

氏 名(本籍) 本^{ほん} 多^た 仁^{ひとし}

学 位 の 種 類 博 士 (農 学)

学 位 記 番 号 農 第 4 2 4 号

学位授与年月日 平 成 3 年 3 月 14 日

学位授与の要件 学位規則第 5 条第 2 項該当

学 位 論 文 題 目 海産硬骨魚類とくに底魚類の摂食活動に
関する比較生態学的研究

論 文 審 査 委 員 (主 査) 教 授 川 崎 健
教 授 谷 口 旭
教 授 藤 尾 芳 久

論文内容要旨

海産硬骨魚類とくに底魚類の 摂食活動に関する比較生態学的研究

魚類の摂食活動については、これまでに多くの研究がなされてきている。しかしながら、魚類は他の脊椎動物に類を見ない程の多様な摂食活動を行うため、摂食の問題を統一した視点から包括的に扱うことが困難であると見られてきた。こうして、個々の貴重な情報も十分な解析をされずに見過ごされがちであった。

本研究は、魚類の摂食活動に関する情報の扱い方・考え方を整理し、この分野の研究に方向性を与えることを目的としている。

本研究の対象魚種は仙台湾に生息する底魚類9種（マアナゴ、イシモチ、ニベ、アイナメ、クサウオ、ヒラメ、イシガレイ、マガレイ、マコガレイ）である。まず、各魚種の自然状態での摂食活動の特徴を形態、生態、行動の面から把握するため、これらの魚体材料を仙台湾で操業する各種漁業の漁獲物より採集し、その形態的特徴、消化管内容物を解析した。次いで、魚にとって望ましい食物とは何か、という問題について考察するために、マコガレイを材料として摂食行動とくに食物選択行動の物質経済からみた得失を実験的に調べ、これを自然条件下の魚の摂食生態と比較検討した。

（１） 底魚類9種の摂食方式

消化管内容物調査の資料を食物の種類・個体数・サイズ（重量）という3つの項目について魚の生長との関連において解析した結果、これらの底魚類においては、「個体数指向型」、「サイズ指向型」、そして「移行型」という3つのタイプの摂食方式が存在するということが示された。各タイプの特徴および該当する魚種は次のとおりである。

個体数指向型 (Number-oriented) :

小型の食物を多数摂食するタイプ。

- ・食物個体数：生長とともに増大する。
- ・食物サイズ：絶対サイズが小さく、生長しても大きくならない。
- ・食物の種類：生長してもあまり変わらない。
- ・魚種：ニベ (Fig. 1)

サイズ指向型 (Size-oriented)

少数の大きな食物を摂食するタイプ。

- ・食物個体数：生長しても増大せず小さいまま。
- ・食物サイズ：小型の個体でも絶対サイズは大きい、生長とともにさらに大きくなる。
- ・食物の種類：生長しても変わらない。
- ・魚種：マアナゴ (Fig. 2)

移行型 (Transitional)：

生長とともに個体数指向型からサイズ指向型へと移行する。

- ・食物個体数：ある程度の体長までは増大、その後は横ばいあるいは減少。
- ・食物サイズ：生長とともに大きくなる。
ただし、魚種により増大の程度が異なる。
- ・食物の種類：生長とともに変化する魚種、あまり変化しない魚種がある。
- ・魚種：
急激な移行を示すもの (サブタイプ I)：
アイナメ・クサウオ (Fig. 3) ・ヒラメ・イシガレイ
緩やかな移行を示すもの (サブタイプ II)：
イシモチ・マガレイ・マコガレイ (Fig. 4)

以上3つのタイプの食物個体数および食物サイズ(重量)の体長による変化を模式的に示したのが Fig. 5 である。また、各魚種の形態・食性・生長に伴う食物の個体数と重量の変化そして摂食方式を一覧表として示したのが Table 1 である。このようなタイプ分けは、海底に依存するという基本的には類似した生活様式をもつ沿岸の底魚集団に属する魚類の食生活の類型を示すものである。また、このような摂食方式の違いは、環境中の食物の利用し易さとともに、それぞれの種の捕食能力、食物要求および食地位 (food niche) などの相互作用によって生じてくるものと考えられた。さらに、これら3タイプの中でも底魚類にとって基本的な摂食方式はサイズ指向型であり、このサイズ指向性は各魚種の food niche に応じて魚の発育・

