理學碩士 學位論文

1970년대 후반 남동부 베링해에 출현한 명태(*Theragra chalcogramma*) 난·자치어의 생태학적 특징

이 論文을 理學碩士 學位論文으로 提出함

2003年 2月

釜慶大學校 大學院

海洋生物學科

鄭 敬 美

鄭敬美의 理學碩士 學位論文을 認准함

2002年 12月 26日

主 審 理學博士 許 成 會 (印)

委 員 理學博士 張 昌 翼 (印)

委 員 理學博士 金 壽 岩 (印)

목 차

Abstract ····· 1

서론 ····· 3

재료 및 방법 ····· 11

1. 시료의 채집 ····· 11

2. 수집 자료의 분석 ····· 15

3. 기본 가정 ····· 22

결과 ····· 24

1. 명태의 산란 장소 및 시기 ····· 24

2. 명태의 알과 자치어 전파 ····· 28

3. 기후변동이 명태의 산란 및 성장에 미친 영향

3-1. 해양환경의 변동 ····· 32

3-2. 명태의 산란 ····· 33

3-3. 명태의 성장 ····· 35

고찰 ····· 37

요약 ····· 40

감사의 글 ····· 42

참고문헌 ····· 44

Appendix ····· 50

Ecological characteristics of walleye pollock eggs and larvae in the southeastern Bering Sea during the 1970's regime shift period

Kyung-Mi Jung

Department of Marine Biology, Graduate School,
Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Abstract

To investigate environmental effects on the spawning and early life history of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, the patterns of distribution, abundance, and advection of eggs, and growth of larvae in the southeastern Bering Sea during the 1970's regime shift period were examined. Ichthyoplankton surveys were conducted by NOAA scientists using the R/V *Miller Freeman* in the southeastern Bering Sea during spawning time of pollock over the 1976~1979 period; May 1976, April~May 1977, March 1978 and June~July 1979. Eggs and larvae were

collected obliquely using Bongo net from around 200 m or near bottom to surface, and samples were preserved in 5% formalin. In this study, eggs were staged and larval lengths were measured. For the quantitative analysis, staged-eggs with 21 developmental steps were re-grouped into 6 age groups and larval fork length was measured at 0.1 ㎜ at laboratory. The distribution area of the youngest egg group (age group 1, <1-day old) was considered as the actual spawning ground. The high spawning intensity occurred in April, and high concentration of eggs was found in the north of Unimak Island where strong thermocline divided the water mass into two layers (i.e., cold one in the upper layer, and warm one in the lower layer). Also, pollock eggs were slowly advected (5~10 cm/sec) to the northwest by the current over the outer shelf. Larvae appeared to move to east and north in accordance with the current direction as they grew. As the effects of climate regime shift, the spawning of pollock in 1978, which was a warmer than normal year, might occur earlier, and spawning in 1976, which was a colder than normal year, occur later than that of 1977. Warm temperature might be beneficial to larval growth, so that larval growth in 1979 was higher (0.23 ㎜/day) than that (0.12 ㎜/day) in 1977.

서 론

베링해(Bering Sea)는 북태평양의 북쪽에 위치하고 있으며, 북으로는 베링해협을 통하여 북극해와 연결되어 있고 남으로는 알류산 열도와 경계를 이루는 아북극권 해역이다(Fig. 1). 또한 서쪽은 아시아 대륙의 캄차카(Kamchatka) 반도와, 동쪽은 알라스카(Alaska)와 면하여 대륙으로부터 많은 양의 담수가 베링해로 공급되고 있다. 전체 베링해의 약 44%를 차지하는 광활한(>500㎞) 대륙붕은 80% 이상이 동부와 북부에 치우쳐 나타나며(Ginter, 1995), 대륙붕 내에서는 수심 50m, 100m, 200m를 경계로 생물·물리학적으로 뚜렷하게 구분되는 3 영역으로 나눌 수 있다; 내부대륙붕(해안선에서 수심 50m 이하), 중부대륙붕(수심 50~100m), 외부대륙붕(수심 100~200m)(Brodeur et al., 1999; Napp et al., 2000). 계절에 따라 다르기는 하지만 생물의 활동이 활발해지는 봄이 되면서 내부대륙붕에는 약한 성층이, 중부대륙붕에는 두 층의 강한 성층이 그리고 외부대륙붕에는 혼합층이 형성된다. 베링해의 중부 및 서부는 수심 약 3000m의 깊은 해분(최대 수심: 3500m)이 형성되어 있으며, 해분과 대륙붕이 만나는 대륙붕 경계 지역에서는 많은 와류가 발생하면서 해수와 영양염의 교환이 활발하게 일어나고 있다. 이렇게 발달한 대륙붕지역(수심 200m 이하)은 세계에서 가장 생산력이 좋아서 상위단계의 해양생물들에게 풍부한 먹이를 제공해 준다(Nishiyama et al., 1986). 이 곳은 알류산 열도의 틈을 통하여 북태평

양과 베링해의 해수교환이 일어나는 장소로써 해분에서는 알류산 열도로부터 유입된 해류가 느린 속도로 시계방향 반대로 흐르고, 동부의 대륙붕지역에서는 북서방향으로 약한 해류가 흐르고 있다(Fig.2)(Stabeno and Schumacher, 1999).

명태(*Theragra chalcogramma*, Pallas)는 대구(Gadoid)科 명태(*Theragra*)屬에 속하는 유일한 種으로서, 북태평양의 냉수지역에 서식하는 반저서성(semi-demersal) 어종이다. 이들은 아시아대륙과 북미대륙의 연안부를 따라서 광범위하게 분포하고 있는데, 아시아 연안의 남방한계는 우리나라 동해 연안 및 일본 중부이며 북미대륙에서는 캘리포니아 북부해역이 된다. 특히 베링해에는 명태가 우점하고 있으며 이 해역 총 저서어획량의 60% 이상을 차지할 정도로 풍부하다(Ginter, 1995). 또한 명태어업은 세계에서 가장 어획량이 많은 산업으로 단일 어종에 대한 어업으로 세계 최고의 어획량을 유지하고 있다(김, 1990).

베링해에서 명태가 수산학적으로 중요한 위치에 있음에도 불구하고 이 종에 대해서 생태학적으로 연구하기 시작했던 시기는 1950년대부터이다. 그 이후 1970년대의 활발한 어류플랑크톤 조사를 통해서 명태의 산란시기와 장소가 대략 밝혀졌는데, 명태의 산란은 베링해의 남동부 지역의 넓은 대륙붕에서 2월부터 6월까지 계속되는 것으로 알려졌다(Serobaba, 1968, 1974). 명태는 2월경에 알류산 해분의 남동부와 대륙사면 가까이에서 산란을 시작하며(Bulatov, 1989) 명태 산란어군은 조금씩 Unimak 해협 북쪽의 대륙붕쪽으로 이동하여 3~4월에

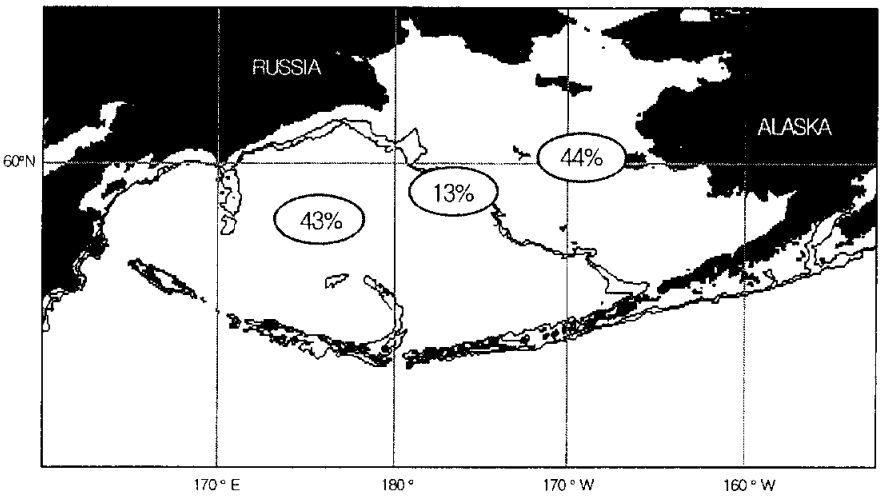


Fig. 1. Map of the Bering Sea containing 44% continental shelf, 13% continental slope, and 43% deep water basin (Ginter, 1995).

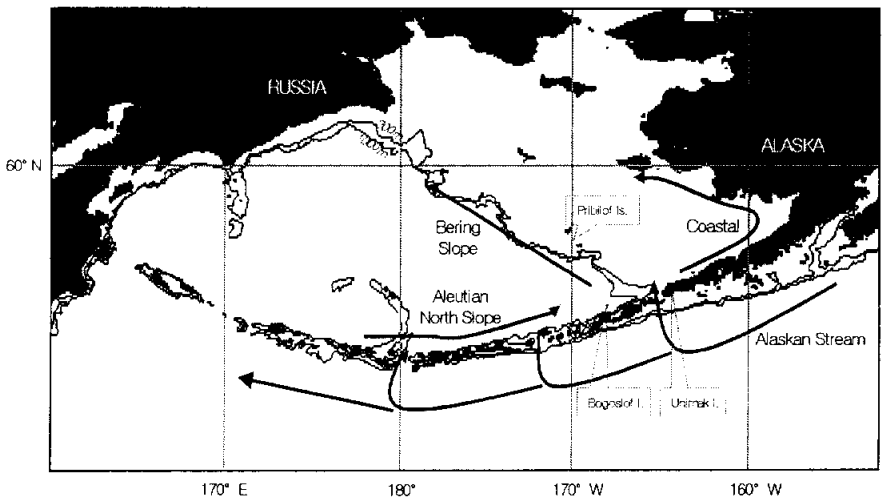


Fig. 2. Geography and schematic diagram of major current in the eastern Bering Sea and place names of main Island (Stabeno and Schumacher, 1999).

걸쳐서 많은 산란을 한다. 이 이후에는 산란어군이 북서쪽으로 이동하여 산란을 계속하게 되는데, 산란강도는 현저히 감소된 상태이다. 즉, 4~5월에 Pribilof Islands 부근으로 5~6월에는 St. Mattew Island 부근으로 이동하여 알을 방출한다(Springer, 1992). 산란의 절정 시기는 해마다 조금씩 차이를 보이는 것 같으며, 고밀도로 출현하는 지역은 Unimak Island 북쪽 지역으로 비교적 일정하게 나타난다. 하지만 베링해 명태의 산란해역은 넓고, 다른 해역에 서식하는 명태와 비교하여 긴 산란기간을 가지고 있기 때문에 아직 베링해 남동대륙붕지역 내에서 주 산란장의 위치를 정확하게 구명하지 못하였다.

동부 베링해의 해양환경을 지배하는 물리적 현상에는 기온, 낮의 길이, 바람, 해빙, 수층 구조, 수온 등과 같이 다양하게 있을 수 있는데, 이러한 물리적 현상은 기후변동에 의해서 계절적으로 변동하거나 길게는 수십 년 단위로 그 변동이 지속된다(Stabeno et al., 2001). 또한 해빙의 확장 정도는 치어의 먹이가 되는 식물·동물 플랑크톤의 번성 시기를 조절하며 이것은 다시 간접적으로 치어의 성장과 생존에 영향을 주게 된다(Stabeno et al., 2001). 수온의 변화 역시 직접적으로 어류의 분포와 생존을 위협하는 물리적 변수로서 작용한다.

이렇게 기후변동은 해양의 물리환경을 비정상적으로 바꾸고 다시 해양생태계에 영향을 주어 어류의 분포, 자원량, 가입 등을 결정하게 된다. 이미 널리 알려져 있다시피, 북태평양에서는 1970년대 후반에 기후체제변환(climate regime shift)이 일어났다. 1976년 겨울에서 1977년으로 넘어가는 시점에서, 북태평양에 걸친 대기와 해양의 기후 시스

템이 갑자기 바뀌었고(Miller et al., 1994), 그래서 베링해에서도 이상 현상이 관찰되었다. 대표적인 예로 해수온이 상승하였고(Fig. 3), 해빙 확장의 위축 현상이 일어났다(Fig. 4). 이런 갑작스런 기후변동은 베링해 생태계의 생산력에 영향을 미쳤을 것이며 연어의 어획량은 기후의 체제변환 현상을 전후하여 크게 달라졌다(Francis and Hare, 1994). 그러므로 베링해에서 가장 우점종인 명태의 경우에도 해양환경의 갑작스런 변동이 명태의 초기 생활사에 분명히 영향을 주었을 것이다. 본 연구는 1970년대 후반부에 일어난 기후체제변환 시점을 전·후해서 기후변동이 남동부 베링해에 서식하는 명태의 산란 습성과 초기 생활사에 미친 영향을 밝히는 것에 초점을 맞췄다. 정밀하게 조사가 수행되었던 1977년의 4회 반복 조사연구에 대한 연구 보고서 자료를 재검토하여 알과 자치어의 풍도, 분포, 수송(분산), 성장 등을 재분석하였고, 최대의 산란이 일어나는 장소를 확인하였으며, 추정한 산란 강도 곡선과 자치어 성장률을 비교·분석하면서 기후변동의 영향을 밝혀내고자 하였다.

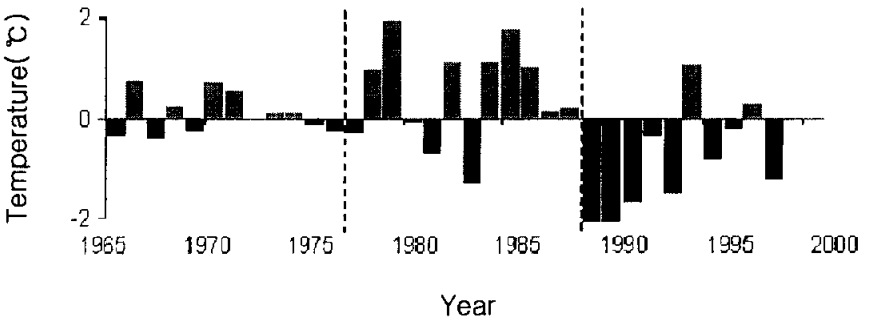


Fig. 3. Winter sea surface temperature near Pribilof Islands since 1965 (Hare and Mantua, 2000).

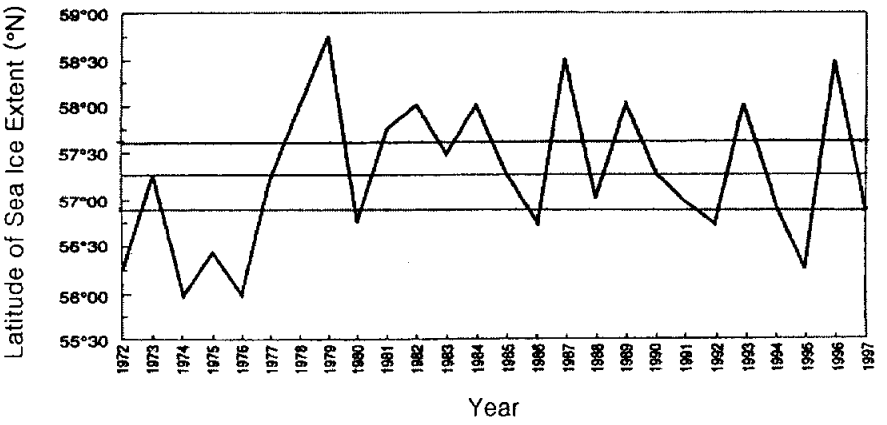


Fig. 4. Time series of annual maximum sea ice extent 1972~1997. The index is the southernmost latitude of seasonal sea ice extent along longitude 169°W in the Bering Sea. The 26-year mean (57° 15'N) and standard deviation (±22') are shown as solid horizontal lines (Napp et al., 2000).

재료 및 방법

미국 해양대기청(National Oceanic and Atmospheric Administration : NOAA)의 북서부 및 알라스카 수산연구소(Northwest and Alaska Fisheries Center : NWAFC, 현재의 Alaska Fisheries Science Center(AFSC)) 과학자들이 R/V *Miller Freeman*을 이용하여 1976~1979년에 걸쳐서 남동부 베링해에서 명태의 산란기간 동안 어류플랑크톤 조사를 실시하였다(Fig. 5). 본 연구에서는 당시 수행된 해양조사의 결과를 검토하였으며(Waldron and Favorite, 1977; Waldron and Vinter, 1978; Waldron, 1978; Walline, 1980) 알라스카 수산과학연구소(Alaska Fisheries Science Center : AFSC)에 보관되어 있는 명태의 알과 자치어 시료를 정밀분석하였다.

1. 시료의 채집

1976년부터 1979년까지 명태의 주 산란장에서 수행된 어류플랑크톤 조사는 총 8회였다(Table 1; Appendix I). 1976년 봄의 어류플랑크톤 조사는 Pribilof Islands를 중심으로 북서쪽과 남동쪽에서 각각 4월 26일~5월 12일 동안 16개 정점에서 그리고 5월 20일~5월 31일 동안 19개 정점에서 수행되었다. 본 연구에서는 명태의 주 산란장이라고 생각되는 해역(즉, Pribilof Islands와 Unimak Island 사이)에서 채집된 알과

자치어 시료를 분석하였으므로 5월 하순에 수행한 연구 결과만 분석에 이용하였다. 1977년 봄에는 4월 16일~5월 15일 동안 약 30개 정점에서 4번에 걸쳐 정밀하게 반복 조사를 하여 알과 자치어를 채집하였다. 1978년은 명태의 초기 산란시기인 3월 11일~3월 16일 동안 21개 정점에서 조사가 수행되었으며 알만 채집되었고 자치어는 거의 출현하지 않았다. 1979년은 후기 산란시기인 6월 1일~6월 7일과 6월 16일~7월 2일 동안 각각 9개와 13개 정점에서 조사가 이뤄졌으며 알은 거의 발견되지 않고 자치어만 채집되었다.

대륙붕지역(수심 200m 이하)에서는 직경 60㎝인 봉고플랑크톤 채집기(Bongo plankton sampler, 망목: 0.505와 0.333㎜)를 바닥까지 내려 경사채집 하였으며 수심이 깊은 곳에서는 채집기를 200m까지 내렸다. 알과 자치어 시료는 5% 중성포르말린으로 고정하였다. AFSC 연구진은 고정된 알시료를 발생단계(stage) 구분 없이 정점 별로 표본병에 보관하였으며 자치어의 채집 당시 가랑이 체장(fork length)이 일부 시료에 대해서만 측정되었다.

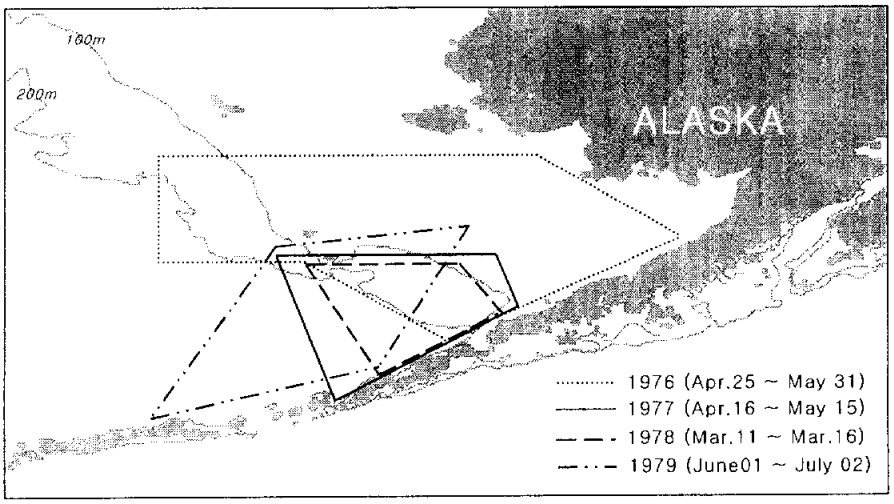


Fig. 5. Sampling coverage of ichthyoplankton surveys in the southeastern Bering Sea during 1976~1979.

Table 1. Survey information conducted in the southeastern Bering Sea, 1976~1979

	1976		1977				1978	1979	
	survey1	survey2	survey1	survey2	survey3	survey4	survey1	survey1	survey2
sampling period	4/26~5/12	5/20~5/31	4/16~4/22	4/23~4/27	5/3~5/9	5/10~5/15	3/11~3/16	6/1~6/7	6/16~7/2
No. stations	16	19	33	33	32	29	21	9	13
survey area	NW Pribilof Is.	SE Pribilof Is.	SE Pribilof Is.				SE Pribilof Is.	SE Pribilof Is.	
collection	Eggs/larvae		Eggs/larvae				Eggs	Larvae	
area (km^2)	-	3.63	4.62	6.20	5.40	4.24	4.41	-	

2. 수집 자료의 분석

각 채집정점에서 출현한 알의 수는 표본병에 보관된 수를 기준으로 하였다. 이 수는 조사 당시 작성된 보고서 기록과 거의 차이가 없었고 연구를 위해서 총 6,345개의 알이 해부현미경 하에서 발생단계(stage)에 따라 구분되었다. 한 정점에서 100개 미만의 알이 채집되었을 때에는 모든 알이 발생단계에 따라 나뉘었고, 100개 이상 채집되었을 때에는 무작위로 선별하여 100개까지만 발생단계를 구분하였다(Appendix II). 명태알의 발생단계는 Blood et al.(1994)의 방법에 따라서 21 단계로 나누었고, 이것을 다시 6개의 나이군으로 단순화시켜 정리하였다(Fig. 6). 즉, Stages 1~6, Stages 7~8, Stages 9~12, Stages 13~15, Stages 16~18, Stages 19~21 은 각각 '나이군-1' (age group 1), '나이군-2', '나이군-3', '나이군-4', '나이군-5', '나이군-6' 으로 구분하였으며, 일부 정확한 구분이 힘든 발생단계 22~24의 알 중 stage 23의 알은 '나이군-1' 에 포함시켰다. 그리고 수정에서 각 나이군까지 발달하는데 걸리는 시간은 다음의 Blood et al.(1994)에서 제시된 수식에 의하여 계산하였다.

