

시화호 표층퇴적물의 특성과 오염도 평가

주재식¹, 손문호¹, 조현서², 김평중^{*}

¹국립수산과학원 남해수산연구소, ²전남대학교 환경해양학과

The geochemical characteristic and quality assessment of surface sediments in Sihwa Lake

Jae Sik Ju¹, Moonho Son¹, Hyeon-Seo Cho², Pyoung-Joong Kim^{1*}

¹South Sea Fisheries Research Institute, National Institute of Fisheries Science

²Environmental Oceanography, Chonnam National University

요약 시화호 표층퇴적물 중 지구화학적 특성과 미량금속의 오염도 평가를 위해 입도, 강열감량(IL), 화학적산소요구량(COD) 및 미량금속(As, Pb, Cd, Cu, Cr, Zn, Ni, Mn, Hg, Fe, Li)을 분석 하였다. 시화호 표층퇴적물의 평균입도는 2.94-6.35 ϕ 의 범위로 분포하였으며, 퇴적상은 전반적으로 sandy silt(sZ)를 나타내었고, 이러한 표층퇴적물의 성상은 유기물 및 미량금속의 농도와 상관관계를 나타내었다 ($p<0.05$). 특히, 표층퇴적물 중 As, Pb, Cd, Cu, Cr, Zn, Fe, Hg은 평균입도와 상관성을 보일 뿐만 아니라, IL(Ignition Loss)과도 높은 상관성을 보여 이들 원소의 농도가 입도와 유기물의 영향을 받고 있는 것으로 나타났다. 이에 시화호의 표층퇴적물 관리에 있어서 미량금속의 유입 뿐 만 아니라 유기물의 유입을 병행하여 조사되어야 할 것으로 판단되었다. 오염도 평가에 있어서 표층퇴적물 중 미량금속 함량의 농축계수와 농집지수는 대부분 약간 오염된 상태를 나타낸 가운데, As의 경우 농축계수와 농집지수 가 오염된 상태를 보였다. 이는 특정 중금속에 의한 농축이 여전히 해결되지 않은 것으로 나타나, 이를 해결할 수 있는 방안마련이 시급할 것으로 사료되었다. 아울러 비교적 공단지역 및 배수 감문에 근접한 지역은 오염도가 높은 반면, 시화호 중앙부분은 오염도가 낮은 경향을 보여, 지역적 편차를 고려한 지속적인 모니터링이 필요할 것으로 판단되었다.

Abstract The purpose of this study was to understand the pollution level of the surface sediment of Sihwa Lake by assessing its geochemical characteristics and investigating the spatial distribution of trace metals and organic matter. In the surface sediment of Sihwa lake, the mean grain size was between 2.94 and 6.35 ϕ and the main type of sediment was sandy silt. The concentrations of As, Co, Cr, Ni, V and Li among the metal elements in the surface sediment were correlated with the mean crust concentration ($p<0.05$). Based on the strong correlation between the metals (Cd, Cu, Pb and Zn) and organic matter (Ignition Loss), the concentrations of these metal elements seem to be controlled by the organic matter dilution effect. The trace metal pollution level, determined by applying the Republic of Korea Marine environmental standard and the US National Oceanic and Atmospheric Administration's sediment quality guidelines, showed the pollution level of As to be either close to or in excess of the above-mentioned standards at almost all levels. The enrichment factor and geoaccumulation index of As showed that there was an incremental increase of pollution by elements other than V, Cr, Co, Fe, Al and Mn. Moreover, the nearby industrial area and dike were more polluted than the other areas, so the surface sediments in Sihwa lake should be monitored by taking into consideration the geological variations.

Keywords : enrichment factors, geoaccumulation Index, geochemical characteristics, Sihwa Lake, trace metal

본 논문은 국립수산과학원 남해 연안어업 및 환경생태조사 연구과제 [R2016033]로 수행되었음.

