

연안어장의 부유성 폐기물 분포와 조성에 관한 연구 II. 남해 중부해역의 폐기물 수송

김 중 화
부경대학교 수산과학대학 실습과

A Study on the Distribution and Composition of Floating Debris in the Coast of Korea

II. Transport of Debris in Middle Part of Southern Sea

Jong-Hwa KIM

Dept. of Ship's Training, Pukyong National University, Pusan 608-737, Korea

Floating debris was recorded from a training ship, #1 Kwanaksan, of Pukyong National University with about 10 knots speed at July 15th and 20th of 1997. The sampled area is the middle of southern sea of Korea, divided into 44 unit segments on survey routes. Debris fabrication materials were categorized with 6 items using the following; man-made or natural wood items, paper and cardboard, nylon netting and rope, styrofoam, plastics, floating metal and glass containers. All identified items within a 100 ± 2 m wide band were recorded but ignored if beyond this boundary. The results of distribution and transport of floating debris in the area are as follows: 1. The quantities of debris during the survey were distributed from 1.6~369.7 items/km². The most obvious trend is the widespread distribution of all debris. The highest densities of all debris were discovered in the coastal waters of Namhae and Yokji island, and of about 50 km off from the southward of Yokji and about 74 km off from the eastward of Komun island. Especially many of small styrofoams within $\phi 20$ cm were observed in these segments. 2. Styrofoams and plastics were composed of 83.5% among all debris, next woods items, 9.8%. 3. The quantities, distribution shapes and composition of debris were varied as the observed duration and the natures of each items. 4. These phenomena are concluded that firstly they depend on the river discharges included debris due to precipitation falls, secondly inflow or dumping debris are drifting to the off-shore by Kuroshio currents present at their adjacent sea. But on the basis of the observed data it is difficult that source position, quantities and inflow items of debris are identified, and also the transport processes is pursue. Further more surveys are continuously being investigated, and from this it is hoped that a much wider coverage can be achieved, perhaps on all sites of the Coast of Korea and contributed to the stationary area, finding of sources, removal method of debris and resistants of marine productivity.

Key words: distributing and composition of floating debris, river discharge, transport process

서 론

지구 전면적의 70%를 차지하는 해양은 생명의 원천이며 인류에게 있어서 귀중한 재산이다. 인류는 바다에서 많은 혜택을 받아왔지만 급세기에 들어서면서 각종 유해화학물질이나 폐기물에 의한 환경오염이 급격히 진행되어 바다의 기능저하가 심각한 지구 환경 문제로 대두되었다.

또한 폐유, 산, 알카리, 폴리염화비페닐 (PCB), 유기주석 (SN) 등의 유해화학물질과 방사성 폐기물에 더하여 최근에는 플라스틱 폐기물에 의한 바다의 환경오염도 큰 문제가 되고 있다. 특히, 연안에 투기되는 해양 폐기물 그 중에서도 스티로폼 및 플라스틱 류와 같은 유해화학물질 (환경호르몬)의 생태계 파괴는 심각하여 수산생물과 인체에 투입될 경우 호르몬의 움직임을 교란하여 생체 내 호르몬처럼 작용, 기형을 유발시키고 심지어 수컷을 암컷으로 둔갑시킨다는 연구보고까지 나왔다.

플라스틱은 가볍고 부패하지 않는 좋은 잇점이 있어서 우리들의 생활에 필수품인 의, 식, 주의 여러 분야에서 널리 이용되고 있다.

현재 전세계에서 생산되는 플라스틱량은 연간 1억 톤에 달하며, 앞으로 플라스틱의 사용량은 증대해 갈 것으로 전망된다 (Nakanishi, 1995; 兼廣, 1995). 그러나 우리생활에서 여러 가지 형태로 사용된 플라스틱류는 사용 후 꽤 많은 양이 폐기물로서 배출된다. 폐기물로서 배출된 플라스틱량은 연간 700만 톤에 달하며 그 처리가 사회적 문제로 되어 있다. 불용으로 폐기된 플라스틱 제품의 일부가 하천을 통해서 바다로 흘러 들어간다면 그 양은 세계적으로 연간 수십만 톤에 달할 것으로 추정된다.

세계 선진 각국에서는 자국의 연안해양 보존을 위해 생산시스템 구축과 해양오염방지를 위해 많은 노력을 기울이고 있을 뿐만 아니라 해양에 폐기되었을 때, 분해되는 무해화학물질 (어구, 어망 등)을 개발하고 있는 중이기도 하다 (小城春雄, 1990 & 1992; 土肥義治, 1994 & 1995).

그러나 한국에서는 관련 기초자료조차 찾기 어려운 실정이다. 다만 부유성 해양 폐기물의 분포와 종류에서 80% 이상이 스티로폼과 플라스틱류임을 보고한 경우 (Kim et al, 1997; Kim, 1998)와 부산근해에서 미소 플라스틱입자 (Resin Pellets)의 존재를 보고한

예가 있다(Park et al,1997).

본 연구에서는 청정해역인 육지도와 거문도에 이르는 해상에서 부유성 폐기물의 종류별 분포수량 밀도와 그 조성비를 정량적으로 밝혀서 해양폐기물 오염의 심각성을 보이고, 주변의 해수유동과 강수량 및 바람이 해면에 부유하는 각종 폐기물에 미치는 영향 정도를 나타냄으로써 폐기물 피해해역의 예측과 수거방안을 개발하는 기초자료로 제공코자 한다.