生長とともに実現されているということが示唆された。

(2) マコガレイの最適食物サイズ

最適食物サイズを調べる実験の結果、マコガレイが処理可能な食物サイズの上限は魚の体サイズにより異なり、大きな魚ほど上限のサイズも大きいことが確かめられた。しかし、食物サイズの下限についてはあまり魚体サイズによる違いはみられなかった(Fig. 6)。また、どの体長でも、相対食物サイズ(魚の口の幅に対する食物生物の体幅の比)が1.0つまり食物の体幅が魚の口の大きさを上回るまでは食物処理コストをさほど上昇させずに摂食可能であることが示された(Fig. 7)。これに対して自然状態のマコガレイの相対食物サイズはどの体長でも平均 0.3~0.4 と実験において確かめられた上限のサイズよりずっと小さなものであった(Fig. 8)。このことから、実験は魚の潜在的な摂食能力を調べるのには都合がよかったものの、自然条件下では、実験で考慮できなかった様々な要因によってもっとも効率的な摂食活動が制限されているのではないかと考えられた。この結果を翻って考えれば、魚のもつ摂食能力と実際の摂食活動とを比較することによって、魚類群集内でその魚種のおかれている位置を一層明確にすることができるといえることがわかり、この方面の研究に一つの示唆を与えたものと考ええる。

(3) 結 論

本研究においては、日常的に行っている魚類の食性研究のもつ問題点を整理し、比較的単純な手法により9種の底魚類の摂食方式をサイズ指向型を基本とした3つの類型に分けた。これは、新たな視点から食性調査の情報をとらえることにより、多様な魚類の食生活を普遍的に把握することを可能にしたものである。さらに、実験的に求めた最適食物サイズと野外での食物サイズとを比較することによって、自然状態における最適食物サイズ実現の困難性および、この種の手法による魚類群集内での各魚種の生態的位置の明確化が可能であることを示した。

Table 1 Characteristics Concerning Food Acquisition by Species.

Species	Morphological Characteristics			Major Food Items	Trend of Changes in Food Number and Weight with Growth and Development	Food Selection Type
	Motion Apparatus	Orientation Apparatus	Working Apparatus			
<i>N. mitsukurii</i> ニベ	Rather developed	Rather developed sense of sight	Wide gape, pointed canine teeth	Small Crustacea (Mysidacea & Macrura)	A large number of small crustaceans are taken	Number oriented
<i>C. myriaster</i> マツナゴ	Comparatively under-developed	Rather developed	Wide gape, no gill raker	Fish	A small number of large fishes are taken	Size oriented
<i>H. otaki</i> ヲイナ	Rather developed	Rather developed	Wide gape, dull canine teeth	Epi-benthic Crustacea (Macrura & Anomura)	Number: rising trend is converted to a falling when fish exceeds 250 mm in length Weight: notable increase is observed when fish exceeds 350 mm in length	Transitional Subtype I
<i>L. tanaka</i> クサウオ	Under-developed olfactory	Comparatively well-developed teeth sense	Wide gape, rasp-like sandeel	Major foods shift from Crustacea to	Shift from "number-oriented" to "size-oriented" Inflection point: 250-300 mm in length	Transitional Subtype I
<i>P. olivaceus</i> ヒラメ	Well-developed	Well-developed sense of sight	Wide gape, pointed strong canine teeth	Major foods shift from Crustacea to Fish & squid	Shift from "number-oriented" to "size-oriented" Inflection point: 100-200 mm in length	Transitional Subtype I
<i>K. bicoloratus</i> イシガレイ	Rather developed	Comparatively well-developed sense of sight	Small mouth, strong incisors	Major foods shift from Crustacea & Bivalvia to sandeel	Shift from "number-oriented" to "size-oriented" Inflection point: 200-250 mm in length	Transitional Subtype I
<i>L. herzensteini</i> マガレイ	Comparatively developed	Comparatively developed sense of sight	Small mouth Well-developed incisors on the blind side	In-fauna (Bivalvia & Crustacea)	Number: decreases slowly Weight: increases slowly	Transitional Subtype II
<i>L. yokohamae</i> マコガレイ	Comparatively developed	Comparatively developed sense of sight	Small mouth Well-developed incisors on the blind side	Small in-fauna (Polychaeta & Bivalvia)	Number: decreases slowly Weight: increases slowly	Transitional Subtype II
<i>A. argentatus</i> イシモチ	Rather developed	Rather developed sense of sight	Wide gape, pointed canine teeth	Fish & Macrura	Number: small as a whole Weight: heavy in average	Transitional Subtype II

