

寄稿

漁海況変動予測のための海洋研究のあり方 に関するシンポジウム*

主催 東京大学海洋研究所

日時: 昭和58年1月13日 10:00~17:30
14日 09:40~17:00

場所: 東京大学海洋研究所 講堂

話題および話題提供者

主旨 平野敏行・杉本隆成 (東京大学海洋研究所)

1. 漁海況予測の現状

- | | |
|-----------------------------|-----------------------|
| (1) 水産庁・海区水産研究所における漁海況予測の現状 | 藤本 実 (南西海区水産研究所) |
| (2) 漁海況情報サービス機関における現状 | 為石 日出生 (漁業情報サービスセンター) |
| (3) 相模湾における海況調査の現状と問題点 | 岩田 静夫 (神奈川県水産試験場) |
| コメント1 | 船越 茂雄 (愛知県水産試験場) |

2. 海況変動研究の構想と試み

- | | |
|-------------------------|-----------------------|
| (4) 海況変動予測はどこまでできるだろうか? | 鳥羽 良明 (東北大学理学部) |
| (5) 戦前のマイワシ資源の急減と気象との関係 | 友定 彰 (東海区水産研究所) |
| (6) マイワシ漁場の短期変動予測を目指して | 稲掛伝三・平野敏行 (東京大学海洋研究所) |
| コメント2 | 松宮 義晴 (長崎大学水産学部) |

3. 各観測手法の意義・役割

- | | |
|----------------------------|-------------------|
| (7) 船による海洋調査に関して | 大塚 一志 (東京水産大学) |
| (8) 海況と魚群把握のための船の装備 | 青山 恒雄 (東京大学海洋研究所) |
| (9) 係留系および漂流ブイ | 蓮沼 啓一 (東京大学海洋研究所) |
| (10) 海況と魚群把握のためのリモート・センシング | 杉森 康宏 (東海大学海洋学部) |
| コメント3 | 石井 丈夫 (東京大学海洋研究所) |

4. 総合討論

* このシンポジウムは東京大学海洋研究所主催の研究集会として行われたものであるが、内容が本研究会報に
適当と思われるので寄稿した(平野・杉本)。
本シンポジウムで話題提供のあった「漁場の移動に関わる海況変動研究の構想と試み」(水野恵介・黒田隆哉:
東北区水産研究所)および「各手法の組み合わせ」(杉本隆成: 東大海洋研究所)については次号掲載予定。

シンポジウムの主旨

平野敏行・杉本隆成（東京大学海洋研究所）

漁海況の予測は、漁業資源の有効利用・漁獲効率向上のための古くて新しい課題である。数年スケールでの長期予測は設備投資などの漁業戦略に関係し、毎年各魚種の漁期直前に行なわれる漁況予測は流通業者の投機的な面にも大きな影響を及ぼす。また、日々の短期的海況・漁況予報は、沿岸・近海域におけるまき網・釣り船の漁業者からは、操業場所を効率的に探しあてるための指針として切実に求められているものである。

ところで近年、リモートセンシングや係留系などの海洋観測技術の進歩が著しく、また海流の蛇行や渦、フロ

ントといった中規模の海洋現象の研究の発展には目ざましいものがある。これらに伴い、水産海洋学の面でも、船による調査や沿岸定線定地観測の仕方、役割も見直さなければならない状況にある。

そこで、今後の漁海況変動予測のための海洋研究の進め方、今回はとくに海洋観測のあり方についてシンポジウムを企画した。その中で、まず問題の所在と各研究、調査の目的・計画を明確にし、次にそれらの目的を念頭におきながら、各手法の有用性と限界、組み合わせ方等について検討した。

1. 漁海況予報の現状

(1) 水産庁・海区水産研究所における漁海況予報の現状

藤本 実（南海海区水産研究所）

魚は移動性天然資源である。この資源を有効に利用し、また維持・管理する目的で漁海況予報が行なわれている。

わが国の漁海況予報は一口でいえば現象追従型あるいは災害先行型の予報業務のなかで発展してきた。1964年に始まった沿岸沖合漁海況予報事業としてこの例外ではない。一見したところ受動的に開始された事業ではあったが、事業実施に伴う調査体制の確立、新調査手法の導入・開発、予報研究に従事する研究者の熱意、研究者の教育養成などがわが国の海洋研究推進の礎となった事実を否定することはできない。

したがって、推進母体となった事業の歴史を振り返ってみることが重要であるが、すでに宇田（1972）、平野（1973）、為石（1976）、服部（1979）などに記述されているので、ここでは現行の沿岸沖合漁海況予報事業における主な改革・改善の経過をみた上で、現在海区水研で実施している海況予報の現状を紹介する。

1. 沿岸沖合漁海況予報事業とその変革

1963年冬期の異常冷水現象を契機として、従来の事業が整理、統合されて発足した本事業は、当初20の沖合定

線（隔月実施）、48の沿岸定線観測（毎月実施）の実施、漁海況速報作成（週刊）、短期予報作成（月2回）、長期予報作成（年2～3回）および漁場海況概報の発行（年6回）が事業の基幹となっていた。さらに1965年には迅速な情報の伝達を目的とした普及広報業務が付加され、これには新設の全漁連海況センターが当たった。

その後、事業実施の経験を通して見直しの必要にせまられ、1970年にその見直しの結果が出された。その概要は、沖合・沿岸定線の継続、増養殖漁場を主対象とする浅海定線の開始、漁場一斉調査の充実、漁海況速報の整備強化、短期予報のとりやめ、長期予報をブロック別・魚種別から資源系統群別に充実することなどであった。また普及広報業務に関しては漁業情報サービスセンターを設立し、そこに業務を移管すること、同時に航空機調査もサービスセンターに移管するというものである。サービスセンターは1972年に発足し、これを期に予報業務と普及広報業務の分担が明確化され、現行の予報事業執行体制が確立した。

1974年の第3次海洋法会議を経て世界は200カイリ時代に突入した。わが国でも1977年の200カイリ経済水域

漁海況変動予測のための海洋研究のあり方に関するシンポジウム

の設定と共に200カイリ水域内漁業資源調査が開始された。これは電子計算機による重要資源の漁獲生物統計およびそれらの資源評価を目的としている。また後述する沖合・沿岸定線調査資料のMT化も開始された。これに先立って1976年から人工衛星情報の水産への利用を目的にした人工衛星利用調査検討事業が開始された(為石, 1983)。

また最近では、漁海況に関する調査研究体制の充実および漁海況予測手法の検討・改善のため、海区水研漁海況予報担当者の執筆による「漁海況予測の方法と検証」(水産庁研究部)が刊行されている。

このように漁海況予報事業は1964年以降も事業面から積極的な見直し・改善が行なわれ、急速に近代的な姿に変貌しつつある。

いっぽう水産海洋研究会の漁海況に関するシンポジウムが1964年以降実に13回も開かれている。それではその話題提供および討論の結果が事業あるいは予測研究に反映されたであろうか。私には残念ながら答は否と感じられる。この理由として、永年継続する予測研究あるいは予報事業に対して、話題提供や討論が単発的で継続性がないこと、また、予測担当者が目先の用務に追われて、研究成果を整理し予測に結びつける努力を怠ったことがある。

しかしながら近年の海洋観測および水産資源探査技術の進歩は我々の想像を越えるものがあり、この展開をみ

るかぎり近い将来には今までと全く異なる形での予測研究が進む可能性は充分にある。

2. 漁海況予報事業の現状

ここでは水産庁が毎年印刷配布している漁況海況予報事業実施方針を例に出して現行の事業体制を紹介することにする。

図1に昭和56年度の事業実施方針を転載した。予報事業は予報作成業務と速報作成業務に分かれている。

予報作成業務の一つの主力をなすのが各種調査である。隔月観測の沖合定線調査、毎月実施の沿岸定線調査は1964年当時はそれぞれ20定線、48定線、測点数にして年間16,000点のネットワークとして発足した。その後、予算ののび悩み、オイルショックによる経費増大、調査船大型化に伴う経費増大が原因となって観測網縮小を余儀なくされ、昭和56年には測点数で年間12,000点、事業発足当初の75%、定線数では沖合定線で38%、沿岸定線で47%に落ちこみ、これが科学的な根拠に基づく削減でないため、事業担当者に深刻な危機感を与えている。

定線調査で得られたデータは速報として直接現況認識に用いられるほか、統計的処理がほどこされて予報作成の基礎資料として整理が進められているが、前述の調査資料の欠損が資料としての継続性を危ういものになっている。

予報案作成に際しては、水研・水試の観測資料に加えて、気象庁・海上保安庁・防衛庁の観測資料や刊行物も

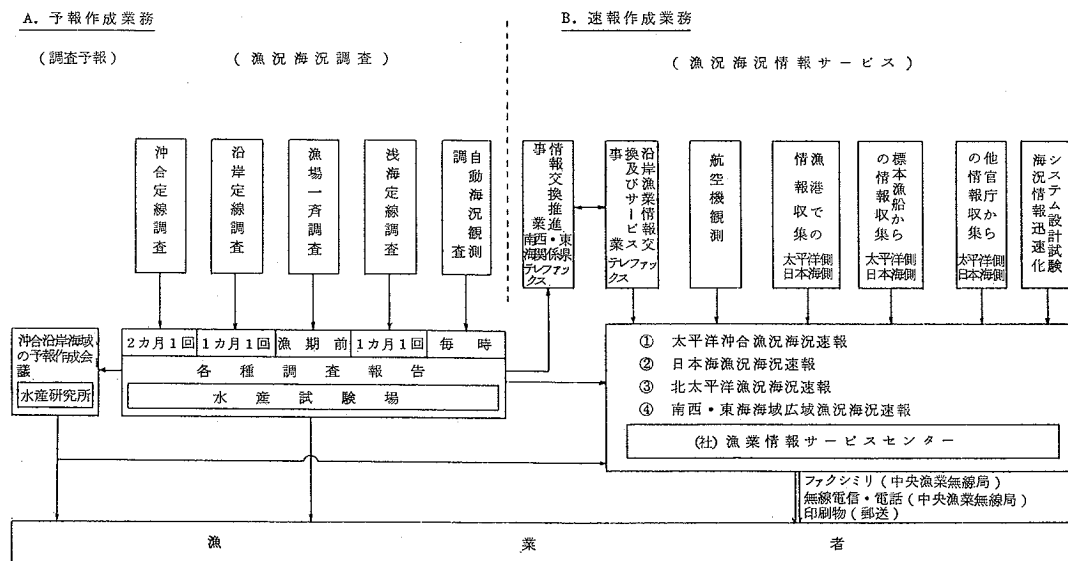


図1 漁況海況予報事業機構図 (水産庁昭和56年度漁況海況予報事業実施方針より)

表1 水産庁・海区水研による漁海況予報の現状一覧（水産庁研究部，1981）

対象とする海	予報時期・予測期間	対象魚種	予測項目	予測方法	予報内容	
北海道周辺 ～東北	6月上旬	カツオ			[主対象] 潮境の分布（水塊配置）	
	下旬	マサバ	黒潮	時系列分析法	黒潮の北限，北限の季節変動	
	8月上旬	サンマ		相関法	北限の季節相関	
	9月下旬	マサバ スルメイカ	暖水塊 黒潮分派	時系列分析法 類似法	発生時期の頻度，停滞期間 移動・消滅	
	10月上旬	サンマ	親潮	時系列分析法 類似法	第一，第二分枝張り出しの季節変動 第一，第二分枝間相互関係	
			津軽暖流	時系列分析法	流量，東方への張り出し	
熊野灘～常磐・鹿島灘	7月	(マサバ， イワシ類)			[主対象] 黒潮変動，沿岸域水温変動	
	11月		黒潮	時系列分析法 類似法	東行性流軸蛇行，大蛇行の持続・消滅 流軸変動類型化	
	3月		親潮	時系列分析法 相関法 類似法	南下状態 第一，第二分枝間 第一，第二分枝と暖水塊	
			沿岸水温 ①黒潮内側 域水温 ②常磐・鹿 島灘	類似法 時系列分析法 類似法 相関法	黒潮流軸変動に伴う定性的傾向： 平年比表示 水塊分布の傾向変動 暖水舌，黒潮分派類型化 暖水舌，黒潮分派の出現時期，持続性	
沖縄周辺・ 九州南東～ 紀伊水道以 西	10月	(マサバ， イワシ類， マアジ)			[主対象] 黒潮変動，沿岸域水温変動	
	3月		黒潮	時系列分析法	(数値予測：階級別) 流軸離接岸	
			黒潮分枝流	類似法	分枝流の有無，発達の場合（黒潮流軸 予測との対応）	
			沿岸漁場水 温	時系列分析法 類似法	平年差 (黒潮分枝流の発達を加味)	
瀬戸内海 (東部)	5月	カタクチ	漁況		(黒潮離接岸，紀南分枝流強弱，内海 系水張り出し情報を参考)	
東シナ海	10月	6か月	(マアジ， サバ類， イワシ類)	黒潮	時系列分析法	[主対象] 海流の動向，水塊配置， 沿岸水温，顕著な海況変化
					類似法	流量
					速報	流軸（九州南方） 流軸（東シナ海）
					時系列分析法	流軸東西変動，平均位置の出現頻度
					時系列分析法 相関法	規模 持続性
					時系列分析法 相関法	規模 持続性
	水温	時系列分析法 類似法	水温高低 福岡水試定線観測(1913～) を活用気象情報の導入			
日本海	6月	3か月	スルメイカ		[主対象] 海流の動向，水塊配置，水 温変動	
	9月	6か月	(マアジ，イワ シ類，ブリ， スルメイカ， マサバ)	対馬暖流	時系列分析法 類似法	流軸（パターン予測），流速，流量 輸送能（魚群）
			冷暖水域	類似法	冷暖水域の規模，移動，配置型（パタ ーン予測）	
	3月	6か月	(マアジ，マサ バ，イワシ類， ブリ)	水温	時系列分析法 相関法	(数値予測：階級別) 変動度 持続性

[予測方法の区分] 相関法……持続性，時系列分析法……傾向変動・周期変動・定常確率変動

論理法……力学的方法，類似法の4通り

(土井 1965)

積極的に収集・利用されており、特に沖合域については水研・水試以外の調査機関による調査結果の利用頻度が高い。

また予報作成には数年あるいは数10年といった長期変動傾向が加味されねばならないが、この面では関連する研究成果が積極的に導入されている。

以上の資料に基づく予報期間は数ヶ月に限られている。これに飽きたらず、水試などでは独自の方法で海況資料の収集・分析を行ない、日々変化する漁況に対応した海況予報への取り組みがなされている（小金井, 1976; 木幡・岩田・山本, 1977; 中村・松原・小長谷, 1979; 岩田, 1981, 1983）。

定線調査資料は1973年より磁気テープ（MT）におさめられることになった。その後1963年の資料にまでさかのぼってMT化と資料整理・解析が進められている。

1977年から始まった「200カイリ内漁業資源調査」でも生物情報のMT入力を実施されており、ここでも従来とは異なった形での予測方法が編み出される趨勢にある。

速報作成業務については、都道府県水試の協力のもとに漁業情報サービスセンターが分担しているが、これについては人工衛星利用システムに関する話題も含め為石（1976, 1983）に詳しい。

3. 海区水研における海況予測の現状

海区水研の海況予報は、対象とする魚種やその生息環境が著しく異なるため、それぞれの海域特性に見合った特有の方法で行なわれている。

ここでは「漁海況予測の方法と検証」（水産庁研究部）を座右の書として、日本周辺の各海域で実施されている予報について、表1にまとめた。ここで予測方法の区分としては土井（1965）の方法を用いている。

世界有数の潮境漁場を含む北海道～三陸沖合海域では、海域の特徴である潮境の分布を水塊の配置から予測しようとしている。予報作成時期は夏～秋に集中し、対象魚種はカツオ、マサバ、サンマ、スルメイカと多種に及ぶ。黒潮・親潮・津軽暖流といった固有の水塊構造を持つ現象は時系列分析法によって予測されている。

次いで熊野灘～常磐・鹿島灘海域では、黒潮流軸の特異的な変動を反映して、黒潮流軸およびそれに伴う沿岸域の水温変動に予測の主眼がおかれている。予測方法としては時系列分析法に加え、相関法、類似法が合せ用いられている。また黒潮流軸変動に伴う黒潮分派・暖水舌派生の魚類の回遊に及ぼす影響が重視されている。予報は年3回、予報期間4ヶ月を目途に作成され、対象魚はマサバ、イワシ類である。

沖縄周辺および九州南東～紀伊水道以西の南西海域では、黒潮流軸変動とそれに伴う黒潮分枝流の挙動、沿岸域水温変動が予報の主対象で、時系列分析法、類似法が用いられている。また黒潮流軸および沿岸水温の予報には階級表示の数値予報が出されている。対象魚種はマサバ、イワシ類、マアジが主体であるが、その他取り扱われている魚種は極めて多い。

東シナ海～九州西方海域では、海流の動向、水塊配置、沿岸水温および顕著な海況変化が注目されている。中国大陸沿岸水、黄海冷水については水塊規模が時系列分析法で、持続性が相関法で予測されている。また東シナ海の黒潮については予報よりも速報による情報伝達が重視されている。対馬海峡の水温予報では、福岡水試が1913年から継続観測している資料を活用しており、継続観測の重要さが再認識される。予報は年2回、向こう6ヶ月の期間を対象に実施されており、対象魚種はマアジ、サバ類、イワシ類である。

日本海の予報の主対象は、海流の動向、水塊配置、水温度変動である。対馬暖流および冷、暖水域についてはパターン予測が、水温については階級別の数値予報が実施されている。スルメイカ、マアジ、イワシ類、ブリ、マサバなどの対象魚種に合せて年3回向こう3ヶ月又は6ヶ月間の予報が出されている。

以上、日本周辺海域で実施されている海況予報の現状を概観してきた。

1964年事業発足当初の当惑や予報作成の試行錯誤をどうにか乗り越え、着々と成果が実りつつあるように思える。事実、海区水研の担当者をして、「いつ」「なにを」「どのように」予測するかという予測の基本問題に、おぼろげながらも見通しが立つようになったという意味で、ようやく軌道にのったといわしめるまでになってきた。それでは今後、より良い予報にするためにはどうすれば良いか。本題から多少逸脱するが、この点を少し考えてみたい。

4. 単純予測から複合予測へ

漁況、漁況と一口で簡単に表現されるが、漁況は、資源量変動、魚種交替、魚類の回遊性、魚種の多様性など自然発生的な条件に、漁船大型化、漁具改良による漁獲性能の変化、漁撈技術の巧拙、漁獲対象の任意選択性など人為条件、それらに加えて海洋条件がからみ合って現出したもので、非常に複雑なものとなっている。どの構成要因をみても、一つ一つが複雑で、その解明ですら容易なことではない。

