

I 論 文

1. 沿岸漁場の特性に関する研究

第10報 水塊構造とその変動

Studies on the property in coastal fishing ground.
X Structure of water masses and its fluctuation.

小川嘉彦・中原民男・田中良治
(山口県外海水産試験場)

Yoshihiko OGAWA, Tamio NAKAHARA and Ryoji
TANAKA

(Yamaguchi Prefectural Gaikai Fisheries
Experimental Station)

1. 緒 言

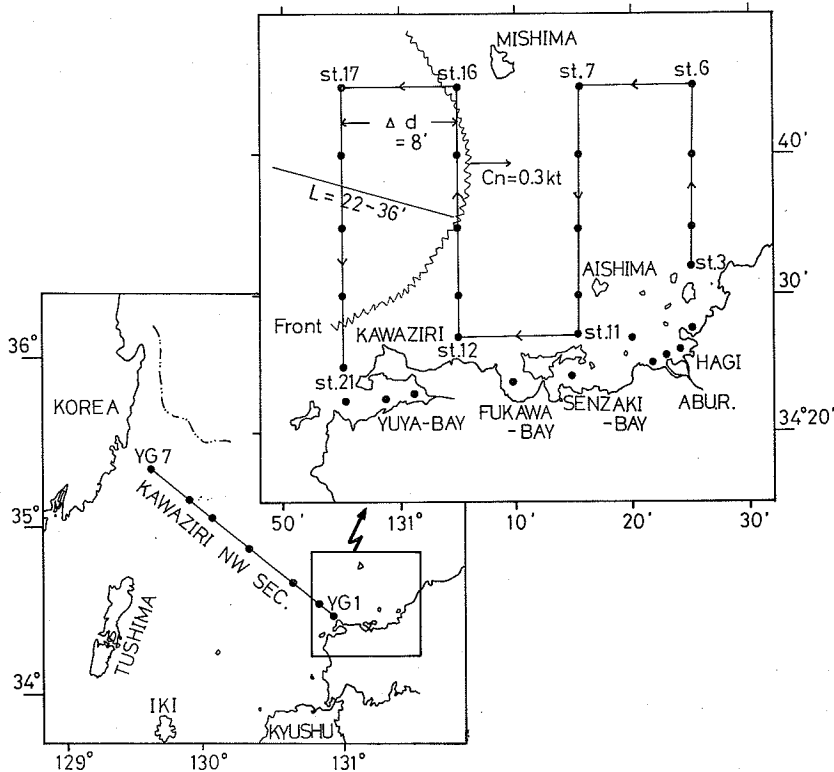
定地水温観測資料の解析結果からは、沿岸漁場内では水平スケールで22~36哩程度の水塊が、平均移動速度0.3ノットで西から東へ移動交代しており、こうした海況変動が魚群の補給・逸散に深くかかわり合っているらしいことが推定される(小川・中原:1974)。ところで、そのような水塊は本当に存在するのであろうか? また、実在するとすればそれはどのような実体のものであろうか? 定地点の水温の時間変化の大きいところを水塊交代の基準としたもの考え方からすれば、当然それはフロント構造を持っているであろうと予想される。

一方、江崎沖での観測経験(小川・中原:1973)からすると、対馬暖流内沿岸水域の海況にはひとつの特徴的な点が認められる。すなわち、地理的には「沿岸水域」ではあっても海水の水温—塩分特性上では沖合との区別は必ずしも明確でなく、主として対馬暖流水そのものの消長をそのまま反映して、一般に沿岸性を特徴づけるであろうと考えられる低塩分水の分布は、河川水流出域付近のごく小部分に限られていることである。ところで、このような特徴は江崎沖のみに限らず、もっと一般的な海況特性であると言えるのであろうか?

この二つの問題を統一的に明確にする目的で筆者らは1973年に山口県日本海沿岸海域で観測を行なった。日本海に固有の冬季の荒天に災いされて測定は春~初冬期に限られざるを得なかったが、上記の諸点について具体的に答える足がかりを得たので結果を報告する。

2. 資料と方法

測点図を第1図として示す。観測に際しては川合(1969)の設計論に準拠して次のように考えた。測定すべき水塊の予想される水平スケールはおよそ22~36浬と考えられる(小川・中原:1974)が、これを完全に観測点でカバーしようとする $(\sqrt{2}/2 \times L) \times 3$



第1図 観測点図

と考えて距岸46~86浬の水域を観測網でカバーする必要がある。しかし、夜間航海の不可能な速力8ノットの調査船しか使用できないという現実の制約があるので、目的をまずフロントの検出に絞ることにした。もし、考えられる水塊がフロント構造を持っていれば、観測海域を縮小してもこれを測定することが可能であろう。いま、簡単のために水塊を円形とみなし、その直径 $L=22\sim36$ 浬、 $\Delta d \leq L/3$ とすると $\Delta d \leq 7\sim12$ 浬となる。ここでは $\Delta d=8$ 浬として設定した。水塊の移動速度を C_n 、観測時間のずれを δt とすると、

$$C_n \leq \Delta d / \delta t$$

を満足しなければならない。第1図で現実の δt を考えると、St.3とSt.11 およびSt.12とSt.21の間で $\delta t=9$ 時間、St.7とSt.16の間で $\delta t=23$ 時間となる。

$\Delta d = 8$ 哩とおいているから、

$$\Delta d / \delta t = 0.8 \cdot 9 \sim 0.33 \geq 0.3 = Cn$$

となり、一応形式的には必要条件は満足される。しかし、オーダーとしては同じになるので必ずしもよい設計とは言えない。現実には St. 1 から St. 11 までと St. 12 から St. 21 までとでそれぞれ昼間のみ1日の航程として設定した。観測点は萩沿岸および各湾内に、沿岸水域の特徴を知るためにさらに追加して設定されている。

それぞれの測点では毎航海、0, 5, 10, 20, 30, 50, 75 m 深と海底で(測定水域内での最大水深は100 m を大きく越えない)ナンゼン観測およびプランクトン採集を行なった。ここでは主として水温・塩分の測定結果を使用する。塩分検定は帰港後、恒温室内においてオートラプ社製サリノメーターにより行なった。

