

# 우리나라 연안에 서식하는 고리버들갯지렁이(*Heteromastus filiformis*)의 생태학적 연구

이 정 호<sup>†</sup>

<sup>†</sup>안양대학교(교수)

## Ecological Study of *Heteromastus filiformis* Living in the Coastal Area, Korea

Jung-Ho LEE<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Anyang University(professor)

### Abstract

The finding aim to serve as foundational data for determining the ecological role of *H. filiformis*. Field surveys were conducted in May and August 2017 to analyze the benthic environment and macrobenthos in the subtidal zones of Korea coastal areas. A total of 117 stations were selected. The total abundance of *H. filiformis* was 2,408 individuals per 35.1 m<sup>2</sup> in May and 2,938 individuals per 35.1 m<sup>2</sup> in August. The species was collected at 90 stations in May and 87 stations in August, showing no significant seasonal variation. No significant correlations were observed between the abundance of *H. filiformis* and benthic environmental factors. Given the lack of a clear relationship with specific benthic environmental factors, it is suggested that the pollution index rating for *H. filiformis* be adjusted from III to I.

**Key words** : Korean coastal area, *Heteromastus filiformis*, Ecological study, Benthic environment, Benthos

### I. 서론

고리버들갯지렁이(*Heteromastus filiformis*)의 형태적인 특징은 몸이 실 모양처럼 가늘고 원통형이며, 길이는 약 30-35mm 로 되어 있다. 전체적인 체절(Segment)의 수는 130-150개 이며, 체절의 너비는 흉부 0.8-1.0mm, 복부 1.0mm 이다. (Claparède, 1864; Choi and Yoon, 2016). 생태학적인 특징은 비교적 니질함량이 높고 유기물 농도가 높은 해역에서 출현 밀도가 증가하는 지표종으로 알려져 있다(Grizzle, 1984; Tsutsumi et al., 1991; Lim et al., 2007; Ryu et al., 2011b; Jang and Shin, 2016). 그러나 생물다양성이 높고 유기물이 낮은 해역에서도 비교적 높은 밀도로 출현하고 있다고 보고

되어 있다(Lee and Ryu, 2018; Kim et al., 2024).

이 종에 대한 국외 연구를 보면 유기물 오염이 진행된 해역에서 우점 출현하는 종으로 저서환경에서 중요한 지시자로 역할을 한다고 알려져 있다(Word, 1978; Tsutsumi et al., 1991; Borja et al., 2000). 또한 생활사를 파악할 수 있는 개체군 및 이차생산 연구 등 이 종만을 대상으로 한 연구도 진행하고 있다(Shaffer, 1983; Gillet and Gorman; 2002). 국내 연구를 보면 대부분 대형저서동물의 군집 연구에서 우점종으로 출현한 내용이며(Wi et al., 2014; Jang and Shin, 2016; Lee, 2021; Lee et al., 2022), 이 종에 집중된 개체군과 장기변동 연구는 전무한 실정이다.

