馬山灣에서의 통발과 刺網漁具에 의한 底棲 魚介類의 群集特性

염 말 구
경상대학교 해양생산학과, 해양산업연구소
(1997년 8월 21일 접수)

Community patterns of demersal fishes by the baited traps and bottom gillnets in the Masan Bay, heavily polluted area

Malgu Youm

Coll. of marine science, Gyeongsang Nat' l. Univ.
Tongyoung si, 650-160, Korea
(Received August, 21, 1997)

Abstract

The aim of this research was to evaluate the biotic environments based upon the community pattern of demersal fishes in the Masan bay which is heavily polluted area in the southern part of Korea. The baited traps or bottom gillnet sampled bottom fishes at four sites totally 14 times from March 1994 to December 1996 with 2~3 months interval.

The baited trap caught 0~10 species which were mainly starfish, crabs, conger eel, rockfish, or blenny with 0~50 individuals per a trap. Small crab(*Atergatis* sp.) was significantly dominant in the S1 site, most heavily polluted area, and starfish(*Asterias* sp. and/or *Asterina* sp.) in the other three sites. There was no animals at the S1 site in the March and July in 1994 and August in 1996.

The gillnets caught 0~7 species which were mainly mantis shrimp, jellyfish, flounder, starfish, crabs, or sea weeds with 0~30 individuals per a pannel of bottom gillnet. Jellyfish was significantly dominant in the S1 site and mantis shrimp in the all four sites. There was no animals in the July 1994 at S1 site and in the August and December 1996 at S4 site. But at the August in 1995 or 1996 in the S1 site, the bottom gillnets caught mackerel, anchovy, gizzard-shad or mullet which was dead all.

The species diversity index of samlings by trap or gillnet showed less than 1.0 in the 80% of the totally 56 samplings. This means that the stability of demersal fishes' community is very low owing to the poor biotic environments. But most of fishes living at Masan bay appeared well fitting with the heavily polluted environments. And some fishes, like mackerel, anchovy, gizzard-shad or mullet migrated into polluted Masan bay with the seasonal or annual fluctuation.

서 론

내만의 오염평가는 편리상 대부분 물리 · 화학적 측면만을 고려하여 이루어 지고 있으나, 보다 합리적인 평가에는 그 수역의 환경에 적응하고 있는 생물군집의 특성이 충분히 반영되어야 할 것으

로 생각된다.

본 연구에서는 연안수역에서의 어류조사에 대한 보고(김과 강, 1991 ; 이, 1989, 1996 ; 임, 1993 ; 황 등, 1997 ; Beck, 1955 ; Lee and Seok, 1984)를 기초로 하여, 우리나라에서 가장 오염이 심한 내만 중의 하나인 마산만에서 1994년부터 1996년까지 14회에 걸쳐 통발과 자망어구로 오염수역에 적응하고 있는 저서 어개류의 군집특성을 조사하였고, 또 이를 근거로 서식환경의 변화에 대한 평가를 시도하였다. 그런데 저서 어개류는 세균류나 플랑크톤 혹은 저서생물 보다는 비교적 생활 주기가 길므로 이들 군집특성에는 수개월에서 수년에 걸친 수질과 저질의 누적된 변화가 종합적으로 반영될 것으로 생각되며, 또 대부분의 어개류는 해양생태계에서 높은 영양단계에 속하므로 저단계 생태계의 미소 변화가 종합적으로 반영될 것으로 생각된다. 뿐만아니라 어개류는 비교적 종의 구분이 분명하고, 또 인간에게 친숙하거나 어업의 대상종인 경우가 많다. 그러므로 어개류의 군집에 의한 오염평가는 다른 평가에 비해 이해가 쉽고 직감적이며 인간의 어업활동과 직결되는 장점이 있다고 생각된다.

연구의 결과, 마산만의 저서 어개류군집은 생물종수가 적고, 또 납작게, 불가사리, 해파리 및 갯가재 등이 탁월하게 우점하는, 안정도가 아주 낮은 군집을 형성하는 것으로 나타났다. 이러한 특성을 근거로 서식환경의 변화를 유추할 수 있었고, 또 몇가지 흥미로운 현상이 관찰되었으므로 이를 정리하여 보고한다.

재료 및 방법

생물조사는 마산만의 4개 정점에서 통발과 자망어구로 1994년 3월부터 1996년 12월까지 2~3월 간격으로 14회에 걸쳐 실시되었다.

마산만은 우리나라에서 가장 오염이 심한 내만 중의 하나이다. 마산시는 오염을 개선하기 위해 1990년 6월부터 1994년 12월까지 마산항 내의 $5\times10^6m^2$의 면적에 대하여 약 $2\times10^6m^3$의 해저 퇴적물을 준설하였고, 또 마산시 덕동에서 정화처리한 $5\times10^6m^3$/일의 생활 하수를 옥계부근에 수중방류하고 있다.

조사정점은 마산만에서 대형 선박들의 출입이 빈번한 중앙부 항로와 진해군항 통제구역을 제외한 지역 중에서 빗금친 마산항의 북쪽수역(S1), 돗섬(S2), 막개도(S3) 및 옥계 부근(S4)의 4곳으로 선정하였다(Fig.1). S1정점은 오염이 심한 봉암천 입구 부근 지역으로 '94년 이전의 마산항 준설초기에 해저토가 준설된 해역이며 저질은 대부분 검은 연니였다. S2와 S3정점은 돗섬과 막개도의 인근해역으로 저질은 암석, 연니 혹은 패각이었다. 그리고 S4정점은 덕동에서 정화처리된 오수가 수중 방류되는 지역의 인근 지역으로 저질은 암석, 연니 혹은 패각부스러기였다. (FIg. 1)

생물채집에 사용된 통발과 자망어구의 규격은 Table 1에 나타낸 바와 같다. 통발어구는 정착성 어개류의 채집에 적합할 것으로 판단된 스프링식 그물통발(직경 300mm, 길이 600mm)이 사용되었으며, 각 정점의 수심 3~5m인 수역에 20개 씩 부설하였다. 통발에 사용된 미끼는 멸치나 정어리 등의 어류 50g으로 하였다. 자망어구는 저층의 이동성 어개류를 채집하는 데 적합할 것으로 판단된 저층 삼중자망(길이 20m, 높이 1.5m)이 사용되었으며, 각 정점의 수심 10~20m의 수역에 5폭 씩 부설되었다.

통발과 자망어구는 15~17시경에 부설하고 다음날 9~16시 사이에 통상 S3, S4, S1 및 S2의 순서로 회수하여 포획된 생물의 종류별 개체수를 조사하였다.

'95년 10월에는 모든 정점에서 자망어구에 의한 조사가 이루어지지 못하였으며 '96년 6월에는 S3정점에서 자망어구가 분실되어 자료가 누락되었다. 그리고 조사 중에 조사어구나 어획물의 일부가 분실되거나, 지선어업인들이 부설한 소형정치망, 통발, 자망 등의 어구로 인한 장애가 발생하기도 하였다.

