한국환경보건학회지, 제46권 제6호(2020)
J Environ Health Sci. 2020; 46(6): 694-701

pISSN: 1738-4087 eISSN: 2233-8616
https://doi.org/10.5668/JEHS.2020.46.6.694

원 저 Original articles

경기도 해수욕장 모래의 안전성 확보를 위한 선행연구

최윤호† · 변주형 · 원종무 · 김종성 · 신종현 · 유창숙 · 정윤하 · 박민빈 · 오조교
경기도보건환경연구원

Preliminary Research on Securing the Stability of Sandy Beaches in Gyeonggi Province

Yun-Ho Choi†, Joo-Hyeong Byun, Jong-Moo Won, Jong-Sung Kim, Jong-Hyun Shin, Chang-Suk You, Yun-Ha Jeong, Min-Been Park, and Jo-Gyo Oh
Gyeonggi-do Institute of Health & Environment

ABSTRACT

Objectives: The main purpose of this study is to evaluate heavy metal concentrations (Cd, As, Hg, Pb, Cr^{6+}), particle size distribution, hydrochloric acid solubility, and parasite eggs in sand in five non-designated sandy beaches in Gyeonggi Province.

Methods: The sampling sites are five non-designated Gyeonggi-do sandy beaches located in Ansan and Hwaseong. ICP-OES and UV, a Vibratory Sieve Shaker, and PCM were respectively used to analyze heavy metal concentrations, particle size distribution, and parasite eggs in the sand.

Results: Heavy metals were detected within the beach's safety management standards and some of the detected As and Pb before and after beach opening were lower than one-quarter of the average value. In addition, the results of the T-test to confirm the As and Pb concentration changes before and after opening showed a significant difference in some beaches. The composition of sand was 86.53% according to the particle size distribution standard (2.0-0.02 mm), and the hydrochloric acid solubility was the highest at Gubongsolsup (4.9%) and the lowest at Bangameo-li (0.2%). Parasite eggs were undetected in all beach sand before and after opening.

Conclusions: The safety of heavy metal concentrations in sandy beaches was secured in the selected five beaches in Gyeonggi Province. However, continuous efforts are required to make Gyeonggi-do's beaches suitable according to the Act on the Use and Management of Beaches.

Key words: Heavy metal concentration, particle size distribution, hydrochloric acid solubility

I. 서 론

오늘날 해양은 자원개발과 경제적인 활용 측면에서 매우 중요한 자원이다. 이러한 관점에서 해양의 효용성은 단순히 광활하여 개발의 여지가 많을 뿐 아니라 지구환경으로서의 그 중요성이 더욱 강조되면서 해양환경의 건강한 보전이 중대한 문제로 대두되고 있다.[1] 우리나라 해역은 육상으로부터 유입되는 다양한 폐수와 오염물질들로 인하여 연안이 오염되고 있으며, 해안의 매립과 준설, 간척사업 등 각종 연안개발 사업은 주변 해역의 환경을 크게 변화시키고 있다. 해양은 고유의 자정능력과 완충능력으로 인하여 환경파괴에 의해 쉽게 그 영향이 나타나지 않지만, 일단 자정능력의 한계를 넘어 순환계가

†**Corresponding author:** Gyeonggi-do Institute of Health and Environment, 62, Chilbo-ro 1beon-gil, Gwonseon-gu, Suwon-si, Gyeonggi-do 16381, Korea, Tel: +82-31-250-2637, Fax: +82-31-250-2639, E-mail: yunho238@gg.go.kr
Received: 1 November 2020, Revised: 27 November 2020, Accepted: 30 November 2020

파괴되면 원상복구가 거의 불가능하거나 원상회복을 위하여 막대한 비용과 노력을 들여야 한다.[2] 또한 무분별한 개발 및 여름철 집중적인 사용으로 지속적인 오염원 배출에 의한 모래의 오염과 더불어 해안침식, 해안선 후퇴 등 환경적·생태적 파괴가 일어나고 있다.

