

定置網漁業の漁獲向上技術に関する研究

Study on the trap-net fishing technology for the purpose of improving catch efficiency

2015年3月

長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科

舛田 大作

目次

	頁
第1章 定置網漁業と研究の歴史	29
1.1 定置網漁業の技術史	29
1.2 定置網漁業技術の課題	32
第2章 長崎県内の定置網の地域的特性	33
第3章 定置網漁業と他漁業種の相互関係	53
－冬季スルメイカを対象としたイカ釣りとの比較－	
第4章 定置網の漁獲向上技術	70
4.1 垣網への水中灯装着・点灯時の魚群行動	70
4.2 垣網への水中灯装着による漁獲量の変化	80
第5章 総合考察	89
謝辞	93
文献	93
要旨	99

## 第1章 定置網漁業と研究の歴史

### 1.1 定置網漁業の技術史

世界の海面漁業の年間漁獲量は、1950年の1680万トン以降、目覚ましく上昇して、1996年には最高値の8640万トンを記録し、その後8000万トンの水準で安定している。また、海面漁獲量の30%を占めている魚種別漁獲量上位10魚種のほとんどは、十分に資源開発された状態にあり、いくつかの魚種では過剰開発の状態にある。<sup>1)</sup> こうした状況に対応して、国連食糧農業機構（FAO, Food and Agriculture Organization）は1995年に「責任ある漁業の行動規範」を発表し、全漁業について、漁獲努力量の管理、縮小とともに混獲生物の減少を努力目標として掲げた。また、我が国においても沖合・沿岸漁業資源の持続的な利用を目標として、1997年より6魚種、1998年にはスルメイカを含めた7魚種について許容漁獲量（TAC, Total Allowable Catch）を設定した管理を開始した。このような資源管理下では、限られた水産資源を有効に利用する必要がある。生産者からの視点に立つと、限られた水産資源を有効利用するためには漁業の経済効率を高めることが必要である。すなわち、①漁業収益を向上させるための漁獲物の単価向上や、②漁獲効率の向上による操業にかかる経費の削減（省コスト化）、が考えられる。

このような水産資源の有効利用に対応可能な生産方法の一つとして、定置網漁業があげられる。例えば、定置網漁業の場合には、沿岸域が漁場となることから、日々の操業にかかる燃料費などの操業にかかる経費を低く抑えることができる。また、近年の燃油高騰や温室効果ガスの発生抑制の取り組みが推進される状況の下で、定置網は環境への負荷が小さな漁業として世界的に注目されている。<sup>2)</sup>さらには、受動的な漁具であることから、漁獲される魚の多くを活かした状態で漁港まで持ち帰ることも可能で、港内などの静穏域で漁獲物を蓄養することによって安定的に市場へ水産物を供給するなど漁獲物の単価向上にも対応が可能である。このことから、限られた水産資源を有効利用するために、定置網は今後

益々その重要性が増す漁業種類であると考えられる。また、操業に多くの人員を必要とする定置網漁業は、大きな産業が少ない離島や半島地域において、地域雇用産業としての役割も担っている。

一方、定置網は、まき網や曳網のような能動的に魚群を漁獲する運用漁具とは対照的に、一定の水面に漁具を定置して来遊した魚群を漁獲する固定漁具である。漁具を長期間にわたって敷設し、その場所を独占、排他的に利用して操業することから、他の漁業との調整が必要である。このため我が国では、漁業法において、定置網は身網が敷設される最深部が27m未満のものは共同漁業権、水深27m以上のものは定置漁業権に区分しており、一般に前者を小型定置網、後者を大型定置網と呼んでいる。

定置網漁業は、海外でも操業されており、地中海でのタイセイヨウクロマグロ *Thunnus thynnus* を対象とした定置網<sup>3)</sup>の他、北欧バルト海でのタイセイヨウサケ *Salmo salar* を対象とした定置網<sup>4)</sup>や北米東岸のカナダニューファンドランド島などのタイセイヨウダラ *Gadus morhua* を対象とした定置網<sup>5)</sup> などがある。また東南アジアや南米コスタリカでは、水産資源への影響が少なく、地域の労働力を多く雇用できる我が国の定置網を漁村に導入する取り組みが進められ、<sup>6)</sup>定置網は海外でも沿海の漁村地域の基幹産業、あるいは地域住民の雇用を確保するための産業として導入されている。

日本における定置網漁業の起源には、1615年頃に山口県豊浦郡湯玉浦で開発された長門式大敷網（以降、大敷網）、1621年頃に富山県射水郡灘浦で開発された越中式台網（以降、台網）、1829年頃に岩手県船越村で開発された陸前式大謀網（以降、大謀網）の3系統がある。<sup>8)</sup> 大敷網や台網は、身網の入り口が広く魚が網に入りやすい反面、網から非常に出やすい欠点があった。<sup>9)</sup>一方、大謀網は身網の一部だけを開口していたことから、魚が網に入りにくい反面、一旦魚が網に入ると出にくい構造であり、1892年には宮崎県において大謀網の網地を従来のワラから新たに麻へと変更した日高式大謀網が考案され、網が大型化するとともに耐久性、耐波性が増した。それにより漁場の沖合化が可能になったことから、冬場

に南下するブリ *Seriola quinqueradiata* を漁獲対象とできるようになり、全国へ広まった。その後、1912年には、富山県で日高式大謀網に改良を加え、越中式ブリ大謀網の原型となった上野式大謀網が開発されている。<sup>9)</sup> この結果、大謀網が大敷網や台網に取って代わる存在となった。現在、主流となる網型の落網は大謀網から発展して、身網が罫網と昇り網、箱網から構成されている。この他、身網に罫網を持たないひさご網も落網類として分類されている。<sup>9)</sup> 1950年代には石油化学製品が漁具資材に取り入れられ、定置網の網地やロープなどの素材も化学繊維へと変化し、漁具の大型化に拍車がかかった。<sup>8)</sup> その後、落網は入網魚群の逸脱を防いで漁獲の増大させるために昇網と箱網の数を増やした二段箱網や両箱網が開発されている。<sup>10)</sup> また、波浪、潮流による漁具被害の減少に対応可能な中底層網も開発された。<sup>10)</sup> このように定置網の網型の変遷は、漁獲量の増加を狙った網の大型化、沖出し、陥穽機能の強化が中心であった。

一方、定置網の日々の揚網作業の省力化を図ることを目的として、戦後に縦巻き機械揚網<sup>11)</sup>やリング式横締め機械揚網<sup>11)</sup>が開発されている。この他、定置網の箱網下にエアホース付きの揚網装置を敷設した自動定置網<sup>12,13)</sup>の研究も行われ、一部漁場で普及したものの、現在では使われていない。一方、リング式横締め機械揚網方法は現在では国内の多くの定置網で導入されている。

長崎県内の大型定置網は、日本定置網漁業の三源流の一つの長門式大敷網を五島玉之浦で1626年に敷設したのが始まりといわれている。その後、長門式は網の規模が小型であったため、五島周辺を回遊していたクロマグロ *Thunnus orientalis* を漁獲するために改良したマグロ大敷網が開発され、五島三井楽や小値賀、有川に敷設された。1800年頃には、五島のマグロ大敷網は長門式大敷網の発祥の地であった長門をはじめ、壱岐、対馬などにも普及した。<sup>14)</sup> なお、長崎県の落網の導入は1916年頃で、その後、県内各地の定置網漁場に広がったとされている。長崎県内の大型定置網は、1955年から1967年まではブリ類を主対象としていたが、その後ブリ類の漁獲が落ち

込み、スルメイカ *Todarodes pacificus* やその他の魚種の割合が高くなり、1978年から1987年にかけてイワシ類が大量に漁獲された<sup>15)</sup>ことに伴って、現在のようブリ類以外にも漁獲可能なように箱網の目合を小さく、容積を大きくした網型になっている。以上のように、長崎県では国内で定置網の操業が開始された江戸時代から定置網が導入され、漁具資材や漁具の構造が変化しながらも今日まで操業が行われている。

2010年の農林統計によると、国内では、定置網による生産量は約54万トンで、沿岸漁業の生産量の42%を占め、<sup>16)</sup>定置網は我が国沿岸漁業の主要な漁業といえる。また、長崎県内でも定置網の生産量は大型が6420トン、小型が6164トンで、指定漁業を除く沿岸漁業による生産の約1割を占める漁業で、大型定置網漁業の経営体数は45経営体、小型定置網では304経営体である。海区別では、大型、小型ともに五島が最も多く、大型定置網では、対馬、北松が続く、小型定置網では大村湾、北松の順となっている。<sup>17)</sup> 県内では、離島に多い漁村の漁業者が共同で定置網を操業する経営団によるものと、個人や法人、漁協が経営するものに大きく分けられる。経営団による定置網は、水揚げ量の減少や漁獲物の単価の低下に伴う収入の減少と、漁具や漁労資材に要する費用が高むことから、経営を安定させるためには、出資者となる地元漁業者への配当を少なくするなどに対応が必要となる。この場合、出資者となる地元漁業者が配当の減少等を理由に経営団を解散し、漁協や個人が引き継いだ地域もみられ、経営団による定置網の数は減少している。さらに、個人が経営する定置網の場合には、周辺の沿岸漁業との漁業調整を始め、定置網漁場が敷設される海岸の土地の所有者や定置網の洗浄や漁具を補修する作業場周辺の住民への理解を得ることも必要となる。また、個人や漁協自営定置の場合にも、水揚げ量の減少や漁獲物の単価低下に伴う水揚げ収入の減少と、漁業経費の増大によって経営が厳しい定置網が増加している。

ここで、近年の定置網漁業が直面している問題点をFig.1-1にまとめた。問題点にはまず、定置網漁業が対象とする生物の資源量の減少があげられる。定

置網漁業は多種多様な生物を漁獲対象とするが、2010年の農林統計<sup>17)</sup>によると長崎県内の定置網で生産量の多い魚種はマアジ *Trachurus japonicus* やマサバ *Scomber japonicus*, サンマ *Cololabis saira*, ブリ類, スルメイカなどの日本沿岸を季節的に移動する生物である。水産総合研究センターが発表する我が国周辺の資源評価結果 (<http://abchan.job.affrc.go.jp/digests25/index.html>) によると、対馬暖流系群の資源水準はマアジとマイワシ *Sardinops melanostictus*, ウルメイワシ *Etrumeus teres* が中位, マサバが低位, ブリとスルメイカの資源については国内同一資源とし

て評価されており, その資源水準はブリが高位, スルメイカ冬季発生群が中位で, 定置網で漁獲される多くの対象種の資源量は中位又は低位の状態である。また, 資源が高位と評価されているブリは, 定置網とまき網によって漁獲されるが, 近年は定置網での漁獲比率が低下している。<sup>18)</sup>そして漁獲物の単価の低下<sup>19)</sup>によって, 漁業収入そのものが減少している。この収入減に追い打ちをかけて燃油高騰の影響によって漁具資材や操業に要するコストが増大したことによる漁業支出が増大したこと<sup>19)</sup>から, 定置網漁業の収益は減少しているものと考えられる。

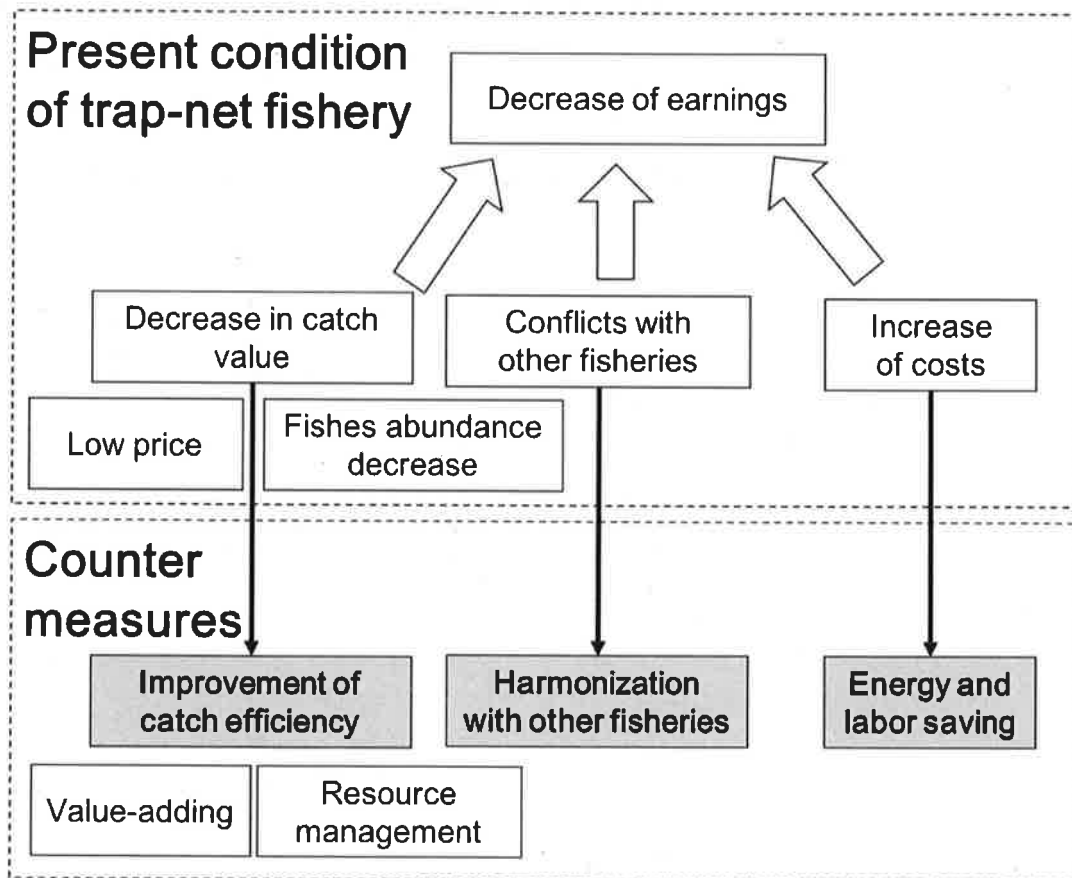


Fig.1-1 Problems of present trap-net fishery in Japan and possible countermeasures.

## 1.2 定置網漁業技術の課題

定置網漁業では、魚介類がある一定期間にわたって来遊してくる漁場を選ぶことが漁獲の成否に大きな影響を及ぼす。また大規模な漁具を長期にわたり漁場に敷設するので、一旦敷設してしまうと敷設位置や漁具の構造を変更することは容易ではない。定置網の漁獲機能は先述した漁具の構造に加えて、敷設した漁場に来遊する魚群の行動に依存するところが大きい。このことから、これまでの調査や研究は、漁具の網成り<sup>20-31)</sup>や側張り強度<sup>32-34)</sup>に関する工学的な研究と定置網漁場や漁具内における魚群行動に関する対象生物行動の研究<sup>35-62)</sup>が中心であった。そして定置網の網成りや側張りの強度、漁具に対する魚群行動には、敷設する水域の流向流速や海底地形などが大きく影響している。また、定置網の漁獲量は漁場周辺の海況や地理的な特性に影響を受けるため、定置網の漁獲組成からそれぞれの漁場を類型化する研究<sup>63-69)</sup>も報告されている。

長崎県総合水産試験場は、沿岸漁場の資源を有効に活用し、県内漁業生産の向上に資するため、漁業者が新たに定置網を敷設する場合や既存の定置網漁場において漁具を再検討する場合、漁業者からの要望を受け、漁場周辺の海底地形や潮流の調査、漁具構造調査などに基づく定置網漁業診断を行い、漁具の敷設位置、網型等について漁業者に助言をおこなってきた。<sup>70)</sup>さらに、新たに定置網の敷設を検討する場合には、計画漁場における定置網の生産規模を推定し、漁具の規模を検討する必要がある。そのために、各海域や近隣の定置網漁場等の生産規模を参考としているが、その推定手法は客観的な解析によるものではない。すなわち漁場診断結果から行われる助言は、研究者の判断とともに漁業者の意見も反映され、また担当研究者毎にその判断も異なり、科学的な判断という面では万全ではない。このため、漁場診断を行ううえで、一般的に指標化された判断基準を持つことが必要であると考えられる。

一方、定置網漁場に来遊した魚群がどのように行動するかについては、これまでに標識放流<sup>35-37)</sup>や音

響機器<sup>41-46)</sup>水中カメラ<sup>47-49)</sup>を用いた魚群の行動観察などが一部の漁場で行われ、魚群の行動には、漁具や海底地形、潮流などが影響していることが明らかとなっている。しかしながら、定置網漁場とそこで使用される漁具にはひとつとして同じものはなく、他の漁場における知見がどの程度まで参考にできるかは定かではない。多くの漁場においては、漁業者の経験則以外の知見は限られている状況である。したがって、定置網の規模や網型、漁獲物などの情報を類型化してまとめ、例えばある漁場で得られた知見が適用できる範囲を把握することなどが望まれる。また、定置網だけが海域を占有する特徴を有する漁業であることを勘案すると、他の沿岸漁業種との関係の把握も重要である。そしてこうした特徴を把握した上で、地域の重要な基幹産業である定置網漁業を振興するための策を検討する必要がある。

以上のことより本論文では、第2章で長崎県内の定置網の漁獲状況を解析して、定置網の漁獲物に地域性が見られるか、そして地域性に影響する要因が何か検討を行う。こうした検討により、地域とそれを規定する影響要因を考え、地域ごとに期待される定置網の特徴を明らかにする。次に第3章では県内の特に大型定置網で主要な漁獲対象種であるスルメイカを例として、冬季の壱岐と対馬、平戸、五島の定置網がイカ釣り漁業とスルメイカ資源を同時利用する実態を示し、他の漁業種類まで含めて地域の漁業を考えたとき、漁業が成立する条件を例示する。第4章では、定置網漁業を振興するために、漁獲を向上させる新たな技術を提案する。ここでは、魚類が視覚によって垣網を認識しづらくなる夜間に、垣網周辺に来遊してきた魚群を小電力の水中灯の光で滞留させ、明け方前に水中灯を消灯することにより、滞留した魚群を身網へ効率的に誘導する方法について、その効果を魚群の行動観察と漁獲量解析によって検証することを目的とした。最後に第5章では、以上の解析、調査結果をもとに多様な海洋環境を持つ長崎県の定置網漁業を例として、多様な海洋環境に応じた定置網漁獲向上技術について総合的な考察を行った。

## 第2章 長崎県内の定置網の地域的特性

定置網漁業の漁況は、一義的には対象資源の消長に影響されるが、敷設位置と海況に起因する来遊量の変動の影響も大きい。<sup>63-69</sup>すなわち、定置網漁獲物の魚種組成や量は、資源水準、海洋環境、漁場の位置と海底地形等の様々な要因から影響を受ける。さらに、これら各要因の影響は、長期的、短期的に変動しているものと考えられる。このため、それぞれの地域で漁獲される魚種とその量は、海域や地域によって異なり、さらにはその海域の資源や海況の変動によっても異なることになる。

効率的な操業を行い、定置網漁業を安定経営するためには、定置網の地域的な漁獲特性を把握して、この特性に応じた操業計画を検討することが望ましい。本章では、長崎県内の定置網を漁獲物組成から検討して、年次および海域によってどのように分けられるか区分を行った。さらに県内定置網の主要な海域における漁場特性、特に漁獲物組成からみた年次および地域区分について検討した。

### 資料と方法

長崎県内の定置網経営体数は、2006年時点で、大型定置網が40、小型定置網が344であった。海域別では、大型、小型ともに五島が最も多く、大型定置網では、対馬、北松が続く、小型定置網では大村湾、北松の順となっている(Fig.2-1)。

解析には、1985年から2006年までの長崎農林水産統計年報<sup>71-92</sup>にまとめられた県内の定置網(大型と小型に分類)の経営体数と総漁獲量、定置網の主要魚種となる14種(Table 2-1)の漁獲量資料を用いた。まず、県内定置網の年次区分を検討するため、各年の大型と小型定置網の1経営体あたりの漁獲量と漁獲物組成を上記の漁獲量資料から求めた。

また、同資料では県内を8海域(対馬、壱岐、北松、大村湾、西彼、橘湾、有明海、五島)に区分して、それぞれの海域では大型と小型定置網が区分されることなく定置網として、海域毎の経営体数と漁獲量、主要魚種の漁獲量についてもまとめられている。この資料から海域毎の年次区分と海域特性を検

討するため、これら8海域に区分された定置網の1経営体あたりの漁獲量と漁獲物組成を求めた。

さらに、海域内の詳細な地域特性を検討するために、県内定置網の主要海域となる対馬、壱岐、北松、五島の4海域のうち、大型定置網が操業されている12地域(Fig.2-2)について、大型定置網の近年(2009-2011年)の年間の総漁獲量と漁獲物組成から、地域毎の区分についても検討した。なお12地域の中には、複数の定置網経営体が操業する地域もあることから、それぞれの地域における定置網の総漁獲量と経営体数から1経営体あたりの漁獲量を求めた。

クラスター分析は、異質な物質が混在する対象の中で互いに似た物を集めて集落(クラスター)を作り、対象を分類しようとする手法を総称したもので、数値分類法とも呼ばれる。<sup>93</sup>ここでは、クラスター分析として階層的な手法では最も精度が良いといわれているウォード法<sup>94</sup>を用いて、県内の各海域と年次間の漁獲物組成の区分について検討した。クラスターの分析には、統計解析ソフトR ver.3.0.2のhclustを用いた。多変量解析理論では、データが多変量正規分布に従うことを仮定しているが、生物量をあらわす数値は歪度の強い分布を示すことが指摘されている。<sup>63-69</sup>定置網漁獲物組成を検討するにあたり、浜口<sup>68</sup>、飯塚<sup>63,64</sup>、根本<sup>65,66</sup>らは、対数変換されたデータを用いて、この問題を解決している。そこで本研究においても、漁獲量(xトン)を対数変換 $X=\log(x+1)$ した値(X)を用いて解析した。

### 結果

**長崎県内の年別漁獲物組成からみた類似関係**  
1985年から2006年間の漁獲物組成からみた大型定置網の年次区分をFig.2-3に、小型定置網の年次区分をFig.2-4に示した。大型定置網、小型定置網ともに1985-1994年のクラスターと1995-2006年のクラスターに大きく分類された。さらに、大型定置網では1985-1989年(LA-1)、1990-1994年(LA-2)、小型定置網では1985-1990年(SA-1)、1991-1994年(SA-2)、1995-2000年(SB-1)、2001-2006年(SB-2)に分類された。

大型定置網の1経営体あたりの漁獲量は、1985-

1992年には400トン以上であったが、その後減少し、1995年以降は200トン前後で推移した(Fig. 2-3 上)。漁獲魚種は、LA クラスターでは、イワシ類の割合が高く総漁獲量の50%以上をイワシ類が占めた。LB クラスターでは、イワシ類に代わってスルメイカの漁獲割合が高くなり、スルメイカの他、サンマやブリ類の漁獲割合も高くなった(Fig.2-3 下)。さらに、LA-1 と LA-2 を比べると、LA-1 ではイワシ類の割合が80%前後であるが、LA-2 ではその割合が低くなった。

小型定置網の年間1経営体あたりの漁獲量は、1988年と1993年に40トンの漁獲があった年を除くと、20-30トンで横ばいに推移した(Fig.2-4 上)。漁獲魚種は、SA クラスターでは、大型定置網と同様にイワシ類の漁獲割合が高くなり、SB クラスターでは、イワシ類に代わって、スルメイカとイカ類の漁獲割合が高くなった。また、小型定置網では主要魚種の漁獲割合が大型定置網と比べると低くなっている(Fig.2-4 下)。さらに、SA-1 と SA-2 を比べると、SA-1 ではイワシ類の割合が40%以上を占めたが、SA-2 ではその割合が低くなり、スルメイカとイカ類の割合が高くなった。SB-1 と SB-2 を比べると、SB-1 ではスルメイカとイカ類に加えサンマの漁獲割合が高く、SB-2 ではスルメイカとイカ類に加えアジ類の漁獲割合が高い。また、漁獲量の多い1988年にはイワシ類、1993年にはスルメイカがその前後の年に比べて多く漁獲されていた。

**長崎県内の海域別漁獲物組成からみた類似関係** 県内8海域の22年分(1985-2006年)の経営体あたりの漁獲物組成から、それぞれの海域の類似関係をFig.2-5に示した。海域は、北松を含む離島海域とその他の海域とに大きく分類され、さらに離島海域は、対馬と壱岐のクラスターと北松と五島のクラスターに分類された。1経営体あたりの年間漁獲量は、壱岐海域の113トンが最も多く、次いで五島の77トン、北松の62トン、対馬の56トンの順となり、その他の海域は12トン以下の少ない漁獲量であった。北松を含む離島海域とその他の海域とに大きく分類された原因にはこの漁獲量の多寡が影響したものと

考えられる。クラスター毎に漁獲物組成は異なり、対馬と壱岐ではスルメイカとイカ類、ブリ類が多く漁獲され、北松と五島ではイワシ類が共通して多く、北松ではイカ類、五島ではスルメイカも多く漁獲された。その他の海域では、イカ類が比較的多く漁獲される他は、その他の主要漁獲魚種が優占することはなかった。

さらに、海域の類似関係が年によりどの程度変動するのかを検討するため、年次区分とされたLA-1クラスター(イワシ類が優占した1985年から1989年までの期間)をイワシ漁期、LA-2クラスター(イワシ類の漁獲量が減少した1990年から1994年までの期間)をイワシ衰退期、LBクラスター(1995年以降のスルメイカやサンマ、ブリ類が優占した期間)を雑魚漁期と呼ぶこととして、それぞれの漁期における海域の類似度を求めた(Fig.2-6)。3つの漁期ともに、海域の分類には変化がみられず、北松を含む離島海域とその他の海域に分類され、さらに離島海域では対馬と壱岐海域、北松と五島海域のクラスターに分類された。また、対馬と壱岐海域では、イワシ漁期にはイワシ類とブリ類、イカ類、イワシ衰退期と雑魚漁期にはブリ類とスルメイカ、イカ類がそれぞれ優占種であった。北松と五島海域では、イワシ漁期にはイワシ類、イワシ衰退期にはイワシ類とスルメイカ、イカ類、雑魚漁期にはサンマ、スルメイカ、イカ類がそれぞれ優占種であった。

**主要海域の漁獲動向と年別漁獲物組成からみた類似関係** 県内において定置網の主要な海域は、北松海域を含む離島海域であった。この北松海域を含む離島海域の漁獲量は、その他の海域とは明らかに異なり、それはクラスター分析による海域区分で支持された。そこで、北松を含む離島海域の漁獲物組成からみた年次の類似関係を求めた(Fig.2-7)。

対馬海域の1985年から2006年における定置網の漁獲組成からみた年次の類似関係は、1985~1989、1995、2000年(TM a1)、1990~1992、1994年(TM a2)、1993、1996~1999、2001~2003、2005~2006年(TM b1)、2004年(TM b2)に分類された(Fig.2-7a)。年間1経営体あたりの漁獲量は、大型定置網で漁獲量が



多い1985～1992年を含むTMaクラスター(1985～1992, 1994, 1995, 2000年)では平均51.5トン(SD7.97トン)であるのに対し、TMbクラスター(1993, 1996～1999, 2001～2006年)では平均61.1トン(SD9.36トン)で、TMbの平均漁獲量はTMaに比べて有意に多かった( $t$ -test,  $p < 0.05$ )。漁獲魚種は、TMaでは、イワシ類とブリ類、イカ類の割合が高く、TMbでは、ブリ類とスルメイカ、イカ類の漁獲割合が高くなった。さらに、TMa1とTMa2を比べると、TMa1では優占した上位3種がイワシ類とブリ類、イカ類の順であるのに対し、TMa2ではブリ類、イカ類、スルメイカとなった。TMb1とTMb2を比べると、TMb1では優占した上位3種がブリ類、スルメイカ、イカ類であったが、TMb2ではスルメイカが優占種となり、期間中の漁獲量の6割を占めた。

壱岐海域の1985年から2006年における定置網の漁獲組成からみた年次の類似関係は、1985～1987年(IK a1), 1988～1990年(IK a2), 1991～1995年(IK a3), 1996～2001, 2005～2006年(IK b1), 2002～2004年(IK b2)に分類された(Fig.2-7b)。年間の1経営体あたりの漁獲量は、1985年から1995年にかけて、1993年(235トン)以外の年で平均94トン(SD11.02トン)の漁獲があった。1996年以降は年毎に漁獲量の多寡が顕著で、平均119トン(SD36.27トン)の漁獲があった。漁獲魚種は、IK a1では、イワシ類の割合が最も高く、漁獲の4割以上を占めたが、IK a2では、イワシ類の漁獲割合が低下し、代わってスルメイカの漁獲割合が高まった。その後、IK a3とIK b1,2では、漁獲物中の最優占種がスルメイカとなり、その漁獲割合はそれぞれ44%, 35%, 52%となった。さらにその他の魚種では、IK aではブリ類、IK bではアジ類が漁獲の1割以上を占めていた。また、年間漁獲量の多いIK a3とIK b2では、スルメイカの漁獲割合が高くなった。

北松海域の1985年から2006年における定置網の漁獲組成からみた年間の類似関係は、1985～1990年(HS a1), 1991～1994年(HS a2), 1995～2001, 2005～2006年(HS b1), 2002～2004年(HS b2)に分類された(Fig.2-7c)。年間の1経営体あたりの漁獲量は、1985年から1994年にかけて年毎に漁獲量の多寡が顕

著で、平均87トン(SD30.16トン)であった。そして1995年以降、漁獲量は減少して平均44トン(SD8.45トン)となり、HSbの平均漁獲量はHSaに比べて有意に少なかった( $t$ -test,  $p < 0.01$ )。漁獲魚種は、HS a1,2ではイワシ類の漁獲割合が5割以上を占め、特にHS a1ではその割合が7割を超えていた。HS b1ではサンマとイカ類、HS b2ではスルメイカとアジ類が優占種となった。

五島海域の1985年から2006年における定置網の漁獲組成からみた年間の類似関係は、1985～1990年(GT a1), 1991, 1992, 1994年(GT a2), 1993, 2003年(GT b1), 1995～2002, 2004～2006年(GT b2)に分類された(Fig.2-7d)。年間の1経営体あたりの漁獲量は、1985年から1995年にかけて、1993年(235トン)以外の年で平均103トン(SD21.13トン)の漁獲があった。1996年以降は平均59トン(SD5.77トン)で、有意に漁獲量が低下した( $t$ -test,  $p < 0.01$ )。漁獲魚種は、GT a1,2ではイワシ類の漁獲割合が5割以上を占め、特にGT a1にはその割合が7割を超えていた。GT b1,2ではスルメイカが漁獲の優占種となった。その他GT b2では、サンマとカツオ類の割合が高かった。

#### 主要海域のうち大型定置網が操業される12地域の地域別類似関係

県内12地域における近年3年分(2009年から2011年まで)の1経営体あたりの漁獲物組成から、それぞれの海域の類似関係をFig.2-8に示した。その結果、対馬2地域(A, C)、北松1地域(E)、五島4地域(F, G, K, L)の7地域からなるXクラスターと対馬Bと壱岐Dの2地域からなるYクラスター、五島(H, I, J)の3地域からなるZクラスターの3つに分類された。1経営体あたりの平均漁獲量は、XクラスターとYクラスターは70トン以上であるのに対し、Zクラスターは25トン未満の少ない漁獲量であった。また、魚種組成では、Xクラスターでは、ブリ類の割合が比較的高くその他、地域毎にカツオ類、アジ類、サバ類、サンマ、タイ類、スルメイカなどの複数の魚種の割合が高くなった。また、Yクラスターではスルメイカとイカ類が、Zクラスターではブリ類がそれぞれ優占種となった。

## 考察

長崎県内の定置網について1985年から2006年の22年間の年間漁獲量とその魚種組成から、年次区分の解析を行った結果、漁獲の優占種がイワシ類からスルメイカに交替した1995年を境に年次が区分され、優占種の交替に対応していた(Fig.2-3,4)。このことは、相模湾の定置網で見られた漁獲種の優占の交替によって年次区分されたこと<sup>65,67)</sup>とも一致している。イワシ類が優占した年代はマイワシが豊漁であったことから、本研究で検討したイワシ類の大半がマイワシであったと考えられる。県内で漁獲されるマイワシは対馬暖流系群に属し、日本海から九州西岸での日本の漁業による同種の漁獲量は1980年以降に急激に増加し、1990年の120万トンピークに減少している。<sup>9)</sup>一方、国内のスルメイカ漁獲量は、1970年代後半から1980年代後半の寒冷レジーム期には減少し、1989年以降の温暖レジーム期には産卵場拡大によって、増加に転じている。<sup>96,97)</sup>このことから、県内定置網で優占したイワシ類とスルメイカはそれらの資源変動に応じて、漁獲の動向が変動しているものと推察される。

1 経営体あたりの漁獲量は、大型定置網ではイワシ類が優占した年代に漁獲量が多くなったが、小型定置網では、1988年と1993年を除いてほぼ横ばいで推移していた。大型定置網と小型定置網の漁獲物中で優占した魚種はともにイワシ類とスルメイカであるが、小型定置網の場合には、漁獲物中の優占種の割合が大型定置網に比べて低く、その他の主要魚種を含めてもその割合は低いことから、主要魚種以外の多くの魚種が漁獲されているものと推察される。このことから、小型定置網では、大型定置網のように優占種の資源変動が定置網の漁獲量の増減に大きく影響することはなく、結果として小型定置網の漁獲量は横ばいに推移したと考えられる。

県内4海域(対馬、壱岐、北松、五島)の動向は、対馬と壱岐海域では、イワシ類が1989年まで優占したのに対し、北松と五島海域では1994年までイワシ類が優占していた。マイワシは漁獲量が多い年代には沿岸域のほか沖合域にも分布が見られたが、漁獲

量が少ない現在の分布はほぼ沿岸域に限られている。<sup>9)</sup>対馬と壱岐海域は、北松と五島海域に比べてより沖合域に位置した海域であるため、対馬と壱岐海域では、マイワシ資源が豊富で沖合域にも形成されるような場合には漁獲対象となるが、資源量が減少に転じると直ちにマイワシの来遊がなくなり、漁獲が低下したものと考えられる。一方、1995年以降は、漁獲物にスルメイカが優占したことにより、秋季から冬季にかけてスルメイカを対象としたイカ釣りの主要な漁場となる対馬と壱岐海域では、イワシ類が優占した年代よりもスルメイカが優占した年代のほうが1経営体あたりの漁獲量が増加したものと考えられる。これに対し、北松と五島海域では、スルメイカが優占した年代にはマイワシが優占した年代に比べて漁獲量が低下していた。

