



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

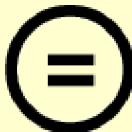
다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공학석사 학위논문

진해만 해양환경변화에 따른
수산생산성지표 해석



2011년 2월

부경대학교 대학원

해양공학과

강 민 희

공학석사 학위논문

진해만 해양환경변화에 따른 수산생산성지표 해석

지도교수 이 인 철

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함.

2011년 2월

부경대학교 대학원

해양공학과

강 민 희

강민희의 공학석사 학위논문을 인준함.

2010년 12월 17일



주 심 공학박사 류 청 로 ㉠

부 심 공학박사 윤 길 수 ㉠

부 심 공학박사 이 인 철 ㉠

목 차

List of Figures	iii
List of Tables	v
ABSTRACT	vii
1. 서론	1
1.1 연구배경 및 목적	1
1.2 연구내용	3
2. 자료 및 방법	4
2.1 대상해역의 개요 및 연구기간	4
2.1.1 자연환경	4
2.1.2 인문사회환경	4
2.1.3 해양환경	5
2.1.4 연구기간 및 조사대상지역	5
2.2 수산생산성지표(FPI)의 산정	7
2.2.1 총생산량과 총생산금액	7
2.2.2 가식단백질생산량	10
2.2.3 총질소생산량, 총인생산량	10
2.3 수질의 경년변화	13
2.3.1 수질의 경년변동	13
2.3.2 빈산소수괴	14
2.3.3 유입오염부하량	16
3. 결과 및 고찰	18
3.1 수산생산성지표의 경년변동 결과	18
3.1.1 총생산량(T_p) 및 총생산금액(T_a)	18
3.1.2 가식단백질 생산량(E_p)과 총질소(N_p) 및 총인 생산량(P_p)	28
3.2 해역의 수질환경의 변화	39
3.2.1 수온	39

3.2.2 수질의 경년변동	41
3.2.3 빈산소 수괴의 경년변동	45
3.3 유입부하량의 경년변화	47
3.3.1 유입오염부하량 산정결과	47
3.3.2 유입오염부하량 경년변동	50
3.3.3 상관분석	57
3.3.4 TN유입부하량과 수산생산성지표	59
4. 요약 및 결론	65
참고문헌	69



List of Figures

Fig. 1	The map shows inflowing point of river discharges and observation stations of water quality in this study	6
Fig. 2	Annual variation of T_p at each provinces in Jinhae Bay	20
Fig. 3	Annual variation of T_a at each provinces in Jinhae Bay	22
Fig. 4	Annual variation of T_p by species in Jinhae Bay	25
Fig. 5	Annual variation of T_a by species in Jinhae Bay	27
Fig. 6	Annual variation of E_p , N_p and P_p in Jinhae Bay	30
Fig. 7	Annual variation of E_p by species in Jinhae Bay	32
Fig. 8	Annual variation of N_p by species in Jinhae Bay	34
Fig. 9	Annual variation of P_p by species in Jinhae Bay	36
Fig. 10	Annual variation of Demersal fishes total production(T_p) in Jinhae Bay	40
Fig. 11	Annual variation of Pelagic fishes total production(T_p) in Jinhae Bay	40
Fig. 12	Annual variations of water quality(DO) and T_p	41
Fig. 13	Annual variations of water quality(COD) and T_p	42
Fig. 14	Annual variations of water quality(DIN) and T_p	44
Fig. 15	Annual variations of water quality(DIP) and T_p	44
Fig. 16	Annual variations ODW_{area} and T_p in Jinhae Bay	46
Fig. 17	Relationship between ODW_{area} and T_p in Jinhae Bay	46
Fig. 18	Inflowing pollutant loads in Jinhae Bay (1992~2004 year)	51

Fig. 19	Annual variations of Inflowing pollutant loads(COD) and T_p	52
Fig. 20	Annual variations of Inflowing pollutant loads(TN) and T_p	53
Fig. 21	Annual variations of Inflowing pollutant loads(TP) and T_p	54
Fig. 22	Annual variations of Inflowing pollutant loads(DIN) and T_p	55
Fig. 23	Annual variations of Inflowing pollutant loads(DIP) and T_p	56
Fig. 24	Relationship between inflowing pollutant loads and T_p	58
Fig. 25	Annual variations of N_p and TN Loads	59
Fig. 26	Variation ODW_{area} by TN Loads.	61
Fig. 27	Variation ODW_{area} and T_p by TN Loads.	62
Fig. 28	Variation ODW_{area} and T_a by TN Loads.	62
Fig. 29	Variation T_p and T_a by TN Loads	63

List of Tables

Table 1	Producer Price Index(PPI) from 1979 to 2004 (2005 year=100)	8
Table 2	Classification of aquatic organisms in Jinhae Bay	9
Table 3	A comparison between Production by Fisheries and Fisheries Productivity Index	12
Table 4	Annual water quality in Jinhae Bay	13
Table 5	Annual occurrence of Oxygen Deficient Water mass	15
Table 6	Each watershed area and representative river name of inflowing point in Jinhae Bay	17
Table 7	Estimation results of T_p at each provinces in Jinhae Bay	19
Table 8	Estimation results of T_a at each provinces in Jinhae Bay	21
Table 9	Estimation results of T_p by species in Jinhae Bay	24
Table 10	Estimation results of T_a by species in Jinhae Bay	26
Table 11	Estimation results of E_p , N_p , P_p in Jinhae Bay	29
Table 12	Estimation results of E_p by species in Jinhae Bay	31
Table 13	Estimation results of N_p by species in Jinhae Bay	33
Table 14	Estimation results of P_p by species in Jinhae Bay	35
Table 15	Estimation results of T_p at each provinces in Jinhae Bay	37
Table 16	Estimation results of T_p by species in Jinhae Bay	37

Table 17	Estimation results of T_a at each provinces in Jinhae Bay	38
Table 18	Estimation results of T_a by species in Jinhae Bay	38
Table 19	Estimated results of Fisheries Productivity Index(FPI) in Jinhae Bay from 1979 to 2004	38
Table 20	Average inflowing pollutant loads in Jinhae Bay	47
Table 21	(a) Estimated results of annual inflow pollutant loads at each river discharge point(1992~1997)	48
	(b) Estimated results of annual inflow pollutant loads at each river discharge point(1998~2004)	49
Table 22	Inflowing pollutant loads in Jinhae Bay (1992~2004 year)	50
Table 23	Results of Correlation Analysis between Pollutant Loads and T_p in Jinhae Bay.	57

Analysis of Fisheries Productivity Index by Environmental Change in Jinhae Bay

Min Hea Kang

Department of Ocean Engineering, The Graduate school,
Pukyong National University

ABSTRACT

Jinhae Bay is a typical aquaculture farm with active fisheries. However, it has been contaminated by the development of a major city and industrial area, and has therefore diminished in value as a fishing ground. To preserve the continuing productivity of the ocean, this study have to estimate fisheries resources. To analyze the fisheries resources in Jinhae Bay, this study evaluated the Fisheries Productivity Index(FPI). The FPI is composed of the Total production(T_p), Total amount(T_a), and Production of edible protein(E_p), nitrogen(N_p) and phosphorous(P_p). To calculate the FPI, this study used *Annual statistics on cooperative sales of fishery products* data from 1979 to 2004 and the *Food composition table*. The results of the FPI were as follows. T_p ranged from 70,235 tons to 113,556 tons and T_a ranged from 107,004 million won to 373,776 million won. E_p ranged from 8,124 tons to 13,357 tons, N_p ranged from 1,965 tons to 3,273 tons, and P_p ranged from 168 tons to 276 tons. According to the FPI, maximum fisheries productivity occurred in 1994, when T_a , E_p , N_p and P_p were at their highest values.

To analyze annual variation of FPI by environmental change, we compared water quality, Oxygen Deficient Water mass and inflowing pollutant loads between T_p . The daily averaged pollutant loads of COD, TN, TP, DIN and DIP inflowing into Jinhae bay from 1992 to 2004 year were estimated about 16,152 kg-COD/day, 6,082 kg-TN/day, 254 kg-TP/day, 3,560 kg-DIN/day and 177 kg-DIP/day. Annual averaged inflowing pollutant loads were estimated

about 5,896 ton-COD/year, 2,231 ton-TN/year, 93 ton-TP/year, 1,299 ton-DIN/year and 65 ton-DIP/year. According to the results of correlation analysis between inflowing pollutant loads and T_p , TN is the highest relationship between T_p .

In terms of the results of the fisheries productivity the highest, the 1995 was the period when TN load and DIN load were at its maximum and the area of oxygen-deficient water mass was relatively little. According to these results, to increased marine productivity, we have to conserve water quality and maintain proper nutrient supplies.



1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

연안해역은 외양과 육지의 중간에 위치하여 에너지와 물질의 순환이 이루어지는 곳이며, 영양염류가 풍부하여 기초생산력이 높은 해역이다. 하지만 최근 수변공간의 이용 확대 및 육상으로부터의 오염물질 부하량의 증가로 인하여 수역자체의 자정능력을 초과한 부영양화의 급속한 진행 및 적조의 발생, 빈산소수괴의 형성 등의 문제로 연안해역의 환경이 점점 악화되어 가고 있는 실정이다. 어떤 생태계든지, 생태계를 구성하는 각 요인들은 외부적인 환경변화에 영향을 받는다. 다시 말해, 해양의 환경변화는 해양생태계의 구조와 기능에 영향을 주어 유용수산자원의 증감에 중대한 영향을 미친다. 따라서 지속적인 해양의 생산성을 보전하기 위해서는 해양의 환경변화와 수산자원을 비롯한 해양 생태계와의 상호관계를 종합적으로 평가할 필요성이 있다(이 등, 2001).

수산자원량 평가 및 예측에 관한 연구는 어획량 및 어획강도에 의한 어류자원량의 변화(Spencer and Collie, 1997 ; 이 등, 2001), 동해안의 서식어종과 어획량 변동조사를 통한 수산자원량의 변동(김 등, 1998)에 대한 연구가 진행되어 왔다. 또한 해양환경의 변화에 따른 수산자원변화에 관한 연구도 수행되었는데, 기후변동에 따른 해양환경변화와 수산자원의 변동에 대한 상호관계(김, 2003)등의 연구가 수행되었다. 최근에 장 등(2004)은 우리나라의 해역을 동해·황해·남해로 구분하여 어획물의 조성을 통한 해역별 및 연대별 우점그룹의 변화에 대한 수산자원량 평가를 수행하였다. 단일어종에 대한 수산자원량 평가 연구는 비교적 활발히 수행되어 왔는데, 우리나라 대표어종인 고등어(최 등, 2004), 키조개(홍 등, 2002), 갈치(박 등, 2000), 보구치(장 등, 1999) 및 갯장어(장 등, 1998) 등에 대한 연구가 대표적이다.

지금까지 수행된 수산자원량 연구는 해역별로 분류하면, 동해·황해·

남해 등의 대해역별 연구가 대부분이었으며, 특정한 연안해역을 대상으로 한 연구는 미흡했음을 알 수 있다. 또한 단일어종에 관한 연구가 주를 이루어 특정 해역의 주요한 수산생물에 관한 종합적인 수산자원량을 평가하는 연구는 다소 미흡한 실정이다.

한편 상기의 연구를 비롯한 종래의 수산자원량의 평가는 주로 수산생물의 개체수 또는 어획량에 따른 수산생물의 중량을 기준으로 하고 있으며, 통계청과 각 기관 및 지자체에서 시행하는 연간 어업생산량도 해수면 및 내수면에서 포획·채취되거나 양식된 수산동식물의 중량을 모두 합산하여 산정하고 있다. 그러나 수산생물의 중량은 수산동·식물을 가공하지 않은 상태에서 중량을 측정한 것으로써 어패류의 껍질 등이 포함된 중량으로 인류가 해양에서 생산되는 수산물로 공급받는 동물단백질량이 약 16 % (McGinn, 1999)인 점을 고려하고자 한다면 수산생물량도 유용 가식단백질량으로 취급되어야 할 것이다. 이와 더불어 해역의 지속가능한 수산생산성을 평가하기 위해서는 오염부하량-수질-수산자원의 상호관계를 종합적으로 파악하여야 하므로 수산생물의 증감에 따른 총질소(TN)과 총인(TP)의 생산량도 반영되어야 할 것이다.

따라서 본 연구에서는 진해만이라는 특정 연안해역을 대상으로, 해역의 수산자원량 평가를 위해 수산물의 총생산량과 총생산금액만으로 산출되는 종래의 어업생산량 개념에 가식단백질생산량, 총질소(TN)과 총인(TP)생산량을 추가한 수산생산성지표 (FPI ; Fisheries Productivity Index)를 제안하고 이를 바탕으로 해당해역의 수산생산성의 장기 경년변동 특성을 파악하고자 하였다. 또한 기존에 진해만 해역의 환경변화에 관하여 수행되어진 연구의 결과와 수산생산성지표의 산정결과를 비교하여 해역의 환경변화가 수산생산성에 미치는 영향을 분석하고자 하였다.

1.2 연구내용

본 연구는 진해만의 해양환경에 따른 수산생산성 변화를 해석하기 위한 기초연구로써 진행한 연구에서 수행되어진 연구내용을 다음과 같이 요약할 수 있다.

1) 1979년 ~ 2004년까지 수협중앙회에서 조사되어진 수산물계통판매고 통계연보 자료를 이용하여 수산생산성지표(FPI)를 산정한다.

2) 수산생산성지표는 총생산량(T_a), 총생산금액(T_p), 가식단백질생산량(E_p), 총인생산량(P_p), 총질소생산량(N_p)로 구성되며 수산생산성지표의 산정을 통해 진해만 수산생산성의 경년변동을 해석하였다.

3) 진해만의 수산생산성의 경년변동에 대한 해역환경의 변화의 영향을 알아보기 위해 오(2008)에 의해 수행되어진 진해만의 수질환경(COD, DO, DIP, DIN)과 빈산소수괴 발생의 경년변동과 수산생산성지표의 경년변동을 비교검토 하였다.

4) 오염부하량-수질-수산자원의 상호관계를 종합적으로 파악하기 위하여 진해만으로 유입되는 오염물질(COD, TN, TP, DIN 및 DIP)을 국립수산물과학원의 해양환경측정망농도를 사용하여 해당해역의 유입부하량을 산정하였다.

2. 자료 및 방법

2.1 대상해역의 개요 및 연구기간

2.1.1 자연환경

진해만은 경상남도의 수도이며 한국 기계공업의 중심지인 창원시와 한국 제2의 도시인 부산시와 연결하고 있다. 평균기온은 13.8 °C 정도이며, 강수량은 1,797 mm, 평균풍속은 1.8 m/sec의 분포를 보인다. 진해만은 남북방향의 길이가 총 35 km 동서방향의 폭이 총 25 km 정도의 크기로서 매우 복잡한 지형을 이루고 있는 폐쇄성이 강한 내만으로 평균수심이 10 ~ 20 m 정도 되는 천해이며 가장 깊은 곳은 잠도와 거제만 북단 사이의 해역으로 수심이 50 m에 이른다. 동쪽으로는 가덕도 동두말에서 서쪽의 거제대교까지, 남북으로는 마산내만에서 장승포시까지로 복잡한 형태를 이루고 있는 폐쇄성이 강한 내만으로, 내부해역은 6개의 소규모만으로 이루어져 있고 주변 육상에서 만으로 유입되는 하천은 40여개이다. 또한 해안선 길이가 107 km에 이르는 리아스(Rias)식 해안으로 만내에는 크고 작은 섬 26개가 있다. 쓰시마 난류(Tsushima current)의 영향을 받아 고온 (10 ~ 20 °C), 고염수(34.2 ~ 34.7 %)인 것이 특징이다.

또한 진해만은 우리나라의 대표적인 양식어장으로서 굴, 홍합, 피조개 등의 패류와 해조류 등의 수산 활동이 활발한 해역일 뿐만 아니라 멸치, 대구 등의 산란장 및 치어의 성육장으로서 가치가 큰 해역이다.

2.1.2 인문사회환경

진해만의 행정구역은 이전에 마산시와 진해시가 합쳐진 통합 창원시와 거제시, 통영시, 고성군으로 나뉘어져 있으며(Fig. 1), 전체 인구는 1,148,600명으로 행정구역 중 거제시와 마산시의 인구가 가장 많은 비율을 차지하고 각각 116,400명과 505,600명이 거주하고 있다.

2.1.3 해양환경

진해만 조류의 주축은 밀물 때 진해만 동부 가덕수도-진해만 중부-마산만을 통해 유입하고 썰물 때는 마산만-진해만 중부-가덕수도를 통해 만외로 유출되며, 유속은 느린 편이다. 특히 진해만 서부는 노량수도의 폭이 좁고 수심이 매우 얕아서 조류에 의한 만내외의 유출입량은 매우 적은 편으로서, 대조기시 조차는 약 2 m미만이다.

진해만 중앙부에는 반시계방향으로 회전하는 조석잔차류가 존재하며 이것이 만내 물질(영양염류, 오염물)의 혼합과 분산에 큰 역할을 한다. 따라서 폐쇄해역인 진해만은 외해수와 교환이 매우 적으므로 진해만 해수는 만내 체류시간이 매우 긴 특징을 가지고 있다.

진해만에 부속된 내만인 마산만, 진동만, 원문만, 고현만 등은 폐쇄도가 더욱 크고, 조류속이 진해만 중앙부나 동부해역에 비하여 더욱 느리고 해수교환율이 훨씬 낮은 편이다. 이러한 반폐쇄성의 지형적 영향과 더불어 1970년대 이후 마산과 창원 등의 대도시를 비롯한 공업단지의 발달과 인구집중화 현상 등으로 인하여 도시하수와 산업폐수 등이 다량 유입되고 있으며, 양식장의 자가오염의 증가로 인하여 오염이 심화되고 있다. 이에 따라 진해만의 적조발생의 증가와 하계의 저층 빈산소수괴의 형성 등과 같은 해역의 수질환경 악화가 심화되고 있으며, 이로 인해 어장으로서의 효용가치가 떨어지고 있는 실정이다.

2.1.4 연구기간 및 조사대상지역

본 연구에서는 진해만의 오염이 심화되기 시작한 1980년을 전후로 최근까지 25년간(1979년 ~ 2004년)을 진해만 수산자원량의 변동을 파악하는 기간으로 설정하였다. 또한 진해만의 주요 수산물 위판장인 거제, 고성, 마산, 진해 및 통영의 5개 시·군을 조사대상지역으로 설정하여 매년 단위로 수산생산성지표(Fisheries Productivity Index : FPI)를 산정하고 그 경년변화를 해석하였다.

