

어자원 보호육성을 위한 생육환경 개선에 관한 연구 II -진해만의 해저 폐기물 실태-

김삼곤 · 김종화 · 박창두*
부경대학교, *수산진흥원
(1999년 6월 16일 접수)

A Study on the Growth and Environmental Development for the Protection-nourishment of Fisheries Resources

2. Marine Litter on the Sea-bed of Chinhae Bay

Sam-Kon KIM, Jong-Hwa KIM and Chang-Du PARK*

Pukyong National University,

*National Fisheries Research and Development Institute

(Received June 16, 1999)

Abstract

This study deals with litter which has sunk and accumulated on the sea-bed of the Chinhae Bay obtained by using a beam trawler. The litter collected through the duration of survey (1997~1998) were distributed from 8.76~80.63 *items/ha* and 3.51~108.39 *kg/ha*, respectively, in quantities and weights. Especially bulky wastes(shell, tires, motorcycle and refrigerator) were composed of 76% in total weight. Among ocean-based litters being derived from activities such as commercial and recreated fishing and fishing vessels, fishing gears were observed in 39.8% of them, next metal and glasses, 29.5%. The seasonal variability of litters in the bay is large, as 62% in April, next August, 23%, in total weights.

These discarded substances have the widespread distribution but varied in each sampled area. Therefore they exist in a significant pollutants, as threatening the fishing activities and near marine environment, and also potential damage to marine resources.

서 론

지금까지 해양오염은 선박의 유류오염, 산업 폐수, 생활 오수 등 부유성 오염 물질 또는 용해성 오염 물질 등을 중점적으로 생각하여, 양식장과 연

안 어장의 이용과 개발을 저해 또는 황폐화시킨 원인으로 많은 연구·조사가 있었다.

최근에는 연안 어장의 환경 요소중 직접적 어장 피해를 줄 수 있는 침전성 고형물질인 연안의 해저 쓰레기로 인한 해양오염이 심각한 사회 문제로

*본 연구는 1997년도 교육부 학술연구조성비(수산과학분야, KIOS-97-F-13)에 의하여 연구되었음.

부상하고 있으나(Kanehiro, 1995), 국내에서는 체계적으로 조사된바 없는 실정이다. 다만 부유성 해양폐기물에 대한 연구는 최근에 동해와 남해 연안을 대상으로 보고된 정도이다(김 등, 1997 ; 김, 1998 ; 김, 1999).

본 연구에서는 진해만 어장을 대상으로 하여 어장환경과 관련된 물리, 화학 및 생물의 자료와 생활폐기물 등 침전성 고형물질로 인한 어장의 오염 실태를 조사·연구함으로써, 이러한 요소들이 어자원에 미치는 영향과 보호육성을 위한 생육환경 개선책을 종합적으로 제시하고자 한다.

본 보고는 그 중의 하나로, 해저의 플라스틱류를 비롯한 생활폐기물과 어망, 로프류 등 해상활

동에 의한 폐기물 오염의 실태를 현장수집하고 분석하여, 그 수량과 무게 및 조성비를 정량적으로 밝히고자 하였다.

조사 및 방법

1997년 8월~1998년 6월까지 매 2개월마다 총 6회에 걸쳐 Fig. 1에서 나타낸 것과 같이 진해만 부근 어장 5개 소해역(No.1, 3, 5, 7, 9)에서 저인망 어선(7.93톤)을 사용하여 해저쓰레기를 수집하였다.

예망중 망 입구의 폭은 5.9m였으며, 조사기간 별 예망 장소와 어획 및 해저 쓰레기 조사에 대한 상세한 조사항목은 Table 1에 나타내었다. 그리고

