

氏 名(本籍) はし 橋 もと 本 ひろ 博 あき 明

学 位 の 種 類 博 士 (農 学)

学 位 記 番 号 農 第 4 0 9 号

学 位 授 与 年 月 日 平 成 2 年 12 月 13 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 日 本 産 イ カ ナ ゴ の 資 源 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 秦 正 弘

# 論文内容要旨

日本産イカナゴ *Ammodytes personatus* はスズキ目イカナゴ科に属する魚類で日本各地の沿岸に生息し、成長すると20~30cmになる。本種には潜砂して夏眠する珍しい習性がある。

イカナゴは海の生物生産の上では、動物プランクトンを食べそれ自身は他の魚食性魚類の食物となるので、低次の栄養段階の生物を高次のそれへ転換する生態的地位をしめている。最近10年(1979~88年)の年平均漁獲量は12万5千トンで多獲性魚類のひとつである。漁獲されたイカナゴの大部分は養殖漁業や栽培漁業の餌料として用いられる。このように本種は海の世界食物連鎖や漁業生産において重要魚種であるが資源生態学的には次の2つの大きな問題がある。

(1)資源構造の問題。本種は移動性が小さく各地に固有の系統群が存在すると考えられるが、イカナゴとは外見では区別がつかないが別種とされるキタイカナゴ *A. hexapterus* がイカナゴと北海道北部海域で混在している。またイカナゴには仙台湾を分布の重複域として南北に分かれる2つのグループが存在するとされている。しかし日本周辺全体の資源構造は明らかになっていない。

(2)資源変動の問題。イカナゴの漁獲量の経年変動は不規則で小刻みな変動を示し資源量としても変動性が大きいと考えられる。近年の漁獲量の減少と合わせて資源の有効利用のために資源の変動問題を解明することが課題となっている。

本論文は以上の2つの問題を中心に行った日本産イカナゴについての資源生態学的研究を、取りまとめたものである。なお本論文で資源構造と関連して用いた術語の定義を示す。

種 . . . . . 系統分類上の用語。別の種とは交雑し得ない。

亜種 . . . . . 系統分類上種の下の階層を示す用語。種の中で地理的に生息場所が異なり、自然環境下では他の亜種と交雑する可能性は小さい。

グループ (group)

. . . . . 本論文で用いた用語。体節的形質の差が大きく固定的で、遺伝的にも、生活史の内容の上でも区別されるまとまり。階層的には次の系統群よりは上位に位置する。

系統群・・・水産学上の用語。相対的に異なる固有の分布水域(環境)を持ち、環境の悪化に対して危険を分散する種の具体的な存在様式であり、固有の生活史と数量変動様式を持つ。生態学の個体群と類義だが、漁獲対象であることが要件である。

## 第一章 研究史の概略

2大問題である資源の構造と変動に関連してイカナゴの研究史の概略を述べた。多くの研究があるが、資源構造解明の指標としては体節的形質である脊椎骨数と電気泳動的手法によるアイソザイムを用いて、形態学的、集団遺伝学的研究が行われてきた。しかし資源生態学的な立場からの包括的な研究は行われてこなかった。また本州日本海側については研究がなく、日本周辺の全体像は明らかにされ

