

論文

兵庫県但馬沿岸域におけるソデイカ釣り漁業のCPUEの比較検討

宮原一隆^{*1}・五利江重昭^{*2}

Comparison of CPUEs in the Diamond Squid Angling Fishery off Hyogo Prefecture, the Sea of Japan

Kazutaka MIYAHARA^{*1} and Shigeaki GORIE^{*2}

To obtain basic information on fishery biology of the diamond squid *Thysanoteuthis rhombus* in the Sea of Japan, two CPUE indices (catch per unit effort) were compared on the basis of statistical analyses and the actual conditions of the *T. rhombus* fishery off Hyogo Prefecture. Statistical CPUE (C_s) at JF Kasumi-cho (Kasumi-cho Fisheries Co-operative Association) as well as estimated CPUE (C_e) off Hyogo Prefecture from market research and vessel log books fluctuated inter-annually, suggesting environmental conditions control the annual migration level into the Sea of Japan. The two indices were highly correlated with each other and fluctuated through September to November. Mean value of C_e in 1999-2004 peaked in early Oct, suggesting immigration and/or recruitment continued after fishing season started. Among indices related with fishing effort, total fishing days and total fishing hours better fitted with total catch than other indices involving total number of floats, and would be available to future analyses. Strong correlation between C_s and C_e suggests that advanced technologies such as analyses of fishing ground formation and mid- or short-time forecasts of fishing condition are possible using the two indices along with geographical information.

キーワード：ソデイカ，日本海，CPUE，漁況，釣り漁業

日本海は，南西諸島周辺海域とともにソデイカ *Thysanoteuthis rhombus* の主漁場であり，島根県から新潟県の各府県沿岸海域で広くソデイカ漁業が行われている。¹⁻²⁾ 日本海におけるソデイカ漁獲量の年変動は大きい（変動係数 = 82.2，1989-2002年），各府県漁獲量の変動は同調しており，資源変動が広域的な要因，特に水温等の環境条件に強く影響を受ける可能性が示唆されている。³⁾ これは，寿命が短く，成長が速く，再生産活動後は速やかに世代交代するという「イカ類」に広く共通した特徴⁴⁻⁶⁾ によるものと考えられ，多くのイカ類資源と同様に，⁷⁻¹²⁾ 日

本海のソデイカ資源についても環境条件を指標とした水産海洋学的なアプローチが適用し得る。

具体的な解析例として，兵庫県香住町漁協（JF香住町，Fig.1）における盛漁期（9-11月）の単位漁獲努力量当たり漁獲量（CPUE，ソデイカ釣り漁船1日1隻当たり漁獲量）が6月の対馬海峡周辺海域の環境条件（水温，塩分，潮位，流量）と強く相関していることが報告されており，環境条件を説明変数，CPUEを目的変数とした重回帰分析により，ソデイカの長期漁況予測が行われている。³⁾ この手法は，漁期を通じた漁況の全体像を事前に評価するに

^{*1} 兵庫県立農林水産技術総合センター但馬水産技術センター（669-6541 兵庫県美方郡香美町香住区境1126-5）

^{*2} 兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター（674-0093 兵庫県明石市二見町南二見22-2）

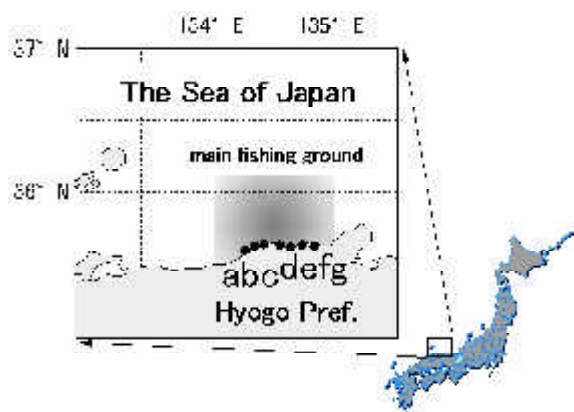


Fig.1 Map of study area showing fishery ground of the diamond squid *Thysanoteuthis rhombus* off Hyogo Prefecture. Vessel log books were collected from 7 fishery regions in Tajima, Hyogo. a: Igumi, b: Moroyose, c: Hamasaka, d: Kasumi (JF Kasumi-cho), e: Shibayama, f: Takeno, g: Tsuiyama.

