

京都府農林水産技術センター海洋センター研究論文

第 8 号

平成 22 年 5 月

SPECIAL REPORT No. 8

Kyoto Institute of Oceanic and Fishery Science

2010

若狭湾西部海域における
ヒラメの漁業生物学的研究

竹野 功璽

Studies on the Fisheries Biology of Japanese Flounder
Paralichthys olivaceus in Western Wakasa Bay

by
Koji Takeno

研究論文集 第8号 平成22年5月
京都府農林水産技術センター海洋センター

SPECIAL REPORT No.8, 2010
KYOTO INSTITUTE OF OCEANIC AND FISHERY SCIENCE
Odasyukuno, Miyazu, Kyoto 626-0052, Japan

目 次

第1章 緒 言	1
第2章 ヒラメ漁業の概要	2
第3章 年齢および成長	6
第1節 若狭湾西部海域におけるヒラメの年齢および成長	6
第2節 閉鎖性内湾における若齢期のヒラメの成長	11
第4章 成熟および産卵	18
第5章 食 性	26
第1節 稚魚の食性	26
第2節 若魚の食性	28
第3節 未成魚および成魚の食性	30
第6章 分布および移動	33
第1節 若魚の分布および移動	33
第2節 未成魚の分布および移動	36
第3節 若狭湾から能登半島西岸に分布する未成魚の移動	39
第4節 成魚の分布および移動	42
第7章 資源構造	44
第1節 日本海沿岸における1歳魚の背鰭および臀鰭鰭条数の地理的変異	44
第2節 若狭湾西部海域における稚魚の背鰭および臀鰭鰭条数	47
第3節 若狭湾西部海域における1歳魚の背鰭および臀鰭鰭条数の年変化	48
第4節 若狭湾西部海域の未成魚と成魚の間にみられる背鰭および臀鰭鰭条数の差異	50
第5節 日本海沿岸における1歳魚の耳石初輪径の地理的変異	52
第6節 若狭湾西部海域における1歳魚の耳石初輪径の年変化	53
第7節 若狭湾西部海域の未成魚と成魚の間にみられる耳石初輪径の差異	54
第8章 総合考察	56
第1節 若狭湾西部海域におけるヒラメの資源構造	56
第2節 栽培漁業および資源管理型漁業への提言	58
謝 辞	62
Summary	63
引用文献	67

第1章 緒言

ヒラメ *Paralichthys olivaceus* は、太平洋西岸域のサハリンから南シナ海までの範囲に生息しており、その主分布域は概ね北緯 30 度から 45 度の範囲とされている (南 1997; 落合, 田中 1998)。日本列島では、北海道の太平洋沿岸を除くほぼ全域に分布しており、その生息水深は数 m から概ね 200 m までの大陸棚上である (大河内 1991, 南 1997)。日本では、刺網, 底曳網, 定置網, 釣などで漁獲されており, 2006 年の漁獲量および漁獲金額は 7,388 トン, 102 億円であり (農林水産省大臣官房統計部 2008), 沿岸重要資源の一つとなっている (日本水産資源保護協会 1980)。一方, 若狭湾西部海域に面する京都府において, 本種は定置網, 刺網, 釣・延縄, 底曳網などで漁獲されており, 過去 20 年間 (1987~2006 年) の年平均漁獲量は 60 トン, 漁獲金額は約 1 億 4 千万円であり (近畿農政局統計情報部 1992-2003; 近畿農政局統計部 2004-2008), 沿岸漁業主体の本府にとって最も重要な魚種の一つに位置付けられている。

本種は, 日本周辺に分布する異体類の中では, オヒョウ *Hippoglossus stenolepis* を除いて, 最も大きく成長する種であり, 特に若齢期の成長が早いという特徴を持つ (落合, 田中 1998)。また, 本種は淡泊な味の魚として消費者ニーズも高く, 市場では高価格で取引される高級魚である。そのため, 本種を対象とした養殖業も盛んで, 2006 年の生産量は 4,614 トン, 生産金額は 84 億円に及ぶ (農林水産省大臣官房統計部 2009)。近年, 種苗生産技術が確立され, 2007 年には 34 道府県の栽培漁業センターで年間あわせて 3 千万尾を超える種苗が生産されている (水産庁ほか 2008)。放流尾数は魚類の中では最も多く, 1994 年以降, 毎年 2 千万尾を超えており (水産庁ほか 200), 2007 年には 37 道府県地先で 23,378 千尾が放流されている。一方, 多くの県において, 漁網の目合規制などによる漁獲サイズの制限, 禁漁区や禁漁期の設定など, 本種を対象とした種々の資源保護措置が講じられている (日本海ブロックヒラメ班 1990)。京都府においても, 1993 年には京都府栽培漁業センターにヒラメの種苗生産・中間育成施設が整備され, 同年以降は毎年約 10~70 万尾の人工種苗の放流が行われている。また, 1995 年からは, 全長 25 cm 未満の小型魚を再放流する漁業者の自主的な資源管理の取組が実施されている。

このような栽培漁業や資源管理型漁業を推進する基礎となる本種の生物学的な知見を得るため, 全国各地で本種を対象とした調査, 研究が精力的に進められている。若狭湾西部海域においても, 若齢期の生態などを中心に, 今日まで数多くの試験, 研究がなされてきた。本論文は, ヒラメの栽培漁業や資源

管理を効果的, 効率的に進めていく上で必要不可欠な生物学的知見を得るため, 若狭湾西部海域における本種の資源構造を中心に, 年齢および成長, 成熟および産卵, 分布および移動, 食性に関する知見を漁業生物学的研究としてとりまとめたものである。

なお, 若狭湾は地理学的には京都府京丹後市の経ヶ岬から福井県丹生郡越前町の越前岬までの範囲を指すが, 本論文では京都府沿岸のヒラメの分布域である水深 200 m 以浅を同湾と連接一体をなす海域とみなして若狭湾西部海域と呼んだ (Fig. 1-1)。また, 本種の发育段階の区分は, 渡部, 服部 (1971) および清野, 坂野 (1972) に従い, 特に断りのない限り, 着底後の全長 100 mm 未満の個体を稚魚, 全長 100~200 mm の個体を若魚, 全長 200 mm 以上の生殖能力が未発達な個体を未成魚, 生殖能力を備えた個体を成魚とした。さらに, 本海域では 1981 年からヒラメ人工種苗の放流が行われており, 放流魚 (人工種苗) も多数漁獲されているため (京都府 2000), 漁獲統計以外の本種に関するデータについては, 体表の色素異常により人工種苗と判断された個体は対象外とした。なお, 本研究の主な調査の実施期間である 1990~2000 年に本海域で放流された人工種苗の体色異常魚 (白化または黒化) の出現率は 100% であった (京都府農林水産技術センター未発表)。

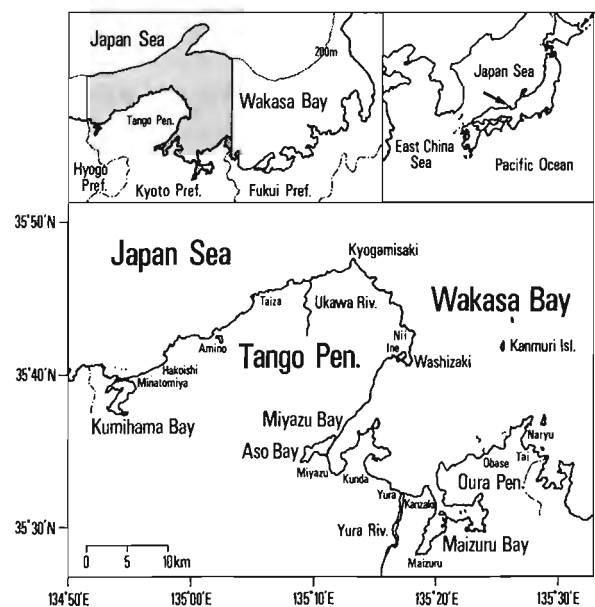


Fig. 1-1 Map showing the fishing ground for Japanese flounder in western Wakasa Bay, the Japan Sea. Dotted area shows the study area.

第2章 ヒラメ漁業の概要

本章では、若狭湾西部海域 (Fig. 1-1) に面する京都府でのヒラメの漁獲実態と本種が府漁業に占める位置について述べる。

(1) 材料および方法

漁獲統計調査 漁獲統計資料は、1956～2005年の京都農林水産統計年報 (以下、農林水産統計と略記する) (農林省京都統計調査事務所 1957-1970; 近畿農政局統計調査部 1971, 1972; 近畿農政局統計情報部 1973-2003; 近畿農政局統計部 2004-2007) および1990～1999年の漁業・養殖業統計年報 (以下、農林水産統計と略記する) (農林水産省経済局統計情報部 1992-2000, 農林水産省大臣官房統計情報部 2001) ならびに1990～1999年の京都府漁業協同組合連合会統計資料 (以下、漁連統計と略記する) を用いた。なお、漁連統計には、京都府漁業協同組合連合会が開設している産地卸売市場に一元集荷される府内漁業者の漁獲物に関して、漁業種類別、月別、地区別などの詳細な統計データが整備されているため、農林水産統計を補完するものとして利用した。

漁獲物調査 1990年1月～1999年12月に、京都府内の産地卸売市場や水揚げ地において、漁獲されたヒラメの全長測定、天然魚と放流魚 (人工種苗) の識別および採捕漁法の記録を年間延べ179～365日、7,476～23,399尾を対象に実施した。供試魚の全長は、1尾ずつ魚体長測定板を用いてパンチング法により1cm単位で測定した。また、天然魚と放流魚 (人工種苗) の識別は、有眼側および無眼側の体表面と鱗部の色素異常の有無や出現パターンを肉眼観察することにより行った。具体的には、有眼側では黑色素の欠如 (白化) の有無、無眼側では黑色素の沈着 (黒化) の有無と、その出現の部位およびパターン (水産総合研究センター 2004) により、天然魚と放流魚を識別した。

(2) 結果および考察

漁具・漁法および漁場 京都府において、1990～1999年の農林水産統計にヒラメの漁獲量が記録されている漁業種類は、沖合底曳網、小型底曳網、船曳網、大中型まき網、刺網、大型定置網、小型定置網、延縄、釣およびその他の漁業であり、本種は多種多様な漁具・漁法により漁獲されていた。そのうち、本種を毎年1トン以上漁獲している漁業種類は、小型底曳網、刺網、大型定置網、小型定置網、延縄および釣であり、これらによる漁獲量は全体の99～100%を占めていた。

なお、本海域では他県所属の沖合および小型の底曳網漁船も操業しており、京都府属人による漁獲量以外に沖合底曳網では1トン前後の本種の漁獲があると推定されている (京都府農林水産技術センター

未発表)。

漁連統計、仕切伝票、標本船日誌、産地卸売市場への出荷物に関する調査や漁業者からの聞き取り調査の結果から、本海域におけるヒラメの漁場を漁業種類別にまとめた。大型および小型定置網漁業は各地沿岸の概ね水深60m以浅で操業されており、ヒラメの漁獲は丹後半島東岸 (伊根, 新井) および大浦半島東岸 (田井, 成生) において、冬季に顕著に多かった。刺網の操業区域は、京都府漁業調整規則により原則として共同漁業権内に限られており、その漁場は岸沿い概ね水深50m以浅であった。刺網による漁獲は、冬季は丹後半島東岸 (伊根, 新井) および大浦半島東岸 (田井, 成生)、春季から夏季にかけては広い砂浜域を有する海域 (小橋, 神崎, 栗田, 湊宮) において、多い傾向がみられた。延縄漁業は主に経ヶ岬以東の若狭湾内で行われており、本種の盛漁期である3～5月には、丹後半島東岸の鷲崎から経ヶ岬にかけての沿岸と、冠島周辺の水深70～90mの海域に主漁場が形成されていた (京都府立海洋センター 1983)。釣漁業では、曳縄釣の漁場が主に経ヶ岬以西の水深100m以浅を中心に形成されていた。沖合底曳網および小型底曳網の操業区域は概ね水深100m以深に制限されており、本種は水深100～200mの海域で漁獲されている。

なお、大型定置網と小型定置網、延縄と釣、沖合底曳網と小型底曳網については、それぞれ漁場、漁船の規模や使用漁具、操業形態などが類似しているため、本研究においては、本節以降、特に断りのない限り、それぞれ定置網、釣・延縄、底曳網にまとめて表示した。

漁獲量の経年変化 農林水産統計から求めた過去50年間 (1956～2005年) の京都府におけるヒラメの漁獲量の推移を Fig. 2-1 に示した。本種の年間漁獲量は18～93トンの範囲で変動しており、相対的に漁獲量の多い期間と少ない期間を交互に繰り返す、その周期は概ね12～13年であった。研究対象とした10年間 (1990～1999年) の漁獲量の推移をみると、1991年から増加の傾向を示し、1995年をピークとして1993～1997年には76～93トンの高水準を維持し、その後急減して、1999年以降は50トン以下となった。

次に、京都府で本種を多獲している定置網、刺網、釣・延縄および底曳網について、過去30年間 (1976～2005年) の本種の年間漁獲量の推移を Fig. 2-2 に示した。定置網による漁獲量は20～50トンで、本種の総漁獲量の34～83%を占めていた。特にその割合は、1983年以前および1999年以降には、1981年を除くいずれの年も58～83%と高かった。刺網による漁獲量は、1979年までは5トン以下であったが、1980～1998年は14～36トンと多かった。特に1985～1994年には、定置網に比肩する漁獲量と

なり、総漁獲量に占める割合も31～53%と高かった。釣・延縄による漁獲量は、1981年(35トン)を除いて、1～12トンで推移していた。底曳網による漁獲量は多くの年に5トン以下であったが、1993年、1994年、

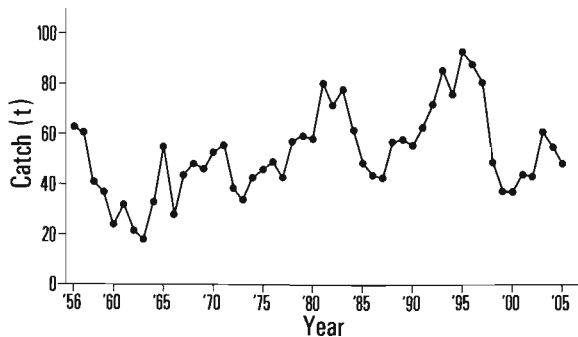


Fig. 2-1 Annual changes in total catch of Japanese flounder in western Wakasa Bay from 1956 to 2005.

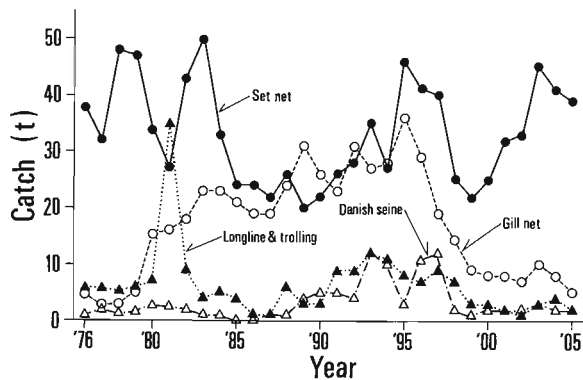


Fig. 2-2 Annual changes in catch of Japanese flounder caught by set net, gill net, longline, trolling and Danish seine in western Wakasa Bay from 1976 to 2005.

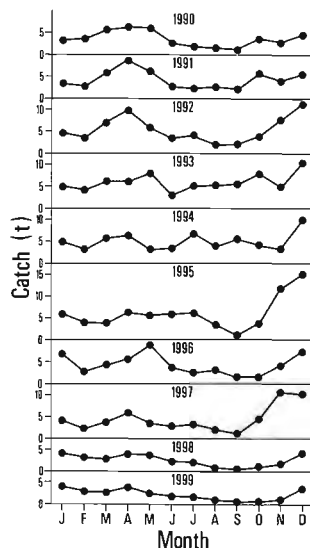


Fig. 2-3 Monthly changes in total catch of Japanese flounder in western Wakasa Bay from 1990 to 1999.

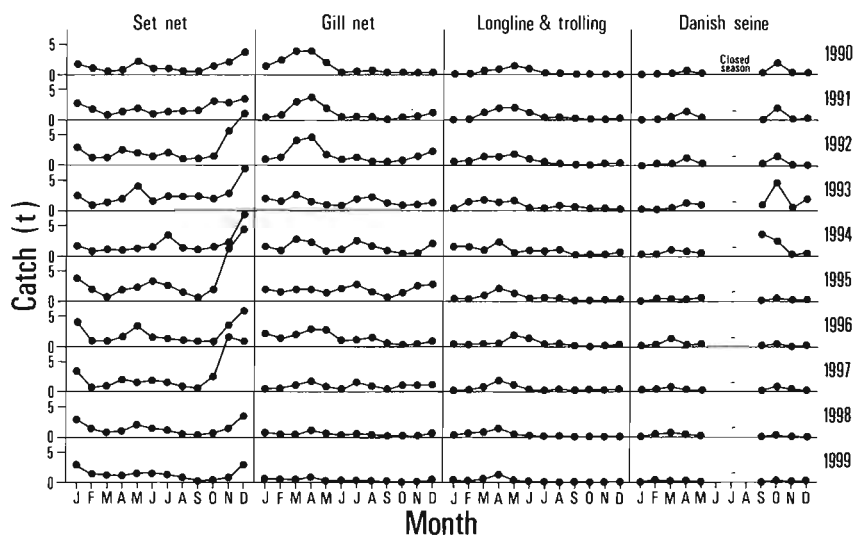


Fig. 2-4 Monthly changes in catch of Japanese flounder caught by set net, gill net, longline, trolling and Danish seine in western Wakasa Bay from 1990 to 1999.

1996年および1997年には10～12トンとやや多かった。

漁獲量の季節変化 漁連統計から求めた1990～1999年における京都府でのヒラメ月別漁獲量の推移をFig. 2-3に示した。本種は、いずれの年にも周年漁獲があり、年による多少の違いはあるものの、漁獲量は3～5月および11～1月に多い傾向が見られた。1月と11、12月を合わせた漁獲量は8.7～32.6トン、3～5月の漁獲量は9.2～22.7トンであり、それぞれ年間漁獲量の24.5～45.3%、21.6～41.3%を占めた。また、1994年および1995年には、6、7月の漁獲量が10トン強と多かった。

次に、1990～1999年における各漁業種類の月別漁獲量の推移をFig. 2-4に示した。定置網の月別漁獲量は0.4～11.8トンで、いずれの年にも周年安定した漁獲があった。漁獲量は11～1月に多く、特に1992～1997年にはその傾向が顕著であった。また、5～7月にも漁獲量がやや多かった。刺網の漁獲量は3～5月に多く、特に1990～1992年にはその傾向が顕著であった。また、1993～1995年の6～8月や、1992～1995年の1月および11、12月にも漁獲量が多かった。釣・延縄による1トン以上の漁獲は1～8月に限られ、なかでも2～6月に多かった。底曳網の漁獲量は9、10月と3～5月に多く、特に1993年および1994年には9、10月の漁獲量が顕著に多かった。

以上のように、本種は、京都府地先の若狭湾西部海域では、3～5月には釣・延縄および刺網、11月から1月には定置網で多獲されていた。また、漁獲量が高水準の年には、6、7月に定置網および刺網、9、10月に底曳網で多獲されていた。

日本海西部海域での漁獲量 農林水産統計から求めた対馬暖流域の石川県から福岡県の8府県におけるヒラメの過去10年間(1990~1999年)の年平均漁獲量をFig. 2-5に示した。府県別の漁獲量は26~332トンであり、西方の福岡県や島根県で多く、中間に位置する兵庫県や京都府では少なかった(Kruskal-Wallis testによる有意差検定およびSteel-Dwass testによる多重比較, $p < 0.05$)。また、各府県の年間漁獲量は、1992~1996年を中心に高水準で推移したが、1998年以降には顕著に減少した。

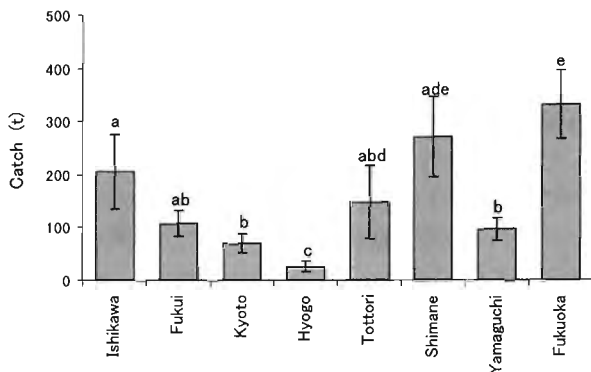


Fig. 2-5 Average annual catches of Japanese flounder in western Japan Sea from 1990 to 1999. Vertical bars and different letters show standard deviation and significant difference (Steel-Dwass test, $p < 0.05$).

漁獲サイズ 定置網、刺網、釣・延縄および底曳網により漁獲された天然魚の全長組成をFig. 2-6, 2-7に示した。全長組成は、全長を5 cm毎の階級に区分し、階級別の出現頻度を月毎に過去10年間(1990~1999年)の平均値で示した。その際、調査尾数が少ないことによる値の偏りを避けるため、1ヵ月当たりの調査尾数が20尾未満の年のデータは除いた。ただし、いずれの年も1ヵ月間の調査尾数が20尾未満であった釣・延縄の8月および11月ならびに底曳網の1月および12月の4つの事例については、各年の調査尾数を合算して全長組成を求めた。

定置網により漁獲されたヒラメの全長組成のモードは30~35 cmまたは35~40 cmにあり、全長25~40 cmの個体が全体の54~89%を占めた。その割合は、6~11月には77~89%と特に高かった。また、割合は低いものの、2~5月には全長50 cm以上の個体も見られた。

刺網では、全長25~40 cmの個体が漁獲の59~90%を占めており、特にその割合は6~11月に78~90%と高かった。全長組成のモードは、1~4月には全長35~40 cmにあったが、5月には全長25~30 cmと小さいサイズに移行した。その後、モードは、6~9月には30~35 cm、11, 12月には35~40 cmと大きいサイズへ移行した。また、2~5

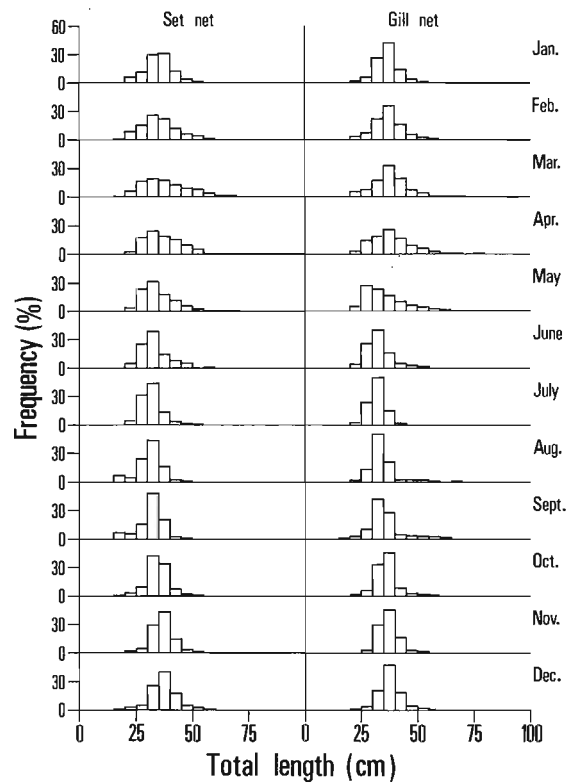


Fig. 2-6 Monthly changes of mean composition in length classes of Japanese flounder caught by set net and gill net in western Wakasa Bay from 1990 to 1999.

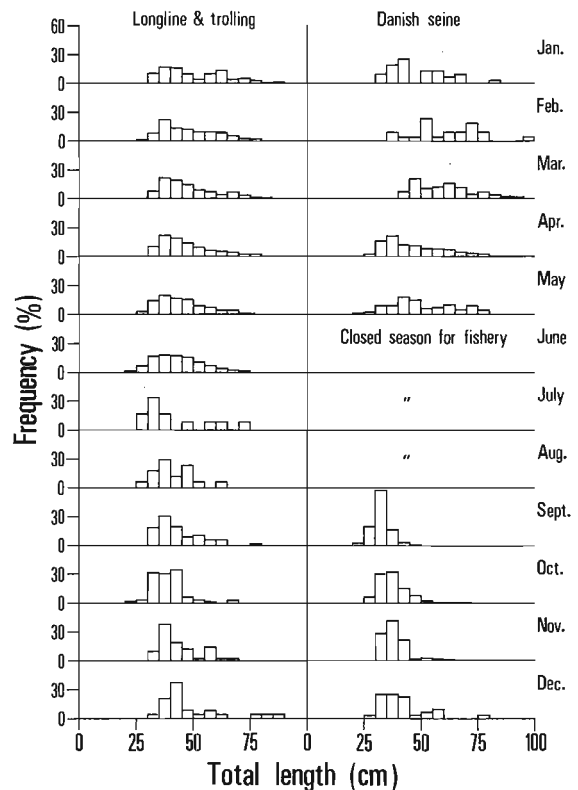


Fig. 2-7 Monthly changes of mean composition in length classes of Japanese flounder caught by longline, trolling and Danish seine in western Wakasa Bay from 1990 to 1999.

月には低率ながら全長 50 cm 以上の個体も見られた。

釣・延縄では、周年 30～70 cm の多様なサイズのヒラメが漁獲されていた。全長組成のモードは 30～50 cm の範囲にあり、それらの個体が占める割合は 55～88% であった。一方、全長 50 cm 以上の個体が占める割合は 8～45% であり、1～5 月には 30～45% と高かった。

底曳網の全長組成のモードは、2、3 月を除き、30～45 cm にあり、それらの個体の占める割合は 37～92% であった。一方、2、3 月には全長 50 cm 以上の個体の占める割合が 71～81% と高かった。

以上のように、定置網や刺網では、周年、全長 25～40 cm が漁獲主体となっており、釣・延縄や底曳網ではやや大きい全長 30～50 cm を漁獲していた。また、2～5 月には、いずれの漁業種類でも、全長 50 cm を超える個体の漁獲があった。

京都府漁業に占めるヒラメの位置 次に、ヒラメの漁獲高が京都府漁業に占める位置について検討した。農林水産統計から求めた過去 10 年間（1990～1999 年）の京都府でのヒラメ漁獲量が、海面漁業の総生産量に占める割合は、0.07～0.35% であった。一方、同期間のヒラメの漁獲金額は 87～226 百万円であり、海面漁業の総生産額に占める割合は 1.6～3.5% であった。また、魚種別の漁獲金額では、ヒラメは常に高い方から 10 番目前後に位置していた。

次に、漁連統計から求めたヒラメおよび全魚種の漁獲量、漁獲金額および市場単価の 10 年間（1990～1999 年）の漁業種類別平均値を Table 2-1 に示した。京都府においてヒラメを量的に最も多く漁獲している漁業種類は、本府の基幹漁業である定置網であった。その総漁獲量に占めるヒラメの割合は 0.14% と低いものの、低単価の魚種を主体とする本漁業の中では、本種は顕著に単価の高い魚種であり、生産金額では全体の 2.30% を占めていた。定置網に次いでヒラメを多獲している刺網漁業では、本種は漁獲量

で 4.0%、漁獲金額では 11.7% を占め、量、金額とも本種への依存度が最も高かった。釣・延縄（イカ釣を除く）では、ヒラメは量で 2.7%、金額で 7.3% を占め、刺網に次いで本種の占める割合が高かった。また、ヒラメの平均単価は釣・延縄が最も高く（3,566 円/kg）、これは大型魚の漁獲割合が高いこと（Fig. 2-7）、活魚出荷が主体であることによると考えられた。底曳網では、ヒラメは主要対象種であるズワイガニの漁期前後に漁獲されており、比較的単価の高い魚種として位置付けられた。

農林水産統計によれば、量の多少はあるものの、ヒラメは毎年すべての漁業地区で漁獲されており、その漁獲による受益は府内全域に及んでいる。なお、本海域を経ヶ岬以東と以西の 2 つの海域に大別して本種の漁獲量を比較すると、概ね 2:1 の割合で経ヶ岬以東海域での漁獲量が多かった。

以上のように、本海域では、ヒラメは基幹漁業である定置網を中心に多様な漁具漁法により漁獲されており、受益範囲は広く、また市場単価が高いことから、特に金額面での本府漁業に占める比重は大きく、最も重要な沿岸資源の一つに位置付けられた。また、近年は栽培漁業の対象種として種苗放流による資源の増産が図られており、1993 年からは毎年 10～70 万尾の人工種苗が放流されている（水産庁ほか 2009）。さらに、1995 年からは、漁業者自らが全長 25 cm 未満の小型ヒラメの再放流を申し合わせた資源管理対策にも取り組んでいる。このように、沿岸漁業中心の京都府漁業においてヒラメの位置付けは高く、将来にわたり栽培漁業による積極的な資源の培養や、資源を有効かつ持続的に利用していくための資源管理型漁業の推進が必要とされている。それらの方策には、若狭湾西部海域におけるヒラメの資源生物学的知見の集積と、それに基づくヒラメ漁業の今後の在り方の検討が不可欠である。

Table 2-1 Average annual catches, sales and market prices in each fishing gear for Japanese flounder in Kyoto Prefecture from 1990 to 1999

		Set net	Gill net	Longline and trolling	Danish seine	Others	Total
Catch (ton)	Japanese flounder (a)	26.4 ± 8.0	14.8 ± 5.8	6.9 ± 2.6	4.7 ± 3.2	0.7 ± 0.5	53.4 ± 16.0
	All fishes (b)	21089 ± 8625	371 ± 160	261 ± 37	1003 ± 94	12359 ± 5796	35082 ± 12873
	Ratio (%:a/b)	0.14 ± 0.07	4.00 ± 1.02	2.66 ± 1.07	0.47 ± 0.32	0.01 ± 0.01	0.17 ± 0.05
Sale (million yen)	Japanese flounder (c)	63.6 ± 14.8	39.5 ± 17.2	25.1 ± 11.3	13.8 ± 7.5	1.7 ± 1.2	143.6 ± 42.4
	All fishes (d)	2756 ± 376	324 ± 111	334 ± 49	844 ± 105	1228 ± 130	5486 ± 591
	Ratio (%:c/d)	2.30 ± 0.42	11.71 ± 3.08	7.33 ± 2.93	1.60 ± 0.77	0.14 ± 0.10	2.57 ± 0.59
Market price (yen/kg)	Japanese flounder	2466 ± 332	2634 ± 505	3566 ± 460	3108 ± 398	2483 ± 558	2701 ± 385
	All fishes	148 ± 49	897 ± 115	1293 ± 188	844 ± 99	115 ± 42	184 ± 48

第3章 年齢および成長

水産資源の研究において、対象生物の年齢および成長に関する知見は最も重要な生物情報の一つである。魚類の年齢を査定する方法には、直接法として飼育法と標識放流法、間接法として体長組成法と年齢形質法がある(久保, 吉原 1969; 大隅 1974; 能勢ら 1988)。ヒラメは最大で全長約1 mまで成長し、寿命は10年以上と考えられ(南 1997), 飼育法や標識放流法は成長速度が自然状態とは異なる可能性が高いことや長期間の成長追跡が困難であることから、体長組成法は高年齢群の分離が困難であることから、本種の年齢査定には適していない。一方、年齢形質法は煩瑣な作業を要するものの、年齢査定の信頼性は高く、高年齢までの成長追跡が可能であることなどから、本種の年齢査定法として適当と考えられる。

年齢形質には、既往のヒラメの年齢および成長に関する研究では、鱗(前川, 松清 1951), 脊椎骨(佐藤 1975), 耳石(亀井, 増沢 1974; 篠田 1974; 山洞, 樋田 1977; 石田ら 1978; 堀田, 土井 1983; 小田切ら 1985; 篠原ら 1986; 加藤ら 1987; 平田, 隅田 1987; 西躰, 中村 1989; 宮崎県栽培漁業センター, 宮崎県水産試験場 1990; 島根県 1990; 金丸ら 1992; 前原 1992; 藤田, 後藤 1994; 北川ら 1994; 徳島県水産試験場 1994; 小澤ら 1995; 田代, 一丸 1995; 河野 1997; 厚地ら 2004; 五利江ら 2005; 浦邊ら 2007; 田中ら 2008)が用いられている。しかし、ヒラメの鱗は後の研究により年齢形質として適当でないとしており(佐藤 1975), また脊椎骨を用いた研究は1報のみで(佐藤 1975), 最近の研究では年齢形質には専ら耳石(扁平石)が用いられている。

日本海沿岸でのヒラメの成長式については、富山県以北の海域(山洞, 樋田 1977; 小田切ら 1985; 加藤ら 1987; 堀田, 土井 1983; 北海道 1991; 秋田県水産振興センター 1995; 浦邊ら 2008)と兵庫県以西の海域(五利江ら 2005; 篠田 1974; 島根県 1990; 河野 1997)では報告されているが、若狭湾およびその周辺海域

での知見はない。そこで、若狭湾西部海域で採捕されたヒラメを対象に、耳石(扁平石)を年齢形質として年齢および成長について検討した。

第1節 若狭湾西部海域におけるヒラメの年齢および成長

若狭湾西部海域におけるヒラメの年齢と成長の関係を調べ、Walfordの定差図法(Walford 1946)および最小二乗法により von Bertalanffyの成長式(Bertalanffy 1938)を求めた。そして、本種の成長を、対馬暖流域で比較した。

(1) 材料および方法

試料には、1989年8月19日～1998年8月3日に、閉鎖性内湾である久美浜湾、阿蘇海および舞鶴湾を除く若狭湾西部海域で採捕されたヒラメ4,364尾を用いた(Table 3-1)。供試魚は、生鮮状態で全長(TL , mm), 体重(W , g)の測定、生殖腺による性の判定、耳石(扁平石)の摘出を行った。なお、体重は、魚体総重量(BW)から胃内容物重量(SCW)を差し引いた重量とした。耳石はキシレンに浸漬し、万能投影機(日本光学工業株式会社 V-16D)の透過光下で20倍に拡大して、デジタルマイクロメーターにより径を計測した。なお、一部の耳石は、計測前に砥石で研磨処理した。

ヒラメの耳石は、有眼側のものは核が後方寄りに偏在する傾向があるので(小田切ら 1985; 前原 1992), 径の測定には核が中心にある無眼側の耳石を用いた。径の測定に際しては、各不透明帯の最外部を輪標示部位と定め、耳石の核から前端方向へ長軸に沿って耳石縁辺までの距離を耳石径 R , 各輪 i の標示部位までの距離を輪径 r_i とした。

対馬暖流域でのヒラメの成長と海水温との関係の検討には、本種の成長に関する知見のある九州南海域から青森県沿岸での1961～1990年の海面水温の月別平均値(気象庁 1996; 舞鶴海洋気象台 1997)を用いた。

Table 3-1 Specimens of Japanese flounder sampled from western Wakasa Bay in the study of age and growth

Sampling date	Number of specimens		Range of total length (mm)		Range of body weight (g)		Fishing gear*
	Female	Male	Female	Male	Female	Male	
19 Aug. 1989	1		796		5500		G
11 Jan.-25 Dec. 1991	41	77	296-856	266-744	291-9900	184-6300	G,S,L
12 Jan.-11 Sept. 1992	258	168	215-795	236-681	96-6210	128-3780	G,S,L
12 Jan.-24 Dec. 1993	207	237	223-826	219-690	122-6900	98-3980	G,S,L
13 Jan.-26 Dec. 1994	393	344	124-862	130-691	16-8260	20-3980	G,S,L,D,T
9 Jan.-21 Dec. 1995	354	370	236-582	231-460	130-1907	119-999	G,S
7 Jan.-10 Dec. 1996	354	286	252-792	240-698	113-6489	143-3442	G,S,L,D,T
9 Jan.-22 July 1997	332	375	243-690	234-581	137-3421	117-2130	G,S,L,T
13 Feb.-3 Aug. 1998	277	290	224-790	226-596	111-6306	98-2498	G,S,L,D,T,B

* B: beam trawl, D: Danish seine, G: gill net, L: long line, S: set net, T: trolling line.

(2) 結果および考察

輪形成時期 耳石縁辺部における不透明帯の出現状況を、雌雄に分けて不透明帯の形成順に整理した。不透明帯は雌雄とも12月から6月に出現し、出現の山は年1回であった (Fig. 3-1)。1番目の不透明帯の出現率は、雌では1月に、雄では1~3月に、いずれも100%であった。その率は4月以降減少し、4月には雌では72%、雄では55%となり、5月には雌雄とも20%前後になり、6月には0になった。2番目の不透明帯の出現率は、2~3月に73~94%で雌雄とも最も高く、その後4~5月には39~59%に減少し、6月には20%未満になった。3番目以降の不透明帯の出現率は、3~5月に63~83%と雌雄とも最も高く、6月になると54%に減少した。耳石縁辺部における不透明帯の出現率が最大値から減少に転じて50%になる時期は、雌雄とも1番目および2番目の不透明帯では4~5月、3番目以降では6月であった。

耳石縁辺部における不透明帯の出現状況から、各不透明帯は雌雄とも年1回形成されると判断され、その最外部の輪標示が年輪として適当であることが示された。年輪の形成時期は、不透明帯の形成が終わる時期、即ち耳石縁辺部の不透明帯の出現率が50%に減少する時期と考えられ、第1および第2輪では4~5月、第3輪以降では6月と推定された。若狭湾西部海域でのヒラメの産卵期は2月下旬~6月上旬であり、その盛期は4~5月とされており(第4章)、年輪の形成時期は産卵盛期とほぼ一致していた。

1番目および2番目の不透明帯の形成が盛んな1~3月は、若狭湾西部海域では水温が1年で最も低い時期にあたり、その形成が終わる時期は、水温が上昇に転じる時期(橋本 1973)と一致していた。不透明帯の形成時期は、他の海域でも冬季の低水温期と一致しており(篠田 1974; 山洞, 樋田 1977; 小田切ら 1985; 加藤ら 1987; 前原 1992; 小澤ら 1995)、その形成には水温の関与が考えられる。一方、3番目以降の不透明帯の形成盛期は3~5月で、1番目および2番目の不透明帯より遅かった。若狭湾西部海域では、雌雄とも満3歳を迎える春にはほとんどのヒラメが成熟する(第4章)。本海域のヒラメの産卵期は2~6月であり、3番目以降の不透明帯ができる時期にヒラメは成熟年齢に達して、産卵を控え生殖腺が発達している(第4章)。イシガレイやマコガレイでは、生殖腺の発達による体成長の鈍化が耳石年輪の成因とされている(Hatanaka *et al.* 1952; Hatanaka and Iwahashi 1953)。ヒラメでは、脊椎骨の輪紋で同様のことがいわれている(佐藤 1975)。これらのことから、3番目以降の不透明帯の形成には、水温とともに個体の成熟が関係している可能性が高いと考えられた。

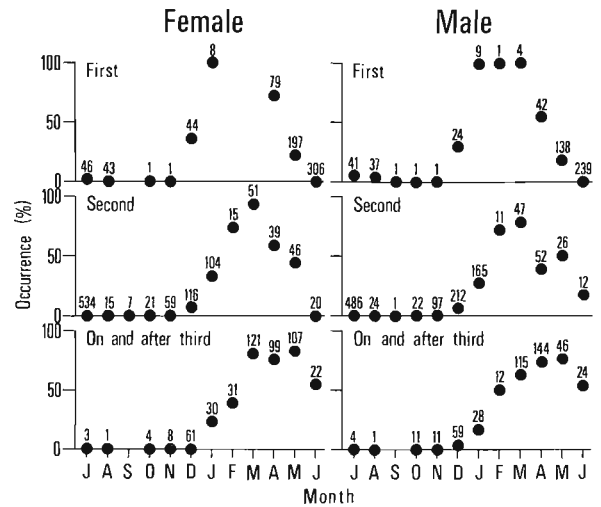


Fig. 3-1 Monthly changes in the occurrence of otolith with opaque margin for Japanese flounder. Numerals above each data point show the number of specimens.

全長と耳石径の関係 全長 (TL) と耳石径 (R) の間には雌雄とも有意な正の相関が認められ、次の回帰式が得られた (Fig. 3-2)。

雌: $R = 0.02319 TL^{0.8634} (r^2 = 0.9422, n = 2,219)$

(1) 式

雄: $R = 0.01827 TL^{0.9065} (r^2 = 0.9163, n = 2,150)$

(2) 式

両式を一次式に変換し共分散分析を行った結果、両式の傾きには有意差が認められたので ($F = 33.57, p < 0.01$)、以下の輪径に基づく解析は、雌雄別に上記の曲線式に基づき実測輪径を標準化した値を用いて行った。

標本数が5以上の、雌は9輪群、雄は10輪群までの各輪径 (r_i) の平均値を Fig. 3-3 に示した。1番目の輪径の平均値は、雌では1輪群が2.86 mm、2輪群が2.60 mm、5輪群が2.51 mm、8輪群が2.35 mm、雄では1輪群が2.78 mm、2輪群が2.42 mm、5輪群が2.24 mm、7輪群が2.07 mmであった。雌雄とも輪数の多い群ほど輪径の小さい傾向が認められた。一方、2番目以降の輪径には、各輪群間で平均輪径が顕著に増減する傾向は雌雄とも認められなかった。

また、今回確認できた最高輪数は、雌で13、雄で15、最大全長は雌が862 mm、雄が744 mmであった。

成長式の推定 雌は9輪群、雄は10輪群までの平均輪径を用いて、Walfordの定差図(Walford 1946)を作成したところ、雄の第10輪群を用いた一点を除いて、雌雄とも各点は同一直線上に並び、各輪が周期的に形成されていることを確認した。雄の第10輪群の平均輪径は第9輪群より小さく、第10輪群と第9輪群から求めた定差図上の点は、他の各点を結んだ直線から下方に外れた。なお、第1輪径には高齢魚ほど小さい傾向があり、高齢魚の輪径から逆算で

求めた計算全長が若齢魚の輪径から求めた計算全長よりも小さくなる Lee 現象 (Lee 1912) が認められたので、正木ら (1985) に従い、第 1 輪の平均輪径には雌雄とも 1 輪群の平均値を用いた。

次に、平均輪径の定差図の直線上から外れた雄の第 10 輪群を除いて、雌雄の第 9 輪群までの平均輪径

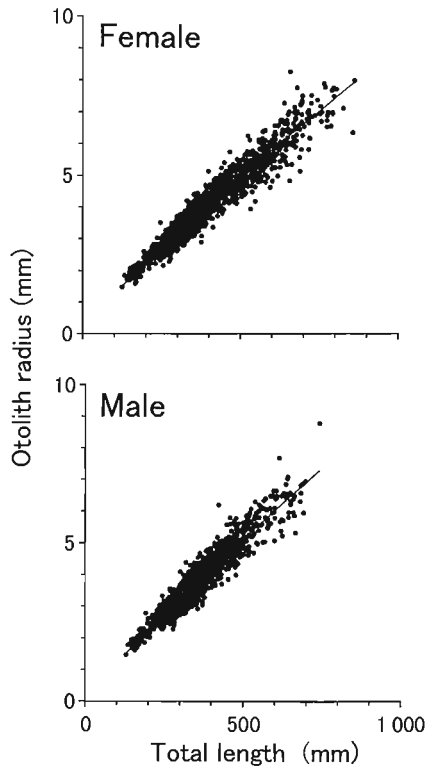


Fig. 3-2 Relationship between total length and otolith radius of female and male Japanese flounder.

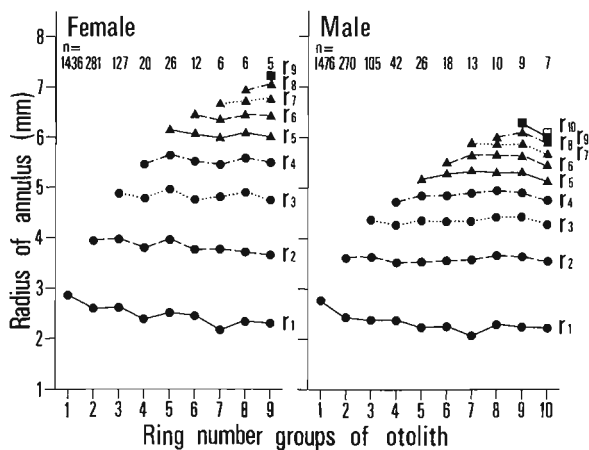


Fig. 3-3 Mean radius of otolith annuli by each ring number groups for females and males of Japanese flounder. "n" and "r" show the number of specimens and otolith annulus of "i", respectively.

から、(1) および (2) 式により各輪 (i) の形成時の計算全長 (TL_i) を求め、Walford の定差図を作成した (Fig. 3-4)。各点は一直線 (雌: $TL_{i+1} = 0.7981 TL_i + 176.4$, $r^2 = 0.9981$, $p < 0.01$; 雄: $TL_{i+1} = 0.7898 TL_i + 142.6$, $r^2 = 0.9989$, $p < 0.01$) 上に並び von Bertalanffy の成長式 (Bertalanffy 1938) に当てはまるので、定差図から同成長式のパラメータを推定し、年齢と全長の関係について次式を得た。

$$\text{雌: } TL_t = 873.6 (1 - \exp^{-0.2255(t+0.5934)}) \quad (n = 2,214)$$

(3) 式

$$\text{雄: } TL_t = 678.2 (1 - \exp^{-0.2360(t+0.9920)}) \quad (n = 2,136)$$

(4) 式

TL_t : t 歳時の推定全長 (mm)

耳石の輪形成時期は産卵盛期と概ね一致したことから、上記の両式の t はヒラメの満年齢に対応すると考えられた。

近年、コンピュータのアプリケーションソフトウェアの急速な開発、普及に伴い、それらを用いて最適化法によりヒラメの von Bertalanffy の成長式のパラメータを推定した研究事例も増えている (厚地ら 2004; 五利江ら 2005; 浦邊ら 2007; 田中ら 2008)。そこで、最適化法の中でも曲線の当てはめに最良とされている非線形最小二乗法を用いて (赤嶺 1995)、von Bertalanffy の成長式のパラメータを推定した。データは定差図法と同じ雌雄の第 9 輪群までの値を用い、5 月 1 日を年齢基準日とし、五利江 (2001) に従い、表計算ソフトウェア MS-Excel (Microsoft 社製) のソルバーを用いて、定差図法で求めた値を初期値として各パラメータを推定した。その結果、次の von Bertalanffy の成長式を得た。

$$\text{雌: } TL_t = 844.6 (1 - \exp^{-0.2481(t+0.6176)}) \quad (5) \text{ 式}$$

$$\text{雄: } TL_t = 617.6 (1 - \exp^{-0.3201(t+0.8601)}) \quad (6) \text{ 式}$$

両式について、Chen ら (1992) に従い、残差平方和を比較したところ、有意差が認められ ($F = 1040$, $p < 0.01$)、雌の成長は雄より優ることが明らかであった。

最小二乗法で求めた成長式 ((5), (6) 式) は、定差図法で求めた成長式 ((3), (4) 式) と比べて、成長が頭打ちとなる早さを決定するパラメータ K の値が雌雄とも大きく、満年齢時の計算全長は、最小二乗法の式の方が雄で 5 歳まで、雌では 6 歳までいずれも大きく、それらを超える年齢では定差図法の計算全長が大きかった (Fig. 3-5)。加えて、両法の計算全長の差は雄でより顕著であった。両法の満年齢時の計算全長を 4、5 月に採捕されたヒラメの全長の実測値と比べると、最小二乗法の計算値は雌雄ともほぼ実測値に等しいが、定差図法の計算値は雌雄とも 4 歳までは実測値よりも小さかった。定差図法で求めた成長式は、最小二乗法で求めた式と比べ成長速度が遅く、計算全長は実測値より過小評価となる

ことが示唆されており（池川 1999; 五利江 2001）、本研究においても 6 歳未満では最小二乗法で求めた式の方が実測値に近いことから、成長式としては (5) および (6) 式がより適当と考えられた。

(5) および (6) 式の満年齢時の計算全長は、満 1 歳時には雌が 279 mm、雄が 277 mm であり、雌雄の差はほとんどなかった。満 2 歳では雌が 403 mm、雄が 370 mm となり、雌雄で差が生じた。雌雄の全長差は加齢とともに拡大し、満 5 歳以上では雌が雄より 100 mm 以上大きかった。

雌雄別の全長 TL (mm) と体重 W (g) の関係は、次のアロメトリー式で表された (Fig. 3-6)。

$$\text{雌} : W = 5.3203 TL^{3.1159} \times 10^{-6} \quad (r^2 = 0.9877, n = 2,218) \quad (7) \text{式}$$

$$\text{雄} : W = 7.6506 TL^{3.0501} \times 10^{-6} \quad (r^2 = 0.9837, n = 2,148) \quad (8) \text{式}$$

両式を一次式に変換して共分散分析を行った結果、両式の傾きには有意差が認められた ($F = 33.28, p < 0.01$)。

また、(7) および (8) 式に満年齢時の計算全長を代入して、計算体重を求めた。計算体重は、満 1 歳時には雌雄とも 200 g に満たないが、雌は満 3 歳、雄は満 4 歳で 1,000 g を超えた。雌雄の体重差は満 1 歳ではわずかであるが、満 2 歳になると顕著となり、加齢とともに体重差が広がり、満 5 歳では雌の体重は雄の 2 倍近くになった (Table 3-2)。ヒラメの成長が雌雄で異なることは多くの海域から報告されており（小田切ら 1985; 平田, 隅田 1987; 加藤ら 1987; 西躰, 中村 1989; 宮崎県栽培漁業センター, 宮崎県水産試験場 1990; 金丸ら 1992; 前原 1992; 藤田, 後藤 1994; 北川ら 1994; 徳島県水産試験場 1994; 小澤ら

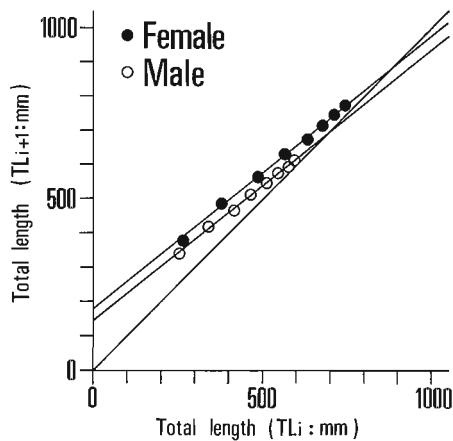


Fig. 3-4 Walford's diagram of total length (TL_i) calculated by mean radius of otolith (r_i) in female (solid circles) and male (open circles) Japanese flounder.

