

GIS를 이용한 송지호 재첩서식의 적지선정

최유길* · 우영배* · 어재선* · 최철재** · 윤홍주***

Suitability Selection on Habitable Environments of *Corbicula Japonica* in the Songji Lagoon by GIS

You-Gil Choi* · Young-Bae Woo* · Je-Sun Uh* · Chul-Jae Choi** · Hong-Joo Yoon***

요 약

본 논문은 송지호 재첩서식의 적지선정을 위한 방법에 대해 살펴본다. 수차례에 걸쳐 현장탐사와 시료채취를 통한 수질검사로 수집된 자료를 지리정보시스템(GIS)을 이용하여 분석하였다. 송지호의 재첩 서식환경의 특성을 파악하기 위해 수온, 염분, 용존산소 농도, PO4-P 농도를 활용하였다. 본 연구는 서식환경이 유사한 여타 석호 등에서 재첩 증식의 기초자료로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

ABSTRACT

In this paper, we describe a method for the suitability selection on habitable environments of *Corbicula Japonica* in the Songji Lagoon. Acquired data by in-situ measurements analysed in applying GIS. In order to identify the characteristics of environment in Songji Lagoon, water temperature, salinity, Dissolved Oxygen, and PO4-P were used. This study is expected to use the basic data for *Corbicula Japonica* breeding in similar lagoon environments.

키워드

Suitability Selection, *Corbicula Japonica*, GIS
적지 선정, 재첩, 지리 정보 시스템

1. 서 론

지구 온난화, 도시화와 산업화의 확산에 따라 호수의 녹조나 오염 등 환경 재해 발생 빈도가 증가하고 있다[1]. 우리나라 석호 가운데 유일하게 송지호에서 어획되었던 재첩(*Corbicula Japonica*) 자원이 2012년 이후 급격히 감소상태에 이르러, 이로 인한 지역민들의 소득창출이 어려움을 겪고 있다. 문제해결을 위한 원인규명과 더불어 재첩증식방안이 조속히 마련되어야 한다. 이를 위해 송지호내의 수질 변화에 따른 생

물자원의 생태적 환경 변화에 관한 근원적인 파악이 절실히 요구되며, 아울러 규명을 통해 생물자원 증 재첩자원의 증대방안이 모색되어야 한다. 구체적으로 소호 내 재첩 자원 량의 파악에 따른 연중 재첩의 계획 생산량의 추정, 소호내의 재첩자원의 성패채취시기, 명확한 산란기 파악이 필요하다. 따라서 소호 내의 재첩 최적 서식환경 유지를 위한 연구와 함께 항구적인 송지호내의 재첩자원 증식방안의 기초 데이터가 제시되어야 한다. 강원고성의 청정수산물인 재첩자원의 브랜드화로 주민어촌계의 소득증대는 물론, 지역경제 활

* 경동대학교 해양심층수학과(cyg@kduniv.ac.kr, wyb@kduniv.ac.kr, uhjesun@kduniv.ac.kr)

** 경동대학교 정보보안학과(cj-choi@kduniv.ac.kr)

*** 교신저자 (corresponding author) : 부경대학교 공간정보시스템공학과(yoonhj@pknu.ac.kr)

접수일자 : 2015. 07. 23

심사(수정)일자 : 2015. 09. 13

게재확정일자 : 2015. 09. 23

성화에 이바지 하는 계기가 되어야 한다.

지금까지 선행연구로는 송지호 채집서식을 위한 핵형 및 번식특성의 차이점에 대한 연구[2]가 있으나 채집서식의 적지선정에 관한 연구는 없다. 또한, GIS를 활용한 야생동물에 관한 연구[3]는 많으나 수산물 및 패류의 서식지에 관한 연구는 전무하다. 다만, 최근 들어 구조물 설치와 관련하여 인공어초의 적지선정에 GIS를 활용한 연구가 있다[4].

송지호에서 서식하는 기수재첩(*Corbicula japonica*)에 대한 연구의 경우 서식환경[5] 및 성장특성[6]에 대한 연구가 다른 지역 또는 실험증식으로 이루어져 왔으나 이를 활용한 서식지에 대한 연구는 없다.

