

한국 서남해역 인공해수욕장의 적합성 판정과 수질관리 방안

김도희*† · 장진호**

* 목포해양대학교 환경생명공학과, ** 목포대학교 해양수산자원학과

Swimming Suitability and Management of Sea Water for Artificial created Swimming in the Southwestern Sea of Korea

Do-Hee Kim*† · Jin-Ho Chang**

* Department of Marine Environmental Engineering & Biotechnology, Mokpo National Maritime University, Korea

** Department of Marine Resources, Mokpo National University, Muan-Gun, Korea

요 약 : 본 연구는 2010년 1월부터 12월에 걸쳐 우리나라의 서남해역에 위치한 인공적으로 조성한 해수욕장에서 수색변화와 저층 바닥의 해조류의 번식 등의 문제점을 해결하기 위해 SS, COD, NH₄⁺-N, TP, MPN과 저질 조사를 통해 해수욕장의 적합성을 판정하고 수질관리 방안을 제안하고자 하였다. 조사 결과, MPN 기준에는 만족하였으나 높은 농도의 SS와 TP로 인해 관리요망의 수준 이하로 확인되었다. 수질오염의 주요 원인은 해수 순환의 악화로 인해 해수가 장시간 체류되어 수온이 상승하고 침강된 퇴적물이 재 부유되어 수색이 변하고 탁도가 악화되며 저층 바닥에 해조류가 발생되고 있는 것으로 밝혀졌다. 이러한 문제점을 개선하기 위해서는 우선 해수의 유통을 원활하게 하고 오염된 퇴적물을 준설하거나 피복 또는 저질개선제를 투여하는 방법이 적용될 수 있으며 해수욕장으로 유입되고 있는 점원과 비점오염원을 저감 차단해야 될 것으로 판단되었다.

핵심용어 : 부유물질, 수질관리, 인공해수욕장, 저층퇴적물, 총인

Abstract : This study aimed to determine the swimming suitability of sea and to suggest methods to address the problems on sea water color and green plants growing on sediment in the artificial created swimming in the beach of southwestern Korea. Sea water samples were collected from January to December of 2010 and analysis for SS, COD, NH₄⁺-N, TP, MPN, sediment IL, ORP and plants on sediment. The results showed that the sea water under the swimming suitability "level of management" based on the relating high levels of SS and TP, but still suitable for swimming on the basis of MPN. Improving exchange seawater flow, dredging, coating and chemical treatment of polluted sediments in addition to removal of point sources and restriction of non point sources in the study area could improve the sea water quality and swimming suitability of the sea.

Key Words : Suspended solid, Water quality management, Artificial swimming in the beach, Sediment, Total phosphorous

1. 서론

최근 해양에서의 친수활동이 증가되고 있는 추세이다. 정부는 해수욕장의 수질기준을 정해서 수질을 적정하게 관리해서 국민의 건강보호와 친수활동의 활성화에 기여하도록 하고 있다(MOF, 2014). 하지만 서남해역은 동해와는 달리 해수의 청정도가 나쁜 이유로 인해 해수욕장의 이용에 많은 장애가 있는 실정이다.

이러한 서남해역의 지형적인 특성 때문에 해수욕장의 수질기준 중에서 부유물질(SS)의 기준치를 다르게 규정하고

있다. 뿐만 아니라 최근 이상 기후 등의 이유로 해서 해수욕장의 개장시기가 6월 말로 앞당겨 졌고 해수욕장의 수질조사 결과보고를 기존 7월 10일에서 6월 20일로 변경되었다. 따라서 매년 전국의 모든 해수욕장은 관할지자체로 하여금 해수욕장의 개장 2개월 전에 해수욕장의 수질 조사를 통해 해수욕장의 적합 여부를 판정하도록 하고 있다(MOF, 2013).