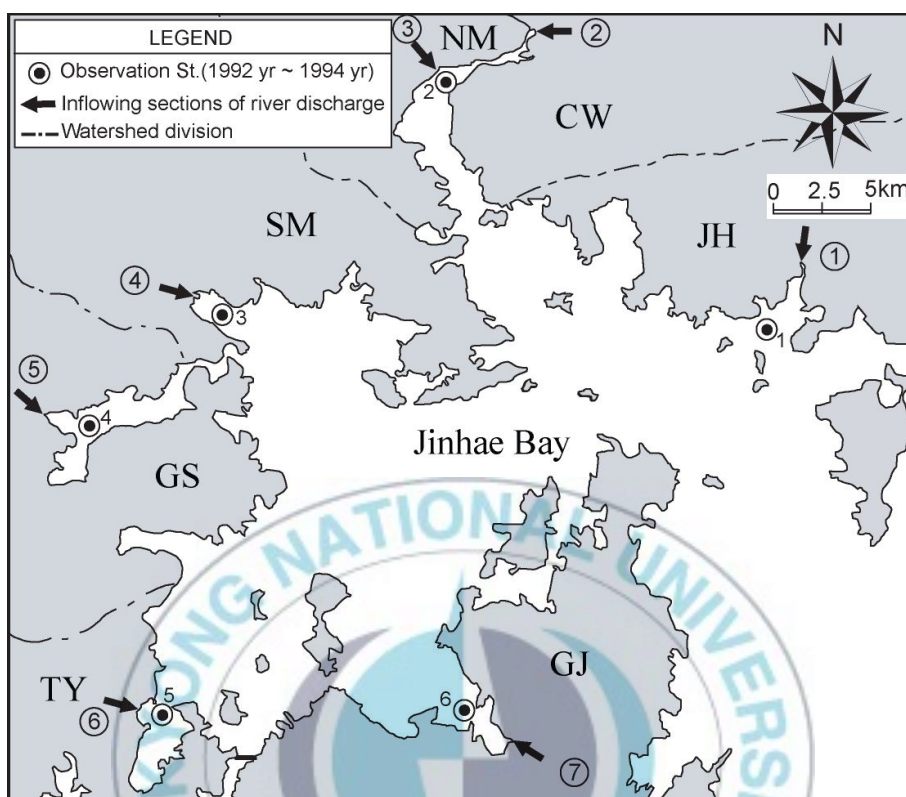


Fig. 1 The map shows inflowing point of river discharges and observation stations of water quality in this study.

2.2 수산생산성지표(FPI)의 산정

본 연구에서 새로이 제안한 수산생산성지표(FPI)는 종래의 어업생산 평가방식에 사용된 총생산량(T_p)과 총생산금액(T_a)을 기본항목으로 하였고, 여기에 유용단백질 생산량 평가를 위한 가식단백질생산량(E_p) 및 수산물생산량과 수질의 상호관계 해석을 위한 항목으로 총질소생산량(N_p), 총인생산량(P_p)을 추가하여 총 5개 항목으로 구성하였다.

2.2.1 총생산량과 총생산금액

연구기간동안의 전체적인 수산생산성의 경년변동을 파악하기 위해서 총생산량(T_p)과 총생산금액(T_a)을 산정하였다. 총생산량(T_p)과 총생산금액(T_a)의 통계자료는 수협중앙회에서 매년 발행되는 수산물계통판매고 통계연보(National Federation of Fisheries Cooperatives, 1980 ~ 2005)를 이용하였다. 각각의 산정방법은 수산물계통판매고 통계연보의 상에 기재된 매월의 어종별 수확량과 판매금액을 합산하여 산정하였다. 여기서의 수확량은 각 해수면에서 수산동식물을 포획·채취하거나 양식한 수산동식물을 수확한 생중량을 말한다. 생중량은 수산동식물을 가공하지 않은 상태, 즉 어패류의 껍질 등과 같이 먹을 수 없어서 폐기되는 부분도 포함되어 있는 중량을 의미한다. 총생산금액(T_a)의 경우에는 연간 물가상승이 고려된 경년변동을 파악하기 위해서 2005년 물가를 기준으로 작성된 물가환산표를 이용하여 매 연도별 생산금액을 환산하여 구하였다(Table 1).

본 연구의 대상이 진해만의 해역이기 때문에 수산물계통판매고 통계연보상의 자료에서 내수면 생산을 나타내는 담수 어류의 생산량과 생산금액은 제외하였다. 따라서 대상이 되는 어종은 진해만에서 대표적으로 생산되는 100여종의 수산동식물이며, 대상 수산동식물을 Table 2에 명시하였다. 한편 각각의 수산동식물의 생물군별 생산량 및 생산금액의 변동을 알아보기 위해서 수산동식물을 어류, 갑각류, 연체동물, 해조류, 기타 수산생물로 구분하였다.

Table 1 Producer Price Index(PPI) from 1979 to 2004 (2005 year=100)

Year	PPI Items				
	Fishes	Crustacea	Mollusca	seaweeds	Other Aquatic
1979	6.6	10	10	66.7	10
1980	8.9	12.6	21.4	77.5	12.6
1981	11.9	15.9	22.9	83	15.9
1982	12.7	16.3	24.9	70.7	16.3
1983	14.7	20	23.7	90.8	20
1984	15.4	20	26.9	64.4	20
1985	17.1	8	22.9	84.2	21.3
1986	22.9	9	20.7	62.1	24.5
1987	24.9	6.5	22.7	93.2	27.1
1988	26.1	7.4	36.1	84.3	29.5
1989	32.2	8.1	40.1	67.7	34.7
1990	41.6	13.5	49	83.7	43.4
1991	52.1	12.3	60.8	93.8	52.1
1992	54.7	17	75.1	75.7	55.1
1993	52.2	29.8	78.5	79.2	56.6
1994	61.1	49.3	78.1	88.6	67.2
1995	65.1	29	75.2	84.2	66.6
1996	73.8	32.9	75	84.2	72.8
1997	80.2	40.8	69.6	89.5	76
1998	79.7	45.3	67.9	104.8	76.7
1999	90.8	52.4	62.3	96.5	82.9
2000	90	65.6	72.9	90	85.8
2001	91.3	59.9	83.8	83.3	87.4
2002	97.8	89	97.4	84.6	95.8
2003	97.9	77.1	93.9	80.1	93.6
2004	107.2	110.7	96.3	89.7	104

Table 2 Classification of aquatic organisms in Jinhae Bay

classification	Species
Fishes	Alaska-Pollack, Anchovies, Atka Fish Bastard Bigeyed-Herring, Black Sea Bream, Brown-Croaker, Cod Common-Sea-Bass, Common Sea Bream, Corvenias Damsel fish, File Fish, Flat Head, Flounders, Gobies Gurnards, Hairtail, Half Saury, Herring, Hickory- Shad Hexagrammos-agrammus, Hores-Head-Fishes, Jack- Mackerels, Jaco-Pever, Lizard-Fishes, Mackerels, Monk- Fish, Mulletts, Pomfret, Puffers, Red-Fish, Rockfish, Round-Herring, Salad-Eel, Salmon, Sand-Fish, Sand- Launce, Sandlance, Sardine, Saury, corpion-Fishes, Sea- Bass, Sea-Eel, Sea-Smelt, Sharks, Sharp Toothed- Eel, Skates, Spanish-Mackerels, Suborder-Rajida, Tongue- Fishes, Trouts, Tunas, Whittings, Yellow- Croaker, Yellow-Tail, Other Japanese Sting Fish, Other Sea Breams
Crustacea	Barley Shrimp, Blue Crab, Large Crab, Lobster, Snow- crab, Shrimp(Large, Medium, Small), Other Crabs, Other Shrimps
Mollusca	Abalones, Ark Shell, Bai-top Shell, Beka Squid, Cockles, Cuttle Fish, Egg Cockle, Fun Mussel, Hard Clams, Hen Cockle, Octopus, Octopus variabilis, Other Octopus, Oysters, Saxidomus Purpuratus, Scallop, Short Neck Clam, Squid, Suborder Rajida, Top Shell
seaweeds	Agar-Agar, Fusiforme, Green Laver, Laver, Sea- Mustard, Sea Staghorn, Sea String, Seaweed furcata
Other Aquatic	Sea Cucumber, Sea Squirts, Sea Urchin

2.2.2 가식단백질생산량

앞 절에서 설명한 총생산량(T_p)은 연구대상기간동안의 수산물총량을 나타내어 개략적인 수산생산성의 변동을 파악할 수 있다. 하지만 여기서 사용된 수산물의 중량은 가공하지 않은 상태에서 중량을 측정한 것이라고 언급하였다. 다시 말해, 총생산량(T_p)은 어류의 뼈를 비롯하여 어패류의 껍질 등이 포함된 양을 나타내므로 실제로 섭취가 가능한 부분의 생산량을 나타내기에는 한계가 있다.

McGinn의 연구결과에 따르면, 인류가 해양에서 생산되는 수산물로 공급받는 동물성단백질량이 약 16 %로 알려졌다(McGinn, 1999). 특히, 우리나라의 경우 3면이 바다인 지리적 특성 상 수산업이 발달하여 세계 평균을 훨씬 웃도는 약 42 %의 동물성단백질을 수산물에서 얻는 것으로 조사되었다(국민건강통계, 2008). 따라서 주요한 단백질 공급원으로써의 수산물을 평가할 필요성이 있다고 판단되어지므로, 본 연구에서는 가식단백질생산량(E_p)이라는 개념을 도입하였다.

가식단백질생산량(E_p)은 생산된 수산생물에서 실제로 섭취가 가능한 부분의 단백질량을 의미하는 것으로, 가식단백질생산량(E_p)의 산정방법은 식(1)과 같다.

$$E_p = T_p \times (1 - r) \times P_{rc} \quad (1)$$

여기서, r 은 식품성분표(National Rural Resource Development Institute, R.D.A, 2007)상에 기재된 각 수산생물별 폐기율을 나타내며, P_{rc} 는 각각의 수산생물별 단백질 함량을 나타낸다.

2.2.3 총질소생산량, 총인생산량

연안해역의 지속가능한 수산생산성 보존을 위해서는 오염부하량-수질-수산자원의 상호관계를 종합적으로 파악하여야 한다. 그에 대한 기본적인 연구를 위해서는 수산생물의 증감에 따른 총질소(TN)와 총인(TP)의 생산

량도 반영되어져야 할 것이다. 따라서 본 연구에서는 총질소생산량(N_p)과 총인생산량(P_p)의 항목을 추가하였다. 총질소생산량(N_p)은 식품성분표상에서 기재된 각 어종별 단백질함량과 생산량을 곱한 후, 질소계수 6.25를 사용하여 구하였다. 여기서, 질소계수는 단백질이 일반적으로 16 %의 질소를 함유한 것으로부터 구해지는 계수이다. 총인생산량(P_p) 역시 식품성분표상에 기재된 각 어종별 인 함량을 구한 후 생산량과의 곱으로 산정하였다. 그 산정방법을 나타내면 식(2) 및 식(3)과 같다.

$$N_p = T_p \times P_{rc} / 6.25 \quad (2)$$

$$P_p = T_p \times P_{hc} \quad (3)$$

여기서, P_{rc} 와 P_{hc} 는 식품성분표상에 기재된 각 수산생물별 단백질 함량과 인 함량을 나타낸다.

본 연구에서 새로이 제안한 수산생산성지표의 경우, 가식단백질 생산량과 질소생산량 및 인생산량을 산정할 때 개별 수산생물의 폐기율과 각 영양소의 함량을 이용하여 구하기 때문에 그 산정과정에서 다소 복잡할 수 있지만, 각각의 어종별 특성이 고려될 수 있다는 점이 장점이라 할 수 있다. 이상에서 설명된 수산생산성지표와 기존의 어업생산통계에 대한 비교를 아래의 Table 3에 나타내었다.

Table 3 A comparison between Production by Fisheries and Fisheries Productivity Index

	Production by Fisheries	Fisheries Productivity Index
Item	• Total production • Total amount	• Total production • Total amount • Edible protein production • Nitrogen production • Phosphorous production
advantages	• Approximate understanding of variation • Simple calculation method	• Understanding of substantial production • Regard for characteristic of species
disadvantages	• Regardless for characteristic of species • Production containing refuse parts	• Complicated calculation method

2.3 수질의 경년변화

진해만의 해역환경변화와 수산생산성 간의 영향관계를 비교하기 위해 해당 해역의 수질환경자료(COD, DO, DIP, DIN)와 빈산소수괴 발생의 경년변동 결과를 이용하였다. 이 두 가지 연구 자료와 FPI의 값을 비교하여 수질의 경년변동과 수산생산성의 관계를 규명하고자 하였다.

2.3.1 수질의 경년변동

진해만의 수질의 경년변동을 살펴보기 위해 오(2008)에 의해 수행된 1989년 ~ 2006년 동안의 진해만의 수질자료를 참고하였다(Table 4). 수질자료는 용존산소량(DO), 화학적 산소요구량(COD), 용존무기질소(DIN), 용존무기인(DIP) 등의 4가지를 기초로 하였으며, 이를 바탕으로 진해만 수질의 연도별 특성 및 변화 추세를 살펴보았다.

Table 4 Annual water quality in Jinhae Bay (Units: mg/ℓ)

Year	Items			
	DO	COD	DIN	DIP
1989	3.66	2.51	0.27	0.02
1990	4.11	1.61	0.1	0.03
1991	4.19	2.36	0.45	0.05
1992	4.91	1.87	0.12	0.02
1993	1.51	1.54	0.22	0.02
1994	3.49	1.9	0.12	0.02
1995	1.59	2.2	0.19	0.06
1996	3.44	2.5	0.16	0.05
1997	3.93	1.49	0.25	0.03
1998	3.51	1.47	0.47	0.07
1999	6.22	2.67	0.46	0.05
2000	3.02	2.32	0.44	0.11
2001	7.39	2.42	0.51	0.12
2002	2.75	2.2	0.42	0.08
2003	3.37	2.55	0.39	0.08
2004	3.7	1.79	0.11	0.01
2005	4.84	1.83	0.31	0.03
2006	4.32	1.76	0.26	0.01

2.3.2 빈산소수괴

빈산소수괴는 수중에 산소가 거의 섞이지 않은 수괴를 의미한다. 빈산소 수괴는 주로 여름철 해류소통이 원활하지 못한 부영양화된 반폐쇄성 내만 수역에서 주로 발생하며, 여름철에 표층수온의 상승과 담수유입으로 인한 수온약층 및 밀도성층이 강하게 형성되기 때문에 표층수와 저층수의 수직혼합이 이루어지지 않아 표층의 산소가 저층으로 공급되지 않는 결과로 발생하게 된다. 빈산소수괴에는 용존 산소량이 극히 적기 때문에 빈산소수괴에 놓인 어패류는 호흡곤란을 일으켜 집단으로 폐사하기도 한다. 따라서 어패류 양식장에서는 갑작스런 빈산소수괴의 이동으로 인한 피해를 입지 않도록 주의가 필요하다.

진해만은 우리나라의 대표적인 양식어장이라는 지리적 특징과 반폐쇄성 해만이라는 지형적 특징을 지닌 해역으로, 빈산소수괴가 주요한 환경적 요소로 고려되어야 할 것이다. 따라서 본 논문에서는 오(2008)에 의해 수행된 진해만 빈산소수괴의 경년변동 연구자료를 이용하여, 빈산소수괴 발생에 따른 진해만의 수산생산성지표의 변화를 알아보고자 하였다. 상기의 연구에서는 조개류 등이 폐사하기 시작하는 용존산소(DO) 농도가 3 mg/l 이하를 빈산소수괴(Oxygen Deficient Water mass)로 정의하여 빈산소수괴의 발생면적, 용적, 비율을 산정하였다(오 2008).

Table 5 Annual occurrence of Oxygen Deficient Water mass

Year	Items		
	Area(km ²)	Volume(km ³)	Ratio
1989	195.03	634.56	0.15
1990	28.89	132.10	0.03
1991	22.24	94.47	0.02
1992	12.30	37.32	0.01
1993	521.85	2565.33	0.61
1996	78.73	581.11	0.14
1997	98.63	501.21	0.12
1998	77.45	553.16	0.13
1999	84.03	289.93	0.02
2000	63.61	634.98	0.15
2002	449.15	2788.65	0.66
2003	361.29	2240.79	0.53
2004	347.86	2201.76	0.52
2005	49.70	346.40	0.08
2006	279.27	1820.97	0.43

2.3.3 수질의 경년변동

진해만 내로 유입되는 유입부하량과 수산생산성과의 관계를 알아보기 위하여 유입부하량 해석을 실시하였다. 유입오염부하량을 산정하기 위하여 진해만 유역권은 기존 연구 자료로부터 Fig. 1과 같이 7개의 유역(JH ~ GJ)으로 분할하였으며, 하천의 일별 유출량을 산정하였다(이(2002), 공(2005)). Table 6에는 각 7개 유역의 하천유량이 가장 많은 대표하천명과 각 유역명을 나타내었다.

그리고 하천유출량 계산치와 1992년 ~ 2004년까지 조사된 국립수산물학원의 해양환경측정망 중 권역별로 가장 가까운 정점을 기준으로 연평균 화학적 산소요구량(COD), 총질소(TN), 총인(TP)과 용존무기질소(DIN) 및 용존무기인(DIP) 등 5개 수질항목 자료를 기초로 하였다. Tank 모델을 통해 산정된 하천유출량에 수질오염물질 농도를 곱하여 각 권역별 유입오염부하량을 산정하였으며, 식으로 표현하면 아래의 식(4)와 같다.

$$L_i \text{ (kg/day)} = Q_d \times C_i \times 10^{-3} \quad (4)$$

여기서, L_i 및 Q_d 는 각 유입점의 일별 오염부하량 ($i = \text{COD, TN, TP, DIN, DIP}$) 및 일별 담수유입량(m^3/day), $C_i(mg/l)$ 는 각 수질 항목의 농도이다.

Table 6 Each watershed area and representative river name of
inflowing point in Jinhae Bay

Inflowing point	Watershed area		Representative rivername
	Name	Area(km ²)	
①	JH (Jinhae)	113	Daejang river
②	CW (Changwon)	124	Nam river
③	NM (North part of Masan)	74	Samho river
④	SM (South part of Masan)	192	Jinjeon river
⑤	GS (Goseong)	228	Guman river
⑥	TY (Tongyeong)	57	Kwangdo river
⑦	GJ (Geoje)	192	Youncho river



3. 결과 및 고찰

3.1 수산생산성지표의 경년변동 결과

3.1.1 총생산량(T_p) 및 총생산금액(T_a)

(1) 총생산량(T_p) 및 총생산금액(T_a)의 지역별 경년변동

Fig. 2과 Fig. 3 및 Table 7과 Table 8은 각각 1979년 ~ 2004년(25년간)의 진해만 전체와 5개 시·군의 수산생산성 지표 중 총생산량(T_p)과 총생산금액(T_a)의 경년변화를 나타낸 것이다. Fig. 2에서 진해만 전체의 T_p 경년변화를 살펴보면, 1979년 ~ 1981년까지 증가한 후 1990년까지 점진적으로 감소하는 추세였으나, 이를 기점으로 1995년에 113,556 ton까지 점점 상승하여 25년간 중 최대생산량을 기록하였다. 이후 2004년까지 다시 점차적으로 감소하는 추세로 2002년에 70,235 ton으로 최소생산량을 나타내었다. 그리고 지역별 총생산량은 마산이 가장 많았으며, 다음으로 통영, 거제, 고성, 진해 순으로 낮게 나타났다. 특히 마산은 1996년까지 약 60,000 ton전후의 생산량을 보이다가 점차적으로 감소하여 2000년 이후에 약 30,000 ton이하로 급감하였다. 그리고 통영은 1995년까지 생산량이 점차적으로 상승하는 추세였으나 이후 꾸준히 감소하는 경향이 뚜렷하였다. 이외의 거제, 고성, 진해는 진해만의 전체 수산물 총생산량에 점유하는 비중이 낮은 것으로 분석되었으나, 거제와 고성은 1990년대 중반이후 생산량이 점차 증가하는 추세였다.

Fig. 3에 나타난 진해만 전체의 총생산금액(T_a)의 경년변화를 살펴보면, 1980년에 약 3,738억여원으로 최대로 나타났으며, 이후 1989년 까지 10년간 3,000억여원 이상의 안정적인 생산금액을 보였다. 하지만 1990년 이후부터 급감하여 2002년에 1,070억여원으로 최소생산금액을 기록하여 연구기간 전체적으로 감소하는 경향을 보였다. 이와 더불어 지역별 총생산금액의 경년변화도 총생산량과 유사하게 마산, 통영 순으로 높았으며, 이외 3개 지역의 생산금액은 상대적으로 매우 작은 것으로 나타났다.

