

대마난류 근원지에서의 수괴들의 역학적 구조와 기초생산력 조사연구

Dynamical Structure of Water Masses and Primary Productivity in the Source Area of the Tsushima Current

주관연구기관	제주대학교
연구책임자	박용향
발행년월	1985-12
주관부처	과학기술부
사업관리기관	제주대학교
NDSL URL	http://www.ndsl.kr/ndsl/search/detail/report/reportSearchResultDetail.do?cn=TRKO200200010425
IP/ID	14.49.138.138
이용시간	2017/11/03 16:26:21

저작권 안내

- ① NDSL에서 제공하는 모든 저작물의 저작권은 원저작자에게 있으며, KISTI는 복제/배포/전송권을 확보하고 있습니다.
- ② NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 상업적 및 기타 영리목적으로 복제/배포/전송할 경우 사전에 KISTI의 허락을 받아야 합니다.
- ③ NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 보도, 비평, 교육, 연구 등을 위하여 정당한 범위 안에서 공정한 관행에 합치되게 인용할 수 있습니다.
- ④ NDSL에서 제공하는 콘텐츠를 무단 복제, 전송, 배포 기타 저작권법에 위반되는 방법으로 이용할 경우 저작권법 제136조에 따라 5년 이하의 징역 또는 5천만 원 이하의 벌금에 처해질 수 있습니다.

국 문 제 목 : 대마난류 근원지에서의 수괴들의 역학적
구조와 기초생산력 조사연구

(영 문 제 목) Dynamical Structure of Water Masses and
Primary Productivity in the Source Area of
the Tsushima Current

연구 기 간 : 1985. 1 - 1985. 12

연구 기관명 : 제주 대학교 해양과학대학

연구 책임자 : 박 용 향

계 출 문

한국과학재단 이사장 귀하

본 보고서를 테마산류 근원지에서의 수괴들의 역학적 구조와 기초
생산력 조사연구에 관한 연구결과 최종보고서로 제출합니다.

1985년 12월 20일

연구 기관 : 제주대학교 해양과학대학

연구 책임자 : 박 용 향

연구 원 : 전 두 산 (제주대학교)
정 종 율 (서울대학교)
심 제 형 (서울대학교)

연구 과제명	대마난류 근원지에서의 수괴들의 역학적 구조와 기초 생산력 조사 연구		
	Dynamical structure of water masses and primary productivity in the source area of the Tsushima current		
연구 책임자	소속 : 제주대학교	성 명	박 용 양
연구 비	350 만원	연구 기간	1985년 1월 부터 12 개월

연구 내용

제주도 남방해역을 중심으로한 대마난류 근원지는 한국 연근해의 해수 특성 변화에 영향을 주는 각종 수괴들이 유출입되고 수괴간 혼합이 활발하며, 어업활동이 빈번하여 지역 해양학적으로나 수산학적으로 매우 중요한 해역이다. 본 연구의 목적은 그 중요성에도 불구하고 아직까지 체계적이고 집중적인 연구가 거의 없는 연구해역의 해수특성 분포와 해수순환의 계관을 정립하고, 해양환경에 따른 기초생물 자원의 분포를 규명하는 데 있다. 1984년 11월, 1985년 4월과 8월의 세번에 걸친 해양관측에서 수온, 염분, 식물 플랑크톤, 클로로필 함량 조사 및 영양염분석을 하고 주변해역에 대한 문헌조사 연구를 가미하여 연구해역의 계절별 해수특성 구조와 해수순환을 해석하였고 기초생산력을 산정하였다.

FINAL REPORT SUMMARY

Project Title : Dynamical structure of water masses and primary productivity in the source area of the Tsushima current			
Principal Investigator	Name	Organization & Adress	Title
	Young-Hyang Park	Cheju National University Aradong, Cheju	Assistant professor
Duration & Amount of Grant	From January 1985 To December 1985 (3,500,000 won)		

Summary of Completed Project

The source area of the Tsushima Current in the south of Cheju Is. may play a significant role in the studies of regional oceanography and fisheries ; Many different water masses, which affect eventually the variation of water properties in the adjacent seas of Korea, flow in and out there resulting the mixing of waters. There exist frequent fishery activities. In spite of its importance, the area has not yet been systematically nor fully studied.

The purpose of this study is to clarify the distribution of water properties and water movements and also to identify the distribution of primary biological resources according to the variation of the environmental factors.

From three ocnographic surveys conducted in November 1984, April and August 1985, hydrographic, biological and chemical data including water temperature, salinity, planktons, chlorophyl and nutrients were collected and analysed. Data analysis as well as the review of historical studies carried out in the adjacent seas made it possible to interpret the seasonal water structures and water movements and to estimate the primary productivity of the area.

1. 서 론

2. 수괴의 역학적 구조

- 2.1 황해 및 동지나해의 수괴와 계절별 해수특성분포
- 2.2 1984년 11월의 해수특성구조
- 2.3 1985년 4월의 해수특성구조
- 2.4 1985년 8월의 해수특성구조

3. 기초생산양상

- 3.1 배 경
- 3.2 재료 및 방법
- 3.3 영양염 및 클로로필 함량의 조사결과 및 고찰
- 3.4 식물성 플랑크톤 군집의 특성해석

4. 연구결과 요약 및 토의

5. 인용 문헌

6. 논문발표 실적 또는 계획

도 표 목 차

- 그림 1. 동지나해 및 황해의 동계 50m 층의 수온과 염분 분포
(Kondo , 1985에 의함)
2. 동지나해 및 황해의 춘계 50m 층의 수온과 염분 분포
(Kondo , 1985에 의함)
3. 동지나해 및 황해의 하계 50m 층의 수온과 염분 분포
(Kondo , 1985에 의함)
4. 동지나해 및 황해의 추계 50m 층의 수온과 염분 분포
(Kondo , 1985에 의함)
5. 동계 중저층의 해수순환 모식도
(Kondo , 1985에 의함)
6. 하계 중저층의 해수순환 모식도
(Kondo , 1985에 의함)
7. 1984년 11월 해양 관측점 위치
8. 단면 A 의 수온 분포
9. 단면 A 의 염분 분포
10. 단면 B 의 수온 분포
11. 단면 B 의 염분 분포
12. 단면 C 의 수온 분포
13. 단면 C 의 염분 분포
14. 1984년 11월 대마 난류 근원지의 수온 염분의 상관관계
15. 1985년 4월 해양 관측점 위치

- 그림 16. 단면 D의 수온 분포
 17. 단면 D의 염분 분포
 18. 단면 E의 수온 분포
 19. 단면 E의 염분 분포
 20. 단면 F의 수온 분포
 21. 단면 F의 염분 분포
 22. 1985년 4월 대마 난류 근원지의 10m층의 수온 분포
 23. 1985년 4월 대마 난류 근원지의 10m층의 염분 분포
 24. 1985년 4월 대마 난류 근원지의 75m층의 수온 분포
 25. 1985년 4월 대마 난류 근원지의 75m층의 염분 분포
 26. 1985년 4월 대마 난류 근원지의 수온-염분의 상관관계
 27. 1985년 8월 해양 관측점 위치
 28. 1985년 8월 대마 난류 근원지의 표층의 수온 분포
 29. 1985년 8월 대마 난류 근원지의 50m층의 수온 분포
 30. 단면 G의 수온 분포
 31. 단면 H의 수온 분포
 32. 단면 I의 수온 분포
 33. 단면 J의 수온 분포
 34. 규산염의 수평 분포
 35. 질산염의 수평 분포
 36. 인산염의 수평 분포

- 그림 37. 단면 G 의 질산염 분포
38. 단면 G 의 규산염 분포
39. 클로로필 a 함량의 표층 분포
40. 영양염 및 클로로필 a 의 수직 분포
41. 클로로필 a 함량의 수평분포
42. 단면 G 의 클로로필 a 함량 분포
43. 서남 해역의 식물성 플랑크톤 현존량의 수평 분포
44. 서남 해역의 *Asterionella* sp. 출현 양상
45. 단면 G 의 식물성 플랑크톤 현존량 분포
46. 단면 G 의 *Asterionella* sp. 현존량 분포
47. 제주도 동방 축선의 식물성 플랑크톤 현존량 분포
48. 제주도 동방 축선의 *Asterionella* sp. 현존량 분포

1. 서론

본 연구의 대상해역은 제주도 남방해역을 중심으로한 동지나해 북부 해역으로서 남해를 거쳐 동해로 진입하는 고온 고염의 대마난류의 시발점이 되며 또한 년중 제주연안에 접근하고 동계에는 황해 중부로 깊숙히 유입되는 것으로 추정되는 황해난류가 대마난류로 부터 분기되는 해역이기도 하다. 따라서 이 해역은 한국 연근해의 해수 특성 분포와 해수순환 연구에 있어서 선결적으로 연구되어야 하는 지역 해양학적으로 매우 중요한 해역이다. 또한 이 해역은 선망및 기선 저인망 어업의 주 어장이기도 하고 해저 석유 탐사 구역인 제 4광구와 5광구를 포함하고 있어서 해양자원이 풍부하고 해상활동이 잦은 해역이다. 동지나해 전역에 대한 개괄적인 해양조사 연구는 1960년대 이후로 많이 수행되어 왔으나 대마난류 근원지에 대한 체계적이고 집중적인 연구는 많지 않다.

특히 이 해역에서 해수특성구조연구와 유용생물 자원의 생산량을 추정할 수 있는 기초생산력 연구를 연계시킨 물리-생물학적 종합연구는 아마도 본 연구가 최초로 시도되는 것으로 보인다.

본 연구에서는 제주남방 해역을 중심으로한 대마난류 근원지에서 각종 수괴의 유출입 경로와 그 세력의 계절변화 및 수괴 상호간의 혼합과정을 조사 연구하고, 수괴의 변동에 따른 해양생물 자원의 분포와 시식물량의 수량을 결정하는 기초생산력을 추정하였다. 본 보고서의 2장에서는 먼저 문헌 조사에 의한 황해및 동지나해의 주요수괴와 계절별 해수특성 분포를 요약한 후, 3회에 걸쳐 연구해역에서 수행된 해양관측 자료를 분석하여 해수특성 구조와 해수순환을 해석하였다.

3장에서는 동·식물성 플랑크톤의 정량및 정성분석을 하여 이들의 분포와 해수특성 분포와의 상관 관계를 규명하고, 해수중 클로로필 함량계측을 통한 조사해역의 기초생산력을 산정하였다. 4장에서는 본 연구를 총정리하고 물리-생물학적 연계성을 검토하였다.

2. 수괴의 역학적 구조

2.1 황해및 동지나해의 수괴와 계절별 해수특성 분포

본 연구의 대상해역인 대마난류 근원지의 세부적인 해수특성을 보다 잘 이해하기 위해서는 이 해역에 영향을 줄 수 있는 주변해역에 대한 전반적인 해황을 제정리해 볼 필요가 있다. 동지나해와 황해의 해수특성 분포에 관한 연구는 1960년대 이후로 상당한 진전을 가져왔다 (Miyazaki & Abe, 1960 ; JMA, 1964 ; Kato, 1969 ; Lim, 1971 ; Nakao, 1977 ; Sawara & Hanzawa, 1979 ; 김, 1980 ; 김과노, 1982 ; Beardsley et al, 1983 ; Limeburner & Beardsley, 1983 ; Park, 1985 a,b ; Kondo, 1985).

이중에서 Kondo (1985)의 연구는 50m 층과 저층의 수온과 염분에 관하여 13년의 자료를 통계 처리하여 동지나해와 황해의 중저층의 수온과 염분 분포의 계절 변화에 대하여 논하고 있다. 50m 층의 수온 및 염분의 변화는 표층의 얼음효과와의 직접적인 영향이 적기 때문에 수괴의 기원, 이동및 혼합과정등을 연구하는데 적절하다. 따라서 황해와 동지나해의 수괴와 계절별 해황을 Kondo (1985)의 연구를 중심으로 요약하면 다음과 같다.

2.1.1 동계(1-3월)의 50 m층 수온과 염분의 분포 (그림 1.)

동계는 한냉한 계절풍의 연착에 의한 해면냉각으로 연직혼합이 왕성하게 이루어지는 대류기에 해당되므로 대륙붕상의 천해역은 표층에서 저층까지 해수특성의 연직구배가 거의 없는 혼합해양이 형성되며, 50m 층의 해수 특성 분포는 표층의 그것과 매우 유사하다. 남서열도 (Nansei Islands) 를 따라 서북쪽으로 흐르는 흑조 (Kuroshio) 주류역에는 수온 21-22°C, 염분 34.6 - 34.8‰ 의 고온, 고염의 해수가 분포하고, 제주남방및 큐슈 서방의 대마난류 (Tsushima Warm Current) 역에는 14-18°C, 34.6‰ 이상의 해수가 나타난다. 제주도 남서방에서 황해 중앙역으로 주변해수에 비해 상대적으로 고온, 고염의 (10-14°C, 33-34.4‰) 해수가 설상분포 (Tongue-like distribution) 하고 있는데, 이것이 동계의 황해난류 (Yellow Sea Warm Current) 에 해당된다. 황해중앙에는 6-10°C 32.2-33.5‰ 의 저온, 저염의 황해냉수 (Yellow Sea Cold Water) 가 존재한다. 산둥반도 쪽에서 중국 대륙 연안을 따라 저온 (< 10°C), 저염 (< 33‰)의 연안수는 양자강 외해에 이르러서는 대양자강퇴 (the Great Yangtze Bank) 를 따라 남동 방향으로 돌출되어 나타난다. 이 해수는 냉각된 중국 대륙 연안수 (Coastal Waters of Chinese Continent) 이다. 대만 북동쪽에는 양자강 입구를 향하여 북향하는 고온, 고염 (15-20°C, 34-34.6‰)의 대만난류수 (Taiwan Warm Current Water : Kondo (1985)는 흑조 분이라고 칭함)가 존재한다. 그림 5는 동계 해수순환의 모식도이다.

2.1.2 춘계 (4-6월)의 50 m 층의 수온과 염분 분포 (그림. 2)

춘계는 강수량과 일사량의 점진적인 증가에 따라 염분은 전반적으로 동계에 비해 저하되고 특히 중국 대륙 연안과 양자강 입구에서 저염화 현상이 현저하며, 수온은 점차 상승하고 있다. 전체적인 수온과 염분의 분포 양상은 동계와 유사하나 가장 특징적인 현상은 황해중부에 있는 냉수의 분포가 동계와는 반대로 제주 서방을 지나 남쪽으로 섭상분포를 하고 있는 점이다. 특히 제주도 남서방 해역은 동계에 비해 $1-2^{\circ}\text{C}$ 의 수온 하강이 나타나는 데, 이것은 동계에 형성된 황해냉수가 남쪽으로 확장되고 있음을 암시한다. 또한 수온 14°C 이상, 염분 34‰ 이상의 비교적 고온, 고염의 특조 계수 (water characteristic of kuroshio) 는 제주도 서안과 북안을 경계로 해서 데마난류역에만 보이고 황해역에는 나타나지 않는다. 이 사실은 동계에 현저하게 나타났던 황해난류의 투상이 춘계에는 분명치 않음을 의미한다. 50 m 층의 수온과 염분의 범위는 특조 주류역에서 $22-24^{\circ}\text{C}$, 34.6-34.8‰ , 데마난류역은 $18-22^{\circ}\text{C}$, 33.8-34.4‰ , 데마난류역은 $15-20^{\circ}\text{C}$, 34.4-34.7‰ , 제주 남서방의 냉수권을 포함한 황해 냉수역은 $8-12^{\circ}\text{C}$, 32.4-33.8‰ 이다.

2.1.3 하계 (7-9월)의 50 m 층의 수온과 염분 분포 (그림. 3)

하계는 강한 일사량과 하천수의 대량 유입으로 표층의 고온, 저염, 저밀도 해수와 저층의 저온, 고염, 고밀도 해수의 완전한 구별이 나타나는 성층해양이 형성된다. 계절적 수온약층 하부에 잔존하는 황해 저층냉수 (Yellow Sea Bottom Cold Water) 는 황해 중남부 해역에서 제주 서방과 남서방 해역으로 확장 분포되고 그 선단부는 주변 해수와 뚜렷한 조경을 형성한다.

춘계와 마찬가지로 수온 14°C 이상, 염분 34‰ 이상인 비교적 고온, 고염의 후조계수는 제주도 서안과 북안을 감싸돌고 있는 형상을 보이며 황해 내부로의 진입은 나타나지 않는다. 동지나해의 대륙붕상의 표층은 저염의 중국 대륙 연안수 특히 양자강 희석수 (Yangtze river diluted water) 에 의해 지배되며, 이 저염수의 주확장 방향은 양자강 입구에서 제주도를 향한 북동방향으로 알려졌다 (Beardsley et al., 1983) . 50 m 층의 염분분포에서는 저염의 연안수 (30-32‰) 가 대양자강퇴를 따라 동계와 춘계에 비해 보다 동쪽으로 확장되어 나타난다. 또한 대만난류가 양자강 외해까지 깊숙히 북상하는 사실이 34‰ 이상의 고염수의 분포로 확실시되며, 이 대만난류수는 양자강에서 유출되는 하천수와 혼합하여 양자강 퇴석수를 형성한다 (Limeburner & Beardsley, 1983). 수온과 염분의 분포 범위는 후조주류역에서 $26-28^{\circ}\text{C}$, 34.4-34.5‰, 대만난류역에서 $21-25^{\circ}\text{C}$, 34.2‰ 정도, 대만난류역에서 $17-23^{\circ}\text{C}$, 34.0-34.2‰ 그리고 제주 남서부의 냉수골을 포함한 황해저층 냉수역에는 $8-14^{\circ}\text{C}$, 32-33.6‰ 이다. 그림 6은 하계의 중저층의 해수순환 모식도이다.

2.1.4 추계 (10-12월)의 50m 층의 수온과 염분분포 (그림. 4)

추계는 강수량과 하천수 유입량이 현저히 감소되고 대륙혼합기에 돌이 가는 계절로서 표층과 저층의 해수가 혼합되기 시작하여 50m 층의 해수는 하계에 비해 수온은 상승하고 염분은 저하되는 곳이 나타난다. 특히 중국 대륙연안, 한국남해안 및 대한해협에서는 하계에 비해 수온 상승과 염분 저하가 나타난다. 또한 후조계수의 영향이 가미되어 동지나해 북부해역과 황해 동남부 해역에서는 수온과 염분 상승이 나타난다.

50 m 층의 수온과 염분 범위는 흑조류역에서 25-26°C , 34.5-34.7% , 대만난류역에서 22-24°C , 34-34.4% , 대만난류역에서 20-23°C , 34-34.3% . 그리고 황해역은 9-14°C , 32-33.6% 이다.

2.2 1984년 11월의 해수특성 구조

추계의 해수특성 구조 파악과 기초 생산성 조사를 위하여 1984년 11월 1 - 2일에 실시한 해양관측점 위치와 세계의 단면은 그림 7 과 같다. 단면 A 는 대만난류 근원지에서 해수특성의 수직구조와 수괴분포를 보기 위해서 설정되었고, 단면 B 와 C 는 각각 황해와 남해로 진입하는 수괴들의 수직분포를 파악할 목적으로 설정되었다. 수온측정은 전도온도계를 이용하였고 염분은 채수하여 염분분석기 (E 2 salinometer, Tsurumi-seiki)를 사용하여 측정하였다. 기초생산력 조사를 위한 부유생물의 채집과 영양염분석을 위한 채수도 모든 관측점에서 동시에 수행되었다.

2.2.1 단면 A 의 해수특성의 수직구조 (그림 8, 9)

11월은 대류혼합기에 접어드는 계절로서 표층및 중층의 해수는 수직 혼합에 의해 비교적 균일한 해수특성을 나타내기 시작한다.

혼합층의 깊이는 50-60 m 에 이르고 수온및 염분 약층은 저층에만 형성되고 있다. 50 m 이천의 표층은 관측점 5와 6을 경계로 서쪽의 저온, 저염수 (19-20°C , 31.8-32.2%)와 동쪽의 고온, 고염수 (22-23°C , 34.2-34.4%)가 강한 수평경도에 의해 뚜렷히 구별된다. 즉, 고온고염의 대만 난류수와 저온 저염의 중국 대륙 연안수가 32°N 선상에서는 126° 30'E 를 경계로 해서 조경을 이루고 있다.

50 m 이심의 저층은 수온과 염분의 수평경도가 매우 완만하며, 관측점 6의 동편에서 50 m 이심의 저층수온과 염분 범위는 $16-22^{\circ}\text{C}$, $34.4-34.7\%$ 이고 관측점 5의 서편의 저층은 $17-19^{\circ}\text{C}$, $32.2-34\%$ 이다.

2.2.2 단면 B 의 해수특성의 수직구조 (그림 10, 11)

혼합층의 깊이는 제주연안 가까이에서 40m , 외해쪽에서 50 m 에 이르며, 혼합층의 수온은 $19-20^{\circ}\text{C}$ 이고 저층은 $14-19^{\circ}\text{C}$ 이다. 관측점 3, 4의 50 m 이천이 표층에는 32.2% 이하의 저염의 해수가 보이는데 이것은 단면 A 의 관측점 4, 5에서 보였던 저염의 해수와 동일 해수로서 중국 대륙 연안수의 확장에 기인한다. 34% 이상의 비교적 고염의 해수가 관측점 2를 중심으로 하여 60 m 이심에서 나타나며 34.2% 이상의 고염의 핵이 70 m 이심의 저층에 보인다. 이 고염의 해수는 데마난류에서 분기되어 황해를 향해 북서방향으로 흐르는 황해난류의 단면 통과를 의미한다.

2.2.3 단면 C 의 해수특성의 수직 구조 (그림 12, 13)

단면 B에서와 마찬가지로 혼합층의 두께는 제주 가까이의 관측점 12, 13 에서는 40 m 정도이고 외해쪽의 관측점 9-11 에서는 50m 이다. 제주연안 가까이의 표층수온과 염분 ($20-21^{\circ}\text{C}$, $< 34.2\%$) 은 외해쪽의 수온과 염분 ($> 22^{\circ}\text{C}$, $34.2-34.4\%$)에 비해 $1-2^{\circ}\text{C}$, $0.2-0.3\%$ 정도 낮은 값을 보이나 데마난류수의 고온, 고염의 특성을 나타내고 있다. 50 m 이심의 저층은 단면 A 에서 보였던바와 같이 수온 약층이 현저히 형성되며 저온, 고염 ($16-20^{\circ}\text{C}$, $34.2-34.6\%$) 의 데마난류 저층수가 제주연안 깊숙히 분포하고 있다. 즉 추계의 데마난류는 제주도 동쪽 연안에 근접해서 남해쪽으로 유입되고 있음을 압수 있다.

2.2.4 수온-염분의 상관관계 (그림.14)

그림 14는 단면 A, B, C 상의 모든 관측점에서 수온과 염분의 상관 관계를 나타내는 T-S diagram 이다. 관측점 6, 7, 8, 9, 10, 11은 대마난류수의 대표적인 관측점들로서 표층의 고온, 고염, 저층의 최대 염분 값으로서 특성지어진다. 제주 동쪽 연안 가까이의 관측점 12, 13의 표층은 외해의 대마난류수에 비해 약간 저온, 저염을 나타내지만 저층은 대마난류수와 매우 유사한 해수특성을 갖는 것이 T-S 점들이 밀집으로 확인될 수 있다. 관측점 3, 4, 5는 최소 염분 값으로서 특성지어지며, 이 저염수의 공간적 분포로 미루어 보아 양자강 방면에서 확장된 양자강 희석수임을 암시하고 있다. 관측점 2의 저층에 보이는 34‰ 이상의 비교적 고염의 해수는 대마난류수와 저염수의 중간적 해수 특성을 나타내고 있는 점으로 보아 대마난류에서 분기되어 주변의 저염수와 혼합된 황해난류수라고 추정된다.

2.3 1985년 4월의 해수특성 구조

총계의 해수특성구조 파악과 기초생산성 조사를 위하여 1985년 4월 20 - 24일 동안 제주 남동방 해역을 15마일 간격의 조밀한 격자망으로 세분하여 수온·염분의 측정과 부유생물 채집 및 영양염 분석을 위한 채수를 실시하였다 (그림 15). 수온과 염분 측정은 T-S bridge (Model 5005, Kent) 를 이용하였고 각 관측점의 두 수층에서 채수한 해수를 염분분석기 (E 2 Salinometer) 에 의해 염분 측정을 한 다음 T-S bridge 에서 읽은 염분값을 보정하였다.

2.3.1 단면 D 의 해수특성의 수직구조 (그림 16, 17)

이 단면은 위도 $32^{\circ}30'$ 을 따라 동서로 짚은 단면이다. 수직적, 수평적으로 거의 혼합된 해양을 나타내며 표층과 75m 층의 수온과 염분 차이는 1.5°C 이하, 0.05% 이하이며, 수온과 염분의 범위는 $15-18^{\circ}\text{C}$, $34.5-34.63\%$ 이다. 단면중 가장 낮은 수온 (15°C) 과 염분 (34.5%) 은 단면의 서쪽 관측점 30의 저층에 나타난다.

2.3.2 단면 E 의 해수특성의 수직구조 (그림 18, 19)

이 단면은 관측해역의 남서단 (관측점 30) 에서 제주도 남동해안 (관측점 11) 으로 짚은 것이다. 단면 D 와 마찬가지로 전 수층이 혼합되었고 수온과 염분의 범위도 동일하다. 관측점 14 에서 단면중 최대수온 및 염분을 보이는 데 이것은 제주 서안을 향해 유입되는 황해안류가 관측점 14 부근을 통과한다는 것을 의미한다. 제주연안 가까이의 관측점 11 은 외해에 비해 상대적 저온 저염의 특성을 보이는 것은 1984년 11월의 관측결과와 유사하며, 이것은 춘계와 추계의 연안수의 특성이라고 볼 수 있다.

2.3.3 단면 F 의 해수특성의 수직구조 (그림 20, 21)

이 단면은 관측해역의 남동단 (관측점 38) 에서 제주도 동쪽해안 (관측점 1) 으로 짚은 것이다. 제주연안 가까이의 관측점 1 에서는 상대적 저온, 저염의 연안수가 존재하며, 최대염분의 해수는 관측점 18을 중심으로 해서 분포하고 있는데 이것은 남해로 유입되는 대마난류의 주축이 이점을 지나는 것으로 판단된다. 4월의 대마난류수의 수온과 염분의 범위는 $15.5-18^{\circ}\text{C}$, $34.58-34.65\%$ 이다.

2.3.4 10 m 층의 해수특성의 수평분포 (그림 22, 23)

연안 10마일 정도까지는 연안수의 영향으로 16°C , 34.58% 이하의 해수가 제주도 주변을 감싸고 있는 현상을 나타내며, 1984년 11월의 관측 결과와 유사하게 고염의 대마난류수는 제주도 연안에 근접하여 분포한다. 제주 서남방에서 나타나는 상대적 저온 저염의 해수는 남하 확장되는 황해냉수의 영향으로 보인다.

2.3.5 75m 층의 해수특성의 수평분포 (그림 24, 25)

전체적인 분포형태는 10 m 층의 분포와 유사하다. 이층에서는 제주 남서방의 34.6% 이하의 저염수가 보다 분명히 나타난다. 해수특성은 공간적으로 매우 균일한 분포를 하고 있으며, 고염의 대마난류수가 연안에 근접하여 나타나는 점은 전술한 바와 같다.

2.3.6 수온-염분의 상관관계 (그림 26)

4월의 대마난류수의 수온과 염분 범위는 전술한 바와 같이 $15.5\text{--}18^{\circ}\text{C}$, 34.58-34.68%로서 T-S 점들이 거의 일직선상에 밀집되어 나타난다. 제주 연안 가까이의 관측점 1, 11, 12와 제주 남서방의 관측점 29, 30은 제주도 연안수, 황해냉수, 중국 대륙 연안수의 영향을 받아 상대적 저온, 저염의 특성을 보인다. 제주 연안수의 수온과 염분 범위는 $15\text{--}16^{\circ}\text{C}$, 34.55-34.6%이고 중국 대륙 연안수 및 황해냉수의 영향을 받는 해수는 최저 염분 치로서 특성지어진다.

2.4 1985년 8월의 해수특성 구조

하계의 해수특성구조 파악과 기초생산성 조사를 위하여 1985년 8월 4-12일 동안 제주남방과 서방해역에서 총 38개의 관측점 그림 27 과 같이 선정하고, 각 관측점에서 수온, 염분 외 측정과 부유생물 계집 및 영양염 분석을 위한 계수를 실시하였다. 수온과 염분 측정은 T-S bridge (Model 5005, Kent)를 이용하였으나 관측도중에 염분 센서 (sensor) 가 작동되지 않아 염분측정은 실패하였으며 수온 센서는 정상적으로 작동되었다. 하계의 해수특성 구조를 수온 자료만으로 파악하기 힘들기 때문에 1985년 8월의 관측 결과를 제시하기 전에 본 연구 책임자의 최근의 연구결과 (Park, 1985 b) 를 토대로 1982년과 1983년 제주남방과 서방해역의 7월초의 해수특성구조를 요약해 보는 것이 유익하겠다. 제주남방 해역을 포함한 동지나해의 북동해역의 하계 해수특성은 다음과 같은 세가지 중요한 영향에 의해 좌우된다. 즉 서쪽으로 부터 저염의 중국 대륙 연안수의 확장, 북으로 부터 저온, 저염의 황해저층 냉수의 확장 그리고 남으로 부터 고온, 고염의 후조의 확장. 하계는 하천수의 유입, 과다한 강수량 그리고 강한 일사량에 의해 표층의 고온, 저염의 해수와 저층의 저온, 고염의 해수가 수온약층과 염분약층에 의해 완전히 구분되는 전형적인 2층 해양구조를 보인다. 표층의 주요 수괴로는 저염의 양자강 회색수가 연구해역의 서편에 현저한 영향을 미치고, 고온, 고염의 후조 표층수는 쿠슈 서방해역에 한정되어 나타난다. 제주 남서방 해역의 수온약층 하부의 저층은 남아 확장된 황해저층 냉수가 실상으로 분포하고, 쿠슈 서방의 후조표층수 아래는 저온, 고염의 서북 태평양 중앙수 (Western North Pacific Central Water) 가 존재한다.

