

대한해협 멸치 치자어의 수직분포

이은경 · 유재명 · 김 성 · 이영철*

한국해양연구소 생물연구부 · 인하대학교 해양학과*

대한해협은 한국연안수, 동해저층냉수, 대마난류수의 영향을 받는 해역으로 매우 다양한 치자어가 출현하였으며 이 중 멸치 치자어는 거의 대부분 대마난류수가 영향을 미치는 해역에 출현하였다. 멸치는 전 계절에 걸쳐 출현하였으며, 여름철에 가장 출현량이 많았다. 수층별로는 봄, 여름철에는 표층보다는 중층(30~70m)에 많이 분포하고 100m 이상의 저층에는 출현량이 적었다. 가을철에는 표층에 가장 많고 수심이 깊어질수록 출현량이 줄어드는 양상을 보였다. 겨울철에는 표층과 저층보다는 중층(30~50m)에 많은 양이 분포하였다. 주·야에 따른 수층별 분포는 주간에는 30~70m 사이의 중층에, 야간에는 표층에 많이 분포하였다. 수층별 분포량은 계절, 주·야에 따라 차이가 있으나, 100m 이내의 수층에 주로 분포하며 여름과 가을철에는 수온약층의 윗 수층에 대부분 분포하였다.

서 론

멸치는 우리 나라 전 연안에 분포하며, 치어단계에서부터 상업적으로 이용되는 매우 중요한 어류 자원이다. 어획량은 남해에서 가장 많으며 겨울철을 제외하고 연중 상업적 어획이 이루어지고 있다. 그리고 대마난류 수역에서는 겨울철을 포함하여 연중 산란하는 것으로 밝혀졌으며(유 등, 1989), 대마난류를 따라 동해로 북상하는 것으로 알려져 있다(Kim, 1984). 따라서 동해로 북상하는 통로인 대한해협은 이러한 멸치의 산란, 성장 및 회유로서 매우 중요한 해역이다.

일본에서는 이러한 중요성을 감안하여 일찍부터 대한해협에서의 치자어에 대한 연구가 이루어져 왔으며(加藤, 1955; 川村, 1955; 宇田, 1958; 三井, 1967, 1974; 南日·藤木, 1967; 沖山, 1974; 小川, 1983), 또한 쿠로시오 및 대마난류 조사의 일환으로 치자어 연구(Shimomura and Fukataki, 1957; Uchida and Dotsu, 1958; Imai, 1958; 桑原·鈴木, 1984)가 계속되었고 최근까지 많은 연구(Kitagawa *et al.*, 1995)가 수행되었다.

우리 나라에서는 최근에 와서 대마난류의 영향

을 크게 받고 있는 남해를 대상으로 수괴에 따른 치자어의 분포특성(유, 1991)에 대한 연구가 수행되었고 멸치 치자어의 수직분포에 관한 연구로는 김 등(1988), 유 등(1989)이 있으나 대부분 한 계절에 국한되었거나 연안에서 부분적으로 조사된 정도이다. 따라서 본 연구는 대마난류가 동해로 북상하는 길목인 대한해협에서 멸치 치자어의 계절에 따른 수직 분포를 중심으로 연구하였다.

재료 및 방법

시료는 부산에서 일본의 시모노세키에 이르는 최단거리에 1개의 정선을 설정하여 Fig. 1과 같이 10개의 조사정점에서 1992년 4월, 1993년 1월, 7월 및 10월에 채집하였다. 층별채집 수심은 3, 30, 50, 70, 100, 150, 200m를 기준으로 하였으며 정점별 채집수층은 각 정점의 수심에 따라 결정하였다. 월별채집수층은 4월과 7월의 경우 모든 정점에서 수심에 따라 정해진 기준채집수층에서, 1월의 경우 70m를 제외한 기준수층에서, 10월의 경우는 정점 1에서 6까지는 기준수층에서 실시되었고, 나머지 정점은 표층에서만 실시되었다.

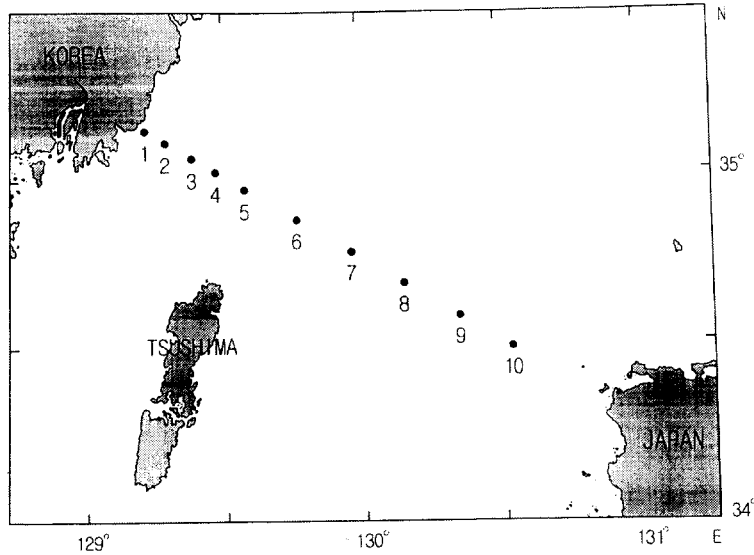


Fig. 1. Location of the sampling stations in the Korea Strait.

