

진해만의 바다밑 쓰레기에 대한 조사연구

구본삼⁽¹⁾, 강 현⁽¹⁾, 허성회⁽²⁾

Study on the Marine Debris on the Seabed in Chinhae Bay, Korea

by

Bon-Sam Koo⁽¹⁾, Kang, Hun⁽¹⁾ and Sung-Hoi Hur⁽²⁾

요 약

본 연구는 남해안에 위치한 진해만의 바다 밑에서 수집한 쓰레기를 유형별로 분류하는 과정을 포함하고 있다. 1998년 2월부터 1999년 1월까지 저인망을 사용하여 총 11회의 수집 과정을 통하여 바다쓰레기를 수집하였다. 1회에 60- 90분의 간격으로 바다밑 쓰레기를 채취하였으며 이를 8가지(플라스틱, 어구, 금속성 물질, 나무, 고무 혹은 피혁, 유리, 섬유 및 기타)의 형태로 분류하였으며 이를 통하여 8가지의 형태별로 분류된 쓰레기의 개수와 무게 그리고 분포 등의 결과를 얻게 되었다.

본 연구의 결과 조사지역의 단위면적(ha) 당 27.8개(총 1,612개), 3,130 g(총 193,820 g)의 바다쓰레기가 조사되었으며 이중 항목별 조성에 있어서 플라스틱류와 어구류의 구성비가 높았으며 무게별 조성에 있어서는 금속류와 어구류가 가장 높은 것으로 조사되었다.

Abstract

The present study is the first attempt involving quantification of the different types of debris found on the seabed of Chinhae Bay in the South Sea of Korea. Eleven cruises were undertaken to collect marine debris samples by bottom trawling from February in 1998 to January in 1999. The tows were conducted over a period of 60-90 min, and eight types of debris were counted: plastic, fishing gear, metallic objects, wood, rubber or leather, glass, textile and the others. Results are obtained based on the number and weight of the objects classified as per eight categories and station for a trawling period. The results of this study are that the number and weight of debris found per unit of swept area (1 hectare) were surveyed as 27.8(1,612 in total) and 3,130 g(193,820 g in total), and plastic and fishing gear have the most composition of marine debris by number, on the other hand, metallic objects and fishing gear have the most composition of marine debris by weight.

Keywords: marine debris, bottom trawling, Chinhae Bay, seabed debris, composition of marine debris, korea marine debris

(1) 정회원, 수원대학교 공과대학 환경공학과, hkang@mail.suwon.ac.kr

(2) 부경대학교 해양학과

1. 서 론

지구표면의 7할을 차지하는 바다로부터 생명체가 시작되었고 인류도 바다로부터 많은 혜택을 받으며 살아가고 있다. 그러나 현대에 들어와서는 바다에 각종 유해화학물질과 산업폐기물 심지어 핵폐기물까지 유입되고 있어 해양오염은 인류의 미래에 심각한 위협을 주고 있는 것이 현실이다.

모든 오염이 그렇듯이 해양오염도 처음에는 바다의 자정능력만으로 해결될 수 있었다. 여러 가지 경로를 통해 누적되어진 해양오염은 대규모의 어업활동과 레저생활을 시작하면서 문제가 표면화되기 시작하였고, 바다쓰레기 문제도 예외는 아니었다. 육지에서 유입되거나 배 위에서 버려지는 바다쓰레기의 종류도 시대에 따라 변하면서 현재는 플라스틱이나 금속 캔, 유리병과 같이 썩지 않거나 부식되는데 수백 년 이상 걸리는 온갖 폐기물들이 바다로 마구 버려져 한없이 받아주던 바다도 이젠 한계에 이르렀고, 바다의 쓰레기 오염은 또 하나의 중요한 환경문제로 대두되었다(강[1994]).

