

志々伎湾におけるヒラメ稚仔魚の着底時期

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
著者	後藤, 常夫 首藤, 宏幸 富山, 実
巻/号	55巻1号
掲載ページ	p. 9-16
発行年月	1989年1月

志々伎湾におけるヒラメ稚仔魚の着底時期*¹

後藤常夫, 首藤宏幸, 富山 実, 田中 克

(1988年5月10日受付)

Settling Period of Larvae and Juveniles of Japanese Flounder
Paralichthys olivaceus in Shijiki Bay, Hirado IslandTsuneo Goto,*² Hiroyuki Sudo,*³ Minoru Tomiyama,*²
and Masaru Tanaka*²

The spawning and settling periods of Japanese flounder *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel) were examined in Shijiki Bay and its vicinities in 1986.

The start and end of spawning and settlement were estimated from development-temperature relationship of laboratory-reared flounders and developmental stage composition of pelagic larvae obtained by larva-net surveys in mid March and mid May. These analyses demonstrated that spawning would start from late January and continue until early May, and settlement from early April through early June. The settling period was also confirmed directly by beam-trawl sampling. These evidences revealed that three months of spawning season are reduced to about two months of settling period because while pelagic life is prolonged in the early season, it is shortened in the later season due to increasing water temperatures.

During the two months of settling period, a large size distribution in settled flounders would inevitably occur, which would possibly cause cannibalism. Furthermore, size at metamorphosis of flounder decreases considerably with increasing water temperature. These factors which are directly related to survival of settling flounders are considered important in analysing recruitment dynamics.

わが国沿岸漁業の重要な漁獲対象魚であるヒラメ *Paralichthys olivaceus* (Temminck et Schlegel) の初期生活史に関する研究は、近年、形態¹⁻⁴ 生理⁵⁻⁹ 生態¹⁰⁻¹³ 行動^{14,15} などさまざまな角度から行なわれ、多くの知見が集積されつつある。本種はその個体発生の初期に、形態面では右眼の移動を伴った典型的な変態過程を経過し、生態面では水深数 10 m の産卵場から数 10 日の浮遊生活を経た後、海岸近くの砂浜域へ来遊することが知られ始めている。遊佐¹⁰ は、産卵後沖合方向に流されて底棲移行期を迎えた仔魚群は自然死亡し、そのような個体の数は著しく多いことを予想している。また、堀田¹⁰ は、ヒラメの種苗生産における生残過程より、減耗が最も大きい時期は着底前後に当たり、これは着底期が生理的にも摂餌行動の面でも一大転換期に当たるためと推定している。このように、浮遊生活期から底棲生活への移行期、そして底棲生活に順応するまでの着底直後の期間は、ヒラメ稚仔魚個体群にとって生存が脅かされる

時期と考えられる。

本種の産卵期間は、産卵親魚の漁獲状況や水槽中での自然産卵の観察から、2~3ヶ月間継続することが知られており¹⁷⁻²³ 着底時期もかなり長期間におよぶことが予想される。着底時期は初春から初夏の水温上昇期に当たり、この期間中、無機・生物的環境諸条件は著しく変化する。また、初期に加入した稚魚はその後期には数 10 mm サイズに成長すると推定される。本種の生態的特徴の1つである成長に伴う魚食性への変化は、この初期加入群が後期加入群を捕食する能力を十分持つことを予想させる。²⁴

以上のことより、稚魚への移行過程におけるヒラメ天然個体群の動態を解明するには、まず、着底稚魚の出現時期やその期間を把握することが重要と考えられる。

著者らは長崎県平戸島志々伎湾周辺海域において、浮遊期仔魚の出現状態と着底場での稚仔魚の採集結果から、ヒラメの着底時期を明らかにすることを目的に研究

*¹ 本研究の概要は、昭和 62 年度日本水産学会秋季大会で発表した。

*² 京都大学農学部水産学科 (Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, Kyoto University, Kyoto 606, Japan).

*³ 西海区水産研究所 (Seikai Regional Fisheries Research Laboratory, Nagasaki 850, Japan).

を行ない, 着底稚魚の生き残りとの関連性に考察を加えた。

材料と方法

ヒラメ稚魚の採集は, 長崎県平戸島志々伎湾およびその周辺海域において行なわれた (Fig. 1)。

浮遊期仔魚の採集 浮遊期仔魚の採集は, 水産庁西海区水産研究所調査船陽光丸 (499 トン) により五島灘北部海域に設定した 19 定点において, 1986 年 3 月 15~17 日および 5 月 13~14 日に水深 50 m より海表面までの稚魚網斜め曳により行なわれた。なお, 水深が 50 m より浅い定点での曳網は海底上約 5 m より海表面までとした。船速は 2 ノット, ワイヤー巻き揚げ速度は 50 cm/s とした。用いた稚魚網は, 口径 1.3 m, 側長 6 m, 目合 0.5 mm の円筒円錐型のもので, 口部に装着した流量計の回転数により単位水量当たりの採集尾数を求めた。

