

鹿島灘沿岸域における下痢性貝毒プランクトン *Dinophysis fortii* の短時間挙動について

岩 崎 順

はじめに

本県産重要二枚貝類であるチョウセンハマグリの下痢性貝毒化とその原因プランクトンである *Dinophysis fortii* の分布構造との関連性を調べることによって毒化を予測するための手法を開発することを目的とした。

調査方法

1986年・1987年の2年間、*D. fortii* の増殖期である6月・7月に各1回、図1、2に示す調査範囲内にある異水塊の潮境付近に漂流ブイ(図3)を投入し、それを調査船で追跡しながら5~10m深ごとの測温、採水を2時間おきに1昼夜にわたって実施し、潮境域における*D. fortii* の短時間内の挙動を調査した。漂流ブイは、測流板が水温躍層に位置するように調節した。

すなわち、1986年6月17日10時に36°20.05' N, 140°43.65'Eの定点で漂流ブイ(測流板の水深17m)を投入し、6月18日5時23分に36°22.78' N, 140°44.37'Eの定点でそれを回収した。また、7月21日10時に36°17.92' N, 140°41.63'Eの定点で漂流ブイ(測流板の水深22m)を投入し、7月22日10時に36°07.53' N, 140°42.06'Eの定点でそれを回収した。

1987年6月22日10時に36°18.96' N, 140°42.66'Eの定点で漂流ブイ(測流板の水深20m)を投入し、6月23日10時に36°16.29' N, 140°43.08'Eの定点でそれを回収した。また、7月13日10時に36°20.26' N, 140°45.42'Eの定点で漂流ブイ(測流板の水深30m)を投入し、7月14日10時に36°12.81' N, 140°

49.88'Eの定点で回収した。

水温はDBTで測定した。採水はナンゼン採水器で行ない、塩分はYEO-KAL 601 Mk 1V サリノメーターで測定した。試水(500ml)は酢酸ホルマリンで固定した後、自然沈澱法により5mlまで濃縮し、その中に含まれる貝毒プランクトンを生物顕微鏡下で同定・計数した。

結 果

1. 1986年6月17~18日の調査結果

1986年6月17日10時に、那珂川河川水と親潮系水との潮境付近(図4)に漂流ブイを投入し、翌日5時23分まで追跡調査を行なった。このときの潮位変化は10~12時が上げ潮、12~17時が下げ潮、17~0時が上げ潮、そして0~5時23分が下げ潮であった(図5)。

漂流ブイは、1昼夜の間に北~北北東の方向に移動した。すなわち、10~17時には北北東の方向に約12cm/secの速さで移動したが、その後速度を弱め(約7cm/sec)、19時までは東に、19~0時には西に移動した。そしてその後再び速度を強め(約12cm/sec)、5時23分まで北に移動した(図6)。

漂流ブイ追跡時の流動変化を見ると、10~18時までは表層(1m層)・中層(17m層)ともに北東流を示し同位相であったが、18~1時までは表層で北東~東流、中層で南西流を示し、逆位相となっていた。その後5時23分までは、再び表層・中層ともに北東流を示し、同位相となった(図7)。漂流ブイの流跡とその場の流動とを勘案すると、漂流ブイは逆位相時に速度を弱め、東西方向に移動したことになる。

漂流ブイ追跡時の水温、塩分、 δ_T 、*D. fortii* 細胞数の経時変化を見ると、*D. fortii* は 12~16 時に那珂川河川水と親潮系水との潮境域を通過する際に、比較的濃密(600~1,000 cells/l)に分布していたことがわかる(図8, 9)。また *D. fortii* 小型細胞 (*lapidistrigiliformis* タイプ) 出現割合の経時変化を見ると、小型細胞は夜間に多く出現する傾向が認められた(図10)。

2. 1986年7月21~22日の調査結果

1986年7月21日10時に、6月の場合と同様、那珂川河川水と親潮系水との潮境付近(図11)に漂流ブイを投入し、翌日10時まで追跡調査を行なった。このときの潮位変化は、10~18時が上げ潮、18~22時が下げ潮、22~3時が上げ潮、そして3~10時が下げ潮であった(図12)。

漂流ブイは、1昼夜の間に南南西~南東の方向に移動した。すなわち、10~22時には南南西~南の方向に約37 cm/secの速さで移動したが、その後は速度を弱め(約11 cm/sec)、4時までは南に、4~10時には南東に移動した(図13)。

漂流ブイ追跡時の流動変化を見ると、表層(1 m層)・中層(22 m層)ともに10~4時までは南流が卓越していたが、その後10時まで東流が卓越するようになった(図14)。漂流ブイの流跡とその場の流動とを勘案すると、漂流ブイは流動が東流になるに伴ない、南東に向きを変えたことになる。

漂流ブイ追跡時の水温、塩分、 δ_T 、*D. fortii* 細胞数の経時変化を見ると、*D. fortii* は、6月の場合と同様、12~16時に那珂川河川水と親潮系水との潮境域を通過する際に、濃密(2,000~5,000 cells/l)に分布していたことがわかる(図15, 16)。また *D. fortii* 小型細胞出現割合の経時変化を見ると、6月の場合と同様、小型細胞は夜間に多く出現する傾向が認められた(図16)。

3. 1987年6月22~23日の調査結果

1987年6月22日10時に、親潮系水と黒潮系水との潮境付近(36°18.96'N, 140°42.66'E)(図17)に漂流ブイを投入し、翌日10時まで追跡調査を行な

った。このときの潮位変化は、10~14時が上げ潮、14~18時が下げ潮、18~0時が上げ潮、0~8時が下げ潮、そして8~10時が上げ潮であった(図18)。

漂流ブイは、1昼夜の間に南南西~南東の方向に移動した。すなわち、10~17時には南~南西西の方向に約14 cm/secの速さで移動したが、その後は速度を弱め(約5 cm/sec)、19時までに南西に、23時までは南に移動した。その後再び速度を強め(約8 cm/sec)、5時までは南東に移動したが、その後10時まではほとんど移動しなかった(図19)。

漂流ブイ追跡時の流動の変化を見ると、10~20時までは表層(1 m層)・中層(20 m層)ともに南西~南東流を示し、同位相であったが、20~4時までは表層で南西~南東流、中層で北西~北東流を示し、逆位相となっていた。その後10時までは表層・中層ともに北~北東流を示し、再び同位相となった(図20)。漂流ブイの流跡とその場の流動とを勘案すると、漂流ブイは20時以降表層流と中層流が逆位相になるときに速度を弱め、その後南東方向に移動したことになる。

漂流ブイ追跡時の水温、塩分、 δ_T の経時変化を見ると、0時以降の0~10 m層は15℃以上、33.0%以下、380 cl/ton以上の高温・低かん水(低密度水)で占められていたことがわかる(図21)。

D. fortii 細胞数の経時変化を見ると、*D. fortii* は12時の10 m層、22時の20 m層、4~8時の10~20 m層で比較的濃密(300 cells/l以上)に分布していた。この場所は、水温躍層の直下(13.5℃以下)の高塩分領域(33.4%以上)に位置していた。また *D. fortii* 小型細胞出現割合の経時変化を見ると、小型細胞は日中(10~14時、6~10時)には10~20 m層において高い割合(最高値24%)で出現していたが、夜間(18~4時)には20~40 m層において高い割合(最高値20%)で出現していた。したがって小型細胞は、昼夜で分布層を変えることが推察される。*D. fortii* 分裂細胞(背縁でつながった分裂個体)出現割合の経時変化を見ると、分裂細胞は10~2時まで全く出現が認められなかったが、4時の20 m層

で始めて高い割合(14%)の出現が確認され、この傾向は8時まで続いた。そして時間が経過するにつれて、出現層は浅くなる傾向にあった。したがって *D. fortii* は夜明け前から早朝にかけて、10~20 m層で活発に分裂・増殖していることが推察される(図22)。

4. 1987年7月13~14日の調査結果

1987年7月13日10時に親潮系水の縁辺部(36°20.26'N, 140°45.42'E)(図23)に漂流ブイを投入し、翌日10時まで追跡調査を行なった。このときの潮位変化は10~12時が下げ潮、12~19時が上げ潮、19~0時が下げ潮、0~5時が上げ潮、そして5~10時が下げ潮であった(図24)。

漂流ブイは、1昼夜の間に沿岸・沖合方向を往復しながら南南東の方向に移動した。すなわち、10~15時には東~南東の方向に約21cm/secの速さで移動し、15~17時には南南東の方向に約29cm/secの速さで移動した。その後は速度を弱め(約22cm/sec)、19時までは南南西に、22時までは南南東に移動した。22時以降再び速度を強め(約31cm/sec)、2時までは南南東に、6時までは南南西に移動したが、その後急速に速度を弱め(約10cm/sec)、10時まで南東の方向に移動した(図25)。

漂流ブイ追跡時の流動の変化を見ると、表層(1m層)・中層(30m層)ともに速度の強弱があるものの、基本的には南東流~南西流が卓越していた(図26)。

漂流ブイ追跡時の水温、塩分、 δt の経時変化を見ると、18時と4時に16℃以上、34.0‰以下、300 cℓ/ton以上の高温・低かん水(低密度水)が30m層まで達しており、漂流ブイが潮境域を通過していたことがわかる(図27、28)。

D. fortii 細胞数の経時変化を見ると、*D. fortii* は10~16時の10~20m層、18時の30~50m層、そして8時の10m層で比較的濃密(200 cells/ℓ以上)に分布していた(図28)。この分布層は15~18℃、33.9~34.2‰、280~340 cℓ/tonの範囲にあった。また *D. fortii* 小型細胞出現割合の経時変化を見

ると、小型細胞は20時の20m層で5%以上を示したのみで(図29)、昼夜による分布層の変化は確認できなかった。*D. fortii* 分裂細胞出現割合の経時変化を見ると、分裂細胞は20~0時の表層で5%以上出現し、*D. fortii* は夜間の表層で分裂・増殖していることが推察される(図29)。

考 察

ラグランジュ型の観測を通じて得られる“ある特性を持った水塊がある時間経過した時に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”という情報から、プランクトンの潮境付近における挙動、すなわちプランクトンが時間の経過と共に増殖する様子、あるいは輸送・分散されていく様子を明らかにすることができる(中田1985)。しかし1986年の調査では、漂流ブイのうち海面上にある部分が風の抵抗を受けたため、漂流ブイの位置が必ずしも同一水塊を反映しているとは考えにくい。今後は、風の影響を受けにくい漂流ブイの開発が研究課題としてあげられる。

1986年の調査から、*D. fortii* は那珂川河川水と親潮系水との潮境付近に濃密に分布することが明らかになった。また *D. fortii* 小型細胞(*lapidistrigiliformis* タイプ)は、夜間に多く出現する傾向が認められた。従来の調査では、小型細胞は異水塊の潮境付近で多く見出されており(岩崎1986)、小型細胞が分裂直後の形態であることと考えあわせると、*D. fortii* は潮境域で活発に分裂・増殖していると理解されていたが、今回の調査結果はこの考えと必ずしも一致しない。その原因は、今のところ明らかではない。この点も、今後の研究課題としてあげられる。

1987年の場合、6月の調査では *D. fortii* 小型細胞は昼夜で分布層を変えることが推察されたが、7月の調査では昼夜による分布層の変化は確認できなかった。1986年の調査では、6月、8月ともに *D. fortii* 小型細胞は夜間に多く出現する傾向が認められている。福代(1981)は、*D. fortii* 小型

細胞を分裂直後のものと位置づけており、したがって 1986 年の調査では *D. fortii* は夜間に分裂・増殖が活発になると結論づけられた(茨城水試 1987)。しかし、1987 年の場合、日中の表・中層においても *D. fortii* 小型細胞の顕著な出現が認められ、前年の結論は適用できなくなる。今後は、水温、照度、栄養塩濃度等の条件を変えた培養実験を行ない、小型細胞の出現する条件を把握する必要がある。

