

鹿島灘の海況－Ⅷ

平均場からみた海況の特性

久保治良・清水信宏*

Oceanography of Kashimanada－Ⅷ

Oceanography in average

Haruyoshi Kubo・Nobuhiro Shimizu

1 はじめに

漁海況予報事業が始ってすでに20年にもなろうとしており、毎月1回の頻度で観測され得られたデータは膨大で、貴重な資料として蓄積されている。

各水試の海洋担当者はこの資料から地元の海況変動について何か法則性を見出そうと努力している。東北海区に属する水試においては、小笠原(1975)のさけ・ます漁場における平均的海況の研究、赤羽(1975、1977、1979)の津軽暖流に関する研究、上野(1982、1983)の地先海況と漁況との関係に関する研究、横田(1983)の水温の周期性に関する研究等がある。

鹿島灘の海況については著者らの共同研究として「鹿島灘の海況」シリーズ(1976、1978、1980、1981、1982)が発表されており、これ以外に久保の研究発表も5、6編に留まらない。その中で鹿島灘の水温、塩分の季節変化について久保はしばしば指摘してきた(1970、1972、1979)。しかし、平均的な物理量について論じたものは、当海域全域にわたるような広域なものではなく、大洗から会瀬沖の距岸25マイルまでの観測結果を用いたも

のに過ぎなかった。これは、1970年までは茨城水試の海洋観測範囲が大洗及び会瀬沖の正東25マイルまでであったためによるものである。

1971年からは犬吠埼及び鹿島正東線の2線を新たに設け、更にすべての観測線を142°Eまで延長し、観測点は以前の11点から30点へと増加された。

本報告は観測範囲が拡大されてからすでに10年になろうとしているので、これらの資料を用いて当海域の平均的な海洋構造の季節変化について検討したものである。

2 資料と方法

資料は当水試が実施した1971年から1979年までの観測資料を用いて平均水温、平均塩分を算出し、それからの標準偏差を求めた。一部は福島水試が観測した塩屋埼正東線の資料も用いている。

観測定点を図-1に示し、用いた資料の実績を表-1に示した。

3 結果と考察

1) 平均水温の層別季節変化

平均水温の季節変化について筆者は2、3の報告(1970、1972)をしているが、更に新しい資料

* 現茨城県農林水産部漁政課

表1 使用した資料の観測実績表

年 \ 月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1971	12	15	16	23	30	30	28	24	—	30	21	30
1972	—	12	28	—	30	30	30	30	30	30	19	30
1973	21	18	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
1974	11	13	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
1975	26	15	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
1976	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	29	30
1977	19	19	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
1978	30	30	18	30	30	30	30	30	30	30	24	30
1979	30	—	30	30	30	30	28	29	30	30	28	30

(数字は観測点数)

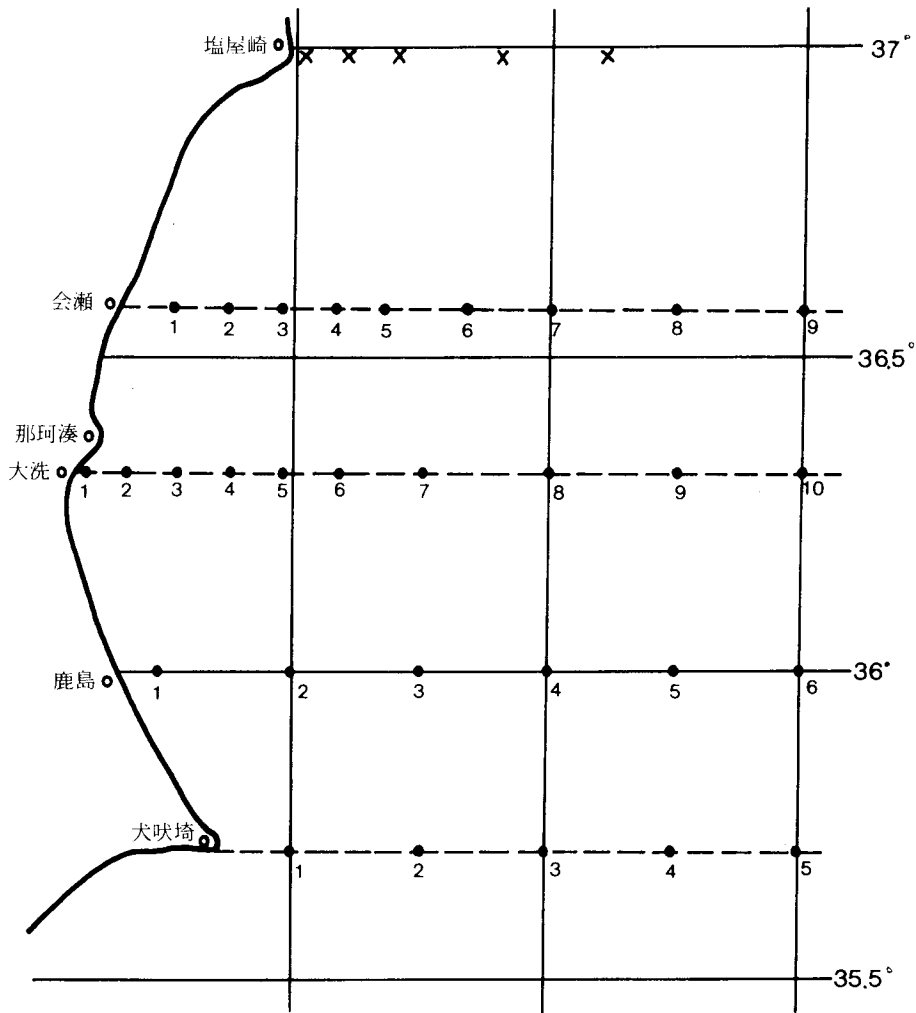


図-1 茨城水試が実施している観測定点図
(Xは福島水試 沿岸観測定点)

平均場からみた海況の特性

を加えて再度の検討をしたものである。

図-2は全観測点の各層平均水温を月別に計算し、その経月変化を示したものである。

表面水温の変化は正規曲線を成しているが、6月から7月間の水温上昇勾配がやや鈍いのが特徴である。水温の高極は9月に出現し、低極は3月に出現している。

50m深水温の変化は右傾型曲線を成しており、7月には水温第2極小(中村、1977)が明瞭に現れている。水温の高極は10月に出現し、低極は3月に出現している。

100m深、200m深の水温も50m深と類似した変化を示しているが高極は100m深が11月に、200m

深では12~1月に出現している。

全体をみると、水温の高極は水深が深くなるに従って出現の月が遅れ、振幅も小さくなっている。このことについては金華山沖の海況で増沢(1954)が指摘し、当海域でも久保(1972)が、相模湾で藤森ら(1969)が、渥美外海で船越ら(1979)が、熊野灘で伊藤(1979)が指摘しており、少なくとも金華山沖から熊野灘の間は同じ傾向の変化をしているものと考えられる。

このtime lagの原因は藤森ら(1969)が指摘しているように熱伝導あるいは対流によるものであろうと推察される。このtime lagは当海域では水深50mにつき1ヶ月となっている。

表面と200m深との水温差が最低になるのは1~3月で、この頃は上下層間の密度差が最小となり、渦動や対流が深所まで発達する。従って熱は深層まで伝わり易く、そのため上下層間の水温差が最低になっているのである。その後表面の加熱により対流層内に弱い温度勾配が徐々に発達し、表層は昇温するが、中下層は冷水の移流効果も手伝って降温してゆくものと考えられる。

図-3には黒潮域定点(35°42'N、142°00'E)及び当海域代表定点(36°19'N、141°06'E)における平均水温の鉛直的季節変化を示した。これをみると大洗沖では表面で年間に9℃、100m深で4℃、200m深では2℃内外の変動であり、黒潮域では表面で8℃、100m深で3℃、200m深では1℃内外の変動で

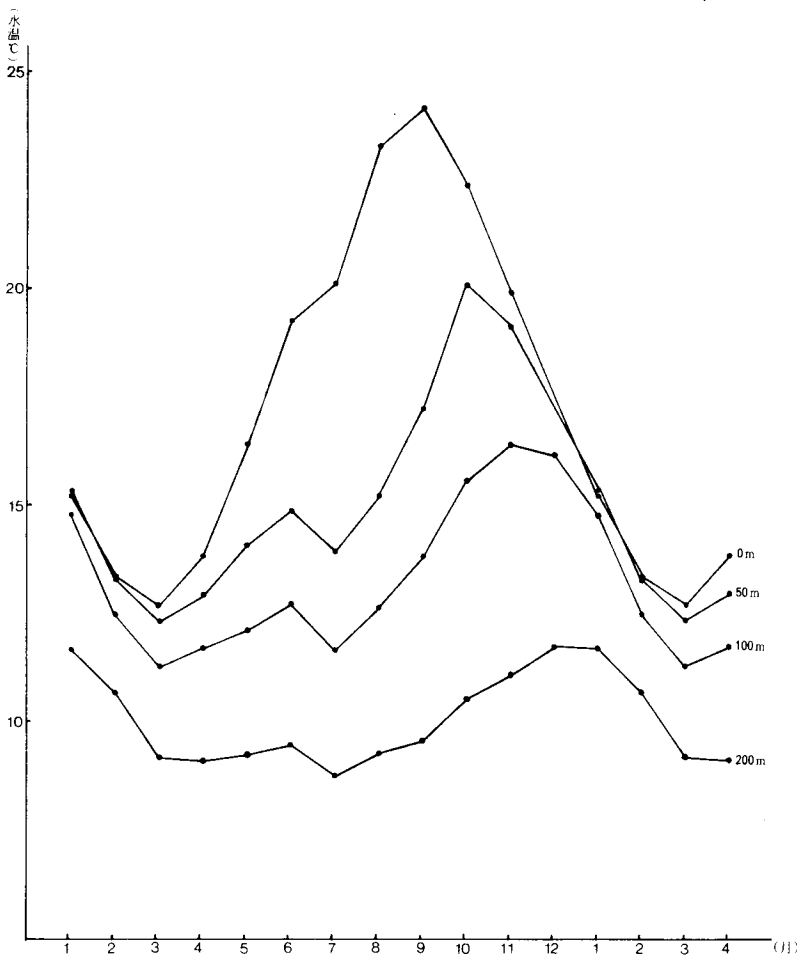


図-2 平均水温経月変化(S46~S54年 全測点の平均)

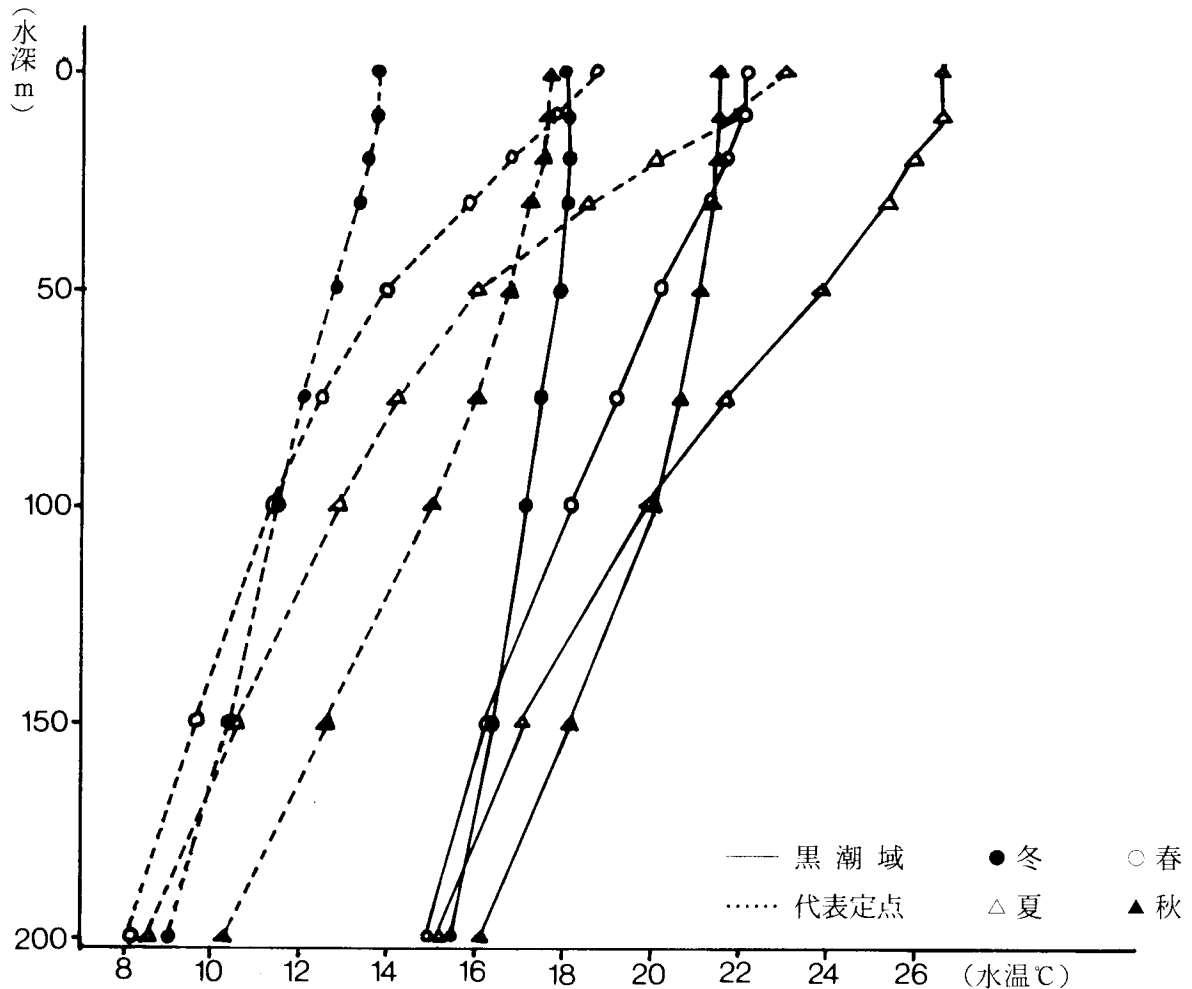


図-3 黒潮域定点 (35° 42' N、142° 00E') 及び当海域代表定点 (36° 19' N、141° 06' E) における平均水温季節変動

あることが分る。黒潮域では比較的安定しており、大洗沖ではそれより変動が大きいといえる。水温は大洗沖の方が常に低く、表面で秋から春にかけて黒潮域との差が4℃内外であるが、夏は8℃程となっており、100m、200m深では秋・冬期が5～6℃の差で、春、夏期は7℃内外の差となっている。次に同定点における水温の鉛直方向での月別の変動をみると(図-4)大洗沖では9月頃から表層での対流混合が始まり、混合層は10月には表面から30m深付近まで、11月には50m深付近まで、12月は100m深付近、1月には200m深付近までとなる。2・3月は混合層が最も厚くなり、

その厚さは200m以深にまで達する。その後4月頃からは表面の加熱によって混合層内に弱い温度勾配が徐々に発達し、季節躍層が形成され、季節の進行と共に混合層は表層から漸次解消している。こうして夏期には成層をなすようになり、再び秋期に入り、冷却が始まり、表面水温が下がり、密度が増すので自然対流によって混合が起り、表層から混合層が出来始めるのである。

水温極小は3月及び7～8月に出現しており、3月の場合は増沢(1954)のいうように大気との熱交換の他に冷水の侵入を暗示している。前述の第2極小は20m以深にみられ、中村(1977)が駿

河湾で指摘した水深より浅くなっている。これは当海域の季節躍層が駿河湾より浅いことを示唆しており、川合（1955）はこのことについて次のように述べている「夏期の東北海区においては著しく発達した飛躍層（北部で10-25m深、南部で25-50m深）を境界として、それより上層と下層の海水は互に無関係な変動をなす」。夏期にこのような水温極小現象が出現することはしばしばであり、これが平均水温に利いているもので、筆者はこれを海況の Breath 現象（1971）と呼んでいた。

この現象は一時的なもので、100m深水温分布からみると、北からの親潮系水の移流を示唆するものもあり、当海域での湧昇を示唆するものもある。塩分分布からみると（後述）いずれにしても親潮系水の影響によるものであることには疑いをはさむ余地がなく、中村（1977）が駿河湾で考えている「下層冷水の移流」とは異なった変動によるものであろう。しかし、時期を同じくしてこの現象が生じることは、両者間に何らかの関係があるであろうということは考えさせられる。

犬吠埼沖の黒潮域では、対流混合が始まる時期は大洗沖よりやや遅れているが、9月頃から始まり、混合層は10月には表面から20m深付近まで、11月には50m深付近、12月には100m深付近、1・2月頃は200m深付近まで達するようである。しかし、水温上での混合層が明らかにみられるのは、季節躍層が出現するからであり、当海域においては季節躍層が明瞭であるのは7~10月の4ヶ月間に過ぎない。

水温極小は3月及び7月に出現しており、第2極小は50m以深にみられ、これは中村（1977）の場合と一致している。

熱エネルギーの変化をみるために0-200m深の積算平均水温 ($\frac{1}{2} \int_0^{200} T dz$) の年変化 (図5) をみると、大洗沖では最低が3月で、最高が10月に現れている。7・8月には極小が存在し、これ

は前述の水温第2極小と一致している。これを金華山東沖の場合と比較すると、金華山東沖での最低は4月で、最高が11月となっており約1ヶ月大洗沖の方が早くなっている。犬吠埼では最低、最高の出現月は大洗沖と一致しているが、エネルギー量ははるかに多く、大洗沖は金華山東沖の場合に近い状況を示している。これをみても当海域は大気との熱交換の他に春期（3、4月）及び夏期（7、8月）には冷水が、秋期（10、11月）には暖水の流入が強いことを暗示している。

2) 平均塩分の層別季節変化

水温で示したのと同じ定点（大洗沖の36°19'N、141°06'E及び犬吠埼沖の35°42'N、142°00'E）における塩分の鉛直方向での月別の変動をみると（図-6）、大洗沖では1・2月が降雨量の最低期でもあり、表面の冷却もともなって混合が卓越し、50m以浅は34.5%台の高塩分となっている。また5月にも30m以浅が高塩分となっており、これは、水温でも急激な昇温をみせているように、黒潮が当海域で強勢になる時期に当たるために起っている現象であろう。

表層（30m以浅）では、7月が急激に低塩分となり、8月は最低塩分の33.6%台を示し、9月から徐々に高くなっている。これは8月をピークとした豪雨や台風の影響による大量の Fresh Water の加入によるもので、福岡（1954）は「外洋水や沿岸水の塩分最小量の特徴値は降水によるもので、海表面近くの低塩分水は降水による Fresh Water や豊降雨量海域からの低塩分海水の移流による」と述べている。低塩分水の影響は12月まで徐々に深くなっている。

50m以深での塩分極小は水温の場合と同じく、3・4月及び7・8月の2回存在し、親潮系水の侵入を裏付けている。

9月から12月の100-150m深に塩分の極大が認

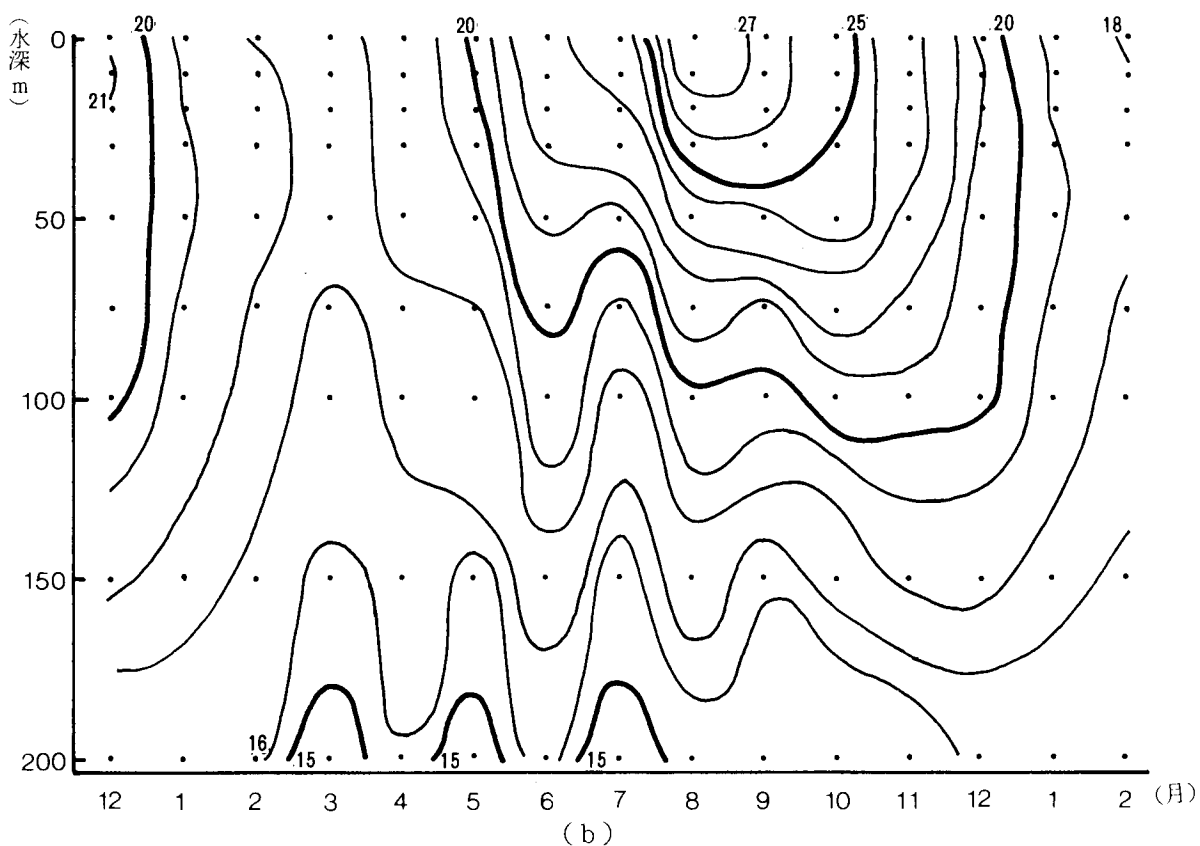
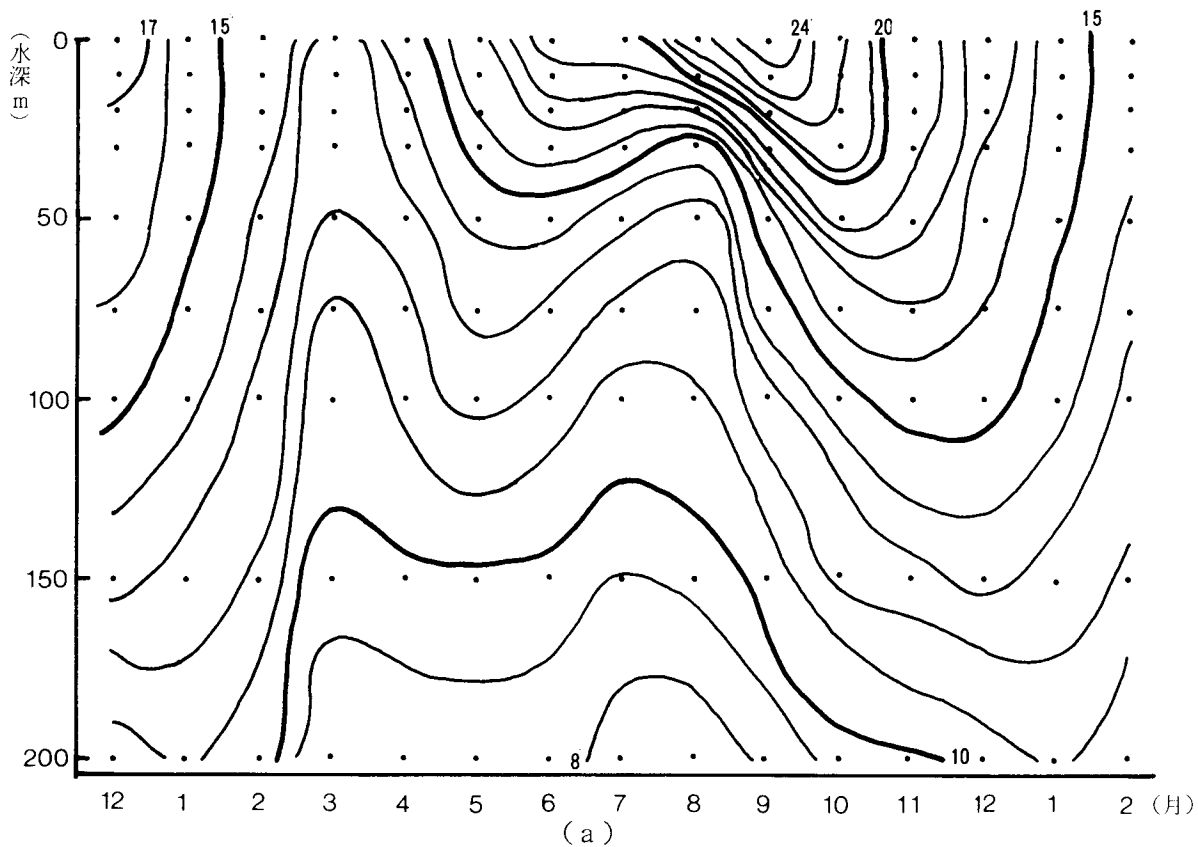


図-4 当海域代表定点 (36°19' N、141°06' E)(a)及び黒潮域定点 (35°42'、142°00' E) (b)における平均水温のアイソプレス

平均場からみた海況の特性

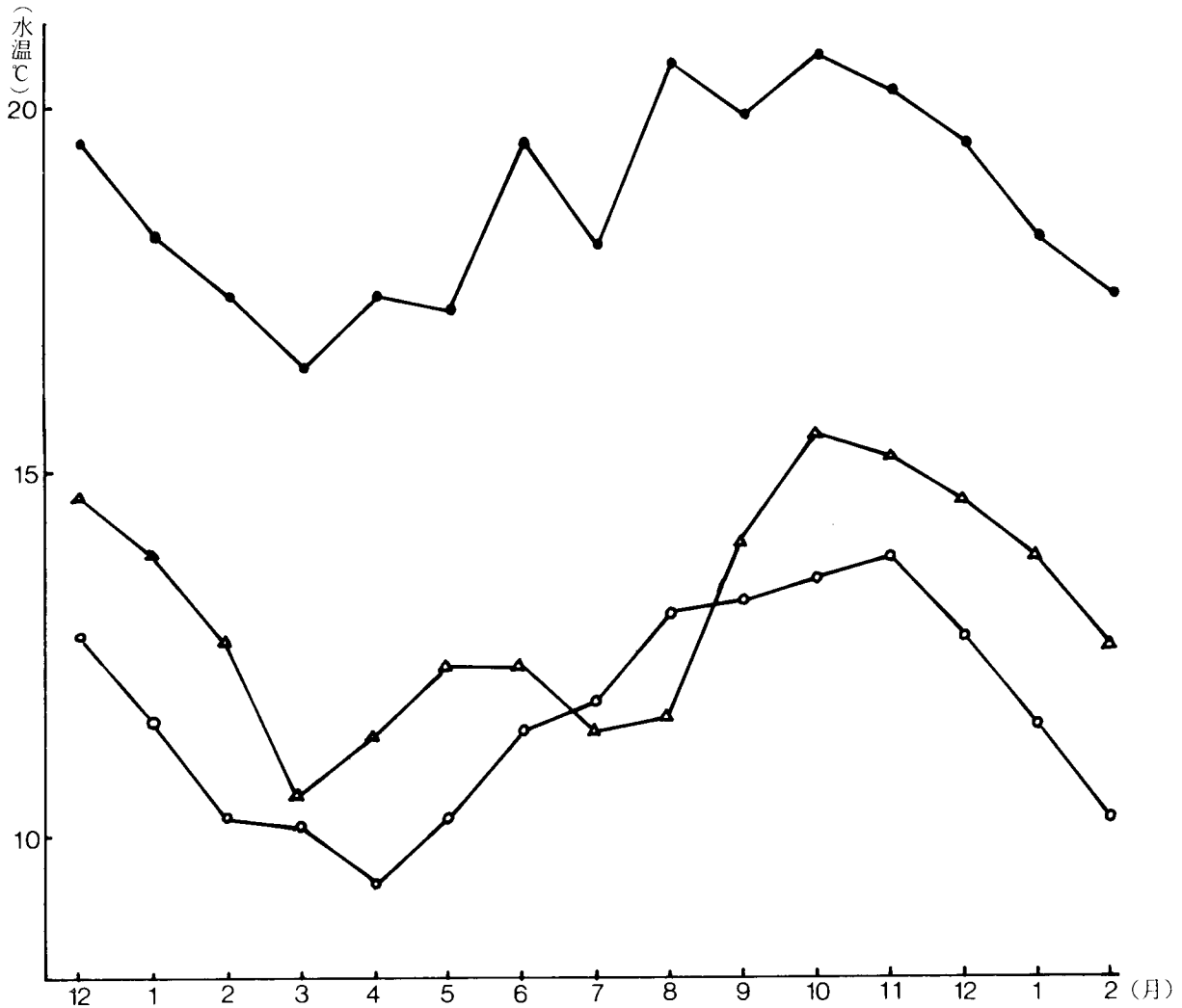


図-5 平均水温積算値経月変化

- 金華山東沖 (1948~1953) (増沢、1954より)
- △—△ 大洗沖 (36° 19' N、141° 06' E) (1971~1979)
- 犬吠埼沖 (35° 42' N、142° 00' E) (1971~1979)