Stages 1~6

$$\text{Age} = 3.27 - 0.13\ (\text{stage})\ (\text{temperature}) + 0.47\ (\text{stage}^2)$$

Stages 7~21

$$\text{Age} = 17.82 + 7.05\ (\text{stage}) - 0.656\ (\text{stage})\ (\text{temperature}) + 0.043\ (\text{stage}^3) - 0.0032\ (\text{temperature})\ (\text{stage}^3)$$

'나이군-1' 은 수정 된지 하루가 채 못된 가장 어린 알로 구성되었으며, 명태알이 3.5℃ 수온에서 수정을 하게되면 약 17일 뒤에 자어로 부화한다.

채집한 명태자치어의 수가 한 정점에서 50마리 미만이었을 경우는 모두 0.1㎜ 단위까지 측정하였고, 그 이상일 때에는 최대 50개를 무작위 선별하여 측정하였다(Appendix Ⅲ). 총 2,988마리의 자치어의 가랑이 체장이 측정되었으며 채집당시의 체장이 포르말린 용액 속에서 20여 년 동안 잠겨 있으면서 수축되었으리라 생각하여 아래와 같이 수축률을 구하였다. 당시에 작성된 해양조사 보고서에는 채집된 자치어의 가랑이 체장 범위가 기록되어 있는데, 자치어가 정점 당 1~3마리가 출현하였을 경우 당시의 체장 기록과 현재에 다시 측정한 체장을 서로 비교할 수 있다. 총 17마리의 가랑이 체장 자료가 얻어져, 연도별 수축률을 계산하였다(Table 2). 1976년에 채집된 자치어가 평균 12.4%, 1977년의 자치어는 지난 20년 동안 표본병 내에서 평균 9.1% 수축한 것으로 나타났다. 계산된 수축률은 자치어의 체장을 보정하는데 이용하였으며, 자치어의 평균 체장 및 체장별 풍도는 수축률을 감안하여 계산되었다. 그리고 명태 자치어를 크기별로 8개의 그룹(<5.0㎜, 5.0~6.9㎜, 7.0~8.9㎜, 9.0~12.9㎜, 13.0~16.9㎜, 17.0~21.9㎜, 22.0~26.9㎜,

>27.0㎜)으로 정리하여 본 연구에 이용하였다.

각 조사기간동안 조사해역에서 출현한 전체 알과 자치어의 수를 추정하기 위해서 Kim(1987)의 프리즘법(prism method)을 이용하였으며, 아래의 식에 의하여 추정하였다.

$$V = \frac{(C_1+C_2+C_3)}{12} \cdot \sqrt{(x+y+z)(x+y-z)(x-y+z)(-x+y+z)}$$

여기서, C_1, C_2, C_3 : 각 정점에서의 알과 자치어의 밀도(개체/m^2)

x, y, z : 정점사이의 거리(m)

이 방법은 각각 조사정점을 직선으로 이어 전체 연구해역을 작은 삼각형의 집합으로 만든 후, 알과 자치어의 정점별 밀도(C)를 삼각형에 수직인 높이축으로 잡아서 각 삼각형 위에 형성되는 프리즘의 부피(V)를 모두 더하는 것으로서 전체 연구해역에 존재하는 알의 총수를 계산하는 방법이다. 이 방법으로 조사시기별 그리고 생물체의 나이별(즉, 알의 나이군과 자치어의 체장그룹별) 풍도를 계산하였다. 정점간 거리와 명태 알 및 자치어의 밀도 분포 그리고 수온 분포를 분석하기 위해서 일본 Environment Simulation Laboratory Inc.에서 개발한 GIS 프로그램인 Marine Explorer 프로그램을 이용하였다.

명태 알이 시간이 지남에 따라 해양에서 어느 정도 움직였는지 파악하기 위하여 수송률(transport rate)을 계산하였다. 알의 분포 해역을 조사한 결과, 연구선이 산란장 및 알의 출현 해역을 충분하게 조사하지

못한 것으로 판단할 수 있었다. 그러므로 수송률 추정은 태어난 지 얼마 되지 않은 어린 알을 대상으로 하였는데, 나이군 1~3의 분포 중심을 아래의 수식을 이용하여 구한 다음, 분포중심($\overline{X}(1), \overline{Y}(1)$)과 ($\overline{X}(3), \overline{Y}(3)$)의 직선거리를 알의 발달시간(mid time) 차로 나누어줌으로써 수송률(㎝/sec)이 계산되었다.

$$\overline{X}(j) = \frac{\sum_{i=1}^{n} N(j,i)X(i)}{\sum_{i=1}^{n} N(j,i)}$$

$$\overline{Y}(j) = \frac{\sum_{i=1}^{n} N(j,i)Y(i)}{\sum_{i=1}^{n} N(j,i)}$$

여기서, X(i), Y(i) : 임의의 원점에서 정점 i까지의 거리

N(j,i) : 정점 i에서 채집된 '나이군-j' 의 알 수

$\overline{X}(j), \overline{Y}(j)$: '나이군-j' 의 분포 중심

산란기간 동안에 매일 산란된 알의 수는 일일 알생산량(Daily Egg Production: DEP)으로 표현되며, 이는 산란장의 위치 파악과 산란 시기에 따른 산란강도의 변화 혹은 계절별 알생산량을 추정하는 기본적인 자료가 된다. '나이군-1' 의 경우, 태어난 지 하루가 채 되지 않은 알이므로 아래의 수식을 이용하여 Daily Egg Production를 추정하였다.

$$DEP = \frac{\text{'나이군}-1\text{'의 풍도}}{\text{수정에서부터 걸린 총시간}}$$

여기서, 알이 '나이군-1' 까지 발달하는데 걸린 총시간은 하루단위로 나타낸다.

각 조사에서 채집된 자치어의 평균 체장을 계산하여 각 연도별 성장률을 추정하였다. 평균 체장은 가랑이 체장으로 각 체장별 풍도를 감안한 가중평균(weighted mean)방법을 이용하여 계산하였다. 1976년에는 조사가 1회 있었으므로 이들의 평균 체장을 구하였다. 1977년에는 약 30개의 정점에서 4회 반복하여 실시하였으므로 매 조사로부터 평균 체장을 구하였고, 이를 시간에 대하여 회귀분석하여 성장률을 계산하였다. 1979년은 조사가 2회 있었고, 두 조사의 평균 체장을 이어서 성장률을 구하였다.

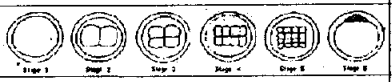
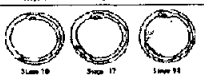
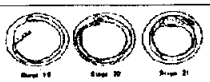
Age group	Developmental stage	Time after fertilization (hr) at 3.5℃	
		mid-time	end-time
1		8.8	17.5
2		44.8	72.2
3		101.1	130.0
4		163.3	196.7
5		242.9	289.2
6		350.9	412.6

Fig. 6. Developmental status of pollock egg stage and developmental time after fertilization. Twenty-one developmental stages were re-grouped by six age groups.

Table 2. Selected specimens for the calculation of shrinkage rate of pollock larvae

Sampling year	Station	Raw data		Measured in 2001		Shrinkage	
		no. larvae	size range	no. larvae	size range		
1976	40	1	6.6	1	6.1	6.6 → 6.1	0.076
	42	1	5.0	1	4.3	5.0 → 4.3	0.140
	45	2	5.5 ~ 7.1	1	6.0	7.1 → 6.0	0.155
	mean						0.124
1977	11(2)	1	4.0	1	3.7	4.0 → 3.7	0.075
	12(1)	1	5.8	1	5.6	5.8 → 5.6	0.034
	16(3)	1	7.7	1	6.8	7.7 → 6.8	0.117
	17(2)	2	8.0	2	7.4 ~ 7.5	8.0 → 7.4, 7.5	0.075, 0.063
	17(3)	2	8.5 ~ 9.0	2	7.5 ~ 8.8	8.5 → 7.5, 9.0 → 8.8	0.118, 0.022
	43(1)	2	6.5 ~ 7.5	3	5.9, 6.2, 6.5	7.5 → 6.5, 6.5 → 5.9	0.133, 0.092
	64(2)	2	7.0 ~ 7.9	2	6.2 ~ 7.1	7.0 → 6.2, 7.9 → 7.1	0.114, 0.101
	68(1)	3	5.1	2	4.4 ~ 4.6	5.1 → 4.4, 4.6	0.137, 0.098
	mean						0.091

3. 기본 가정

본 연구를 위해서 아래와 같이 3 가지 가정을 설정하였다.

1. 명태의 주 산란장에서 어류플랑크톤을 채집하였으며 산란장은 '나이군-1' 에 해당하는 명태 알의 분포해역으로 간주한다. '나이군-1' 은 수정 된지 하루가 채 안 되는 가장 어린 나이군이며 이것의 추적을 통해서 명태 산란어군의 이동을 알 수 있다.

2. 1976에서 1979년 동안 명태 산란어군의 자원량에는 변화가 없었기 때문에 전체 산란기간동안 해양으로 방출된 알의 총 량은 연구기간 동안 매년 일정함을 가정한다. Fig. 7은 지난 30년 간의 명태 산란어군의 자원량 추세를 보여주는데, 1976/77 기후변동을 전후해서 자원량에 변화가 없었음을 알 수 있다(Wespestad, 1996). 즉, 이 가정에서 총 방출량은 산란어군의 자원량이 가장 중요한 요소이며 성어개체의 영양상태, 포란수, 연령구조 등으로부터 발생하는 차이는 크지 않다고 간주한다.

3. 어업활동의 결과 혹은 다른 해양조사의 결과를 근거로 하여, 연구해역에서의 명태 산란강도 곡선은 4월 초에 최대산란을 하는 정규분포곡선을 따름을 가정한다.

Fig. 7. Biomass fluctuation of pollock in the East Bering Sea over last 30 years (Wespestad, 1996).

결 과

1. 명태의 산란 장소 및 시기

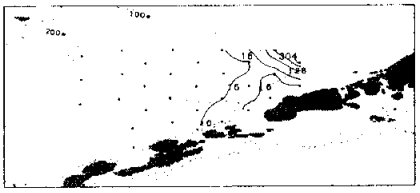
명태의 시·공간적 산란 형태와 알의 분포 특성은 3월(1978년의 조사자료)과 4~5월(1976년과 1977년의 조사자료)에 채집된 알의 밀도와 풍도를 바탕으로 조사되었다. 동부베링해 명태의 주 산란장으로 간주되는 남동대륙붕 해역에서 1977년 4~5월 동안에 수행된 4차례의 어류 플랑크톤 조사는 약 일주일 간격으로 수행되었기 때문에 명태의 산란 습성을 비교적 잘 보여주고 있다. 이 기간동안 채집정점에서의 알의 최고 밀도는 517.6개체/m^3까지 나타났는데, 대륙사면에서는 낮은 빈도를 보였고 대부분의 알은 Unimak Island 북쪽의 100m 등심선 부근(외부 대륙붕과 중부 대륙붕 사이)에 집중하였다(Fig. 8; Appendix Ⅳ). 한편 '나이군-1' 의 풍도를 비교하였을 때, 첫 번째 조사기간 동안 1.125×10^{12}개체로써 가장 높게 나타났고 그 이후의 조사에서는 시간이 지남에 따라 급격히 감소하였다(Table. 3). 이 결과는 산란 활동의 절정이 4월 중순 혹은 그 이전인 4월 초순에 발생하였다는 것을 시사하고 있다. 4월 하순 이후부터 산란 강도는 감소하였고 4번째 조사에서 0.065×10^{12}개체로 산란 강도가 현저하게 떨어졌지만, Unimak Island 북쪽의 100m 수심부근에서는 항상 '나이군-1' 이 우세하게 출현하였다. 하지만 5월 초순까지 Unimak Island 북쪽에 지속적으로 유지된

알의 분포 중심이 이 이후부터 북서쪽으로(즉, Pribilof Islands의 남동쪽) 이동하는 경향이 발견되어 명태 산란어군이 산란 시기의 후반부에는 북서쪽으로 옮겨지고 있음을 보여준다.

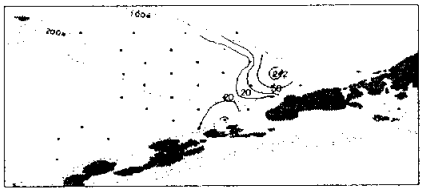
1978년 3월, 채집정점에서의 나이군별 알의 밀도가 깊은 해분과 대륙사면(Bogoslof Island 북쪽 해역) 부근에서 0.5~182.1개체/㎡로 높게 나타난 반면에 대륙붕 지역에서는 거의 출현량이 없었다. 이 밀도를 기본으로 하여 알의 풍도를 추정했을 때 '나이군-3' 이 이 연구해역에서 1.04×10^{12}개체로써 가장 높게 나타났고 다음으로 '나이군-1' 과 '나이군-5' 에서 각각 0.62×10^{12}, 0.59×10^{12}개체로 나타났다(Table 3). 가장 높은 출현량을 보인 나이군-3은 3월 초순에 수정된 알이며, 이 무렵에 명태 산란어군이 Bogoslof Island 북쪽의 해분에서 많이 산란한 것으로 사료된다.

1976년 5월 하순에 대부분의 알은 외부·중부 대륙붕에 걸쳐서 출현하였다. 나이군별 알의 밀도를 비교한 결과 가장 어린 알로 구성된 '나이군-1' 은 0.5~27.1개체/㎡로 낮게 나타났으며 발달이 더욱 진행되어 부화하기 전 단계인 나이군 5와 6에서 각각 0.5~181.3개체/㎡, 0.5~127.6개체/㎡로 높았다. 따라서 5월 하순이 되면 이 지역에서 명태는 산란을 마치는 것으로 판단된다.

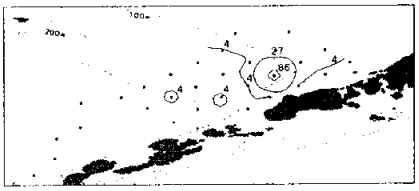
(a) mid April



(b) late April



(c) early May



(d) mid May

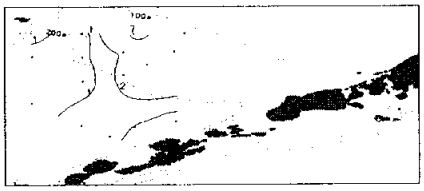


Fig. 8. Distribution and density of age group 1 eggs in the southeastern Bering Sea during mid April ~ mid May, 1977. (a), (b), (c), and (d) indicate the surveys (1), (2), (3), and (4) as defined in the text, respectively.

Table 3. Abundance of walleye pollock eggs in the eastern Bering Sea by age group and sampling date

Sampling date		Age group ($\times 10^{12}$)						
		1	2	3	4	5	6	total
1976	5/20 - 5/31	0.122	0.481	0.597	0.257	1.476	1.540	4.472
1977	4/16 - 4/22	1.125	0.560	0.149	0.057	0.027	0.016	1.934
	4/23 - 4/27	0.982	1.443	0.459	0.131	0.287	0.117	3.418
	5/03 - 5/09	0.378	0.618	0.228	0.053	0.076	0.025	1.378
	5/10 - 5/15	0.065	0.045	0.040	0.015	0.022	0.005	0.193
1978	3/11 - 3/16	0.617	0.201	1.036	0.315	0.592	0.051	2.812

2. 명태의 알과 자치어 전파

명태의 산란 중심지로 밝혀진 Unimak Island의 북쪽해역에서 알의 나이군별 분포중심을 살펴보았다(Fig. 9). 1977년의 조사는 약 일주일 간격으로 4회 수행되었는데, 이 일주일이라는 시간은 명태알이 수정에서부터 '나이군-3' 까지 발달하는데 걸리는 시간과 일치한다. 그리고 해양조사가 알이 분포한 전체 해역에서 수행된 것이 아니었기 때문에 정확한 알의 이동경로를 추적하기 위해서 나이군 1, 2, 3을 이용하였다. 그 결과 각 나이군의 분포중심은 Unimak Island 북쪽의 100m 등심선 부근에 형성되었고 알은 발달단계를 거치면서 북서쪽으로 이동하였다. 이것은 알이 유영능력이 없기 때문에 100m 등심선을 따라 흐르는 약한 해류를 타고서 북서방향으로 수송된 것임을 알 수 있었다. 또한 나이군 1에서 3까지의 발달시간과 이동거리를 이용하여 추정한 수송률은 조사 1, 2, 3에서 각각 7.2㎝/s, 9.9㎝/s, 4.7㎝/s로 나타났다. 이것은 실제 해양에서 100m 등심선을 따라 흐르는 해류의 속도와 일치하는 부분이다. 그리고 조사 4는 이미 이 해역에서 산란 행위가 많이 감소한 시기였으므로 수송률 추정에서 제외하였다.

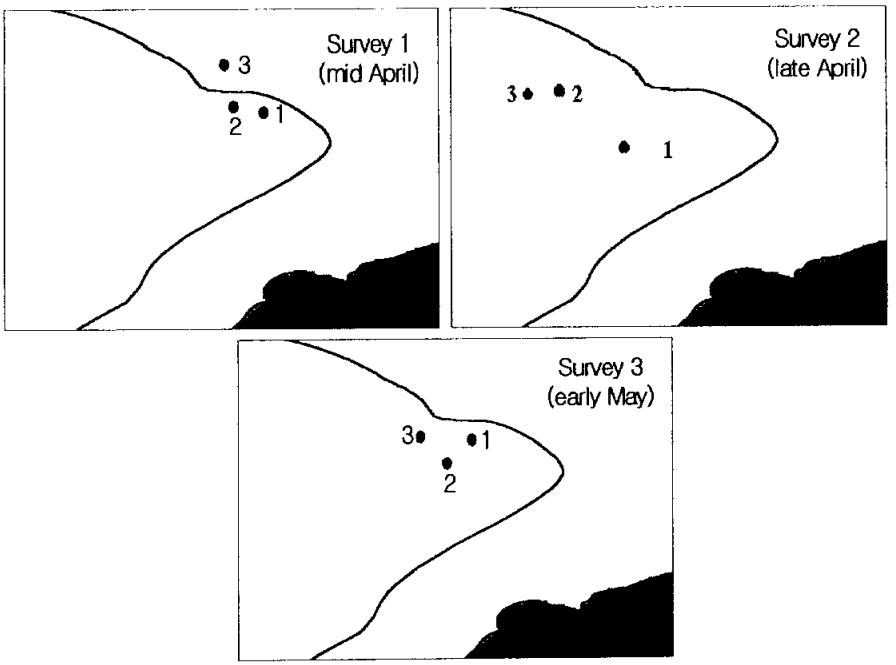


Fig. 9. The location of distributional centroids of age groups 1~3 of walleye pollock from the surveys in 1977.

1977년의 해양 조사에서 출현한 자치어 중에서 4월 중순경에 부화한 자치어 그룹을 이용하여 자치어의 분산 양상을 파악하였다(Fig. 10). 치어들은 4월과 5월에 걸쳐 약 0.1~0.2㎜/day의 성장률을 보이고 있으므로(3-3 명태의 성장 참조) 4월 중순경에 태어난 명태 치어는 4월 하순, 5월 초순, 5월 중순에 약 5.0~6.9㎜, 7.0~8.9㎜, 7.0~8.9㎜로 성장하게 된다. 대부분의 어린 자치어는 4월에는 깊은 해분과 대륙사면 부근에서 출현하였고 5월이 되면서 외부 대륙붕 안쪽으로 넓게 분산되는 현상이 발견되었다. 이 곳의 해류 모식도(Fig. 2)에서 알 수 있듯이 200m와 100m 등심선을 따라서 해류가 북서방향으로 약하게 흐르고 알라스카 반도 연안을 따라서 동쪽으로 흐른다. 알과 마찬가지로 자치어 시기에도 해류의 영향을 받아서 북쪽과 동쪽으로 넓게 분산하였다.

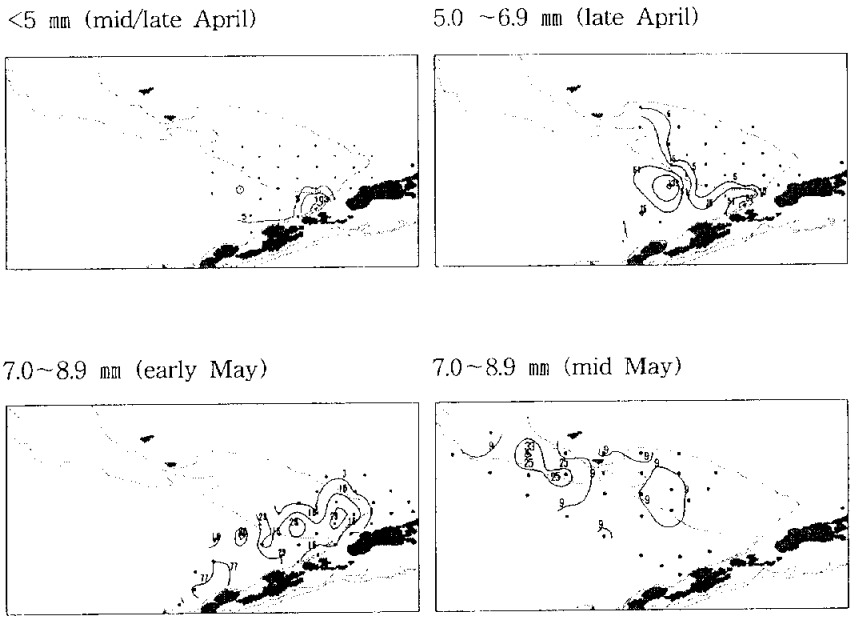


Fig. 10. Movement of a larval cohort hatched in mid April. The numbers denote the larval density (ind./㎥).