得られた試料は船上で約 5% 海水ホルマリン液で固定・保存し, 実験室へ持ち帰り選別したのち, 発育ステージ¹²⁾別に個体数を計数した。

着底前後の稚魚の採集 着底前後のヒラメ稚魚は, 志々伎湾奥部の田の浦において, 1986 年 4 月 9 日~7 月 1 日まで大潮時および小潮時に対応してほぼ 7~8 日間隔で実施した桁網曳網により採集された。用いた桁網は, Kuipers²³⁾が Wadden 海で plaice 稚魚採集のために開発したものを参考に作製したもので, 網口幅 200 cm, 高さ 30 cm, 長さ 400 cm, コッドエンドの網目 3 mm である。

調査場所を選んだ田の浦は, 北西方向に開いた湾口部から直接稚魚が輸送される場所に位置する。砂浜の面積は湾内で一番広く, その外縁域はガラモ場および岩礁で囲まれ, かなり閉鎖的な成育場となっている (Fig. 2)。海底堆積物の中央粒径値 (Md ϕ) は 2~3 の細砂で, 含泥率 (シルトと粘土の割合, >4 ϕ) は 4% 以下と著しく低い。²⁴⁾

可能な限り定量的な採集を行なうため, Fig. 2 に示すように, 水深の浅い方から A・B・C の 3 定線を設けた。それらの水深は, 潮時で異なり, およそ 0.2~2.0 m, 1.0~2.5 m, 1.5~3.5 m であった。稚魚採集には, 船外

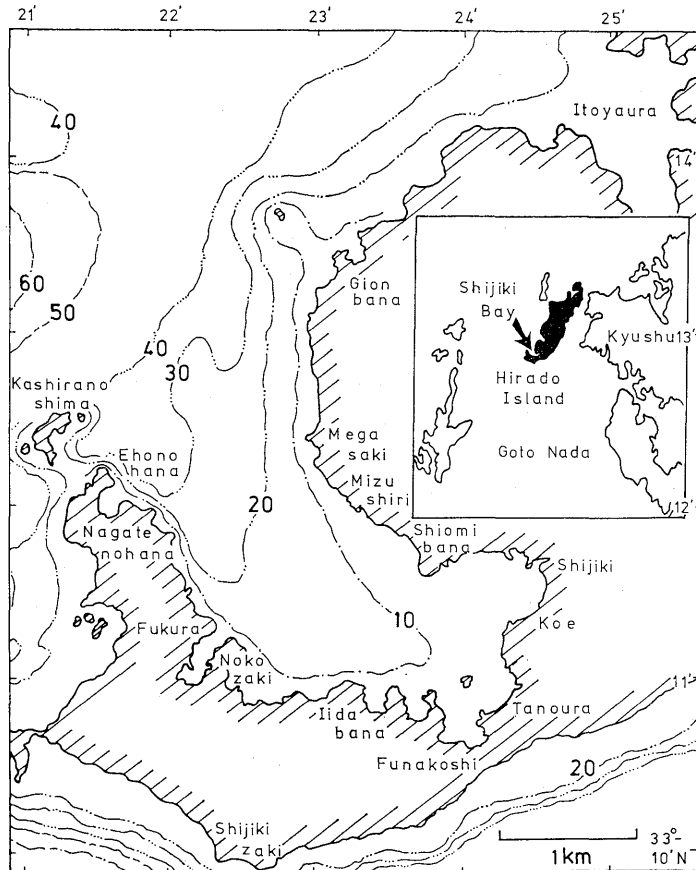


Fig. 1. Map of Shijiki Bay and vicinity of Hirado Island. Depth contours are shown in meters.

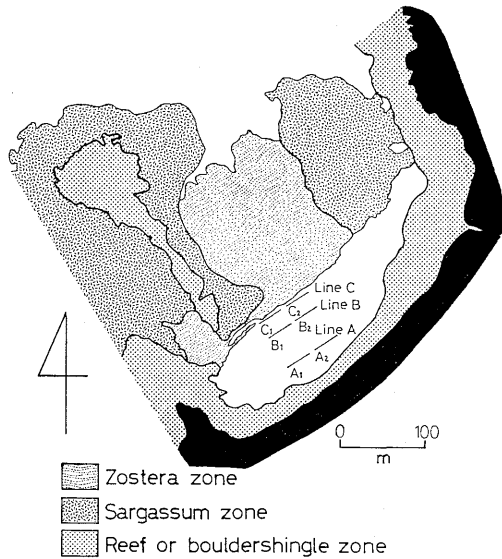


Fig. 2. Sampling lines in Tanoura beach where flounders just before and after metamorphosis were collected. The nursery ground is surrounded by *Sargassum* and *Zostera* zones, the latter having been reduced since 1985. Each depth of lines A, B, and C is 0.2–2.0 m, 1.0–2.5 m, 1.5–3.5 m, respectively.