재첩의 적지선정에는 지형, 지질, 저질, 수질, 식생 및 식물플랑크톤 등 많은 변인들이 존재한다. 이러한 변인들을 수집 및 분석하는데 여러 가지 제한점이 따른다. 따라서 ICT 및 위성정보통신으로 많은 정보의 분석이 가능한 GIS를 이용하였다. 본 연구에서는 송지호 재첩의 적지선정을 위해 다양한 수집 자료를 근거로 DB를 구축하고 이를 활용하여 분석하였다.

II. 연구 지역 및 자료 분석

2.1 연구 지역

송지호는 강원도 고성군 죽왕면 석호로 송지호의 수면적은 1.6km²이다. 소호의 둘레는 4km이며, 연중기온은 최고 33.8℃, 최저 -12.2℃이며, 평균기온은 26.5℃이다. 만수기 수심은 5m, 수면적은 49.5ha이고, 갈수기 수심은 4.5m, 수면적은 44.5ha이다. 수소이온농도(pH)는 7.2이며 비중은 1.007이다.

2.2 연구 자료

수온과 염분 등 환경인자들이 서로 간에 영향을 미치며 환경인자들이 변화하면 서식하는 생물에 영향을 주기 때문에 다양한 환경 인자들을 고려해야 한다[7]. 본 연구에서는 채집서식의 적지를 선정하기 위해 재첩의 서식환경에 대한 요소[5-6]들을 참고하여 사용하였다. 지점별로 수온과 염분, 용존산소, PO4-P 농도를 조사하였다. 연구에 사용된 조사 결과는 표 1과 같다.



그림 1. 연구 지역인 송지호 및 조사지점.

Fig. 1 Map showing the study area and sampling site of the Songji Lagoon.

표 1. 계절별, 지점별 환경요소 조사결과

Table 1. Result of seasonal and locational environments observation

Month	St.	Temp. (°C)	Sal. (psu)	DO (ppm)	PO4-P (ppm)
Apr.	A	13.8	12	2.95	0.01
	B	13.6	12	2.8	0.01
	C	13.5	14	2.93	0.02
	D	13.6	14	2.75	0.03
	E	13.9	13	2.73	0.02
	F	13.3	12	3.14	0.03
	G	13.3	10	3.75	0.31
	H	13.2	11	2.93	0.02
Aug.	A	23.84	8.37	6.77	0.01
	B	24.19	8.4	7.12	0.01
	C	24.15	8.33	8.62	0.01
	D	24.25	8.41	7.14	0.01
	E	24.09	8.23	7.24	0.01
	F	24.68	8.21	9.23	0.02
	G	24.21	8.17	8.54	0.01
	H	24.06	8.2	7.21	0.01
Oct.	A	14.7	8.35	7.85	0.09
	B	14.9	8.5	7.72	0.08
	C	14.9	8.45	8.06	0.03
	D	14.9	8.23	7.87	0.08
	E	14.9	8.4	8.51	0.05
	F	14.7	8.25	8.38	0.05
	G	15	8.34	7.94	0.07
	H	14.8	8.2	8.19	0.06

2.3 연구 방법

본 연구에서는 소호내의 수질환경의 변화를 관찰하기 위해 송지호 내 수역을 A~H의 총 8개 지역으로 분할하였다. 또한 유입하천의 수량측정 및 호소 내 외부유입수량에 대한 수질측정을 위하여 2013년 2월부터 매달 현장 샘플링을 하였고, 현장 어업용 선박을 이용하여 8개 지역의 수질측정을 월단위로 현장에서 실시하였다.

적지분석의 경우 재첩의 적지를 선정하기 위해 적지와 부적지의 2단계로 구분하였다. 송지호 재첩의 생장에 영향을 주는 주요 요소로는 수온과 염분, 용존산소, PO4-P이다. 각각 요소별 적지인자 범위는 수온은 $-0.2 \sim 26.8^\circ\text{C}$, 염분은 $3 \sim 12\text{psu}$, 용존산소와 PO4는 각각 $5.21 \sim 8.13\text{ppm}$, ND $\sim 1.37\text{ppm}$ 의 범위로 설정하여 분석을 실시하였다. 범위 내의 값들은 부적지로 설정하였다. 산도(pH)는 호소 내에서 각 위치별로 비슷한 변화양상을 보이며 특히 그 수치가 연중 안정되어 있어 적지선정을 위한 기준에서 제외시켰다. 요소별 적지선정을 정리한 기준은 표 2와 같다.

