



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

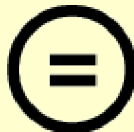
다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공 학 석 사 학 위 논 문

우리나라 연안해역의 해저쓰레기 성상 및
공간 분포 특성에 관한 연구



2013 년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

해양산업공학협동과정

김 창 원

공 학 석 사 학 위 논 문

우리나라 연안해역의 해저쓰레기 성상 및
공간 분포 특성에 관한 연구

지도교수 김 동 선

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함.

2013년 2월

부 경 대 학 교 대 학 원

해양산업공학협동과정

김 창 원

김창원의 공학석사 학위논문을 인준함.

2012년 12월 14일



주 심 공학박사 윤 한 삼



위 원 공학박사 안 승 환



위 원 공학박사 김 동 선



목 차

List of Figures	iii
List of Tables	vi
Abstract	vii
1. 서론	1
2. 자료 및 방법	5
2.1 과거 11년간(2000~2010년) 전 해역의 해저쓰레기 조사	5
2.2 2012년 동·남해안 해저쓰레기 조사	12
2.2.1 사전조사	16
2.2.2 양방향음파탐사기(SSS; Side Scan Sonar) 조사	18
2.2.3 인양틀 조사	21
2.2.4 잠수조사	23
2.3 오렌지 필 그랩(OPG; Orange Peel Grab) 조사	26
3. 결과 및 고찰	30
3.1 과거 11년간 해역별, 항만별 해저쓰레기 성상 비교 분석	30
3.1.1 동·서·남해 해저쓰레기 조사결과	30
3.1.2 항만 및 연안해역 해저쓰레기 조사결과	33
3.2 2012년 동·남해안 해저쓰레기 분포특성	38
3.3 동·남해안 해저쓰레기 추정량 산정	52

3.4 OPG 방법을 이용한 해저쓰레기 조사 분석	53
3.5 선형회귀식을 이용한 해저쓰레기 재산정	58
4. 요약 및 결론	61
5. 참고문헌	64
6. 감사의 글	66



List of Figures

Fig. 1. Survey sites for the seabed marine litters in coastal area, Korea.	6
Fig. 2. Survey sites of seabed marine litters in East and South Sea, Korea(18 sites).	13
Fig. 3. Flow chart of marine litters survey in seabed.	15
Fig. 4. Pre-field survey for the collection of the seabed marine litters.	16
Fig. 5. Questionnaire at the pre-field survey.	17
Fig. 6. Schematic of the side scan sonar operation.	19
Fig. 7. Example image of the side scan sonar survey result.	20
Fig. 8. Example distribution of the seabed marine litters using by side scan sonar survey.	20
Fig. 9. Type of towing hook for sand, mud(left) and rock(right).	21
Fig. 10. Example image(left) and distribution(right) using by towing hook.	22
Fig. 11. Example image(upper) and method(lower) for the dive survey.	24
Fig. 12. Field note(upper) and example distribution(lower) of the dive survey.	25
Fig. 13. Survey sites using by orange peel grab.	26
Fig. 14. Orange peel grab.	27
Fig. 15. Process of the orange peel grab survey.	27

Fig. 16. OPG survey point of the seabed marine litters.	28
Fig. 16. Continued.	29
Fig. 17. Classifications of the seabed marine litters.	31
Fig. 18. Sectional percents of the seabed marine litters in West, South and East Sea.	32
Fig. 19. Sectional percents of the seabed marine litters in trading port, fishing port and coastal area.	34
Fig. 20. Survey weight per unit hector(ton/ha) of the seabed marine litters in trading port, fishing port and coastal area. ..	35
Fig. 21. Classifications of the seabed marine litters.	37
Fig. 22. Comparison with survey areas of the seabed marine litters in East and South Sea.	41
Fig. 23. Classifications of the seabed marine litters in East and South Sea (18 sites).	41
Fig. 24. Classifications of the seabed marine litters.	42
Fig. 24. Continued.	43
Fig. 25. Regional distributions of the seabed marine litters by type in East and South Sea, Korea(18 sites, 2012).	44
Fig. 25. Continued.	45
Fig. 26. Distribution of the seabed marine litters.	47
Fig. 26. Continued.	48
Fig. 26. Continued.	49
Fig. 26. Continued.	50
Fig. 26. Continued.	51

Fig. 27. Correlation analysis of the SSS and orange peel grab survey(upper), dive and orange peel grab survey(lower).	56
Fig. 28. Correlation analysis of the SSS, dive and orange peel grab survey.	57
Fig. 29. Correlation analysis of the SSS, dive and total including orange peel grab survey.	57
Fig. 30. Estimation of the seabed marine litters using by linear regression analysis.	60



List of Tables

Table 1. Survey sites of seabed marine litters in coastal area, Korea(2000~2010)	7
Table 1. Continued	8
Table 1. Continued	9
Table 1. Continued	10
Table 1. Continued	11
Table 2. Survey sites of seabed marine litters in East and South Sea, Korea(18 sites)	14
Table 3. Specification of side scan sonar	19
Table 4. Results of the seabed marine litters in West, South and East Sea(2000~2010)	32
Table 5. Results of the seabed marine litters in trading port, fishing port and coastal area(2000~2010)	34
Table 6. Classifications of the survey methods and weight in East and South Sea, Korea	40
Table 7. Statistics and estimated weight of seabed marine litters in East and South sea, Korea during 12 years(2000~2010 and 2012)	52
Table 8. Marine litter quantities by the SSS, dive and orange peel grab survey in each port (unit : kg)	55

A Study on Spatial Distribution and the Characteristics of Litters on Marine Seabed in Korea Coast

Chang Won Kim

*Interdisciplinary Program of Ocean Industrial Engineering, Graduate
School, Pukyong National University*

Abstracts

At the beginning of 1990, the surveys for the ocean waste were mainly carried out about floating debris in coastal area. Since in the middle of 1990, it was investigated in order to the restoration of the fishery products, the preservation of the ocean-ecosystem and prevention of the maritime accidents in port, fishing port and ground. Unlike the floating debris, the surveys for the seabed marine litters were applied specialized equipments such as vessel, side scan sonar, towing hook and dive systems.

On the other hand, these equipments had limitations because 2 dimensional waste surveys on the seabed were performed. It

was applied to design for the seabed marine litters that 2 dimensional surveys behaved sample investigation and adapted to the entire in wide area. After design, the marine waste disposal projects conducted using orange peel grab excavated into the seabed in 3 dimensional. It was always disputable that waste quantities and were difference between the design step and the project.

In order to solve these problems, we have conducted 3 dimensional orange peel grab survey in 6 sites among 18 sites of East and South Sea and applied the previous survey results in 18 sites of East and South Sea, Korea. The reliability of survey results was improved by deriving the linear regression equation, $Y = 1.0991X + 1.054$.

Depending on the seabed marine litters in the total coastal area approximately 400,000 tons, it is applied to the linear regression equation 420,173 tons, approximately 4.3% increased. Also, survey weight of seabed marine litters and results of applied linear regression equation at 18 sites in East and South Sea each were 986 and 1,083 tons, approximately 9.9% increased. In East and South Sea during 2000 to 2010 also 2012, waste weight, 271,065 tons, applied linear regression equation of 99 sites were increased 4.2% than survey weight, 260,256 tons.

1. 서 론

국내 연안해역은 1960년대 이후 임해공업단지 건설 등 경제개발에 따른 산업 가속화 및 육상오염원의 해양 유입 등으로 인하여 해양환경 오염이 심각한 실정에 이르고 있다. Green Peace의 1998년 Report on the World's Oceans에 따르면 전 세계 해양오염의 주요발생원은 인간의 육상활동으로부터 약 77%, 해상수송으로부터 약 12%, 기타 해양투기에 의한 것으로 보고되었다(남 등, 2004).

과거 해양오염은 해양의 자정능력만으로 해결될 수 있었으나, 생산과정 등에서 부산물로 생성되는 난분해성 물질의 발생, 대규모 어업 및 레저 활동에 따른 오염행위 등으로 그 한계를 넘어서 심각한 재앙으로 다가오고 있다. 하지만 최근 육지와 해양을 분리해서 바라보던 시각이 하나의 연결고리를 갖는 선순환 생태계로 인식하는 것으로 바뀌어 가고 있다.

일반적으로 해양쓰레기는 분포 특성에 따라 해안에 흩어져 있는 해안쓰레기, 해수면에 부유하고 있는 부유쓰레기, 그물 등 일정한 부력을 가지고 있는 중층쓰레기, 그리고 해저에 가라앉아 있는 해저쓰레기로 분류할 수 있다(유 등, 1995).

해양쓰레기의 특성은 크게 광역이동성, 난분해성, 흡수성 등으로 분류된다(박, 1999). 여러 경로를 통해 유입된 해양쓰레기는 취송류에 의해 운반되고, 조류와 해류의 영향으로 외해로 이동한다(이와 강, 1997; Dyer, 1986). 최근에 일본, 중국, 우리나라 간의 해양쓰레기로 인한 문제의 등장도 이러한 해양쓰레기의 이동성 특성 때문이다. 플라스틱, 스티로폼 및 어구 등은 모두 난분해성 물질로 분해시간이 거의 반영구적이라 인위적으로 제거하지 않으면 지속적인 영향을 끼치게 된

다(구, 1998). 해양쓰레기는 초기에 일정한 부력을 갖고 있지만 시간이 경과함에 따라 부력이 상실되어, 중층 쓰레기로 그리고 마지막에는 해저쓰레기로 가라앉게 된다. 염분이 스며든 해양쓰레기는 전처리가 어렵고 수거 후 소각 시에도 2차 오염이 발생하는 등 재활용에도 상당한 어려움이 있다.

해저쓰레기의 성상 및 조성은 해역별로 다른 특성을 보이나, 정부통계기준으로 볼 때 로프(25.9%), 와이어로프(25.8%), 금속류(19.1%), 목재류(7.9%), 타이어(3.8%), 기타(17.5%)등으로 분류된다(해양수산부, 1999(a); 1999(b); 환경부, 1998).

해양쓰레기로 인한 폐어망, 플라스틱 제품 등의 유기성, 화학적 폐기물은 해양수산생물의 산란장 및 서식처를 위협하여, 폐그물 속에 갇혀 서서히 죽어가는 유령어업(ghost fishing)을 초래하고 있다. 일단 해양에 유입된 쓰레기는 해양생태계를 파괴하여 연간 3,500억원의 어족자원 감소와 폐그물 등이 프로펠러에 감겨 전체 해난사고의 약 10%의 원인이 되고 있으며, 미관훼손으로 인한 관광객의 감소 등으로 이어지고 있다(한국수산업회, 1995(a); 1995(b)).

국내 연안해역에 침적된 해저쓰레기 양이 “400,000 ton” 이라는 추정 연구결과가 있다(강 등, 2001). 해양쓰레기는 매년 빠른 속도로 증가하고 있는 가운데 해안쓰레기의 발생량은 연간 300,000 ton에 달하며, 이중 수거처리 물량은 100,000 ton을 넘지 못하는 것으로 발표된 바 있다(강 등, 2000). 1996년 해양수산부 출범 이후 남해, 서해 및 동해의 주요 항만과 어장을 중심으로 해저에 침적되어 있는 해저쓰레기에 대한 조사, 수거, 처리 및 관리정책이 수립되어 꾸준히 시행되고 있다. 현재는 공유수면 관리 측면에서 국토해양부가, 어장환경개선 관리측면에서 농림수산식품부 등(임, 2008)이 관리해역을 정해 개선방안

을 모색하고 있다.

가까운 일본의 경우 1999년 종합적 해안관리에 목표를 두고 있는 해안법에서 해양쓰레기 대책을 마련하고 있다. 우리나라와는 달리 어업기인 해양쓰레기의 경우 원인발생자 중심의 수거체계를 갖추고 있으며, 해양쓰레기의 광역이동성으로 해안표착쓰레기 수거에 민관협력형, 기업참여형 중심으로 폭 넓게 이루어지고 있다(한국어촌어항협회, 2003).

해저에 쌓여 있는 쓰레기의 효율적인 수거를 위해서는 세밀한 조사가 선행되어야 한다. 현재 조사방법은 해당 지역에서 어민 등 주변 이해관계자의 의견을 청취하는 사전조사를 먼저 수행하고, 이를 기초로 하여 양방향음파탐사기조사(SSS; Side Scan Sonar), 인양틀조사(towing-hook), 잠수조사(dive) 등을 거치는 현장조사, 그리고 이를 바탕으로 해저쓰레기양에 대한 설계를 실시하고, 실제 해저쓰레기에 대한 수거처리사업을 진행하게 된다.

그러나 상기 조사방법은 해저표층에 있는 쓰레기의 양을 조사하는 결과이고, 설계 되어진 물량도 이를 기초로 한다. 문제는 실제로 수거하는 과정이다. 항만의 경우, 해저에 쌓여있는 쓰레기는 전용수거선을 이용하여 대형 오렌지 필 그랩(OPG; Orange Peel Grab) 등의 장비로 수거하는데 자중에 의해 해저에 약 1~2 m의 깊이로 파고들게 된다. 따라서 조사결과가 반영된 설계량과 실제 사업시의 수거량의 차이를 갖게 되며, 설계 시 이와 같은 오차를 반영할 수 있는 신뢰도 있는 자료가 필요하다.

따라서 본 연구는 첫번째로 2000년부터 2010년까지 약 11년간 우리나라 전 해역(무역항, 연안항 및 연안해역)의 해저쓰레기 조사결과를 분석하여 우리나라 영해(12해리)에 대한 해저쓰레기의 양을 추정하였다. 두 번째로 2012년에 실시한 동·남해안의 항만 및 해역(18개소)의

해저쓰레기 조사결과를 분석하였으며, 6개 항만에 대하여 실제 수거처리사업에 적용되는 오렌지 필 그래프를 사용하여 해저 저층에 분포하는 쓰레기에 대한 연직적인 조사를 추가로 수행하였다.

마지막으로 오렌지 필 그래프 조사결과와 상기 11년간의 자료 및 2012년 조사자료 간에 대한 비교분석을 실시하였으며, 실제 조사결과와 수거 시의 쓰레기량에 대한 차이점을 밝히고 이들 간의 상관관계를 도출함으로써, 향후 해저쓰레기의 설계 오차를 줄이고 효율적인 수거에 활용할 수 있는 기반연구를 수행하였다.



2. 자료 및 방법

2.1 과거 11년간(2000~2010년) 전 해역 해저쓰레기 조사

해저쓰레기 수거사업은 항만과 연근해 해역에 침적된 쓰레기를 수거·처리하여 해양환경 및 해양생태계를 보전하고 선박운항의 안전을 확보하기 위해 실시하는 사업이다(해수부, 1999). 1990년대 중반부터 시작된 해저쓰레기 수거사업 초기(1999~2003년)에는 다량의 쓰레기가 침적된 주요항만(무역항, 연안항, 국가어항) 및 우심해역을 중심으로 실시설계 후 사업을 시행했으나, 2004년부터 체계적인 해저쓰레기 수거사업 추진을 위해 해양쓰레기 분포 및 실태조사를 국가 정부부처의 주도하에 시행하고 있다.

국내 연안의 해양쓰레기는 약 400,000 ton으로 추정되며, 41개 주요어장 중 해저쓰레기가 약 115,000 ton이 방치되어 있는 것으로 조사되었다. 해양쓰레기는 점차 늘어나고 있는 상황이지만 2006년의 경우, 해양쓰레기의 발생량은 약 83,000 ton으로 추정되며, 이에 따른 수거율은 약 17%에 그쳐 매년 미 수거에 따른 해양쓰레기가 해양환경오염 및 생태계 피해를 가중시키는 결과를 초래하고 있다(국토해양부, 해양환경보전종합계획). 2011년 정부는 96개 해역 및 항만(544,794 ha)에 대해 해양쓰레기 실시설계 및 수거사업을 수행하였다. 조사결과 다량의 침적물이 존재하는 58개 해역 및 항만(412,189 ha)에 156억원을 투입해 약 20,181 ton의 침적쓰레기를 수거처리하였다(국토해양부, 2011).

본 연구에서는 2000년에서 2010년까지 약 11년간 우리나라 전 해역의 무역항, 연안항 및 연안해역 150개소의 현장조사를 수행하였으며, 그 결과를 분석하여 해역별, 항만별 및 해저쓰레기의 성상별로 비교분석을 실시하였다. 150개소의 항만 및 연안해역의 위치분포는 서해 44

개소, 남해 43개소 및 동해 63개소이며(Fig. 1 and Table 1), 조사에 수행된 방법은 일반적으로 해저쓰레기 조사에 널리 이용되는 SSS, 인양틀 및 잠수조사를 실시하였다.



Fig. 1. Survey sites for the seabed marine litters in coastal area, Korea.