ニベ
Nibea mitsukurii

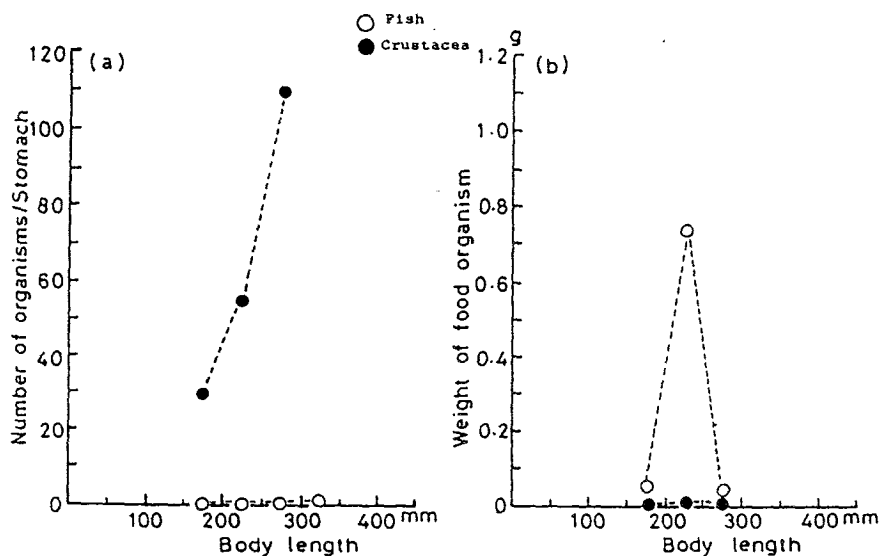


Fig. 1. Changes in average number of food organisms per stomach (a) and body weight of a food organism (b) with growth of fish.

マアサゴ
Conger myriaster

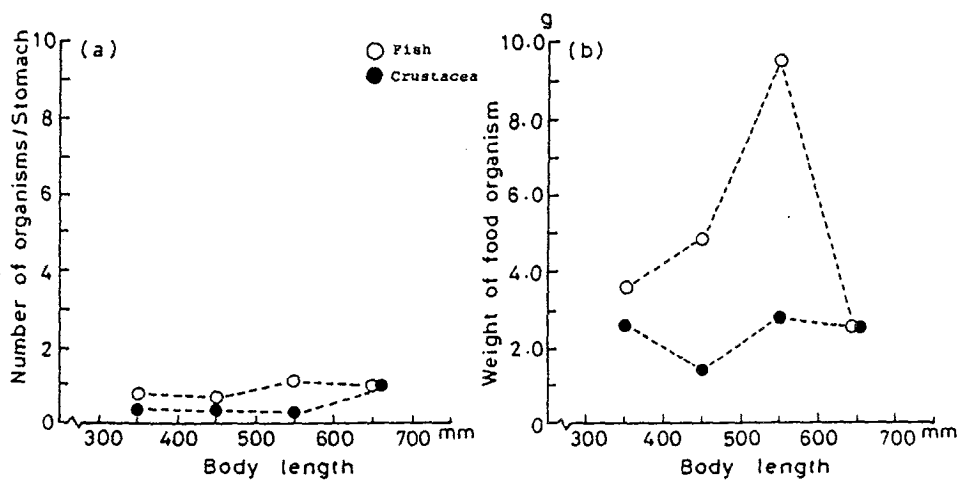


Fig. 2. Changes in average number of food organisms per stomach (a) and body weight of a food organism (b) with growth of fish.

