

## 한국산 기수갈고둥의 분포 및 생태에 관한 연구

한승필·황인철\*·권순직\*\*†

(주)에일

\*한서대학교 생명공학과

\*\* (사)생태계조사평가협회

### Studies on Distribution and Ecology of *Clithon retropictus* (Martens, 1879) in South Korea

Seung Pil Han·In Chul Hwang\*·Soon Jik Kwon\*\*†

Aeil Inc. 21028, Korea

\*Dept. of Biotechnology, Hanseo University 31962, Korea

\*\*The Korean association for survey and assessment ecosystem, Anyang 14059, Korea

(Received : 17 September 2021, Revised : 19 October 2021, Accepted : 22 October 2021)

#### 요약

본 연구는 환경부에서 지정하여 보호받고 있는 멸종위기야생생물 II급인 기수갈고둥(*Clithon retropictus* (Martens, 1879))의 분포 및 생태를 파악하고, 종과 서식지에 대하여 효과적인 보전과 관리방안을 제시하고자 진행하였다. 먼저 기수갈고둥의 분포를 전국적으로 조사하였고, 본 종의 생태적 특성을 고려하여 염분도 및 하상재료 등 환경요인을 분석하였다. 또한, 조사구별 기수갈고둥의 개체크기, 밀도, 이동을 분석하였다. 기수역 일대에서 서식하는 본 종의 특성상 염분도 분석 결과, 간조 시 0.7 ~ 16.6%, 만조 시 1.0 ~ 17.3%로 분석되었다. 하상재료 분석결과, 조사대상 하천별 하상재료의 구성에는 다소 차이가 존재하나 대부분 자갈(Pebble, 16 ~ 64 mm) 이상의 구성비가 높게 나타나는 것으로 확인되었다. 한편, 개체크기는 각경의 길이를 측정하였고, 기수갈고둥이 서식하는 범위가 짧은 경우, 개체크기는 거의 변화가 없었으나, 서식범위가 길수록 개체크기가 커지는 경향을 보였다. 개체밀도는 계절별로 측정하였으며, 하계(7월~8월) 및 추계조사(9월~10월) 시 상대적으로 높은 밀도로 확인되었고, 수온이 저하되는 동계(11월~12월)로 갈수록 개체수는 현저히 감소되는 것을 확인하였다. 보전 및 관리방안을 효과적으로 수립하기 위하여 이동거리를 측정하였고, 활동기인 하계 및 추계조사 시 동계조사 시보다 많은 거리를 이동하는 것으로 확인되었다. 이와 같은 연구 결과를 활용하여 기수갈고둥의 서식지 조성, 불가피한 개발행위에 의한 이주사업 및 이주대상지 선정 등 효과적인 관리방안을 수립하기 위한 기초자료로 활용되길 기대한다.

핵심용어 : 기수갈고둥, 기수역, 염분도, 분포, 이동거리, 하상재료

#### Abstract

The present study was carried out with a view to understand the distribution and ecology of *Clithon retropictus* (Martens, 1879), a class II endangered wildlife designated and protected by the Ministry of Environment, Republic of Korea, and to suggest the effective conservation and management measures for this species and its habit. First, the distribution of *Clithon retropictus* was investigated nationwide, and environmental factors such as salinity and substratum were analyzed in consideration of the ecological characteristics of this species. In addition, the individual size, density, and movement of *Clithon retropictus* per each district surveyed were analyzed. Due to its nature of inhabiting in the brackish water zone, the analysis showed that the salinity of this species was 0.7 ~ 16.6‰ at low tide and 1.0 ~ 17.3‰ at high tide. It was learned from the analysis of substratum that its composition in each river under investigation was slightly different, but most of substratum had a higher composition ratio than gravel (pebble, 16 ~ 64 mm). On the other hand, the size of each individual was checked by measuring the length of its diameter, and there was almost no change in the individual when the inhabited range of

†To whom correspondence should be addressed.

The Korean association for survey and assessment ecosystem  
E-mail: [triopsidae@naver.com](mailto:triopsidae@naver.com)

• Seung Pil Han Aeil Inc. / Research Scientist Ph.D(E-mail : [hsp9085@naver.com](mailto:hsp9085@naver.com))

• In Chul Hwang Dept. of Biotechnology, Hanseo University / Research Scientist (E-mail : [inchurs@naver.com](mailto:inchurs@naver.com))

• Soon Jik Kwon The Korean association for survey and assessment ecosystem / Research Scientist Ph.D(E-mail : [triopsidae@naver.com](mailto:triopsidae@naver.com))

*Clithon retropictus* was short. However, there was tendency that the longer the habitat range, the bigger the individual size. From surveying the population density by season, it was made clear that, during the summer (July to August) and fall (September to October), the density was relatively higher while the number of individuals decreased significantly during winter (November to December) when the water temperature was lowered. In an effort to effectively establish conservation and management measures, the moving distance was measured, and it became known that, during the surveys in summer and fall when the individuals were active, the individuals moved in more distances than during the winter survey. The results of this study are expected to be utilized as basic data for establishing effective management plans such as creation of habitats for *Clithon retropictus*, its migration projects and selection of migration destinations which get unavoidable due to development projects.

**Key words** : *Clithon retropictus* (Martens, 1879), Brackish water zone, Distribution, Moving distance, Salinity, Substratum

## 1. 서 론

본 연구 대상지인 기수역(brackish water zone)은 해수와 담수가 만나는 지역으로 해양생물과 담수생물이 공존하는 특성이 있으며, 담수생태계와 해양생태계가 서로 연결되어 있지만 독특한 환경적 특성으로 인한 생태계를 형성하고 있다(Williams, 1990). 특히 이와 같은 하구역(estuary)은 염분농도 변화가 매우 심하므로 다양하고 독특한 서식처를 가지는 생물이 서식하게 된다(Tiner, 2016). 기수역의 염도는 유입되는 하천의 규모와 강수량에 의해 매우 불규칙하고, 바닷물은 밀물과 썰물에 따라 지속적으로 변화하기 때문에 그 범위는 0.5~30.0‰으로 매우 광범위하며, 계절 변화에 따른 강수량의 차이 등으로 인하여 변동이 심하기 때문에 이에 적응한 생물이 주로 서식한다. 기존 연구에 의하면 기수역에 서식하는 분류군은 해양생물군에 속하는 종이 대부분이며, 담수생물군은 극히 일부만 서식하는 것으로 알려져 있다(Batzer and Sharitz, 2014).

본 연구 대상종인 기수갈고둥(*Clithon retropictus* (Martens, 1879))은 기수역 일대에서 서식하는 종으로 분류학적 위치는 원시복족목 갈고둥과에 속한다(Neritopsine Gastropods, 2010; Noseworthy et al., 2013). WRoMS(World Register of Marine Species, 2020) 기준에 따르면 기수갈고둥속(genus *Clithon* Montfort, 1810)에는 총 30종이 알려져 있으며, 이 중 우리나라에서는 기수갈고둥 1종만이 서식한다. 기수갈고둥은 1879년 Martens에 의해서 *Neritina retropicta*로 처음 기재되었으나, 1855년에 Reeve가 기재한 *Neritina obtusa*와 1860년 Martens가 기재한 *Neritina nubila*가 1879년에 동종이명으로 정정되었고, *Clithon retropictus*로 재기재하였다. 기수갈고둥의 까다로운 생육조건과 서식지 감소로 생물학적 지표종으로서의 가치를 인정받아 1998년도에 멸종위기야생생물 II 급종으로 보호받고 있다(환경부, 2021).