바다쓰레기의 유입원으로는 육상에서 발생하여 해양에 유입되는 것과 해양에서 즉, 배에서 투기되는 것으로 대별 할 수 있다(Jones[1995]). 또한 바다쓰레기는 분포되어 있는 곳에 따라 해안에 산재되어 있는 해안쓰레기, 해수면에 부유하고 있는 부

유 쓰레기 그리고 해저에 가라앉아 있는 바다밑 쓰레기로 나뉘어 진다(八木[1989]).

세계 각국에서는 해결 방안과 대책을 강구하게 되었고, 바다쓰레기에 대한 연구분야가 생겨나 1980년대부터 미국이 주도아래 바다쓰레기에 관심있는 나라들이 문제대응에 더욱 관심을 가지게 되었다.

우리나라는 삼면이 바다로 둘러 싸여 있어 바다의 가치와 그 중요성은 말할 수 없이 크며 여러분야의 연구가 필요하나 바다쓰레기에 대해서는 1997년 경기만의 쓰레기 조사가 있었을 정도로 아직까지 연구가 미비한 실정이다(강[1998]).

따라서 본 연구에서는 바다밑에 존재하는 쓰레기의 분포를 파악하여 이로 인한 오염실태를 파악하는 것을 목적으로 한다. 조사지역은 남해의 진해만 가덕도 부근 해역으로, 저인망을 이용한 어류현황 조사시 채집된 쓰레기를 수집하여 쓰레기의 양, 조성 그리고 분포에 대하여 조사하였다.

2. 연구방법

2.1 조사 시기 및 지역

조사시기는 1998년 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 월과 1999년 1월에 월 1회씩 총 11회 실시하였으며, 조사 지역은 진해만의 가덕도 서쪽 주변의 A, B, C, D의 4개 지점이다(Fig. 1). 각 지점의 수심은 A와 B가 25 m내외, C가 20 m내외, D는 15~20 m정도이다.

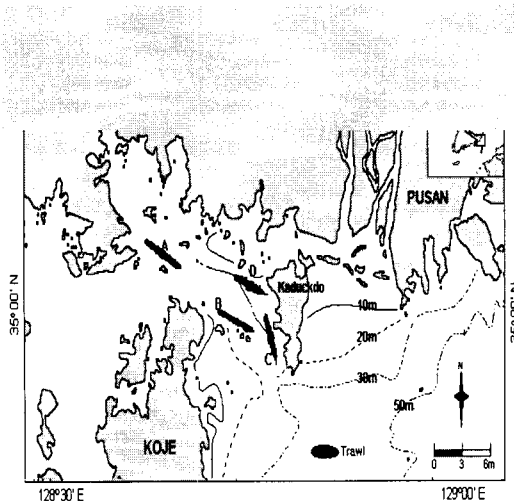


Fig. 1 Sampling station.

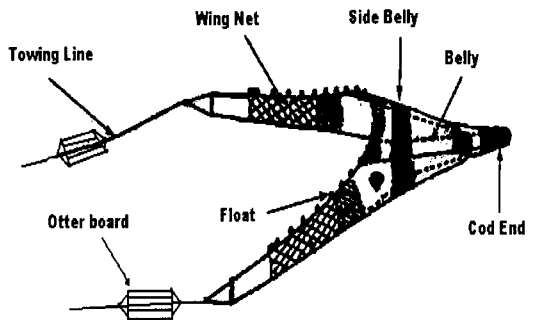


Fig. 2 Formation of a bottom otter trawl.

2.2 시료 채집

저인망 어선에서 어류조사시 사용하는 폭 4.5 m 날개 그물 망목 1.5 cm, 끝자루 망목 1 cm의 외 끌어 저인망(Fig. 2)을 사용하여 바다밑바닥에 가라앉아 있는 쓰레기를 채취하였다. 예인은 약 2.2 knot 속도로 90분간 실시하였으며, 면적으로 약 2 ha에 해당된다.

2.3 시료의 처리 및 성상구분

채집 즉시 선상에서 진흙 등의 이 물질을 해수로 세척하고, 실험실에서 다시 수돗물로 세척한 후 1차로 12시간 동안 물을 제거하여 무게를 측정하고, 건조기에 넣어 건조시켰다(Kanehiro et al.[1995]).