Table 7 Estimation results of T_p at each provinces in Jinhae Bay

Year	Province					Unit : ton
	Geoje	Goseong	Masan	Jinhae	Tongyeong	Total
1979	1,507	3,926	63,627	1,634	19,889	90,583
1980	1,384	4,892	77,961	1,075	21,986	107,298
1981	2,174	6,341	79,106	2,154	18,867	108,642
1982	1,811	3,327	66,350	714	14,098	86,300
1983	1,123	4,307	76,328	841	10,709	93,308
1984	1,590	4,159	71,493	783	12,444	90,469
1985	1,125	4,098	59,826	1,052	16,042	82,143
1986	2,099	4,279	60,930	3,769	29,044	100,121
1987	2,021	1,966	54,961	3,504	21,370	83,822
1988	1,579	2,405	51,676	2,031	21,315	79,006
1989	1,543	1,863	51,129	2,074	21,505	78,114
1990	2,108	854	41,202	3,150	23,871	71,185
1991	2,385	2,716	42,249	2,916	28,792	79,058
1992	3,875	4,982	52,326	3,183	28,269	92,635
1993	6,005	3,613	47,423	3,423	26,258	86,722
1994	5,458	4,699	57,769	3,527	30,689	102,142
1995	8,261	6,407	57,474	1,646	39,768	113,556
1996	7,370	7,388	59,680	2,095	36,257	112,790
1997	7,233	12,737	46,542	2,270	30,001	98,783
1998	10,406	5,399	42,603	1,890	25,437	85,735
1999	16,546	7,330	39,171	826	28,071	91,944
2000	17,430	6,785	36,269	843	22,450	83,777
2001	19,191	9,856	33,073	852	23,018	85,990
2002	9,515	12,707	23,690	761	23,562	70,235
2003	13,684	19,167	22,606	1,028	19,528	76,013
2004	14,051	17,018	28,411	993	18,662	79,135

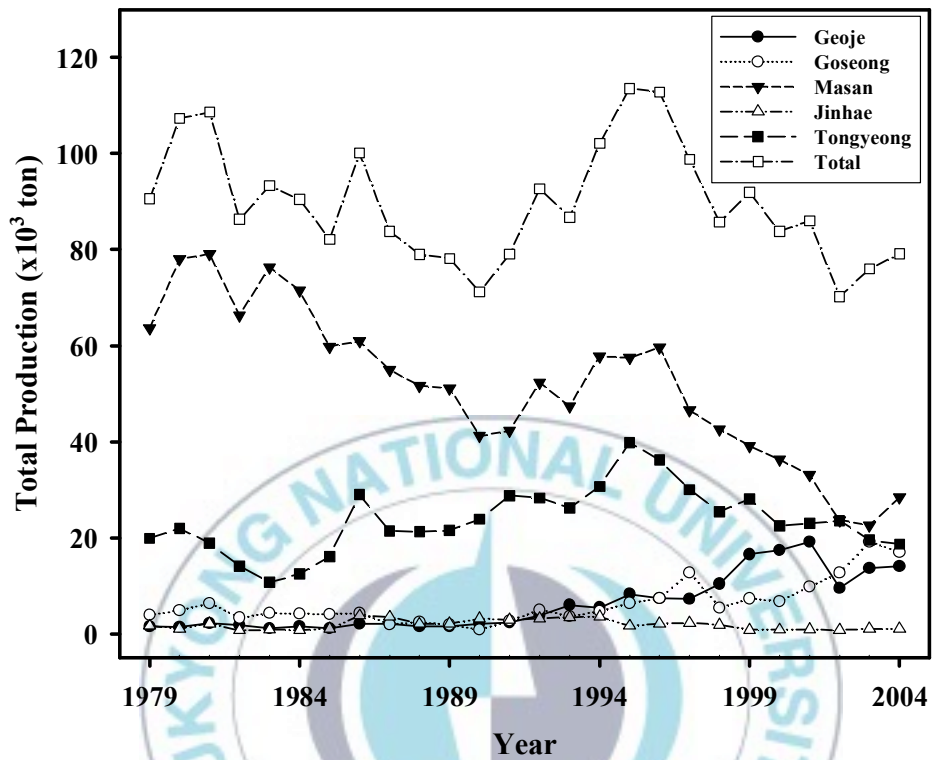


Fig. 2 Annual variation of T_p at each provinces in Jinhae Bay.

Table 8 Estimation results of T_a at each provinces in Jinhae Bay

Year	Province					Unit : 10^6 won
	Geoje	Goseong	Masan	Jinhae	Tongyeong	Total
1979	10,257	5,955	243,395	9,638	93,516	362,760
1980	7,138	6,502	282,689	7,362	70,087	373,776
1981	6,270	8,298	269,016	8,350	73,029	364,963
1982	8,238	5,470	249,917	5,583	55,353	324,560
1983	10,106	5,233	271,378	5,488	53,411	345,616
1984	9,943	4,436	247,694	5,555	70,166	337,794
1985	9,507	4,769	249,957	7,103	66,596	337,933
1986	8,939	4,836	210,096	15,730	65,259	304,860
1987	12,298	5,305	235,903	24,042	58,822	336,370
1988	13,605	4,717	253,111	16,512	68,441	356,386
1989	13,762	6,215	248,848	13,561	67,347	349,733
1990	14,782	7,247	188,860	13,251	66,593	290,735
1991	13,184	7,296	154,714	13,599	77,679	266,471
1992	14,419	8,419	151,824	15,880	69,422	259,965
1993	19,218	10,420	158,456	15,033	74,050	277,177
1994	20,115	8,296	168,436	19,041	69,685	285,573
1995	18,961	11,309	171,390	10,640	60,866	273,167
1996	19,127	11,450	169,885	14,005	51,847	266,313
1997	17,741	11,063	121,683	12,492	46,420	209,399
1998	19,012	5,930	91,428	11,903	42,446	170,718
1999	20,939	10,351	63,926	6,846	45,032	147,095
2000	20,818	10,272	53,743	6,014	47,984	138,832
2001	20,976	13,511	47,235	7,346	50,870	139,939
2002	14,287	11,875	37,198	6,382	37,262	107,004
2003	15,029	12,121	35,838	8,956	43,222	115,166
2004	14,158	11,650	48,236	9,024	40,842	123,910

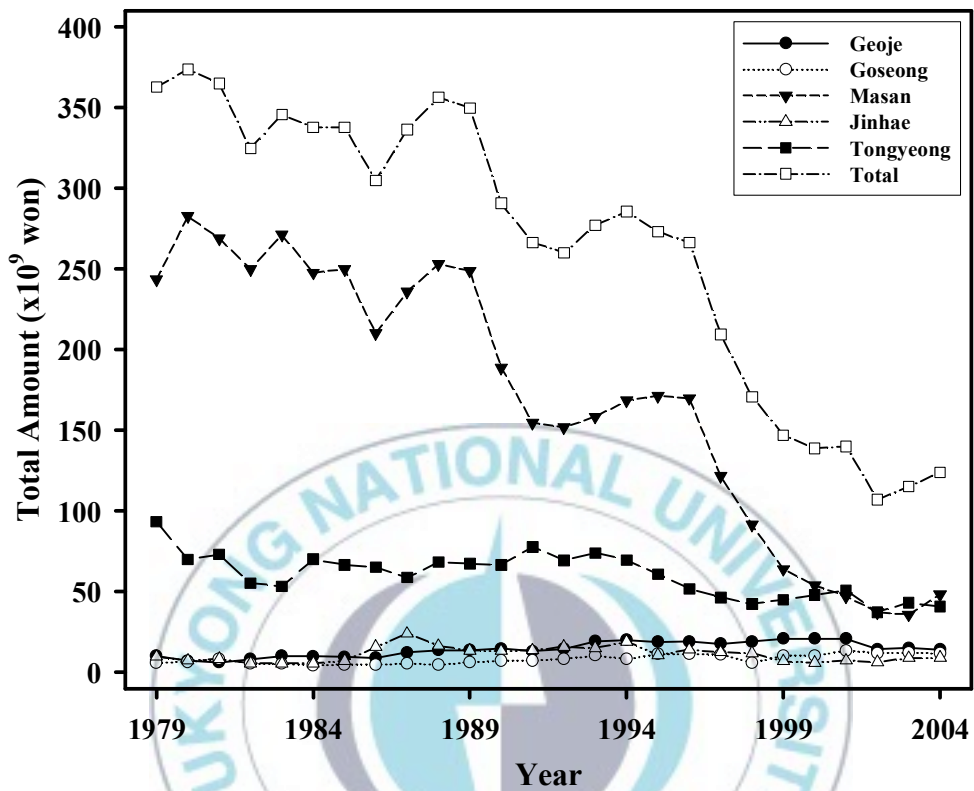


Fig. 3 Annual variation of T_a at each provinces in Jinhae Bay.

(2) 총생산량(T_p) 및 총생산금액(T_a)의 수산생물종별 경년변동

Fig. 4와 Fig. 5 및 Table 9과 Table 10은 진해만의 총생산량(T_p)과 총생산금액(T_a)을 수산생물종별로 구분하여 나타낸 것이다. 본 연구에서는 수산생물종은 어류, 갑각류, 연체동물, 해조류, 기타수산동물 등의 5개 항목으로 구분하여 나타내었다. Fig. 4를 살펴보면 수산생물종별 총생산량은 어류, 연체동물, 갑각류, 해조류 순으로 많았다. 특히 어류는 전체 총생산량과 유사한 경년변화를 보였으며, 그 최대생산량은 1995년에 96,021 ton에 달하였고 이를 기점으로 2004년까지 전반적으로 생산량이 감소하는 추세이었다. 어류의 경우 다음으로 연체동물의 생산량은 전반적으로 증가하는 양상으로 1996년에 22,642 ton으로 최대생산량을 나타내었다. 또한 갑각류는 1980년대 및 1990년대 초반까지 비교적 안정적인 생산량을 유지하였으나, 1994년 이후 생산량의 감소가 두드러지게 나타났으며, 해조류와 기타수산동물은 전체 총생산량에 차지하는 비중이 매우 낮았다.

Fig. 5의 수산생물종별 총생산금액의 경년변동을 살펴보면 생산금액의 대부분을 차지하는 어류의 생산금액이 연구기간동안 꾸준히 감소하여, 전체 생산금액의 감소에 큰 영향을 미친 것을 알 수 있다. 한편 갑각류의 경우, 1980년대 후반부터 1990년대 전반에 걸쳐 100억여원의 높은 생산금액을 발생시켰음을 알 수 있다. 연체동물의 경우 총생산량에서는 높은 비중을 차지하였지만 총생산금액에서는 그 비중이 상대적으로 미미하였다. 이를 통해 볼 때 연체동물은 생산량 대비 생산금액이 작아서 수산경제적 가치가 낮은 수산생물종이 많이 있음을 알 수 있다. 또한 총생산량의 경년변동과 마찬가지로 해조류와 기타수산동물은 전체 총생산금액에서 차지하는 비중이 매우 낮았다.

Table 9 Estimation results of T_p by species in Jinhae Bay

Year	Species					Unit : ton
	Fishes	Crustacea	Mollusca	seaweeds	Other Aquatic	Total
1979	77,503	3,034	6,291	3,740	15	90,583
1980	94,691	2,983	6,534	3,077	14	107,299
1981	91,572	3,884	11,115	1,934	136	108,641
1982	74,686	4,089	5,661	1,745	119	86,300
1983	79,734	4,095	8,197	1,064	217	93,307
1984	73,479	6,396	8,966	1,607	22	90,470
1985	63,844	7,254	8,753	2,138	154	82,143
1986	78,628	6,803	10,934	3,301	456	100,122
1987	65,957	8,044	7,954	1,835	33	83,823
1988	61,308	8,923	7,529	1,235	11	79,006
1989	59,968	9,238	5,896	2,702	309	78,113
1990	56,121	8,026	5,040	1,741	257	71,185
1991	62,958	6,791	8,202	1,059	48	79,058
1992	71,620	6,689	13,563	730	33	92,635
1993	68,404	4,121	14,177	19	0	86,721
1994	85,204	5,947	10,826	43	121	102,141
1995	96,021	3,202	13,738	12	583	113,556
1996	87,425	2,234	22,642	15	476	112,792
1997	73,155	1,832	22,295	1,044	455	98,781
1998	74,016	896	10,549	22	253	85,736
1999	80,642	963	10,052	0	287	91,944
2000	72,751	578	10,222	0	225	83,776
2001	73,471	391	11,949	0	180	85,991
2002	57,169	769	12,108	0	190	70,236
2003	52,761	2,064	20,985	0	203	76,013
2004	57,366	1,740	19,904	0	125	79,135

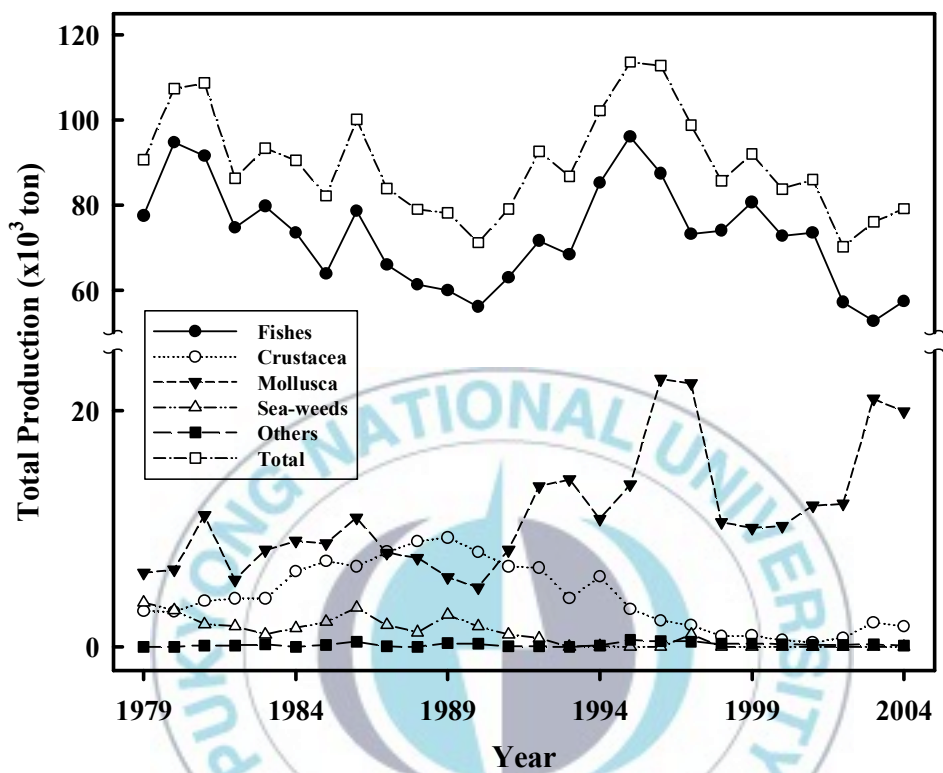


Fig. 4 Annual variation of T_p by species in Jinhae Bay.

Table 10 Estimation results of T_a by species in Jinhae Bay

Year	Species					Unit : 10^6 won
	Fishes	Crustacea	Mollusca	seaweeds	Other Aquatic	Total
1979	341,379	7,500	12,780	642	460	362,760
1980	358,011	7,500	7,000	1,186	79	373,776
1981	337,756	8,428	17,913	313	553	364,963
1982	300,457	10,571	12,325	754	454	324,560
1983	317,367	11,145	15,679	184	1,240	345,616
1984	308,104	13,895	14,833	832	130	337,794
1985	286,152	33,238	16,939	628	977	337,933
1986	226,502	45,156	30,382	2,205	616	304,860
1987	224,261	73,631	37,185	857	435	336,370
1988	235,080	98,351	22,177	580	197	356,386
1989	228,081	101,679	17,045	730	2,199	349,733
1990	196,308	75,348	18,510	274	295	290,735
1991	170,733	69,252	26,067	351	67	266,471
1992	181,307	51,671	26,510	446	31	259,965
1993	232,607	24,779	19,754	37	0	277,177
1994	235,463	23,008	25,808	87	1,207	285,573
1995	220,613	21,690	24,738	34	6,092	273,167
1996	210,290	14,526	36,899	44	4,555	266,313
1997	167,375	10,512	26,925	206	4,380	209,399
1998	144,813	4,744	18,784	10	2,368	170,718
1999	119,345	6,139	19,093	0	2,517	147,095
2000	120,647	2,974	12,953	0	2,258	138,832
2001	121,754	2,013	13,896	0	2,276	139,939
2002	90,632	3,544	10,777	0	2,051	107,004
2003	91,427	3,262	18,685	0	1,793	115,166
2004	99,904	2,637	19,812	0	1,557	123,910

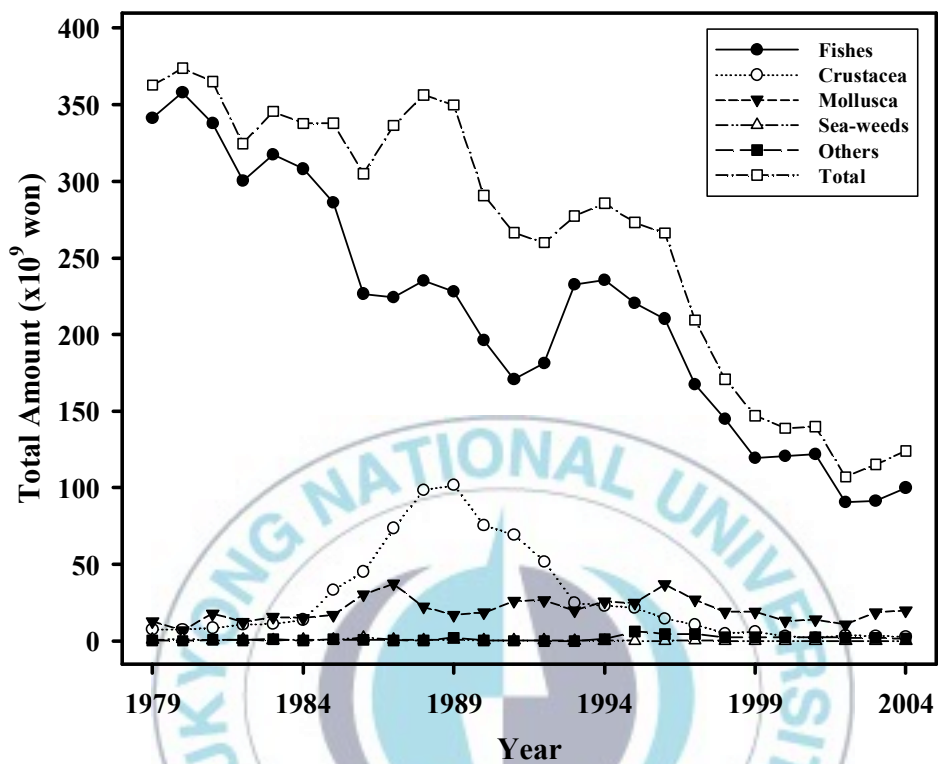


Fig. 5 Annual variation of T_a by species in Jinhae Bay.

3.1.2 가식단백질 생산량(E_p)과 총질소(N_p) 및 총인 생산량(P_p)

Table 11과 Fig. 6은 진해만의 가식단백질생산량(E_p), 총질소생산량(N_p) 및 총인생산량(P_p)의 경년변화를 나타낸 것이며, Fig. 7 ~ Fig. 9 및 Table 12 ~ Table 14는 가식단백질생산량(E_p)과 총질소생산량(N_p) 및 총인생산량(P_p)의 경년변동을 수산생물종별로 구별하여 나타낸 것이다.

