

韓國南海沿岸의 멸치 卵仔魚 分布와 死亡率의 變動

金 鎮 瑛 · 金 柱 一

國立水產振興院 沿近海資源科

1990년 6월부터 8월까지 韓國南海 沿岸海域의 14개 定點에서 卵仔魚를 垂直採集하여 멸치 卵仔魚의 分布域과 瞬間死亡係數를 分析하였다.

卵과 仔魚의 分布域 變動을 보면 6월에는 發生이 進行됨에 따라 점차 南海島 주변으로 부터 巨濟島 동부 海역으로 分포역이 變動되는 경향을 보였으나 7월과 8월에는 卵과 仔魚의 發生이 進行되는 동안 巨濟島 東部海域에서만 分布의 中心을 이루었다.

한편 난자어의 分포와 동물성 부유생물의 分포가 일치하지 않았던 6월에는 낮은 난사망율과 높은 자어사망율을 보였으나 分포가 서로 일치하였던 7월에는 높은 난사망율과 낮은 자어 사망율을 보이므로서 동물성 부유생물의 分포가 난과 자어의 사망율에 상반되는 영향을 미치는 것으로 추정되었다.

緒 論

卵과 仔魚의 分布는 成魚資源의 分布, 海流에 의한 輸送(Power, 1986), 初期發育段階의 被捕食(Vlymen, 1977)등에 따라 左右되며, 이와 같은 初期發育段階의 分布량은 加入量에도 影響을 미치게 된다(Santander, 1987).

우리나라 주변해역의 멸치 卵과 仔魚分布에 관하여는 Lim *et al.*(1970), Lim and Ok(1977), Park and Lim(1965), Yoo(1991)등의 研究가 있으나 分布에 影響을 미치는 要因에 관한 연구는 많지 않다.

우리나라 南海의 海洋環境에 影響을 미치는 水塊는 쓰시마暖流 · 東海 및 西海의 固有冷水 · 南海沿岸水 등이며(Lim, 1971), 멸치産卵場이 分布하는 南海岸에는 沿岸水와 外洋水間에 前線이 形成되므로서 卵과 仔魚의 分布에 制限要因으로 작용하며(Kim, 1983), 東海南部海域에서는 高溫 및 高鹽인 暖流域에서 卵仔魚 分布密度가 높다(Kim^b, 1992).

본 연구에서는 南海 沿岸域의 卵과 仔魚 分布域變動과 水溫, 鹽分, 動物性 浮遊生物등의 海洋環境에 依據하여 初期發育段階의 分布域 및 密度의 變動과 死亡率에 影響을 미치는 海洋環境要因을 찾고자 하였다.

材料 및 方法

멸치의 卵과 仔魚는 1990년 6월부터 8월까지 每月 남해도와 거제도 주변해역의 14개 정점에서 口徑 45cm · 길이 1.8m · 網目 333 μ m의 採集網을 垂直引網하여 採集하였다(Fig.1).

定量分析을 위하여 採集網의 入口에 여수계(Tsurumi Seki)를 장착하였다. 여수계의 濾水率補正을 위하여 卵 · 仔魚의 採集航海마다 5회씩 無網試驗을 하였다. 卵과 仔魚 採集濾水量(V_i)은 無網試

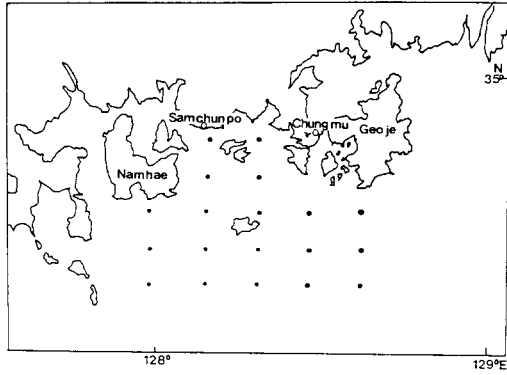


Fig. 1. Sampling stations for the ichthyoplankton survey in the coastal area of southern waters of Korea, 1984-1990.