만약에 해수욕장의 수질이 적합한 것으로 확인된 경우에는 시민들에게 공표할 수 있고, 관리요망으로 확인된 해수욕장에 대하여는 오염원인 조사 등 해수욕장 수질개선을 위한 조치를 취하도록 규정하고 있으며, 부적합으로 확인된 해수욕장에 대하여는 해수욕장 이용객의 건강상 위해를 예방하기 위한 조치를 취하도록 규정하고 있다.

† Corresponding Author : doking@mmu.ac.kr, 061-240-7308

본 연구에서는 인공적으로 조성된 해수욕장에서 수질 문제와 해수욕장의 바닥에 녹조류가 대량 증식하여 민원이 발생하는 등 보건위생 및 미관상 친수활동의 장애가 있어 해수욕장으로서의 적합성 여부를 판정할 필요성이 요구되었다. 따라서 인공해수욕장 수질저질 조사와 주변 오염원의 조사를 통해 인공해수욕장의 개장여부를 판정하고 수질 개선을 위한 수질관리 방안을 제시하고자 하였다.

2. 연구방법 및 재료

2.1 조사해역 및 조사 지점

해수욕장의 수질기준 운용지침(해양수산부 훈령 제 47호; MOF, 2013)에서 해수욕장의 조사 지점은 해수욕장의 양쪽 가장자리 각 1개 지점과 중앙 1개 지점의 총 3개 지점으로 정하고 있다. 해수의 채수는 조사 지점의 표층 아래 15 cm 이내에서 실시해야한다고 고시하고 있다.

본 조사해역의 주변은 인구나 산업 시설이 전혀 없는 해양관광레저 지역으로, 해수욕장의 수질 문제와 저층 바닥에서 해조류 때가 자주 나타나 민원이 제기함에 따라서 해수욕장의 개장을 못하고 있는 서남해역에 위치한 인공해수욕장을 대상으로 조사되었다. 조사정점은 해수의 수질문제가 발생되고 있는 지점을 중심으로 12개 정점의 표층, 저층의 해수 수질을 조사하였다(Fig. 1). 조사해역의 평균 수심은 1~4 m였고 주변에는 농경지의 방류구가 하나 위치하고 있었다.

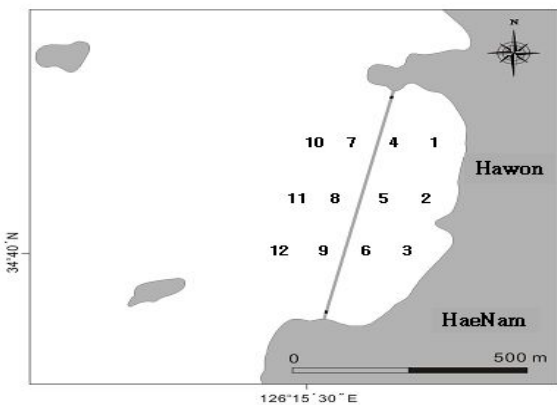


Fig. 1. Sampling site and swimming the beach in southwestern sea of Korea.

2.2 오염원 조사 및 수질저질 조사와 해수욕장의 적합성 판정

국내의 해수욕장의 수질기준 운용지침인 해양수산부 훈령 제 47 호(MOF, 2013)에서는 해수욕장의 수질조사 시기는 해수욕장 개장 2개월 전에 10일 간격으로 2회 이상의 수질 조

사를 통해 해수욕장의 적합 여부를 판정하도록 하고 있다.

본 조사에서는 2010년 1월에서 12월까지 동계 낙조 와 춘계와 하계의 창조와 낙조 시 총 5회에 걸쳐 실시하였다. 해양환경공정시험법(MOF, 2010)과 해양항만조사법(Lee, 1996)에 따라 현장에서 수온, 염분, 탁도, DO를 측정하였다. 현장에서 채수된 시수는 냉장 보관하여 실험실로 옮긴 후 해양환경공정시험법에 따라 해수욕장의 수질판정 항목인 SS, COD, $\text{NH}_4^+\text{-N}$, TP를 분석하였다.

