

くいのですが。(関口, 三重大産)

答: MILLER の図は種間関係の問題がぬけている例で、このような energy flow として数字的にきれいな恰好になっている裏にはそういう問題が全部消去されています。指摘されたとおり、そこが問題点だと思います。

質問: サロマ湖におけるホタテガイの生産を物質収支、

流転図で説明されましたが、その場合の計算のスタートである POM には動・植物プランクトンの現存量は含まれているでしょうね。(辻田, 東海大海洋)

答: 含まれています。また基礎生産量も全部入っています。

2-1. 海産硬骨魚類の生活史の選択と生物群集内での生態的地位

——漁業資源の生産力評価の基礎——

川崎 健 (東北大学農学部)

まえがき

漁業資源の生産力評価は種々の方法で行われているが (GULLAND, 1971), そのもっとも典型的なものは、RYTHER (1969) によるものであろう。RYTHER は世界の海を open ocean, coastal zone, upwelling areas の3つのカテゴリーに分け、各カテゴリーにおける1次生産力、栄養段階の数および生態効率を設定し、これらをかけ合わせて魚類生産量を推定した。この方法は一時わが国でも大いにもてはやされ、いろいろと計算も行われたようである。

この方法は海洋全体の生産力を大ざっぱに概念的に評価する目的のためには一定の有効性を持っているが、他面さまざまな欠点を持っている。その1つは、生物生産をすべて各栄養段階における物質(エネルギー)の量に還元し、物質(エネルギー)の流れとしてとらえていることである。この考え方は、E.P. ODUM 流の生態系生態学 (ecosystem ecology) の系列に属するものであるが^{*}、このなかで決定的に欠落しているのは、個体数変動の概念である。すなわち、具体的な生物生産はそれぞれの種が担っているのであり、それぞれの種は固有の個体数変動様式を持っている。漁業資源の生産力というのは、このような変動する種の総体である、という観点である。RYTHER の方法論では、変動するものとしての現実的な生産力をとらえることはできない。

第2の問題点は、食物連鎖の2つの基本型 (E.P. ODUM, 1971) の片方が見落されていることである。すなわち、RYTHER が問題にしているのは green plant にはじまり、herbivore, carnivore とつづく grazing food

chain であって、生物遺体から微生物, detritivore さらにそれらの捕食者へとつづく detritus food chain は見落されている。

筆者はこの報告のなかで、それぞれの魚種の個体数変動様式を規定する生態学的基礎について考察したいと思う。すなわち、個体数変動様式を規定する生活史の選択と、固有の生活史を持つ各魚種が生物群集内で占める生態的地位を、海産硬骨魚類について考察する。

生活史の選択

生物の個体数変動様式は、種が生残っていくために選択した環境への適応様式である。種が絶滅しないで生残っていくためには、世代から世代へと引き継ぐ物質とエネルギーを最大にする必要があり、そのための戦略が個体数変動様式である。一般的に海産硬骨魚類においては、卵から幼魚にいたる発育初期において生存率の変動が大きく、未成魚になると安定してくる。すなわち、年級の大きさは発育初期に決まるのである。このように加入量の変動様式が資源の変動様式を基本的に規定するのであるが、この変動様式はその魚種が進化の過程で選択した生活様式にもとづく適応様式である。

生物環境としての海洋は、その特性から大きく2つに分けられる。1つは変動が大きく不規則な環境である。このような環境は水平的には亜寒帯・温帯域、鉛直的には表層であって、種間関係がゆるやかで、加入量は大きく変動する。このような魚種の典型をタイプⅠという。もう1つは、変動が小さく規則的な環境である。このような環境は水平的には亜熱帯・熱帯域、鉛直的には中層・底層であって、種間関係はきびしく、加入量の変動が小さい。このような魚種の典型をタイプⅡという。変動の大きな水域の環境成分は、年を単位とするような小刻み

* 生態系生態学の問題点については、川崎 (1977) を参照。

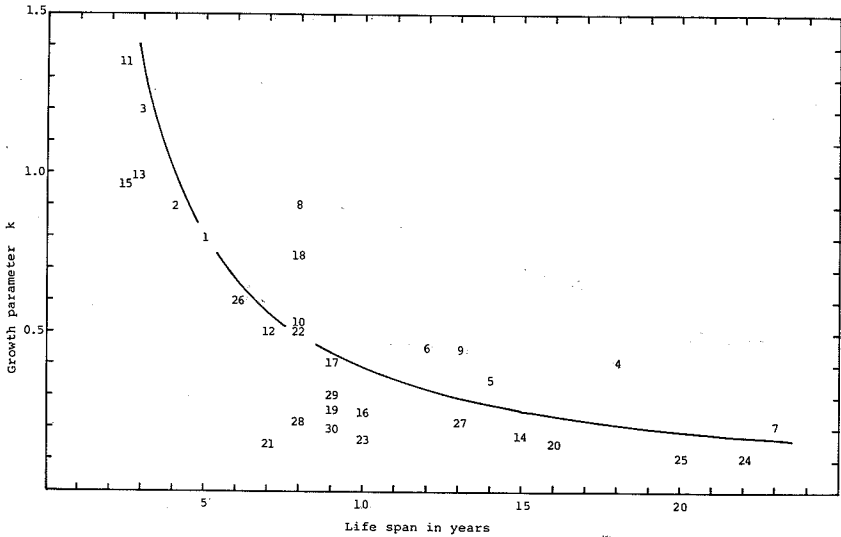


図1. k と寿命との関係, 数字は魚種番号(第1表). 曲線は任意に描いた双曲線(KAWASAKI, 1980)

な変動と、数十年ないし百数十年間隔の大きな周期的変動に分けられる。これに対応してタイプIは、それぞれの環境変動に対応した生活史を選択したサブタイプIAとIBに分けられる。