통발과 자망어구에 포획된 자료는 군집의 안정도를 파악하기 위하여 각 정점별로 종다양성 지수(Shannon and Weaver, 1963)를 (식1)에 의해 구하여 정점별, 계절별 및 경년별 군집의 안정도를 조사하였다.

$$H' = -\sum_{i=1}^{s} \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N} \qquad \text{(식 1)}$$

여기서, 각 샘플에 대하여 S는 종수, n_i는 i번째 종의 개체수, N는 총개체수를 의미한다.

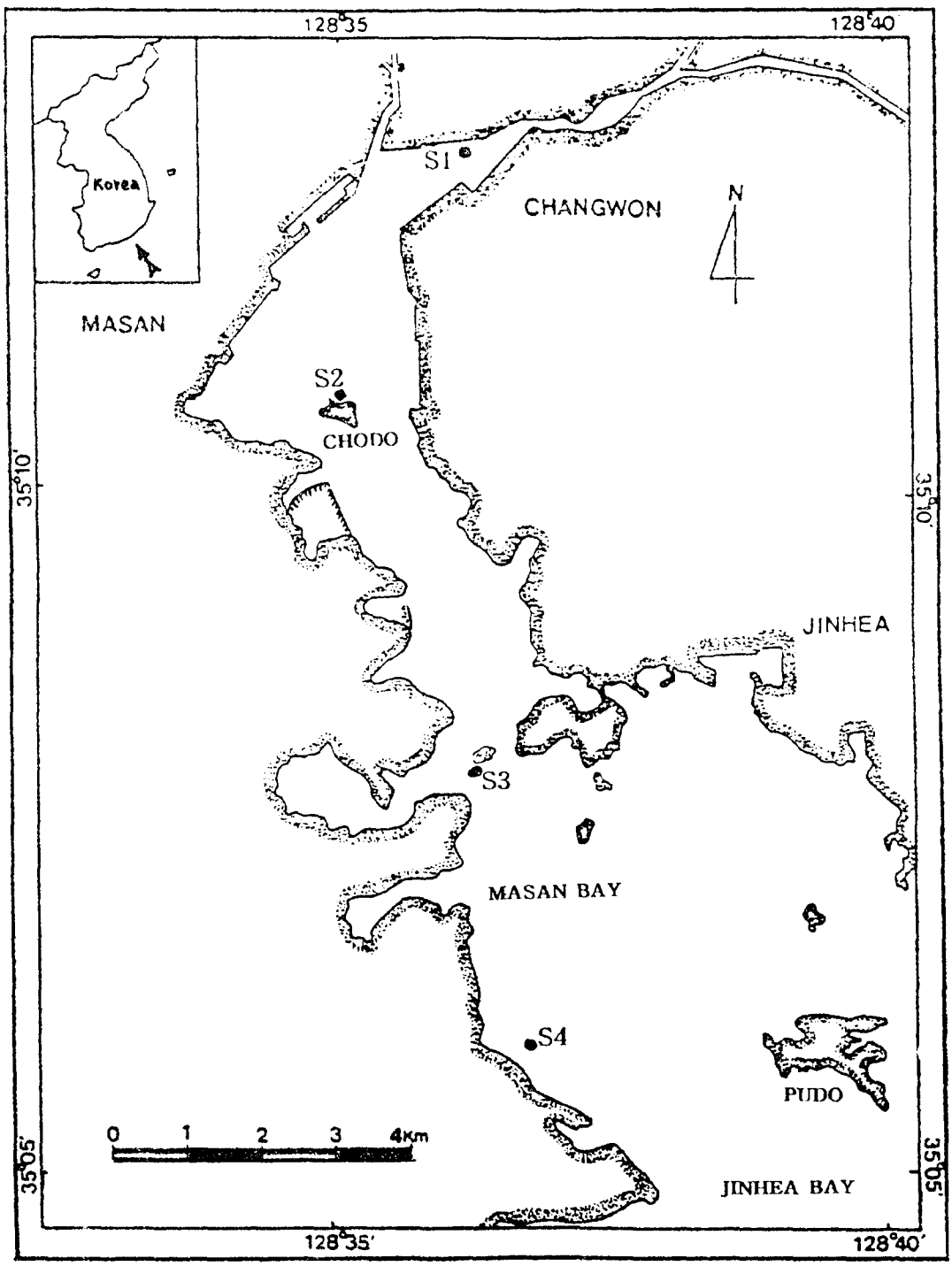


Fig.1. Sampling sites labeled S1, S2, S3 or S4. The Masan bay is a small inner bar of Jinhae bay which is located in the southem part of Korea. In each site 20 baited traps were set at 3~5 meters water depth and 5 pannels of bottom gillnet at 10~20 meters water depth for sampling fishes.

Table 1. Specifications of sampling gears for demersal fishes

Baited trap	Gillnet
• Main line : pvc. $\phi 7mm$,	• Float line : pp. $\phi 4mm$,
• Length between traps : $7m$	• Lengh of a pannel : $20m$
• Branch line : pp. $\phi 3mm$, $3m$ in length	• Height of pannel : $1.5m$
• Type : sylinder type with netting	• Type : bottom trimmel gillnet
• Size of trap : $\phi 300$ x $600mm$ in length	• Mesh size of netting : inner - PA. $50mm$,
• Bait : sardine or anchovy $50g$	outer - PA. $350mm$
• 20 traps at each site	• 5 pannels at each site

결과 및 고찰

1994년 3월부터 1996년 12월까지 14회에 걸쳐 4개 정점에서 행한 생물조사는 통발이 56회, 자망이 51회였다. 통발은 1회 조사의 평균 부설길이가 $140m$였으며, 주로 저질의 영향을 많이 받는 정착성 저서 어개류의 군집특성을 파악하는데 적합할 것으로 생각된다. 그리고 자망은 1회 조사의 평균 부설 길이가 $100m$였고 높이는 $1.5m$였으며, 저층수의 영향을 많이 받는 이동성 혹은 회유성 저서 어개류의 군집특성을 파악하는데 적합할 것으로 생각된다.

통발과 자망어구에 의한 조사결과를 정리하여 포획된 생물종수의 변동을 Fig. 2에, 단위 통발 혹은 단위 자망 폭당 개체수의 변동을 Fig. 3에, 그리고 우점종과 상업적 주요종의 개체수 변동을 Fig. 4에 각각 나타내었다. 또한 각 어구에서 2종 이상이 포획된 경우에 대하여 계산된 종다양성지수(H′)의 변동을 Fig. 5에 나타내었다.