아울러 총 대장균군수(MPN)의 분석을 위해 미리 멸균 소독한 100 ml 용 채수 병에 각 정점의 해수를 채수하여 즉시 이동하여 3시간 내에 전남보건환경연구원에 분석을 의뢰하였다. 그 외 해수욕장으로 유입되고 있는 주변 농경지의 방류수와 강우 시 육상으로부터 유입되는 강우의 흐름을 조사하였다. 또한 저층 바닥에서 자주 발생하는 해조류 떠를 조사하였고, 저층 퇴적물의 오염도 조사를 위해 저질의 IL(Ignition Loss)은 550℃에서 30분간 강열 감량된 양으로서 평가하였고, ORP(Oxidant and Reduction Potential)는 전극법으로 평가하였으며 퇴적물의 입도조성은 체분석과 입도분석기(Shimatzu SALD-301V)를 이용하여 분석하였다.

해수욕장의 수질적합 여부를 판정은 해양수산부 훈령 제 47호에서 고시된 Table 1~Table 3에 근거하였다. 우선 Table 1에 따라서 개별 수질조사 항목의 조사결과에 해당하는 점수를 각각 계산하였다. 단, 서남해역의 경우에는 Table 2에서와 같이 SS의 기준치를 달리 정하고 있다. 조사된 각 수질항목별 수질 점수를 합산하여 총점이 4~8이면 적합, 9~12이면 관리요망, 13~16이면 부적합으로 판정된다. 만일, 조사된 대장균군수의 평균 결과치가 $\text{MPN}1000/100\text{ml}$ 이상인 경우는 앞서의 수질의 점수와 상관없이 해수욕장의 수질로서 부적합한 것으로 판정된다(MOF, 2013).

Table 1. Score of swimming sea water in the beach

Score	Sea water			
	SS (mg/l)	COD (mg/l)	$\text{NH}_4^+\text{-N}$ (mg/l)	TP (mg/l)
1	<10	<1	<0.15	<0.03
2	<20	<2	<0.3	<0.05
3	<30	<4	<0.5	<0.09
4	>30	>4	>0.5	>0.09

Table 2. Score of SS for the swimming sea water in the southwestern sea of Korea

SS (mg/l)	<20	<30	<40	>40
Score	1	2	3	4

Table 3. Criteria of sea water quality for swimming in the beach

Criteria	Suitable	Management	Unsuitable
Total score	4~8	9~12	13~16

3. 결과 및 고찰

3.1 오염원 및 수질저질 조사 결과

동계 낙조 시에 측정된 12개 정점의 표층수와 저층수의 SS는 54~99 mg/ℓ로 높게 나타났다. 이와 같은 결과는 Kim(2007)이 11월에 동일한 해역에서 조사한 SS의 농도가 표층에서 33.1 mg/ℓ, 저층에서 54.8 mg/ℓ로 본 조사의 결과와 유사한 분포를 보였다(Fig. 2). 이와 같이 SS가 높게 나타나는 이유는 조사 해역이 화원반도 시아해로서 최강유속이 117~198 cm/sec에 이르고 해당 조사 지점에서의 평균 유속이 22 cm/sec이고, 수문조작으로 인해 빠른 유속이 발생하여 저층에 침강되었던 퇴적물이 재 부유되었기 때문인 것으로 판단되었다(Kim, 2007).