물리적 조성에 따라 비닐·플라스틱류, 나무류, 고무·가죽류, 금속류, 유리류, 섬유류, 어업도구류, 종이류를 포함한 나머지는 기타항목으로 하여 총 8 개의 항목으로 분류하고 항목별로 개수를 조사하고 건조 전후로 나누어 무게를 측정하였다(강[1998]).

수집된 쓰레기 중에서 10 kg 이상이 되는 쓰레기(드럼통, 페타이어, 전기제품 등등)는 너무 크고 무겁기 때문에 건조와 운반이 어려워 개수만 조사하였다(Kanehiro et al.[1995]).

또한 조사된 쓰레기의 항목별 개수나 무게는 단위면적(ha: 10000 m²)당 값으로 나타내어 비교

가 용이하도록 하였다(Galgani et al.[1995], Kanehiro et al.[1995]).

3. 결과 및 고찰

3.1 진해만의 바다밑 쓰레기

진해만의 가덕도 주변에 1998년 2월부터 1999년 1월까지 1년 동안 총 인망 횡수는 22회로 1,810 분간 55.32 ha의 면적을 조사하였다. 수거된 쓰레기는 건조 중량으로 약 194 kg, 개수는 1,612개가 조사되었으며, 단위 면적(ha)당 27.8개, 3,130 g으로 조사되었다(Table 1).

수거된 쓰레기들을 각각의 조성별로 나누어 살펴보면 먼저 개수로는 비닐·플라스틱류가 전체 조사기간에서 가장 많아 총 수거된 쓰레기 1,612개 중 45.8 %를 나타내었고, 두 번째로 어업도구류가 351개로 21.8 %, 세 번째로 금속류가 200개 12.4 %로 이들 세 가지 항목이 전체 조사된 쓰레기의 약 80.0 %로 대부분이었다. 그 다음은 나무류로 8.0 %, 섬유류 4.7 %, 유리류 3.2 %, 고무·가죽류 2.7 %, 그 밖의 기타가 1.4 %의 구성을 보였으며, 종이류는 매우 적은 양이 조사되어 기타항목에 나타내었다(Fig. 3).

쓰레기의 무게에 따른 조성은 금속류가 55,910 g으로 전체 193,820 g중 28.9 %를 나타내었고, 어업도구류가 43,695 g으로 22.5 %, 비닐·플라

Table 1 Survey of marine debris on the seabed of Chinhae Bay

Month	Station	Duration of tow(min)	Total swept area(ha)	Number (No./ha)	Weight (g/ha)
Feb. 1998	A B C	80~90	8.0	37.5	5,249
Mar. 1998	A B C D	60~80	8.3	26.9	4,347
May 1998	B C	70~80	4.6	20.5	1,729
June 1998	C D	90	5.5	17.5	3,487
July 1998	C	80	2.5	15.7	1,400
Aug. 1998	C D	70	4.3	22.2	2,016
Sept. 1998	D	90	2.8	33.5	3,513
Oct. 1998	C D	90	5.5	19.3	1,907
Nov. 1998	C D	90	5.5	42.0	3,536
Dec. 1998	C D	80~100	5.5	39.5	4,875
Jan. 1999	D	100	3.1	31.5	2,366