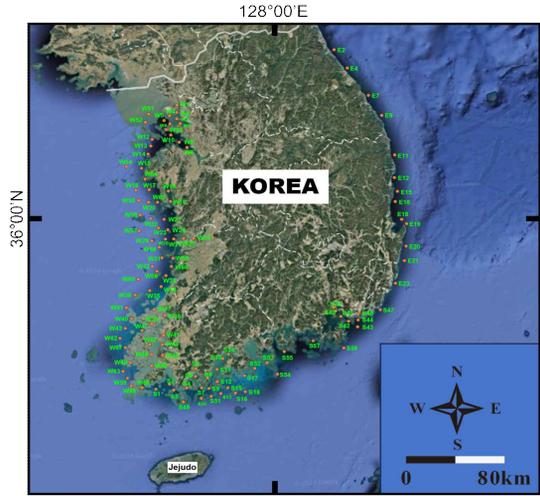
전 세계적으로 연안 해역을 평가하는데 대형저

<sup>†</sup> Corresponding author : 032-930-6035, leejh@anyang.ac.kr

서동물을 동정한 후 종별로 등급을 결정하여 계산하는 방식으로 다양한 지수(ABMI : AZTI's Marine Biotic Index, BPI : Benthic Pollution Index, BHI : Benthic Health Index)를 개발하여 활용하고 있다(Borja et al., 2000; Choi and Seo, 2007; Park et al., 2022). 종(Species)의 등급을 구분한 기준은 ABMI 나 BHI는 생태학적 연구로 결정하며, BPI는 종별로 섭식방법을 파악하여 등급을 결정하고 있다. 그런데 고리버들갯지렁이(*H. filiformis*)의 등급은 ABMI와 BPI는 4등급(IV), BHI는 1등급(I)으로 다르게 구분되어 있다. 따라서 본 연구는 우리나라 연안해역에 서식하는 고리버들갯지렁이(*H. filiformis*)의 분포를 알아보고, 저서환경을 분석하여 상관관계를 파악하고자 한다. 또한 고리버들갯지렁이(*H. filiformis*)의 생태학적 위치를 결정하는데 기초자료로 활용하고자 한다.

## II. 연구 방법

우리나라 연안인 동해, 남해, 서해의 조하대에 서 저서환경과 대형저서동물을 분석하기 위해 2017년 5월과 8월에 현장 조사를 수행하였으며, 정점은 동해는 속초부터 서해는 영종도까지 포함된 해역으로 총 117개 정점을 선정하였다(Fig. 1). 대형저서동물 채집은 각 정점에서 표면적 0.1m<sup>2</sup>의 van Veen grab sampler를 이용하여 총 3회씩 반복하여 퇴적물을 채취하였다. 채취된 퇴적물은 선상에서 망목 1.0mm 체를 이용하여 해수로 씻은 후 남은 잔존물을 10% 중성 포르말린으로 고정하여 실험실로 운반하였다. 남은 시료는 실험실에서 대형저서동물만 선별하였으며, 해부현미경을 이용하여 종 수준까지 동정한 후 각 종별로 개체수를 기록하였다. 정점별로 고리버들갯지렁이(*H. filiformis*)의 개체수를 확인하여 자료 분석하였다.



[Fig. 1] Location of sampling stations in the Korean coastal area.

해양환경은 각 정점별 수심에 따라 CTD (Conductivity, Temperature, Depth)를 이용하여 저층의 수온, 염분을 측정하였으며, 측정된 자료는 저서환경요인으로 활용하였다. 용존산소(Dissolved Oxygen)은 니스킨 체니기를 이용하여 저층해수를 채취한 후 윙클러-아지드화나트륨 적정법으로 분석하였다. 퇴적물은 van Veen grab sampler을 이용하여 채취하여 분석하였다. 분석항목은 유기물함량(Loss Of Ignition), 총유기탄소량(Total Organic Carbon), 분급도(Sorting), 사질함량(Sand content)이었다. 각 항목의 분석방법은 해양환경공정시험기준(개정판 2023)에 따라 분석하였다.

고리버들갯지렁이(*H. filiformis*)와 저층물리(용존산소, 수온, 염분, 수심), 저층퇴적물(분급도, 사질함량, 유기물함량, 총유기탄소량)간의 상관관계를 알아보기 위하여 Spearman 서열상관계수(Spearman rank correlation analysis)를 분석하였으며, 저서환경요인과 고리버들갯지렁이간의 연관성을 알아보기 위하여 주성분분석(Principal Component Analysis; PCA)도 함께 수행하였다. 논문에서 자료 분석시 활용한 프로그램은 SPSS ver. 30.0(IBM, USA)이었다.

