

平野：海洋における生態系の中における物質循環がどうなっているか、そのメカニズムの解明が必要だ。過日、運輸省主催の海洋汚染防止のシンポジウムで、会社の人から富栄養化の量的なものを出してもらいたいと言われたが、具体的に答えられない。ただ悪いと言っただけでは説得できない。

宇田：答えられないとき変改をやらないかと言うと、実際には進めている。石油堀削をやっているが、事前に汚染防止を考えないといけない。被害を受けるのは水産である。危険を予防するのは研究者の責任だと思う。

平野：現在持っている知識でどれだけのことと言えるのかを明らかにするのは責任だと思う。

斉藤泰一（東水大）：外洋では2～3週間の観測データを同時観測とみなして一枚の図に書く。本質的には海洋では定常状態はあり得ないが、場所・場所の時間平均をして、定常状態を仮定してやっている。transient state をやるといっても、時系列の観測がない限り、例えば上旬と中旬の定常状態が違うという考えでないと、現段階ではいけないのではないか。

平野：予測に近づくためには、現在の観測網・観測のやり方の改良もあるが、定線観測をどれだけ活かし得るかの極限への挑戦も必要だ。一週間・一カ月・一年間、それぞれの間では変動しているとしての時空間のとらえ方、あるいはsynoptic なとらえ方を議論するのが、オーソドックスである。従来からやられているが、組織的に積み上げて行く努力が必要である。

## 6. 海洋生態系からみた水産海洋学

辻田 時 美（北海道大学水産学部）

水産海洋学の特徴を海洋生態学の観点から理解しようと試みるに当って、まず生態学及び生態系の思想の発展過程について理解を深め、海洋における生態系（marine ecosystem）の研究と水産海洋学のそれぞれの特性と相互の関連性について考察を試みる。

### 1. 生態学及び生態系

生態学の中にある *philosophy* の歴史をたどってその起源をさぐると、Alexander von Humboldt（1807）の頃に遡る。

即ち、Humboldtはその著“植物地理学”のなかで、“自然の中の原因と結果と言う大きな連鎖において、どんな事象や動的作用も、個々には存在し得ない”と述べている。この思想を受けて、それから約60年を経てE. Haeckel（1866）は生物学の研究における生体と環境の関連性について、“動物と無機的環境及び生物的環境とのあらゆる関係を究明する学問”があると提称した。

しかし、Haeckelより少し前に既にGeoffroy St. Hilaire（1859）が *ethology* の定義にふれて、“生物の集合あるいはcommunityにおける一族及び社会と

生物個体との関係”を研究する学問のあることを論じているが、このあたりが生態学思想の起りと言われている。

このように、生態学のもつ概念が次第に固まってくるにつれて、著名な生態学者が現われるようになり、それぞれの学風による生態学理解とその定義が論じられた。例えばC. Elton は生態学を“動物の社会学と経済に関係ある科学的自然史”と定義し、V. Shelford は“communityの科学”と規定し、E. P. Odum (1962) は“自然の構造と機能の研究”と定義した。かくて近代生態学はOdum が述べたように、自然の構造と機能の研究へと発展してきている。

生態学のこのような内容の変化と発展の段階でecosystemの考えが現われた。それは、microcosm, naturcomplex, holocoen, biosystemなどの用語に表現されるように、ecosystemは地球上のある範囲を条件とした生物の生活領域の中で、生物と環境を一体とみなして、そのsystemの研究を掘下げてゆこうとする思想である。

このような生物と環境の統一的作用の研究即ち生態学において、自然のsystemの中における単位を設定して研究を拡げることがひとつの方法であるとして、構造的にはspace-timeの要素を取入れてそのspaceとtimeを規定して自然の構造と機能を考える。即ち、このような概念に基づく自然の単位を設定する方法が抬頭し始めて、このような自然の単位をA. G. Tansley (1935) はecosystemと名づけた。以来この用語は大多数の生態学者に用いられるようになった。F. C. Evans (1956) は、ecosystemは生態学の基本的単位であり、恰も分類学における種speciesが占めるのと同じように、自然科学上の重要なunitとした。

従って、ecosystemは何等かの大きさと量をもっているbiotic communityと、このcommunityを取囲んでいる非生物的環境が一体となって、ある大きさの時空的単位の範囲内において機能を発揮する物理—化学—生物学的現象から成立っている自然のsystemである。