それぞれの種がどのような生活史を選択するかの問題は、外界から取入れる生活資料を生殖活動(種族維持)により多く配分するか、体組織の維持と増大(個体維持)により多く配分するかの問題である。3つのタイプはextreme typeで、完全なIA, IB, IIは現実には存在しない。

IAはタイプIの基本型であり、からだ小さく、寿命が短く、早く成熟し、内的自然増加率 r^* が大きい。環境の急激な変化に伴う生態的地位のめまぐるしい拡大・縮小に細かく対応できるように、世代の交代を早くして、物質をより多く再生産の方に注ぎこむ。IAに近い座を占める種として、イカナゴ、サンマをあげることができる。

これにたいして、方向性のある継続的な環境変化に伴う継続的な生態的地位の拡大に対応するためには、個体数の継続的な蓄積が必要であり、そのためには大きな年級が年々蓄積され、その結果形成された大きな資源が、さらに大きな年級を産み出す必要がある。したがって、この型の生活史では長い寿命が必要となる。しかし、再生産へのエネルギーの注入と長命すなわち個体維持へのエネルギーの注入とは矛盾である。この矛盾を解決する

方策として選択されたのが、生涯の早い時期に大部分の生長を終了し、すなわちBERTALANFFYの生長式の k を大きくし、また早い時期に再生産を開始し、できるだけ再生産の方へエネルギーを注入するという生活史である。このIB型に近い座を占めるのは、マイワシおよびニシンである。

ところで k は時間の逆数のdimensionを持っているので、生長について種間または系統群間で比較する場合、 k と世代時間 T^* との積について比較する必要がある。30の種と系統群について、 k と寿命(T の代りに用いた)との関係を図1に示すが、 $k \times$ 寿命の値は平均として一定で、 k と寿命との関係は双曲線となる。図に明らかのように、マイワシ属とニシン属のものはすべてこの双曲線より上方に離れて位置し、同程度の寿命の他種と較べて高い k を示している。

タイプIIは、からだ大きく、寿命が長く、ゆっくりと成熟し、 r が小さく、より多くの物質を体組織の維持と生長に注ぎこむ。タイプIIに近い座を占める魚類として、カツオ・マグロ類、異体類をあげることができる。タイプIとタイプIIの重要な違いは、雌1個体当たりの産卵数が前者で 10^3 - 10^4 のオーダーであるのに対して、後者の場合には 10^5 - 10^7 とひじょうに多いことである。これは r に関連する問題である。

$$r \approx \ln(\Sigma l_{ax})/T$$

* logistic 式 $dN/dt = rN(K-N)/K$ の r

* 成魚の平均年齢を考えればよい。

表 1. 図 1 に示した魚種番号に対応する魚種 (系統群) 名 (KAWASAKI, 1980)

Order	Family	Species	
		Number	Name
Clupeiformes	Clupeidae	1	<i>Sprattus sprattus</i> (North Sea)
		2	<i>Sprattus sprattus</i> (Brittany)
		3	<i>Sprattus sprattus</i> (Spain)
		4	<i>Clupea pallasi</i> (Hokkaido-Sakhalin)
		5	<i>Clupea pallasi</i> (Okhotsk)
		6	<i>Clupea pallasi</i> (British Columbia)
		7	<i>Clupea harengus</i> (Atlanto-Scandian)
		8	<i>Sardinops melanosticta</i>
		9	<i>Sardinops caerulea</i>
		10	<i>Clupanodon punctatus</i>
		11	<i>Engraulis japonica</i>
		12	<i>Engraulis mordax</i>
		13	<i>Engraulis encrasicolus</i>
Anguilliformes	Muraenesocidae	14	<i>Muraenesox sinereus</i>
Atheriniformes	Scombresocidae	15	<i>Cololabis saira</i>
Gadiformes	Gadidae	16	<i>Theragra chalcogramma</i>
Perciformes	Sillaginidae	17	<i>Sillago sihama</i>
	Carangidae	18	<i>Trachurus japonicus</i>
		19	<i>Seriola quinqueradiata</i>
		20	<i>Pagrus major</i>
		21	<i>Argyrosomus argentatus</i>
		22	<i>Pneumatophorus japonicus</i>
		23	<i>Thunnus alalunga</i>
		24	<i>Thunnus thynnus</i>
		25	<i>Thunnus maccoyi</i>
		26	<i>Katsuwonus pelamis</i>
Scorpaeniformes	Scorpaenidae	27	<i>Sebastes thompsoni</i>
Pleuronectiformes	Pleuronectidae	28	<i>Eopsetta grigorjewi</i>
		29	<i>Cleisthenes pinetorum</i>
		30	<i>Microstomus achne</i>

と表すことができる。ここで L_x は 0 歳のものが x 歳まで生残る確率, m_x は $x-0.5$ と $x+0.5$ の年齢区間において、平均的な雌が産む雌の卵の数, T は世代時間すなわち母親の平均年齢である。タイプ II は高齢初産であるから、有効な m_x を実現する L_x は小さく, T は大きい。したがって r はひじょうに小さくなる傾向にあり, r を小さくしないためには m_x を大きくしなければならぬ。これがタイプ II で m_x が大きい, すなわち産卵数がひじょうに多い, 意味である。

タイプ II は, m_x を大きくするために, 2 つの系列を選択した。1 つは回遊性の大きな表層・中層魚にみられる系列で, からだを大きくし, GSI* はむしろ小さくしていく系列である。からだを大きくするというには, 2 つの利点がある。1 つは, きびしい種間競争において競争者に打勝ちあるいは捕食されにくくするため

