



## 양양 남대천 기수재첩, *Corbicula japonica*의 서식환경과 밀도

김완기<sup>\*</sup> · 이재성 · 이정용 · 백국기 · 허성범<sup>1</sup>

국립수산진흥원 강릉수산종묘시험장 · <sup>1</sup>부경대학교 양식학과

### Environmental Factors and Population Density of Brackish Water Clam, *Corbicula japonica* on Namdae Stream in Yangyang, Gangwon

Wan-Ki Kim<sup>\*</sup>, Chae-Sung Lee, Jeong-Yong Lee, Kook-Ki Baik  
and Sung-Bum Hur<sup>1</sup>

Gangnung Marine Hatchery, National Fisheries Research and Development Institute, Gangnung 210-800, Korea

<sup>1</sup>Department of Aquaculture, Pukyong National University, Busan 608-737, Korea

Hydrological factors prevailing in the Namdae stream were as follows : temperature = -0.2~26.8°C, salinity = 0.50~3.21 ‰, DO = 5.21~8.13 ppm, PO<sub>4</sub>-P = ND~1.37 ppm, NO<sub>2</sub>-N = 0.10~0.81 ppm, COD = 1.53~2.82 ppm, H<sub>2</sub>S = ND~0.0012 ppm and IL = 0.85~1.36 ‰. Sediment was typical, gravelly sand or sand with very good sorting value ranging from 0.53 to 1.77 ϕ. Population density of the clam *C. japonica* ranged from 2 to 464/m<sup>2</sup>. The clams were divided into four size classes, based on shell length of small (0~10 mm), medium (10~20 mm), large (20~30 mm) and largest (>30 mm), and were encountered at the frequency of 3.2, 50.4, 43.3 and 3.1 %, respectively.

**Key words:** *Corbicula japonica*, Hydrological factors, Clam density

## 서론

양양 남대천은 강릉시 연곡면 두루봉에서 발원하고, 태백산맥의 설악산, 점봉산, 응봉산, 황백산을 연결하는 각 골짜기에서 발원한 지류와 합류하여 양양읍 조산리에서 동해로 유입된다 (Byeon et al., 1996). 일반적으로 동해로 유입되는 하천들은 지형의 특성 때문에 유정 (流程)이 짧으나, 양양 남대천은 계곡이 깊고, 많은 지류가 있어 유정이 길고, 유량이 풍부한 하천으로 (田, 1982), 연어, 송어, 황어 등의 냉수성 어종과 기수재첩이 많이 서식하고 있다. 이중 기수재첩은 하류지역에 한정 분포하는 특산종으

로 각종 규제에 의하여 채취가 불가능하여 산업적으로 활용되지 못하였으나, 1998년 보호수면이 해제되면서 어업인의 소득원이 되고 있다.

기수재첩은 복족강 (Gastropoda), 백합목 (Veneroida), 재첩과 (Corbiculidae)에 속하는 조개류로서 성장과 광택이 우수하여 상품성이 높으나 자원관리 및 지속적인 생산을 위해서는 본격적인 채취가 이루어지기 이전에 서식환경과 생태에 대한 연구가 선행되어야 한다.

재첩류에 관해서는 Park and Lee (1968)의 자원학적 연구 이후, 생태 (Jung, 1977), 정자형성과정 Kim and Yoo, 2000a), 생식주기 (Lee and Chung, 1980; Kim and Yoo,

\*Corresponding author : wgkim@nfrda.re.kr

2000b) 및 분류(Lee and Kim, 1997) 등이 연구되어 있다. 그러나 전체 수역을 대상으로 세부적인 서식환경과 서식밀도의 연관성에 관한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 이 연구는 강원도 양양 남대천 하구에 서식하는 기수재첩의 자원증강과 생산성 향상을 위한 기초자료를 마련하고자 서식환경과 서식밀도를 조사하였다.