められ、特に11月が高塩分で34.5‰台となっている。これについて川合(1972)は「夏の海面低塩分水のために生じたものにすぎない」と説明しているが、当海域では前後の塩分からみて、これに黒潮水の流入を考慮しなければ説明がつかない。

犬吠埼沖では、各月の標本個数が少ない月(特に冬期)もあるため、変動のうちのある部分は無

意味であるかもしれない。しかし全体の変動傾向は中村(1977)や岩田(1979)の場合と類似している。塩分値は中村や岩田の場合より高く出ており、これは彼らの対象とした海域が黒潮内側域であるのに対し、当海域は黒潮域内にあるためである。

図をみると、表層は大洗沖と同じく7月に塩分

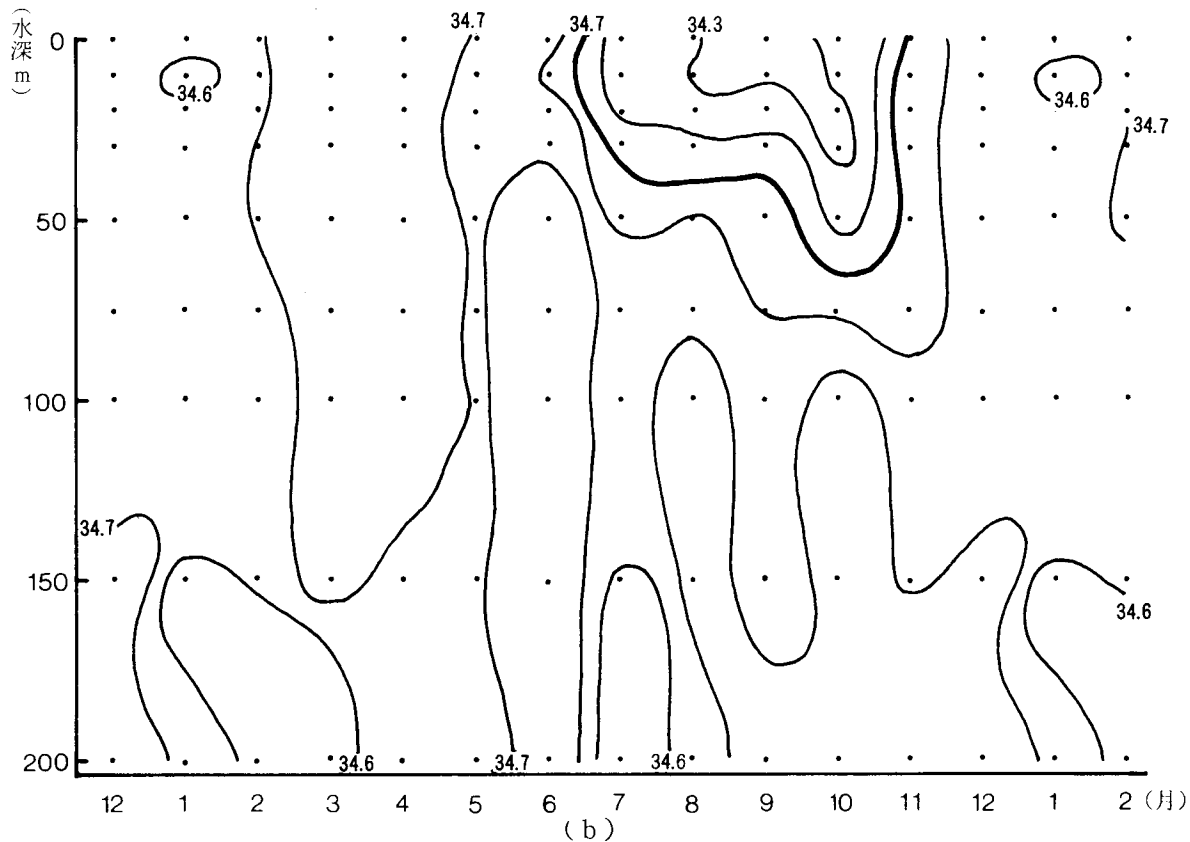
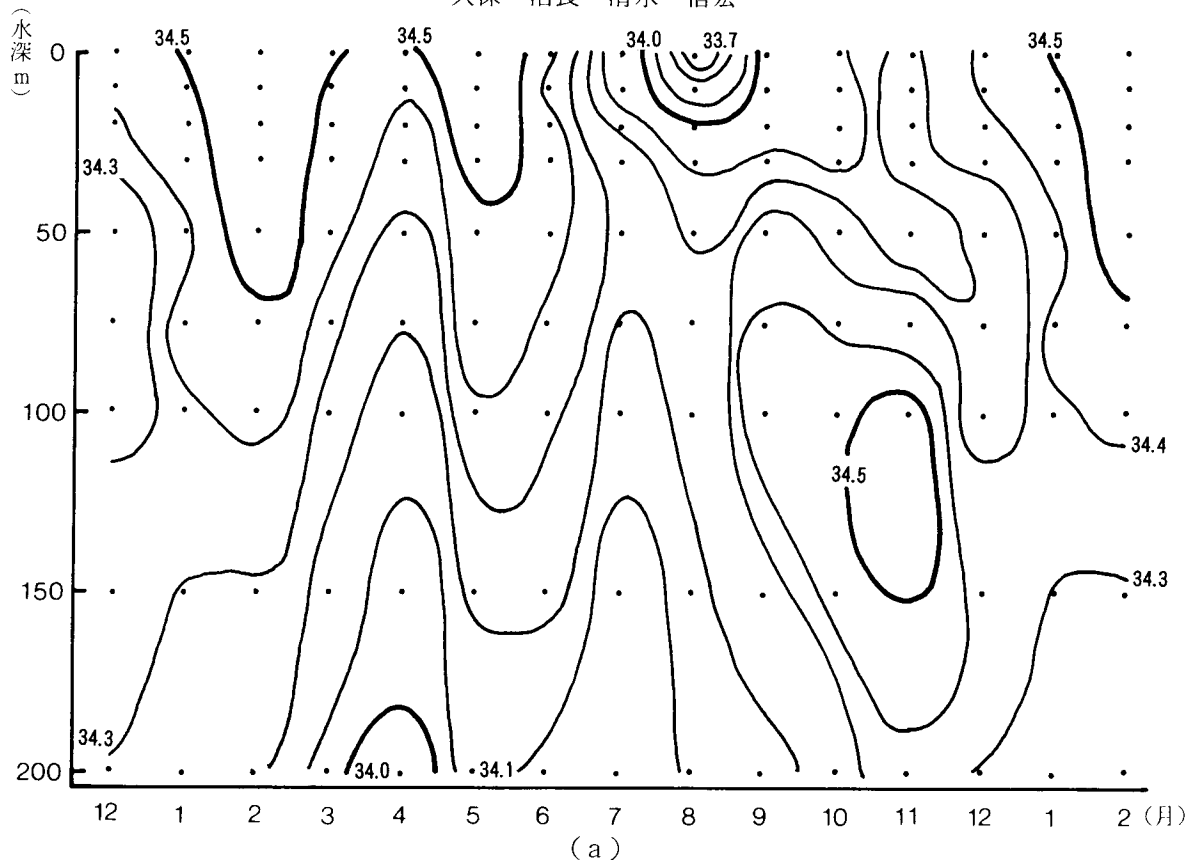


図-6 当海域代表定点 (36°19' N、141°06' E) (a)及び黒潮域定点 (35°42'、142°00' E) (b)における平均塩分アイソプレス

が急激に低下し、9月に最低の34.2‰台となり、11月には34.5‰台まで高くなっている。低塩分水の影響は9月から11月に向うにつれて深くなっている。これ以外の月及び水深においては34.6–34.7‰台で、強いていえば、3・4月の100m以浅に高塩分があり、また6月及び8月–12月の100m–200m深にも高塩分が存在し、34.7‰台である。100m–200m深の塩分は季節的に殆ど変化していないことが分る。

3) 親潮水、黒潮水の特性値

黒潮系水と親潮系水の水温や塩分の季節変化の現れ方は海域によって季節的にも経年的にもかなり差がある。図-7は当海域における1971年–1980年の10年間の月別最高水温・塩分を黒潮系水、最低水温・塩分を親潮系水として得られた2水系の海面及び100m深の水温・塩分の季節変動を示したものである。従って当海域に親潮系水が入っていない時でも、親潮系水に近い混合水の最低水温・塩分を親潮系水とした場合もあり、また逆に黒潮系水が入っていない時でも黒潮系水に近い混合水の最高水温・塩分を黒潮系水とした場合もあり得る。この最高、最低水温・塩分値は平均値ではなく測定値そのままである。

表面水温の季節変化は黒潮系水は高限では2月に最低(18℃)、8月に最高(29℃台)を示しているが、低限では2月に最低(5℃台)、9月に最高(26℃台)を示し、低限の方は親潮系水に近い変化をしている。月ごとの高限と低限の較差は全年を通じて3–5℃である。

親潮系水は高限では3月に最低(10℃台)、9月に最高(22℃台)を示しているが、低限では4月に最低(3℃台)、9月に最高(20℃台)を示している。月ごとの高限と低限の較差は2–5月に大きく7–11℃、6–10月は3–5℃で小さく、11–1月は6℃内外である。

このように親潮系水と黒潮系水の季節変化には1ヶ月位のtime lagが認められる。年間の最低、最高差は黒潮系水の高限、低限とも11℃であり、高限の最高と低限の最低との差は14℃である。親潮系水では高限は12℃であるが、低限は17℃もあり、高限の最高と低限の最低との差は19℃もある。

表面塩分の季節変化は水温とは異なった変化を示しており、黒潮系水の高限は10月に最低(34.4‰台)、3月に最高(34.9‰台)を示しており、低限でも10月に最低(34.1‰台)、3月に最高(34.7‰台)を示している。月ごとの高限と低限の較差は0.2–0.5‰と小さく、1–7月が0.3‰程度、8–12月が0.4‰程度とやや大きい。

親潮系水の高限は8月に最低(33.8‰台)1月に最高(34.4‰台)を示しており、低限は5月に最低(32.5‰台)、1月に最高(33.9‰台)を示している。月ごとの高限と低限の較差は非常に大きく、3月–8月が1.0–1.5‰であり、9月–2月が0.5–0.9‰である。低限が33‰以下にあるのは4–5月及び7–8月で、前者の場合はこの間に純親潮水に近い水が当海域に存在することを示唆しているが、後者は前述のごとく、降水等による表面塩分の低下によるものと考えられる。年間の最高・最低差は黒潮系水の高限は0.5‰、低限は0.6‰で、高限の最高と低限の最低との差は0.8‰である。親潮系水では高限が0.6‰、低限が1.4‰で、高限の最高と低限の最低との差が1.9‰もある。

100m深水温の季節変化は表面水温より小さくなり、黒潮系水の高限は3月に最低(17℃台)、9月及び11月に最高(24℃台)を示している。低限では3月及び5月に最低(15℃台)、8月及び10月に最高(19℃台)を示している。月ごとの高限と低限の較差は2–7℃で、うち2–4月は2–3℃で小さく、9–11月が5–7℃で大きい。

親潮系水の高限は3月に最低(8℃台)、10–1月に最高(14℃台)である。低限は3月及び8

月に最低（2℃台）、12月－1月に最高（11℃台）を示している。月ごとの高限と低限の較差は非常に大きく、12、1月が4℃、2、10月が6℃、3、5、9、11月が7℃、7、8月が8℃、4、6月が9℃となっている。

年間の最高・最低差は黒潮系水の

高限は7℃、低限は4℃であり、高限の最高と低限の最低との差は9℃である。親潮系水の高限は6℃、低限は9℃で、高限の最高と低限の最低との差は12℃である。

100m深塩分の季節変化はあまり大きくなく、黒潮系水の

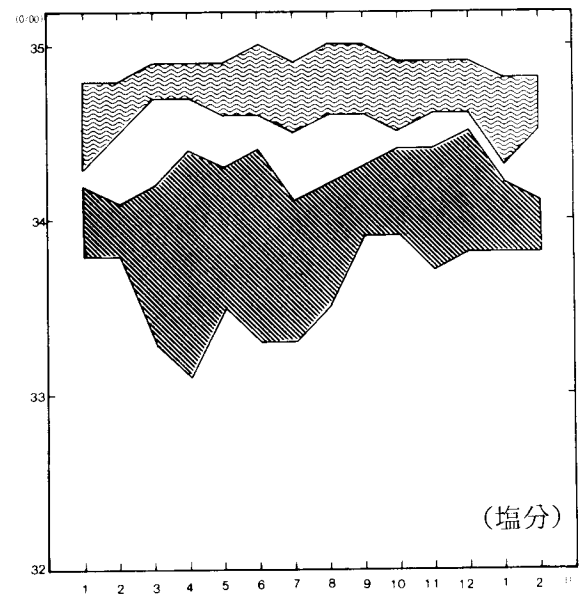
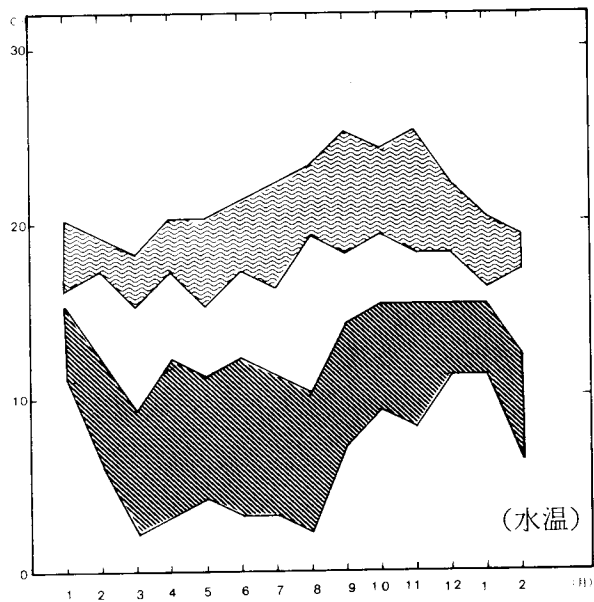
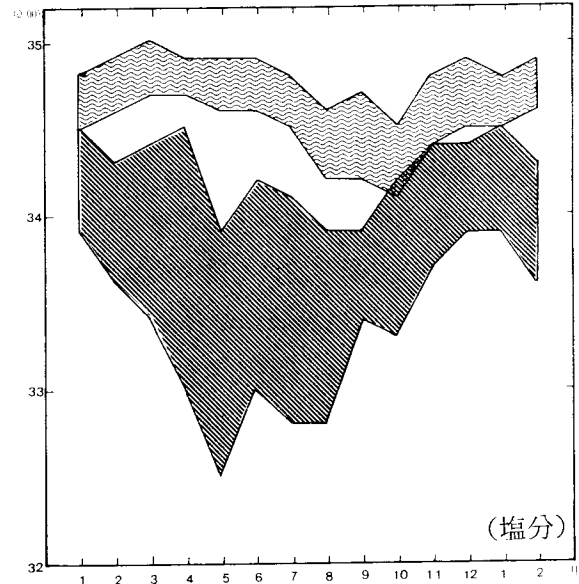
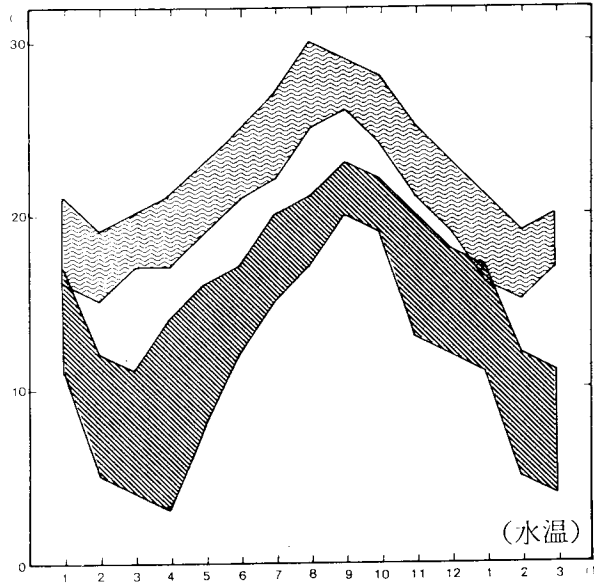


図-7 黒潮系水、親潮系水、水温、塩分の季節変化（上図表面、下図100m層）
 (35° 43' N~36° 34' N、陸岸~142° E、1971~1980年)

平均場からみた海況の特性

6月及び8-9月に最高(34.9‰台)を示している。低限では1月に最低(34.3‰台)、3-4月最高(34.7‰台)を示している。月ごとの高限と低限の較差は小さく0.2-0.5‰で1月が大きく0.5‰、6-10月が0.4‰、2-5月が0.2-0.3‰となっている。

親潮系水の高限は2月及び7月に最低(34.0‰台)を示し、12月に最高(34.4‰台)を示している。低限は4月に最低(33.1‰台)、9-10月に最高(33.9‰台)を示している。月ごとの高限と低限の較差は4月が一番大きく1.3‰、次いで6月が1.1‰、3月が0.9‰、5月、7月が0.8‰、8月、11月、12月が0.7‰、10月が0.5‰、1月、9月が0.4‰で、2月が一番小さく0.3‰となっている。年間の最高・最低差は黒潮系水の高限は0.2‰、低限は0.4‰であり、高限の最高と低限の最低との差は0.6‰である。親潮系水では高限は0.4‰、低限は0.8‰であり、高限の最高と低限の最低との差は1.3‰となっている。

以上のことから各系水内での較差があまりに大きいことが分る。これは前に述べたように黒潮系

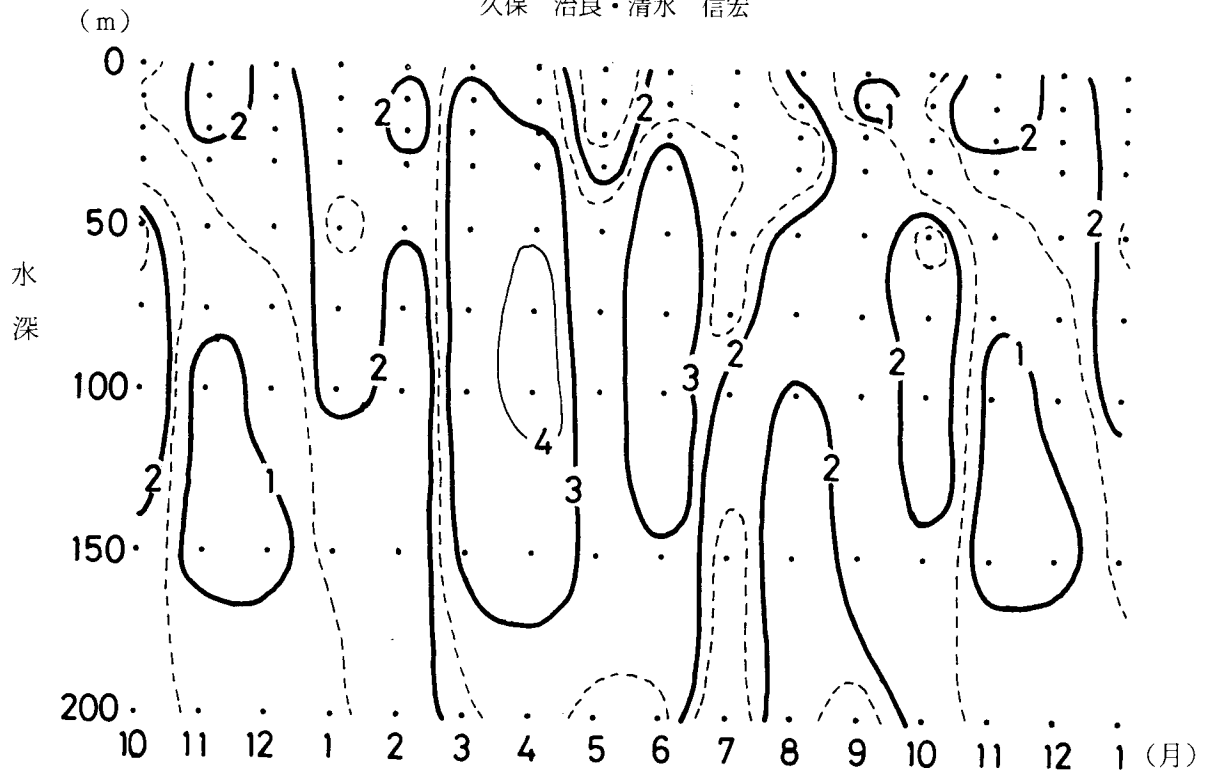
水でないものを黒潮系水としてとり入れ、また親潮系水でないものを親潮系水としてとり入れたためによるものである。従って各水系の特性値は黒潮系水の上限、親潮系水の下限はまず問題がないとして、前者の下限及び後者の上限は較差の平均を黒潮系水では上限からマイナスしたもの、親潮系水では下限にプラスしたものを各々下限及び上限としたならかなり緩和されるであろうと考えた。平均年較差は表面の黒潮系水の水温が4.1℃、塩分が0.34‰であり、親潮系水の場合は水温6.0℃、塩分0.95‰である。また100m深では黒潮系水の水温が4.5℃、塩分が0.43‰で、親潮系水の場合は水温が6.8℃、塩分が0.72‰である。これより黒潮系水、親潮系水の指標水温・塩分を表-2のように定めた。但しこの値は当海域に限ったものであり、較差が平均より小さいものはそのまま下限、上限とした。

4) 水温標準偏差の層別季節変化

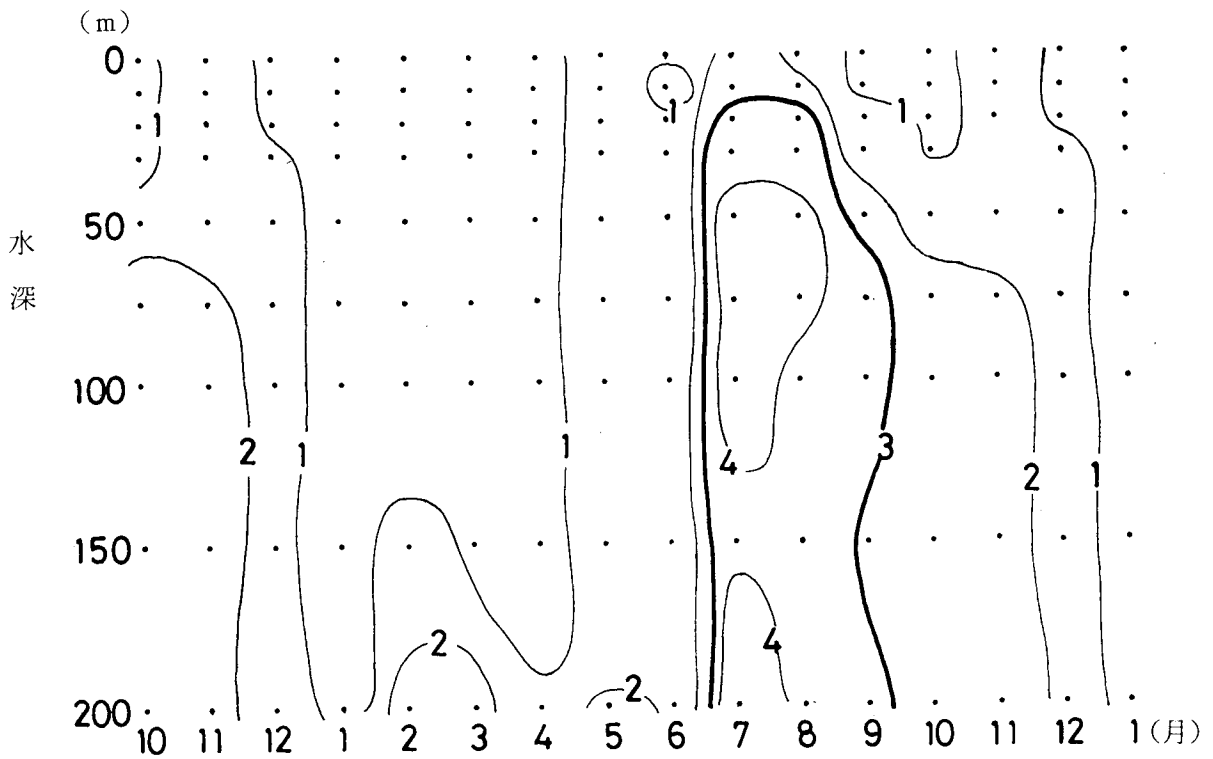
平均水温で示したのと同じ定点における平均水温に対する標準偏差の鉛直方向での月別変動をみ

表2 黒潮系水、親潮系水の指標水温(T)、塩分(S)

水深	水系	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		項目												
表 面	黒潮系水	水温	17≤T	15≤T	17≤T	17≤T	19≤T	21≤T	23≤T	26≤T	26≤T	24≤T	21≤T	19≤T
		塩分	34.5≤S	34.6≤S	34.7≤S	34.7≤S	34.6≤S	34.6≤S	34.5≤S	34.3≤S	34.4≤S	34.2≤S	34.5≤S	34.6≤S
	親潮系水	水温	T≤17	T≤11	T≤10	T≤9	T≤14	T≤17	T≤20	T≤21	T≤23	T≤22	T≤19	T≤18
		塩分	S≤34.5	S≤34.3	S≤34.3	S≤33.9	S≤33.4	S≤33.9	S≤33.7	S≤33.7	S≤33.9	S≤34.2	S≤34.4	S≤34.4
100 m 層	黒潮系水	水温	17≤T	15≤T	14≤T	16≤T	16≤T	17≤T	18≤T	19≤T	21≤T	20≤T	21≤T	18≤T
		塩分	34.5≤S	34.5≤S	34.7≤S	34.7≤S	34.6≤S	34.7≤S	34.6≤S	34.7≤S	34.7≤S	34.6≤S	34.6≤S	34.6≤S
	親潮系水	水温	T≤15	T≤12	T≤9	T≤10	T≤11	T≤10	T≤10	T≤9	T≤14	T≤15	T≤15	T≤15
		塩分	S≤34.2	S≤34.1	S≤34.0	S≤33.8	S=34.2	S≤34.1	S≤34.1	S≤34.2	S≤34.3	S≤34.4	S≤34.4	S≤34.5



(a) 大洗沖 (36°19'N, 141°06'E)



(b) 犬吠埼沖 (35°43'N, 142°00'E)

図-8 水温標準偏差季節変化 (a. 当海域代表域、b. 黒潮域に相当) (1971~1979)

ると(図-8)、大洗沖では3-4月及び6月に3℃以上となる水深層が多くあり、変動の激しい月であることを示している。これは冷水の侵入する年とそうでない年との差が大きいためと考えられる。これに反し、11月-12月及び2月には2℃以下となる水深層が多くあり、比較的海況が安定する時期であることを示している。100m深以浅では標準偏差が2℃以上になっているのは例外はあるが、1-8月であり、9-12月は2℃以下となっている。100m以深では7-2月(8月を除く)が2℃以下で比較的安定しており、3-6月及び8月が2℃以上で不安定な状況を示している。

犬吠埼沖では7-9月に3℃以上となる水深層があり、これは水温第2極小の年による出現月のずれによるものと考えられる。1-4月は1℃以下で、これは混合が下層まで達し、水温変動が比較的小さいことを意味している。10-11月の75m深以深は2℃台となっている。また、2-3月の200m深にも2℃が認められ、この水深では北からの冷水の侵入が幾分影響を及ぼしているものと考えられる。

以上述べたように水温の標準偏差を大きくする第1の原因は、大洗沖では冷水の侵入であり、犬吠埼沖では水温第2極小の出現であるということが出来る。また大洗沖より犬吠埼沖の方が水温変動の小さいことが分る。

5) 塩分標準偏差の層別季節変化

平均塩分で示したのと同じ定点における平均塩分に対する標準偏差の鉛直方向での月別変動をみると(図-9)、大洗沖では1月及び3-6月に0.3‰以上の水深層があり、これは水温の標準偏差2℃以上の水深層と良く対応している。従って冷水の侵入が塩分変動を大きく左右していることが分る。即ち、ある年は冷水の侵入がなく塩分が

高くなっており、またある年は冷水が侵入し、塩分を低くして、そのため標準偏差が大きくなるのである。これには冷水侵入の月のずれも左右している。また6-9月の表層(30m以浅)にみられる0.3‰以上は降水量の関係で現れるものと考えられる。全体をみると0.2‰以上の標準偏差で比較の変動が大きいといえる。

犬吠埼では、7-9月が0.2‰以上で変動が大きく、これは水温の標準偏差が3℃以上の月に対応しており、水温第2極小の出現が影響を及ぼしている。1-5月は0.15‰以下であり、決して大きくない。従ってこの時期は海況が安定している期間であるといえる。これは水温の標準偏差が1℃以下の期間に対応している。