驗 濾水量(V_n). 卵과 仔魚 採集 여수계 回轉數 (R_j). 無網試驗 여수계 平均回轉數(R_n)를 식 (1)에 적용하여 구하였다.

$$V_j = V_n \cdot (R_j / R_n) \quad (1)$$

試料는 採集 즉시 船上에서 10% 포르말린으로 고정한 후 實驗室로 運搬하여 分類하고 凍藏하였다. 멸치 卵과 仔魚의 凍藏은 Uchida *et al.* (1958) 및 Kim (1981)에 依하였다. 仔魚의 體長으로는 全長(Total Length)을 對眼 마이크로미터로 0.1mm까지 測定하였다.

각 採集 定點(j)별 分布 密度는 定點別 채집 개체수(e_j) · 濾水量(V_j)을 식(2)에 적용하여 海水 $1m^3$ 당 個體數($E_{j,c}$)로 推定하고,

$$E_{j,c} = e_j / V_j \quad (2)$$

이에 水深(D_j)을 식(3)에 적용하여 海水面 $1m^2$ 당 個體數($E_{j,s}$)로 推定하였다.

$$E_{j,s} = E_{j,c} \cdot D_j \quad (3)$$

海洋環境要因은 卵 · 仔魚 採集과 동시에 관측된 表層의 水溫과 鹽分資料 및 이와 동시에 採集하여 $1m^3$ 당 濕重量으로 환산된 動物性 浮遊生物 資料를 사용하였다. 아울러 南海의 海流에 依한 卵 · 仔魚 輸送 與否를 확인하기 위하여 卵 · 仔魚의 發生段階별 分布 海域을 比較하였다.

卵의 發生段階는 산란직후부터 卵割이 시작되어 桑實期에 이르기까지를 卵割段階로, 胚體가 形成되기 시작하여 배체의 꼬리가 난황을 이탈하기 직전까지를 胚體形成 前期段階로, 배체가 더욱 성장하여 부화되기까지를 胚體形成 後期段階로 구분하였다. 仔魚는 卵黃을 지니고 있는 仔魚前期와 난황이 흡수된 이후인 仔魚後期로 구분하였으며, 자어후기는 4mm이하와 4-6mm로 구분하였다. 卵에 대한 每月의 平均 나이는 Kim (1992^a)에 依하여 추정된 각 채집정점의 나이를 각 정점의 밀도로서 加重平均하여 구하였으며, 仔魚의 나이는 卵의 孵化所要時間을 본 채집시료로 부터 구할 수 없었으므로 卵 孵化直後의 시점으로부터 추정하였다. 즉 仔魚前期의 경우에는 채집된 대부분 前期仔魚의 卵黃이 절반가량 吸收된 상태였으므로, Uchida *et al.* (1958)에 依해 추정된 卵黃 吸收所要時間의 1/2인 1.5日을 仔魚前期의 나이로 하였으며, 後期仔魚의 나이는 Kim (1992)에 依해 추정된 後期仔魚의 나이에 Uchida *et al.* (1958)에 依하여 추정된 前期仔魚期間인 3日을 더한 값으로 하였다.

瞬間死亡係數(Z)는 發生段階(i)別 發生所要時間(t_i)과 密度(P_i)를 식 (4)에 적용하여 분석하였다.

$$Z = \frac{\ln P_i - \ln P_{i+1}}{t_{i+1} - t_i} \quad (4)$$

結 果

1. 卵·仔魚 分布와 海洋環境과의 關係

韓國南海의 東部沿岸域에서 멸치 卵과 仔魚 分布密度의 月變化를 1990年 6月부터 8月까지 분석한 결과(Fig.2), 6月에는 調査 全海域에 걸쳐서 卵과 仔魚가 매우 높은 밀도로 分布하였는데 卵의 分布中心은 남해도 以南 海域이었고, 仔魚의 分布中心은 忠무-거제도 서남부 海역이었다. 남해도와 거제도간을 帶狀을 이루면서 分布하였으며 外海域과 沿岸域으로 갈수록 分布密度는 減少하는 傾向을 보였다. 分布中心에서의 밀도는 卵은 4,000粒/m², 仔魚는 500尾/m² 이상이었다.