대마난류 근원지에서 후조 표층수와 서북 태평양 중앙수의 경계는 등 밀도선 $\sigma_t=25$, 등온선 $T=18^\circ\text{C}$, 그리고 염분범위 34.5-34.8‰에 의해 대략적으로 구분될 수 있다. 대마난류에서 분기되어 북서 방향으로 유입되는 황해난류는 황해저층 냉수와 서북 태평양 중앙수가 혼합비 3:7의 수평혼합 (lateral mixing) 에 의해 형성되고, 위도 32°N 선상에서는 127°E 를 중심으로한 50m 층 하부 저층에서 $13 < T < 15^\circ\text{C}$, $34.2 < S < 34.5\%$ 의 수온과 염분 범위로서 특성지어진다. 이 황해난류는 제주 서방의 50m 하부의 저층을 따라 북상하며 제주도 북쪽 해안을 끼고 동편으로 우회전함이 주변 해수에 비해 상대적 고온 ($14 - 15^\circ\text{C}$) 과 고염 ($> 34\%$) 의 본포에 의해 밝혀졌다. 이상과 같은 최근의 연구 결과를 유념하여 1985년 8월 연구해역의 수온 자료를 해석하였다.

2.4.1 표층 (0m) 의 수온의 수평분포 (그림 28)

하계의 표층은 염분의 수평적 변화가 크기 때문에 수온분포만 가지고 해수특성을 규정하기에 부적합하나, 대마난류수의 영향권에 있는 제주 남방과 동방해역은 다른 해역에 비해 상대적 고온 ($29-30^\circ\text{C}$) 으로 특성지어진다. 최고수온 ($29.5-30^\circ\text{C}$) 은 관측점 15에서 북동방향으로 분포되고 있는 점으로 미루어 보아 북상하는 대마난류 주축이 관측점 15와 5를 연결하는 선상의 동측에 존재할 것으로 유추된다. 제주 서방 해역은 가장 낮은 수온분포 ($23-26^\circ\text{C}$) 를 보이는 것이 특징인데 이 저온수의 기원은 현자료만으로는 확인하기 곤란하나, 소후산도 부근 해역의 표층이 년중 냉수역울 형성하고 있는 점을 고려해 볼때 이 저온수의 기원은 소후산도 부근에서 확장된 해수일 가능성이 크다.

2.4.2 50 m층의 수온의 수평분포 (그림 29)

50 층은 표층의 열염효과 (thermo-haline effects) 로 부터 비교적 잘 보호된 수층이기 때문에 수온분포로 부터 중요한 수괴의 분포와 해수유동을 유추하기가 용이하다.

50 m 층의 최고 수온인 20°C 이상을 보이는 해역은 관측점 6, 7, 8, 13 의 우측에서 나타나고 제주쪽의 상대적 저온의 해수와 강한 수평경도를 형성하고 있는 점으로 보아 데마난류의 주류는 관측해역의 동측 경계를 따라 북동방향으로 흐르는 것으로 추정할 수 있다.

제주 서방해역은 북단 (관측점 34, 35, 36) 에 10°C 이하의 냉수가 보이고 13°C 이하의 냉수골은 남쪽으로 내려오다가 남동쪽으로 휘어져 제주 남서방의 관측점 20, 21 에 까지 연장되어 나타난다. 이 냉수골은 봄부터 남하 확장된 황해저층 냉수의 유입이라고 판단되며, 제주 남서방 해역에서 냉수골이 짙록하게 좁혀져 나타나는 것으로 보아 차츰 황해 냉수의 확장이 소멸되어져 가는 것으로 해석된다. 제주 서방과 남서방 해역의 황해저층 냉수와 제주 동방과 남동방 해역의 데마난류수 사이의 광활한 해역은 두 수괴의 중간적인 수온범위 ($14-17^{\circ}\text{C}$) 를 가진 해수가 제주도 주위를 Y 자 형으로 감싸고 있는 형상으로 나타난다.

이것으로부터 제주 연안의 중저층에 접근하는 해수는 데마난류수와 황해 저층 냉수의 혼합수임을 유추할 수 있다.

2.4.3 단면 G 의 수온의 수직구조 (그림. 30)

이 단면은 제주 남서방의 Socotra 암초근해 (관측점 23) 로 부터 32°N 를 따라 제주 남동방의 남너군도 근해 (관측점 13) 에 이르는 단면으로서 하계 데마난류 근원지에 있어서 해수특성 구조를 보기 위해 설정된 것이다.

단면의 표층 10 m까지는 28 °C 이상의 고온의 해수가 비교적 잘 혼합된 형태로 나타난다. 관측점 20, 21의 30 m 이하의 중저층은 13 °C 이하의 황해저층 냉수가 나타나며 이 냉수의 영향은 관측점 18, 19의 30-40 m층으로 확산되어 있다. 단면중에서 가장 강한 수온약층(0.8°C/m)은 냉수핵이 존재하는 해역의 10-20 m층에 나타나고 대마난류역으로 갈수록 수온약층의 깊이가 갑자기 깊어지고 약층의 강도도 현저히 약화된다. 즉, 관측점 16, 15, 14에서는 16 °C의 등온선의 깊이가 60 m 근처까지 깊어지고 관측점 13에서는 90 m 근처까지 깊어져 나타나고 있는데 이것은 대마난류 본류의 경계가 관측점 13-14 사이를 지나고 대마난류의 영향이 관측점 16까지 현저히 미치고 있음을 시사한다. 관측점 14, 15, 16의 50 m 이하의 중저층은 15-18 °C의 비교적 고온의 해수가 분포되어 관측점 20, 21의 13 °C 이하의 냉수괴와 좋은 대조를 이루고 있다. 두 수괴 사이는 13-15 °C의 중간적 수온 특성을 갖는 점으로 보아 고온의 대마난류수와 저온의 황해저층 냉수 사이에 혼합수가 형성됨을 유추할 수 있다.

2.4.4 단면 H의 수온의 수직구조(그림 31)

이 단면은 제주 서남단(관측점 28)에서 Socotra 근해(관측점 23)에 이르는 단면이다. 관측점 24의 50 m층을 중심으로 냉수핵이 보이는데 이것은 황해저층 냉수가 관통되는 것을 의미하며 이 냉수괴가 단면 G의 관측점 20, 21의 중저층에 보였던 냉수핵과 연장되고 있음을 쉽게 알 수 있다.

여기서 13°C 이하의 냉수괴의 범위가 단면 G 보다 훨씬 외측되어 나타나고 있는 것은 50 m 층의 수온분포에서 언급된 바와 같이 주변의 냉수 세력이 확장으로 황해저층 냉수의 확장이 점차 소멸되어 가는 것으로 해석된다. 반면 제주 연안 근처의 관측점 28에서는 저층까지 16°C 의 상대적 고온수가 존재하는 것은 황해난류의 북상과 연관시켜 생각해볼 수 있다. 수온약층은 냉수해의 주변에서는 10-30 m 층에서 강하게 나타나지만 난류역에서는 약층의 깊이가 점차 증가하고 그 강도도 현저히 약화되는 점은 단면 G 에서와 유사하다.

2.4.5 단면 I 의 수온의 수직구조 (그림.32)

이 단면은 제주 서북 해안 근처 (관측점 38) 에서 서쪽으로 쪼른 단면이다. 관측점 34, 35, 36의 50 m 이하의 저층은 10°C 이하의 황해 저층냉수가 분포하고 있으며 이 냉수괴가 단면 G 와 H 의 냉수해의 모체가 되는 것으로 유추할 수 있다. 제주 연안 근처 (관측점 37, 38) 의 중저층에는 $14-17^{\circ}\text{C}$ 의 상대적 고온의 해수가 나타나는 것은 황해난류가 제주 서안과 북안을 돌아 우회전 한다는 1983년 7월의 관측 결과 (Park, 1985b) 와 연관시켜 생각해볼 수 있다.

2.4.6 단면 J 의 수온의 수직구조 (그림. 33)

이 단면은 제주도 와 오도열도 중간을 남서-북동 방향으로 쪼른 단면이다. 18°C 의 등온선이 관측점 9, 10의 30 m 층에서 관측점 8의 70 m 까지 급격히 깊어지고, $16-18^{\circ}\text{C}$ 의 비교적 고온의 해수가 관측점 5, 6, 7, 8의 70 m 이하의 저층까지 미치고 있음에 반해 관측점 9, 10의 40 m 이하의 중저층은 $15-16^{\circ}\text{C}$ 의 저온의 해수가 대조적으로 나타나 있다.

이러한 수온의 수직분포는 단면 G 의 수직분포와 연관시켜 볼 때 하계 대마난류의 주축은 남서군도 근처인 $127^{\circ} 30'E$ 의 동축을 통과하여 제주도 와 오노열도 중간을 좌측 경계로 하여 북동방향으로 흐르는 것으로 판단된다. 즉 춘계와 추계의 대마난류는 제주도 연안에 근접하여 나타나고 있는 것과는 반대로 하계의 대마난류는 제주연안으로 부터 멀리 떨어져 황해로 유입된다고 볼 수 있다. 1985년 8월초의 대마난류 수의 수온범위는 표층의 $29^{\circ}C$ 에서 100 m 층의 $16^{\circ}C$ 이다. 수온약층의 깊이는 저온수 해역에서는 얇고 (10-40 m) 그 강도는 강한 반면 ($0.4^{\circ}C/m$) 고온의 대마난류역에서는 약층의 깊이는 깊어지고 (15-70 m) 그 강도는 현저히 약해지는점 ($0.2^{\circ}C/m$)이 특징이다.

3. 기초생산양상

3.1 배경

해양 생태계내 생산과정의 입차적 기능을 분담하여 기초생산자로 역할하는 식물성 플랑크톤 군집은 먹이연쇄의 저부를 형성하므로 해역내 서식생물량을 준위하는 등 생물학적, 수산학적 의미가 지대한 뿐 아니라, 해류의 흐름이나 영양물질 부존등 환경내 물질의 무기적 상태를 결정하는 이화학적 특성에 따라 그 군집특성이 확연한 변동을 보이므로 물리해양학적 연구에도 그 정보의 기여도가 크다.

제주 남서방 해역을 중심으로 한 본 연구해역의 서식군집에 대한 조사로는 국내에서는 최(1966)가 표시이며, 제주 서방해역에 그치는 하였으나 이.심.김(1967) 및 최(1969)가 있었다. 비교적 근년에 들어 최(1978)의 양자강 하구 해역과 제주 서남해역에 각각 위치한 비교연구가 있었으며 전.고(1983)의 제주도 남서방 및 제주해협외 콜로로필 a 함량분포에 대한 보고와 심.박(1984)의 제주 서북해역의 식물성 플랑크톤 군집에 대한 해석이 있다.

본 연구해역은 양자강 담수 희석수와 흑조에서 유래하는 외양수를 바탕으로 대마 난류 및 황해 난류가 형성되고 있으며 이러한 다양한 수괴의 접촉으로 현저한 조경이 이루어져 수산학적 의미가 지대한 관계로 유용수족에 대한 연구는 활발하였으나 일반해양학

적 종합조사는 극히 미약한 단계이다. 본 연구는 해역내 해류의 이동과 수집의 성질을 밝히는 식물성 플랑크톤의 수질지표 기능에 주목하여 물리해양학적 분석에 일조하고자 하였다.

3.2 재료 및 방법

본 연구를 위한 식물성 플랑크톤의 채취는 1985년 4월과 8월에 각각 시행된 물리해양학적 관측 그림 22, 27과 동시에 실시되었으며 이와 아울러 영양염 및 클로로필 함량분석을 위한 시수도 동시에 채수되었다. 채수된 시수는 식물성 플랑크톤의 경우 중화포르말린으로 500 ml의 해수를 고정, 실험실에서 Sedgwick-Rafter Cell 계수법에 따라 계수하였으며, 클로로필 함량의 측정을 위해 선상에서 수층별로 (0, 10, 20, 30, 50 m) 1씩 취하여 0.45 μm HA형 Millipore 여과지로 여과 압냉장한 후, 실험실에서 Strickland and Parsons Method (1972)에 의해 분석하였다.

분석된 영양염의 항목과 분석방법은 -

규산염 - 규소 ($\text{SiO}_2 - \text{Si}$): 규소 - 폴리브덴 착제 형성을 이용하는 발색법(일본분석화학회, 녹해도지부, 1971)

질산염 - 질소 ($\text{NO}_3 - \text{N}$): 아연분말로 환원, GR 시약에 의한 발색법(동상)

인산염 - 인 ($\text{PO}_4 - \text{P}$): 폴리브덴(V) - 티오시안산 착제형

성을 이용 하는 낚새법동이다.

이중 1985년 4월의 자료는 해황의 부조로 말미암아 부분적으로 분석된 반면, 1985년 8월은 유의한 결론에 도달할 수 있었으므로, 논고에서는 1985년 8월의 자료를 중심으로 고찰하는 바이다.

3.3 영양염 및 콜로로필 함량의 조사결과 및 고찰

식물성 플랑크톤은 광합성 작용을 통하여 해수중에 용존되어 있는 무기염으로부터 유기물을 최초로 합성하므로 해양생태계내 기초생산자로 분별되어져 왔다. 그리고 이러한 기초생산에 일차적으로 필요한 영양염은 질소, 인, 규소임이 알려져 있다. 1981년 6월에 제주도 주변해역에서 박(1982)이 실시한 조사에 따르면 제주도 서쪽 및 북쪽 해역은 영양염이 풍부한 한국남안 연안수와 황해 저층 냉수의 영향을 강하게 받아 각 성분의 농도분포가 복잡하고 그 변동범위가 큰데 비해, 제주도 동남해역은 그 농도분포가 단조롭고 그 양도 비교적 적다. 박의 조사에서 보고된 함량치를 참고한다면 제주도 주변해역의 규산염은 $5.6 - 9.0 \mu\text{g-at/l}$, 질산염이 $1.0 - 6.0 \mu\text{g-at/l}$ 그리고 인산염은 $0.1 - 0.5 \mu\text{g-at/l}$ 의 범위에서 변화하고 있다.

본 연구의 1985년 8월 자료에 의하면 규산염은 $4.54-40.83 \mu\text{g-at/l}$ 질산염은 점점 1의 75 m 수층에서 기록된 $26.90 \mu\text{g-at/l}$ 의 예외적인 수치를 제외한다면 $0 - 14.43 \mu\text{g-at/l}$ 의 범위에서 변화

하고 있고 인산염도 점점 37의 20 m 수층에서의 측정치 $4.86\mu\text{g-at}/1$ 를 제외한다면 $0.02 - 1.09 \mu\text{g-at}/1$ 의 변동폭을 보이고 있다. 년도를 경과하였지만 초어류에 실시된 박(1982)의 조사결과와 비교한다면 규산염의 현저한 증가가 특기 할만하다.

3.3.1 영양염의 수평적 분포양상

각정점당 수층별 함량의 평균치의 등농도선을 취한 그림을 살펴 보면 규산염($\text{SiO}_2\text{-Si}$ 그림 34)은 제주도 서남방 육봉역의 점점 24와 26에서 기록된 $26.61 \mu\text{g-at}/1$ 및 $25.57 \mu\text{g-at}/1$ 의 고농도 코아를 기점으로 한 제주도 서남해역으로부터 제주도 동안에 이르는 조사해역의 동북방 대각선을 중심으로 한 수역이 보다 탁월하며 그 양단의 변화양상은 제주도 동남방 수역은 변화폭이 작은 반면 중국 연안쪽의 감소폭이 현저하다.

질산염($\text{NO}_3\text{-N}$ 그림 35)도 규산염과 그 분포상이 비슷하여 조사해역의 동북방 대각선 주변수역이 보다 우세한데 제주도 동안 정점 7의 $7.04 \mu\text{g-at}/1$ 를 기점으로 한 동남방 해역의 우세가 규산염과는 대조된다 하겠다.

거의 전 조사해역의 함량치의 변화폭이 가장 작은 인산염은(그림 36) 양자강 담수 퇴적수의 유입이 있는 것으로 여겨지는 수역이 보다 우세하고 제주도 서안의 발산과 동안의 수렴징후를 유추할수 있다.

3.3.2 영양염의 수직적 분포양상

수직적, 수역별 변화가 뚜렷한 규산염과 질산염에 대해서는 조사해역의 남단관측선에 해당하는 그림 27의 G 단면에 걸쳐 그 수직적 분포양상을 고찰하였다.

질산염(그림 37)은 제주도 서남방에 위치한 정점 23-20에서는 수심 20-30 m 에 뚜렷한 약층이 존재하며 제주도 남방 즉 양자강회석수와 흑조 계수 사이의 조경이 형성되는 것으로 여겨지는 정점 18에서는 뚜렷한 약층이 존재치 않고 수층별 변량폭이 크지 않다.

제주 서남방 정점의 중층과 동남방 정점의 저층에 고농도 코아가 존재하며 정점 19에서 20에 이르는 점심대 저층에서의 저농도 분포상이 특이하다. 전 단면에 걸쳐 표층수의 질산염 함량은 $2 \mu\text{g-at/l}$ 를 하회하고 있다. 이러한 표층의 질산염 결핍은 일반적으로, 하계에 형성되는 뚜렷한 수온약층이 심층으로부터의 영양염 확산을 억제함과 아울러 표층수 생물군집의 지속적인 소비 즉 식물성 플랑크톤의 광합성에 기인한 영양염의 소진으로 설명되고 있다.

본 조사기간중 질산염의 수직적 분포로부터 유추할 수 있는 주요한 현상은 대륙쪽 즉 양자강 암수회석수의 영향이 현저한 수온약층이 강화되어 있는 반면 흑조 계수의 영향이 있는 수역은 그 수온약층이 미약하다는 사실이다.

규산염(그림 38) 역시 표층에 비해 저층이 풍부하나 표층과 저층의 변폭이 질산염에 비해 크지 않은데, 동단 정점의 표층에서

전단면의 최저농도가, 저층에서 최고농도가 기록됨이 특이하다. 일반적으로 규산염은 조암광물의 주성분으로서 육상으로부터의 담수유입이 활발한 수역이 풍부한데 본 조사해역의 최외양역에서 고농도가 기록되는 반면 양자강 담수회석수의 영향이 현저한 동단의 저층농도가 오히려 낮은 것은 또 다른 요인과 함께 해석되어야 할 것으로 생각된다.

3.3.3 클로로필 a 함량의 조사결과 및 고찰

클로로필a는 광합성에 관여하는 식물성 플랑크톤의 색소중 그 함량비가 가장크다. 그리고 클로로필b를 갖는 해산 식물성 플랑크톤은 Chlorophyceae, Prasinophyceae 뿐으로 이들은 특이한 해역에 한정되어 나타나므로 한국 근해에 서식하는 식물성 플랑크톤에는 클로로필b가 거의 없다. 그리고 클로로필c는 클로로필a와 상관이 깊으므로 해양의 기초생산력 조사에 가장 유의한 변수들중의 하나로 클로로필a를 들 수 있을 것이다. 이하의 논의에 있어 클로로필이라 칭한다.

북조 및 인접해역의 유광층 상부에 함유된 클로로필함량을 계속한 Saijo (1969)는 그 함량변화가 수심 200 m 내외의 심해역에서는 $0.1 - 0.2 \text{ mg/m}^3$ 대륙붕이 발달하기 시작하는 근해역에서는 $0.4 - 1.5 \text{ mg/m}^3$ 에 이르는 것으로 보고하고 있다. 본인등은 1980년 제주도 북서해역에서 조사된 수층별 클로로필함량치를 보고하면서

동 해역을 $0.127 - 0.578 \text{ mg/m}^3$ (평균 0.376 mg/m^3)의 범위를 보이는 비교적 생산력이 높은 제주 연안해역, $0.116 - 0.290 \text{ mg/m}^3$ (평균 0.193 mg/m^3) 범위의 한국 남해안과 가까운 해역과 $0.023 - 0.264 \text{ mg/m}^3$ 범위의 저 생산 중간수역으로 구분한 바 있으며 본 연구 해역에 상당한 제주 동남방 해역(그림 7)의 16개 정점의 표층에서 1982년 7월, 클로로필함량의 측정치가 $0.033 - 0.743 \text{ mg/m}^3$ 의 범위를 보이고 있음을 보고하였다(전.고, 1983).

본 연구 기간중 1985년 4월에는 총 29개 정점의 표층수 클로로필 함량을 측정하여 이중 24개의 유효치를 얻었는데 그 평균값은 0.98 mg/m^3 이었다(그림 39). 수층별 자료는 그중 8개 정점에 국한되었으므로 의미있다고 판정되는 단면의 영양염 및 클로로필함량의 수층별 분포도를 작성하였다(그림 40).

1985년 8월에는 전 조사정점의 표층 20m, 30m 및 50m층의 클로로필함량의 계측되었다. 정점당 수층별 함량의 평균치는 $0.2 - 1.32 \text{ mg/m}^3$ 의 변폭을 가진다(그림 41). 조사해역의 동북방 대각선을 기점으로 일본쪽은 0.3 mg/m^3 이하의 농도선으로 구획되며 제주도 동안이 가장 높고 중국 대륙 연안수 즉 양자강 담수 퇴적수의 영향이 현저한 Socotra 초 주변해역 또한 우세하다. 제주도 연안역만을 놓고 볼 때 인산염(그림 36)의 부존양상과 흡사하다.

수층별 함량의 수직적분포(그림 42)는 수역별 특성을 더욱 뚜렷이 나타낸다.

이 단면은 그림 27의 G 단면에 해당하는데 질산염 및 인산염의 수직적 분포양상으로부터 서단의 뚜렷한 수온약층과 동단의 약화된

수온약층을 이미 살펴본 바 있듯이 제주도 정남방 정점에 해당하는 정점 19와 정점 18사이의 표층에서 비롯되는 등단의 0.3 mg/m^3 이하의 저농도역과 정점 22의 수심 20 m에 나타나는 고농도코아로서는 조사해역의 서고동저형 기초생산 양상을 뚜렷이 볼 수 있다.

이로서 논조사해역을 그 기초생산 양상으로 미루어 보아, 제주도 동안의 고생산역과 0.3 mg/m^3 등농도선으로 구획된 제주도동남방 외해역의 저생산역 및 0.5 mg/m^3 이상 등농도선으로 구획되는 양자강 담수 희석수의 영향을 받는 우세역으로 구분해 볼 수 있겠다.

3.4 식물성 플랑크톤 군집의 특성 분석

1985년 8월에 본조사해역에 서식하는 식물성 플랑크톤 군집의 조성상 특성은 체장 $40\ \mu\text{m} - 50\ \mu\text{m}$, 체폭 $3 - 4\ \mu\text{m}$ 로 세장하며 별모양의 군체를 형성하나 대개의 경우 개체로 관찰되는 규조류 *Asterionella* sp. 의 현저한우점에 있다.

8월의 38개 조사정점에서 유의하다고 판단되는 31개 정점에 대한 수층별(0, 10, 20, 30, 50 m)종 조성 및 출현량의 분석이 행하여 졌는데 *Asterionella* sp. 가 정점당 평균 현존량의 10% 이상을 점유치 못한 정점은 조사해역의 서남방 7개 정점에 불과하다. 이들 정점은 그림 27, G 단면의 서쪽끝 정점 23, 22와 중국양자강 하구역을 향하는 축선인 제주도 남서연안의 정점 28에서 32까지 이르는 5개 정점으로서 이들 정점이 물리해양학적으로 의미하는 바에 유의할 때 시사하는 바가 크다.

여타 정점의 경우 동종의 점유율이 80%를 상회한 정점이 8개에 달하며 45% 이상을 점유한 경우가 9개 정점으로서 그 현저한 출현이야말로 주목할만 하다. 동종의 대대적인 출현으로 말미암아 조사기간중 식물성 플랑크톤 군집의 총출현 개체수는 정점 29의 수심 50 m 에서 계수된 3992 cells/l 부터 정점 21의 20m 수층에서 기록된 1,508,516 cells/l 에 이른다. 이 최대치는 *Asterionella* sp.

의 현저한 발생에 의한 것으로 그 점유율은 88.6%, 출현 개체수는 1,336,754 cells/l 였다.

이러한 수치는 적조발생시의 식물성 플랑크톤 출현 개체수인 1×10^6 cells/l 를 상회하는 것으로 본 조사해역의 생산력이니 계절적인 조건 즉 하계의 표층수에서 예기되는 영양염의 한계등을 미루어볼 때, 비정상적인 수치에 속한다. 통상 부영양역의 식물성 플랑크톤의 현존량은 $1 \times 10^4 - 1 \times 10^5$ cells/l 에 이르는 것으로 알려져 있으며 이러한 수치를 근거로 클로로필함량도 $1-10 \text{ mg/m}^3$ 의 변화폭을 가진다. 위의 기준에 따라 본조사해역은 저생산, 빈영양의 외양역으로 구분되어져 왔다. 최(1978)도 동지나해역에 위치한 정점의 최대출현량이 211,000 cells/l에 이른 반면 본 조사해역은 1/10 정도임을 밝힌바 있고 본인도 제주도 동남해역의 조사에서 동해역의 클로로필함량이 한국남해안의 전형적인 수생환경에서 보고되는 수치의 1/10정도에 이른다고 보고하였다(전.고 1983) 본조사시 *Asterionella* 가 1,336,754 cells/l출현한정점 21의 20 m 수층에서 기록된 클로로필함량은 0.56 mg/m^3 이다. 이러한 경우에 해결되어야 하는 난점은 출현한 동종의 세포내 색소량의 다과에 대한 판단이다. 크기가 상이한 세포들도 각각 1개체로 계수되고 있으며, 각 세포의 체장이나 체형에 따라 원형질의 부피는 달라지게 마련이므로 세포의 고유형태별 원형질 부피를 구해 기존 계수법의 분석범위를 확충하고자 하는 시도도 있다(심.유, 1985). *Asterionella* sp. 는 세장한 체형을 갖추고 있고 현미경하에서 관찰된 색소체는 띠모양으

로 나타나 그 색소체의 부피로 미루어 볼 때 동종의 세포내 색소함량은 크기가 10 μm 정도인 nanoplankton 에 상당하리라 사료된다. 그러므로 동종의 대대적인 발생으로 인한 클로로필함량의 현저한 증가는 없으리라 보여진다. 이러한 판단은 centric diatoms 의 chloroplast 가 1개에서 다수개로 존재하는 반면 Asterionella sp. 가 속하는 pennate diatoms 의 경우 단 두개의 chloroplast 를 갖는다는 사실로도 뒷받침된다(Morris, 1980). 앞으로의 논의는 Asterionella sp.의 출현량을 조사해역의 생산력 지표로 해석하기 보다는 수질지표로 삼아 진행된다.

3.4.1 제주도 남서방 해역의 식물성 플랑크톤 군집의 수평분포

1985년 8월의 물리해양학적 조사와 동시에 채취된 식물성 플랑크톤의 정량분석 결과중 제주도 서남방 20개 정점의 전수층(0-50m) 평균 출현량이 그림 43에 표시되어 있다. 남방정점 19, 20, 21의 고밀역과 제주도 남서연안에서 양자강 하구를 향하는 측선인 정점 32-29와 정점 37로 이어지는 띠모양의 저조역을 볼 수 있다.

남방에 위치한 고밀역은 앞서 논의한 바 있는 *Asterionella* sp.의 대대적인 증식에 의한 것이며, 양자강 담수 희석수의 확산에 따른 영양염 공급으로 식물성 플랑크톤의 활발한 증식이 예상되는 서편이 오히려 저조함은 *Asterionella* sp.의 확장이 억제된데 그 일차적 원인이 있고 동쪽플랑크톤등의 포식압과 같은 또 다른 요인도 작용하는 것으로 사료된다. *Asterionella* sp.의 출현이 억제되어 있는 수역의 우점종은 *Gymnodinium* sp., *Croomonas* sp., *Distephanus speculus*, 종을 알수 없는 지름 20 μ m 정도의 황색편모조 등이었다. 제주도 남서연안에 인접한 정점 28은 전수층 평균 개체수가 61455 cells/l로 띠모양의 저조역과 구분되어 있지만 *Asterionella* sp.의 출현량은 3494 cells/l, 점유율 5.7%였으며 우점종은 *Stauroneis* sp.와 *Rhizosolenia fragilissima*로 나타난다. 독립적이라 볼 수 있다. 양자강 담수 희석수의 영향에 의해 특조 개수가 억지당하는 양상은 그림 44, *Asterionella* sp.의 출현양상에서 확연히 드러난다. *Asterionella* sp.는 본해역에서 1,336,754 cells/l로부터 한 개체도 개수되지 않는등 극심한 변동성을 보이고 있다.

주목할만한 양상은 Socotra 암초주변 수역에서 제주도 서남근해로 허도 양으로 뻗치는, *Asterionella* sp. 출현이 1,000 cells/l 이하로 저조한 수괴의 진출이다. 이는 Beardsley (1983)가 언급한 양자강 희석수의 주확장 방향은 양자강 입구에서 제주도를 향한 북동 방향으로 알려졌다는 보고와 합일되고 있다. 그림 44의 또 다른 요점은 제주도 북동연안의 정점 38에 *Asterionella* sp.가 평균 206,883 cells/l 이상 출현하고 있는 사실이다. 정점 38의 표층 및 10 m 수층의 우점종은 *Thalassiothrix frauenfeldii*, *Exviella perforata*, *Rhizosolenia fragilissima* 등이며 *Asterionella* sp.가 20 m 수층에 634,327 cells/l 30 m 수층에는 185,704 cells/l 출현한다. 이는 동정점의 군집조성이 제주도 연안군집과 혼합되기는 하였으나 중층에 있어서는 후조계수의 영향을 받은 남방정점과 연계되어 있음을 시사하며, 2, 4에서 언급된 황해난류가 제주서방의 50 m 하부의 저층을 따라 북상 제주도 북쪽 해안을 끼고 동편으로 우회전 한다는 최근의 연구 결과를 뒷받침 한다.

3.4.2 1985년 8월 G 단면의 식물성플랑크톤 군집의 수직분포

이 단면은 제주 남서방의 Socotra 암초근해로부터 32°N 를 따라 제주 남동방의 남너근도 근해(관측점 13)에 이르는 추선이다. 정점 21의 20 m 수층에서 *Asterionella* sp.의 극히 농밀한 출현으로 인한 식물성 플랑크톤의 밀집수층이 Socotra 초 주변에서 강하게 확장되어 오는 양자강 담수 희석수에 의해 억제되고 있고 이러한 밀집수층은 제주도 정남방정점 18의 표층으로부터 허도 양으로 뻗쳐 있다.

점점 18의 20 m 수층에는 100,000 cells/l 이하의 비교적 저조한
코아가 존재하며 점점 17을 중심으로 시쪽은 고농도의 수층이 20-30 m
수층에 국한되어 존재하나 그 동편은 밀도가 저하되어 수층간의 구배차
가 보다 미약한 양상을 보인다.