1987 年の場合、6 月の調査では *D. fortii* 分裂細胞(背縁でつながった分裂個体)は夜明け前から早朝にかけて出現し、7 月の調査では夜間に出現していたことから、*D. fortii* は夜間から早朝にかけて分裂・増殖しているものと推察された。五十嵐(1986)は、6 月の気仙沼湾の調査で *D. fortii* 分裂細胞が朝の 6~8 時に多く出現し、12~0 時にかけては出現しないと述べており、この知見は *D. fortii* が早朝に出現する点で本報告の結果と一致する。また WEILER & CHISHOLM (1976) は、6 月のカリフォルニア・サンタモニカ湾で行なった 2 時間間隔の調査から、*D. fortii* の倍化時間を 1.4 ± 0.11 日と報じ、また分裂細胞を確認していないことから、背縁でつながった状態の持続時間はごく短いと述べている。今後、*D. fortii* 分裂細胞の出現状況から増殖率の正確な推定を行なうためには、適正な時間間隔をおいた調査が必要になってくるものと思われる。

要 約

茨城県海域における *D. fortii* の短時間内の挙動と海洋の物理過程との関係について、以下の知見を得た。

1. 1986 年 6 月 17 日 10 時から 6 月 18 日 5 時 23 分にかけて、漂流ブイは北~北北東の方向に移動した。
2. 漂流ブイは、表層(1 m 層)と中層(17 m 層)の流動が逆位相の時に速度を弱め、東西方向に移動した。
3. *D. fortii* は、漂流ブイが那珂川河川水と親潮系水との潮境域を通過する際に、比較的濃密(600

~1,000 cells/l) に分布していた。

4. *D. fortii* 小型細胞(*lapidistrigiliiformis* タイプ)は、夜間に多く出現する傾向が認められた。
5. 1986 年 7 月 21 日 10 時から 7 月 22 日 10 時にかけて、漂流ブイは南南西~南東の方向に移動した。
6. 漂流ブイは、表層(1 m 層)と中層(22 m 層)の流動が東流になるに伴ない、南東に向きを変えた。
7. *D. fortii* は、漂流ブイが那珂川河川水と親潮系水との潮境域を通過する際に、濃密(2,000~5,000 cells/l) に分布していた。
8. *D. fortii* 小型細胞は、夜間に多く出現する傾向が認められた。
9. 1987 年 6 月 22 日 10 時から 6 月 23 日 10 時にかけて、漂流ブイは南南西~南東の方向に移動した。
10. 漂流ブイ追跡時の流動は、表層(1 m 層)と中層(20 m 層)とで同位相、逆位相を繰返した。
11. *D. fortii* は、水温躍層直下(13.5℃以下)の高塩分領域(33.4%以上)で比較的濃密(300 cells/l 以上)に分布していた。
12. *D. fortii* 小型細胞は、昼夜で分布層を変えることが推察された。
13. *D. fortii* は、夜明け前から早朝にかけて、10~20 m 層で活発に分裂・増殖していることが推察された。
14. 1987 年 7 月 13 日 10 時から 7 月 14 日 10 時にかけて、漂流ブイは沿岸・沖合方向を往復しながら南南東の方向に移動した。
15. 漂流ブイ追跡時の流動は、表層(1 m 層)・中層(30 m 層)ともに南東流~南西流が卓越していた。
16. *D. fortii* は、10~16 時の 10~20 m 層、18 時の 30~50 m 層、8 時の 10 m 層で比較的濃密(200 cells/l 以上)に分布していた。
17. *D. fortii* 小型細胞は、昼夜による分布層の変化が確認できなかった。

18. *D. fortii* は、夜間の表層で分裂・増殖していることが推察された。

文 献

福代康夫(1981) 三陸沿岸の渦鞭毛藻類. 赤潮研究会分類班資料No.2, 水産庁, 60 pp

茨城県水産試験場(1987) 昭和61年度重要貝類毒化対策事業報告書(毒化予知手法開発研究), 30 pp.

五十嵐輝夫(1986) 気仙沼湾における下痢性貝毒プランクトン *Dinophysis fortii* の発生状況について. 東北水研研報(48), 137-144.

岩崎 順(1986) 茨城県沿岸域における *Dinophysis fortii* の大量発生機構. 東北水研研報(48), 125-136.

中出英昭(1985) 漂流系による測流. 総合研究・物質輸送機能としての沿岸海潮流の研究, 東京大学海洋研究所ほか, 90-103.

WEILER, C. S. and S.W. CHISHOLM(1976) Phased cell division in natural populations of marine dinoflagellates from shipboard cultures. *J. exp. mar. Biol. Ecol.*, (25), 239-247.

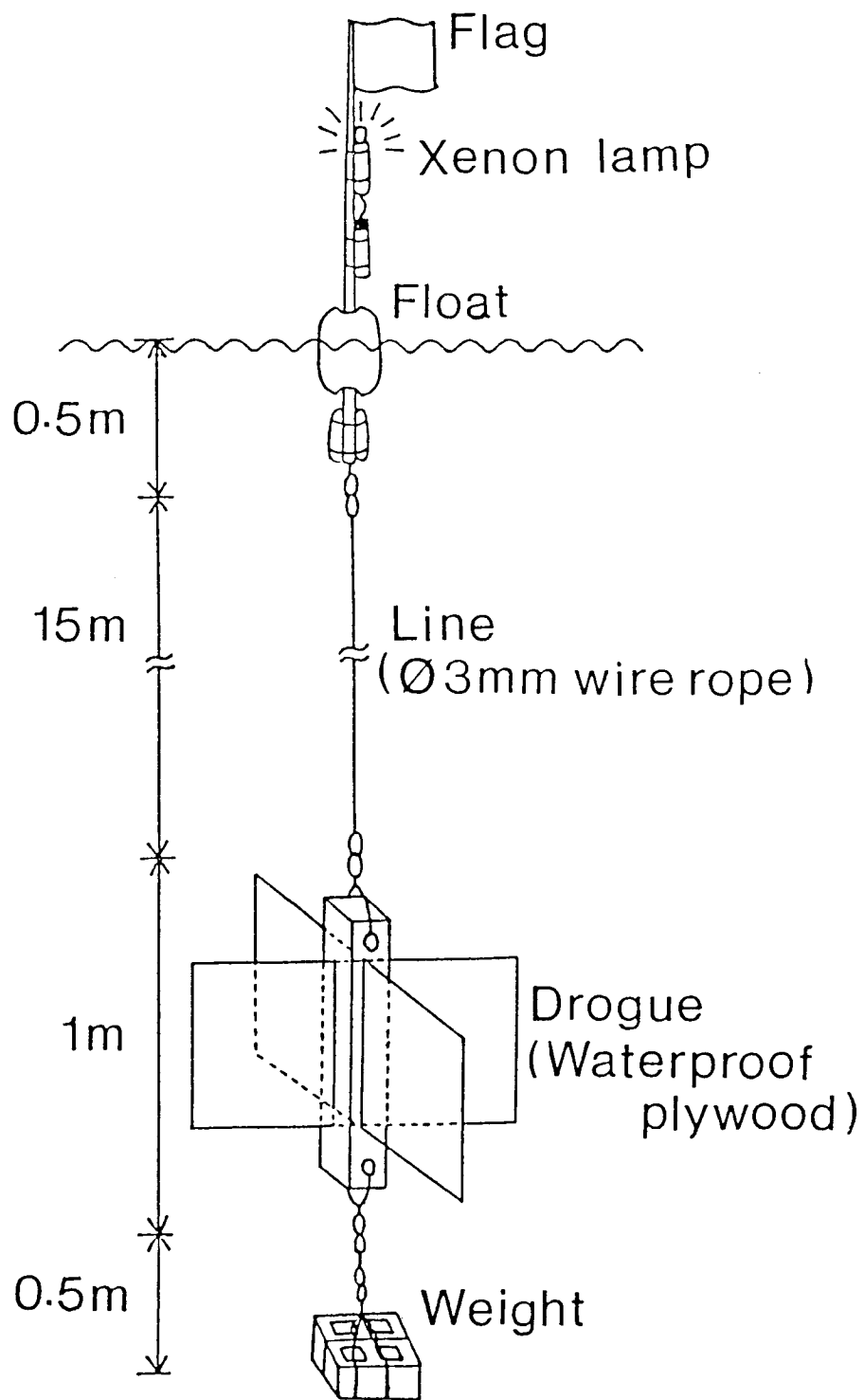


図3 漂流ブイの構成図

1986年 6月13日～6月19日

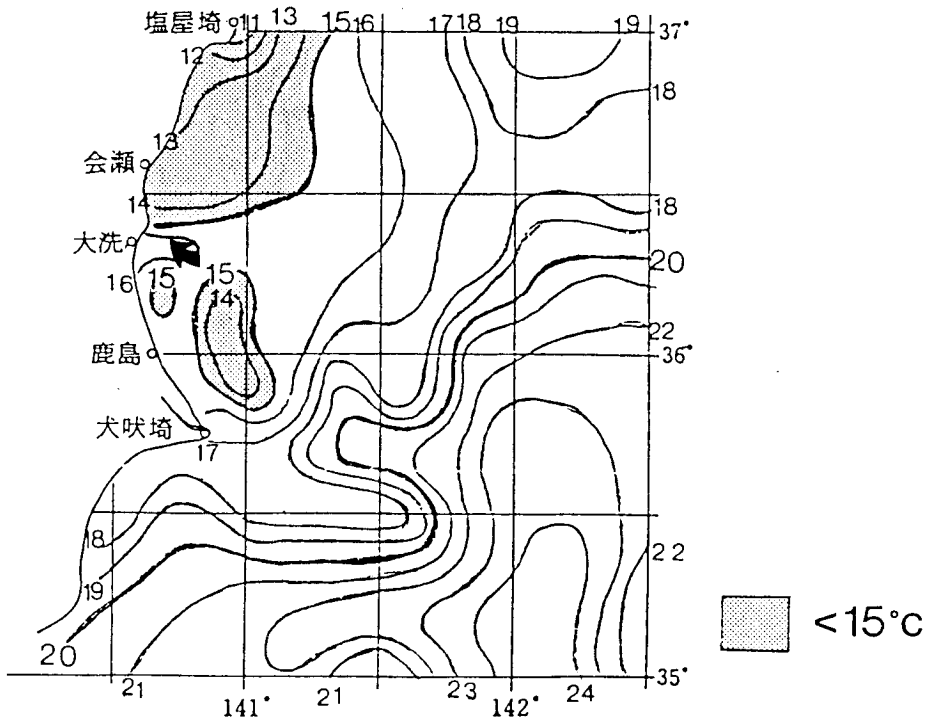


図4 茨城県海域の表面水温分布
(矢印は漂流ブイの投入位置を示す)