*Corresponding Author : Pyoung-Joong Kim (National Institute of Fisheries Science)

Tel: +82-61-690-8950 email: kimpj@korea.kr

Received November 11, 2016

Revised (1st December 5, 2016, 2nd December 7, 2016)

Accepted December 8, 2016

Published December 31, 2016

1. 서론

시화호는 경기도 안산시, 시흥시 및 화성시에 근접해 있고 1987년에 길이 12.7Km의 방조제 건설 사업을 시작하여 1994년에 완공된 인공호수로서 바닷물을 빼낸 뒤 인근 간척지에 농업용수를 공급할 목적으로 개발되었다[1]. 하지만 방조제 공사 이후 반월 및 시화 산업단지에서 발생하는 공장폐수와 생활하수 그리고 농업용수 등이 신길천, 화정천, 안산천, 반월천, 동화천, 삼화천 등을 통해 시화호로 유입되어 환경이 심각하게 오염되는 문제가 발생하였다[2]. 이에 따라서 2001년 8월에 해양수산부와 관계기관 합동으로 수립한 시화호 종합 관리 계획에서 수질개선을 위한 해수유통량 확대 방안으로 시화방조제에 조력발전소를 건설하기로 계획하였다[3]. 2005년부터 조력발전소 건설 공사에 착수하여 2011년 11월에 공사가 완료되고 본격적인 전력 생산이 이루어졌다. 발전소 가동으로 배수갑문을 통한 해수교환에 비해 효과가 크기 때문에 시화호의 수질과 퇴적환경의 개선을 기대하였다 [4].

시화호 해역에서의 주요연구로는 내측의 수질 특성 변화와 수질개선에 관한 연구[2, 4, 5], 유해화학물질 오염에 관한 연구[6-8], 유기물 및 중금속 분포 및 오염에 관한 연구 [5, 9, 10] 등이 수행되었다. 특히 조력발전소 가동 후 시화호내 환경개선에 초점을 두고, 표층퇴적물에 대한 연구가 중요시 되고 있다. 따라서, 지속적인 모니터링 연구가 필요한 실정이며, 아울러 표층퇴적물 오염도를 평가할 수 있는 명확한 지표가 필요한 시점이다. 따라서 본 연구는 조력발전소 가동이후 표층퇴적물 환경의 지속적인 연구의 필요에 따라 2013년 시화호 표층퇴적물의 특성을 파악하고 다양한 오염도 평가 지표를 분석하여 이들간의 차이를 확인해 보았다.

2. 재료 및 방법

2013년 8월에 시화호 내측 12개 조사정점에서 van Veen grab(50×50×30cm)을 이용하여 표층퇴적물 시료를 채취하였다(Fig. 1). 시료는 표층에서 3cm까지의 퇴적물을 채취하여, 입도 및 유기물 함량 분석시료는 300mL 병(PE 재질), 미량금속 분석을 위한 시료는 동일한 재질의 산세척된 병에 담아 즉시 냉동보관 하였다.

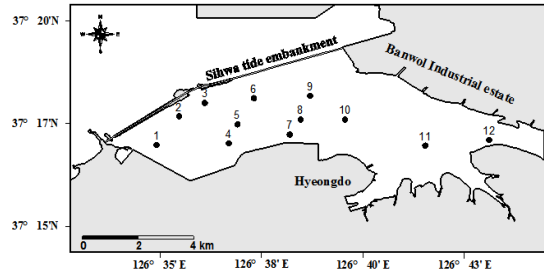


Fig. 1. Map of the surface sediment sampling in this study area.

표층퇴적물 입도는 500mL 비이커에 시료 30 g 담고 10% 과산화수소(H₂O₂) 주입 후 가열판에서 70℃의 온도로 유지하여 유기물 분해를 수행하였고, 종료된 이후 실온에서 냉각하였다. 상등액을 제거하고 중류수로 세척하는 과정을 3회 반복한 이후 시료를 입도측정기(Sympatec, De/Helos BF & Quixel)로 분석하였다.

미량금속은 동결건조된 시료를 분마한 후 0.5 g을 테플론용기에 넣어 질산(HNO₃), 과염소산(HClO₄), 불소산(HF)을 넣고 130~135℃ 가열판에서 1차 건조 후, 동일 시약으로 50℃ 가열판에서 2차 건조하였다. 건조된 시료에 질산 2 ml를 넣고 110℃에서 건조 후 1% 질산용액을 첨가하여 미량금속을 용출 하였다[11]. 용출된 용액을 여과지(Whatman no. C 11cm)에 여과한 후 100 ml로 정량한 후 유도결합 플라즈마 질량분석기(ICP-MS, PerkinElmer Elan 9000)로 분석하였다. 수은(Hg)의 경우 수은전용분석기(Milestone LTD., Model; DMA 80)를 이용하여 분석 하였다. 분석의 신뢰성을 확보하기 위하여 표층퇴적물 인증표준물질인 MESS-3(Canada, NRC)를 사용하였고 회수율은 최소 92±2%(Zn)에서 최대 109±4% 였다.