6) 平均水温の鉛直分布

当海域の観測線は4本(図-1)であるが平均水温鉛直分布は会瀬線と大洗線、鹿島線と犬吠埼がやや類似しているので、この項では大洗線と犬吠埼線について述べる。

図-10に大洗正東線の1-12月の平均水温鉛直分布を示した。これをみると冬期(1-3月)は表面から200m深までの水温差が4℃内外でかなり混合が進んでいることを示している。1-7月は大洗沖沿いに低温水が沿岸近くまで湧昇していることが認められる。水温分布が1-5月までは141°-141.5°E間で向斜構造を成しており、ここに暖水舌が発達することを示している。一方2-5月には、141.5-142°E間で背斜構造がみられ、ここに冷水の侵入があることを示している。4月頃から表面から200m深までの水温差が大きくなり徐々に成層を成してくる。5月頃から沿岸域を中心に表層で季節躍層が発達し始め、7月には50m以浅で季節躍層が全海域に形成される。この躍層は8月、9月に特に顕著で、10m-30m深間で7℃もの差ができる。10月になると、混合が進み、

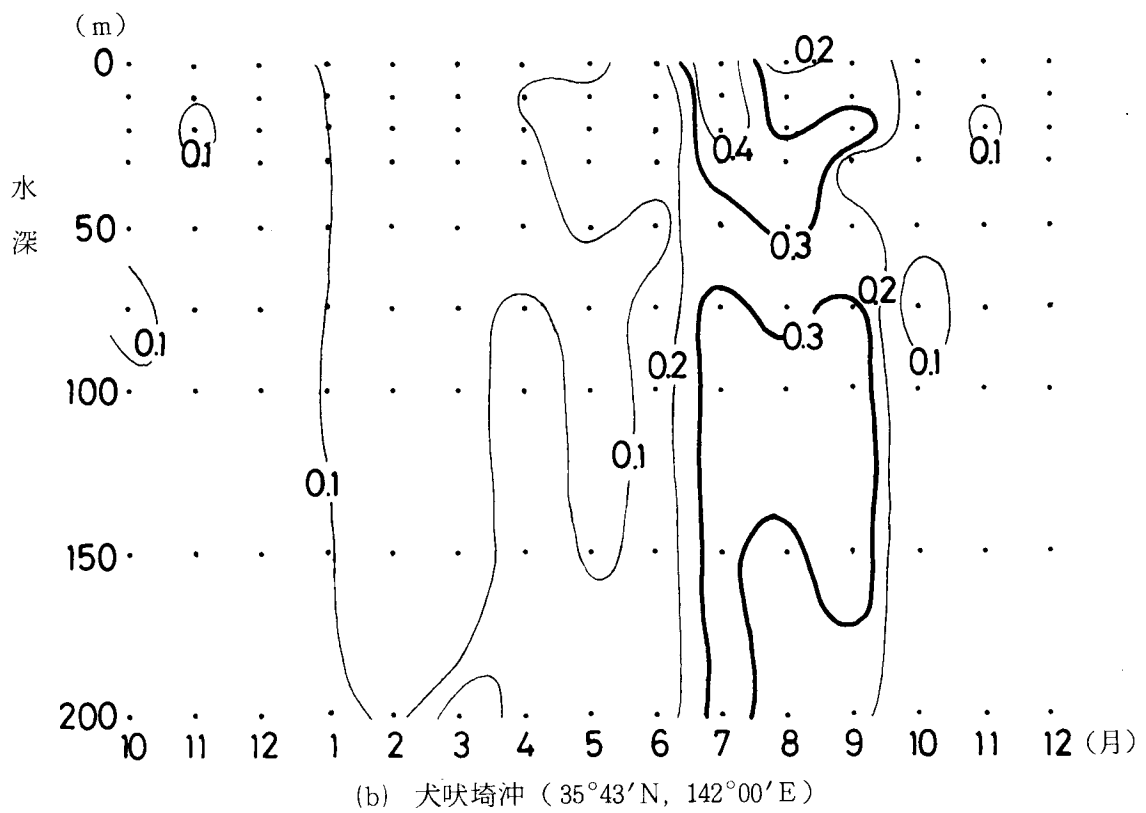
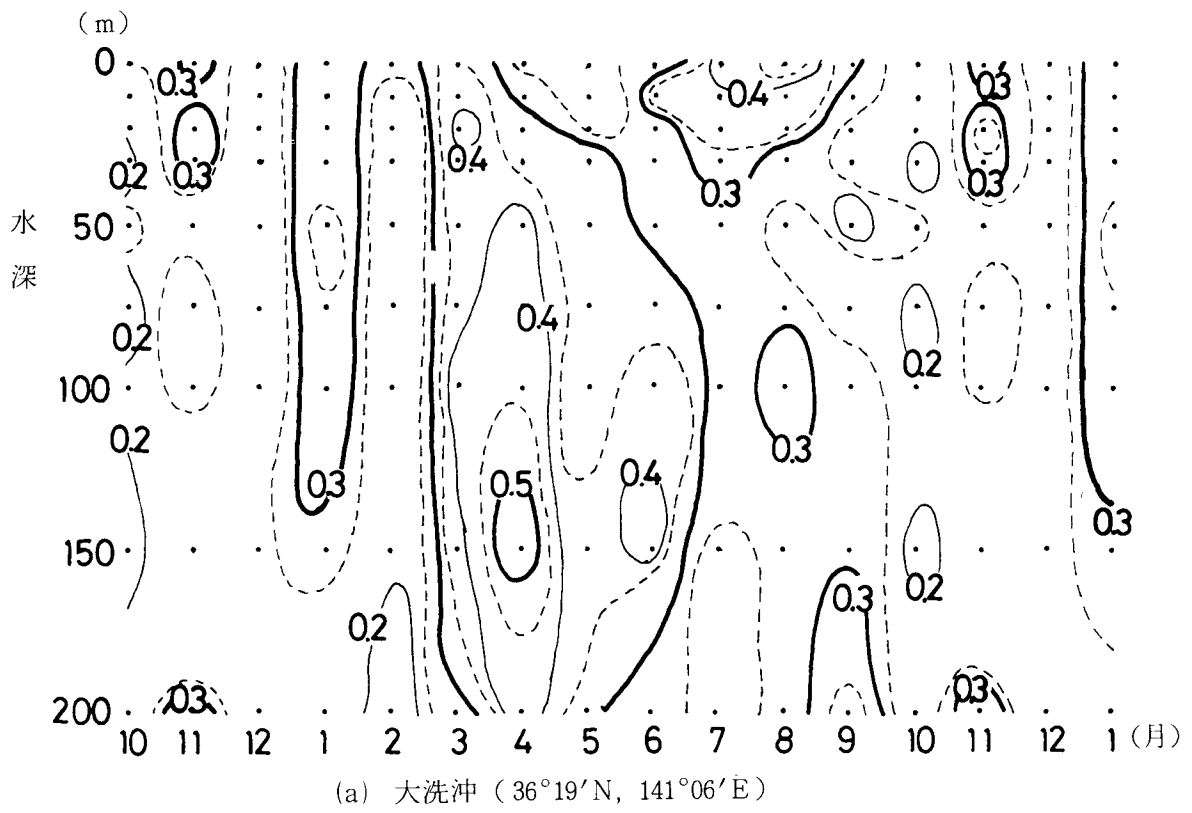


図-9 塩分標準偏差季節変化 (a. 当海域代表域、b. 黒潮域に相当) (1971~1979)

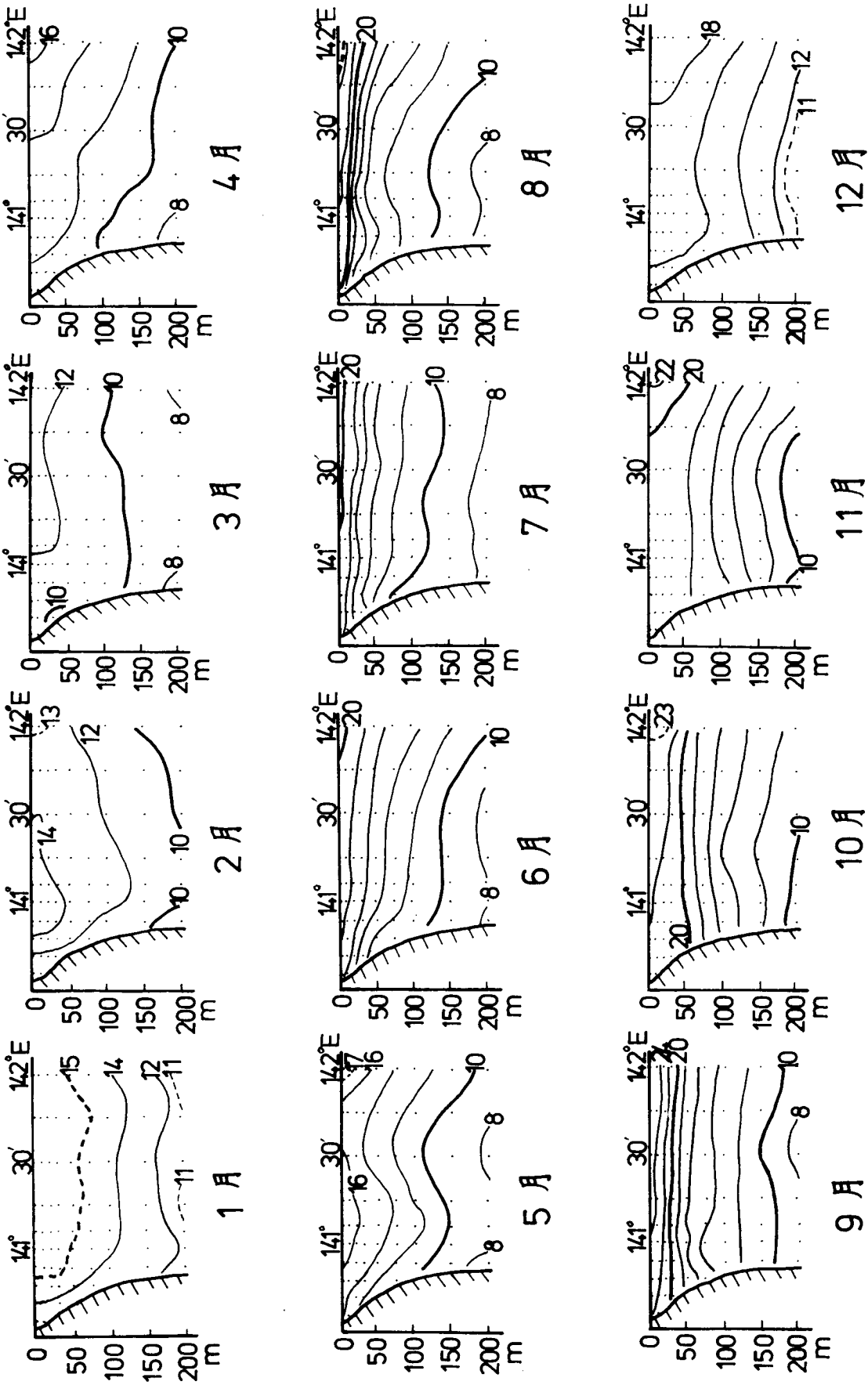


図-10 大洗正東 (36°19' N) 平均水温鉛直分布 (1971~1979年の平均)

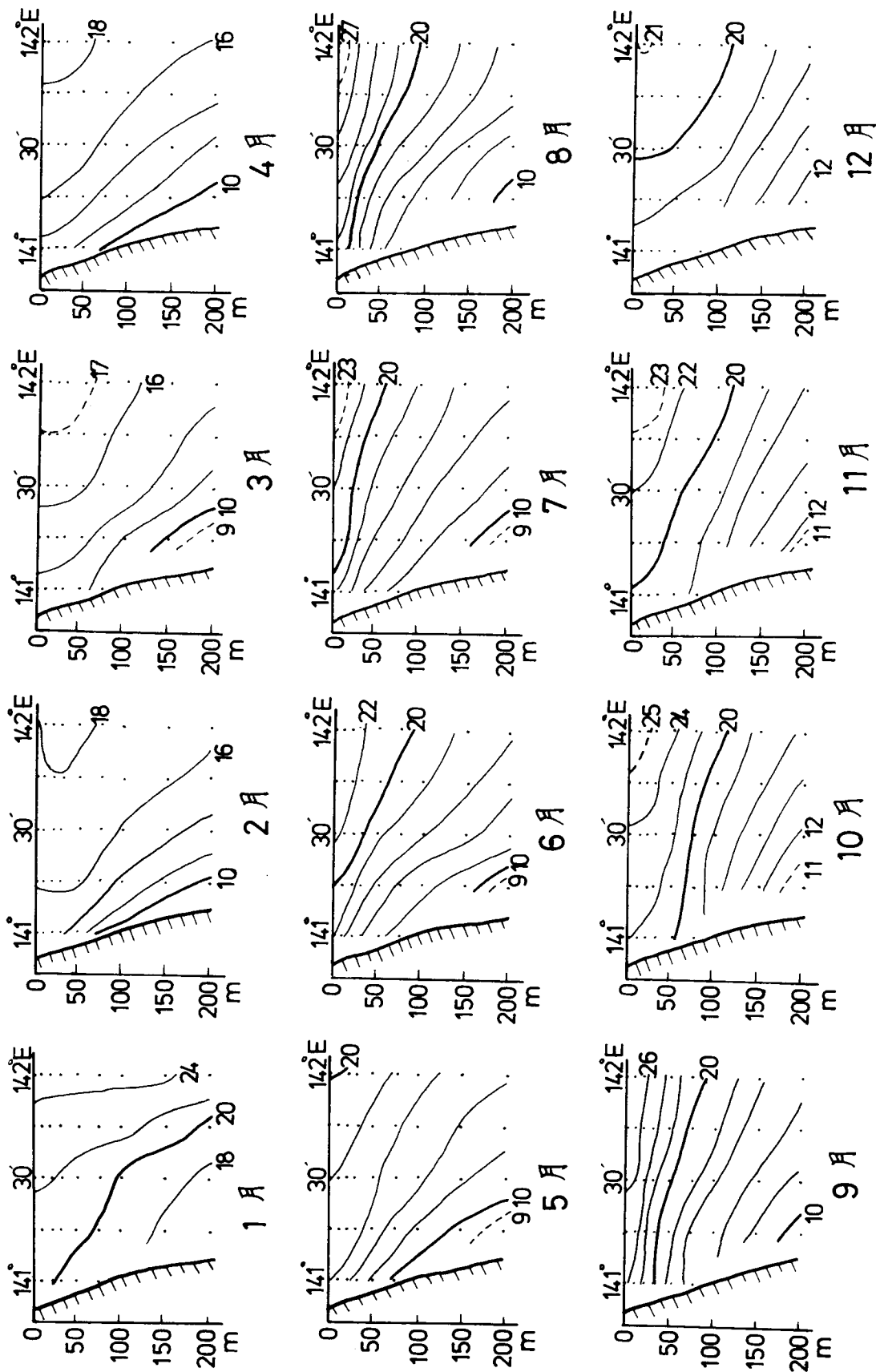


図-11 犬吠崎正東 (35°42' N) 平均水温鉛直分布 (1971~1979年の平均)

平均場からみた海況の特性

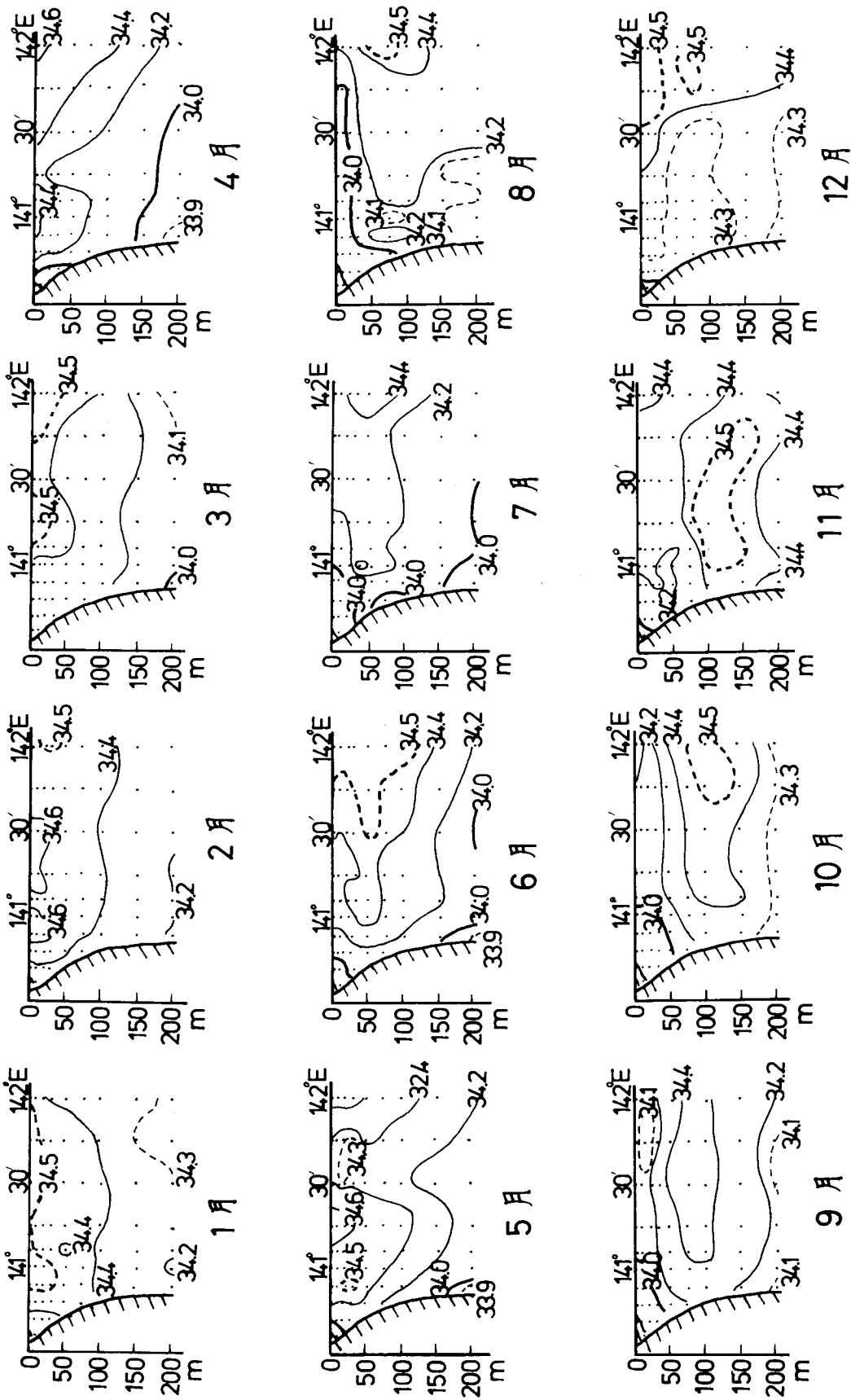


図-12 大洗正東 (36°19' N) 平均塩分鉛直分布 (1971~1979年の平均)

0 m—30m深付近まではほぼ等温層となり、躍層は30m—50m深の間に形成される。更に11月になると混合は50m深付近まで達し、季節躍層の存在は不明瞭となっている。12月には、混合層は100m深付近まで達する。3月から12月までは142° E点において黒潮の存在を示す向斜構造を成しているが、1月、2月は逆にこの地点で背斜構造を成しており、初期（冬期）の冷水侵入路はこの地点にあることを示している。また、8月の141.5° E以西において水温の背斜構造が顕著に現れているが、これは先に述べた水温第2極小を示すものであろうと推察できる。

図-11に犬吠埼正東線の1—12月の平均水温鉛直分布を示した。これをみると、年間を通して犬吠埼寄りの下層には低温水が存在し、これが大陸棚沿いに湧昇している状況がうかがえる。従って各月とも等温線は斜交に引かれる。即ち沖側の表層水温が一番高温で、岸側の表層水温と沖側の下層（200m深）水温が同じ位の水温となっている。水温分布の構造からいうと岸で背斜構造を成し、沖で向斜構造となっているわけで、大洗沖の場合に比して、かなり単純な構造となっている。

混合層は沖合で厚く、沿岸で薄くなっており、1月の場合には200m深の水温差が140° 15' Eでは3.7°Cであるが、142° Eでは0.8°Cに過ぎない。これが2月になると沿岸域ではすでに成層を成してきており、水温差が前者では6.2°Cであるが、後者はまだ1.7°Cに過ぎない。3月になると前者が7.2°Cで、後者は2.9°Cとなり、両者とも徐々に差が大きくなってきている。この状態は4月もあまり変わりなく前者は6.4°C、後者は2.4°Cである。しかし5月になると前者が9.3°C、後者が5.8°Cとかなり顕著な成層を成してきている。沿岸側では4月頃から、沖合では7月頃から躍層の形成が認められ、夏の季節躍層は沿岸側では7—9月に50m以浅で発達しているが、沖合ではそれ程顕著ではな

い。9月頃から表層等温層の厚さが沖合から深くなり、その厚さは9月に141° 15' Eでは10m、142° Eでは20m、10月には前者が20m、後者が30mとなっている。11月になると前者は40m、後者は80m、12月になると前者が50m、後者は100mと混合が進んでいる。

7) 平均塩分の鉛直分布

平均水温鉛直分布の場合と同じ理由により、この項では大洗線と犬吠線について述べる。

図-12に大洗正東線の1—12月の平均塩分鉛直分布を示した。この図をみると1—5月までは水温鉛直分布と殆んど同一の分布状態を示しているが、4月・5月は背斜構造、向斜構造が水温の場合より顕著に現れている。6月になると50m深を中心に塩分極大層が出現し、これは水温季節躍層の下に形成されていることが分る。この極大層は月が進むに従って深くなり、7月は50m深中心であるが、8月・9月は75—100m深が中心となり、10月には75—150m深まで及んでいる。11月には100—150m深に中心が移るが、この現象は沖合から徐々に解消されてきている。12月にはこの極大層の中心が150m深となっているが、沖合ではこの現象が殆んど解消されている。

一方極大層が出現し始める6月頃より、上層に沿岸から沖合に向けて低塩分水が張り出し、10m層中心に塩分極小層を形成し（但し沿岸域を除く）、この極小層は10月には20m深付近となり、11月には30—50m深と深くなっている。12月は更に深くなり、50—100m深になっているが、この現象も沖合から徐々に解消されてきている。これらの現象の出現については当初 Fresh Water が6月頃表層を覆い、極大層を出現させ、その上層の極小層は表面の水分の蒸発により薄い極小層が生じ、季節が進行するに従って表層から混合が始まり、下層へと伝播して同時に極小層も、極大層も順次

平均場からみた海況の特性

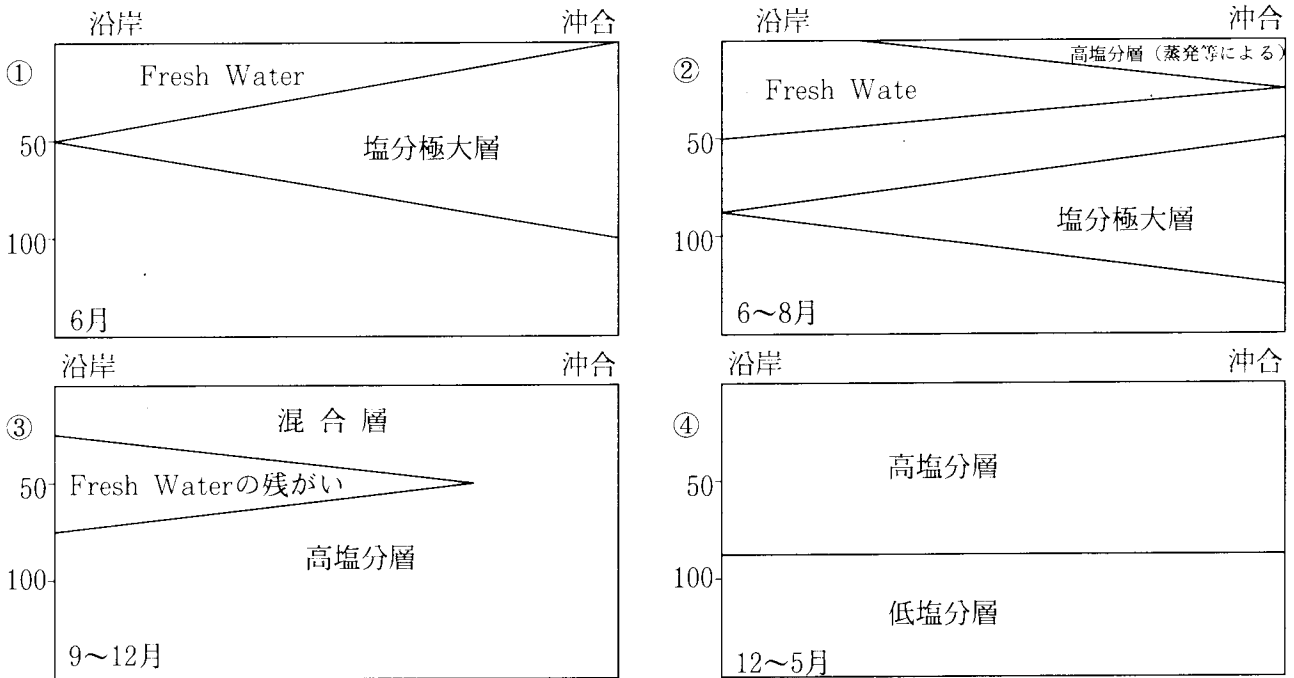


図-13 大洗正東における塩分極大・極小層の出現から消滅までの経過模式図

下層へ移り、沖合の黒潮の影響が大きい所から混合が下層まで順次に達し、解消されてゆくものと考えられる。これを模式的に表わしたのが図-13である。

図-14には犬吠埼正東線の1-12月の平均塩分鉛直分布を示した。この図をみると1-4月までは水温鉛直分布と殆んど同一の分布状態を示しているが、2月の141.5°Eを中心とした表層に高塩分が存在し、暖水舌のネック海域であることを示唆している。また4月の沿岸域には30m層を中心に弱い塩分極大層が出現し始め、5月以降沖合にまで出現しているがそれ程顕著なものではない。7月からは沖合まで顕著になって来ているが、沿岸域では徐々に解消して来ている。しかも、沿岸側が浅く、沖合側が深くなっている。極大層の中心は月が進むに従って深くなり、7月は50(沿岸側)-75m深であるが、8-9月には75(沿岸側)-100m深となり、10月には100-150m深、11月には150-200m深となって、12月には殆どこれは解消されている。大洗沖の場合はこの現象が沖合

側から解消されているのに反し、犬吠埼沖では沿岸側から解消されてゆくのが特徴である。これは混合層が沖合側の方が沿岸側より厚いことに起因するものであろう。また、大洗沖でみられた表層での塩分極小層は殆どみられていない。これは犬吠埼沖の方が大洗沖より水の交換が激しいことを物語っている。

8) 水温標準偏差の鉛直分布

図-15には大洗正東線における水温平均値に対する標準偏差の1-12月の鉛直分布を示した。全体をみると、12-2月が2℃以下で小さく、3-6月には3℃以上の所が多く大きくなっている。これはこの時期に冷水の侵入が年によっては起り、標準偏差値を大きくしているのである。鉛直的には30-100m深の間の偏差が大きく、これは季節躍層が発達する水深であり、躍層の浅深の変化が標準偏差値を大きくしているものと考えられる。月ごとにみると、1月は沿岸側から沖合の下層(150m以深)にかけて偏差が2℃以下となってい