機付ボートを用い、ブイで指標した定点に桁網をセットし、曳網距離が 30 m になるようにロープを繰り出した後、ボートをアンカーで固定し人力によって曳網した。曳網速度は 0.3~0.4 m/s であった。採集は、3 定線すべてが曳網可能な昼間の時間帯に行なわれ、干潮や突風などによる曳網不能時を除いて、各定線を 2 曳網 (A: A₁・A₂, B: B₁・B₂, C: C₁・C₂, Fig. 2) ずつ計 6 曳網を基本とした。

ヒラメ稚仔魚は採集後直ちに船上で選別され、ライン A₁・B₁・C₁ で採集されたものは 5% 中性ホルマリン液に保存し、ライン A₂・B₂・C₂ で採集されたものは、99% エチルアルコール液に保存した。

また、ライン A₁・B₁・C₁ の曳網時に水深および表層水温を測定し、塩分は表層海水を塩検ビンに採水したのち、調査終了後サリノメーターで測定した。

稚仔魚の全長・体長・体高は、採集後 6 ヶ月以内に測定された。なお、99% エチルアルコール液に保存された稚仔魚 (体長 20 mm 未満) の測定値は、1985 年 7 月に京都大学農学部附属水産実験所において飼育稚魚 (体長 15 mm 未満、水温 25°C) で求めた固定に伴う収縮率の経時変化の割合をもとに、5% 中性ホルマリン液で固定・保存した場合の値に換算し、結果の解析に加えた。

稚仔魚の発育ステージ区分は、基本的には南¹²⁾の基準に従った。すなわち、ステージ A~E は変態前の浮遊期

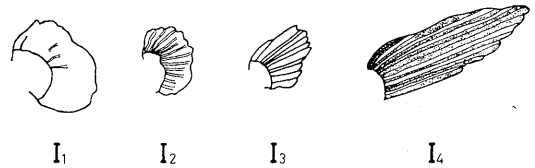


Fig. 3. Schematic illustration of pectoral fin development during settlement of the flounder.

仔魚、ステージ F~H は変態期仔魚、ステージ I は変態を終えた着底稚魚である。なお、ステージ H は浮遊期から底棲期への移行期、すなわち、着底期と考えられる。本研究では着底過程をより詳しく把握するため、ステージ I については胸鰭の発達段階によって 4 期に区分した。着底前後に胸鰭の鰭条が形成され始めるという知見^{2,3,12)}から、まだ胸鰭が膜状のままである I₁、円形の胸鰭に鰭条が分化し始めた I₂、上部の鰭条が後方へ伸長し出す I₃、そして両胸鰭が完成したものを I₄ とした (Fig. 3)。

結 果

浮遊期仔魚の分布 3 月および 5 月に行なった稚魚網斜め曳によって得られた浮遊期仔魚を海水 1000 m³ 当たりの個体数に換算して Fig. 4 に示した。また、Fig. 5 にはそのとき採集された全ての後期仔魚のステージ組成を示した。浮遊期仔魚の採集尾数は、3 月の調査では 553 尾 (平均 29.1 尾/1000 m³)、5 月の調査では 510 尾 (平均 26.1 尾/1000 m³) であった。

3 月の調査では、最も多く採集された定点で 1000 m³ 当たり 57.6 尾、最も少ない定点では 1.4 尾であった。採集された仔魚のステージは A~E で、全ての定点で後期仔魚の初期に当たるステージ A と B が約 70~100% を占め、変態期に当たるステージ F~H の仔魚は 1 尾も採集されなかった。これらの発育ステージ組成は、この時期の浮遊期仔魚が出現初期の個体群であることを示している。

5 月の調査では、1000 m³ 当たり最大採集尾数は 60.0 尾、最小採集尾数は 1.8 尾であった。3 月の結果とは異なり、ほとんどの定点で様々なステージの仔魚が採集され、変態期仔魚も全採集個体の約 20% を占めた。また、ステージ A の仔魚全体に占める割合は約 7% と低く、3 月の結果と対称的なステージ組成を示した (Fig. 5)。したがって、この時期の浮遊期仔魚は出現終期あるいはそれに近い個体群とみなすことができる。

