

BSPE 00417-684-3

진해만의 저서동물 군집에 의한 환경평가

Marine environmental assessment based on
the benthic faunal community in Chinhae Bay, Korea

1994. 4.

한국해양연구소

제 출 문

한국해양연구소장 귀하

본 보고서를 “진해만의 저서동물 군집에 의한 환경평가”
사업의 최종 보고서로 제출합니다.

1994년 4월

공동연구책임자 : 이재학

제종길

임현식

연구원 : 최진우

고병설

요 약 문

I. 제목

진해만의 저서동물 군집에 의한 환경평가

II. 연구개발의 목적 및 중요성

해양환경 평가는 과거에 기초한 현재의 환경상태를 파악하고, 환경에 영향을 줄 가능성이 있는 요소들에 대한 예측과, 지속적인 감시를 통해 환경상태를 개선 또는 보전하는데 그 목적이 있다. 지금까지 해양환경의 질을 평가함에 있어서 수질평가를 위한 이화학적 요소들에 대한 측정에 의존하여 왔다. 그러나 이러한 방법은 해수유동에 따라 시간적 변화가 심한 단점이 있었다. 연안에 유입되는 대부분의 오염물질을 최종적으로 수용하는 곳은 해저의 퇴적물이며 그곳에 서식하는 저서생물은 고착성이기 때문에 저서환경은 물론 수계의 환경에도 장기간에 걸친 오염의 영향을 보존하고 반영하므로 해양환경에 대한 좋은 지시자(indicator)가 된다. 우리나라의 연안환경은 도시의 생활하수, 산업폐수, 연안양식장으로 인한 오염으로 해양생태계가 파괴되고 있으며, 우리나라의 대표적인 만인 진해만은 가장 오염된 해역으로 대표되어 비교적 풍부한 생태계 조사가 이루어져 왔고, 이에 따른 저서생물상도 타 지역에 비해 많은 연구가 되어왔다. 그러나 이러한 많은 자료에도 불구하고 조사지점의 환경상태를 규정

짓는 분석결과가 미흡하여 변화양상을 알기에는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 이미 채집된 저서동물 자료를 분석하고, 시공간적 양상을 수치화할 수 있는 해양환경 평가방법을 적용하여 우리나라 전 연안의 환경평가의 모델로서 제시하는데 그 목적이 있다.

III. 연구개발의 내용 및 범위

기존의 진해만에서 채집된 저서동물의 출현 개체수를 이용하여 수치화된 환경평가를 시도하기 위해 다음과 같은 연구가 이루어 졌다.

1. 정점별 우점종 도출
2. 우점종에 대한 섭식유형별 분류
3. Word(1978)와 이 등(1993)에 의한 내서동물 식성지수 (Infaunal Trophic Index)의 적용
4. 정점별 환경요인과 식성지수의 비교·검토
5. 식성지수를 이용한 환경평가 시도
6. 환경처 고시 수질등급과 식성지수에 의한 등급의 비교

IV. 연구개발의 결과 및 활용에 관한 건의

진해만에서 조사된 기존의 저서동물 자료 가운데 1987년 8월, 1988년 2월 및 1989년 8월 부터 1990년 5월 까지 4계절의 저서동물의 출현개체수를 이용하여 정점별 우점종에 대한 섭식유형으로

Word(1978)에 의한 내서동물 식성지수(Infaunal Trophic Index)를 구한 결과, 유기물 오염이 심해질 수록 여과식자 보다는 표층 하퇴적물식자가 우점한다는 이론적 배경을 충분히 반영하지 못하는 것으로 나타났다. 반면, Word(1978)의 방법을 수정 보완한 이 등(1993)의 육식자, 오염지시종 및 기회종을 식성중에 추가시킨 방법으로 식성지수를 구하여, 저층수괴의 용존산소농도(DO), 퇴적물의 유기물 함량(POC), 생물학적 다양도 지수, 군집분석 결과와 비교적 잘 일치하여 진해만의 저서환경을 잘 반영해 주는 것으로 판단되었다.

식성지수를 이용하여 해양환경을 평가하고, 오염의 정도를 수치화 하기 위해서는 다음과 같은 사항들에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

1. 정점별 우점종 도출에 관한 기준
2. 각 종의 섭식유형에 관한 정확한 정보
3. 보다 구체적인 섭식유형별 분류군
4. 오염원별 오염지시종 및 기회종
5. 개체수, 생물량, 개체의 크기, 생활사 등을 동시에 고려한 생물학적 지수의 개발

SUMMARY

I. Title

Marine environmental assessment based on the benthic
faunal community in Chinhae Bay, Korea

II. Objective and Significance

The purpose of marine environmental assessment is to protect and manage environmental conditions, by comparing present environmental conditions with those of the past, by monitoring and regulating the hazardous wastes. The assessment of the marine environmental quality has been conducted by a chemical analysis. However, this method has a disadvantage that chemical composition can be changed temporarily because of seawater movement. Most of pollutants are to be introduced to and deposited in seafloor at last. As benthic animals are mainly sessile, they may be affected by not only benthic but pelagic environment. So they can be good indicators of the marine environment. Coastal ecosystems to be reflected by the input of domestic sewage, industrial wastes, and the pollutants from mariculture farms are easily changed. Chinhae Bay is typical area that has many coastal

environmental problems. Therefore, ecological studies macrozoobenthos were intensively conducted in this area than other areas. Despite much information on Chinhae Bay system, it is difficult to understand spatial and temporal variations in ecosystem because of inefficient method. The purpose of this study is to analyze benthic faunal data that have been obtained previously, to use them to develop the method for marine environmental assesment, and finally to develop a general model for marine environmental assessments applicable to any shores in Korea.

III. The scope of the Study

1. Selection of dominant species at each station.
2. Grouping according to feeding type of dominant species.
3. Application of Infaunal Trophic Index by Word(1978) and Lee *et al.* (1993) to Chinhae Bay.
4. Comparison of Infaunal Trophic Index with environmental conditions at each station
5. Application of Infaunal Trophic Index for marine environmental assesment
6. Comparison of the water quality criteria by Ministry of Environment(1991) with marine environmental quality by Infaunal Trophic Index by Lee *et al.* (1993)

IV. Results and Suggestion

The benthic faunal data used in this study were from Chinhae Bay in August 1987, February 1988, and August 1989, November 1989, February 1990, and May 1990. Infaunal Trophic Index values were calculated using the method of Word (1978) and Lee *et al.*(1993), respectively after selecting dominant species of each station, and grouping depending on feeding types. The results showed that ITI calculated by the method of Lee *et al.*(1993) represented marine environmental conditions better than ITI of word(1978). Further study on the following topics is needed for the marine environmental assessment by ITI and numerical index of pollution level.

1. Criteria in selecting dominant species at each station.
2. Exact information on the feeding type of various benthic animals.
3. More detailed grouping depending on feeding types.
4. Pollution indicator species and opportunistic species.
5. Development of biological index considering abundance, biomass, size, life history, etc.

CONTENT

Summary	7
List of Figures	15
List of Tables	17
Chapter 1. Introduction	19
Chapter 2. Materials and Methods	22
Chapter 3. Results and Discussion	25
Section 1. Environment setting	25
Section 2. Major dominant species in the Chinhae Bay	29
Section 3. Grouping feeding types of dominant species	33
1. Grouping feeding type by Word(1978)	33
2. Grouping feeding type by Lee <i>et al.</i> (1993)	37
Section 4. The Application of Infaunal Trophic Index by Word(1978) on Chinhae Bay	42
Section 5. The Application of Infaunal Trophic Index by Lee <i>et al.</i> (1993) on Chinhae Bay	55
Section 6. Comparison between Infaunal Trophic Index by Lee <i>et al.</i> (1993) and water quality by Ministry of Environment(1991)	64
Chapter 4. Summary and Conclusion	68
Reference	71

목 차

요약문	3
그림목차	15
표 목차	17
제 1 장 서론	19
제 2 장 재료 및 방법	22
제 3 장 결과 및 고찰	25
제 1 절 연구해역의 개황	25
제 2 절 진해만에서 출현한 저서동물의 우점종	29
제 3 절 우점종에 대한 섭식유형별 분류	33
1. Word(1978)에 의한 섭식유형별 분류	33
2. 이 등(1993)에 의한 섭식유형별 분류	37
제 4 절 진해만에 적용한 Word(1978)의 내서동물 식성지수(ITI)	42
제 5 절 진해만에 적용한 이 등(1993)의 내서동물 식성지수(ITI)	55
제 6 절 수질등급과 ITI(이 등)에 의한 등급 비교	64
제 4 장 요약 및 결론	68
참고문헌	71

List of Figures

Fig. 2-1.	A map showing the sampling stations and bathymetry in the Chinhae Bay. —————	23
Fig. 3-1.	Distribution of particulate organic carbon(POC) content(%) in surface sediment in Chinhae Bay. ———	26
Fig. 3-2.	Dominance of Infaunal Trophic Index groups in 300 samples from southern California(by Word, 1978). ———	46
Fig. 3-3.	Dominance of Infaunal Trophic Index groups by Word(1978) in 68 samples from Chinhae Bay. —————	47
Fig. 3-4.	Comparison of four measures of benthic conditions at 10 stations in Chinhae Bay, Aug. 1987. —————	49
Fig. 3-5.	Comparison of four measures of benthic conditions at 10 stations in Chinhae Bay, Feb. 1988. —————	50
Fig. 3-6.	Comparison of four measures of benthic conditions at 12 stations in Chinhae Bay, Aug. 1989. —————	51
Fig. 3-7.	Comparison of four measures of benthic conditions at 12 stations in Chinhae Bay, Nov. 1989. —————	52
Fig. 3-8.	Comparison of four measures of benthic conditions at 12 stations in Chinhae Bay, Feb. 1990. —————	53
Fig. 3-9.	Comparison of four measures of benthic conditions at 12 stations in Chinhae Bay, May 1990. —————	54
Fig. 3-10.	Dominance of Infaunal Trophic Index groups by Lee <i>et al.</i> (1993) in 68 samples from Chinhae Bay. —————	59

Fig. 3-11. Seasonal variation of Infaunal Trophic Index values by Lee <i>et al.</i> (1993) in Chinhae Bay from Aug. 1989 to May 1990. _____	61
Fig. 3-12. Comparison of Infaunal Trophic Index values by Lee <i>et al.</i> (1993) calculated from data in Aug. 1987 and Aug. 1989. _____	63
Fig. 3-13. Korean water quality criteria in Chinhae Bay announced by Ministry of Environment(1991). _____	66
Fig. 3-14. Marine environmental quality in Chinhae Bay by the Infaunal Trophic Index. _____	67

List of Tables

Table 3-1. The List of domonance species based on the number of individual in Chinhae Bay during the study period	31
Table 3-2. Species in Infaunal Trophic Index group in Chinhae Bay, 1987-1990 by Word(1978)	34
Table 3-3. Species in Infaunal Trophic Index group in Chinhae Bay, 1987-1990 by Lee <i>et al.</i> (1993)	38
Table 3-4. Infaunal Trophic Index of each station 1987-1990 by Word(1978)	42
Table 3-5. Infaunal Trophic Index of each station 1987-1990 by Lee <i>et al.</i> (1993)	55

제1장 서론

진해만은 과거에 대구를 비롯한 많은 연안수산자원의 산란장 및 치어의 육성장으로 활용되어, 연근해 어업대상 자원의 보급원 역할을 해 왔으며, 1960년대에 들어와서는 굴, 진주담치 양식장으로써 크게 발전하였다. 그러나 1970년대에 와서 인근에 건설된 임해 공업단지로부터 산업폐수 및 도시의 팽대화에 따른 도시하수의 영향으로 해역의 부영양화가 심각해지기 시작하여 적조가 상습적으로 발생하는 해역으로 알려져 있다(Park, 1980, 1982).

이에 대하여 진해만의 부영양화에 따른 적조발생의 기작과 현상을 밝히기 위한 여러 연구가 진행되어 왔으며 그 가운데 임(1993)은 진해만에서 3년간 저서동물을 조사하여 장기간에 걸친 저서동물의 군집의 변화를 추적하였고, 주요 우점종의 분포 및 계절변동을 파악하였으며, 대수-정규 분포 응용법(Log-Normal Distribution method) (Gray, 1979, 1981; Gray and Mirza, 1979)과 Warwick(1986)에 의해 제안된 개체수-생물량 비교법(ABC-Method)을 진해만에 적용하여 오염에 관한 평가를 시도한 바 있다.

저서동물은 부유생물이나 유영생물과는 달리 운동성이 거의 없는 정착성이며 강한 서식지의 선택성을 가진다는 특징으로 볼 때 환경변화로 부터 도피할 수 없기 때문에 유기물이나 독성물질의 유입과 같은 오염이 발생하면 군집의 구조가 변화된다(Ling and Clark, 1983). 즉, 한 해역의 환경변화를 장기적으로, 명확하게 나타내는 지시자(indicator)로서 서식처의 환경을 잘 반영

한다고 볼 수 있다.

본 연구는 우리나라의 대표적인 만 가운데 인위적인 영향으로 인한 오염이 심각하며, 장기간 동안의 저서동물 군집에 대해 연구가 이루어져 있는 진해만을 대상으로, 저서생물상에 의한 해양 환경 평가방법 가운데 오염에 대하여 계량화(수치화) 할 수 있는 방법을 적용시키는 데에 그 목적이 있다.

저서생물상을 이용하여 해양환경을 평가하는 방법은 그래프를 이용하는 방법과 지수를 이용하는 방법이 있다. 그래프를 이용하는 방법에는 가장 단순하게 출현종수를 비교하는 Sanders (1968)의 Rarefaction method와 이를 개선한 Hurlbert(1971)의 E(Sn)을 그리는 방법, 출현종과 개체수 자료를 이용하는 Gray and Mirza(1979)의 대수-정규분포 곡선과 Shaw *et al.*(1983)의 종개체수 순위곡선이 있고, 출현종의 개체수와 생물량 자료를 이용하여 그리는 Pearson and Rosenberg(1978)의 종 개체수-생물량 곡선과 Warwick(1986)의 개체수-생물량 곡선이 있다. 지수를 이용하는 방법으로는 대상해역을 놓고 전반적인 환경을 평가하는 방법인 Leppakowski(1977)의 생물오염지수(BPI)와 Jeffrey *et al.*(1985)의 생물학적 수질지수(BQI)가 있다. 정점별로 평가할 수 있는 방법으로는 Shannon and Wiener(1949)의 종다양성지수, 오염지시종을 이용한 방법으로는 Zelinka and Marvan(1961)의 오수생물지수(SI), Bellan(1980)의 Annelida Pollution Index와 내서동물의 식성군 조성비에 의한 Word(1978)의 식성지수(ITI) 등이 있으며 Warwick의 방법을 지수화한 McManus and Pauly(1990)의 개체수-생물량 곡선의 면적차이(DAP)와 개체수-생물량 균등도 비율(SEP) 등이 있다.

그래프를 이용하는 환경평가 방법은 오염의 여부를 판정하는 데에 주로 사용되며, 오염의 정도를 보다 정량화하고 환경 감시용 지수로 이용하기 위해서는 지수를 이용하는 방법이 유용하다. 지수를 이용하는 방법들 가운데 Word(1978)의 내서동물 식성지수(ITI : Infaunal Trophic Index)는 그 이론적 배경이 유기물 오염이 심해질 수록 여과식자 보다는 표층하퇴적물식자가 우점한다는 가정하에 우점종을 중심으로 저서동물을 4개 군으로 나누고 섭식형 구조를 0 ~ 100 사이의 지수로 나타내어 정점간, 지역간, 시공간적인 비교가 가능하도록 하였는데, 주요 우점종의 섭식유형에 대한 정보가 있다면 채집방법이 서로 다른 자료라 할 지라도 해양환경을 지수화 할 수 있을 뿐만 아니라, 우점종의 출현 개체수에 대한 자료만 가지고도 분석이 가능하기 때문에 다른 지수들에 비하여 상대적으로 적은 노력이 소요된다는 장점이 있다. 그러나 Word(1978)의 내서동물 식성지수(ITI)는 우점종에 대하여 섭식유형을 어떻게 분류하느냐에 따라서 지수값에 상당한 영향을 미치게 되는데, 섭식유형 가운데 육식자를 지시종으로 사용하지 않았고 오염환경에 민감하게 반응하는 오염지시종이나 기회종을 전혀 고려하지 않았다는 단점이 있다. 이러한 단점을 보완하여 이 등(1993)은 육식자와 오염지표종 및 기회종을 고려하여 Word(1978)의 내서동물 식성지수의 섭식유형별 분류방법을 수정 보완한 식성지수를 이용하여 한국연안역에 대한 예비적인 환경평가를 시도한 바 있다.