観測を反復観測と考え、その時間間隔を Δt とすると、

$$\Delta t \leq M \Delta d / Cn, \quad 3 \leq M \leq 6$$

を満足しなければならない(川合: 1969)。この場合、 $\Delta t \leq 10 \sim 20$ 日となって、半月に一度くらいの頻度での観測が要求されるが、現実には月一度の時間間隔でしか配船の都合上観測は実施できなかった。計画としては冬季間も観測を行なう予定であったが、1~3月の間は9月、11月とともに荒天のため欠測している。

以上の理由から、得られた資料は、もし予想された水塊がフロント構造を持っていれば、その一部を検出する目的と、極く沿岸部での水塊配置の検討にのみ有効であると考えなければならない。ここではこれらの資料にもとづき、主として極く沿岸部での水塊配置を知るために、表面塩分水平分布図、透明度分布図を、また相対的に沖合部の水塊構造を知るために表面から50 m 深までの積算平均水温 ($\overline{T_{emp.}}$) および積算平均塩分 ($\overline{Sal.}$) の水平分布を用いて考察する。対象海域の岸寄りでは水深が50 m を大きく越えないので、ここでは50 m までの積分を行なった。ここに、

$$\overline{T_{emp.}} = \frac{1}{50} \int_0^{50} T_z dz$$

$$\overline{Sal.} = \frac{1}{50} \int_0^{50} S_z dz$$

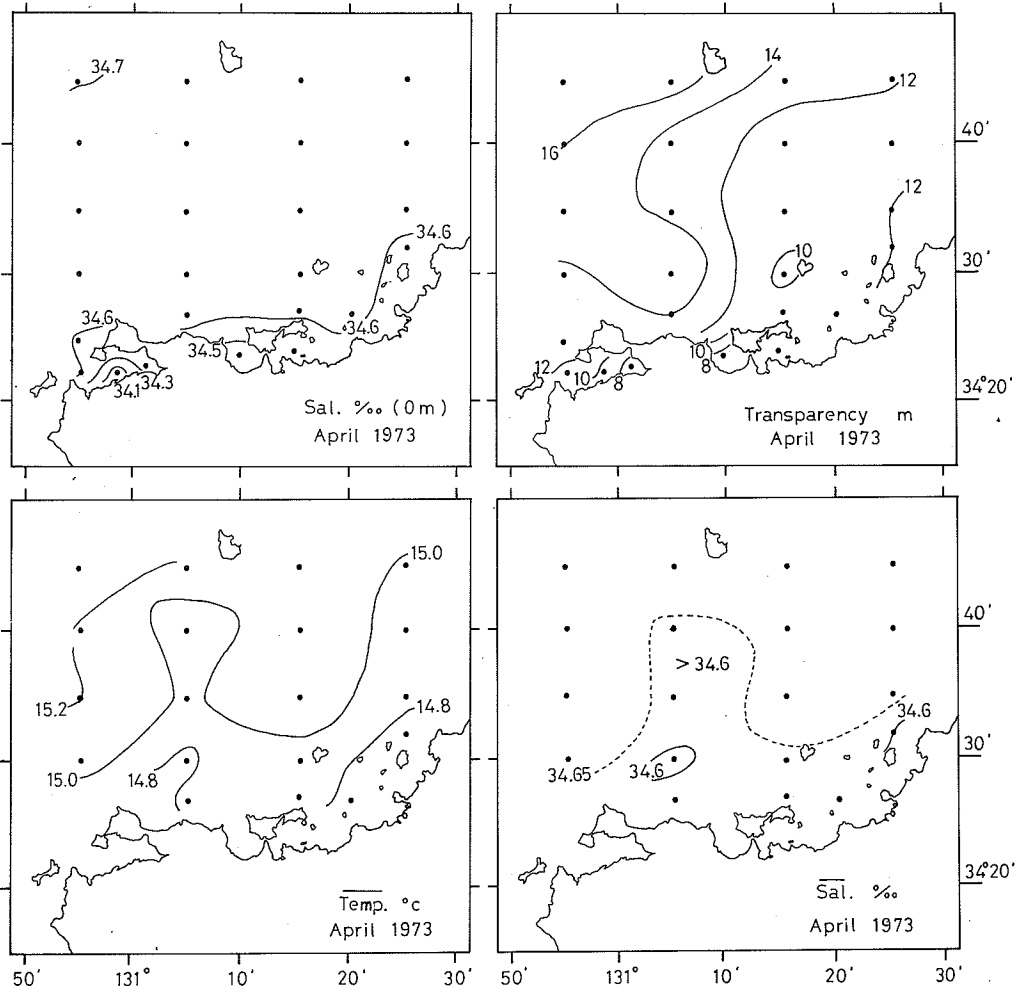
T_z , S_z は0~50 m の各基準深度での所定層水温ならびに塩分値で、実測深度から基準深度での値の算出は直線内挿法により、また数値積分は台形公式によった。各基準深度での水温・塩分水平分布図は同一航海時のものについては非常に類似したパターンを示しているのに、現実には立体構造を有する海洋の場を平面的に表示するのに、積算平均値の分布は有効であると考えられる。

ところで地域的な沿岸水の形式と変動には河川からの淡水流出が重要な役割を演じるであろうと予想される。第1図に示した対象海域にそそぐ河川はいくつか存在するが、一級河川は萩市に河口を持つ阿武川のみである。阿武川の流量については1965年から1971年までの7年について山口県阿武川総合開発局による毎日の測定があるのでこれを使用した。他の小河川については流出量に関する資料はない。