2.4.3에서 논의된 바 있는 점점 18, 19에서 함께 저층 냉수의 영향이
30-40 m 층으로 확산되어 오며 단면의 동쪽 즉, 대마난류역으로 갈수록
수온약층의 강도가 현저히 약화된다는 지적과 관련시켜 볼 때 주목할만
하다. 본 조사에 있어 식물성 플랑크톤의 분석은 표층층에 국한시켰
으므로 조사기간중 중심층에 존재하리라 생각되는 대마난류 본류의
직접적 영향은 관찰할 수 없으나 *Asterionella* sp. 가 대마난류수와
함해저층냉수의 혼합수를 지표한다고 볼 수 있다.

그림 46에는 *Asterionella* sp.의 수직분포가 나타나 있다.

의 0-20 m 수층에 전혀 출현치 않으며 제주도 남방 정점간의 분포는
앞서 논의한 *Asterionella* sp.의 혼합수 지표등을 확연히 보여준다.
추선의 동단 남서근도 근해역 점점 13의 표층에서 다소간 그 세력이
약화된 것을 볼 수 있다. 하지만 *Asterionella* sp.를 대체하는 우점종
은 출현치 않았다.

3.4.3 1985년 8월 제주도 동방추선의 식물성 플랑크톤 수직분포

식물성 플랑크톤 군집 전체의 분포특성(그림 47)은 현존량의 수층별
변폭이 완만하다는 점이다. G 단면의 동단과 유사하다.

제주도 연안에 인접한 점점 1의 중층이 우세하나 이때 *Asterionella* sp.
의 점유율은 20-30%에 불과하다(그림 48).

함께 우점한 종은 *Rhizosolenia fragilissima*, *Chaetoceros sociale*,
Leptocylindrus danicus 등이었다.

R. fragilissima 가 우점하는 점에서 제주 남서 연안 정점 28 과
유사하며 제주도 연안근접이라 하겠다.

동방측선의 정점 1-5의 순으로 *Asterionella* sp. 의 점유율은 23.9%,
63.8%, 82.7%, 72.4%, 48.6%로 나타나는 데 동단의 점유율이 낮게 나타
난 것은 *Leptocylindrus danicus* 와 정점 5의 수층 50 m 에
출현하는 *Nitzschia delicatissima*, *Thalassionema nitzschioides*
의 우점 때문이다. 이러한 종 조성의 변화와 *Asterionella* sp. 의
세력 둔화로 미루어볼 때 정점 5의 중층하, 동방은 후조 계수 즉 대마난류
의 본류 세력권인 듯 하다.

4. 연구결과 요약 및 토의

4.1 수괴의 역학적 구조

제주 남방해역을 중심으로한 대마난류 근원지는 고온고염의 대마난류의 시발점이 되고 또한 황해난류가 분기되는 해역으로서 특성을 달리하는 각종 수괴가 유출입하고 상호 혼합하여 계절적 해수 특성 변화가 극심한 지역 해양학적으로 매우 중요하면서도 복잡한 해역이다. 현장 관측자료 분석과 문헌조사에 의한 대마난류 근원지의 계절별 해수특성구조 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

- 가) 동계는 해수특성의 연직구배가 없는 혼합해양이 형성되며 일년중 최고 염분 (34.6% 이상)의 해수가 분포하며 수온은 $14-18^{\circ}\text{C}$ 이다. 제주도 남서방에서 황해중양역으로 주변해수에 비해 상대적으로 고온고염 ($10-14^{\circ}\text{C}$, 33-34.4%)의 황해난류가 실상으로 유입된다.
- 나) 춘계는 동계에 형성된 황해냉수가 제주 서방을 지나 제주 남서방으로 남하 확장되기 시작하여 제주 남서방 해역은 동계에 비해 $1-2^{\circ}\text{C}$ 의 수온하강이 나타난다. 동계에 현저하게 나타났던 황해난류의 북상은 분명치 않고 수온 14°C 이상 염분 34% 이상외 폭조계수 (황해난류)의 분포한계는 제주도 서안과 북안에 한정된다.
- 대마난류 근원지의 해수특성은 초봄인 4월까지도 수직적 수평적으로 거의 혼합된 해양을 나타내고 동계의 해수특성을 유지하는 것이 밝혀졌다. 즉 1985년 4월의 대마난류수의 수온과 염분 범위는 $15.5-18^{\circ}\text{C}$, 34.58-34.65% 로서 Kondo (1985)가 13년의 통계자료에서 구한 동계의 대마난류수의 특성과 거의 동일하다. 특히 고온 고염의 대마난류수가 제주도 연안에 근접하여 분포하는 것이 밝혀졌는데 해수특성의 유사성으로 보아 동계도 마찬가지로 해석된다.

다) 하계는 하천수의 유입, 과다한 강수량 그리고 강한 일사량에 의해 표층의 고온저염의 해수와 저층의 저온 고염의 해수가 수온약층과 염분약층에 의해 구분되는 전형적인 심층해양이 형성된다.

대마난류 근원지의 서민인 제주 남서방 해역은 양자강 희석수의 확장으로 32% 이하의 저염수가 지배적이고 비교적 고염의 해수 ($> 34\%$)는 규슈 서쪽에 나타나며 두 수괴 사이의 혼합수가 제주 남방해역에서 형성분포된다. 제주도 남서방 해역의 중저층은 춘계로부터 남하 확장된 황해저층 냉수의 선단부가 위치하여 저염의 냉수괴 ($< 13^{\circ}\text{C}$, $< 33.6\%$)가 춘계로부터 하계까지 나타나며, 1985년 8월의 관측자료 분석결과에 의해 8월부터 황해저층 냉수의 남하확장이 점차 소멸되는 단계에 접어드는 것으로 해석되었다. 수온약층은 황해저층 냉수의 깊이 위치한 제주 서방 및 남서방 해역에서는 10-20 m 층에서 $0.8^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 의 강한 수온약층이 형성되고, 대마난류역으로 갈수록 수온약층의 깊이도 깊어지고 약층의 강도도 현저히 약화되어, 대마난류 본류역에서는 수온약층이 10-70 m 에서 형성되고 그 강도는 $0.2^{\circ}\text{C}/\text{m}$ 로 약화되는 점이 특징이다. 춘계와 동계와는 달리 하계의 대마난류는 제주연안에서 멀리 떨어져 제주도 와 오도열도 중간을 좌측경계로 해서 북동방향으로 남해로 유입되는 것이 밝혀졌다.

제주 남방해역의 수온약층 하부의 중저층은 대마난류수와 황해저층 냉수의 혼합수가 형성되어 제주연안역에 분포되며, 하계의 황해난류는 이러한 혼합수로서 제주 서안과 북안의 중저층을 따라 제주도를 우회전함이 $14-17^{\circ}\text{C}$, 34% 이상의 상대적 고온 고염수의 본포로부터 밝혀졌다.

라) 추계는 강수량과 하천수 유입량이 감소되고 대류혼합기에 접어들어 해수가 연직혼합을 시작하며, 후조계수의 영향이 가미되어 황해저층 냉수의 선단부가 위치하던 제주남서방 해역은 하계에 비해 수온과 염분 상승이 현저해지고, 따라서 황해저층 냉수의 남하는 완전 쇠퇴해지는 것으로 유추된다. 연구해역의 혼합층의 깊이는 1984년 11월의 경우 제주연안 근처는 40 m 정도이고 외해쪽에는 50-60 m 가 되며 하계와는 달리 약한 수온약층이 중저층에만 형성된다.

34% 이상의 비교적 고염의 후조계수 (황해난류)는 추계에도 제주서안 가까이의 중저층을 통과하는 것이 밝혀졌다. 동계와 춘계에 있어서와 마찬가지로 고염의 대마난류수 (34.2-34.6‰)는 제주 연안에 근접하여 분포된다. 반면에 제주 남서방 해역은 추계에도 중국대륙 연안수의 영향으로 32.7‰ 이하의 저염수가 나타나며 대략 제주남방 126°30'E 동편에 존재하는 34.2% 이상의 대마난류수와 강한 수평경도에 의해 조경이 형성된다.

마) 본연구는 주변해역에 대한 기존 연구 결과를 충분히 검토 이해하고 이것을 현장 관측자료 해석에 적절하게 적용시켜 복잡한 계절 변화를 하는 대마난류 근원지의 해수특성 구조와 해수유동을 체계적으로 정리하였다. 그러나 해수유동에 대한 대부분의 지식은 해수특성 구조 해석에 의존하였으며, 황해저층 냉수의 남하와 그 속도, 황해난류의 황해복상 및 제주도 우회전, 중국대륙 연안수의 확장와 같은 중요한 해양학적 현상들을 정량적으로 추정할 수 있는 해류의 직접측정이 장차 절실히 요구된다.

4.2 기초생산양상

해양생태계내 생물생산과정에 있어 기초생산자로 역할하는 식물성 플랑크톤은 수온, 염분, 영양염 등 해수의 이화학적 특성에 따라 군집의 종조성과 출현량이 확연한 변동을 보이므로 수질을 지표할 수 있다. 수괴분석에 주안점을 둔 본 연구의 성격을 감안하여 본 연구의 생물 해양학적 조사는 식물성 플랑크톤의 수질지표기능에 주목하여 진행되었다. 해황의 부조로 말미암아 광범한 자료의 수집에 실패하였던 1985년 4월의 자료는 부분 해석되었고, 1985년 8월의 자료를 주로 고찰하였는데 금후 계절적 소장에 대한 연속 자료가 요망된다.

가) 하계에 본조사해역에 부존된 영양염은 규산염이 4.54-40.83 ug-at/liter, 질산염은 0-14.43 ug-at/l, 그리고 인산염은 0.1-0.5 ug-at/liter 의 범위에서 변화하고 있다. 동시에 측정된 클로로필함량으로 미루어, 본조사해역을 제주도 동안의 고생산역과 0.3 mg/m³ 동농도선으로 구획된 제주도 동남방 외해역의 저생산역 및 0.5 mg/m³ 이상 동농도선으로 구획되는 Socotra 초주변의 우세역으로 구분할 수 있었다. 영양염 및 클로로필 함량의 수직분포 특성은 제주도 남서방해역의 약층이 강화되어 있는 반면 동단의 수직적 농도구배가 완만한 점이다.

나) 조사해역의 식물성플랑크톤 군집의 특성은 거의 전정점에 걸친 규조류 *Asterionella* sp. 의 우점에 있다. 이러

한 *Asterionella* sp. 의 대대적인 증식으로 기간중 식물성 플랑크톤은 최저 3,992 cells/l로부터 최고 1,508,576 cells/l의 범위에서 출현하고 있다. 군집의 종조성으로 보아 조사해역을 제주도 동남방 *Asterionella* sp. 우세역과 *Gymnodinium* sp., *Crocomonas* sp., *Distephanus speculus* 가 우점하는 양자강 담수회석수의 영향이 현저한 제주도 서남방 식생역 및 *Rhizosolenia fragilissima* 가 현저히 출현하는 제주도 연안역으로 구분해 볼 수 있었으며 *Nitzschia delicatissima* 와 *Thalassionema nitzschioides* 가 출현하는 조사해역의 동단에서 대마난류의 징후를 볼 수 있었다.

다) 물리 해양학적 분석을 종합해 볼 때 *Asterionella* sp. 는 대마난류와 광해저층냉수의 혼합수괴를 지표하는 것으로 사료되었다. 동종을 지표로 사용하여 Beardsley (1983)가 보고한 제주도 북동 연안을 향해 확장하는 양자강 담수회석수의 세력범위를 관찰할 수 있었으며 제주도 서편으로 진출하는 흑조계수가 제주도 서북해안을 끼고 우회전한다는 최근의 물리해양학적 조사결과도 뒷받침할 수 있었다.

5. 인 용 문 헌

- Beardsley R., R.Limeburner, K.Le, D.Hu, G.A.Cannon and D.J. Pashinski (1983) Sturcture of the Changjing River plume in the East China Sea during June 1980. Proceedings of International Symposium on Sedimentation on the Continental Shelf, with Special Reference to the East China Sea, China: Ocean Press, 243-260.
- Choe, J.S. (1978) A preliminary report on the distribution of microplankton in two different areas of the East China Sea. Bull. Korean Fish. Soc., 11(3), 123-137. (in Korean)
- Choe, S. (1966) Phytoplankton studies in Korean waters. I. Phytoplankton survey of the surface in the Korea Strait in Summer of 1965. J. Oceano. Soc. Korea, 1,1-2, 14-21.
- Choe, S. (1969) Phytoplankton studies in Korean waters. IV. Phytoplankton in the adjacent seas of Korea. J. Oceano. Soc. Korea, 4, 2, 46-67 (in Korean).
- Japan Meteorological Agency (JMA) (1964) The 10-day mean sea surface temperature of the East China Sea and the Yellow Sea, 1953-1962 by Nagasaki Marine Observatory. JMA Technical Report, No. 31, 182 pp.
- Jeon, D.S. and Y.B. Go (1983) The distribution of Chlorophylla in the neighbouring waters of Cheju Island, Bull. Mar. Resour. Res. Inst. Cheju Nat. Univ. 7, 23-27. (in Korean)
- Kato, T. (1969) An influence of the upper water of the Kuroshio upon the bottom water mass oven the continental shelf in the East China Sea. Bull. Japan Soc. Fish. Oceanogr., Spec. No., 129-134.

- Kim, K. (1980) Ocean currents in southwestern sea off Korea.
Seoul National University Technical Report 80pp.
(Unpublished document)
- Kim, K. and H.K.Rho (1982) Ocean currents in southwestern sea off
Korea. Seoul National University Technical Report, 55pp.
(Unpublished document)
- Kondo, M. (1985) Oceanographic investigations of fishing grounds
in the East China Sea and the Yellow Sea-I. Characteristics
of the mean temperature and salinity distributions measured
at 50m and near the bottom. Bull. Seikai Reg. Fish. Res.
Lab., No. 62, 19-66.
- Lee, M.J., J.H. Shim and C.K. Kim (1967) Studies on the plankton
of the neighboring seas of Korea, Part 1: On the marine
conditions and phytoplankton of the Yellow Sea in summer.
Inst. Marine Biol. Seoul N. Univ., 1, 6, 1-14.
- Lim, D.B. (1971) On the origin of the Tsushima current water
J. Oceanogr. Soc. Korea, Vol. 6(2), 85-91.
- Limeburner R. and R. Beardsley (1983) Water masses and circulation
in the East China Sea. Proceedings of International
Symposium on Sedimentation on the Continental Shelf, with
Special Reference to the East China Sea, China Ocean Press,
261-269.
- Miyazaki M. and S. Abe (1960) On the water masses in the Tsushima
Current area. Journal of Oceanographic Society of Japan,
16(2), 19-28.
- Morris I. (1980) The Physiological ecology of phytoplankton,
Blackwell Sci. Pub., Oxford, U.K. 625 pp.

- Nakao, T. (1977) Oceanic variability in relation to fisheries in the East China Sea and the Yellow Sea. Journal of Faculty of Marine Science & Technology, Tokai University, Special No., 199-367.
- Park, K.S. (1982) Distribution of nutrients in the Coastal sea of Cheju Island. Bull. Korean Fish. Soc., 15(4), 255-262, (in Korean)
- Park, Y.H. (1985 a) Some important summer oceanographic phenomena in the East China Sea. J. Oceano. Soc. Korea 20(1), 12-21.
- Park, Y.H. (1985 b) Water characteristics and movements of the Yellow Sea Warm Current in summer. Submitted to a special issue of the Deep-Sea Research.
- Sawara, T. and Y. Hanzawa (1979) Distribution of water type in the East China Sea, Umi to Sora, Vol. 54(4), 135-148.
- Shim, J.H. and Y.C. Park (1984) Community structure and spatial distribution of phytoplankton in the Southwestern sea of Korea, in early summer, J. Oceano. Soc. Korea, 19(1), 68-61.
- Shim, J.H. and J.S. Yoo (1985) Phytoplankton community the coast of Kunsan, Korea. J. Oceano. Soc. Korea, 20(1) 31-42.
- Saijo, Y., S. Izuka and O. Asaoka, 1969: Chlorophyll maxima in Kuroshio and adjacent area, Mar. Biol. 4, 190-196.

6. 논문 발표 실적 또는 계획

- 박 용 향(1985): "Some important summer Oceanographic phenomena in the East China Sea" Third Japan and East China Seas Study Workshop, Tsukuba University, May 1985

- 박 용 향(1985): "Water Characteristics and movements of the Yellow Sea Warm Current in summer"
Submitted to a Special Issue of the Deep-sea Research.

- 윤 용 훈: "제주 주변 해역의 해수 특성분포와 해수순환"에 대한 석사학위 논문을 1986년 12월에 제출 예정

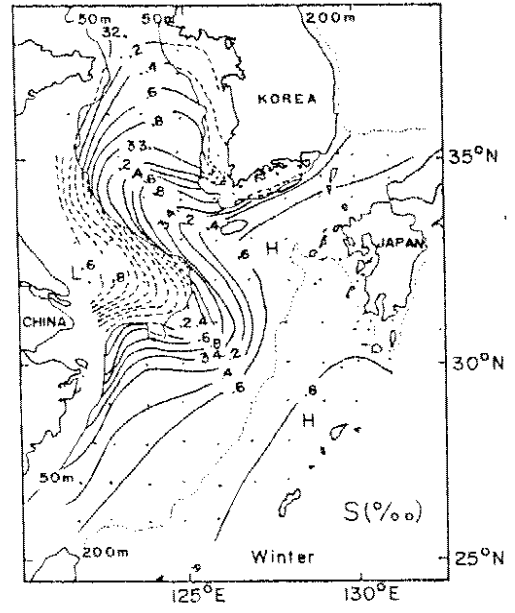
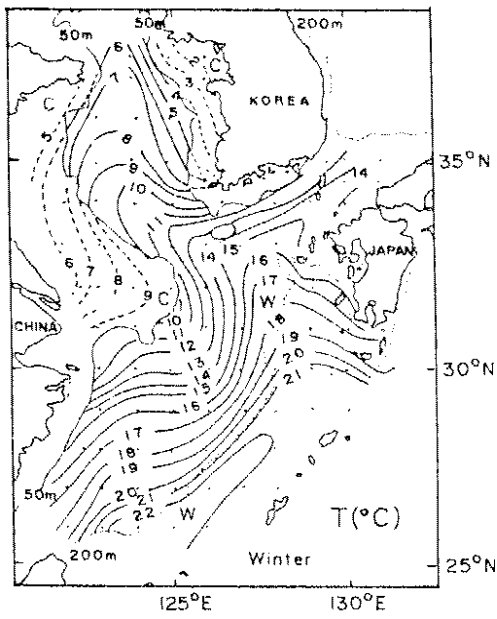


그림 1. 동지나해 및 황해의 동계 50 m 층의 수온과 염분 분포
(Kondo, 1985 에 의함)

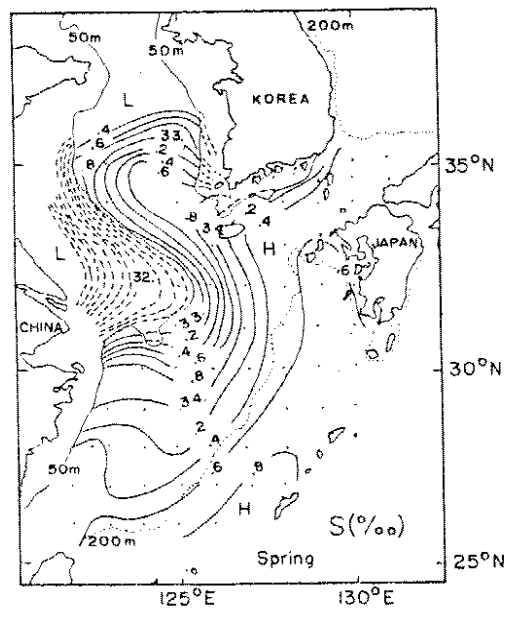
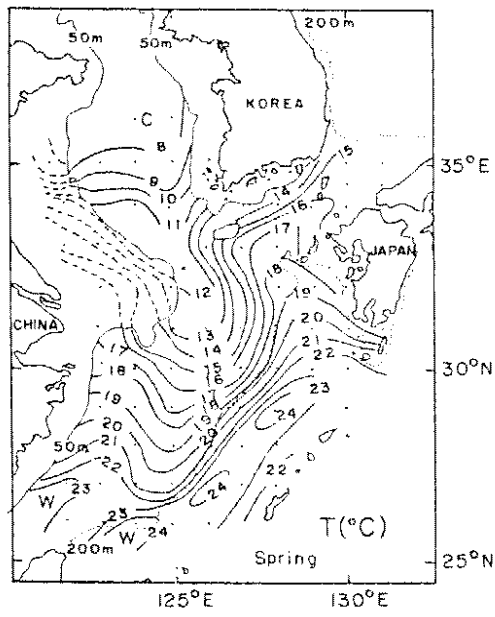


그림 2. 동지나해 및 황해의 춘계 50m 층의 수온과 염분 분포
(Kondo, 1985 에 의함)

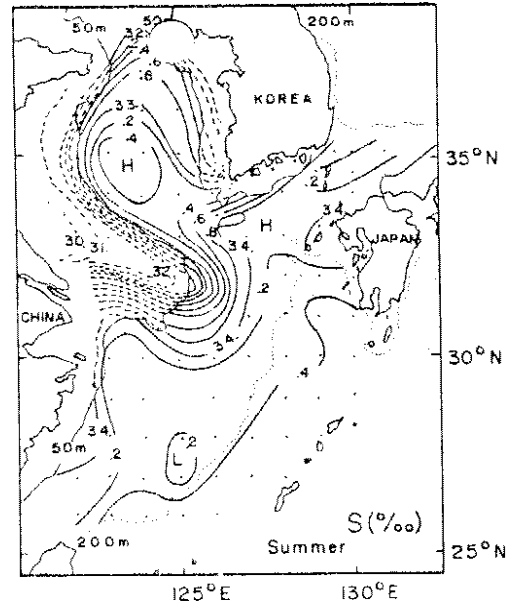
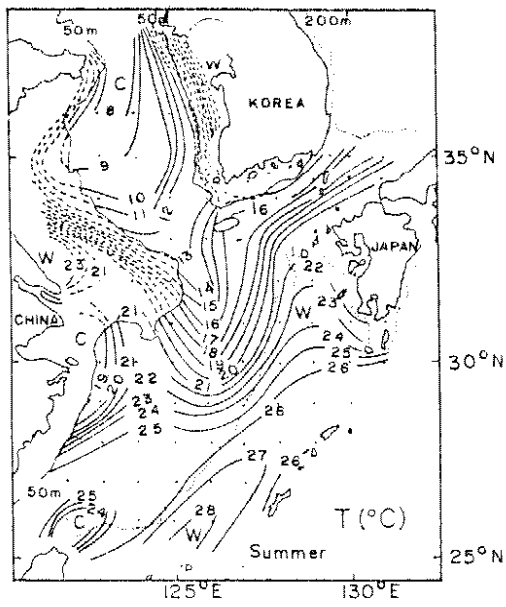


그림 3. 동지나해 및 황해의 하계 50m 층의 수온과 염분 분포
(Kondo, 1985 에 의함)

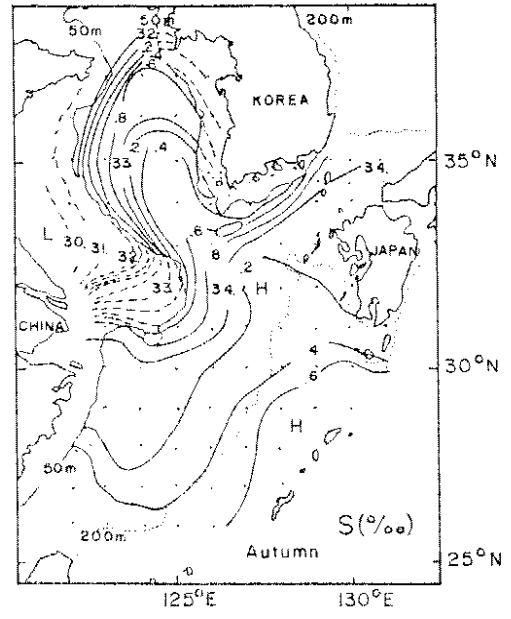
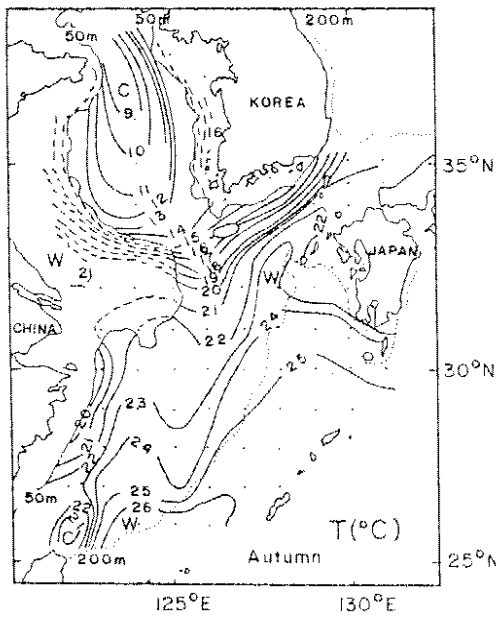


그림 4. 동지나해 및 황해의 추계 50m 층의 수온과 염분 분포
(Kondo, 1985 에 의함)

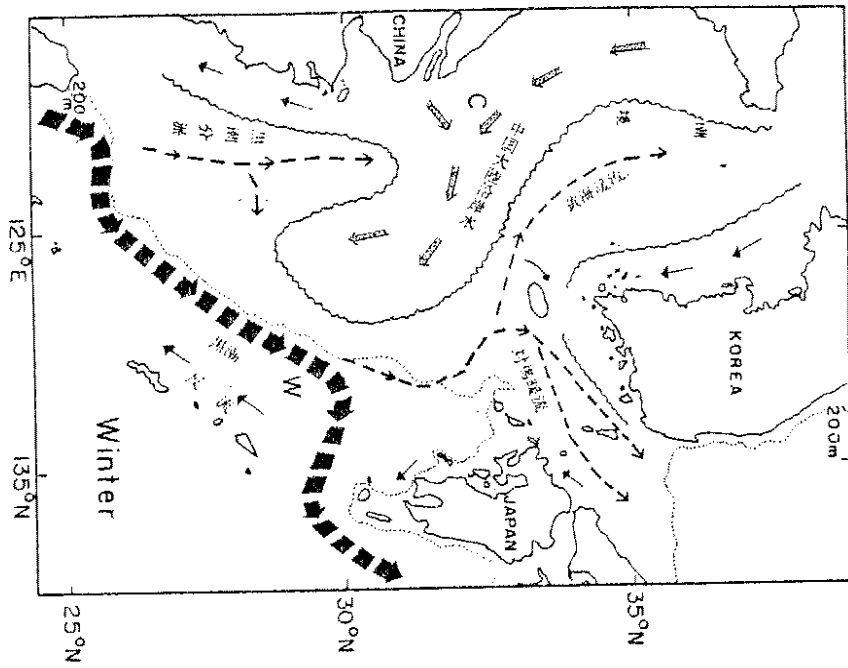


그림 5. 동계 중저층의 해수 순환 모식도
(Kondo, 1985 에 의함)

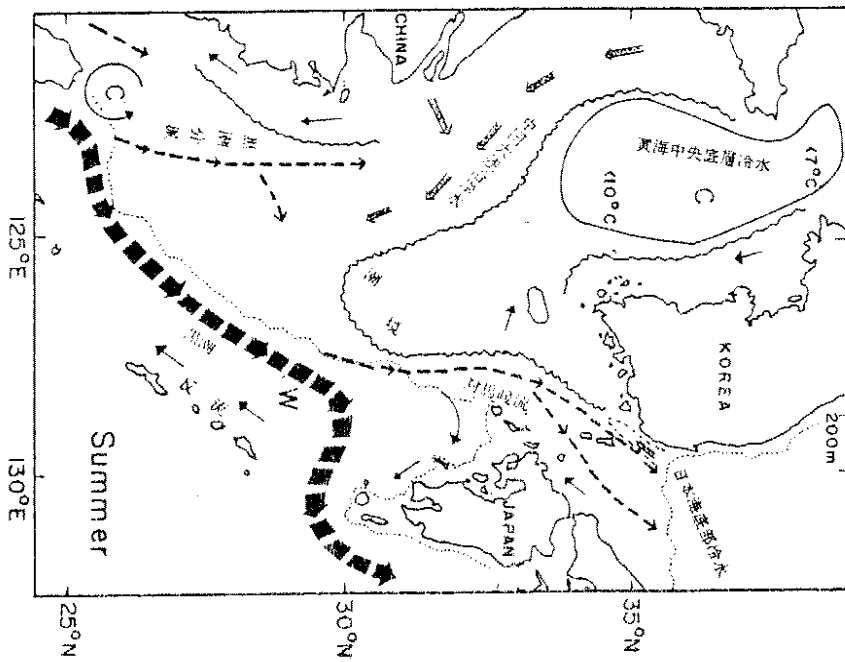


그림 6. 하계 중저층의 해수 순환 모식도
(Kondo, 1985 에 의함)