표 2. 재첩 서식 적지선정 기준
Table 2. Standard of suitability selection for *Corbicula japonica*

Standard of suitability selection		
Proper Site	Temp.	$-0.2 \sim 26.8^\circ\text{C}$
	Sal.	$3 \sim 12\text{psu}$
	DO	$5.21 \sim 8.13\text{ppm}$
	PO4-P	$\text{ND} \sim 1.37\text{ppm}$

또한 적지선정에 앞서 현장조사가 8개의 샘플링 지역에서 이루어지고 전 지역에 대해서는 이루어지지 않았기 때문에 현장조사 및 샘플링이 이루어진 8개 지점을 제외한 나머지 지역의 수온과 염분, 용존산소, PO4-P를 추정하기 위해 보간법 중 역거리 가중법인 IDW(Inverse Distance Weighting) 보간법을 적용하였다. IDW란 이미 알고 있는 좌표의 값을 이용하여 보간점의 거리에 반비례하게 가중치를 설정하여 보간점의 값을 계산하는 방법이다. IDW는 식(1)과 같이 표현된다.

$$Z(X_0) = \frac{\sum_{i=1}^n Z(X_i) d_{ij}^{-p}}{\sum_{i=1}^n d_{ij}^{-p}} \quad (1)$$

여기서 $Z(X_0)$ 는 추정되어야 하는 지점 X_0 의 Z 값이며 $Z(X_i)$ 는 보간시에 참조되는 이동 창 내의 표본지점 X_i 의 Z 값이다. d_{ij} 는 추정되어야 하는 지점 X_0 와 표본지점 X_i 와의 거리이며, p 는 거리조각계수이다. ArcGIS 10.1에서 제공하는 IDW 툴을 이용하여 봄, 여름, 가을 3개 계절로 구분하여 각각 결과를 도출하였다.

III. 실험 결과

3.1 수온분포

봄철(그림 2-A)의 평균수온은 13.5°C 이며 수온분포의 경우 전반적으로 13.6°C 이하의 분포를 보이고 있다. E지점과 A지점의 수온은 다른 지점의 수온보다 높은 경향을 보인다.

여름철(그림 2-B)의 평균수온은 24.2°C 이며 수온분포의 경우 전반적으로 24°C 대의 분포를 보이고 있다. F지점 일대가 가장 수온이 높으며 H지점은 주변에 비해 다소 온도가 낮은 경향을 보인다.

가을철(그림 2-C)의 평균수온은 14.8°C 이며 수온분포는 G지점이 가장 높은 온도를 나타내고 A지점과, F지점이 낮은 온도를 나타낸다. 앞에 언급한 세 지역을 제외한 전 지역은 $14.8 \sim 14.9^\circ\text{C}$ 로 고르게 분포하고 있다.

계절별 각 지역별 특징을 보았을 때, A지점의 경우 연중 송지호 내에서 수온이 가장 낮으며, B, C, D지점은 중간정도의 수온을 보인다. 반면 H, F지점의 경우 수온의 변화가 불규칙한 경향을 보인다.

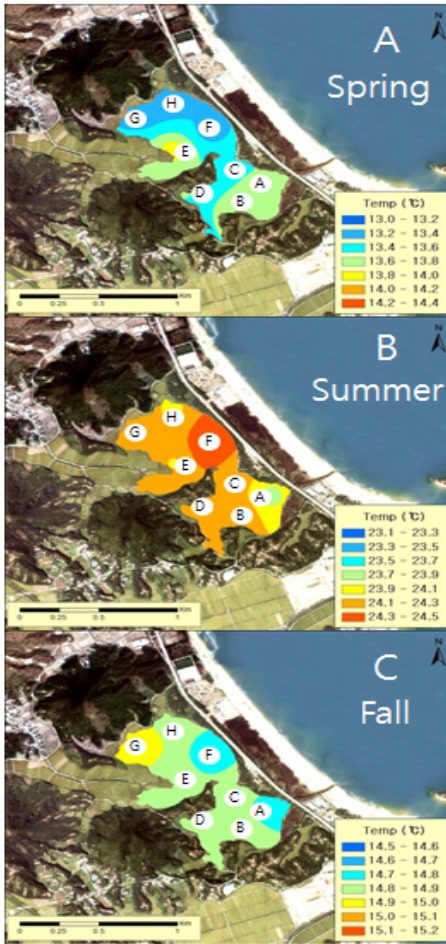


그림 2. 송지호 내 계절별 수온분포.
 Fig. 2. Seasonal distributions of temperature in Songji Lagoon.