## 재료 및 방법

현장조사 및 시료 채취는 강원도 양양 남대천 하구의 22개 지점 (Fig. 1)에서 이루어졌으며, 자료분석은 지점별 또는 하류 (1~7지점), 중류 (8~12지점 및 16지점), 상류 (13~22지점, 16지점 제외)로 구분하였다.

### 1. 서식환경

기수재첩 서식지의 수질조사는 상·중·하류로 나누어 총 6지점을 대상으로 4회 채수하여 각 항목별로 분석하였다. 수온은 봉상온도계로 측정하였으며, 염분은 Inductively Coupled Salinometer (Watanabe 601 MK)로 측정하였으며, 용존산소는 Winkler법으로, 영양염류 ( $PO_4\text{-P}$ ,  $NO_2\text{-N}$ ,  $NH_4\text{-N}$ )는 Strickland and Parsons법 (1972)에 의하여 분광광도계 (Bausch and Lomb Spectronic 20D)로 측정하였다.

서식지 퇴적물의 COD는 알칼리성 과망간산칼륨법 (國立水産振興院, 1985)을 이용하였으며, 황화물 함량은 황화물 검지관법 (日本水産資源保護協會, 1980)으로 측정하였다. 강열감량 (ignition loss, IL)은 시료를  $700^\circ\text{C}$ 에서 2시

간 강열한 후 데시케이터에서 1시간 방열하여 무게를 달고 시료에 대한 무게 차이로부터 계산하여 백분율로 표시하였다.

퇴적물의 입도분석은 재첩이 서식하는 표층에서 10 cm까지의 퇴적물을 채취하여  $H_2O_2$ 와 10% HCl 수용액을 가하여 유기물과 탄산염을 제거시켜 증류수로 세척하였다. 전처리한 시료를  $62\ \mu\text{m}$  이상의 체로 습식체질 (wet sieving) 하여, 조립질은 건식체별 (Ingram, 1971)로, 세립질은 자동 입도 분석기 (sedi-graph 5100)를 이용하여 분석하였다. 각 입도 구간별로 측정된 자료는 통계 처리하여 평균입도와 분급도 (sorting value)를 계산하였으며, Folk (1968)의 분류에 따라 퇴적물의 종류 (sediment type)를 결정하였다.

### 2. 서식밀도

기수재첩의 서식밀도를 조사하기 위하여 총 22지점에서 스쿠바를 하여 채집하였다.  $50 \times 50\ \text{cm}$  ( $0.25\ \text{m}^2$ )의 방형구를 무작위로 퇴적물의 모래 위에 설치한 후 깊이 20 cm까지 방형구내에 서식하는 시료를 채취하였으며 각 지점별로 5회씩 채취하였다.

현장에서 채취한 기수재첩은 실험실로 옮겨 각 방형구별로 개체수를 계수하였으며, 각 지점별 50개체씩을 무작위로 선택한 후 Vernier caliper를 이용하여 각 개체별 각 장을 0.1 mm까지 측정하였다.

## 결 과

### 1. 서식환경

재첩 서식지의 물리, 화학적 환경은 Table 1과 같다. 수온은  $-0.2 \sim 26.7^\circ\text{C}$  범위로서 1월에 가장 낮고 8월에 가장 높은 수온 분포를 보였으며, 수역별로는 차이를 보이지 않았다. 염분은  $0.50 \sim 3.21\text{‰}$  범위였으며, 수역별로는 하류가 평균 염분  $2.39\text{‰}$ 로 가장 높았고, 중류가  $1.46\text{‰}$ , 상류는  $1.07\text{‰}$ 로 가장 낮았다.

용존산소는  $5.21 \sim 8.13\ \text{ppm}$  범위로 수역별 차이가 거의 없었다. 영양염류 중  $PO_4\text{-P}$ 은  $ND \sim 1.37\ \text{ppm}$  범위로 상류  $0.54\ \text{ppm}$ , 중류  $0.63\ \text{ppm}$ , 하류  $0.61\ \text{ppm}$ 이었으며,  $NO_2\text{-N}$ 은  $0.10 \sim 0.81\ \text{ppm}$ 의 범위로 상류, 중류, 하류에서 각각  $0.46\ \text{ppm}$ ,  $0.62\ \text{ppm}$ ,  $0.67\ \text{ppm}$ 으로 나타났다.  $NH_4\text{-N}$ 은  $0.04 \sim 14.33\ \text{ppm}$  범위로서 하류 (평균  $6.82\ \text{ppm}$ )가 상

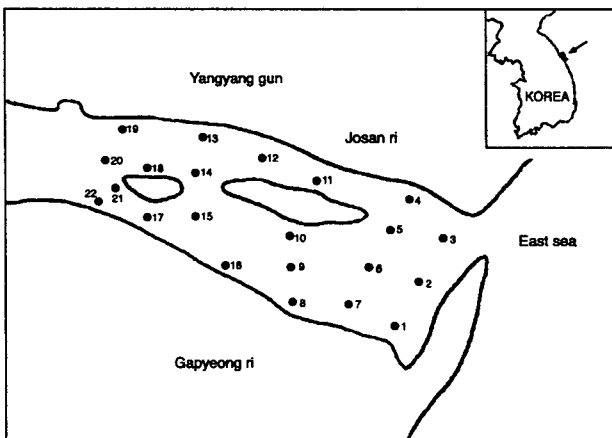


Fig. 1. Map showing the sampling stations for *Corbicular japonica*.

**Table 1. Changes of water environmental factors in the study area**

Stream area	WT* (°C)	Salinity (‰)	DO (ppm)	PO <sub>4</sub> -P (ppm)	NO <sub>2</sub> -N (ppm)	NH <sub>4</sub> -N (ppm)
Down	-0.2~26.7 (10.7)	1.04~3.21 (2.39)	5.67~7.68 (6.63)	ND**~0.95 (0.61)	0.10~0.76 (0.67)	0.82~14.33 (6.82)
Middle	-0.1~26.8 (10.8)	0.5~2.35 (1.46)	5.25~7.68 (6.67)	ND~1.37 (0.63)	0.52~0.81 (0.62)	0.94~8.83 (4.75)
Up	0.0~26.5 (10.7)	0.50~1.85 (1.07)	5.21~8.13 (7.05)	ND~1.24 (0.54)	0.34~0.59 (0.46)	0.04~4.76 (3.02)

\*WT : water temperature, \*\*ND : not detectable  
 Parentheses are means

류 (평균 3.02 ppm)에 비하여 높게 나타났다.

퇴적물의 환경은 Table 2와 같다. 퇴적물 COD는 1.53~2.82 ppm 범위로서 상류, 중류, 하류는 각각 2.34 ppm, 2.41 ppm, 1.93 ppm이었다. 황화물은 ND~0.0012 ppm으로 수역별 차이가 없었으나 강열감량 (IL)은 0.85~1.36%

**Table 2. Changes of sedimentary environmental factors in the study area**

Stream area	COD (ppm)	H <sub>2</sub> S (ppm)	IL* (%)
Down	1.53~2.32 (1.93)	ND**~0.0112 (0.0067)	0.85~0.96 (0.91)
Middle	2.19~2.64 (2.41)	0.0042~0.0082 (0.0061)	0.96~1.08 (1.02)
Up	1.81~2.87 (2.34)	ND~0.0026 (0.0013)	1.14~1.36 (1.25)

\*IL : ignition loss \*\*ND : not detectable  
 Parentheses are means

범위로 상류 (1.25%)가 하류 (0.91%)보다 높게 나타났다.

퇴적물 형태 및 분급도는 Table 3 및 Fig. 2와 같다. 양양 남대천의 재첩 서식장의 퇴적물 형태는 니질모래, 모래, 역질모래, 역니질모래 및 사력질 등 다양하게 나타났으나 대부분 모래 또는 역질모래로 구성되어 있었다. 특히, 섬을 중심으로 남쪽에는 역질모래층, 북쪽에는 모래층, 니질모래층으로 구성되어 있는 것이 특징이었다 (Fig. 2). 분급도는 0.53~1.77  $\phi$ 의 범위로서 상류 0.57~1.77  $\phi$ , 중류 0.58~1.35  $\phi$ , 하류 0.53~0.88  $\phi$ 로 나타났으며, 상류로 갈수록 분급이 불량하였다 (Table 3).

## 2. 서식밀도 및 출현율

재첩 서식장의 서식밀도는 Table 4 및 Fig. 3과 같다. 재첩의 서식밀도는 2~464 개체/m<sup>2</sup>로서 하류는 대체적으로

**Table 3. Sediment composition, sediment type and sorting value of the habitat area**

Station	Sediment composition (%)			Sediment type	Sorting value ( $\phi$ )
	Gravel	Sand	Mud		
1	6.5	92.7	0.8	Gravelly sand	0.56
2	5.2	93.9	1.0	Gravelly sand	0.53
3	4.7	94.7	0.6	Sand	0.65
4	4.8	93.7	1.4	Sand	0.69
5	7.4	92.1	0.5	Gravelly sand	0.56
6	19.1	73.2	7.7	Gravelly muddy sand	0.88
7	31.6	66.7	1.7	Gravelly sand	0.73
8	19.0	78.7	2.3	Gravelly sand	0.80
9	14.8	83.5	1.7	Gravelly sand	0.81
10	9.3	89.6	1.1	Gravelly sand	0.75
11	4.2	93.6	2.2	Sand	0.69
12	3.7	91.5	4.8	Sand	0.80
13	0.0	91.0	9.0	Muddy sand	0.58
14	28.4	69.9	1.7	Gravelly sand	1.25
15	30.5	65.0	4.5	Gravelly sand	1.52
16	12.0	81.1	7.0	Gravelly muddy sand	1.35
17	31.5	66.8	1.7	Gravelly sand	1.44
18	29.6	61.9	8.5	Gravelly sand	1.77
19	0.0	96.4	3.6	Sand	0.57
20	50.9	47.9	1.2	Sandy gravel	1.60
21	40.3	57.5	2.3	Gravelly sand	1.46
22	19.2	78.7	2.1	Gravelly sand	1.28

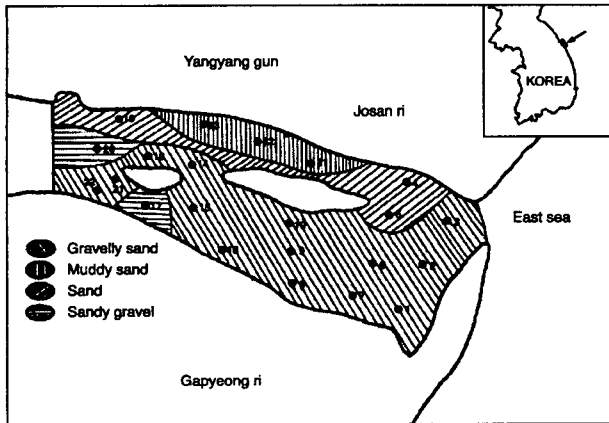


Fig. 2. Sediment types at the habitat of *Corbicular japonica* in the Namdae stream in 2000.

50 개체/m<sup>2</sup> 이하로 나타났으며, 종류는 50~400 개체/m<sup>2</sup>, 상류는 10~200 개체/m<sup>2</sup>로 다양하게 분포하였다. 지점별로는 6, 7, 8 및 10번 지점부근에서 200 개체/m<sup>2</sup> 이상으로 가장 높은 서식밀도를 보였으며, 19번과 20번 지점이 11 개체 미만으로 가장 낮은 밀도를 보였다.

채집의 크기에 따른 출현은 Table 4와 같이 각각 10

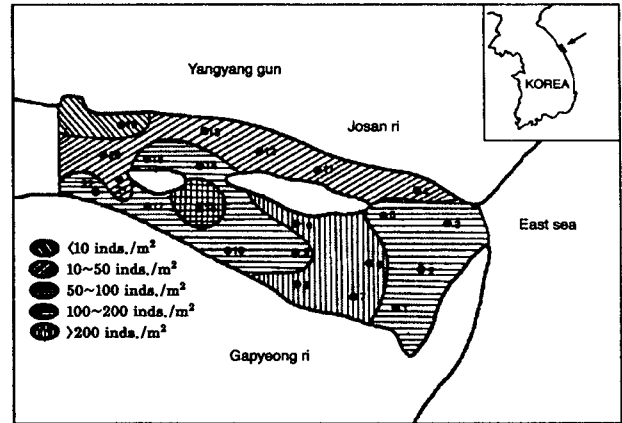


Fig. 3. Density distribution of *Corbicular japonica* in the Namdae stream in 2000.

mm 이하가 3.2%, 10~15 mm가 5.4%, 15~20 mm가 45.0%, 20~30 mm가 43.3%, 30 mm 이상이 3.1%로 나타났다. 10 mm 이상은 전체의 96.8%를 차지하고 있다. 지점별 크기에 따른 출현은 10 mm 이하의 소형 개체는 1~11지점에서만 출현하였으며, 30 mm 이상의 대형 개체는 1~16번 지점 (11, 12지점 제외)에서 출현함으로써 대

Table 4. Clam density and composition of the clams of different size classes in the sampling stations

Station	Density (clams/m <sup>2</sup> )	Frequency of size classes (%)				
		<10 mm	10~15 mm	15~20 mm	20~30 mm	30 mm<
1	125	7.5	3.8	37.5	48.7	2.5
2	189	3.3	8.3	59.5	26.4	2.5
3	158	6.9	3.0	13.9	69.3	6.9
4	28	16.7	11.1	27.8	43.6	0.8
5	170	7.4	10.1	37.6	40.4	4.5
6	357	4.8	6.6	48.9	39.3	0.4
7	203	6.2	1.5	56.2	31.5	4.6
8	464	2.0	1.4	48.8	45.8	2.0
9	181	2.6	8.6	44.8	41.4	2.6
10	248	2.5	6.3	46.5	43.4	1.2
11	16	12.5	25.0	43.8	18.7	0
12	15	0	20.0	66.7	13.3	0
13	31	0	5.0	20.0	25.0	50.0
14	117	0	5.3	44.0	40.5	10.2
15	78	0	8.0	46.0	42.0	4.0
16	138	0	2.3	35.2	61.4	1.1
17	111	0	4.2	43.7	52.1	0
18	159	0	4.9	35.3	59.8	0
19	2	0	0	100	0	0
20	11	0	20.0	40.0	40.0	0
21	14	0	22.2	44.5	33.3	0
22	191	0	4.9	58.2	36.9	0
Average	136.5	3.2	5.4	45.0	43.3	3.1

체적으로 중류와 하류 수역에 다양한 크기의 개체가 서식하는 것으로 나타났다.

## 고 찰

조개류는 환경여건이나 퇴적물 조성에 따라 서식량에 상당한 차이를 보이며, 성장 및 번식에도 큰 영향을 미치게 되므로 자원관리 및 지속적인 유지를 위해서는 본격적인 채취가 이루어지기 이전에 서식환경과 퇴적물에 관한 연구가 선행되어야 한다.

수중 저서생물에 영향을 주는 환경요인으로는 수온, 염분, 용존산소, 퇴적물 등 여러 가지가 있으나, 조개류는 수온변화에 강한 내성을 가지고 있으며, 특히 매재생활(infauna)을 하는 종은 대기의 온도변화에 직접적인 영향을 피할 수 있다(秋山, 1988). 본 조사지역인 양양 남대천은 수온의 연변화가  $-0.2 \sim 26.8^{\circ}\text{C}$ 의 넓은 범위를 보이는 곳으로 기수재첩도 수온에 대한 내성이 매우 강한 것으로 판단된다. 염분은  $0.50 \sim 3.21\%$ 로서 하류가 평균  $2.39\%$ , 중류가  $1.46\%$ , 상류는  $1.07\%$ 였으며, Pyen (1984)이 재첩이 서식하는 강원도 송지호와 향호의 염분이 각각  $10.85 \sim 11.51\%$ ,  $3.68 \sim 4.33\%$ 이라고 보고한 것에 비하여 훨씬 낮다. 이는 송지호와 향호는 호소이지만 양양 남대천은 하천수와 연안수가 교차되는 곳이기 때문인 것으로 생각된다.

용존산소는 대기중 산소가 물표면을 통한 용해, 조류 등에 의한 광합성, 동물의 호흡작용 등에 의해 변동하며, 본 연구에서의 용존산소는 전체적으로  $5.21 \sim 8.13$  ppm으로 Pyen (1984)이 강원도 5개 기수호(향호, 매호, 영랑호, 송지호, 화진포)의  $4.51 \sim 8.92$  ppm이라 보고한 것과 유사하였으며, 재첩의 서식에 적합한 환경이었다. 영양염류중  $\text{PO}_4\text{-P}$ 은  $\text{ND} \sim 1.37$  ppm,  $\text{NO}_2\text{-N}$ 은  $0.10 \sim 0.81$  ppm으로 Pyen (1984)의  $\text{PO}_4\text{-P}$ 은  $0.02 \sim 0.66$  ppm,  $\text{NO}_2\text{-N}$ 은  $0.08 \sim 1.19$  ppm이라 보고한 것과 비슷하였다.

퇴적물의 환경에서 COD는  $1.53 \sim 2.82$  ppm, 황화물은  $\text{ND} \sim 0.0012$  ppm, 강열감량(IL)은  $0.85 \sim 1.36\%$ 로 전체적으로 안정된 상태를 보였는데, 이것은 그동안 보호수면으로 지정되어 하천관리가 잘되었기 때문으로 사료된다.

Cranford et al. (1985)는 Canada의 Fundy만에서 조개류인 *Macoma balthica*가 잠재적 먹이가 많이 포함되어 있는 세립퇴적물에서 높은 밀도로 서식하고 있음을 밝힘으로써 퇴적물 조성이 서식밀도를 결정하는데 중요한 요인임을 지적하였다. Lee et al. (1969)은 패류양식을 위한 적

지 환경요인에 관한 연구에서 가무락, *Cyclina sinensis*이 고밀도로 서식하는 퇴적물의 조성은 mud가  $10 \sim 30\%$ 이고, sand가  $50 \sim 80\%$ 라고 보고하였으며, Lee et al. (1999)은 바지락, *Ruditapes philippinarum*의 서식지 중 gravel  $10 \sim 15\%$ , mud  $30\%$ , sand  $55 \sim 60\%$ 인 곳에서 높은 밀도로 서식한다고 보고하였다. 또한 동족, *Macra veneriformis*의 서식지 입도 분포는 미사(very fine sand)가  $75 \sim 90\%$ 를 차지한다고 보고되어 있다(Ryou, 1994).

이 연구에서의 기수재첩 서식지는 gravel  $5 \sim 30\%$ , sand  $60 \sim 90\%$ 로서 역사질로 구성된 곳이 서식밀도가 높은 것으로 나타나 다른 연구자(Lee et al., 1969; Lee et al., 1999)들과 다소 차이를 보이는데 이것은 종에 따라 고유한 퇴적물의 입도를 선택하기 때문으로 생각된다(Lee et al., 1969; 秋山, 1988).

퇴적물이 조개류의 서식에 영향을 미치는 요인으로는 조성 이외에 입도의 표준편차를 나타내는 분급도가 있다. Lee et al. (1999)은 바지락 서식지의 분급은  $3.5 \sim 4.5 \phi$ 로 다양한 크기의 입자가 혼재한 곳에서 서식밀도가 높았다고 하였으나, 본 연구에서는 분급이 전체적으로  $0.53 \sim 1.77 \phi$ 의 범위로서 서식밀도와는 뚜렷한 영향이 없으므로 나타났다. 바지락은 다양한 크기의 입자(분급이 불량한 곳)를 선호하는 반면(Lee et al., 1999), 기수재첩은 입자의 편차가 적은(분급이 양호한 곳) 것을 선호하기 때문에 사료된다. 이상의 결과로 볼 때 기수재첩의 서식에 적합한 곳은 역사질이면서 분급이 매우 양호한 퇴적물 조성을 보이는 곳으로 사료된다.

조개류의 서식밀도에 관하여 바지락의 경우 Won (1994)은 강진만 어장에서  $63$  개체/ $\text{m}^2$  정도로 보고하였으며, Shin (1996)은 광양만에서 최고  $1,291$  개체/ $\text{m}^2$ 라고 보고하였다. 또한 Lee et al. (1999)는 태안 어장이  $1,572$  개체/ $\text{m}^2$ , 고창 어장이  $745$  개체/ $\text{m}^2$ 라고 보고하여 서식지에 따른 차이를 보이고 있었다. 이 연구에서 기수재첩의 서식밀도는  $2 \sim 464$  개체/ $\text{m}^2$ 로서 바지락 보다 대체적으로 낮았으나, 이것은 종에 따라 서식환경과 생태가 다르므로 서식밀도의 차이를 보이는 것으로 생각되며, 이에 대한 연구가 계속되어야 할 것으로 사료된다.

또한 조사 지점별로 6, 7, 8 및 10번 지점에서  $200$  개체/ $\text{m}^2$  이상이었으나 19번과 20번 지점은  $10$  개체 이하로 지점간 차이를 보인 것은 동일 수역 내에서도 저질 퇴적물 등 서식환경에 따른 수용능력이 다르기 때문으로 추정된다.

각장에 대한 출현율을 조사한 결과, 각장 10 mm 이하가 3.2%, 10~15 mm가 5.4%, 15~20 mm가 45.0%, 20~30 mm가 43.3%, 30 mm 이상이 3.1%로 10 mm 이상은 전체의 96.8%를 차지하여 Jung (1977)의 낙동강 재첩 88.6%보다 높았으며, 이것은 본 조사가 산란직전의 7월에 이루어진 것과 관계가 있을 것으로 판단된다.

## 요 약

기수재첩 (*Corbicula japonica*)의 서식환경과 서식밀도를 파악하기 위하여 강원도 양양군 남대천 하구를 대상으로 수질, 퇴적물 환경, 입도분석 및 서식밀도와 크기별 출현율 등을 조사하였다.

재첩 서식지의 수온은 -0.2~26.8℃, 염분은 0.50~3.2‰, 용존산소는 5.21~8.13 ppm이었으며, 영양염류 중 PO<sub>4</sub>-P은 ND~1.37 ppm, NO<sub>2</sub>-N은 0.10~0.81 ppm으로 나타났다. 퇴적물의 환경에서 COD는 1.53~2.82 ppm, 황화물은 ND~0.0012 ppm, 강열감량 (IL)은 0.85~1.36%로 안정된 값을 보였다. 퇴적물 조성은 대부분 모래 또는 역질모래였으며, 분급도는 0.53~1.77 φ로 매우 양호하였다.

재첩의 서식밀도는 2~464 개체/m<sup>2</sup>로서 하류 50 개체/m<sup>2</sup>, 중류 50~400 개체/m<sup>2</sup>, 상류 10~200 개체/m<sup>2</sup>로 다양하였으며, 크기에 따른 출현율은 각장 10 mm 이하가 3.2%, 10~20 mm가 50.4%, 20~30 mm가 43.3% 그리고 30 mm 이상이 3.1%로서 10 mm 이상은 전체의 96.8%로 나타났다.

## 참 고 문 헌

- Byeon, H. K., J. S. Choi and J. K. Choi, 1996. Fish fauna and distribution characteristic of anadromous type fish in Yangyang Namdae stream. Korean J. Limnol., 29(3) : 159-166.
- Cranford, P. J., D. L. Peer and D. C. Gordon, 1985. Population dynamics and production of *Macoma balthica* in cumberland basin and Shepody Bay. Bay of Fundy, J. of Sea Rec., 19 : 135-146.
- Folk, R. L., 1968. Petrology of sedimentary rocks Hemphill's Austin, Texas. 170pp.
- Ingram, F. L., 1971. Sieve analysis in procedures in sedimentary petrology. (ed) Carver, R. 69-94.
- Jung, J. Y., 1977. Ecological studies of a brackish water clam, *Corbicula japonica* from Nag Dong river. Nat. Fresh Water Fish Hat. of Fish. Cheong-pyong, Korea. 2 : 130-140 (in Korean).
- Kim, J. H. and M. S. Yoo, 2000a. Spermatogenesis and sperm morphology in marsh clam, *Corbicula leana* (Prime). Bull. Korean Fish. Soc., 33(3) : 171-175 (in Korean).
- Kim, J. H. and M. S. Yoo, 2000b. Reproductive cycle of marsh clam, *Corbicula leana* (Prime) in Hyongsan Estuary. Bull. Korean Fish. Soc., 33(3) : 184-191 (in Korean).
- Lee, C. K., N. K. Chang and S. S. Choi, 1969. Studies on environmental factors in marine bivalve culture. Bull. Korean Fish. Soc., 2(1) : 33-40 (in Korean).
- Lee, C. S., Y. S. Choi and Y. R. Cho, 1999. Stocking density and culturing environments of the manila clam (*Ruditapes philippinarum*). Bull. Nat. Fish. Res. Dev. Inst., 56 : 177-186 (in Korean).
- Lee, T. Y. and E. Y. Chung, 1980. Reproductive cycle of marsh clam, *Corbicula fluminea* (v. MULLER). Publ. Inst. Mar. Sci. Nat. Fish. Univ. Busan. 12 : 47-54 (in Korean).
- Lee, J. S. and J. B. Kim, 1997. Systematic study on the genus *Corbicula* (Bivalvia : Corbiculidae) in Korea. Korean J. Syst. Zool. 13(3) : 233-246 (in Korean).
- Park, S. W. and S. H. Lee, 1968. Analysis of the shell height frequencies on the flesh water cockle, *Corbicula elatior*, by means of probability graph. Bull. Korean Fish. Soc., 1(1) : 31-43 (in Korean).
- Pyen, C. K., 1984. Environmental and biological survey at the five brackish lakes in Kangwon-do. Cheju Nat. Univ. J. 18 : 1-13.
- Ryou, D. K., 1994. Ecology studies on the population of surf clam, *Macra veneriformis* Reeve. Dep. of Mar. Bio. Graduate School Nat. Univ. of Cheju. 110pp (in Korean).
- Shin, S. H., 1996. Growth and production of short necked clam (*Tapes philippinarum* : Bivalvia) in Kwangyang Bay. Dep. of Oceanogr. Graduate School Nat. Fish. Univ. Yosu. 118pp (in Korean).
- Strickland, J. D. and T. R. Parsons., 1972. A practical handbook of seawater analysis. Bull. Fish. Rec. Bd. Can. 167-310.
- Won, M. S., 1994. Seed production and environmental influence on productivity of the shortnecked clam, *Ruditapes philippinarum*. Dep. of Fish. Bio. Graduate School Nat. Fish. Univ. Pusan. 220pp (in Korean).
- 國立水產振興院, 1985. 海洋汚染 및 赤潮調查 指針. 藝文社. 釜山. 297pp.
- 日本水產資源保護協會, 1980. 水質汚濁調查指針. 恒星社厚生閣. 東京. 256~257.
- 田祥麟, 1982. 東海로 流入되는 小河川 水系的 魚類相에 關하여. 自然保存研究報告, 4 : 109~118.
- 秋山章男, 1988. 生物の生態と環境. pp.85-98.(屬) 河口・沿岸域の生態とエコテクノロジー-(栗原 康編著). 東海大學出版部.

(접수 : 2001년 11월 2일, 수리 : 2001년 12월 12일)