통발에 채집된 어개류는 0～10종으로 붕장어(체장 $20cm$), 볼락($7cm$), 베도라치($10cm$), 망둑($10cm$)등의 정착성 저서어류(강 등, 1996 ; 김, 1983 ; 김, 1984 ; 허, 1986)와 불가사리 및 게류로 S1정점을 제외하고는 정점간에 대부분 유사한 종이 포획되었다. 정점별로는 S3정점에서 많았고, '95년 4월과 6월 및 8월에 많았다. 그러나 겨울철에 적었고 '94년 3월과 7월 및 '96년 8월에는 S1정점에서 한 종도 포획 되지 않았다(Fig 2 a). 자망어구에 의한 생물종은 갯가재($15cm$), 도다리($20cm$), 게류, 해파리, 불가사리 및 해조(주로 파래)류 등의 0～7종으로 정점간에 대부분 유사한 종이 포획되었으며, S2정점에서 많았고 '94년 11월과 '95년 2월 및 4월에 많았다. 그러나 '94년 7월의 S1 정점과 '96년 8월과 11월의 S4 정점에서는 한 종도 포획되지 않았다(Fig 2 b). '94년 11월에 꼼치($20cm$), '95년 8월에 고등어($20cm$), '96년 8월에 숭어($40cm$)와 전어(15cm) 및 '95년과 '96년 8월에 멸치($10cm$) 등 회유성 어류가 저층자망에 폐사된 채로 포획되었다.

통발당 개체수는 0～46마리로 우점종은 S1정점에서 납작게였으며 다른 정점에서는 불가사리였다. 개체수는 '94년 11월에 통발당 46마리로 가장 많았고 '95년 4과 6월에 많았다. 그러나 S1정점에서는 '94년 3월과 7월 및 '96년 8월에 전혀 없었다(Fig 3 a). 자망의 폭당 개체수는 0～30마리로 우점종은 S1과 S2정점에서는 해파리와 갯가재였으며 다른 정점에서는 갯가재 였다. 자망에 걸린 해파리는 개체수 파악이 곤란하여 그림(Fig. 3 b)에서 제외시켰다. 자망의 포획 개체수는 '94년 11월과 '95년 8월 및 '96년 4월에 많았으나 정점간 혹은 계절간에 변동이 심했다(Fig. 3 b).

채집된 어개류 중에서 통발에 의한 불가사리, 납작게, 붕장어 및 자망어구에 의한 갯가재, 도다리 등의 종별 개체수 변동을 Fig. 4에 나타내었다.

통발에 채집된 게는 납작게, 민꽃게, 털게, 거미게 등 종류와 개체의 크기가 다양하였으나, S1정점에서는 납작게(2～$3cm$) 단일종 뿐이었으며 다른 정점에서는 대부분 민꽃게(8～$10cm$)였다(Fig. 4 a). 자망어구에 걸린 민꽃게나 털게는 개체수가 적었다.

그런데 S1정점에서만 포획된 납작게는 '94년 3월과 7월에는 한 개체도 없었으나 '94년 11월에

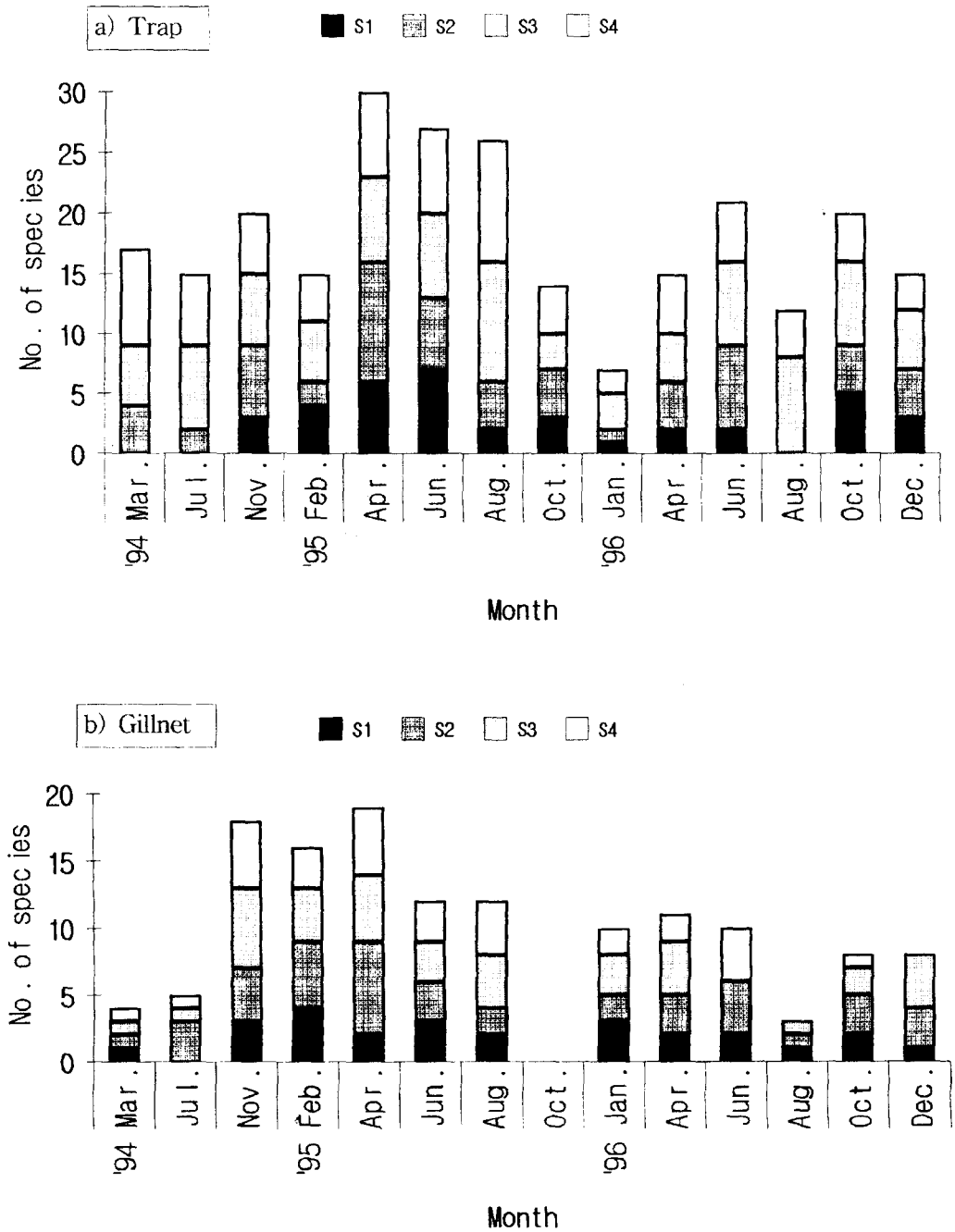


Fig.2. Abundances of total species caught by the baited traps or bottom gillnet during a day in each months. In the figure b), the setting of gillnet were skipped in all four sites at October 1995 and only in the S3 site at June 1996.