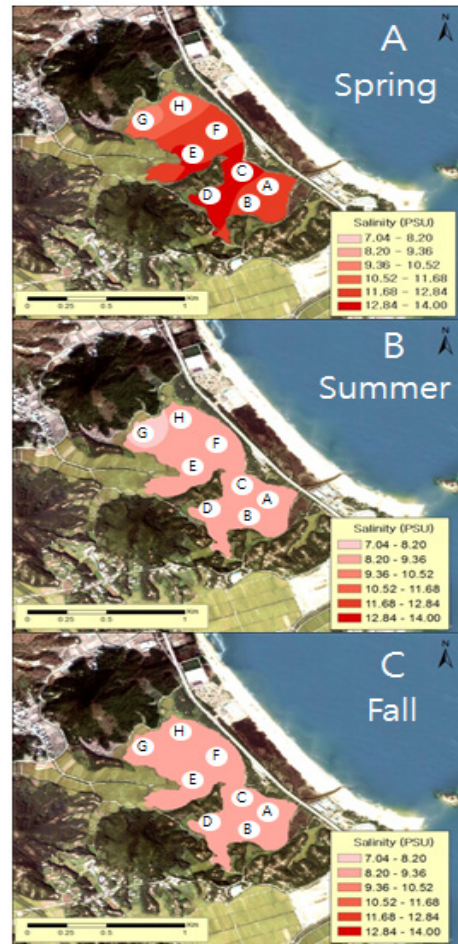


그림 3. 송지호 내 계절별 염분분포.
 Fig. 3. Seasonal distributions of salinity in Songji Lagoon.

3.2 염분분포

봄철(그림 3-A) 염분분포는 다른 계절에 비해 높게 나타나며 각 지역별로 염분분포가 확연한 차이를 보이고 있다.

여름철(그림 3-B) 염분분포의 경우 G지점을 제외한 전 지역이 비슷한 분포를 보이고 있다. 가을철(그림 3-C) 염분분포의 경우 여름철과 거의 비슷한 분포를 보이며 G지점의 염분이 여름철에 비해 높은 것으로 나타난다.

염분분포의 경우 봄철을 제외한 여름과 가을철은 대체적으로 전 지역이 비슷한 수치를 보이며, G지점의 경우 전 기간을 통틀어 가장 낮은 수치를 보인다.

3.3 용존산소분포

봄철(그림 4-A) 용존산소분포는 전 지역이 비슷한 수치를 보이고 있으며 동시에 빈 산소 상태에 가까운 낮은 용존산소량을 보이고 있다.

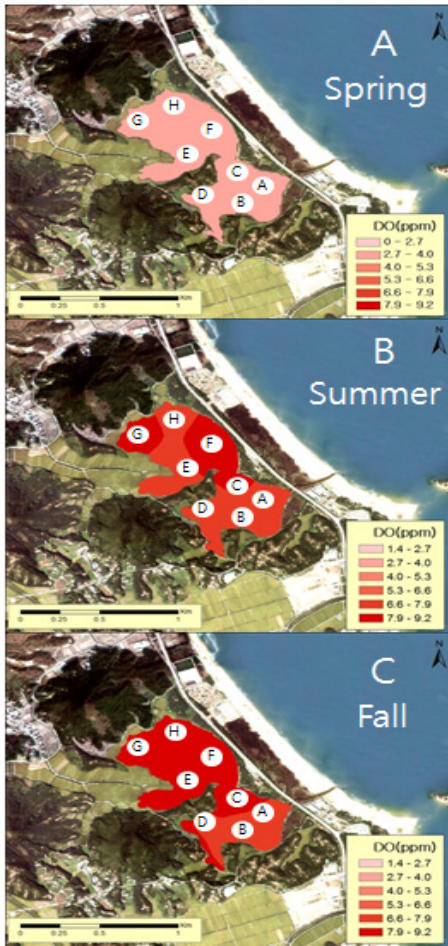


그림 4. 송지호 내 계절별 용존산소분포.
 Fig. 4. Seasonal distributions of DO(dissolved oxygen) in Songji Lagoon.