조사 및 방법

1. 현장조사

1997년 7월 15일과 20일의 양일간, 남해 중부해역(육지도~거문도 근해)에서 떠 다니는 각종 해양 폐기물을 부경대 실습선 관악산1호를 이용하여 조사하였다.

대상해역은 사각형으로 구획된 단위해구(Grid-cell)를 위도 5' (= 9.26 km), 경도5' (=7.62 km)으로 정하였으며 단위면적은 70.56 km²이다. 조사된 총 단위해구수는 44개로서 총면적은 약 3104.64 km²이다(Fig. 1). Fig. 1에서처럼 해구별 조사일정은 남해, 소리도 및 육지도 사이의 해상인 해구번호 1~22해 구가 7월 15일, 거문도와 육지도 중간에 위치한 해구번호 23~44해 구가 7월 20일에 조사되었다.

실제로 선박 항행 범위는 매우 좁아서 각 단위해구의 전체면적을 모두 조사하기 어렵다. 그래서 각 해구에 대해 대각선 또는 중,

횡으로 항행하여 육안으로 식별가능한 좌·우현 각 50 m의 범위를 관측, 기록하였다. 이때 측자의 눈높이와 관측범위의 유한성을 유지시키도록 관측폭 제한장치를 만들어 사용하였고, 풍속 4 m/sec 이하일 때만 조사하여 파랑의 산란과 햇빛반사 등으로 인한 물체 식별의 불확실성을 제거하였다.

2. 수문기상 자료

조사된 부유성 폐기물의 분포, 수송과 수문기상적 영향을 파악하기 위하여 조사해역의 강수 유입량과 풍향풍속, 위성사진 및 조류와 해류자료를 조사·분석하였다.

결과 및 고찰

1. 단위해구별 수량분포

남해의 중부해역에서 조사한 부유성 해양폐기물의 총체적 수량 밀도분포를 해구별로 나타내면 Fig. 2와 같다. 최대밀도를 갖는 해구는 29번으로 그 수량은 369.7개/km²이었다. 반면에 가장 적은 량의 폐기물이 조사된 해구는 남해도의 대도섬 아래와 백서이서 쪽인 해구번호 3번으로 그 수량은 6.6개/km²이었다.

이 분포밀도는 동일한 여름철에 조사하여 발표된 거제도 동쪽의 남해 동부해역과 비교하면(Kim, 1998), 남해 중부해역은 분포 밀도의 범위가 좁고 최대수량은 그곳의 60% 를 나타내었다. 그리고 남해 동부해역의 분포밀도와 비슷한 현상은 총 44개 해구 중

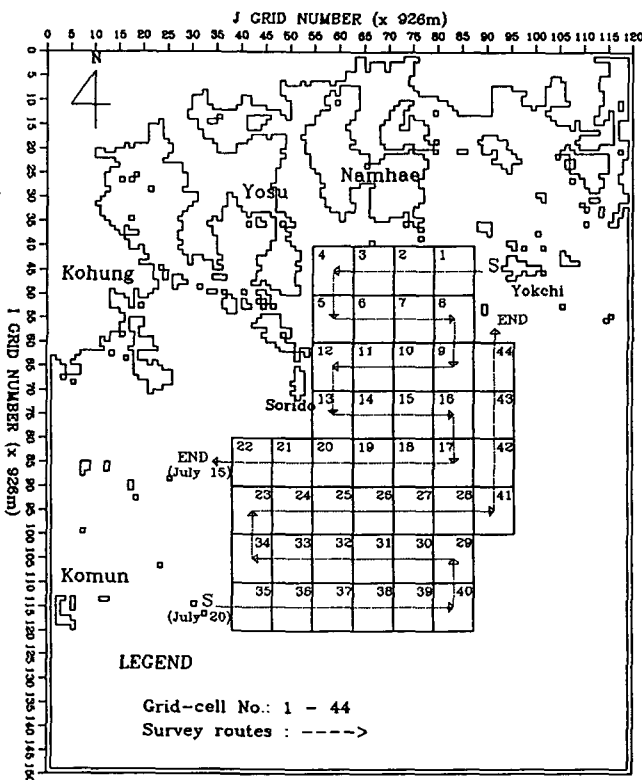


Fig. 1. Grid-cell numbers sampled and the survey routes.

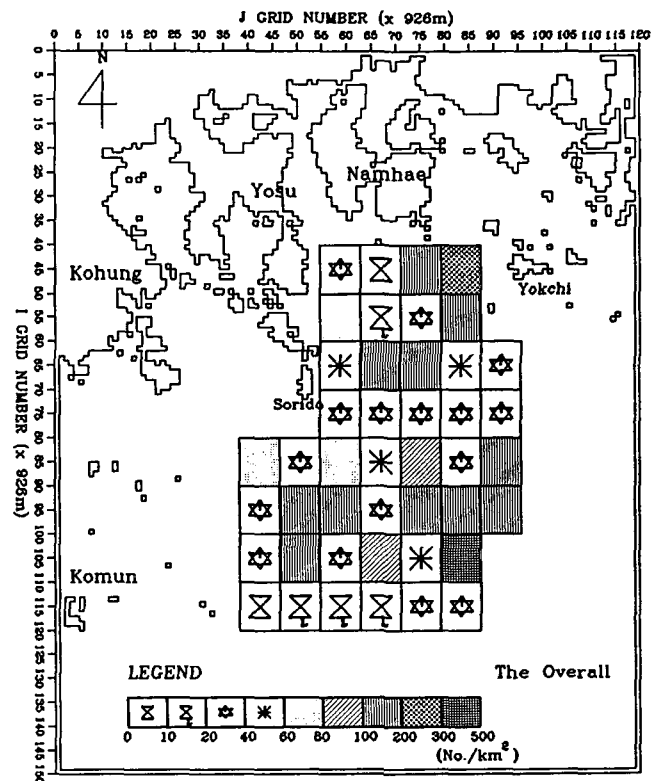


Fig. 2. The overall distribution and relative densities of all debris.