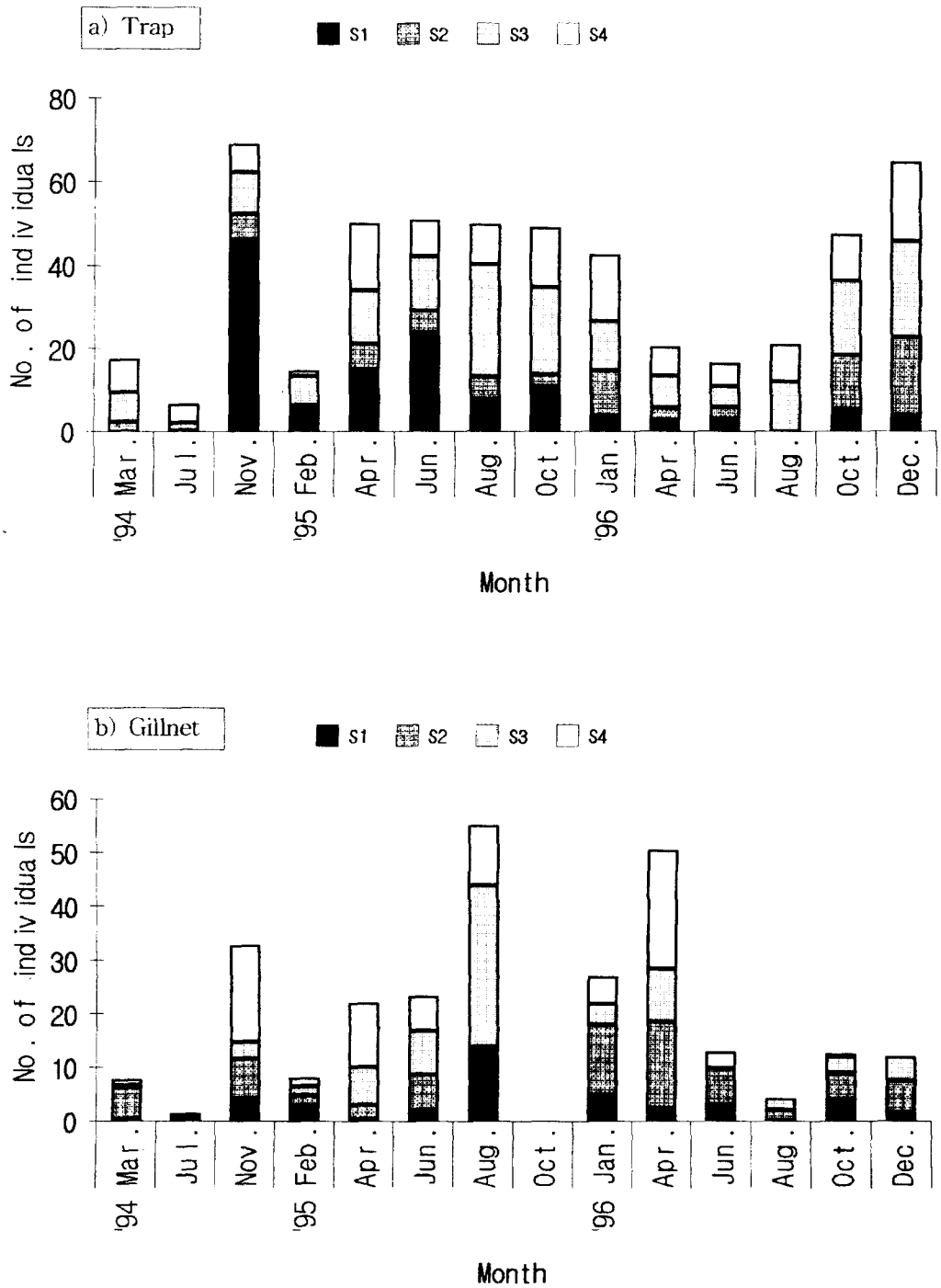
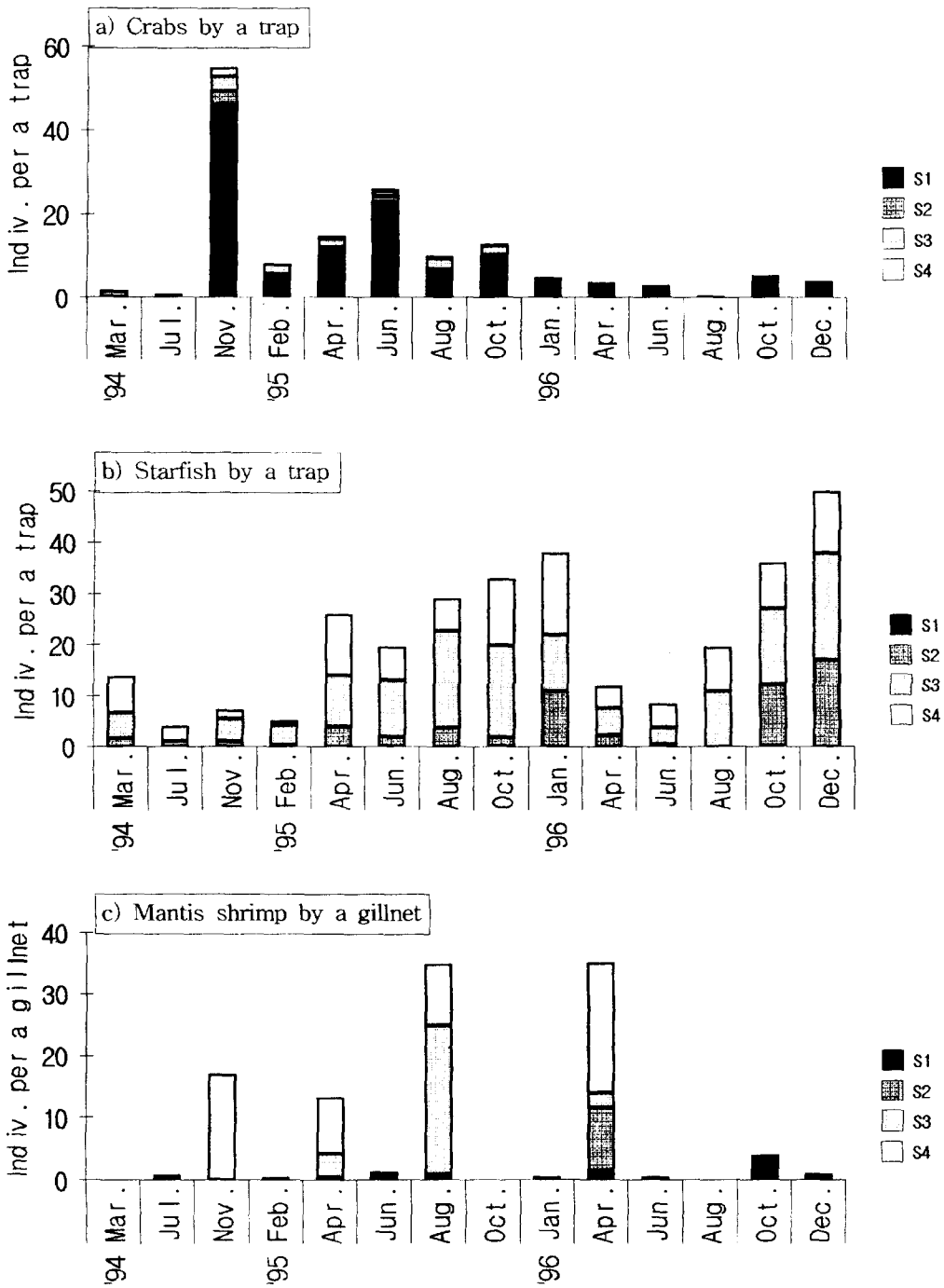


Fig.3. Abundances of individuals caught by a baited trap or a pannel of bottom gillnet during a day in each months.


a) Crabs by a trap
Indiv. per a trap
60
40
20
0
'94 Mar.
Jul.
Nov.
'95 Feb.
Apr.
Jun.
Aug.
Oct.
'96 Jan.
Apr.
Jun.
Aug.
Oct.
Dec.
S1
S2
S3
S4
b) Starfish by a trap
Indiv. per a trap
50
40
30
20
10
0
'94 Mar.
Jul.
Nov.
'95 Feb.
Apr.
Jun.
Aug.
Oct.
'96 Jan.
Apr.
Jun.
Aug.
Oct.
Dec.
S1
S2
S3
S4
c) Mantis shrimp by a gillnet
Indiv. per a gillnet
40
30
20
10
0
'94 Mar.
Jul.
Nov.
'95 Feb.
Apr.
Jun.
Aug.
Oct.
'96 Jan.
Apr.
Jun.
Aug.
Oct.
Dec.
S1
S2
S3
S4

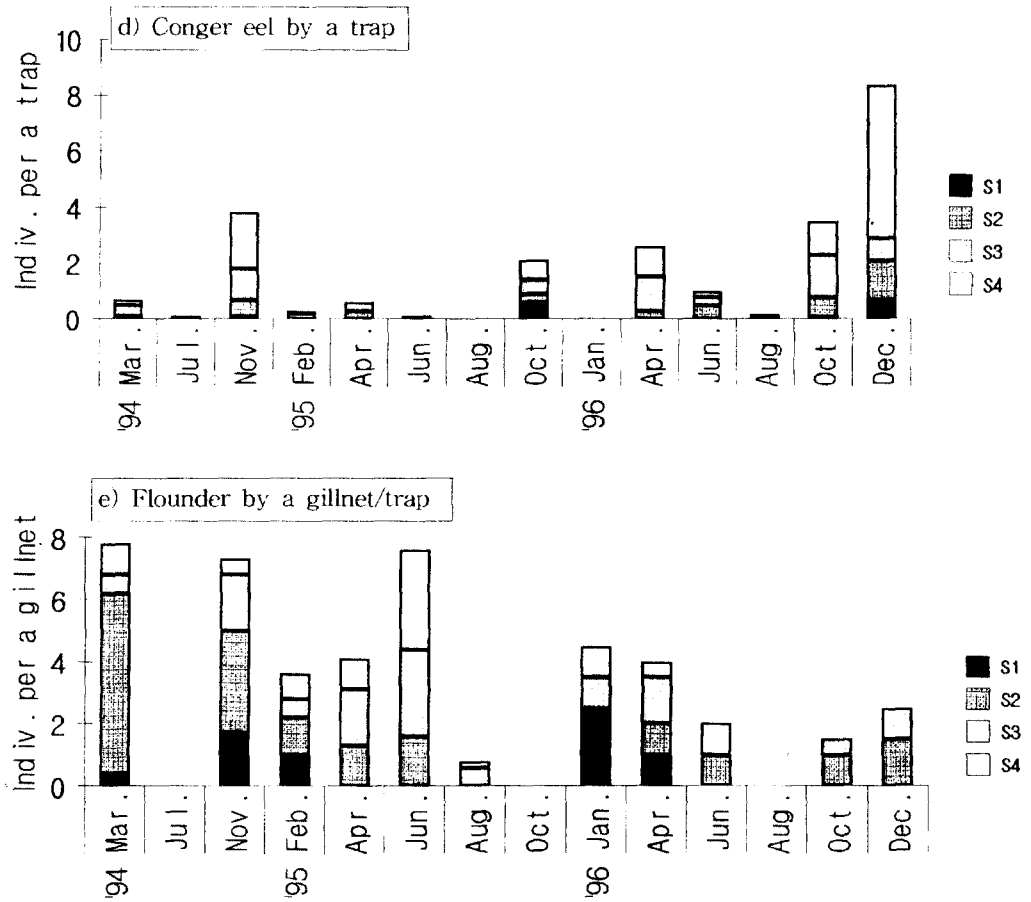


Fig.4. Abundances of major species caught by a baited trap or a pannel of bottom gillnet,
a) Crabs : only *Atergatis* sp. at S1 site, at the other sites mainly *Portunus* sp. ;
b) Starfish : *asterias* sp. or *Asterina* sp. ;
c) Mantis shrimp : *Oratosquilla* sp. ;
d) Conger eel : *Conger myriaster* ;
e) Flounder : *Pleuronichthys* sp.

각장 2~3*cm*의 납작게 900여 마리가 20개의 전 통발에서 포획되었다. 이 때 통발당 평균은 46마리였고 분산은 161로 나타나 현저한 단괴상의 공간분포를 하고 있는 것으로 나타났다. 그러나 '95년 2월에는 개체수가 급격히 줄었으나 지속적으로 포획되었으며, 특히 '96년 8월에는 전혀 포획되지 않는 특이성을 보이기도 하였다(Fig. 4 a). 그런데 이 지역에서 납작게는 본 조사 이외에는 전혀 어획대상이 되지 않았으며, 또 통발에 포획된 것도 즉시 방류하였으므로 포획으로 인한 자원의 감소는 없었을 것으로 판단된다. 그러므로 포획개체수의 급격한 변동은 저질변화, 분산, 먹이생물, 포식생물(붕장어 혹은 고등어 등) 등과 관련이 있을 것으로 추정되지만 이에 대한 구체적인 확증은 없다.

불사리는 2종(*Asterias amurensis*, *Asterina pectinifera*)이 대부분 통발에 포획되었으며, S1 정점을 제외한 다른 정점의 가장 탁월한 우점종으로 '94년에는 적었고 '95년과 '96년의 가을에서 겨울에 많았으나 정점간에 변동이 심했다(Fig. 4

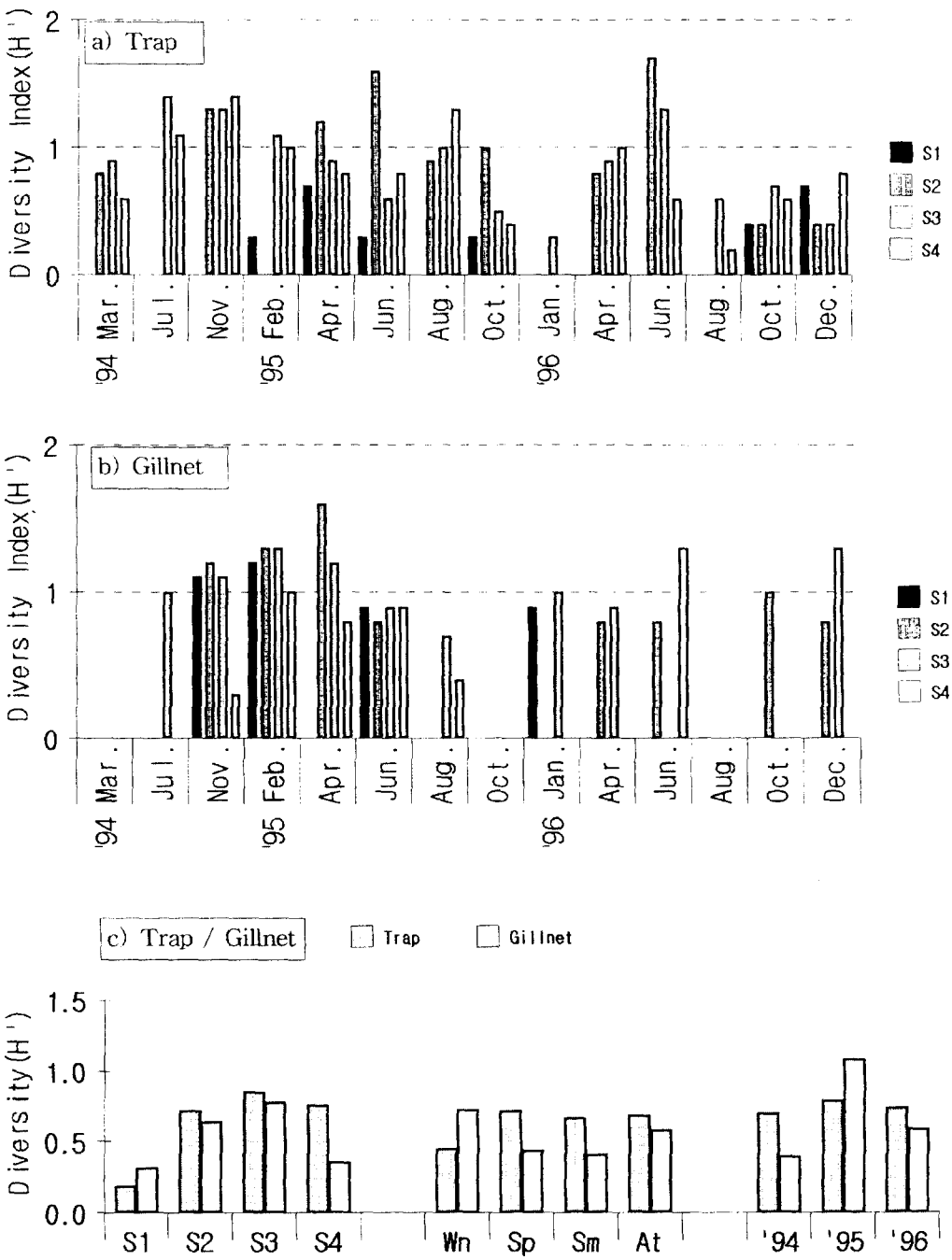


Fig.5. Flutuation of Shannon and Weave's species diversity index(H′). In the figure c) S1, S2, S3, or S4 stands for the sampling site and Wn, Sp, Sm, At stands for winter(Dec.~Feb.), spring(Mar.~May), summer(Jun.~Aug.), or autumn(Sep.~Nov.).

b). 그러나 불가사리는 S1정점에서는 14회의 조사 기간 중에 통발이나 자망에 한 개체도 포획되지 않은 특이성을 보였는 데, 이는 저질의 환경이 적합하지 못하기 때문으로 추정되지만 분명한 이유는 알 수가 없다.

갯가재(13～17*cm*)는 주로 자망에 포획되었고 정점간 및 계절간에 심한 변동을 보였으며(Fig. 4 c), 봄철에 포획된 갯가재는 포란을 하고 있는 개체가 많았다. 갯가재 치어(5～8*cm*)는 '95년 4월, 6월, 8월에 주로 S1정점에서 통발에 포획되었다.

붕장어(17～27*cm*)는 모든 정점에서 포획되었으나 S1정점에서 적고 S4정점에서 가장 많았다. 특히 '96년 12월 S4에서 많았다. 평균적으로 보아 가을과 겨울에 많았으며, 다른 어개류와는 달리 '95년에 적고 '96년에 많았다. 그러나 '95년 8월과 '96년 1월에는 다른 종과는 달리 모든 정점에서 한 개체도 포획되지 않는 특이성을 보였다(Fig. 4 d).

도다리(15～23*cm*)는 주로 봄과 가을에 모든 정점에서 비교적 고르게 자망어구에 포획되었으며 '94년과 '95년 6월에 많았다(Fig. 4 e). 그런데 도다리 치어(1～5*cm*)는 '94년에는 전혀 나타나지 않았으나 '95년 4월과 6월에는 S1과 S2정점에서, '95년 8월에는 S2와 S3정점에서 통발에 많이 포획되었다. 그리고 '96년에는 6월과 8월에 출현하였으나 '95년보다 적었다. '95년과 '96년의 6월 혹은 8월에는 폐사된 개체가 많았다.

해파리는 S1정점에서 자망의 탁월 우점종이었으며, 특히 '94년 7월(S1정점), '95년 6월(S1, S2, S4정점), '96년 1월(S1정점), '96년 4월(S1정점), '96년 6월(S1, S2정점), '96년 8월(S2정점) 및 '96년 12월(S1정점)에 많았고 특히 여름철에는 대부분 대군집을 형성하였다.

치어는 '94년에 1개체도 나타나지 않았다. 그러나 '95년 4월에 S1정점에서 새우(1.5*cm*), 도다리(1～2*cm*), 노래미(2～3cm)와 S2정점에서 꼼치(5*cm*) 등이 통발에 포획되었다. 6월에도 S1정점의 수심 3*m* 부근에 부설한 통발에 도다리 치어(2～3*cm*)가 포획되었으나 대부분 죽어 있었다. 그러나 S1과 S2정점의 수심 10*m* 부근에서 약 500*m* 예인된 드레지(입구 15×60*cm*)에 포획된 도다리(5～8*cm*)는 살아있었다. '95년 8월에도 S1과 S2 및 S3정점에서 갯가재(5～8*cm*) 및 도다리 치어가 많았으나 도다리 치어는 특히 폐사 개체가 많았다. '96년 4월에는 노래미 치어가 S1정점에서 나타났으나 다른 치어는 없었고, '96년 6월과 8월에 S2와 S3정점에서 도다리와 노래미 치어가 나타났으나 개체수는 '95년보다 적었고 폐사 개체가 많았다.

도다리, 메기, 볼락, 노래미, 꼼치 및 갯가재 등의 치어가 대부분 4월에 S1정점에서 출현하여 8월까지 S2와 S3정점으로 분산되어 나타난 점으로 미루어 보면, 겨울과 봄철에 S1정점에서 산란하는 종이 많은 것으로 생각된다. 또한 '94년에는 치어의 출현이 전혀 없었고 '95년에는 '96년 보다 종도 다양하였고 종별 개체수도 많았던 점으로 미루어 보면 산란강도나 치어의 생존율은 경년변동이 심한 것으로 생각된다.