3. 기후변동이 명태의 산란 및 성장에 미친 영향

3-1. 해양환경의 변동

1976년 남동부 베링해에서 5월 20일에서 5월 29일 동안 19개 정점에서 해양조사를 시행하였다. 평균 표층수온은 1.09℃였으며(Appendix I), 이 수온에서 명태 알이 수정에서 부화하기까지 걸리는 시간은 Blood et al.(1994)의 수식에 적용하여 약 22일 걸리는 것으로 계산되었다.

1977년 조사는 약 30개의 정점을 포함하는 동일한 연구해역에서 일주일 간격으로 4회에 걸쳐 반복 샘플링 하였다. 각 조사에서 관찰된 평균 표층수온은 각각 3.24, 3.44, 4.40, 3.87℃였으며, 발생시간은 각 수온에 따라 18, 17, 16, 17일로 계산되었다.

1976년에서 1977년으로 넘어가는 겨울에 기후체제가 바뀌면서 해수온이 급상승하였고, 해수온 상승이 명태알의 발생 시간을 단축시키는 결과를 가져왔다.

3-2. 명태의 산란

산란강도를 비교·분석하기 위해서 하루단위로 정규분포 곡선을 임의로 그렸다. 앞에서 가정하였듯이 일일 알생산량을 기본으로 하는 산란강도는 4월 초순에 최대산란을 하는 정규분포 곡선을 따른다. 그래서 정밀한 조사를 시행하였던 1977년 4회의 채집에서 일일 알생산량을 구하였고 정규분포 곡선을 그렸다(Fig. 11). 2월 하순 내지는 3월 초순부터 시작한 명태의 산란은 4월 초순에 최대로 되었으며 5월 중순에는 거의 마무리되었다. 여기서 주목할 점은 1977년 조사시기에 비교하여 이른 산란시기 동안에 채집되었던 1978년 명태 알의 일일 알생산량이 비교적 높게 나타난 사실과 늦은 산란시기였던 1976년 조사에서도 마찬가지로 높게 나타났다는 사실이다(Table 3 참조).

1976~1978년 동안에 명태 산란어군의 자원량에 차이가 없었다는 것을 고려해 볼 때 같은 양의 알이 매년 산란되었다고 가정할 수 있다. 이러한 가정이 맞다면 Fig. 11과 같이 1977년과 똑같은 정규분포 곡선을 1978년 데이타와 1976년 데이타에 일치시켜 곡선을 왼쪽, 오른쪽으로 이동시킬 수 있으며, 명태 산란어군이 1978년에는 1977년보다 산란을 일찍 시작하였고 1976년에는 늦게 시작하였을 가능성을 발견할 수 있었다.

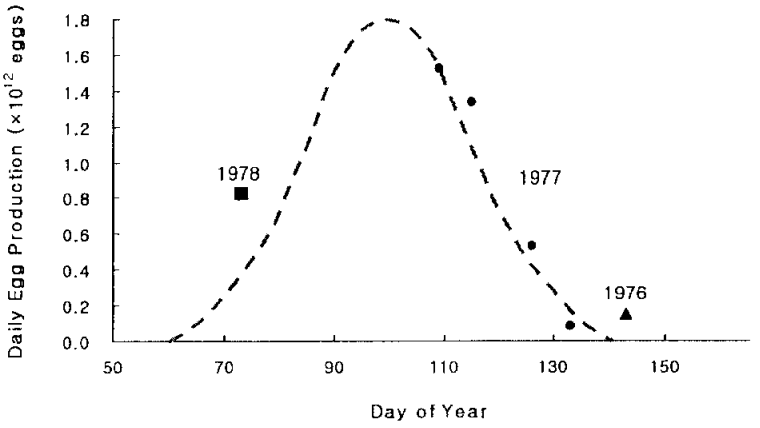


Fig. 11. Spawning intensity curve of walleye pollock over the daily time scale, based on daily egg production in 1976(▲), 1977 (●), and 1978(■).

3-3. 명태의 성장

1970년대 후반에 일어난 기후체제변환으로 인해서 남동부 베링해에서 명태의 산란이 조절되었는데, 자치어의 성장에서도 이와 마찬가지로 기후변동의 영향이 관찰되었다(Fig. 12).

1977년의 4회 조사를 통해서 각 조사시기에서 자치어의 평균 체장을 이용하여 회귀직선식을 구하였는데 4월 중순에서 5월 중순 사이에 자치어가 0.12㎜/day의 성장률을 보였다. 보다 따뜻했던 1979년에는 5월과 6월에 걸쳐 2회 조사를 하였는데 비교적 높은 0.23㎜/day의 성장률이 나타났다. 하지만 이러한 성장률의 차이는 동일 연령에서 비교한 것이 아니기 때문에 환경변동에 따른 성장률의 차이로 볼 수는 없다. 더욱이 1977년은 이미 기후체제가 바뀌어 따뜻한 시기로 접어들었고, Fig. 12에 나타난 1977년과 1979년의 성장 곡선을 비교하였을 때 거의 같은 유형의 성장 유형을 갖는 것처럼 보인다. 반면, 1976년에는 5월 중순에 치어의 평균 체장이 7.0㎜이었으며 위의 두 해보다 추웠던 1976년에는 체장이 아주 작았다. 1977년에는 이와 비슷한 크기의 치어가 약 한달 정도 빠른 4월 중순에 출현하였다. 이것은 1976년에는 산란이 늦게 시작되었고 낮은 수온 때문에 치어의 성장 상태가 1977년보다 훨씬 느리게 진행되고 있음을 보여준다.

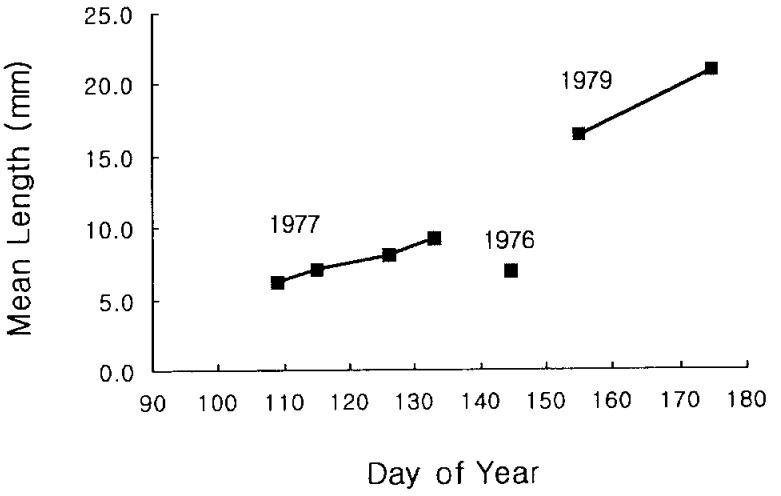


Fig. 12. Larval growth of walleye pollock in terms of body length in 1976, 1977, and 1979 in the southeastern Bering Sea.

고 찰

본 연구를 통해서 남동부 베링해에 서식하는 명태 산란어군은 4~5월에 높은 산란강도를 보이며, 대부분의 알은 Unimak Island 북쪽 해역(100m 등수심선 부근)에서 집중적으로 나타난다는 사실을 알 수 있었다. 하지만 명태의 산란장 파악과 생태연구를 위해서 주로 이용되었던 1977년 조사에서 알의 고밀도 분포 중심이 연구해역의 오른쪽 가장자리에 나타나면서, 조사가 대륙붕지역에서의 명태 산란장을 모두 포함하지 못했다는 사실을 발견하였다. 따라서 전체 산란기간 동안 방출된 알의 총량은 과소추정 되었고, 주 산란장에서 나이군별 알의 분포 중심을 이용하여 발달시간에 따른 알의 이동거리를 관계식으로 나타내는 작업이 불가능했다.

알을 발달단계에 따라 나이를 구분(egg staging)하는 작업은 명태 가입의 년변동을 이해하고, 초기생활사에 영향을 주는 요인을 조사하는데 있어 아주 기본이 된다(Blood et al., 1994). Kendall and Kim(1989)은 명태 알의 발달 단계를 6개의 나이군으로 정리하여 Shelikof Strait에 출현하는 명태 알의 수평·수직 분포양상과 풍도에 관해서 연구하였다. 하지만 Kim et al.(1996)은 1977년의 명태 알을 발달단계의 구분 없이 분석하여 명태의 최고 산란시기가 4월 하순이라고 보고하였다. 하지만 본 연구에서는 동일한 시료를 발달단계에 따라

나눈 후, 수정된지 하루 미만인 알의 풍도를 비교하여 산란 절정이 4월 하순이 아니고 초순인 것으로 과거 연구결과를 수정할 수 있었다. 이것은 알을 발달단계에 따라 나누어 연구하는 방법이 명태의 산란 특성을 보다 정확히 구명할 수 있음을 말해준다.

한편 베링해 명태의 산란습성과 초기 생활사에 나타난 기후변동의 영향을 분석하기 위해서 본 연구에서는 기후체제변환이 있었던 1977년의 산란강도곡선을 기준으로 하여 변화 전(1976년)과 변화 후(1978년)의 산란강도를 살펴보았다. 그래서 비교적 따뜻했던 1978년에는 산란이 일찍 시작되었고 아주 추웠던 1976년에는 산란이 늦게 시작되었음을 추정할 수 있었다. 또한 이런 해수온의 상승 현상은 명태 자치어의 성장에 유리한 해양환경으로 작용하여 본 조사기간 중에서 가장 따뜻했던 해인 1979년에 자치어의 성장률이 0.23㎜/day로써 아주 높게 나타났다. 상대적으로 추웠던 1976년에는 채집된 자치어의 평균 가랑이 체장이 다른 해의 같은 시기보다 훨씬 작았다. Incze et al.(1984)은 본 연구에 이용된 1979년의 자치어 시료를 이용하여 부화한 자치어가 난황을 완전히 흡수하기 전(가랑이 체장: 약 7.0㎜)에는 0.2㎜/day로써 성장을 하고 그 이후부터는 0.35㎜/day로 성장한다고 보고하였다. 이 성장률은 베링해에 서식하는 명태 자치어의 일반적인 성장률로서 현재까지 인정을 받고 있다. 하지만 본 연구결과를 토대로, 1979년은 따뜻한 해수온의 영향으로 자치어의 성장에 유리한 조건이었기 때문에 명태 자치어의 성장률이 다른 해에 비해서 높게 나타났음을 알 수 있다. 따라서 기후변동 이후 수온이 높았던 시기의 자치어의 성장률은 일반적

인 명태 자치어의 성장률로 적용함은 바람직하지 못함을 알 수 있다.

Wooster et al.(1983)는 가입에서의 연급군 강도는 알, 자치어, 유어 단계의 다양한 생활시기의 생존률에 의해서 결정된다고 보고하였다. 이러한 관점에서 1976년과 1979년의 자치어 성장률이 다르게 나타났다는 사실을 고려하였을 때, 1978년에 연급군 강도가 가장 높았던 (Megrey, 1989) 이유는 1979년과 비슷한 해양환경 속에서 자치어시기 이후에 사망률이 낮았을 것으로 생각된다.

요 약

1976년에서 1977년으로 넘어가는 겨울동안에 북태평양에서 갑작스런 기후의 체제변환(climate regime shift)이 일어났다. 본 연구에서는 북태평양의 북쪽에 위치하고 있는 베링해(Bering Sea)에서 이러한 기후변동이 명태의 산란습성과 초기 생활사에 미친 영향을 구명하기 위해 명태 알과 자치어의 분포, 풍도, 수송, 성장 등을 조사하였다. 미국 NOAA의 과학자들은 R/V *Miller Freeman*을 이용하여 1976년에서 1979년에 걸쳐 명태의 주 산란장으로 간주되는 남동부 베링해에서 산란기간 동안 어류플랑크톤 조사를 실시하였는데, 본 연구에서는 당시 수행된 해양조사의 결과를 재검토하고 채집되어진 명태 알과 자치어 시료를 정밀분석하였다. 채집된 알은 발달단계에 따라 21 단계로 나눈 후 다시 6개의 나이군으로 단순화시켜 정리하였으며, 자치어는 가랑이 체장을 측정하여 크기별로 8개의 그룹으로 정리하였다. 수정 된지 하루 미만인 가장 어린 알로 구성된 '나이군-1' 이 명태의 산란장을 지시한다고 가정하고 이들의 월별 분포를 살펴보면, 명태는 4월에 높은 산란강도(spawning intensity)를 나타내었고 알의 고밀도는 Unimak Island 북쪽의 100m 등심선 부근(외부대륙붕과 중부대륙붕 사이)에 형성되었다. 또한 알은 주 산란장에서 100m 등심선을 따라 흐르는 북서방향의 해류를 타고서 5~10㎝/s의 속도로 이동하였다. 명태 자치어의 시·공간적인 분포 특성을 살펴보기 위해서 4월 중순경에 부화한 치어

를 체장그룹별로 나누어 분포를 알아보았다. 이들은 등심선과 알라스카 반도 연안을 따라 흐르는 해류의 영향으로 북쪽과 동쪽으로 넓게 분산되고 성장하면서 대륙붕 안쪽으로 이동한다는 사실을 관찰하였다. 한편 명태의 산란 시기와 1976/77년 기후변동의 영향을 살펴보기 위하여 전 산란기간 동안의 일일 알생산량(daily egg production)을 계산하였다. 그 결과 비교적 해수온이 따뜻했던 1978년에는 훨씬 추웠던 1976년에 비하여 명태 산란이 다소 일찍 시작되었다. 그리고 1977년 이후의 따뜻해진 해양환경은 명태 자치어의 성장에 유리한 조건으로 작용하여 1979년의 자치어 성장이 1976년의 성장 상태에 비하여 아주 높게 나타났다.

감사의 글

먼저 제게 학문의 길을 열어 주시고 세심한 배려와 사랑을 아끼지 않으시고 가르쳐 주신 김 수암 교수님께 머리 숙여 깊이 감사의 말씀을 드립니다. 논문의 심사를 맡아 관심을 가지고 충고를 아끼지 않으셨고 세심하게 방향을 바로 잡아 주신 허 성회 교수님과 장 창익 교수님께도 감사의 말씀을 드립니다. 아울러 학부 시절부터 많은 가르침과 도움을 주신 진 평 교수님, 홍 성윤 교수님, 강 용주 교수님, 유 명숙 교수님, 남 기완 교수님, 백 혜자 교수님께 감사 드립니다.

본 논문의 연구를 위해서 명태 알을 staging하신 강 수경 선배님과 명태 자치어의 체장을 측정하신 손 동화 선배님께도 깊이 감사의 마음을 전합니다. 또한 중국에서 논문에 대한 문제점을 같이 분석해 주시고 조언과 질책을 마다하지 않으신 강 형구 박사님, 신 형철 박사님, 이 용우 박사님께도 감사의 마음을 전합니다.

지난 2년 동안 한국 해양연구원과 학교 실험실 생활을 하면서 정말 고마운 분들을 많이 만날 수 있었습니다.

옷 가방 하나 챙겨 들고 '열심히 하겠다' 는 각오 하나만으로 안산을 찾았을 때, '무슨 일이든지 감동적으로 하라' 하시며 마지막까지 깊은 배려를 해주신 유 재명 박사님, 가장 저의 부족한 부분을 잘 아시고 관심을 가지고서 지도 해 주신 김 성 박사님과 이 은경 선생님께 감사의 인사를 드립니다. 그리고 항상 곁에서 같이 울고 웃어주었던 친구 선화, 정이 많아서 친 언니 같았던 현경언니와 수정언니, 이 외에도 연구원에서 인연이 되어 만난 모든 분들에게 감사의 마음을 전합니다.

학교 실험실 식구들은 어디를 가든지 항상 가족과 같았습니다. 중국 PICES에서 언니가 하는 발표는 꼭 들어야 한다면서 아픈 몸을 이끌고 발표장까지 왔다가 끝나고 나가면서 쓰러졌던 우리 실험실의 막내둥이 현주는 정말 저의 동생과 같습니다. 언제나 따뜻하게 사랑으로 후배들을 대하며 아낌없는 충고를 하시는 수경언니, 가장 이해심이 많고 친구처럼 편안하고 노래 잘 불러서 부러운 동화언니, 1년 동안 한 집에서 같이 살면서 배려를 많이 해준 맘이 따뜻한 윤선이, 일하랴 공부하랴 많이 힘들어도 열심히 살려는 모습이 예쁜 수연이, 앞으로 우리 실험실을 이끌어 나갈 현주, 은정이, 현우.... 모두의 관심과 따뜻한 배려가 있었기에 이 같은 작은 결실을 얻을 수 있었습니다. 사랑합니다.

맥주 한잔이 그리울 때 생각나는 친구 혜은이, 논문 쓴다고 늘 바쁜 모습만 보여줘서 미안한데 끝까지 함께 해 준 고마운 친구들, 학과선배님처럼 따뜻하게 대해준 장 창익 교수님방 선배님들에게도 감사의 뜻을 전합니다.

마지막으로 사랑과 믿음으로 온갖 정성을 다하신 부모님과 가족들에게 진심으로 감사 드리며, 다시 멀리 떨어지게 되어 죄송스럽지만 열심히 사는 모습으로 보답하겠습니다.

본 연구는 미국 해양대기청(NOAA) Coastal Ocean Program의 'Southeastern Bering Sea and Carrying Capacity' 프로젝트의 일환(40ABNF0S0325)으로 수행되었습니다.

참 고 문 헌

김수암. 1990. 베링해 명태자원의 현황과 연구방향 : (1) 어업의 변천 및 중요성. 해양연구, 12: 117-128.

김수암. 1991. 수산자원평가론. 우성문화사. 서울, 175 pp.

Blood, D. M., A. C. Matarese, and M. M. Yoklavich. 1994. Embryonic development of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, from Shelikof Strait, Gulf of Alaska. *Fish. Bull.*, 92: 207-222.

Brodeur, R. D., C. E. Mills, J. E. Overland, G. E. Walters, and J. D. Schumacher. 1999. Evidence for a substantial increase in gelatinous zooplankton in the Bering Sea, with possible links to climate change. *Fish. Oceanogr.*, 8: 296-306.

Bulatov, O. A. 1989. Reproduction and abundance of spawning pollock in the Bering Sea. *In* Proceeding of the International Symposium on the Biology and Management of Walleye Pollock. Nov. 14-16, 1988. Anchorage. pp. 199-206. U.S.A. Alaska Sea Grant College Program, AK-SG-89-01, Univ. of Alaska, Fairbanks, Alaska.

Francis, R. C. and S. R. Hare. 1994. Decadal-scale regime shifts in the large marine ecosystems of the North-east Pacific: a case for historical science. *Fish. Oceanogr.*, 3: 279-291.

Ginter, J. J. C. 1995. The Alaska community development quota fisheries management program. *Ocean & Coastal Management*, 28: 147-163.

Hare, S. R. and N. J. Mantua. 2000. Empirical evidence for North Pacific regime shifts in 1977 and 1989. *Prog. in Oceanogr.*, 47: 103-145.

Hunt, G. L. Jr. and P. J. Stabeno. 2002. Climate change and the control of energy flow in the southeastern Bering Sea. *Prog. in Oceanogr.*, 55: 5-22.

Incze, L. S., M. E. Clarke, J. J. Goering, T. Nishiyama, and A. J. Paul. 1984. Eggs and larvae of walleye pollock and relationships to the planktonic environment. *In* D. H. Ito (ed.), Proceedings of the workshop on walleye pollock and its ecosystem in the eastern Bering Sea. pp. 109-159. U.S. Dept. of Commerce NOAA Tech. Memo. NMFS F/NWC-62.

Kendall, A. W. and S. Kim. 1989. Buoyancy of walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) eggs in relation to water

properties and movement in Shelikof Strait, Gulf of Alaska. *In* R. J. Beamish and G. A. McFarlane (eds.), Effects of ocean variability on recruitment and an evaluation of parameters used in stock assessment models, pp. 169-180. *Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci.* 108.

Kim, S. 1987. Spawning behavior and early life history of walleye pollock, *Theragra chalcogramma*, in Shelikof Strait, Gulf of Alaska, in relation to oceanographic factors. Ph. D. Dissertation, Univ. of Washington, Seattle, WA. 220 pp.

Kim, S., A. W. Kendall, Jr., and S. Kang. 1996. The abundance and distribution of pollock eggs and some spawning characteristics in the southeastern Bering Sea in 1977. *Ocean Res.*, 18(Special): 59-67.

Kinder, T. H. and J. D. Schumacher. 1981. Circulation over the continental shelf of the southeastern Bering Sea. *In* D. W. Hood and J. A. Calder (eds.), The Bering Sea shelf: Oceanography and resources, Vol. 1. Office of Marine Pollution Assessment, pp. 53-75 NOAA, (Distrib. by Univ.of Washington Press, Seattle.)

Megrey, B. A. 1989. An overview of available information on eastern Bering Sea walleye pollock reproduction and early

life history. *In* Proceedings of the International Scientific Symposium on Bering Sea Fisheries. pp. 48-79. U.S. Dept. of Commerce, NOAA Tech. Memo. NMFS F/NWC-163.

Miller, A. J., D. R. Cayan, T. P. Barnett, N. E. Graham and J. M. Oberhuber. 1994. The 1976-77 climate shift of the Pacific Ocean. *Oceanogr.*, 7: 21-26.

Napp, J. M., A. W. Kendall Jr., and J. D. Schumacher. 2000. A sysnthesis of biological and physical processes affecting the feeding environment of larval walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) in the eastern Bering Sea. *Fish. Oceanogr.*, 9: 147-162.

Niebauer, H. J., N. A. Bond, L. P. Yakunin, and V. V. Plotnikov. 1999. An update on climatology and sea ice of the Bering Sea. *In* T. R. Loughlin and K. Ohtani (eds), Dynamics of the Bering Sea. Fairbanks, Univ. of Alaska Sea Grant. AK-SG-99-03, pp. 29-59.

Nishiyama, T., K. Hirano, and T. Haryu. 1986. The early life history and feeding habits of larval walleye pollock in the southeast Bering Sea. *INPFC Bull.* 45: 177-227.