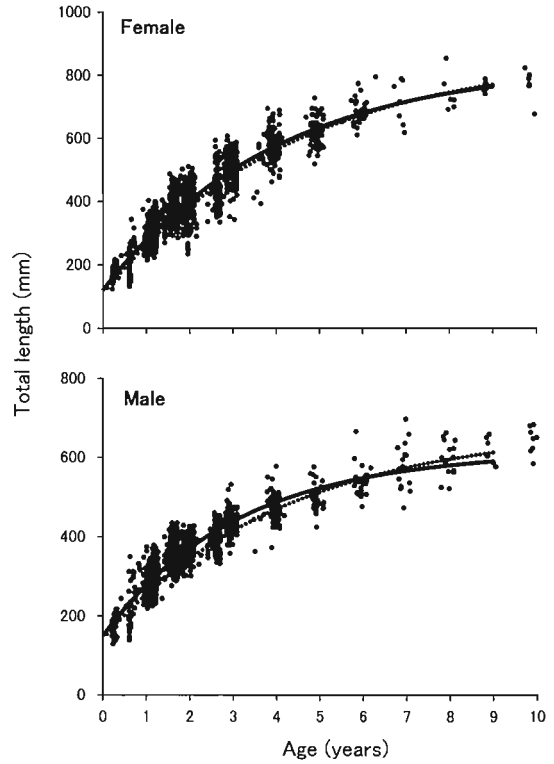


Fig. 3-5 The von Bertalanffy growth curves of Japanese flounder estimated by Walford's method (dotted line) and non-linear least square method (solid line) with observed sample data (solid circles).

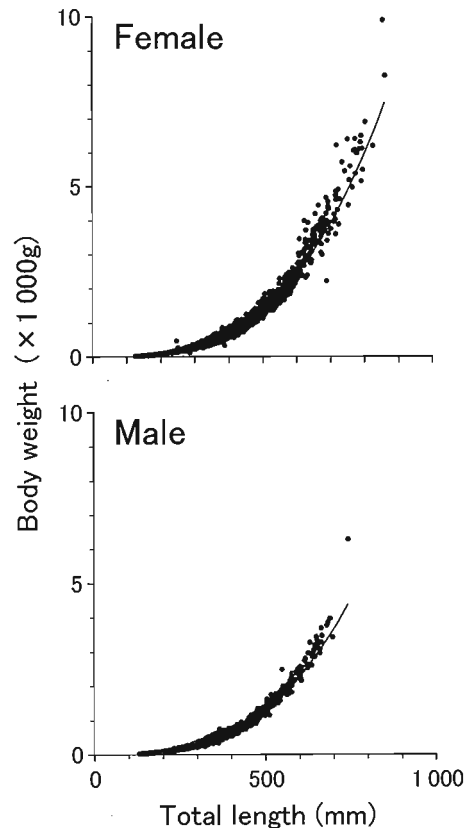


Fig. 3-6 Relationship between total length and body weight of female and male Japanese flounder.

1995; 田代, 一丸 1995; 河野 1997; 厚地ら 2004; 五利江ら 2005; 浦邊ら 2007; 山田ら 2008), 雌雄の成長差は日本列島周辺に分布する本種に共通する特徴と言えよう。

Table 3-2 Estimates of total length and body weight at full age for Japanese flounder in western Wakasa Bay using non-linear least square method

Age (years)	Total length (mm)		Body weight (g)	
	Female	Male	Female	Male
1	279	277	226	211
2	403	370	712	525
3	500	438	1418	889
4	576	487	2208	1242
5	635	523	3001	1550
6	681	549	3740	1804
7	717	568	4396	2005
8	745	581	4959	2161
9	767	591	5431	2279

対馬暖流域における成長比較 日本沿岸では、ヒラメの成長は雌雄で異なるとともに、海域間でも成長の違いがあることが知られている (南 1997)。そこで、若狭湾西部海域での本種の成長を、同じ対馬暖流域の中で雌雄別の成長の知見がある日本海の青森県沿岸 (小田切ら 1985), 新潟県北部沿岸 (加藤ら 1987) および山口県沿岸 (河野 1997), ならびに東シナ海の九州北西岸 (金丸ら 1992; 田代, 一丸 1995) および九州南西海域 (小澤ら 1995) と比較した。なお、これらの海域における本種の成長式は、九州南西海域 (小澤ら 1995) を除き、いずれも Walford の定差図法を用いて推定されたものなので、若狭湾西部海域での成長式も定差図法により求めた (3) および (4) 式を比較に用いた。

若狭湾西部海域における満年齢時のヒラメの全長は、雌では満 7 歳まで、雄では満 5 歳までは青森県や新潟県沿岸での値と比べ大きかった (Fig. 3-7)。一方、九州北西岸や九州南西海域 (雌のみ) の値と比べると、雌雄とも、いずれの年齢においても、本海域の全長が小さかった。対馬暖流域における満年齢時のヒラメの全長は、山口県沿岸の雌の事例を除き、5~7 歳までは南の海域ほど大きい傾向が認められた。そして、対象海域のほぼ中間に位置する若狭湾西部海域での本種の全長は概ね中位であった。なお、このことは本海域の最小二乗法で求めた成長式 ((5) および (6) 式) の値でも同じであった。

ヒラメの成長には地理的変異があり、南の海域のヒラメほど成長が早いことは太平洋沿岸でも認められており (南 1997), その原因として日本列島の南

北間での海水温の違いが示唆されている (北川ら 1994; 小澤ら 1995)。そこで、対馬暖流域における本種の成長と海水温の関係について検討した。九州南西海域から青森県沿岸での表面水温は、周年、南の海域ほど高く (Fig. 3-8), ほぼ中緯度に位置する若狭湾西部海域での表面水温は対象海域中の中位であった。本種は、飼育下では、海水温が 10℃以下や 27℃以上の条件では摂餌せず、10~25℃の範囲では水温が高いほど摂餌量が多いとされている (Iwata *et al.* 1994)。対馬暖流域では、表面水温が 10~25℃の期間は南の海域ほど長く、その期間の水温も南の海域ほど相対的に高い。これらのことから、対馬暖流域では南に行くほどヒラメの成長に適した水温条件の期間が長く、かつその期間の水温も北の海域より高いため、本種の成長に南北差が生じると考えられた。

次に、海水温に起因するヒラメの成長の南北差について、各海域のヒラメの成長式における各パラメータと年平均水温の関係から検討した。von Bertalanffy の成長式のパラメータで成長が頭打ちとなる早さを決定する K (川崎 1982, 田中 1985) の値は、雌では年平均水温と有意な正の相関が認められた (Fig. 3-9, $y = 0.0334x - 0.3927$, $r^2 = 0.8992$, $p < 0.01$)。また、Walford の定差図において初年度の成長量を表している Y 切片の値は、雌では南の海域ほど大きい傾向があり、年平均水温との間に有意な正の相関が認められた (Fig. 3-9, $y = 16.531x - 120.65$, $r^2 = 0.8798$, $p < 0.01$)。一方、雄では、 K の値 ($y = 0.0208x - 0.1629$, $r^2 = 0.6322$, $p > 0.05$), Y 切片の値 ($y = 5.9764x + 32.003$, $r^2 = 0.5528$, $p > 0.05$) と年平均水温との相関には有意性は認められなかったものの、これらの値は雌と同様に、福岡県沿岸や若狭湾西部海域では青森県や秋田県沿岸より大きかった。

対馬暖流域においては、水温の高い南の海域では、初期の成長速度は速く魚体は短期間で大きくなり、成長は低年齢で頭打ちになるのに対し、水温の低い北の海域では初期の成長速度は遅く、成長は高齢まで継続し寿命も長いと推察された。このことは、日本沿岸で漁獲されたヒラメの年齢組成が南北で異なり、北の冷水海域では南の温暖海域より高齢魚の占める割合は高く、個体の寿命が長いとする南 (1997) の指摘とも一致する。

一方、成長の性差が生ずる満年齢は、青森県沿岸では 3, 4 歳 (小田切ら 1985), 新潟県沿岸および九州北西岸では 2 歳 (加藤ら 1987; 金丸ら 1992; 田代, 一丸 1995), 九州南西岸では 1 歳であり (小澤ら 1995), 南の海域ほど若齢である。これは、前述のように、本種の成長が南の海域ほど速いため、性差が生ずる年齢も南ほど低くなるものと考えられる。なお、若狭湾西部海域で成長の性差が顕著となった年

齢は、新潟県沿岸や九州北西岸と同じ2歳であった。

今回、若狭湾西部海域のヒラメの耳石初輪径には、雌雄とも Lee 現象 (Lee 1912) が認められた。この現象は、日本海の山形県沿岸のヒラメからも報告されている (山洞, 樋田 1977)。Lee 現象の原因には諸説あるが、その一つに成長の遅い海域の個体群、すなわち耳石輪径が相対的に小さい個体群の来遊を原因とする報告がある (Stanley 1980)。日本海では、ヒラメは南ないし西方向へ長距離移動することが知られており (南 1997)、Lee 現象の原因が本種の分布・移動様式と関係していることも考えられる。このことについては、第6章および第7章でヒラメの移動や形質特性などから詳細に検討する。

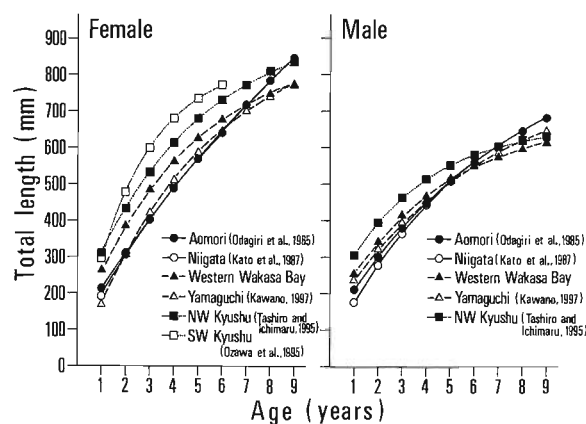


Fig. 3-7 Comparison of von Bertalanffy growth curves for Japanese flounder in Tsushima Current area.

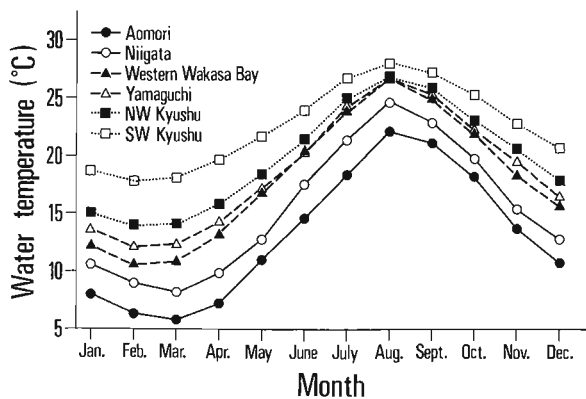


Fig. 3-8 Monthly changes in surface water temperature in Tsushima Current area.

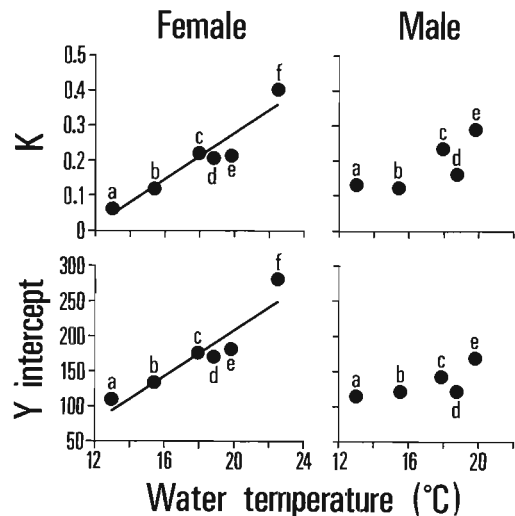


Fig. 3-9 Relationship between surface water temperature and the parameter K of von Bertalanffy growth equation and Y intercept of Walford's diagram for Japanese flounder in Tsushima Current area. a: Aomori Prefecture, b: Niigata Prefecture; c: western Wakasa Bay, d: Yamaguchi Prefecture, e: north-west Kyushu, f: south-west Kyushu.

第2節 閉鎖性内湾における若齢期のヒラメの成長

前節では、対馬暖流域の中でも、南に位置する山陰や九州沿岸と能登半島以北の北陸や東北沿岸とではヒラメの成長速度が年齢により異なり、若齢期には南の海域ほど成長が早いことを示し、その原因は南北間での水温差にあることを指摘した。一方、水温差が小さいと思われる若狭湾西部海域内の2つの閉鎖性内湾 (久美浜湾および阿蘇海) で若齢期のヒラメの成長を比較したところ、顕著な成長差が認められた。そこで本節では、両湾でのヒラメの成長と胃内容を精査し、成長差の原因について検討した。

(1) 材料および方法

京都府北部に位置する久美浜湾 (北緯 $35^{\circ} 37'$ 、東経 $134^{\circ} 54'$) および阿蘇海 (北緯 $35^{\circ} 34'$ 、東経 $135^{\circ} 11'$) を対象海域とした (Fig. 1-1)。久美浜湾は、幅 40 m、長さ 1.3 km の一本の細い水路で日本海と、阿蘇海は幅 40 ~ 80 m、長さ 150 m および 850 m の二本の細い水路で若狭湾の支湾の宮津湾と連絡する閉鎖性内湾である。面積は、前者が 7.13 km^2 、後者が 5.01 km^2 であり、平均水深はそれぞれ 7 m および 6 m、最大水深はそれぞれ 22 m および 14 m である (京都府 1968; 桑原, 飯塚 1983)。両湾の容積は、久美浜湾が 50 百万 m^3 、阿蘇海が 29 百万 m^3 と見積もられており、両湾とも二級河川などが流入する広塩性の環境を有する (京都府 1970; 桑原, 飯塚 1983)。営まれている主な漁業は、久美浜湾では刺網、採貝、ナ

マコ桁網, カキ養殖, 阿蘇海では刺網, 採貝であり, 両湾ではヒラメは主に刺網により水深 10 m 以浅で漁獲されている。

両湾の水温と溶存酸素量のデータは, 京都府の「公共用水域及び地下水の水質測定結果 (京都府保健環境部環境対策室 1991, 1992, 1993)」を引用した。水温と溶存酸素量は, 両湾のヒラメの主漁場近く (久美浜湾神崎地先および阿蘇海文殊地先) の水深 0.5 m, 2 m および 10 m において, 1989 年 7 月～1991 年 8 月に月 1 回測定された 3 つの水深層の平均値を用いた。

試料は, 1989 年 7 月 5 日から 1991 年 8 月 31 日の間に, 久美浜湾および阿蘇海で, 刺網により漁獲されたヒラメ, それぞれ 3,587 尾, 257 尾を用いた (Table 3-3)。両湾では, 人工種苗を用いた標識放流試験結果から, ヒラメは成長に伴い湾外へ移動すると思われるので (戸嶋ら 1987; 京都府立海洋センター 1992), 移動行動が活発になる前の 1 歳の 8 月 31 日までに (第 6 章第 1, 2 節) 湾内で漁獲された 1989 年級と 1990 年級の個体を対象とした。供試魚は, 原則として水揚げ後にマイナス 10℃以下で冷凍保存し, 実験室において室温下で解凍後, 全長 (TL, cm) および体重 (BW, g) の測定, 生殖腺による性の判定, 胃内容物および耳石 (扁平石) の摘出ならびに胃内容物重量 (SCW, g) の測定を行った。供試魚の年齢は, 前節の方法に基づき, 5 月 1 日を加齢基準日として耳石輪紋から査定した。また, 供試魚の栄養状態の指標として肥満度 (CF) を次式により求めた。

$$CF = \{(BW - SCW) / TL\} \times 10^2$$

今回, 肥満度は体重と全長の 3 乗の比で求めたが, 若狭湾西部海域のヒラメの全長・体重関係式における相対成長係数は雌雄とも 3 よりも若干大きかった (雄: 3.0501, 雌: 3.1159) ため (第 3 章第 1 節), 肥満度は全長が大きい個体ほど相対的に値が大きくなる。そこで, 肥満度については, 全長 5 cm 刻みの全長階級ごとに雌雄別に比較した。

胃内容物については, 肉眼で認められた生物を, 岡田ら (1965), 椎野 (1969), 阿部 (1986) および

奥谷 (2002) に従い, 可能な限り低位の分類群まで査定した。胃内容物調査結果の分析に当たっては, 全長 10 cm 以上のヒラメを対象に, 摂餌状態の指標として空胃率 (IES) および胃内容物重量指数 (SCI), 餌生物組成の指標として各餌生物 (i) を摂餌していた個体の出現率 (%O_i) を, それぞれ以下の式により求めた。なお, SCI および %O_i は, 餌生物の分類群が査定できた個体のみを対象とした。

$$IES = a / b \times 10^2$$

a: 空胃であったヒラメの尾数

b: 胃を調査したヒラメの尾数

$$SCI = SCW / (BW - SCW) \times 10^2$$

$$\%O_i = c / d \times 10^2$$

c: 餌生物 i を摂餌していたヒラメの尾数

d: 摂餌が認められたヒラメの総尾数

また, 両湾でのヒラメの成長を評価するため, 本章第 1 節の魚体測定データを用いて, 若狭湾西部海域 (両湾を含まない) での 1 歳の 7 月 (生後 14 ヶ月) 時点の全長および体重と, 全長 10～40 cm の当歳魚および 1 歳魚の肥満度を求め, 両湾と比較した。

なお, ヒラメの全長 (TL), 体重 (BW - SCW), 肥満度 (CF) および胃内容物重量指数 (SCI) については, 海域間の差を Mann-Whitney's U-test または Kruskal-Wallis test を用いて有意水準 5% で検定し, Steel-Dwass test により多重比較した。

(2) 結果

海水温および溶存酸素量 月別の水温は, 久美浜湾では 8.7～26.0℃, 阿蘇海では 8.7～26.5℃の範囲で推移し (Fig. 3-10), 両湾ではほぼ同様の季節変化を示した。両湾の水温は, 1～3 月に最も低く, 4 月以降上昇し, 5, 6 月には 15℃を超え, さらに 7 月から 9 月にかけて 20℃以上の最高値になった。その後は, 低下し, 11～12 月には 15℃を切った。調査期間を通しての平均値は, 久美浜湾では 16.7℃, 阿蘇海では 17.3℃であり, 阿蘇海の方が高かったが, その差は 1℃以内であった。

月別の溶存酸素量は, 久美浜湾では 4.8～10.0 mg/l, 阿蘇海では 4.6～11.0 mg/l であった (Fig. 3-10)。両湾の溶存酸素量は, 夏季から秋季にかけて低く, 冬

Table 3-3 Sampling records of young Japanese flounder in Kumihama Bay and Aso Bay

Sampling area	Year class	Sampling date	Number of specimens	Range of total length (cm)
Kumihama Bay	1989	5 July 1989-31 Aug. 1990	2055	9.4-39.9
	1990	8 June 1990-31 Aug. 1991	1532	8.2-30.6
Aso Bay	1989	31 Aug. 1989-30 Aug. 1990	67	13.6-38.9
	1990	5 June 1990-30 Aug. 1991	190	12.3-37.8

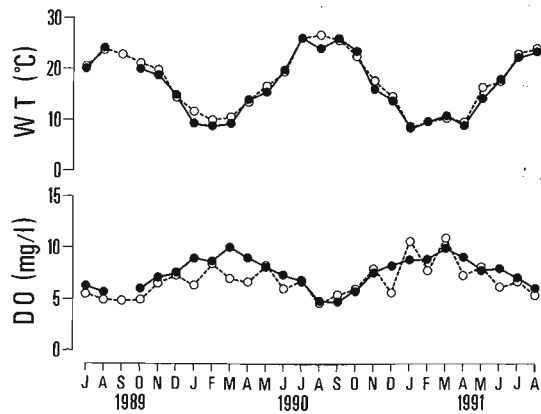


Fig. 3-10 Seasonal changes of water temperature and dissolved oxygen concentration in Kumihama Bay (solid circles) and Aso Bay (open circles).

季から春季にかけて高い傾向を示した。調査期間を通しての平均値は、久美浜湾では 7.6 mg/l、阿蘇海では 6.9 mg/l であり、久美浜湾の方が高かった。水深別にみると、2 m 以浅では久美浜湾が 9.0 ~ 9.6 mg/l、阿蘇海が 8.8 ~ 10.3 mg/l であり、海域間で顕著な差はないが、水深 10 m では久美浜湾の 4.1 mg/l に対し、阿蘇海では 1.5 mg/l と顕著に低かった。

ヒラメの成長 久美浜湾および阿蘇海でのヒラメの平均全長の推移を雌雄別に Fig. 3-11 に示した。

久美浜湾の 1989 年級の雄の平均全長は、1989 年 9 月から 1990 年 5 月までは 17.0 ~ 19.8 cm の範囲で推移しており、その期間には平均全長の顕著な増加はみられなかった。満 1 歳となる 1990 年 5 月の平均全長は 18.3 cm であった。その後、平均全長は徐々に増加し、1990 年 8 月には 21.8 cm に達した。また、雌の平均全長は雄とほぼ同様の推移を示し、満 1 歳時には 18.7 cm、1 歳の 8 月には 22.3 cm であった。1990 年級の場合も、雌雄の成長は 1989 年級とほぼ同様であり、満 1 歳時の平均全長は 20 cm に満たず(雄 18.8 cm、雌 18.6 cm)、1 歳の 8 月で約 22 cm であった。

一方、阿蘇海における 1989 年級の雄の平均全長は、満 1 歳前後の 1990 年 4 ~ 6 月には約 25 cm であり、久美浜湾より顕著に大きく、同年 8 月には約 30 cm に達した。また、雌の平均全長は、1990 年 12 月には約 26 cm であり、翌年 8 月には 34 cm に達した。1990 年級の場合も、雌雄がほぼ同様の成長を示し、平均全長は満 1 歳の 5 月には 26 cm を超え、1 歳の 8 月には 32 cm に達した。久美浜湾のヒラメの平均全長は雌雄とも阿蘇海より小さく、両海域間の全長差は満 1 歳時で 7 ~ 8 cm、1 歳の 8 月では 8 ~ 12 cm であった。

久美浜湾におけるヒラメの満 1 歳時の平均体重は、1989 年級の雄が 56 g、雌が 58 g、1990 年級の雄が 61 g、雌が 60 g であった。また、1 歳の 8 月の平均体重は、

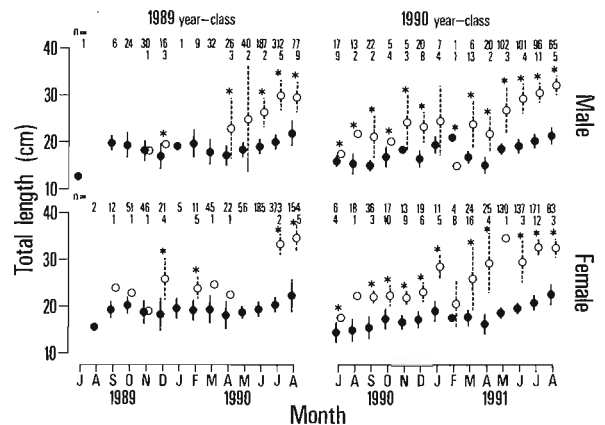


Fig. 3-11 Seasonal changes in total length of male and female Japanese flounder sampled from Kumihama Bay (solid circles) and Aso Bay (open circles). Circles with vertical lines show means with standard deviations. "n" shows the number of specimens with upper numerals from Kumihama Bay and lower ones from Aso Bay. Asterisks indicate significant difference in Mann-Whitney's *U*-test at $p < 0.05$ between the two bays.

1989 年級の雄が 92 g、雌が 106 g、1990 年級の雄が 86 g、雌が 100 g であった。一方、阿蘇海でのヒラメの平均体重は、満 1 歳時には 1989 年級の雄が 216 g、1990 年級の雄が 221 g であり、1990 年級の雌が満 1 歳直前の 4 月で 300 g であった。また、1 歳の 8 月の平均体重は、1989 年級の雄が 268 g、雌が 445 g、1990 年級の雄が 346 g、雌が 343 g であった。久美浜湾のヒラメの平均体重は雌雄とも阿蘇海より小さく、海域間の体重差は満 1 歳時には約 160 g、1 歳の 8 月には 180 ~ 340 g あった。

久美浜湾、阿蘇海および若狭湾西部海域で 7 月に漁獲された雄の 1 歳魚の全長および体重を比べると、阿蘇海と若狭湾西部海域の間では有意な差は認められなかったが、久美浜湾では他の 2 海域より全長、体重とも有意に小さかった。(Table 3-4)。雌では、標本数の少なかった阿蘇海の 1989 年級の事例を除いて、久美浜湾での全長および体重は他の 2 海域より有意に小さく、阿蘇海で最も大きかった。

全長階級別の平均肥満度は、久美浜湾では 0.84 ~ 1.03、阿蘇海では 0.94 ~ 1.10、若狭湾西部海域では 0.87 ~ 1.04 であり、全長 10 ~ 15 cm の雄を除いて、いずれのサイズでも雌雄とも久美浜湾の値が最も小さかった (Fig. 3-12)。久美浜湾での肥満度は、全長 10 ~ 15 cm および 30 ~ 40 cm では他の 2 海域と有意差はなかったが ($p > 0.05$)、全長 15 ~ 30 cm では他の 2 海域より有意に低い事例 ($p < 0.05$) が認められた。阿蘇海での肥満度は、若狭湾西部海域と比べ有意に低い事例 ($p < 0.05$) はあったが、久美浜湾よりも有意に低い事例は認められなかった。

Table 3-4 Mean total length and body weight of 14-month-old Japanese flounder in Kumihama Bay, Aso Bay and western Wakasa Bay

Sex	Sampling area	year class	Number of specimens	Total length (cm)	Body weight (g)
Male	Kumihama Bay	1989	311	20.0 ± 1.5 a	70 ± 18 a
		1990	96	20.4 ± 1.5 a	75 ± 18 a
	Aso Bay	1989	5	30.0 ± 3.2 b	280 ± 80 b
		1990	11	30.7 ± 2.0 b	309 ± 59 b
	Western Wakasa Bay	1991-1997	485	29.5 ± 3.2 b	290 ± 121 b
	Female	Kumihama Bay	1989	372	20.3 ± 1.7 a
1990			168	20.8 ± 1.8 b	80 ± 24 b
Aso Bay		1989	2	33.2 ± 2.2 bcd	415 ± 51 abc
		1990	12	32.6 ± 1.9 d	373 ± 61 d
Western Wakasa Bay		1991-1997	534	30.3 ± 3.3 c	316 ± 131 c

Different letters show significant difference (Steel-Dwass test, $p < 0.05$)

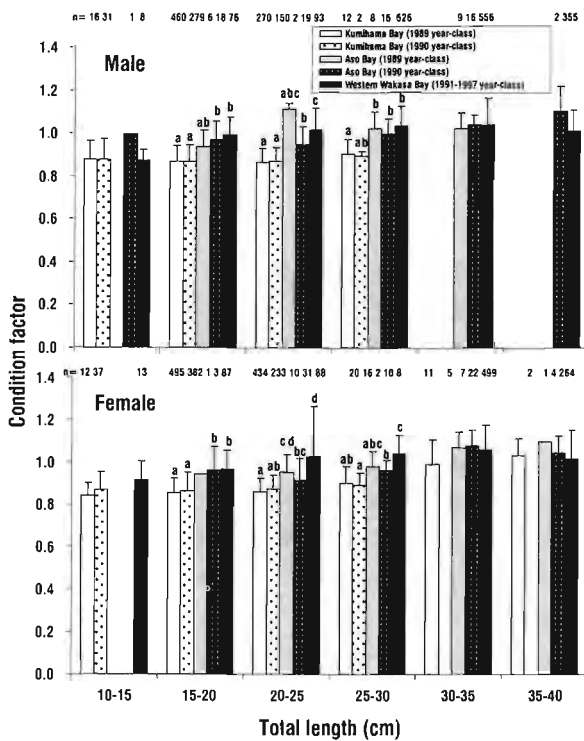


Fig. 3-12 Variation among the three bays: Kumihama Bay, Aso Bay and western Wakasa Bay in the mean (\pm SD) condition factor of male and female Japanese flounder at 10-15, 15-20, 20-25, 25-30, 30-35, 35-40 cm in total length. Vertical bars and different letters show standard deviation and significant difference (Steel-Dwass test, $p < 0.05$).

ヒラメの胃内容物 年齢査定の結果、胃内容物の解析に供したヒラメの標本数は、久美浜湾の1989年級1,952尾および1990年級1,479尾、阿蘇海の1989年級64尾および1990年級172尾となった。

久美浜湾での月別の空胃率 (IES) は、1989年級では31.6～78.5%、1990年級では25.0～79.4%の範囲で推移した (Fig. 3-13)。一方、阿蘇海での月別のIESは、標本数が少なかったこともあり、1989年級、1990年級とも0～100.0%の広範囲で変動した (Fig. 3-13)。

久美浜湾での月別の胃内容物重量指数 (SCI) は、1989年級は0.56～2.42、1990年級は0.47～4.86の範囲で推移した (Fig. 3-13)。一方、阿蘇海での月別のSCIは、1989年級は0.19～2.93、1990年級は0.40～4.52で推移した (Fig. 3-13)。SCIの季節変化には、海域間で顕著な違いは認められなかった。

供試魚は、久美浜湾では硬骨魚類 (以下、魚類と略記する)、甲殻類、十脚類、多毛類、阿蘇海では

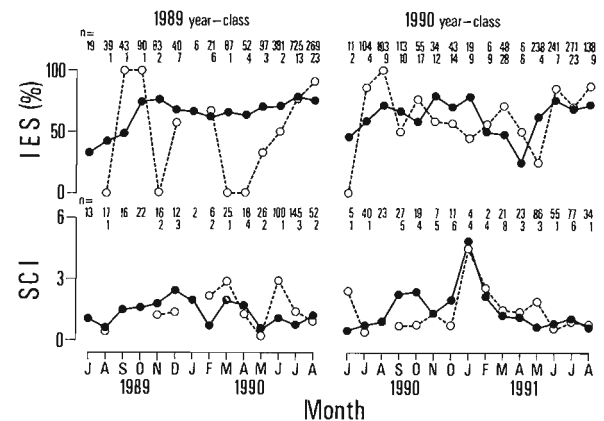


Fig. 3-13 Seasonal changes in stomach emptiness index (SEI) and stomach content index (SCI) of Japanese flounder sampled from Kumihama Bay (solid circles) and Aso Bay (open circles). "n" shows the number of specimens with upper numerals from Kumihama Bay and lower ones from Aso Bay.

魚類および甲殻類を摂餌していた。魚類を摂餌していたヒラメの調査期間を通しての出現率(%O)は、久美浜湾では1989年級が65.8%、1990年級が58.4%であったが、阿蘇海では1989年級が81.0%、1990年級が94.3%と高率であった(Table 3-5)。ヒラメが摂餌していた主な魚類は、久美浜湾ではハゼ類、阿蘇海ではハゼ類とカタクチイワシであった。一方、甲殻類を摂餌したヒラメの出現率(%O)は、久美浜湾では1989年級が38.1%、1990年級が48.1%であったのに対し、阿蘇海では1989年級が19.0%、1990年級が7.5%と久美浜湾より顕著に低かった。このように、阿蘇海ではほとんどのヒラメが魚類を摂餌していたのに対し、久美浜湾では魚類を摂餌した個体の割合が阿蘇海より顕著に低く、4、5割の個体がアミ類やエビ類などの甲殻類を摂餌していた。

餌生物種類別の%Oの季節変化をみると、久美浜湾では、1989年級の場合は、当歳の7、8月には甲殻類を摂餌した個体の出現率(69.2%、76.5%)は魚類を摂餌した個体の割合(30.8%、29.4%)より高かったが、9月にはその関係は逆転し、10月から翌年2月まではほとんどの個体(87.5~100.0%)が魚類を摂餌しており、しかもそれらはいずれも魚類のみを食物としていた(Fig. 3-14)。しかし、1990年

3月以降には、魚類を摂餌した個体の割合が減少し(37.0~76.4%)、代わって甲殻類を摂餌した個体が再び増加し(29.1~63.0%)、両者が拮抗する状態は8月まで続いた。また、この期間には、魚類および甲殻類を摂餌した個体のほとんど(88.3%および85.5%)が当該餌生物を専食しており、それら専食個体はそれぞれ全体の58.2%および34.6%を占めた。1990年級の場合は、当歳の6月および7月には甲殻類を摂餌した個体(60.0%および50.0%)が魚類(20.0%および35.0%)より多かったが、8月にはその関係は逆転し、9月から翌年1月まではほとんどの個体(76.9~100.0%)が魚類を摂餌していた(Fig. 3-14)。しかし、2月以降には魚類を摂餌した個体の割合が減少し(25.0~65.5%)、代わって甲殻類を摂餌した個体が再び増加し(41.7~87.5%)、甲殻類の摂餌個体の割合が高い状態は8月まで続いた。また、魚類および甲殻類を摂餌した個体のほとんど(どちらも86.7%)が当該餌生物を専食しており、それら専食個体はそれぞれ全体の45.1%および47.4%を占めた。

一方、阿蘇海では、1989年級の場合は、1990年の5月と8月を除き、魚類を摂餌していたヒラメの出現率は75.0~100.0%と高かった。また、そのほと

Table 3-5 Percentage occurrence (%O) for each prey taxon in the stomach contents of young Japanese flounder sampled from Kumihama Bay and Aso Bay

Taxon	Kumihama Bay		Aso Bay	
	1989 year-class	1990 year-class	1989 year-class	1990 year-class
Polychaeta	0.6	0.2		
Unidentified Polychaeta	0.6	0.2		
Crustacea	38.1	48.1	19.0	7.5
Mysidacea	24.6	28.9		
Oniscoidea	0.2		4.8	
Gammaridea	1.5	2.0		
Caprellidea	0.2	0.2		
Macrura	11.0	21.7	14.3	7.5
Brachyura	0.4	0.2		
Unidentified Crustacea	1.9			
Cephalopoda	0.8	0.2		
Coleoidea	0.8	0.2		
Osteichthyes	65.8	58.4	81.0	94.3
Clupeidae	0.2			3.8
Engraulidae	3.8	0.7	19.0	13.2
Atherinidae	0.2			1.9
Percichthyidae	0.6			
Terapontidae		0.4		
Leiognathidae		0.2		3.8
Sparidae	0.4	0.2		
Embiotocidae	0.4		4.8	
Mugilidae				1.9
Callionymidae	1.3	0.9		
Gobiidae	10.8	11.0	9.5	18.9
Pleuronectidae		0.2		
Unidentified Osteichthyes	48.8	45.2	47.6	56.6
Number of flounder with prey identified	480	447	21	53

んど (81.0%) は魚類のみを摂餌していた。1990 年級についても、周年、魚類を摂餌した個体の割合 (80.0 ~ 100.0%) が高く、そのほとんど (92.5%) は魚類を専食していた。

このように、全長 10 cm 以上のヒラメは、久美浜湾では秋季から冬季に、阿蘇海ではほぼ周年、ほとんどの個体が魚類を専食していた。しかし、春季から夏季の久美浜湾では、魚類を摂餌した個体が減り、代わって甲殻類を摂餌した個体が増え、両者の出現割合はほぼ等しかった。また、それらの季節には、アミ類やエビ類などの甲殻類を専食してヒラメが全体の 1/3 から 1/2 を占め、甲殻類でもヨコエビ類やカニ類を摂餌した個体や、多毛類を摂餌した個体もみられた。

久美浜湾において、魚類のみを摂餌していた個体の *SCI* は 1989 年級では 1.47, 1990 年級では 1.56 であったのに対し、甲殻類のみを摂餌した個体の *SCI* は 1989 年級では 0.39, 1990 年級では 0.45 と低かった。また、阿蘇海では、魚類のみを摂餌した個体の *SCI* は 1989 年級では 1.64, 1990 年級では 1.55 であり、甲殻類のみを摂餌した個体の *SCI* は 1989 年級では 0.21, 1990 年級では 0.22 であった。このように、両湾とも、甲殻類を専食していたヒラメの *SCI* は、魚類を専食していた個体と比べて明らかに低かった。

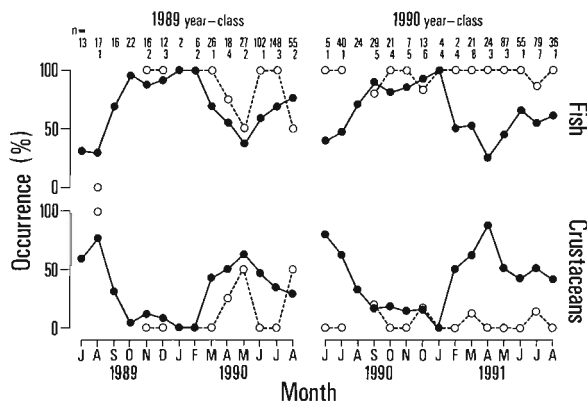


Fig. 3-14 Seasonal changes in the occurrence (%O) of fish and crustaceans in stomach contents of Japanese flounder sampled from Kumihama Bay (solid circles) and Aso Bay (open circles).

(3) 考察

若狭湾西部海域内の久美浜湾と阿蘇海で若齢期のヒラメの成長を海域間で比較したところ、1歳の8月時点には平均全長で8~12 cm, 平均体重で180~340 gの差があり、久美浜湾では阿蘇海より顕著に成長が劣ることがわかった。また、1歳の7月時点で若狭湾西部海域の平均値と比べると、阿蘇海では全長、体重とも差は小さかったのに対し、久美浜湾では全長で約10 cm小さく、体重は約1/4に過ぎ

なかった。さらに、満1歳時の久美浜湾のヒラメの全長および体重の平均値は、対馬暖流域の中では新潟県(加藤ら1987)や山形県沿岸(山洞, 樋田1977)の値に近かった。加えて、全長階級別に比較した平均肥満度も久美浜湾では阿蘇海や若狭湾西部海域より低く、有意差が認められることが多かった。

異体類の個体間で成長差を生む要因としては、生息環境の海水温や食物の質および量、溶存酸素量などが知られている(Yamashita *et al.* 2001)。前節では、対馬暖流域における南北間のヒラメの成長差が水温に起因することを示した。しかし、久美浜湾と阿蘇海はほぼ同じ緯度に位置する閉鎖性内湾であり、水温には周年海域間で大きな違いはみられず(Fig. 3-10)、溶存酸素量は久美浜湾より阿蘇海の方が低い傾向を示し、両湾でのヒラメの成長差は水温や溶存酸素量といった非生物学的な環境要因によって生じたものとは考えられなかった。

一方、ヒラメの胃内容物の調査結果からは、季節により餌生物の種類が海域間で顕著に異なることがわかった。両湾のヒラメは基本的にはカタクチイワシやハゼ類などの魚類を主食としていたが、阿蘇海ではほぼ周年ほとんどの個体が魚類を専食していたのに対し、久美浜湾では春季から夏季には甲殻類を摂餌した個体の割合は魚類を摂餌した個体とほぼ等しく、さらに甲殻類を専食していた個体の割合は1/3から1/2と高かった。若魚期以降のヒラメは魚食性であり(松原ら1979)、主にカタクチイワシやイカナゴ、マアジ、ハゼ類を餌とする(清野, 坂野1972; 落合, 田中1998)。しかし、久美浜湾では、春季から夏季にかけて約半数の個体が稚魚期の主要餌料である甲殻類のアミ類(今林1980)やエビ類を摂餌しており、さらに一部の個体は本来餌としないヨコエビ類やカニ類、多毛類も食べていた(今林1980; 小嶋ら1985)。ヒラメの胃内容物組成は生息環境の餌生物量を反映する(小嶋ら1985; 山田ら1998; Yamamoto *et al.* 2004; 田中ら2006)ことから、久美浜湾における春季および夏季の摂餌生物種の多様化は、本来の餌であるカタクチイワシやハゼ類などの小型魚類の欠乏により起こったことが考えられる。甲殻類の単位重量当たりのカロリー量は魚類と大差はないものの(Thayer *et al.* 1973)、アミ類1個体の重量はカタクチイワシやハゼ類より小さい。アミ類が豊富な海域を除いて、全長50 mm以上のヒラメはアミ類のみでは十分な摂餌量が得られない(山田ら1998)。両湾で甲殻類を専食していたヒラメの胃内容物重量指数(*SCI*)は、魚類を専食していた個体より顕著に低かったことから、アミ類などの甲殻類は若魚期以降のヒラメにとって栄養的に十分な餌ではないと考えられる(山田ら1998)。久美浜湾で春季および夏季にヒラメ若魚の食性が魚食から甲殻類食へ

と稚魚期の食性に戻る現象は、若魚が餌不足を補うために次善の餌を選択した結果と考えられる。両湾の水温は5、6月には15℃を超え、7～9月には20～25℃のヒラメの成長に最も適した水温条件であった (Iwata *et al.* 1994)。これらのことから、久美浜湾でヒラメの成長が遅れた原因は、水温が上昇して成長適期を迎える春季から夏季に、栄養条件を満たす十分な量の餌が摂餌できなかったことにあり、若魚期以降の本種の成長に必要な小型魚類が不足した同湾の餌料環境に問題があったと推察された。また、このことは、久美浜湾のヒラメは全長の伸長の遅れのみならず、肥満度が阿蘇海や若狭湾西部海域より劣っていたことから裏付けられた。

若狭湾西部海域では、ヒラメは稚魚期までは着底海域付近に分布するが、若魚期以降には成長に伴い分布域を拡大する (清野, 坂野 1972)。久美浜湾でも若魚期以降に早く成長した大型個体が湾外へ移動し、成長の遅れた小型個体が湾内に残された可能性も考えられる。しかし、若狭湾西部海域での若魚期の分布は着底海域周辺に限られ、1歳の夏季までは成育場付近から大きな移動はしない (第6章第1, 2節; 清野, 坂野 1972;)。また、久美浜湾と阿蘇海で行われた当歳の人工種苗を用いた標識放流試験でも、ほとんどの個体が1歳の秋季まで湾内に分布していた (京都府立海洋センター 1991, 1993a)。さらに、同様のことは阿蘇海での人工種苗の標識放流試験でも確認されている (戸嶋ら 1987)。これらのことから、稚魚期から1歳の8月までの間に早く成長した大型の個体のみが湾外へ多数移動した可能性は小さく、久美浜湾のヒラメが阿蘇海より小型であったことが両湾におけるヒラメの移動様式の違いに起因するとは考えにくい。

次に、久美浜湾において、春季から夏季にかけて、若魚期以上のヒラメの成長に不可欠な餌料である小型魚類が不足する餌料環境となった要因について、ヒラメやその餌料競合種の分布状況から検討した。本研究でヒラメの成長を調査した1989年7月から1991年8月までの間の本種の漁獲量は、阿蘇海では452 kg、久美浜湾では995 kgであり、単位面積当たりの値にすると阿蘇海の90 kg/m²に対し、久美浜湾が140 kg/m²となり、久美浜湾の漁獲量が阿蘇海の約1.5倍多かった (Table 3-6)。さらに、本研究で得られた漁獲ヒラメの月別の平均体重と漁獲量から調査期間中に両湾で漁獲されたヒラメの総尾数を求めると、阿蘇海の約2千尾に対し、久美浜湾では約2万尾となり、久美浜湾での単位面積当たりの漁獲尾数は阿蘇海の約7倍と推定された。また、両湾のヒラメ漁業者を対象とした1990年および1991年の漁獲日誌調査でも、久美浜湾での単位面積当たりの漁獲尾数は阿蘇海の4倍強多かった (京都府立海洋セ

ンター 1991, 1992)。これらのことから、久美浜湾でのヒラメの漁獲量は、阿蘇海と比べて、重量では約1.5倍、尾数では4～7倍多く、久美浜湾では本種の分布密度が阿蘇海より顕著に高いと推察された。

Table 3-6 The catch of piscivorous animal in Kumihama Bay and Aso Bay from July 1989 to August 1991

Taxon	Catch (kg)	
	Kumihama Bay	Aso Bay
Crustacea		
Brachyura	450	29
Cephalopoda		
Coleoidea	422	0
Osteichthyes		
<i>Anguilla japonica</i>	314 *	109 *
<i>Sphyræna schlegeli</i>	150	30
<i>Lateolabrax japonicus</i>	6144	358
<i>Platycephalus indicus</i>	1179 *	32 *
<i>Paralichthys olivaceus</i>	995	452

* The catch from January 1990 to August 1991

一方、調査期間中に両湾で漁獲された魚介類でヒラメと餌生物が重複する魚食性種としては、スズキ (林, 清野 1978)、マゴチ (山田 1986)、アカカマス (落合, 田中 1998) などがあった (Table 3-6)。特にスズキの漁獲量は両湾とも多く、ヒラメ漁獲量に対するスズキ漁獲量の比は、久美浜湾では6.6倍、阿蘇海では0.8倍であった。また、スズキの単位面積当たりの漁獲量は、久美浜湾 (862 kg/m²) では阿蘇海 (71 kg/m²) より顕著に多かった。さらに、ヒラメと同じ底生生活者であるマゴチの単位面積当たり漁獲量は、阿蘇海ではヒラメの10分の1にも満たなかった (6.4 kg/m²) のに対し、久美浜湾ではヒラメに匹敵するほど多かった (128 kg/m²)。その他にも、久美浜湾では魚類を餌とするイカ類、カニ類も漁獲されており、魚食性動物の種類および分布量とも阿蘇海より多いことが伺われた。これらのことから、久美浜湾では、阿蘇海と比べて、ヒラメの分布密度が顕著に高いという、餌料が競合するスズキやマゴチなどの魚食性魚種の分布量も多いため、餌となる小型魚類を巡る種内および種間での競争が激しいことが推察される。

若狭湾西部海域では、ヒラメは1歳の秋季以降に成育場付近から沖合や西方海域へ移動する (第6章第1, 2節; 清野, 坂野 1972)。久美浜湾では、9月以降には1歳魚の漁獲尾数が顕著に減少し、2歳魚以上の漁獲尾数は少ないことから、1歳の秋季以降には多くの個体が湾外へ移動している可能性が高い。したがって、久美浜湾でのヒラメの分布量は1歳魚が湾外へ移動する前の春季から夏季にかけて最大になると考えられる。また、同湾におけるヒラメとスズキの月別漁獲量の推移をみると、スズキの漁獲量はほぼ周年ヒラメの漁獲量を上回っており、特に春季から秋季に顕著に多かった (Fig. 3-15)。同湾では、

第4章 成熟および産卵

成魚期のスズキは、3、4月に湾外から移入し、秋季以降には産卵のため湾外へ移出するとされており（林、清野 1977; 林 1979）、湾内でのスズキの分布量が多い時期はヒラメの分布量が多い春季から夏季とも重複している。これらのことから、久美浜湾でヒラメが食性を魚類から甲殻類などへと転換した春季から夏季は、餌をめぐる種内および種間の競合が最も大きい時期であると言えよう。

両湾では、浮遊卵稚子の採集調査結果から、カタクチイワシやハゼ類の稚子の分布量が多いことが示唆されている（上野 1979; 桑原、飯塚 1983）。しかしながら、両湾ではそれらの魚種は漁獲対象とされていないことから、稚魚期以上の小型魚類の分布量を評価する詳細なデータはない。今後、両湾で餌生物量を詳細に調査し、ヒラメの餌となる小型魚類を巡る種内および種間の競合について検証していく必要がある。

本節では、ヒラメの成長差を生む要因として、前節で述べた水温以外にも餌料環境の重要性が示された。これは閉鎖性の高い内湾域で確認された事例であるが、湾内のヒラメは成長とともに湾外へ移出し、若狭湾西部海域あるいはそれ以西の海域に広く分布すると考えられることから（内野、中西 1983; 戸嶋ら 1987）、これらの海域で耳石初輪径を個体群の指標として用いる場合には、久美浜湾育ちと北方海域育ちの成長の遅い個体群との区別が課題となる。しかし、この点については、久美浜湾のヒラメ天然魚には無眼側の胸鰭基部や尾鰭に約7割の高い頻度で体色異常（黒化）が出現することから（浜中 1988; 京都府立海洋センター 1992）、これらを指標とした群識別により解決できると考える。

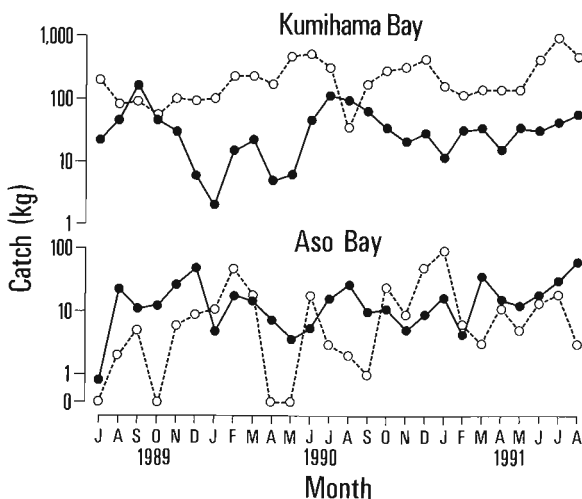


Fig. 3-15 Monthly changes in catch of Japanese flounder (solid circles) and Japanese sea bass (open circles) in Kumihama Bay and Aso Bay from July 1989 to August 1991.