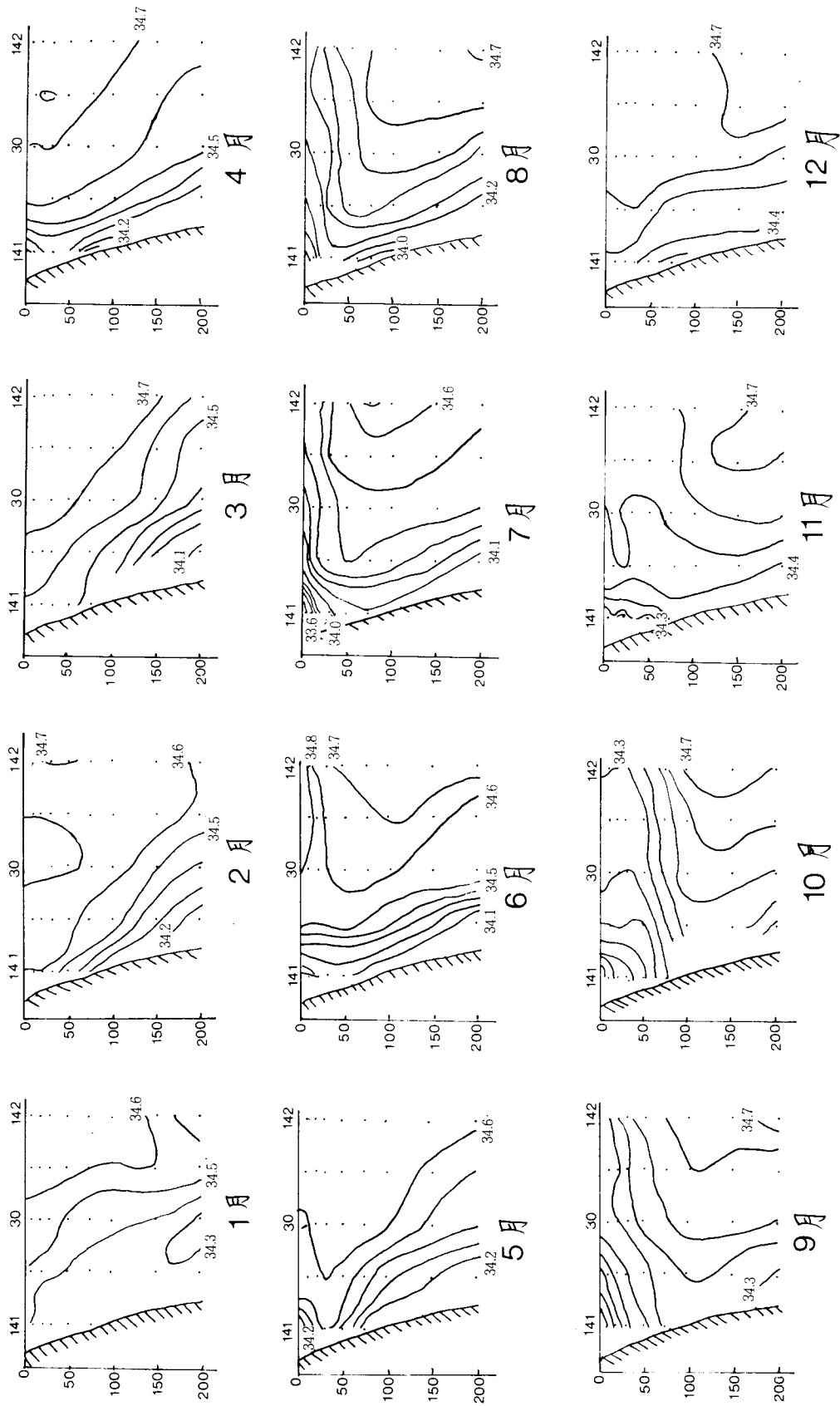


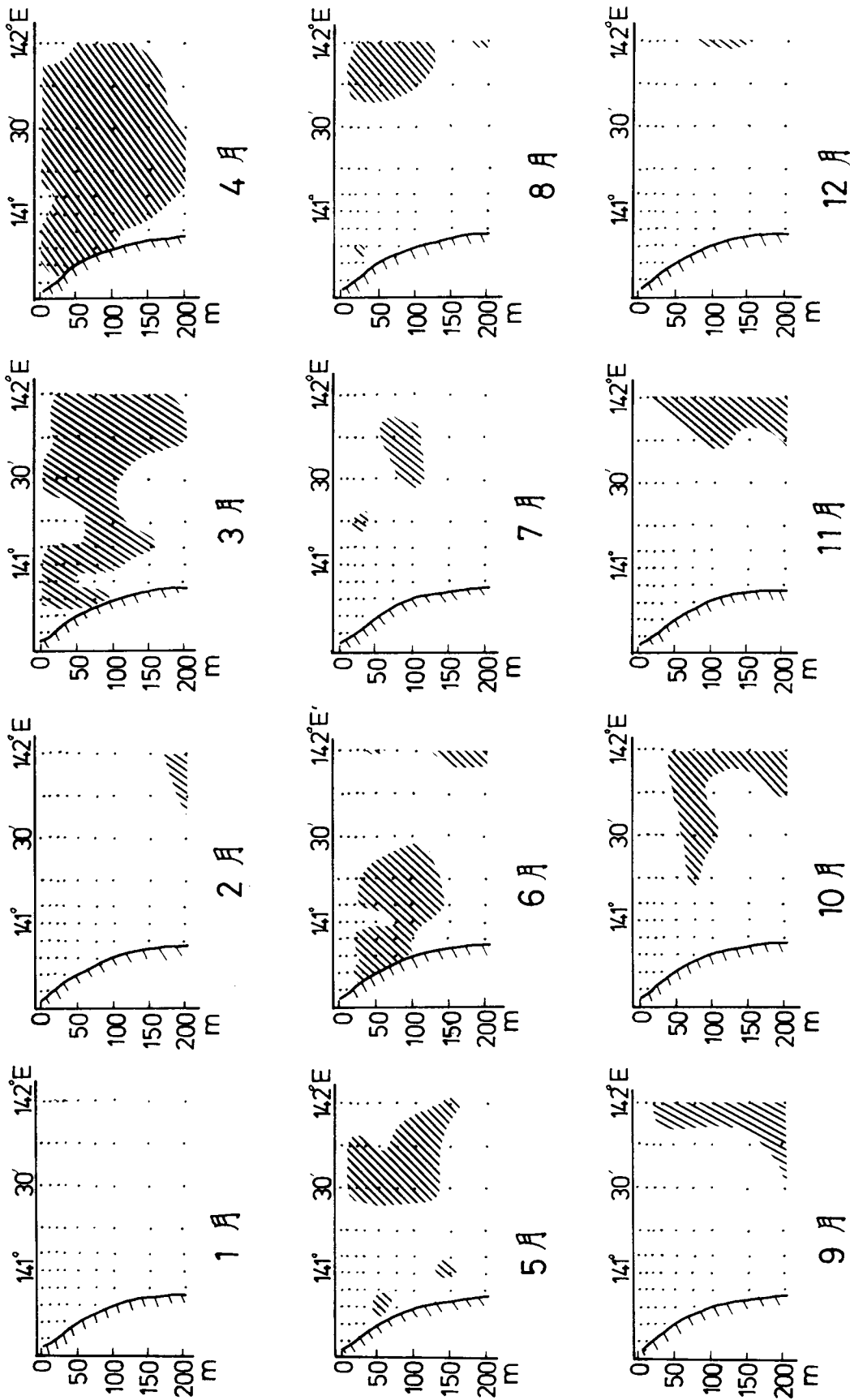
図-14 犬吠崎正東 (35°42' N) 平均塩分鉛直分布 (1971~1979年の平均)

るが、2月には5マイルの所に偏差が 2°C 以上の所があり、これは暖水舌の西側縁辺部が丁度この付近であり、変動が大きいことを物語っている。表層(20m以浅)の偏差は $141^{\circ}30'E$ まで 2°C 以下であり、水温鉛直分布ではこの海域が暖水舌域となっていることからみて、2月は暖水舌が比較的安定して出現していることを示唆している。1月、2月とも偏差が 3°C 以上の所は殆んどなく、水温(海況)は比較的安定しているといえる。3月になると偏差が 3°C 台の所が多くなり、特に $141^{\circ}E$ 及び $141^{\circ}45'E$ を中心とした海域の偏差が大きく、冷水がこの海域を中心として侵入して来るためによるものと考えられ、平均水温鉛直分布(図-10)でも前記経度を中心に背斜構造を成していることからこれを裏付けている。4月には殆どの海域の偏差が 3°C 以上となり、分布状態は $141^{\circ}15'E$ を中心に偏差の大きい所が広がっている。中心は 5°C 台の偏差で、平均水温鉛直分布では3月と同様この経度を中心として背斜構造を成している。5月になると標準偏差は小さくなり、 3°C 以上の所は $141^{\circ}30'E$ から $141^{\circ}45'E$ 間の平均水温鉛直分布で背斜構造が認められた海域に存在し、冷水の侵入がこの海域で盛んであることを示している。また $141^{\circ}E$ を中心とした水温分布で向斜構造が認められた海域にもやや偏差の大きい所があり、これは暖水舌の出現の有無によるものと考えられる。6月には標準偏差が 3°C 以上の所は $141^{\circ}30'E$ より岸側にみられ、暖水舌の消長が大きく左右しているものと考えられる。7月は水温極小との関係で、5月同様 $141^{\circ}30'E$ から $141^{\circ}45'E$ 間で標準偏差の大きい所が認められる。8月以降は黒潮の離接岸が影響して、 $142^{\circ}E$ を中心とした沖合に偏差の大きい所が出ており、水温鉛直分布では向斜構造を成している所である。9月以降沿岸側は標準偏差が 2°C 以下で、海況は安定していることを物語っている。

図-16には犬吠埼正東線における水温平均値に対する標準偏差の1-12月の鉛直分布を示した。1月から6月までは4月の例外を除き標準偏差が 3°C 以上となっている海域はなく、海況は比較的安定しているといえる。4月の $141^{\circ}30'E$ 点の75-200m深には 3°C 台の海域が存在し、これは冷水の侵入によりその先端がこの付近まで達することがあるため偏差が大きくなっているのである。7-9月に沖合で標準偏差が 3°C 以上となり、黒潮がこの時期に離接岸変動が激しく、そのため偏差が大きくなっているものと考えられる。10月以降は再び偏差は 3°C 以下と小さくなっている。全年を通じて表層(0-50m深)の偏差が小さく、中層(50-150m浅)の偏差の大きいのが特徴である。

9) 塩分標準偏差の鉛直分布

図-17には大洗正東における塩分平均値に対する標準偏差の1-12月の鉛直分布を示した。沿岸域は河川水の影響を強く受け年間を通じて標準偏差が大きい。それに反し、沖合($142^{\circ}E$)の海域は黒潮の影響を受けて標準偏差は小さくなっている。9-12月及び2月の殆どの海域、水深において標準偏差が 0.3‰ 以下で小さく、冷水の侵入が顕著な3-5月には $0.4-0.7\text{‰}$ の標準偏差で大きい。月ごとにみると、9-2月までは前記の沿岸域を除くと特別に標準偏差が大きい海域や水深、また小さい海域や水深は存在しない。3月は水温の場合と同じく、 $141^{\circ}E$ 及び $141^{\circ}45'E$ を中心とした海域に標準偏差が 0.4‰ 台の水深の所が認められる。4月は水温の場合と同じく全海域で標準偏差が大きく 0.4‰ 以上で、 $141^{\circ}15'E$ (0.6‰ 台)が中心であり、塩分鉛直分布ではこの経度を中心として背斜構造を成している。5月になると4月よりは標準偏差が小さくなり、 0.4‰ 以上の所は水温の場合と同じく $141^{\circ}30'E$ から $141^{\circ}45'E$ 間で、塩分鉛直分布で背斜構造が認められた海域である。



////// 標準偏差 3 以上

図一15 大洗正東 (36° 19' N) 水温標準偏差 (1971~1979年の平均) 鉛直分布図

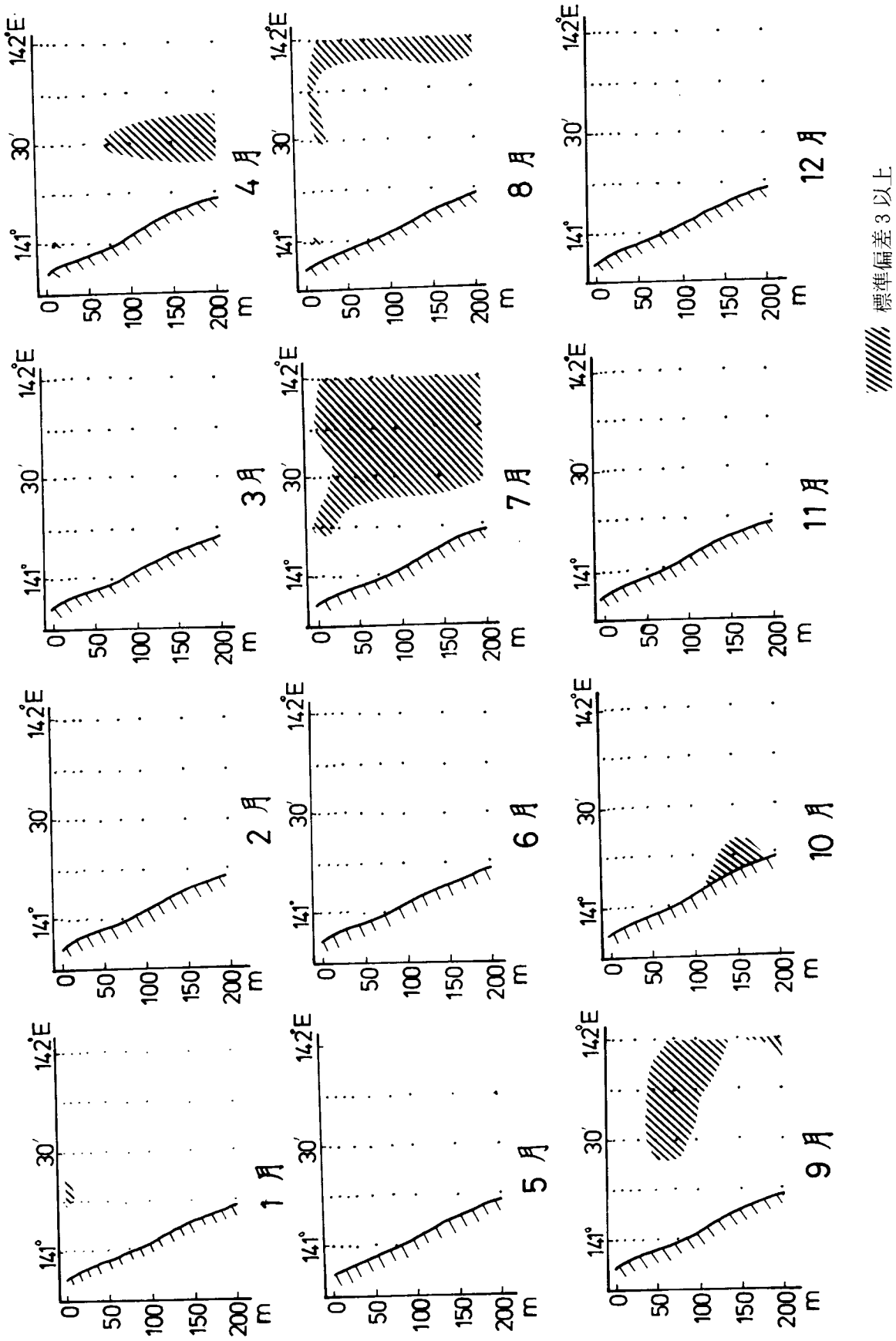


図-16 大吠崎正東 (35°43' N) 水温標準偏差 (1971~1979年の平均) 鉛直分布図

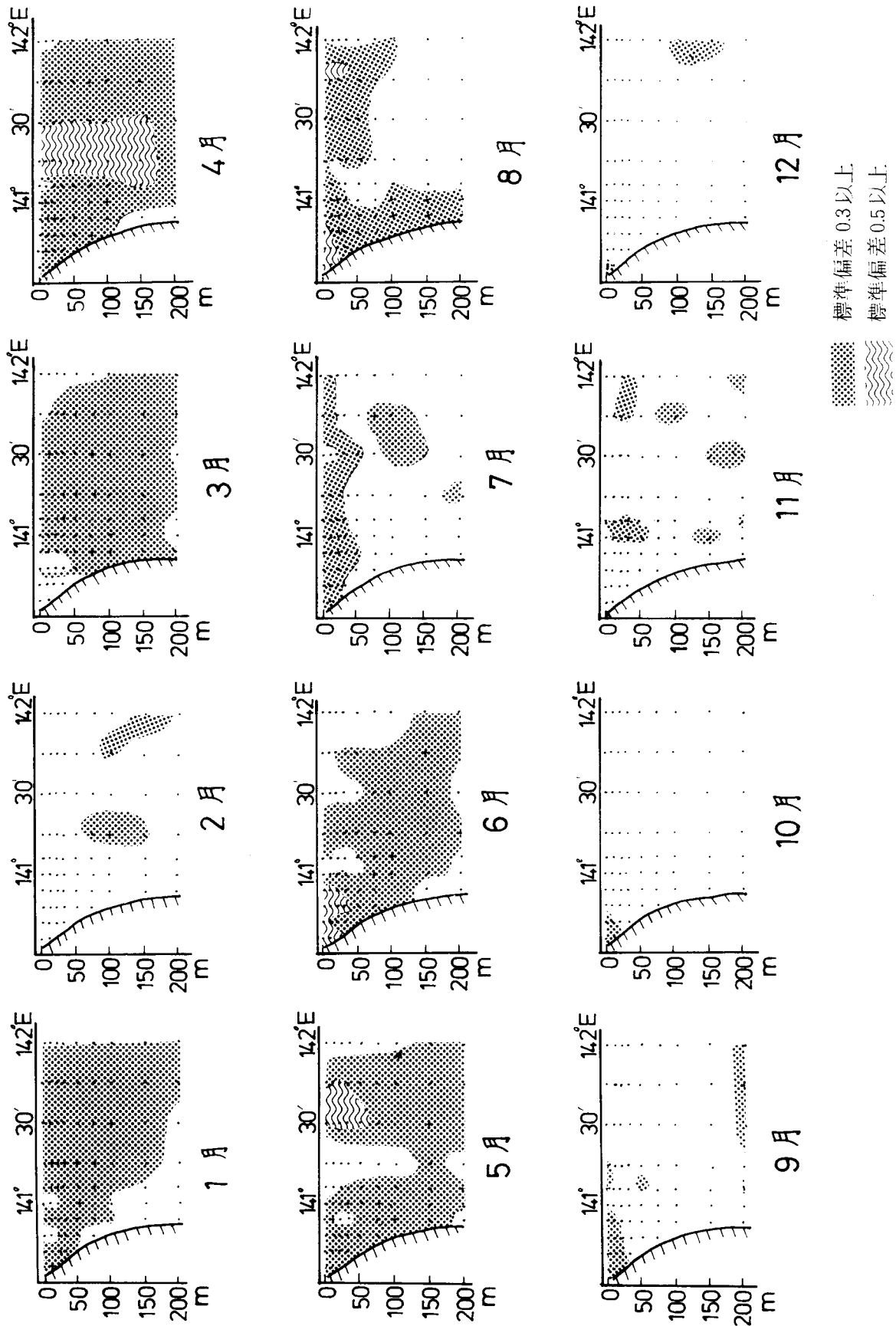


図-17 大洗正東 (36°19' N) 塩分標準偏差 (1971~1979年の平均) 鉛直分布図

また141°15'Eを中心とした海域には標準偏差0.3‰以下の所があり、この海域では水温の標準偏差も1.5℃以下で、水温、塩分の鉛直分布は向斜構造を示しており、暖水舌の中心海域として比較的安定していることを示している。6月は沿岸域(0.4‰以上)及び沖合の上層(0.3‰以下)を除き標準偏差は0.3‰台となっており、特に特徴のある分布は示していない。7月になると、上層部に標準偏差が0.3‰以上の海域が広がり、下層は0.3‰以下となっている。8月にはこれが沿岸海域の下層部まで0.3‰台の海域が広がり、上層部は0.4‰台と大きくなっている。これは6月頃から表層に広がって来る Fresh Water の影響によるものである。

図-18に犬吠埼正東線における塩分平均値に対する標準偏差の2-12月の鉛直分布を示した(1月は資料が少ないためはぶいた)。4-11月の141°E点の上層部は利根川の影響により標準偏差が大きくなっている。全般にみると前記点以外は標準偏差が0.2‰以下で大洗線の場合に比して非常に安定していることが分る。これはこの線は常時黒潮域に入っているため塩分量の変動が少ないことを物語っている。但し、3月の下層には0.2-0.3‰台の所があり、これは冷水の侵入によるものである。また4月にも141°30'E点で0.2‰から最高0.5‰の標準偏差水深がある。5月には沿岸側の下層が0.2-0.3‰台となっており、これは冷水湧昇域と一致している。7月は他の月に比して標準偏差が大きく、2‰以下の海域はない。特に表層は0.4‰以上の標準偏差であり、Fresh Water の出現により大きくなっているもので、沖合の下層は0.3‰台となっているが、これは水温極小の出現と一致している。8月、9月は沖合に0.3‰台の海域があり、これは黒潮の離接岸の関係によるものと考えられる。9-12月の中層部の沿岸寄りの標準偏差が0.2‰台のやや大きい海域があり、これは

5月の場合と同様冷水の湧昇によるものと考えられる。

10) 平均水温水平分布

図-19に表面の平均水温水平分布を示した。当海域の水温差は5-8℃で3、4月が一番大きく8℃、9月が5℃と最低で、6-8月及び12月が6℃、他は7℃の差となっている(表3)。分布状況は沿岸側が低温で、沖合側が高温となっており、北側が低温で、南側が高温となっている。2月、4月、5月、11月が平均分布でも暖水舌型(Wパターン)の分布状況を示しており、この月には暖水舌が出来易いことを示している。7月、8月は等温線がほぼ南北に引かれ(Kパターン)、2月は沖合の冷水侵入が顕著であることを示している。一方7月、11月には沿岸域の冷水の侵入が顕著であることが理解される。

その他の月(1月、3月、6月、9月、10月、12月)は大体同じような水温分布を示し、等温線は南西-北東に引かれている。これは水温分布の状況からみたもので水温値は表-2のようになっており、前述のように沿岸域や、北部海域は相対的に低温である。

50m深では当海域の水温差が6-11℃で表面より大きくなっており、10-11月が小さく6-7℃、6-8月が大きく10-11℃で、水温極小の出易い月と一致している。2-5月及び9月が8-9℃となっている(表3)。水温分布状況(図-20)は1-5月が141°E線を西縁とした暖水舌型を示しており、6-7月及び12月が黒潮分派型、8-11月が冷水舌型を示している。ここで冷水舌型といっても特別に水温が低いわけでもなく、低温水の中心は8月が12℃台、9月が14℃台、10月が18℃台、11月が15℃台である。このうち8月、9月、11月は当海域で冷水塊状を成している。従ってこれらの月には北低南高、西低東高の水温分布はく

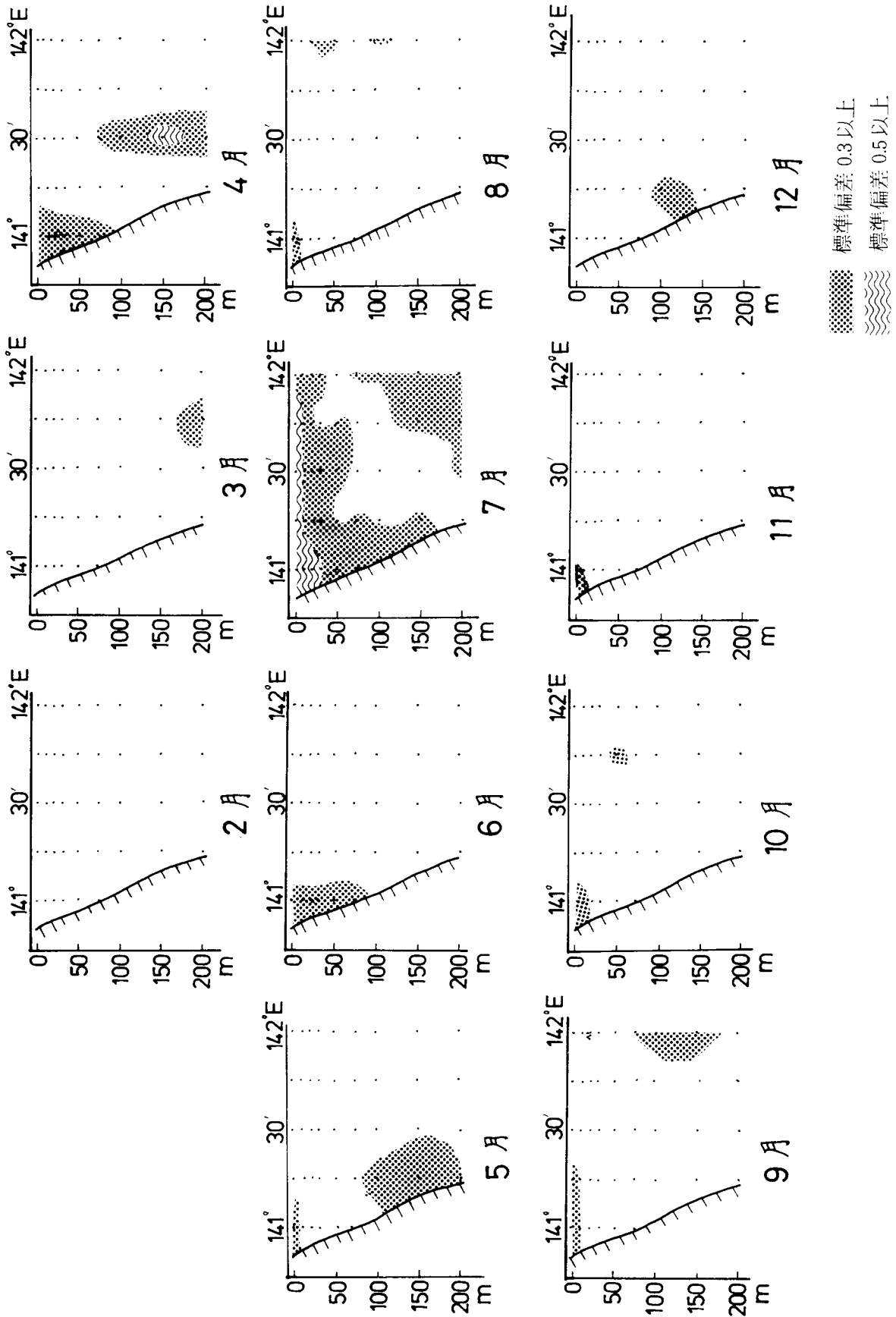


図-18 犬吠崎正東 (35°48' N) 塩分標準偏差 (1971~1979年の平均) 鉛直分布図

平均場からみた海況の特性

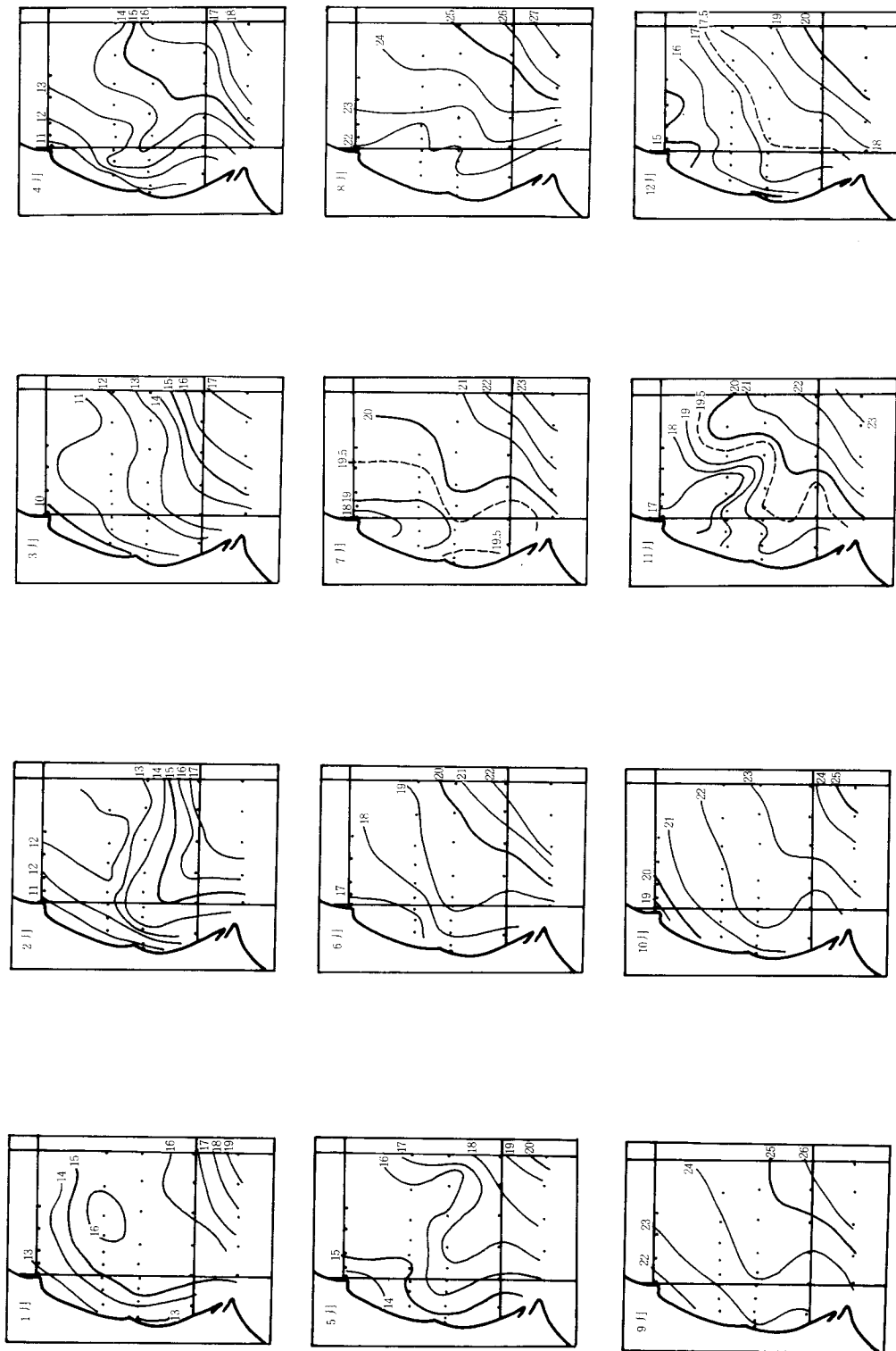
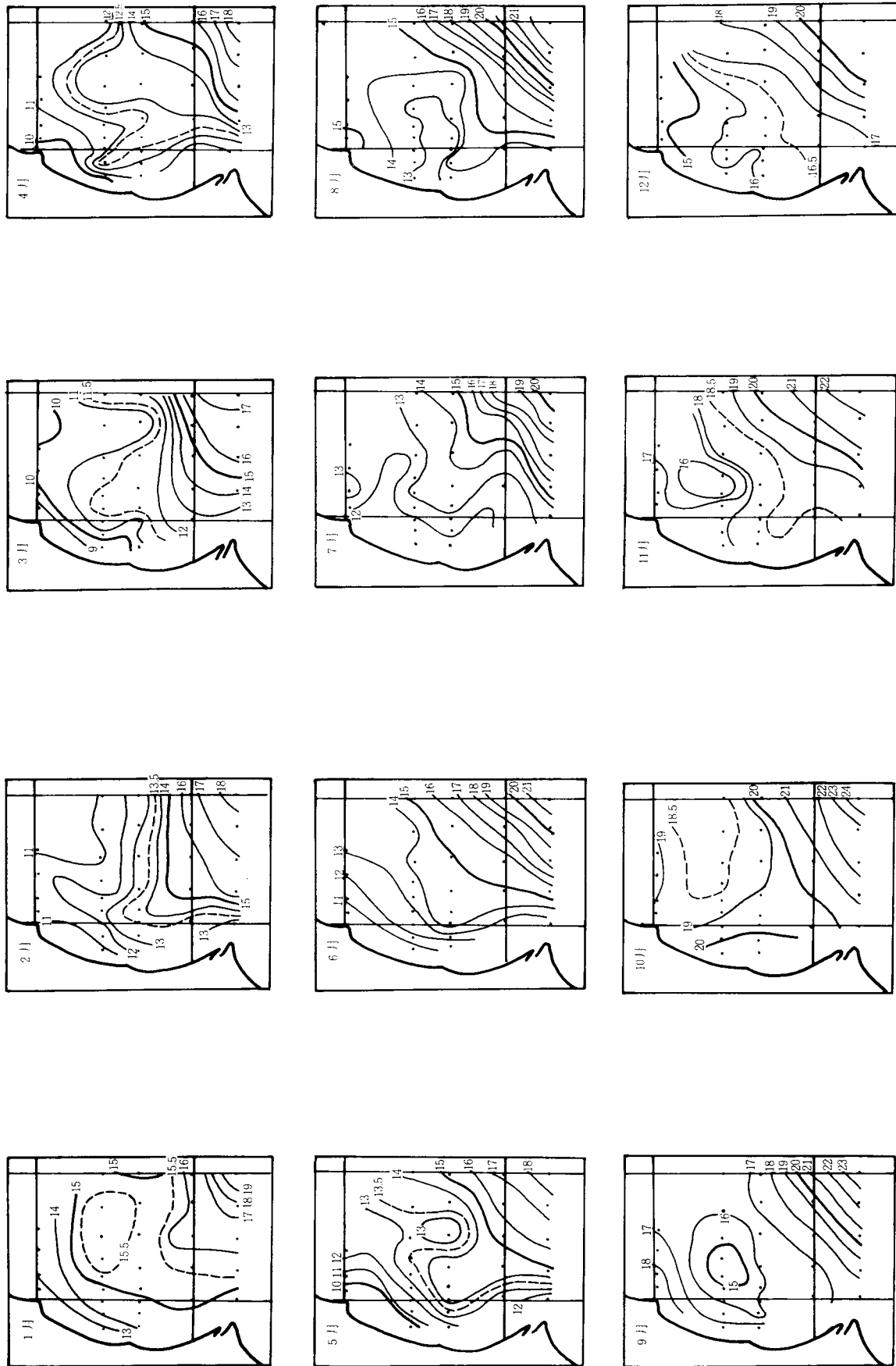