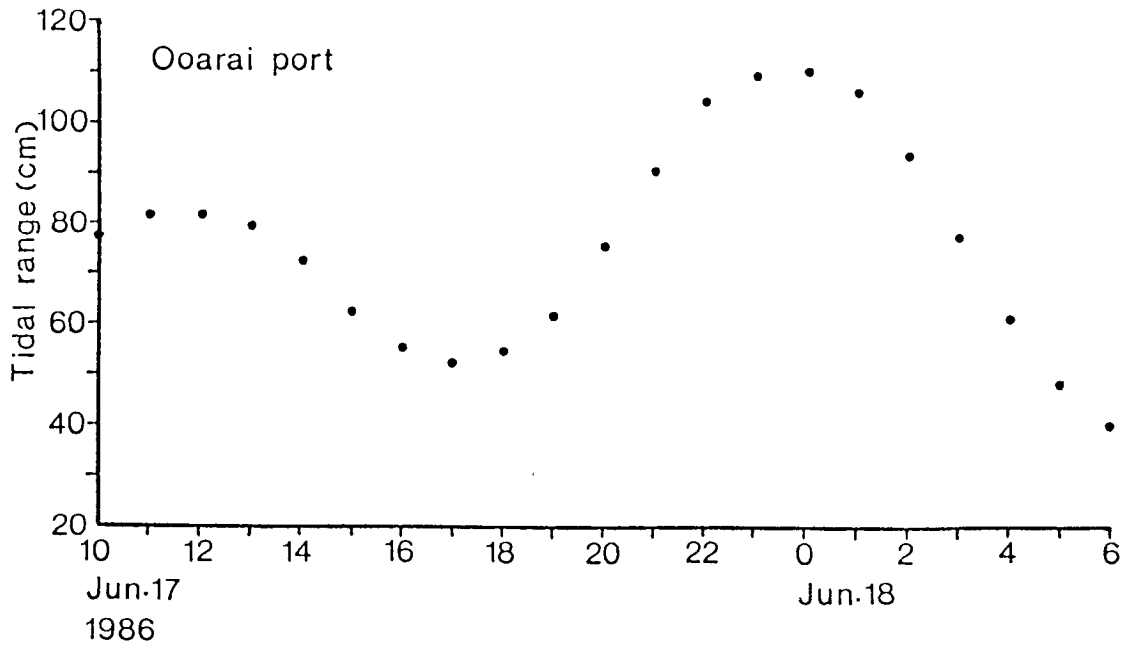


図5 大洗港における潮位変化(実測潮位)

1986 Jun.17 10:00-Jun.18 5:23

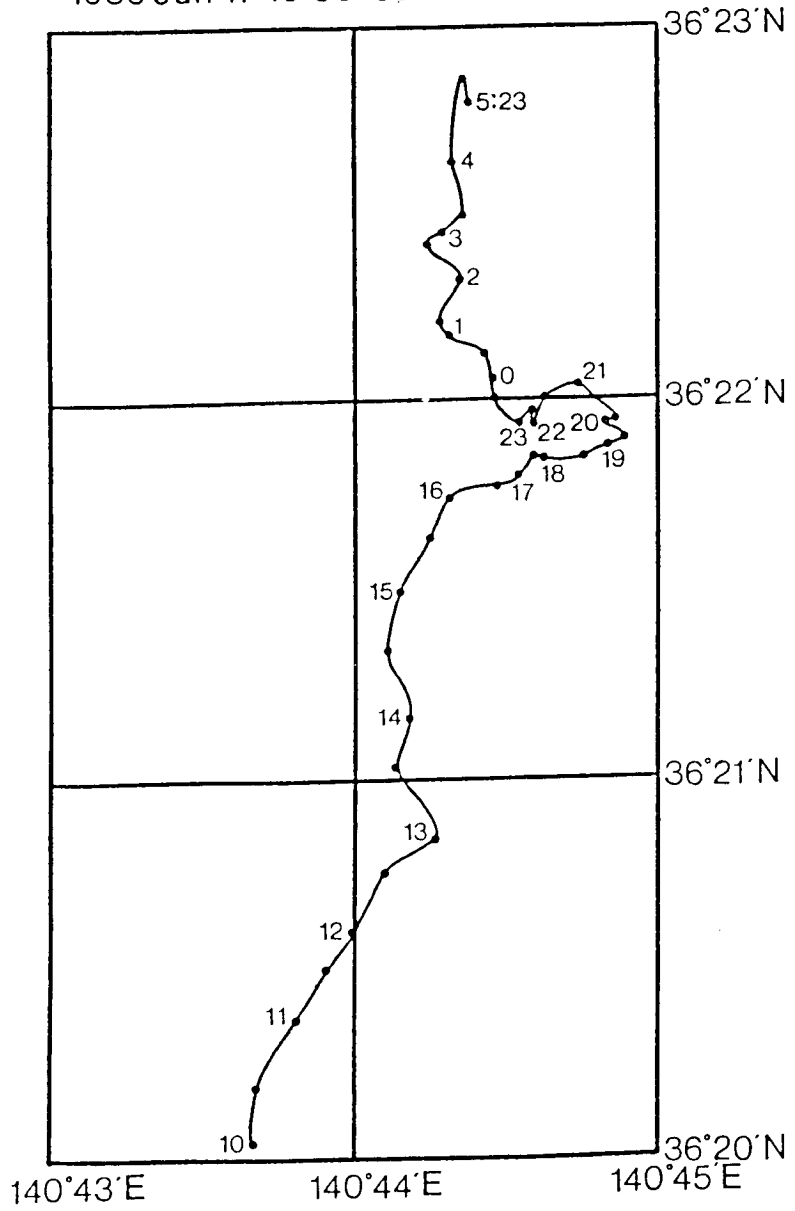


図6 漂流ブイ流跡図(図中の数字は時刻を示す)

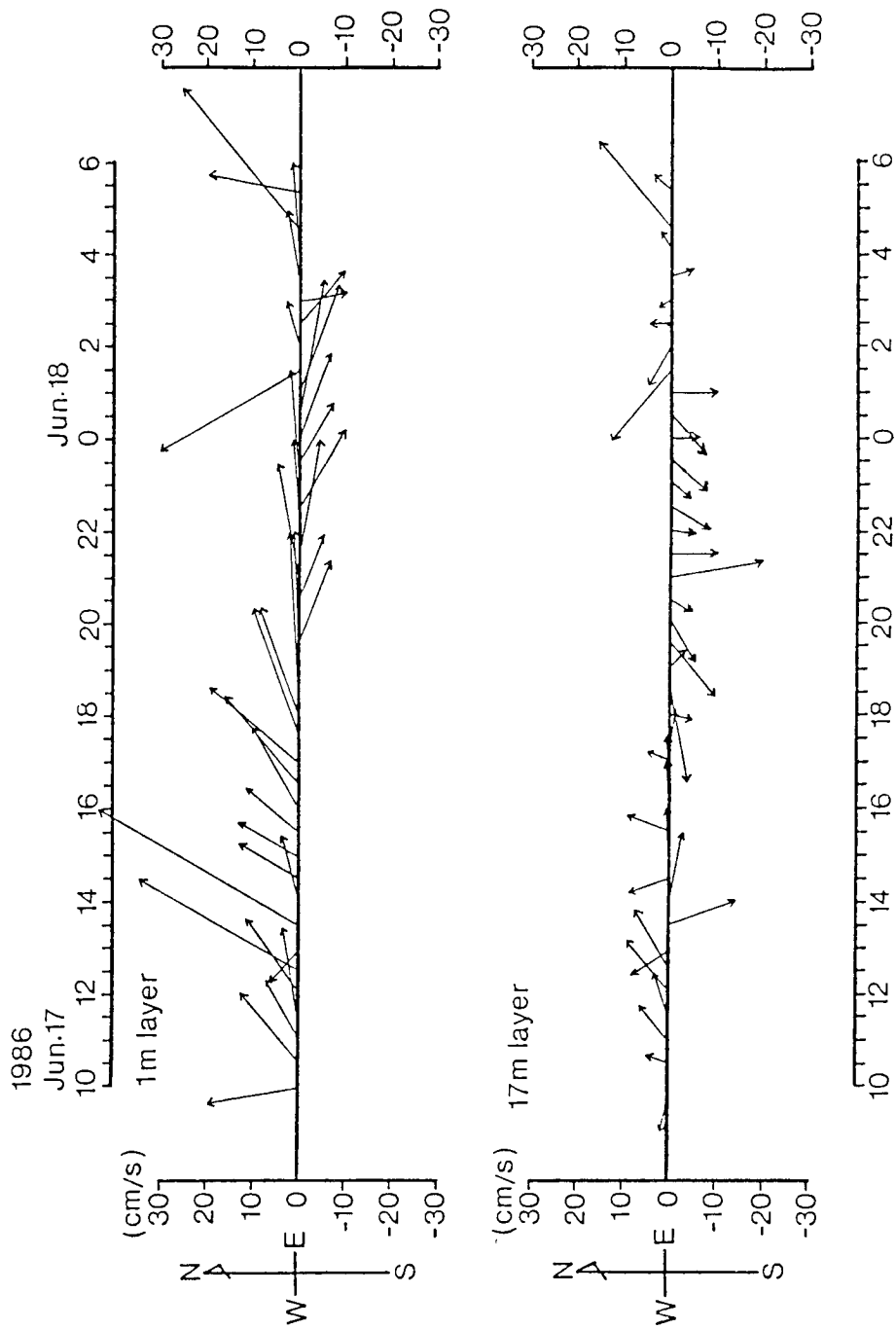


図7 漂流ブイ追跡時の流動変化(ドップラー式潮流計による)

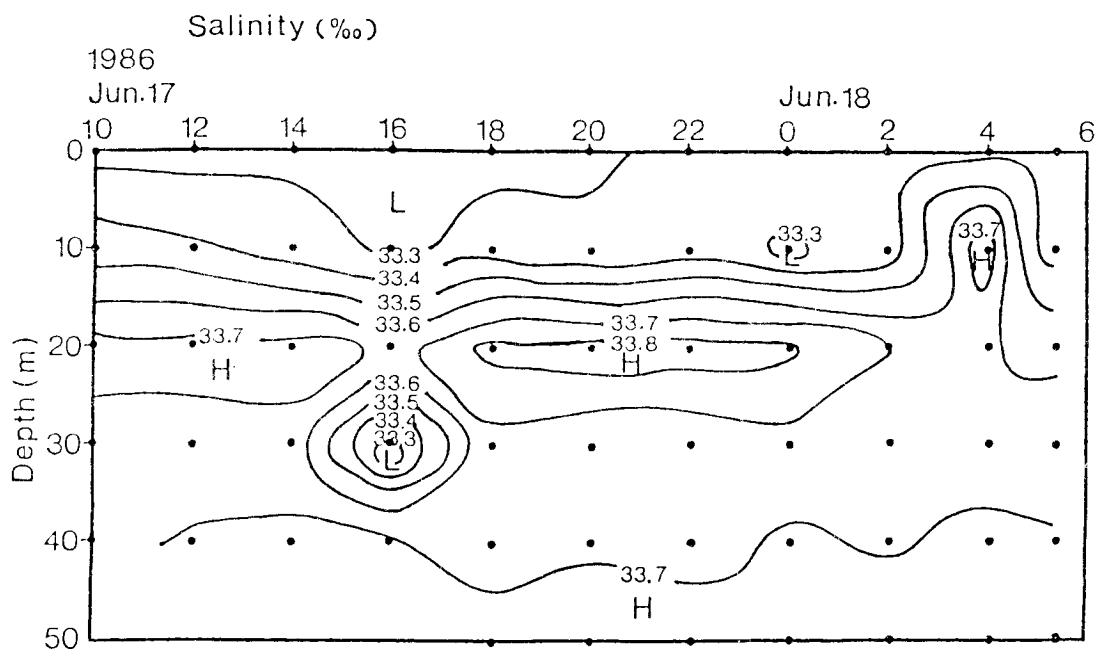
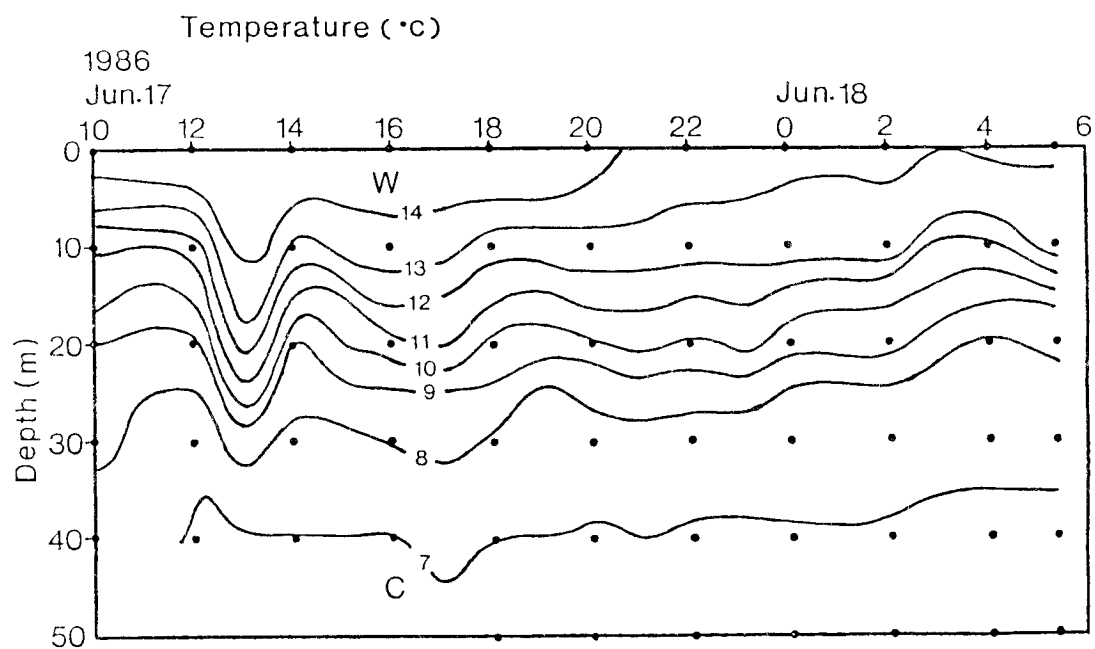