3. 結果と考察

1) 各航海時の水塊配置

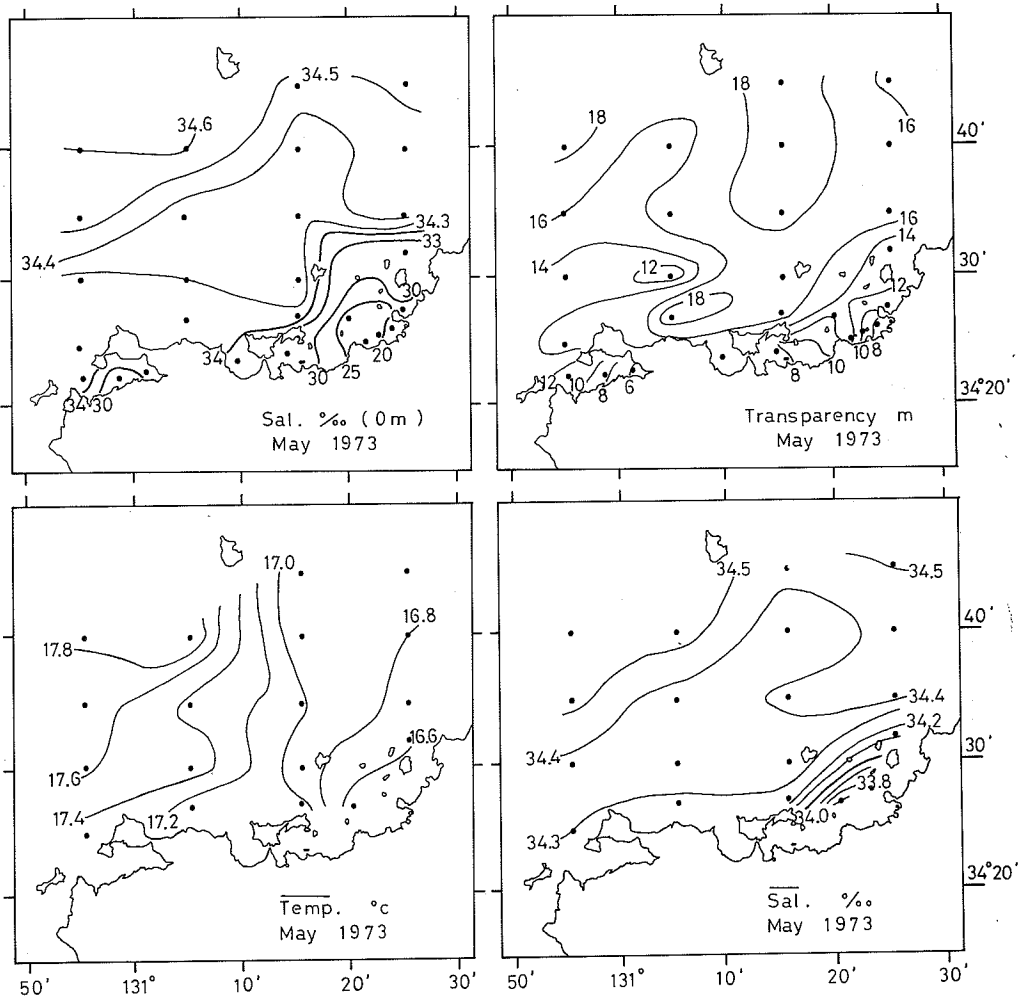
4月(第2図): 水温・塩分とも深度による差は少なく、鉛直勾配はほとんどない。塩分



第2図 4月の表面塩分分布(左上), 透明度(右上), 積算平均水温分布(左下)および積算平均塩分分布(右下)

は3.4.6‰内外で全般的に高い値を示し、ごく沿岸部でも油谷湾内の一部を除いては、表面においても沿岸水らしい低塩分水は認めがたい。透明度は油谷湾および深川湾で8 m以下を示す部分もあるが、沖合寄りでは12~16 m以上で西に高く東に低いパターンを示し、対象海域の西側では水温分布とも類似している。さほど明瞭にはないが、見島南西部の相対的に高温・高透明度の水塊とそれ以东の水塊とが、ここでは区分して考えられる。

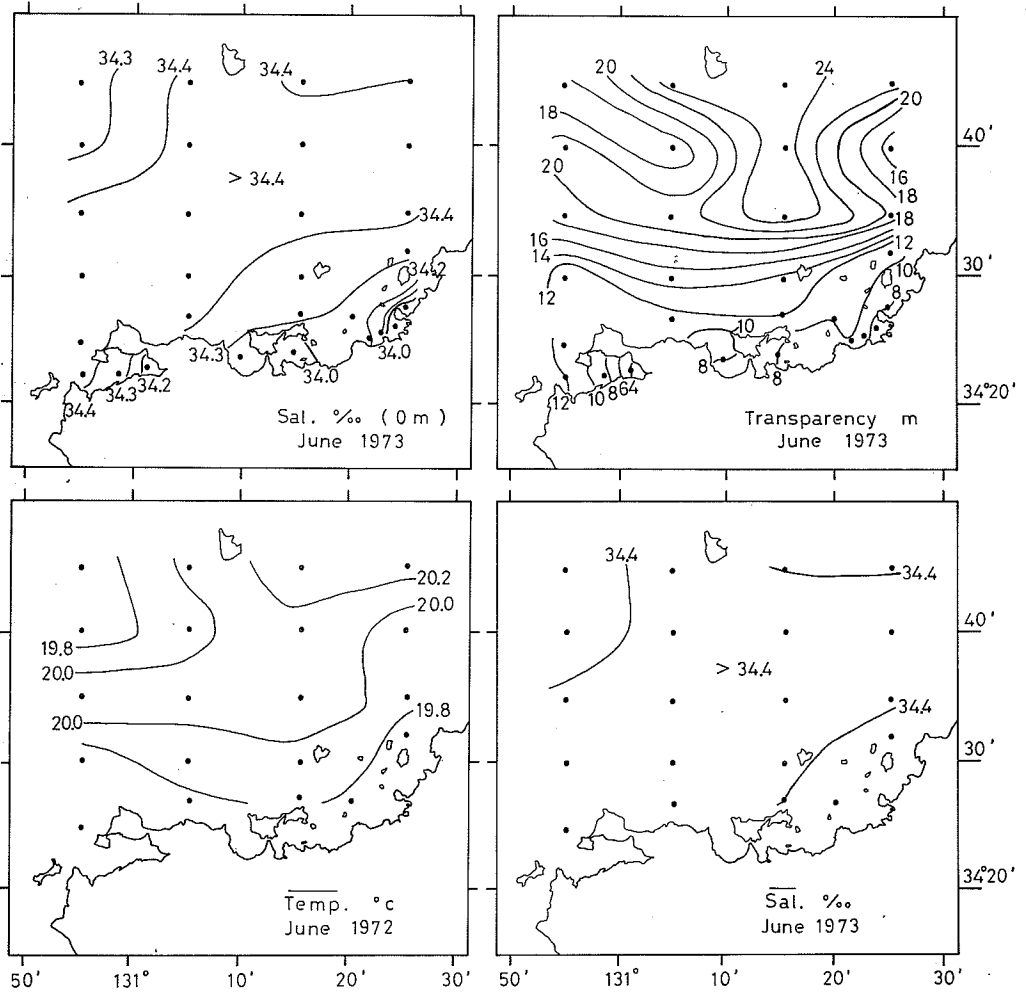
5月(第3図)：水温・塩分の鉛直差はまだほとんどない時期であるが、特に表面塩分分布からは仙崎湾より萩沖にかけて3.3.0‰以下の低塩分水がかなり広く分布し、萩沿岸を中心に