は有効ではあるが、中短期の変動（漁期中の月別・旬別漁況等）を適正に評価するには十分とは言えず、より高精度な予測技術の開発が課題となっている。

また、山陰海域では、水塊配置（水温分布等）とソデイカ釣り漁船の操業位置が現象的に関連していることから、現場の環境条件が漁場形成にも影響していることが示唆されている。¹³⁻¹⁵ ソデイカの分布量を時系列に従って平面的または空間的に定量化するためには、まずは分布の水準を適正に評価し得る指標の選択が必要となる。

そこで本報では、ソデイカ漁況の予測技術の高度化と漁場形成機構の解明に向けた第一段階として、異なる方法で算出したCPUEの変動や相互の関連性について検討し、漁業実態と併せて考察した。また、漁獲努力量に関連する諸項目についても、その有用性を比較検討した。

材料と方法

漁獲統計資料 漁獲の実態を表す資料として、兵庫県下で最もソデイカ水揚げ量の多いJF香住町（香

住町漁業協同組合）の日別統計資料を用いた。対象漁業種はソデイカ釣り漁業（樽流し立縄漁業と一本釣り漁業、いずれも10トン未満船による操業）¹⁶とした。JF香住町では、漁船毎に個々の漁獲物の体重を実測し、精度の高い総漁獲量を算出している。日別漁獲量と漁獲隻数の統計値（1999-2004年）から、ソデイカ盛漁期¹⁾である9-11月の旬別CPUE（期間内の漁獲量を延べ出漁隻数で割ったもの：kg/（日・隻））を算出し、観測値によるCPUE（ C_o ）とした。

市場調査資料 JF香住町（Fig.1）での市場調査により、漁獲物の外套長組成を求めた。測定は、ランダムに選択した任意の漁船毎の全漁獲物を対象とし、外套長を1cm単位で測定した。平均体重の算出にあたっては、まず測定した外套長毎に外套長-体重関係式¹⁷⁾を用いて個々の換算体重を計算した後、1999-2004年各9-11月の旬別平均体重を求めた。

標本船調査資料 兵庫県但馬地域の7地区（居組、諸寄、浜坂、香住、柴山、竹野、津居山、Fig.1）から出漁日数の多いソデイカ釣り漁船（樽流し立縄漁業、10トン未満船）各1隻を選任し、1999-2004年の9-11月に操業日毎の日誌記帳を依頼した。調査項目は、操業時間（h）、漁具数（使用した樽数、f）、漁獲尾数である。体長や体重等、漁獲物のサイズに関する項目は、船上での操業効率の低下や計測誤差が懸念されたため、調査対象としなかった。ソデイカ漁獲物の組成は、鳥取・兵庫・福井の漁場間で明瞭な差異は検出されていない。¹⁸⁾ そこで本報では、7地区の漁獲物の旬別体長組成は同一旬内で差がないと仮定した。JF香住町での市場調査の結果から求めた旬別平均体重を該当する期間の日別漁獲尾数に乗ずることにより各標本船の日別漁獲重量を算出した。全標本船の日別漁獲重量の旬別合計（ Y , kg）を当該期間の延べ操業日数（ d , 日・隻）で除した値を但馬沿岸におけるCPUEの推定値（kg/（日・隻）, C_e ）とした。推定値（ C_e ）と上述の観測値（ C_o ）との関係を統計学的に検定し、妥当性

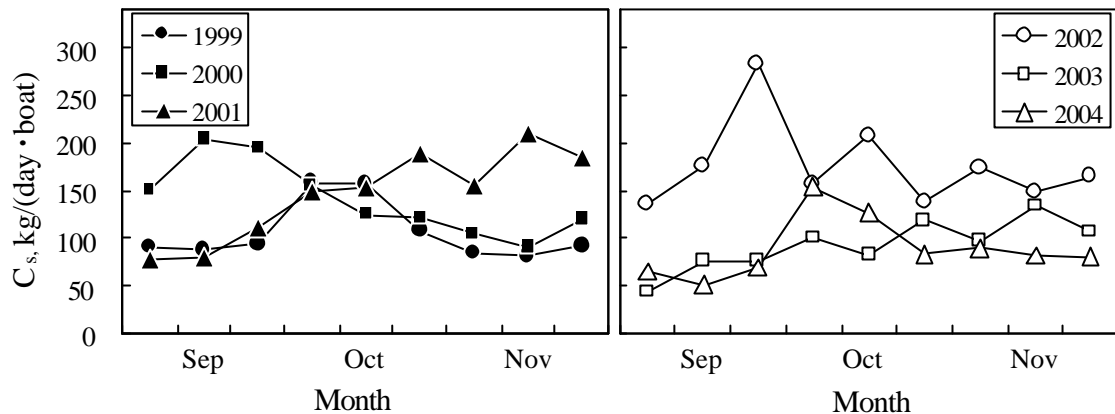


Fig.2 Monthly changes of statistical CPUE (C_s) at JF Kasumi-cho in 1999-2004.

