

大型港湾建設にともなう海洋生物環境評価の一手法

柏村正和*・川村輝良**・上 蘭 晃***

1. はじめに

超大型人工港湾としての苫小牧東港建設に当っては、慎重な環境変化予測を実施している点で、従来の港湾建設とはかなり異った面がある。港湾完成後に起る可能性を持つ諸現象に対し、周到な事前調査、継続調査が計画実施されているが、それらの現象は、従来の海岸工学の範疇に入る、例えば沿岸流、海浜流、漂砂、海岸変形などのいわゆる物理的調査にとどまらず、外洋、内水面を含む水質調査、地下水等の化学分析調査、水質変化や局地微気象の変化を予想しての陸上植生調査、さらに港湾指定区域を中心とした海洋生物調査など、環境評価のあらゆる面を含む調査に関連している。

第一義的な目的は、港湾完成後に仮りに生じた異常現象が、直接工事によって生じたものか、あるいはこれとは無関係の要因、たとえば異常気象、異常海況などの自然変動によってもたらされたものであるかを、信頼に足る確度をもって判定し得るように、資料を蒐集し整理しておくことにある。第二には、苫小牧港湾の置かれた自然環境をあらゆる角度から知悉し、港湾機能の拡大発展と自然環境保全とを調和両立させることである。

したがって、毎年継続されているこれらの調査の整理解析に当っては、工事の初期に属する現在の自然環境の把握がまず第一の課題であり、とくに先例のほとんどない物理的、化学的、生物的諸調査の有機的な結合による自然の実態像の確立が焦眉の急の課題である。

本論文は、このような観点に立つ調査研究の一環として現れたもので、苫小牧沖海流系の季節変動と海中浮游生物の生息種の変動との、みごとな対応のデータから苫小牧海域を支配する海流系の、一年を周期とする暖流、寒流の交替の実状、ならびにそれに依存して生息する浮游生物の変化の実態を統一して理解することに成功したものである。大型港湾造成にかかる自然環境評価の一事例として、以下にその内容を発表する。

2. 海洋学的視点に立つ沿岸調査の意義

従来の海岸工学の対象とする海域は、汀線から数百米、遠くても1～2軒程度であって、海洋学的に見ると海岸に沿う糸のような部分である。碎波、沿岸流、漂砂、地形変形などがその範囲内で問題にされる。したがって当該沿岸固有のローカルな特徴を持つ現象が多い。故に、一たび海洋学的要素の強い現象が問題にされるとき、これらの視点からでは対応できぬことがしばしばある。例えば海霧を例にとると、これは港に出入りする船舶の直接の安全にかかわる現象でありながら、海岸工学の問題として取上げられたことを聞かない。海霧は、沖の海流の水温が低く、その上を動く暖気団の気温との差により生ずる移流霧がほとんどであるので、その海流の季節的变化の特徴を知り、気象条件を監視していれば予測は不可能ではない。別の例として、海中生物相に影響の出る可能性を持つ沿岸工事にあつては、生物相が海流系に支配される要素の強いものが多いので、沖の海流系の特徴や季節的変遷を知ることにより、工事との関連についての判断に大事な資料を提供することになる。海岸で観測する沿岸流、波浪、漂砂などから、広大な沖の海流の諸相を知る手がかりは得られない。沿岸流とは全く逆の海流が常に存在し得るし、深度により方向も強さも変化する海流も日常経験されているからである。しかし水質に関しては後述のような方法が沖の海流系の変遷を知る大きな手がかりになり得る。これは海洋学で常識的に使われる方法であり、この立場から見れば、沿岸海洋環境の問題に対しては海洋学的な視点の導入が不可欠と思われる。とくに海洋生物の生態が関与して来る場合には、とくに必要であらう。

3. 北海道太平洋岸の海流系の概要

苫小牧沖は海洋学的に見ると海流構成に特徴がある。オホーツク海沿岸、あるいは襟裳岬から西の太平洋岸、および本州下北半島から三陸沖にかけての海域には、一年を周期として暖流と寒流が一度ずつ交替する現象が見られる。日本では他に例のない特異な現象である。

図-1に示すように¹⁾、苫小牧沖は、対馬暖流の分枝

* 正会員 北海道大学教授 工学部
 ** 元北海道大学教授 水産学部
 *** 運輸省第三港湾建設局企画課 (元 北海道開発局 苫小牧港湾建設事務所)