あり, もう 1 つは, 産卵数を増加させるためである。この後者は, 卵サイズを大きくしないことによって達成される。筆者 (川崎, 1978) が指摘したように, ほとんどの海産硬骨魚類の卵径は, 0.6-1.6 mm の範囲にある。最大体長 50 cm 以下の種のなかには 1.6 mm 以上の卵を産むものがいくらかあるが, 50 cm 以上の大型の種では, 大きな卵を産むものはほとんどいない。

このような生活史の選択の系列は図 2 のマイワシ (*Sardinops melanosticta*)・ニシン (*Clupea pallasii*) か

* 魚の成熟度を表すのに, 通常生殖腺重量を体長の 3 乗でわる GI (gonad index) が用いられる。しかし私は GSI (gonosomatic index, 生殖腺重量の体重に占める%) の方が, 体内における物質の配分をみるという意味において, 生物学的にはより意味がある, と考えている。

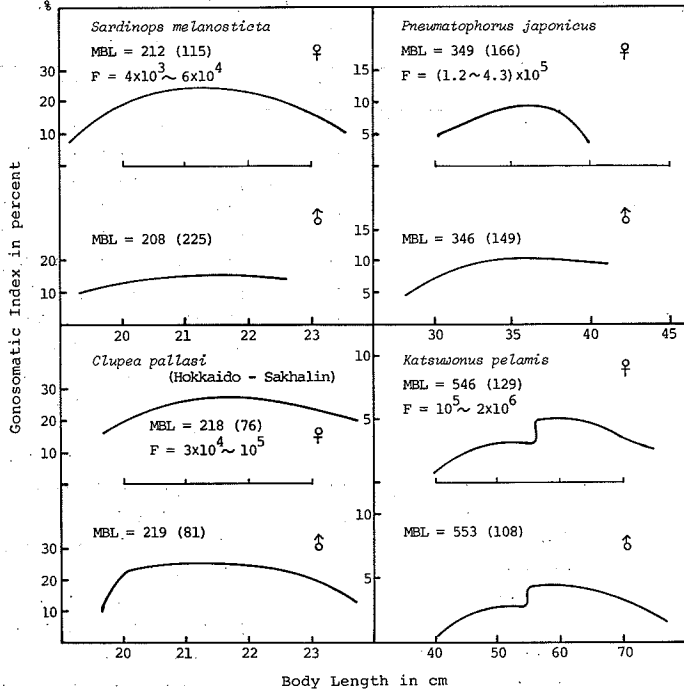


図2. 体長にたいする最大 GSI の曲線
MBL; 平均体長 (mm), 括弧内は個体数. F: 抱卵数 (KAWASAKI, 1980)

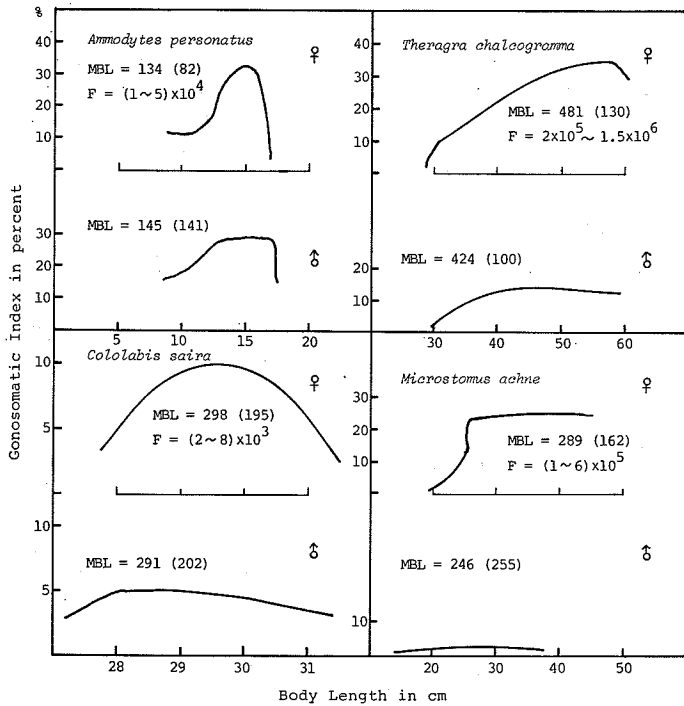


図3. 体長にたいする最大 GSI の曲線, 説明は図2を参照 (KAWASAKI, 1980)

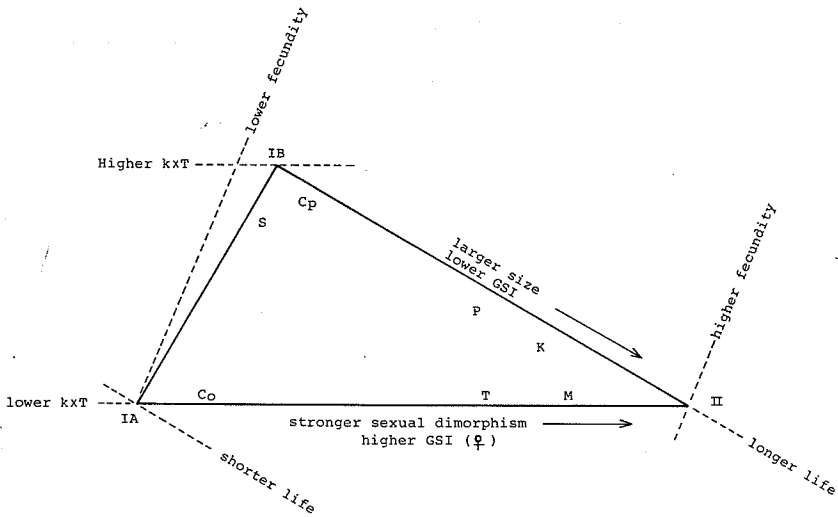


図4. 3つのタイプ間の相互関係を示す三角形, 三角形内の記号はそれぞれの種の占める位置
 Co: サンマ, Cp: ニシン, K: カツオ, M: ババガレイ, P: マサバ, S: マイワシ,
 T: スケトウダラ
 (KAWASAKI, 1980)