7月에 卵과 仔魚의 主分布域은 忠무와 韓산도의 南部海域이었고, 거제도와 남해도 쪽으로 갈수록 낮은 分布密度를 보였다. 分布中心에서의 밀도는 卵은 2000粒/m², 仔魚는 500尾/m² 이상으로서, 卵의 밀도는 6月の 약 50%였으며 仔魚의 밀도는 6月과 비슷한 수준이었다. 그러나 거제도 및 남해도의 南部海域에서는 50尾/m² 이하의 낮은 分布密度를 보였다.

8月에도 卵과 仔魚는 全海域에 걸쳐서 널리 分布하였는데 分布의 중심은 卵의 경우 사량도-충무

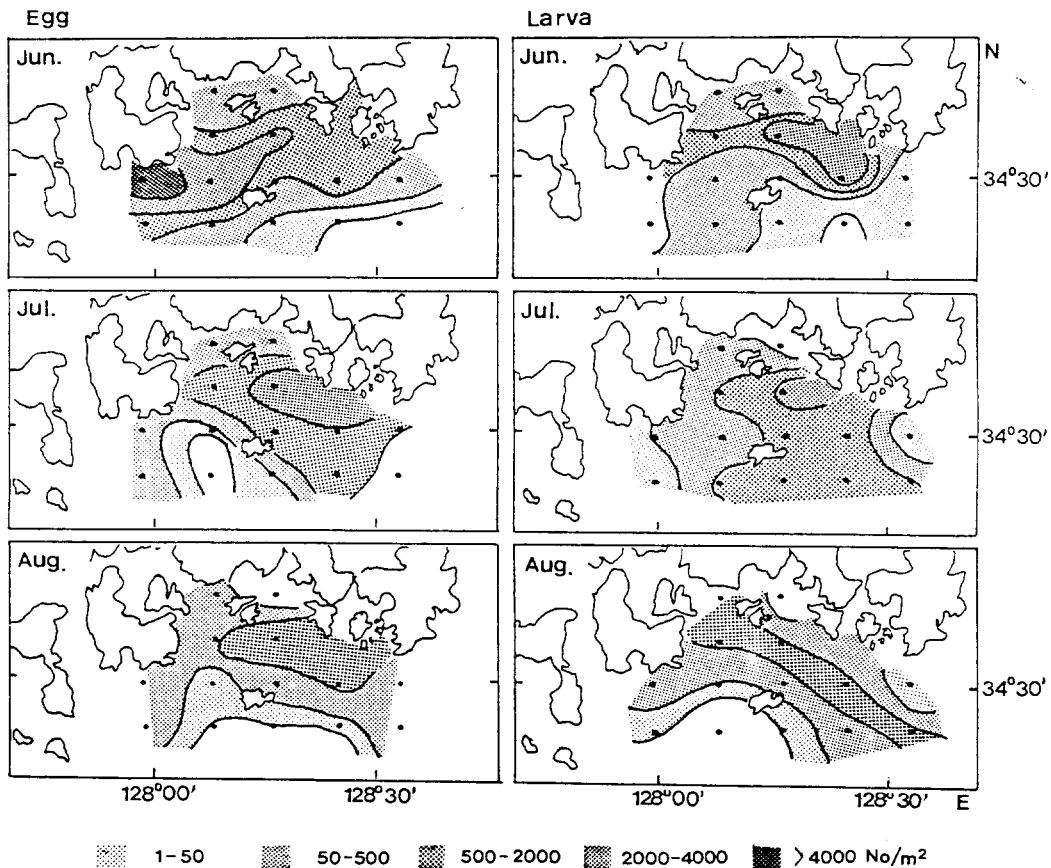


Fig. 2. Egg and larval distribution of anchovy, *Engraulis japonica*, in the coastal area of the southern waters of Korea from June to August, 1990.