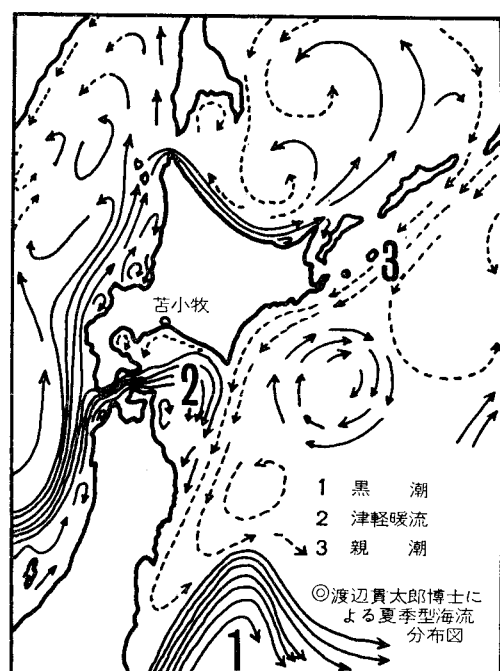


図-1

である津軽暖流と、千島列島沿いに南下する親潮とが、日本列島東を北上する強力な黒潮の影響を受けつつ、季節的に変動している。黒潮自身が北海道に接岸することはないが、これの勢力の盛衰は、間接的に親潮や津軽暖流の盛衰を支配していて、その動向は重要である。

黒潮は日本列島の太平洋岸に沿って北上する代表的暖流で、三陸沖から本土を離れて東に転向し太平洋を横断する。表層は冬季でも 20°C 、塩分 34.8% と高く、夏季は 30°C にも達し、塩分は逆に 34% 以下になる。年によって勢力に変動があり、本土を離れる際に一部がちぎれて強い渦を三陸沖に残したり、また分派を作ることがあり、黒潮統流と呼ばれている。黒潮は夏季に勢力が強く、親潮、津軽暖流の南下をにぶらせ、冬季は逆の傾向になり、間接的に苦小牧沖海流に影響を持つ。

親潮は日本近海の代表的海流で、千島列島の東方海域を列島沿いに南西に向かう。途中、オホーツク海の低温低鹹の海水を加えて陸地寄りに親潮接岸分枝を形成し、根室、釧路、襟裳岬を経て、主流は三陸沖に向かい、一部は季節によって北海道日高沿岸に沿って苦小牧、室蘭方面に向かう。冬の海面は 1°C 前後で、夏季でも 19°C 前後、塩分は年間を通じて 33.2% 以下であり、苦小牧沖を優勢に支配している。三陸沖に下った親潮は、東方に転じ、黒潮と平行して太平洋を横断するもの、黒潮の下に潜入するもの等があるといわれるが、大勢は北米西岸に達し以後北上して亜寒帯左旋環流を形成する。

津軽暖流は、黒潮の分流である対馬暖流が、日本海から津軽海峡を経て太平洋に出る流れで、厚さは 200 m 程

度であるが、黒潮を源流とするので特性はこれに近く太平洋に出るとやがて三陸沖に向かって親潮と並んで南下する。しかし、夏季に黒潮の勢力が発達すると、南下が弱められ襟裳岬の方から日高沿岸に接岸し、親潮接岸分枝と交替して苦小牧沖を占めるようになる。この海域の定性的な海流の動きについては、北大水産学部の噴火湾研究に関連するきわめて多数の論文^{2),3)}、北海道水産研究所海洋部のグループによる研究⁴⁾が大いに参考となっているが、直接苦小牧沖にしばった研究はなく、水質の面から本論文と軌を一にする北海道公害防止研究所によるものが1篇あるのみ⁵⁾、未知の点を多く含んだ海域である。

4. 浮遊生物種の季節変化

著者の一人、川村が浮遊生物、いわゆるプランクトンの苦小牧沖現地観測結果を整理し、取まとめを行ったものの一つを表-1に示す。浮遊生物を植物性、原生動物性、動物性に分類し、夥しい種の中から卓越種を抽出して、採集した月と対比させてあり、昭和53年8月から54年7月までの範囲で取りまとめている。二重破線のアンダーラインが暖水種、一重実線が冷水種として知られているもので、一重破線は本来海にはいない淡水種を示している。採集地点は現苦小牧港沖から、現在建設中の東港防波堤を含む東西 16 km 、海岸から沖 6 km に亘っており、地点数は8点である。採集には北原式定量ネットと北太平洋標準ネット（略称ノルバック）を併用している。53年11月から54年7月までの9ヶ月の集計によると、北原式による採集プランクトンは86種、原生動物58、動物103で、ノルバックによる動物プランクトンは108種におよんでいる。この表以外にも、月別のプランクトン平均種類数の変化、地点別の平均種類数、単位体積中の換算個数または細胞数等の取りまとめもなされているが、紙数の関係から割愛する。