봄에서 여름으로 계절이 바뀌면서(그림 4-A, B) 용존산소는 많이 높아지고 있으며, 대부분 비슷한 수치를 보이고 있으나 C, F, G지점의 경우 다른 지역에 비해 특히 더 높게 나타난다. 가을철(그림 4-C)의 경우 여름철보다 더 높은 용존산소 수치를 보이고 있으며, 전 지역에 걸쳐서 고르게 분포하고 있다.

3.4 PO4-P 분포

봄철(그림 5-A) PO4-P는 G지점을 중심으로 농도가 높게 나타나며 배수로 주변인 A, B, C지점에서는 거의 존재하지 않는다. 여름철(그림 5-B)의 경우 전

지역에서 PO4-P의 농도가 아주 낮게 나타난다. 가을철(그림 5-C)에는 다시 PO4-P의 농도가 높아지는데 봄철과 달리 배수로 주변인 A, B, C지점에서 다른 전 지역과 비교했을 때 가장 높은 수치를 보인다.

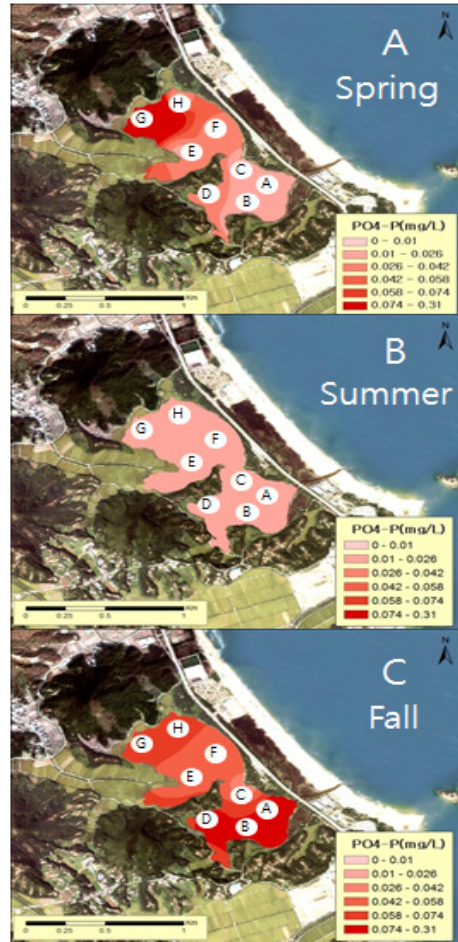


그림 5. 송지호 내 계절별 PO4-P 분포.
 Fig. 5. Seasonal distributions of PO4-P in Songji Lagoon.

전 기간을 놓고 비교해 보았을 때, PO4-P의 경우 봄과 가을에 농도가 높아진다. 지역별로 비교했을 때, G지점은 모든 계절에서 높은 수준을 유지하며, E, F 지점은 지속적으로 낮은 농도를 유지하고 있다.

3.5 적지선정

봄철 송지호 내 채첩 서식 적지로는 그림 6-A와 같이 G지점과 H지점이다. 그러나 G지점의 경우 저층의 유기물 찌꺼기로 인하여 바닥이 펄의 형태를 지니고 있는 지역으로 이 지역으로 채첩의 성패가 이동된 경우 모두 질식사하여 적지로 보기 어렵다. 따라서 봄철 송지호 내에서 H지점이 채첩이 서식하기 좋은 적지로 판단된다.

여름철(그림 6-B)의 경우 F, G지점을 제외한 모든 지역이 적지로 나타났으나 봄철 적지 선정 사유와 동일하게 적용시켰을 때 H지점이다. 가을철 송지호 내 채첩 서식의 적지는 그림 6-C와 같다. 봄철과 여름철과는 크게 다른 양상을 보이는 것으로 확인된다. 원인으로서는 가을철 수온분포의 변화로 판단된다(그림 7과 8).

가을철 H지점의 수온(그림 7)은 여름철에 비해 많이 떨어져 채첩이 서식하기에 최적화된 온도 범위에서 벗어나게 되어 비교적 G지점에 비해 낮게 평가되어 그림 6-C와 같은 결과가 나왔다. 그러나 가을철의 수온 하강은 전 지역에 동일하게 일어나며 H지점의 경우 F나 A지점에 비해서 하강정도가 작으며 B, C지점과는 비슷한 수준을 가지고 있어 G지점을 제외할 경우 송지호 내에서는 최적의 서식지로서 적지라고 볼 수 있다.