### Ⅲ. 연구 결과

#### 1. 저서환경

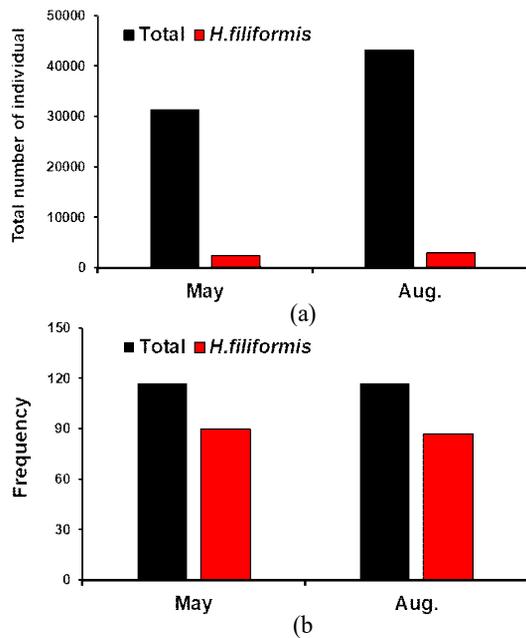
우리나라 연안해역의 물리 환경을 보면 평균 수심(Depth)은 5월에 24.4±15.3m, 8월에 24.2±15.2m 이었으며, 서해와 남해 보다는 동해가 수심이 깊었다. 저층 염분(Salinity)을 보면 5월에는 32.9±1.4psu, 8월에는 32.0±1.5psu 이었으며, 강 하구 인근인 정점에서 5월 25.6psu(W44, 영산강), 8월 23.8psu(W1, 한강)로 가장 낮은 염분을 보였다. 저층 수온은 8월(여름)이 높고 5월(봄철)이 낮게 나오는 결과를 보였다. 용존산소는 두 계절 모두 비슷하게 농도를 보였다(<Table 1>).

퇴적환경을 보면 분급도는 5월 1.7±0.7Ø, 8월에 1.8±0.8Ø 이었다. 사질함량은 정점별에 따라 0%에서 100%까지 나타났다. 유기물 함량은 5월에 0.3-17.1%, 8월에 0.5-15.5% 범위를 보였으며, 정점별로 유기물 함량의 차이가 많이 나타났다. 총 유기탄소량도 계절적 차이 보다는 정점별로 차이를 보였다(<Table 1>).

#### 2. 고리버들갯지렁이 분포

우리나라에 서식하는 고리버들갯지렁이의 총 개체수는 5월에 2,408 개체/35.1m<sup>2</sup>, 8월에 2,938개체/35.1m<sup>2</sup> 이었다. 대형저서동물의 전체 개체수에 비해 5월에 7.7%, 8월에 6.8%를 차지하고 있어

아주 낮은 수준으로 연안해역에 분포하고 있다. 출현 정점 빈도수를 보면 5월에 90개 정점, 8월에 87개 정점에 고리버들갯지렁이가 채집되었으며, 계절적 차이는 보이지 않고 있다. 출현 정점 비율을 보면 5월 76.9%, 8월 74.3%로 우리나라 대부분의 연안해역에 서식하고 있다는 것을 알 수 있었다([Fig. 2]).



[Fig. 2] Total number of individual and Frequency of Macrobenthos and *Heteromastus filiformis* in the Korean coastal area.

<Table 1> The characteristics of benthic environment in Korean coastal area, May and August 2017.

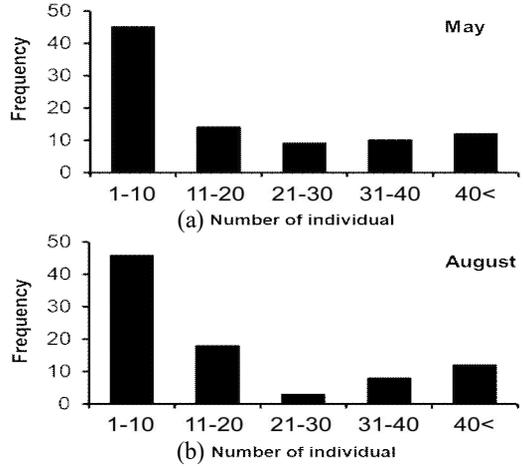
Benthic Environment	Maximum		Minimum		Average		Standard deviation	
	May	August	May	August	May	August	May	August
Depth (m)	94.0	87.0	2.0	3.0	25.4	24.2	15.3	15.2
Salinity (psu)	35.4	34.3	25.6	23.8	32.9	32.0	1.4	1.5
Temperature (°C)	19.6	28.3	4.5	4.2	13.8	21.3	3.1	5.6
Dissolved Oxygen (mg·L <sup>-1</sup> )	9.7	9.0	5.7	5.3	8.2	7.3	0.6	0.9
Sorting (Ø)	3.4	3.8	0.3	0.5	1.7	1.8	0.7	0.8
Sand content (%)	100	99.9	1.5	0.0	50.0	47.0	32.9	34.1
Loss of ignition (%)	17.1	15.5	0.3	0.5	5.8	4.9	3.8	3.0
Total Organic Carbon (%)	2.99	3.19	0.03	0.07	0.62	0.83	0.60	0.73

고리버들갯지렁이의 개체수에 따라 정점 빈도수를 보면 5월과 8월 모두 1-10 개체수가 대부분의 정점에서 출현하는 양상을 보였다. 40개체 이상 출현한 정점 수는 5월과 8월 모두 12개 정점이었다(Fig. 3).