マサバ (*Pneumatophorus japonicus*) を経て, カツオ (*Katsuwonus pelamis*) に向かう系列* である。すなわちこの系列においては, 最大 GSI は大型の種になるほど小さくなるが, 生殖腺の重量そのものは大きくなる。このことは, 個体維持の方向に振り向ける体物質の割合を小さくしながら, 産卵数を増加させていることになる。

このような系列は, サブタイプ IB からタイプ II に向かう方向線上にあるが, この系列に属する魚種の特徴は, 雌雄差が小さいことである。すなわち, 生長, 寿命, GSI のどれをとっても雌雄差が小さい。これは1つには, 遊泳能力をふくむ雌雄の生活様式に差があると, 雌雄いっしょに大きな回遊を行うことができないからであり, もう1つには, 受精効率が低いため雄の生殖質も多量に必要だからである。

m_x を大きくするためのもう1つの生活史の選択の系列は, 回遊性の小さな底層魚・底生魚に向かう系列で, サブタイプ IA からタイプ I からタイプ II へ向かって雌雄差が大きくなっていく。すなわち, 雌は雄に較べて生長がよく, 寿命が長く, GSI が大きくなる。これはサンマ (*Cololabis saira*) やイカナゴ (*Ammodytes personatus*) からタラ類を経て, 異体類に向かう系列である。図3にこの系列の魚種の最大 GSI の体長にたいする関係を示

したが, スケトウダラ (*Theragra chalcogramma*) では雄は雌に較べて体長も GSI もかなり小さく, ババガレイ (*Microstomus achne*) になると, 雌の GSI は25%ぐらいあるのに, 雄のそれはわずか数%であることがわかる。

このように, ある種が外界からきびしい種間競争の結果獲得した物質やエネルギーのうち, できるだけ多くの割合を雌に配分して, 雄に較べて雌のからだをできるだけ大きくし, できるだけ寿命を長くして, 総産卵数を増やしていくのである。底層魚・底生魚では移動性が小さく, 生殖期以外には必ずしも同じ生活様式をとる必要がなく, 雌雄は生殖期に合流すればよい。またババガレイで佐藤 (1960) が観察したように, 雄は雌の腹部を巻くようにして生殖行動を行うので, 精子の授精効率がよく, 比較的少量の生殖物質で, 多量の卵を受精させることができる。これらのことが, 雌雄差が大きいことの意味である。

IA, IB および II の3者の関係は, 三角形で表現できる (図4)。それぞれの種または系統群は, この三角形の内部のどこかに位置し, また資源の状態に対応して位置が移動するのであるが, その位置は, 寿命と産卵数と生長速度によって規定される。各タイプの生活史の特徴は, 表2のようにまとめられる。

固有の生態学的基礎を持つ個体数変動様式にもとづく, 各魚種の所与の時点における個体数は, その時点における生態的地位によって規定される。すなわち, (1)ど

* この系列は, 必ずしも系統発生すなわち進化の方向を示すものではない。それぞれの種はそれぞれに進化したのであるが, 選択された生活史を整理すると, 一つの方向性のある系列を示すことになる。

表2. 海産硬骨魚類の生活史の3つのタイプの特徴

	タイプ I		タイプ II
	サブタイプ I A	サブタイプ I B	
環 境	不規則変動	変動し予測できない 大きな周期的変動	安定し予測できる
加 入 量	不規則変動	変動する 大きな周期的変動	安定している
生活資料の配分	再 生 産	再 生 産	生長と維持
寿 命	短 い	長 い	長 い
生 長	$k \times T$ $L \infty$	高 い 小さくない	低 い 大 きい
再 生 産 最初の成熟齢	低 い	高 い	高 い
産 卵 数	ひじょうに低い 少 ない	かなり低い 少なくない	多 い
γ	高 い	低 い	低 い
初 期 の 生 残 り	変 動 す る	変 動 す る	安 定 し て い る
栄 養 段 階	低 い	高 い	高 い
各タイプに近い種	サンマ, イカナゴ	マイワシ, ニシン	マグロ類, 異体類

のような生態的地位を占めているのか、(2)その生態的地位が拡大しているのか、縮小しているのか、ということによって規定される。

生態的地位

「まえがき」で述べたように、海洋における食物連鎖には2つの基本型がある。IBP仙台湾グループは、grazing food chain 系列の群集としてブリを terminal species とする表層魚群集をとりあげ、detritus food chain 系列の群集としてマコガレイを terminal species とする底生魚群集をとりあげた。

OKATA (1977) によると、表層魚群集の構成員は絶えず入れかわっているが、コペポータ—カタクチワシ—ブリという主要な食物連鎖は常にみられている。1つの生産構造においては、各種は发育段階に対応して1つのはっきりした生態的地位を獲得し、1つの群集において複数の種が同じ生態的地位を占めることはほとんどない。大森 (1979) によると、底生魚群集においては表層魚群集とは対照的に、埋在性動物捕食種* の生態的地位は生息域によって変化する。

筆者は仙台湾の表層魚群集の biomass の指標として、福島県の小型定置網の1カ統当たり漁獲量を用いて、

1966年 - 1977年についてその経年変動をみた(図5)。図にみられるように変動はひじょうに大きく、しかも biomass は近年ひじょうに大きくなっている。1970年代に入ってから、plankton feeder であるマイワシ、ガタクチワシ、マサバとくに phytoplankton feeder であるマイワシの biomass の増大が目覚しく、この3種を除くと、表層魚群集の biomass は相対的に安定している。