さらに、イワシ類やスルメイカの他にも、それぞれの海域で漁獲物の優占種が異なり、対馬ではブリ類とイカ類、壱岐ではブリ類とアジ類、北松ではサンマとイカ類、五島ではサンマが優占した。ブリ類の漁獲割合が高い対馬と壱岐海域は、対馬暖流が収束する対馬海峡に位置し、対馬暖流の影響を強く受ける漁場であると考えられる。このことから、これらの海域では、イカ釣り漁業を中心としながら、ブリやクロマグロなどの回遊性魚種を対象とする一本釣りや延縄も盛んに操業されており、<sup>14)</sup>ブリ類の回遊が多い海域と考えられる。また、北松と五島海域では、1995年以降スルメイカとともにサンマも漁獲物中に優占している。サンマは北太平洋に広く分布し、季節に同調した南北回遊を行っている。その回遊は夏季に亜寒帯水域まで北上し、秋以降日本周辺に來遊して太平洋沿岸を南下し、産卵する<sup>98)</sup>ものと推定されている。県内では、北松や五島海域で冬季に定置網で漁獲される他、五島海域では、冬季に入り江に來遊してきたサンマを対象としたサンマ一そうひき網<sup>14)</sup>が1850年頃から1980年代にかけて操業されていた。サンマは冬季には対馬や壱岐海域の集魚灯を使ったイカ釣り操業中にも表層を遊泳していることが確認できるが、対馬や壱岐の定置網では北松や五島の定置網のように漁獲物中に優占するほど多くのサンマは漁獲されない。これは海岸地形の違

いに起因すると考えられる。すなわち北松と五島海域における地形的特長として、北松海域は平戸島北西部の生月湾、五島海域は北部の有川湾や南西部の三井楽湾といった北又は北東方向に開けた大きな湾を有していることから、産卵のために南下してきたサンマがこの大きな湾に来遊し、定置網で漁獲されたものと考えられる。

定置網の主要な海域で、大型定置網が操業される12地域では、突出した優占種が存在することなく複数の魚種が漁獲され、年間漁獲量が多い漁場（Xクラスター）とスルメイカとイカ類（Yクラスター）、ブリ類（Zクラスター）が優占する漁場に分類された。Xクラスターに分けられた定置網の多くは落網の網型で操業を行っている。このクラスターの漁場の地形的な特徴として、有川湾や生月湾、三井楽湾等の大きな湾内に敷設されていること又は湾口部付近に定置網が敷設されていることがあげられる。この地形的な特徴は、定置網を敷設する際に重要な要件<sup>99,101</sup>とされている(Fig.2-9)。すなわち、沖合から沿岸域に来遊した魚群が湾内に来遊した場合には、湾内で魚群が一旦滞留し、その後、湾外へ出て行くものと考えられ、多くの定置網では、湾内から出て行く魚群をねらって定置網を敷設している。さらに、湾内には湾口から湾中央部にかけて水深が深い、いわゆる深みのさしこみがある湾が定置網の漁場として良いとされている。<sup>101</sup>県内では有川湾や生月湾はこの条件を持つ湾であると考えられ、<sup>101</sup>このような湾では、沖合から来遊する魚群が湾の深みのさしこみから湾奥まで侵入することになり、魚群の湾内への来遊を促進することになると考えられる。次にYクラスターでは、定置網の網型としてXクラスターと同様に落網が採用されている。この海域は、スルメイカやケンサキイカの来遊が周年にわたり多く、古くからそれらの資源を対象とした沿岸のイカ釣りや定置網が操業される海域でもある。また島の東岸に位置し、大きな湾を持たないまでも、地形的には北東方向に半円形に開けた漁場であることもXクラスターの漁場と同様の特徴と考えられる。対馬と壱岐海域は、外洋性の漁場で南西から北東方向へ流れる対馬暖流の影響を強く受けている。スルメイカは

秋から冬季にかけて産卵のために対馬暖流域を南下する。この回遊経路上に位置する漁場で、半円形に開けた地形が南下中の魚群の滞留を促し、スルメイカなどのイカ類が定置網の沖合で滞留し、その結果、定置漁場に来遊する機会が高まり、これらの種の漁獲が多くなるものと考えられる。Zクラスターの漁場は潮流の速い漁場、急激に水深が深くなる漁場が多く、落網を操業する場合には大型化するとともに、潮流対策も必要となるため、漁具や作業人員の負担が大きくなる。このことから、当該海域では漁具経費や作業人員の負担が少なく、速い潮流にも対応可能な底層網の網型が多い。この海域では古くからブリ類を対象として定置網が操業されており、冬季から春季にかけてブリが多量に漁獲される。特に五島海域では春先に漁獲される産卵のため南下した大型ブリを彼岸ブリと称し、この時期にブリの大漁を期待している。近年はブリ類の資源量は比較的多いものの、長崎魚市場統計年報<sup>102</sup>からブリの年間平均単価を比較すると、1990年が469円/kgであったのに対し、2006年は363円/kgで2割ほど低下し、さらに2010年には254円/kgまで単価が低下していた。したがってこの海域の定置網の多くは、漁獲されるブリ類の価格が低下して、定置網の水揚げ金額も低迷しているものと考えられる。

このように、長崎県内の定置網の漁獲量には、1985年から1994年まではイワシ類、1995年以降はスルメイカの漁獲の多寡が大きな影響を及ぼし、それらの資源変動に応じた長期的な漁獲組成の変動が見られた。1995年以降は、スルメイカの漁獲割合が高いものの、海域毎に異なる魚種組成の特徴を有し、対馬ではブリ類とイカ類、壱岐ではブリ類とアジ類、北松ではアジ類とサンマ、イカ類、五島ではサンマとカツオ類が主要な漁獲対象種となっていた。また、大型定置網が操業される12地域の類似関係から、漁獲量や主要漁獲魚種が地形的な特徴や海流の影響に起因する漁場環境によって異なることを明らかにすることができた。そしてこうした漁獲量や漁獲物組成によって分けられた区分が、定置網の網型の違いを区分していることを指摘した。すなわち長崎県内の定置網は、対象魚種や地形、流れなどの環境に応

じて漁具の構造を変化させてきたと解釈することができる。一方、長崎県は日本有数の水産県であり、沖合から沿岸まで活発な漁業活動が行われている。第3章では定置網の漁獲資料に加えて対馬海峡で同時期に操業された夜間イカ釣り漁業の漁獲資料を解

析して、沿岸に固定して位置を変更することが困難な定置網漁業と機動性に富む夜間イカ釣り漁業の漁獲特性をそれぞれ明らかにするとともに、これら2つの漁業種類の競合についても検討する。

Table 2-1 Nominal commercial names of fishes and their scientific names shown in the catch statistics of Nagasaki Prefecture<sup>71-92)</sup>

Symbol	Commercial name	scientific name
F1	Maguro rui	Bluefin tuna ( <i>Thunnus thynnus</i> ), Albacore ( <i>Thunnus alalunga</i> ), Big eye tuna ( <i>Thunnus obesus</i> ), Yellowfin tuna ( <i>Thunnus albacares</i> ), other Tunas and Istiophoridae
F2	Katsuo rui	Skipjack ( <i>Euthynnus pelamis</i> ), Frigate mackerel ( <i>Auxis thazard</i> ), Bullet mackerel ( <i>Auxis rochei</i> )
F3	Iwashi rui	Japanese pilchard ( <i>Sardinops melanostictus</i> ), Round herring ( <i>Etrumeus teres</i> ), Japanese anchovy ( <i>Engraulis japonica</i> ), Gizzard-shad ( <i>Clupanodon punctatus</i> )
F4	Aji rui	Jack mackerel ( <i>Trachurus japonicus</i> ), Horse-scad mackerel ( <i>Decapterus muroadsi</i> )
F5	Saba rui	Chub mackerel ( <i>Scomber japonicus</i> ), Spotted mackerel ( <i>Scomber australasicus</i> )
F6	Sanma	Pacific saury ( <i>Cololabis saira</i> )
F7	Buri rui	Japanese amberjack ( <i>Seriola quinqueradiata</i> ), Yellowtail amberjack ( <i>Seriola lalandi</i> ), Greater amberjack ( <i>Seriola dumerili</i> )
F8	Tai rui	Red seabream ( <i>Pagrus major</i> ), Crimson seabream ( <i>Evyinnis japonica</i> ), Yellowback seabream ( <i>Dentex hypselosomus</i> ), Japanese black porgy ( <i>Acanthopagrus schlegelii</i> ), Goldlined seabream ( <i>Rhabdosargus sarba</i> )
F9	Isaki	Chicken grunt ( <i>Parapristipoma trilineatum</i> )
F10	Sawara rui	Spanish mackerel ( <i>Scomberomorus niphonius</i> ), other Spanish mackerels
F11	Shiira rui	Dolphinfish ( <i>Coryphaena hippurus</i> )
F12	Tobiuo rui	Mediterranean flyingfish ( <i>Cypselurus heterurus</i> ), Darkedge-wing flyingfish ( <i>Cypselurus hiraii</i> )
F13	Surumeika	Japanese common squid ( <i>Todarodes pacificus</i> )
F14	Ika rui	Swordtip squid ( <i>Photololigo edulis</i> ), Oval squid ( <i>Sepioteuthis lessoniana</i> ), other squids

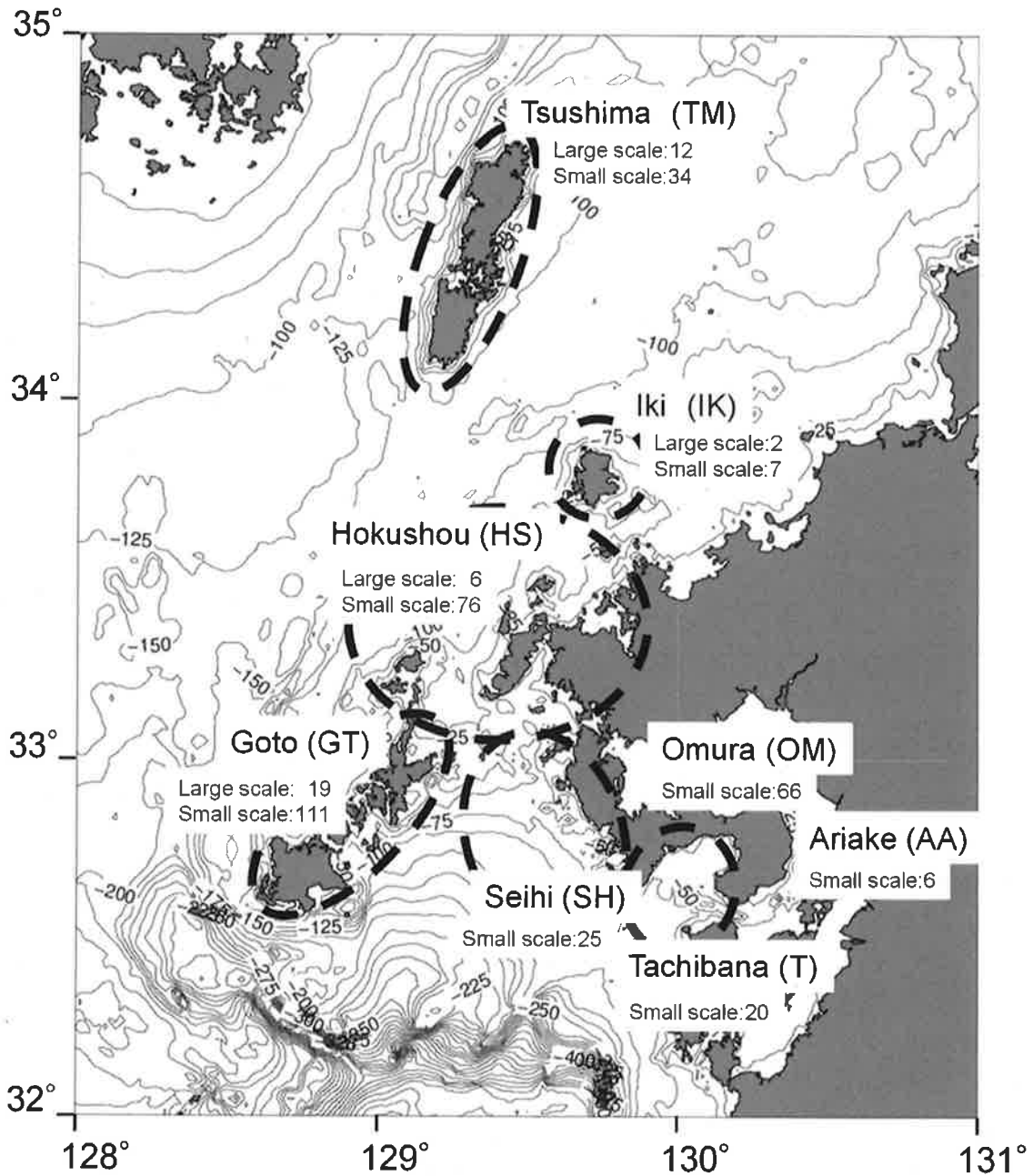


Fig.2-1 Number of trap-net in each area of the Nagasaki Prefecture in 2006.

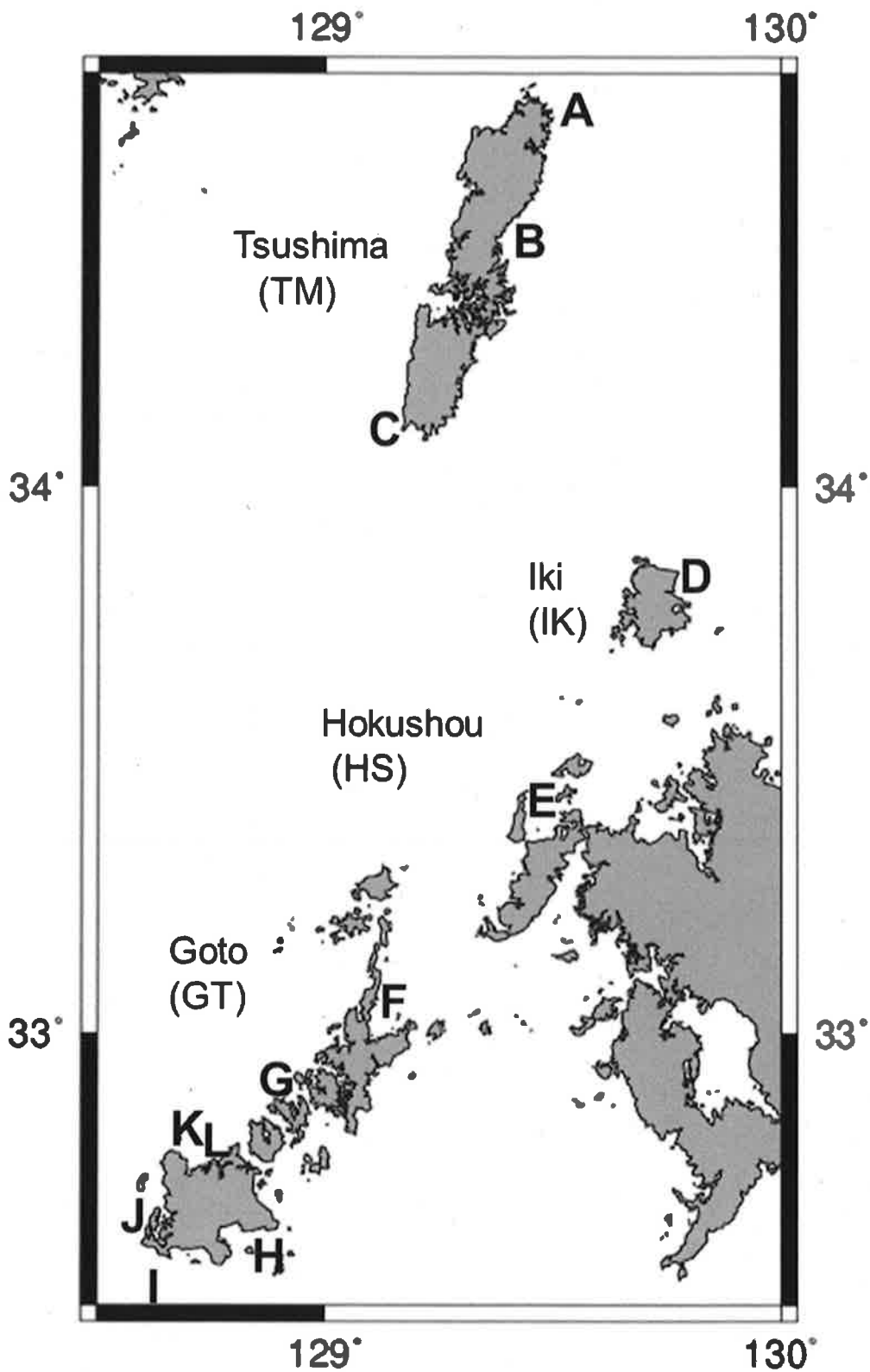


Fig.2-2 Positions of twelve fishing communities that operate large scale trap-net.

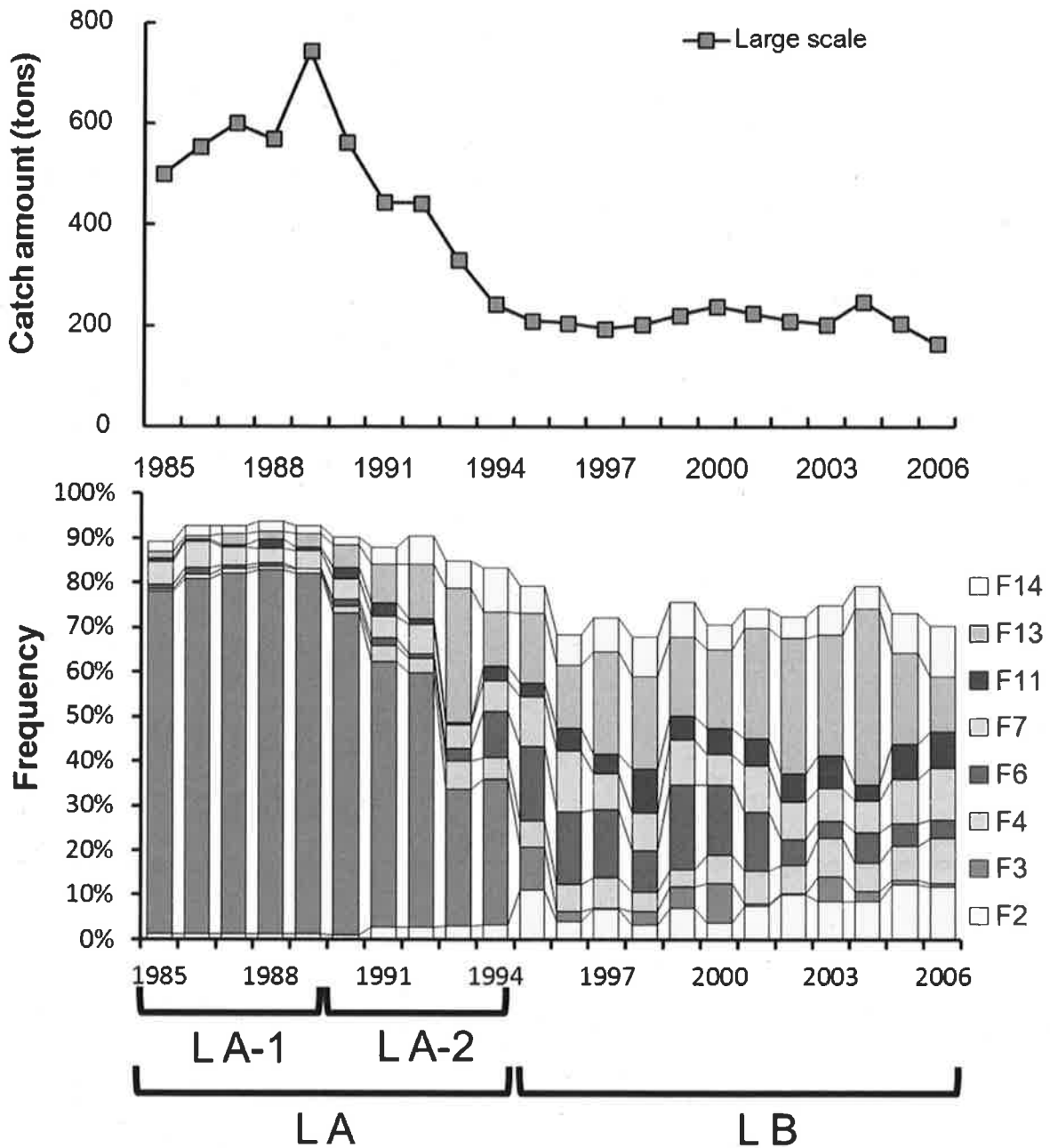


Fig.2-3 Catch amount of large scale trap-net during 1985-2006 (Top), species compositions of captured fish and its yearly similarities in species composition by cluster analysis (Bottom). Yearly similarities in species composition was roughly divided into two groups (LA and LB). Then LA was divided into LA-1 and LA-2. For captured species, see Table 2-1 to identify species.

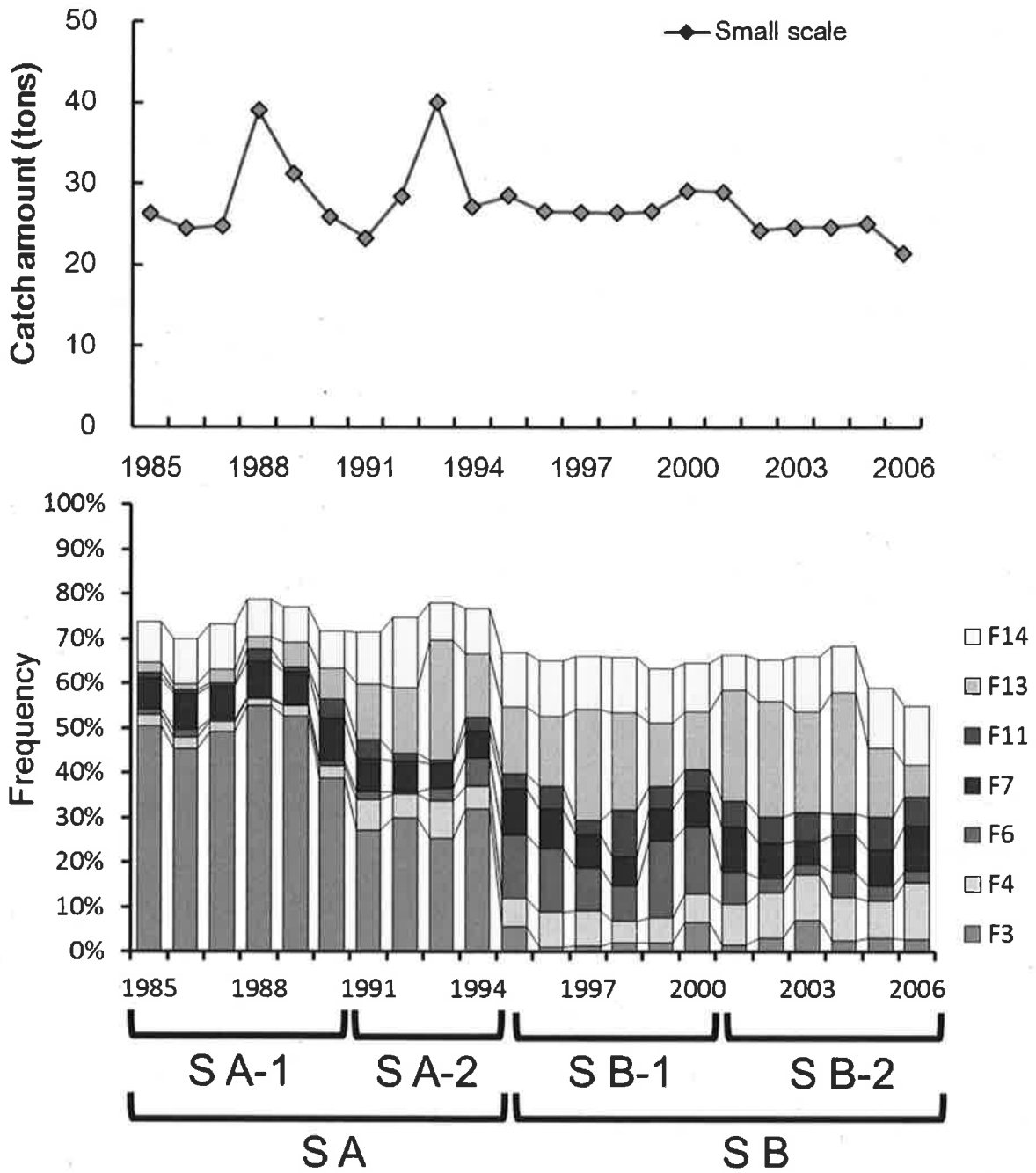


Fig.2-4 Catch amount of small scale trap-net during 1985-2006 (Top), species compositions of captured fish and its yearly similarities in species composition by cluster analysis (Bottom). Yearly similarities in species composition was roughly divided into two groups (SA and SB). Then each group was divided into 2 sub-groups (SA-1 and SA-2, SB-1 and SB-2). For captured species, see Table 2-1 to identify species.



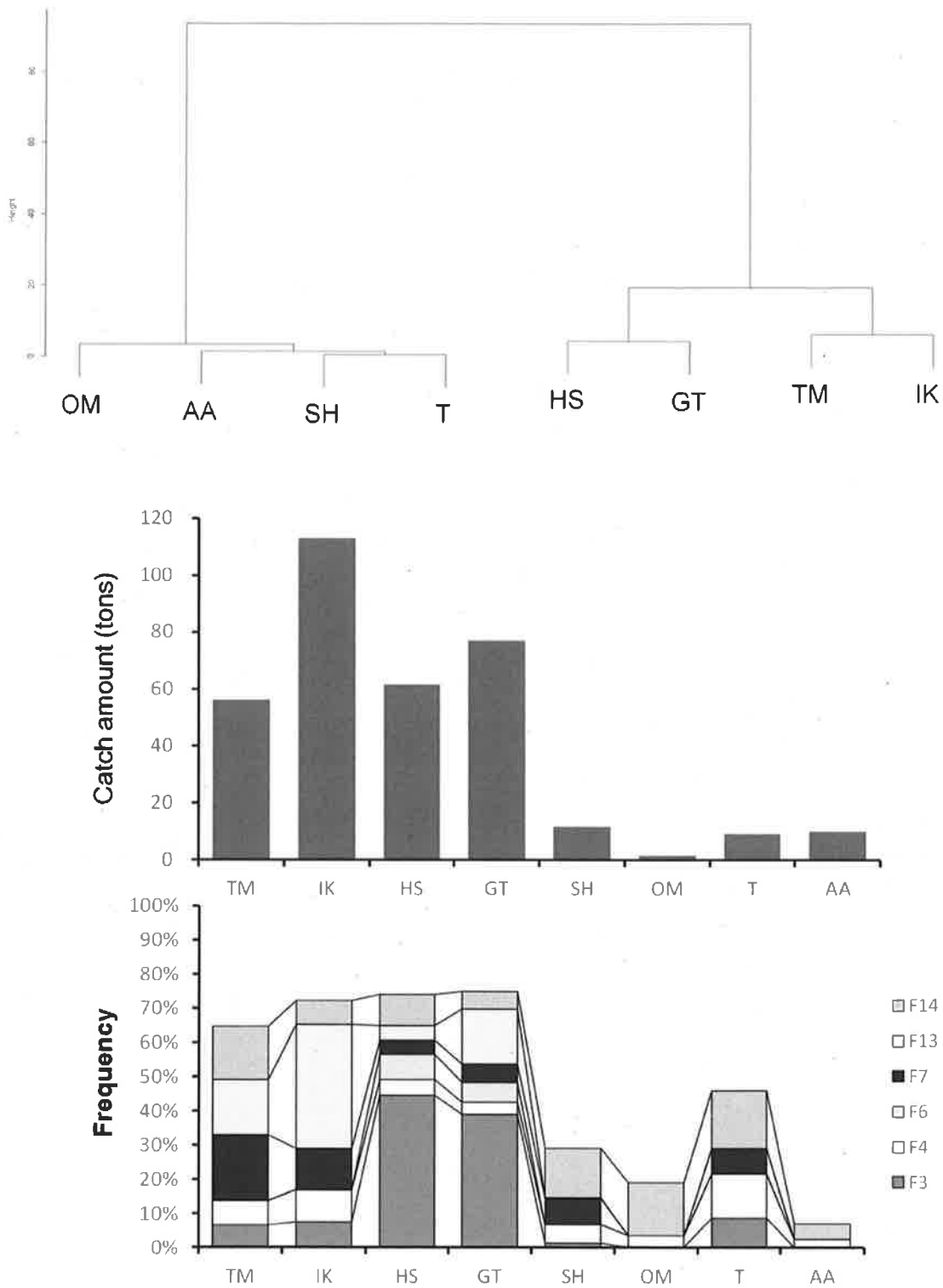


Fig.2-5 Geographical similarities in species composition by cluster analysis during 1985-2006. The dendrogram (Top), Average catch amount by region (Middle), and Species composition of captured species (Bottom). For captured species, see Table 2-1 to identify species and see Fig. 2-1 for region.

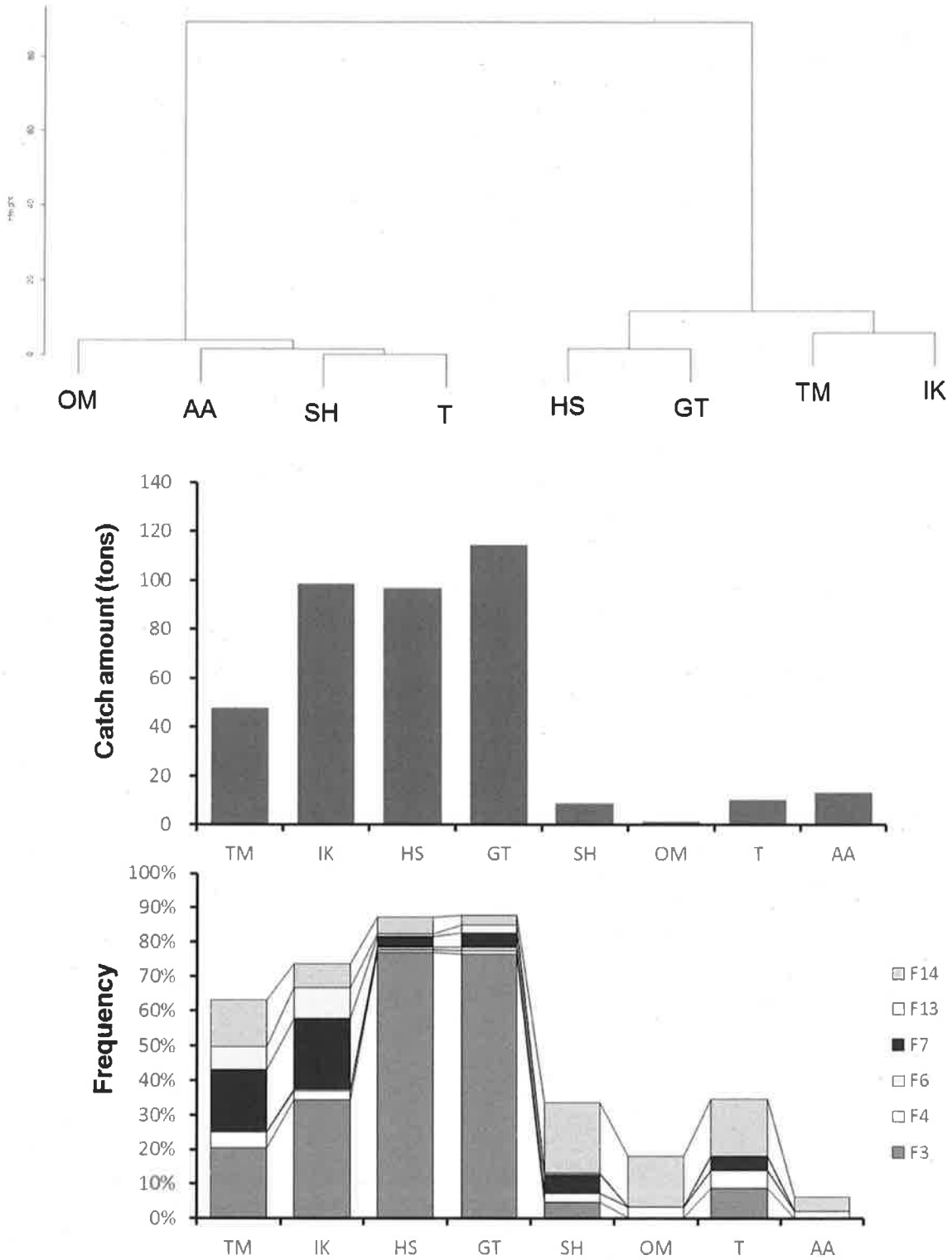


Fig.2-6a Geographical similarities in species composition by cluster analysis during 5 years (1985-1989). The dendrogram (Top), Average catch amount by region (Middle), and Species composition of captured species (Bottom). For captured species, see Table 2-1 to identify species and see Fig. 2-1 for region.

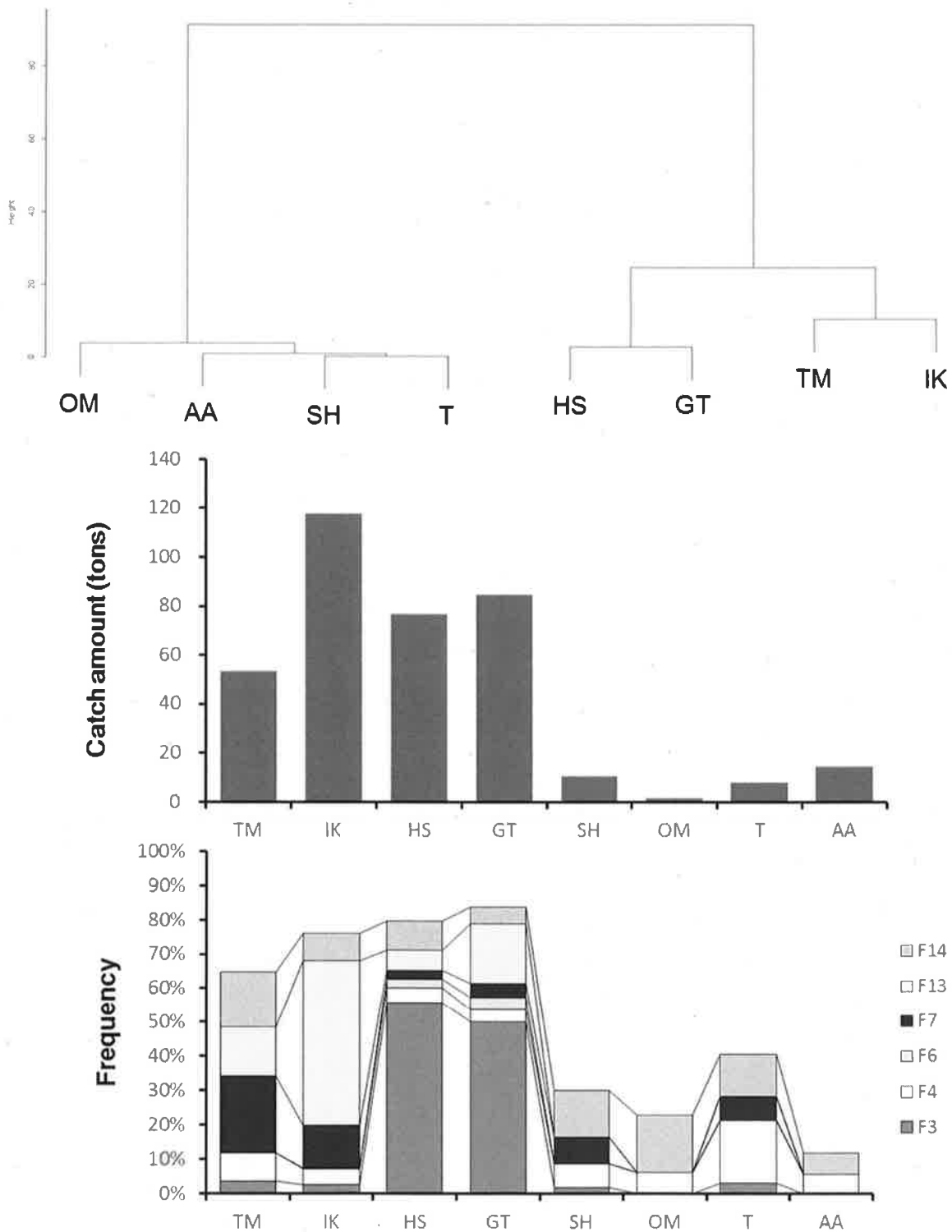


Fig.2-6b Geographical similarities in species composition by cluster analysis during 5 years (1990-1994). The dendrogram (Top), Average catch amount by region (Middle), and Species composition of captured species (Bottom). For captured species, see Table 2-1 to identify species and see Fig. 2-1 for region.