成熟、産卵に関する知見は、前章の年齢と成長に関する知見とともに、魚類の資源生物学的研究においては欠くことのできない基礎的知見である。若狭湾西部海域では、着底稚魚の出現時期や出現パターン、それら稚魚の計数形質にみられる地理的変異などから、他海域からの仔魚の来遊が示唆されており（清野ら 1977; 浜中、桑原 1992; Kinoshita *et al.* 2000）、本海域におけるヒラメの資源構造を解明する上からも、成熟、産卵に関する情報は重要である。若狭湾西部海域におけるヒラメの成熟、産卵に関しては、生殖腺の熟度指数 ($GI = \text{生殖腺重量} \times 10^4 / TL^3$) に基づく産卵期と生物学的最小形の報告はあるが（清野、浜中 1975; 清野、林 1977）、成熟年齢や成熟サイズに関する知見はない。また、生殖腺熟度指数は、魚体サイズから完全には独立していないことや成熟期後期の成熟段階の評価精度が低いという問題があり（渡邊 2001）、必ずしも生殖腺の成熟状況を正確に表しているとは限らない。

そこで、本研究では、若狭湾西部海域で漁獲されたヒラメについて、生殖腺熟度指数に加え、肉眼観察により生殖腺の成熟度を判定するとともに、一部の雌を対象に卵巣の組織観察も併せて行い、成熟年齢、成熟サイズ、産卵期ならびに成熟個体の性比を推定した。また、本海域で産卵期の成魚を多獲している延縄漁船の操業場所を調査し、産卵場についても検討した。

(1) 材料および方法

1992年2月～1998年6月に若狭湾西部海域において延縄、定置網、刺網、小型底曳網および曳釣により漁獲された全長21.5～89.2 cmのヒラメ、雌672尾、雄550尾を試料に用いた（Table 4-1）。供試魚は、全長（TL, cm）、体重（BW, g）、生殖腺重量（GW, g）および胃内容物重量（SCW, g）の測定、生殖腺による性および成熟度の判定を行った。本海域のヒラメの年齢は、前章で述べたとおり4～5月に加齢時期を迎える。供試魚の採集期間はいずれの年もこの加齢時期を挟んでおり、満年齢を用いると同一年級でも期間途中で年齢が変わり成熟年齢の表示が煩雑となるため、本章では便宜上、1月1日を年齢基準日と仮定した年齢を用いた。生殖腺の成熟度の判定は、肉眼観察によりTable 4-2の基準により行った。また、1995年12月～1996年6月に漁獲された雌118尾（全長43.0～89.2 cm）の卵巣については、ブアン液で固定後、常法により組織切片を作成し、組織学的観察を行った。生殖腺熟度指数（GSI）は、次式により求めた。

$$GSI = GW \times 10^2 / (BW - SCW)$$

生殖腺の成熟度からその年に産卵すると判断され

る成熟個体の出現率を全長 1 cm 階級毎に調べ、次のロジスティック曲線式を用いて半数成熟全長 (TL_{50}) を求めた (渡邊 2001)。なお、パラメータの a および b は、MS-Excel のソルバーを用いて最小二乗法により算出した。

$$P = 1 / (1 + \exp^{-(a+bTL)})$$

P : 各全長階級における成熟割合

さらに、1992～1998 年の雌の「完熟」個体の出現する期間を対象に、成熟個体の性比 ($\sigma / (\sigma + \text{♀})$) を全長 5 cm 毎の階級別に調べた。性比に関しては、雌雄比が 1 : 1 であるか否かを 2 項検定法 (石居 1975) により検定した。

1994 年 1～6 月に魚市場や水揚げ港で延縄により漁獲されたヒラメの全長を体長測定板を用いて測定し、旬別の全長組成としてまとめた。また、本種を多獲している旧伊根、旧養老および旧宮津漁業協同組合管内の延縄漁船を対象として、1994 年 1～12 月の仕切伝票から、本種の漁獲場所と銘柄別漁獲量

を調査した。銘柄は、1 尾当たりの体重を基準として、1.0 kg 未満を小、1.0～4.0 kg を中、4.0 kg 以上を大とした。操業場所は、緯度および経度の各 2.5 分の大きさでメッシュに区切られ、番号付けされた既成の漁場図の海区を用いた。

(2) 結果

生殖腺の成熟状況 「完熟」以外の雌個体について、高野 (1989) に従い組織学的に卵巣卵の発達状況を見た。「未熟」個体は 86% が卵黄胞期以前、「成熟途中」および「放卵」は 1 個体を除いて第 1 次卵黄球期以降の段階にあった (Table 4-3)。北川ら (1994) に従い、第 1 次卵黄球期以降の段階の卵巣卵を持つ個体をその年に産卵する成魚とすると、「完熟」に「成熟途中」および「放卵」を加えたもの、即ち「成熟途中」以上の成熟度の個体がそれに該当した。そこで、本研究では、雌は「成熟途中」以上の成熟度のものを成熟個体とした。一方、雄は、輸精管に精液の充満した「完熟」のものと、輸精管内に精液がほとんど

Table 4-1 Specimens of Japanese flounder sampled from western Wakasa Bay in this study on maturity

Sex	Sampling date	Number of specimens	Range of total length (cm)	Fishing gear *
Female	18 Feb.-29 May 1992	138	21.5-79.5	L, G
	27 Jan.-1 June 1993	100	25.3-87.6	L, G
	18 Feb.-10 June 1994	39	51.6-86.2	L
	7 Dec. 1995-3 June 1996	120	43.0-89.2	L, G, S, T, D
	6 Mar.-4 June 1997	156	29.3-69.0	L, G, S, T
	13 Feb.-7 June 1998	119	42.1-79.0	L, G, S, T, D
Male	18 Feb.-6 June 1992	72	23.6-68.1	L, G
	27 Jan.-1 June 1993	128	23.8-69.0	L, G
	18 Feb.-10 June 1994	20	32.4-69.1	L, T
	13 Feb.-3 June 1996	35	38.4-69.8	L, G, D
	6 Mar.-14 June 1997	159	26.7-63.0	L, G, S
	13 Feb.-8 June 1998	136	32.0-59.6	L, G, T, S

* D: Danish seine, G: gill net, L: longline, S: set net, T: trolling.

Table 4-2 Maturity stages based on macroscopic examination for female and male Japanese flounder

Sex	Maturity stage	Macroscopic description
Female	Immature	Oocytes invisible, ovaries orange colour
	Maturing	Opaque oocytes clearly visible
	Mature	Transparent (hydrating) oocytes present among opaque oocytes and/or in ovarian lumen and/or oviduct
	Spent	Transparent oocytes absent in ovarian lumen and/or oviduct, ovary wall loosened and wrinkled or thickened and sometimes bloodshot
Male	Immature	Little or no sperm in seminal duct
	Mature	Testis enlarged, creamy and white sperm filled in seminal duct
	Spent	Little or no sperm in seminal duct, testis atrophied and/or bloodshot

どなく、精巣が萎縮や充血した「放精」のものを成熟個体とした。

GSIと成熟個体の出現率の関係を Fig. 4-1 に示した。雌の成熟個体は、GSI が 1.0 以上で出現し、その割合は GSI 1.0 ~ 1.5 で 11%, GSI 2.0 ~ 2.5 で 57%, GSI 3.0 以上では概ね 90% 以上であった。雄の成熟個体は、GSI が 0.2 以上で出現し、その割合は GSI 0.4 ~ 0.8 で約 40%, GSI 0.8 以上で 70 ~ 100% であった。成熟個体が 50% を超える GSI は、それぞれ、雌では 2.0 以上、雄では 0.8 以上であった。

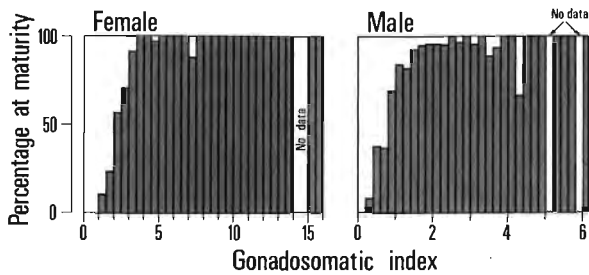


Fig. 4-1 Percentage of mature female and male Japanese flounder in relation to gonadosomatic indexes.

年齢および体サイズによる成熟個体の出現状況時期による成熟度の違いをできるだけ排除するため、雌雄別に「完熟」個体の出現する期間に限定して、成熟個体および GSI 2.0 (雌) または 0.8 (雄) 以上の個体の出現率と年齢の関係を調べた。雌の成熟個体は 2 歳から出現し、その出現率は 2 歳では 6%, 3 ~ 10 歳では 75 ~ 100% であった (Fig. 4-2)。また、GSI 2.0 以上の個体の年齢別出現率は、2 歳で 7%, 3 ~ 10 歳で 78 ~ 100% であり、成熟個体の出現率とほぼ同じであった。

一方、雄の成熟個体の出現率は、1 歳で 3%, 2 歳で 51%, 3 ~ 10 歳では 83 ~ 100% であった。また、GSI 0.8 以上の個体の年齢別出現率は、1 歳で 2%, 2 歳で 53%, 3 ~ 10 歳では 93 ~ 100% であり、成熟個体とほぼ同じであった。

成熟サイズを検討するため、雌雄別に「完熟」個体の出現する期間に限定して、成熟個体の出現率と全長の関係を調べた (Fig. 4-3)。雌の成熟個体は全

長 42.6 cm からみられ、その出現率は、全長 42 ~ 46 cm では 10 ~ 30%, 全長 47 cm では 55%, 全長 48 cm 以上では 70% 以上であった。雄の成熟個体は全長 31.6 cm から出現し、その出現率は、全長 31 ~ 35 cm では 30% 未満、全長 36 cm では 55%, 全長 37 cm 以上では 70% 以上であった。全長階級別の成熟割合 (P) のロジスティック曲線式は、雌は $P = 1 / (1 + \exp^{(20.7459 - 0.43977L)})$, 雄は $P = 1 / (1 + \exp^{(19.6084 - 0.53577L)})$ で表され、半数成熟全長 (TL_{50}) はそれぞれ 47.2 cm, 36.6 cm であった。

雌は 2 ~ 4 歳、雄は 1 ~ 4 歳の個体について、年齢毎に成熟個体の出現率と全長の関係を Fig. 4-4 に示した。雌の 2, 3 歳では、全長の増大とともに成熟個体の割合が高くなる傾向がみられた。また、2 ~ 4 歳では、同じ全長でも高齢魚の方が成熟個体の割合が高い傾向が認められた。さらに、年齢別の体重と成熟個体の出現率の関係でも、同様の傾向が認められた。一方、雄の 2, 3 歳でも、全長の増大とともに成熟個体の割合が高くなる傾向がみられたが、同一サイズでの年齢による成熟割合の違いは認められなかった。

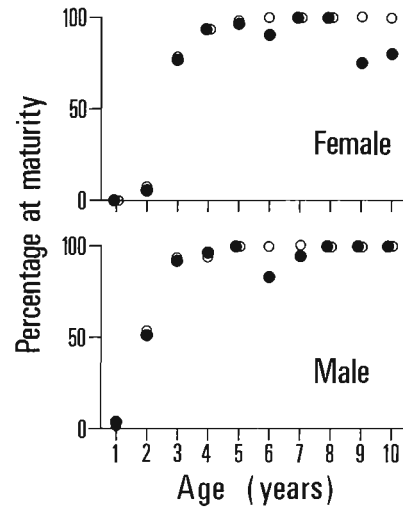


Fig. 4-2 Relationship between ages and percentages of each maturity group for Japanese flounder. Solid circles show female and male mature fish. Open circles show female fish with GSI 2.0 and over and male fish with GSI 0.8 and over.

Table 4-3 Histological examination of ovaries for female Japanese flounder sampled in 1995 and 1996 in western Wakasa Bay

Macroscopic maturity stage	Number of specimens	
	Developmental stages of oogenesis	
	From chromatin-nucleolus stage to yolk vesicle stage	From primary yolk stage to maturation stage
Immature	31	5
Maturing	1	31
Spent	1	9

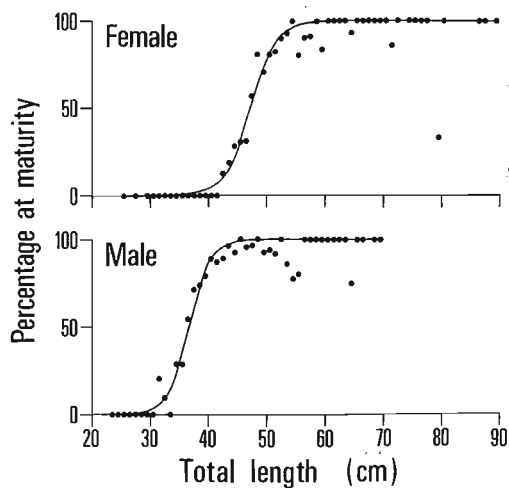


Fig. 4-3 Relationship between maturity percentages and total length for female and male Japanese flounder. Points for both sexes show the proportion of mature fish in each class of total length at a centimeter interval. Solid lines show a logistic function.

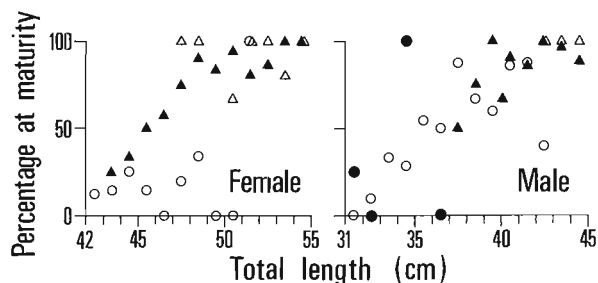


Fig. 4-4 Percentage of mature female and male Japanese flounder in relation to total length and age. Solid circles, open circles, solid triangles and open triangles show 1-year-old, 2-year-old, 3-year-old and 4-year-old fish, respectively.

GSI および生殖腺成熟度の推移 成熟サイズの個体を対象に、旬別の GSI の範囲と平均値および「完熟」個体の出現時期を、雌雄別に Fig. 4-5 に示した。雌の「完熟」個体の出現時期は、1993 年が 3 月上旬～5 月下旬、1994 年が 2 月中旬～6 月上旬、1996 年が 2 月下旬～6 月上旬、1997 年と 1998 年が 3 月中旬～5 月下旬であり、その期間は 3 カ月前後に及んだ。GSI が高い時期は、1993 年および 1994 年が 3 月上旬～4 月上旬、1996～1998 年が 4 月上旬～5 月中旬であった。

3 歳以上の供試魚数が多かった 1996 年には、GSI の平均値は 3 月下旬から急増し、4 月上旬には最大値に達した。4 月中旬以降、GSI の平均値は低下するものの、5 月下旬まではいずれの個体の GSI も 3.0 以上であった。一方、雄の「完熟」個体の出現時期は、1993 年、1994 年、1997 年が 3 月上旬～6 月上旬、1996 年と 1998 年が 2 月中旬～6 月上旬であった。「完

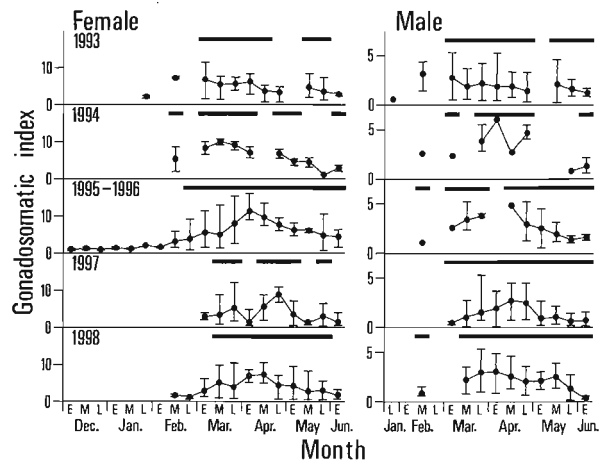


Fig. 4-5 Monthly changes in gonad condition of Japanese flounder, based on the gonadosomatic index and mature fish appearance. Horizontal thick bars in the figure show periods when mature fish appeared. Solid circles and vertical lines show means and ranges of gonadosomatic indexes, respectively. “E”, “M”, “L” in each month denote the early, middle, and late 10-day periods of the month, respectively.

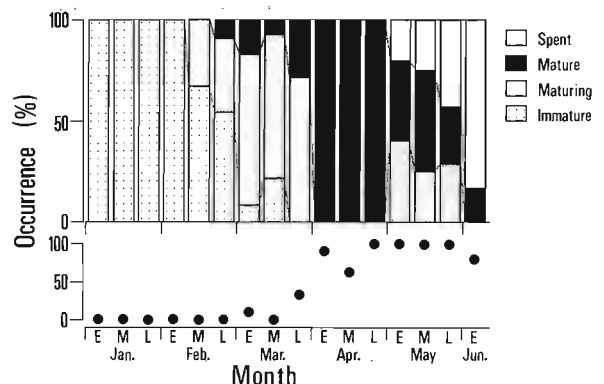


Fig. 4-6 Monthly changes in gonad condition of female Japanese flounder of 3-year-old and over sampled in 1996, based on maturity stage criterion (top) and occurrence of fish with postovulatory follicles (bottom). “E”, “M”, “L” in each month are the same as in Fig. 4-5.

熟」個体が出現する時期の GSI の平均値は、ほとんどの場合 0.8 以上であった。

産卵期をより詳細に検討するために、1996 年の 3 歳以上の雌を対象として、各成熟度の個体および排卵後濾胞を持つ個体の出現率を旬別に求めた (Fig. 4-6)。1 月上旬から 2 月上旬までは、全て「未熟」個体であった。2 月中旬以降は、「未熟」個体に代わって「成熟途中」個体が増加し始め、その割合は 3 月上旬から下旬に 70～75% を占めた。「完熟」個体は 2 月下旬から出現し、その割合は 3 月下旬までは 30% 未満であったが、4 月上旬から下旬には 100%

になった。5月上旬には、「完熟」個体の割合は減少し始め、5月上旬から下旬には30～50%で推移し、6月上旬には20%未満となった。一方「放卵」個体は、5月上旬から出現し、その割合は5月上旬から中旬には20～25%、同月下旬には40%、6月上旬には80%をそれぞれ超えた。また、5月上旬から下旬には、再び「成熟途中」個体が25～40%出現したが、それらの卵巣には排卵後濾胞が認められた。また、いずれの「放卵」個体の卵巣にも、6月上旬の1個体を除き、排卵後濾胞が認められた。

排卵後濾胞を持つ個体は3月上旬から出現し、その割合は3月下旬までは33%以下であったが、4月上旬には90%に急増した。4月中旬には63%とやや減少するが、その後5月下旬までは100%で推移し、6月上旬には80%に低下した。

Table 4-4 Sex ratio with results of binomial tests by length class in mature fish sampled from western Wakasa Bay

Class of total length (cm)	Number of specimens	Sex ratio
30-35	6	1.00 *
35-40	53	1.00 **
40-45	105	0.95 **
45-50	144	0.72 **
50-55	109	0.40 *
55-60	89	0.22 **
60-65	77	0.26 **
65-70	50	0.26 **
70-75	11	0.00 **
75-80	7	0.00 **
80-85	1	0.00 ^{n.s.}
85-90	3	0.00 ^{n.s.}

^{n.s.}: not significant
 * : significant at 5% level
 ** : significant at 1% level

Table 4-5 Sex ratio with results of binomial tests by age in mature fish sampled from western Wakasa Bay

Age (year)	Number of specimens	Sex ratio
1	2	1.00 ^{n.s.}
2	68	0.90 **
3	220	0.54 ^{n.s.}
4	170	0.49 **
5	76	0.30 **
6	34	0.44 ^{n.s.}
7	24	0.71 *
8	15	0.67 ^{n.s.}
9	9	0.67 ^{n.s.}
10	8	0.50 ^{n.s.}

^{n.s.}: not significant
 * : significant at 5% level
 ** : significant at 1% level

成熟個体のサイズ別および年齢別の性比 成熟個体の全長階級別の性比は、全長30～50 cmでは0.72～1.00と雄の割合が顕著に高く、特に全長30～45 cmでは95%以上が雄であった (Table 4-4)。一方、全長50～80 cmの性比は0.5未満と雄の割合が低く、特に全長55 cm以上では雌が73%以上を占めた。

年齢別の性比は、2歳では0.90であり、雄の割合が顕著に高かった (Table 4-5)。3歳以上では、5歳(0.30)および7歳(0.71)は一方の性に偏ったが、それ以外の年齢では性比の偏りは認められなかった。

延縄漁船によるヒラメの漁獲の時期および場所

1994年の延縄漁船によるヒラメの漁獲は119日、延べ958隻でみられ、銘柄別漁獲量は、大が1,056 kg、中が2,310 kg、小が1,057 kgであった。ヒラメは主に1～7月に漁獲されており、その期間の漁獲量は年間の99.7%を占めた。一方、8～12月には、中および小ヒラメは少量漁獲されていたが、大ヒラメの漁獲はなかった。1～7月における各銘柄の旬別漁獲量の推移をみると (Fig. 4-7)、大ヒラメは2月上旬～5月下旬に多く、なかでも2月上旬、3月下旬および4月上旬には100 kgを超えていた。中ヒラメの漁獲量は、2月上旬～6月上旬には100 kg以上と多く、特に3月下旬、4月上旬および4月下旬には200 kgを超えていた。小ヒラメは主に3月上旬～6月上旬に漁獲されており、その漁獲量は4月上旬の300 kgをピークに、3月中旬～4月下旬には100 kg以上と多かった。また、漁獲量のピークはいずれの銘柄も4月上旬であった。

2月中旬～6月上旬のヒラメの全長組成を Fig. 4-8 に示した。調査期間を通してほとんどの個体(85～100%)が全長35 cm以上であった。3月上旬～5月下旬には、全長35～45 cmが主体であり(35～76%)、特に3月中旬～4月中旬には60～76%を占めた。一方、全長45 cm以上の個体の占める割合は、3月中旬～4月中旬には低いものの(16～35%)、それ以外の時期には38～100%を占めた。

産卵期とみられる2月中旬～6月上旬における各銘柄の海区別漁獲量を Fig. 4-9 に示した。銘柄による漁獲場所の顕著な違いはみられず、漁獲量が最も多かった場所はいずれの銘柄も伊根町本庄浜沖の水深50～90 mの海区であった。同海区での漁獲量は、大が378 kg、中が658 kg、小が342 kgであり、それぞれ全体の45%、35%、34%を占めていた。次いで漁獲量が多い海区は、前記海区の東および南隣の海区、湾奥側の鷲崎沖の海区、冠島周辺の海区であった。また、中ヒラメは経ヶ岬沖の天然礁のある海区でも2月中旬、5月下旬および6月上旬に漁獲が多かった。漁獲量の多かった海区の水深は概ね50～100 mであった。

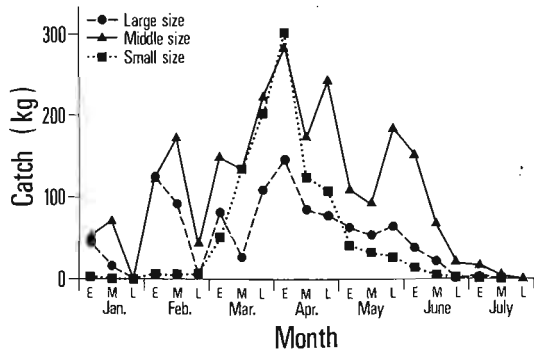


Fig. 4-7 Seasonal changes in catch of Japanese flounder caught by longline in western Wakasa Bay in 1994.

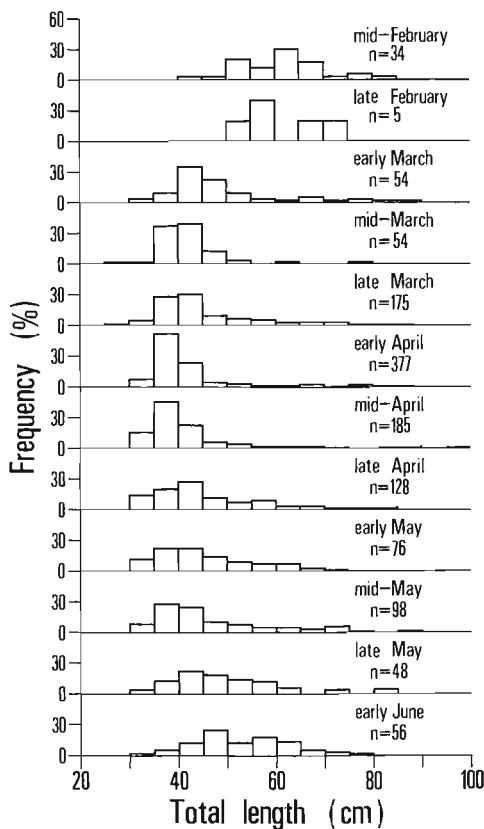


Fig. 4-8 Monthly changes in length frequency distribution for Japanese flounder caught by longline in western Wakasa Bay in 1994.

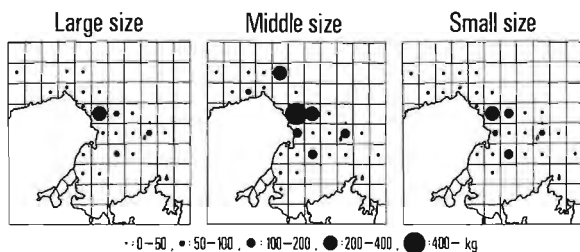


Fig. 4-9 Catch by size of Japanese flounder caught with longline in western Wakasa Bay in 1994. A grid square with 2.5 minutes in size was defined by the Kyoto prefectural government.

(2) 考察

成熟個体 本研究で成熟個体の基準として用いた肉眼観察による生殖腺の成熟度は、組織学的観察による卵巣の発達段階と良く対応しており、雌の「成熟途中」以上の個体が北川ら (1994) の示したその年に産卵する成魚に該当した。また、「成熟途中」以上の個体の占める割合が50%を超える GSI は、雌では2.0以上、雄では0.8以上であり、北川ら (1994) が成魚の基準とした GSI、雌の2、雄の1とほぼ一致した。つまり、本研究で用いた生殖腺の成熟度は組織学的にも妥当性が裏付けられ、また GSI から成熟個体の基準として適当であると判断された。

成熟年齢および成熟サイズ 成熟個体の出現状況から、成熟開始年齢は雌が2歳、雄が1歳、また成熟個体の占める割合が50%を超える年齢は、雌が3歳、雄は2歳と考えられた。成熟年齢には地理的差異がみられ、雌では南の海域ほど若齢であるといわれている (小澤ら 1996; 南 1997)。本海域での成熟開始年齢を同じ対馬暖流域で比較すると、雌は北海道 (北海道中央水産試験場ほか 1995) より1歳若く、山形県 (樋田, 山洞 1976) や新潟県北部 (加藤ら 1987)、九州北西海域 (田代, 一丸 1995) と同じで、九州南西海域 (小澤ら 1996) より1歳高齢であり、雄は北海道 (北海道中央水産試験場ほか 1995) より2歳、山形県 (樋田, 山洞 1976) や新潟県北部 (加藤ら 1987) より1歳若かった。また、本海域で75%以上の雌が成熟する年齢は、九州北西海域 (田代, 一丸 1995) と同じ3歳であり、北海道 (北海道中央水産試験場ほか 1995)、山形県 (樋田, 山洞 1976)、新潟県北部 (加藤ら 1987) より1歳若く、九州南西海域 (小澤ら 1996) より1歳高齢であった。

一方、成熟サイズに関しては、雌は全長42 cm から成熟し始め、全長47 cm で50%、全長48 cm 以上では70%以上の個体が産卵に関与すると推定された (Fig. 4-3)。雄は全長31 cm から成熟し始め、全長36 cm で半数、全長37 cm 以上では70%以上の個体が成熟すると推定された。また成熟最小サイズは、雌で全長42.6 cm、雄で全長31.6 cm であり、清野, 林 (1977) が本海域で熟度指数から示したサイズの雌44 cm、雄37 cm と比べると、雌はほぼ同じであったが、雄では小さかった。雄では GSI の低い「完熟」個体もみられたことから (Fig. 4-5)、GSI のみを用いて成熟個体を判定すると最小成熟全長は実際よりも大型になることが示唆された。

さらに、成熟と年齢および全長との関係を検討したところ、雌の2、3歳魚では全長の増大とともに成熟割合は高まるが、同一全長でも高齢魚の方が成熟割合が高く、また体重でも同じ傾向が認められたことから、成熟が体サイズだけでなく年齢にも影響されていることが判った (Fig. 4-4)。一方、雄の1～

3歳魚では、年齢に関係なく、全長の増大とともに成熟個体の割合が高まったことから、雄の成熟は主として体サイズで制限されていることが示唆された。このように、体サイズと年齢が成熟におよぼす影響が雌雄で異なることは、これまでヒラメでは知られていない。また、成熟については主に体サイズから検討されることが多いが、本研究結果はサイズと年齢を組み合わせた解析が必要であることを示している。ヒラメのみならず他の魚種も含めて、今後その機構について検討する必要がある。

産卵期 雌の生殖腺の肉眼観察では、「完熟」個体は早い年で2月中旬、遅い年で3月中旬から出現し、少なくとも5月下旬あるいは6月上旬までみられ、この期間には産卵が行われていると考えられた (Fig. 4-5)。これまで、産卵期やその盛期に関しては、主に仔魚の出現時期 (南 1982) や雌の生殖腺の熟度指数 (*GI*) の変化 (清野, 林 1977) から論議されており、若狭湾西部海域での産卵期は3~5月と推定されてきた。本研究では、産卵期は既往知見と概ね一致していたが、産卵の開始時期は約1カ月、終了時期は1旬以上、年により変動することが新たに示された。

一方、本海域での産卵盛期については、今まで生殖腺の熟度指数の推移のみから判断されていた (清野, 林 1977)。そこで、雌成魚の試料数が多い1996年を対象として、*GSI* に加え生殖腺の成熟度の推移および排卵後濾胞の保有率から産卵盛期について考察した。*GSI* は4月上旬に最大となり、その平均値の推移のみからみると、この頃が産卵の盛期と考えられる。しかし、その後の*GSI* の低下は緩やかであり、5月中旬まではいずれの個体の*GSI* も成熟個体の基準値を超えており、4月上旬から5月中旬までは産卵の盛んな時期が続いていることが示唆された。

次に成熟度でみると、「完熟」個体は2月下旬から出現するものの、3月下旬まではその割合は低く、「成熟途中」以下の個体がほとんどであるため、産卵の盛期とはいえない。4月上旬から下旬には、全て「完熟」個体で占められており、この時期には産卵が盛んであったと推察される (Fig. 4-6)。さらに、5月上旬から下旬には、「成熟途中」や「放卵」の個体が出現し始めるが、これらの卵巣には排卵後濾胞が認められた (Fig. 4-6)。排卵後濾胞は、マイワシ (松岡 1997) やカタクチワシ (齋田 1992)、メダカ (香川, 高野 1979; 白石ら 1990) では排卵後1~2日で結合組織との識別が困難となることが知られている。ヒラメではその識別可能期間は明らかではないが、本種はマイワシなど (Yamamoto and Yoshioka 1964; 平本 1969; 高尾ら 1983; Murayama *et al* 1994) と同じ非同発生型の多回産卵魚であることから (平野, 山本 1992; 北川ら 1994)、その排卵後濾胞も短時間で識別不能となる可能性が高い。5月上旬から下旬の「成

熟途中」や「放卵」の個体は排卵直後とみられ、この時期には「完熟」個体も多いことから、依然として産卵が盛んであったと考えられる。6月上旬にはほとんどが「放卵」個体となったが、それらの多くは排卵後濾胞を持っていたことから、産卵が続いていることがわかった。しかし、「放卵」個体の中には卵黄形成期以前の段階の卵巣卵を持った個体も出現したことから、6月上旬は産卵の終期に近いことが示唆される。

以上のように、雌の*GSI* や生殖腺の成熟度、排卵後濾胞の保有率からみて、4月上旬から少なくとも5月下旬まではほとんどの成魚が産卵に関与しており、この時期が産卵盛期と考えられた。若狭湾西部海域で1996年に行われたmtDNAを用いた魚卵の分布調査結果では、ヒラメ卵は4月上旬から出現し始め、4月下旬から6月上旬に多く、5月中旬に最大を示し (石黒ら, 1996)、海域での卵の出現量が最も多い時期は*GSI* や生殖腺成熟度などからみた産卵盛期とも概ね符合する。ヒラメの卵は産出後2, 3日で孵化するので (安永, 1988)、他海域からの流入は考えにくく、卵の出現の盛期がその海域での産卵盛期とするのが妥当と思われる。そして、その時期は、生殖腺の成熟度でみると、「完熟」個体の出現が増える時期から「放卵」個体が大半を占める時期まで、*GSI* でみると最大値に達した時期から緩やかな減少が続く期間が目安になると考えられる。

対馬暖流域でのヒラメの産卵期 (その盛期) は、九州南西海域では12~4月 (1~3月) (小澤ら 1996; 厚地ら 2004)、長崎県沿岸では1~5月 (2, 3月) (田代, 一丸 1995)、山口県沿岸では3~5月 (3, 4月) (河野 1997)、鳥取県沿岸では3月下旬~5月上旬 (4月) (小林 1974)、兵庫県北部沿岸では3~5月 (4, 5月) (五利江ら 2005)、新潟県北部沿岸では4月下旬~7月上旬 (5月中旬~6月中旬) (加藤ら 1987)、山形県沿岸では5月中旬~6月下旬 (山洞, 樋田 1977) であり、それらの時期は重複はあるものの概して南の海域ほど早い傾向があり、若狭湾西部海域での産卵盛期は隣接する兵庫県北部沿岸と同じ時期であった。

成熟個体の性比 若狭湾西部海域では、雌の完熟個体が出現する期間における成熟個体の性比は全長50 cmを境に異なる性に偏る傾向があり、特に全長30~45 cmでは雄、全長55~80 cmでは雌の割合がそれぞれ顕著に高い現象がみられた。本海域でのヒラメの最小成熟全長には、雄 (31.6 cm) 雌 (42.6 cm) で顕著な差があり、半数以上の個体が成熟する全長も雄 (36 cm以上) と雌 (47 cm以上) では大きく異なる。全長30~45 cmではほとんどの雌が未成熟であることから、それらのサイズでは成熟個体の性比が顕著に雄に偏ったものと考えられた。

ヒラメの性比がサイズにより異なり、小型魚では雄の割合が高い現象は各地で知られている（野沢 1974; 小林 1974; 樋田, 山洞 1976; 小田切ら 1985; 田代, 一丸 1995; 河野 1997）。また、日本海の新潟県沿岸では、産卵盛期に出現したヒラメの性比についても同様の現象が認められている（加藤ら 1987）。これらの現象は、いずれも雌雄により成熟サイズが異なることが原因とされており、若狭湾西部海域においても本現象が同じ原因で生じたと考えられたことから、全長 50 cm 未満の小型サイズで雄の割合が顕著に高いことは日本沿岸のヒラメに共通する事象とみられる。

魚体の成長とともに性比が変化する現象は他の魚種にもみられ、その原因には性転換（青山ら 1963）、雌雄による生残率や寿命の差（渡辺 1958; 今岡 1971; Kuo and Tanaka 1984; 木村, 鈴木 1980）、雌雄の成長差（宗清, 桑原 1984; 宗清 1991）が挙げられる。ヒラメと同じ異体類のソウハチ（渡辺 1958）やムシガレイ（今岡 1971）では、加齢とともに雌の割合が高まり性比の偏りが顕著になる現象がみられ、その原因は雄が雌より死亡率が高く、寿命が短いことによるとされている。若狭湾西部海域でのヒラメの生残率に関する知見はないが、寿命については第 3 章第 1 節で触れたように雌雄とも少なくとも 10 歳を超えるとみられる。また、本研究では 3 歳以上の成熟個体の性比が加齢とともに特定の性へ偏る現象は認められなかった。これらのことから、本海域のヒラメについては、少なくとも 10 歳位までは雌雄間で生残率や寿命に大きな差はないものと考えてよいだろう。また、性転換に関しては、ヒラメではこれまで報告されておらず、本研究の生殖腺観察においても両性生殖腺を持つ間性現象のような性転換を示唆する現象は認められなかった。

一方、大型魚に雌が多いことは他の海域でも報告されており、その原因は雌雄の成長差にあるとされている（小田切ら 1985; 加藤ら 1987; 田代, 一丸 1995）。若狭湾西部海域でのヒラメの成長は雌雄により異なり、雌は全長 70 cm 位まで順調に成長するのに対して、雄は全長 50 cm を超えるあたりから成長速度の鈍化が認められた（第 3 章第 1 節）。全長 50 cm を超える時期は、雌では 3 歳前半、雄では 4 歳後半であり、その後全長 55 cm および 60 cm に達するまでの時間は、雌ではおよそ半年および 1 年半であるのに対し、雄ではおよそ 1 年半および 3 年半を要する（第 3 章第 1 節）。本研究で成熟個体の全長 55 cm 以上の階級で雌の割合が顕著に高かったのは、雄が雌に比べ成長が遅く、全長 55 cm 以上の雄は総じて高齢であり、その個体数は同一サイズでも年齢の若い雌より少ないことが考えられる。

また、年齢別では 1, 2 歳時に成熟魚の性比が雄に

顕著に偏る傾向がみられたが、本海域では成熟開始年齢が雌雄で異なり、2 歳時の成熟割合も雌雄で顕著な違いがあったことから、これらが性比の異なった原因と考えられた。

以上のように、若狭湾西部海域で産卵期の成熟個体にみられたサイズによる性比の偏りは、雌雄で成熟が始まるサイズや年齢が異なること、および雌雄の成長差により生じたことがわかった。

産卵場 若狭湾西部海域で成熟割合が 7 割以上の全長（雄 37 cm 以上、雌 48 cm 以上）の個体の体重を、全長・体重関係式（第 3 章第 1 節）より求めると、雄では約 520 g 以上、雌では約 1,200 g 以上になる。これらに該当する個体は、銘柄では大の全部、中の大部分、そして小の一部である。延縄による大および中ヒラメの多獲時期は 2 月上旬～6 月上旬であり、この時期は同年のヒラメの産卵期と概ね一致していた。また、延縄の漁獲量がピークに達する 4 月上旬は、雌雄とも *GSI* が最も高い時期であり、産卵の盛期に当たっている。これらのことから、延縄は産卵期の成魚を漁獲対象としており、その漁獲情報から産卵群の動向がある程度推定できる。

延縄によりヒラメが多獲された場所は、若狭湾西岸沖の概ね水深 50～100 m の海域であり、近くには島嶼、岬、天然礁などの岩礁域があり、底質は細砂から砂質泥が主体の海域である（清野ら 1969）。全国的には、ヒラメの産卵場は水深 200 m 以浅に形成され、地形的特徴として岩礁地帯周辺の砂泥域や砂礫域が知られている（小林 1974; 樋田, 山洞 1976; 石田, 田中 1984; 日本海ブロックヒラメ班 1990; 遊佐 1994; 南 1997）。若狭湾西部海域におけるヒラメ成魚の主漁場は全国の産卵場に共通する地形的特徴を備えていることから、本海域における主産卵場であるとみて良いだろう。

一方、水深 50 m 以浅の沿岸域で操業する定置網および刺網や、水深 100 m 以深の沖合域で操業する底曳網によっても産卵期に成魚が漁獲されている。岸近くの浅所や水深 100 m 以深の沖合域でも産卵が行われている可能性は高いが、それらの海域では成魚の漁獲場所は点在しており、その漁獲量も少ないことから、産卵場の規模としては小さいと考えられた。

第5章 食性

若狭湾西部海域におけるヒラメの食性に関する研究は、これまで主に仔稚魚期を対象として行われており（清野，坂野 1972；北原 1972；浜中，清野 1978；桑原，鈴木 1982；南 1982；種 1990；Ikewaki and Tanaka 1993），若魚期以降は断片的な記載に限られ（清野，坂野 1972），まとまった知見はない。また，同一海域で稚魚から成魚までの底生生活期全般にわたる本種の食性を体系的に整理した研究は全国的にみても少ない。そこで本章では，稚魚期から成魚期までの若狭湾西部海域のヒラメを対象に胃内容物調査を実施し，本海域における本種の着底生活期全般の食性について取りまとめた。

調査結果は，渡部，服部（1971）の発育段階により，緒言に記した全長階級により，稚魚，若魚，未成魚および成魚に区分して整理した。

第1節 稚魚の食性

若狭湾西部海域では，ヒラメ稚魚は内湾域から外海域までの水深 30 m 以浅の砂質底域に広く分布している（清野，坂野 1972；南ら 1977；南 1982；京都府立海洋センター 1993b）。なかでも，若狭湾湾奥部の比較的開放性の高い海域である由良川河口周辺は，代表的なヒラメ稚魚の成育場とされている（清野，坂野 1972；南 1982；1987）。そして，過去の若狭湾西部海域における稚魚期のヒラメの食性に関する研究は，いずれもこの由良川河口周辺で行われたものである（清野，坂野 1972；北原 1972；浜中，清野 1978；種 1990）。本研究では，由良川河口周辺に加え，同海域とは環境条件の異なる2つの海域，すなわち日本海に面する外海域の京丹後市久美浜町の箱石浜と閉鎖性の強い内湾である京丹後市久美浜町の久美浜湾の，あわせて3つの海域においてヒラメ稚魚を採集し，それらの胃内容物を調査して稚魚期の食性について検討した。

(1) 材料および方法

試料は，1989年6月1日および7月14日に外海域の京丹後市久美浜町の箱石浜（水深5～20m），1992年6月11日および19日に内湾域の京丹後市久美浜町の久美浜湾（水深1～5m），2000年6月21日に由良川河口域の宮津市の由良浜（水深1～7m）において（Fig. 1-1），小型の桁曳網をより採集した全長24.2～99.3 mmのヒラメ天然稚魚88尾，29尾，31尾を用いた。供試魚は，船上で10%海水ホルマリンで固定して実験室に持ち帰り，全長（TL，mm）および体重（BW，mg）を計測した後，胃内容物を摘出してその重量（SCW，mg）を測定した。そして，胃内の餌生物を，岡田ら（1965），阿部（1986），中坊（1993），波部ら（1994）に従い，可能な限り下位の分類群ま

で査定した。また，久美浜湾の試料については，餌生物の重量と個体数を，由良浜については餌生物の重量を，箱石浜については餌生物の個体数を，それぞれ分類群別に計測した。

胃内容物調査結果の解析に当たっては，ヒラメの摂餌状態の指標として空胃率（IES）および胃内容物重量指数（SCI），餌生物組成の指標として各餌生物（ i ）の出現率（% O_i ），重量比（% W_i ）および個体数比（% N_i ），各餌生物（ i ）の相対的な地位の評価指標として，Cortés（1997）の方法による相対的重要度指数（ IRI_i ）（Pinkas *et al.* 1971）の比率を，それぞれ以下の式により求めた。

$$IES = a / b \times 10^2$$

a : 空胃であったヒラメの尾数

b : 胃内容物を調査したヒラメの尾数

$$SCI = SCW / (BW - SCW) \times 10^2$$

$$\%O_i = c / d \times 10^2$$

c : 餌生物 i を摂餌していたヒラメの尾数

d : 摂餌が認められたヒラメの総尾数

$$\%W_i = e / f \times 10^2$$

e : ヒラメが摂餌していた餌生物 i の重量 (mg)

f : 摂餌が認められたヒラメの胃内容物重量 (mg)

$$\%N_i = g / h \times 10^2$$

g : ヒラメが摂餌していた餌生物 i の個体数

h : ヒラメが摂餌していたすべての餌生物の個体数

$$IRI_i = (\%N_i + \%W_i) \times \%O_i$$

$$\%IRI_i = IRI_i / \sum_{i=1}^n IRI_i \times 10^2$$

なお，IES および % O は χ^2 -test，SCI は Mann-Whitney's U -test または Kruskal-Wallis test により標本間の差を有意水準 5% で検定した。

(2) 結果

3つの海域におけるヒラメ稚魚の全長階級別の空胃率（IES），胃内容物重量指数（SCI）および各餌生物の出現率（% O_i ）を Table 5-1 に示した。

IES は，箱石浜では 0～20.8%，由良浜では 0～20.0%，久美浜湾では 0% であり，いずれの海域でも低かった。また，各サイズの IES には海域間で有意な差は認められなかった（ $p > 0.05$ ）。

全長階級別の SCI の平均値は由良浜では 0.63～1.72，久美浜湾では 2.02～4.92 であり，久美浜湾で高い傾向がみられ，全長 20～60 mm では海域間で有意差が認められた（ $p < 0.05$ ）。一方，同一海域の異なる全長階級間では SCI の有意な差は認められなかった（ $p > 0.05$ ）。

ヒラメが摂餌していた動物は，箱石浜ではアミ類，ヨコエビ類および魚類，由良浜ではアミ類，ヨコエビ類およびエビ類，久美浜湾ではアミ類，エビ類および魚類であり，3海域で共通して摂餌されていたのはアミ類のみであった。アミ類の % O は，箱石浜

では 93.5 ~ 100.0%, 由良浜では 83.3 ~ 100.0%, 久美浜湾では 80.0 ~ 100.0% であり, いずれの海域でもほとんどの個体がアミ類を摂餌していた。また, アミ類以外の餌生物の %O は, 箱石浜ではヨコエビ類が 3.2 ~ 41.2%, 魚類が 0 ~ 36.4%, 由良浜ではエビ類とヨコエビ類が 16.7%, 久美浜湾では魚類が 42.9 ~ 83.3%, エビ類が 20.0 ~ 57.1% であった。特に, 全長 40 ~ 100 mm では, 久美浜湾での魚類およびエビ類の %O が他の海域より有意に高かった ($p < 0.05$)。

胃内容物重量組成 (%W) は, 由良浜ではアミ類が 54 ~ 100% を占めており, いずれのサイズのヒラメもアミ類を主食としていた (Fig. 5-1)。一方, 久美浜湾でのアミ類の %W は, 全長 20 ~ 40 mm では 87% と高かったものの, 全長 40 ~ 80 mm では 34 ~ 45%, 全長 80 ~ 100 mm では 16% であり, 大型個体ほど低い傾向がみられた (Fig. 5-1)。また, 同湾での魚類の %W は, 全長 20 ~ 40 mm の個体では 6% に過ぎなかったが, 全長 40 ~ 80 mm では 45 ~ 65%, 全長 80 ~ 100 mm では 73% であり, 大型個体ほど高い傾向がみられた。また, 同湾でのエビ類の %W は 1 ~ 15% の範囲であった。

餌生物の個体数組成 (%N) は, 箱石浜ではアミ類が 83 ~ 99% と大部分を占めており, ヨコエビ類と

魚類の割合は顕著に低かった (Fig. 5-2)。久美浜湾ではアミ類の %N が全長 20 ~ 80 mm のヒラメでは 80 ~ 83%, 全長 80 ~ 100 mm では 57% であり, いずれのサイズでもアミ類が半数以上を占めていた。一方, 魚類の %N は 10 ~ 28%, エビ類は 5 ~ 10% であり, 両者の占める割合はいずれのサイズのヒラメでも低かった。

久美浜湾での各餌生物の相対的重要度指数 (IRI) は, アミ類が 6,150 ~ 16,663, エビ類が 132 ~ 1,271, 魚類が 796 ~ 8,400 であった。各餌生物の %IRI は, 全長 20 ~ 80 mm のヒラメでは, アミ類が 70 ~ 92% と他の餌生物種と比べ顕著に高かった (Fig. 5-3)。一方, 全長 80 ~ 100 mm の個体では魚類の %IRI が 53% と最も高く, アミ類の値 (39%) を上回った。また, エビ類の %IRI は 1.0 ~ 8.0% と低かった。

1 尾のヒラメが摂餌したアミ類の平均個体数は, 箱石浜では 3.5 ~ 8.7 個体, 久美浜湾では 4.5 ~ 9.9 個体であり, 全長 20 ~ 80 mm では大型の個体ほど摂餌個体数が多かった。一方, 1 尾のヒラメが摂餌した魚類の平均個体数は, 箱石浜では 1.0 ~ 1.3 個体, 久美浜湾では 1.3 ~ 2.6 個体であった。その他の餌生物では, ヨコエビ類が箱石浜で 1.0 ~ 1.9 個体, エビ類が久美浜湾で 1.5 ~ 2.3 個体, それぞれ摂餌されていた。

Table 5-1 Feeding conditions and food compositions of juvenile Japanese flounder in western Wakasa Bay

Sampling area	Class of total length (mm)	Number of specimens	IES	SCI (mean ± SD)	%O			
					Mysidacea	Gammaridea	Macrura	Pisces
Hakoishi Beach	20-40	11	0.0	n.d.	100.0	18.2		36.4
	40-60	18	5.6	n.d.	100.0	41.2		
	60-80	35	11.4	n.d.	93.5	3.2		3.2
	80-100	24	20.9	n.d.	94.7	10.5		5.3
Yura Beach	20-40	5	0.0	1.72 ± 0.75	100.0			
	40-60	15	6.7	0.63 ± 0.22	100.0			
	60-80	5	20.0	0.78 ± 0.58	100.0			
	80-100	6	0.0	1.00 ± 1.41	83.3	16.7	16.7	
Kumihama Bay	20-40	6	0.0	4.92 ± 3.29	100.0			50.0
	40-60	10	0.0	4.76 ± 4.51	80.0			50.0
	60-80	7	0.0	4.45 ± 3.48	100.0			42.9
	80-100	6	0.0	2.02 ± 1.74	83.3			83.3

IES: incidence of empty stomach, SCI: stomach content index, %O: percentage occurrence for each prey taxon in stomachs
n.d.: no data

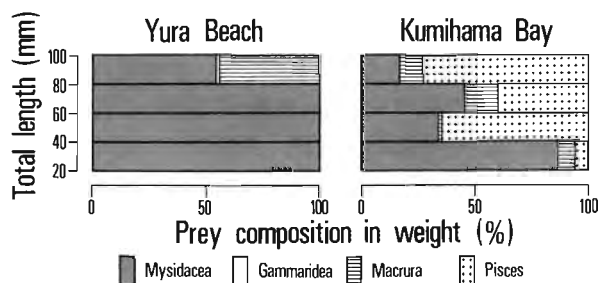


Fig. 5-1 Prey composition of stomach contents in weight (%W) by size of juvenile Japanese flounder sampled from Yura Beach and Kumihama Bay.