Table 1. Survey sites of seabed marine litters in coastal area, Korea(2000~2010)

Year	Classifications	Quantities	Sites(City)
2000	Port	1	Jeju(Jeju)
2001	Coastal area	4	Ongjin(Incheon) 3, Pohang(Pohang)
2002	Fishing port	30	Bangeojin(Ulsan) 2, Bonglaedong(Busan), Daebo(Pohang) 2, Daejin(Yeongdeok), Daepo(Sokcho), Dodu(Jeju), Donggu5(Busan), Dongmeang(Busan), Galdu(Heanam), Haeyangdae(Busan), Hyunpo(Uljin), Jasengdae(Busan), Jengja(Ulsan), Jisepo(Geje), Mijo(Namhea), Mokpo(Mokpo), Nangdo(Yeosu), North(Mokpo) 2, Ocheon(Boryeong), Okgye(Gangneung), Segecha(Jindo), Semang(Jindo), Soan(Wando), Soheuksando(Shinan), Sungsanpo(Jeju), Yeosushin(Yeosu), Yokji(Tongyeong)
	Coastal area	4	Boduk(Busan), Hadan(Busan), Hagu(Busan), Jangrim(Busan)

Table 1. Continued

Year	Classifications	Quantities	Sites(City)
	Port	6	Donghea(Donghea), Incheon(Incheon), Jeju(Jeju), Masan(Changwon), Mokpo(Mokpo), Pohang(Pohang)
2003	Fishing port	19	Aninjin(Gangneung), Bi in(Seocheon), Busan terminal(Busan), Dangdong(Tongyeong), Donam(Tongyeong), Eupcheon(Gyeongju), Har i(Busan), Jangpo(Namhea), Jinmok(Busan), Neabal(Goheung), Nokdong(Goheung), Sacheonjin(Gangneung), South(Busan), Soheuksando B(Shinan), Sokcho(Sokcho), Susan(Yangyang), Tongyeong(Tongyeong), Wido(Buan), Wolpo(Pohang)
	Coastal area	4	Beomsom(Jeju), Munsom(Jeju), Sunyoudo(Gunsan), Yeongdeok(Yeongdeok)

Table 1. Continued

Year	Classifications	Quantities	Sites(City)
2004	Coastal area	6	Biyang, Gapa, Uodo(Jeju), Chilsando(Yeonggwang), Geomundo(Goheung), Hyengjedo(Busan), Munyeodo(Gunsan), Yeounpyeongdo(Incheon)
2005	Coastal area	3	Chagwido(Jeju), Goseong(Goseong), Pohang(Pohang)
2006	Coastal area	6	Donghea(Donghea) 2, Sokcho(Sokcho), Taeon(Taeon), Ulleung(Ulleung), Yeongdeok(Yeongdeok)
2007	Coastal area	7	Boryeong(Boryeong), Chagwido(Jeju), Donghea(Donghea), Dokdo(Ulleung), Hwaseong(Hwaseong), Taeon(Taeon) 2

Table 1. Continued

Year	Classifications	Quantities	Sites(City)
2008	Fishing port	4	Dadaepo(Busan), Gangguan(Tongyeong), Hongwon(Seocheon), Yeosu(Yeosu)
	Coastal area	14	Boryeong(Boryeong), Buan(Buan), Daedo(Pohang), Ganghwa(Incheon), Gudelbaegi(Samcheok), Hwaseong(Hwaseong), Ijakdo(Incheon), Junggu(Incheon), Morundae(Busan), Ongjin(Incheon), Seocheon(seocheon), Shinsido(Gunsan), Taean(Taean), West(Incheon)
	Fishing port	1	Okpo(Geoje)
2009	Coastal area	14	Bogildo(Wando), Boseong(Boseong), Boryeong(Boryeong), Dokdo(Ulleung), Goseong(Goseong), Hadong(Hadong), Hyengjedo(Buan), Hwado(Jeju), Jawoldo(Incheon), Munyeodo(Gunsan), Noksan(Busan), Sinnamgi(Samcheok), Soheuksando(Shinan), Sudo(Boryeong)

Table 1. Continued

Year	Classifications	Quantities	Sites(City)
	Port	1	Masan(Changwon)
	Fishing port	2	Gampo(Gyeongju), Gurungpo(Pohang)
2010	Coastal area	24	Boryeong(Boryeong), Dokdo(Ulleung), Gangseogu(Busan) 2, Geoje(Geje), Gijang(Busan), Godam(Tongyeong), Goseong(Goseong) 2, Gunsan(Gunsan), Hadong(Hadong), Jeju(Jeju), Junggu(Incheon), Ongjin(Incheon), Pohang(Pohang) 2, Sahagu(Busan), Samcheok(Samcheok), Sokcho(Sokcho), Suncheon(Suncheon), Uljin(Uljin), Ulju(Ulsan), Yokjido(Tongyeong) 2
	Total	150	

2.2. 2012년 동·남해안 해저쓰레기 조사

해양쓰레기는 분포양상에 따라 부유쓰레기, 중층쓰레기 및 해저쓰레기로 구분되며, 각각의 조사방법을 달리 하고 있다. 해안가에 흩어져 있는 부유쓰레기의 경우에는 정해진 해안가 현장을 구획으로 나누어 일일이 모니터링 하는 것이 일반적이며, 손으로 수거 후 분리해서 분포 및 물량을 산출한다. 이와 달리, 중층쓰레기와 해저쓰레기의 조사방법은 항만 및 어항 등 주로 넓은 해역을 조사하며 선박에 탑재된 전용장비 등을 일정한 속도로 예인하면서 구획별로 조사를 실시한다(최와 최, 1998).

본 연구는 동·남해안의 총 18개소(국가어항 10개소, 무역항 2개소, 연안항 4개소, 해역 2개소)를 대상으로 조사를 수행하였다(Fig. 2 and Table 2). 주요항만, 어항 및 해역 등을 대상으로 선박 및 전용장비를 활용하여 해저쓰레기를 조사하였으며, 그 결과를 분석하였다.

해역조사를 수행하기 전에 반드시 거쳐야 할 일은 사전조사이다. 대상해역의 항 이용목적, 사용하는 어구, 조업시기, 조사 시 장애요인 등을 이해관계자로부터 면담을 통해 듣고 설문지를 작성하여 향후 현장조사 시 기초자료로 활용한다. 다음 조사절차는 사전조사 자료와 문헌조사 자료를 토대로 해당 해역에 수심, 오염도, 조사장애요인 등을 분석하여 가장 적합한 조사장비를 선택하게 된다. 이때 활용되는 조사장비는 양방향음파탐사기(SSS; Side Scan Sonar), 인양틀(towing-hook), 잠수(dive) 등이 사용된다. 다만 연안에서 멀리 떨어진 해역의 경우에는 항만 및 어항에 비하여 면적이 넓고 수심이 깊어 잠수조사는 실효성이 적어 제외하는 것이 일반적이다.

현장에서 실시된 조사결과를 취합 및 분석하여 최종적으로 해당해역에 분포하는 해저쓰레기양에 대한 기초설계 자료를 제공하고 본 자료를 바탕으로 설계서를 작성하는 것이 해저쓰레기 조사의 수행절차이다(Fig. 3).

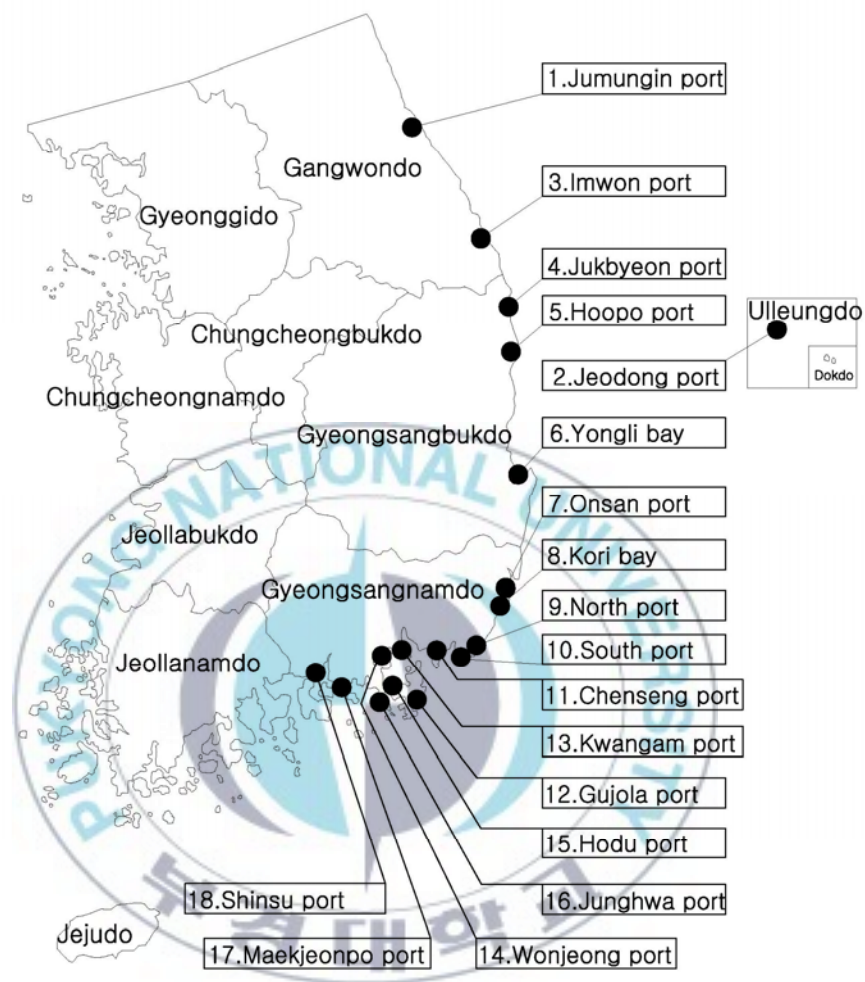


Fig. 2. Survey sites of seabed marine litters in East and South Sea, Korea(18 sites).

Table 2. Survey sites of seabed marine litters in East and South Sea, Korea(18 sites)

Classifications		Quantities	Sites
Port	Gangwondo	2	Jumungin fishing port in Gangneung Imwon fishing port in Samcheok
	Gyeongsang bukdo	3	Jeodong fishing port in Ulleungdo Jukbyeon fishing port in Uljin Hoopo fishing port in Uljin
	Ulsan	1	Onsan port in Ulsan
	Busan	3	North port in Busan South port in Busan chenseng fishing port in Busan
	Gyeongsang namdo	7	Gujola fishing port in Geoje Kwangam fishing port in Changwon Wonjeon fishing port in Changwon Hodu fishing port in Tongyeong Junghwa fishing in Tongyeong Maekjeonpo fishing port in Goseong Shinsu fishing port in Sacheon
Coastal area	Gyeongsang bukdo	1	Yongli bay in Pohang
	Busan	1	near Kori nuclear power plant
Total		18	

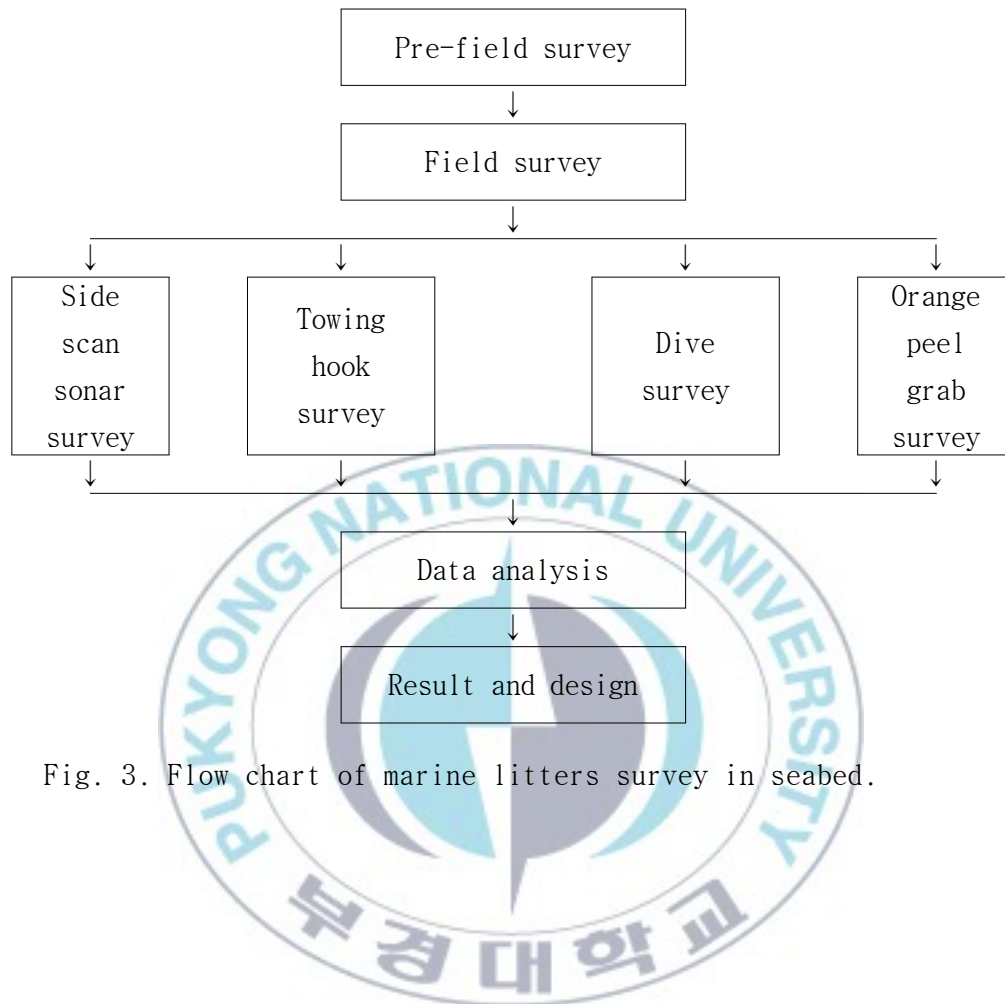


Fig. 3. Flow chart of marine litters survey in seabed.

2.2.1 사전조사

사전조사는 현장조사 및 수거사업의 기초자료로 활용하기 위해 대상해역의 기반자료를 수집하고, 어업인 및 이해관계자 등을 대상으로 탐문 및 설문조사를 수행한다(Fig. 4). 탐문과 설문조사를 통해 파악해야 할 내용은 어업인 및 이해관계자들의 대상해역 이용목적에 따라 달라지며, 어항의 경우 주 조업해역, 조업 시 사용하는 어구의 종류 및 유실실태, 조사 시장애요인(인공어초, 해중시설 등) 등이 조사내용이며, 항만의 경우에는 항적화물의 종류, 입출항 정보, 수중구조물의 설치 유무 등이다. Fig. 5는 대상해역에서 이해관계자의 의견을 정리하기 위하여 사용되는 현장설문(간담회) 예를 나타내었다.



Fig. 4. Pre-field survey for the collection of the seabed marine litters.

해양쓰레기 분포 및 실태조사는 동·남해권의 해양쓰레기 분포 현황을 파악하여 효율적인 수거사업을 실시함으로써 해양환경을 보전하기 위한 용역입니다. 해양쓰레기 분포 및 실태조사용역의 협조로 깨끗하고 안전한 항만을 보전하고 여러 분에게 피해가 발생하지 않도록 설문에 적극 참여해 주시기 바랍니다.

1. 귀하의 성별과 연령대를 표시하여 주십시오.

2. 귀하께서 승선하는 어선의 톤수를 표시하여 주십시오.

- ① 2톤 미만 ② 2~5톤 ③ 5~10톤 ④ 10~20톤 ⑤ 20톤 이상

3. 귀하께서 종사하고 계시는 업에 표시하여 주십시오(해당사항 모두)

- ① 연승 ② 자망 ③ 통발 ④ 정치망
⑤ 선망 ⑥ 트롤 ⑦ 채낚기 ⑧ 기타 ()

* 어휘종 : (

* 어구실태 : (

4. 하루 평균 어구시설량 및 유실량은 어느 정도 되십니까?

* 어구시설량 : ()

* 유 실 량 : ()

5. 조업 중 인양되는 폐기물에는 어떤 것이 있습니까? (해당사항 모두 표시)

- ① 플라스틱 ② 비닐 ③ 페어망 ④ 페타이어
⑤ 와이어 ⑥ 폐통발 ⑦ 기타 ()

6. 급어기를 표시하여 주십시오.(날짜와 어종)

[illegible]

- 17 -

2.2.2 양방향음파탐사기(SSS; Side Scan Sonar) 조사

양방향음파탐사기 조사는 초음파를 해저면에 투사하고 반사파를 측정하여 물체를 확인하는 장비로서, 원래의 개발목적은 수중어뢰를 탐지하기 위한 군사용이었으나, 1990년대 후반부터 해저지형조사 및 해저물 탐지에 활용되기 시작하였다. 상기 조사장비는 비교적 넓은 해역의 해저쓰레기 분포량과 성상자료를 획득할 수 있으며, 선박의 측면, 후미에 탑재하여 조사 예정 항로를 선정, 정해진 항적에 따라 일정한 속도로 예인하면서 해저면의 해저쓰레기를 조사 할 수 있다. 양방향음파탐사기 조사는 수심에 따라 일정한 주사폭(swath range) 75~150 m로 설정하고 조사 선박은 3~5 knots의 일정 속도를 유지하면서 조사를 실시하였다. 조사 시 선박의 플로터에 항적을 표시하여 미조사 구역이 발생하지 않도록 중첩해서 적용하였으며, 해저쓰레기의 위치 및 영상을 획득하였다. Table 3은 해저쓰레기 조사에 활용된 양방향음파탐사기의 사양을 나타내었으며, Fig. 6에는 양방향음파탐사기의 운용 모식도를 나타내었다.

양방향음파탐사기 분석 절차는 획득한 해저면의 평면(2차원) 영상자료를 분석하여 해저쓰레기의 위치, 종류, 분포량 및 분포형태를 파악하고 AutoCAD 프로그램을 이용하여 수치해도상에 해저쓰레기 분포도를 작성하며, 해저지형 및 특이사항을 정리하는 과정을 거치게 된다. Fig. 7에는 양방향음파탐사기의 조사영상을 나타내었으며, Fig. 8은 조사된 해저쓰레기 밀집도 결과의 예이다.