최근 사계절 휴양시설의 확충으로 각 자치단체는 특히 여름철 서로 앞다투어 해양레저 관련 행사를 개최하고 있다. 물론 지역경제 활성에는 도움을 주지만 많은 사람들이 소비하는 일회용 제품과 무분별하게 버려지는 많은 쓰레기는 해양오염의 주원인으로 매년 되풀이 되고 있다. 수도권과 인접한 경기도는 평택, 화성, 안산 등 해양과 근접한 여러 도시를 포함하고 있다. 2019년 해양수산부에서 발표한 전국 이용가능한 해수욕장은 270개소이다. 지역적으로 살펴보면 강원도가 93개소로 가장 많고 전남(54개소), 충남(33개소) 순으로 구분되어 있다.[3] 지정해수욕장의 경우 2014년 12월 「해수욕장 이용 및 관리에 관한 법률」이 제정됨에 따라 카드뮴(Cd), 비소(As), 수은(Hg), 납(Pb), 6가크롬(Cr^{6+}) 등에 관한 안전관리 기준이 마련되어 있어 지속적인 관리가 이루어지고 있다[4]. 그러나 경기도는 지정된 해수욕장이 없음에도 불구하고 매년 지역사회 발전과 레저문화 보급을 위해서 자체적으로 지속적인 홍보와 행사를 계획하고 있다. 이러한 문제점으로 경기도의 비지정 해수욕장은 어떠한 관리도 받지 못하고 있는 것이 현실이다. 이에 본 연구는 「해수욕장 이용 및 관리에 관한 법률」에 따라 중금속 농도 뿐만 아니라 모래의 입도분포, 기생충란, 염산가용율을 포함한 포괄적인 내용에 관한 연구를 수행하여 경기도 내 지정해수욕장을 위한 기초자료를 확보하고자 하였다.

II. 연구 방법

1. 지점선정 및 시료채취

지점선정은 경기도지역 해안 인접 시·군 중 여름철 피서객들이 방문 가능한 안산과 화성을 중심으로 이루어졌다. 무엇보다도 매년 지자체의 행사진행 여부와 「여름철 방문하고 싶은 경기도 해수욕장」 순위를 참고하였다.[5] 안산의 방아머리해수욕장(BAML: Bangameo-li)과 구봉솔숲해수욕장(GBSS: Gubongsolsup), 화성의 제부도해수욕장(JBD: Jebu-do), 궁평리해수욕장(GPR: Gungpyeong-ri), 국화도해수욕장(GHD: Gughwa-do)을 포함하여 최종 5개소 지점을 선정하

Fig. 1. Location of sampling sites (A: GPR, B: JBD, C: BAML, D: GBSS, E: GHD)

Table 1. Sampling points in Ansan and Hwaseong

Classification	Abbreviated word	Full name	Location (DMS)
Ansan	BAML	Bangameo-li	N 37°17'16.3968" E 126°34'27.012"
	GBSS	Gubongsolsup	N 37°16'54.984" E 126°33'11.3112"
Hwaseong	JBD	Jebu-do	N 37°9'56.5488" E 126°37'2.7192"
	GPR	Gungpyeong-ri	N 37°7'36.8832" E 126°40'58.6344"
	GHD	Gughwa-do	N 37°3'45.576" E 126°33'29.1924"

였다(Fig. 1).

시료채취는 건기와 우기 시 해수욕장 중금속 농도 변화를 비교하고자 최대한 동일한 좌표에서 개장 전·후 총 2회로 나누어 실시하였다(Table 1). 시기는 2019년 6월부터 8월까지 채취하여 2회 분석하였으며, 결과의 신뢰성을 확보하기 위해서 교차분석 또한 토양오염공정시험기준[6]에 의해 진행하였다. 모든 지점의 시료채취는「해수욕장 이용 및 관리에 관한 법률」에서 명기한 시행령 [별표 1]에 의거하여 해수욕장의 해변을 길이 방향으로 2등분 하고, 각 구획의 끝단에서 각각 1개씩 채취하였으며, 채취한 시료를 혼합하여 1개의 시료로 제조하였다. 고상시료 특성상 유사한 선행연구에서 지속적으로 문제가 되었던 균질성을 확보하기 위해서 채취한 시료를 적당한 눈금의 표준체를 이용하여 2~3회 현장에서 통과시켜 샘플링하였다.