表-1 から明らかなように、暖水種は8月から現れ始め、12月まで続き、その最盛期は別の資料をも考慮すれば10月と考えられる。1月になると暖水種は消え、冷水種が現れる。これは7月まで続くが、その最盛期は3月である。これから想定されることは、8月から苦小牧沖は津軽暖流系水が占め始め、12月まで継続し、1月になると親潮接岸分枝がこれと交替して、7月まで苦小牧沖を占有しているだろうことである。従って気候上の季節よりも、苦小牧沖の水中の季節は約3ヶ月おくられていることになる。

浮遊生物は、海流に乗って漂うだけであるから、昔から海流の指標として利用し得ることは知られている。しかし、浮遊生物だけから海流系変遷の結論を引き出すのは多少飛躍的に思われる。この傾向を立証する別の資料

表-1

1978 ~ 1979

	植物性	原生動物性	動物性
August:	<u>Chaetoceros didymus</u> <u>Coscinodiscus radiatus</u> <u>Chaetoceros affinis</u> <u>Chaetoceros lorenzianus</u>	<u>Ceratium macroceros</u> <u>Ceratium tripos</u>	<u>Oithona similis</u> <u>Evadne tergestina</u>
September:	<u>Skeletonema costatum</u> <u>Thalassionema nitzschioides</u>	(<u>Ceratium macroceros</u>) (<u>Distephanus speculum</u>)	<u>Paracalanus parvus</u> <u>Podon leuclarti</u>
October:	<u>Skeletonema costatum</u> <u>Thalassionema nitzschioides</u> <u>Nitzschia seriata</u>	(<u>Ceratium arctium</u>) (<u>Ceratium sumatranum</u>) (<u>Distephanus speculum</u>)	<u>Acartia clausi</u> <u>Paracalanus parvus</u> *
November:	<u>Asterionella japonica</u>	<u>Distephanus speculum</u>	<u>Acartia clausi</u>
December:	<u>Skeletonema costatum</u> <u>Chaetoceros decipiens</u> <u>Chaetoceros debilis</u>	<u>Distephanus speculum</u>	<u>Acartia clausi</u>
1979	<u>Thalassiosira nordenskiöldi</u>	<u>Tintinnopsis japonica</u>	<u>Pseudocalanus elongatus</u> <u>Theragra chalcogramma</u>
January:	<u>Thalassiosira pacifica</u> <u>Chaetoceros decipiens</u> <u>Chaetoceros debilis</u>		
February:	<u>Thalassiosira nordenskiöldi</u> <u>Thalassiosira pacifica</u>	<u>Parafavella denticulata</u> **	<u>Pseudocalanus elongatus</u>
March:	<u>Chaetoceros socialis</u> <u>Thalassiosira nordenskiöldi</u>	(<u>Tintinnopsis japonica</u>)	(<u>Pseudocalanus elongatus</u>) (<u>Acartia longiremis</u>)
April:	<u>Chaetoceros radicans</u>	<u>Tintinnopsis japonica</u>	(<u>Acartia longiremis</u>)
May:	<u>Chaetoceros radicans</u>	<u>Dinobryon cylindricum</u> <u>Ceratium longipes</u>	<u>Acartia longiremis</u>
June:	<u>Chaetoceros radicans</u>	<u>Dinobryon cylindricum</u> <u>Ceratium longipes</u>	<u>Acartia longiremis</u>
July:	<u>Chaetoceros radicans</u> <u>Chaetoceros danicus</u>	<u>Dinobryon cylindricum</u> (<u>Ceratium longipes</u>)	<u>Acartia longiremis</u> (<u>Pseudocalanus elongatus</u>)

(備考) ===== 暖水種。 (...)は卓越種でない * この種の終を以て、夏型の
冷水種。 ことを示す。 終とされている。
----- 潮沼種(淡水種) ** 典型的な北洋種である。

が望まれるのであり、そこに応えたのは次節の T-S ダイアグラムであった。

5. 苫小牧沖の T-S ダイアグラム

水質調査の一環として、水温 T と塩分 S の測定が、浮游生物調査と平行し毎月1回行なわれている。昭和53年度1年分の T-S ダイアグラムを、表層水と深度 10 m との両方についてとりまとめた。測定点は、図-2 に示すとうりて、大体浮游生物調査地点と重なっている。