한편, 양방향음파탐사기 조사는 해저면의 2차원 영상을 통하여 넓은 면적의 해저면 형상을 탐색할 수 있는 장점이 있으나, 소형의 해저쓰레기나 저질 내부에 묻혀있는 수직적인 해저쓰레기는 파악할 수 없다는 단점이 있다. 따라서 해저의 저질 내부에 묻혀있는 폐기물의 분포는 인양틀 및 오렌지 필 그랩 등을 이용한 조사를 통해서 상호 보완할 수 있다.

Table 3. Specification of side scan sonar

Items	Specification
Frequency	400 kHz
Beam width	horizontal 0.3° / vertical 40°
Swath range	45~300 m
Operating speed	1~8 knots (0.51~4.1 m/s)
Material	stainless steel
Size	1,140 mm(L) × Ø100 mm
Error range	± 0.25%
Resolution	1,125~15 cm
Pulse length	15 μs~200 μs
Depression angle	200 kHz, 20°
Operating depth(Max.)	300 m



Fig. 6. Schematic of the side scan sonar operation.

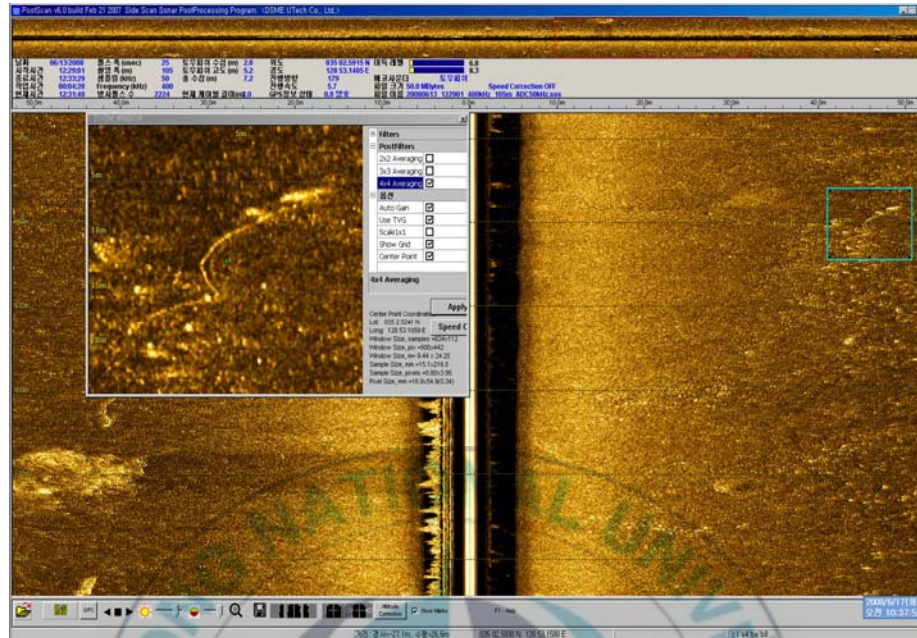


Fig. 7. Example image of the side scan sonar survey result.

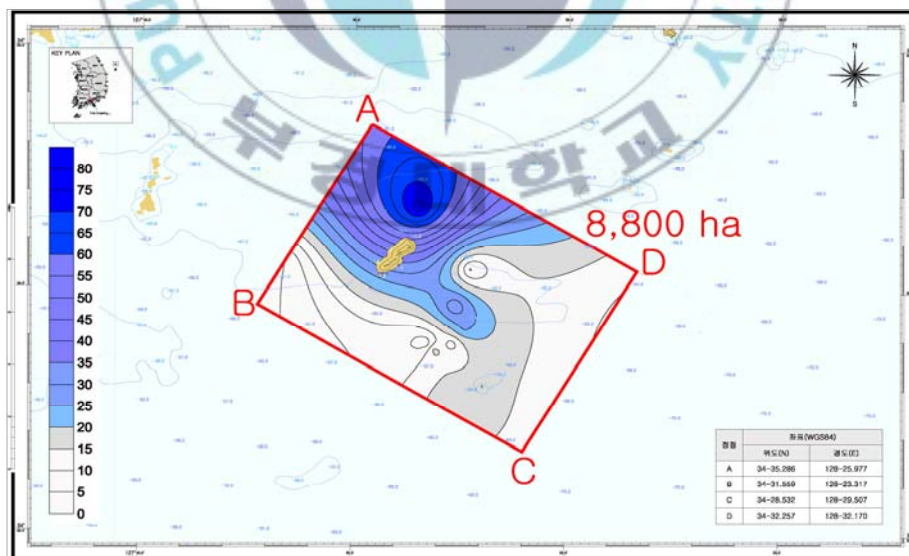


Fig. 8. Example distribution of the seabed marine litters using by side scan sonar survey.

2.2.3 인양틀 조사

인양틀조사(towing-hook)는 해저퇴적층에 존재하는 해저쓰레기에 대한 조사방법으로 해당해역에 조사격자(항만 : $0.1 \times 0.1 \sim 0.5 \times 0.5$ km, 해역 : $1 \times 1 \sim 2 \times 2$ km)를 설정하여 조사를 실시하였다. 또한 인양틀 예인조사는 비교적 넓은 해역을 대상으로 하는 표본조사 방법으로써, 해저에 묻혀있는 쓰레기 물량을 산출하는 방법으로 활용되고 있다. 조사에 사용되는 인양틀의 종류는 저질의 형태(사질과 니질, 암반)에 따라 구분하여 사용한다 (Fig. 9).

인양틀을 이용한 조사과정은 선박용 플로터(plotter)와 휴대용 GPS(Global Positioning System)를 이용하여 조사해역으로 이동한 후 조사 선박에 장착된 어군탐지기로 수심을 확인한다. 또한 조류를 고려하여 수심의 2 ~ 3배 정도 길이의 로프 끝에 인양틀을 매달아 예인하여 조사를 수행하였다. 조사해역의 유속이 강하고 수심이 깊을 경우에는 체인과 무게 추를 사용하여 인양틀이 충분히 해저면을 예인할 수 있도록 하였다.



Fig. 9. Type of towing hook for sand, mud(left) and rock(right).

인양틀 조사과정은 인양틀 조사 시 조사격자에 나타난 일정한 예인거리에 도달하였거나, 수중에 침적된 해저쓰레기가 인양틀에 견인된 것으로 판단이 되면 예인을 중지하여 선박에 장착된 윈치나 롤러 등으로 인양틀을 회수한 후 인양틀에 견인된 해저쓰레기의 부피와 무게를 계측하였다. Fig. 10은 인양틀을 예인하여 해저쓰레기를 조사하는 장면과 인양틀 예인조사를 통하여 생성된 결과를 토대로 해저쓰레기 밀집도 결과의 예이다.

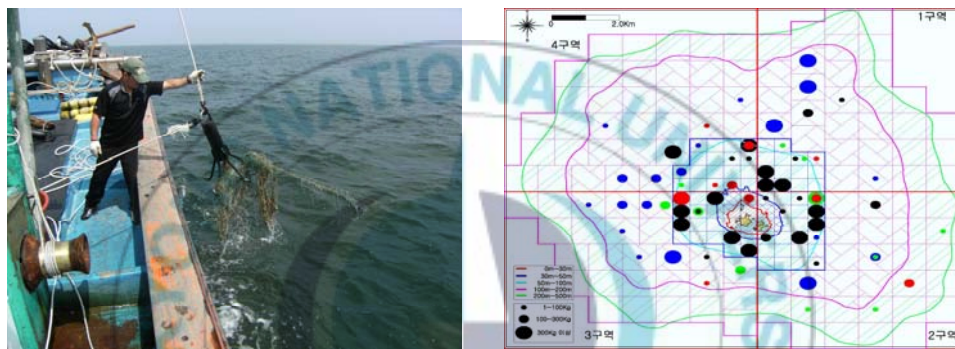


Fig. 10. Example image(left) and distribution(right) using by towing hook.

2.2.4 잠수조사

주로 항만의 물량장 주변과 선박이 정박되어 있는 구역은 양방향음파탐사기조사와 인양틀 예인조사가 불가능하므로 전문 잠수인력을 활용한 잠수조사(dive survey)를 수행하는 것이 해저쓰레기 조사하기 위한 효율적인 방법이다. 잠수조사는 로프라인을 50 m 또는 100 m로 설정하여 10 m 간격으로 미터를 표시하는 라인조사 방법으로, 수중촬영과 수중메모관에 기록을 하면서 조사하였다. 라인조사는 물량장에서 항 중심부 쪽으로 조사라인을 설치하며, 해저쓰레기가 물량장에서부터 몇 미터까지 분포하고 있는지 확인이 가능하다. 하지만 잠수조사 시 저질 속의 물량을 확인하지만 일부분만 확인이 가능하여 전체 저질속의 해저쓰레기의 물량을 산정하는데 어려움이 있다.

잠수조사시 사용되는 장비는 표면공급식(surface supplied)이며, 수면 위에 있는 책임자(supervisor)나 보조원(tender)의 관리 통제 아래, 수중의 잠수사에게 호흡할 공기를 호스로 통하여 공급해 주는 방식이다. 표면공급식 잠수조사방법은 호흡할 공기를 거의 제한없이 지속적으로 공급함은 물론, 필요에 따라 공기 공급호스 외에 통화선과 수심측정호스 등으로 구성된 음빌리컬(umbilical)을 통하여 유선 통화가 가능하고 수면 위에서 잠수조정판(diving control panel)을 통하여 잠수사를 관리할 수 있기 때문에 안전하고 효율적인 방법이다.

잠수조사 결과의 분석은 야장 및 수중촬영자료를 이용하여 해저쓰레기의 위치, 종류, 분포량 및 분포점을 파악하고, AutoCAD 프로그램을 사용하여 수치해도상에 해저쓰레기 분포구역도를 작성하였다. Fig. 11 및 12는 잠수조사에 대한 설명을 나타내었다.

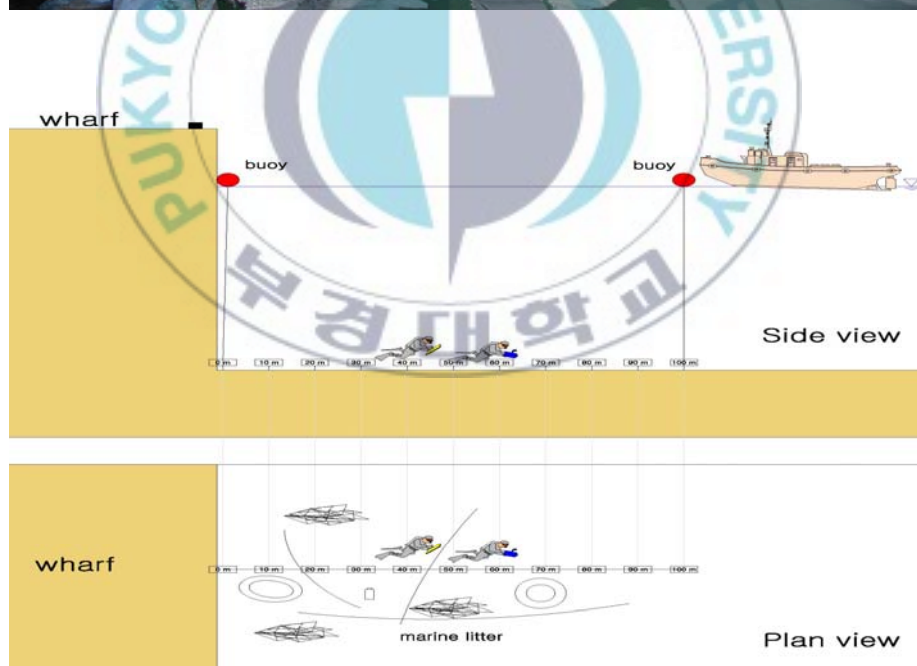


Fig. 11. Example image(upper) and method(lower) for the dive survey.

2.3 오렌지 필 그랩(OPG; Orange Peel Grab) 조사

오렌지 필 그랩 조사는 해저퇴적층에 쌓인 해저쓰레기 물량을 산출하는 방법으로써 실제 수거처리사업 시에 적용되는 해저쓰레기 수거방법이며, 본 연구에서는 수거사업이 아닌 조사 목적으로 국내에서 처음으로 수행하였다.

오렌지 필 그랩 조사 대상지역은 2012년 동·남해안 18개소 중 6개소를 선정하여 조사를 수행하였다(Fig. 13). 오렌지 필 그랩 조사는 조사 정점 수 및 조사 위치 등에 대한 사전계획을 수립하여 조사를 수행하였으며, 해저면에 묻혀있는 쓰레기에 대한 양을 파악하여 대상해역의 해저쓰레기를 재산정하였다. 오렌지 필 그랩 조사에 사용된 장비는 Fig. 14에 나타내었으며, Fig. 15에는 오렌지 필 그랩 조사과정을 표현하였다.

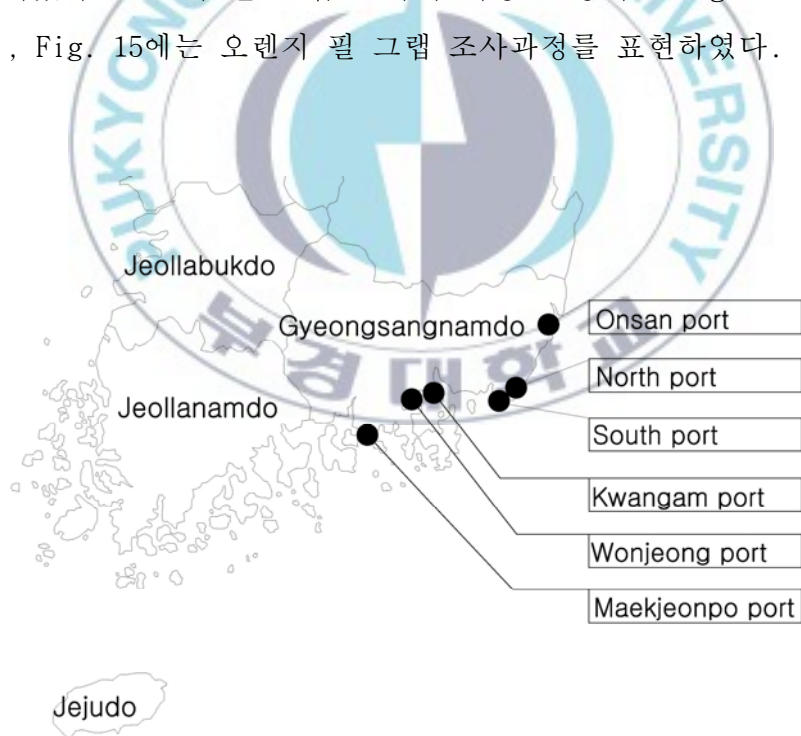


Fig. 13. Survey sites using by orange peel grab.



Fig. 14. Orange peel grab.



Fig. 15. Process of the orange peel grab survey.

본 연구에서는 동·남해안 대상해역 18개소에서 수행한 SSS, 인양 및 잠수조사 결과와 실제 수거물량에 대한 오차를 파악하기 위하여 오렌지 필 그랩 조사를 수행하였으며, 각 자료들의 상관분석 및 선형회귀분석을 실시하여 자료간의 상관관계를 확인하였다. 오렌지 필 그랩 조사는 크레인 부선(crane barge) 및 예인선(towing vessel)을 이용하여 실시하였으며, 크레인 부선에 오렌지 필 그랩을 장착하여 조사를 수행하였다. 또한 얕은 수심이나, 양식장 취수관 및 조사지점에 선박이 대기하고 있는 등 선단이 진입 불가능한 경우에는 조사대상에서 제외하였으며, 가급적 쓰레기물량이 많이 분포된 유사점에 대하여 조사를 수행하였다. 조사 대상해역은 울산 온산항, 부산 북항, 창원 광암항, 원전항 및 고성 맥전포항이며 조사 위치는 Fig. 16에 나타내었다.