현재까지 국외에서는 기수갈고둥의 분포와 시·공간적 변화에 따른 개체군 구조 연구(Kobayashi and Iwasaki, 2002), 염분도와 기수갈고둥의 상관관계(Furujo and Tomiyama, 2000; Hirata et al., 2001), 알 주머니의 계절별 및 월별 생산과 변화 연구(Nishiwaki et al., 1991), 성장(Shigemiyama and Kato, 2001), 이동거리에 대한 연구(Hirata et al.,

1992), 그리고, 공간분포의 시간적 변화 등 전반적인 기수갈고둥의 생태를 연구(Hitomi and Keiji, 2014) 등을 통하여 분포 및 생태에 대한 연구를 진행한 바 있다.

국내에서는 제주도 남쪽 해안에 서식하는 기수갈고둥을 최초로 보고(Noseworthy et al., 2012)하였고, 제주도 북쪽 해안에 서식하는 기수갈고둥을 최초 보고하였을 뿐만 아니라 모래와 니질 중심의 새로운 서식처 유형을 연구하였다(Noseworthy et al., 2013). 기수갈고둥의 전사체 분석을 위한 유전학 연구(Park et al., 2016)를 하였고, 은 기수갈고둥의 서식지 감소에 따른 보호 및 보존에 관한 관리방안(Choi et al., 2018)을 제시하였다. 남해안 연초전에 서식하는 기수갈고둥을 대상으로 염분도와 하상입자에 따른 개체 크기와의 상관관계 분석을 통하여 염분도가 높고 하상입자가 작을수록 개체 크기는 감소함을 밝혔다(Lee et al., 2018). 그러나, 이와 같은 연구 사례에도 불구하고 우리나라에 서식하는 기수갈고둥의 분포와 생태 등에 대한 자료는 미흡한 실정이다.

기수갈고둥 서식처 교란 요인은 하천 내 횡구조물 설치에 따른 연속성 단절과 하구의 단협 현상에 따른 하상재료의 니질화 등이고, 이와 같은 교란 요인은 기수갈고둥의 개체군 감소 또는 소멸에 직·간접적으로 영향을 미친다. 국내산 기수갈고둥에 대한 생태와 서식지에 대한 연구는 미흡한 실정으로 본 종에 대한 세부적인 보호 및 보전 체계가 구축되어 있지 않다. 따라서, 본 연구는 멸종위기야생생물로 지정된 한국산 기수갈고둥의 분포와 서식환경 특성을 분석하고, 서식환경에 따른 개체군 및 이동성 등에 관한 생태 정보를 제시하여 향후 기수갈고둥의 보전 및 복원에 요구되는 기초적인 정보를 제공하고자 한다.

## 2. 재료 및 방법

### 2.1 연구범위

본 연구는 기수갈고둥의 서식지 확인을 위하여 기존 서식지를 확인하였고, 새로운 서식지를 추가로 확인하였다. 개체밀도, 이동거리, 개체크기, 환경요인 조사는 본 종이 서식하는 4개 하천을 대상으로 2016년 ~ 2020년까지 진행되었다. 조사구는 경상남도 창원시 마산합포구 진동면에 위치한

Table 1. Location information of *Clithon retropictus* in this study

| Site | Location                                                 | Latitude | Longitude |
|------|----------------------------------------------------------|----------|-----------|
| IG.1 | Gyeongsangnam-do Changwon-si Masanhabpo-gu Jindong-myeon | 35° 07'  | 128° 28'  |
| IG.2 |                                                          | 35° 06'  | 128° 28'  |
| IG.3 |                                                          | 35° 06'  | 128° 28'  |
| GH.1 | Jeollanam-do Goheung-gun Pungyang-myeon                  | 34° 30'  | 127° 15'  |
| GH.2 |                                                          | 34° 30'  | 127° 15'  |
| GH.3 |                                                          | 34° 30'  | 127° 15'  |
| HY.1 | Jeollanam-do Yeosu-si Hwayang-myeon                      | 34° 41'  | 127° 34'  |
| HY.2 |                                                          | 34° 41'  | 127° 34'  |
| HB.1 | Jeju-si, north part of Jeju Island                       | 33° 31'  | 126° 33'  |
| HB.2 |                                                          | 33° 31'  | 126° 33'  |

IG천 3개소, 전라남도 고흥군 풍양면에 위치한 GH천 3개소, 전라남도 여수시 화양면에 위치한 HY천 2개소, 제주특별자치도 제주시에 위치한 HB천 2개소를 선정하였다. 멸종위기야생물 서식지에 대한 보호를 위하여 조사 하천은 문자로 표시하였다.(Table 1).

## 2.2 서식환경

### 1) 염분도

염분도 분석의 시료채취는 4개 하천 총 10개 지점에서 지점별로 간조와 만조를 구분하여 멸균채수병을 이용하여 직접 채수하였다. 수집된 샘플시료는 현장에서 아이스박스를 이용하여 4℃로 유지하였으며, 연구실로 운반 후 분석하였다. 항목별 분석은 수질오염공정기준(국립환경과학원고시 제2019-63호)과 해양환경공정시험기준(해양수산부고시 제2013-230호)에 준하여 실시하였다.

### 2) 하상재료 분석

하상재료의 분석은 기수갈고동의 먹이활동과 산란활동이 이루어지는 하상재료 표면 분석에 중점을 두어 암반

(Bedrock, > 256 mm), 호박돌(Boulder, 64 ~ 256 mm), 자갈(Pebble, 16 ~ 64 mm), 잔자갈(Gravel, 2 ~ 16 mm), 모래 및 니질(Sand and silt, 0.004 ~ 2 mm) 등으로 구분하였다. 분석은 각 지점에서 기수갈고동이 서식하는 대표적인 지점을 선정하여 1 × 1m 방형구 내 사진촬영 후 디지털이미지화 된 것을 AutoCAD 프로그램을 이용, 하상재료의 면적을 산출하였다(Figure 1).

## 2.3 군집 및 생태학적 특성

### 1) 개체크기 분석

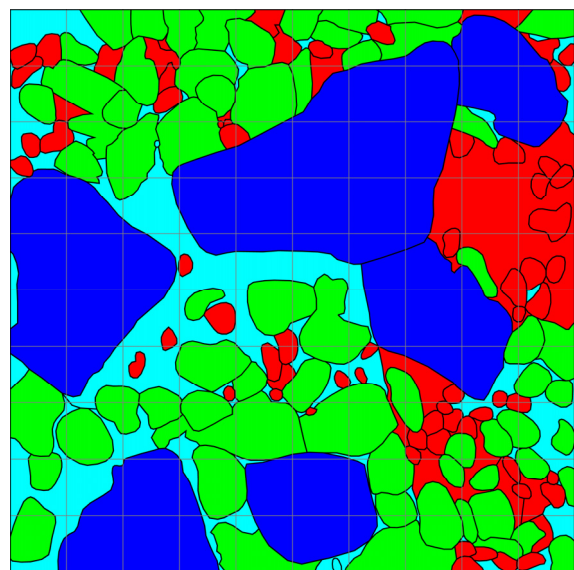
개체크기는 형태적으로 변질이 되지 않는 각경부분을 측정하였으며, 각 지점에서 무작위로 30개체를 채집, 버니어 캘리퍼스(Mitutoyo CD-20CPX) 이용하여 측정하였고, 하천 및 지점별 평균 및 표준편차를 산출하였다.