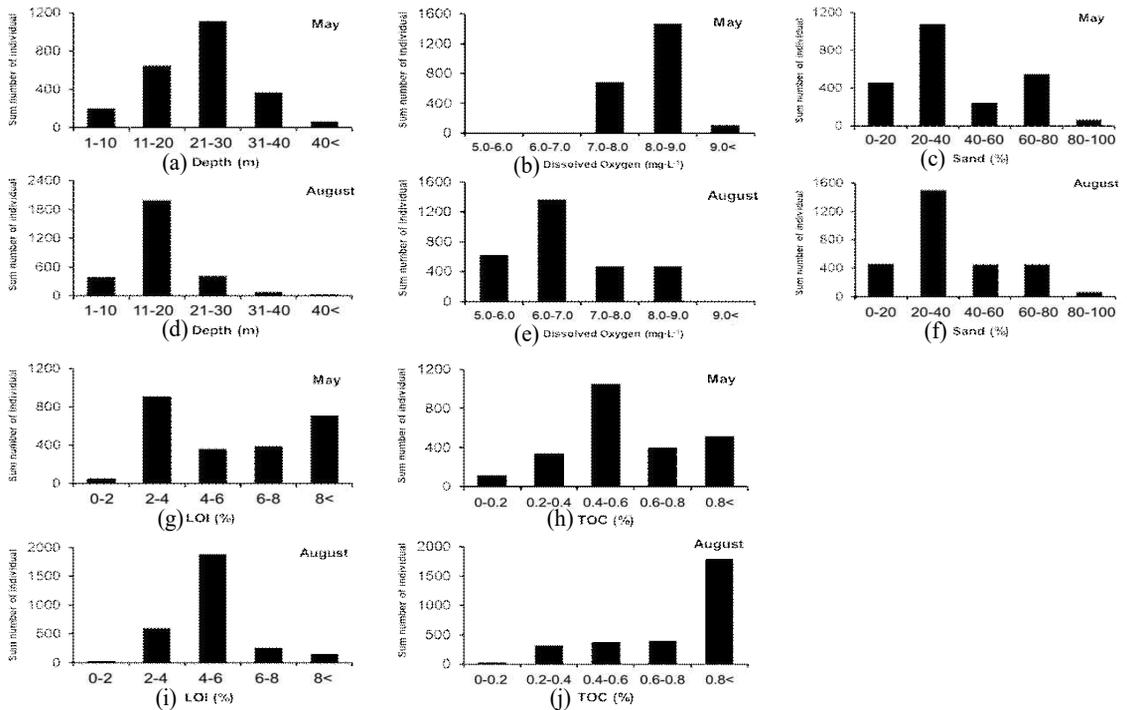
### 3. 저서환경과 개체수 분석

우리나라 연안해역의 저서환경을 5구간으로 구분하여 분석하였으며, 먼저 수심에 따라 함께 개체수를 분석한 결과 수심 21-30m(5월), 11-20m(8월)에 가장 높은 개체수를 보였으며, 각각 1,117 개체, 1,997 개체가 채집되었다. 다음으로 용존산소를 보면 5월에는 8.0-9.0 mg·L<sup>-1</sup> 구간에서 1,474 개체, 8월에는 6.0-7.0 mg·L<sup>-1</sup> 구간에서 1,369 개체가 채집되었다. 용존산소는 5월(봄철)에는 높은 값에서 많은 개체수가 출현하였지만 8월(여름)에는 상대적으로 낮은 값에서 개체수가

많이 채집되었다. 사질함량은 계절에 상관없이 20-40%에서 많은 개체수가 나타났다.



[Fig. 3] Number of individual Frequency histograms of *Heteromastus filiformis* in the Korean coastal area.



[Fig. 4] Number of individual Frequency histograms of *Heteromastus filiformis* based on environmental factors (Depth, DO, Sand, LOI, TOC) in the Korean coastal area.