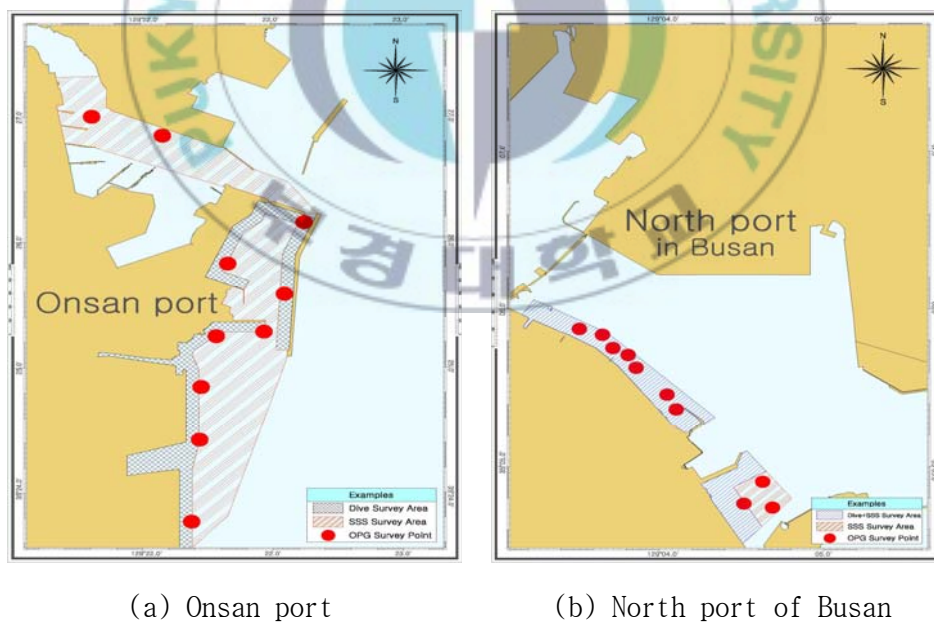
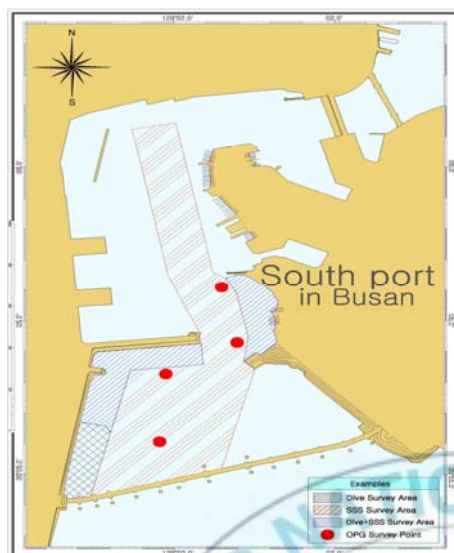
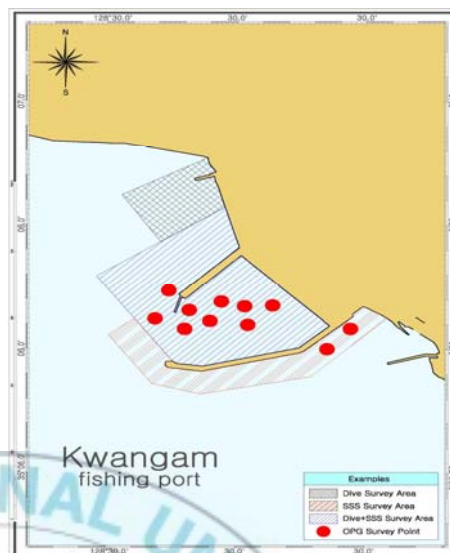


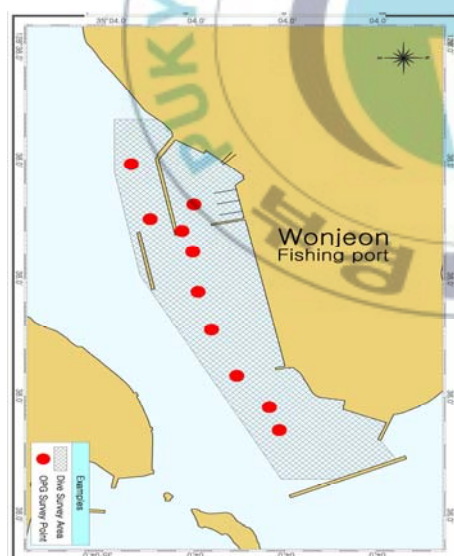
Fig. 16. OPG survey point of the seabed marine litters.



(c) South port of Busan



(d) Kwangam fishing port



(e) Wonjeon fishing port



(f) Maekjeonpo fishing port

Fig. 16. Continued.

3. 결과 및 고찰

3.1 과거 11년간 해역별, 항만별 해저쓰레기 성상 비교 분석

본 연구에서는 2000년부터 2010년까지 수행된 현장조사자료 및 연구결과를 바탕으로 해저쓰레기 조사 및 수거결과를 분석하였으며, 해역별, 항 종류별 등으로 분류하여 각각의 해역 및 항에 분포하는 해저쓰레기의 성상 및 양을 파악하였다.

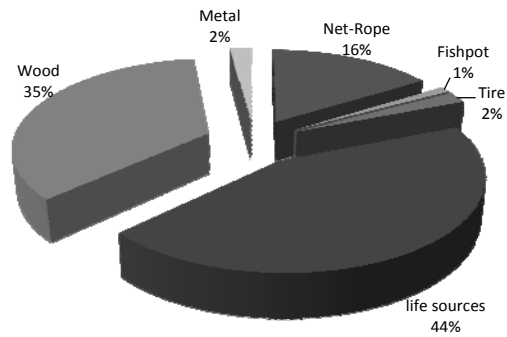
3.1.1 동·서·남해역 해저쓰레기 조사결과

서해의 경우, 조사정점 44개소에 대하여 해저쓰레기 물량은 7,416 ton으로 나타났으며, 단위면적당 해저쓰레기양은 0.04 ton/ha이다. 서해에 분포된 해저쓰레기의 성상은 생활쓰레기, 목재류 등이 주로 많은 비율을 차지하고 있다.

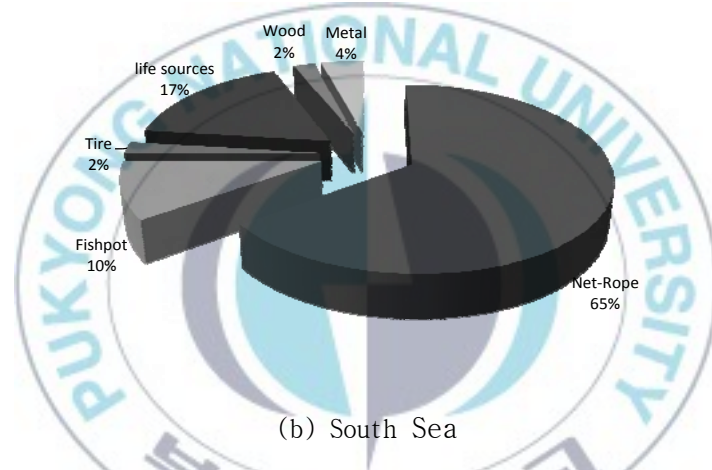
남해의 경우, 조사면적 74,329 ha에 해저쓰레기양은 약 5,010 ton으로 조사되었으며, 단위면적당 해저쓰레기양은 0.07 ton/ha로 나타났다. 남해는 서해와 달리 그물로프(약 65%)가 가장 많이 분포하였다.

동해의 경우, 조사정점 63개소를 기준으로 해저쓰레기양은 약 10,508 ton으로, 단위면적당 해저쓰레기양은 0.08 ton/ha로 동·서·남해 중 가장 높은 분포를 나타냈다. 특히 폐그물로프, 철재류 등이 많이 분포하였다(Fig. 17 and Table 4).

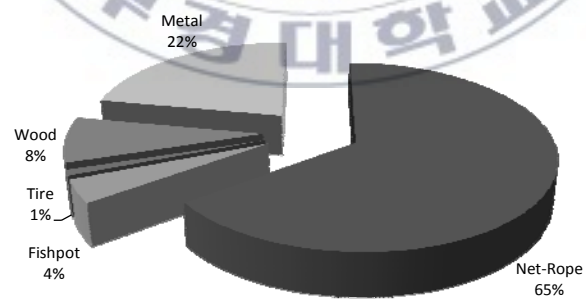
해역별 해저쓰레기 조사결과를 비교하면 해저쓰레기양은 동해, 서해 및 남해 순으로 동해가 가장 큰 분포를 나타냈으며, 해역별 해저쓰레기의 성상은 어구사용의 다양성, 항 이용특성, 육상으로부터 해양유입 쓰레기양 등이 반영된 결과로 추정된다(Fig. 18).



(a) West Sea



(b) South Sea



(c) East Sea

Fig. 17. Classifications of the seabed marine litters.

Table 4. Results of the seabed marine litters in West, South and East Sea(2000~2010)

Sections	Sites	Survey area (ha)	Survey weight (ton)	Survey weight per unit hector (ton/ha)
West sea	44	203,121	7,416	0.04
South sea	43	74,329	5,010	0.07
East sea	63	125,749	10,508	0.08
Total	150	403,199	22,935	0.06

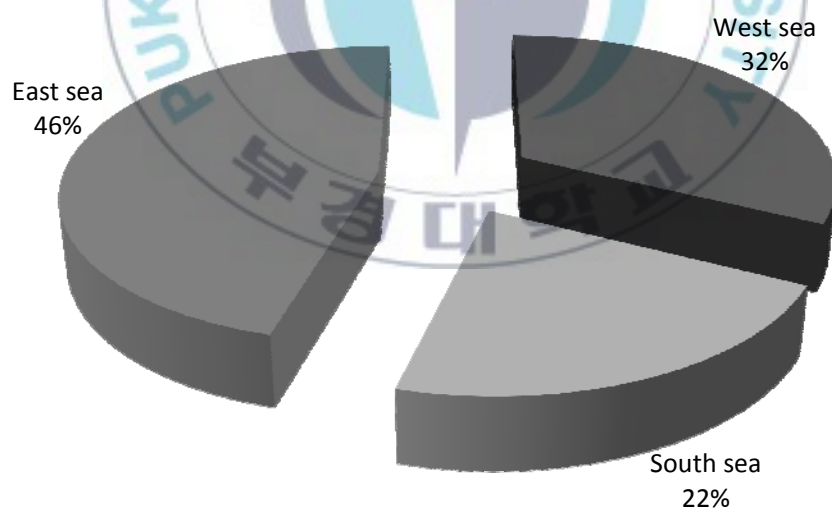


Fig. 18. Sectional percents of the seabed marine litters in West, South and East Sea.

3.1.2 항만 및 연안해역 해저쓰레기 조사결과

(1) 공간 분포 특성 조사결과

앞서 해역별로 해저쓰레기의 조사결과를 나타낸 것을 다시 세분화하여 무역항, 연안항, 연안해역으로 분류하면 좀 더 다양한 정보를 알 수 있다.

2000년부터 2010년까지 무역항의 해저쓰레기 조사결과는 정점 5개소, 조사면적 177 ha, 조사된 해저쓰레기양은 1,387 ton, 단위면적당 해저쓰레기양은 7.82 ton/ha이며, 해저쓰레기의 성상은 목재류가 가장 많이 나타났다.

연안항의 경우 조사정점이 무역항에 비하여 많은 59개소로 많으며 조사면적은 2,895 ha, 해저쓰레기양은 8,632 ton, 단위면적당 해저쓰레기양은 2.98 ton/ha이며, 철재류, 그물로프, 나무, 폐타이어 등이 고르게 조사되었다.

조사대상해역 중 가장 많은 83개소를 차지하고 있는 연안해역은 조사면적 400,126 ha, 조사된 해저쓰레기양 12,916 ton, 단위면적당 해저쓰레기양 0.03 ton/ha으로 나타났으며, 폐그물로프, 생활쓰레기, 목재류 등이 조사되었다(Table 5).

2000년부터 2010년까지 무역항, 연안항 및 연안해역에서 조사된 해저쓰레기양을 비교해보면 연안해역이 가장 많은 양을 차지하였으며, 연안항이 가장 작게 조사되었다. 또한 단위면적당 해저쓰레기양은 무역항이 가장 우세한 양상을 나타내었다(Fig. 19 and Fig. 20).

Table 5. Results of the seabed marine litters in trading port, fishing port and coastal area(2000~2010)

Sections	Survey area (ha)	Total area (ha)	Survey weight (ton)	Survey weight per unit hector (ton/ha)	Total weight (ton)
Trading port	177	21,682	1,387	7.82	169,460
Fishing port	2,895	1,213	8,632	2.98	3,616
Coastal area	400,126	7,077,105	12,916	0.03	228,455
Total	403,199	7,100,000	22,935	3.61	401,531

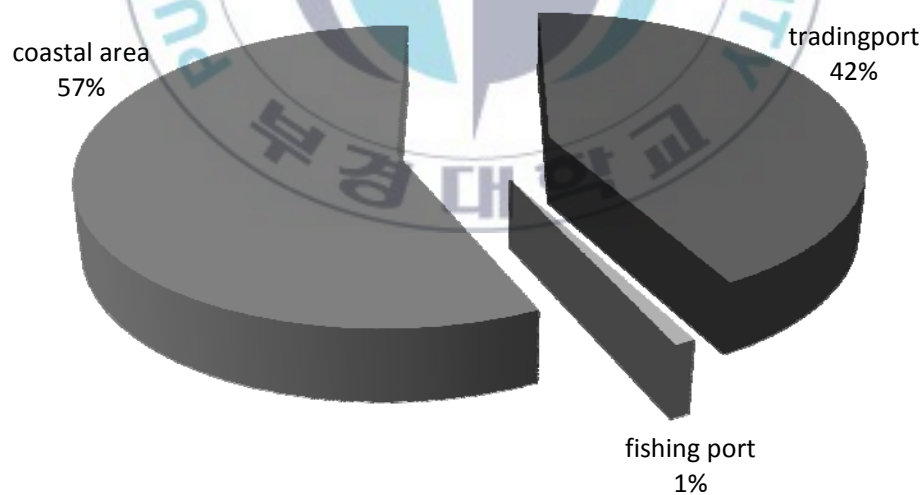


Fig. 19. Sectional percents of the seabed marine litters in trading port, fishing port and coastal area.

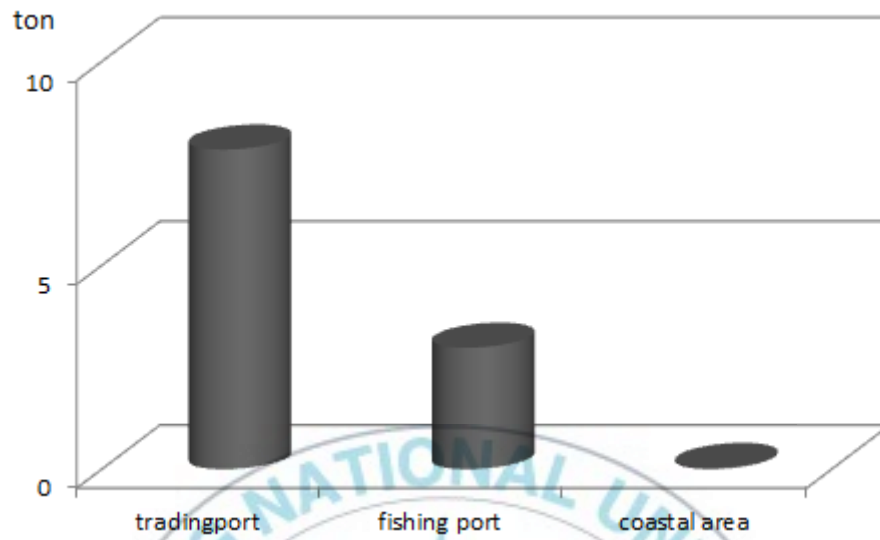
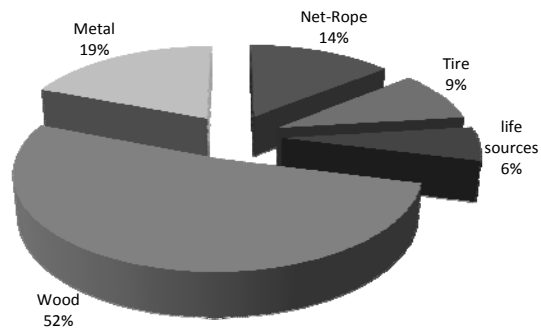


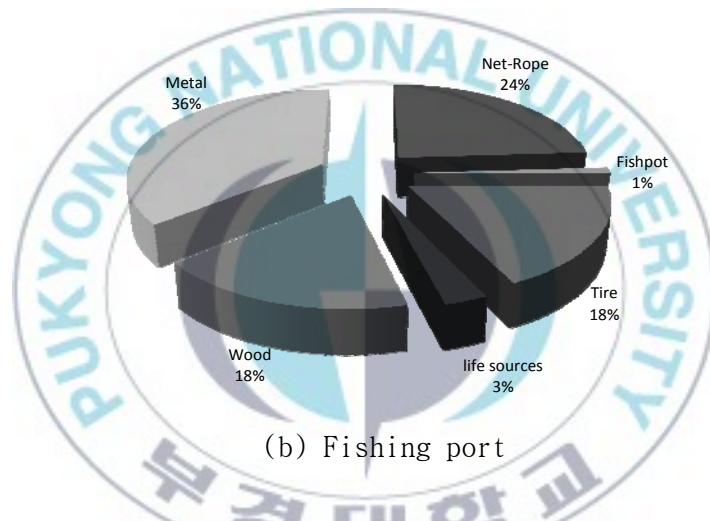
Fig. 20. Survey weight per unit hectare(ton/ha) of the seabed marine litters in trading port, fishing port and coastal area.

(2) 해저쓰레기 성상 분포 조사결과

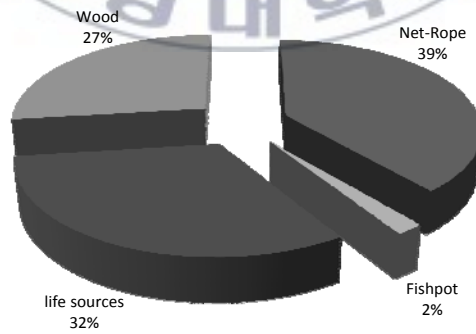
본 연구에서는 지난 11년간(2000~2010년) 해저쓰레기 실태조사 결과를 바탕으로 권역별(동·서·남해) 해저쓰레기 양, 특성, 성상 등을 분석하였으며, 각각을 무역항, 연안항, 연안해역으로 재분류하여 해저쓰레기의 특성을 분석하였다. 그 결과 무역항의 경우 무역항에 분포하는 해저쓰레기는 선박에서 사용되는 폐로프 및 폐자재더미, 항만에 정박한 선박들에 의한 생활쓰레기 등이 주로 나타났으며, 특히 목재가 가장 많은 분포이고, 철재 및 그물로프 순으로 성상분포가 나타났다. 연안항의 해저쓰레기는 어선의 잦은 출입으로 인한 폐어구 및 각종 폐그물, 어항주변 주민들에 의한 다양한 생활쓰레기 등이 주 요인이며, 철재가 가장 많은 분포를 차지하고 그물로프, 목재 및 타이어 순으로 분포하였다. 연안해역은 어구유실로 인한 그물로프가 가장 많았으며, 생활쓰레기, 목재류 순으로 해저쓰레기가 분포하였다(Fig. 21).