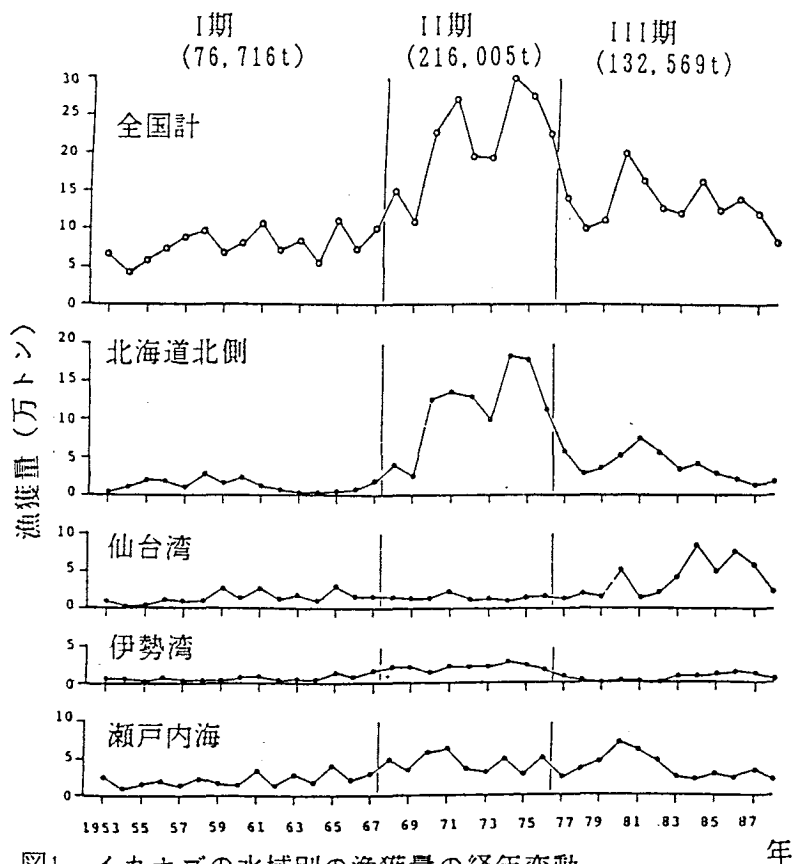


図1 イカナゴの水域別の漁獲量の経年変動  
括弧内は各期の年平均漁獲量を示す。

ていない状況である。資源変動に関しては、単純に漁獲量の変動を解析したものや、単に統計解析的手法で研究された報告が目立つ。海外のイカナゴ研究は形態学的な分類問題を取り扱ったものがほとんどである。

## 第二章 漁獲量の推移

水域別の漁獲量の経年変動をみると(図1)、変動傾向によって次の3つの時期に分けられる。

I 期(1953~'67年)  
資源としては未利用な部分を残していた。

II 期(1968~'76年)  
本格化した養殖漁業や栽培漁業の餌料としてイカナゴの需要が高まり、漁業は発展して多獲時代となった。北海道北側の漁獲量が多く、全国の動向を左右した。仙台湾においては増えていない。