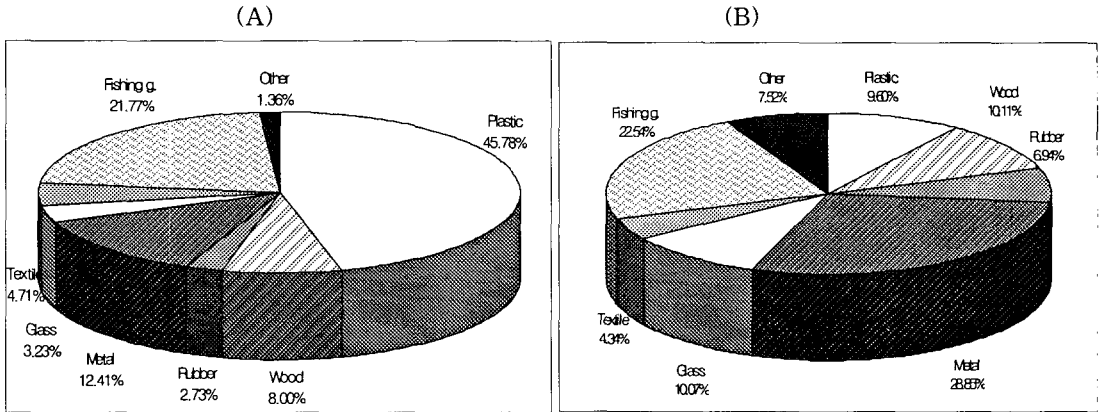


Fig. 3 Composition of marine debris compounds by total number and total weight on the seabed of Chinhae Bay from February 1998 to January 1999

(A) Number, (B) Weight

스틱류가 18,605 g, 9.6 %로 이들 세 가지 항목이 전체의 61.0 %이었다. 나무류는 10.1 %를 나타내었고, 유리류는 10.1 %, 기타가 7.5 %, 그 외에 고무·가죽류가 6.9 %, 섬유 4.3 %로 나타났으며, 습량기준일때 254,835 g으로 건량기준 무게

와 약 61 kg의 차이 즉, 23.9 %의 함수량 만큼의 차이가 있었다(Table 2).

6, 7, 8월에 쓰레기가 개수와 무게에서 모두 적게 분포하는 것으로 조사되었다. 이것은 6~ 8월이 어업활동이 적어지는 시기으로써 배의 운행 횟

Table 2 Composition of marine debris by number and weight on the seabed of Chinhae Bay

(unit: number, g)

		Feb.	Mar.	May	June	July	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.	Jan.	Total	Ave.(%)
Plastic	No.	131	111	22	43	40	39	41	46	81	114	70	738	45.8
	Wt.	2,570	2,255	250	2,100	1,050	400	4,750	980	950	1,760	1,540	18,605	9.6
Wood	No.	12	20	6	11	18	8	8	12	14	16	4	129	8.0
	Wt.	1,270	1,720	550	6,300	2,250	650	750	1,300	3,340	1,410	60	19,600	10.1
Rubber	No.	9	9	1	2	2	4	3	-	5	8	1	44	2.7
	Wt.	1,785	2,185	450	450	800	1,500	390	-	1,295	1,750	2,840	13,445	6.9
Metal	No.	59	26	12	11	8	9	9	12	19	29	6	200	12.4
	Wt.	19,100	12,040	3,070	1,430	1,600	2,010	620	3,300	1,920	8,720	2,100	55,910	28.9
Glass	No.	8	6	4	2	-	2	2	7	19	2	-	52	3.2
	Wt.	2,900	2,050	1,800	1,000	-	800	500	2,600	7,170	750	-	19,570	10.1
Textile	No.	5	14	4	3	2	3	4	2	12	18	9	76	4.7
	Wt.	790	1,180	520	250	880	790	50	50	440	3,250	220	8,420	4.3
Fishing gear	No.	70	32	44	22	6	28	25	27	68	26	3	351	21.8
	Wt.	6,065	12,070	1,280	7,250	180	2,400	2,600	2,260	4,320	4,820	450	43,695	22.5
Other	No.	4	4	1	2	1	2	-	-	1	4	3	22	1.4
	Wt.	7,250	2,360	15	400	100	80	-	-	15	4,350	5	14,575	7.5
Total	No.	298	222	94	96	77	95	92	106	219	217	96	1,612	
	Wt.	41,730	35,860	7,935	19,180	6,860	8,630	9,660	10,490	19,450	26,810	7,215	193,820	
Wet weight		50,540	43,645	10,870	28,250	11,900	13,050	12,600	14,040	24,120	36,980	8,840	254,835	