Serobaba I. I. 1968. Spawning of the Alaska pollock *Theragra*

chalcogramma (Pallas) in the Northeastern Bering Sea. *Probl. Ichthyol.*, 8: 789-798.

Serobaba I. I. 1974. Spawning ecology of the walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) in the Bering Sea. *J. Ichthyol.*, 14: 544-552.

Springer A. M. 1992. A review: Walleye pollock in the North Pacific-how much difference do they really make? *Fish. Oceanogr.*, 1: 80-96.

Stabeno, P. J. and J. D. Schumacher. 1999. The physical oceanography of the Bering Sea. *In* T. R. Loughlin and K. Ohtani (eds), Dynamics of the Bering Sea. Fairbanks, Univ. of Alaska Sea Grant. AK-SG-99-03. pp. 1-28.

Stabeno, P. J., N. A. Bond, N. B. Kachel, S. A. Salo and J. D. Schumacher. 2001. On the temporal variability of the physical environment over the south-eastern Bering Sea. *Fish. Oceanogr.*, 10: 81-98.

Waldron, K. D. 1979. Ichthyoplankton of the eastern Bering Sea, 11 February to 16 March 1978. NMFS, NWAFC, Proc. Rep. 33 pp.

Waldron, K. D. and F. Favorite. 1977. Ichthyoplankton of the Eastern Bering Sea. (Unpublished manuscript) 53 pp.

Waldron, K. D. and B. M. Vinter. 1978. Ichthyoplankton of the eastern Bering Sea. NMFS, NWAFC, Proc. Rep. 88 pp.

Walline, P. D. 1980. Growth of larval walleye pollock (*Theragra chalcogramma*) in the eastern Bering Sea, based on otolith increments of plankton-caught specimens from June-July 1979. NMFS, NWAFC, Proc. Rep. 17 pp.

Wespestad, V. G. 1996. Prepared for Nor-fishing '96, Trondheim, Norway, 15-16 August 1996. See: www.refm.noaa.gov/norfish/norfish.htm.

Wooster, W. S., K. Banse and D. R. Gunderson. 1983. On the development of strategies for the study of ocean fish interactions. *In* W. S. Wooster (ed.). From year to year. Washington Sea Grant Publication, Univ. of Washington, Seattle, WA.

Appendix I. Information on ichthyoplankton surveys conducted at the southeastern Bering Sea during 1976-1979 pollock spawning season. Stations in bold were used for the analysis of eggs. (1) April 26~May 12, 1976, (2) May 20~31, 1976, (3) April 16~22, 1977, (4) April 23~27, 1977, (5) May 03~09, 1977, (6) May 10~15, 1977, (7) March 11~16, 1978, (8) June 1~7, 1979, (9) June 16~July 2, 1979.

(1) April 26~ May 12, 1976

St.	Location		Day/Time*	Temperature (℃)		Numbers collected		SHF-A**	Density (#/m³)	
	Latitude	Longitude		Surface	Bottom	Egg	Larva		Egg	Larva
1	56° 44.8′	173° 16.0′	April 26/2333	0.5	2.2	46	48	6.079	28.0	29.2
2	56° 41.0′	173° 19.0′	27/0102	1.1	3.7	24	71	5.916	14.2	42.0
3	56° 21.2′	171° 57.3′	27/2146	2.8	3.6	39	160	5.508	21.5	88.1
4	56° 07.8′	170° 23.2′	29/1043	1.3	2.2	68	149	4.113	28.0	61.3
5	55° 52.3′	168° 44.9′	May 01/1106	2.2	3.0	22	30	4.720	10.4	14.2
6	56° 58.1′	168° 59.2′	02/0830	0.0	3.0	126	18	4.009	50.5	7.2
7	56° 49.7′	169° 39.0′	04/1007	-0.3	-0.4	134	10	4.501	60.3	4.5
8	56° 21.0′	169° 40.0′	05/0857	1.4	3.6	260	4	4.807	125.0	1.9
9	56° 25.3′	169° 56.8′	05/1205	0.8	3.0	268	0	4.637	124.3	0.0
10	56° 29.8′	171° 34.1′	06/1327	0.8	3.0	288	165	4.822	138.9	79.6
11	57° 25.0′	172° 04.9′	07/0830	1.7	1.7	106	22	4.112	43.6	9.0
12	57° 30.3′	173° 50.4′	08/0954	0.0	1.9	98	74	5.012	49.1	37.1
13	58° 18.3′	174° 19.0′	09/0728	2.0	2.5	42	126	4.741	19.9	59.7
14	58° 20.3′	174° 09.8′	09/1000	1.9	2.0	41	90	5.104	20.9	45.9
15	56° 55.3′	170° 56.2′	11/0142	0.0	0.3	112	20	4.255	47.7	8.5
16	56° 31.2′	167° 55.0′	12/0851	0.7	3.3	2426	6	5.171	1254.5	3.1

Remarks : * Day and time GMT

** SHF-A converts actual catch to numbers beneath 10 square meters of sea surface.
(SHF = Standard Haul Factor; sampling depth 200 m or less)

Appendix I. Information on ichthyoplankton surveys conducted at the southeastern Bering Sea during 1976-1979 pollock spawning season. Stations in bold were used for the analysis of eggs. (1) April 26~May 12, 1976, (2) May 20~31,1976, (3) April 16~22, 1977, (4) April 23~27, 1977, (5) May 03~09, 1977, (6) May 10~15, 1977, (7) March 11~16, 1978, (8) June 1~7, 1979, (9) June 16~July 2, 1979 (continued).

(2) May 20 ~ 31, 1976

St.	Location		Day/Time*	Temperature (℃)		Numbers collected		SHF-A**	Density (#/m³)	
	Latitude	Longitude		Surface	Bottom	Egg	Larva		Egg	Larva
17	54° 42.3′	165° 25.9′	20/0724	3.0	3.4	55	9	5.867	32.3	5.3
18	55° 16.9′	163° 20.3′	20/1445	1.6	1.8	8	0	5.000	4.0	0.0
19	55° 31.6′	163° 55.3′	20/1817	2.4	1.9	767	0	5.254	403.0	0.0
20	56° 08.5′	162° 55.6′	21/0140	0.5	-0.3	6	0	6.100	3.7	0.0
21	55° 49.6′	162° 20.3′	21/0443	1.4	0.8	98	0	5.529	54.2	0.0
22	56° 16.8′	161° 02.3′	21/1237	0.4	0.6	0	0	4.443	0.0	0.0
23	56° 44.9′	159° 56.2′	21/2213	1.0	-0.5	0	0	3.813	0.0	0.0
24	57° 20.3′	158° 58.9′	22/0511	-0.7	-0.4	0	0	4.506	0.0	0.0
25	57° 40.6′	159° 13.7′	22/1317	-	-	0	0	5.438	0.0	0.0
26	57° 55.3′	160° 07.9′	22/1709	0.3	0.5	0	0	4.253	0.0	0.0
27	58° 20.5′	161° 22.5′	22/2230	2.0	1.9	0	0	5.014	0.0	0.0
28	58° 45.5′	162° 29.1′	23/0336	0.6	0.7	0	0	7.012	0.0	0.0
29	58° 46.1′	164° 14.7′	23/0903	0.3	1.6	0	0	4.849	0.0	0.0
30	58° 17.0′	163° 12.7′	23/1347	0.3	0.3	0	0	7.328	0.0	0.0
31	57° 49.3′	162° 13.9′	23/1936	1.3	1.6	0	0	4.594	0.0	0.0
32	57° 18.2′	161° 07.4′	24/0109	0.2	-0.9	0	0	8.255	0.0	0.0
33	56° 44.4′	161° 59.1′	24/0648	4.0	-1.3	0	0	6.213	0.0	0.0
34	56° 41.8′	164° 00.3′	25/0045	0.8	-1.2	0	0	6.102	0.0	0.0
35	56° 05.1′	164° 52.6′	25/0553	1.5	-0.1	0	0	5.678	0.0	0.0
36	55° 29.0′	165° 50.8′	25/1110	-	-	403	108	4.458	179.7	48.1
37	54° 52.0′	166° 50.3′	25/1652	3.3	3.3	16	3	6.093	9.7	1.8
38	55° 20.3′	167° 47.5′	25/2217	3.6	3.1	26	78	7.064	18.4	55.1

Appendix I. Information on ichthyoplankton surveys conducted at the southeastern Bering Sea during 1976-1979 pollock spawning season. Stations in bold were used for the analysis of eggs. (1) April 26~May 12, 1976, (2) May 20~31, 1976, (3) April 16~22, 1977, (4) April 23~27, 1977, (5) May 03~09, 1977, (6) May 10~15, 1977, (7) March 11~16, 1978, (8) June 1~7, 1979, (9) June 16~July 2, 1979 (continued).

St.	Location		Day/Time*	Temperature (℃)		Numbers collected		SHF-A**	Density (#/m³)	
	Latitude	Longitude		Surface	Bottom	Egg	Larva		Egg	Larva
39	55° 57.9′	166° 52.9′	26/0342	3.9	-	218	127	6.884	150.1	87.4
40	57° 29.0′	170° 00.0′	27/0128	0.2	1.0	26	1	6.751	17.6	0.7
41	57° 59.8′	171° 09.0′	27/0746	-0.4	-0.5	31	0	6.195	19.2	0.0
42	57° 59.4′	172° 02.5′	27/1318	0.8	0.7	109	1	7.083	77.2	0.7
43	57° 56.7′	173° 04.5′	27/1715	1.0	1.6	81	10	5.707	46.2	5.7
44	58° 40.6′	173° 08.0′	28/0133	0.4	1.5	72	44	6.210	44.7	27.3
45	58° 27.2′	172° 07.4′	28/0626	0.5	0.5	8	2	6.998	5.6	1.4
46	57° 34.6′	168° 01.1′	28/2133	1.4	-1.9	5	1	5.178	2.6	0.5
47	58° 04.6′	169° 03.3′	29/0329	0.7	-1.1	0	0	5.777	0.0	0.0
48	57° 00.5′	168° 02.1′	29/1147	0.8	-0.2	266	41	5.890	156.7	24.1
49	57° 06.5′	166° 57.9′	29/1656	0.7	-1.4	7	0	6.376	4.5	0.0
50	57° 39.3′	166° 06.8′	29/2221	0.2	-1.2	0	0	5.564	0.0	0.0
51	58° 07.9′	165° 15.8′	30/0323	0.2	0.0	0	0	6.015	0.0	0.0
52	58° 40.6′	166° 16.0′	30/0825	0.1	0.2	0	0	7.052	0.0	0.0
53	59° 10.8′	167° 20.9′	30/1353	0.4	1.5	0	0	6.303	0.0	0.0
54	58° 25.5′	166° 44.8′	30/2218	0.2	0.3	0	0	4.367	0.0	0.0
55	57° 43.8′	164° 10.5′	31/1017	0.3	-0.1	0	0	5.555	0.0	0.0
56	57° 09.1′	165° 06.1′	31/1814	0.5	-0.3	0	0	6.552	0.0	0.0

Appendix I. Information on ichthyoplankton surveys conducted at the southeastern Bering Sea during 1976-1979 pollock spawning season. Stations in bold were used for the analysis of eggs. (1) April 26~May 12, 1976, (2) May 20~31, 1976, (3) April 16~22, 1977, (4) April 23~27, 1977, (5) May 03~09, 1977, (6) May 10~15, 1977, (7) March 11~16, 1978, (8) June 1~7, 1979, (9) June 16~July 2, 1979 (continued).

(3) April 16 ~ 22, 1977

St.	Location		Day/Time*	Temperature (℃)		Numbers collected		SHF-A**	Density (#/㎥)	
	Latitude	Longitude		Surface	Bottom	Egg	Larva		Egg	Larva
1	54° 12.5′	166° 15.1′	16/1429	3.6	3.5	28	159	6.549	18.3	104.1
2	54° 21.6′	166° 44.0′	16/1815	3.8	4.0	8	268	5.730	4.6	153.6
3	54° 37.2′	167° 15.0′	16/2205	3.0	3.6	11	120	4.992	5.5	59.9
4	54° 51.4′	167° 46.1′	17/0149	3.6	3.8	1	60	3.919	0.4	23.5
5	55° 22.0′	167° 42.5′	17/0503	2.6	3.3	11	4	3.043	3.3	1.2
6	55° 07.4′	167° 16.5′	17/0800	3.5	3.6	9	20	4.059	3.7	8.1
7	54° 52.2′	166° 46.9′	17/1043	3.1	3.5	2	349	5.528	1.1	192.9
8	54° 36.8′	166° 15.6′	17/1410	3.7	4.3	10	36	5.910	5.9	21.3
9	54° 22.6′	165° 46.3′	16/1118	3.6	3.9	131	304	4.775	62.6	145.2
10	54° 36.5′	165° 15.6′	16/0800	3.2	3.7	12	0	4.771	5.7	0.0
11	54° 52.0′	165° 46.3′	17/1651	3.3	3.8	58	5	5.199	30.2	2.6
12	55° 06.7′	166° 16.5′	17/1959	3.5	4.5	0	1	4.341	0.0	0.4
13	55° 22.4′	166° 45.8′	17/2224	2.8	3.6	2	0	5.251	1.1	0.0
14	55° 36.7′	167° 15.5′	18/0154	3.3	4.3	3	3	5.499	1.6	1.6
15	55° 51.8′	167° 42.6′	18/0406	2.2	3.6	14	14	5.044	7.1	7.1
16	55° 52.3′	166° 43.6′	18/0730	2.2	4.0	7	0	6.003	4.2	0.0
17	55° 37.3′	166° 14.3′	18/1010	2.5	4.0	9	0	5.104	4.6	0.0
18	55° 22.5′	165° 44.5′	18/1304	3.2	4.5	6	0	4.997	3.0	0.0

Appendix I. Information on ichthyoplankton surveys conducted at the southeastern Bering Sea during 1976-1979 pollock spawning season. Stations in bold were used for the analysis of eggs. (1) April 26~May 12, 1976, (2) May 20~31, 1976, (3) April 16~22, 1977, (4) April 23~27, 1977, (5) May 03~09, 1977, (6) May 10~15, 1977, (7) March 11~16, 1978, (8) June 1~7, 1979, (9) June 16~July 2, 1979 (continued).

St.	Location		Day/Time*	Temperature (℃)		Numbers collected		SHF-A**	Density (#/㎥)	
	Latitude	Longitude		Surface	Bottom	Egg	Larva		Egg	Larva
19	55° 07.1′	165° 14.6′	18/1519	2.7	3.7	137	0	5.380	73.7	0.0
20	54° 52.2′	164° 50.2′	18/1752	3.6	3.5	3	0	5.203	1.6	0.0
21	55° 06.8′	164° 15.6′	18/2015	4.1	3.6	2	0	4.338	0.9	0.0
22	55° 21.0′	164° 44.9′	18/2228	2.7	3.9	246	0	5.727	140.9	0.0
23	55° 37.6′	165° 14.8′	19/0127	4.1	4.3	36	0	5.817	20.9	0.0
24	55° 52.4′	165° 46.3′	19/0350	2.6	4.3	24	0	6.381	15.3	0.0
25	55° 52.0′	164° 43.6′	19/0724	3.0	4.2	1741	0	5.982	1041.5	0.0
26	55° 36.9′	164° 15.4′	19/0930	2.7	3.7	865	0	6.958	601.9	0.0
50	53° 49.8′	167° 29.1′	21/2053	3.9	3.8	19	831	6.991	13.3	581.0
51	54° 14.5′	167° 30.3′	22/0002	3.7	3.7	1	92	6.152	0.6	56.6
52	54° 45.0′	168° 31.2′	22/0451	4.1	4.3	23	745	6.298	14.5	469.2
53	55° 15.6′	168° 30.4′	22/0752	4.0	3.8	4	587	6.121	2.4	359.3
54	55° 45.4′	168° 29.4′	22/1043	3.0	3.9	2	11	5.641	1.1	6.2

Appendix I. Information on ichthyoplankton surveys conducted at the southeastern Bering Sea during 1976-1979 pollock spawning season. Stations in bold were used for the analysis of eggs. (1) April 26~May 12, 1976, (2) May 20~31, 1976, (3) April 16~22, 1977, (4) April 23~27, 1977, (5) May 03~09, 1977, (6) May 10~15, 1977, (7) March 11~16, 1978, (8) June 1~7, 1979, (9) June 16~July 2, 1979 (continued).

(4) April 23 ~ 27, 1977

St.	Location		Day/Time*	Temperature (℃)		Numbers collected		SHF-A**	Density (#/m³)	
	Latitude	Longitude		Surface	Bottom	Egg	Larva		Egg	Larva
1	54° 13.5′	166° 14.6′	26/1057	3.9	3.3	571	185	6.694	382.2	123.8
2	54° 23.3′	166° 44.0′	26/0840	4.0	4.2	11	34	6.191	6.8	21.0
3	54° 38.7′	167° 14.0′	26/0537	3.9	3.6	1	37	6.529	0.7	24.2
4	54° 52.9′	167° 43.1′	26/0303	4.2	4.0	3	531	6.804	2.0	361.3
5	55° 22.0′	167° 41.1′	25/2335	3.2	3.5	6	14	6.765	4.1	9.5
6	55° 08.0′	167° 16.7′	25/2037	3.7	3.8	23	33	5.959	13.7	19.7
7	54° 52.7′	166° 45.5′	25/1724	3.4	3.7	24	0	6.541	15.7	0.0
8	54° 37.4′	166° 15.3′	25/1507	4.0	3.8	27	281	6.280	17.0	176.5
9	54° 23.6′	165° 44.8′	25/1240	4.5	5.3	821	391	5.684	466.7	222.2
10	54° 36.9′	165° 17.1′	25/0956	3.7	3.6	9	17	5.494	4.9	9.3
11	54° 52.1′	165° 45.5′	25/0657	3.3	3.6	58	1	5.837	33.9	0.6
12	55° 07.3′	166° 15.5′	25/0432	3.8	4.5	0	0	6.377	0.0	0.0
13	55° 22.5′	166° 45.9′	25/0059	3.2	3.7	1	5	5.779	0.6	2.9
14	55° 36.2′	167° 15.6′	24/2235	3.8	4.3	4	7	5.963	2.4	4.2
15	55° 52.1′	167° 44.2′	24/1937	2.7	3.5	30	5	5.501	16.5	2.8
16	55° 52.3′	166° 46.2′	24/1625	3.0	4.3	14	0	5.592	7.8	0.0
17	55° 37.2′	166° 16.2′	24/1340	2.8	4.0	4	2	5.907	2.4	1.2
18	55° 23.0′	165° 46.4′	24/1145	3.8	4.3	0	0	5.870	0.0	0.0

Appendix I. Information on ichthyoplankton surveys conducted at the southeastern Bering Sea during 1976-1979 pollock spawning season. Stations in bold were used for the analysis of eggs. (1) April 26~May 12, 1976, (2) May 20~31, 1976, (3) April 16~22, 1977, (4) April 23~27, 1977, (5) May 03~09, 1977, (6) May 10~15, 1977, (7) March 11~16, 1978, (8) June 1~7, 1979, (9) June 16~July 2, 1979 (continued).

St.	Location		Day/Time*	Temperature (℃)		Numbers collected		SHF-A**	Density (#/m³)	
	Latitude	Longitude		Surface	Bottom	Egg	Larva		Egg	Larva
19	55° 06.9′	165° 14.0′	24/0816	3.5	3.7	372	0	6.031	224.4	0.0
20	54° 52.5′	164° 50.3′	24/0612	4.0	3.4	0	0	5.731	0.0	0.0
21	55° 06.9′	164° 17.3′	24/0352	3.2	3.5	121	0	4.539	54.9	0.0
22	55° 19.7′	164° 47.4′	24/0001	3.2	3.8	1123	0	5.502	617.9	0.0
23	55° 37.5′	165° 15.4′	23/2122	3.5	4.0	25	0	5.583	14.0	0.0
24	55° 52.7′	165° 45.3′	23/1832	2.6	4.3	8	0	5.987	4.8	0.0
39	56° 44.5′	168° 30.1′	23/0036	2.0	2.5	2	6	5.598	1.1	3.4
49	54° 15.7′	168° 29.0′	26/2128	3.8	3.3	6	33	6.347	3.8	20.9
58	56° 15.3′	168° 31.1′	23/0421	2.3	3.5	50	61	5.874	29.4	35.8
59	56° 15.1′	167° 29.2′	23/0821	2.5	3.7	61	9	5.893	35.9	5.3
60	56° 14.5′	166° 30.0′	23/1143	2.4	4.1	27	1	5.675	15.3	0.6
61	56° 14.8′	165° 30.8′	23/1610	2.5	3.0	972	0	5.235	508.8	0.0
64	54° 00.5′	167° 58.9′	26/1801	4.1	3.9	1	246	6.476	0.6	159.3
65	54° 00.7′	168° 57.0′	27/0059	4.6	4.0	5	97	6.064	3.0	58.8
66	53° 34.9′	168° 58.2′	27/0429	4.5	4.5	12	227	6.230	7.5	141.4

Appendix I. Information on ichthyoplankton surveys conducted at the southeastern Bering Sea during 1976-1979 pollock spawning season. Stations in bold were used for the analysis of eggs. (1) April 26~May 12, 1976, (2) May 20~31, 1976, (3) April 16~22, 1977, (4) April 23~27, 1977, (5) May 03~09, 1977, (6) May 10~15, 1977, (7) March 11~16, 1978, (8) June 1~7, 1979, (9) June 16~July 2, 1979 (continued).