III期(1977~'88年)  
前期の多獲が原因

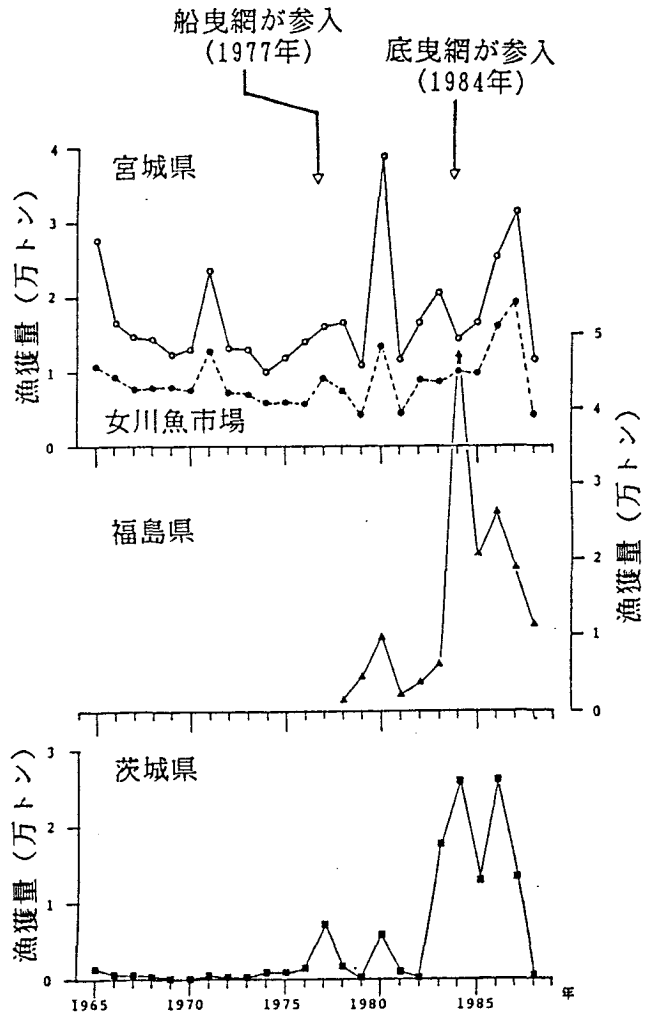


図2 仙台湾周辺三県および宮城県女川魚市場におけるイカナゴの漁獲量

と思われる漁獲量の低下傾向が見られた。仙台湾においては漁業が発展して漁獲量が増大し全国の漁獲量の動向を左右した。

さらに第六章で問題とする仙台湾周辺3県の漁獲量変動をみると(図2)、以下の3期に分けられた。

- S I期(1976年以前) 抄網、ランプ網のみによる操業時期
- S II期(1977~'83年) 船曳網の参入後、底曳網が操業するまでの時期
- S III期(1984年以降) 底曳網が参入して以降

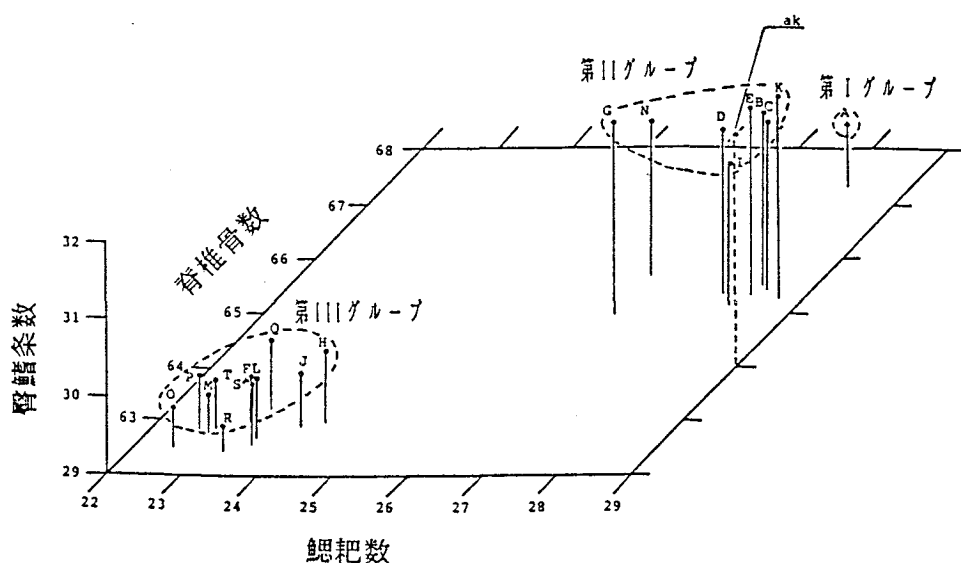


図3 日本各地のイカナゴ試料の平均脊椎骨数、平均鰓耙数、および平均鰓耙条数との関係。図中のコードは以下に示す。

- A: 稚内(1979年7月採集)、B: 稚内(1979年9月採集)、C: 入舸、
- D: 余別、E: 余市、F: 女川、G: 泊浜、H: 金華山、I: 佐渡、
- J: 仙台湾(63-VC Group)、K: 仙台湾(65-VC Group)、L: 小名浜、
- M: 鳥取(幼魚 63-VC Group)、N: 鳥取(幼魚 65-VC Group)、
- O: 鳥取(成魚)、P: 伊勢湾、Q: 淡路島、R: 備讃瀬戸、S: 山口光、
- T: 唐津、ak: 秋田男鹿