시화호 표층퇴적물에 대한 오염도를 평가하기 위하여 우리나라 해양수산부의 해양환경기준과 미량금속의 농축 정도를 평가하는 방법인 농축계수(Enrichment Factor), 미량금속의 농도를 지각물질 중의 자연적 배경농도나 연구해역의 오염되지 않은 표층퇴적물 중의 미량금속의 농도를 이용하여 수치적으로 환산한 값을 비교하는 농집지수(Geoaccumulation Index)등의 방법을 이용하였다.

농축계수와 농집지수를 이용한 표층퇴적물 중 미량금속의 오염도는 다음 식 1과 2를 이용해서 계산 하여 평가하였다.

$$\text{Enrichment Factor} = \frac{(\text{Me}/\text{Fe})_{\text{Observed}}}{(\text{Me}/\text{Fe})_{\text{Crust}}} \quad (1)$$

여기서(Me/Fe)_{Observed}는 표층퇴적물중 Fe에 대한 각 미량금속의 농도비를 말하고, (Me/Fe)_{Crust}는 지각물질 중 Fe에 대한 각 미량금속의 농도비를 말한다. 지각 중 미량금속의 농도와 미량금속의 배경농도는 전세계 연안 대륙붕지역의 표층퇴적물 중 평균농도(As 1.5 mg/kg.dry, Pb 20 mg/kg.dry, Cd 0.098 mg/kg.dry, Cu 25 mg/kg.dry, Cr 35 mg/kg.dry, Zn 71 mg/kg.dry, Fe 3.5%, Ni 20 mg/kg.dry, Mn 600 mg/kg.dry, Hg 0.08 mg/kg.dry)를 이용하였다 [12].

$$I_{geo} = \log_2 \frac{C_n}{B_n \times 1.5} \quad (2)$$

C_n은 연구해역내 표층퇴적물 중 금속속소의 농도를 B_n은 미량금속의 바탕농도를 나타낸다.

농축계수(Enrichment Factor)와 농집지수(Geoaccumulation Index)에 의한 최종 오염도 평가는 table 1에 준하여 총 7개 단계로 나누어 수행하였다.

Table 1. Classification of enrichment factor* and geoaccumulation index** for the metal concentrations in sediments of the Sihwa lake

Classifications	Indices values	
	EF*	Igeo**
no	<1	<0
minor	1~3	0~1
moderate	3~5	1~2
moderately severe	5~10	2~3
severe	10~25	3~4
very severe	25~50	4~5
extremely severe	>50	>5

3. 결과 및 고찰

시화호 표층퇴적물의 각 조사정점별 입도 조성과 유형은 모래(sand), 실트(silt), 점토(clay)함량을 기초로 Folk의 삼각도표에 도시한 결과 silty sand(zS)로 나타난 조사정점 4를 제외한 전 조사정점이 sandy silty(sZ)였

다. 평균입도는 2.94~6.35φ의 범위로 분포 하였고, 2.94φ인 조사정점 4를 제외한 전 조사정점에서 극조립 실트(very coarse silt, 5.00φ)와 중립실트(medium silt, 7.00φ) 사이였으며 전반적으로 조립실트(coarse silt, 6.00φ)가 우세하였다. 기존 시화호 퇴적환경은 패류사체를 포함한 모래질 빨, 균질한 빨 또는 모리질 빨, 그리고 층리가 발달한 빨 또는 모래질 빨의 퇴적상으로 구분하였[13], 본 조사에서는 대부분 모래질 빨로 나타났다. 시화호 8~10cm 깊이의 퇴적층에는 많은 모래성분을 포함하고 있어, 해수유동등 물리적 요인이 작용할 시 지역적으로 입도의 차이를 보일 수 있다. 이에 본 연구에서 정점 4의 입도조성의 차이는 기존 연구결과와 유사한 배수갑문의 이용 등에 따른 수리환경 변동이 원인이었을 것으로 판단된다.