図8 漂流ブイ追跡時の水温，塩分の経時変化

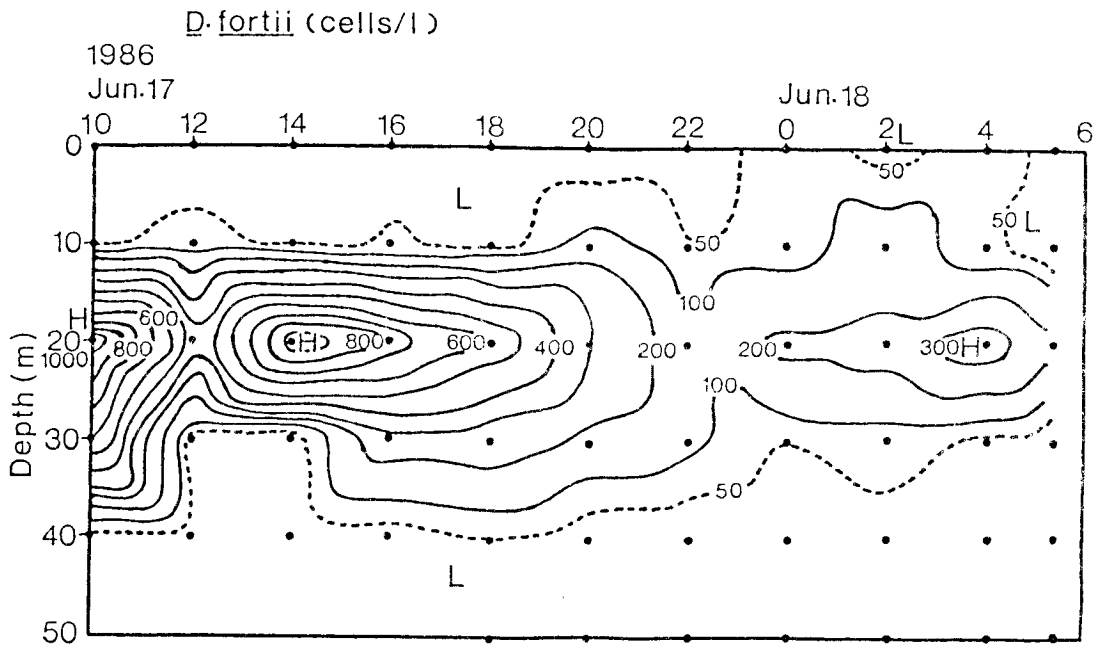
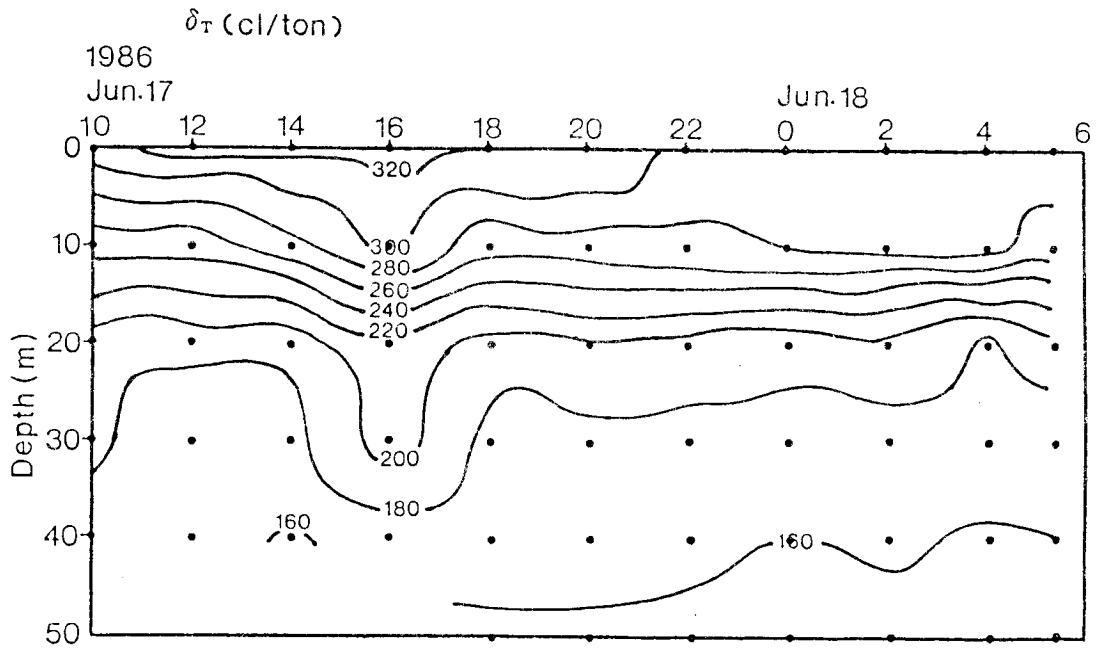


図9 漂流ブイ追跡時の δ_T , *D. fortii* 細胞数の経時変化

1986年 7月18日～7月24日

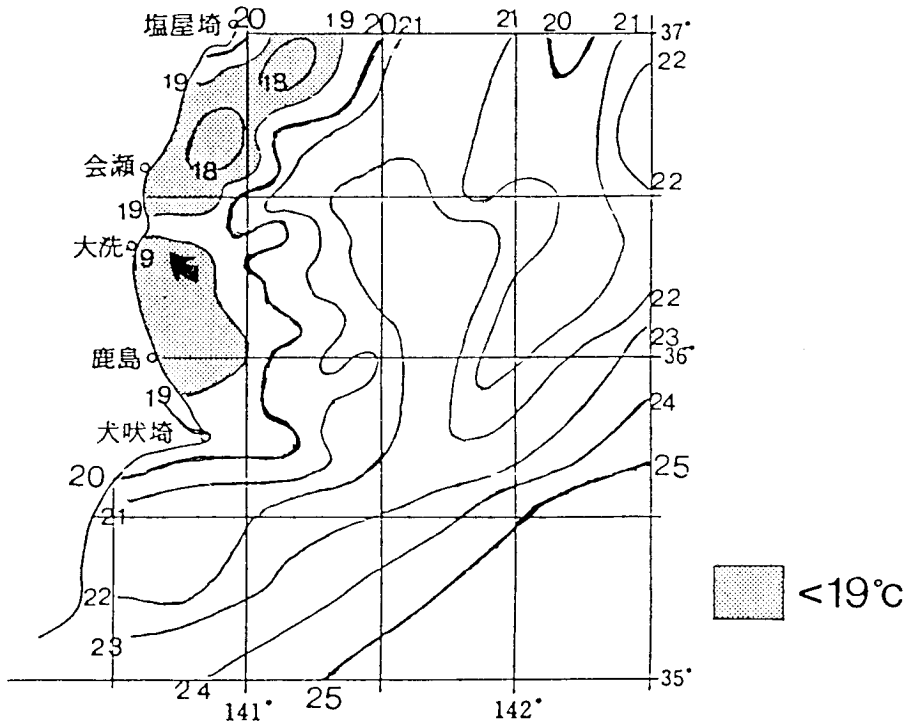


図11 茨城県海域の表面水温分布
(矢印は漂流ブイの投入位置を示す)

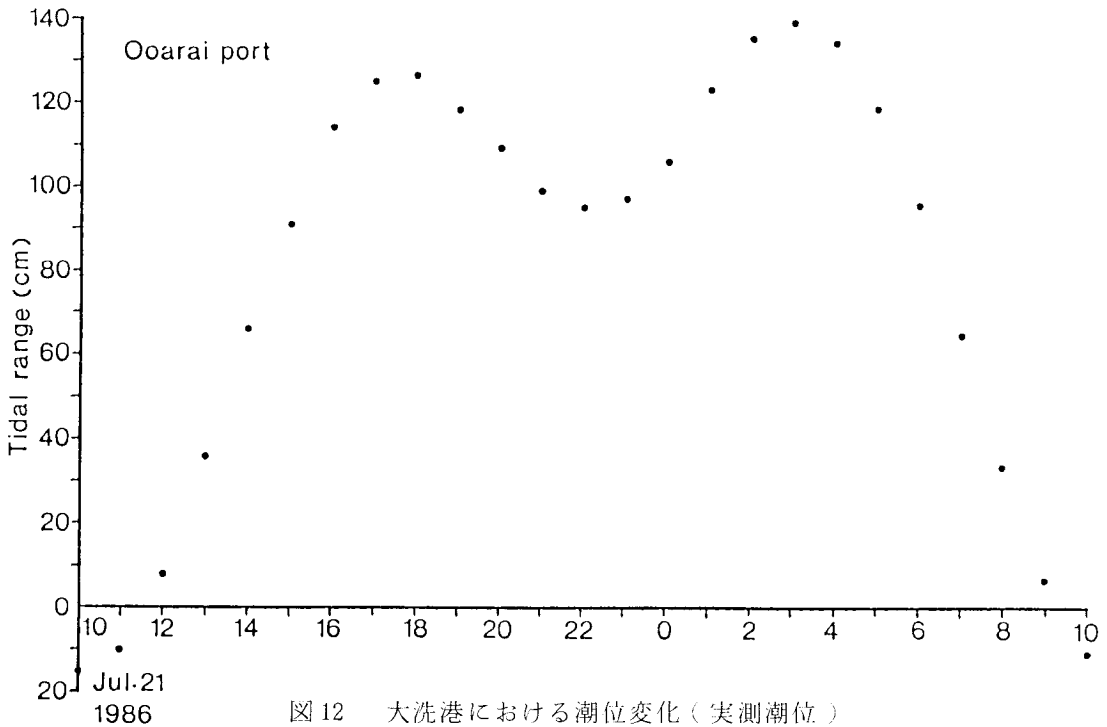


図12 大洗港における潮位変化(実測潮位)