仙台湾と鳥取には脊椎骨数のモードの位置で代表される2つのグループが存在する。秋田男鹿(ak)については1個体の結果で示した。

### 第三章 日本沿岸における資源構造

1977～'83年に日本各地からイカナゴ試料を集め、脊椎骨数を含む5つの体節的形質を計数した。さらに資源生態学的観点から生活史の内容として成長（寿命も含む）と産卵数についても調べた。また体側筋の $\alpha$ -GPDHアイソザイムを調べた。体節的形質のうち差異の大きな臀鰭軟条数、脊椎骨数および鰓耙数の各平均値の関係を図3に示した。体節的形質の計数値の判別関数分析によって求めた標本間相互のマハラノビスの距離を用いて枝別れ図を作成した(図4)。これらから日本周辺のイカナゴは3つのグループ(第I、II、III)に大別された。第Iグループはキタイカナゴ、第II、IIIグループはイカナゴの種内グループで、第I、IIグループは北海道北部海域で、第II、IIIグループは仙台湾で分布が重複していることを再確認すると共に、日本海側では鳥取県沿岸でイカナゴの2つのグループが重複していることを見出した。3つのグループのイカナゴの成長と産卵数はそれぞれ図5、図6のようになった。 $\alpha$ -GPDHアイソザイムの分析結果も含めてまとめると

