

국내 갯벌머드 해양치유자원의 특성 및 기준에 관한 연구

박선영* · 강정원** · 정용기** · 조연제**

*한국해양과학기술원

** (재)전남바이오산업진흥원 천연자원연구센터

Characteristics and Standards of Domestic Tidal Flat Mud Marine Healing Resources

Seonyoung Park* · Jeongwon Kang** · Yonggi Jeong** · Yeonje Cho**

*Korea Institute of Ocean Science & Technology(KIOST)

**Center of Natural Resources Research, Jeonnam Bioindustry Foundation

(Received : 31 October 2023, Revised : 17 November 2023, Accepted : 17 November 2023)

요약

최근 들어서 국내의 해양치유산업 활성화를 위한 해양치유자원의 효능·효과에 관한 연구개발이 진행 중에 있다. 본 연구는 해양치유자원으로서 잘 알려진 머드 물질에 대한 효능성분 분석을 통해 활용·관리 기준을 제시하였다. 머드 물질 시료는 국내 갯벌에서 채취되었으며, 모래질, 실트질 및 점토질 함량은 각각 평균 7.87%, 74.95% 및 17.17%로 머드(실트+점토)의 평균 함량이 90% 이상이었다. 효능성분은 SiO₂(68.4%)성분이 가장 높으며, 다음으로 Al₂O₃(13.3%)>Fe₂O₃(4.0%)>K₂O(2.9%)>Na₂O(2.3%)>MgO(1.6%)>CaO(1.0%)>TiO₂(0.7%) 순으로 평균함량이 높았다. 효능성분 분석을 바탕으로 기능성을 나타내는 성분(기능 성분)을 Si, Al, Fe, K, Na, Mg, Ca를 선정하였으며, 또한 품질관리를 목적으로 정하는 성분(지표 성분)은 효능을 가진 성분 중 함량이 높은 K, Mg, Ca로 결정하였다. 결과적으로 기존 문헌을 참고하여 국내 갯벌머드자원이 해양치유자원으로서 활용·관리되기 위해서는 원재료의 머드 함량이 70.0% 이상 그리고 지표 성분인 K₂O+MgO+CaO의 합이 5.0% 이상을 기준으로 제시하였다.

핵심어 : 갯벌머드, 효능성분, 기능·지표 성분, 해양치유자원, 활용·관리기준

Abstract

The domestic marine healing industry is undergoing significant revitalization efforts, with a focus on understanding the efficacy and effectiveness of marine healing resources. This study establishes utilization and management standards through a detailed analysis of the active components within well-recognized marine healing mud materials. Samples of mud materials were collected from domestic tidal flats. These samples exhibited an average composition of 7.87% sand, 74.95% silt, and 17.17% clay, with a combined mud content (silt+clay) consistently exceeding 90%. Notably, SiO₂ emerged as the most prevalent effective ingredient at 68.4%, followed by Al₂O₃ (13.3%)>Fe₂O₃ (4.0%)>K₂O (2.9%)>Na₂O (2.3%)>MgO (1.6%)>CaO (1.0%)>TiO₂ (0.7%), in terms of average content. Subsequently, through an analysis of effective ingredients, Si, Al, Fe, K, Na, Mg, and Ca were identified as elements demonstrating significant functionality. Among these, key indicator ingredients were selected for quality control, all of which were found to possess efficacious properties. Notably, K, Mg, and Ca exhibited particularly high concentrations. Based on these findings and referencing existing literature, it is recommended that domestic tidal flat mud resources earmarked for utilization as marine healing resources should possess a raw material mud content of no less than 70.0%.

*To whom correspondence should be addressed.

Korea Institute of Ocean Science & Technology(KIOST), Busan 49111, Korea
E-mail : jwkhang7@kiost.ac.kr

- Seonyoung Park Korea Institute of Ocean Science & Technology, Busan, Korea / M.S. (herosy2@naver.com)
- Jeongwon Kang Korea Institute of Ocean Science & Technology, Busan, Korea / Ph.D (jwkhang7@kiost.ac.kr)
- Yonggi Jeong Jeonnam Bioindustry Foundation, Jangheung-gun, Jeollanam-do, Korea / Ph.D (go6115@jbf.kr)
- Yeonje Cho Jeonnam Bioindustry Foundation, Jangheung-gun, Jeollanam-do, Korea / M.S. (yeonje20@jbf.kr)

Moreover, the cumulative index components $K_2O+MgO+CaO$ should meet or exceed a threshold of 5.0% for optimal effectiveness.

Key words : Tidal flat mud, Effective ingredients, Functional and indicator ingredients, Marine healing resources, Utilization and management standards

1. 서 론

해양치유는 바다의 자연 및 환경 자원을 활용하여 질병의 예방과 건강의 증진을 가져다주는 활동이다. 삼면이 바다인 우리나라는 풍부한 해양치유자원을 활용할 수 있는 좋은 여건을 갖추고 있으며 해풍과 해안의 햇볕, 경관, 해수의 심층수, 표층수, 염지하수, 해양생물, 모래, 머드, 소금, 피트 등 해양치유에 활용될 수 있는 자원의 종류가 다양하다(Lee et al., 2019; Kim et al., 2019). 해양치유자원 중 머드는 명확한 정의는 없지만 일반적으로 무기물, 유기물 및 물의 혼합물로서, 다양한 물리적 및 화학적 요인의 영향을 받아 지질학적 및 생물학적 과정을 겪으면서 형성된 반콜로이드 물질로 알려져 있다(Chadzopulu et al., 2011; Tian et al., 2022). 주로 모래보다 작은 크기(입자 크기 1/16mm 이하)를 가지며 실트(silt, 62-4 μm)와 점토(clay, 4-1 μm) 크기로 구성되어 있다. 이러한 머드는 다양한 환경에서 발견되며 그에 따라 다양한 물리적, 화학적 특성을 보인다.

