Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 16, No. 4 pp. 2940-2944, 2015

http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2015.16.4.2940
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

화순항내 준설토사의 양빈재 유효활용을 위한 적합성 평가

최진환[1], 이상혁[1*]
[1]호서대학교 벤처대학원 융합공학과

An Adaptedness Assessment for Beach Nourishment Utilization of Dredged Materials in Hwasun-Port

Choi Jin-Hwan[1], Lee Sang-Houck[1*]
[1]Deptartment of Integrated Engineering, Graduate School of Venture, Hoseo University

요 약 화순항에서 유효활용을 위한 준설토의 오염도 분석결과, Ni이 기준치를 전지점에서 초과하는 것으로 나타났다. 그러나 개정된 유효활용기준에 의하면 기준치를 초과하더라도 인위적인 오염원이 없고 펄의 평균 무게 비율이 10%미만이며 생태독성 시험을 통과하였을 경우 양빈재로 활용이 가능하다. 따라서 연구방법으로 해양환경공정시험법에 의한 펄의 평균무게 비율조사와 생태독성실험을 실시하였다. 펄의 평균 무게 비율은 5.37%로 기준치인 10%을 하회하는 것으로 조사되었다. 발광박테리아를 이용한 생태독성실험 결과는 상대발광저해율이 0~9.13%로 독성없음으로 판정되었으며 저서성 단각류를 이용한 시험에서도 대조구와 시료의 상대평균생존률이 0%로 독성없음으로 판정되었다 따라서, 개정된 유효활용기준을 모두 만족하므로 양빈재로 사용이 가능한 것으로 적합성이 평가되었다.

Abstract Dredged materials for effective use in Hwasun-port pollution analysis, Ni(nickel) in excess of the standard showed that the whole point. However, according to the revised standards effective utilization exceeds the reference value, even if no anthropogenic sources Pearl ratio less than 10% of the average weight of the ecotoxicological tests have passed, and if so it can be used to beach nourishment. Therefore, the average weight ratio of pearl and ecotoxicological tests were conducted by marine environment official test method. Mud to 5.37% of the average weight ratio lower than the reference value of 10% that was investigated. Ecotoxicity test using bioluminescent bacteria relative luminescence inhibition in the 0 to 9.13% with no toxicity was determined using benthic amphipods in the control and the test sample relative to the average survival rate is 0% with no toxicity was determined. Therefore, the revised effective use meets all the criteria that can be used to beach nourishment, so that the suitability was assessed.

Key Words : beach nourishment, effective utilization, ecotoxicity test

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

1.1.1 연구배경

항만에서 발생하는 준설토는 준설토투기장을 조성한 후 투기하거나 배출해역을 지정하여 외해투기 또는 해수욕장의 양빈, 공사용 재료 등으로 활용한다. 본 연구대상은 제주 항순항내 준설토사는 화산회가 함유된 것으로 준설토투기장에 투기하는 것은 제3차 전국 연안항 기본계획에 미반영되어 현실적으로 불가능하며 외해투기는 Ni, Cr 등의 오염도가 해양환경관리법의 해양배출처리기준을 초과하고 국제적인 협약인 런던협약으로 인해 배출해역을 신규로 지정하여 투기하기 어려운 상황이다. 따라서 준설공사시 발생하는 항만 준설토사의 일부는 안벽

*Corresponding Author : Sang-Houck Lee(Graduate School of Venture, Hoseo Univ.)
Tel: +82-2-2059-2351 email: isen@hoseo.edu
Received November 24, 2014 Revised January 19, 2015
Accepted April 9, 2015 Published April 30, 2015

배면 매립재 및 기타 매립재로 유용하고 잔량을 인접해역에 양빈재로 활용하면 준설토의 2차 환경오염을 줄이고 자원 재활용으로 국가차원에서도 경제적 이익을 가져올 수 있으므로 오염도를 분석하고 양빈재 활용을 위한 적합성을 평가하게 되었다[1,2,3].

1.1.2 연구목적

항만 및 어항준설토사를 활용하는 방안으로는 해수욕장의 양빈, 습지 등 해안의 복원, 인공섬의 조성, 어장개선사업, 항만과 어항시설의 공사용 재료, 해양환경의 보전을 위한 사용 등이다. 본 연구대상인 화순항내 준설토사는 화산회가 함유된 것으로 매립재 등으로 사용후 잔량을 양빈재로 활용하기 위해 준설토사의 오염도 분석과 지역적 특성 및 제도개선 사항 분석 그리고 인위적인 오염원 조사, 펄의 평균 무게 비율 분석, 생태독성실험 수행 등을 실시하여 인접해역인 용머리해안 동측의 침식발생해역에 양빈을 하기 위한 적합성을 평가하는데 목적이 있다[4,5].