40%가 넘는 18개 해구에서 60개/km² 이상의 고밀도 분포를 보이고 있다.

총체적 수량 밀도분포를 나타낸 Fig. 2의 두드러진 현상은 소리도 남단을 정형으로 북쪽과 남쪽 해역의 2개 집단으로 분리되어 폐기물의 고밀도 해역이 집중되어 있다는 점이다. 즉 100개/km² 이상의 대량 밀집 폐기물이 북쪽해역은 남해도와 육지도 사이에 (1, 2번 해구), 남쪽해역은 소리도에서 남동쪽으로 멀리 떨어진 해상(육지도 남방 50 km와 거문도 동방 74 km 인 29번 해구)에 위치하고 있다. 이 현상은 남해 동부해역이 한국 연안에 집중 분포된 양상과는 다른 특징을 지니고 있다.

Fig. 2의 총체적 해양폐기물은 6개 종류로 세분하여 단위해구별 수량 분포밀도를 나타내면 Fig. 3~8과 같다. 목재류(나무가지, 널빤지, 목재제품 등)의 수량분포는 Fig. 3에 나타내었다. 모두 수량이 60개/km² 이하로 대부분 10개 전후이며, 발견되지 않은 해구도 볼 수 있다. 목재류의 수량분포에서 가장 고밀도 해구는 남해도와 육지도사이인 해구번호 1, 2번이다. 그러나 소리도 남단을 기준으로 북쪽 해구들보다 남쪽해구에서 전반적으로 다소 많이 분포하였다.

Fig. 4는 종이류(종이 및 종이상자류)의 해구별 수량 분포밀도를 나타내었다. 이 폐기물은 소리도를 중심으로하여 동쪽으로 떨어져 존재하며 원형을 형성하거나 육지도 왼쪽 해구에 집중되어 있으므로, 총체적 수량 분포밀도(Fig. 2)의 집중 고밀도 패턴을 닮았다. 그러나 분포수량은 대부분 10개/km² 미만이다.

Nylon 망지 또는 로프류의 분포밀도는 Fig. 5에 나타내었

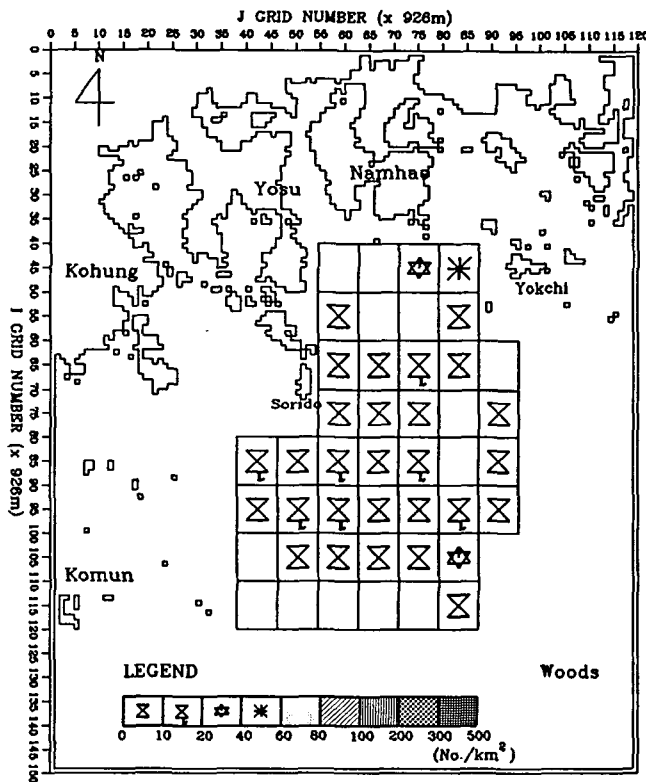


Fig. 3. The distribution shape and relative densities of wood items.

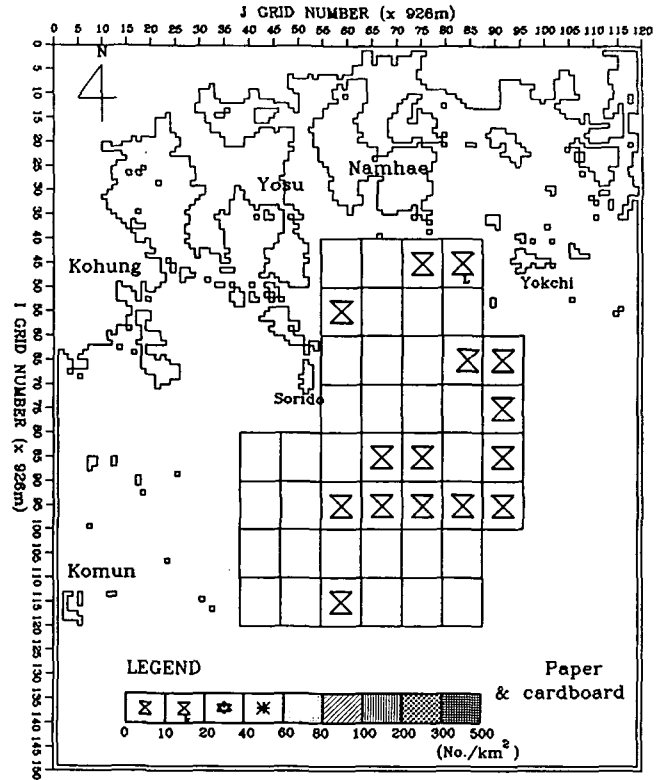


Fig. 4. The distribution shape and relative densities of paper and cardboard.

