



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

교육학석사학위논문

제주도롱뇽(*Hynobius quepaertensis*)  
수컷 크기에 따른 짝짓기행동의 분석

송 보 배

강원대학교 교육대학원

생물교육전공

2011년 2월



박 대 식 교 수 지 도  
교육학석사학위논문

제주도롱뇽(*Hynobius quepaertensis*)  
수컷 크기에 따른 짝짓기행동의 분석

Mating Behavior of *Hynobius quepaertensis*  
: Analysis by the Male Size

강원대학교 교육대학원

생물교육전공

송 보 배

송보배의 석사 학위논문을  
합격으로 판정함

2010년 12월

주 심 남 상 욱 인

부 심 조 희 형 인

부 심 박 대 식 인

# 제주도롱뇽(*Hynobius quepaertensis*) 수컷 크기에 대한 짝짓기행동의 분석

송보배

강원대학교 교육대학원 생물교육전공

잘 알려져 있지 않은 제주도롱뇽(*Hynobius quepaertensis*)의 번식행동을 규명하고자, 실험실에서 제주도롱뇽들을 짝짓기를 시켰다. 성공적으로 짝짓기가 이루어진 11 경우에 대하여, 그들의 짝짓기 행동을 구애, 경쟁, 수정행동으로 구분하여 정량적으로 분석하였다. 구애 행동에서 수컷들은 짝짓기 전 기간에 걸쳐 지속적으로 약 0.75 Hz의 빈도로 몸통 흔들기(body undulation)를 하였고, 암컷이 알을 붙일 수 있는 나뭇가지 위 보다는 땅 위에서, 큰 수컷이 작은 수컷보다 더 많은 몸통흔들기를 수행하였다. 암컷들은 수컷의 몸통 흔들기에 반응하여 접근하는데, 산란이 임박한 10분 전, 주로 큰 수컷에 반응하였고, 암수간의 접촉은 배설강부분이 제일 많았다. 수컷 사이의 경쟁행동에서는 큰 수컷이 작은 수컷보다 더 많이 물었고, 몸의 부위 중 꼬리를 가장 많이 물었다. 수컷의 꼬리치기(tail undulation)행동은 다른 수컷을 물기 전에 주로 관찰되었다. 상대 수컷의 몸통흔들기에 대한 반응(머리돌림, 접근, 접촉)은 작은 수컷이 더 많았다. 수정행동에서 알을 붙이는 나무로의 접근은 산란 전 10분, 수컷 모두 없을 때가 가장 많았다. 관찰된 11쌍의 짝짓기 중 한 쌍에서만 작은 수컷 혼자서 알을 수정 하였고, 나머지 경우에는 큰 수컷과 작은 수컷이 함께 수정 하였다. 이러한 결과들은 제주도롱뇽의 번식에 있어서 수컷의 몸통 흔들기가 개체 간 상호작용에 있어서 중요한 역할을 담당하고 있으며, 꼬리치기는 수컷사이의 경쟁의 수단으로 이용되는 것을 보여준다. 더불어서, 다중수정(multiple fertilization)이 높은 빈도로 일어나는 것을 보여준다.

# 목 차

I. 서 론 .....	1
II. 재료 및 방법 .....	3
1. 도롱뇽의 채집 및 관리 .....	3
2. 짝짓기 행동실험 .....	3
3. 자료의 분석 .....	4
4. 통계처리.....	5
III. 결 과.....	6
1. 구애행동 .....	6
2. 경쟁행동 .....	9
3. 수정행동 .....	11
IV. 고 찰 .....	12
V. 참고문헌.....	15

## 그림목차

Fig. 1. The number of touching females by large and small males.....	7
Fig. 2. The number of touching males by females .....	7
Fig. 3. The number of touch between males and females .....	8
Fig. 4. The number of the body undulations executed by large and small males on a twig and on the ground .....	8
Fig. 5. Female response to the body undulation of large and small males .....	9
Fig. 6. The number of biting between males .....	10
Fig. 7. The number of tail vibration by large and small males .....	10
Fig. 8. The number of touching a twig by females .....	11



# I. 서 론

현재 기후변화, 삼림파괴, 오염, 외래종의 유입 등 환경문제로 인해 세계적으로 양서류 감소가 일어나고 있다. 유미양서류인 도롱뇽 종들에 대한 행동학적, 생태학적 이해는 성공적으로 종들을 보존하고, 복구시키기 위한 주요 요인이지만(Sung et al., 2005), 이러한 연구는 많은 종에서 수행되어 있지 않다.

대부분의 유미 양서류는 수컷이 정포낭을 바닥에 놓으면 암컷이 총배설관을 이용하여 몸의 내부로 정포낭을 흡입하여 체내수정을 한다(David, 2003). 원시도롱뇽인 Cryptobranchidae(Sato, 1992)와 이끼도롱뇽(*Karsenia coreana*; Min et al., 2005)을 제외한 한국 내에 서식하는 모든 도롱뇽(Hynobiidae)은 암컷이 알이 담긴 알주머니를 놓으면 수컷들은 정자를 뿌리는 체외수정을 한다(Park and Park, 2000). 이 때문에 수정과정에서 암컷 알주머니를 두고 수컷들 사이에서 쟁탈경쟁이 일어난다고 한다(Well, 1977).