채집은 Bongo net와 WP-2 net를 이용하였다. 표층채집은 망구 60cm, 망목 335 μ m인 Bongo net를 사용하였으며, 표층을 제외한 수층에서의 채집은 망구 1m, 망목 250 μ m인 WP-2 net를 사용하였다. 수층별 채집을 위해 WP-2 net의 중간부분을 묶고 weight를 달아 채집수심까지 내린 후 messenger를 내려, 묶인 네트의 중간부분을 풀고 시료를 채집한 후, 다시 messenger를 내려 네트를 닫고 끌어올렸다. 정량분석을 위하여 각 net 입구에 유속계(General Oceanics, Inc.)를 부착하였다. 특히 WP-2 net에는 채집된 수심을 파악하기 위하여 net 입구에 수심계(Benthos Inc.)를 부착하였다. 표층과 층별채집 모두 약 2 knot의 속도로 7분간 예망하였다.

채집된 표본은 현장에서 중성포르말린과 propylene glycol 1 : 1 혼합액의 최종농도가 7%로 고정하여 실험실로 옮겨 시료 전량에서 치자어를 분리한 후 정(1977), 이 등(1981), 김 등(1986), Russell(1976), Okiyama(1988), Moser *et al.*(1984)을 참고하여 동정하였다.

그리고 조사해역의 해양환경을 파악하기 위하여 치자어 채집과 동시에 CTD(MK-III B와 MK-V)를 사용하여 수온과 염분을 측정하였다.

결 과

1. 수온 · 염분

1992년 4월에는 수직적으로 수온 · 염분이 거의 균질하였고, 대마도 북쪽의 정점 7에서 약 100m 이하의 수심에 저온, 저염수가 존재하였으며, 부산 연안부근에서 저염수가 나타나고 있었다(Fig. 2).

1993년 7월에는 관측해역의 수괴를 크게 3가지로 나눌 수 있었다. 즉, 수온 10 $^{\circ}$ C 이하, 염분 34.0~34.3%의 저온수, 수온 15 $^{\circ}$ C 이상, 염분 33.2% 이상의 대마난류수, 염분 33.2% 이하의 저염수였다. 이러한 저염수는 낙동강의 담수유입에 의해 형성된 듯하고 한국연안쪽의 정점 1~3의 표층에 국한되어 있었다.

1993년 10월에는 여름철의 수온, 염분 분포와 비슷하나 수온이 약간 높고 염분은 낮아져 정점 1과 2의 표층의 저염수를 제외하면 32.9~34.4%의 분포를 보였다. 수온의 수직단면을 보면 25~80m에 존재하는 수온약층에 의해 잘 혼합된 20 $^{\circ}$ C 이상의 표층수와 그 이하 수심의 물로 나누어졌다. 염분약층 또한 수온약층과 거의 같은 깊이에 분포하여 잘 혼합된 표층수와 그 이하 수심의 물이 경계를 이루며 한국연안 가까운 정점의 표층수에 보이던 저온수는 염분도 낮아 외해의 표층수와는 구