(a) Trading port



(b) Fishing port



(c) Coastal area

Fig. 21. Classifications of the seabed marine litters.

3.2 2012년 동·남해안 해저쓰레기 분포특성

(1) 공간 분포 특성 조사결과

본 연구의 대상해역은 동·남해안 국가어항(10개소), 무역항(2개소), 연안항(4개소), 해역(2개소) 등 18개소 해역을 대상으로 조사대상해역에서 조업하는 어업인 및 관계인들을 대상으로 어업인 간담회 및 탐문조사를 통하여 자료를 취득 사전조사를 수행하였다. 또한 양방향음파탐사기 조사를 통하여 해저쓰레기의 분포형태 및 위치, 조사구역 해저면의 저질상태 및 수심 등을 취득하여 해저쓰레기양 산정하고 인양틀 예인조사를 통하여 해저쓰레기의 종류, 분포형태 및 분포물량과 인양소요시간, 작업의 효율 등의 자료를 취득하였다. 잠수조사를 통하여 양방향음파탐사기 조사 및 인양틀 예인조사가 불가능한 구역인 항만의 물량장 주변과 선박이 정박되어 있는 구역에서 라인조사방법으로 조사를 수행하였다.

대상해역 18개소 중 가장 많은 해저쓰레기 분포지역은 연안항인 울릉저동항으로 약 8,494 kg이고, 그 다음 무역항인 울산 온산항이 4,197 kg, 연안항인 강릉 주문진항이 2,835 kg이며, 해저쓰레기의 양이 가장 적게 분포하는 지역은 연안항인 통영 중화항으로 276 kg이다. 무역항 2개소 중 부산 북항은 울산 온산항에 비해 다소 작은 1,194 kg으로 조사되었으며, 해역 2개소는 영일만이 가장 고리의 해저쓰레기양인 1,193 kg의 1/2인 747 kg으로 조사되었다(Table 6 and Fig. 22).

(2) 해저쓰레기 성상 분포 조사결과

대상해역 18개소의 해저쓰레기 총량은 약 32,234 kg으로 확인되었으며, 그중 페그물로프 47%, 그 다음은 페타이어가 34%를 차지하였다(Fig. 23). 이와 같은 전체 18개소의 해저쓰레기의 양을 국가어항, 무역항, 연안항 및 해역으로 분류하여 살펴보면 먼저 국가어항 10개소에 분포하는 해저쓰레기 성상은 페그물로프가 약 47%, 페타이어가 약 31%로 가장 많이 분포를 나타냈다. 또한 무역항 2개소에 분포하는 해저쓰레기 성상의 종류는 페그물로프가 약 55%, 페타이어가 35%로 나타났으며, 무역항에 나타난 페그물로프의 양은 국가어항보다 약 8%의 높은 비중을 차지하였다. 연안항 4개소의 분포 결과는 페타이어 약 52%, 페그물로프 약 31%로 국가어항 및 무역항과는 달리 페타이어가 페그물로프보다 더 많은 비중을 차지하였다. 해역 2개소의 경우, 페그물로프가 약 89%로 해역 2개소에 매우 우세한 분포를 나타냈으며, 통발 및 기타 쓰레기가 약 9%의 분포결과를 나타내었다(Fig. 24). 그리고 조사된 동·남해안 18개소에 대하여 해저쓰레기 성상별로 분석하면, 그물로프가 가장 많이 조사된 항은 무역항인 온산항으로 3,543 kg이고, 그 다음이 울릉도 저동항(2,764 kg), 광암항(1,854 kg), 원전항(1,854 kg) 순으로 분포하였다. 통발류는 연안항인 구조라항이 341 kg으로 제일 많이 조사되었으며, 포항 영일만은 발견되지 않았다. 그리고 타이어는 울릉도 저동항에서 3,862 kg으로 조사되었으며, 포항 영일만과 기장고리에서는 발견되지 않았다. 생활쓰레기 또한 울릉도 저동항에서 332 kg으로 제일 많이 조사되었으며, 포항 영일만, 기장 고리, 통영 호두항에서는 발견되지 않았다. 목재류는 4개 항에서만 발견되었으며, 울산 온산항에서 19 kg으로 제일 많이 조사되었고, 부산 북항 7 kg, 창원 광암항과 원전항에서 각각 2 kg으로 조사되었다. 철재류는 울릉도 저동항에서 1,750 kg으로 제일 많이 조사되었으며, 울진 죽변항 471 kg, 강릉 주문진항 469 kg 순으로 나타났다(Fig. 25).

Table 6. Classifications of the survey methods and weight in East and South Sea, Korea

Classifications	Sites(City)	Survey				Survey weight (kg)
		SSS	Towing	Dive	OPG	
National port	Imwon(Samcheok)	○	○	○	×	941
	Jeodong(Ulleungdo)	○	○	○	×	8,494
	Jukbyeon(Uljin)	○	○	○	×	1,778
	Chenseng(Busan)	○	○	○	×	609
	Gujola(Geje)	○	○	○	×	2,638
	Kwangam(Changwon)	○	○	○	○	1,806
	Wonjeon(Changwon)	○	○	○	○	1,556
	Hodu(Tongyeong)	○	○	○	×	388
	Maekjeonpo(Goseong)	○	○	○	○	1,019
	Shinsu(Sacheon)	○	○	○	×	414
Trading port	North(Busan)	○	○	○	○	1,194
	Onsan(Ulsan)	○	○	○	○	4,197
Fishing port	Jumungin(Gangneung)	○	○	○	×	2,835
	Hopo(Uljin)	○	○	○	×	1,474
	South(Busan)	○	○	○	○	667
	Junghwa(Tongyeong)	○	○	○	×	276
Coastal area	Yongli bay(Pohang)	○	○	×	×	747
	Kori(Busan)	○	○	×	×	1,194
Total						32,234

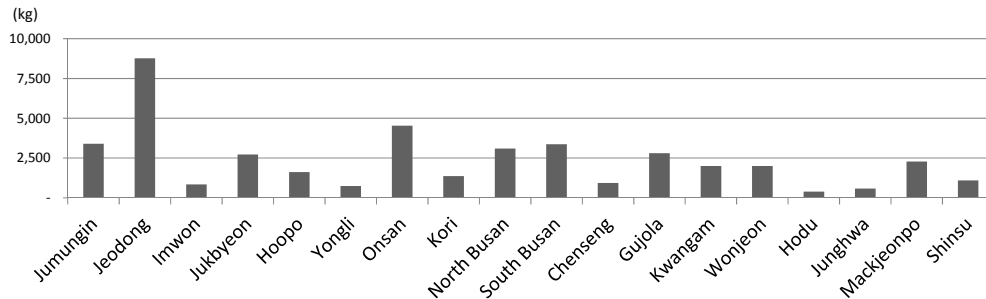


Fig. 22. Comparison with survey areas of the seabed marine litters in East and South Sea.

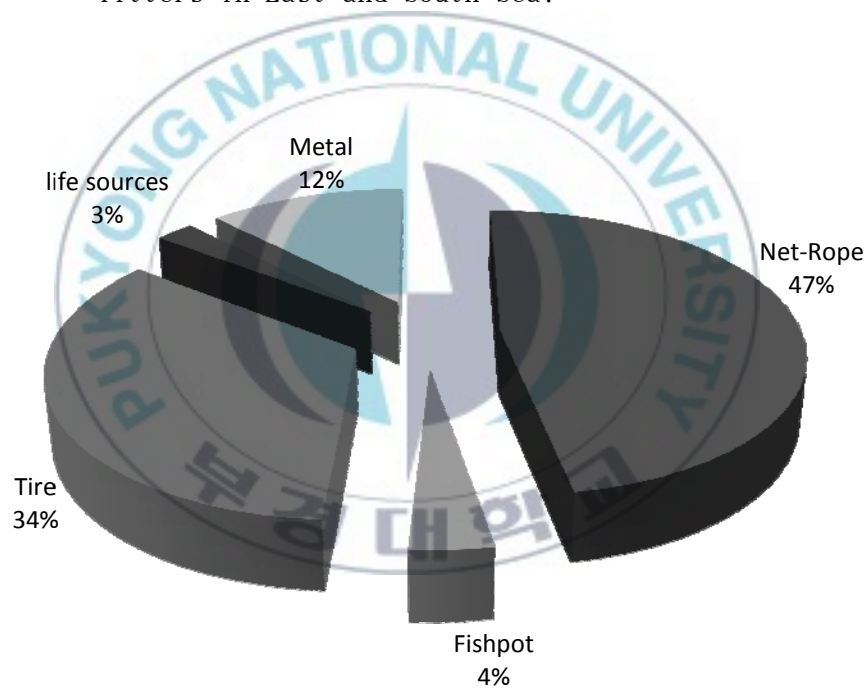
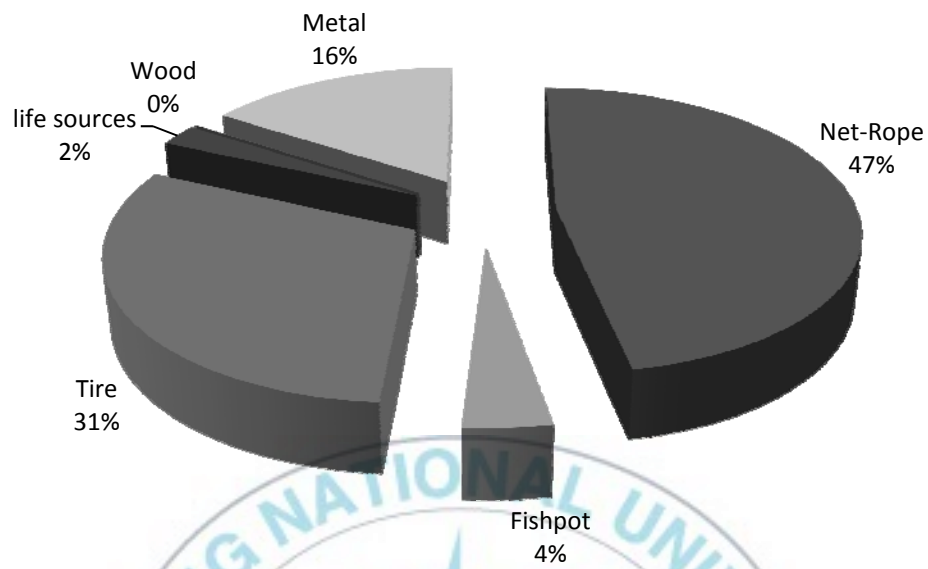
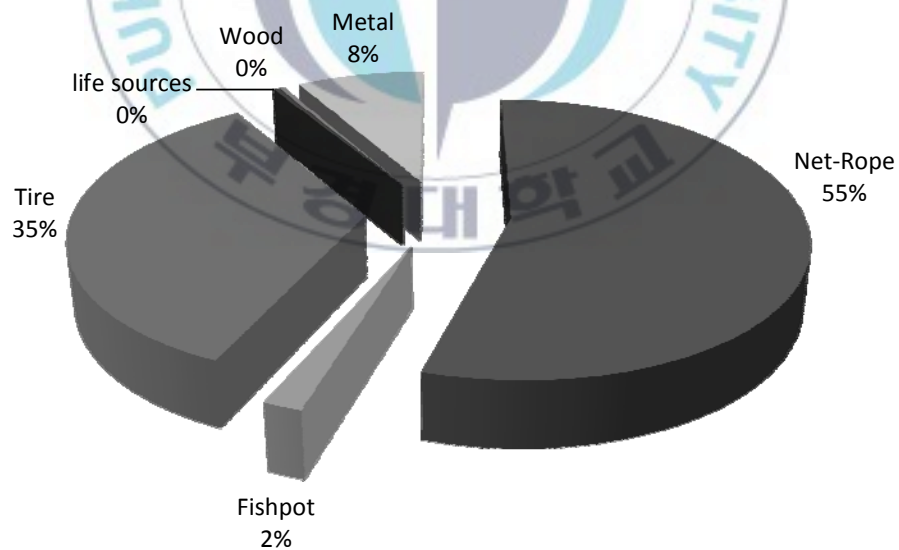


Fig. 23. Classifications of the seabed marine litters in East and South Sea (18 sites).

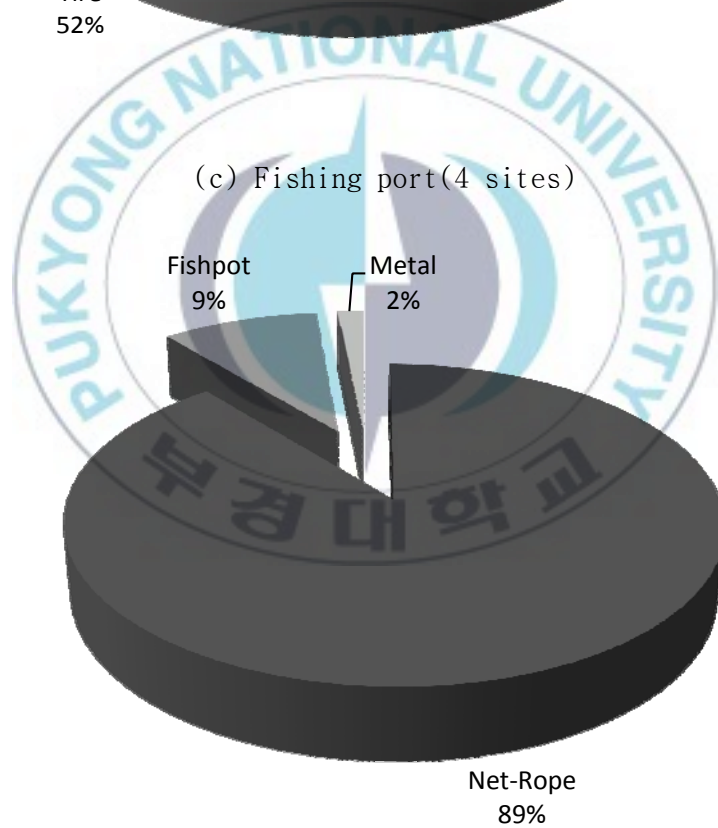
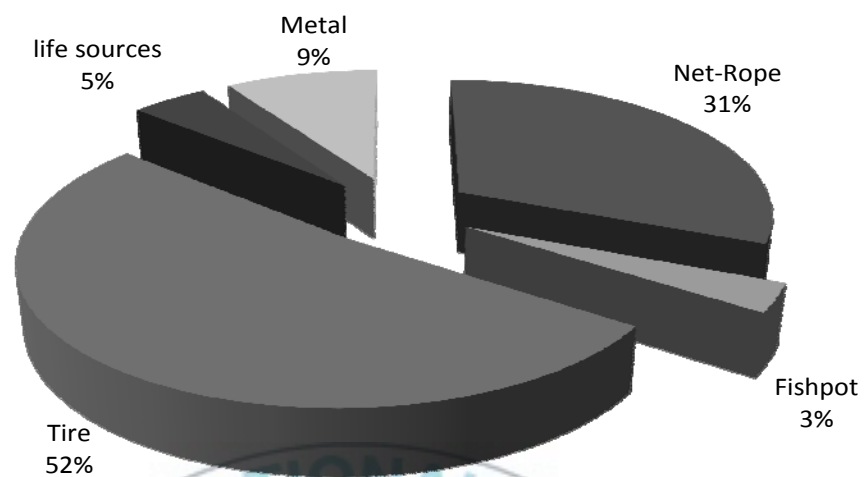


(a) National port(10 sites)



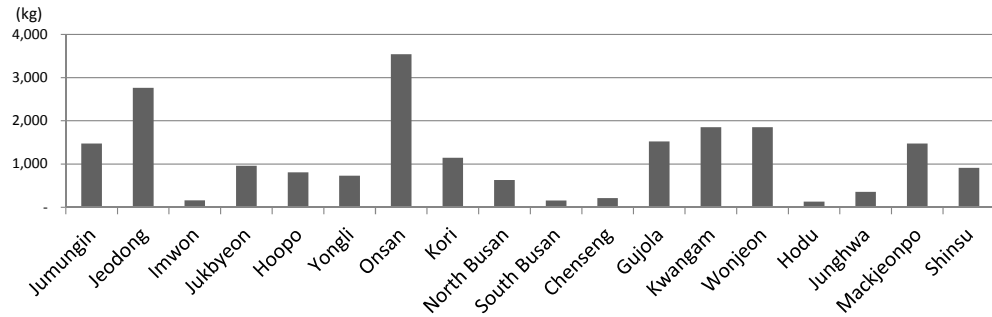
(b) Trading port(2 sites)

Fig. 24. Classifications of the seabed marine litters.