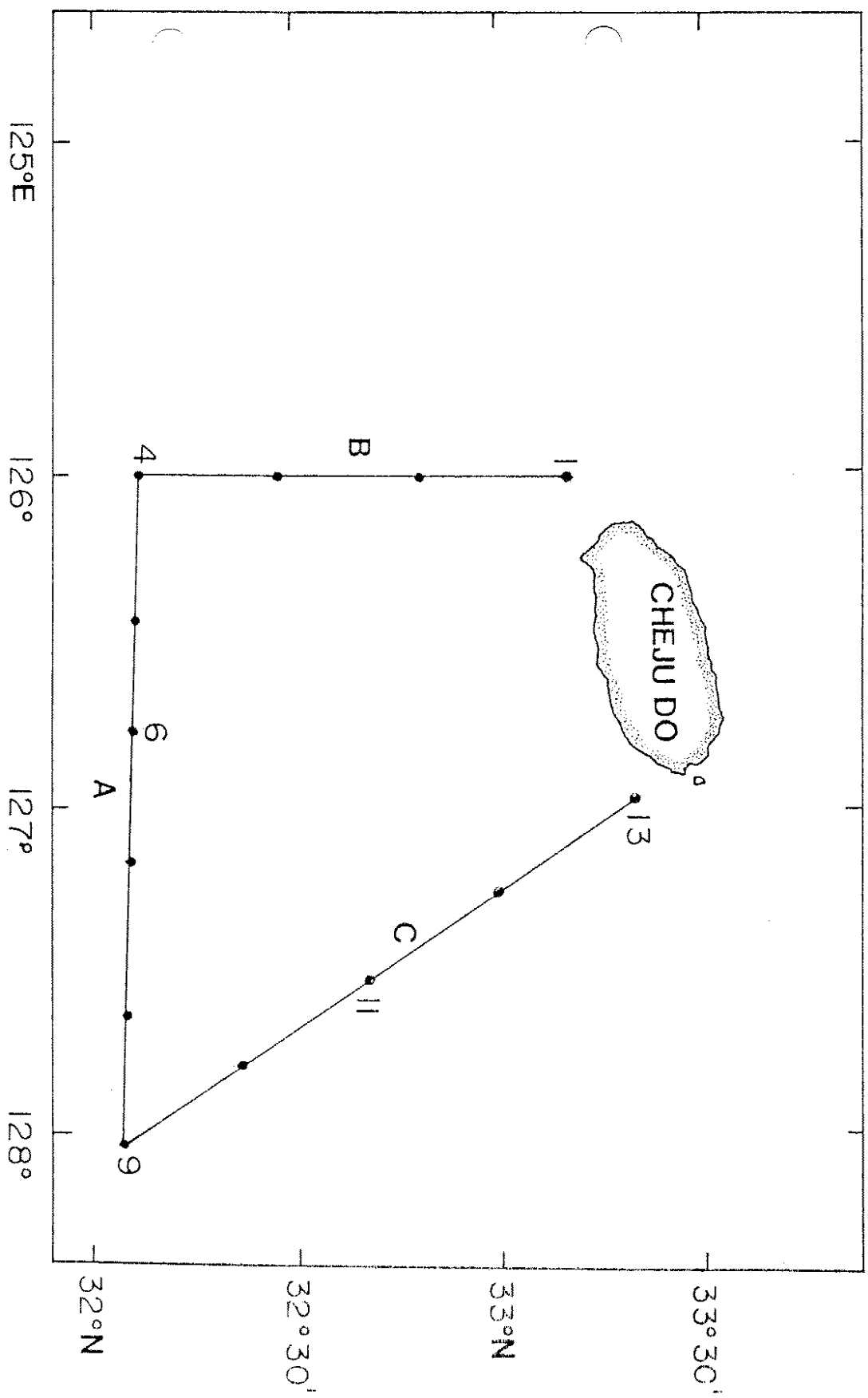


그림 7. 1984년 11월 해양 관측점 위치

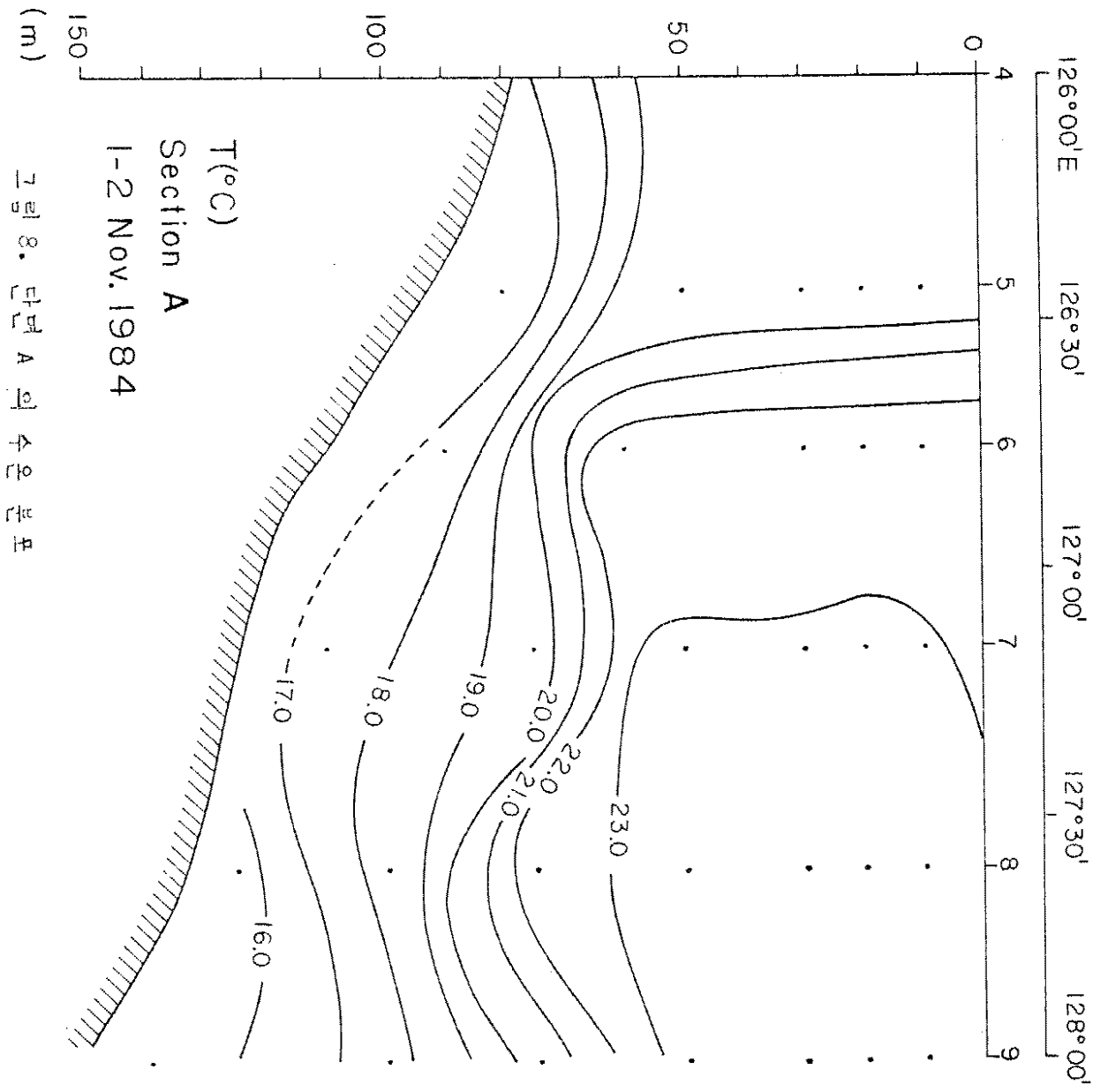


그림 8. 단면 A 의 수온 분포

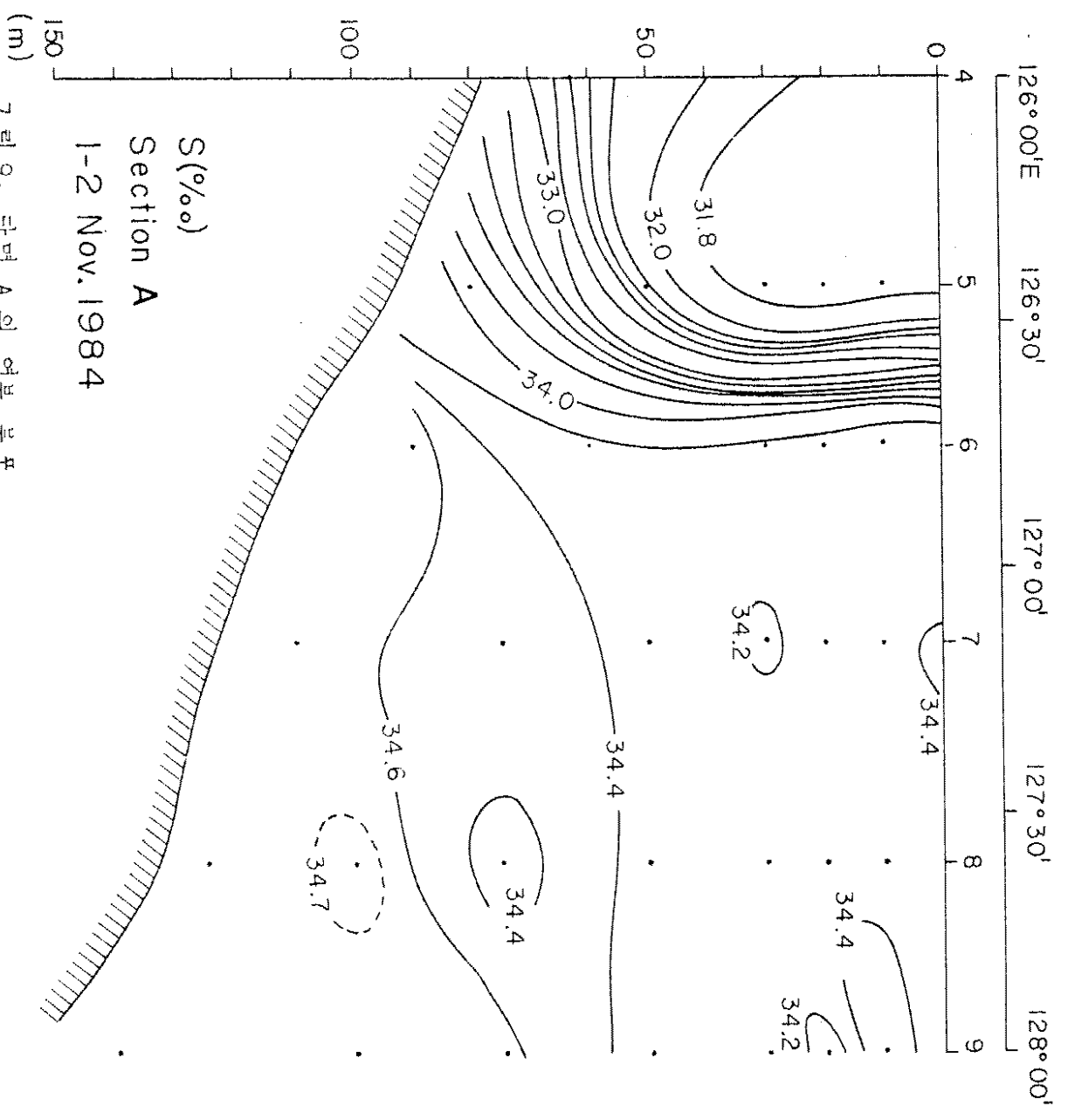


그림 9. 단면 A의 영분 분포

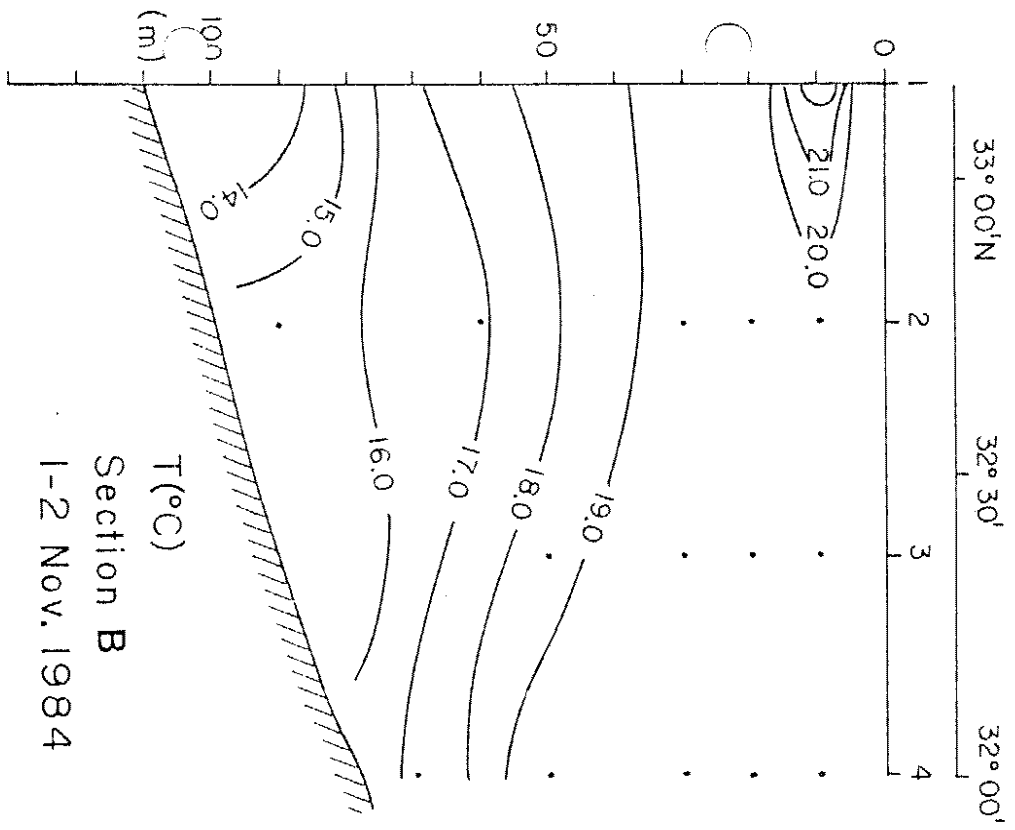


그림 10. 단면 B 의 수온 분포

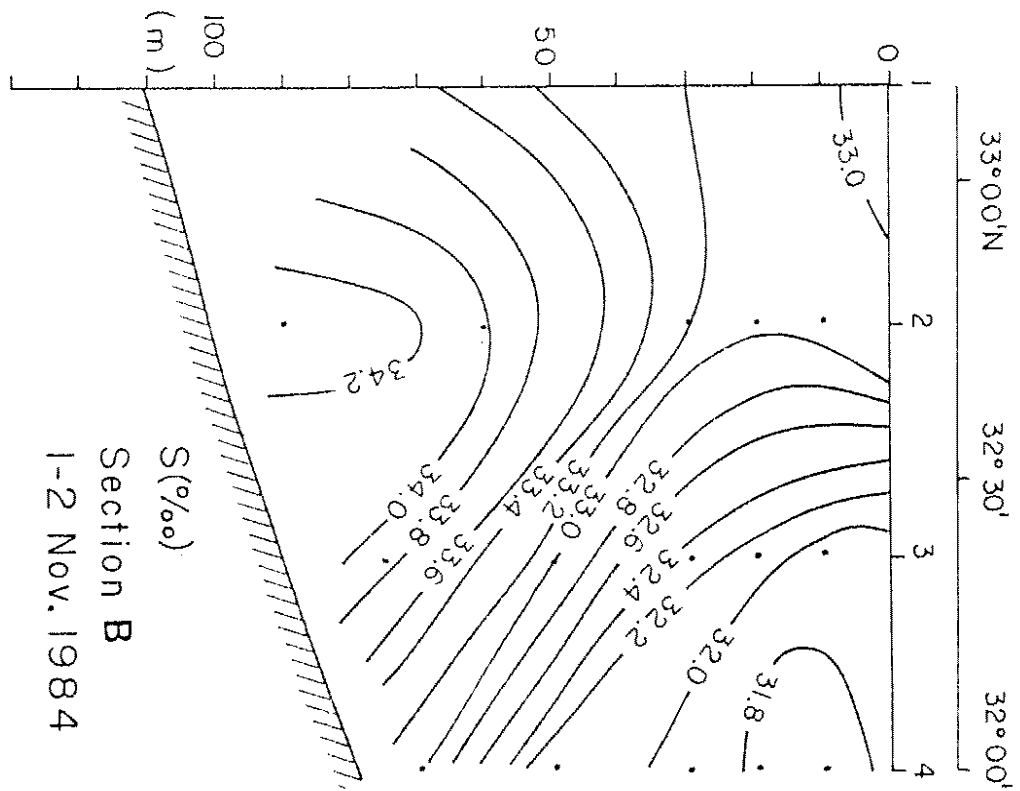


그림 11. 단면 B 의 염분 분포

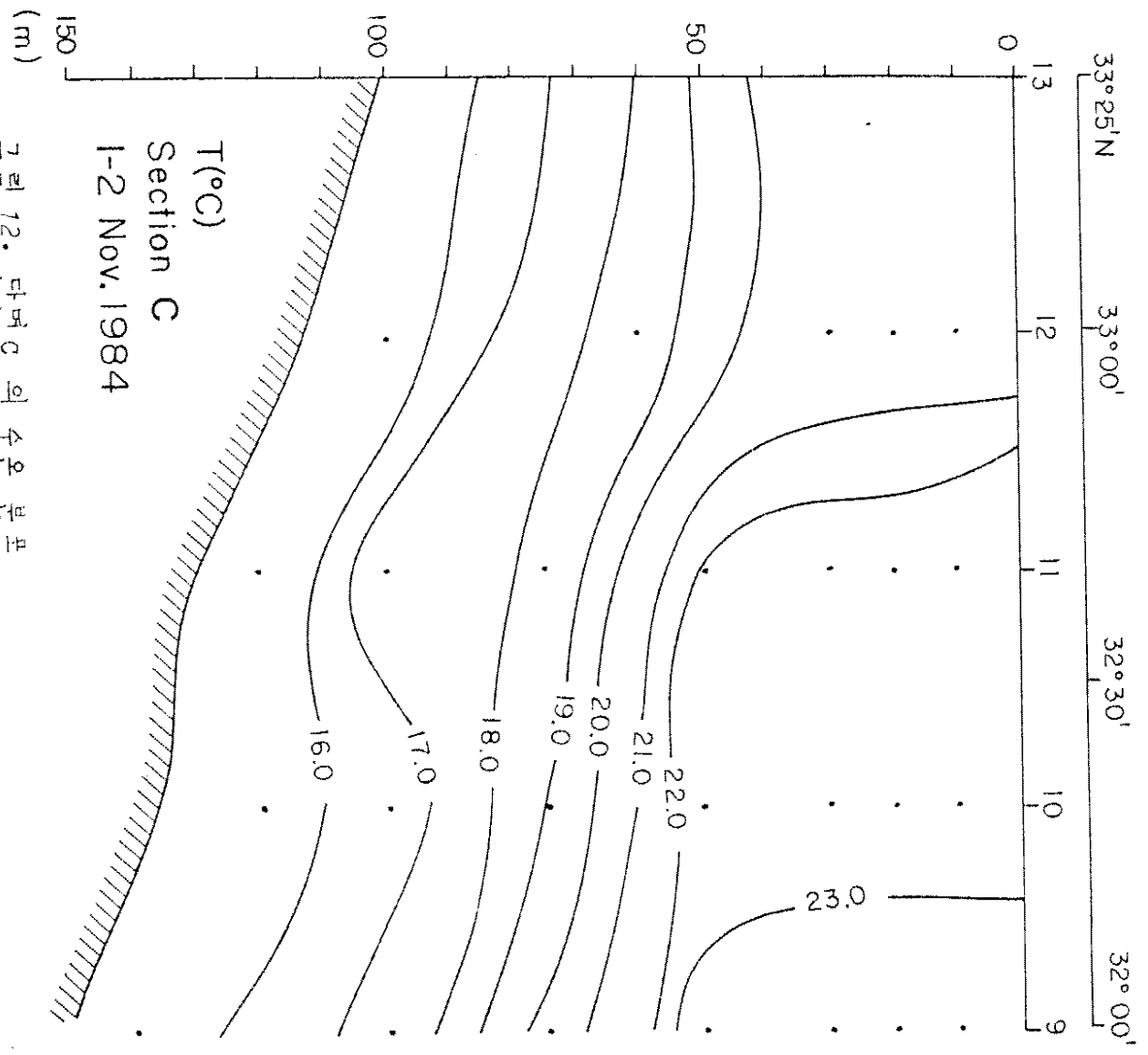


그림 12. 단면 C 의 수온 분포

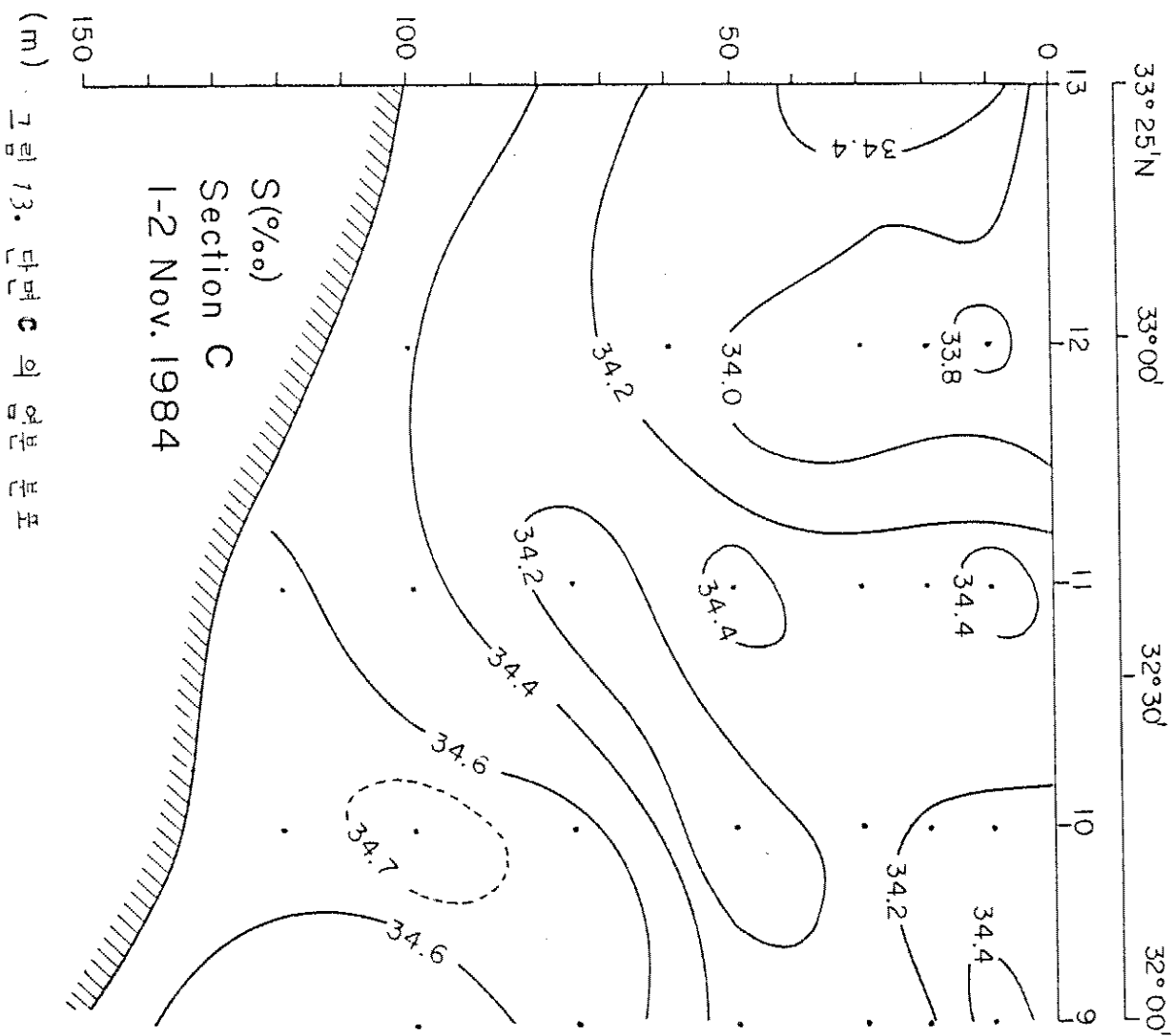


그림 13. 단면 C 의 염분 분포