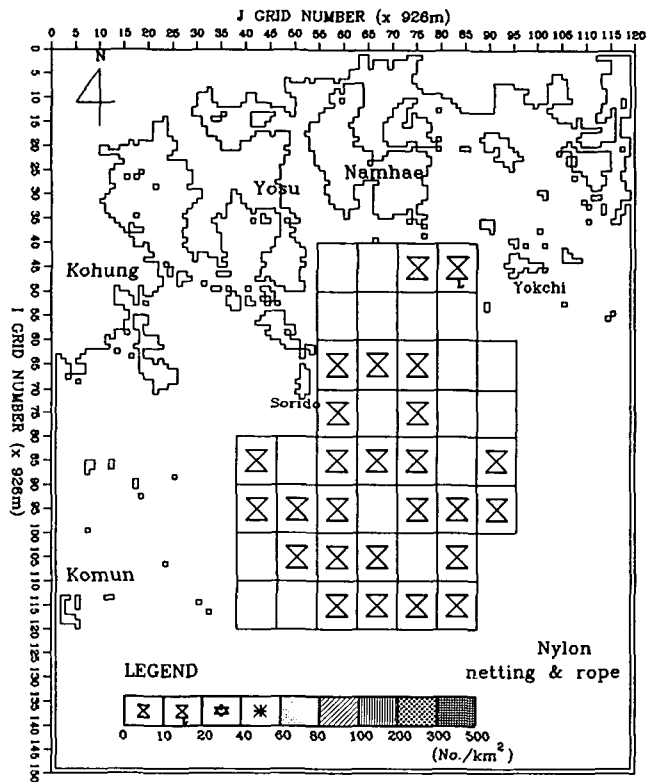


Fig. 5. The distribution shape and relative densities of nylon netting and rope items.

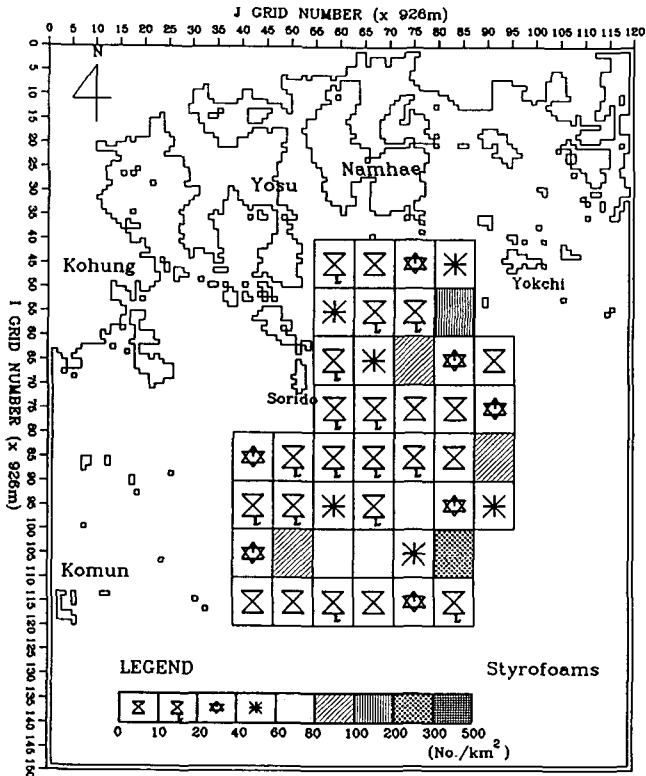


Fig. 6. The distribution shape and relative densities of styrofoams.

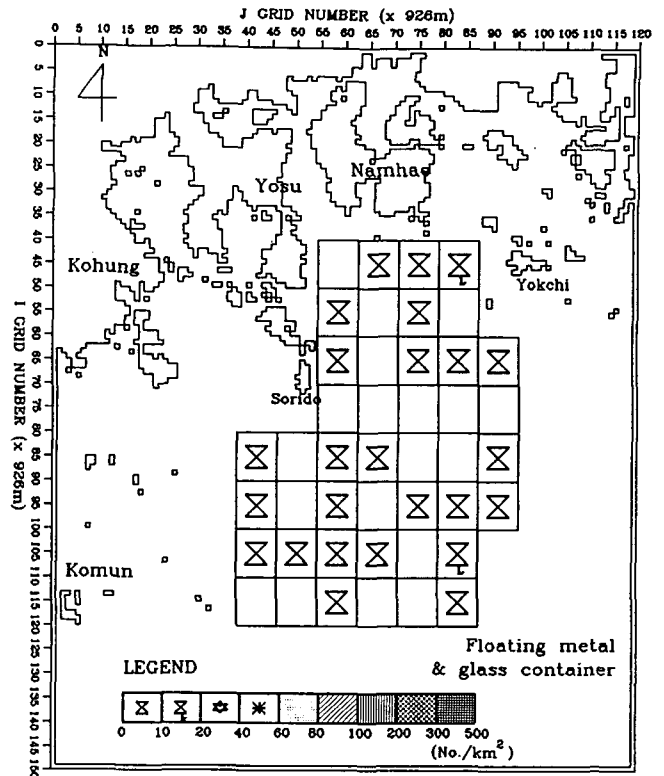


Fig. 8. The distribution shape and relative densities of floating metal and glass container.