도롱뇽과에 속하는 도롱뇽들 중 일본의 *Hynobius retardatus*(Sato., 1992)와 *Hynobius nigrescens*(hasumi., 1994)의 번식행동이 연구된 바 있고, 국내에 사는 도롱뇽(*H. leechii*)과 고리도롱뇽(*H. yangi*)의 번식행동에 대해 실험실과 야외에서 관찰이 이루어 졌다(Park and Park., 2000; Kim et al., 2009). 최근에 실험실 내에서 도롱뇽(*H. leechii*, *H. yangi*)의 짝짓기의 진행에 따라 나타나는 번식행동들의 정량적 분석이 상세하게 이루어졌으며, 이들의 번식행동은 크게 암컷에 대한 수컷의 구애행동(몸통흔들기, 접촉, 모형 도롱뇽의 물결진동에 대한 암컷의 반응), 수컷 간 경쟁행동(물기, 꼬리치기, 수컷사이의 접촉), 암컷이 낳은 알의 수정행동(암컷의 나무로의 접근, 수정)으로 구분할 수 있었다(Kim et al., 2009; 박, 2010).

제주 도롱뇽(*Hynobius quelpaertensis*)은 한국 특산종으로 제주도에만 서식하는 것으로 보고되어 오다가 Yang 등(1997)에 의하여 제주도를 포함한 서, 남해안 주변의 일부 섬과 반도에도 서식함이 확인되었다. 제주 도롱뇽의 외형은 도롱뇽(*H. leechii*)과 매우 유사하여 구별이 어렵다. 본 종의 서개구치는 평균 36~42개로 도롱뇽에 비하여 그 수가 많은 것이 특징적이고. 골격형태에 대한 통계분석 결과 도롱뇽과 유의한 차이가 발견된바 있다(김과 송, 2010). 이러한 제주도롱뇽을 성공적으로 보존하기 위해서는 생태와 서식환경의 조사 및 번식행동에 대한 이해가 먼저 이루어져야 한다. 그러나 이들의 상세한 번식행동에 대해서는 잘 알려져 있지 않다.

본 연구에서는 제주도롱뇽의 번식행동을 실험실에서 정략적으로 분석하고자 하였다. 분석 내용으로는 수컷의 몸통흔들기 행동, 꼬리치기 행동, 이러한 행동들에 대한 수컷과 암컷의 반응을 기록하였으며, 알을 수정시키는 행동들에 대해서도 상세하게 기록하고자 하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 도롱뇽의 채집 및 관리

2009년 2월 16일부터 2월 17일까지, 제주도 동백동산(조천읍 선흘리)에서, 노루생태관찰원(조천읍 봉개 명도암 방면), 빌레못(애월읍 어음리)에서 제주도도롱뇽을 채집하였다. 채집된 도롱뇽은 총 61수컷 마리, 암컷 29마리로 채집 후에 실험실에서 배설강의 부푼 정도에 따라 암수를 구분하였다.

실험실에서 채집 장소를 고려하여 암컷의 경우 각각의 통(15.5cm × 8cm × 4.5cm)에 1마리씩 분리하고, 수컷의 경우 통(30cm × 18cm × 8cm)에 약 15마리를 넘지 않도록 하여 바닥에는 자갈과 모래를 비스듬히 깔아주어 도롱뇽들이 육상으로 올라올 수 있게 만들어 주었다. 또한 채집 시 채집지로부터 가져 온 물(약 1cm의 깊이)과 은신 할 수 있는 나뭇잎을 넣어 냉장고에 보관 하였다. 냉장고의 온도는 10-12℃, 밤낮주기 12D:12L상태로 보관 하였다. 도롱뇽이 담겨있던 물은 2-3일에 1회 1/2물의 양을 하루나 이틀 전에 미리 받아 두었던 수돗물로 갈아주었으며, 먹이로는 실지렁이를 공급하였다.

짜짓기 실험에 이용된 개체들은 시작 전에 암컷의 부른 배와 알주머니의 위치, 수컷의 넓은 꼬리, 배설강의 부푼 정도에 근거하여 이들이 번식상태에 있음을 확인한 후 이용하였다.

### 2. 짜짓기 행동실험

본 실험은 2009년 2월 23일부터 3월 30일까지 실험실 내에서 수행되었다. 실험에 사용된 개체들은 암컷 11마리, 수컷 22마리를 사용하였다. 채집한 암컷과 수컷으로, 한 마리 암컷과 두 마리의 수컷으로 짝을 지어 실험을 수행하였다. 본 실험은 소형 수조(가로 32.0cm × 세로 19.5cm × 높이 22.5cm)를 이용하였는데, 수조의 바닥에는 약 1cm 깊이로 고운 모래를 깔고, 물은 5cm 깊이로 담았다. 산란 시 암컷들이 알을 붙일 수 있도록 수조 가운데 12cm의 나무 막대기 두 개를 붙여 “^”자형(높이 6cm) 으로 만들어 수조의 가로 방향 중앙에 고정시켰다. 나무 막대기의 대부분은 물속에 잠겼으며, 중앙 부분의 약 1cm정도가 수면위로 노출되었다. 수조에 담긴 물은 하루나 이틀 전에 미리 받아 두었던 수돗물을 사용하였다. 실험에 앞서 수조에서 약 30cm 높이에 디지털 비디오카메라를 설치(모델명 DCR-SR65, SONY HANDYCAM)하고 크기가 서로 다른 수컷 두 마리(전체길이 차이 1cm