第3図 5月の表面塩分分布(左上)、透明度(右上)、積算平均水温分布(左下)および積算平均塩分分布(右下)

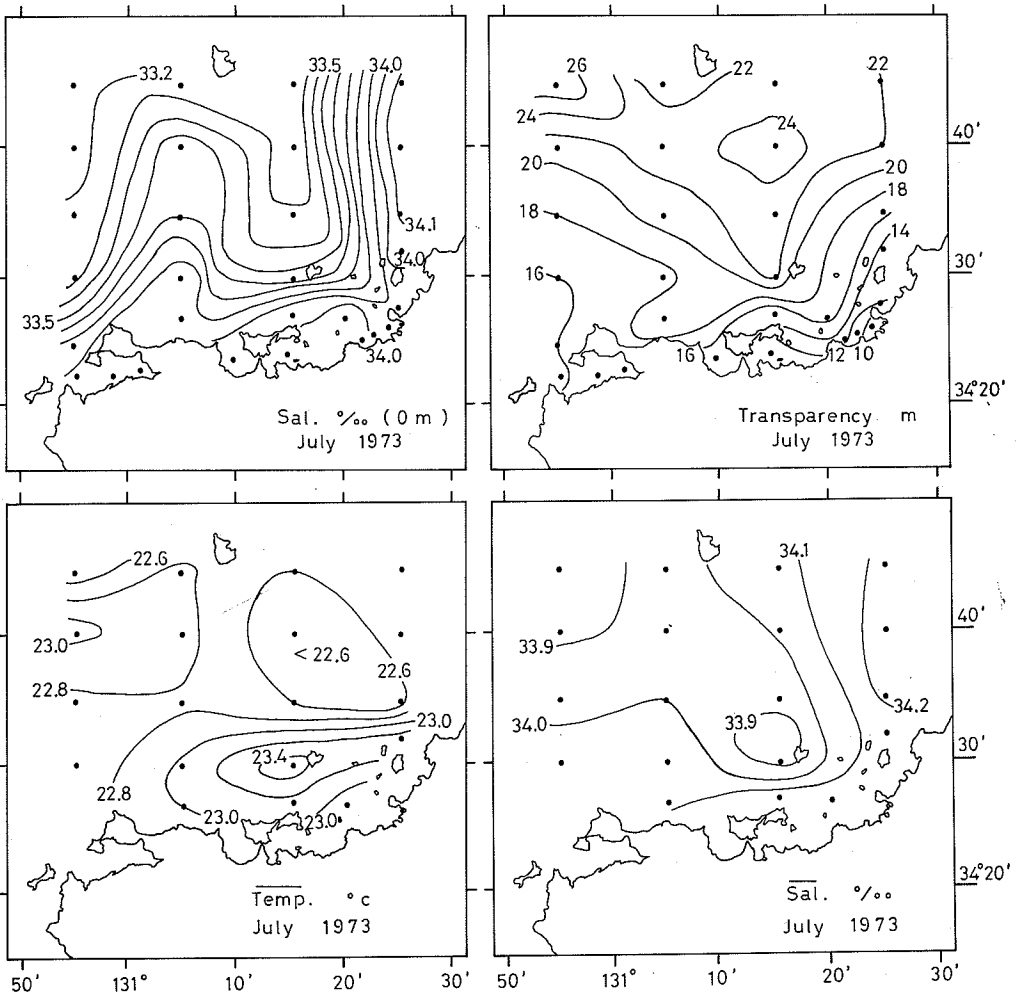
沿岸水の形成されていることが知られ、この特徴は積算平均塩分分布の上でも明らかに認められる。油谷湾内にも30.0‰以下の低塩分水の存在が認められる。透明度分布はいくらか複雑であるが、低塩分水帯に対応して低透明度水帯が沿岸部に認められる。沖合寄りでは水温・塩分ともに西高東低の分布を示し、とりわけ水温分布においては見島南部にかなりはっきりしたフロントが認められ、この不連続帯に沿う水域での透明度分布は複雑な様相を呈している。このフロントを境界に沖合寄りでは二つの水塊を区別し得ると考えられる。

6月(第4図)：この時期には水温の鉛直勾配が認められるようになるが、まだ顕著な躍



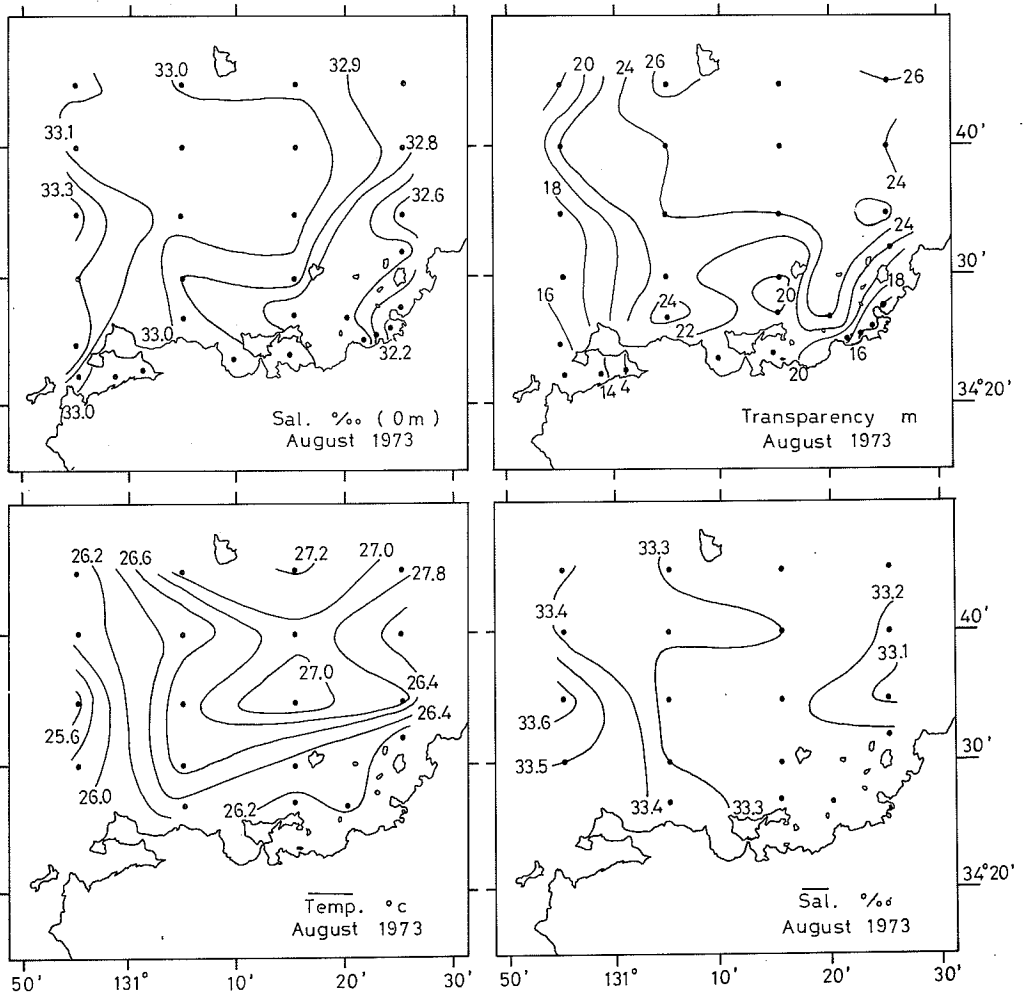
第4図 6月の表面塩分分布(左上)、透明度(右上)、積算平均水温分布(左下)および積算平均塩分分布(右下)