E_p 의 경우, 전반적으로 1979년 ~ 1990년까지 감소하였으며 이후 1995년까지 생산량이 현저하게 증가한 이후 2004년까지 점차적으로 생산량이 감소하는 경향으로 생산량의 최대값과 최소값은 각각 1995년에 13,357 ton과 1990년에 8,124 ton으로 산정되었다.

N_p 는 E_p 와 유사한 경년변동 형태를 보였으며, 최대생산량은 1995년에 3,273 ton, 최소생산량은 2002년에 1,965 ton이었다. P_p 역시 상대적으로 작은 수치였으나 비슷한 경년변동을 보였으며 최대생산량은 1995년에 276 ton으로 산정되었다. 세 가지 항목 모두 총생산량(T_p)에 따라 달라지는 수치이므로 총생산량의 경년변동과 유사한 경년변동을 보였다. 마찬가지로 어류가 가장 큰 생산비중을 차지하였으며, 그 다음으로 연체동물과 갑각류가 높은 생산성을 보였다.

Table 11 Estimation results of E_p , N_p and P_p in Jinhae Bay

Year	Production of FPI			Unit : ton
	Edible protein(E_p)	Total nitrogen(N_p)	Total phosphorus(P_p)	
1979	9,824	2,576	190	
1980	12,018	3,069	237	
1981	12,031	3,140	235	
1982	9,798	2,499	191	
1983	10,442	2,736	201	
1984	9,850	2,591	192	
1985	9,049	2,321	181	
1986	10,943	2,858	222	
1987	9,234	2,414	189	
1988	8,585	2,295	174	
1989	8,444	2,254	172	
1990	8,124	2,056	168	
1991	9,071	2,283	187	
1992	10,542	2,670	216	
1993	10,193	2,605	205	
1994	11,766	2,990	240	
1995	13,357	3,273	276	
1996	12,795	3,271	256	
1997	10,517	2,705	221	
1998	10,267	2,490	212	
1999	10,710	2,684	216	
2000	9,903	2,467	195	
2001	10,405	2,525	209	
2002	8,193	1,965	168	
2003	8,204	2,028	181	
2004	8,797	2,149	190	

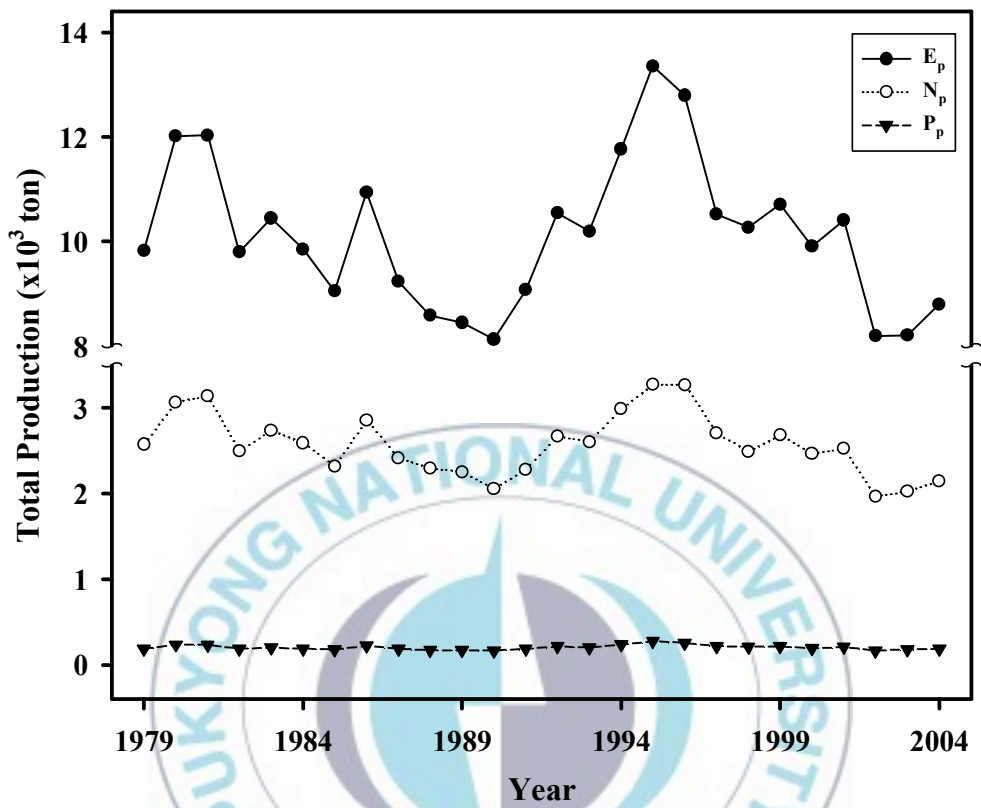


Fig. 6 Annual variation of E_p , N_p and P_p in Jinhae Bay.

Table 12 Estimation results of E_p by species in Jinhae Bay

Year	Species					Unit : ton
	Fishes	Crustacea	Mollusca	seaweeds	Other Aquatic	
1979	9,117	206	382	117	2	9,824
1980	11,393	186	356	82	2	12,019
1981	10,973	222	761	59	16	12,031
1982	9,039	253	447	56	4	9,799
1983	9,511	250	623	32	26	10,442
1984	8,705	404	695	45	1	9,850
1985	7,805	479	676	66	23	9,049
1986	9,598	444	739	93	69	10,943
1987	8,071	524	576	59	5	9,235
1988	7,367	600	577	39	2	8,585
1989	7,194	603	514	84	49	8,444
1990	6,932	553	553	43	41	8,122
1991	7,794	481	755	33	8	9,071
1992	8,752	486	1275	23	5	10,541
1993	8,337	349	1505	1	0	10,192
1994	10,531	428	801	2	4	11,766
1995	12,182	226	931	0	17	13,356
1996	10,603	165	2013	1	14	12,796
1997	9,279	146	1035	44	13	10,517
1998	9,597	73	590	1	7	10,268
1999	9,933	85	684	0	8	10,710
2000	9,021	51	823	0	7	9,902
2001	9,492	35	873	0	5	10,405
2002	7,519	71	597	0	6	8,193
2003	6,968	195	1036	0	5	8,204
2004	7,585	164	1044	0	4	8,797

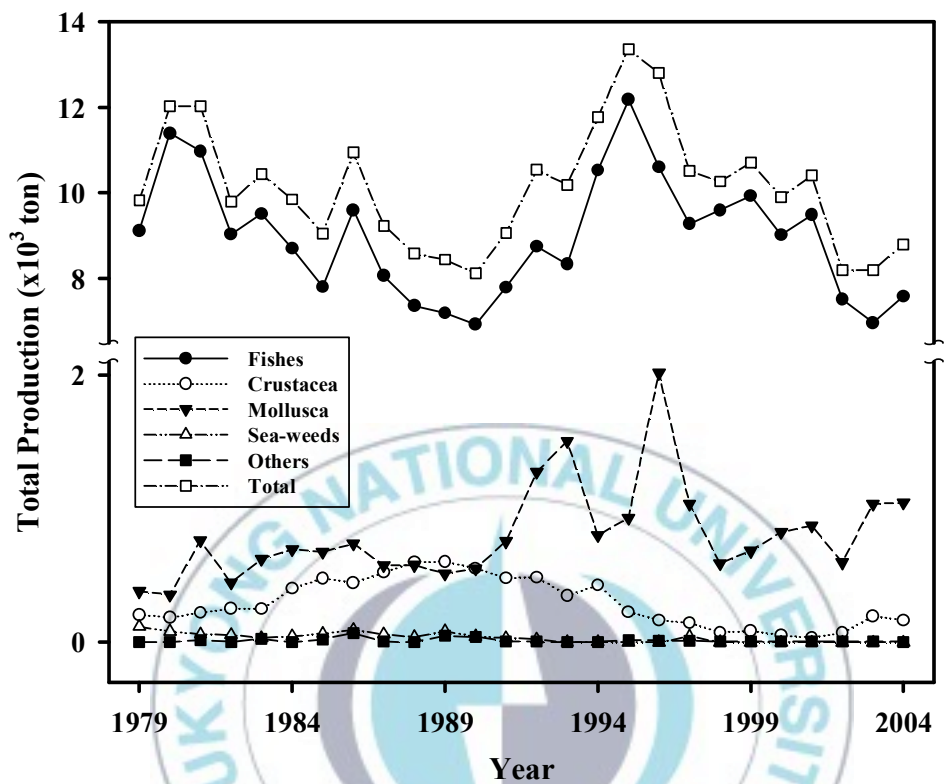


Fig. 7 Annual variation of E_p by species in Jinhae Bay.

Table 13 Estimation results of N_p by species in Jinhae Bay

Year	Species					Unit : ton
	Fishes	Crustacea	Mollusca	seaweeds	Other Aquatic	
1979	2,371	71	115	19	0	2,576
1980	2,871	69	115	13	0	3,068
1981	2,798	87	244	9	3	3,141
1982	2,274	94	120	9	1	2,498
1983	2,467	93	167	5	4	2,736
1984	2,251	148	185	7	0	2,591
1985	1,956	169	182	11	4	2,322
1986	2,457	160	215	15	11	2,858
1987	2,059	187	158	9	1	2,414
1988	1,931	211	147	6	0	2,295
1989	1,896	215	121	13	8	2,253
1990	1,725	194	123	7	6	2,055
1991	1,924	169	183	5	1	2,282
1992	2,189	165	312	4	1	2,671
1993	2,114	106	385	0	0	2,605
1994	2,601	140	247	0	1	2,989
1995	2,915	76	279	0	3	3,273
1996	2,689	54	525	0	3	3,271
1997	2,246	46	403	7	3	2,705
1998	2,260	22	207	0	2	2,491
1999	2,457	24	201	0	2	2,684
2000	2,229	15	221	0	1	2,466
2001	2,265	9	249	0	1	2,524
2002	1,733	20	212	0	1	1,966
2003	1,600	58	368	0	1	2,027
2004	1,742	49	358	0	1	2,150

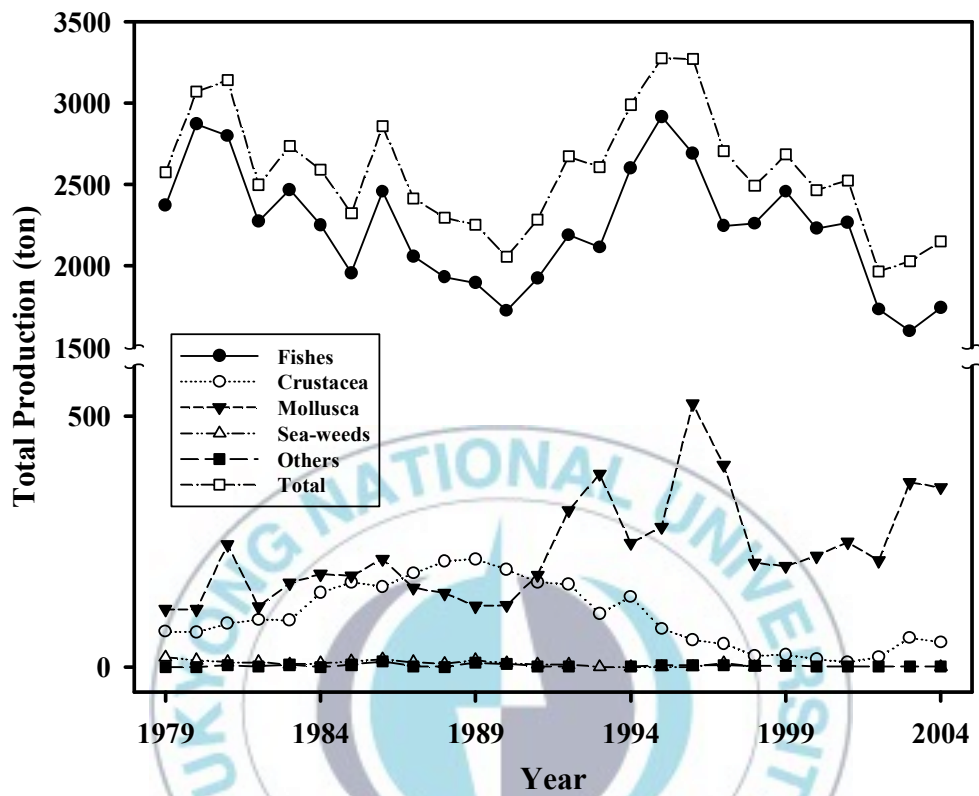


Fig. 8 Annual variation of N_p by species in Jinhae Bay.

Table 14 Estimation results of P_p by species in Jinhae Bay

Year	Species					Unit : ton
	Fishes	Crustacea	Mollusca	seaweeds	Other Aquatic	
1979	172	7	9	2	0	190
1980	221	6	9	1	0	237
1981	208	7	18	1	0	234
1982	172	8	10	1	0	191
1983	178	8	14	1	0	201
1984	163	13	15	1	0	192
1985	149	15	15	1	0	180
1986	189	14	16	2	1	222
1987	160	17	11	1	0	189
1988	144	19	11	1	0	175
1989	141	19	10	2	1	173
1990	140	17	10	1	1	169
1991	157	15	15	1	0	188
1992	174	15	26	0	0	215
1993	164	10	31	0	0	205
1994	207	14	19	0	0	240
1995	245	7	24	0	0	276
1996	207	5	45	0	0	257
1997	183	4	33	0	0	220
1998	193	2	17	0	0	212
1999	196	3	17	0	0	216
2000	174	2	19	0	0	195
2001	186	1	21	0	0	208
2002	148	2	18	0	0	168
2003	143	6	32	0	0	181
2004	154	5	31	0	0	190

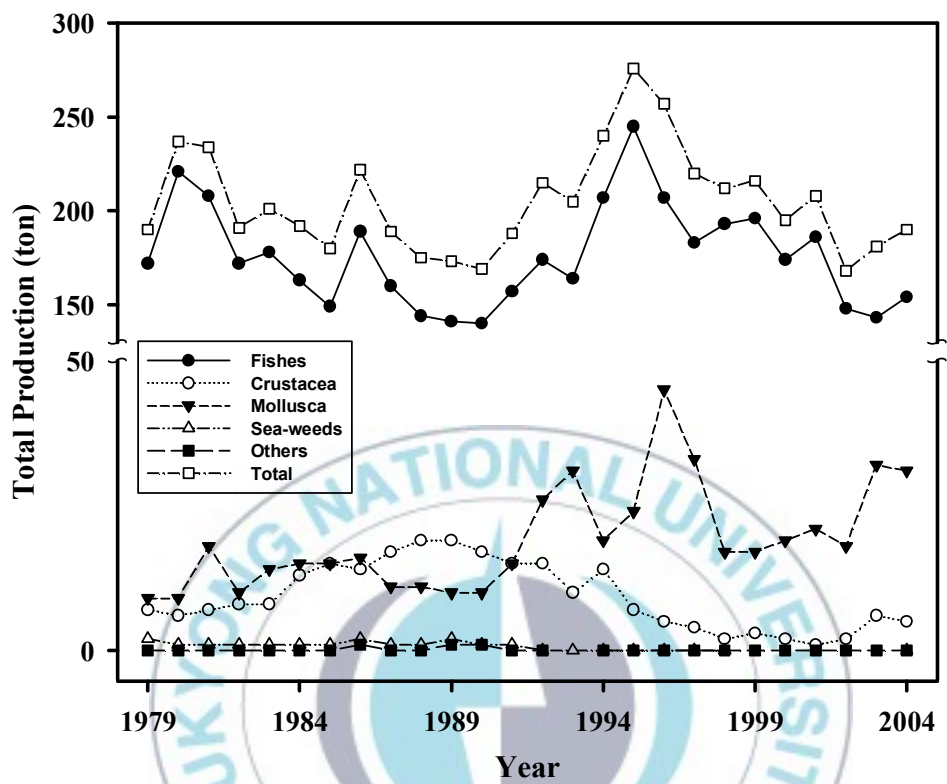


Fig. 9 Annual variation of P_p by species in Jinhae Bay.

이상의 3.1절에서는 1979년 ~ 2004년까지 25년간의 진해만의 수산생산성지표를 산출하였다. 5개 수산생산성지표인 총생산량(T_p), 총생산금액(T_a), 가식단백질생산량(E_p), 총질소생산량(N_p) 및 총인생산량(P_p)의 최대값, 최소값 및 평균값을 지역별, 수산생물종별로 요약하여 Table 15~19에 나타내었다.

Table 15 Estimation results of T_p at each provinces in Jinhae Bay

Item	Province					Unit : ton
	Geoje	Goseong	Masan	Jinhae	Tongyeong	
Max	19,191 (2001)	19,167 (2003)	79,106 (1981)	3,769 (1986)	39,768 (1995)	
Min	1,123 (1983)	854 (1990)	22,606 (2003)	714 (1982)	10,709 (1983)	
Average	6,211	6,278	51,688	1,886	23,535	

Table 16 Estimation results of T_p by species in Jinhae Bay

Item	Species					Unit : ton
	Fishes	Crustacea	Mollusca	seaweeds	Other Aquatic	
Max	96,021 (1995)	9,238 (1989)	22,642 (1996)	3,740 (1979)	583 (1995)	
Min	52,761 (2003)	391 (2001)	5,040 (1990)	0 (2000)	0 (1993)	
Average	72,710	4,269	11,311	1,118	189	

Table 17 Estimation results of T_a at each provinces in Jinhae Bay

Item	Province					Unit : 10^6 won
	Geoje	Goseong	Masan	Jinhae	Tongyeong	
Max	20,976 (2001)	13,511 (2001)	282,689 (1980)	24,042 (1987)	93,516 (1979)	
Min	6,270 (1981)	4,436 (1984)	35,838 (2003)	5,488 (1983)	37,262 (2002)	
Average	14,340	8,190	170,187	11,128	60,240	

Table 18 Estimation results of T_a by species in Jinhae Bay

Item	Species					Unit : 10^6 won
	Fishes	Crustacea	Mollusca	seaweeds	Other Aquatic	
Max	358,011 (1980)	101,679 (1989)	37,185 (1987)	2,205 (1986)	6,092 (1995)	
Min	90,632 (2002)	2,013 (2001)	7,000 (1980)	0 (2000)	0 (1993)	
Average	214,091	27,969	20,133	400	1,492	

Table 19 Estimated results of Fisheries Productivity Index(FPI) in Jinhae Bay from 1979 to 2004

Item	Unit	FPI		
		Max	Min	Average
T_p	ton	113,556 (1995)	70,235 (2002)	89,596
T_a	$\times 10^6$ won	373,776 (1980)	107,004 (2002)	264,085
E_p	ton	13,357 (1995)	8,124 (1990)	10,118
N_p	ton	3,273 (1995)	1,965 (2002)	2,574
P_p	ton	276 (1995)	168 (2002)	205

3.2 해역의 수질환경의 변화

3.2.1 수온

3.1.1의 결과에서 총생산량과 총생산금액을 비교하면, 전체적으로 1979년 ~ 1990년까지는 생산량의 증감에 비례하여 생산금액도 함께 증감하는 경향이 나타났으나, 이후 1991년 ~ 2002년까지는 생산량의 대비 생산금액이 급감하는 현상이 나타났다. 이는 1990년을 기준으로 진해만의 수산생산성 환경이 급변하여 대표적으로 생산되던 수산생물종의 변화가 있었음을 보여주는 것으로 추정된다. 이에 대하여 자세히 알아보기 위하여 생산량과 생산금액에서 가장 많은 부분을 차지하는 어류를 부어류와 저어류로 구별하여 생산량의 경년변화를 살펴보았다(Fig. 10, Fig. 11).