### 2) 개체밀도 분석

개체밀도의 분석은 계절 및 지점별 측정을 시행하였으며, 개체밀도를 일정하게 측정하기 위하여 1 × 1 m 방형구를 이용하였고, 조사지점별로 표식을 하여 같은 장소에서 지속



(a) Digital Image



(b) Substratum measurement with AutoCad

Figure 1. Type diagram of rice-fish mixed farming system

적으로 측정을 실시하였다.

### 3) 이동거리 분석

개체표식은 Hitomi and Keiji(2014)의 방법을 따랐으며, 지점별 지춥대를 설치하고 100개체씩 포획하여 마커펜(marker pen)으로 개체표식을 하고 방사하였다. 이때 상류에서부터 떠내려온 개체와 혼재할 수 있으므로 개체표식은 지점별로 색을 달리하였으며, 시간에 따른 이동거리를 측정하기 위하여 1일, 7일, 21일 간격으로 조사지점을 방문하여 방사한 지점으로부터 50 m 줄자를 이용하여 거리측정을 하였다.

### 4) 통계 분석

모든 독립변수를 대상으로 정규분포 가정 여부를 확인하기 위해 Shapiro-wilk's test를 실시하였다. 각 변수는 정규분포 가정을 충족하여 모수적 검정을 분석에 이용하였다. 하천별 및 지점별 개체크기 차이와 지역별, 방사 주차별, 계절별 기수갈고동의 이동거리에 차이가 있는지를 검토하기 위하여 일원배치분산분석(One-way ANOVA test)를 수행하였으며, 사후검정으로는 LSD를 실시하였다(post hoc LSD test). 조사 하천 중 HY천과 HB천은 두 개 지점에서 기수갈고동을 채취하였으므로 지점간 개체크기 차이를 비교하기 위해서 독립표본 t 검정(Independent sample t-test)을 분석에 활용하였다. 신뢰구간은 95%로 설정하였으며, 결과값은 평균±표준편차(Mean±SD)로 표현하였다. 모든 통계분석은 SPSS 22.0(IBM Inc.)를 이용하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 기수갈고동의 분포

기수갈고동의 국내분포는 내륙의 경우 전라남도과 경상남도의 남해안과 제주도에 위치한 소하천 유역에 서식하는 것으로 알려져 있었다(Noseworthy *et al.*, 2013; Choi *et al.*, 2018). 그러나, 본 연구를 통하여 내륙에는 전라남도과 경상남도의 남해안에 다수의 지역과 완도군, 남해군, 거제시의 섬지역에 위치한 소하천 유역까지 서식지가 확인되었다. 또한, 기존 문헌을 통하여 확인된 서식지는 위도상 가장 높은 지역이 창원시(35° 6' E) 일대의 소하천 유역이었으나, 강릉시(37° 37' E) 일대의 소하천 유역까지 관찰되면서 위도상 더 넓은 범위까지 서식지를 확인하였다. 특히 동해안의 강원도와 경상북도에 위치한 다수의 소하천 유역에서 육안으로 개체를 관찰할 수 있을 정도의 안정적인 서식지가 확인되었다. 결과적으로 국내에 기수갈고동의 서식 범위는 위도상(E) 제주도(33° 13') ~ 강릉시(37° 37'), 경도상(N) 제주도(126° 38') ~ 울진군(129° 23') 범위에 서식하는 것으로 확인되었다(Figure 2). 최근 제주도를 포함하여 남해안과 동해안 일대 하천에서 추가적인 기수갈고동의 서식지가 확인되어 지속적인 연구가 필요하다.

기수갈고동의 서식지는 대부분 기수역 일대 하천 하류부

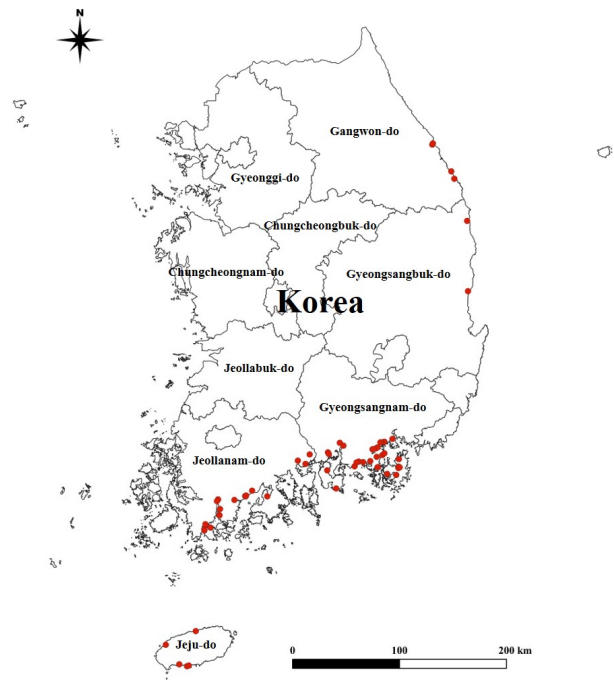


Figure 2. Distribution of *C. retropictus* in Korea

에 위치하며, 조수간만의 차에 의하여 염분 농도의 차이는 있으나 항시 해수의 영향을 받는 지역이다. 이러한 서식환경 특성에 의하여 기수갈고동이 서식하는 대부분의 하천은 식생이 빈약하였으며, 하천 하류에 위치하므로 대체로 다양한 인위적 교란에 의하여 간섭을 받고 있다. 하천의 식생 피복도는 낮아 개방수면이 비교적 높았고, 수심은 만조와 간조의 시기에 따라 차이가 있었으나, 간조 시 수심은 50 cm를 넘지 않았다.

### 3.2 서식환경

#### 1) 염분도 분석

염분도(‰)는 기수갈고동의 서식과 분포에 영향을 미치는 주요 인자이므로 가장 중점적으로 분석하고자 하였다. 수계는 함유하는 염분 농도에 따라 크게 담수 또는 기수, 해수로 구분하는데, 염분도에 따른 수역의 구분은 일반적으로 0.5‰ 이하를 담수, 35.0‰ 이상을 해수, 그 사이를 기수역으로 구분한다. 기수갈고동은 기수역 범위인 0 ~ 25‰ 범위에서 서식하는 것으로 보고되었는데(Kobayashi and Iwasaki, 2002; 이 등, 2018), 본 연구에서는 4개 대상 하천의 총 10개 지점에 대한 간조 및 만조의 염분도를 분석한 결과, 각각 0.7 ~ 16.6‰과 1.0 ~ 17.3‰로 분석되어 전체 염분도 범위는 0.7 ~ 17.3‰이었다. 이때 염분도는 지점간 차이가 다소 있었으나, 기수역에 해당하는 범위 내에 있었다(Figure 3).