(5) May 03 ~ 09, 1977

St.	Location		Day/Time*	Temperature (℃)		Numbers collected		SHF-A**	Density (#/m²)	
	Latitude	Longitude		Surface	Bottom	Egg	Larva		Egg	Larva
1	54° 12.4′	166° 15.3′	04/1038	4.0	3.3	57	27	6.615	37.7	17.9
2	54° 21.1′	166° 42.2′	04/0833	4.3	3.8	4	53	6.121	2.4	32.4
3	54° 38.4′	167° 12.9′	04/0513	4.0	3.6	6	25	5.421	3.3	13.6
4	54° 52.5′	167° 43.3′	04/0234	4.5	4.5	4	202	5.680	2.3	114.7
6	55° 06.3′	167° 16.7′	05/1630	5.1	4.7	10	88	4.059	4.1	35.7
7	54° 52.7′	166° 44.7′	05/1232	3.7	3.5	19	47	4.860	9.2	22.8
8	54° 37.4′	166° 14.8′	05/0934	5.0	4.3	23	52	5.797	13.3	30.1
9	54° 22.7′	165° 44.8′	04/1327	-	-	0	26	5.810	0.0	15.1
10	54° 37.3′	165° 15.7′	07/0902	3.9	3.8	55	69	4.782	26.3	33.0
11	54° 52.7′	165° 46.2′	07/0602	4.0	3.5	23	43	5.038	11.6	21.7
12	55° 06.3′	166° 16.7′	06/2210	4.3	4.0	15	116	4.814	7.2	55.8
13	55° 22.2′	166° 45.8′	05/2216	5.0	3.7	5	4	4.182	2.1	1.7
17	55° 37.1′	166° 14.5′	09/2159	3.5	3.7	3	2	5.785	1.7	1.2
18	55° 22.2′	165° 44.5′	07/0101	4.1	4.2	4	2	5.147	2.1	1.0
19	55° 07.2′	165° 16.1′	09/0247	4.1	3.7	0	81	5.540	0.0	44.9
20	54° 52.3′	164° 50.4′	08/0750	6.0	7.5	10	5	5.485	5.5	2.7
21	55° 06.6′	164° 16.9′	08/1021	5.5	5.4	0	0	4.520	0.0	0.0
22	55° 20.0′	164° 45.3′	09/0002	4.0	3.7	879	68	4.900	430.7	33.3

Appendix I. Information on ichthyoplankton surveys conducted at the southeastern Bering Sea during 1976-1979 pollock spawning season. Stations in bold were used for the analysis of eggs. (1) April 26~May 12, 1976, (2) May 20~31, 1976, (3) April 16~22, 1977, (4) April 23~27, 1977, (5) May 03~09, 1977, (6) May 10~15, 1977, (7) March 11~16, 1978, (8) June 1~7, 1979, (9) June 16~July 2, 1979 (continued).

St.	Location		Day/Time*	Temperature (℃)		Numbers collected		SHF-A**	Density (#/m³)	
	Latitude	Longitude		Surface	Bottom	Egg	Larva		Egg	Larva
23	55° 37.3′	165° 13.7′	09/0612	5.4	4.3	66	74	5.184	34.2	38.4
24	55° 52.5′	165° 45.4′	09/1845	3.6	3.9	10	2	5.360	5.4	1.1
25	55° 52.0′	164° 43.3′	09/0823	4.3	4.0	16	0	5.075	8.1	0.0
26	55° 36.8′	164° 14.1′	08/2044	3.5	3.5	62	0	5.124	31.8	0.0
27	55° 21.3′	163° 45.2′	08/1302	4.0	4.0	0	0	4.068	0.0	0.0
29	55° 37.1′	163° 16.4′	08/1539	3.5	3.5	1	0	5.488	0.5	0.0
30	55° 52.6′	163° 45.7′	08/1752	3.4	2.9	56	0	5.650	31.6	0.0
49	54° 14.9′	168° 30.8′	03/1932	3.8	3.4	10	128	6.479	6.5	82.9
52	54° 45.6′	168° 29.6′	03/2324	4.5	4.6	3	13	6.294	1.9	8.2
61	56° 14.4′	165° 30.3′	09/1558	3.7	3.7	193	0	5.650	109.0	0.0
62	56° 15.9′	164° 27.8′	09/1054	3.3	3.1	142	0	4.185	59.4	0.0
65	53° 59.8′	168° 58.3′	03/1635	9.8	5.2	5	63	5.812	2.9	36.6
66	53° 34.3′	169° 00.1′	03/1341	4.1	3.9	10	166	5.633	5.6	93.5
70	53° 12.9′	169° 24.7′	03/1002	3.8	3.3	8	21	6.252	5.0	13.1

Appendix I. Information on ichthyoplankton surveys conducted at the southeastern Bering Sea during 1976-1979 pollock spawning season. Stations in bold were used for the analysis of eggs. (1) April 26~May 12, 1976, (2) May 20~31, 1976, (3) April 16~22, 1977, (4) April 23~27, 1977, (5) May 03~09, 1977, (6) May 10~15, 1977, (7) March 11~16, 1978, (8) June 1~7, 1979, (9) June 16~July 2, 1979 (continued).

(6) May 10 ~ 15, 1977

St.	Location		Day/Time*	Temperature (℃)		Numbers collected		SHF-A**	Density (#/m³)	
	Latitude	Longitude		Surface	Bottom	Egg	Larva		Egg	Larva
2	54° 23.0′	166° 41.5′	15/0918	5.1	4.5	0	40	6.456	0.0	25.8
5	55° 22.1′	167° 42.0′	10/0617	4.0	3.4	10	170	5.672	56.7	96.4
14	55° 35.8′	167° 14.3′	10/0348	4.4	4.2	16	14	5.748	92.0	8.0
15	55° 51.2′	167° 42.1′	10/1310	3.4	3.4	28	101	5.495	153.9	55.5
16	55° 51.8′	166° 43.4′	10/0119	3.7	4.4	22	1	5.988	131.7	0.6
38	56° 43.5′	167° 30.0′	11/0346	3.6	4.5	78	0	5.552	43.3	0.0
39	56° 44.7′	168° 30.5′	11/0705	2.9	2.8	117	31	4.696	54.9	14.6
40	56° 44.7′	169° 29.5′	11/1051	2.6	2.4	76	24	5.238	39.8	12.6
41	56° 44.5′	170° 29.9′	12/0429	2.4	2.2	19	3	5.698	10.8	1.7
42	56° 45.6′	171° 30.8′	12/0840	3.3	4.0	15	67	6.051	9.1	40.5
43	57° 14.7′	172° 30.5′	12/1250	2.1	1.8	9	4	5.643	5.1	2.3
44	56° 44.5′	173° 32.2′	12/1731	4.0	4.0	4	34	6.598	2.6	22.4
45	56° 17.6′	172° 31.5′	12/2229	3.2	3.5	15	43	6.515	9.8	28.0
46	55° 44.4′	171° 31.3′	13/1102	4.1	4.3	2	34	6.295	1.3	21.4
47	55° 14.6′	170° 28.5′	13/1538	3.5	3.6	0	4	7.208	0.0	2.9
48	54° 45.6′	169° 28.5′	14/1651	4.2	3.6	0	39	6.675	0.0	26.0
49	54° 17.8′	168° 30.8′	14/2147	4.3	3.5	4	29	6.076	24.3	17.6
50	53° 50.4′	167° 28.8′	15/0328	5.8	4.0	3	5	7.654	23.0	3.8

Appendix I. Information on ichthyoplankton surveys conducted at the southeastern Bering Sea during 1976-1979 pollock spawning season. Stations in bold were used for the analysis of eggs. (1) April 26~May 12, 1976, (2) May 20~31, 1976, (3) April 16~22, 1977, (4) April 23~27, 1977, (5) May 03~09, 1977, (6) May 10~15, 1977, (7) March 11~16, 1978, (8) June 1~7, 1979, (9) June 16~July 2, 1979 (continued).

St.	Location		Day/Time*	Temperature (℃)		Numbers collected		SHF-A**	Density (#/m³)	
	Latitude	Longitude		Surface	Bottom	Egg	Larva		Egg	Larva
51	54° 15.4′	167° 29.2′	15/0609	5.0	4.9	3	12	6.849	20.5	8.2
53	55° 14.2′	168° 29.2′	14/1213	4.1	3.6	1	12	6.014	6.0	7.2
54	55° 44.8′	168° 29.5′	10/1013	4.2	3.6	2	24	5.870	11.7	14.1
55	55° 45.7′	169° 27.7′	13/2045	5.2	4.3	0	16	6.894	0.0	11.0
56	56° 14.3′	170° 29.6′	13/0621	-	-	159	79	5.661	90.0	44.7
57	56° 15.9′	169° 29.3′	14/0105	3.8	3.5	17	6	7.615	129.5	4.6
58	56° 15.0′	168° 29.9′	14/0641	3.9	3.2	4	35	6.365	25.5	22.3
59	56° 14.8′	167° 29.9′	10/1633	3.2	3.9	43	14	6.109	262.7	8.6
60	56° 15.1′	166° 31.4′	10/1633	3.4	3.9	31	0	6.320	195.9	0.0
64	54° 02.9′	167° 57.9′	15/0109	5.8	4.1	3	2	7.074	21.2	1.4
75	56° 13.6′	171° 29.2′	13/0241	3.5	3.8	22	55	6.565	14.4	36.1

Appendix I. Information on ichthyoplankton surveys conducted at the southeastern Bering Sea during 1976-1979 pollock spawning season. Stations in bold were used for the analysis of eggs. (1) April 26~May 12, 1976, (2) May 20~31, 1976, (3) April 16~22, 1977, (4) April 23~27, 1977, (5) May 03~09, 1977, (6) May 10~15, 1977, (7) March 11~16, 1978, (8) June 1~7, 1979, (9) June 16~July 2, 1979 (continued).

(7) March 11 ~ 16, 1978

St.	Location		Day/Time*	Numbers collected	SHF-A**	Density (#/m³)
	Latitude	Longitude		Egg		Egg
12	54° 10.3′	166° 27.2′	11/0822	0	6.377	0.0
13	54° 27.0′	165° 48.4′	11/1225	0	4.506	0.0
14	54° 45.7′	166° 34.7′	11/2302	0	6.064	0.0
15	54° 27.3′	167° 16.3′	12/0255	0	6.038	0.0
16	54° 00.0′	167° 14.6′	14/0026	205	4.252	87.2
17	54° 08.3′	167° 52.8′	14/0412	6	5.379	3.2
18	54° 32.0′	168° 29.2′	14/0946	11	5.980	6.6
19	54° 49.7′	167° 50.2′	14/1727	1858	5.158	958.4
20	55° 07.1′	168° 34.8′	14/2256	104	6.340	65.9
21	55° 25.0′	169° 25.3′	15/0336	6	5.450	3.3
22	55° 43.3′	168° 39.8′	15/0737	1	5.494	0.5
23	55° 24.7′	167° 50.2′	15/1121	3	4.876	1.5
24	55° 42.7′	167° 12.5′	15/1449	1	5.181	0.5
25	56° 01.0′	166° 31.2′	15/1826	0	6.075	0.0
26	55° 44.6′	165° 45.5′	15/2143	0	6.151	0.0
27	55° 25.4′	166° 26.0′	16/0053	0	6.176	0.0
28	55° 08.7′	167° 08.6′	16/0421	2	5.791	1.2
29	55° 06.4′	165° 50.1′	16/0906	3	5.817	1.7

Appendix I. Information on ichthyoplankton surveys conducted at the southeastern Bering Sea during 1976-1979 pollock spawning season. Stations in bold were used for the analysis of eggs. (1) April 26~May 12, 1976, (2) May 20~31, 1976, (3) April 16~22, 1977, (4) April 23~27, 1977, (5) May 03~09, 1977, (6) May 10~15, 1977, (7) March 11~16, 1978, (8) June 1~7, 1979, (9) June 16~July 2, 1979 (continued).

St.	Location		Day/Time*	Numbers collected	SHF-A**	Density (#/m²)
	Latitude	Longitude		Egg		Egg
30	55° 22.2′	165° 12.2′	16/1222	0	5.563	0.0
31	55° 05.3′	164° 27.7′	16/1555	0	4.757	0.0
32	54° 47.3′	165° 08.2′	16/1929	1	5.147	0.5

(8) June 1~ 7, 1979

St.	Location		Day*	Numbers collected	Density (#/m²)***
	Latitude	Longitude		Larva	Larva
7	55° 26.8′	167° 18.4′	June 1	3	21
8	55° 39.3′	167° 03.9′	June 1	14	88
9	55° 51.0′	166° 48.7′	June 2	3	21
11	57° 05.2′	165° 15.4′	June 6	21	111
12	56° 34.9′	165° 54.6′	June 6	31	211
14	54° 48.0′	169° 28.0′	June 7	1	7
17	53° 41.3′	172° 28.8′	June 7	1	7
18	53° 20.9′	173° 23.4′	June 7	6	43
19	53° 00.8′	174° 19.4′	June 8	7	56

Remarks : *** Larval densities at stations occupied in 1979 were traced from Walline (1983).

Appendix I. Information on ichthyoplankton surveys conducted at the southeastern Bering Sea during 1976-1979 pollock spawning season. Stations in bold were used for the analysis of eggs. (1) April 26~May 12, 1976, (2) May 20~31, 1976, (3) April 16~22, 1977, (4) April 23~27, 1977, (5) May 03~09, 1977, (6) May 10~15, 1977, (7) March 11~16, 1978, (8) June 1~7, 1979, (9) June 16~July 2, 1979 (continued).

(9) June 16 ~ July 2, 1979

St.	Location		Day*	Numbers collected	Density (#/m²)***
	Latitude	Longitude		Larva	Larva
21	52° 02.9′	175° 43.4′	June 16	1	7
22	52° 45.6′	174° 48.5′	June 16	2	11
24	53° 26.0′	172° 53.8′	June 16	2	13
26	54° 25.8′	169° 55.3′	June 17	1	7
32	55° 57.3′	166° 44.6′	June 19	9	84
33	56° 16.2′	166° 29.6′	June 19	2	9
40	56° 32.2′	166° 40.7′	June 21	4	27
41	56° 10.9′	168° 05.2′	June 22	1	7
44	56° 23.2′	168° 15.6′	June 23	1	7
57	56° 11.0′	170° 30.2′	June 26	3	20
63	56° 39.4′	171° 47.2′	June 28	1	8
66	54° 23.0′	174° 50.7′	June 30	2	14
71	52° 33.2′	176° 44.5′	July 01	1	7

Appendix II. The number of pollock eggs staged from the ichthyoplankton samples at the southeastern Bering Sea, 1976-1978.

(1) April 26 ~ May 12, 1976

St.	Total No. of eggs*	No. of eggs staged	Age groups	1						2		3				4			5			6					
			Stages	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22(1)	23(2)	24(3)
1	46	46							6	35	2	2															1
2	24	24							4	12	5	1	1														1
3	39	39							1	18	10	7			1					1	1						
4	68	68		4		6	6	9	13	18	1	3	3		1					1				1		2	
5	22	22		2					4	5		2	1			1			2		2	1		1		1	
6	126	126							3	17	17	21	5	3	13	3	3	4	3	3	20	3	4	3			1
7	134	134								7	13	17	9	8	29		8	5	5	6	18	6	2	1			
8	260	131		1	1	2	5	1	11	52	9	14	3	1	8	1	1	2		3	11	1	2	2			
9	268	200							7	34	19	16	6		28		6	12	7	23	28	7	3	4			
10	288	129			1	1	1		6	43	13	16	9	2	21		1	6	2	3	4						
11	106	106							2	34	12	16	12	8	19	1		1								1	
12	98	41		1						1		1			15	4	10	2	3	3	1						
13	42	42							3	5	5	11	3		6		2	1	1	2	2						1
14	41	41							3	6	7	3	3	2	5		5		1		4		2				
15	112	112							8	24	13	15	9	4	13	1		1		1	14	6			2		1
16	2,426	200							1	10	19	24	14	6	23	3	9	8	10	24	32	10	2	5			

Remarks : (1) is broken eggs, and cannot be staged.

(2) is from 2 stage to 6 stage, so that the number of age group 1 includes the total number from stages 1~6 and 23.

(3) is from 11 stage to 19 stage (germ stages).

* : Total number of eggs found in sample vials.

Appendix II. The number of pollock eggs staged from the ichthyoplankton samples at the southeastern Bering Sea, 1976-1978 (continued).

(2) May 20 ~ 31, 1976

St.	Total No. of eggs *	No.of eggs staged	Age groups	1						2		3				4			5			6					
			Stages	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22[1]	23[2]	24[3]
17	55	55			1					31	6	2	3			2		2	1	1	2			3			1
18	8	8				1					1	1			1	1		1		1		1					
19	767	200					1		7	20	10	10	5	4	26	2	2	6	12	37	41	6	5	6			
20	6	6								1		1	1	1	1						1						
21	98	2						1		1																	
35	0	0																									
36	403	100													1		7	1	1	2	17	10	9	52			
37	16	16								1		1	1	1	1		1			1	6			2			1
38	26	26							1	4	1										4		3	13			
39	218	100													1		2	2	3	3	12	2	8	67			

Appendix II. The number of pollock eggs staged from the ichthyoplankton samples at the southeastern Bering Sea, 1976-1978 (continued).

(3) April 16 ~ 22, 1977

St.	Total No. of eggs *	No.of eggs staged	Age groups	1						2		3				4			5			6			
			Stages	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22(1) 23(2) 24(3)
1	28	28		4					15	6		2								1					
2	8	8		2						3		1			1									1	
3	11	11		6					2	2						1									
4	1	1								1															
5	11	11		4				1		5															1
6	9	9		1		1		2	1	4															
7**	2	2							1		1														
8**	10	10							5		4				1										
9	131	100		49				5	26	4		1	2		1			1							11
10	12	12		1			1	4	4																2
11	58	58		15					8	17	8	6													4
12	0	0																							
13	2	2								2															
14	3	3							2		1														
15	14	14		5	2					5		2													
16	7	7							1	2	1	2			1										
17	9	9							5	4															

Remarks : ** For station 7 and 8, there was no egg in sample vial. However, according to Waldron and Vinter (1978), a total of 2 and 10 eggs were sampled from this station. Therefore, we re-produce the number of eggs at each age group based on the age group compositions from stations 1, 2, 3, 6, 9, 11, 12, and 13. The result of calculation indicated 1, 1, 0, 0, 0, 0 and 5, 4, 1, 0, 0, 0 at age groups 1~6, respectively.

Appendix II. The number of pollock eggs staged from the ichthyoplankton samples at the southeastern Bering Sea, 1976-1978 (continued).

St.	Total No. of eggs *	No.of eggs staged	Age groups	1						2		3				4			5			6					
			Stages	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22(1)	23(2)	24(3)
18	6	6						1	2	2	1																
19	137	100		21	2		1	1	42	13	8	3														8	1
20	3	3							3																		
21	2	2										1		1													
22**	246	246							164		59				14			6			2			1			
23	36	36		4	3	1	1		10	11	4	1		1													
24	24	24		1	1				4	10	2	2	2													2	
25	1741	100		7	1	6	5	4	14	28	10	5	1	1	4		2	3	1		1					7	
26	865	100		22	4	5	4	6	35	10												1			3	10	
50	19	19		1					4	1	2	3			1		1	2		3		1					
51	1	1																									1
52	23	23		2	1				3	2	1		4							2	1			7			
53	4	4							2	1				1													
54	2	2							2																		

Remarks : ** For station 22, there was no egg in sample vial. However, according to Waldron and Vinter (1978), a total of 246 eggs were sampled from this station. Therefore, we re-produce the number of eggs at each age group based on the age group compositions from stations 25 and 26. The result of calculation indicated 164, 59, 14, 6, 2, 1 at age groups 1~6, respectively.

Appendix II. The number of pollock eggs staged from the ichthyoplankton samples at the southeastern Bering Sea, 1976-1978 (continued).

(4) April 23~27, 1977

St.	Total No. of eggs *	No.of eggs staged	Age groups	1						2		3				4			5			6					
			Stages	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22(1)	23(2)	24(3)
1	571	100						1	4	3	1	14	5	5	4	2	8	3	4	14	14	5	4	8			1
2	11	11							2	1					1	1		2	1	2	1						
3	1	1								1																	
4	3	3		1						1													1				
5	6	6		1					1	3		1															
6	23	23		5					1	16	1																
7	24	24		14		1			6	2				1													
8	27	27		5					2	2	6	6			1		1		1	2			1				
9	821	100		6	2				5	33	6	6	1	6	3	2	5	2	6	8	6	1	2				
10	9	9		1	1				1	1	1	1		1		1				1							
11	58	58		8	5	4	4		5	7	9	7	5		1		1	1									1
12	0	0																									
13	1	1										1															
14	4	4								3			1														
15	30	30		3				1	5	12	4	2		1	1												1
16	14	14							1	6	4	1	1							1							
17	4	4					1		1	1		1															
18	0	0																									
19	372	100		2	4		3	1	16	51	5	12	1	1	1	2				1							

Appendix II. The number of pollock eggs staged from the ichthyoplankton samples at the southeastern Bering Sea, 1976-1978 (continued).

St.	Total No. of eggs *	No.of eggs staged	Age groups	1						2		3				4			5			6			
			Stages	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22(1) 23(2) 24(3)
20	0	0																							
21	121	100		21	7	21	20	17	8	1															5
22	1123	105		25	7	4		1	16	47	3	1			1										
23	25	25		8	3				2	5	4		1	1	1										
24	8	8		1					1	2	2	1													1
49	6	6							2			2							1	1					
58	50	50		1					9	15	1	9	3	2	6		1	1	1	1					
59	61	61		2		1	4	3	16	19	7	4	2		2										1
60	27	27			1	1	1	5	5	2		1	1	3		3				1					3
61	972	100		6					15	62	8	1	5	2	1										
64	1	1																					1		
65	5	5		2									2					1							
66	12	12		1	2		1			4	2	1						1							

Appendix II. The number of pollock eggs staged from the ichthyoplankton samples at the southeastern Bering Sea, 1976-1978 (continued).