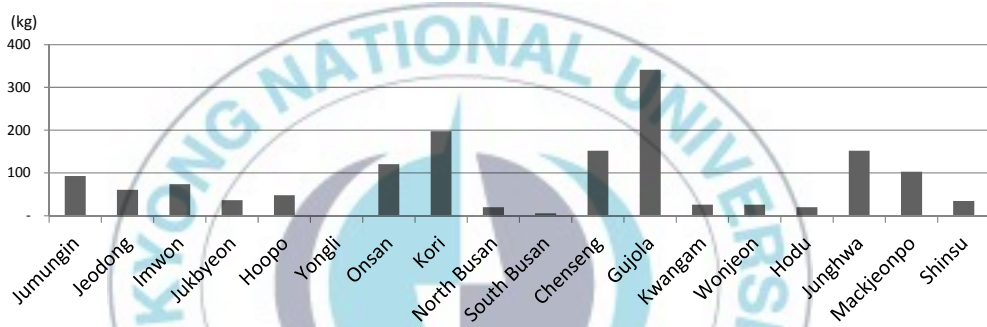


(d) Coastal area(2 sites)

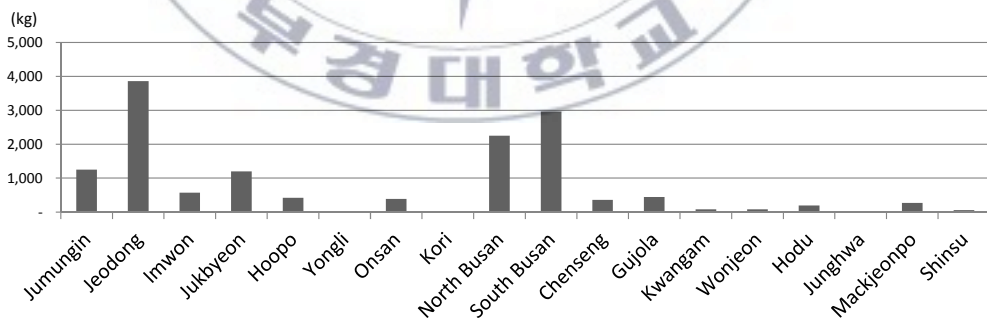
Fig. 24. Continued.



(a) Net-rope

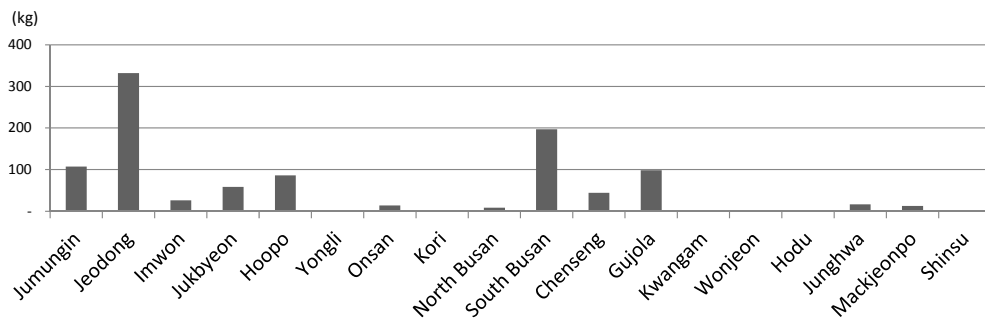


(b) Fishpot

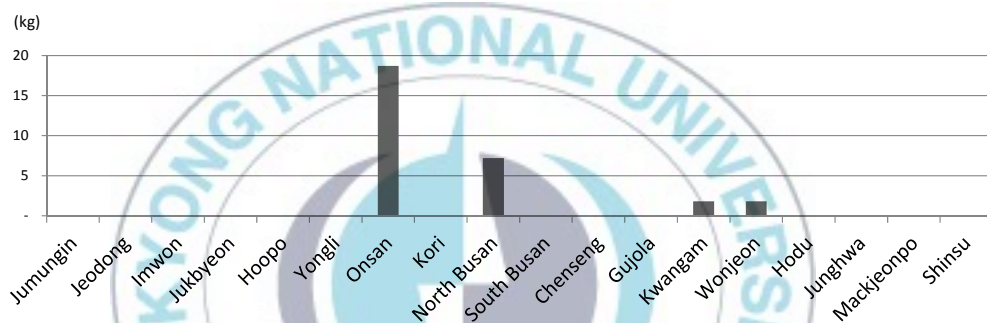


(c) Tire

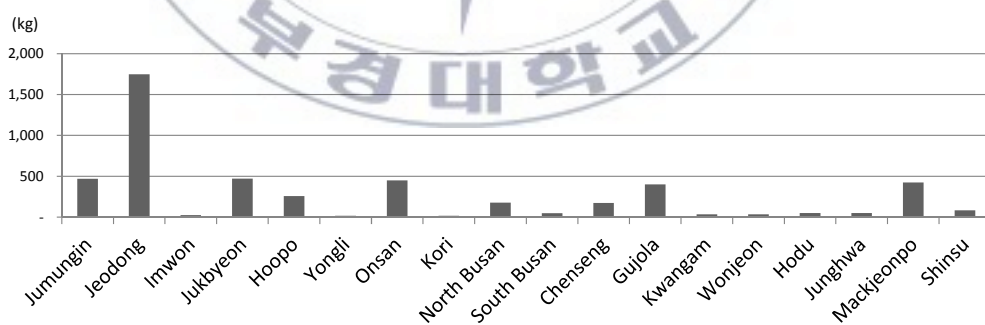
Fig. 25. Regional distributions of the seabed marine litters by type in East and South Sea, Korea(18 sites, 2012).



(d) Life sources



(e) Wood



(f) Metal

Fig. 25. Continued.

(3) 해역별 해저쓰레기 공간 분포도 조사결과

동·남해안 해저쓰레기 18개소에 대한 해저쓰레기의 분포도 분석을 하였다. 먼저, 해저쓰레기 분포도는 양방향음파탐사기조사, 인양틀조사 및 잠수조사의 해저쓰레기 분포점들을 내삽(interpolation)하여 각각의 항만 및 해역에 대한 contour로 나타내었다. 이와 같은 해저쓰레기 분포도는 해저면 쓰레기 조사방법의 차이와 내삽으로 인하여 쓰레기의 양에 대한 오차가 발생할 수 있지만, 지역적으로 대상해역에 대한 우심지역을 선정하는 방법으로는 적합하다. 강릉 주문진항의 해저쓰레기 분포는 북쪽의 선박접안 물량장 부근에 해저쓰레기가 많이 분포하였으며, 울릉도 저동항은 남쪽의 물량장 부근에 집중적으로 분포하였다. 그리고 임원항의 경우 일부구역에 준설공사를 하여 밀집도는 일부에만 집중되었으며, 죽변항 또한 임원항과 유사하게 일부에만 집중되는 분포를 나타내었다. 후포항은 선박의 접안시설 부근과 동방파제 부근으로 집중 밀집되어있었으며, 영일만 해역과 기장 고리해역은 조사된 전 해역에 걸쳐 골고루 분포하고 있으며, 무역항인 온산항은 남쪽 안쪽에 집중 밀집되어있었다. 부산 남항과 북항은 선박의 접안시설 부근에 집중 밀집되어 있으며, 천성항과 구조라항은 전체적으로 골고루 분포하였다. 창원 광암항과 원전항은 선박의 접안시설 부근으로 분포하고 있으며, 호두항과 중화항은 전체적으로 골고루 분포하고 있다. 맥전포항은 서방파제 부근에 집중 밀집되어 있으며, 신수항은 일부구역에 집중 밀집되어있다(Fig. 26).

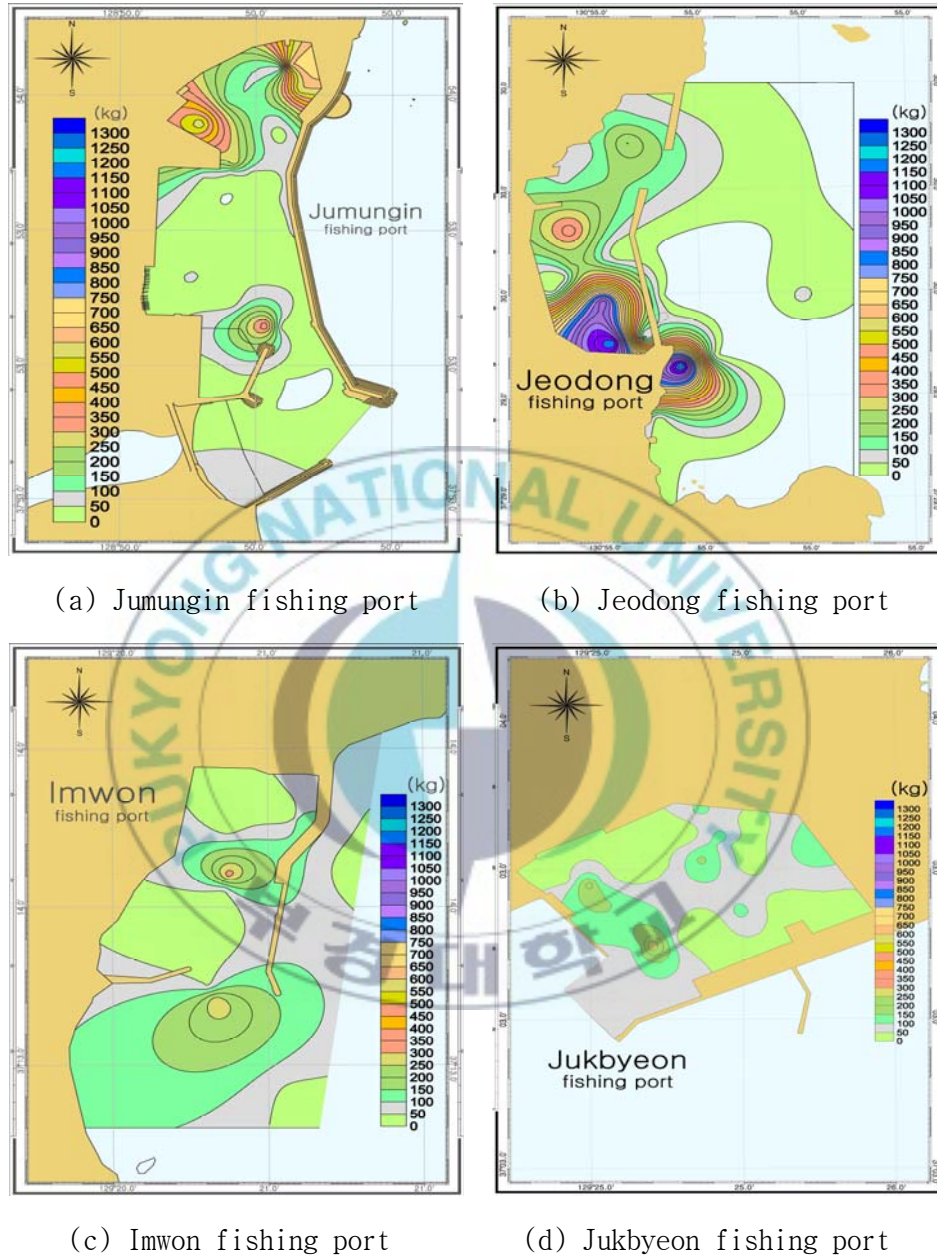
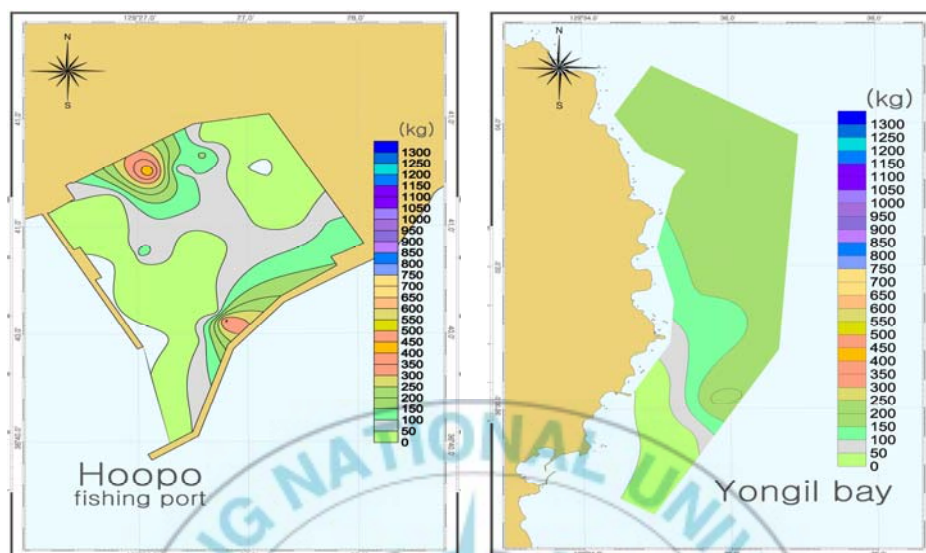
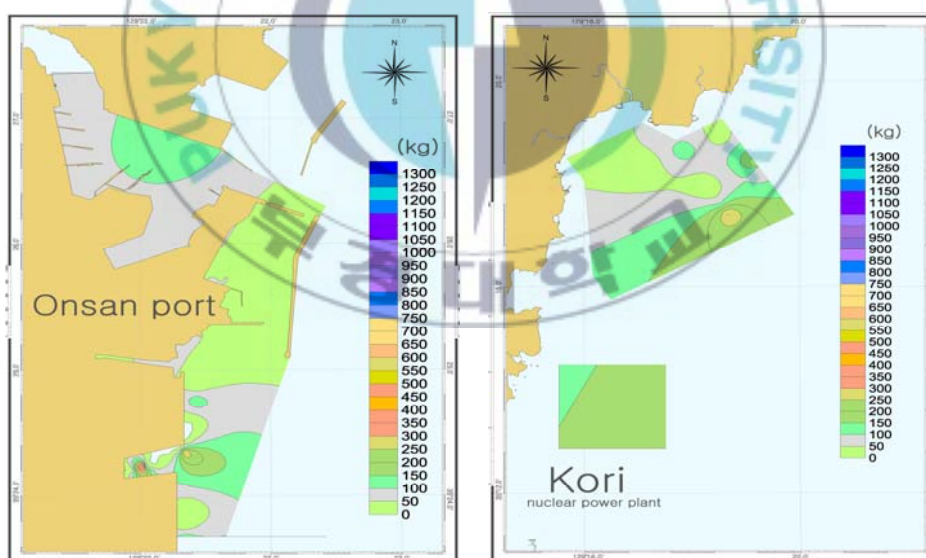


Fig. 26. Distribution of the seabed marine litters.



(e) Hoopo fishing port

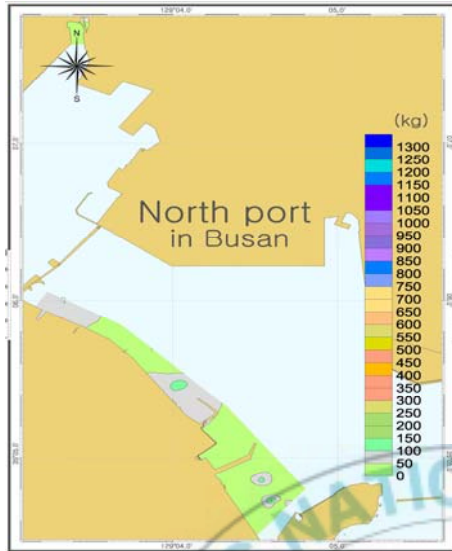
(f) Yongil bay



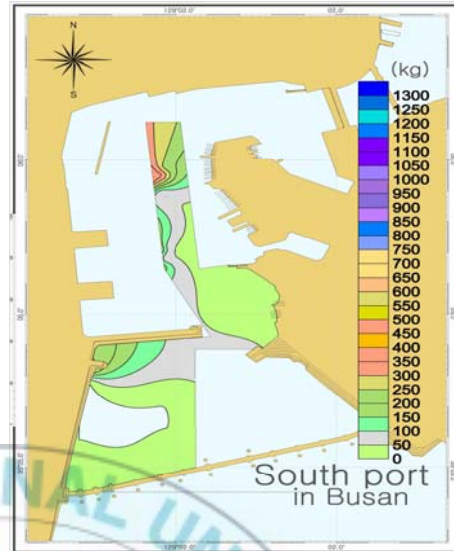
(g) Onsan port

(h) near the Kori nuclear power plant

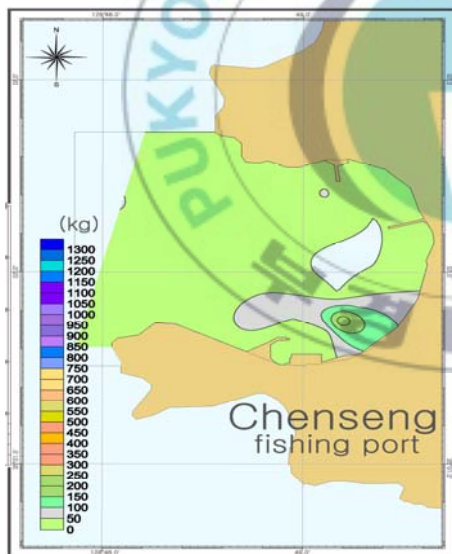
Fig. 26. Continued.