1.2 연구대상

본 연구 대상은 인접해역에 양빈재로 활용하고자 하는 화산회가 함유된 화순항내 준설토사이며 적합성을 평가하기 위해 준설토사를 채취하여 실내에서 해양환경공정시험기준(해저퇴적물편)으로 오염도를 분석하였으며 분석결과 Ni 항목이 국토해양부 고시 기준인 유효활용기준을 초과하는 것으로 나타나 인위적인 오염원 조사와 펄의 평균 무게 비율 분석 그리고 생태독성실험 등을 수행하였다[6].

2. 본론

2.1 연구방법

2.1.1 오염도분석

준설토사 조사지점은 준설구역과 인접해역을 대상으로 총 6개 정점을 조사하였다. 분석방법은 해양환경공정시험기준(해저퇴적물편)을 적용하였으며 Cr, Cd, Zn, Pb, Cu는 유도결합플라즈마 원자방출분광법, Hg과 As는 냉증기-원자흡광광도법, CN은 흡광광도법, 총 폴리염화비페닐과 총 다환방향족탄화수소는 가스크로마토그래피법, 총질소는 알칼리성과황산칼륨법, 총인은 아스코르빈산환원법으로 각각 분석했다[6].

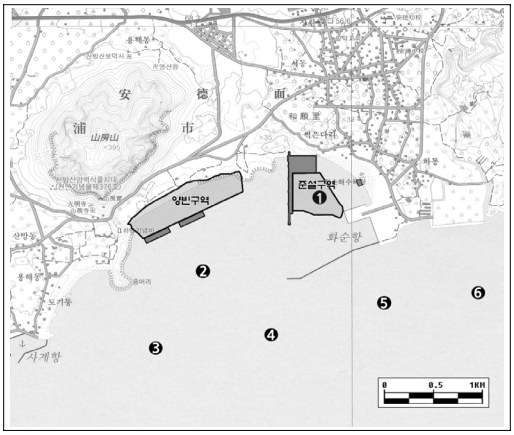

Fig. 1. The investigation spot map of sub-marine sediment

Table 1. The test method and experiment equipment of sub-marine sediment

Items	Test Method	Laboratory equipment	Name of Equipment	Specifications
Cr, Cd, Zn, Pb, Cu	Inductively coupled plasma atomic emission spectrometry	ICP	ICP-AES	IRIS Intrepid ⅡXSP
Hg, As	Cold vapor-atomic absorption spectrophotometry	A.A	ICE-3000	THERMO
CN	Absorption Spectrophotometry	Spectrophoto meter	UV/VIS	mini-1240 shimazu
PCB, PAH	Gas chromatography	GC (with FPD and ECD)	GC-FPD GC-ECD	HP-5890 Agilent
T-N	Alkaline potassium persulfate method	Spectrophoto meter	UV-VIS Spectrophot ometer	Mini-1240 shimazu
T-P	Robin ascorbic acid reduction	Spectrophoto meter	UV-VIS Spectrophot ometer	Mini-1240 shimazu

2.1.2 생태독성실험

준설토사가 발생되는 구역에서 3개 지점을 선정하여 시료를 채취한 후 발광발광박테리아, 저서성 단각류를 이용하여 해양환경공정시험기준(해양폐기물편)에 의한 생태독성실험을 수행했다[6].

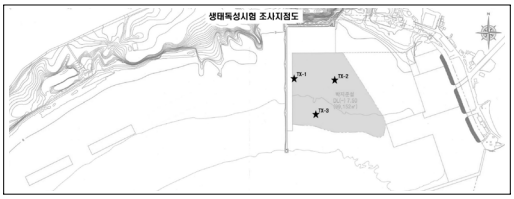

Fig. 2. The investigation spot map of ecotoxicity testing

2.1.3 인위적인 오염원 조사

주변지역에 공장, 숙박시설, 상업시설, 축산시설, 관광시설 등의 인위적인 오염물질을 배출하는 시설물을 조사했다.

2.1.4 펄의 평균 무게 비율 조사

「해양환경공정시험기준(해저퇴적물편)」에 따른 펄의 평균 무게 비율을 조사했다.