본 연구는 진해만의 생물자료를 이용하여 Word(1978)의 식성지수와 이 등(1993)에 의한 식성지수를 구하여 진해만의 해양환경을 잘 반영하는지를 환경자료 및 군집구조를 계절별로 비교 검토하였으며 각각의 장단점을 분석하고자 하였다.

제2장 재료 및 방법

본 연구에 사용된 자료는 임(1993)에 의한 "진해만의 저서동물에 대한 생태학적 연구" 가운데 1987년 8월, 1988년 2월의 10개의 정점에서 채집된 저서동물의 개체수 자료와 환경요인 자료 및 1989년 8월 부터 1990년 5월 까지 12개의 정점에서 1년간 계절별로 조사된 저서동물의 개체수 자료와 환경요인 자료를 이용하였다(Fig. 2-1). 개체수 자료는 3회의 Grab에 의해 채집된 생물을 종 수준까지 동정한 후 계측한 개체수를 1m^2 로 환산한 자료이며, 환경요인 자료는 저층수괴의 용존산소농도(D.O.)와 저층퇴적물의 유기물 함유량(POC), 생태학적 지수값은 Shannon and Wiener(1963)의 종 다양성 지수(Species diversity index)이다.

저서동물상을 이용한 환경평가를 위해 Word(1978)의 내서동물 식성지수와 이를 수정 보완한 이 등(1993)의 내서동물 식성지수를 이용하였다. 이 때, 우점종은 각 정점별 개체수 서열표에서 $10\text{개체}/\text{m}^2$ 이상 출현한 생물 가운데 총 개체수의 누적 백분율이 89% 이내에 해당하는 종을 그 정점의 우점종으로 선택하는 Word(1978)의 방법을 따랐다.

정점별 우점종으로 선택된 종은 섭식유형별로 분류하였는데, 우점종 가운데 식성지수값에 변수로 참여되는 종을 지수생물(Index organism)이라 하는데 Word(1978)는 지수생물을 4개의 군(Group)으로 나누어 제 1군에는 여과식자를, 제 2군에는 여과식자 또는 표층퇴적물식자를, 제 3군에는 표층퇴적물식자를, 그리고 제 4군에는 표층하퇴적물식자를 포함시켰다. 이 등(1993)은

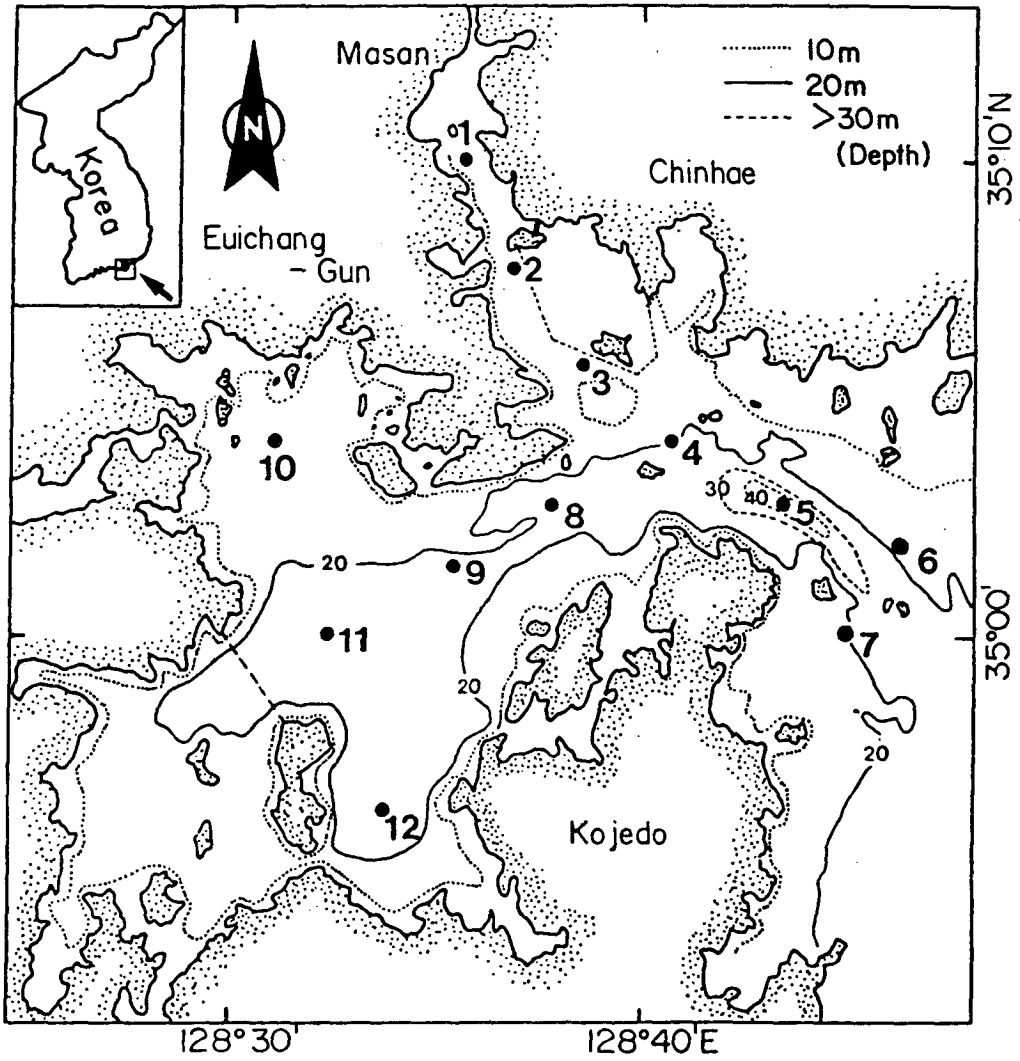


Fig. 2-1. A map showing the sampling stations and bathymetry in the Chinhae Bay.

Word의 지수생물 분류에서 육식자가 제외되었고, 오염지표종이나 기회종을 고려하지 않은 점을 보완하여 제 1군에는 육식자와 여과식자를, 제 2군에는 표충퇴적물식자를, 제 3군에는 표충하퇴적물식자를, 그리고 제 4군에는 오염지시종과 기회종을 포함시켰다.

두 가지 방법으로 섭식유형별 분류된 지시종을 다음과 같은 Word(1978)의 내서동물식성지수(Infaunal Trophic Index) 공식에 대입하여 정점별로 식성지수를 구하였다.

$$ITI = \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{0N_1 + 1N_2 + 2N_3 + 3N_4}{N_1 + N_2 + N_3 + N_4} \right) \right] \times 100$$

여기에서 N_1 에 제 1군의 개체수를, N_2 에 제 2군의 개체수를, N_3 에 제 3군의 개체수를, 그리고 N_4 에 제 4군의 개체수를 대입하였다.

제3장 결과 및 고찰

제 1 절 연구해역의 개황

남해안의 동쪽에 위치한 진해만은 5개의 시(부산시, 창원시, 마산시, 장승포시)와 4개의 군(창원군, 고성군, 거제군)으로 둘러 쌓인 전형적인 만의 형태를 하고 있다. 연구해역은 내만역인 마산만(정점 1, 2)과 고현성만(정점 12), 진해만 입구역(정점 3, 4, 8), 진동만을 포함한 진해만 중앙부의 정점 9, 10, 11, 외해역으로 정점 5, 6, 7로 구성되어 있다.

진해만의 해역에 영향을 미치는 인구는 1991년 현재 총 약 115만명 으로 총 인구에서 마산시가 44.0%, 창원시 26.4%, 진해시는 10.6%로 도시지역의 인구가 전체의 81%를 차지하고 있다. 진해만 유역 내에 유입되는 생활하수의 배출을 보면 총 가정하수 배출량 $231,055\text{m}^3/\text{일}$ 가운데 마산시의 하루 가정하수 배출량이 $125,009\text{m}^3$ 로 가장 많고, 창원시는 $56,651\text{m}^3/\text{일}$, 진해시는 $22,821\text{m}^3/\text{일}$ 을 방출함으로써 가정하수로 인한 오염부하량이 마산시가 가장 큰 것으로 나타났다. 산업폐수의 배출현황을 보면 진해만에 유입되는 산업폐수의 총 배출량 $104,551\text{m}^3/\text{일}$ 가운데 마산시는 그 배출량이 $77,389\text{m}^3/\text{일}(74.0\%)$, 창원시는 $21,872\text{m}^3/\text{일}(20.9\%)$, 그리고 진해시는 $4,175\text{m}^3/\text{일}(4.0\%)$ 의 산업폐수를 방출함으로써 진해만 영향권 내에서 마산시, 창원시, 진해시가 전체에 비하여 99%에 가까운 산업폐수 배출량을 나타내었다(환경처, 1991).

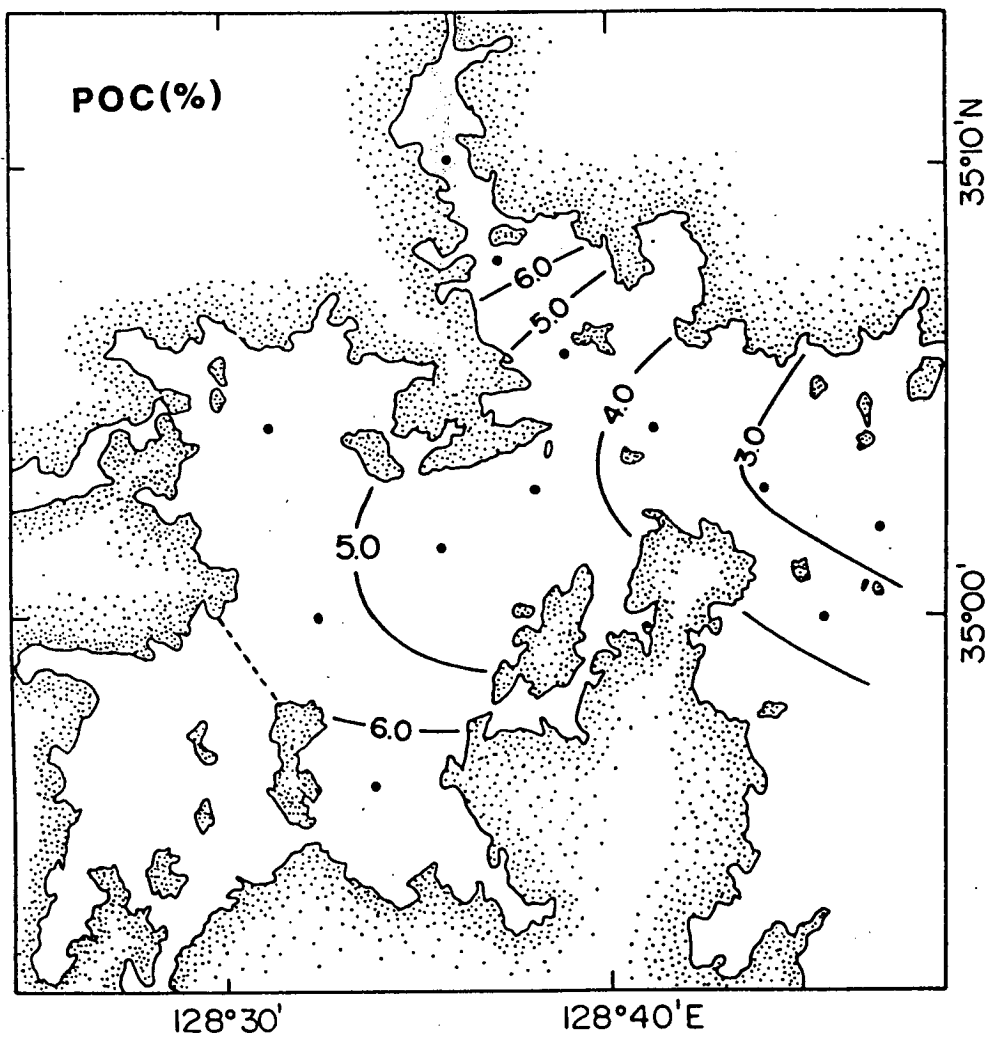


Fig. 3-1. Distribution of particulate organic carbon(POC) content(%) in surface sediment in Chinhae Bay.

이렇듯 진해만의 연구해역 가운데 마산만 해역에 해당하는 정점 1, 2는 마산만에 인접한 도시들에 인구가 집중되어 있고 공업 단지의 조성 또한 마산만을 중심으로 이루어져 왔기 때문에 진해만의 연구해역 가운데 마산만으로 유입되는 생활하수와 산업폐수량이 막대하여 인위적인 환경 교란에 의한 오염이 심한 해역임을 알 수 있다. 조사기간 동안 측정된 수질자료 에서도 정점 1, 2의 저층수괴의 용존산소농도(DO)가 다른 정점들에 비하여 상대적으로 현저하게 낮은 값을 보였다. 퇴적물의 유기물 함량(POC)의 공간분포를 살펴보면 마산만의 정점 1, 2에서 유기물 값이 6.0% 이상의 매우 높은 값을 나타내며, 정점 3, 4, 5, 6, 7로 갈수록 POC의 값이 감소하였다. 또한 정점 8, 9에서는 POC값이 4.0 ~ 5.0 %사이의 값을 보이며, 정점 10, 11에서는 POC값이 5.0% 이상, 그리고 정점 12에서는 POC값이 6.0% 이상으로 마산만의 정점 1, 2와 마찬가지로 높은 값을 보였다(Fig. 3-1).

진해만 유역에 위치한 양식장 현황을 보면 진동만, 고현성만 및 진해만 중앙부의 정점 10, 11, 12 주변 해역에 굴과 진주담치의 양식장이 밀집되어 있어 양식장의 오염부하물질에 의한 오염이 가속화 되는 해역이다.

진해만의 해수유동 특성은 다음과 같다. 조류의 세기가 강한 대조기의 조류형태는 창조시 가덕수로를 통해 유입되는 진해만의 주수로를 따라 강하게 북진하다가 잠도 부근에 이르러, 대부분의 해수는 잠도 남북에 위치한 수로를 따라 서쪽으로 이동하며, 일부 해수는 계속 북진하여 마산만으로 흐른다. 낙조시는 창조시와 반대되는 흐름방향을 보이는 전형적인 왕복성 조류특성을 갖고 있다. 또한 오염문제가 심각한 마산만 에서의 조류분포는 창

조시는 마산만의 장축을 따라 북으로 흐르며, 낙조시는 반대로 흐른다. 조류의 세기는 대조기에 약 20cm/sec이다. 이와같이 대체로 진해만은 작은 유속으로 왕복성 운동을 함으로써 해수가 외해수와 거의 교환되지 못하여 수질오염 문제를 가중시키는 한 요인이 되고 있다. 외해와의 해수교환은 대부분 가덕수로를 통해 이루어지며, 견내량을 통한 해수의 교환은 거의 무시할 정도이다. 마산만으로 부터 유출되는 해수는 낙조시 진해만 중앙부로부터 장도와 실리도 사이를 통해 유출되어 오는 해수에 의해 크게 방해를 받아 상당부분이 부도와 잠도 사이에서 정체되고 이 지역은 매우 복잡한 양상을 띠게 된다(환경처, 1991).

이와 같이 조사정점에 대한 인구활동, 산업활동, 양식활동, 해수의 유동, 수질자료를 검토해 본 결과, 외해역에 위치한 정점 6, 7에서 마산만에 위치한 정점 1 쪽으로 가면서 마산만으로 유입되는 인근 도시의 생활하수와 산업폐수의 양이 막대한 반면 해수의 교환은 미약하여 오염이 점차 가중되는 것으로 보인다. 정점 8, 9, 11은 진해만의 수로에 위치하여 진해만과 외해수와의 교환이 활발히 이루어 지는 경로이다. 진동만과 고현성만에 위치한 정점 10과 12는 인근에 굴과 진주담치의 양식장이 밀집되어 있어 양식장의 오염부하물질에 의한 오염이 가속화 되는 특성을 가지고 있다.