2. 분석항목 및 방법

분석항목을 선정하기 위해서 초기 연구단계 시 사전 현장방문을 통해 현재 해수욕장 관리기준인 중금속 농도뿐만 아니라 실험가능한 몇 가지 항목을 추가로 분석하였다. 법률에서 정해진 중금속 5항목(카드뮴, 비소, 수은, 납, 6가크롬)과 해안산책로 조성에 따른 애견인들의 잦은 외출로 모래의 청결도 검증을 위해 기생충란을 분석하였다. 그리고 주변 음식점에서 배출되는 조개껍데기 등의 함량을 파악하기 위해 염산가용율을 분석하였으며, 해안모래의 유실을 고려하여 모래의 입도분포를 추가로 분석하였다.[7]

중금속 농도 분석을 위해서는 Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy (ICP-OES 5100, Agilent, Malaysia), Atomic Absorption Spectrometer (AAS FIMS-400, PerkinElmer, Singapore), UV/Vis Scanning Spectrophotometer (Du-730, Beckman Coulter, USA) 기기를 이용하였다. 입도분포와 유효경 등에 사용된 시료는 개장 전(6월)에 채취한 시료를 자연 통풍·건조하여 사용하였다. 그리고 모래의 입도분포를 위해서는 Vibratory Sieve Shaker (Analysette 3, Germany)를 이용하여, 국제토양학회법(International Society of Soil Science)의 분류법에 따라 자갈(>2.0 mm), 모래(2.0~0.02 mm), 실트(<0.02 mm)로 모래의 체 통과분으로 구분하였다. 또한 모래의 조개껍질, 석회석 등 함량을 알아보기 위해서는 KWWA F 100 시험방법(여과모래 시험방법)을 준용하여 분석하였다. 마지막으로 기생충란의 경우 환경유해인자공정시험기준[8]에 따라 위상차현미경(Phase Contrast Microscope, EVOS, USA)을 이용하여 정밀분석하였다.

3. 기기분석 정도관리

분석결과에 대한 신뢰성 확보를 위해서 중금속 농도 분석에 사용된 ICP-OES 5100, AAS FIMS-400, UV Du-730의 직선성(R^2), 정량한계(Limit of quantification), 정확도(Accuracy), 정밀도(Precision)를 각각 측정하였다. 검정곡선 작성을 위해서는 4개 이상의 농도를 사용하였고, 정량한계는 해당 중금속의 정량한계 부근의 농도에 표준용액을 첨가하여 시료를 7회 이상 측정하였다. 정확도와 정밀도를 산정하기 위해서는 일정 농도의 시료를 5회 이상 분석하여 평균값과 표준편차를 이용하였다. 모든 절차는 토양오염공정시험기준에 따라 진행되었으며, 결과는

직선성(R^2=0.9998~1.0000), 정량한계(0.003~0.84 mg/kg), 정확도(100.40~106.40%), 정밀도(0.26~0.92%)의 값으로 이는 토양오염공정시험기준에서 제시한 정도관리 기준에 모두 만족하였다. 입도분포를 위해 사용된 Sieve Shaker는 체진동기 측정범위(건식, 20 μm-63 mm), 체진동기 시료량(건식, sieves < 25 mm: up to 1 kg), 작동시간(건식, 3-20 min), Digital Aplitute (0.1-3.0 mm), Digital Interval (0-99 sec) 등 기준에 부합하는지 점검하였다.

기생충란에 사용된 위상차현미경(PCM)은 광도 조정이 가능한 LED 작동여부, 형광 및 투과광 적정여부, X-Y 스테이지 작동여부, LCD 디스플레이 정상작동, 카메라 캡처 영상, 출력 포트, 전원확인 등 이상 유·무를 확인하고 최종 실험을 진행하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 개장 전·후 중금속 농도변화

연구에서 선정된 5개소 해수욕장 중금속 농도는 토양오염공정시험법에 따라 분석을 진행하였으며, 토양환경보전법 1지역 기준[9]으로 「해수욕장 이용 및 관리에 관한 법률」을 근거로 하였다. Table 2는 해수욕장 중금속 농도의 평균값을 개장 전·후로 구분하여 나타낸 것이다. 카드뮴(1개소 제외: 구봉솔숲해수욕장), 수은, 6가크롬은 모든 지역에서 불검출(ND: Not Detected)로 나타났으며, 비소와 납은 기준에는 적합했으나 모든 해수욕장에서 일정량 이상 검출되었다.

개장 전, 비소의 경우 최대값은 구봉솔숲해수욕장 10.19 mg/kg, 최소값은 방아머리해수욕 2.52 mg/kg으로 기준(25 mg/kg) 대비 각각 41, 10% 수준을 나타냈다. 개장 전, 납의 경우 최대값은 구봉솔숲해수욕장 15.8 mg/kg, 최소값은 방아머리해수욕장 9.8 mg/kg으로 기준(200 mg/kg) 대비 각각 8, 5%에 해당하며, 이는 환경안전관리기준에 매우 안전한 수치이다.

