

4. 駿河湾および遠州灘の海洋構造の変動特性*

中村 保昭・村中 文夫（静岡県水産試験場）

1. はじめに

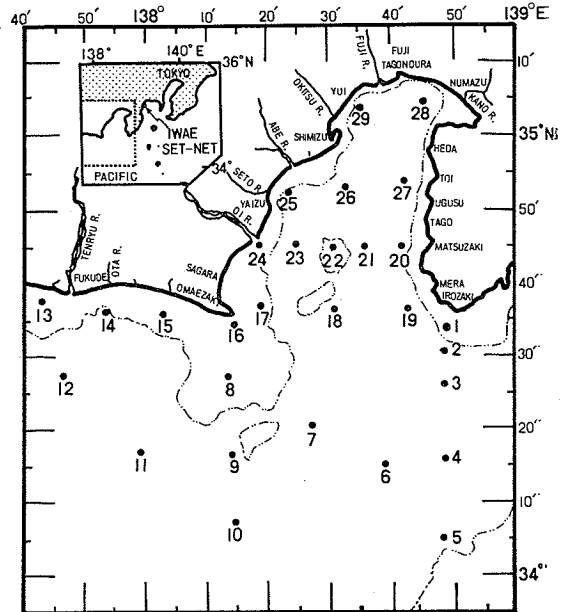
本州南岸の黒潮内側域はマアジ、マサバ、イワシ類、イカ類、など沿岸性多獲魚類のおもな生活領域であり、漁場形成、再生産の場として、水産上、極めて重要な海域である。主漁場形成の必要条件としての海況条件の係わりには一定の秩序の存在が考えられ、中でも第1義的な支配要因である、黒潮内側域の海洋構造の海域特性を先ず究明することが必要不可欠である。さらに、この特性が、これらの沿岸性多獲魚類の生活を通じてどのような意味を持つかを究明することが水産海洋学上重要なことである。この黒潮内側域は通常沿岸水と呼ばれてきた。しかし、一口に沿岸水と言っても、その海洋構造および変動の形態は、時空的に種々異なるものである。資源研究における環境の具体的現況を把握する調査は、1963年冬～春季の異常低温現象を契機に、翌1964年から各都道府県水産試験場が漁海況予報事業の一環として毎月1回以上、各地先の観測を実施、現在も継続されている。

中村（1977）は駿河湾ならびに隣接海域をモデル海域として、地先定線調査資料の内1964～1974年の11カ年の資料に基づいて沿岸水自体に着目して、当海域の海洋構造を解析し、この普遍的な事実あるいは変動の実体など、当海域の海洋構造の時空的分動を詳細に考察した。本報はこれに続いて、沿岸域の海況条件の背景をなす海洋構造およびその変動特性を、水塊の分布、形成、消滅などの過程を通じて検討した。

2. 資料および方法

駿河湾ならびに隣接海域において、1964～1974年の毎月0～300mまで実施した測点を第1図に示す。これらの観測から得られた水温および塩分を用いて測点毎にT-S曲線を作成した。このT-S曲線を基に塩分極大および塩分分布から定義された塩分前線に着目し、次項に述べる、中村・小泉（1977）の知見から200m以浅の水塊の変動特性を月の単位で3次元的に検討した。

ところで、当海域においては、黒潮の大蛇行時とそうでない場合の2通り（TAFT, B. A. : 1972）の異質の海況型があり、沿岸海域の海況を論じる場合はこの質的区分が必要と思われる（中村：1977）。対象とした1964



第1図 地先定線調査測点図（1964～1978年）

～1974年の当海域の海況は1969年に準大型冷水塊が存在した程度で比較的安定（同質）であった。対象期間の海況がほぼ同質と見做しえたので、水塊の季節変化を論ずるのには、本質的に支障もないし、またそれから導き出される結果にも本質的な誤差を含むとも考えられないので以下の論議を展開してゆきたい。