통발에 생물이 포획되지 않은 경우는 '94년 3월과 7월 및 '96년 8월의 3회 모두 S1정점에서 나타났으나 자망어구에 생물이 포획되지 않은 경우는 '94년 7월 S1정점에서 그리고 '96년 8월과 12월에는 S4정점에서 나타났다(Fig. 3 a, b). 이러한 무생물 현상이나 여름철 어구에 포획된 도다리 치어, 고등어, 숭어, 전어 등의 폐사는 저층의 빈산소 형성이나 높은 수온과 관련이 있을 것으로 이해된다(Cautin, 1958 ; Hong, 1987 ; Hong and Lee, 1983). 그러나 '95년 4～8월에 S1정점을 포함한 모든 정점에서 다양한 어개류가 포획되었고(Fig. 3 a, b), 통발이나 자망에 포획된 도다리, 고등어 혹은 전어의 폐사와는 달리 게류, 붕장어, 갯가재, 불가사리 등은 폐사 개체가 전혀 없었으며, 또 조사 기간 동안에 마산만에서 어개류의 자연폐사 사례가 없었던 점 등으로 미루어 보면 종간에 환경 적응력의 차이가 상당히 큰 것으로 생각되며, 또 어구에 포획되지 아니한 개체는 일시적으로 생존을 위협하는 환경악화에 기민하게 대응하여 생존이 용이한 장소로 이동하는 하는 것으로 생각된다.

마산만의 가장 안쪽에 위치하는 S1정점의 투명도는 겨울철 일부를 제외하고는 거의 1.0m 이하였으며, 통발이 부설된 수심 3m 수역의 여름철 표층 수온이 32.5℃('95년 8월)로 상승하는 경우가 있었고, 또한 저질은 준설을 하였음에도 불구하고

겨울철을 제외하고는 심한 하수구 냄새를 낼 정도로 부식되어, S1정점은 다른 정점보다 수질과 저질이 상대적으로 심하게 오염되어 있는 것이 확연하였다. 이러한 조건임에도 불구하고 이 수역에 숭어, 전어, 고등어, 멸치, 삼치(치어) 등의 회유성 표층 어류 군집이 다른 정점보다 더 빈번하게, 또한 더 고밀도로 분포하는 것이 관찰되었다. 특히 저층에 0.5㎎/ℓ 이하의 빈산소층이 형성되는 여름철인 '95년 8월에 수심 약 10m의 해저에서 1.5m 높이로 부설된 저층자망에 고등어(20m) 36마리와, '96년 8월에 숭어(40m, 800g) 및 전어(15m)가 1마리씩 폐사된 채로 포획된 사례가 있었다. 그러나, 이 시기에 자연폐사한 개체는 없었으며, 또한 S1정점 부근에 몇 척의 어선이 고등어, 전어, 혹은 숭어를 어획하는 것이 목격되었다. 이러한 현상으로 미루어 보면, 마산만에 유입된 회유성 어류는 가장 오염이 심한 수역인 만 안쪽까지 접근하며 자연상태에서는 수질오염이나 빈산소현상 혹은 고수온 등에도 잘 적응하여 생존하는 것으로 이해된다. 그러나 서식환경이 가장 나쁠 것으로 생각되는 S1정점에 더구나 여름철에 군집이 형성되는 이유는 달리 설명할 근거가 없다.

통발과 자망어구에 2종 이상의 생물이 포획된 경우에 대하여 계산된 종다양성 지수(H′)를 Fig. 5에 나타내었다. 여기서 H′는 생물군집의 안정도를 나타내는 지수로 이 값이 크면(H′>3.0) 생물군집은 정상해역에서 나타나는 생물지배 생태계 즉 우점종은 적고 희소종이 다수를 차지하는 안정도가 높은 군집구조를 하고 있음을 의미하며, 그 값이 작으면(H′<1.0) 오염이나 비생물적 외압에 내성이 있거나 잘 적응된 종의 집중화가 나타나고 희소종은 감소하는 비생물지배 생태계, 즉 안정도가 낮은 군집구조를 함을 의미하는 것으로 이해된다(Wilhm and Dorris, 1968).

본 조사에서 사용된 통발 혹은 자망어구는 다른 어구에 비해 포획 종수가 적고, 또 종의 선택성이 강한 어획특성을 가지고 있지만, 전체 조사 중에서 약 80%의 H′ 값이 1.0 이하로 나타났으며, 2.0을 초과하는 경우는 1회도 나타나지 않았다(Fig. 5 a, b). 이러한 결과는 마산만의 어개류 군집 안정도가 정점이나 계절 혹은 경년에 관계없이 아주 낮은 것으로 해석된다. 이러한 해석은 출현종수의 변동(Fig. 2)과 어구당 평균 개체수의 변동(Fig. 3) 및 주요 어개류의 개체수 변동(Fig. 4) 등의 경향과도 잘 부합된다. 그리고 군집의 안정도는 서식환경과 밀접한 상관이 있을 것으로 이해되므로, 종다양성 지수(H′)는 서식환경의 평가에도 이용될 수 있을 것으로 생각된다.

정점별 종다양성 지수(H′)의 비교에서 통발에 의한 군집 안정도는 S1정점에서 가장 낮고 다른 정점에서는 유사한 수준으로 높았지만, 자망의 경우는 S1과 S4정점에서 유사한 수준으로 낮고 S2와 S3정점에서 유사한 수준으로 높게 나타났다(Fig. 5 c). 그런데 통발에 의한 조사는 주로 해저 바닥의 영향을 많이 받는 정착성 어개류의 군집특성을 잘 반영하며, 자망에 의한 조사는 저층 수질의 영향을 많이 받는 이동성 혹은 회유성 어개류의 군집특성을 잘 반영할 것으로 예상된다. 이러한 가정하에서 정점별 특성은 다음과 같이 해석된다. 즉 저질의 서식환경은 S1정점이 다른 정점 보다 나쁘고, 저층수의 서식환경은 S1과 S4정점이 유사한 수준으로 다른 곳보다 나쁜 것으로 이해된다. S1정점의 저질과 저층수가 다른 정점보다 나쁜 것은 조사과정에서 육안으로도 확연하게 구별되었다. 그러나 조사정점 중에서 가장 외양쪽에 있는 S4정점의 저층수의 서식환경이 S1정점과 유사한 수준으로 나쁜 이유는 분명하지 않지만, S4정점 부근에서 지속적으로 수중에 방류되고 있는 정화오수의 누적된 영향에 기인하지 않을까 의심된다.

계절별 비교에서 통발에 의한 군집 안정도는 겨울철이 다른 계절에 비해 조금 낮으나, 자망의 경우는 이와 반대로 겨울철이 다른 계절에 비해 조금 높은 것으로 나타났다(Fig. 5 c). 이러한 특성은 저질의 서식환경은 겨울철에도 개선되지 않으나, 저층의 서식환경은 성층현상이 해소되는 겨울철에 개선됨을 나타내는 것으로 이해된다.