例えば、ひとつの湖沼の生態系を考える場合、湖沼自体はspace unitであり、timeは例えば生物生産など現象過程の周期として年(year)を取る、と言うようなことになる。

また、東支那海をひとつのecosystemと考えると、これはspace unitであり、その中にあるbiotic communityとその非生物的環境(海況変化、水塊分布など)の研究は構造の研究であり、生産力の研究、energy flowやfood chainあるいはfood webの研究は機能に関連する研究である。

J. W. Hedgpeth (1969)によればmarine ecologyは1870年代にBaltic Seaにおけるfisheries biologyの研究や、North Seaにおけるoyster bedの研究から発生したと言われる。

このようにしてmarine ecologyもfisheries biologyもともにNorth Sea, Baltic Seaなどを中心に発展したものである。

## 2. 生態系の中のpopulation system

以上のような生態系の理解のもとに漁業生産の問題、例えば漁場形成の要因（海洋条件と生物的要因など）、漁況の要因（資源量、漁場への来遊量、加入を支配する海況条件など）を研究してゆく場合の色々な問題は、どちらかと言えば生態系の機能に関する側面が多い。

例えば、魚の回遊は自律的な運動biological rhythmに関係し、そのrhythmは1年を周期として環境のcosmic periodicityと一致している。

しかし、漁場は回遊の過程において形成されるもので、漁場において漁況が起生する要因には、例えば、漁期を決める要因としては生物的にはgrowth（成熟などを含めて）、predatorの有無などが関係し、物理的には水温、海流などが関係する。

また、漁場の位置を決定する要因として、生物的要因にはorientation, predatorの有無、餌生物の多少などがあげられるが、物理的条件としては流れの収束、発散、湧昇、その他水温分布などがよく知られている。

このようにみると、漁場や短期の漁況の研究はpopulation ecosystemの構造や機能の時空的断面を見ていると言うことができる。

この例として北西太平洋におけるサンマの回遊と海洋条件の時空的関連性を説明し、生態系の基盤(matrix又はframework)の解析と認識の問題が水産海洋学の指向する課題と同じように、漁場の物理構造とその変化並びに生物生産とサンマの生活周期とが時空を同じくして取扱わねばならないことを説明した。

## 3. systems analysis と資源の予測

漁況の長期予測に関連する資源動態は、生物の個体及びその集団と物理的、生物的環境条件の間にあるcause and effectの繰返し、あるいは要因の相乗作用の結果みられる現象であるから、この複雑な自然の仕組みを解きほぐすひとつの方法として、数学的モデルと電算機の利用によってなされるsystems analysisの方法が近代生態学のひとつの動向となってきた。

しかし、この方法で根幹となるsimulation modelを組立てるためには、ひとつのecosystemの空間的(海洋構造など)、生物的構造の長年に亘る研究の積重ねによって得られた知見が多く、また、それらがより確かな程目的達成のためには有効である。特にecosystemがもっている多くの物理的、化学的要素の選択と、その変量の取扱い方が重要で、しかもこの点が論議のつきないところである。

このような条件を考慮すると、ecosystemのmatrix(又はframework)としての水域では、その水域における生物生産、communityなど、構造と機能に関する情報が可なり明らかになっている必要がある。このような条件が他のecosystemよりも多く整っているのは湖沼であり、また、species diversityの小さい北方水域でサケ、マスの資源管理の方法と条件を引出そうとするためにsystems analysisの方法が注目されてきた。

この systems analysis は水産海洋研究のひとつの新しい方法とみることができる。

#### 4. 生態系の多様性とエネルギー保存

生態系の多様性は生物の分類と種の数量的研究によって解析されるのであるが、この多様性 diversity の指数とされる diversity index は community 中の種の数と種の単位空間当たり個体数を処理して得られる。

漁場における多様性は漁業生物データからも得られるが、多様性は漁業資源管理上重要な生態学的意味をもっており、多様性が高い程漁業生産の持続性については生物学的に有利である。何となれば多様性が高い程外力（外からの入力）に左右されずに system の現状に依存し、homeostasis は高い。これに反して多様性が低いと外界の影響（環境の作用）を受け易い。community ecosystem の中では暖水域において diversity が高く、その構造に変化が起っても（例えば trophic level のひとつの種が滅亡したり、極端に数量が減少したり）homeostasis が高いために数量的に community 中の他の構成員であった種集団が増量し、結局 energy の保存量は変わらないように ecosystem の機能（energy flow）は持続される（例えば東支那海）。