を考察した。

さらに、標本船調査で得られた漁獲努力量に関する4項目について、上で求めた調査期別(旬別)の漁獲量(Y)との相関係数を求め、比較検討した。検討した項目は、調査期別の延べ操業日数(d , 単位は日・隻), 延べ操業時間(h , 時間・隻), 延べ使用樽数($d \cdot f$, 日・個), 延べ使用時間・樽数($h \cdot f$, 時間・個)である。

結 果

JF 香住町における調査期中の旬別CPUE (kg/(日・隻), C_s) は, 43.6-283.0の範囲で変動していた (Fig. 2)。二元配置分散分析により年間と旬間の変動性を検討したところ, 年間変動は有意 ($P < 0.01$) であったが, 旬間変動は保留された ($P > 0.05$)。市場調査で外套長を測定したソデイカの旬別個体数は155-4006であった (Table 1)。外套長組成と外套長-体重関係式から求めた旬別平均体重 (kg) は2.2-10.0の範囲にあり, 調査時期によって大きな差があった (Table 2)。

但馬沿岸のCPUEの推定値 (kg/(日・隻), C_e) は, 40.4-263.5の範囲で変動した (Fig. 3)。二元配置分散分析により年間と旬間の変動性を検討したところ, 年間変動, 旬間変動ともに有意であった ($P < 0.01$)。

Table 1 Number of the diamond squid *T. rhombus* measured at JF Kasumi-cho market in 1999-2004. Mantle length (ML) of each was measured to the nearest cm.

	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Early Sep	1195	1321	1382	2689	450	631
Mid Sep	296	1161	2596	2397	1236	311
Late Sep	832	1028	3126	2426	1342	1012
Early Oct	746	1072	1540	2247	2386	155
Mid Oct	965	1168	2831	2336	1650	1538
Late Oct	491	1966	4006	1771	1459	819
Early Nov	422	1714	3076	2532	893	860
Mid Nov	533	1357	3210	2013	1101	1017
Late Nov	372	958	2412	1573	523	942

Table 2 Mean body weight (BW, kg) of the diamond squid *T. rhombus*, obtained from the frequency distribution of MLs at the market and the ML-BW relationship after Miyahara and Gorie.¹⁷⁾

	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Early Sep	3.8	3.6	2.2	3.7	2.7	3.7
Mid Sep	4.0	4.4	2.5	3.8	3.6	4.5
Late Sep	5.6	4.9	3.1	4.6	3.6	4.7
Early Oct	7.2	5.7	3.8	5.0	3.7	7.0
Mid Oct	7.7	6.3	4.2	4.7	4.2	5.6
Late Oct	8.9	5.4	4.1	5.8	4.6	5.5
Early Nov	9.3	4.5	4.3	5.8	5.0	4.6
Mid Nov	9.9	4.9	4.5	5.2	5.6	5.0
Late Nov	10.0	4.9	5.7	4.7	6.1	4.9

C_s と C_e の両方に年間変動が見られたことから (Fig. 2, 3), 1999-2004年の年間CPUE (9-11月の総漁獲量/期間中の延べ出漁隻数)をそれぞれ Annual C_s , Annual C_e とし両者の関係を調べたところ, 相関関係が確認された ($P < 0.05$, Fig.4)。また, 旬間変動が有意であった C_e の平均値 (1999-2004年)の旬別変化を Fig. 5 に示した。6年間の平均CPUEは, 9月上旬から10月上旬にかけて増加し,