- 한산도 이남 해역에서 이루어졌고, 仔魚의 경우에는 창선도와 거제도 남부의 外海를 잇는 帶狀으로 형성되었다. 分布 중심에서의 밀도는 卵은 500粒/m², 仔魚는 200尾/m²로서 7월의 30-40% 수준에 머물렀다. 사랑도 東北部 沿岸域과 육지도 南部 外海域에서는 卵과 仔魚가 분포하지 않았다.

卵·仔魚의 分布密度와 환경요인과의 관계를 알기 위하여 각 채집 지점에서의 卵·仔魚의 分布密度와 水溫·鹽分·動物性 浮遊生物 密度의 相關關係를 분석한 결과, 卵과 仔魚가 상당히 높은 밀도로 分布하였던 6월부터 8월까지의 卵·仔魚 分布密度와 환경변수와의 상관관계는 月에 따라서 매우 다른 모습을 나타내고 있다(Table 1). 6월의 경우를 보면 卵·仔魚 및 먹이생물의 各 分布域이 거의 일치하지 않는 것으로 나타났으며, 動物性 浮遊生物은 鹽分과 正相關關係로 分布하는 것으로 분석되었다. 7월에는 卵과 仔魚의 分布域은 매우 높은 상관관계를 나타내어 卵이 많이 분포한 해역에 仔魚도 많이 分布함으로써 산란장과 仔魚 성육장은 비교적 일치하였으며, 仔魚의 밀도가 높은 곳에 動物性 浮遊生物도 다량 분포하였고 수온이 높을수록 動物性 浮遊生物의 分布密度가 높았다. 8월의 卵과 仔魚間의 分布密度도 相關 關係를 가지고 있으나 仔魚의 分布密度와 水溫間에는 逆相關 關係가 보였다.

Table 1. Correlations among anchovy egg and larval densities and environmental factors in the adjacent waters of Namhae and Geojae Islands 1990

Month		Egg	Larva	Zoopl.	Temp.
June					
	Larva	0.3473			
	Zoopl.	0.3034	-0.2098		
	Temp.	0.2054	-0.2472	-0.4049	
	Sal.	-0.0475	-0.2106	-0.5945*	-0.3583
July					
	Larva	0.8581**			
	Zoopl.	0.4264	0.5803*		
	Temp.	0.1400	0.4280	0.4888*	
	Sal.	0.2191	0.2828	0.1050	-0.4351
August					
	Larva	0.5249*			
	Zoopl.	-0.2543	-0.2687		
	Temp.	-0.1013	-0.5887*	0.1861	
	Sal.	0.1860	0.3208	-0.1015	-0.5671*

* P < 0.05 ** P < 0.01
n=14

2. 發生段階別 分布域의 變動

南海東部 沿岸域에서 卵과 仔魚의 發生 단계별 分布域의 變動를 보면(Fig.3), 6월에는 發生前期에 해당되는 卵이 남해도 남부해역을 중심으로 하여 충무 남서해역까지 分布하였다. 그러나 산란 후 이틀째의 卵은 主分布域이 남해도 南方에 머물러 있으나 전체적인 主分布域은 크게 확장되면서 충무 이남과 거제도 남서해역까지 分布하였다. 前期仔魚는 전체적으로 남해도 남부해역으로부터 거제도 남서부해역에 걸쳐져 分布하고 있으나 밀집된 分布域은 충무와 거제도의 남서연안역이었다. 卵黃吸收