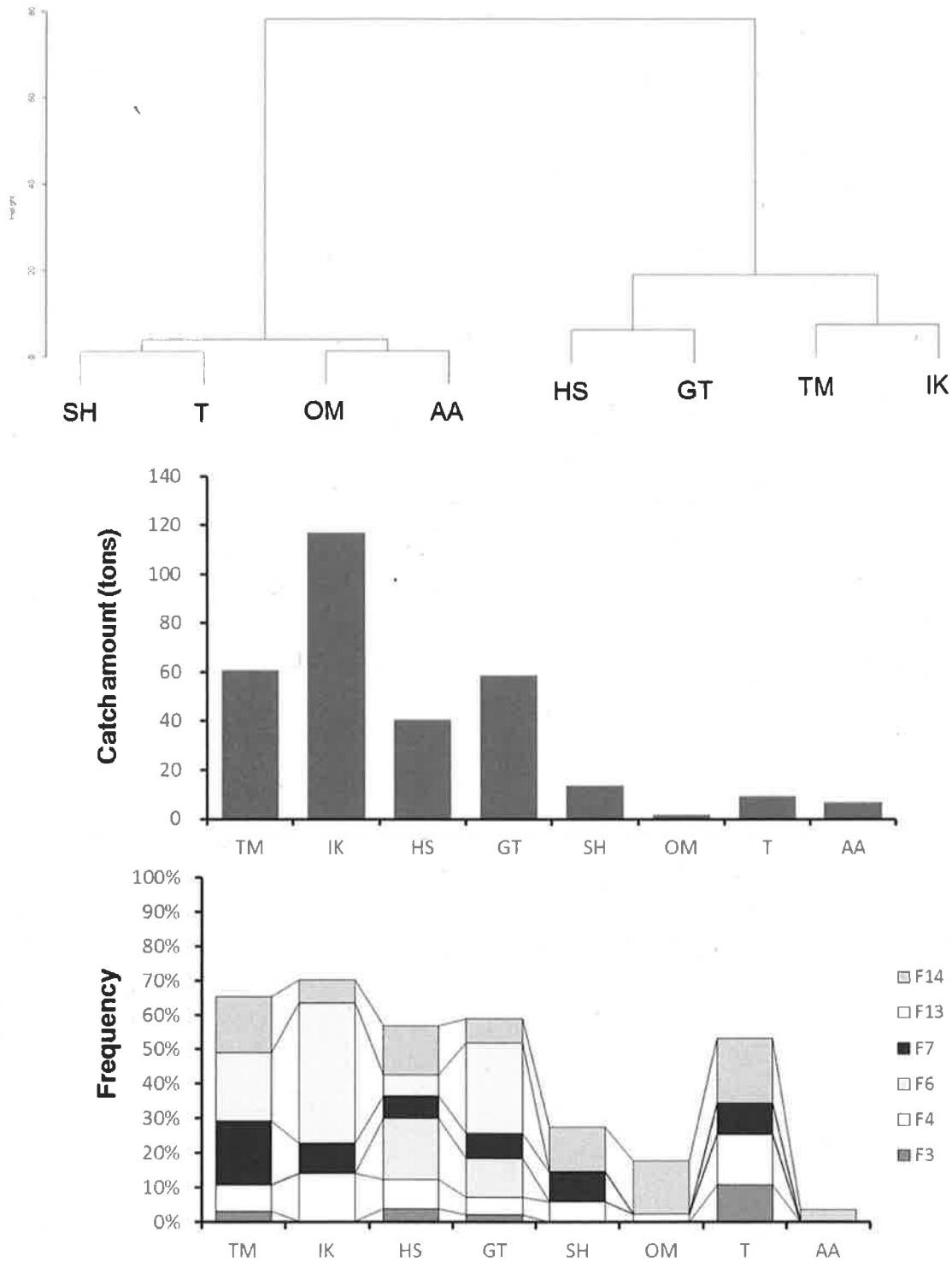


Fig.2-6c Geographical similarities in species composition by cluster analysis during 12 years (1995-2006). The dendrogram (Top), Average catch amount by region (Middle), and Species composition of captured species (Bottom). For captured species, see Table 2-1 to identify species and see Fig. 2-1 for region.

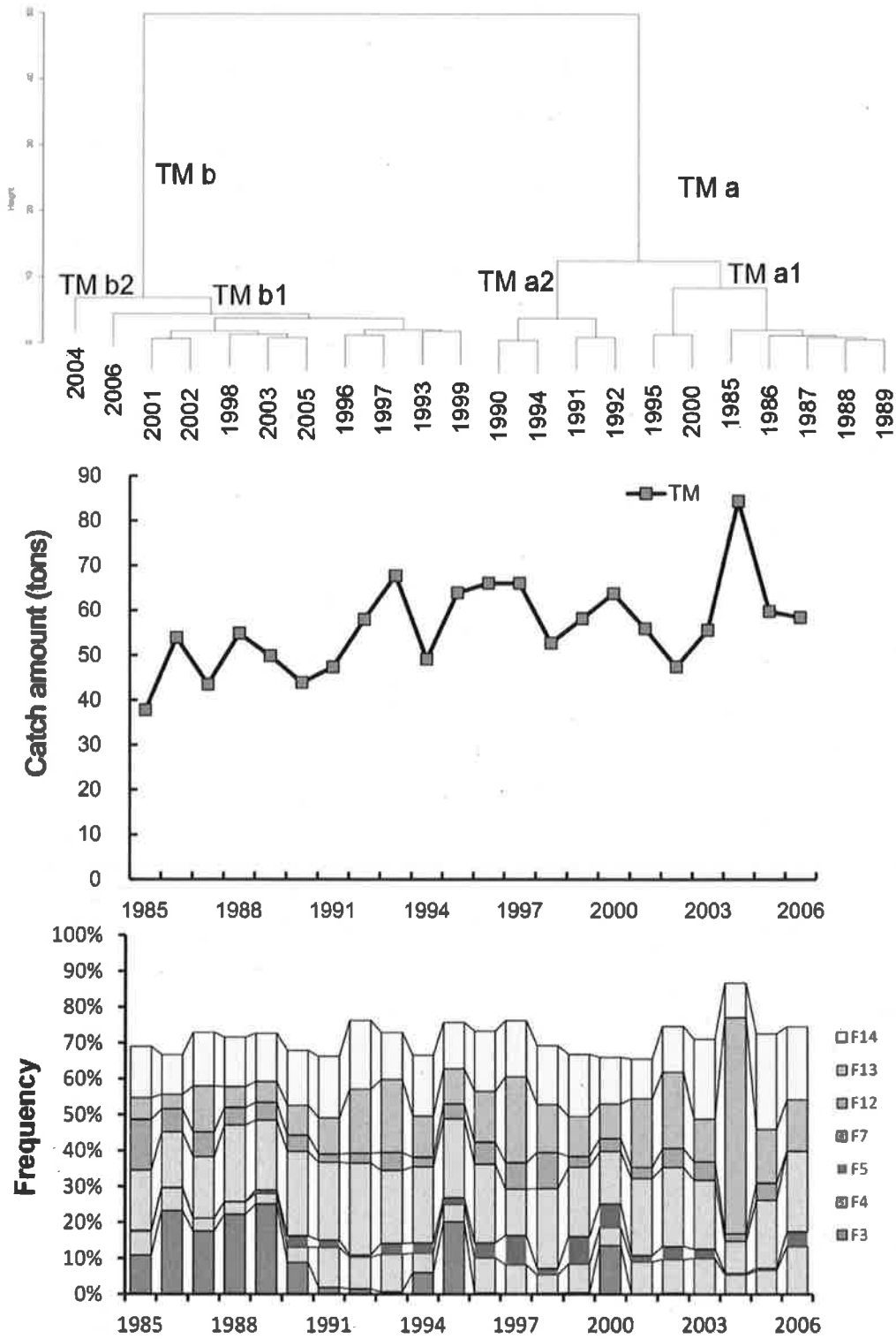


Fig.2-7a Yearly similarities in species composition by cluster analysis in the Tsushima sea area during 22 years (1985-2006). The dendrogram (Top), catch amount by year (Middle), and Species composition of captured species (Bottom). For captured species, see Table 2-1 to identify species.

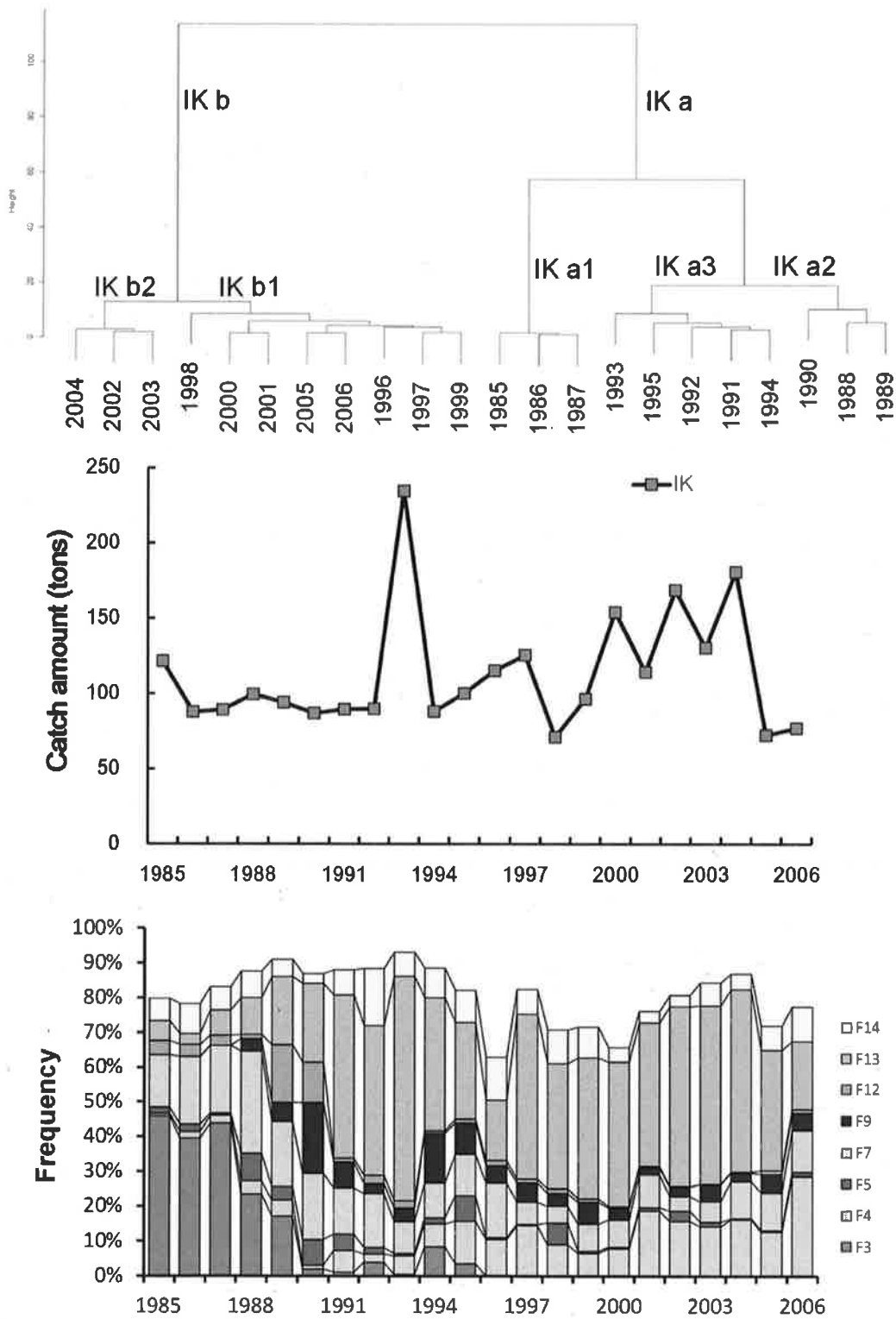


Fig.2-7b Yearly similarities in species composition by cluster analysis in the Iki sea area during 22 years (1985-2006). The dendrogram (Top), catch amount by year (Middle), and Species composition of captured species (Bottom). For captured species, see Table 2-1 to identify species.

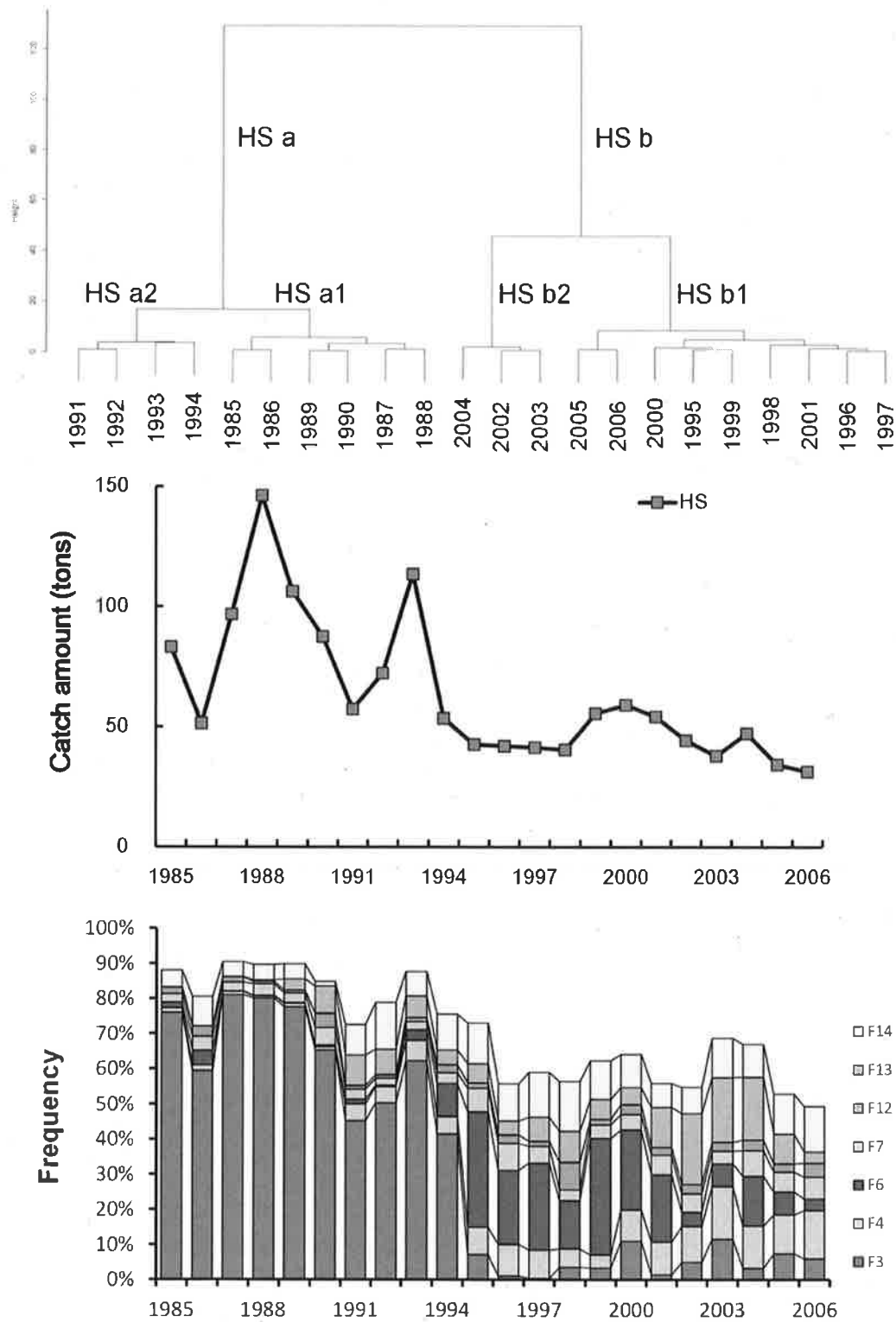


Fig.2-7c Yearly similarities in species composition by cluster analysis in the Hokushou sea area during 22 years (1985-2006). The dendrogram (Top), catch amount by year (Middle), and Species composition of captured species (Bottom). For captured species, see Table 2-1 to identify species.

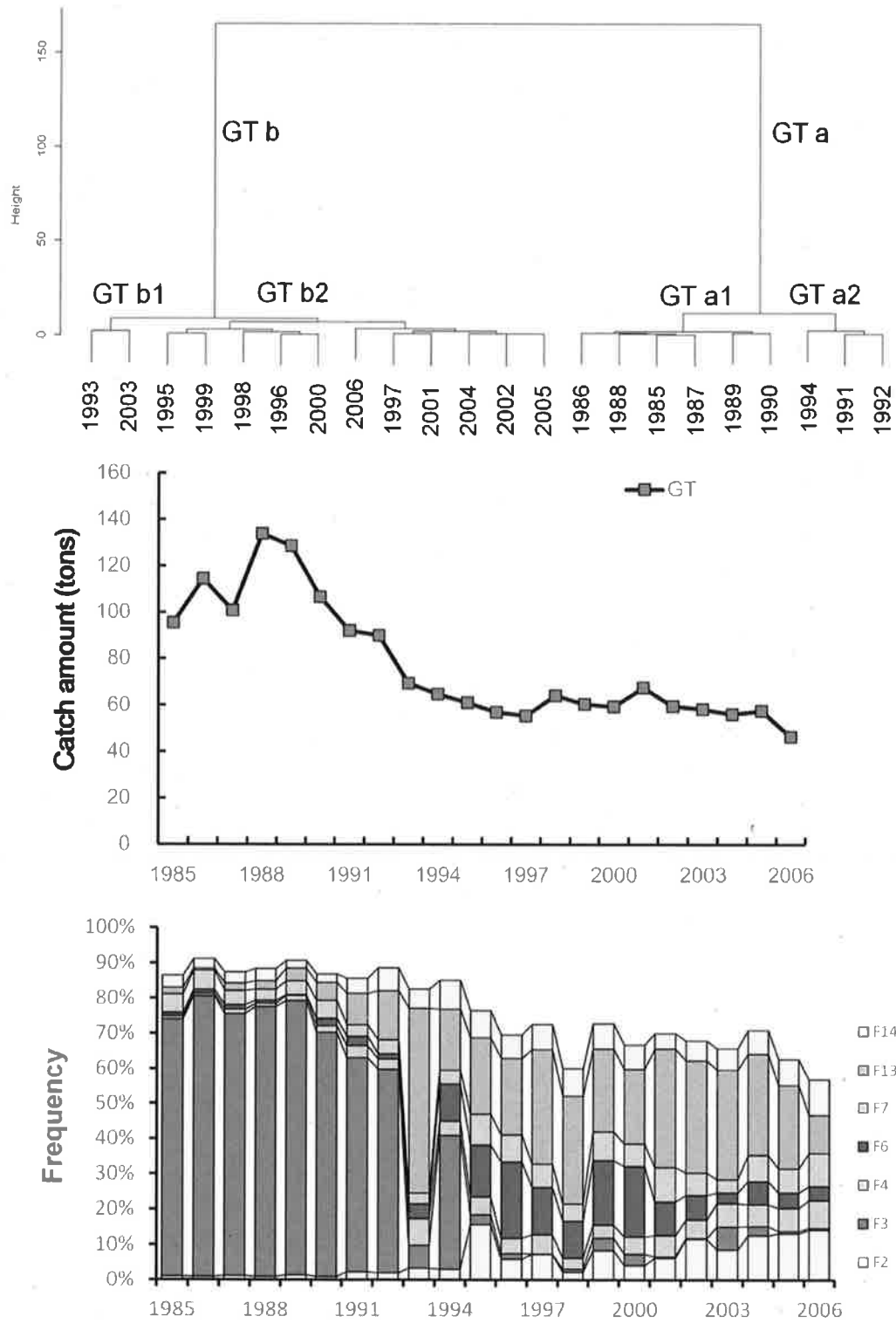


Fig.2-7d Yearly similarities in species composition by cluster analysis in the Goto sea area during 22 years (1985-2006). The dendrogram (Top), catch amount by year (Middle), and Species composition of captured species (Bottom). For captured species, see Table 2-1 to identify species.



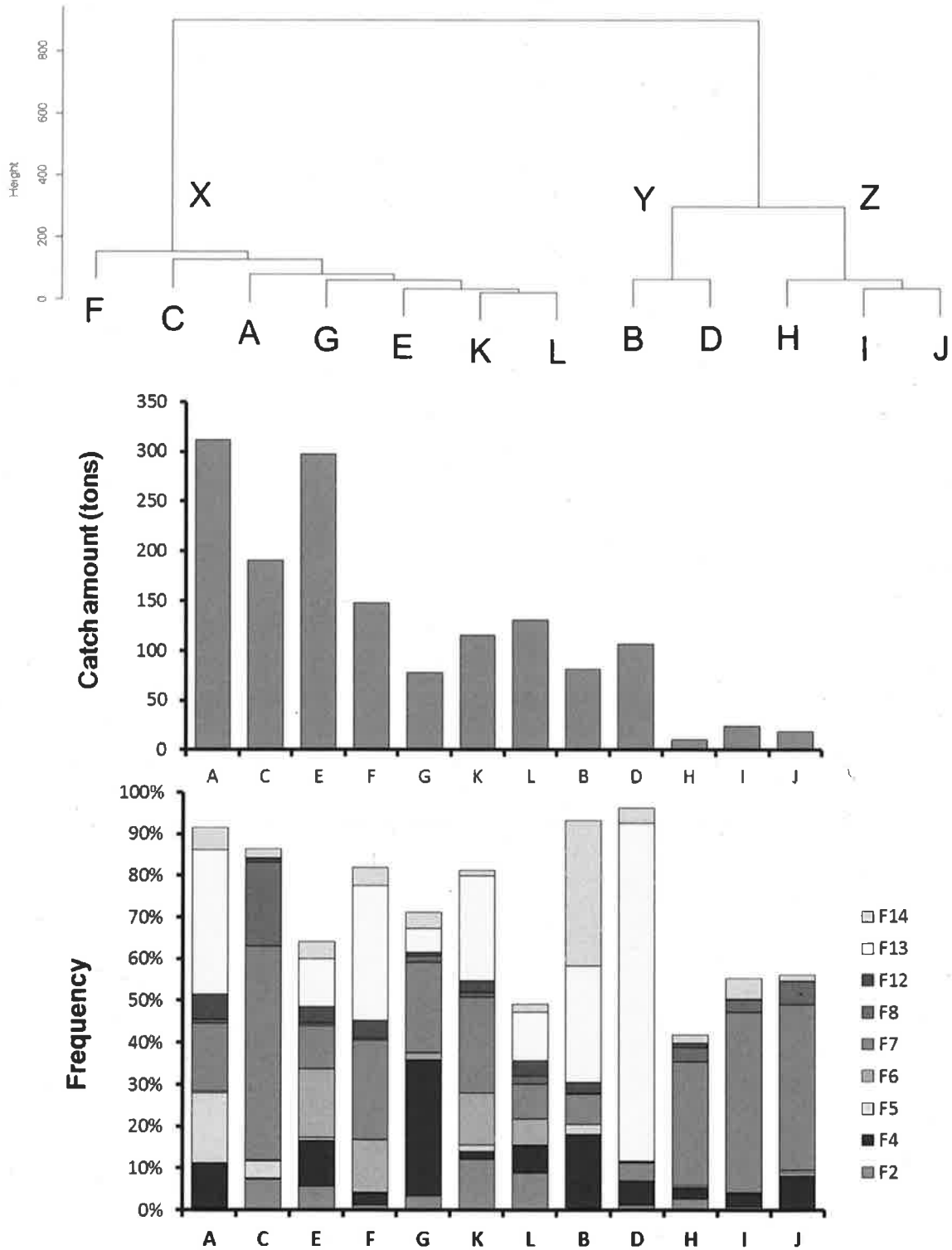


Fig.2-8 Geographical similarities in species composition by cluster analysis 3 years (2009-2011). The dendrogram (Top), Average catch amount by region (Middle), and Species composition of captured species (Bottom). For captured species, see Table 2-1 to identify species and see Fig. 2-2 for region.

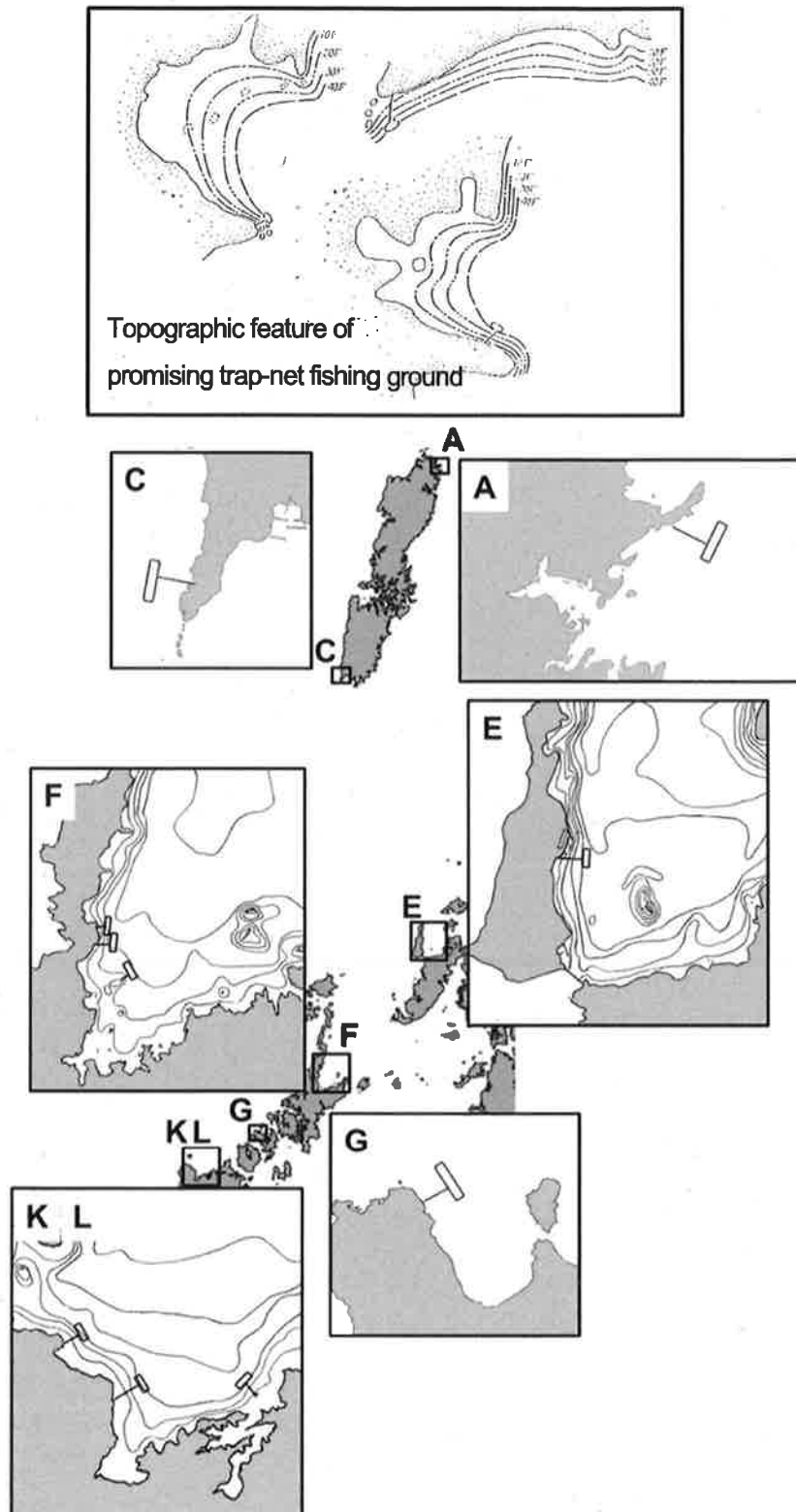


Fig.2-9 Topographic feature of promising trap-net fishing ground proposed by Miura<sup>99)</sup> and topographies of the trap-net fishing grounds that were categorized in the cluster X in Fig. 2-8.

### 第3章 定置網漁業と他漁業種の相互関係 一冬季スルメイカを対象としたイカ釣りとの比較一

前章で示したように、1995年以降、スルメイカは、長崎県内の主要定置網の重要な漁獲対象種となっている。また、イカ類は、これまで海洋資源として利用されてきた多くの魚介類の資源が減少に転じる中、近年、それらの減少した資源を補完する海洋資源として国際的にも注目される魚種である。<sup>103)</sup> スルメイカは国内での消費量が多く国民生活上でも重要な魚種であり、我が国周辺で外国船により漁獲されていることから、1998年からTAC制度(Total Allowable Catch)の対象魚種となっている。<sup>104)</sup> スルメイカは産卵時期毎に3系群(夏, 秋, 冬)に分類され、特に、秋季と冬季に発生する系群が我が国周辺における主要な漁獲対象である。そのうち冬季に発生する系群は、九州西方の東シナ海周辺が産卵場となっており、<sup>97)</sup>産卵後、太平洋や日本海を北上して約1年後に再び産卵のため九州周辺海域に南下してくる。このため、スルメイカを対象としたイカ釣りでは、夏季に北海道周辺海域、秋季から初冬に日本海沿岸又は沖合、そして冬季には九州周辺海域を漁場として操業している。長崎県では、冬季に南下してきたスルメイカがイカ釣りとともに定置網でも主要な漁獲対象種となる。定置網は沿岸域に敷設され、来遊してくる魚群を漁獲するため、操業に要する燃油が少ない。しかしながら、その漁獲量は来遊してくるスルメイカの多寡に大きく依存する。一方、イカ釣りは、イカ魚群の漁場形成に合わせて漁場を選択できるので、イカの漁場位置が変化しても漁獲量の変化を小さく抑えることができる。しかし、漁場への航行と集魚灯の点灯で燃油を相当量消費する。このように定置網とイカ釣りそれぞれに漁獲や操業の面で有利な点と不利な点がある。すなわち、定置網では、操業に要する燃油消費量は少なく、燃油への依存が低い漁業であるものの、魚群の来遊状況によって漁獲量が大きく変化する。一方、イカ釣りでは、来遊状況に応じて魚群を求めて操業するため、漁獲量の変動は小さいものの、操業に要する燃油消費量が多くなる。

このことから、イカ釣りと定置網について省エネルギー化や漁獲効率の向上を検討するとともに他の漁業への影響についても考慮する必要がある。つまり、スルメイカを漁獲対象とした場合、定置網とイカ釣りの漁獲がどのような環境要因の影響を受けるか、これらの2つの漁法の特性を明らかにして、この海域のスルメイカを有効利用するために考慮すべき事項を示すことが望ましい。

これまでの研究でイカの漁獲には、月<sup>105-108)</sup>や潮汐、<sup>108)</sup>風向、<sup>108)</sup>イカの資源量<sup>106-108)</sup>が影響していることが報告されている。このことから本章では、2009-2011年(1-2月)冬季のスルメイカを漁獲対象とした定置網とイカ釣りの漁獲データを用いて、両漁業におけるスルメイカの漁獲動向を比較するとともに、一般化線形モデル(Generalized Linear Models, GLM)解析<sup>109,110)</sup>により、漁獲に影響する要因を検討した。

#### 資料と方法

**漁獲データ** 長崎県内のスルメイカの主要な漁場となる対馬(A)、壱岐(B,C)、平戸(D)、五島(E)の5地区の漁協のスルメイカの日々の水揚げデータを収集した(Fig.3-1)。5地区の漁協は、イカ釣りと定置網の両漁業がある1漁協とイカ釣り又は定置網のみがある4漁協に分かれ、5漁協全体の月ごとのスルメイカの水揚げ量は、冬季に増加し、1月又は2月に最大となっている(Fig.3-2)。解析対象とした3年間のそれぞれの漁協におけるイカ釣りや定置網の操業隻数をTable 3-1に示す。漁獲量は1箱あたり約6kgのスルメイカが入ったイカ箱の箱数から求め、漁獲努力量には、日々のイカ釣り操業隻数と定置網操業統数を用いた(Table 3-2)。

**データ解析** スルメイカの漁獲への様々な環境要因の影響を検討するために、それぞれの地域におけるイカ釣りと定置網漁業の期待漁獲量を求めるGLM解析を行った。また、5漁協それぞれのイカ釣りと定置網6漁業の漁獲データには平均値に対して大きな分散が見られる(Table 3-2)ことから、漁業*i* (*i*は

6漁業のうち、 $i$ 番目の漁業を表す)の漁獲箱数 $C_i$ は、負の二項分布<sup>106-108)</sup>に従うものと仮定した。

$$C_i \sim NB(\mu_i, \theta_i) \quad (1)$$

ここで、 $\mu_i$ は平均値、 $\theta_i$ は推定する分散のパラメータである。

期待漁獲箱数 $C_i$ については、以下のlogリンク関数のモデル式を仮定した。

$$\begin{aligned} \log(\mu_i) = & \beta_0 + \beta_1 Moon + \beta_2 Phase + \beta_3 Tide \\ & + \beta_4 (Moon \times Tide) + \beta_5 Wind + \beta_6 N \\ & + \text{offset } E_i \quad (2) \end{aligned}$$

ここで、月齢 (*Moon*) は月の輝面積比で、新月を0、満月を1として月齢の変化によって連続的に変化する。月の満ち欠け (*Phase*) は、新月から満月までを満ち (*waxing*)、満月から新月までを欠け (*waning*) の2つのカテゴリ変数とした。潮汐 (*Tide*) もカテゴリ変数で、大潮 (*fast*)、中潮 (*medium*)、小潮 (*slow*) の3つに分類した。さらに、潮汐の変動には月齢が影響することから、月の輝面積比と潮汐の影響をそれぞれ単独に考慮するとともに、交互作用も考慮した。また、イカ釣り漁船の操業中の漂流は、風向 (*Wind*) による影響も受けるので、この影響を検討するため、風向を4つのカテゴリ変数 (NE, SE, SW, NW) に分類した。なお、操業日の風向については、気象庁長崎海洋気象台芦辺観測所 (Iki Island, Fig. 3-1) における気象データから一日で最多であった風向を求め、北から東北東までをNE、東から南南東までをSE、南から西南西をSW、西から北北西までをNWとした。資源量 $N$ は各年の月ごとに異なるものと仮定し、6つのカテゴリ (2009Jan, 2009Feb, 2010Jan, 2010Feb, 2011Jan, 2011Feb) に分類した。以上の説明変数について Table 3-1 に取りまとめた。 $\beta_0 - \beta_6$  は説明変数の係数、 $E_i$  は日々の漁獲努力量 (イカ釣り操業隻数または定置網操業数) である。漁獲努力量が大きいほど漁獲は増加すると考え、漁獲箱数 $C_i$ が $E_i$ と線形関係であることを示すoffset項としてモデルに組み入れた。