1986 Jul. 21 10:00~Jul.22 10:00

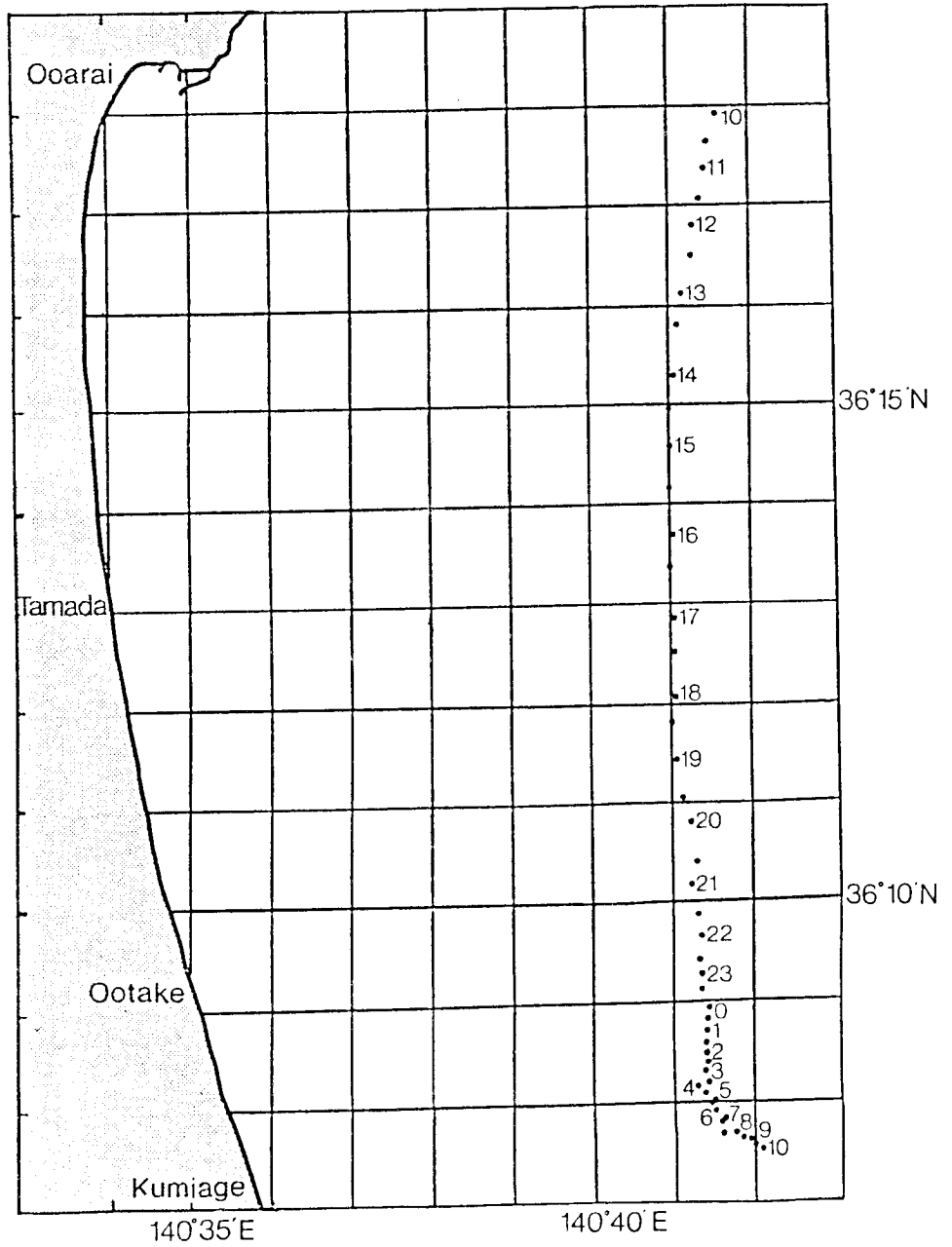


図13 漂流ブイ流跡図(図中の数字は時刻を示す)

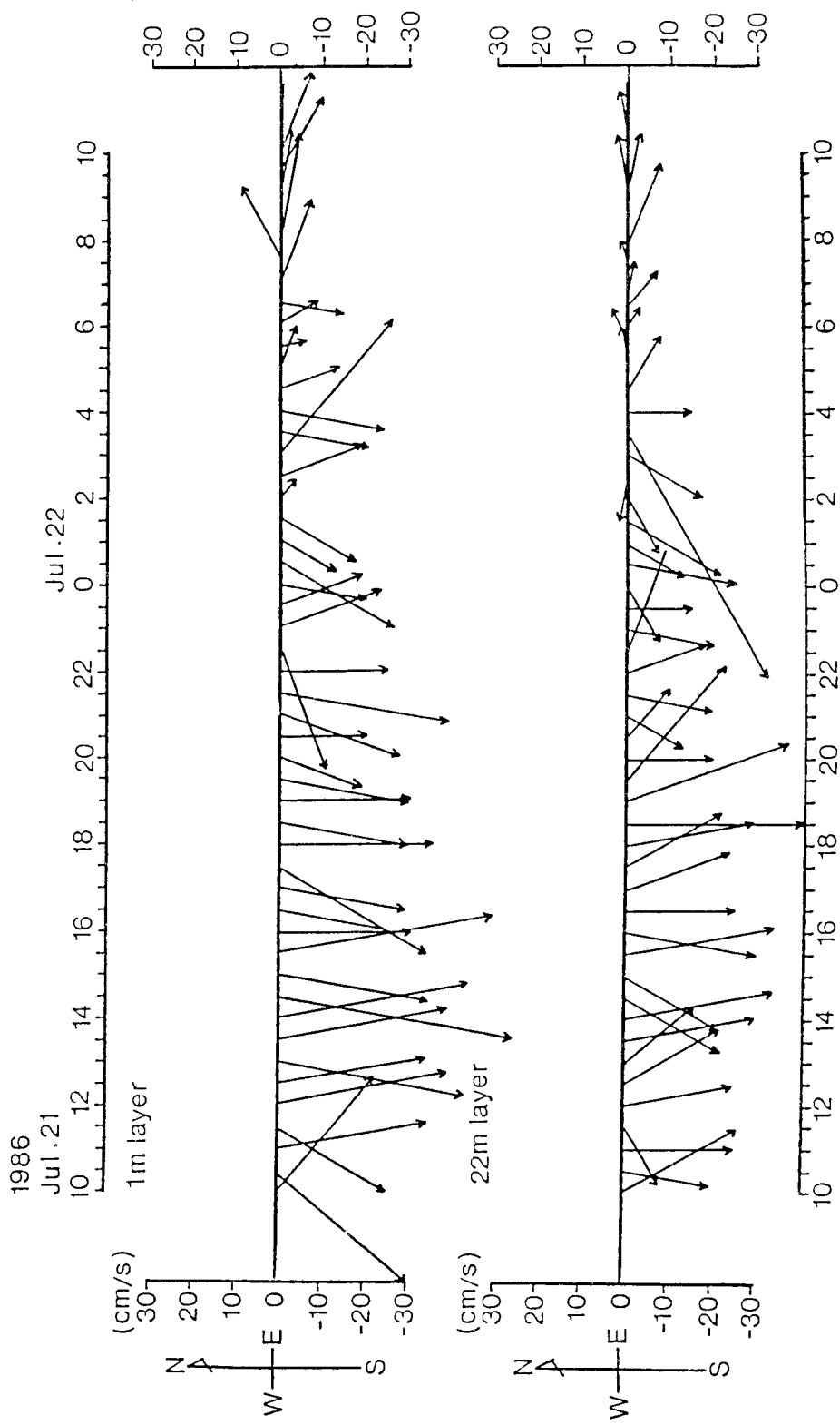


図14 漂流ブイ追跡時の流動変化(ドックフロー式潮流計による)