연구대상 하천별 지점 간 비교 시 IG천은 간조 시 0.8 ~ 16.6‰, 만조 시 1.0 ~ 17.3‰이었으며, GH천은 간조 시 0.7 ~ 13.2‰, 만조 시 1.1 ~ 14.0‰로 측정되어 지점 간 차이가 다소 높았으나, 이는 IG천과 GH천의 상류 조사지

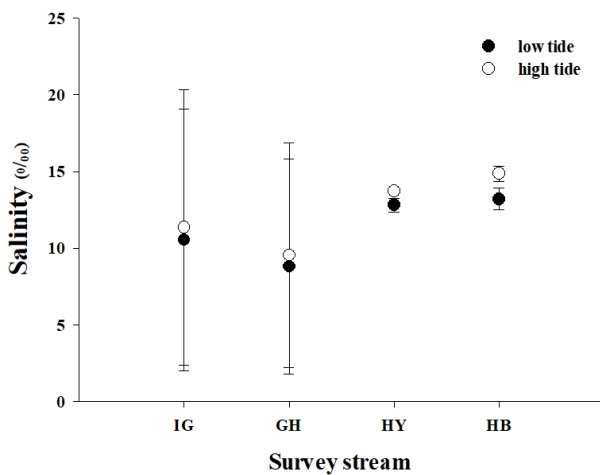


Figure 3. Salinity at low tide and high tide at survey sites in each stream

점이 담수역과 가까운 지역에 위치하여 이와 같은 결과가 나타났으며, 하류부로 갈수록 염분도가 높아지는 경향성을 나타내고 있었다. HY천과 HB천은 기수갈고둥이 서식하는 범위가 약 150 m 이하로 비교적 짧은 거리에서 서식하고 있어 전체 조사지점이 직접적인 해수의 영향을 받고 있었으며, HY천은 간조 시 12.5 ~ 13.1‰, 만조 시 13.6 ~ 13.8‰, HB천은 간조 시 12.7 ~ 13.7‰, 만조 시 14.5 ~ 15.2‰로 분석되어 염분도는 연구대상 하천별로 지점 간 차이는 거의 없는 것으로 확인되었다.

기수역의 염분도 변화는 조수간만의 차이에 따라 수체의 상·하운동으로 인하여 빈번하게 발생하므로 측정값은 변화 폭이 클 것으로 판단되고(Choi *et al.*, 2018), 기수역에 해당하는 범위뿐만 아니라, 기수지역과 인접한 담수지역에서도 기수갈고둥 서식이 가능하다는 것을 본 연구결과에서도 확인되었으나, 자연상태에서 담수지역에 서식하는 개체군은 제한적이다.

## 2) 하상재료 분석

하상재료는 큰돌 및 자갈에 붙어 서식하는 기수갈고둥의 생태적 특성(권 등, 2001; Noseworthy, 2012)으로 서식환경에 있어서 가장 중요한 항목 중 하나의 요소로 판단된다. 일반적으로 기수갈고둥은 하상에 고착하여 서식하는 무리로서 큰돌이나 자갈에 붙어서 부착조류 등을 섭식한다(Neritopsine Gastropods, 2010). 또한, 기수갈고둥은 하상에 알을 붙여 번식하는 생태적 습성이 있는데, 하상재료 구성은 개체수 밀도와도 직접적인 관련이 있다(이 등, 2018). 본 연구결과, IG천은 각 지점마다 상이하기는 하였으나, 최소 96.3%로 잔자갈(Gravel, 2 ~ 16 mm) 이상의 크기가 대부분이었으며, 하류부도 저층을 제외하면 대부분이 자갈의 구성비가 높았다. GH천 GH.1과 GH.2는 자갈(Pebble, 16 ~ 64 mm) 이상의 하상재료 구성비가 각각 62.7 %와 75.9 %이었으나, 최하류부에 위치한 GH.3는 자갈 이상의 구성비가 35.4%로 모래 및 니질(Sand/Silt, 2 mm 이하)이 차지하는 비율 64.7%보다 낮았다. HY천은 자갈 이상의 비

Table 2. Surface area(m<sup>2</sup>) and percentage(%) of substratum at survey sites of each stream

| IG        | IG.1                          |               | IG.2                          |               | IG.3                          |               |
|-----------|-------------------------------|---------------|-------------------------------|---------------|-------------------------------|---------------|
|           | Surface area(m <sup>2</sup> ) | Percentage(%) | Surface area(m <sup>2</sup> ) | Percentage(%) | Surface area(m <sup>2</sup> ) | Percentage(%) |
| Bedrock   | 0.599                         | 59.9          | -                             | -             | -                             | -             |
| Boulder   | 0.027                         | 2.7           | 0.186                         | 18.6          | 0.140                         | 14.0          |
| Pebble    | 0.003                         | 0.3           | 0.017                         | 1.7           | 0.082                         | 8.2           |
| Gravel    | 0.334                         | 33.4          | 0.797                         | 79.7          | 0.778                         | 77.8          |
| Sand/Silt | 0.036                         | 3.6           | -                             | -             | -                             | -             |
| GH        | GH.1                          |               | GH.2                          |               | GH.3                          |               |
|           | Surface area(m <sup>2</sup> ) | Percentage(%) | Surface area(m <sup>2</sup> ) | Percentage(%) | Surface area(m <sup>2</sup> ) | Percentage(%) |
| Bedrock   | 0.198                         | 19.8          | 0.132                         | 13.2          | -                             | -             |
| Boulder   | 0.382                         | 38.2          | 0.447                         | 44.7          | 0.289                         | 28.9          |
| Pebble    | 0.047                         | 4.7           | 0.180                         | 18.0          | 0.065                         | 6.5           |
| Sand/Silt | 0.372                         | 37.2          | 0.241                         | 24.1          | 0.647                         | 64.7          |
| HY        | HY.1                          |               | HY.2                          |               |                               |               |
|           | Surface area(m <sup>2</sup> ) | Percentage(%) | Surface area(m <sup>2</sup> ) | Percentage(%) |                               |               |
| Bedrock   | 0.361                         | 36.1          | -                             | -             |                               |               |
| Boulder   | 0.342                         | 34.2          | 0.448                         | 44.8          |                               |               |
| Pebble    | 0.153                         | 15.3          | 0.212                         | 21.2          |                               |               |
| Gravel    | 0.082                         | 8.2           | 0.111                         | 11.1          |                               |               |
| Sand/Silt | 0.062                         | 6.2           | 0.229                         | 22.9          |                               |               |
| HB        | HB.1                          |               | HB.2                          |               |                               |               |
|           | Surface area(m <sup>2</sup> ) | Percentage(%) | Surface area(m <sup>2</sup> ) | Percentage(%) |                               |               |
| Bedrock   | 0.045                         | 4.5           | -                             | -             |                               |               |
| Boulder   | 0.172                         | 17.2          | 0.294                         | 29.4          |                               |               |
| Pebble    | 0.033                         | 3.3           | 0.087                         | 8.7           |                               |               |
| Sand/Silt | 0.750                         | 75.0          | 0.619                         | 61.9          |                               |               |



율이 지점별로 85.6%와 66.0%이었으며, HB천은 상기 전술한 3개 하천과 달리 두 지점에서 각각 75.0%와 61.9%의 비율로 모래 및 니질이 차지하는 비율이 높았다(Table 4). 전체 연구대상 하천의 하상재료 분석 결과, 하천별 하상재료의 구성에는 다소 차이가 존재하나, 대부분 자갈 이상의 구성비가 높게 나타났으며, 특히적으로 HB천 전체 지점과 GH.3에서만 모래 및 니질의 비율이 높았다.

본 연구에서 하상재료를 분석한 결과, 기수갈고동의 개체 밀도가 높은 지역에서는 모래와 니질 같은 세립형 보다는 자갈, 잔자갈, 호박돌 면적이 높은 지역에 개체밀도가 높았다. 반면에 개체밀도가 낮은 GH.3과 HB천의 2개 지점은 세립형 하상재료의 비율이 비교적 높았는데, 이는 기수갈고동의 먹이인 부착조류가 크기가 큰 하상재료에 비하여 상대적으로 적은 것이 주요 원인으로 판단된다. 또한, 하상재료 간의 공극이 클수록 기수갈고동이 은신할 수 있는 장소(Duan *et al.*, 2008)가 많아서 포식자로부터 피난처의 역할도 동시에 갖는다(Hitomi and Keiji, 2014). 따라서, 물의 흐름이 구조물에 의하여 차단되는 닫힌 하구에서는 세립형의 하상재료가 퇴적되고, 염분의 변화에 따른 먹이원의 변화가 발생한다. 따라서 기수갈고동의 번식, 섭식, 은신처 등 생활사 전반에 걸쳐 제한요인이 발생하여 기수갈고동의 개체군을 유지하기에는 어려울 것으로 판단된다.

