

ISSN 1346-7328

国総研資料 第809号
平成26年9月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No.809

September 2014

内湾に分布する魚類の生息場と生活史に基づく類型

秋山 吉寛・井芹 絵里奈・岡田 知也

Classification of Fishes on an Inner Bay Based on Their Habitat Features and Lifecycles

Yoshihiro B.AKIYAMA, Erina ISERI, Tomonari OKADA

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure, Transport and Tourism, Japan

内湾に分布する魚類の生息場と生活史に基づく類型

秋山吉寛*・井芹絵里奈*・岡田知也**

要 旨

沿岸域の生態系を本格的に回復させるためには、部分的に最適であることを目指した干潟や構造物の断面形状を検討することに加え、水域全体として最適であることを目指した生物生息場の空間配置のデザインを検討することが重要である。この考えでは、生態系ネットワークや生物の生活史に伴う移動に代表されるような水域全体に渡る生物の移動を考慮することが重要となる。そこで本研究では、内湾域の水域全体の生息場のデザインに関する第一段階として、東京湾沿岸域で生息の確認された魚類を対象とし、生息場利用様式を明らかにし、各種魚類をこの様式に基づき類型化することを目的とする。

沿岸域に出現した魚類の生息場に関する文献情報を収集し、生息場を6タイプ（淡水域タイプ、干潟タイプ、砂浜タイプ、岩礁タイプ、深場タイプ、外海タイプ）に分類した。魚類の消長と生息場利用様式との関連性をロジスティック回帰分析を用いて調べた。

24科36種の魚類を生息場利用様式に基づき16種類の型に分けた。1魚種の利用する生息場タイプ数は1から6までばらついたが、干潟タイプの生息場は多くの魚類に利用されており、重要な場であると考えられた。繁殖のために異なる生息場タイプへの移動を要する種があり、魚の移動による生息場間ネットワークが種の存続のために重要であると考えられた。生息場をデザインする際は、利用する生息場タイプ数の少ない種に対しては微地形の積極的な導入が重要であることが示された、また、利用する生息場タイプ数の多い種に対しては空間ネットワークが重要であり、生活ステージに対して異なる空間移動形態を考慮することが重要であることが示された。

キーワード：生物生息場，生活史，生息場利用様式，沿岸魚類，自然再生，東京湾

*沿岸海洋・防災研究部海洋環境研究室研究官

**沿岸海洋・防災研究部海洋環境研究室長

〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 国土交通省国土技術政策総合研究所

電話：0468-44-5023 Fax：0468-44-1145 e-mail: akiyama-y92y2@ysk.nilim.go.jp

Classification of Fishes on an Inner Bay Based on Their Habitat Features and Lifecycles

Yoshihiro B. AKIYAMA *

Erina ISERI *

Tomonari OKADA **

Synopsis

To restore the marine ecosystem in a coastal area, designing appropriate habitat throughout the water area is an important approach, in addition to partially designing the most appropriate cross-sectional shapes of tidal flats and artificially constructed habitats. It is significant to consider the migration of marine organisms in the whole water body in relation to the ecological network and life history for the purpose. The aim of this study is to elucidate the habitat use patterns of fishes in coastal area of Tokyo Bay and to classify these fishes into some groups based on their habitat use patterns to facilitate understanding of the habitat use patterns. The present study is the first step in the design of habitats for marine life in inner bays.

Information about coastal fish habitats was collected from scientific literatures. The fish habitats were categorized into six types: freshwater type; mud flat type; sand beach type; rocky shore type; deep sea type and open sea type. The relationships between the reproductive conditions or extinction crisis of fishes with their habitat use pattern were analyzed by logistic regression analysis.

Coastal fishes in 36 species in 24 families were categorized into 16 types based on their habitat use patterns. The number of habitat types among these fish species varied from 1 to 6. Nevertheless, habitats in the mud flat type were used by most fish species, and therefore the habitats in mud flat type are considered to be important areas for coastal fishes. Some multi-habitat users must migrate among various habitat types for their reproduction, which suggests that the habitat network is significant for these fishes. When we design habitats for coastal fishes in inner bays, proactive introduction of microtopographic environments which affect fish existence is well regarded, particularly for single habitat type users, whereas the spatial network is necessary for multiple habitat type users.

Key Words : habitat, life history, habitat use patterns, coastal fishes, nature restoration, Tokyo bay

* Researcher of Marine Environment Division, Coastal, Marine and Prevention Department

** Head of Marine Environment Division, Coastal, Marine and Disaster Prevention Department
3-1-1 Nagase, Yokosuka, 239-0826 Japan
Phone : +81-46-844-5023 Fax : +81-46-844-1145 e-mail:akiyama-y92y2@ysk.nilim.go.jp

目 次

1. はじめに	1
1.1 背景	1
1.2 目的	1
2. 方法	2
2.1 生息場タイプに基づく類型	2
2.2 魚類の消長に関する統計解析	3
3. 結果	4
3.1 各生息場タイプの利用様式	4
3.2 各生息場タイプの繁殖場としての利用状況	5
3.3 繁殖の条件と生息場タイプ数の関係	5
3.4 絶滅種及び絶滅危惧種と生息場タイプ数の関係	8
4. 考察	9
4.1 生息場の利用様式に基づく魚類の類型	9
4.2 干潟タイプ（感潮域，河口，潟湖，干潟）の重要性	9
4.3 利用する生息場タイプ数による特徴	9
5. 魚類生息場のデザインに向けた今後の課題	10
6. おわりに	10
謝辞	10
参考文献	11
付録	16

1. はじめに

1.1 背景

内湾の多くの沿岸域では明治以降、遠浅の干潟や海浜の多くは工業、物流、発電、住宅、都市、廃棄物処理、下水処理、農地、漁港用など様々な用途として埋め立てられた。その結果、沿岸域における生物の生息環境は大きく変化するとともに、多量の流入負荷や化学物質の流入等によって、生態系の衰退が起きている。沿岸域の生態系サービスの価値は他の海域と比べて高いと言われているが(Costanza et al., 1997), 生態系が衰退すると、その価値は低下することになる (Balvanera et al., 2006)。

沿岸域の生態系を衰退させる主な原因は、生息場の減少、水質及び底質の悪化、魚介類の乱獲である (Lotze et al., 2006)。したがって、沿岸域の生態系サービスの価値を最大限に引き出すため、生態系の充実を目指し、生息場を拡大することが求められる。それ故、沿岸域において多くの干潟、浅場及び藻場が、これまで造成されてきた (海の自然再生ワーキンググループ, 2003)。

これまでの自然再生の考え方は、「できるところからコツコツと」であった。自然再生事業の初期では、まずは一步でも前に進むことが重要であり、造成干潟や生物共生型港湾構造物等を、造れる水域に、小さなスケールでも良いから、着実に造っていくことを目指した。自然再生事業の初期において、この考え方は現実的であり、今後もこの考え方は基本的には変わらないと考えている。しかし、沿岸域の生態系を本格的に回復させていくためには十分とは言えない。

自然再生事業の初期においては、生態系ネットワークや生物の生活史に代表されるような水域全体に渡る生物の移動や繋がりを考慮するような考え方 (Cicin-Sain and Belfiore, 2005) は主流ではなかった。ヨシ原干潟-アマモ場の繋がりのような連続性については考慮されていたが、あくまでも造成される場の中での移動や繋がり、または場の多様性を考慮したものであった。この様に造成干潟や生物共生型港湾構造物等の設計においては、自然再生された場の生物量や多様度が重視され、それらに対する最適性が求められた。

「できるところからコツコツと」の段階では、この部分的に最適であることを目指す考え方でも問題ない。しかし、沿岸域の生態系を本格的に回復していくためには、部分的に最適であるだけでは不十分であると考えている。例えば、将来的に仮に港湾域の多くの港湾構造物に生物共生型港湾構造物を配置できるとする。その際、すべての生物共生型港湾構造物の断面が、同じタイプであること

は、生物多様性の観点から望ましくない。部分的に最適であることを多少犠牲にしても、港湾域全体、または水域全体として最適であることを目指すべきであると考えている。

ところが、「全体的に最適な生物共生型港湾構造物の配置とは？」と問われた時、水域全体をデザインする工学的な知見が不十分な現状では、答えることは困難である。「生物多様性を目指すには、多様な生物生息環境が望ましい」等、定性的なことは言えるが、設計に十分な程の定量的な知見はない。

加えて、現在、全国各地の港湾において港湾構造物の老朽化の進行が問題になっており、老朽化対策や耐震機能向上としての改修が必要になっている。この港湾構造物の耐震改修時や新設時において、生物共生型港湾構造物の機能を付加することは、港湾の自然再生に有効な対策となると考えられている (国土交通省港湾局, 2014)。このように、今後、多くの港湾構造物が生物共生型港湾構造物となる可能性がある。

上記のようなことから、水域全体の生物生息場のデザインに関する検討の必要性が高まっており、水域全体の生物生息場のデザインに関する検討を今のうちに始める必要があると考えている。

1.2 目的

多くの海洋生物は誕生してから一生を終えるまでの間に移動し、複数の異なるタイプの生息場 (例えば干潟、砂浜、岩礁) を利用する (Underwood and Fairweather, 1989; Gillanders et al., 2003) (図-1)。そのため、生息場条件を検討する際は、生息場の配置 (生息場の空間デザイン) が重要となる。

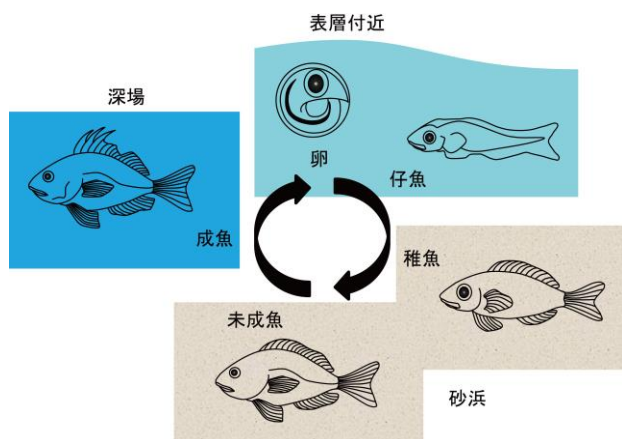
アサリに対しては、浮遊幼生期の海域の流れによる移動による空間的なネットワークのあることが、Kasuya et al. (2004)によって示された。また、マハゼに対しては、生活史に伴う移動によって、干潟だけでなく、産卵場となる水深 10m 程度の水域の重要性が吉田ら (2013) によって示された。マコガレイに対しては、成長に伴う季節的な移動を通じて、瀬戸内海東部の広域に分布する多様な生息場を利用することが、伊藤ら (2010) によって示された。このように、少しずつ、生息場のデザインに対する知見は集まりつつある。

ところが、沿岸域には魚類を含む脊索動物をはじめ、節足動物、軟体動物、環形動物、棘皮動物、刺胞動物、紐形動物、外肛動物、扁形動物、海綿動物、箴虫動物、菌類、植物、原生動物、細菌類などの様々な分類群に属する海洋生物が生息する。東京湾に生息する魚類だけで

も、これまでに確認されている種数は約 740 種に及ぶ(河野ら, 2011)。これらの生息場のデザインを種毎に検討することは非現実的である。

そこで、その一つの解決策として、生息場利用様式に基づく生物の類型化を考えた。生息場利用様式に基づいて類型化することによって、検討種類数を大幅に減らし、全種類の生息場利用の特徴と傾向を捉えることを考えた。

本資料では、まず水域全体の生息場のデザインに関する第一段階として、東京湾沿岸域で生息の確認された魚類を対象とし、生息場利用様式を明らかにし、各種魚類をこの様式に基づき類型化することを目的とする。



図ー1 成長と共に異なる生息場を利用する生物の1例。

2. 方法

2.1 生息場タイプに基づく類型

著者らは東京湾沿岸域のおおむね水深20m以浅に分布する魚類の生息場の再生を考えている。そのため、この水域で生活史の一部あるいは全部を過ごす魚類を対象に以下の調査を行った。

文献調査に基づく魚類の情報収集は上記の条件を満たし、かつ下記の4点のいずれかに該当する種を中心に行った。

- ① 2010年から2014年にかけて、東京湾で採集記録の報告されている種(横浜市, 2010; 東京都環境局, 2013; 東京都, 2013a,b,c,d; 環境省自然環境局生物多様性センター, 2014)
- ② 東京湾内に生息していた絶滅種及び生息する絶滅危惧種(神奈川県, 2006; 埼玉県環境部みどり自然課, 2008; 東京都環境局, 2010; 千葉県レッドデータブック改訂委員会, 2011; 環境省自然環境局野生生物課a)

- ③ 江戸時代の東京湾における主要な漁獲物(清水, 1997)

- ④ 東京湾の重要な魚介類(中央ブロック水産業関係研究開発推進会議・東京湾研究会, 2013)。

ここで述べる東京湾とは、房総半島の洲崎と三浦半島の鋸崎を結んだ線よりも北側の海域である。各魚種の生息環境情報は、同一魚種であればどの海域の個体群であっても、同様の生息環境を利用すると仮定し、東京湾に限らず様々な水域から得られたものを収集した。文献収集は、東京湾の魚類に関する文献が多数収録されている魚類学雑誌, *La mer*, *Ichthyological Research*, *Fisheries Science*, 日本水産学会誌等の科学誌で重点的に行うと共に、地方自治体の発行する各種紀要や報告書、図鑑、博士論文も収集の対象として行った。魚類の学名は既刊の書籍(中坊, 2013)に従って標記した。魚類群集の組成に大きな影響を与える環境因子である底質と基質(Quammen, 1984; García-Charton and Pérez-Ruzafa, 2001), 塩分(Barletta et al., 2005), 水深(Bell, 1983)の情報に基づき、生息場を以下の6タイプに分類した。魚類群集組成に影響を及ぼし、特定の魚種にとっては産卵場として機能する藻場(Pihl et al., 2006)は、アマモ場の場合は干潟タイプ(高山ら, 2003; Boese and Robbins, 2008), 岩礁藻場の場合は岩礁タイプにそれぞれ含まれる。本研究の整理では、基質を重視し、藻場, ヨシ原, 滞筋, タイドプール(河野ら, 2011), 及び流れ藻(山本ら, 2002)については、基質に対する局所的デザイン(微地形)の一つとした。これらは、この次の検討段階で、局所的デザイン(微地形)を考慮する際に、項目として明示する予定である。

- ① 淡水域タイプ(河川, 水路, 湖沼の淡水域): 潮汐の影響を受けない淡水の水域。
- ② 干潟タイプ(感潮域, 河口, 潟湖, 干潟): 河口とその周辺や運河に位置し、塩分が比較的に低く、水深5m以浅の、主に砂泥質の堆積物からなる場。
- ③ 砂浜タイプ(砂浜, 礫浜): 河口から離れた海岸付近に位置し、塩分は比較的に高く、水深5m以浅の、主に砂質の堆積物からなる場。
- ④ 岩礁タイプ(岩礁, 転石域, 消波ブロック, 造成磯)

場)：水深5m以浅の、岩盤あるいは岩石質からなる場。塩分には関係しない。

⑤ 深場タイプ：水深約5 m以深の場。

⑥ 外海タイプ：湾の外側の海域。

魚類の成長段階を卵、仔魚、稚魚、未成魚、成魚の5種類に分けて、各成長段階で利用する生息場のタイプを調べた。ここで述べる成長段階は、一般的に下記のように定義される(岡村・尼岡, 1997; 沖山, 2014)。

- 卵： 孵化前の卵内発育の個体。
- 仔魚： 孵化に続く段階で、原則として鰭条の全数が成魚と同じになるまでの個体。一般的に形態や色彩形成は稚魚と異なる。
- 稚魚： 仔魚の次の段階。鰭条の全数が完全に成魚と同数になり、鱗が形成されるまでの個体。
- 未成魚： 鱗が形成されてから、最初の成熟に達するまでの個体。
- 成魚： 最初の成熟に達した個体。

各魚種の生息場の利用様式を類型化するため、生息場を「生育場」と「繁殖場」に分けた。「生育場」は対象とする魚が生息し、成長する場である。「繁殖場」は魚類の存続のために必須の場であり、その重要度の高さから、「生育場」の一部であるが「生育場」と分けて注目した。本研究では、「卵」あるいは「胎仔」のある生息場タイプが、「繁殖場」に該当する。卵胎生であるマタナゴ*Ditrema temminckii pacificum*の場合は「卵」ではなく、「胎仔」と表記した。該当する成長段階が不明な場合は、全長あるいは標準体長を示し、サイズも不明な場合は、単に「在」とした。仔魚、稚魚、未成魚、成魚と、これらのいずれかに該当する個体を確認した生息場タイプは「生育場」とみなした。