제 2 절 진해만에서 출현한 저서동물의 우점종

진해만에서 출현한 저서동물을 개체수를 중심으로 정점별로 우점종을 도출하기 위해, 정점별로 저서동물의 개체수 순위 서열표에서 총 개체수의 누적백분율이 89% 이내에 해당하는 종을 우점종으로 도출하는 Word(1987)의 방법을 따랐다. 이는 전 정점에서 출현한 저서동물을 취합하여 개체수 순위 서열표에서 총 개체수의 백분율이 1% 이내에 해당하는 종을 우점종으로 도출한 이 등(1993)의 방법과는 다른 것인데, 이는 진해만 전체를 하나의 환경평가의 대상해역으로 삼기 보다는, 보다 세부적으로 정점별 환경평가를 시도하기 위함이다. 본 연구의 조사기간 동안 정점별로 출현한 저서동물의 우점종을 보면 Table. 3-1과 같다.

정점별 총 출현개체수의 누적 백분율이 89% 이내에 해당하는 종은 조사기간 동안 총 81종으로, 그 가운데 다모류가 52종으로 가장 많았고 갑각류(13종), 연체동물(10종) 순이다. 대표적인 우점종으로는 다모류의 *Lumbrineris longifolia*와 *Paraprionospio* sp. , *Theora fragilis* 이 우점종 가운데 45% 이상을 차지하는 종으로 나타났다. 갑각류에는 *Ampelisca naikaiensis* 와 *Corophium sinense* 가 우점종으로 나타났으며, 연체동물에는 *Yoldia johanni*, *Raetellopus pulchella* 가 진해만에서 출현한 저서동물 가운데 개체수 중심으로 도출한 우점종이었다.

정점별로 우점종을 살펴보면 정점 1, 2에서는 여름철과 가을철에는 저서생물이 전혀 출현하지 않았으며, 겨울철에는 다모류의 *Paraprionospio pinnata*가 우점종으로 나타났다. 정점 3과 4에서

는 *Lumbrineris longifolia*가 주로 우점하는 정점이었고 정점 5에서는 *Sternaspis scutata*가, 정점 6에서는 *Magelona japonica*, 정점 7에서는 *Heteromastus* sp.가 주로 우점하는 종으로 나타났다. 정점 8번에서는 여름과 겨울철에는 *Lumbrineris longifolia*가, 겨울과 봄철에는 *Mesochaetopterus* sp.와 *Magelona japonica*가 주로 우점하는 것으로 나타났으며, 정점 9에서는 *Lumbrineris longifolia*가 주로 우점하지만 겨울철에는 *Loimia medusa*가 우점종이었다. 정점 10에서는 우점종의 계절적 변화가 심하여 여름철에는 *Paraprionospio pinnata*가, 가을철에는 *Lumbrineris longifolia*가, 우점하였으며 겨울철과 봄철에는 *Aricidea jeffreysii*가 우점종이었다. 정점 11에서는 주로 *Lumbrineris longifolia*가 우점하였다. 정점 12는 여름철과 겨울철에는 저서동물의 출현 개체수가 매우 적었으며, 가을철에는 *Mediomastus* sp.가 우점종이었고, 봄철에는 *Theora fragilis*가 우점종으로 나타났다.

Table 3-1. The List of dominance species based on the number of individual in Chinhae Bay during the study period

Rank	Species Name	Total ind.	% of total ind.	Cum. % of total ind.	Fauna
1	<i>Lumbrineris longifolia</i>	11561	18.30	18.288	p
2	<i>Paraprionospio</i> sp.	8605	13.60	31.900	p
3	<i>Theora fragilis</i>	8397	13.30	45.184	p
4	<i>Magelona japonica</i>	4303	6.81	51.991	p
5	<i>Sigambra tentaculata</i>	3015	4.77	56.761	p
6	<i>Aricidea jeffreysii</i>	2963	4.69	61.449	p
7	<i>Glycinde gurjanovae</i>	1816	2.87	64.323	p
8	<i>Sternaspis scutata</i>	1749	2.77	67.093	p
9	<i>Tharyx</i> sp.	1550	2.45	69.542	p
10	<i>Notomastus</i> sp.	1451	2.30	71.839	p
11	<i>Glycera convoluta</i>	1285	2.03	73.872	p
12	<i>Mesochaetopterus</i> sp.	1141	1.81	75.678	p
13	<i>Mediomastus</i> sp.	1104	1.75	77.425	p
14	<i>Heteromastus</i> sp.	1087	1.72	79.144	p
15	<i>Pista cristata</i>	1052	1.66	80.809	p
16	<i>Chaetozone spinosa</i>	990	1.57	82.376	p
17	<i>Amphiopolis megapomus</i>	888	1.41	83.782	e
18	<i>Yoldia johanni</i>	672	1.06	84.846	m
19	<i>Nephtys oligobranchia</i>	591	0.94	85.782	p
20	<i>Nereis longior</i>	580	0.92	86.700	p
21	Nemertinea unid.	560	0.89	87.587	n
22	<i>Raetellopus pulchella</i>	537	0.85	88.437	m
23	<i>Ampelisca naikaiensis</i>	445	0.71	89.142	c
24	<i>Terebellides stroemii</i>	391	0.62	89.761	p
25	<i>Ophelina acuminata</i>	384	0.61	90.368	p
26	<i>Macoma tokyoensis</i>	330	0.52	90.891	m
27	<i>Praxillella affinis</i>	328	0.52	91.410	p
28	<i>Armandia lanceolata</i>	304	0.48	91.891	p
29	Euclimeninae unid.	290	0.46	92.350	p
30	<i>Polycirrus</i> sp.	282	0.45	92.796	p
31	<i>Euchone</i> sp.	271	0.43	93.225	p
32	<i>Scoloplos rubra</i>	248	0.39	93.619	p
33	<i>Nereis multignatha</i>	222	0.35	93.970	p
34	<i>Corophium sinense</i>	220	0.35	94.319	c
35	<i>Brada villosa</i>	214	0.34	94.659	p
36	<i>Ampharete artica</i>	198	0.31	94.973	p
37	<i>Loimia medusa</i>	198	0.31	95.286	p
38	<i>Eriopisella sechellensis</i>	196	0.31	95.597	c
39	<i>Orchomene</i> sp.	189	0.30	95.895	c
40	<i>Prionospio ehlersi</i>	188	0.30	96.193	p
41	<i>Spiophanes</i> sp.	175	0.28	96.471	p

Table 3-1. Continued

Rank	Species Name	Total ind.	% of total ind.	Cum. % of total ind.	Fauna
42	<i>Sthenolepis japonica</i>	162	0.26	96.727	p
43	<i>Nectoneanthes multignahta</i>	155	0.25	96.974	p
44	<i>Ophiopolis mirabilis</i>	140	0.22	97.196	e
45	<i>Hesiospina similis</i>	118	0.19	97.382	p
46	<i>Pherusa plumosa</i>	107	0.17	97.553	p
47	<i>Axinopsida subquadrata</i>	102	0.16	97.715	m
48	<i>Protankyra bidentata</i>	94	0.15	97.863	e
49	<i>Ophiodromus pugettensis</i>	90	0.14	98.006	p
50	<i>Nephtys polybranchia</i>	89	0.14	98.147	p
51	Bivalvia unid. III	76	0.12	98.268	m
52	<i>Cirolana japonensis</i>	72	0.11	98.381	c
53	<i>Scololepis</i> sp.	70	0.11	98.494	p
54	<i>Thelepus</i> sp.	66	0.11	98.599	p
55	<i>Poecilochaetus johnsoni</i>	64	0.10	98.700	p
56	<i>Asthenognathus inaequipes</i>	60	0.09	98.795	c
57	<i>Ophiura kinbergi</i>	59	0.09	98.888	e
58	<i>Diopatra bilobata</i>	57	0.09	98.979	p
59	<i>Melita</i> sp.	54	0.09	99.064	c
60	<i>Melinna elisabethae</i>	48	0.08	99.140	p
61	<i>Melita tuberculata</i>	46	0.07	99.213	c
62	<i>Clymenella koellikeri</i>	46	0.07	99.286	p
63	<i>Polydora</i> sp.	44	0.07	99.355	p
64	<i>Zeuxis caelatus</i>	43	0.07	99.424	m
65	<i>Nephtys polybranchia</i>	38	0.06	99.484	p
66	<i>Aglaophamus</i> sp.	38	0.06	99.544	p
67	Turbellaria unid.	36	0.06	99.601	pl
68	<i>Synchelidium</i> sp.	30	0.05	99.649	c
69	<i>Moerella</i> sp.	26	0.04	99.690	m
70	<i>Gammaropsis</i> sp.	26	0.04	99.731	p
71	<i>Yokoyamaia ornatissima</i>	24	0.04	99.769	m
72	<i>Photis longicaudata</i>	24	0.04	99.807	c
73	<i>Leptochela gracilis</i>	22	0.03	99.842	c
74	<i>Liljeborgia japonica</i>	18	0.03	99.871	c
75	<i>Idunella chilensis</i>	16	0.03	99.896	c
76	<i>Dorvillea</i> sp.	12	0.02	99.915	p
77	<i>Tambalagania</i> sp.	12	0.02	99.934	p
78	<i>Alvenius ojanus</i>	12	0.02	99.953	m
79	<i>Mercenaria stimpsoni</i>	10	0.02	99.969	m
80	<i>Chone teres</i>	10	0.02	99.984	p
81	<i>Laonice cirrata</i>	10	0.02	100	p

p: Polychaeta , m: Mollusca , c: Crustacea , n: Nemertinea, e: Echinodermata, pl: Plathyhelminthes

제 3 절 우점종에 대한 섭식유형별 분류

1. Word(1978)에 의한 섭식유형별 분류

Word(1978)의 방법에 의한 섭식유형별 분류를 살펴보면, 오염된 해역에 서식하는 종일 수록 여과식자 보다는 표층하퇴적물식자가 우점한다는 이론적 바탕으로 저서동물의 섭식형태를 4군으로 나누고 제 1군에는 여과식자를, 제 2군에는 여과식자와 표층퇴적물식자를 함께하는 생물들을, 제 3군에는 표층퇴적물식자를, 그리고 제 4군에는 표층하퇴적물식자를 할당하였다. Word(1978)에 의하면 캘리포니아 남부 연안에서 출현한 저서동물의 우점종을 섭식유형별로 나누었다. 제 1군에는 오염지역에서 출현하지 않거나 개체수가 급격히 감소하는, 여과식자인 *Amphiodia urtica* 등이 할당되었는데, 제 1군에 속하는 종들은 생물학적 산소요구량(BOD)이 상대적으로 낮은 해역에서 우점하는 종들이다. 제 2군에는 부유물질과 표층의 유기체설입자(detritus)를 주로 섭식하거나, 두 가지 모두를 섭식하는 *Euphilomedes* 속(genus)에 속하는 종과 *Tharyx* spp., *Mediomastus* spp. 등이 할당되었는데, 제 2군에 속하는 종들은 퇴적물의 BOD가 증가함에 따라 개체수가 증가하는 종들이다. 제 3군에는 3종의 연체동물과 다모류 1종이 할당되었는데 표층퇴적물식을 하는 *Parvilucina tenuisculpta* 등이며, BOD가 증가함에 따라 개체수가 급격히 증가하는 종이다(Word et al, 1977). 제 4군에는 대부분이 해양오염의 지시종으로 알려진 종들로 표층하퇴적물식을 하는 다모류가 주종을 이루며, 오염원 부근에 집단을 이루는 종들이다. 이 때 서식종들의 섭식유형은 Word(1978)의 방법을 적용하여 분류하였다(Table 3-2).

Table 3-2. Species in Infaunal Trophic Index group in Chinhae Bay, 1987-1990 by Word(1978)

Group I : Suspension feeders
Crustacea
<i>Ampelisca bocki</i>
<i>Ampelisca miharaensis</i>
<i>Ampelisca naikaiensis</i>
<i>Corophium sinense</i>
Polychaeta
<i>Chone teres</i>
<i>Nectoneanthes multignahta</i>
<i>Ophiodromus pugettensis</i>
Mollusca
<i>Mercenaria stimpsoni</i>
<i>Musculista senhausia</i>
<i>Raetellopus pulchella</i>
Echinodermata
<i>Ophiura kinbergi</i>

Group II : Suspension and surface-detritus feeders
Mollusca
<i>Axinopsida subquadrata</i>
Crustacea
<i>Leptochela gracilis</i>
Polychaeta
<i>Brada villosa</i>
<i>Euchone alicaudata</i>
<i>Euchone</i> sp.
<i>Mediomastus</i> sp.
<i>Mesochaetopterus</i> sp.
<i>Photis longicaudata</i>
<i>Polydora</i> sp.
<i>Scololepis</i> sp.
<i>Spiophanes</i> sp.
<i>Tharyx</i> sp.

Table 3-2. Continued

Group III : Surface deposit feeders
Mollusca
<i>Acila divaricata</i>
<i>Alvenius ojianus</i>
<i>Macoma tokyoensis</i>
<i>Moerella</i> sp.
<i>Theora fragilis</i>
<i>Yoldia johanni</i>
Crustacea
<i>Eriopisella sechellensis</i>
<i>Idunella chilensis</i>
<i>Melita</i> sp.
<i>Melita tuberculata</i>
<i>Orchomene</i> sp.
<i>Pinnixa rathbuni</i>
<i>Synchelidium</i> sp.
Polychaeta
<i>Ampharete artica</i>
<i>Amphicteis gunneri</i>
<i>Aricidea jeffreysii</i>
<i>Chaetozone setosa</i>
<i>Chaetozone spinosa</i>
<i>Laonice cirrata</i>
<i>Loimia medusa</i>
<i>Magelona japonica</i>
<i>Paraprionospio pinnata</i>
<i>Paraprionospio</i> sp.
<i>Pherusa plumosa</i>
<i>Pista cristata</i>
<i>Polycirrus</i> sp.
<i>Prionospio ehlersi</i>
<i>Terebellides stroemii</i>
<i>Thelepus</i> sp.
<i>Theora fragilis</i>
Echinodermata
<i>Amphiopolis megapomus</i>
<i>Protankyra bidentata</i>

Table 3-2. Continued

Group IV : Subsurface detritus feeders
<p>Polychaeta</p> <p><i>Armandia lanceolata</i> <i>Clymenella koellikeri</i> Euclimeninae unid. <i>Haplocydnopsis pilosa</i> <i>Hesiospina similis</i> <i>Heteromastus</i> sp. <i>Lumbrineris longifolia</i> <i>Melinna elisabethae</i> <i>Notomastus</i> sp. <i>Ophelina acuminata</i> <i>Poecilochaetus johnsoni</i> <i>Praxillella affinis</i> <i>Scoloplos armiger</i> <i>Scoloplos rubra</i> <i>Sternaspis scutata</i> <i>Sthenolepis japonica</i></p>

제 1군에는 여과식자인 갑각류의 *Ampelisca* 속(genus)의 3종과 *Corophium sinense*가, 다모류의 *Chone teres* 등 3종, 연체동물의 *Raetellopus pulchella* 등 2종과 절지동물의 *Ophiura kinbergi* 가 할당되었다. 제 2군에는 여과식과 표층퇴적물식을 동시에 하는 다모류의 *Tharyx* sp., *Mediomastus* sp. 등의 9종과 연체동물의 *Axinopsida subquadrata*와 갑각류의 *Leptochela gracilis*가 할당되었다. 제 3군에는 표층 퇴적물식자인 다모류의 *Paraprionospio* sp.와 *Theroa fragilis* 등의 17종, 갑각류의 *Eriopisella sechellensis* 등 7종이, 연체동물에는 *Yoldia johanni* 등 6종이, 절지동물의 *Amphiopolis megapomus*와 *Protankyra bidentata*가 할당되었다. 제 4군에는 표층하퇴적물식자인 *Lumbrineris longifolia*, *Sternaspis scutata* 등 16종의 다모류가 할당되었다.

