

のではないと思う。もっと大きなスケールのものを考えねばならないと思う。現段階では考えが及ばないので、教えていただきたい。

辻田：食物連鎖の中で、喰い残りの部分が相当あるのではないか。つまり、プランクトンが水質との関係で一部は死に、残ったものが高次の魚に利用されるという循環を考える必要がある。さらに、成長の段階によって食性が変わるので、プランクトンの組成、特に、成長の段階ごとにその魚に必要なプランクトンがあるのかどうかを調べることが重要だ。また、プランクトンとの遭遇が悪ければ再生産にどう関与していくかを調べることが必

要だ。

群集の構造を調べることから impact を導き出すということをやらねばならないと思う。茨城県では、どの位の範囲を調べていかねばならないと考えているか。

大方：最初は、可能な限りの範囲を調査し、その結果、どこにどの発育段階の魚が分布しているか、それらを海底の地形あるいは沿岸の地形、地質等と照合しながら区分している。河川水の流入による栄養条件の違い、地質、水深などから、沿岸沿いに7つの区分をし、さらに大きくは2つ位の水域に分けられると考えている。

4. 環境調査を進めるに当たっての問題点

丹羽正一（東海大学海洋学部）

経済の高度成長に伴い、各地で自然環境が破壊され、環境の維持保全に強い関心が持たれ、これに伴い環境影響評価が行われるようになってきた。発電所立地に当たっても、環境影響報告書を作成するよう、関係監督官庁の強力な行政指導が払われ、まがりなりにも環境影響評価が行われるようになった。

環境影響評価とは、開発計画に伴う活動行為が、自然環境にどのような影響を起すかということ予測することである。このためにはまず、その場の環境を把握することが第一条件となってくる。環境把握に当たっては、環境を生態系として相互関連を持つ一連の地域をその構成要素と構造並びに機能の面から理解して行くことが前提となってくる。

この目的を達成するために、建設予定地の生態系を構成している要素と構造並びに機能を把握するよう調査が進められている。現在行われている調査をみると、はたしてこの目的を達成しているか、はなはだ多くの疑問がある。

そこで、どこに問題があるかを取り上げてみた。なお、今回は時間の関係があるので、従来から見解が発表されている試料の採集方法、解析方法等は除外し、調査設計迄の段階にしぼって、検討を進めることにした。

1. 調査項目

調査の対象海域は、多種多様の無機的環境と生物要素から構成されているので、その現況を把握するには、構成要素を観測方法や生物の採集方法を基準にして類型化

し、調査項目とする方法が一般的となっている。発表されている調査マニュアルで設けられている調査項目を見ると、まず環境を構成している要素を非生物的要素と生物要素に大別している。

次に非生物的要素は、気象・海象・地形の三つの項目に分け、海象は更に、水温・流況・水質・底質の小項目に分けている。一方生物要素は、生活型によって区分し、プランクトン・ベントス・ネクトンの三つの項目に分けている。あるマニュアルでは機能による区分がとられ、生産者・消費者・分解者の三つの項目に分けている。さらにこれらを細分し、プランクトンは、植物プランクトン・動物プランクトン・卵稚仔の3項目に、ネクトンは、魚等遊泳動物の1項目にあげられるなど、マニュアルによって違いがある。例えば、資源エネルギー庁の「温排水調査指針」では、潮間帯生物・海藻等・底生生物の3つの項目に分けている。

なお水産庁や野村総合研究所で編集したマニュアルを除くと、漁業資源または漁業という調査項目が取り上げられていない。環境影響評価は漁業行為という生産活動からの評価に大きな比重を占めているはずであるのに、この項目を取り上げていないのは片手落ちといわざるを得ない。

参考迄に米国の EPA が発表している調査マニュアルでは、調査項目として、植物プランクトン・動物および一時的プランクトン・生息場所形成種・貝類・大型無脊椎動物・魚類・その他脊椎野生生物の6項目に分けてお