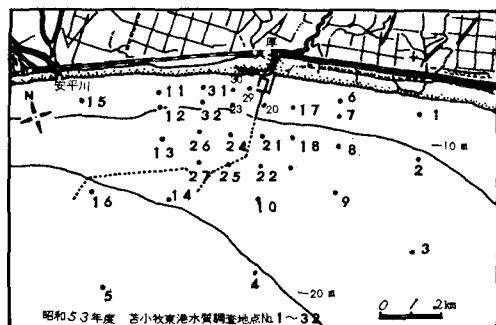
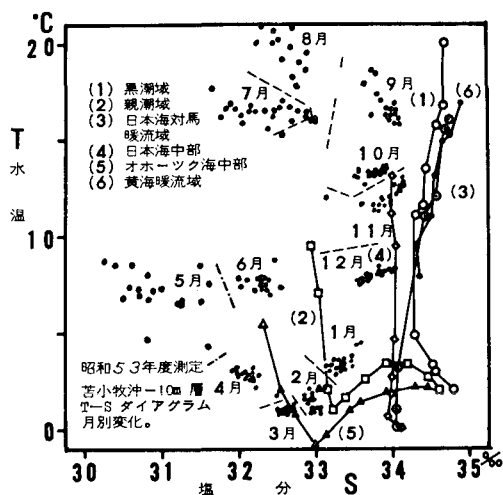


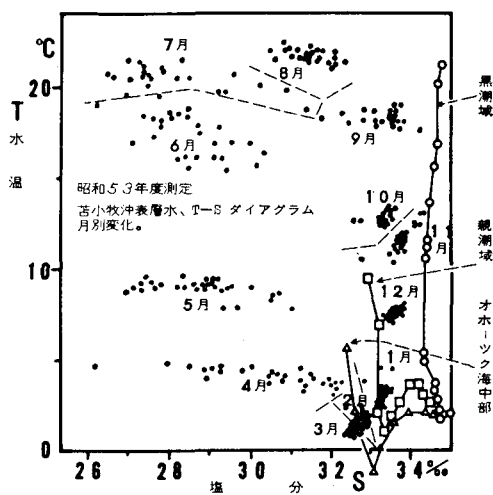
図-2

図-3 が水面下 10 m のもの、図-4 が表層水である。T-S ダイアグラムは、海洋学で海流系の識別とか、異なる二海流の混合度を判定するのによく用いられている。図-3 中の右の方にある6本の線は、図中にも説明がされているように、日本周辺の海流の流心部における T-S 特性を図示したものである。とくに (1) 黒潮、(3) 対馬暖流は源流が同じなので似た特性を示している。津軽暖流水がこれらと特性を同じくすることは容易に推察できる。一方、寒流系の (2) 親潮、(5) オホーツク中部水は、いずれも特性が横に寝ており、塩分の低いところから曲線が立ち上り、暖流系水と全く異なる特性を示す。親潮接岸分枝も、これとほぼ同じ特性と考えられる。この図には、苫小牧沖の測点すべての T と S をプロットしており、黒点1個が測点1個に対応する。

この図によれば、一年を周期として各月の測点群は時計廻りに循環する。始めに述べたように測点は海岸から数 km に亘る沿岸部なので、絶えず陸水や、冬季春季の融氷水の影響を受けて塩分が低く、代表的海流の特性に較べて全体が左側に寄っているが、それでも各月の海流系が、寒、暖いずれの系に属するかを判定することはで



図—3



図—4

きる。すなわち、9月から12月までは高鹹で次第に水温が低下し暖流水系に属しているが、1月から4月までは低温、低鹹の寒流水系になっていることがはっきり判る。5月以後、陸水の流出による沿岸水の発達によって塩分が低下すると同時に自然昇温によってどの海流系の特性からかはずれた変質水になっていることが判る。とくに5月は塩分が低くこの時期の陸水流出の影響は最も大きい。その上、測定値の分散も最大で、岸と沖とで塩分の差が相当大きいことを示している。8月になると若干塩分の高くなる徴候が見え始め、暖流水系の到来が感ぜられる。

以上の状況から判断すると、苫小牧沿岸では9月から12月まで津軽暖流水系、1月から4月までは親潮接岸分枝が支配的である。5月以後7月までは沿岸水の影響が大きく、それに自然昇温が加って変質している過程と思われる、8月に津軽暖流水系の到来が始まる、というパタ