2. 이 등(1993)에 의한 섭식유형별 분류

이 등(1993)은 Word(1978)의 섭식유형별 분류에서 육식자가 제외되어 있고, 오염지시종 및 기회종이 전혀 고려되지 않은 점을 수정 보완하여 제 1군에는 육식자와 여과식자를, 제 2군에는 표층 퇴적물식자를, 제 3군에는 표층하퇴적물식자를, 그리고 제 4군에는 오염지시종과 기회종을 섭식유형별 분류군에 할당하였다. 진해만에 출현한 저서동물의 정점별 우점종을 이 등(1993)에 의한 섭식유형별 분류방법에 의해 나눈 결과는 다음과 같다(Table 3-3).

제 1군은 여과식자와 육식자로 구성되어 있는데 육식성 다모류인 genus *Glycera*, *Nephtys* 에 속하는 종들과 *Glycinde gurjanonae* 등 15종이, 육식성 연체동물인 *Yokoyamaia ornatissima*, *Zeuxis caelatus*가, 육식성 갑각류인 *Asthenognathus inaequipes* 와 *Cirolana japonensis*가 분류되었다. 제 2군에는 표층퇴적물식자로 구성되어 있는데 Word(1978)의 섭식형 분류에서 제 3군에 분배된 종들과, 여과식과 표층퇴적물식을 동시에 수행하는 제 2군에 속하는 생물들 가운데 주요 섭식유형이 표층퇴적물식을 하는 동물로 구성하였다. 대표종으로는 다모류의 *Aricidea jeffreysii*, *Mesochaetopterus* sp. 등 18종과 연체동물의 *Yoldia johanni*, *Axinopsida subquadrata* 등 4종이, 갑각류는 *Eriopisella sechellensis*, *Orchomene* sp. 등 10종이 할당되었다.

Table 3-3. Species in Infaunal Trophic Index group in Chinhae Bay, 1987-1990 by Lee *et al.* (1993)

Group I : Suspension feeders or Carnivores	
Suspension feeders	Carnivores
Crustacea	
<i>Ampelisca bocki</i>	<i>Asthenognathus inaequipus</i>
<i>Ampelisca miharaensis</i>	<i>Cirolana japonensis</i>
<i>Ampelisca naikaiensis</i>	
<i>Corophium sinense</i>	
Echiodermata	
<i>Ophiura kinbergi</i>	
Mollusca	
<i>Mercenaria stimpsoni</i>	<i>Yokoyamaia ornatissima</i>
<i>Musculista senhausia</i>	<i>Zeuxis caelatus</i>
Nemertinea unid.	
Polychaeta	
<i>Nectoneanthes multignahta</i>	<i>Aglaophamus</i> sp.
	<i>Diopatra bilobata</i>
	<i>Euchone alicaudata</i>
	<i>Euchone</i> sp.
	<i>Glycera convoluta</i>
	<i>Glycera alba</i>
	<i>Glycera chirori</i>
	<i>Glycera convoluta</i>
	<i>Glycinde gurjanovae</i>
	<i>Nephtys polybranchia</i>
	<i>Nephtys oligobranhia</i>
	<i>Nephtys polybranchia</i>
	<i>Nereis longior</i>
	<i>Nereis multignatha</i>
	<i>Sigambra tentaculata</i>
Turbellaria unid.	

Table 3-3. Continued

Group II : Surface-detritus feeders
Crustacea
<i>Eriopisella sechellensis</i>
<i>Gammaropsis japonicus</i>
<i>Gammaropsis</i> sp.
<i>Idunella chilkensis</i>
<i>Leptochela gracilis</i>
<i>Melita</i> sp.
<i>Melita tuberculata</i>
<i>Orchomene</i> sp.
<i>Photis longicaudata</i>
<i>Synchelidium</i> sp.
Echinodermata
<i>Amphiopolis megapomus</i>
<i>Protankyra bidentata</i>
Mollusca
<i>Acila divaricata</i>
<i>Axinopsida subquadrata</i>
<i>Moerella</i> sp.
<i>Yoldia johanni</i>
Polychaeta
<i>Alvenius ojianus</i>
<i>Ampharete artica</i>
<i>Amphicteis gunneri</i>
<i>Aricidea jeffreysii</i>
<i>Brada villosa</i>
<i>Chaetozone setosa</i>
<i>Chaetozone spinosa</i>
<i>Laonice cirrata</i>
<i>Loimia medusa</i>
<i>Magelona japonica</i>
<i>Mesochaetopterus</i> sp.
<i>Pherusa plumosa</i>
<i>Pinnixa rathbuni</i>
<i>Pista cristata</i>
<i>Polycirrus</i> sp.
<i>Prionospio ehlersi</i>
<i>Terebellides stroemii</i>
<i>Tharyx</i> sp.
<i>Thelepus</i> sp.

Table 3-3. Continued

Group III : Subsurface detritus feeders
Polychaeta
<i>Armandia lanceolata</i> <i>Clymenella koellikeri</i> <i>Euclimeninae</i> unid. <i>Haplocydnopsis pilosa</i> <i>Hesiospina similis</i> <i>Melinna elisabethae</i> <i>Ophelina acuminata</i> <i>Praxillella affinis</i> <i>Scoloplos armiger</i> <i>Scoloplos rubra</i> <i>Sternaspis scutata</i> <i>Sthenolepis japonica</i>

Group IV : Indicator species or Opportunistic species
Mollusca
<i>Macoma tokyoensis</i> <i>Raetellopus pulchella</i> <i>Theora fragilis</i>
Polychaeta
<i>Chone teres</i> <i>Dorvillea</i> sp. <i>Heteromastus</i> sp. <i>Lumbrineris longifolia</i> <i>Mediomastus</i> sp. <i>Notomastus</i> sp. <i>Ophiodromus pugettensis</i> <i>Paraprionospio pinnata</i> <i>Paraprionospio</i> sp. <i>Poecilochaetus johnsoni</i> <i>Polydora</i> sp. <i>Scololepis</i> sp. <i>Spiophanes</i> sp.

제 3군은 표층하퇴적물식을 하는 다모류 *Sternaspis scutata*, *Ophelina acuminata* 등의 12종이 할당되었다.

제 4군은 섭식형태와는 무관하게 오염지표종 또는 기회종으로써 이 등(1993)의 한국 연안해역과 전 세계적으로 유기물 오염해역, 열 오염해역, 중금속 및 산업폐기물 오염지역에 주로 서식하는 오염지표종 또는 기회종으로 보고된 종들을 정리한 자료를 주로 참고하여 제 4군에 할당하였다. 대표종으로는 진해만의 유기물 오염해역에서 주로 출현하는 다모류인 *Lumbrineris longifolia* 와 *Paraprionospio pinnata*(임, 1993)와 연체동물인 *Theora fragilis*와 *Raetellopus pulchella*(임, 1993)를 포함했으며, 열 오염 해역에서 주로 서식하는 다모류로 보고된 고리지역의 *Chone teres*(한전 기술연, 1987, 1988, 1989, 1990, 1991, 1992, 1993), 영광지역의 *Heteromastus* sp.(한국전력공사, 1992) 등이 할당되었다.

식성지수를 구함에 있어서 저서동물의 섭식유형에 대한 정보가 가장 중요한데 모든 종에 대한 섭식유형에 관한 연구가 아직 정립되지 않았고, 대부분의 저서동물이 주위의 서식환경의 변화에 따라 섭식형태를 달리하는 경우가 있고, 한 종이 여러 섭식형태를 동시에 취하는 경우(Fauchald, 1979; Mauter, 1981)도 있기 때문에 저서동물의 섭식유형에 대한 연구로 일부 종에 대해서는 식성에 대한 정보가 수정 보완되어야 할 것이다.

제 4 절 진해만에 적용한

Word(1978)의 내서동물 식성지수(ITI)

진해만에 출현한 저서동물의 우점종을 Word(1978)의 방법에 의해 섭식유형별로 분류된 개체수 자료를 다음과 같은 공식에 의해 정점별로 내서동물 식성지수(Infaunal Trophic Index : ITI)를 구하였다(Table 3-4).

$$ITI = \left[1 - \frac{1}{3} \left(\frac{0N_1 + 1N_2 + 2N_3 + 3N_4}{N_1 + N_2 + N_3 + N_4} \right) \right] \times 100$$

(ITI = 0 ~ 100)

Table 3-4. Infaunal Trophic Index of each station 1987-1990 by Word(1978)

St. \ Date	Aug. '87	Feb. '88	Aug. '89	Nov. '89	Feb. '90	May '90	Mean
1	0	34.1	0	0	44.5	58.9	25.8
2	0	36.6	0	0	37.6	34.0	17.9
3	27.5	20.9	29.7	29.7	33.4	42.6	33.8
4	21.3	11.7	25.3	19.6	30.0	23.8	24.6
5	31.5	26.1	29.7	25.1	35.2	25.5	28.8
6	-	-	29.9	27.6	25.4	26.6	27.3
7	-	-	26.9	16.0	23.6	24.4	22.7
8	19.3	15.7	20.9	32.5	44.2	42.8	35.1
9	31.0	30.0	22.6	19.8	19.8	26.5	22.1
10	36.9	30.1	24.8	23.3	32.1	21.7	25.4
11	66.6	31.7	23.5	30.1	12.5	13.2	19.8
12	0	33.3	0	64.9	0	47.0	27.9
Mean	23.4	27.0	19.4	24.0	28.1	32.25	

ITI값이 0으로 표시된 정점은 저서동물이 전혀 출현하지 않았거나, 출현 종수와 개체수가 극히 적어 우점종을 도출하여 공식에 대입할 수 없는 정점이었는데, 채집시 저층 퇴적물이 매우 오염되어 있어 유기물이 썩는 냄새가 코를 찌르거나, 유화개스의 냄새가 심했던 시기 및 정점이었으며, 수질자료에서도 저층 용존산소량(DO)가 매우 낮은 값을 나타내며, 저층 퇴적물의 유기물 함유량(POC)도 매우 높은 값을 보이는 것으로 보아 저서동물이 전혀 살 수 없었던 시기 및 정점으로 사료되어 0으로 표시하였다.

1989년 8월에서 1990년 5월까지의 계절별 Word(1978)에 의한 ITI값의 결과를 살펴보면 다음과 같다(Table 3-4).

1989년 8월의 경우 정점 1, 2과 정점 12의 경우 0으로 나타났으며, 정점 3에서 11까지의 ITI값은 20 - 30사이의 값으로 정점별로 큰 차이를 보이지 않았다. ITI값이 0으로 나타난 정점들의 저층수괴의 DO는 0에 가까웠으며, 저층 퇴적물의 POC는 6% 이상으로 다른 정점들에 비하여 상대적으로 높은 값을 보인 정점들이다. 정점 3에서 11까지는 DO와 POC와는 뚜렷한 상관관계 없이 ITI값이 20에서 30사이의 고른 값을 보였다(Fig. 3-6).

1989년 11월의 경우는 정점 1과 2에서 ITI값이 0으로 나타났으며, 정점 12에서는 ITI값이 64.9로 전 정점에서 가장 높은 값을 보였다. 다른 정점들은 정점간에 약간의 차이를 보였다. 정점 1과 2는 저층수괴의 DO농도가 8ml/l 이상으로 높아졌지만, POC는 6% 이상으로 전 정점에서 아직도 가장 높은 값을 나타내었으며, 저서동물의 출현이 없어 ITI값이 0으로 나타났다. 정점 12의 경우 총 13종의 저서동물이 출현하였는데 우점종으로 4종만이 선택

되었고 그 가운데 *Mediomastus* sp.가 512개체 출현하여 총 개체수의 74%를 차지하였는데 섭식유형별 분류에서 제 2군(여과식자 또는 표층퇴적물식자)으로 할당되어 ITI값이 높게 나타났다(Fig. 3-7).

1990년 2월의 경우 정점 12이 저서동물이 출현하지 않아 ITI값이 0으로 나타났으며, 정점 1에서 7쪽으로 갈수록 ITI값이 오히려 점차 낮아지는 경향을 나타내었다. 정점 8에서는 ITI값이 44.2로 전 정점에서 가장 높게 나타났으며 정점 10에서는 ITI값이 32.1로 나타났다. 정점 11에서는 ITI값이 12.5로 정점 12을 제외하고는 가장 낮은 값을 보였다. 정점 1에서 7로 갈수록 ITI값이 점차 낮아지는 경향은 DO값이 점차 높아지고, POC값이 점차로 낮아지는 환경요인과는 오히려 반대되는 결과이다. 종 다양성 지수도 정점 1에서 4으로 갈수록 값이 높아져 저서군집이 점차 안정되어 가는 해석과도 일치하지 않는 결과였다(Fig. 3-8).

1990년 5월의 경우는 정점 1과 12에서 ITI값이 58.9와 47.0으로 전 정점에서 가장 높은 값을 나타냈다. 정점 11이 ITI값이 13.2로 가장 낮은 값을 보였다. 정점 4에서 7은 ITI값이 23에서 27사이로 거의 차이가 없었다. 이는 저층수괴의 DO와 퇴적물의 POC와의 상관관계가 없는 결과였으며, 종 다양성 지수와의 비교에서 Word의 ITI값은 오히려 전반적으로 반대되는 결과를 보였다(Fig. 3-9).

ITI값을 계절별로 평균한 값을 보면 여름(19.4), 가을(24.0), 겨울(28.1), 봄철(32.2)로 가면서 ITI값은 서서히 증가하는 경향을 보였다(Table 3-4).

Word(1978)의 조사지점인 캘리포니아 남부 연안에서 구한 ITI

값을 보면(Fig. 3-2) ITI값이 78 이상 100 이하의 값은 제 1군(여과식자)에 속하는 생물이 주로 우점하는 지역, ITI값이 58 이상 77이하의 값은 제 2군(여과식자 또는 표층퇴적물식자)의 생물이 주로 우점하는 지역, ITI값이 25 이상 57 이하의 값은 제 3군(표층하퇴적물식자)의 생물이 주로 우점하는 지역, 그리고 ITI값이 0 이상 24 이하를 나타낼 때에는 제 4군(표층하퇴적물식자)이 주로 우점하는 지역이라고 밝혔다. 그러나 Word(1978)의 ITI를 진해만에 적용해 본 결과 Fig. 3-3과 같이 Word(1978)의 결과와는 다르게 나타났다. 제 1군에 속하는 동물의 백분율은 ITI값이 증가함에 따라 서서히 증가하는 경향을 보이며, 제 3군에 속하는 동물은 ITI가 20 - 40 사이의 값에서 많은 개체수를 차지하며, 제 4군에 속하는 동물은 ITI가 증가함에 따라 서서히 감소하는 경향을 보였다. 따라서 Word(1978)에 의한 ITI값의 범위를 진해만에 적용할 수 없으며, 여러 환경요인을 동시에 고려한 ITI값의 범위가 필요하다.