以上のように、1986 年の当海域の浮遊期仔魚の分布状況から 3 月中旬は浮遊期仔魚の出現初期に当たり、5 月中旬は出現終期あるいはそれに近いものと推定された。

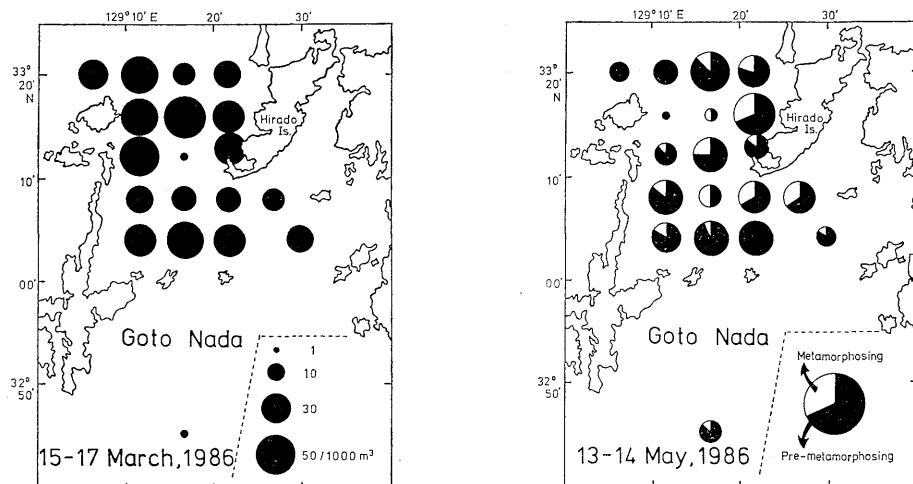


Fig. 4. Distribution and abundance of flounder pelagic larvae in the vicinity of Hirado Island, surveyed on mid March and mid May of 1986. Size of circles are proportional to larval densities. Each circle consists of black and white parts, representing pre- and metamorphosing larvae, respectively.

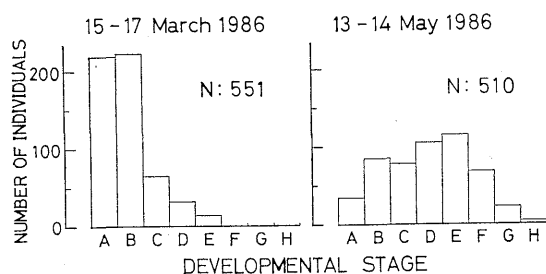


Fig. 5. Developmental stage composition of pelagic larvae collected in the vicinity of Hirado Island as shown in Fig. 4.

着底場における稚仔魚の出現状態 4月9日～7月1日までの1曳網当たりの採集尾数の変化を、潮位・水温・塩分とともに Fig. 6 に示した。調査を開始した4月9日にはすでに着底期の稚仔魚が出現しており、4月24日には調査期間中の最大尾数 46 尾が採集されたが、その後採集尾数は徐々に減少して、6月22日以降は0尾となった。

総採集尾数・曳網回数はライン A, B, C で、それぞれ 55 尾・15 曳網, 227 尾・21 曳網, 207 尾・23 曳網であった。水深の深いライン B・C で採集尾数が多く、しかも両定線とも I₅ より若い個体が約 6 割を占めた。一方、体長範囲は、ライン A, B, C で、それぞれ 8.1～42.1 mm, 8.6～34.0 mm, 8.5～38.8 mm であった。最小体長では定線間に差は認められなかったが、最大体長は最も浅いライン A で大きく、しかも成長の進んだ個体が他の 2 定線と比べ比較的多く採集された。このこと

は、稚魚が成長に伴って分布を浅い方へ広げることを示唆している。

このように、3 定線中水深の深いライン B・C で着底後間もない個体が多く採集されたため、ライン B・C の採集結果をまとめ、1 曳網当たりに換算して Fig. 7 に示した。調査開始日の4月9日に採集された個体は、ステージ H および I₂ で着底途中と着底後間もない稚仔魚である。着底前後に相当するステージ G～I₅ の稚仔魚の採集尾数は、4月中旬までは2尾前後であったが、4月下旬から5月中旬にかけて6～27尾に増加し、その後激減した。この着底における着底前後の稚仔魚採集の終期は5月30日であった。

以上のように、着底場における稚仔魚の採集結果より、1986年の当海域におけるヒラメ稚仔魚の着底時期は4月初旬から5月下旬までの約2ヶ月間と推定された。また、この調査より、着底の盛期は4月下旬から5月中旬までの約1ヶ月間であることも明らかになった。

考 察

産卵時期の推定 本研究の調査海域におけるヒラメの産卵場はまだ明らかにされていないが、東海・黄海における底魚資源の研究^{27,28)}によると、2～4月に五島西沖にややまとまったヒラメの分布が認められている。これらの知見と本研究で得られた五島灘北部海域における仔魚の分布状況とを総合すると、五島列島周辺にヒラメの産卵場が形成されている可能性は高いと考えられる。そこで、本研究の浮遊期仔魚の分布状況から当海域のヒラメの産卵期間の推定を行なった。当海域における浮遊期