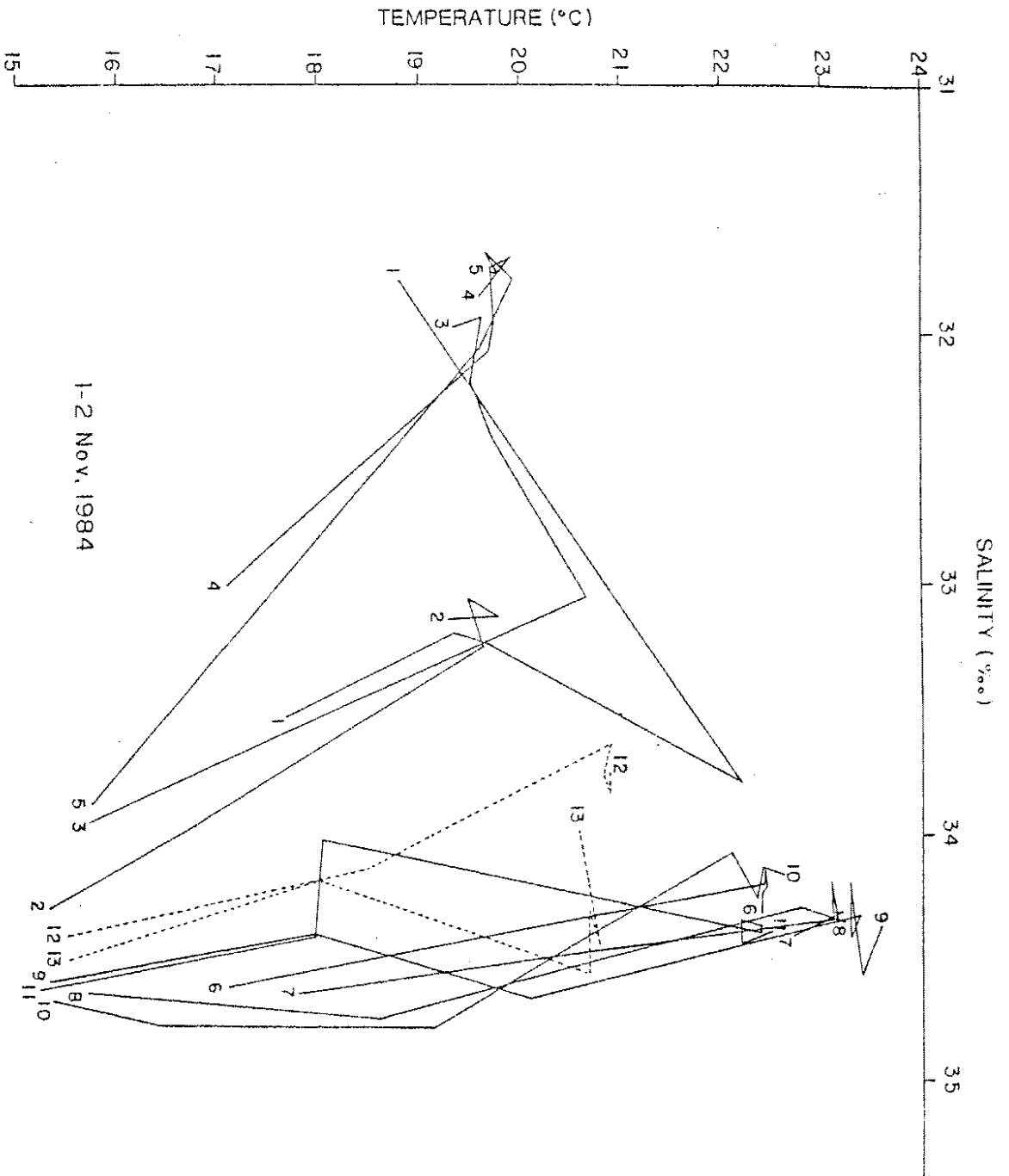


그림 14. 1984년 11월 대마 난류 근연지의 수온 염분의 상관 관계

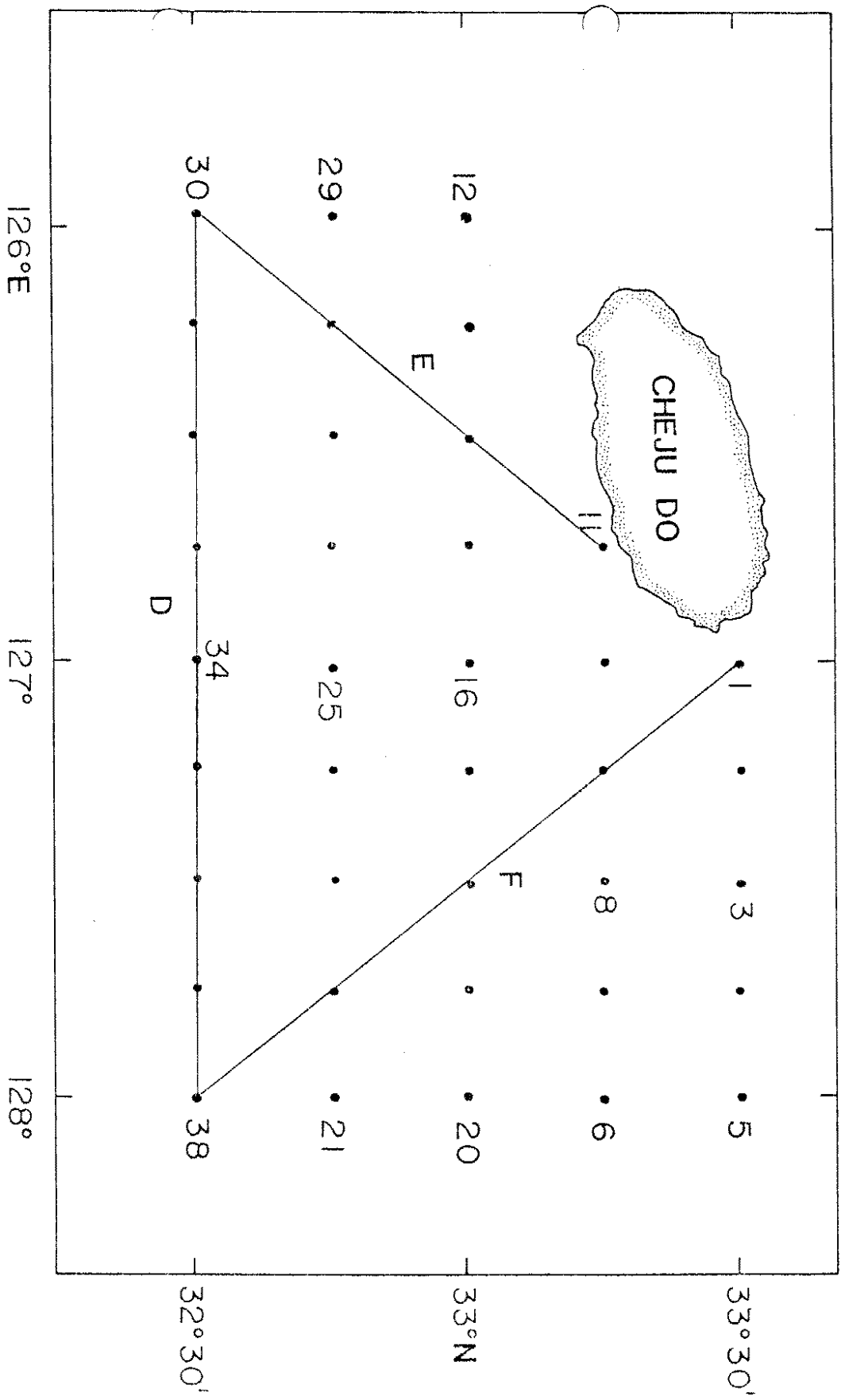


그림 15. 1985년 4월 해양 관측점 위치

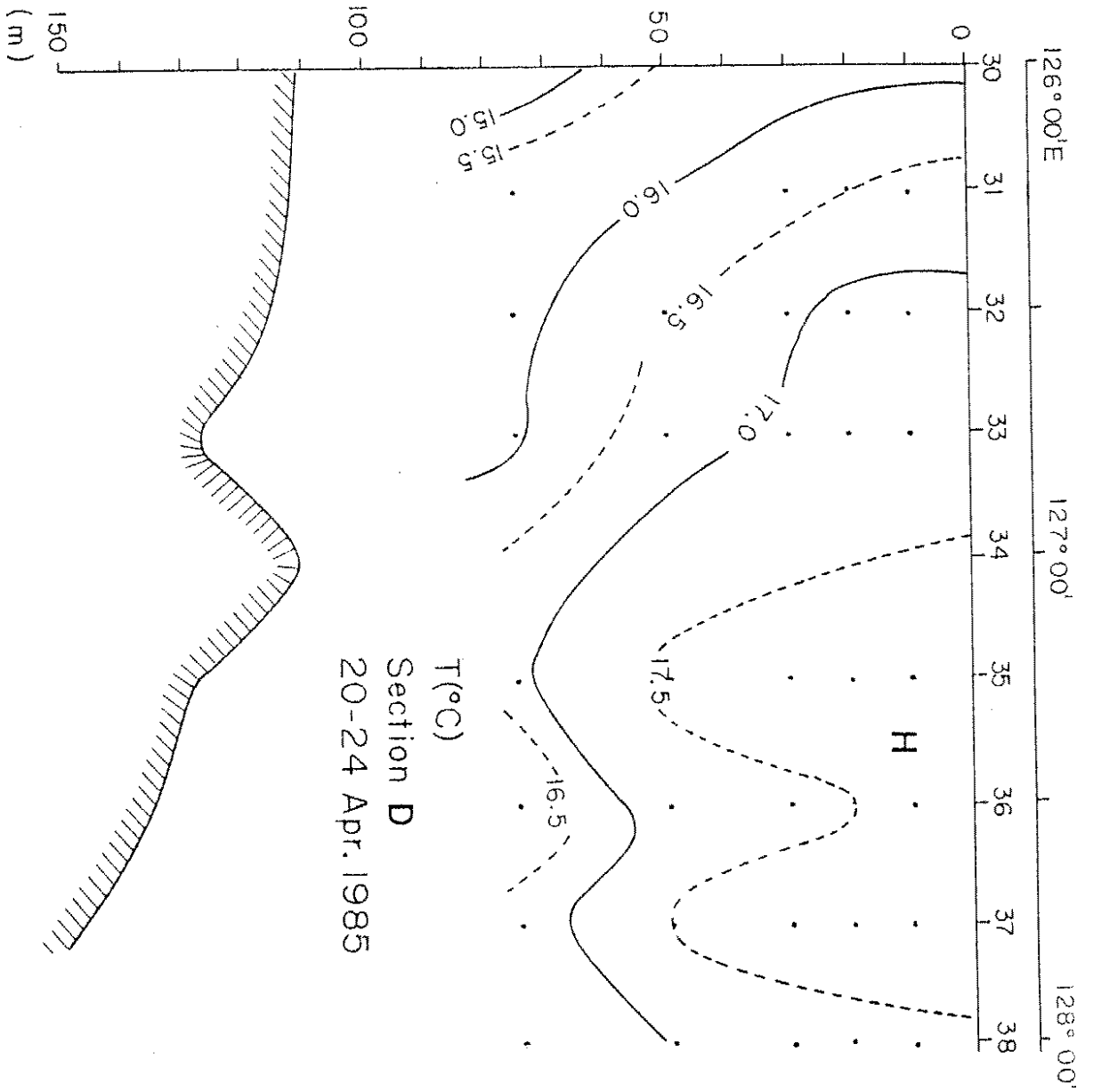


그림 15. 타면 D의 수온 분포

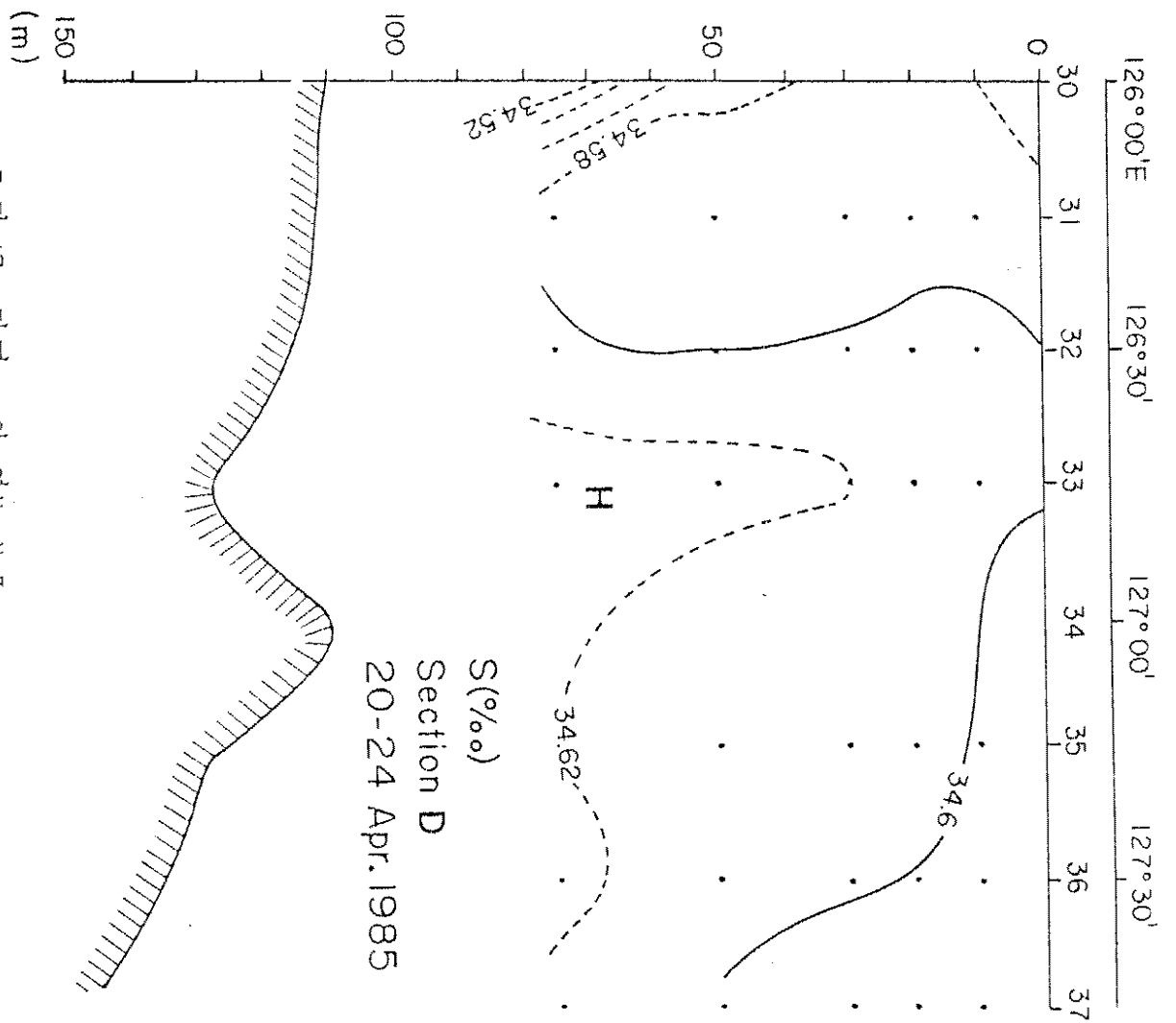


그림 17. 단면 D 의 연분 분포

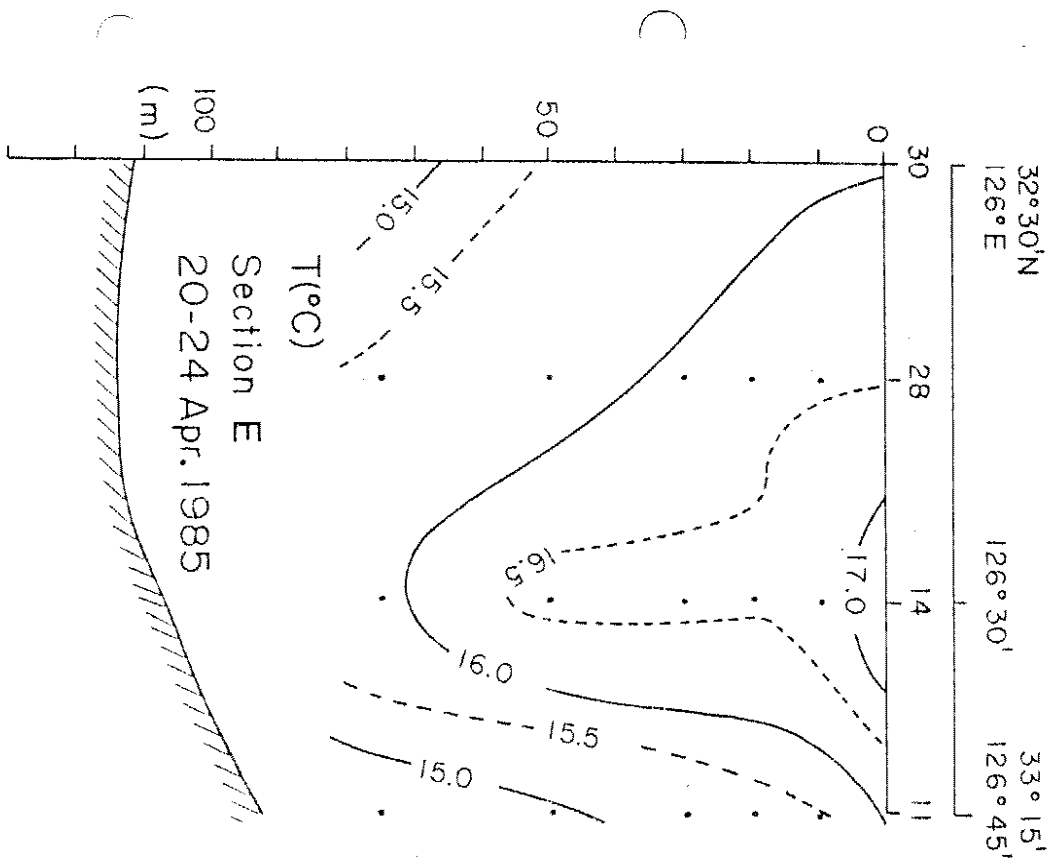


그림 18. 단면 E 의 수온 분포

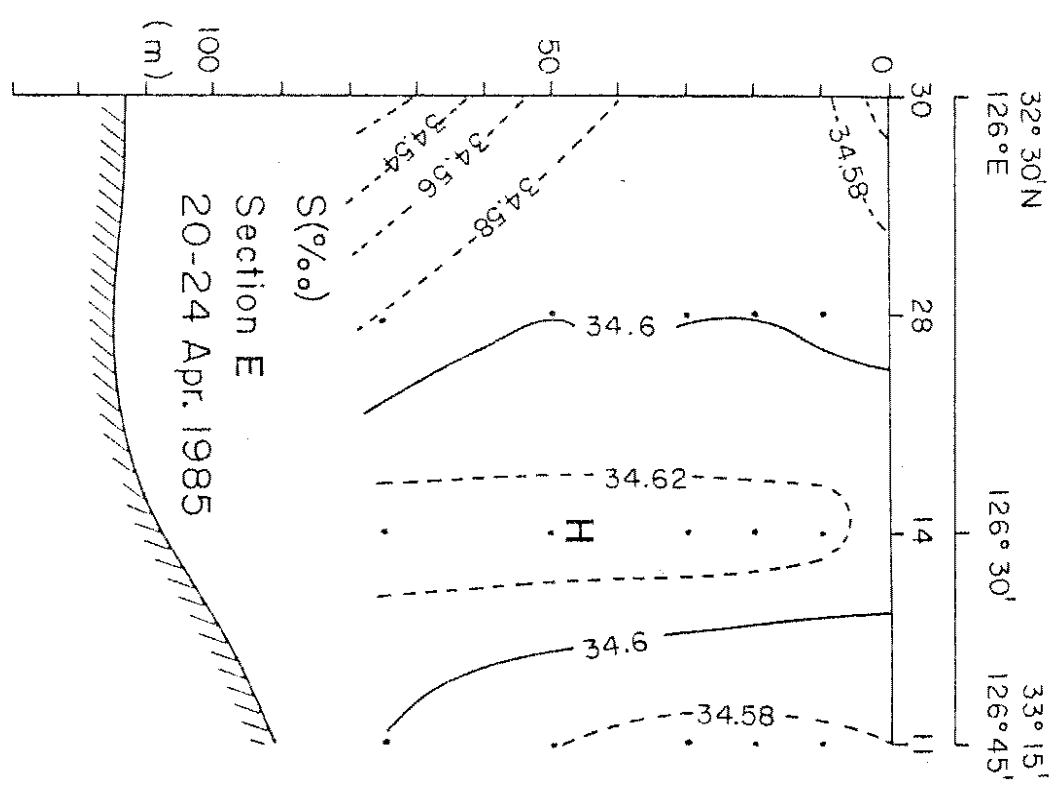


그림 19. 단면 E 의 염분 분포

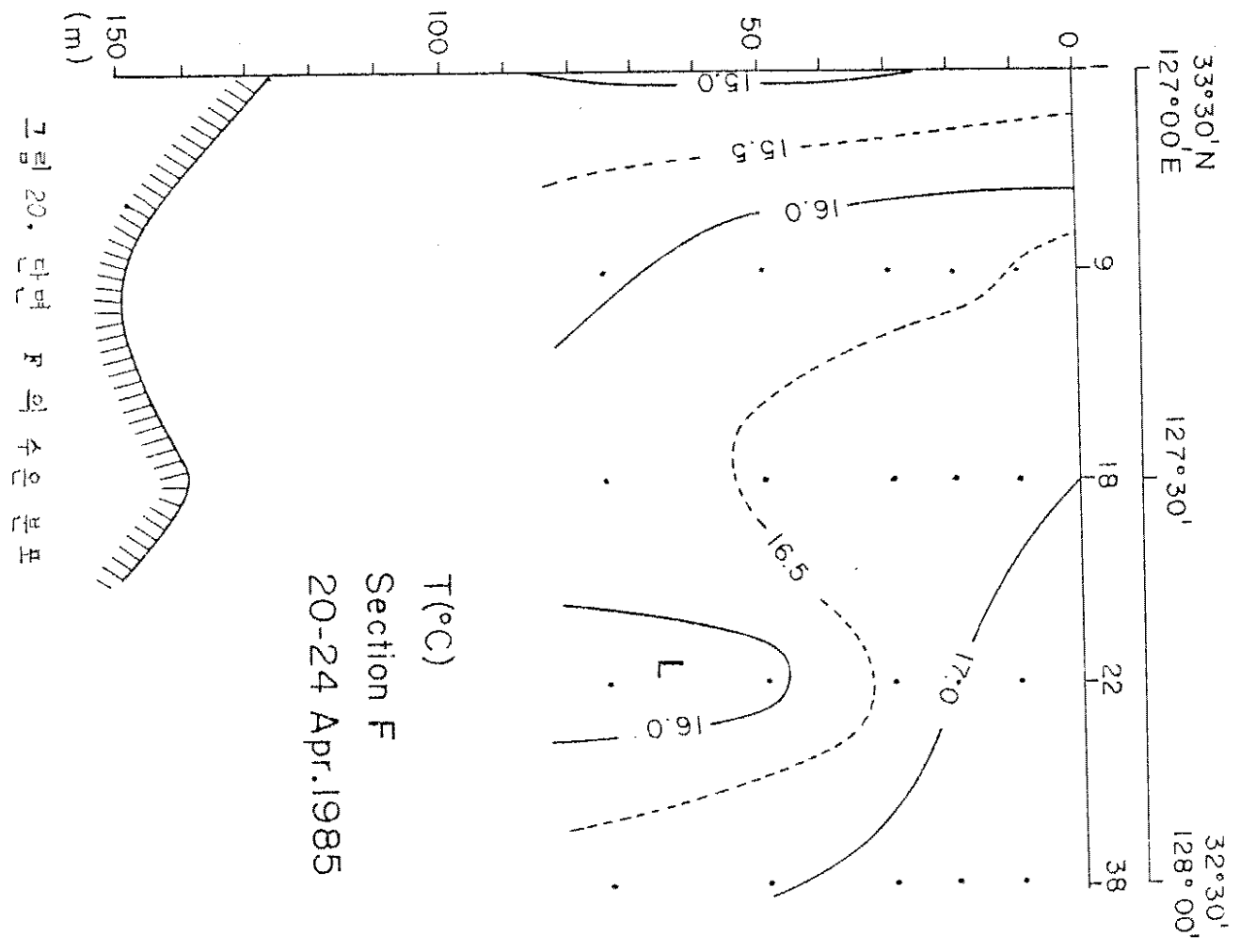
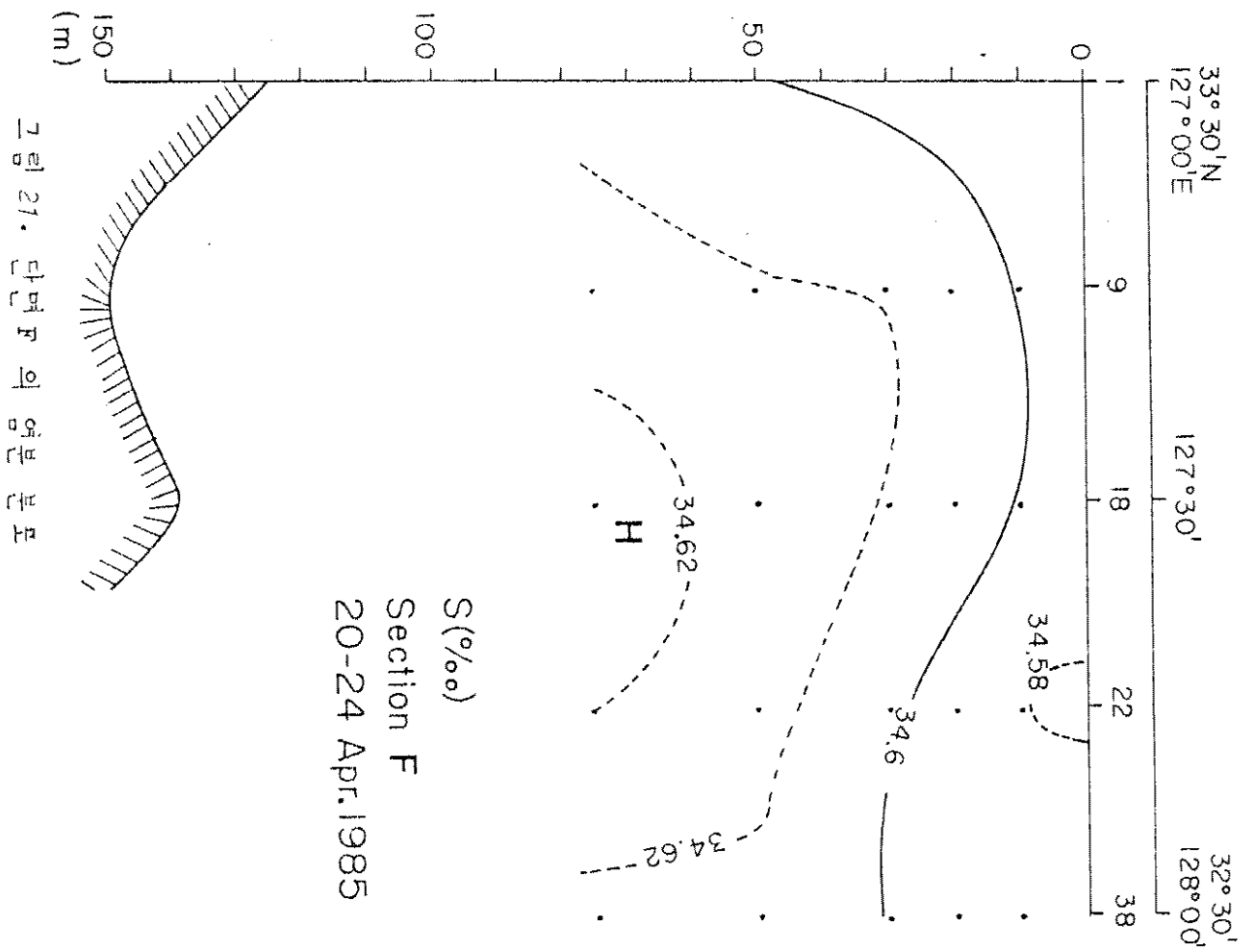