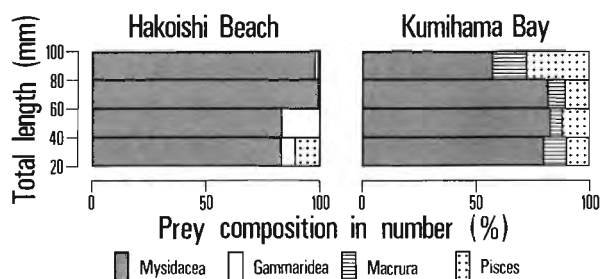


Fig. 5-2 Prey composition of stomach contents in number (%N) by size of juvenile Japanese flounder sampled from Hakoishi Beach and Kumihama Bay.

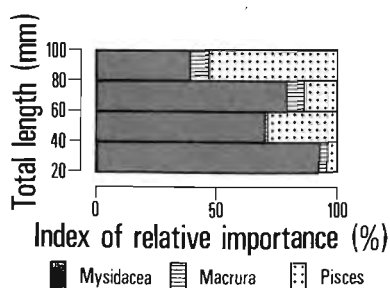


Fig. 5-3 Prey composition of stomach contents in the index of relative importance (%IRI) by size of juvenile Japanese flounder sampled from Kumihama Bay.

(3) 考察

稚魚期のヒラメは表在性あるいは底層浮遊性の動物を餌としており（首藤 1985; 首藤ら 1985），特にアミ類への依存度の高い狭食性であるとされている（今林 1980; 興石ら 1982; 広田ら 1990）。若狭湾西部海域の由良浜における過去の研究からも，稚魚期のヒラメはアミ類を専食することが報告されており（清野，坂野 1972; 種 1990），本研究においても，由良浜のヒラメ稚魚はアミ類を専食していることが確認された。さらに，本研究では，由良浜とは環境条件の異なる外海域の箱石浜や閉鎖性の強い内湾の久美浜湾においても，ヒラメ稚魚がアミ類を主食としていることが確認され，若狭湾西部海域においても，他の海域と同様（今林 1980; 南 1982; 加藤 1987; 山田ら 1998; 古田ら 1999; Yamamoto *et al.* 2004; 片山ら 2005; 田中ら 2006），アミ類が稚魚期のヒラメにとって最も重要な餌料であることが明らかとなった。

一方，久美浜湾では他の 2 海域と比べて魚類の出現頻度と重量比率が高く，特に全長 80 ~ 100 mm では魚類の相対的重要度指数がアミ類よりも高く，魚類がアミ類に代わって主食となっていた。稚魚期のヒラメの食性は，ハゼ類の幼稚魚などが多い閉鎖性海域では，アミ類の多い開放性海域と比べて早い段階で魚食性に移行するとされている（小嶋ら 1985; 山田ら 1998）。久美浜湾は一本の細い水路でのみ外海と連絡する閉鎖性の強い内湾であり，ハゼ類やカタクチイワシの稚魚が多く分布しており（上野 1979），アミ類が多い開放性海域の由良浜（種 1990; 京都府立海洋センター 1993a）や箱石浜（京都府農林水産技術センター 未発表）とは環境が顕著に異なっている。これらのことから，若狭湾西部海域においても，ハゼ類などの稚魚が多い閉鎖性海域ではアミ類の豊富な開放性海域よりも小型サイズでアミ類から魚類への食性の転換が起こっていることがわかった。

第 2 節 若魚の食性

若狭湾西部海域では，ヒラメは全長 10 cm を超えて若魚になると成育場付近から分布域を徐々に拡大し，沖合や他海域への移動も活発になると考えられている（清野，坂野 1972）。しかし，本海域には若魚期のヒラメを対象とする漁業がないうえ，本種を混獲する可能性の高い曳網漁業も水深 100 m 以浅では小規模なものが局地的に操業されているに過ぎず，本種若魚については漁業からの情報が少ないことから，その分布や食性などの生態的知見は乏しい。そこで，成育場周辺で桁曳網によるヒラメ若魚の採集調査を行うとともに，定置網や刺網などで混獲される若魚を可能な限り収集し，それらの胃内容物を分析し，本種の若魚期の食性について検討した。

(1) 材料および方法

試料は，1994 年 7 月 19 日から 2001 年 10 月 9 日の間に，前節で稚魚を採集した久美浜町箱石浜および由良川河口周辺の概ね水深 60 m 以浅の沿岸海域において，定置網，刺網，桁曳網により採捕された全長 10 ~ 20 cm のヒラメ若魚 434 尾を用いた。採捕漁法別の供試魚のサイズと尾数は，定置網の試料が全長 11.2 ~ 20.0 cm の 344 尾，刺網の試料が全長 13.1 ~ 19.9 cm の 44 尾，桁曳網の試料が全長 10.2 ~ 19.3 cm の 46 尾であった。供試魚は生鮮状態で実験室に持ち帰り，全長 (cm) および体重 (g) を測定後，胃内容物を摘出して重量を測定し，前節の稚魚と同様の方法で餌生物の分類群を査定した。また，桁曳網の試料については，餌生物の個体数を分類群別に計数した。胃内容物の調査結果から，ヒラメの摂餌状態の指標として空胃率 (*IES*) および胃内容物重量指数 (*SCI*) を，餌生物組成の指標として各餌生物の出現率 ($\%O_i$) を，それぞれ前節と同じ方法で求めた。さらに，*IES* および *SCI* は，前節と同様の検定法により標本間の差を検定した。

加えて，稚魚期と若魚期の摂餌状況の違いを調べるため，若魚の *IES* および *SCI* を前節の 3 海域での稚魚の値と比較した。その際，若魚の値は，稚魚と同じ漁法で採捕された桁曳網試料のデータを用いた。また，稚魚の値は，サイズ別データを合算したものをを用いた。

(2) 結果

ヒラメ若魚の空胃率 (*IES*) は，定置網の試料が 26.2%，刺網が 38.6%，桁曳網が 37.0% であり，定置網試料がやや低かったが，漁法間で有意な差は認められなかった ($p > 0.05$)。また，胃内容物重量指数 (*SCI*) の平均値は，定置網試料が 4.31%，刺網が 4.10%，桁曳網が 4.59% であり，*SCI* にも漁法間で有意な差は認められなかった ($p > 0.05$)。

餌生物種とその出現率 ($\%O$) をみると (Table 5-2)，若魚期のヒラメはほとんどの個体が魚類を専

食しており、魚類以外ではごく一部の個体が甲殻類を摂餌していた。魚類の中ではカタクチイワシの%Oが43.7～74.1%であり、いずれの漁法の試料においても最も高かった。また、刺網試料では、カタクチイワシを摂餌していた20尾のうちの8尾がシラス期の仔魚を摂餌していた。カタクチイワシ以外は試料により魚種が異なり、定置網試料ではマアジやマイワシ、オキヒイラギ、刺網および桁曳網試料ではハゼ類やシロギスなどが摂餌されていた。また、甲殻類はアミ類とエビ類が摂餌されていた。

桁曳網試料で摂餌が認められた29尾のうち、餌生物の個体数が計数できたヒラメは22尾であった。そのうち、魚類を摂餌していたヒラメは21尾であり、それらが摂餌した魚類の個体数は1尾当たり1～3個体であった。

桁曳網試料のIES(37.0%)は、前節の3海域の稚魚(0～11.4%)より有意に高かった($p < 0.01$)。一方、若魚のSCI(4.59%)は、久美浜湾の稚魚のSCI(4.00%)とは有意な差は認められなかったが($p > 0.05$)、由良浜の稚魚(0.92%)と比べて有意に高かった($p < 0.01$)。

(3) 考察

本研究で得られた若狭湾西部海域における若魚期のヒラメの空胃率(IES)は22～45%であり、本海域における既往知見の30%前後の値と概ね等しかった(清野, 坂野 1972)。また、新潟県沿岸での若魚の空胃率が50%前後であること(加藤 1987)と比べても大きな違いはなかったことから、いずれの漁

法の試料も概ね自然条件下での摂餌状態を表していると考えられる。

本海域では、若魚期のヒラメのほとんどが魚類を専食しており、明確な魚食性を示した。魚種としてはカタクチイワシの摂餌割合が顕著に高く、シラス期の個体が多く含まれている特徴があった。若魚期のヒラメがカタクチイワシを主食としていた事例は、日本海側では新潟県沿岸(興石ら 1982; 加藤, 1987)、鳥取県沿岸(梶川 1974)、玄界灘の筑前海(今林 1980)、太平洋側では東北沿岸(北川ら 1991; 山田ら 1998)、房総半島館山湾(石田ら 1977)など各地にみられ、その多くがシラス期や稚魚期の個体であった報告もある(石田ら 1977; 興石ら 1982; 山田ら 1998)。若狭湾西部海域では、カタクチイワシの仔稚魚は2～11月に出現し、出現の最盛期は7～8月および10～11月とされ(坂野, 鈴木 1978)、ヒラメの成育場のある由良川河口でも6～11月にかけて多く(南ら 1977)、カタクチイワシ仔稚魚の出現時期はヒラメ若魚の出現時期(清野, 坂野 1972)と一致している。本海域では、カタクチイワシ仔稚魚の主な分布域は水深75m以浅とされており(坂野, 鈴木 1978)、由良川河口では水深20m以浅に多く出現する(南ら 1977)。また、カタクチイワシ以外の魚種ではシロギスやハゼ類が摂餌されていたが、由良川河口では水深60m以浅にはこれらの魚種も多く分布している(南ら 1977)。これらのことから、若狭湾西部海域では、若魚期のヒラメは由良川河口などの成育場周辺の浅海域に分布し、その海域に多く生息

Table 5-2 Taxonomic composition of prey items in the stomach contents of young Japanese flounder caught by set net, gill net and beam trawl in western Wakasa Bay

Taxon				%O			
Class	Order	Family	Genus and Species	Set net	Gill net	Beam trawl	
Crustacea	Mysidacea	Unidentified		0.4		3.4	
	Decapoda (Macrura)	Crangonidae	<i>Crangon</i> spp.			3.4	
Osteichthyes	Clupeiformes	Unidentified		1.2			
		Clupeidae	<i>Etrumeus teres</i>	0.8			
			<i>Sardinops melanostictus</i>	5.1			
		Engraulidae	<i>Engraulis japonicus</i>	43.7	74.1	51.7	
		Unidentified		5.1			
		Synodontidae	<i>Saurida</i> spp.	0.4			
		Gadiformes	Bregmacerotidae	<i>Bregmaceros japonicus</i>	0.8		
		Perciformes	Apogonidae	<i>Apogon lineatus</i>	0.8		
				<i>Apogon semilineatus</i>	2.4		
			Sillaginidae	<i>Sillago japonica</i>		3.7	6.9
		Carangidae	<i>Trachurus japonicus</i>	15.7			
			Unidentified	1.6			
		Leiognathidae	<i>Leiognathus rivulatus</i>	5.5			
		Mullidae	<i>Upeneus bensasi</i>	0.8		3.4	
		Sphyrnidae	<i>Sphyrna pinguis</i>	0.8			
	Callionymidae	Unidentified	0.4				
	Gobiidae	Unidentified		3.7	10.3		
	Unidentified			18.5	31.0		
Number of specimens				254	27	29	

%O: percentage occurrence for each prey taxon in stomachs

しているカタクチイワシなどの魚類を主食として生活していることが推察された。定置網で漁獲されたヒラメは多くの種類の魚類を摂餌していたが、これは定置網の中で利用可能な小型魚が周囲に多く分布していたためと考えられる。

若魚の胃内容物重量指数 (*SCI*) の平均値は、アミ類を専食していた由良浜の稚魚 (前節) と比べて有意に高く、その値は最大成長に必要な基準値 (1.96%) (興石, 安永 1980) を超えており、天然海域での摂餌量から推定された日間摂餌量の最大値 (4.51%) (Nashida and Tominaga 1987) や飼育実験から得られた日間摂餌量 (3.73 ~ 5.62%) (遠山, 庄司 1977) と同等であった。若魚期の *SCI* が稚魚期より顕著に高くなったのは、若魚がアミ類よりも 1 個体当たりの重量が大きい魚類を摂餌していたことによる。単位重量当たりのカロリー量は魚類と甲殻類で大差はない (Thayer *et al.* 1973) が、1 個体の体重は総じてアミ類より魚類の方が大きい。若魚期のヒラメは、アミ類のみでは十分な摂餌量が得られず、一定の成長率を維持できなくなり (興石 1990; Fujii and Noguchi 1996; 山田ら 1998)、1 個体当たりの重量が大きく、アミ類よりも多くのエネルギー摂取が見込める魚類へと食性を転換すると推察される。成長期にあるヒラメ若魚にとっては、魚食こそが成長率を最大化するための最適採餌 (佐原 1987) と考えられる。

若狭湾西部海域では、ヒラメは産まれた年の 8 月頃には若魚期に達し、分布範囲を沖合へと拡大しはじめる (清野, 坂野 1972)。その時期はアミ類が減少する時期とも対応しており (京都府立海洋センター 1993a)、若魚期のヒラメはカタクチイワシなどの魚類を求めて、アミ類の多い水深 5 m 前後の成育場 (京都府立海洋センター 1993a) を離れ、沖合へと分布域を拡大すると推察される。若魚期の同様の移動現象は他の海域でもみられ (石田ら 1977; 小嶋ら 1985; 加藤 1987; 興石 1990)、成育場からの移出は、成長に最適な餌を求めての移動であることから、「索餌回遊」と言えよう。

第 3 節 未成魚および成魚の食性

未成魚期以降のヒラメは、若魚期と同じ肉食性とされる (落合, 田中 1998)。しかし、未成魚および成魚は、成育場付近の浅海域を主分布域とする若魚 (清野, 坂野 1972) とは異なり、水深数 m から概ね水深 200 m までの広い範囲を生活領域としており (第 6 章第 2 ~ 4 節)、餌料環境も若魚期と比べ多様なことが推察される。また、成長に伴い捕食可能な餌のサイズが拡大するため、未成魚および成魚の餌生物が若魚と異なることも考えられる。そこで、水深 200 m 以浅の若狭湾西部海域において、各種漁業および桁曳網を用いた採集調査により採捕された未成

魚および成魚期のヒラメを対象に胃内容物調査を行い、それらの食性について検討した。

(1) 材料および方法

試料は、若狭湾西部海域で 1989 年 5 月 18 日から 2001 年 10 月 9 日の間に、定置網、刺網、底曳網、桁曳網、延縄および曳釣で採捕された全長 20.0 cm 以上の個体、それぞれ 1,538 尾, 2,429 尾, 99 尾, 16 尾, 819 尾および 24 尾を用いた。供試魚の形態計測および胃内容物の分析ならびにデータの統計検定は、前節と同様の方法で行った。なお、延縄試料については、釣餌と判断された生物は摂餌物から除外した。

(2) 結果および考察

漁具漁法による摂餌状態の違い 漁法別試料の空胃率 (*IES*) には漁法間で有意差があり ($p < 0.01$)、定置網の試料が 18.1% で最も低く、次いで桁曳網 (37.5%) と底曳網 (36.4%) が続き、さらに刺網 (61.1%)、延縄 (86.1%) の順で高くなり、曳釣が 91.7% で最も高かった。また、胃内容物重量指数 (*SCI*) にも漁法間で有意差が認められ ($p < 0.01$)、その平均値は定置網の試料が 4.34% で最も高く、次いで底曳網 (2.54%)、曳釣 (2.46%)、桁曳網 (2.26%) の順に低くなり、延縄は 1.81%、刺網は 1.14% であった。

魚類胃内の餌生物の量や種組成は、試料の採集に用いた漁具漁法によって異なる場合がある (大森 1980; 木村 1987)。本研究においても、ヒラメの *IES* と *SCI* は漁法により異なっており、特に定置網の試料では他の漁法との違いが顕著であり、明らかにヒラメの摂餌強度が高かった。定置網には多種多様な魚介類が入網し、網内ではそれらが自然条件下よりも高い密度で混在しており、捕食の機会も増えることが考えられる。今回の調査においても、定置網試料の胃内からは、未消化で摂餌されて間もないと思われる魚介類や漁獲物と同じ魚種が出現する事例がみられたことから、定置網試料の摂餌強度の高さには網内での摂餌が影響したものと考えられる。また、延縄と曳釣の試料では他の漁法の試料より *IES* が有意に高かったが、その原因としては、釣り上げ時に魚体が受ける衝撃や急激な水圧変化により胃内容物が吐き出されることや、空胃個体の方が釣獲されやすいことが考えられる (木村 1987)。一方、底曳網、桁曳網および刺網の試料の *IES* は他県での既往知見 (41.9 ~ 78.6%) と概ね等しく (河野 1997)、*SCI* は成魚で推定された日間摂餌率 (3.6%) より小さい (笠松ら 2001)。これらのことから、今回の試料の中では、底曳網、桁曳網および刺網の試料が本種の自然条件下での摂餌状態に最も近いと考えてよいだろう。

一方、いずれの試料の餌生物種組成も、魚類が主体であり、最も出現率の高い魚種はカタクチイワシであった (Table 5-3)。沿岸性の魚種であるカタクチイワシは若狭湾西部海域では汀線域から水深 140

m の海底付近までの広い範囲に分布しており (南ら 1977; 内野ら 1982), 同様の範囲に生息するヒラメにとって最も重要な餌生物と言えよう。カタクチイワシに次いで多く摂餌されていた魚種は, 最も岸寄りの水深 60 m 以浅で操業する刺網ではイカナゴやハゼ類, 水深 30 ~ 60 m の定置網ではオキヒイラギ, ヒメジ, ネンブツダイ, マアジであった。また, 主に水深 50 ~ 100 m の海域で操業する延縄ではマイワシやアジ類, 水深 100 ~ 300 m で操業する底曳網ではニギスやマアジであった。ヒラメの食物の内容は生

息海域での餌生物の出現量に影響されることから (梶川 1974), カタクチイワシに次いで多く摂餌されていた魚種が試料により異なったのは, 供試魚の分布域, なかでも水深帯の違いによるものと考えられた。

月別およびサイズ別の餌生物種組成 自然条件下での本種の摂餌生態を知るため, 底曳網, 桁曳網および刺網の試料を用いて, 月別およびサイズ別の摂餌内容を整理した。月別の各餌生物の出現率をみると (Fig. 5-4), 多くの月で魚類が 8 割以上であり, イカ類や甲殻類は低率で, 供試魚はほぼ周年魚類を

Table 5-3 Taxonomic composition of prey items in the stomach contents of immature and adult Japanese flounder caught by set net, gill net, Danish seine, beam trawl longline and trolling in western Wakasa Bay

Taxon				%O						
Class	Order (Suborder)	Family	Genus and Species	Set net	Gill net	Danish seine	Beam trawl	Long-line	Trolling	
Cephalopoda	Sepioidea	Sepiolidae	<i>Euprymna morsei</i>	0.2						
		Teuthoidea	Loliginidae	<i>Photololigo edulis</i>	2.1					
				<i>Heterololigo bleekeri</i>	0.1					
			Ommastrephidae	<i>Todarodes pacificus</i>	0.5				2.6	
					2.5	1.9	3.2	10.0	5.3	
Crustacea	Unidentified				3.7					
	Mysidacea	Unidentified			0.1	1.6			0.9	
	Euphausiidae	Unidentified			0.1					
	Decapoda (Macrura)	Penaeidae		<i>Trachypenaeus curvirostris</i>						
				<i>Metapenaeopsis acclivis</i>	0.3					
				<i>Metapenaeopsis dalei</i>				10.0		
			Alpheidae	<i>Alpheus japonicus</i>		0.1				
			Crangonidae	<i>Crangon</i> spp.		3.3				
			Unidentified		2.9	1.4				
		(Brachyura)	Unidentified			0.2			0.9	
	Stomatopoda	Squillidae	<i>Squilla oratoria</i>	0.1						
Osteichthyes	Unidentified	Clupeiformes	Clupeidae		0.1					
					1.3					
					1.9	0.5			5.3	
				<i>Konoshirus punctatus</i>	0.1					
				<i>Engraulis japonicus</i>	31.4	37.2	44.4	60.0	12.3	
			Engraulidae		1.0	0.6	4.8		24.6	
			Unidentified				17.5			
		Salmoniformes	Argentinidae	<i>Glossanodon semifasciatus</i>						
		Aulopiformes	Synodontidae	<i>Saurida</i> sp.	3.6	0.3				
			Bregmaceroideae	<i>Bregmaceros japonicus</i>	2.4					
		Ophidiiformes	Ophidiidae	<i>Neobythites sivicolus</i>					0.9	
		Beloniformes	Scomberesocidae	<i>Cololabis saira</i>	0.1					
		Scorpaeniformes	Trigidae	<i>Chelidomichthys spinosus</i>		0.1				
				<i>Lepidotrigla</i> sp.		0.1			0.9	
			Platycephalidae	Unidentified	0.3				1.8	
			Apogonidae	<i>Apogon lineatus</i>	0.6	0.3				
				<i>Apogon semilineatus</i>	8.5	0.1				
			Sillaginidae	<i>Sillago japonica</i>	0.6	0.7				
			Carangidae	<i>Trachurus japonicus</i>	6.5	0.5	9.5		1.8	
				<i>Decapterus maruadsi</i>	0.5				0.9	
				Unidentified	1.4	1.3	1.6		5.3	
			Leiognathidae	<i>Leiognathus rivulatus</i>	12.0	0.1				
			Haemulidae	<i>Parapristipoma trilineatum</i>	1.0					
			Nemipteridae	<i>Nemipterus virgatus</i>	0.1					
			Sciaenidae	<i>Atrubucca nibe</i>	0.1					
			Sparidae	Unidentified		0.1				
			Mullida	<i>Upeneus bensasi</i>	9.5	0.1	1.6			
			Pomacentridae	<i>Chromis notata notata</i>		0.3				
			Labridae	Unidentified		0.1				
			Pinguipedidae	<i>Parapercis sexfasciata</i>	0.1	0.1				
		Blenniidae	<i>Istiblennius enosimae</i>		0.1					
		Ammodytidae	<i>Ammodytes personatus</i>	0.2	8.7					
		Liparidae	Unidentified			3.2				
		Callionymidae	Unidentified	0.2	1.7					
		Gobiidae	Unidentified	0.5	6.1		10.0			
		Sphyraenidae	<i>Sphyraena pinguis</i>	0.2						
			<i>Sphyraena</i> sp.		0.1					
			<i>Scomber</i> sp.					0.9		
		Pleuronectiformes	Paralichthyidae		0.1					
			<i>Paralichthys olivaceus</i>					0.9		
			<i>Pseudorhombus pentophthalmus</i>							
		Pleuronectidae	<i>Hippoglossoides pinetorum</i>			3.2				
			<i>Pleuronichthys cornutus</i>		0.1					
			Unidentified		0.2	4.8		1.8		
		Soleidae	<i>Heteromycteris japonica</i>	0.2	0.1					
		Unidentified		0.1	0.1					
	Unidentified			52.1	36.8	25.4	20.0	43.0		
Number of specimens				1260	945	63	10	114	2	

%O: percentage occurrence for each prey taxon in stomachs

専食していた。

また、供試魚の全長階級別の餌生物種組成をみても (Table 5-4), いずれのサイズの個体も魚類を主食としており、魚種ではカタクチイワシの出現率が最も高く、特に全長 40 cm 未満では約 4 割の個体がカタクチイワシを摂餌していた。全長 20 ~ 30 cm の個体では、沿岸の砂質底域に分布するイカナゴ (落合, 田中 1998) や、若魚期に多く摂餌されていたハゼ類の出現率がカタクチイワシに次いで高く、稚魚期や若魚期と同様にエビジャコやアミ類などの小型甲殻類もみられ、このサイズの個体が成育場付近の浅海域に分布していたことが示唆される。また、全長 30 ~ 40 cm でもカタクチイワシやイカナゴの出現率が高く、このサイズの個体も主として沿岸域に分布していたことが伺われる。一方、全長 40 ~ 70 cm ではカタクチイワシの出現率がやや減少し、代わってマアジやニギスなど、カタクチイワシ以外の魚種の出現率が増加しており、特に全長 60 ~ 70 cm ではニギス、ソウハチ、クサウオ類を摂餌していたことが特徴的であった。過去の若狭湾西部海域での桁曳網による採集調査では、ニギスやクサウオ類は主に水深 80 m 以深、ソウハチは水深 110 m 以深で確認されている (内野ら 1982)。一方、ヒラメ成魚は、鳥取県

沿岸から隠岐島周辺では水深 200 m までの広い水深帯に分布するとされており (小林 1974), 若狭湾西部海域では水深 110 m 以深でも漁獲されている (京都府立海洋センター 1983)。今回の調査から、若狭湾西部海域においても、全長 60 cm 以上のヒラメが水深 110 m 以深でも生活領域にしていることがわかつ

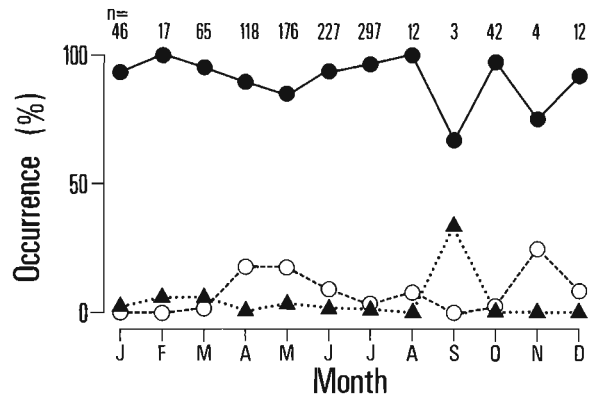


Fig. 5-4 Seasonal changes in percentage occurrence (%O) of fish (solid circle), squids (open circle) and crustaceans (closed triangle) in stomach contents of immature and adult Japanese flounder sampled in western Wakasa Bay. "n" shows the number of specimens.

Table 5-4 Taxonomic composition of prey items in the stomach contents by length classes of immature and adult Japanese flounder caught in western Wakasa Bay

Taxon				%O						
Class	Order (Suborder)	Family	Genus and Species	Total length (cm)						
				20 - 30	30 - 40	40 - 50	50 - 60	60 - 70	70 - 80	
Cephalopoda Crustacea	Unidentified	Mysidacea	Unidentified	1.9	1.5			18.8	40.0	
				6.2	0.5					
	Euphausiidae	Decapoda (Macrura)	Penaeidae	<i>Trachypenaeus curvirostris</i> <i>Metapenaeopsis dalei</i>	0.3	0.3		3.6		
					0.3	0.3				
	Alpheidae	Crangonidae	Unidentified	<i>Alpheus japonicus</i> <i>Crangon</i> spp.	0.4					
					0.2					
	4.7	1.5	1.5	1.3	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
	Osteichthyes	Decapoda (Brachyura)	Unidentified	Clupeiformes	0.6	0.3	2.3			
					0.6	0.3	2.3			
39.6	Engraulidae	Unidentified	<i>Sardinops melanostictus</i> <i>Engraulis japonicus</i>	40.2	40.2	16.3	14.3	18.8	60.0	
				0.6	0.6	1.0	2.3	3.6		
0.8	Argentinidae	Synodontidae	<i>Glossanodon semifasciatus</i> <i>Saurida</i> sp.	0.8	0.5	7.0	7.1	18.8		
				0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	
0.2	Triglidae	Perciformes	Apogonidae	0.2	0.5					
				0.2	0.5					
0.4	Sillaginidae	Carangidae	<i>Apogon lineatus</i> <i>Apogon semilineatus</i> <i>Sillago japonica</i>	0.4	0.3		3.6			
				0.4	0.3		3.6			
0.4	0.8	4.7	14.3	6.3	1.5	1.3	0.2	0.2	0.2	
										0.2
0.2	Leioagnathidae	Sparidae	<i>Leioagnathus rivulatus</i> Unidentified	0.2	0.3		3.6			
				0.2	0.3		3.6			
0.3	Mullida	Pomacentridae	<i>Upeneus bensasi</i> <i>Chromis notata notata</i>	0.3	0.3		7.1	6.3		
				0.3	0.3		7.1	6.3		
0.3	Labridae	Pinguipedidae	Unidentified	0.3	0.3					
				0.3	0.3					
0.2	Blenniidae	Ammodytidae	<i>Paraperchis sexfasciata</i> <i>Istioblennius enosimae</i>	0.2	0.3					
				0.2	0.3					
4.2	14.3	7.0	<i>Ammodytes personatus</i> Unidentified	4.2	14.3	7.0				
				4.2	14.3	7.0				
1.9	1.5	9.6	2.0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	
										1.9
9.6	2.0	0.3	<i>Sphyræna</i> sp. <i>Paralichthys olivaceus</i>	9.6	2.0					
				9.6	2.0					
0.2	Pleuronectiformes	Pleuronectidae	<i>Sphyræna</i> sp. <i>Paralichthys olivaceus</i> <i>Hippoglossoides pinetorum</i> <i>Pleuronichthys cornutus</i> Unidentified	0.2	0.3			6.3	20.0	
				0.2	0.3			6.3	20.0	
0.2	Soleidae	Unidentified	<i>Heteromycteris japonica</i> Unidentified	0.2	0.3	2.3		12.5	20.0	
				0.2	0.3	2.3		12.5	20.0	
33.4	36.4	55.8	50.0	31.3	20.0	0.3	0.3	0.3	0.3	
										33.4
Number of specimens				530	398	43	28	16	5	

%O: percentage occurrence for each prey taxon in stomachs

た。

次章で述べるように、若狭湾西部海域では、ヒラメは少なくとも1歳の夏季(全長30 cm前後)までは成育場付近の浅海域に分布するが、それ以降は分布域を徐々に拡大し、成魚(全長45 cm以上)になると水深100 m以深の沖合域にも分布すると考えられる。今回の調査でヒラメが摂餌していた生物種の分布域は、これらサイズ別のヒラメの生活領域と重複しており、胃内の餌生物種組成から本種の分布域をある程度特定できることがわかった。

若狭湾西部海域において、ヒラメは稚魚期にはアミ類、若魚期以降には魚類を主食とし、それらの餌生物種組成は比較的単純であり、本種は狭食性を示した。そして、若魚期、未成魚および成魚期を通じて、魚類の中ではカタクチワシへの依存度が高いことが特徴であった。若魚期や未成魚および成魚期のヒラメがカタクチワシを摂餌していた事例(梶川1974; 佐藤1975; 大森1975; 石田ら1977; 今林1980; 梨田1984; 加藤1987; 北川ら1991; 山田ら1998)は全国各地にみられる。また、本調査では、カタクチワシ以外の魚種についても、マイワシ(北川ら1991; 河野1997)、シロギス(梶川1974; 石田ら1977)、マアジ(梨田ら1984)、ヒメジ(梶川1974; 石田ら1977; 河野1997)、スズメダイ(河野1997)、イカナゴ(大森1975; 佐藤1975; 北川ら1991; 河野1997)、ハゼ類(大森1975; 今林1980; 梨田1984; 梨田ら1984; 河野1997)など、他海域と共通する種が多く見られた。

ヒラメは視覚を頼りに遊泳性生物を捕食する pelagic fauna feeder とされている(大森1975; 清野、坂野1972)。しかし、本種は鰾を持たない海底生活者であり(松原ら1979)、敏速に収縮するが疲労しやすいとされる白色筋(日比谷1976)を持ち、海底で餌が来るのを待ち伏せて捕食する摂餌行動を示す(興石ら1982)。とりわけ離底時に肉食性魚類の食害を受けやすい稚魚期には(古田1991; 乃一ら1993; Furuta 1996; 古田1998a)、専ら海底に潜砂して待ち伏せ型の捕食行動様式を採っている(興石ら1982)。バイオテレメトリーによるヒラメの行動解析では、摂食時の離底の高さは5 m以内であり(柿元ら1979; 梨田ら1996)、捕食できる餌は海底近くの遊泳性生物に限定されると考えられる。これらのことから、ヒラメの狭食性は、特定の餌生物種を能動的に選択して摂食するものではなく、底生生活に適した形態に特化した本種が採り得る最適の採餌方法(佐原1987)である待ち伏せ型の捕食行動(Hobson 1974)の結果によるものと言えよう。

第6章 分布および移動

若狭湾西部海域におけるヒラメの分布・移動については、これまで仔稚魚期を中心に、多くの調査、研究が行われてきた。その結果、浮遊生活を送る仔魚期には底深100 m前後の沖合域を中心にほぼ全域の表・中層に広く分布しており(清野ら1977; 桑原、鈴木1982; 浜中、桑原1992; 前田2002)、変態が進み底生生活に適した段階になると由良川河口域などの水深30 m以浅の砂質底に着底し、その海域を成育場として稚魚期を過ごすことが知られている(清野、坂野1972; 南1982, 1987)。その後、ヒラメは全長10 cmに達する頃から沖合方向へ分布範囲を拡大し始め、全長14~15 cm以上になると成育場から移出すると考えられている(清野、坂野1972)。しかし、成育場を移出してからの若魚期のヒラメの動向については断片的な情報があるのみで、翌春に本海域内において定置網や刺網で漁獲される満1歳のヒラメ(全長25 cm)が、同海域内で着底、成長したヒラメであるかどうかは必ずしも明らかではない。また、本海域で冬季に漁獲される未成魚の一部は西方へ長距離移動する(清野、林1977)が、本海域内で着底、成長したヒラメが同様の長距離移動を行うことについては明らかではない。

魚類の分布・移動を調査する方法としては、標識魚の再捕から直接的に対象種の動きを知ることができ、標識放流法が最も広く行われている方法であり、これまでにヒラメを対象とした標識放流試験により得られた知見も多い。そこで本章では、若魚期以降のヒラメの分布・移動について、本海域内で着底した個体の動向を含めて、若魚、未成魚および成魚に分けて、主として標識放流試験の結果から検討した。

なお、本章では、本海域での本種の産卵期に当たる3~5月に採捕されたヒラメのうち、雌雄の75%以上の個体が成熟する満3歳以上に該当する全長(雄41.4 cm以上、雌48.5 cm以上)の個体(第3章第1節および第4章)を成魚とした。

第1節 若魚の分布および移動

若狭湾西部海域の浅海域では、底曳網などの曳網漁業が行われていないため、成育場から移出後の若魚期のヒラメは、定置網に一時的な入網がみられる以外に漁獲されることはほとんどない。そのため、漁獲情報から得られる若齢期のヒラメの分布・移動に関する知見は断片的であり、また活力のある多数の魚体を得ることができないため、天然魚を使った標識放流試験の実施も難しい。一方では、近年、ヒラメの種苗生産技術が確立され、若狭湾西部海域においても多数の人工種苗の放流が行われている。ヒラメの人工種苗は、放流後まもなく天然魚と同様の

分布様式を示すようになり（古田ら 1997）、その後も天然魚と同じ海域を生息域とするとされている（内野, 中西 1983; 富永ら 1994）。そこで本節では、若狭湾西部海域で着底したヒラメの成育場移出後の動向を把握するため、人工種苗を用いて標識放流試験を行い、その再捕結果から若齢期のヒラメの分布・移動について検討した。

(1) 材料および方法

1992年10月21日に、ヒラメの成育場とされている若狭湾西部海域の由良川河口域（清野, 坂野 1972; 南 1982; 1987）の水深 10 m 地点で、標識放流試験を実施した（Fig. 6-1 の放流点 A）。試験には、京都府栽培漁業センターで 1992年5月8日にふ化し、同所で放流直前まで飼育されていた平均全長 19.2 cm のヒラメ人工種苗 4,800 尾を用いた（Fig. 6-2）。供試魚

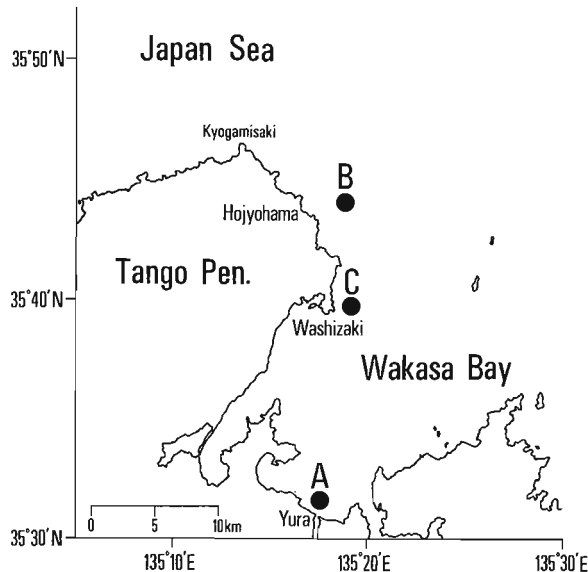


Fig. 6-1 Location of release sites of tagged Japanese flounder in western Wakasa Bay. Alphabetized closed circles show release site. A: off Yura Beach, B: off Honjohama, Ine Town, C: off Point Washizaki, Ine Town.

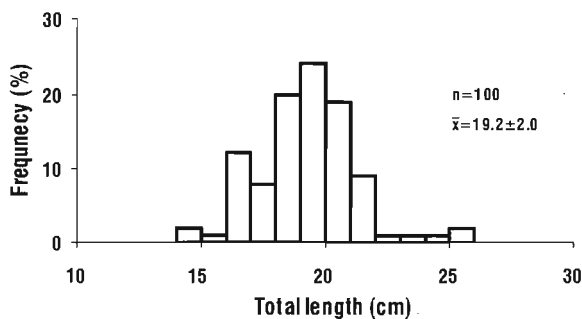


Fig. 6-2 Length frequency distribution of hatchery-reared Japanese flounder released with a tag in western Wakasa Bay. “n” and “ \bar{x} ” show the number of specimens and mean total length with standard deviation, respectively.

には有眼側の背鰭基部に標識票を装着して、船上からタモ網で海面付近に放流した。標識票には、柄の長さ 17 mm のプラスチック製アンカータグに、直径 12 mm, 厚さ 0.5 mm の桃色のプラスチック製ディスクを通したものをを用いた。ディスクには放流群識別用に文字と数字を刻印した。

標識魚の再捕記録は、漁業者などからの再捕報告によった。また、放流点から再捕場所までの距離として、地形上の最短距離を地図上で計測した。なお、放流点から 50 km 以内の範囲を、「若狭湾西部海域」とした。さらに、再捕記録について、再捕の期間を、若狭湾西部海域の水温の年変化（橋本, 1973）に基づき、水温が急激に降下する時期に当たる放流時（1992年10月）～1993年2月、最低水温から上昇に転じる時期に当たる 1993年3～5月、急激に昇温する時期に当たる 1993年6～8月、最高水温から再び降温する時期に当たる 1993年9月～1994年2月および 1994年3月以降の 5つの期間に分けて整理した。

(2) 結果

標識魚は、放流直後の 1992年10月下旬から 1994年11月上旬までに 730 尾が再捕され、その再捕率は 15.2% であった。

時期別の再捕状況（Table 6-1）をみると、1992年10月～1993年2月には 477 尾が再捕され、それらの再捕場所はすべて若狭湾西部海域であった。同海域内での再捕状況を詳しくみると、放流点から 10 km 以内で 431 尾が再捕されており、再捕総数の 90% を占めていた。なお、放流点から 10 km 以内の海域は、概ね水深 50 m 以浅であった。

1993年3～5月には 128 尾が再捕され、それらの再捕場所はすべて若狭湾西部海域であった。場所別の再捕尾数の内訳は、放流点から 10 km 以内で 90 尾、放流点から 11 km 以遠で 37 尾であり、70% が放流点付近で再捕されていた。

1993年6～8月には 84 尾が再捕され、そのうち 80 尾の再捕場所は若狭湾西部海域であった。また、同海域での再捕尾数の内訳は、放流点から 10 km 以内で 54 尾、放流点から 11 km 以遠で 25 尾であり、68% が放流点付近で再捕されていた。一方、同海域以外では、兵庫県北部沿岸で 2 尾、鳥取県東部沿岸で 1 尾、若狭湾東部海域で 1 尾が再捕された。放流点からそれらの再捕場所までの距離は約 55～120 km であった。

1993年9月～1994年2月には 29 尾が再捕された。海域別の再捕尾数は、若狭湾西部海域では 24 尾、兵庫県北部沿岸および鳥取県東部沿岸では各 2 尾、鳥取・島根県境付近では 1 尾であった。また、若狭湾西部海域内での内訳は、放流点から 10 km 以内で 9 尾、放流点から 11 km 以遠で 13 尾であり、放流点から離

Table 6-1 Area of recoveries of Japanese flounder released at young stage in western Wakasa Bay

Period of recovery	Number of recoveries							
	Western Wakasa Bay			Eastern Wakasa Bay	Off north coast of Hyogo Prefecture	Off east coast of Tottori Prefecture	Off Tottori - Shimane prefectural border	
	Distance from release site							
≤10km	11km≤	Unknown	Total					
Oct. 1992- Feb. 1993	431	40	6	477				
Mar.- May 1993	90	37	1	128				
June- Aug. 1993	54	25	1	80	1	2	1	
Sept. 1993- Feb. 1994	9	13	2	24		2	2	1
Mar. 1994- Nov. 1994	2	7		9				

れた場所での再捕個体が多かった。なお、若狭湾西部海域以外での再捕の時期は10～12月であり、放流点からの移動距離は約80～200kmであった。

1994年3月以降には9尾が再捕され、それらの再捕場所はすべて若狭湾西部海域であった。その内訳は、放流点から10km以内で2尾、放流点から11km以上で7尾であり、放流点から離れた場所で再捕された個体が多かった。

以上のように、標識魚の再捕場所は、放流翌年の5月までは若狭湾西部海域に限られていた。さらに、同海域でも放流点から10km以内で再捕された個体の割合が、放流直後から翌年2月までは90%、放流翌年の3～5月では70%を占め、ほとんどが放流点付近で再捕されていた。放流翌年の水温が急激に上昇する時期の6～8月になると、少数が放流点から100km前後離れた兵庫県北部沿岸や鳥取県東部沿岸などで再捕されるようになったものの、依然として大多数は若狭湾西部海域で再捕されており、同海域内でも放流点付近での再捕が主体であった。一方、放流翌年の9月以降には、若狭湾西部海域での再捕は放流点から10km以上離れた場所が主体となり、海域内での再捕尾数も大きく減少した。また、放流翌年の水温下降期に当たる10～12月には、鳥取県東部沿岸や鳥取・島根県境付近など放流点から100km以上離れた西方海域でも再捕された。

(3) 考察

若狭湾西部海域内の由良川河口域においては、ヒラメは水深5m前後の浅海域に着底し、稚魚期にはその付近に分布しているが、全長10cmになる頃から水深10m付近にまで分布範囲を拡張しはじめ、さらに全長14～15cm以上になると分布域の拡張傾向がより顕著となり、11月以降には稚魚期の成育場から他の海域へ移動するとされている(清野, 林 1972)。本研究では、ヒラメが稚魚期の成育場から移出する時期に、由良川河口域のヒラメの成育場とされる場所で、移出するサイズに相当する全長のヒラ

メ人工種苗 (Fig. 6-2) を標識放流した。標識魚の再捕状況をみると、満1歳に達する放流翌年の5月までは若狭湾西部海域でのみ再捕され、なかでも放流点から10km以内の場所での再捕がほとんどであった。

若狭湾西部海域でこれまでに実施された当歳のヒラメ人工種苗の標識放流試験においても、標識魚は少なくとも放流翌年の6月までは、ほとんどが放流点から10km以内で再捕されていた(内野, 中西 1983; 戸嶋ら 1987)。また、日本海沿岸各地で実施されたヒラメ人工種苗の標識放流試験においても、放流後1年間は放流点付近で再捕されている事例が多く、ヒラメ人工種苗は少なくとも満1歳頃までは放流海域から大きな移動はしないと考えられている(日本海ブロックヒラメ班 1987, 1988; 堀 1990)。一方、新潟県や鳥取県沿岸では、標識放流試験や漁獲実態などから、成育場移出後のヒラメ天然魚の動向が推定されている。それらによると、新潟県北部沿岸では、成育場から移出した全長15cm以上のヒラメは主に水深20～70mに分布しており、低水温期にはやや深所へ移動するものの、当歳魚は成育場付近から他海域へはほとんど移動しないとされている(加藤ら 1987; 梨田, 加藤 1987)。また、鳥取県沿岸では、全長10～25cmの若魚期には主として水深50m以浅に分布しており、成育場付近から水平方向には大きく移動しないとされている(野沢 1974; 渡部 1983)。ヒラメの人工種苗は、放流後まもなく天然魚と同様の分布様式を示すようになり(古田ら 1997)、その後も天然魚と同じ海域を生息域とすることが示唆されている(内野, 中西 1983; 富永ら 1994)。また、前述のように、新潟県や鳥取県沿岸での天然魚の追跡調査から、ヒラメは満1歳までは成育場付近から大きな移動はしないことが示唆されている。これらのことから、若狭湾西部海域の由良川河口域で着底したヒラメについては、少なくとも満1歳になる5月までは、ほとんどが成育場付近の水深50m以浅に分

布していると考えてよいだろう。

その後、満1歳を過ぎて水温が急激に上昇する放流翌年の6～8月になると、一部が放流点から100 km 前後離れた他県地先海域でも再捕され、ヒラメの移動行動が活発になる可能性が示唆された。しかし、依然として若狭湾西部海域での再捕が大半を占め、さらに同海域内でも主に放流点付近で再捕されていることから、多くの個体はまだ成育場付近に分布していると推察された。なお、この時期には、ヒラメは漁獲加入サイズの全長25 cmに達すると考えられる(第3章第1節;内野, 中西 1983)。

さらに、水温が降下する9月から翌年の2月にかけて若狭湾西部海域では再捕尾数が大きく減少し、同海域内でも放流点から離れた場所での再捕が多くなった。一方、鳥取県東部沿岸や鳥取・島根県境付近などの放流点から西方へ100 km以上離れた海域でも再捕されるようになり、この時期にはヒラメの移動行動が活発なことが推察される。若狭湾西部海域のヒラメは、天然魚を用いた標識放流試験により、秋から冬に漁獲される1歳以上の未成魚では、西方の他県地先海域まで長距離の移動を行う個体もいることが確認されている(清野, 林 1977)。また、同様のヒラメ未成魚の長距離移動は、若狭湾周辺海域をはじめ、広く日本海沿岸各地においても認められている(清野, 林 1977; 山岡, 樋田 1977; 渡部 1983; 加藤ら 1987; 日本海ブロックヒラメ班 1987, 1988; 富永ら 1994)。本研究で認められた満1歳を過ぎた標識魚の水温下降期における長距離移動は、日本海沿岸において未成魚期のヒラメに特徴的に認められる対馬暖流の潮上方向への移動行動に該当すると考えられる。

以上のことから、若狭湾西部海域で着底、成長したヒラメは、少なくとも満1歳までは成育場付近の浅海域に分布しており、その後水温が降下する秋から冬にかけて成育場付近から沖合方向へ分散し、遠くは西方へ100 km以上離れた他県地先海域にまで大きく生息域を広げるといふ若齢期の分布、移動パターンを有することが推察された。

第2節 未成魚の分布および移動

これまでに、若狭湾西部海域では、冬季に多獲される未成魚(1, 2歳魚)を対象に標識放流試験が行われており、再捕結果から本海域のヒラメ未成魚の一部が西方へ長距離移動することが確認されている(清野, 林 1977)。しかし、冬季以外は標識放流試験の実施事例が少なく、海域内で着底、成長した個体を含めて、ヒラメ未成魚全般の分布・移動様式は十分に解明されていない。

そこで、本節では、若狭湾西部海域において春季から夏季に漁獲されるヒラメ未成魚(1, 2歳魚)を

対象に標識放流試験を行い、これまでに得られた冬季の未成魚の知見を含めて、本海域のヒラメ未成魚の分布・移動様式について検討した。

(1) 材料および方法

1歳魚の標識放流試験は、1995年5月22日から7月12日の間に11回、1996年5月27日から7月3日の間に9回実施した。放流場所は、ヒラメの成育場とされる由良川河口域(南 1982, 1987)の水深10 m地点とした(Fig. 6-1の放流点A)。標識放流試験には、放流2日前から放流当日までの間に、放流点から10 km以内の海域で刺網および定置網により漁獲された天然魚の中から、age-length key(第3章第1節)により1歳に当たる全長の個体を用いた。その全長範囲と供試尾数は、1995年の試験では全長20.5～39.7 cm, 216尾、1996年の試験では全長22.4～39.0 cm, 293尾であった(Fig. 6-3)。

2歳魚の標識放流試験は、1997年4月8日から5月26日の間に、7回にわたって実施した。放流場所は、若狭湾の湾口部に近い伊根町本庄浜沖の水深90 mの地点とした(Fig. 6-1の放流点B)。標識放流試験の供試魚は、放流前日および当日に、放流場所を中心とした若狭湾西部海域において、延縄、刺網および定置網により漁獲された天然魚の中から、age-length key(第3章第1節)により2歳に当たる全長30.5～41.6 cmの89尾を用いた(Fig. 6-3)。

いずれの標識放流試験においても、供試魚の全長(cm)を測定後、有眼側の鰓蓋部に個体識別のできる標識票を装着して、船上からタモ網で海面付近に放流した。標識票は、1歳魚には白色の直径12 mm、

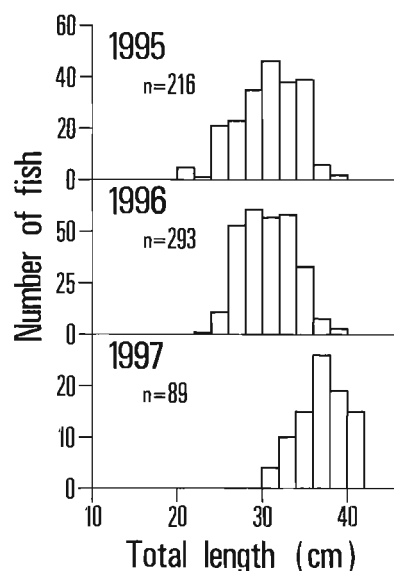


Fig. 6-3 Length frequency distributions of 1-year-old (1995, 1996) and 2-year-old (1997) immature Japanese flounder tagged and released in western Wakasa Bay. "n" shows the number of specimens.