層が形成されるには至らない。塩分は仙崎湾と萩のごく沿岸部を除いて34.0‰以上を示し、沖合部では34.4‰内外の高い値を示している。5月の観測で認められた萩沿岸を中心とした顕著な沿岸水も、この観測ではもはや見られない。塩分分布にははっきりしたパターンは指摘しにくいが、水温と透明度の分布はよく似たパターンを示し、水温20℃を透明度20mの等値線にこれを代表させると、両者はきわめてよく一致していることがわかる。見島南東部の相対的に高温・高透明度の水塊と見島南西部の低温・低透明度水塊の2水塊が区別される。後者については表面塩分分布ではやや低塩分の水帯が対応している。



第5図 7月の表面塩分分布(左上), 透明度(右上), 積算平均水温分布(左下)および積算平均塩分分布(右下)

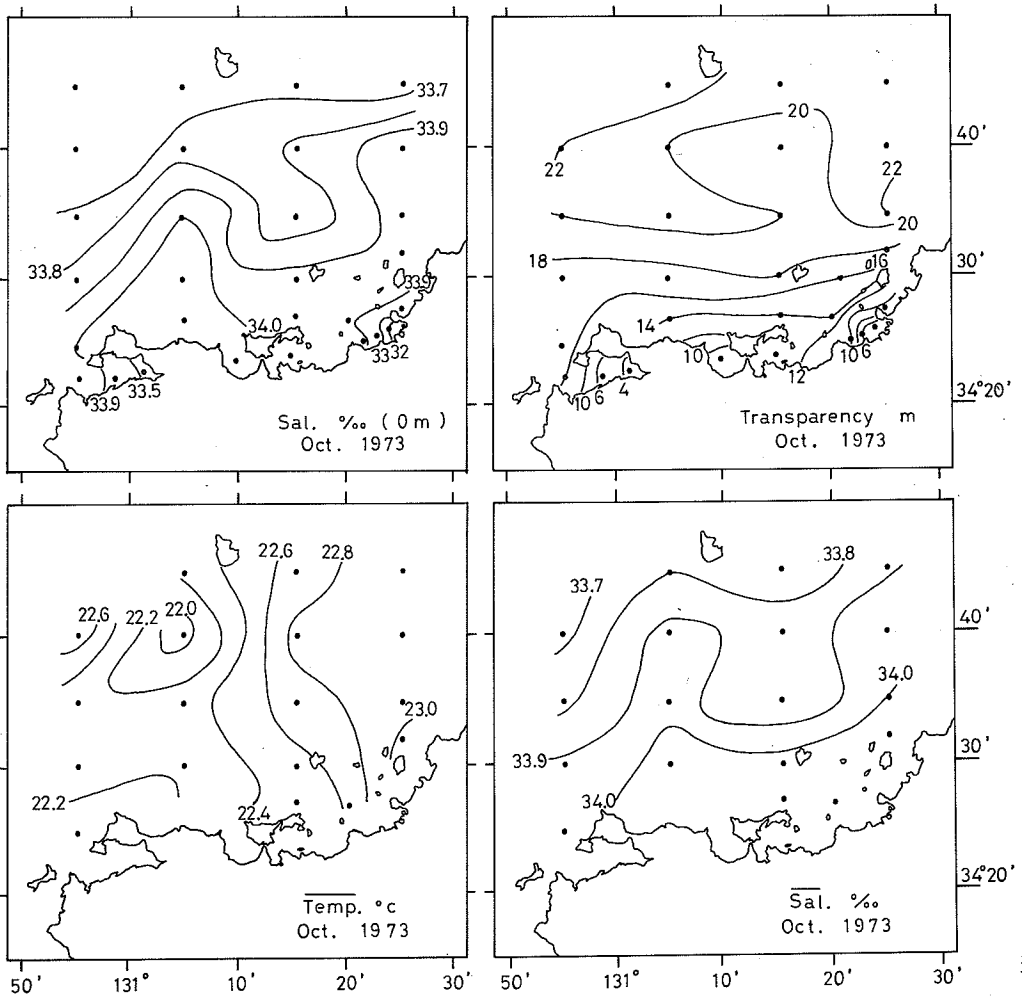
7月(第5図):この時期にははっきりと躍層の形成が認められる。最も特徴的なことは、塩分分布のパターンで相対的に沖合部で低く、ごく沿岸部で高いという明瞭な傾向を示していることである。塩分の値そのものも6月の観測と比較すると急激に低下しており、積算平均値の分布でも3.4.0‰以下の水帯が見島西方から相島付近にかけて南東方向に舌状に張り出しているような分布をしている。塩分3.4.1‰以上の水は深川湾口部から萩沿岸を経て、さらに対象海域東部の沖合に延びて認められる。透明度の分布は、傾向として塩分分布によく一致し、低塩分水帯にほぼ対応して高い透明度の水帯が認められる。一方、水温分布のバ