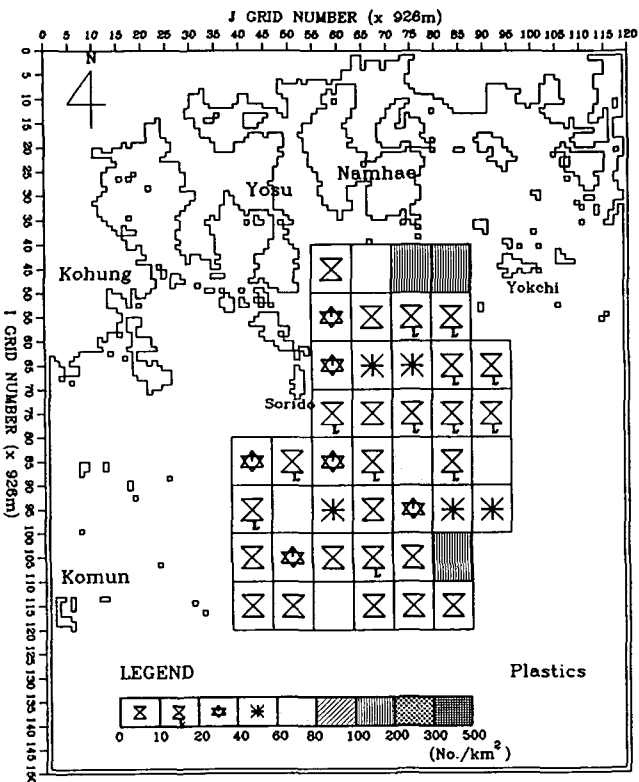


Fig. 7. The distribution shape and relative densities of vinyl and plastics.

다. Fig. 4의 종이류 분포양상과는 다르게 전반적으로 고루 분포하고 있다. 분포수량은 육지도 근처인 1번 해구를 제외하고 10개/km² 미만이나, 종이류보다는 수량이 다소 많음을 알 수 있다. 이 폐기물은 가라앉기 쉽고 이동하기 어려운 특징을 지니며 어업활동과 관련이 있는 폐기물이므로, 분포양상으로 보아 소리도 남쪽 해역에서 어선어업의 어장이 형성되는 해역으로 추정할 수 있다.

Fig. 6은 스티로폼류의 해구별 수량 분포밀도이다. 최대밀도를 갖는 스티로폼류의 수량은 29번 해구에서 212개/km²이었다. 대체로 부유성 폐기물의 종류 중에서 가장 밀도가 높음을 알 수 있다. 그리고 소리도 남단에서부터 멀리 떨어져 고밀도를 형성하고 있다. 부유성 폐기물 중에서도 가장 바람의 영향을 받기 쉬운 스티로폼류는 바람과 표층의 해류영향이 클 것으로 예상된다.

비닐과 플라스틱류의 분포밀도는 Fig. 7에 나타내었다. Fig. 6의 스티로폼류보다 다소 적은 수량으로 분포하고 최대밀도 해구는 남해도와 육지도 사이인 1, 2번 해구로 km²당 각각 107.6, 118.1개가 발견되었다. 그리고 전반적으로 스티로폼류보다 연안에 위치하여 분포하여 있는 것이 특징이다. 비닐과 플라스틱은 라면 및 과자봉지 등 그 구성이 다양하며, 주로 생활 폐기물로 형성되어 바다에 유입된 것으로 보인다. 따라서 강수량으로 인한 하천수의 유입영향이 클 것이다.

Fig. 8은 떠 다니는 금속과 유리용기류의 분포밀도이다. 수량과 해구의 분포형태는 나이론 망지와 로프처럼 전반적으로 고루 분포하고 수량의 최대밀도는 20개/km² 미만이다.

위의 Fig. 3~8에서 보듯이 남해 중부해역에서 폐기물의 각

단위 해구의 종류별 분포밀도를 종합적으로 살펴보면, 나무가지 및 목재류, 종이류, 나이론 망지 및 로프류 그리고 부유성 금속 및 유리용기류는 대부분 10개/km² 이하로 발견되었고 전혀 발견되지 않은 단위 해구도 상당수 볼 수 있었다. 반면에 스티로폼과 플라스틱류는 대부분 많이 분포하였고 심지어 200개가 넘는 집중적 수량분포를 보인 곳도 있었다.

또한 분포 양상은 나무가지류처럼 조사해역에 널리 고루분포하지만 스티로폼과 플라스틱류처럼 몇 개 해구에 집중적으로 모여 있는 형상을 볼 수 있다. 그러므로 폐기물의 생성과 성질상태에 따라 분포 수량과 양상이 다를 수 있다.

2. 종류별 평균수량과 조성비

본 조사기간중 얻은 폐기물의 종류별 평균수량과 조성비는 Table 1과 같다. 총 44개 해구의 평균수량은 74.7개/km²이며, 조사시기별로 보면 1997년 7월 15일과 20일에 각각 70.1개, 79.2개로 조사되었다. 종류별로 가장 두드러진 차이를 보인 곳은 스티로폼류로서 7월 15일 28.4개/km², 20일 41.6개/km²으로 후자에서 얻은 수량이 전자의 그것보다 2배에 가깝다.