(5) May 03~09, 1977

St.	Total No. of eggs *	No.of eggs staged	Age groups	1						2		3				4			5			6					
			Stages	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22(1)	23(2)	24(3)
1	57	57							5	4	9	9	1	2	1	4	6		1	1	6		2	3			3
2	4	4								1			1		1				1								
3	6	6		1						1		2								1					1		
4	4	4																	1						3		
6	10	10		2					3	3			1													1	
7	19	19		4				2	3	4		1			1					1	1					2	
8	23	23							3	3			1		2	1	3	2		2	3						3
10	55	55		1			2	1	3	5	8	7	6	4	2	2	1	1	1	4	1	3		2			1
11	23	23		4		2			5	3	6	2												1			
12	15	15		1		1			1		2		3	1		1		1	2	1				1			
13	5	5		2					1		1	1															
17	3	3			1					1						1											
18	4	4		1					1	1				1													
19	0	0																									
20	10	10							1	3	2								1	1		1		1			
21	0	0																									
22	879	100		12		1	1		12	44	15	4		2	6						1					2	
23	66	66		3	1			1	3	23	2	2	5	3	5	1		2	1	8	1	2				1	2
24	10	10		1					4	1	1	1	1			1											

Appendix II. The number of pollock eggs staged from the ichthyoplankton samples at the southeastern Bering Sea, 1976-1978 (continued).

St.	Total No. of eggs *	No.of eggs staged	Age groups	1						2		3				4			5			6					
			Stages	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22(1)	23(2)	24(3)
25	16	16				2	1	1	3	2		1	1		1	1				1		1	1				
26	62	62		7					19	15	6	3	1	2	5	1				2	1						
27	0	0																									
29	1	1							1																		
30	56	56		13	1				15	10	5	7			2					1	1				1		
49	10	10							3	1				1	1					1	1					2	
52	3	3									1		1					1									
61	193	100							17	20	20	10	4	2	8	3	4	4	1	2	2	1		1			1
62	142	100		1		1	1	1	33	23	12	4	10	4	2		1		1	2	2		2				
65	5	5							1	1	1						1	1									
66	10	10							4	1	1	1			1	1				1							
70	8	8							2			3	2					1									

Appendix II. The number of pollock eggs staged from the ichthyoplankton samples at the southeastern Bering Sea, 1976-1978 (continued).

(6) May 10~15, 1977

St.	Total No. of eggs *	No.of eggs staged	Age groups	1						2		3				4			5			6					
			Stages	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	$22^{(1)}$	$23^{(2)}$	$24^{(3)}$
2	0	0																									
5	10	10		2					2	3															2	1	
14	16	16		1	1		4		3	1	2	2	1			1											
15	28	28							4	2	1	2	2	3	5	3	2		2	1				1			
16	22	22		1	3				3	3	5		1	1		1					1		1				2
48	0	0																									
49	4	4		2					1											1							
50	3	3															2		1								
51	3	3							1										1	1							
53	1	1										1															
54	2	2							1												1						
55	0	0																									
57	17	17							2			1	1		2		4		1	3	1	1		1			
58	4	4								1			1		1									1			
59	43	43		2					11	9	3	3	2	1	2	1	2	1	1	2	3						
60	31	31							6	8	8	2	1	1		1			1	2	1						
64	3	3		1		1									1												

Appendix II. The number of pollock eggs staged from the ichthyoplankton samples at the southeastern Bering Sea, 1976-1978 (continued).

(7) March 11~16, 1978

St.	Total No. of eggs *	No.of eggs staged	Age groups	1						2		3				4			5			6					
			Stages	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22(1)	23(2)	24(3)
12	0	0																									
13	0	0																									
14	0	0																									
15	0	0																									
16	205	100		49	3	1	1	1	10	27		2			2		1	1		1						1	
17	6	6		3					1	2																	
18	11	11				1		1			1	3	1	1	2					1							
19	1858	100		3					2	4	1	4		10	25	4	7	1	9	5	9	1	1			14	
20	104	104		40						24		26				6			7			1					
21	6	6		3			1					1				1											
22	1	1								1																	
23	3	3							3																		
24	1	1																								1	
25	0	0																									
26	0	0																									
27	0	0																									
28	2	2								2																	
29	3	3								1																2	
30	0	0																									
31	0	0																									
32	1	1							1																		

Appendix Ⅲ. The number of pollock larvae in each size-class collected from the southeastern Bering Sea, 1976-1979. Measurement for 1976 and 1977 larvae was conducted in 2000 year, and larval lengths for 1979 larvae were cited from the original log sheet.

(1) April 26 ~ May 12, 1976

St.	No.of larvae sampled	No.of larvae measured	larval length(㎜)
1	48	30	4.0 4.4 4.4 4.5 4.7 4.7 4.7 4.8 4.8 4.9 5.0 5.0 5.0 5.1 5.2 5.2 5.2 5.3 5.3 5.3 5.3 5.4 5.5 5.5 5.6
			5.6 5.6 5.6 5.8 5.8
2	71	40	4.8 4.0 4.4 4.4 4.5 4.5 4.6 4.7 4.8 4.8 5.0 5.1 5.2 5.2 5.2 5.2 5.2 5.3 5.3 5.3 5.3 5.4 5.4 5.5 5.5
			5.5 5.6 5.7 5.7 5.7 5.7 5.8 5.8 5.9 6.0 6.0 6.1 6.2 6.5 6.8
3	160	no vial	
4	149	31	4.2 4.2 4.3 4.3 4.5 4.5 4.7 4.8 4.8 4.8 4.8 4.9 4.9 4.9 4.9 5.0 5.0 5.0 5.0 5.2 5.2 5.3 5.3 5.3 5.4
			5.5 5.5 5.5 5.8 6.0 6.7
5	30	21	4.5 5.0 5.5 5.6 5.7 5.7 5.7 5.7 5.8 5.9 6.0 6.1 6.2 6.3 6.5 6.5 6.5 6.6 7.0 7.0 7.0
6	18	11	4.9 5.0 5.1 5.1 5.2 5.4 5.6 5.8 5.8 5.9 6.0
7	10	9	4.5 4.9 5.0 5.0 5.4 5.4 5.5 5.9 6.0
8	4	4	4.3 4.4 4.5 5.0
10	165	50	4.5 5.0 5.1 5.1 5.1 5.1 5.4 5.4 5.4 5.5 5.5 5.7 5.7 5.7 5.7 5.7 5.8 5.8 5.9 5.9 5.9 6.0 6.0 6.0 6.0
			6.0 6.0 6.0 6.0 6.1 6.1 6.1 6.1 6.1 6.2 6.2 6.3 6.3 6.3 6.3 6.4 6.5 6.5 6.5 6.6 6.6 6.7 6.8 7.0 7.4
11	22	16	4.0 4.2 4.8 5.0 5.2 5.4 5.4 5.5 5.5 5.7 6.0 6.0 6.0 6.1 6.2 6.7
12	74	50	5.5 5.5 5.5 5.5 5.5 5.7 5.7 5.8 5.8 5.9 5.9 6.0 6.0 6.0 6.0 6.0 6.0 6.0 6.1 6.1 6.1 6.2 6.2 6.2 6.2
			6.2 6.2 6.2 6.3 6.3 6.5 6.5 6.5 6.5 6.6 6.6 6.7 6.7 6.8 6.8 6.9 6.9 6.9 7.0 7.0 7.0 7.2 7.4 7.5 8.1
13	126	50	5.2 5.5 5.6 5.7 5.8 5.8 5.9 5.9 6.0 6.0 6.0 6.0 6.0 6.0 6.0 6.0 6.1 6.1 6.1 6.1 6.1 6.2 6.2 6.2 6.2 6.2
			6.3 6.3 6.3 6.3 6.3 6.4 6.4 6.4 6.5 6.5 6.5 6.5 6.5 6.6 6.7 6.8 6.9 7.0 7.0 7.0 7.1 7.1 7.5 7.7 7.9
14	90	50	5.0 5.0 5.1 5.1 5.2 5.2 5.2 5.3 5.4 5.4 5.4 5.4 5.5 5.5 5.5 5.5 5.6 5.6 5.6 5.6 5.7 5.7 5.8 5.8 5.8
			5.8 5.9 6.0 6.0 6.0 6.1 6.1 6.2 6.2 6.2 6.2 6.4 6.4 6.4 6.4 6.7 6.8 7.0 7.0 7.0 7.1 7.1 7.5 7.7 8.0
15	20	7	5.0 5.3 5.6 6.0 6.0 6.2 6.5
16	6	0	

Appendix III. The number of pollock larvae in each size-class collected from the southeastern Bering Sea, 1976-1979. Measurement for 1976 and 1977 larvae was conducted in 2000 year, and larval lengths for 1979 larvae were cited from the original log sheet (continued).

(2) May 20~31, 1976

St.	No.of larvae sampled	No.of larvae measured	larval length(㎜)
17	9	5	7.1 7.3 8.4 8.7 8.8
36	108	11	3.5 4.8 5.0 5.2 7.5 7.7 7.8 8.5 8.5 9.5 10.0
37	3	2	8.8 11.5
38	78	no vial	
39	127	7	4.6 4.7 5.0 5.0 8.0 8.1 9.3
40	1	1	6.1
42	1	1	4.3
43	10	9	6.0 7.0 7.0 7.2 7.3 7.3 7.5 7.5 8.0
44	44	43	6.1 6.2 6.3 6.4 6.4 6.4 6.5 6.6 6.6 6.7 6.8 7.0 7.0 7.0 7.1 7.1 7.1 7.1 7.1 7.2 7.2 7.2 7.3 7.3 7.3
			7.4 7.4 7.4 7.4 7.4 7.5 7.5 7.5 7.6 7.8 7.8 8.0 8.0 8.0 8.2 8.7 8.7 8.7
45	2	1	6.0
46	1	1	4.9
48	41	3	3.0 4.0 5.7

Appendix Ⅲ. The number of pollock larvae in each size-class collected from the southeastern Bering Sea, 1976-1979. Measurement for 1976 and 1977 larvae was conducted in 2000 year, and larval lengths for 1979 larvae were cited from the original log sheet (continued).

(3) April 16~22, 1977

St.	No.of larvae sampled	No.of larvae measured	larval length(㎜)																										
1	159	38	2.7	4.3	4.5	4.7	4.8	4.8	4.8	5.0	5.0	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.1	5.2	5.2	5.2	5.2	5.3	5.3	5.3	5.3	5.3	5.4		
			5.4	5.4	5.4	5.5	5.5	5.7	5.8	5.8	5.8	5.8	5.9	5.9	6.1														
2	268	50	4.7	4.7	4.8	4.8	4.8	4.9	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.1	5.1	5.2	5.3	5.3	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.6	5.6	5.6		
			5.6	5.7	5.7	5.7	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.9	5.9	5.9	5.9	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.2	6.2	6.3	6.3	6.4	6.8	6.9		
3	120	50	3.7	4.8	4.9	5.0	5.0	5.0	5.1	5.1	5.1	5.1	5.2	5.2	5.3	5.3	5.3	5.3	5.4	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5		
			5.6	5.6	5.7	5.7	5.7	5.8	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	5.9	6.0	6.0	6.0	6.0	6.1	6.1	6.1	6.1	6.2	6.2	6.2	6.4	6.5		
4	60	12	4.4	4.5	4.5	4.6	4.6	4.7	4.9	5.0	5.3	5.3	5.3	5.4															
5	4	3	5.5	6.0	6.7																								
6	20	13	4.2	4.9	5.0	5.0	5.1	5.5	5.6	5.6	5.6	5.9	6.1	6.1	6.8														
7	349	no vial																											
8	36	12	5.2	5.2	5.5	5.5	5.6	5.7	5.8	5.8	6.0	6.0	6.2	6.2															
9	304	42	3.1	3.1	3.2	3.3	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	
			3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.8	3.9	4.0	4.0	4.0										
11	5	3	5.3	5.8	6.0																								
12	1	1	5.6																										
14	3	1	5.5																										
15	14	12	5.0	5.0	5.1	5.1	5.1	5.2	5.3	5.4	5.4	5.4	5.5	5.6															
50	831	50	4.0	5.2	5.2	5.3	5.3	5.3	5.3	5.4	5.5	5.6	5.6	5.7	5.7	5.7	5.8	5.8	5.8	5.8	5.9	5.9	5.9	5.9	6.0	6.0	6.1		
			6.1	6.1	6.1	6.1	6.2	6.2	6.2	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.4	6.4	6.4	6.4	6.4	6.5	6.5	6.5	6.5	6.7	6.8	7.7		
51	92	50	4.8	5.1	5.1	5.2	5.2	5.2	5.3	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.7	5.7		
			5.7	5.7	5.7	5.8	5.8	5.8	5.8	5.9	5.9	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.1	6.2	6.2	6.3	6.3	6.4	6.5	6.7	7.2	7.3		
52	745	50	5.3	5.5	5.5	5.5	5.6	5.6	5.6	5.6	5.6	5.7	5.7	5.8	5.9	5.9	5.9	5.9	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.1	6.1	6.1		
			6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.3	6.3	6.3	6.3	6.3	6.4	6.4	6.5	6.5	6.5	6.6	6.6	6.7	6.7		
53	587	50	5.4	5.5	5.6	5.6	5.7	5.7	5.8	5.8	5.8	5.9	5.9	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.1	6.1	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	
			6.3	6.3	6.3	6.3	6.4	6.4	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.5	6.6	6.6	6.6	6.7	6.7	6.8	6.8	6.9	7.0	7.1		
54	11	10	5.5	5.8	5.8	5.8	5.9	6.0	6.1	6.4	6.5	6.6																	

Appendix Ⅲ. The number of pollock larvae in each size-class collected from the southeastern Bering Sea, 1976-1979. Measurement for 1976 and 1977 larvae was conducted in 2000 year, and larval lengths for 1979 larvae were cited from the original log sheet (continued).

(4) April 23~27, 1977

St.	No.of larvae sampled	No.of larvae measured	larval length(mm)
1	185	50	5.5 5.7 5.9 5.9 5.9 6.0 6.0 6.0 6.0 6.0 6.0 6.0 6.0 6.0 6.1 6.1 6.2 6.2 6.3 6.3 6.3 6.4 6.4 6.4 6.4
			6.4 6.5 6.5 6.5 6.6 6.6 6.6 6.7 6.7 6.7 6.8 6.8 6.8 6.8 6.8 6.9 7.0 7.0 7.2 7.3 7.4 7.4 7.7 7.8 7.8
2	34	31	5.1 5.2 5.5 5.6 5.7 5.7 5.8 5.9 5.9 6.0 6.0 6.1 6.2 6.2 6.3 6.3 6.3 6.3 6.4 6.4 6.5 6.5 6.5 6.7 6.8
			6.8 7.0 7.0 7.0 7.0 8.1
3	37	36	4.7 5.4 5.8 5.8 5.8 5.9 6.0 6.0 6.1 6.1 6.2 6.2 6.2 6.3 6.3 6.4 6.4 6.5 6.5 6.5 6.6 6.6 6.7 6.7 6.7
			6.8 7.0 7.0 7.0 7.2 7.3 7.3 7.4 7.4 7.4 7.7
4	531	50	5.5 5.6 5.7 5.8 5.8 5.8 5.9 5.9 5.9 5.9 6.0 6.0 6.1 6.1 6.1 6.2 6.2 6.2 6.2 6.3 6.3 6.3 6.4 6.4 6.4
			6.5 6.5 6.5 6.5 6.5 6.5 6.5 6.6 6.6 6.6 6.7 6.7 6.7 6.7 6.7 6.7 6.8 6.8 6.9 6.9 7.0 7.0 7.0 7.1 7.1
5	14	14	5.4 5.5 5.5 5.6 5.7 5.8 6.0 6.0 6.1 6.1 6.4 6.4 6.5 6.7
6	33	32	2.7 3.0 4.1 4.1 4.3 4.5 4.6 4.7 4.7 4.7 4.7 4.7 4.9 4.9 4.9 4.9 5.0 5.0 5.0 5.0 5.0 5.0 5.1 5.1 5.1
			5.1 5.2 5.4 5.4 5.4 5.5 6.0
8	281	50	5.7 5.9 6.0 6.2 6.2 6.3 6.4 6.4 6.5 6.5 6.6 6.6 6.6 6.6 6.6 6.6 6.6 6.6 6.7 6.7 6.7 6.7 6.8 6.8 6.8
			6.8 6.9 6.9 7.0 7.0 7.0 7.0 7.0 7.0 7.1 7.1 7.1 7.2 7.2 7.2 7.2 7.3 7.4 7.6 7.7 7.7 7.7 7.9 8.0 8.5
9	391	50	3.3 3.8 5.3 5.7 5.7 5.7 5.8 5.8 5.9 5.9 5.9 6.0 6.0 6.0 6.0 6.0 6.1 6.1 6.2 6.2 6.2 6.3 6.3 6.3 6.3
			6.3 6.4 6.4 6.4 6.5 6.5 6.5 6.5 6.5 6.5 6.6 6.6 6.6 6.6 6.7 6.7 6.7 6.8 6.8 6.9 6.9 6.9 6.9 7.0 7.1
10	17	14	4.3 4.3 5.5 5.7 5.7 5.9 5.9 6.0 6.1 6.2 6.3 6.4 6.5 6.5
11	1	1	3.7
13	5	4	5.6 6.3 6.5 6.6

Appendix Ⅲ. The number of pollock larvae in each size-class collected from the southeastern Bering Sea, 1976-1979. Measurement for 1976 and 1977 larvae was conducted in 2000 year, and larval lengths for 1979 larvae were cited from the original log sheet (continued).

St.	No.of larvae sampled	No.of larvae measured	larval length(㎜)
14	7	7	5.5 6.1 6.3 6.3 6.4 6.6 6.8
15	5	4	5.5 5.6 6.0 6.6
17	2	2	7.4 7.5
39	6	5	4.5 5.0 5.0 5.1 5.1
49	33	30	4.7 5.5 5.5 5.7 5.7 5.7 5.8 5.8 5.9 5.9 6.2 6.3 6.3 6.4 6.4 6.4 6.5 6.5 6.5 6.6 6.6 6.7 6.7 6.8 6.8
			6.9 7.0 7.0 7.4 7.5
58	61	50	4.4 4.5 4.5 4.7 4.9 5.0 5.1 5.2 5.2 5.2 5.2 5.2 5.4 5.4 5.5 5.5 5.5 5.5 5.5 5.5 5.5 5.5 5.6 5.6 5.6
			5.6 5.6 5.6 5.7 5.7 5.7 5.8 5.8 5.9 5.9 5.9 5.9 5.9 6.0 6.0 6.0 6.0 6.0 6.0 6.0 6.2 6.3 6.3 6.4 6.5
59	9	9	6.0 6.0 6.1 6.1 6.1 6.3 6.3 6.4 7.0
60	1	0	
64	246	50	5.8 6.0 6.0 6.1 6.2 6.2 6.3 6.3 6.3 6.4 6.4 6.4 6.4 6.4 6.5 6.5 6.5 6.5 6.5 6.5 6.6 6.6 6.6 6.7 6.7
			6.7 6.8 6.8 6.8 6.8 6.9 6.9 6.9 6.9 6.9 7.0 7.0 7.0 7.1 7.2 7.2 7.3 7.3 7.3 7.4 7.4 7.5 7.5 7.6 7.7
65	97	50	4.9 4.9 5.2 5.4 5.5 5.5 5.5 5.5 5.5 5.5 5.5 5.6 5.6 5.7 5.7 5.7 5.7 5.7 5.7 5.7 5.8 5.8 5.8 5.8 5.8
			5.8 5.9 5.9 6.0 6.0 6.0 6.0 6.0 6.0 6.0 6.1 6.1 6.1 6.1 6.1 6.1 6.1 6.2 6.2 6.2 6.3 6.5 6.5 7.0 7.0
66	227	50	5.2 5.4 5.7 5.7 5.8 5.8 5.9 5.9 6.0 6.0 6.0 6.0 6.1 6.1 6.2 6.2 6.2 6.3 6.3 6.3 6.4 6.4 6.4 6.5 6.5
			6.5 6.5 6.5 6.6 6.6 6.6 6.7 6.7 6.8 6.8 6.9 6.9 7.0 7.0 7.0 7.0 7.0 7.1 7.2 7.3 7.5 7.5 7.6 7.7 7.9

Appendix III. The number of pollock larvae in each size-class collected from the southeastern Bering Sea, 1976-1979. Measurement for 1976 and 1977 larvae was conducted in 2000 year, and larval lengths for 1979 larvae were cited from the original log sheet (continued).