他方、底生魚群集の biomass の指標としての小型底びき網船の1隻当たり漁獲量の経年変動をみると、表層魚の場合と較べてかなり安定している(図5)。これは、表層魚群集がタイプ I の群集であるのにたいして、底生魚群集がタイプ II の群集であるためである。

仙台湾の底生魚は、すべて肉食性か底生無脊椎動物食性で(表3)、捕食対象種の生態的特性に対応して生態的地位をずらし、また同じ種が生息域に応じて地位を変えるなど細かい食い分けが行われており(大森, 1979)、環境を効率的に無駄なく利用している。海底上あるいは海

* 底生魚は捕食対象生物と生活型によって食い分けており、遊泳性動物捕食種、表在性動物捕食種、埋在性動物捕食種の3つの類型に分けられる(TYLER, 1972; 大森 1975)。

底近くにいろいろな種が水平的に入りまじって分布し、種間関係がきびしく、各種の個体数変動は小さい。また、同一の食性型(生態的地位)に属している種間は拮抗関係にあるから、群集全体のbiomassの変動はより小さい。結局のところこれは、海底という変動性の小さな安定した平面的環境に由来する。

これにたいして表層魚は、魚食性ないし動物プランクトン食性が大部分であり、植物プランクトンを利用するものは、部分的に食べるカタクチイワシ、大きく依存するマイワシ、および主として食べるコノシロの3種である(表3)。このように植物プランクトン食という生態的地位を占めるものは、表層魚群集において少ない。

一般に植物食性の魚は硬骨魚類全体に少なく、とくに植物プランクトン食のものは少ないが、これは魚類が高度に動物食性の祖先に由来するからだとされている(HIATT and STRASBURG, 1960)。表4はHYATT(1979)が温帯から熱帯にかけての海洋および淡水の6水域における魚類の食性についての諸研究を整理したものであるが、これにみるように植物食のものは全体に少ない。とくに熱帯の海洋域では、植物プランクトン食のものは皆無である。一般に熱帯水域では高緯度水域と較べて魚種数が多いが、それぞれの種に属する個体数は少なく、各魚種はそれぞれ食性の特殊化の程度が高く、見事に適応放散している(HIATT and STRASBURG, 1960)。それにもかかわらず、海洋にもっとも豊富に存在する植物プランクトンを直接利用するものがないということは、硬骨魚類という動物群がいまだに適応放散の過程にあり、植物の直接利用には、まだ十分に適応していないことを示している。

底魚群集は、すでに述べたように環境を十分効率的に利用し、高度に適応放散し、その生産系(detritus food chain)は十分に安定していると考えられる。この意味でこれを advanced community ということができる。他方表層魚群集は、生産性は高いが環境を十分効率的には利用しておらず、その生産系(grazing food chain)は十分に安定していない。この意味でこれを developing

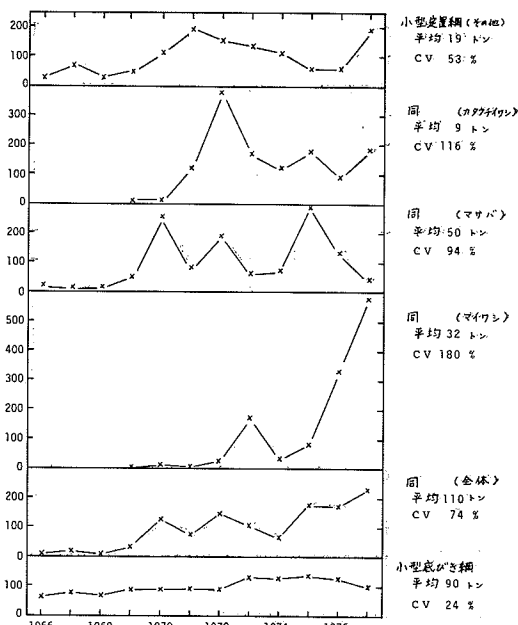


図5. 福島県の小型底びき網の1隻当たり漁獲量および小型定置網の1カ統当たり漁獲量の経年変動、1966年~1977年の平均値を100とした場合の相対値で示す。

表3. 仙台湾における底生魚および表層魚の食性

底生魚(大森, 1978)

遊泳性動物*1 捕食種……ソウハチ, ヒラメ, キアンコウ, トウベツカジカ

表在性動物*2 捕食種……クサウオ, ムシガレイ, カナガシラ, ホシガレイ, カワガレイ

埋在性動物*3 捕食種……アカハゼ, イシガレイ, マガレイ, マコガレイ, アカシタビラメ, メイタガレイ

*1 イカナゴ, カタクチイワシ, アカハゼ, オキアミ類, ギンボ, クサウオ幼魚, 異体類幼魚

*2 テナガテッポウエビ, キシエビ, エビジャコ, ソコシラエビ, イボイチョウガニ

*3 多毛類, ラスパンマメガニ, イソキンチャク類, 端脚類, 二枚貝

表層魚

魚食性……クロマグロ, シイラ, ブリ, ヒラマサ, カンパチ, スズキ

魚+動物プランクトン食性……マアジ, サクラマス

動物プランクトン+魚食性……マサバ, シロザケ

動物プランクトン食性……ウルメイワシ, ニシン, アユ, サンマ, サヨリ, キス, イカナゴ

動物プランクトン+植物プランクトン食性……カタクチイワシ

植物プランクトン+動物プランクトン食性……マイワシ

植物プランクトン食性……コノシロ

表4. 食性にもとづく温帯および熱帯生態系の重類の分類 (HYATT, 1977)