마산만에 위치한 정점 1과 2는 조사기간 동안 여름과 가을철에 저서동물이 전혀 출현하지 않아 ITI값이 0이었다가, 겨울과 봄철에는 ITI값이 34이상의 값을 보였다. 이는 봄철부터 시작되어 여름철에 형성된 수온과 염분에 의한 약층으로 인하여 마산만 내에서는 용존산소가 2.0ml/l 이하로 급격히 떨어져 저서동물의 생존에 심각한 영향을 끼친 것으로 사료된다. 이와같이 부족한 산소의 영향이 여름철에서 가을철에 걸쳐 무생물 해역의 결과를 초래했으며 가을철과 겨울철에 해수의 유동이 원활해져 저층 수괴의 용존산소가 6.0ml/l 이상으로 회복된 것이 겨울철과 봄철의 저서동물의 생존 조건을 제공해 준 것으로 사료된다. 그러나 무생물

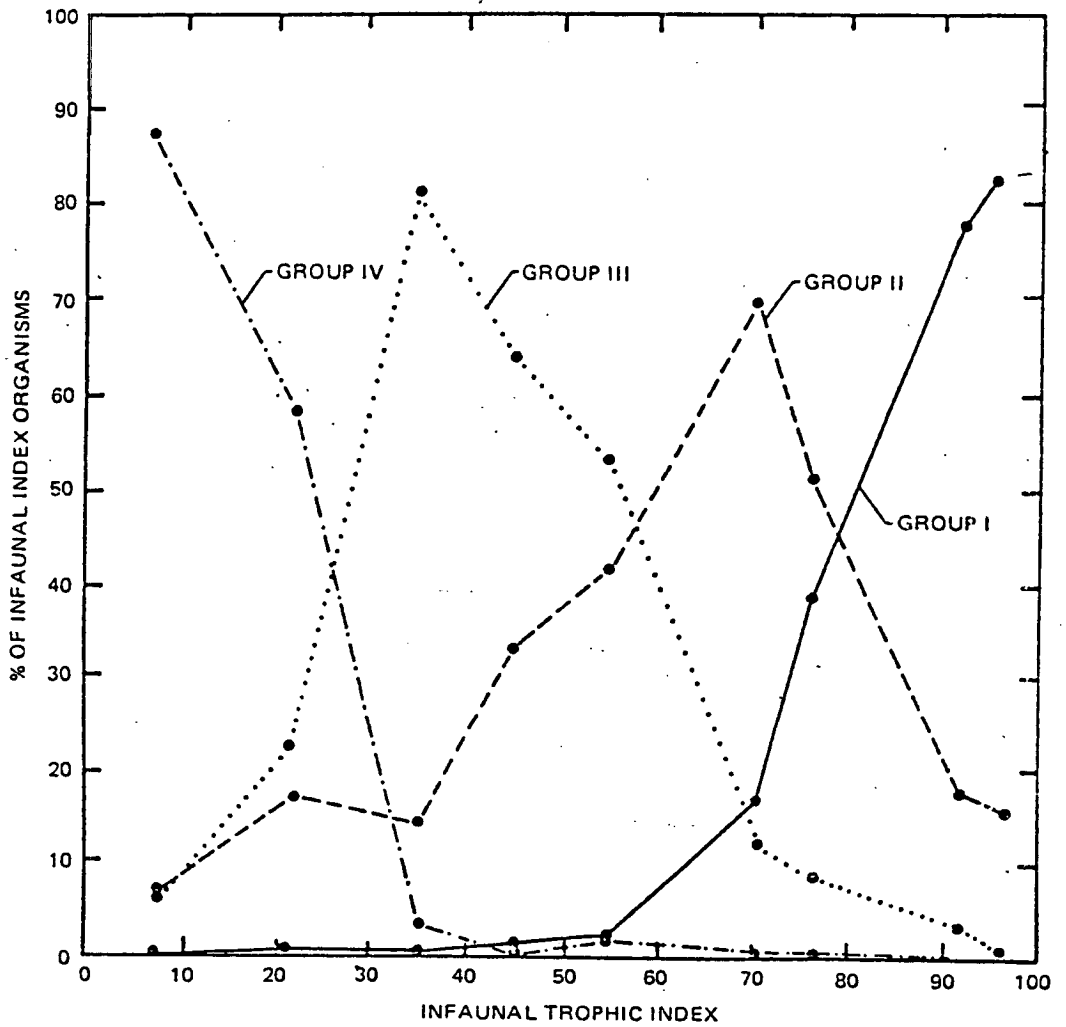


Fig. 3-2. Dominance of Infaunal Trophic Index groups in 300 samples from southern California (by Word, 1978).

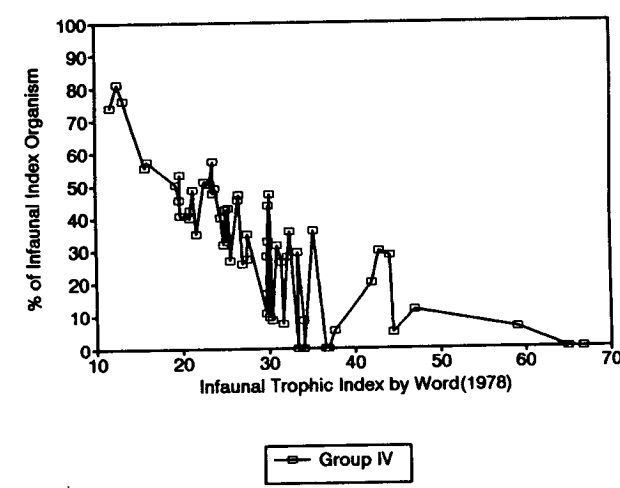
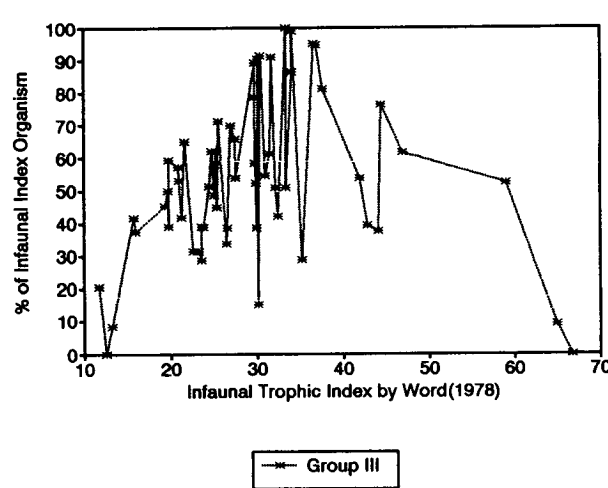
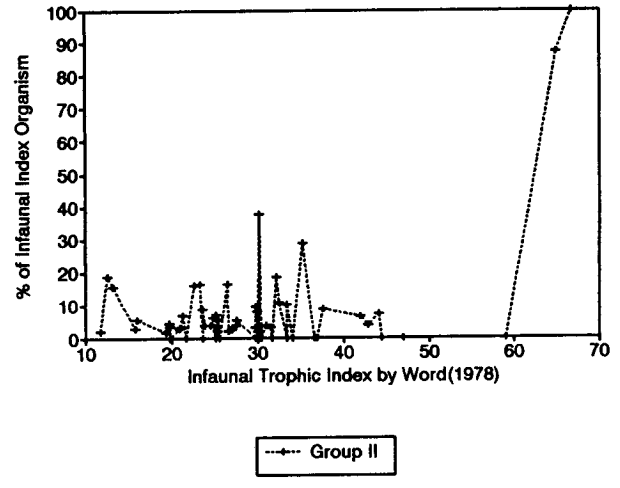
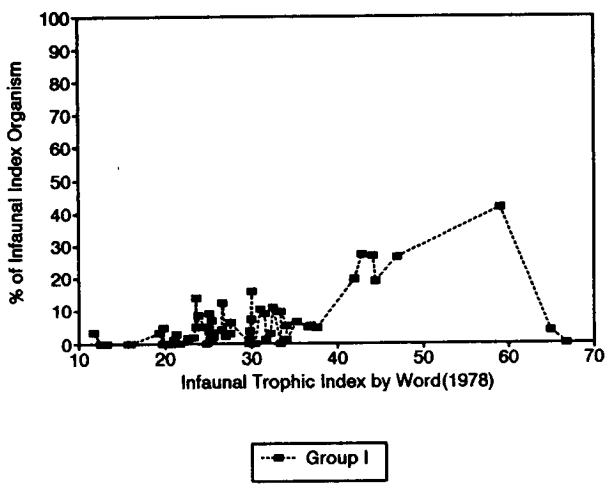


Fig. 3-3. Dominance of Infaunal Trophic Index groups by Word(1978) in 68 samples from Chinhae Bay.

지역이었던 해역에 정착하여 살기 시작하는 저서동물은 주로 기회종으로 구성되어 있는데 Word(1978)의 섭식유형별 분류가 오염 지시종이나 기회종을 전혀 고려하지 않았음으로 인하여 해수의 유동이 원활한 외해역의 정점 5, 6, 7 보다도 겨울철과 봄철에 ITI 값이 높은 값을 나타내었다. 이는 Word의 ITI값이 진해만 오염 해역을 평가할 수 있는 지수로 사용하기에는 부족하다는 것을 암시해 주고 있었다.

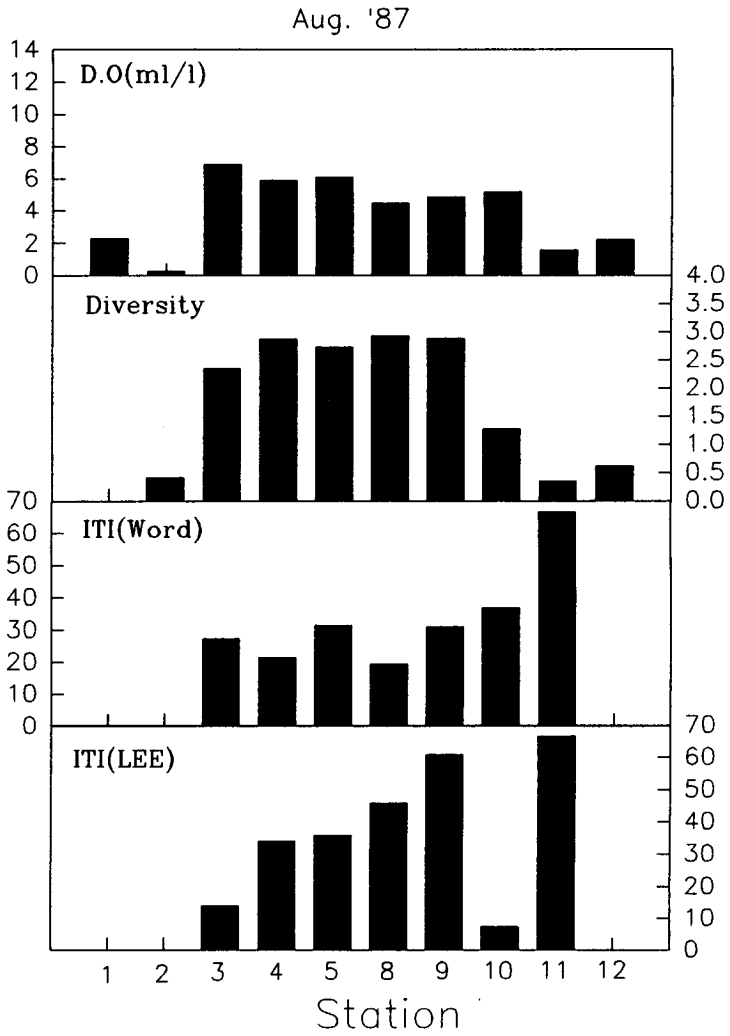


Fig. 3-4. Comparison of four measures of benthic conditions at 10 stations in Chinhae Bay, Aug. 1987.

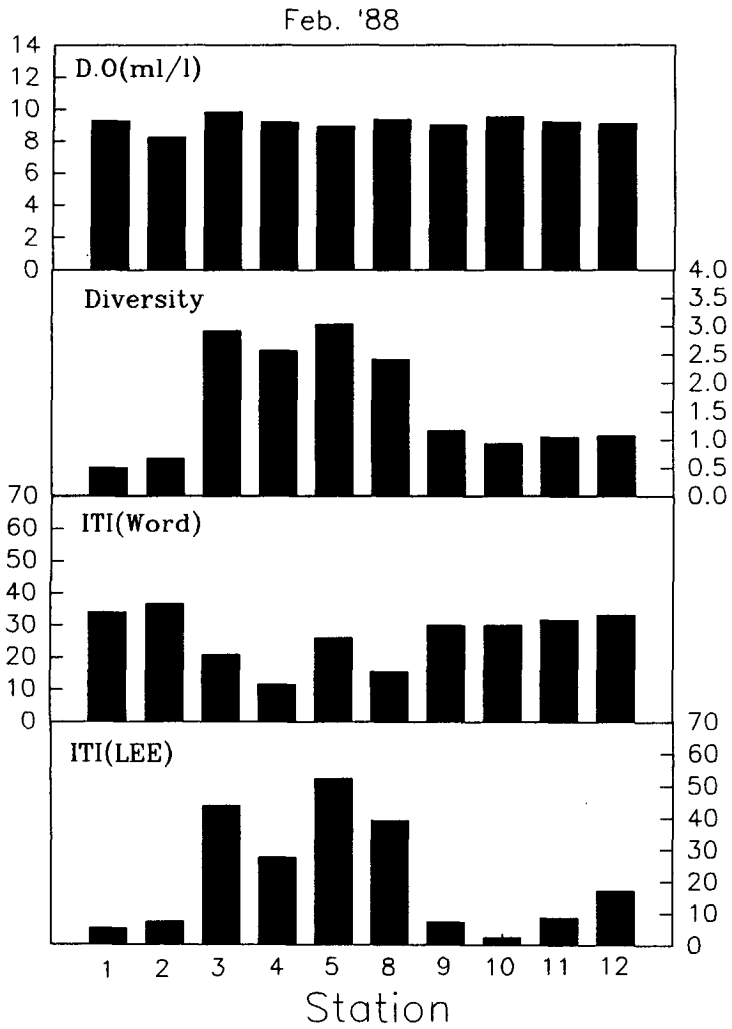


Fig. 3-5. Comparison of four measures of benthic conditions at 10 stations in Chinhae Bay, Feb. 1988.

Aug. '89

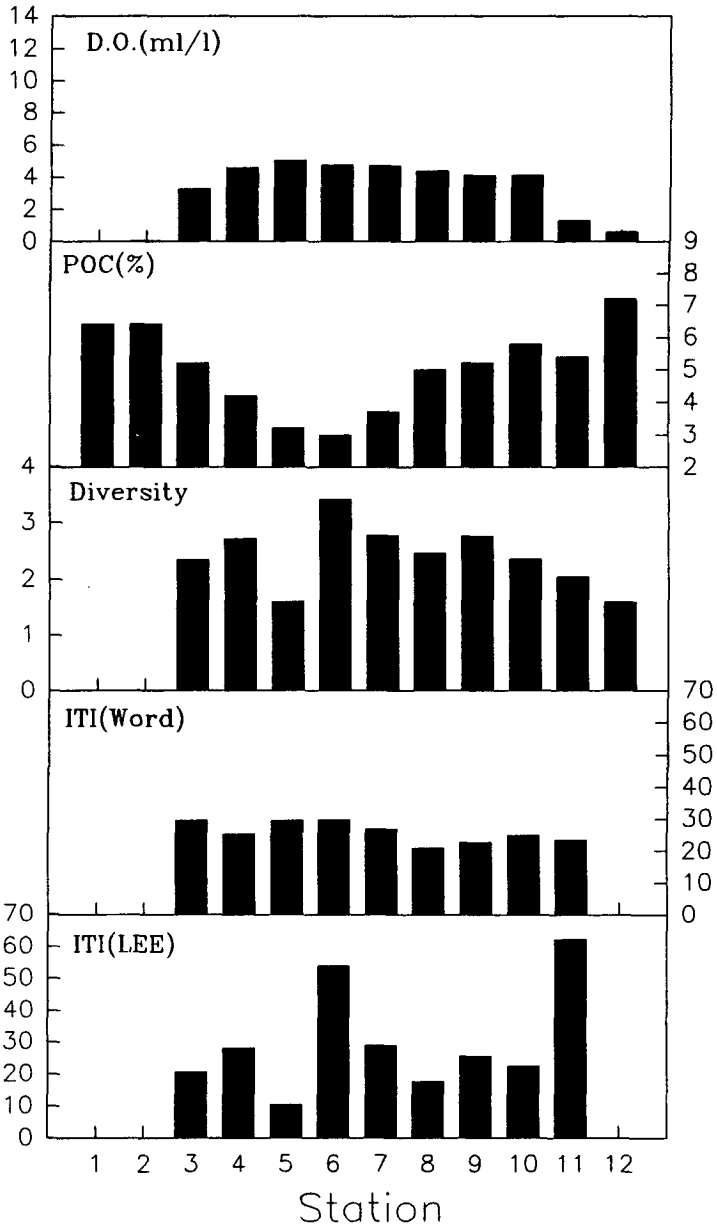


Fig. 3-6. Comparison of four measures of benthic conditions at 12 stations in Chinhae Bay, Aug. 1989.