대한해협 밑치 치자어의 수직분포

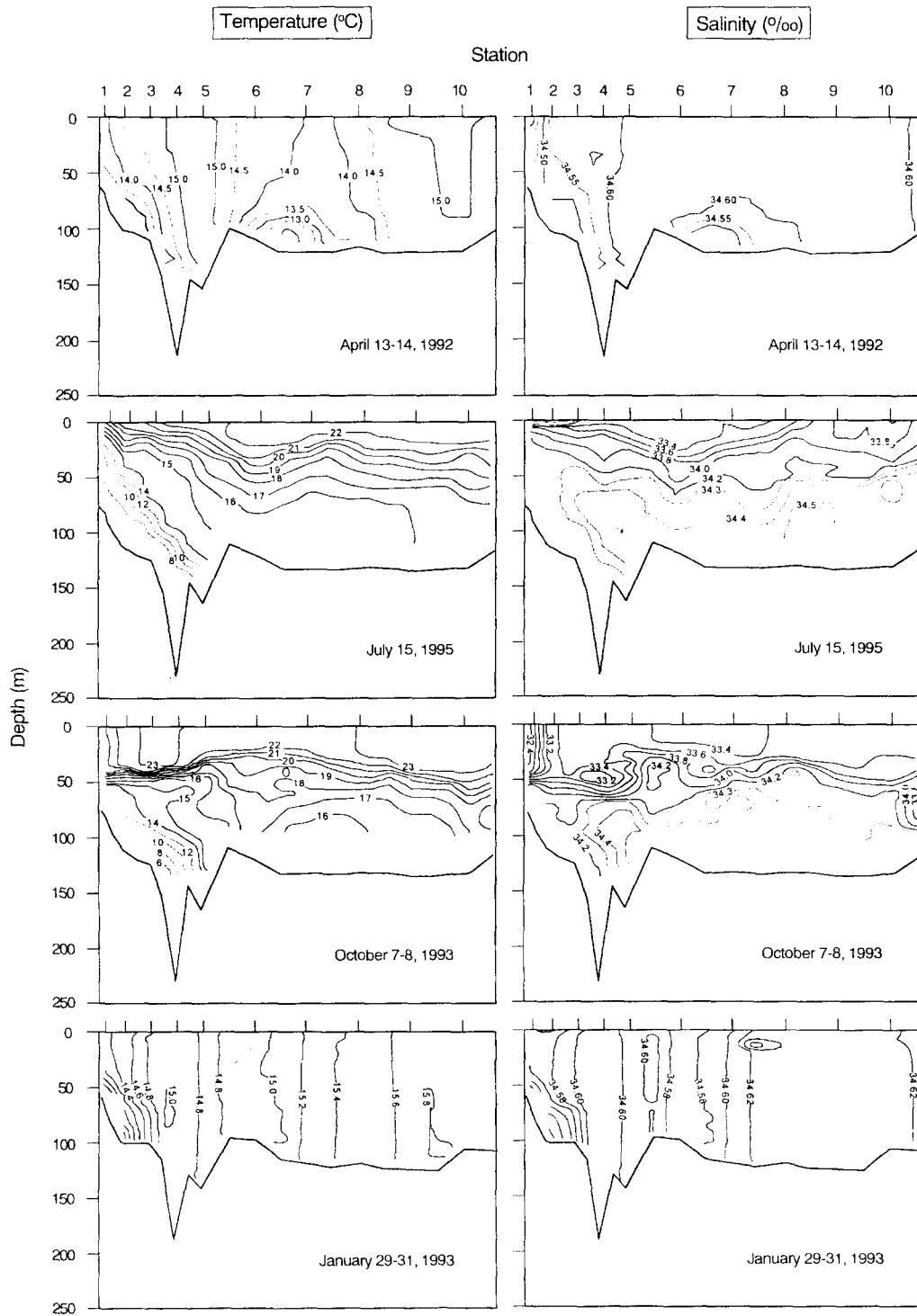


Fig. 2. Vertical distribution of temperature and salinity along the cross-section of the Pusan-Simonoseki line in the Korea Strait.

별되었다.

1993년 1월에는 전 관측 정점에서 수온이 12℃ 이상, 염분은 34.4% 이상의 고온고염의 특성을 갖는 대마난류수로 표층과 저층의 수온 및 염분 차가 약 3℃와 0.2% 정도로 작았다.

2. 치자어

1) 수층별 분포

멸치는 조사기간 중 전 계절에 걸쳐 출현하였고, 7월에 평균 27,617개체/1,000m³가 출현하여 조사기간 중 가장 높은 출현량을 보였으며 4월에 23,665개체/1,000m³, 10월에 2,125개체/1,000m³, 1월에 4개체/1,000m³의 순으로 1월의 출현량은 매우 적었다.

4월에는 150m를 제외한 3~100m 수층에서 출현하였다. 각 수층별 평균출현량 범위는 621~7,254개체/1,000m³로 출현량은 표층이 가장 낮고 점점

증가하여 70m 수층에서 가장 높았으나 100m 수층에서는 다시 감소하였다. 표층이나 저층보다는 50~70m의 중층에 많은 양이 분포하였다. 7월에도 150m를 제외한 전 수층에서 출현하였다. 수층별 평균출현량 범위는 1,742~9,666개체/1,000m³로 출현량은 표층과 30m 수층에서 높게 나타났고 100m 수층에서 가장 낮았다. 저층보다 표층과 중층에 주로 많은 양이 분포하고 있었다. 가을철에는 150m를 제외한 전 수층에서 출현하였는데, 수층별 평균출현량 범위는 3~345개체/1,000m³로 출현량은 표층에서 가장 높았고 수심이 깊어질수록 감소하는 경향이였다. 겨울철에는 표층과 50m층에서만 매우 작은 양이 출현하였다(Fig. 3).