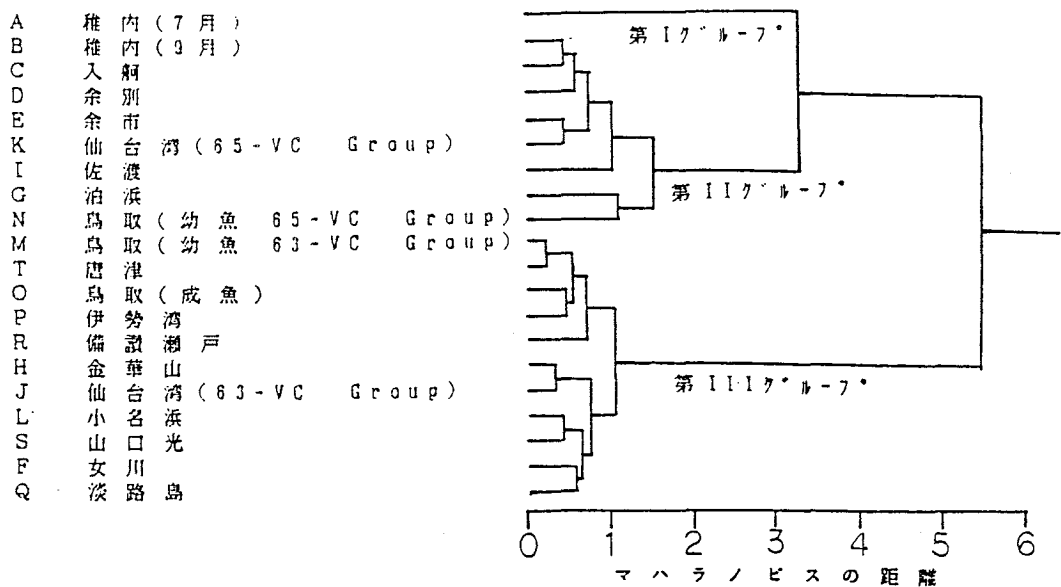


図4 イカナゴ試料の体節的形質の判別関数分析による枝別れ図

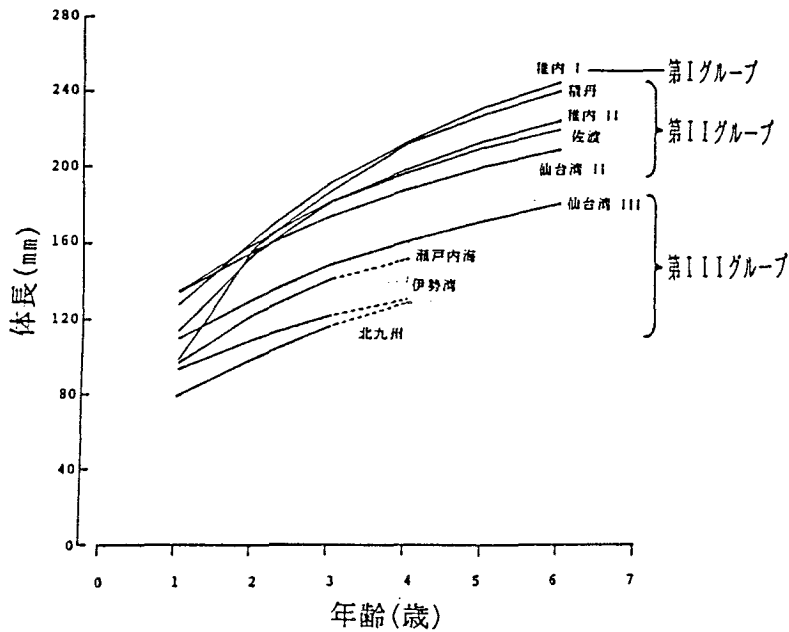


図5 各地のイカナゴの成長曲線

表1のようになる。  
 表1の大部分の項目について第I、II、IIIの順に不連続的であつ傾向的な変異があることが分かる。これらの結果と従来の知見からイカナゴ類は種分化の過程にあって、キタイカナ

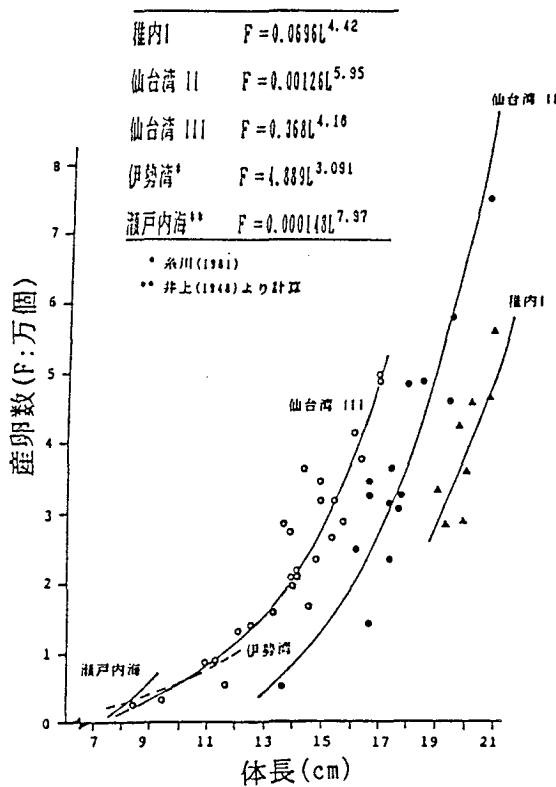


図6 各地のイカナゴの体長と産卵数の関係

ゴとイカナゴは亜種化は完了して種に分化したばかりの段階と言える。3つのイカナゴ類グループは生活史の内容から第Iより第IIIに向かうにつれて種族維持的な生活史を選択してきたものと言える。

イカナゴ類は3つに大別されるが各地に固有の系統群が存在すると想定される。

#### 第四章 分化と現在の分布の成り立ち

イカナゴ類3つのグループの分化と現在の分布の成立について推論した。分化はまず約7万2千年前のウルム氷期の始まりの頃、冷水種で日本より北に生息すると考えられたキタイカナゴ・イカナゴの祖先型が寒冷化のために南