일반적으로 저어류는 수명이 길고 영양이 풍부하며, 경제적 관점으로 볼 때 어획단가가 높은 고급어종이 많으며 대부분이 한류성 어종으로 분류된다. 반면 부어류는 난류성 어종이 대부분을 차지하는데, 수명이 짧고 영양이 낮으며 어획단가가 낮은 저급어종이 많다.

Fig. 10는 저어류의 생산량의 경년변동을 나타낸 것이다. 저어류의 총생산량은 연구대상기간동안 점진적인 감소 경향을 나타내고 있음을 알 수 있다. 반면 Fig. 11에 나타난 부어류의 생산량은 1979년 ~ 1993년까지는 감소경향을 보이다가 이후 급증하는 경향을 나타내었다. 이를 총생산금액의 경년변동(Fig. 5)과 비교하여 보면, 어획단가가 높은 저어류의 생산이 많은 1990년대 초 이전까지는 생산량대비 높은 생산금액을 나타내었으며, 어획단가가 낮은 부어류의 생산이 많은 1990년대 중반부터는 생산량대비 낮은 생산금액이 발생했음을 알 수 있다. 또한 이러한 경향은 지구온난화에 따른 수온상승으로 인해 기존에 많이 어획되던 저어류가 점점 북쪽으로 이동하고 아열대성의 부어류가 우리나라 연안으로 많이 이동해 옴을 나타내는 것으로, 지구온난화에 의한 해양환경의 변화로 인해 수산자원 구성에 변화가 진행되고 있음을 보여준다.

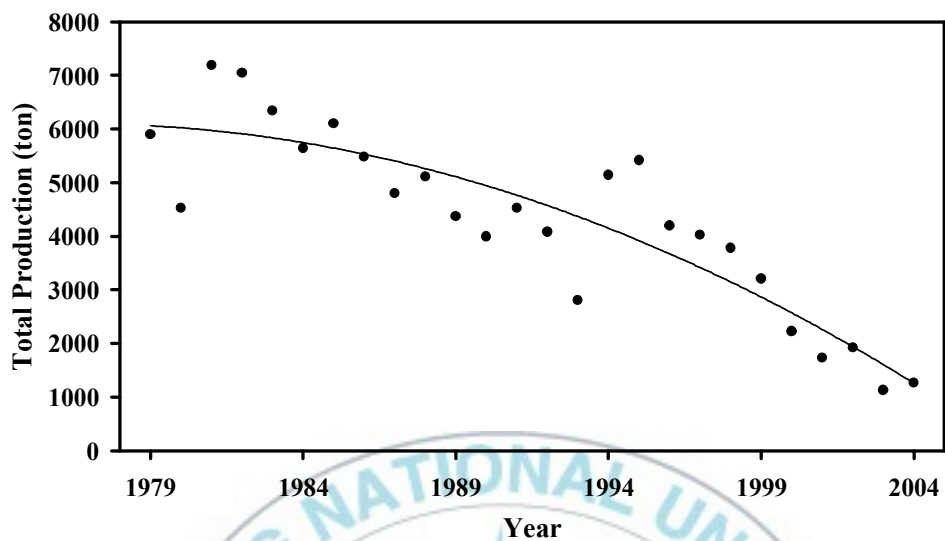


Fig. 10 Annual variation of Demersal fishes total production(T_p) in Jinhae Bay.

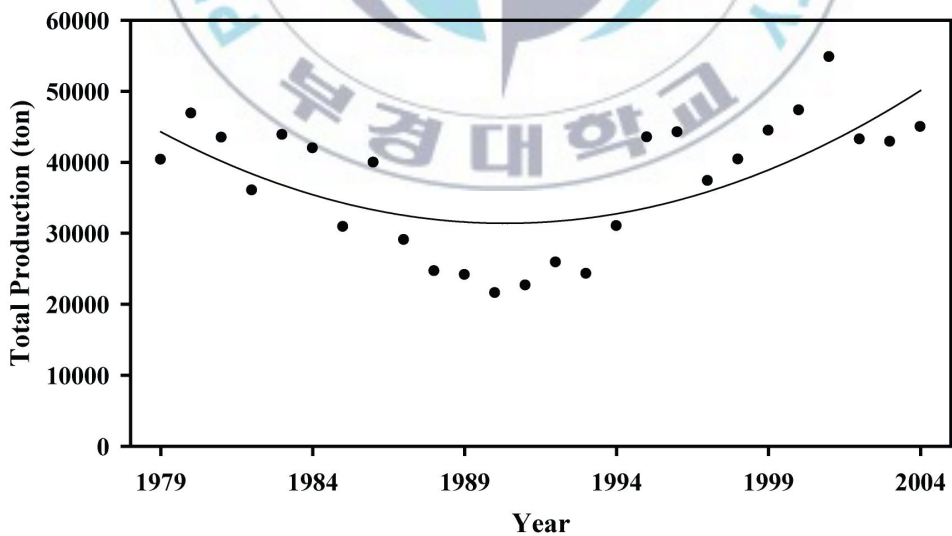


Fig. 11 Annual variation of Pelagic fishes total production(T_p) in Jinhae Bay.

3.2.2 수질의 경년변동

진해만 수산생산성과 해역의 수질과의 관계를 규명하기 위해 오(2008)에 의해 수행된 진해만의 수질의 경년변동 자료를 이용하였다. 해당연구의 연구기간인 1989년 ~ 2004년의 수질의 경년변동과 동일 기간동안 산정된 총생산량(T_p)의 관계를 관계를 Fig. 12 ~Fig. 15에 나타내었다.

(1) DO

수질의 경년변동 자료에서 DO의 범위는 약 5.2 ~ 8.9 mg/l이고, 최소값과 최대값은 각각 1989년과 2006년에 나타났으며, 1993년과 2002년에 급격히 감소하였다. 1995년 ~ 1997년 사이에는 DO의 변화와 관계없이 총생산량이 98,783 ~ 113,556 ton의 높은 생산량을 보인 것을 알 수 있다. 이는 DO 이외에도 총생산량에 영향을 주는 다른 요인들에 의한 것으로 보여 진다. 이는 3.3절에서 언급될 유입영양염의 증가와 관련있는 것으로 파악되어지며, 자세한 사항은 해당 절에서 언급하였다.

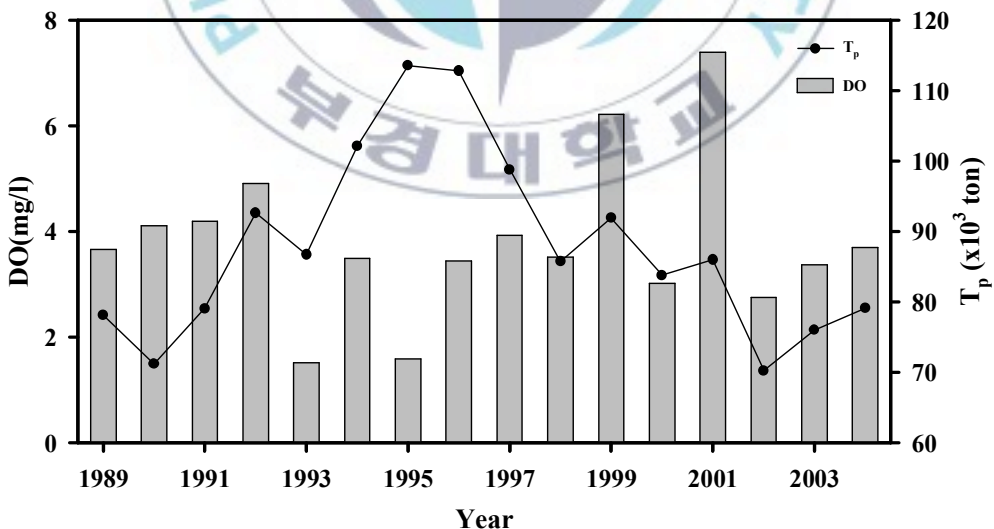


Fig. 12 Annual variations of water quality(DO) and T_p .

(2) COD

COD는 1.6 ~ 2.5 mg/l의 범위로 조사되었으며, 최소값과 최대값은 각각 1998년과 1999년에 나타났다(Fig. 13). COD 농도의 증감과 총생산량과의 증감이 해당기간동안 비슷한 경향을 보여 COD가 수산생산성에 중요한 요소임을 알 수 있다. 하지만 1999년 이후 계속적으로 높은 COD농도가 나타나자 총생산량은 다소 감소된 경향을 보였다. 이로 볼 때, 해당해역의 수산생산성을 유지하기 위해서는 적정선의 COD 규제가 있어야 함을 알 수 있다.

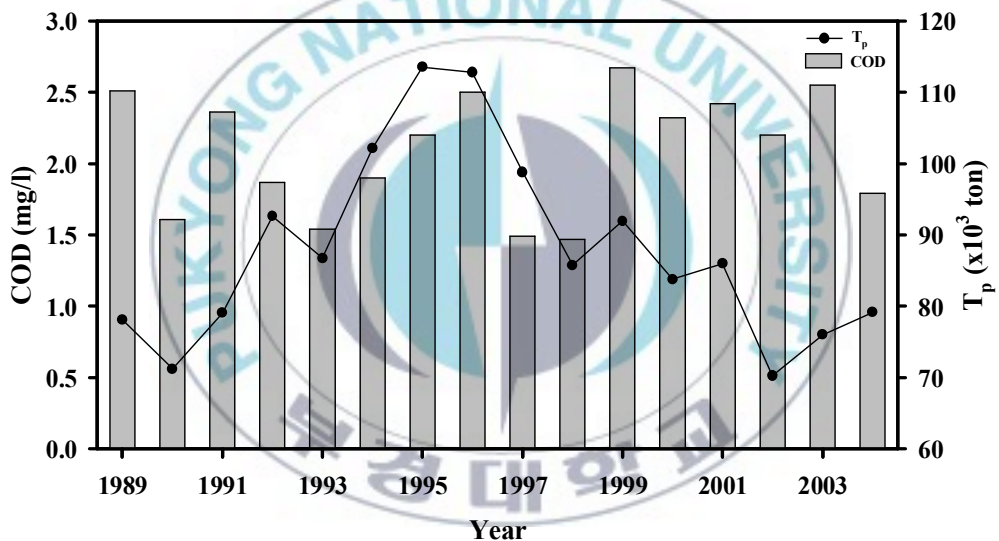


Fig. 13 Annual variations of water quality(COD) and T_p.

(3) DIN과 DIP

DIN농도는 0.11 ~ 0.52 mg/l의 범위로서 1997년 이후부터 2001년까지 급증한 후 2004년까지 점차적으로 감소하는 경향으로, 특히 부산 신항만 건설이 시행된 2004년에 최저치를 보였다(Fig. 14). 그리고 DIP농도는 0.002 ~ 0.18 mg/l의 범위로서 전반적으로 DIN농도의 경년변동과 유사한 연변화를 나타내었으며, 특히 마산시 하수처리장 가동(1994년)이후 농도가 증가하였으나 2001년 이후 감소하는 양상을 보인다(Fig. 15).

DIN과 DIP의 변동과 수산물 총생산량의 관계를 살펴본 결과, DIN과 DIP의 농도가 낮았던 1990년대 전후시기에는 총생산량도 다소 저조한 것으로 나타났다. 하지만 DIN과 DIP의 농도가 매우 높았던 1990년대 후반부터 2000년대 초반의 생산량도 저조한 것으로 나타났다. 이를 통해 볼 때, 영양염의 유입량이 증가하게 되면 이에 따라 해당해역의 기초생산력이 증가하고, 이에 따른 수산생산성의 증가를 가져오는 것을 알 수 있다. 하지만, 적정 수준의 범위를 넘어서는 과도한 영양염의 부하는 오히려 수산생산성의 감소를 가져오는 것을 알 수 있다. 따라서 수산생물의 생산성을 유지하기 위해서는 해당 역에서 적정농도의 DIN과 DIP의 농도가 유지되어야 함을 알 수 있다.

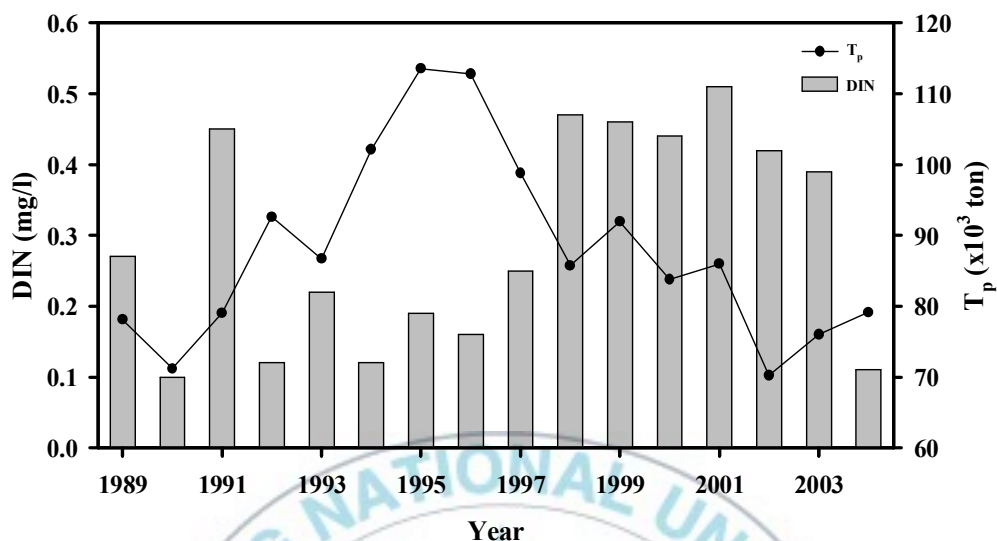


Fig. 14 Annual variations of water quality(DIN) and T_p .

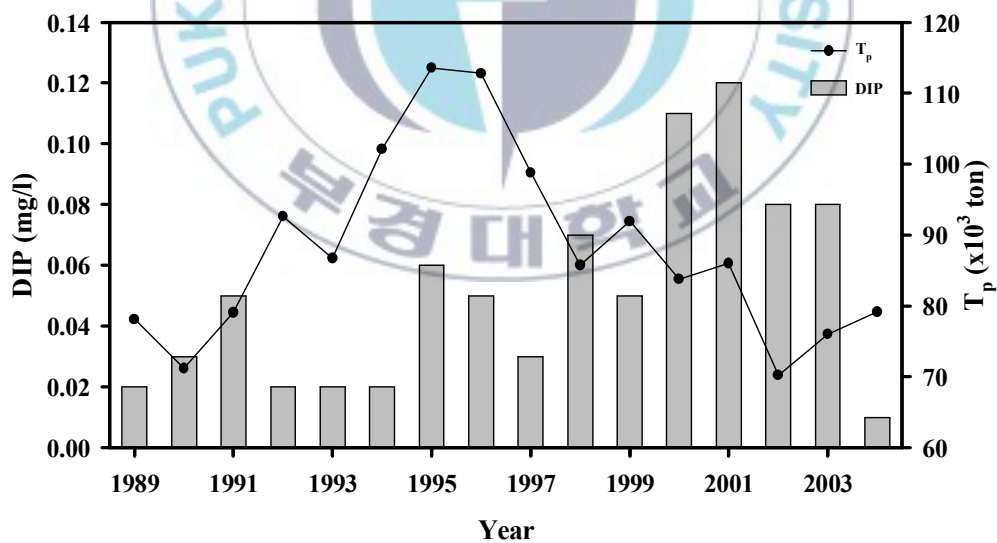


Fig. 15 Annual variations of water quality(DIP) and T_p .

3.2.3 빈산소 수괴의 경년변동

Fig. 16은 1989년 ~ 2004년 동안 진해만에서 발생한 빈산소수괴의 면적(Oxygen Deficient Water mass Area, ODW_{area})과 총생산량의 경년변화를 함께 나타낸 것이다.

ODW_{area} 는 1993년 521.85 km^2 로 가장 넓은 면적에서 발생하였으며, 이후 1994년과 1999년으로 갈수록 발생해역이 점차적으로 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 또한 이는 Fig. 12에 나타낸 DO농도의 경년변동에서 1995년 ~ 1999년에 전체적으로 DO농도가 증가하는 결과가 나왔는데, 같은 기간 ODW 의 발생범위 역시 감소하고 있음을 알 수 있다. 이는 마산만 준설사업과 하수처리장 가동 및 진해만 특별관리해역 지정 등 진해만의 수질관리대책이 반영된 것으로 판단된다. 한편, 이 총생산량과 ODW_{area} 를 비교하여 볼 때, ODW 의 발생면적이 감소하기 시작하는 1994년부터 총생산량이 급증하여 1995년에 최대생산량을 기록하였다. 이후 계속적으로 ODW_{area} 가 좁게 나타난 것으로 산정되었는데, 동일 기간 총생산량 역시 평균보다 높은 생산량을 보여 ODW 와 총생산량의 상관성이 밀접함을 알 수 있다.

Fig. 17은 빈산소수괴의 발생면적과 총생산량의 상관관계를 분석하기 위하여 두 항목 결과간의 상관분석을 통하여 상관계수를 산정하였다. 산정된 R^2 의 값은 0.6586 이었으며, 해당해역 내에서 빈산소수괴의 발생면적이 넓어질수록 총생산량이 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 결과를 통해 볼 때, 해역의 수산생산성의 유지를 위해서는 빈산소수괴 저감을 위한 노력이 필수적임을 알 수 있다.

빈산소수괴 저감을 위해서는 앞서 언급된 준설사업과 같은 저질개선의 노력과 하수처리장 가동 등의 유입오염부하량 감소의 복합적인 수질관리대책이 필요하다. 하지만 수질개선을 위한 유입부하량 삭감은 해역의 기초생산력을 감소시켜 수산생산성을 감소시키는 원인이기도 하여, 적정 수준의 유입오염부하량을 결정하는 연구가 필요하다.

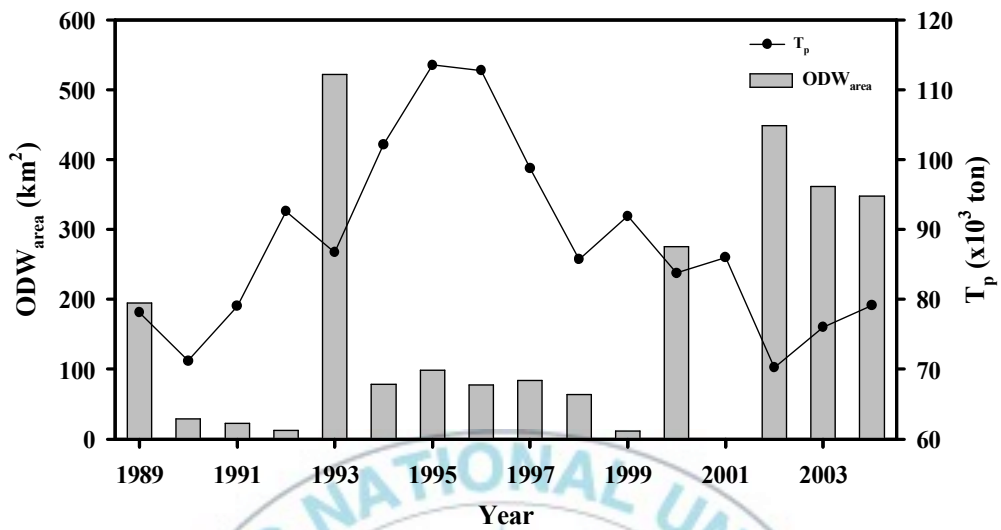


Fig. 16 Annual variations ODW_{area} and T_p in Jinhae Bay.