진해만의 바다밑 쓰레기에 대한 조사 연구

수가 그만큼 적어졌고, 그에 따라 발생하는 쓰레기의 양이 줄었기 때문으로 판단된다. 다시 9월에 쓰레기 양이 많아진 것은 장마철에 밀려온 쓰레기와 휴어기가 끝남에 따라 어업활동이 다시 많아져 잦은 배의 운항에 따라 쓰레기의 양이 증가되는 현상에서 비롯된 것으로 판단된다.

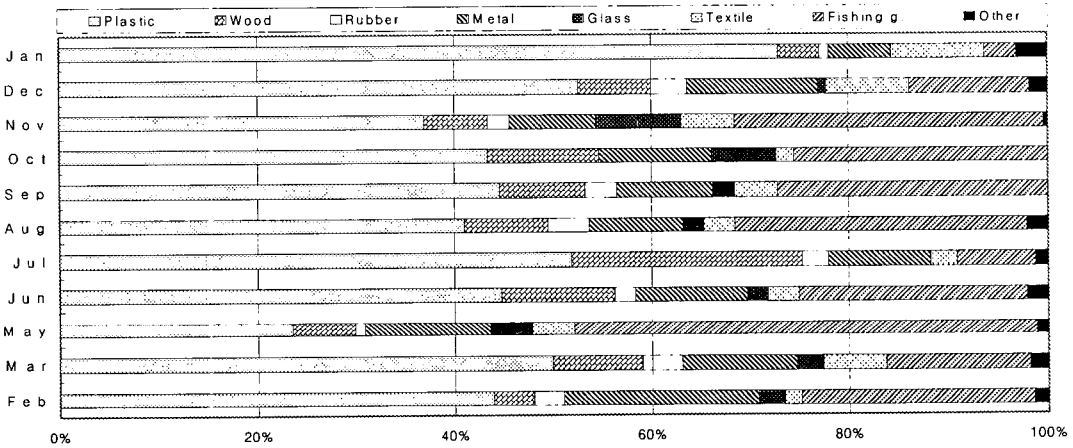
전체 조사기간 중에서 쓰레기의 개수와 무게변화는 있었으나, 월별 성상의 조성비율에 있어서는 개수측면에서 5월의 경우 비닐·플라스틱류가 적은 대신 어업도구류가 많은 것으로 조사된 것과 무게측면에서 9월에 비닐·플라스틱류가 많고

금속류가 적었던 것을 제외하면, 조성변화는 크게 나타나지는 않았다(Fig. 4).

비닐·플라스틱류는 쓰레기 수가 적은 달에도 다른 항목에 비해서는 여전히 많은 수가 조사되었으며, 개수와 무게의 월별 변화는 전체 쓰레기의 변화추이와 흡사한 형태로 나타났다.

성상별로 발견된 비닐·플라스틱류를 살펴보면 조사된 총 738개 중 과자봉지, 라면봉지를 비롯한 비닐 봉지가 549개로 가장 많아 전체 비닐·플라스틱류의 74.4 %를 차지하였고, 그 다음 음료수병과 요구르트병 등의 병류가 76개로 10.3 %

(A)



(B)