2) 주 · 야에 따른 수직분포

4월은 주간에 677~10,685개체/1,000m³, 야간에 566~5,191개체/1,000m³ 범위로 멸치가 출현

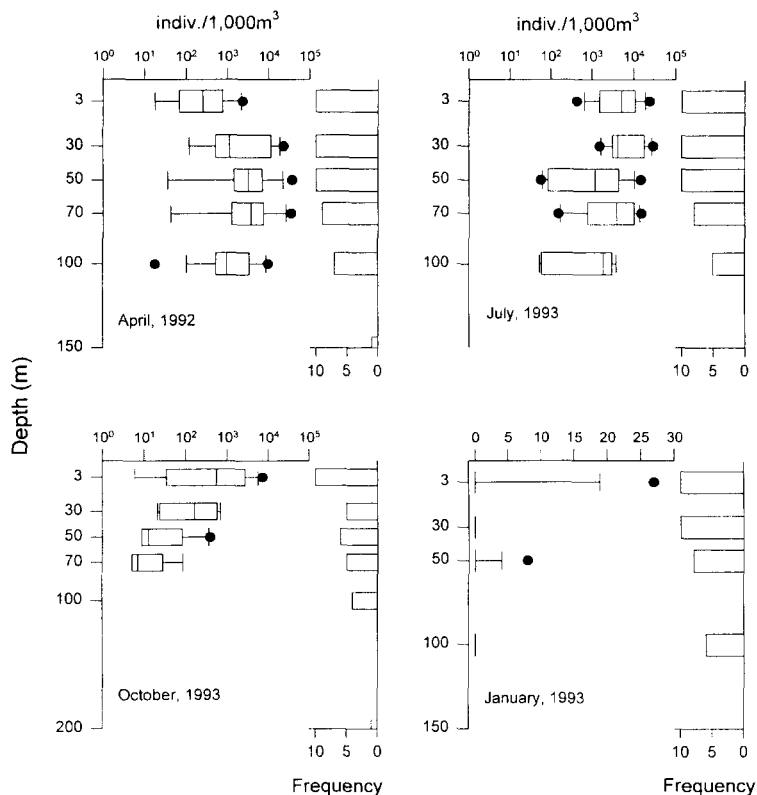


Fig. 3. Vertical and seasonal variations in abundance range and sampling frequency of anchovy (*Engraulis japonicus*) in the Korea Strait.

한 전 수층에서 야간보다 주간 출현량이 높았다. 7월은 주간에 1,429~6,986개체/1,000m³, 야간에 1,951~12,347개체/1,000m³의 범위로 표층과 30m층에서는 야간에 그리고 50, 70m층에서는 주간에 높은 출현량을 나타내다가 100m 수층에서는 다시 야간의 출현량이 높았다. 10월은 주간에 31~465개체/1,000m³, 야간에 3~360개체/1,000m³ 범위로 표층과 70m층에서는 야간보다 주간 출현량이 높았고 30, 50m 수층에서는 야간에 높았으며, 100m이하의 층에서는 야간에만 적은 양이 출현하였다. 1월은 주간에는 표층에서만 9개체/1,000m³, 야간에는 50m층에서만 4개체/1,000m³가 출현하여, 4, 7, 10월에 비해 매우 적은 양이었다(Fig. 4).

주·야간에 출현량의 유의한 차이가 있는지를 비교하기 위해, 매우 적은 양이 출현한 1월을 제외한 4, 7월과 10월에 0, 30, 50, 70, 100m 수층의 평균출현량을 이용하여 T-test를 실시하였다. 그 결과 4월은 95% 유의수준(검정통계량값 $t_s = 2.95$, 자유도 4)에서 주·야간에 차이가 있었으며, 7월(t_s

$= -0.76$, 자유도 4)과 10월($t_s = -1.26$, 자유도 4)에는 차이가 없는 것으로 나타났다.

3) 정점별 출현분포

4월에는 부산 연안보다는 대마도와 일본 주변해역에서 높은 출현량을 보였다. 평균 출현량은 일본 쪽 해역인 정점 10이 19,603개체/1,000m³로 가장 높았으며, 정점 10의 50m 수층에서 36,901개체/1,000m³로 가장 많은 양이 출현하였다. 7월에는 부산연안이나 일본주변보다 대마도 북쪽 해역에 위치한 정점 6, 7에서 가장 높은 출현량을 보였다. 평균 출현량은 정점 6에서 18,840개체/1,000m³로 가장 높았고, 수층에 따른 출현량은 정점 7의 30m 수층에서 29,955개체/1,000m³로 가장 많은 양이 출현하였다. 10월은 정점 7~10이 표층만 채집되었으므로 수층별로 직접적인 비교가 어려웠으나, 정점 10의 표층에서 7,328개체/1,000m³로 가장 많은 양이 출현하였다. 1월은 부산연안인 정점 1의 표층과 대마도 주변인 정점 7의 50m층에서 적은 양이 출현하였다(Fig. 5).

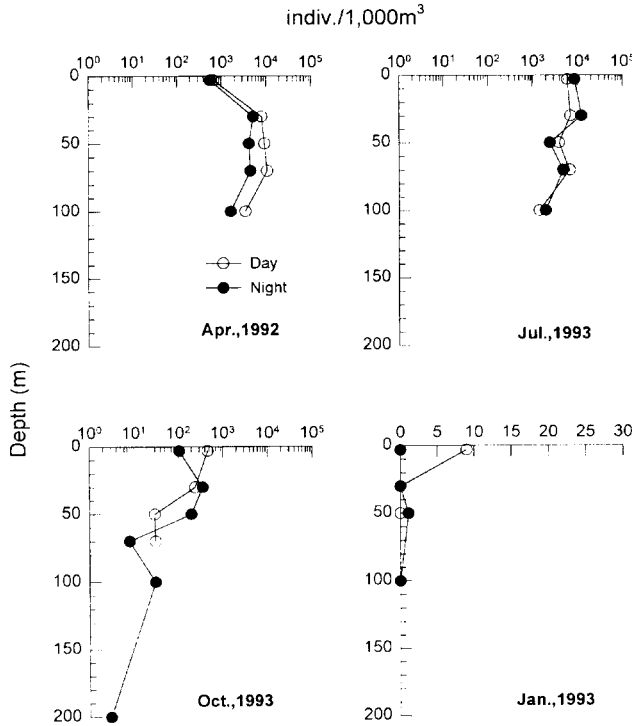


Fig. 4. Diurnal and seasonal distribution in abundance of anchovy (*Engraulis japonicus*) by depth in the Korea strait.