文献調査に基づく情報収集では、東京湾で確認されたことのある魚種が、ある環境中で生息していたことを明らかに示す情報を有効とみなし、生息場と判断した。しかし、一時的にしか生息が確認できず、かつ確認できた対象種の個体数がわずか数個体であるため、対象魚種は稀にしか現れないと考えられる場合は、この判断を保留し、除外した。上記の基準に従い、有効と判断した各文献の情報は、この水準以上の内容を含んでおり、魚種や生息場タイプによって文献数に偏りがある場合でも、情報の信頼性は一定の水準で担保されると仮定した。また、

情報収集で得られた各魚種の生息場利用様式は十分な情報量の文献に基づいて明らかになったものであり、魚類の類型及び統計解析を行うための有効な水準を満たしているとは仮定した。

2.2 魚類の消長に関する統計解析

各魚種の存続の条件及び衰退の傾向と、各魚種の生息場利用様式との関係を明らかにするため、統計解析を行った。

毎年の漁獲量データや地方自治体による魚類相調査には、魚類の生息数に関連する定量データが含まれる。しかし著者らが確認したすべての資料で、漁獲方法あるいは採集方法、採集時期、採集場所等が異なっており、各魚種の密度や重量の変動は正確に把握できなかった。そのため、これらの資料は分析に利用できなかった。

そこで、国及び東京湾の流域を内包する都県から絶滅種または絶滅危惧種の指定を受けている魚種に注目した。絶滅種あるいは絶滅危惧種の指定を受ける条件(環境省自然環境局野生生物課b)は下記のとおりである。絶滅種の指定を受ける種の条件は、過去に生息が確認されたが、絶滅したと考えられることである。一方、絶滅危惧種の指定を受ける種の条件は、大部分の個体群における個体数の大幅な減少あるいは既知のすべての個体群における危機的な水準に達する減少、既知のすべての生息地における生息条件の著しい悪化または大部分の生息地における明らかな悪化、大部分あるいは既知のすべての個体群に対する再生能力を上回る捕獲・採取圧の存在、分布域の相当部分あるいはほとんどの分布域への交雑可能な別種の侵入の、いずれかが該当することである。本研究では、絶滅種あるいは絶滅危惧種の指定を受けた種は、少なくとも衰退しているものと判断した。

各魚種の消長と関連する因子と、生息場利用様式との関係を明らかにするため、ロジスティック回帰分析を行った。魚類の消長と関連する因子は、干潟に依存した繁殖の有無、移動に依存した繁殖の有無、絶滅種・絶滅危惧種指定の有無である。移動に依存した繁殖とは、繁殖のために移動を必要とすることを指すが、この特徴を有する魚種については、本研究の結果に加え、過去の知見(Tsukamoto, 1992; 河村, 2002; 瀬能, 2002; 桑原ら, 2003; 依田ら, 2004; 社団法人全国豊かな海づくり推進協会, 2006; 河野ら, 2011; Kurogi et al., 2012)も含めて検討し、決定した。繁殖の条件の該当、あるいは衰退の認定がなされる魚種に1、それ以外の魚種に0となるダミー変数を与え、これらを応答変数とした。この応答変数は二項分布に従うと仮定した。説明変数は、各魚種の利

用生息場タイプ数と、魚種別各成長段階の利用生息場タイプ数である。ある成長段階の期間に利用する生息場タイプが未知な場合、この魚種のデータを解析から除外した。リンク関数にはロジットリンクを用いた。個々の説明変数はカイ自乗検定を用いて評価した。生息場タイプ数の分布は正規分布に従わなかったため、代表値は中央値（それより大きな値を示す度数と、より小さな値を示す度数とが等しくなるような変数の値）、ばらつきは四分位偏差（第一四分位点と第三四分位点の値の差）を用いて、それぞれ表した（石居，1975；浜田，1999）。絶滅危惧種とそれ以外の種の利用する生息場タイプ数の中央値の比較は、Mann-WhitneyのU検定を用いて行った。仮説検定の有意水準は5%とした。すべての統計解析にR Version 3.0.2（R Core Team, 2013）を用いた。

3. 結果

3.1 各生息場タイプの利用様式

13目24科36種類の魚類の情報を収集した。これらの魚類の生息場利用の様式を表-1及びこれを図示したものを付録Aに示す。各種生息場のうち、最も多くの魚種に利用されていたのは干潟タイプであった。全体の97.2%（35/36種）の魚種が干潟を利用していた。次いで、岩礁タイプ（61.1%，22/36種）、砂浜タイプ（58.3%，21/36種）、深場タイプ（55.6%，20/36種）、淡水域タイプ（27.8%，10/36種）、外海タイプ（11.1%，4/36種）の順に利用する魚種の割合が高かった。

各魚種の生息場の利用様式をまとめた結果、以下の16種類の型に分けられた。型の名称を構成する6種類の記号は、下記のとおり各生息場タイプと対応している。f：淡水域タイプ，t：干潟タイプ，s：砂浜タイプ，r：岩礁タイプ，d：深場タイプ，o：外海タイプ。

1種類の生息場タイプのみ利用

1. t型

アオギス *Sillago parvisquamis*（繁殖場：干潟タイプ）
トビハゼ *Periophthalmus modestus*（繁殖場：干潟タイプ）
エドハゼ *Gymnogobius macrognathos*（繁殖場：干潟タイプ）

2種類の生息場タイプの組み合わせ

2. t,s型

シラウオ *Salangichthys microdon*（繁殖場：干潟タイプ）
ヒモハゼ *Eutaeniichthys gilli*（繁殖場：干潟タイプ）
チクゼンハゼ *Gymnogobius uchidai*（繁殖場：干潟タイプ）

3. t,r型

ヨウジウオ *Syngnathus schlegeli*（繁殖場：干潟タイプ）
マタナゴ（繁殖場：干潟タイプ）
アベハゼ *Mugilogobius abei*（繁殖場：岩礁タイプ）

4. t,d型

マコガレイ *Pleuronectes yokohamae*（繁殖場：深場タイプ）

3種類の生息場タイプの組み合わせ

5. f,t,s型

ベリンゴ *Gymnogobius breunigii*（繁殖場：干潟タイプ）

6. f,t,r型

カダヤシ *Gambusia affinis*（繁殖場：淡水域タイプと干潟タイプ）
ヒナハゼ *Redigobius bikolanus*（繁殖場：干潟タイプ）
チチブ *Tridentiger obscurus*（繁殖場：干潟タイプ）

7. t,d,o型

マアナゴ *Conger myriaster*（繁殖場：外海タイプ）

8. t,s,d型

サッパ *Sardinella zunasi*（繁殖場：干潟タイプ）
コノシロ *Konosirus punctatus*（繁殖場：干潟タイプ）
ヒラメ *Paralichthys olivaceus*（繁殖場：深場タイプ）
イシガレイ *Kareius bicoloratus*（繁殖場：深場タイプ）

9. t,s,r型

アシシロハゼ *Acanthogobius lactipes*（繁殖場：干潟タイプ）

10. t,r,d型

サヨリ *Hyporhamphus sajori*（繁殖場：干潟タイプ，岩礁タイプ）
アイナメ *Hexagrammos otakii*（繁殖場：岩礁タイプ，深場タイプ）
ギンポ *Pholis nebulosa*（繁殖場：干潟タイプ・岩礁タイプ・深場タイプ）

11. r,d,o型

マアジ *Trachurus japonicus*（繁殖場：外海タイプ）

4種類の生息場タイプの組み合わせ

12. f,t,s,r型

アユ *Plecoglossus altivelis altivelis* (繁殖場：淡水域タイプ)

13. t,s,r,d型

カタクチワシ *Engraulis japonica* (繁殖場：深場タイプ)
トウゴロウイワシ *Hypoatherina valenciennei* (繁殖場：岩礁タイプ)

シロギス *Sillago japonica* (繁殖場：深場タイプ)

トサカギンポ *Omobranchius fasciolatoceps* (繁殖場：岩礁タイプ)

マハゼ *Acanthogobius flavimanus* (繁殖場：深場タイプ)

アミメハギ *Rudarius ercodes* (繁殖場：岩礁タイプ)

14. f,t,s,o型

ニホンウナギ *Anguilla japonica* (繁殖場：外海タイプ)

5種類の生息場タイプの組み合わせ

15. f,t,s,r,d型

スズキ *Lateolabrax japonicus* (繁殖場：岩礁タイプ・深場タイプ)

クロダイ *Acanthopagrus schlegeli* (繁殖場：岩礁タイプ)

クサフグ *Takifugu niphobles* (繁殖場：砂浜タイプ)

6種類の生息場タイプの組み合わせ

16. f,t,s,r,d,o型

ボラ *Mugil cephalus cephalus* (繁殖場：外海タイプ)

1魚種の利用する生息場タイプ数は1～6タイプまでばらついた。単一の生息場タイプを利用する魚類は、干潟タイプのみを利用していた。全体の91.7% (33/36種)の魚種が複数の生息場タイプを利用した。複数の生息場タイプを利用する種のうち、マアジを除く32種は生息場の1つとして干潟タイプの生息場を利用していた。同じ生息場利用型を示した魚類の中には、トビハゼとエドハゼ、サッパとコノシロのように科レベルで共通した分類群に含まれる組み合わせが存在したが、多くの場合は目レベルでも異なる分類群に属する魚種同士が、同じ生息場利用の型に含まれた。また、遊泳性のサッパとコノシロ、底生性のヒラメ、イシガレイは同じ生息場利用の型に含まれた。

各魚種が利用する生息場タイプ数の頻度分布は単峰型を示した(図-2)。利用する生息場タイプの中央値及び四分位偏差はそれぞれ3と2であった。

3.2 各生息場タイプの繁殖場としての利用状況

各魚種が繁殖場として利用する生息場のタイプ数は1から3までばらついた。最も多くの魚種に繁殖場として利用されていたのは干潟タイプ(47.2%, 17/36種)だった。

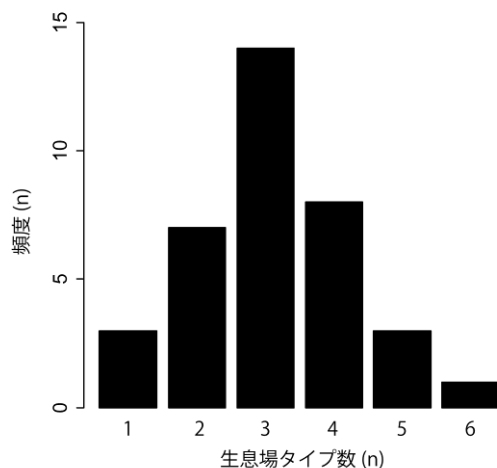


図-2 1魚種あたりの利用する生息場タイプ数の頻度分布。

た。その他の生息場タイプでは、深場タイプと岩礁タイプ(25.0%, 9/36種)、外海タイプ(11.1%, 4/36種)、淡水域タイプ(5.6%, 2/36種)、砂浜タイプ(2.8%, 1/36種)の順に利用する魚種が多かった。

繁殖場として利用される生息場タイプ数は、全魚種の86.1% (31/36種)で1つであり、4魚種(カダヤシ、サヨリ、アイナメ、スズキ)(10.5%)で2つ、1魚種(ギンポ)(2.6%)で3つであった。単一の生息場タイプのみを繁殖場とする魚の種数は、多い順に干潟タイプ(14種)、深場タイプ(6種)、岩礁タイプ(5種)、外海タイプ(4種)、砂浜タイプ及び淡水域タイプ(各1種)であった。

3.3 繁殖の条件と生息場タイプ数の関係

干潟タイプのみを繁殖場として利用する魚類はサッパ、コノシロ、シラウオ、ヨウジウオ、アオギス、マタナゴ、トビハゼ、ヒモハゼ、ビリンゴ、エドハゼ、チクゼンハゼ、アシシロハゼ、ヒナハゼ、チチブの14種であった(表-1)。繁殖場として干潟タイプのみを利用する種の生息場タイプ数の中央値及び四分位偏差は2と2であった。一方、繁殖場として干潟タイプ以外の生息場タイプで繁殖する種、及び干潟タイプも繁殖場として利用するが、干潟タイプ以外でも繁殖する種の利用する生息場タイプ数の中央値及び四分位偏差は4と1であった。