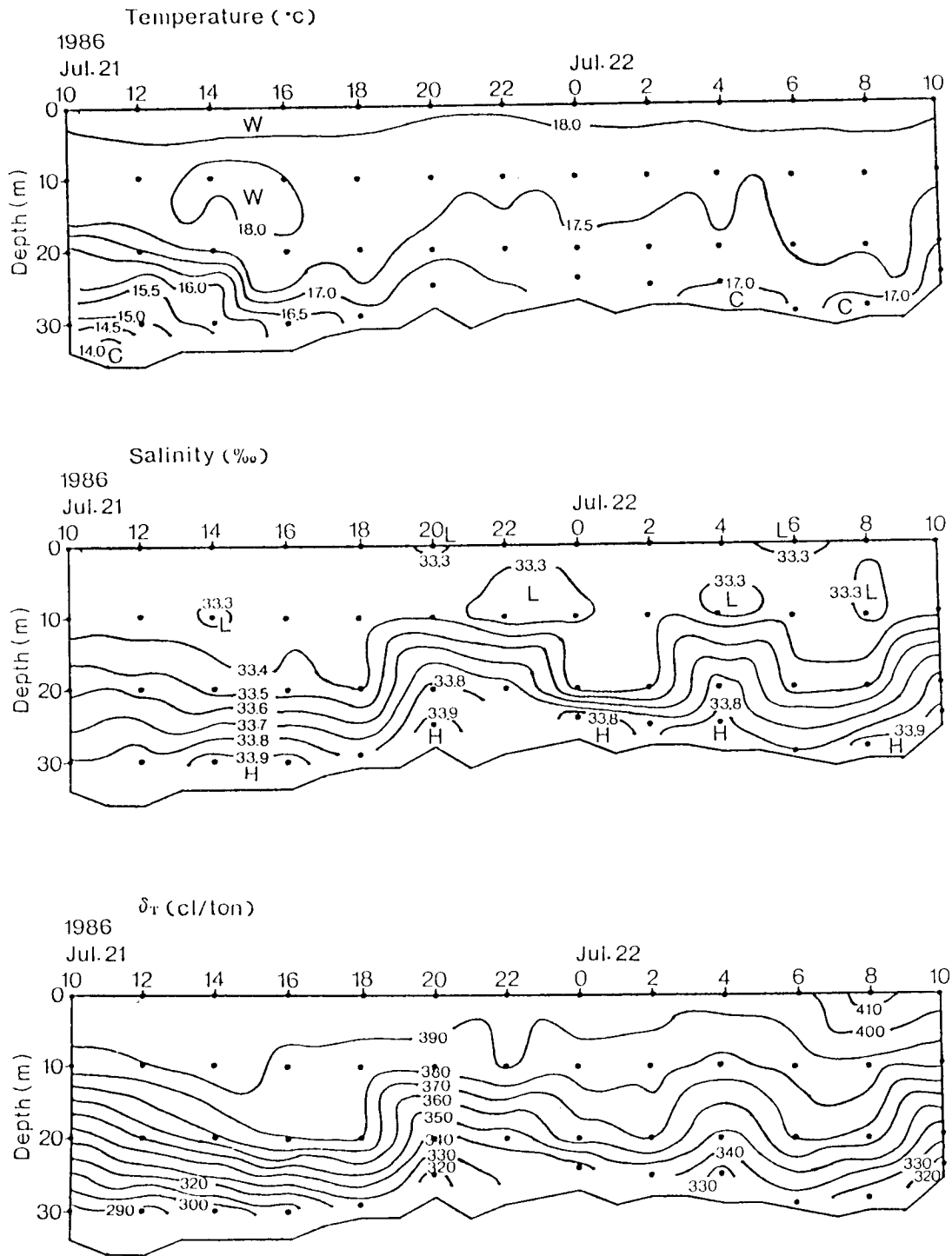


図15 漂流ブイ追跡時の水温，塩分， δ_T の経時変化

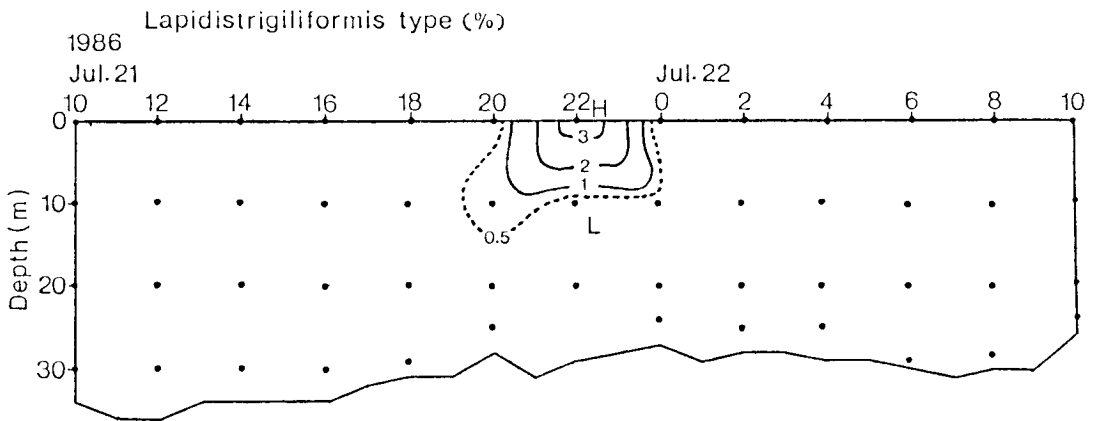
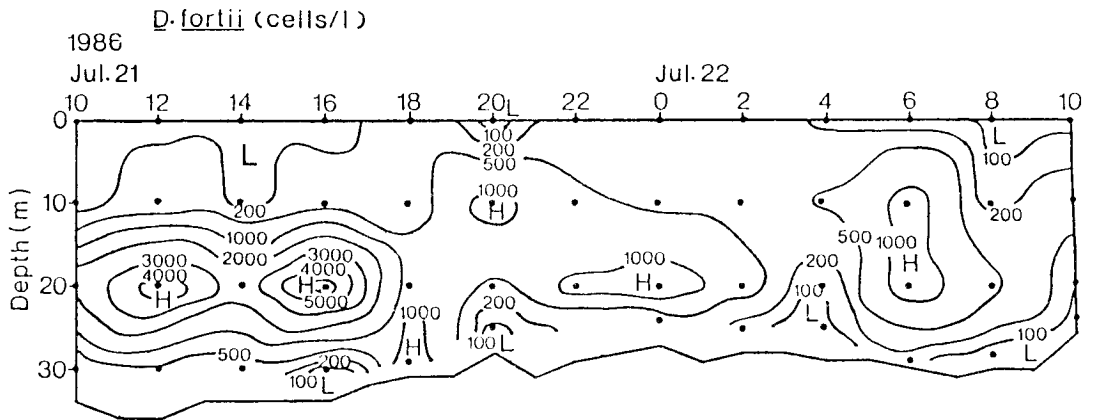


図 16 漂流ブイ追跡時の *D. fortii* 細胞数, *D. fortii* 小型細胞出現割合の経時変化

1987年 6月 19日～6月 25日

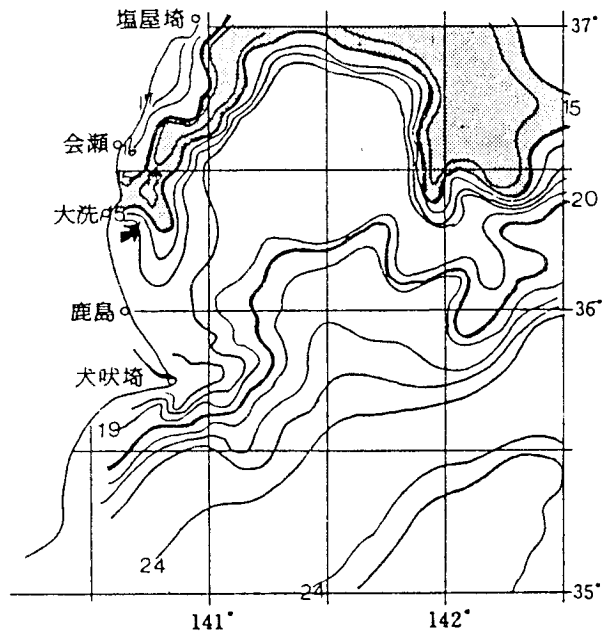


図17 茨城県海域の表面水温分布 < 15℃
 (矢印は漂流ブイの投入位置を示す)

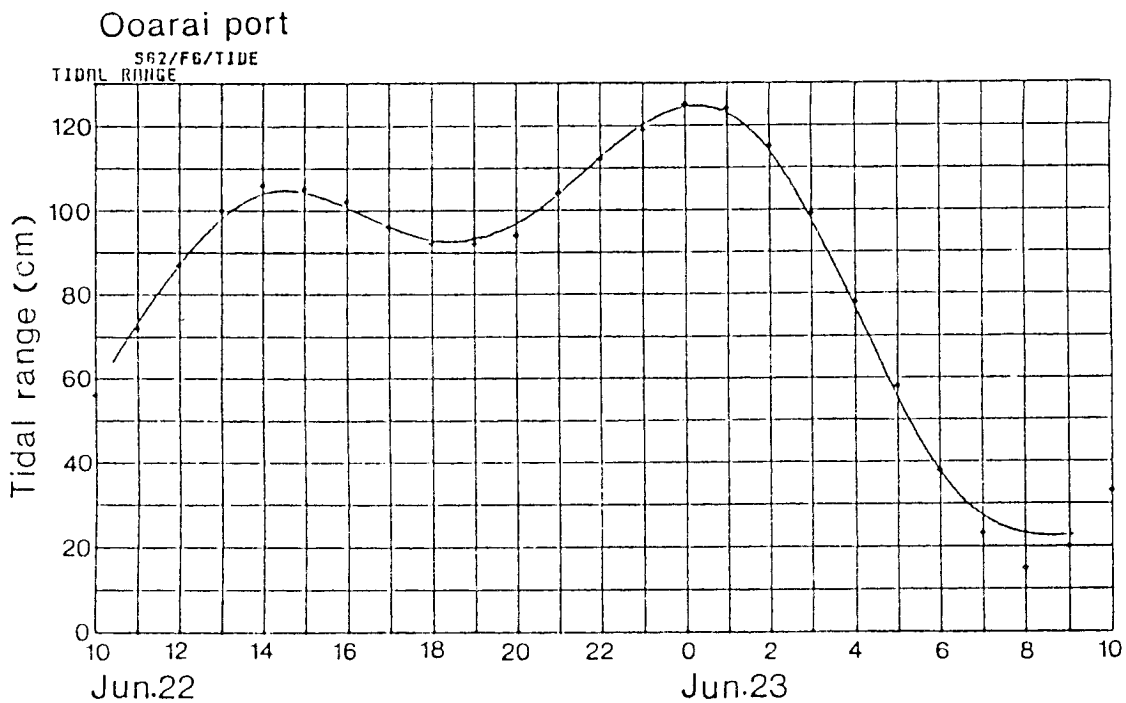


図18 大洗港における潮位変化(実測潮位)

1987, Jun.22,10:00 - Jun.23,10:00

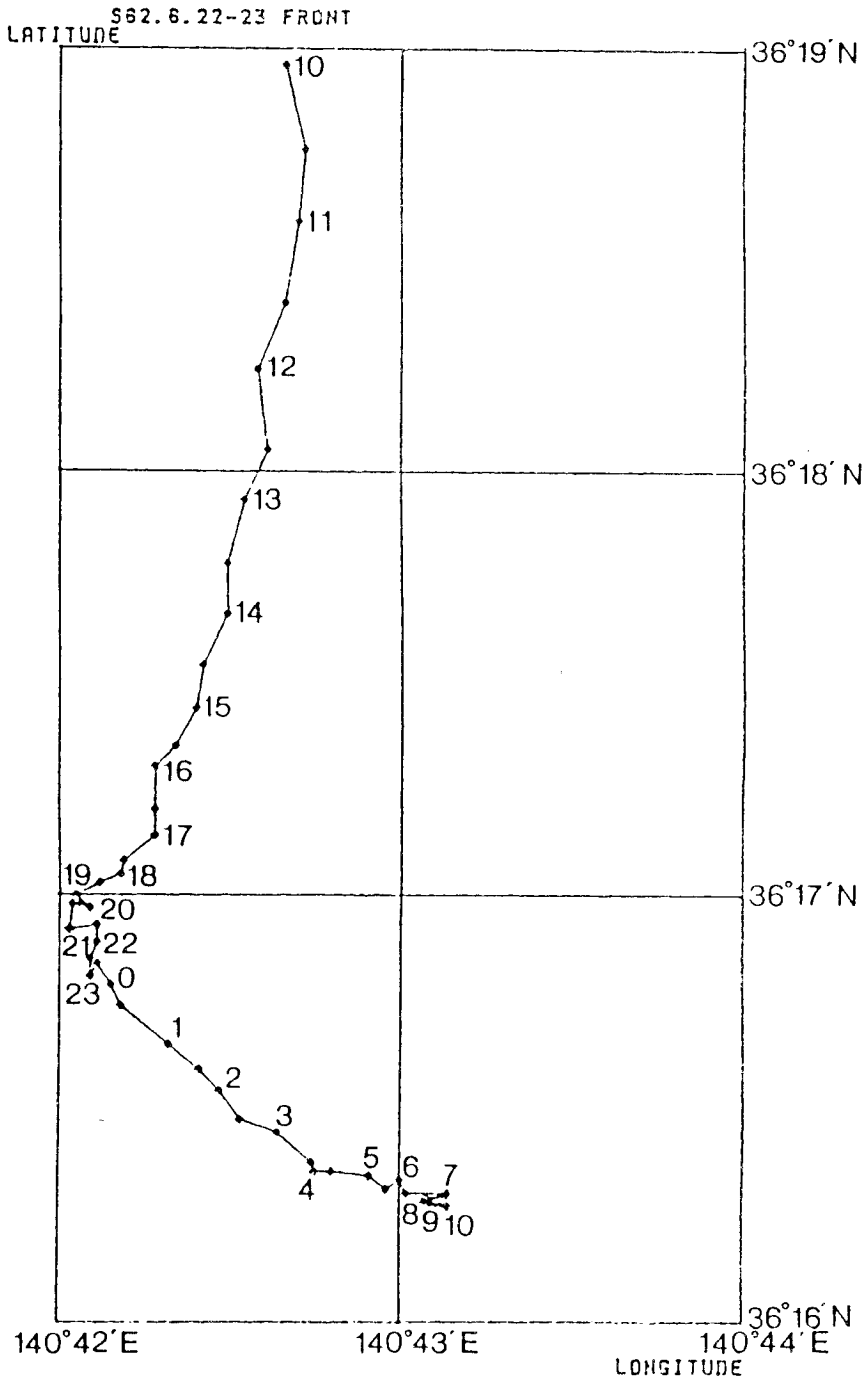


図 19 漂流ブイ流跡図(図中の数字は時刻を示す)