해양 갯벌머드에는 천연 미네랄 등의 유효성분이 다량 함유되어 있다. Si(규소)는 피부의 모공 속 노폐물 및 과잉 피지 제거에 효과적이며, 피부 장벽을 강화하여 외부 유해 요소로부터 보호하는 역할을 한다. Al(알루미늄)은 혈액순환을 촉진하고 신진대사를 활성화시킨다. Fe(철)은 아미노산 합성에 작용하여 콜라겐 생성에 필수적인 영양소이다. K(칼륨)은 삼투압 조절하고 수분 균형 효과를 가지며 항세균제로 활용되고 있다. Na(나트륨) 또한 삼투압 조절 및 수분 균형 등 K(칼륨)와 유사한 효능을 가진다. Mg(마그네슘) 또한 콜라겐 합성, 노폐물 배설 촉진, 항산화 및 보습 능력 강화 등의 효능이 알려져 있다. Ca(칼슘)은 주로 피부세정제로 활용되며, 피부 장벽 강화와 피부 재생 등에 도움을 주며 해독작용 및 스트레스 억제작용이 효능으로 알려져 있다(Kim et al., 2011; Riyaz and Arakkal, 2011; Bok and Chin, 2012). 특히 갯벌머드는 피부에 유익한 성분을 함유하고 있어 화장품 및 피부 관리 분야에서 주로 활용되고 있으며 이뿐만 아니라 따뜻한 머드는 혈액순환 촉진 및 근육이완으로 인한 통증 완화 효과가 있어 유럽, 일본 등 해양치유산업 선진 국가들은 머드를 치유요법에 효과적으로 활용하고 있다(Kim and Cho, 2022).

머드와 관련된 국내 선행연구를 살펴보면, 아토피 피부염의 건조증상 및 가려움증의 개선 효과 (Bok and Chin, 2012), 화장품 소재로써 머드의 항산화, 피부재생 및 피부 주름 개선 효과(Jeong et al., 2013), 여드름 피부 개선(Jeong, 2015) 및 모공, 주름, 유분, 색소침착, 수분, 탄력의

변화(Bok and Chang, 2021) 등이 있으며 대부분 피부질환 개선 및 화장품 소재 등과 관련되어 있다. 또한 만성 골반통, 안구건조증에 대한 효과 등에 대한 연구가 수행되고 있다.

지난 20여 년간 머드를 활용한 다양한 행사, 외국인 관광객 유치, 화장품 개발 등의 사업 수행으로 '보령머드축제'에 대한 인식은 확대되었으나 해양치유자원으로써의 머드에 대한 인식 및 기술개발은 아직 낮은 수준이다(Kim and Lim, 2022). 해양치유자원을 활용하기 위해서는 자원의 효능에 대한 데이터 확보를 통해 자원 활용에 대한 신뢰성을 높이고 치유자원으로써 바르게 사용할 수 있는 과학적 기준 제시를 통해 자원의 안전성을 확립하고 체계적이고 지속 가능한 이용·관리가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 국내 갯벌머드의 치유자원으로써의 특성 및 효능성분을 파악하고 활용·관리를 위한 기준을 제시하였다.

2. 연구방법

본 연구에서는 문헌조사를 통해 서남해 지역을 중심으로 퇴적상이 펄, 모래펄인 갯벌의 현황을 파악하고 현장조사를 통해 머드(실트+점토) 함량이 높은 정점으로 충남 태안군 도항리(TAD), 정당리(TAJ), 보령시(BR), 서천군(SC), 전남 신안군(SA)을 선정하였다(Table 2). 각 정점에서 push-core 방식으로 약 40~50 cm 깊이의 갯벌머드를 채취하였고 상·중·하로 구분하여 분석을 수행하였다.

2.1. 갯벌 대상지역

우리나라 서해안 갯벌은 지구 생물다양성의 보존을 위해 세계적으로 가장 중요하고 의미 있는 서식지 중 하나이며, 멸종위기 철새의 기착지로서 가치를 인정받아 유네스코에 등재되었다. 충청남도의 갯벌은 우리나라 전체 13.7% 정도 차지하며 그 중 태안의 갯벌이 5.2%로 면적이 가장 넓으며 서천(2.9%), 보령(1.2%) 순으로 넓은 면적을 차지한다(MOF, 2019). 서해안과 남해안을 함께 보유하고 있는 전라남도도 전국에서 가장 넓은 갯벌을 가지고 있으며, 면적이 1,053.7km²로 전국의 42.5%를 차지한다. 특히 섬들이 많은 다도해를 끼고 있는 신안이 가장 넓은 갯벌을 가지고 있으며 복잡한 해안선과 육지 그리고 인접한 여러 섬들이 내만의 특성을 형성하여 주로 펄갯벌이 발달되어 있다(Lee et al., 2003) (Fig. 1).