### 3.3 군집 및 생태학적 특성

#### 1) 개체크기 분석

IG천에서의 기수갈고동 개체크기는 2.58 ~ 13.85 mm의 범위에 있었으며 평균  $8.66(\pm 2.77)$  mm이었다. 지점 별 평균 개체크기는 IG.1이  $11.75(\pm 1.01)$  mm, IG.2가  $8.55(\pm 0.99)$

mm, IG.3이  $5.71(\pm 1.66)$  mm로 측정되어 지점별 개체크기는 유의한 차이가 있었다( $F=172.69$ ,  $p<0.01$ ,  $n=90$ , post hoc LSD test, Table 3). GH천의 개체크기는 3.44 ~ 18.14 mm의 범위로 측정되었으며, 평균  $12.07(\pm 4.10)$  mm로 나타났다. 지점 별 평균 개체크기는 GH.1이  $14.94(\pm 1.41)$  mm, GH.2가  $13.74(\pm 2.17)$  mm, GH.3이  $7.53(\pm 3.50)$  mm으로 측정되어 GH.3은 GH.1과 GH.2에 비하여 유의하게 작았다( $F=74.82$ ,  $p<0.01$ ,  $n=90$ , post hoc LSD test, Table 3). HY천의 개체크기는 8.90 ~ 17.83 mm의 범위로 측정되었으며, 평균  $12.98(\pm 2.08)$  mm이었다. 평균 개체크기는 HY.1이  $13.75(\pm 2.21)$  mm, HY.2가  $12.21(\pm 1.66)$  mm으로 측정되어 HY.1이 HY.2에 비하여 크게 관찰되었다( $t=3.06$ ,  $p=0.03$ ,  $n=60$ , t-test, Table 3). HB천의 개체크기는 5.43 ~ 12.21 mm의 범위로 측정되었으며, 평균  $9.67(\pm 1.32)$  mm이었다. 평균 개체크기는 HB.1이  $9.35(\pm 1.37)$  mm, HB.2가  $9.99(\pm 1.20)$  mm으로 측정되어 조사지점 간 유의한 차이는 없었다( $t=-1.903$ ,  $p=0.53$ ,  $n=60$ , t-test, Table 3).

본 연구에서 각경 측정 결과 IG와 GH, HY 하천은 하천 상류로 갈수록 평균 각경크기가 커지는 경향이 있었고, 이에 따라 전체 개체크기가 증가하는 것으로 조사되었다. 반면, HB천은 지점별 평균 각경의 크기가 유사하였는데, 서식 구간이 상류로부터 약 50 m로 짧았기 때문에 판단된다(Figure 4). 이는 본 하천이 화산섬인 제주도의 특성상 강우량이 많은 기간을 제외하면 서식지 상류부가 건습화되면서 전체적인 서식면적이 감소한 것으로 판단된다. 기수갈고동은 건습화에 따른 유량 감소 또는 높은 수중보에 의하여 발생하는 유속의 변화와 낙차, 염분농도 등 이화학적 인 요인의 급격한 변화가 일어나는 환경에서는 서식범위에

Table 3. Mean body length(cm) of *C. retropictus* with standard deviations and ranges in each survey stream

| Stream | Body length (cm) | IG.1 (a)                      | IG.2 (b)                     | IG.3 (c)                     | F or t | p     |
|--------|------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------|-------|
| IG     | Mean $\pm$ SD    | $11.75 \pm 1.01$ bc<br>(n=30) | $8.54 \pm 0.98$ ac<br>(n=30) | $5.71 \pm 1.65$ ab<br>(n=30) | 172.69 | <0.01 |
|        | Range            | 9.46 ~ 13.85                  | 6.02 ~ 10.44                 | 2.58 ~ 9.09                  |        |       |
| Stream | Body length (cm) | GH.1 (a)                      | GH.2 (b)                     | GH.3 (c)                     | F or t | p     |
| GH     | Mean $\pm$ SD    | $14.94 \pm 1.41$ c<br>(n=30)  | $13.74 \pm 2.17$ c<br>(n=30) | $7.53 \pm 3.50$ ab<br>(n=30) | 74.82  | <0.01 |
|        | Range            | 11.74 ~ 17.11                 | 10.31 ~ 18.14                | 3.44 ~ 15.16                 |        |       |
| Stream | Body length (cm) | HY.1 (a)                      | HY.2 (b)                     | —                            | F or t | p     |
| HY     | Mean $\pm$ SD    | $13.75 \pm 2.21$<br>(n=30)    | $12.21 \pm 1.65$<br>(n=30)   | —                            | 3.06   | <0.03 |
|        | Range            | 9.97 ~ 17.83                  | 8.90 ~ 16.22                 | —                            |        |       |
| Stream | Body length (cm) | HB.1 (a)                      | HB.2 (b)                     | —                            | F or t | p     |
| HB     | Mean $\pm$ SD    | $9.35 \pm 1.37$<br>(n=30)     | $9.99 \pm 1.19$<br>(n=30)    | —                            | -1.93  | <0.58 |
|        | Range            | 5.43 ~ 11.50                  | 7.54 ~ 12.21                 | —                            |        |       |

\* One-way ANOVA test was performed to examine differences among stations at IG and GH, and T-test was performed to examine differences between station at HY and HB.

\* a, b, and c indicate which values differed from each other significantly via *post hoc* LSD test