ーンを毎年くり返すものと思われる。

図—4 は表層水なので、陸水の影響はさらに大きく塩分が低い。それでも1年を周期とする時計廻りの循環や暖流系に属する月別変化の動向は大体同じである。ただ、測定値の分散は4月からすでに大きく、7月まで続いている点特徴的で、4月から7月までの表層は、陸水の直接の影響が絶えずおよんでいることが判り、地点によって水温や塩分が幅広く変化している。

以上の二枚の図から、海流系の季節変動の実態が大体把握された。もっとくわしく知るには、さらにはるか沖の深い点で測定するのがよい。北海道公害防止研究所では、昭和51年度に深度60mで測定を行なっている⁵⁾。T-Sダイアグラムの傾向は殆ど変わらないが、5月から7月までの変質水の時期に、陸水の影響があまり出ていない。単に昇温のみである。また、7月には早くも津軽暖流水系の前駆が感じられ、8月には全く暖流水系に変っている。著者等のデータと年度が違う点も考えねばならないが、沖の深い所ほど早く高鹹で密度の大きい津軽暖流水が海底に沿って沿岸に近づいて来るように思われる。以上のように、苫小牧沿岸のT-Sダイアグラムによる海流系の季節変動の傾向は、一応把握されたと考えてよいであろう。

6. 浮遊生物とT-Sダイアグラムによる海流系季節変動との対応

以上に述べた二節により、すでに浮遊生物種のうち、とくに暖水種と冷水種の季節的变化が、T-Sダイアグラムから想定した海流系の季節的変動ときわめてよい一致をもたらしていることが知られよう。T-Sダイアグラムから見た8月から12月は、津軽暖流水系の出現時期であり、浮遊生物暖水種の出現時期と完全に一致している。また、1月～4月の親潮接岸分枝の時期も、冷水種の出現時期である。川村の判定によれば、生物にとっての水中の真夏は10月、真冬は3月である。これも、それぞれの期間の中間に当る月であり、もっともなことである。とくに表—1から判るように、冷水種が7月まで持続して採集されていることは、4月以降の変質水の時期が、まだ暖流水の到来を見ず単に親潮接岸分枝が変質したものであることを立証しており、水質問題上重要な事実である。その他、表—1中5月～7月の原生動物種の中に、淡水種が見られることも注目すべきことである。これは、陸水の流出によって陸上湖沼から押し出されたと解釈され、この時期の沿岸水の発達と符合している。

このように、海中浮遊生物種と海流系の季節的交替が完全に一致し、1年を周期とするそれらの変遷がきわめて明らかになった。このことは、苫小牧東港の置かれた

海洋自然環境の基本的な問題の一つが明確になったことを意味し、その意義は大きい。この自然像を元にして考察すれば、種々の問題が関連して解明される可能性を持つ。たとえば、1月になると急速に寒冷化する苫小牧沿岸の気候とか、初夏に多発する海霧の発生なども、海流の季節変動と直接関連している。あるいは浮游生物を食餌とする魚群の行動について、それを探る端緒になるかもしれない。また、港湾が機能化していく過程で増加するであろう諸廃水と自然の沿岸水との識別の基礎資料ともなり得よう。

7. 結 論

浮游生物の生物学的調査と、 T - S ダイアグラムの物理的調査の結果が、苫小牧東港の置かれた自然海洋環境の基本である海流系の季節変動を、これほど刻明に浮彫りにできるとは筆者等自身予測していなかった。あらためて、このような物理的、生物的、化学的な諸手法を含

む総合調査の意義の大きさを感じている。今後このような大規模港湾建設には避けられない環境評価上の一手法、また一事例として本文を公表した。

最後に、この研究のほとんどの資料の提供および御協力を頂戴した北海道開発局室蘭開発建設部苫小牧港湾建設事務所の関係各位の御厚意に深く感謝の意を表するものである。

文 献

- 1) 渡辺貫太郎：北海道周辺の海況および気象の特色，沿岸海洋研究ノート，第3巻，第2号，1964.
- 2) 小藤英登：噴火湾近海海洋観測報告，室蘭市役所，昭和25年5月.
- 3) 例えば，大谷清隆ほか：噴火湾の海況変動の研究，I，II，III，IV，北海道大学水産学部研究彙報，第20巻，第4号，第22巻，第1，2，3号，1970，1971，他，多数.
- 4) 駒木 成：浅海漁場開発と外海条件，水工学シリーズ 75-B-5，土木学会水理委員会，1975.
- 5) 安藤和夫・斎藤 修・有末二郎・柴田敏三：苫小牧海域の海況について，北海道公害防止研究所報，第4号，1977.