2.2. 갯벌머드의 지화학 분석

갯벌머드는 치유자원으로써 효능성분을 확인하기 위해

Table 1. Overview of analytical parameters, explanations, and methodologies

Division	Sub-division	Explanation	Analysis method
General items	Grain size (mud content)	To check mud content	Sieving(dry, wet)
Minerals	SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ , K ₂ O, Na ₂ O, MgO, CaO, TiO ₂ , P ₂ O ₅ , MnO	To check the indicators/functional ingredients of mud	X-ray Fluorescence Spectrometry (XRF)
Pollution levels	Cr, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, As, Hg	To check heavy metal pollution levels	Complete disassembly method

Table 2. Tidal Flat Mud sample information

Sample #	Area			Latitude	Longitude
	Chungnam	Taeam	Dohwang-ri		
TAD	Chungnam	Taeam	Dohwang-ri	36.7308	126.2092
TAJ	"	"	Jungdang-ri	36.5489	126.3761
BR	"	Boryeong	Daechon 2 bridge	36.0867	126.6414
SC	"	Seocheon	Jangu bay	36.3531	126.5600
SA	Jeonnam	Shinan	Jaenun island	34.9042	126.0936



Fig. 1. Maps showing the tidal flats for mud sample collection in this study

입도, 머드 함량, 미네랄 등을 분석항목으로 선정하였으며, 각 항목의 세부 분석항목과 선정 이유는 Table 1에 제시하였다. 퇴적물 입도의 경우 머드 함량 확인을 위한 기본적인 항목이며, 머드 자원의 지표/기능 성분 확인을 위한 미네랄의 세부 항목은 머드 효능성분을 근거로 선정하였다. 갯벌머드 또한 활용을 위해 채취를 하는 경우 준설토사에 해당되므로 ‘활용할 수 있는 준설토질의 오염도 기준(해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리법 시행령 제9조제1항)’의 확인을 위해 중금속 항목들을 분석하였다. 퇴적물 입도는 시료 약 15~20 g을 500 ml 비커에 넣고 10% 과산화수소수(H₂O₂)와 50~60°C의 열을 가하여 유기물을 제거하고, 유기물을 제거하고 남은 과산화수소수 용액은 약 300 ml의 증류수와 퇴적물을 함께 가열(50~60°C)하여 중화시켰다. 중화 후 0.1 N 염산(HCl)을 첨가하여 패각 등의 탄산염이 제거될 때까지 40~50°C에서 가열하고, 반응이 끝난 후 증류수를 첨가하고 퇴적물 입자들이 가라앉으면 상등액을 버리는 과정을 반복하였다. 시약 처리된 시료는 4 ϕ(0.0625

mm)체를 이용하여 습식 체질한 후 체에 남은 4 ϕ 이하의 조립질과 체를 통과한 4 ϕ 이상의 세립질 퇴적물로 구분하였으며 건조된 조립질 퇴적물은 0.5 ϕ 간격으로 입도별로 무게를 구하였으며, 세립질 퇴적물은 X-선 입도분석기(Sedigraph 5000D)로 각 입도별 분포를 구한 후 각 시료의 입도별 백분율에 의하여 입도 구성 및 특성을 분석하였다.

미네랄 성분은 X-선 형광분석(X-ray Fluorescence Spectrometry, XRF)을 이용하였으며, X-선 관내의 양극과 음극에 고전압을 가하여 발생시킨 열전자를 양극판에 충돌시켜 발생하는 1차 X-선을 시료에 조사하여 시료에 포함된 원소에 따라 고유한 특성을 갖는 2차 X-선의 크기로 물질의 성분을 분석하여 형광 X-선의 양에 따라 물질의 함량(SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, K₂O, Na₂O, MgO, CaO, TiO₂, P₂O₅, MnO)을 측정하였다.

중금속 중 Cr, Ni, Cu, Zn, Cd, Pb, As은 질산, 과염소산 및 불산을 이용하여 완전히 분해한 후 2%로 희석한 질산용액으로 재용해한 다음 측정하였으며, Hg는 동결 건조된 시료를 수은분석기에 넣고 고온으로 연소시켜 휘발되는 수은을 금아말감 트랩에 모은 후 열을 가해 원자흡광도계로 정량하였다.

3. 결과 및 토의

3.1. 갯벌머드의 지화학적 특성

3.1.1 갯벌머드의 입도 및 함량

연구 대상지역에서 채취된 갯벌머드의 입도 및 머드 함량을 분석한 결과, 모래 함량은 1.43~27.69%(평균 7.87%), 실트 함량은 61.16~83.25%(평균 74.95%), 점토 함량은 9.85~37.04%(평균 17.17%)로 TAD를 제외하고는 유사한 입도분포를 보였다(Table 3). TAD 경우 모래 함량은 20.07~27.69%(평균 23.57%), 실트 함량은 62.14~67.21%

Table 3. Summary of sediment composition, mean grain size, and sediment types in this study, inclusive of Dead Sea Mud