クサウオ
Liparis lanakas

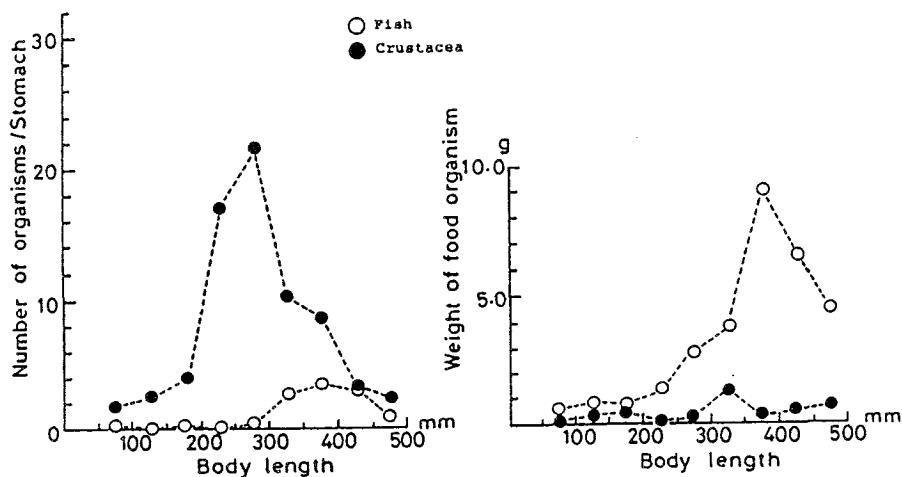


Fig. 3. Changes in average number of food organisms per stomach (a) and body weight of a food organism (b) with growth of fish.

マコガレイ
Limanda yokohamae

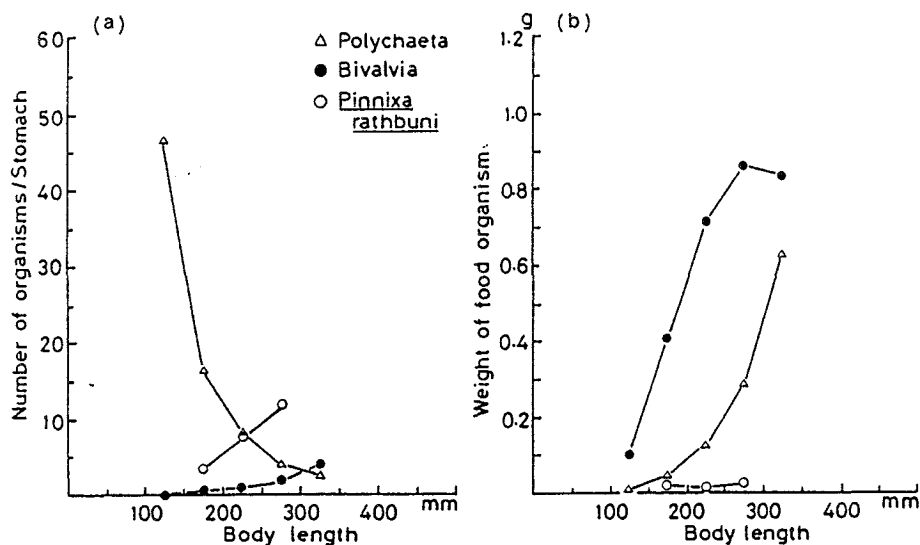


Fig. 4. Changes in average number of food organisms per stomach (a) and body weight of a food organism (b) with growth of fish.

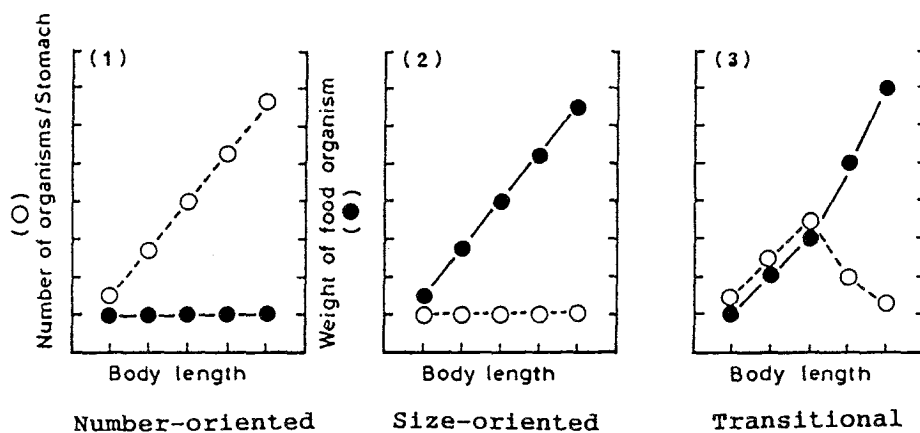


Fig. 5. Three types of food selection.