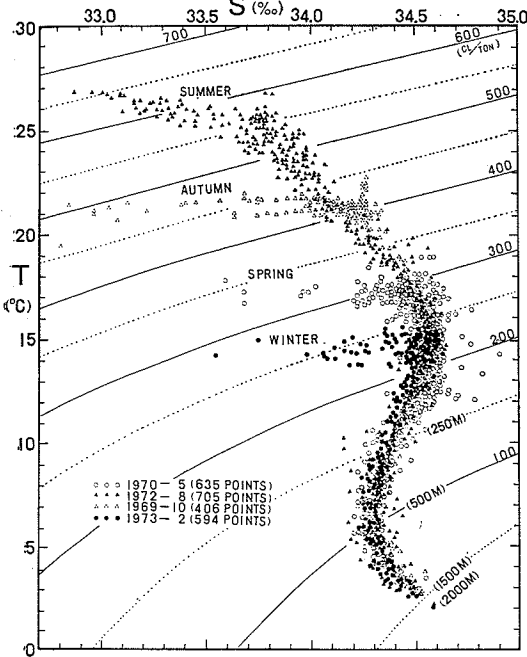
3. T-S 曲線上に現われる特性値

中村・小泉（1977）は、駿河湾に約55測点を設けて海底付近まで四季別に15回実施した観測資料を用いて、T-S曲線（第2図）を作成し、コア法（Core Layer Method）によって海洋構造の特性について報告した。先ず、ここではこの報告から駿河湾の水塊層重をみる。

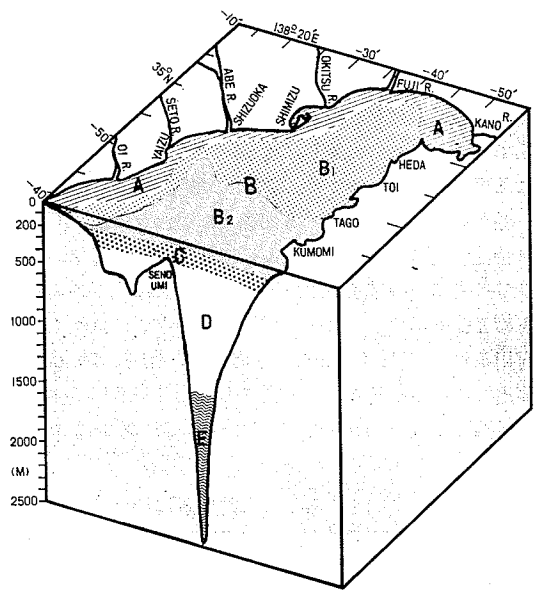
冬季には対流混合が表面からおおむね150m深にまで及ぶ。このため、冬季を除く春季（50m深付近）、夏季（100m深付近）および秋季（125m深付近）の各季節にはおおむね34.6～34.7‰の塩分極大が存在する。塩分極大の深度はほぼ海洋の季節変動に対応し、春季以降その深度は次第に深くなっていく。塩分極大に対応する水温はおおむね14°～16°Cの海水に相当し、thermosteric anomaly（以後 δT と記す）約250 cl/ton を中心として

* 静岡県水産試験場（本場）業績1039号

いる。この塩分極大で特徴づけられる海水は、黒潮の外側域のおおむね34.9‰から駿河湾での34.6‰台へと変質しているものの、本質的には外洋の黒潮系水的主流部である。



第2図 四季別駿河湾の T-S 曲線 (中村: 1972a, 1973 に追補, 中村・小泉: 1977)



第3図 駿河湾水塊模式図 (中村: 1972a に追補, 中村・小泉: 1977)

- A 沿岸河川系水
- B 表層水 { B₁ 表層混合水
B₂ 外洋系表層水 }
- C 外洋系水主流部
- D 塩分極小中層水 (亜寒帯系中層水)
- E 太平洋深層水