図-19 表面平均水温水平分布図



図一20 50m層平均水温水平分布図

平均場からみた海況の特性

ずれている。

100m深では当海域の水温差が7-11℃で10月及び11-2月が7℃で低く、6月が11℃で最高である。4月及び8月が9℃で他の月は8℃となっている(表3)。水温分布状況(図-21)は1-3月及び5月が暖水舌型を示しており、4月、6月、7月、及び12月が黒潮分派型、8-11月が冷水舌型を示している。この冷水舌型は当海域で冷水塊状を成しており、中心の最低水温は8月が10℃台、9月が11℃台、10月が13℃台、11月が12℃台である。

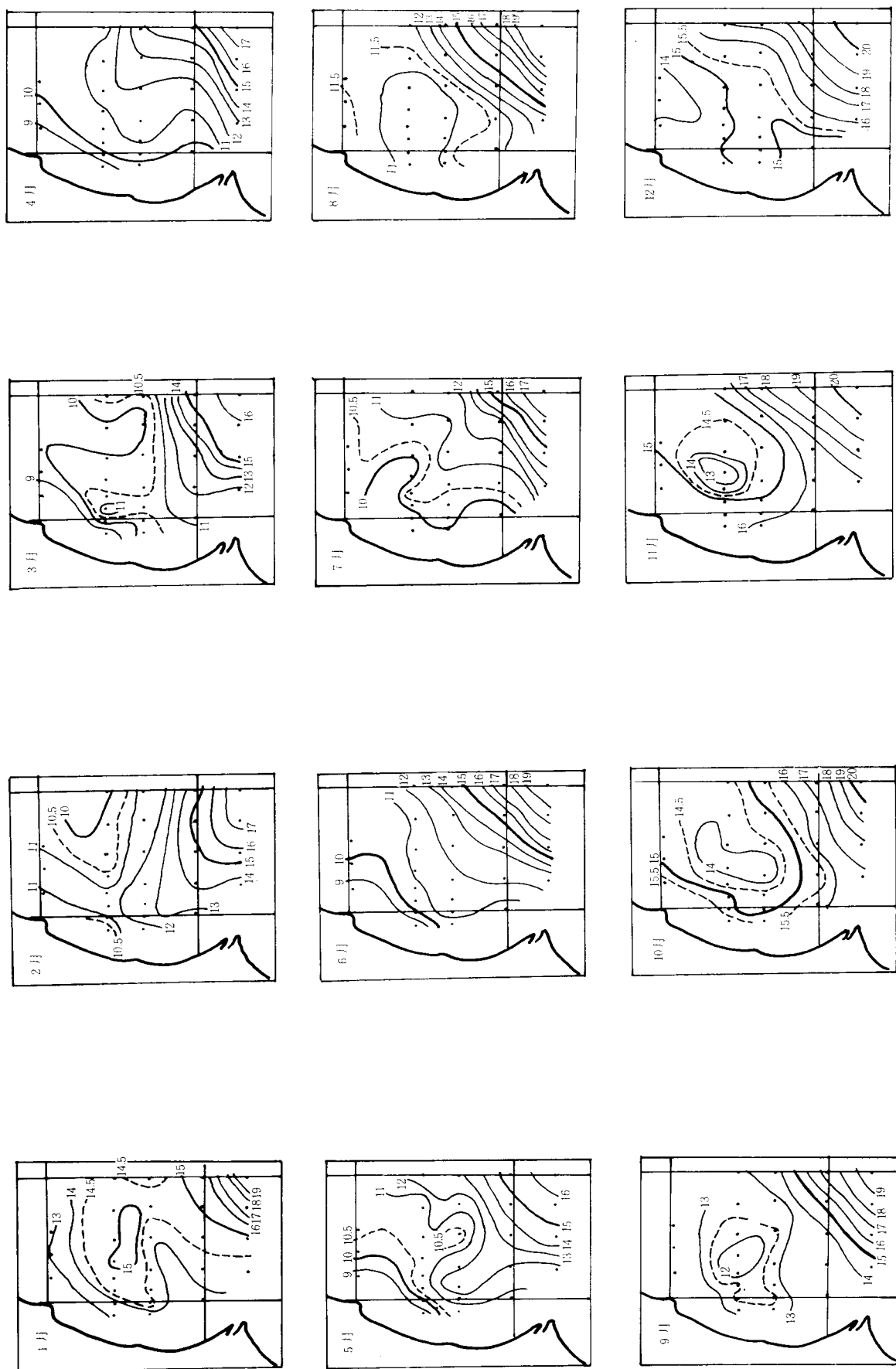
200m深(図-22)になるとこの分布状況は暖水舌型と冷水舌型の2型になり、黒潮分派型はなくなっている。即ち、2-5月が暖水舌型であり、6-1月までの2/3年間が冷水舌型となっている。これは下層になるに従って当海域は親潮系水の影響下におかれることが多いことを示唆している。

図-23~図-26には大洗正東線における各層の

平均水温アイソプレスを示した。表面のアイソプレスを(図-23)をみると「平均水温の層別季節変化」の項で述べたように、最低水温の出現時期は沿岸も沖合も2月に出現し、3月に全域が最低となり、4月から昇温期に入っている。最低水温は沿岸が10℃台、沖合が13℃台でその差は3℃程度に過ぎなく、水温の東西差が小さいことを示している。昇温期に入り昇温速度の速いのは沿岸で4月から5月の間の4℃、沖合では5月から6月の間及び7月から8月の間の4℃であり、前者は沿岸水温の急昇温、後者は暖水舌や黒潮分派の侵入によるものである。6月から7月間の昇温速度はにぶい。最高水温の出現時期は沖合が8月の25℃台であり、沿岸が1ヶ月遅く、9月の22℃台である。全域的には9月に最高水温が出現している。10月から降温期に入り、昇温期の昇温速度よりやや遅い速度で降温し、最低水温期の3月に向っている。全体的には等温線が月と月の間に引かれ水温の月変動が目立つ分布状況を示している。

表3 当海域に於ける水深別水温範囲と最高・最低平均水温差

水温	月	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	表面	水温範囲	12°~19°台	10°~17°台	9°~17°台	10°~18°台	13°~20°台	16°~22°台	17°~23°台	21°~27°台	21°~26°台	18°~25°	16°~23°
	差	7°	7°	8°	8°	7°	6°	6°	6°	5°	7°	7°	6°
50m深	水温範囲	12°~19°台	10°~18°台	8°~17°台	9°~18°台	9°~18°台	10°~21°台	11°~21°台	12°~22°台	14°~23°台	18°~24°	15°~22°	14°~20°
	差	7°	8°	9°	9°	9°	11°	10°	10°	9°	6°	7°	6°
100m深	水温範囲	12°~19°台	10°~17°台	8°~16°台	8°~17°	8°~16°	8°~19°	9°~17°	10°~19°	11°~19°	13°~20°	12°~20°	13°~20°
	差	7°	7°	8°	9°	8°	11°	8°	9°	8°	7°	8°	7°
200m深	水温範囲	10°~18°台	7°~16°台	6°~14°台	5°~15°台	7°~14°台	7°~16°	6°~14°	6°~15°	7°~14°	8°~15°	8°~15°	10°~16°
	差	8°	9°	8°	10°	7°	9°	8°	9°	7°	7°	7°	6°



図一21 100m層平均水温水平分布図

平均場からみた海況の特性

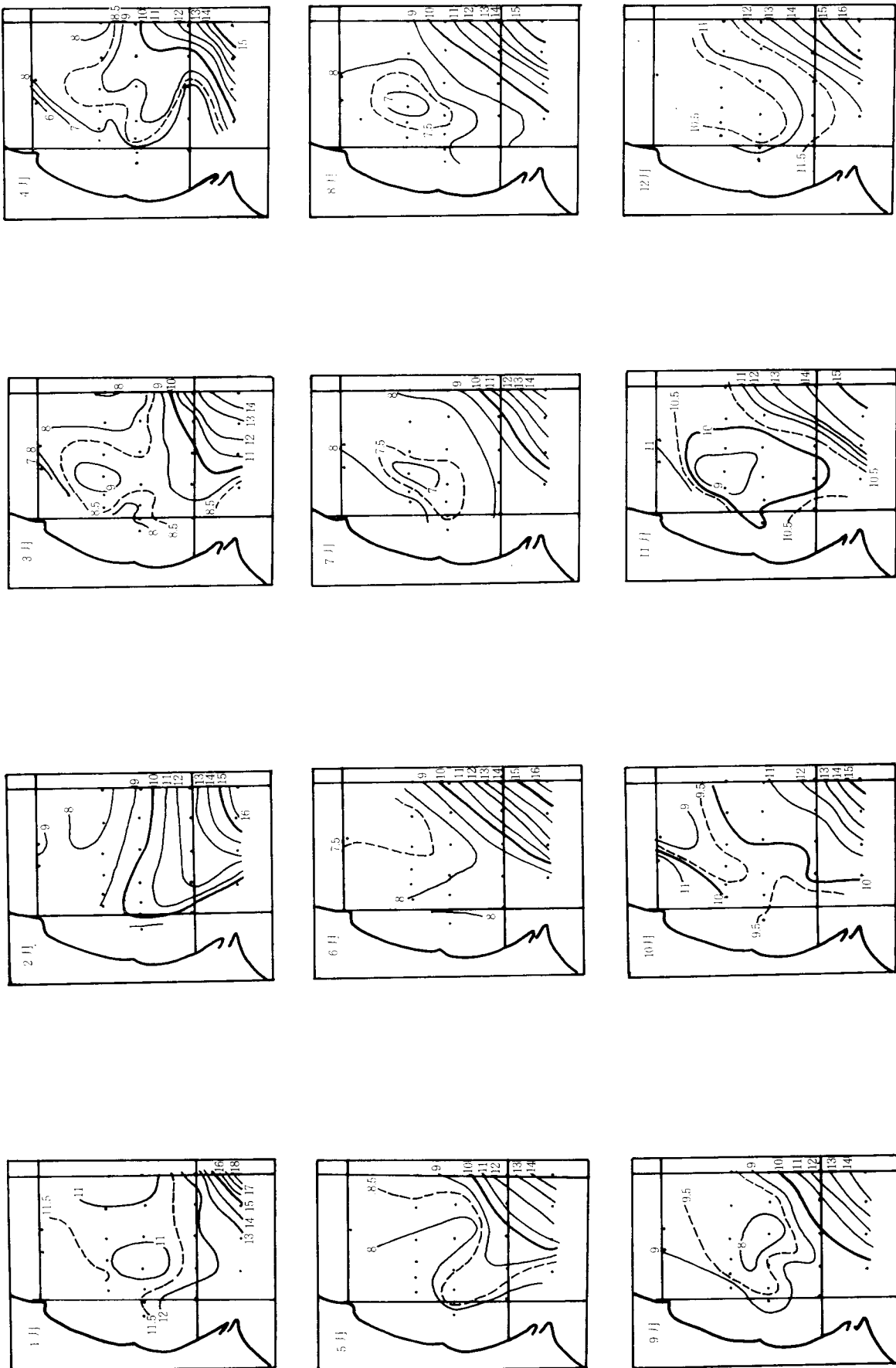
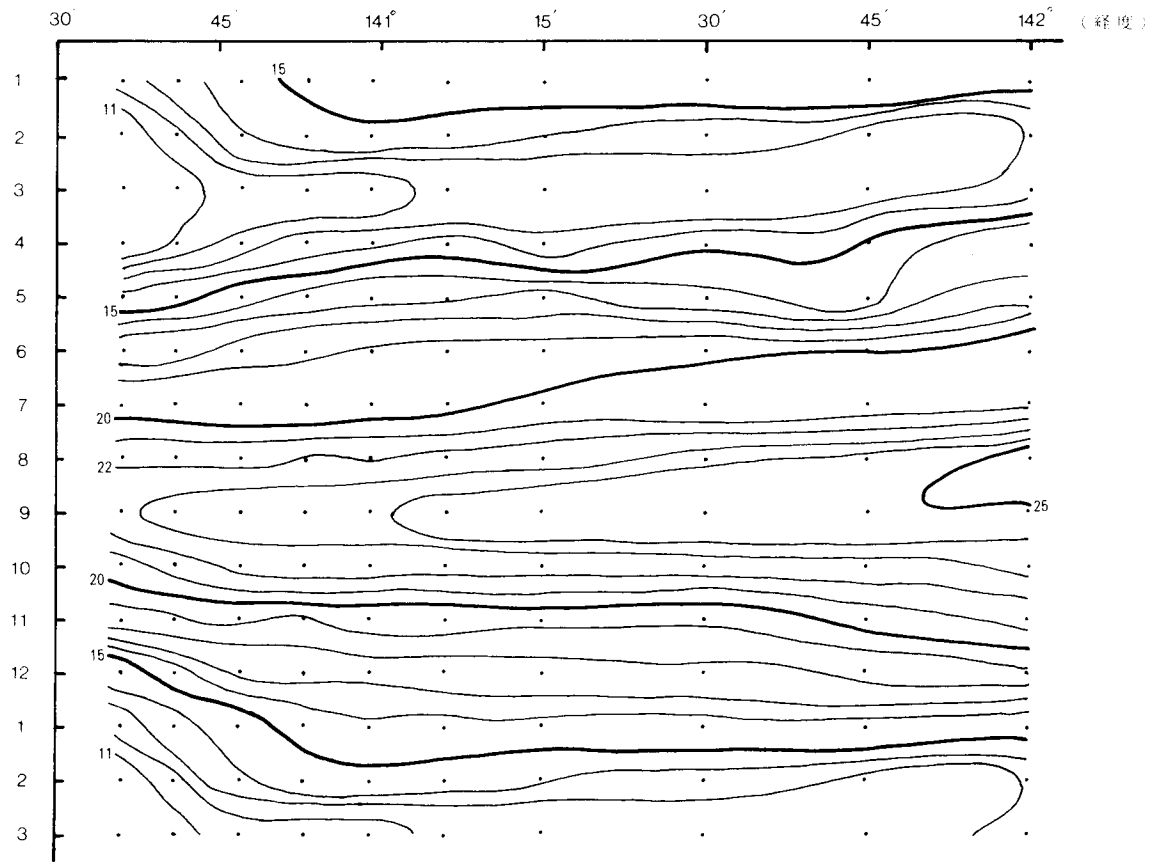


図-22 200m層平均水溢水平分布図



(1)

図-23 大洗正東表面平均水温アイソプレス

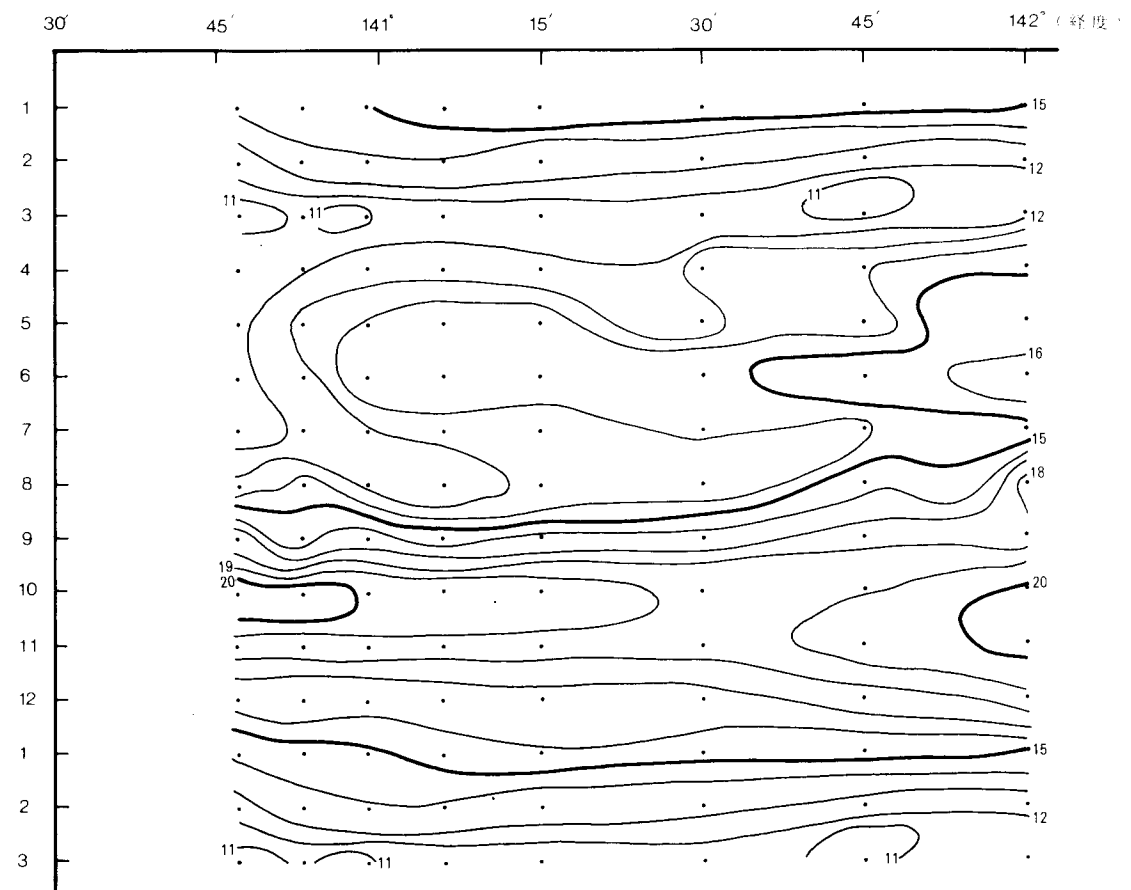


図-24 大洗正東50m深平均水温アイソプレス

平均場からみた海況の特性

50m深（図-24）では、最低水温の出現時期は沿岸も沖合も3月で10℃台であるが、最高水温の出現時期は沿岸が10月、沖合が11月となっており、水温は両者とも20℃台である。9-2月までは等温線が月と月の間に引かれ、表面と同じく水温の月変化が大きいことを示しているが、3-8月は等温線が月を横切って引かれ、即ち沿岸側が低温で、沖合が高温であり、この期間は水温の月変動は小さく、水塊の変動により水温が左右されることを示唆している。また7-8月は低温水が沖合にまで広がっており、これは前述の水温第2極小に当るものであることが分る。

100m深（図-25）では、最低水温の出現時期は沿岸が4月、沖合が3月で9℃台であり、全域的には3月に最低水温が出現している。また7月にも沿岸で9℃台、沖合で10℃台の低水温が出現し、これは水温第2極小と対応している。最高水温の出現時期は沿岸、沖合ともに11-12月で、水温は沿岸が15℃台、沖合が17℃台である。10月から2月までは50m深の同期と同じく、等温線が月と月の間に引かれ、水温の月変化が主体であるが、3-9月は等温線が月を横切って引かれており、50m深の同期と同じく、この期間は水温の月変動は小さく、水塊変動に左右されていることを示唆している。

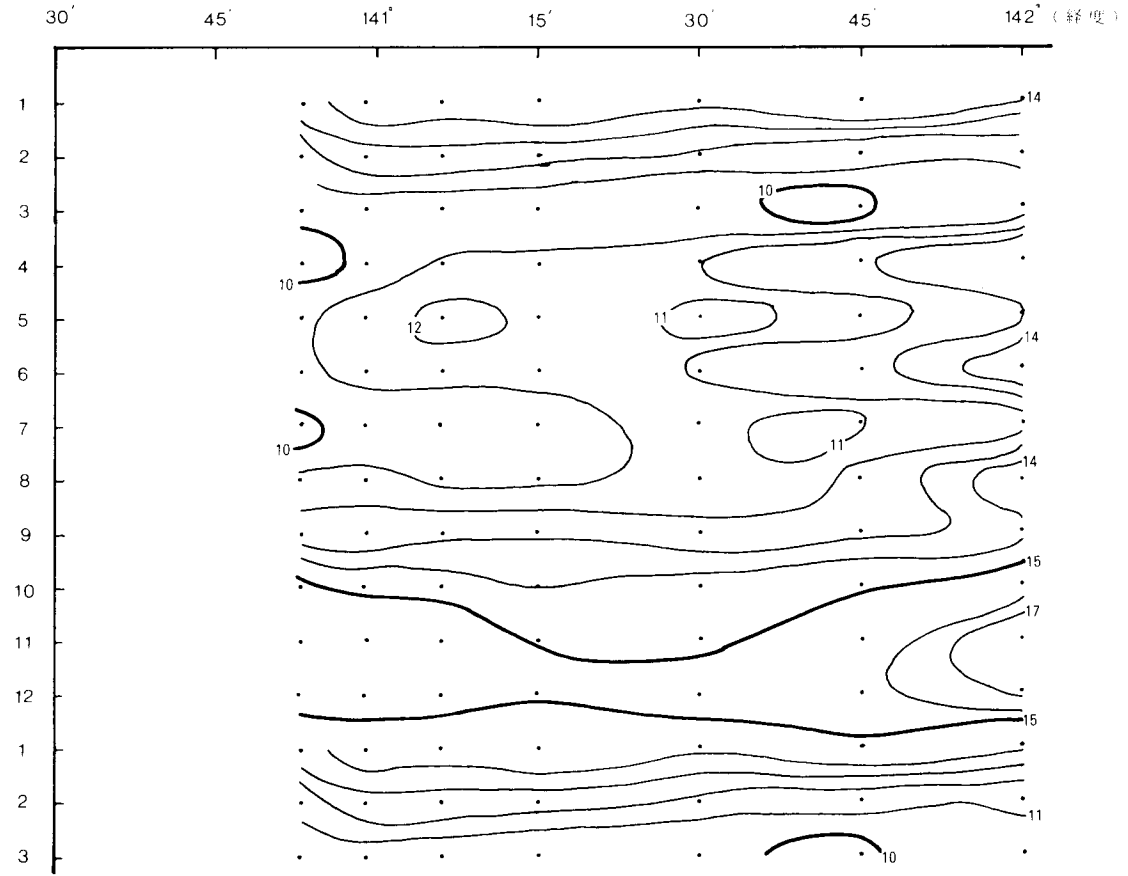
200m深（図-26）では10-2月に月変化が認められ、最高水温はこの間に出現し、沿岸では12-1月に、沖合では11-12月に認められ、沿岸での水温は11℃台である。3月から9月の間は水温が殆どどの海域で10℃以下で、沿岸側が低温、沖合が高温の状況を示し、沿岸域は親潮系水の影響を受け、沖合域では多少ではあるが黒潮系水の影響をうけていることを示している。200m深での最低水温は7℃台であり、最高水温は前述のごとく12℃台で、年間での差は5℃程度に過ぎない。

図-27～図-30には犬吠埼正東線における各層

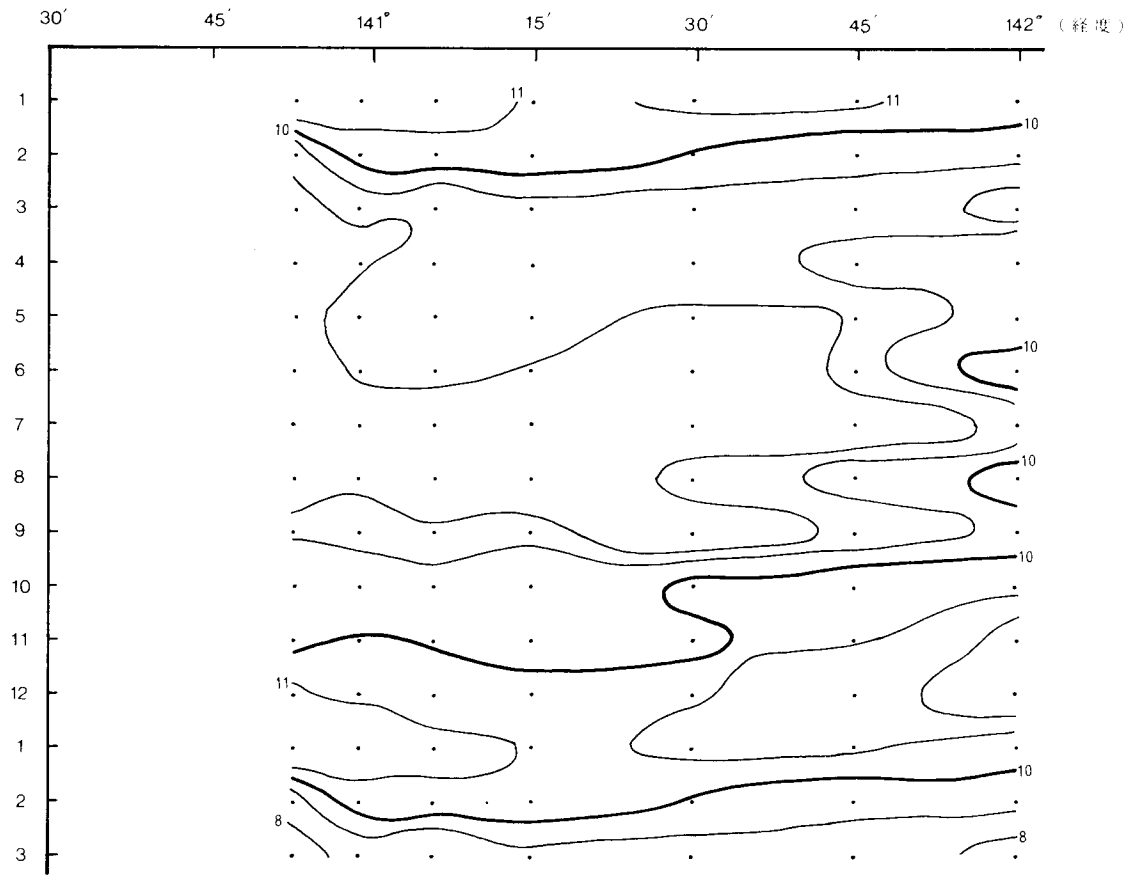
の平均水温アイソプレスを示した。表面のアイソプレス（図-27）をみると、最低水温の出現時期は大洗正東の場合より1ヶ月遅く、沿岸も沖合も3月に出現し、最低水温は沿岸が13℃台、沖合が17℃台でその差は4℃程あり、沿岸水と黒潮水との差を示している。4月から昇温期に入り、昇温速度の速いのは4月から5月の間及び8月から9月の間の3℃であるが、中間海域では大洗正東の沖合と同じく5月から6月の間の4℃、沖合では7月から8月の間の4℃である。6月から7月の間は大洗正東の場合と同じく昇温速度はにぶい。最高水温の出現時期は沿岸が9月の24℃台であり、沖合が8月の27℃台である。全域的には大洗正東の場合と同じく9月に最高水温が出現している。水温上昇期の等温の出現時期は沿岸が沖合より3ヶ月遅れている。例えば18℃台は沖合が3月、沿岸が6月、20℃台は沖合が4月、沿岸が7月というようになっている。10月から降温期に入り月に2-3℃の割合で降温し、最低水温期の3月に向っている。