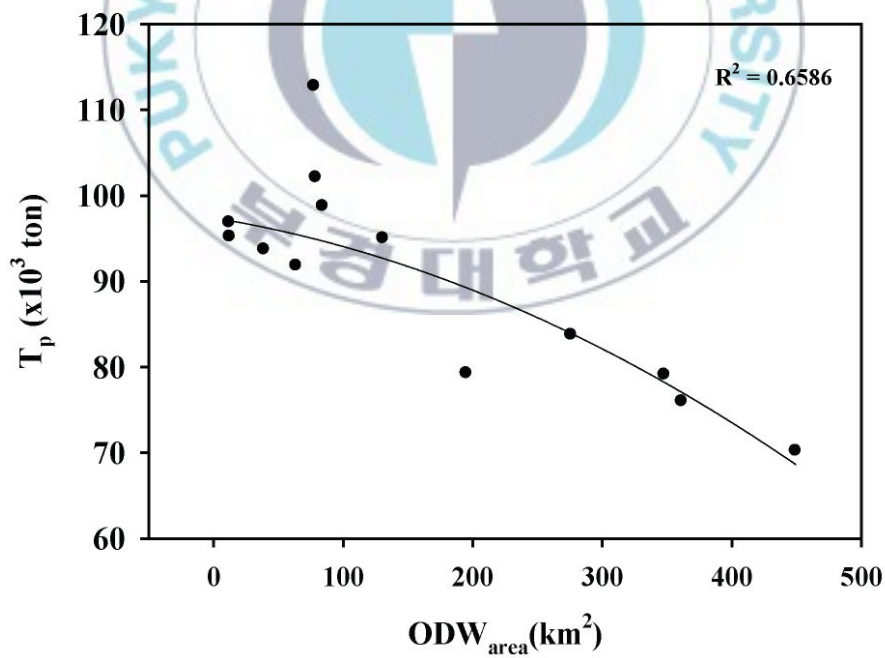


Fig. 17 Relationship between ODW_{area} and T_p in Jinhae Bay.

3.3 유입부하량의 경년변화

3.3.1 유입오염부하량 산정결과

진해만의 각 유역별 1992년 ~ 2004년까지의 유입부하량을 Table 20에 나타내었다. 대상기간동안 진해만으로 유입하는 평균 오염부하량은 16,152 kg-COD/day, 6,082 kg-TN/day, 254 kg-TP/day, 3,560 kg-DIN/day 및 177 kg-DIP/day 로 산정되었다(Table 20). COD의 경우 하천유량이 많았던 GS유역과 GJ유역에서 유입 오염부하량이 많았고, TY유역에서 가장 적었다. TN과 TP의 경우 SM과 GS 및 GJ에서 많았으며, 마찬가지로 TY유역에서 가장 적었다. DIN의 경우 GS 지역이 가장 많았으며, DIP는 GJ지역이 가장 많았다. 그리고 두 항목 역시 TY지역에서 가장 적은 것으로 산정되었다.

Table 20 Average inflowing pollutant loads in Jinhae Bay

Item	Pollutant Loads(kg/day)							Total
	JH	CW	NM	SM	GS	TY	GJ	
COD	1,686	2,370	1,388	3,166	3,636	554	3,356	16,152
TN	660	956	560	1,210	1,330	192	1,174	6,082
TP	28	48	28	44	48	7	50	254
DIN	388	528	308	708	776	126	726	3,560
DIP	19	35	21	32	30	5	36	177

Table 21 (a) Estimated results of annual inflow pollutant loads at each river discharge point(1992~1997)

Division	Loads (kg/day)	Year					
		1992	1993	1994	1995	1996	1997
JH	COD	1,505	1,877	2,501	1,943	1,891	1,637
	TN	921	946	1,026	1,178	516	448
	TP	8	9	74	30	17	24
	DIN	840	862	935	1,074	172	149
	DIP	4	5	108	15	8	12
CW	COD	1,601	2,010	2,622	3,030	3,266	2,579
	TN	1,068	1,085	1,028	1,400	1,223	769
	TP	11	9	140	43	40	33
	DIN	974	989	937	1,276	408	257
	DIP	6	5	206	21	20	16
NM	COD	938	1,178	1,536	1,776	1,914	1,511
	TN	626	636	602	820	717	450
	TP	7	5	82	25	24	19
	DIN	571	579	549	748	239	150
	DIP	3	3	121	12	12	10
SM	COD	2,588	3,228	4,301	3,342	3,253	3,511
	TN	1,584	1,626	1,765	2,025	887	750
	TP	14	16	126	52	29	27
	DIN	1,444	1,483	1,609	1,846	296	251
	DIP	7	8	186	25	14	13
GS	COD	2,667	4,115	4,877	3,150	4,293	3,139
	TN	1,755	1,737	1,886	1,962	1,282	718
	TP	14	16	86	59	33	38
	DIN	1,600	1,583	1,719	1,789	428	240
	DIP	7	8	126	29	16	19
TY	COD	522	564	776	569	475	501
	TN	303	311	351	396	98	68
	TP	2	3	17	9	5	3
	DIN	276	283	320	361	33	23
	DIP	1	1	25	5	2	1
GJ	COD	2,871	3,233	4,889	3,001	3,906	3,416
	TN	1,578	1,710	2,021	2,198	575	822
	TP	12	21	132	39	22	24
	DIN	1,438	1,559	1,843	2,004	192	275
	DIP	6	10	194	19	11	12

Table 21 (b) Estimated results of annual inflow pollutant loads at each river discharge point(1998~2004)

Division	Loads (kg/day)	Year						
		1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
JH	COD	1,367	1,453	1,875	1,458	1,131	1,576	1,703
	TN	518	580	375	1,225	294	307	244
	TP	33	22	57	32	18	22	19
	DIN	173	194	125	139	127	149	95
	DIP	16	11	28	14	10	12	5
CW	COD	1,902	2,070	3,041	2,369	1,999	2,422	1,888
	TN	824	665	1,148	1,674	636	579	342
	TP	45	41	106	54	33	42	22
	DIN	275	222	383	350	322	275	183
	DIP	22	20	52	38	17	24	9
NM	COD	1,114	1,213	1,782	1,388	1,172	1,419	1,106
	TN	483	390	673	981	373	339	200
	TP	26	24	62	32	19	25	13
	DIN	161	130	225	205	188	161	107
	DIP	13	12	30	22	10	14	5
SM	COD	3,081	2,537	3,359	3,291	2,675	3,026	2,961
	TN	1,106	949	1,241	1,826	611	741	608
	TP	40	40	80	47	39	44	23
	DIN	369	317	414	303	318	297	265
	DIP	20	20	39	27	22	27	9
GS	COD	3,871	3,097	3,920	3,498	3,002	3,311	4,317
	TN	1,364	1,159	1,185	1,636	972	787	843
	TP	56	46	87	50	49	44	41
	DIN	455	387	396	372	521	337	264
	DIP	28	22	43	29	23	26	14
TY	COD	577	458	577	566	481	524	600
	TN	179	147	154	194	101	131	71
	TP	10	6	12	10	8	8	5
	DIN	60	49	51	60	49	50	28
	DIP	5	3	6	5	5	4	2
GJ	COD	2,805	2,164	4,035	3,444	2,922	3,533	3,403
	TN	923	786	1,218	1,443	619	816	543
	TP	61	39	128	55	45	42	36
	DIN	308	262	407	418	260	267	198
	DIP	30	19	63	36	26	24	12

3.3.2 유입오염부하량 경년변동

진해만 전 해역 내에 유입되는 연간 유입오염부하량의 경년변동을 파악하기 위하여 앞 장에서 구해진 지역별 일일평균단위유출량에 매년 일수를 곱한 후 각 지역의 연단위 유입오염부하량을 산정하였고, 이 각각의 값들을 합하여 진해만의 전 해역의 연간 유입오염부하량을 산정하였다. 1992년 ~ 2004년 동안 진해만으로 유입하는 연간 평균 오염부하량은 5,896 ton-COD/year, 2,231 ton-TN/year, 93 ton-TP/year, 1,299 ton-DIN/year 및 65 ton-DIP/year 로 산정되었다(Table 22, Fig. 18).

Table 22 Inflowing pollutant loads in Jinhae Bay(1992~2004 year)

Year	Pollutant Loads(ton/year)				
	COD	TN	TP	DIN	DIP
1992	4,633	2,891	25	2,607	12
1993	5,914	2,971	29	2,679	14
1994	7,848	3,203	239	2,888	353
1995	6,136	3,683	94	3,321	46
1996	6,934	1,933	62	646	30
1997	5,947	1,469	62	491	30
1998	5,372	1,970	99	658	49
1999	4,742	1,706	79	570	39
2000	6,786	2,188	194	731	95
2001	5,845	3,277	102	674	63
2002	4,885	1,316	77	651	41
2003	5,771	1,351	83	561	48
2004	5,832	1,040	58	416	20
Average	5,896	2,231	93	1,299	65

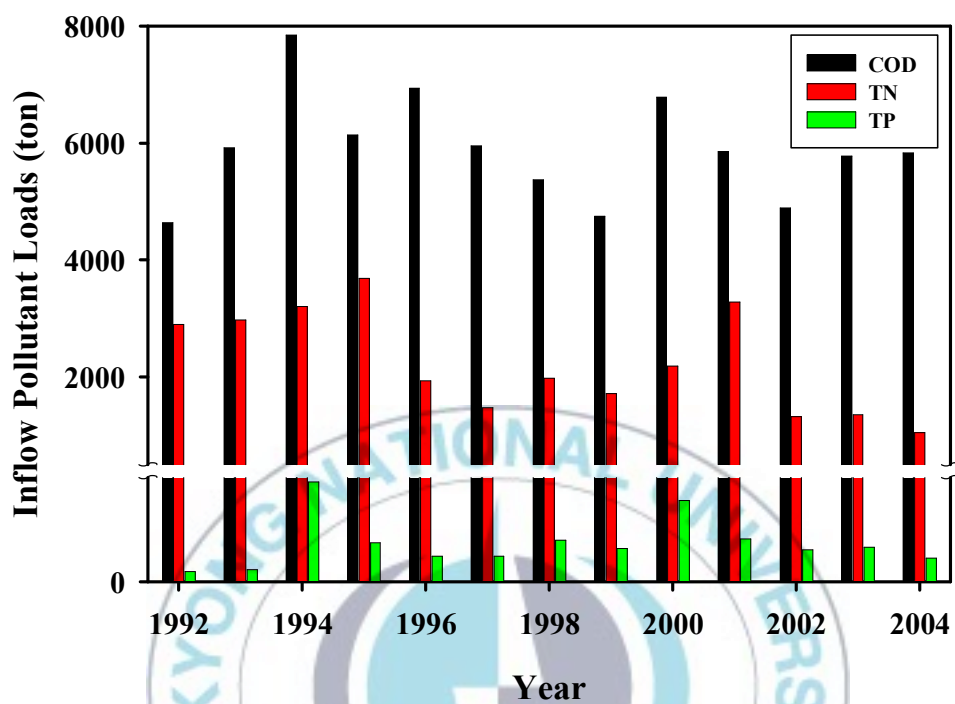


Fig. 18 Inflowing pollutant loads in Jinhae Bay (1992~2004 year).

(1) COD

COD 유입부하량의 경우 1994년에 7,848 ton으로 최대 유입량을 보였으며, 1992년에 4,633 ton으로 최소로 나타났다. 한편 최대 유입량을 보였던 시기에 T_p 역시 비교적 높은 값을 보였으나, 1990년대 후반 이후의 높은 COD 유입부하량에도 불구하고 T_p 가 낮은 값을 보여 COD 유입부하량과 T_p 간의 큰 관련성을 발견할 수는 없었다(Fig. 19).

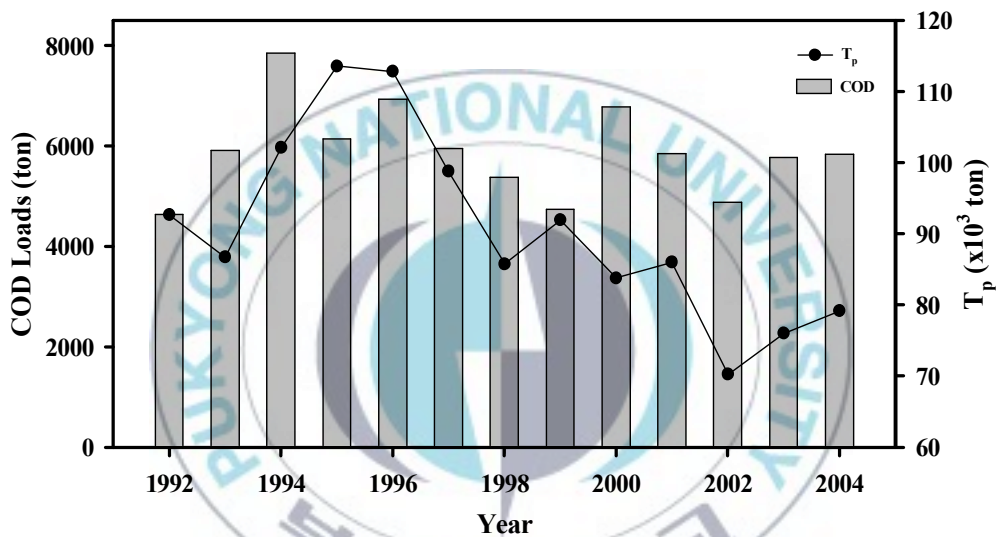


Fig. 19 Annual variations of Inflowing pollutant loads(COD) and T_p .

(2) TN

TN의 경우 평균 유입부하량은 2,231 ton이었으며, 1992년 ~ 1995년까지 전반적으로 높은 유입량을 보여 1995년에 최대 유입량인 3,683 ton으로 산정되었다. 이후 점차 감소하여 2004년에 1,040 ton으로 최소 유입량이었다.

한편, 이시기의 T_p 의 연간 변화를 살펴보면, TN 값이 점차 증가하는 1993년 ~ 1995년 동안에는 T_p 도 역시 상승추세를 보임을 알 수 있다. 또한 1995년을 기점으로 1997년까지 TN이 급감하였는데, 이와 비슷한 추세로 T_p 역시 감소하는 경향을 보였다. 이를 통해 볼 때 해역 내로 유입되는 TN과 T_p 간에 상당한 연관성이 있음을 알 수 있다(Fig. 20).

이는 영양염인 TN의 유입량이 증가하면, 해당해역의 기초생산력의 증가함에 따르는 영향으로 사료되며, 적절 수준의 TN의 유입은 수산자원유지에 필수적임을 알 수 있다.

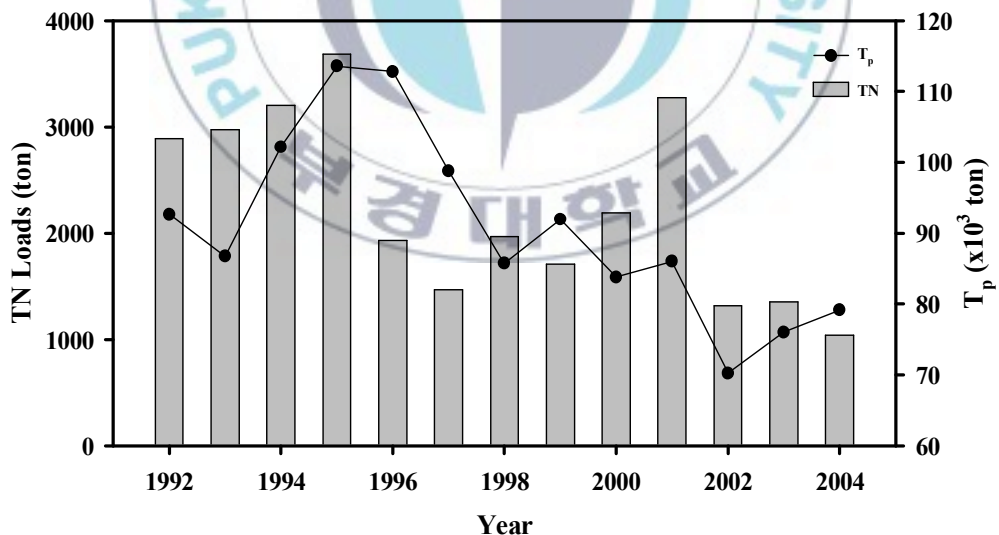


Fig. 20 Annual variations of Inflowing pollutant loads(TN) and T_p .

(3) TP

TP의 경우 연구기간동안 평균 유입부하량은 93 ton으로 나타났다. TP는 연구기간 초에 유입부하량이 매우 적어서, 1992년에 25 ton으로 최소 유입량을 보였다. 이후 유입량이 급증하여 1994년에 239 ton으로 최대 유입량이 발생한 것으로 산정되었다.

한편 TP와 T_p 사이에는 TN과 T_p 사이에서 발견되었던 관련성은 없는 것으로 보인다. 하지만 TP가 최고 유입량을 보였던 1994년 시기에 T_p 또한 상대적으로 높은 생산량을 보였으며, 이후 기간을 관찰해 보면, 적당한 량의 TP의 유입이 있었던 시기인 1990년 대 중 후반에 비교적 높은 생산량을 보였다. 이를 통하여 볼 때, 과도한 양의 TP의 유입은 생산성의 저하를 가져오지만 적정량의 TP 유입은 앞의 TN의 경우와 마찬가지로 해역의 생산성을 높이는 역할을 함을 알 수 있다(Fig. 21).

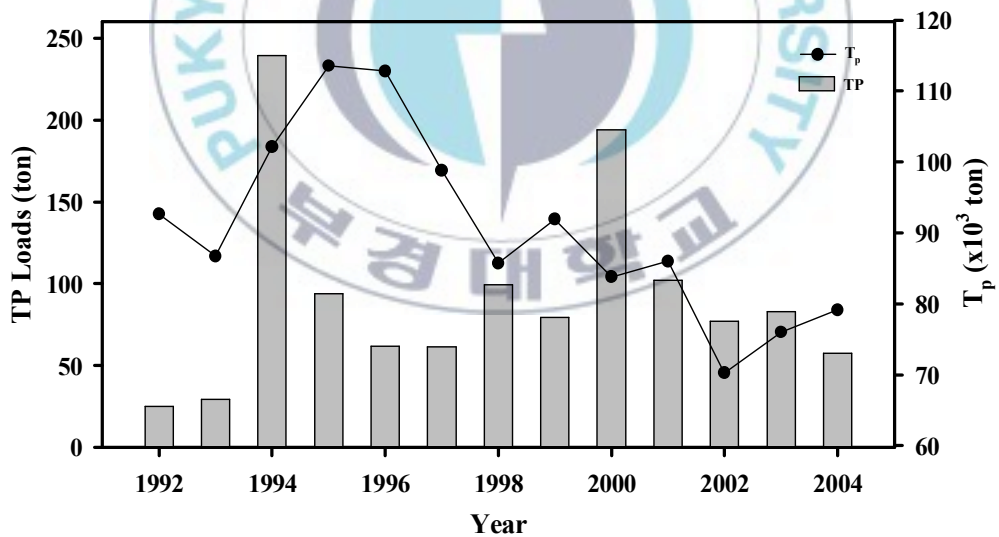


Fig. 21 Annual variations of Inflowing pollutant loads (TP) and T_p .

(4) DIN

DIN의 연평균 유입부하량은 1,299 ton으로 산정되었으며 DIN 유입부하량은 1990년대 초에 높게 나타났으며, 최대는 1995년에 3,321 ton이었고 이후 급감하여 2004년에 416 ton으로 최소유입량을 보였다.

