

# 한국 동해 연안어장의 부유성 폐기물 분포와 조성

김종화 · 김삼근 · 박창두\* · 주수동\*\*

(부경대학교 · \*국립수산진흥원 · \*\*교육부)

## I. 서 론

해양은 인간의 생명의 원천이며 많은 풍요로운 혜택을 제공하고 있다. 그러나 인류는 금세기에 접어들면서 각종 유해 화학물질과 고상 폐기물을 쉴새없이 해양에 유입시킴으로 인해 해양은 급격히 오염되고 있다. 지구환경문제의 하나로서 해양에 유입된 각종 오염물질은 해양에 그대로 축적되어 생태계 또는 어장환경에 큰 영향을 미치고 있다.

해양에 투기된 폐기물(쓰레기)은 여러가지를 들 수 있으나 해수에 용해되지 않고 또 잘 썩지 않으며 해면에 떠 다니거나, 해안에 산재하는 것이 대부분이다. 이러한 폐기물에 관한 조사연구에 대해서는 몇가지 보고가 있었다(Dixon & Dixon, 1983; Forbes, 1986; Pruter, 1987; Ye & Andrady, 1991). 또 동경만의 해저에 가라 앉은 해양폐기물을 저인망어선의 조업을 통하여 수집한 량과 그의 해역별 분포에 대하여 조사한 보고도 있다(Kanehiro et al, 1995). 그리고 해양에 투기된 각종 폐기물 중 해양생물의 생존에 직접 영향을 끼친 연구결과도 보고되었다(Shanghnessy, 1980 ; Laist, 1987).

한국에서는 그동안 연안에 유입된 임해공단의 유독성 폐수, 영농활동에 의한 화학물질과 축산폐수 및 생활하수 등에 대하여 활발하게 조사연구되어 왔다(정재춘, 1995). 그리고 최근에는 해상활동에 의한 해양오염원으로서 선박의 해난으로 야기된 유류오염이 급증하였고 이에 대한 보고도 있었다(시민환경연합, 1995).

그러나 우리나라 연안어장에서 해양생물의 먹이로 섭취되거나 생물성장과 선박의 항행활동을 저해하는 부유성 폐기물에 관한 실태를 조사한 연구논문이 발표된 바 없는 실정이다.

본 연구에서는 한국 연안어장 특히 여름철 동해 연안을 대상으로 하여 해양에 떠 다니는 일반 폐기물과 어망조각, 스티로폴 제품 등의 산업 폐기물에 의한 연안어장의 오염 실태를 조사하여 그 분포와 조성에 관하여 분석, 검토한 결과를 보고하고자 한다.

## II. 조사방법

1996년 8월 19일부터 26일까지의 기간에 부산근해 해상에서부터 독도·울릉도를 거쳐 죽변 연안까

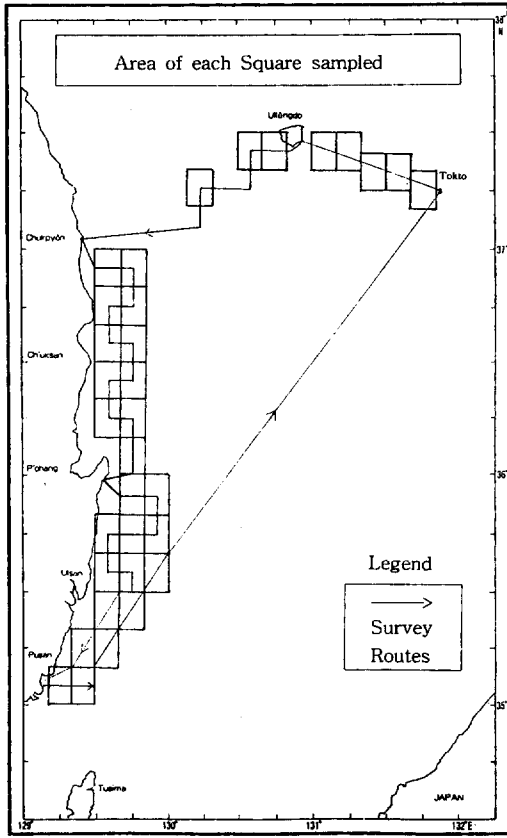


Fig. 1. Area of each segment square sampled and the survey routes.