이상)와 산란이 임박한 암컷 1마리(11개의 실험세트)를 함께 수조에 넣었다. 산란이 임박한 암컷의 경우 등위에서 개체를 바라볼 때, 알이 커짐에 따라서 수란관이 등 쪽으로 확장하여, 흰색으로 드러나게 되는데(Kim et al., 2009), 이를 근거로 선별하였다. 도롱뇽들을 투입한 직후부터, 도롱뇽들의 모든 행동은 설치된 디지털 비디오카메라를 이용하여 녹화하였다. 성공적으로 산란이 이루어진 경우 암컷과 수컷들을 MS-222 용액에 약 10분 동안 마취시키고 도롱뇽의 신체적 특징으로 Total Length(TL), Snout-vent Length(SVL), Head Length(HL), Head Width(HW), Tail Width(TAW), Body Weight(BW)를 측정 한 후 실험을 종료하였다.

### 3. 자료분석

짜깁기 실험 자료는 비디오카메라로 녹화한 비디오를 산란 시점을 기준으로 산란 전 2시간, 산란 후 1시간을 편집하여 각 비디오 마다 3시간을 분석하였다. 분석 시 10분을 하나의 단위로 보고 총 18개의 단위로 기본 자료를 만들었다. 분석 요인은 크게 구애행동, 경쟁행동, 수정행동으로 나누어 세부 항목을 만들었다.

구애행동에는 수컷이 배설강 부근을 좌우로 흔드는 행동인 몸통흔들기(Park et al., 2008)의 나뭇가지 위와 바닥에서의 횡수와 시간, 수컷에 의한 암컷의 접촉(머리돌림, 접근, 접촉; 아래참조), 암컷과 수컷 간의 접촉(머리-머리, 머리-몸통, 머리-배설강, 머리-꼬리) 횡수 등이 포함되었다. 수컷 도롱뇽의 몸통흔들기에 대한 암컷의 반응을 측정하기 위해 몸통흔들기를 수행하는 수컷의 배설강을 중심으로 지름 15cm 원을 스크린 위에 설치하고, 행동을 분석하였다. 이때 암컷의 반응은 머리돌림, 접근, 접촉의 3가지 요소로 구분되었으며, 각각의 1회 행동에 대하여 1점, 2점, 3점을 할당하여 수컷 개체 당 각 시간 구역별 총합을 구하였다. 머리돌림은 수컷의 몸통흔들기가 시작된 후 다른 쪽으로 향하고 있던 암컷의 머리를 몸통흔들기를 수행하고 있는 수컷 도롱뇽 쪽으로 돌리는 것으로 정의하였고, 접근은 몸통흔들기를 수행하는 수컷 위에 설치된 지름 15cm 원 안으로 암컷의 코끝이 들어온 횡수를 센 것이다. 접촉은 암컷의 코끝이 몸통흔들기를 수행 중인 수컷의 몸통을 건드리는 행동이다. 암컷과 수컷 사이의 접촉은 도롱뇽의 머리가 상대 개체의 머리, 몸통, 꼬리 중 한 부위에 닿고 1초 이상 상태를 유지한 것으로 정의하고, 행동의 횡수를 세었다.

경쟁행동에는 수컷 간 물기와 꼬리치기 횡수, 수컷 간 접촉(머리-머리, 머리-몸통, 머리-배설강, 머리-꼬리), 수컷의 몸통흔들기에 대한 다른 수컷의 반응(머리돌림, 접근, 접촉)이 포함되었다. 수컷 간의 물기는 머리, 몸통, 다리(좌우, 진후), 꼬리를 무는 공격행동으로 그

횃수와 부위를 기록하였고, 꼬리치기는 꼬리 끝 부분만이 물결모양으로 흔들리는 행동으로, 그 횃수를 기록하였다. 상대 수컷 도롱뇽의 몸통흔들기에 대한 수컷의 반응은 몸통흔들기에 대한 암컷 반응과 같은 방식으로 분석하였는데, 암컷을 접촉을 한 수컷도롱뇽들은 이후 행동을 관찰하여 회피, 물기, 진동방해의 3가지 형으로 분석하였다. 회피는 진동하고 있는 수컷을 건드린 후에 아무런 방해 행동 없이 그냥 지나친 것이며, 물기는 진동하고 있는 수컷을 건드린 후에 무는 행동으로 정의 하였다. 진동 방해는 몸통흔들기를 하는 수컷을 건드린 후에 그 수컷에 접근하여 밀기, 파고들기(머리와 앞발을 이용하여 진동하는 수컷의 몸 아래로 전진), 몸통흔들기를 하고 있는 수컷과 같은 구역에서 몸통흔들기를 하는 것, 그리고 몸통흔들기를 하는 수컷을 보면서 3초 이상 근처에서 머무는 것으로 정의 하였다.

수정행동에는 나무가지로 암컷의 접근과 산란된 알을 수정시킨 수컷, 알의 수정 시간 등이 포함 되었다. 암컷의 나무 접근은 나무위에 수컷의 유무에 따라 구분하여 횃수를 세었고, 수정은 수컷이 알을 잡는 순간부터 알을 놓는 순간까지로 정의하고, 수정을 시킨 수컷(큰 수컷, 작은 수컷)과 수정시간을 기록하였다.