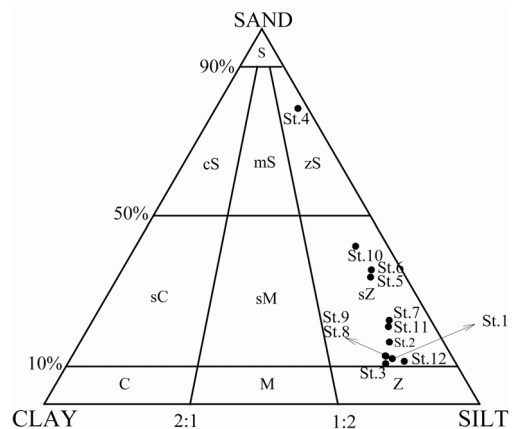


Fig. 2. Ternary diagram of surface sediments in Sihwa Lake.

시화호 표층퇴적물 중 유기물 함량과 분포 특성을 살펴보면 강열감량(IL)은 1.7~8.21(4.9±1.7)%, 화학적산소 요구량(COD)는 5.82~23.22(15.2±4.1) mg/g.dry로 분포하였다(Fig. 3). IL, COD는 평균입도와 높은 양의 상관성을 나타내어(r=0.57~0.65), 표층퇴적물중 유기물 함량이 입도의 영향을 받는 것으로 나타났다. 유기물 함량은 모래함량이 가장 높은 정점 4에서 가장 낮은 반면, 산업 및 주거지역에 인접한 정점 12와, 재방에 가장 근접한 정점 2에서 높은 특징을 보였고, 일부 정점에서 일본 해양환경 표층퇴적물 기준농도[14]를 상회하는 값을 나타내었다. 특히 시화호내 수질개선을 목적으로 배수갑문을 통해 외해수와의 해수교환을 시도하여, 배수갑문 주변지

역에 국한되어 수질개선이 이루어진 것으로 보고되었고 [5], 본 연구결과에서도 배수갑문으로부터 약 3km 떨어진 정점 4의 경우 유기물 함량이 가장 낮게 나타났다. 반면, 배수갑문으로부터 1km이내에 근접한 표층퇴적물에서는 여전히 유기물 함량이 높은 것으로 분석되어, 배수갑문에 의해 해수 유동이 일부 지역에 국한되어 나타날 수 있음을 시사하였다.

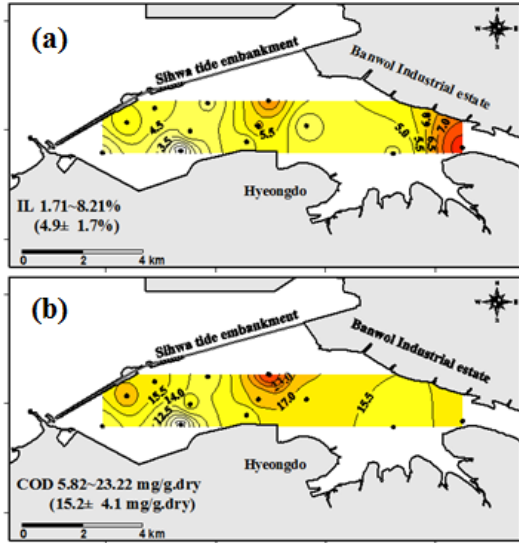


Fig. 3. Ignition loss(a) and chemical oxygen demand(b) in surface sediment on Siwha Lake.