Food category ^a	Ecosystem											
	North temperate				Subtemperate Estuarine, Lake Pontchartrain	Tropical freshwater				Tropical marine Marshall Island coral reefs		
	Freshwater, Canada		Marine Gulf of Maine			South America, Lake Redondo, Amazon		Africa, Lake Victoria				
	%	N	%	N	%	N	%	N	%	N		
Herbivores												
Phytoplankton	0.9	2	0.7	1	5.4	2	2.4	1	2.0	2	0	
Benthic diatoms	3.2	7	0.0				4.8	2			1.5	3
Filamentous algae	4.5	10	0.0		5.4	2	7.1	3	12.0	12	16.0	33
Vascular plants and thallose algae	0.9	2	0.0				7.1	3			8.7	18
Detritivores	1.4	3	0.7	1	18.9	7	9.5	4	— ^b		3.9	8
Carnivores												
Zooplankton	18.5	41	16.9	25	5.4	2	4.8	2	1.0	1	6.3	13
Benthic invertebrates	43.2	96	41.2	61	35.1	13	19.0	8	34.0	34	54.9	113
Terrestrial insects	2.7	6	0		0		4.8	2	0		0	
Fish	18.0	40	39.2	58	21.6	8	11.9	5	41.0	41	— ^c	
Omnivores	6.8	15	2.0	3	8.1	3	28.6	12	10.0	10	8.9	18
Source	Scott and Crossman (1973)		Bigelow and Schroeder (1953)		Damel (1961)		Marlier (1968, cited in Lowe- McConnell, 1975)		Fryer and Iles (1972); Corbet (1961)		Hyatt and Strasburg (1960)	

^a In some cases single species of fish were included in more than a single food category.

^b No fishes in these reports were considered to be strictly detritus feeders but many of those using sedimented algae as a food source could be classed as such.

^c Piscivorous fishes were included with those that feed on benthic invertebrates in this study.

community ということができる。

底生魚は場合によっては生態的地位を変えるが、地位の拡大・縮小のはばは小さい。これにたいして表層魚は、生態的地位を変えることは少ないが、地位は大きく拡大・縮小する。生態的地位が拡大すると資源量は増加し、縮小すると減少するのであるが、これは海の生産力（1次および2次）変動と、種間関係によって規定される。

まず動物プランクトン食性という生態的地位について考えると、これには日本近海の暖水域では、マサバ、サンマ、マアジ、カタクチイワシなどが属している。これらの動物プランクトン食性魚全体の biomass は、当然2次生産量すなわち動物プランクトンの生産量によって大きく規定されるが、それとともに各魚種の biomass の相対的な関係は、種間関係によって規定される。これがいわゆる“魚種交代”といわれるものである。

ところで日本近海のマクロプランクトンの現存量は1950年以降大きく増加し、近年は、1950年当時と較べて、親潮水域では3-4倍、混合水域・黒潮水域では2-3倍となっている（図6）。このような状況を反映して、近

年は動物プランクトン食性魚全体の biomass が増大し、全体の漁獲量は高い水準にある。

つぎに植物プランクトン食性という生態的地位について考えると、この地位を占めるのはコノシロおよびマイワシである。コノシロはごく内湾性の種であるのにたいして、マイワシは沿岸水域に広く分布し、この両者の生息域はかなり明瞭に分離されている。すなわち、マイワシは極東温帯沿岸域の唯一の植物プランクトン食性魚といえる。したがってマイワシには競争種は居らず、その biomass は何らかの機構によって拡大・縮小する。すなわち、マイワシの生態的地位が縮小しているときには、植物プランクトンは魚によって直接利用される度合が低く、拡大しているときにはその度合が高くなる。したがって日本近海の表層魚の biomass は、マイワシの生態的地位が拡大したときに決定的に大きくなる。

面白いことに、世界の温帯地方の各沿岸水域に、マイワシに相当する生態的地位を占める魚種が一種ずつ分布している。たとえば北米西岸には California sardine (*Sardinops caerulea*)、南米西岸には Peruvian anchovy

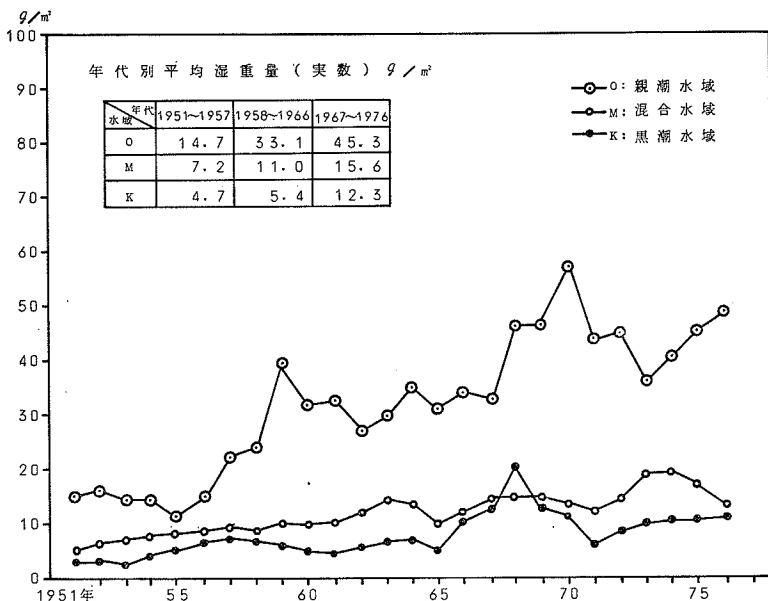


図6. 東北海区黒潮水域・混合水域・親潮水域の 1 m² 当たりの動物プランクトン湿重量の経年変化 (小達, 印刷中)

(*Engraulis ringens*) が分布し、いずれも植物プランクトン食性で (LEWIS, 1929; ROJAS DE MENDIOLA, 1969), それぞれ大規模な資源変動を行っている。