厚さ 0.5 mm, 2 歳魚にはオレンジ色の直径 15 mm, 厚さ 0.5 mm の Atkins 型プラスチック製ディスク (久保, 吉原, 1969) に, それぞれ個体識別用の文字と通し番号を刻んだものを用いた。

標識魚の再捕記録は, 漁業者などからの再捕報告によった。放流点から再捕場所までの距離は, 地形上の最短距離を計測した。なお, 前節と概ね同様の範囲となる放流点 B から 40 km 以内を「若狭湾西部海域」とした。

(2) 結果

1 歳魚の再捕結果 1995 年に標識放流された 1 歳魚は, 同年 6 月中旬から 1996 年 9 月下旬までの期間に 54 尾が再捕され, 再捕率は 25.0% であった。標識魚の再捕場所は, 若狭湾西部海域から島根県東部沿岸までの範囲であった。時期別の再捕状況 (Table 6-2) をみると, 放流後間もない 1995 年 6 ~ 8 月に 34 尾が再捕され, 再捕場所はすべて若狭湾西部海域であった。さらに, そのうち 30 尾が放流点から 10 km 以内で再捕されていた。1995 年 9 月以降は再捕尾数が大きく減少し, 若狭湾西部海域での再捕は 15 尾であった。また, 同海域内では放流点から 11 km 以上離れた場所での再捕の割合が増加した。一方, 若狭湾西部海域より西方では, 1995 年 11 月に鳥取県東部沿岸で 1 尾, 1995 年 12 月 ~ 1996 年 2 月に兵庫県北部沿岸で 2 尾, 1996 年 4 月に鳥取・島根県境付近および島根県東部沿岸で各 1 尾再捕された。放流点から再捕場所までの距離は, 兵庫県北部沿岸以外はいずれも 100 km を超えていた。また, 若狭湾西部海域より東の海域での再捕事例は皆無であった。

1996 年に標識放流された 1 歳魚は, 同年 6 月下旬から 1997 年 5 月下旬までの期間に 64 尾が再捕され, 再捕率は 21.8% であった。標識魚の再捕場所は, 若狭湾西部海域から鳥取・島根県境付近までの範囲であった。時期別の再捕状況 (Table 6-2) をみると,

放流後間もない 1996 年 6 ~ 8 月に 47 尾が再捕され, 再捕場所はすべて若狭湾西部海域であった。なかでも, 放流点から 10 km 以内で 38 尾が再捕されていた。1996 年 9 月以降は再捕尾数が大きく減少し, 若狭湾西部海域での再捕も 12 尾と少なく, 同海域内でも放流点から 11 km 以上離れた場所での再捕割合が増加した。一方, 1996 年 10 ~ 11 月には, 放流点から 100 km 以上離れた, 鳥取県東部沿岸で 4 尾, 鳥取・島根県境付近で 1 尾再捕された。また, 1995 年の試験と同様, 若狭湾西部海域より東の海域での再捕事例はなかった。

2 カ年の試験結果をまとめると, ①放流直後の 6 ~ 8 月に若狭湾西部海域で最も多く再捕され, 9 月以降は再捕尾数が大きく減少する, ②若狭湾西部海域内では, 放流直後の 6 ~ 8 月にはほとんどの再捕事例が放流点から 10 km 以内の場所であるが, 9 月以降には放流点から 11 km 以上離れた場所での再捕の割合が増える, ③放流した年の 10 月から翌年の 4 月までの間には, 鳥取県東部や島根県東部の沿岸など, 放流点から 100 km 以上離れた西方の海域でも再捕されるようになる, ④若狭湾西部海域より東の海域ではまったく再捕事例がない, という再捕に関する共通の特徴が認められた。

2 歳魚の再捕結果 1997 年に標識放流された 2 歳魚は, 同年 4 月下旬から 2000 年 4 月下旬までの期間に 31 尾が再捕され, 再捕率は 34.8% であった。標識魚の再捕場所は, 若狭湾西部海域から島根県東部沿岸までの範囲であった。時期別の再捕状況 (Table 6-3) をみると, 放流後間もない 1997 年 4 ~ 8 月には 16 尾が再捕され, 再捕場所はすべて若狭湾西部海域であった。1997 年 9 月以降には若狭湾西部海域で 8 尾再捕され, そのうちの 3 尾は 1998 年 9 月以降の再捕であった。一方, 若狭湾西部海域より西方では, 1997 年 9 月に隠岐諸島周辺で 1 尾, 同年 10 ~ 12 月

Table 6-2 Area of recoveries of Japanese flounder released at 1-year-old in western Wakasa Bay

Year of release	Period of recovery	Number of recoveries					
		Western Wakasa Bay				Total	
		Distance from release site					
≤10km	11km≤	Unknown					
1995	June- Aug. 1995	30	4			34	
	Sept.-Nov. 1995	4	3			7	
	Dec. 1995- Feb. 1996		3	1		4	
	Mar.- May 1996	1	1			2	
	June 1996- Sept. 1996	1	1			2	
1996	June- Aug. 1996	38	5	4		47	
	Sept.- Nov. 1996	2	4			6	
	Dec. 1996- Feb. 1997	3				3	
	Mar.- May 1997	1	2			3	
				Off north coast of Hyogo Prefecture	Off east coast of Tottori Prefecture	Off Tottori-Shimane prefectural border	Off east coast of Shimane Prefecture

に鳥取県東部沿岸で3尾、1998年3月に島根県東部沿岸で1尾が再捕された。さらに、1998年6月以降にも、鳥取県東部沿岸および島根県東部沿岸で1尾ずつ再捕された。なお、放流点から西方の再捕場所までの距離はいずれも100 kmを超えていた。また、若狭湾西部海域より東の海域での再捕事例は皆無であった。

以上のように、2歳魚の再捕結果には、①放流年の8月までは放流点周辺の若狭湾西部海域で最も多く再捕される、②放流年の9月以降は若狭湾西部海域での再捕尾数が減少し、鳥取県や隠岐諸島周辺など放流点から100 km以上離れた西方の海域でも再捕されるようになる、③若狭湾西部海域より東方の海域ではまったく再捕事例がない、という1歳魚と共通した特徴が認められた。また、西方海域で再捕された尾数は総再捕尾数の22.6%を占め、1歳魚(9.3%, 7.8%)に比べ高率であった。

(3) 考察

これまでに全国各地で行われた標識放流試験では、標識魚が放流点近くで再捕された事例が多く、ヒラメは比較的狭い範囲内で生活し、その移動は小規模であると考えられてきた(南 1997)。しかし、標識魚が100 km以上の長距離移動を示した事例も少なくない(福田ら 1971; 坂本, 中道 1974; 山洞, 樋田 1977; 渡部 1983; 加藤ら 1987; 石戸 1990; 伊藤, 寺井 1993; 富永ら 1994)。さらにヒラメが冬季に南下、春・夏季に北上という季節的な回遊を行うことも一部の海域では示唆されている(三上, 田村 1966; 福田ら 1971; 坂本, 中道 1974; 山洞, 樋田 1977; 二平 1991a, b; 伊藤, 寺井 1993; 富永ら 1994)。若狭湾西部海域のヒラメについては、これまでに行われた標識放流試験結果から、冬季に漁獲され標識放流された未成魚(1, 2歳魚)が南下移動に当たる西方への長距離移動を行うことが確認されている(清野, 林 1977)。また、同様の長距離移動は、次節でも詳しく述べるように、若狭湾西部海域より東方の福井県や石川県南部の地先海域のヒラメ未成魚についても標識放流

試験により確認されており、これらが若狭湾西部海域でも再捕されている(第6章第3節)。そのため、若狭湾西部海域で冬季に漁獲される1歳以上のヒラメの中には福井県などの東方の海域から移入してきた個体が混在していると考えられ、本海域の1歳半以上のヒラメが必ずしも本海域に着底、成長した個体のみで構成されている訳ではない。さらに、東方の福井県や石川県南部沿岸で標識放流されたヒラメ未成魚が、若狭湾西部海域より西方の鳥取県地先海域などでも再捕されていることから(第6章第3節)、過去に冬季の標識放流試験に用いられた個体は東方からの移動途中に若狭湾西部海域で漁獲された個体であることも考えられる。そのため、若狭湾西部海域で着底、成長したヒラメ未成魚が冬季に南下移動を行うかどうかについては、これまでの標識放流試験結果からは必ずしも明らかではなかった。

これに対して本研究の1歳魚の標識放流試験は、ヒラメの成育場とされている由良川河口域の宮津市由良地先付近で(南 1982, 1987)、5~7月に漁獲された天然ヒラメを用いて実施された。由良川河口域で着底、成長したヒラメは、少なくとも満1歳になる5月頃までは大きな移動は行わず、さらに1歳の8月頃まではほとんどが成育場付近の浅海域に分布することが、人工種苗を用いた当歳魚の本章第1節の標識放流試験などから示唆されている(清野, 坂野 1972; 清野, 林 1977)。つまり、本研究の供試魚は、漁獲の時期および場所から判断して、若狭湾西部海域の由良川河口域を成育場とした1歳魚であると考えられる。その再捕結果(Table 6-2)をみると、放流年の8月までは再捕場所が若狭湾西部海域内に限定され、なかでも放流点付近での再捕がほとんどであったことから、この時期まではヒラメは成育場付近からほとんど移動しないと考えられる。一方、9月以降は、若狭湾西部海域内での再捕場所が放流点から離れた場所へ移ることから、この時期にヒラメは成育場付近から沖合へ移動し始めることが推察された。さらに、10月から翌年の4月までの間には、

Table 6-3 Area of recoveries of Japanese flounder released at 2-year-old in 1997 in western Wakasa Bay

Period of recoveries	Number of recoveries			
	Western Wakasa Bay	Off east coast of Tottori Prefecture	Near Oki Islands	Off east coast of Shimane Prefecture
Apr.- Aug. 1997	16			
Sept.- Nov. 1997	1	2	1	
Dec. 1997- Feb. 1998	1	1		
Mar.- May 1998	3			1
June 1998- Apr. 2000	3	1		1

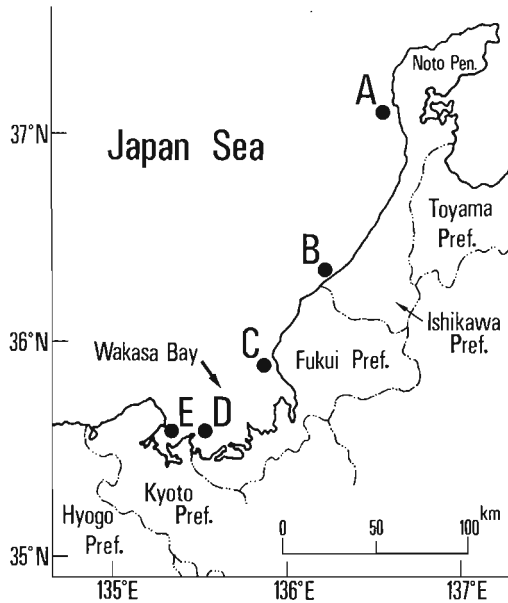


Fig. 6-4 Location of release sites of tagged immature Japanese flounder in and around Wakasa Bay. Alphabetized closed circles show release sites. A: off Point Amazaki, Togi Town, Ishikawa Prefecture, B: off Cape Kasa, Kaga City, Ishikawa Prefecture, C: off Cape Echizen, Echizen Town, Fukui Prefecture, D: off Keshima Island, Maizuru City, Kyoto Prefecture, E: off Point Washizaki, Ine Town, Kyoto Prefecture.

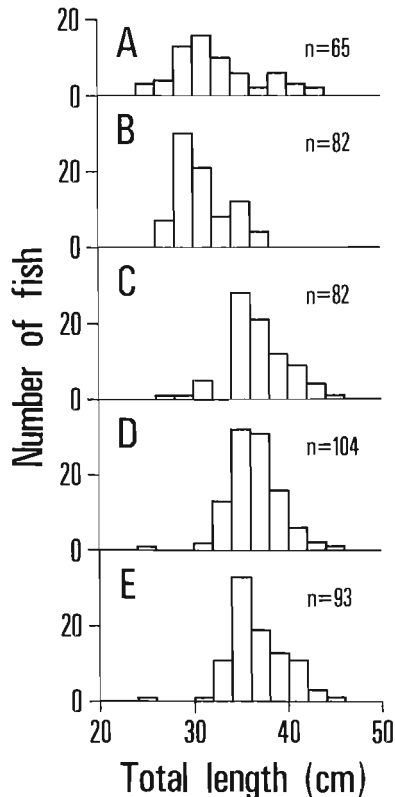


Fig. 6-5 Length frequency distributions of immature Japanese flounder tagged and released around Wakasa Bay. "n" shows the number of specimens. "A", "B", "C", "D" and "E" are the same as in Fig. 6-4.

若狭湾西部海域での再捕尾数が減少するとともに、鳥取県や島根県沿岸などの放流点から 100 km 以上離れた西方海域でも再捕されたことから、若狭湾西部海域で着底、成長したヒラメも一部が水温下降期に西方へ長距離移動することは明らかである。

また、2 歳魚の標識放流試験でも、1 歳魚と同様、水温下降期に西方への長距離移動が認められ (Table 6-3)、清野、林 (1977) が標識放流試験結果などから推論したように、1 歳時には移動せずに若狭湾西部海域内に残留していたヒラメが、2 歳時の水温下降期になって西方へ移動したことが考えられる。また、2 歳魚の西方海域での再捕割合が 1 歳魚より高いことから、2 歳時には 1 歳時と比べ西方への移動傾向がより顕著となることが示唆される。

一方、今回の試験では、1 歳魚、2 歳魚とも北上移動に相当する東方への長距離移動はまったく認められず、過去の試験においても事例がないことから、若狭湾西部海域のヒラメ未成魚は日本海北部で報告されているような水温上昇期の北上移動 (三上、田村 1966; 福田ら 1971; 坂本、中道 1974; 山洞、樋田 1977; 富永ら 1994) は行わないと推察される。

第 3 節 若狭湾から能登半島西岸に分布する未成魚の移動

第 1 節および第 2 節の標識放流試験により、若狭湾西部海域のヒラメ未成魚は、海域内で着底、成長したものを含め、一部の個体が水温下降期に西方へ長距離移動することがわかった。一方、京都府より東の福井県や石川県沿岸のヒラメ未成魚の分布・移動様式についてはほとんど知見がなく、標識放流試験の報告も少ない。そこで本節では、若狭湾から能登半島西岸にかけての沿岸海域で本種未成魚の標識放流試験を行い、それらの結果から主として移動について検討した。

(1) 材料および方法

1990 年 10 月から 1991 年 11 月に、若狭湾西部海域から能登半島西岸にかけての 5 カ所で、ヒラメ 426 尾を標識放流した (Fig. 6-4, Table 6-4)。若狭湾内 (Fig. 6-4 の放流点 C ~ E) での放流には京都府与謝郡伊根町鷺崎周辺で主として刺網により漁獲された天然魚、石川県沿岸 (Fig. 6-4 の放流点 A および B) での放流にはそれぞれの放流場所付近で刺網および釣により漁獲された天然魚を対象とし、それらの中から本海域での age-length key (第 3 章第 1 節) より 1, 2 歳に当たる全長 24.3 ~ 44.8 cm の個体を用いた (Fig. 6-5)。供試魚は、全長 (cm) を測定後、鰓蓋部に水色またはオレンジ色の直径 15 mm、厚さ 0.5 mm の Atkins 型プラスチック製ディスク (久保、吉原 1969) を装着して放流した。ディスクには個体識別用の文字と通し番号を刻印した。

標識魚の再捕記録は、漁業者などからの再捕報告によった。放流点から再捕場所までの距離は、地形上の最短距離を計測した。標識魚の再捕場所には、京都府東端に隣接する福井県高浜町地先までを便宜上若狭湾西部海域に含めた。

(2) 結果

石川県海士岬沖放流群 放流翌年の1992年3月5日～8月4日に6尾の標識魚が再捕され、再捕率は9.2%であった (Table 6-4)。標識魚の再捕場所は、いずれも放流点から20 km以内であった (Table 6-5)。

石川県加佐岬沖放流群 放流直後の1990年10月19日から1992年4月22日までの間に17尾の標識魚が再捕され、再捕率は20.5%であった (Table 6-4)。

放流年には、放流直後(2～12日後)に放流点付近(20 km以内)で4尾、12月に南西方向に110 km離れた若狭湾西部海域で1尾が再捕された (Table 6-5)。放流翌年の4～5月には、放流点の南方15～40 kmで3尾、70 km南方の若狭湾東部海域で1尾が再捕されたほか、放流点から南西方向へ約200 km離れた鳥取県東部沿岸でも1尾が再捕された。放流翌年の6月には若狭湾西部海域で、7月には兵庫県北部海域でそれぞれ1尾再捕された。さらに、放流翌々年の2月と4月にも、若狭湾西部海域で1尾ずつの再捕があった。

一方、放流点より北方20 km以遠での再捕はなかった。なお、放流翌年の4月にも放流点から100 km前後離れた若狭湾内(詳細な再捕場所は不明)での再捕が1尾あった。

福井県越前岬沖放流群 放流直後の1990年11月28日から1992年4月15日までの間に9尾の標識魚が再捕され、再捕率は11.0%であった (Table 6-4)。

放流点付近(20 km以内)では放流2日後に2尾再捕されたが、それ以降の再捕はなかった (Table 6-5)。放流年の12月には西方に70 km離れた若狭湾西部海域で2尾再捕され、同海域ではその後も放流翌年の2月に1尾、4月に1尾、放流翌々年の4月に1尾再捕された。一方、放流翌年の3月には170

km西方の鳥取県東部沿岸で、翌々年2月には550 km西方の福井県北部沿岸で、それぞれ1尾が再捕された。標識魚の再捕場所は、放流直後の2尾を除き、いずれも放流点より70 km以上離れた西方海域であり、放流点より北方の海域では全く再捕されなかった。

若狭湾西部海域放流群 福井県との境界近くの舞鶴市毛島沖で放流された標識魚は、放流直後の1990年12月11日から1992年9月13日までの間に20尾再捕され、再捕率は19.2%であった (Table 6-4)。放流直後の12月を中心に、翌年の2月25日までに13尾が若狭湾西部海域で再捕され、そのうち8尾の再捕場所は放流点より20～25 km西方であった (Table 6-5)。同海域では、放流翌年の3月、6月および9月にも1尾ずつ再捕された。一方、放流翌年の2月には放流点から130 km西方の鳥取県東部沿岸で、10月には300 km西方の島根県東部沿岸で、それぞれ1尾が再捕された。さらに、放流翌々年の5月および9月にも島根県東部沿岸および鳥取県東部沿岸で1尾ずつ再捕された。なお、放流点より6 km以上離れた北ないし東の海域において標識魚の再捕はなかった。

丹後半島東岸の伊根町鷺崎沖で放流された標識魚は、放流直後の1991年11月21日から1996年2月14日までの間に19尾再捕され、再捕率は20.0%であった (Table 6-4)。標識魚は、放流直後を中心に翌年2月28日までに放流点付近(15 km以内)で13尾が再捕された (Table 6-5)。その後も若狭湾西部海域では、放流翌年の5月と翌々年の3月にも1尾ずつ再捕された。一方、放流翌年の1月には、放流点から約100 km西方の兵庫県北部沿岸で、9月には420 km西方の山口県北部沿岸で、11月には鳥取県東部沿岸で、それぞれ1尾再捕された。さらに放流から約4年3ヵ月後の1996年2月にも、島根県東部沿岸で1尾再捕された。なお、若狭湾西部海域より北ないし東方の海域では、標識魚の再捕はなかった。

このように、若狭湾西部海域での標識放流試験では、同海域内での標識魚の再捕は放流直後の11、12月を中心に翌年3月までの期間に集中しており、そ

Table 6-4 Details of tagging experiments of immature Japanese flounder near Wakasa Bay

Release site* (Depth)	Date of release	Number of release	Number of recoveries	Recovery rate (%)
A: Off point Amazaki (50m)	15 Oct. 1991	65	6	9.2
B: Off Cape Kasa (69m)	17 Oct. 1990	82	17	20.5
C: Off Cape Echizen (90m)	26 Nov. 1990	82	9	11.0
D: Off Keshima Island (75m)	6 Dec. 1990	104	20	19.2
E: Off point Washizaki (65m)	19 Nov. 1991	93	19	20.4

* See location of release sites in Fig. 6-4

Table 6-5 Area of recoveries of Japanese flounder released at immature stage near Wakasa Bay

Release site*	Date of release	Period of recovery	Number of recoveries								
			Off west coast of Noto Peninsula	Off Ishikawa-prefectural border	Eastern Wakasa Bay	Western Wakasa Bay	Off north coast of Hyogo Prefecture	Off east coast of Tottori Prefecture	Off east coast of Shimane Prefecture	Off north coast of Yamaguchi Prefecture	Off north coast of Fukuoka Prefecture
A	15 Oct 1991	Mar.-May 1992 June- Aug. 1992	1 5								
B	7 Oct. 1990	Oct. 1990- Feb. 1991 Mar.- May 1991 June- Aug. 1991 Sept. 1991- Feb. 1992 Mar. 1992- Apr. 1992		4 4	1	1 1 1 1		1	1		
C	6 Nov. 1990	Nov. 1990- Feb. 1991 Mar.- May 1991 June- Aug. 1991 Sept. 1991- Feb. 1992 Mar. 1992- Apr. 1992			2	3 1 1		1			1
D	12 Dec. 1990	Dec. 1990- Feb. 1991 Mar.- May 1991 June- Aug. 1991 Sept.- Nov. 1991 Dec. 1991- Sept. 1992				13 1 1 1		1		1 1	
E	19 Nov. 1991	Nov. 1991- Feb. 1992 Mar.- May 1992 June- Aug. 1992 Sept.- Nov. 1992 Dec. 1992- Feb. 1996				13 1 1	1		1		1

* See location of release sites in Fig.6-4

れ以降は少なくなった。一方、放流翌年の1月以降には放流点から100 km以上離れた西方の海域でも再捕されるようになり、再捕場所も山口県北部沿岸まで及んだ。なお、福井県以北の海域での再捕は全くなかった。

以上の5カ所での試験結果をまとめると、石川県能登半島よりも西方の石川県南部沿岸から若狭湾西部海域で10～12月に標識放流されたヒラメ未成魚には長距離移動した個体も多く、その移動方向はいずれも南ないし西方向であり、放流点より北ないし東方向への長距離移動はみられなかった。また、南ないし西方向への移動は一府県の範囲を超えた広域に及ぶものであり、その範囲は最大で7府県（福井県から福岡県）に跨り、最長の移動距離は550 kmであった。

(3) 考察

本研究では、11、12月の水温下降期に若狭湾西部海域から放流された標識魚が、放流後短期間のうちに放流点から100 km前後離れた兵庫県北部や鳥取県東部の沿岸で再捕され、本海域の未成魚の一部がこの時期に西方向へ長距離移動することが改めて確認された。また、本試験では、若狭湾西部海域の北方および東方に位置する石川県南部や福井県東部の沿岸で放流されたヒラメ未成魚も、若狭湾西部海域での試験と同様、翌春までに若狭湾西部海域や鳥取県東部沿岸で再捕され、水温下降期に南ないし西方向へ長距離移動することが初めて確認された。さらに、本試験では標識魚は遠く山口県北部や福岡県北部沿

岸でも再捕され、未成魚の移動範囲は日本海西部沿岸の広範な海域に及ぶことが示された。ヒラメ未成魚の西方向の長距離移動は、兵庫県（堀 1990）、鳥取県（渡部 1983）および島根県（島根県 1991）沿岸での標識放流試験でも確認されており、少なくとも石川県から島根県までの日本海西部沿岸に分布する本種未成魚に共通してみられる現象であった。また、本種の長距離移動は日本海北部海域（福田ら 1971; 山岡, 樋田 1977; 加藤ら 1987; 日本海ブロックヒラメ班 1987, 1988; 富永ら 1994）や東北北部の太平洋沿岸（石戸 1990; 南 1997）でもみられ、府県を越えたヒラメの交流が明らかになった。

石川県南部や福井県東部の沿岸で放流された標識魚が、放流後の短期間に若狭湾西部海域で複数再捕されたことから、本海域には水温下降期にこれら北方や東方の海域から未成魚が来遊することが判った。しかし、本海域での標識魚の再捕は放流年から翌年春季までの短期間に集中しており、成魚になってからの再捕事例は少なかった。また、福井県と石川県南部で放流した未成魚も、西方の兵庫県北部や鳥取県東部沿岸まで移動したことから、若狭湾西部海域で再捕された個体も西方への移動の途中であったと考えられる。一方、鳥取県や島根県地先などの西方海域では標識魚は翌春から再捕されはじめ、それらの海域では放流から2年以上経過しても再捕があり、標識魚の中には移動先の西方海域で成魚まで成長した個体もいた。また、本試験では放流場所よりも北方や東方の海域で標識魚が全く再捕されず、鳥取県

や島根県沿岸で放流された標識魚が若狭湾西部海域で再捕された事例はなく（渡部 1983; 島根県 1991）、日本海西部海域では西から東や北方向への未成魚の移動は確認されていない。これらのことから、日本海西部海域での未成魚期の長距離移動は西方向のみへの移動であり、放流された海域へ戻ることはないと考えられる。

第4節 成魚の分布および移動

第1節から第3節では、資源構造の解明に当たり最も重要な情報であるヒラメの分布・移動に関する知見を得るため、若狭湾西部海域において若魚および未成魚の標識放流試験を行い、季節による分布・移動様式を明らかにした。一方、若狭湾西部海域のヒラメ成魚については、これまでに標識放流試験はほとんど行われておらず、その分布・移動様式はよく判っていない。また、ヒラメ成魚の標識放流試験に関しては全国的にも報告が少なく（三上、田村 1966; 山洞、樋田 1977; 石田ら 1982）、成魚の分布・移動についての情報は若齢魚に比べて極めて断片的である。そこで本節では、若狭湾西部海域で産卵期（第4章）に漁獲されたヒラメ成魚を用いて標識放流試験を行い、その再捕結果から成魚の分布・移動について検討した。

(1) 材料および方法

成魚の標識放流試験は、1993年4月15日に1回、1997年4月8日から5月26日の間に8回、1998年3月31日から4月17日の間に4回実施した。放流場所は、若狭湾西部海域のヒラメ成魚の主漁場（清野、林 1977; 京都府立海洋センター 1983）である伊根町本庄浜沖の水深80 mおよび90 m地点（Fig. 6-1の放流点B）および同町鷺崎沖の水深63 m地点（Fig. 6-1の放流点C）とした。供試魚は、若狭湾西部海域において、放流の前日および当日に、延縄、定置網、刺網により漁獲された天然魚の中から、age-length key（第3章第1節）により3歳以上に当たる個体（雄は全長45 cm以上、雌および雌雄判別しなかった個体は全長48 cm以上）を用いた。1997年および1998年の試験では、搾出法を用いて泌尿生殖孔から放出させた精液および卵により供試魚の雌雄を判別した。供試魚の全長範囲および尾数は、1993年の試験では全長48.8～76.1 cmの35尾、1997年の試験では、雄は全長45.4～60.4 cmの34尾、雌は全長48.1～60.6 cmの14尾、雌雄不明は全長48.4～60.0 cmの49尾、1998年の試験では、雄は全長45.0～66.0 cmの103尾、雌は全長48.0～80.4 cmの34尾、雌雄不明は全長49.4～72.8 cmの9尾であった（Fig. 6-6）。いずれの試験においても、供試魚は、全長（cm）測定後、有眼側の鰓蓋部に標識票を装着し、船上からタモ網で海面付近に放流した。標識票には、直径15

mm、厚さ0.5 mmのオレンジ色のAtkins型プラスチック製ディスク（久保、吉原 1969）を用いた。ディスクには、個体識別用の文字と通し番号を刻印した。

標識魚の再捕記録は、漁業者などからの再捕報告によった。なお、放流点から再捕場所までの距離は、地形上の最短距離を計測した。また、放流点Bから40 km以内の範囲を「若狭湾西部海域」とした。

(2) 結果

1993年に標識放流された成魚は、同年5月上旬から1997年2月下旬までの期間に11尾が再捕され、再捕率は31.4%であった。標識魚の再捕場所は、若狭湾西部海域および兵庫県北部沿岸であった。若狭湾西部海域では、放流年の4月に2尾、8月に1尾、放流翌年の1994年2月に2尾、3～4月に2尾が再捕された（Table 6-6）。さらに、1994年6月以降では、1994年10月、1996年5月および1997年2月に、それぞれ1尾が再捕された。また、放流点から約50 km離れた兵庫県北部沿岸で、1995年1月に1尾が再捕された。

1997年に標識放流された成魚は、同年5月中旬から2000年5月下旬までの期間に雌雄あわせて26尾が再捕され、再捕率は26.8%であった。標識魚の再捕場所は、若狭湾西部海域、隠岐諸島周辺海域および島根県東部沿岸であった。若狭湾西部海域では、放流年の5月に2尾、6～8月に6尾、11月に1尾が再捕された（Table 6-6）。また、放流翌年の1998

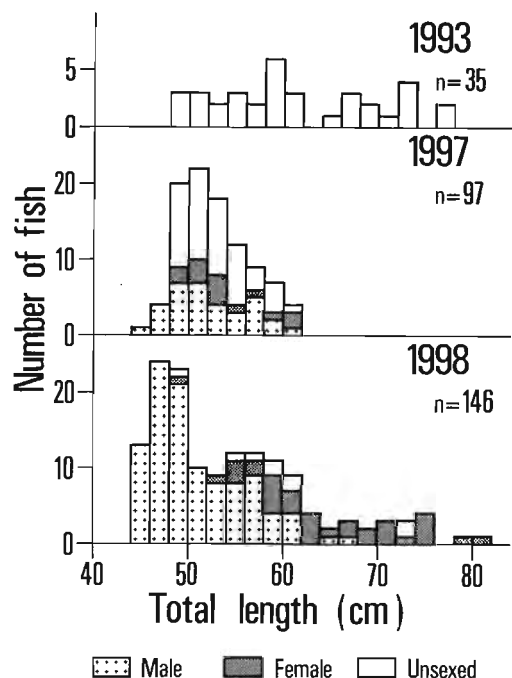


Fig. 6-6 Length frequency distributions of adult Japanese flounder tagged and released in western Wakasa Bay. "n" shows the number of specimens.

年3～5月には5尾が再捕された。さらに、1998年6月以降では、1998年11月、1999年4～5月、1999年6月、2000年3～5月に、それぞれ1尾、2尾、1尾、5尾が再捕された。一方、若狭湾西部以外では、放流年の12月に島根県東部沿岸で2尾、放流翌年の1999年2月に隠岐諸島周辺海域で1尾が再捕された。放流点から再捕場所までの距離は、それぞれ約270 km、約220 kmであった。なお、若狭湾西部海域より北あるいは東の海域では標識魚の再捕はなかった。雌雄別の再捕尾数は、若狭湾西部海域では雄が9尾、雌が3尾、雌雄不明の個体が11尾であり、西方の海域では雄、雌および雌雄不明が各1尾であった。また、標識魚の再捕率には雌雄間で有意な差は認められなかった ($p > 0.05$, χ^2 -test)。

1998年に標識放流された成魚は、同年4月上旬から2001年1月上旬までの期間に雌雄あわせて42尾が再捕され、再捕率は28.8%であった。標識魚の再捕場所は、若狭湾西部海域を挟んだ兵庫県北部沿岸から能登半島西岸までの範囲であった。若狭湾西部海域では、放流年の4～5月に12尾、6～8月に5尾、9～11月に3尾、12月に1尾が再捕された (Table 6-6)。また、放流翌年の1999年3～4月には7尾が再捕された。さらに、1999年6月以降では、1999年の8月および12月に1尾ずつ、2000年2月に1尾、同年3～4月に4尾が再捕された。一方、若狭湾西部海域以外では、放流年の5月に若狭湾東部海域で1尾、7月に石川県南部沿岸で1尾、浮流翌年の1999年6月に能登半島西岸で1尾、12月に兵庫県北部沿岸で1尾ずつ再捕された。各再捕場所は、放流点からそれぞれ東へ55 km、北東へ110 km、北東へ220 km および西へ70 km 離れていた。雌雄別の再捕

尾数は、若狭湾西部海域では雄が31尾、雌が6尾、雌雄不明の個体が1尾、西方の海域では雄1尾、東方の海域では雌1尾および雌雄不明の個体2尾であった。また、再捕率には雌雄間で有意差は認められなかった ($p > 0.05$, χ^2 -test)。

以上のように3カ年の標識放流試験より、①再捕場所はほとんどが若狭湾西部海域であること、②若狭湾西部海域では産卵期の3～5月に多く再捕される傾向はあるものの、それ以外の時期にも再捕されること、③若狭湾西部海域では放流後長期間 (2～4年) にわたり再捕が続いていることが共通の特徴として認められた。

また、少数ではあるが、島根県東部沿岸や隠岐諸島周辺海域での再捕事例ならびに石川県南部沿岸や能登半島西岸での再捕事例など東西方向への長距離移動を示す事例も認められた。なお、再捕の割合、場所および時期には雌雄による顕著な違いはみられなかった。

(3) 考察

本研究の成魚の標識放流試験は、若狭湾西部海域でのヒラメの産卵期に当たる3～5月に、75%以上の個体が成熟するとされる満3歳以上に当たる全長の個体を用いて行った (第4章)。供試魚は放流した年に産卵行動に加わるであろう成魚と判断され、その再捕結果からは産卵期と産卵後の成魚の分布・移動が推定できる。いずれの年の試験でも、標識魚が最も多く再捕された場所は若狭湾西部海域であった (Table 6-6)。また、本海域では産卵期に当たる3～5月に多く再捕される傾向はあるものの、それ以外の時期にも再捕されており、さらに再捕も放流後4年近くの長期間続いた。供試魚には、トラフグの成魚

Table 6-6 Area of recoveries of Japanese flounder released at adult stage in western Wakasa Bay

Year of release	Period of recovery	Number of recoveries					Off north coast of Hyogo Prefecture	Near Oki Islands	Off coast of Shimane Prefecture
		Off west coast of Noto Peninsula	Off south coast of Ishikawa Prefecture	Eastern Wakasa Bay	Western Wakasa Bay	Off west coast of Wakasa Bay			
1993	Apr.-May 1993				2				
	June-Aug. 1993				1				
	Sept.-Nov. 1993								
	Dec. 1993-Feb. 1994				2				
	Mar.-May 1994				2				
	June 1994-Feb. 1997				3		1		
1997	Apr.-May 1997				2				
	June-Aug. 1997				6				
	Sept.-Nov. 1997				1				
	Dec. 1997-Feb. 1998							2	
	Mar.-May 1998				5				
	June 1998-May 2000				9		1		
1998	Apr.-May 1998			1	12				
	June-Aug. 1998		1		5				
	Sept.-Nov. 1998				3				
	Dec. 1998-Feb. 1999				1				
	Mar.-May 1999				7				
	June 1999-Jan. 2001	1			8		1		

第7章 資源構造

(伊藤ら 1999) で認められているような、若狭湾西部海域で産卵期に限って再捕されたり、産卵期以外の時期に他海域で多く再捕されたりする季節回遊を示唆する表徴は認められず、若狭湾西部海域で産卵期に出現する成魚の多くは、産卵後も本海域に滞留し、周年大きな移動はしないと推察される。

一方、1998年の成魚の標識放流試験では、標識魚が放流場所から北東方向の他県の地先海域でも再捕され、これまでの本海域での標識放流試験(清野, 林 1977)ではみられなかった北上移動が初めて確認された。それらの再捕時期は2例とも本海域での産卵期終了後の夏季であり、他海域での標識放流試験結果から推察されているように、成魚が産卵後に北上移動(三上, 田村 1966; 二平 1991a, b)していることが伺われた。しかし、同時期には若狭湾西部海域でも標識魚が再捕されており、再捕事例のほとんどが本海域内であったらう。1993年および1997年の試験では北方の海域ではまったく再捕されなかったことから、多くの個体が産卵後に北上移動しているとは考えにくい。また、1997年の標識放流試験では、冬季に標識魚が若狭湾西部海域より西方の海域でも再捕され、未成魚と同様に、成魚の一部も水温下降期に長距離の西方移動することが示された。しかし、1993年および1998年の試験では100 kmを超える西方への長距離移動の事例はみられず、成魚の多くが冬季に潮上方向へ長距離移動する可能性も低いと考えられた。

これらのことから、若狭湾西部海域で産卵期に出現する成魚は、一部の個体が産卵後には北上、水温下降期には南下(西方移動)する可能性はあるものの、多くの個体は産卵後も本海域内に滞留し、周年大きな移動はしないと考えるのが妥当であろう。また、今回の試験では、成魚の一部について放流前に雌雄判別を行ったが、再捕結果には雌雄による顕著な違いは認められず、ヒラメ成魚は雌雄とも同様な分布・移動様式を示すのではないかと考えられる。

ヒラメは卵期から仔魚期にかけて20～35日間の浮遊生活を送ることから(安永 1988; Noichi *et al.* 1997)、その間にはマダイで報告されているように海流や潮流により産まれた場所とは別の場所へ輸送されること(長沼 1982)が考えられる。若狭湾西部海域では、これまでヒラメについて対馬暖流により西方海域から運ばれてきた仔魚の存在が示唆されている(清野, 林 1977; 浜中, 桑原 1992; Tanaka *et al.* 1997; Kinoshita *et al.* 2000; 前田 2002)。また、前章では、若狭湾およびその周辺海域での未成魚を用いた標識放流試験により、若狭湾西部海域に着底、成長した未成魚が西方へ移出したり、北東方向から未成魚が移入してくることを示した。本海域では、少なくとも卵・仔魚期および未成魚期には海域内外への個体の移出入がみられ、本種の生活史は必ずしも本海域内で完結せず(第6章第1～4節)、その資源構造は発育段階により異なることが考えられる。

魚類集団の研究法には、これまで取り上げてきた標識放流法などの生態学的方法以外に、形態学的方法や遺伝学的方法などがあり(沼知, 1974)、形態形質である脊椎骨数、背鰭および臀鰭鰭条数、耳石輪径などを指標に用いた系群判別や個体群の分布・移動の研究例は多い(木下 1962; 入江 1980; 菅野 1982; Ishida *et al.* 1989; Melvin *et al.* 1992; 西村ら 1997; 戸嶋ら 1998; 戸嶋 2000)。最近、日本海沿岸のヒラメ稚魚の背鰭および臀鰭鰭条数には地理的変異のあることが明らかとなり、それらの形質を指標にして、若狭湾およびその周辺海域での個体群の分離が試みられている(Tanaka *et al.* 1997; Kinoshita *et al.* 2000)。そこで本章では、背鰭および臀鰭鰭条数を個体群の指標に用いて、本海域の稚魚期から成魚期に至る各発育段階の資源構造について解析した。また、未成魚および成魚については、形態形質の耳石初輪径もあわせて個体群の指標に用いた。

第1節 日本海沿岸における1歳魚の背鰭および臀鰭鰭条数の地理的変異

形態学的手法による資源構造の解析を進めるにあたり、最初に若狭湾西部海域を含む日本海の5府県沿岸で漁獲されたヒラメ1歳魚の背鰭および臀鰭鰭条数を調査し、本形質の個体群の識別指標としての有効性について検討した。

(1) 材料および方法

試料には、1995年6～10月および1996年5～8月に、福岡県、京都府(若狭湾西部海域)、石川県、新潟県、秋田県の5府県沿岸で漁獲されたヒラメ1歳魚1,719尾を用いた(Fig. 7-1, Table 7-1)。供試魚は、全長(cm)の測定、背鰭および臀鰭鰭条数の計数を

行い、耳石（扁平石）を抽出して輪紋により年齢を査定した。年齢は、第3章第1節で用いた方法により、5月1日を加齢基準日として査定した。背鰭および臀鰭鰭条数については、Kruskal-Wallis test を用いて海域間の差を検定し、Steel-Dwass test により多重比較した。

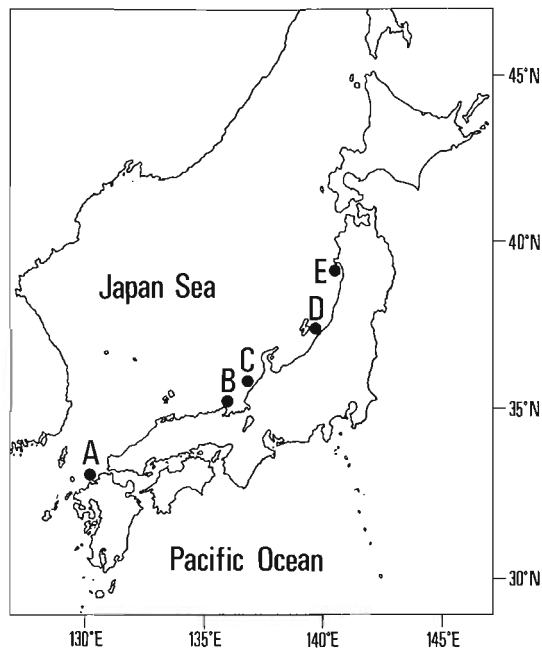


Fig. 7-1 Location of sampling areas of 1-year-old Japanese flounder in the Japan Sea. Alphabetized closed circles show sampling areas. A: off Shikanoshima Island, Fukuoka City, Fukuoka Prefecture, B: western Wakasa Bay, Kyoto Prefecture, C: off Cape Kasa, Kaga City, Ishikawa Prefecture, D: off Niigata City, Niigata Prefecture, E: off Tenno Town, Akita Prefecture.