り、人間生活との関連から見た場合、合理性があり参考すべき点がある。

2. 生態系の把握の仕方

生態系は生物がそれぞれ単独に暮しているものではなく、それぞれが複雑にからみ合って活動し、相互に関連しあって成りたっている。そこで生態系の把握に当たって、生態系を構成しているあるものは、他の要素の資料から推定するという方法がとられている。この点から現況把握に当たって、構成している要素を全部取り上げる必要はないと思われる。資料の収集に問題があるとか、直接的な観察が出来ない等の調査把握法の難易の観点から、また、固定が困難または査定方法が確立されていない等の表現方法とか生物生態の特性等から勘案して調査対象生物を選定し、調査項目を整理して行くことも大切である。

現在の調査状況を見ると、次から次へと調査項目を増やしているが、この中には調査技術からみて不可能に近いものもあり、これらを無視し調査計画がたてられているが、この点検討すべきである。

生態系の側からみた生態系へのアプローチの仕方としては、二つの面がある。分類学的知見を基盤とする、生物の種を中心とするアプローチの方法と、機能の面、すなわち物質循環とかエネルギーフローのような、生態系からある程度種という個体的性格をすてたアプローチの方法とがある。

生物相からのアプローチとしては、種個体群ないしは群集の、種類組成・多様性等の定性的な面と、現存量・密度・分布等定量的な面と、さらに特定種あるいは生物相を押さえ海域の特性を推定するという方法がある。これらの方法は生物そのものを扱うので分かりやすいが、調査手法の最も大きな寄りどころは、個人の長年の経験に負っている点が多いので、調査担当者の素質によって結果に差がみられ、調査を進めるのに多くの問題点を残している。

一方物質循環からのアプローチとしては、エネルギーの流れ、すなわち、物質の生産と分解を決める生産量・分解量・物質の循環すなわち食物連鎖関係等からおさえる方法がある。この方法は、生物を物質等におきかえ、その動きを追跡することにより、生態系の構造や機能を把握するという方法であるが、一般にはなじみが薄く、温排水の調査では取り上げられた例はほとんどない。

生態系はこの両面から観察検討して始めて実体が明らかになることから、生態系を把握するには両面から追求するよう計画すべきである。

3. 調査方法

調査を進めるに当たって、海域という点から全般を調査するわけにはゆかず、サンプル調査にたよらざるを得ない。サンプル調査で最も留意すべき点は、母集団をいかに反映させて行くかである、これがためには生態系の時間構造・空間構造の特性を十分認識しておく必要がある。

生態系の諸事象は、気候の変化による分布帯の変化とか生態遷移とか、プランクトンの種組成、海藻の密度等で見られる季節変動とか、更に植物プランクトンの光合成量、プランクトンの垂直分布等で見られる昼夜変動等の時間変動があり、時間スケールは何万年というオーダーのものから、日時のオーダーのものまでが含まれている。

空間構造は海岸線近くの碎波域、海浜域、海岸線から離れた浅海域、更には沖合域と海域によって違っている外、生物レベルによっても違ってくる。

調査計画をたてるに当たって、どのような現象をつかむのか、対象生物はどの生物レベルのものか等を認識し、生物レベルや現象に応じた情報の収集方法、すなわち情報の適合性を念頭にいった調査計画が必要になる。調査の趣旨を考えず、対象とする生物レベルを全く無視して調査が進められているのを多くみるが、この点一考を要する。

生態系の現況把握に当たっては、非生物的要素とか生物要素によって留意点は変わってくる。非生物的要素を求める調査では、測定器具が種々整備され、1カ月間から2カ月間近くも連続して観測できる計器や、広範囲を一瞬の内に測定できるリモートセンシングのような計器が開発され、実用化されている。また、分析機器も種々開発され、定量的な把握ができ、時間構造、空間構造に対応した調査も可能になっている。

これにたいして生物要素の調査については、試料の採取が容易でなく、種によっては採取が困難なものや、採取に当たっては定量性がいたって乏しいものが多いので、観察による点が多く、非客観的になる。なお種の同定や観察には、専門的な知識が多く要求され、調査結果には個人差が出てくる。同じ試料を処理しても人による差が大きく現れている場合が多い。この点から、調査計画に当たっては、処理能力という面からも考慮しておく必要がある。