개장 후, 비소의 경우 최대값은 궁평리해수욕장 8.20 mg/kg으로 기준(25 mg/kg) 대비 33%이며, 최소값은 방아머리해수욕장으로 불검출(정량한계 미만)로 나타났다. 개장 후, 납의 경우 개장 전 비소와 동일하게 최대값은 구봉솔숲해수욕장 11.8 mg/kg, 최소값 또한 방아머리해수욕장 7.3 mg/kg으로 확인되었다. 이는 납의 환경안전관리기준(200 mg/kg)의 각각 6, 4% 수준에 해당된다. 또한 전체 해수욕장에 대한 개정 전·후 비소(4.20~6.05 mg/kg)와 납(9.7~12.8 mg/kg)의 평균값은 기준치 대비 1/4 이하로 매우 안전한 수치를 나타내었다.

Table 2. Concentration of heavy metal at sampling points in Ansan and Hwaseong (unit: mg/kg)

Classification	Compounds	Cd	As	Hg	Pb	Cr^{6+}	$\sum_5$
	Management standard	4	25	4	200	5	-
Before							
Ansan	BAML	ND	2.52±0.35	ND	9.8±0.51	ND	12.32±0.86
	GBSS	0.18±0.02	10.19±0.37	ND	15.8±0.81	ND	26.17±1.20
Hwaseong	JBD	ND	5.06±0.31	ND	11.6±0.98	ND	16.66±1.29
	GPR	ND	7.67±0.37	ND	15.0±0.79	ND	22.67±1.16
	GHD	ND	4.80±0.20	ND	11.7±0.78	ND	16.50±0.98
Sum		0.18±0.02	30.24±1.60	ND	63.9±3.87	ND	94.32±5.49
After							
Ansan	BAML	ND	ND	ND	7.3±0.48	ND	7.30±0.48
	GBSS	0.10±0.02	3.98±0.34	ND	11.8±0.91	ND	15.88±1.27
Hwaseong	JBD	ND	3.86±0.42	ND	9.2±0.60	ND	13.06±1.02
	GPR	ND	8.20±0.37	ND	11.6±0.99	ND	19.80±1.36
	GHD	ND	4.95±0.33	ND	8.4±0.88	ND	13.35±1.21
Sum		0.10±0.02	20.99±1.46	ND	48.3±3.86	ND	69.39±5.34

*ND: Not Detected

Table 3. Paired T-test result of As and Pb

Classification	Location	p-value	
		As	Pb
Ansan	BAML	0.01	0.05
	GBSS	0.00	0.04
Hwaseong	JBD	0.02	0.11
	GPR	0.22	0.01
	GHD	0.38	0.02

참고로 중금속 총 농도($\sum_5$ Heavy metals)의 개장 전·후를 비교하면 개장 전 순서는 구봉솔숲해수욕장 > 궁평리해수욕장 > 제부도해수욕장 > 국화도해수욕장 > 방아머리해수욕장이며, 개장 후에는 궁평리해수욕장 > 구봉솔숲해수욕장 > 국화도해수욕장 > 제부도해수욕장 > 방아머리해수욕장 순으로 나타났다.

기존 문헌 자료를 살펴보면 중금속 농도가 우천 시 하천을 지나 인근 바다로 유입되면서 농도변화가 예상[10]되었고, 또 다른 선행연구에서는 해수욕장 개장 전·후 "비소와 납의 유의미한 농도변화는 없다.[11]"는 연구결과를 확인하였다. 따라서 개장 전·후 일정 농도 이상 검출된 비소와 납 중심으로 두 모집단간의 평균차이 유무를 검증하고자 T-test를 실시하였으며, p-value값이 일정한 수준 이상이면(p-value<0.05) 유의하다고 통계적으로 판단하였다. p-value의 결과는 Table 3에 나타내었다. 개장 전·후 비소와 납의 농도변화를 비교하기 위해 각각 시료는 개장 전·후 2회 분석-각 5개소 해수욕장 3회 반복(총 30회) 기기분석의 평균값을 이용하였다. 개장 전·후 5개소 해수욕장 비소의 평균 차이에 대한 p-value는 각각 방아머리해수욕장(p=0.01), 구봉솔숲해수욕장(p=0.00), 제부도해수욕장(p=0.02)의 경우 p-value가 0.05보다 작으므로 3개소 해수욕장은 서로 농도차이가 난다고 판단할 수 있다. 그러나 궁평리해수욕장(p=0.22)과 국화도해수욕장(p=0.38)은 p-value가 0.05 보다 크므로 2개소 해수욕장은 농도차이가 나지 않는 것으로 판단된다. 납의 경우 Table 3을 참고하여 비소와 동일한 통계기준을 적용하면 구봉솔숲해수욕장, 궁평리해수욕장, 국화도해수욕장은 개장 전·후 농도변화를 나타냈으며, 방아머리해수욕장과 제부도해수욕장은 농도변화가 없는 것으로 나타났다. 시기별 농도변화에 대한 정확한 통계값과 신뢰도 높은 유의미한 값을 검증하기 위해서는 더 많은 시료지점과 분석횟수를 추가한 추후 연구가 필요하다고 생각된다.