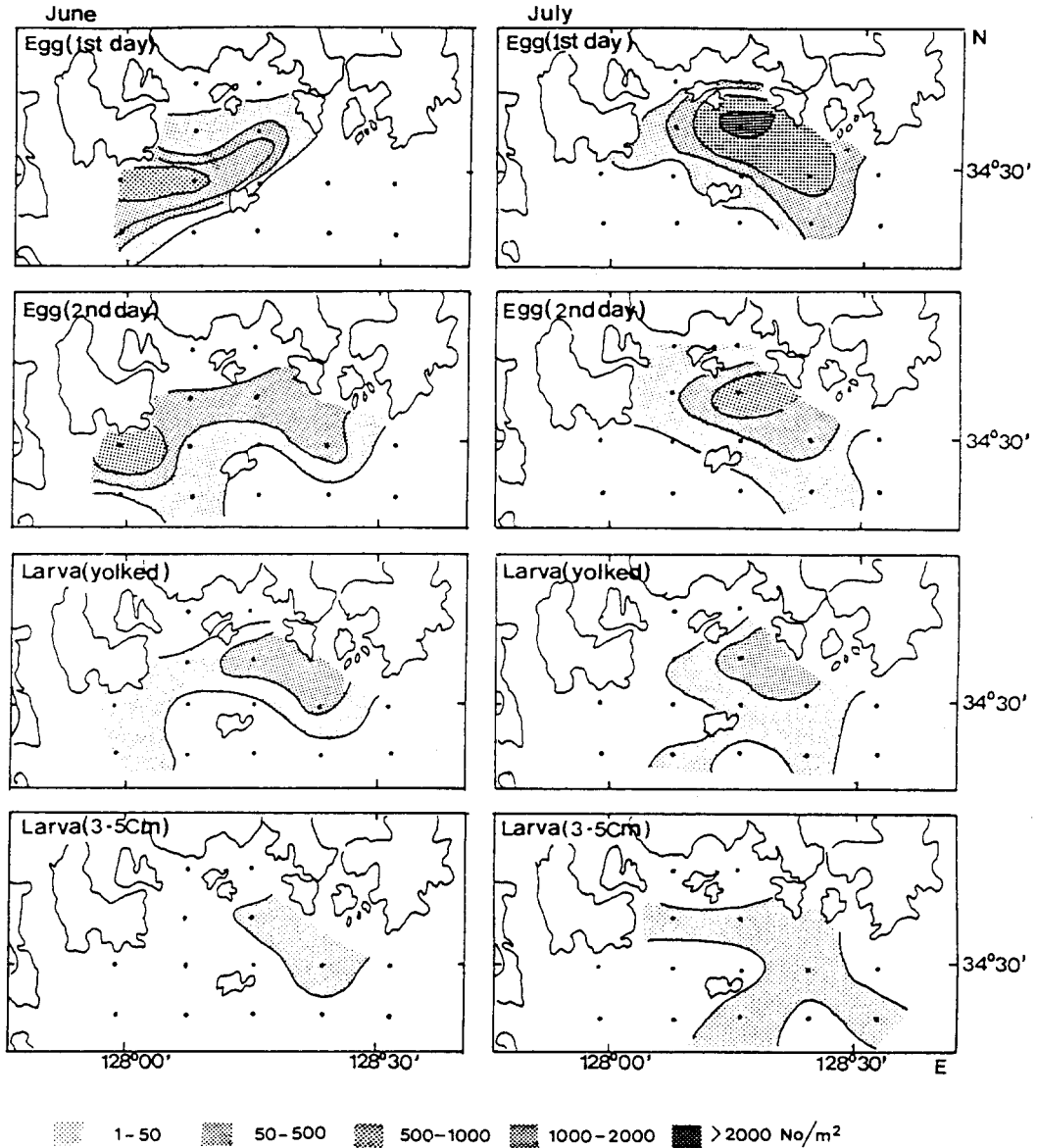


Fig. 3. Distribution of eggs and larvae of anchovy, *Engraulis japonica*, by the developmental stages from June to July, 1990.

後 성장 중인 仔魚 中에서 3-5mm의 體級群은 卵黃을 가진 仔魚가 집중하여 分布하였던 충무와 거제도의 남서연안역에서만 分布하는 특징을 보였다.

한편 7월의 仔魚의 발생단계별 分布域은 6月과는 달리 큰 변화를 찾을 수 없었다. 발생초기의 卵은 충무 서남방 연안역을 중심으로 하여 남해도 동부 연안역과 육지도 동부의해역에 걸쳐서 밀집되어 分布하였으며, 발생이 진행된 卵과 前期仔魚에서도 같은 分布형상을 보였으나, 3-5mm의 크기로 자란 後期仔魚는 南海東部海域과 육지도 남부해역으로 分布가 다소 확장되었다.