4. 追跡調査

環境調査を性格別に区分すると、アセス調査、モニター調査、追跡調査となる。今回はこの内、追跡調査に限定して検討を進めることとした。

追跡調査とは、開発行為によって環境にどのような変化が起きているかを調査し確かめることである。確かめ方としては、

- (ア) 変化の起こりやすさ（発生の頻度）
- (イ) 変化の空間範囲
- (ウ) 変化の時間的範囲
- (エ) 変化の波及性（他への影響の度合い）
- (オ) 変化の関係の強さ
- (カ) 変化の重要性

に整理される。

運転前と運転後の変化を知るための調査を計画する場合は、前に整理した事項に沿って調査の趣旨をはっきりさせ、趣旨に沿って、サンプリングを年 1 回か、各季節毎か、毎日か、連続観測にするかという、時間的体制の組み方と、一方広域的、局所的、発生源付近という、空間的な体制の組み方を考慮にいれて計画をたてて行くことが必要である。要するに、空間的、時間的ネットワークを決める事が大切である。

また、インパクトによる影響の現われ方をみると、種の滅亡にまで及ぶもの、減少するもの、機能の変化でとどまるもの等種によって、またインパクトの大きさによって差があるので、この点を考慮にいれて、生物相からアプローチするのか、機能の立場からアプローチするのかを決めてかからぬと、実態がつかめないままに終わることが多い。

生態系を構成している生物は多種多様である。これら全部について比較しようとしても、これは不可能に近い作業になる。また先にもふれたように、生物レベルによって表われ方が違ってくる。そこで、場合によっては「生物指標」、或いは「生物測器」という考え方に立って変化を把握して行くという手法を取入れることが必要となってくる。

おわりに

環境把握のための調査計画をたてる上での留意点を挙げてきたが、要するに、調査計画立案に当たっては、なぜそのような調査項目を取りあげたのか、目的を明確にしておくことである。ついで、調査目的で要求される内容とは生態系の特徴に合うよう、調査の対象を選定して資料の処理能力を勘案し調査量を決め、これに合うようなサンプル数に基づいた調査計画を立てるべきである。

このような考え方を持たずに、ただ漠然と調査計画をたてて、調査を進めた場合は、それは単に資料の収集にとどまり、何等得るところはなく、金と時間の浪費に終わってしまう。現在各地で進められている調査報告書を

みると、ただ資料の羅列に過ぎず、報告書から環境の実態を読み取ることが出来ないものが多い。

質 疑 応 答

中田英昭（東大海洋研）：調査計画の中に、生態系の現況把握の調査と、予測のための調査とがあったが、これらは質的に違うという感じを受けた。予測のための調査は、かなり具体的な impact に対して詳細な調査をやるが、生態系の現況をみるための調査というのは、それは別な形でもう一つあるのではないか。

丹羽：現況を把握するためには、まずこういう点に留意しなければならない。その上に立って、こういう設計をする場合には、こういう点に留意して設計しなければならないという意味で話をした。

中田：影響を評価する対象は、生態系の変化にあるのではないか。

丹羽：生態系と環境はイコールという意味で話をした。

杉本仁弥（日本水産資源保護協会）：水産からみたアセスメントの場合、その地域で重要な漁業資源がどうなっているかが問題であり、全体的な生態系として進めていっても良いものか。

丹羽：漁業を抜きにしたのではない。卵稚仔を例にしたからそのように理解されたのだと思う。漁業も生態系のある部分を利用しているという立場に立って仮説を立て、さらに漁業資源の変化を求めていくためには、この知識からどういう点が必要かを考えて調査していかなければならない。

杉本：仮説がたてられない場合、あるいは仮説をたてべきなのに大事な問題に気づいていないことが多い。

丹羽：その点は非常に悩んでいる。この考え以外の事がおきるとは当然考えていかなければならない。しかし、それを考えると生態系が複雑になり、問題の焦点がしぼれなくなる。むしろ、あれこれやらずに、焦点をしぼってやるべきだと思う。