시화호 표층퇴적물중 미량금속의 농도를 Fig. 4에 나타내었다. 모든 미량금속 원소가 모래함량이 높은 조사정점 4에서 가장 낮은 농도를 보였으며, As 3.7~14.8 (10.8 ± 2.63) mg/kg.dry, Pb 22.2~47.9(33.4 ± 7.2) mg/kg.dry, Cd 0.07~0.31(0.21 ± 0.07) mg/kg.dry, Cu 6.3~87.9(39.7 ± 21.3) mg/kg.dry, Cr 31.0~96.9(73.7 ± 15.4) mg/kg.dry, Zn 42.4~204.9(129.7 ± 41.1) mg/kg.dry, Fe 2.4~5.1(4.4 ± 0.7)%, Hg 0.003~0.061 (0.034 ± 0.015) mg/kg.dr의 범위였다. As, Cd, Fe, Hg은 조사정점 9에서 가장 높은 농도를 보였으며, Pb과 Cu, Cr, Zn은 조사정점 12에서 가장 높은 농도를 보였다. 이들 원소들은 평균입도, 유기물함량 지표와 높은 양의 상관성을 보였다($r=0.50\sim0.86$, $r=0.72\sim0.89$). 우리나라의 도시지역을 배후로 하는 하천에서, 하계 강우에 의한 하천 유량의 증가는 유기물을 포함한 부유물질 이동이 급격히 높아진다 [15]. 특히 시화호 주변 배후지는 신

도시 및 공단이 위치하여 유기물 유입이 생물기원 보다 육상기원에 의한 영향이 높아 미량금속 농도가 표층퇴적물의 유기물의 양과 높은 상관관계를 보이는 것으로 유추된다.

Table 2. The variations of metal concentrations in sediment on the Sihwa lake

Year	As	Pb	Cd	Cr	Cu	Ni	Zn	Mn	Fe	Ref.
	mg/kg.dry									
1994	8.7	58	1.0	129	94	38	140	600	3.6	[16]
1995~1996	7.9	54	1.7	142	210	49	272	504	3.6	[16]
1997	8.3	56	1.4	136	152	44	206	111	-	[17]
1997~1998	-	69	-	44	71	-	160	304	-	[18]
1997~1999	-	30	0.4	82	76	40	186	593	3.6	[10]
2008	9.7	51	0.5	93	114	40	235	505	3.9	[19]
2013	10.8	33	0.2	74	40	37	130	653	4.4	This study

시화호 조력발전소 가동 전과 후의 미량금속 평균 함량을 비교하기 위해 방조제 공사가 완공된 1994년부터 조력발전소 가동 후인 2013년까지의 미량금속 평균 함량을 Table 2에 나타내었다. 그 결과 As의 경우 과거에 비해 조력발전소 가동 후에 농도가 증가하는 경향을 보였으나, Pb, Cd, Cr, Cu의 조력발전소 가동 전 농도증가를 보였지만 가동 후 농도가 감소하는 경향을 나타냈다. 미량금속은 각기 거동특성이 다르고 특히 비소는 다른 미량금속과는 물리화학적 특성이 매우 달라 동시처리에 어려움이 많은 것으로 알려져 있다[20]. 비소의 처리에 성공한 기법이 주로 복토, 고형화/안정화, 토양세척, 식물정화기법 등이 있을 정도이며, 본 시화호 표층퇴적물에서는 자연적으로 감소될 수 있는 요인이 상대적으로 적어, 다른 미량금속에 비해 농도가 오히려 증가한 것으로 판단된다. 결과적으로 조력발전소 가동 이후 미량금속은 유입된 경로 뿐 만 아니라 금속자체의 반응성도 농도변화에 원인이 될수 있음을 시사하였다.

우리나라 해양환경기준과 농축계수, 농집지수를 이용하여 시화호 표층퇴적물의 미량금속 오염도를 평가하였다 (Fig 4). As의 경우 EF와 Igeo 둘다 오염된 상황으로 평가되었으나, Pb, Cd, Cu, Cr, Zn, Ni 농도는 낮은 오염수준이었고, Mn, Hg는 오염되지 않은 것으로 평가되었다. EF와 Igeo 간 비교에서는 Cu의 경우 EF가 상대적으로 더 오염된 상황으로 평가되어, 미량금속에 의한 표층

퇴적물의 오염도 평가시에는 다양한 지표를 같이 사용하는 것이 적절할 것으로 판단하였다.