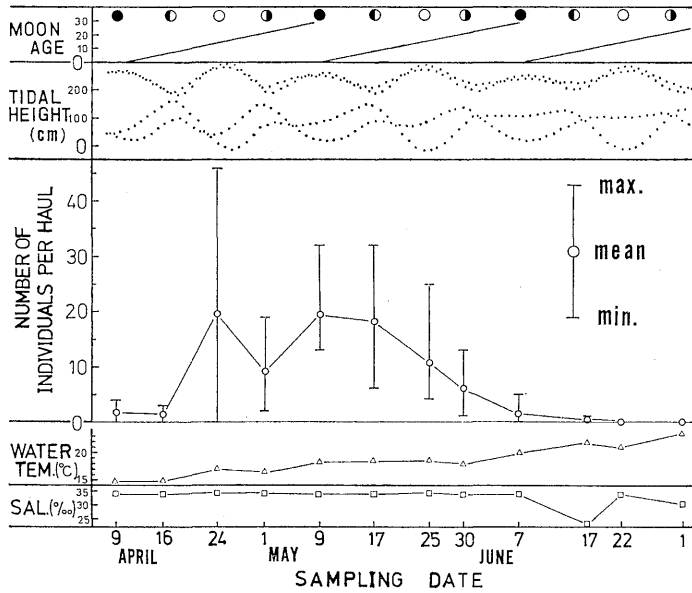


Fig. 6. Occurrence of settling and settled flounders in Tanoura beach from 9 April through 1 July 1986. Maximum, minimum and mean number of individuals per haul collected by 2-m beam trawl are shown.

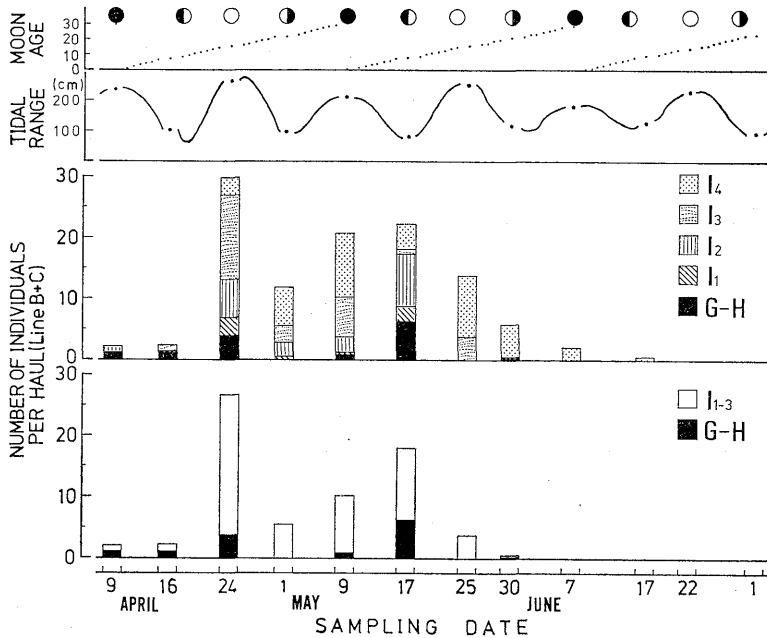


Fig. 7. Developmental stage composition of settling and settled flounders collected in lines B and C as shown in Fig. 6. The bottom histogram indicates number of flounders just before and immediately after settling.

仔魚の出現期に関する資料* によると、3月の調査で最も発育の進んだステージEの仔魚の生まれた時期は当海域におけるヒラメ個体群の産卵初期にほぼ相当すると考

えられる。一方、5月の調査で出現したステージAの仔魚が生まれた時期は産卵終期に相当すると考えられる。

仔魚の発育・成長には種々の要因が関与するが、中で

* 田中, 未発表.

も水温の影響は大きい。²⁹⁾当海域の2~3月の水温は13~14°Cであり、孵化時間と水温との関係を調べた安永⁹⁾の12°C下の結果から、卵内発生に要する時間は96時間前後と見積もられる。また、飼育によるヒラメ稚仔魚の孵化後日数と発育ステージとの関係を調べたSeikai *et al.*²⁰⁾の13°C下の実験結果より、受精からステージEに到達するのに要する日数は46日前後となる。同様に、5月の当海域の水温は18~19°Cであり、卵内発生に要する時間は48時間前後、受精からステージAまでに要する日数は6日前後となる。これらの値は、調査日から溯ってそれぞれ1月29日前後、5月8日前後に対応する。つまり、当海域におけるヒラメの産卵期間は1月下旬から5月初旬の約3ヶ月間であると推定された。