但し冬季にはB, C水塊は明瞭に識別できず, 表層水と外洋系水主流部の混合水となる

第1表 季節別水塊特性値 (中村・小泉, 1977に一部改訂) 水塊符号は第3図参照

要素			水塊	A	B	C	D	E
水 (°C)	温	春 季	16~19	16~19	11~18	3~11	< 3	
		夏 季	>25	19~25	11~19	3~11	< 3	
		秋 季	20~22	18~20	11~18	3~11	< 3	
		冬 季	13~15	11~16	3~11	< 3		
塩 (‰)	分	春 季	<34.2	34.2~34.5	34.5~34.7	34.2~34.4	>34.4	
		夏 季	<33.7	33.7~34.4	34.4~34.7	34.2~34.4	>34.4	
		秋 季	<34.0	34.0~34.4	34.4~34.7	34.2~34.4	>34.4	
		冬 季	<34.3	34.3~34.7	34.2~34.4	>34.4		
δT (cl/ton)		春 季	>320	270~320	170~300	60~170	<60	
		夏 季	>550	350~550	170~350	60~170	<60	
		秋 季	>420	320~450	170~320	60~170	<60	
		冬 季	>230	170~250	60~170	<60		
駿河湾の全容 積に占める割合 (%)		春 季	0.3	3.6	22.0	59.5	10.9	
		夏 季	1.9	8.3	25.0	52.8	11.1	
		秋 季	1.2	13.5	15.1	59.0	11.2	
		冬 季	0.6	36.8	50.6	11.0		
		(平均)	1.1	(8.5)	31.0 (20.7)	55.5	11.1	

漁海況に関する研究座談会

一方、塩分極大とは対照的に400~500m深には四季を通じて塩分極小が存在し、この核は水温7°C、塩分34.25~34.30‰、 δT 120~125 cl/tonを示す水塊である。塩分極大層の変質過程が外洋から駿河湾にかけて明瞭に認められたのに対し、塩分極小は塩分極大層にみられた程、極値に大きな変化はなく、駿河湾も外洋とほぼ、様な極値を示す。T-S曲線上に現われる核(Core)の特性を基に、コア法によって駿河湾の表層部から底部付近までの四季別の水塊区分を第1表に、この模式図を第3図に示す。これから低塩水で特徴づけられる沿岸河川系水((A): 0~20m, 水温1°C, 塩分0.1‰間隔に算出した体積を基に、第1表に示した各水塊毎の体積と駿河湾の全容積1,969km³との割合は、0.3~1.9%),

表層水((B):(A)水塊と(C)水塊の混合水, 3.6~13.5%), 塩分極大で特徴づけられる外洋系水主流部((C): 100~200m, 15~25%); 塩分極小で特徴づけられる塩分極小中層水((D): 寒帯系中層水, 200~1,200m, 50~60%)および溶存酸素増加、塩分増加で特徴づけられる太平洋深層水((E): 1,200m以深, 10%)に区分できる。表層水(B)は塩分分布、すなわち水平分布および鉛直分布から塩分前線を求め、T-S曲線上の塩分前線の塩分と塩分極大を結ぶ両点の midpoint を境界として、さらに2つの水系すなわち、表層混合系水((B₁): 0~50m); 外洋系表層水(B₂): 黒潮系水の性質を有する、0~100m)に細分できる。これらの各水塊の内(B)~(C)水塊の出現深度は季節変化が顕著であり、特に冬季には

第2表 月別水塊特性値 (1964~1974年の平均, 水塊符号は第3図参照)

水塊 要素 月	A				B				B ₁		
	水 (°C)	温 (‰)	分 (cl/ton)	深 さ (m)	水 (°C)	温 (‰)	分 (cl/ton)	深 さ (m)	水 (°C)	温 (‰)	分
1	14~15	<34.3	>230	<10			*				
2	13~14	<34.3	>220	<10			*				
3	13~14	<34.3	>210	<20	13~14	34.3~34.5	200~230	<50	****		
4	14~15	<34.0	>270	<10	14~15	34.0~34.5	220~270	<30	14~15	34.0~34.3	
5	18~19	<34.1	>330	<10	17~19	34.1~34.5	280~350	<50	17~19	34.1~34.3	
6	19~21	<34.0	>370	<10	18~21	34.0~34.4	320~380	<30	19~21	34.0~34.2	
7	22~23	<33.0	>550	<10	19~24	33.0~34.4	330~550	<50	23~24	33.0~33.5	
8	25~26	<33.0	>580	<10	19~27	33.0~34.4	350~630	<50	25~27	33.0~33.5	
9	25~26	<33.5	>560	<10	19~26	33.5~34.4	350~580	<50	24~26	33.5~33.8	
10	22~23	<34.0	>460	<30	21~24	34.0~34.4	390~490	<75	22~24	34.0~34.1	
11	20~21	<34.1	>380	<10	20~22	34.1~34.4	360~410	<75	20~22	34.1~34.3	
12	17~18	<34.3	>290	<10	17~18	34.3~34.5	280~300	<50	17~18	34.3~34.4	