3. 平均分布密度와 瞬間死亡係數의 月變化

發生段階別 평균 분포밀도와 각 발생단계의 나이를 推定하여 보면(Table 2), 6月에는 100m²海面積當 배체형성 전기에는 3만 6천여粒, 배체형성 후기에 2만 9천여粒이 분포하여 胚體期의 瞬間死亡係數는 0.216/日을 나타내었다. 孵化된 전기자어의 密度는 1만 2천여尾/100m²/日, 후기자어 중 4mm이하의 密度는 5천 7백여尾/100m²/日, 4-6mm의 密度는 163尾/100m²/日이었으며, 전기자어의 나이는 1.5日로 하고 후기자어 중 4mm이하는 3.38日, 4-6mm의 중간값인 5mm의 나이를 5.99日로 할 때 瞬間死亡係數는 前期仔魚와 後期仔魚期에 0.404/日 및 1.361/日을 각각 나타내었다.

7月에는 100m²海面積當 배체형성 전기에는 4만 2천여粒, 배체형성 후기에 2만 1천여粒이 분포하여 胚體期의 瞬間死亡係數는 0.729/日을 나타내었다. 孵化된 전기자어의 密度는 7천여尾/100m²/日, 후기자어 중 4mm이하의 密度는 3천여尾/100m²/日, 4-6mm의 密度는 141尾/100m²/日이었으며, 전기자어의 나이를 1.5日, 4mm이하의 후기자어는 3.63日, 4-6mm의 중간값인 5mm의 나이를 6.74日로 할 때 瞬間死亡係數는 前期仔魚와 後期仔魚期에 0.349/日 및 1.016/日을 각각 나타내었다.

8月에는 100m²海面積當 배체형성 전기에는 1만 2천여粒, 배체형성 후기에 9천여粒이 분포하여 胚體期의 瞬間死亡係數는 0.250/日을 나타내었다. 孵化된 전기 자어의 密度는 3천 5백여尾/100m²/

Table 2. Density, egg and instantaneous mortality coefficient by early developmental stage of anchovy, *Engraulis japonica*, in the coast of southern waters of Korea during May-July, 1990

Month	Parameters	Egg		Larvae		
		Embryo	Stage	Prelarvae	Postlarvae	
		1st	2nd		< 4.0	4-6mm
June	Density(No./m ²)	35,664	29,479	12,157	5,684	163
	Age(day)	0.80 [n=4,993 S.D.=0.36]	1.68 [n=4,127 S.D.=0.06]	1.5	3.38	5.99
	Instantaneous Mortality Coefficient	0.216		0.404	1.361	
July	Density(No./m ²)	42,336	20,579	6,986	3,325	141
	Age(day)	0.71 [n=5,927 S.D.=0.05]	1.70 [n=2,881 S.D.=0.04]	1.5	3.63	6.74
	Instantaneous Mortality Coefficient	0.729		0.349	1.016	
Aug.	Density(No./m ²)	12,029	9,371	3,514	2,091	128
	Age(day)	0.64 [n=1,684 S.D.=0.06]	1.64 [n=1,312 S.D.=0.05]	1.5	3.63	6.74
	Instantaneous Mortality Coefficient	0.250		0.244	0.898	

日, 후기자어 중 4mm이하의 密度는 2천여尾/100m²/日, 4-6mm의 密度는 128尾/100m²/日이었으며, 전기자어의 나이를 1.5日, 후기자어 중 4mm이하는 3.63日, 4-6mm의 중간값인 5mm의 나이를 6.74日로 할 때 瞬間死亡係數는 前期仔魚와 後期仔魚期에 0.244/日 및 0.898/日을 각각 나타내었다.

考 察

韓國南海 東部海域의 沿岸域에서 멸치 卵과 仔魚의 發生段階別 分布域의 變化를 보면(Fig.3), 6月의 경우 發生이 進行됨에 따라 分布域은 점차 南海島 주변으로부터 거제도 東部海域으로 이동되는 경향을 보였다. 그러나 거제도 東部海域에서 主産卵場이 形成된 7月의 경우에는 發生이 進行되어도 主 分布域은 이동되지 않는 것으로 나타났다. 따라서 採集日의 合成 風向은 南西風이 강하였고(Korea Meteorological Administration, 1990), 溪游性 卵과 初期發育段階의 仔魚는 游泳能力이 없어 表層에서 浮游하며 취송류에 의해 輸送됨(Fechhelm and Griffiths, 1990; Frank and Leggett, 1981)을 감안하면, 남해도와 거제도 주변의 연안해역에서도 바람의 方向 및 세기가 卵과 仔魚의 輸送에 영향을 미칠 것으로 추정된다.