図7に1900年以降の極東水域におけるマイワシ漁獲量の変動を示す。マイワシは1970年に太平洋側で、1971年に日本海側で、独立に資源の増加を開始した (KAWASAKI, 1979)。また California sardine もマイワシと同じ位相で変動している (図7)。マイワシおよび California sardine の資源変動は、いずれも共通の太平洋規模の環境変動によって支配されていると考えられる (KAWASAKI, 1979)。日本南方水域の黒潮の流路の変動はこのような環境変動の局所的強調と考えられているが (寺本, 1974), 1930年代と1970年代の資源増大期に、長期持続型の大規模A型冷水塊の出現が対応しているのは興味深い (図7)。

まとめ

漁業資源の生産力は、つぎの2つの要因によって規定される。

- (1) 1次生産力および2次生産力の変動。
- (2) 各魚種の生態地位の拡大・縮小。とくに植物プランクトン食性魚 (direct herbivore) の動向が決定的である。

亜寒帯-温帯水域においては、このような2つの要因によって漁業資源の生産力は大きく変動する。図8に

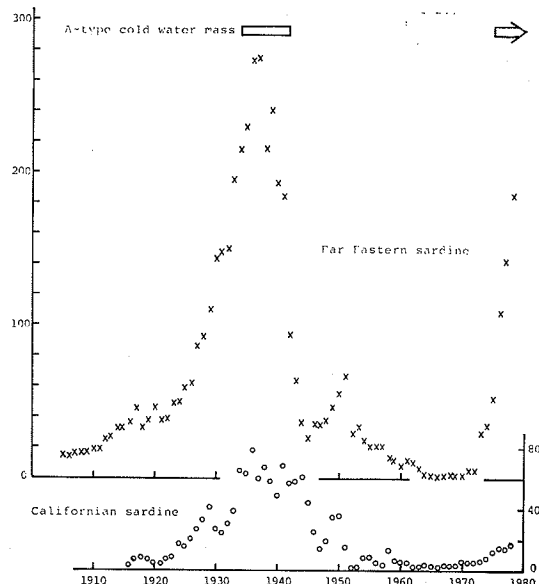


図7. マイワシおよび California sardine の漁獲量 (単位: 万トン) の経年変化および長期持続型大規模冷水塊の出現期間

SOUTAR and ISAACS (1974) が California 沖で採集した海底堆積物中の鱗の数から推定した、この水域の主要な漁業資源である California sardine, northern anchovy (*Engraulis mordax*) および Pacific hake (*Merluccius*

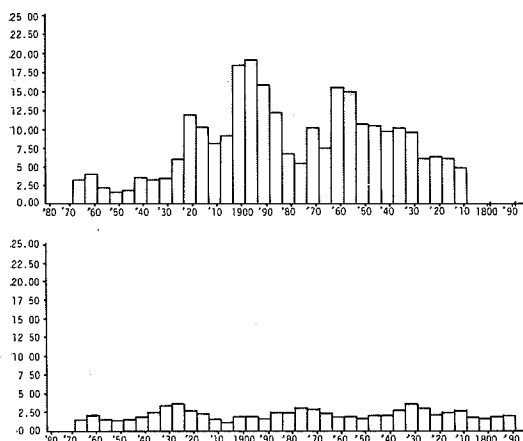


図8. California 沖における California sardine, northern anchovy および Pacific hake の biomass (単位: 100万トン) の経年変動
上段: 北部水域 下段: 南部水域
(SOUTAR and ISAACS, 1973)

productus) の biomass の推定値の経年変化を示す。図8の上の図は $34^{\circ}15'$ を中心とする北部水域(温帯域)での変動であり, 下の図は $25^{\circ}15'N$ を中心とする南部水域(亜熱帯域)での変動である。これにみられるように温帯域の漁業資源量は経年的に大きく変動して, 小さいときと大きいときには10倍位の開きが見られるが, 亜熱帯域では変動が小さいことがわかる。この図と図6の日本近海のマクロプランクトンの変動とを対比してみると, 北側の水域で変動が大きい点が共通で興味深い。

どのような環境変動がどのようなプロセスで漁業資源の変動につながっていくのか, このメカニズムの解明が, 資源の生産力評価の1つの鍵であろう。

文 献

- GULLAND, J. A. (1971) *The Fish Resources of the Ocean Fishing News (Books) Ltd., Surrey, 255 pp.*
- HIATT, R. W. and D. W. STRASBURG (1960) Ecological relationships of the fish fauna on coral reefs of the Marshall Islands. *Ecol. Monog.*, **30**, 65-127.
- HYATT, K. D. (1979) Feeding strategy, *In Fish Physiology VIII*, Academic Press, New York, 71-119.
- 川崎 健 (1977) 漁業資源研究と群集理論, 海の生物群集と生産. 恒星社厚生閣, 東京, 365-428.
- 川崎 健 (1978) 海産硬骨魚類の個体数変動について—変動様式と産卵数の適応的意義—. *海洋科学*, **10**, 136-141.
- KAWASAKI, T. (1979) Fluctuation in the abundance of the Far Eastern sardine (*Sardinops melanosticta*)