水塊 要素 月	B ₂				C					
	δT (cl/ton)	深 さ (m)	水 (°C)	温 (‰)	分 (cl/ton)	深 さ (m)	水 (°C)	温 (‰)	分 (cl/ton)	深 さ (m)
1							**			
2							***			
3							11~15	34.5~34.7	170~230	0~200
4	230~270	<20	14~15	34.3~34.5	220~250	<30	11~16	34.5~34.7	170~250	0~200
5	300~350	<20	17~19	34.3~34.5	280~340	<50	12~17	34.5~34.7	180~290	30~200
6	350~400	<20	18~20	34.2~34.4	320~380	<30	11~19	34.4~34.6	170~320	30~200
7	500~560	<10	19~24	33.5~34.4	350~500	10~50	11~20	34.4~34.6	160~350	50~200
8	560~630	<10	19~26	33.5~34.4	350~560	<50	11~19	34.4~34.6	170~350	50~200
9	510~580	<10	19~26	33.8~34.4	360~560	10~50	11~21	34.4~34.6	170~370	50~200
10	440~490	<30	21~24	34.1~34.4	390~490	<75	12~21	34.4~34.6	180~390	75~200
11	370~410	<50	20~22	34.3~34.4	360~410	<75	12~20	34.4~34.6	180~360	75~200
12	290~310	<30	17~18	34.4~34.5	280~300	<50	12~19	34.5~34.6	180~300	50~200

* 1月および2月は(B)水塊と(C)水塊は対流混合のため区別ができない

** 1月は(B)~(C)水塊: 12~16°C, 34.5~34.7‰, 180~250 cl/ton, 0~200m

*** 2月は(B)~(C)水塊: 12~15°C, 34.5~34.7‰, 170~230 cl/ton, 0~200m

**** 3月は(B₁)水塊と(B₂)水塊は密度躍層形成期のため区別できない

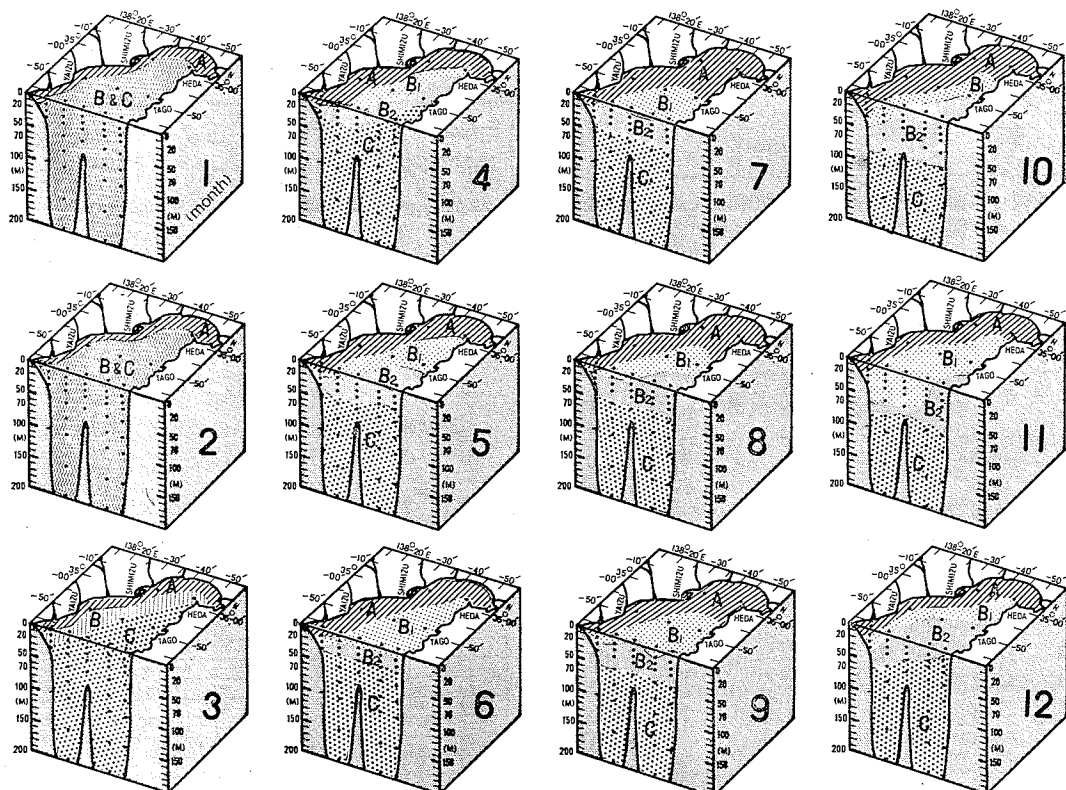
(B)~(C)水塊は明瞭に区分できない。各水塊の時間的変動は(E)水塊においてはほとんどない。(D)水塊も極めて小さく、顕著な変動は(C)水塊に浅にみられる。特に、おおむね100m以浅の表層部では季節変化が極めて卓越する。表層部の水塊は河川の影響を受けてほぼ塩分分布のみによって決まる。つまり(A)水塊は湾奥~湾西部~遠州灘沿岸に形成された塩分前線(河口域前線)の内側の水塊に相当する。なお、T-S曲線上の塩分極大と塩分分布から定義された塩分前線に着目して、これらを結ぶT-S曲線上の海水を表層水とした。従って、表層部の水塊区分は水温よりも塩分の方が良い指標となり、T-S曲線とともに、主として、塩分分布(塩分前線)から水塊を規定した。