Division	Sample #	Depth (cm)	Content (%)				Mean grain size (μm)	Sediment type*
			Sand	Silt	Clay	Mud (silt+clay)		
This study	TAD-1	4-6	22.95	67.21	9.85	77.06	24.1	sZ
	TAD-2	20-22	20.07	67.09	12.84	79.93	21.1	cZ
	TAD-3	36-38	27.69	62.14	10.16	72.30	25.9	sZ
	TAJ-1	4-6	5.38	82.00	12.61	94.61	16.9	cZ
	TAJ-2	18-20	2.45	80.10	17.45	97.55	12.1	cZ
	TAJ-3	38-40	2.02	81.33	16.64	97.97	12.7	cZ
	BR-1	4-6	1.76	83.25	14.99	98.24	11.4	cZ
	BR-2	24-26	3.82	76.64	19.54	96.18	10.2	cZ
	BR-3	48-50	1.79	61.16	37.04	98.20	6.0	cZ
	SC-1	4-6	8.91	80.43	10.66	91.09	20.9	cZ
	SC-2	24-26	7.80	80.08	12.12	92.20	18.6	cZ
	SC-3	46-48	5.45	76.85	17.70	94.55	12.8	cZ
	SA-1	4-6	1.43	77.15	21.42	98.57	9.6	cZ
	SA-2	19-21	1.55	73.60	24.85	98.45	8.1	cZ
SA-3	34-36	5.11	75.24	19.65	94.89	11.1	cZ	
Dead Sea (Khalifat et al., 2010)	N	5-10	19.9	46.1	34.0	75.8	-	cZ
	M	5-10	17.5	56.1	26.4	83.7	-	cZ
	S	5-10	18.9	66.2	14.9	79.2	-	sZ

*Folk and Ward(1957)

Table 4. Summary of mineral composition in this study, Boryeong Mud Powder, Boryeong Mud, and Dead Sea Mud

Division	Sample #	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	CaO	TiO ₂	Other
This study	TAD-1	71.4	12.4	3.49	2.88	2.36	1.38	1.04	0.68	4.35
	TAD-2	71.1	12.6	3.57	2.93	2.35	1.43	1.02	0.67	4.35
	TAD-3	70.5	12.6	3.58	2.93	2.33	1.42	1.00	0.67	4.95
	TAJ-1	70.3	12.9	3.81	2.84	2.39	1.50	0.98	0.73	4.63
	TAJ-2	68.3	13.7	4.21	2.90	2.31	1.66	0.92	0.76	5.29
	TAJ-3	68.6	13.8	4.21	2.99	2.31	1.70	0.90	0.75	4.78
	BR-1	65.6	13.8	4.39	2.88	2.41	1.79	0.90	0.73	7.48
	BR-2	64.7	14.4	4.64	2.99	2.30	1.86	0.92	0.74	7.41
	BR-3	64.0	14.7	4.90	3.00	2.29	1.98	0.85	0.74	7.50
	SC-1	71.7	12.0	3.35	2.78	2.35	1.25	1.10	0.75	4.67
	SC-2	71.1	12.6	3.61	2.86	2.31	1.38	1.07	0.75	4.35
	SC-3	70.8	12.9	3.60	2.96	1.98	1.16	0.64	0.71	5.28
	SA-1	66.2	13.6	4.30	2.88	2.48	1.86	1.12	0.74	6.80
	SA-2	66.0	14.0	4.38	2.96	2.38	1.89	1.13	0.75	6.58
SA-3	65.4	13.9	4.42	2.98	2.31	1.89	1.24	0.75	7.08	
Boryeong Mud Powder		65.8	14.5	4.77	2.98	2.20	1.82	0.82	0.77	6.39
Boryeong Mud*		68.4	15.1	3.73	2.83	2.43	1.58	0.72	0.62	4.59
Dead Sea (Khalifat et al., 2010)	N-1	29.7	8.4	4.3	1.1	0.9	4.2	20.6	0.8	30.1
	M-1	33.7	6.4	4.1	1.1	0.8	6.2	21.2	0.7	25.9
	S-1	23.7	4.8	2.4	0.7	0.8	5.8	27.9	0.4	33.7

*Boryeong Mud Museum

(평균 65.48%), 점토 함량은 9.85~12.84%(평균 10.95%)로 다른 정점에 비해 조립한 퇴적상을 보였으며 머드 함량(실트+점토)이 가장 낮았다. 평균 입도는 21.1~25.9 μm 로 퇴적층 깊이에 따른 입도분포 차이는 보이지 않았다. TAJ의 모래 함량은 2.02~5.30%(평균 3.26%), 실트 함량은 80.10~82.00%(평균 81.14%), 점토 함량은 12.61~17.45%(평균 15.57%)로 실트 함량이 높게 나타났으며 평균 입도는 12.1~16.9 μm 로 주상퇴적물의 하부로 갈수록 모래 함량이 감소하면서 머드 함량은 증가하였다. BR의 모래 함량은 1.76~3.82%(평균 2.46%), 실트 함량은 61.16~

83.25%(평균 73.68%), 점토 함량은 14.99~37.04%(평균 23.86%), 평균 입도는 6.0~11.4 μm 로 퇴적물 하부로 갈수록 점토 함량이 증가하며 평균 입도는 감소하였다. 머드 함량은 96.18~98.24%(평균 97.54%)로 연구 대상지역 중 가장 높은 함량을 보였다. SC의 모래 함량은 5.45~8.91%(평균 7.39%), 실트 함량은 76.85~80.43%(평균 79.12%), 점토 함량은 10.66~17.70%(평균 13.49%), 평균 입도는 12.8~20.9 μm 로 TAD의 시료와 비슷한 특성을 보였다. SA의 경우 모래 함량은 1.43~5.11%(평균 2.70%), 실트 함량은 73.60~77.15%(평균 75.33%), 점토 함량은 19.65~

24.85%(평균 21.97%), 머드 함량은 94.89~98.57%(평균 97.30%)로 BR 다음으로 높은 함량을 보였으며 평균 입도는 8.1~11.1 μm 범위로 하부로 갈수록 다소 증가하였다.