解析には、統計解析ソフト R ver.2.12.1, MASS パッケージの *glm.nb* 関数を用い、最尤法によってパラメータの推定を行った。それぞれの漁業につい

て、すべての説明変数を設定したモデルから、順にそれぞれの説明変数を除き、AIC (Akaike's information criterion) が最も小さいモデルを最適モデルとして選択した。また、最適モデルに含まれる説明変数それぞれの影響を調べるため、その説明変数を減らしたことによって変化したAIC値の差 ( $\Delta AIC$ )<sup>111,112)</sup>を求めた。

次に定置網とイカ釣りの1日の操業に最低必要となる燃油代を平成21年度漁業経営調査<sup>113)</sup>から求めたところ、1日の操業に最低限必要な燃料費 (年間平均燃料費を操業数で除した値) は、大型定置網では9,322円/1日、イカ釣り漁船 (3~20トン) では、9,514~31,844円/1隻/日となった。また、水産物流通統計年報2009年<sup>114)</sup>から、国内の主要42漁港におけるスルメイカ鮮魚の卸売価格が149円/kgで、1箱に20又は25個体のスルメイカを収容してその重量は6kg前後あることから、1箱あたりの単価は900円と見積もった。

## 結果

**漁獲動向と月齢、潮汐、風向の影響** 2009年から2011年の冬季の漁期 (1,2月) に5漁協のイカ釣りと定置網で827,589箱 (約4,965トン) のスルメイカが漁獲され (Fig.3-3)、2009年から2011年間の5漁協の全漁獲量の59%を占めた。冬季の漁期のスルメイカの漁獲は壱岐、対馬のイカ釣り漁業で多く、全漁協における漁獲量の77%を占めた。次に日毎の漁獲量を Fig.3-4 に示した。5漁協の日々のスルメイカの総漁獲量は0-18,624箱の間で変動し、年ごとに数日間、1万箱を超えるような大量漁獲日がみられた。

2009年1月には、スルメイカは北部のAとBのイカ釣りで主に漁獲された。またAの定置網でも1月にスルメイカが漁獲されているが、漁獲のピークは2月上旬であった。そして、CとD,Eの定置網では2月中旬または下旬にかけて漁獲が多くなった (Fig.3-5)。このように、スルメイカの漁獲は北部のイカ釣りや定置網で漁獲が始まり、その後南部の定置網において漁獲されている。2010年1月の漁獲動向は2009年に類似していたが、2月の中南部 (D

とE)の定置網ではわずかな漁獲に留まった。2011年には、6つの漁業によるスルメイカの総漁獲量は過去2年間に比べて多く、AとBのイカ釣りは2月中旬まで漁獲が続き、そのピークは2月上旬であった。定置網でも全体的にはスルメイカの漁獲量は1月から2月にかけて高レベルで推移し、Aの定置網の漁獲量は1月下旬に低くなったが、2月中旬には再び大きな漁獲がみられた。CとD,Eの定置網では、1月下旬から2月上旬に漁獲のピークがみられた。

AとBのイカ釣りの日々の漁獲は、新月期に多く満月期に近づくにつれて減少し、満月期から新月期にかけて再び増加する月齢リズムが顕著であった(Fig.3-6a)。この傾向はCとD,Eの定置網でも同様であった。一方、Aの定置網は、他の定置網やイカ釣りの傾向と逆で、新月期に漁獲が減少し、満月期にかけて漁獲が増加していく傾向がみられた。潮流による漁獲への影響は、DとEの定置網で認められ、小潮時に漁獲量が増加した。一方、その他の漁業では潮流に対する明確な漁獲変動はみられなかった(Fig.3-6b)。風向による漁獲の影響は、南向きの風の場合にCとD,Eの定置網で漁獲が減少した(Fig.3-6c)。

**漁獲モデル解析結果** GLM解析の結果、いずれの漁業でもMoonの影響が検出された( $\Delta AIC=10.77-26.21$ , Table 3-4)。各漁業の最適モデルは以下のとおりである。

$$\text{Squid jigging A: } \log(\mu_i) = \beta_0 + \beta_1 \text{Moon} + \beta_2 \text{Phase} + \beta_3 \text{Wind} + \beta_4 N + \log(E_i)$$

$$\text{Squid jigging B: } \log(\mu_i) = \beta_0 + \beta_1 \text{Moon} + \beta_2 \text{Phase} + \beta_3 \text{Wind} + \log(E_i)$$

$$\text{Trap-net A: } \log(\mu_i) = \beta_0 + \beta_1 \text{Moon} + \beta_2 \text{Phase} + \beta_3 \text{Wind} + \beta_4 N + \log(E_i)$$

$$\text{Trap-net C: } \log(\mu_i) = \beta_0 + \beta_1 \text{Moon} + \beta_2 \text{Phase} + \beta_3 \text{Wind} + \beta_4 N + \log(E_i)$$

$$\text{Trap-net D: } \log(\mu_i) = \beta_0 + \beta_1 \text{Moon} + \beta_3 \text{Tide} + \beta_4 \text{Wind} + \beta_5 N + \log(E_i)$$

$$\text{Trap-net E: } \log(\mu_i) = \beta_0 + \beta_1 \text{Moon} + \beta_4 N + \log(E_i)$$

イカ現存量(N)の変動による影響はBのイカ釣りだけで検出されなかった。イカ現存量(N)の影響は、CとD,Eの定置網( $\Delta AIC=26.21-133.91$ )では大きいですが、Aのイカ釣りとは定置網では中程度の影響であった。

調査した地域の中で北部に位置する対馬と壱岐(AとB,C)の漁獲は、PhaseとWindの影響も受けていた。Windの影響はイカ釣り( $\Delta AIC=4.56-4.63$ )でより大きな影響を受けていた。Tideのわずかな影響がDの定置網( $\Delta AIC=2.32$ )で検出され、さらにMoonとWind,Nの影響も受けていた。調査した地域の中で南部に位置するEの定置網では、MoonとNのみの影響を受けていた。

以上の6漁業の最適モデルから日々の期待漁獲量を推定した。推定した漁獲量は、実際に観測される漁獲量と一致する傾向にあるが、定置網の推定漁獲量は、漁獲が多い場合に過小評価される傾向にあった(Fig.3-7)。

ここで、イカ釣り1日1隻あたりの推定漁獲量(箱)と定置網1日あたりの推定漁獲量(箱)をイカの資源量が2009年1月水準で一定であるという条件下で算出した。漁獲量は、Aの定置網では6-503箱/日、Aのイカ釣りでは20-224箱/隻・日、Cの定置網では46-1,002箱/日、Bのイカ釣りでは32-211箱/隻・日、Dの定置網では15-539箱/日、Eの定置網では50-235箱/日の範囲で変動した(Fig.3-8)。次に日々の漁獲量は、月齢の影響を受けて変動することから、月齢とその他の影響から計算される漁獲量が燃料費分の漁獲を確保する期間を検討した。スルメイカの価格から日々の燃料費を補う漁獲量は、定置網では11箱、イカ釣り漁船では11-36箱である。Aの定置網では、新月期に南向きの風が吹く最も漁獲に不利な状況下でイカの漁獲量が11箱未満になると推定された。その他の定置網では最も不利な状況の場合にも燃料費以上の漁獲量になると推定された。イカ釣り漁業では、満月の期間に漁獲に不利な状況下で、燃料費をカバーする漁獲箱数よりも少ない漁獲量となると推定された。

## 考 察

本研究の結果から、冬季のスルメイカを対象とした定置網とイカ釣り漁業には、漁獲量に月齢周期と考えられる周期的な変化がみられた。この関係はイカ釣りでは報告<sup>106-108)</sup>されているが、定置網でこの影響が報告されたことはこれまでにはない。

月齢の周期的な影響は、イカ釣り定置網でそれぞれ異なり、漁場位置の相違によって影響が異なることは注目に値する。対馬の定置網Aでは、満月の期間に漁獲量が多くなるが、その他の漁場の定置網やイカ釣りでは新月の期間にスルメイカの漁獲が多くなった。この漁獲動向の相違は、イカ魚群とイカ釣り船の操業パターンに起因する可能性が高い。A(対馬)ではイカ釣り漁船は通常、島の東岸で操業する。<sup>115)</sup>一方、B(壱岐)のイカ釣り漁船は島の北又は西の海域で操業している。<sup>106-108)</sup>このことから、産卵のために南西方向に移動するスルメイカはイカ釣り漁船に漁獲されることなく、壱岐の東岸に達することが可能になり、漁場周辺でイカ釣り漁船が操業しないDとEの定置網の漁獲動向と同様に新月期に漁獲量が多くなるものと推察される。すなわち、A(対馬)の定置網漁場よりもC(壱岐)の定置網漁場はスルメイカを漁獲するために有利な地理条件を持っているものと考えられる。

月の漁獲への影響として、月齢周期に加えて、月の出現する時間が検出された。満月から新月にかけて月が欠ける期間には、月の出現時間は次第に遅くなり、真夜中以降に月が出現するようになるが、この期間にはイカ釣りの漁獲は減少した。イカ釣り漁船は日没前から操業を開始し、日出まで操業を行う。<sup>115)</sup>この操業開始時には、広範囲に分散するイカを集魚灯の光により漁船周辺に集め、漁船周辺に集まったイカは、漁船周辺の強い光<sup>116,117)</sup>を避けながら、船底へと誘導される。そして操業後半には、漁業者は集魚灯の点灯数を減少させながら、漁船周辺のイカを船底の上層に引き寄せる。集魚灯を減灯させる操業後半に、月の光によって漁場が明るくなるような条件下では、月の光が船底に集められたイカの上昇行動を弱め、この光の干渉によって、イカの漁獲量が少なくなるものと考えられる。

また、本研究では風向の漁獲への影響も認められた。イカ釣りでは、対馬で北西風、壱岐で北東風の風が吹くと漁獲が有意に減少した。また、有意ではないものの対馬では北東の風でも漁獲が減少し、北寄りの風が吹くことで漁獲が減少することがわかる。これはイカ釣りが能動的な漁法であることと両地域の地理的な特性の影響を受けている。対馬海峡のイカ釣り操業は、船と集魚したイカ群が潮流とともに移動するいわゆる流し釣りをを行い、操業前半は北方向に移動し、操業後半に移動方向が反転することが多い。対馬では北寄り、壱岐では北東方向の風が吹くことで、操業前半には潮流と風向が逆になることが多くなるため、漂流距離が短くなり十分な集魚ができないために、漁獲が低下したものと思われる。

また、定置網では月齢周期とともにイカ現存量の多寡(N)が漁獲に有意な影響を与えた。すなわち、スルメイカ魚群を求めて漁場を探索集魚して漁獲するイカ釣りとは対照的に、移動することなく来遊してくる魚群を待ち受けて漁獲する定置網では、漁場における現存量の多寡が漁獲量に大きく影響するものと考えられる。

以上のように、長崎県の定置網とイカ釣りは月齢周期と関連して漁獲が変動し、これに加えて定置網は月ごとのイカの現存量の、イカ釣りは風向の影響を受けた。冬季のスルメイカ資源を合理的に利用するためには、生産方法(定置網とイカ釣り)の特性と採算性、そして漁獲に影響する環境条件を総合的に検討し、持続的な利用計画を考察することが重要である。

長谷川<sup>118)</sup>は、定置網漁業で使用される動力漁船の燃油使用量は同一トン数階層の一般漁船と比べて約40%であると推定し、定置網が燃油消費の少ない漁業であることを示唆している。一方、渡邊ら<sup>119)</sup>は、イカ釣り漁業における単位生産額あたりの二酸化炭素の累積排出量は14.4t-CO<sub>2</sub>/百万円と大型定置網の0.5t-CO<sub>2</sub>/百万円に比べて多く、さらに、イカ釣り漁業から排出されるCO<sub>2</sub>は99%が直接的な燃油消費であり、そのおよそ70%は集魚灯の光のためのものであると述べている。定置網の場合、

沿岸域が漁場であるため、操業に要する燃油消費量が低くなるのが容易に想像される。しかしながら、本研究の結果からも明らかにされたように、漁獲量は漁場のスルメイカの多寡に大きく依存する。このことから、沖合にスルメイカの漁場が形成され、接岸しない場合には、定置網はスルメイカを漁獲できない。一方、イカ釣りの場合、イカ魚群の漁場形成に合わせて漁場を選択できるので、イカの漁場位置が変化しても漁獲量の変化は小さくなるものの、操業に要する燃油消費量が多くなる。

AとBのイカ釣り漁業とAの定置網では、漁獲収入が明らかに燃料費をカバーしていない期間があった。2つのイカ釣りでは満月期において漁獲に不利な環境に、Aの定置網では新月期の漁獲に不利な環境になり、操業に要する燃料費よりも少ない漁獲となることが推定された。

定置網とイカ釣り漁業を経営面も含めて持続可能な産業とするためには、上述したような利益が生じない操業を最小限に抑える必要がある。本章では2つの漁業種類が赤字操業となるような漁場の環境条件を明らかにすることができた。両漁業における漁業経営者は、操業コストを意識し、操業の意思決定

をすべきである。例えば、イカ釣り漁業では、操業における損益を推定し、操業経費以上の漁獲が見込めないような環境条件の場合には休漁することも重要である。このような意思決定は、現在の高い燃料価格の条件下では重要で、特に大型のイカ釣り漁船はその操業スタイルを再考する必要がある。一方、定置網も冬場のスルメイカ漁期には月齢に加えていくつもの環境条件の影響を受け、最悪の場合には燃料費さえ賄えないような漁獲の時期があることが推測された。定置網の漁況は、それぞれの定置網漁場においては極めて不安定で、その経営は少数の大漁日によって維持される。<sup>120)</sup>定置網の経営を向上させるためには、こうした大漁日の増加、あるいは操業の多くを占める少漁の操業日における収益の向上を図ることが考えられる。そのために、観光定置網や漁獲物の付加価値向上などの取り組みが行われている。<sup>121)</sup>次章では定置網の漁獲量を全体的に増加させる技術的対策として、光により定置網に入網する魚類を増加させる装置の開発を行い、得られた結果について考察することとする。

Table 3-1 Five Fisheries Cooperative Associations in the study

ID	Island	position	Number of trap-net	Number of Squid jigging boat
A	Tsushima	East coast	5	56-64
B	Iki	North coast		67-83
C	Iki	East coast	2	
D	Hirado	Northwest coast	1	
E	Goto	North coast	2-3	

Table 3-2 Catch data used in the study

ID	Fishing method	Year*	Number of Boat/trap	Fishing days	Total catch (cases)	Average (cases/day)	SD (cases/day)
A	Squid jigging	2009	64	53	50721	957	1032
		2010	56	50	40181	803	845
		2011	61	55	43381	788	645
B		2009	83	41	132935	3242	1887
		2010	67	46	178316	3876	3192
		2011	75	41	191385	4667	3584
A	Trap-net	2009	5	54	26145	484	514
		2010	5	53	14331	270	358
		2011	5	53	21584	407	540
C		2009	2	50	23072	461	570
		2010	2	54	448	8	15
		2011	2	51	40118	786	595
D		2009	1	50	4819	96	176
		2010	1	52	2909	55	126
		2011	1	53	8001	150	217
E		2009	3	49	13009	265	310
		2010	2	49	12159	248	409
		2011	2	51	24075	472	677

\* Daily catch data between January and February were collected each year.

Table 3-3 Explanatory variables in the initial generalized linear model (GLM) with a negative binomial distribution

Explanatory variables	Category
<i>Moon</i> (ratio of the illuminating area of the moon)	Continuous variable, (0 to 1)
<i>Phase</i> (waxing and waning of the moon)	<i>waxing, waning</i>
<i>Tide</i> (speed of tidal current in the fishing ground)	<i>fast, medium, slow</i>
<i>Wind</i> (wind direction)	<i>NE(N-ENE), SE(E-SSE), SW(S-WSW), NW(W-NNW)</i>
<i>E</i> (fishing effort, number of boats or traps per day)	Offset variable(0 to 83)
<i>N</i> (month-year difference in squid abundance)	<i>Jan09, Feb09, Jan10, Feb10, Jan11, Feb11</i>



Table 3-4 Parameters and output for the selected optimal generalized linear models  $\Delta$ AIC indicates the increment in AIC if the explanatory variable is removed from the optimum models

Explanatory variable	Squid jigging A		Squid jigging B		Trap-net A	
	Estimate (SE)	P	Estimate (SE)	P	Estimate (SE)	P
$\beta_0$ (Intercept)	4.81 (0.28)	<0.01	4.67 (0.16)	<0.01	2.84 (0.46)	<0.01
$\beta_1$ (Moon)	$\Delta$ AIC = 26.21		$\Delta$ AIC = 21.86		$\Delta$ AIC = 25.08	
	-1.22 (0.20)	<0.01	-0.77 (0.15)	<0.01	1.91 (0.33)	<0.01
$\beta_2$ (Phase: relative to 'waning')	$\Delta$ AIC = 6.81		$\Delta$ AIC = 14.57		$\Delta$ AIC = 6.65	
	0.44 (0.14)	<0.01	0.46 (0.10)	0.01	-0.78 (0.24)	<0.01
$\beta_3$ (Tide: relative to 'fast')						
medium	/		/		/	
slow	/		/		/	
$\beta_5$ (Wind: relative to 'SE')	$\Delta$ AIC = 4.56		$\Delta$ AIC = 4.63		$\Delta$ AIC = 2.55	
NE	-0.27 (0.25)	0.29	-0.43 (0.17)	0.01	1.25 (0.43)	<0.01
NW	-0.61 (0.22)	<0.01	-0.00 (0.14)	0.98	1.25 (0.39)	<0.01
SW	0.17 (0.40)	0.68	0.21 (0.27)	0.42	1.03 (0.69)	0.13
$\beta_6$ (N relative to 'Feb09')	$\Delta$ AIC = 2.96				$\Delta$ AIC = 3.09	
Jan09	-0.53 (0.24)	0.02	/	/	0.33 (0.41)	0.41
Jan10	-0.40 (0.25)	0.12	/	/	-0.62 (0.41)	0.14
Feb10	-0.09 (0.24)	0.72	/	/	-0.24 (0.41)	0.56
Jan11	-0.74 (0.25)	<0.01	/	/	0.31 (0.42)	0.47
Feb11	-0.04 (0.23)	0.88	/	/	-0.96 (0.40)	0.02
Explanatory variable	Trap-net C		Trap-net D		Trap-net E	
	Estimate (SE)	P	Estimate (SE)	P	Estimate (SE)	P
$\beta_0$ (Intercept)	5.67 (0.48)	<0.01	4.78 (0.49)	<0.01	5.46 (0.28)	<0.01
$\beta_1$ (Moon)	$\Delta$ AIC = 10.77		$\Delta$ AIC = 25.93		$\Delta$ AIC = 21.02	
	-1.24 (0.32)	<0.01	-2.06 (0.32)	<0.01	-1.54 (0.29)	<0.01
$\beta_2$ (Phase: relative to 'waning')	$\Delta$ AIC = 4.33					
	-0.57 (0.22)	0.01	/	/	/	/
$\beta_3$ (Tide: relative to 'fast')			$\Delta$ AIC = 2.32			
medium	/		0.04 (0.28)	0.88	/	
slow	/		0.65 (0.28)	0.02	/	
$\beta_5$ (Wind: relative to 'SE')	$\Delta$ AIC = 0.23		$\Delta$ AIC = 0.10			
NE	1.01 (0.43)	0.02	0.47 (0.41)	0.26	/	
NW	0.88 (0.39)	0.02	0.86 (0.37)	0.02	/	
SW	1.25 (0.66)	0.06	-0.13 (0.70)	0.85	/	
$\beta_6$ (N relative to 'Feb09')	$\Delta$ AIC = 133.91		$\Delta$ AIC = 27.63		$\Delta$ AIC = 26.21	
Jan09	-0.93 (0.38)	0.02	-1.27 (0.40)	<0.01	-0.63 (0.35)	0.07
Jan10	-4.01 (0.40)	<0.01	-0.91 (0.40)	<0.02	0.32 (0.34)	0.35
Feb10	-5.15 (0.40)	<0.01	-1.36 (0.39)	<0.01	-1.81 (0.35)	<0.01
Jan11	0.01 (0.39)	0.99	-0.79 (0.41)	0.05	0.83 (0.34)	0.02
Feb11	0.71 (0.40)	0.07	0.75 (0.37)	0.04	0.47 (0.34)	0.17

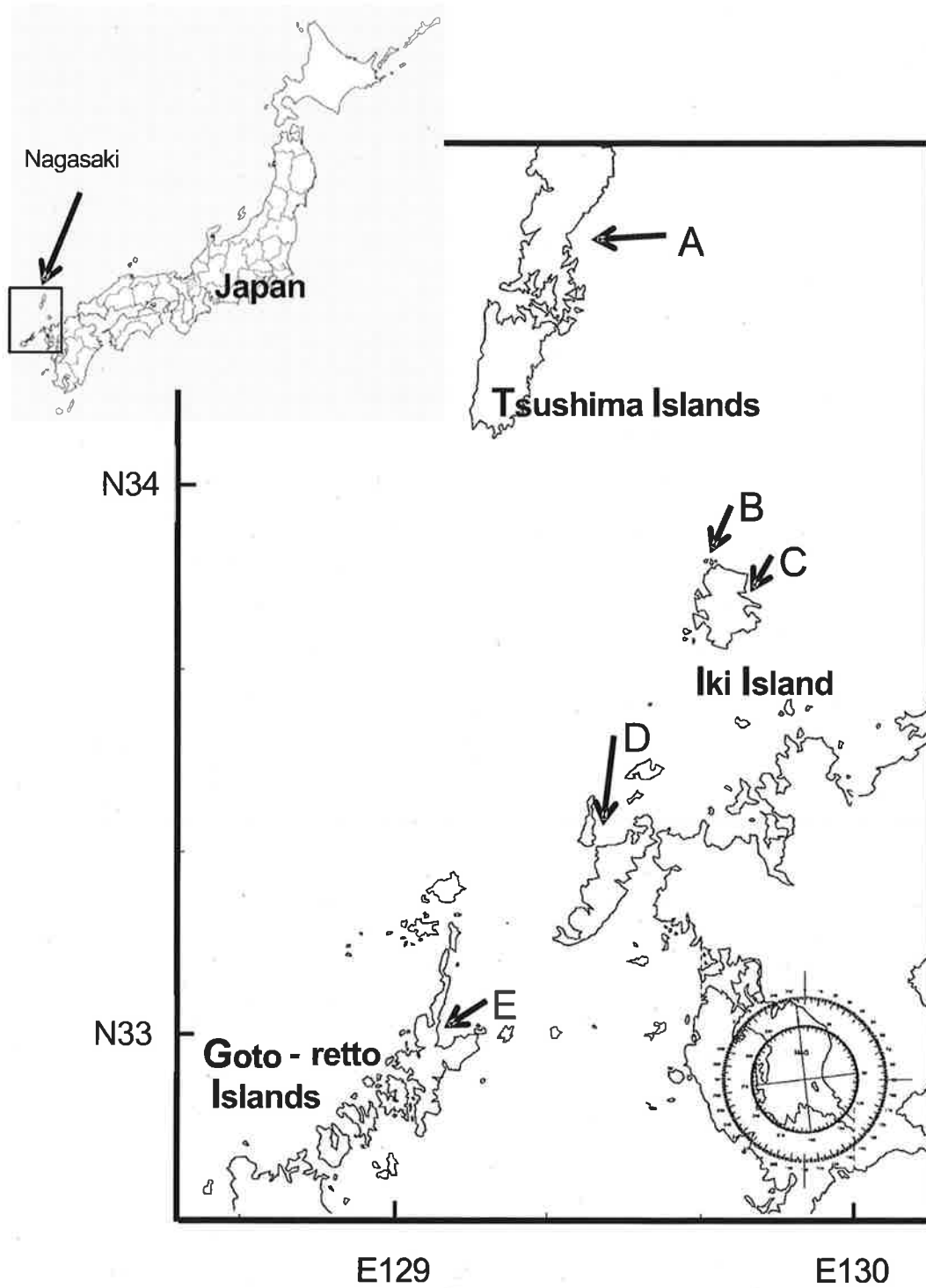


Fig.3-1 Locations of the Fisheries Cooperative Associations analyzed in the study. A operates both squid jigging and trap-net fishing. B only operates squid jigging. C, D and E only operate trap-net fishing.

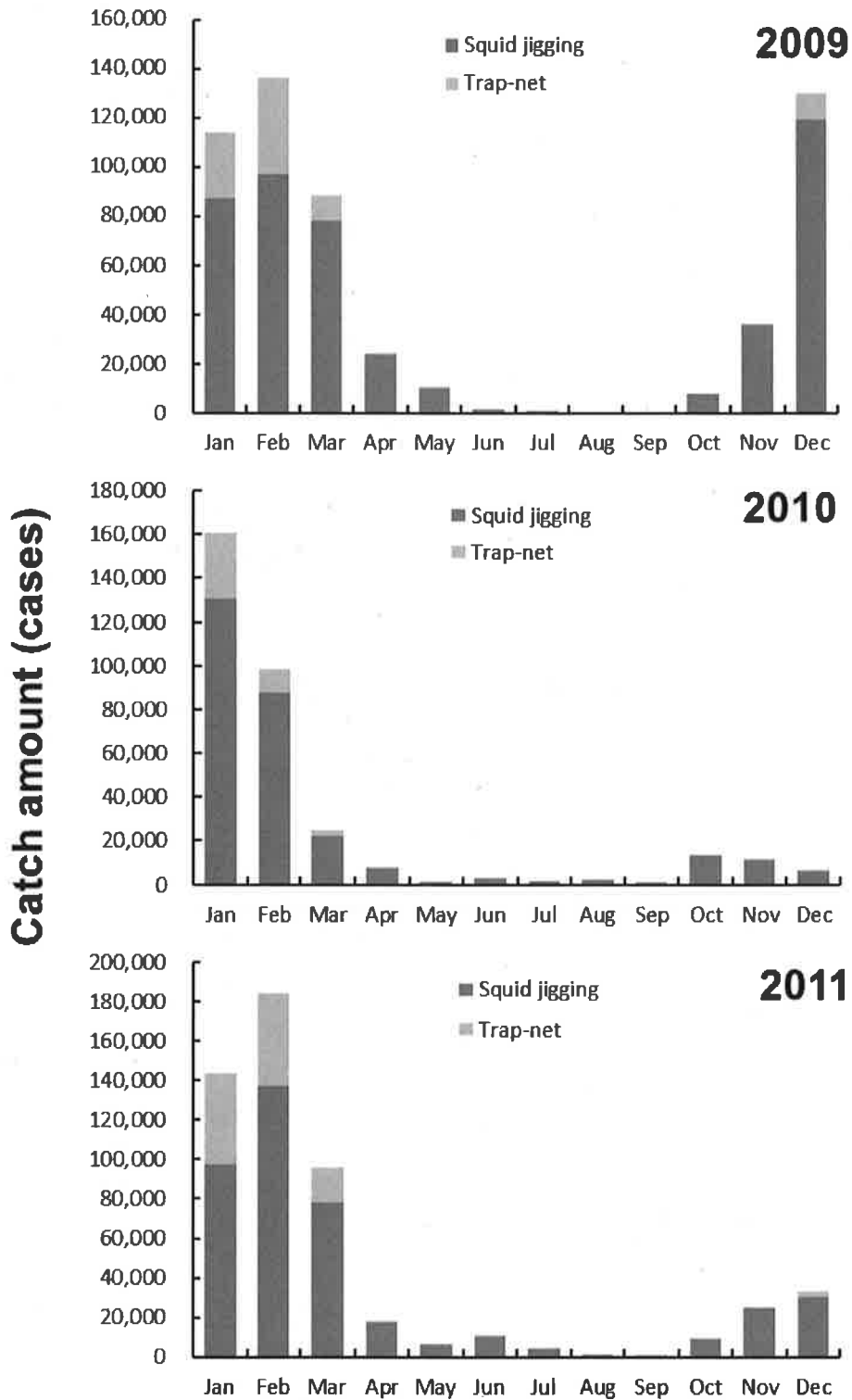


Fig.3-2 Catch amount of Japanese common squid in the squid jigging and Trap-net fisheries in five Fisheries Cooperative Associations (A to E) in 2009-2011.

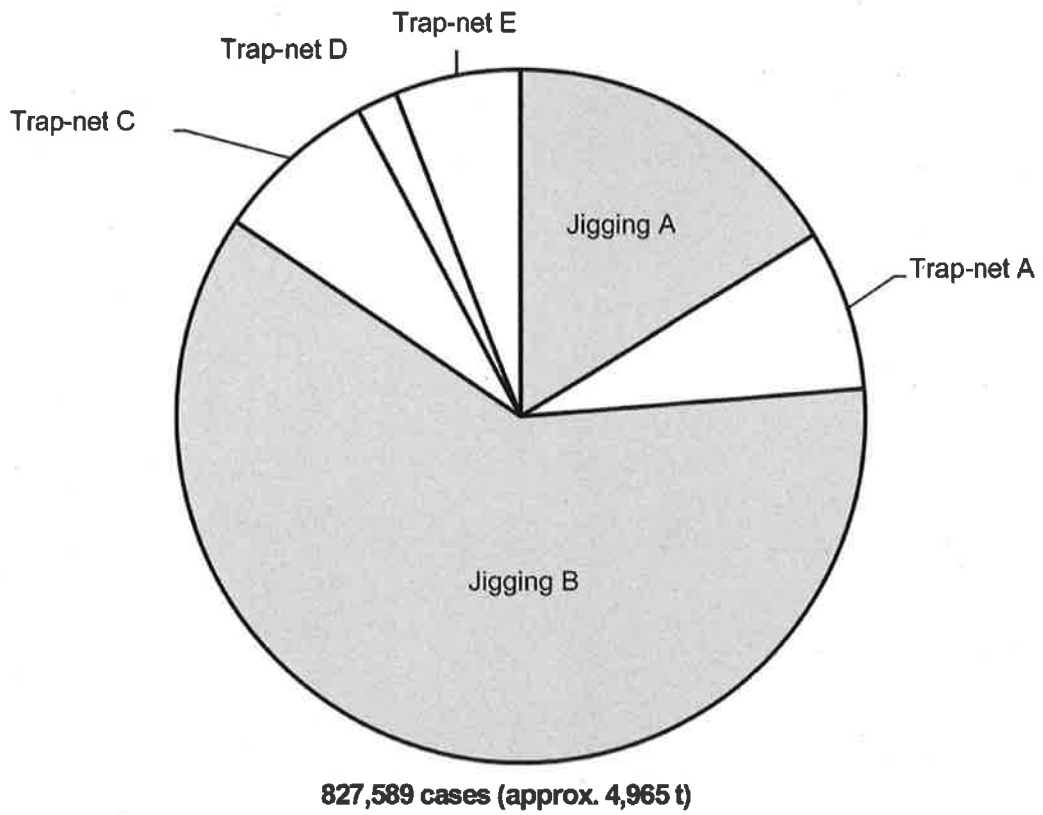


Fig.3-3 Catch amount of Japanese common squid in the 6 fisheries in January-February 2009, 2010 and 2011.

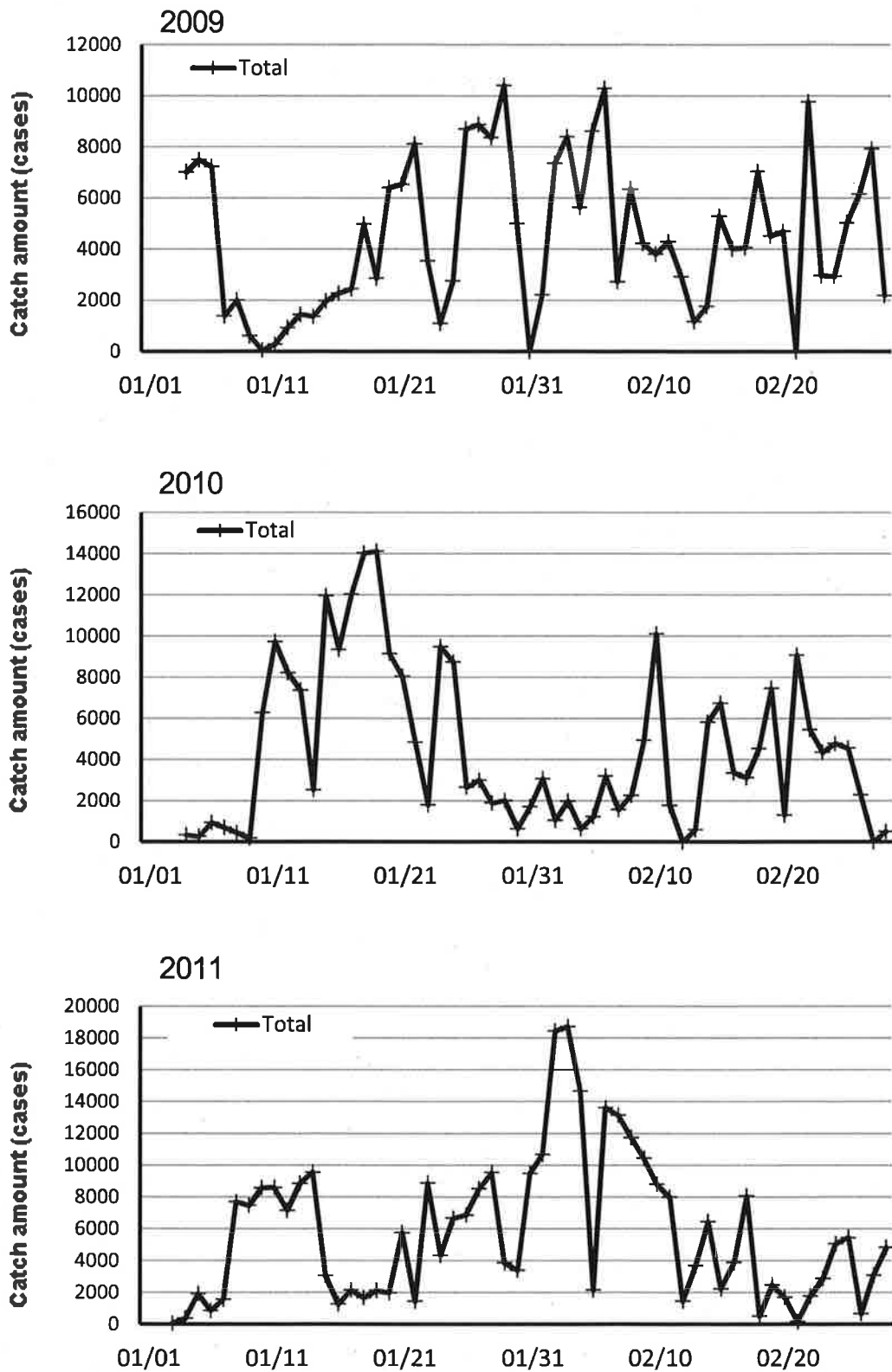


Fig.3-4 Variation in daily total catch of Japanese common squid in the 6 fisheries in January-February 2009, 2010 and 2011.