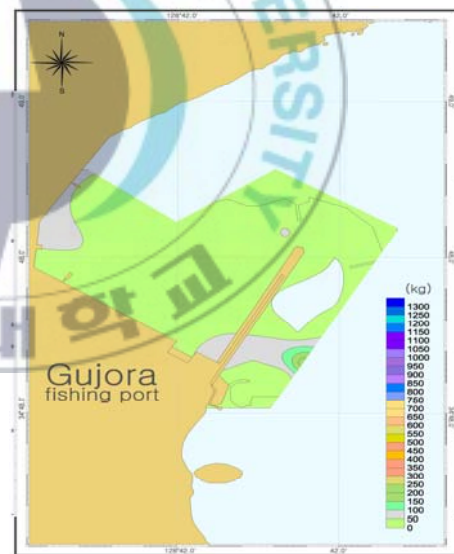
(i) North port in Busan



(j) South port in Busan

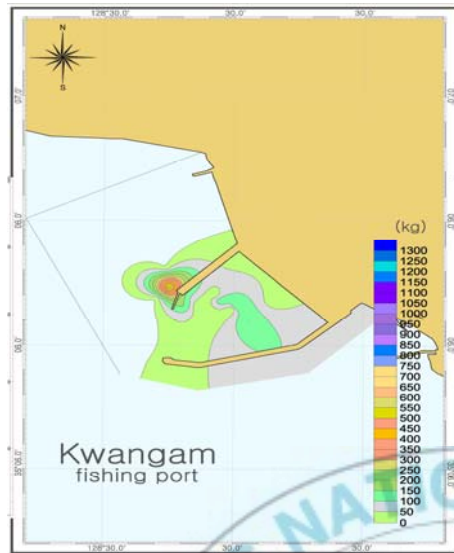


(k) Chenseng fishing port

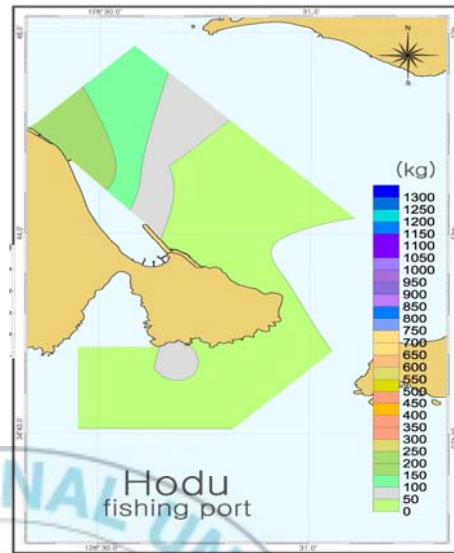


(l) Gujora fishing port

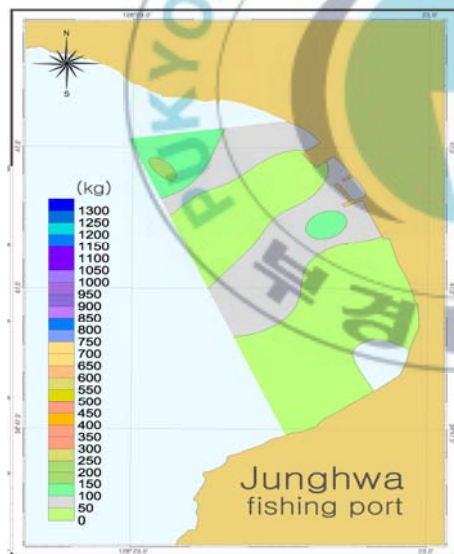
Fig. 26. Continued.



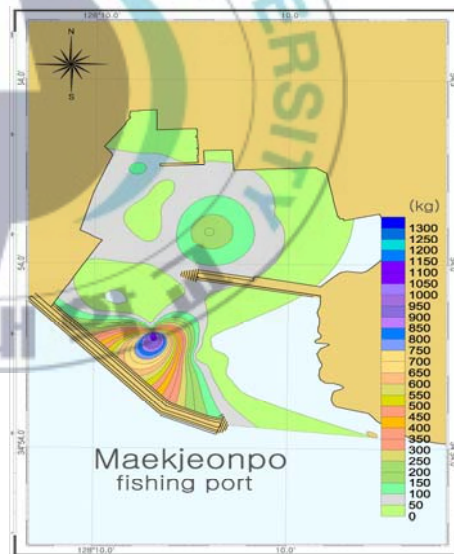
(m) Kwangam fishing port



(n) Hodu fishing port



(o) Junghwa fishing port

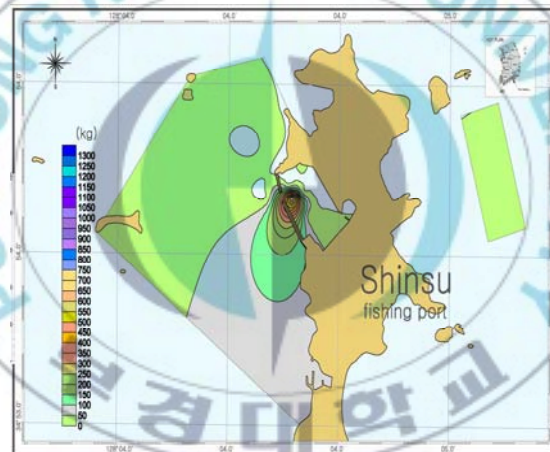


(p) Maekjeonpo fishing port

Fig. 26. Continued.



(q) Wonjeon fishing port



(r) Shinsu fishing port

Fig. 26. Continued.

3.3 동·남해안 해저쓰레기 추정량 산정

본 연구에서는 3.1절에서 제시된 2000년부터 2010년까지 조사된 동·서·남해 해저쓰레기 중 서해안 지역을 제외한 81개소와 3.2절에서 제시된 2012년 조사된 동·남해안 자료(18개소)를 취합하여 동·남해안 총 99개소의 12년간 해저쓰레기에 대한 통계분포와 추정량을 산정하였다. 해저쓰레기 추정량의 산정은 각각의 대상해역의 면적과 조사된 단위면적당 해저쓰레기양을 이용하여 나타내었다. 무역항의 경우 총 14개소로 조사면적은 161 ha, 조사된 해저쓰레기양은 2,039 ton, 단위면적당 해저쓰레기양은 12.62 ton/ha로 가장 높았으며, 무역항의 총 추정물량은 107,808 ton으로 추정되었다. 연안항의 경우 45개소로 조사면적은 2,651 ha, 조사된 해저쓰레기양은 5,095 ton, 단위면적당 해저쓰레기양은 1.92 ton/ha로 연안항 추정물량은 1,240 ton으로 추정다. 또한 해역은 40개소로 조사면적 129,385 ha, 조사된 해저쓰레기양은 5,543 ton, 단위면적당 해저쓰레기양은 0.04 ton/ha로 가장 낮았으며, 해역의 총 추정물량은 151,209 ton으로 추정되었다. 이와 같은 결과를 취합하여 2000년부터 2012년까지 약 12년간 동·남해안 99개소에 대한 전체 해저쓰레기 추정량은 260,257 ton으로 나타났다(Table 7).

Table 7. Statistics and estimated weight of seabed marine litters in East and South sea, Korea during 12 years(2000~2010 and 2012)

Sections	Survey area (ha)	Total area (ha)	Survey weight (ton)	Survey weight per unit hector (ton/ha)	Total weight (ton)
Trading port	161	8,542	2,039	12.62	107,808
Fishing port	2,651	645	5,095	1.92	1,240
Coastal area	129,385	3,529,365	5,543	0.04	151,209
Total	132,198	3,538,553	12,678	4.86	260,257

3.4 OPG 방법을 이용한 해저쓰레기 조사 분석

해저쓰레기에 대한 기존의 조사(SSS, towing-hook 및 dive) 결과를 3차원적인 OPG 조사결과와 비교하여 해저쓰레기 분포에 대한 신뢰도를 향상시키기 위하여 SSS, towing-hook 및 dive와 OPG 조사 결과를 상관분석(correlation analysis)하였다. 각각의 상관분석은 SSS 조사와 OPG 조사, 잠수조사와 OPG 조사 및 SSS, 잠수조사의 취합한 결과와 OPG 조사를 각각 비교 분석하였다. 인양틀 조사는 다른 조사와는 달리 비교적 항 외측에서 조사를 실시하여 OPG 조사와 중첩되는 지점이 없었다. 각각의 조사별 해저쓰레기량은 SSS 조사 586.1 kg, 잠수조사 1,643.3 kg 및 OPG 조사 238.8 kg 으로 잠수조사로 확인된 해저쓰레기량이 가장 많은 분포로 파악되었다(Table 8).

상관분석 시의 상관계수(r)의 범위는 $-1 < r < 1$ 로 (-)값은 역의 상관관계이며, (+)값은 정의 상관관계를 나타낸다. 또한 상관계수의 절대값이 '1'에 근접할수록 비교집단 간의 상관도가 우세하다. 상관분석 결과를 살펴보면, SSS 조사와 OPG 조사는 상관계수(r)이 -0.325 로 역의 상관관계를 나타냈으며, 결정계수(r^2)는 0.106, 선형회귀식은 $Y = -0.1395X + 26.326$ 로 나타났다. 또한 잠수조사와 OPG 조사와의 상관계수는 0.526 로 정의 상관관계를 나타냈으며, 결정계수(r^2)는 0.277, 선형회귀식은 $Y = 0.0973X + 4.7947$ 로 나타났다. 이와 같은 결과는 항 내측과 외측으로 구분되는 잠수조사와 SSS 조사 구역의 차이점을 들 수 있다. 또한 OPG 조사 시 선단의 진입가능 지역과 장비를 이용하여 실시하는 SSS 조사에 대한 관측상 기기적 오차로 판단된다(Fig. 27). SSS 및 잠수조사 결과의 합산과 OPG 조사에 대한 상관분석 결과는 상관계수(r)이 0.543 으로 정의 상관관계를 나타냈으며, 결정계수(r^2) 0.295, 선형회귀식은 $Y = 0.0991X + 1.054$ 로 잠수조사 결과와 유

사한 분석결과가 나타났다(Fig. 28).

Fig. 29는 기존의 수평적으로 수행되는 조사방식인 SSS 및 잠수조사와 본 연구에서 수행된 수직적인 OPG 조사와의 상관관계를 파악하기 위하여 OPG 조사에 기존조사 결과의 가중치를 더하여 상관분포를 나타내었다. 실제 OPG 조사 방법은 기존 수행된 조사(SSS 및 잠수조사)로 확인된 정확한 물량지점에 대하여 수직방향으로 조사를 수행하여야 하지만, 현실적으로 현장에서 발생하는 여건 및 오차로 인하여 정확한 물량지점에 OPG를 투하하여 조사하기는 매우 어렵다. 따라서 기존의 조사된 SSS 및 잠수 조사물량에 OPG 조사 자료를 합산하여 상관분석을 실시하였으며, 수직적인 조사방법에 대한 가중치의 Factor 에 대한 부분을 산정하여 기존의 조사방법에 대한 폐기물량의 오차를 줄이고자 하였다.

분석결과는 상관계수(r)이 0.990 으로 정의 상관관계를 나타냈으며, 결정계수(r^2) 0.981, 선형회귀식은 $Y=1.0991X+1.054$ 로 잠수조사 결과와 유사한 분석결과가 나타났다.

Table 8. Marine litter quantities by the SSS, dive and orange peel grab survey in each port (unit : kg)

Site	SSS survey	Dive survey	OPG survey	Total
Onsan port in Ulsan	-	55.0	5.2	60.2
	-	76.8	0.2	77.0
	-	1.0	9.2	10.2
Busan port	33.6	48.6	0.7	82.8
	96.0	96.0	36.7	228.7
	211.1	-	0.4	211.5
	-	168.4	1.7	170.1
Kwangam fishing port in Changwon	3.9	-	1.9	5.9
	2.8	210.0	86.8	299.6
	-	180.0	4.3	184.3
	48.0	-	0.9	48.9
	90.0	-	2.0	92.0
Wonjeon fishing port in Changwon	-	511.2	53.4	564.5
	-	10.8	1.6	12.4
	8.4	-	16.2	24.6
Maekjeonpo fishing port in Goseong	92.3	12.3	9.6	114.1
	-	273.2	8.1	281.4
Total sum	586.1	1643.3	238.8	2468.2

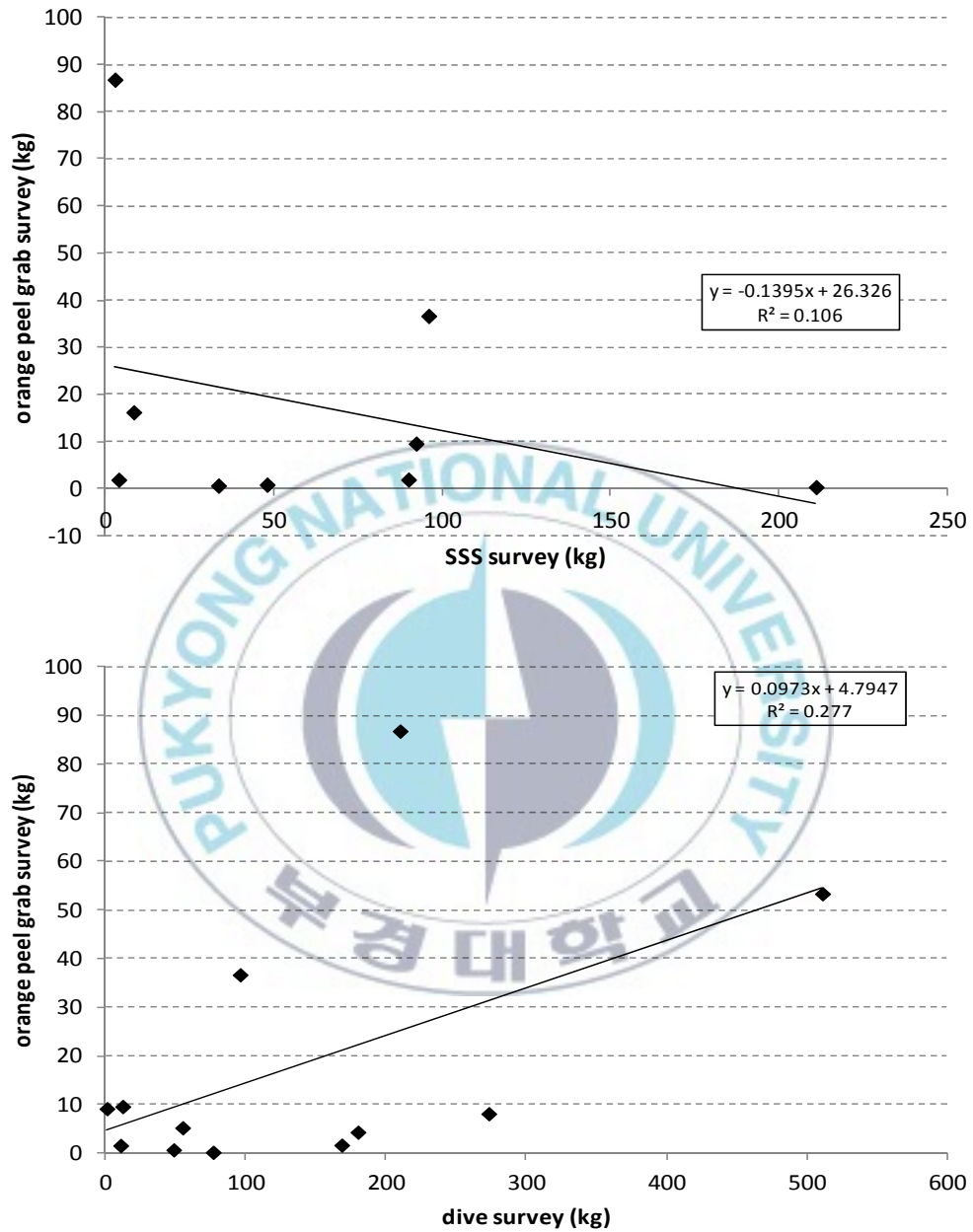


Fig. 27. Correlation analysis of the SSS and orange peel grab survey(upper), dive and orange peel grab survey(lower).

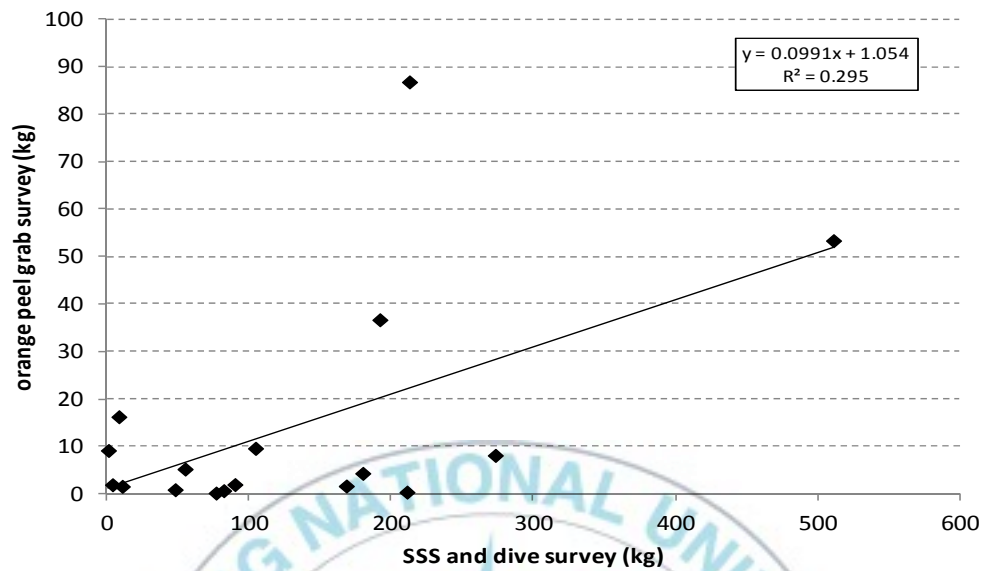


Fig. 28. Correlation analysis of the SSS, dive and orange peel grab survey.