멸치 卵·仔魚의 分布密度와 環境要因과의 相關關係를 보면(Table 2), 6月과 8월에는 卵 및 仔魚의 分布域과 먹이생물의 分布域이 거의 일치하지 않으며, 7월에는 卵·仔魚 및 먹이생물의 分布域은 正相關關係를 나타내므로써, 仔魚의 密度가 높은 곳에 먹이생물도 많이 分布하고, 먹이生物은 水溫의 분포와 관계가 있는 것으로 나타났다. Walsh *et al.*(1980)은 페루産 멸치의 産卵이 가장 많이 일어나는 時刻에 胃의 濕重量이 가장 많았으며, 動物性浮游生物 섭식자인 成魚에게 적당한 해역은 같은 섭식자인 仔魚에게도 적당하다고 하였다. 따라서 본 연구에서 卵仔魚 密度와 動物性浮游生物 密度의 관계는 6月과 8월에 비하여 7월에 成魚와 仔魚의 먹이조건이 좋았음을 시사한다고 생각된다.

또한 Shaw(1961)는 高密度의 멸치 卵이 仔魚의 확산을 防止하므로써 群集의 形成에 도움을 주나, 高密度 海域에서는 동물성 부유생물 포식율의 증가로 말미암아 생산율이 저하된다고 하였음을 고려하면, 본 연구에서 난자어분포와 동물성 부유생물 분포가 일치하지 않았던 6월에 卵의 死亡率이 낮고 仔魚의 死亡率이 높았으며, 卵仔魚 分布와 動物性浮游生物의 分布가 一致하였던 7월에 卵의 死亡率 增加와 仔魚 死亡率 減少는 動物性浮游生物의 分布가 卵의 死亡率增大와 仔魚의 死亡率 減少에 영향을 미칠 수 있음을 나타내는 것으로 생각된다.

한편 死亡係數의 推定은 各 發生段階에 대한 密度의 變動을 통하여 이루어지는데, 본 연구에서 사용된 각 발생단계별 나이의 추정은 卵期에는 採集된 卵의 平均나이를 직접 계산하였으나, 仔魚前期에는 Uchida *et al.*(1958)에 의한 卵黃吸收期間을 일률적으로 적용하였으며, 仔魚後期에는 계절별 仔稚魚의 成長式(Kim, 1992)에 적용하여 구하였다. 또한 卵의 孵化時刻은 본 채집결과로부터 구할 수 없었으므로 仔魚前期의 나이는 卵期가 제외된 孵化以後의 나이로 하였다. 따라서 初期生活期 死亡係數推定の 程度를 향상시키기 위하여는 우리나라 연안해역에 있어서 水溫에 따른 孵化所要時間, 채집물에 의한 仔魚前期 所要期間 및 仔魚後期の 나이 推定方法에 대한 연구가 필요하다고 생각된다.

引 用 文 獻

Fechhelm, R. G. and W. B. Griffiths. 1990. Effect of wind on the recruitment of Canadian Arc-