요컨대, 송지호 내 채첩 서식지 적지 분석 결과 G지점에서 겨울을 제외한 연중 전 기간을 고려하였을 때, 서식 적지로 판단되나, G지점의 지형적 특성으로 인해 서식 적지로 판단하기는 어렵다. 채첩의 주요 생산 시기가 5~6월임을 고려했을 때 가을철을 제외하면 H지점이 적지라고 볼 수 있다.

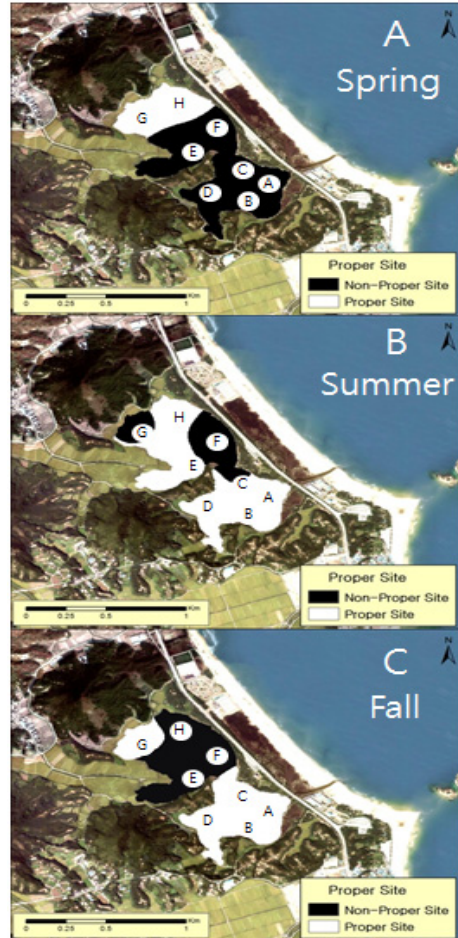


그림 6. 송지호 내 계절별 채첩 적지선정 결과.

Fig. 6. Result for proper site distribution in Songji Lagoon.

IV. 결론

최근 송지호에서의 재첩 어획량이 줄어들면서 지역민들의 소득 창출이 저조하게 되었다. 본 연구에서는 호소내의 재첩 서식의 증대를 위한 방안으로 다양한 정보의 분석이 가능한 GIS를 이용하여 재첩서식의 적지를 선정하였다.

송지호의 수온의 연간 변화는 2.54~30℃이며 평균 20℃이다. 배수로 부근에 있는 A지점은 수온의 연 변화가 가장 적게 나타났으며 F지점이 수온의 변화가 가장 높게 나타났다.

염분의 연 변화는 8.17~14psu이며 평균 9.5psu이다. 봄철 가장 높은 수치를 나타냈으며 여름과 가을철에는 낮은 수치를 보인다. G지점에서는 다른 지역에 비해 상대적으로 낮은 염분분포를 보인다. 이는 배수로를 통해 담수가 유입되어 염분이 낮은 것으로 판단된다.

용존산소의 연 변화는 1.75~9.23ppm이며 평균 5.36ppm이다. 농도는 봄철에 가장 낮게 나타났으며 여름과 가을철에는 농도가 높았다. 가을철의 경우 여름철보다 더 높은 용존산소 수치를 보이며 G와 F지점의 용존산소의 농도가 높게 나타났다.

PO4-P의 연 변화는 0.01~0.1ppm이며 평균 0.04ppm이다. 농도는 여름철에 가장 낮게 나타나며 봄과 가을철에는 농도가 높았다. G지점이 연중 높은 농도를 나타내며 E, F지점은 지속적으로 농도가 낮게 나타났다.

앞서 재첩의 서식환경에 대한 요소들을 이용하여 적지를 분석한 결과 G와 H지점이 적지로 판단할 수 있다. 하지만 G지점의 경우 오랫동안 쌓여 있는 유기물질들이 퇴적된 펄 저질로 형성되어 있다. 유기물로 퇴적된 펄 저질이 고수온기인 여름철에는 H₂S 가스가 대량 발생되어 재첩들이 질식사하여 집단 폐사한다. 이러한 지형적 특성을 고려하면 송지호 호소 내 H지점이 재첩서식의 적지라고 판단된다.

위와 같은 조사 자료를 바탕으로 재첩의 적지선정에 대한 연구가 진행되었다. 본 연구를 활용하여 송지호 외에도 서식환경이 유사한 다른 석호 등에서 재첩양식을 위한 기초자료로 활용되기를 기대한다.