그리고 경년별 비교에서 통발의 경우에는 거의 차이가 없으나, 자망의 경우는 '95년이 다른 해보다 안정도가 현저하게 크게 나타났다(Fig. 5 c). 이러한 특성은 저질의 서식환경은 3년 동안 거의 변동이 없으나, 저층의 서식환경은 '95년에 일시적

으로 개선되었거나, 아니면 서식환경에 상관없이 어개류의 종이 다양해진 것으로 이해된다. 주변의 여건을 고려할 때 저층의 환경이 '95년에만 일시적으로 개선되었다고 보기는 어렵고, 저층의 회유성 어개류가 일시적으로 증가되었을 가능성이 많은 것으로 생각된다.

조사결과를 종합하여 보면 마산만에서의 어개류 군집은 납작게, 해파리, 불가사리, 갯가재 등이 탁월하게 우점하는, 안정도가 아주 낮은 군집을 하고 있는 것으로 나타났다. 그리고 군집특성으로부터 '94년 3월에서 '96년 12월까지 뚜렷한 어개류 서식환경의 개선 징후는 나타나지 않았으나, 마산만에 서식하는 어개류는 이곳의 오염된 서식환경에 잘 적응하여 생존하며, 또 회유성 어개류의 유입은 마산만의 오염과는 크게 관계없이 주로 외적 요인에 의한 계절 및 경년변동을 하는 것으로 유추된다.

요 약

마산만의 4개 정점에서 1994년 3월부터 1996년 12월까지 2~3월 간격으로 14회에 걸쳐 20개의통발과 5폭의 저층자망어구를 이용하여 저서어개류의 군집특성을 조사하였다.

통발에 채집된 종은 0~10종으로 불가사리, 게류, 붕장어, 볼락, 노래미, 망둑 및 베도라치 등이었고, 단위 통발당 개체수는 0~46마리였으며 우점종은 S1정점의 납작게와 다른 정점의 불가사리였다. '95년에 출현 종과 개체수가 비교적 많았으나, '94년 3월과 7월 및 '96년 8월에 S1정점에서 생물이 채집되지 않았다.

자망어구에 채집된 종은 0~7종으로 갯가재, 해파리, 도다리, 불가사리, 민꽃게, 및 해조류 등 이었고, 단위 폭당 개체수는 0~30마리였으며 우점종은 해파리와 갯가재였다. '94년 7월에는 S1정점에서 그리고 '96년 8월 및 12월에는 S4정점에서 생물이 채포되지 않았으나, '95년 8월과 '96년 8월에 S1정점에서 고등어, 멸치, 전어, 숭어 등이 저층자망에 포획되기도 하였다.

가장 오염이 심한 S1정점에서 '94년 11월에 통발당 50여 마리의 납작게가 들었으며 이후에도 개체수는 줄었으나 지속적으로 포획되었고, '95년 8월과 '96년 8월에는 고등어, 숭어, 전어 등의 군집이 빈번하게 형성되었다. 그리고 S1정점에서 도다리, 노래미, 갯가재, 꼼치 등의 치어가 '95년과 '96년의 4~8월에 많이 들었으나 특이하게도 불가사리는 1마리도 채집되지 않았다.

종다양성지수(H′)는 60여회의 조사중 80% 이상이 1.0 이하로 나타났다. 정점별 비교에서 통발에 의한 군집 안정도는 S1정점에서 가장 낮고 다른 정점에서는 유사한 수준으로 높았지만, 자망의 경우는 S1과 S4정점에서 유사한 수준으로 낮고, S2와 S3정점에서 유사한 수준으로 높게 나타났으며 계절별 큰 차이가 없었다. 그리고 경년별 비교에서 통발의 경우에는 거의 차이가 없으나, 자망의 경우는 '95년이 다른 해보다 군의 다양도가 현저하게 큰 것으로 나타났다.

조사결과를 종합하여 보면 마산만에서의 어개류 군집은 납작게, 해파리, 불가사리, 갯가재 등이 탁월하게 우점하는, 안정도가 아주 낮은 군집을 하고 있는 것으로 나타났다. 그리고 '94년 3월에서 '96년 12월까지 뚜렷한 어개류 서식환경의 개선 징후는 나타나지 않았으나, 마산만에 서식하는 어개류는 이곳의 오염된 서식환경에 잘 적응하여 산란·서식하며, 또 회유성 어개류는 주로 외적 요인에 의한 계절 및 경년변동을 하는 것으로 유추된다.

참고문헌

강용주 · 김영혜 · 김원태(1996) : 베도라치(*Enedrias nebulosus*)의 연령, 성장 및 산란. 한국수산학회지. 29, 191-196.

김용억(1983) : 남해 창선해협의 자치어에 관한 연구. 한국수산학회지. 16, 163-180.

김용억(1984) : 대한해협의 자치어 분포상. 한국수산학회지. 17, 230-243.

김종관 · 강용주(1991) : 3중자망에 의한 삼천포 연안 천해어류 군집의 구조. 한국수산학회지. 24(2), 99-110.

이태원(1989) : 천수만 저서성어류군집의 계절변화. 한국수산학회지. 22, 1-8.

이태원(1996) : 천수만 어류의 종조성 변화 1. 저어류. 한

국수산학회지. 29, 71-83.

임현식(1993) : 진해만의 저서동물에 대한 생태학적 연구. 부산수산대학교 박사학위 청구논문. 311pp.

허성회(1986) : 갈피 밭에 서식하는 어류의 종조성 및 출현량의 계절적 변동에 관한 연구. 한국수산학회지. 19, 509-517.

황선도 · 박영조 · 최수하 · 이태원(1997) : 삼중자망에 채집된 동해 홍해 연안어류의 종조성. 한국수산학회지. 30(1), 105-113.

Beck, W. M. (1955) : Suggested method for reporting biotic data. Sewage and Indust. Wastes. 27, 1197-7.Garlo, E.V., C.B. Milstein and A.E. Jahn(1979) : Impact of hypoxic conditions in the vicinity of Little Egg Inlet, New Jersey in summer 1976. Estuar. cstl. mar.sci., 8, 421-432.

Gautin, A. R. (1958) : The effects of pollution on a midwestern stream. Ohio I. Sci. 58, 197-208.

Hong, J.S.(1987) : Summer oxygen deficiency and benthic biomass in the Chinhae Bay. J. of the Oceno. soc. of Korea. 22(4), 246-256.

Hong, J.S., and J. H. Lee(1983) : Effects of pollution on the benthic macrofauna in Masan Bay, Korea. J. of the Oceno. soc. of Korea. 18, 169-179.

Lee, T.W. and K.J. Seok(1984) : Seasonal fluctions in abundance and species composition of fishes in Cheonsu Bay using trapnet catches. J. Oceanol. Soc. Kor. 19, 217-222.

Sahnnon, C. E. and W. Weaver.(1949) : The Mathematical Theory of Communication. University if Illinois Press, Urbana.

Wilhm, J., and T. Dorris.(1968). Biological parameters for water quality criteria. Bio. Sci. 18, 477-481.