그림 20. 단면 F의 수온 분포



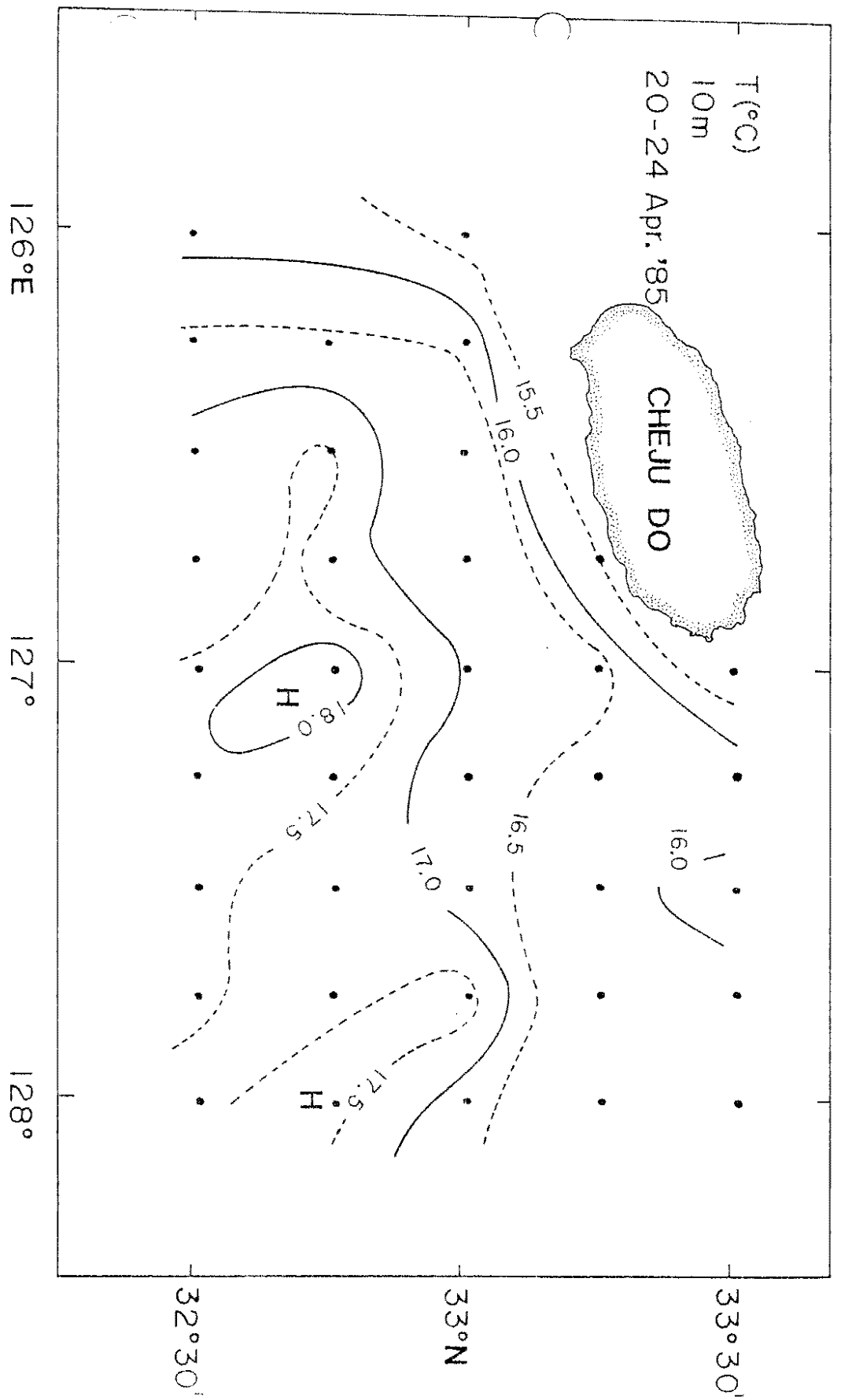


그림 22. 1985년 4월 20-24일 관측된 10m 수온의 분포

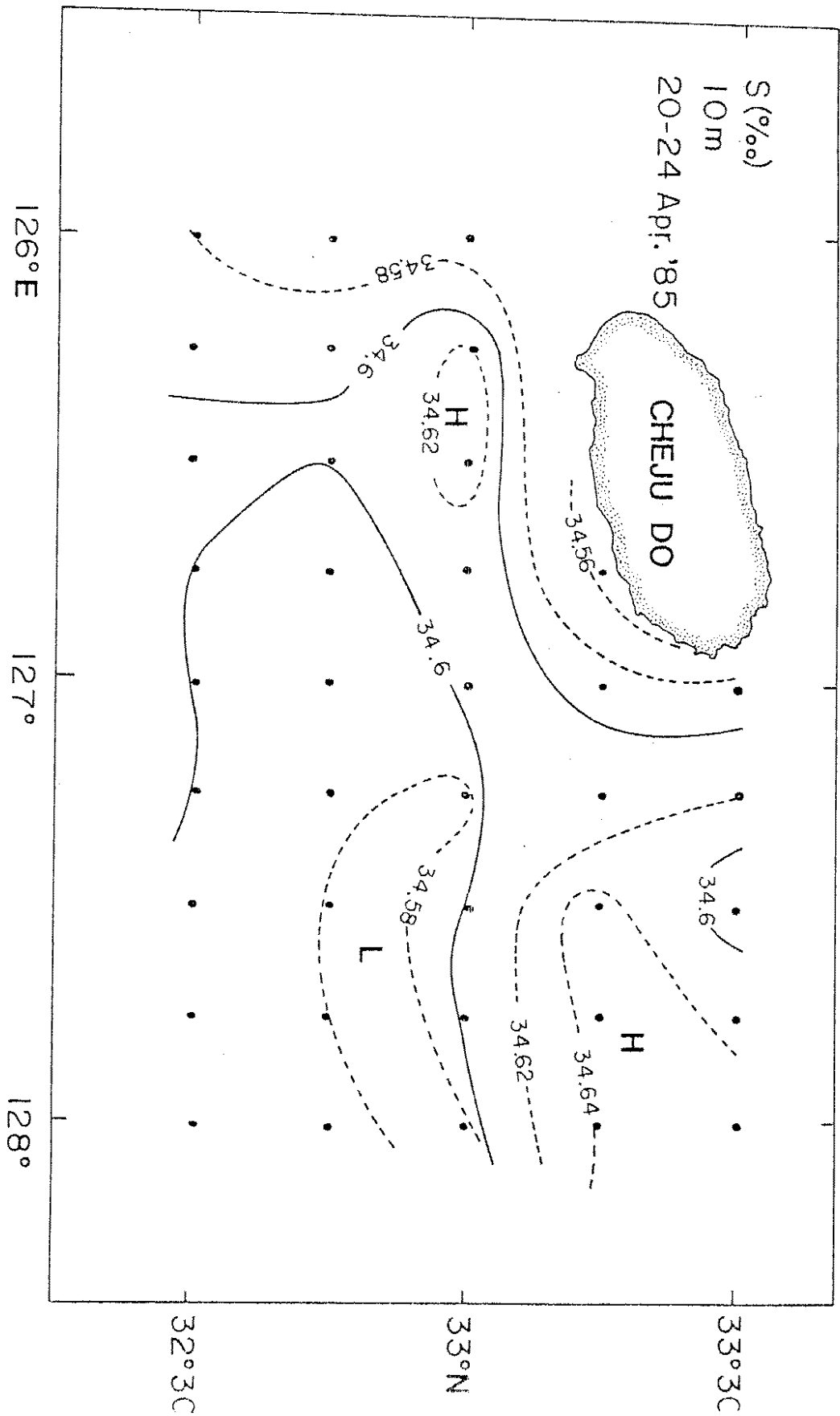


그림 23. 1985년 4월 대마 난류 근연지의 10m층의 염분 분포

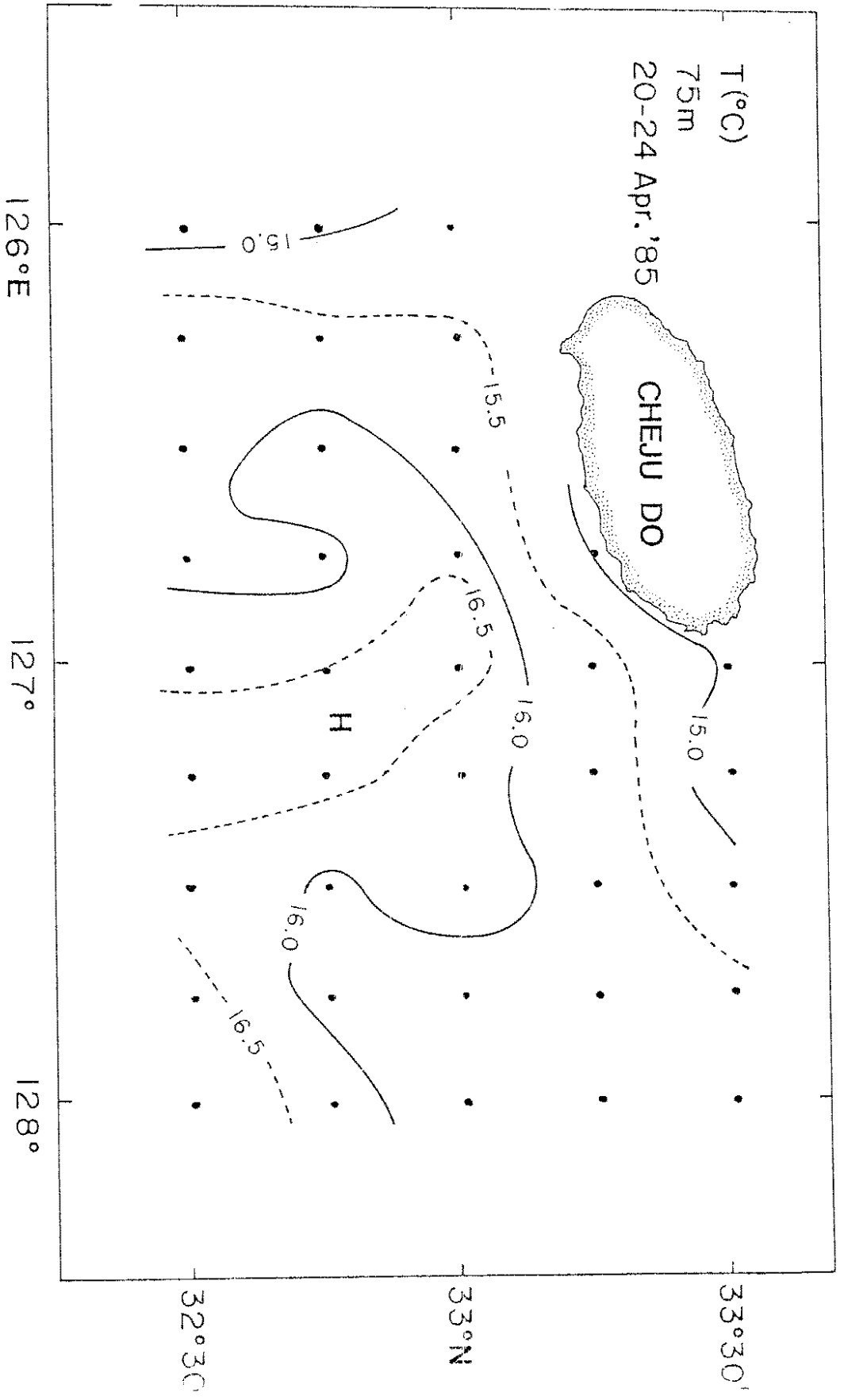


그림 24. 1985년 4월 20-24일 밤바 관측지역의 75m 층의 수온 분포

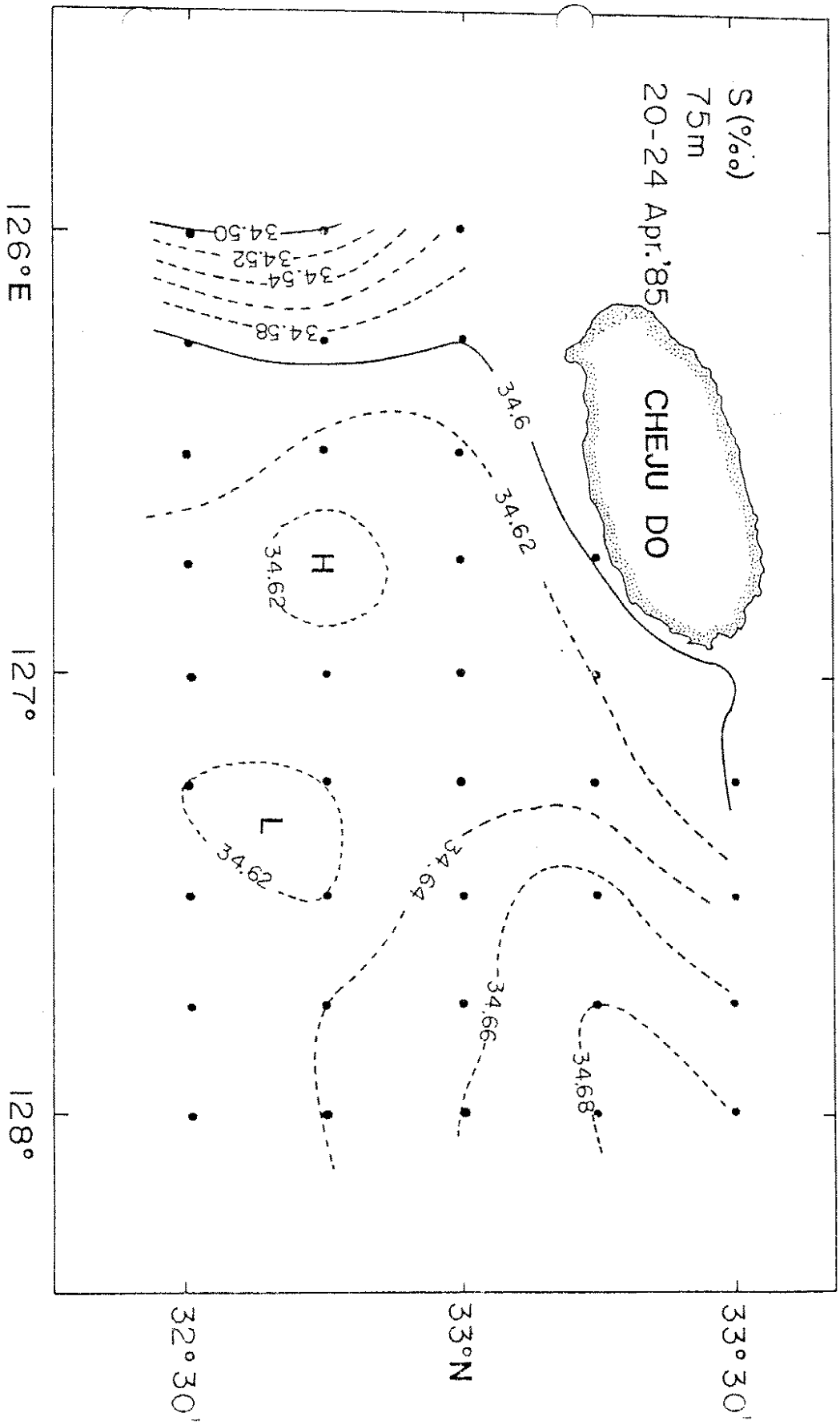


그림 25. 1985년 4월 대마 난류 근연지의 75m층의 염분 분포

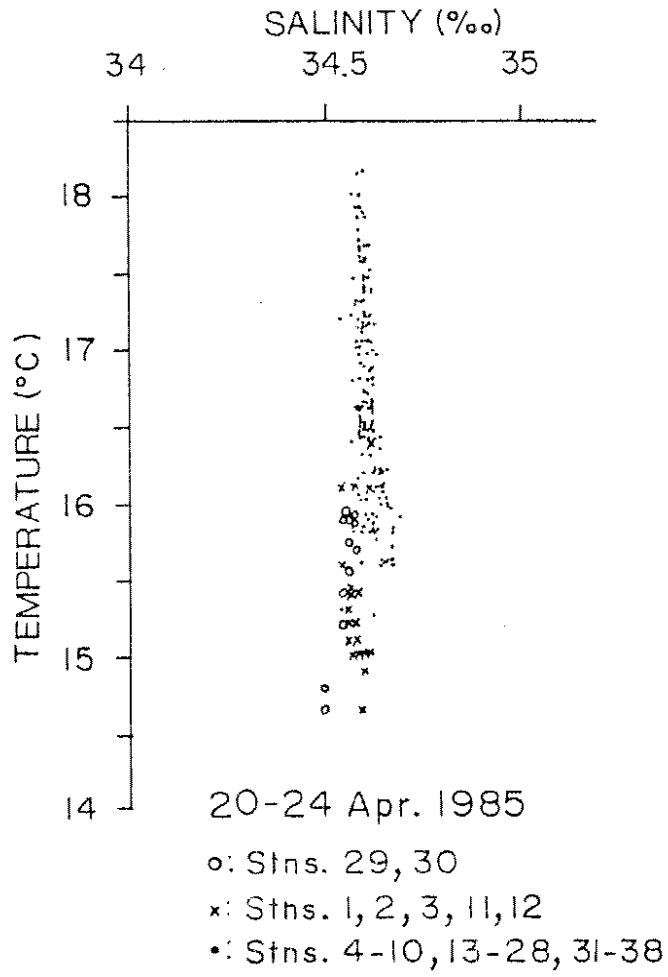


그림 26. 1985년 4월 대마 난류 근원지의 수온-염분의 상관관계

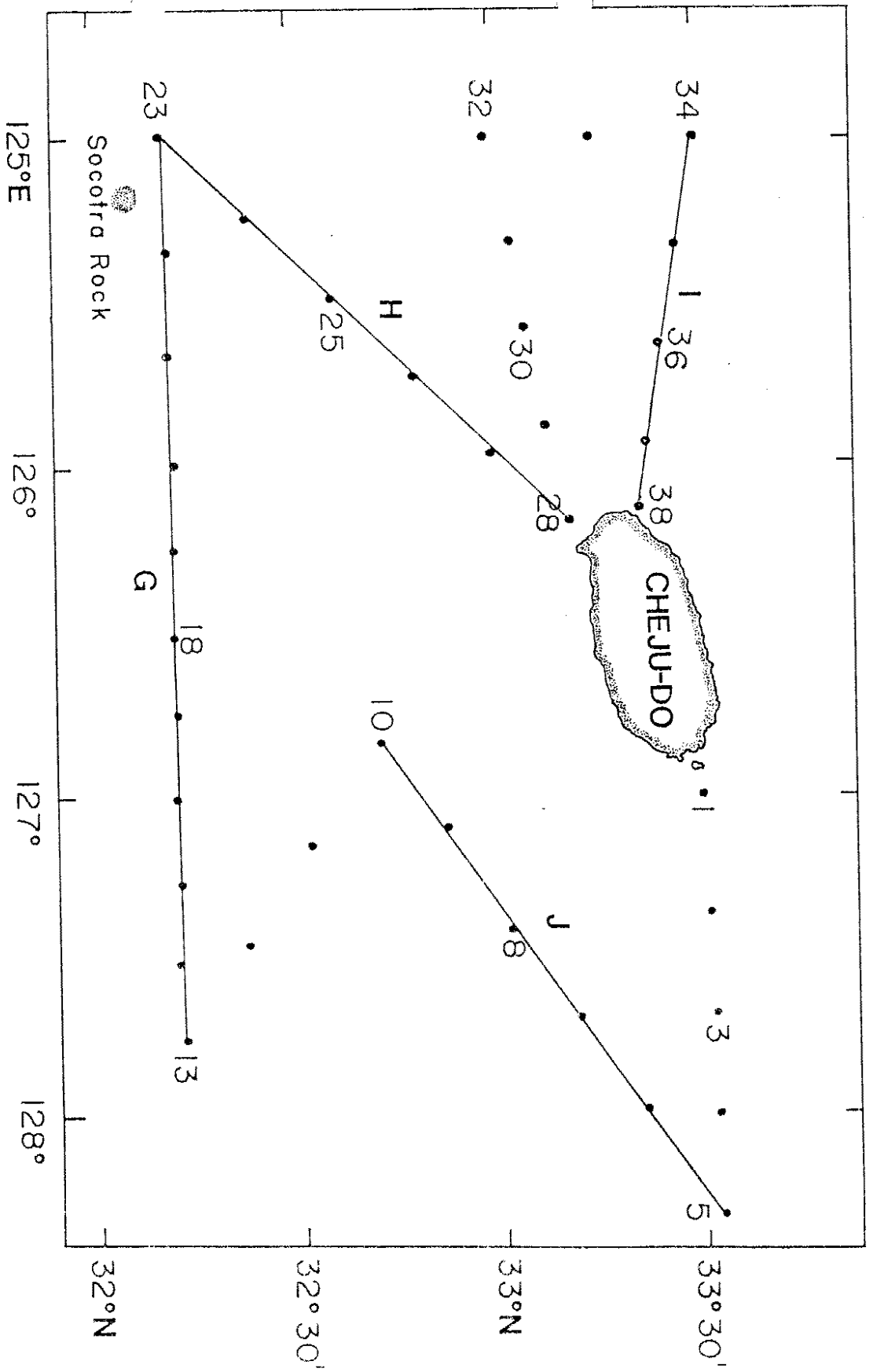


그림 27. 1985년 8월 해양 관측점 위치

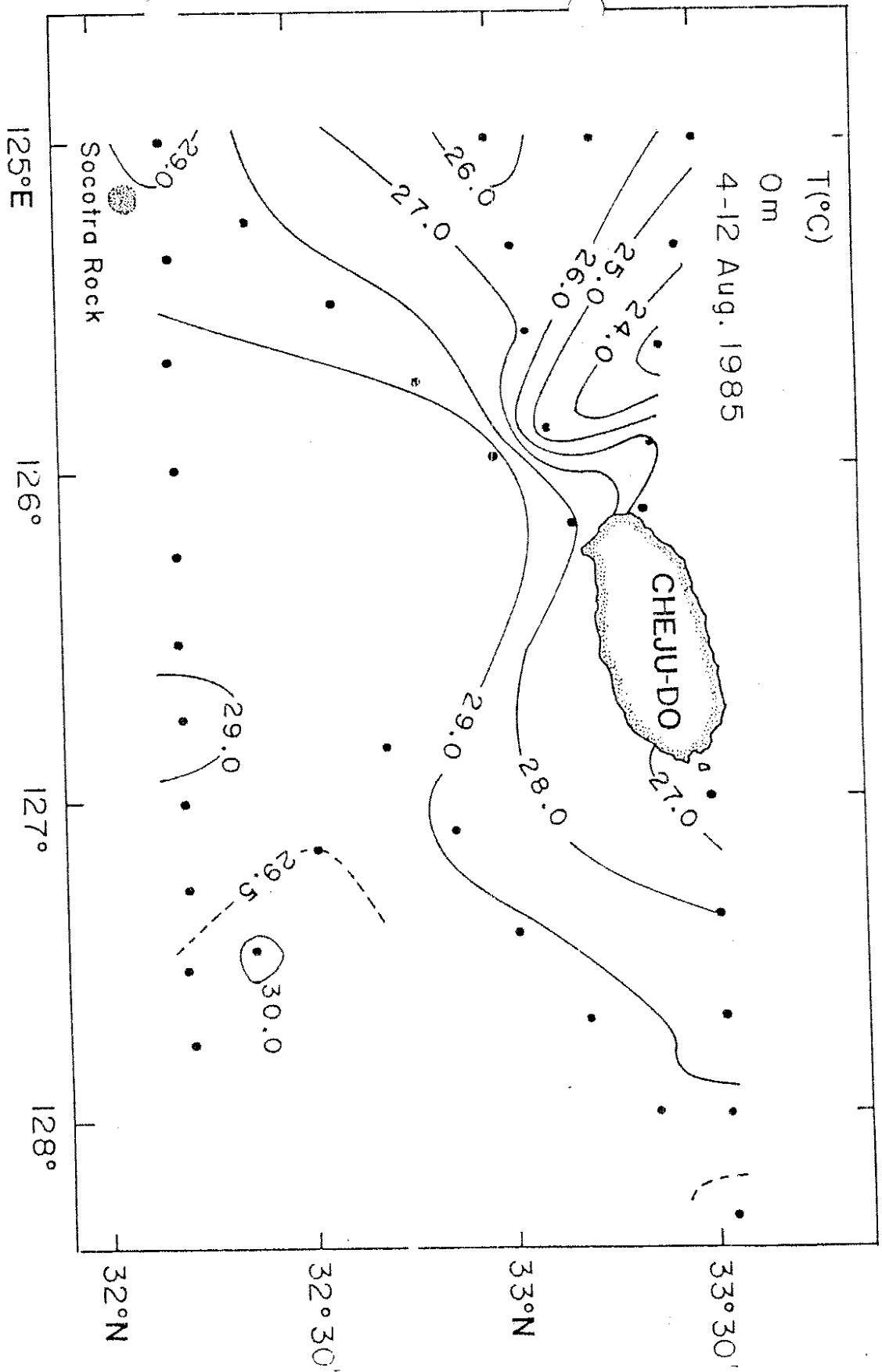


그림 28. 1985년 8월 대마 난류 근연지의 표층의 수온 분포

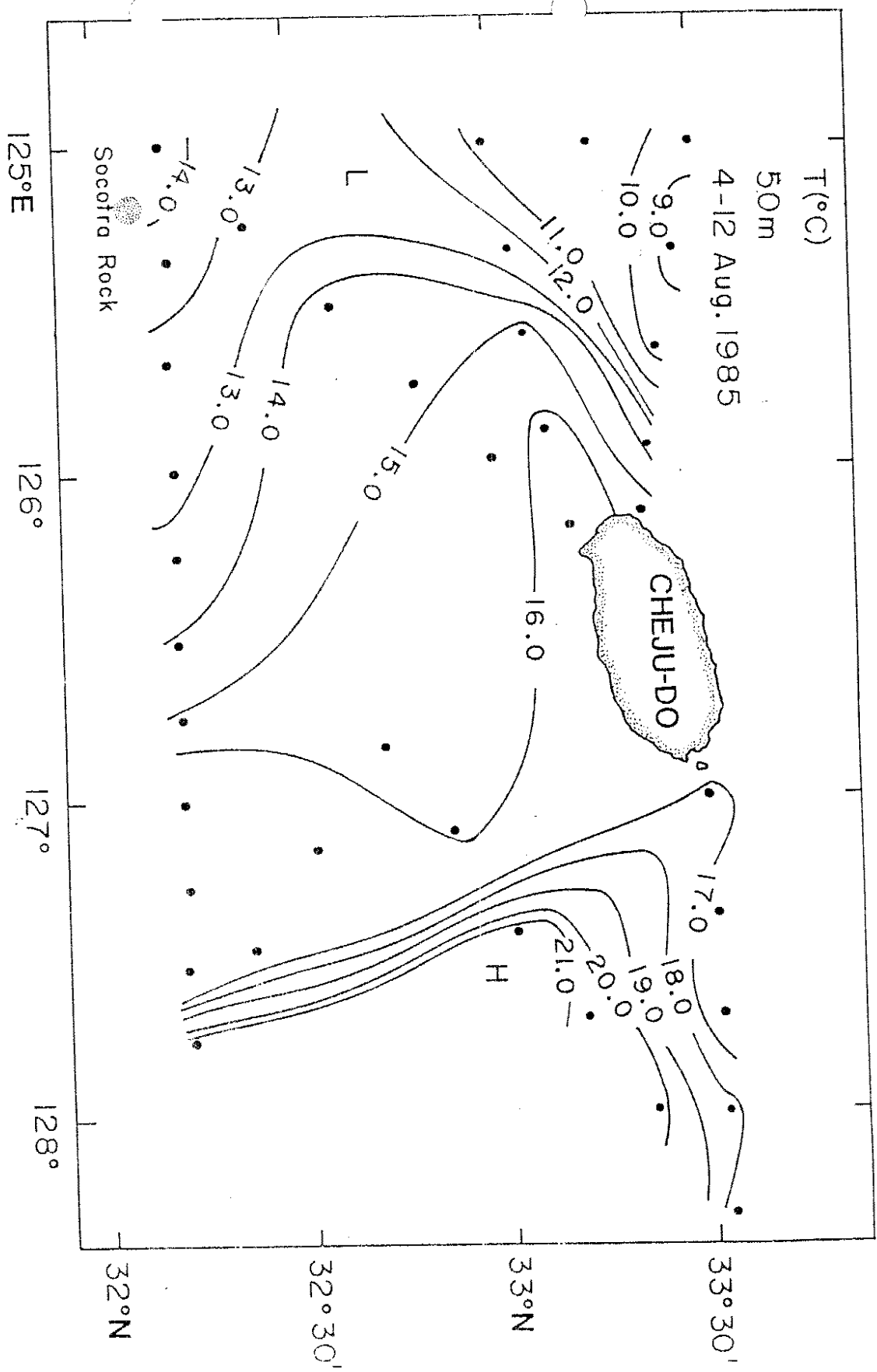
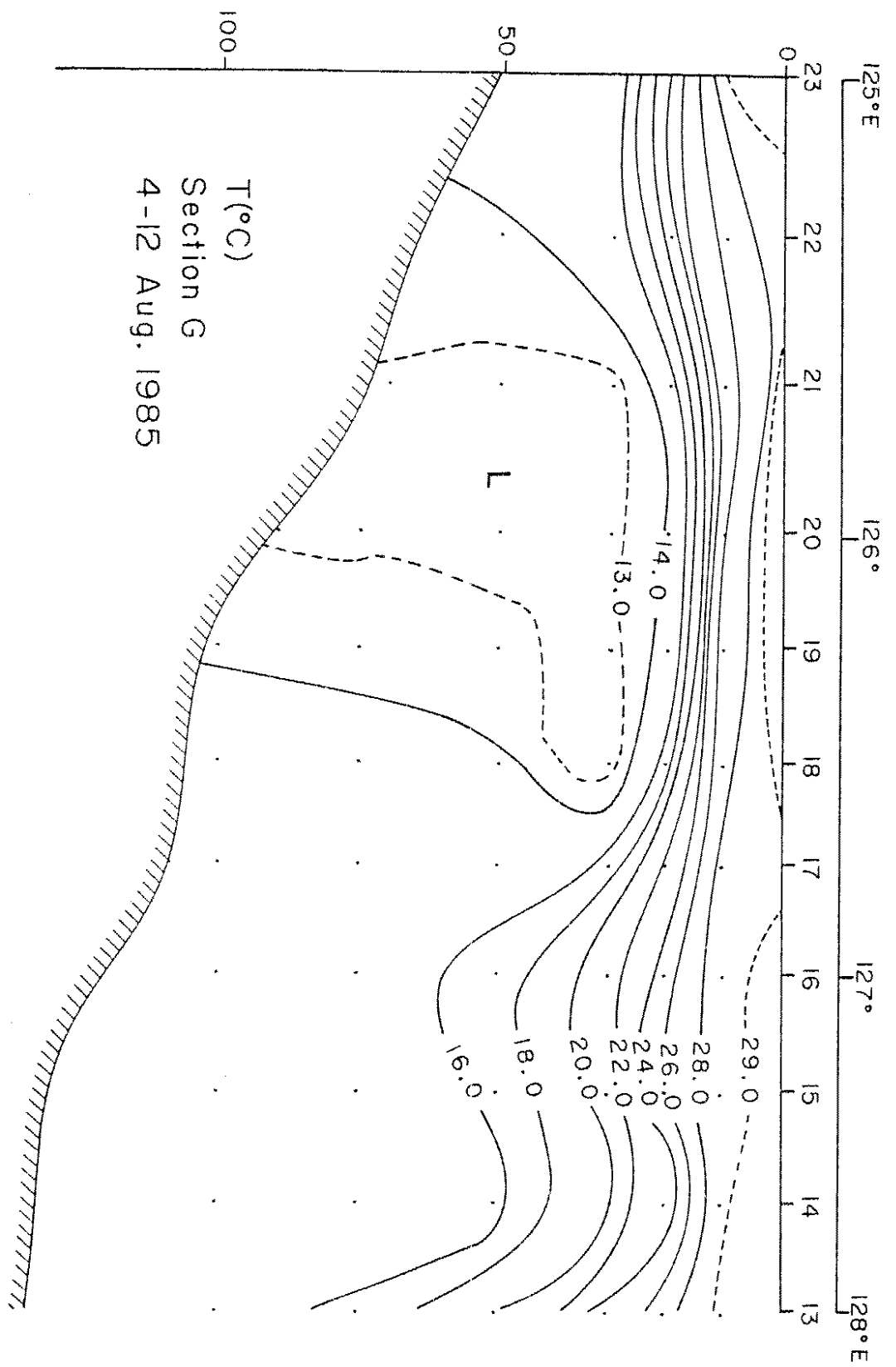