Table 1. Survey details of trawling on the sea-bed of Chinhae Bay

Date	Haul No. (Sts.No.)	Depth (m)	Towing Speed(kn)	Duration of tow(min)	Catches of fishes	Marine litters	Remarks
Aug. 21 ~22 1997	1	32	1.3	30	0	0	Crowded pots
	3	10	2.3	5	0	×	Rotten mud
	5	8	1.9	15	×	0	Rotten mud
	7	20	1.6	30	0	0	many aquaculture
	9	21	2.0	5	×	0	
Oct. 28 ~29 1997	1	25	1.8	20	0	×	Much mud
	3	12	2.0	18	0	0	
	5	12	1.8	20	0	0	
	7	19	1.8	30	0	0	
	9	18	2.0	30	0	0	
Dec.19 ~20 1997	1	-	-	-	-	-	No trawling(high wave)
	3	12	2.0	30	0	0	
	5	11	1.6	25	0	0	
	7	19	2.2	30	0	0	
	9	24	2.2	30	0	0	
Feb.28~ Mar.1 1998	1	31	2.0	32	0	0	
	3	18	1.8	33	0	0	
	5	8	1.6	24	0	0	
	7	20	2.2	35	0	0	
	9	22	2.2	26	0	0	
Apr.30~ May.1 1998	1	30	1.9	22	0	0	Red-tide
	3	18	1.9	20	0	0	Red-tide
	5	7	1.4	33	0	0	
	7	21	2.2	21	0	0	
	9	24	2.1	20	0	0	
Jun.28 ~29 1998	1	30	2.2	20	0	0	
	3	14	2.2	17	0	0	Jelly fish
	5	9	2.0	18	0	0	Jelly fish
	7	20	2.4	20	0	0	
	9	24	1.9	25	0	0	

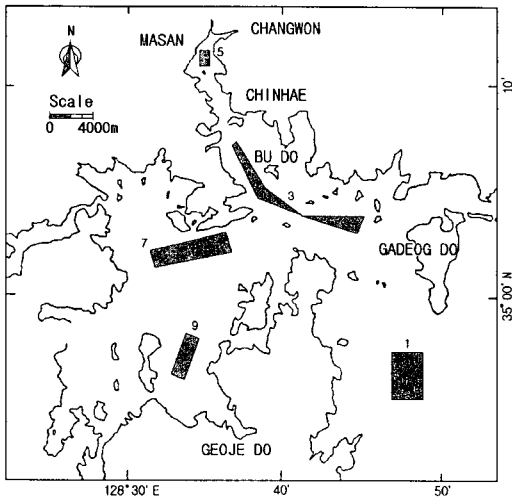


Fig. 1. Map showing the trawling site.

선박의 속력과 위치 측정은 GPS에 의해 결정하거나 소해거리를 예상시간으로 나누어 계산하였다.

어획생물은 어종별로 마리수, 무게, 체장 등을 측정하였으며, 수집된 쓰레기는 현장에서 종류별로 수량과 무게를 달고 해저퇴적기간 및 상태를 분류하였다. 또한 현장에서 분류와 측정이 어려운 어획물과 폐기물질 등은 실내 실험실에서 분류, 측정 및 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 폐기물의 총량과 밀도분포

진해만의 저층에서 얻어진 해저 쓰레기의 종류와 중량은 Table 2에 나타내었다. 크게 분류하면 어구류, 섬유(비닐 등)류, 플라스틱류, 금속용기, 유리, 목재 및 종이류로 나눌 수 있다. 기타로서 분류된 것은 조개껍질, 술방울, 자동차 타이어 및 부품, 냉장고 등이다.

진해만에서 수거된 쓰레기 총량은 Table 3에서 나타낸 것과 같이 소해역별로 구분하여 각각의 수량과 중량으로 나타내었다. 5개 해구에서 총 27회 인양하였고, 소해면적은 22.97ha였다. 해저 폐기물의 밀도는 평균하여 수량 37.4개/ha, 중량

Table 2. Items of litter found on the sea-bed of Chinhae Bay(Aug. 1997 - Jun. 1998)