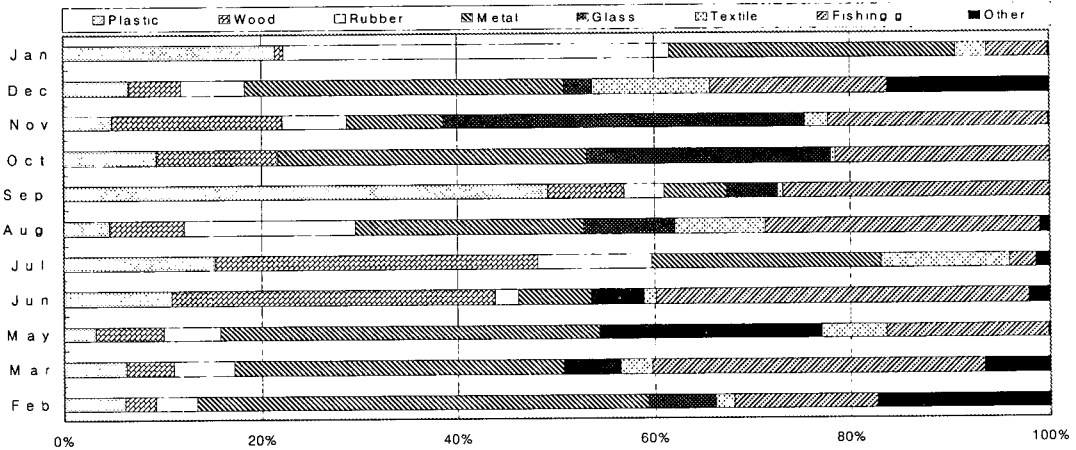


Fig. 4 Composition of marine debris compounds by number and weight on the seabed of Chinhae Bay from February 1998 to January 1999

(A) Number, (B) Weight

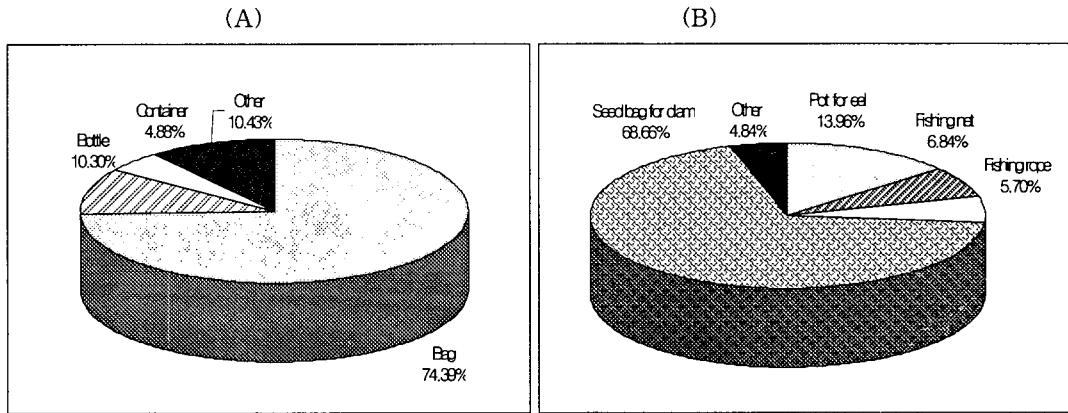


Fig. 5 Composition of plastic and fishing gear debris compounds according to their total number. (A) plastic debris, (B) fishing gear debris

로 나타났다(Fig. 5(A)). 도시락이나 컵라면 등의 용기류는 36개로 4.9 %를 보였고, 그 외 장난감, 볼펜, 자, 농업용 비닐, 의류기 등 다양한 품목이 77개, 10.4 %로 조사되었다.

조사된 어업도구류 351개중에는 장어통발, 게통발, 문어단지 등 통발류가 49개로 14.0 %를 차지하며, 이들은 낚은 것보다는 사용 가능한 것들이 대부분으로 어업활동 중에 유실된 것들로 판단된다. 밧줄과 그물조각은 각각 20개와 24개로 5.7 %, 6.8 %씩을 나타냈고, 가장 많이 채집된 것은 조개나 굴의 종자를 운반하는 양파자루 모양의 종패자루로 241개가 조사되어 어업도구류의 68.7 %를 나타내었으며, 이것들은 대부분 바다에

서의 직접투기에 의한 것으로 판단된다. 그 외 기타항목으로는 낚시줄과 부표 등이 17개로 조사되었다(Fig. 5(B)).