갯벌머드의 깊이별 입도분포는 하부로 갈수록 평균 입도가 감소하며, 머드 함량은 증가하는 경향을 보였으며, TAD 제외한 정점의 머드 함량은 90% 이상으로 확인되었다. 전반적으로 갯벌 대상지역에서 머드 함량은 72.30~98.57%(평균 92.12%)이며 평균 입도는 6.0~25.9 μm (평균 14.8 μm)의 범위를 보였다. Folk and Ward(1957)의 방법에 따른 퇴적물의 유형 또한 대부분 점토질 실트(cZ: clayey Silt)로 나타났으며 TAD 정점에서만 사질 실트(sZ: Sandy Silt)로 구성되었다.

3.1.2. 갯벌머드의 효능성분 함량

머드 치유자원에 함유된 무기물 즉 미네랄은 효능성분으로 머드의 치유적 특성, 미용 효과, 그리고 다른 산업적 활용성을 결정짓는 중요한 요소이다. 따라서 머드의 주요 미네랄 성분 함량을 파악하는 것은 안전하고 효과적인 머드 자원 활용에 필수적이다.

국내 갯벌머드에서 SiO₂가 가장 높은 함량을 보이며, Al₂O₃, Fe₂O₃, K₂O, Na₂O, MgO, CaO, TiO₂ 순으로 높은 함량을 보였다(Table 4). SiO₂ 함량은 64.0~71.7%(평균 68.4%), Al₂O₃ 12.0~14.7%(평균 13.3%), Fe₂O 3.3~4.9%(평균 4.0%), K₂O 2.8~3.0% (평균 2.9%), Na₂O 2.0~2.5% (평균 2.3%), MgO 1.2~2.0% (평균 1.6%), CaO 0.6~1.2% (평균 1.0%), TiO₂ 0.7~0.8%(평균 0.7%)로 갯벌 지역 간 및 시료 깊이 간의 큰 차이는 보이지 않았으나 BR 정점이 대부분 높은 함량을 보였다. 한편, 이미 시장에서 판매 중인 보령머드 파우더와 보령머드 박물관에서 제공하는 자료의 함량은 SiO₂ 67.1±1.9%, Al₂O₃ 14.8±0.4%, Fe₂O₃ 4.2±0.7%, K₂O 2.9±0.1%, Na₂O 2.3±0.2%, MgO 1.7±0.2%, CaO 0.8±0.1%, TiO₂ 0.7±0.1%로 본 연구의 갯벌머드의 분석결과와 유사하였다.

3.2. 갯벌머드 해양치유자원의 활용관리 기준

본 연구에서는 향후 국내 갯벌머드 자원이 해양치유자원으로 활용·관리되기 위해서 필요한 기준을 살펴보았다. 해양치유자원을 대상으로 하는 기준이 별도로 존재하지 않아 건강기능식품 기능성 원료의 인정에 관한 규정을 참고하여 원료 중에 함유되어있는 기능성을 나타내는 기능 성분과 원료 중에 함유되어있는 화학적으로 규명된 성분 중 품질관리 목적의 성분인 지표 성분들을 정의하고, 기존 문헌과의 비교를 통해 활용·관리 기준을 제시하였다.

기능 성분은 원료 내 존재하는 특성 성분이 가져오는 효능 또는 기능에 근거하여 선정하는 성분이다. 미네랄 성분의 경우, 인체에 미치는 다양한 긍정적 영향으로 그 효능이 널리 인정받고 있다. 특히, 해양 머드는 자연적 특성으로 인해 다양한 미네랄을 함유하고 있으며 그중에서도 국내

갯벌머드 자원에서 높은 함량으로 검출된 Si, Al, Fe, K, Na, Mg, Ca는 그 기능성 및 효능이 특히 뛰어나다고 판단되어 기능 성분으로 선정하였다. 반면에 지표 성분은 품질관리를 목적으로 하는 성분으로 효능을 가진 성분 중 함량이 다소 높게 나타난 K, Mg, Ca를 선정하였다. K, Mg, Ca에 비해 Si, Al, Fe, Na 성분들은 함량이 매우 높게 나타났지만, 해양 퇴적물의 Si와 Al은 대륙 암석에 있는 규산염 광물의 용해, Na는 대륙 암석에서 나트륨 함유 미네랄의 용해, Fe는 대륙 암석의 풍화, 대기 먼지의 퇴적 등 주로 육상에서 기원한 풍부한 성분들이다(Basaham, 2008; Dunlea et al., 2018). 따라서 해양치유 머드 자원만이 갖는 성분으로 보기 어려워 Si, Al, Fe, Na는 지표 성분에서 제외하였다.

현재 제품으로 출시되어 활용되고 있는 보령머드 파우더와 보령머드 박물관에서 제공되는 자료에서의 지표 성분 합(K₂O+MgO+CaO)은 각각 5.62%와 5.13%이다. 본 연구에서 분석한 갯벌머드 자원 또한 대부분 5% 이상으로 나타났으며, 머드 함량의 경우 70% 이상으로 나타났다. Shin et al.(2002)는 목포 및 해남지역의 퇴적물의 입도분포와 주성분 함량을 조사하였으며, 대부분 지역에서 지표 성분의 합이 5% 이상의 값을 보이며, 머드 함량이 70% 이상인 것으로 나타났다. 그렇지만 머드 함량이 70% 미만인 정점들(MP 66.86%, HN 64.60%)에서 지표 성분의 합이 4.9%, 3.3%로 5% 미만으로 확인되었다(Shin et al., 2002). 따라서 해양치유자원으로서 활용·관리되기 위해서는 원재료의 머드 함량(실트+점토)이 70.0% 이상, 지표 성분인 K₂O+MgO+CaO의 합 5.0% 이상이어야 되겠다(Fig. 2).