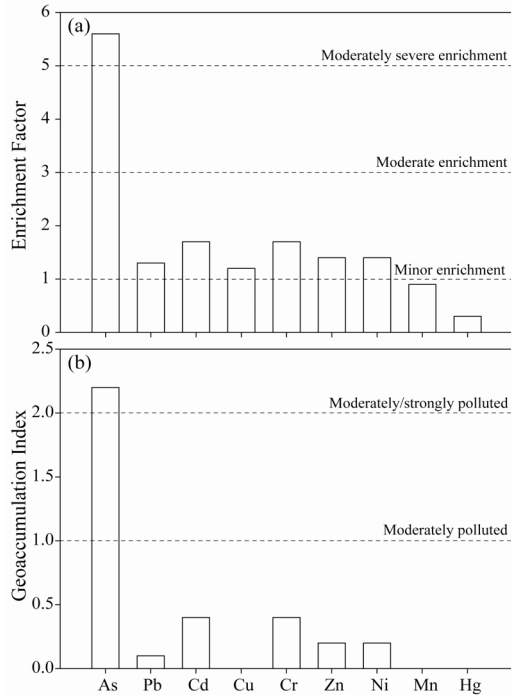


Fig. 4. Classification of enrichment factor and geoaccumulation index by the metal concentrations in surface sediment of Sihwa lake.

4. 결론

시화호내 표층퇴적물의 성상은 정점 4(silty sand(zS))를 제외한 전 정점이 sandy silt(sZ)였다. 표층퇴적물 중 As, Cd, Fe, Hg, Pb, Cu, Cr, Zn, Ni은 평균입도 및 유기물함량과 양의 상관성($p < 0.01$)을 나타내어, 시화호내에 유입되는 육상기원의 유기물관리가 중요할 것으로 판단되었다. 또한 시화호 조력발전소 운용이후 다른 미량금속속에 비해 As만 다소 증가한 경향을 보였다. 미량금속 농축계수와 농집지수를 이용해 오염도를 평가한 결과에서도 As의 경우에는 모든 조사정점에서 약간 오염된 상태(Moderately severe)였고, Pb, Cd, Cu, Cr, Zn, Ni은 약한 오염상태(Minor enrichment)를 보였다. 결과적으로 시화호내 미량금속 중 As의 처리가 우선되어야 할 것으로 판단되었다.

References

- [1] MLTM, "Marine Environment Improvement Project in Sihwa lake". p. 380, 2010.
- [2] J.I. Jang, I.S. Han, K.T. Kim, K.T. Ra, "Characteristics of Water Quality in the Shihwa Lake and Outer Sea". *Journal of the Korean Society of Marine Environment and Saftey*, vol. 17, pp. 105-121, 2011. DOI: <https://doi.org/10.7837/kosomes.2011.17.2.105>
- [3] MLTM, "Coastal Environmental Management White paper of Sihwa lake". p. 412, 2011.
- [4] K.T. Ra, K.T. Kim, J.K. Kim, E.S. Kim, S.R. Cho, S.H. Kang, S.K. Kim, "Study on the changes of water qualities affected by the operation of tidal power plant from Shihwa Lake", *Kor AOSTS*. p. 2300-2308, 2012.
- [5] K.T. Ra, J.H. Bang, J.M. Lee, K.G. Kim, E.S. Kim, "The extent and historical trend of metal pollution recorded in core sediment from the artificial Lake Shihwa, Korea", *Marine Pollution Bulletin*, vol. 62, pp. 1814-1821, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2011.05.010>
- [6] Z.G. Li, D.H. Li, J.R. Oh, J.G. Je, "Seasonal and spatial distribution of nonylphenol in Shihwa Lake, Korea", *Chemosphere*, vol. 56, pp. 611-618, 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.01.008>
- [7] H.B. Moon, M.K. Choi, H.G. Choi, K. Kannan, "Severe Pollution of PCDD/Fs and dioxin-like PCBs in sediments from Lake Shihwa Korea : Tracking the source", *Marine Pollution Bulletin*, vol. 64, pp. 2357-2360, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2012.08.018>
- [8] J.S. Khim, S.J. Hong, "Assessment of trace pollutions in Korea coastal sediments using the triad approach : A review", *Science of the Total Environment*, vol. 470-471, pp. 1450-1462, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.07.052>
- [9] M.S. Hyun, I.S. Chang, H.S. Park, B.H. Kim, H.J. Kim, H.K. Lee, K.K. Kwon, "Relationship between the Organic Content, Heavy Metal Concentration and Anaerobic Respiration Bacteria in the Sediments of Shihwa-Ho" *Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol.*, vol. 27, pp. 252-259, 1999.
- [10] K.T. Kim, E.S. Kim, S.R. Cho, J.K. Park, C.K. Park, "Change of heavy metals in the surface sediments of the Lake Shihwa and its tributaries", *Ocean Polar Res.*, vol. 25, pp. 447-457, 2003. DOI: <https://doi.org/10.4217/OPR.2003.25.4.447>
- [11] H.L. Windom, S.J. Schropp, F.D. Calder, J.D. Ryan, R.G. Smith, L.C. Burney, F.G. Lewis, and C.H. Rawlinson, "National trace metals concentrations in estuarine and coastal marine sediments of the southeastern United States", *Environ. Sci. Technol.*, vol. 23, pp. 314-320, 1989. DOI: <https://doi.org/10.1021/es00180a008>
- [12] S.R. Taylor, S.M. McLennan, "The Continental Crust: its Composition and Evolution", Blackwell Blackwell Scientific, Oxford, p. 311, 1985.
- [13] J.H. Choi, J.W. Kang, D-B. Hong, Y-A Park, "Distribution of organic carbon, organic nitrogen, and