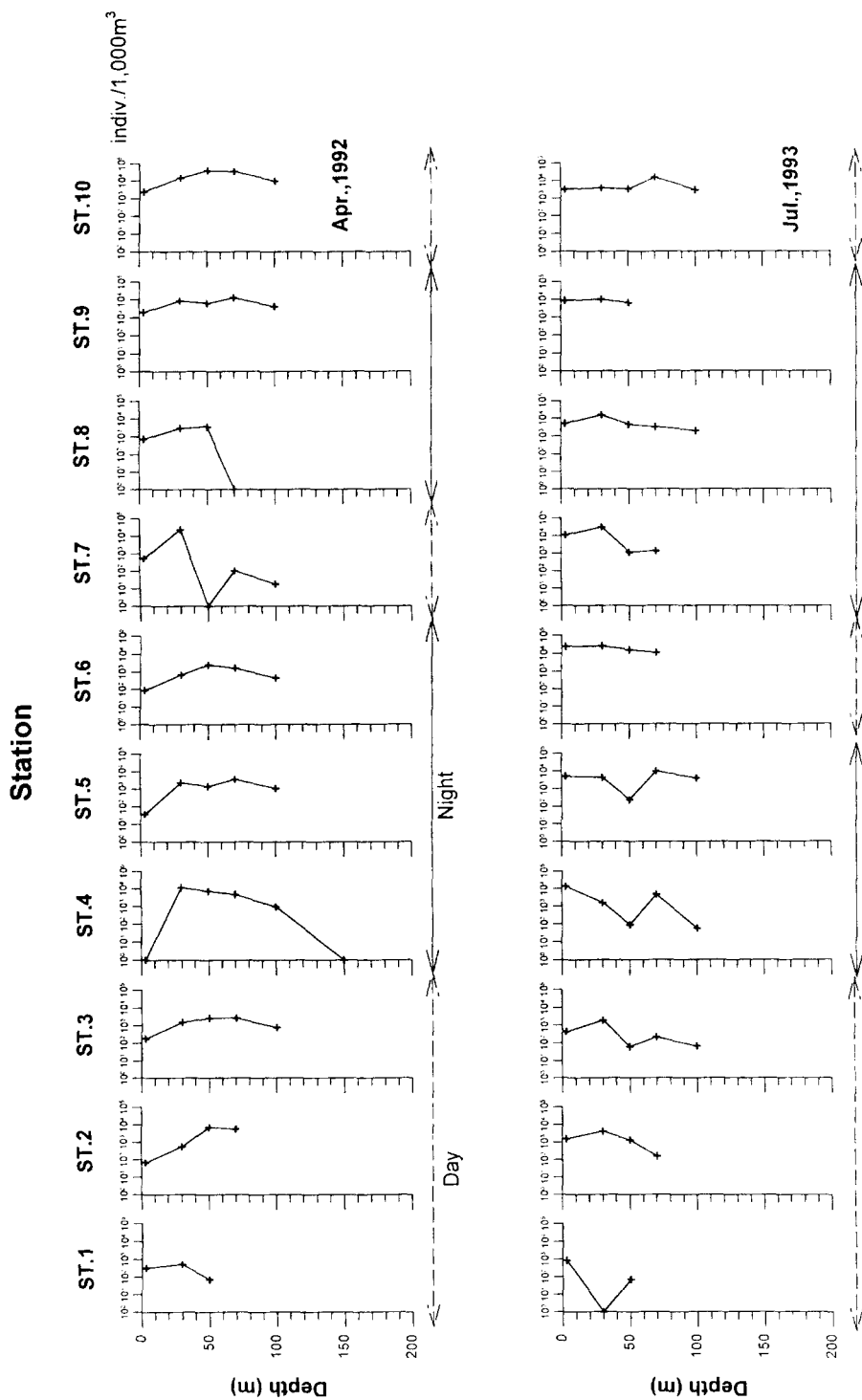


Fig. 5. Vertical and spatial variations in abundance of anchovy (*Engraulis japonicus*) in the Korea Strait, 1992~1993.