이러한 어업도구류는 어업 활동과 함께 폐기되는 이른바 어업 폐기물로서 바다쓰레기의 문제와 어업활동과의 관계를 이해하는데 중요하다(Kanehiro et al.[1996]). 이 지역에서 특징적으로 많이 나타난 어업도구류는 어업활동이 적은 6~7월에 가장 적은 양이 조사되었으며, 통발류와 종패자루가 많았던 것은 이 지역의 어업허가권과 깊은 관련이 있어 통발 허가와 패류의 양식이 많이 이루어지고 있는 것을 감안해 보면 쉽게 이해할 수 있다.

Table 4 Composition for 5 items of marine debris on the seabed of Tokyo Bay and Chinhae Bay(unit: %)

	Tokyo Bay						Chinhae Bay	
	1993	1994	1993	1994	Average		No.	Wt.
	Number		Weight		No.	Wt.		
Metal								
Glass	36.4	40.3	27.5	18.0	41	33.7	12.4	28.9
		5.3		21.8			3.2	10.1
Plastic	41.6	40.1	15.0	23.9	40.9	19.5	45.8	9.6
Fishing g.	4.5	4.1	13.6	14.4	4.3	14	21.8	22.5
Other	17.5	10.2	43.9	21.9	12.9	32.9	16.8	28.9

3.2 일본 동경만의 바다밑 쓰레기와의 비교

우리나라에는 바다밑 쓰레기에 대한 조사 자료가 없어서 인접한 일본의 동경만 자료와 비교하였다. 그리고 동경만은 동경과 요코하마라는 큰 항구도시로 둘러싸여 있는 지역으로써 육지에 깊숙이 들어간 반폐쇄적인 만이면서 조업이 이루어지고 있어 진해만과 유사한 경향이 있는 곳으로 판단되어 비교의 대상으로 정하였다.

일본 연구팀이 조사한 저인망어선의 어업 활동시에 채집되는 쓰레기를 1989~1994년에 5년 간의 결과에서는 1989년에 5.5 No./ha에서 1994년 2.7 No./ha로 점차 감소하는 경향을 보이고, 무게에 있어서는 200~300 g/ha의 수준이었다. 진해만에서의 조사된 쓰레기량 즉, 27.8 No./ha, 3,130 g/ha과 단순 비교하면 동경만에 비해 진해만이 개수는 평균 8배, 무게에서는 평균 15배나 많았다.

5년 간의 쓰레기 조성의 연변화는 다소 변동은 보이지만 조성에서는 플라스틱이 가장 많고 금속류와 유리류가 그 다음으로 많았다(Fig. 6).

동경만의 조사 결과 중 많은 횡수의 조사가 이루어진 1993년과 1994년의 조성별 구성을 비교하기 위해 진해만의 결과도 동경만과 같이 5가지 항목으로 다시 나누어 계산하였다(Table 4).

쓰레기의 조성에서 플라스틱류와 금속·유리류는 개수비율에서 각각 40.9%와 41.0%로 전체의 대부분을 나타내었고, 무게비율로는 금

속·유리류가 33.7%, 플라스틱류가 19.5%를 나타내었다. 어업도구의 경우에는 개수비율이 4.3%, 무게비율로는 14.0%를 나타내어, 우리나라의 진해만에서 개수비율 22.8%와 무게비율 22.5%로 조사된 결과와는 서로 다른 점이 있었다.

4. 결 론

우리나라에서 바다쓰레기의 분포에 관하여 월별로 장기간 조사한 최초의 결과인 이번 진해만의 바다밑 쓰레기 조사를 통해서 얻은 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 진해만 가덕도 주변의 바다밑 쓰레기의 분포량은 단위면적(ha) 당 27.8개였으며, 무게는 3,130g이었다.
2. 연구기간 동안 조사된 쓰레기의 개수와 무게에 대하여 월별로 변화는 있었으나 조성비의 큰 변화는 없었다.
3. 항목별 조성비에 있어서 개수로는 비닐·플라스틱류가 45.8%로 가장 많았고, 무게로는 금속류가 28.9%로 가장 높은 비율로 조사되었다.
4. 연구지역의 특징으로는 어업활동에서 비롯되는 쓰레기, 즉 어업도구류가 개수비 22.8%와 무게비 22.5%로 개수와 무게 모두 두 번째로 높은 비율을 나타내었고, 이들 쓰레기의 조성은 어업권 허가 현황과 밀접한 관계가 있었다.
5. 본 연구의 조사 해역인 진해만의 바다밑 쓰레