4. 海洋構造の変動特性

漁業生物の棲息域として重要な200m以浅の海洋構造の変動特性を定量的に示すため、第1図の全測点、全期間に得られたT-S曲線を基に前項と同様な水塊区分方法で得た駿河湾の11カ年の月別の平均水塊区分を第2表

に示す。特に第2表は水塊を構成する主要側面の水温および塩分あるいは δT から水塊を区分する場合極めて有用なものと思われる。また、第3図に対応する駿河湾のSt. 20~24(第1図)の断面における月別の3次元の水塊層重の模式図を第4図に示した。

第2表および第4図を基に、中村(1977)の知見を加えると1~3月は150m以浅の水温が最低、塩分が最高を示す、低温・高塩な水塊の卓越する対流期である。この内、1~2月は(B)水塊および(C)水塊が区別できない。また、3月には(B₁)水塊および(B₂)水塊が密度躍層の形成に伴って、明瞭に識別できない。従って、(B)水塊と(C)水塊の区分は3月以降、(B₁)水塊と(B₂)水塊の区分は4月以降にならねば区分できない。表層の昇温に伴って季節的温度躍層の形成が始まる4月以降には、低塩水に起因した(A)水塊が表層に卓越し始める(成層前期)。8月には表面水温が年間最高の26°C台に、塩分は最低の33‰台に達し、成層盛期となる。このように6~8月を中心とする夏季は、冬季とは対照的に



第4図 月別水塊模式図(水塊符号は第3図, 水塊区分は第2表参照)

高温・低塩な水塊が卓越し、(B)水塊と(C)水塊の分布の盛期となる。9月以降11月頃の成層後期は表面水温の低下に伴って、混合が始まり、躍層は衰退期に入る。50 m 深の最高水温および最低塩分は10月に、100m 深の

それらは11月に出現する。この期の水塊の分布は時間の経過とともに、(B₁)および(B₂)水塊が卓越する。以上が、当海域の海洋構造を水塊の消長からみた場合の年周期である。