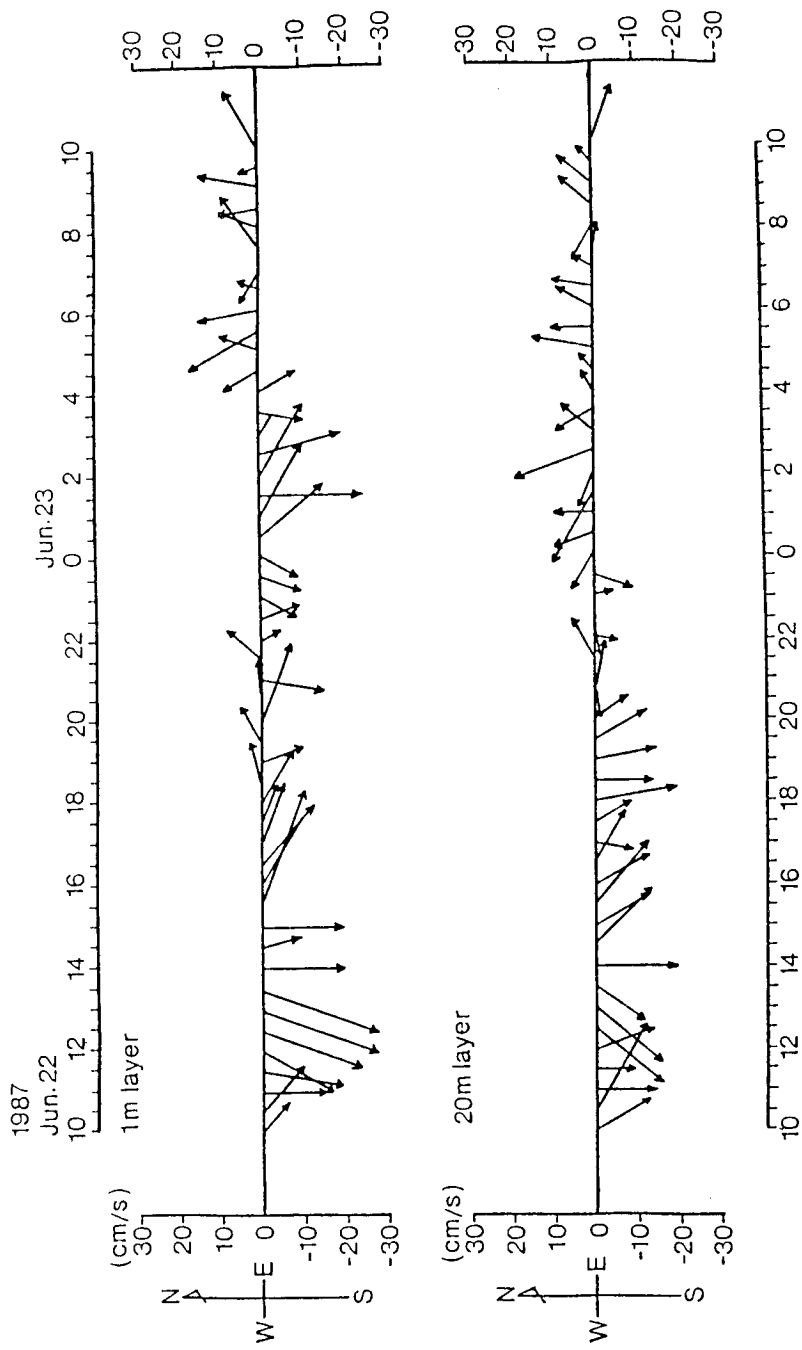


図20 漂流ブイ追跡時の流動変化(ドップラー式潮流計による)

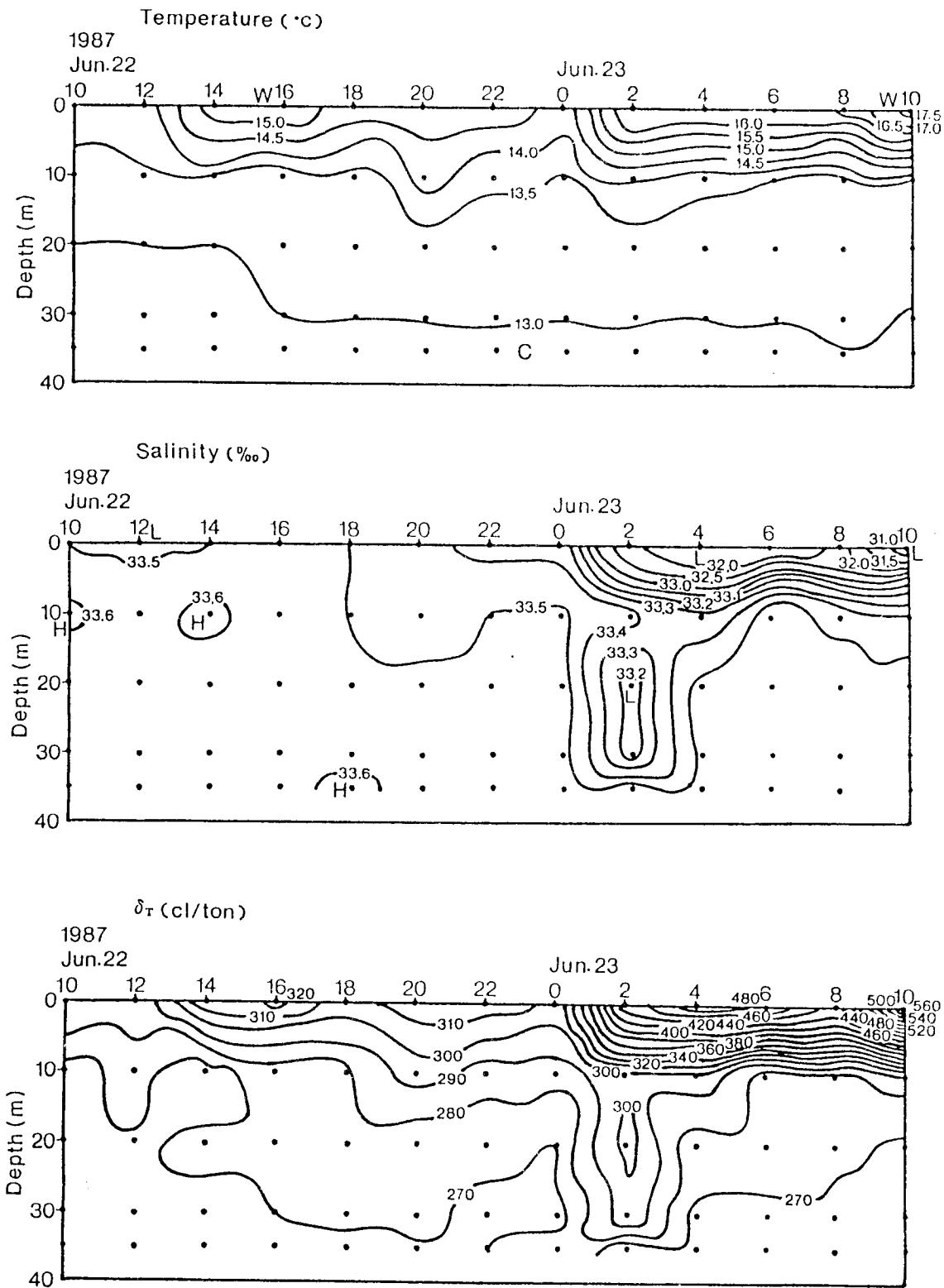


図21 漂流ブイ追跡時の水温，塩分， δ_T の経時変化

1987年 7月 10日～7月 16日

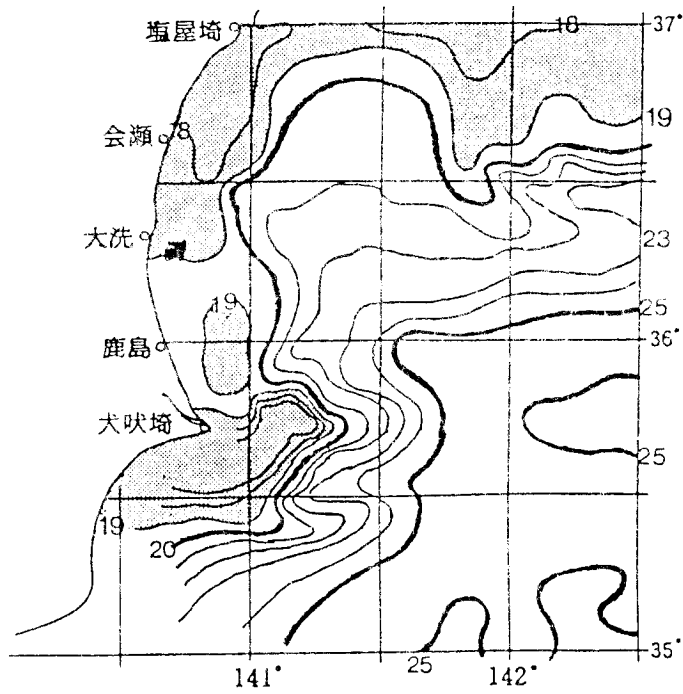


図23 茨城県海域の表面水温分布 (■) <19℃
(矢印は漂流ブイの投入位置を示す)

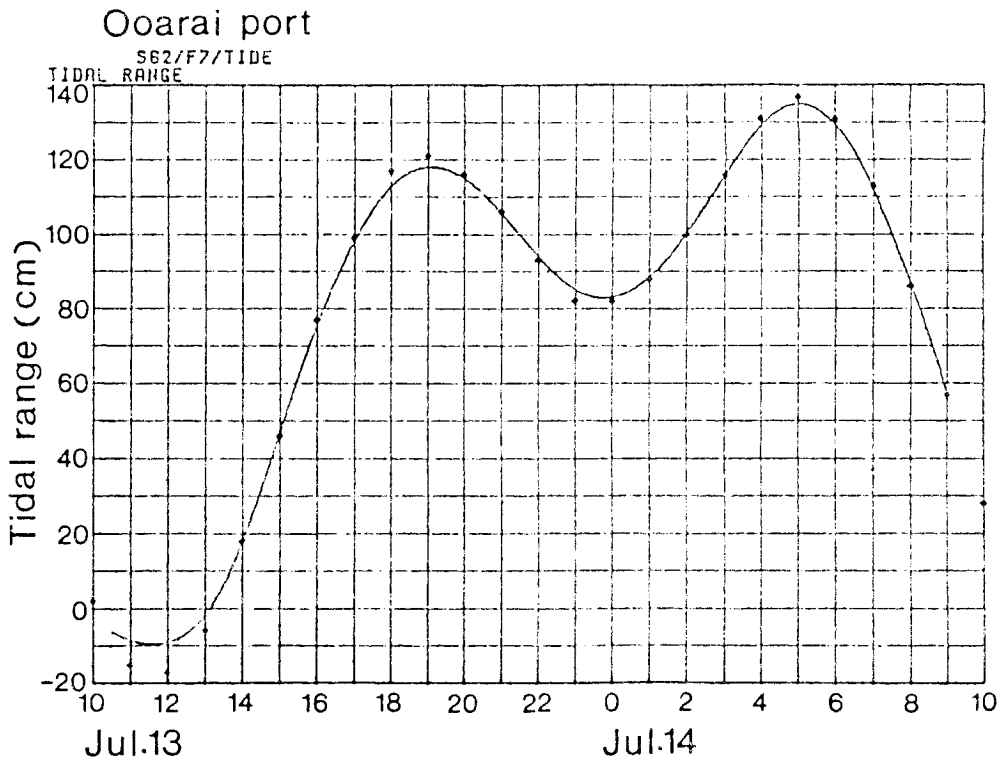


図24 大洗港における潮位変化(実測潮位)