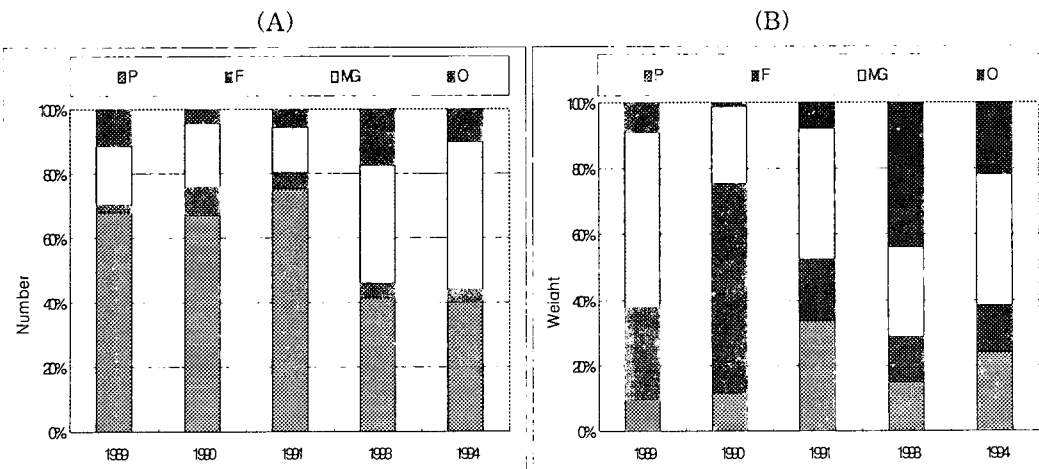


Fig. 6 Variation for composition of marine debris from 1989 to 1994 in Tokyo Bay (P: Plastic, F: Fishing gear, MG: Metal and Glass, O: Other). (A) Number, (B) Weight

기 분포량은 일본의 동경만에 비해서는 평균적으로 개수는 8배, 무게로는 15배 이상의 많은 양이 조사되었다.

후 기

본 연구는 부경대학교와 같은 일정으로 수행되었기에 해양학과 유영생물실의 안용락, 김대지 연구원과 최영갑, 최인갑 선생님 및 관계자 여러분께 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

- [1] 강성현, 1994, “바다, 이 세상에서 제일 커다란 쓰레기통”, 전국YMCA소식.
- [2] 강현, 1998, “인천앞바다 해양오염 영향인자 조사 및 해양환경 관리방안 연구-해양수질, 생태계, 바다쓰레기 분야” .

- [3] Galgani F., et al., 1995, “Distribution and abundance of debris on the continental shelf of the Bay of Biscay and in Seine Bay”, *Mar. Pollut. Bull.*, Vol. 30, No. 1, 58-62.
- [4] Jones Madeleine M., 1995, “Fishing Debris in the australian marine environment”, *Mar. Pollut. Bull.*, Vol. 30, No.1, 25-33 (1995).
- [5] Kanehiro Haruyuki, et al., 1995, “Marine litter composition and distribution on the sea-bed of Tokyo Bay”, *Fisheries Engineering*, Vol. 31, No. 3, 195-199.
- [6] Kanehiro Haruyuki, et al., 1996, “The distribution of litter in fishing ground of Tokyo Bay”, *Fisheries Engineering*, Vol. 32, No. 3, 211-217.
- [7] 八木 信行, 1989, “Plastic類による海洋汚染問題”, *水産の研究*, Vol. 8, No. 4, 68-70.