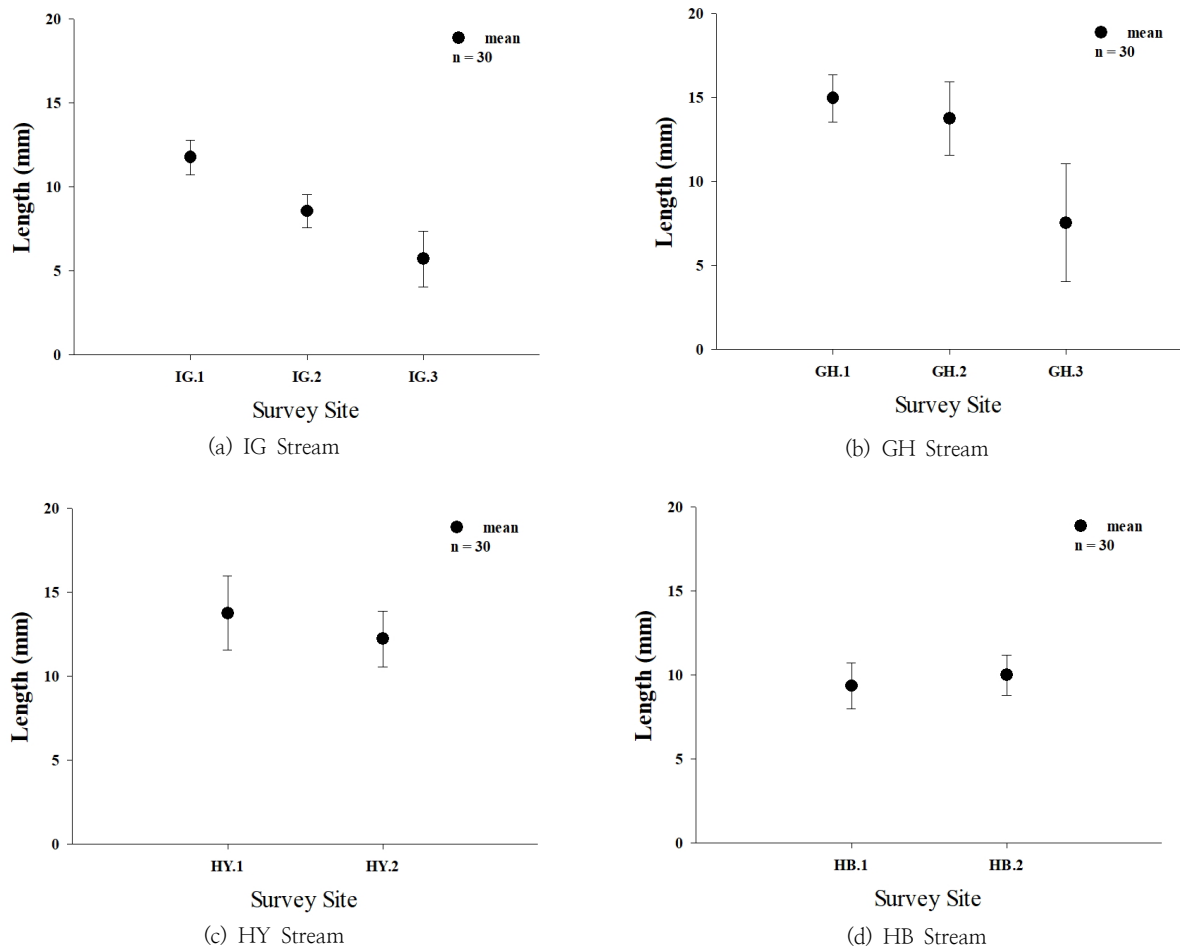


Figure 4. The mean size of *C. retropictus* with standard deviation (error bar) in each site of four survey streams

제한을 받는 것으로 판단된다. 기수갈고둥이 서식하는 하구역의 특성상 주기적으로 수위가 변동되고, 강우량이 많은 시기에는 유속이 큰 폭으로 증가하여 서식지에 큰 변화가 발생하기 때문에 담수산 복족류와 비교하여 기수갈고둥은 상대적으로 서식범위가 좁다. 따라서 이동성은 낮지만, 지속적으로 상류방향으로 이동하는 경향이 있는 것으로 판단되고, 이는 개체군 유지를 위한 전략의 하나로 생각된다.

## 2) 개체밀도 분석

연구대상 하천의 개체밀도를 분석한 결과, 크게 두가지 형태로 나타났다. 먼저 IG천과 GH천의 경우, 지점별 개체밀도의 차이는 존재하였으나, 최하류부에 위치한 지점은 상류부에 위치한 지점보다 계절과 상관없이 개체밀도가 매우 낮았다. 이는 최하류부 지점이 상류에 위치한 지점들보다 염분에 노출되는 시간이 상대적으로 길고, 염분 내성 한계점에 서식하기 때문으로 판단된다. 한편 하천의 연장이 짧은 HY천과 HB천은 각 조사지점에서 계절 별 및 지점별 개체밀도는 거의 유사하였다. 이는 앞서 전술한 두 개의 하천과 반대로 기수갈고둥이 서식하는 하천 연장이 비교적 짧은 지점 간 거리가 매우 가까움에 따라 해수의 영향을 받는 시간이 유사하여 이와 같은 결과가 나타난 것으로 판단

된다. 그러나, 각 하천의 동계조사 결과는 개체밀도의 차이는 있으나, 전체적으로 감소하는 것으로 나타났다. 이는 겨울철 암반, 호박돌 등 하상재료 밑바닥에서 움직임을 최소화하며 붙어 있는 생활특성 등이 주요 요인으로 판단된다 (Figure 5).

결과적으로 기수갈고둥은 돌에 붙어서 부착조류를 먹이원으로 섭식하며 생활하는데, 동계 시기에는 결빙 등으로 인한 생활조건이 불리해져 돌이나 암석의 바닥부분으로 이동하여 은신하고, 활동을 거의 하지 않는 상태를 유지한다. 이러한 행동을 하는 기간을 제외하고 각 하천에서 서식하는 기수갈고둥의 개체밀도는 지점별로 염분에 대한 내성이 있어 비슷한 수준의 밀도로 확인이 되지만, 하류부의 개체군은 염분, 하상재료의 구성 등 이화학적 환경요인으로 인하여 개체군 규모 및 개체크기가 작아지는 요인으로 판단된다. 그러나, 연장이 짧은 하천은 염분농도와 염분 노출 시간 등이 비슷하여 상·하류 간의 개체크기 및 개체밀도가 유사한 것으로 판단된다.

## 3) 이동거리 분석

전체 연구대상 하천에서 이동거리 분석 결과, 방사 1일 경과 후는 대부분의 지점에서 재포획된 개체 중 90% 이상

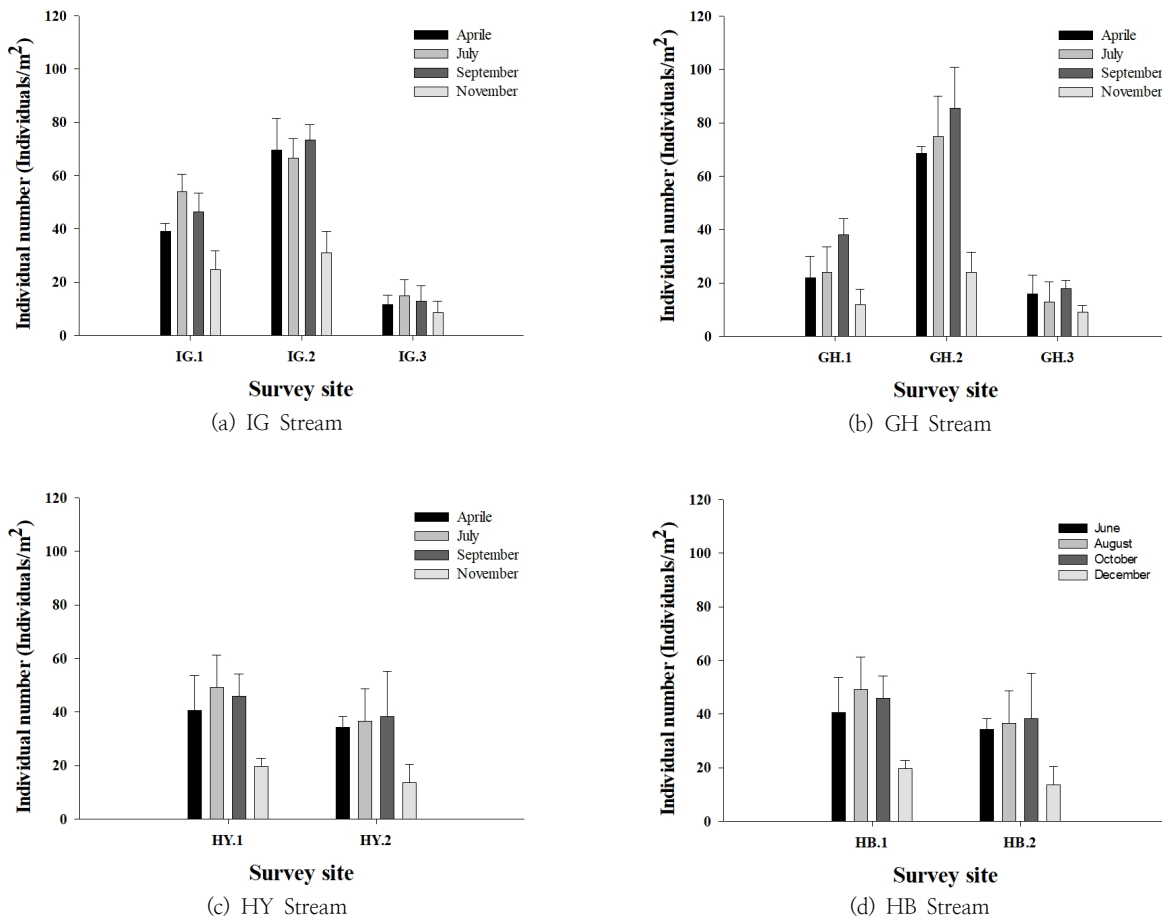


Figure 5. The abundance(individuals/m<sup>2</sup>) of *C. retropictus* by season in each site of four survey streams. Data are given as arithmetic means with standard deviation