Categories	Items of litter	Weight(g/ha)
Fishing gear	Fishing ropes & lines	3,028
	Fishing nets	
	Fishing trap(octopus, sea eel)	
Textile	Clothing	837
	Gloves	
	Hat	
	Vinyl bags	
	Bits of vinyl	
	Burlap bags	
	Confectionery packages	
	Shoe brush	
	Ball	
	Towel	
	Socks	
Plastic	Bottles(beverage, food, detergent)	857
	Bags(shopping)	
	Slippers	
	Egg supports	
	Food trays and containers	
	Sheetings	
	Electric wire	
	Household electric appliances (radio, tape recorder etc.)	
	Toys	
	Rubber goods	
Metal	Metal bottles	2,253
	Metal cans	
	Paint cans	
	Alumimum ware	
	Metal wires	
	Metal drums	
	Metal batterys	
	Piece of metals	
	Glass bottles	
	(beverage, food, liguor)	
Glass	Piece of glass	655
	Bamboos	
Wood	Wood lumbers	655
	Wood piece of lumbers	
	Paper dumps	
Paper	Paper cacks	24,820
	Milk packs	
	Lumps of charcoal	
	Shells	
Others	Pinecone	24,820
	Tires	
	Motorcycle	
	Refrigerator	

Table 3. Sectional number and weight of litter in Chinhae Bay

Section	1	3	5	7	9	Total
No.of trawls	4	5	6	6	6	27
Swept area (ha)	3.54	4.21	4.13	6.31	4.78	22.97
Number (No./ha)	31	204	333	81	210	859
	8.76	48.46	80.63	12.84	43.93	37.4
Weight (kg/ha)	13.365	97.608	94.138	22.15	518.125	745.386
	8.76	48.46	80.63	12.84	43.93	37.4

Table 4. Seasonal number and weight of litter in Chinhae Bay

Month	Aug. '97	Oct. '97	Dec. '97	Feb. '98	Apr. '98	Jun. '98
No.of trawls	4	4	4	5	5	5
Swept area (ha)	2.395	3.39	4.19	5.33	3.81	3.85
Number (No./ha)	126	92	210	131	109	191
	52.61	27.14	50.12	24.58	28.61	49.61
Weight (kg/ha)	9.725	17.610	47.445	41.333	455.835	173.438
	4.06	5.19	11.32	7.75	119.64	45.05

32.45kg/ha로 수거되었다. 각 해구에서 총 수량과 중량의 밀도분포 범위는 각각 8.76~80.63개/ha, 3.51~108.39kg/ha로 나타났으며, 최소와 최대간의 변동폭이 수량은 9배, 중량은 약 30배 정도로 매우 크게 차이를 알 수 있었다.

수량의 밀도가 가장 큰 곳은 5번 해역(마산만), 가장 작은 곳은 가덕도와 거제도 사이인 1번 해역(진해만 입구)이다. 총 중량의 밀도는 9번 해역(고현만)가 최대이고 최소 해역은 진해만 입구(1번 해역)로 나타났다.

따라서 진해만 해저 폐기물은 진해만 내에서도 장소에 따라 그 수량과 중량의 분포밀도 범위가 크게 다르며, 인구가 밀집한 마산과 창원에 인접한 해역은 수량이, 거대한 조선소가 있는 고현만은 중량에서 최고치를 보였다. 반면에 진해만 입구(No.1)는 총수량과 중량의 밀도분포는 가장 적은 편이었다.

그리고 총 수량과 중량 및 이들의 분포밀도를 계절별로 나타내면 Table 4와 같다. 계절별 수량 밀도범위는 24.58~52.61개/ha로 분포하여 변동폭은 약 2배 정도로 아주 작았고, 최대치는 8월이며 다음이 12월 순으로 나타났다. 중량의 밀도범

Table 5. Comparison of litters collected on the seabed between Chinhae and Tokyo Bay

Bay	Number (No./ha)	Weight (kg/ha)	Collected years
Chinhae(c)	32.7	7.63	1997~1998
Tokyo(t)	3.1	0.21	1989~1994
Rate(c/t)	10.5	36.30	

위는 4.06~119.64kg/ha로 그 변동폭이 매우 커서 최대와 최소치사이에는 약 30배에 달하였으며, 최대 중량은 4월이고 그 다음은 6월이었다.

따라서 계절적 변동이 매우 심한 것은 중량밀도이며, 총 수량은 계절적 변동폭이 적었다. 즉 8월이 수량에서 최고이나 중량은 최저를 나타내었다. 이는 여러 가지 원인으로 생각되지만 여름철에 해양이용이 가장 많고 또 장마기로 인해 육상의 생활폐기물 유입이 많으므로 생긴 현상이며, 그 폐기물의 종류는 가벼운 물질임을 추정할 수 있다.