日本周辺におけるヒラメの産卵期は、これまで親魚の生殖腺指数の季節変化、熟卵を持った親魚の漁獲状況および浮遊期仔魚の出現状況などより、Table 1のように推定されている。これによると、産卵時期には南で早く北で遅い傾向があり、産卵開始時は水温と密接に関連していることがうかがわれる。石田および田中³⁴⁾は、ヒラメ受精卵の孵化可能水温は10~25°C、最適水温は15°Cとしている。また、飼育環境下でのヒラメの産卵は11~20°Cで行なわれ、特に13~17°Cで盛んである。³⁵⁾

当海域における1986年春季の水温は、水深にかかわらず、2月には13~15°C、3月には12~15°C、4月には14~16°Cであり、^{36,37)}これらの水温は受精卵の孵化最適水温に近い値であり、親魚が産卵行動を起す水温でもある。実際、当調査海域に近接した長崎県野母崎の定置網で漁獲された親魚を用いて、1974年1月下旬~2月中旬に人工受精が行なわれている。³⁸⁾3月の調査以前や5月の調査以後の仔魚の分布状況については今回は明ら

かにできなかったが、以上の知見より仔魚の出現初期と終期の分布状況から推定した産卵時期はかなり妥当なものと考えられる。

稚仔魚の着底時期 前述のように3月と5月の浮遊期仔魚の分布は、およそ出現初期と終期に相当する。したがって、3月に採集されたステージEの仔魚が着底可能となる時期が稚仔魚の着底時期の初期に、また5月に得られたステージAの仔魚がステージHに到達する日が終期にはほぼ相当すると考えられる。13°C下でステージEからステージHに成長するのに要する日数は25日前後、19°C下でステージAからステージHに成長するのに要する日数は23日前後と推定される。²⁹⁾これらの値は調査日から溯って4月9日前後、6月5日前後にそれぞれ対応し、当海域におけるヒラメ稚仔魚の着底時期は4月初旬から6月初旬の約2ヶ月間と推定できる。稚魚網採集を行なった海域の浮遊期仔魚がすべて志々伎湾内に加わってくるわけではないが、このような間接的な方法で推定した着底時期は、先に示した着底場における稚仔魚の実際の出現状態とよく一致する。

このように、当海域では産卵期間が3ヶ月以上と長期間にわたるのに対し、着底直後の稚魚の採集結果や浮遊期仔魚の出現状態より求めた着底期間は約2ヶ月であった。この1ヶ月間の差は、出現初期の個体群においては低水温下で成長や発育速度が遅く、浮遊期仔魚の期間が延長されるのに対し、出現後期の個体群では逆に高水温によって浮遊期仔魚の期間が短縮される結果と考えられる。

Seikai *et al.*²⁰⁾は低水温下で飼育した仔魚の変態サイズは相対的に大きく、高水温下では小型化する傾向を確認した。Fig. 8は、調査期間中に着底場で採集されたステージHおよびI₁の体長の季節的推移を示したもので

Table 1. List of spawning seasons for the flounder summarized from various sources

Locality	Data source	Spawning season	Author
Japan Sea coast			
Ishikari Bay, Hokkaido	gonad index	early June -mid July* ²	30)
Aomori Pref.	fisheries information	June -July	31)
Yamagata Pref.	gonad index	May -June	17)
Niigata Pref.	gonad index	late Apr. -early July	20)
Wakasa Bay, Kyoto Pref.	larval occurrence	Mar. -May	12)
Tottori Pref.	gonad index	Mar. -May	21)
Genkai-Nada, Fukuoka Pref.* ¹	(no details)	late Feb. -early Apr.	32)
Pacific Ocean coast			
Fukushima Pref.* ¹	gonad index	late May -mid July* ²	33)
Choshi, Chiba Pref.	gonad index	Apr. -July* ²	18)
Taito-Kanaya, Chiba Pref.	gonad index	Feb. -June* ²	18)
Kanagawa Pref.	gonad index	Feb. -Apr.	19)
East China Sea			
East China and Yellow Seas	gonad index	Jan. -Mar.	27)

*¹ indirect evidences *² maximum ranges are cited.

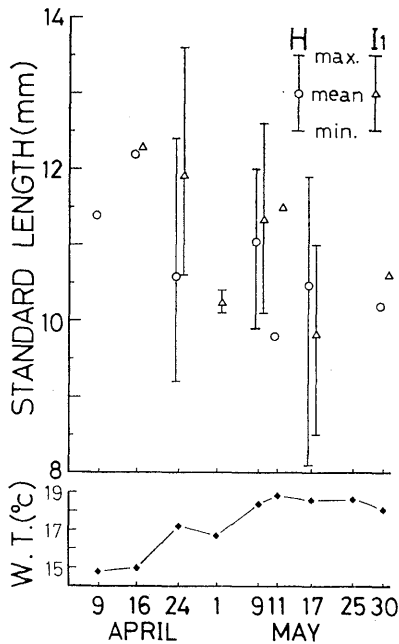


Fig. 8. Seasonal changes in size distribution of stage H and I₁ collected in Tanoura beach from 9 April to 30 May, 1986.