#### 4. 통계처리

구애 행동에서 큰 수컷과 작은 수컷의 크기와 장소에 따른 몸통흔들기 횃수를 비교하기 위해 Kolmogorov-Smirnov 검증을 통하여 자료들이 정규분포를 나타내는 것을 확인( $P>0.05$ ) 하였고, 수컷의 크기에 따른 암컷의 접촉 횃수, 수컷들의 시간에 따른 꼬리치기 횃수, 나무위에 있는 수컷의 크기에 따른 암컷의 나무 접근 횃수, 암컷이 큰 수컷을 접촉한 횃수와 작은 수컷을 접촉한 횃수의 차이가 있는가를 검증하기 위해서 repeated one-way ANOVA test를 이용하였다. 수컷의 크기와 장소에 따라 몸통흔들기 횃수에 차이가 있는 경우, 사후분석을 실시하였다. 그리고 수컷의 유무에 따른 암컷의 나무 접근 횃수는 Chi-square test를 통해 빈도검증을 하였다. 정규분포를 나타내지 않는( $P<0.05$ ) 수컷 크기에 따른 몸통흔들기 빈도 차이는 Mann-Whitney test를 통하여 비교하였다.

모든 자료의 분석은 SPSS(Statistical Packagr for the Social Sciences ver. 12.0)를 이용하였고, 그래프는 Sigmaplot program(Sigmaplot ver.9.0)을 이용하여 도식화 하였다.

### Ⅲ. 결과

#### 1. 구애행동

큰 수컷( $129.6 \pm 2.5$ ,  $n=11$ )과 작은 수컷( $106.3 \pm 2.9$ ,  $n=11$ )이 암컷을 건드리는 횟수에는 차이가 없었다(repeated one-way ANOVA,  $F=0.132$ ,  $P>0.05$ , Fig. 1). 암컷의 접촉 횟수는 수컷의 크기와는 차이가 없었다(repeated one-way ANOVA,  $F=0.035$ ,  $P>0.5$ , Fig. 2). 암수간의 접촉은 총 1463회 일어났는데, 머리-배설강 433회(30%), 머리-몸통 393회(27%), 머리-꼬리 345회(23%), 머리-머리는 292회(20%)로 배설강을 가장 많이 접촉하였으며, 몸통, 꼬리, 머리 순이다(Fig. 3).

수컷 도롱뇽의 몸통흔들기를 크기와 장소를 4가지 항목(큰 수컷이 나무 위, 큰 수컷이 땅 위, 작은 수컷이 나무 위, 작은 수컷이 땅 위)으로 나누어 19,785회의 몸통흔들기를 분석하였다. 4개 그룹간의 몸통흔들기 횟수는 유의미한 차이가 있었다(repeated one-way ANOVA,  $F=19.791$ ,  $P<0.01$ , Fig. 4.). 사후검증에서, 큰 수컷은 나무 위 보다 땅 위에서 몸통흔들기를 더 많이 수행하였다( $P<0.05$ ). 땅 위에서는 큰 수컷이 작은 수컷보다 몸통흔들기를 더 많이 수행하였으나( $P<0.01$ ), 나무 위에서 큰 수컷과 작은 수컷의 몸통흔들기 횟수 차이는 유의하지 않았다( $P>0.05$ ). 큰 수컷과 작은 수컷의 몸통흔들기의 빈도수는 각각 0.8 Hz( $n=16516$ ), 0.7 Hz( $n=554$ ) 이었다.

큰 수컷의 몸통흔들기에 대한 암컷의 반응이 작은 수컷에 대한 반응보다 유의미하게 더 컸다(repeated one-way ANOVA,  $F=4.998$ ,  $P<0.04$ , Fig. 5).

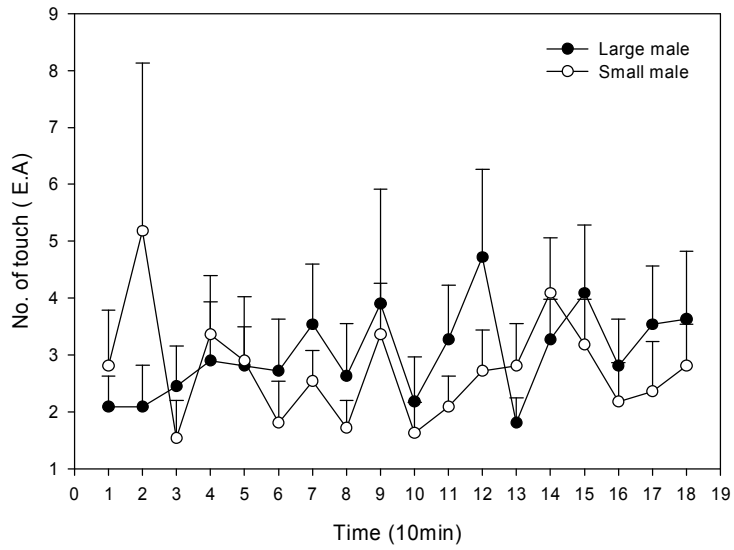


Fig. 1. The number of touching females by large and small males.