(2) 結果

1995年に5府県沿岸で漁獲されたヒラメ1歳魚の背鰭鰭条数には、若狭湾西部海域と石川県沿岸の間を除く各海域間で有意差が認められ ($p < 0.01$)、北の海域ほど本数の少ない傾向があった (Fig. 7-2)。また、臀鰭鰭条数についても、若狭湾西部海域と石川県沿岸の間を除く各海域間で有意差が認められ ($p < 0.01$)、北の海域ほど本数の少ない傾向があった (Fig. 7-2)。

1996年に福岡県、京都府（若狭湾西部海域）、石川県および秋田県の4府県沿岸で漁獲されたヒラメ1歳魚の背鰭鰭条数には、福岡県沿岸と若狭湾西部海域の間を除く各海域間で有意差が認められ ($p < 0.01$)、若狭湾西部海域以北では北の海域ほど本数の少ない傾向があった (Fig. 7-3)。また、臀鰭鰭条数についても、福岡県沿岸と若狭湾西部海域の間を除く各海域間で有意差が認められ ($p < 0.01$)、若狭湾西部海域以北では北の海域ほど本数の少ない傾向があった (Fig. 7-3)。

(3) 考察

日本海沿岸では、ヒラメは1歳の夏季まではほとんどの個体が着底海域付近に分布しており（第6章第1節、清野、林1977;加藤ら1987）、本研究の供試魚はその漁獲時期からみて漁獲場所付近に着底、成長した個体であると考えられる。本研究では、それら1歳魚の背鰭および臀鰭鰭条数に地理的変異があり、北の海域ほど鰭条数の少ない傾向が認められたことから、両形質は日本海沿岸に着底、成長したヒラメ個体群の指標になると考えられた。

日本海沿岸では、ヒラメは1歳の秋季以降には成育場を離れ、一部の個体は府県の範囲を超える長距

Table 7-1 Specimens of 1-year-old Japanese flounder sampled from five areas in the Japan Sea

Mark in map*	Sampling area	Sampling date	Number of specimens	Total length (Mean \pm SD, cm)		Fishing gear
				Male	Female	
A	Off Fukuoka Prefecture (Shikanoshima Island)	5 June 1995	181	27.1 \pm 2.2	27.7 \pm 2.1	Danish seine
A	Off Fukuoka Prefecture (Shikanoshima Island)	12 June-1 July 1996	224	29.7 \pm 2.4	30.0 \pm 2.5	Danish seine, Set net
B	Off Kyoto Prefecture (western Wakasa Bay)	15 June- July 20 1995	444	29.6 \pm 3.1	30.3 \pm 3.3	Gill net
B	Off Kyoto Prefecture (western Wakasa Bay)	22 May-22 July 22 1996	250	31.4 \pm 3.5	31.5 \pm 3.8	Gill net
C	Off Ishikawa Prefecture (Kaga area)	30 June, 5 July 1995	126	25.9 \pm 1.7	26.2 \pm 1.4	Gill net
C	Off Ishikawa Prefecture (Kaga area)	15 June-24 July 1996	153	25.5 \pm 1.7	26.7 \pm 1.7	Gill net, Set net
D	Off Niigata Prefecture (Niigata area)	19 Oct. 1995	94	27.8 \pm 1.4	28.2 \pm 1.6	Otter trawl
E	Off Akita Prefecture (Tenno area)	23 Aug. 1995	98	24.4 \pm 1.0	24.6 \pm 1.0	Set net
E	Off Akita Prefecture (Tenno area)	5 Aug. 1996	146	25.0 \pm 1.2	24.9 \pm 1.5	Set net

* See location of sampling sites in Fig. 7-1

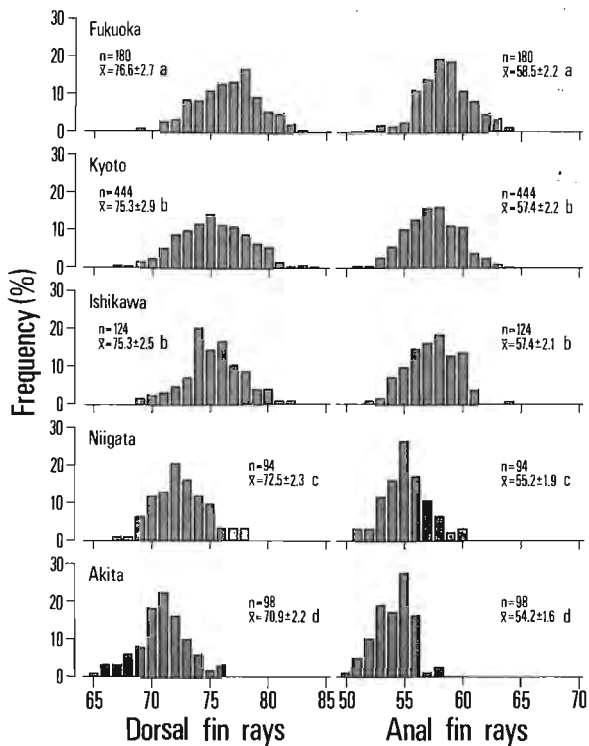


Fig. 7-2 Frequency distributions in dorsal and anal fin ray counts of 1-year-old Japanese flounder sampled from five areas in the Japan Sea in 1995. "n", " \bar{x} " and different letters show the number of specimens, mean counts of both fin rays with standard deviation, and significant difference (Steel-Dwass test, $p < 0.01$), respectively.

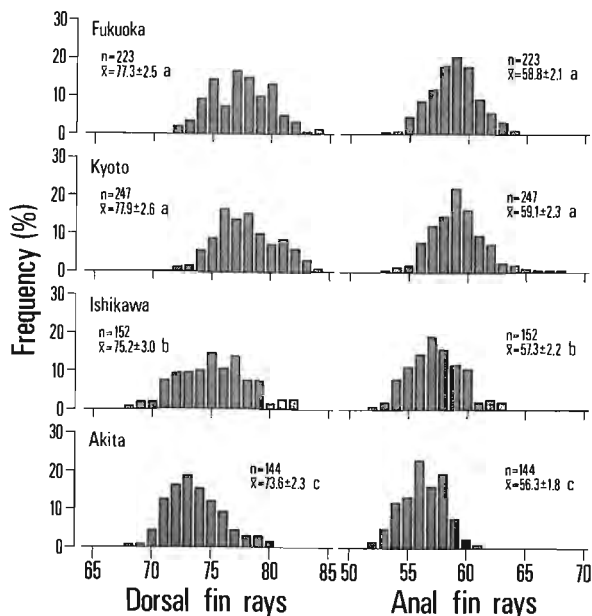


Fig. 7-3 Frequency distributions in dorsal and anal fin ray counts of 1-year-old Japanese flounder sampled from four areas in the Japan Sea in 1996. "n", " \bar{x} " and different letters show the number of specimens, mean counts of both fin rays with standard deviation, and significant difference (Steel-Dwass test, $p < 0.01$), respectively.

離移動を行うことがわかっており（前章第2, 3節, 南 1997）, 若狭湾西部海域では, 海域内で着底, 成長した未成魚が西へ移動し, さらに東方の海域に着底, 成長した未成魚が移動してきた（前章第1~3節）。そのため, 本海域のヒラメの資源構造は移動期の前後で異なることが示唆された。

日本海沿岸のヒラメ1歳魚の背鰭および臀鰭鰭条数に地理的変異が生じた原因について検討した。本種の背鰭および臀鰭の鰭条は浮遊仔魚期に分化が進み, それらの条数は底生生活を始める稚魚期までに定数に達する（沖山 1967; 南 1982; Fukuhara 1986）。鰭条数は仔魚期の環境条件により変化し, 海水温が高いほど本数は増えることが飼育実験で確認されている（青海ら 1994）。そこで, 各海域におけるヒラメ仔魚の出現時期の海水温を比較するため, 日本海産水産研究所が行った各府県の水産試験場へのアンケート調査の結果（梨田 1988）と既往の知見（清野, 坂野 1972; 南 1982; 浜中, 桑原 1992）から, ヒラメ仔魚の出現時期を福岡県沿岸では4月, 若狭湾西部海域と石川県沿岸では5月, 新潟県沿岸では6月, 秋田県沿岸では7月とし, それらの月の上旬の海水温を調べた。なお, 海水温のデータは, 日本海洋データセンターなどに集積された日本海の過去30年間（1971~2000年）のデータの平均値（渡邊ら, 2003）の中から, 本研究の供試魚の漁獲場所付近におけるヒラメ仔魚の分布水深（0~50m層）（桑原, 鈴木, 1982）の値を用いた。その海水温は, 福岡県沖では14.8°C, 若狭湾西部海域では14.3°C, 石川県沿岸では13.4°C, 新潟県沿岸では14.7°C, 秋田県沿岸では16.3°Cであり, 石川県以南では南の海域ほど高く, 水温の違いがヒラメの鰭条数の地理的変異に関与していることが伺えた。しかし, 秋田県沿岸では, それらより南に位置する新潟県以南よりも仔魚の出現時期の水温が高いにもかかわらず, 1歳魚の背鰭および臀鰭鰭条数は新潟県以南の1歳魚より有意に少なかったことから, これらの海域間での鰭条数の違いを仔魚期の水温条件だけで説明できるとは言いにくい。

一方, 青海ら（1994）は, 前述の飼育実験結果から, ヒラメの背鰭および臀鰭鰭条数の決定には水温以外に遺伝的要因が関与することを指摘している。日本海沿岸のヒラメ稚魚には, 能登半島付近を境にして, 西方の背鰭鰭条数の多い個体群と北方の背鰭鰭条数の少ない個体群の2つの「異質な群」の存在が示唆されている（Tanaka *et al.* 1997; Kinoshita *et al.* 2000; 前田 2002）。また, 日本海のヒラメについては, 漁況変動や標識放流結果から, 能登半島を境に2つの系群に分ける説も出されている（梨田 1988; 大河内 1991）。これらのことは, 本研究で若狭湾西部海域のヒラメ1歳魚の背鰭および臀鰭鰭条数が福岡県や石

川島沿岸の1歳魚とは有意差のない年もあったものの、新潟県や秋田県沿岸の1歳魚とは2カ年とも有意に異なっていたこととも符合する。これらの結果から、日本海沿岸におけるヒラメ1歳魚の背鰭および臀鰭鰭条数の地理的変異には遺伝的に異なる個体群の関与が示唆された。

第2節 若狭湾西部海域における稚魚の背鰭および臀鰭鰭条数

本節では、若狭湾西部海域に着底した稚魚の背鰭および臀鰭鰭条数を4カ年にわたって調査し、サイズ別の背鰭および臀鰭鰭条数の異同から稚魚の資源構造について検討した。

(1) 材料および方法

試料には、1996～1999年の6月中旬に若狭湾西部海域で桁曳網により採捕された全長100mm未満の稚魚345尾を用いた(Table 7-2)。供試魚は、1996年および1997年は京丹後市丹後町宇川河口付近、1998年および1999年は宮津市由良川河口付近のいずれも水深10m以浅の砂浜域で採捕した(Fig. 1-1)。供試魚は、採捕後船上で速やかに10%海水ホルマリンにより固定し、実験室に持ち帰り、全長または体長(mm)の測定、背鰭および臀鰭鰭条数の計数を行った。なお、全長30mm未満の個体は、原則として軟硬骨二重染色(福原、田中1987)を施して鰭条数を計数した。

採集年ごとに、魚体長と背鰭および臀鰭鰭条数との間で、Pearsonの積率相関係数を求めた。稚魚のサイズと両鰭条数に有意な相関が認められた場合には、採集年ごとの魚体長を基準に供試魚を小型個体、中型個体、大型個体の3つのグループに区分し、各グループ間の背鰭および臀鰭鰭条数の差をKruskal Wallis testを用いて検定し、Steel-Dwass testにより多重比較した。

(2) 結果

1997～1999年の稚魚では、全長と背鰭および臀鰭鰭条数との間に有意な正の相関が認められ($p <$

0.05)、全長の大きい個体ほど鰭条数の多い傾向があった(Table 7-2)。一方、1996年の稚魚では、体長と背鰭鰭条数との間に有意な相関は認められなかった($p > 0.05$)。

全長と両鰭条数との間に正の相関が認められた1997～1999年の稚魚では、全長の大きいグループほど両鰭条数の平均値は大きかった(Fig. 7-4)。特に小型個体と大型個体のグループ間では、1997年の背鰭鰭条数を除いて、両鰭条数とも有意差が認められた($p < 0.01$)。

(3) 考察

1997～1999年に若狭湾西部海域で採集された稚魚では、大型個体の背鰭および臀鰭鰭条数は小型個体より有意に多いことが明らかになった。背鰭および臀鰭鰭条数の異なる両者が共に若狭湾西部海域内で生まれ育った稚魚であるならば、本海域におけるヒラメの産卵期(2月下旬～6月上旬;第4章)、海水温の季節変化(橋本1973)からみて、早期に出現した鰭条数の多い大型個体は小型個体よりも海水温の低い環境下で育ったことになる。しかし、ヒラメの背鰭および臀鰭鰭条数は仔魚期の海水温が高いほど多くなる(青海ら1994;青海ら1996)ことから、大型個体が小型個体よりも低水温を経験したとすると矛盾が生じる。すなわち、小型個体と大型個体とは産まれた海域が異なることや、両者が鰭条数の異なる別の個体群であることが推察される。大型個体および小型個体が産出された時期は、採捕時の全長、仔稚魚期の成長速度(前田2002)、卵のふ化時間(安永1988)から、それぞれ2月下旬～4月中旬、4月上旬～5月中旬と推定される。それらの時期は、前者は九州北西岸から若狭湾西部海域、後者は山口県沿岸から新潟県沿岸での本種の産卵盛期(第4章;小林1974;加藤ら1987;田代、一丸1995;河野1997;厚地ら;2004;五利江ら2005)と重複し、若狭湾西部海域での産卵盛期は後者と完全に一致していた。ヒラメの卵や仔魚は浮遊性であり(南1982)、浮遊生活期間は22～33日に及ぶ(安永1988;Noichi

Table 7-2 Relationship between total length and the number of fin ray for Japanese flounder in western Wakasa Bay

Sampling date	Number of specimens	Range of total length (mm)	Pearson's correlation coefficient	
			Dorsal fin ray	Anal fin ray
17 June 1996	49	13.2- 50.0 ^{***}	0.01 ^{ns}	no data
11 June 1997	93	13.4- 54.6	0.24 [*]	0.29 ^{**}
18 June 1998	83	26.8- 96.1	0.41 ^{**}	0.34 ^{**}
14 June 1999	119	20.7- 74.2	0.37 ^{**}	0.40 ^{**}

^{ns} : not significant

^{*} : significant at 5% level

^{**} : significant at 1% level

^{***} : standard length

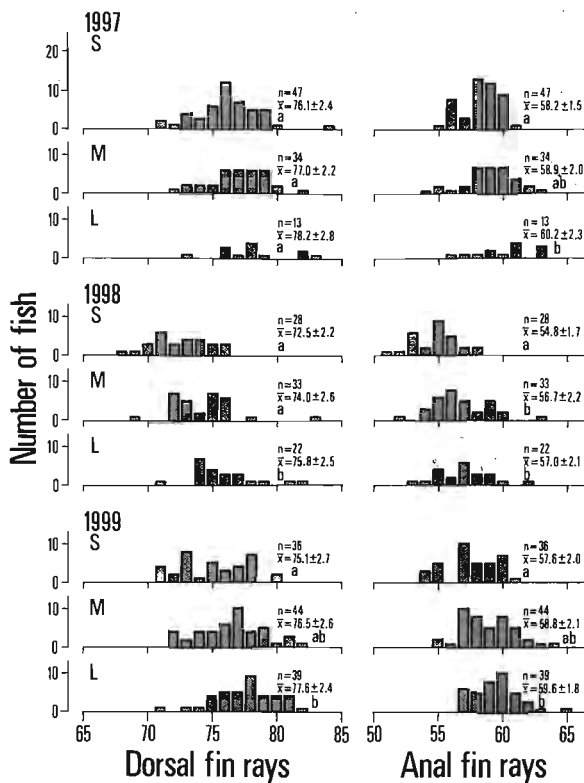


Fig. 7-4 Frequency distributions in dorsal and anal fin ray counts of juvenile Japanese flounder sampled from 1997 to 1999 in western Wakasa Bay. “n”, “ \bar{x} ” and different letters show the number of specimens, mean counts of both fin rays with standard deviation, and significant difference (Steel-Dwass test, $p < 0.05$), respectively. “S”, “M”, “L” in each year show small-, medium-, and large-size group of fish, respectively.

et al. 1997; 前田 2002) ことから、その間には、マダイで報告されているように (長沼 1982), 日本海沿岸を北東方向に流れる対馬暖流に流され、産出された海域とは別の海域へ輸送されることも考えられる (長沼 1982)。本海域では、これまでも地先の産卵期よりも早い時期に産まれたと考えられるヒラメ仔稚魚の存在 (浜中, 桑原 1992; 前田 2002) や、卵に先じた本種の浮遊仔魚の出現 (石黒ら 1996; 前田 2002) が報告されている。また、対馬暖流域では潮上 (南西) の海域ほど、稚魚の背鰭および臀鰭鰭条数の多い傾向が認められている (Tanaka et al. 1997; Kinoshita et al. 2000; 前田 2002)。これらのことから、小型個体と大型個体では産出された海域が異なると考えられ、大型個体は本海域よりも西方の海域で産まれ、対馬暖流により本海域へ輸送されてきたことが示唆される。一方、小型個体については、産出された時期が本海域の産卵盛期と完全に一致しており、その多くは本海域で産まれた個体である可能性が高い。本研究でみられた小型個体と大型個体との間の

背鰭および臀鰭鰭条数の違いは、鰭条数の多い西方産まれの個体群である「西方群」が早期に若狭湾西部海域に着底し、鰭条数の少ない地先産まれ of 個体群である「地先群」がそれらに遅れて着底することにより生じたものと推察される。

一方、1996年の稚魚の背鰭および臀鰭鰭条数には小型個体と大型個体の間で有意な差は認められなかったが、その原因としてはこの年の稚魚の出現様式が他の年とは異なっていたことが考えられる。若狭湾西部海域における着底期の稚魚の出現様式には、早期と晩期に明瞭な出現量の山がみられる場合と、早期、あるいは晩期のどちらか一方のみに出現量の山がみられる場合の三通りあることが報告されている (前田 2002)。1996年には着底期稚魚の出現の山が早期と晩期にみられたものの、晩期の山は小さかったことが報告されている (前田 1998, 2002)。これらのことから、1996年には「西方群」が卓越して出現し、異なるサイズの個体間においても背鰭および臀鰭鰭条数に有意差が生じなかったと推察される。

このように、若狭湾西部海域の稚魚は、その形態形質の違いから、早期に着底する西方海域産まれの「西方群」と、遅れて着底する地先海域産まれの「地先群」の少なくとも2つの個体群により成り立っていることが示唆された。1996年のように一方の個体群が卓越する年はあるものの、形態形質の異なる2つの個体群が着底時期を違えて出現する現象は、本海域では1990年、1993年および1994年にも報告されていることから (前田 2002)、例年みられる現象ではないかと考えられた。

第3節 若狭湾西部海域における1歳魚の背鰭および臀鰭鰭条数の年変化

日本海沿岸では、ヒラメ1歳魚の背鰭および臀鰭鰭条数に地理的変異がみられたが、同一海域でも年により鰭条数が異なる事例もみられた (第7章第1節)。そこで、本節では若狭湾西部海域の1歳魚の背鰭および臀鰭鰭条数を7カ年にわたって調査し、同海域の稚魚や日本海沿岸の稚魚および1歳魚と比較し、これら形態形質の年変化と海水温や本海域に着底する2つの個体群との関係について検討した。

(1) 材料および方法

試料には、1994～2000年の5～8月に、若狭湾西部海域の代表的なヒラメの成育場である由良川河口付近 (南 1982, 1987) で、主として刺網および定置網により漁獲された1歳のヒラメ1,116尾を用いた (Table 7-3)。供試魚は、実験室において生鮮状態で、全長 (cm) の測定、生殖腺による性の判定、背鰭および臀鰭鰭条数の計数、耳石 (扁平石) 輪紋による年齢の査定を行った。なお、年齢の査定は、本章第1節と同じ方法を用いて行った。背鰭および臀鰭鰭

Table 7-3 Specimens of 1-year-old Japanese flounder sampled from 1994 to 2000 in western Wakasa Bay

Year class	Sampling date	Number of specimens	Range of total length (mm)	Fishing gear
1993	17 May-22 July 1994	196	232-382	Gill net, Trolling, Set net
1994	7-17 July 1995	168	236-396	Gill net
1995	22 May-22 July 1996	247	240-400	Gill net
1996	24 June-2 July 1997	178	242-345	Gill net, Set net
1997	29 May-3 Aug. 1998	155	226-370	Gill net, Set net
1998	21 June-21 July 1999	101	241-382	Set net, Gill net
1999	29 May-1 Aug. 2000	71	244-355	Set net, Gill net, Beam trawl

条数については、Kruskal-Wallis test を用いて年級間の差を検定し、Steel-Dwass test により多重比較した。また、1996～1999年級については、前節の同年級の稚魚と背鰭および臀鰭鰭条数を比較し、その差をMann-Whitney's *U*-test により検定した。

本海域における各年級の背鰭および臀鰭の平均鰭条数とその誕生年の海水温との間で、Pearson の積率相関係数を求めた。海水温は、ヒラメの背鰭および臀鰭鰭条数が決定される仔魚期の温度として、1993～1999年に日本海ブロックの海洋観測調査（日本海区水産研究所 2009）により若狭湾沖（沿岸定線の沿岸ニ-4線の St. 1～4）で測定されたデータ（京都府農林水産技術センター 未発表）の中から、ヒラメ仔魚の出現時期である4～6月（浜中・桑原 1992）の各月上旬に、仔魚の分布水深である表層（水深0, 10, 20, 30, 50 m）（桑原, 鈴木 1982）で測定された値を用い、それらの平均値で代表した。

(2) 結果

1993～1999年級のヒラメ1歳魚の平均鰭条数は、背鰭では73.7～77.9本、臀鰭では55.9～59.2本であった（Fig. 7-5）。1998年級の平均鰭条数（背鰭鰭条数73.7本、臀鰭鰭条数55.9本）は最も少なく（ $p < 0.01$ ）、次いで1994年級の平均鰭条数（背鰭鰭条数75.2本、臀鰭鰭条数57.3本）が少なかった（ $p < 0.05$ ）。一方、それら以外の年級の平均鰭条数は、背鰭鰭条数が76.3～77.9本、臀鰭鰭条数が58.0～59.2本であり、年級間の差は小さかった。

1996～1999年級の背鰭および臀鰭鰭条数を、前節の同年級の稚魚と比較した。1996年級の1歳魚と稚魚の両鰭条数には、有意な差は認められなかった（ $p > 0.05$ ）。1997年級および1999年級の1歳魚の両鰭条数は、大型および中型の稚魚とは有意な差は認められなかった（ $p > 0.05$ ）が、小型の稚魚より有意に多かった（ $p < 0.05$ ）。一方、1998年級の1歳魚では、臀鰭鰭条数についてはいずれのサイズの稚魚とも有意な差は認められなかったものの、背鰭鰭条数は大型の稚魚より有意に少なく（ $p < 0.05$ ）、小型および中型の稚魚とは有意差がなかった（ $p > 0.05$ ）。

若狭湾西部海域の表層での1993～1999年4～6月の平均水温は13.6～14.8℃であり、1995～1997年が13.6～13.8℃と低く、1998年が14.8℃で最も高かった。水温が低かった1995～1997年産の1歳魚の平均鰭条数は、背鰭では77.2～77.9本、臀鰭では58.5～59.2本と他の年級より多い傾向がみられた（Fig. 7-6）。一方、水温が最も高かった1998年産の1歳魚の平均鰭条数は前述のように背鰭、臀鰭とも最も少なく、水温と平均鰭条数との間には有意な負の相関が認められた（ $p < 0.05$ ）。

(3) 考察

本研究の供試魚は、若狭湾西部海域のヒラメの成育場である由良川河口付近において5～8月に採捕

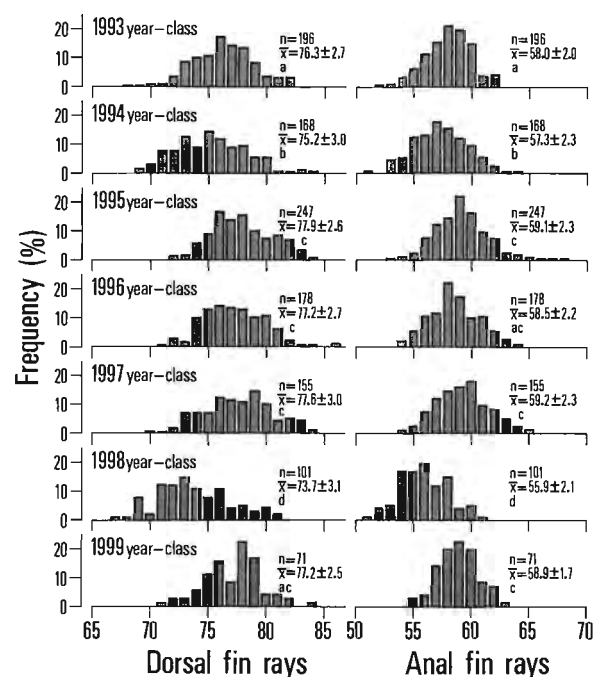


Fig. 7-5 Frequency distributions in dorsal and anal fin ray counts of 1-year-old Japanese flounder sampled from 1994 to 2000 in western Wakasa Bay. “n”, “ \bar{x} ” and different letters show the number of specimens, mean counts of both fin rays with standard deviation, and significant difference (Steel-Dwass test, $p < 0.05$), respectively.

された1歳魚であり、本海域における本種の分布・移動様式から判断して、それらはいずれも当成育場で着底、成長した個体であると考えられた(第6章第1, 2節)。それらの背鰭および臀鰭鰭条数は必ずしも毎年同じではなく、平均鰭条数には最大でそれぞれ4.2本、3.3本の年変化がみられた。ヒラメの背鰭および臀鰭鰭条数は仔魚期の環境水温が高いほど多くなる(青海ら1994; Tanaka *et al.* 1997; Kinoshita *et al.* 2000)ことから、鰭条数の年変化は年による海水温の変動により生じている可能性がある。しかし、本海域にヒラメ仔魚が出現する時期(4~6月)の表層水温と各年級群の背鰭および臀鰭の平均鰭条数の間には有意な負の相関が認められ、両鰭条数の年変化が本種の発育環境の水温条件により生じたものとは考えにくかった。そこで、1歳魚の背鰭および臀鰭鰭条数の年変化について、若狭湾西部海域に着底する鰭条数の異なる2つの個体群の出現状況から検討した。

本研究では、7つの年級のうち、1994年級と1998年級を除く5つの年級の背鰭および臀鰭鰭条数については、各年級間の平均鰭条数の差がそれぞれ1.6本、1.2本以内であり、年変化は小さかった。1997年級および1999年級の両鰭条数は、同年級の小型の稚魚

とは有意に異なるものの、大型の稚魚とは有意な差はみられなかったことから、両年級の1歳魚は鰭条数の多い「西方群」を主体としていたことが示唆された。また、1995年級の両鰭条数は、福岡県沿岸の同年齢魚と有意差は認められなかった(第7章第1節)ことから、この年級の1歳魚についても「西方群」を主体としていた可能性が高いと考えられた。さらに、1996年級の両鰭条数は、「西方群」が主体と考えられた同年級の稚魚(第7章第2節)と有意な差は認められなかった。これらのことから、若狭湾西部海域の1994年級と1998年級を除く5つの年級の1歳魚については、「西方群」を主体とした資源構造であったと推察された。

また、1994年級の両鰭条数は他の年級より有意に少なく、福岡県沿岸の1歳魚と比べても有意差があったものの(第7章第1節)、1994年に対馬暖流域の各府県沿岸で調べられた稚魚の背鰭鰭条数(前田, 2002)と比較すると、その平均値は日本海の山口県から兵庫県沿岸の稚魚の値(75.8~74.8本)に近く、この年級の1歳魚についても「西方群」を主体としていたことが示唆された。

一方、1998年級の1歳魚の背鰭および臀鰭鰭条数は、同年級の小型の稚魚とは有意差は認められなかったものの、大型の稚魚より有意に少なく、他の年級の1歳魚と比べても鰭条数が有意に少なかったことから、この年級の1歳魚は、他の年級とは異なり、鰭条数の少ない「地先群」を主体としていたと推察された。

以上のように、若狭湾西部海域における1歳魚の背鰭および臀鰭鰭条数の年変化には、本海域に着底する2つの個体群の年による出現量の違いが関係していることが示唆され、1歳魚の資源は多くの年に「西方群」を主体としていたことが推察された。

第4節 若狭湾西部海域の未成魚と成魚の間にみられる背鰭および臀鰭鰭条数の差異

本節では、ヒラメ未成魚の若狭湾西部海域からの移出に注目し、背鰭および臀鰭鰭条数を個体群の指標に用いて、移動期前後における本種の資源構造の異同について検討した。

(1) 材料および方法

試料には、若狭湾西部海域において、1994~1996年の5~7月に刺網、定置網、曳釣で漁獲された未成魚887尾と、1996~2000年の2~6月に延縄、刺網、定置網などで漁獲された成魚348尾を用いた(Table 7-4)。未成魚は、成育場とされる由良川河口付近(南1982, 1987)で漁獲された、1993~1995年級の未成熟の1歳魚であり、成魚は漁獲年に3歳以上に達する1993~1995年級の成熟個体を対象とした。

供試魚は、生鮮状態で実験室に持ち帰り、全長(cm)

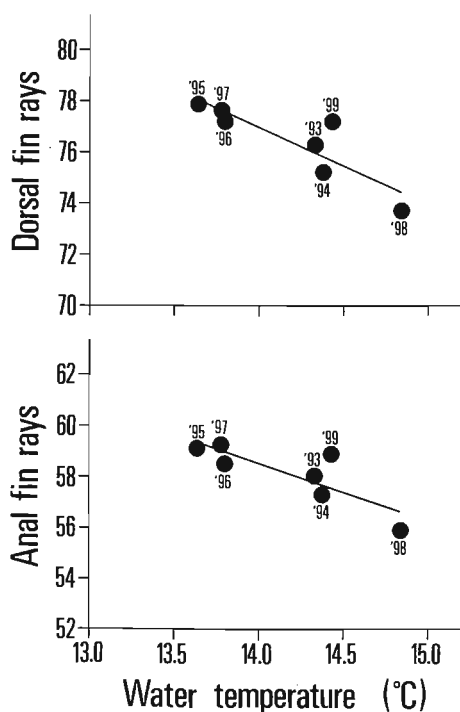


Fig. 7-6 Relationship between shallow water temperature during April to June from 1993 to 1999 and dorsal and fin ray counts of 1-year-old Japanese flounder sampled from 1994 to 2000 in western Wakasa Bay. Solid circles and numerals show mean counts of both fin rays and year class, respectively. The regression lines; dorsal fin rays, $r^2=0.735$, $p < 0.05$, anal fin rays, $r^2=0.655$, $p < 0.05$.

Table 7-4 Specimens of immature and adult Japanese flounder sampled in western Wakasa Bay

Life stage	Year class	Sampling date	Number of specimens	Range of total length (mm)	Range of age (year)	Fishing gear ^{*1}
Immature	1993	17 May-22 July 1994	196	232-382	1	G,T,S
	1994	15 June-20 July 1995	444	231-396	1	G
	1995	22 May-22 July 1996	247	240-400	1	G
Adult	1993	29 Feb. 1996-15 May 2000	61	407-642	(3) ^{*2} -7	L,G,T,S,D
	1994	12 May 1997-5 June 2000	181	378-686	(3) ^{*2} -6	L,G,S,D,T
	1995	12 Mar. 1998-25 May 2000	106	380-650	(3) ^{*2} -5	L,G,S,D

^{*1} B: beam trawl, D: Danish seine, G: gill net, L: long line, S: set net, T: trolling.
^{*2} All fish becomes 3-year-old in the sampling year

の測定、背鰭および臀鰭鰭条数の計数、生殖腺成熟度の判定、無眼側の耳石（扁平石）による年齢の査定を行った。生殖腺の成熟度は、肉眼観察により第4章の基準を用いて判定し、「未熟」個体を未成熟、「成熟途中」以上の熟度の個体を成熟とした（第4章）。

背鰭および臀鰭鰭条数については、Mann-Whitney's U-testにより未成魚と成魚間の差を検定した。

(2) 結果

1993年級の背鰭の平均鰭条数は、未成魚76.3本、成魚は73.7本、1994年級では、未成魚75.3本、成魚73.7本、1995年級では、未成魚77.9本、成魚73.9本であり、すべての年級群において未成魚と成魚間の背鰭鰭条数には有意差が認められた (Fig. 7-7, $p < 0.01$)。

臀鰭鰭条数についても、1993年級の平均鰭条数は未成魚58.0本、成魚56.6本、1994年級では未成魚57.4本、成魚56.2本、1995年級では未成魚59.1本、成魚56.5本であり、いずれも成魚の鰭条数は未成魚より有意に少なかった (Fig. 7-7, $p < 0.01$)。

(3) 考察

本研究の供試魚は、いずれも背鰭および臀鰭鰭条数の決定される仔魚期（沖山1967, 南1982, Fukuhara 1986）を過ぎた1歳以上のヒラメであり、両鰭条数は既に固定されており、その後の体成長によっても変わらない。本研究では、若狭湾西部海域で漁獲された同一年級の未成魚と成魚の間で背鰭および臀鰭鰭条数を比較しており、両者が同一の資源構造であれば、両者の鰭条数に顕著な差異は生じないはずである。ところが、本研究では、いずれの年級においても成魚の両鰭条数は未成魚と比べて有意に少なかったことから、本海域の未成魚と成魚とでは、資源構造が異なると考えられた。そこで、このような現象が起こる原因について、本海域に着底する由来の異なる2つの個体群（第7章第2節）の分布・移動様式から検討した。

若狭湾西部海域には、地先の成魚から産まれた「地先群」と、西方海域由来の「西方群」が着底し（第7章第2節）、「西方群」の背鰭および臀鰭鰭条数は「地先群」よりも多い特徴がある（第7章第2節）。本海域に着底したヒラメは、少なくとも1歳の8月頃までは成育場付近に分布していることから、本研究で用いた未成魚は、その漁獲時期（1歳の5～7月）と漁獲場所（由良川河口付近）から判断して、本海域に着底、成長したヒラメであると考えられ、それらは、稚魚同様、多くの年、「地先群」と「西方群」の2つの個体群で成り立っていると推察された（第7章第2節）。一方、本海域で着底、成長した個体は、1歳の9月以降には成育場付近から離れ、一部は1,2歳時の水温下降期に西方へ長距離移動する（第6章第1, 2節）ことから、本海域の移動期前の未成魚と移動期を経た成魚では資源構造は異なることが考えられる。本研究では、成魚の背鰭および臀鰭鰭

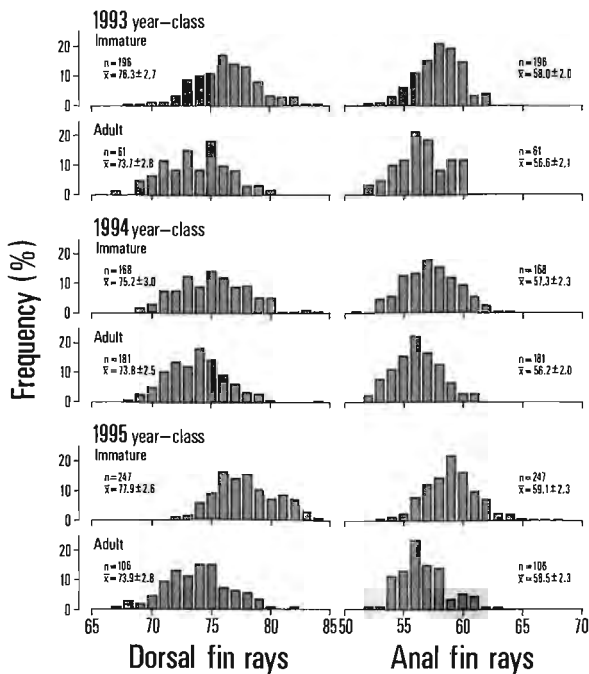


Fig. 7-7 Frequency distributions in dorsal and anal fin ray counts of immature and adult Japanese flounder sampled in western Wakasa Bay. “n” and “x̄” show the number of specimens, mean counts of both fin rays with standard deviation, respectively.

条数は未成魚より有意に少なく、それらの平均値は晩期に着底する「地先群」とされる稚魚の値（前田2002）に近かったことから、成魚は鱗条数の少ない「地先群」から成ることが示唆される。西方へ移動する未成魚は「西方群」であり、その移動は産まれた海域への回帰回遊ではないかと考えられる。つまり、若狭湾西部海域では、稚魚期から未成魚期の1歳夏までは鱗条数の多い「西方群」と鱗条数の少ない「地先群」が混在しているが、1, 2歳時の水温下降期に「西方群」のみが西方海域へ移出し、成魚期には海域内に「地先群」のみが残ったため、成魚の鱗条数が未成魚よりも減少したと推察される。

一方、若狭湾西部海域では、北東方向の石川県や福井県沿岸からの未成魚の移入も確認された（第6章第3節）。これら能登半島以南の他県沿岸でも背鰭および臀鰭鱗条数の異なる2つの個体群の存在が示唆されており（Tanaka *et al.* 1997; Kinoshita *et al.* 2000）、石川県沿岸に着底したヒラメの未成魚の背鰭および臀鰭鱗条数の平均値は、1995年級のように若狭湾西部海域と有意な差がない事例（第7章第1節）もみられることから、石川県や福井県沿岸の未成魚についても、「西方群」が水温下降期に西方へ回帰的に長距離回遊しているものと考えられた。

このように、若狭湾西部海域から能登半島より西の石川県沿岸にかけては、「地先群」と「西方群」が着底し、未成魚期に「西方群」が産まれた海域へと回帰することにより、成魚期には「地先群」のみから成る資源へ変わると考えられる。未成魚期に「西方群」のみが西方の産卵場へ移動し、成魚期には若狭湾西部海域に「地先群」のみが残ることより、「西方群」と「地先群」の産卵場が隔離され、遺伝的に異なる2つの個体群が形成される可能性が示唆された。

第5節 日本海沿岸における1歳魚の耳石初輪径の地理的変異

系群などの魚類集団の識別には、計数形質である鱗条数以外に、耳石や鱗の形状、輪紋などの計量形質も用いられている（木下1962; Stanley 1980; 菅野1982; 能勢1988; Ishida *et al.* 1989; Campana and Casselman 1993; 西村ら1997; 戸嶋2000）。本節では、若狭湾西部海域を含む日本海の5府県沿岸のヒラメ1歳魚を対象として、背鰭および臀鰭鱗条数と同じ形態形質である耳石初輪径を海域間で比較し、本形質のヒラメ個体群の識別指標としての有効性を検討した。

(1) 材料および方法

試料は、本章第1節で用いた1995年および1996年に福岡県、京都府、石川県、新潟県および秋田県の5府県沿岸で漁獲された1歳魚（Table 7-1）のうち、

耳石初輪径（第1輪径）の計測できた888尾である。供試魚は、本章第1節の処理に加え、生殖腺による性の判定と耳石初輪径の測定を行った。初輪径は耳石の核から最初の不透明帯の最外部までの距離（ r_1 ）とし、第3章第1節に記した方法により測定した。ヒラメの耳石径と魚体長には正の相関が認められ（第3章第1節）、魚体の成長は雌雄で異なるので（第3章第1節）、耳石初輪径は雌雄別に整理した。耳石初輪径の海域間の差は、Kruskal-Wallis testを用いて検定し、Steel-Dwass testにより多重比較した。

(2) 結果

1995年に5府県沿岸で漁獲された雄の耳石初輪径については、福岡県沿岸、若狭湾西部海域および石川県沿岸の3海域間で有意な差は認められなかった（ $p > 0.05$ ）が、新潟県沿岸や秋田県沿岸では石川県以南と比べ有意に小さく（ $p < 0.01$ ）、秋田県沿岸で最小であった（Fig. 7-8, $p < 0.05$ ）。雌の耳石初輪径については、福岡県沿岸と若狭湾西部海域の間で有意な差は認められなかった（ $p > 0.05$ ）が、石川県沿岸、新潟県沿岸および秋田県沿岸では若狭湾西部海域以南よりも有意に小さく（ $p < 0.01$ ）、3海域の中では北の海域ほど小さかった（ $p < 0.01$ ）。

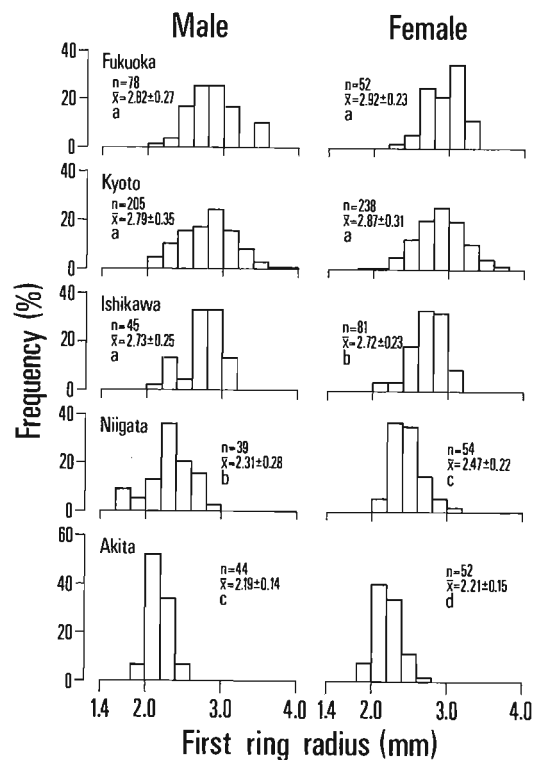


Fig. 7-8 Frequency distributions of the otolith first annual ring radius of 1-year-old Japanese flounder sampled from five areas in the Japan Sea in 1995. "n", " \bar{x} " and different letters show the number of specimens, mean first ring radius with standard deviation, and significant difference (Steel-Dwass test, $p < 0.05$), respectively.

1996年に4府県沿岸で漁獲された雄の耳石初輪径は、福岡県沿岸と若狭湾西部海域との間では有意な差は認められなかった ($p > 0.05$) が、石川県沿岸や秋田県沿岸では若狭湾西部海域以南と比べ有意に小さく ($p < 0.01$)、石川県沿岸で最小であった (Fig. 7-9, $p < 0.01$)。雌の耳石初輪径は、福岡県沿岸と若狭湾西部海域との間および石川県沿岸と秋田県沿岸との間では有意な差は認められなかった ($p > 0.05$) が、石川県沿岸や秋田県沿岸では若狭湾西部海域以南と比べ有意に小さかった ($p < 0.01$)。

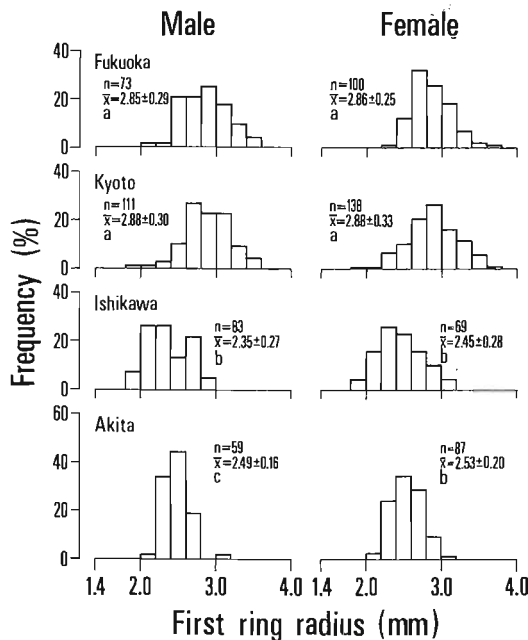


Fig. 7-9 Frequency distributions of the otolith first annual ring radius of 1-year-old Japanese flounder sampled from four areas in the Japan Sea in 1996. “n”, “ \bar{x} ” and different letters show the number of specimens, mean first ring radius with standard deviation, and significant difference (Steel-Dwass test, $p < 0.01$), respectively.

(3) 考察

本研究の供試魚は、本章第1節で用いた1歳魚であり、漁獲場所付近に着底、成長した個体であると考えられた (第7章第1節)。それら1歳魚の耳石初輪径には若狭湾西部海域以北で地理的変異がみられ、背鰭および臀鰭鰭条数と同様に (第7章第1節)、本形質は各海域に着底、成長した個体群の指標となることが示唆された。

次に、日本海沿岸のヒラメ1歳魚の耳石初輪径に地理的変異が生じた原因について検討した。ヒラメの耳石径と魚体長には正の相関が認められ (第3章第1節; 篠田 1974; 山洞, 樋田 1977; 石田ら 1978; 小田切ら 1985; 前原 1992), 耳石初輪径は産まれてから最初の不透明帯の形成が終わるまでの期間のヒラメ

の成長量を反映すると考えられる。日本海沿岸でヒラメの耳石に不透明帯が形成される時期は、青森県沿岸では12~3月 (小田切ら 1985), 山形県沿岸では1~3月 (山洞・樋田 1977), 新潟県北部沿岸では1~5月 (加藤ら 1987), 富山湾では4~6月 (浦邊ら 2007), 若狭湾西部海域では12~6月 (第3章第1節), 兵庫県北部沿岸では2~6月 (五利江ら 2005), 山口県沿岸では3~5月 (河野 1997) であり、不透明帯の形成が終り耳石初輪径の決定される時期は、青森県と山形県沿岸を除いて、ほぼ同じであった。一方、日本海沿岸でのヒラメの産卵期は南の海域ほど早いことから (第4章, 南 1997), 耳石初輪径が決定されるまでの期間は概して南の海域ほど長くなる。また、日本海沿岸では若狭湾のヒラメの成長速度は南の海域ほど速い傾向があった (第3章第1節)。これらのことから、日本海沿岸では、南の海域ほど初輪径決定までの期間が長く、魚体の成長速度も速いことから、南の海域ほど初輪径が大きくなり、1歳魚の耳石初輪径には地理的変異が生じたと推察される。

一方、石川県と秋田県沿岸の耳石初輪径は雌雄とも調査年により顕著に異なっており、1996年の調査では石川県沿岸の雄の初輪径は秋田県沿岸よりも有意に小さかった。本種の耳石初輪径は生後1年近い期間の魚体の成長量を反映することから、年や場所による餌料環境の違いの影響も大きいと推察される。また、本種の産卵期は2~3ヵ月と長いことから (南 1997), 稚魚の着底時期によっても1歳魚の成長量に年変化が生じることも考えられる。耳石初輪径を指標として本種個体群を識別する場合には、複数年の調査と、背鰭および臀鰭鰭条数などの他の識別指標を併用した解析が必要と言えよう。

第6節 若狭湾西部海域における1歳魚の耳石初輪径の年変化

日本海沿岸のヒラメ1歳魚の耳石初輪径には地理的変異がみられた (第7章第5節) が、背鰭および臀鰭鰭条数と同様に (第7章第3節), 同一海域でも年により初輪径が顕著に異なる事例もみられた (第7章第5節)。若狭湾西部海域の1歳魚の資源は「地先群」と「西方群」から成り、背鰭および臀鰭鰭条数の年変化には両群の出現量の年による違いが関係していることが示唆された (第7章第3節)。そこで本節では、若狭湾西部海域に着底、成長した1歳魚の耳石初輪径を7カ年にわたり調査し、本形質の年変化と1歳魚の資源構造について考察した。

(1) 材料および方法

試料は、本章第3節で用いた若狭湾西部海域の1993~1999年級のヒラメ1歳魚 (Table 7-3)のうち、耳石初輪径を計測した1,109尾である。供試魚

は、前節と同じ方法で性の判別および耳石初輪径の測定を行った。耳石初輪径の海域間の差は、Kruskal-Wallis test を用いて検定し、Steel-Dwass test により多重比較した。

(2) 結果

雄の耳石初輪径の平均値は、1998年級を除いて、2.76～2.95 mm であり、各年級間の差は0.20 mm未満であった (Fig. 7-10)。一方、1998年級の初輪径の平均値は2.49 mm であり、他のいずれの年級よりも有意に小さかった ($p < 0.01$)。

雌の耳石初輪径の平均値は、1998年級を除いて、2.80～3.05 mm であり、年級間の差は0.25 mm以下であった。一方、1998年級の初輪径の平均値は1993年級および1994年級よりも有意に小さく ($p < 0.01$)、それ以外の年級とは有意差は認められなかったもの ($p > 0.05$)、値は最も小さかった。

(3) 考察

1993～1999年に若狭湾西部海域の成育場に着底し、成育場付近で成長した1歳魚 (第6章第1, 2節) の耳石初輪径は、1998年級を除いて、年級間の差は小さかった。本海域ではヒラメの耳石初輪径は満1歳時に決定され (第3章第1節)、その値は生後1年間のヒラメの成長量を反映していることから、本海

域に着底した個体の満1歳までの成長は毎年ほぼ同じと考えられた。また、1998年級以外の各年級群は、背鰭および臀鰭鰭条数を個体群の指標とした解析結果 (第7章第3節) から「西方群」を主体とする資源であると考えられた (第7章第3節) ことから、若狭湾西部海域における「西方群」の満1歳までの成長は概ね一定であると推察された。

一方、耳石初輪径が他の年級よりも小さかった1998年級については、背鰭および臀鰭の鰭条数が他の年級よりも有意に少なく、「地先群」を主体としていることを本章第3節で指摘した。そこで、「地先群」を主体とする1998年級と、「西方群」を主体とする他の年級との間で、耳石初輪径の有意差が生じた原因について検討した。若狭湾西部海域では「西方群」と「地先群」の着底時期には一ヵ月前後のずれがあり (前田 2002)、「地先群」とみられる晩期着底群の稚魚の着底後20日間の成長速度は、「西方群」とみられる早期着底群と比べ顕著に劣るとされている (桑村 1992)。また、同じ年に産まれた稚魚であっても、主餌料であるアミ類の分布量が減少する夏季には、魚食性に転換した大型個体は順調に成長を続けるのに対し (今林 1980; 古田 1999)、アミ類への依存度の高い小型個体は摂餌率や肥満度の低下などが起こり成長は停滞することが報告されている (古田 1998a, 1999)。さらに、若魚期以降のヒラメの成長には、アミ類に代わる主餌料である小型魚類の豊度が重要であり (第3章第2節および第5章第2節)、発育段階に応じた最適な餌生物との巡り合わせは当歳魚の成長に大きく影響することが示唆される。当歳魚の成長は、アミ類が減少する時期までに各個体が到達できるサイズによって顕著に異なり、同じ年に産まれた個体であっても、着底時期の離れた個体間では顕著な成長差が生まれ、満1歳時に決定される耳石初輪径にも有意差が生じることが推察される。「西方群」に遅れて着底する「地先群」で構成される1998年級は、着底時期の遅れが稚魚期以降の成長にも影響し、結果として満1歳時の全長は「西方群」を主体とする他の年級と比べ小さく、耳石初輪径も小さくなったと考えられる。

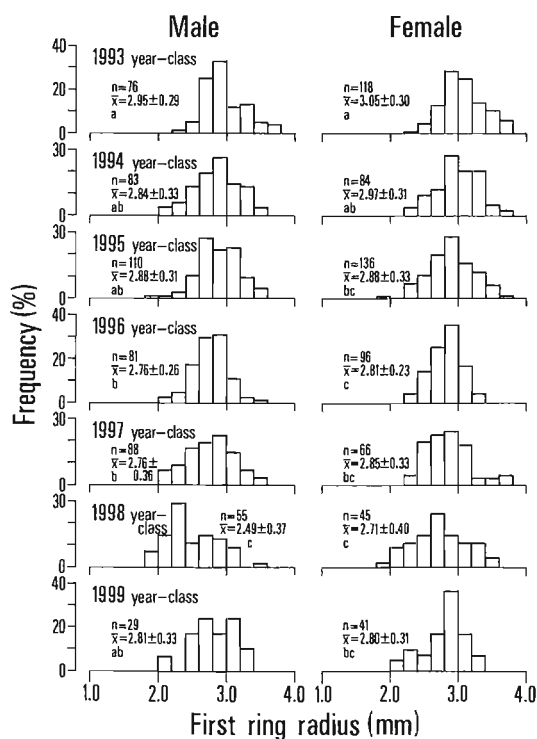


Fig. 7-10 Frequency distributions of the otolith first annual ring radius of 1-year-old Japanese flounder sampled from 1994 to 2000 in western Wakasa Bay. "n", " \bar{x} " and different letters show the number of specimens, mean numbers of both fin rays with standard deviation, and significant difference (Steel-Dwass test, $p < 0.05$), respectively.