동계 낙조 시 COD는 0.1~2.1 mg/ℓ로 일반적인 연안 해역의 해수와 비슷한 수준을 보였다(Yoon et al., 2007; Yang, 2014). Kim(2007)이 11월에 동일한 해역에서 조사한 COD의 농도가 표층에서 1.1 mg/ℓ, 저층에서 1.7 mg/ℓ로 본 조사결과와 유사한 농도분포를 보였다(Fig. 3). NH₄⁺-N는 0.010~0.038 mg/ℓ로 COD와 같이 주변해역의 농도수준과 유사한 농도로 나타났다(Fig. 4). TP는 0.022~0.084 mg/ℓ로 Kim(2007)이 11월에 동일한 해역에서 조사한 0.042~0.106 mg/ℓ와 비슷한 농도 수준으로서 앞서의 SS와 같이 저층의 퇴적물이 재 부유되고 있기 때문에 높은 농도가 나타나는 것으로 생각되었다(Fig. 5). 조사된 해수욕장의 표층 저층 간 수질 차이는 크지 않았으나 COD와 TP는 Fig. 2~Fig. 5에서 나타난 바와 같이 저층수에서 약간 높게 나타났다. 주변 농경지의 방류수는 동계 갈수기에는 유입되고 있는 물이 없어 수질조사를 실시하지 못하였다.

춘계 창조 시 측정된 SS는 29~57 mg/ℓ로 보통의 서남해역에서의 농도 분포를 보였고(Fig. 2), COD 역시 0.4~1.5 mg/ℓ로 일반적인 주변 연안해역의 농도를 보였다(Fig. 3). NH₄⁺-N는 0.022~0.106 mg/ℓ로 높지 않았으나 TP는 0.024~0.095 mg/ℓ로 다른 계절보다 높은 농도를 보였다(Fig. 4~Fig. 5). 한편, 춘계 낙조 시 측정된 SS는 26~41 mg/ℓ로 창조 시와 유사한 농도를 보였고, COD는 0.2~1.3 mg/ℓ로 낮게 나타났다. NH₄⁺-N 농도는 0.010~0.093 mg/ℓ로 COD와 같이 보통 연안에서의 농도 수준이었다. TP는 0.036~0.063 mg/ℓ로 아주 높게 나타났다(Park et al., 2010). 인근의 농경지 방류수 중의 SS는 2.0 mg/ℓ로 해수욕장보다 낮았으나

COD는 1.7 mg/ℓ, NH₄⁺-N는 0.034 mg/ℓ로 보통수준이었고, TP는 0.050 mg/ℓ로 비교적 높은 농도로 유입되고 있었다.

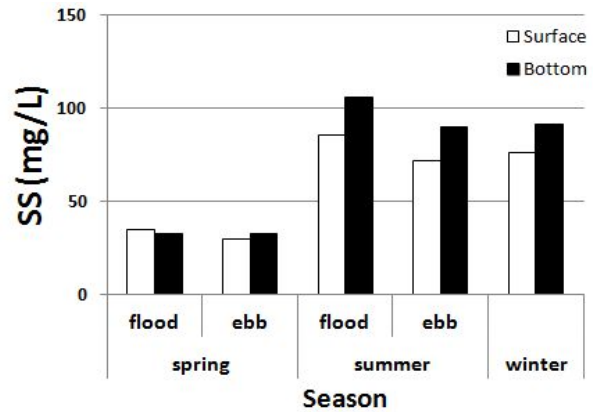


Fig. 2. Seasonal distributions of mean SS at 12 points in the artificial created swimming beach.

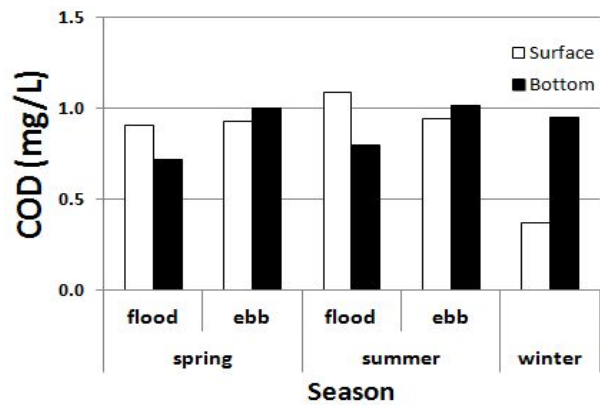


Fig. 3. Seasonal distributions of mean COD at 12 points in the artificial created swimming beach.