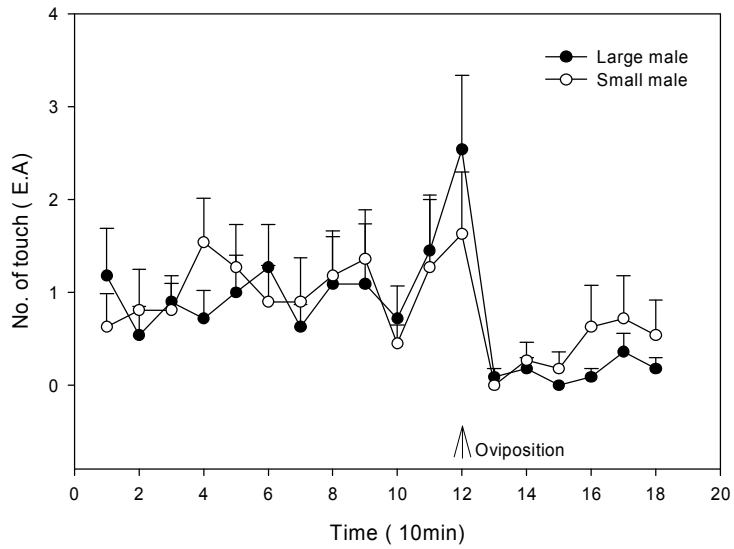


Fig. 2. The number of touching males by females.

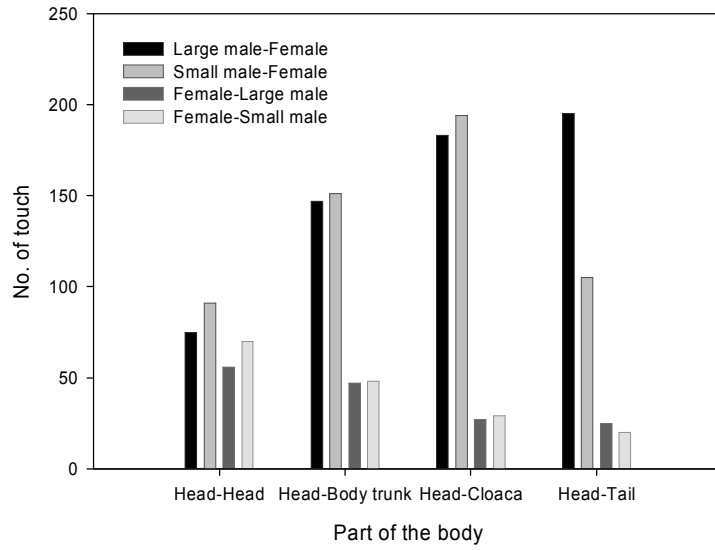


Fig. 3. The number of touch between males and females

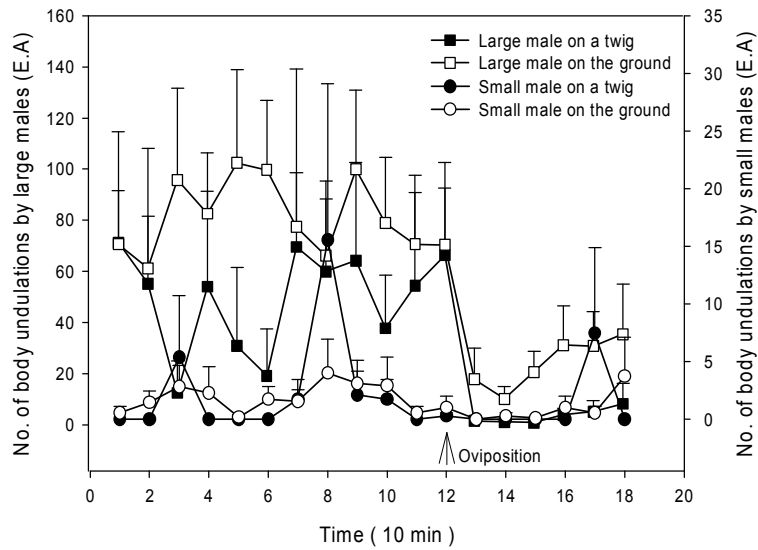


Fig. 4. The number of body undulations executed by large and small males on a twig and on the ground.



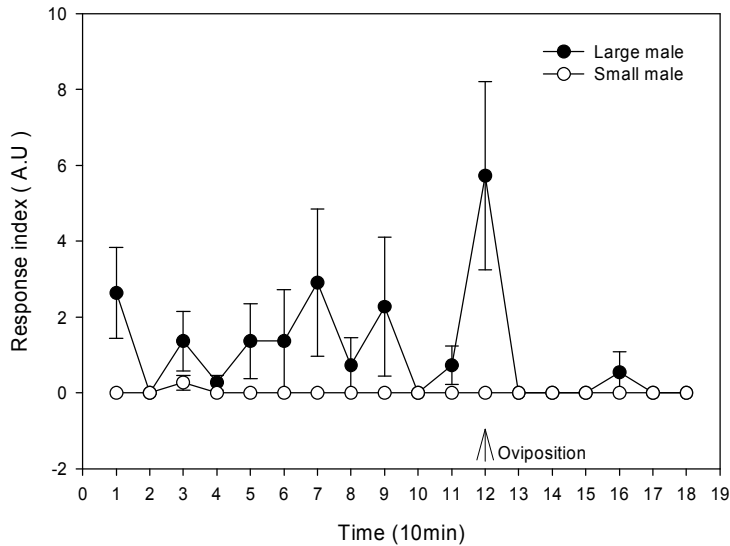


Fig. 5. Female response to the body undulation of large and small males.