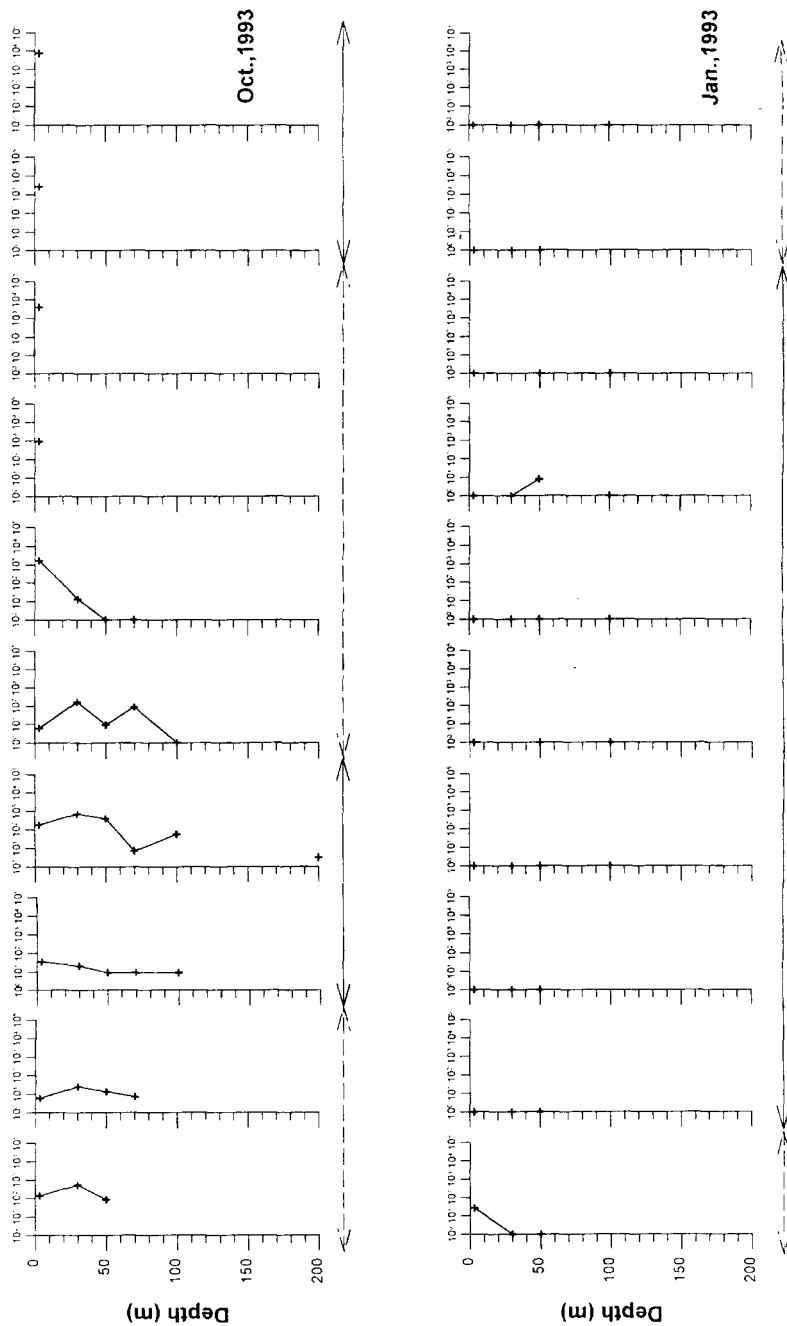


Fig. 5. Continued

고 찰

동물성 부유생물의 한 분류그룹인 치자어는 주야에 따라 분포 수층이 다르며 이러한 분포 수층에 영향을 미치는 요인에는 광도, 먹이(Hattori, 1964; Kendal and Naplin, 1981), 수온 및 염분 약층(Robert *et al.*, 1970; Comms *et al.*, 1981) 등이 알려져 있다.

본 연구에서 멸치 치자어는 조사 시기에 따라 주 분포 수층에 다소 차이가 있었다. 먼저 수심에 따라 수온이 균일한 4월에는 30~70m의 중층에서 출현량이 높은 양상을 띠지만 7월과 10월에는 표층~30m 수층에서 출현량이 높았다. 4월과 7월, 10월에 멸치 치자어의 주 분포 수층이 Fig. 3과 같이 차이가 있는데 수온약층이 형성되지 않은 4월에는 주 분포 수층의 폭이 넓고 수온약층이 형성된 7월과 10월에는 주 분포 수층의 폭이 좁게 나타났다. 이것은 1974~1978년에 영국제도의 서쪽해역을 조사한 Comms *et al.*(1981)의 조사에서 5~6월에 대서양고등어(*Scomber scombrus*)가 수온약층이 존재하는 50m 위층에서 대부분 출현하였고, 북해에서는 수온약층 위쪽에 91% 이상이 분포했던 것과 유사한 결과로 본 조사에서 멸치 치자어의 수층별 분포는 수온약층의 형성과 그 깊이에 따라 영향을 받는 것으로 생각된다.