이 2.00 m 미만을 이동하였다. 10% 미만의 개체가 2.00 m 이상 산발적인 이동거리를 나타냈으며 가장 많은 거리를 이동한 개체는 3.87 m를 이동하였다. 방사 7일 경과 후부터는 재포획율이 64.0 ~ 80.0%으로 다소 낮아졌다. 재포획된 개체 중 이동거리는 12.00 m 범위까지 이동하였고 가장 많은 거리를 이동한 개체는 12.54 m를 이동하였다. 6.00 m 이상 비교적 긴 거리를 이동한 개체의 비율은 하천별 5.0% 미만으로 확인되었으며, 대부분의 개체가 0.00 ~ 3.99 m 범위를 이동하였다. 방사 21일 경과 후 재포획율이 41.0 ~ 69.0%으로 1일 및 7일 경과 후 보다 낮아졌으나, 재포획된 개체 중 이동거리는 17.00 m 범위까지 이동하여 긴 거리를 이동한 개체의 비율이 비교적 높았다. 가장 긴 거리를 이동한 개체는 17.69 m이었고, 대부분의 개체는 이동거리가 5.99 m 이내 분포하였으며, 6.00 ~ 17.99 m 범위에서도 산발적으로 분포하였다.

하천의 계절별 이동거리 분석은 방사 1일 및 7일 경과 후 계절별로 유의한 차이가 없어 방사 21일 후 이동거리를 하천별로 분석하였다. 그 결과, IG천( $F=9.74$ ,  $p<0.01$ ,  $n=702$ , post hoc LSD test)과 HY천( $F=4.27$ ,  $p<0.05$ ,  $n=654$ , post hoc LSD test)은 동계에 다른 계절에 비해 이동거리가 유의하게 짧았다. GH천에서는 추계에 방사

한 기수갈고동이 동계보다 유의하게 긴 거리를 이동했으나 춘계와 하계, 동계 간에 유의한 차이는 없었다( $F=1.70$ ,  $p=0.165$ ,  $n=447$ , post hoc LSD test). HB천에서는 방사한 시기 간과 이동거리에 있어서 유의한 차이는 없었다( $F=0.68$ ,  $p=0.559$ ,  $n=518$ , post hoc LSD test)(Table 4).

본 연구 결과, 계절변화에 따른 기수갈고동의 이동거리 변화는 두 가지로 구분되었다. 먼저 동계의 경우 전체 조사 대상 하천에서 최대 5 m 범위 내로 짧았으며, 대부분의 개체가 0 ~ 2.99 m 범위 내 분포하여 다른 계절에 비해 활동성이 매우 낮아지는 것을 확인하였다. 한편, 나머지 계절에 이동거리가 시간이 지날수록 통계적으로 유의한 값으로 나타난 IG천과 HY천 그룹과 유의한 차이가 거의 없는 GH천과 HB천 그룹으로 구분되었다. 먼저 IG천과 HY천 그룹은 개체군이 이동할 수 있는 서식공간 즉, 수폭이 GH천과 HB천 그룹에 비하여 넓었다. IG천과 HY천은 수폭이 계절에 따라 다소 차이가 있으나 8 ~ 15 m를 유지하고 있었으나, GH천과 HB천은 1 m 미만에서 최대 3 m로 IG천과 HY천에 비하여 상대적으로 좁았다. 물이 없으면 서식할 수 없는 기수갈고동의 특성상 수계 표면적이 이동거리에 영향을 있을 것으로 판단된다.



Table 4. Comparisons of the proportion of moving distance of released *C. retropictus* by season

| Stream | Aprile<br>(a)                 | July<br>(b)                   | September<br>(c)              | November<br>(d)                | F    | p     |
|--------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|--------------------------------|------|-------|
| IG     | 2.14±2.45d<br>(0 ~ 15, n=166) | 2.07±2.30d<br>(0 ~ 16, n=203) | 2.32±2.4d<br>(0 ~ 18, n=181)  | 1.13±0.40abc<br>(0 ~ 3, n=152) | 9.74 | <0.01 |
| GH     | 1.52±1.44<br>(0 ~ 11, n=182)  | 1.55±1.85<br>(0 ~ 14, n=170)  | 1.69±1.65d<br>(0 ~ 15, n=168) | 1.30±0.62c<br>(0 ~ 4, n=134)   | 1.70 | 0.165 |
| HY     | 2.06±1.31d<br>(0 ~ 11, n=112) | 2.45±2.75d<br>(0 ~ 16, n=107) | 2.24±2.84d<br>(0 ~ 18, n=124) | 1.41±0.77abc<br>(0 ~ 4, n=104) | 4.27 | <0.05 |
| Stream | June<br>(a)                   | August<br>(b)                 | October<br>(c)                | December<br>(d)                | F    | p     |
| HB     | 1.17±0.56<br>(0 ~ 5, n=141)   | 1.28±1.01<br>(0 ~ 9, n=138)   | 1.25±0.64<br>(0 ~ 5, n=139)   | 1.22±0.48<br>(0 ~ 3, n=100)    | 0.68 | 0.559 |

\* a, b, c and d indicate which values differed from each other significantly via post hoc LSD test

#### 4. 결 론

우리나라에서 기수갈고둥 분포는 국지적으로 관찰되었으나, 국립생태원, 하구역 정밀조사 등을 통하여 서식지가 추가되었다. 본 연구를 통하여 기존에 밝혀진 남해안, 제주도 지역 외 동해안과 제주도 일부 서식지를 추가적으로 확인하였다. 기수역에 주로 서식하는 기수갈고둥은 조수간만의 차이로 수위가 상하운동을 하는 기수역의 물리적 특성상 염분에 있어서 광범위한 가진다는 것으로 확인되었다. 그러나, 바다와 가까워질수록 높아지는 염분도에 의하여 서식한 계절에 서식하는 개체군은 개체밀도가 낮아지고 개체크기가 작아지며, 상대적으로 염분도가 낮아질수록 개체크기가 커지는 경향성을 보여 지속적으로 상류로 이동하려는 경향이 있을 것으로 판단된다. 하상재료는 기수갈고둥의 서식조건에 있어서 매우 중요한 역할을 하는 것을 확인되었다. 특히, 하상재료는 섭식, 산란, 은신 등을 위한 중요한 요인으로 판단되고, 하상재료의 구성에 따라 개체군의 밀도, 개체크기 등의 변화에 영향을 주는 것으로 판단된다. 기수갈고둥은 강우 등과 같은 급격한 물리적 환경이 변화하지 않을 경우, 이동거리를 포함한 활동영역이 1.00 m 이내에서 약 20.00 m 이내로 매우 협소한 활동권을 가지고 있었다. 학술적으로 기초적인 서식지 유형 및 행동생태에 대한 연구가 필요한 상황이다. 기수갈고둥이 서식하는 하천에서 인위적인 간섭에 따른 물리적 환경변화가 발생할 경우, 개체군 감소 및 서식 환경요인에 직접적인 영향을 미칠 수 있다. 따라서 본 종은 개발행위 등 인위적인 환경변화에 따른 체계적인 보존 및 관리를 위하여 지속적이고 다양한 방법의 연구가 필요하다.