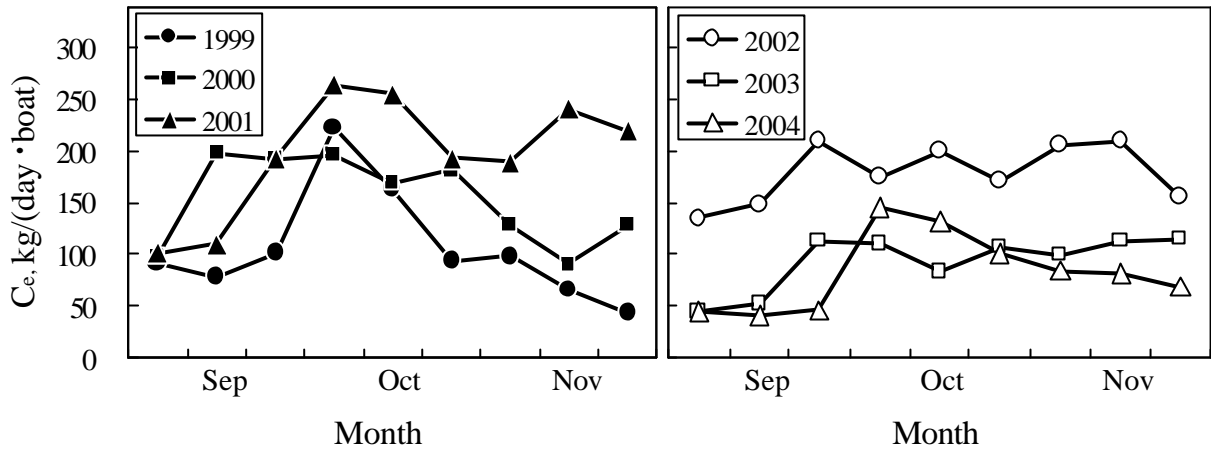


Fig.3 Monthly changes of estimated CPUE (C_e) off Tajima, Hyogo, in 1999-2004.

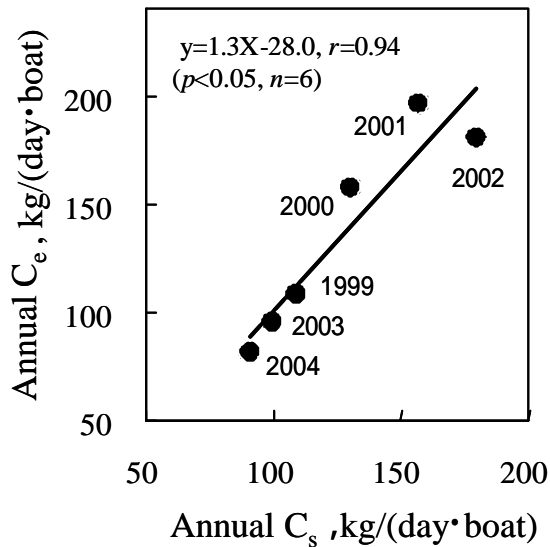


Fig.4 Relationship between annual statistical CPUE (C_s) and estimated CPUE (C_e) in 1999-2004.

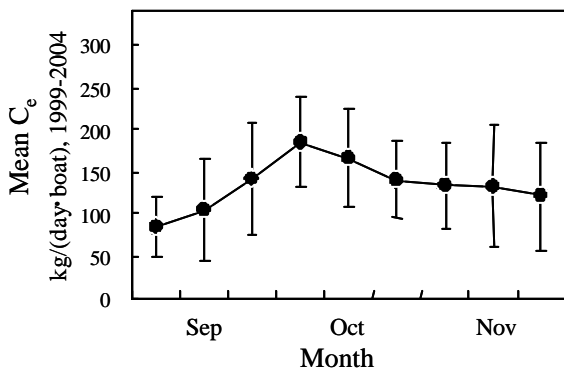


Fig.5 Monthly changes of mean estimated CPUE (C_e). Bars show \pm SD.

その後緩やかに減少した。

同一観測期間中における月別および期間全体の C_s と C_e との関係を Fig.6 に示した。9-11 月のいずれの月においても両者は強く相関しており、また期間全体としても対応が良いことが確認された ($P < 0.01$)。

標本船調査における漁獲努力量項目の検討結果を Fig.7 に示した。全ての項目で、調査期別の漁獲量 (Y) との間に相関関係が確認されたが ($P < 0.001$)、相関係数 (r) は、延べ操業時間 (h) との間で最も高く、以下、延べ操業日数 (d)、延べ使用時間・樽数 ($h \cdot f$)、延べ使用樽数 ($d \cdot f$) の順となった。

考 察

分散分析の結果から、JF 香住町の旬別 CPUE (C_s)、但馬沿岸の推定 CPUE (C_e) とともに年間変動が見られた ($P < 0.01$)。このことは、日本海のソデイカ資源水準がその年の環境条件に依存するという考え方³⁾ と整合する。両 CPUE の年別値が強く相関していたこと (Fig. 4) から、いずれの値も、漁場におけるソデイカの年間の資源水準を示す指標として有効であると考えられた。