ある。同一日に採集された同一ステージの稚仔魚のサイズにも著しい個体変異が認められるが、全体的傾向として水温の上昇とともに体長の小型化が認められる。このことは、天然環境下においても飼育条件下と同様に、水温と変態サイズが逆相関することを示し、着底期間の短縮化の一要因ともなっている。このような体長の変異がその後の生残過程にどのような影響をおよぼすかは、餌料生物の分布・量・大きさ・再生産なども関連させて今後検討すべき重要な課題と考えられる。

着底時期と生き残り 1982年5月10日に田の浦で桁網による採集で得られた全長 33.3 mm の稚魚が着底直後の全長 13 mm の稚魚を捕食していた例がある。⁸⁹⁾ この事実は、着底期間の初期に加入した稚魚が約1ヶ月後には少なくとも体長 30 mm に成長し、後期に加入してきた稚魚を捕食する可能性があることを示唆している。当海域は潮の干満差が大きく、大潮の干潮時にはライン A・B は干出し、ライン C のみが海面下になるため、この時には大小の当歳魚群が密集し共食いが強まる可能性が高い。今後、潮汐に応じた稚魚の移動や分散についても明らかにする必要がある。

着底期間中、水温は 13~14°C から 19~20°C に上昇する。新潟市五十嵐浜をモデル水域として、ヒラメ稚魚の主要な餌となるアミ類個体群の季節変動・生活史を調査している広田および野口* は、アミ類個体群が水温の

上昇とともに、春季大型群から夏季小型群に移行することを示唆している。このように、着底時期における水温の変化は、ヒラメの成長やアミ類の個体群動態に重大な影響をおよぼすと思われる。これらの要因は、先述の変態サイズと水温が逆相関する現象とも関連して、着底後のヒラメ個体群の生き残りを把握する上で重要な検討課題と考えられる。

また、異体類仔魚の接岸来遊に、選択的潮汐輸送が重要な役割を果たしていることが数種のカレイやヒラメで報告されている。⁴⁰⁻⁴⁶⁾ 当海域のヒラメ稚仔魚でもその可能性が示唆されている⁴⁶⁾ とともに、着底場への加入に大潮に連動した半月周期性が認められている。⁴⁷⁾ そこで今後、本研究で明らかになった着底期間のどのような時期に加入したものがよく生き残れるかを、餌生物をはじめとする環境条件の季節的推移や潮汐周期と関連づけて検討することが重要と考えられる。

謝 辞

本研究を行なうにあたり、貴重な野外調査の機会を与えられ、御指導いただいた京都大学農学部岩井 保教授、ならびに水産庁西海区水産研究所前所長水戸 敏博士に心から感謝の意を表す。船上調査に際しては、西海区水産研究所の森岡泰啓研究室長、木元克則研究員、中嶋純子研究員ならびに調査船陽光丸の乾栄一船長はじめ乗組員各位に御協力いただいた。また、現地調査では、長崎大学学生重松和彦氏に御協力いただき、志々伎漁業協同組合ならびに網屋正光氏、栗山鎮任氏にも種々の便宜をはかっていただいた。ここに厚くお礼申し上げます。

本研究の一部は、農林水産技術会議大型別枠研究「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」に依った (MRP 88-IV-2-3)。

文 献

- 1) 沖山宗雄: 日水研報, **17**, 1-12 (1967).
- 2) 沖山宗雄: 日水研報, **25**, 39-61 (1974).
- 3) 高橋庸一: 水産増殖, **33**, 43-52 (1985).
- 4) O. Fukuhara: *Nippon Suisan Gakkaishi*, **52**, 81-91 (1986).
- 5) 安永義暢: 東海水研報, **81**, 151-169 (1975).
- 6) 安永義暢, 興石裕一: 日水研報, **31**, 17-31 (1980).
- 7) G. Kawamura and K. Ishida: *Nippon Suisan Gakkaishi*, **51**, 155-165 (1985).
- 8) Y. Morioka: *Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab.*, **62**, 67-77 (1985).
- 9) Y. Morioka, J. Nakashima, and K. Kimoto: *Bull. Seikai Reg. Fish. Res. Lab.*, **64**, 67-75 (1987).

* 広田裕一, 野口昌之: マリンランディング計画 (ヒラメ・カレイ) 60 年度現地検討会資料.