わが国の水産海洋学の先人達はこの難題に対して惜し

みない努力を払ってきた。その結果、わが国の漁海況予報事業のような多角的かつ周年にわたる組織的的事业は世界中でその例がないと評価されるまでになってきた(山中, 1979)。反面, 情報収集手段, 伝達, 分析方法などは改良の余地があり, 外国に学ぶ点が多いことも指摘されているが, これについても現今では急速な改良が加えられつつある。

予報作成担当者の口から, 遠慮がちながらも予報体制が整ってきたと言葉が出されるようになった今日, 一つにはもう一步二歩足を進めて, 予測根拠を普遍化し, 予測検証を的確に行なうため, 現在多く用いられている定性的表現を数量(数値あるいは階級)で表現すること, そのため資料の収集手段・整理方法の確立・ルーチン化に向けて精力を傾ける必要がある。

また現在出されている海況予報は黒潮・親潮・所定海域水温を予測する単純型予報である。しかし究極の目的は, 回遊性の, しかも固有の発育段階・生活年周期を持ち, 比較的短期間のうちに全く異なる水塊の分布する海域に離合集散する魚類の生活環境を予測することである。したがって第二には, 対象魚種の回遊と関連させて「刻々変化する予測対象を」「いつ」「どのように予測すれば良いか」を追及しつつ, 予測調査研究を進め, かつ予報作成に当ることが必要であろう。いまこれを複合型予報と呼ぶならば, 単純型予報の定着しつつある現在, 複合型予報への脱却をなんとかして実現したいものである。

200 カイリ水域内漁業資源調査や人工衛星利用技術の開発, 海洋観測資料のMT化, 定期船・漁船による水温

連続測定などは複合型海況予報の強力な武器となり得るし, 現に三陸沖を中心とする海域ではその方向での調査研究が進行中と聞いている。

文 献

- 土井長之(1965) 海況予報の理論と方法. 科学技術庁資源局, 14-29.
- 服部茂昌(1979) 漁海況予報事業をふり返って. 水産海洋研究会報, 35, 73-75.
- 平野敏行(1973) 漁海況通報予報システム. 水産資源論, 海洋学講座, 14, 東大出版会, 143-159.
- 岩田静夫(1981) 沿岸海象の総観解析. 水産海洋研究会報, 39, 95-98.
- 岩田静夫(1984) 相模湾における海況調査の現状と問題点. 水産海洋研究会報, 45, 136-138.
- 木幡 孜・岩田静夫・山本浩一(1977) 相模湾における漁況と海況, 黒潮及び房総沿岸低温水の動きとブリ成魚の来遊現象. 水産海洋研究会報, 30, 61-65.
- 小金井正一(1976) 漁況・環境にかかわる沿岸海象調査法について. 水産海洋研究会報, 28, 1-6.
- 中村保昭・松原壮太郎・小長谷輝夫(1979) 短期漁海況予報への取り組みの一例. 水産海洋研究会報, 35, 76-83.
- 水産庁研究部(1981) 漁海況予測の方法と検証. 水産庁研究部, 1-167.
- 為石日出生(1976) 日本における海洋観測と海況速報に関する現状と問題点 一水産関係一. 水産海洋研究会報, 29, 65-70.
- 為石日出生(1984) 漁海況情報サービス機関における現状. 水産海洋研究会報, 45, 132-136.
- 宇田道隆(1972) 水産海洋学の発祥と発展. 水産海洋研究会報, 20, 123-130.
- 山中一郎(1979) 諸外国における漁海況予報と今後のあり方. 水産海洋研究会報, 35, 93-96.

(2) 漁海況情報サービス機関における現状

1. はじめに

昭和47年(1972年)に発足した漁業情報サービスセンター(以下JFIC)は, 2つの方向性をもって業務を行ってきた。1つは現況通報業務で, 漁況海況の変動を日々の単位で, データ収集・処理解析・通報するものであり, もう一つは予報通報業務で, 水産庁, 水産研究所, 水産試験場が中心となって行っている漁況海況の長期予報をわかりやすく漁業者, 水産関連業界に広報するものである。

為 石 日出生 (漁業情報サービスセンター)

この中にあって, 漁船漁業者や流通関連業界の短期的な戦略に役立てるために, 従来からの現況と同時に短期予報の開発が, 昭和55年(1980年)から進められ今後JFICの業務の主体となろうとしている。これには, 同時性, 広域性, 反復性, データ量に特長を有する人工衛星の利用は不可欠なものとなってきている。

この項では, 漁海況情報サービスにおける現況通報業務・予報通報業務での問題点を指摘し, また, 短期予報確立のための人工衛星の漁海況への利用の現状について

報告する。

2. 現況通報業務における問題点

(1) 水温データ収集・伝達システム

JFIC は漁船へファックス放送するため2日間に1回の間隔で表面水温図(50 m, 100 m, 200 m は1か月毎)を作成することに成功している。これには日本近海には漁船の数が多く、また県単位に無線局があり戦前より漁船とのデータ交信が盛んであり、この漁船データを海岸局を通して組織的に JFIC に入手できるシステムが確立されたことが大きな一因となった。また、気象庁、海上保安庁(水路部)、防衛庁、大学等の他機関のデータも漁業に役立てるために協力頂けたことも見のがせない。

データ数は1日約700点入手し2日に1回分布図を作成しているが、作成におけるデータ数は作成前4日間分約3,000点である。この種類は漁船51%、一般船舶44%、調査船航空機5%となっている。また、三陸から160°Eまでは観測点が比較的多いが、160°E 以東の沖合は急に空白部分が多くなり、その他南方沖合、ソ連中国の200海里水域でもデータ量が急減している。

なお、1° 経度毎で170°E 付近にデータが多いのは漁場が出来ている部分のデータが多いからであり空白部分も多い。

このように水温(海況)の問題点を整理すると、①観測点、漁場・大圏コース・調査船における特定水域に偏ること、②漁期前、漁場の急変により漁場の消滅時・台風荒天後のデータが大幅に少ないこと、③沖合に移るに従いデータ量が減少すること、の3点、また、分布図作成上の問題点として、④時間的遅れ、⑤沖合水域がデータ不足から不正確になりやすいこと、⑥データ不足から、潮の流れ、潮境部、暖冷水の真の張り出し南下位置の把握が不可能なこと、⑦海流の渦など微細な海洋構造の表現が不可能なことの4点、計7点があげられる。

(2) 漁況データ収集・伝達システム

漁況データの収集においては、北海道花咲港、宮城県気仙沼港にセンターの調査員が配置されており、入港した船から水揚前早朝から QRY (船間連絡) のリアルタイムな漁況データが入手されている。漁況データが漁業用海岸局を通して水温データ同様自動的に JFIC に入手できないのは、水温データに比べ漁況データが非常に秘密性が強いことによる。この地味な調査員による聞き取り調査が全漁況データの8割を占めている。また、この聞き取り調査は直属のセンター調査員以外に、長期予報の正確なデータを得るためや漁海況情報に理解のある水研・水試によって積極的に進められており、JFIC はこ

れらの機関に連絡用の調査員を配置することによりデータを得ている。

その他、水研水試の調査船が調査中に発見した魚群、試験操業結果も良い情報となっている。また、JFIC は単発機及び双発機による飛行調査を年間34回実施しており、これによって発見された魚群も直ちに電話で連絡されるようになっている。

これらのデータは水温分布図としてプロットされ漁海況情報として漁船・漁業者・関連業界へ通報される。

漁況データの問題点としては、①調査地が地域的に限定されており、魚種別に情報量に偏りがある。例えばカツオ、サンマでは非常に情報量が多いが、ブリ、アジ、サワラ等はほとんど定期的に情報が得られていないこと、②漁場は保存性が強い関係もあって秘密性が強く、早く正確な情報が得にくいこと、③魚体測定、肥満度、生殖腺重量等の生物情報は人手や手間がかかり、簡単に多くの情報が得られないことの3点があげられよう。

3. 予報通報業務における問題点

予報会議は、各海域、魚種に合せて、漁期前、漁期中に責任水研によって実施されており、一応の成果がおさまられている。この予報における問題点としては、①予報文が画的かつ、あまりにも専門的で、研究者用、漁船漁業者用、流通加工業者用、一般消費者用等通報対象毎にわかるよう解説がなされていないこと、②海況予報文と漁況予報文との関連性が欠けており、海況が漁況におよぼす影響が現時点でも明確でないこと、③直接生産流通現場に結びつく短期予報の手法が依然として確立されていないこと、の3点があげられる。

4. 人工衛星情報の漁海況への利用

上述の漁海況データ上の問題点や現況通報と長期予報の間にあっただけ検討中である短期漁場形成予報(短期予報)の問題を解決する1つの手段として、現在 JFIC では人工衛星情報の漁海況への利用の検討を急いでいる。

(1) 画像処理実験(1976~1981年)

実験の結果、雲は3日間程度の重ね合わせで実用程度に除去することができ、メルカトル地図変換が緯経度線0.1°程度の精度で実用的に可能となり、船・航空機による照合実験から温度変換は充分可能となった。また、カラーディスプレイを利用して、濃淡の輝度を32色の色別に表示することによって、海洋の実態を視覚に十分に訴えることが可能となった。

(2) パイロット事業(1982年)

東北海域(32°~47°N, 140°~155°E)を9月~11月

の3ヶ月間、10日に1回の間隔で計10回実験放送を実施。1回の放送には10日間のうち晴れた日の2日間の資料を選び画像の重ね合せをおこなった。利用した衛星はNOAA-7、センサはAVHRR（第4チャンネル、空間分解能は直下点で1.1km）である。この衛星は1昼夜日本近海上空を4~6回、10日間で40~60軌道の通過がある。そのうち2軌道分を処理し、1回分の放送画像では平均70%の海域で雲が除去された。

受信から広報までの所要時間は、4つの機関を経由し、データ伝達は運搬によったため、現在では20時間にも達しているが、将来はJFIC1機関ですべて処理し、4時間程度に短縮することを目的としている。

熱赤外画像は白から黒までの各段階の濃度で温度を示し、画像処理コンピューターのCRT上に表現される。洋上の船舶に対して、この画像と同じものを写真としてファックス放送できることが望ましいが、現実には写真の現像に時間も要すること及び現在のファックスでは白黒の2階調しか写らず、各段階の写真表現ができない等の理由で实际的でない。

このため、CRT上の画像に陸や緯経線の入った透明

のオーバー・レーをあて、輝度を1°C温度に相当する輝度差に直し、その境目をエッジ強調(石井1981)し、境目に沿って等輝度線をトレースする。

その後この1°C温度の等輝度を船舶データと照合し、その温度値を決定して、「人工衛星利用温度分布図(輝度)」を作成する。

また、トラックボールを操作して画面の輝度のスライスレベルを変化させることにより温度差の大である海域を検出し、前線域を顕著に表現して、天気図の寒冷前線、温暖前線の記号と同様に海洋の特性(①暖流②寒流③潮境④暖水張り出し部⑤冷水張り出し部⑥暖水渦⑦冷水渦⑧雲域の8種)を模式化して示す(図1)。

この「人工衛星利用漁海況図」を前述の表面水温、輝度の分布図とともに、ファックス放送と印刷物で広報した。

5. 衛星情報によって得られた海況と漁況に関する知見

(1) 衛星画像と漁場との同時対応

図2は昭和57年10月14日の13時25分ごろ観測した熱赤外画像である。左端には三陸沿岸がみられる。海の画面

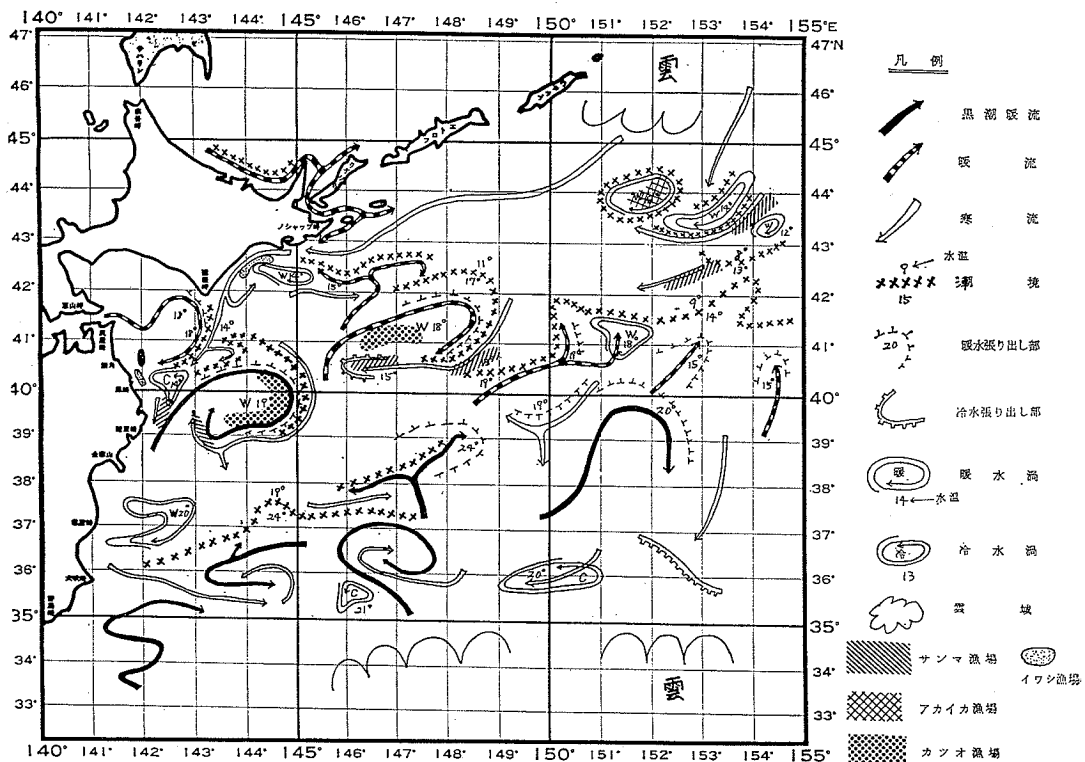


図1 人工衛星利用漁海況図

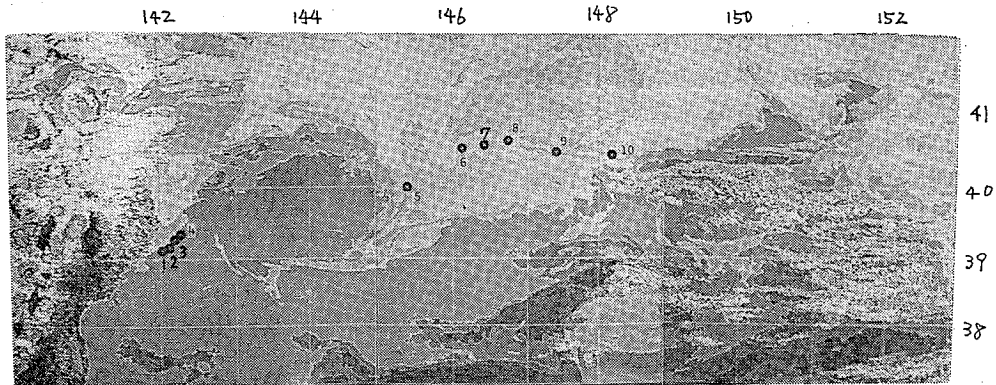


図 2 「人工衛星情報」と「サンマ漁場」の同時対応 (1982年10月14日)

で白い部分が低水温の海域、黒い部分が高水温の海域である。

41°N, 145°E より南下し、39°N より西に向い時計廻りに伸びる画面で白くみえる冷水 (親潮第 2 分枝) に東から南西方向に巻き込まれた灰色の円の部分は三陸沖暖水塊である。また、その北東沖 (41°N, 146°~148°E) にも同様に暖水塊がみえているがこれは釧路沖暖水塊である。これも東側から南西方向に、また南側は西方に向けて冷水に巻き込まれている。この冷水は親潮第 3 分枝である。

一方、37°~38°N 付近には黒潮本流の温度の高い黒い部分もみえ、津軽海峡東口には津軽海流が張り出しおり、親潮第 1 分枝との間にエリモ岬沖で顕著な潮境を形成している。また、黒崎の 20 海里沖は冷水の湧昇域もみえる。

ここでは、紙面の関係で、サンマ漁場と海況との対応についてだけ、図に示す。船舶データによる JFIC 発行の海況図は、4 日分のデータによる平均的な海況図であるが、漁獲のあった時点での海況とは言えず、このため漁場と海況との対応関係が判然としないことが多かった。

しかし、衛星による観測は漁獲のあった時点の海況状態を同時に把握することができ、そのためこれは漁場形成環境条件をよりよく示す可能性を含んでいる。

図 2 の綾里崎沿岸部にある①~④の漁場は親潮第 1 分枝の先端部の潮境に形成されており、三陸沖暖水塊の東側の⑤の漁場は親潮第 2 分枝に形成されている。この漁場は 4 日後の 18 日には、この第 2 分枝の先端 39°N, 143°E 付近に達している。一方、沖合の 40°~30'N, 146°~148°E の⑥~⑩の漁場は、釧路沖暖水塊の右旋流が巻き込む親潮第 3 分枝の西向流の細長い冷水の上に乗っている。この細長い冷水は船舶観測資料で描くにはよほどの

精密な観測がないと検出されず通常観測に依ったのではこの漁場はあたかも暖水の上に形成された様にみえるであろう。

カツオの漁場は三陸沖暖水塊の中、ことに南東部で親潮第 2 分枝との潮境の暖水寄りに形成されている (図 1)。

このようなカツオの南下期における漁場形成条件が見い出されれば、衛星画像を利用することによって、燃油を節減する経済的な魚群探索が可能となろう。

アカイカ漁場は JFIC の収集したデータでは 1 点しかなく暖水塊の東側に形成されている。その後この暖水塊は徐々に北上し、アカイカ漁場も暖水塊と共に移動し、暖水塊の水温が 12°C 以下になる 11 月上旬まで続いた。

(2) 水塊特性と漁場形成の対応率

図 1 に示された水塊特性と実際の漁場との対応率を、水塊特性に対応した漁場数とこの時期ある魚種の全漁場数との比で考えてみる。たとえばサンマの場合の対応率は 83% である。また、サンマ漁場の約 8 割が、この時期の漁獲適水温 (15°~18°C) 中で、しかも寒流の南下部と潮境部に形成されていた。同様にカツオ漁場の場合は漁場の 80% が適水温 (東北海域では 18°~21°C) 中で、暖流の張り出し部と暖水渦に形成されている。また、アカイカの場合は JFIC で集めた漁場のデータは少なく、全てが 40°N 以北で水温 12°~20°C で暖流の張り出し部と暖水渦の記号のあるところに形成されていた。

この様な対応関係は更に多くのデータによる検討を要するが、衛星利用漁海況図が、漁場探索に有効な手がかりを与えることが示された。

6. おわりに

以上、漁海況情報サービス機関における現状と問題点及びそれを解決する一つの方法として人工衛星情報の漁海況への利用について述べたが、漁海況情報の目的は漁

場予測にもづく効率的な操業と資源の管理にある。

しかし、環境要因から予測する短期の漁場予測方法は確立されていないので、現況を極力迅速に通報することが現時点では最上の方法であろう。船舶データを用いて、2日に1回の間隔で放送することが可能となったが、データ量の増加がそれほど望めない昨今、これがほぼ限界であろう。

一方、人工衛星は日本の近海を5分で観測するほどの迅速性を持つので、これはある意味では短期予測の海況図とも言える。また、1.1 km という細かい解像度を持つ画像を拡大して、漁場周辺の海況状態を正確かつ詳細に追跡することができる。このことは漁場形成の理由の

発見につながるであろうし、短期予想漁況図の作成を可能にし、漁況情報を一段と飛躍させる原動力となる。

文 献

- 米国海洋大気局/米国環境衛星局 (1978) 技術覚書. タイロス-N/NOAA A-G 衛星シリーズ.
 漁業情報サービスセンター (1977~'82) 昭和 51~56年度人工衛星利用技術検討事業報告書.
 漁業情報サービスセンター (1979~'81) 昭和54~56年度海況情報迅速化システム設計試験報告書.
 石井吉徳 (1981) リモートセンシング読本. オーム社, 東京, 183 pp.