진해만의 해저 폐기물 수량과 중량을 일본 동경만과 비교하면 Table 5와 같다. 그리고 Table 5에서는 동경만과의 비교를 위하여 폐기물중 기타는 제외하고 일반적으로 분류된 폐기물을 나타내었다. 동경만의 조사는 1989년과 1994년 6년에 걸쳐 조사되었으며 소해면적과 조사기간도 매우 길었다. 여기서 보면 진해만은 수량에서 10.5배이며, 중량에서는 36.3배에 달한다. 다소 조사연도의 차이는 있지만 한마디로 진해만의 해저 쓰레기는 매우 심각하게 많이 퇴적되어 있음을 단적으로 나타내고 있다.

2. 폐기물의 종류와 조성비

Fig. 2는 폐기물의 종류를 네 가지로 구분하여 진해만의 소해역(그림의 상)과 계절별(그림의 하)로 얻어진 중량을 서로 비교하였다. 해역별 쓰레기 종류를 중량 분포밀도로 비교하면, 어구류가 가장 많은 곳은 고현만(제 9해역)이며 다음이 진해항(제 3해역)으로 나타났고 가장 적은 곳은 마산만(제 5해역)이었다. 따라서 어업활동이 빈번한 곳은 고현만과 진해항 해역임을 알 수 있다. 마산만이 가장 적은 이유는 어획생물이 적거나 거의 없음을 암시하고 있다. 그 다음으로 금속 및 유리제품류로서 어구류와 마찬가지로 고현만과 진해항 해역

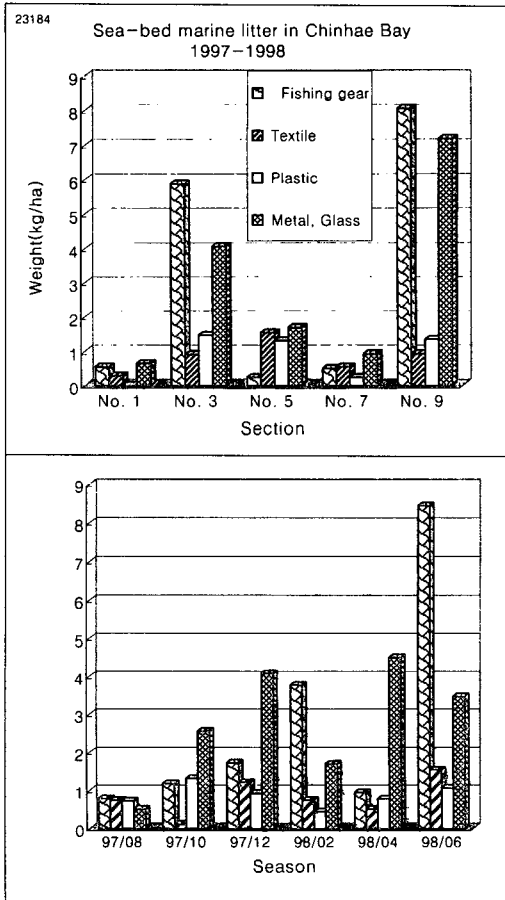


Fig. 2. Comparison of section and seasonal weight of marine litter.

이 많았다.

계절별 쓰레기 종류를 보면, 6월에 어구류가 가장 많고 다음이 2월이었고 가장 적은 양은 8월이었다. 그리고 금속 및 유리제품류는 8월을 제외하고 전 계절이 2~4.5 kg/ha 로 많은 편이었다.

따라서 진해만의 해저폐기물은 6월에 고현만과 진해항 해역에서 어구류가 가장 많이 분포함을 알 수 있었다. 그리고 가장 적은 곳은 진해만 입구해역이며 시기는 8월이었다.

그러므로 이들의 결과에서 보면, 진해만은 연안 도시와 어업활동(양식과 어선어업)으로 인해 폐기물 오염이 매우 심각하며 또한 여름 장마철의 강수량의 만외 유출로 인해 폐기물이 이동함을 추정할 수 있다.