유기물 함량은 5월에는 2-4%, 8월 4-6% 값에서 개체수가 많이 채집되었다. 총 유기 탄소량은 5월에는 0.4-0.6%에서 많이 채집되었으며, 8월에는 낮은 값에서 높은 값으로 갈수록 증가하는 양상을 보였다([Fig. 4]).

4. 상관분석과 주성분분석

우리나라 연안해역에 서식하는 고리버들갯지렁이와 저서환경 요인간의 상관분석을 파악하기 위하여 Spearman rank correlation coefficient로 알아 보았다(<Table 2>). 5월의 저서환경 요인은 고리버들갯지렁이간의 상관관계는 유의한 결과값이 나타나지 않았다. 8월에는 고리버들갯지렁이가 염분과 높은 음의 상관관계를 보였다.

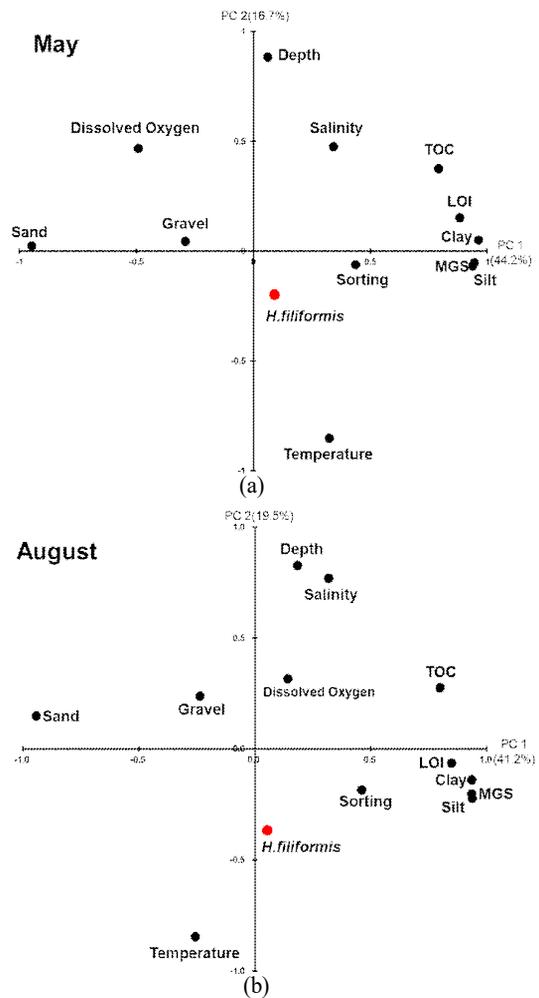
<Table 2> Spearman rank correlation coefficients between *Heteromastus filiformis* and benthic environment in Korean coastal area.

Benthic Environment	<i>Heteromastus filiformis</i>	
	May	August
Depth	-0.080	-0.133
Salinity	-0.162	-0.317**
Temperature	0.099	0.091
Dissolved Oxygen	0.008	-0.109
Sorting	0.079	0.082
Sand content	-0.113	-0.086
Loss of ignition	0.054	0.043
Total Organic Carbon	0.015	-0.009

\*\*P<0.01

저서환경요인과 고리버들갯지렁이를 파악하기 위해 저서환경 요인 12개와 고리버들갯지렁이 개체수를 대상으로 주성분분석을 실시하였다([Fig. 5]). 먼저 5월의 주성분분석 결과를 보면 주성분 1은 전체 분산 41.1%의 기여율을 보였으며, Sand는 -0.94로 음의 상관계수와 평균입도, Silt, Clay, LOI, TOC는 0.80 이상으로 양의 상관계수를 보이고 있다. 결과적으로 주성분 1은 저서퇴적환경을 의미한다고 볼 수 있으며, 이는 사질함량이

낮을수록 유기물 함량과 유기탄소량은 많아지는 양상을 보였다. 주성분 2은 전체 분산 16.7%의 기여율을 보였으며, 수온은 -0.84로 음의 상관계수와 수심, 염분은 0.75 이상으로 양의 상관계수를 보이고 있다. 결과적으로 주성분 2는 저서해수환경을 의미한다고 볼 수 있으며, 수심이 깊을수록 수온은 낮아지는 양상을 보였다. 고리버들갯지렁이의 개체수는 해수와 퇴적물간의 뚜렷한 상관관계수가 나타나지 않았다.