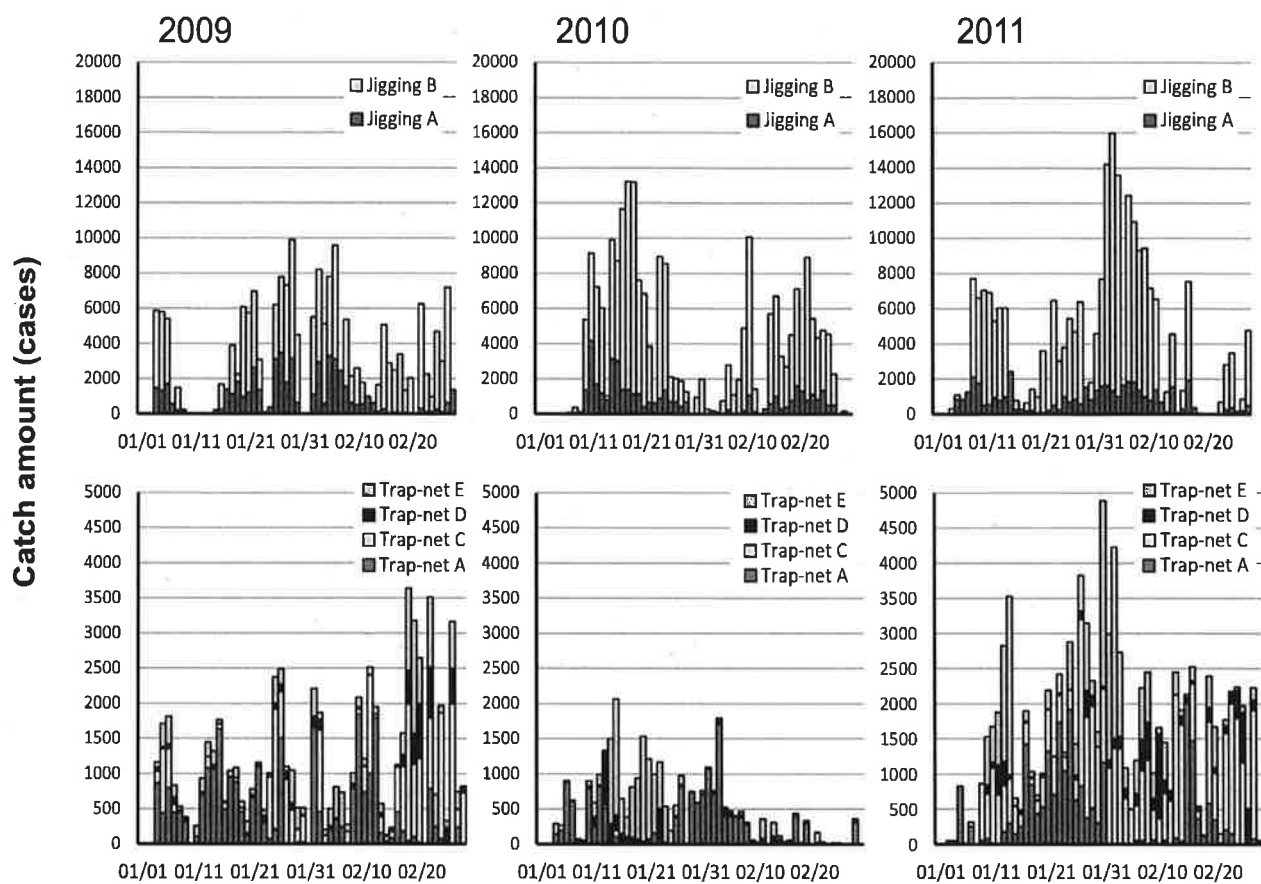


Fig. 3-5 Variation in daily catch of Japanese common squid in the 6 fisheries in January-February 2009, 2010 and 2011.  
Upper graphs; catch of squid jigging sectors, lower graphs; catch of trap-net sectors.

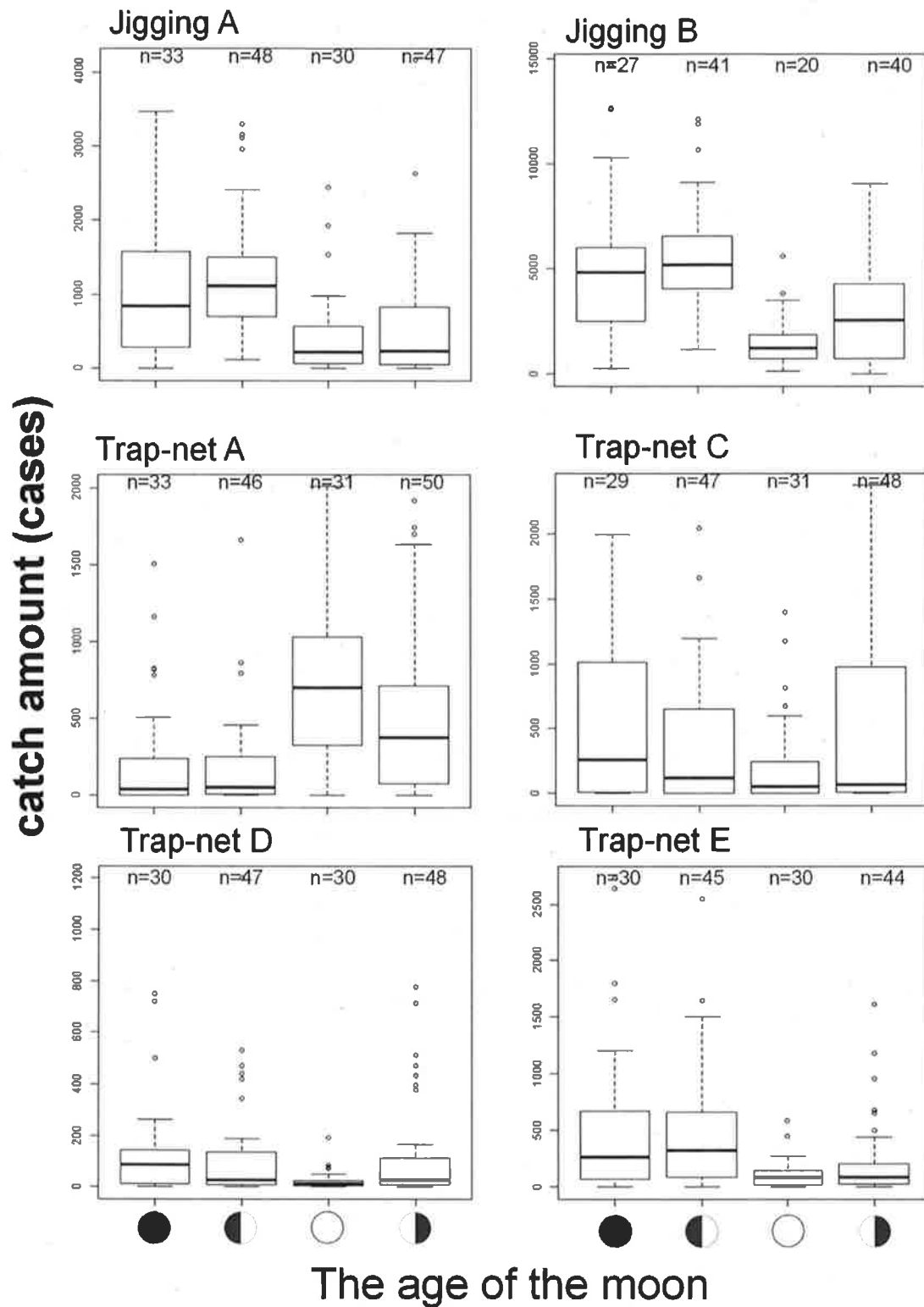


Fig. 3-6a Variation of daily catch of Japanese common squid by the age of the moon.

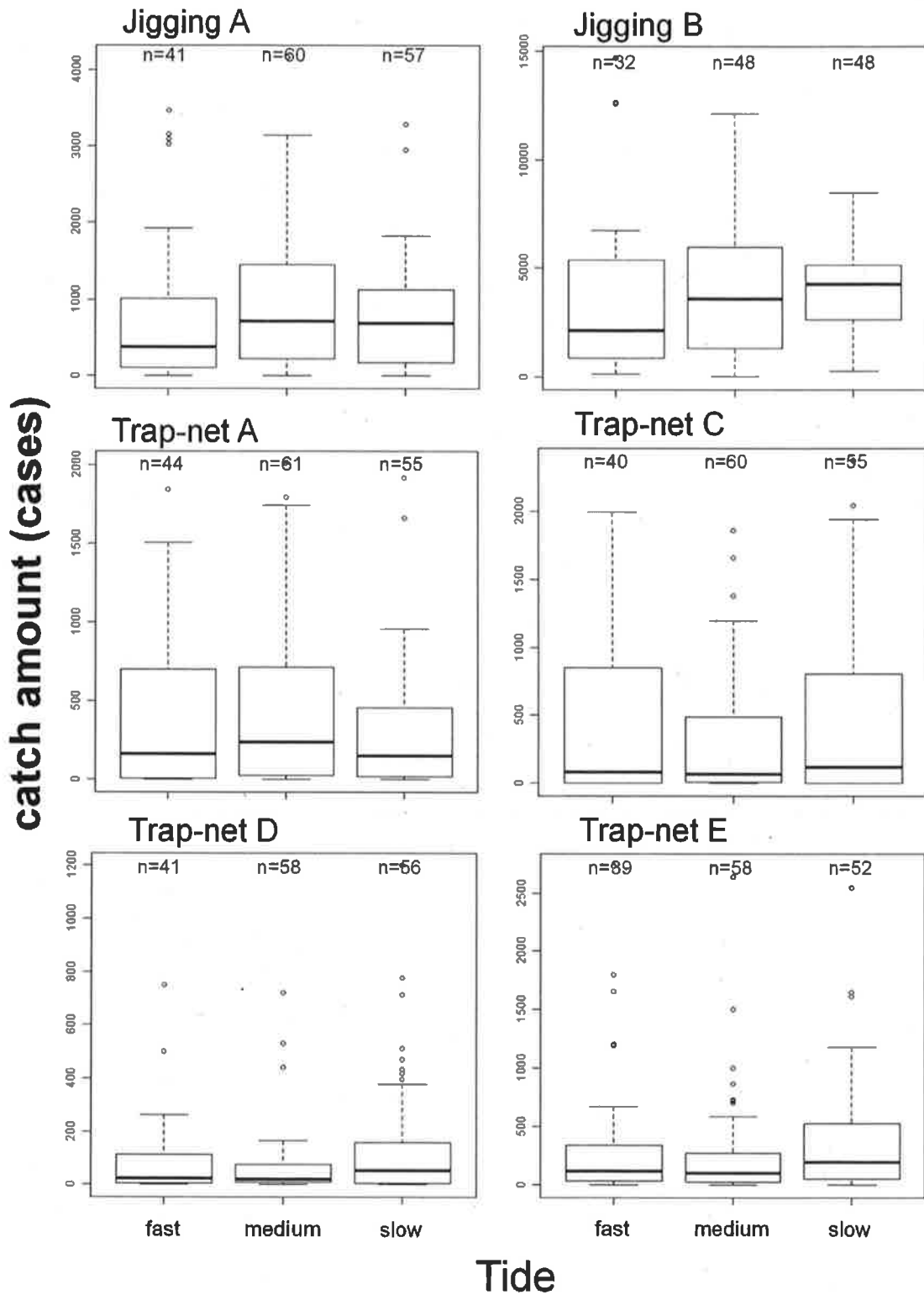


Fig. 3-6b Variation of daily catch of Japanese common squid by the tide.



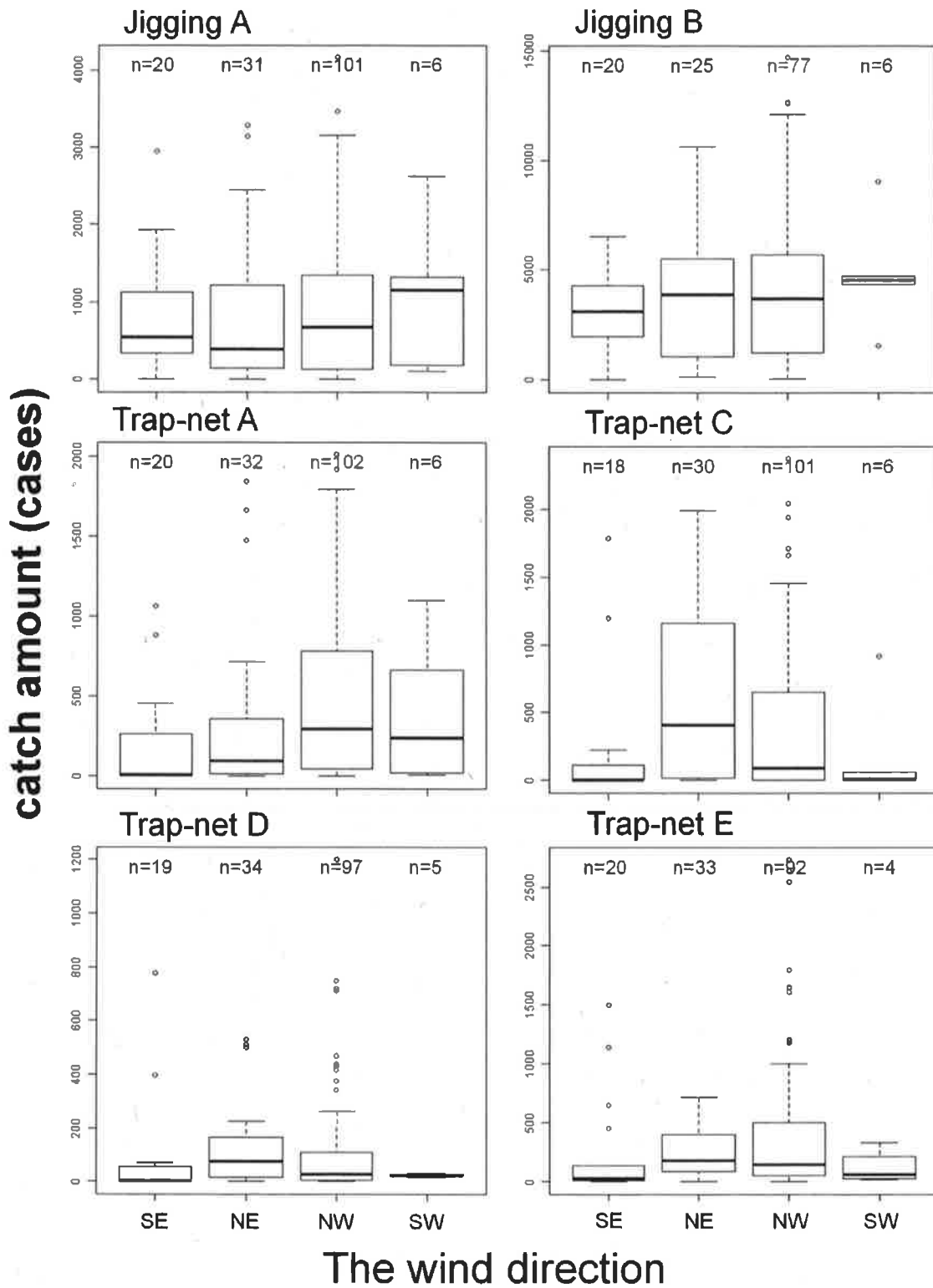


Fig. 3-6c Variation of daily catch of Japanese common squid by the wind direction.

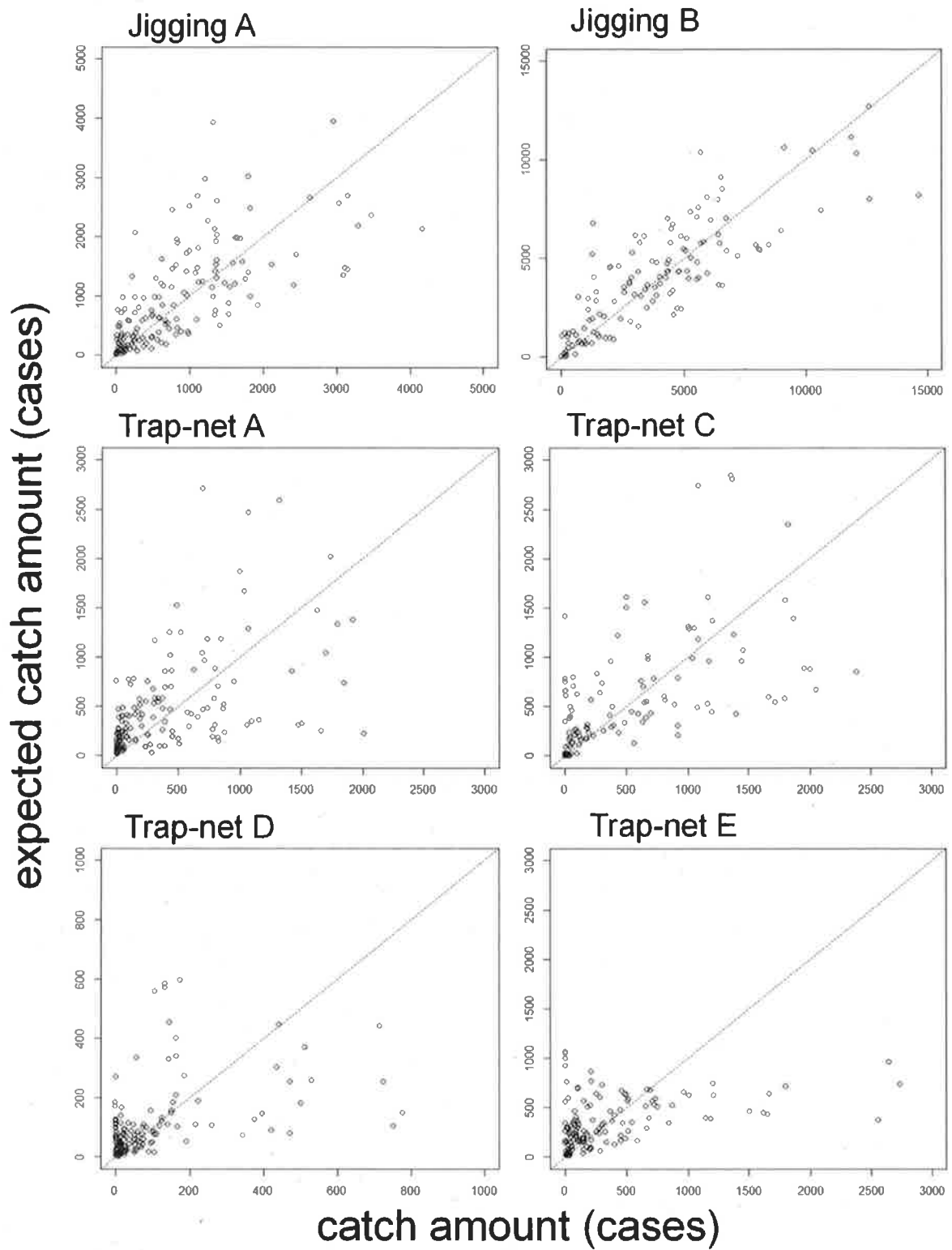
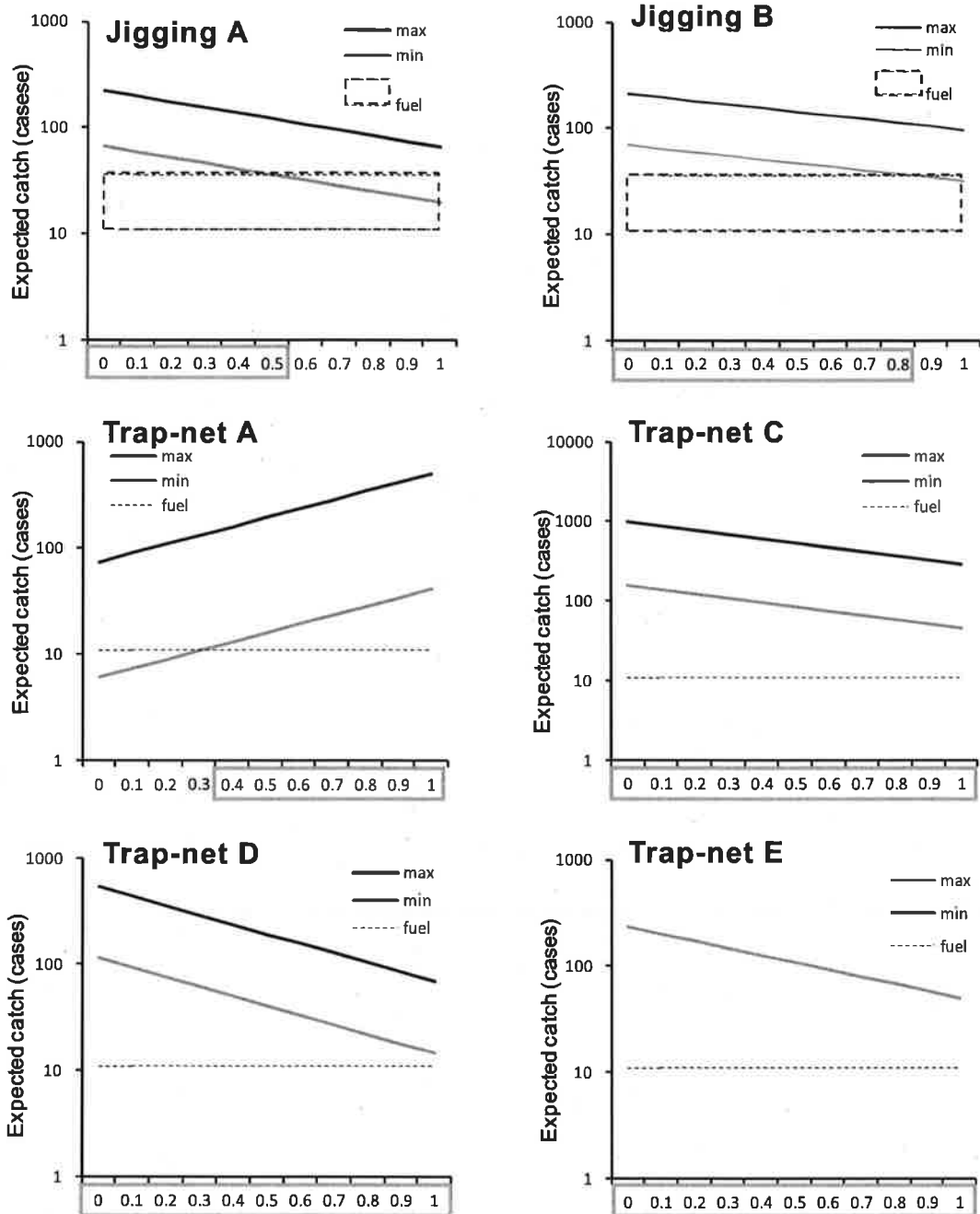


Fig. 3-7 Comparison of observed and expected catch amount of Japanese common squid for the 6 fisheries. Expected catch amounts were calculated from optimum models presented in Table 3-4.



The ratio of the illuminating area of the moon

Fig. 3-8 Relationship between expected catch amount and the ratio of the illuminating area of the moon (*Moon*) for the six fisheries. Influences of other variables are taken into account and are presented as a maximum (max) and a minimum (min) lines. The dashed line is the number of cases corresponding to fuel costs (note that this line is indicated by a range (a portion of a rectangular) for squid jigging fishery due to the variation in boat sizes). A period of time that expected minimum catch amount covers fuel cost is designated by a gray box below the X-axis.

## 第4章 定置網の漁獲向上技術

本章では、定置網の漁獲向上を目標として、集魚灯技術を定置網漁業に導入することを目指す。定置網における集魚灯の使用について禁止する規則は無いが、五島海区漁業調整委員会では、定置網漁業権が免許された区域とその周辺では、定置網と他の沿岸漁業との操業トラブルを回避するため、集魚灯を利用する漁業を禁止する委員会指示を发出している。さらに、前章で示したように、複数の漁業種類間の対象生物の競合・分配問題など、調整を要する課題は多く存在し、漁業における灯火の使用には細かな配慮を要する。これまで類似の研究では、漁業権が設定された水面外から定置網に魚群を積極的に誘導するために、大電力(250~1000W)の集魚灯を装備した漁船などによる魚群の誘導実験<sup>122,123)</sup>や定置網周辺に誘導魚礁を設置した試験<sup>124)</sup>が行われ、光に蟄集する魚種など、特定の魚種への効果が確認された。海外でも近年、光や匂い、音響などを用いて、小型定置網の漁獲効率を向上させる試みが行われている。<sup>2)</sup>しかし、我が国のように一定の水面において他の漁業を排斥する定置網では、大電力の集魚灯を利用した集魚は、他漁業との調整に問題が生じる可能性が高い。また定置網では、光に蟄集しない魚も含めた多種多様な魚種を対象とするので、大電力の集魚灯や魚礁等の新たな投資を回収するだけの漁獲増加が期待できないと考えられ、実用化には至っていない。

そこで本章では、新たにバッテリーとタイマーを内蔵した水密容器とこの容器内のバッテリーのみで点灯可能な小電力の水中灯からなる装置を開発した。そして魚群の定置網への積極的な集魚を意図せず、魚類が視覚によって垣網を認識しづらくなる夜間に、垣網周辺に来遊してきた魚群を小電力の水中灯の光で滞留させ、明け方前に水中灯を消灯することで、滞留した魚群を身網へ効率的に誘導する方法について、その効果を検証した。

### 4.1 垣網への水中灯装着・点灯時の魚群行動

本節では、定置網の垣網周辺に設置した小電力の

水中灯を点灯した際の定置網周辺の魚群の行動特性を把握するため、点灯と消灯時における魚群行動を、スキャンニングソナー(以下、ソナー)を用いて観察した。また、水中灯を用いた定置網の漁獲効率を検討するため、標識放流を行い、標識魚の再捕率を調べた。これらの魚群観察や標識放流魚の再捕率から、定置網の漁獲過程における水中灯の機能について考察する。

### 資料と方法

**調査漁場と漁具設備** ソナーと標識放流調査は、Fig.4-1に示す長崎県平戸市生月町の大型定置網漁場で、2011年11月14日から翌日15日にかけて行った。調査漁場周辺の海底地形は、2006年7月25日に長崎県総合水産試験場漁業指導調査船ゆめとび(19トン、以下ゆめとび)によりサイドスキャンソナー(EdgeTech社製,DF-1000)と魚群探知機(古野電気株式会社製,FE-651)ならびにDGPSを用いて調査した。<sup>125)</sup>定置網周辺の海底はほとんどが砂地で、岸から離れるに従ってなだらかに深くなっており、身網は水深40m付近に敷設されていた。

定置網の構造と水中灯の設置位置をFig.4-2に示す。網型は垣網、運動場、昇網および第1箱網、第2箱網からなる両端口片落網で、身網の全長は357m、垣網の全長は686mである。

実験に使用した水中灯の光源には、定置網周辺に来遊する多様な魚種の波長別光感度特性<sup>126)</sup>を考慮して、安価で400~650nmの範囲の複数の波長を放出する白色のメタルハライド灯<sup>127,128)</sup>(株式会社拓洋理研製,HID55W,DC12V,瞬時点灯型,耐圧水深20m)1灯を用いることにした。この水中灯を直径13mm、長さ5mの水中灯用ケーブルで、点灯・消灯を自動で行うモータ式タイムスイッチ(Omron社製,H2F)、光源用安定器(定格入力DC12V,安定時出力55W)および蓄電池(DC12V,40B19R,2個)を収納した水密容器(SUS製,440×260×255mm)と接続した(Fig.4-3)。水密容器には、蓄電池から発生する水素ガスを外部に放出できるように上面に排出口を設け、容器上面が必ず海面に露出するように浮力約1.3kgwの浮子4個を取り付けた。<sup>129)</sup>

この装置を端口から垣網に沿って岸方向に 125 m、さらに垣網から垂直に 20 m 離れた側張りの浮子に水中灯の水深が 5 m となるように固定した。予備実験において、水中灯を 6 時間点灯した際の蓄電池の電力消費量を確認したところ、6 時間の点灯が最長と考えられたことより、水中灯は内蔵タイマーにより、14 日 22 時 30 分から 15 日 2 時 30 分の 4 時間点灯した後、消灯した。なお、日没時刻と日出時刻はそれぞれ 17 時 21 分と 6 時 52 分であった。調査日の天候は晴れで、月齢は 18.3、月出時刻と月没時刻はそれぞれ 19 時 58 分と 10 時 24 分で、水中灯の点灯時と標識放流時には上空に月が観測できた。

また、調査時の水中灯周辺の流況を、水中灯と同じ位置の深度 15 m に垂下した潮流計 (INFINITY-EM, JFE アレック社製) で調査した。この潮流計は流速と流向を 10 分間隔で計測、記録するように設定した。

**魚群観察調査** ソナーを用いた魚群の観察には、長崎県総合水産試験場漁業調査船鶴丸 (99 トン、以下、調査船) を用い、調査船を Fig.4-1 のように定置網の運動場から沖側に約 150 m 離れた位置に係留し、搭載したソナー (古野電気社製 FSV-30, 周波数: 24kHz) の映像を 14 日 17 時 00 分から 15 日 7 時 00 分の間、DVD に 30 fps で記録した。観察範囲は調査船を中心とした半径 800 m の円内であり、表中層を遊泳する魚群を観察するために俯角を 3 度に設定した。魚群の出現位置の解析については井上ら<sup>41-46)</sup>の方法を参考にして、観察範囲内を 25 m × 25 m の正方形に区切り、各区画で観察された魚群を 1 分ごとに確認してそれぞれの区画における出現頻度とした。この解析方法の場合、魚群の映像の形状と大きさは時間とともに変化し、魚群の映像が複数の区画に及ぶこともあるが、魚群の出現位置は映像の中心で代表させた。

また、水中灯の点灯と非点灯時、その周辺 (身網から岸側に 100-300 m の範囲、一辺が 200 m の正方形の範囲内、64 区画分) における魚群の分布様式を判断するため、森下の  $I_b$  指数を次式により計算した。

$$I_b = n \sum_{i=1}^n \frac{x_i(x_i-1)}{N(N-1)} \quad (1)$$

ここで、 $n$  は区画数 (=64)、 $N$  は魚群の総出現数、 $x_i$  は  $i$  番目の区画における魚群の出現数である。なお、 $I_b$  指数は、ランダム分布では  $I_b=1$  となり、集中分布では  $I_b>1$ 、一様分布で  $I_b<1$  となる。<sup>130)</sup>

**標識放流** 標識放流には、当海域周辺のまき網により漁獲された全長 136 mm から 204 mm (平均 157.2 mm, 標準偏差 10.9 mm) のマアジを 6 日間蓄養したものをを用いた。標識には全長 40 mm (標識部 20 mm, 軸部 20 mm) のスパゲッティタグを使用した。ゆめとび船上に準備した 1 トンかけ流し水槽にマアジを収容し、放流直前に収容したマアジをたも網ですくい上げ、水槽周辺に準備した作業台の海水を含ませたスポンジ上でマアジの背鰭基部に標識を取り付けた。そして一旦、標識前の魚と仕分けできるように水槽内に準備したプラスチックカゴ (外寸: 724 × 474 × 339 mm) の中に標識魚を戻し、標識作業後にまとめて放流した。放流した時刻と放流尾数は Table 4-1 のとおりで、水中灯付近 (A) と水中灯から垣網とは反対の方向に 50 m 離れて係留したゆめとび (B)、水中灯から垣網と平行に岸側に 85 m 離れた場所 (C) の 3 点で放流した。B 以外の放流場所で放流する場合には、標識したマアジを船外機船の水槽に収容して、放流場所まで搬送後、放流した (Fig.4-2)。

再捕率 ( $RC_j$ , %) は、それぞれの時刻や場所で放流した標識魚が、当該定置網の翌朝の揚網で漁獲された尾数 ( $C_n$ ) を放流した尾数 ( $R_n$ ) で除した以下の (2) 式で表わされる。

$$RC_j = (C_n / R_n) \times 100 \quad (2)$$

## 結果

**漁獲物の魚種組成** 2011 年 11 月 15 日は 6 時 30 分から定置網の第 2 箱網の揚網を開始した。同操業における総漁獲量は 1232 kg で、カタクチイワシ *Engraulis japonaca* とマアジが重量比で全体の 9 割以上を占め、その他アオリイカ *Sepioteuthis lessoniana* 等が漁獲された。このことから、ソナー

で観察された魚群はカタクチイワシとマアジの魚群と推定された。

**調査時の流況** 調査時の水中灯周辺の流況を Fig.4-4 に示した。流速は  $0-25 \text{ cms}^{-1}$  の範囲で変化し、20時から3時にかけて  $10 \text{ cms}^{-1}$  を超える流れがあり、その前後となる17時から20時、3時から7時にかけては  $10 \text{ cms}^{-1}$  未満の遅い流れであった。流向は、垣網に向かう北方向への流れが多かったものの、22時から1時30分の流速の速い時間帯には、北西から西南西の西方向への流れに変化した。

**魚群観察調査** 魚群は、日没前後の17時から19時にかけて出現数が多く、その後22時まで徐々に減少したが、水中灯を点灯した22時以降再び増加に転じ、0時から日出時刻の7時にかけて出現数が多くなった(Fig.4-5)。

魚群出現頻度は、水中灯の点灯前となる17時から22時30分の間(5時間30分)が356回、点灯時の22時31分から2時30分の間(4時間)が276回、消灯後の2時31分から7時の間(4時間30分)が573回であった。1時間当たりの平均出現数は、それぞれ水中灯の点灯前が64.5回、点灯中が69.0回、消灯後が127.3回となり、点灯前よりも点灯中にやや高くなり、消灯後には2倍近くの平均出現数となった。しかし、水中灯周辺(身網から岸側に100-300mの範囲、一辺200mの正方形の区画内)においては、水中灯の点灯時と消灯時を比較すると、4時間の点灯中に最大38回の魚群出現が観察された区画があり、消灯時の出現は最大の区画でも5回であった(Fig.4-6)。また、区画ごとの魚群出現数から算出した  $I_0$  指数は、それぞれ水中灯の点灯前が2.7、点灯中が6.1、消灯後が3.7で、全ての時間を通して1以上となった。このことから、水中灯周辺の魚群分布様式は集中分布と判断され、さらに点灯中の  $I_0$  指数は、点灯前や消灯後より高いことから、水中灯点灯時には、点灯しない場合に比べて魚群が特定の区画に偏って出現したものと考えられる。

点灯中に水中灯周辺で観察された魚群は、消灯後に水中灯周辺から次第に離れ、沖側に敷設された身

網方向へと移動していた(Fig.4-7)。消灯直後(2時30分)には、魚群の中心は垣網前面の水中灯よりも約25m岸側の位置で確認され、消灯20分後(2時50分)には、水中灯と身網の間まで移動し、42分後(3時12分)には身網の端口付近まで到達した。この42分間の移動距離は直線で約170mとなることから、魚群の平均移動速度は  $6 \text{ cms}^{-1}$  と推定された。