(5) May 03~09, 1977

St.	No.of larvae sampled	No.of larvae measured	larval length(㎜)																								
1	27	25	6.0	6.5	6.5	6.5	6.8	6.9	7.0	7.1	7.2	7.4	7.4	7.4	7.5	7.5	7.5	7.5	7.6	7.6	7.7	7.7	7.8	7.9	8.0	8.5	8.8
2	53	45	5.3	6.1	6.4	6.4	6.5	6.5	6.5	6.6	6.6	6.7	6.7	6.7	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.9	6.9	6.9	7.0	7.1	7.1
			7.1	7.2	7.2	7.2	7.2	7.3	7.3	7.3	7.4	7.4	7.5	7.5	7.5	7.7	7.7	8.0	8.0	8.1	8.3	9.0					
3	25	24	4.4	4.9	5.2	6.2	6.3	6.4	6.6	6.6	6.6	6.7	6.7	6.8	6.8	6.9	7.0	7.2	7.2	7.3	7.3	7.4	7.5	7.5	7.5	7.8	
4	202	50	6.7	7.0	7.0	7.0	7.0	7.2	7.3	7.3	7.3	7.4	7.4	7.4	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.6	7.6	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7
			7.7	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.8	7.9	7.9	7.9	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.1	8.3	8.4	8.5	8.6	8.7	8.9	9.6
6	88	50	5.8	6.0	6.1	6.2	6.5	6.5	6.7	6.9	7.0	7.0	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.1	7.2	7.2	7.3	7.3	7.3	7.4	7.5	7.5	7.5
			7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.6	7.7	7.7	7.8	7.8	7.8	7.8	8.0	8.0	8.0	8.1	8.3	8.4	8.4	8.5	9.0	9.1	9.2
7	47	40	5.9	6.2	6.2	6.3	6.4	6.4	6.6	6.7	6.9	7.0	7.0	7.0	7.1	7.1	7.1	7.1	7.2	7.2	7.3	7.4	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5
			7.6	7.6	7.6	7.6	7.7	7.8	7.8	7.8	7.9	8.0	8.0	8.1	8.2	8.3	8.5										
8	52	48	5.8	6.0	6.0	6.0	6.1	6.2	6.2	6.3	6.3	6.4	6.4	6.4	6.4	6.5	6.5	6.5	6.5	6.6	6.7	6.7	6.9	7.0	7.0	7.0	7.0
			7.2	7.2	7.2	7.3	7.3	7.4	7.4	7.4	7.5	7.5	7.6	7.7	7.8	7.8	7.9	7.9	8.0	8.0	8.1	8.2	8.2	8.4	8.6		
9	26	23	2.8	3.0	3.6	6.1	6.2	6.4	6.5	6.8	6.9	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.1	7.2	7.2	7.3	7.4	7.4	7.5	8.0	8.2		
10	69	no vial																									
11	43	41	4.7	5.0	5.1	6.2	6.3	6.3	6.4	6.5	6.6	6.7	6.7	6.7	6.8	6.8	6.8	6.8	6.9	6.9	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.0	7.2
			7.2	7.2	7.3	7.3	7.3	7.4	7.4	7.5	7.6	7.6	7.7	7.8	7.8	7.9	8.0	8.3									
12	116	50	6.5	6.6	6.7	6.9	7.0	7.0	7.1	7.3	7.3	7.4	7.4	7.4	7.4	7.4	7.5	7.5	7.5	7.5	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.7
			7.7	7.7	7.8	7.8	7.9	7.9	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.1	8.1	8.3	8.3	8.3	8.4	8.5	8.5	8.5	8.5	8.6	8.6	10.1

Appendix III. The number of pollock larvae in each size-class collected from the southeastern Bering Sea, 1976-1979. Measurement for 1976 and 1977 larvae was conducted in 2000 year, and larval lengths for 1979 larvae were cited from the original log sheet (continued).

St.	No.of larvae sampled	No.of larvae measured	larval length(㎜)
13	4	3	6.2 6.7 7.0
17	2	2	7.5 8.8
18	2	1	7.0
19	81	50	4.7 6.3 6.6 6.6 7.0 7.0 7.0 7.1 7.1 7.1 7.2 7.2 7.3 7.3 7.3 7.3 7.3 7.4 7.4 7.4 7.4 7.4 7.5 7.5 7.5
			7.5 7.6 7.6 7.6 7.7 7.7 7.8 7.8 7.8 7.8 7.9 7.9 7.9 8.0 8.0 8.1 8.1 8.1 8.2 8.5 8.6 8.7 8.7 8.7 9.7
20	5	5	3.8 4.1 4.5 6.1 7.8
22	68	50	6.2 6.6 6.6 6.7 6.7 6.7 6.9 6.9 7.0 7.0 7.0 7.0 7.0 7.0 7.1 7.1 7.1 7.1 7.2 7.2 7.3 7.4 7.4 7.4 7.5
			7.5 7.5 7.5 7.5 7.5 7.5 7.6 7.6 7.6 7.7 7.8 7.8 7.9 8.0 8.0 8.0 8.0 8.1 8.2 8.3 8.3 8.5 8.7 8.7 8.9
23	74	50	6.3 6.8 6.8 6.8 6.9 6.9 7.0 7.0 7.1 7.2 7.2 7.2 7.3 7.3 7.3 7.4 7.5 7.6 7.6 7.6 7.6 7.6 7.6 7.7 7.7
			7.7 7.9 7.9 7.9 7.9 7.9 8.0 8.0 8.0 8.1 8.1 8.1 8.2 8.2 8.3 8.3 8.3 8.4 8.4 8.5 8.5 8.5 8.5 8.5 8.6
24	2	2	6.9 8.8
49	128	50	5.9 6.4 6.5 6.6 6.6 6.7 6.8 6.8 6.8 6.9 7.0 7.0 7.0 7.0 7.1 7.1 7.1 7.2 7.3 7.3 7.3 7.3 7.4 7.4 7.5
			7.5 7.5 7.5 7.5 7.5 7.6 7.6 7.6 7.6 7.7 7.7 7.7 7.8 7.8 7.8 7.8 7.9 7.9 8.0 8.0 8.0 8.0 8.0 8.1 8.3
52	13	11	5.6 6.3 6.4 6.8 7.0 7.0 7.0 7.3 7.3 7.6 7.7
65	63	50	6.0 6.1 6.1 6.2 6.3 6.5 6.5 6.6 6.6 6.7 6.9 6.9 6.9 7.0 7.0 7.0 7.1 7.1 7.1 7.1 7.2 7.2 7.2 7.2 7.3
			7.4 7.4 7.4 7.4 7.4 7.5 7.5 7.5 7.5 7.5 7.6 7.6 7.6 7.7 7.9 7.9 7.9 8.0 8.0 8.1 8.1 8.3 8.3 8.3 8.5
66	166	50	6.7 6.7 6.8 6.9 7.0 7.0 7.0 7.0 7.1 7.1 7.1 7.1 7.1 7.1 7.1 7.2 7.2 7.2 7.2 7.3 7.3 7.3 7.3 7.4 7.4
			7.4 7.4 7.5 7.5 7.5 7.5 7.5 7.6 7.6 7.6 7.6 7.7 7.7 7.7 7.8 7.9 7.9 7.9 8.0 8.0 8.0 8.0 8.0 8.0 8.3
70	21	16	6.0 6.3 6.4 6.4 6.5 6.5 6.7 7.0 7.0 7.0 7.1 7.1 7.2 7.2 7.3 8.5

Appendix III. The number of pollock larvae in each size-class collected from the southeastern Bering Sea, 1976-1979. Measurement for 1976 and 1977 larvae was conducted in 2000 year, and larval lengths for 1979 larvae were cited from the original log sheet (continued).

(6) May 10~15, 1977

St.	No.of larvae sampled	No.of larvae measured	larval length(㎜)
2	40	0	
5	170	50	6.6 7.8 7.8 7.9 7.9 8.0 8.1 8.1 8.1 8.2 8.2 8.2 8.2 8.2 8.3 8.3 8.3 8.4 8.5 8.5 8.5 8.5 8.6 8.6 8.6
			8.6 8.7 8.7 8.7 8.8 8.8 8.8 8.9 8.9 9.0 9.0 9.0 9.0 9.0 9.2 9.2 9.2 9.3 9.3 9.4 9.5 9.7 10.0 10.2 10.3
14	14	13	6.7 7.4 7.5 7.5 7.6 7.7 7.9 8.0 8.0 8.2 8.3 8.5 8.6
15	101	50	6.2 6.3 7.0 7.1 7.3 7.5 7.7 7.7 7.7 7.7 7.7 7.8 7.8 7.8 7.9 8.0 8.0 8.1 8.1 8.1 8.1 8.2 8.3 8.3 8.3
			8.3 8.4 8.4 8.5 8.5 8.5 8.5 8.6 8.6 8.7 8.7 8.7 8.7 8.7 8.9 9.0 9.0 9.0 9.0 9.1 9.2 9.3 9.4 9.5 9.6
16	1	1	6.8
39	31	29	6.7 6.8 6.8 6.9 7.0 7.1 7.1 7.2 7.2 7.2 7.3 7.3 7.3 7.4 7.4 7.5 7.5 7.5 7.6 7.6 7.6 7.7 7.7 7.7 7.8
			8.0 8.2 8.3 8.5
40	24	18	5.3 5.6 6.2 6.4 6.5 6.5 6.6 6.7 6.9 7.0 7.0 7.0 7.2 7.2 7.5 7.5 7.6 8.1
41	3	3	6.4 7.8 8.9
42	67	50	6.4 6.5 6.6 6.7 6.7 6.8 6.9 6.9 6.9 7.0 7.0 7.0 7.1 7.1 7.2 7.2 7.3 7.3 7.3 7.4 7.4 7.5 7.5 7.5 7.5
			7.6 7.6 7.6 7.6 7.6 7.6 7.6 7.7 7.7 7.7 7.7 7.7 7.8 7.8 7.9 7.9 7.9 8.0 8.1 8.1 8.2 8.6 8.9 9.0 9.0
43	4	3	5.9 6.2 6.5
44	34	29	6.2 6.2 6.3 6.3 6.3 6.3 6.7 6.7 6.7 6.7 6.8 7.0 7.0 7.1 7.1 7.1 7.2 7.3 7.5 7.7 7.9 8.2 8.2 8.3 8.4
			8.5 8.6 9.1 10.2
45	43	37	5.7 5.7 6.0 6.5 6.5 6.6 6.6 7.1 7.3 7.3 7.4 7.5 7.6 7.6 7.7 7.8 7.8 8.0 8.0 8.0 8.0 8.2 8.2 8.3 8.3
			8.3 8.4 8.5 8.5 8.8 8.8 8.8 9.0 9.4 9.5 9.5 10.2

Appendix Ⅲ. The number of pollock larvae in each size-class collected from the southeastern Bering Sea, 1976-1979. Measurement for 1976 and 1977 larvae was conducted in 2000 year, and larval lengths for 1979 larvae were cited from the original log sheet (continued).

St.	No.of larvae sampled	No.of larvae measured	larval length(㎜)
46	34	16	6.1 6.4 6.6 6.7 6.7 7.0 7.1 7.1 7.1 7.2 7.2 7.4 7.5 7.6 7.8 8.0
47	4	4	6.7 7.1 7.6 8.4
48	39	31	6.8 6.8 7.1 7.1 7.5 7.6 7.8 7.8 8.0 8.0 8.0 8.1 8.1 8.1 8.2 8.2 8.2 8.3 8.4 8.4 8.5 8.5 8.6 8.6 8.7
			9.1 9.1 9.3 9.7 10.1 11.0
49	29	26	8.0 8.1 8.4 8.4 8.5 8.6 8.6 8.9 8.9 9.0 9.1 9.1 9.4 9.4 9.5 9.5 9.6 9.6 9.7 9.9 10.0 10.0 10.1 10.4 10.6
			10.9
50	5	3	8.4 9.6 10.3
51	12	10	5.3 8.0 8.3 8.4 8.5 8.6 9.0 9.4 9.6 10.3
53	12	12	6.7 7.3 7.5 7.7 7.7 7.8 8.0 8.0 8.3 8.8 8.9 9.0
54	24	13	6.6 6.8 7.0 7.3 7.5 7.7 7.7 7.7 7.8 7.9 8.2 8.5 8.6
55	16	12	7.9 8.0 8.1 8.2 8.2 8.4 8.5 8.5 8.5 8.6 8.7 9.0
56	79	16	4.5 5.5 5.6 5.7 6.4 6.4 6.4 6.5 6.7 6.8 7.0 7.1 7.3 7.5 7.9 8.0
57	6	4	7.1 7.5 8.1 8.7
58	35	35	5.5 7.0 7.2 7.3 7.9 8.0 8.0 8.1 8.1 8.2 8.3 8.3 8.4 8.4 8.4 8.4 8.4 8.5 8.6 8.6 8.6 8.6 8.7 8.7 8.8
			8.8 9.0 9.0 9.0 9.1 9.1 9.2 9.6 10.0 10.0
59	14	14	6.6 7.0 7.0 7.1 7.3 7.4 7.4 7.6 7.6 7.8 8.0 8.0 8.0 8.5
64	2	2	6.2 7.1
75	55	50	6.0 6.0 6.0 6.0 6.1 6.1 6.2 6.2 6.2 6.5 6.6 6.6 6.7 6.7 6.9 6.9 6.9 7.0 7.0 7.0 7.0 7.2 7.2 7.3 7.3
			7.3 7.3 7.4 7.4 7.6 7.8 7.9 7.9 7.9 7.9 8.0 8.1 8.1 8.3 8.3 8.3 8.4 8.4 8.5 8.5 8.7 9.0 9.0 9.5 9.5

Appendix III. The number of pollock larvae in each size-class collected from the southeastern Bering Sea, 1976-1979. Measurement for 1976 and 1977 larvae was conducted in 2000 year, and larval lengths for 1979 larvae were cited from the original log sheet (continued).

(7) June 1~7, 1979

St.	No.of larvae sampled	No.of larvae measured	larval length(mm)
7	3	3	16.7 18.3 20.0
8	14	12	13.3 15.4 15.5 15.7 16.4 16.9 17.2 17.4 18.3 18.4 19.0 19.9
9	3	3	17.2 18.3 21.4
11	21	18	4.8 6.0 6.2 7.1 7.3 7.3 7.9 7.9 8.0 8.5 8.7 8.8 9.0 9.3 9.6 10.0 10.2 11.2
12	31	31	12.9 14.7 17.7 18.0 19.1 19.4 19.6 19.6 19.9 19.9 19.9 20.0 20.0 20.0 20.4 20.6 20.6 20.8 20.9 21.0 21.2 21.6 21.6 21.7 21.8 22.0 22.0 22.0 22.8 23.2 23.4
14	1	1	14.9
17	1	1	17.1
18	6	6	13.7 14.4 15.9 16.0 16.4 18.1
19	7	7	14.9 15.2 15.4 15.6 16.5 17.2 17.5

Appendix III. The number of pollock larvae in each size-class collected from the southeastern Bering Sea, 1976-1979. Measurement for 1976 and 1977 larvae was conducted in 2000 year, and larval lengths for 1979 larvae were cited from the original log sheet (continued).

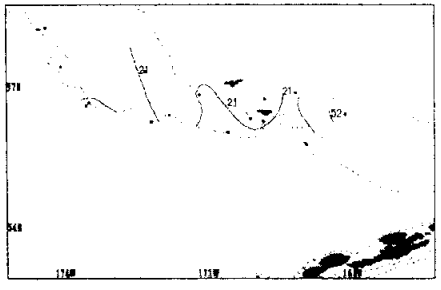
(8) June 16-July 2, 1979

St.	No.of larvae sampled	No.of larvae measured	larval length(㎜)
21	1	1	13.6
22	2	2	14.6 17.3
24	2	2	14.6 18.6
26	1	1	21.7
32	9	9	17.5 18.7 22.2 22.6 25.9 26.4 27.9 28.8 29.8
33	2	2	6.0 24.5
40	4	4	7.8 23.2 23.4 30.8
41	1	1	20.9
44	1	1	30.4
57	3	3	25.6 26.4 28.4
63	1	1	23.9
66	2	2	27.7 28.5
71	1	1	20.2

Appendix IV. Distribution and density (no./m²) of pollock eggs collected at southeastern Bering Sea, 1976-1978.

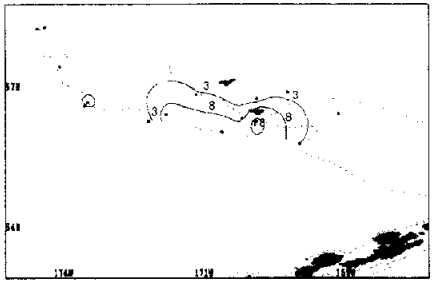
(1) April 26 ~ May 12, 1976

Age group 1

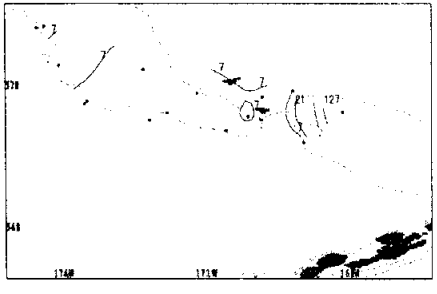


Age group 2

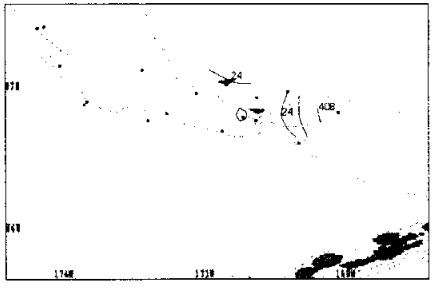
Age group 3



Age group 4



Age group 5

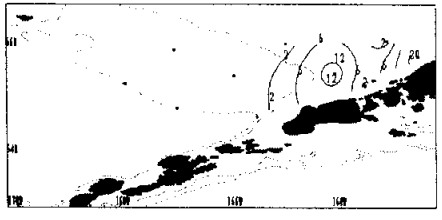


Age group 6

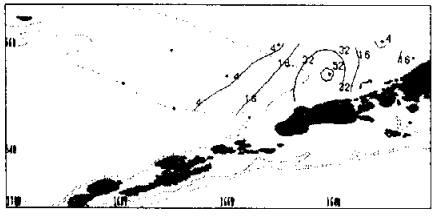
Appendix IV. Distribution and density (no./m²) of pollock eggs collected at southeastern Bering Sea, 1976-1978 (continued).

(2) May 20 ~ 31, 1976

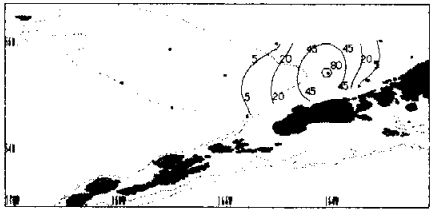
Age group 1



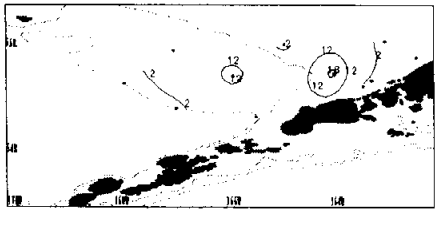
Age group 2



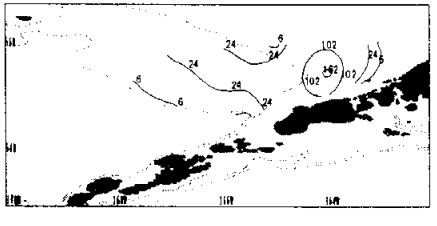
Age group 3



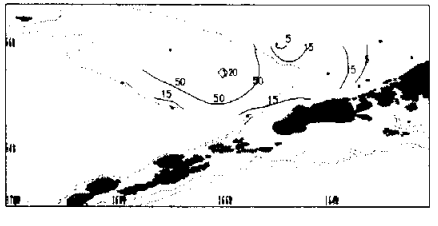
Age group 4



Age group 5



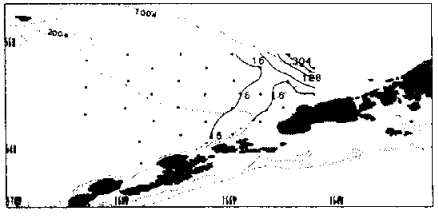
Age group 6



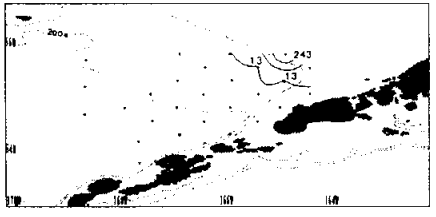
Appendix Ⅳ. Distribution and density (no./m²) of pollock eggs collected at southeastern Bering Sea, 1976-1978 (continued).

(3) April 16 ~ 22, 1977

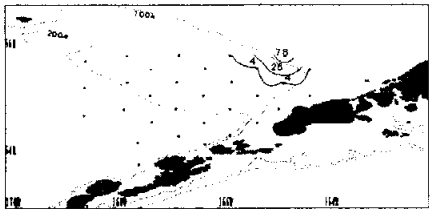
Age group 1



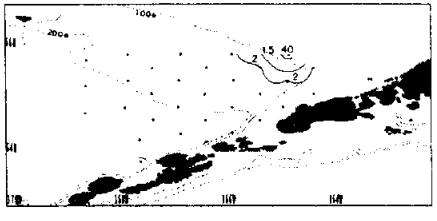
Age group 2



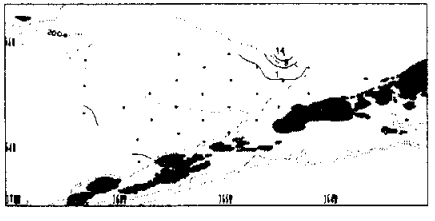
Age group 3



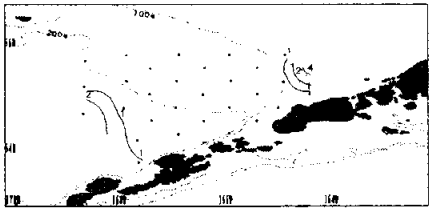
Age group 4



Age group 5



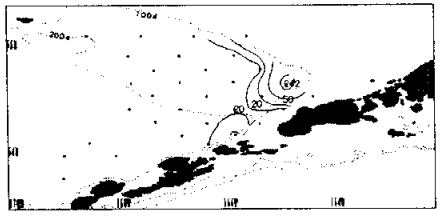
Age group 6



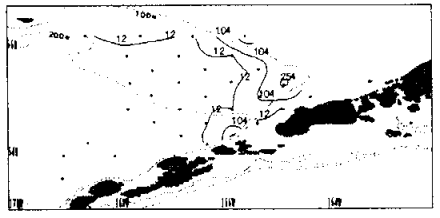
Appendix Ⅳ. Distribution and density (no./m²) of pollock eggs collected at southeastern Bering Sea, 1976-1978 (continued).