(3) 相模湾における海況調査の現状と問題点

はじめに

相模湾および周辺海域の海況に関する調査・研究は、平野 (1969) が述べているように、①水産資源の変動にかかわる海況、②漁場形成にかかわる海況の2つに大別される。

前者については、相模湾および周辺海域で漁獲される対象魚のほとんどが黒潮上流域で産卵され、黒潮に輸送されて本州沿岸に補給されると考えられる。したがって、広範囲にかなりの頻度で調査し、時間・空間的な数量変化の実体を漁況と卵・稚仔・幼魚から未成魚・成魚など发育段階の異なる生物それぞれに対応させることと、輸送機構としての黒潮の変動について調査をする必要がある。この調査は広範囲にしかも長期間にわたって共同調査を進めることにより、その成果が期待されるものであり、一地方水試が独自で達成できる問題ではないと考えている。

後者については、相模湾および周辺海域を一つの漁場として考える。木幡 (1979) によれば、相模湾の漁獲対象魚は黒潮内側域に生活している暖水系魚類が中心で、それら漁況は波状的であり、主として黒潮流路の変動に伴う海況変化に強く影響されるとしている。

この海況変動の時間スケールは数日~10数日で、沿岸漁業者の最大の関心事の一つであり、定置網漁業者が自主的に各層水温やその他の海象を毎日測定していることから明らかである。このスケールの海況変動を把握す

岩 田 静 夫 (神奈川県水産試験場)

るための調査・研究と変動を予報することこそ地方水試が主体性と責任をもって解決しなければならない大きな任務であり、これをもとに、前者の調査・研究に参加すべきであるとする。

1. 相模湾における海況の調査・研究の歴史

神奈川水試では、数日~10数日の短期の海況変動の実態把握と予報を目的とし、古くから調査を実施してきた。最初の組織的な調査は、1910年代から1940年にかけて湾内6ヶ所で毎旬一回行なった海洋観測、1921~1938年に毎日一回行なった海洋観測などをあげることができる。戦中から戦後の一時期、海洋観測は中断されたが、1949年から数年間、東海区水産研究所が中心になって実施したマイワシ資源の全国的な調査に併行して海洋観測が行なわれた。1954~1963年に、2ヶ月に一回相模湾内の海洋観測が行なわれた。1963年には日本沿岸域で異常低温現象が起こった。これを契機に漁海況の変動の実態把握と予報を目的とし、各県水試では水産庁の補助を受け、地先の海域を毎月1回海洋観測を実施し、「漁海況速報」も発行するようになった。

これら一連の海洋観測は宇田 (1937)、木村 (1940)、岩田 (1979) により整理された。その結果、相模湾の表層水は河川系水、東京湾系水、黒潮系沖合水などの各種水塊によって構成され、それら特性値(水温・塩分など)と分布は年とか季節によって変わることで、表層に深には亜寒帯系中層水と太平洋深層水が層重し、特性値は周年

余り変わらないことなどが明らかにされた。

定点における月1回の観測は、定線を細かくとつても、海況の短期変動のある日のスナップ写真を撮っているようなもので、この観測を繰返してみても海況の短期変動を動態としてとらえることはできないし、いわんや短期予報に結びつけることは到底不可能である。

小金井正一氏（元神奈川水試）は、1950年代に定点観測を担当し、“変動するのが海の実態である”という認識を得るとともに、月1回の定点観測に疑問をいだいていた。同氏は当時海況の短期変動を把握するために、沿岸各地の水温を毎日収集し、イソプレット解析（横軸に日、縦軸に場所）を試みていた。1963年の異常低温現象以降、週1回発行することになった「漁海況速報」にそれまでの研究成果が活用された。定地水溫を用いた海況の短期変動の追跡法は、小金井（1976）、岩田（1977、1979）に報告されているので、ここでは省略する。

神奈川水試では、1972年に「漁海況速報」の発行を中断した。1973年以降漁海況グループを再編成し、各地先の定地水溫と定置網漁獲データをもとに、短期の海況と漁況変動との関り合いについて、月1～2回検討会を開き、その結果を「漁海況情報」として発行してきた。1975年以降、イソプレット解析の他に、定地水溫と不定期な水溫データをもとに初歩的な海況図とも云える水溫水平分布を日毎に作成してきた。これら水溫分布図と人工衛星による水溫分布図と対比したところ、神奈川水試の水溫分布図は海況の短期変動の把握に十分使えることがわかった。

これら作業を通じて得られたことは、相模湾の海況は短時間に大きく変動し、その後数日間はある海況パターンをが続くこと、大島の水溫が急上昇すると、4～5日以内に三浦半島先端の水溫が上昇し、次に湾奥から湾西部海域の水溫が上昇する場合が多いことなど短期予報につながる知見が積み重ねられたことである。また、木幡他（1975、1977）による短期の漁況と海況との関係についての知見も積み重ねられ、ブリ漁況の短期予報は数年前から実施されている。

定地水溫データは海況の短期変動の追跡には有効であっても、このデータを利用して実態を把握するには限界がある。神奈川水試では、数年前から短期変動現象の実態を把握するためには、沖合域で水溫、流れなどの連続観測を実施する必要があると考えていた。ほぼ同時期に、神奈川県環境部の方々も「沿岸域に流入した汚濁水がどのような挙動を示すかを知る上で、流れの実態を把握しなければならない」と考えていた。夫々の分野から

の要求により、1977年～1978年に相模湾の大陸棚上で約1ヶ月間流れと水溫の連続観測を計4回実施した。

その結果、相模湾の流れは宇田（1937）が示したように、反時計回りの環流が卓越すること、流れと水溫に数日周期の変化がみられ、これに潮汐周期の変化が重なっていること、水溫にみられる数日周期の変化は、昇温時間が湾東部から西部に向って遅れる例が多いことなどが明らかにされた。

1982年以降、相模湾央と相模灘で流れと水溫の連続観測を実施してきた。

2. 海況の短期変動の把握と予報の問題

地方水試では、海況の短期変動の追跡に大きな精力を注いでいる。神奈川水試では、定地水溫を毎日収集し、水溫イソプレットと水溫水平分布図をつくり、これに定期船による航走水溫、他機関および漁船などからの不定期の情報に加え、毎日の海況変化を追跡している。都水試大島分場も神奈川水試に近い方式で短期変動の把握に努めている。これに対し、静岡、千葉、茨城の各県水試では、漁業無線局経由で漁船から漁場水溫、水試などから海況に関するデータを手し、短期変動の追跡に努めている。各県水試とも海況の解析結果に漁況を加え、「漁海況情報」として漁業者並びに関係機関に伝達している。伝達のインターバルは、静岡水試が「日報」、東京、千葉、茨城の各県水試が「週報」、神奈川水試が「20日に1回」である。伝達の手段は郵送に頼っている。郵便による速報の伝達は時間的に遅れがちなため、速報の内容に利用価値があっても、その価値を下げているものと思われる。各県水試とも比較的少人数でデータの収集、整理・解析、伝達まで行なっているが、今後の課題として、データの収集から伝達方法まで含めたシステム化を考えるべきであろう。

次に海況の短期変動の追跡と予報の問題がある。これらに取組む前に、(1)対象とする海域の海洋構造の季節変化、(2)対象とする海域の各種水塊の地理的分布と特性値の季節変化、(3)海況の長期変化における現在の海況の位置づけなどの知見をもつ必要があろう。

現在の予報は定地水溫のイソプレットと水溫水平分布図などをもとに、(1)水溫データから周期的な変化の検出(2)地点間の水溫の相関、(3)過去の海況をいくつかのパターンに分類し、現在のパターンがどのパターンに類似しているかを見究めるなど、初歩的な周期法、相関法、類似法などを組合せ、短期予報を行なっている。

予報の精度向上をはかるためには、先づ海況の短期変動の実態を知らなければならない。現在われわれが作成

している水温水平分布は、時空構造の次元の断面しか描かれない。1枚の図から海水の盛り上がりや沈降、波をうって流れる海水の動きを立体的にまた動的にとらえることが、今後の重要な課題である。

この課題を解決するためには、自記水温計や流速計などの自記観測機器の整備と拡充、定期航路や標本船などによる海象データの収集、人工衛星や航空機などによる表面水温分布図の収集および他県水試や他機関との情報交換と調査・研究体制の強化を積極的にはかるべきであろう。千葉、東京、神奈川、静岡の一都三県水試が対象とする海況の時間スケールは数日から10数日の変動である。対象海域は伊豆諸島から各県地先の海域で、相互に重なっている。これまで、情報交換も一都三県内では頻繁に行なわれている。共同調査についても伊豆諸島海域の「サバ資源調査」にみられるように数年の実績がある。これらのことから、一都三県が海況の短期変動現象の実態把握と予報に向けた調査・研究を共同で実施する時期に来ていると考えている。

コメント 1. 漁海況予報の現状と課題

「漁海況」という言葉はかなり漠然としたものであるが「漁海況予報」という場合、目的は、①いつ、どこで、何が、どれくらい獲れるかという漁場形成の予測と、②対象資源の長期変動予測、の2つがあると考えられる。①の漁場形成の予測は、漁業形態、規模、漁場の広さ、海域の生物学的立地条件等によって、受益者にとっては異なる産業的価値をもつ。例えば、東北海区の69-109トン型の大型まき網漁船のように広大な海域に魚群を求めて動き回る際には、漁場形成の予測は漁場移動の有力な参考情報として活用度は高いであろう。一方、地先で漁業を営む遠州灘のシラス船曳網漁船（15トン未満）のように漁場移動の自由が非常に制約されている場合には、漁期（いつ頃から獲れるか）や魚種選択（どの網を積むか）の判断が問題となり、予測はこの面で効用をもつが、こうした受動的な漁業にとっては予測は何よりも漁業者にとって「精神安定剤」的効用をもっている。ところで一般に漁業者の多くは数日単位の漁況に非常な関心をも

文 献

- 平野敏行（1969）海洋開発における水産海洋の諸問題。海洋開発1巻，海洋開発センター出版局，283-312。
 岩田静夫（1977）相模湾における海況の短期変動の具体例。神奈川県水試資料 No. 273，9 pp。
 岩田静夫（1979a）平均場からみた相模湾の海況。相模湾資源環境調査報告書 II，15-26。
 岩田静夫（1979b）相模湾の海況調査・研究，その目的と歴史。相模湾定置網漁海況調査表（発刊25周年記念号），神奈川県定置漁業研究会，18-28。
 木村喜之助（1940）相模湾の海況と「ぶり」漁況。水産試験場報告，10，38-230。
 木幡 孜・岩田静夫・小金井正一（1975）1975年3月上旬～4月上旬にみられたマイワシの漁況と海況。神奈川県水試相模湾支所報告，7，47-50。
 木幡 孜・岩田静夫・山本浩一（1977）黒潮および房総沿岸低温水の動きとブリ成魚の来遊現象。神奈川県水試相模湾支所報告，8，35-46。
 木幡 孜（1979）定置網漁況からみた相模湾の生産性に関する考察 I-1，I-2，I-3。相模湾資源環境調査報告書 II，216-290。
 小金井正一（1976）海の見方・考え方—地方水域の周辺。公害原論 9，垂紀書房，55 p。
 宇田道隆（1937）ぶり漁期における相模湾の海況および気象と漁況との関係。水産試験場報告，8，1-50。

船 越 茂 雄（愛知県水産試験場）

っているが、基本的には代船建造などの莫大な設備投資計画に関連して5-10年の長期の資源変動の見通し、すなわち②の課題に大きな期待を寄せている。しかし漁海況予報の現状の取り組みは主として①が中心であり、資源変動機構解明のための資源研究者と海洋研究者の共同した取り組みは現状ではきわめて不十分である。本シンポジウムのテーマ「漁海況変動予測のための海洋研究のあり方」に即して言えば、この資源変動機構を解明していく場合、海洋研究だけでは大きな限界がある。例えばマイワシの長期変動の原因に関しては、従来水温の長期変動との対応など状況証拠と言われるものは多々あるが、これのみでは核心に迫れない。遠州灘における研究によれば黒潮流路がA型を示した1980年までは、マイワシはこの海域の主として珪藻類濃密分布域で濃密な産卵を行なった。しかし1980年以降黒潮がN型になり、春季の珪藻類のブルーミングの衰退に伴い産卵量は激減した。これは珪藻類のブルーミング→*C. sinicus*, *P. parvus* など

の動物プランクトンの大増殖→マイワシ仔魚の初期餌料という図式が効率的に成立しなくなった可能性を示唆している。しかもこうした産卵場の移動が産卵親魚の産卵場選択行動という高次のレベルの生物現象によって制御されていると思われるふしがある。仔魚と餌との遭遇という問題に限っても、このように複雑な機構の存在が予想される。海洋研究はこの辺のところを十分見極めてお

く必要があろう。なお①の漁場形成の予測については、今後リモートセンシング技術の進歩等によって飛躍的な精度の向上が期待されるが、資源管理の有効な歯止めがない限り、この過程は日本漁業の歩んできたと言われる「生産第一主義」、その結果としての「乱獲」、という悪循環の延長線を辿る危険があるだろう。

2. 海況変動研究の構想と試み

(4) 海況変動予測はどこまでできるだろうか？

地球流体の運動の決定論的な予測には、流体現象に内在する非線形性のために予測の限界が存在する。これは大気では2週間程度とみなされている。海ではシノプティックスケールの現象については、数10日程度とみられるが厳密な研究はない。さらに長い時間スケールの現象に対しては、別のレベルでの予測の可能性がある。このあたりの状況の考え方の現状についてレビューを試みた。

1. 海洋変動現象のスケールの分類

漁海況変動予測の問題を考えるにあたって、まず、全体的に海洋変動が時空間的にどのような構造になっているかを見るため、MONIN *et al.* (1974) による分類に多少の補足を加えたものを表1に示した。次に、それに対応するものを時間空間を軸として図1に示してみた。ここに出ているいろいろのスケールの現象は階層を作っている。そしてその各階層の間に何らかの結合がある。このことについては3(3)節であらためて触れる。ただ、漁海況変動予測にとって必要なのは、主にシノプティックスケール（ふつうわが国では中規模と呼ばれてきたス

鳥羽良明（東北大学理学部）

ケールで数日から数ヶ月の時間スケール）ないし年々変動（数年の時間スケールで大循環の変動とそれに対応するような海況の変化）の範囲であろうと思われる。

世界の人口・食糧・資源問題、人間活動の自然へのインパクトの成行きから、いま世界は、微妙な気候変動が

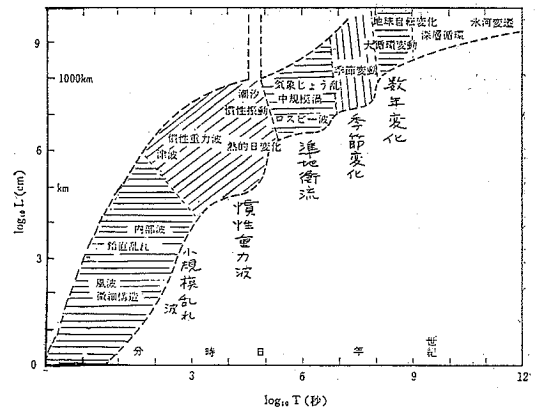


図1 海洋中の現象の時間・空間スケール模式図

表1 海洋変動の分類, MONIN *et al.* (1974) の分類に多少の補正を加えたもの

海洋変動の分類	時間規模	代表的現象
Small scale phenomena	1秒～1分	風波, 内部波, 鉛直乱れ
Mesoscale phenomena	数時間～1日	潮汐, 慣性振動, 熱的日変化
Synoptic variability	数日～数カ月	中規模渦, 海流の不安定, 気象じょう乱の作用
Seasonal variability	1年	季節変化, 躍層年変化
Year-to-year variability	数年	黒潮大蛇行, 太平洋水温偏差6年周期, El Niño
Secular variability	数10年	数10年の気候変動, 今世紀前半の昇温
Century-to-century variability	数100年	17, 19世紀の小氷期の対応する水温変動

地域の人々の生存や世界経済にクリティカルな影響をもつ時代に入ろうとしている。気候変動にとって海洋の影響が極めて重要であることから、地球物理の気象・海洋・陸水学の分野では、世界的に、気候変動国際協同研究計画 (World Climatic Research Programme, WCRP) が大きくとりあげられている。このうち海洋学の面では、海の変動の予測可能性の問題が中心課題となるので、漁海況変動予測の問題ともオーバーラップしてくる。そこで WCRP の海洋の面では、世界的にどのようなことが問題になっているかについてここに少し紹介しておく。

WCRP の目標の第 1 は、数週間から数ヶ月の時間スケールの予報可能性に関することで、海の表面、あるいは海洋混合層の、水温のアノマリの生成・持続・消滅の機構を知り、その予測を可能にする研究が海洋では重要である。目標の第 2 は、年々変動の予測に関することであるが、ここでは、ひとつの作業仮設から出発する。すなわち、赤道近くの熱帯域では、コリオリ力が小さいために、大気と海洋との結合が強く、サザン・オシレーション (southern oscillation) と呼ばれるような振動現象を生じ、これにかかわって、エル・ニーニョなども生ずる。この熱帯域の大気海洋結合系の変動が、大気を通してすばやく全地球に及んで中・高緯度の気候変動をもたらすというものである。この方向の研究計画は TOGA (Tropical Ocean and Global Atmosphere) と呼ばれるひとつの柱となっている。海洋の面では、熱帯域の大気と海との相互作用の問題、熱帯域の海の変動が海の中を通して中・高緯度に伝わってくる可能性がないか、また、大気を通してきた変動がより局所的な相互作用によって、中・高緯度の海に跳ね返ってくる可能性はどうかということが問題である。