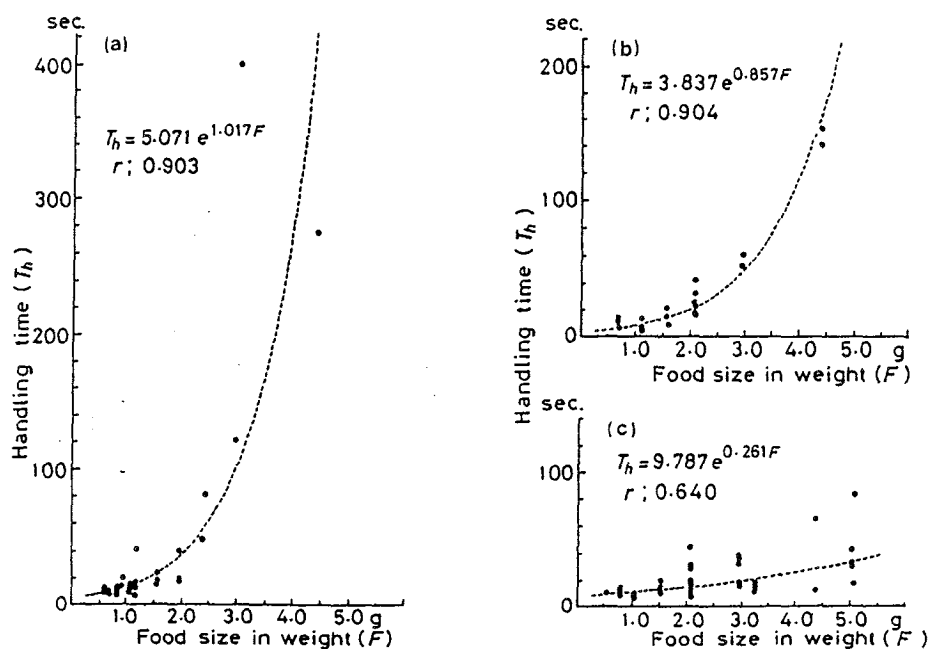


Fig. 6. Dependence of the handling time (T_h) on food size (F) for three fish size categories, small (195mm) (a), medium (244mm) (b) and large (303mm) (c).

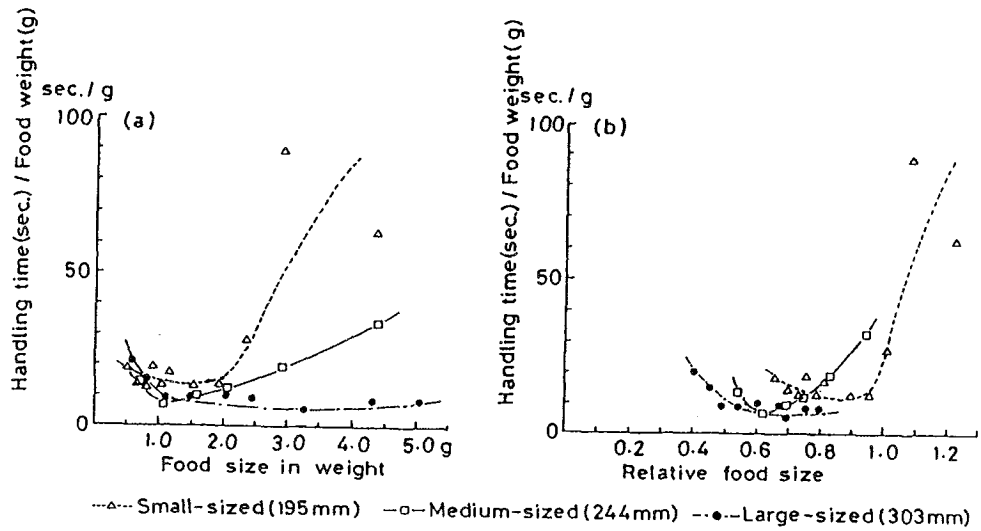


Fig. 7. Dependence of the handling cost (handling time/food weight) on food size in weight (a) and that on relative size (b), by fish size categories.