第7節 若狭湾西部海域の未成魚と成魚の間にみられる耳石初輪径の差異

本節では、本章第3節と同じ若狭湾西部海域の未成魚と成魚を用いて、耳石初輪径を個体群の指標として未成魚期の長距離移動に伴う本海域での資源構造の変化について考察した。

(1) 材料および方法

試料は、本章第4節で用いた若狭湾西部海域で漁獲された1993～1994年級の未成魚および成魚 (Table 7-4) の内、耳石初輪径の計測できた未成魚883尾、

成魚 345 尾である。供試魚は本章第 5 節と同じ方法で処理し、耳石初輪径の未成魚と成魚間の差を Mann-Whitney's *U*-test により検定した。

(2) 結果

雌の耳石初輪径の平均値は、1993 年級では未成魚 3.05 mm、成魚 2.51 mm、1994 年級では未成魚 2.87 mm、成魚 2.71 mm、1995 年級では未成魚 2.88 mm、成魚 2.53 mm であり、いずれの年級群においても成魚の耳石初輪径は未成魚よりも有意に小さかった (Fig. 7-11, $p < 0.01$)。

雄の耳石初輪径の平均値は、1993 年級では未成魚の 2.95 mm に対し成魚では 2.45 mm、1994 年級では未成魚 2.79 mm に対し成魚 2.46 mm、1995 年級では未成魚 2.88 mm に対し成魚 2.42 mm であり、3 年級ともに成魚の耳石初輪径は未成魚よりも有意に小さかった (Fig. 7-11, $p < 0.01$)。

(3) 考察

年齢相質である耳石や鱗、脊椎骨の輪紋には、高齢魚ほど輪径が小さくなる Lee 現象がしばしば認められる (Lee 1912; 久保, 吉原 1969)。ヒラメの耳石輪径にも Lee 現象がみられ (山洞, 樋田 1977), 若狭湾西部海域においても耳石初輪径 (第 1 輪径) に Lee 現象が認められた (第 3 章第 1 節)。さらに、本

節では同一年級の未成魚と成魚の間で耳石初輪径に同様の現象が認められた。そこで、本海域のヒラメの耳石初輪径にこのような現象が認められた理由を、これまで知られている Lee 現象の原因から検討した。

Lee 現象の原因には諸説あり、鱗では魚体の部位によって成長率が異なることや既成部分が加齢とともに収縮することが原因として挙げられている (三谷, 井田 1964; 久保, 吉原 1969)。しかし、本研究ではヒラメ 1 個体に 1 対ずつある 3 種の耳石の内、無眼側の扁平石のみを用いたため、鱗のように採取部位による成長率の違いを考慮する必要はない。また、魚類の耳石は炭酸カルシウムからなる高度に石灰化した硬組織であり、一旦沈着したカルシウムは安定してほとんど代謝されないため (麦谷 1994), 耳石の既成部分が形成後に収縮することは考えにくい。また、別の原因として漁具の種類や網目の大きさによる選択漁獲が挙げられているが (Robertson 1936; 久保, 吉原 1969), 若狭湾西部海域ではヒラメは定置網, 刺網, 釣・延縄, 底曳網など多様な漁法で漁獲されており, 漁具による選択漁獲の影響は小さいと考えられる。

一方, サケ (Stanley 1980) やマダイ (戸嶋 2000) の鱗の輪紋でみられた Lee 現象は, 異なる輪径を持った集団の移動に伴って起こることが示唆されている。本海域のヒラメの未成魚と成魚とでは背鰭および臀鰭鰭条数が有意に異なり, その差異には本海域に着底する「地先群」と「西方群」の成長に伴う分布・移動様式の違いが関係していることは既に示した (第 7 章第 4 節)。そこで, 本節では, 初輪径を個体群の指標として, 背鰭および臀鰭鰭条数の解析から示唆された両群の分布・移動様式 (第 7 章第 4 節) について検証した。前節では, 本海域に早期に着底する「西方群」とそれらより遅れて着底する「地先群」では, 両者の耳石初輪径に顕著な差が生じることを指摘した。本研究で用いた未成魚は本海域に着底, 成長した個体であり (第 7 章第 4 節), それらには耳石初輪径の大きい (鰭条数の多い) 「西方群」と, 耳石初輪径の小さい (鰭条数の少ない) 「地先群」が混在している。一方, 1 歳の秋季以降には, 初輪径の大きい (鰭条数の多い) 「西方群」が水温下降期に西方へ回帰し (第 6 章第 1 ~ 3 節), 成魚期には初輪径の小さい (鰭条数の少ない) 「地先群」が海域内に残ることとなる。そのため, 成魚では未成魚と比べ耳石初輪径が小さく (背鰭および臀鰭鰭条数は少なく) になったと考えられ, これらのことは背鰭および臀鰭鰭条数の解析結果とも良く符合している。本海域での同一年級の未成魚と成魚間の耳石初輪径の顕著な差は, 両者の資源構造の違いを示しており, その違いは本海域に着底する「西方群」と「地先群」という 2 つの個体群間の成長差と 1 歳の秋季以降の分布・移動

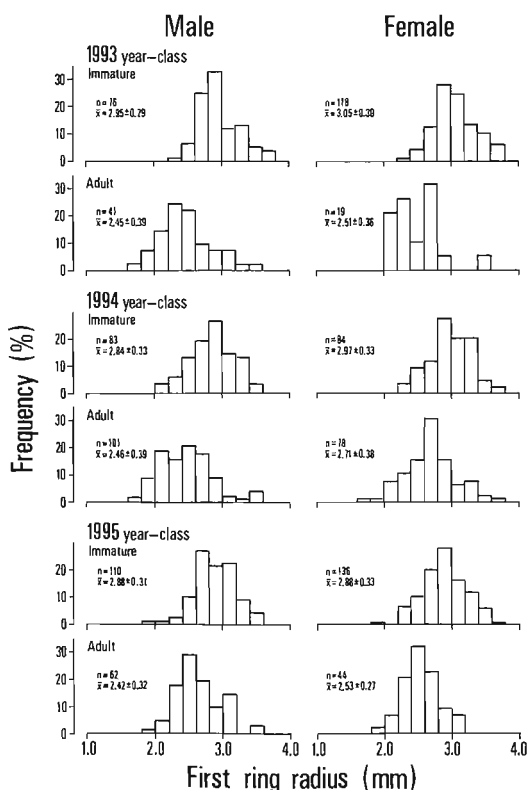


Fig. 7-11 Frequency distributions in the otolith first annual ring radius of male and female Japanese flounder sampled in western Wakasa Bay. "n" and " \bar{x} " show the number of specimens and mean first ring radius with standard deviation, respectively.

様式の違いにより生じたものと推察された。そして、このことは、本海域のヒラメ1歳魚と2歳魚の間で顕著であった耳石初輪径のLee現象（第3章第1節）の原因でもあると考えられた。

第8章 総合考察

本章では、本研究のメインテーマである若狭湾西部海域のヒラメの資源構造に関する知見をレビューし、それらを中心とした本種の資源生物学的特性に基づいて、本海域およびその周辺海域におけるヒラメの栽培漁業や資源管理型漁業の在り方について考察する。

第1節 若狭湾西部海域におけるヒラメの資源構造

最初に、前章までで得られた知見から、若狭湾西部海域におけるヒラメの資源構造について発育段階別に総括する（Fig. 8-1）。

(1) 稚魚期

若狭湾西部海域におけるヒラメ稚魚の出現様式や背鰭および臀鰭鰭条数の差異、対馬暖流域での産卵期や形態形質の海域差、対馬暖流の流況などから、本海域の稚魚は、本海域産まれの「地先群」と、本海域よりも西方の海域で生まれ、対馬暖流によって本海域へ輸送されてきた「西方群」で構成されると推察された。両群は誕生時期が異なり、「地先群」は本海域の産卵盛期である4月上旬～5月下旬（第4章）、「西方群」は2月下旬～4月中旬と示唆された（第7章第2節）。また、両群は形態形質が異なり、「西方群」は「地先群」より背鰭および臀鰭鰭条数が多い。なお、2つの個体群の出現量は年により変動し、どちらか一方の個体群が卓越する場合、あるいは両者が拮抗して出現する場合の3つの出現様式があると考えられている（前田 2002）。

(2) 若魚期から未成魚期

本海域に着底した2つの個体群は、着底海域付近で若魚から未成魚に成長し、1歳の夏季までは大きな移動はしない（第6章第1、2節）。満1歳時には、多くの年に「西方群」が優占する（第7章第3節）。1歳の夏季を過ぎると、両群は成育場付近から沖合へ移動し、「西方群」は西方へ長距離移動する（第6章第1～3節）。この西方への長距離移動は2歳時の水温下降期にもみられ（第6章第3節）、本海域のヒラメの資源構造は「西方群」の移出により大きく変化する。西方へ移動した「西方群」は再び本海域へ戻ることはなく、この移動は「西方群」の産まれた海域への「回帰回遊」であると考えられた。一方、本海域には秋季から冬季に石川県や福井県沿岸から1、2歳の未成魚が来遊するが、これらはさらに西方の海域へ移動する「回帰」途上の「西方群」であると考えられた。

(3) 成魚期

本海域の成魚は、標識放流試験結果から、大部分は産卵後も本海域内に留まり、周年大きな移動はし

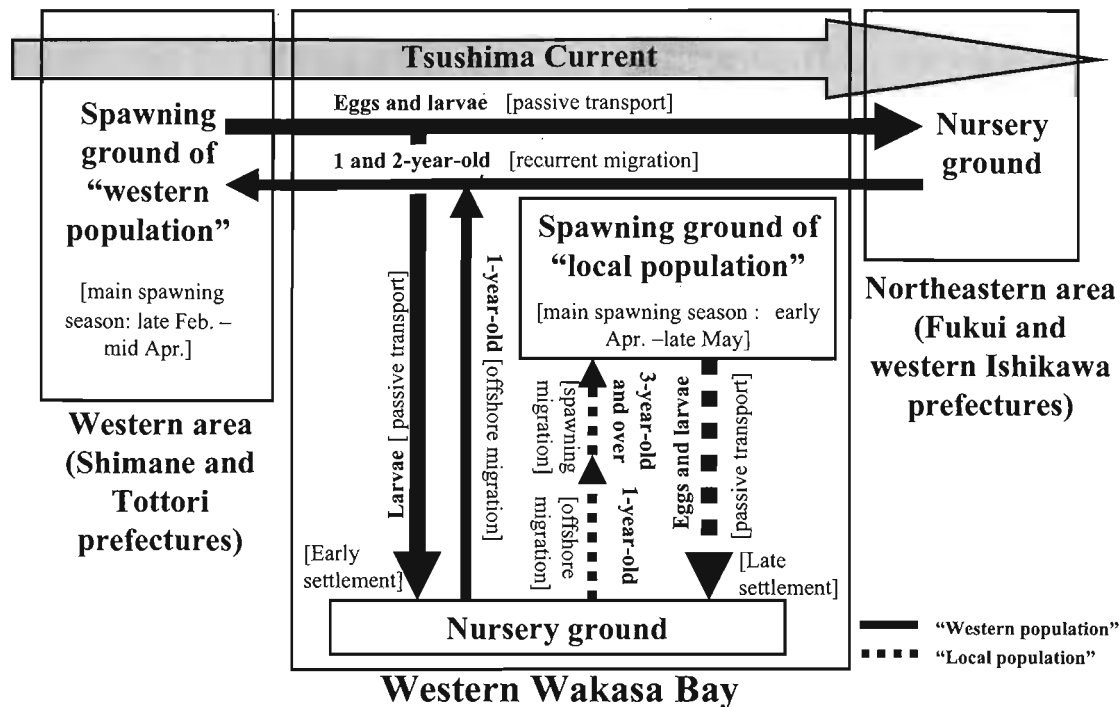


Fig. 8-1 A conceptual model of stock structure of Japanese flounder in and around western Wakasa Bay.

ないと考えられた（第6章第4節）。それらの背鰭および臀鰭条数や耳石初輪径は、早期に着底する「西方群」の稚魚や「西方群」が優占する地先育ちの1歳魚とは顕著に異なり、晩期に着底する「地先群」の稚魚に近いことから、成魚は「地先群」から成ると考えられた。

(4) 若狭湾西部海域育ちのヒラメの生活域

これまでの標識放流試験結果から、本海域に着底、成長した地先育ちのヒラメは、少なくとも1歳の夏季までは本海域に留まることがわかった。一方、秋季以降には、「西方群」は本海域を離れ、兵庫県～島根県沿岸へ移動し、生活域を西方海域へと変えた。「西方群」は、西方の海域で生まれ卵期や仔魚期を対馬暖流中で過ごし、稚魚期から未成魚期には若狭湾西部海域で成育し、1、2歳以降の成魚期までには再び産まれた西方海域に分布域を移すという、発育段階に応じて生活域を変える分布・移動様式を持つものと考えられた。一方、晩期に着底する若狭湾西部海域産まれ「地先群」は、未成魚期以降も大きな移動をせず、海域内で成魚まで成長し、生活史を通して本海域で生息すると考えられた。

(5) 若狭湾西部海域に着底する稚魚の起源

本海域に出現するヒラメ稚魚には、西方海域由来の「西方群」と地先海域を起源とする「地先群」の2つの個体群が存在することを第7章第2節で述べた。そこで本項では、これまでに得られた知見を総合して、「西方群」の起源について考察する。

最初に、物理的な環境条件から「西方群」の稚魚が産まれた海域を検討するため、対馬暖流域での海水温の分布と海流の流況を調べた。ヒラメの産卵期の表面水温は日本海西部では12～15℃とされており（小林1974; 南1997）、「地先群」の稚魚の誕生時期と考えられる4月上旬および5月上旬の若狭湾西部海域での表層水温（水深50m以浅）も概ねこの範囲にある（渡邊ら2003）。また、この水温範囲にある対馬暖流域内の海域は、2月上旬には島根県東部以西、3月上旬には兵庫県北部以西、4月上旬には若狭湾西部海域以西であった（水産庁ほか1992; 渡邊ら2003）。

一方、冬季から春季の対馬暖流の流速は0.1～0.5ノットであり（桑原、坂野1980; 松山、名角1986; 水野ら1987）、本海域に出現するヒラメの浮遊生活期間は25日前後とみられることから（安永1988; 前田2002）、本種の卵や仔魚が対馬暖流により輸送される距離はおおよそ110～550kmと計算される。この距離を本海域から最短経路で西方向へ辿ると、鳥取県沖から福岡県沖辺りまでの海域が該当する。しかしながら、対馬暖流は、必ずしも常に真直ぐに流れているわけではなく、流路が大きく蛇行する場合もあり（長沼1985）、同暖流により本海域に輸送されてくるヒラメの卵や仔魚の起源は上記の海域よりも近いことも考えられる。また、山陰西部沿岸から九州西岸では1～4月には対馬暖流の反流とみられる南西方向への表層流が卓越しており（辻田、近藤1961;

伊東 1961; 長沼 1985; 永谷ら 1994), これらの海域からヒラメの卵や仔魚が東方へ流される可能性は低いと考えられる。海水温と対馬暖流の流況から判断すると、「西方群」が産まれた海域は兵庫県から島根県の範囲と推察される。

本種の産卵期は、対馬暖流域では潮上にあたる南西の海域ほど早く、九州南西岸から山陰西部（鹿児島県から鳥取県）までの海域の産卵盛期が「西方群」の稚魚の産まれた時期と重複する。また、「西方群」が優占する年には、本海域の1歳魚の背鰭および臀鰭鰭条数と耳石初輪径が、福岡県沿岸の1歳魚（1996年級）や、山口県から鳥取県沿岸の稚魚（前田 2002）とほぼ等しい事例もみられた。一方、標識放流試験結果をみると、未成魚の移動範囲は兵庫県北部沿岸から九州北岸の福岡県沿岸までであり（第6章第2, 3節）、それ以西の海域での再捕事例はない。また、標識魚の西方での再捕事例は鳥取県および隠岐島周辺を含む島根県東部沿岸で多く（第6章第2, 3節）、この付近の海域が「西方群」の「回帰」先である可能性が高いと考えられた。

島根県沿岸海域でのヒラメの漁獲物組成をみると、成魚とみられる3歳以上の高齢魚の漁獲割合が、その他の日本海西部の府県沿岸海域と比べて顕著に高く（日本海ブロックヒラメ班 1990）、島根県沿岸では成魚資源が多いことが推察される。また、島根県沿岸の成魚の背鰭および臀鰭鰭条数ならびに耳石初輪径は、若狭湾西部海域の成魚とは異なり、稚魚や1歳魚に近似する事例もみられる（京都府 2000）。本海域に出現する仔稚魚の耳石日周輪の解析から、西方群の起源を島根県から兵庫県沿岸とする報告もある（前田 2002）。

以上のことから、本海域に着底する「西方群」の起源は、日本海西部の鳥取県から隠岐島周辺を含む島根県東部沿岸の海域ではないかと考えられた。

第2節 栽培漁業および資源管理型漁業への提言

(1) 種苗のサイズと放流の時期および場所

栽培漁業の成否は如何に多くの放流種苗を効率的に資源に添加させるかにかかっており、そのためには放流種苗の減耗をできるだけ低く抑え、早く漁獲サイズまで成長させることが必要となる。特に、小型サイズの人工種苗の放流では、放流直後の減耗が大きいことが知られており（首藤ら 1992; 古田ら 1997）、種苗の放流時期やサイズ、放流場所の選定は放流技術上の最も重要な課題である（Yamashita and Yamada 1999）。ヒラメは狭食性であり（今林 1980）、共食いもすることから（南 1986; 山下ら 1993; Noichi *et al.* 1993）、放流種苗の分布密度や天然魚との競合にも配慮を要する。なお、放流サイズ、時期、場所については、既に「ヒラメ放流の手引き」（京都府立

海洋センター 1993b）に整理されているので、ここでは、その後本研究などにより新たな知見が得られた放流時期を中心に考察する。

放流時期の検討にあたっては、放流海域のヒラメ天然稚魚の出現状況に関する情報が不可欠である。若狭湾西部海域では、着底期のヒラメ稚魚は3月下旬から6月中旬までの長期間にわたり出現し、それらは出現盛期からみて早期の4月中旬～5月上旬に着底する「西方群」と、晩期の5月中旬～6月上旬に着底する「地先群」に大別される。そこで、種苗放流をどちらの群に合わせて実施するのがよいかを判断するため、両者の成長や生残について比較、検討した。

若狭湾西部海域では、これまで主に全長50～70mmサイズの人工種苗が放流されてきた。このサイズのヒラメの主要餌料は甲殻類のアミ類であり（今林 1980）、その出現量は本海域では5月上旬から6月上旬にかけて最も多い（種 1990; 京都府立海洋センター 1993a）。この時期には、「西方群」はほとんどが着底し、稚魚期であるのに対し、「地先群」の多くは仔魚期であり、着底した個体も稚魚期の初期に過ぎない。また、アミ類の出現量は6月中旬頃から大きく減少し、7月上旬以降には低水準となるが（京都府立海洋センター 1993a）、この頃には、「西方群」の多くは魚食性を示す全長10cm以上の若魚期へと成長しているのに対し、「地先群」はまだアミ類を餌料とする稚魚期にあると考えられる。本海域で晩期に着底する稚魚の成長速度は、着底直後には早期に着底する稚魚を上回るものの、着底から30日目以降は成長速度が顕著に低下する（桑村 1992）。つまり、ヒラメの稚魚期の主要餌料であるアミ類の出現状況からみると、早期に着底する「西方群」はアミ類の出現量がピークに達する時期に稚魚期を経過し、餌料環境に恵まれ成長に有利な条件にある（古田 1999）のに対し、晩期に着底する「地先群」にとっては稚魚期の後半にはアミ類の出現量が急減し、餌料環境は必ずしも良い条件ではない。

ヒラメの稚魚は飢餓が進行すると魚類に捕食されやすくなる（古田 1998a）。また、「地先群」の稚魚の出現時期には、「西方群」の出現時期と比べて海水温が高く、ヒラメの捕食者となるカニ類やエビ類などの甲殻類（Seikai *et al.* 1993; 古田ら 1998a; 首藤 2006）の行動も活発になる。鳥取県沿岸では、アミ類の分布量が急激に減少する時期とヒラメ稚魚の小型群が急激に減耗する時期が一致しており、その減耗は餌不足に起因する飢餓により稚魚が被害を受けやすくなったことが原因とされている（古田 1998b）。「地先群」の稚魚は、「西方群」よりも、被食の危険性が高い生残には不利な条件下にあると考えられる。若狭湾西部海域で成育した1歳魚は、多

くの年、「西方群」が優占する資源構造を示すことが形態形質を用いた群識別結果から推察され（第7章第3節）、満1歳に達するまでの生残条件における「西方群」の優位性が伺われる。また、過去に放流時期を違えて実施した人工種苗の放流試験では、6月に放流された稚魚の方が8月に放流された稚魚より回収率が高い結果が得られており（京都府1998）、早期に着底する「西方群」の方が晩期に着底する「地先群」より生残率は高いことが推察された。

以上のことから、若狭湾西部海域では、全長10 cm未満の人工種苗を放流する場合には、晩期に着底する「地先群」よりも、早期に着底する「西方群」の稚魚の成長に合わせて、適切な時期に適切なサイズで放流することが放流魚の生残、成長にとって有利であることは間違いない。その放流適期は、放流サイズが全長30 mmの場合には5月上旬～5月中旬、全長50 mmの場合には5月中旬～6月上旬と考えられる。

一方、若狭湾西部海域では、ヒラメは全長10 cm以上になると完全に魚食性へ移行し、主にカタクチイワシのシラスを餌とする。本海域では、カタクチイワシの仔稚魚は2～11月に出現し、その出現盛期は7～8月および10～11月であることから（坂野、鈴木1978）、若魚期のヒラメの餌条件は夏季および秋季に良好であり、この時期が放流適期と考えられる。「西方群」が全長10 cmに達するのは6月下旬から7月上旬であり、その時期は餌となるカタクチイワシの仔稚魚の出現盛期に当たる。一方、「地先群」が同サイズに達するのは8月中・下旬であり、カタクチイワシ仔稚魚の夏季の出現盛期が終わる頃に当たり、「西方群」の方が「地先群」より餌料環境条件に恵まれていると考えられる。ヒラメ1歳魚の耳石初輪径などの解析結果からは、「西方群」と「地先群」の間の成長差は満1歳時においても顕著であり、「地先群」の成長の遅れは少なくとも満1歳まで続くことが示唆されており、放流魚を早期に資源に加入させるには、「西方群」の成長に合わせて放流する方が良いと考えられる。すなわち、全長10 cmの種苗を放流する場合には、放流適期は概ね6月下旬から7月下旬と言えよう。本種は全長10 cmを超える頃からその分布範囲を、成育場から沖合へと拡大していく（清野、坂野1972）。また、稚魚期の主餌料であるアミ類が水深5 m以浅に多く分布しているのに対し（京都府立海洋センター1993a）、若魚期の主要餌料であるカタクチイワシのシラスの漁場は、一般的に沿岸から数 km 以内の水深10～50 m域で、河川の流入する砂泥底域や内湾などの開口部付近の砂浜域に形成される（近藤1969; 落合、田中1998）。これらのことから、全長10 cm以上の種苗の放流場所としては、ヒラメ稚魚の成育場周辺の浅海域が適地と

考えられる。

第2章第2節では、若狭湾西部海域に付属する2つの閉鎖性内湾（久美浜湾および阿蘇海）で若齢期のヒラメの成長が顕著に異なる事例を示し、本種の成長にとってカタクチイワシやハゼ類などの小型魚類の重要性を指摘するとともに、久美浜湾でヒラメの成長が遅れた原因として、これら小型魚類を巡る種内および種間の餌料競合が影響している可能性を示した。本研究結果から、資源加入の時期である1歳の8月時点におけるヒラメの体重は両湾で2.9～4.2倍の開きがあり、その差は1尾当たりの市場価格にも反映された。また、1989年および1990年に両湾で放流された人工種苗は天然魚とほぼ同じ成長を示し（京都府立海洋センター、1992）、全長6～7 cmで放流された人工種苗の湾内での再捕率（阿蘇海：2.50%、0.26%；久美浜湾：1.24%、0.24%）は、阿蘇海の方が高い傾向にあった（第3章第2節；京都府立海洋センター1993a）。したがって、同じ若狭湾西部海域内であっても、久美浜湾と阿蘇海では放流魚の成長速度が大きく異なり、放流効果も異なることが考えられた。

稚魚期のヒラメの食性に関する既往知見から、稚魚の成長にとってアミ類は最も重要な餌料であることが指摘されてきた（今林1980; 広田ら1990; Minami and Tanaka 1992; Fujii and Noguchi 1996; 山田ら1998; Yamamoto and Tominaga 2007）。そのため、これまでヒラメの種苗放流事業は、多くの場合、アミ類の豊富な場所に稚魚を放流することを共通の目標として全国展開されてきた。しかし、アミ類から魚類へのヒラメの餌料転換は全長5～10 cmで起こり（今林1980）、この食性転換は、若齢期のヒラメにとって、最大成長を獲得するための重要な摂餌戦略であると考えられる。本研究結果は、若齢期のヒラメの成長にはカタクチイワシやハゼ類のような小魚が最も重要な食物であることを示している。東京湾では、ヒラメの放流種苗は主にハゼ類などの小型の魚類を摂餌し、近隣の海域よりも速い成長速度を獲得している（中村1996）。これらのことから、少なくとも魚類を摂餌できるサイズのヒラメ人工種苗を放流する場合には、アミ類よりもカタクチイワシやハゼ類などの小型魚類が豊富な海域を選択すべきである。

(2) 種苗放流効果の波及範囲

これまでの知見から、若狭湾西部海域で着底、成長したヒラメは、少なくとも1歳の夏季までは成育場付近の浅海域に留まるが、秋季以降には移動行動が活発となり、一部は西方向へ100 km以上の長距離を移動することが明らかとなった。この西方への長距離移動は人工種苗の放流でも確認されており、その生活領域は若狭湾西部海域内に留まらず、少なく

とも西方の鳥取県や島根県の地先海域にまで及んでおり、放流効果も日本海西部の複数県に波及する。したがって、若狭湾西部海域で放流したヒラメの放流効果を正確に把握するには、本海域から西方の少なくとも島根県あたりまでを対象範囲とした放流魚の追跡調査が必要である。もっとも、ヒラメは生後1年余りで漁獲サイズに達することや、本海域では1歳魚が漁獲主体であることから（京都府2000）、まずは本海域内に分布している2歳未満の放流魚の回収状況を正確に把握することが重要であることは言うまでもない。また、ヒラメの人工種苗の放流は日本海に面する全道府県の地先海域で毎年行われており、西方への長距離移動は日本海西部の各県沿岸でもみられることから、本海域の北東に位置する福井県や石川県の地先で放流された人工種苗が本海域へ移動してくることに留意する必要がある。

(3) 種苗生産用親魚の確保・育成

本節第1項において、若狭湾西部海域では人工種苗を「地先群」ではなく「西方群」の出現時期やサイズに合わせて放流することが、放流後の種苗の生残、成長に関しては有利であることを示した。地先の成魚の産卵盛期よりも早い時期に産まれた「西方群」に合わせて種苗を放流するためには、地先産成魚を用い、日長調整と加温により本海域の産卵盛期よりも早期に採卵できる親魚の育成管理が必要である。

近年、人工種苗の放流においては、野生集団への影響を最小限に抑えるため、放流海域の野生集団との遺伝的同質性を確保することが求められている。そのため、放流種苗には、放流海域に生息する地方集団由来の親魚から採卵・育成されたものであることや、再生産に貢献する尾数が多い親魚集団から採卵・育成されたものであること、十分な遺伝的多様性を備えていることなどの遺伝学的条件が求められている（谷口2003）。国際連合食糧農業機関・国際連合環境計画は、1981年に、人工種苗生産において近親交配の影響を防止し、遺伝変異の低下をもたらさないために必要な親魚数の基準を具体的に提唱した（FAO/UNEP 1981）。ヒラメに関しては、生産種苗、漁獲された放流魚や天然魚のDNA分析により、放流用種苗は天然魚に比べ遺伝的多様性が低く、特に人工種苗から養成した親魚の種苗でその傾向が顕著なことや、種苗生産では1回当たりの採卵に貢献する親魚数が少ないことが明らかにされた（藤井2002; Hara and Sekino 2003）。そこで、天然ヒラメ集団の遺伝的多様性を保全するための指針として、種苗生産用の親魚数やその入れ替え率、採卵回数などが提案されている（藤井2002）。

複数の府県に及ぶ広い範囲を生活域とするヒラメ資源を増大させるためには、放流魚のみによる増産

を図るのではなく、天然魚を含めた資源の培養管理が必要であり、遺伝学的な見地に立った種苗の生産、放流がより強く求められる。特に、本海域には由来の異なる2つの個体群が存在することから、種苗の遺伝的多様性を確保するだけでなく、放流効果を高める上でも親魚の選定は今後さらに重要な課題となるであろう。

(4) 資源管理の推進

資源管理型漁業を進めるうえで不合理漁獲の低減は不可欠であり、特に商品サイズに満たない小型魚の保護は最も重要な課題である。若狭湾西部海域でのヒラメの商品サイズは概ね全長30 cm以上、体重300 g以上であり、そのサイズに達するのは満1歳の夏季である（第3章第1節）。本海域では、他県で見られるような底曳網による小型魚の混獲は少ないものの、成育場付近の定置網や刺網では当歳魚の漁獲が認められ、それらは総漁獲尾数の1割前後に及ぶ（京都府2000）。当歳魚は、商品サイズに達しておらず、市場での販売価格も極めて低い。本海域のヒラメは少なくとも1歳の夏季までは成育場付近に分布し、漁獲加入すること（第6章第1, 2節）から、当歳魚の漁獲は本海域の漁獲量を減らすことにはほかならず、資源の利用の仕方としては合理的でない。当歳魚の不合理漁獲をできるだけ減らし、少なくとも商品サイズに達する1歳の夏季以降に漁獲することが資源管理上必要である。本海域では、1995年から、漁業者の自主的な取組として、全長25 cm未満（1歳未満）の小型魚の再放流が行われている。本種の資源管理を進める上で、この取組の意義は大きく、当歳魚が多く分布する成育場付近で操業する定置網や刺網を中心に、この措置を今後継続、発展させていく必要がある。また、小型魚の混獲を防止する漁具の改良や漁期、漁場の制限なども今後検討する必要があるであろう。

次に、成魚資源の保護、管理について検討する。本海域で成魚を漁獲対象としている漁業は延縄、曳釣、底曳網などであるが、それらの漁期や漁場利用は限定的であり、これまで成魚を対象とした漁獲規制措置は取られていない。近年の成魚漁獲量の推移にも顕著な増減傾向は認められず、成魚資源の利用は乱獲状態にあるとは言えない。しかし、本海域の成魚の漁獲は産卵期の3～5月に集中しており、資源量も他海域と比べて多い訳ではない（清野、林1977）ことから、今後とも加入乱獲には十分な注意が必要である。本研究で得られた知見を基に、資源の現状を評価するとともに、今後の動向を予測し、的確な資源管理方策を検討すべきであろう。

本海域で漁獲されるヒラメの7～8割は1歳魚であることから、その適正利用方法の検討は京都府漁業にとって重要な課題である。1歳魚のうち、春季

から夏季にかけて成育場周辺で漁獲されるヒラメは、本海域で着底、成長した個体から成る。それらは、多くの年、西方海域から卵・仔魚期に対馬暖流によって本海域に運ばれてきた「西方群」を主体としており、その資源量は西方海域の親魚量に大きく依存している。一方、秋季から冬季に漁獲される1歳魚には、本海域育ちの個体のほかに、北方海域から南下してきた個体が存在する。これら北方からの来遊個体も「西方群」と考えられ、その資源量は西方海域の親魚量に左右されるのみならず、北方海域で受ける漁獲強度によっても変動する。このように、本海域で多獲される1歳魚の資源は、少なくとも日本海西部の複数県での資源利用のバランス上に存在しており、その管理方策は本海域のみの取組では不十分なことは明白である。

本海域に分布する1歳魚には海域外へ移動する個体も多いことから、本海域の1歳魚資源を最大限に利用するためには、漁獲強度を現在以上に高め、移出するまでに可能な限り漁獲してしまう方策も考えられる。しかしながら、これらの1歳魚は西方海域へ移動し成長して成魚となり、本海域に着底する「西方群」の供給源となる。また、1歳魚の中には、終生本海域に留まり、成魚まで成長する「地先群」も含まれている。本海域での1歳魚の過剰な漁獲は、単に西方海域のヒラメ資源を減少させるのみならず、本海域の次世代の資源量にも悪影響を与えることが予想される。本海域での漁獲の大半を占める未成魚は「西方群」主体であることからその影響は大きく、本種資源を適正に管理していくためには、「西方群」が生活領域とする日本海西部海域を対象とした広域的な見地から、資源の利用や保護を考えていくことが求められる。

本研究では、本種の資源特性値や資源量の推定など定量的な資源解析までには至らず、ここで具体的な資源管理方策を提案することは出来ないが、資源管理を進めていく上で必要不可欠な年齢と成長、成熟年齢やサイズ、資源構造などに関する生物学的知見は得られたので、今後の研究に期したい。

(5) 残された問題点

本研究では、若狭湾西部海域のヒラメ資源が「西方群」と「地先群」の2つの個体群からなり、それらの割合は発育段階や季節により変わることを示した。今後、両群の資源量や海域内外での採捕割合など定量的な解析を進め、資源の現状評価と動向予測を行い、具体的な資源管理方策を提示できるよう調査研究を進めるべきである。また、「西方群」が生活領域とする日本海西部海域のヒラメ資源の解析や広域的な放流効果の検証を進めていくことも必要である。広域移動する魚種の生態研究には個体群の識別が不可欠であり、近年遺伝子を標識とした研究が注目さ

れている。これまでも、若狭湾西部海域のヒラメを対象として、ミトコンドリアDNA（大河1998）やマイクロサテライトDNA（中山ら2006）を用いた集団構造の研究が行われた。また、ミトコンドリアDNA調節領域の塩基配列の変異を標識としたFujii and Nishida(1997)や藤井(2003, 2005, 2006)の一連の研究は、日本海におけるヒラメの集団構造や放流効果の解明を目的とするものであり、今後の進展が期待される。もっとも、これらの研究を進展させていくためには、各海域でのヒラメの分布や移動、資源構造などに関する生態学的な知見が必要であることは言うまでもない。

日本海では、各県地先で毎年大量のヒラメの人工種苗が放流されている。本種未成魚の長距離移動は、日本海西部海域のみならず、能登半島以北の日本海北部海域でもみられる（南1997）ことから、海域間の放流魚の交流は広く日本海に共通する現象ではないかと考えられる。栽培漁業の効果を一層向上させていくためには、より広い海域、例えば能登半島から山口県あたりの日本海西部海域などを対象とした拠点放流や放流資源の共同管理など、日本海沿岸の各府県が連携した広域的栽培漁業推進体制の構築が不可欠であろう。また、それらの取組が、今後、本種の資源管理型漁業の展開にも繋がることを期待する。

謝 辞

本研究をまとめるにあたって、懇切な御指導、御助言と原稿の御校閲を賜った京都大学フィールド科学教育研究センター舞鶴水産実験所教授山下 洋博士に衷心よりお礼申し上げます。本研究のとりまとめに際し、有益なる御助言と原稿の御校閲を賜った京都大学大学院農学研究科教授藤原建紀博士、京都大学フィールド科学教育研究センター舞鶴水産実験所准教授益田玲爾博士に厚く御礼申し上げます。

さらに、本研究の推進に際し、温かい励ましと有益なる御助言をいただいた京都大学大学院農学研究科名誉教授田中 克博士、東北大学大学院農学研究科名誉教授南 卓志博士、高知大学海洋生物教育研究センター教授木下 泉博士、福井県立大学海洋生物資源学部教授青海忠久博士、同教授富永 修博士に深く感謝いたします。

また、本研究の遂行にあたり、標本の採集や測定、漁獲統計資料の提供、試験操業や標識放流などに多大の御援助をいただいた京都府漁業協同組合連合会ならびに府内各漁業協同組合の諸氏に深謝します。また、標本の採集、標識放流などに御協力いただいた日本海区水産研究所、日本海側を中心とする関係各県の水産試験場、関係漁業協同組合の皆様に御礼申し上げます。

本研究をまとめる機会を与え終始懇切なる御指導、御鞭撻をいただいた京都府農林水産技術センター海洋センター所長中津川俊雄博士、本研究に取り組む機会を提供いただいた同センター前所長の桑原昭彦博士、元所長の故篠田正俊博士、本研究をまとめるにあたり温かい励ましと御指導、御助言をいただいた前京都府水産事務所長宗清正廣博士に心から感謝いたします。本研究の遂行にあたり、御協力と御便宜を計ってくださった同センター海洋調査部および海洋生物部の各位、海上での困難な諸調査に御尽力いただいた同センター業務部船舶担当の各位に深く感謝の意を表します。

なお、本研究の一部は水産庁補助事業の放流技術開発事業により行いました。記して謝意を表します。

Studies on the Fisheries Biology of Japanese Flounder *Paralichthys olivaceus* in Western Wakasa Bay

Koji Takeno

Summary

Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* is one of the most important commercial fishes in Japan. This species is widely distributed in the coastal waters of Japan. Japanese flounder grows faster and larger than any other flatfish species in Japan with the exception of Pacific halibut *Hippoglossus stenolepis*. Therefore Japanese flounder has been selected as a main target species for stock enhancement and since 1994 more than 20 million hatchery-reared juveniles have been released off the Japanese coast each year.

1. Fisheries

Annual catches of Japanese flounder in western Wakasa Bay from 1956 to 2005 have varied from 18 to 93 tons. Cyclical fluctuations in annual catches occur with a periodicity of twelve or thirteen years. Flounders are caught by set net, gill net, longline, trolling and Danish seine. The catch by set net accounts for a greater part of the total catch in this area. Annual catches by gill net have been nearly equal to those by set net from 1984 to 1996.

Fisheries of the flounder are carried out all year round in western Wakasa Bay. The main fishing season was from March to May and November to next January. In the former part of the season the flounders are mainly caught by longline and gill net, and in the latter part of the season are mainly caught by set net. Most fish caught by set net and gill net were 25–40 cm in *TL*. The mean size of the flounder by longline and trolling were larger than that of fish caught by set net and gill net.

Annual sales of the flounder in western Wakasa Bay from 1989 to 1997 were about two hundred million yen. This species is one of the most important commercial fishes in this area.

2. Age and growth

Age and growth in western Wakasa Bay Age and growth of Japanese flounder were estimated from right otoliths (sagittae) of 2217 females and 2147 males sampled from August 1989 to August 1998 in western Wakasa Bay. Examination of the outer margin of otoliths showed that an opaque zone is formed once a year, and a single annulus is formed during the period from April to June. The period of annulus formation closely coincides with the main spawning season of the flounder in this area.

The von Bertalanffy growth equation for females was $TL_t = 844.6 (1 - \exp^{-0.2481 (t+0.6176)})$ and for males was $TL_t = 617.6 (1 - \exp^{-0.3201 (t+0.8601)})$, where TL_t was total length in millimeters at age t in years. Females above 12-month-old grew faster than males throughout their life span.

Length-weight relations for females was $W = 5.3203 TL^{3.1159} \times 10^{-6}$ and for males was $W = 7.6506 TL^{3.0501} \times 10^{-6}$, where W = wet weight in grams and TL = total length in millimeters.

In comparison with theoretical growth curves for the flounder in the Tsushima Current area, the southern population grew faster than the northern one at an early age. Growth rate of the flounder at an early age in this study area was intermediate of values for the Tsushima Current area.

The growth of young flounder in semi-enclosed bays In order to clarify the growth of young (ca. 2 months to 15 months post-hatch, size ca. 9 to 40 cm in *TL*) Japanese flounder in semi-enclosed waters, we examined their somatic growth and condition factor in two bays, Kumihama Bay and Aso Bay. Specimens sampled from Kumihama Bay showed lower growth rates and lower condition factor values compared to those from Aso Bay. The stomach content analysis revealed that most of the flounder preyed extensively on fish throughout the year in Aso Bay, whereas approximately half of the fish sampled in spring and summer showed stomach contents of the flounder had changed their diet from fish to crustaceans in Kumihama Bay. Although there were no significant differences in the mean stomach contents indices used as an index of feeding intensity between the two bays, these indices for fish that fed on crustaceans were significantly lower than those that fed

on fish. These results indicate that the inferior growth of young flounder in Kumihama Bay was due to the low availability of small fish prey such as Japanese anchovy and gobies during the high growing season in spring and summer.

3. Maturity and spawning

Age and size at maturity and spawning season were estimated from macroscopic and histological observations and measurements of gonads using 672 female and 550 male specimens sampled from February 1992 to June 1998 in western Wakasa Bay. For females, 5% of 2-year-old and more than 75% of the 3-year-old and older fish were mature. For males, less than 5% of 1-year-old fish, 5% of 2-year-old fish and more than 80% of the 3-year-old and older fish were mature. The minimum size in the mature stage was ca. 43 cm in *TL* for females and ca. 32 cm in *TL* for males. The length which half of the population matured (TL_{50}) was estimated by logistic analysis as 47.2 and 36.6 cm in *TL* for females and males, respectively.

The flounder in the mature stage were found from late February to early June. Gonadosomatic indexes of females generally increased after early February and peaked in early April, when the percentage of occurrence of mature females was 100%. 20% of females showed spent gonads from early May and more than 80% showed spent gonads in early June. Based on the 6 year data set, it was concluded that the spawning season of the flounder in this study area is from late February to early June with a peak during April and May.

4. Feeding habits

Juvenile stage (size less than 10 cm in *TL*) A total of 148 juveniles were sampled in June and July 1989, June 1992 and June 2000 at three areas, the open sea, the outer bay area and the inner bay area, in western Wakasa Bay. From stomach contents analysis, juveniles fed mainly on mysids in all waters. Juveniles over 80 mm in *TL* shifted their diet from mysids to fish in the inner bay area.

Young stage (size 10 to 20 cm in *TL*) A total of 868 young flounders were sampled from July 1994 to October 2001 in western Wakasa Bay. From stomach contents analysis, young flounders fed exclusively on fish such as Japanese anchovy. The stomach content index was significantly higher than that of juvenile fish. It was considered that the dietary shift in the young stage was their feeding strategy to gain a maximum growth rate.

Immature and adult stage (size 20 cm and over in *TL*) A total of 4925 immature and adult flounders were sampled from May 1989 to October 2001 in western Wakasa Bay. From stomach contents analysis, feeding habits of immature and adult stage was clearly piscivorous. Many flounder fed mainly on Japanese anchovy throughout the year. Some fed on Pacific sand lance, Japanese jack mackerel and gobies. A few fed on cephalopods and crustaceans. The composition of prey fish of the flounder differed with the depth in their habitat.

5. Distributions and migrations

Young stage In order to clarify the distribution and migration of young flounder, 4800 hatchery-reared fry were released with a tag in western Wakasa Bay in October 1992. A large number of fish were recovered in shallow waters less than 10 km from the release site from October 1992 to August 1993. During and after September 1993, the number of fish recovered near the release site decreased, and some of the fish were recovered in the western area located more than 100 km from the release site. These results suggest that the flounder, that settled in shallow waters of western Wakasa Bay, stay near the nursery ground until the summer of 1-year-old, and then migrate toward the off-shore area and/or the far west area in the autumn and winter of 1-year-old.

Immature stage 27 tagging experiments were made in western Wakasa Bay. A total of 599 flounders of 1- and 2-year-old were tagged and released during the period from April to July in 1995, 1996 and 1997. A large number of flounder were recovered around the release site until August in each of the years the fish were released. Though the number of recoveries around the release site decreased on and after September in each year the fish were released, some of fish were still recovered around there until the next summer. After summer in each year, some fish migrated westward as far as 100 km from the release site. However, no eastward migration was observed in these experiments. These results suggest that the migration pattern of immature

flounder distributed in this area is characterized by an inactive phase of migration in spring and summer and an active phase of westward migration in autumn and winter.

A total of 426 immature flounders with a tag were released in and around Wakasa Bay from October to December in 1990 and 1991. 73 flounders with a tag were recovered near to and in areas to the west of the release sites. 24 flounders migrated over 15 km from the release sites, and they were recovered mainly on and after December in the year of release. But, there was no recovery in the eastern area of release sites. These results suggest that the westward migration during the immature stage is observed usually in and around western Wakasa Bay.

Adult stage 13 tagging experiments for adult flounder were made in western Wakasa Bay. A total of 278 adult fish were tagged and released during the spawning season (from March to May) in 1993, 1997 and 1998. Most of the adult fish were recovered within 40 km from the release site with a few exceptions in which fish migrated westward in winter or northeastward in summer from the release site. These results suggest that adult flounder that distributed in this area tend to stay there throughout the year.

6. Stock structure

Regional differences in morphological characters of 1 year-old fish in Japan Sea In order to examine the regional differences in dorsal and anal fin ray counts and first ring radius on the otolith, 1719 1-year-old flounders were sampled between June 1995 and August 1996 in five areas, sea off Fukuoka, Kyoto, Ishikawa, Niigata and Akita prefectures in the Japan Sea. The mean counts of both fin rays were significantly different between the southern areas (Fukuoka, Kyoto and Ishikawa) and northern areas (Niigata and Akita), high number in the former areas and low in the latter areas. For example, the mean counts of dorsal fin rays of the flounder were 76.6 in Fukuoka, 75.3 in Kyoto and Ishikawa, while they were 72.5 in Niigata and 70.9 in Akita in 1995. Similarly, there were regional differences in first ring radius on the otolith, large size in southern and small in northern areas in 1995. It is considered that morphological analyses using dorsal and anal fin ray counts and first ring radius on the otolith are useful to demonstrate the stock structure of the flounder in the Japan Sea.

The difference dependent on body length in meristic characters of juveniles in western Wakasa Bay Dorsal and anal fin rays in juvenile stage were examined from 1996 to 1999 in western Wakasa Bay. Large-sized juveniles have significantly higher number of dorsal and anal fin ray counts compared with small-sized ones. From the growth rate in the juvenile stage, spawning season, water temperature condition and current velocity of Tsushima Current, it was considered that large-sized juveniles are spawned early in western Japan Sea, e.g. off Tottori and Shimane Prefecture, and small-sized ones are spawned later in western Wakasa Bay area.