旬間変動については C_s では保留 ($P > 0.05$)、 C_e では有意 ($P < 0.01$) と両者で異なる結果となった。兵

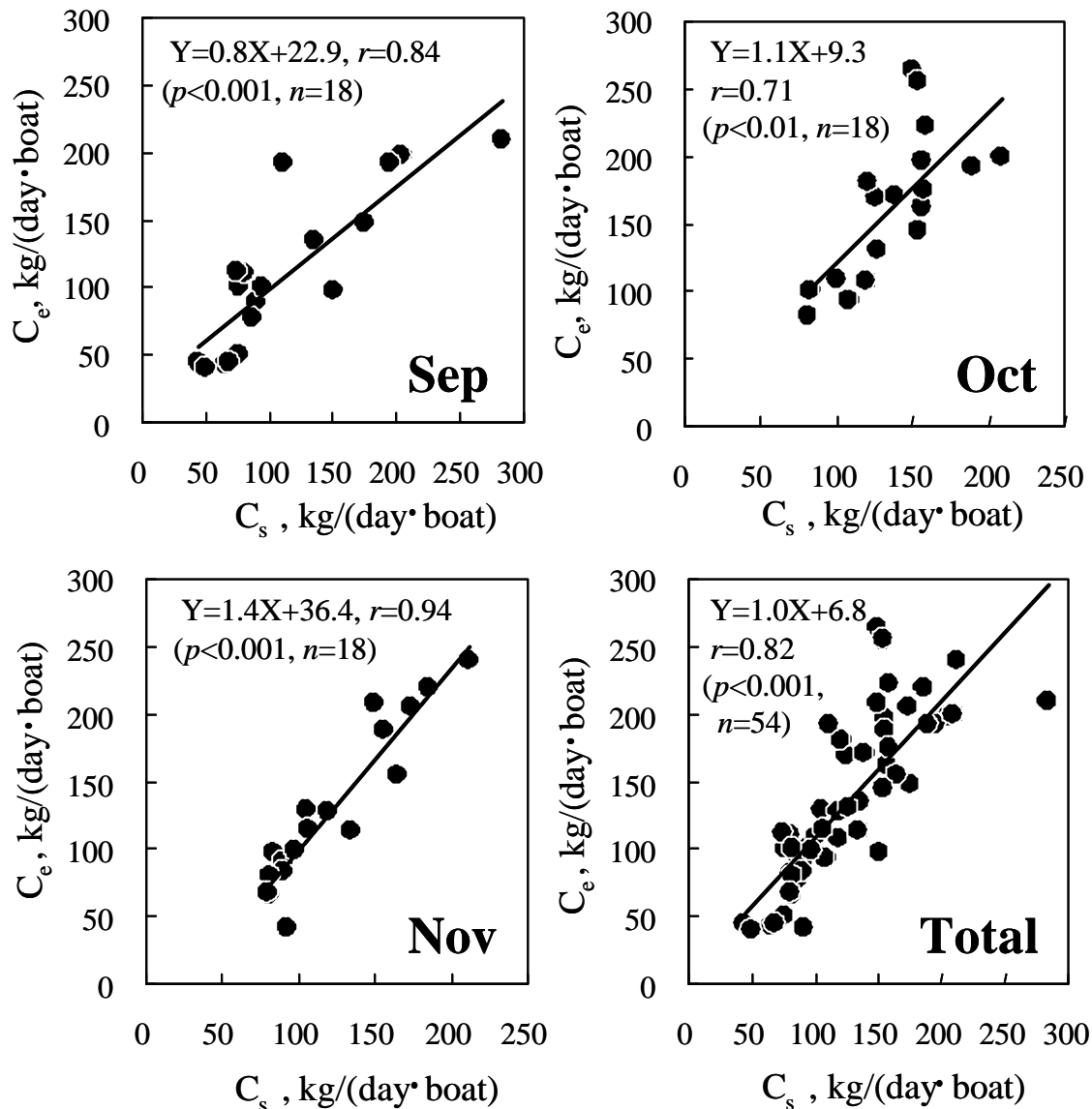


Fig.6 Relationship between statistical CPUE (C_s) and estimated CPUE (C_e) during and through September to November.

庫県でのソデイカの月別漁獲量は、例年10月に最多となる単峰型を示す。¹⁻²⁾ 仮に C_s における分散分析で設定された帰無仮説 (= 漁場における資源水準が旬間で一定, $P>0.05$) を採用すれば、漁獲量の増減は出漁隻数によって決まることになるが、ここで漁船1隻当たりの漁獲努力量が問題となる。すなわち、ソデイカ樽流し立縄漁業は日中操業であり、¹⁶⁾ 気温が高く労働条件の厳しい漁期初めには漁船規模が比較的大きい精力的な漁業者による漁獲が先行し、その後、盛漁期に向けてより規模の小さい漁船や夜間の一本釣りによる漁獲努力が加わる。また、

ソデイカ資源水準の高い年や時期のみに漁獲努力を向ける機会依存型の漁業者 (特に高齢の漁業者) も存在すること等の漁業実態を考えると、漁獲努力量の標準化を施さない統計資料から算出した C_s では、出漁隻数の多い時期においては資源水準が過小評価されている可能性がある。

一方標本船調査では、標本漁船 (樽流し立縄漁船) の漁獲能力は時期が変わってもほぼ一定であり、より適正な漁獲努力量を把握することが可能である。 C_s と C_e との月別相関関係では、全ての月、また漁期を通じて高い相関性が確認されたものの、