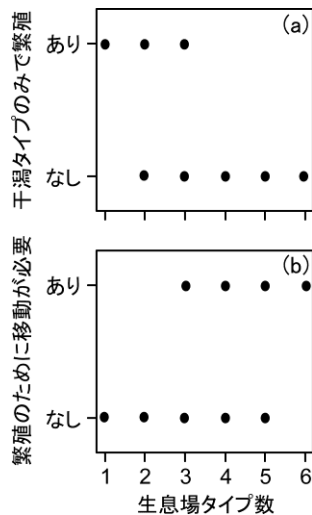
干潟タイプのみを繁殖場として利用する種の方が、干潟

表-1 生息場タイプの組み合わせの類型に基づくグループ分け

生息場タイプ 数	生息場 利用型	目	科	種名	絶滅危惧ランク	陸水部		海部				外海部
						淡水域タイプ(f)	干潟タイプ(t)	砂浜タイプ(s)	岩礁タイプ(r)	深層タイプ(d)	外海タイプ(o)	
1	t	スズキ	キス	アオギス	絶滅危惧ランク EX千葉・IA国	-	明・仔魚、稚魚、成魚 (伊元ら, 1999; 重田・瀬, 2011)	-	-	-	-	-
		スズキ	ハゼ	トビハゼ	IA東京・IB千葉・神奈川IB	-	明・仔魚、稚魚、未成魚、成魚 (小林ら, 1971; 多留ら, 2006; 荒尾, 2009; 工藤, 2014)	-	-	-	-	
		スズキ	ハゼ	エドハゼ	IB埼玉・II国・II東京	-	明・仔魚、稚魚、未成魚、成魚 (工藤, 1997; 加納ら, 2000; 桑原ら, 2003; 山根ら, 2007; 内田ら, 2008; 荒尾, 2009; 荒木ら, 2009; 河野ら, 2011; Hermosilla et al., 2012b; 東京都環境局, 2013; 東京都)	-	-	-	-	
		キュウリウオ	シラウオ	シラウオ	IB埼玉・II千葉	-	明・仔魚、稚魚、未成魚、成魚 (岡田・森, 1957; 川島ら, 2002; 山田, 2004; 岡田ら, 2009; 望月ら, 2011)	在(Nanami and Endo, 2007)	-	-	-	
2	ts	スズキ	ハゼ	ヒモハゼ		-	明・仔魚、稚魚、未成魚、成魚 (加納ら, 2000; 桑原ら, 2003; 山根ら, 2003; 荒尾, 2009; 河野ら, 2011; Hermosilla et al., 2012ab; 東京都環境局, 2013)	仔魚、稚魚 (荒山ら, 2002)	-	-	-	-
		スズキ	ハゼ	チクゼハゼ	II国	-	明・仔魚、稚魚、未成魚、成魚 (遠井, 1957; 加納ら, 2000; 荒尾, 2009; 河野ら, 2011; Hermosilla et al., 2012b)	仔魚 (荒山ら, 2002; 河野ら, 2011)	-	-	-	
		トゲウオ	ヨウジウオ	ヨウジウオ		-	明(アマモ場)、仔魚、未成魚、成魚 (木村ら, 1983; 工藤, 1997; 渡部, 1999; 桑原ら, 2003; 山田, 2004; 河野ら, 2011; 工藤・牧元, 2013; 東京都環境局, 2013; 工藤, 2014)	在 (藤澤ら, 2008; 櫻井ら, 2009)	-	-	-	
		スズキ	ウミタナゴ	マタナゴ		-	胎仔(アマモ場、稚魚に該当)、未成魚、成魚 (橋本市, 2010; 吉永, 2012)	-	稚魚、未成魚、成魚 (河野ら, 2011; 吉永, 2012)	-	-	
	tr	スズキ	ハゼ	アベハゼ		-	仔魚、稚魚、未成魚、成魚 (工藤, 1997; 加納ら, 2000; 桑原ら, 2003; 村瀬ら, 2007; 荒尾, 2009; 橋本市, 2010; 河野ら, 2011; Hermosilla et al., 2012b; Otake et al., 2012; 工藤, 2014)	明・成魚 (河野ら, 2011; 東京都)	-	-	-	-
		カレイ	カレイ	マコガレイ		-	在(工藤, 1997; 山田, 2004; 東京都環境局, 2013)	-	-	明・成魚 (工藤, 1997; 橋本市, 2010; 河野ら, 2011)	-	
		スズキ	ハゼ	ビリンゴ	II埼玉	在(Stevenson, 2002)	明・仔魚、稚魚、未成魚、成魚 (遠井, 1954; 遠井・後藤, 1982; 工藤, 1997; Stevenson, 2002; 佐藤, 2002a; 山根ら, 2003; 村瀬ら, 2007; 荒尾, 2009; 荒木ら, 2009; Hermosilla et al., 2012ab; 東京都環境局, 2013; 工藤, 2014; 東京都)	成魚 (東京都環境局, 2013; 東京都)	-	-	-	
		カダヤン	カダヤン	カダヤン		胎仔(仔魚に該当)、成魚 (Fernandez-delgado, 1989; Brown-peterson and Peterson, 1990; 佐藤, 2002b)	胎仔(仔魚に該当)、成魚 (Fernandez-delgado, 1989; Brown-peterson and Peterson, 1990; 佐藤, 2002b; 酒井ら, 2007; 河野ら, 2011)	-	在(東京都)	-	-	
3	tld	スズキ	ハゼ	ヒナハゼ		在 (辻, 2002a; 河野ら, 2011)	明・成魚 (Pagia et al., 2002; 荒尾, 2009; 河野ら, 2011)	-	在(東京都)	-	-	-
		スズキ	ハゼ	チナブ		在(岸, 2002)	明・仔魚、稚魚、未成魚、成魚 (加納ら, 2000; 岸, 2002; 桑原ら, 2003; 岡村ら, 2003; 村瀬ら, 2007; 橋本市, 2010; 河野ら, 2011; 工藤, 2014)	-	在(岸, 2002)	-	-	
		ウナギ	アナゴ	マアナゴ		-	在(工藤, 1997)	-	-	稚魚 (藤ら, 1963; 工藤, 1997; 社団法人全国豊かな海づくり推進協会, 2006; 原田ら, 2006; 橋本市, 2010; 河野ら, 2011)	明・仔魚、成魚 (社団法人全国豊かな海づくり推進協会, 2006; 原田ら, 2006; 橋本市, 2010; 河野ら, 2011)	
		ニシン	ニシン	サツバ		-	明・仔魚、稚魚、未成魚、成魚 (田北, 1966; 工藤, 1997; 加納ら, 2000; 桑原ら, 2003; 山根ら, 2003; 荒木ら, 2009; 河野ら, 2011; Hermosilla et al., 2012a; 東京都環境局, 2013; 工藤, 2014; 東京都)	稚魚、未成魚 (荒山ら, 2002; 東京都環境局, 2013)	-	在 (工藤, 1997; 甲原・河野, 1999)	-	
	ts,d	ニシン	ニシン	コノシロ		-	明・仔魚、稚魚、未成魚、成魚 (工藤, 1997; 加納ら, 2000; 桑原ら, 2003; 山根ら, 2003; 社団法人全国豊かな海づくり推進協会, 2006; 荒木ら, 2009; 河野ら, 2011; Hermosilla et al., 2012a; 東京都環境局, 2013)	仔魚、稚魚、未成魚 (荒山ら, 2002; 河野ら, 2011)	-	仔魚、稚魚体長2.9-17.6mm (工藤, 1997; 甲原・河野, 1999; 荒木ら, 2005; 河野ら, 2011)	-	-
		カレイ	ヒラメ	ヒラメ		-	在(工藤, 1997; 荒尾, 2009)	稚魚、未成魚 (河野ら, 2011)	-	明・成魚 (工藤, 1997; 橋本市, 2010; 河野ら, 2011)	-	
		カレイ	カレイ	インガレイ		-	仔魚、稚魚、未成魚 (工藤, 1997; 加納ら, 2000; 桑原ら, 2003; 荒尾, 2009; 荒木ら, 2009; 河野ら, 2011; 東京都環境局, 2013; 工藤, 2014; 東京都)	在(東京都環境局, 2013)	-	明・成魚 (Uehara and Shimizu, 1996; 工藤, 1997; 河野ら, 2011)	-	

表-1 (続き)

3	t.s.r	スズキ	ハゼ	アジシロハゼ		-	仔魚、稚魚、未成魚、成魚 (工藤, 1997; 加納ら, 2000; 辻, 2002; 桑原ら, 2003; 山根ら, 2003; 荒尾, 2009; 荒木ら, 2009; 河野ら, 2011; Hermosilla et al., 2012a,b; 東京都環境局, 2013; 工藤, 2014)	在 (荒山ら, 2002; 東京都環境局, 2013; 東京都)	在 東京都環境局, 2013)	-	-
		ダツ	サヨリ	サヨリ		-	卵(アマモ場)、仔魚、成魚 (社団法人全国豊かな海づくり推進協会, 2006)	-	卵(岩礁性藻場、成魚 (社団法人全国豊かな海づくり推進協会, 2006; 河野ら, 2011)	仔魚、稚魚 (社団法人全国豊かな海づくり推進協会, 2006; 辻, 2010)	-
		カサゴ	アイナメ	アイナメ		-	在(工藤, 1997; 河野ら, 2011)	-	卵(岩礁性藻場含む)、成魚 (藤澤ら, 2008; 櫻井ら, 2009; 河野ら, 2011)	卵、仔魚、稚魚、成魚、稚魚 (体長6.3-23.7mm(おそろく仔魚) (工藤, 1997; 甲原、河野, 1999; 長岩ら, 2005)	-
		スズキ	ニシキギンポ	ギンポ		-	卵、仔魚、稚魚、未成魚、成魚 (アライモリを含む) (工藤, 1997; 加納ら, 2000; Fujita et al., 2002; 桑原ら, 2003; 山根ら, 2003; 山田, 2004; 荒尾, 2009; 横浜市, 2010; 河野, 2011)	-	卵、成魚(岩礁性藻場含む) (藤澤ら, 2008; 河野ら, 2011)	卵、仔魚、体長15-25cm、成魚 (工藤, 1997; 横浜市, 2010; 河野ら, 2011)	-
	r.d.o	スズキ	アジ	マアジ		-	-	-	仔魚、稚魚、未成魚(岩礁性藻場含む) (河野, 1997; 甲原、河野, 1999; 横浜市, 2010; 河野ら, 2011)	卵、仔魚、成魚 (体田ら, 2004; 長岩ら, 2005; 社団法人全国豊かな海づくり推進協会, 2006)	-
4	f.t.s.r	サケ	アユ	アユ		卵、仔魚、成魚 (東, 2004; 河野ら, 2011)	仔魚、稚魚、未成魚(アマモ場含む) (工藤, 1997; 加納ら, 2000; Fujita et al., 2002; 桑原ら, 2003; 山根ら, 2003; 山田, 2004; 荒尾, 2009; 荒木ら, 2009; 河野ら, 2011; Hermosilla et al., 2012a; 東京都環境局, 2013; 東京都)	仔魚、稚魚 (荒山ら, 2002; 東京都環境局, 2013; 東京都)	仔魚、稚魚(河野, 1996; 辻, 2013)	-	-
		ニンシ	カサキチイワシ	カサキチイワシ		-	仔魚、稚魚(アマモ場含む) (木村ほか, 1983; 河野ら, 2011; Hermosilla et al., 2012a; 工藤, 2014)	仔魚、稚魚、未成魚 (荒山ら, 2002; 河野ら, 2011)	仔魚、稚魚 (工藤, 1997; 甲原、河野, 1999; 長岩ら, 2005; Takasuka et al., 2008; 河野ら, 2011; 東京都環境局, 2013)	-	-
		トウゴロウイワシ	トウゴロウイワシ	トウゴロウイワシ		-	仔魚、稚魚、未成魚、成魚 (工藤, 1997; 加納ら, 2000; 桑原ら, 2003; 山根ら, 2003; 山田, 2004; 荒木ら, 2009; 河野ら, 2011; Hermosilla et al., 2012a; 東京都環境局, 2013; 工藤, 2014)	仔魚、稚魚、未成魚 (荒山ら, 2002; 河野ら, 2011; 東京都)	卵(岩礁性藻場)、体長1-3cm、成魚 (Tanaka and Nakamura, 1986; 河野ら, 2011)	仔魚(河野ら, 2011)	-
	t.s.r.d	スズキ	キス	シロギス		-	稚魚、未成魚、成魚(アマモ場含む) (桑原ら, 2003; 山根ら, 2003; Kwak et al., 2004; 東京都環境局, 2013; 工藤, 2014; 東京都)	仔魚、稚魚、未成魚 (荒山ら, 2002; 社団法人全国豊かな海づくり推進協会, 2006; 河野ら, 2011; 東京都)	稚魚(河野, 1996)	仔魚、成魚 (工藤, 1997; 社団法人全国豊かな海づくり推進協会, 2006; 横浜市, 2010; 河野ら, 2011)	-
		スズキ	イソギンポ	トサカギンポ		-	仔魚(山根ら, 2003; 河野ら, 2011)	仔魚 (河野ら, 2011)	卵、稚魚、未成魚、成魚 (河野ら, 2011)	仔魚(河野ら, 2011)	-
5		スズキ	ハゼ	マハゼ		-	仔魚、稚魚、未成魚、成魚 (工藤, 1997; 加納ら, 2000; Fujita et al., 2002; 辻, 2002; 桑原ら, 2003; 山根ら, 2003; 山田, 2004; 社団法人全国豊かな海づくり推進協会, 2006; 荒尾, 2009; 荒木ら, 2009; 河野ら, 2011; Hermosilla et al., 2012a,b; Okazaki et al., 2012; 東京都環境局, 2013; 工藤, 2014; 東京都)	仔魚、稚魚、未成魚 (荒山ら, 2002; 東京都環境局, 2013; 東京都)	在(東京都)	卵、岩礁性仔魚、成魚 (道津・水戸, 1955; 河野ら, 2011)	-
		フグ	カワハギ	アミメハギ		-	稚魚、未成魚(アマモ場含む) (木村ら, 1983; 山根ら, 2003; 山田, 2004; 横浜市, 2010; 工藤・秋元, 2013; 工藤, 2014)	仔魚、稚魚 (荒山ら, 2002; 河野ら, 2011)	卵(岩礁性藻場)、稚魚、成魚 (Kawase and Nakazono, 1995; 澤ら, 2008; 丹井ら, 2009; 河野ら, 2011; 辻, 2013)	仔魚、稚魚 (工藤, 1997; 長岩ら, 2005; 河野ら, 2011)	-
	f.t.s.o	ウナギ	ウナギ	ニホンウナギ	旧国, 山東京	在(Arai et al., 2003)	稚魚、未成魚、成魚 (工藤, 1997; Arai et al., 2008; 荒尾, 2009; 河野ら, 2011)	稚魚(河野ら, 2011)	-	-	卵、仔魚、成魚 (Tsukamoto, 1992; Tsukamoto et al., 2011)
		スズキ	スズキ	スズキ		稚魚 (Secor et al., 1998; Fujii et al., 2010)	仔魚、稚魚、未成魚、成魚(アマモ場含む) (工藤, 1997; 加納ら, 2000; Fujita et al., 2002; 河村, 2002; 桑原ら, 2003; 山根ら, 2003; 山田, 2004; 社団法人全国豊かな海づくり推進協会, 2006; 荒尾, 2009; 荒木ら, 2009; 河野ら, 2011; Hermosilla et al., 2012a; 東京都環境局, 2013; 工藤, 2014; 東京都)	仔魚、稚魚 (河野ら, 2011; 東京都環境局, 2013; 東京都)	卵、成魚 (河村, 2002; 河野ら, 2011)	卵、成魚 (工藤, 1997; 社団法人全国豊かな海づくり推進協会, 2006; 横浜市, 2010; 河野ら, 2011)	-
	f.t.s.r.d	スズキ	タイ	クロダイ		在(赤崎, 2002)	稚魚、未成魚(アマモ場含む) (大島, 1942; 中津川, 1980; 工藤, 1997; 赤崎, 2002; Fujita et al., 2002; 荒尾, 2009; 横浜市, 2010; 河野ら, 2011; 工藤, 2014)	仔魚、稚魚、未成魚 (荒山ら, 2002; 河野ら, 2011; 東京都環境局, 2013)	卵、稚魚、未成魚、成魚 (名: 社団法人全国豊かな海づくり推進協会, 2006; 河野ら, 2011)	仔魚、成魚 (河野ら, 2011)	-
6		フグ	フグ	クサフグ		在(Kato et al., 2010)	稚魚、未成魚(アマモ場含む) (工藤, 1997; 山根ら, 2003; Kaninura and Shoji, 2009; 東京都環境局, 2013; 工藤, 2014)	卵、稚魚、未成魚、成魚 (荒山ら, 2002; 河野ら, 2011)	在(岩礁性藻場含む) (丹井ら, 2009; 河野ら, 2011)	在(工藤, 1997)	-
	f.t.s.r.d.o	ボラ	ボラ	ボラ		在(全長3cm程度) (蒲龍, 2002)	稚魚、未成魚、成魚 (工藤, 1997; 加納ら, 2000; Fujita et al., 2002; 桑原ら, 2003; 山根ら, 2003; 荒尾, 2009; 荒木ら, 2009; 河野ら, 2011; Hermosilla et al., 2012b; 東京都環境局, 2013; 工藤, 2014; 東京都)	稚魚 (荒山ら, 2002; 東京都環境局, 2013; 東京都)	稚魚(河野, 1996; 河野ら, 2011)	在(工藤, 1997)	卵、仔魚、成魚 (徳田, 1955; 蒲龍, 2002)



図－3 1魚種あたりの利用する生息場タイプ数と繁殖の条件との関係を示す散布図。繁殖のための条件は、干潟タイプの生息場のみで繁殖(a)と、異なるタイプの生息場間の移動(b)である。

タイプ以外の生息場タイプを繁殖場として利用できる種と比べて、利用する生息場タイプ数の中央値は有意に低かった (Mann-WhitneyのU検定, $P = 4.1 \times 10^{-5}$)。干潟タイプのみで繁殖する魚種である確率は、利用する生息場タイプ数が少ないほど、有意に高くなる傾向があった (カイ自乗検定, $P = 0.0001$) (図－3 (a))。

若齢期の生育場と、繁殖場として利用する生息場タイプがそれぞれ明白に異なり、加えて過去の知見と照らし合わせることによって、繁殖のために明らかに移動を要するとみなされる魚種は、ニホンウナギ、マアナゴ、アユ、ボラ、スズキ、マアジ、マハゼ、ヒラメ、イシガレイの9種 (全魚種の25%) であった。これらの魚類の利用する生息場タイプ数の中央値及び四分位偏差は、それぞれ4と1であった。一方、繁殖のために必ずしも異なる生息場タイプ間の移動を必要としない魚類の生息場タイプ数の中央値及び四分位偏差は、それぞれ3と1.5であった。

繁殖のために移動を必要とする種の方が、移動が繁殖

のために必ずしも必要ではない種と比べて、利用する生息場タイプ数の中央値は有意に高かった (Mann-WhitneyのU検定, $P = 0.025$)。繁殖のために移動する魚種である確率は、利用する生息場タイプ数が多いほど、有意に高くなる傾向があった (カイ自乗検定, $P = 0.016$) (図－3 (b))。

3.4 絶滅種及び絶滅危惧種と生息場タイプ数の関係

絶滅種または絶滅危惧種に該当する魚類はニホンウナギ、シラウオ、アオギス、トビハゼ、エドハゼ、チクゼンハゼ、ビリンゴの7種であった (表－1)。これらの種のうち、ニホンウナギを除く6種は繁殖場及び生育場として干潟タイプの生息場を利用していた。特にアオギス、トビハゼ、エドハゼの3種は干潟タイプへの依存が強く、生育と繁殖のために干潟タイプのみを利用していた。

絶滅種及び絶滅危惧種と、これらの指定を受けていない種が利用する生息場タイプ数の基礎統計値を表－2に示す。利用する生息場タイプ数の中央値について、絶滅あるいは絶滅危惧の指定を受けた種の方が、この指定を受けていない種よりも有意に低かった (Mann-WhitneyのU検定, $P = 0.0068$)。絶滅種あるいは絶滅危惧種の指定を受ける確率は、利用する生息場タイプ数が少ないほど、有意に高くなる傾向があった (カイ自乗検定, $P = 0.0017$) (図－4)。次に、各成長段階の期間に利用する生息場タイプの数と、絶滅種及び絶滅危惧種の指定を受けることとの関係を調べた。絶滅種及び絶滅危惧種と、それ以外の種が各成長期の間に利用する生息場タイプの基礎情報を表－2に示す。卵期、仔魚期、稚魚期、未成魚期、成魚期のうち、利用する生息場タイプ数の中央値が絶滅種及び絶滅危惧種とそれ以外の種で有意に異なった成長段階は、仔魚期のみであった。仔魚期に利用する生息場タイプ数は、絶滅種と絶滅危惧種の方が、それ以外の種よりも少なかった。仔魚期、稚魚期、未成魚期では、絶滅危惧種の指定を受ける確率が、利用する生息場タイプ数の減少に伴って、有意に増加する傾向が見られた (カ