2. 해변의 입도분포

입도분포 결과 연구대상으로 선정했던 경기도 5개소 해수욕장 모래의 구성은 평균 86.53%로 선행연구인 강원도 해수욕장의 모래 구성인 98.9%와 비교하면 많은 차이를 보였다.[12] 시료채취 시 육안으로도 가장 자갈이 많았던 궁평리해수욕장의 경우 모래의 구성이 69.24%로 가장 낮게 나타났으며, 방문객이 가장 많았고 상대적으로 넓은 백사장으로 이루어진 제부도해수욕장은 96.49%로 가장 좋은 모래의 구성을 나타냈다. 따라서 모래의 구성은 제부도해수욕장 > 방아머리해수욕장 > 구봉솔숲해수욕장 > 국화도해수욕장 > 궁평리해수욕장 순으로 확인되었다(Table 4).

Table 4. Particle size distribution of sandy beaches (unit: %)

Classification	Categories	Gravel	Coarse sand	Fine sand	Silt	Effective diameter	Uniformity coefficient	Sand
	Management standard (mm)	>2	2.0~0.20	0.2~0.02	0.02<	mm	-	2.0~0.02
Ansan	BAML	8.91	84.19	6.80	0.10	0.22	3.20	90.99
	GBSS	10.39	88.01	1.52	0.08	0.34	2.26	89.53
Hwaseong	JBD	3.44	95.20	1.29	0.07	0.33	1.98	96.49
	GPR	30.72	68.38	0.86	0.04	0.46	3.19	69.24
	GHD	13.54	86.12	0.30	0.04	0.32	3.64	86.42
Average		13.40	84.38	2.15	0.07	0.33	2.85	86.53