heavy metals in Lake Shihwa sediments”, *Journal of the Korean society of oceanography*, vol. 5, no. 4, pp. 276-284, 2000.

- [14] H. Yokoyama, “Environmental quality criteria for aquaculture farms in Japanese coastal area . a new policy and its potential problems”. *Bul. Natl. Res. Inst. Aquacult.*, vol. 29, pp. 123-134, 2000.
- [15] G.H. Hong, S.L. Cho, S.Q. Park, “Nutrients and pariculate organic matter in Lake Soyang during the thermally stratified period”. *J. KS WPRC*, vol. 5, pp. 35-46, 1989.
- [16] M. Choi, J. Chun, H. Woo, H. Yi, “Change of heavy metals and sediment facies in surface sediments of the Shihwa Lake”. *J. Kor. Environ. Sci. Soc.*, vol. 8, pp. 593-600, 1999.
- [17] M.J. Shim, E.S. Kim, K.T. Kim, G.B. Lee, H.S. Kang, K.W. Lee, "Distribution of Organic Carbon, Sulfur and Heavy Metals in Shihwa Lake Sediments". *J. KSWQ*, vol. 14, pp. 469-482, 1998.
- [18] J. Choi, J. Kang, D. Hong, Y. Park. “Distribution of organic carbon, organic nitrogen, and heavy metals in Lake Shihwa sediments”. *J. Kor. Soc. Oceanogr.* vol. 5, pp. 276-84. 2000
- [19] MLTM, “Study on Improvement of Marine Environments in the Shihwa Coastal Reservoir”. p. 420, 2008.
- [20] T. Kim, M-J. Kim “Remediation of mine tailings contaminatited with arsenic and heavy metals: Reoval of arsenic by soil washing. *J. of KSEE*. vol. 30, no. 8 pp. 808-816. 2008.

주 재 식(Jae Sik Ju)

[정회원]



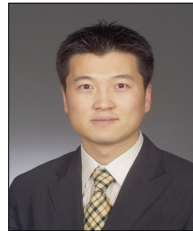
- 2015년 2월 : 전남대학교 환경해양학과 석사

<관심분야>

퇴적물 특성, 중금속,

손 문 호(Moonho Son)

[정회원]



- 2005년 2월 : 인제대학교 환경학과 (이학석사)
- 2008년 8월 : 부산대학교 해양학과 (박사수료)
- 2013년 3월 ~ 현재 : 한국해양과학기술원 연구사업인력

<관심분야>

해양생물학, 식물플랑크톤 생태학

조 현 서(Hyeon-Seo Cho)

[정회원]



- 1984년 2월 : 부경대 석사
- 1993년 3월 : 오사카대학 박사
- 1993년 3월 ~ 현재 : 전남대 교수

<관심분야>

환경해양학

김 평 중(Pyoung-Joong Kim)

[정회원]



- 2010년 2월 : 부경대 박사
- 1994년 3월 ~ 현재 : 국립수산물학원

<관심분야>

해양환경오염, 중금속