한편, DIN의 경우도 TN의 경우와 마찬가지로, 해역의 총생산량인 T_p 수치와 어느 정도 연관성이 있는 것으로 드러났다. 1990년대 초반부터 DIN이 상승하는 경향이 나타났는데, 이 시기에 T_p 역시 상승추세를 보임을 알 수 있다. 또한 DIN의 유입량이 최대였던 1995년에 T_p 역시 가장 많은 생산량이 발생한 것으로 산정되었다. 1990년대 후반부터 2000년대 초에는 DIN의 유입량이 작음을 알 수 있고, T_p 또한 낮은 생산량을 나타내었다. 또한, 1995년도에는 DIN과 TN이 각각 3,321 ton과 3,683 ton으로 연구기간 중 최대 유입부하량이 있었고, 같은 해에 FPI 값이 생산금액을 제외한 모든 항목에서 최고치를 나타냈다(T_p :113,556 ton, E_p :13,357 ton, N_p :3,273 ton, P_p :276 ton). 이를 통해 볼 때, 해역에 유입되는 영양염의 부하가 높아지면서 해수 내 영양염의 농도를 높이고, 이를 바탕으로 해역의 생산성이 높아지는 것으로 사료된다.

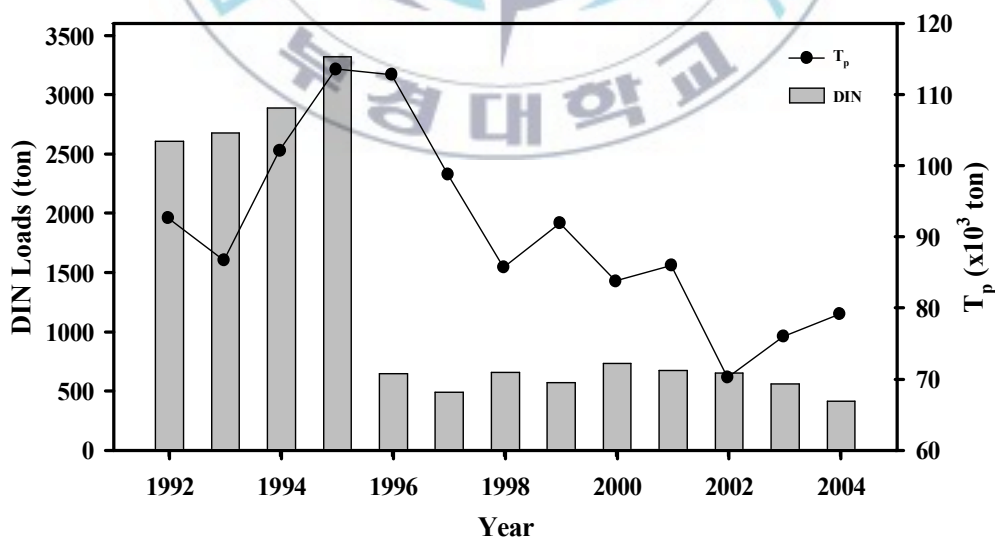


Fig. 22 Annual variations of Inflowing pollutant loads(DIN) and T_p .

(5) DIP

DIP의 연평균 65 ton으로 산정되었으며, 1994년에 353 ton으로 최대 유입부하량을 나타내었으며, 최소 유입부하량은 1992년의 12 ton으로 산정되었다. 한편, DIP가 급증한 1994년에 T_p 도 상승하는 것을 보였으나, 이후에는 두 가지 요소사이에 높은 상관성을 없는 것으로 보인다. 다만, 2000년대에 들어서 DIP가 점차 감소하는데 이와 유사하게 T_p 도 다소 감소하는 경향이 있는 것으로 나타났다(Fig. 23).

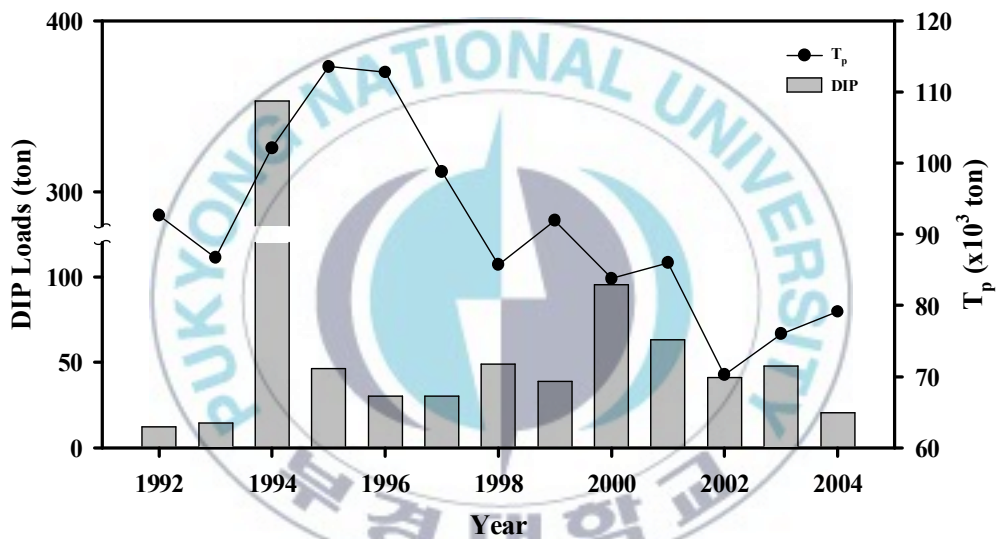


Fig. 23 Annual variations of Inflowing pollutant loads(DIP) and T_p .

3.3.3 상관분석

총생산량과 유입부하량 사이에 상호관계성이 있는 것으로 앞 절의 결과에서 나타났다. 각각의 오염부하량 항목이 총생산량에 미치는 영향을 알아보기 위하여 총생산량과 오염부하량의 산정결과 간의 상관분석을 통해 상관계수를 산정하였다(Table 23, Fig. 24).

결과를 살펴보면 오염유입부하량과 총생산량과의 상관계수의 값은 0.0633 ~ 0.7634의 범위로 나타났다. DIP의 경우 상관계수 값이 0.0633로 가장 낮아서 오염부하량 항목중에서 총생산량과 상관성이 가장 낮은 것으로 나타났으며, TN의 경우 상관계수값이 0.7634로써 총생산량에 가장 큰 영향을 미치는 요소임을 알 수 있다.

Table 23 Results of Correlation Analysis between Pollutant Loads and T_p in Jinhae Bay

Pollutant Loads	Regression equation	R^2
COD	$y = 3E-06x^2 - 0.0303x + 161.9$	0.3128
TN	$y = 4E-06x^2 - 0.0071x + 81.37$	0.7634
TP	$y = 5E-06x^2 - 0.0131x + 84.72$	0.1241
DIN	$y = 9E-06x^2 - 0.0236x + 92.64$	0.7252
DIP	$y = -0.0005x^2 - 0.05x + 91.495$	0.0633

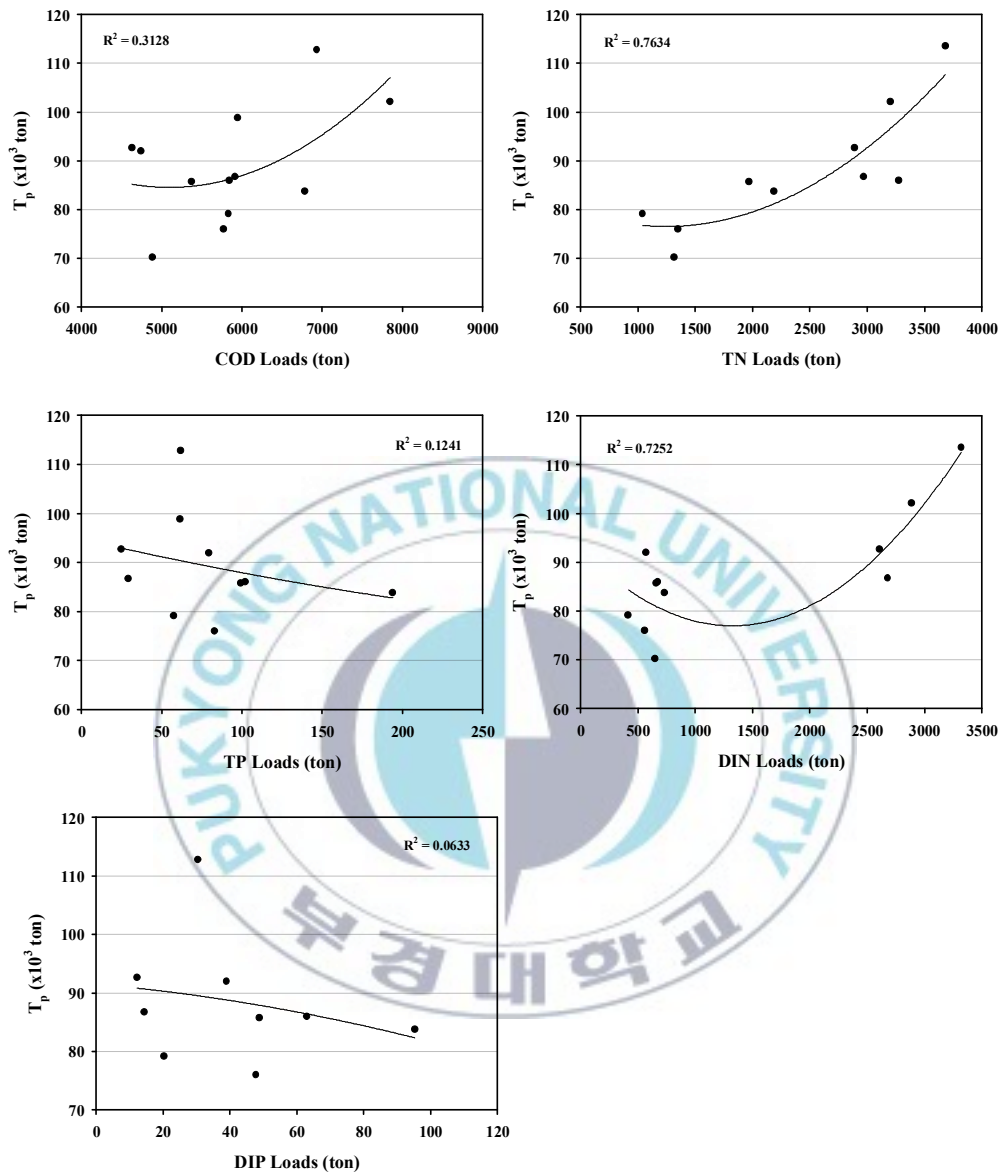


Fig. 24 Relationship between inflowing pollutant loads and T_p .

3.3.4 TN유입부하량과 수산생산성지표

3.3.3절의 결과들에서 가장 큰 영향을 주는 요소인 TN의 유입부하량과 수산생산성지표 및 큰 영향을 주는 환경변화인 빈산소수괴 발생의 관계를 알아보았다. Fig. 25는 가장 큰 영향을 미치는 오염부하량 항목인 TN의 변화에 따른 질소생산량의 경년변동을 알아보기 위해 두 항목을 함께 나타낸 것이다. 두 항목의 경년변동을 살펴보면, TN의 유입부하량의 증감과 질소생산량의 증감의 경향이 매우 흡사하게 나오는 것을 알 수 있는데, 이는 TN 유입부하량의 증가가 생물생산에 따른 질소생산량의 증가에 영향을 미치는 것임을 나타낸다.

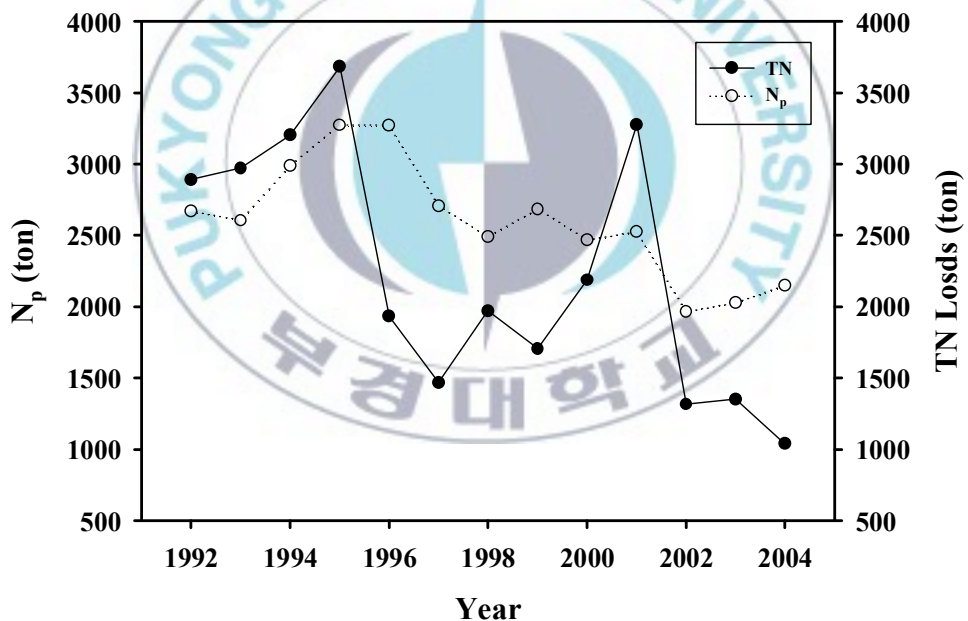


Fig. 25 Annual variations of N_p and TN Loads.

Fig. 26은 TN의 유입부하량과 빈산소수괴의 발생과의 관계를 나타낸 것이다. 두 항목간의 관계를 살펴보면 TN의 유입부하량이 작은 범위에서는 유입부하량 증가하여도 빈산소수괴의 발생면적이 증가하지는 않았다. 하지만 TN의 유입부하량이 약 2300 ton을 넘는 지점에서 TN의 유입부하량 상승에 따라 빈산소수괴의 발생면적이 증가함을 알 수 있다. 이를 통해 볼 때, 적정수준을 넘어서는 TN의 유입부하량 증가는 빈산소수괴의 발생을 증가시켜서 수산생산성의 감소를 가져오게 됨을 알 수 있다.

이에 대해 자세히 알아보고자 TN유입부하량과 빈산소수괴 발생량의 관계를 나타낸 Fig. 26에 총생산량(T_p) 및 총생산금액(T_a)를 중첩법을 사용하여 Fig. 27 및 Fig. 28에 나타내었다. Fig. 27에 따르면 TN의 유입부하량이 증가함에 따라 초기에는 총생산량도 함께 증가함을 알 수 있었다. 하지만 이후에는 계속된 유입부하량의 증가에도 총생산량이 증가하지는 않았다. Fig. 28을 살펴보면, TN의 유입부하량이 증가하면서 총생산금액 역시 상당히 상승함을 알 수 있었다. 하지만 이후에 계속적인 TN의 유입부하량 증가는 생산금액의 감소를 가져왔다. 이 두 결과와 빈산소수괴의 발생면적과의 관계를 살펴보면, TN의 유입부하량의 증가에 따라 빈산소수괴의 발생면적이 급격히 증가하는 시점에서 총생산량의 증가추세가 사라지고, 총생산금액의 감소가 발생하는 것을 알 수 있다.

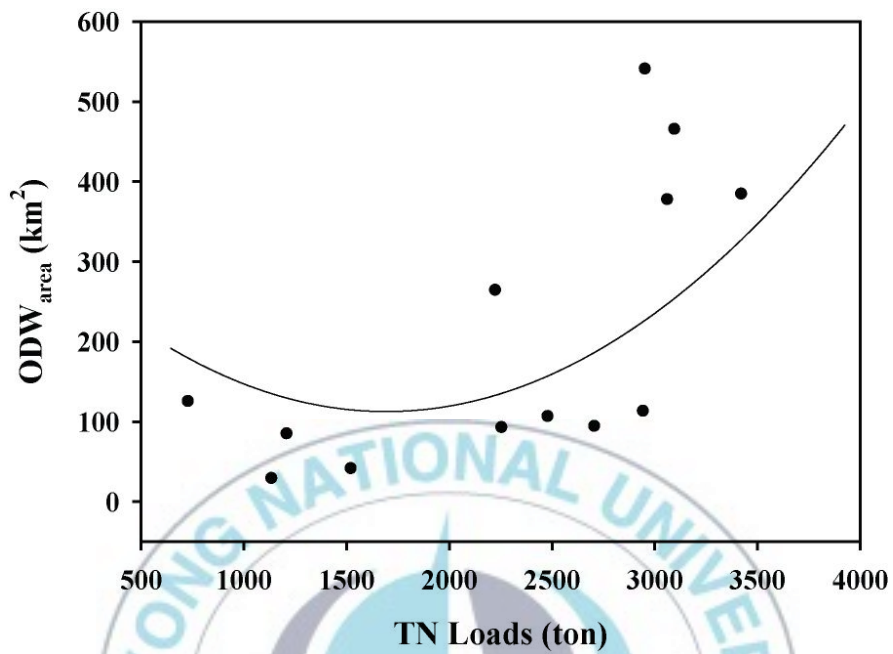


Fig. 26 Variation ODW_{area} by TN Loads.

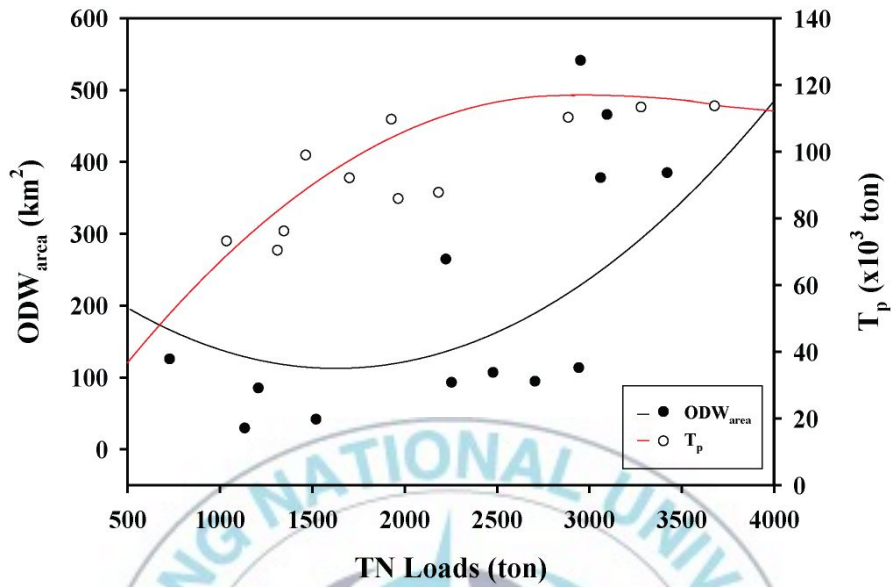


Fig. 27 Variation ODW_{area} and T_p by TN Loads.