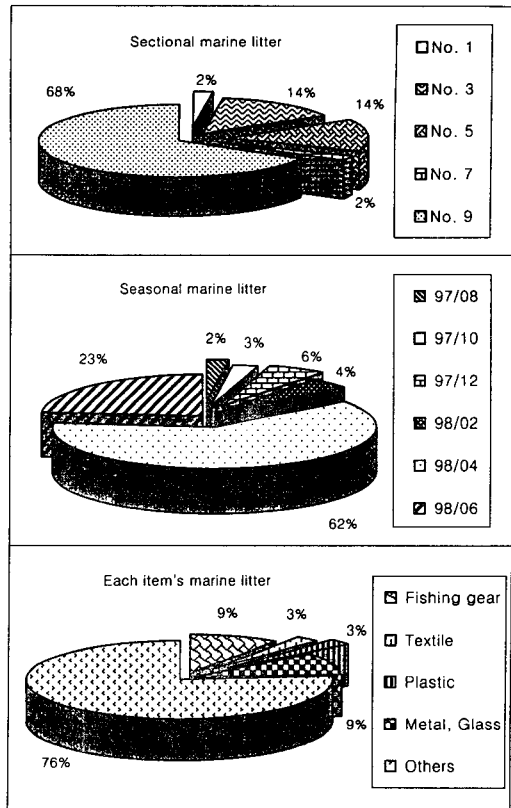


Fig. 3. Composition of section, season and items of marine litter.

해저폐기물의 총 중량에 대한 조성비를 나타내면 Fig. 3과 같다. Fig. 3의 위 그림은 장소별 조성비로서, 고현만이 가장 많아서 68%를 차지하고 다음이 마산항과 진해항으로 각각 14%를 나타내었다. Fig. 3의 중간 그림은 계절별 조성비로서, 4월이 가장 많아 62%를 나타내었고 그 다음은 8월로 23%이었다. Fig. 3의 아래 그림은 종류별 조성비로서, 기타에 속하는 조개껍질, 페타이어, 폐자동차 부품 그리고 냉장고 제품이며 전체 해저폐기물의 76%를 차지하였고 다음이 어구류와 금속 및 유리제품류가 각각 9%이었다. 기타에 속하는 중량급 폐기물이 크게 점하므로 이것에 대한 세부적 분류가 필요하며 또한 이것을 제외한 일반 쓰레기의 조성비를 구하는 것이 중요할 것이다.

진해만의 해저 폐기물에서 기타를 제외한 종류별 조성비를 일본 동경만의 것과 비교하면 Table

Table 6. Composition of litter collected on the sea-bed in Chinhae and Tokyo Bay

Bay	(unit : %)			
	Metal & glass	Plastic	Fishing gear	Wood & paper
Chinhae	29.5	22.2	39.8	8.5
Tokyo	33.6	19.5	14.0	32.9

6과 같다. 진해만의 어구류는 39.8%로 동경만의 14%보다 2배 이상 많았다. 다음이 금속 및 유리제품으로 29.5%로 진해만이 약간 적었다. 생활폐기물인 플라스틱류는 22.2%로 동경만보다 약간 많게 나타났다. 그러나 목재 및 종이류는 동경의 32.9%보다 훨씬 작게 나타났다. 따라서 동경만은 금속 및 유리제품, 목재와 종이류가 각각 33% 정도이나 진해만은 어구류가 39.8%, 다음이 금속 및 유리제품임을 알 수 있었다. 따라서 동경만은 어구류가 가장 적었고 반면에 진해만은 어구류가 가장 많은 것이 하나의 특징이다.

3. 기타 폐기물

Table 2와 Fig. 3에서처럼 기타 폐기물은 중량이 24.82kg/ha로, 총 폐기물의 76%를 차지하여 매우 많은 량임을 알 수 있다. 이 폐기물을 소해역별로 세분하여 나타내면 Table 7과 같다. 기타 폐기물 중에서 페타이어가 대부분으로 89.4%를 차지하고, 소해역별로는 고현만이 76.2%로 가장 많았다. 그 다음은 폐각류가 차지하였다. 이와 같은 폐기물은 부피와 중량이 크며, 공급원으로서 육상에서 버려진 것과 해양 생산활동에서 생긴 것이지만 가장 많이 차지하는 페타이어와 폐각류는 인근 양식장 시설물 또는 폐기물과 무관하지 않을 것이다.