Table 1의 괄호 안에 있는 남해 중부해역의 부유성 폐기물 조성비를 보면, 각 폐기물중에서 최대로 조성된 것은 스티로폼류(47.1%)이며 플라스틱류(36.4%)와 합하면 83.5%를 차지한다. 이 조성비는 남해 동부해역의 1997년 7월의 87.2%보다 4.3% 적게 나타났다. 세 번째로 많은 폐기물은 나무가지류로서 9.8%이었다. 조사된 일자별 조성비를 보면 (Fig. 9), 7월15일은 스티로폼류가 40.5%, 플라스틱류가 40.9%로 서로 거의 비슷한 조성비를 나타내었다. 이 둘을 합한 조성비는 스티로폼 및 플라스틱류가 81.4%를 차지한다. 그 다음으로 나무가지류가 11.3%였다.

7월 20일은 스티로폼류가 52.5%로 7월 15일의 그것에 비해 무려 12%가 증가하였다. 반면에 플라스틱류는 32.5%로 나타나 15일 조사에 비해 8.4% 감소하였다.

따라서 해양폐기물의 수량과 조성비는 조사해역과 시기 및 폐기물의 종류에 따라 차이가 있음을 알 수 있다.

3. 수문기상과 폐기물 수송

조사된 해양폐기물은 앞의 결과에서처럼, 분포밀도와 형상 및 조성비가 조사시기와 장소에 따라 다르므로 각 폐기물의 수송은 수문기상적 요소와 함께 비교분석함이 좋을 것이다.

우선 남해 중부해역의 해류와 조류 특성을 보면, 해류는 거문도에서 거제도 남단을 잇는 남쪽해역에서 여름철인 경우 유속은 0.6~1.0 kn의 크기로, NE 방향으로 흘러서 한국 동해로 유입된다 (Odemaki, 1989; OHA, 1995). 해류의 영향권에 해당되는 조사해구는 주로 20일에 조사한 해구로 볼 수 있다.

조류는 거문도와 거제도를 잇는 북쪽의 한국 연안해역에서 활발한 밀·셀물의 흐름이 있으나 이들의 차인 조석 잔차류는 크지 않고, 반면에 여수해만에서 밀물의 최강유속은 북쪽으로 1.5 kn이며 셀물의 최강유속은 남쪽으로 2.5 kn로 흘러 나온다 (OHA, 1995). 즉 여수해만의 잔차류는 최대 1 kn 로 되어 섬진강의 영향임을 알 수 있다. 그리고 세존도와 갈도사이 (해구번호 8)의 조류는 WSW 및 E 방향으로 흐르며 유속은 1 kn이다. 백서의 남쪽 (해구번호 6, 7)에서는 WSW 방향으로 1.3 kn, SSE 방향으로 0.8 kn로 흐르므로 이들 주변해역에는 0.5 kn 의 잔차류가 반시계 방향으로 흐르고 있음을 알 수 있다.

조사기간중 주변 해안지역 강수량을 살펴보면 Table 2 와 같다. 거제, 남해, 여수 및 고흥은 15일과 20일을 중심으로 3~4일전에 대량의 폭우가 쏟아졌다. 특히 11일은 거제, 남해, 통영지방 순으로 113~146 mm의 강수량을 보였다 (MRI, 1997).

두 차례 (11일과 16일)의 강수량은 이번 해양 폐기물 조사시기인 15일과 20일 모두에 영향을 크게 미쳤음을 알 수 있다.

또 각 지방의 강수량이 하천을 통해 연안 바다에 유입함으로 나타나는 해양요소 중 해수의 표층온도를 위성사진 (NOAA-12/14)으로 보면 Fig. 10과 같다. 왼쪽 그림은 1997.07.10~15일에 찍은 것으로 11~12일 강수량 영향으로 충무, 남해도 해역은 구름과

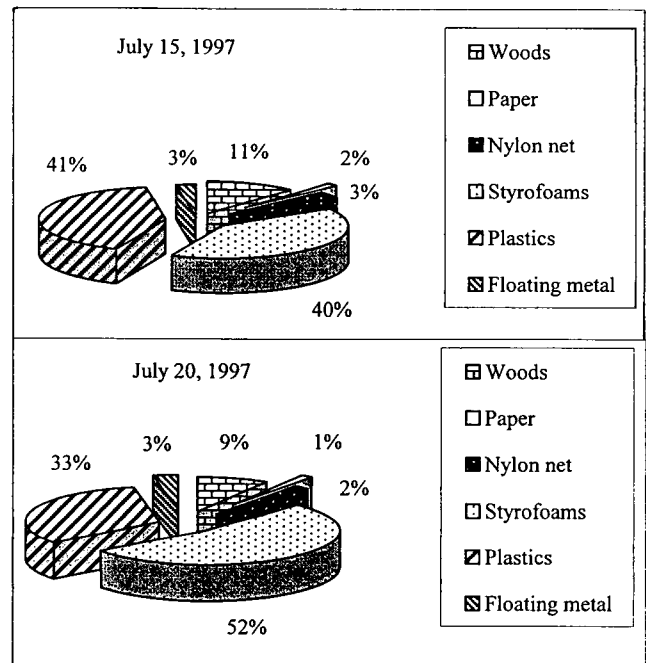


Fig. 9. The overall composition of each items in the middle of southern sea of Korea.