表－2 絶滅種あるいは絶滅危惧種の指定を受けている種群と指定を受けていない種群について、成長段階全体あるいは各成長段階の期間に利用する1種あたりの生息場タイプ数に関する基礎統計値。P値は両群を比較したMann-WhitneyのU検定の結果を示す。

	絶滅・絶滅危惧種				絶滅・絶滅危惧種以外				P値
	中央値	四分位偏差	範囲	データ数	中央値	四分位偏差	範囲	データ数	
成長段階全体	2	1.5	1－4	7	3	1	1－6	29	
卵期	1	0	1－1	7	1	0	1－3	28	0.43
仔魚期	1	0	1－2	7	2	2	1－4	21	0.025
稚魚期	1	0	1－2	7	2	2	1－4	24	0.091
未成魚期	1	0	1－1	6	1	1	1－3	23	0.14
成魚期	1	0.5	1－2	7	1	1	1－3	29	0.49

イ自乗検定，卵期 $P=0.12$ ，仔魚期 $P=0.0069$ ，稚魚期 $P=0.033$ ，未成魚期 $P=0.027$ ，成魚期 $P=0.34$ ）（図-5）。

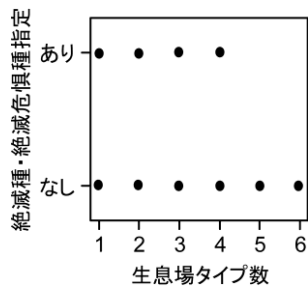


図-4 絶滅危惧種指定の有無と各魚類が種の単位で利用する生息場タイプ数との関係を示す散布図。

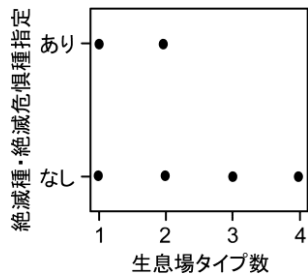


図-5 絶滅危惧種指定の有無と，各魚種が仔魚期に利用する生息場タイプ数との関係を示す散布図。

4. 考察

4.1 生息場の利用様式に基づく魚類の類型

本調査で扱った魚類の種数は合計 36 種であったが，これらの種は 16 種類の生息場利用様式に類型化された。類型によって情報量は半減以下となり，東京湾の魚類群集全体の生息場利用の特徴と傾向を把握しやすくなった。一方で，内湾に分布する魚類のみを対象に情報収集を行ったにもかかわらず，16 種類もの生活利用様式があったことは，予想以上に多かった。このことは，魚類の生活様式の多様さを改めて明確にしたと考えている。

類型された魚類の種構成から，この類型は生物分類と生活様式（例えば，遊泳性，底生性）には従わないと考えられた。生息場タイプのすべての組み合わせの中から，理論的にありえない組み合わせ（例えば，淡水域タイプから干潟タイプを経由せずに外海タイプへ移動する f,o 型）と，本研究の目的から外れる組み合わせ（例えば，淡水域タイプのみを利用する f 型，外海域のみを利用する o 型など）を除いた場合，残りの組み合わせ数は 54 である（t 型，s 型，r 型，d 型，f,t 型，f,r 型，t,s 型，t,r 型，t,d 型，t,o 型，s,r 型，s,d 型，s,o 型，r,d 型，r,o 型，d,o

型，f,t,s 型，f,t,r 型，f,t,d 型，f,t,o 型，f,s,r 型，f,r,d 型，f,r,o 型，t,s,r 型，t,s,d 型，t,s,o 型，t,r,d 型，t,r,o 型，t,d,o 型，s,r,d 型，s,r,o 型，s,d,o 型，r,d,o 型，f,t,s,r 型，f,t,s,d 型，f,t,s,o 型，f,t,r,d 型，f,t,r,o 型，f,t,d,o 型，f,s,r,d 型，f,s,r,o 型，f,r,d,o 型，t,s,r,d 型，t,s,r,o 型，t,r,d,o 型，t,s,d,o 型，s,r,d,o 型，f,t,s,r,d 型，f,t,s,r,o 型，f,t,s,d,o 型，f,t,r,d,o 型，t,s,r,d,o 型，f,s,r,d,o 型，f,t,s,r,d,o 型）。

本調査ではこれらの組み合わせのうち，約 30% が実際に存在することが確認された。これらの生息場の利用様式のうち，外海と内湾の両方を利用する魚類の生息場利用様式では，実際に存在することを確認できた割合が 11.1%（36 種中 4 種）と低かった。これは，内湾と外海間の魚類の移動に関する文献が少ないことに起因すると考えられる。こうした魚類の生態が今後明らかになることによって，東京湾に生息する魚類の生息場利用様式の全体像は明らかになってくるだろう。

4.2 干潟タイプ（感潮域，河口，潟湖，干潟）の重要性

干潟タイプを生育場または繁殖場として利用する魚類は，それぞれ全体の 97.2% と 47.2% であった。東京湾でよく見かけられ，干潟タイプ以外の生息場を主に利用するカサゴ *Sebastiscus marmoratus*（岡部，1996；河野ら，2011）やメバル *Sebastes inermis*（河野ら，2011）が本研究には含まれなかったといった偏りはあるが，少なくとも本研究で扱ったほとんどの魚種にとって，干潟タイプの生息場は重要であると考えられる。

東京湾の干潟の総面積は明治後期で約 13,600ha であったが（環境庁水質保全局，1990），1997 年には人工干潟による面積増加があったものの，約 1,640ha まで減少した（環境庁自然保護局，1997）。これはおよそ 1 世紀の間に，東京湾の干潟総面積の約 9 割が失われたことを示す。こうした大規模な干潟の消失が過去に起こったにもかかわらず，本研究で扱った魚類では，多くの種が干潟タイプの生息場を利用していた。

加えて，東京湾で衰退傾向にある魚類の多くが，存続のために干潟タイプにより強く依存する傾向にあった。このことは，これまでの干潟や汽水環境の再生の取り組みは，東京湾の魚類群集の再生にとって，魚類の生活様式の観点からも合理的であったと考えられる。

これらのことから，水域全体の生息場をデザインする際は，干潟タイプを核とした生息場の配置（生息場の空間デザイン）を重視すべきであろう。

4.3 利用する生息場タイプ数による特徴

利用する生息場タイプ数の少ない魚類は，衰退する傾

向と、存続する上で重要な繁殖活動を干潟タイプに依存して行う傾向が見られた。干潟タイプの生息場のみに分布するトビハゼの求愛行動や新規加入群の定着の行われる場所は、ヨシ原に強く依存する（多留ら、2006）。同様に、干潟タイプの生息場のみに出現するエドハゼは、泥底や砂泥底に形成されるアナジャコなどの甲殻類の巣穴を産卵場として利用する（河野ら、2011）。そのため、これらの種の消長は、干潟タイプの生息場の一部に形成される特徴的な環境条件の影響を受けると言えるだろう。こうした場の消失は、個体群の存続に重大な影響を及ぼす可能性が高いと考えられている（多留ら、2006）。

これらのことから、利用する生息場タイプ数の少ない種は、特定のタイプの生息場の中だけで生活史を全うする傾向にあるため、生息場をデザインする際は、生息場内の局所的デザイン（微地形）の積極的な導入が、相対的に重視されると考えられる。

一方、利用する生息場タイプ数が多い魚種の特徴は生息場間の移動（空間ネットワーク）であると考えられる。利用する生息場タイプ数が多い魚種ほど、繁殖場と若齢期の生育場が異なる場所にあり、繁殖場から生育場までの移動を必要としていた（図-3（b））。この期間の一部に当たる仔魚期は、種によって利用する生息場タイプ数に大きなばらつきが見られた。この一因として、仔魚の分散力が種によって異なることが考えられる。仔魚は成魚より遊泳能力は劣り、比較的に流況の影響を受け易く、繁殖場から生育場への移動には、繁殖場及び生育場の位置関係と流れの関係が重要となる。

このことから、利用する生息場タイプ数が多い魚種の生息場をデザインする場合は、空間ネットワークが重要であるが、成魚期には遊泳能力に重きを置いた空間的移動を考慮し、仔魚期には流れに重きを置いた空間的移動を考慮するなど、生活史の段階に応じた異なる空間移動形態を考慮することが重要となると考えられる。

5. 魚類生息場のデザインに向けた今後の課題

魚類が存続する上で、各タイプの生息場は必須であるのか、あれば尚良いが無くても存続可能な場なのかについて、明確に示すことができなかった。もし魚類が存続する上で必須な場と、必ずしも必要ではない場の判断がつけば、必須な生息場の配置を考慮することによって、より適切に魚類の生息場をデザインできると考える。1つの生息場タイプのみを繁殖に利用する魚類では、そのタイプの場合が存続のために必須と推察できる。しかし、多くの生息場タイプを生育場として利用する魚類では、

利用する全タイプの生息場がなければ成長できないのか、いずれか1タイプだけあれば成長できるのかは不明である。

生息場の面積及び生息場間の距離は、生息場のデザインにとって重要な情報である。したがって、生息場面積と生息場の機能の関係や、生息場間の距離と移動成功率の関係について明らかにする必要がある。

6. おわりに

東京湾に分布する36種の魚類を生息場の特徴に基づいて類型し、16種類の生息場利用様式にまとめることによって、魚類群集全体の生息場利用の特徴と傾向を捉え易くした。

1-6種類のタイプの生息場を利用する魚類が確認されたが、利用する生息場のタイプ数に関わらず、多くの魚種で干潟の利用と、複数タイプの生息場の利用が確認された。複数の生息場タイプを利用する魚類ほど、干潟タイプ以外の生息場で繁殖する傾向と、繁殖のために異なるタイプの生息場間の移動を要する傾向が見られた。

利用する生息場タイプ数が少ない魚種ほど、干潟に依存する傾向が見られた。特に仔魚期に利用する生息場タイプ数の少なさが、種の消長と関係していた。

また利用する生息場タイプ数の少ない魚種の生息場をデザインする際は、存続上重要な局所的デザイン（微地形）を積極的に導入することが重要であると考えられた。

一方、多くの生息場タイプを利用する魚種の生息場をデザインする際は、成魚期には遊泳に重きを置いた空間的移動を考慮し、仔魚期には流れに重きを置いた空間的移動を考慮するなど、生活ステージに対して異なる空間移動形態を考慮することが重要であると考えられた。

今後は、生息場面積や生息場間距離に関する定量的な検討を行うと共に、軟体動物や節足動物等の他の海洋生物に対しても検討を行う予定である。

（2014年9月1日受付）

謝辞

東京海洋大学の河野博教授と村瀬敦宣氏、五洋建設株式会社の竹山佳奈氏には、本研究の取りまとめに関し、有益な御助言をいただきました。横須賀市の秋山かおり氏には、魚のイラストを御提供いただきました。ここに深く感謝の意を表します。

参考文献

- 赤崎正人（2002）：クロダイ，川那部浩哉，水野信彦，
細谷和海編：日本の淡水魚，山と溪谷社，pp.530-531.
- 東健作（2004）：アユの海洋生活期における分布生態，
高知大学海洋生物研究報告，Vol. 23，pp. 59-112.
- 荒尾一樹（2009）：三重県の河口域魚類，豊橋市自然史
博物館研報，Vol. 19，pp. 35-49.
- 荒山和則・今井仁・加納光樹・河野博（2002）：東京湾
外湾の砕波帯の魚類相，*La mer*，Vol. 40，pp. 59-70.
- 荒山和則・河野博・茂木正人（2007）：館山湾の砂浜海
岸におけるアユ仔稚魚の季節的および日周の出現様
式，水産増殖，Vol. 55，pp. 245-252.
- 石居進（1975）：生物統計学入門，培風館，290pp.
- 伊藤靖・三浦浩・中桐栄・安信秀樹・岡崎知治・萱野泰
久・井脇幹生・山田達夫（2010）：播磨灘海域にお
けるマコガレイの生息場ネットワークをふまえた漁
場整備，日本水産工学会学術講演会講演要旨集，Vol.
22，pp. 45-48.
- 伊元九弥・松井誠一・鬼倉徳雄・荒木恵利加（1999）：
九州北東部の今川・長峽川河口域におけるアオギス
仔稚魚の出現．日本水産学会誌，Vol. 65，No. 4，pp.
753-754.
- 内田和嘉・横尾俊博・河野博・加納光樹（2008）：魚類
は干潟域のタイドプールをどのように利用している
か？，*La mer*，Vol. 46，pp. 49-54.
- 海の自然再生ワーキンググループ（2003）：海の自然再
生ハンドブック その計画・技術・実践 第1巻総
論編，ぎょうせい，107pp.
- 大島泰雄（1942）：クロダヒの生態に関する二，三に就
て，日本水産学会誌，Vol. 10，No. 6，pp. 249-255.
- 岡田のぞみ・浅見大樹・山口幹人（2009）：夏季の石狩
川水系及び河口周辺におけるシラウオ仔稚魚の分布
と摂餌，北海道立水産試験場研究報告，Vol. 75，pp.
7-13.
- 岡田弥一郎・森浩一郎（1957）：産卵期におけるシラウ
オ(*Salangichthys microdon* Bleeker)の生態学的研究，
魚類学雑誌，Vol. 5，No. 3-6，pp. 99-106.
- 岡部久（1996）：房総半島小湊の岩礁域における灯火採
集によって得られた仔稚魚，魚類学雑誌，Vol. 43，No.
2，pp. 79-88.
- 岡村収・尼岡邦夫（1997）：日本の海水魚，山と溪谷社，
783pp.
- 岡村知忠・田中ゆう子・岩本裕之・鈴木秀男・中瀬浩太
（2003）：湾奥における生物と共生する護岸の開発，
海洋開発論文集，Vol. 19，pp. 291-296.
- 沖山宗雄（2014）：日本産稚魚図鑑，東海大学出版会，
1639pp.
- 神奈川県（2006）：神奈川県レッドデータ生物調査報告
書，神奈川県立生命の星・地球博物館，391pp.
（<http://nh.kanagawa-museum.jp/kenkyu/reddata2006/gyo.html>）
- 加納光樹・小池哲・河野博（2000）：東京湾内湾の干潟
域の魚類相とその多様性，魚類学雑誌，Vol. 47，No. 2，
pp. 115-129.
- 川島隆寿・猿渡敏郎・千田哲資（2002）：シラウオ，川
那部浩哉，水野信彦，細谷和海編：日本の淡水魚，
山と溪谷社，pp.179-185.
- 川名武（1971）：磯釣から見た東京湾における昭和20年
以来のクロダイの発生量，水産増殖，Vol. 19，No. 2，pp.
51-53.
- 河村功一（2002）：スズキ，川那部浩哉，水野信彦，細
谷和海編：日本の淡水魚，山と溪谷社，pp.485.
- 環境省自然環境局生物多様性センター（2014）：平成25
年度モニタリングサイト1000 磯・干潟・アマモ場・
藻場 調査報告書，457pp，
（http://www.biodic.go.jp/moni1000/findings/reports/pdf/h25_coasts_and_shallow_seas.pdf）
- 環境省自然環境局野生生物課a：第4次レッドリスト（汽
水・淡水魚類），
（<http://www.env.go.jp/press/press.php?serial=16264>），
平成26年6月現在.
- 環境省自然環境局野生生物課b：環境省レッドリストカテ
ゴリーとその判定基準，
（http://www.env.go.jp/press/file_view.php?serial=21432&hou_id=16264），平成26年7月閲覧
- 環境庁自然保護局（1997）：日本の干潟，藻場，サンゴ
礁の現況，海中公園センター，291pp.
- 環境庁水質保全局（1990）：かけがえのない東京湾を次
世代に引き継ぐために，大蔵省印刷局，pp.70
- 木村清志・中村行延・有瀧真人・木村文子・森浩一郎・
鈴木清（1983）英虞湾湾口部アマモ場の魚類に関す
る生態学的研究-I：魚類相とその季節的变化，三重
大学水産学部研究報告，Vol. 10，pp. 71-93.
- 工藤孝浩（1997）：魚類，沼田眞，風呂田利夫編：東京
湾の生物誌，築地書館，pp.115-142.
- 工藤孝浩（2014）：魚類を指標とした東京湾の干潟にお
ける生物多様性の評価，東京湾の漁業と環境，Vol. 5，
pp. 67-78.