요약 및 결론

어자원 보호육성을 위한 생육환경 개선의 대상 모델로 진해만을 선정하고 소형저인망 어선을 이용하여 1997년 8월부터 1998년 6월까지 매 2개월마다 6회에 걸쳐 해저폐기물을 채집하였다. 조사 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 진해만 부근의 해저폐기물은 각 소해역별 수량과 중량의 밀도분포 범위가 각각 8.76~80.63개/ha, 3.51~108.39kg/ha로 수집되어

Table 7. Other litter collected on the sea-bed in Chinhae Bay

Item	Section(St. No.)					Total
	1	3	5	7	9	
Shell	8.0		0.3	8.0	10.1	26.4
Pinecone					22.2	22.2
Tires		45.6	74.0		390.0	509.6
Motorcycle					9.5	9.5
Refrigerator					2.5	2.5
Sum	8.0	45.6	74.3	8.0	434.3	570.2
(kg/ha)	2.3	10.8	18.0	1.27	90.8	24.8

각 소해역마다 큰 변동차를 나타내고 있다. 이 현상은 인구가 집중된 마산만에서는 수량이, 거대한 조선소에 접한 고현만은 중량에서 최고값을 보였다. 반면에 진해만 입구는 수량과 중량에서 가장 적게 수거되었다.

2. 계절별 최고수량이 수거된 시기는 8월로 52.61개/ha였고 최저수량은 24.58개/ha이 수거된 2월이었다. 최고중량은 4월에 119.64kg/ha, 최저는 4.06kg/ha인 8월이었다. 계절적 변동은 총 중량 분포밀도가 가장 크게 나타났고 반면에 총수량은 계절적 변동이 적었다.
3. 진해만의 해저 폐기물은 동경만과 비교할 때, 수량은 10배가 넘으며 중량은 무려 36배에 달하였다. 이것은 진해만의 해저 폐기물 오염도가 매우 심각함을 단적으로 나타내고 있다.
4. 폐기물 중량밀도에 대한 종류별 조성비는 어구류가 39.8%로 가장 많이 점유하였고 다음이 금속 및 유리제품으로 29.5%를 나타내었다. 반면에 동경만은 어구류의 조성비가 가장 낮았고 금속 및 유리제품류가 가장 많았다.
5. 기타에 속하는 폐기물은 그 조성비가 76%로 매우 높았다. 가장 많이 수거된 해역은 고현만(9번 해역)으로서 434.2kg이며 그 중에서 페타이어가 390 kg으로서 89.8%를 점하였다.

결론적으로 진해만의 해저폐기물은 양식과 어선어업활동에서 발생한 어구류가 가장 많으며, 총 폐기물의 중량이 장마철이 지난 8월에 현저히 줄어든 것은 유입강수량의 외해유출과 함께 이동하는 것으로 추정할 수 있다. 그럼에도 불구하고 동경만의 비교에서 보듯이 진해만의 해저오염은 매

우 심각함을 엿볼 수 있다. 특별히 폐타이어와 폐각류의 원인제공처를 밝히고 연차적이고 계속적인 조사와 병행하여 유입방지와 수거대책이 요망된다.

참고문헌

Kanehiro *et al.*(1995) : Marine litter composition and distribution on the sea-bed of Tokyo Bay, Fisheries Eng., 31(3), pp.195~199.
佐尾和子 等(1995) : プラスチックの海, 海洋工学研究所

出版部, p.300.

김종화·김삼곤·박창두·주수동(1997) : 한국동해 연안어장의 부유성 폐기물 분포와 조성, 수산해양교육학회지, 9(1), pp.31~39.

김종화(1998) : 연안어장의 부유성 폐기물 분포와 조성에 관한 연구 I. 남해 동부해역, 한국어업기술학회지, 34(4), pp.287~293.

김종화(1999) : 연안어장의 부유성 폐기물 분포와 조성에 관한 연구 II. 남해 중부해역의 폐기물 수송, 한국수산학회지, 32(3), pp.338~344.