Annual changes of meristic characters of 1-year-old fish in western Wakasa Bay Three meristic characters of 1-year-old flounder in 1993-1999 year classes in western Wakasa Bay were examined. 1-year-old fish examined, except for the 1998 year class, had over 75 and 57 in dorsal and anal fin ray counts, respectively. Their fin ray counts were equal to or closely approximated those of juveniles that settled early in the season. These facts indicate that 1-year-old flounder growing in this area mainly consist of the "western population" almost every year. Mean first ring radius of otolith of 1-year-old fish of both sexes in each year class were closely approximated except in the 1998 year class. Therefore the growth rates in this area during the one year after hatching are almost fixed every year. Judging from the three meristic characters, 1-year-old fish in 1998 year class mainly consists of the "local population".

The difference of meristic characters between immature and mature fish in western Wakasa Bay Meristic characters were examined in 887 immature and 348 adult flounder sampled in western Wakasa Bay with the focus on two distinct populations. Dorsal and anal fin ray counts were compared between immature and adult fish sampled from May 1994 to May 2000. Adult fish sampled in the spawning season had significantly lower dorsal and anal fin ray counts compared to the immature fish sampled in the same area. Considering the previous reports which showed that there were two distinct populations as resident (lower fin ray numbers) and migrant (higher fin ray numbers), we speculated that the higher fin ray number population migrates from this study area westward at 1- and 2-year-old, whereas the lower fin ray number population stays in this area throughout their life.

The first annual ring radii of the otoliths were compared between immature and adult flounder sampled from

May 1994 to May 2000. The mean radius of the first ring in adult flounder was significantly smaller than that of the same year-class immature one. This phenomenon was observed in both females and males. Considering the previous reports which showed that there were two distinct populations as early settlers and late settlers, we speculated that the early settlers with a high fin ray number grow fast and migrate westward at 1- and 2-year old, whereas the late settlers with a low fin ray number grow slowly and stay in this area throughout their life.

Stock structure inferred from morphological analysis and tagging experiments

Details of stock structure in western Wakasa Bay inferred from morphological analysis and tagging experiments are given as below.

Juvenile stage Two populations settle in western Wakasa Bay. One is the “local population” spawned in western Wakasa Bay between early April and late May, and the other is the “western population” spawned in Tottori or Shimane between late February and middle April. The “western population” settles early in the season compared with the “local population” in this area.

Immature stage The “western population” and “local population” that settled in western Wakasa Bay remain near nursery ground until the summer of 1-year-old. The former are usually more abundant than the latter at 1-year-old. Most flounder of both populations migrate from near nursery ground after the summer of 1-year-old, and the “western population” migrates to western Japan Sea such as off Tottori and Shimane until the adult stage. It is considered that westward movement of the “western population” is a recurrent migration.

However, immature flounder migrate into this area from the northern area such as the coastal waters of Ishikawa and Fukui prefectures in autumn and winter. They migrate westward like the “western population”.

Adult stage Adult flounder consists of the “local population” which has origin of juveniles spawned in this area between early April and late May. Adult flounder in this area is not so abundant because the “local population” is less abundant than the “western population”.

7. Fisheries management

Stock enhancement It is important for stock enhancement of the flounder that hatchery-reared fry are released in a condition of the same size as the “western population” because fry of this population grow faster than the “local population”. The optimum releasing season for 30, 50, 100 mm in *TL* is between early to middle May, middle May to early June, and late June to late July, respectively.

Stock management It is necessary that immature flounder are caught in the size of 30 cm or over in *TL* which is the commercial size, and that adult flounder are caught with attention to recruitment overfishing because they are mainly caught in the spawning season in this area. The “western population” migrates in a wide area over the range of the prefecture, therefore we need to work in closer cooperation with other prefectures for fisheries management of this population.

引用文献

- 阿部宗明. 1986. 「原色魚類検索図鑑」. 1-358. 北隆館, 東京.
- 赤嶺達郎. 1995. 水産資源学における成長式に関する数理的研究. 中央水研研報, 7: 189-263.
- 秋田県水産振興センター. 1995. 秋田県. 平成2～6年度放流技術開発事業総括報告書資料編. 秋1-秋31. 日本海ブロックヒラメ班.
- 青山恒雄, 北島忠弘, 水江一弘. 1963. イネゴチ *Cociella crocodila* (TILESIUS) の性転換. 西水研研報, 29: 11-33.
- 厚地 伸, 増田育司, 赤毛 宏, 伊折克生. 2004. 耳石横断薄層切片を用いた鹿児島県近海産ヒラメの年齢と成長. 日水誌, 70: 714-721.
- Bertalanffy L. von. 1938. A quantitative theory of organic growth (Inquiries in growth laws, II). *Human Biology*, 10: 181-213.
- Campana S. E., Casselman J. M.. 1993. Stock discrimination using otolith shape analysis. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 50: 1062-1083.
- Chen Y., Jakson D. A., Harvey H. H.. 1992. A comparison of von Bertalanffy and polynomial functions in modelling fish growth data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 49: 1228-1235.
- Cortés E.. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 54: 726-738.
- FAO/UNEP. 1981. Conservation of the genetic resources of fish: problems and recommendations. Report of the expert consultation on the genetic resources of fish. FAO Fish Tech. Paper., No.217: 1-43.
- Fujii T., Noguchi M.. 1996. Feeding and growth of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) in the nursery ground. In: Watanabe Y., Yamashita Y., Oozeki Y. (eds). *Survival Strategies in Early Life Stage of Marine Resources*. 141-151. AA Balkema, Rotterdam.
- Fujii T., Nishida M.. 1997. High sequence variability in the mitochondrial DNA control region of the Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*). *Fish. Sci.*, 63: 906-910.
- 藤井徹生. 2002. 天然ヒラメ集団の遺伝的多様性に種苗放流が与える影響の解明. 「種苗放流が生物多様性に与える影響に関する研究」(農林水産技術会議事務局編). 52-58. 農林水産技術会議事務局, 東京.
- 藤井徹生. 2003. DNA分析によるヒラメの集団構造および放流魚の移動. 平成14年度栽培漁業技術中央研修会テキスト集—栽培漁業における遺伝情報の利用—. 1-11. 日本栽培漁業協会, 東京.
- 藤井徹生. 2005. 日本海における放流ヒラメの移動, —DNA標識を用いた調査でわかったこと—. 日水研連絡ニュース No.408. 1-4. 日水研, 新潟.
- 藤井徹生. 2006. 開放性海域におけるヒラメ放流魚の移動および産卵群への加入過程の定量的評価. 水研センター研報別冊第5号. 143-146. 水研セ, 横浜.
- 藤田信一, 後藤裕康. 1994. 資源生態調査. 平成5年度放流技術開発事業報告書. 静26-静31. 太平洋海域ヒラメ班.
- 福田敏光, 小野田 豊, 彦坂義英. 1971. 利尻水道および天塩海域で実施したヒラメの標識放流試験結果. 北水試月報, 28: 2-9.
- Fukuhara O.. 1986. Morphological and functional development of Japanese flounder in early life stage. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 52: 81-91.
- 福原 修, 田中 克. 1987. 稚仔魚硬組織の染色法. 海洋と生物, 49: 97-99.
- 古田晋平. 1991. 捕食離底時間からみたヒラメ放流用種苗の短期馴致効果. 栽培技研, 19: 117-125.
- Furuta S.. 1996. Predation on juvenile Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) by diurnal piscivorous fish: Field observations and laboratory experiments. In: Watanabe Y., Yamashita Y., Oozeki Y. (eds). *Survival Strategies in Early Life Stage of Marine Resources*. 285-294. AA Balkema, Rotterdam.
- 古田晋平, 渡部俊明, 西田輝巳, 山田英明, 宮永貴幸. 1997. 鳥取県沿岸浅海域に放流したヒラメ人工種苗の分布, 成長および個体数変動. 日水誌, 63: 877-885.
- 古田晋平. 1998a. ヒラメ人工種苗と天然稚魚の摂食行動の比較. 日水誌, 64: 393-397.
- 古田晋平. 1998b. 鳥取県におけるヒラメ人工種苗放流技術の開発に関する行動・生態学的研究. 鳥取水試報, 35: 1-76.
- 古田晋平. 1999. 鳥取県沿岸浅海域におけるヒラメ当歳魚の分布量, 全長組成, 摂餌状態および被食状態の季節的变化. 日水誌, 65: 167-174.
- 五利江重昭. 2001. MS-Excelを用いた成長式のパラメータ推定. 水産増殖, 49: 519-527.
- 五利江重昭, 大谷徹也, 宮原一隆. 2005. 兵庫県但馬沿岸域におけるヒラメの資源特性. 兵庫農技総背セ研報(水産), 38: 7-13.
- 波部忠重, 奥谷喬司, 西脇三郎. 1994. 「軟体動物学概説(上巻)」. 273. サイエンティスト社, 東京.
- 橋本祐一. 1973. 若狭湾西部(丹後海)における海況の一般的特性. 海と空, 4: 69-84.
- 浜中雄一, 清野精次. 1978. 由良川沖魚類の日周期

- 活動と食性の関係について・京都海洋セ研報, 2: 117-128.
- 浜中雄一, 1988. 人工・天然ヒラメの無眼側黒化タイプ及び鱗形状による識別. 日本海ブロック試験研究集録, 13: 55-59.
- 浜中雄一, 桑原昭彦. 1992. 京都府沖合海域における浮遊期ヒラメの出現時期. 京都海洋セ研報, 15: 8-13.
- Hara M., Sekino M.. 2003. Efficient detection of parentage in a cultured Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* using microsatellite DNA marker. *Aquaculture*, 217: 107-114.
- Hatanaka M., Sekino K., Otsuka A.. 1952. Studies on the populations of the flatfishes in Sendai Bay. II. Age, growth and spawning of *Kareius bicoloratus* (BASILEUSKY). *Tohoku J. Agr. Res.*, 2: 25-32.
- Hatanaka M., Iwahashi S.. 1953. Studies on the populations of the flatfish in Sendai Bay. III. The biology of *Limanda yokohamae* (GÜNTHER). *Tohoku J. Agr. Res.*, 2: 303-309.
- 林 文三, 清野精次. 1977. 若狭湾西部海域におけるスズキの生態-I 久美浜湾における季節的移動. 京都海洋セ研報, 1: 29-43.
- 林 文三, 清野精次. 1978. 若狭湾西部海域におけるスズキの生態-II スズキ当歳魚の食性と成長. 京都海洋セ研報, 2: 109-116.
- 林 文三. 1979. 標識放流結果からみた久美浜湾のスズキの移動. 昭和52・53年度組織的調査研究事業報告(久美浜湾地区). 京都府, 宮津: 44-47.
- 日比谷 京. 1976. 筋肉組織. 「白身の魚と赤身の魚」(日本水産学会編). 18-27. 恒星社厚生閣, 東京.
- 平本紀久雄. 1969. 房総海域におけるカタクチイワシの漁業生物学的研究-II. 卵巣卵について. 日水誌, 35: 517-523.
- 平野ルミ, 山本栄一. 1992. 個別飼育実験によるヒラメの産卵周期と産卵数の確認. 鳥取水試報, 33: 18-28.
- 平田郁夫, 隅田征三郎. 1987. ヒラメの生態. 昭和61年度放流技術開発事業報告書. 26-33. 瀬戸内・九州海域ブロックヒラメ班.
- 樋田陽治, 山洞 仁. 1976. 浅海漁場重要資源生態調査-2(ヒラメ, マダイ). 昭和51年度浅海漁場重要資源生態調査報告. 41-43. 山形水試, 鶴岡.
- 広田祐一, 興石裕一, 長沼典子. 1990. ヒラメ稚魚が摂餌したアミの大きさと摂餌日周性. 日水誌, 56: 201-206.
- Hobson E. S. 1974. Feeding relationships of teleostean fishes on coral reefs in Kona, Hawaii. *Fish. Bull.*, 72: 915-1031.
- 北海道. 1991. 北海道. 平成2年度資源培養管理対策推進事業報告書. 49-53. 日本海北ブロック.
- 北海道中央水産試験場, 北海道立函館水産試験場, 北海道立栽培漁業総合センター. 1995. 漁業対象資源の特性. 平成2~6年度放流技術開発事業総括報告書資料編. 北4-北5. 日本海ブロックヒラメ班.
- 堀 豊. 1990. 兵庫県日本海沿岸域で放流した人工生産ヒラメの移動と成長. 兵庫水試研報, 27: 17-25.
- 堀田和夫, 土井捷三郎. 1983. 漁業の実態. 昭和57年度放流技術開発事業報告書. 100-106. ヒラメ班.
- 池川正人. 1999. 異なる算出方法によるマコガレイ成長式の比較. 東北水研研報, 6: 11-5.
- Ikewaki Y., Tanaka M.. 1993. Feeding habitats of Japanese flounder (*Paralichthys olivaceus*) larvae in the western part of Wakasa Bay, Japan Sea. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59: 951-956.
- 今林博道. 1980. 生物群集内における稚魚期および若魚期のヒラメの摂餌生態-I. 個体群の種内関係. 日水誌, 46: 427-435.
- 今岡要二郎. 1971. 日本海西南海域およびその周辺海域産ムシガレイの漁業生物学的研究-II. 成熟と産卵について. 西水研研報, 38: 51-63.
- 入江隆彦. 1980. 北海道, 樺太周辺水域のニシンの系統群について. 北水研研報, 45: 1-14.
- 石田 修, 田中邦三, 佐藤秀一, 庄司泰雅. 1977. ヒラメ資源生態調査-II 館山湾における若令期の生態. 千葉水試研報, 36: 23-31.
- 石田 修, 田中邦三, 庄司泰雅. 1978. ヒラメの資源生態調査-III 内房及び外房海域のヒラメの年齢と成長. 千葉水試研報, 38: 31-36.
- 石田 修, 田中邦三, 大場俊雄. 1982. ヒラメの資源生態調査IV 千葉県沿岸域におけるヒラメの移動. 千葉水試研報, 40: 37-58.
- 石田 修, 田中邦三. 1984. ヒラメ資源生態調査-V ヒラメの産卵期と産卵場, 及び産卵親魚の特性. 千葉水試研報, 42: 3-12.
- Ishida Y., Ito S., Takagi K.. 1989. Stock identification of chum salmon *Oncorhynchus keta* from their maturity and scale characters. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 55: 651-656.
- 石戸芳男. 1990. 東北海区北部海域におけるヒラメ若齢魚の分布と移動. 東北水研研報, 52: 33-43.
- 石居 進. 1975. 検定. 「生物統計学入門」. 65-196. 培風館, 東京.
- 石黒直哉, 木下 泉, 西田 睦. 1996. 若狭湾西部海域におけるヒラメ浮遊卵の出現状況: DNAマーカーによる解析. 平成8年度日本水産学会秋

- 季大会講演要旨集. 93. 日本水産学会. 福岡.
- 伊藤正博, 寺井千尋. 1993. 標識放流からみたヒラメの季節回遊について. 福岡水技研報, **1**: 1-18.
- 伊藤正木, 安井 港, 津久井文夫, 多部田 修. 1999. 標識放流結果から推定した遠州灘におけるトラフグ成魚の移動, 回遊. 日水誌, **65**: 175-181.
- 伊東祐方. 1961. 日本近海におけるマイワシの漁業生物学的研究. 日水研報, **9**: 1-202.
- Iwata N., Kikuchi K., Honda H., Kiyono M., Kurokura H.. 1994. Effects of temperature on the growth of Japanese flounder. *Fish. Sci.*, **60**: 527-531.
- 香川浩彦, 高野和則. 1979. メダカの排卵前後における卵濾胞, 特に顆粒膜細胞の電顕ならびに酵素組織化学的観察. 北大水産彙報, **30**: 191-204.
- 梶川 晃. 1974. 発育段階別食性. 鳥取水試報告, **15**: 25-33.
- 柿本 皓, 大久保久直, 板野英彬. 1979. ヒラメ成魚の移動生態. 新潟水試報告, **8**: 13-46.
- 亀井正法, 増沢 寿. 1974. 発育段階別分布生態. 昭和48年度太平洋中區栽培漁業資源生態調査報告書. 51-69. 神奈川水試, 三浦.
- 金丸彦一郎, 伊藤正博, 田代征秋, 一丸俊雄. 1992. 九州北西部海域におけるヒラメの年齢と成長. 平成4年度日本水産学会秋季大会講演要旨集. 24. 日本水産学会. 下関.
- 片山知史, 一色竜也, 渡部諭史, 福田雅明, 工藤孝浩, 山田 敦. 2005. 相模湾砂浜浅海域におけるヒラメ0歳魚とアマ類の種間関係. 黒潮の資源海洋研究, **6**: 49-56.
- 加藤和範. 1987. 新潟県北部沿岸域におけるヒラメの資源生物学的研究. I. ヒラメ幼稚魚期の分布と食性. 新潟水試研報, **12**: 27-41.
- 加藤和範, 安沢 弥, 梨田一也. 1987. 新潟県北部沿岸域におけるヒラメの資源生物学的研究. II. 標識放流結果からみたヒラメ未成魚の移動およびヒラメの成熟と成長. 新潟水試研報, **12**: 42-59.
- 菅野泰次. 1982. オホーツク海北海道近海におけるニシンの系群構造. 日水誌, **48**: 755-762.
- 笠松不二男, 中原元和, 中村良一, 鈴木 謙, 北川大二. 2001. 放射性同位体法による青森県沖ヒラメの日間摂餌率の推定. 日水誌, **67**: 500-502.
- 河野光久. 1997. 山口県沿岸海域におけるヒラメの資源生物学的研究. 山口外海水試研報, **26**: 27-40.
- 川崎 健. 1982. 生活史Ⅱ-Ⅰ-生長. 「浮魚資源」. 161-172. 恒星社厚生閣, 東京.
- 木村清志, 鈴木 清. 1980. 熊野灘におけるイサキの性比と生残率. 魚類学雑誌, **27**: 165-169.
- 木村清志. 1987. イサキの資源生物学的研究. 三重大水産研報, **14**: 113-235.
- Kinoshita I., Seikai T., Tanaka M., Kuwamura K.. 2000. Geographic variations in dorsal and anal fin ray counts of juvenile Japanese flounder, *Paralichthys olivaceus*, in the Japan Sea. *Envir. Biol. Fish.*, **57**: 303-313.
- 木下哲一郎. 1962. 津軽海峡および噴火湾におけるカタクチイワシ群について. 北大水産彙報, **13**: 63-81.
- 気象庁. 1996. 海面水温. 北太平洋海洋気候統計30年報(1961-1990)(CD-ROM). 気象庁, 東京.
- 北川大二, 石戸芳男, 桜井泰憲, 岡本浩朋, 山田秀秋, 福永辰廣. 1991. 三陸北部沿岸におけるヒラメの年齢, 成長, 成熟および食性. 漁業資源研究会北日本底魚部会会報, **24**: 3-14.
- 北川大二, 石戸芳男, 桜井泰憲, 福永辰広. 1994. 三陸北部沿岸におけるヒラメの年齢, 成長, 成熟. 東北水研研報, **56**: 69-76.
- 北原 武. 1972. 若狭湾西部海域(丹後海)における底生魚類の分布と食物関係について. 昭和46年度日本海栽培漁業漁場資源生態調査報告書. 35-54. 京都水試, 宮津.
- 清野精次, 加藤英雄, 神田 潔, 坂野安正. 1969. 丹後海底質調査報告. 昭和42年度京都水試報, 60-73. 京都水試, 宮津.
- 清野精次, 坂野安正. 1972. 若狭湾西部海域(丹後海)における若齢期ヒラメの生態について. 昭和46年度日本海栽培漁業漁場資源生態調査報告書. 3-34. 京都水試, 宮津.
- 清野精次, 浜中雄一. 1975. 若狭湾西部海域におけるヒラメ資源の研究Ⅱ. 漁獲統計からみた再生産関係. 昭和47年度京都水試報. 113-131. 京都水試, 宮津.
- 清野精次, 林 文三. 1977. 若狭湾西部海域におけるヒラメ資源の研究-Ⅲ 若狭湾産ヒラメの動態. 昭和50年度京都府水産試験場報告. 1-15. 京都海洋セ, 宮津.
- 清野精次, 坂野安正, 浜中雄一. 1977. 若狭湾西部海域におけるヒラメ資源の研究-Ⅳ 浮遊期ヒラメ仔魚の輸送機構. 昭和50年度京都府水産試験場報告. 16-26. 京都海洋セ, 宮津.
- 近畿農政局統計調査部. 1971, 1972. 昭和44~46年京都農林水産統計年報. 京都農林統計協会, 京都.
- 近畿農政局統計情報部. 1973-2003. 昭和46年~平成15年京都農林水産統計年報. 京都農林統計協会, 京都.
- 近畿農政局統計部. 2004-2008. 平成15~19年京都農林水産統計. 京都農林統計協会, 京都.
- 小林啓二. 1974. 産卵親魚の分布生態. 鳥取水試報, **15**: 64-76.

- 小嶋喜久雄, 花淵信夫, 大森迪夫, 花淵靖子. 1985. 油谷湾内の渚砂底域におけるヒラメ幼稚魚の分布生態. 昭和 57・58 年度「近海漁業資源の家魚化システムの開発に関する総合研究」(マリーンランチング計画) プログレスレポート ヒラメ, カレイ (1). 81-91. 西海区水研, 長崎.
- 近藤恵一. 1969. カタクチイワシの資源学的研究. 東海水研研報, **60**: 29-81.
- 輿石裕一, 安永義暢. 1980. ヒラメ幼稚魚の栄養生理に関する二・三の知見. 日水研研報, **31**: 33-40.
- 輿石裕一, 中西 孝, 赤嶺達郎, 田中邦三, 長沼典子. 1982. ヒラメ増殖上の諸問題に関する基礎的研究 III. ヒラメ 0 才魚の摂餌日周性. 日水研研報, **33**: 67-80.
- 輿石裕一. 1990. ヒラメ 0 歳魚の成育場からの移出. 西海区ブロック魚類研究会報, **8**: 17-23.
- 久保伊津男, 吉原友吉. 1969. 「水産資源学(改訂版)」. 1-483. 共立出版, 東京.
- Kuo C., Tanaka S.. 1984. Maturation and spawning of hoki *Macruronus novaezelandidae* (HECTOR) in waters around New Zealand. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.*, **50**: 397-402.
- 桑原昭彦, 坂野安正. 1980. 京都府沖合海域の漁海況と高塩分水について. 水産海洋研究会報, **36**: 27-32.
- 桑原昭彦, 鈴木重喜. 1982. ヒラメ仔魚の鉛直分布と食性. 日水誌, **48**: 1375-1381.
- 桑原昭彦, 飯塚 覚. 1983. 阿蘇海の漁場性について. 京都海洋セ研報, **7**: 63-76.
- 桑村勝士. 1992. 若狭湾西部海域に出現するヒラメ稚魚の着底日と成長過程の推定. 京大水産実験所報告, **1**: 7-9.
- 京都府. 1968. 自然条件調査. 昭和 42 年度浅海漁場開発事業調査報告書. 2-9. 京都府, 京都.
- 京都府. 1970. 浅海漁場開発調査事業報告書(久美浜湾漁場). 1-22. 京都府, 京都.
- 京都府. 1998. 放流環境要因調査. 平成 9 年度放流技術開発事業報告書. 鷗・8. 異体類班.
- 京都府. 2000. 漁獲対象資源の特性. 平成 7 年度～平成 11 年度放流技術開発事業総括報告書. 京 3-18. 異体類班.
- 京都府保健環境部環境対策室. 1991-1993. 昭和 63～平成 3 年度公共用水域及び地下水の水質測定結果. 京都府保健環境部環境対策室, 京都.
- 京都府立海洋センター. 1983. 標本日誌からみた京都府沿岸の漁場. 京都海洋セ季報第 16 号. 7. 京都海洋セ, 宮津.
- 京都府立海洋センター. 1991. 京都府. 平成 2 年度放流技術開発事業報告書. 1-91, 日本海ブロックヒラメ班.
- 京都府立海洋センター. 1992. 京都府. 平成 3 年度放流技術開発事業報告書. 1-121. 日本海ブロックヒラメ班.
- 京都府立海洋センター. 1993a. 京都府. 平成 4 年度放流技術開発事業報告書. 1-108. 日本海ブロックヒラメ班.
- 京都府立海洋センター. 1993b. ヒラメの栽培化 3. ヒラメ種苗放流の手引. 京都海洋セ季報第 43 号. 1-14. 京都海洋セ, 宮津.
- Lee R. M.. 1912. An investigation into the methods of growth determination in fishes. *Publ. Circonst. Cons. Int. Explor. Mer.*, **63**: 35.
- 前田経雄. 1998. 若狭湾西部海域におけるヒラメ仔稚魚の加入機構. 京大水産実験所報告, **6**: 21-24.
- 前田経雄. 2002. 若狭湾西部海域におけるヒラメ仔稚魚の加入機構に関する研究. 博士論文, 京都大学, 京都.
- 前原 務. 1992. 愛媛県瀬戸内海域におけるヒラメの年齢および成長. 愛媛水試研報, **5**: 13-29.
- 前川兼佑, 松清恵一. 1951. 山口県瀬戸内海に於ける重要生物の資源学的研究, 第 2 報, ヒラメ *Paralichthys olivaceus* (TEMMINK ET SCHLEGEL) の年令査定について. 日水誌, **16**: 179-181.
- 舞鶴海洋气象台. 1997. 日本海の気候図 30 年報 (1961-1990) 海洋気候図および海面フラックス. 12-15. 舞鶴海洋气象台, 舞鶴.
- 正木康昭, 伊東 弘, 東海 正, 山口義昭. 1985. 周防灘産メイトガレイの年令と成長. 日水誌, **51**: 1963-1970.
- 松岡正信. 1997. 九州西海域における産卵期のマイワシ卵巣の組織学的観察, 特に排卵後濾胞と産卵周期について(予報). 西水研研報, **75**: 45-53.
- 松原喜代松, 落合 明, 岩井 保. 1979. 「新版魚類学(上)」. 1-400. 恒星社厚生閣, 東京.
- 松山優治, 名角辰郎. 1986. 冬季但馬沖の陸棚上で観測された流れの特性. 日水誌, **52**: 1715-1718.
- Melvin G.D., Dadswell M.J., Mckenzie J.A.. 1992. Usefulness of meristic and morphometric characters in discriminating population of American Shad (*Alosa sapidissima*) (Ostreichthyes: Clupeidae) inhabiting a marine environment. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **49**: 266-280.
- 三上正一, 田村真樹. 1966. 北海道日本海海域におけるヒラメの系統群について 1. 1964 年に実施したヒラメの標識放流試験結果. 北水試報, **6**: 33-55.
- 南 卓志, 中坊徹次, 魚住雄二, 清野精次. 1977. 若狭湾由良川沖の底生魚類相. 昭和 50 年度京都

- 水試報. 74-101. 京都水試, 宮津.
- 南 卓志. 1982. ヒラメの初期生活史. 日水誌, **48**: 1581-1588.
- 南 卓志. 1986. 日本産カレイ目魚類幼稚仔魚の被食事例. 日水研研報, **36**: 39-47.
- 南 卓志. 1987. 異体類の初期生活史 XI 成育場 (1). 海洋と生物, **9**: 408-414.
- Minami T, Tanaka M. 1992. Life history cycles in flatfish from the northwestern Pacific, with particular reference to their life histories. *Neth. J. Sea Res.*, **29**: 35-48.
- 南 卓志. 1997. 生活史特性. 「ヒラメの生物学と資源培養」(南 卓志, 田中 克編). 9-24. 恒星社厚生閣, 東京.
- 三谷文夫, 井田悦子. 1964. マアジの成長と年齢. 日水誌, **30**: 968-977.
- 宮崎県栽培漁業センター, 宮崎県水産試験場. 1990. ヒラメの生態調査. 平成元年度放流技術開発事業報告書. H34-H76. 瀬戸内, 九州海域ブロックヒラメ班.
- 水野信二郎, 三井田恒博, 長浜智基, 川建和雄. 1987. 対馬海峡付近の海況の短期変動. 水産海洋研究会報, **51**: 234-238.
- 麦谷泰雄. 1994. 魚類の耳石情報分析に関する研究. 日水誌, **60**: 7-11.
- 宗清正廣, 桑原昭彦. 1984. 若狭湾西部海域におけるタチウオの産卵期と性比. 日水誌, **50**: 1279-1284.
- 宗清正廣. 1991. 若狭湾西部海域におけるタチウオの漁業生物学的研究. 京都海洋セ研究論文, **3**: 1-78.
- Murayama T., Shiraishi M., Aoki I. 1994. Changes in ovarian development and plasma levels of sex steroid hormones in the wild female Japanese sardine (*Sardinops melanostictus*) during the spawning period. *J. Fish. Biol.*, **45**: 235-245.
- 長沼光亮. 1982. 能登近海におけるマダイ仔魚の拡散過程の理論的考察. 日水研研報, **33**: 1-29.
- 長沼光亮. 1985. 日本海西部水域の海洋環境の特徴. 水産海洋研究会報, **47**・**48**: 60-63.
- 永谷 浩, 大下誠二, 一丸俊雄. 1994. 漂流ハガキ調査から推定したマイワシ卵仔魚の輸送に関する研究. 西海ブロック漁海況研報, **3**: 17-23.
- 中坊徹次. 1993. 「日本産魚類検索—全種の同定—」(中坊徹次編). 1-1474. 東海大学出版会, 東京.
- 中村良成. 1996. ヒラメ・カレイの漁業と放流. 水産海洋研究, **60**: 271-275.
- 中山耕至, 大河俊之, 丸川祐理子, 田結庄義博, 田中 克. 2006. ヒラメの遺伝的集団と地域的生理生態特性に関する研究. 水研センター研報別冊第5号. 135-142. 水研セ, 横浜.
- 梨田一也. 1984. ヒラメの生態と食性. 海洋生物資源の生産能力と海洋環境に関する研究. 北陸沿岸地域調査成果報告書. 136-137. 日水研, 新潟.
- 梨田一也, 富永 修, 宮島英雄, 伊藤光郎. 1984. 新潟県北部沿岸域における底生魚類の群集構造 I. ヒラメ若令魚の日間摂餌量の推定. 日水研研報, **34**: 1-17.
- 梨田一也, 加藤和範. 1987. 新潟県北部沿岸域におけるヒラメ *Paralichthys olivaceus* の資源管理についての一考察. 漁業資源研究会議北日本底魚部会報, **20**: 101-111.
- Nashida K., Tominaga O.. 1987. Studies on groundfish communities in the coastal waters of northern Niigata Prefecture II. Seasonal changes of feeding habits and daily rations of young flounder, *Paralichthys olivaceus*. *Bull. Jap. Sea Reg. Fish. Res. Lab.*, **37**: 39-56.
- 梨田一也. 1988. 日本海におけるヒラメの系群について. 日水研連絡ニュース, No. 343: 2-5. 日水研, 新潟.
- 梨田一也, 内藤靖彦, 中野和民, 岩尾 香. 1996. マイクロデータロガーによる自然環境下におけるヒラメの行動分析. 日水誌, **62**: 132-133.
- 二平 章. 1991a. 標識放流結果から推定した鹿島灘産ヒラメの回遊生態と海洋環境. 水産海洋研究, **55**: 50-51.
- 二平 章. 1991b. 茨城県周辺海域におけるヒラメの回遊生態. 平成2年度放流技術開発事業報告書. 41-56. 太平洋海域ヒラメ班.
- 日本海ブロックヒラメ班. 1987. 放流魚及び天然魚の分布, 移動, 成長等に関する総合考察(各県). 昭和61年度放流技術開発事業報告書. 1-7. 日本海ブロックヒラメ班.
- 日本海ブロックヒラメ班. 1988. 放流魚及び天然魚の分布, 移動, 成長等に関する総合考察(各県). 昭和62年度放流技術開発事業報告書. 4-24. 日本海ブロックヒラメ班.
- 日本海ブロックヒラメ班. 1990. 日本海におけるヒラメの特性. 昭和60~平成元年度放流技術開発事業総括報告書. 1-15. 日本海ブロックヒラメ班.
- 日本海区水産研究所. 2009. 海洋観測調査. 平成21年度海洋観測・卵稚仔・漁場一斉・新規加入量調査指針(日本海ブロック関係). 1-35. 日水研, 新潟.
- 日本水産資源保護協会. 1980. ヒラメ. 水産生物生態資料. 171-176. 水産資源保護協会, 東京.
- 西村 明, 宝田貴久, 木田哲規. 1997. ベーリング海におけるスケトウダラ成魚耳石にみられる初年年輪径の地理的差異. 1997年北洋底魚資源調

- 査研究報告集. 77-84. 遠洋水研, 清水.
- 西躰幹夫, 中村章彦. 1989. ヒラメの生態調査. 昭和63年度放流技術開発事業報告書. 鹿24-鹿28. 瀬戸内・九州海域ブロックヒラメ班.
- 乃一哲久, 草野 誠, 植木大輔, 千田哲資. 1993. 長崎県大瀬戸町柳浜においてヒラメ着底仔稚魚を捕食する魚類の食性. 長大水研報, 73: 1-6.
- Noichi T., Kusano M., T. Kanbara T.. 1993. Predation by fishes on larval and juvenile Japanese flounder at Yanagihama Beach, Nagasaki, Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59: 1851-1855.
- Noichi T., Noichi T., Senta T.. 1997. Comparison of ages, morphology and osteology by birth months of larval Japanese flounder settling at Yanagihama Beach, Nagasaki Prefecture, Japan. *Fish. Sci.*, 63: 169-174.
- 野沢正俊. 1974. ヒラメ若魚期, 未成魚期, 成魚期の分布. 鳥取水試報, 15: 20-25.
- 能勢幸雄, 石井丈夫, 清水 誠. 1988. 「水産資源学」, 1-217. 東京大学出版会, 東京.
- 農林省京都統計調査事務所. 1957-1970. 昭和31～44年京都農林水産統計年報. 京都農林統計協会, 京都.
- 農林水産省経済局統計情報部. 1992-2000. 平成2～10年漁業・養殖業生産統計年報. 農林統計協会, 東京.
- 農林水産省大臣官房統計情報部. 2001. 平成11年漁業・養殖業生産統計年報. 農林統計協会, 東京.
- 農林水産省大臣官房統計部. 2008. 平成19年漁業・養殖業生産統計年報. 農林統計協会, 東京.
- 沼知健一. 1974. 集団の遺伝学的特性. 「資源生物論」(西脇昌二編). 5-36. 東京大学出版会, 東京.
- 落合 明, 田中 克. 1998. 「新版魚類学(下), 改訂版」. 1-780. 恒星社厚生閣, 東京.
- 小田切譲二, 池内 仁, 奈良賢静, 小倉大二郎. 1985. 青森県北部日本海におけるヒラメの年令と成長. 昭和59年度青森水試報告. 165-176. 青森水試, 鯉ヶ沢.
- 岡田 要, 内田清之助, 内田 亨. 1965. 「新日本動物図鑑(中)」. 1-803. 北隆館, 東京.
- 大河俊之. 1998. 日本海におけるヒラメの遺伝的集団構造. 修士論文, 京都大学, 京都.
- 冲山宗雄. 1967. ヒラメの初期生活史に関する研究 I. 後期仔魚の形態. 日水研報, 17: 1-12.
- 奥谷喬司. 2002. イカ類の分類と分布. 「イカ類—その生物から消費まで—(三訂版)」(奈須敬司, 奥谷喬司, 小倉通男編), 1-33. 成山堂書店, 東京.
- 大河内裕之. 1991. ヒラメ漁獲量の変動に基づく資源培養実施エリアの検討. 栽培資源調査検討資料 No.5. 1-37. 日裁協, 東京.
- 大森迪夫. 1975. 仙台湾における底魚の生産構造に関する研究—II. 生息場および食物をめぐる魚種間の関係. 日水誌, 41: 615-629.
- 大森迪夫. 1980. 油谷湾におけるマダイ当歳魚の食性. 西水研報, 54: 93-10.
- 大隅清治. 1974. 年齢形質と年齢査定法. 「資源生物論」(西脇昌治編). 37-49. 東京大学出版会, 東京.
- 小澤貴和, 三浦信昭, 鶴田和弘. 1995. 九州南西海域産ヒラメ *Paralichthys olivaceus* の年齢と成長. 日水誌, 61: 505-509.
- 小澤貴和, 黒岩博文, 鶴田和弘. 1996. 九州南西海域産ヒラメの成熟年齢と年間総産卵数. 日水誌, 62: 733-739.
- Pinkas L., Oliphant M. S., Iverson I. L. K. 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. *Fish Bull.*, 152: 1-105.
- Robertson J. A.. 1936. The occurrence of Lee's phenomenon in the sprat. *J. Cons. perm. int. Explor. Mer.*, 11: 219-228.
- 佐原雄二. 1987. 「魚の採餌行動」. 1-122. 東京大学出版会, 東京.
- 坂本喜三男, 中道克夫. 1974. ヒラメ標識放流試験結果. 北水試月報, 31: 1-22.
- 坂野安正, 鈴木重喜. 1978. 京都府沖におけるカタクチイワシの卵, 稚仔の分布. 京都海洋セ研報, 2: 91-100.
- 山洞 仁, 樋田陽治. 1977. 浅海漁場重要資源生態調査—3(ヒラメ). 昭和51年度浅海漁場重要資源生態調査報告. 1-45. 山形水試, 鶴岡.
- 佐藤佑二. 1975. 仙台湾を中心としたヒラメ *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel) の生活史について. 東北水研報, 35: 15-30.
- Seikai T., Kinoshita I., Tanaka M.. 1993. Predation by crangonid shrimp on juvenile Japanese flounder under laboratory conditions. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 59: 321-326.
- 青海忠久, 木下 泉, 田中 克. 1994. ヒラメ稚魚の背鰭・臀鰭条数におよぼす卵仔魚期の飼育水温の影響. 平成6年度日本水産学会秋季大会講演要旨集. 33. 日本水産学会, 津.
- 青海忠久, 榎 隆人, 山本栄一, 田中 克. 1996. 飼育水温がクローンヒラメの鰭条数分化に及ぼす影響. 平成8年度日本水産学会春季大会講演要旨集. 15. 日本水産学会, 東京.
- 椎野季雄. 1969. 「水産無脊椎動物学」. 1-345. 培風館, 東京.
- 島根県. 1985. 放流追跡調査. 昭和59年度放流技術開発事業報告書. 191-198, ヒラメ班.
- 島根県. 1990. 天然資源調査. 平成元年度広域資源培養管理推進事業報告書. 29-33. 島根県, 松江.

- 篠田正俊. 1974. ヒラメの年令と成長について. 鳥取水試報, **15**: 80-89.
- 篠原基之, 尾田 正, 菅野泰之. 1986. 岡山県. 昭和 60 年度放流技術開発事業報告書. 38-48. 瀬戸内・九州海域ブロックヒラメ班.
- 白石 学, 淡路雅彦, 金 庚吉, 池田和夫, 秋山敏男, 山本剛史, 香川浩彦, 広瀬慶二. 1990. 飼育下におけるマイワシの産卵と排卵濾胞について. 平成 2 年度日本水産学会秋季大会講演要旨集. 70. 日本水産学会, 東京.
- Stanley C. A.. 1980. Lee's phenomenon in the western subspecies of the Australian salmon, *Arripis trutta esper.Aust. J. Mar. Freshwater. Res.*, **31**: 13-19.
- 首藤宏幸. 志々伎湾におけるヒラメ幼稚魚の摂餌特性. 1985. 西海区ブロック浅海開発会議魚類研究会報, **3**: 39-43.
- 首藤宏幸, 畔田正格, 池本麗子. 1985. 志々伎湾におけるヒラメ幼稚魚の分布と食性. 昭和 57・58 年度「近海漁業資源の家魚化システムの開発に関する総合研究」(マリンランディング計画) プロGRESS, レポート ヒラメ, カレイ (1). 25-30. 西海区水研, 長崎.
- 首藤宏幸, 後藤常夫, 池本麗子, 富山 実, 畔田正格. 1992. 志々伎湾におけるヒラメ放流種苗の減耗過程. 西水研研報, **70**: 29-37.
- 首藤宏幸, 梶原直人, 藤井徹生. 2006. 佐渡島真野湾に放流したヒラメ種苗の被食減耗. 水研センター研報, 別冊 5: 165-167.
- 水産庁, 西海区水産研究所, 山口県外海水産試験場, 福岡県福岡水産試験場, 佐賀県玄海水産試験場, 長崎県水産試験場, 熊本県水産試験場, 鹿児島県水産試験場. 1992. 西海ブロック漁海況予報事業沿岸・沖合海洋観測資料集. 1-368. 西水研, 長崎.
- 水産庁, 水産総合研究センター, 全国豊かな海づくり推進協会. 2009. 平成 19 年度栽培漁業種苗生産, 入手・放流実績 (全国). 水産庁, 水産総合研究センター, 1-107. 全国豊かな海づくり推進協会, 東京.
- 水産総合研究センター. 2004. 技術開発試験結果の概要. 「ヒラメの無眼側体色異常個体の出現要因と防除技術. 栽培漁業シリーズ 10」, 6-21. 水産総合研究センター, 東京.
- 高野和則. 1989. 卵巣の構造と配偶子形成. 「水族繁殖学」(隆島史夫, 羽生 功編). 3-34. 緑書房, 東京.
- 高尾亀次, 岸田 達, 上田和夫. 1983. 飼育実験によるカタクチイワシの雌 1 尾当り年間産卵数の推定. 南西水研研報, **15**: 1-11.
- Tanaka M., Ohkawa T., Maeda T., Kinoshita I., Seikai T., Nishida M.. 1997. Ecological diversities and stock structure of the flounder in the Sea of Japan in relation to stock enhancement. *Bull. Natl. Res. Inst. Aquacult. Suppl.*, **3**: 77-85.
- 田中昌一. 1985. 成長, 生残モデル. 「水産資源学総論」. 163-170. 恒星社厚生閣, 東京.
- 田中種雄, 片山知史, 加藤正人, 目黒清美. 2008. 耳石横断薄片法を用いた銚子周辺海域におけるヒラメの年齢と成長. 千葉水総研研報, **3**: 1-5.
- 田中庸介, 大河俊之, 山下 洋, 田中 克. 2006. ヒラメ *Paralichthys olivaceus* 稚魚の食物組成と摂餌強度にみられる地域性. 日水誌, **72**: 50-57.
- 種 鎮矢. 1990. 若狭湾由良川河口域で採集されたヒラメ稚魚の摂餌に関する研究, 摂餌されたアミの種類と体長の解析. 卒業論文, 京都大学農学部水産学科, 京都.
- 谷口順彦. 2003. 魚介類集団における遺伝的多様性の評価と保全～種苗生産と放流事業のあり方をめぐって～. 平成 14 年度栽培漁業技術中央研修会テキスト集—栽培漁業における遺伝情報の利用—. 1-9. 日本栽培漁業協会, 東京.
- 田代征秋, 一丸俊雄. 1995. 長崎県近海域におけるヒラメの漁業生物学的特性. 長崎水試研報, **21**: 37-49.
- Thayer G. W., Schaaf W. E., Angelovic J. W., LaCroix M. W. 1973. Caloric measurements of some estuarine organisms. *Fish. Bull. U. S.*, **71**: 289-296.
- 戸嶋 孝, 内野 憲, 生田哲郎, 森 保樹. 1987. 内湾域におけるヒラメ人工種苗の標識放流について. 栽培技研, **16**: 127-132.
- 戸嶋 孝, 桑原昭彦, 藤田眞吾. 1998. 鱸の第 1 輪径からみた若狭湾西部海域におけるマダイ群の移出入. 日水誌, **64**: 665-670.
- 戸嶋 孝. 2000. 魚鱗情報によるマダイの移動・回遊の解析に関する研究. 京都海洋セ研究論文, **6**: 1-41.
- 富永 修, 馬淵正裕, 石黒 等. 1994. 北海道北部日本海で標識放流された天然ヒラメと人工種苗ヒラメの移動と成長. 水産増殖, **42**: 593-600.
- 遠山忠次, 庄司泰雅. 1977. 飼育水槽におけるヒラメの摂餌について. 千葉水試研報, **36**: 47-54.
- 徳島県水産試験場. 1994. 魚体精密測定. 平成 5 年度放流技術開発事業報告書. D41-D51. 瀬戸内・九州海域ブロックヒラメ班.
- 辻田時美, 近藤正人. 1961. 東シナ海における重要浮魚漁業資源の補給機構の研究 (1), 表層流の輸送様式 (1958 年). 西水研研報, **21**: 29-46.
- 轟田義成. 1992. カタクチイワシの成熟, 産卵と再生産力の調節に関する研究. 水工研研報, **13**: 129-168.

- 上野正博. 1979. 久美浜湾の卵稚仔調査. 昭和52・53年度組織的調査研究活動推進事業報告(久美浜湾地区). 34-44. 京都府, 宮津.
- 内野 憲, 清野精次, 傍島直樹. 1982. 若狭湾経ヶ岬以西沿岸域の底生動物相. 京都海洋セ研報, **6**: 25-43.
- 内野 憲, 中西雅幸. 1983. 若狭湾西部海域(丹後海)における種苗生産ヒラメの標識放流. 京都海洋セ研報, **7**: 17-27.
- 浦邊清治, 堀越 淳, 鴨野裕紀, 増田育司. 2007. 耳石横断薄層切片を用いて解析した富山湾産ヒラメの年齢と成長. 富山水試研報, **18**: 1-11.
- Walford L. A.. 1946. A new graphic method of describing the growth of animals. *Biol. Bull. (Woods Hole)*, **90**: 141-147.
- 渡邊千夏子. 2001. 成熟. 平成12年度資源評価体制確立推進事業報告書. 62-70. 日本水産資源保護協会, 東京.
- 渡部泰輔, 服部茂昌. 1971. 魚類の発育段階の形態的区分とそれらの生態学的特徴. 東海区水産研究所業績C集“さかな”, **7**: 54-59.
- 渡邊達郎, 市橋正子, 山田東也, 加藤 修. 2003. 日本海における平均水温(1971~2000年). 日本海ブロック試験研究集録, **41**: 1-112.
- 渡辺 徹. 1958. 日本海西南海域における底魚資源研一II. ソウハチの成長型にあらわれたcline分布. 日水研研報, **4**: 181-188.
- 渡部俊明. 1983. ヒラメの標識放流調査結果について. 鳥取水試事業報告, **26**: 77-83.
- 山田秀秋, 佐藤啓一, 長洞幸夫, 熊谷厚志, 山下 洋. 1998. 東北太平洋沿岸域におけるヒラメの摂餌生態. 日水誌, **64**: 249-258.
- 山田梅芳. 1986. コチ. 「東シナ海・黄海のさかな」(西海区水産研究所編). 334-335. 西海区水産研究所, 長崎.
- Yamamoto K., Yoshioka H.. 1964. Rhythm of development in the oocyte of the medaka *Oryzias latipes*. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.*, **15**: 5-19.
- Yamamoto M., Makino H., Kobayashi J., Tominaga O.. 2004. Food organisms and feeding habits of larval and juvenile Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* at Ohama Beach in Hiuchi-Nada, the central Seto Inland Sea, Japan. *Fish. Sci.*, **70**: 1098-1105.
- Yamamoto M., Tominaga O.. 2007. Daily rations and food availability of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* and sand goby *Favonigobius gymnauchen* at a sandy beach in the central Seto Inland Sea, Japan. *Fish. Sci.*, **73**: 314-323.
- 山下 洋, 山本和稔, 長洞幸夫, 五十嵐和昭, 石川 豊, 佐久間修, 山田秀秋, 中本宣典. 1993. 岩手県沿岸における放流ヒラメ種苗の被食. 水産増殖, **41**: 497-505.
- Yamashita Y., Yamada H., Malloy K.D., Targett T.E., Tsuruta Y.. 1996. Sand shrimp predation on settling and newly-settled stone flounder and its relationship to optimal nursery habitat selection in Sendai Bay, Japan. In: Watanabe Y., Yamashita Y., Oozeki Y. (eds). *Survival Strategies in Early Life Stage of Marine Resources*. AA Balkema, Rotterdam. 271-283.
- Yamashita, Y., Tanaka M., Miller J. M. . 2001. Ecophysiology of juvenile flatfish in nursery grounds. *J. Sea Res.*, **45**: 205-218.
- 安永義暢. 1988. ヒラメ仔稚魚の生理生態に関する研究. 水工研研報, **9**: 9-194.
- 遊佐多津雄, 1994: ヒラメの生活史. 水産の研究, **13**: 76-80.