**標識放流調査** 標識放流し、翌日の定置網で再捕された標識魚の再捕率を Table 4-2 に示した。水中灯の点灯前(22時10分)に、水中灯付近のAで標識放流した群れの再捕率が10%、水中灯を消灯した後(3時)に、Bから標識放流した群れの再捕率が5%であった。これに対し、水中灯の点灯中に標識放流したマアジの群れの再捕率は16-28%で、水中灯を点灯中に標識放流した群れの再捕率は、放流した位置と時刻にかかわらず、消灯時の再捕率を上回った。また、水中灯点灯中の放流位置別の再捕率を比較すると、Aから標識放流した群れの再捕率が28%と最も高く、次いでCで標識放流した群れが19%、Bから標識放流した群れが16%であった。

## 考 察

ソナーを用いて垣網周辺に設置した水中灯の点灯時と点灯前後の消灯時における魚群の分布を観察した結果、水中灯の点灯時には、水中灯の周辺で魚群の出現頻度が高くなることを確認した。本研究で対象となったカタクチイワシやマアジは、正の走光性を持つ魚種とされていることから、<sup>13)</sup>水中灯の光にこれらの種が蟻集し、滞留したものと考えられる。本研究と同様にソナーを用いて定置網漁場周辺におけるカタクチイワシ魚群を観察した三重県の調査<sup>4)</sup>では、魚群は昼間を主体に観察され、日没から日出までの夜間にはほとんど観察されていない。これに対し本研究では、日没後、三重県の調査と同様に魚群の出現頻度が低下したが、夜間に小電力の水中灯を点灯後、再び水中灯の周辺では魚群の出現頻度が高くなった。また、水中灯周辺で行った標識放流において、放流直後の標識魚の行動を海面から目視で観察したところ、消灯時には作業用の懐中電灯のわ

ずかな明るさのなかで、それぞれの標識魚が四方に散らばるように海中へと遊泳する様子が見られたが、水中灯点灯中には、標識魚が群れとなって遊泳していた。このことは、水中灯の光が、魚相互の個体認識とこれに起因する群れの形成を促進しているものと思われる。さらに、水中灯の点灯時に標識放流したマアジの群れの再捕率は、消灯時に放流したマアジの群れのそれと比べて、いずれも高くなった。このことから、正の走光性を有する魚類の視覚機能が低下する夜間においては、垣網周辺で魚を滞留させ群れを形成させたほうが定置網に入網し、漁獲比率（漁獲量／来遊魚群数）<sup>46)</sup>が高くなる可能性があることを示唆している。すなわち、垣網に来遊してきた魚が群れを形成している状態と分散した状態では、その後の定置網の漁獲比率が異なるものと考えられる。

水中灯を消灯後、水中灯周辺に滞留した魚群は身網へと移動し、42分後には身網に到達した。水中灯周辺に滞留した魚群を定置網で漁獲するためには、水中灯を消灯後、その魚群が定置網に達するために必要な時間を把握し、消灯する時間帯を検討することが望ましい。Videler<sup>132)</sup>によると、魚が疲れることなく持続的に泳ぐことができる速度を optimum speed と呼び、その速さは体長の1-2倍（1-2 BLs<sup>-1</sup>）とされ、本研究の定置網で漁獲されたカタクチイワシ（約13 cm）の場合には、13-26 cms<sup>-1</sup>になると試算される。また、定置網周辺の魚群移動に関して、井上<sup>46)</sup>は定置網周辺における魚群の平均移動速度は、スルメイカを除いたマイワシやゴマサバ等の魚種ではその魚体の大きさの違いにかかわらず15 cms<sup>-1</sup>前後が卓越すると報告している。一方、本研究で観察された魚群の移動速度はそれよりも遅い6 cms<sup>-1</sup>で、垣網に複数の集魚灯を取り付けて岸側から順に消灯した Sasaki の実験<sup>133)</sup>での、集魚灯設置間隔20mと点灯消灯の間隔（5分）から推測される魚群の移動速度（6.7 cms<sup>-1</sup>）とほぼ同様であることから、昼間と夜間の魚群の移動速度が異なる可能性が考えられる。水中灯で集められた魚群は、消灯後にすぐに分散するわけではなく、群れを維持した状態での移動が確認され、夜間の魚群の移動速度は昼間よりも遅くな

った。このような魚類の暗環境における移動速度の変化については、例えばタイセイヨウサケ *Salmo salar*<sup>134)</sup> が生け簀の中で夜間には遊泳を止めることや、ニシン *Chupea harengus* の幼魚<sup>135)</sup> が夜間の視覚の低下に伴って、遊泳速度は遅くなると報告されている。本研究で観察された魚群も視覚機能が低下する夜間には、昼間よりも魚群の移動速度が遅くなったと考えられる。

定置網の箱網が保持できる魚群の量には上限があると考えられている。11月15日の漁獲量は約1.2トンと大型定置網の漁獲量としては少ないので、漁具の規模が魚の行動と漁獲量との関係に与えた影響は小さいと考えた。<sup>136,137)</sup>水中灯点灯時に行った標識放流から、水中灯付近に放流したAの再捕率がその周辺での放流B,Cよりも高くなっており、より水中灯付近に来遊した魚群の漁獲比率が高まると考えられる。さらに、水中灯周辺で放流したBとCの再捕率を比較すると、水中灯と放流位置の関係が垣網に対して平行となるCが、水中灯と放流位置の関係が垣網に対して垂直となるBよりも高くなっており、垣網に対する魚群の進入角度を小さくすることは入網率を高める効果があること<sup>46)</sup>と一致している。ただし、Bの放流はCの放流の4時間前に行われたことを考慮すると、この再捕率の違いは水中灯周辺での滞留時間の違いの影響を受けた可能性もある。

以上、垣網に設置した小電力の水中灯を夜間点灯させることにより、その周辺に魚類を滞留・成群させ、消灯後も蟬集した魚群を分散させることなく端口方向へ移動させる傾向があることを明らかにした。また、垣網付近のマアジが箱網で漁獲される比率は、水中灯の光の有無に関連する可能性が高いことを示すことができた。定置網の漁獲機能のうち、垣網は漁場に来遊した魚群を遮断し、身網へと誘導する機能を持つとされ、<sup>8)</sup>垣網の有無が定置網の漁獲量に大きく影響する。垣網を撤去した場合の定置網の漁獲量と垣網を設置した場合の漁獲量を比較した神奈川県の小型定置網では、垣網を撤去した場合には漁獲量が減少することが確認されている。<sup>138)</sup>このような垣網の役割に加え、垣網に装着した水中灯には、魚群が垣網を認識しづらくなる夜間に、垣網周辺に来

遊した魚群を水中灯の光によって滞留・成群させる機能が付加され、定置網の漁獲比率を高めるものと考えられる。次節ではこの水中灯を長期間用いて、実際に漁獲試験を行った結果を検討する。

Table 4-1 Time, number and positions of released jack mackerel

Released time	Number	Released position*
22:10 (Light off)	200	A
22:30 (Light on)	197	B
2:10 (Light on)	200	A
2:30 (Light on)	198	C
3:15 (Light off)	285	B

\*, See Fig. 4-2 for details in released position.

Table 4-2 Recapture number and its rate of released jack mackerel by released time and positions

Time	Released		Recaptured	
	Position*	Number (Rn)	Number (Cn)	Cn / Rn (%)
22:10 (Light off)	A	200	20	10
22:30 (Light on)	B	197	31	16
2:10 (Light on)	A	200	56	28
2:30 (Light on)	C	198	38	19
3:15 (Light off)	B	285	14	5

\*, See Fig. 4-2 for details in released position.



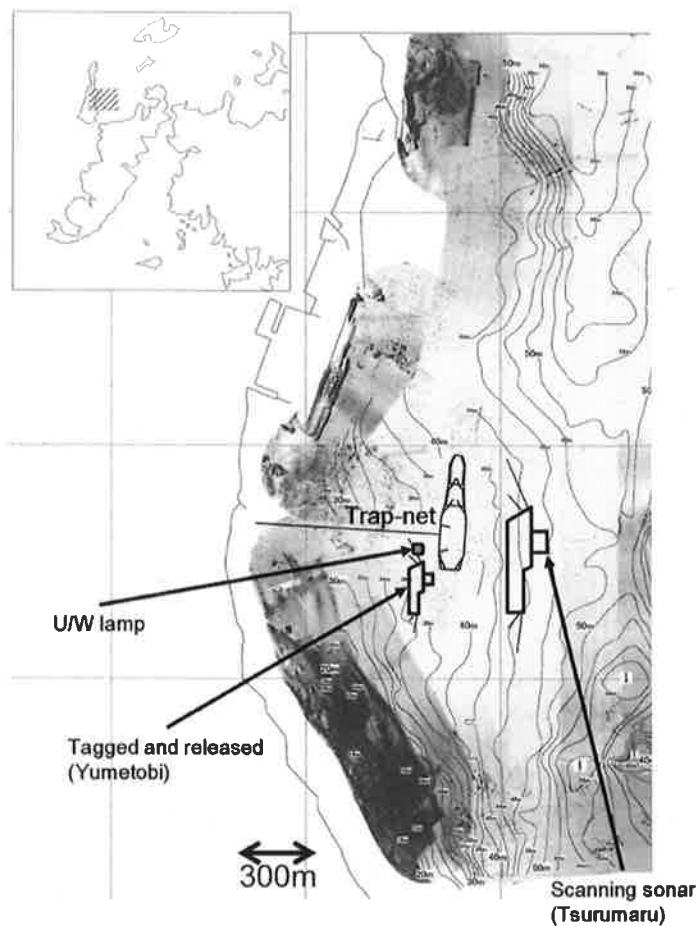


Fig.4-1 Location of the trap-net where fish behavior observation was conducted.

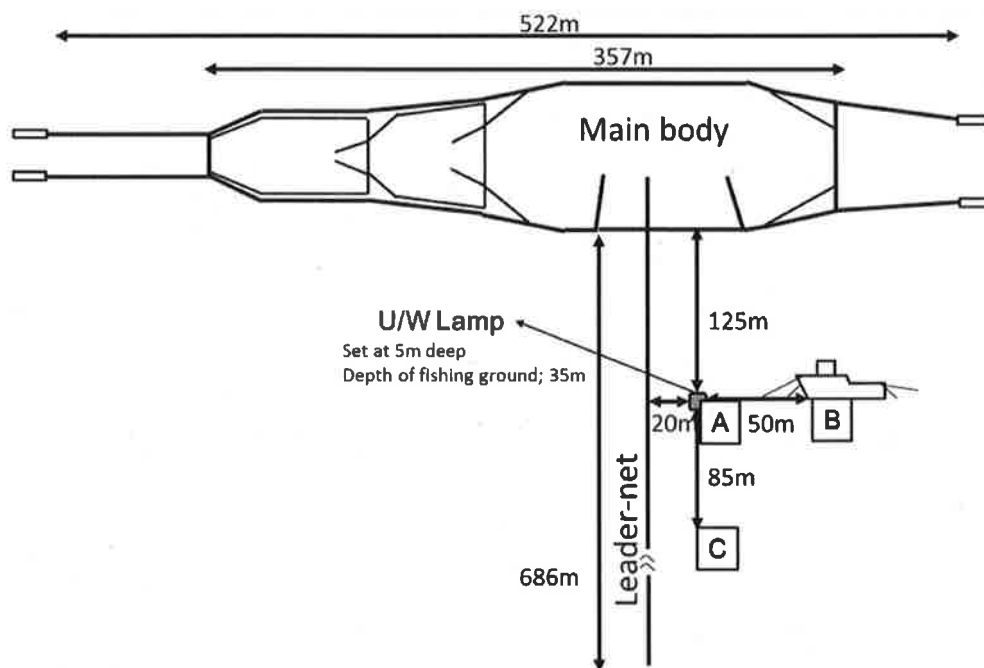


Fig.4-2 Positions of the underwater lamp (A) and where tagged jack mackerels were released (A, B, C).

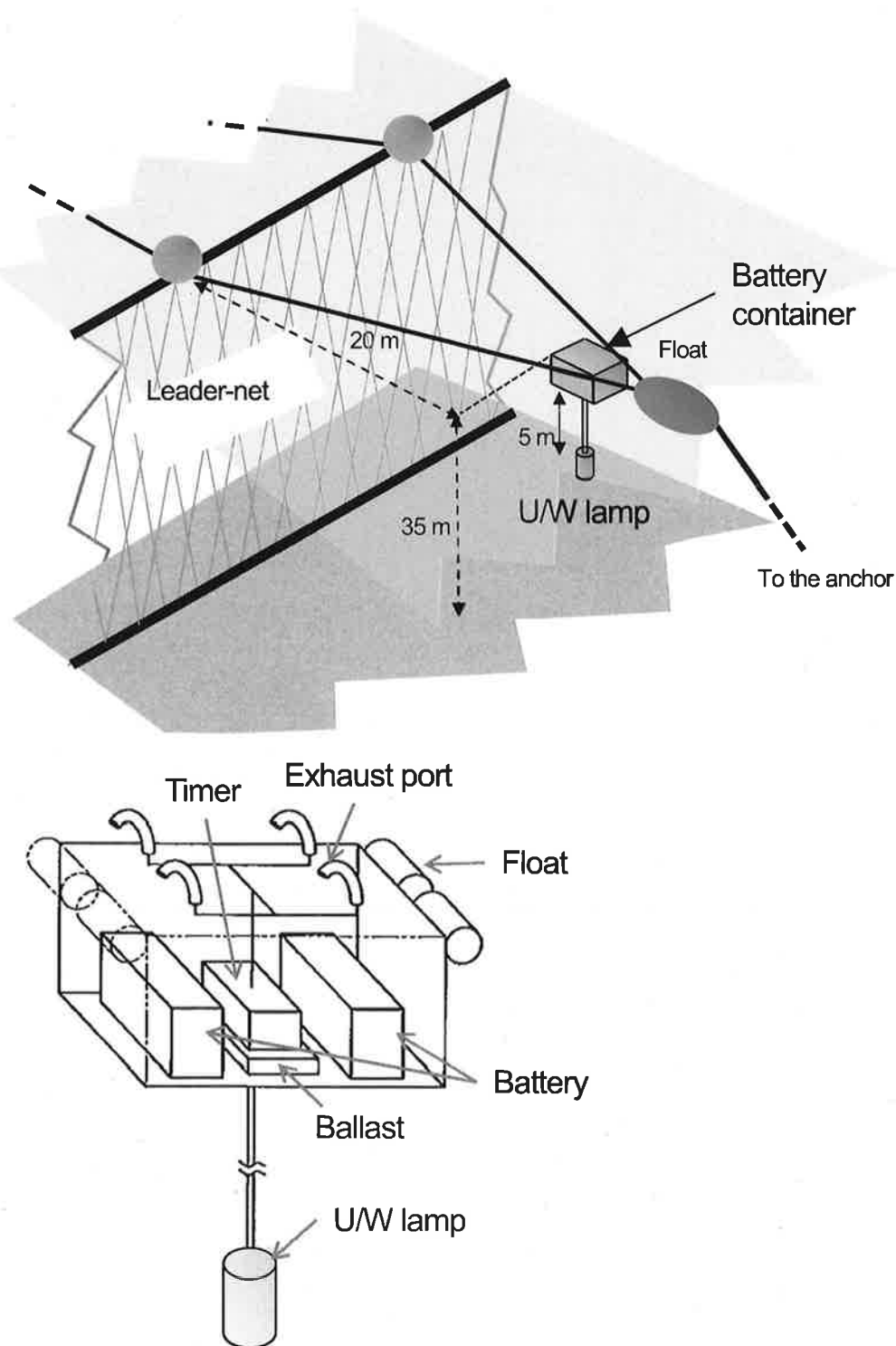


Fig.4-3 Schematic diagram of the underwater lamp and the battery container used for the experiments. Top: Detailed positions, Bottom: Interior of the battery container.

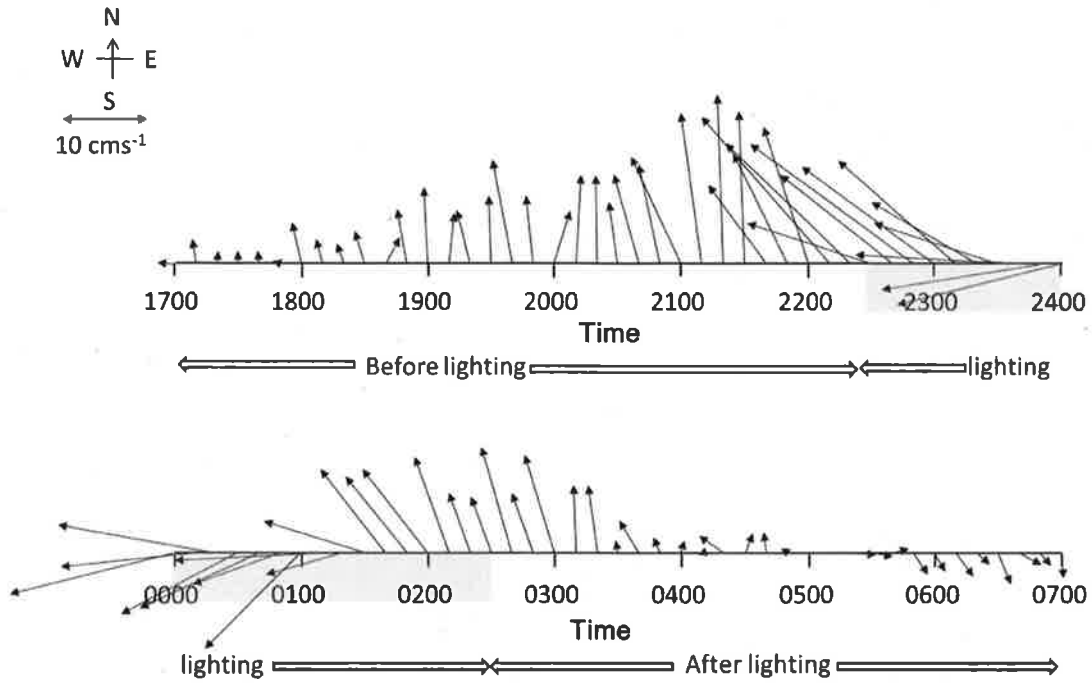


Fig.4.4 The current direction and velocity around the underwater lamp.

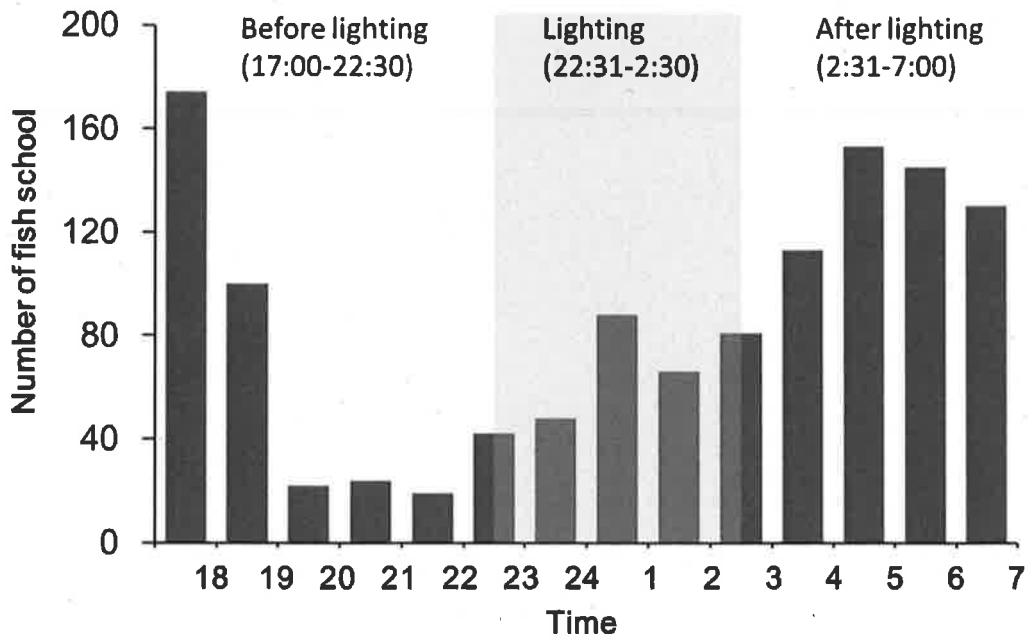


Fig.4.5 The number of fish schools detected by the sonar at different time of the day.

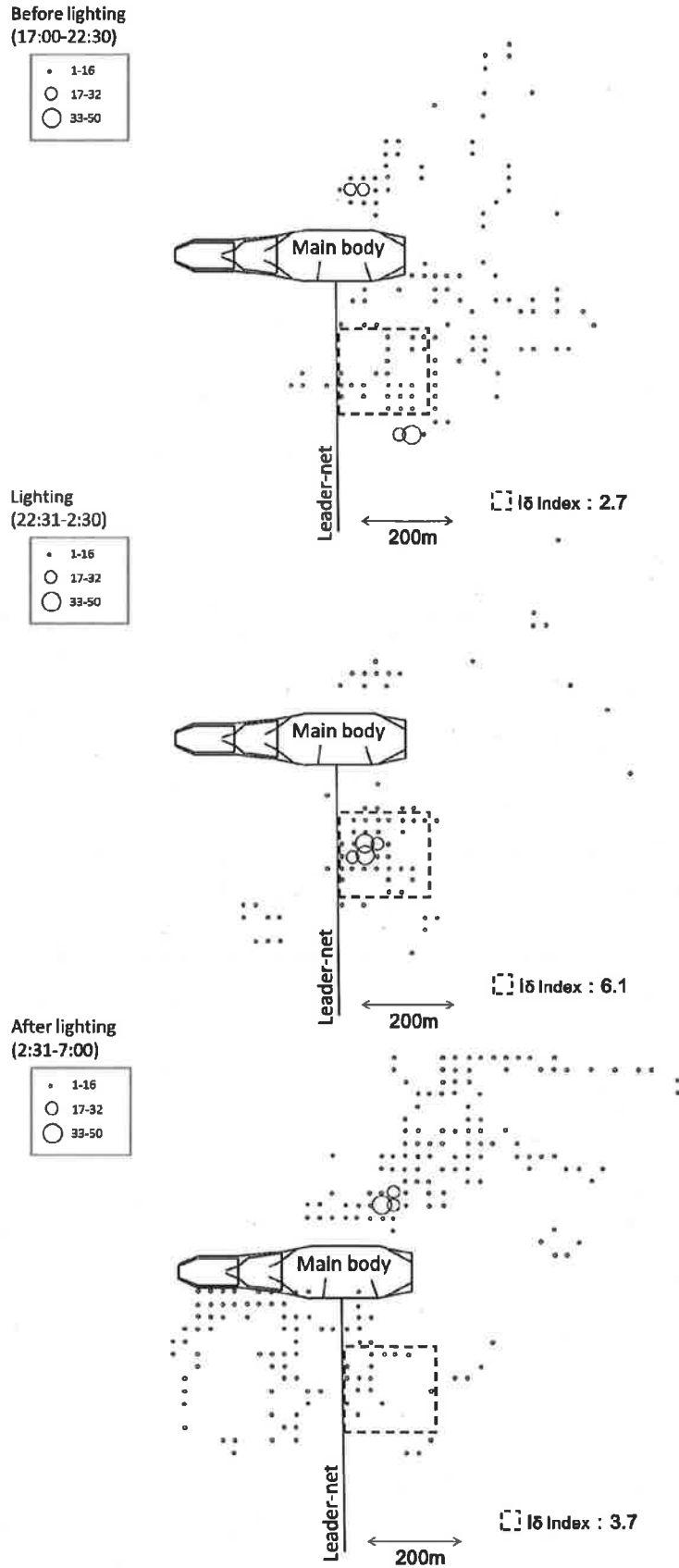


Fig.4-6 Distribution of schools around the trap-net. Three sizes of circles indicate the relative number of fish schools.

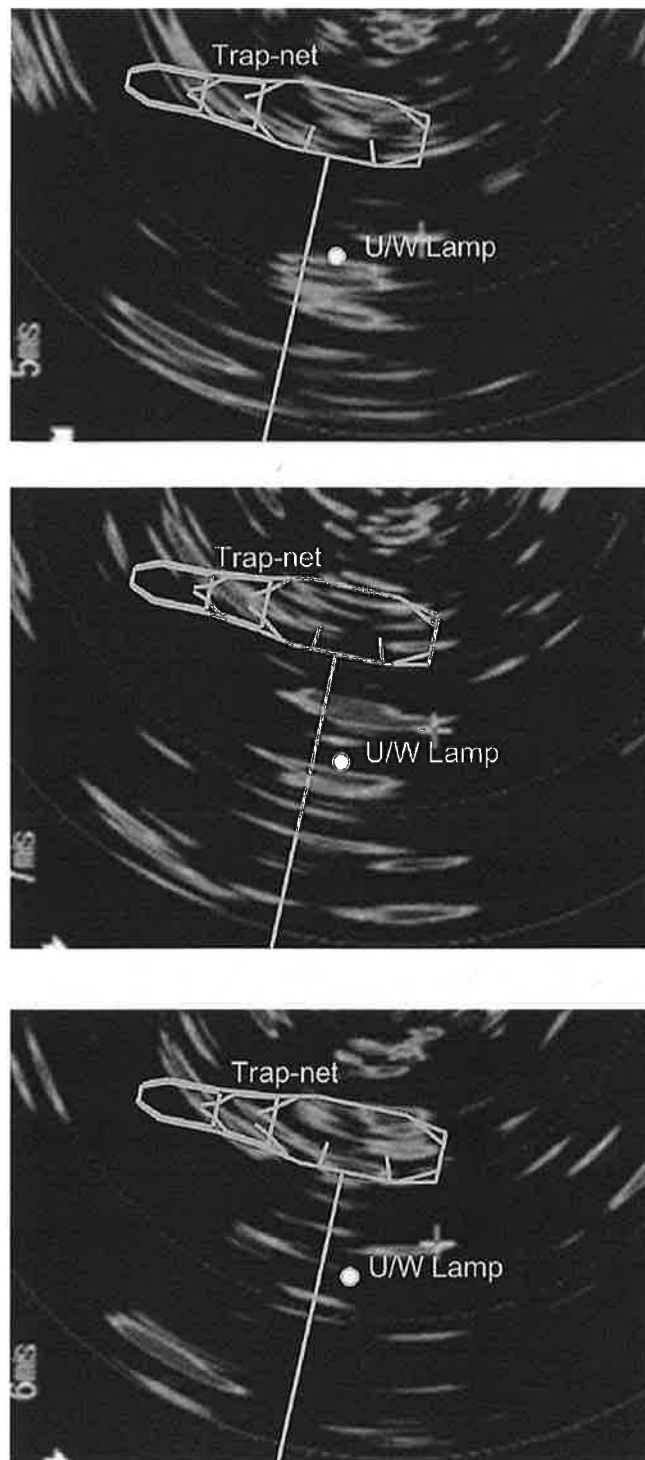


Fig.4-7 Scanning sonar images recorded during night time. Top: during illumination, middle: after an elapse of 20 minutes of light-out, bottom: after an elapse of 42 minutes of light-out.

## 4.2 垣網への水中灯装着による漁獲量の変化

長崎県対馬市美津島町尾崎の大型定置網漁場 (Fig.4-8)で、2007年10月2日～2008年2月29日 (以降、2007試験と呼ぶ)、2008年8月1日～8月31日 (2008試験)、2009年10月21日～12月7日 (2009試験) の3つの期間に行った漁獲試験の漁獲量について解析した。この結果より、水中灯使用による漁獲の効果を明らかにすることを目的とする。

### 資料と方法

漁獲試験における大型定置網の構造を Fig.4-9 に示す。網型は垣網、運動場、昇網および箱網からなる両端口片落網で、身網の全長は222 m、垣網の全長は345 mである。

実験に使用した水中灯には4.1と同様に水密容器とメタルハライド水中灯 (55 W) からなる装置を使用し、この装置を端口から75 m、垣網から20 m離して側張りの浮子に固定した (Fig.4-9)。

水中灯はモータ式タイムスイッチにより夜間に5～6時間点灯した後、日出の3～6時間前に消灯するように試験期間ごとに設定した。試験期間中の点灯時刻と消灯時刻および点灯、非点灯時の操業数を Table 4-3 に示した。

そして水中灯を点灯することによる漁獲の変化を把握するため、水中灯を点灯する日 (以下、点灯) と点灯しない日 (非点灯) を可能な限り交互に設定して、操業日ごとの漁獲量と漁獲種を操業日誌から調べた。操業日誌には操業日、点灯の有無、漁獲種、漁獲量 (箱又は kg) が記載されていた。なお、定置網の揚網時刻は試験期間に関係なく午前7時前後であった。

また、2007試験のうち11月13日の水中灯点灯時には、水中灯周辺の魚群の分布状況をボトムソナー (本多電子株式会社 HE-811, 周波数: 400kHz, 探知角度: 90°) で確認した。

### 結果

**漁獲物の魚種組成** 試験期間ごとに漁獲物の魚種組成を Fig.4-10 に示した。2007試験の総漁獲量は

109,246 kg で、そのうちウルメイワシ *Etrumeus teres* が全体の69%を占め、次いでマサバが14%、マアジが7%の割合で漁獲された。

2008試験の総漁獲量は19,544 kg で、ケンサキイカ *Photololigo edulis* とブリ類 (主にブリとカンパチ *Seriola dumerili*) が全体の65%を占め、次いでアジ類 (マアジとマルアジ *Decapterus maruadsi*) が12%の割合で漁獲された。

2009試験の総漁獲量は108,325 kg で、マサバが全体の91%を占めた。

**点灯、非点灯における総漁獲量の比較** 1日あたりの漁獲量の頻度分布を試験期間ごと Fig.4-11 に示した。非点灯時には2007～2009試験のいずれも0～1,000 kgの漁獲量が多く、2008試験では1,000 kgを超える漁獲は無かった。一方、点灯時には2007～2009試験のいずれも1,000 kg以上を漁獲した操業が増加し、特に2009試験では2,500 kg以上の漁獲が多かった。すなわち、点灯時の方が非点灯時と比較して1日あたりの漁獲量は多くなる傾向がみられた。

点灯と非点灯の操業における1日あたりの漁獲量を試験期間ごとに比較したところ、いずれの試験期間においても、点灯時と非点灯時の漁獲量には有意な差が認められ (Mann-Whitney のU-検定,  $p < 0.05$ )、点灯時の漁獲量は非点灯時より多くなることが示唆された。

**魚種毎の漁獲量の比較** 各試験期間の漁獲量の推移を主要な魚種別に Fig.4-12 に示した。2007試験の前半 (10月) は低調な漁獲で推移したが、10月30日から11月1日にかけてウルメイワシが大量に漁獲され、その後、12月上旬までウルメイワシに代わってマサバとマアジが主に漁獲された。そして、12月中旬以降は再びウルメイワシが主に漁獲された。そこで2007試験をさらに、2007ウルメイワシ前期漁期 (10月2日～11月1日)、2007マサバ・マアジ漁期 (11月4日～12月10日)、2007ウルメイワシ後期漁期 (12月12日～2月29日) とした。2008試験と2009試験はそれぞれケンサキイカとマサバが多く漁獲され、期間中に主要漁獲種が変化しなかったの

で、それぞれ 2008 ケンサキイカ漁期、2009 マサバ漁期と主に漁獲された種で分けた。

総漁獲量およびウルメイワシ、マサバ、マアジ、ケンサキイカ、ブリ類の点灯、非点灯時の漁獲量を漁期毎に比較した結果を Fig.4-13 に示した。2007 ウルメイワシ後半漁期に漁獲されたケンサキイカを除き、主要魚種の点灯時の漁獲量は、非点灯時の漁獲量を上回った。

魚種別にみると、ウルメイワシは 2007 ウルメイワシ後期漁期の点灯時に、マサバは 2007 マサバ・マアジ漁期と 2007 ウルメイワシ後期漁期、2009 マサバ漁期の点灯時に漁獲量が有意に増加した (Mann-Whitney の U-検定,  $p < 0.05$ )。同様にマアジは、2007 ウルメイワシ前期漁期と 2009 マサバ漁期の点灯時に漁獲量が増加し ( $p < 0.05$ )、この傾向は 2007 マサバ・マアジ漁期にもみられた ( $p < 0.1$ )。一方、マアジの漁獲量が全漁獲量の 6%未満でしかなかった 2007 ウルメイワシ後期漁期と 2008 ケンサキイカ漁期にはマアジの漁獲量に有意な差は認められなかった ( $p > 0.1$ )。ケンサキイカは、2008 ケンサキイカ漁期の点灯時に漁獲量が増加し ( $p < 0.05$ )、その他の漁期にはケンサキイカの漁獲量に有意な差は認められなかった ( $p > 0.1$ ) すなわち、マアジやケンサキイカは、漁期中に大量に漁獲された場合にだけ、点灯時と非点灯で有意な差が認められた。一方ブリ類は、全漁期を通じて点灯と非点灯時で有意な差は認められなかった ( $p > 0.1$ )。

**水中灯点灯時の魚群状況** 水中灯点灯時(2007年11月13日)、水中灯周辺では魚群と思われる反応が継続して確認された(Fig.4-14)。また、水中灯周辺にみられた魚種を確認するため、手釣りを行った結果、マアジとマルアジが釣獲され、この観察を行った翌日(11月14日)の定置網の漁獲状況をみると、総漁獲量は 869 kg で、マアジが全体の 62%を占めていた。このことより、ボトムソナーの反応は水中灯周辺に集まったアジ類である可能性が高いと思われる。

## 考察

本研究の結果、夜間に水中灯を点灯した時の総漁獲量は、すべての試験で点灯しない時よりも多くなった ( $p < 0.05$ )。試験中に主に漁獲され、点灯と非点灯で漁獲量に有意な違いがみられた魚種はウルメイワシ、マサバ、マアジ、ケンサキイカであった。ウルメイワシ、マサバ、マアジは正の走光性を持つ魚種とされており、<sup>131)</sup>ケンサキイカはスルメイカが正の走光性を持つこと<sup>131)</sup>から同様に正の走光性を持つものと思われる。このため、これらを対象とする漁業は集魚灯を使用しているものが多く、水中灯の光がこれらを垣網付近に滞留させ、これらの種の漁獲の増加が点灯時の総漁獲量の増加につながったものと考えられる。また、2007 試験でボトムソナーを用いて水中灯の周辺を観察した結果から、水中灯周辺には継続して魚群の反応が観察され、水中灯周辺に来遊した魚群が滞留しているものと推察された。今後、水中灯に蟻集した魚群量を把握して定置網の漁獲量と比較し、その関係を定量化できれば、漁獲を高めるための水中灯の取り付け位置や光源の出力の改善などに寄与できるだろう。

一方、ブリ類については漁獲量に有意な差はみられなかった。この原因は、ブリ類が負の走光性を持つ魚種<sup>131)</sup>であることが一因として考えられるが、負の走光性を持つにも関わらず、漁獲量は有意には減少していない。魚類が光に集まる原因には、走光性の他にも摂餌集群説や好適照度説等<sup>139)</sup>が考えられている。実際に長崎県で行われている水中灯を用いたイサキ *Parapristipoma trilineatum* 一本釣り漁業では、ブリ類は主要な混獲種であり、漁業者は水中灯により漁獲対象種の餌生物であるカタクチイワシやキビナゴ *Spratelloides gracilis* を蟻集させることが重要と考えている。このことより、ブリ類は水中灯の光に集まった小型魚の摂餌のために蟻集して定置網で漁獲された可能性が考えられる。

本章では、魚類が視覚によって垣網を認識しづらくなる夜間に、垣網周辺に来遊してきた魚群を小電力の水中灯の光で滞留させ、明け方前に水中灯を消灯することで、滞留した魚群を身網へ誘導する方法について、その効果を①定置網漁場における魚群行

動観察や標識放流と②長期間にわたる漁獲実験により検証した。その結果、小電力の水中灯は定置網への漁獲向上に繋がる技術であることを示すことができた。定置網は沿岸域の漁場に長期にわたって漁具

を敷設して操業することから、他の沿岸漁業との調整が必要である。このことを踏まえながら、次章では、定置網の漁獲特性と本研究で開発した定置網の水中灯の有用性について総合的に考察する。

Table 4-3 Setting times for light-on, light-off, number of hauls conducted and times of sunrise/sunset during the experiment

	Light-on (hh:mm)	Light-off (hh:mm)	No. of hauls	Sunrise (hh:mm)	Sunset (hh:mm)
Oct.2 2007-Feb. 29 2008	19:00	01:00	On 46 Off 55	06:15-07:23	17:14-18:16
Aug. 1 2008-Aug. 31 2008	20:00	01:00	On 11 Off 12	05:34-05:54	18:48-19:20
Oct. 21 2009- Dec. 7 2009	22:00	03:00	On 16 Off 17	06:28-07:09	17:14-17:42



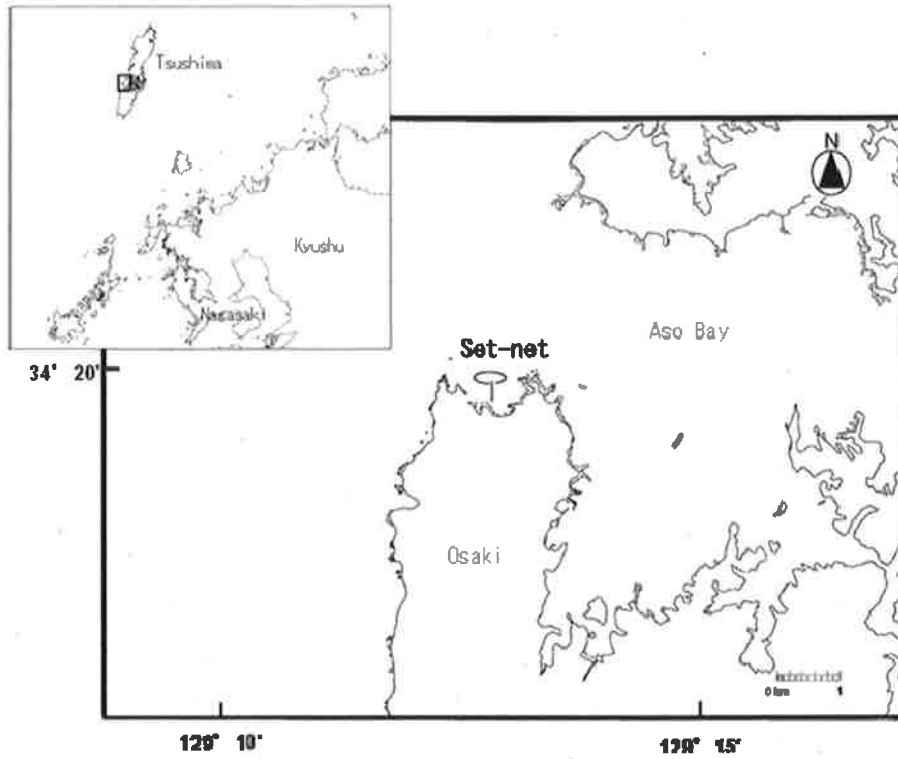


Fig.4-8 Location of the set-net where fishing experiments were carried out.