지와 측면 연안에서부터 다시 부산 근해까지의 연안어장에 부유하는 각종 폐기물을 부경대 실습선 관악산호를 이용하여 조사하였다. 조사해역의 단위 해구와 면적 및 선박항적을 Fig.1에 나타내었다.

대상해역은 사각형으로 구획된 단위해구 (segment)를 위도 10' (=18.5 km)×경도 10' (= 14.8 km)로 정하였으며 단위면적은 약 274 km<sup>2</sup>이다. 조사된 총 단위해구의 수는 33개로서 총 면적은 약 9,075 km<sup>2</sup>이다.

하나의 단위해구 조사는 넓은 면적으로 인하여 해구 전체를 조사하기 어려우므로 단위해구의 중심 또는 대각선으로 선박이 항행하여 육안으로 폐기물의 종류와 크기가 충분히 식별가능한 범위의 거리까지를 관측,기록하였다. 이 때, 종으로는 선수에서 현측에 이르는 90°의 해표면으로 하고, 횡으로는 좌·우현에서 일정한 시야까지 볼 수 있도록 해면 용시각도를 관측자의 눈높이(해면에서 6.6 m)를 수평으로 하여 7~8°아래에서 선박 현측아래 해면까지로 하였다. 그 결과 좌우현의 횡범위는 50 m내에 속하여 조사폭의 길이는 약 100 m정도였다.

파랑의 산란과 햇빛반사 등으로 인한 물체식별이 어려움을 감안하여 가능한 한 해를 등지도록하고 풍속은 4 m/sec이하일 때만 조사하였다. 선속은 10 kt정도로, 선수방향은 일정한 방위를 유지하도록 하였다.

조사된 부유성 폐기물은 목재류, 종이류, Nylon 망지류, Styrofoam & Plastic류 및 부유성 금속과 유리 용기류의 5개 항목으로 나누어 분석하였으며, Fig.1과 같이 단위해구에 따라서 조사면적이 다르므로 해구별 1 km<sup>2</sup> 당의 폐기물 수량을 계산하였다.

### Ⅲ. 결과 및 고찰

#### 1. 단위 해구별 부유성 폐기물의 분포

동해의 33개 해구에서 조사한 폐기물의 수량을 나타내면 Fig. 2와 같다. 동해 연안에 인접한 측면에서 부산근해까지는 25개 단위 해구중 19개 해구에서 1 km<sup>2</sup>당 10개 이상의 쓰레기가 분포하고 있으며, 6개

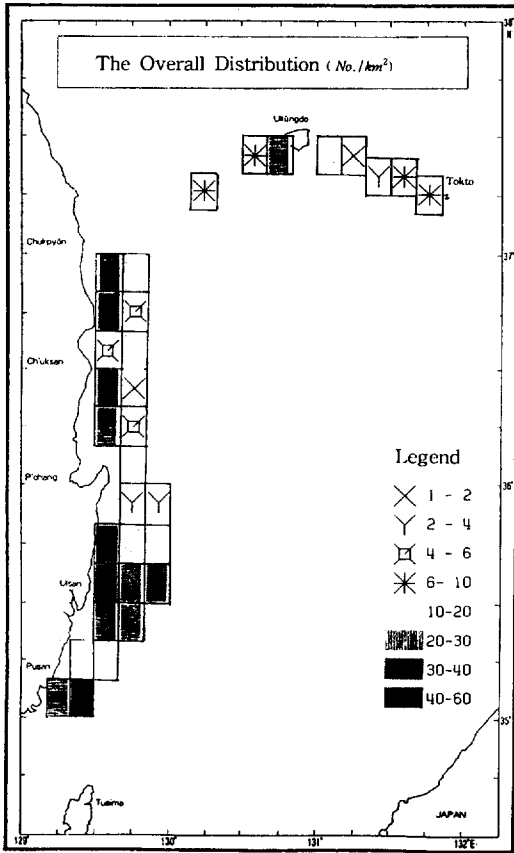


Fig. 2. The overall distribution and relative densities of all debris types.

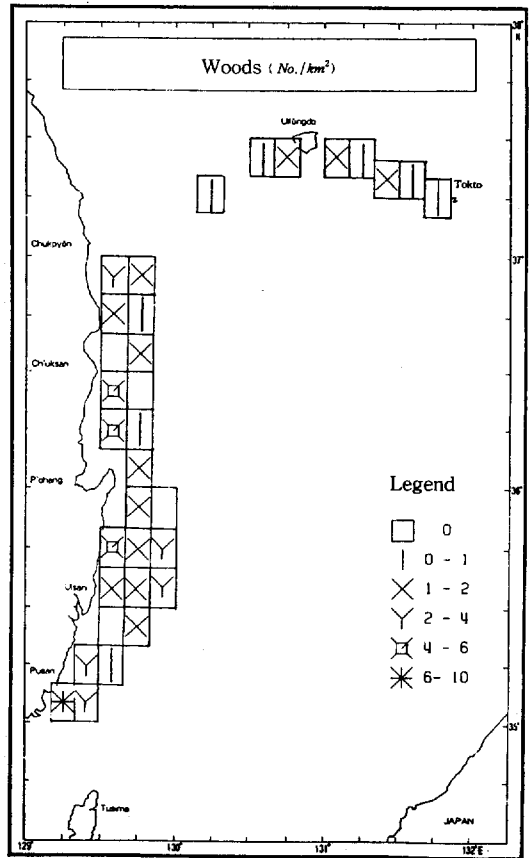


Fig. 3. The relative distribution of wood items.

해구에서 6개 미만의 쓰레기가 분포하였다. 반면에 울릉도·독도 주변해역은 8개단위해구중 울릉도에 가까운 2해구에서 10개 이상의 쓰레기가 분포하였고, 2개 미만의 적은 분포를 갖는 해구도 있었다.

특히, 부산과 울산 연안해구에서는 30개 이상의 쓰레기가 분포하는 곳이 대부분이다. 이 둘 연안은 인구밀집으로 대도시로부터 유입되는 폐기물 및 대형선박의 출입항 또는 장기 체류등으로 투기되는 물질때문으로 생각된다.

쓰레기 분포밀도는  $1 \text{ km}^2$ 의 해상에 1~60개로서 범위의 폭이 크게 변동하였다. 영국 동해인 북해(North sea)에서 조사된 쓰레기 분포는 2~3개 또는 3개 정도가 많았으므로 그 분포 밀도의 범위는 좁고 수량도 한국의 동해에 비해 훨씬 적었다(Dixon, 1983). 그러므로 한국의 동해 연안해역은 부유성 폐기물로 인해 해양오염도가 매우 심각함을 알 수 있다.

나무가지, 널판지 및 목재제품(어상자 등)의 해구별 상대적 분포밀도를 수량으로 나타내면 Fig. 3과 같다. 해구별 평균 수량분포의 밀도는  $1 \text{ km}^2$ 당 10개 미만이며 발견되지 않은 해구도 4곳이나 있었다. 그리고 이 항목에서 가장 많이 발견된 수량은 6개 이상으로 부산 남방해구임을 알 수 있었다.

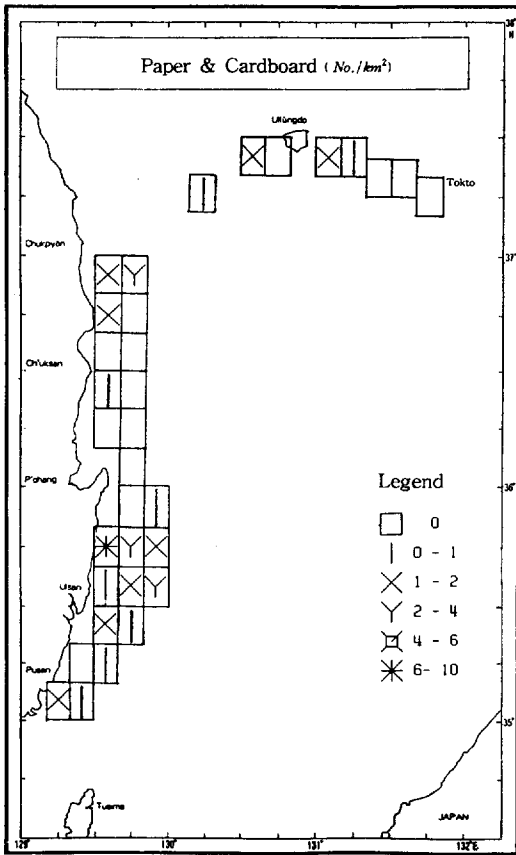


Fig. 4. The relative distribution of paper and cardboard.

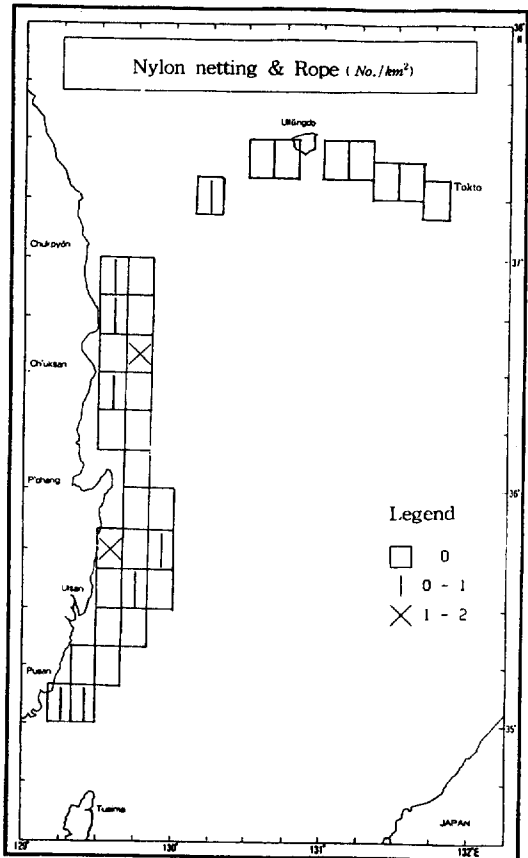


Fig. 5. The relative distribution of nylon netting and rope items.

한편, 울릉도 독도부근 해역에서는 2개 미만으로 분포 밀도가 낮았다. 이 해역은 영국의 북해에서의 그것과 비슷한 분포를 하였다.

Fig. 4는 종이 종류의 분포도이다. 울산 연안해역에서 널리 분포하고 있으며 최대수량은 6~10개 미만이다. 그의 해구는 2개 미만이며 포항근해와 축산해역은 발견되지 않는 곳도 몇 해구 있었다. 영국의 북해에서는 연안에 가까울수록 수량이 증가하였으나 우리나라 동해안의 분포는 연안의 원근보다 해역별 차이가 두드러진 것이 특징이다.

Nylon 망지 또는 Rope 종류의 분포는 Fig.5 에 나타내었다. 최대수량이 2개 정도이며 없는 해구가 많았다. 이 쓰레기는 어업활동과 관련이 있는 폐기물이며 가라앉기 쉬우므로 그 분포밀도는 아주 낮았다.

Fig. 6은 Styrofoam & Plastic류의 상대적 분포도를 나타내었다. 이 종류는 가라앉지않고 떠다니므로 그 분포수량이 전 쓰레기 수량을 좌우할 만큼 다량으로 분포하고 있다. 특히 인구가 집중된 대도시(부산, 울산) 연안에 널리 분포하였으며 최대수량은 47개였다.

Fig. 7은 부유성 금속 및 유리용기의 분포를 나타내었다. 최대수량은 4개 미만이며 울산 부근해역과

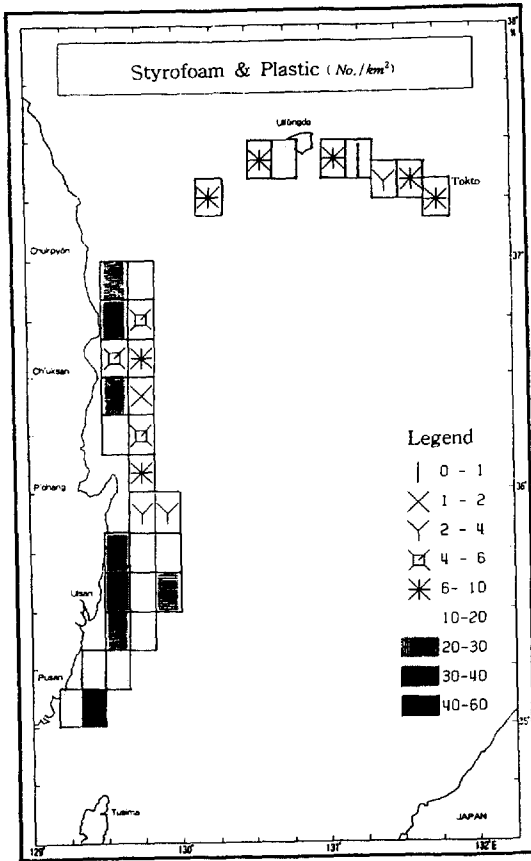


Fig. 6. The relative distribution of styrofoam and plastics.

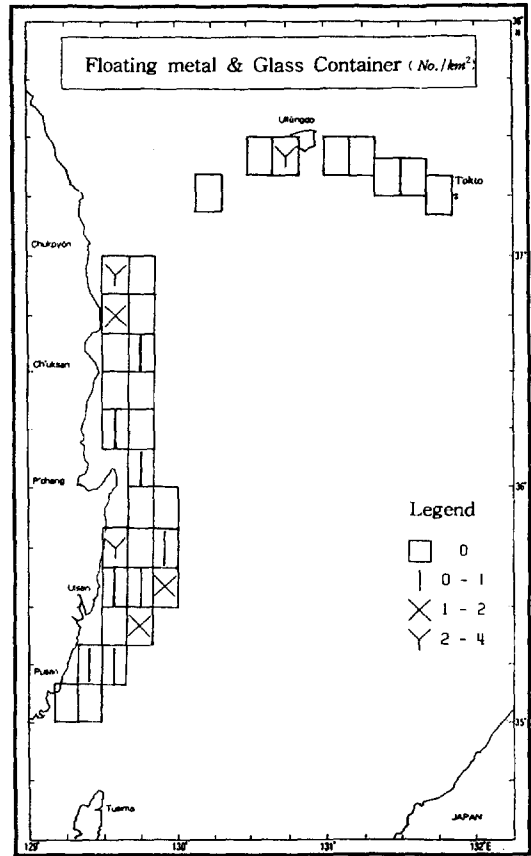


Fig. 7. The relative distribution of floating metal and glass containers.

축산, 죽변 연안에도 널리 분포하고 있고 울릉도 남서해구에도 발견되었다.

## 2. 부유성 폐기물의 수량과 조성비

해역별 특징을 파악하기 위하여 조사된 동해 연안어장의 33개 단위해구는 크게 3개 해역으로 구분하여 울릉도·독도해역(UD), 죽변에서 포항근해 해역(JP) 및 구룡포에서 부산근해 해역(KP)으로 나누었다. 각 해역의 단위해구들에서 평균된 1 km<sup>2</sup>당의 쓰레기 수량 및 조성비를 나타내면 Table 1과 같다.

동해 전 조사해역에서 5 종류의 쓰레기 밀도는 평균 16.85개이며 그 중 Styrofoam & Plastic류가 13.66개로 81.1%를 점유하였다. 그 다음은 나무가지 또는 목재제품 등이 9.1%, 종이나 종이상자 등이 5.5%를 차지했다.

대별된 3개 해역별로 살펴보면, KP해역의 1 km<sup>2</sup>당의 분포수량이 UD, JP해역보다 많아서 24.35개이며 이 해역에서 최대수량을 갖는 단위해구는 No.2 해구(부산외해)로서 52.04개 였다. JP해역의 쓰레기 수량은 17.11개이며 최대수량을 갖는 단위해구는 No.24 해구(화모말:후포항 윗쪽해역)로서 36.63개였

**Table 1. Quantity and percentage of debris per km<sup>2</sup> in each item and section (parentheses : %)**

Section	Woods	Paper & Cardboard	Nylon netting & Rope	Styrofoam & Plastics	Floating Metal,Glass	Sum
UD	0.97 (10.5)	0.55 ( 6 )	0.08 (0.9)	7.19 (78.1)	0.42 ( 4.5 )	9.21
JP	1.37 ( 8 )	0.83 (4.9)	0.28 (1.6)	14.12 (82.5)	0.51 ( 3 )	17.11
KP	2.29 (9.4)	1.42 (5.9)	0.31 (1.3)	19.66 (81.1)	0.57 (2.3)	24.25
Mean	1.54 (9.1)	0.93 (5.5)	0.22 (1.3)	13.66 (81.1)	0.5 ( 3 )	16.85 (100)

\*UD : 울릉도 · 독도해역(8개 단위해구)

JP : 죽변에서 포항근해(11개 단위해구)

KP : 구룡포에서 부산근해(14개 단위해구)

다. 이곳 역시 거의 대부분 Styrofoam류가 82.5%였다.

반면에 UD해역은 그 수량이 9.21개로서 타해역에 비해 적었으며, Styrofoam류의 수량도 7.19개로 78.1%을 보여 역시 조금 적게 나타났다. 그러나 목재류와 종이류가 16.5%를 차지하여 타해역보다 약간 많게 나타났다. 이 해역에서의 최대수량은 No.11해구(울릉도 남서해역)로서 20.95개였다. 이 해구의 특징은 부유성 금속 및 유리 용기류가 16.1%를 차지하여 동해의 총 33해구중에서 가장 많이 분포하였다.

Table 2는 폐기물의 종류에 따라 분포수량을 7등급으로 나누어 그 조성비율을 나타내었다.

목재 제품류는 대부분 1 ~5개 미만인 전체의 58%를 차지하였고 종이류는 61%가 1개 미만으로 나타

**Table 2. Percentage of quantity classified in each item(%)**

Quan' ty	Woods	Paper & Cardboard	Nylon netting & Rope	Styrofoam & Plastics	Floating metal & Glass container
0 - 1	36.4	60.6	93.9	3	72.7
1 - 5	57.6	30.4	6.1	21.2	27.3
5 - 10	6	3		21.2	
10 - 20				30.3	
20 - 30				9.2	
30 - 40				12.1	
40 - 50				3	

났다. 또 Nylon 망지와 Rope류는 94%가 1개 미만이었다.

그러나 Styrofoam & Plastic류는 폭넓게 분포하였고 가장 많이 분포하는 범위는 10~20개 미만에서 30%를 차지하였다. 부유성 금속과 유리용기류는 73%가 1개 미만이었다.

따라서 우리나라 동해 연안어장에서 쓰레기 오염의 주범은 Styrofoam & Plastic류이며 그 다음으로 목재류, 종이류, 부유성 금속 및 유리용기 순이며 가장 적은 쓰레기는 가라앉기 쉬운 Nylon 망지 및 Rope 류였다.

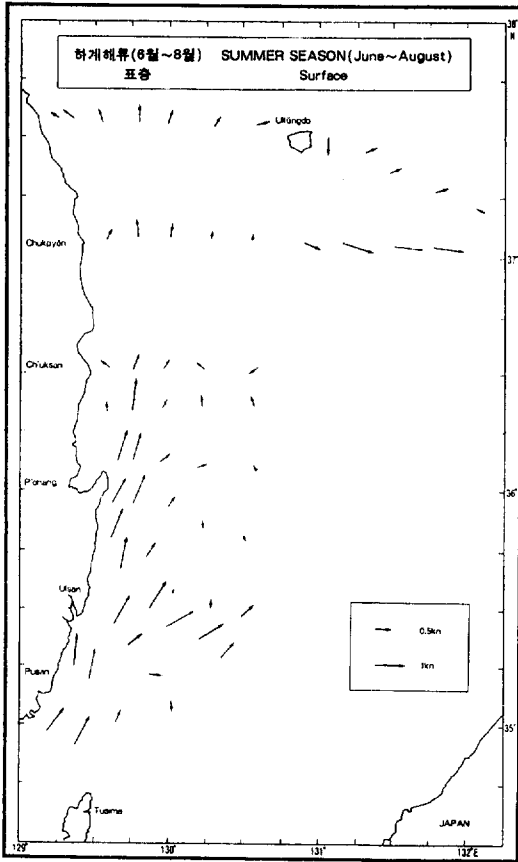


Fig. 8. Current vectors of East Coast of Korea.

### 3. 부유성 폐기물의 분포와 해류

부유성 폐기물은 그 해역의 해류에 영향을 받을 것으로 추정되어 조사기간에 해당하는 여름의 동해 표층 해류도를 나타내면 Fig. 8과 같다(수로국, 1995).

부산, 울산 및 축산 근해까지는 해류가 1 kt의 속도로 북진하며 연안에서 멀어질수록 그 속도가 약하여 0.5 kt미만이고 방향도 북동 또는 남진하여 회전하는 경향을 보인다.

울릉도 근해는 우리나라 동안과 울릉도 사이의 해류는 북진하고 0.5 ~ 1.0 kt정도이며 울릉도 서쪽에서 북동방향으로 변하여 울릉도 동쪽 연안에서 남쪽방향으로 우회전하는 흐름패턴을 보이고 있다. 그리고 울릉도 남방의 37°선 해역에서는 약 1 kt로 동쪽으로 흐르고 있다.

해류의 영향을 받기 쉬운 목재류(Fig. 3), Styrofoam & Plastic류(Fig. 6) 그리고 부유성 금속 및 유리용기류(Fig. 7)의 분포와 해류도(Fig. 8)를 비교하면, 해류의 흐름이 강한 부근에 분포밀도가 높게 나타나고 있다. 그러나 해류보다는 연안 특히 대도시 주변 연안에서 쓰레기 밀도가 월등히 높게 나타나고 있는 경향이다. 따라서 이들 서로간의 상관성은 본 조사로서 식별하기 어려우므로 앞으로 계속하여 조사할 필요성이 있다고 사료된다.

## IV. 요약 및 결론

1996년 8월 19 ~ 26일 동안 부경대학교 실습선 관악산1호를 이용하여 한국동해 연안어장의 부유성 폐기물의 해역별 분포수량을 조사하였다. 그 결과 얻어진 내용을 요약하면 다음과 같다.

1. 여름철 한국 동해 연안해역의 부유성 폐기물의 수량은 단위 해구별 1 km<sup>2</sup>당 최소 1.8개, 최대 52개로 분포하였으며, 그 수량폭이 매우 크게 변동하였음을 알 수 있다.
2. 부유성 폐기물에 의한 최대 오염해역은 부산과 울산근해로서 폐기물의 수량이 최대값을 보였다. 이들 대도시 주변해역은 인구가 집중되어 있고 대형선박의 출입이 빈번한 곳이기 때문이라 추정된다. 그리고 연안에 가까운 해구라고해서 바깥 해구보다 큰 값을 보인 것은 아니다.

3. 폐기물의 종류별 조성비는 33개 단위 해구를 평균하면 Styrofoam & Plastic 류가 거의 대부분으로 81%를 차지하며 수량은  $1km^2$ 당 13.66개 였다. 그 다음이 목재류 9.1%, 종이류 0.9% 순으로 나타났다.

4. 해류와 부유성 폐기물 분포와의 상관성은 명확하게 나타나지 않고 있다. 추후 지속적인 조사가 요망된다.

결론적으로 여름철 우리나라 동해 연안해양에서 주된 부유성 오염물질은 Styrofoam & Plastic류이며 폐기물의 최대 분포해역은 부산과 울산근해임을 알 수 있었다. 이곳의 분포수량으로 보아 부유성 폐기물 에 의한 해양오염이 매우 심각하다고 할 수 있다. 그리고 수량이 적은 단위해구도 있으므로 분포수량의 차가 큰 것이 특징이다. 그러나 폐기물의 조성비는 3개 해역에서 비슷하게 나타났다.

본 연구조사는 한국의 해양폐기물 연구의 첫 보고이므로, 앞으로 계속된 조사를 통해 해양 폐기물의 유입경로 및 폐기물의 정체해역을 찾아냄으로서 해양 폐기물의 저감방안과 효율적 관리에 기여할 것으로 전망된다.

## 감사의 글

이 번 해양폐기물의 조사에 협조하여 주신 부경대학교 실습선 관악산 1호의 직원들과 조사에 참여한 어업공학과와 해양생산관리학과 2학년 실습생들에게 심심한 사의를 표합니다.

## 참 고 문 헌

- Dixon, T. J. and T.R., Dixon : Marine litter distribution and composition in the North sea. Mar.Pollut.Bull., 14, pp.145 - 148, 1983.
- Forbes, I. J. : The quantity of lead shot, nylon fishing line and other litter discarded at a coarse fishing lake. Biolog.Conserv., 38, pp.21 - 34, 1986.
- Kanehiro, H. et al : Marine litter composition and distribution on the sea - bed of Tokyo bay. Fisheries Eng., 31(3), pp.195 - 199, 1995.
- Laist, D. W. : Overview of the biological effects of lost and discarded plastic debris in the marine environment. Mar.Pollut.Bull., 18(6b), pp.319 - 326, 1987.
- Pruter, A. T. : Sources, quantities and distribution of persistent plastics in the marine environment. Mar.Pollut.Bull., 18(6b), pp.305 - 310, 1987.
- Shanghnessy, P. D. : Entanglement of Cape Fur Seals with man - made objects. Mar.Pollut.Bull., 11, pp.332 - 336, 1980.
- Ye, S. and Andrady, A. L. : Fouling of floating plastic debris under Biscayne Bay exposure conditions. Mar.Pollut.Bull., 22(12), pp.608 - 613, 1991.
- 수로국 : 한국 해양환경도. 45p, 1995.
- 시민환경클럽 : 21세기를 위한 한국 환경보고서. 신광문화사, 445p., 1995.
- 정재춘 : 폐기물 처리. 신광문화사, 833p., 1995.



# Distribution and Composition of Floating Debris in the East Coast of Korea

Jong-Hwa KIM · Sam-Kon KIM · Chang-Doo PARK\* · Su-Dong JU\*\*

(Pukyong National University, \*National Fisheries Research & Development Institute,  
\*\*Ministry of Education)

## Abstract

Floating debris was recorded from a training ship, #1 Kwanaksan, of Pukyong National University with about 10 knots speed during August 19~26, 1996. The area sampled is the East Coast of Korea, divided into 33 unit segments on survey routes. Debris fabrication materials were categorized using the following; man - made or natural wood items, paper, cardboard, nylon rope, netting, styrofoam and plastics, floating metal and glass containers. All identified items within a  $100 \pm 2$  m wide band were recorded but ignored if beyond this boundary.

The results of distribution and composition of floating debris in the area are as follows:

1. The quantities of debris during the summer were distributed from 1.8~52 items per  $\text{km}^2$ . The most obvious trend is the widespread distribution of all debris.

2. The highest densities of all debris were discovered in the vicinity of Pusan and Ulsan area. Especially styrofoam & plastics were observed in 81% of sampled area, next is wood items, 9.1%. Nylon netting & rope was the least widespread pollutant.

3. The relationship between distribution of debris and surface currents of the area was not apparently revealed through this survey.

Further surveys are being instigated, and from this it is hoped that a much wider coverage can be achieved, perhaps on all sites of Southern and Western sea of Korea and contributed to the finding of sources, stationary area of debris.