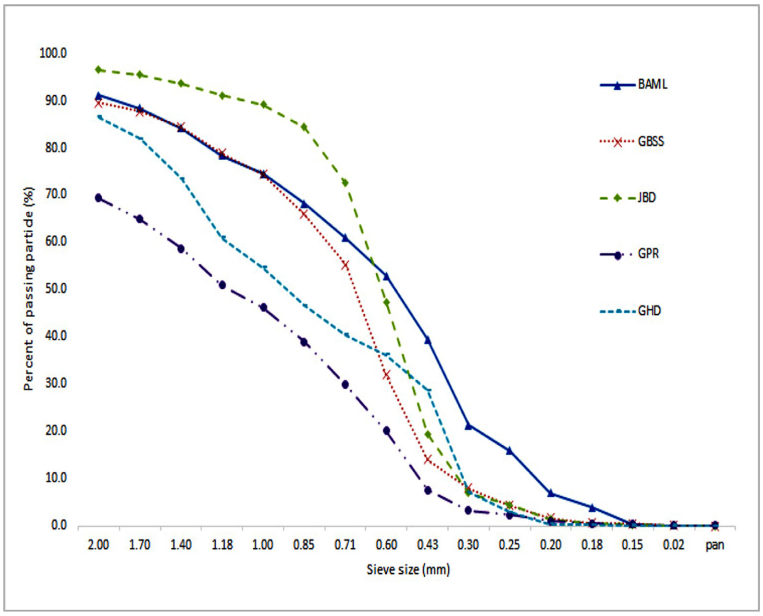

Fig. 2. Percent of passing particle plots for each sand

유효경은 모래의 입경을 표시하는 단위로서 입도가적곡선의 10%에 해당하는 직경을 측정한 결과 모래의 비율이 가장 낮았던 궁평리해수욕장이 0.46 mm로 가장 크며, 방아머리해수욕장은 가장 작은 0.22 mm 이다. 나머지 3개소 해수욕장은 0.32~0.34 mm의 크기로 비슷한 입경을 확인할 수 있었다. 균등계수는 입도가적곡선 60% 통과경과 10% 통과경의 비를 나타내는 지표이며, 입자의 크기가 고르면 고를수록 1에 가깝다. 균등계수는 상대적으로 모래구성이 낮았던 국화도해수욕장(3.64)이 가장 큰 수치를 나타내었다(Table 4). 그리고 각 해수욕장 모래의 통과백분율은 Fig. 2에 나타냈으며, Fig. 2를 통해서 유효경, 균등계수 또한 측정하였다.

3. 염산가용율과 기생충란 확인

동해안, 남해안 등 양질의 해수욕장 모래는 조개껍질과 석회석 등의 혼잡물이 적거나 없는 경우가 대부분이다.[12] 그러나 경기도 5개소 해수욕장의 모든 모래에서 일정량 이상의 조개껍질과 석회석 등의 혼잡물을 포함하고 있는 것으로 나타났다. 염산가용율을 실험한 결과 구봉솔숲해수욕장이 4.9%로 가장 높고, 방아머리해수욕장의 경우 0.2%로 가장 낮았다(Table 5). 염산가용율 결과에 가장 많은 영향을 미치는 요인으로 생각되는 조개껍질은 해변에서 자생하던 조개류의 자연폐사 또는 인근 음식점들과 해변의 근거리에 따른 조개구이 후 버려진 음식물 유입, 지형적 요인 등으로 추정된다. 구봉솔숲해수욕장

Table 5. Result of hydrochloric acid solubility and parasite eggs

Classification		Hydrochloric acid availability (%)	Parasite eggs (-)	
			Before	After
Ansan	BAML	0.2	ND	ND
	GBSS	4.9	ND	ND
Hwaseong	JBD	3.0	ND	ND
	GPR	0.4	ND	ND
	GHD	0.6	ND	ND

*ND: Not Detected

이 다른 해수욕장에 비해 높은 염산가용율을 나타낸 또 다른 이유는 현장 방문 시 해수욕장 규모가 가장 작고 이용객들이 전무한 상태에서 관리 또한 부실했기 때문이다.

국내 애견인 인구가 1,000만명[13]이 넘어서면서 도시화된 아파트와 포장된 도로에서 사람과 애완동물이 함께 걷는 모습이 최근에는 일상이 되었다. 사람들과 교감이 필요한 이러한 동물들의 주기적인 운동과 산책을 위해 해변과 새로 조성된 해안 탐방로 이용이 점차적으로 증가하는 추세이다. 따라서 애완동물의 배변처리는 중요한 사회적 문제점으로 대두되었다. 무심코 버려지는 애완동물의 배변은 해수욕장에서 맨손과 맨발로 뛰며 즐기는 어린아이에게는 취약한 위생관리의 한부분이다. 이러한 문제점을 주지하고 검사했던 기생충란은 5개소 해수욕장 개장 전·후 모든 모래에서 불검출(ND: Not Detected)로 확인되었다(Table 5). 해수욕장의 모래관리와 더불어 최근 해안주위에 조성되는 자연산책로와 나무데크는 계절과 방문객들의 성향에 따라 언제든지 애견인들로 인해 기생충란이 검출될 우려가 있다. 따라서 애완동물들의 배변으로 인한 2차 오염이 없도록 애견인들의 세심한 배려가 지속적으로 요구된다.

IV. 결 론

본 연구에서는 경기도지역 인접 시·군 중 「여름철 방문하고 싶은 경기도 해수욕장」을 대상으로 개장 전·후 모래의 중금속 농도변화, 입도분포, 염산가용율, 기생충란을 중심으로 비지정 해수욕장 관리를 위한 선행연구를 목적으로 수행하였다. 선정 지역은 안산의 방아머리해수욕장(BAML)과 구봉솔숲해수욕장(GBSS), 화성의 제부도해수욕장(JBD), 궁평리해수욕장(GPR), 국화도해수욕장(GHD)이다.