본 연구에서 주·야간의 수층별 평균 출현량 차이를 T-test로 검증한 4월, 7월, 그리고 10월의 경우 주야간 평균 출현량에 유의한 차이가 있는 계절은 4월로 나타났다. 4월의 경우 주야간에 수층별 출현량의 차이는 있으나 출현량 분포 경향은 비슷하였으며 표층보다는 30~70m 수층에 주로 나타났다. 그리고 이 시기에 출현한 멸치는 대부분이 유영능력이 매우 작은 자어로 구성되어 있었다. 이러한 사실을 고려할 때 유영능력이 작은 멸치 자어는 부화된 수층에 머무르는 것으로 생각된다. 따라서 멸치 자어의 주 분포 수층과 주야간의 출현량의 차이를 고려하면, 멸치는 표층보다 중층에서 주로 산란을 하고, 산란하는 양 또한 주야간에 차이가 있는 것으로 추정된다.

멸치 치자어의 출현량이 가장 많은 7월의 수층별 평균출현량은 Fig. 4와 같이 주야간에 출현량

분포경향은 비슷하지만 야간에는 표층과 30m 수층에서 상대적인 출현량이 많고, 주간에는 50m, 70m 수층에서 상대적으로 출현량이 많았다. 이러한 경향은 김 등(1988)이 1985~1986년 여름철에 본 조사해역과 인접해역인 감포~울산연안을 층별조사한 결과에서도 주간보다 야간에 표층의 멸치 출현량 비율이 매우 높고, 주간에는 30~100m 사이의 중층에 출현량 비율이 증가하여 본 조사의 결과와 유사하였다. 그리고 1975~1982년 가을철에 본 연구와 같은 해역을 조사한 Kim(1984)의 결과에서도 20m 수층에서 주·야간 모두 분포량이 가장 많았으나 야간에 표층의 출현량이 증가하는 경향을 나타내었다. 또한 Shelton and Hutchings(1982)는 멸치의 한 종인 *Engraulis capensis*의 경우 야간에는 0~20m 수층에서의 비율이 증가하고 주간에는 40~80m 수층에서의 비율이 증가한다고 하였다. 桑原와 鈴木(1984)는 일본의 Wakasa만의 멸치 치어가, 小西(1980)는 일본 태평양약층에 분포하는 정어리 자어가 주·야간 수층별 분포에 차이가 있다고 보고하였다. 따라서 위 결과를 고려할 때 7월에 출현한 멸치 치자어는 주야에 따른 일주기 수직 이동을 하는 것으로 생각된다. 그리고 7월에 수층별 분포량의 차이에 관한 T-test 결과 주야간에 유의한 차이가 없는 것으로 나타난 것은 어느 정도 유영능력을 갖춘 치어상태의 멸치가 주야에 따라 수직이동을 한 결과로 생각된다.

그리고 1월에는 소량의 멸치 치자어가 출현하였다. 멸치는 우리 나라 연안에서 겨울철에는 산란을 하지 않는 것으로 알려져 있으나 대마난류의 영향으로 겨울에도 산란이 일어나는 남해(유, 1991)와 같이 본 조사해역에서도 멸치 치자어가 출현하였다.

이상의 결과들을 고려할 때 본 조사해역인 대한해협에서도 멸치가 겨울철에 산란을 하는 것으로 밝혀졌다. 그리고 멸치 치자어는 주로 표층에서부터 100m 사이의 수층에 분포하는 것으로 나타났다. 멸치 치자어의 분포수층은 특히 계절에 따라 형성되는 수온약층의 깊이에 따라 크게 영향을 받고, 성장 단계와 주야에 따른 일주기 수직운동 등 여러 가지 요인에 따라 결정되는 것으로 생각된다.