50m深（図-28）では最低水温の出現時期は沿岸が大洗正東の場合より遅く4月、5月の11℃台であり、沖合は3月の17℃台である。最高水温の出現時期は沿岸、沖合ともに10月であり、水温は沿岸が20℃台、沖合が24℃台となっている。等温線の走行状態は10-1月まではほぼ月と月の間に引かれており、水温の月変化が大きいことを示しているが、2-9月は等温線が月を横切って引かれ、沿岸側が低温で沖合側が高温であることが顕著に現れており、大洗正東の3-8月の場合と同じく、この時期は水塊の変動により水温は左右されることを示唆している。また大洗正東と同じく7月には6月より低温となっており、これは水温第2極小に当るものである。

100m深（図-29）では大洗正東の場合よりかなり様相が異なり、等温線は月を横切って引かれ



(月) 図-25 大洗正東100m深平均水温アイソプレス



(月) 図-26 大洗正東200m深平均水温アイソプレス

平均場からみた海況の特性

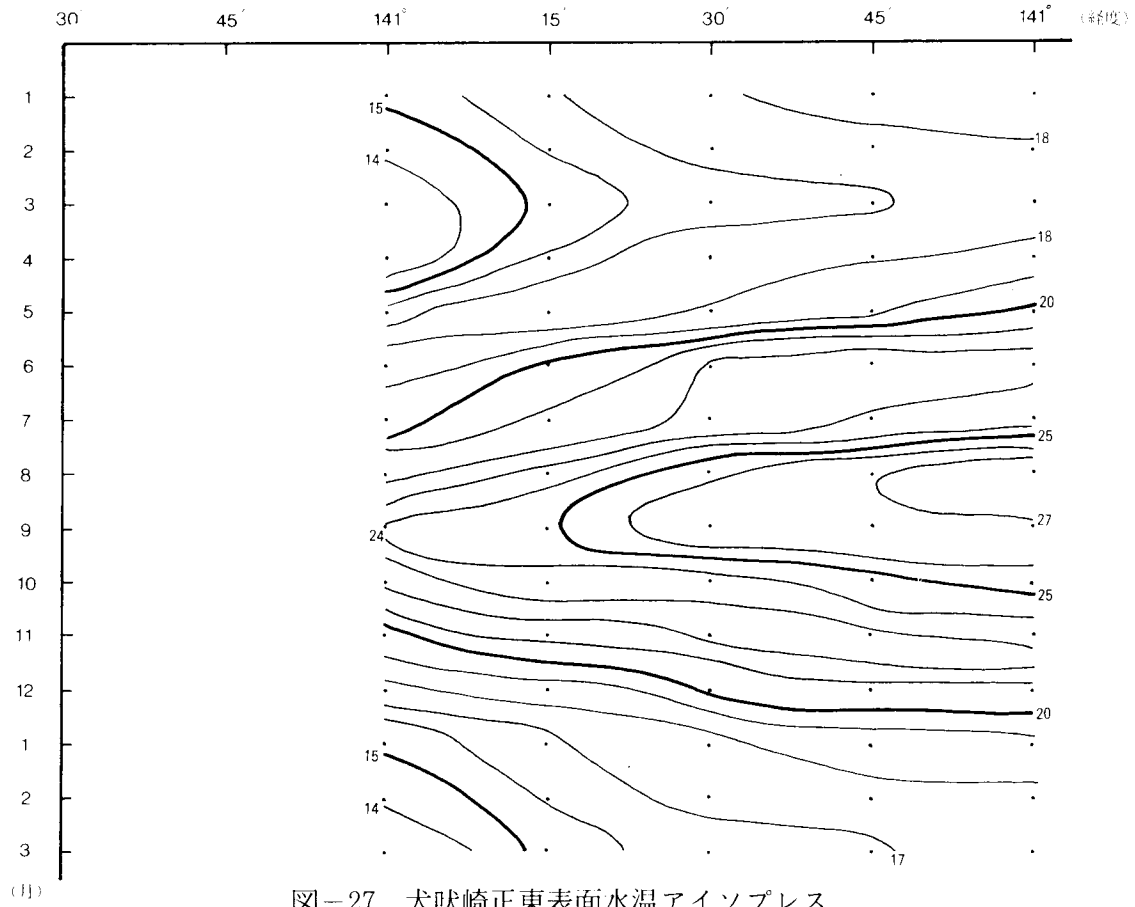


図-27 犬吠崎正東表面水温アイソプレス

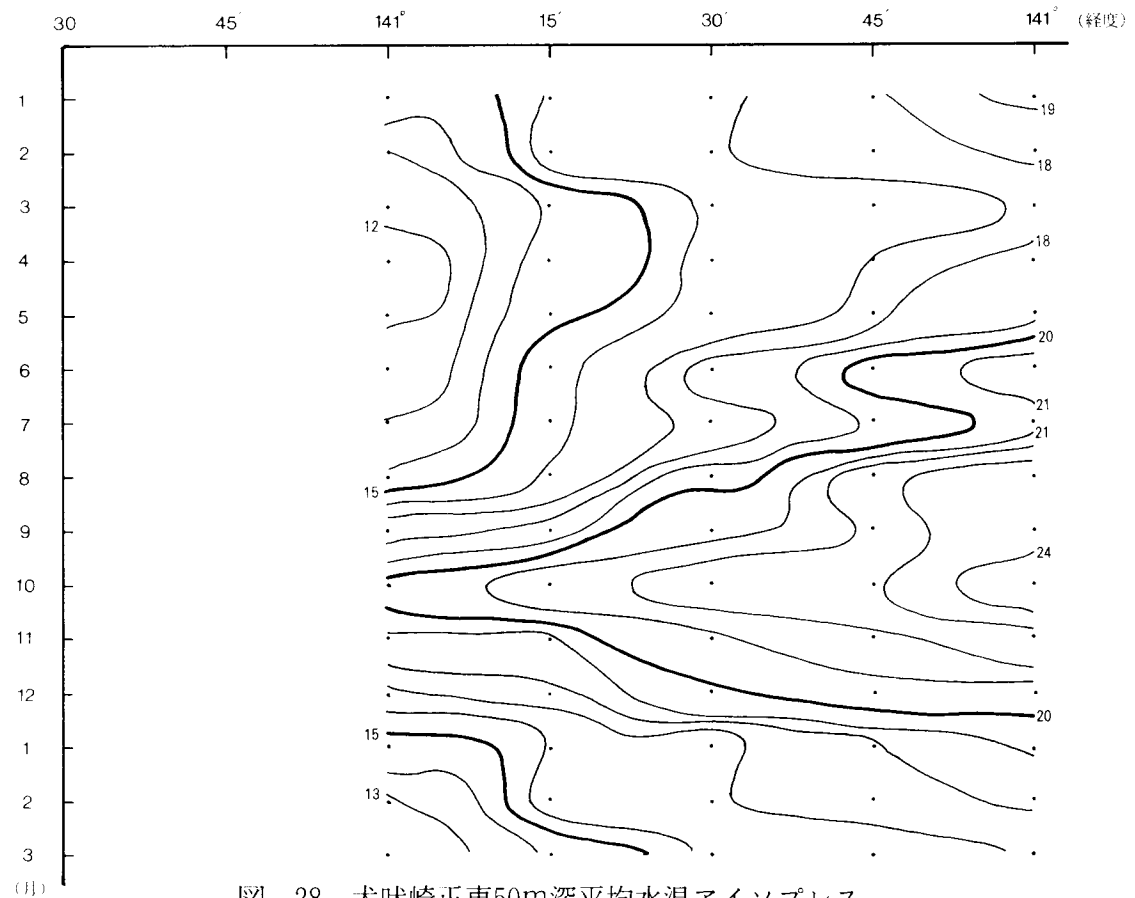


図-28 犬吠崎正東50m深平均水温アイソプレス

ている。即ち沿岸側が低温で沖合側が高温となっており、経月の水温変動は顕著には認められない。但し、8-12月は高温で1-7月が低温である。その中で最低水温の出現時期は沿岸が3月及び5月で11℃台であり、沖合は同じ月の16℃台である。最高水温の出現時期は沿岸が9-12月の16℃台、沖合が10-12月の20℃台である。7月の水温第2極小はこの水深でも認められる。

200m深(図-30)でも100m深と同様な状況を示しており、ただ、最低水温の出現時期が沿岸では3月及び5-7月の8℃台、沖合では3月、5月、7月、9月の14℃台であり、最高水温の出現時期が沿岸では12-1月の11℃台、沖合では12-2月の16℃台であることが幾分異なる。ここで興味深いのは最低水温が沖合では3月、5月、7月、9月の奇数月に出現していることである。

11) 平均塩分水平分布

図-31に表面の平均塩分水平分布を示した。これをみると1-12月まで沿岸域が低温分水で覆われ、特に大洗沿岸域(1-5マイル海域)には非常に低塩分の水が存在していることが分る。那珂川の河川水が大きく影響している。また沿岸域の低塩分水についてはすでに久保(1983)が報告したとおりである。最高塩分は常に犬吠埼正東線上でみられ、これはこの海域が黒潮域に入っているためであり、最高塩分の変動は「平均塩分の層別季節変化」で述べたとおりである。分布状況は水温の分布状況と非常に似ており、2月、4月、5月、7月が暖水舌型の分布であり、7月のみが水温の場合と異なっている。6月及び8-1月は等塩分線がほぼ南-北に引かれ、沿岸域が低塩分、沖合域が高塩分の黒潮分派型の分布を示し、水温の場合とやや異なっている。3月は等塩分線が東-西に引かれ、この月のみが冷水舌型に近い分布を示し、冷水強勢月であることを示唆している。

50m深(図-32)では沿岸水の影響はみられず当海域の塩分差が0.3-0.9‰であり、10-2月が小さく0.3-0.5‰、3-9月が0.6‰-0.9‰と大きい。これは10-2月の水塊が安定し、3-9月の水塊は不安定であることを示唆しているものと考えられる。分布のパターンは2-8月までが50m深の水温分布と一致しているといえる。従って50m深の水温分布と塩分分布とはかなり高い相関を示しているということがいえる。

100m深(図-33)では当海域の塩分差が50m深と同じく0.3-0.9‰であり、沿岸域が低塩分で沖合域が高塩分となっており、ここでも親潮系水は沿岸域に存在することを示している。9月及び11-2月の差が小さく0.3-0.5‰であり、3-8月及び10月が0.6-0.9‰と大きく50m深と同様な状況である。分布のパターンは2月から8月が100m深の水温分布と一致しており、9-1月は水温分布でみられた冷水塊の存在が不明瞭となっている。

200m深(図-34)では当海域の塩分差が100m深より更に大きくなり0.5-0.9‰で、10-3月及び8月が0.5-0.6‰、4-7月及び9月が0.7-0.9‰となっており、下層程黒潮系水と親潮系水の差が明瞭に現れていることが分る。分布状況は1-12月まで200m深水温分布と一致しており、水温分布を見れば塩分分布が推定可能である。これは前述の黒潮系水と親潮系水との差が各月とも水温、塩分ともにはっきり区別できることによるものである。

図-35~図-38には大洗正東線における各層の平均塩分アイソプレスを示した。表面のアイソプレス(図-35)をみると、主たる塩分前線は140°45'E(距岸8マイル)より岸側に存在し、7月のみが140°45'Eと140°50'Eの間に存在している。8月は低塩分水が沖合まで広がり、8月の低塩分海域を中心にその前後は徐々に高塩分となり、1