그림 29. 1985년 8월 대마 난류 근원지의 50m의 수온 분포



T(°C)
Section G
4-12 Aug. 1985

그림 30. 관면 G 의 수온 분포

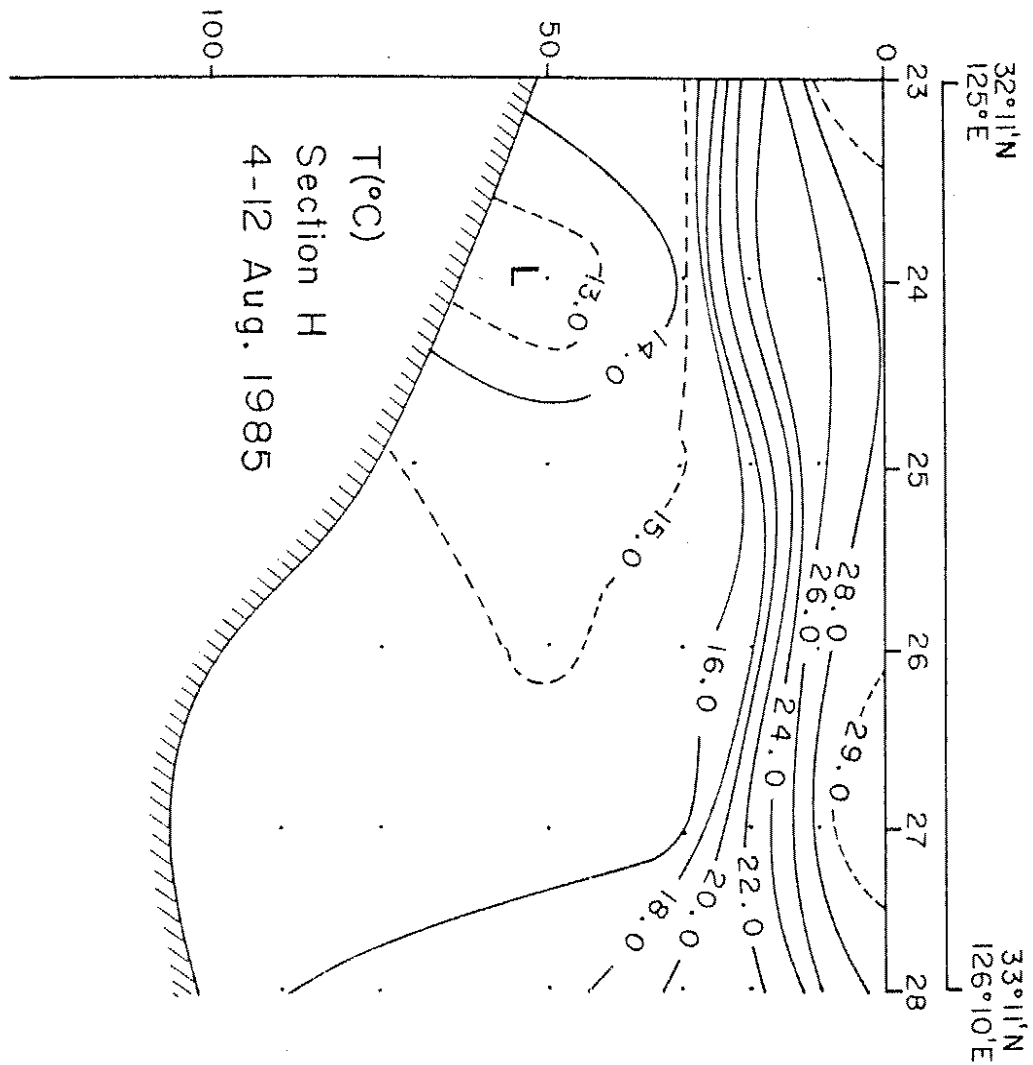


그림 37. 단면 H의 수온 분포

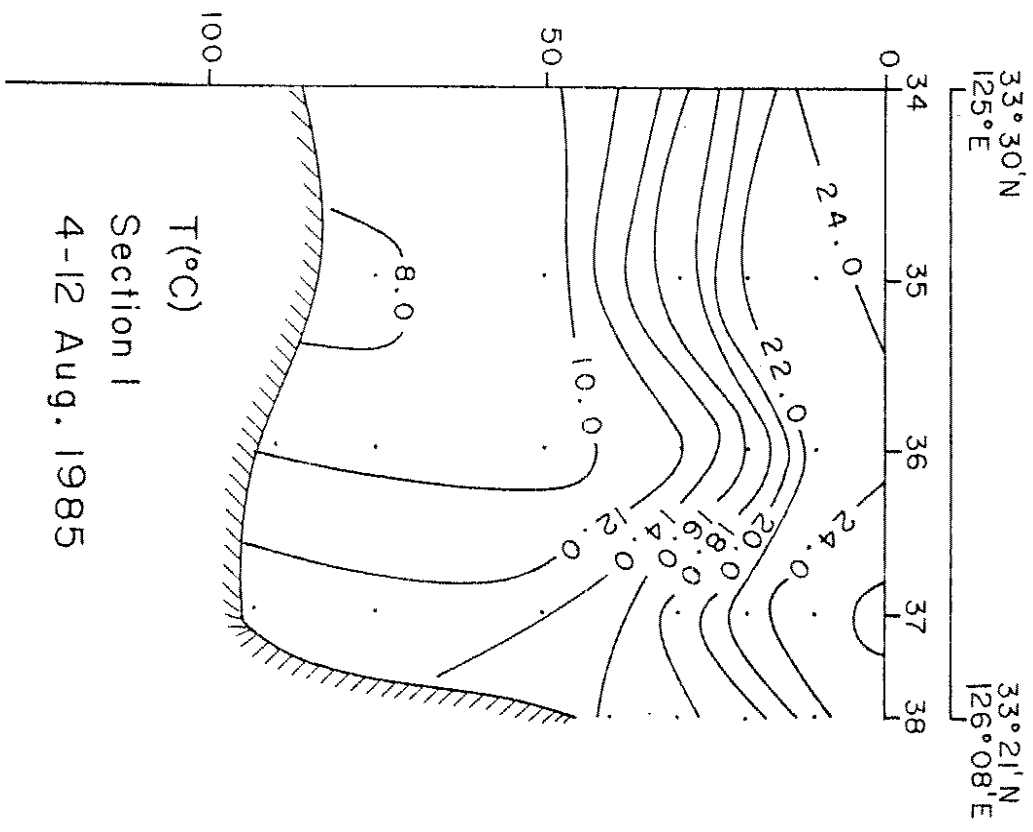


그림 32. 단면 I의 수온 분포

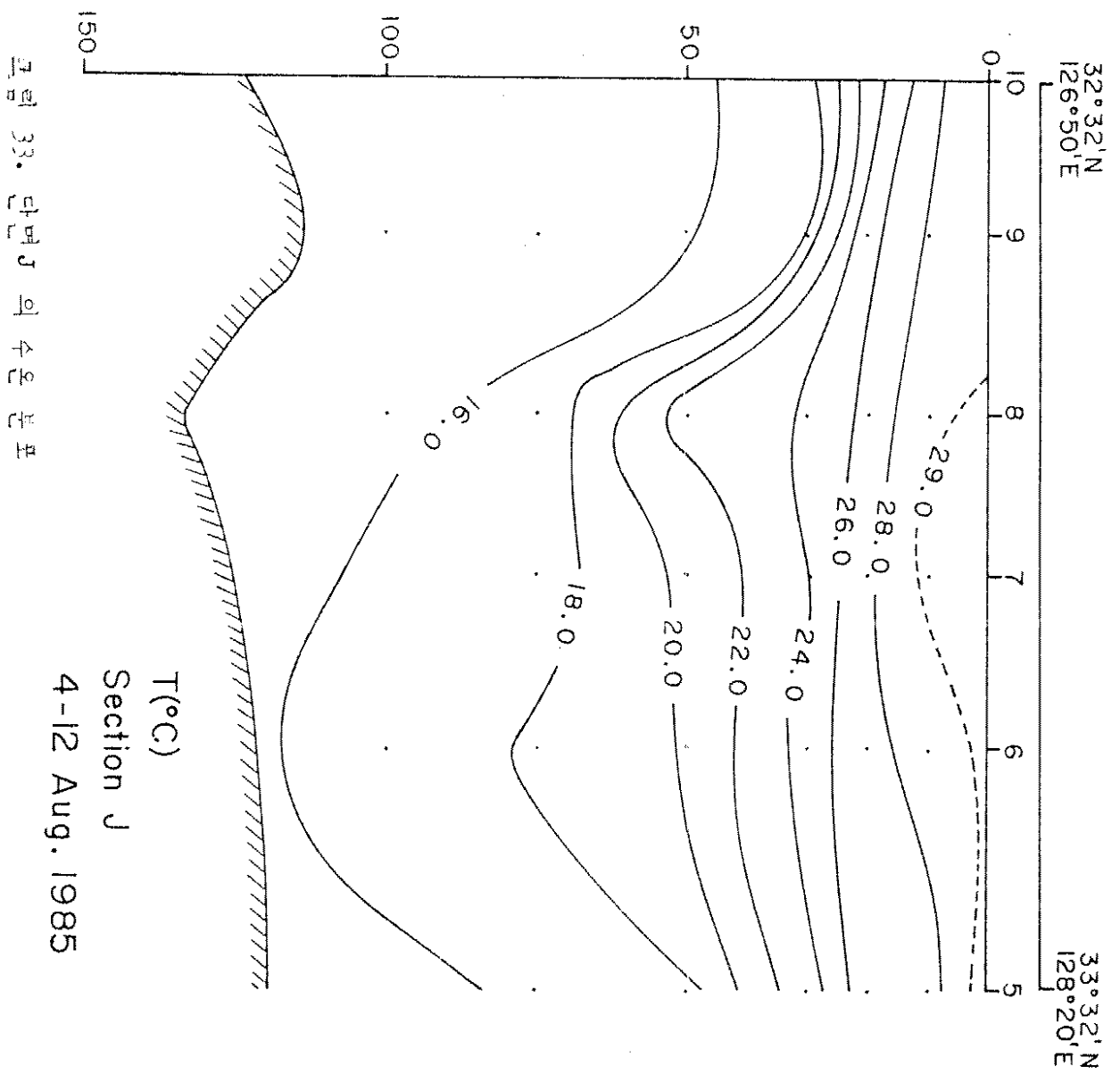


그림 33. 단면 J 의 수온 분포

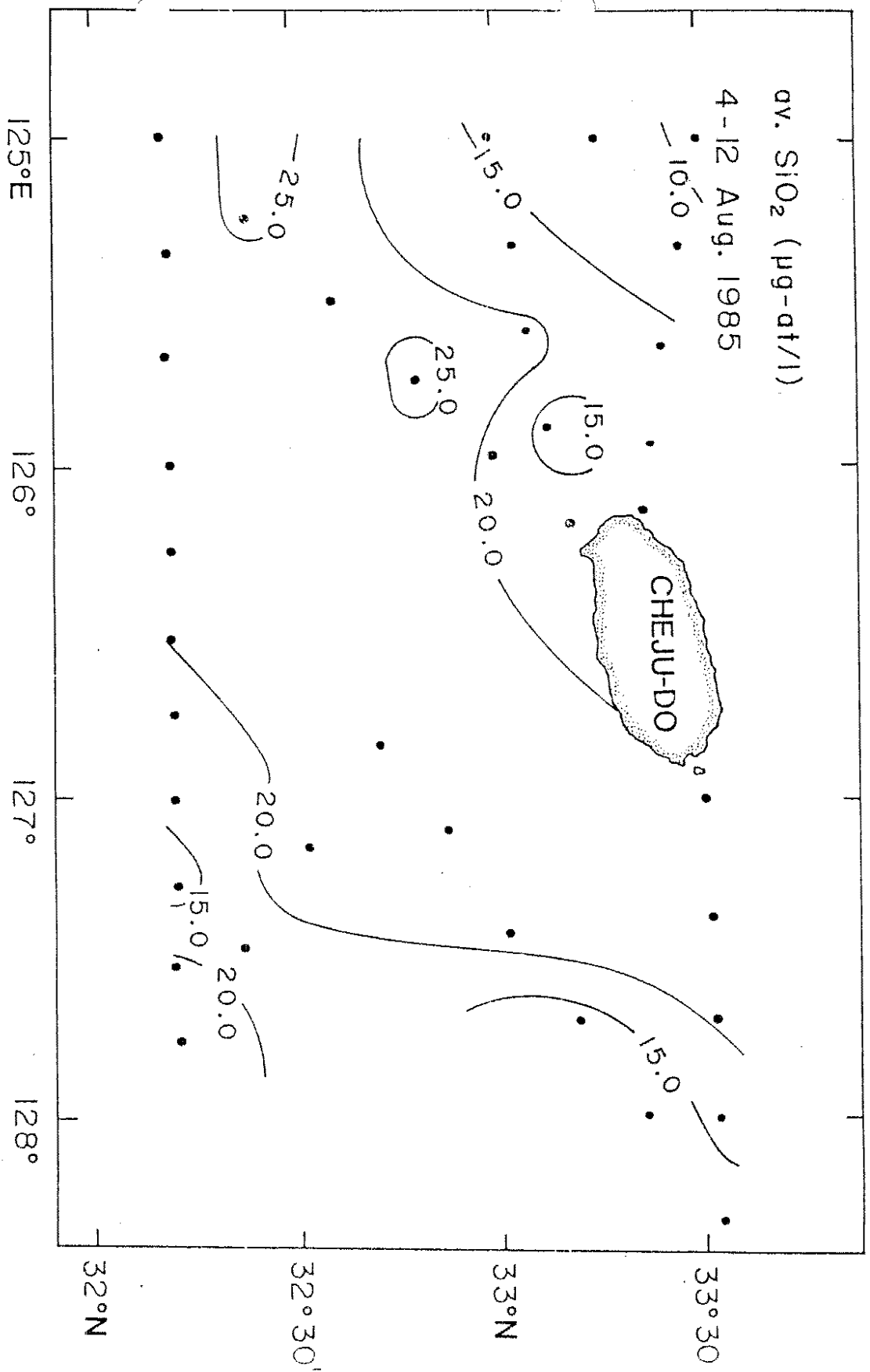


그림 34. 규산염의 수면 분포

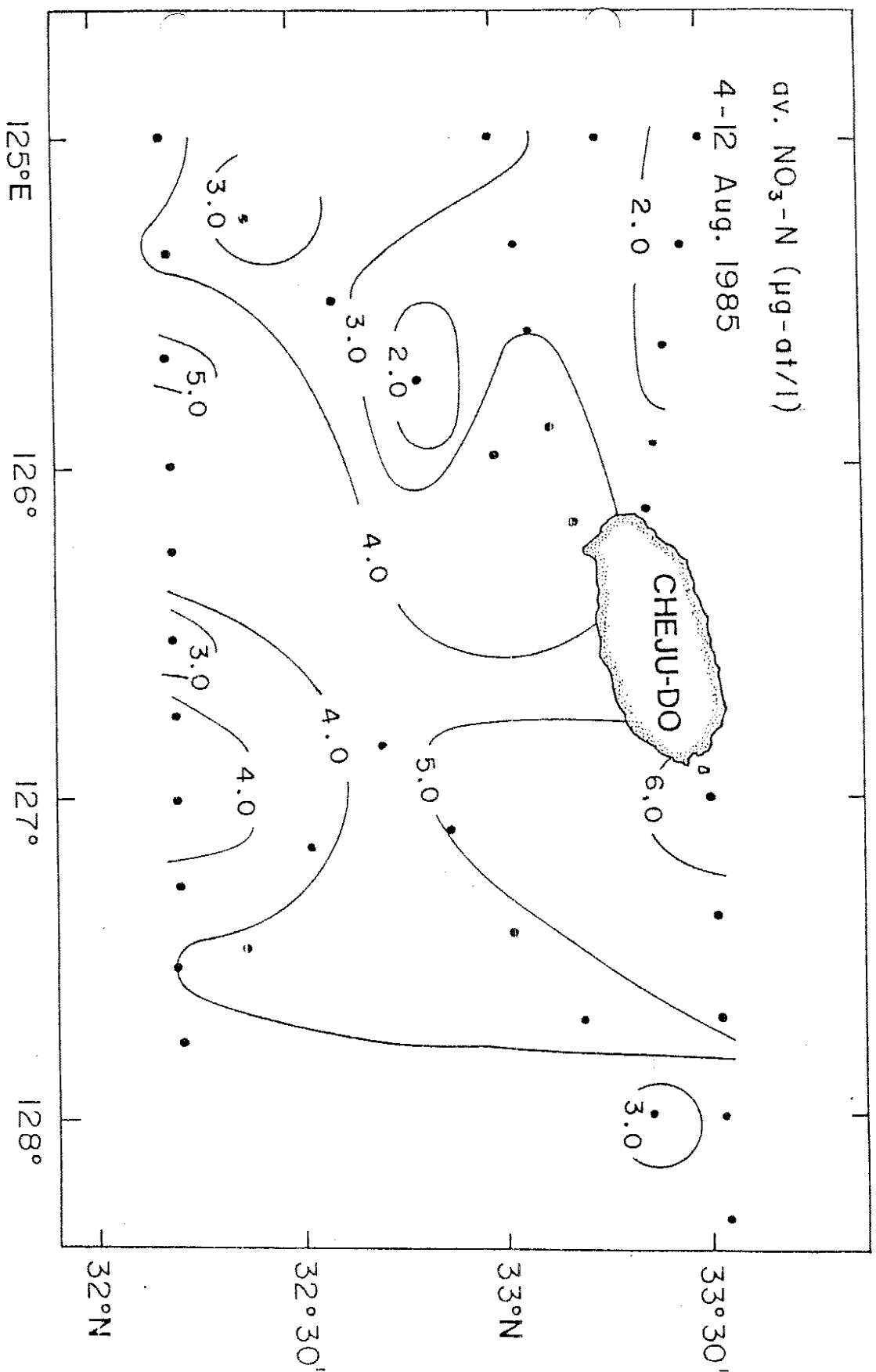
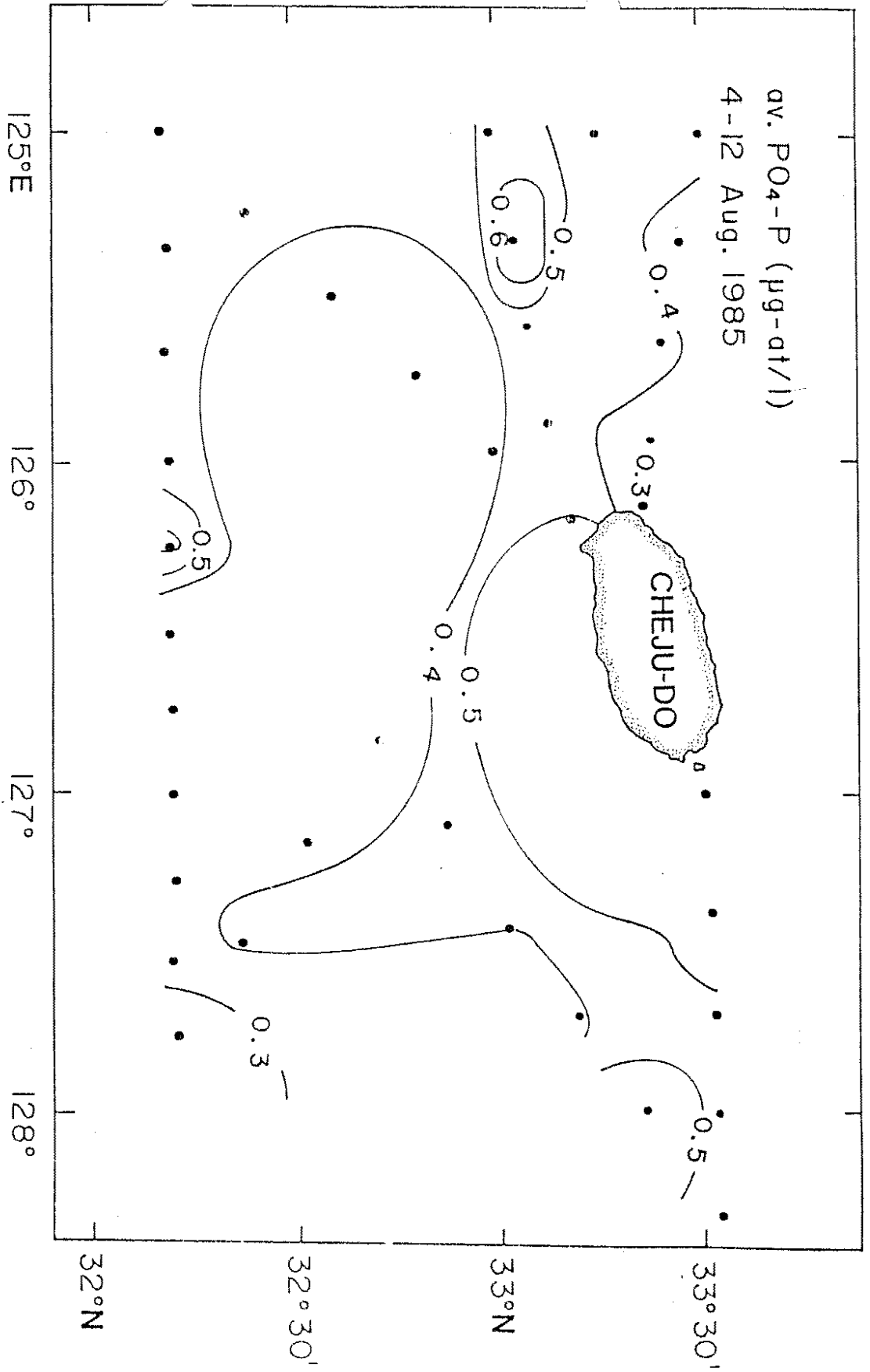