펄의 평균무게 비율 확인은 「건설기술관리법 시행령」 제90조에 따른 품질시험·검사대행 국공립시험기관이나 같은법 시행령 제91조에 따른 품질검사기관이 작성·제출한 품질시험·검사성적서로 갈음할 수 있다[6].

Table 2. Analysis result of sub-marine sediment

Category		SG-1	SG-2	SG-3	SG-4	SG-5	SG-6	Standard (㎎/㎏)
Cr (㎎/㎏)	1st	28.620	36.310	28.450	34.260	-	6.315	80
	2nd	63.630	57.570	54.140	43.380	-	21.410	
	3th	68.270	55.170	48.290	44.370		28.140	
Zn (㎎/㎏)	1st	47.330	49.530	40.080	45.750	-	18.480	180
	2nd	56.470	53.140	38.990	51.110	-	23.740	
	3th	61.120	49.210	36.210	47.100		18.230	
Cu (㎎/㎏)	1st	3.140	1.670	1.410	1.890	-	2.849	60
	2nd	9.240	5.570	4.240	3.270	-	9.370	
	3th	8.269	6.205	3.293	3.328	-	9.208	
Cd (㎎/㎏)	1st	-	-	-	-	-	-	1.5
	2nd	-	-	-	-	-	-	
	3th	N.D	N.D	N.D	N.D	-	N.D	
Hg (㎎/㎏)	1st	N.D	N.D	N.D	N.D	-	N.D	0.25
	2nd	N.D	N.D	N.D	N.D	-	N.D	
	3th	N.D	N.D	N.D	N.D	-	N.D	
As (㎎/㎏)	1st	3.184	1.974	2.234	2.100	-	1.664	18
	2nd	4.270	3.140	2.974	2.475	-	2.042	
	3th	3.942	2.988	2.125	2.047	-	2.143	
Pb (㎎/㎏)	1st	3.044	4.715	3.681	6.442	-	3.108	45
	2nd	4.170	4.840	4.240	7.740	-	4.370	
	3th	3.983	4.242	3.640	6.177	-	4.262	
Ni (㎎/㎏)	1st	59.560	86.200	69.390	72.200	-	63.400	35
	2nd	42.700	59.200	53.400	61.500	-	32.700	
	3th	38.240	59.310	41.460	56.220	-	22.470	
PCB (㎎/㎏)	1st	N.D	N.D	N.D	N.D	-	N.D	0.023
	2nd	N.D	N.D	N.D	N.D	-	N.D	
	3th	N.D	N.D	N.D	N.D	-	N.D	
PAH (㎎/㎏)	1st	-	-	-	-	-	-	2.64
	2nd	N.D	N.D	N.D	N.D	-	N.D	
	3th	-	-	-	-	-	-	
T-N (㎎/㎏)	1st	-	-	-	-	-	-	1,500
	2nd	-	-	-	-	-	-	
	3th	20.240	23.220	16.320	24.340	-	19.120	
T-P (㎎/㎏)	1st	-	-	-	-	-	-	500
	2nd	-	-	-	-	-	-	
	3th	4.980	4.340	4.120	5.800	-	5.980	

2.2 연구결과

2.2.1 오염도 분석결과

SG-1~6지점에 대해 해저퇴적물편으로 총 3회 분석을 실시하였으며, SG-5지점은 암반으로 형성되어 저질 채취가 불가능하였다.

분석결과, Ni항목은 SG-6지점의 2차와 3차조사를 제외한 전지점에서 38.240~86.200㎎/㎏으로 Ni 기준치 35㎎/㎏을 초과하는 것으로 나타났으며 기타 항목들은 모두 기준치를 만족하였다.

따라서 오염도 기준을 초과하므로 인위적인 오염원 조사, 펄의 평균 무게 비율 조사, 생태독성 시험 등을 수행하여 적합성을 평가하였다.

Table 3. Analysis result of grain size

points		GL	Through the weight percentage(%)		Remarks
			#200 >	#230 >	
①	SH-9	-1.5m	2.1	-	Step 2 Hwasun breakwater Basic construction and other Detailed construction. Design (2005)
		-4.5m	1.4	-	
	SH-10	0.0m	4.6	-	
		3.0m	1.0	-	
	SH-11	-1.5m	2.9	-	
		-4.5m	4.7	-	
	SH-12	0.0m	3.4	-	
		-3.0m	3.2	-	
	S-3	0.0m	-	0.7	
②	B-11	0.0m	-	1.33	Hwasun investment research services related to monitoring (2010)
	B-12	0.0m	-	1.91	
	B-32	0.0m	-	9.93	
	B-33	0.0m	-	8.87	
	B-38	0.0m	-	11.09	
③	NBH-3	-1.5m	11.65	-	Hwasun two-stage development projects Basic and Detailed Design (2012)
	NBH-4	-1.5m	4.34	-	
	NBH-5	-9.0m	8.14	-	
	NBH-6	-1.5m	11.88	-	
	NBH-7	-1.5m	3.22	-	
		-3.0m	4.46	-	
	NBH-10	-7.5m	8.84	-	
	NBH-11	-6.0m	4.74	-	
	NBH-13	-9.0m	8.33	-	
	NBH-17	-1.5m	4.04	-	
	NBH-19	-1.5m	2.87	-	
④	GS-1	-6.0m	-	8.18	EIA Research
Average		-	5.30		100% - 5.3% = 94.7%

2.2.2 인위적인 오염원조사

본 화순항 주변해역은 자연해안으로 조성되어 있으며, 주변지역으로는 농경지 및 마을이 조성되어 있고 남측으

로 동방파제 공사가 시행중에 있다. 또한 주변에는 중금속을 배출하는 공장과 본 대상해역으로 유하하는 하천은 없는 것으로 조사되었다.

2.2.3 펄의 평균 무게 비율 조사

펄의 평균 무게 비율은 5.3%로 기준치인 10%을 만족하는 것으로 나타나 준설토사내에 유기물 함유량이 상대적으로 적은 것으로 조사되었다.

2.2.4 생태독성실험

발광박테리아를 이용한 퇴적물의 생태독성실험결과 상대발광저해율이 0~9.13%로 독성없음으로 판정되었으며 저서성 단각류를 이용한 해양퇴적물의 생태독성실험결과도 모든 조사지점에서 대조구와 시료의 상대평균 생존률이 0%로 독성없음으로 판정되었다.

Table 4. The test result of a luminous bacteria

Items	Point	Relative luminescence inhibition(%)		Determine toxicity
		Standard	Result	
Bioluminescent bacteria Ecotoxicological test	TX1	No less than 30% toxicity	9.13	No toxic
	TX2		0	No toxic
	TX3		2.10	No toxic

Table 5. The test result of a benthic amphipod

Items	Point	Relative median survival(%)		Determine toxicity
		Standard	Result	
Benthic amphipods Ecotoxicological test	TX1	No less than 30% toxicity	0	No toxic
	TX2		0	No toxic
	TX3		0	No toxic

3. 결론

3.1 적합성 평가결과

적합성을 평가한 결과, 오염도 기준을 초과하게 된 것은 화산회가 함유된 준설토사의 특징에서 나타난 현상으로 판단되었고 인위적인 오염원이 없고 펄의 평균 무게 비율이 5.3%로 기준치인 10%을 만족하였으며 생물에 미치는 독성 또한 없는 것으로 판정되어 적합성 평가결과 양빈재 활용이 가능한 것으로 나타났다.

Table 6. The evaluation result of valid practical use suitability

Category	Availability utilization review	Evaluation
1. Would not have been contaminated by anthropogenic causes	○Entry criteria for effective use Ni exceed the volcanic nature of the cause of volcanic dredged ○Ni in the soil of the land exceeds the reference value	Content
2.「Marine Environmental Management Act (hereinafter referred to as the" Act ")」 under Article 10 of Land, Transport and Maritime Affairs proclaimed by the "Marine Environmental Engineering test standards (sediment edition)" according to the ratio of the average weight of a pearl should be less than 10%	○The ratio of the average weight of Mud : 5.3%	Content
3. Minister in accordance with Article 10 Notice that the「 fair trial standards marine environment (marine waste service)」pass the test will follow the ecotoxicological	○No toxic (Luminescent bacteriaand benthic amphipods test results)	Content

3.2 결론 및 향후과제

3.2.1 결론

화순항내 준설토의 오염도를 분석하고 경제적인 처리방안인 유효활용을 적용하기 위하여 적합성을 평가하였다.

우선 6지점에 대한 오염도를 분석한 결과, Ni(니켈)이 유효활용을 위한 오염도 기준을 초과하는 것으로 나타났다. 이는 화산회가 함유된 것으로 제주지역의 지역적인 특성에 기인하는 것으로 조사되었다.

따라서, 오염도 기준을 초과하므로 「수저준설토사 유효활용기준 등 규정」에 의거 인위적인 오염원 조사, 펄의 평균무게비율 조사, 생태독성실험 등을 추가로 실시하였다.

인위적인 오염원을 조사한 결과 주변지역에 농경지와 마을이 조성되어 있고 중금속을 배출하는 공장 등은 없는 것으로 나타났다.

펄의 평균무게비율은 평균 5.3%로 기준치 10%미만으로 유기물 함량이 적어 상대적으로 오염도가 낮은 것으로 조사되었다.

생태독성실험은 발광박테리아와 저서성 단각류를 이용하여 실시하였는데 모두 독성없음으로 나타나 생태환

경에 미치는 영향 또한 낮은 것으로 나타났다.

각종 조사 및 시험결과에 의하면, 제주지역이 화산섬에 해당되므로 화산회가 함유되어 오염도가 높게 나타났으며 추가조사를 실시한 결과, 인위적인 오염원이 없고 유기물 함량이 낮으며 독성 또한 없는 것으로 나타나 화순항 준설토에 대한 유효활용을 위한 적합성은 만족하는 것으로 나타났다.

3.2.2 향후 과제

현재 항만 및 어항준설토는 선박의 대형화, 유지준설토 발생 등으로 지속적으로 증가추세에 있으며 이는 준설토투기장에 투기, 지정된 배출해역에 외해투기, 공사용재료로 활용 등으로 처리되고 있다[7].

「수저준설토사 유효활용기준 등 규정」이 2012년에 개정되면서 정부차원에서 해수욕장의 모래공급(양빈), 해안복원, 인공섬 조성, 어장개선사업, 공사용재료 등으로 유효활용을 할 수 있는 범위를 확대한 바 있으므로 향후에는 도로 성토재 및 고형화후 보도블럭으로 사용 등 유효활용할 수 있는 범위를 확대하여 양질의 준설토사가 버려지는 것을 최소화하고 국가적인 차원에서 자원의 낭비를 방지해야할 것이다[5].

그리고 현재 항만 및 어항준설토를 소규모 준설토투기장을 조성하여 처리하는 것은 조성단가가 많이 들고 부지이용측면에서도 불리하므로 토지이용계획에서 유리하고 경제적인 광역준설토투기장을 정부차원에서 추진하는 것이 바람직하다고 할 수 있다.

하지만, 이를 위해서는 지역별로 적절한 후보지를 선정하여야하고 민원발생을 고려하여야 하며 그리고 준설토투기장 사용을 위한 목표연도와 규모설정이 중요하다고 할 수 있다[8].

향후 이러한 연구과제를 정부와 지자체, 항만이용자, 관련 연구기관 등이 면밀히 검토하여 합리적인 준설토처리방안이 마련되어야 할 것이다.

References

[1] Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, The marine environment's process test, pp.193-285, 366-440, 449-452, 2010

[2] Yoon, Gil Lim et al., The development of Korea model's environmental standards for Dredged earth and sand's valid practical use, Korea geotechnical society's collection of papers vol. 24 No. 5, pp 5-13, 2008

[3] Ministry of Maritime Affairs and Fisheries, The evaluation system of development and research service about dredged material's marine exhaustion, pp.45, 2003

[4] Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (Notice No. 2010-681), The rules of submarine dredged soil's valid practical use standards etc., 2010

[5] Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (Notice No. 2012-338), The rules of submarine dredged soil's valid practical use standards etc., 2012

[6] Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, promotion plan for zero of ocean dumping land waste, ocean dumping Plan, 2012

[7] Ministry of Maritime Affairs and Fisheries, Dispose of dredged earth and sand and valid practical use guidelines, pp.8, 2007

[8] Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, The establishment service of basic plan for the tertiary whole contry coastal port, 2011

최 진 환(Choi Jin hwan) **[정회원]**

- 1996년 2월 : 관동대학교 환경공학과(공학사)
- 2013년 2월 : 호서대학교 벤처대학원 IT환경학과(공학석사)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 호서대학교 벤처대학원 융합공학과(박사 과정)

<관심분야>
해양환경, 수질관리

이 상 혁(Lee Sang-Houck) **[정회원]**

- 1996년 2월 : 동아대학교 대학원 환경공학과(박사)
- 2008년 3월 ~ 현재 : 호서대학교 벤처대학원 융학공학과 교수
- 2012년 2월 ~ 현재 : (사)한국생활환경협회 회장

<관심분야>
생활환경개선 분야