平均場からみた海況の特性

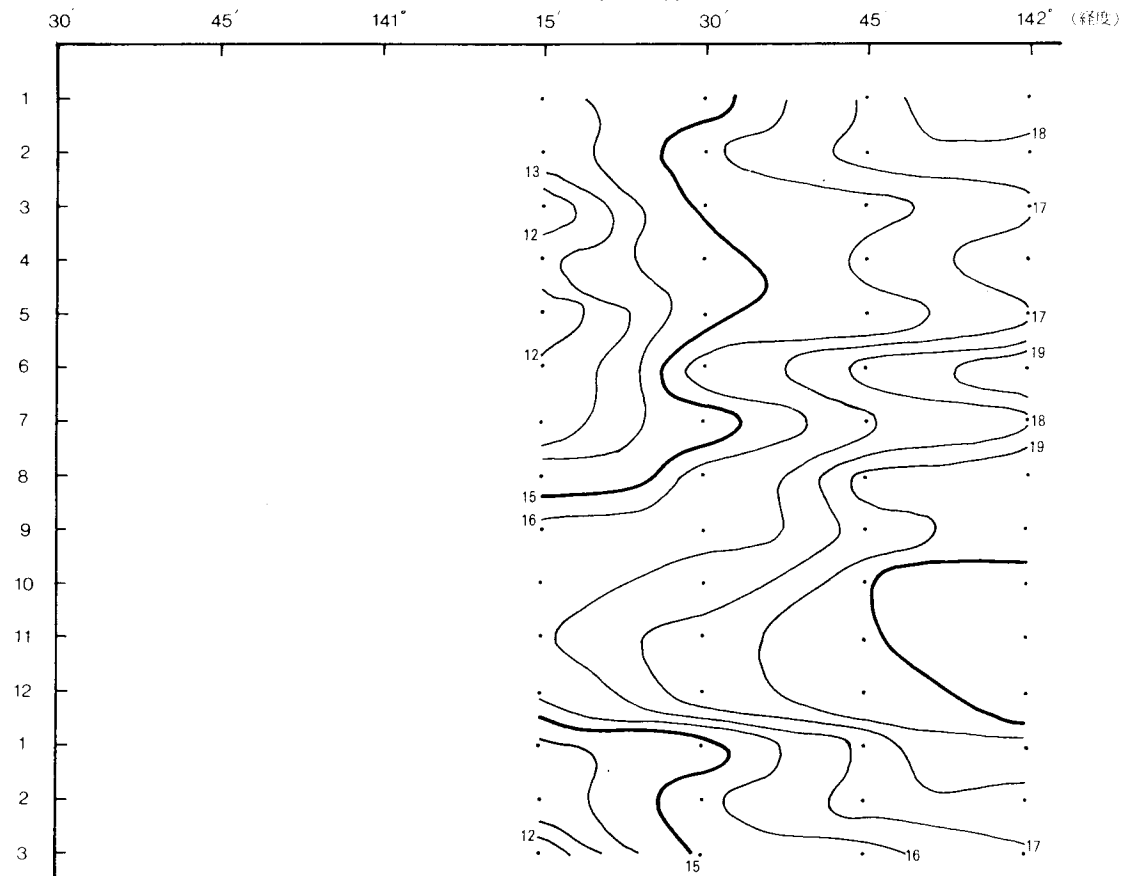


図-29 犬吠崎正東100m深平均水温アイソプレス

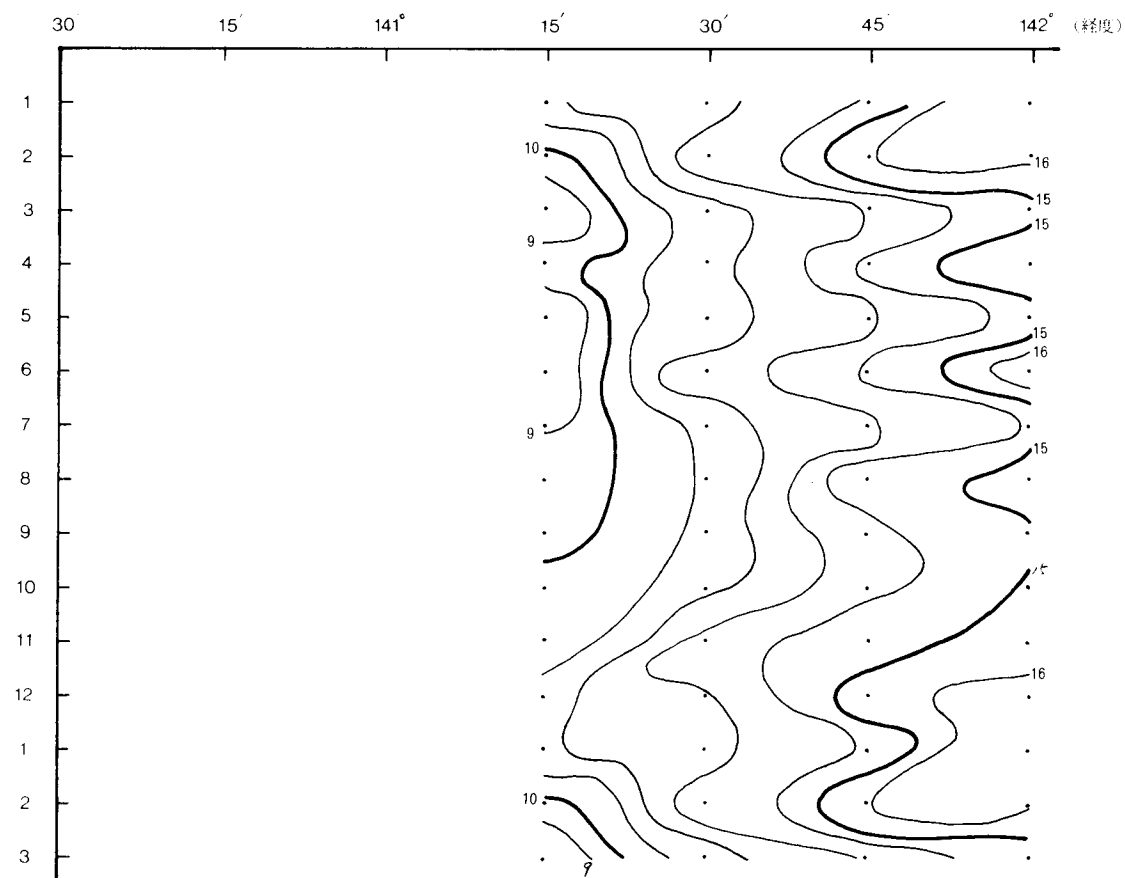


図-30 犬吠崎正東200m深平均水温アイソプレス

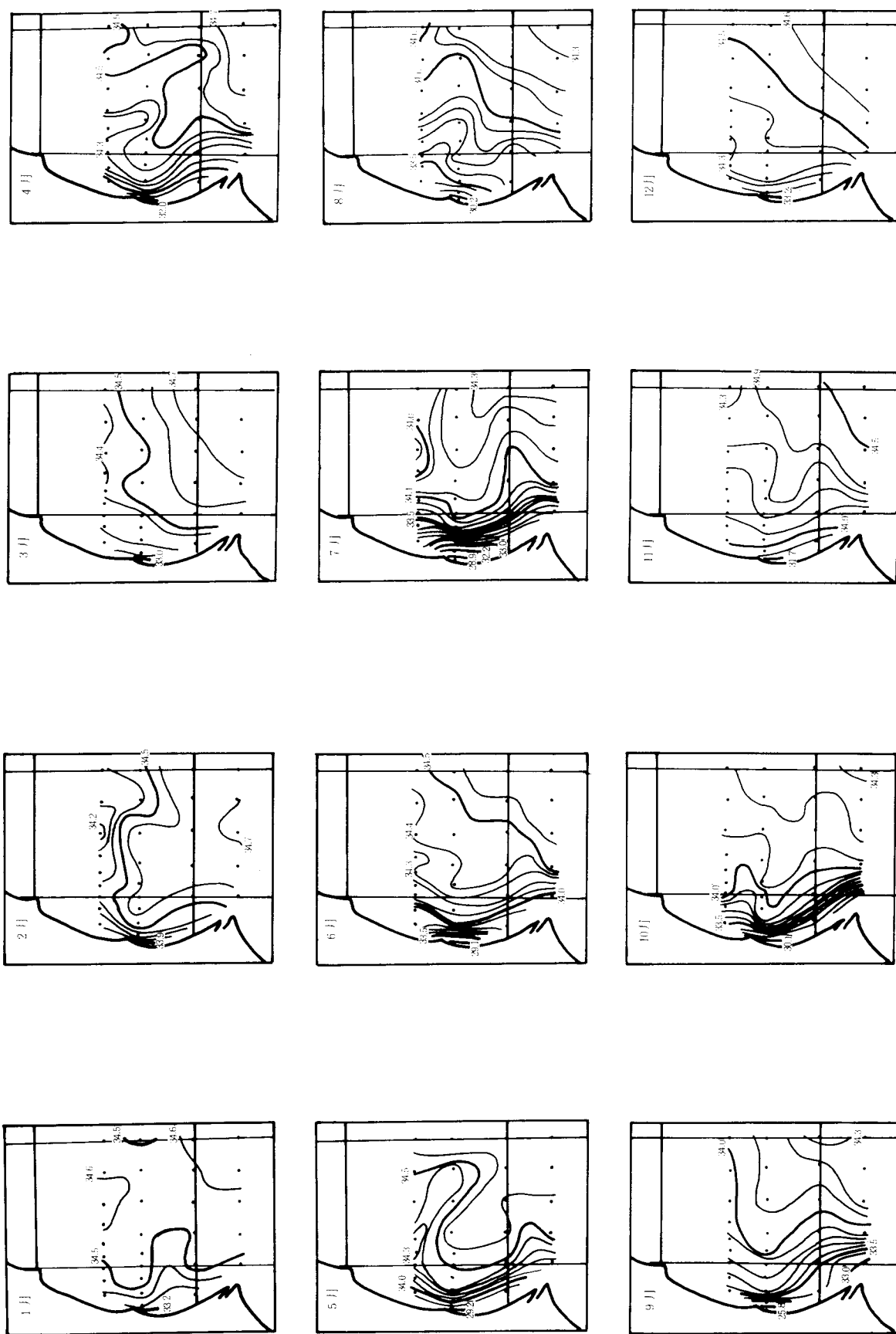


图-31 表面平均塩分水分布图

平均場からみた海況の特性

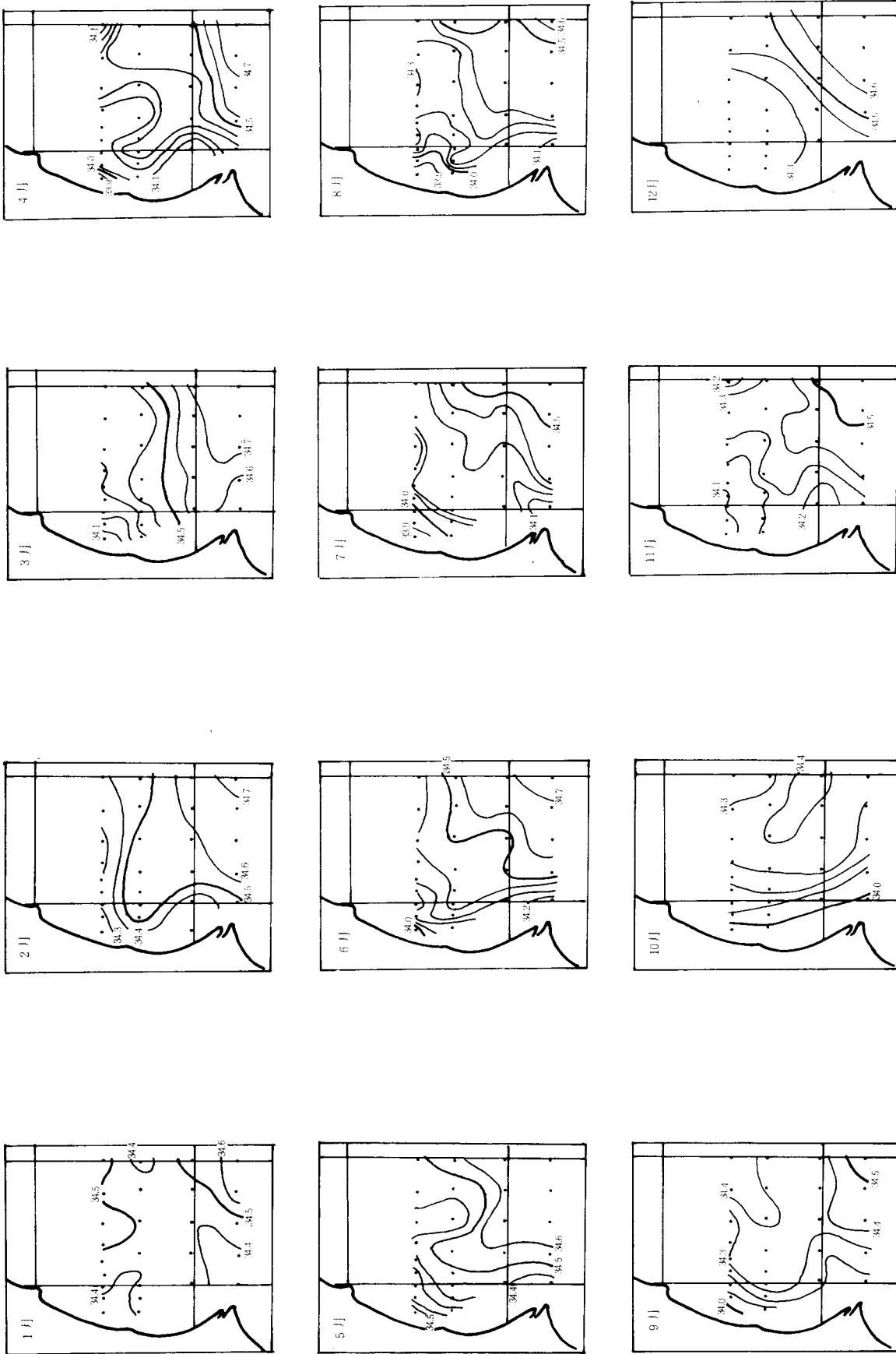


図-32 50m層平均塩分水分布図

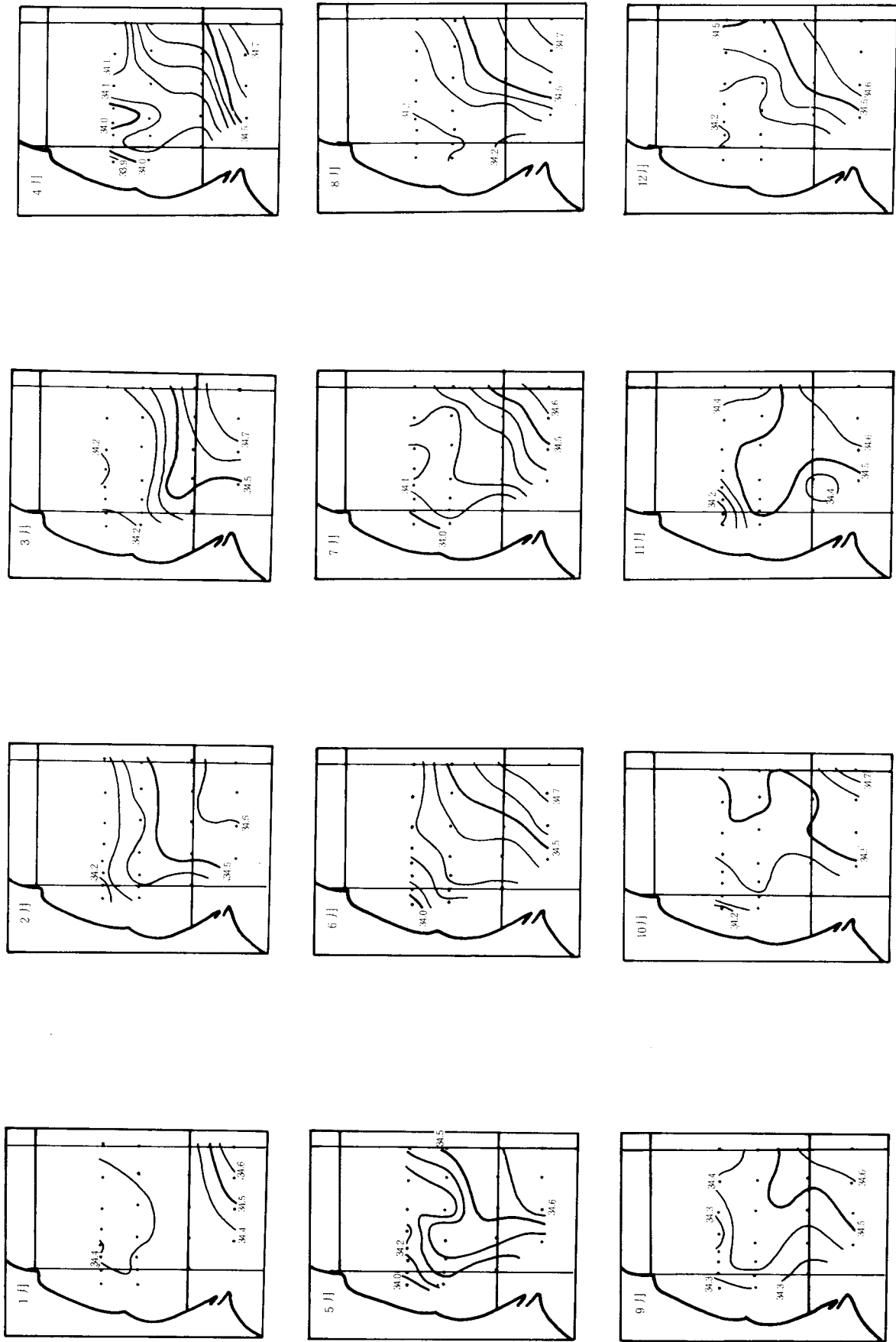


图-33 100m層平均塩分水平分布图

平均場からみた海況の特性

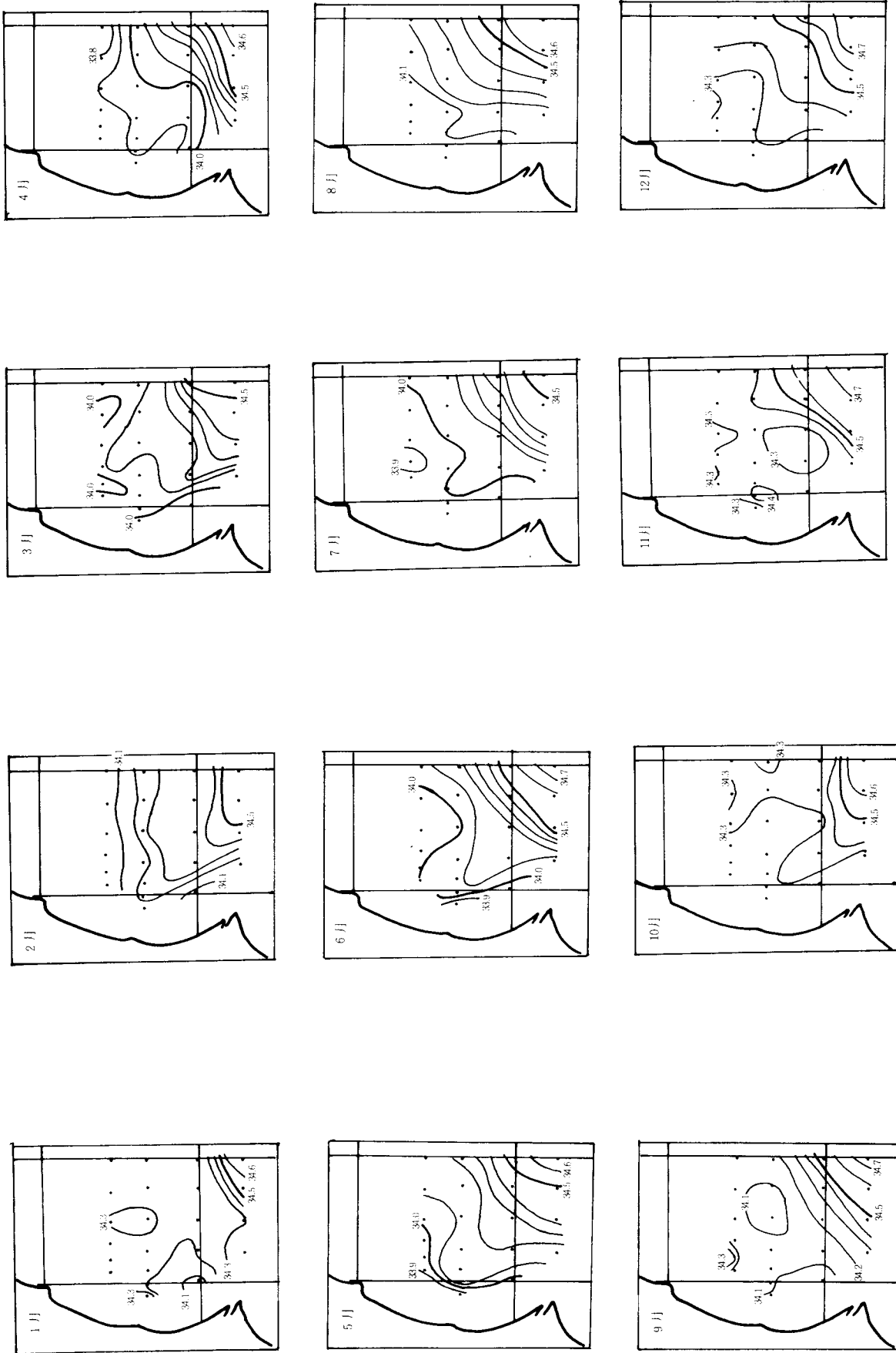


図-34 200m層平均塩分水分布図

月、2月は高塩分水が岸近くまで接近している。その他この分布で特徴的なことは5月の141°E-141°15'E間に高塩分水が存在することであり、これはこの時期に暖水舌が発達することを示している。また、2-6月にかけて141°15'Eから141°45'Eの間で或る観測点において塩分の低い点があり、これはこの観測点を中心に親潮系水が侵入していることを示している。例えば2月の141°45'E点、4月の141°15'E点、5月の141°45'E点などである。2-6月の沖合には高塩分水(34.5%以上)が存在し、この期間は沖合に黒潮系水が存在することを示している。前述のごとく表面では沿岸水と沖合水との塩分前線が顕著に現れているのが特徴的である。

50m深(図-36)では距岸8マイルより岸側は水深が50mより浅いこともあり、距岸10マイルより沖側しかないが、この距岸10-15マイルには沿岸水の低塩分の名残りが4-10月に認められる(塩分34.2%以下)。表面と同じく7月、8月には低塩分水が沖合にまで広がっており、1-3月には高塩分水が沿岸に接近している。

その他この分布で特徴的なことは5月、6月に高塩分水が接岸していることであり、これは黒潮が接岸し、北向型の流路をとることを示唆している。また4月の141°15'Eを中心に低塩分水(34.1-34.3%)が存在しており、この時期には表面のアイソプレスで述べたように親潮系水が侵入していることを示している。

100m深(図-37)では34.0%以下の塩分はみられず、3-4月、7-8月及び12月に34.3%以下の低塩分域が沿岸から沖合まで広がっている。3-4月の低塩分は親潮の南下時期と一致しており、7-8月の低塩分は水温極小の出現と一致している。しかし、12月の低塩分の存在は黒潮と親潮との関係からは説明がつけにくい。50m深までは最高塩分が1月、2月に出現していたが、100

m深では10月、11月に出現しており、これは「平均塩分鉛直分布」で述べたように、塩分極大層の下層への移行によるものであろう。

200m深(図-38)では100m深と同じような分布状況を示しているが、塩分値が34.4%以上を示しているのは11月、12月の沖合域のみで、全般に100m深の塩分値より低くなっている。4月及び7月には34.0%以下の低塩分域が沖合にまで広がり、前述のとおり11月、12月のみが34.3%以上の海域がひろがっているに過ぎない。

図-39~図-42には犬吠埼正東線における各層の平均塩分アイソプレスを示した。表面のアイソプレス(図-39)をみると低塩分水(34.5%以下)が沖合にまで存在する期間は7-10月までで、4-6月及び11-12月は沿岸域のみが低塩分水となっている。その他の月は沿岸から沖合まで高塩分水で覆われ、従って黒潮系水によって占められていることを示している。7-10月までは沿岸前線が顕著に現れており、利根川の流量の多い時とかなり良く一致している。

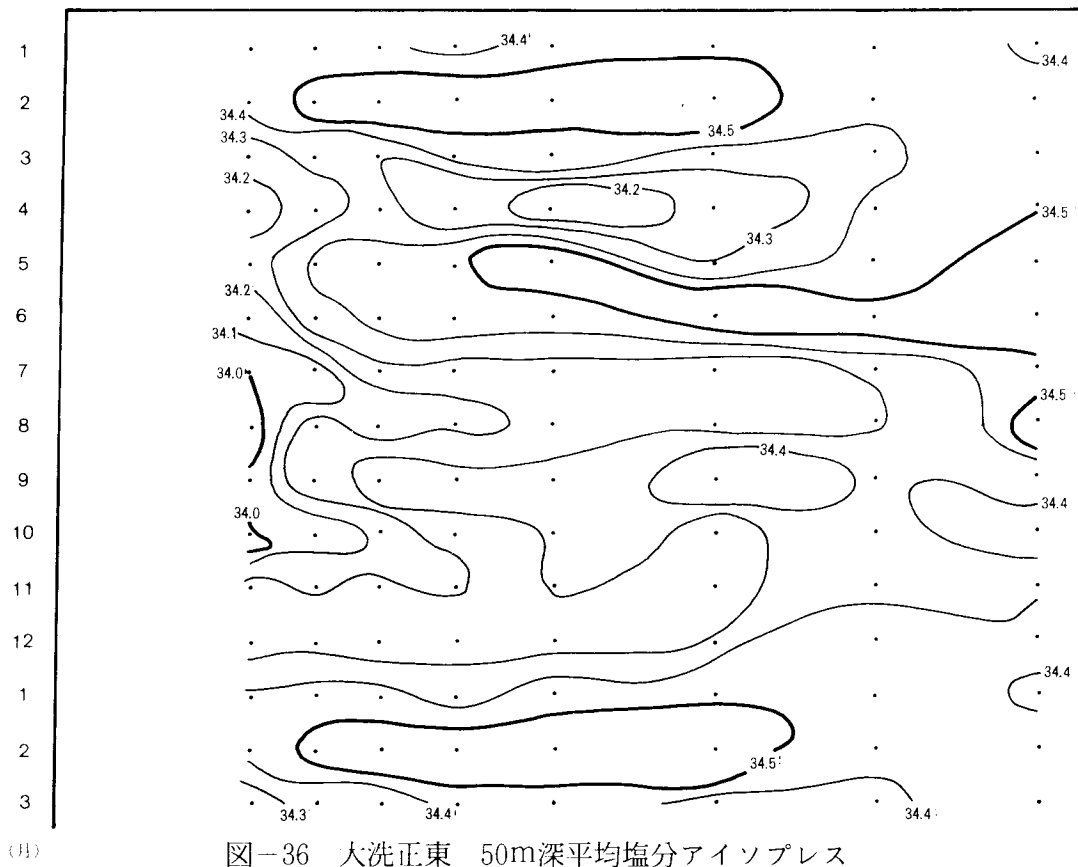
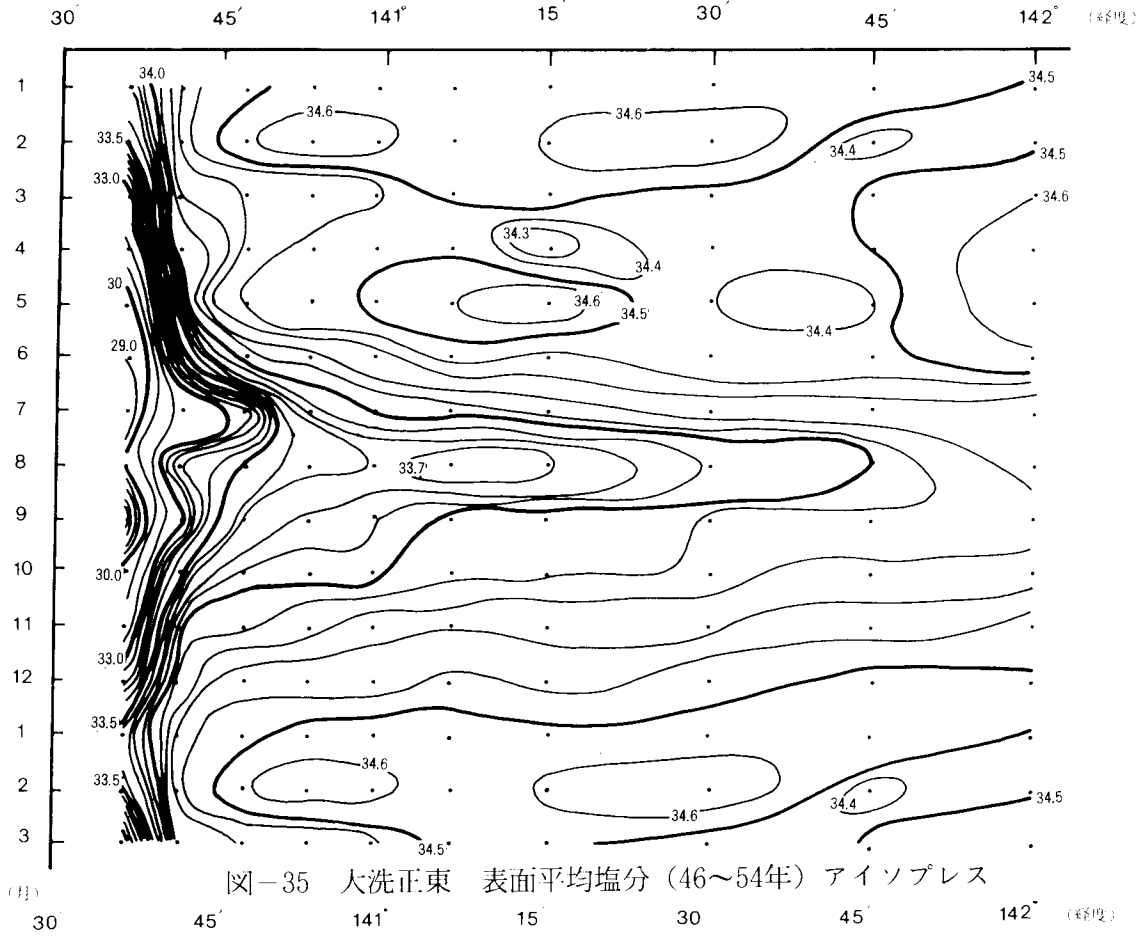
50m深(図-40)では低塩分水が存在する期間は表面と同様であるが、沖合では10月を中心に短かくなっており、2月、3月は沿岸まで高塩分水が接岸している。

100m深(図-41)及び200m深(図-42)では両者ともに同じような分布状況を示し、沿岸が低塩分、沖合が高塩分となっており、等塩分線は観測点と観測点との間に引かれ、月変動があまりないことを示している。ただ、200m深の方が低塩分水が100m深よりも沖合にまで延長している。

12) T-Sダイアグラム

図-43に示したT-S年サイクルを見ると、北部海域、南部海域ともに表面、100m深、200m深と深くなるにつれて、年較差が急激に減少している。海域別では北部海域の方が南部海域よりも年