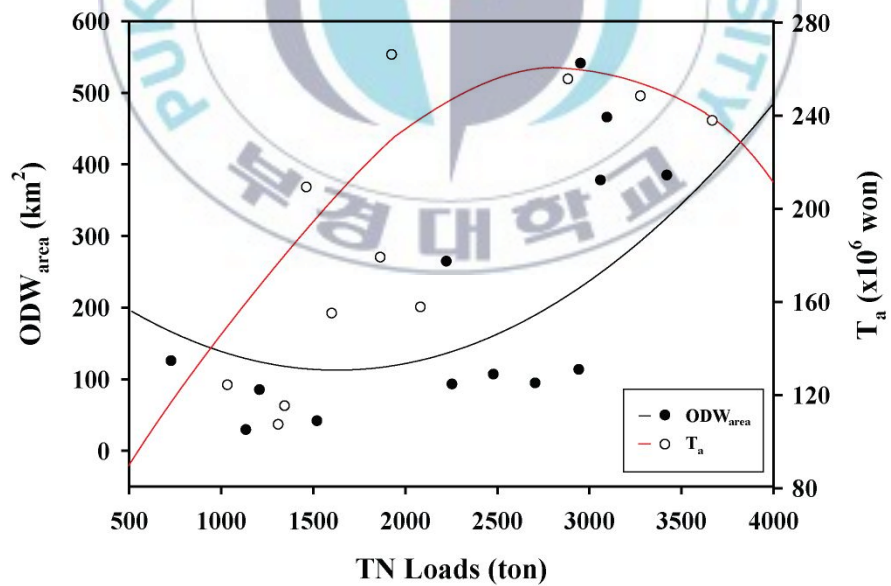


Fig. 28 Variation ODW_{area} and T_a by TN Loads.

Fig. 29는 위의 내용을 종합하여 TN부하량 - 총생산량(T_p) - 총생산금액(T_a)의 관계를 나타내기 위해서 각 항목을 일단위로 나타낸 것이다. 앞서 살펴본 Fig. 27 및 Fig. 28과 마찬가지로, 초기에는 TN의 유입부하량이 상승하면서 총생산량과 총생산금액이 함께 상승하는 것을 알 수 있어서 적정선의 TN의 부하가 해역의 수산생산성을 높이는 것임을 알 수 있다. 하지만 TN의 유입부하량이 약 8 ton/day 정도의 값을 기준으로 하여 그 이상 증가하면 총생산량의 변화에 영향을 주지 못하였고, 총생산금액은 감소하는 경향을 보였다. 이는 앞의 Fig. 26에서 적정수준이상의 유입부하량이 있을 때 빈산소수괴의 면적이 확장되는 것과 일치하는 결과라 할 수 있다.

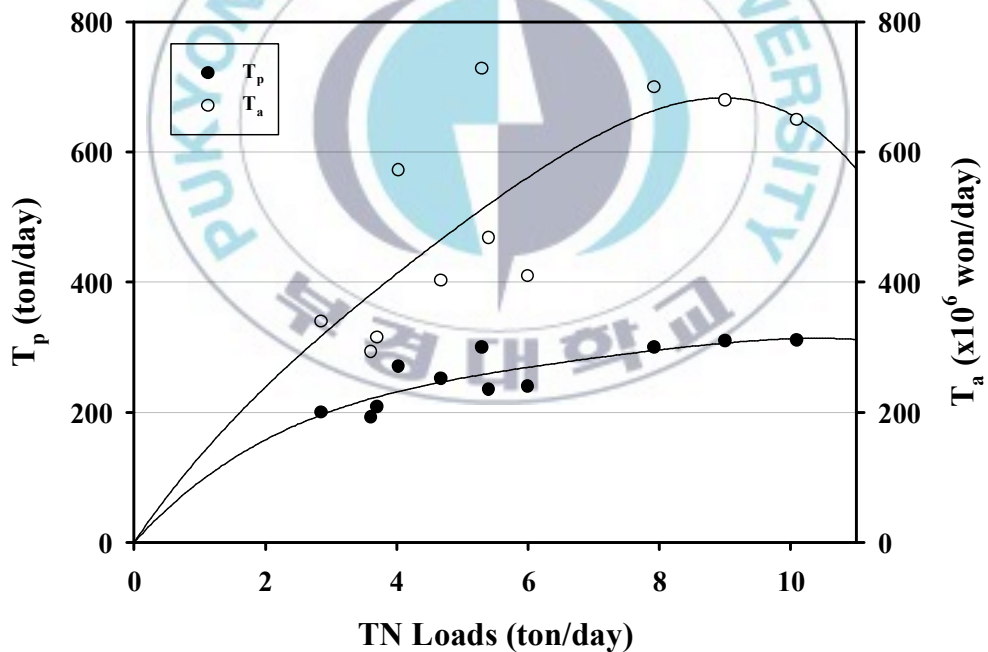


Fig. 29 Variation T_p and T_a by TN Loads.

이상의 결과들을 종합하여 볼 때, 육역으로부터 유입되는 영양염부하는 기초생산량은 물론 나아가 고차생산자인 수산생물의 자원량증가에 중요한 공급원이 되고 있음을 알 수 있다. 하지만 어느 범위를 넘는 영양염 부하는 저층에 빈산소수괴의 발생 등과 같은 환경변화를 가져와 주로 저층에 서식하는 고급어종의 감소를 초래하는 것으로 추정된다. 따라서 연안해역의 수산생산성 유지를 위해서는 적정수준의 유입부하량이 유지되어야 함을 알 수 있다.



5. 요약 및 결론

본 연구는 진해만의 해양환경에 따른 수산생산성 변화를 해석하기 위한 기초연구로써, 진해만 주변의 주요 어업생산지인 거제, 고성, 마산, 진해, 통영의 5개 시·군을 대상으로 수산업협동조합 중앙회에서 발행하는 수산물계통판매고 통계연보 자료를 이용하여 25년간(1979년 ~ 2004년)의 진해만의 수산생산성지표를 산정하였다. 본 연구에서 제안한 수산생산성 지표(FPI)는 총생산량(T_p), 총생산금액(T_a), 가식단백질생산량(E_p), 총질소생산량(N_p), 총인생산량(P_p)의 총 5개 항목으로 산정하였다.

또한 해양환경변화와 수산생산성의 관계를 해석하기 위해 기존에 수행된 진해만의 수질환경 연구결과를 수산생산성지표와 비교검토 하였다. 그리고 만내로 유입하는 오염물질의 유입오염부하량을 산정하였다.

본 연구를 통해 얻어진 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

(1) FPI 산정결과, T_p 는 1995년에 113,556 ton으로 최대였고 2002년에 70,235 ton으로 최소였으며, 연구기간동안 증감을 반복하였지만 전체적으로 감소하는 경향을 보였다. T_a 의 경우 3,738억여원으로 1980년에 최대로 나타났으며, 이후 계속적인 감소추세를 보여 2002년에 1,070억여원으로 최소생산금액을 나타내었다. 지역별로 T_p 와 T_a 를 산정한 결과 마산, 통영순으로 높게 나타났으며, 어종별로는 어류가 가장 많이 차지하였는데 연구 후반으로 갈수록 연체동물의 생산량이 높아졌다. 하지만 연체동물의 생산량 증가가 생산금액의 증가로 이어지지는 않아서 생산금액은 총생산량 대비 급감하는 것으로 나타났다.

(2) E_p , N_p 및 P_p 의 경우, 서로 유사한 경년변동을 보이며 연구기간동안 꾸준한 증감을 반복하였다. E_p 의 최대값과 최소값은 각각 1995년에 13,357 ton과 1990년에 8,124 ton으로 산정되었다. N_p 의 최대생산량은 1995년에 3,273 ton, 최소생산량은 2002년에 1,965 ton이었으며, P_p 는 1995년에 276 ton으로 최대, 2002년에 168 ton으로 최소로 나타났다. 세 가지 항목 모두

T_p 에 따라 달라지는 수치이므로 T_p 의 경년변동과 유사한 경년변동을 보였다. 따라서 T_p 와 동일하게 어류가 가장 큰 생산 비중을 차지하였으며, 다음으로 연체동물과 갑각류가 높은 생산성을 보였다.

(3) T_p 와 T_a 의 산정결과 1990년대 이후에는 T_p 가 증가해도 T_a 가 급감하는 현상이 나타났다. 이를 해석하고자 저급어종인 부어류와 고급어종인 저어류로 구별하여 T_p 의 경년변화를 살펴 본 결과, 부어류의 T_p 는 연구기간동안 증가하는 반면, 저어류의 T_p 는 급감하는 것으로 나타났다. 이러한 경향은 지구온난화에 따른 수온상승으로 인해 기존에 많이 어획되던 한류성의 저어류가 점점 북쪽으로 이동하고 아열대성의 부어류가 우리나라 연안으로 많이 이동해 옴을 나타내는 것으로, 지구온난화 등에 의한 해양환경의 변화로 인해 수산자원의 구성에 변화가 진행되고 있음을 보여준다.

(4) T_p 와 ODW_{area} 를 비교하여 볼 때, ODW_{area} 가 감소하는 시기인 1994년부터 총생산량이 급증하여 1995년에 최대생산량을 기록하였다. 이후 계속적으로 ODW_{area} 가 좁게 나타난 것으로 산정되었는데, 동일 기간 총생산량 역시 평균보다 높은 생산량을 보여 빈산소수괴와 총생산량의 관계가 밀접함을 알 수 있었다.

(5) 연구기간동안 진해만의 유입오염부하량은 16,152 kg-COD/day, 6,082 kg-TN/day, 254 kg-TP/day, 3,560 kg-DIN/day 및 177 kg-DIP/day로 산정되었다. 또한 진해만으로 유입하는 연간 평균 오염부하량은 5,896 ton-COD/year, 2,231 ton-TN/year, 93 ton-TP/year, 1,299 ton-DIN/year 및 65 ton-DIP/year로 산정되었다.

(6) 유입오염부하량의 산정결과 특히, TN과 DIN의 부하량의 경우 T_p 의 경년변동과 비슷한 경향을 보여 TN과 DIN이 T_p 와 상관성이 있는 것으로 나타났다. 이는 영양염인 TN과 DIN의 유입량이 증가하면, 해당해역의 기

초생산력이 증가하기 때문에 발생하는 영향으로 사료되며, 적절 수준의 TN과 DIN 등의 유입은 수산자원유지에 필요한 요소임을 알 수 있다.

(7) 오염유입부하량과 T_p 의 상관분석 결과 상관계수 값은 0.0633 ~ 0.7634의 범위로 나타났으며, DIP의 경우가 상관성이 가장 낮았고, TN이 상관성이 가장 큰 영향을 미치는 요소임을 알 수 있었다. 가장 큰 영향요소인 TN과 T_p 및 T_a 의 관계를 알아 본 결과 TN의 부하량이 약 8 ton/day를 기준으로 그 이전까지는 유입부하량이 증가하면서 총생산량과 총생산금액이 함께 증가하였고, 그 이상 증가하면 T_p 의 증가추세가 멈추고 T_a 는 감소추세로 변화하는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과로부터 육역으로부터 유입되는 영양염부하는 기초생산량은 물론 나아가 고차생산자인 수산생물의 자원량증가에 중요한 공급원이 되고 있음을 알 수 있다. 하지만 어느 범위를 넘는 영양염 부하는 저층 빈산소수괴의 발생 등의 환경변화를 가져와 주로 저층에 서식하는 고급어종의 감소를 초래하는 것으로 추정된다.

(8) FPI의 산정결과 최고의 수산생산성을 나타내었던 1995년은 TN 및 DIN의 유입부하량이 최대인 시기였으며, ODW_{area} 가 급격히 줄어든 시기였다. 또한 이 시기의 나머지 수질 항목은 평균 농도 및 부하량에 가까운 값을 나타냈다. 이를 통해 볼 때, 해역의 생산성 향상을 위해서는 적정수준의 오염물질유입에 대한 제한도 있어야하지만, 이와 더불어 적정한 양의 영양염의 부하도 있어야 함을 알 수 있다. 따라서 수산생산에 있어서 최적의 해역환경을 조성하기 위해서는 수질개선의 일환으로 수행되던 기존의 유입부하량 삭감에 관한 연구와 더불어서 수산생산성 유지 및 향상을 위한 해역별 적정부하량 산정에 관한 연구도 지속적으로 병행되어야 할 것으로 판단된다. 본 연구에서 제시한 FPI의 산정은 이러한 해역별 적정부하량 결정에 기초자료가 될 수 있을 것으로 사료된다. 또한 연안해역의 수산생산성 유지를 위하여 FPI 등과 같은 지표산정을 통한 해역의 환경

변화와 수산자원간의 관계성에 대한 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 판단된다.



참고문헌

- 공화훈(2008). 진해만의 유입오염부하량 삭감에 의한 빈산소수괴의 변동에
측, 부경대학교 대학원 석사학위논문
- 국립수산과학원 홈페이지. <http://www.nfrdi.re.kr/>.
- 김수암(2003). 어류자원의 변동에 미치는 해양환경의 영향, 한국수산자원
학회지, 제6권, 제1호, pp 11-20.
- 김종구, 박청길, 신성교(1995). 진해만 해역의 하계부영양화 리모델링학의
발전방향, 대한환경공학회지, 제17권, 제2호, pp 121-135.
- 김수암, 강수경(1998). 동해의 수산자원 현황 및 연구 방향, 한국수산자원
학회지, 제1권, 제1호, pp 44-58.
- 농촌진흥청 농업과학기술원 농촌자원개발연구소(2007). 식품성분표 제7개
정판 제1편.
- 박종수(1998). 한국 서해안의 수산물 계통 판매량 경년변화, 군산대학교
수산과학연구소 연구논문집, pp 59-66.
- 박차수, 이동우, 김장근, 강용주(2000). 한국 연근해 갈치 *Trichiurus*
*lepturus Linnaeus*의 자원평가 및 관리방안, 한국수산자원학회지
제 3권, pp 29-38.
- 백상규, 윤성규(2000). 진해만 주변 해역의 대형저서동물 군집구조, 한국수
산학회지, 제33권, 제6호, pp 572-580.
- 수산업협동조합중앙회(1980-2005). 수산물계통판매고통계연보.
- 양한섭, 김성수, 김규범(1995). 진해만 퇴적물의 퇴적속도와 중금속 오염,
한국환경과학회지, 제4권, 제2호, pp 489-500.
- 오유진(2008). 진해만 빈산소수괴의 경년변동과 발생확률예측, 부경대학교
대학원 석사학위논문.
- 이인철, 오유진, 김헌태(2008). 진해만 빈산소수괴의 경년변동 특성, 한국
수산학회지, 제41권, 제2호, pp 134-139.
- 이인철, 關根雅彦(2001). 연안어장의 환경변화가 수산자원량에 미치는 영

- 향평가, 한국해양공학회지, 제15권, 제1호, pp 36-44.
- 이문옥, 김평주, 문진한(2006). 진해만의 해양환경이 적조발생에 미치는 영향, 한국해양환경공학회, 2006년 추계학술대회 논문집, pp 177-183.
- 장창익, 강용주, 이만우(1999). 한국 연근해 보구치 *Argyrosomus argentatus* Houttuyn의 자원생태학적 연구, 한국수산자원학회지, 제2권, pp 68-76.
- 장창익, 이선길(2004). 한국 해양생태계의 영양단계와 어획강도, 한국수산자원학회지, 제6권, 제2호, pp 140-152.
- 질병관리본부(2008). 국민건강통계.
- 최영민, 장창익, 이재봉, 김진영, 차형기(2004). 한국 근해 고등어의 자원평가 및 관리, 한국수산자원학회지, 제6권, 제2호, pp 90-100.
- 통계청 홈페이지. <http://www.nso.go.kr/>.
- 홍승현, 이재봉, 임양재, 황학진, 연인자, 박영철, 고태승, 마채우, 박기열(2002). 한국 서해연안 키조개 *Atrina pectinata*의 자원생태학적 연구, 한국수산자원학회지, 제5권, pp 12-23
- McGinn AP(1999). Charting a new course for oceans. In: L. Starke ed. Seas at Millennium Elsevier, pp 487-498.
- Spencer PD and Collie JS(1997). Patterns of population variability in marine fish stocks, Fish Oceanogr, Vol.6, No.3, pp 188-204
- 李寅鐵, 浮田正夫, 關根雅彦, 中西弘(1995). 瀬戸内海への營養塩類の流入負荷解析と物質収支に関する研究, 日本海岸工学論文集, 第42卷, pp 1106-1110.

감사의 글

해양공학과 학부과정을 졸업하고 4년이란 시간이 흐른 뒤, 늦은 나이에 다시 학교에 돌아와 석사과정을 마치기까지의 과정은 저에게 있어서 큰 용기가 필요했던 도전의 시간들이었습니다. 가끔씩은 현실적인 염려들로 인해 연구자로서의 초심을 잃고 방황을 했던 시간들도 있었습니다. 하지만 매 순간순간 저에게 가르침과 도움을 주신 분들이 계셨기에 그 시간들을 이겨내어 지금 이렇게 석사과정을 마칠 수 있었습니다. 그분들께 지면으로나마 감사의 말씀을 전합니다.

우선 저를 지금까지 보살피 주신 사랑하는 부모님과 늘 제 편이 되어 저를 향하여 변함없이 응원을 해주고 지켜봐준 언니와 동생에게 감사를 표합니다. 세상에서 가장 가까운 것이 가족이기에 오히려 더 잘하지 못했던 점들에 대해 항상 미안한 마음뿐입니다. 앞으로 착한 딸, 좋은 동생과 언니가 되도록 노력하겠습니다.

그리고 석사과정의 입문부터 졸업까지 중요한 순간마다 저에게 큰 가르침을 주신 지도교수이신 이인철 교수님께 감사를 드리며, 바쁘신 와중에도 관심으로 논문을 심사해주신 류청로 교수님과 윤길수 교수님께도 감사드립니다. 그리고 학부부터 지금까지의 대학생활 동안 해양공학을 지도해주신 류연선 교수님, 김헌태 교수님, 김정태 교수님, 김윤택 교수님, 나원배 교수님, 윤한삼 교수님께도 깊은 감사를 드립니다.

그리고 늦은 나이에 연구실 신입으로 들어온 저를 반겨준 소중한 해양환경시스템 연구실 가족들에게 감사의 말을 전합니다. 연구실에서 함께 생활을 하진 못했지만, 볼 때마다 조언을 아끼지 않으신 김경희 선배, 공화훈 선배, 이병호 선배, 임성필 선배, 그리고 처음 대학원에 왔을 때 유일하게 알던 김진혁 선배에게 감사드립니다. 또한 항상 연구실을 웃음으로 이끌어준 부드러운 카리스마 방장 류성훈 군과 제가 모르던 많은 것을 알게 해준 권재영 군, 함께 대학원 동기로 입학한 김진호 선배, 비록 나이

는 어리지만 어려운 상황에 있을 때 상담자가 되어준 고마운 후배 문창용 군, 나이 많은 누나를 잘 챙겨준 이태원 군, 이계한 군, 강봉조 군, 김수효 군 감사합니다. 그리고 무한 카리스마 고방장님 강병욱 군과 세상에서 가장 활동적인 사람 윤성민 군, 눈웃음이 매력적인 김정한 군, 예의바른 후배 박규찬 군, 해양공학과 최고 간지남 송진관 군, 언니를 잘 따라준 이쁜 후배 이선미 양과 김진희 양, 그리고 연구실 막내 07학번 신명윤 군, 정진욱 군, 신일태 군, 김태명 군에게도 감사의 말을 전합니다.

그리고 해양공학과에 와서 알게 된 좋은 친구들 심원일 군, 강효섭 군, 김준호 군과 석사 동기로서 힘이 되어준 이소라 양, 조교선생님으로서 대학원 생활을 잘 이끌어 준 이정미 양과 임동주 선배, 식사생활을 함께 했던 이주원 선배, 우진호 선배, 이소영 양, 최진휴 군, 박정현 군, 이재훈 군에게도 감사의 말을 전합니다.

마지막으로 항상 저를 위해 기도해 주며 곁에서 힘이 되어 주는 고마운 친구들이자 믿음의 동역자인 우리 모모 친구들 구수정 양, 김보영 양, 박지향 양, 조민경 양, 이성혜 양, 송미옥 양에게 감사하며, 고마움을 전한 모든 분들에게 더욱더 의연하게 주어진 삶에 충실히 살아갈 것을 약속드리며 이 글을 마칩니다.