- 工藤孝浩・秋元清治（2013）：横須賀市走水海岸アマモ場における春・夏季の魚類相について，神奈川県水産技術研究センター研究報告，Vol. 6, pp. 35-40.
- 桑原悠宇・土田奈々・元山崇・河野博・加納光樹・島田裕至・三森亮介（2003）：葛西人工渚西浜（東京湾湾奥部）の魚類相，*La mer*, Vol. 41, pp. 28-36.
- 河野博・加納光樹・横尾俊博（2011）：東京湾の魚類，平凡社，374pp.
- 国土交通省港湾局（2014）：生物共生型港湾構造物の整備・維持管理に関するガイドライン，69pp.
- 小林知吉・道津喜衛・田北徹（1971）：有明海産トビハゼの巣について，長崎大学水産学部研究報告，Vol. 32, pp. 27-40.
- 埼玉県環境部みどり自然課（2008）：埼玉県レッドデータブック2008動物編，埼玉県，352 pp.
- 酒井光夫・後藤晃（1982）：北海道の淡水魚に関する研究—I. ビリンゴ*Chaenogobius castanea* (O'Shaughnessy)の産卵習性，生長及び分布，北海道大学水産学部研究彙報，Vol. 33, No. 1, pp. 9-23.
- 酒井洋一・茂木正人・河野博（2007）：東京湾の湾奥部における水中灯に蛸集した魚類の季節変化，東京海洋大学研究報告，Vol. 3, pp. 45-50.
- 櫻井泉・金田友紀・中山威尉・福田裕毅・金子友美（2009）：北海道石狩沿岸のガラモ場における魚類群集の食性，日本水産学会誌，Vol. 75, No. 3, pp. 365-375.
- 佐原雄二（2002a）：ビリンゴ，川那部浩哉，水野信彦，細谷和海編：日本の淡水魚，山と溪谷社，pp.613.
- 佐原雄二（2002b）：カダヤシ，川那部浩哉，水野信彦，細谷和海編：日本の淡水魚，山と溪谷社，pp.430.
- 重田利拓・薄浩則（2011）：アオギス：干潟再生のシンボルとして，魚類学雑誌，Vol. 58, No. 1, pp. 104-107.
- 清水誠（1997）：水産生物，沼田眞，風呂田利夫編：東京湾の生物誌，築地書館，pp.143-155.
- 社団法人全国豊かな海づくり推進協会（2006）：主要対象生物の発育段階の生態的知見の収集・整理報告，水産庁，pp.311.
- 瀬能宏（2002）：ボラ，川那部浩哉，水野信彦，細谷和海編：日本の淡水魚，山と溪谷社，pp. 458-460.
- 高山百合子・上野成三・勝井秀博・林文慶・山木克則・田中昌宏（2003）：江奈湾の藻場分布データに基づいたアマモのHISモデル，海岸工学論文集，Vol. 50, pp. 1136-1140.
- 田北徹（1966）：有明海産サッパの産卵，卵発生および仔魚について，長崎大学水産学部研究報告，Vol. 21, pp. 171-179.
- 田中茂穂（1915）テンジクダヒの育児法，動物学雑誌，Vol. 27, No. 323, pp. 501-502.
- 多留聖典・須之部友基・内野透（2006）：東京湾奥部新浜湖におけるトビハゼ*Periophthalmus modestus*（ハゼ科）の繁殖生態と稚魚の出現，および生息に好適な環境について，魚類学雑誌，Vol. 53, No. 2, pp. 159-165.
- 千葉県レッドデータブック改定委員会（2011）：千葉県の保護上重要な野生生物—千葉県レッドデータブック—動物編（2011年改定版），千葉県，540 pp.
- 中央ブロック水産業関係研究開発推進会議・東京湾研究会：江戸前の復活！東京湾の再生をめざして，(<http://nria.fra.affrc.go.jp/hakko/Teigen.pdf>)，平成26年6月現在
- 辻幸一（2002a）：ヒナハゼ，川那部浩哉，水野信彦，細谷和海編：日本の淡水魚，山と溪谷社，pp.578.
- 辻幸一（2002b）：アシシロハゼ，川那部浩哉，水野信彦，細谷和海編：日本の淡水魚，山と溪谷社，pp.625.
- 辻幸一（2002c）：マハゼ，川那部浩哉，水野信彦，細谷和海編：日本の淡水魚，山と溪谷社，pp. 624.
- 辻幸一（2013）：愛媛県伯方島の魚類相，徳島県立博物館研究報告，Vol. 23, pp. 1-21.
- 辻俊宏ほか（2010）：能登半島七尾湾におけるサヨリ仔稚魚の出現状況，石川県水産総合センター研究報告，Vol. 5, pp. 7-12.
- 東京都環境局（2013）：平成23年度水生生物調査結果報告書（東京都内湾）
- 東京都a：平成25年度東京都内湾水生生物調査4月稚魚調査速報，(http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/water/tokyo_bay/creature/aquatic_creature.html)，平成26年5月現在
- 東京都b：平成25年度東京都内湾水生生物調査5月底水生生物調査速報，(http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/water/tokyo_bay/creature/aquatic_creature.html)，平成26年5月現在.
- 東京都c：平成25年度東京都内湾水生生物調査8月底水生生物調査速報，(http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/water/tokyo_bay/creature/aquatic_creature.html)，平成26年5月現在.
- 東京都d：平成25年度東京都内湾水生生物調査10月稚魚調査速報，(http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/water/tokyo_bay/creature/aquatic_creature.html)，平成26年5月現在.
- 東京都e：平成25年度東京都内湾水生生物調査8月稚魚調査速報，

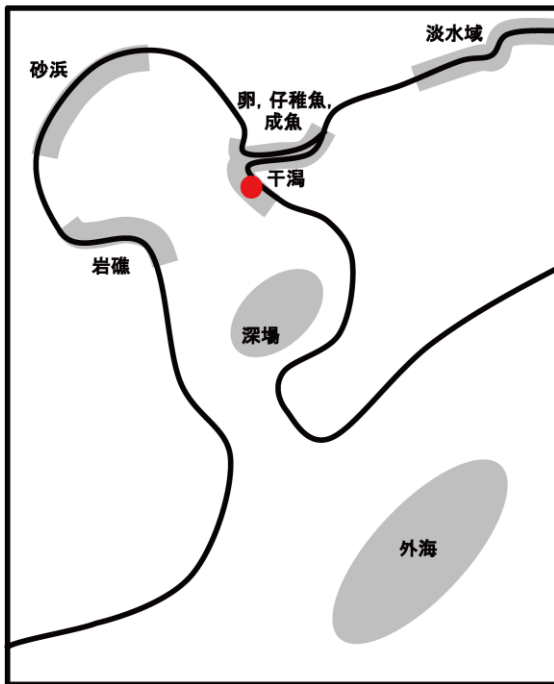
- (http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/water/tokyo_bay/creature/aquatic_creature.html), 平成26年7月現在.
- 東京都環境局 (2010) : 東京都の保護上重要な野生生物種 (本土部) ~東京都レッドリスト~2010年版, 東京都, 122 pp.
- 道津喜衛 (1954) : ビリンゴの生活史 (1) (2), 魚類学雑誌, Vol. 3, No. 3-5, pp. 133-138.
- 道津喜衛 (1957) : チクゼンハゼの生態・生活史, 魚類学雑誌, Vol. 6, No. 4/5/6, pp. 97-104.
- 道津喜衛・水戸敏 (1955) : マハゼの産卵習性および仔稚魚について, 魚類学雑誌, Vol. 4, No. 4-6, pp. 153-161.
- 長岩理央・茂木正人・河野博・藤田清 (2005) : 東京湾湾口における表層域の仔稚魚相, *La mer*, Vol. 43, pp. 97-104.
- 中津川俊雄 (1980) : 阿蘇海の藻場におけるクロダイの生態について, 京都府海洋センター研究報告, Vol. 4, pp. 68-73.
- 中坊徹次 (2013) : 日本産魚類検索, 全種の同定第Ⅲ版 I-Ⅲ, 東海大学出版会, 2428pp.
- 浜田知久馬 (1999) : 学会・論文発表のための統計学統計パッケージを誤用しないために, 真興交易医書出版部, 186pp.
- 原武史・塩屋照雄・丸山武紀・岩沢俊一・豊崎悦久 (1963) : I東京湾産マアナゴについて II東京湾産シャコについて, 東京都水産試験場調査研究要報, Vol. 38, pp. 1-22.
- 原田真美・東海正・内田圭一・清水詢道 (2006) : 東京湾内湾域におけるマアナゴ *Conger myriaster* とヌタウナギ *Eptatretus burgeri* の分布について, 日本水産学会誌, Vol. 72, No. 5, pp. 894-904.
- 平井香太郎・上村泰洋・岩本有司・森田拓真・小路淳 (2009) : 瀬戸内海中央部のガラモ場とこれに隣接する砂浜における魚類群集の定量比較, 生物圏科学, Vol. 48, pp. 1-7.
- 藤澤真也・片山貴之・藤原宗弘・香川哲・伊藤靖・柿本皓 (2008) : かぶせ網を利用したガラモ場における小型魚介類の保護育成機能の評価手法の開発, 海洋開発論文集, Vol. 24, pp. 784-794.
- 堀田秀之 (1955) : 長崎県樺島のいわゆる”カラスミボラ”について, (附) ボラ科魚類の腸型, 魚類学雑誌, Vol. 4, No. 4/5/6, pp. 162-169.
- 村瀬敦宣・根本雄太・前田玄 (2007) : 東京湾の浜離宮恩賜庭園潮入の池と高浜運河に出現するハゼ科魚類, 神奈川自然誌資料, Vol. 28, 75-83.
- 茂木正人・安田健吾・山本桂子・横尾俊博・河野博・諸星一信・鈴木信昭・松坂省一・有路隆一 (2009) : 東京湾京浜島の魚類相の季節変化と長期生物モニタリングの必要性, *La mer*, Vol. 46, pp. 121-134.
- 望月賢二・石鍋壽寛・間瀬浩子 (2011) : シラウオ *Salangichthys microdon* Bleeker, 1860, 千葉県レッドデータブック改定委員会編 : 千葉県の保護上重要な野生動物ー千葉県レッドデータブックー動物編 (2011年改定版), 千葉県, pp.159.
- 山田浩且 (2004) : 櫛田川河口域における魚類の出現特性, 三重県科学技術振興センター水産研究部研究報告, Vol. 11, pp. 33-48.
- 山根武士・岸田宗範・原口泉・阿部礼・大藤三矢子・河野博・加納光樹 (2003) : 東京湾内湾の人工海浜2地点 (葛西臨海公園と八景島海の公園) の仔稚魚相, *La mer*, Vol. 42, pp. 35-42.
- 山本昌幸・棚野元秀・山賀賢一・藤原宗弘 (2002) : 瀬戸内海中央部の流れ藻に随伴する幼稚魚, 日本水産学会誌, Vol. 68, No. 3, pp. 362-367.
- 横浜市 (2010) : 横浜の川と海の生物 (第12報・海域編), (<http://www.city.yokohama.lg.jp/kankyo/mamoru/kenkyu/shiryu/pub/d0011/>)
- 吉田潤・古川恵太・上村了美・岡田知也 (2013) : 沿岸域の総合的評価に向けた指標生物 (マハゼ) の群集動態の整理. 国土技術政策総合研究所資料, No. 740, 51pp.
- 吉永潔 (2012) : マタナゴ当歳魚におけるアマモ場からアラメ場への成長に伴う移動, *La mer*, Vol. 50, pp. 85-89.
- 依田真理・大下誠二・桧山義明 (2004) : 漁獲統計と生物測定によるマアジ産卵場の推定, 水産海洋研究, Vol. 68, No. 1, pp. 20-26.
- 渡辺諭史 (1999) ヨウジウオ *Syngnathus schlegeli* の繁殖における雄の育児嚢の役割, 博士論文, 東京大学.
- ARAI, T., KOTAKE, A. and OHJI, M. (2008) : Variation in migratory history of Japanese eels, *Anguilla japonica*, collected in the northernmost part of its distribution, *J. Mar. Biol. Assoc. UK*, Vol. 88, No. 5, pp. 1075-1080.
- ARAI, T., KOTAKE, A., OHJI, M., MIYAZAKI, N. and TSUKAMOTO, K. (2003) : Migratory history and habitat use of Japanese eel *Anguilla japonica* in the Sanriku Coast of Japan, *Fish. Sci.*, Vol. 69, pp. 813-818.
- BALVANERA, P., PFISTERER, A. B., BUCHMANN, N., HE, J.-S., NAKASHIZUKA, T., RAFFAELLI, D. and SCHMID, B. (2006) : Quantifying the evidence for

- biodiversity effects on ecosystem functioning and services, *Ecol. Lett.*, Vol. 9, pp. 1146-1156.
- BARLETTA, M., BARLETTA-BERGAN, A., SAINT-PAUL, U. and HUBOLD, G. (2005) : The role of salinity in structuring the fish assemblages in a tropical estuary, *J. Fish Biol.*, Vol. 66, pp. 45-72.
- BELL, J. D. (1983) : Effects of depth and marine reserve fishing restrictions on the structure of a rocky reef fish assemblage in the north-western Mediterranean Sea, *J. Appl. Ecol.*, Vol. 20, 357-369.
- BOESE, B. L. and ROBBINS, B. D. (2008) : Effects of erosion and macroalgae on intertidal eelgrass (*Zostera marina*) in a northeastern Pacific estuary (USA), *Bot. Mar.*, Vol. 51, No. 4, pp. 247-257.
- BROWN-PETERSON, N. and PETERSON, M. S. (1990) : Comparative life history of female mosquitofish, *Gambusia affinis*, in tidal freshwater and oligohaline habitats, *Environ. Biol. Fish.*, Vol. 27, pp. 33-41.
- CICIN-SAIN, B. and BELFIORE, S. (2005) : Linking marine protected areas to integrated coastal and ocean management: A review of theory and practice, *Ocean, Coast., Manage.*, Vol. 48, No. 11-12, pp. 847-868.
- COSTANZA, R., d'ARGE, R., de GROOT, R., FARBER, S., GRASSO, M., HANNON, B., LIMBURG, K., NAEEM, S., O'NEILL, R. V., PARUELO, J., RASKIN, R. G., SUTTON, P. and van den BELT, M. (1997) : The value of the world's ecosystem services and natural capital, *Nature*, Vol. 387, pp. 253-260.
- FERNÁNDEZ-DELGADO, C. (1989) : Life-history patterns of the mosquito-fish, *Gambusia affinis*, in the estuary of the Guadalquivir river of south-west Spain, *Fresh. Biol.*, Vol. 22, pp. 395-404.
- FUJI, T., KASAI, A., SUZUKI, K. W., UENO, M. and YAMASHITA, Y. (2010) : Freshwater migration and feeding habits of juvenile temperate seabass *Lateolabrax japonicus* in the stratified Yura River estuary, the Sea of Japan, *Fish. Sci.*, Vol. 76, No. 4, pp. 643-652.
- FUJITA, S., KINOSHITA, I., TAKAHASHI, I. and AZUMA, K. (2002) : Species composition and seasonal occurrence of fish larvae and juveniles in the Shimanto Estuary, Japan, *Fish. Sci.*, Vol. 68, pp. 364-370.
- GARCÍA-CHARTON, J. A., PÉREZ-RUZAFÁ, Á. (2001) : Spatial pattern and the habitat structure of a Mediterranean rocky reef fish local assemblage, *Mar. Biol.*, Vol. 138, pp. 917-934.
- GILLANDERS, B. M., ABLE, K. W., BROWN, J. A., EGGLESTON, D. B. and SHERIDAN, P. F. (2003) : Evidence of connectivity between juvenile and adult habitats for mobile marine fauna: an important component of nurseries, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, Vol. 247, pp. 281-295.
- HERMOSILLA, J. J., TAMURA, Y., MOTEKI, M. and KOHNO, H. (2012a) : Distribution and community structure of fish in Obitsu-gawa River Estuary of inner Tokyo Bay, central Japan, *Aquacult., Aquarium, Conserv. Legis.-Int. J. Bioflux Soc.*, Vol. 5, No. 4, pp. 197-222.
- HERMOSILLA, J. J., TAMURA, Y., OKAZAKI, D., HOSHINO, Y., MOTEKI, M. and KOHNO, H. (2012b) : Seasonal pattern and community structure of fishes in the shallow tidal creek of Obitsu-gawa River Estuary of inner Tokyo Bay, central Japan, *Aquacult., Aquarium, Conserv. Legis.-Int. J. Bioflux Soc.*, Vol. 5, No. 5, pp. 337-355.
- HUH, S. H. and KWAK, S. N. (1997) : Feeding habits of *Pholis nebulosa*, *Korean J. Ichthyol.*, Vol. 9, No. 1, pp. 22-29.
- KAMIMURA, Y. and SHOJI, J. (2009) : Seasonal changes in the fish assemblage in a mixed vegetation area of seagrass and macroalgae in the Central Seto Inland Sea, *Aquaculture Sci.*, Vol. 57, No. 2, pp. 233-241.
- KASUYA, T., HAMAGUCHI, M. and FURUKAWA, K. (2004) : Detailed observation of spatial abundance of clam larva *Ruditapes philippinarum* in Tokyo Bay, central Japan, *J. Oceanogr.*, Vol. 60, pp. 631-636.
- KATO, A., MAENO, Y. and HIROSE, S. (2010) : Brief migration of the grass puffer, *Takifugu niphobles*, to fresh water from salt water, *Ichthyol. Res.*, Vol. 57, pp. 298-304.
- KAWASE, H. and NAKAZONO, A. (1995) : Predominant maternal egg care and promiscuous mating system in the Japanese filefish, *Rudarius ercodes* (Monacanthidae), *Env. Biol. Fish.*, Vol. 43, pp. 241-254.
- KUROGI, H., MOCHIOKA, N., OKAZAKI, M., TAKAHASHI, M., MILLER, M. J., TSUKAMOTO, K., AMBE, D., KATAYAMA, S. and CHOW, S. (2012) : Discovery of a spawning area of the common Japanese conger *Conger myriaster* along the Kyushu-Palau Ridge in the western North Pacific, *Fish. Sci.*, Vol. 78, 525-532.
- KWAK, S. N., BAECK, G. W. and HUH, S. H. (2004) : Feeding ecology of *Sillago japonica* in an eelgrass

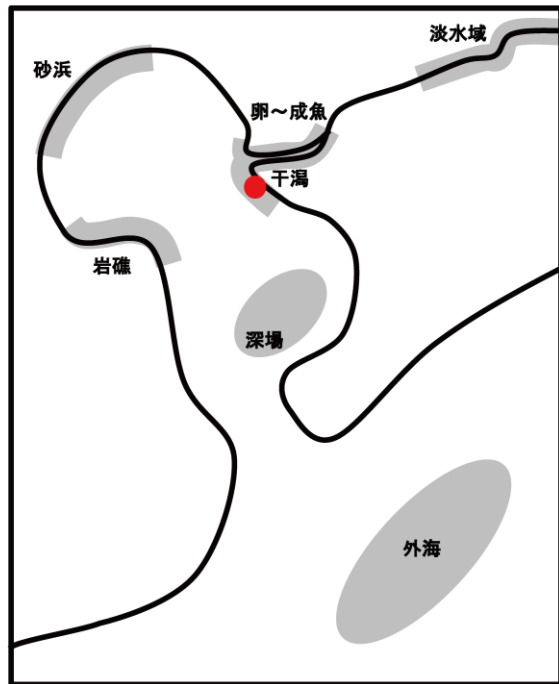
- (*Zostera marina*) bed. *J. Fish. Sci. Tech.*, Vol. 7, No. 2, pp. 84-89.
- LOTZE, H. K., LENIHAN, H. S., BOURQUE, B. J., BRADBURY, R. H., COOKE, R. G., KAY, M. C., KIDWELL, S. M., KIRBY, M. X., PETERSON, C. H. and JACKSON, J. B. C. (2006) : Depletion, degradation, and recovery potential of estuaries and coastal seas, *Science*, Vol. 312, pp. 1806-1809.
- NANAMI, A. and ENDO, T. (2007) : Seasonal dynamics of fish assemblage structures in a surf zone on an exposed sandy beach in Japan. *Ichthyol. Res.*, Vol. 54, pp. 277-286.
- OKAZAKI, D., YOKOO, T., KANO, K. and KOHNO, H. (2012) : Seasonal dynamics of fishes in tidepools on tidal mudflats in the Tama River estuary, central Honshu, Japan, *Ichthyol. Res.*, Vol. 59, No. 1, pp.63-69.
- PIHL, L., BADEN, S., KAUTSKY, N., RÖNNBÄCK, SÖDERQVIST, T., TROELL, M. and WENNHAGE, H. (2006) : Shift in fish assemblage structure due to loss of seagrass *Zostera marina* habitats in Sweden, *Estuar. Coast. Shelf S.*, Vol. 67, pp. 123-132.
- QUAMMEN, M. L. (1984) : Predation by shorebirds, fish, and crabs on invertebrates in intertidal mudflats: An experimental test, *Ecology*, Vol. 65, No. 2, 529-537.
- R Core Team (2013) : *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. (<http://www.R-project.org/>)
- SECOR, D. H., OHTA, T., NAKAYAMA, K. and TANAKA, M. (1998) : Use of otolith microanalysis to determine estuarine migrations of Japanese sea bass *Lateolabrax japonicus* distributed in Ariake Sea, *Fish. Sci.*, Vol. 64, No. 5, pp. 740-743.
- STEVENSON, D. E. (2002) : Systematics and distribution of fishes of the Asian goby genera *Chaenogobius* and *Gymnogobius* (Osteichthyes: Perciformes: Gobiidae), with the description of a new species, *Species Divers.*, Vol. 7, pp. 113-135.
- TAKASUKA, A., Kubota H, Oozeki Y (2008) Spawning overlap of anchovy and sardine in the western North Pacific, *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, Vol. 366, pp. 231-244.
- TAKITA, T. and NAKAMURA, K. (1986) : Embryonic development and prelarva of the atherinid fish, *Hypoatherina bleekeri*, *Jap. J. Ichthyol.*, Vol. 33, No. 1, pp. 57-61.
- TSUKAMOTO, K. (1992) : Discovery of the spawning area for Japanese eel, *Nature*, Vol. 356, pp. 789-791.
- TSUKAMOTO, K., CHOW, S., OTAKE, T., KUROGI, H., MOCHIOKA, N., MILLER, M. J., AOYAMA, J., KIMURA, S., WATANABE, S., YOSHINAGA, T., SHINODA, A., KUROKI, M., OYA, M., WATANABE, T., HATA, K., IJIRI, S., KAZETO, Y., NOMURA, K. and TANAKA, H. (2011) : Oceanic spawning ecology of freshwater eels in the western North Pacific, *Nature Commun.*, Vol. 2, id. 179.
- UEHARA, S. and SHIMIZU, M. (1996) : Age and growth of stone flounder *Kareius bicoloratus* in Tokyo Bay, Japan, *Fish. Sci.*, Vol. 62, No. 6, pp. 897-901.
- UNDERWOOD, A. J. and FAIEWEATHER, P. G. (1989) : Supply-side ecology and benthic marine assemblages, *Trends Ecol. Evol.*, Vol. 4, pp.16-20.

付録A 東京湾で確認記録のある36魚種の生息場利用パターンと、可能性のある移動経路（矢印付きの赤線）。赤丸は繁殖場を示す。本図において、地形は仮想であり、生息場の配置及び生息場間の距離は重要ではなく、生息場間の繋がりが重要である。

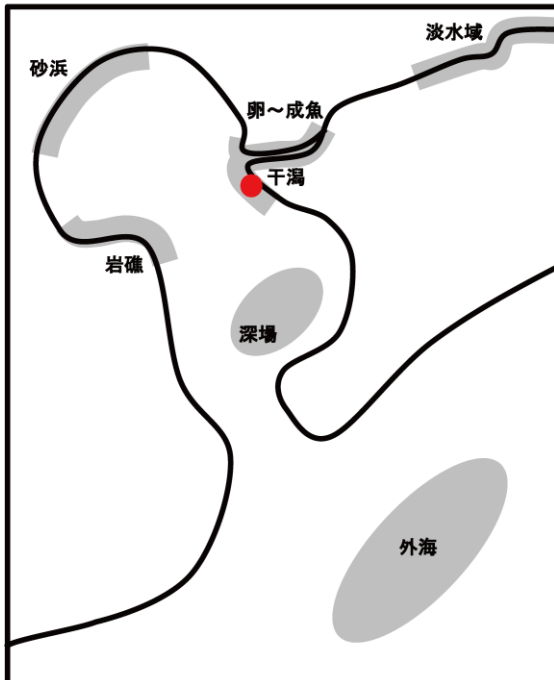
アオギス(t型)



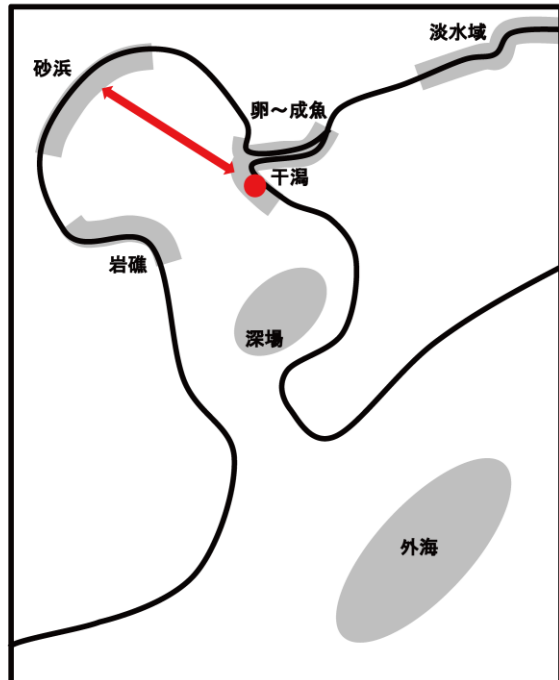
トビハゼ(t型)



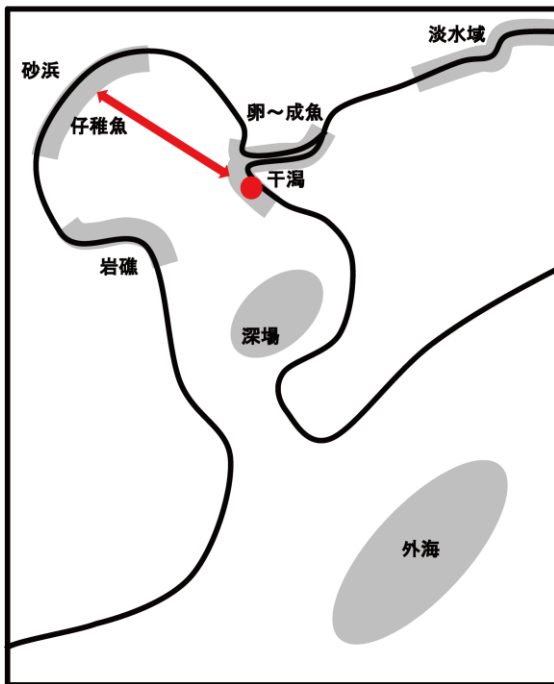
エドハゼ(t型)



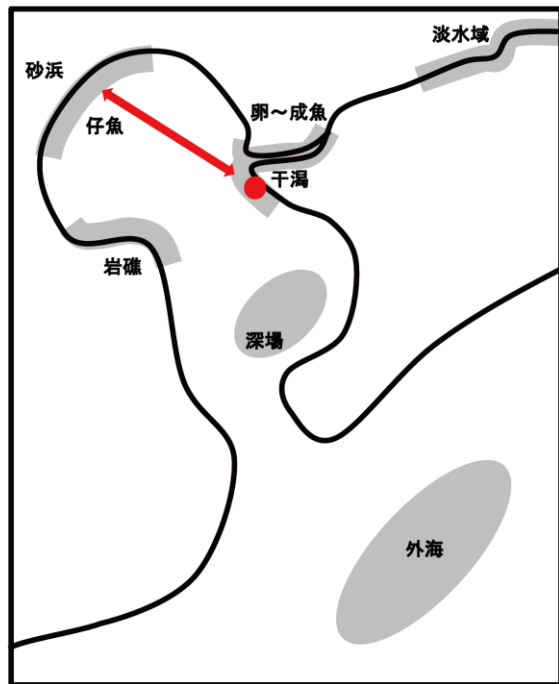
シラウオ(t,s型)



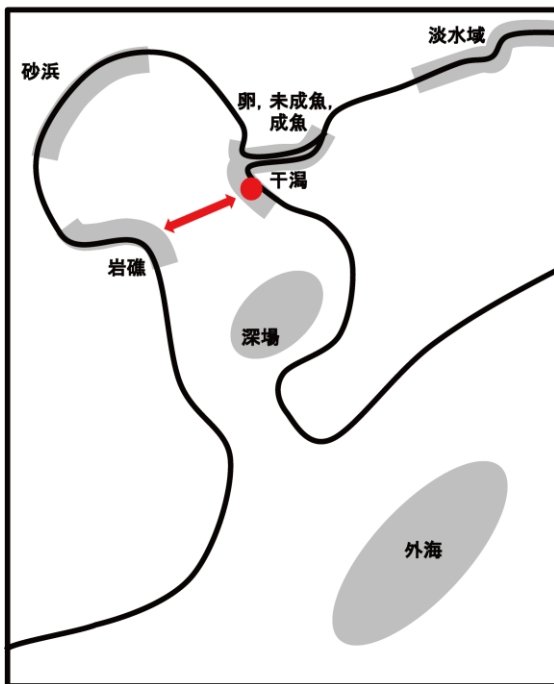
ヒモハゼ (t,s型)



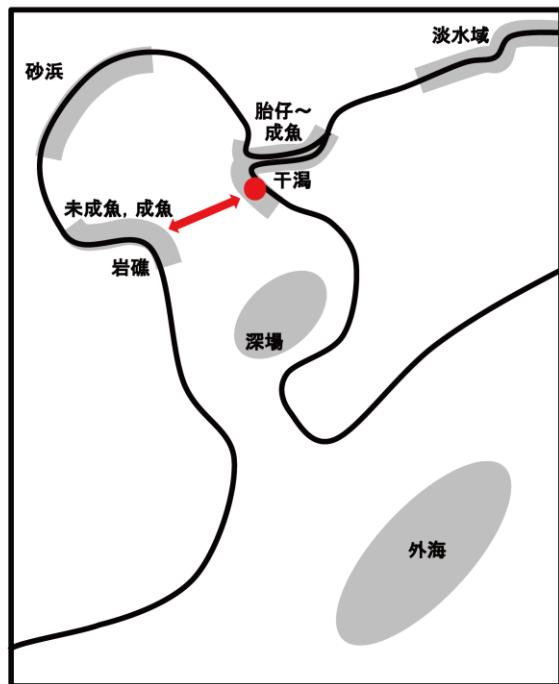
チクゼンハゼ (t,s型)



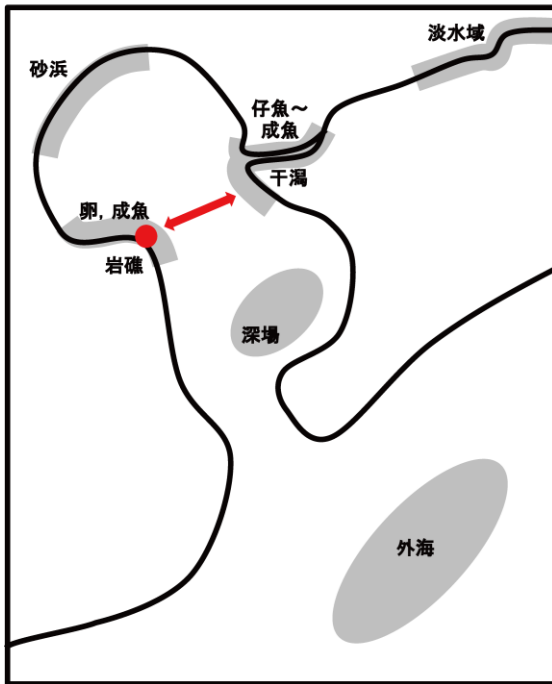
ヨウジウオ (t,r型)



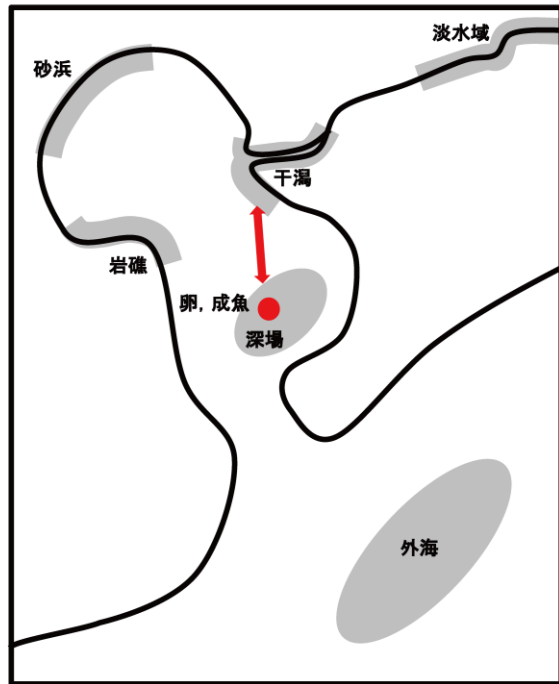
マタナゴ (t,r型)