그 결과, 경기도 지역 5개소 해수욕장 개장 전·후 중금속과 기생충란 결과는 모두 해수욕장 안전관리 기준치 이내로 매우 안전한 수치이다. 건기와 우기시 해수 및 하천수 유입에 따른 중금속 농도변화를 비교하고자 개장 전·후 검출된 비소와 납의 T-검정 결과($p<0.05$), 비소의 경우 방아머리해수욕장, 구봉솔숲해수욕장, 제부도해수욕장에서 유의미한 농도 차이를 보였다. 그리고 납의 경우 구봉솔숲해수욕장, 궁평리해수욕장, 국화도해수욕장욕장에서 유의미한 농도 차이를 보였다. 국제토양학회 분류법에 따른 모래 구성은(기준: 2.0~0.02 mm) 평균 86.53%이며, 궁평리해수욕장의 경우 모래의 구성이 69.24%로 가장 낮았고, 제부도해수욕장은 96.49% 가장 높은 모래의 구성을 나타내었다. 모래의 조개껍질, 석회석 등의 함량을 알아보기 위한 염산가용율은 구봉솔숲해수욕장이 4.9%로 가장 높고 방아머리해수욕장이 0.2%로 가장 낮았다.

「해수욕장 이용 및 관리에 관한 법률」에 따르면 해수욕장 지정을 위해서는 모래의 안전성 뿐만 아니라 일정한 해면과 화장실, 탈의실, 백사장의 길이 등 많은 요건이 요구된다. 연구에 선정된 경기도 지역 5개소 해수욕장의 경우 모래의 안전성은 확보되었지만 그 외 편의시설과 이용객들이 선호하는 모래의 입도분포, 해안선의 길이 등 많은 문제점이 있는 것 또한 사실이다. 그러나 전국 270개소(2019년 기준) 해수욕장 중 비교적 넓은 면적과 인구를 자랑하는 경기도는 지정해수욕장이 단 1개소도 없다. 이러한 현실을 고려할 때 본 연구는 해수욕장 이용객에게 최소한의 알 권리를 충족시키고 향후 시설정비를 통하여 지정해수욕장 준비를 위한 기초자료로 활용될 수 있을 것이다.

감사의 글

본 연구는 국립환경과학원의 환경분야 시험검사의 국제적 기반구축사업비 지원을 받아 수행되었습니다.

References

1. Minai-Tehrani D, Malek-Hossein S, Savaghebi-Firoozabadi G, Faeze K, Mahdie A. Effect of light crude oil contaminated soil on growth and germination of festuca arundinacea. *Journal of Applied Sciences.* 2007; 7(18): 2623-2628.
2. Yoon YS. A Study on the Selection Criteria for Effective Marine Oil Spill Response Techniques at the Coastal Waters in Korea. [dissertation]. [Busan]: Department of Maritime Police Science Graduate School of Korea Maritime University; 2005
3. Ministry of Oceans and Fisheries. 2019 National Beach Opening Information, 2019.
4. Ministry of Oceans and Fisheries. Act on the use and management of beaches (Act No. 17333), 2020.
5. Gyeonggi-do beach. https://search.daum.net,

[Accessed February 2019].
6. National Institute of Environmental Research. Soil contamination process test standards (No. 2018-53), 2018.
7. Korean Water and Wastewater Association. Testing Method of Filter Sand for Water Works (KWWA F 100), 2009.
8. National Institute of Environmental Research. Environmental hazard process test standards (No. 2018-55), 2018.
9. Ministry of Environment. Soil Environment Conservation Act. Soil pollution concerns standards for heavy metals, 2015.
10. Kwon HO, Son HS, Oh JY, Oh JE, Choi SD. Monitoring and Pollution Assessment of Heavy Metals in the Taehwa River. *Journal of Environmental Analysis.* 2013; 16(3): 212-219.
11. Park DG, Choi HK, Yoon IJ, Kim YR, Lee KC, Choi CK, et al. Investigation of heavy metals on the sandy beaches of the east coast beach. *Journal of GBIHE.* 2016; 29: 317-323.
12. Lee GC, Eun JY, Choi EH, Oh SM, Choi GJ. Heavy metal concentration and sand diameter distribution of the bathing beaches in Gangwon province. *Journal of Gangwoni-do Institute of Health & Environment.* 2016; 27: 117-124.
13. Korean Kennel Club. http://www.kkc.or.kr, [Accessed February 2019].

<저자정보>

최윤호(환경연구사), 변주형(환경연구관), 원종무(환경연구사), 김종성(환경연구사), 신종현(환경연구사), 유창숙(환경연구사), 정윤하(환경연구사), 박민빈(환경연구사), 오조교(환경연구관)