‘해양폐기물 및 해양오염퇴적물 관리법(해양폐기물관리법)’에서 이러한 준설물질의 활용 용도와 기준을 제시하고

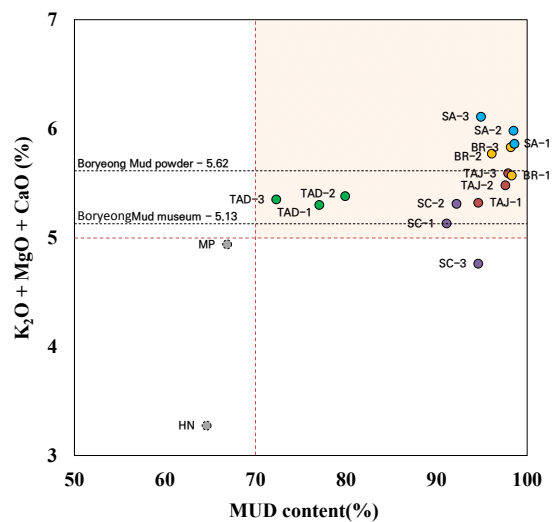


Fig. 2. The range of values for management standards of Tidal Flat Mud Healing Resources, with reference to MP (Mokpo) and HN(Haenam) as reported by Shin et al.(2002)

Table 5. Summary of heavy metal contents in this study, Boryeong Mud Powder, Dead Sea Mud, and corresponding pollution levels as proposed by “MANAGEMENT OF MARINE GARBAGE AND CONTAMINATED MARINE SEDIMENT ACT”

Division	Sample #	Li	Cr	Ni	Cu	Zn	Cd	Pb	As	Hg
This study	TAD-1	34.4	53.6	18.7	16.3	70.5	0.06	29.9	5.20	0.015
	TAJ-1	39.0	54.3	18.4	13.0	60.5	0.06	26.6	4.84	0.032
	BR-1	55.5	68.4	27.1	22.7	97.5	0.12	36.6	7.75	0.029
	SC-1	34.3	55.0	18.1	13.6	62.3	0.09	29.2	6.54	0.012
	SA-1	50.0	65.7	24.0	17.8	79.6	0.04	33.3	8.12	0.014
Boryeong Mud Powder		62.2	73.8	29.9	18.8	79.3	0.07	32.6	7.51	0.009
Dead Sea (Khalifat et al., 2010)	N-1	37	-	-	2	72	81	108	-	-
	M-1	31	-	-	ND	89	12	113	-	-
	S-1	18	-	-	ND	107	74	114	-	-
Pollution level		-	80	35	60	180	1.5	45	18	0.25

ND - not detected

있다. 치유자원은 준설물질의 활용 용도로 제시되지 않았지만 갯벌머드는 한편으로 준설물질에 해당되므로 법에서 제시하는 활용할 수 있는 준설물질의 오염도 기준을 충족할 필요가 있겠다. 본 연구의 갯벌머드에서 중금속 8개 항목(크롬(Cr), 니켈(Ni), 구리(Cu), 아연(Zn), 카드뮴(Cd), 납(Pb), 비소(As), 수은(Hg))을 분석하였다(Table 5). 각 항목들의 함량 범위(평균)를 살펴보면, Cr 53.6~68.4 mg/kg (59.4 mg/kg), Ni 18.1~27.1 mg/kg(21.3 mg/kg), Cu 13.0~22.7 mg/kg(16.7 mg/kg), Zn 60.5~97.5 mg/kg (74.1 mg/kg), Cd 0.04~0.12 mg/kg(0.07 mg/kg), Pb 26.6~36.6 mg/kg(31.1 mg/kg), As 4.84~8.12 mg/kg (6.49 mg/kg), Hg 0.012~0.032 mg/kg(0.020 mg/kg)로 나타났다. TAD와 TAJ 시료의 중금속 함량은 다른 시료에 비해 대부분 낮았으며, BR 지역에서 Cr, Ni, Cu, Zn, Cd는 각각 68.4 mg/kg, 27.1 mg/kg, 22.7 mg/kg, 97.5 mg/kg, 36.6 mg/kg로 높은 농도를 보였다. As는 SA 지역에서 8.12 mg/kg로 높았다. 결과적으로 준설물질의 오염도 기준과 비교한 결과 본 연구의 갯벌머드에서는 오염도 기준 이하의 함량을 보였다.

3.3. 국내 갯벌머드와 사해머드의 비교

사해(Dead sea)는 아시아 남서부의 이스라엘과 요르단 사이에 위치한 완전히 폐쇄된 바다로 사해머드는 다양한 미네랄과 유기물질의 균질한 혼합물로 일부 피부질환을 치료하고 류머티즘 통증을 감소시키는 등의 효과가 있는 것으로 잘 알려져있다(Khalifat et al., 2010). Khalifat et al.(2010)는 사해 동쪽 해안의 서로 다른 지역(북부(N), 중부(M), 남부(S))에서 총 24개 정점을 대상으로 지화학분석을 수행하였다.