表1 日本産イカナゴの資源構造 まとめ

| グループ                            |      | I                         | II                   | III             |                    |
|---------------------------------|------|---------------------------|----------------------|-----------------|--------------------|
| 形                               | 体    | 胸鰭条数                      | 15                   | 14, 15          | 14                 |
|                                 | 節    | 背鰭条数                      | 57                   | 57, 58          | 55, 56             |
|                                 | 的    | 臀鰭条数                      | 30                   | 31, 32          | 30, 31             |
|                                 | 形    | 脊椎骨数                      | 67                   | 65, 66          | 63                 |
|                                 | 質    | 鰓耙数                       | 28                   | 27~29           | 22~24              |
| 生活史の内容                          | 成長   | 成長速度(k)                   | 0.257                | 0.199~0.383     | 0.167~0.406        |
|                                 | 長    | 体の大きさ                     | 大きい                  | 中間              | 小さい                |
|                                 | 寿命   |                           | 6年                   | 6年              | 2, 3年または5, 6年      |
|                                 | 産卵数* |                           | 少ない                  | 中間              | 多い                 |
|                                 | 分布域  |                           | 北海道北部・オホーツク海以北の寒流域沿岸 | 北海道以南～仙台湾・鳥取県沿岸 | 仙台湾以南～鳥取県沿岸以西～九州沿岸 |
| 生活史の選択                          |      | 個体維持的 > . . . . . > 種族維持的 |                      |                 |                    |
| 7イザム                            |      |                           |                      |                 |                    |
| $\alpha$ -Gpdh <sup>S</sup> の頻度 |      | 0                         | 0.6                  | 0.9以上           |                    |

\*同一体長で計算上。

下し、この南下群がイカナゴに、北のものがキタイカナゴ（第Iグループ）に分かれ、1万年前までにはほぼ分化を完了したと考えられる。次に1万～6千年前に氷河期の後の温暖化の時期（縄文海進）に海水温が上昇し、黒潮の流路に当たる海域のイカナゴが第IIIグループに、それより北は第IIグループに分化した。分化の要因は氷河期やその後の温暖化といった気候的要因による地理的隔離によると判断した。

## 第五章 発育段階と生活年周期

仙台湾系統群について発育段階と生活年周期を記載した。

発育段階は卵期－子魚期前期－子魚期後期－稚魚期－幼魚期－未成魚期－成魚期に区分される。このなかで重要なのは孵化後数ヶ月の稚魚期に漁獲対象となること、1年後には成魚となって産卵に参加するものが出現することである。生活年周期は12～1月が産卵期、2～7月が摂餌期、8～11月が夏眠期と区分される。夏眠期はイカナゴ特有の時期で、個体を維持し次の産卵期のための産卵親魚としての生き残りを保障する適応的な時期と考えられる。



## 第六章 資源変動の解析、～資源の有効利用をめざして～

宮城県女川魚市場の統計資料を用いて、仙台湾系統群の資源変動の問題を解析した。解析の結果3年ごとに卓越年級群を発生させる機構—卓越群が3歳になって産出する良質の卵による—があることが判った。しかしイカナゴ漁業の発達(第二章のSI～SIII期)に伴い資源への漁獲圧力が增大していると考えられる。漁業の発達の時期ごとの再生産関係(図7)を検討した結果、近年の親潮第一分枝の強勢に伴ってイカナゴに対する環境の収容力は大きくなっていると考えられるが、強い漁獲によって再生産関係が悪化していると推定された。漁業の圧力が強まると資源自体の個体数変動機構が改変されて、産卵数を増やす、産卵への満1歳魚の参加を増やすなど、生活史の選択は現在伊勢湾や、瀬戸内海のイカナゴ資源がとっている方向に向かっている。資源の有効利用のためにはイカナゴ資源の個体数変動のメカニズムを基礎にして漁業の状況等を考慮して方策をたてる必要がある。