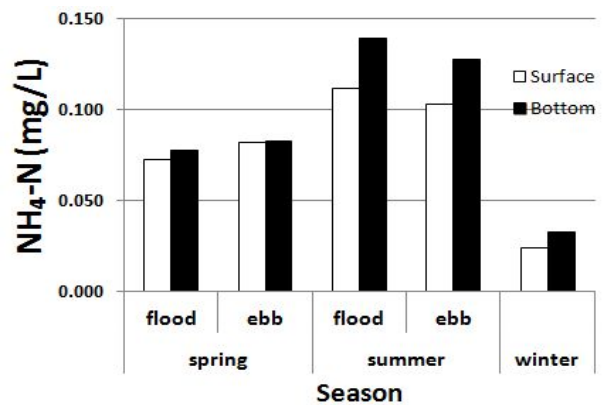


Fig. 4. Seasonal distributions of mean NH₄⁺-N at 12 points in the artificial created swimming beach.

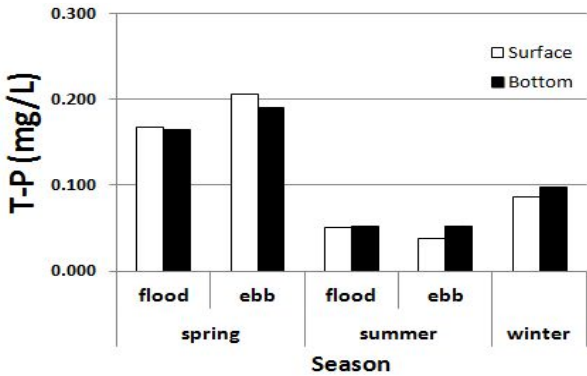


Fig. 5. Seasonal distributions of mean TP at 12 points in the artificial created swimming beach.

하계 창조 시 SS는 71~115 mg/ℓ으로 다른 계절보다 높은 농도를 보였고 표층보다 저층에서 높게 분포하였다(Fig. 2). COD는 0.2~2.2 mg/ℓ으로 다른 시기와 유사한 농도를 보였고(Fig. 3), NH₄⁺-N는 0.010~0.169 mg/ℓ으로 SS와 같이 다른 계절보다 높은 농도를 보였다(Fig. 4). TP는 0.040~0.069 mg/ℓ으로 다른 계절보다는 낮게 분포하고 있으나 일반적인 연안 해역보다는 높은 농도를 보였다. 인근 농경지 방류수 중의 SS는 47 mg/ℓ으로 다른 계절보다 높게 나타났고 COD도 2.9 mg/ℓ, NH₄⁺-N는 0.182 mg/ℓ, TP는 0.097 mg/ℓ으로 높은 농도로 유입되고 있었다.

이와 같이 갈수기에는 농경지의 방류구로부터 해수욕장으로 유입되지 않으나 강우기인 봄이나 하계에는 인근 육지로부터의 강우를 포함한 농경지의 방류구에서 육상의 물이 인근 해수욕장으로 유입되고 있는 것으로 조사되었다(Fig. 6).



Fig. 6. Discharged and rain water from agricultural land in rain seasons.