[Fig. 5] Environmental factors and *Heteromastus filiformis* in PCA, May and August 2017 (TOC, Total Organic Carbon; LOI, Loss Of Ignition; MGS, Mean Grain Size).

8월의 주성분 1과 주성분 2의 전체 분산은 각각 41.2%, 19.5%의 기여율을 보였으면, 5월과 비슷한 양상의 상관계수를 보이고 있다. 또한 고리버들갯지렁이의 개체수도 뚜렷한 상관계수는 나타나지 않아 저서환경요인간의 유의미한 양상은 보이지 않았다.

#### IV. 결론

국내에서는 1980년 후반부터 경기도 해역에서 우점종으로 출현하였으며, 이때는 버들갯지렁이류(*Heteromastus* sp.)로 기재 되었다(Shin et al., 1989; Shin et al., 1992). 1990년대부터 경기도 해역과 시화호에서 조사된 대형저서동물 우점종으로 *Heteromastus filiformis* 로 종명을 기록하였으나 국문명은 명명하지 않아 버들갯지렁이류로 불리고 있었다(Ryu et al., 1997; Shin and Koh, 1998). 2016년 JSR(Journal of Species Research)학회지에 발표된 논문에서 고리버들갯지렁이로 국명을 보고하였으며(Choi and Yoon, 2016), 2016년 이후 논문에는 국명을 기재하였다(Lee and Ryu, 2018; Lee et al., 2022).

고리버들갯지렁이는 생태학적으로 퇴적물 속에서 머리를 아래로 향한 채로(head-down deposit feeder) 서식하는 퇴적물식자이며(Clough and Lopez, 1993; Ryu et al., 2011b; Lee and Ryu 2018), 유기물 농도가 높은 해역에서 출현밀도가 높고 환경변화에 내성이 강한 기회종이라고 보고되어 왔다(Pearson and Rosenberg, 1978; Jang and Shin, 2016; Jeon et al., 2023). 하지만 본 연구에서 유기물함량이나 총 유기탄소량과 고리버들갯지렁이 개체수 간의 뚜렷한 상관관계를 나타내지 않은 것으로 보아 유기물 농도의 증감에 따라 상관관계는 없는 것으로 판단된다.

저서환경요인인 수온(계절) 보다는 수심, 용존 산소, 염분의 구배에 따라 대형저서동물군집의 정점군을 구분하는 중요한 환경인자로 보고 되어

왔다(Choi et al., 2005; Lee and Ryu, 2018; Yang and Shin; 2020; Jeong and Shin, 2018). 하지만 대형저서동물의 정점군에서 우점종으로 출현하는 고리버들갯지렁이는 본 연구에서 저서환경요인간의 상관관계가 뚜렷하게 나타나지 않아 우리나라 연안의 유기물 오염이 심한(high) 해역보다는 약한(low) 해역에서 분포하는 양상이 높다고 판단된다.

일반적으로 우리나라 해역의 건강도를 평가하는데 사용하는 지수로 저서오염지수(Benthic Pollution Index; BPI)가 이용되어 왔다. 저서오염지수는 대형저서동물을 종별로 섭식유형에 따라 등급을 구분하여 계산하는 방식이다. 저서오염지수에서 고리버들갯지렁이는 섭식유형이 퇴적물식자이기 때문에 III등급으로 분류되어 있다. 그래서 우리나라 해역에 넓게 분포하고 있는 고리버들갯지렁이를 III등급으로 연안해역의 오염도를 평가한다면 등급이 높게 산정된다. 하지만 실제 생태적 상태보다는 과대평가 되어 높은 등급이 산정되고 있다고 생각된다.

본 연구는 우리나라 전 해역의 조하대에서 고리버들갯지렁이와 저서환경요인간 상관관계를 알아보고 생태학적 위치를 파악하기 위하여 수행하였다. 고리버들갯지렁이는 특정 저서환경요인간의 상관관계는 뚜렷하게 나타나지 않은 것으로 보아 저서오염지수에서 등급은 III에서 I로 변경하는 것이 타당하다고 판단된다. 또한 고리버들갯지렁이는 우리나라 해역의 조간대와 조하대에 분포하는 생태학적 특성을 고려할 때, 오염지시종(Pollution Indicator Species)보다 생태지시종(Ecology Indicator Species)으로 분류하는 것이 적합하다고 판단된다.