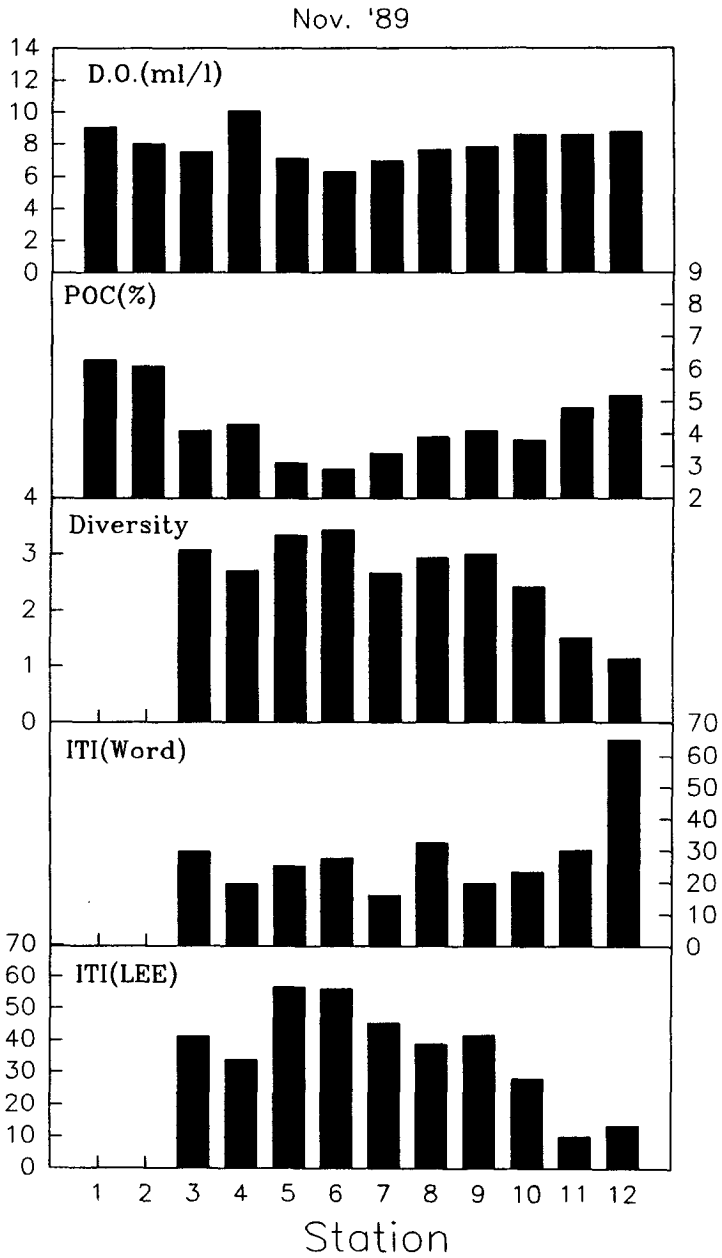


Fig. 3-7. Comparison of four measures of benthic conditions at 12 stations in Chinhae Bay, Nov. 1989.

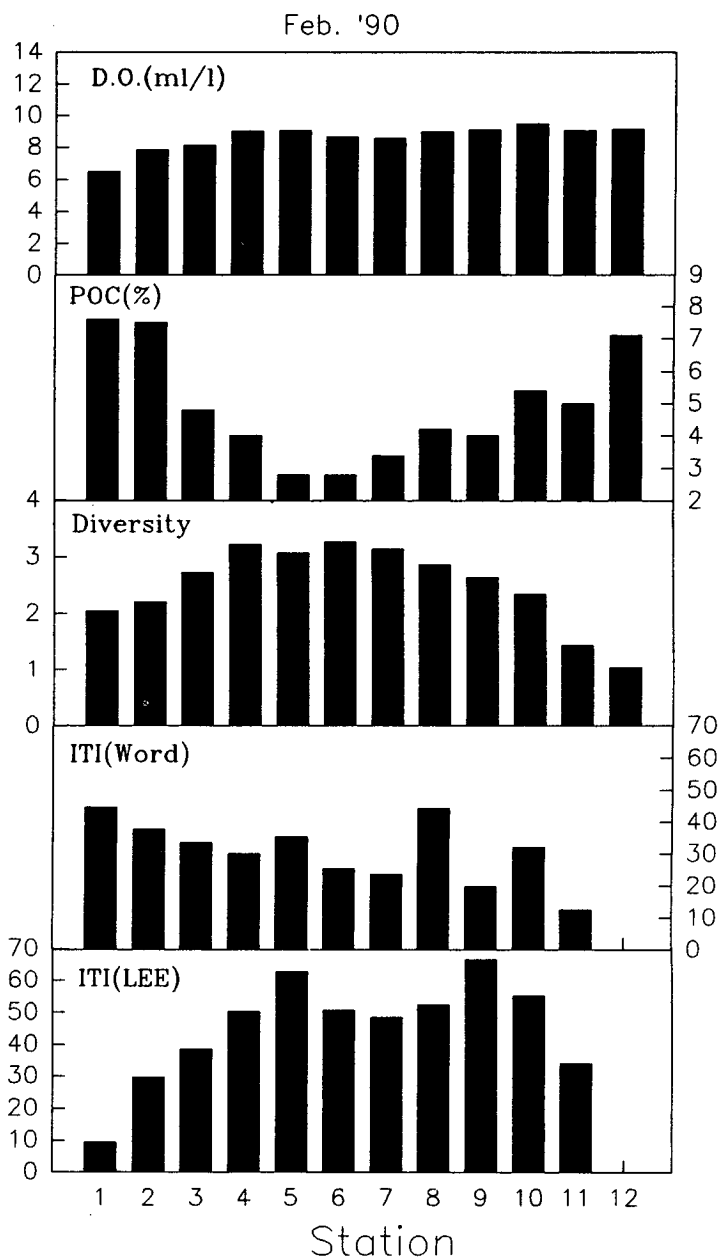


Fig. 3-8. Comparison of four measures of benthic conditions at 12 stations in Chinhae Bay, Feb. 1990.

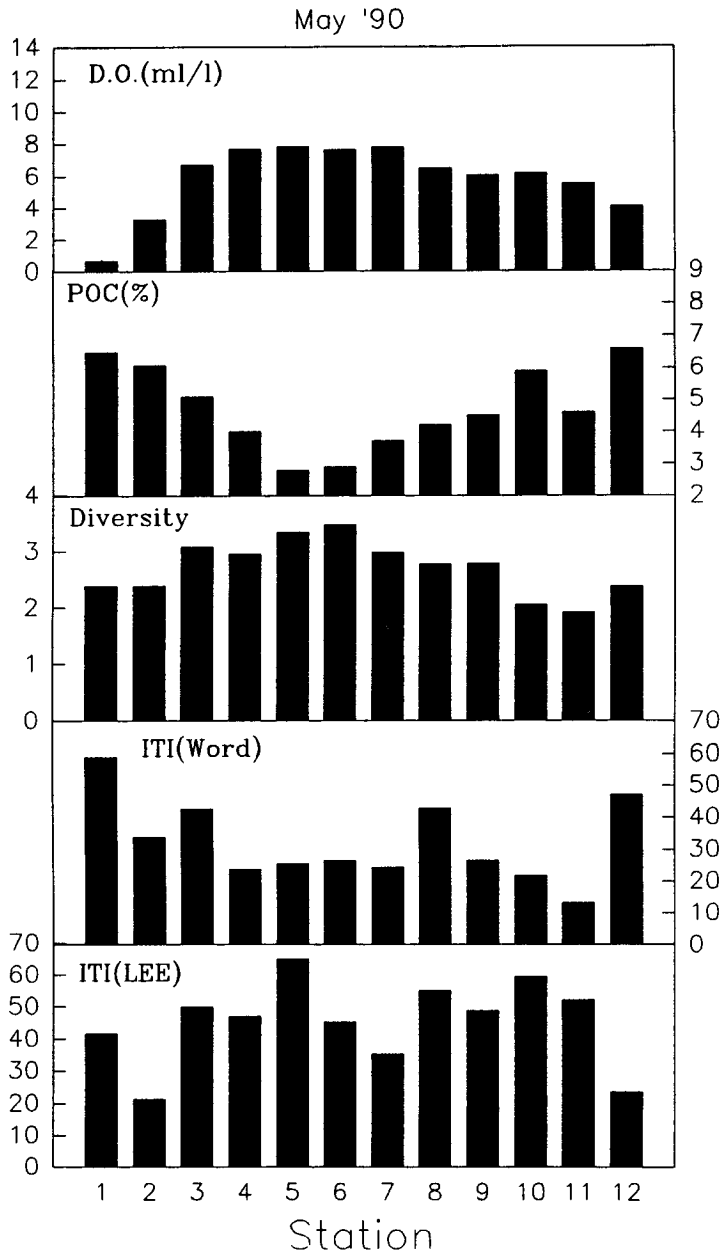


Fig. 3-9. Comparison of four measures of benthic conditions at 12 stations in Chinhae Bay, May 1990.

제 5 절 진해만에 적용한

이 등(1993)의 내서동물 식성지수(ITI)

이 등(1993)에 의한 방법으로 섭식유형별 분류된 진해만에 서식하는 저서동물의 정점별 우점종을 식성지수 공식에 대입하여 ITI 값을 구하였다(Table 3-5).

Table 3-5. Infaunal Trophic Index of each station 1987-1990
by Lee *et al.* (1993)

St. \ Date	Aug. '87	Feb. '88	Aug. '89	Nov. '89	Feb. '90	May '90	Mean
1	0	5.2	0	0	9.4	41.6	12.7
2	0	7.3	0	0	29.6	21.2	12.7
3	13.9	43.8	20.5	41.2	38.5	49.9	37.5
4	34.0	27.6	28.1	33.7	50.3	47.0	39.7
5	35.8	52.2	10.4	56.7	62.8	65.0	48.7
6	-	-	53.9	56.0	50.6	45.1	51.4
7	-	-	28.9	45.3	48.5	35.2	39.4
8	45.8	39.3	17.6	38.7	52.4	55.0	40.9
9	60.9	7.2	25.4	41.6	66.7	48.8	45.6
10	7.5	2.5	22.2	27.9	55.3	59.5	41.2
11	66.6	8.7	62.3	10.0	34.1	52.1	39.6
12	0	17.2	0	13.3	0	23.5	9.2
Mean	26.45	21.1	22.4	30.3	41.5	45.3	

1989년 8월 부터 1990년 5월 사이의 계절별 ITI값을 살펴보면 다음과 같다. 1989년 8월의 경우, 마산만에 위치한 정점 1과 2, 그리고 고현성만에 위치한 정점 12에서 ITI값은 0이었다. 정점 1, 2는 저서동물이 전혀 출현하지 않았고, 정점 12는 총 5종이 출현하였는데 5종 모두 개체수가 3으로 식성지수 공식에 변수로 작용할 만한 우점종을 도출해 내지 못하였으며, 저층수괴의 DO가 0에 가까웠고, 퇴적물의 유기물 농도(POC) 또한 전 정점 가운데 가장 높았으므로 0로 나타내었다. 정점 11에서는 ITI값이 62.3으로 가장 높게 나타났는데, 이는 *Sigambra tentaculata* 우점종으로 가장 많은 개체가 출현하였는데 섭식유형별 분류에서 육식자로 제 1군에 할당되었기 때문이다. 정점 5에서는 ITI값이 10.4로 다른 정점에 비하여 상대적으로 낮은 값으로 나타났다. 그 이유는 정점 5에서 총 68종이 출현한 가운데 10종이 우점종으로 선택되었으며, 이 중에서 *Theora fragilis*가 2,116개체로 총 개체수의 70%나 차지하는 가장 우점한 종으로 섭식유형별 분류에서 오염지시종으로써 제 4군에 할당되었기 때문이다. 오염이 가장 심한 여름철에 마산만의 정점 1, 2는 주변의 생활하수의 유입 또는 산업폐수의 유입, 그리고 저층의 빈산소 수괴의 영향을 받고 있으며, 정점 12는 주변의 양식장으로 부터의 유기물 오염으로 인하여 식성지수 값이 매우 낮게 반영되었다(Fig. 3-6).

1989년 11월의 경우는, 정점 1, 2에서 저서동물이 전혀 출현하지 않아 ITI값이 0으로 표시했으며, 고현성만의 정점 12는 ITI값이 13.3으로 다른 정점에 비하여 상대적으로 낮은 값을 나타냈는데, 이는 Word(1978)에 의한 ITI값이 64.9로 가장 높게 나타난 결과와는 반대되는 결과를 가져왔다. 이는 종 다양성 지수가 1.14

로 다른정점에 비하여 가장 낮은 값을 보인 것과 잘 일치하는 양상을 보였다. 정점 4는 저층수괴의 DO가 10.07로 가장 높은 반면 ITI값은 19.6으로 다른 정점에 비하여 높지 않은 것으로 나타났다. 대체로 1989년 11월의 경우는 모든 정점의 ITI값이 종 다양성 지수에서 나타난 경향과 비슷한 양상으로 나타났다(Fig. 3-7). 또한 여름철에 마산만(정점 1, 2)에서 수온약층의 형성으로 인한 빈산소 수괴의 영향으로 저서동물의 출현이 없었던 것이 가을철에 DO가 8 ml/l 이상으로 회복되었으나 저서동물은 여전히 출현하지 않은 것으로 보아 수괴의 상태가 호전되었다 하더라도 저서동물의 종조성에 영향을 미치는 데에는 상당한 시간이 걸리는 것으로 사료된다. 이는 조사시점의 수질에 의한 환경평가가 대상해역의 환경을 대변하는 데에는 충분치 못하다는 것을 알 수 있다.

1990년 2월의 경우는 고현성만의 정점 12가 출현종수와 개체수가 작아 우점종을 도출해 내지 못하여 ITI값이 0으로 표시하였고, 정점 1에서 정점 5로 갈수록, 즉 마산만에서 외해역으로 갈수록 ITI값이 서서히 증가하는 것으로 나타났는데 이는 Word의 방법에 의한 ITI값과는 정 반대되는 현상이다. 1990년 2월의 ITI값은 저층수괴의 DO, POC 및 종 다양성 지수와의 구배와 비교적 잘 일치하는 것으로 나타났다(Fig. 3-8).

1990년 5월의 경우, 타계절에 ITI값이 0 또는 매우 낮은 값을 보이던 정점 1에서 ITI값이 41.6으로 나타났다. 이는 봄철에 마산만의 저서환경이 DO나 POC로는 설명할 수 없는 변화가 일어난 것으로 보인다. DO가 높고, POC가 가장 낮은 정점 5에서는 ITI값도 65.0으로 가장 높게 나타났으며, 정점 12에서는 ITI값이 23.5로 여전히 다른 정점에 비하여 낮은 값을 보였으나 4계절 가운데

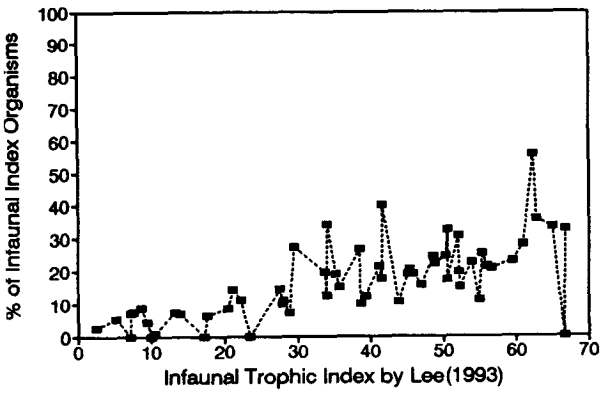
가장 높은 수치였다(Fig. 3-9).

ITI값을 계절별로 평균한 값을 살펴보면 여름(22.4), 가을(30.3), 겨울(41.5), 봄(45.3)으로 갈수록 ITI값은 점차 높아지는데, 이는 Word의 방법에 의한 ITI값 보다는 높은 수치로 변화양상은 같았다(Table 3-5).