第6図 8月の表面塩分分布(左上), 透明度(右上), 積算平均水温分布(左下)および積算平均塩分分布(右下)

ターンは他の三つの分布図のそれに比較してやや異なったものであるが、見島南西部の高温水は低塩・高透明度水に対応しているように思われる。この時の水塊としては、対象海域の大半を西側沖から舌状に占める低塩・高透明度水と、東部沿岸から海域の東端沖に延びる相対的に高塩・低透明度の二つの水塊が区別されるが、岸沿いには沿岸水の他に値しそうな水塊は認められない。

8月(第6図):最も季節的躍層の発達する時期に当る。塩分は7月の観測時よりさらに低下している。塩分分布は東に低く西に高く、しかも段階的に変化しており、海域中央部の塩



第7図 10月の表面塩分分布(左上), 透明度(右上), 積算平均水温分布(左下)および積算平均塩分分布(右下)

分は比較的均質である。透明度の分布も塩分分布によく対応しており、塩分の比較的均質な水帯では24 m内外の高い透明度を示し、対象海域の東および西端付近で不連続的に変化している。また水温分布でみると海域中央部は高温域を形成して東西両側および岸沿いにフロントを形成している。沿岸水としては菘のごく沿岸部にせまく低塩分水帯の存在を認め得るが顕著なものではない。

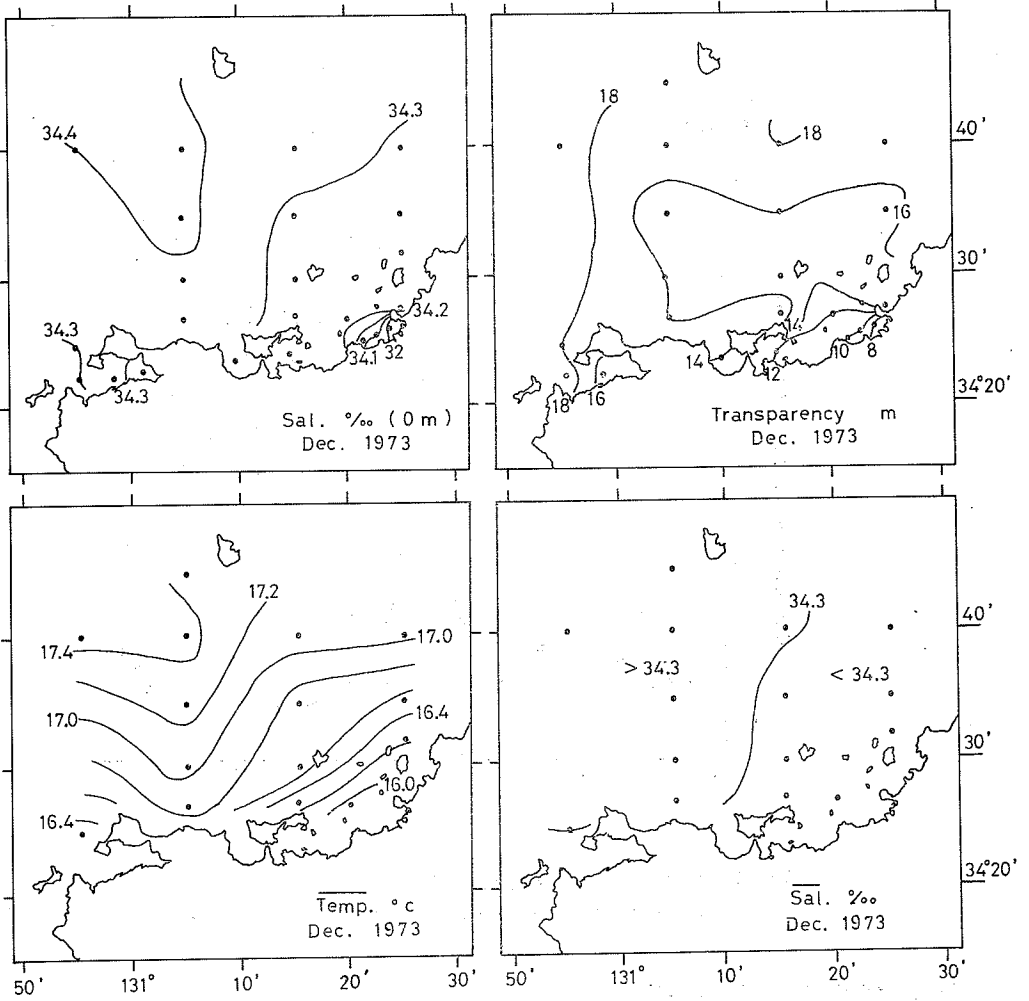
10月(第7図)：躍層の消滅しはじめる時で、50 m深くらいまでは鉛直的にはほぼ均質になっている。塩分分布は7月に似て相対的に岸寄りが高く、沖寄りで低い点で特徴的である。表面塩分分布からは、油谷湾ならびに菘沿岸に低塩分水が認められ、せまい範囲ながら沿岸水の形成されていることが指摘できる。しかし、この観測においては塩分・水温および透明度の各分布パターンは必ずしも一致しておらず、水塊を明確には区別しにくい。とは言え、全体としては見島西方からの低塩・低温・高透明度水帯の張り出しがパターンとしては考えられる。

12月(第8図)：季節的躍層は完全に消滅している。塩分は表面の菘沿岸の小海域を除いては、全般に高くなっており、34.3%内外の値を示している。水温は東部岸寄りで低く、西部沖寄りで高いという分布パターンが認められ、表面塩分の分布と考え併せ、見島西部から南東方向に張り出した相対的に高塩・高温な水塊の存在を指摘できる。

2) 沿岸水

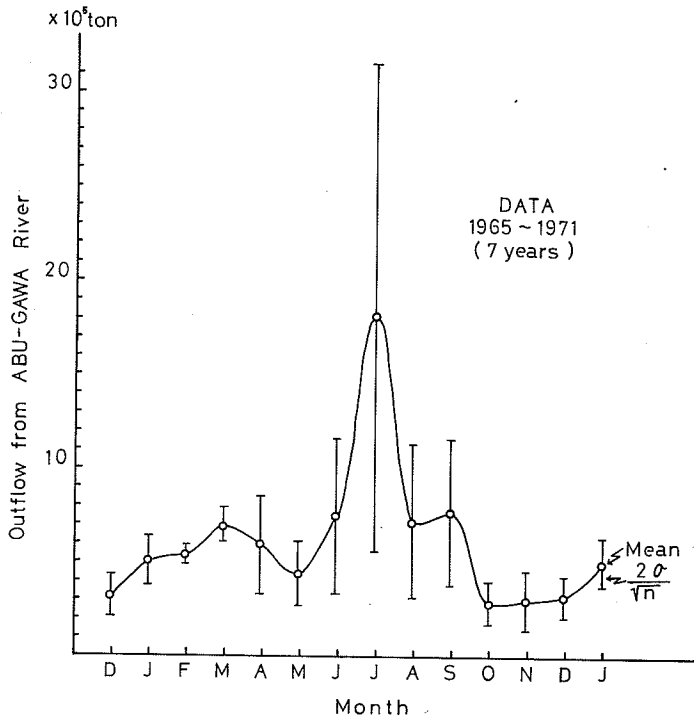
以上各航海毎に海域の水塊構造の特徴をみてきたが、この海域の水塊構造は大きく分けて、ごく沿岸部で低塩分の特性によって区別される沿岸水と、それに相対的な意味での沖合水に区別される。沿岸水はその分布パターンからして河川流出によって形成されていると考えられる。そしてそれは一級河川阿武川からの淡水流出のある菘沿岸部を中心に認められるが、5月の観測時を除いてはごくせまい水域に限られるか、あるいはまた必ずしも明瞭であるとは言えない程度のものである。油谷湾、深川湾および仙崎湾においても、しばしば低塩分水の存在が認められるが、いずれも当該水域に流出する河川からの淡水の影響であると考えられる。淡水流出に関する資料は阿武川についてのみしかなく、かつ観測時に対応するものではないが、およその傾向を推定できると考えられるのでこれを第9図として示す。流出量は年による変動の大きいことが特徴的で、はっきりした季節変化は認められないが、秋季10～12月の流出量は冬季2～3月および夏季7月のそれに比較して少ない傾向を指摘し得る。7回の観測を通して最も沿岸水が発達して認められた5月は、平年のレベルで言えば流出量の多い月とは言えないので、沿岸水が5月に最も発達するとは、この観測結果からは結論できない。流出量から推定して沿岸水はむしろ6～7月に最も発達するであろうと一般的には予想されるが、年変動がより卓越していると言える。

観測対象海域を沿岸漁場としてとらえた場合により重要な点は、沿岸水の消長はごく沿岸部のみに限られ、漁場全体の場の変動には大きな影響力はないと考えられることである。沿



第8図 12月の表面塩分分布(左上), 透明度(右上), 積算平均水温分布(左下)および積算平均塩分分布(右下)

岸水が漁場の海況変動を考える上で重要であるか否かは、漁場をとらえるスケールによって決り、例えばごく沿岸部や湾内に形成されるシラス船曳網の漁場を考えるような場合には、むしろ沿岸水の消長が重要な意味を持つであろうと考えられるが、沿岸漁場のスケールを観測対象海域のスケールと同等に考える限りでは、その中で沿岸水の位置は二次的なものとみなしてさしつかえないと考えられる。



第9図 阿武川からの淡水流出量季節変化
(山口県阿武川総合開発局による調査資料にもとづく)

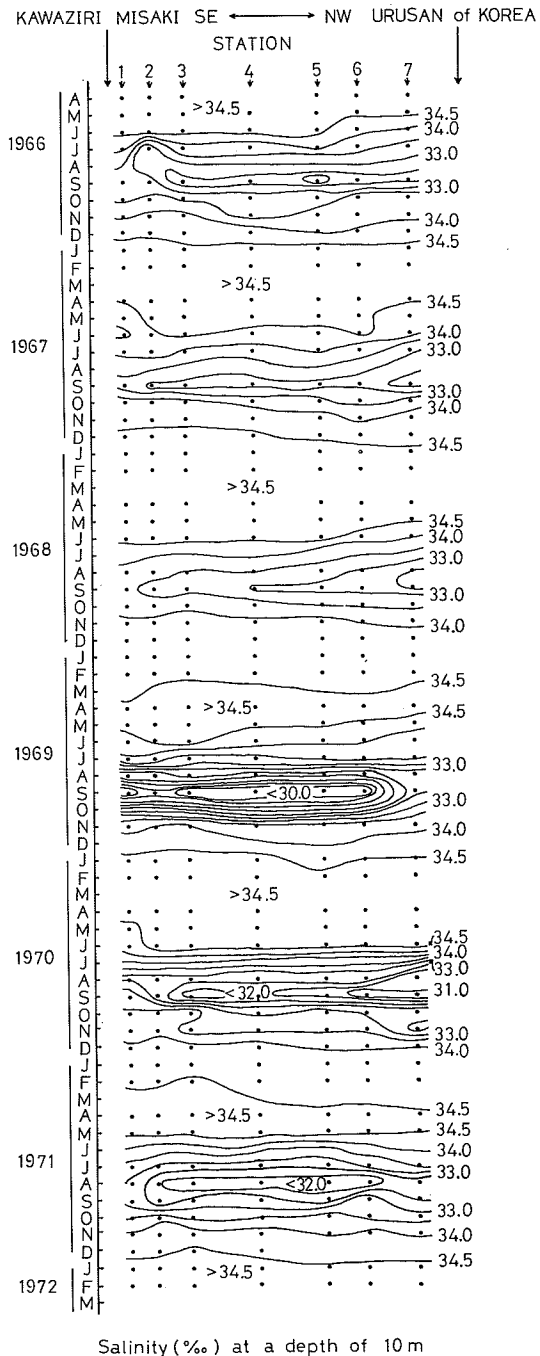
3) 沖合部の水塊構造とその変動

ここで言う「沖合部」とは沿岸水の分布域との相対的意味での沖合部であって、地理的には明らかに沿岸漁場内の範囲の水域であるけれども、そこでの状況は水温・塩分の値に着目して言えば、江崎沖での観測結果(小川他:1973)同様対馬暖流水の水塊特性の変動と同じ変動を指摘することができる。後述するように、それは重要な意味を持っていると推定されるけれども、海洋構造に着目して言えば、季節的変動は認められない。むしろ各観測に共通して、見島南西ないし西方から舌状に東部にのびるようなパターンでの水塊の存在が、個々の配置にはかなりの変動はあるものの、基本的には認められ、水温、塩分、透明度の分布からそれを区別することができる。また、全観測を通して常に明瞭であるとは言えないが、水塊はゆるやかなながらも不連続域を境界としていることも指摘することができ、水温分布に関しては、先に定地水温観測資料を解析して考えた水塊(小川・中原:1974)を区別す