그림 35. 질산염의 수평 분포



36. 인산염의 수평 분포

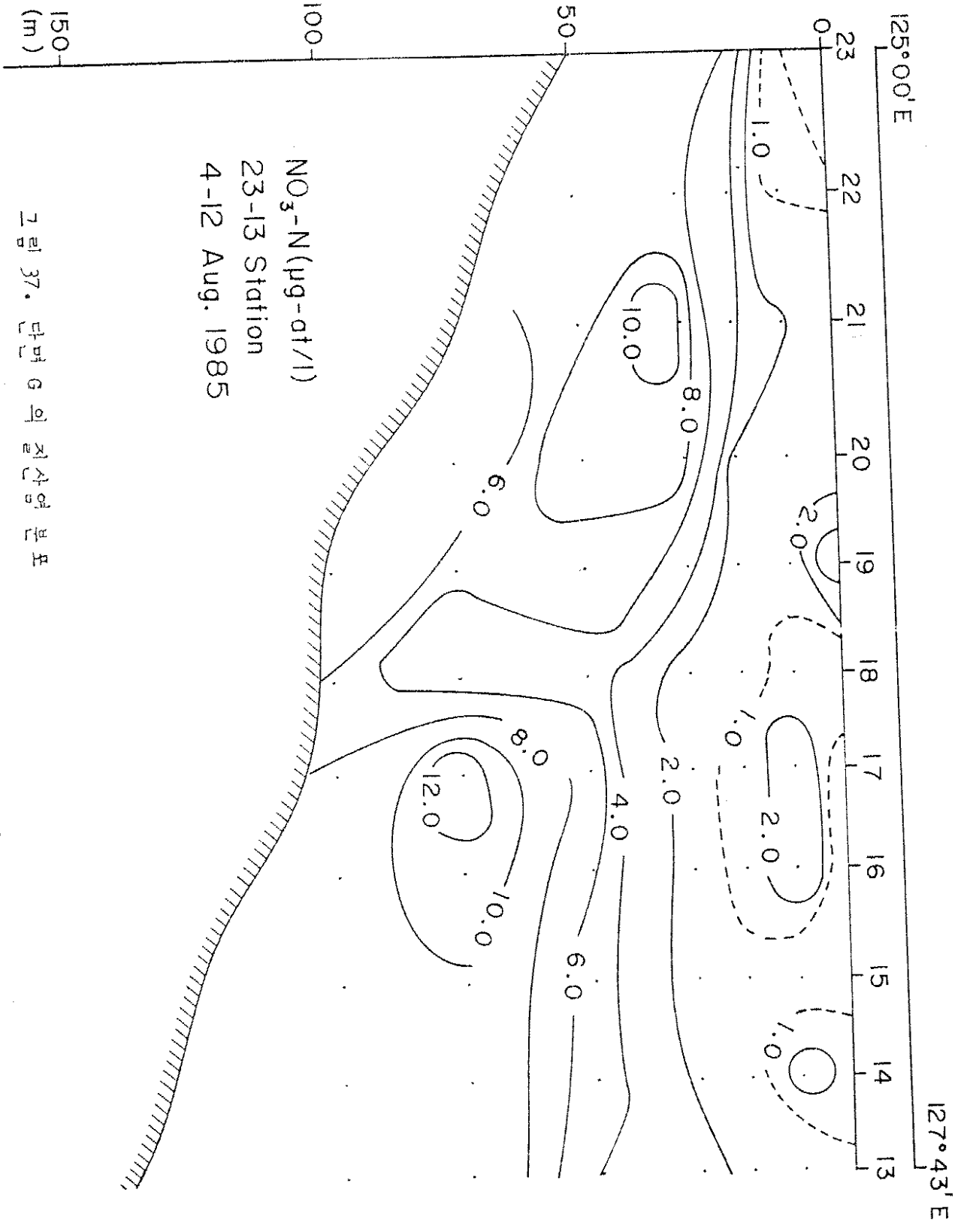


그림 37. 단면 6 의 질산염 분포

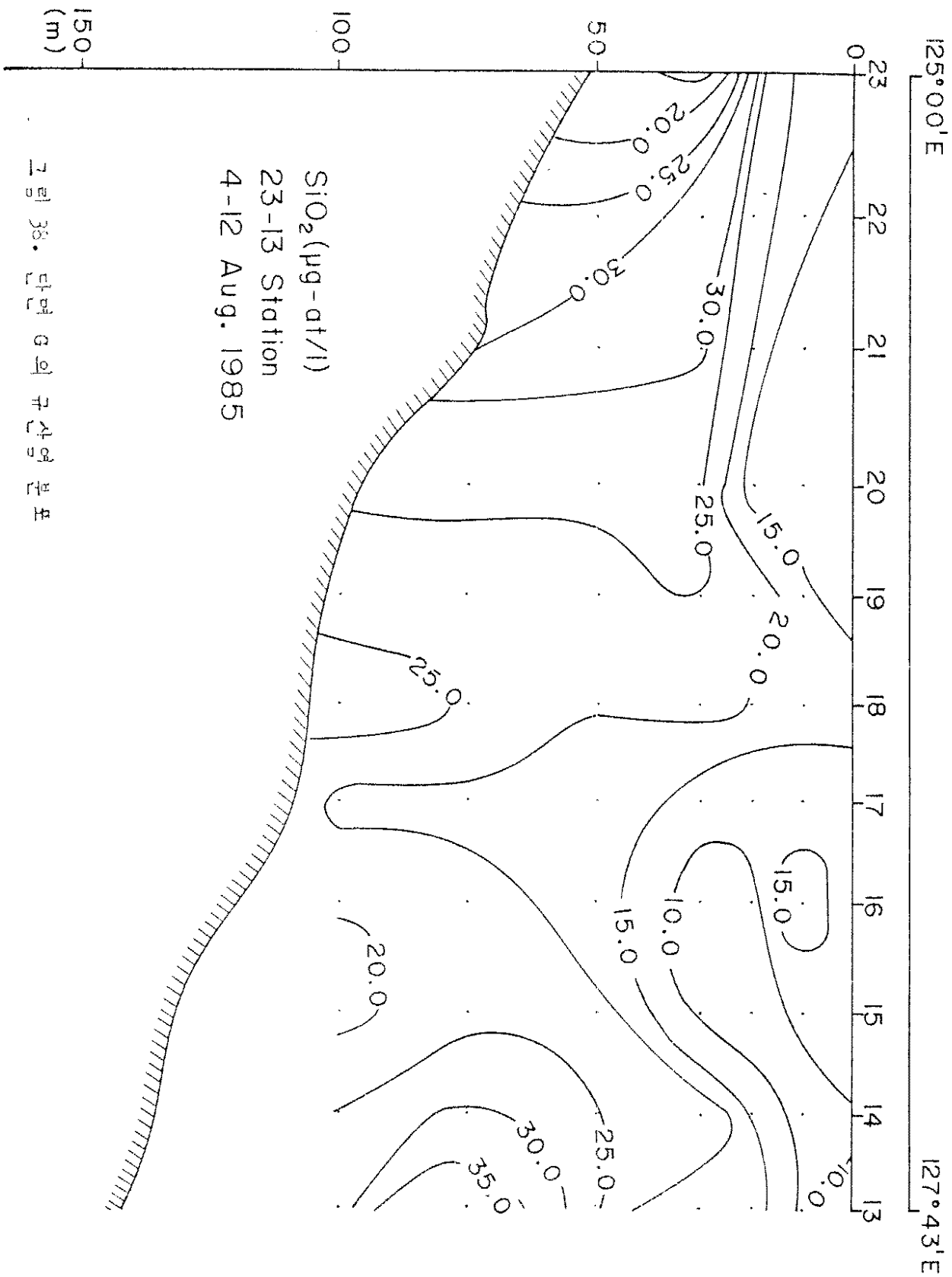


그림 38. 단면 5의 규산염 분포

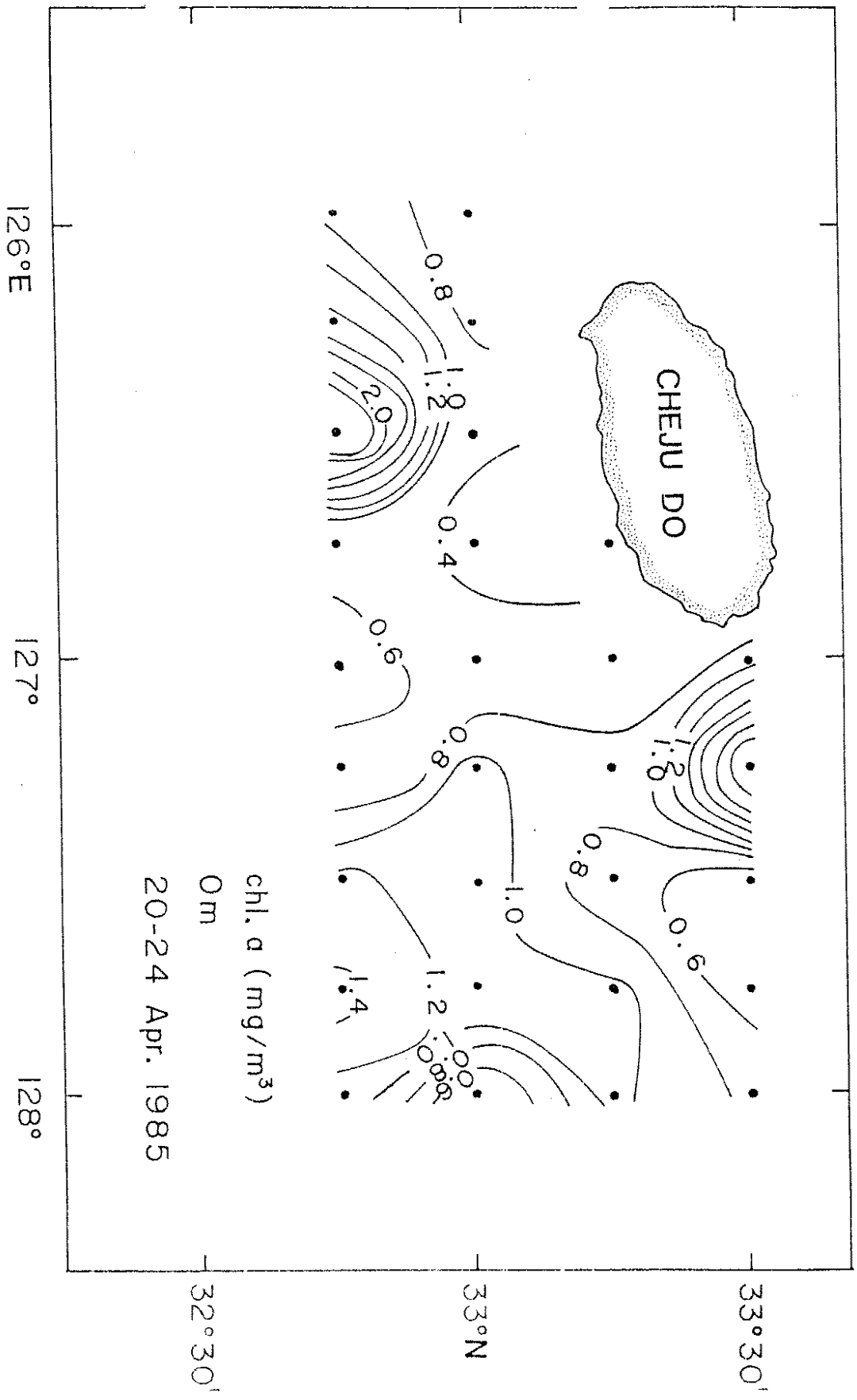


그림 39. 제주도 및 a 함량의 포승 분포

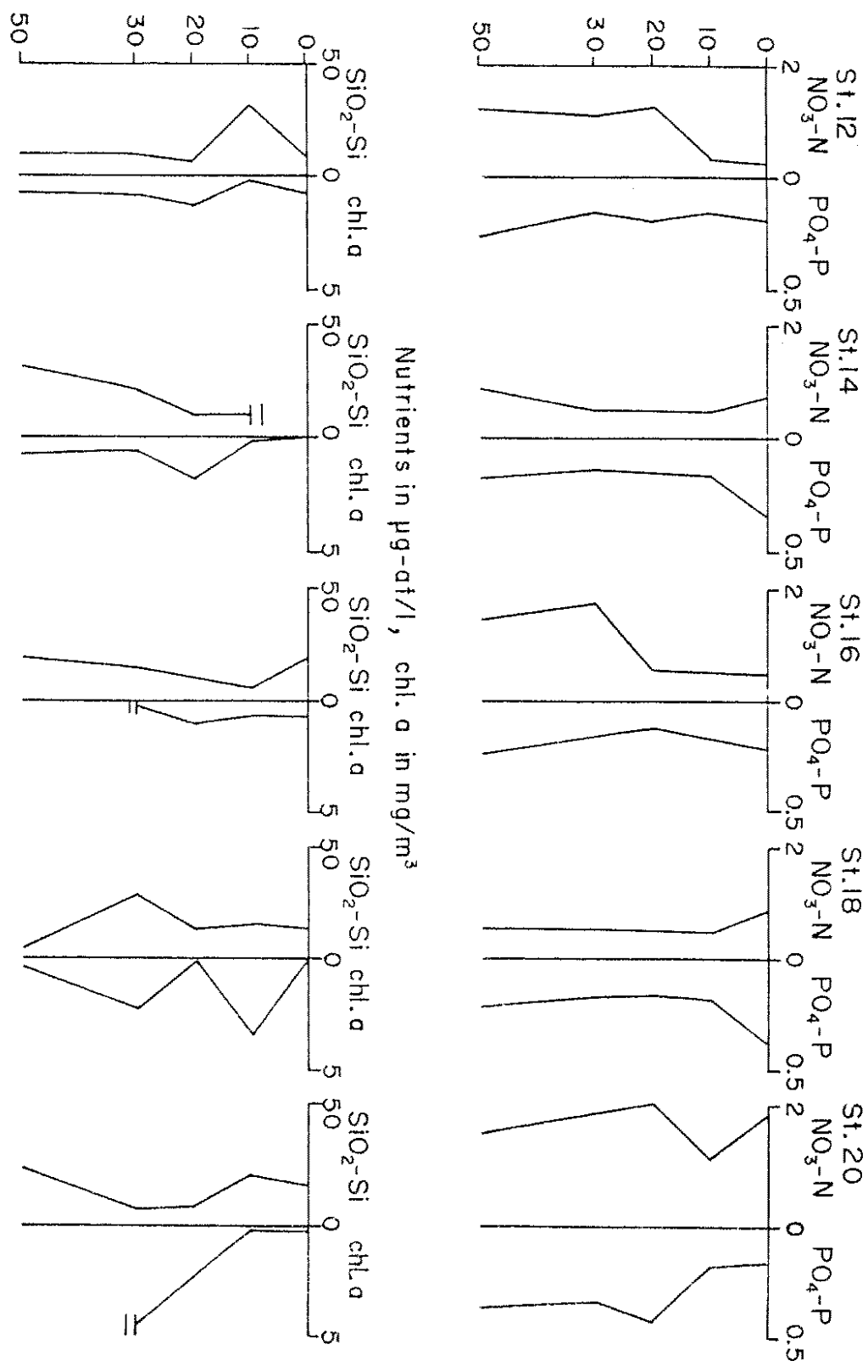


그림 40. 영양염 및 클로로필의 수직 분포

av. chl. a (mg/m³)
4-12 Aug. 1985

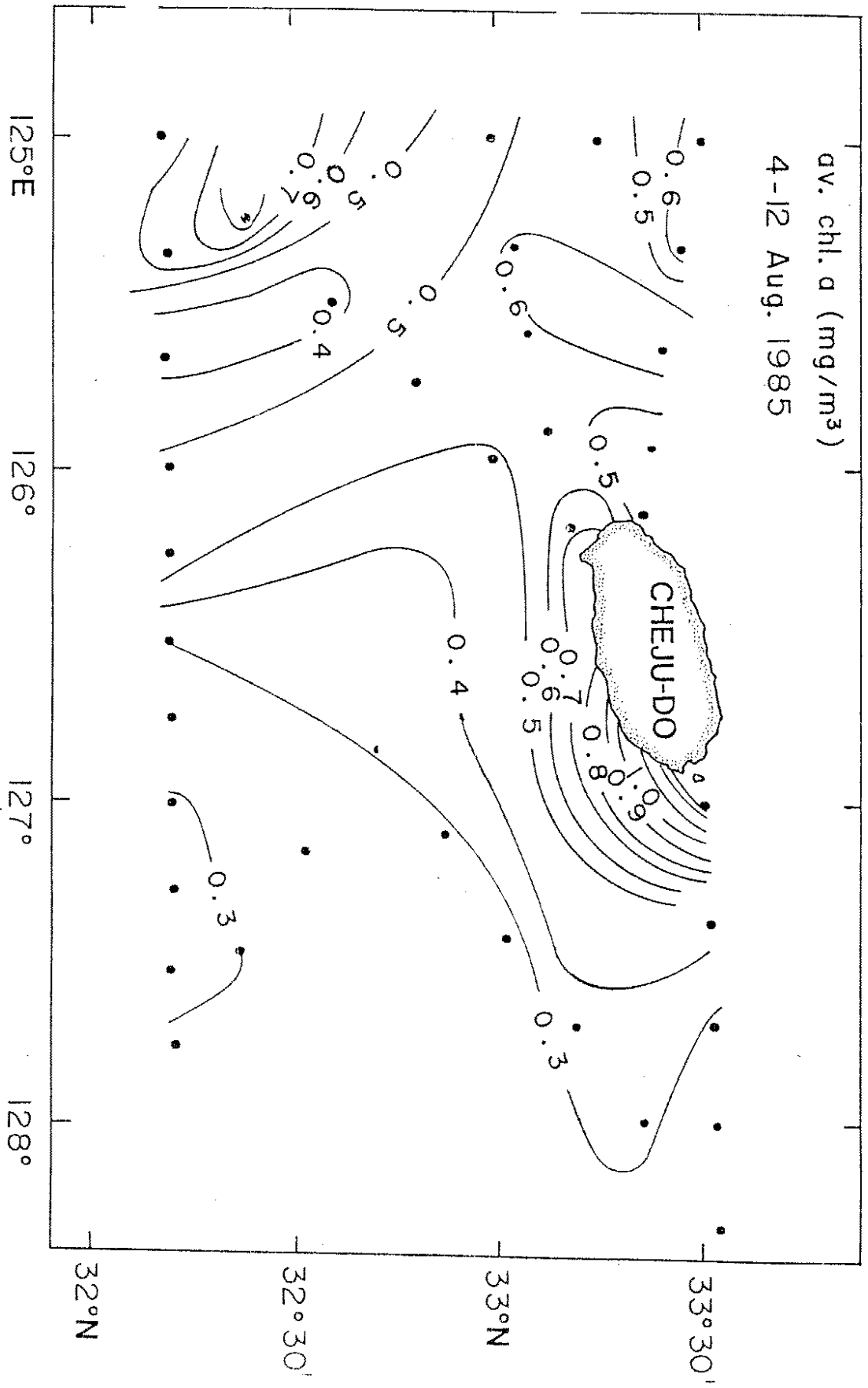


그림 41. 울릉도 및 a 함량의 수평 분포

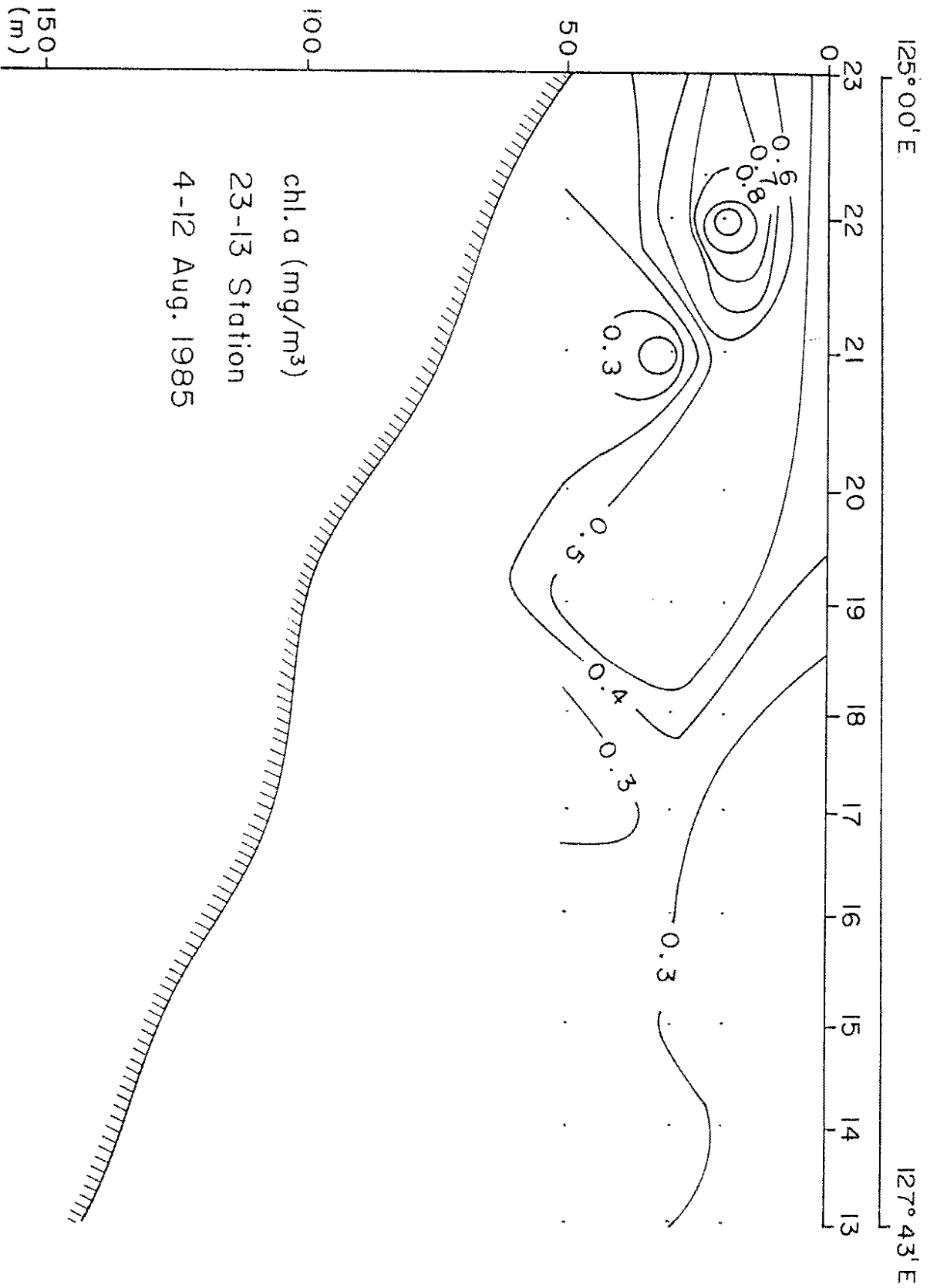


그림 42. 단면 23-13의 클로로필 a 함량 분포

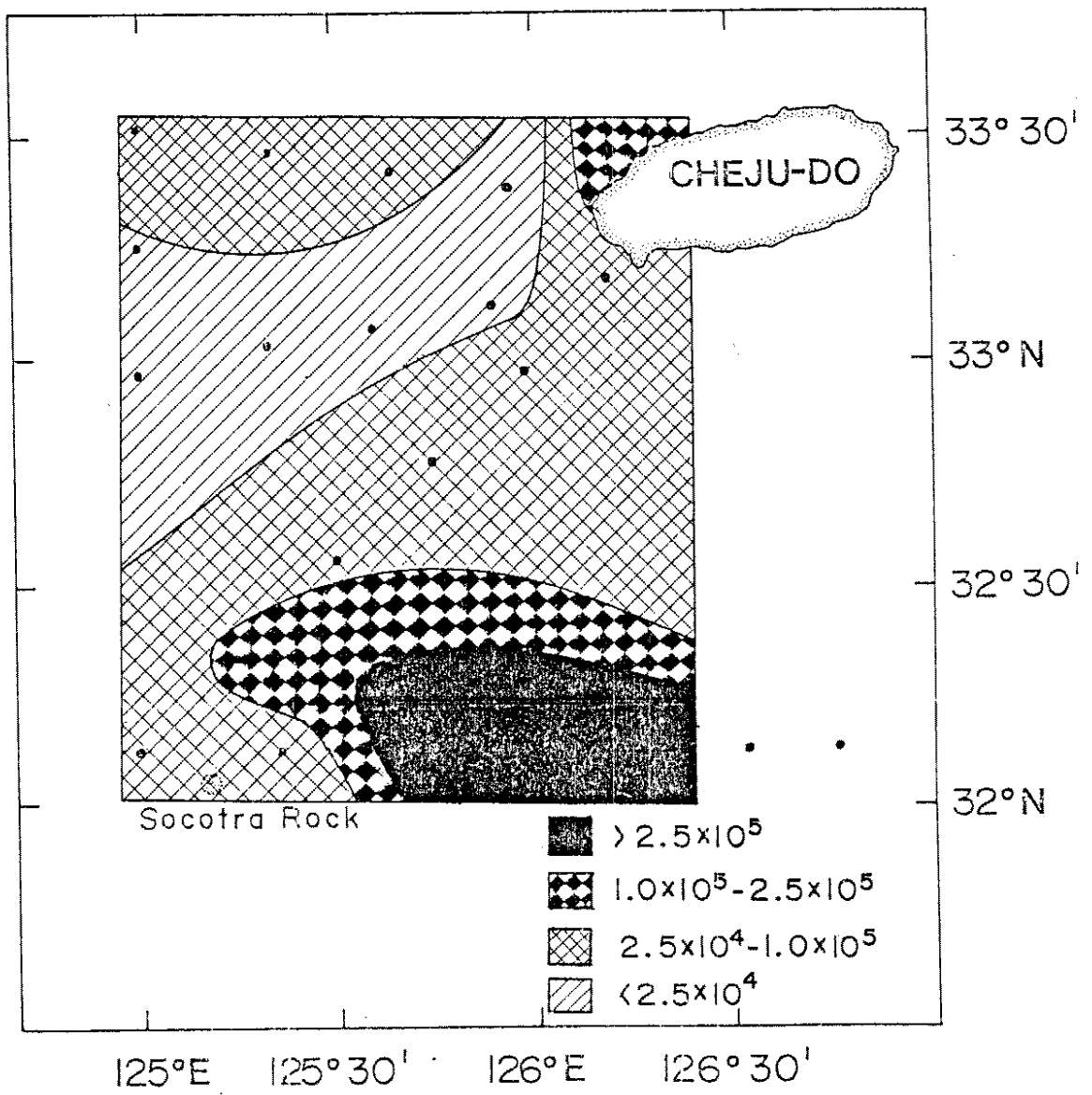


그림 43. 서남 해역의 식물성 플랑크톤 현존량의 수평 분포

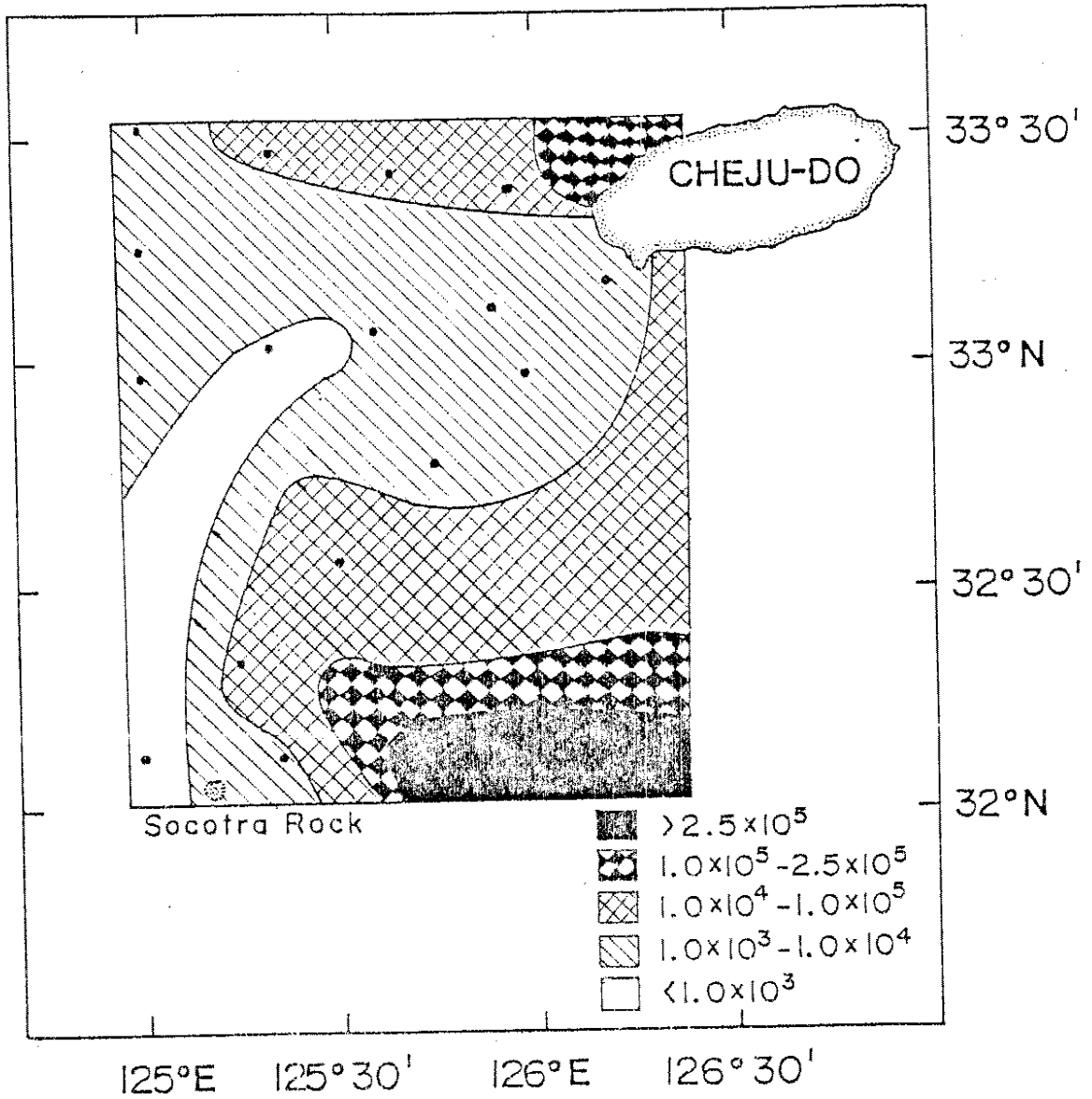


그림 44. 서남 해역의 *Asterionella* sp. 출현 양상

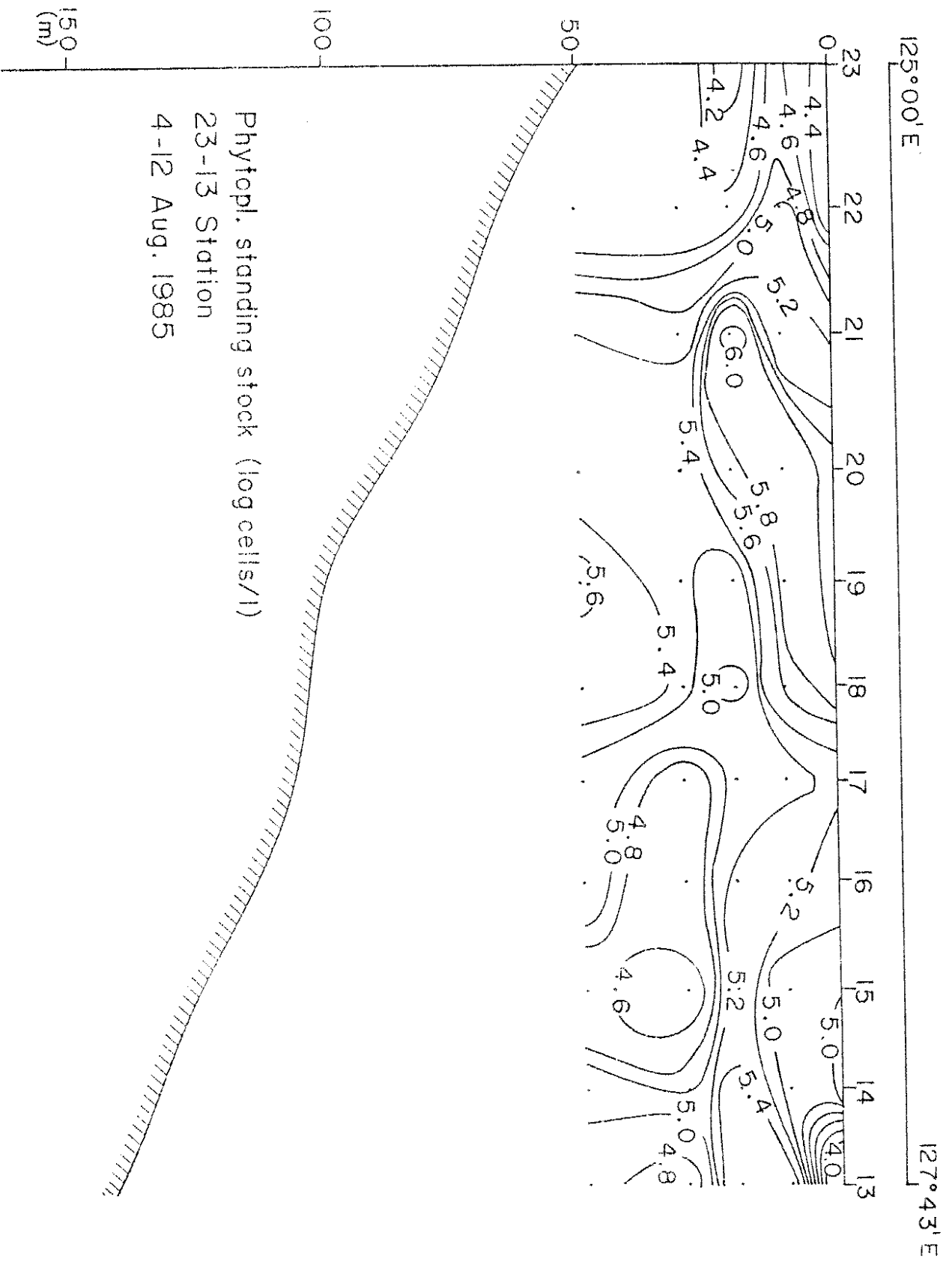


그림 45. 관면 G 의 식물성 플랑크톤 현존량 분포

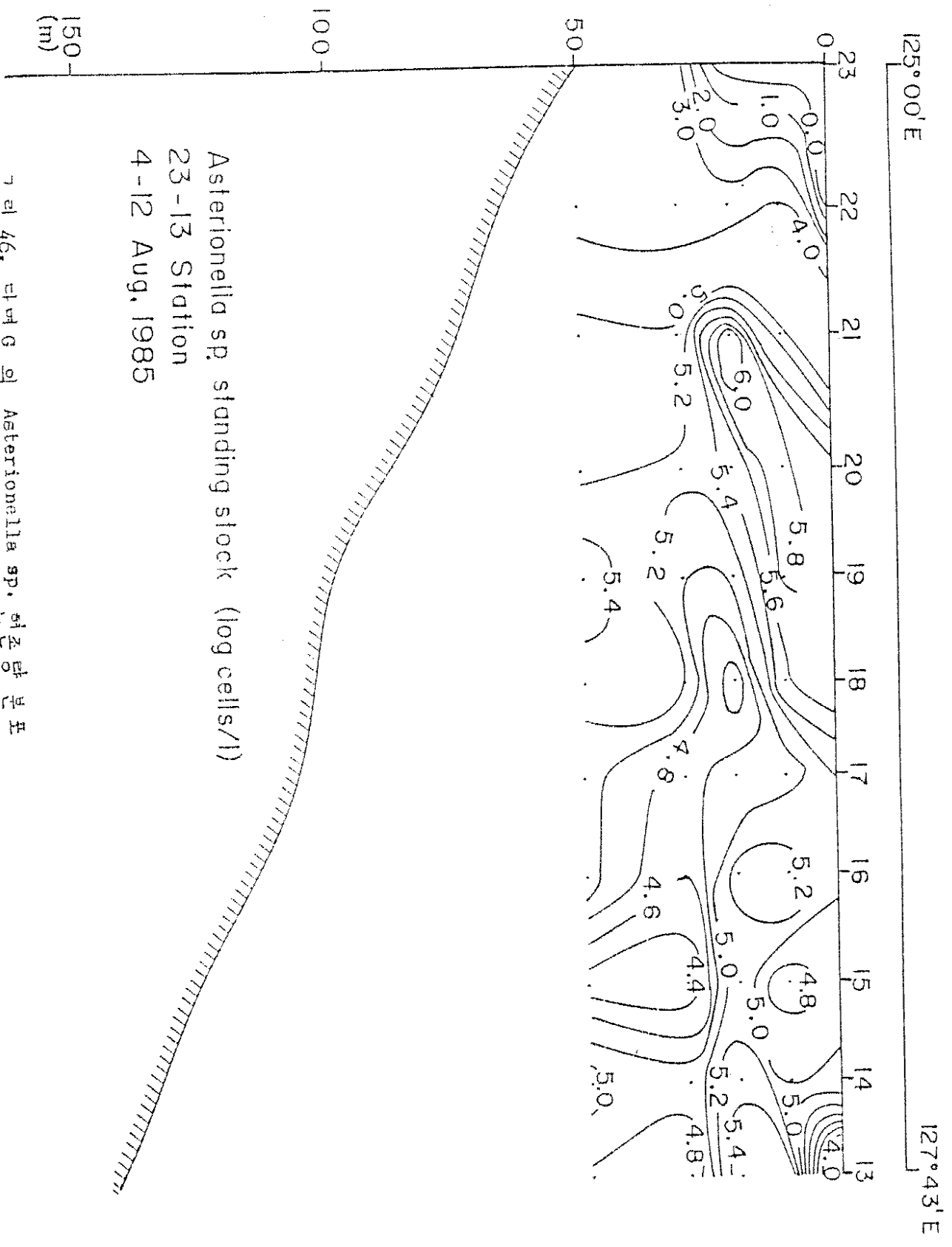
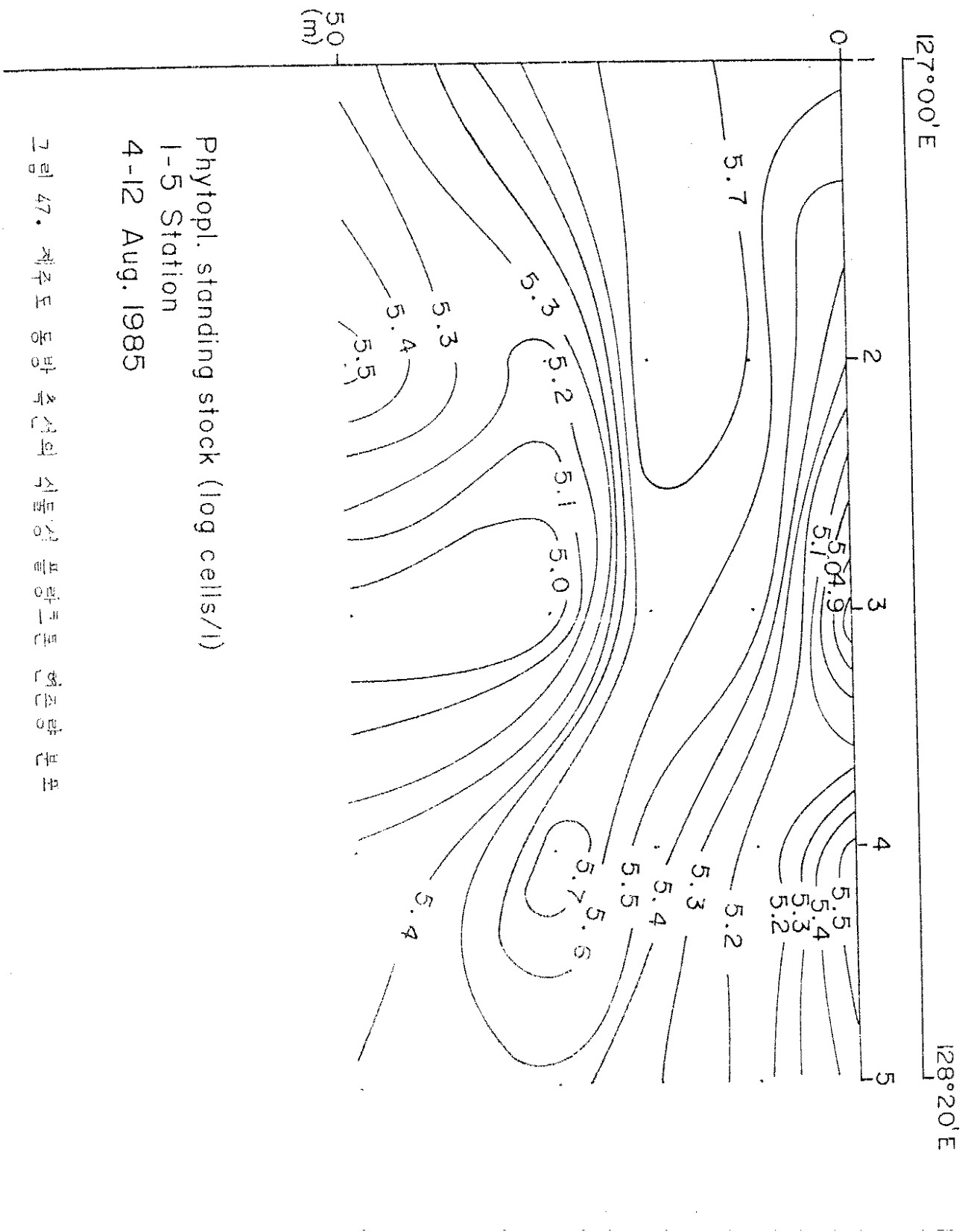
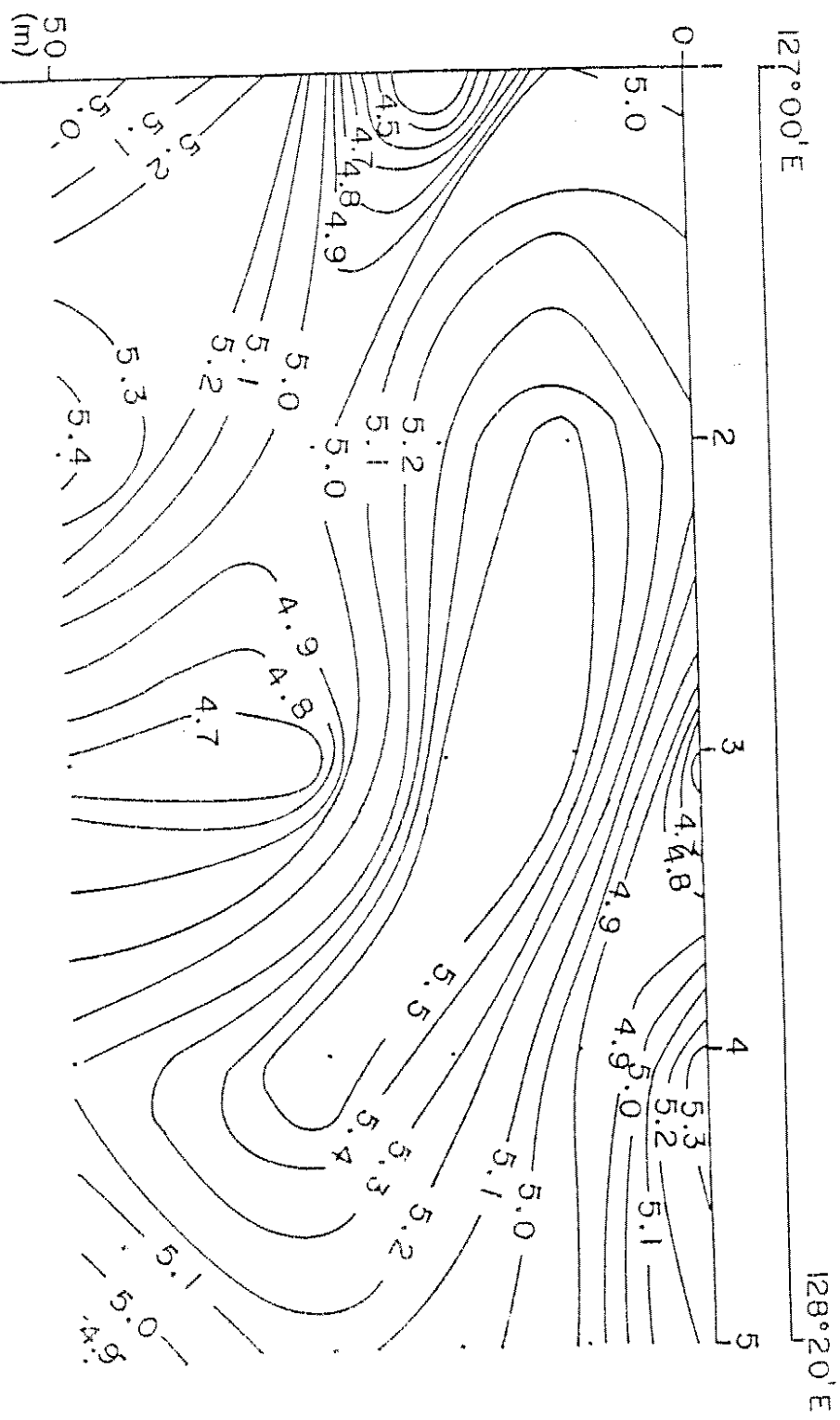


그림 46. 단면 G 의 Asterionella sp. 현존량 분포



Phytopl. standing stock (log cells/l)
 1-5 Station
 4-12 Aug. 1985

그림 47. 제주도 동방 축선의 식물성 플랑크톤 현존량 분포



Asterionella sp. standing stock (log cells/l)

1-5 Station

4-12 Aug. 1985

그림 48. 제주도 동방 축선의 *Asterionella* sp. 연중량 분포