Table 1. Numbers and composition of floating debris in the middle of southern sea of Korea (July,1997)

(No./km² ; parentheses, %)

Day	Woods	Paper & cardboard	Nylon netting & rope	Styrofoam	Plastics	Floating metal & glass	Total
15	7.9 (11.3)	1.1 (1.6)	2.2 (3.1)	28.4 (40.5)	28.7 (40.9)	1.8 (2.6)	70.1
20	6.9 (8.7)	1.1 (1.4)	1.5 (1.9)	41.6 (52.5)	25.7 (32.5)	2.4 (3.0)	79.2
Mean	7.4 (9.8)	1.1 (1.5)	1.9 (2.4)	35.0 (47.1)	27.2 (36.4)	2.1 (2.8)	74.7

Table 2. Precipitation in adjacent areas of southern sea of Korea (July, 1997) (Unit : mm)

Day	Koje	Tongyong	Namhae	Yosu	Kohung	Remarks
11	146.5	113.9	127.5	83.7	83.5	Rainy season
12	8.0	5.2	10.5	5.7	1.5	
13	1.5	0	0.5	0	0	
14	0	0	0	0	0	
15	0.5	0	0	0	0	Observed day
16	64.0	35.7	48.0	53.0	66.5	
17	4.0	6.3	3.5	0.7	0	
18	0	0	0	0	0	
19	0	0	0	0	0	
20	0	0	0	0	0	Observed day
21	0	0	0	0	0	
22	0	0	0	0	0	

강수량 유입으로 해수온도가 23℃ 이하로 낮으며 검고 푸른색으로 나타난 곳이 많았으나, 07.18~22 일에 짙은 오른쪽 그림은 조사 해역의 해수온도가 24~25℃로 고루 분포하여 노란 색으로 나타나 있다. 이들의 위성사진은 강수량 유입이 수온에 영향을 보임을 뜻한다.

그러므로 이상의 해류와 조류 및 수문기상학적 특징을 살펴볼 때, Fig. 2 및 7과 같이 총체적 폐기물과 비닐, 플라스틱류의 생활 폐기물이 남해도와 육지도 해역에 집중적으로 존재함은 11일의 강수로 인해 다량의 하천수가 바다에 유입되어 나타난 것임을 알 수 있다.

한편, Fig. 6에서처럼 7월 20일에 조사된 해역 중 거문도와 거제도를 잇는 남쪽해역에 속하는 해구들에서 가벼운 재질로 된 스티로폼류가 밀집되어 나타나는 현상은, 해류와 조류의 특성에서 말해주듯이 강수량 유입으로 인해 소리도 동쪽과 육지도 서쪽 해역에 존재하는 폐기물이 반시계 방향으로 회전 또는 정체하면서 조류와 해류의 경계면 (Odemaki,1989)을 타고 서서히 이동한 상태로 보인다. 여기에 남해지역의 풍향이 15~18일 까지 WSW로,

풍속은 일평균 1.2~2.9 m/s로 불었기 때문에 (MRI,1997) 조류보다 해류의 영향권에 진입하면 이 폐기물은 해류의 흐름을 타고 NE 방향으로 이동하게 될 것이다. 그 결과로 Table 2의 평균수량과 조성비에서 스티로폼류와 플라스틱류를 비교하면, 20일 조사에서 스티로폼류가 현저히 많음을 볼 수 있었다. 그리고 각 해구별 스티로폼류의 조성을 보면 (Fig. 11), 20일 조사된 22개 해구 중

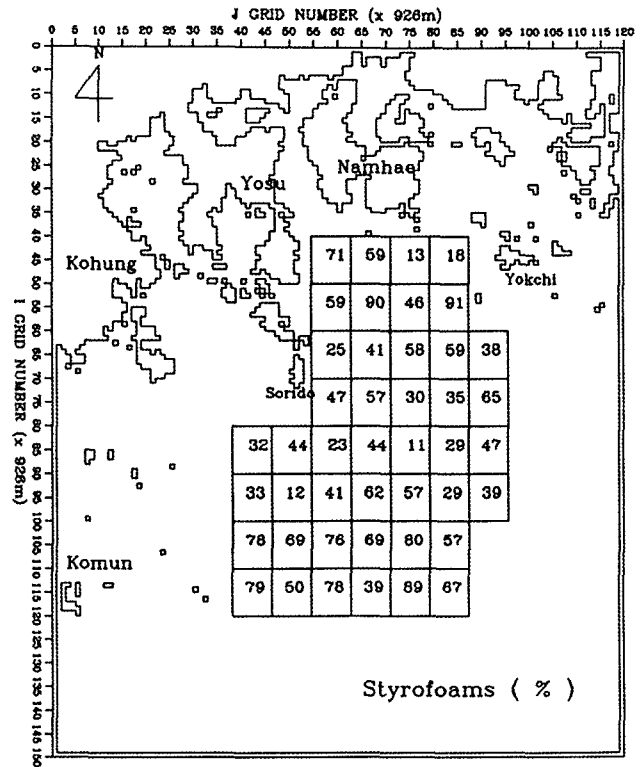


Fig. 11. Composition of styrofoam in each grid-cell.