## 2. 경쟁행동

수컷이 몸통흔들기를 하지 않았을 때, 수컷과 수컷과의 짧은접촉(1초 - 10초)은 총 950회 일어났다. 큰 수컷은 작은 수컷을 총 552회 접촉하였으며, 머리-배설강 146회(27%), 머리-꼬리 144회(26%) 머리-몸통 134회(24%), 머리-머리 128회(23%)로 나타났다. 작은 수컷은 큰 수컷을 398회 접촉하였으며, 머리-머리 137회(34%), 머리-몸통 97회(24%), 머리-꼬리 89회(23%), 머리-배설강 75회(19%)로 나타났다. 큰 수컷과 작은 수컷 간 짧은 접촉 양상의 차이는 유의미하지 않았다(repeated one-way ANOVA,  $F=1.273$ ,  $P>0.05$ ).

다른 수컷의 몸통흔들기에 대한 수컷의 반응(머리돌림, 접근, 접촉)에서는 큰 수컷에 대한 작은 수컷의 반응이 더 컸다(repeated one-way ANOVA,  $F=4.998$ ,  $P<0.05$ ). 작은 수컷은 큰 수컷이 몸통흔들기를 하는 동안 머리돌림 28회, 머리 돌린 후 접근 112회, 머리 돌리고 접근한 뒤 접촉 95회를 하였다.

수컷 사이의 경쟁에서 큰 수컷이 작은 수컷에 비하여 더 많이 상대수컷을 물었다. 상대 개체를 무는 경우, 꼬리를 가장 많이 물었으며, 다음으로 다리, 머리 순이었다(Fig.6). 수컷의 경쟁행동 중 하나인 꼬리치기는 큰 수컷에서만 나타났다(Fig. 7). 경쟁행동인 꼬리치기와

물기에서, 큰 수컷이 작은 수컷을 물기 전과 후에 꼬리치기를 한 횟수는 각각 27회, 18회였다.

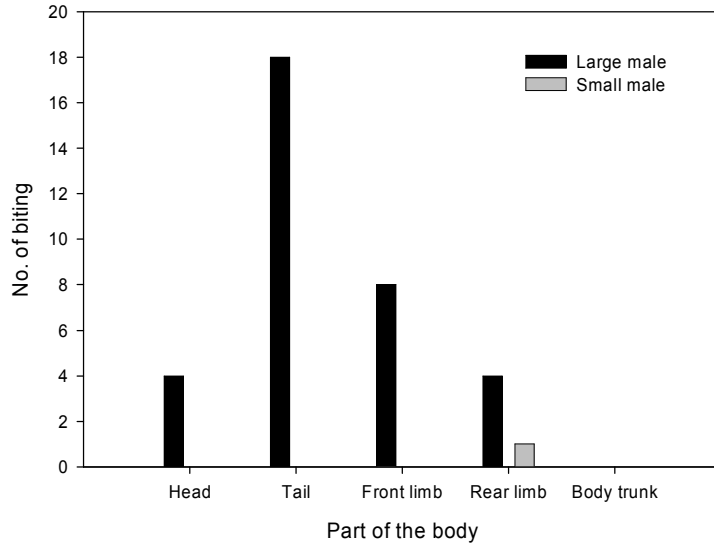


Fig. 6. The number of biting between males.

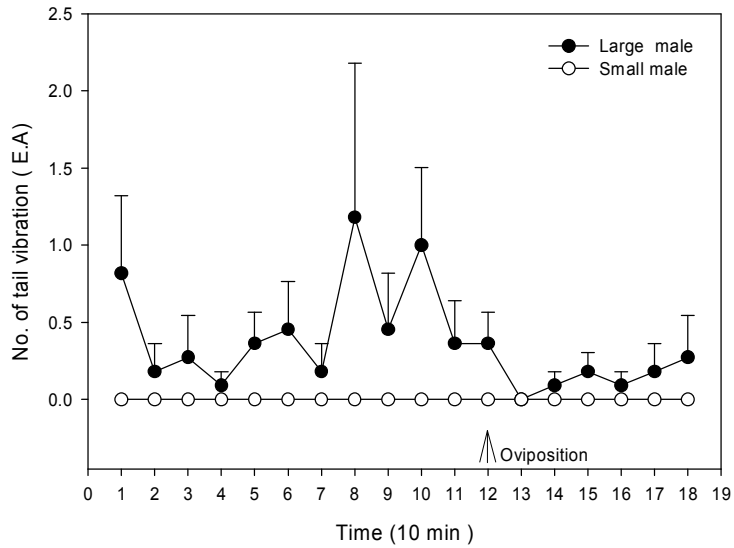


Fig. 7. The number of tail vibration by large and small males.

### 3. 수정 행동

암컷은 총 144회 나뭇가지로 이동하였고, 산란하기 10분 전에 나무로의 접근이 가장 많았다(Fig. 8). 암컷의 나무로의 접근 횟수는 큰 수컷과 작은 수컷이 모두 나무에 없는 경우가 큰 수컷 혹은 작은 수컷이 나무에 있는 경우보다 많았다 (큰 수컷만 있는 경우,  $n=29$ ; 작은 수컷만 있는 경우,  $n=15$ ; 수컷이 나무에 없는 경우,  $n=100$ ; Chi-square  $P<0.01$ ). 큰 수컷 혹은 작은 수컷이 나뭇가지 위에 있는가에 따른 암컷의 나뭇가지 접근의 차이는 유의미하지 않았다(사후검증  $P>0.05$ ).