1987, Jul.13, 10:00 - Jul.14, 10:00

S62.7.13-14 FRONT
LATITUDE

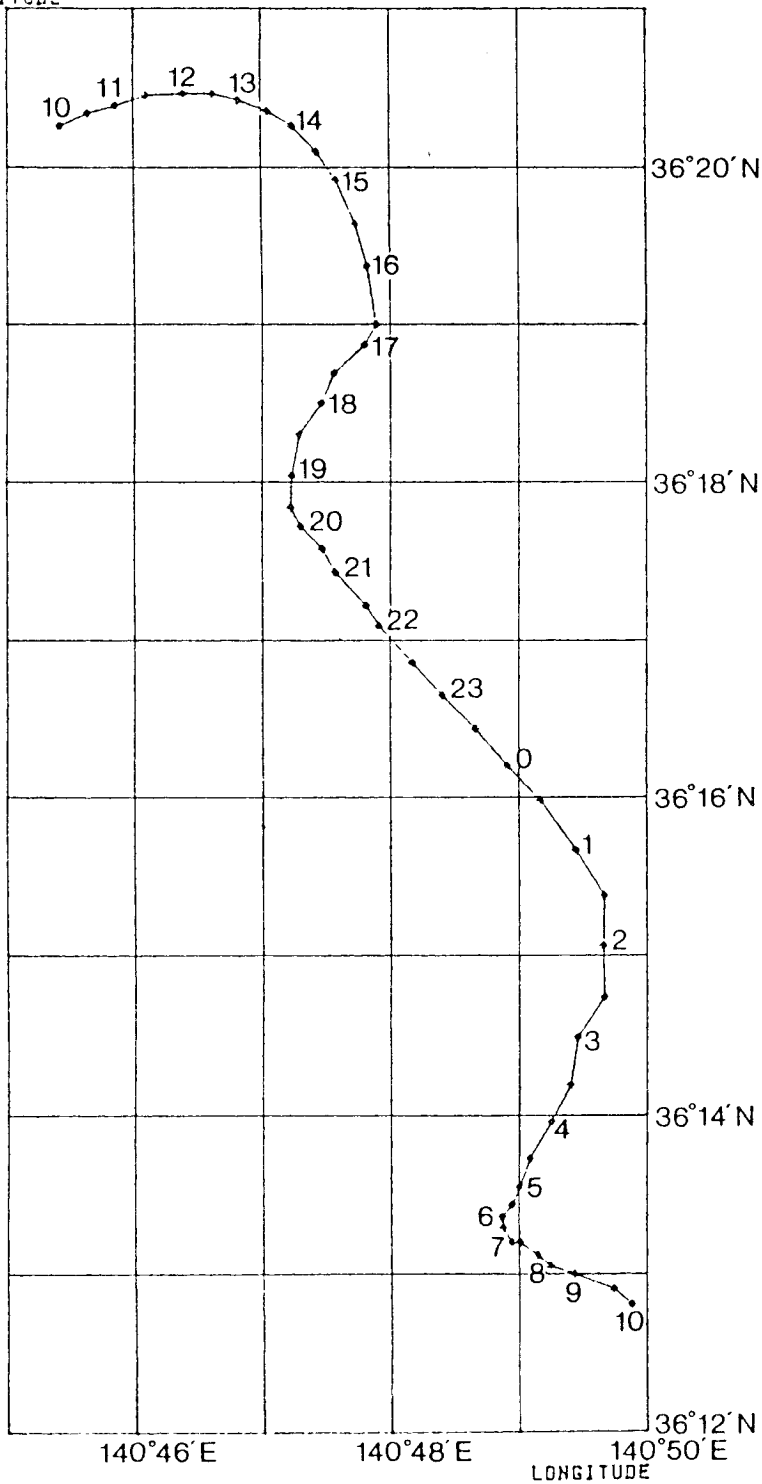


図 25 漂流ブイ流跡図 (図中の数字は時刻を示す。)

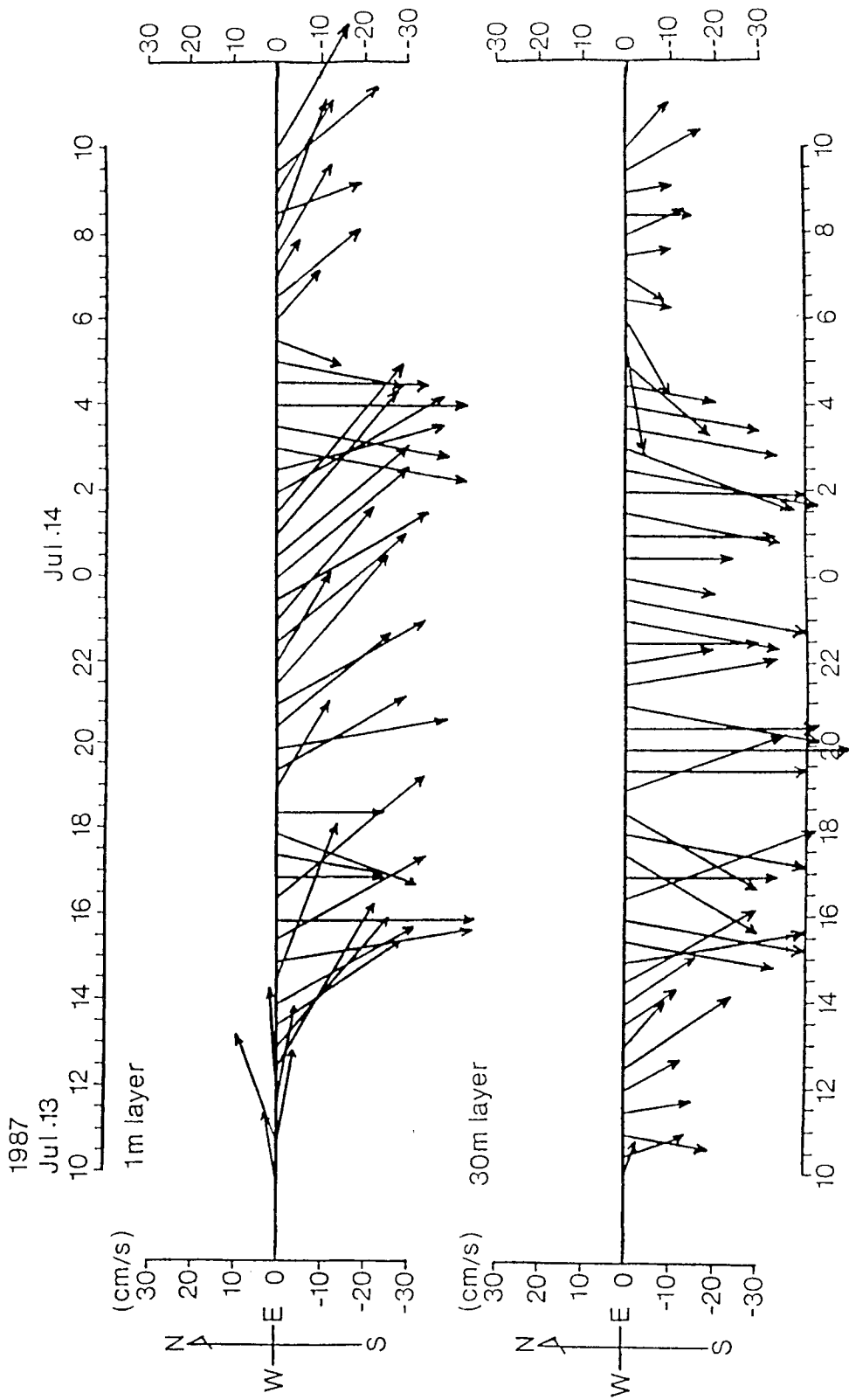


図26 漂流ブイ追跡時の流動変化(ドップラー式潮流計による。)

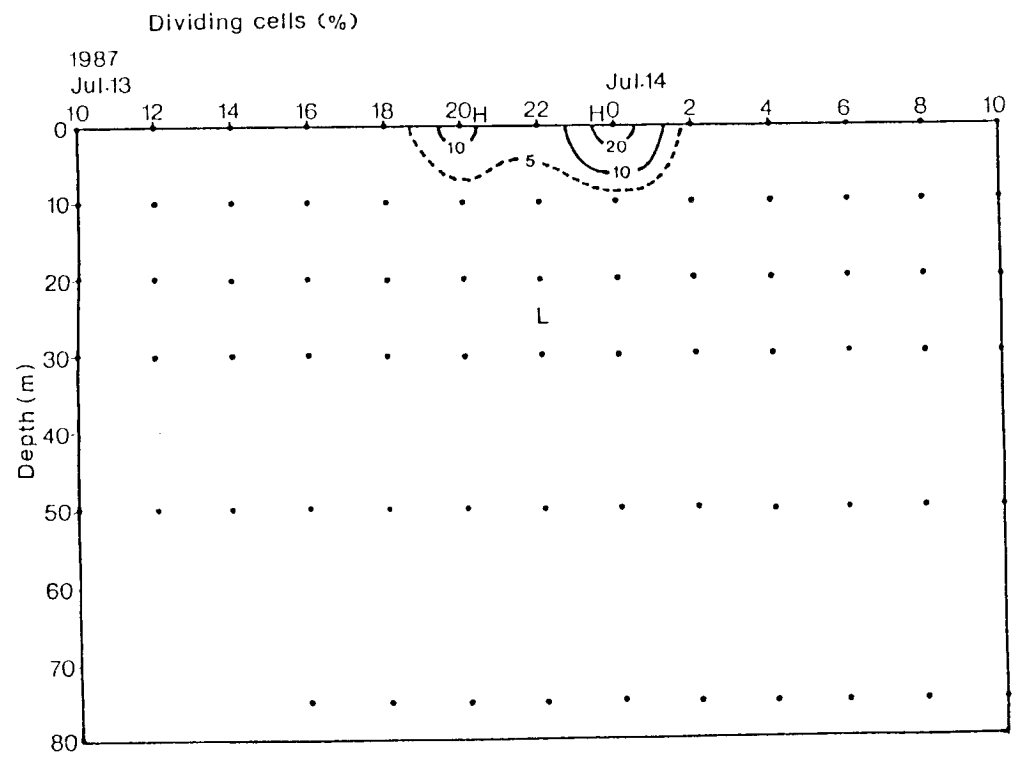
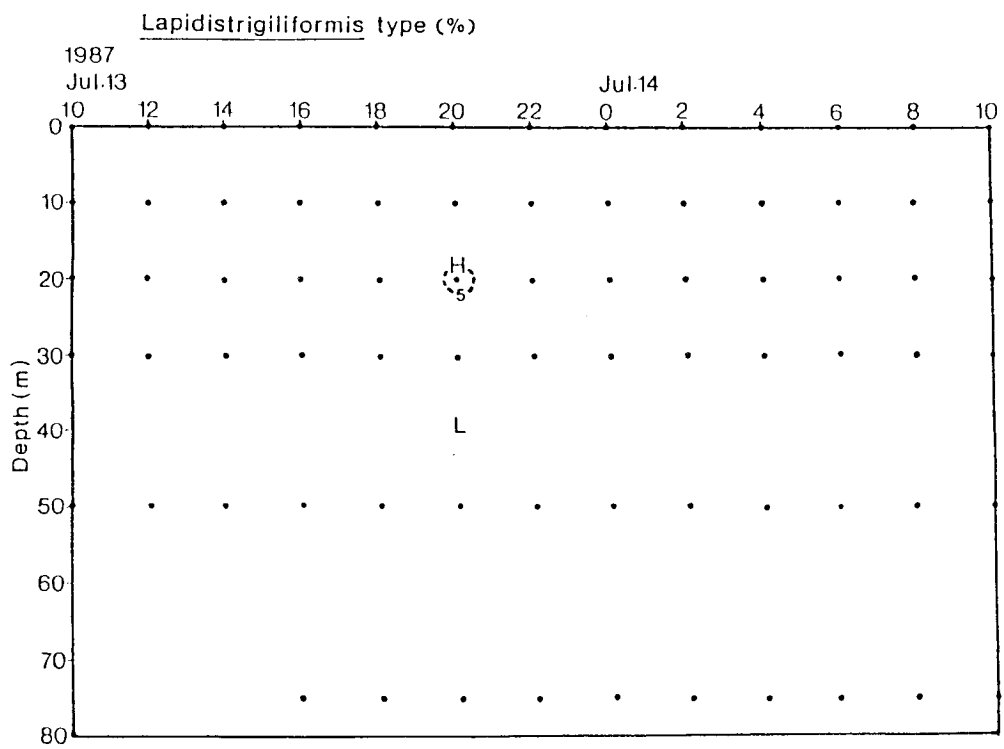


図 29 漂流ブイ追跡時の *D. fortii* 小型細胞出現割合, *D. fortii* 分裂細胞出現割合の経時変化