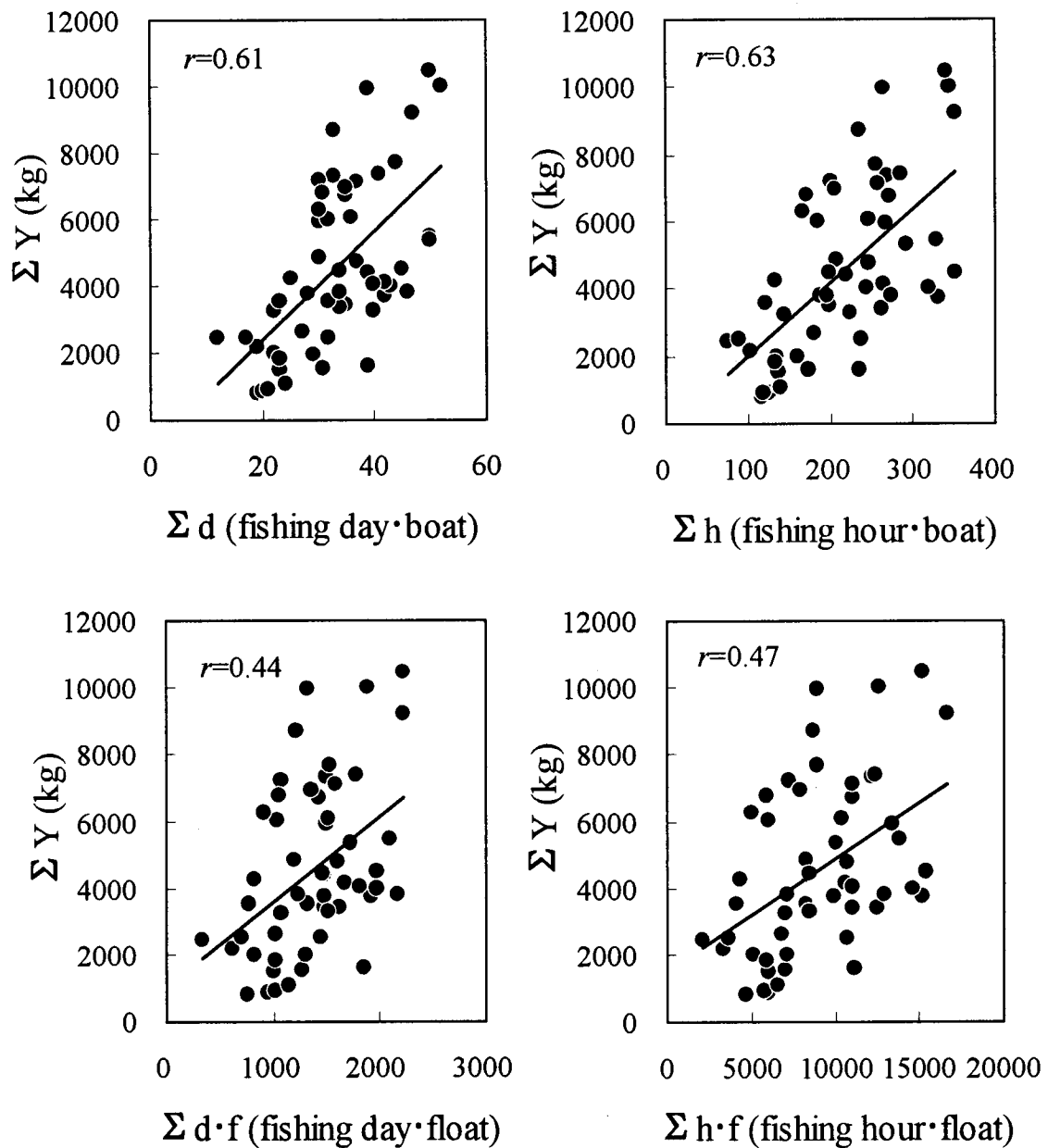


Fig.7 Relationship between indices of fishing effort and total catch (ΣY). d: fishing days, h: fishing hours, f: number of floats used.