사해머드의 입도 특성은 대부분 세립하며 좁은 분포를 보이며(Fig. 3), 모래 함량은 18.8±3.0%, 실트는 56.1±8.9%, 점토는 25.1±8.7%로 나타났다. 지역별로 살펴보면 사해의 북부(N) 지역은 점토 함량이 34.0±3.2%로 가장 높게 나타난 반면 남부(S) 지역에서 채취된 시료는 주로 모래 함량(18.9±2.5%)이 점토 함량(14.9±4.1%)보다 많은

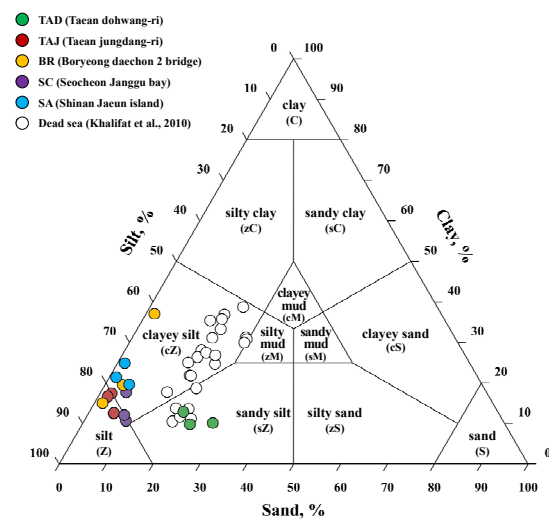


Fig. 3. Ternary diagram depicting the sediment types in this study and Dead Sea Mud, following Shepard's(1954) classification

미사질로 구성되어 있다. 사해머드의 모래 함량은 국내 갯벌머드의 모래 함량(3.96±2.57%: TAD 정점 제외)보다 약 4.7배 높았다. 반면에 국내 갯벌머드의 실트와 점토 함량은 사해머드에 비해 실트 함량은 높고 점토 함량은 낮게 나타났으나, 머드 함량은 평균 92.12±8.56%로 사해머드보다 약 1.2배 높았다. 퇴적상 또한 점토질 실트(cZ)와 사질 실트(sZ)로 사해머드와 유사하게 나타나 국내 갯벌머드 또한 해양치유자원으로서 활용하기 충분한 머드 함량과 퇴적상을 가진 것으로 분석되었다.

사해머드의 효능성분은 SiO₂(29.02±4.99%), CaO(23.23±4.02%), Al₂O₃(6.51±1.82%), Fe₂O₃(3.56±1.05%), MgO(5.38±1.06%), K₂O(0.97±0.21%), Na₂O(0.83±0.07%), TiO₂(0.61±0.22%) 순으로 함량을 보였다. 효능성분 함량의 차이는 각각의 위치에서 발생하는 다양한 프로세스에 의한 것으로, 북부 지역은 요르단강의 영향을 받는 반면, 중부 지역은 El-Mujeb 계곡에서 나오는 온천수, 남부 지역은 사해의 높은 수분 증발에 따른 영향으로 보고되고 있다(Khalifat et al., 2010). 국내 갯벌머드의 효능성분 함량

은 SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , K_2O , Na_2O , MgO , CaO , TiO_2 순으로 사해머드와 다소 차이를 보였다. SiO_2 와 Al_2O_3 는 사해머드 보다 2배 이상 높은 함량을 보였지만, MgO 와 CaO 의 함량은 사해머드가 더 높았으며, 특히 CaO 는 약 24배 이상 차이를 보였다. 이는 국내 갯벌머드와 사해머드가 환경적, 지질학적, 생물학적 요인에 영향을 받으며, 특히 사해머드는 pH가 낮아 탄산염이 침전되기 좋은 환경으로 아라고나이트와 방해석이 우세한 결과로 CaO 함량이 높다 (Sass and Ben-Yaakov, 1977; Khlaifat et al., 2010).

사해머드는 큰 효능에도 불구하고, 중금속과 같은 오염물질로 인한 유해성이 존재할 수 있다. 사해머드의 중금속 함량은 지역별로 차이가 있었지만 장소와 중금속 함량 사이에는 상관관계가 없다(Khlaifat et al., 2010). 국내 갯벌머드와 비교한 결과, 구리(Cu) 함량은 6~11배 정도 낮았으며, 아연(Zn)은 국내 갯벌머드와 비슷하거나 다소 높았다. 사해머드의 카드뮴(Cd) 농도는 다른 중금속에 비해 정점에 따라 차이가 크게 나타났으며, 지역에 따라서는 국내 갯벌머드에 비해 약 100~2,000배 이상 큰 차이를 보였다. 납(Pb) 또한 약 3배 이상 더 높게 나타났다(Khalifat et al., 2010). 특징적으로, 사해머드의 중금속 농도를 국내 준설물질의 오염도 기준과 비교한 결과 카드뮴(Cd) 제외하고는 기준 이하의 농도를 보였다.

결과적으로 국내 갯벌머드는 전 세계적으로 인정받고 있는 사해머드와 비교할 때, 유용한 효능성분의 함량을 보유하고 있으며 머드 함량 또한 치유자원으로 활용되기에 충분한 것으로 분석되었다.

4. 결론

본 연구에서는 국내 갯벌머드의 특성 및 효능성분을 분석하고 해양치유자원으로서 활용·관리를 위한 관리기준을 제시하였다.

1) 국내 갯벌머드의 해양치유자원으로서 확인된 시료의 머드 함량(실트+점토)은 대부분이 90% 이상인 점토질 실트(cZ)로 확인되었다.