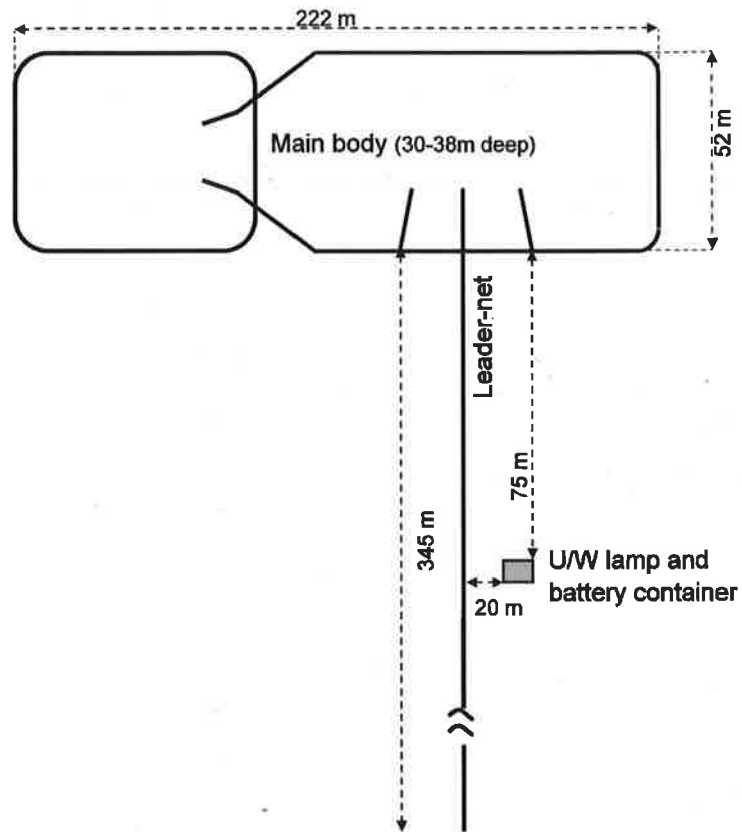


Fig.4-9 Position of the underwater lamp and the battery container in the set-net.

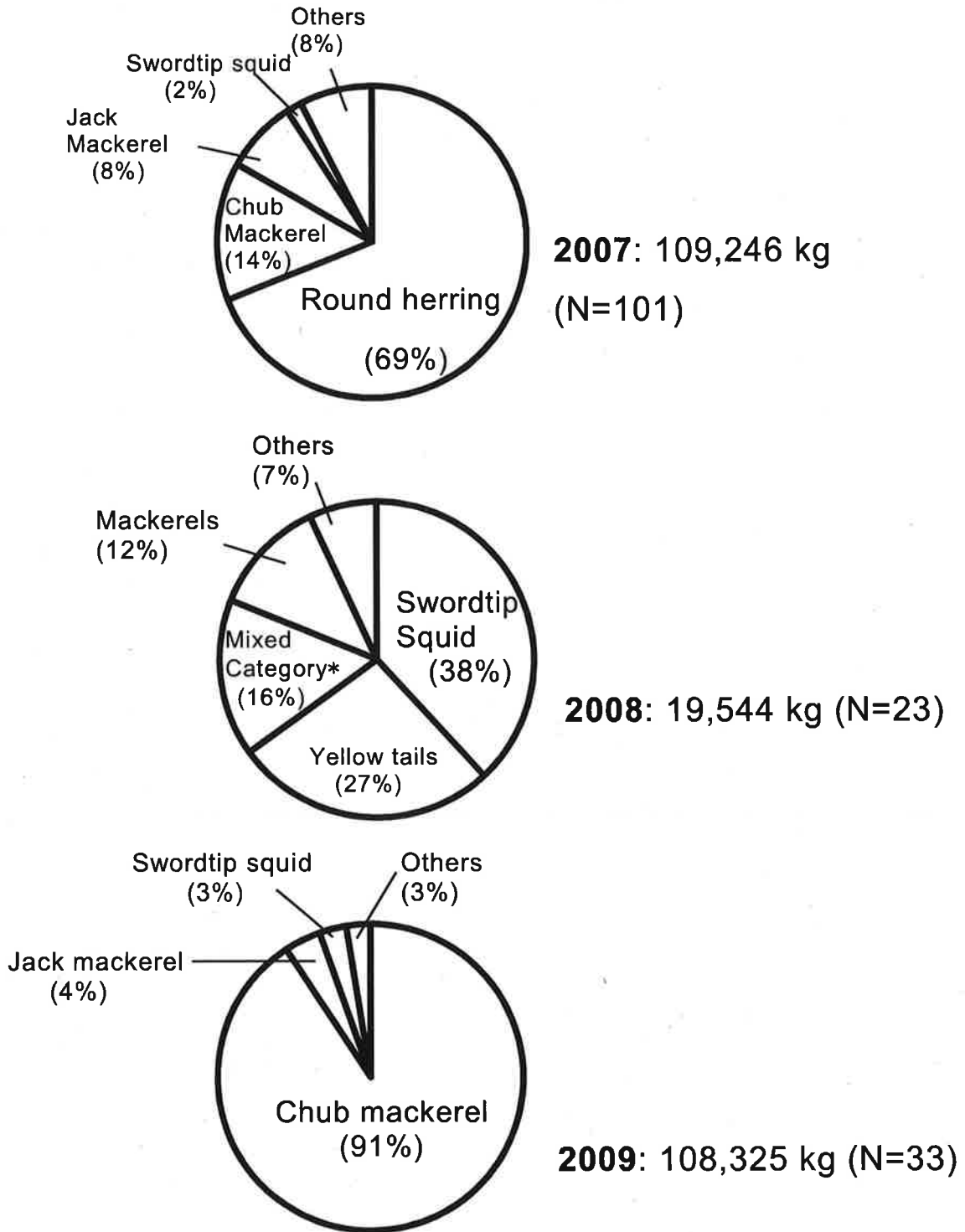


Fig.4-10 Catch compositions of the set-net during the three experimental periods. \* Mixed category is a sales category consisting of several species.

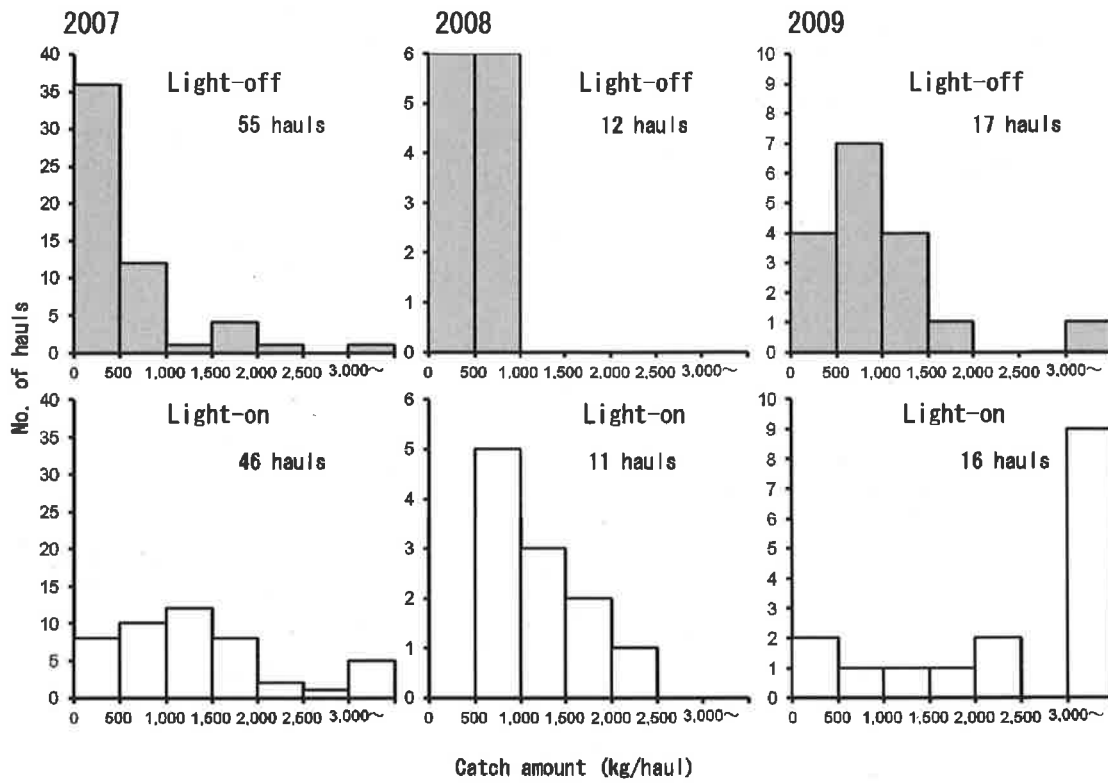


Fig.4-11 Catch frequencies with/without lighting during the three experimental periods.

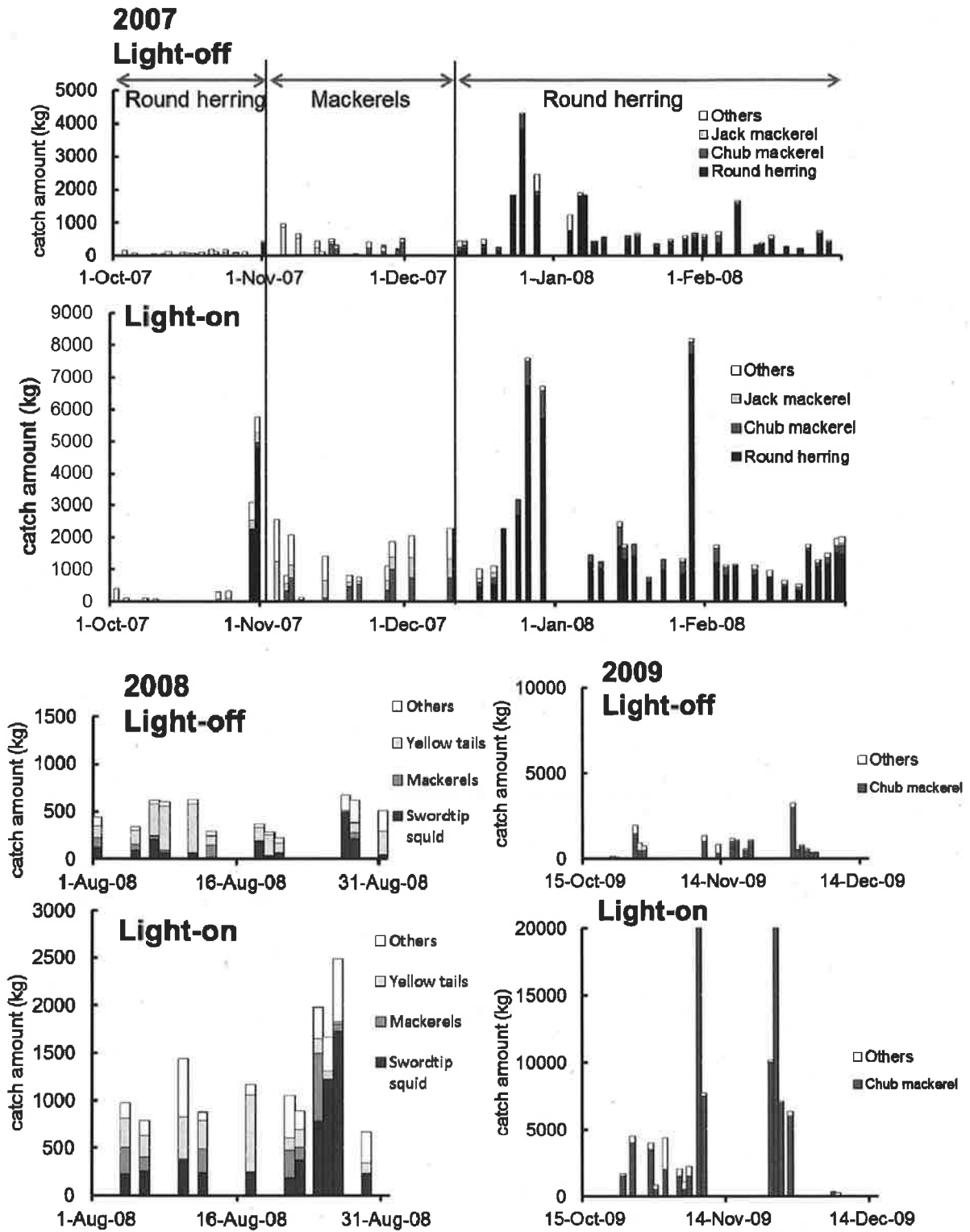


Fig.4-12 Daily catch amounts in time-series. Top two graphs show daily change in catch amount with/without lighting in 2007. Bottom left two graphs; in 2008, Bottom right two graphs; in 2009.

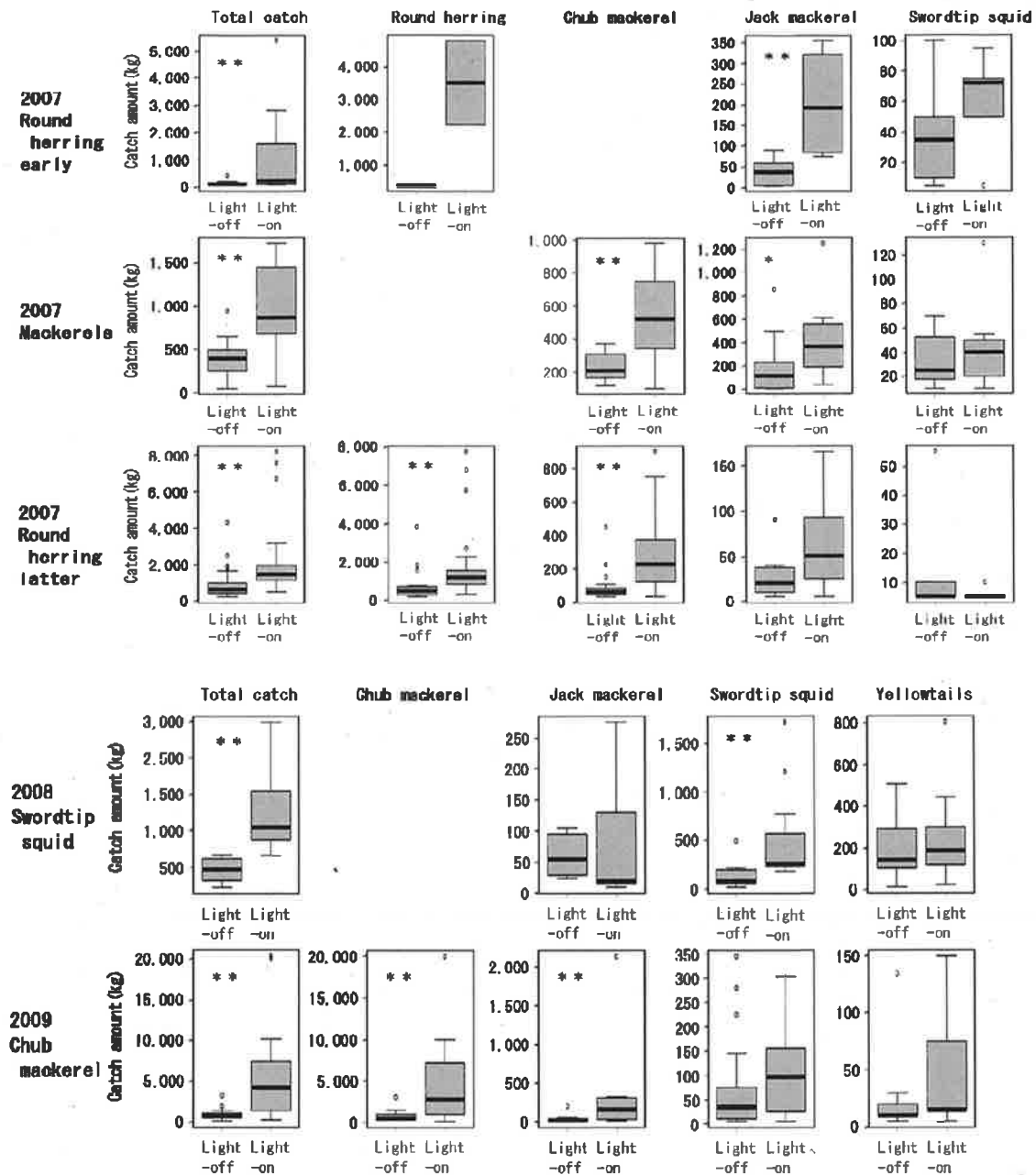


Fig.4-13 Box-plots summarizing daily catch amounts according to fishing seasons and captured species. Bold horizontal lines in the box-plots denote the medians. Ends of the boxes and whiskers are the interquartile ranges (the 25th and 75th percentiles), and the points outside are 1.5 times the interquartile ranges, respectively. ‘\*’ indicates significant difference with/without lighting (\*\*:  $P < 0.05$ , \*:  $P < 0.1$ , Mann-Whitney U-test).

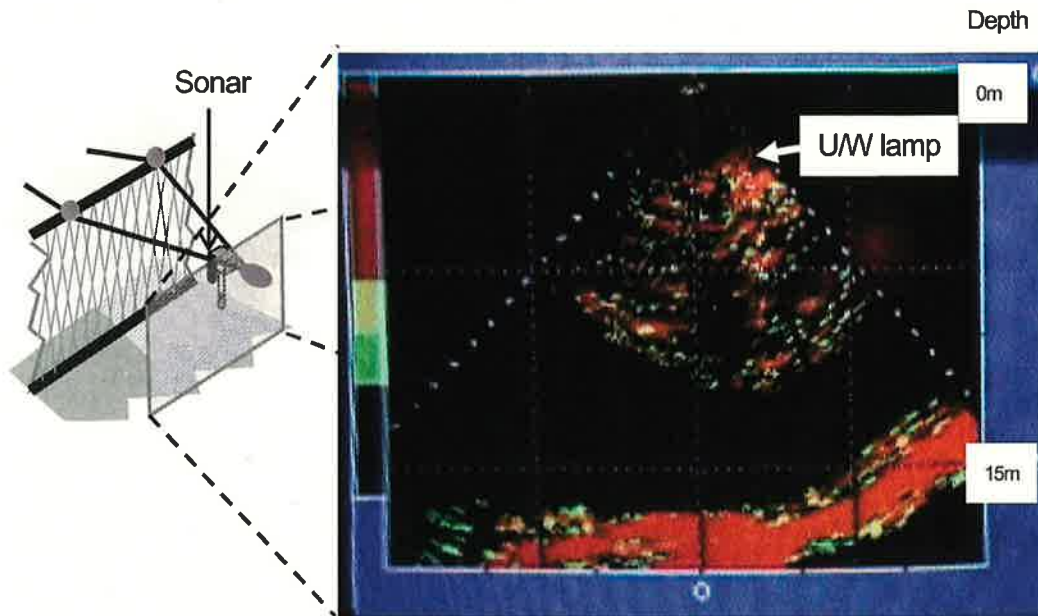


Fig.4-14 Sonar image recorded during lighting. Observation was conducted during 21:45 – 23:40 on November 13, 2007 to monitor the vertical cross section from the sea surface to the bottom area around the underwater lamps and the leader-net.

## 第5章 総合考察

定置網は沿岸漁業の中で漁獲量が多く、本研究を実施した長崎県内では、指定漁業以外の漁業の生産量の約1割を占める重要な漁業である。しかし、固定漁具である定置網の漁獲は、漁場に来遊する魚群量やその行動に大きく依存する。例えば神奈川県の大形定置網周辺における魚群行動調査では、定置網の垣網に遭遇した魚群数のうち3割程度は身網に入網しないで逃散することが報告されている。<sup>52</sup>このことより、定置網の漁獲の成否は、①漁場への魚群の来遊が多く、②来遊した魚群が定置網に入網することで決定される。

以上のことから、本論文では、まず「①漁場への魚群の来遊」を類型化するために、定置網の漁獲量やその組成から地域的な特性を明らかにし、それぞれの地域において対象とすべき魚種、これに対応した網の構造について検討した。次に、定置網漁場周辺で操業される他の沿岸漁業と定置網の漁獲動向について比較して、両漁業の漁場環境と漁獲への影響や相互関係を明らかにするとともに両漁業の操業を経営的な側面から考察した。そして、「②来遊した魚群が定置網に入網すること」に対応した定置網の漁獲を向上させる新たな技術として、定置網の垣網に小電力の水中灯を装着・点灯する技術を開発し、漁場における魚群行動の観察と漁獲実験から、その効果を示した。こうした一連の取り組みの結果をもとに、長崎県を例として我が国の定置網、特に特定種を対象としないで多様な魚種を漁獲する定置網について、これからの課題を整理する。

**定置漁場類型化から考えられる定置網の網型とその敷設位置** 長崎県内の定置網の漁獲組成から海域や年次区分、地域を類型化した(第2章)。その結果、定置網の漁獲量とその組成には、年変動や地域性がみられた。その要因として、漁獲量とその組成は、定置網で優占する魚種の資源変動と、対馬暖流と漁場との位置関係や地形的な特徴の影響を受けるものと考えられた。地域性は、北松を含む離島海域とその他の海域に大きく分類され、さらに離島海域では、

対馬と壱岐海域、北松と五島海域に分類された。このように長崎県内では対馬暖流域又はその周辺に位置する離島海域で操業される定置網の漁獲量が多くなる。このことは、国内の定置網が盛んに操業される地域においても同様で、漁場の沖合を黒潮や対馬暖流などの海流が流れ、大きな湾形を有する地形的な特徴を持つという条件は定置網の漁場を選定する上で、非常に重要である。

年次別にみると、県内定置網の漁獲量とその組成は1994年を境にして、1994年以前のイワシ漁期と1995年以降の雑魚漁期に分類された。マイワシ資源が多い年代には、北松と五島海域では、マイワシが漁獲の大半を占め、定置網の漁獲量も多くなった。一方、マイワシ資源が少ない年代には、対馬と壱岐海域では、スルメイカとイカ類が優占種となり、マイワシ資源が豊富な年代に比べると定置網の漁獲量が増加した。これに対し、北松や五島海域では、スルメイカその他サンマやアジ類、カツオ類、イカ類の割合が高くなり、複数の魚種が漁獲物中に出現する漁獲組成となった。

また、県内主要定置網漁場となる大型定置網が操業される12地域の類似関係から、漁獲量や主要漁獲魚種の相違が地形的な特徴や海流の影響に起因する漁場環境、漁具の構造によって変化することを明らかにした。ここでは、対馬暖流域に位置する離島部を中心に、地形が沖合から岸側に入り込むような湾形を有する漁場に敷設された定置網は、網型が落網で複数の魚種が多く漁獲されること、地域的にみると対馬と壱岐の東岸の定置網では、網型が落網でスルメイカ等のイカ類が優占種となること、五島南部の古くからブリを対象として操業された定置網では、網型が底層網で、落網の漁場に比べると漁獲量が少なくなることがそれぞれの特徴として考えられた。

以上のことから、特に大型の定置網を敷設する条件として、まず多くの魚群が沿岸漁場に来遊する海域で操業することが必要で、長崎県内では対馬暖流の影響を受ける離島海域になる。そして沿岸漁場に来遊した魚群を効率的に漁獲するためには、前述したように定置網の前面に外海に開けた湾形を持つ漁場を選ぶことが重要である。このような湾形を持つ

地形では、起伏のない地形に比べると、沿岸域まで多くの魚群が来遊するものと考えられる。例えば、湾形を有することから海岸線に起伏が生じ、その他の漁場に比べて渦流なども生じやすく、沿岸水と海流が混合することも期待され、多くの魚類が集群や滞留しやすい環境となっているものと考えられる。さらには、三重県<sup>4)</sup>の定置網で見られたように、定置網の前面に天然礁などを持つことにより、それらに集まった魚群を漁獲することも可能となる。一方、湾形を持つ漁場であっても、定置網の敷設に適さない漁場もある。例えば、海底地形が急勾配の漁場や潮流の速い漁場は、定置網の身網を敷設することが難しく、定置網が敷設できても、速い潮流によって操業が制限される。なお、定置網が敷設できるような海底地形で、速い潮流が観測される場合には、漁獲量は少なくなるものの比較的速い潮流環境でも操業が可能な底層網などを検討することが必要となる。

長崎県内で盛んに定置網が操業される離島では、漁村の形成維持という観点からも定置網が継続して操業されることが必要である。そのためには、漁獲対象資源に年次変動や地域性があることを考慮するとともに、他の沿岸漁業との調整を図りながら、定置網の漁具や操業方法を検討する必要がある。現在、敷設されている多くの大型定置網は、1970年代まではブリ類を主対象<sup>15)</sup>としていたが、その後、ブリ類の漁獲が落ち込んだことに伴って、ブリ類以外の魚種も含めた多様な魚種を対象とした雑魚定置網として操業されている。我が国のブリ資源は、1970年代に低迷後、資源は回復して近年の資源量は高位であるが、ブリ類を漁獲対象とする漁法は、1970年代には定置網が主要であったのに対し、近年はまき網での漁獲が多く、漁獲されるブリ類の多くは若齢魚である。<sup>16)</sup>長崎県内でもまき網によるブリの大量漁獲によって、沿岸でブリが漁獲される前に、沖合でまき網が大量に漁獲するためにブリの市場単価が低下していることや、産卵のために集群する産卵親魚を一網打尽にまき網が漁獲することによる資源の減少が危惧されることを指摘する沿岸漁業者が多い。このようなことから、今後の定置網においても漁獲対象とする資源をブリ類のみに依存することなく、沿

岸域へ来遊してくる様々な魚種に対応できることが必要であると考えられる。また、県内では、五島南部や対馬西岸では操業されているものの、他の地域ではあまり操業されていない底層網の導入を新たに検討することも必要である。この漁具の特徴として、落網に比べると漁場あたりの漁獲量は低いが、潮流が速く波浪の強い漁場でも敷設して操業できること、漁具や作業人員の経費が少ないこと<sup>140,141)</sup>がメリットとしてあげられる。このことから、これまで定置網漁場として利用されていなかった沿岸域でも新たに定置網漁場として活用できる可能性がある。また、落網漁場においても、夏場には漁獲量が減少し、台風の時化や潮流が速くなり操業数も減少するため、定置網を休漁している漁場もある。このような漁場においては、季節ごとに網型を変更しながら、周年操業することで安定した雇用条件を確保し、経営の安定化に繋げていくことが期待される。

また、第3章ではスルメイカを対象とする定置網とイカ釣りは月齢周期と連動して漁獲量が変動し、定置網ではスルメイカの現存量、イカ釣りでは風の影響を主に受けることを明らかにした。つまり、前述した「定置網で優占する魚種の資源変動」の影響を受けることを明確に示した。また、いくつかの定置網では漁獲を変動させる要因として風向と潮汐も検出された。定置網とイカ釣り漁業の漁獲量と操業時に必要となる燃料費を対比させ、操業の成否について検討した結果、壱岐・対馬のイカ釣りと対馬の定置網では、漁獲に不利な条件下では燃料費以下の漁獲しか見込めないことが明らかになった。さらに対馬の定置網では沖合で展開するイカ釣り漁業との同一資源(スルメイカ)の競合も推測された。以上のことから、定置網の敷設位置と網型の決定には、漁場の地形が重要であるが、さらには流れ、風向、潮汐などの環境要因の詳細な把握や他漁業との競合なども考慮することが重要である。

**定置網の漁獲向上技術** 定置網漁業を振興するために、漁獲を向上させる新たな技術として、魚類が視覚によって垣網を認識しづらくなる夜間に、垣網周辺に来遊してきた魚群を小電力の水中灯の光で滞留



させ、明け方前に水中灯を消灯することで、滞留した魚群を身網へ効率的に誘導する方法について、その効果を検証した。

すなわち、平戸の生月湾内の大型定置網において、夜間に水中灯を点灯し、魚群の出現位置をスキャンニングソナーにより把握するとともに、水中灯の周辺で点灯前から点灯中、点灯後にかけてマアジの標識放流を行い、定置網での標識魚の再捕率を調べた。スキャンニングソナーの観察から、水中灯点灯時には水中灯周辺での魚群出現が多くなり、消灯後には水中灯周辺の魚群が定置網の身網へ移動することを確認した。また、水中灯の点灯時に放流したマアジの定置網での再捕率は消灯時の放流に比べて高くなった。本研究によって、定置網の垣網に小電力の水中灯を設置した効果を定置網の漁獲量と漁場周辺の魚群行動観察から明らかにすることができた（第4章4.1）。また、対馬の浅茅湾口部に位置する大型定置網において、点灯日と非点灯日を繰り返す試験を2007～2009年の間に157日実施し、総漁獲量と魚種毎の漁獲量を比較した。その結果、点灯時の一日の総漁獲量は、非点灯時よりも多くなった。2007年はウルメイワシ、2008年はケンサキイカとブリ類、2009年はマサバが漁獲物中の優占種で、点灯時のこれらの種の漁獲量は、非点灯時の漁獲量より有意に多くなることを確認した（第4章4.2）。

このように本研究で開発した水中灯装置は、漁場に来遊した魚群を網内に誘導する効果を示し、定置網の漁獲量を増大させることができた。定置網の垣網周辺で行った標識放流の結果（第4章4.1）から、垣網周辺に来遊した魚群を身網へと誘導するためには、井上の研究<sup>46)</sup>と同様に、垣網と魚群の位置関係が重要であるとともに、垣網に来遊した魚が身網へ誘導されるためには、単独の状態よりも群れを成している状態のほうが漁獲比率（漁獲量／来遊魚群数）<sup>46)</sup>は高くなることが示唆された。すなわち、今回は小電力の水中灯によって、夜間に垣網周辺に魚群を成群させ、漁獲量が増加したものと考えられる。

同様の効果を期待した装置の研究には、第4章で紹介した光刺激の応用の他に、定置網周辺への魚礁の設置や音響刺激の応用、飼付などが考えられる。

例えば三重県で行われた定置網前面の天然礁周辺の魚群行動調査では、天然礁に来遊・滞留したカタクチイワシ魚群が、天然礁から離れる際にその一部が入網することが報告されている。<sup>41)</sup>垣網前面の構造物は来遊した魚群の滞留と蓄積を促進し、定置網の漁獲の増加に寄与できる可能性がある。魚礁などの利用が垣網周辺の魚群を成群させる効果を持つと考えられる。これに対して走光性を持つなど、特定の魚種に対して滞留効果が期待できる水中灯は、構造物と異なり、魚群を滞留させる位置と時間を自由に調整できるので、魚群を垣網の任意の位置に滞留させ、操業時刻に合わせて滞留した魚群の身網への誘導を期待できる。また、魚群を特定的水域に滞留させる技術には、音響馴致<sup>142-144)</sup>や飼付などもあげられる。音響馴致では、栽培漁業の対象種であるマダイ *Pagrus major* 種苗を放流前に音響馴致して、放流後には音響給餌型水産資源管理システム（海洋牧場システム）により一定の漁場に滞留させ、より多くの放流魚を回収する効果的な栽培漁業の実現を目指して、大分県<sup>142)</sup>や長崎県<sup>143,144)</sup>などで取り組みが行われ、放流1年後までは海洋牧場システムによる滞留効果が期待されることが明らかにされている。しかし、音響で魚群を滞留させるためには、馴致の時間が必要であり、来遊した魚群をその場に滞留させる技術は未だ開発されていない。また、飼付漁業では、イワシ等の撒き餌を購入して、漁場に撒き続ける必要があることから、これらの撒き餌を購入する経費が嵩むこと、近年は漁獲対象となるブリ類の単価が低下したことなどから、第3種共同漁業権が免許された漁場はあるものの、現在ではほとんど操業されていない。また、飼付漁業の場合には、来遊する魚群を餌付けするため、同じ漁場に撒き餌を継続して給餌する必要があることから、多くの撒き餌が海底に堆積して海底の環境を悪くすることも危惧される。これに対して、本研究で開発した小電力の水中灯は、多大な経費を必要とせず、定置網漁場以外から魚群を積極的に集めるほどの光量を持たず、漁場に来遊した魚群を滞留させて、身網への誘導を期待したもので、漁場環境や漁業資源への影響は少ないものと考えられる。