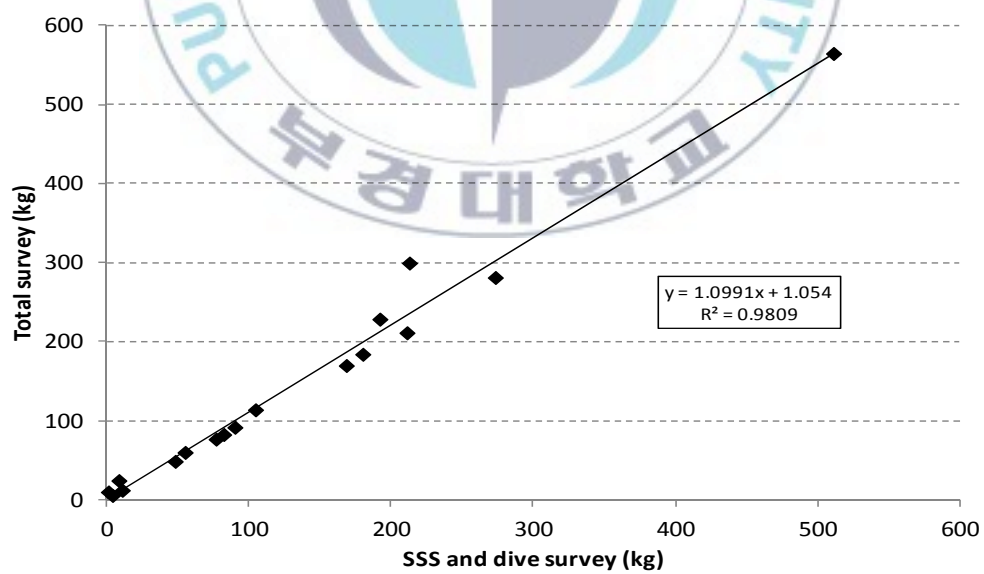


Fig. 29. Correlation analysis of the SSS, dive and total including orange peel grab survey.

3.5 선형회귀식을 이용한 해저쓰레기 재산정

3.1.2절에서 2000년부터 2010년까지 11년 동안 국내 연안해역의 산재된 해저쓰레기를 조사한 결과는 약 401,531 ton으로 파악되었다.

이를 세분화하면 무역항 등 항만의 경우 전체면적 21,682 ha, 단위면적당 해저쓰레기양 7.82 ton/ha이고, 연안항은 전체면적 1,213 ha, 단위면적당 해저쓰레기양 2.98 ton/ha이다. 가장 넓은 면적을 차지하는 연안해역은 7,077,105 ha로 산정되며, 단위면적당 해저쓰레기양 0.03 ton/ha으로 계산할 수 있다. 여기서, 오렌지 필 그래프를 사용하여 도출한 선형회귀식 $Y=1.0991X+1.054$ 를 적용하면 새로운 연안해역에 산재된 해저쓰레기양을 추정 할 수 있게 된다.

그러나 대상해역 중 연안해역은 수심이 깊어 오렌지 필 그래프를 사용하기 어려운 여건이므로 재산정 물량에서 제외하는 것이 바람직하다. 따라서 오렌지 필 그래프가 사용가능한 무역항, 연안항만을 대상으로 선형회귀식을 적용한 결과 약 418,685 ton으로 기존의 조사방법에 비해 약 4.3% 증가된 양으로 재산정되었다.

무역항인 부산 북항과 온산항 2개소, 주문진항 등 연안항 14개소 그리고 연안해역인 영일만과 기장 고리 2개소 총 18개소를 대상으로 한 동·남해안 해저쓰레기 실태조사결과를 살펴보면 무역항의 경우 대상면적이 95.0 ha, 단위면적당 해저쓰레기양 2.232 ton/ha로 나타났으며, 연안항의 경우 대상면적이 613.5 ha, 단위면적당 해저쓰레기양 1.237 ton/ha이었다. 가장 넓은 조사면적을 차지하고 있는 연안해역의 2개소는 대상면적 5,000 ha, 단위면적당 해저쓰레기양 0.003 ton/ha으로 정리되었다.

대상해역 18개소를 대상으로 단위면적당 해저쓰레기량이 가장 많은 곳은 무역항, 연안항, 연안해역순으로 나타났다. 이는 우리나라 전 해역의 조사결과와 비슷한 경향을 나타내었다. 도출된 선형회귀식을 적

용하여 동·남해안 해저쓰레기 조사물량을 재산정하면 1,083 ton으로 조사물량 986 ton의 약 9.9%가 증가된 양으로 산출할 수 있다.

그리고 우리나라 동·남해안(2000~2010년)의 81개소와 2012년 동·남해안 18개소를 합하여 총 12년 99개소에 대한 우리나라 동·남해안(2000~2010년 및 2012년) 해저쓰레기 조사결과를 분석하면, 무역항 총 조사면적 161.6 ha, 단위면적당 해저쓰레기양 12.62 ton/ha이고, 연안항의 경우 총 조사면적 2,651.4 ha, 단위면적당 해저쓰레기양 1.92 ton/ha로 나타났으며, 해역의 경우 총 조사면적 129,385.5 ha, 단위면적당 해저쓰레기양 0.04 ton/ha으로 정리되었다. 총 99개소를 대상으로 단위면적당 해저쓰레기양이 가장 많은 곳은 무역항, 연안항, 해역 순으로 나타났다. 도출된 선형회귀식을 적용하여 우리나라 동·남해안 해저쓰레기 조사물량을 재산정하면 271,065 ton으로 추정물량 260,256 ton의 약 4.2%가 증가된 양으로 산출할 수 있다(Fig. 30)

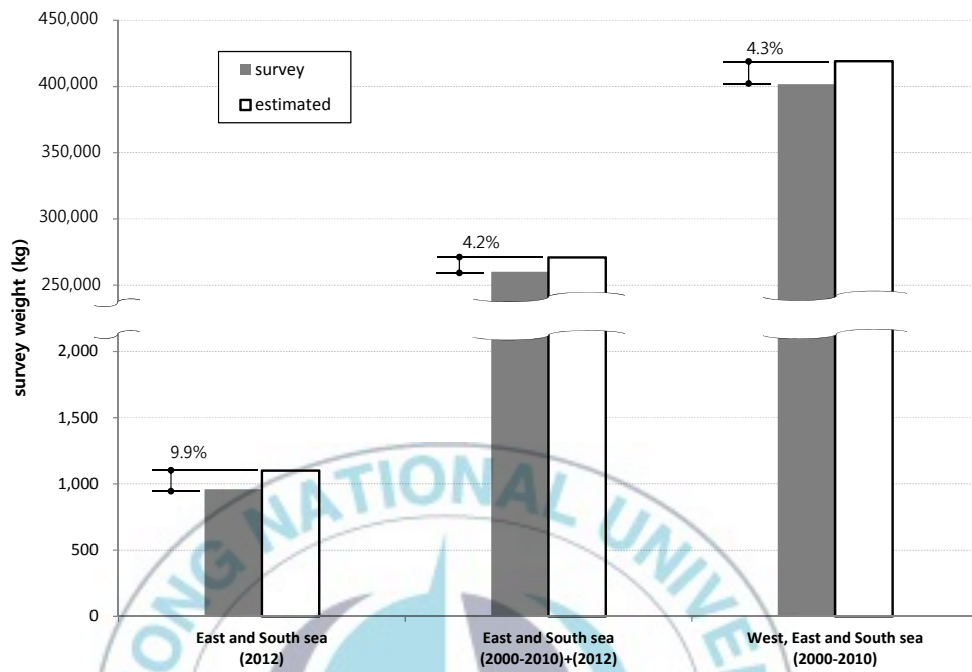


Fig. 30. Estimation of the seabed marine litters using by linear regression analysis.

4. 요약 및 결론

해저쓰레기의 조사는 90년 초반에는 연안 부유쓰레기 중심으로 이루어지다가 90년대 중반부터 본격적으로 항만, 어항, 주요어장 등을 중심으로 수산자원회복, 생태계보전, 선박의 해난사고 예방 등을 이슈로 이루어졌다. 조사방법에 있어 부유쓰레기 조사와 달리 해저에 침적되어 있는 해저쓰레기는 조사선, 양방향음파탐지장비, 인양틀, 잠수조사 등 조사 전용장비를 활용되어 왔다. 그러나 바다 속에 가라앉은 해저쓰레기의 설계물량과 실제 사업시행 시 수거물량과의 차이점으로 인해 어려움을 겪어 왔던 것은 사실이다. 이를 개선하기 위한 방안으로 양방향음파탐사기로 전체적인 조사 layout를 구성한 후 이를 통해서 인양틀 예인조사, 잠수조사를 병행하여 조사의 신뢰성 확보에 주력하였다.

그럼에도 불구하고 설계물량과 수거물량의 차이점이 있는 이유로는 조사장비가 해저면의 표층만을 조사할 수밖에 없는 한계성 때문이다. 이를 해결하기 위한 조사방안은 우선 조사장비의 일정(등) 간격으로 조사하는 방안 정립이 되어야 하며, 양방향음파탐사기 조사, 인양틀 예인조사, 잠수조사 후 표본지역을 선정하여 오렌지 필 그래프를 이용하여 해저퇴적물에 묻힌 해저쓰레기를 조사하는 방법이 최근 주목을 받고 있다. 기존의 조사장비 및 조사방법은 해저 표층에 산재되어 있는 쓰레기를 2차원적인 조사의 한계로 실제 넓은 조사대상해역을 표본 조사하여 전체면적에 반영하는 것을 설계단계에서 이루어져 왔다. 설계 후 실제 수거 시에는 설계 시 정해진 위경도 좌표 값에 오렌지 필 그래프 등을 활용하여 3차원적인 수거작업을 하게 된다. 이에 따라 항상

조사된 설계물량과 수거물량의 차이가 발생하여 논쟁의 여지가 있어왔다.

본 연구에서는 이러한 문제를 개선하기 위하여 오렌지 필 그래프를 활용하여 2차원조사 결과 해저 연직방향의 조사결과를 반영하는 3차원 조사를 수행하였다. 그 연구결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 2000년~2010년(11년)동안 해저쓰레기 조사결과를 바탕으로 해양에 산재된 해저쓰레기 총 물량으로 추정된 “400,000 ton”에 대하여 동·서·남해별, 항만 및 해역별로 분리하여 조사·분석하였으며, 그 결과 단위면적당 해저쓰레기양이 동해가 0.08 ton/ha로 서해의 0.04 ton/ha보다 약 2배가량 높은 것으로 추정되었으며, 항만 및 해역별로는 항만이 7.82 ton/ha로 연안해역 0.03 ton/ha에 비해 월등히 높은 것으로 추정되었다. 오렌지 필 그래프 조사 결과를 활용하여 연안해역에 산재된 해저쓰레기양을 재산정한 결과 약 418,685 ton으로 오렌지 필 그래프 조사를 제외한 401,531 ton에 비해 약 4.3% 증가된 양을 나타냈다.

(2) 동·남해안 해저쓰레기 조사의 대상해역인 18개소에 대해 SSS, 인양틀 및 잠수조사 결과와 실제 수거물량에 대한 오차를 파악하기 위하여 OPG 조사를 수행하였다. 기존의 조사된 SSS 및 잠수 조사물량에 OPG 조사 자료를 합산하여 상관분석을 실시하였으며, 수직적인 조사방법에 대한 가중치로 선형회귀식을 산정하여 기존의 조사방법에 대한 폐기물량의 오차를 줄이고자 하였다.

분석결과는 상관계수(r)이 0.990 으로 정의 상관관계를 나타냈으며, 결정계수(r^2) 0.981, 선형회귀식은 $Y=1.0991X+1.054$ 로 잠수조사 결과와 유사한 분석결과가 나타났다. 산출된 선형회귀식을 사용하여 동·남해안 18개소 총 추정물량 986 ton에 적용하여 재산정되면 18개소에

대한 물량을 산정한 결과 기존 조사물량 9.9%가 늘어난 1,083 ton으로 나타났다. 또한 2000~2010년 우리나라 동·남해안 81개소와 2012년 동·남해안 18개소를 합한 총 99개소의 12년 조사결과로 총 추정물량 260,256 ton에 선형회귀식을 적용 재산정하면 4.2%가 늘어난 271,065 ton으로 재산정할 수 있다. 본 연구에서는 해저쓰레기의 현장조사에서 활용되고 있는 양방향음파탐지장비, 인양틀, 잠수조사 등에 대한 특성에 대하여 기술하였고, 취득한 자료를 기반으로 비우심해역, 우심해역 등을 선정하여 향후 수거 시 정확한 위치 정보, 물량, 해저쓰레기의 성상 등을 사전에 알 수 있도록 정보를 제공하였다.

또한 본 연구에서 시도한 오렌지 필 그래프 조사는 기존의 양방향음파탐사기조사, 인양틀조사 및 잠수조사와 같은 해저면에 놓여 있는 수평적인 2차원 조사에서 보다 나은 신뢰도 있는 자료를 획득하기 위하여 해저면에 연직방향으로 침적되어있는 물량에 대한 선형회귀식을 도출하고 3차원적인 해저쓰레기 조사물량이 산정될 수 있도록 하였다. 이러한 노력은 그동안 현장조사를 통해 얻은 조사물량과 설계 시의 물량 및 실제 수거물량의 차이점을 줄이는데 기여할 것으로 사료된다. 향후 좀 더 많은 오렌지 필 그래프 조사를 통해 database를 구축하여 해역별, 이용특성별로 적용 가능한 정량적인 연구가 보완되어야 한다.

5. 참고문헌

- 강원수 외, 2001, "항만 및 어항 등에 대한 수중침적폐기물 개략분포도", 한국해양연구원 연구보고서.
- 강창구 외, 2000, "해양폐기물 종합처리시스템 개발", 한국해양연구소 연구보고서.
- 구본삼, 1998, "진해만의 바다 및 쓰레기 대한 조사 연구", 수원대학교 환경공학과, 석사학위논문.
- 남정호 외, 2004, "해양쓰레기의 국가 간 이동에 대한 정책방향 연구", 한국해양수산개발원 기본 연구보고서 2004-04.
- 박영선, 1999, "플라스틱에 의한 해양오염 방지 방안", 해양한국.
- 유정석 외, 1995, "형망식 어장정화선의 설계기술개발", 한국기계연구원 선박해양공학 연구센터 연구보고서, UCK 024-1226·D.
- 이문진, 강용균, 1997, "연안역 와동확산 : 관측 및 프랙탈 확산 모델링", 한국해안·해양공학회지, 9:115-124.
- 임송학, 2008, "해양환경관리법", 한국법제연구원.
- 최동현, 최재선, 1998, "바다쓰레기 관리정책 수립에 관한 연구", 한국해양수산개발원, 해양정책연구, 13(2).
- 한국수산회 부설 어촌문제연구소, 1995(a), "바다를 살리자 - 해양오염의 주요 원인과 일본의 어업 폐기물 처리사례".
- 한국수산회 부설 어촌문제연구소, 1995(b), "바다를 살리자(I,II)".
- 한국어촌어항협회 부설 어촌어항개발연구소, 2003, "일본의 어항관리 참고자료"
- 해양수산부, 1999(a), "해양수산통계연보"
- 해양수산부, 1999(b), "해양환경보전 국가기본전략 수립연구" 보고서.

환경부, 1998, “전국폐기물발생 및 처리현황”

Dyer, K.R., 1986, “Coastal and Esturine Sediment Dynamics”,
John Wiley & Sone, 342pp.



6. 감사의 글

본 논문이 나오기까지 저에게 많은 지도와 격려를 해주신 김동선 교수님께 먼저 감사의 말씀을 드립니다. 논문의 방향과 큰 틀을 지도해 주시고 이 논문을 심사해주신 윤한삼 교수님께 감사드립니다. 그리고 저에게 항상 열정과 아낌없는 격려해주시고 이 논문을 심사해주신 안승환 박사님께도 감사드립니다. 그리고 희망과 관심을 보여주신 포항공과대학교 박동호 박사님께도 감사드리며, 옆에서 지켜봐주신 김헌태 교수님, 이인철 교수님과 오석진 교수님께도 감사드립니다.

항상 저를 걱정해주시고 올바른 선택과 큰 생각을 갖게 해주신 유정석 박사님께 감사의 말씀을 드립니다. 사랑합니다. 그리고 옆에 항상 같이 있어 든든한 후원자인 황석범 아우님께도 감사드립니다. 또한 논문이 잘 진행이 되는지 걱정하는 유황진 박사님과 김영재 이사님께도 감사드리며, 이 논문의 많은 도움을 주신 (주)한국해양기술 임직원분들께도 깊이 감사드립니다.

힘들 때 항상 따뜻한 격려와 희망을 주신 국토해양부 김용태 과장님과 김원배 서기관님 그리고 농림수산식품부 구도형 사무관님께도 감사의 말씀을 드립니다.

본 논문의 기초가 된 해양환경관리공단 강홍묵 팀장님, 김종덕 차장님, 송복영 차장님, 이승한 과장님, 이숙희 과장님, 손동현 대리님, 최운수 대리님 외 해양환경관리공단 임직원분들과 한국어촌어항협회 고진필 팀장님, 성상봉 팀장님, 이승호 과장님, 김민성과장님 외 한국어촌어항협회 임직원분들께도 감사드립니다. 그리고 한국수산업 이견철 단장님께도 감사드립니다.

그리고 본 논문 외 업무적으로 저에게 많은 힘을 준 LS전선 하광수

차장님, 이영재 과장님 외 LS전선 직원분들께도 감사드립니다.

그리고 몸이 불편하시면서 아들 걱정이 많은 어머니 이묘순여사님께
도 감사의 말씀을 드립니다.

마지막으로 저의 아들(김민기, 김기현), 딸(김민지, 김보현)과 늦둥
이 김도현에게 항상 고맙다고 전하고 싶습니다. 그리고 모든 감사와
기쁨을 나의 사랑스런 아내 김복순에게 돌립니다. 여보야 사랑해.