2) 효능성분은 $\text{SiO}_2 > \text{Al}_2\text{O}_3 > \text{Fe}_2\text{O}_3 > \text{K}_2\text{O} > \text{Na}_2\text{O} > \text{MgO} > \text{CaO} > \text{TiO}_2$ 순으로 높은 함량을 보였으며, 특히 국내 갯벌머드의 SiO_2 와 Al_2O_3 의 함량은 사해머드에 비해 약 2배 이상 높았다.

3) 국내 갯벌머드의 해양치유자원으로서 효능성분들 중 Si, Al, Fe, K, Na, Mg, Ca를 그 기능성 및 효능이 뛰어나다고 알려져 있어서 기능 성분으로 선정할 반면, 이들 중 해양치유자원으로 인정하기 위해서 K, Mg, Ca를 머드자원 지표 성분으로 선정하였다.

4) 결론적으로 국내 갯벌머드가 해양치유자원으로서 활용·관리되기 위한 기준으로는 원재료의 머드 함량이 70.0% 이상, 지표 성분인 $\text{K}_2\text{O} + \text{MgO} + \text{CaO}$ 의 합이 5.0% 이상을 제시하였다.

사사

이 논문은 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 “해양치유자원의 효능/표준화 기술 개발 및 해양치유자원의 생애주기 안전관리방안(과제번호: 20220027)” 사업의 일환으로 수행되었으며, 논문을 심사해 주시고 귀한 의견을 주신 익명의 심사위원님들께 감사드립니다.

References

- Basaham, AS (2008). Mineralogical and chemical composition of the mud fraction from the surface sediments of Sharm Al-Kharrar, a Red Sea coastal lagoon. *Oceanologia*, 50(4), pp. 557-575. [Korean Literature]
- Bok, MK and Chin, CH (2012). The Effect of Korean Boryeong Mud on the Atopic Dermatitis. *Korean Public Health Research*, 38(2), pp. 89-98. [Korean Literature]
- Chadzopulu, A, Adraniotis, J and Theodosopoulou, E (2011). “The therapeutic effects of mud.” *Progress in Health Sciences*, 1(2), pp. 132-136.
- Bok, MK and Chang, BS (2021). Comparative Analysis of Facial Skin of Elderly before and after Using Mud Pack. *Journal of Investigative Cosmetology*, 17(2), pp. 143-151. [Korean Literature]
- Kim JY and Lim DJ (2022). *Research on ways to utilize marine healing resources*. ChungNam Institute(CNI). [Korean Literature]
- Dunlea, AG, Scudder, RP and Murray, RW (2018). Marine Sediment. *Encyclopedia of Earth Sciences Series*, Edited by White, W.M., Springer International Publishing, pp. 878-892.
- Folk, RL and Ward, WC (1957). Brazos River bar [Texas]; a study in the significance of grain size parameters. *Journal of sedimentary research*, 27(1), pp. 3-26.
- Jeong, KY (2015). *A Study on the Improvement of Acne Skin using Mud*, MS dissertation, Konyang University, Chungcheongnam-do, Republic of Korea. [Korean Literature]
- Jeong, YG, Park, SY and Lee, DW (2013). Identification of Regeneration and Anti-wrinkle Effect on Skin using Jangheung Mud and Earthworm Mucus. *Korean Journal of Aesthetics and Cosmetology*, 11(4), pp. 685-691. [Korean Literature]
- Khlaifat, A, Al-Khashman, O and Qutob, H (2010). Physical and chemical characterization of Dead Sea mud. *Materials characterization*, 61(5), pp. 564-568.

- Kim, BL, Choi, YH, Lee, HS, and Jeong, YG (2019). Comparative Analysis of Heavy Metals and Useful Components of Marine Resources with Potential Healing Properties. *Asian Journal of Beauty and Cosmetology*, 17(4), pp. 455–466. [Korean Literature]
- Kim, CG and Cho, HJ (2022). Comprehensive Literature Study on Efficacy of Marine Therapeutic Resources, *Journal of The Korean Society of Integrative Medicine*, 10(4), pp. 121–136. [Korean Literature]
- Kim, SK (2011). *Marine cosmeceuticals: trends and prospects*, CRC Press.
- Lee, HS, Doe, GY and Kang, YH (2019). A study on site evaluation process for thalassotherapy complex. *Journal of Korean Navigation and Port Research*, 43(3), pp. 219–230. [Korean Literature]
- Lee, SW, Je, JG and Lee, HS (2003). Tidal flat aspects of Yellow Sea area and conservation for migratory birds. *Korean Journal of Environment and Ecology*, 17, pp. 295–303. [Korean Literature]
- Riyaz, N and Arakkal, FR (2011). Spa therapy in dermatology. *Indian Journal of Dermatology, Venereology, and Leprology*, Vol. 77, pp.128–134.
- Shepard, FP (1954). Nomenclature based on sand-silt-clay ratios. *Journal of sedimentary Research*, 24(3), pp. 151–158.
- Shin, SE, Kang, SB, Koh, YK, Park, BY, Youn, ST, Kim, JY and Oh, KH (2002). Sedimentary Facies and Geochemical Characteristics of Upper Intertidal Zone, Southwestern Coast, Korea. *Journal Korean Earth Science Society*, 23(8), pp. 722–735. [Korean Literature]
- Tian, X, Zhang, Y, Li, H, Jiao, Y, Wang, Q, Zhang, Y, and Wang, W (2022). Property of mud and its application in cosmetic and medical fields: A review. *Environmental Geochemistry and Health*, 44(12), pp. 4235–4251.