#### References

- Borja A, Franco J and Perez B(2000). A Marine Biotic Index to Establish the Ecological Quality of Soft-bottom Benthos within European Estuarine and

- Coastal Environments. Marine Pollution Bulletin, 40(12), 1,100~1,114.  
[https://doi.org/10.1016/s0025-326x\(00\)00061-8](https://doi.org/10.1016/s0025-326x(00)00061-8)
- Choi HK and Yoon SM(2016). First Record of *Heteromastus filiformis*(Polychaeta: Capitellidae) from Korean Waters, with a Taxonomic Note on the Genus. Journal of Species Research, 5(3), 264~271.  
<https://doi.org/10.12651/JSR.2016.5.3.264>
- Choi JW and Seo JY(2007). Application of Biotic Indices to Assess the Health Condition of Benthic Community in Masan Bay, Korea. Ocean and Polar Research, 29(4), 339~348.  
<https://doi.org/10.4217/opr.2007.29.4.339>
- Choi JW, Seo JY, Lee CH, Ryu TK, Sung CG, Han GM and Hyun S(2005). Spatial Distribution Patterns of Macrobenthic Communities during Winter and Summer in the Masan Bay Special Management Area, Southern Coast of Korea. Ocean and Polar Research, 27(4), 381~395.  
<https://doi.org/10.4217/OPR.2005.27.4.381>
- Claparede E(1864). Glanures Zootomiques Parmi les Annelides de Port-Vendres (Pyrenees Orientales). Memoires de la Societe de Physique et d'Histoire Naturelle de Geneve, 17, 463~600.  
<https://doi.org/10.5962/bhl.title.1972>
- Clough, LM and Lopez GR(1993). Potential Carbon Sources for the Head-down Deposit-feeding Polychaete *Heteromastus filiformis*. J. Mar. Res., 51, 595~616.
- Grizzle RE(1984). Pollution Indicator Species of Macrobenthos in a Coastal Lagoon. Mar. Ecol. Prog. Ser., 18, 191~200.  
<https://doi.org/10.3354/meps018191>
- Gillet P and Gorman E(2002). Population Structure and Secondary Production of *Heteromastus filiformis*(Polychaeta: Capitellidae) in the Loire Estuary, France. Journal of the Marine Biological Association UK, 82(3), 395~402.  
<https://doi.org/10.1017/S0025315402005635>
- Jang SY and Shin HC(2016). Differences in the Community Structures of Macrobenthic Polychaetes from Farming Grounds and Natural Habitats in Gamak Bay. J. Korean Soc. Mar. Environ. Energy, 19(4), 297~309.  
<https://doi.org/10.7846/JKOSMEE.2016.19.4.297>
- Jeon SR, Ong GH, Lee JH, Jeong YA, Koo JH, O KS and Park JW(2023). Changes in Macrobenthic Community Depending on the Anthropogenic Impact and Biological Factors of Boryeong Tidal Flat, Korea. J. Korean Soc. Oceanoger., 28(4), 143~157.  
<https://doi.org/10.7850/jkso.2023.28.4.143>
- Jeong BG and Shin HC(2018). Spatio-temporal Variation and Evaluation of Benthic Healthiness of Macrobenthic Polychaetous Community on the Coast of Ulsan. Ocean and Polar Research, 40(4), 223~235.  
<https://doi.org/10.4217/OPR.2018.40.4.223>
- Kim JG, Kim HS, Yang DW and Lee JH(2024). Community Structure and Health Assessment of Macrobenthos in the Geum River Estuary, Korea. Journal of fisheries and marine sciences education, 36(2), 437~448.  
<https://doi.org/10.13000/JFMSE.2024.4.36.2.437>
- Lim KH, Shin HC, Yoon SM and Koh CH(2007). Assessment of Benthic Environment Based on Macrobenthic Community Analysis in Jinhae Bay, Korea. 「The Sea」 The Journal of the Korean Society of Oceanography, 12(1), 9~13.
- Lee JH(2021). Community Structure of Macrobenthos in the Southern Tidal Flat of Ganghwa Island, Korea. JFMSE, 33(1), 114~122.  
<https://doi.org/10.13000/JFMSE.2021.2.33.1.114>
- Lee JH, Lim HS, Shin HC and Ryu J(2022). Spatial Distribution of Macrozoobenthic Organisms along the Korean Coasts in Summer Season. 「The Sea」 The Journal of the Korean Society of Oceanography, 27(2), 87~102.  
<https://doi.org/10.7850/jkso.2022.27.2.087>
- Lee JH and Ryu J(2018). Short-term Variations in Spatial Distribution of the Macrozoobenthic Community near the Geum River Estuary, Korea. J. Korean Soc. Mar. Environ. Energy, 21(4), 368~380.  
<https://doi.org/10.7846/JKOSMEE.2018.21.4.368>
- Park SH, Kim SY, Park SJ, Jung RH and Yoon SP(2022). Health Assessment of the Fish-cage Farms using BHI(Benthic Health Index). Journal of the Korean Society of Marine Environment and Safety, 28(5), 735~745.  
<https://doi.org/10.7837/kosomes.2022.28.5.735>