大方昭弘（茨城県水試）：評価のところ、群集レベルは影響が表われにくかったとありましたが、それはどういうことか。

丹羽：群集としてみる場合は、大まかにとらえているため、ほとんど変化がみられないが、その中から個々のものを取り出してみると変化がおきているという場合がある。

大方：群集を相という形でみてもとそういう事がおきてしまう。

丹羽：陸上植物においては、遷移という大きな変化を

見る場合に、大きな気候からみる場合と、微細気候からみる場合とがある。海の場合も同様だと思う。

坂本 亘 (京大農学部): たとえば、温排水は固定された所で影響を及ぼす。海中の生物は、流されて次々にそこを通過するたびにある種の impact を受けていくとすれば、影響の評価は片方ではスケールが大きく、片方では小さい。そのような中で、群集とか個体群レベルでとらえるのは、どんな意味があるのか。

丹羽: プランクトンでは確かに意味はない。しかしどういう現象が起こるのかは、この事後調査をする場合に

まず考えてみる必要がある。指摘のあったように、オープンな海では難しいから、流出のない所でやっていかねばならない。

辻田時美 (東海大海洋学部): 生態系を対象にして影響を評価する場合、impact が具体的にどのように、どの階層に現れているかがまず当面の課題だと思う。そこには、群集の succession や food web を探ることも含まれる。

丹羽: 仮説を立てる場合に、相ていくか機能の面でいくかをまず決めてから計画していかなければならない。

5. 討 論

今日の問題を大きくまとめてみると、生物群集の調査方法として相の面から調べる方法と機能の面からとらえる方法の二つがある。特に、機能の変化をどのように定量化したらよいかについて、もう少し話をさせていただきたい。また、生物群集の機能を定量的に評価するために、物理的条件の機能、すなわち流れの輸送機能や温度の分解、生産に対する機能をどのように考えて、調査の中に入れていくべきかということまで議論していただければ幸いでいい。

もう一つは、SS やプランクトンのパッチネスなどの時空間的変動をどのように考えて、調査するのかということがある。坂本さんや辻田先生の話の中で、時空間的変動の特性はグラフに表わされているが、考え方としては昔の拡散論的なイメージでとらえられているようだ。実際の沿岸では、たとえば、湾内の循環流やフロントがはっきりしていて、それらによって分布がシャープに変化していると思う。また、時間的変動においても、風とか河川水の影響とか、あるいは湾内水と湾外水の海水交換の問題なども、かなり決定論的な問題としてとらえた方が、生物量の変化過程を調べていくのにも非常に大事である。これらを含めて、時空間的構造の中身をときほぐす仕方をもう少し突込んで話していただきたい。

もう一つ、坂本さんの提案の中で、生物と非生物とで挙動が違う、その挙動の違いを解決することによってそれらのプロセスの実体にせまり得るのではないかという事があった。SS の挙動は、物理的な面からも、残された問題が多く、今後、SS の問題に物理とそれ以外の人

座長 杉本隆成 (東大海洋研)

がどのように協力していったらいいのか、に関して討論していただきたい。

大方: 群集の機能というのは、food web の中の種の位置づけ、およびその種の量的把握であり、これは種の研究、生活の研究を基礎にしなければならない。機能的問題とは、どの生物がどの生物をどれ位消費し、自分の体に取り込んでいくか、自分の population を増大させていくか、さらにその population は別の population によってどれ位消費されているかということである。

従って、機能的関係は、food web がおさえられないと、量的な方へは進んでいけない。そこにまた環境の問題が入ってきて、特異的な impact がある種に加わったとき、population が変動し、漁業対象資源がどう変動していくかという考え方ができる。

その具体的方法は、食物連鎖の構造によって群集構造を把握し、それぞれの種の量的問題に関しては、種の生活的研究を並行して進めていくことである。

辻田: 現実的な方法として機能をみる方法の他に、community の安定度を時系列的にみていく方法がある。

中田: 構造をとらえるだけでなく、定量的な方向に進むための、新しい視点からの調査方法に関するコメントを聞きたい。また、影響評価に関するいろいろな事態がどこまで切迫しているのかを、現場の方から聞きたい。

大方: 喰う喰われるの量的な問題をとらえるためには、種特有な摂餌の仕方、さらにどう消化し、同化していくか、同化の効率の問題、これらは実験的手法でとらえていかねばならない。もう一つは、食物連鎖でとらえ