- and the Kuroshio. *The Kuroshio IV, Proceedings of the 4th Symposium for CSK*, 806-817.
- KAWASAKI, T. (1980) Fundamental relations of life history in the marine teleosts. *日水誌*, **46**, 289-293.
- LEWIS, R. C. (1929) The food habits of the California sardine in relation to the seasonal distribution of microplankton. *Bull. Scripps Inst. Ocean., Tech. Ser.*, **2**, 155-180.
- 小達和子 (印刷中) 海洋プランクトン “東北海区の混合水域”. 号外海洋科学, 3.
- ODUM, E. P. (1971) *Fundamentals of Ecology*. W. B. Saunders Company, Philadelphia.
- OKATA, A. (1977) The production structure of young amber-fish community in Sendai Bay. *In JIBP Synthesis 14*, University of Tokyo Press, Tokyo, 189-191.
- 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 (1978) 仙台湾における底生魚類の群集生態学的研究. 東北大学学位請求論文.
- 大森迪夫 (1979) 仙台湾における底魚の生産構造に関する研究 IV. 底魚群集の生産構造. *西海水研報告*, **52**, 131-168.
- ROJAS DE MENDIOLA, B. (1969) The food of the Peruvian anchovy. *J. du Cons.*, **32**, 433-434.
- RYTHER, J. H. (1969) Photosynthesis and fish production in the sea. *Science*, **166**, 72-76.
- 佐藤祐二 (1960) ババガレイの産卵行動 (予報). *底魚情報*, **26**, 80-84.
- SOUTAR, A. and J. D. ISAACS (1974) Abundance of pelagic fish during the 19th and 20th centuries as recorded in anaerobic sediment off the Californias. *Fish. Bull.*, **72**, 257-273.
- 寺本俊彦 (1974) 北太平洋における海洋-大気系の大規模変動, *科学*, **44**, 685-693.
- TYLER, A. V. (1972) Food resources division among northern, marine, demersal fishes. *J. Fish. Res. Bd. Canada*, **29**, 997-1003.

質 疑 応 答

質問: 皆が考えていることを整理してお話しされたわけですが, 漁業生産を考えると, 例えば例に引いた福島県の小型底魚漁業のきびしい現状を考えたとき, 今の話がそれにどのようにかかわっているのでしょうか。この10数年の間, 漁場を水深100mから300m近くまで変え, 魚種もヒラメやカレイ類からイカ・タコ類そしてカニというように食いつぶし的に変えてきている小型底魚の船主は経営を維持するために経済量としての漁獲量を一定に保ち続けている。一方, 定置網漁業では他力的にものを獲っている。この両者の

漁獲量を単純に底魚群集の安定性、浮魚群集の変動性といった比較の材料に使えるのでしょうか。本来比較すべきでないものを比較しているように思いますが。

(水口, 東水大)

答: 漁獲努力というものは人間の経済行為ですから当然そのことが反映しているものです。厳密に biomass を問題にする場合には漁獲努力・漁獲の場などをきちんと規定して資源量水準を計算する必要があることは指摘されたとおりです。ただ相対的に問題を考える場合に、ある一定の漁獲努力の投入に対して漁場の変化など諸条件を考慮に入れながら biomass の尺度として使うことについては許されると思っています。すなわち、底魚の資源の変動を小型底魚の CPUE で表現したわけですが、それ自体を問題にしているわけではありません。底魚の biomass と(定置網の漁獲資料から得られた)浮魚の biomass の相対的な差として底魚は安定し、浮魚は変動しているといったわけです。

質問: マイワシの資源量は環境条件が良いと増大し、悪い場合に減少するという説明がありました。その環境条件を具体的に説明していただきたい。

(奈須, 遠洋水研)

答: イワシの資源が大きくなっていることはまちがいない。そういうように population のサイズが大きくなるということは総合的な意味での条件が良くなったから増えたのだろうと言ったわけです。何故マイワシが増えたのかはわからないが、A型冷水塊の長期持続的な出現との対応やカリフォルニア沿岸のマイワシとの関係の例などは興味深いものがあります。逃げたような言い方ですが。

質問: 図1の三角座標に特定の魚種グループの位置がプロットしてありますが、どのように位置を決めるのですか。

(嶋津, 東海水研)

答: 大変むづかしい問題ですが、例えばメバル亜科の魚で寿命、産卵数、 $k \times T$ の3つのディメンジョンについてメバル亜科グループの平均値を計算して、その平均値からの偏差との交点を結ぶというやり方もあります。概念的な図でして、具体的な方法はいろいろあると思いますがここでは例として紹介しておきます。

質問: タイプIIの中で、 m_x を大きくするために体を大きくするというのは、言い換えれば再生産を大きくするために生産を大きくすることになって、戦略としては互に矛盾することを実行したことになりませんか。しかも、タイプIIは亜熱帯・熱帯の種間関係のきびしい環境に生息しているので、これを実行することは難しいのではないのでしょうか。(畑中)

答: 成長と再生産の両方を増加させたというふうには考えていません。体を大きくし、寿命を長くすることは個体維持、つまり再生産の方よりも生長の方にエネルギーを注入している訳です。カツオ・マグロ類は体の中に占める生植物質の量を小さくしているので相対的に再生産にまわす比率を下げているわけです。ただし卵数は増える。それは鳥類などちがって、体は大きくなっても卵径は大きくならないという硬骨魚の特徴でもあるわけです。卵のサイズを大きくしないことによって再生産の方にまわす分量を下げながらも卵数は大きくしているということです。

質問: 相対的に言えばそうなるのでしょうか、絶対量としてはずい分使っているわけですよ。(畑中)

答: そうです。問題は相対的にどちらにより多くエネルギーを使っているかということです。

質問: 絶対量の点できびしい環境ですから両方に使っている。相対的に言えば体を作る方につかっている。そこに何か矛盾があるように見えるのですが。(畑中)

答: 一般的にそういった矛盾はいつでも必ずあるわけですし、そのような矛盾を克服しながら進化していると思います。ただ相対的には再生産にまわす割合を下げているわけですから。これは一つの矛盾を解決する方法として選択した結果ではないかと思えます。つまり再生産にまわす割合を下げながら、しかも r を小さくするためには卵のサイズを大きくせず卵数を大きくするという選択をしたのではないかということです。

質問: そのいろいろな環境の中に食地位などを導入して考えると説明しやすくなるかと思えます。(畑中)

答: 先ほどの表の中に書いてはおきましたが時間がなかったので割愛させていただきました。