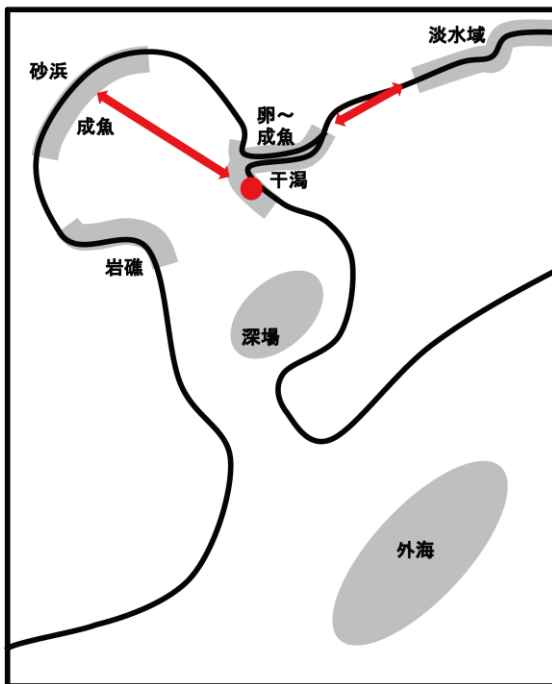
アベハゼ(t,r型)



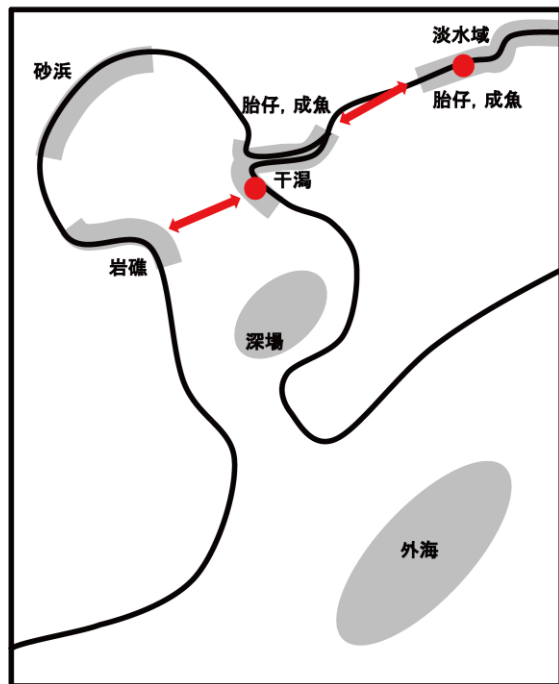
マコガレイ(t,d型)



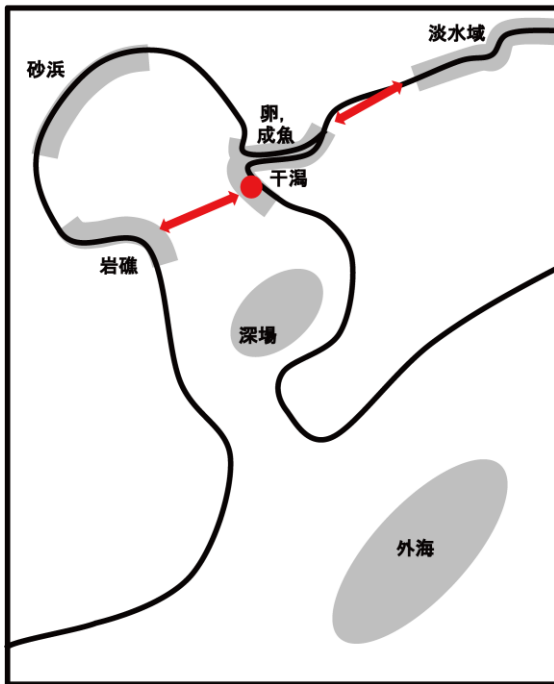
ビリンゴ(f,t,s型)



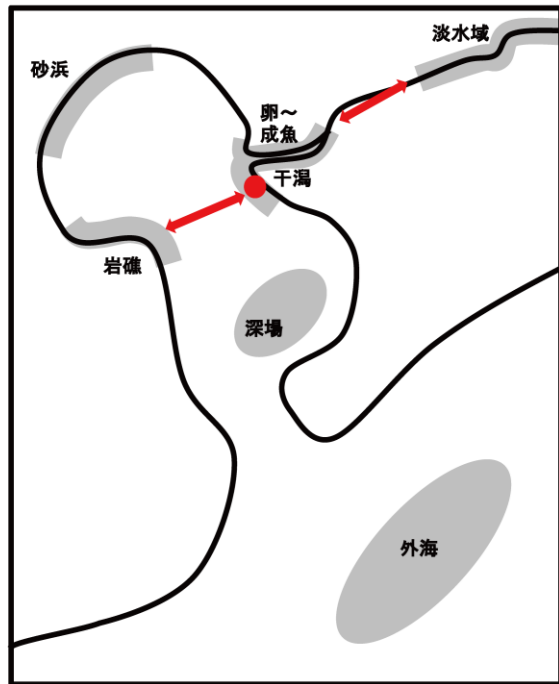
カダヤシ(f,t,r型)



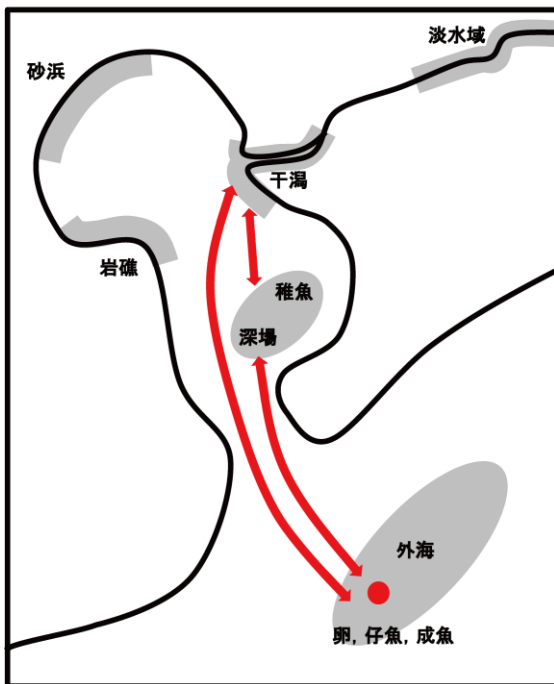
ヒナハゼ (f,t,r型)



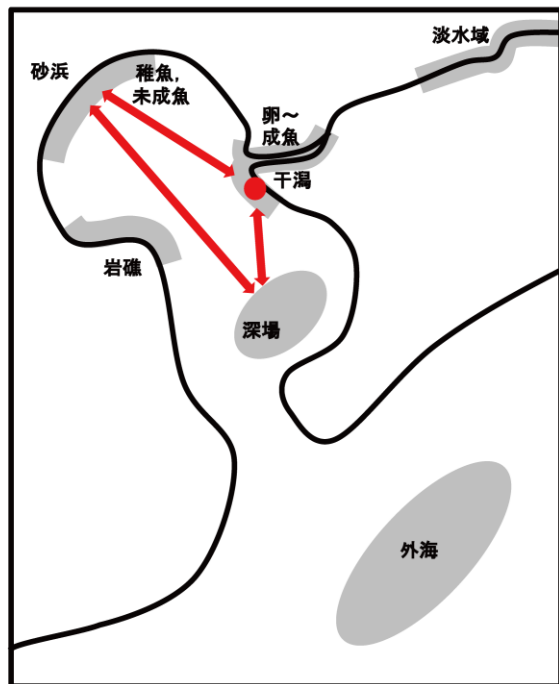
チチブ (f,t,r型)



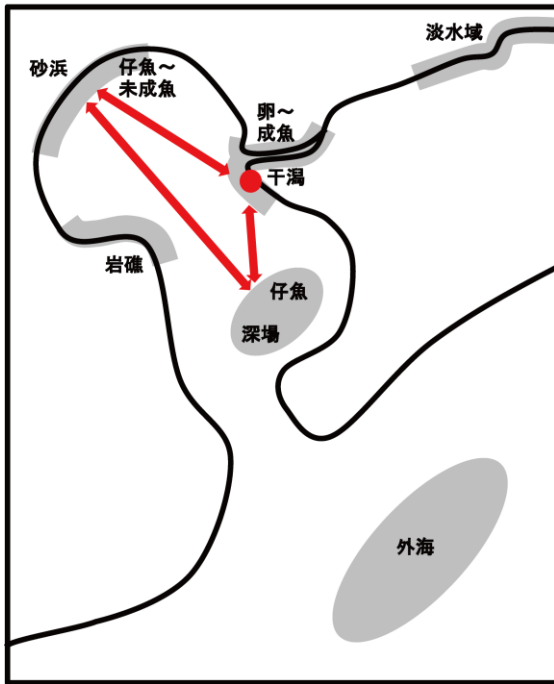
マアナゴ (t,d,o型)



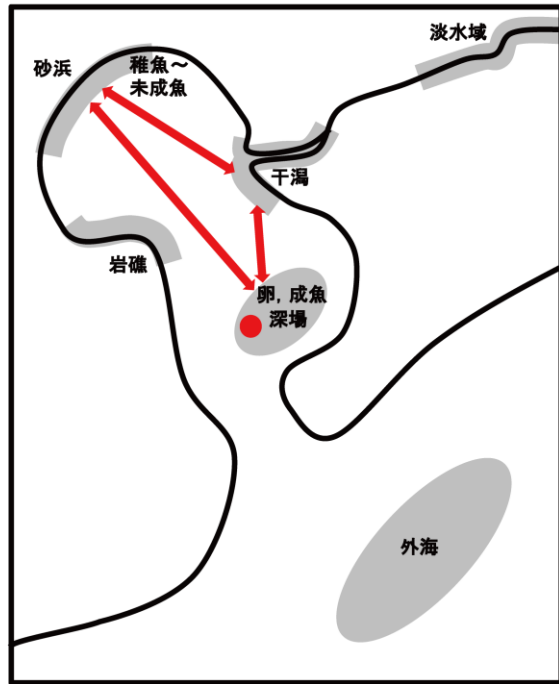
サツパ (t,s,d型)



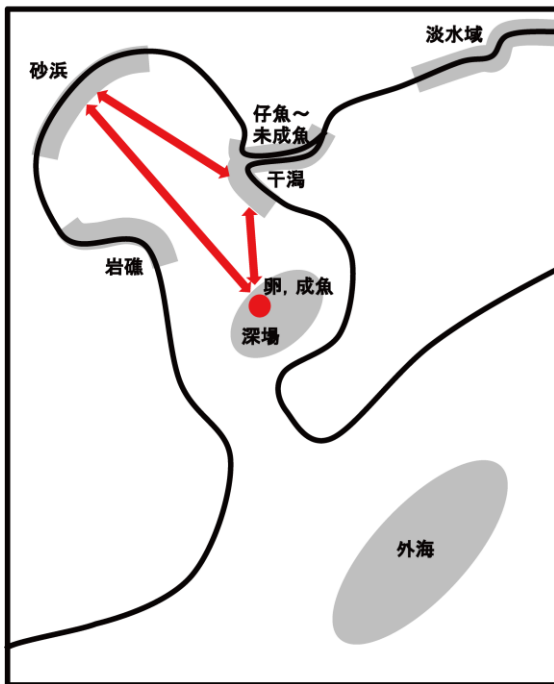
コノシロ(t,s,d型)



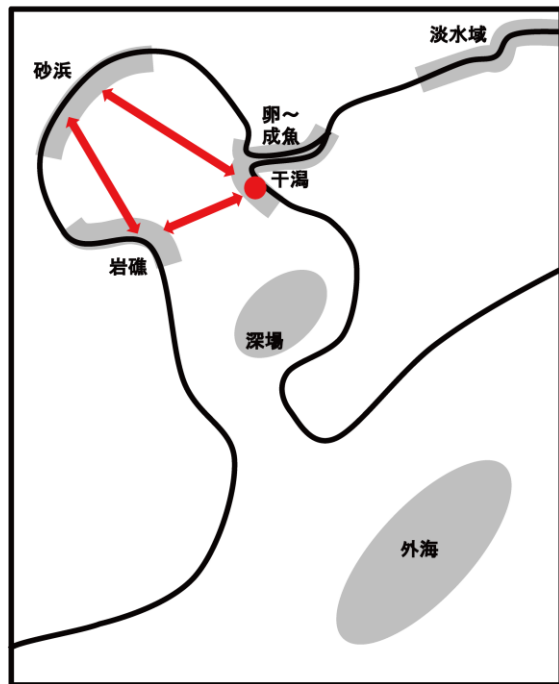
ヒラメ(t,s,d型)



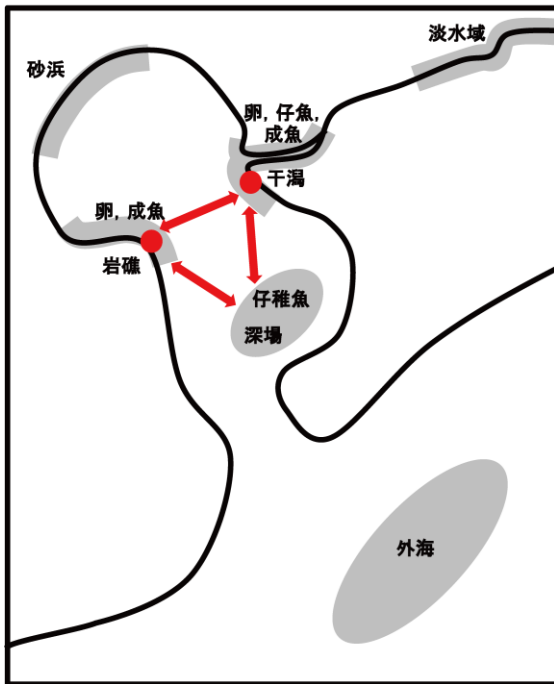
イシガレイ(t,s,d型)



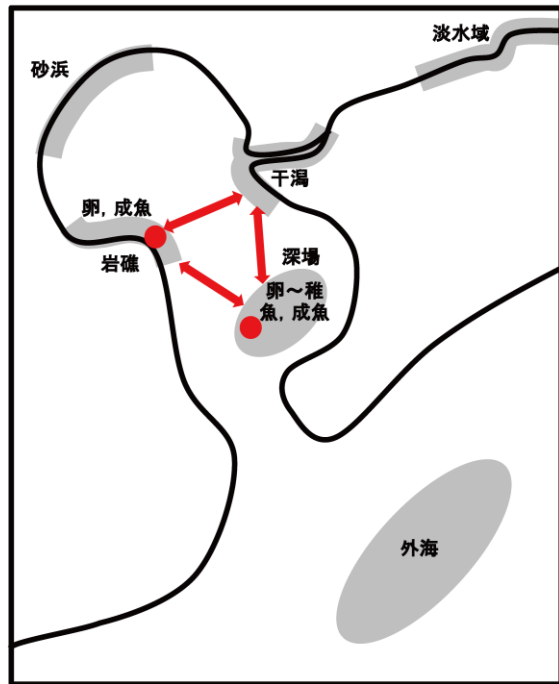
アシシロハゼ(t,s,r型)



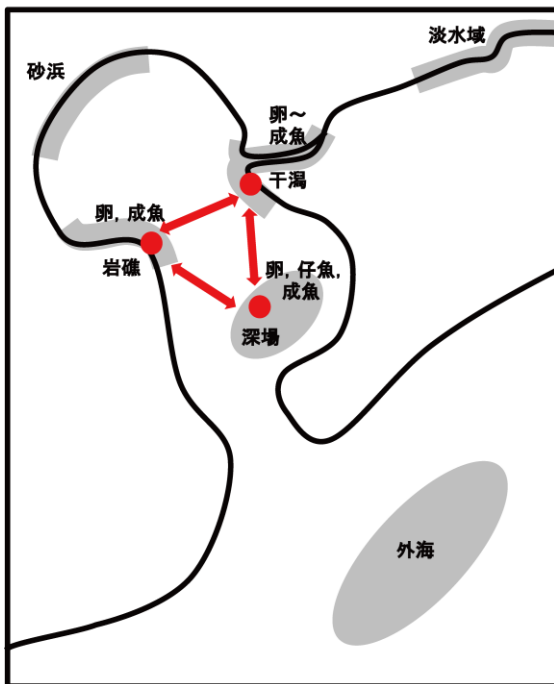
サヨリ(t,r,d型)