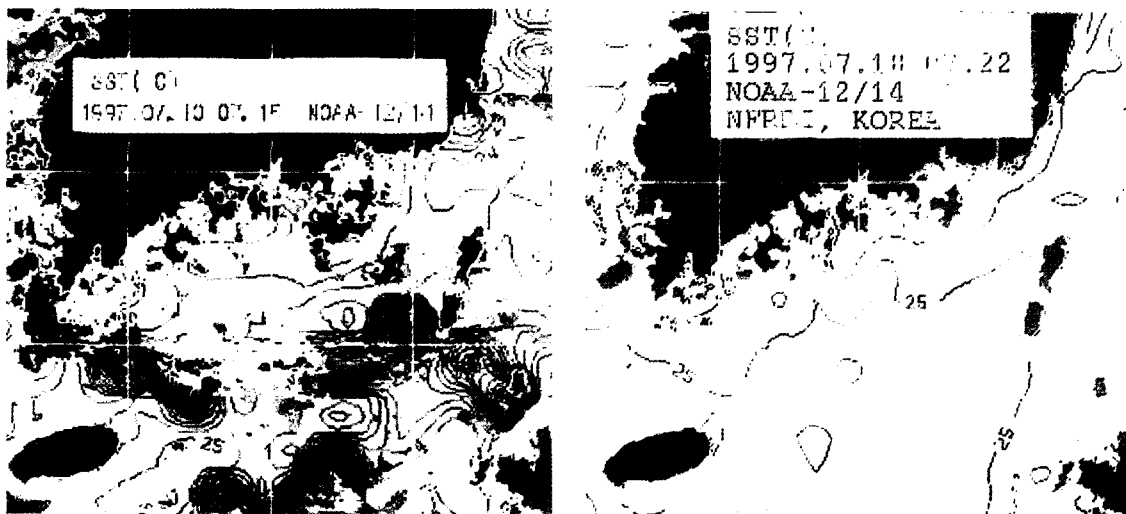


Fig. 10. Satellite photograph in southern sea of Korea (NOAA-12/14).

스치로폼류가 50% 이상인 해구는 14개이며 특히, 70% 이상인 해구가 6개임을 볼 때, 해안에서 많이 표류하여 수송이 진행되었음을 알 수 있었다.

요약 및 결론

한국 남해 중부해역에서 여름 장마철에 조사된 부유성 폐기물의 분포와 수송에 대한 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 해양 폐기물 총수량 분포밀도는 6.6~369.7개/km²으로 그 범위의 변동폭이 크지만 남해 동부해역보다는 작았다. 가장 밀도가 높은 해역은 남해도 남단과 육지도 서쪽에 위치한 1,2번 해구와 29번 해구(육지도 남방 50 km와 거문도 동방 74 km)로 작은 스티로폼류가 유달리 많았다.

2. 폐기물의 조성비에서는, 스티로폼류(47.1%)가 가장 많았고 다음이 플라스틱류(36.4%)로서 합하면 83.5%를 차지한다. 이것은 동년 동기간의 남해 동부해역의 조성비 87.2%보다 4.3% 작게 나타났다. 세 번째로 많은 폐기물은 목재 및 나무가지류로서 9.8%였다.

3. 이들 해양 폐기물이 조사시기와 폐기물의 성질상태에 따라 분포수량 밀도와 형상이 다를 수 있으며, 이와 같은 현상은 강수량으로 인한 하천수의 해양 유입량에 따라 크게 변할 수 있음을 보였고, 해양에 유입 또는 폐기된 물질은 주변 해역의 조류와 해류 및 바람을 타고 외해로 수송됨을 추정케 하였다.

앞으로 폐기물의 정량적 해양유입과 종류의 식별을 위하여 계속 조사의 필요성이 있으며, 이를 통하여 각 해역마다 폐기물의 정체와 이동 과정을 확인함으로써 피해해역의 예측, 수거대책과 해양생산의 저해 원인 등을 위한 연구가 추진되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- Kim, J.H. 1998. A study on the distribution and composition of floating debris in the coast of Korea. I. Southeastern Sea. Bull.Korean Soc. Fish. Tech., 34 (3), pp.287~293 (in Korean).
- Kim, J.H. 1997. Distribution and composition of floating debris in the East coast of Korea. Jour. Fish. Mar. Sci. Edu., 9 (1), pp.31~39 (in Korean).
- Meteorological Research Institute (MRI). 1997. Monthly meteorological report (in Korean).
- Nakanishi, H., H. Ogi, N. Kamezaki and K. Omuta. 1995. The sea of plastics : marine life threatened and endangered. Ocean Eng. Res., Tokyo, Japan, 300p (in Japanese).
- National Fisheries Research and Development Institute. 1997. Remote sensing charts of NOAA.
- Odamaki, M. 1989. Tides and Tidal Currents in the Tusima Strait. Jour. Oceanogr. Soc. Japan, 45, PP.65~82.
- Office of Hydrographic Affairs (OHA). 1995. Marine environmental atlas of Korean Waters. Korea. pub. No. 710, pp.1~45 (in Korean).
- Office of Hydrographic Affairs (OHA). 1995. Pusan Hang to Komundo. Chat No.229, 2Ed. (Int. 5253).
- Park, C.D., E.C., Chung, S.K., Kim, J. H., Lee and J.H., Kim. 1997. A study on the distribution of resin pellet in the coast of Pusan. Spring Joint Meeting and Symposium of the Korean Societies on Fisheries Science. pp.330~331 (in Korean).
- 兼廣春之. 1995. 海洋のごみ問題-プラスチック廃棄物による海洋汚染の現状と取組, 月刊 廃棄物, pp.124~131.
- 小城春雄 1990. & 1992. 海洋廃棄物 対策調査委員 事業報告書-海藻類によるプラスチック粒子の 取り組み, 水産廳委託研究. pp.1~4.
- 土肥義治 1994. & 1995. 生分解性プラスチック漁具開發事業報告書, 水産廳委託研究. pp105.

1999년 3월 9일 접수

1999년 5월 12일 수리