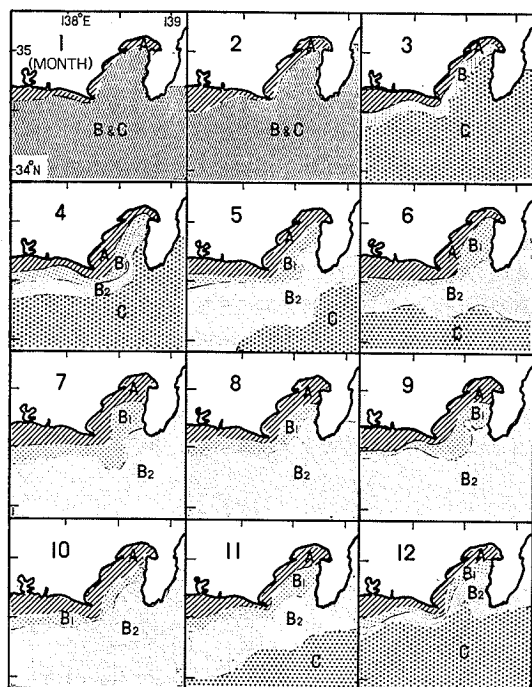
次に、第2表の水塊区分に基づき当海域全域の表面の水塊を区分し、第5図に示した。さらに、第5図の各水塊の占有面積を月別にプランイメーターで算出し、当海域に占める割合(%)を第3表に示した。

(A)水塊の出現割合は冬季に最も少なく、春季には増加し、夏季に最も多くなり、秋季に減少する。一方、夏季の(A)水塊および(B)水塊の増大に伴って、(C)水塊は7~10月まで、当海域の表面には出現しない。なお、(B)水塊および(C)水塊、また、(B₁)水塊および(B₂)水塊の月別の出現状況は第2表、第4図で指摘したとおりである。

特に、表層の水塊の形成機構を考える場合、外洋水、地理的条件の他に、降水、特に陸水の多寡(中村・津久井, 1979)が無視できない要因である。

5. 海洋構造と流動

駿河湾および遠州灘海域の海洋構造の一般的な特性としては、沿岸河川系水、すなわち(A)水塊は湾西部から



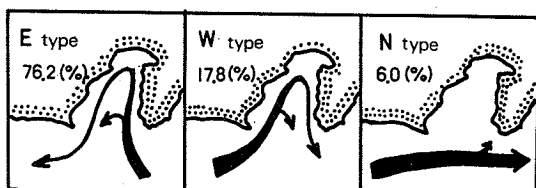
第5図 表面における月別水塊模式図(水塊符号は第3図, 水塊区分は第2表参照)

第3表 表面における水塊の占有比(%, S = 15,681 km²: 100%, 第5図参照) 水塊符号は第3図参照

水塊 月	B			C	B*	B&C**	計 (%)
	A	B ₁	B ₂				
1	6.8				93.2	100	
2	10.6				89.4	100	
3	11.5			78.3	10.2	100	
4	14.3	8.3	11.7	65.7		100	
5	14.6	10.1	47.7	27.6		100	
6	15.0	12.9	33.2	38.9		100	
7	17.8	16.5	65.7			100	
8	15.2	9.4	75.4			100	
9	15.8	11.3	72.9			100	
10	17.6	7.9	74.5			100	
11	13.5	9.9	40.3	36.2		100	
12	12.1	6.1	12.8	69.0		100	

* (B₁)水塊と(B₂)水塊は区別できない

** (B)水塊と(C)水塊は区別できない



第6図 駿河湾の環流系の模式図(1964年4月~1978年3月, N=168に基づく; 中村・小泉: 1977に追補改訂)

第4表 駿河湾の環流系の型別出現表(中村・小泉, 1977 追補改訂)

	JAN.	FEB.	MAR.	APR.	MAY	JUN.	JUL.	AUG.	SEP.	OCT.	NOV.	DEC.
1964				●	●	●	●	●	○	●	●	●
1965	●	●	●	●	●	●	●	●	○	●	●	○
1966	●	●	●	●	○	●	●	●	○	●	●	○
1967	●	○	●	●	●	○	●	○	●	●	●	○
1968	●	●	●	●	○	○	○	●	●	●	●	●
1969	●	○	●	●	○	○	○	●	●	●	●	●
1970	●	○	○	○	○	●	●	●	●	●	●	●
1971	●	○	○	●	○	●	○	○	●	●	●	●
1972	○	○	●	○	○	○	●	○	○	●	●	●
1973	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
1974	●	●	●	●	○	●	○	●	●	●	●	●
1975	●	●	●	●	○	●	○	●	●	○	●	●
1976	●	●	●	*	○	○	*	*	●	●	●	●
1977	●	○	●	*	●	●	*	*	○	●	*	*
1978	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