- Pearson TH and Rosenberg R(1978). Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 16, 229~311.
- Ryu J, Choi JW, Kang SG, Koh CH and Hun SH(1997). Temporal and Spatial Changes in the Species Composition and Abundance of Benthic Polychaetes after the Construction of Shihwa Dike (west coast of Korea). 「The Sea」 *The Journal of the Korean Society of Oceanography*, 2(2), 101~109.
- Ryu JS, Khim JS, Kang SG, Kang DS, Lee CH and Koh CH(2011b). The Impact of Heavy Metal Pollution Gradients in Sediments on Benthic Macrofauna at Population and Community Levels, *Environ. Pollut.*, 159, 2622~2629.  
<https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.05.034>
- Shaffer PL(1983). Population Ecology of *Heteromastus filiformis*(polychaeta: capitallidae). *Nederlands journal of sea research*, 17(1), 106~125.  
[https://doi.org/10.1016/0077-7579\(83\)90009-1](https://doi.org/10.1016/0077-7579(83)90009-1)
- Shin HC and Koh CH(1998). Benthic Polychaetous Community in Northern Kyeonggi Bay in December 1995. 「The Sea」 *The Journal of the Korean Society of Oceanography*, 3(4), 261~270.
- Shin HC, Kang SG and Koh Ch(1992). Benthic Polychaete Community in the Southern Area of Kyeonggi Bay, Korea, West Coast of Korea. *The Korean Society of Oceanography*, 27(2), 164~172.
- Shin HC, Choi JW and Koh Ch(1989). Faunal Assemblages of Benthic Macrofauna in the Inter- and Subtidal Region of the Inner Kyeonggi Bay, West Coast of Korea. *The Korean Society of Oceanography*, 24(4), 184~193.
- Tsutsumi H, Kikuchi T, Tanaka M, Higashi T, Imasaka K and Miyazaki M(1991). Benthic Faunal Succession in a Cove Organically Polluted by Fish Farming. *Mar. Poll. Bull.*, 23, 233~238.  
[https://doi.org/10.1016/0025-326X\(91\)90680-Q](https://doi.org/10.1016/0025-326X(91)90680-Q)
- Word JQ(1978). The Infaunal Trophic Index. In: *Coastal Water Research Project. Ann. Rep.*, 19-39.
- Y JK and Shin HC(2020). The Influence of the Dissolved Oxygen of Bottom Water on the Temporal Variation of the Benthic Polychaetous Community Structure in Dangdong Bay. *Ocean and Polar Research*, 42(3), 233~247.  
<https://doi.org/10.4217/OPR.2020.42.3.233>
- Wi CW, Lee JH and Shin HC(2014). Spatio-temporal Distribution of Benthic Polychaetous Communities and Their Health Conditions in Garolim Bay, West Coast of Korea. 「The Sea」 *The Journal of the Korean Society of Oceanography*, 19(4), 256~264.  
<http://dx.doi.org/10.7850/jkso.2014.19.4.256>
- 
- Received : 30 December, 2024
  - Revised : 03 February, 2025
  - Accepted : 10 February, 2025