月を追うほど直線の傾き、すなわち C_t に対する C_s の比が大きかった (Fig.6)。これは、9月よりも10月、10月よりも11月の C_s が、資源水準としては過小評価された結果であると考えられる。このことから、漁期の中短期的な漁況の変動等を解析するうえで、 C_s の方が資源水準の指標としてより精度が高いこと、また、兵庫県但馬沿岸域においては Fig. 5 のような CPUE の旬間変動が存在することが示唆

される。

旬別の C_s が9月から10月上旬にかけて上昇し、その後減少する原因としては、ソデイカの漁場における移入と移出、高い成長率^{13,19-20)}による1尾あたり体重の増加 (Table 2)、漁獲圧による資源の減少等が影響しているものと考えられる。特に漁期前半の上昇は、成長による増分だけでは十分に説明できず (Fig.5, 9月上旬の 84.8kg/(day·boat) が10月上旬に

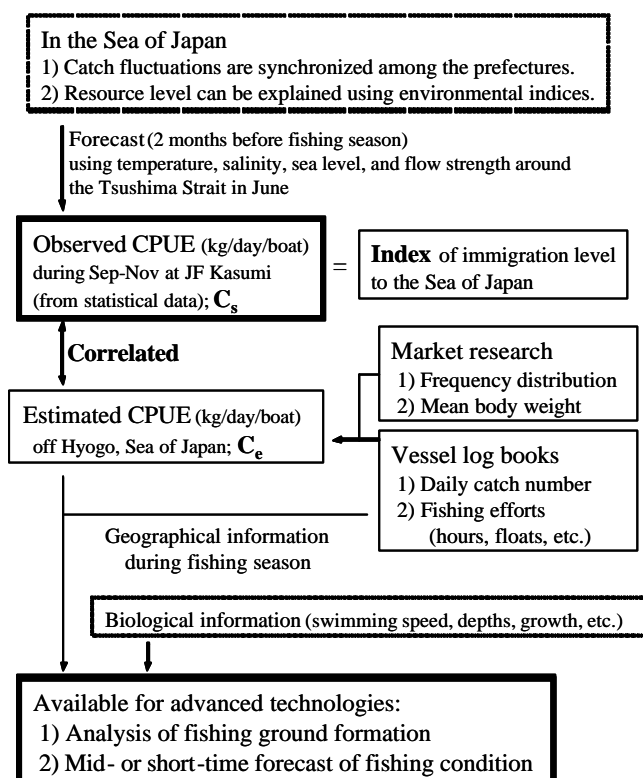


Fig.8 Schematic relationships between indices in the present study.

は185.2kg/(day・boat)にまで上昇), 漁場への移入(または加入)が10月頃まで継続している可能性が高い。日本海に來遊するソデイカは6月頃には対馬海峡部を通過すると考えられているが, 漁期の開始は早くて7月下旬であることから, 「兵庫県但馬沿岸漁場への移入は2ヶ月以上におよび, 10月頃まで継続する」という作業仮説が提示される。仮説の検証には, 成長式や漁獲尾数の算定等, 資源特性値を推定することに加えて, ソデイカの移動回遊生態に関する知見を得ることが必須となる。

標本船調査における漁獲努力量項目を比較検討したところ, 漁獲量との相関性の高さから, 延べ操業時間, 延べ操業日数の精度が高く, 漁具数(延べ使用樽数)の関連した項目の精度はやや低かった(Fig.7)。操業時に使用できる樽数は1樽当たりの擬餌針によっても影響を受けるため,¹⁶⁾ 指標としての誤差要因が大きいものと考えられる。今後の解析で

は, 単位漁獲努力量として, 出漁時間または出漁日数を採択することにより, より精度の良い資源解析と漁況予測が可能となろう。

資源水準の指標としての精度は異なったものの, C_s と C_e とは月別に, また漁期を通じても相関していることが確認できた(Fig.6)。ソデイカの遊泳速度や水深, 行動の日周期性等, 生態学的知見の蓄積が前提となるが, ここで既報³⁾と併せ, 各指標値間の関係をFig.8にまとめた。標本船調査では, 操業位置等の地理情報が同時に獲得できるため, 今後, 海況条件との関連性を解析することにより, 本報で用いたCPUE(C_e)の平面分布等を指標とした漁場形成機構の解明が可能となる。また, 統計学的な関連性から, 環境要因や C_s を中短期的な漁況変動の間接的な指標として用いることも検討できよう。

謝 辞

標本船調査に多大なるご協力を賜りました漁業者の皆様にご心からお礼申し上げます。本研究の一部は「先端技術を活用した農林水産研究高度化事業(農林水産省農林水産技術会議)」の委託研究により実施した。

文 献

- 1) Takeda R, Tanda M. Fishing and migration of *Thysanoteuthis rhombus* Troschel in the Japan Sea. In: Okutani T (ed). *Contributed Papers to International Symposium on Large Pelagic Squids*. Japan Marine Fishery Resources Research Center, Tokyo. 1998; 191-198.
- 2) Bower JR, Miyahara K. The Diamond Squid (*Thysanoteuthis rhombus*): A review of the fishery and recent research in Japan. *Fish. Res.* 2005; **73**: 1-11.
- 3) Miyahara K, Ota T, Kohno N, Ueta Y, Bower JR. Catch