以上、定置網の漁獲増大に光刺激を利用することの利点について考察を行ったが、本研究で用いた水中灯装置の装着位置と点灯・消灯時刻については、それぞれの漁場毎に検討すべきである。例えば、起伏のある海底地形を有する定置網漁場では魚群は特定の入網経路を持つが、平坦な海底地形の場合は魚群の行動が一定でないことが神奈川県の大規模定置網周辺における魚群行動の調査により知られている。<sup>43)</sup>今後、水中灯の取り付け位置を検討することで、こうした魚群のランダムな行動を変化させ、漁獲効率を向上できる入網経路を人為的に作り出すことが可能かもしれない。また千葉県<sup>53,54)</sup>や三重県<sup>41)</sup>、長崎県<sup>42)</sup>の研究でみられたように、魚群が定置網前面に来遊する時間帯にピークがあるならば、その時間帯から明け方までの点灯を設定するなど、電力の効率的な使用方法にも検討の余地がある。この他、定置網における水中灯の利用は、漁獲の増大だけでなく、労働条件などの改善にも活用できると考える。定置網の揚網には多大な労力が必要であり、また、定置網と養殖業等を兼業する場合や漁獲物を鮮魚として出荷する場合には時間的な制約を受けるため、一日に1回の揚網が定時に行われることが多い。しかし千葉県の小型定置網で行われた揚網時刻と漁獲の関係に関する研究では、薄明時（7時、19時）にウルメイワシとマアジの漁獲量が増加したが、ウルメイワシの場合には、日没直前に入網量が増え、その後短時間のうちに箱網から逸脱してしまうので、魚群の入網時刻に合わせて揚網することが重要と報告されている。<sup>53,54)</sup>日没直前に入網と逃避が多くなるといわれたウルメイワシの漁獲量の水中灯点灯による増加は、水中灯の点灯と消灯がウルメイワシの入網（活動）時刻を変化させたことによる可能性も考えられる。したがって水中灯の使用は、漁獲対象生物の入網時刻を制御し、定置網の揚網時間を効率的に設定できる可能性を示唆している。

この他、定置網の漁獲向上のためには、箱網まで入網した魚群が時間とともに逃避していることにも着目する必要がある。これに関連して、陸上から遠隔操作が可能な水中ビデオカメラ<sup>145)</sup>やソナー<sup>146)</sup>を漁場に設置して、陸上から箱網やキンコ網に入った

魚群の状況を確認することにより操業の効率化を図る取り組みが行われている。また、身網に入網した魚群を気泡幕により積極的に箱網へと駆集する取り組み<sup>147,148)</sup>も行われている。このような取り組みとともに、今回開発した水中灯の技術を組み合わせることで、定置網の操業効率化と漁獲向上を、陸上からの遠隔操作によって行える可能性がある。すなわち、定置網の操業時間は、出荷時間や他の作業の関係から、明け方に操業されることが多い。多くの魚種では、明け方頃に箱網への入網がピークとなるものと考えられるが、昼過ぎから夕方にかけて箱網への入網がピークとなる魚種もある。これらの魚種を、定置網の箱網又はキンコ網に追い込み、夜間に小電力の水中灯によって入網した魚群を翌日の操業まで保持することが可能であれば、これまで以上の漁獲が期待される。

以上、本研究では、時代とともに変遷する定置網の漁獲物の変化からその特徴を明らかにして、漁獲対象となる生物の来遊が期待できる漁場の条件を示した。さらに来遊した生物をより効率的に漁獲できる水中灯装置を開発し、その装置の効果を漁場での魚群行動と定置網における漁獲量の比較によって確認することができた。狭い国土の島国である我が国では、多くの食料を他の国から輸入しており、2010年現在、人口約1億2700万人に対して、食料自給率は40%前後で他の先進国に比べると非常に低い。<sup>149,150)</sup>世界的な人口増加<sup>151)</sup>による食糧危機も問題となる中で、自国における食料確保の対策を講じることは今後さらに重要な課題になると思われる。このような状況の中、我が国周辺の恵まれた水産資源を持続して有効活用していくことが、上記の課題への一つの対応方策となるものと考えられる。さらには漁獲に要するエネルギーが少なく、沿岸水域へ来遊した魚群を漁獲可能な定置網は、今後も我が国沿岸漁業の主体となっていくものと期待される。

定置網漁業は約400年前から開始され、時代の変化に伴って様々な研究や技術開発試験が行われ、漁具資材や構造を変化させながら現在まで操業されている。本研究で開発した水中灯技術やこれに関する

漁獲方法が、今後の定置網漁業の振興の一助になることを期待したい。

### 謝 辞

本研究のとりまとめにあたり、懇切なるご指導とご教示をいただいた長崎大学大学院水産・環境科学総合研究科 松下吉樹教授に深甚の謝意を表す。同大学 橋勝康教授、中田英昭教授には懇切丁寧なご助言とご校閲をいただいた。

本研究の推進にあたり、ご理解とご支援をいただいた元長崎県総合水産試験場長 田添伸氏、長崎県総合水産試験場長 藤井明彦博士をはじめ長崎県水産部、産業労働部の方々に深く感謝の意を表す。また、元長崎県総合水産試験場漁業資源部長 平川榮一氏、元漁業資源部長 中村勝行氏、漁業資源部伊東誠氏、元海洋資源科長 甲斐修也氏、海洋資源科長 高木信夫博士からは、調査の計画から解析までを通じて有益なご助言をいただいた。

長崎県内の地域特性と他漁業の相互関係の研究は、長崎県総合水産試験場漁業資源部海洋資源科の皆様のご支援による。定置網の漁獲向上技術の研究では生月町漁業協同組合ならびに松本漁場漁労長 富山秀樹氏、美津島町漁業協同組合 財部水産代表 財部安則氏、ニチモウ株式会社研究開発室 熊沢泰生博士、西日本ニチモウ株式会社 和田隆行部長、古川恵一氏、長崎県総合水産試験場漁業調査船鶴丸ならびにゆめとび乗組員諸氏よりご支援、ご助言をいただいた。ここに記して謝意を表す。

### 文 献

- 1) FAO. The state of world fisheries and aquaculture 2012. FAO. 2012; 52-62.
- 2) Suuronen P, Chopin F, Glass C, Løkkeborg S, Matsushita Y, Queirolo D, Rihan D. Low Impact and Fuel Efficient fishing - Looking beyond the horizon -. Fish. Res. 2012; 119-120: 135-146.
- 3) Ravier C, Fromentin J-M. Long-term fluctuations in the eastern Atlantic and Mediterranean Bluefin tuna population. ICES J Mar Sci. 2001; 58: 1299-1317.
- 4) Königson S, Fjälling A, Berglind M, Lunneryd S-G. Male gray seals specialize in raiding salmon traps. Fish. Res. 2013; 148: 117-123.
- 5) Suuronen P, Siira A, Kauppinen T, Riikonen R, Lehtonen E, Harjunpää H. Reduction of seal-induced catch and gear damage by modification of trap-net design: Design principles for a seal-safe trap-net. Fish. Res. 2006; 79: 129-138.
- 6) He P. Behavior of marine fishes: capture processes and conservation challenges. Wiley-Blackwell. 2010: 159-181.
- 7) Manajit N, Arimoto T, Baba O, Takeda S, Munprasit A, Phuttharaksa K. Cost-profit analysis of Japanese-type set-net through technology transfer in Rayong, Thailand. Fish. Sci. 2011; 77: 447-454.
- 8) 宮本秀明. 定置網漁論. 河出書房, 東京. 1952;1-55.
- 9) 片岡千賀之, 伊藤康宏, マルティネス・サラス・ロシルダ. 近代におけるブリ漁業の発達と漁場利用. 鹿児島大学水産学部紀要. 1982; 31:57-80.
- 10) 平元泰輔. 定置網網型一変遷 相模湾における定置網型の変遷一2 大型定置網一(1). 神水研研報. 1997;2:25-47.
- 11) 宮本秀明. 定置網の機械揚網. 日水誌. 1971;37:233-236.
- 12) 深堀一夫, 粕谷勝, 西ノ首英之. 自動定置網の開発について. 長崎大学水産学部研究報告. 1988;64:45-51.
- 13) 西岡純, 田中雅幸. 空気式自動揚網装置の効果について. ていち. 1992;82:1-10.
- 14) 平川榮一, 甲斐修也, 山口功, 市山大輔, 徳永武雄. 長崎県の漁具漁法. 長崎県総合水産試験場, 長崎. 2002;1-94.
- 15) 九州農政局長崎統計事務所. 図でみる長崎県の定置網漁業とぶり類の動き. 長崎. 1989; 1-78.

- 16) 農林水産省大臣官房統計部. 平成 22 年漁業・養殖業生産統計年報, 東京, 2012;48-51.
- 17) 九州農政局長崎地域センター. 第 58 次長崎農林水産統計年報, 長崎. 2012;154-181.
- 18) 阪地英男, 横澤祐司, 田永軍. ブリ漁獲量の長期変動と近年の動向: 黒潮の資源海洋研究. 2012;13:37-42.
- 19) 長崎県水産部. 平成 22 年度長崎県水産白書. 長崎. 2012:6-16.
- 20) 宮本秀明. 定置網漁論. 河出書房, 東京. 1952;109-160.
- 21) 田中雅幸, 西岡純, 岡本慶弼, 和田洋藏. 空気式揚網装置の設置効果(網の吹かれ). 京都海洋センター研報. 1992;15:1-7.
- 22) 辻俊宏, 酒井秀信, 石戸谷博範. 急潮による被害発生時における流況と定置網の挙動. 水産技術. 2010;3:9-16.
- 23) 辻俊宏, 酒井秀信, 石戸谷博範. 定置網の垣網の網成りを良好に保つための立碇の効果. 水産技術. 2013;5:151-158.
- 24) 河岸賢, 井上壽, 西岡純, 飯塚覚. 定置網の網成り調査の一例. 京都海洋センター研報. 1984;8:15-21.
- 25) 上野陽一郎, 和田洋藏, 戸嶋孝, 傍島直樹. 落とし網型定置網における漁獲量増加のための一手法—II 第二箱網の目合拡大が漁獲に与える影響. 京都海洋センター研報. 2000;22:16-21.
- 26) 田中雅幸, 西岡純, 岡本慶弼, 和田洋藏. 空気式揚網装置の設置効果(網の吹かれ). 京都海洋センター研報. 1992;15:1-7.
- 27) 上野陽一郎, 和田洋藏, 田中雅幸. 定置網の箱網容積と漁獲量の関係. 京都海洋センター研報. 1998;20:48-55.
- 28) 上野陽一郎, 和田洋藏, 戸嶋孝, 傍島直樹. 落とし網型定置網における漁獲量増加のための一手法—II 第二箱網の目合拡大が漁獲に与える影響. 京都海洋センター研報. 2000;22:16-21.
- 29) 上野陽一郎, 久田哲二, 熊木豊, 河岸賢. 大型定置網における第二箱網の目合 脚長 75.8mm の導入効果. 京都海洋センター研報. 2003;25:13-18.
- 30) 稲田博史, 小池篤, 竹内正一, 平元泰輔, 石戸谷博範. 落とし網の箱網の流れによる容積変化. 東水大研報. 1997;83:139-152.
- 31) 森山豊. 定置網漁場の流況と網成りについて. 千葉水試研報. 1992;50:1-7.
- 32) 石戸谷博範. 両中層網の網成りと側張強度に関する研究. 神水研研報. 2005;10:21-31.
- 33) 石戸谷博範. 相模湾の急潮と定置網漁業防災対策に関する研究. 水産海洋研究. 2010;74:69-75.
- 34) 和田洋藏, 河岸賢, 宗清正廣. 京都府沿岸の定置網に被害を及ぼした急潮の特性について. 京都海洋センター研報. 1990;13:57-63.
- 35) 町田末広, 徳永武雄. 定置網周辺に放流した標識魚の入網状況と礁との関係. ていち. 1982;62:34-43.
- 36) 平元泰輔. 定置網内の標識放流と居残り率について. ていち 1970;43:14-21.
- 37) 長洞幸夫. 定置網漁場周辺でのサケの標識放流調査結果について. ていち. 1984;67:55-86.
- 38) 竹澤嘉治. 高知県下における定置網用誘導魚礁の沈設状況と効果について. ていち. 1975;48:23-42.
- 39) 岩田圭司. 魚群行動から見た網型の改良. ていち. 1992;81:15-26.
- 40) 岩田圭司. 魚群行動から見た網型改良(2). ていち. 1993;83:11-48.
- 41) 金文官, 有元貴文, 松下吉樹, 井上喜洋. 定置網漁場における天然礁に関連する魚群の行動. 日水誌. 1993;59:1337-1342.
- 42) 井上喜洋, 田原陽三, 松尾勝樹. 魚群の日周行動と定置網. 日水誌. 1986;52:55-60.
- 43) 井上喜洋, 渡部俊広. 片落とし及び両落とし定置網の漁獲過程における魚群行動. 日水誌. 1986;53:1739-1744.
- 44) 井上喜洋, 長洞幸夫, 渡部俊広, 石田享一.

- 定置網の張り建てによる魚群行動の変化. 日水誌. 1987;53:695-698.
- 45) 井上喜洋, 長洞幸夫. 三陸沿岸の定置網漁場におけるサケ魚群の行動. 日水誌. 1987;53:699-704.
- 46) 井上喜洋. ソナーによる定置網漁場における魚群の行動に関する研究. 水工研報告. 1988;9:227-287.
- 47) Miura T. Trial Observation of Filefish Behavior in a Small Set-net with a Remote Monitoring TV System. Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 1993;44:171-178.
- 48) 秋山清二. 水中映像無線伝送システムによる定置網漁業の操業合理化. 水産工学. 2006;42:213-217.
- 49) 石黒雄一, 五島正哲, 秋中一允. 水中ビデオカメラ画像伝送システムの制作と定置網内の魚群観察. 神水研研報. 2003;8:39-45.
- 50) 小池篤. 定置網に対する魚群の行動. 日水誌. 1971;34:242-249.
- 51) 野沢靖. 定置網漁場における魚道について. 日水誌. 1971;37:237-241.
- 52) 平元泰輔. 相模湾における定置網型の変遷—1. 神水試研報. 1994;15:15-19.
- 53) 秋山清二, Baskoro MS, 有元貴文. 小型定置網への魚群の入網時刻. 日水誌. 1995;61:738-743.
- 54) 秋山清二, 有元貴文. 定置網の揚網間隔と漁獲量. 日水誌. 1997;63:340-344.
- 55) 秋山清二. 定置網各部の漁獲量割合. 日水誌. 1999;65:60-65.
- 56) 井上実, 王明彦, 有元貴文. 昇り勾配に対する魚の行動に関する水槽実験. 日水誌. 1986;52:453-458.
- 57) 梁振林, 松田皎, 東海正. 定置網構造に対する魚群行動のモデリング. 日水誌. 1994;60:185-191.
- 58) 三浦汀介. トラップ型漁具の漁獲システムに関する研究. 日水誌. 1994;60:153-158.
- 59) 長谷川英一, 余座和征, 添田秀男. 垣網に遭遇した魚群の行動に関する Fridman の理論の実験的検証と考察. 日水誌. 1988;54:975-982.
- 60) 河岸賢, 宗清正廣, 飯塚覚, 和田洋藏. 定置網内におけるクロマグロの遊泳速度. 京都海洋センター研報. 1991;14:39-43.
- 61) 上野陽一郎, 和田洋藏, 熊木豊, 傍島直樹. 水槽実験におけるマアジの対網行動(短報). 京都海洋センター研報. 2002;24:19-22.
- 62) 石黒雄一. 魚群探知機による定置網箱網内への魚群入網・出網時刻と漁獲量. 神水研研報. 2001;6:77-80.
- 63) 飯塚覚, 宗清正廣, 河岸賢, 和田洋藏. 京都府沿岸域における定置網漁場特性に関する研究— I . 漁獲物組成からみた海域特性について. 京都海洋センター研報. 1989;12:53-60.
- 64) 飯塚覚, 宗清正廣, 和田洋藏, 田中雅幸. 京都府沿岸域における定置網漁場特性に関する研究— II . 魚種別水揚金額からみた漁場特性. 京都海洋センター研報. 1990;13:41-47.
- 65) 根本雅生, 清水誠. 相模湾西湘地区定置網漁場における漁獲特性. 日水誌. 1997;63:947-955.
- 66) 根本雅生, 清水誠. 相模湾西湘地区定置網漁場における漁獲物組成からみた年次区分. 日水誌. 1997;63:956-963.
- 67) 木幡孜. 回遊性浮魚魚類による相模湾沿岸域の海域区分に関する研究. 神奈川水試論文集, 第4集, 1990;1-56.
- 68) 浜口勝則. 定置網漁獲物の特性と漁場の類型化に関する統計的研究. 三重水研報. 1986;1:13-22.
- 69) 行平真也, 真田康広. 大分県豊後水道南部における定置網漁業の漁獲特性の統計的解析. 大分県農林水研セ研報. 2011;1:1-6.
- 70) 甲斐修也, 舛田大作, 前川英樹. 沿岸漁業開発調査. 平成 21 年度長崎水試事業報告, 長崎県総合水産試験場, 長崎. 2010;32.

- 71) 九州農政局長崎統計情報事務所. 第33次長崎農林水産統計年報, 長崎. 1986;192-241.
- 72) 九州農政局長崎統計情報事務所. 第34次長崎農林水産統計年報, 長崎. 1987;192-243.
- 73) 九州農政局長崎統計情報事務所. 第35次長崎農林水産統計年報, 長崎. 1988;192-241.
- 74) 九州農政局長崎統計情報事務所. 第36次長崎農林水産統計年報, 長崎. 1989;192-241.
- 75) 九州農政局長崎統計情報事務所. 第37次長崎農林水産統計年報, 長崎. 1991;224-273.
- 76) 九州農政局長崎統計情報事務所. 第38次長崎農林水産統計年報, 長崎. 1992;188-237.
- 77) 九州農政局長崎統計情報事務所. 第39次長崎農林水産統計年報, 長崎. 1993;188-237.
- 78) 九州農政局長崎統計情報事務所. 第40次長崎農林水産統計年報, 長崎. 1994;188-237.
- 79) 九州農政局長崎統計情報事務所. 第41次長崎農林水産統計年報, 長崎. 1995;190-239.
- 80) 九州農政局長崎統計情報事務所. 第42次長崎農林水産統計年報, 長崎. 1996;206-255.
- 81) 九州農政局長崎統計情報事務所. 第43次長崎農林水産統計年報, 長崎. 1997;200-249.
- 82) 九州農政局長崎統計情報事務所. 第44次長崎農林水産統計年報, 長崎. 1998;184-233.
- 83) 九州農政局長崎統計情報事務所. 第45次長崎農林水産統計年報, 長崎. 1999;182-231.
- 84) 九州農政局長崎統計情報事務所. 第46次長崎農林水産統計年報, 長崎. 2000;180-229.
- 85) 九州農政局長崎統計情報事務所. 第47次長崎農林水産統計年報, 長崎. 2001;202-251.
- 86) 九州農政局長崎統計情報事務所. 第48次長崎農林水産統計年報, 長崎. 2002;168-217.
- 87) 九州農政局長崎統計情報事務所. 第49次長崎農林水産統計年報, 長崎. 2003;174-223.
- 88) 九州農政局長崎統計・情報センター. 第50次長崎農林水産統計年報, 長崎. 2004;174-223.
- 89) 九州農政局長崎統計・情報センター. 第51次長崎農林水産統計年報, 長崎. 2005;176-225.
- 90) 九州農政局長崎統計・情報センター. 第52次長崎農林水産統計年報, 長崎. 2006;182-231.
- 91) 九州農政局長崎統計・情報センター. 第53次長崎農林水産統計年報, 長崎. 2007;180-229.
- 92) 九州農政局長崎統計・情報センター. 第54次長崎農林水産統計年報, 長崎. 2008;178-227.
- 93) 田中豊, 垂水共之, 脇本和昌. パソコン統計解析ハンドブック, II 多変量解析編. 共立出版, 東京. 1984. 226-251.
- 94) 新納浩幸. R で学ぶクラスタ解析. オーム社. 東京. 2007.34-80.
- 95) 日本水産学会監修. マイワシの資源変動と生態変化(渡辺良朗, 和田時夫編). 恒星社厚生閣, 東京. 1998.
- 96) 有元貴文, 稲田博史. スルメイカの世界. 成山堂書店, 東京. 2003;110-131.
- 97) Sakurai Y, Kiyofuji H, Saitoh S, Goto T, Hiyama Y. Changes in inferred spawning areas of *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) due to changing environmental conditions. ICES J Mar Sci. 2000; 57: 24-30.
- 98) 中神正康. 近年のサンマ資源と漁業の動向. 水産振興. 2013;47:4-11.
- 99) 宮本秀明. 定置網漁論. 河出書房, 東京. 1952;217-307.
- 100) 西山作蔵. 定置網漁業者手帳. 北日本海洋センター, 札幌. 1974;124-129.
- 101) 徳永武雄. 長崎県の定置網漁具, 1. 大型定置網の手引き. 長崎県水産試験場, 長崎. 1977;407:13-14.
- 102) 長崎県水産部水産振興課. 長崎魚市場統計年報(平成25年1月~12月). 長崎. 2014;28-29.
- 103) FAO. Review of the state of world marine fishery resources. FAO Fish Tech Pap. 2005; 457:175.
- 104) 奈須敬二, 奥谷喬司, 小倉通男共編. 「イカーその生物から消費まで」. 成山堂書店, 東京. 2002:165-166.
- 105) 荻野隆太. 東シナ海, 1992年漁期ケンサキイカの資源状態と漁況の変動要因につ

- いて。神水試研報. 1993;14:65-70.
- 106) Yamashita Y, Matsushita Y, Azuno T. Catch performance of coastal squid jigging boats using LED panels in combination with metal halide lamps. *Fish. Res.* 2012; 113: 182-189.
- 107) Matsushita Y, Yamashita Y. Effect of a stepwise lighting method termed “stage reduced lighting” using LED and metal halide fishing lamps in the Japanese common squid jigging fishery. *Fish. Sci.* 2012; 78: 977-983.
- 108) 舛田大作, 甲斐修也, 前川英樹, 山下由起子, 松下吉樹. 配光特性を調整した水中灯を装備する沿岸小型イカ釣り漁船の漁獲解析. *日水誌.* 2013 ; 79 : 785-792.
- 109) Venables, W.N., Dichmont, C.M., 2004. GLMs, GAMs and GLMMs: an overview of theory for applications in fisheries research. *Fish. Res.* 2003-2004; 70 : 319-337.
- 110) Venables, W.N., Ripley, B.D., 2002. *Modern applied statistics with S.* Springer-Verlag Press, New York.
- 111) Kiyota M, Okamura H. Harassment, abduction, and mortality of pups by nonterritorial male northern fur seals. *J Mammal* 2005; 86:1227-1236.
- 112) Yokota K, Minami H, Kiyota M (2011) Effectiveness of tori-lines for further reduction of incidental catch of seabirds in pelagic longline fisheries. *Fish. Sci.* 2011; 77: 479-485.
- 113) 農林水産省. 平成 21 年度漁業経営調査. 農林水産省. 2010;11.
- 114) 農林水産省. 水産物流通統計年報 2009 年. 農林水産業. 2012;40.
- 115) Matsushita Y, Azuno T, Yamashita Y. Fuel reduction in coastal squid jigging boats equipped with various combination of conventional metal halide lamps and low-energy LED panels. *Fish. Res.* 2012; 125-126: 14-19.
- 116) 小倉通男, 名角辰郎. イカ釣り漁業と火光. *日水誌* 1972;38:881-889.
- 117) 四方崇文, 島敏明, 稲田博史, 三浦郁男, 臺田望, 貞安一廣, 渡部俊広. イカ釣り操業時に船上灯光により形成される船底下陰影部のスルメイカの誘集・釣獲過程における役割. *日水誌* 2011;77:53-60.
- 118) 長谷川勝男. わが国における漁船の燃油使用量と CO<sub>2</sub> 排出量の試算. *水産技術* 2010;2:111-121.
- 119) 渡邊一仁, 田原聖隆, 藤森康澄, 清水晋, 三浦汀介. イカ漁業の LCI と環境負荷. *環境科学誌* 2006;19:15-24.
- 120) 西山作蔵. 最新定置網のてびき. 北日本海洋センター, 北海道. 1978;33-56.
- 121) 大野知多夫, 木幡孜. 生産者による流通展開の事例研究 - I - 西湘大型定置網の現状と課題 - . 神水試研報. 1990;11:41-45.
- 122) 宮本秀明. 定置網漁論. 河出書店, 東京. 1952;214-215.
- 123) 徳永武雄, 森勇, 岩切欣弘, 只安正昭. パイロット定置網企業化試験. 漁具漁法試験研究報告書. 長崎県総合水産試験場, 長崎. 1973;362:83-97.
- 124) 町田末広. 定置網に対する誘導魚礁の効果試験報告書. 長崎県総合水産試験場, 長崎. 1979;429:1-19.
- 125) 甲斐修也, 市山大輔, 舛田大作, 鎌田正幸, 前川英樹. 平戸市生月町松本地先海底地形図. 長崎県沿岸漁場図集平成 16~20 年度. 長崎県総合水産試験場, 長崎. 2009;650:9.
- 126) 長谷川英一, 有元貴文. 対象生物の光感覚と対光行動. 「漁灯を活かす技術・制度の再構築へ」(稲田博史・有元貴文・長島徳雄・飯田浩二編). 恒星社厚生閣, 東京. 2010; 26-39.
- 127) 森川由隆, 柏俊行. 漁灯による海中光の特性とその測定. 「漁灯を活かす技術・制度の再構築へ」(稲田博史・有元貴文・長島徳雄・飯田浩二編). 恒星社厚生閣, 東京. 2010; 40-56.

- 128) 中野邦昭, 清水義則. 漁灯光源としての白熱灯, 放電灯, LED. 「漁灯を活かす技術・制度の再構築へ」(稲田博史・有元貴文・長島徳雄・飯田浩二編). 恒星社厚生閣, 東京. 2010;57-71.
- 129) 平川榮一, 熊沢泰生, 武内要人. 集魚灯装置および集魚灯装置を用いた漁具並びに漁法. 特開 2010-178710. 2010.
- 130) Morishita M. Measuring of the dispersion of individuals and analysis of distributional patterns. Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ., Ser. E(Biol.). 1959; 2: 215-235.
- 131) 井上実. 灯に集まる魚. 「魚の行動と漁法」恒星社厚生閣, 東京. 1978;83-85.
- 132) Videler JJ., He P. Swimming in Marine Fish. In: He P (ed). Swimming in marine fishes: capture processes and conservation challenges. Wiley-Blackwell, Hoboken. 2010, 5-23.
- 133) Sasaki T. Fishing apparatus equipped with a fish attraction lamp system. 日水誌. 1950;16: 281-294.
- 134) Oppedal F, Juell J-E, Tranger G. L, Hansen T. Artificial light and season affects vertical distribution and swimming behavior of post-smolt Atlantic salmon in sea cages. J. Fish Biol. 2001; 58: 1570-1584.
- 135) Batty R. S. Effect of light intensity on activity and food-searching of larval herring, *Chupea harengus*: a laboratory study. Mar. Biol. 1987; 94: 323-327.
- 136) 石田善久. 定置網の箱網容積と入網漁獲量について. ていち. 1982;62:54-59.
- 137) 長洞幸夫. 定置網の箱網容積と漁獲量の関係について. 岩手県水産試験場年報. 1987;142-152.
- 138) 稲田博史, 小池篤, 竹内正一, 平元泰輔. 垣網の撤去が定置網の漁獲に及ぼす影響. 東京水産大学研究報告. 1996;82:161-172.
- 139) Arimoto T, Glass CW, Zhang X. Fish vision and its role in fish capture. In: He P (ed). Behavior of marine fishes: capture processes and conservation challenges. Wiley-Blackwell, Hoboken. 2010; 25-43.
- 140) 森敬四郎. 漁具資材並びに網構造に関する技術的動向. 日水誌. 1971;37:223-231.
- 141) 唐逸民, 小池篤, 平元泰輔. 定置網の網形の変遷に伴う漁獲の変化. 日水誌. 1982; 48:895-902.
- 142) 神城義信. 音響馴致システムによる魚群制御. 水産工学. 1991;28:65-70.
- 143) 秋永高志, 立石賢, 桑岡亦好, 山本純弘, 堀井豊充, 徳永武雄. 音響馴致によるマダイの滞留効果. 長崎水試研報. 1989;15:39-45.
- 144) 平川榮一, 町田末広, 細見光宏, 秋永高志, 堀井豊充, 山本純弘. 玉之浦湾における音響馴致マダイの分布. 長崎水試研報. 1989;15:53-59.
- 145) 秋山清二. 水中映像無線伝送システムによる定置網漁業の操業合理化. 水産工学. 2006;42:213-217.
- 146) (有)泉澤水産. 宮城県男鹿群江島漁場の定置網操業における作業船の漁具・魚群監視システム導入による省エネルギー化実証試験. 平成 21 年度省エネルギー技術導入効果実証試験事業報告書. 社団法人海洋水産システム協会. 2010;303-333.
- 147) 秋山清二. 小型定置網における気泡幕の魚群駆集効果. 日水誌. 1996;62:286-287.
- 148) 竹内正一, 秋山清二. ハイテク定置網の開発. ていち. 1994;86:17-25.
- 149) 來須公輔. 食料自給率の向上と農業の未来. 香川大学経済政策研究. 2011;7:87-104.
- 150) 須藤 裕之, 菱田 次孝. わが国の食料自給率と食品ロスの問題について. 名古屋文理大学紀要. 2010;10:127-138.
- 151) 石川晃, 佐々井司, 別府志海. 国連世界人口推計 2010 年版の概要. 人口問題研究. 2011;67:13-50.



## 要 旨

定置網漁業では、大規模な漁具を長期にわたり同じ漁場に敷設するので、漁獲は、漁場の位置と来遊した魚群の行動に依存するところが大きい。

本研究では、定置網漁業の技術史と今後の課題について第1章にまとめ、次に、1) 長崎県内の定置網の漁獲物組成から、漁獲物の地域性に影響する要因を検討した。また、2) 定置網と周辺の沿岸漁業が両立できるような操業方法を検討するため、大型定置網で冬季の漁獲対象種であるスルメイカを例として、定置網とイカ釣り漁業の非営利操業となる条件を明らかにした。さらに定置網漁業の振興のために、3) 定置網の漁獲を向上させる新たな集魚灯技術を提案し、その効果を魚群の行動観察と漁獲量によって検証した。最後に、第5章では、これらの結果をもとに、定置網漁業における漁獲向上技術について総合的な考察を行った。

### 第2章 長崎県内の定置網の地域的特性

1985～2006年の長崎農林水産統計年報にまとめられた定置網の経営体数と漁獲量、定置網で主要な魚種(14種)の漁獲量の資料を用いて、定置網の漁獲の年次変化について検討を行うとともに、長崎県で定置網が操業される主要な海域(対馬、壱岐、五島、北松)を類型化した。年次区分では1995年を境に2つのクラスターに分かれ、1995年以前はイワシ類、それ以降はスルメイカやサンマ、ブリ類が優占種となった。また、主要4海域別にみた年次区分でも1993～1996年を境に2つのクラスターに分かれ、漁獲量は、北松と五島海域では、イワシ類が優占した年代に多く、対馬と壱岐海域では、スルメイカなどが優占した年代に漁獲量が多くなった。これらの結果から、壱岐・対馬海域と北松・五島海域は異なる漁場の特性を有していた。

さらに、大型定置網が敷設されている海域を12の地域に分けて、2009～2011年における漁獲物組成から地域の類型化を試みた結果、3つのクラスターに分類され、それぞれのクラスターは、漁場やその周辺地形や来遊資源、漁具の構造の影響を受けた結果、

分類されたと推察された。

### 第3章 定置網漁業と他漁業種の相互関係

次に定置網と他漁業種の相互関係を検討するために、長崎県内の4島で冬季(1-2月)に定置網とイカ釣りによって水揚げされるスルメイカの日々の漁獲量に対する月齢や潮汐、風向などの影響を、一般化線形モデルによって解析した。冬季スルメイカの漁獲量は、定置網、イカ釣りともに月齢による影響を受け、最近の燃油高の状況下では操業に要する燃料費分の漁獲金額も見込めないと推察された。また、定置網ではイカの現存量の影響を受けており、定置網の漁獲は、漁場への魚群の来遊量に強く依存することを明確に示すことができた。

### 第4章 定置網の漁獲向上技術

バッテリーとタイマーを内蔵した水密容器とこの容器内のバッテリーのみで点灯可能な小電力の水中灯(メタルハライド、消費電力55W)からなる装置を開発し、夜間に垣網周辺に来遊してきた魚群を水中灯の光で滞留させ、明け方前に水中灯を消灯することで、滞留した魚群を身網へ効率的に誘導する方法について、その効果を検証した。

平戸市の大型定置網の垣網に水中灯を取り付け、夜間に点灯し、定置網周辺の魚群の出現位置をスキュンニングソナーにより把握した。また、水中灯の周辺で点灯前から点灯中、点灯後にかけてマアジの標識放流を行い、定置網での標識魚の再捕率を調べた。スキュンニングソナーの観察から、水中灯点灯時には水中灯周辺での魚群出現が多くなり、消灯後には水中灯周辺の魚群が定置網の身網へ移動することを確認した。また、水中灯の点灯時に放流したマアジの定置網での再捕率は消灯時の放流に比べて高くなった。

さらに、対馬市の大型定置網では、点灯日と非点灯日を繰り返す試験を2007-2009年の間に157日実施した。その結果、点灯時の一日の総漁獲量は、非点灯時よりも多くなった。試験中に主に漁獲され、点灯と非点灯で漁獲量に有意な違いがみられた魚種はウルメイワシ、マサバ、マアジ、ケンサキイカで、

すべて正の走光性を持つと考えられる魚種であった。水中灯の光がこれらの種を垣網付近に滞留させ、これらの種の漁獲の増加分が点灯時の総漁獲量の増加につながったものと考えられた。

以上の結果から定置網の漁獲の成否は、①漁場への魚群の来遊量と②来遊した魚群が定置網に入網することで決定される。①漁場への魚群の来遊量は、対馬暖流域に位置する離島海域で大きな湾形を持つ

ような漁場で多くなるものと推察された。また、②来遊した魚群を定置網に入網することに対応して、本研究では、夜間の垣網周辺の魚群行動に着目し、小電力の水中灯を点灯させることによって、漁獲が増加することを確認できた。このことから、定置網の漁獲向上を検討する場合には、魚群の来遊が多い漁場を選び、来遊した魚群の行動を制御又は魚群行動に対応した操業の方法を再考することが重要である。