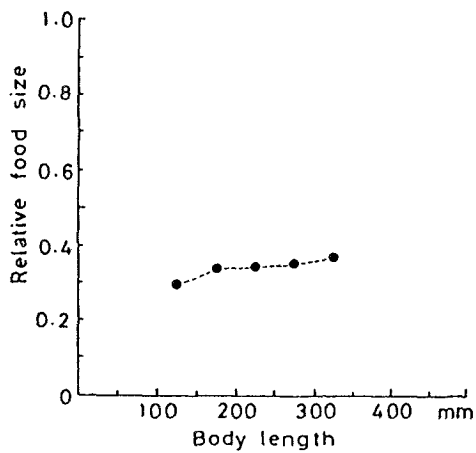


Fig. 8. Relation between the relative food size of polychaetes and body length of the marbled sole. Relative food size is plotted against the median of 50 mm body length interval of the sole.

審査結果の要旨

本研究は、魚類の摂食活動に関する情報の扱い方・考え方を整理し、これまでその多様性のために統一した視点から包括的に扱うことが困難であると見られてきたこの分野の研究に方向性を与えようとの目的のもとに行われた。著者は対象魚種として仙台湾に生息する底魚の中から生物生産上重要な位置にある9魚種（マアナゴ、イシモチ、ニベ、アイナメ、クサウオ、ヒラメ、イシガレイ、マガレイ、マコガレイ）を選び、7年間にわたり10,000個体以上の魚体材料を集めて、これらの魚の摂食行動の特徴を形態、生態、行動の面から解析した。さらに、摂食行動に関する研究の中でもとくに重要な課題である食物選択に関しては、物質経済的観点から見た食物選択方式の得失を明らかにするため、最も効率よい食物サイズすなわち最適食物サイズをマコガレイを用いて実験的に求め、これを基準として自然条件下の魚の摂食生態について考察した。この研究手法は近年陸上動物を中心に生態学の分野に適用されるようになった生物の生存戦略理論に基礎を置いており、海産硬骨魚類についてはこれまではほとんど試みられていなかったものである。

野外調査の資料を食物の種類、個体数、サイズ（重量）という3つの項目について魚の生長との関連において解析した結果では、9種の底魚類においては、小型の食物を多数摂食する「個体数指向型」、大型の食物を小数摂食する「サイズ指向型」、そして、生長とともに個体数指向型からサイズ指向型へと移行する「移行型」という3つのタイプの摂食方式が存在するということが明らかにしている。さらに、この3タイプのなかでも底魚類にとって基本的な摂食方式はサイズ指向型であり、このサイズ指向型は各魚種の食地位に応じて、そして魚の発育・生長とともに実現され、移行型は上記の過渡的な状態を示すものであるという考えを示した。このようなタイプ分けは、海底に依存するという基本的に類似した生活様式をもつ沿岸の底魚集団に属する魚類が食物環境を有効に利用するために発達させてきた摂食方式の特徴を明快に整理したものである。

実験的に求めたマコガレイの最適食物サイズは魚の口の大きさに比例し、また実際に自然条件下で取られている食物サイズも魚の口の大きさに比例していたが、魚の口の大きさと食物の大きさの比をとってみると、実験的には口の大きさと同じ食物サイズまで摂食可能であるのに対し、野外で実際に取られていた食物サイズは口の大きさの3～4割までであるという事実が示された。これは、自然状態においては最適食物サイズは完全には実現されないことを示すものであると考えられるが、著者はさらに、摂食能力と実際の摂食活動の違いは魚類群集内における当該魚種の占める位置の測度であるという新しい見解を提出している。

このように野外調査と室内実験という異なる二つの手法を用いて摂食者側から見た摂食活動全体を貫く法則性の存在を示したことは本研究の成果であるとともに、魚類の摂食研究の発展に貢献するものであり、農学博士の学位を授与するに値すると判断した。