- fluctuations of the diamond squid *Thysanoteuthis rhombus* in the Sea of Japan and models to forecast CPUE based on analysis of environmental factors. *Fish. Res.* 2005; **72**: 71-79.
- 4) Bakun A, Csirke J. Environmental processes and recruitment variability. In: Rodhouse PG, Dawe EG, O'Dor RK (eds). *Squid Recruitment Dynamics. The Genus Illex as a Model. The Commercial Illex Species. Influences on Variability. FAO Fisheries Technical Paper. No. 376.* Rome, FAO, Rome. 1998; 105-124.
- 5) Dawe EG, Colbourne EB, Drinkwater KF. Environmental effects on recruitment of short-finned squid *Illex illecebrosus*. *ICES J. Mar. Sci.* 2000; **57**: 1002-1013.
- 6) Rodhouse PG. Managing and forecasting squid fisheries in variable environments. *Fish. Res.* 2001; **54**: 3-8.
- 7) Pierce GJ, Bailey N, Stratoudakis Y, Newton A. Distribution and abundance of the fished population of *Loligo forbesi* in Scottish waters: analysis of research cruise data. *ICES J. Mar. Sci.* 1998; **55**: 14-33.
- 8) 横田賢史, 北田修一, 鶴殿謙二郎, 渡邊誠一. 富山湾におけるホタルイカの環境要因による漁獲量予測. *日水誌* 1998; **64**: 975-978.
- 9) Robin JP, Denis V. Squid stock fluctuations and water temperature: temporal analysis of English Channel *Loliginidae*. *J. Appl. Ecol.* 1999; **36**: 101-110.
- 10) Ueta Y, Tokai T, Segawa S. Relationship between year-class abundance of the oval squid *Sepioteuthis lessoniana* and environmental factors off Tokushima Prefecture, Japan. *Fish. Sci.* 1999; **65**: 424-431.
- 11) Agnew DJ, Beddington JR, Hill SL. The potential use of environmental information to manage squid stocks. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 2002; **59**: 1851-1857.
- 12) Denis V, Lejeune J, Robin JP. Spatio-temporal analysis of commercial trawler data using General Additive models: patterns of loliginid squid abundance in the North-east Atlantic. *ICES J. Mar. Sci.* 2002; **59**: 633-648.
- 13) 名角辰郎. 山陰東部水域のソデイカ漁業と生態に関する2,3の知見. *兵庫水試研報* 1975; **15**: 15-34.
- 14) 玉木哲也. 1985年但馬沿岸におけるソデイカ漁況. *日本海ブロック試験研究集録*. 1987; **9**: 99-104
- 15) 飯塚覚, 井上寿, 宗清正廣. 京都府海域に來遊するソデイカの漁況について. *京都海セ研報* 1986; **10**: 13-18.
- 16) 宮原一隆, 武田雷介. 兵庫県におけるソデイカ釣り漁業の変遷. *兵庫農技総セ研報*. (印刷中)
- 17) 宮原一隆, 五利江重昭. 日本海西部で漁獲されたソデイカ *Thysanoteuthis rhombus* の外套長 - 体重関係. *兵庫農技総セ研報* 2004; **37**: 1-8.
- 18) 宮原一隆, 太田太郎, 河野展久, 首藤俊雄, 増田裕二. 日本海西部におけるソデイカ漁況 - 予報に向けて - (要旨), *イカ類資源研究会議報告* (平成15年度), 日本海区水産研究所, 新潟. 2004; 60-63.
- 19) 宮原一隆, 五利江重昭. 日本海西部におけるソデイカの成長と移動(要旨), *イカ類資源研究会議報告* (平成14年度), 北海道区水産研究所, 釧路. 2003; 14-15.
- 20) Nigmatullin CM, Arkhipkin AI, Sabirov RM. Age, growth and reproductive biology of diamond-shaped squid *Thysanoteuthis rhombus* (Oegopsida: Thysanoteuthidae). *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 1995; **124**: 73-87.

和文要旨

日本海におけるソデイカの漁業生物学的研究に資するため、異なる方法で算出したCPUEの変動や関連性について検討した。JF香住町のCPUEの統計値(C_s)と、兵庫県但馬沿岸のCPUEの推定値(C_e)とはともに年変動があり、日本海へのソデイカの来遊がその年の環境要因等により影響を受ける可能性が示唆された。 C_e の平均値が10月上旬に最大となったことから、この頃まで漁場への移入が続くと考えられた。漁獲努力量を表すには、操業時間や日数に関する項目が良い指標であった。 C_s と C_e は強く相関しており、漁場の資源水準を表す良い指標であった。今後、これらの指標が漁場形成機構の解明や中短期的な漁況予測技術の開発に利用可能であると考えられた。