N:168

●: E type 76.2%, ○: W type 17.8%, *: N type 6.0%

遠州灘沿岸沿いに、外洋系水は湾東部寄りにそれぞれ卓越することがあげられる。

海洋構造を流動の側面から検討する。まず、1964～1978年の月別の資料(N=168)から主として50m深および100m深で作成した比容分布を基に地衡流近似前提で巨視的な駿河湾の環流系を調べ、これを第6図および第4表に示した。この結果、湾東部から外洋系水が流入し、湾内にいわゆる反時計まわりの環流系を形成する型(Eタイプ, 76.2%)が最も卓越し、次いで、これとは対照的に湾西部から外洋系水が流入し、湾内に時計まわりの環流系を形成する型(Wタイプ, 17.8%)および湾内に顕著な外洋系水の流入が示唆されない型(Nタイプ, 6.0%)の三つに大別できる。一方、地衡流近似はGEK測流、定点測流などオイラー法および海流瓶、海流板、レーダーブイの追跡などラグランジュ法による一連の実測流(中村, 1971, 1972b, 1973)とほぼ対応した(中村・小泉: 1977)。巨視的には、外洋系水の卓越する湾東部から外洋系水の流入が最多頻度を示し、海洋構造の空間特性と流動が対応する。

沿岸河川系水と表層水との境界には塩分分布から定義された顕著な塩分前線(河口域前線, Estuary front)が形成される。この河口域前線を挟んで、水平的な流速にかなりの差、すなわち流れのシアーが認められる(中村: 1971, 1972b)。これは、湾奥～湾西部の等深線に沿って形成された河口域前線に一致し、この前線に沿って著しい流れが存在する。このことは、表層部の水塊区分を塩分分布から行なっても本質的な誤りはないことを裏づけるものである。

6. おわりに

駿河湾および周辺海域の漁業生産を考察する際に、不可欠な要素の一つである当海域の海洋構造を1964～1974年の月別の資料(N=140)を用いて量的および質的の側面から解析した。

ここで重要なことは地理的には同一とも見なし得る駿河湾であっても、湾内において明確な海域特性が存在す

ること、および、そこに占める海水の特性は周年を通じてみると、回遊性魚族の棲息海域である200m以浅で特に量、質ともに大きく変化し、季節によって全く異なった海水におおわれることである。

沿岸水にみられる水塊というものを固定的に考えるのではなく、水塊は発生、発達、衰退、消滅という過程をたどるものであることを考慮し、第1表および第2表に示したように、時期による水温や塩分がどのように異なるろうとも、同一過程の下にある海水は同一の名で呼ぶようにする必要がある。

今後は沿岸水の海域特性が何によって形成され、変化するかを、沿岸水の形成要因である外洋水、陸水、地理的条件あるいは気象など、時空的に作用する種々の要因の対応関係から見出し、あるいはこれらを相対的に究明して、沿岸水を総観的、総合的に理解してゆく必要がある。

終りに、東海区水産研究所藤本実技官には原稿に目を通していただき、種々御教示いただいた。ここに記して感謝する。

参 考 文 献

- 中村保昭(1971)表層部における流動, 駿河湾海洋調査報告Ⅱ. 静岡県水産試験場, 97 pp.
- 中村保昭(1972a)駿河湾の海況学的研究-I. 秋季における海洋構造の一特性, 静岡水試研報, 5, 1-20.
- 中村保昭(1972b)駿河湾の海況学的研究-II. 湾奥部表層における流動, 沿岸海洋研究ノート, 9, 44-53.
- 中村保昭(1973)駿河湾の海洋構造—1970年早春季の特性. 水産海洋研究会報, 22, 96-104.
- 中村保昭(1977)駿河湾ならびに隣接海域の海況変動, 水産海洋研究会報, 30, 8-38.
- 中村保昭・小泉政夫(1977)第Ⅱ篇海況調査. 駿河湾漁場開発調査報告書, 静岡県水産試験場, 21-74.
- 中村保昭・津久井文夫(1979)駿河湾周辺の月降水量の変動特性, 静岡水試研報, 13, 43-46.
- TAFT, B. A. (1972) Characteristics of the flow of the Kuroshio South of Japan, : Its Physical Aspects, STOMMEL, H. and K. YOSHIDA, eds., Univ. Tokyo Press, 165-216.