るには十分な水平勾配を有しているのみならず、境界は南～北ないしは南西～北東方向に主として海域西部に認められるのみで、水塊の水平スケールを見積ることは観測設計上の限界から考えても一般には可能ではないけれども、8月の航海で観測された海域中央部の高温・高透明度・均質塩分水をひとつの水塊とみなしてよいと考えれば、その直径は円として考えておよそ20海里内外と見積られ、先に想定した水塊の水平スケールともよく一致している。これらの観測結果は、いずれも前報でモデルとして考えたものに近い水塊の実在を支持しているものと考えられる。

ところで、とりわけ7月の観測結果の塩分分布に明瞭に認められるように、淡水の河川流出起源と考えられるごく沿岸部の低塩分水塊とはまったく別に、沖合から低塩分水塊が舌状に分布しているという特徴的パターンは、水塊の移動・交代あるいは変動のメカニズムを考える上で注目すべき現象であると考えられる。

第10図に山口県外海水産試験場が1966年以降ほぼ毎月実施してきた沖合観測のう



第10図 川尻NW断面における海面下10m深での塩分インプレット

ちから川尻北西断面(第1図参照)での表面下10 mにおける塩分イソプレットを時系列として示してある。この図の示すところから考えて、7月に沖合から分布するかたちで観測された低塩分水の起源は、いわゆる夏季の対馬暖流表層水と呼ばれる東シナ海の大陸沿岸に由来する低塩分水で、夏季を中心に対馬海峡から日本海に流入し、その分布の中心は対馬海峡では海峡中央部付近から韓国寄りである。このことは、海水の特性量の季節変動が河口近辺水域を除いては対馬暖流水の季節変動をそのまま反映していることと考え併せて、対馬暖流域内沿岸海域の海況変動を考える上できわめて重要であることを示している。すなわち、沿岸海域の範囲を距岸20 哩以内と限って考えても、そこでの海況変動を第一義的に支配しているのは対馬暖流そのものの変動様式で、おそらく水塊の移動・交代の機構は対馬暖流そのものの変動機構に深くかかわっているものと思われる。対馬暖流そのものは、明確な“海流”というよりは相対的に高温・高塩な水の日本海へのゆるやかな流入であると考えられ(小川: 1974), 定地点では3~5日の時間スケールの変動として示される水塊の移動・交代(小川・中原: 1974)は、対馬暖流水そのものの日本海への流入機構を直接反映した現象である可能性が示唆される。

4. 要 約

前報で定地水温資料の解析結果から沿岸漁場内に想定した水塊の存在を検証し、その実体を構造的に明らかにすること、および対馬暖流域内沿岸漁場における海況特性の一般性を検討すること、を目的に1973年4~12月の間延7回にわたり、日本海山口県沿岸海域において実施した海洋観測結果にもとづき、主として表面塩分水平分布、透明度分布、積算水温ならびに積算塩分分布を用いて考察した。

沿岸漁場内の水塊構造は、大別して、ごく沿岸部の河川流出に起源を持つ低塩分の沿岸水と、沖合部の水塊とに区別される。沿岸水の消長には季節変動より年変動が卓越すると考えられるが、沿岸漁場の水平スケールでとりあつかった海域の大きさで考えれば、その影響力は二義的なものとみなし得る。沖合部の水塊の特性量の時間変化には、対馬暖流水そのものの季節変化が反映されており、地理的には沿岸漁場と言えどもその海洋構造と変動を考える場合、対馬暖流自体の変動が第一義的に重要であることが示唆される。沖合部の水塊配置は、個々にはかなりの変動があるけれども、見島南西ないしは西方から舌状に東部にのびる基本的な分布パターンが共通して認められ、水温・塩分・透明度の分布から各々の水塊はゆるやかながらも不連続域を境界としてゆることが認められる。

これら実測の結果は前報で考えた水塊の実在を支持しているものと判断される。

終りに、有益な御指導と御校閲の労を賜った京都大学教授川合英夫博士に厚くお礼申し上げます。また、水試退職後にもかかわらず製図を一手に引き受け、本小論作成を援助された秦功子嬢の御好意に心から感謝の意を表する。

文 献

- 1) 小川嘉彦・中原民男(1974):沿岸漁場の特性に関する研究,第9報 漁況および海況変動の現象のスケール。水産海洋研究会報,第25号。
- 2) 小川嘉彦他(1973):沿岸漁場の特性に関する研究,第6報 漁場の海況季節変化と河川水の影響。水産海洋研究会報,第23号。
- 3) 川合英夫(1969):冷水域移動の観測設計について—同時的広域海洋調査設計の基本的考え方(予報)—。水産海洋研究会報,第16号。
- 4) 小川嘉彦(1974):日本海の高塩分水と対馬暖流。水産海洋研究会報,第24号。

2 スルメイカの資源学的研究—I

日本海西南海域における系統群についての検討

Studies on the stocks of the common squid, Todarodes Pacificus STEENSTRUP—I

On the population in the southwestern waters of the Japan Sea

安達二朗(島根県水産試験場)

Jiro ADACHI

(Shimane Prefectural Fisheries Experimental Station)

日本海西南海域におけるスルメイカの系統群についての論議は加藤(1964),浜部(1966),伊東(1972)により秋,冬,夏生まれの3系統群説が提起されている。これらの研究はいずれも成長現象を物理的時間を基準とした絶対成長からとらえ,スルメイカの寿命を約1年と想定し,成長,成熟の差からの発生時期の推定によっている。一方,成長には体長と体重との関係といった相対成長の問題があり,両者とも生態学上において有効な手法として広く応用されている。著者は多くの魚類において分類学,形態学分野で採用されている相対成長を考慮し,スルメイカの外套長—体重における相対成長係数の変動を利用して系統群の判別を試みた。あわせてこれに絶対成長を加味し,現に提起されている3系統群と結びつけ,この海域における系統群構成を検討したので,その結果について報告する。