目標の第 3 は、数 10 年のスケールの気候変動である。これには深層までの海の循環がかかわってくる。世界の海の表面の水が、大気との相互作用のもとで、どこでどのように変質し、深層まで含めてどのように循環しているかを明らかにし、最終的には数 10 年変動の予測を可能にするモデルを作ることを目標として、WOCE (World Ocean Circulation Experiment) が海洋の面の柱となっている。ここでは、CO₂ を海が大気から吸収している海域と大気へ放出している海域との相対的分布が、海の生物活動を組み込んで、一種のフィードバック系を形成しているのではないかという仮設も出ている。漁海況の予報問題は、第 1 と第 2 の目標に深く関係があると思われるが、第 3 の目標にもかくして多少はかかわりがありそ

うである。

2. 地球流体の変動予測限界の存在 (大気での研究)

大気では、1960 年代に大循環モデルができ始めたころは、予測限界は観測誤差による初期値の誤差が計算において次第に大きくなることによると考えられていたが、LORENZ (1969) は、相互作用する多くのスケールの運動の系である非線形系の不安定性のために、初期じょう乱がたとえ小さくても時とともに増幅するという、流体現象に内在する原因による本質的な予測不可能性について論じた。これは元々は流体の方程式における非線形項の存在のためである。

LORENZ は、基本エネルギースペクトルに対して、初期誤差エネルギー密度が 2^{-16} 倍の小さなものでもそれが大きくなって 15 分で 1.2 km, 1 日で 2,500 km, 約 2 週間で地球の全周である 40,000 km に及んでしまうことを示した。初期誤差をいかに小さくしても、2 週間の予測限界は改善されなかった。即ち、2 週間が大気の流れの発展の決定論的な予測限界で、そのあとは流れの統計的性質の発展を予測するアプローチ (確率だけ) しかないということになる。LORENZ は基本スペクトルとして 3 次元乱れを仮定したが、もう少し地球流体の現実に近い 2 次元乱れのモデルで試みられた研究もその後あったが、結果はさして変らなかつた。

大気で決定論的な予測の限界が 2 週間とすれば、海洋ではどうか、これをまともに扱った研究をよく知らない。しかし、大気のシノプティックな現象 (高低気圧など) の数日、1,000 km のスケールは、海でのシノプティックな現象、すなわち、中規模渦の数 10 日、100 km のスケールに対応する。これだけで見れば、もし初期値を与えて天気予報と同様に数値予測を行えば、3、4 ヶ月までできるであろうか。しかし、この対応づけは海の大さのスケールに関する考慮が全く入ってなくて根拠に乏しい。海洋に関する決定論的な予測限界についての本格的な議論が、将来当然なされなければならないであろう。

3. 変動予測への具体的アプローチ

このように、流体現象には流体の性質に内在する予測の限界が存在する。しかし、その限界を越えて、いろいろなタイムスケールでの予測 (天気ではいわゆる長期予報など) の道が実際には存在し、それぞれのタイムスケールに関する予測の限界を認識しながら、同時にできる限りの予測の可能性を追求するのが学問の道である。以下に、このアプローチの具体的な例をあげる。

(1) 短期予測

大気の高気圧が、三寒四温といわれるように、3 日

程度の持続性があるのに対して、海の中規模現象は表面で1ヵ月、深くなればもう少し長い持続性があるといわれている。いわゆる中規模渦の周期も数10日の程度といわれている。このようなことなどを利用して、経験的に、相関法や時系列分析法、類似法と呼ばれる実際的な短期予測が行われることは当然である。近年人工衛星での広域海面情報が利用できるようになって、短期予報はやりやすくなったと思われる。

これに加えて、大気と同様、この時間スケールの数値予測が試みられてよいであろう。そのさい、初期値を与える観測が十分なされなければならない。人工衛星による広域海面情報を海洋内部に関する離散的な船の観測資料と合わせて、これを試みることができないのではないかとと思われる。

(2) RIZZOLI の量子的アプローチ

FERMI, PASTA and ULAM (1955) は、1次元非線形力学系における現象の再帰性 (FERMI-PASTA-ULAM の再帰現象) に着目し、予測可能な非線形系としてソリトンの概念を与えた。ソリトンは一種の波動であるが、じょう乱に対して安定、衝突してもこわれない、エネルギースペクトルの形は変わらない、などの特徴を有している。

2次元、3次元でも似たような要素がある。振幅が無限小の場合は、線形地形性ロスビー波の解となり、有限振幅のある範囲では、非線形性と分散性とが釣合って海の中規模渦のあるものや、木星大赤斑のような孤立波解となり、さらに高振幅の場合は2次元乱流となることを、RIZZOLI は確かめた。この辺りのことについては RIZZOLI (1982) の解説がある。

この孤立波解はソリトンのように安定なので、海の変動の中の量子的要素とみなされ、このような要素に着目することによって、予測可能性が延びることが期待される。

(3) 平均量方程式による変動予測

海の現象に階層性があることはすでに述べた。ある時空間スケールで平均した速度に対して流体の運動方程式をたてれば、元の運動方程式と類似の式となる。ただし、この場合粘性係数が渦動粘性係数に置き換えられている。この平均する時空間スケールが小規模乱れをならしたスケールである場合には、それに相当する渦動粘性係数で置き換えて小規模乱れの作用をパラメタ化することができる。しかし、中規模渦の作用をパラメタ化して、それをならした大規模運動の変動を取り扱うことはなかなか困難で、大規模変動を扱う数値モデルは、中規

模渦のスケールから表現することが必要であるというのが現在の認識のようである。そして中規模渦を解像して、しかも大循環規模 (gyre scale) の変動を扱うには、現在の大型計算機の能力では不十分で、あと数年待つ必要があると考えられている。

このようにして、中規模、ないし大規模の変動が、異なったレベルのスケールの流体の方程式によって計算できるとしても、いざとしてその規模での変動予測の限界があるはずである。しかし、その限界の範囲では予測が可能であろうから、海洋の数ヵ月より長期の変動の予測の可能性はあるはずである。

(4) 階層性とシステムの視点

経験的には、海の現象にいろいろなレベルでの法則性がある。たとえば、まず、太平洋規模では、水温のアノマリが、北太平洋をほぼ6年周期で時計まわりに循環しているという話がある (FAVORITE and McLAIN, 1973; MICHAELSEN, 1982)。また、先述の赤道域の大気と海洋との結合した変動現象の一環として起こるエル・ニーニョと黒潮変動とは何らかのつながりがあるかもしれない。これらを経験的法則性の面からアプローチすることも、数値モデルの面からの努力と並行して行われてよいはずである。

黒潮変動のうち、大冷水塊を持つ大蛇行の現象は、近年大いに注目されてきた問題であるが、これは、太平洋規模の大循環の変動と、地形による局所的な力学との結合であろう (例えば、SAIKI, 1982; MASUDA, 1982; SEKINE and TOBA, 1981 など参照)。ここに異なる階層の法則性の結合がある。

異なる階層の結合したシステムの例としては、日本海を通る暖流系、すなわち、対馬・津軽・宗谷の暖流系の変動が考えられる。これは基本的には西岸境界流に沿う2点の圧力差によるバイパス流として MINATO and KIMURA (1981) が扱い、TOBA *et al.* (1982) は、現実に対馬海流の流量が、対馬海峡外側の東シナ海の水位と津軽海峡東側の水位の差に比例していることを示し、この水位差には、西岸境界流としての黒潮の変動だけでなく、海域別の大気海洋相互作用の違いがきいているのではないかと考えた。

東北海区の暖水塊の消長や異常冷水などの現象にも、やはり太平洋規模の、先述の水温アノマリ6年周期の循環や、亜熱帯 gyre の変動と、亜寒帯 gyre の変動との結合、それにオホーツク海高気圧などの大気現象との結合が利いているのであろう。これらの違った階層 (level) での法則性をそれぞれ追求し、パラメタ化し、

それをシステムによってつなぐことができれば、予測可能性を増すことになるであろう。

割合小さいスケールでの素過程の例として、黒潮に対する地形の効果、ロスビー波、孤立波、などにふれた。その他にも、大気じょう乱に対する上層海洋の応答、地球流体的乱流、(例えば TOBA *et al.*, 1984 参照)、それによる水平混合などいろいろなものがあろう。

沿岸と外洋との間付近では、日本をとりまく沿岸境界流(岸を右にみて流れる沿岸沿いの流れ、例えば対馬暖流、津軽暖流、宗谷暖流など)の流れの不安定性に起因する波動現象が最近注目されはじめている。東北沿岸の波動状の冷水の進入など、これに関係するといわれる。この問題については最近の花輪(1984)の解説があるので参照されたい。

なおいろいろの素過程の研究にとっても、衛星が利用できるようになったことは幸いである。これまで気付かれなかった素過程も見つかる可能性があり(例えば KAWAMURA *et al.*, 1984)、衛星による流れの可視化と、係留系による EULER 的時系列、ドリフターなどによる LAGRANGE 的追跡、船による3次元の観測の結合によって、いろいろな素過程の研究が進められるであろうから、それを予測手法の中に取り込むことによって予測可能性の研究がさらに進むことが期待される。

文 献

- FAVORITE, F. and D. R. McLAIN (1974) Coherence in trans Pacific movements of positive and negative anomalies of sea surface temperature, 1953-1960. *Nature*, **244**, 139-143.
- FERMI, E., J. PASTA and S. ULAM (1955) Studies of non linear problems. *Collected Papers of Enrico Fermi II*, 978-988. Univ. of Chicago Press, Chicago.
- 花輪公雄 (1984) 沿岸境界流. 沿岸海洋研究ノート, **22** (印刷中).
- KAWAMURA, H., K. HANAWA and Y. TOBA (1984) On the characteristic structure of horizontal interleaving at the northern edge of the Kuroshio extension. *In*, Hydrodynamics of Japan and East China Seas, ed. by T. ICHIYE, Elsevier Sci. Pub., Amsterdam (in press).
- LORENZ, E. N. (1969) The predictability of a flow which possesses many scales of motion. *Tellus*, **21**, 289-307.
- MASUDA, A. (1982) An interpretation of the bimodal character of the stable Kuroshio path. *Deep-Sea Res.*, **29**, 471-484.
- MICHAELSEN, J. (1982) A statistical study of large-scale, long-period variability in North Pacific sea surface temperature anomalies. *J. Phys. Oceanogr.*, **12**, 694-703.
- MINATO, S. and R. KIMURA (1980) Volume transport of the western boundary current penetrating into a marginal sea. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **36**, 185-195.
- MONIN, A. S., V. M. KAMENKOVICH and V. G. KORT (1974) Variability of the Oceans. John Willey & Sons, New York, 241 pp.
- RIZZOLI, P. M. (1982) The predictability problem of planetary motions in the atmosphere and the oceans. *In*, Proc. of the Intern. School of Physics «Enrico Fermi» Course LXXX, Topics in Ocean Physics, ed. by A. R. OSBORNE and P. M. RIZZOLI, North Holland Pub., 184-202.
- SAIKI, M. (1982) Relation between the geostrophic flux of the Kuroshio in the Eastern China Sea and its large-meanders in south of Japan. *Oceanogr. Mag.*, **32**, 11-18.
- SEKINE, Y. and Y. TOBA (1981) A numerical study on the generation of the small meander of the Kuroshio off southern Kyushu. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, **37**, 234-242.
- 鳥羽良明 (1981) 大気海洋相互作用にかかわる海洋変動へのアプローチ. 気象研究ノート, **141**, 73-82.
- TOBA, Y., K. TOMIZAWA, Y. KURASAWA and K. HANAWA (1982) Seasonal and year-to-year variability of the Tsushima-Tsugaru Warm Current System with its possible cause. *La mer*, **20**, 41-51.
- TOBA, Y., H. KAWAMURA, F. YAMASHITA and K. HANAWA (1984) Structure of horizontal turbulence in the Japan Sea. *In*, Hydrodynamics of Japan and East China Seas, ed. by T. ICHIYE, Elsevier Sci. Pub., Amsterdam (in press).

(5) 戦前のマイワシ資源の急減と気象との関係 (要旨)

友 定 彰 (東海区水産研究所)

はじめに

「戦前のマイワシ資源の急減と気象との関係」と題した同名の小論を東海水研報 No. 111 に投稿中である。詳細は上記小論に示されているので、ここでは、その要旨を記述する。

我が国の漁獲統計は1905年(明治38年)に開始されている。この漁獲統計を用いた多獲性浮魚類の資源変動の解析が多くの資源研究者によってなされている。その中で、マイワシ資源の変動については、伊東(1961), NAKAI(1962), 近藤(1964), 平本(1981)等が論述している。ところが、資源研究者による環境の解析は必ずしも十分ではなく、資源変動の原因の不明な部分については環境の変動によるであろうと推定しているもの、どのような環境がどのように資源に働いたかというところは明らかにされていない。

川崎(1983)は「プランクトン食性魚はより太陽に近いから、海況変動を通じて気候変動の影響を強く受ける。中でも、半ば植物食者のマイワシ属 *Sardinops* ではそうである」と記述している。上記引用文中の海況変動を通じて気候変動の影響を強く受けるという海況変動と気候変動との関係の詳細な記述はないが、マイワシ属が植物食者であるが故に太陽エネルギーの影響を強く受けることは首肯される所である。

マイワシ漁獲量は1930年代に急激に増加し、1936, '37年には日本、朝鮮半島周辺で250万トン以上の漁獲があり、その前後2年間は、200万トンを越えて漁獲されている。ところが、1940年には190万トン、1941年には150万トン、1942年には80万トン、1943年には40万トンと、1941年以後急激な漁獲減となっている。この間の漁獲努力量はあまり変化していない(NAKAI, 1962)。従って、マイワシ資源は1940年以降急激に減少していったとみることが出来る。

筆者は、戦前から続けられていた各地の灯台での定地水温観測、各県の水産試験場、中央水産試験場(現東海区水産研究所)が行なった定線観測結果から、1939年前半の黒潮流路は潮岬沖で南偏し大王崎に接近した後八丈島の南を通っていたと推定した(友定, 1983)。このよう

に、本州南方で2つの谷をもつW型の黒潮流路は1939年生れのマイワシ卵・稚仔の輸送にマイナス要因として相当大きな影響を与え、1940年以降のマイワシ漁獲量の減少の一要因になったと推定した(友定, 1983)。しかし、ある年級群が壊滅的な打撃を受けたとしても、他の年級群の資源量水準が高ければ、全体としての資源量は維持される筈である。1939年級群に引き続く年級群の資源量の減少があれば、即ち、2年以上引き続いた年級群の資源の減少があれば、産卵に加わる親魚の数は極端に少なくなっていく。これがマイワシ資源の減少へとつながって行く引き金になったと考えてよいであろう。

戦前のマイワシ資源の増加減少期にかけて、定地水温は、産卵場(薩南海域)、マシラスの成育場(本州南岸)ともに、とりたてて大きな変動をしていない。即ち、定地水温の変動からは資源の変動に結びつくような要因は見出せなかった(友定, 1983)。

本報では、マイワシが気象の影響を受けやすい魚種であることを考慮して、産卵場およびマシラス成育場の気象要素を調べ、それが餌生物としてのプランクトン量の変動にどのように働いたかについて考察する。

資 料

用いた気象資料は各地の測候所で毎日観測されている気温、日照時間、雲量、降雨量の月平均値である。

1930年代後半のマイワシの主産卵場は薩南海域で、産卵期は1~4月、マシラスの成育場は日本海側、太平洋側の接沿岸域で、成育期は4~6月である。そこで、産卵場を代表する気象観測点として、室戸岬、宮崎、枕崎、屋久島、名瀬を選び、これらの地点で、1~4月の上記各気象要素の平均値を求めた。また、マシラスの成育場を代表する気象観測点として、太平洋側では銚子、勝浦(房総半島)、御前崎、潮の岬、八丈島を、日本海側では秋田、相川、新潟、輪島、敦賀、浜田、下の関、福岡を選び、それぞれの地点の各気象要素の4~6月の平均値を求めた。但し、日本海側の気象観測点では、雲量の平均値のみを求めた。なお、気象観測点の地名は「崎」ではなく「崎」の字が用いられているので、気象観測点については「崎」を、海洋関係の観測に関連した地点では「崎」を用

表 1 1920~1940年のマイワシ産卵場の気象の特徴 (1~4月平均)

地点名	気 温	降 水 量	日 照 時 間
室戸岬	平均値を下回る年が多い	1922年は多い, その他は平均値の周りで変動	1930, '31, '37 年は平均程度, その他は平均より大
宮 崎	平均値を下回る年が多い	平均値の周りで変動	平均値の周りで変動
枕 崎	平均値を下回る年が多い	平均値より少ない年が多い	1930, '31 年は平均程度, その他は平均より大
名 瀬	平均値を下回る年が多い	1932, '33, '40 年は少ない, その他は平均値の周りで変動	1937, '38 年は平均程度, その他は平均より大

注: 屋久島の気象も調べたが, 同島の観測開始は 1937 年であり, 本表には示されていない。

表 2 1920~1940年の太平洋岸のマシラス成育場の気象の特徴 (4~6月平均)

地点名	気 温	降 水 量	日 照 時 間
銚 子	平均値を下回る年が多い	1923, '28, '38年は多い. '28年は最大, 1926, '34, '40 年は少ない	平均値を上回る年が多い, 1940年は最大
勝 浦	平均値を下回る年が多い	1920年代は多い. 1930年代は少ない, '40年は 2 番目に少ない	平均値を上回る年が多い. 1940年は最大.
御前崎	平均値を下回る年が多い	1940年最少	1940年最大
潮の岬	平均値を下回る年が多い	1921年は多い, 1940年まで平均以下, '40年は最少	平均値を上回る年が多い. 1940年最大
八丈島	平均値を下回る年が多い	1940年は最少	1920年代は変動大, 1930年は平均値を上回る年が多い, 1940年は最大

いることにする。

結 果

産卵場を代表する気象観測点の 1920~1940 年の各気象要素の特徴を表 1 に示す。これによると, マイワシの増加~減少期にかけての産卵場の気温は平均値を下回る年が多く, 日照時間は平均値より長い年が多く, 降水量は平均値より少ない年が多いか, 平均値の周りで変動している。即ち, 1939, '40年にマイワシ資源が急激に減少するような顕著な気象の変化は産卵場にはみられない。

マイワシの成育場を代表する太平洋側の気象観測点の 1920~1940年の各気象要素の特徴を表 2 に示す。これによると, 太平洋側のマシラスの成育場では, 産卵場の気温と同様に平年を下回る年が多い。それに対して, 降水量は御前崎, 潮の岬, 八丈島で1940年に観測史上最少を記録し, 房総半島の銚子, 勝浦でも, 1940年に少ない。日照時間は1940年に観測史上最長を記録している。日照時間が長いことは雲量が少ないこと, 降水量が少ないことと同じ意味を持っている。日本海側の秋田~福岡の気象観測点のうち, 新潟以南の観測点では, 1940年の雲量が観測史上最少を記録している(表 3)。従って, 太平洋側, 日本海側のマシラスの成育場では, 1940年のシラス