#### References

- Batzer, D. P., and Sharitz, R. R. (Eds.). (2014). Ecology of freshwater and estuarine wetlands. Univ of California Press.
- Choi, S. D., Myeong, N. Y., Choi, S. M., Lee, C., and An, Y. K. (2018). Protection and Preservation of *Clithon retropictus*, Level II Endangered Species Declining due to Development Projects Carried out in its Habitat. Korean Journal of Environmental Biology, 36(2), 174–179. <https://doi.org/10.11626/KJEB.2018.36.2.174>
- Furujo, Y., and Tomiyama, K. (2000). Distribution and microhabitat of coexisting two freshwater snail species, *Semisulcospira libertina* (Gould)(Prosobranchia: Pleuroceridae) and *Clithon retropictus* (Martens) (Prosobranchia: Neritidae). Japanese Journal of Malacology (Japan).
- Hirata, T., Nishiwaki, S., Ueda, H., Tsuchiya, Y., Sato, T. (1992). Seasonal changes in moving activity of *Clithon retropictus* (Prosobranchia: Neritidae). Venus, 51, 57–66.
- Hirata, T., Ueda, H., Tsuchiya, Y., Sato, T., and Nishiwaki, S. (1999). Distribution of *Clithon retropictus* (Gastropoda: Neritidae) and environmental conditions in the rivers of Izu Peninsula. Memoirs of Faculty of Education and Human Science of Yamanashi University, 1, 24–30.
- Hirata, T., Nishiwaki, S., Ueda, H., Tsuchiya, Y., Sato, T. (2000). Monthly changes in the number of spermatophores in the bursa copulatrix of *Clithon retropictus* (Gastropoda: Neritidae). Memoirs of Faculty of Education and Human Science of Yamanashi University 1: 28–34.
- Hirata, T., Nishiwaki, S., Ueda, H., Tsuchiya, Y., and Sato, T. (2001). Salt tolerance in the brackish and freshwater snail, *Clithon retropictus* (Gastropoda: Neritidae). Memoirs of Faculty of Education and Human Science of Yamanashi University, 2, 20–28.
- Hitomi, M., and Keiji, W. (2014). Spatial distribution in relation to life history in the neritid gastropod *Clithon retropictus* in the Kanzaki River Estuary, Osaka, Japan. Plankton and Benthos Research, 9(4), 207–216. <https://doi.org/10.3800/pbr.9.207>
- Jang, S. G., Cheong, C. J. (2010). Seasonal Characteristics of Seawater Quality in the Suncheon Bay. Journal of

- Wetlands Research, 12(2), 47–57.
- Kobayashi, S., and Iwasaki, K. (2002). Distribution and spatio-temporal variation in the population structure of the fluvial neritid gastropod *Clithon retropictus*. Benthos Research, 57(2), 91–101. [https://doi.org/10.5179/benthos1996.57.2\\_91](https://doi.org/10.5179/benthos1996.57.2_91)
- Lee, S. D., Kim, M. J., Kim, J. S. (2018). Ecological Characteristic of *Clithon retropictus* inhabiting in Yeoncho River in Southern Coastal Area. Korean journal of environment and ecology, 32(6), 591–602. <https://doi.org/10.13047/KJEE.2018.32.6.591>
- Nishiwaki, S. Hirata, T., Ueda, H., Tsuchiya, Y., Sato, T. (1991). Egg-laying season and monthly change in egg capsule production of *Clithon retropictus* (Prosobranchia: Neritidae) in the Naka River of Izu Peninsula. Venus, 50, 197–201.
- Nishiwaki, S. (1996) Ishimakigai [*Clithon retropictus* (Martens, 1879)]. In: Nihon no kishou na yasei seibutsu ni kansuru kisoshiryo (III) [Basic data on rare wild aquatic organisms in Japan (III)] (ed Japanese Fishing Agency). Japan Fisheries Resource Conservation Association, Tokyo, pp. 3–7.
- Noseworthy, R. G., Mondol, M. R., Ju, S. J., and Choi, K. S. (2012). The occurrence of *Clithon retropictus* (von Martens in Kobelt, 1879, Gastropoda: Neritidae) in Jeju Island, Republic of Korea. The Korean Journal of Malacology, 28(2), 81–90. <https://doi.org/10.9710/kjm.2012.28.2.081>
- Noseworthy, R. G., Lee, H. J., and Choi, K. S. (2013). The occurrence of *Clithon retropictus* (v. Martens, 1879)(Gastropoda: Neritidae) in an unusual habitat, northern Jeju Island, Republic of Korea. Ocean Science Journal, 48(3), 259–262. <https://doi.org/10.1007/s12601-013-0023-2>
- Ohara, T., and Tomiyama, K. (2000). Niche segregation of coexisting two freshwater snail species, *Semisulcospira libertina* (Gould)(Prosobranchia: Pleuroceridae) and *Clithon retropictus* (Martens)(Prosobranchia: Neritidae). Japanese Journal of Malacology (Japan). doi.org/10.18941/venusjkm.59.2\_135
- Ondo, Y., and Nakamoto, Y. (1964). Ecological studies on the natural population of a snail, *Clithon retropictus* (Martens). Physiology and Ecology, 12, 45–54.
- Park, S. Y., Lee, j. y., Choi, J. U., Heo, N. W., An, S. M. (2016). Study on the Long-term Changes in Water Quality and Benthic Ecology and Evaluation on Effect of the Barrage in Nakdong River Estuary. Journal of Wetlands Research, 18(1), 58–67. <https://doi.org/10.17663/JWR.2016.18.1.058>
- Park, S. Y., Patnaik, B. B., Kang, S. W., Hwang, H. J., Chung, J. M., Song, D. K., ... and Kim, C. (2016). Transcriptomic analysis of the endangered Neritid species *Clithon retropictus*: De novo assembly, functional annotation, and marker discovery. Genes, 7(7), 35. <https://doi.org/10.3390/genes7070035>
- Shigemiya, Y., and Kato, M. (2001). Age distribution, growth, and lifetime copulation frequency of a freshwater snail, *Clithon retropictus* (Neritidae). Population Ecology, 43(2), 133–140. <https://doi.org/10.1007/PL00012024>
- Tiner, R. W. (2016). Wetland indicators: A guide to wetland formation, identification, delineation, classification, and mapping. Crc Press.
- Yoo, Y. J., Kim, S. J. (2019). Analysis of the Characteristics of Water Quality Difference Occurring between High Tide and Low Tide in Masan Bay. Journal of Wetlands Research, 21(2), 102–113. <https://doi.org/10.17663/JWR.2019.21.2.102>
- Williams, M. (1990). Wetlands: A Threatened Landscape. Neritopsine Gastropods. (2010). <http://meritopsine.lifedesks.org/taxa>
- Ministry of Environment. (2021). <http://www.me.go.kr/>
- World Register of Marine Species. (2020). <http://www.marinespecies.org/>