한편, 하계 낙조 시 측정된 SS는 46~105 mg/ℓ으로 춘계보다 높았고 동계와 같이 높은 농도를 보였다(Fig. 2). Kim(2007)이 8월 강우 시에 동일한 해역에서 조사한 SS의 농도가 2.7~56.2 mg/ℓ으로 본 조사에서와 같이 변동 폭이 크게 나타났다. COD는 0.1~1.8 mg/ℓ으로 다른 시기와 유사한 농도로 Kim(2007)이 동일한 해역에서 조사한 COD의 농도가 0.3~4.6 mg/ℓ으로 본 조사보다는 약간 낮았으나 다른 연안해역의 농도 분포와 비슷한 결과를 보였다(Yang, 2014). NH₄⁺-N는 0.010~0.067 mg/ℓ으로

Kim(2007)이 동일한 해역에서 조사한 NH₄⁺-N의 농도가 0.111~0.302 mg/ℓ으로 본 조사에서 약간 낮은 농도를 보였다. TP는 0.039~0.067 mg/ℓ으로 Kim(2007)이 동일한 해역에서 조사한 TP의 농도 0.030~0.100 mg/ℓ와 유사한 농도 분포를 보였다(Fig. 2~Fig. 5).

3.2 해수욕장의 적합성 판정과 수질관리

조사대상 해수욕장 주변해역의 12개 정점에서 표층수와 저층수를 대상으로 총 5회에 걸쳐 조사된 해수욕장의 수질 결과를 해양수산부 훈령 제47호에 근거하여 개별 수질조사 항목별 점수를 계산하였다(Table 4). 다음 각 수질 항목별 점수 결과를 합산해서 조사기간별로 산술평균한 3 계절의 수질점수 총합 결과에 따라 해수욕장의 적합여부의 판정 결과를 Table 4에 요약하였다.

해수욕장의 적합여부의 판정 결과, 동계, 춘계, 하계 모두 총점수가 9~10에 해당되어 훈령에서 고시하고 있는 해수욕장 기준치의 "관리요망" 수준 점수인 9~12에 해당되었다. 수질악화의 주요 원인은 주로 부유물질과 총인에 의한 것으로, 부유물질이 높은 이유는 앞서 기술한 바와 같이 조사해역의 유속이 빠르고 미속한 수문 조작으로 인해 저층에 침강된 세립질의 퇴적물이 재 부유되었기 때문으로 생각되었다. 특히, 춘계와 하계보다 동계에 점수가 높게 나타난 이유는 동계에 강한 강풍과 함께 빠른 유속 때문으로 SS가 높게 분포하고 있기 때문으로 판단되었다.

Table 4. Results of water condition according to the score and sea water quality in the beach

Season		SS	COD	NH ₄ ⁺ -N	TP	MPN
Winter (ebb)	score	4	1	1	4	6
	total score	10				
	condition	management				
Spring (flood)	score	3	2	1	4	8
	total score	10				
	condition	management				
Spring (ebb)	score	3	1	1	4	8
	total score	9				
	condition	management				
Summer (flood)	score	4	1	1	3	26
	total score	9				
	condition	management				
Summer (ebb)	score	4	1	2	2	26
	total score	9				
	condition	management				

* Criteria: 4~8: suitable, 9~12: management, 13~16: unsuitable

총인의 농도가 높은 이유 역시 저층 퇴적물의 재 부유 때문이며, 아울러 강우 시에 농경지의 배출구에서 높은 농도의 TP가 유입되고 있고, 평소에 축적된 오염물질이 강우와 같이 해수욕장으로 유입되기 때문으로 판단되었다. 대장균 군수는 전 계절에 걸쳐 기준치 이하이거나 검출되지 않는 것으로 나타났다.

한편, 현장의 저질조사에서 저층 퇴적물의 조성이 세립질의 펄 성분이 98% 이상이었고, 저층 바닥의 표층에는 초록틸말, 가시파래, 납작파래, 구멍갈파래, 창자파래가 우점 또는 준우점하고 있어 진한 청갈색의 해조류 띠가 형성되고 있었으며, 퇴적물의 IL치는 평균 4.7%, 퇴적물의 ORP 값이 평균 -78 mV로 환원상태를 보였다. 특히, 퇴적물의 표층에 형성된 청녹색의 해조류 띠를 걷어내면 저층의 바닥이 검은색을 띠고 있었다(Fig. 7).