表 3 日本海側のシラス成育場における4~6月の雲量の最少年

地点名	雲量最少年	地点名	雲量最少年
秋 田	1958, '53, '37	敦 賀	1940
相 川	1958	浜 田	1940
新 潟	1940	下 関	1940
輪 島	1940	福 岡	1940

注: 2つ以上の年が示されている地点では, それら両年が略々同一で, 雲量の少ない年である。

成育期に, 極端に雨量が少なく日照時間が長かったことが分る。

日本の沿岸域のマシラスの成育場で, 数ヶ月にわたって雨量が少なく日照時間が長いことが, 餌生物となるプランクトンの発生にどのような影響を与えたであろうか。植物プランクトンは光合成によって発生する。従って, 栄養塩類が十分あれば, 日照時間が長い程, 光合成は促進され, 植物プランクトンの発生, 増殖量が多いことになる(有賀, 1974)。植物プランクトンの発生量が多いと, これを餌とする動物プランクトンの発生量も多くなる筈である。ところが, 栄養塩類が少ないと, いくら

日照時間が長くても、光合成のもとになる物質が少ないために、植物プランクトンの大量発生は不可能である。マシラスの育成場は接沿岸域に形成される。接沿岸域への栄養塩類は陸水によって供給されるので、陸水の供給が少ない時には栄養塩類の供給量は少ないことになる。従って、相当長期間、雨が降らないと、接沿岸域への栄養塩類の供給が少なくなり、植物プランクトンの発生、増殖が抑えられることになることと推定される。

木立(1979)は東海区水産研究所所属の調査船蒼鷹丸(494トン)による3月中・下旬の外房～鹿島灘のマクロプランクトンの個体数の経年変化を示している。マシラスの餌はコペポーダのノープリウス等プランクトンのノープリウスである。上記、木立の論文の中からコペポーダの個体数をより出し、これと3月の銚子の雲量、日照時間を併せて図1に示す。図1によると、1974年を除いて、コペポーダの個体数が多い年には雲量が多く、日照時間は短い。逆に、コペポーダの個体数が少ない年には雲量が少なく、日照時間は長い。この傾向は、相当長時間、日照りが続く時には、植物プランクトンの増殖がおさえられ、これを餌とする動物プランクトンの増殖がおさえられることを示唆している。

コペポーダの個体数と銚子で観測される気象要素の間の相関関係は、雲量で0.49と最も大きく、日照時間で-0.42、気温で0.40、降水量で0.37である。雲量とコペポーダ個体数との相関係数は危険率13%で有意である。これに対して、那珂湊、野島埼で観測される定地水温との相関係数は、それぞれ、-0.18、0.01と極めて小さく、これら定地水温との間には相関がないことになる。

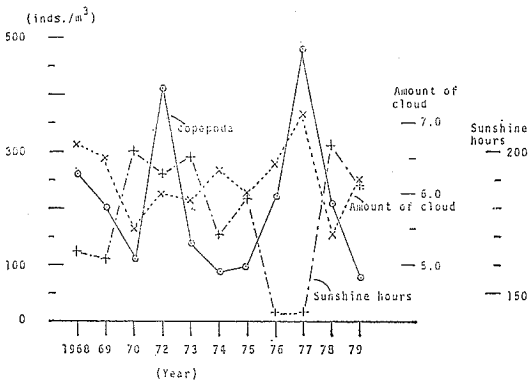


図1 銚子の3月の月平均雲量、月平均日照時間と3月中・下旬の外房～鹿島灘のコペポーダ個体数(個体数/m³)。コペポーダ個体数は木立(1979)による。

房総～鹿島灘のコペポーダの個体数と銚子の雲量との相関係数が他の気象要素との相関係数より大きいことが分かったので、1940年の干ばつ年について、各地の雲量からマシラス育成場のコペポーダの個体数を推定してみよう。コペポーダの個体数と雲量の間に、

$$C_P - \bar{C}_P = A(C_L - \bar{C}_L) \quad (1)$$

という一次式が成り立つとする。ここに、

C_P : ある地点のある年のコペポーダ個体数

\bar{C}_P : ある地点の平均のコペポーダ個体数

C_L : ある地点のある年の雲量

\bar{C}_L : ある地点の平均雲量

A : 雲量とコペポーダ個体数の間の変動係数

である。外房～鹿島灘のコペポーダの平均個体数は、 $\bar{C}_P = 209 \text{ inds./m}^3$ 、銚子の平均雲量は、 $\bar{C}_L = 6.2$ である。また、最確値直線から求めた変動係数は、 $A = 128.3$ である。変動の係数 A は海域によってそれぞれ固有の値をもつものと推定されるが、他の海域での変動係数は不明であるので、ここでは、 A は海域に依存しないと仮定する。平均雲量と平均コペポーダ個体数との間に

$$\bar{C}_P = K \cdot \bar{C}_L \quad (2)$$

という関係があるとしよう。 K は海域によって経験的に求められる係数で、平均雲量と平均のコペポーダ個体数を結びつける係数である。 K も A と同様に、銚子の雲量と外房～鹿島灘海域のコペポーダ個体数から求められ

表4 マシラス育成場に近い気象観測点の雲量から推定したコペポーダ個体数の平均値に対する1940年の個体数の比率

地点名		平均雲量	1940年雲量	1940年の個体数(比率)
太平洋側				
銚子		7.3	6.0	0.33
御前崎		7.1	5.8	0.31
潮岬		7.3	6.6	0.64
八丈島		8.0	7.4	0.72
日本海側				
秋田		7.4	7.0	0.80
相模		6.9	5.8	0.40
新潟		7.1	5.9	0.36
輪島		6.8	15.7	0.39
敦賀		7.5	6.5	0.50
浜田		6.8	5.7	0.39
下関		6.7	5.5	0.32
福岡		7.1	5.9	0.36

る値, $K=34$ で代表することにする。(1)式と(2)式から

$$\frac{C_P}{\bar{C}_P} = 1 + \frac{A}{K} \left(\frac{C_L}{\bar{C}_L} - 1 \right) \quad (3)$$

が得られる。(3)式はある海域のコペポーダの平均個体数に対するある年のコペポーダの個体数の比を与える式になっている。

表4に, 太平洋側, 日本海側の各気象観測点の雲量から求めた, 平均値に対する1940年のコペポーダの個体数の比率 (C_P/\bar{C}_P) を示す。これによると, 1940年のマシラスの成育場全域にわたって, コペポーダの個体数が極めて少なく, 概ね成育場全域で30%台のコペポーダしか存在しなかったことになる。このことは, マシラスの餌となるコペポーダのノープリウスも成育場全域にわたって1940年に, 少なかったことを示唆している。従って, 1940年生れのマイワシは, そのシラス期に餌が少なく, シラス期の生き残りが極めて悪かったものと推定される。

栗田(1957)は population dynamics の立場から, 1940年級群, 1939年級群のマイワシ資源の激減が戦前のマイワシ資源の減少につながったことを記述している。その要因として, 1939年の黒潮流路の異変(友定, 1983)と1940年のシラス期の餌生物の不足という2年続いたマイナス要因が挙げられる。これらの要因が戦前のマイワシ資源の減少の引き金になっていると推定される。

伊東(1961), 川崎(1983)によると, 太平洋東岸のカリフォルニアサーディンも日本産マイワシと略々同位相で変動しているようである。このような意味から, もっと大規模な気象変動を調べるか, あるいは, 太平洋をはさんだ東西の気象変動の様式を調べる必要があろう。

おわりに

東海区水産研究所では, 年3回開催される漁海況予報会議の直前に, 予報案を検討する会議が開かれる。この検討会の席上で, マイワシ, マサバ, カタクチイワシの資源量変動が話題になる。これら多獲性浮魚類の資源量変動はまさに劇的である。資源の増加~減少の一つの山がはっきりおさえられ, しかも, 資源量変動が最も劇的

な魚種としてマイワシを選んだ。マイワシは半ば植物食者であるということから, 環境変動に対してセンシティブであると想像され, 環境研究者にとって, マサバ, カタクチイワシよりも取り組みやすい魚種である。しかし, 第2次世界大戦以前の生物面の観測は極めて少なく, 海洋生物データは漁獲統計しかないといっても過言ではない。

気象観測結果は気象庁統計課から借用した磁気テープをコピーし, それを使用した。また, 東海区水産研究所伊東裕方資源部長, 木立孝資源部第3研究室長, 渡部泰輔資源部第2研究室長をはじめ, 資源部の方々から, 資源変動, 餌生物等について有益な助言をいただいた。また, 近藤正人海洋部長, 上原進海洋部第1研究室長には海況, 気象について議論していただいた。ここに記して感謝致します。

文 献

- 有賀祐勝(1974) 海洋の基礎生産. 海洋学講座10, 海洋プランクトン, 東京大学出版会, 25-39.
- 平本紀久雄(1981) マイワシ太平洋系群の房総およびその周辺海域における発育と生活に関する研究. 千葉県水試報, 1-127.
- 伊東祐方(1961) 日本近海におけるマイワシの漁業生物学的研究. 日水研報, 9, 1-227.
- 川崎 健(1983) 漁業資源の生産力評価を行う場合の問題点. 水産海洋研究会報, 42, 75-77.
- 木立 孝(1979) 春季, 鹿島灘, 外房沿岸海域におけるマクロプランクトンについて. 黒潮開発研究成果報告書(その2), 174-195.
- 近藤恵一(1964) マイワシの生態. 日本水産資源保護協会研究叢書, 5, 1-53.
- 栗田 晋(1957) マイワシ資源量の変動に関する二, 三の知見—特に1941年以降の激減について—. 東海水研報, 18, 1-14.
- NAKAI, Z. (1962) Preliminary studies on fluctuation in the Japanese sardine stock, mainly for the pre war period. Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab., 9, 1-22.
- 友定 彰(1983) 海洋環境の長期変動現象からみた場—マイワシ資源の急増急減への環境からのアプローチ. 水産海洋研究会報, 42, 63-70.

(6) マイワシ漁場の短期変動予測を目指して

稲掛 伝三・平野 敏行 (東京大学海洋研究所)

道東沖のマイワシ漁場では、まき網船団によって、表面水温、流れなどの海況情報が、各船の漁獲状況と共に、1時間ごとに報告されている。この報告は QRY (定時船間通信) と呼ばれ、その内容は、ロランCあるいは衛星航法を用いた船位測定、超音波流速計等による測流、表面水温の連続測定などによる、かなり精度の良い測定結果を基にしている。そして、これらの漁況海況情報は、スキニングソナーなどの魚探機と共に、魚群探索の手段として即刻利用されている。

著者らは、漁場内における魚群分布あるいは漁況と水温構造との関係を明らかにするため、QRY 情報を整理すると共に、操業船による海洋観測 (XBT, DBT による水温観測) および魚探記録の収集を行なった。漁船乗船調査は、道東沖から銚子沖にかけての海域で、1980年7月から12月にかけて6回、計8週間行なった。

1. マイワシの鉛直分布と海洋構造

図1は、釧路沖の水温鉛直断面図中に、魚探反応記録から読み取ったマイワシ魚群の鉛直分布を模式的に記入したものである。図中マイワシは、鉛直的には11~13°Cからの水温躍層付近に分布している傾向が認められる。

各乗船調査時ごとのマイワシ鉛直分布と水温躍層との関係を図2に示す。マイワシの魚探反応出現層の上端および下端の平均深度は、躍層深度が最も浅い8月に各々9 m, 15 m 深と最も浅く、季節躍層の消滅した11月の八戸沖では、上端 37 m, 下端 58 m 深と最も深い。XBT, DBT 観測点で得られた魚探反応の中心部の深さと躍層深度との相関をとると、相関係数は 0.83 で、両者の間

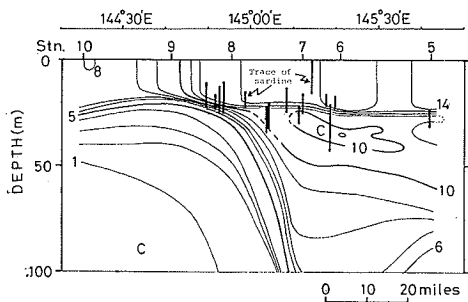


図1 水温鉛直断面とマイワシ生息層 (1980年7月2~3日)

に高い相関関係が認められた。

さらに、水温躍層が浅くなるに従い、マイワシ魚群は鉛直幅の薄い大型の群へとその構造も変化した。すなわち、図2に示したように、魚群の平均鉛直幅は、8月後半から9月にかけて7 mと最も小さく、躍層深度がやや深い七月初め及び水温均一層の発達した11月の八戸沖では、逆に鉛直幅は厚くなっていた (各々12 m, 22 m)。同時に、7月と11月、12月には、魚探記録紙上に2分以上連続して出現した魚群は皆無であったのに対し、8、9月には、記録紙上に2分以上連続して観測される魚群が相次いで出現し、これらの群のうち最大のものは長さ1.2 km に及んだ。

以上のように、躍層が浅く形成されると、遊泳層も浅くなり、鉛直的に薄く、水平方向に広がった群へと魚群の構造が変化する。

2. マイワシの水平分布と海洋構造

QRY 資料を基にした表面水温分布と漁獲量分布の対応を図3に示す。左上の7月1~3日の図を見ると、10°~13°C の前線の暖水側に漁場が形成されている。この前線を構成している10°~13°Cの等温線は、鉛直的には

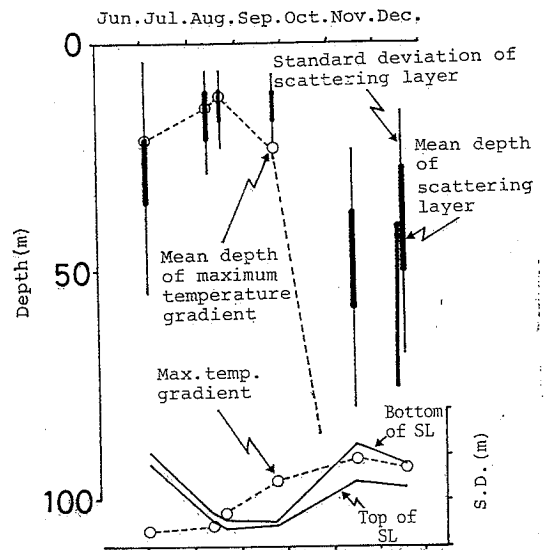


図2 漁船乗船調査時ごとのマイワシ平均生息深度と水温躍層の平均水深との関係

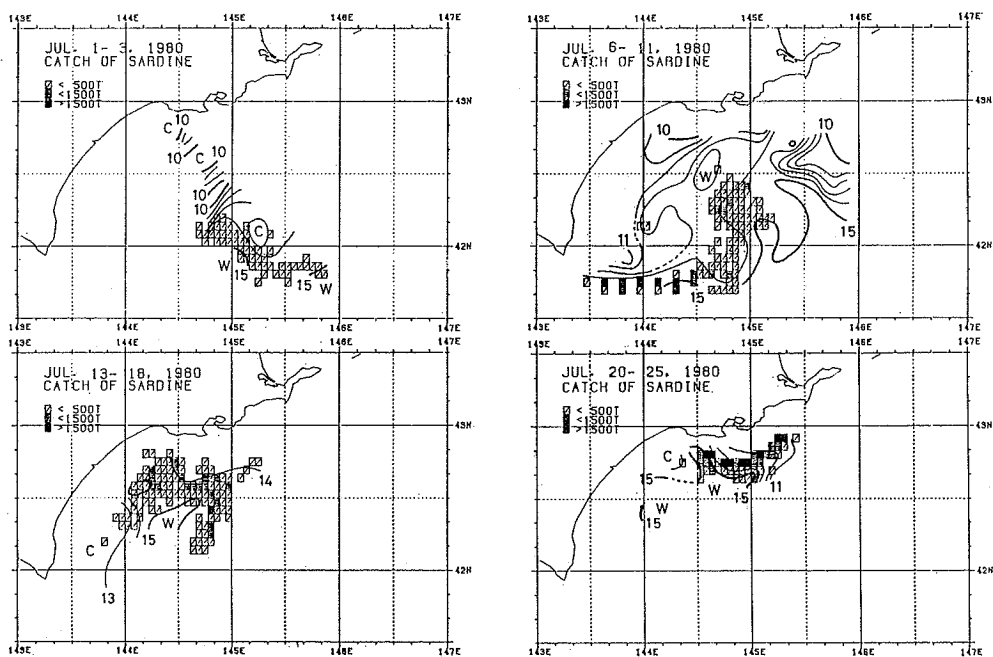


図 3 表面水温分布と漁獲量分布

水温躍層を形成しており(図 1)、このことは、マイワシが躍層と前線に囲まれた水塊に生息していることを示唆している。

漁場と水温前線との位置関係をみるため、水温前線の中心部から各操業地点までの距離を週ごとに算出し、この距離に対する漁獲量の頻度分布を描いてみると、漁獲量のモードは前線中心部から暖水域方向へ10~15海里の所にあり、平均位置は中心から冷水域方向へ4海里であった。

平均的な漁場の移動と水温前線との関係を見ると、6月には41°N以南にあった10°C前後の前線は、7月になると42°~43°Nまで北上し、道東沖合に漁場が形成される。8月には、前線はさらに北上し、これに伴って漁場も北上し、陸棚上に形成される。9月から10月にかけて親潮系水が南下すると、漁場もこれに伴って南西方向へ移動する。

このような前線の南北移動と漁場の移動との対応関係は、図3に示したように、週ごとの両者の関係を表わした分布図にも認められる。そこで、漁場重心の緯度と、QRYの表面水温データから求めた前線の平均緯度との週ごとの対応を、初夏に沖合で漁場が形成されている時期(沖合期)と、初秋に漁場が南西方向へ移動する時期(南下期)について解析してみると、両者の間には正の相

関関係が認められた。

これらの事実は、水平的にみても水温勾配がマイワシの分布を制限し、前線の南北移動に伴ってマイワシ漁場も南北に移動することを示している。

3. マイワシの遊泳方向と流れ

まき網の漁法上の性格から、QRY資料には、ソナー等の魚探機により判断した魚群の遊泳方向と、網なりから判断した流れのデータが記入されている。図3の7月1~3日について調べてみると、マイワシは、100m水温分布から推定される南東方向への流れと同じ方向に遊泳している傾向が認められる。マイワシの遊泳方向と、網なりからみた流れの方向との角度差をとり、その頻度分布を図4に示す。角度差の標準偏差は50度から70度とやや大きいものの、ほぼ0度を中心とした正規分布型を示している。

4. マイワシ漁況予報へのアプローチ

上述したように、マイワシの分布・移動と水温躍層・水温前線および流れとの間には、密接な関係の存在が認められた。これらの事実から、漁場の短期変動に関する2つの予報手段が考えられる。すなわち、

1. 統計的手法により、漁場および前線の形成される位置と移動速度を求め、両者の例年の動きを知ることにより、週単位程度の漁場予測を行なう。

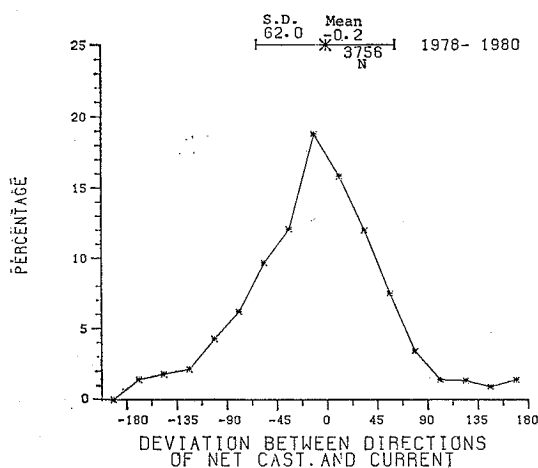


図4 イワシ魚群の遊泳方向と、網なりからみた流れの方向との角度差の頻度分布

2. さらに短期的に、漁場付近の水温あるいは海流の水平分布を把握する事によって、漁船や調査船で発見した大型魚群が数日後にはどこに位置しているかという、魚の集合についてのリアルタイムでの予測を行なう。このためには、1) リモートセンシングや QRY 資料を用いた表面水温図の作成の迅速化と漁業者への伝達システムの確立、2) 調査船や漁船での水温観測の結果を解析し、操業の場にフィードバックさせるシステムの開発が必要である。

しかしながら、予測手法の確立には2つの問題点が残されている。一つは、前線という細長い帯の中のどこに魚がいるかが不明な事である。この問題は、魚群を徹底的に追跡すると同時に、生物学的側面からの調査研究を進めていくことにより、解明していく必要がある。二つ目は、前線の変動機構が不明のため、前線の変動予測ができない事である。

前線の変動機構を明らかにするためには、現状では、力学的イメージを作り得る水温の鉛直データを蓄積していく以外にはないだろう。データ収集のための手段として、いくつかの方法がある。一つは、漁船に XBT 観測

を依頼することである。二つ目は調査船を用いた観測であるが、単に1人の研究者が行なうのではなく、水研、水試、大学を含め、水産海洋としての協力体制の基に、有機的な調査研究を進めていく必要がある。

後者の点においては、水産海洋としてこれから10年間何をやるのかを確立し、その上で、水研、水試、大学の各々が何をやるのかという目的と方法論を定め、研究を行なっていくべきだと考える。たとえば、今後10年間で漁海況変動予測の手法を確立するのだとすれば、水研・水試で沿岸定線観測を見直し、特定のポイントとなる測点での重点的観測、ブイロボットや係留系の利用等を行なっていくと同時に、漁況変動のネックとなる海洋現象の調査研究を行なう。一方、大学では漁況や前線の変動機構を解明するための実験的な観測を行なう。また、バットフィッシュなど、観測の迅速化のための新しい測器を開発し、調査による研究者への負担を軽減するなどの努力を積み重ねていく必要がある。

5. おわりに

水産海洋学は何をやる学問かを考えるとき、それはあまりに多くの方向性を持ちすぎており、各個の研究者が各自の水産海洋学を持ち、各自の道を進んでいるように思える。「漁海況変動予測のための海洋研究のあり方」を考える場合、まず第一に各自の眼を漁海況短期予測のための海洋研究に集めて、指向性をもった水産海洋学を押し進めるべきではないかと考える。

今回の講演の研究対象海域である道東まき網漁場は、我が国のマイワシ年間漁獲量の30%近くを水揚げする重要な海域である。この海域において、マイワシは躍層および前線と密接な関係をもって分布し、移動しているだけでなく、その場の流れに応じた遊泳生態を示していた。マイワシの分布を規定しているこの前線は、またサンマの分布・移動とも関係している(福島, 1979)。このような、多獲性浮魚類との間で明確な関係をもつ水温前線に関して、その形成および変動機構を解明するための調査研究を、水産海洋研究者の多くが行なっていくという方向性があっても良いと思われる。

コメント 2.

松宮 義晴 (長崎大学水産学部)

今回、話題にのぼらなかった「九州西方～東シナ海・黄海の漁海況予測の現状と問題点」について、簡単に述べる。漁海況予測の方法と検証(水産庁研究部, 1981)を参考とした。

海況予測の項目

- ①黒潮の流量変動 ②黒潮の流路 ③対馬暖流の流路
④中国大陸沿岸水・黄海冷水の規模 ⑤各海域の水温
海況予測の方法

- ①海況の持続性 ②過去の海況との類似性 ③海況諸要素の周期性と変動傾向 ④気象との関係 ⑤顕著な海況変化の型

漁況予測の対象魚種と漁業

アジ類(マアジ, ムロアジ類), サバ類(マサバ, ゴマサバ), イワシ類(マイワシ, カタクチイワシ, ウルメイワシ) いわゆる多獲性浮魚類。大中型まき網(沖合域)と中型まき網漁業(沿岸域)。

漁況予測の根拠

- マサバを例にとると ①発生量の水準 ②当歳魚の出現状況 ③1歳魚の出現状況 ④越冬期の漁獲物の年齢組成 ⑤越冬期・産卵期の漁獲量と資源相対値 ⑥漁場間の漁獲量の相関 ⑦体長組成と成長傾向

問題点

- ①海況の複雑さに比べて、環境情報の不足。県の調査

船は東シナ海の沖合に行かない。長崎海洋气象台などの他機関の情報に頼っている。②対象魚種の多様性と選択操業。高価格魚志向のため、漁況そのものが対象魚の生態や質量を反映しない。生態的な魚種間の競合の影響も大きい。③県水試は地先沿岸漁業や栽培漁業を重視し、沖合のまき網漁業資源に関心がうすい。④業界からの積極的な要望少ない。年・時期単位の漁況より資源の持続性、主要魚種の交替に興味。

今後の発展方向

①問題点を少なくし、知見を深める。データをふやすことはもちろん、漁業活動の実態や経済的要因(流通・需要)も予測モデルにとり入れる。②研究機関による沿岸域での調査。漁業に頼らない生物情報を得て、環境と生物との対応をより明確にする。③多変量解析法の利用。環境要因の数量化が必須である。計算機の普及により、利用が容易になった。総合的に解明することができ、将来への発展のワンステップになる。主成分分析、因子分析、重回帰分析法によるいくつかの研究例がある。正準相関分析による有明海的环境(水温・塩分・プランクトン沈澱量)と漁業との対応について述べた。この手法は漁獲量は漁場別にわかっており、環境データは代表値だけ得られている場合に特に有効である。

3. 各観測手法の意義・役割

(7) 船による海洋調査に関して

大塚 一志 (東京水産大学)

1. はじめに

水産生物とその環境研究のために調査船が必須のものであることは、改めて述べる必要はないかも知れない。現にわが国では、表1に示すように、15トン以上の水産関係の調査船約120隻(練習船約30隻を含む)に2,000名近い運航員が乗り込み、年間100億円をかなり上回る

であろう経費(人件費, 燃料費, 船の減価償却費など)によって、水産海洋の調査と教育が続けられている。

しかし、所要経費の増大と予算削減、近年の海上作業の厳しさに対する逃避傾向と乗組員・調査員の高齢化、また現象の時空間スケールに対する1隻の調査船の行動力の限界と近年の係留系による連続測定や人工衛星によ

表1 水産関係の調査船の現況

	ト ン 数					計	トン数計	平均トン数	運航員数
	15~	50~	100~	400~	800~				
水産庁		2	4	4	3	13隻	8,792	676	342人
水産試験場	30	12	29	1		72	7,958	111	791
水産高校		1	1	20		22	9,804	446	465
国立水産系学部		1	4	1	6	12	8,639	720	309
計	30	16	38	26	9	119	35,193	296	1,907

海洋資料センター「国内海洋調査船一覧」56年3月刊より作成

表2 調査船の運航費 (DINSMORE, 1982)
(米国 UNOLS 所属 28 隻, 1980 年)

項 目	費 用	%
乗組員給料	9,099千ドル	36
調査員経費	1,516	6
保守費	1,011	4
修理費	1,264	5
燃料費	5,307	21
食料費	1,263	5
保険料	638	2
旅費	401	2
消耗品費, 他	2,527	10
間接費	2,774	9
合 計	25,276	

(1ドル=240円とすると 60億6,624万円)

るリモート・センシングなどの観測手法の発展もあって、ここで再検討する意義が生じたものと考えられる。

アメリカでも海洋研究における船のあり方が見直されてきている。DINSMORE (1982) によると、University—National Oceanographic Laboratory System (UNOLS) 所属 28 隻の 1980 年の運航費内訳は表 2 のようであり、SPENCER (1982) はインフレと予算削減の中で調査船運航は大変厳しい局面に立たされており、とくに大型調査船は維持できずに減りつつあると述べている。その点わが国では、海洋資料センター (1975, 1981) による海洋調査船の一覧を対比してみると、とくにここ数年、水産試験場、水産系大学、水産高校所属の代船建造が進み、新鋭の調査船、練習船が数多く誕生し就航している。

ここで調査船の長所・短所を、係留系、リモート・センシング、沿岸観測点など他の観測手法と比較してみる。

長所としては、①目的の調査海域へ行くことができる。②多要素・多項目の観測ができる。③各種の機器を用いて、実験的観測ができる。④中深層までの観測ができる。⑤任意の深さから採水ができる。⑥生物採集がで

きる。⑦底質採集ができる。⑧調査結果をみながら、海洋現象、気象条件によって臨機に計画を変更、対処できる。

短所としては、①建造費及び運航費（人件費、燃料費など）が高くつく。②時化のときは船の動揺が激しく、船内生活は苦しく、観測作業に危険をとめない、また良いデータが取れない。③船速が10ノット程度なので、広い海域をカバーするため及び外洋の往復にかなりの日数を必要とする。④熟練した調査員が何日間か交代制で従事しないと、沖合域の良いデータは取れない。

2. 調査船の役割の変質と発展

1) 探検航海

ごく近年まで、未知の海を知る時代において、船は探検航海 (Expedition) を行って来た。NORPAC, I.I.O.E. しかりである。現在でも、海洋水産資源開発センターによる新漁場の開発、すなわち企業化調査は、1隻の調査船で数ヶ月間航海して試験操業する、まさに探検航海を行っている。しかし、こうした調査法は、資源生物の知見は多少得られたとしても極めて不十分なものであることは言うまでもない。

2) 海況のモニタリング

水産庁主導のもと、水試調査船による日本周辺海域の毎月1回の定線調査は、昭和39年以来着実にデータを蓄積し、その解析結果は日本沿岸域の海候学的特徴を明らかにしつつある。これとは全く独立に、水路部及び気象庁による日本周辺域の海洋観測が精力的に続けられている。

しかし、今後も同じ形で半永久的に継続することは種々の制約からできなくなってくると考えられる。船によるルーチンの観測は最重要定線に限定して、係留系ならびに沿岸及び島嶼点における連続データ取得のウエイトを増大させていくべきである。

また、八丈・沖繩航路などにおける海面水温モニタリングに加えて、小笠原航路などにおける XBT 観測によ

る海況モニタリングを是非行うべきである。

3) 実験的観測および生物採集

特定のテーマを持ち、限定された海域を特別の測器類を活用した反復・細密観測、あるいは多項目の重点的な実験的観測 (Experiment) こそ、水産調査船の果すべき最も重要な役割である。MTD ネットなどによる層別プランクトン採集、航走プランクトン・レコーダーによるパッチの測定、魚探やソナーによる魚群の分布、移動の把握、科学魚探による資源量測定、中層トロールによる小型遊泳生物の採集、各種試験操業とその環境条件測定、魚群の動きをとらえるバイオ・テレメトリーなどは水産調査船の大いに活躍すべき分野である。

4) 係留系の設置、回収作業

ある点における連続データ取得は、近年急速な進歩を遂げつつある係留系により行われているが、その設置及び回収作業の多くは調査船に待たねばならない。

また人工衛星追跡のドリフターの投入作業も船の役割である。

5) リモート・センシングの援助

広大な海面情報を短時間に取得する人工衛星利用のリモート・センシング技術は目覚ましい発展を見せているが、実際の海面水温、塩分、濁度、クロロフィル量などの情報、いわゆる sea truth が必要であり、この面での船の役割も重要である。

3. 調査船の運用について

ある海洋調査船が航海に出ようとする場合、「何を知らするために、いつからいつまで、どの位の運航費で、どの海域へ、どのような観測ラインを設定して、どんな人が何名乗組んで、どんな測器類をどのように用いて調査するのか」ということになる。これに関与する制約・前提条件を列挙すると、

(1) 調査船

トン数、航続距離、航海日数、平均航海速度、耐波性能、運動性能 (可変ピッチ・プロペラ、パウ・スラスタなどの存否)、航海計器 (ロランC、NNSS、などとくに船位測定関係の装備)、ウインチの性能 (ワイヤーの長さと同重量)、作業用デッキ及び実験室の広さと設備、乗組員の人数、居住設備など。

(2) 調査員

人数 (何名ずつ何ワッチ組めるか)、経験 (新旧の観測手法で異なる)、体力、意欲。

(3) 運航費、調査費

燃料費、航海手当、消耗品費

(4) 測器と使用方法、所要時間

測定は全速航行中に行われるのか、中速又は低速で行うのか、停船して観測するのか。標準的な一般に使用されている測器なのか、新型あるいは試行的測器なのか。1回の観測にどの位の時間かかるのか。

などがある。これらを前提にして、計画を立てるわけだが、

(1) 調査海域と日数

大きく分けて平水、沿岸、近海、外洋域となる。航海日数は日帰りでごく沿岸を調査する場合から、数か月間の大航海を行う場合までである。

日本近海でいえば、米軍の訓練海域、漁船の集団操業域、海上交通輻輳にともなう安全対策のための法律「海上交通安全法」の施行などによって、調査に支障をきたす場合がかなりある。

また 200 海里体制のもと、他国沿岸、近海の調査は強い制約を受けている。

(2) 調査時期

永年のルーチン的な海況の季節変化、あるいは資源生物の発育段階に対応した調査時期の設定がなされており、年間運航計画がかなり固定化しているため、機動性・共同調査を難しくしているきらいがある。

(3) 測線・測点

漁海況予報事業による月 1 回の調査では、短期の漁海況変動に対応するような漁海況の把握は無理である。そこに定線調査のジレンマが存在する。現象の時空間スケールに応じた測線・測点を選定しなければ、その現象を把握できないことは至極当然のことであるが、前述の制約条件がそれを非常に難しくさせ、現象把握、変動機構及び因果関係究明に至らないている場合が多いように考えられる。

特定目的の調査の場合には、最新の漁海況情報に基づき適切な測線を設定することが極めて重要なことである。幸いにして、船内でのデータ処理、海況図作成が容易になり、また無線 FAX による海況図を活用することで、それは可能になりつつある。

4. 共同調査の重要性

限られた調査船、人員、予算で、漁海況に直接関与する変動する海の実態をとらえるためには、重点海域、重点観測期間を設定して、集中的な共同調査を行う必要がある。

例えば、日本海区水産研究所、各道府県水産試験場、それに水産高校も参加して行われている日本海スルメイカ調査がある。6~9月の各月上旬に10隻以上の調査船が日本海を図1に示すようにカバーして、海洋観測及びイ

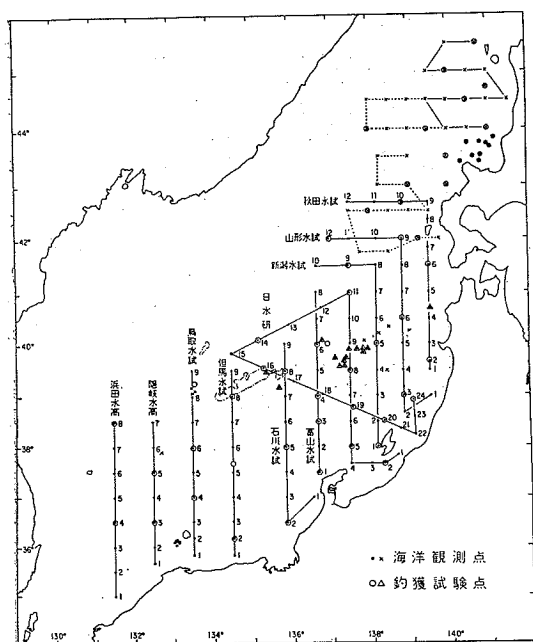


図1 昭和57年7月上旬、共同運航によるスルメイカ漁場一斉調査実施点(日水研調査資料83-03より)

カ釣試験操業を行っている。このような組織的調査を他の海域、魚種についても行うべきである。

これにさらに大学、水研、水試の船が何隻か加わり、重点海域の定点多項目調査、反復調査、前線・渦動域の横断調査などを行うならば、漁海況短期変動の実態を多角的に究明する大きな手掛かりが得られると考えられる。

BLACKBURN and WILLIAMS (1975) によるカツオの分布と生態調査の例を図2に示す。生物の日周運動に対応した生物採集を考え、日中は6.5ノットで1辺20海里の正方形を航走してカツオ曳縄を行い、夜間は全速で次の海域へ移動し、途中の測点でSTD観測、中層トロール、プランクトン・ネットなどを行っている。緯経度2°マス目をちょうど4日間で終えるようにし、15°Nから5°Sにかけて2隻の船が分担して調査している。この場合もあと何隻か参加したならば、その成果は計り知れないものがあつただろう。このような生態系の調査は、綿密に計画された船の共同調査によらなくてはできない。

5. おわりに

以上のように見てくると、水産海洋研究とくに漁海況変動予測のためには、調査船本来の機能を充分発揮させるような、組織的共同調査が必須のものである。

幸いにして、諸外国に比し数多くの比較的新しく建造

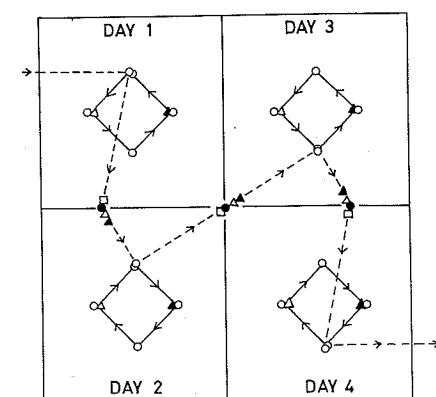


図2 カツオの分布・生態調査航跡・測点図

- 日中、曳縄 (6.5ノット)
 - - - 夜間、航走 (11.5ノット)
 - STD/NISKIN または NANSSEN (500 m)
 - XBT
 - ▲ Micronekton, 5'×5' ネット
 - △ 動物プランクトン, Cal COFI 1 m および 0.5 m, Neuston
 - 中層トロール
- (BLACKBURN and WILLIAMS, 1975)

された優秀な調査船を有するわが国は、個々の機関の制約を乗り越えて、曳航測定機器など新しい観測手法を導入して調査の自動化と省力化に努め、さらに有効に調査船を活用すべきである。とくにこうした面で水産系大学練習船の共同利用をさらに推進させる必要がある。

また定期航路船による海況モニタリングを乗組員の労力をできるだけかけない方法で、もっと積極的に行うべきである。

中井 (1980) が述べているように、海洋観測のプラットフォームとして船は能率良いものとは言い難いので、ブイ・テクノロジー、リモート・センシングなどと複合させて海洋調査を考えて行く必要があるのは当然である。

さらに今後、単位時間の行動範囲を拡大して短期変動調査などに活躍する高速観測船、浅海域の生態調査を主目的とする潜水艇、燃料費の大幅節減をはかる帆船型調査船など、水産海洋研究のための調査船の建造とその活用を積極的に推進すべきである。

最後に、宇田・栗田・平野 (1958) による「水産海洋観測改善に関する研究」報告に述べられている改善の具体的方策の一部を再録し、参考に供したい。

- (1) 早急に水産海洋調査に関するセンターを設ける。
- (2) 国内の関係各方面の研究者を網羅した水産海洋調査

研究協議会（水産海洋測器分科会を含む）を常置し、その事務は上記のセンターがこれに当る。

- (3) 特に沿岸漁業資源の魚群行動や分布、量的変動と環境との関係を求めるため、それぞれモデル海域を定め、魚群等と対応した細密な水産海洋調査を行う。
- (4) 水産海洋調査のため地方庁試験調査船を有効に活用するには、国より地方庁に交付する水産海洋調査の委託費を増額する。

文 献

BLACKBURN, M. and F. WILLIAMS (1975) Distribution and ecology of skipjack tuna, *Katsuwonus pelamis*, in an offshore area of the eastern Tropical Pacific Ocean. Fish. Bull., 73(2), 382-411.

DINSMORE, R. (1982) The university fleet. Oceanus,

25(1), 5-17.

海洋資料センター (1975) わが国の海洋調査船. JODC ニュース, 10, 24-50.

海洋資料センター (1981) 国内海洋調査船一覧. JODC ニュース, 増刊号 10, 1-250.

中井俊介 (1980) 基礎研究のための海洋観測の現状と展望. OCEAN AGE, (6), 15-22.

日本海区水産研究所 (1982) 試験操業船共同運航によるスルメイカ漁場一斉調査結果 (7月上・中旬). 昭和57年日本海スルメイカ長期漁況海況予報に関する資料-II, 16-26.

SPENCER, D. W. (1982) Ocean science and ships. Oceanus, 25(1), 3-4.

宇田道隆・栗田 晋・平野敏行 (1958) 水産海洋観測改善に関する研究. 農林畜水産業関係応用的科学研究費による研究報告書, 1-67.

(8) 海況と魚群把握のための船の装備

船の装備はケチるべきでない

漁海況研究における調査船の位置づけについては次頁でふれるが、ここでは船という「浪費型」の施設の中で研究施設の比重について考えてみたい。表1に200トン型調査船を例として1日当りの経費を試算して示した。内容は一般の船より多少贅沢かも知れない。年間の調査日数を60~180日として、1調査日当りの経費を算出すると180日稼働で120万円、60日稼働では350万円となる。14日の航海として2,280~4,900万円かかることになる。観測の効率を上げなければ、それこそ行政改革の好餌となろう。観測の性能向上のための経費をケチ

表 1 200トン級調査船の運航経費の概算例

	金額	備 考
	(年) 千円	
船価償却費	35,000	建造単価 3,500 千円/トン, 200トン, 20年償却
修繕費	35,000	
人件費	138,000	
給与	129,000	26人, ボーナス共 365 日分
食卓料	9,000	
小 計	209,000	
調査日当り経費	基本経費	燃油代 航海日当
年 180 日稼働	1,161	+ 50 + 17=1,228千円
" 120 "	1,742	+ 50 + 17=1,809
" 60 "	3,483	+ 50 + 17=3,550

青 山 恒 雄 (東京大学海洋研究所)

ることは船自体を放蕩息子化することになりかねない。船の役割は何か

気象予測にくらべ、漁海況予測のための基礎情報取得体制は極めて貧弱である。それでも専用の調査船は何十隻もいて、前項にのべたようになりかなり大きい予算を食っている。同じ施設でも、気象用のロボットステーションは常時働いているのに対し、船の観測時間はきわめて短い。在港中は何もしない。船にかかる経費の大きさだけで、漁海況の観測体制を評価されては困るのである。

漁海況の対象となる海は広く船はのろい。しかも海中の情報を得るためには停船して測器や網を入れねばならない。その間にも水は流れ、魚は泳ぎ去る。かたつむりが甲子園の芝の状態の調査をするのよりずっと効率が悪い。

こゝらで観測体制を抜本的に再編成する必要がありそうだ。すなわち、衛星・航空機によるリモートセンシング、定置およびドリフティングブイによる連続観測、調査船による観測を一体として組み合わせた体制のようなものが望まれる。そうした体制の中での調査船の役割りを明らかにしてゆけば、船への装備のあり方も自ら姿がはっきりするであろう。

観測体制としては、リモートセンシングによる広域調査、ブイ・ロボットによる連続調査、フェリーによる反

復調査、それらを有機的に結ぶための調査船調査といったものが考えられる。つまり調査船の役割りは、

(1)他の観測手法を有機的に結合するための作業——シートルース、測定値のキャリブレーションと標準化、空間的または時間的にある程度の広がりを持った補足調査

(2)調査船でしか実施できない作業——生物採集、採水、深層の調査、人の判断を加えながら行うような作業などが主なものとなる。

観測の条件を考えてみよう

観測装備は、何をどのように観測するのかによって変わってくる。生物調査を例にとってみれば、

何を……個体数か、密度か、バイオマスか

どの状態で……空間的分布パターンを見るのか、時間的出現パターンを見るのか

どんなスケールで……時間、空間スケールをどうするのか、測定精度はどこまで要求するか

測定頻度は……リアルタイムの情報が必要か、どの程度の遅れが許されるか、連続情報があるのか、断続的でよい場合に頻度はどこまで必要か

といった項目が判断の基準となる。

連続情報や測定頻度の高い情報の場合には、測定値の処理や収録の方法も問題となる。

船の装備として一般的に望まれるもの

これからの調査船としては是非装備したい設備を列挙する。

1) 航走時の連続観測装置

表層水の観測装置の1例を図1に示す。既存の分析装置を組み合わせただけのものであり、特別の装置ではない。調査船には必ず装備し、航走中は全部記録をとりたい。変化のはげしい沿岸域の調査には有効である。

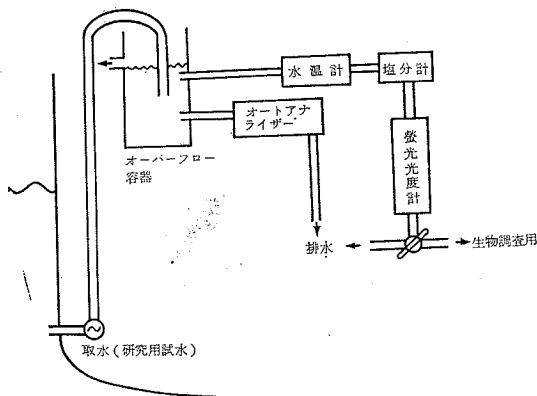


図1 表層水連続観測装置のブロックダイアグラム

中層観測のためにはセンサーを曳航体に組みこんだものを使用すればよい。Bat Fish という呼称で市販されているものもある (ENMAN *et al.*, 1978)。

生物情報としてクロロフィル量だけは少くともとっておきたい。光学的手法によりツブツブの分布を連続的に計測する各種の曳航式測定器も開発中である。また曳航式のプランクトンレコーダーも考案されているが実用には到っていない。これらの測器も将来は実用化されるようになる。

2) 多項目 CTD

ナンセンキャスト式の観測をCTD方式に変更したい。沿岸域では海洋構造が一般に複雑であるから鉛直方向の観測も連続的な方法の方がよい。また海域の生産力評価のためには、基礎生産に関係した水中照度・濁度・クロロフィル量・ O_2 等の同時測定も可能なものへとシステムを強化したい。図2は海洋研で編成したCTDのブロック・ダイアグラムである。

3) 計量型魚群探知機

魚群探知機は航走中の魚群やSLの出現状況を連続記録するので漁海況調査用には必須の計器である。場合に

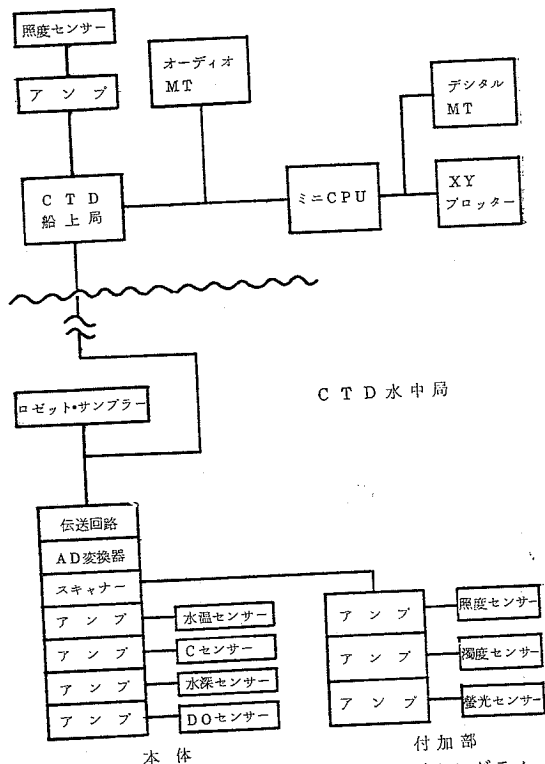


図2 多項目測定用CTDのブロックダイアグラム

よっては躍層や内部波等を記録できることもある。魚群量や生物量を定期的に測定するためには計量型の魚群探知機を使用すべきである。計量型魚群探知機は次のような性能を持っていることが必要である。

TVG 回路を持つこと……超音波の反射音圧が距離によって変化するのを補正する必要がある。距離の 2 乗および 4 乗に比例するような増幅を行う。

2 乗回路を持つこと……受波器で受信するのは音圧であって音の強さではない。反射音の強さは超音波を反射した生物量に比例するから生物量を知るためには反射音の強さを測定せねばならない。音の強さは音圧の 2 乗に比例するから受信音圧を 2 乗した上で以後の処理を行う必要がある。

発信出力、受信増幅回路、送受波器の電気・音響変換効率および指向性等のキャリブレーションがなされること……計測値に関する諸特性値が明らかにされていないと定量化はできない。指向性については一度キャリブレーションを行っておけばよいが、その他については随時キャリブレーションを行うことが必要なので、船体装備の送受波器の場合にはキャリブレーション用の付属装置を用意しておく方がよい。

信号処理装置を持つこと……磁気テープに受信信号を記録しておいて、後で処理する方法もあるが、処理には調査時と同じ時間を要するのでオンライン処理できる方が望ましい。なお、電算処理を後で行う場合は、魚群探知機に TVG や 2 乗回路がなくてもよい。

4) ウィンチの整備

水中局を使用する観測や採集作業にはウィンチが必要である。CTD には記録内蔵式のものもあるが、船上記録式の方が好ましい。この場合は専用ウィンチが必要となる。その他の水中局との連結や諸採集作業には、目的に応じて多種多様のケーブルやワイヤーが使用される。海洋研究所の白鳳丸は 10 基の、淡青丸は 5 基の観測ウィンチを常備するほか、両船とも可搬型ウィンチ架台を持っており、特殊ウィンチはその都度装備するようにしている。一般調査船はこれ程の装備はいらぬが、ケーブル用 1、CTD 用 1、ワイヤー用 2 程度は常備したい。目的によりケーブルやワイヤーの種類・太さ・長さが異なるので、なるべく共同できるように測器の仕様も工夫したいものである。

文 献

- ブルチンスキー, J. (1982) 魚類資源量評価のためのソナー・システム使用法. FAO Fish. Tech. Paper (191). 見元孝一訳, 日本水産資源保護協会, 89 pp.
- ENMAN, K. L. and D. L. MACKAS (1978) Collection and analysis of underway data and related physical measurements. *In*, Spatial pattern in plankton communities. IV-3. J. H. STEELE (ed), Plenum Press, New York, 85-109.
- KOIKE, I., K. FURUYA, H. OTOBE, T. NAKAI, T. NEMOTO and A. HATTORI (1982) Horizontal distributions of surface chlorophyll *a* and nitrogenous nutrients near Bering Strait and Unimak Pass. *Deep Sea Res.*, **29**, 149-155.
- 小笹悦二 (1979) 多項目測定器による調査結果について. 西水研研報 (52), 71-78.

(9) 係留系および海流ブイ

1. はじめに

私に与えられた課題は各種観測手法の意義・役割を考える中で、特に係留線および漂流ブイが漁海況予報に果し得る役割について検討することにある。

漁況や海況の予報として要求される内容としては次のようなものが考えられる。

1) ある特性を持った一団の水(水塊)が、ある時間経過した時にはどこに存在している、その水塊の特性はどのように変化しているのか(卵仔稚魚の輸送問題など)。

- 2) 漁期(2~6ヶ月間程度)を通じての漁場環境(あるいは魚群の来遊状況)が例年に比べどのようなものであるかを漁期前に知ること。
- 3) 漁期中にどのような漁況・海況の変動があり得るのか。
- 4) 対象漁業の長期の見通しを立てるための資源量変動と、その原因となるであろう海況変動。
- 5) 特異海況と言われるような極端な現象が発生するの否か、発生するとしたならば、その内容はどのようなものか。

蓮 沼 啓 一 (東京大学海洋研究所)

これらの要求は、数日から数十日の変動と、年々変動との2つの時間スケールに関心が集中していると言える。

ここで現在我々が持っている海況に関するデータを見ると、月1回あるいはそれ以下の頻度での船による観測が大部分であって、対象となる変動現象に対して観測頻度が少なすぎる。つまり、現状の観測状況で数十日以内の海況予報が出せる状況にはない。また、短期の変動が顕著なものであったとしたなら、月1回の観測をいくら積み重ねてみても長期変動も論じられないことになる。こうして見ると、現在我々は、黒潮の直進・大蛇行を見るような特殊な場合を除いて、海況変動を議論できるだけの十分なデータを持ち合わせてはいないことになる。もう少しはっきり言うなら、海況の予報どころか現況すら正確に把握できていないのが実状である。

予報の手法がどのようなものであるにせよ、予報の基礎となるデータには次の3つの性質が要求される。つまり、対象とする現象の時間的・空間的スケールに対して、

- 1) 十分に時間的連続性を持った観測がなされていること。
- 2) 現象の規模に対して十分な広域性を持って観測されていること（空間的連続性を含む）。
- 3) 多数の測点から得られたデータが同時性を持っていること。

つまり、時間的にも空間的にも十分密な観測がなされる必要があるという当然の要求である。問題はこの3つの要求を同時に満たすような観測は現実には実施不可能で、この中の要求を1つあるいは2つだけ満たすような観測が実施される。例えば、人工衛星からの熱赤外画像による海面水温観測は2と3の条件を満たすものの、時間的連続性を持ったデータを集められることはほとんど無いし、深さ方向の広域性も持ち合わせてはいない。しかし、最近の目覚ましい技術進歩は地球規模での大気や海洋の連続観測を可能にしつつある。

2. 係留線による観測

船を用いた観測に頼る限り、沿岸域であっても週1回の割合での観測が限度であろう。しかし、この程度の頻度の観測では、日々いや時々刻々変化する漁況や海況の変動を理解するためにはほとんど役立たない。海況予報へ向けての第一段階は、対象とする海域に、どのような種類の変動が卓越しているのか、またそれらの時間スケールがどの程度のものかを明らかにすることから始めるのが妥当であろう。このためにはどうしても係留された測器による長期連続観測が必要となる。

海中での長期係留観測に対しては、古くから強い要望

が出されているながらも、実用に耐える測器やその他の周辺技術の開発を待たねばならない状況にあった。ようやく小型で、長期連続観測が可能な測器類ができてきたことに加え、数年ほど前から超音波指令方式の切離装置が実用段階に入ったことによって、係留線の設置回収は極めて容易になって来ている。それでは現在係留線による観測が多数の地点で実施されているだろうか？ 残念ながら答は否である。特に水産関係の調査研究で係留線の導入が遅れているようである。

係留線による定点観測が基本的な観測技術であるにもかかわらず、あまり利用されないのはなぜだろうか。その理由として以下のようなものが挙げられそうだ。

- 1) 測器や切離装置の価格が高く導入できない。
- 2) 調査の対象となる海域が、多くの場合漁場と一致するため、漁具の損傷や、係留線の流失等々の危険性があるため係留観測ができない。
- 3) 大水深域で500m以浅の表層観測を実施する技術が十分に開発されていない。日本周辺海域では陸から少し離れるとすぐに数千mの深さとなるため、水産にとって重要な500m以浅を観測するには深海から係留線を立ち上げねばならず、データの質も良いものが得られない。
- 4) 生物情報を記録できる測器が開発されていない。

現在連続観測が可能な測定項目は、水温と流れに限定されていて、他の化学要素や生物関連項目が連続記録できる測器がまだ開発されていない。

これら多くの問題点を持ちながらも、係留観測は海況変動の実態を知る上で欠くことのできない手法である。前に挙げたような多くの困難があることを考慮し、我々は漁海況予報へ向けての一つの試みとして、定置網漁場での水温の連続観測を実施している。海況を判断するための代表因子として水温を採り、定置網の台浮子から測器を吊り下げることによって、係留観測にかかる設備費を大幅に軽減している。また定置網自体を魚に関する連続測定器と考えている。

図1は伊豆半島東岸、下田の近くにある谷津漁場での50m深の水温を示している。記録から半日周期の内部波による水温変動が卓越していることが読みとれる。水温躍層が比較的浅いところにある夏期には、わずかに数時間のうちに5°C程度の水温変化が常時起きている。10°C近くの変化が生ずることも稀ではない。また注目すべき点は、年間での最高水温である25°C前後の値を記録してから数日後には年間の最低水温である14°C台を記録していることである。これは、12時間周期、数日

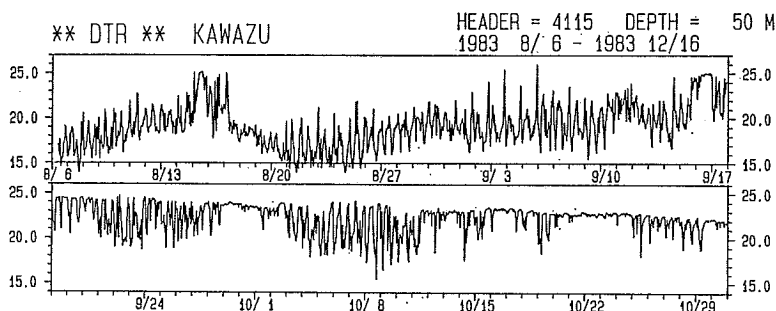


図 1 伊豆半島東岸の谷津定置網漁場で測定した 50 m 深での水温

周期の変動の大きさが季節変化の大きさと同程度であるために起こる現象である。もし数度の水温変化が魚群行動に何らかの影響を与えるなら、月 1 回どころか 1 日 1 回の観測でも定置網漁況と水温の関連づけをすることは困難となる。また、1 日に 1 回か 2 回網締めをした結果の漁獲データが一体何を表現するのかも改めて問われることになろう。

ここに示した水温変化は海の変動の実態を示すほんの一例にすぎない。対象が何であるにせよ離散的に取ったデータが描き出す像は多くの場合実態とかけ離れたものとなっている。まずは連続観測によって、対象海域に卓越する変動現象が何であるのか、その実態を明らかにすることが海況予報への第一歩なのだろう。

3. 漂流体を用いた観測

ある一団の水塊が、時間とともにどのような経路をたどり、どのような速さで移動し、どのように変質してゆくかを知ることは、水産海洋の研究上、多くの分野で要求される基本的な情報である。したがって、古くから海流瓶の放流を行ない、水塊の移動状態を知ろうとする試みがなされてきた。

海流瓶あるいは漂流ハガキ等の場合、製作費は安価なもの、回収率が悪く（多くの場合 1% 以下）、得られる情報あたりの経費は思ったほど安くはない。この方法の最大の欠陥は、漂流経路が分らず、しかも陸岸の無い所では事実上利用できないことである。

漂流体をレーダーを用いて追跡する方法では正確な移動速度や移動経路を知ることができるが、多くの場合、追跡可能な時間が短く、3 日から 5 日程度でしかない。しかも、わずかに数個の近接したブイを追跡するために、船一隻を使用しなければならず、経済効率はかなり悪く、観測を頻繁に繰返すこともできない。したがって、限定された時空間での特殊な目的以外、一般には利用できない手法である。

漂流体の追跡に革命をもたらしたのは ARGOS ブイの出現である。このブイシステムは一般には DCS または DCLS (Data Collection and Location System) と呼ばれ、人工衛星を用いて、ブイの位置の決定をすると共に、諸観測データを地上局に転送するシステムである。この人工衛星追跡ブイは一日に数回の位置決定とデータの転送を行ないながら、1 年以上にわたって観測を続ける。この新しいブイは、今まであまり知られていなかった海の特徴をいくつも描き出すことに成功している。中でも中規模渦の存在とその動きや寿命を明確にした点は、今後の水産海洋研究にとって大きな問題提起をしていると言えよう。

一口に渦といっても、その成因や規模には様々なものがある。顕著な渦の空間規模は、四国より小さいものから北海道位のものも多く、その寿命は数か月から 20 か月程度である。渦は時間的にも空間的にもかなり大きな規模を持っているので、渦内の生態系の変遷についての研究が米国では、ガルフストリーム・リング (ガルフストリームが極端に蛇行した結果、強流帯が閉じた海流の輪、リング、を形成し、その中心部には黒潮内側域の水に相当する冷水が閉じ込められている) に対してすでに行なわれている。

ブイの移動状態に共通して見られる現象は、ブイがしばしば渦運動の中に取り込まれて滞留するため、長期間を平均して見たブイ(あるいは水塊)の移動速度はかなり小さくなることである。図 2 はガルフストリーム・リングの中に置かれたブイの移動状態を示しており、渦運動によるブイの動きに比べ、渦全体が流される速さははるかに遅いことがわかる。また、ある場所に長期間居すわっていた渦がある時急に移動してゆく現象も見られている。これらの現象は卵仔稚魚の移動、さらには資源量の変動の研究を進める上で考慮せざるを得ない海の特徴だと言えよう。

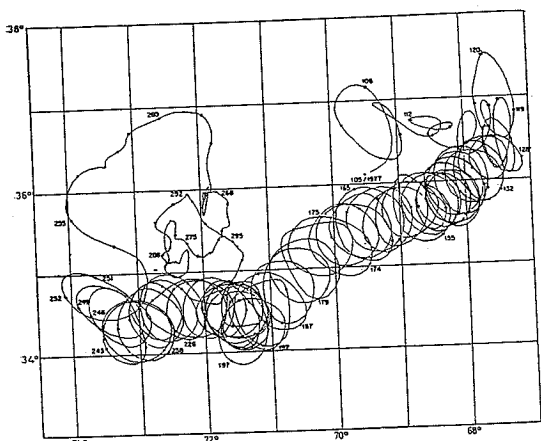


図2 ガルフストリーム・リング内に放されたブイの移動状況。数字は1月1日から数えた日数 (RICHARDSON, 1979)

現在までのところ、このブイは海洋の大循環および気象観測の観点からのみ利用されている。1978年から'79年のGlobal Weather Experiment (GWE)の期間中に、20°S以南の海域に実に300個以上のブイが投入されている。図3はGWEの期間に投入されたブイ群の軌跡を示している。本来は気象観測のために放流されたブイであるが、それらの移動が海洋の大循環に関する極めて有用な情報を提供している。水産資源の変動を考える場合にも、この程度の範囲での海況変動をおさえてゆかねばならないだろう。

現在、人工衛星ブイをもっと多機能にしスーパードリフターが考えられている。このブイには200m深位までの水温と流れが測れる装置(サーミスタチェーンとドップラー流速計)を搭載することが考えられている。このスーパードリフターが実用化されると、衛星画像では得られない海面下の情報を、連続的に集められることになる。対象海域に必要なだけブイを放流すれば、広域から連続データが必要な空間密度で得られることになる。

こうした観測方法は極端に金が掛ると考えられ勝ちだが、量産することによってブイの値段はかなり引き下げられよう。船を用いた観測は一見安価のように見えるが、建造費、人件費、維持費、燃費、それに最も重要な得られたデータの質を考えると、かなり割高なものとな

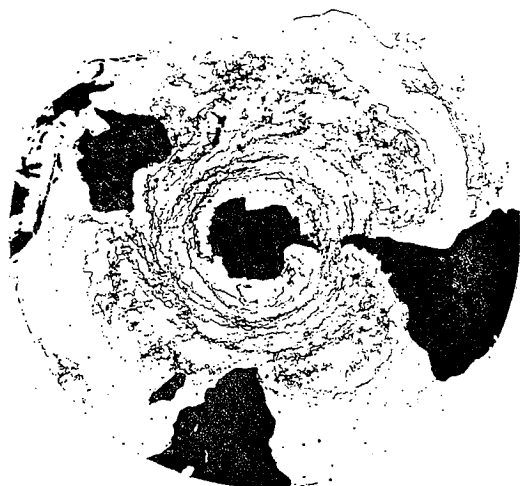


図3 1978年から79年にかけて放された300個以上の人工衛星追跡ブイ(ARGOSブイ)の全軌跡 (NASA/NOSS Science Working Group, 1981)

ろう。500トン位の船を維持するのと毎年150個ほどのブイを放流し続けるのが経費の上ではほぼ等しくなると考えられる。人工衛星ブイの導入を積極的に考える時期に来ているように思えてならない。

4. おわりに

漁海況予報に関連した研究集会は過去にも何回か持たれている。この漁海況という言葉は便利な言葉であるが、その内容は種々雑多で定義されていない。海況予報ではなく、水温予報、流れ予報という具合に対象を明確にすることがまず必要で、更に精度や予報期間等が条件として付加された段階で、どのような手法や測器が有効かが決ってくるのではないだろうか。漠然とした対象に対して漠然とした議論をいくら繰り返しても問題点の抽出、解決に役立つ部分は少ないだろう。

文 献

- NASA/NOSS Science Working Group (1981) Needs, opportunities and strategies for a long-term oceanic sciences satellite program. ed. S. RUTTENBERG, National Center for Atmospheric Research, 72 pp.
 RICHARDSON, P.L. (1979) Gulf Stream ring trajectories. J. Phys. Oceanogr., 10, 90-104.

(10) 海況と魚群把握のためのリモートセンシング

杉 森 康 宏 (東海大学海洋学部)

漁業は、わが国にとってその動物性蛋白質資源を供給する主要産業として重要な位置を占めていることは云うまでもない。したがってその維持発展は国民に対する蛋白質資源の需要のバランスを保つ上での大きな役割を荷うことになる。この水産業は生産対象物が自然条件の変動のきわめて多い海洋に棲息・繁殖しているため、魚族の分布・回遊、資源の変動は、海洋の物理、化学、生物的条件の変動により左右されることが多い。したがって、これらの情報を的確に、迅速に把握し、これを予測することは合理的な資源管理や効果的な漁業操業に不可欠なものとなる。

近年の漁業の近代化、大型化、漁場の拡大に伴い、海洋情報およびこれに伴う漁業生物資源情報の収集を必要とする範囲も沿岸海域からしだいに広大な大洋へと拡大しつつあり、また従来の研究の結果、沿岸海域の環境変化そのものも広大な地球規模での海洋変動の一環として扱えなければならないことが知られるようになってきた。

これらの漁海況に関する情報の収集は、現在主として船舶によって行なわれているが、調査船は高密度の多面

的情報を提供しうる利点があるが、その行動範囲が制限され、また時間的連続調査も期待できない。たとえば、漁船、または一般調査船による資料収集も特定海域への集中や広大な海域に比べてその隻数が不足し、気象条件によっては、海洋学的に重要な海域への接近が不可能とされ、この他の手法、たとえば、定置ブイシステムによる情報は、連続観測が可能であっても、空間的密度はきわめて乏しいことになる。

したがって、以上のような漁海況情報、すなわち、情報の時空間的連続性と、情報の拡大を図り、その予測の方法および精度の向上を図るためには、船舶による観測と並行して、広域情報の収集が可能な手法の開発がたいへん重要な問題となり、衛星・航空機からのリモートセンシングによる総観的情報の収集、およびこれを迅速に処理し直接漁業者に提供する情報システムの開発研究と整備が必要となろう。

現在、漁海況情報に用いられているリモートセンシング技術は、可視域情報と赤外域情報の2つである。これらのリモートセンシング技術の漁海況情報収集に対する問題点が検討され紹介された。

コメント 3.

石 井 丈 夫 (東京大学海洋研究所)

- | | |
|---|---|
| <p>1) 目的の明確化 (システムの構築)
情報の伝達、情報の総合化
規模、予測
構造・動態の解析</p> <p>2) 資料の収集・蓄積・利用の容易性
広域化と局地化</p> <p>3) 現象の解析 (過去のデータによる機能の解析)
因果関係
手法の導入
現象の追跡</p> <p>4) 解析に要する機器の構築
解析所要時間</p> | <p>解析情報の多用性 (画像・動画)
データの蓄積容量</p> <p>5) 解析結果を用いた過去についてシミュレーションによる確認</p> <p>6) 目的とする予測についての試行とシステムの UPDATE
許容時間・予測範囲</p> <p>7) 価格性能比についての検討
制約条件
諸制度の枠
情報交換システム</p> |
|---|---|

上記の項目のうち、次の点についてコメントしたい。

1) 目的に沿った観測システムの設計構築は、実施規模、予算の枠、参加するチームの大きさなどにより、その内容はことなってくるが、合目的な設計を事前に十分検討した上で行なうべきと考える。この際、機器の性能、数も当然含まれてくるだろう。

このような事前討議と実施結果よりえられる成果の予測を行なうことは今後の大型プロジェクトでは必須の事前実施事項と思われる。

2) 利用する情報、資料について、過去のデータ、今回のプロジェクトでえられるもの、いずれについても、その保管、利用法について検討しておくことが必要であ

る。情報量の増大、多様化に耐えられる整理法、必要とする時に容易に利用できるシステムをあらかじめ十分検討の上設計準備しておく。具体的には、数段階にわたるデータ保存法を考えておくことになるだろう。

3) 使用機器については、必要とする機器性能と耐久性、保守に要する費用、修理費等を十分加味し、機種選定が行なわれることがのぞましい。これらも当初のシステム設計時に討議しておくといよい。

4) プロジェクト全体の総費用の検討には、種々の制度、法令などの制約条件を考慮する必要があるため、単純に論議することは困難な面もあるが、今後の研究計画等も加味した上で進めることも必要であろう。

4. 総合討論

第1セッションの座長コメント(石野 誠):

1. 人工衛星を用いた漁海況予測の可能性と重要性、および、予算的措置について検討すべきである。
2. 今までに行なった観測のデータに、どういう意味があるか、また実際の観測ではどうしたら良いのかについて、次回までにつめる必要がある。
3. 予報がはずれた時の反省はどうなっているか。
4. 餌生物に関する研究の遅れが目立つ。

黒田: 予算を増やす努力はしている。予報事業は、今は役立っており、もう少し予算が増えればもっと役立つという言い方で、ピアールも含め努力していくべきである。

藤本: 定線調査は、予測に役立たない場合もあるかもしれないが、重要なことだと思う。現状のままで良いのか、変えたとすれば、どういう形にすれば良いのか、明確にする必要がある。

船越: 5年から10年の漁況の変化を予測するのに、水温だけでは核心にせまれない。だから、餌の問題点の生物的問題も重要な柱として取り組むべきである。

第2セッションの座長コメント(川合英夫):

(鳥羽氏に対し) 漁況予測から考えると、スケールだけでなく別な考え方が必要ではないか。

(友定氏に対し) 雲量とマイワシ資源とのつながりのメカニズムがわからなかった。一回の事例であったが、古文書などで過去の例を調べた方がよい。

(水野氏に対し) 漁場の移動の予測に役立つような海況

変動の研究が大切。魚種・漁期・場所によって異なる時空間スケールに対応した海洋構造の研究があるべき。

(稲掛氏に対し) 今までと異った漁船の使い方、観測の仕方を考えねばならない。限られた海域と時期の結果が、どこまで拡大適応できるかは慎重に検討すべきである。漁海況変動予測の方向と体制についての提案は、総合討論で討議して欲しい。

鳥羽: 大気の現象と異なり、海洋では中規模渦程度の現象では、海洋全体を扱うことができない。海洋では、太平洋全体スケールの、2週間よりもっと長い、100 mを擾乱とみなすような、平均化した方程式系における法則性というものがあ、それとより小さなスケールとの組み合わせを考えることが大切だ。

水野: 長期予報では世界的なプロジェクトがある。そうした動向に対し、水産の方では全然タッチしておらず、あせりすら感じる。中規模渦に関しては、もう少し統計的に解析し、また理論の人との対応も考えていきたい。短期予報は現状では難しく、リモートセンシングを用いた漁況との対応の積み重ねが大切。黒潮については、各水研が担当海区のみを研究するのではなく、インター水研的な研究を進め、全体のシステムとしての黒潮をとらえていかねばならない。また、水産庁は観測データを一番多く持っているが、データ管理システムを作っていない所に問題がある。

友定: 気象のデータは、ある分全部利用した。雲の減少による日射量の増大が、植物プランクトンのブルーミ

ングを阻害し、動物プランクトンの増大を押しさえ、イワシ稚仔の餌の量が少ないために、初期減耗が大きくなったのではないか。

川合：強光阻害とは別なような気がする。

平本：季節や場所によって変動する漁獲量を、日本全国合計し、海況だけは太平洋側の中央部だけを使っている事に問題があるのではないか。また、戦前の豊漁時代には薩南に大きな産卵場があった。今の豊漁期のうち1980年までのものは潮岬以東のものが中心であったが、現在は戦前のパターンになっている。稲掛氏は、流れと前線を問題にしていますが、常磐海域の3日から5日間周期の魚群の入れ替わりは、我々は一つの水塊の入れ替わりという形で考えている。

第3セッションの座長コメント(黒田隆哉、福岡二郎)

データ蓄積後の処理のことを考えねば無駄になる。各水研の担当海域、担当魚種に合わせた独自の調査、そのための装備、機械をうまく使うことが大切だ。日々の観測は、潮時に応じて行なうべきである。

杉本：資料の蓄積と、それを土台にした力学的モデルの設計を行ない、従来の統計的予測手法を補完することにより、しっかりした予測体制ができるのではないか。

総括(平野)：漁海況に関する議論の長い歴史の中で、漁海況の研究課題は未だなお残っており、色々な観測技術の進歩や研究成果の発展の中で、この研究課題は漁業のある限り続くのだろう。この歴史の中で、今回の議論も含め、漁況変動のための海況の研究とは何を目的にやらねばならないかが、かなり整理されて来た。しかし、それは、地域により、対象魚種及びその発育段階、生活年周期により、形態が異なるため、それらを仕分けして、それらの問題をとらえていかねばならない。また、豊度や利用度に対応する問題は、時間スケール、空間スケールをきちっと整理しながら進めるべきだ。

さらにそれをより発展させるためには、今までの経験

的、統計的段階から、力学的段階へ、それぞれの素過程を整理して、それに対応するようなメカニズムからアプローチしていくような方向をとるべきであろう。観測の手法として、探險的な観測から実験的な観測へ、それから監視型の観測へという方向を杉本氏は話しておられた。しかし、海の場合、このことが重要だからそれだけやっていたら良いとはいき切れない宿命があり、他のことも残しておかねばならない。だが、それが何かに役立つかもしれないということだけでは、いつまでも存続させることができない。そのジレンマを解決していかなければならない。

水野氏、杉本氏、稲掛氏からこういう観測をしようという提案が出た。岩田氏も、県段階での横の連絡と情報交換に関する提案も出ている。そこで、来年のシンポジウムまでに、予測のモデリングに関しての、具体的な研究課題、研究計画を3つか4つ考えて来ていただきたい。そして、その具体的なものを来年ここで議論して、これは良いということになったら、それを実現するように努力するという方向を考えていくべきではないか。

松永：定線観測について、平野先生御自身はどうお考えか。

平野：今までの定線観測については、これがどういう有効性があるのか、どういう風に予測につなげていくための情報を持っているのか、ということを中心に解析すべきだ。今までもかなり整理されては来たが、力学的過程、因果関係、変動のメカニズムについての研究は、非常に弱かった。それが、最近そういう方向でのアプローチが出て来ている。しかし、そういう研究をすれば漁海況予報ができるかという、そうではない。やはり無駄なようでも色々な情報を集め、整理し、処理していかねばならない。そのジレンマも含めながら、現時点ではどんなアプローチの仕方があるのかを、来年の今頃までに3つ位のサンプルを作ってみたらどうかと提案した。