candidate indicators to support ecosystem-based management: the power of monitoring surveys to detect temporal trends in fish community metrics. *ICES J. Mar. Sci.* 2004; **61**: 35-42.
- 7) Walsh SJ. Diel variability in trawl catches of juvenile and adult yellowtail flounder on the Grand Banks and the effect on resource assessment. *N. Am. J. Fish. Mang.* 1988; **8**: 373-381.
- 8) Engas A, Soldal AV. Diurnal variation in bottom trawl survey catch rates of cod and haddock and their influence on abundance indices. *ICES J. Mar. Sci.* 1992; **49**: 89-95.
- 9) Korsbrekke K, Nakken O. Length and species-dependent diurnal variation of catch rates in the Norwegian Barents Sea bottom-trawl surveys. *ICES J. Mar. Sci.* 1999; **56**: 284-291.
- 10) Brodziak J, Hendrickson L. An analysis of environmental effects on survey catches of squids *Loligo pealei* and *Illex illecebrosus* in the northwest Atlantic. *Fish. Bull.* 1999; **97**: 9-24.
- 11) Adlerstein S, Ehrich S. Effect of deviations from target speed and of time of day on catch rates of some abundant

- species under North Sea International Bottom Trawl Survey protocol conditions. *ICES J. Mar. Sci.* 2002; **59**: 594–603.
- 12) 佐々木幸康, 小池 篤. トロール網に入る 2, 3 の水族の昼夜間による漁獲差について. 日水誌 1959; **25**: 111–116.
- 13) 最首光三, 小島喜久雄. 東海・黄海における底棲魚類の生態-I. 鉛直移動について. 西水研研報 1960; **19**: 1–13.
- 14) 松岡正信, 時村宗春, 藤田 轟, 北島忠広. 東シナ海におけるトロール漁獲物組成の昼夜差に関する一考察. 西水研研報 1991; **70**: 1–9.
- 15) 時村宗春. 東・黄海における底魚類の資源評価手法の現状と問題点. 漁業資源研究会議西日本底魚部会報 1994; **22**: 41–57.
- 16) 張 秀梅. トロール漁法の漁獲過程. 「魚の行動生理学と漁法」(有元貴文, 難波憲二編) 恒星社厚生閣, 東京. 1996; 21–30.
- 17) Glass CW, Wardle CS. Comparison of the reactions of fish to a trawl Gear, at high and low light intensities. *Fish. Res.* 1989; **7**: 249–266.
- 18) Adlerstein S, Ehrich S. Patterns in diel variation of cod catches in North Sea bottom trawl surveys. *Fish. Res.* 2003; **63**: 169–178.