これに対して多様性の低い北太平洋やベーリング海など冷水域では、あるひとつの種集団に資源の減少などが起っても ecosystem の機能の復元には時間がかかるのみならず、community 中の species diversity が低いため（例えばサケ・マスと community を構成する魚種が少い。スケトウダラが存在する community の貧困など）、構造の復元だけでなく機能の低下即ち energy flow が途中で断たれるため energy 保存が少くなる。

このように、資源変動の予測には ecosystem の構造と機能の研究面からひとつの理論と方法が生まれてくる。

#### 5. むすび

以上に述べたように、海洋生態学はその歴史と内容において、また、近代生態学の方向と方法からみると、海洋の生態系の構造と機能を究明するものである。

また、水産海洋学は harvesting を出力とみた場合にそれまでの生物生産の process を明らかにする学問であって、この harvesting には制御不可能な入力が生産過程に作用する面が大きい。community ecosystem においても、また、population ecosystem においても、それらの matrix (supporting framework) の特性は海洋生態系においては、物理的な特性が強いのであるから（特に pelagic ecosystem において）、海洋の物理的特性など無機的環境の研究が重要な役割を占めている（陸上の ecosystem ではこれに対して生物学的な特性が強い）。

このようにみえてくると、水産海洋学は海洋生態学の応用的な性格をもっている。このことは、R.L.Lindeman (1942) の定義、即ち、ecosystem は physical-chemical

-Biological Process が種々様々の大きさの時空単位 space-time unit の範囲内で活動をしている system である (ecosystem = biotic community + abiotic environment) を思い起せば容易に理解できる。

### 質 疑 応 答

宇田道隆 (東海大) : 漁期以外の生態系が分らない。相当積極的なことをやらなくてはならないと思う。冬に漁船に乗ってデータを集めるようなことが必要ではないか。

辻 田 : 北洋について我々の持つデータは夏のものが多い。北洋の生産力は夏のことを言っており、日本近海の周年のものと比較するとき、おかしいことになる。スケトウの環境についても一面しか観ていないと思う。スケトウについては現在シミュレーションが出来る程の情報がないと思う。

石野 誠 (東水大) : サンマが親潮域に滞在する期間の長短は生体内の問題か。

辻 田 : 卵黄の熟度が進まないと滞留するのも一つの要因と思う。水温からみると適温帯だから滞留するということになるが、熟度の変化という内部要因がきいているとも考えられる。ある時期になると急激に卵巣が発達することが分っており、逸散はこれに関連するとも考えられる。

石 野 : サンマの北限は福島さんが言う千島前線といった海洋構造によるのか。

辻 田 : もっと北にいるかも知れない。漁況に関係するプランクトンの発生は、水塊の特性、栄養塩など海洋環境と関係が深い、サンマの南下時期の漁況予測で、熟度をみることも一つの方法である。

## 7. 総 合 討 論

佐藤忠勇 (的矢湾養 研) : 的矢湾は湾口が伊勢湾の沿岸水とつながり、湾奥には 3つの川が流入している。川の水は大きな栄養塩の補給をし、湾内の循環を助けている。去年は 9~11月の雨量が例年になく多く 800mmに達したが、カキの成長が良すぎる位で雨量が内湾の生産力に影響を与えている。雨水にはアンモニア・亜硝酸が多く含まれている。的矢湾は水の交換が盛んに行なわれ、真珠・カキ養殖の排泄物が下に落ちて、底の水が動くので湾内の奥へ集まる。そのため湾奥 2 km<sup>2</sup>の狭いところで、日本全国のアノリの寺以上、金額にして 3億円の生産がある。

友定 彰 (東海水研) : 水産海洋学でとらえなくてはならない現象のスケールはどの位か、が大きな問題である。プランクトンの変動、サバなど浮魚類の変動が、どの位の海洋の時間スケールに対応するものか、また、海洋の現象の時間スケールはどれ位をとり、資源問題にアプローチして行くか、空間スケールはどの位をとれば良いか、むずかしい問題だと思う。とくに、一隻の観測船で狭い範囲を細かくやるか、広い範囲を荒い測点でやるか。

辻田時美 (北大) : 調査法は目的によって違うと思う。卵稚仔時代に必ず表面から 15 cm位のところに出てくるが、今の稚魚ネットによる採集法では判らない。表面に濃縮する稚魚のステー