11쌍 모든 짝짓기 실험에서 성공적인 짝짓기가 이루어졌으며, 이 중 한 경우에는 작은 수컷만이 수정을 하였으며, 나머지 10 경우에는 모두 두 수컷이 함께 알을 수정하였다. 수컷들의 수정 횟수는 총 167회로 큰 수컷의 경우 알 당 평균  $10.1\pm 1.9$ 회 ( $n=101$ ), 작은 수컷은 평균  $6.0\pm 1.3$ 회 ( $n=66$ )이었다. 한 알의 수정 당 평균 총 시간은 큰 수컷은  $535.7\pm 103.6$ 초 ( $n=101$ ), 작은 수컷은  $335.1\pm 60.1$ 초 ( $n=66$ )이었다.

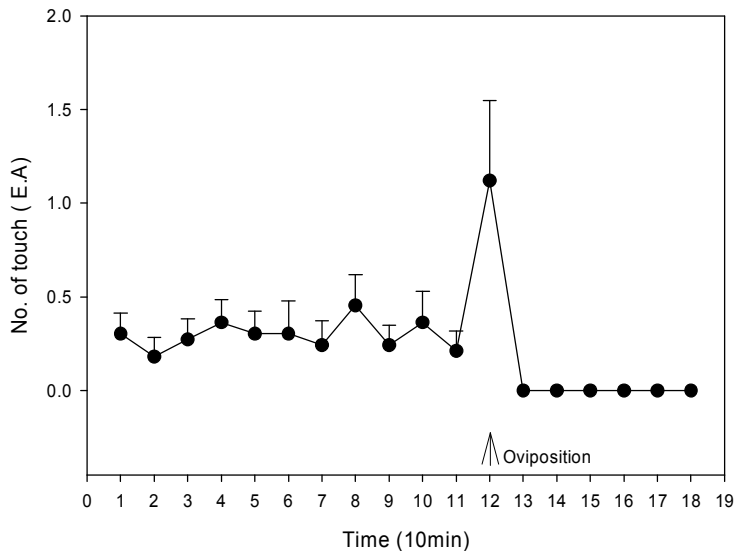


Fig. 8. The number of touching a twig by females.

## IV. 고찰

본 연구는 체외수정을 하는 제주도롱뇽의 번식기 동안, 짝짓기 하는 수컷도롱뇽의 몸통흔들기와 이에 대한 수컷과 암컷의 반응을 포함하여 제주도롱뇽의 번식행동 양상을 알아보고, 한국산 도롱뇽(Kim et al., 2009)과 고리 도롱뇽(박, 2010)의 번식 행동과 차이가 있는지 알아보기 위하여 수행되었다. 제주도롱뇽 수컷들은 도롱뇽(*H. leechi*)과 같이, 암컷의 산란 전과 후에 몸통흔들기를 하여 암컷을 유인하는 행동을 하고, 꼬리치기, 물기를 통한 경쟁을 하는 것으로 나타났으며, 이러한 몸통흔들기는 암컷의 산란에 중요하게 작용한다는 것을 알 수 있었다. 짝짓기의 전 과정을 통틀어서 수컷들은 지속적으로 몸통흔들기를 수행하며, 수행하는 정도는 수컷의 크기가 클수록 많은 횟수를 수행하는 것으로 나타났다. 큰 수컷과 작은 수컷의 몸통흔들기를 나무 위와 땅 위로 나누어 보았을 때, 큰 수컷은 땅 위에서 높은 빈도로 몸통흔들기를 수행하였고, 작은 수컷은 나무 위와 땅위에서의 몸통흔들기 횟수는 차이가 없었다. 앞서 연구된 한국산 도롱뇽은 나무위에서 큰 수컷이(Kim et al., 2009), 고리 도롱뇽은 개체크기와 상관없이 땅 위에서 더 많은 몸통흔들기가 수행되었다(박, 2010). 이러한 차이는 세종이 주로 번식하고 있는 번식지역의 세부적인 차이로 인한 것으로 생각된다.

도롱뇽의 알은 건조하거나 높은 온도, 추위 등에 크게 영향을 받기 쉽기 때문에, 알의 생존은 주변 환경 변화에 직접적인 영향을 받게 된다(Duellman and Trueb, 1986). 때문에 외부의 위협에 영향을 적게 받고 알이 잘 자라게 하기 위해 몇몇 종의 도롱뇽은 산란장소를 택하게 된다(Duellman and Trueb, 1986; Stebbins and Cohen, 1995). 한국산도롱뇽들은 일반적으로 작은 연못에서 산란하는 경우 알들을 연못에 있는 나뭇가지나, 마른 풀대에 알을 붙이는데, 실험실의 연구결과에서도 땅바닥보다는 나무위에서 몸통흔들기의 빈도가 높게 나왔다(Kim et al., 2009). 고리도롱뇽의 경우는 주로 논을 따라 흐르는 주변 개울의 고인물에서 번식하는 특성을 지니며, 암컷들은 주로 수생식물이나 낙엽의 표면에 알을 산란하게 된다(Kim et al., 2003.). 제주 도롱뇽은 일반적으로 하천의 흐르는 물의 돌 밑에 산란하는 특징이 있다(김과 송., 2010). 그러므로 제주 도롱뇽 수컷들이 암컷들이 산란하는 장소에서 암컷들을 유인하였다고 판단할 때, 수컷들이 실험에 부여된 나뭇가지 위 보다는 땅위에서 더 많은 몸통흔들기를 하는 것이 타당해 보인다.