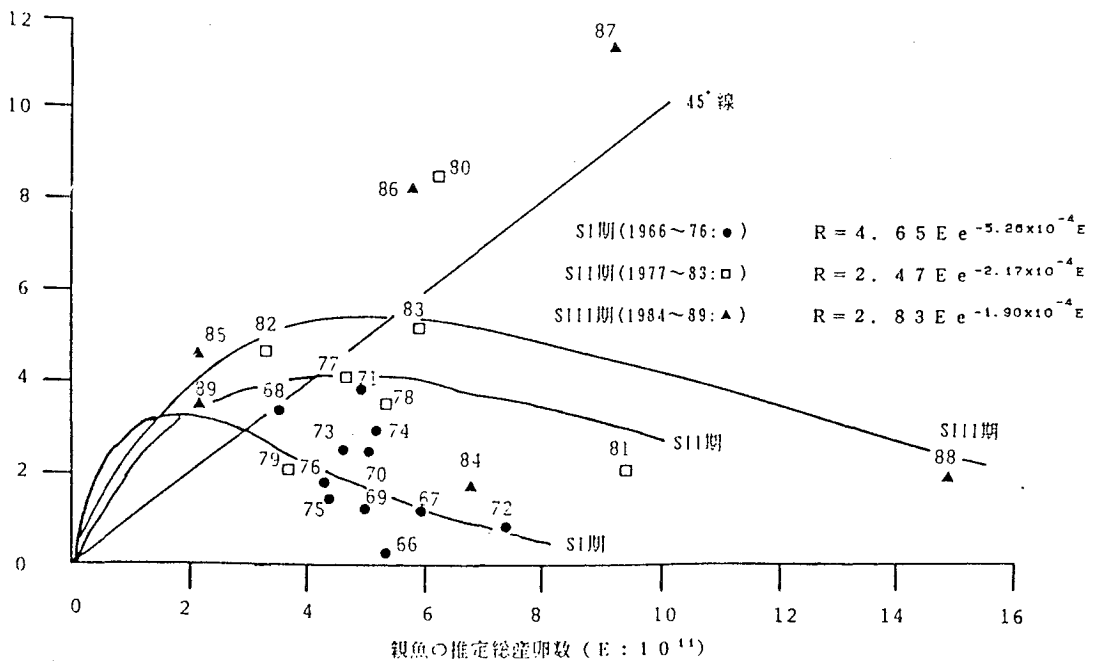


図7 宮城県牡鹿半島周辺海域のイカナゴ資源の再生産関係の推定数字は西暦1900年代の年を示す。

## 審査結果の要旨

本研究は、日本産イカナゴについて日本全体の資源構造を解明すること、また資源変動の要因を解析し、資源の有効利用の基本点を検討することを目的としている。

資源構造については、日本各地沿岸より採集されたイカナゴについて、体節的形質の計数、成長、産卵数、分布等の生活史の諸側面の調査、体側筋のアイソザイム検出など多面的包括的に解明を試みている。その結果、従来明らかにされてきたキタイカナゴとイカナゴの2つの種内グループの関係が詳細に解明されている。また、イカナゴの2グループが日本海側では鳥取県沿岸が分布の重複域であることを含め、分布の全体像が初めて解明された。

資源の変動要因の解析は、仙台湾のイカナゴ資源について行われている。その結果、本種の資源は3年周期の卓越群発生機構をもつ生活史を選択してきたこと、それが最近イカナゴ漁業の発達に伴う漁獲圧力の増大で、成魚の漁獲比率の増加、資源の減少傾向が現れる中で、資源を復元させてきたこと、が明らかになった。また産卵数の増加、初産年齢の低下の方向で個体数変動機構の変化が生じていることが示された。その上立って、資源の有効利用については、上記の個体数変動機構を考慮して資源の回復を目指す必要性を指摘している。

イカナゴの日本における資源構造の全体像を明らかにした研究は従来みられず、本研究はこれを解明したものである。特に手法的にはこれまでは体節的形質、或はアイソザイムのみが扱われてきたのであるが、それらを含めさらに生活史の選択という面からも解明していることが特筆される。資源変動の解析については、従来の研究が漁獲量の単純な解析や、単に統計解析手法による研究であったのに比べ、この研究ではイカナゴ自身の生活史に裏づけられた個体数変動機構によって資源の変動が起こっていることが明らかにされた。さらに、漁業と資源の係わりあいの中で、漁業の圧力の増大に対応して、イカナゴ資源が個体数変動機構を変えていくことが示されたことは、今後の資源の有効利用の方策を考える上で重要であるといえる。

以上の点から、農学博士の学位を授与するに値する研究であると判断した。