인 용 문 헌

- 김종만, 유재명, 명정구, 임주열. 1986. 한국연근해 어란·치자어도감. 해양연구소 BSPE 00060 98-3. 369 pp.
- 김진영, 최영민, 1988. 멸치, *Engraulis japonica* 난·치어의 연직분포. 한수지 21(3), pp. 139~144.
- 유재명, 1991. 한국 남해의 치자어 분포. 부산수산대학교 이학박사학위논문, 238 pp.
- 유재명, 최승민, 장만, 1989. 여름철 제주도 연안의 치자어에 관한 연구. 한국해양연구소 보고서 BSPE 00126-228-3, 95 pp.
- 이택열, 김용익, 진평, 강용주. 1981. 한국연근해 어란·치자어도감. 부산수대 해양연구소. 109 pp.
- 정문기, 1977. 한국어도보. 일지사. 서울. 727 pp.
- 小西 芳信, 1980. マイワシとウルメイワシの卵・仔魚の垂直分布について. 日本南西海區水研報 12, pp. 93~103.
- 桑原 昭彦·鈴木 重喜, 1984. 若狭灣 西部海域におけるカタクチイワシ卵·稚仔魚の鉛直分布の晝夜變化. 日本水産誌 50(8), pp. 1285~1292.
- 加藤 義雄, 1955. 京都廳沖合の稚魚の出現時期あらびに出現傾向について. 對馬暖流開發調査シンポジウム 發表論文, 2 : pp. 105~108.
- 川村 久明, 1955. 東對馬水道における稚魚の季節的出現傾向. 對馬暖流開發調査シンポジウム 發表論文, 2 : pp. 83~94.
- 宇田 道隆, 1958. 西日本近海及び東支那海暖流域の海況と漁況. 對馬暖流開發調査報告書, 第1輯(漁況·海況篇), pp. 13~52.
- 南日 俊夫·藤木 明光, 1967. 對馬東水道の海況變動について. 日海誌, 23 : pp. 201~212.
- 三井田恒博, 1967. 對馬東水道中央部における水温の周年變化と長期變動. 福岡縣 水産試驗場報告, 13 : pp. 1~18.
- 三井田恒博, 大内康敬, 古田久典, 野久上良甫, 1974. 生物資源の輸送構造としての對馬暖流域の動態に関する研究. II, 魚卵·稚仔の出現, 分布と海洋構造. 福岡縣 水産試驗場報告, 20 : pp. 40~58.
- 沖山 宗雄, 1974. 日本海マ域の生物學的 特性 - 生物の特徴. 對馬暖流 - 海洋構造と漁業 日本水産學會編, 恒星社 厚生閣 : pp. 42~55.
- 小川 嘉彦, 1983. 對馬海峽から日本海へ流入する海水の水温·鹽分の季節變化. 水産海洋研究會報, 43 : pp. 1~8.
- Combs, S. H., R. K. Pipe, and C. E. Mirhchell, 1981. The vertical distribution of eggs and larvae of blue whiting(*Micromesistius poutassou*) and mackerel(*Scomber scombrus*) in the Eastern North Atlantic and North Sea. Rapp. P.-v. Run. Cons. int. Explor. Mer, 178 : pp. 188 - 195.
- Imai, S., 1958. Situation of fish eggs and larvae appeared in the Southwestern Sea of Kyushu. Vol. 2, Report of development and research of Tsushima Current Water(ichthyoplankton), pp. 76~78.
- Kendal, Jr. A. W., and N. A. Naplin, 1981. Diel - depth distribution of summer ichthyoplankton in the middle Atlantic Bight. Fishery Bulletin, 79(4) : pp. 705 - 726.
- Kim, J. M., 1984. Studies on the distribution of the ichthyoplankton in the tsushima current regions during the autumn seasons. Tokyo University, Ph. D. thesis, 258 pp.
- Kitagawa Y., Y. Nishikawa, T. Kubota, and M. Okiyama, 1995. Distribution of ichthyoplanktons in the Japan Sea during summer, 1984, with special reference to scombroid fishes. Fish. Ocean. Research. Vol. 59(2), pp. 107~114.
- Moser, H. G., W. S. Richards, D. M. Cohen, M. P. Fahay, A. W. Kendall, Jr., and S. L. Richardson. 1984. Ontogeny and systematics of fishes. The American Society of Ichthyologists and Herpetologists. 760 pp.
- Okiyama, M. 1988. An atlas of the early stage fishes in Japan. Tokai University Press. 1154 pp.
- Robert H. G., Jr. and Clyde F. E. Roper, 1970. Ocean acre preliminary report on vertical distribution of fishes and cephalopods. Proceedings of an international symposium on biological sound scattering in the ocean, Airlie house conference center Warrenton, Virginia, pp 119~133.
- Russell, F. S. 1976. The eggs and planktonic stages of British marine fishes. Academic Press. London. 534 pp.
- Shelton, P. A. and L. Hutchings, 1982. Transport of anchovy, *Engraulis capensis* Gilchrist, eggs and early larvae by a frontal jet current. J. Cons. Int. Explor. Mer, 40. pp. 185~188.

Shimomura, T. and H. Fukataki, 1957. On the year round occurrence and ecology of egg and larvae of the principal fishes in the Japan Sea. I. Bull. Janan Sea Reg. Fish. Res. Lab., 6, pp. 155~290.

Uchida, K. and Y. Dotsu, 1958. Situations of fish eggs and larvae appeared in surface layer of Tsusima Current Water. Report of development and research. Vol. 2(Ichthyoplankton), 61 pp.

Vertical Distribution of Anchovy, *Engraulis japonicus* Larvae in the Korea Strait

Eun Kyung Lee, Jae Myung Yoo, Sung Kim and Young Chul Lee*

Div. of Biological Oceanography, Korea Ocean Research & Development Institute ·
Department of Oceanography, Inha University*

Hydrography of the Korea Strait was influenced by the various water masses such as Korean coastal water, East Sea cold water, and Tsushima Current. Anchovy larvae were frequently found in the area influenced by the Tsushima Current. Anchovy appeared in all seasons and were most abundant in summer. Anchovy was more abundant in the middle layer(30~70m) than the surface layer in spring and summer and was little in the deeper layer beyond the depth of 100m. It was most abundant in the surface layer in autumn, and decreased toward the deeper layer. They were more abundant in the middle layer(30~50m) than in the surface layer and the bottom layer in winter. Anchovy was most abundant in the depth of 30m to 70m during the day time, however it was more abundant in the surface layer during the night time. Although vertical distribution patterns of abundance varied seasonally and diurnally, most of the larval anchovy distributed in the upper layer within the depth of 100m and in the upper layer above the thermocline in summer and autumn.