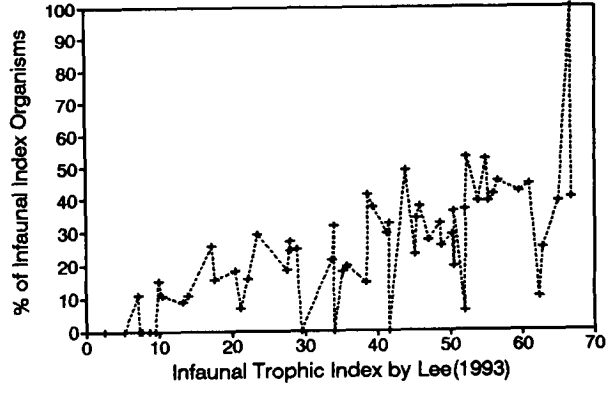
1989년 8월 부터 1990년 5월까지 4계절의 ITI값을 평균한 결과를 살펴보면(Table 3-5) 정점 1, 2는 ITI값이 12.7로 같았고, 정점 3, 4, 5, 7, 6로 갈수록, 즉 마산만 쪽에서 외해쪽으로 갈수록 ITI값이 점차로 높아져 정점 6에서 51.4로 전 정점 가운데 가장 높은 값을 나타내었다. 정점 4(39.7)에서 정점 8(40.9), 9(45.6)쪽으로 갈수록, 즉 진해만 서부쪽으로 갈수록 ITI값은 점차 증가하였는데, 정점 11(39.6)에서는 ITI값이 약간 감소하였다. 정점 11은 ITI값이 39.6으로 정점 4와 7의 ITI값과 비슷한 값을 나타냈다. 진동만에 위치한 정점 10은 ITI값이 41.2로 나타났으며, 고현성만의 정점 12는 ITI값이 9.2로 낮은 값을 나타냈다. 이는 퇴적물 내의 유기물(POC)의 구배(Fig. 3-1)와 매우 잘 일치하는 것이다.

ITI값과 Group별 개체수의 백분율과의 관계를 살펴보면(Fig. 3-10) ITI값이 증가할 수록 제 4군(오염지시종 또는 기회종)의 백분율 값이 점차 감소하는 반면, 제 1군, 제 2군, 그리고 제 3군의 백분율 값은 점차 증가하는 양상을 보인다. 이는 이 등(1993)의 ITI값은 제 4군에 속하는 저서동물의 개체수의 백분율이 ITI값의 변동에 크게 작용하는 것으로 나타났다.

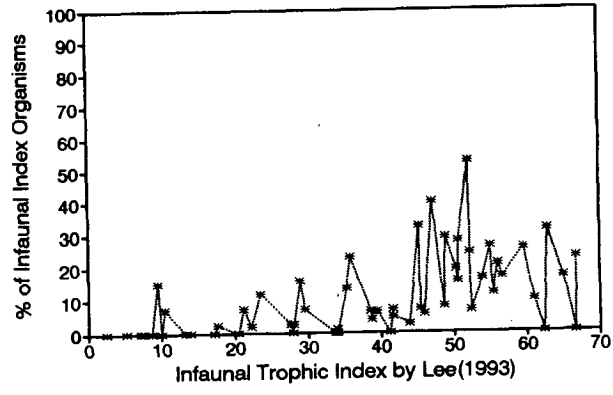
이상에서 살펴본 바와 같이 이 등(1993)의 ITI는 Word(1978)의 ITI에 비하여 DO, POC와 같은 수질자료와 퇴적물 분석자료, 그리고 종 다양성 지수를 비교적 잘 반영하며, 섭식유형별 분류군 가



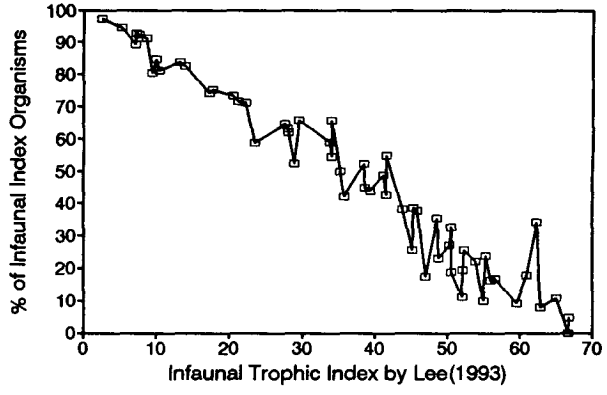
Group I



Group II



Group III



Group IV

Fig. 3-10. Dominance of Infaunal Trophic Index groups by Lee *et al.* (1993) in 68 samples from Chinhae Bay.

운데 오염지시종과 기회종으로 구성되어 있는 제 4군에 의한 영향이 큰 것으로 나타났다.

이 등(1993)의 방법에 의한 ITI값의 정점별 계절 변화를 보면, 전 정점에서 ITI값의 계절 변화가 심하게 나타났다(Fig. 3-11). 여름에서 가을, 겨울, 봄철로 가면서 ITI값이 점차로 증가하는 정점은 마산만에 위치한 정점 1과 수심이 가장 깊은 정점 5, 수로역에 위치한 정점 8, 그리고 진동만에 위치한 정점 10이었다. 정점 2, 4, 9는 오염상태가 여름철이 가장 심하고, 가을철, 봄철, 겨울철 순으로 진행되는 온대지방의 일반적인 오염현상과 일치하여, 여름철에서 가을, 겨울철로 가면서 ITI값이 증가하다가 봄철에 ITI값이 약간 낮아지는 값을 보였다.

1987년 8월의 ITI값과 1989년 8월의 ITI값을 비교해 본 결과(Fig. 3-12) 정점 1 ~ 4, 11 ~ 12는 년변화 없이 비슷한 경향을 보였으나, 정점 5, 8, 9의 ITI값은 변화가 있었는데, 이는 수로에 의한 유속변화 등의 원인으로 저서환경이 급격히 변할 수 있어 ITI값에도 영향을 받은 것으로 사료된다.

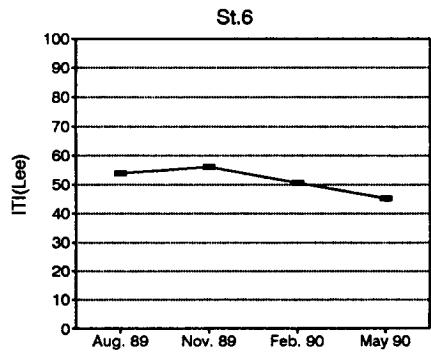
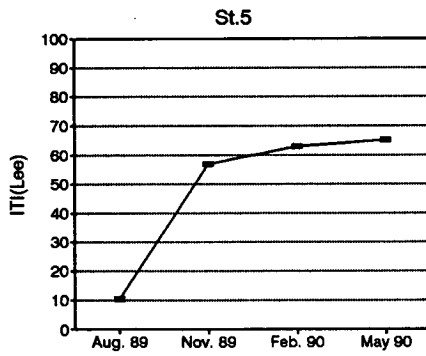
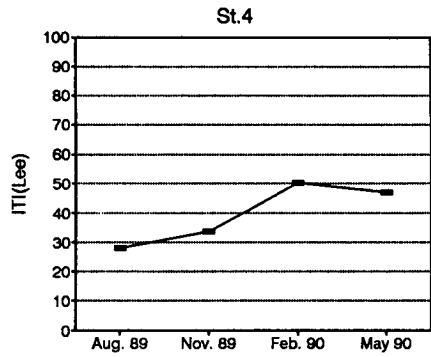
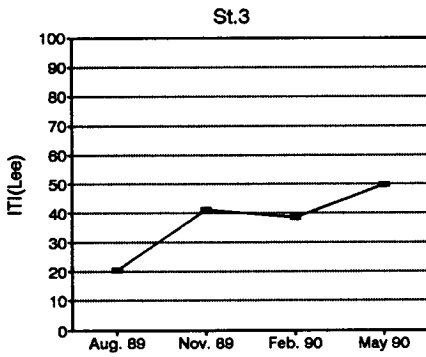
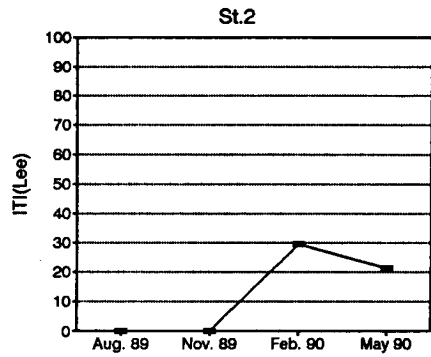
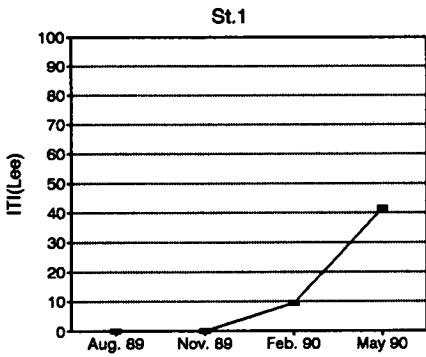


Fig. 3-11. Seasonal variation of Infaunal Trophic Index values by Lee *et al.*(1993) in Chinhae Bay from Aug. 1989 to May 1990.

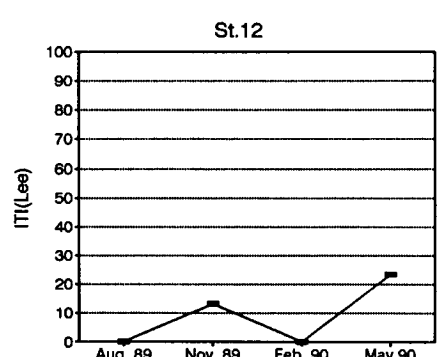
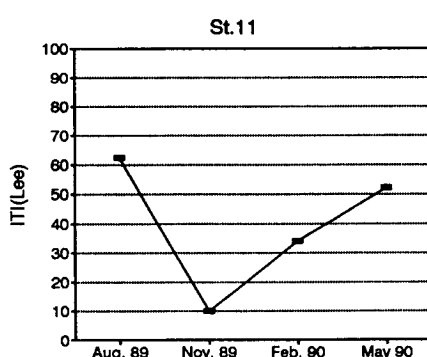
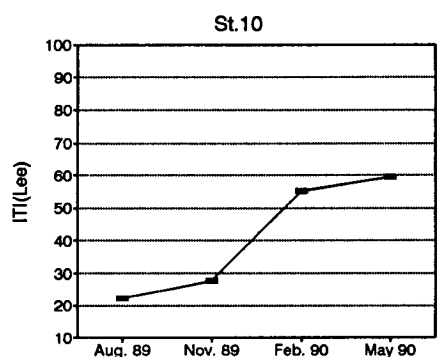
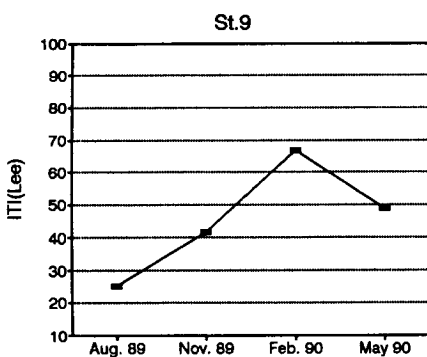
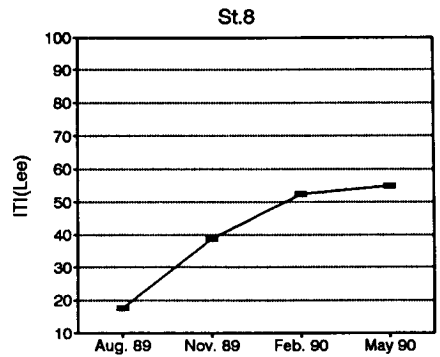
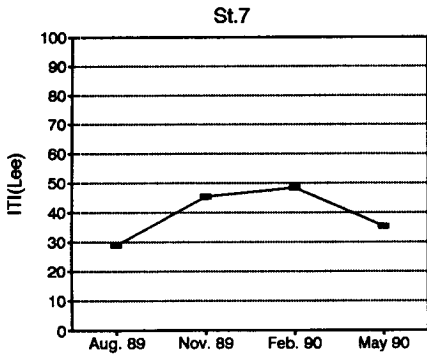


Fig. 3-11. (Continued)

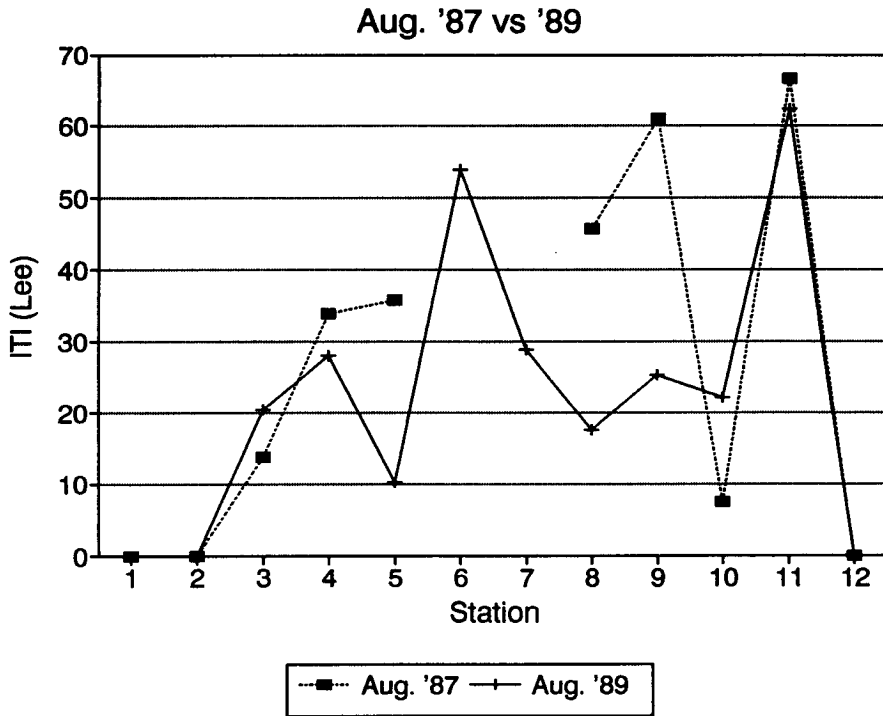


Fig. 3-12. Comparison of Infaunal Trophic Index values by Lee *et al.* (1993) calculated from data in Aug. 1987 and Aug. 1989.

제 6 절 수질등급과 ITI(이 등)에 의한 등급 비교

환경처는 전국 주요해역의 수질실태를 파악하여 해역이용 관리 등 해양보전 정책 수립추진 및 해양 수질관리를 위한 기초자료로 활용하기 위하여 해역별 해수의 수질기준을 법률로써(해양오염 방지법 제 44조의 2) 명시해 놓았다. 해역을 3개 등급으로 나누고 제 1등급은 수산생물의 서식, 양식 및 산란에 적합한 수질을 말하며, 제 2등급은 해수욕 등 해양에서의 관광 및 여가선용 및 제 1등급 이외의 수산생물에 적합한 수질을 말한다. 제 3등급은 공업용 냉각수, 선박의 정박등에 이용되는 수질로 명시하고 있다(환경처, 1991). 이는 내만의 경우 년 4회의 수질측정에 의한 자료를 바탕으로 설정되며, 수질자료로는 수소이온농도, 화학적 산소 요구량, 부유물질, 유분, 대장균군수 총질소, 총인 및 무기물질 등이다. 진해만은 해양오염방지법 제 44조의 3에 의해 연안오염 특별관리해역으로 환경처에서 지정하여 관리하고 있다. 환경처에서 고시한 진해만의 수질등급 해역을 살펴보면(Fig. 3-13) 마산만과 행암만이 제 3등급으로, 거제도 동쪽의 외해역을 제외한 전 해역이 제 2등급으로 고시하고 있다.

ITI값으로 평가된 해양환경을 상기 수질등급 해역과 상호 비교하여 설정하여 보면, ITI값이 0 ~ 20 사이일 때 제 4군인 오염지시종과 기회종이 우점하는 해역으로, ITI값이 21 ~ 40사이일 때 제 2군인 표층퇴적물식자 및 제 3군 표층하퇴적물식자가 비교적 많이 서식하는 해역으로, ITI값이 41 이상일 때 제 1군인 여과식자 및 육식자와 제 2군인 표층퇴적물식자가 주로 우점하는 해역으

로 구분되어 질 수 있다(Fig. 3-14).