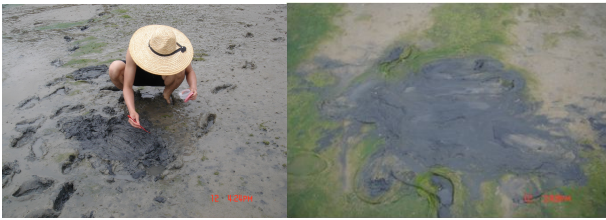


Fig. 7. Green sea plants and color of sediment.

이와 같이 해수욕장의 저층 퇴적물의 조성이 방파제 외측은 모래성분이 우세한 반면 방파제 내측은 세립질의 펄 성분이 우세하고, 저층의 바닥이 환원상태를 띠고 녹조류 띠가 자주 형성되는 것은 길이 800 m, 높이 MSL+1.3 m 인공방파제가 해수의 흐름을 막고, 방파제 양쪽에 5m×2m×2기의 수문의 조작의 잘못으로 인해 해수교환이 악화됨에 따라 수온이 상승하고 침전물이 쉽게 쌓이고 해조류 띠가 자주 형성되는 것으로 판단되었다.

이상의 조사 결과를 근거로 해수욕장의 수질관리 방안을 다음과 같이 제시하고자 한다. 첫째, 인공 방파제의 수위조절과 방파제 양측에 위치하고 있는 수문조작의 개선을 통해 해수교환을 원활해야 할 것으로 생각되었다(Jang et al., 2010; Yoo et al., 2012).

둘째, 이미 저층에 침강된 퇴적물이 수질을 악화시키거나 탁도를 악화시키고 저층 바닥에 녹조류가 번식하여 해수욕객들에게 불쾌감과 미관상 지장을 주므로 저층에 퇴적된 퇴적물을 환경친화적인 공법으로 준설하거나 깨끗한 모래로 피복하는 방법을 적용한다. 또는 일시적인 방법으로 인 용출 감소를 위한 저질개선제를 살포하는 방법도 적용될 수 있을 것으로 생각된다(Kim et al., 2014).

셋째, 강우 시 농경지나 주변유역에 축적된 부유물질이나 오염물질이 해수욕장으로 유입되는 것을 막고 현재의 농경

지의 방류구의 위치를 이전시키거나 차단한다. 넷째, 강우 시에 육상으로부터 해수욕장으로 유입될 수 있는 오염물질을 차단하기 위해 침전조를 조성하여 오염물질을 침전, 제거 후 유입되도록 한다.

4. 결론

인공적으로 조성된 해수욕장의 수질문제와 개장여부의 적합성을 판정하고 수질개선책을 제시하기 위해 오염원의 조사와 수질조사를 실시한 결과, 적합과 부적합 사이의 “관리요망” 수준 인 것으로 판정되었다. COD, 암모니아질소 등은 보통의 주변 해역의 농도 수준이었으나 SS와 총인의 농도가 높게 분포하였다. SS와 총인이 높게 분포하는 이유는 유속이 빠른 조사 해역의 지형적인 특성과 인공적으로 조성한 방파제와 방파제의 양측에 위치한 수문조작의 운전미숙으로 인해 세립질의 침전물이 쉽게 침강하고 침강된 세립질의 퇴적물이 다시 쉽게 재 부유되고 있기 때문인 것으로 판단되었다.

주변지역은 인구나 산업 시설이 전혀 없는 농경지역이며 오염원 조사와 평상 시 염분 농도 분포의 정점별 차이가 없는 것으로 보아 외부의 오염원이나 유입수는 없는 것으로 판단되었다. 다만, 강우기에 농경지의 방류구와 주변대지에서 유입되는 강우가 해수욕장으로 유입되고 있었다. 대장균 군수의 조사 결과에서는 전 계절에 걸쳐 검출되지 않았거나 기준치 이하로 아주 낮은 농도를 보여 위생적으로는 해수욕장으로서의 위생적인 문제점은 없는 것으로 판정되었다.