향후에는 재첩의 적지선정을 위한 환경조건뿐만 아니라 재첩자원의 성패채취시기, 재첩의 산란기 등을

고려하여 재첩 생산에 영향을 주는 인자들에 대하여 보다 정밀한 데이터관측 및 분석이 필요하다.

References

- [1] K. Nam, "A Study on Yeong-san River Ecological Environment Monitoring based on IoT," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 10, no. 2, 2015, pp. 203-210.
- [2] K. Choi, E. Chung, and O. Kwak, "Karyotype and Reproductive Characteristic of the Diploid Brackish Water Clam, *Corbicula Japonica* and the Triploid Freshwater Marsh Clam, *C. fluminea*," *Korean Journal of Malacology*, vol. 23, no. 1, 2007, pp. 39-49.
- [3] S. Kim, C. Kim, M. Lee, D. Ryu, and D. Jung, "Hydraulic and Ecological Relation Analysis of Eurasian Otter Habitat Using GIS," *Proceedings of the Korean Association of Geographic Information Studies Conference*, Seoul, Korea, 2006. pp. 217-222.
- [4] B. Kim, D. Hwang, H. Yoon, and W. Seo, "A Study on Suitability Selection of artificial reef by GIS," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 10, no. 5, 2015, pp. 629-636.
- [5] W. Kim, C. Lee, J. Lee, K. Baik, and S. Hur, "Environmental Factors and Population Density of Brackish Water Clam, *Corbicula japonica* on Namdae Stream in Yangyang, Gangwon" *Journal of Aquaculture*, vol. 15, no. 1, 2002, pp. 1-6.
- [6] J. Lee, W. Kim, and C. Lee, "Growth and survival of ther brackish water clam, *Corbicula japonica* larvae according to rearing" *Korea Journal Malacol*, vol. 27, no. 4, 2011, pp. 337-343.
- [7] S. Oh, J. Park, and H. Yoon, "Prediction of Red Tide Occurrence by using Oceanic and Atmospheric Data by Satellite," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 10, no. 2, 2015, pp. 311-318.

저자 소개



최유길(You-Gil Choi)

1981년 제주대학교 해양생물학과 졸업(이학사)

1993년 제주대학교 해양과학대학원 해양생물학 졸업(이학석사)

2001년 강릉대학교 대학원 해양생명과학과 졸업(이학박사)

1988년~2011년 동우대학 수산개발학과 교수

2012년~현재 경동대학교 해양심층수학과 교수

※ 관심분야 : 해양환경공학, 해양생태학, 담수양식



최철재(Chul-jae Choi)

1983년 광운대학교 전자계산학과 졸업(이학사)

1987년 한양대학교 산업대학원 전자계산학전공 졸업(공학석사)

2000년 강원대학교 컴퓨터과학과 졸업(이학박사)

1988년~2013년 동우대학 컴퓨터학부 교수

2013년~현재 경동대학교 정보보안학과 교수

2015년~현재 경동대학교 평생교육원장

※ 관심분야 : 멀티미디어 데이터처리, GIS



우영배(Young-Bae Woo)

1983년 부경대학교 양식학과 졸업(수산학사)

1987년 부경대학교 수산생물학과 졸업(이학석사)

1994년 제주대학교 수산생물학과 졸업(이학박사)

1987년~2011년 동우대학 수산개발학과 교수

2012년~현재 경동대학교 해양심층수학과 교수

※ 관심분야 : 수질오염방지기술, 해양수질분석, 해수양식



윤홍주(Hong-joo Yoon)

1983년 부경대학교 해양공학과 졸업(공학사)

1985년 부경대학교 대학원 해양공학과 졸업(공학석사)

1997년 프랑스 그르노블 I 대학교 대학원 위성원격탐사전공 졸업(공학박사)

1999년~2002년 여수대학교 해양공학과 교수

2002년~현재 부경대학교 공간정보시스템공학 교수

※ 관심분야 : 해양원격탐사, GIS



어재선(Je-Sun Uh)

1997년 Science and Technology of Nihon University(석사)

2000년 Science and Technology of Nihon University(Ph.D)

2000년~2002년 Tokyo University, Ocean Research Institute(Postdoc)

2006년~현재 경동대학교 해양심층수학과 교수

※ 관심분야 : 해양심층수학, 해양관측, GIS