(4) April 23 ~ 27, 1977

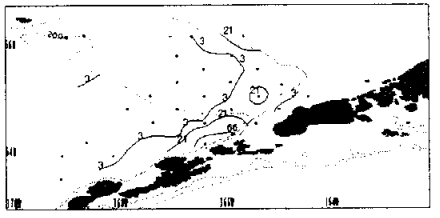
Age group 1



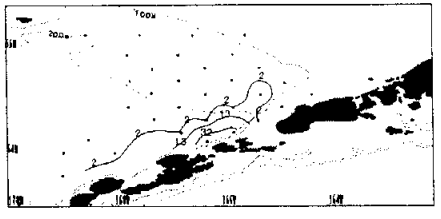
Age group 2



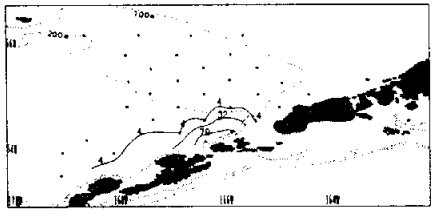
Age group 3



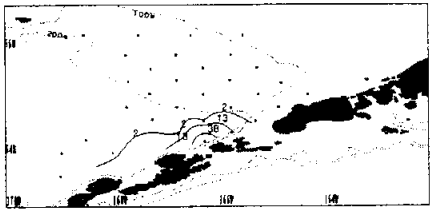
Age group 4



Age group 5



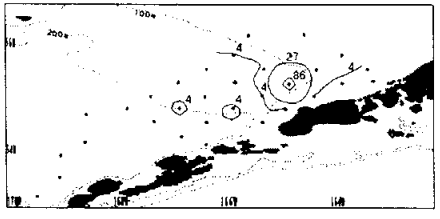
Age group 6



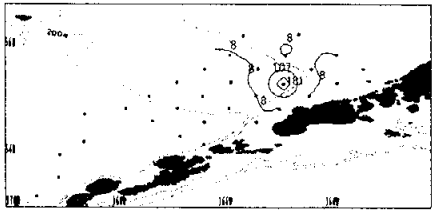
Appendix Ⅳ. Distribution and density (no./m²) of pollock eggs collected at southeastern Bering Sea, 1976-1978 (continued).

(5) May 03 ~ 09, 1977

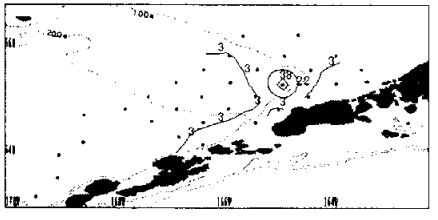
Age group 1



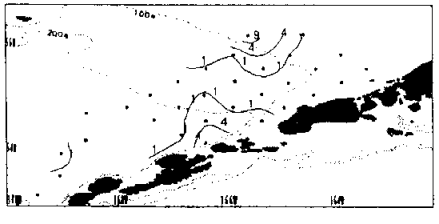
Age group 2



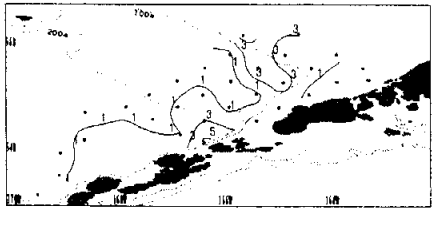
Age group 3



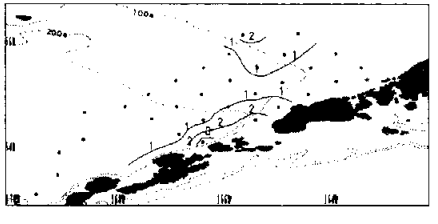
Age group 4



Age group 5



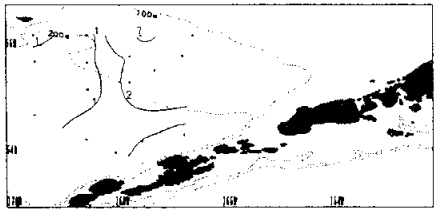
Age group 6



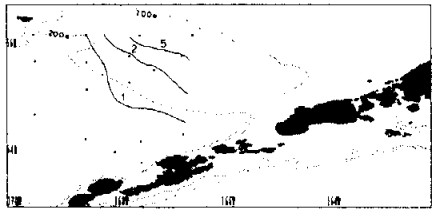
Appendix Ⅳ. Distribution and density (no./m') of pollock eggs collected at southeastern Bering Sea, 1976-1978 (continued).

(6) May 10 ~ 15, 1977

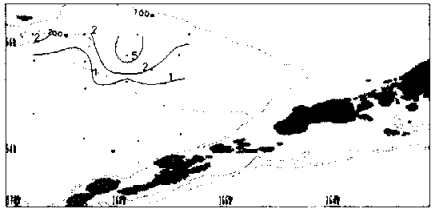
Age group 1



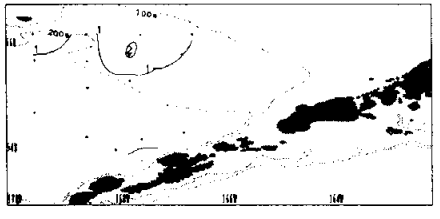
Age group 2



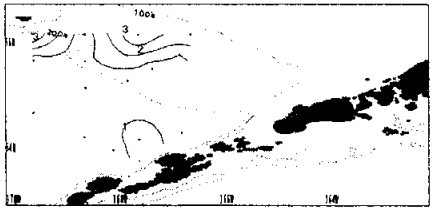
Age group 3



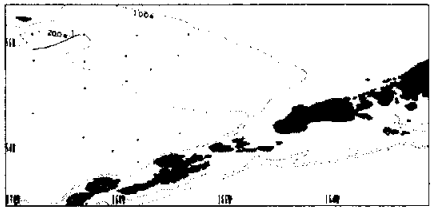
Age group 4



Age group 5



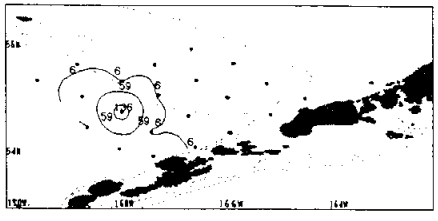
Age group 6



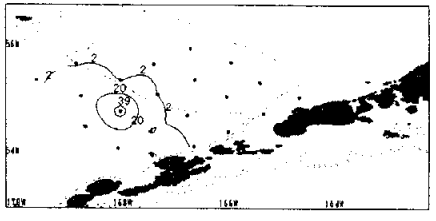
Appendix Ⅳ. Distribution and density (no./m²) of pollock eggs collected at southeastern Bering Sea, 1976-1978 (continued).

(7) March 11 ~ 16, 1978

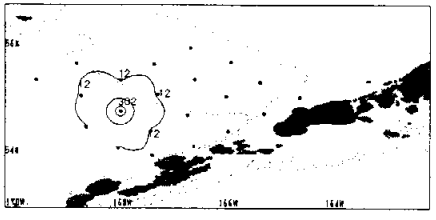
Age group 1



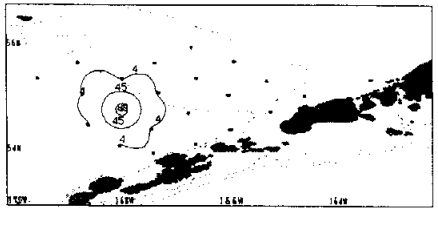
Age group 2



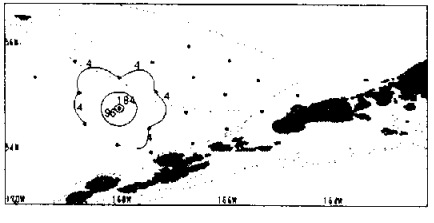
Age group 3



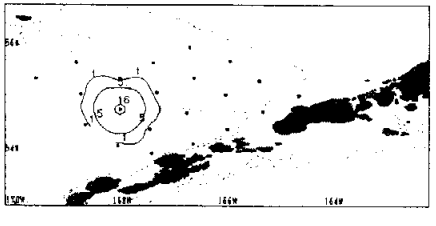
Age group 4



Age group 5



Age group 6

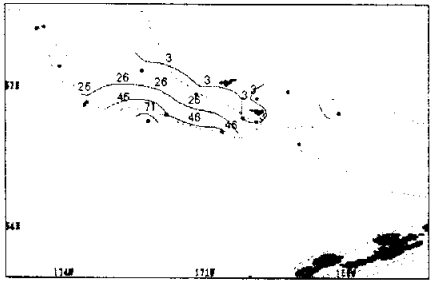


Appendix V. Distribution and density (no./㎡) of larvae of pollock collected at the southeastern Bering Sea, 1976-1979.

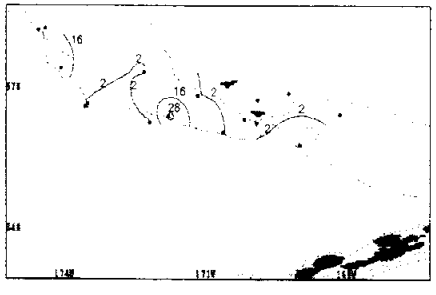
(1) April 26 ~ May 12, 1976

< 5.0 ㎜

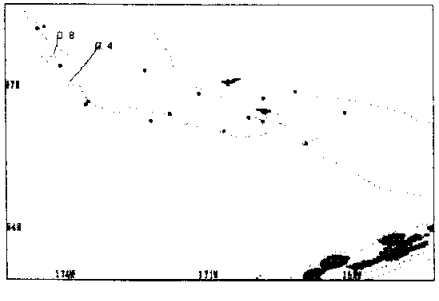
5.0 ~ 6.9 ㎜



7.0 ~ 8.9 ㎜



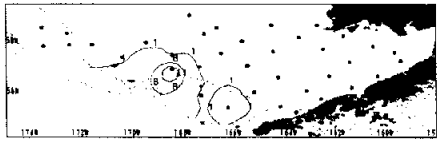
9.0 ~ 12.9 ㎜



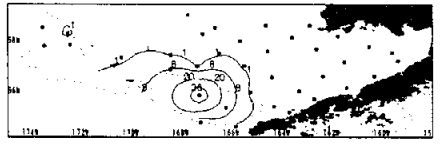
Appendix V. Distribution and density (no./m²) of larvae of pollock collected at the southeastern Bering Sea, 1976-1979 (Continued).

(2) May 20 ~ 31, 1976

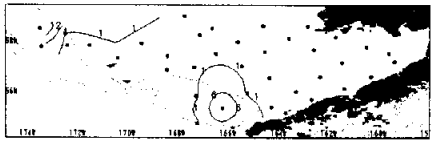
< 5.0 mm



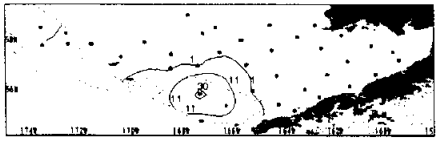
5.0 ~ 6.9 mm



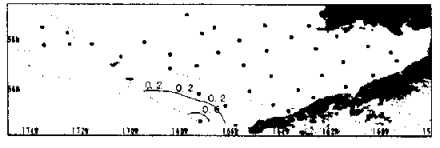
7.0 ~ 8.9 mm



9.0 ~ 12.9 mm



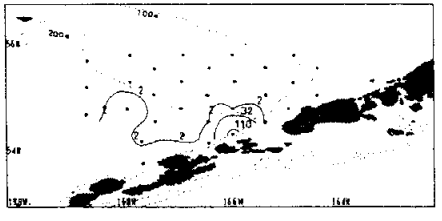
13.0 ~ 16.9 mm



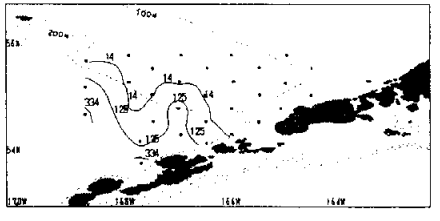
Appendix V. Distribution and density (no./m') of larvae of pollock collected at the southeastern Bering Sea, 1976-1979 (Continued).

(3) April 16 ~ 22, 1977

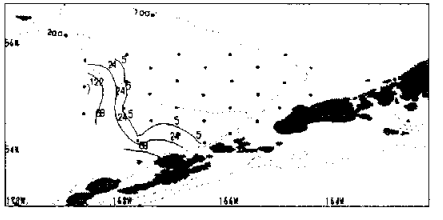
< 5.0 mm



5.0 ~ 6.9 mm



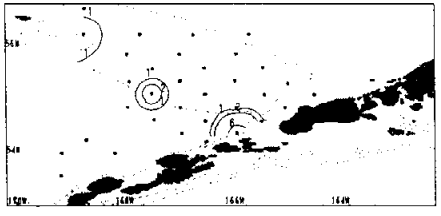
7.0 ~ 8.9 mm



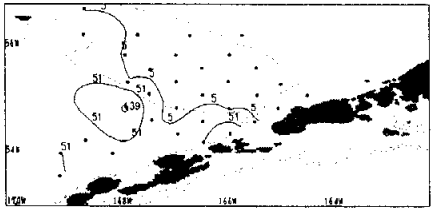
Appendix V. Distribution and density (no./m³) of larvae of pollock collected at the southeastern Bering Sea, 1976-1979 (Continued).

(4) April 23 ~ 27, 1977

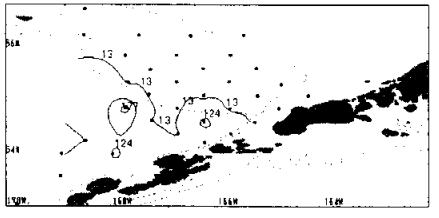
< 5.0 ㎜



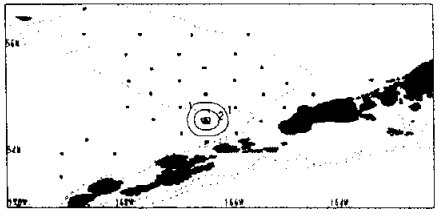
5.0 ~ 6.9 ㎜



7.0 ~ 8.9 ㎜



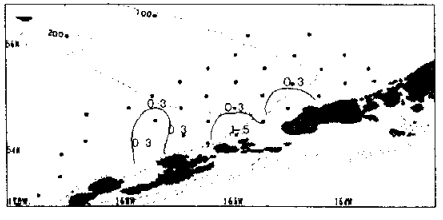
9.0 ~ 12.9 ㎜



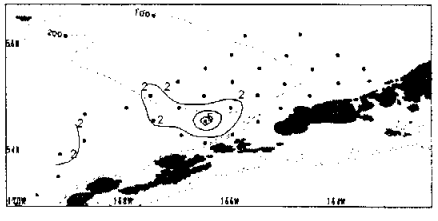
Appendix V. Distribution and density (no./m') of larvae of pollock collected at the southeastern Bering Sea, 1976-1979 (Continued).

(5) May 03 ~ 09, 1977

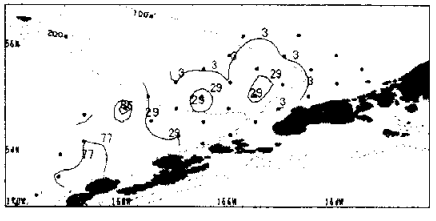
< 5.0 mm



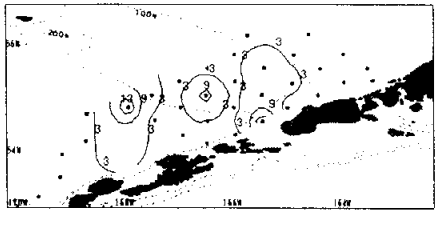
5.0 ~ 6.9 mm



7.0 ~ 8.9 mm



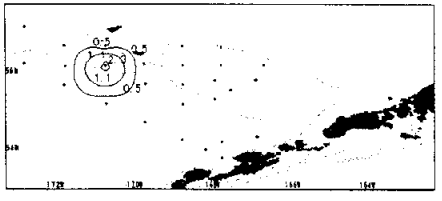
9.0 ~ 12.9 mm



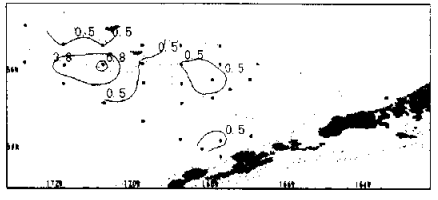
Appendix V. Distribution and density (no./m²) of larvae of pollock collected at the southeastern Bering Sea, 1976-1979 (Continued).

(6) May 10 ~ 15, 1977

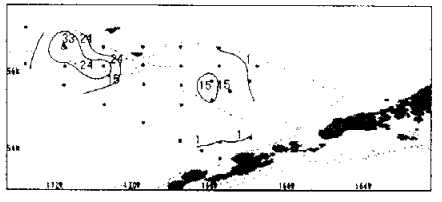
< 5.0 ㎜



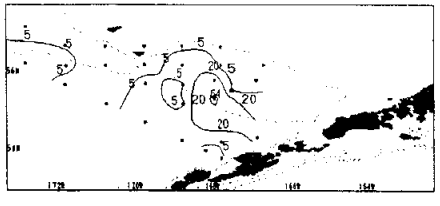
5.0 ~ 6.9 ㎜



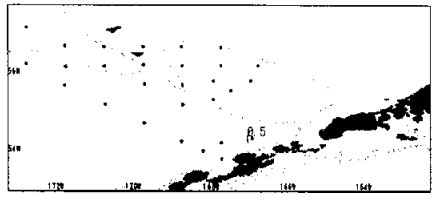
7.0 ~ 8.9 ㎜



9.0 ~ 12.9 ㎜



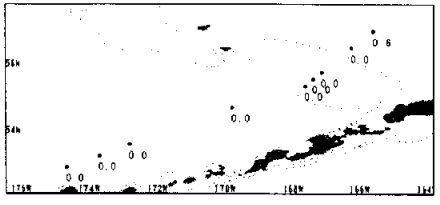
13.0 ~ 16.9 ㎜



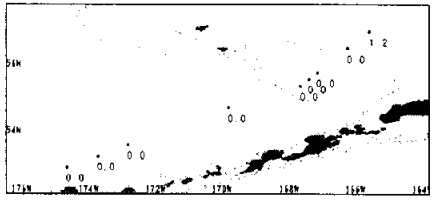
Appendix V. Distribution and density (no./m²) of larvae of pollock collected at the southeastern Bering Sea, 1976-1979 (Continued).

(7) June 1 ~ 7, 1979

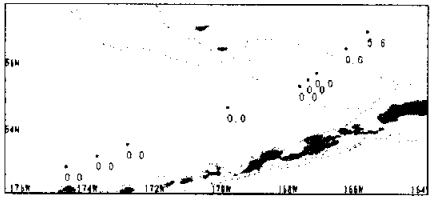
< 5.0 mm



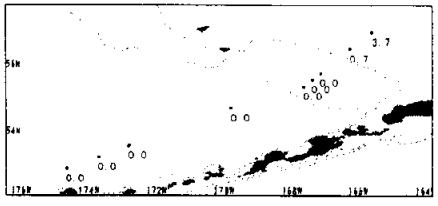
5.0 ~ 6.9 mm



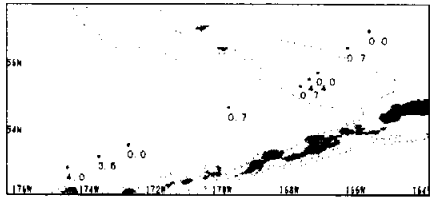
7.0 ~ 8.9 mm



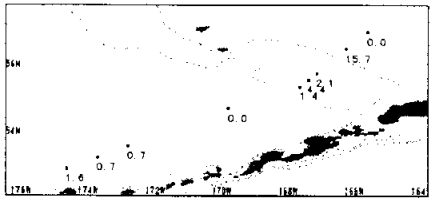
9.0 ~ 12.9 mm



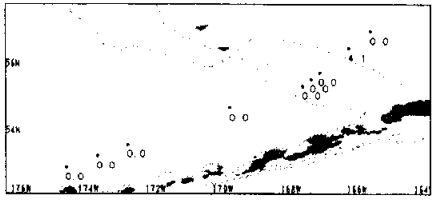
13.0 ~ 16.9 mm



17.0 ~ 21.9 mm



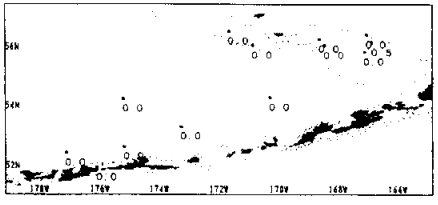
22.0 ~ 26.9 mm



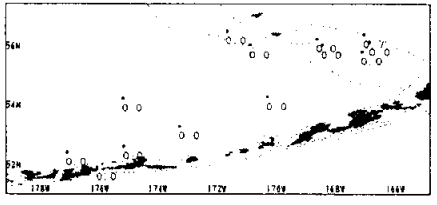
Appendix V. Distribution and density (no./m³) of larvae of pollock collected at the southeastern Bering Sea, 1976-1979 (Continued).

(8) June 16 ~ July 2, 1979

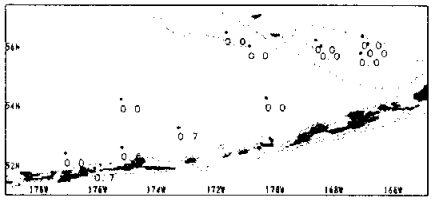
5.0 ~ 6.9 mm



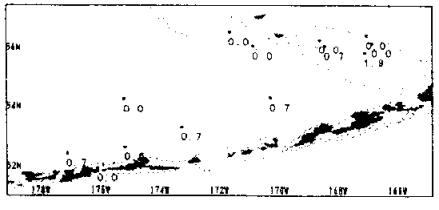
7.0 ~ 8.9 mm



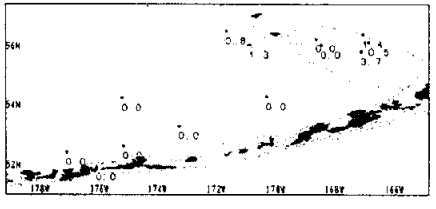
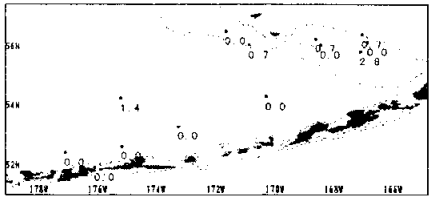
13.0 ~ 16.9 mm



17.0 ~ 21.9 mm



22.0 ~ 26.9 mm



> 27.0 mm