따라서 인공해수욕장의 수질관리를 위해서는 첫째, 해수교환의 흐름을 방해하고 있는 인공방파제의 수위를 조절하거나 수문조작의 개선을 통해 해수욕장내외의 해수순환을 개선시킨다. 둘째, 현재의 해수욕장으로 유입되고 있는 농경지의 방류구의 위치를 이전시키거나 차단하고 강우 시에 유입되는 오염물질을 저감시키거나 차단하기 위해 침전조를 조성하여 오염물질을 침전, 제거 후 유입되도록 한다. 셋째, 이미 저층에 침강된 오염물질이 수질을 악화시키거나 탁도를 증가시켜 해수욕객들에게 불쾌감과 미관상 지장을 주므로 저층의 퇴적물을 환경친화적인 공법으로 준설하거나 깨끗한 모래로 피복하거나 일시적으로 저질개선제를 살포하는 방법도 적용될 수 있을 것으로 생각되었다.

Reference

- [1] Jang, C. H., S. T. Kim, H. S. Kim, K. H. Kim and M. S. Song(2010), Efficiency Tests of Seawater Exchange System for Enhancement of Seawater Quality, Journal of the Korean

- Society for Marine Environmental Engineering, Vol. 13, No. 3, pp. 206-215.
- [2] Kim, K. H., I. C. Lee, S. H. Ryu, T. Saito and T. Hibino (2014), Application of Granulated Coal Ash for Remediation of Coastal Sediment, Journal of The Korean Society for Marine Environment and Energy, Vol. 17, No. 1, pp. 1-7.
- [3] Kim, D. H.(2007), Water quality in Hwawon coastal sea of Korea for rainy and dry season, Journal of The Korean Society for Marine Environment and Energy, Vol. 10, No. 4, pp. 193-200.
- [4] Lee, S. W.(1996), Handbook of study of ocean harbour, JipMoon Dang, pp. 159-160.
- [5] MOF(2010), Ministry of ocean and fisheries, Korea, Manual of sea water analysis in Korea, pp.133-168.
- [6] MOF(2014), Ministry of ocean and fisheries, Korea, Homepage (<http://www.me.go.kr>), Law of management of marine environment, Article 8.
- [7] MOF(2013), Ministry of ocean and fisheries, Korea, Instruction 47 for Criteria of swimming sea water quality.
- [8] Park, S. Y., S. S. Kim, P. J. Kim, E. S. Cho, S. Y. Kim, Y. S. Choi, B. M. Kim and D. U. Kim(2010), Long-term Variation and Characteristics of Water Quality in the Mokpo Coastal Areas of the Yellow Sea, Korea, Journal of the Korean society of marine environment and safety, Vol. 16, No. 4, pp. 321-337.
- [9] Yang, J. S.(2014), Changed Aquatic Environment Due to An Estuary Dam: Similarities and Differences Between Upstream and Downstream, Journal of The Korean Society for Marine Environment and Energy, Vol. 17, No. 1, pp. 52-62.
- [10] Yoo, S. C., S. W. Suh and H. Y. Lee(2012), Impacts on Residence Time and Water Quality of the Saemangeum Reservoir Caused by Inner Development, Journal of The Korean Society for Marine Environment and Energy, Vol. 15, No. 3, pp. 186-197.
- [11] Yoon, Y. H., J. S. Park, Y. G. Park and I. H. Noh(2007), Marine Environment and the Distribution of Phytoplankton Community in the Southwestern Sea of Korea in Summer 2005, Journal of The Korean Society for Marine Environment and Energy, Vol. 10, No. 3, pp. 148-154.

Received : 2014. 10. 20.

Revised : 2014. 11. 28. (1st)

: 2014. 12. 22. (2nd)

Accepted : 2014. 12. 26.