- 10) 遊佐多津雄: 水産土木, **16**, 33-45 (1979).
- 11) 遊佐多津雄: 日本水産学会東北支部会報, **25**, 37-43 (1975).
- 12) 南 卓志: 日水誌, **48**, 1581-1588 (1982).
- 13) 南 卓志: 日本水産資源保護協会月報, **243**, 8-11 (1984).
- 14) 安永義暢: 日水誌, **51**, 227-231 (1985).
- 15) 安永義暢: 日水誌, **51**, 233-237 (1985).
- 16) 堀田和夫: 北部日本海ブロックにおけるヒラメ種苗生産技術の現状, 日本水産資源保護協会, 東京, 1984, pp. 25-46.
- 17) 樋田陽治, 山洞 仁: 昭和50年度浅海漁場重要資源生態調査報告, 山形水試, 山形, 1976, pp. 8-14.
- 18) 石田 修, 田中邦三: 千葉水試研報, **42**, 3-12 (1984).
- 19) 神奈川県水産試験場: 昭和48年度太平洋中区栽培漁業漁場資源生態調査報告書, 神奈川水試, 神奈川, 1974, pp. 42-44.
- 20) 加藤和範: 新潟水試年報 (昭和60年度), 93-95 (1987).
- 21) 小林啓二: 漁場資源生態調査・魚類放流技術開発調査報告, 鳥取水試, 鳥取, 1974, pp. 64-76.
- 22) 平本義春, 小林啓二: 水産増殖, **26**, 152-158 (1979).
- 23) 高橋邦雄, 早川 豊, 小倉大二郎, 中西広義: 栽培技研, **9**, 41-46 (1980).
- 24) 南 卓志: 日水研報, **36**, 39-47 (1986).
- 25) B. Kuipers: *Neth. J. Sea Res.*, **9**, 69-85 (1975).
- 26) 首藤宏幸, 鬼頭 鈞, 畔田正格, 池本麗子: マリーナランチング計画プログレスレポート, ヒラメ・カレイ (1), 77-80 (1985).
- 27) 西海区水産研究所: 東海・黄海における底魚資源の研究, **4**, 西海区水研, 長崎, 1957, pp. 55-60.
- 28) 西海区水産研究所: 東海・黄海における底魚資源の研究, **5**, 西海区水研, 長崎, 1960, pp. 37-38.
- 29) T. Seikai, J. B. Tanangonan, and M. Tanaka: *Nippon Suisan Gakkaishi*, **52**, 977-982 (1986).
- 30) 菅間馨一, 三上正一, 高 幸子, 田村真樹: 北水試月報, **20**, 35-40 (1963).
- 31) 小田切譲二, 木村 大, 奈良賢静: 青森水試事業概要, 136-154 (1982).
- 32) 今林博道: 日水誌, **46**, 419-426 (1980).
- 33) 福島県水産試験場: 昭和48年度北太平洋栽培漁業資源生態調査報告書, 福島県水産試験場, 福島, 1978, pp. 38-41.
- 34) 石田 修, 田中邦三: 千葉水試研報, **35**, 23-30 (1976).
- 35) 原田輝雄: 日本水産資源保護協会月報, **244**, 9-12 (1984).
- 36) 長崎県水産試験場: 五島灘並びにその周辺調査, **63**, 長崎県水産試験場, 長崎, 1986, pp. 5-8.
- 37) 長崎県水産試験場: 五島灘並びにその周辺調査, **64**, 長崎県水産試験場, 長崎, 1987, pp. 4-5.
- 38) 山下金義, 松清恵一: 昭和48年度増養殖に関する研究報告-II, 長崎水試増養殖研究所, 長崎, 1974, pp. 46-50 (1974).
- 39) 首藤宏幸, 畔田正格, 池本麗子: マリーナランチング計画プログレスレポート, ヒラメ・カレイ (1), 25-30 (1985).
- 40) 清野精次, 坂野安正, 浜中雄一: 昭和50年度京都水試報, 16-26 (1977).
- 41) Y. Tsuruta: *Tohoku J. Agr. Res.*, **29**, 136-145 (1978).
- 42) F. Creutzberg, A. Th. G. W. Eltink, and G. J. Van Noort: in "Physiology and Behaviour of Marine Organisms" (ed. by D. S. McLusky and A. J. Berry, Pergamon Press, Oxford, 1978, pp. 243-251).
- 43) A. D. Rijnsdorp, M. van Stralen, and H. W. van der Veer: *Trans. Am. Fish. Soc.*, **114**, 461-470 (1985).
- 44) 高橋清孝, 星合愿一, 阿部洋士: 水産増殖, **34**, 1-8 (1986).
- 45) G. W. Boehlert and B. C. Mundy: *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **25**, 261-281 (1987).
- 46) 藤井徹生, 首藤宏幸, 畔田正格, 田中 克: 日水誌, **55**, 17-23 (1989).
- 47) M. Tanaka, T. Goto, M. Tomiyama, and H. Sudo: *Neth. J. Sea Res.*, in Press