식성지수에 의한 해양환경 등급이 대체로 환경처 고시 수질등급과 비슷한 경향을 나타내었지만, 단지 고현성만(정점 12) 부근이 심하게 오염된 결과로 ITI값이 낮은 값을 나타내었다.

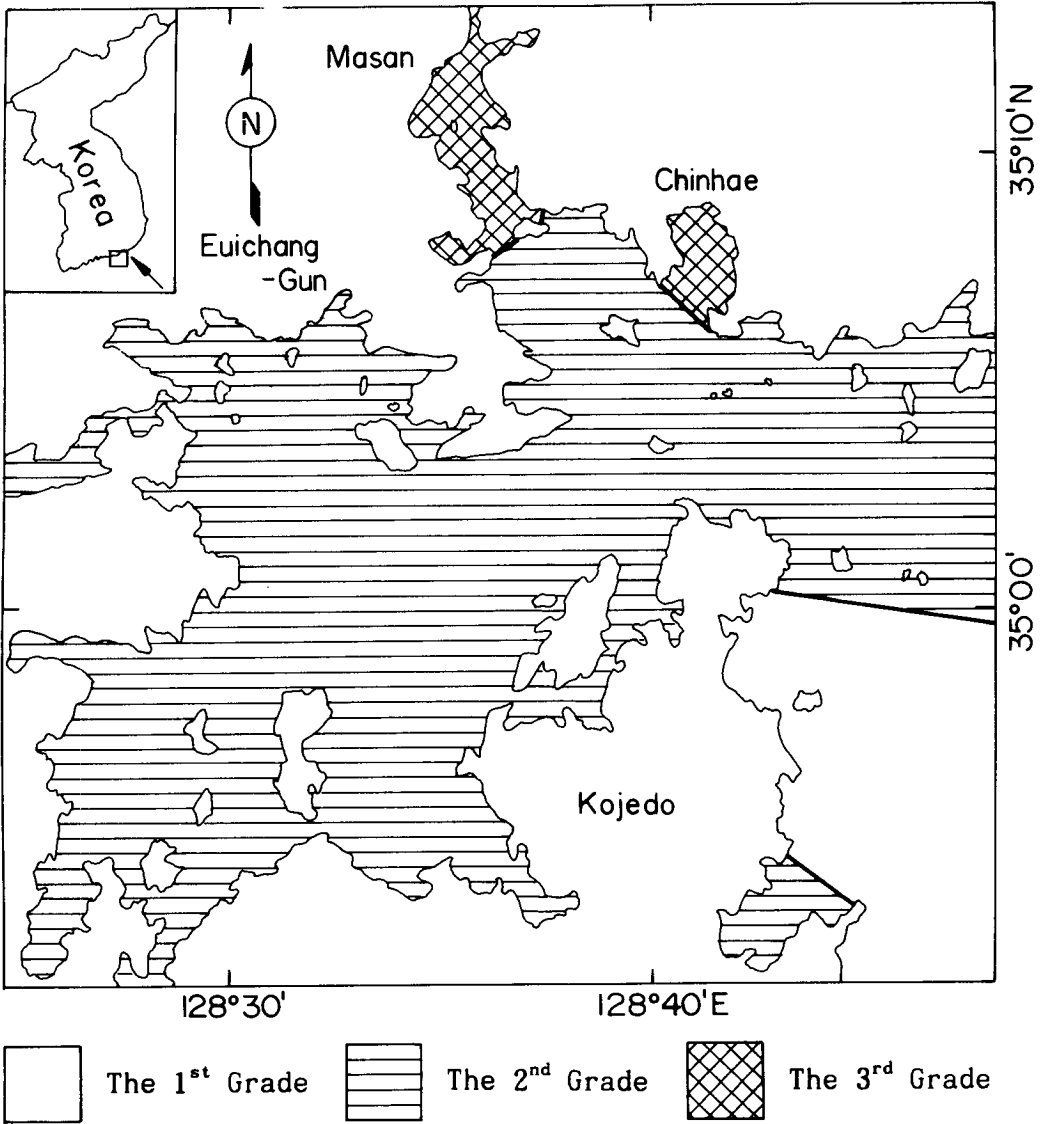


Fig. 3-13. Korean water quality criteria in Chinhae Bay announced by Ministry of Environment(1991).

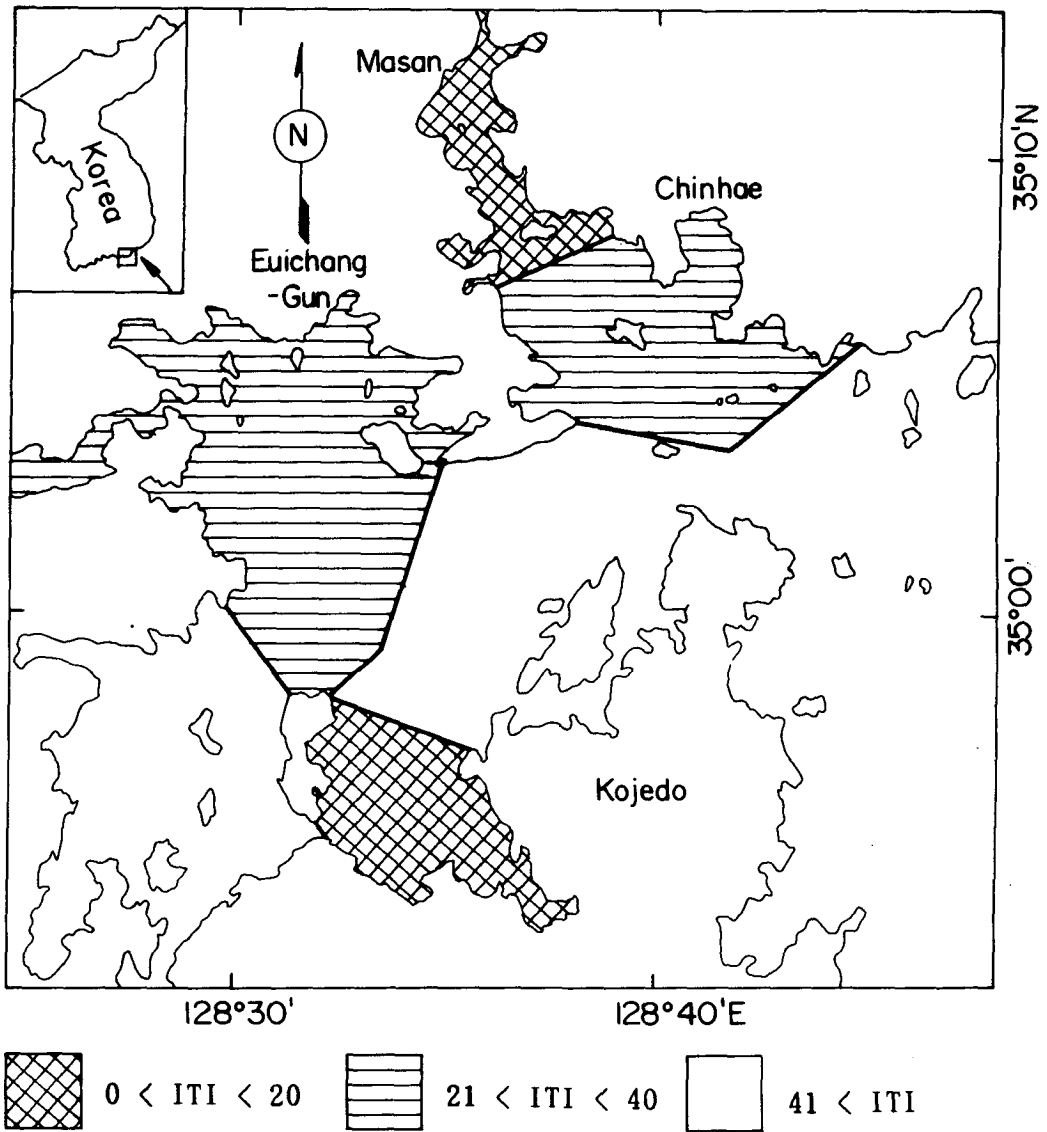


Fig. 3-14. Marine environmental quality in Chinhae Bay by the Infaunal Trophic Index.

제4장 요약 및 결론

진해만에서 이미 조사된 저서동물 자료 가운데 1987년 8월, 1988년 2월 및 1989년 8월부터 1990년 5월까지 4계절의 진해만에서 출현한 저서동물의 개체수 자료를 이용하여, 정점별 개체수 순위 서열표에서 총 개체수의 누적 백분율이 89% 이내에 해당하는 종을 우점종으로 도출하였다. 이 우점종을 섭식유형별로 분류하여 Word(1978)에 의한 내서동물 식성지수(Infaunal Trophic Index)와, 이를 수정 보완한 이 등(1993)에 의한 식성지수를 구하였다. 이 두 가지 방법으로 계산된 식성지수 값을 환경요인, 생물학적 다양성 지수, 군집결과와 비교한 결과 Word(1978)에 의한 식성지수 보다는, 이 등(1993)에 의한 식성지수가 진해만의 해양환경 상태를 잘 반영해 주는 것으로 나타났다.

식성지수로 해양환경을 평가하는 지수로 사용하고, 오염의 정도를 평가하는 방법으로 사용하기 위해서는 다음과 같은 연구가 지속적으로 이루어 져야 한다.

첫째, 정점별 우점종을 도출하는데 있어서 연구자 마다 각기 다른 방법으로 우점종을 도출하고 있어 이에 대한 기준이 필요하다. 임(1993)은 진해만에서의 조사기간 동안 전 정점에서 출현한 모든 저서동물을 취합하여 개체수 및 생물량을 기초로 하여 총 개체수 및 총 생물량의 누적 백분율 약 90% 이내의 종을 우점종으로 기술했고, 이 등(1993)은 전 정점에서 출현한 저서동물의 총 개체수의 백분율이 1% 이내의 종을 우점종으로 사용하였다. 본 연구에서는 Word(1978)에 의한 방법을 참고로 하여 각 정점에

서 출현한 저서동물의 총 개체수의 누적백분율이 89% 이내에 해당하는 종을 우점종으로 사용하였다. 제각기 다른 방법으로 도출된 우점종을 식성종으로 사용할 때 ITI값의 차이를 가져온다.

둘째, 저서동물 각 종의 섭식유형에 관한 정확한 정보가 필요하다. 식성지수를 구함에 있어서 가장 중요한 정보는 저서동물의 섭식유형이다. Word(1978)의 내서동물 식성지수(ITI)는 섭식유형에 관한 정보만 있으며 개체수 자료만 가지고도 분석이 가능하다는 장점이 있으나, 저서동물에 대한 각 종의 섭식유형은 같은 종이라 할 지라도 서식환경의 변화에 따라 섭식방법을 달리하거나, 한가지 이상의 섭식방법을 동시에 갖는 경우가 많다. 이렇듯 복잡하고도 다양한 저서동물의 섭식유형은 큰 단점으로 작용하여 Word(1978)의 식성지수 방법이 일반화 되지 못한 이유가 될 수 있다. 보다 정확한 섭식유형에 관한 정보를 얻기 위해서는 저서동물의 위 내용물을 확인하는 해부학적인 방법과, 배양을 통한 실험적 방법 등을 통한 지속적인 연구가 필요하다.

셋째, 보다 구체적인 섭식유형별 분류군의 확립이 필요하다. Word(1978)는 섭식유형별 분류군 가운데 제 2군을 여과식과 표층 퇴적물식을 동시에 하는 종들로 구성하였으나, 이 등(1993)은 제 1군에 여과식자와 육식자를, 제 2군에는 표층퇴적물식자로 구성하였다. Word(1978)의 분류군에서 제 2군에 해당하는 종을 이 등(1993)의 분류군에서 제 1군과 제 2군 어느 쪽에 할당하는가에 따라서 식성지수 값의 차이를 가져온다. 본 연구에서는 두가지 섭식방법을 동시에 수행하는 종들 가운데 퇴적물의 입도를 고려하여 주요 섭식유형을 추측하여 분류군에 할당하였으나 앞으로 수정 보완될 부분이라고 생각된다. 그리고 육식자를 개체의 크

기 및 주요 먹이원을 고려하지 않은 상태에서 제 1군에 포함시킨 이 등(1993)의 방법도 지속적인 연구를 통해 보완해야 할 부분이다.

넷째, 오염원별 오염지시종 및 기회종에 관한 연구가 필요하다. 이 등(1993)에 의한 식성지수는 다른 분류군 보다도 제 4군에 속하는 오염지시종 및 기회종이 식성지수의 값을 좌우하는 가장 큰 변수로 나타났다. 유기물 오염이 극심한 해역에서 서식하는 오염지시종과 준오염해역에서 서식하는 저서동물 및 청정해역에서 서식하는 저서동물에 관한 분류군의 세분화 작업이 필요하다.

마지막으로 해양환경 상태를 지수화 하여 평가하기 위해서는 저서동물의 출현 개체수와 생물량, 개체의 크기, 생활사, 오염에 관한 민감도 등을 동시에 고려한 생물학적 지수의 개발을 위한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- 이재학, 최진우, 제종길, 임현식, 1993. 해양 저서생물상에 의한 환경평가, 한국해양연구소, pp.95.
- 임현식, 1993. 진해만의 저서동물에 대한 생태학적 연구. 부산수산대학교 수산학박사학위논문, pp. 311.
- 한국전력공사, 1992. 영광원자력 발전소 주변 해양환경조사 보고서, pp.157-160.
- 한전 기술연구원, 1987. 원자력 발전소 주변 환경조사보고서(방사능 이외의 환경). KRC-87-1.
- 한전 기술연구원, 1988. 원자력 발전소 주변 환경조사보고서(방사능 이외의 환경). KRC-88-1.
- 한전 기술연구원, 1989. 원자력 발전소 주변 환경조사보고서(방사능 이외의 환경). KRC-89.
- 한전 기술연구원, 1990. 원자력 발전소 주변 환경조사보고서(방사능 이외의 환경). KRC-90.
- 한전 기술연구원, 1991. 원자력 발전소 주변 환경조사보고서(방사능 이외의 환경). KRC-91.
- 한전 기술연구원, 1992. 원자력 발전소 주변 환경조사보고서(방사능 이외의 환경). KRC-92.
- 한전 기술연구원, 1993. 원자력 발전소 주변 환경조사보고서(방사능 이외의 환경). KRC-93-006.
- 환경처, 1990. 해역별수질등급기준, 환경처 고시 제90-11호.
- 환경처, 1991. 진해만 일원 오염실태 조사보고서, pp. 502.

- 환경처, 1991. 해양오염 측정망 운영지침.
- Bellan-Santini, D., 1980. Relationship between population of amphipods and pollution. *Mar. Pollut. Bull.*, 11:224-227.
- Fauchald K. and Jumars P., 1979. The diet of worms : A study of polychaete feeding guilds, *Oceanogr. Mar. Bio. Ann. Rev.*, 17:193-284.
- Gray, J.S. and F.B. Mirza, 1979. A possible method for detecting pollution-induced disturbance on marine benthic communities. *Mar. Pollut. Bull.*, 10:142-146.
- Hulbert, S.H., 1971. The nonconcept of species diversity: A critique and alternative parameters. *Ecol.*, 52:577-586.
- Jeffrey, D.W., J.G. Wilson, C.R. Harris, and D.L. Tomlinson, 1985. The application of two simple indices to Irish estuary pollution status. In: *Estuarine Management and Quality Assessment*, J.G. Wilson and W. Halcrow (eds.), Plenum Press, London, pp. 147-162.
- Leppakowski, E., 1977. Monitoring the benthic environment of organically polluted river mouths. In: *Biological Monitoring of Inland Fisheries*, J.S. Alabaster (ed.), Applied Science Publishers, Barking, pp. 125-132.
- Ling, W.B. and R.B. Clark, 1983. Marine pollution research in China, *Mar. Pollut. Bull.* 14(6), 210-212.
- Mauter D. and W. Leathem, 1981. Polychaete feeding guild from georges bank, USA, *Mar. Bio.* 62:161-171.
- McManus, J.W. and D. Pauly, 1990. Measuring ecological stress: