부산항 부근 해역의 해저폐기물 분포에 관한 연구

김민석† · 이종문 · 김종화 · 강일권
(부경대학교)

Distribution and Composition of Marine Debris on the Sea Bed around the Busan Port

Min-Seok KIM† · Jong-Mun LEE · Jong-Hwa KIM · Il-Kwon KANG
Pukyong National University

(Received September 19, 2006 / Accepted October 10, 2006)

Abstract

A series of surveys are performed to evaluate the abundance, composition and distribution of marine debris on the sea bed around the Busan port. In order to set up a master plan for the marine environmental pollution the relevant maritime authority must understand how many and what kinds of marine litters are distributed on the sea bed. At first we planed to survey areas divided regularly according to the coast line but there were many sea going vessels and fishing boats. So we selected and surveyed the around area where there were no sea going vessels or fishing boats.

The obtained results are as follows:

1. The mean values of litters in number and weight are 5.8 pieces/ha. and 3.5kg/ha. respectively.
2. The highest density in terms of number are vinyl and plastic item, and in weight are fishing gear and ship articles.
3. The nearer to the shore we surveyed the more we collected in terms of the density of marine litters in number and in weight per hectare.
4. Eel pot, oiled waste, rope, others, other pot and net of fishing gear litters in number were 59.9, 22.7, 7.9, 4.5, 3.1 and 1.9% respectively.
5. There is no relationship between the amount of fish caught and the amount of marine debris.

***Key words**: Marine debris, Environment, Litter, Density, Fishing gear, Interrelation*

Ⅰ. 서 론

오늘날 세계는 인구증가에 의한 식량사정의 악화, 부존자원의 고갈, 그리고 고도성장의 주역인 공업화의 결과로 인하여 환경오염 등으로 몸살을 앓고 있다. 그 뿐만 아니라 산업화의 과정에서 비롯된 연안수역의 매립으로 해양생물의 산란장이 많이 없어지고, 공업단지와 육상으로부터 생활오폐수가 그대로 바다에 유입됨으로써 수산물의 생산성은 해를 거듭할수록 낮아지고 있으며 세계 연안국들은 자원의 자국화 및 자원의 무기화 추세에 맞추어 바다를 체계적이고 과학적으로 관리하여 바다로부터의 부를 축적하려고 온갖 노력을 기울이고 있다. 이러한 세계 각국의 추세는 우리나라 원양어업의 어장축소로 연결되어 수산물 생산량의 3분의 1을 해외에 의존하고 있는 우리나라로서는 안정적인 수산물의 확보라는 의미에서 큰 타격을 받고 있는 것 또한 현실이다. 이 때문에 부존자원이 없는 우리나라는 해양을 잘 보존하고 관리함으로써 해양으로부터 자원개발과 그

† Corresponding author : 051-620-6197, minskim@pknu.ac.kr
* 이 논문은 2005년도 부경대학교 기성회 학술연구비에 의하여 연구되었음(PK-2005-070).

이용을 극대화 해 나가지 않으면 안 되는 상황에 놓여있다.

그런데 지금까지도 국민들의 해양에 대한 생각은 뿌리 깊은 무주공산의 개념으로 산업공단과 가정으로부터의 오폐수와 생활쓰레기를 그대로 바다에 유입시킴으로써 해양생태계 파괴로 연결되었고, 해양에서 수산물의 생산성 저하라는 당연한 결과를 가져오게 된 것이다. 또 소득수준의 향상과 함께 건강에 대한 관심이 높아지면서 식생활의 선호도가 육류에서 수산물로 바뀌어 가면서 수산물의 소비량도 해마다 증가하고 있다. 이처럼 수산물에 대한 국민들의 선호도가 높아지면서 수산물의 소비량은 급증하고 있으나 국내 수산물의 생산량은 수요에 턱 없이 부족하며, 더욱이 1999년 새로운 한일 어업협정의 체결로 우리나라는 더욱 좁아진 어장 내에서 생산 활동을 할 수 밖에 없게 되어 수산물의 생산량은 지속적으로 감소되고 있는 실정이다. 1999년의 새로운 한일어업협정과 함께 국내 수산물 생산량이 감소하기 시작한 것도 우리나라해역에서 어자원의 생산성이 일본의 해역에 비하여 낮기 때문이 아닌가 생각된다.

그 결과 지금까지 우리나라는 수산물 수출국에서 이제는 수입국으로 변했고 해를 거듭할수록 수산물의 무역 역조현상은 심화되어가고 있다. 이처럼 우리나라해역에서 수산물의 생산성이 낮아지는 원인 중의 하나로 추정된 해양환경에 대해서 체계적인 조사가 필요하다고 생각된다. 해양폐기물 중 부유성 폐기물에 대해서는 해외에서 목측조사에 의한 연구보고가 있으며 (T.J Dixon 1983, Song Ye 1991), 국내에서는 서해에서 조사한 연구보고가 있고(김 등, 1999), 동해수역에서 최근에 연구보고가 있다(김 등 ,2005). 해저 폐기물에 관한 연구로는 동경만에서 저층트롤에 의한 연구보고가 있으며(Haruyuki, 1996) 우리나라에서는 남해동부수역에서 폐기된 통발어구에 대한 연구보고(김 등 1999) 외에는 해저 폐기물의 실태에 관한 연구보고를 거의 찾아볼 수 없다.

따라서 본 연구에서는 우선 우리나라에서 가장 규모가 큰 부산항 부근의 해저환경에 대한 상황을 파악하기 위하여 해양환경에 직접피해를 주는 침전성 고형물질인 생활쓰레기, 어구, 각종 로프, 플라스틱 제품류 등이 해저에 분포해 있는 상황을 조사 분석하여 그 결과를 제공함으로써 해양오염에 대책을 세우고 관리하는데 필요한 기초자료를 제공하고자 한다.

Ⅱ. 재료 및 방법

조사는 2003년 1월부터 2006년 4월까지 부산항 부근에서 21개의 구역을 정하여 부경대학교 실습선 가야호(G.T. : 1,737)를 이용하여 저층트롤에 의한 조사를 실시하였다. 처음에는 조사해역을 항계 밖으로부터 일정한 간격으로 설정하여 조사하려 하였으나 빈번한 선박의 항해, 연안어선들의 통발, 연승, 기타 어로작업 때문에 계획된 대로의 조사를 하기가 매우 어려웠다.

따라서 일정한 간격을 설정하여 조사하려 했던 계획을 변경하여 선박의 항해나 어선의 조업이 많지 않는 해역에서 조사를 하였으며 조사대상의 해역을 Fig. 1에 나타내었다.

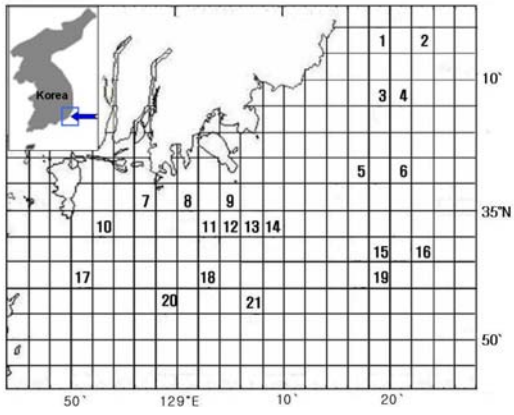

Fig. 1. Location of surveyed area.

또 발줄에 tickler chain을 부착하여 해저 폐기물이 잘 수집될 수 있도록 하였다. Fig.1에서처럼 21개의 구역에 걸쳐서 조사를 했는데 전체 소해

면적은 192ha이었고 수집된 폐기물 중에서 조업 중 분실된 거의 새 것으로 보이는 유자망 1틀과 마모되어 사용이 곤란하기 때문에 투기된 것으로 보이는 와이어 로푸 1뭉치는 워낙 무거워서 계측할 수 있는 장비가 없어서 자료 분석에서는 제외시켰다. 이들을 제외한 폐기물의 총 개수는 1,106개 중량으로는 680.85kg이었다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 폐기물의 조성비

조사해역에서 21개의 구역에 걸쳐 전체 소해면적 192 ha에 대하여 수집된 해저 폐기물의 총 수량은 1,106개 중량으로는 680.85kg이었고 수량과 중량밀도는 각각 5.8개/ha, 3.546kg/ha로 나타났다. 수집된 해저 폐기물의 수량을 종류에 따라 금속과 유리를 M & G, 플라스틱과 비닐종류를 V & Pl, 어구 및 선용품을 F.Gear, 폐타이어 가방 신발 전선 가전제품 나무토막 장판 등 생활 폐기물로 보이는 것을 Others로 표시하여 Fig. 2에 나타내었다.

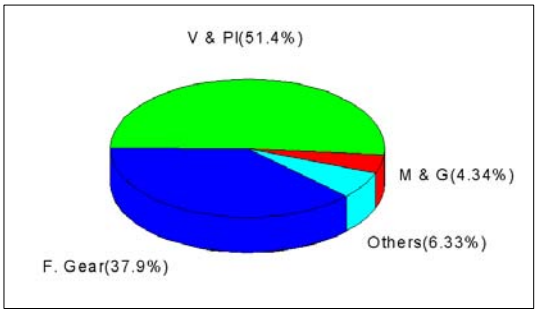

Fig. 2. Composition of all debris by quantity

Fig. 2에서 플라스틱과 비닐 종류의 폐기물이 569개로 51.4%를 차지하여 가장 많았고, 그 다음이 어구와 선용품으로 419개로 37.9%로, 기타가 70개로 6.4%, 금속과 유리가 48개로 4.3%를 차지하여 가장 적은 것으로 나타났다. 가장 많이 수집된 플라스틱과 비닐에는 주로 펫트병, 플라스틱 제품류, 비닐봉지, PVC파이프, 고무제품, 스펀지, 비닐가방, 비닐호스 등 거의 생활 쓰레기들이 대부분 이었다. 이와 같이 수량분포에서 생활과 직접관계가 깊은 비닐 및 프라스틱 제품이 가장 많은 것으로 나타난 것은 수집된 이들 폐기물의 대부분은 조사해역이 바로 부산항 항계로부터 불과 5~10마일정도로 육지와 가깝기 때문에 육지에서 투기된 이들 생활 폐기물 들이 그대로 바다에 유입되었기 때문이 아닌가 생각된다. 또 기타의 폐기물도 폐타이어, 가방, 신발, 전선, 가전제품, 나무토막, 장판 등으로 이들 폐기물도 생활 폐기물로서 사용하다 버린 것으로 사료된다. 이와 함께 음료수 용기로 많이 사용되고 있는 캔이나 병으로 분류된 금속과 유리의 경우도 비닐 및 플라스틱 폐기물과 같이 유입원이 육지라고 추정이 가능하기 때문에 이들 생활 폐기물의 비율은 총 62.1%로 육지로부터 투기된 생활 폐기물이 절반 이상을 차지할 정도로 큰 비중을 차지하고 있음을 알 수 있다. 따라서 해양환경을 보전하려면 육지로부터의 유입원을 차단하는 것이 중요함을 입증하고 있다. 수집된 폐기물을 중량에 대하여 나타낸 것이 Fig. 3이다.

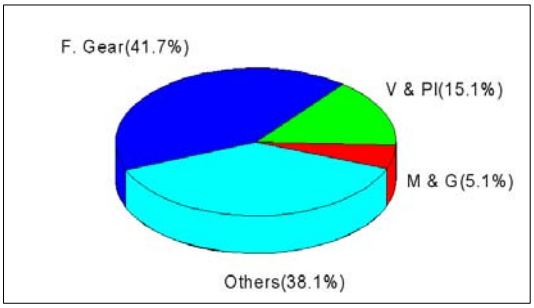

Fig. 3. Composition of all debris by weight

Fig. 3에서 수집된 폐기물의 전체중량 680.85kg 중에서 어구 및 선용품이 284.12kg으로 41.7%를 차지하여 가장 많게 분포되어 있고, 그 다음이 기타 259.08kg으로 38.1%, 플라스틱과 비닐종류가 102.92kg로 15.1%, 금속과 유리가 34.73kg로 5.1%를 차지하였다. 어구는 수량분포에서 플라스틱 ·

비닐 종류 다음으로 많았지만 중량분포로 보면 어구 및 선용품이 가장 높게 나타났다. 이것은 어구와 선용품에는 여러 가지 금속으로 이루어진 부속품들이 많이 포함되어있기 때문이며, 기타는 수량으로는 6.33%에 불과하지만 중량으로는 38.1%로 어구 다음으로 많게 나타났다. 이와 같이 가전제품 폐타이어 전선 등 부피도 크게 차지하면서 중량이 많이 나가는 생활 폐기물 들은 처리 비용도 비교적 높기 때문에 육상 또는 선박 등에서 투기되어 바다에 유입되는 것으로 생각된다.

2. 폐기물의 구역별 분포

폐기물의 수량분포를 조사가 이루어진 구역별로 나타낸 것이 Fig. 4이다.

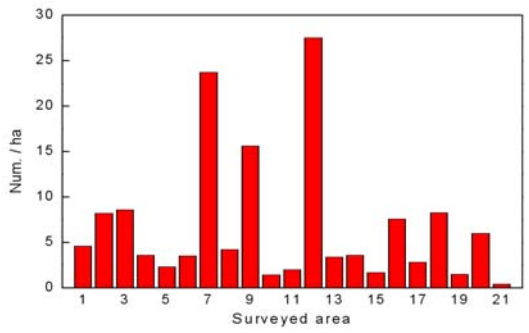

Fig. 4. The quantity distribtion in the surveyed area

Fig. 4에서 수량밀도가 가장 높은 곳은 12구역으로 27.5개/ha이고, 그 다음은 7구역으로 24.1개/ha이었으며 가장 낮게 나타난 곳은 21구역으로 0.4개/ha이었다. 특히 가덕도와 영도 사이의 육지에 가장 가까운 구역번호 7, 8, 9지역의 경우 폐기물의 평균 분포는 14.6개/ha로 전 조사구역의 평균치 5.8개/ha 보다도 3배 더 많이 분포되어 있는 것으로 나타났다. 그 다음 구역인 10번부터 14번 구역의 폐기물 평균 분포는 7.6개/ha이고, 17과 18구역은 5.5개/ha, 가장 멀리 떨어진 20과 21구역의 경우 3.3개/ha로 육지로부터 가까울수록 수량밀도가 높게 나타나고, 육지로부터 멀어질수록 수량밀도가 낮아서 조사가 이루어진 해역에서의 폐기물은 육지로부터 유입되는 양이 많고 시간이 지남에 따라 조류나 해류에 의해 바깥쪽으로 확산되는 것으로 추정된다. 또 폐기물의 중량분포를 Fig. 5에 나타내었다.

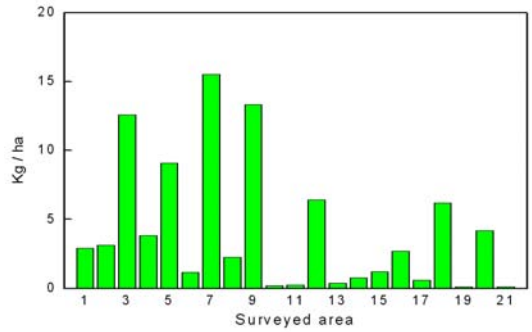

Fig. 5. The weight distribtion in the surveyed area

Fig. 5에서 중량분포의 평균치는 13.1kg/ha이었고, 육지에 가장 가까운 구역번호 7, 8, 9지역의 경우 폐기물의 중량 분포는 80.7kg/ha으로 전 조사구역의 평균치 13.1kg/ha 보다도 6.1배나 더 높은 것으로 나타났다. 그 다음 구역인 10번부터 14번 구역의 폐기물 평균 분포는 6.9kg/ha이고, 17과 18구역은 3.4kg/ha, 가장 멀리 떨어진 20과 21구역의 경우 2.1kg/ha으로 육지에 가까울수록 많은 양의 폐기물이 분포되어 있는 것으로 나타나서 수량분포와도 일치하며 조사구역 내의 폐기물 중 상당량이 육지로부터 유입된 것임을 알 수 있다.

3. 폐기물의 종류별 분포

폐기물의 종류에 따른 수량분포를 각 구역별로 나타낸 것이 Fig. 6이다. Fig. 6에서 가장 수량이 가장 많게 나타난 것은 12구역에서 비닐・플라스틱이 159개로 전체 조사구역 가운데 가장 비닐과 플라스틱이 많이 수집되었다. 그 다음은 7구역 69개, 16구역 47개, 9구역과 14구역이 36개의 순으로 나타났다. 이들 5개의 구역에서 수집된 비닐・플라스틱의 평균치는 69.4개로 비닐・플라스틱의

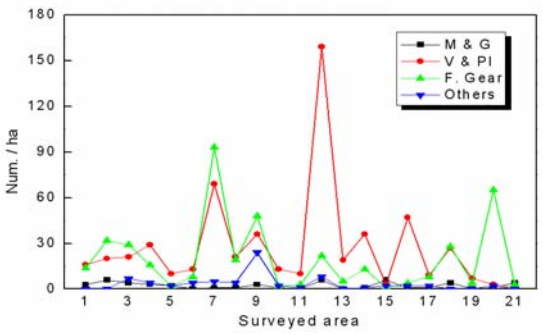

Fig. 6. Litter composition of each area

전체 평균치 27.1개보다도 2.6배 더 많은 것으로 나타났다. 어구류의 경우 7구역, 20구역 9구역 2구역에서 각각 93개, 65개, 48개, 32개로 나타났으며, 이들 4개 구역의 평균치는 59.5개로 어구류의 전체 평균 19.9개보다도 2.9배나 높아서 이들 비닐·플라스틱과 어구류는 구역에 따라서 큰 차이가 있는 것으로 나타났다. 이렇게 구역별로 분포에 차이가 나는 것은 해안가로부터 투기된 비닐·플라스틱은 가볍기 때문에 시간이 지남에 따라 조류와 해류에 따라서 움직이기 때문이며, 어구의 경우는 어선들이 조업을 많이 하고 있는 구역일수록 폐기된 어구도 많기 때문이라 생각된다. 한편 금속·유리와 기타는 전 조사 구역에 걸쳐서 거의 고르게 분포되어 있는 것으로 나타났다. Fig. 6의 자료를 중량분포로 나타낸 것이 Fig. 7이다.

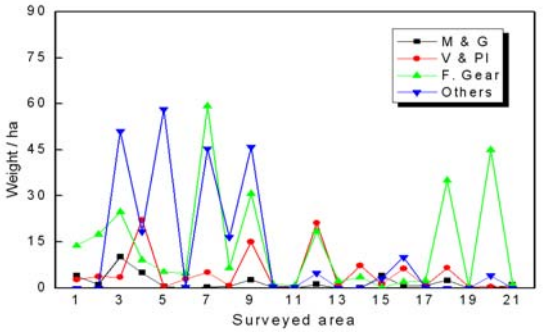

Fig. 7. weight distribtion of each area

Fig. 7에서 기타로 분류된 폐타이어, 신발, 전선, 가전제품, 전기장판 등의 경우 5구역, 3구역 9구역 7구역에서 각각 58.2kg, 51.1kg, 46kg, 45.4kg 이었고, 이들 4구역의 평균치는 50.17kg으로 전체 평균치 12.37kg보다도 약 4배정도 높게 나타나서 수량분포에서는 구역별로 거의 비슷한 경향을 보였던 것과 달리 중량분포에서는 구역별로 큰 차이를 보였다. 중량분포가 높게 나타난 구역은 해안으로부터 가까운 지역임을 고려해 볼 때 쓰다 버린 가전제품과 폐타이어를 그대로 바다에 투기한 것으로 추정된다. 또 어구와 선용품은 중량으로 보면 가장 높은 비율을 나타내고 있는데 육지로부터의 거리에 상관없이 전 구역에 걸쳐서 고르게 분포되어 있는 것으로 보아서 조업을 많이 한 구역일수록 못쓰게 된 어구의 투기량이 많아서 폐어구도 많은 것으로 생각된다.

4. 어구 및 선용품의 조성비

수집된 폐기물 중에서 어구 및 선용품이 차지하는 비율이 수량으로는 38%로 플라스틱과 비닐류 다음으로 많았고, 중량으로는 42%로 가장 높은 것으로 나타났다. 이들 어구와 선용품은 전부가 어로작업을 하던 어선이나 인근해역을 항해하는 선박들에 의해 투기된 것으로 오염원의 제공자인 이들 선박은 외부로부터 전혀 통제가 될 수 없다는데 문제의 심각성이 있다. 어구 및 선용품을 종류별로 분류하여 총 수량의 조성비를 나타낸 것이 Fig. 8이다.

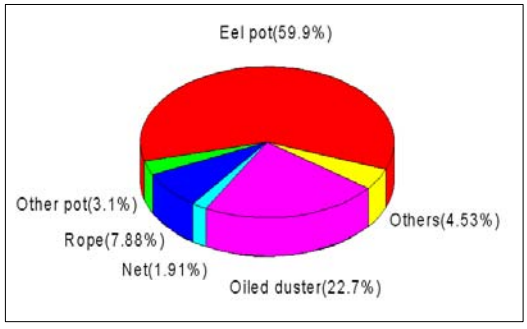

Fig. 8. Composition of fishing gear litter by quantity

Fig. 8에서 수집된 총 419개의 어구 및 선용품 중에서 장어통발이 251개로 59.9%를 차지하여 가장 높게 나타났고 그 다음으로 기름걸레가 22.7%를 차지했으며 로프, 기타, 기타통발, 어망의 순으로 각각 7.9%, 4.5%, 3.1%, 1.9%로 나타났다. 특히 폐기된 어구와 선용품의 대부분이 장어통발과 기름걸레로서 이들 두 종류가 83%를 차지할 정도로 큰 비중을 차지하였다.

또 이들 어구 및 선용품을 중량에 의한 조성비로 나타낸 것이 Fig. 9이다. Fig. 9에서도 장어통발은 전체 중량의 53%를 차지하여 높게 나타났으며 그 다음은 로프, 기타, 어망, 기름걸레, 기타통발의 순으로 각각 12.5%, 12.5%, 8.4%, 7.3%, 6.3%로 나타났다. 이처럼 장어통발이 어구의 폐기물 중에서 가장 높게 나타난 것은 조사 대상 해역에서는 다른 업종의 어선보다도 많은 장어 통발어선들이 조업을 하고 있음은 물론이지만 어구의 구성이나 조업의 특성상 이들 장어통발 어선들이 설치해 놓은 통발 위를 저인망어선이나, 트롤선들이 예망을 하거나 다른 어선의 어구가 장어통발 어구와 교차되었을 때 이들 장어통발을 연결해 놓은 줄이 절단되면서 통발이 대량으로 유실되기 때문이라 생각된다.

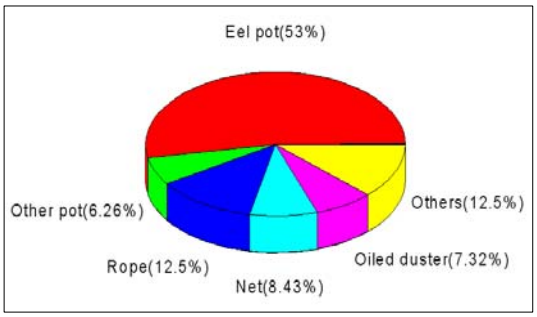

Fig. 9. Composition of fishing gear litter by weight

이러한 현상은 수집된 장어통발의 개수가 총 251개로 1회 조사 시 평균 수집된 장어통발의 개수는 11.9이었는데 조사구역 중에서 2번, 3번, 7번, 9번, 20번의 구역에서는 평균치보다 많은 각각 19, 21, 83, 17, 61개의 통발이 대량 수거되어서 이러한 사실을 뒷받침 해주는 것으로 사료된다. 이들 유실된 통발들은 유해한 화학물질과 달리 짧은 기간에 어패류에 직접적으로 영향을 주지는 않을 것으로 사료되나 수중에서 분해되어 없어지기까지는 많은 세월이 걸려 해양환경과 어패류의 서식환경에 나쁜 영향을 미치게 되는 것은 물론 Ghost fishing에 의해 어자원에도 피해를 주리라 생각된다. 또 선박의 엔진이나 보조엔진의 운전, 정비를 하는 과정에서 많이 사용되는 기름걸레는 사용 후에는 그대로 바다에 투기되므로 걸레에 묻은 기름성분이 바다에 그대로 유입되며 이들 기름은 조류나 해류를 타고 확산되면서 수질환경과 어패류의 서식에 직접 영향을 미치기 때문에 가장 심각한 폐기물 중의 하나라고 생각된다. 조사기간 중에 수집된 기름걸레의 총 개수는 95개로 1회 조사 시에 평균 4.5개의 기름걸레가 수거되었으나 2번, 4번, 8번, 9번의 구역에서는 각각 10, 7, 13, 27개의 기름걸레가 수거되어서 평균치보다 훨씬 많은 수량의 기름걸레가 수거되었는데 이것은 사용 후에 모아두었다가 바다에 투기한 것으로 생각된다. 따라서 어선이나 선박에서 사용하는 장어통발이나 기름걸레에 대한 관리나 처리를 잘 한다면 선박에 의한 해양의 오염은 상당히 개선될 수 있으리라 생각된다.

5. 폐기물과 어획량과의 상관관계

저층을 예망하면서 해저의 폐기물과 함께 어획된 어획량과의 관계를 나타낸 것이 Fig. 10이다. Fig. 10에서 나타낸 것과 같이 수집된 폐기물의 총 중량은 680.85kg이고 전체 어획량은 712.5kg으로 폐기물과 어류와의 비는 1.04이었다. 어종은 아귀, 분홍꼼치, 원두꼼치, 병어, 가자미 등 저서어류가 대부분이었고 구역별 또는 해안으로부터의 거리에 따른 어종의 분포나 어획밀도는 관련이 없는 것으로 나타났다.

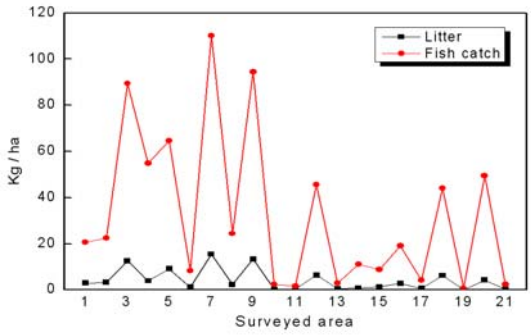

Fig. 10. Fish catch and Litter amount

또 폐기물 중 수질 환경에 영향을 크게 미치는 것으로 알려진 플라스틱과 어획량과의 관계를 Fig. 11에 나타내었다.

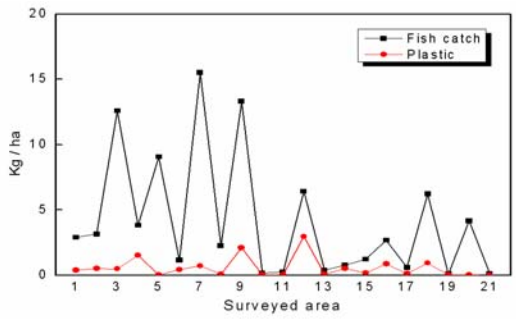

Fig. 11. Fish catch and plastic Litter

Fig. 11에서 알 수 있는 것처럼 어획량과 폐기물과의 상관관계는 찾기 어려웠다. 그러나 유해한 액체 화학물질과 달리 이들 고형 폐기물들은 짧은 기간에 어류나 어류의 서식환경에 직접적으로 영향을 주지는 않을 것이나 장기간에 걸쳐 많은 양의 폐기물이 쌓인다면 어자원의 산란이나 성장 과정에 여러 가지 형태로 나쁜 영향을 미치리라는 것은 분명해 보인다. 또 이번 조사에서 수집된 폐기물 전체의 분포와 어획량의 관계를 Fig. 12에 나타내었으나 앞에서 언급된 것과 같이 Fig. 12에서도 폐기물의 분포와 어획량의 상관관계를 찾기는 어려웠다. 이것은 조사된 자료가 불충분한데서 오는 원인이 우선 가장 크기 때문이라 생각되고 향후 자료가 충분히 보충된다면 폐기물과 어획량과의 관계를 더 규명하고 싶다.

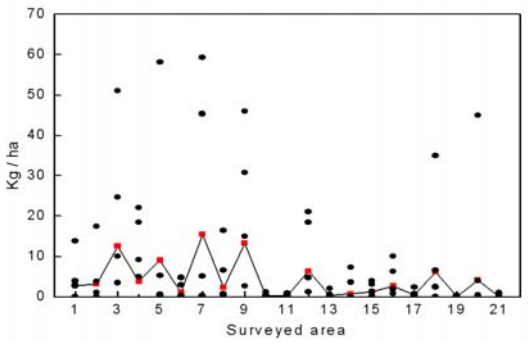

Fig. 12. Relation between Fish catches and Litter types

Ⅳ. 결 론

부경대학교 실습선 가야호를 이용하여 부산항 부근에서 저층트롤에 의한 해저 폐기물에 관한 조사를 하였으며 얻어진 결과는 다음과 같다.

1. 수집된 해저 고형 폐기물의 수량과 중량분포는 각각 5.8개/ha과 3.54kg/ha이었다.

2. 종류별로 수량분포를 보면 조성비가 가장 많은 폐기물은 569개가 수집된 비닐과 프라스틱 제품으로 52%를 차지하였고 그 다음은 어구와 선용품이 419개로 38%를 차지했으며, 폐타이어 가방 신발 전선 가전제품 나무토막 장판 등 생활용품이 6%, 금속과 유리가 4% 순으로 나타났다.

3. 중량분포를 보면 어구 및 선용품이 284.12kg으로 41%를 차지하여 가장 높게 나타났고 다음이 생활용품으로 38%, 비닐과 프라스틱 제품이 15%, 금속과 유리가 6%의 순으로 나타났다.

4. 구역별 폐기물 수량분포는 12구역이 수량밀도가 27.5개/ha로 가장 높게 나타났고 그 다음은 7구역으로 24.1/개이었고 가장 적게 나타난 곳은 14구역으로 0.4개/ha로 나타났는데 해안으로부터 가까울수록 수량밀도가 높았고 멀수록 수량밀도가 적은 것으로 나타났다.

5. 구역별 중량분포는 육지에서 가장 가까운 구

역번호 7, 8, 9의 경우 중량분포의 평균치는 80.8kg/ha로 전체 평균치인 13.1kg/ha보다도 6.1배나 더 많게 분포되어 있는 것으로 나타나서 수량분포의 경우와 일치하였는데 이것은 조사구역에서의 폐기물이 상당부분은 육지로부터 유입되었기 때문이라 생각된다.

6. 어구 및 선용품의 조성비는 장어통발이 251개로 60%를 차지했고 다음은 기름걸레가 23%, 로프, 어망, 연승·기타통발의 순으로 각각 8%, 5%, 4%를 차지하였고, 장어통발과 기름걸레가 전체의 83%를 차지할 만큼 높은 분포를 나타내고 있다. 장어통발의 경우 장소에 따라 대량으로 수거된 것은 어선에서 바다에 투기한 것으로 보기 어렵고 조업과정에서 분실 된 것으로 보이며 장어통발 어선들의 조업과정에서 발생한 어구의 분실과 이에 대한 대책을 강구할 필요가 있다. 장어통발과 기름걸레에 대한 관리 대책을 세우면 어구 및 선용품에 의한 해저 폐기물은 상당부분 경감되리라 생각된다.

7. 폐기물의 분포상황과 어획량과의 상관관계를 찾기 어려웠다.

참고 문헌

김민석·김진건·김삼곤·정순범·조현정, 남해동부해역에 있어서 해양오물의 분포에 관한 연구 - 폐기된 통발어구를 중심으로-. 한국어업기술학회지, 제35권, 제4호, pp.386~390, 1999.

김민석·김종화·김삼곤, 한국 제주도와 중국 청도의 항로상에 부유하는 해양폐기 물의 분포에 관한 연구. 수산해양교육연구, 11(2), pp.203~213, 1999.

김종화·김민석·김용복, 하계동해의 해양폐기물 분포와 조성에 관한 연구. 수산해양 교육연구, 제17권 1호, pp.58~66, 2005.

T.J.Dixon and T.R.Dixon, Marine litter distribution and composition in the north sea. marine pollution bulletin, Vol.14, No. 4, pp.145~148, 1983.

Song Ye and Anthonyl, Andrary. Fouling of floating plastic debris under biscayne bay exposure conditions. Matine pollution bulletine, vol. 22. No. 12. pp.608~613. 1991.

Haruyuki Kanehiro, Marine Litter Composition and Distribution on the Sea-bed of Tokyo bay. Fisheries Engineering, Vol.32, pp.211~217, 1996.