平均場からみた海況の特性



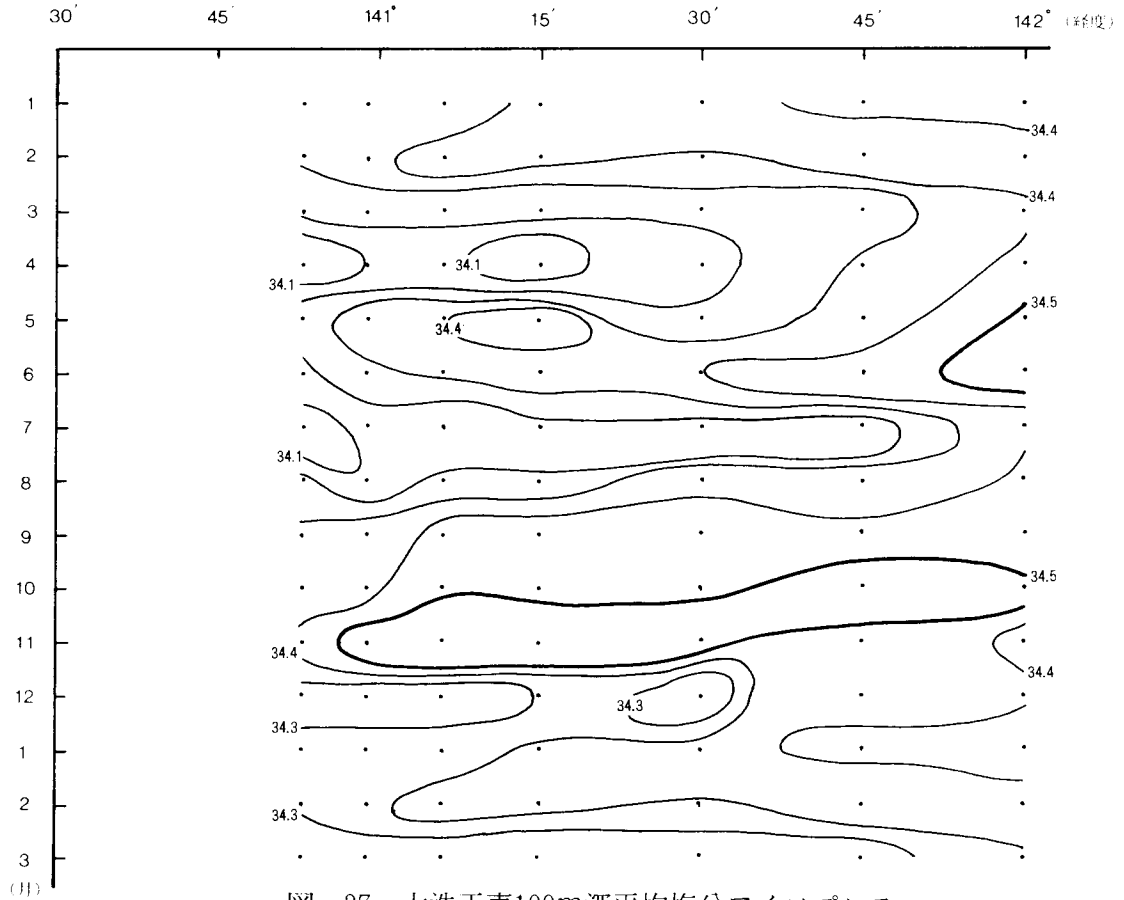


図-37 大洗正東100m深平均塩分アイソプレス

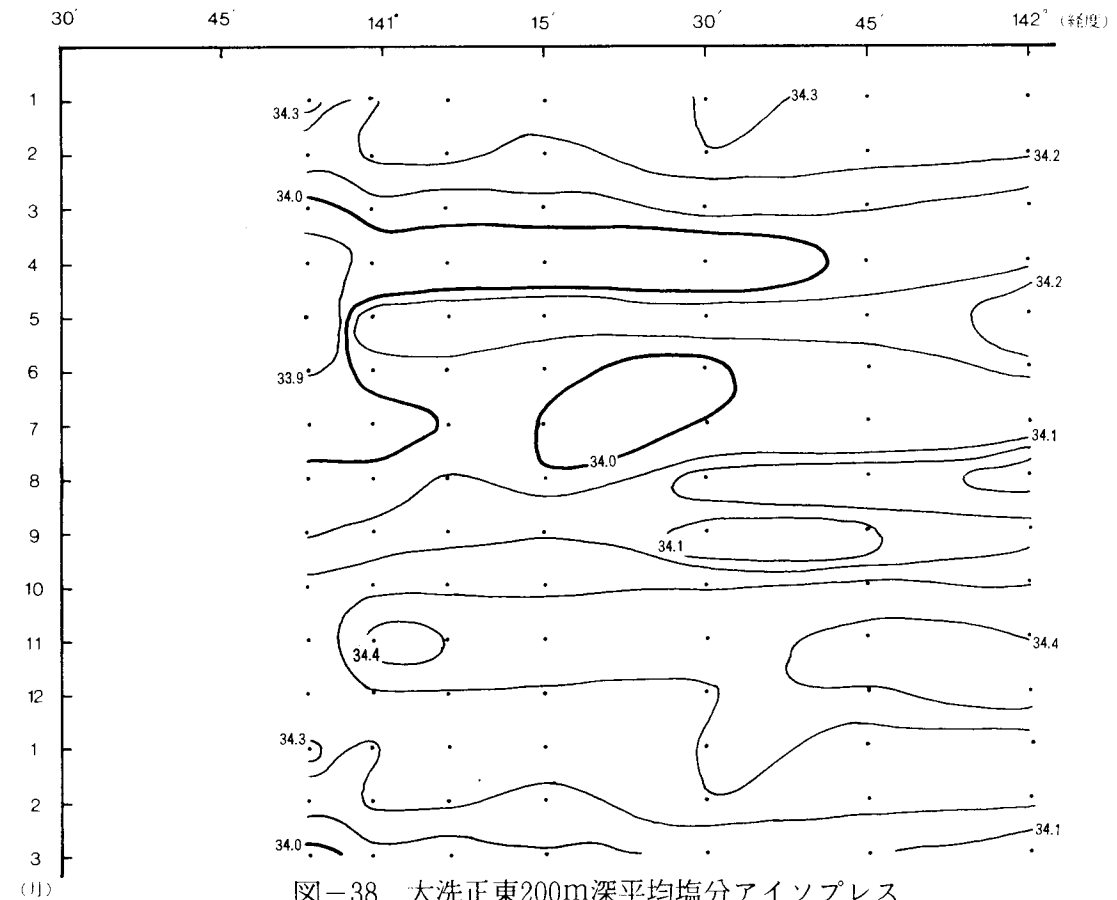


図-38 大洗正東200m深平均塩分アイソプレス

平均場からみた海況の特性

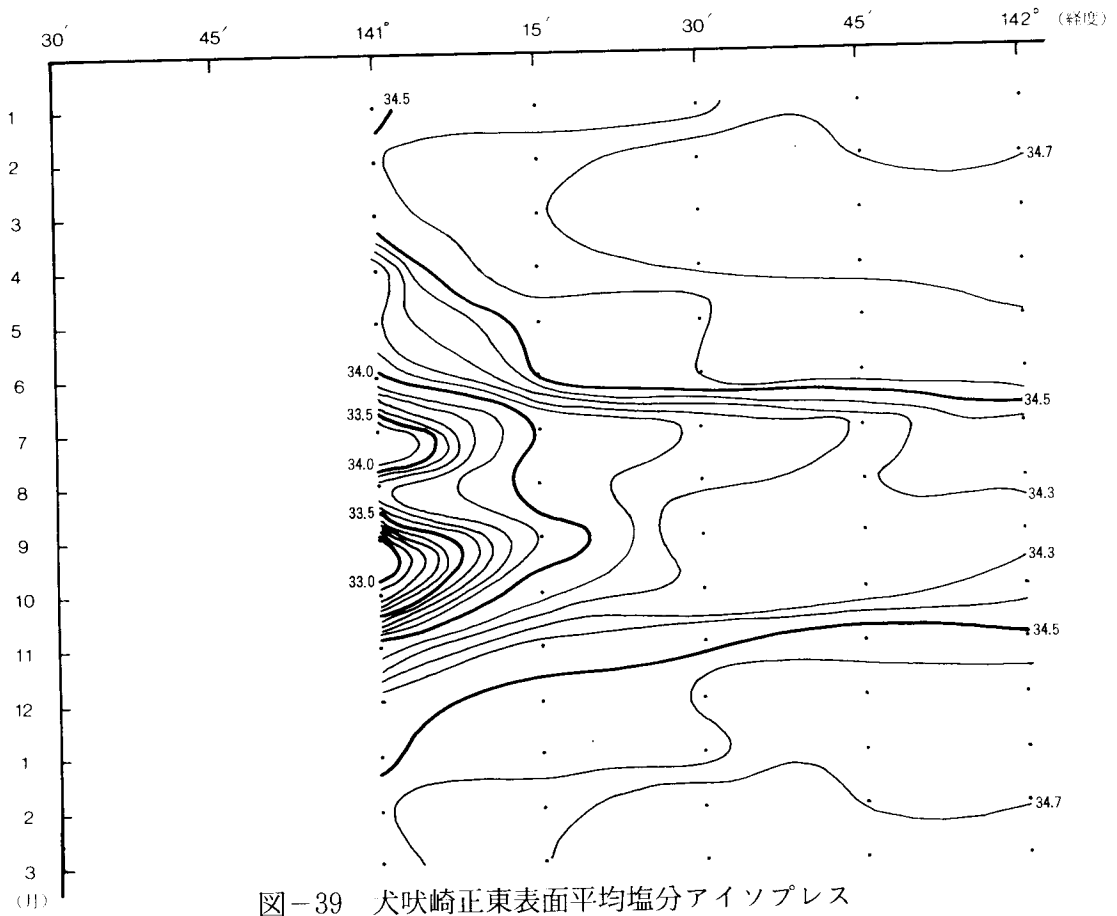


図-39 犬吠崎正東表面平均塩分アイソプレス

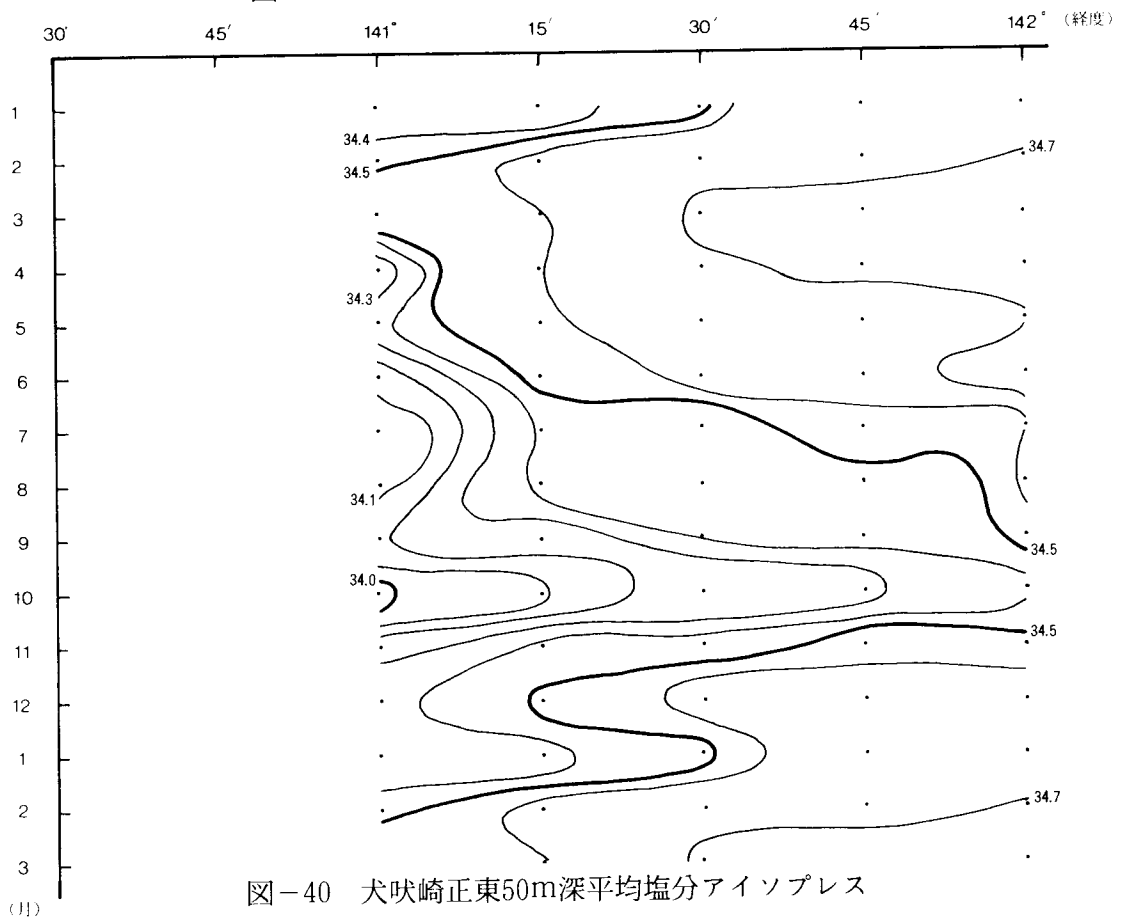


図-40 犬吠崎正東50m深平均塩分アイソプレス

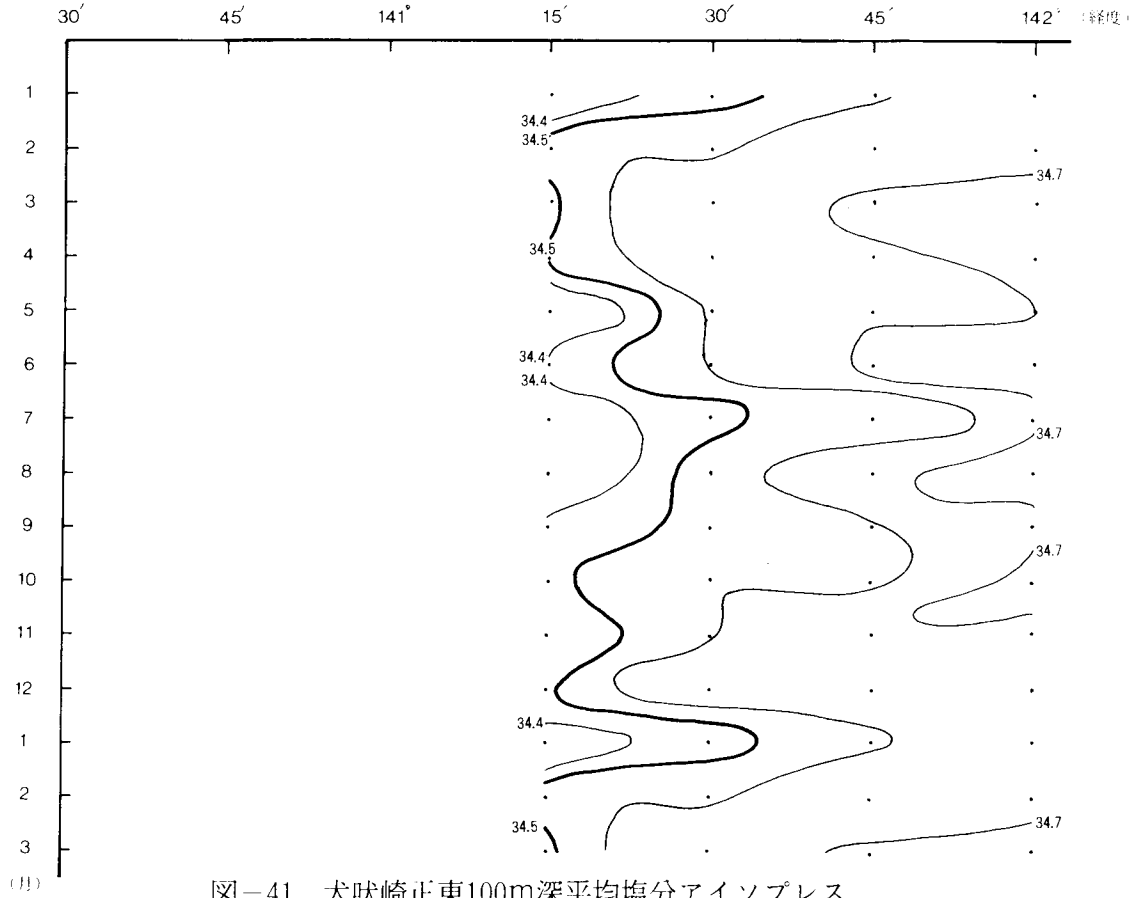


図-41 犬吠崎正東100m深平均塩分アイソプレス

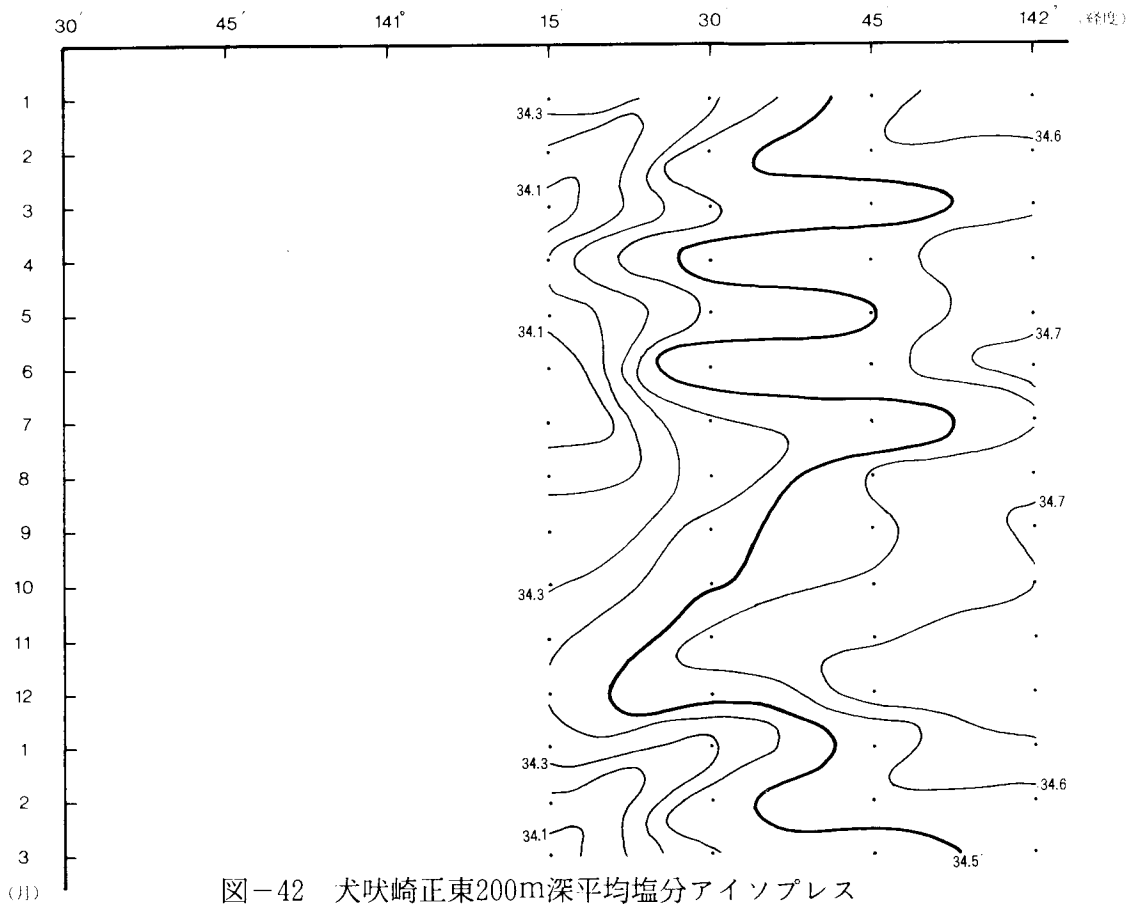


図-42 犬吠崎正東200m深平均塩分アイソプレス

平均場からみた海況の特性

較差が大きく、沿岸海域の方が沖合海域よりも年較差が大きくなっている。これらのことは川合(1965)が述べているように沿岸水の影響は殆んど表層に限られ、中層(50m深)以遠では急激に減少することを示している。

表面を見ると、どの海域でも6月から7月にかけての塩分減少が他の月に比べて最も急激であり、その度合いは鹿島以南の海域で激しい。これは梅雨によって影響されていることを示している。また、7-10月は各海域とも高温で低塩分であり、前述の梅雨、夏期の豪雨、台風などに起因するFresh waterの移流によるものである。1-4月は各海域とも低温で高塩分水であり、混合や気温の影響による蒸発等に起因すると考えられる。各海域を比較すると南部海域は高温、高塩分水であり、北部海域は低温、低塩分水となっている。これは南部海域は黒潮の、北部海域は親潮の影響を多分に受けていることを意味している。

100m深では南部海域は塩分の季節変化は殆んどなく、34.6-34.8‰の間で、水温が16-21℃の間となっており、高温、高塩分の黒潮水の特性を示している。北部海域では4-8月が低温(10-11℃)、低塩分(34.0-34.2‰)で親潮水に近い性質が出ている。全域的には10-12月が高温であるのが特徴であり、中間海域は北部海域より高温、高塩分であるが、南部海域よりは北部海域に近いT-S関係を示している。

200m深でも南部海域は塩分、水温の季節変化

は殆んどなく、塩分34.5-34.8‰、水温14-17℃の間にあり、黒潮水の特性を示している。北部海域では2-8月が低温(7-9℃)、低塩分(33.8-34.1‰)で親潮水の性質が強く出ている。北部海域で4月に他の月に比して低温、低塩分水が出ており、南部海域では7月にそれが出ており中間海域では両月にそれが出ているのが特徴である。

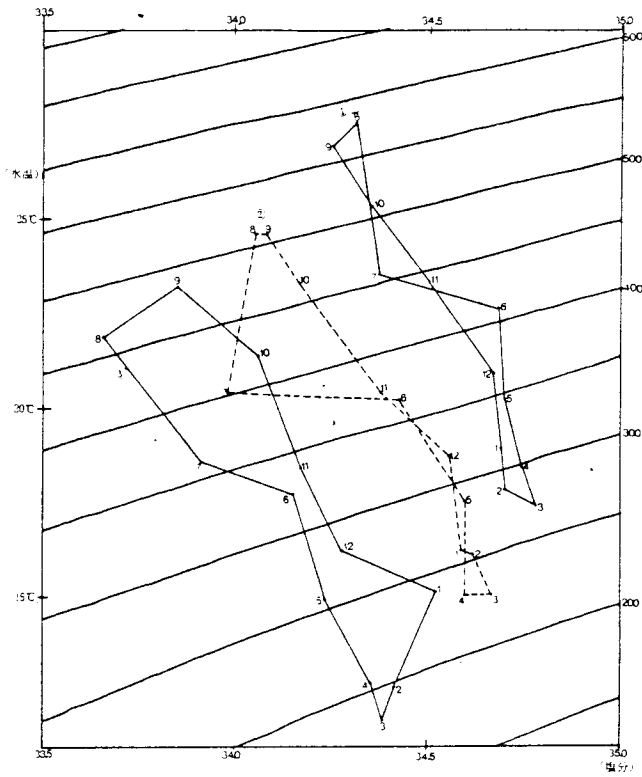
水野ら(1979)は1977年5月に黒潮前線と二次黒潮前線との間に出現した鹿島灘の冷水について分析し、T-Sダイアグラムから鹿島灘の冷水は水温躍層水(西部北太平洋中央水)が表面近く位置しているものにすぎないと述べている。西部北太平洋中央水は表-4のような特性値をもっており、当海域の代表定点における平均的なT-Sダイアグラム(図-44)ではかなり良く一致している。

図-44に黒潮域定点(35°42'N、142°00'E)及び当海域の代表定点(36°19'N、141°06'E)における平均水温、塩分の季節別T-Sダイアグラムを示した。これを見ると黒潮域定点は宇田(1969)の作成したT-Sダイアグラム(図-45)と一致し、この定点は黒潮域を代表し得ることを証明している。黒潮域の塩分極大は34.7-34.8‰位で、水深は冬期が0-100m深、夏期が100-150m深、秋期は200m深に出現している。これらは $\delta t250cl/ton$ という特性をもった亜熱帯モード水である。その下層の200m深には水温16℃、塩分34.7‰(表-4)で代表される西部北太平洋中

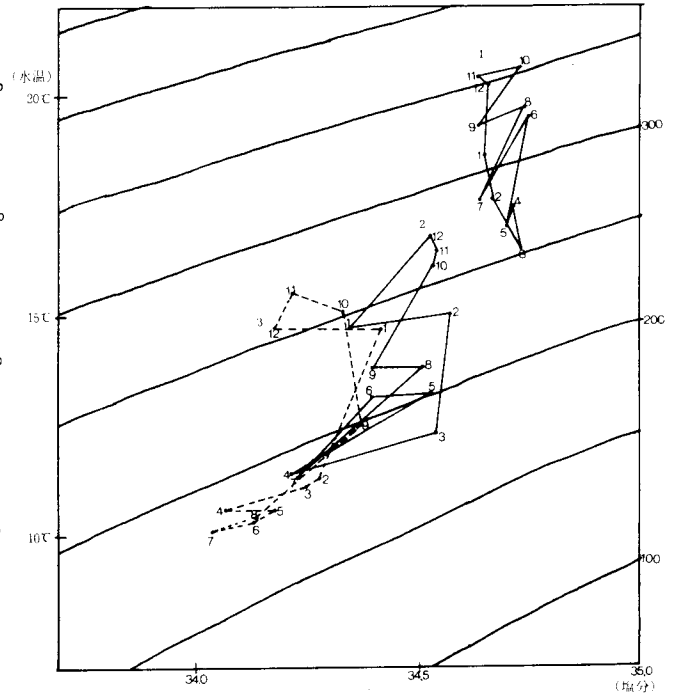
表4 西部北太平洋中央水の塩分の平均値と最大偏差値(Sverdrup et al., 1942)とサーモステリックアノマリー(‰)の値

水温()	10	12	14	16
塩分(‰)	34.24±0.07	34.38±0.06	34.52±0.06	34.67±0.07
‰(cl/ton)	166±6	189±5	217±5	248±5

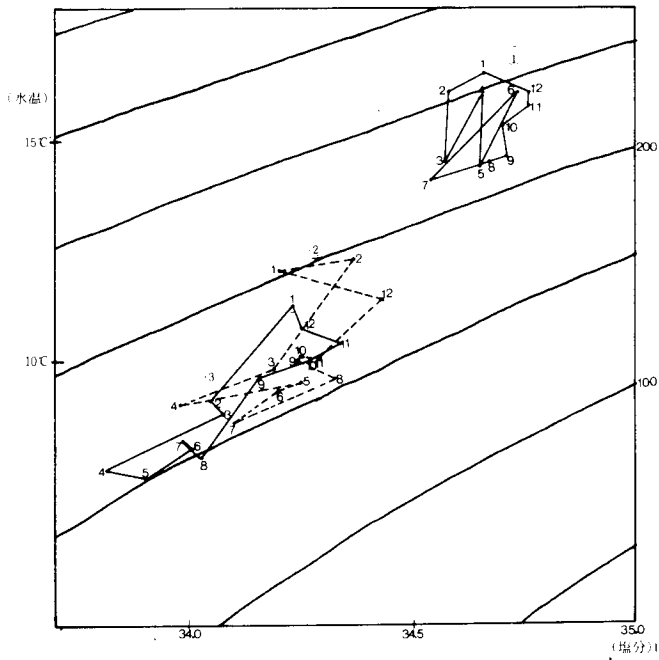
(川合, 1972より)



(a)



(b)



(c)

図-43 海域別T-S年周サイクル

① 南部海域(35°43'N、142°00'E)

② 中間海域(36°00'N、141°30'E)

③ 北部海域(36°34'N、141°04'E)

数字は月(1971~1979年の平均)

(a) 表面

(b) 100m層

(c) 200m層

平均場からみた海況の特性

中央水が存在する。冬期を除いた他の季節には高温、低塩分の性状を持った水が上層にあり、この上層水は川合（1955）が述べているように降雨水、陸水、融氷水などに起因し、黒潮水がかなり変質したものである。

当海域の代表定点の塩分極大は冬期を除き34.4‰内外の所にあり、夏、秋期は水温が12-13℃、春期は15-16℃である。この極大層が宇田（1969）の示した混合転移点（図-45）であり、春期は20-30m深、夏期は100m深付近、秋期は100-150m

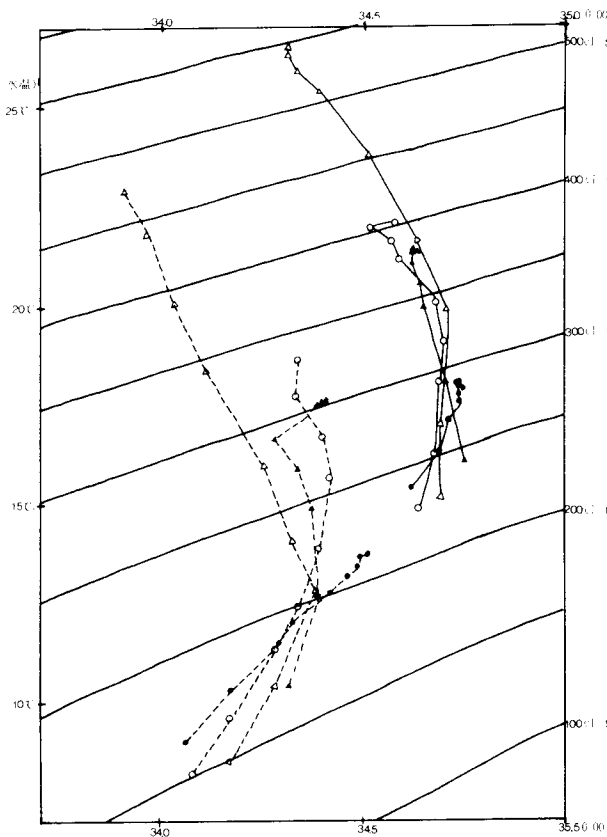


図-44 黒潮域定点 (35°42' N、142°00' E) 及び当海域代表定点(36°19' N、141°36' E)における平均水温・塩分の季節別T-Sダイアグラム

—— 黒潮域 ……代表定点
○冬 ●春 △夏 ▲秋

〔各点は上から0、10、20、30、50、75、100、150、200m深となっている。〕

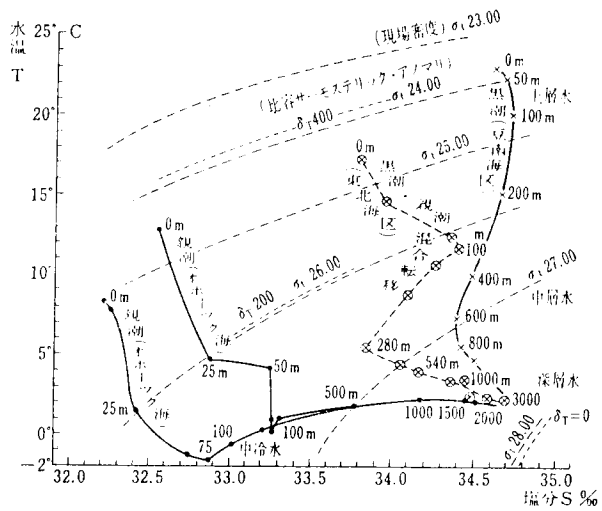


図-45 T-Sダイアグラム（黒潮、親潮系水例）（宇田、1969より）

深にある。混合転移点以深は黒潮域の下層水の性質を帯びて上層部は北部太平洋中央水であり、下層部（200m深）は $\delta t125cl/ton$ で代表される北太平洋中層水の性質を帯びてきている。混合転移点より上層においては、宇田の図（図-45）と同様高温、低塩分の性状をもった水が存在し、これは黒潮域と同様降雨水や陸水に起因するか、または黒潮と親潮の混合による水であろうと考えられる。冬期は0-30m深に塩分極大があり、34.5‰内外で、黒潮域の300m深付近に存在する水（北部太平洋中央水）と一致している。これら水塊の状況についてはすでに筆者ら（1982）が発表しており、同様な結果を得ている。

4 結論及び要約

茨城県水産試験場が毎月1回実施している定点海洋観測結果のうち、1971年から1979年までの資料を用いて水温、塩分の平均値とその標準偏差を求め、平均値からみた海洋構造の季節変化について検討し、その結果は以下のように要約される。

1) 表面水温の経月変化は正規曲線を成しているが、6月から7月にかけての水温上昇勾配がやや鈍い。水温の高極は9月に出現し、低極は3月に出現している。

50m以深の水温の経月変化は右傾型曲線を成しており、7月には水温第2極小が明瞭に現われている。高極は50m深が10月、100m深が11月、200m深では12月-1月に出現し、高極出現の表面から200m深までの time lag は水深50mにつき1ヶ月となっている。

2) 表面と200m深との水温差が最低になるのは1-3月である。

3) 年間の水温変動は大洗沖が表面で9℃、100m深で4℃、200m深で2℃内外であるのに対し、犬吠埼沖では表面で8℃、100m深で3℃、200m深で1℃内外で黒潮域の方が小さい。

4) 大洗沖と犬吠埼沖との水温差は大洗沖の方が常に低温で、表面では秋から春にかけて4℃内外であり、夏は8℃程である。100m、200m深では秋・冬期が5-6℃で、春・夏期は7℃内外の差となっている。

5) 大洗沖での対流混合は9月頃から始まり、混合層は10月には表面から30m深付近まで、12月には100m深付近、2、3月は最も厚くなり200m以深まで達する。犬吠埼沖では大洗沖より混合層が薄く、10月には20m深付近、12月には100m深付近で1、2月頃に最も厚く200m深付近までである。

6) 水温第2極小は大洗沖、犬吠埼沖ともに7月に出現しており、大洗沖では20m以深、犬吠埼沖では50m以深であり、これは北からの親潮系水の移流の場合もあり、当海域での湧昇の場合もあるが、塩分分布からみるといずれにしても親潮系水の影響によるものである。

7) 表面から200m深までの積算平均水温 ($\frac{1}{2} \int_0^{200} Tdz$) の年変化は大洗沖、犬吠埼ともに最低が

3月で最高が10月に現れている。7、8月には極小が現われ、これは水温第2極小の出現月と一致している。春期(3、4月)及び夏期(7、8月)には冷水が、秋期(10、11月)には暖水の流入が強い。

8) 大洗沖の年間の塩分変動は1、2月の50m以浅が降雨量の最低期であり、表面の放射冷却もともなって34.5‰台の高塩分となっており、5月も黒潮が当海域で強勢になる時期に当たるため30m以浅が高塩分となっている。9月から12月の100-150m深に塩分の極大が認められ、特に11月が高塩分で34.5‰台となっており、この時期は黒潮系水の流入が多いことを示している。

豪雨や台風の影響による大量の Fresh water の加入により表層では7月が急激に低塩分となり、8月は最低塩分の33.6‰台を示し、9月から徐々に高くなっている。この低塩分水の影響は12月に向けて深くなっている。

50m以深での塩分極小は水温の場合と同じく、3、4月及び7、8月の2回存在し、親潮系水の侵入を裏付けている。

9) 犬吠埼沖の年間の塩分変動は表層で7月に急激に低下し、9月に最低の34.2‰台となり、11月には34.5‰台まで高くなっている。低塩分水の影響は11月に向うにつれて深くなっている。12月から6月の全層及び7月から11月の中・下層においては34.6-34.7‰の高塩分を維持し、100m以深の塩分は季節的に殆んど変化していない。

10) 表面では黒潮系水の水温は2月に最低、8月に最高を示しているが、親潮系水では3月に最低、9月に最高を示し、両者の間には1ヶ月の time lag がある。

塩分は水温とは異なっており、黒潮系水は10月に最低値、3月に最高値を示している。親潮系水では5月に最低値、1月に最高値を示して

- いる。
- 11) 黒潮系水、親潮系水として拾い出した値の平均値に黒潮系水、親潮系水の実測値の上限と下限の較差の平均値を加減することにより、黒潮系水、親潮系水の指標水温、塩分を算出した。
 - 12) 水温標準偏差は大洗沖が3-4月及び6月、犬吠埼沖が7-9月に大きい。前者は春期の親潮系水の侵入、後者は水温第2極小の出現が偏差を大きくしている原因である。
 - 13) 塩分標準偏差は大洗沖が3-6月、犬吠埼沖が7-9月に大きく、水温の場合と一致している。
 - 14) 大洗沖での水温鉛直分布は冬・春期に沿岸及び沖合に水温の背斜構造が認められ、この2海域が冷水の侵入路であることを示している。この2海域の間には水温の向斜構造が認められ、ここに暖水舌が発達することを示している。犬吠埼沖では年間を通して単純な構造となっており、犬吠埼寄りの下層には低温水が存在し、これが大陸棚沿いに湧昇している。
 - 15) 大洗沖での塩分鉛直分布は1-5月は水温の場合と殆んど同一の分布状態を示している。6月から塩分極大層が出現し、この層は月が進むに従って深くなり、11月には100-150m深となっている。一方上層には6月頃から沿岸から沖合に向けて低塩分水が張り出し、10m深を中心に塩分極小層を形成し、この層も月が進むに従って深くなっている。犬吠埼沖ではこの塩分極小層は殆んどみられない。
 - 16) 大洗沖で鉛直的に水温の標準偏差の大きい海域は水温の鉛直分布で見られた背斜構造や向斜構造を成していた中心部付近で、この海域は暖水や冷水が出現し易く、従って標準偏差が大きくなっている。犬吠埼沖では7-9月に沖合で標準偏差が大きく、これは黒潮の離接岸によるものである。この沖では全年を通じて中層の偏差が大きいのが特徴である。
 - 17) 大洗沖の鉛直的にみた塩分の標準偏差が大きいのは河川水の影響を強く受ける沿岸域である。冷水の侵入期には各水深とも偏差が大きくなっている。犬吠埼沖では全般に偏差が小さく、年間を通じて比較的安定している。
 - 18) 100m深の平均水温水平分布では1-3月及び5月が暖水舌型を示しており、8-11月が冷水舌型、他の月は黒潮分派型を示しており、冷水舌型の場合は当海域で冷水塊状を成している。200m深では分布型が暖水舌型と冷水舌型の2型のみとなっている。即ち、2-5月が暖水舌型、6-11月が冷水舌型で、これは下層になるに従って親潮系水の影響下におかれることが多いことを示唆している。
 - 19) 平均塩分の水平分布は水温の場合とかなり良く一致しているが、沿岸域は河川水の影響で低塩分域となっている。
 - 20) 表面のT-S年サイクルは全海域において6月から7月にかけての塩分減少が他の月に比べて最も急激であり、その度合いは鹿島以南で激しい。また7-10月は高温で低塩分水に覆われて100m深では南部海域の塩分季節変化は殆んどなく34.6-34.8‰の間で、水温は16-21℃となっており、高温、高塩分の黒潮水の特徴を示している。北部海域では4-8月が低温(10-11℃)、低塩分(34.0-34.2‰)で親潮系水に近い性質が出ている。全域的には10-12月が高温であるのが特徴である。
 - 21) 黒潮域の亜熱帯モード水は $\delta t250cl/ton$ の特性値で表わされ、冬期が0-100m深、春期が75-100m深、夏期が100-150m深、秋期は200m深に出現している。その下層の200m深には水温16℃、塩分34.7‰で代表される西部北太平洋中央水が存在する。冬期以外の時期には高温、低塩分の性状をもった水が上層にあり、こ

れは黒潮水が変質したものである。

22) 当海域の代表定点では塩分極大が冬期を除き34.4‰内外の所にあり、これが混合転移点で、春期は20-30m深、夏期は100m深付近、秋期は100-150m深にある。この転移点以深は黒潮域の下層水の性質を帯びて、上層部は北部北太平洋中央水であり、下層部(200m深)は $\delta t125$ cl/tonで代表される北太平洋中層水の性質を帯びて来ている。冬期は0-30m深に塩分極大があり、34.5‰内外で黒潮域の300m深付近に存在する水と一致している。

5 むすび

近年沿岸域の海況予測が漁況との関係で重要視されるようになって来た。そのような時に海況の平年との違いが論議されるようになった。このような事情により、平年的な海況についてまとめておく必要が生じ、本研究となったわけである。使用した資料が10年位の少ないもので、今後資料を積み重ねて20年間、30年間分の資料から同じような分析を試みる必要がある。

本論文は1985年に作成したもので、報告が遅れていた。

文 献

- (1) 赤羽光秋、1975、太平洋沿岸の海洋特性と流況に関する調査報告書、青森水試、112P.
- (2) 赤羽光秋、1977、夏期の津軽海峡周辺海域における対馬暖流流量、日本海ブロック漁海況連絡会議、研究発表報告集、No.1、41-55.
- (3) 赤羽光秋、1979、輸送水量からみた津軽暖流の海況変動、第29回東北海区海洋調査技術連絡会議事録、37-38.
- (4) 藤森完、平野敏行、上原進、1969、関東近

海、海流系、水塊分布の変動およびその特性、農林水産技術会議研究成果、38、14-38.

- (5) 船越茂雄、柳橋茂昭、岩瀬重元、1979、三河湾ならびに渥美外海の平均的海況、水産海洋研究会報、34、115-127.
- (6) 伊藤宣毅、1979、熊野灘の海況について、水産海洋研究会報、34、111-115.
- (7) 岩田静夫、1979、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、神奈川水試、15-26.
- (8) 川合英夫、1955、東北海区における極前線帯とその変動について(第2報)、東北水研報告、5、1-42.
- (9) 川合英夫、1965、本州東岸の自然条件、東北水研報告、25、105-130.
- (10) 川合英夫、1972、黒潮と親潮の海況学、海洋科学基礎講座2、海洋物理II、東海大学出版会、129-320.
- (11) 久保治良、1971、昭和44年度漁海況予報事業結果報告書、茨城水試、7-58.
- (12) 久保治良、1971、昭和45年度漁海況通信連絡会資料、茨城水試、プリント資料.
- (13) 久保治良、1972、茨城県沿岸域における海況の季節変化について(特に大洗正東海域) - I、茨城水試試報、17-25.
- (14) 久保治良、1979、鹿島、常磐南部海域の海況について、水産海洋研究会報、34、145-150.
- (15) 久保治良、1985、常磐南部から鹿島灘における沿岸水の季節変動、茨城水試試報、25、57-74.
- (16) KUBO. H. and A. TOMOSADA, 1978, Oceanography of Kashima-nada, off the east coast of Honshu - II. On the Warm Water Tongue, Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab. 96. 11-28.

平均場からみた海況の特性

- (17) 久保治良、友定彰、1981、鹿島灘の海況－
V、表面水温からみた近年の海況パターンの
変動について、茨水試創立80周年記念誌、90－
102.
- (18) 久保治良、友定彰、西畑功夫、宮沢公雄、
1982、鹿島灘の海況－Ⅲ、常磐－房総海域の
水塊特性、東海水研報、108、59－133.
- (19) 増沢譲太郎、1954、金華山沖における黒潮
の季節変化、海洋報告、3(4) 47－51.
- (20) 水野恵介、藤本実、1979、東北海区の混合
水域にみられる冷水について、東北水研報、
41、117－128.
- (21) 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.
- (22) 小笠原淳六、1975、さけ・ます漁場におけ
る平均的海況図、第25回東北海区海洋調査技
術連絡会議議事録、29－30.
- (23) 友定彰、久保治良、1976、鹿島灘の海況－
I、海面水温の変動と黒潮系水の占有率、東
海水研報、86、113－125.
- (24) 友定彰、久保治良、1980、鹿島灘の海況－
IV、G E K測流より、東海水研報、103、1－
- (25) 宇田道隆、1969、海、岩波新書 732、242
P.
- (26) 上野康弘、1982、1980及び1981年のスルメ
イカ北上期の海洋環境、東北ブロック水海連
報、12、9－11.
- (27) 上野康弘、1983、岩手沿岸の津軽暖流につ
いて、東北ブロック水海連報、13、43－47.
- (28) 横田広、1983、塩屋埼定線水温の経年変動
(冷水)、東北ブロック水海連報、13、54－56.