- tic cisco(*Coregonus autumnalis*) into the central Alaskan Beaufort Sea. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 47 : 2164 - 2171.
- Frank, K. T. and W. C. Leggett, 1981. Wind regulation of emergence times and early larval survival in capelin(*Mallotus villosus*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38 : 215 - 223.
- Kim, J. Y. 1983. Distribution of anchovy eggs and larvae off the western and southern coasts of Korea. Bull.Korean Fish.Soc.16(4) : 401 - 409(In Korean).
- Kim, J. Y. 1992^a. The early life history and recruitment of anchovy, *Engraulis japonica*, in the southern waters of Korea. Ph.D.Thesis, National Fisheries University of Busan. 139p(In Korean).
- Kim, J. Y. 1992^b. Relationship between anchovy, *Engraulis japonica*, egg and larval density and environmental factors in the eastern waters of Korea. Bull.Korean Fish.Soc. 25(6) : 495 - 500.
- Kim, Y. U. 1981. Fish eggs and larvae of coastal waters in Korea. Institute of Marine Sciences, National Fisheries University of Pusan. 109p(In Korean).
- Korea Meteorological Administration. 1983 - 1990. Yearly Weather Report Seoul, Republic of Korea.(In Korean).
- Lim, J. Y. and I. S. Ok. 1977. Studies on the occurrence and distribution of eggs and larvae of anchovy in the Korean waters. Bull. Fish. Res. Dev. Agency. 16 : 73 - 86(In Korean).
- Lim, J. Y., M. K. Jo and M. J. Lee. 1970. The occurrence and distribution of the fish eggs and larvae in the Korean adjacent sea. Reports of Fisheries Resources 8 : 7 - 29(In Korean).
- Lim, D. B. 1971. On the origin of the Tsushima currant water. J. the Oceanog. Soc. Korea 6 : 85 - 91(In Korean).
- Park, B. H. and J. Y. Lim. 1965 Fisheries biology of anchovy(*Engraulis japonica* HOUTTUYN) in the waters around Korea. 1. On the ecology of anchovy in the southern waters of Korea. Reports of Fisheries Resources 6 : 37 - 49(In Korea).
- Power, J. H. 1986. A model of the drift of northern anchovy, *Engraulis mordax*, larvae in the California current. U. S. Fishery Bulletin 84 : 585 - 603.
- Santander, H. 1987. Monthly spawning stock and egg production of Peruvian anchoveta (*Engraulis ringens*), 1953 to 1982. Iclarm, 167 - 178.
- Shaw, E. 1961. The development of schooling in fishes. Physiological Zoology 34 : 263 - 272.
- Uchida, K., S. Imai, S. Mito, S. Fujita, M. Ueno, Y. Shojima, T.Senta, M. Tahuku, Y. Dotu. 1958. Studies on the eggs, larvae and juvenile of Japanese fishes series I. Second Laboratory of Fisheries Biology, Fisheries Department, Faculty of Agriculture, Kyushu University, Fukuoka, Japan. 1 - 89.
- Vlymen, W. J. 1977. A mathematical model of the relationship between larval anchovy (*Engraulis mordax*) growth, prey microdistribution, and larval behavior. Env. Biol. Fish. 2 : 211 - 233.
- Walsh, J. J., E. Whitledge, W. E. Esaias, R. L. Smith, S. A. Huntsman, H. Santander and B. Mendiola. 1980. The spawning habit of the Peruvian anchovy, *Engraulis ringens*. Deep Sea Res. 27 : 1 - 27.
- Yoo, J. M. 1991. Distributin of fish larvae in the south sea of Korea. Ph. D. Thesis, National Fisheries University of Busan. 238p (In Korean).

**Distribution and Mortality of Eggs and Larvae
of Anchovy, *Engraulis japonica*, in the
Southern Coastal Waters of Korea**

Jin - Yeong Kim and Joo - Il Kim

Coastal and Offshore Fisheries Resources Division, National
Fisheries Research and Development Agency, Yangsan, Kyungnam 626 - 900, Korea

A study on the distribution and mortality of eggs and larvae of anchovy, *Engraulis japonica*, was carried out on the basis of data collected from ichthyoplankton survey in the southern coastal waters of Korea from June to August in 1990.

Egg and larval distribution areas were shifted from the adjacent waters of Namhae Is. to the eastern waters of Goeje Is. while eggs and larvae were developed in June. However, high densities of eggs and larvae of anchovy and were found near Goeje Is. in July. Anchovy eggs and larvae were correlated significantly with zooplankton in July, and were not in June and August.

It is likely that the low instantaneous mortality coefficients in eggs and high values in the larvae during June and high values in eggs and low values in the larvae during July were affected by the distribution pattern of zooplankton.