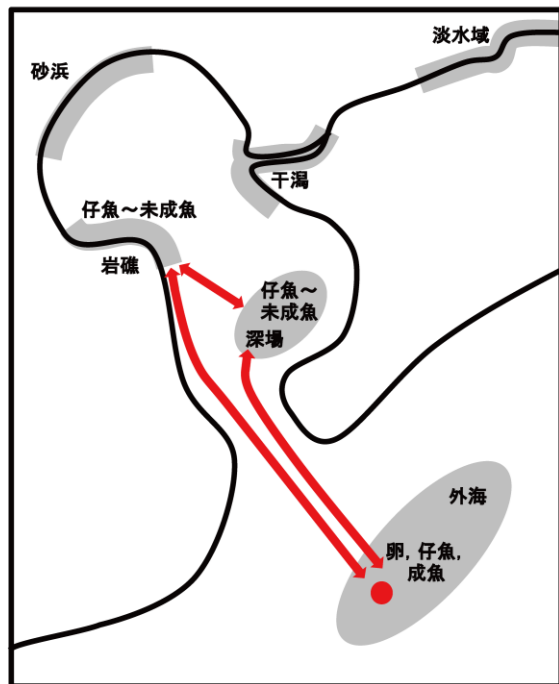
アイナメ(t,r,d型)



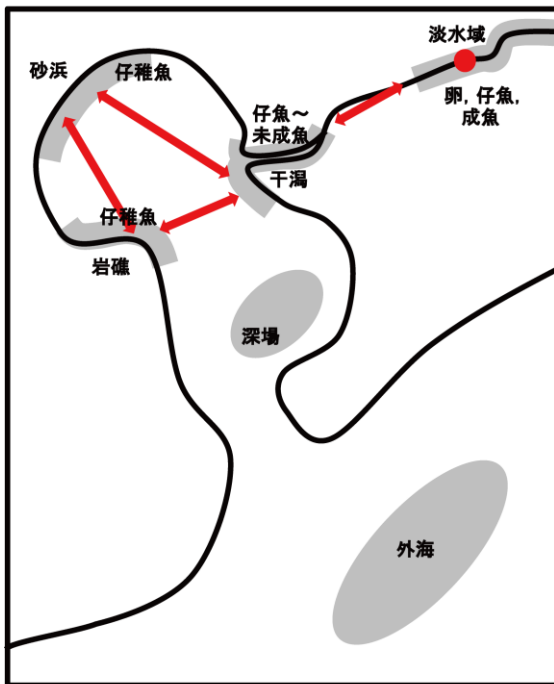
ギンポ(t,r,d型)



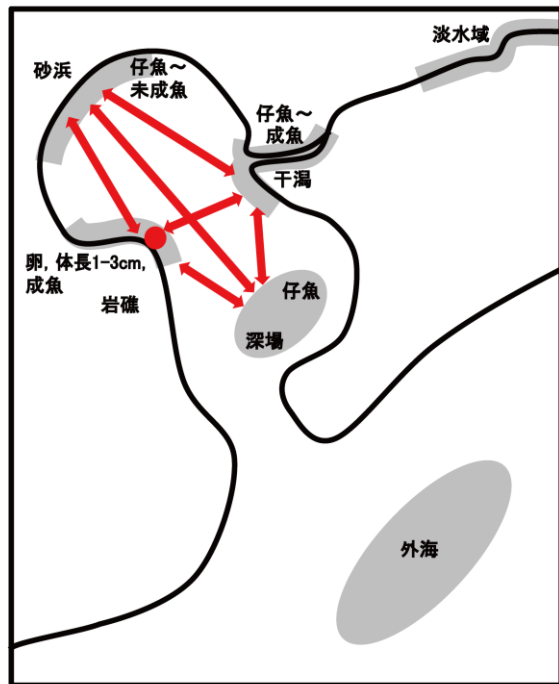
マアジ(r,d,o型)



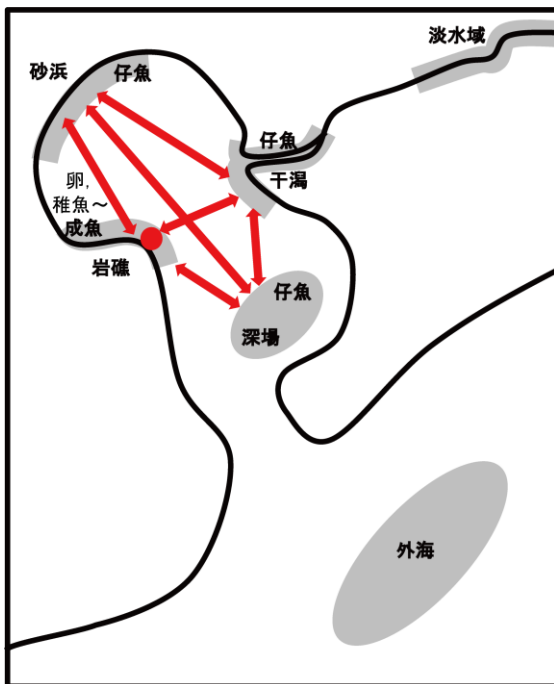
アユ (f,t,s,r型)



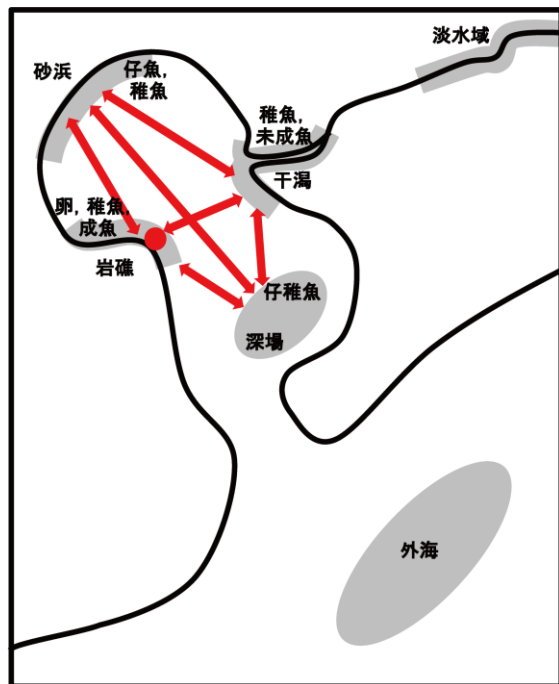
トウゴロウイワシ (t,s,r,d型)



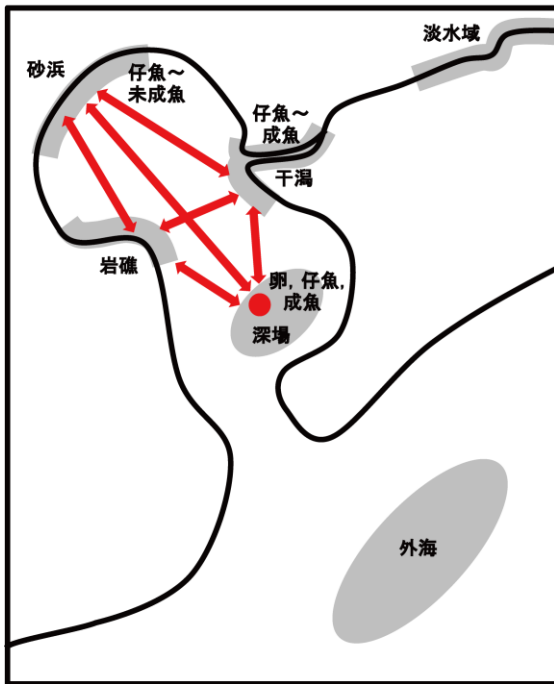
トサカギンポ (t,s,r,d型)



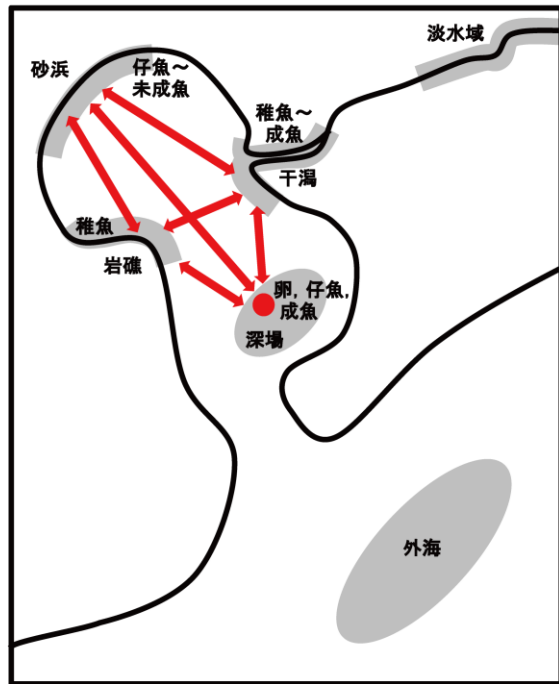
アミメハギ (t,s,r,d型)



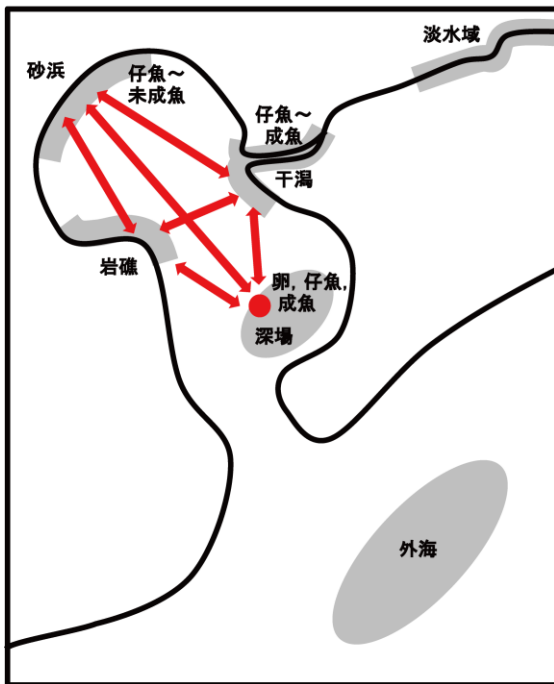
カタクチイワシ (t,s,r,d 型)



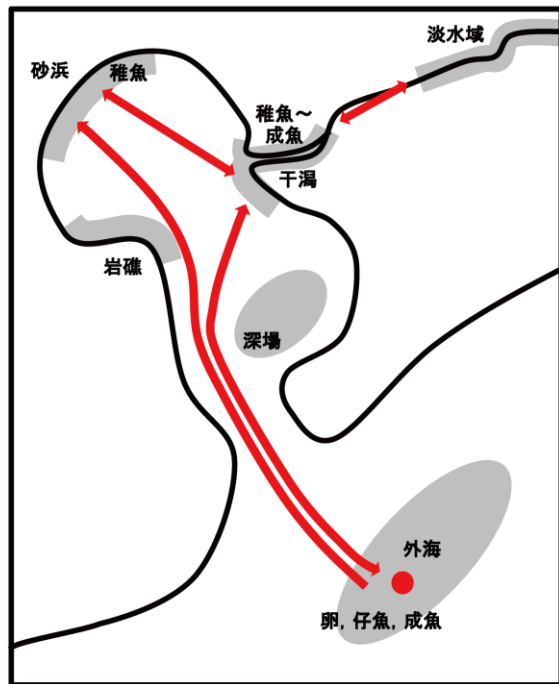
シロギス (t,s,r,d 型)



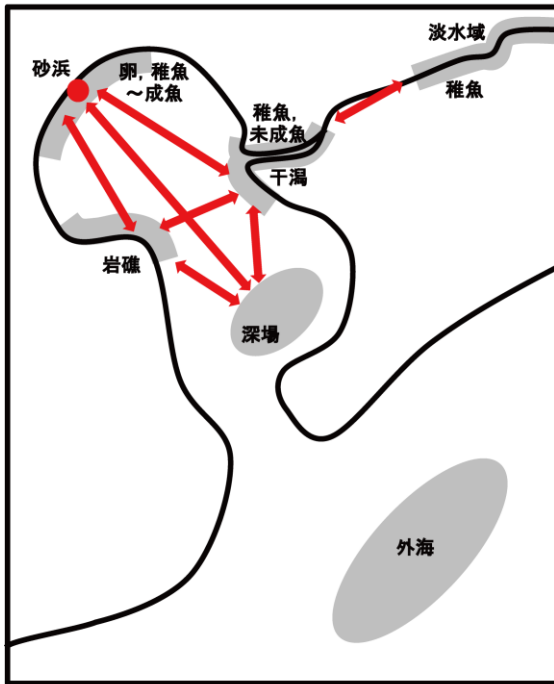
マハゼ (t,s,r,d 型)



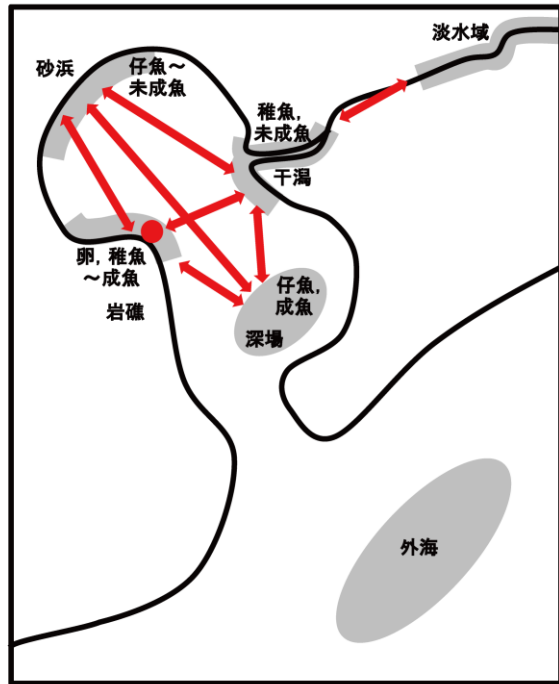
ニホンウナギ (f,t,s,o 型)



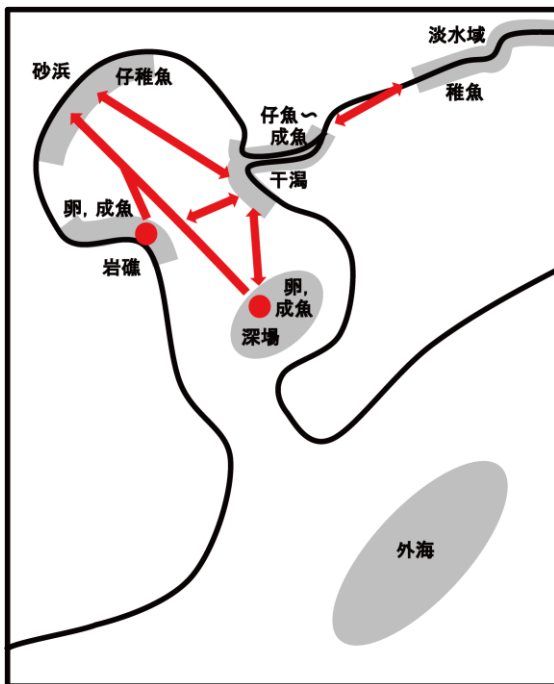
クサフグ (f,t,s,r,d型)



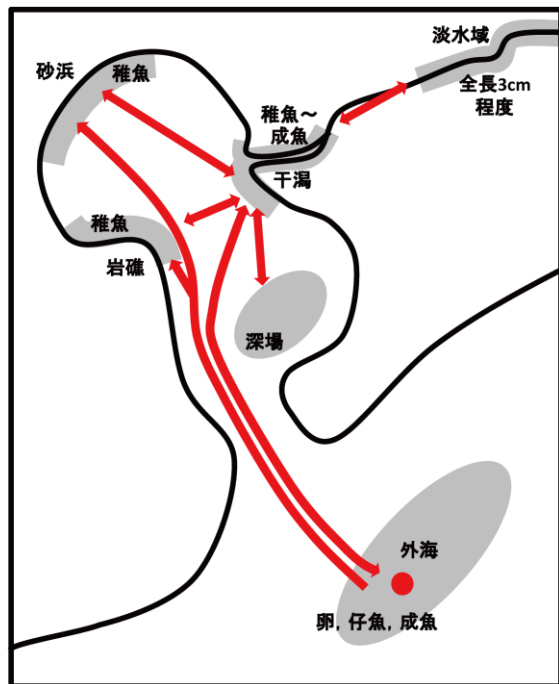
クロダイ (f,t,s,r,d型)



スズキ (f,t,s,r,d型)



ボラ (f,t,s,r,d,o型)



国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No. 809 September 2014

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写のお問い合わせは

〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬 3-1-1
管理調整部企画調整課 電話:046-844-5018