수컷 몸통흔들기에 대한 암컷의 반응에서 제주 도롱뇽은 작은 수컷보다 큰 수컷에게 더

많이 나타났다. 한국산 도롱뇽의 경우 암컷은 큰 수컷의 몸통흔들기에 대하여 더 많은 반응을 보였고(Kim et al., 2009), 고리 도롱뇽의 경우도 개체크기의 차이가 없었다(박., 2010). 본 실험에서 제주도롱뇽의 암컷은 역시 큰 수컷에게 더 많은 반응을 보였다. 그러면 왜 암컷은 큰 수컷에게 더 많은 반응을 보인 것일까? 이전의 도롱뇽의 짝짓기 실험에서, 큰 수컷들은 구애행동을 하는 동안 작은 수컷을 방해하여 암컷으로부터 쫓아내고(Park et al., 1996; Park and Park, 2000), 알을 수정하는 동안에도 작은 수컷을 성공적으로 방해할 수 있으며(Hasumi, 1994), 수정하는 동안 큰 수컷들은 작은 수컷에 비해 더 성공적으로 자신이 차지한 알을 지켜 낼 수 있다(Hasumi, 1994). 즉, 짝짓기 경쟁에서 큰 수컷들은 작은 수컷들보다 우위를 점할 수 있으며, 이러한 것은 큰 수컷이 작은 수컷에 비하여 유전적으로 더 우월할 가능성을 보여준다. 즉, 암컷들은 큰 수컷을 선택하는 도구로서 큰 수컷들의 몸통흔들기에 의해서 발생하는 물결에 반응하여, 큰 수컷으로 접근 혹은 접촉하는 것으로 생각된다.

수컷들은 꼬리리치기와 물기를 통하여 지속적인 경쟁을 하는 것으로 나타났다. 꼬리리치는 물기 전후로 나타나는데 몸통흔들기와 구분되는 수컷 간의 경쟁 수단으로 공격 신호의 기능을 한다는 연구 결과가 있다(Kim et al., 2009). 한국산도롱뇽과 고리도롱뇽의 연구에서는 물은 후가 80%이상으로 많이 나타났는데, 제주도롱뇽은 물기 전에 꼬리리치를 한 것이 60%로 많았다. 제주도롱뇽의 꼬리리치가 물기전이 더 많이 나타난 이유는 작은 수컷의 몸통흔들기가 미미했기 때문에 작은 수컷의 몸통흔들기를 위협적으로 생각되지 않아 경쟁행동이 약하여 물기까지의 행동으로 이어지지 않은 것으로 해석된다. 이러한 차이에도 불구하고, 수컷과 수컷 사이의 접촉에서 서로 무는 행동들이 나타난다는 것은 물기와 꼬리리치가 수컷간의 경쟁 도구로서 이용된다는 Kim et. al.(2009)와 일치하는 것이다. 수컷간의 물기에서 수컷들은 상대방의 꼬리를 가장 많이 물었으며, 이는 한국산도롱뇽, 고리도롱뇽의 결과에서 나타난 물결진동에 반응하여 상대 수컷의 몸통흔들기를 방해하기 위해 꼬리를 많이 문다는 연구결과(Kim et al.. 2009; 박. 2010)와 일치하는 것이다.

산란 전의 암컷은 산란 장소 주변을 돌아다니다 산란 시 나뭇가지에 올라가 알을 붙인다(Hasumi, 1994). 산란이 임박한 경우 암컷은 알을 붙일 수 있는 자리에 자주 접근하는 것으로 나타났다. 한국산 도롱뇽의 경우 수컷이 있을 때 68%(kim et al., 2009), 고리도롱뇽의 경우 수컷이 있을 때 46%(박. 2010), 제주도롱뇽의 경우도 고리도롱뇽과 같이 수컷이 있을 때 31%로 수컷들이 없는 경우 암컷들은 나뭇가지에 더 많이 접근하였다. 제주도롱뇽 수컷의 경우 몸통흔들기에서 나뭇가지보다는 바닥에서 더 많은 몸통흔들기를 수행하였으며, 이전 논의에서 이러한 이유로 고리도롱뇽의 알은 주로 바닥에 놓인 낙엽이나 마른 풀들에

붙여서 발견된다고 하였다. 본 실험 상황에서는 알을 붙일 수 있는 자리가 나뭇가지로 제한된 반면, 수컷들은 여전히 바닥에서 몸통흔들기를 수행함으로 인하여, 암컷들이 나뭇가지에 접근하는 경우 주로 수컷이 없었던 것으로 생각된다.

11쌍의 짝짓기 실험 중, 1쌍은 한 마리가 알을 독점하여 수정시켰고, 10쌍은 두 수컷이 동시에 수정시켰다. 즉 한 쌍의 알을 여러 마리의 수컷이 수정시키는 다중수정이 제주도롱농에서도 일어난다는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 다중 수정은 성비가 수컷에 편중되어 있는 경우에 일어나며 이 때 수컷들은 서로 엉키면서 “교미공(Mating ball)”을 형성하게 된다(Hasumi and Iwasawa 1990; Park and Park, 2000). 교미공은 알을 감싸고 있는 독점 수컷 한 마리와 한 마리 이상의 경쟁 수컷으로 구성되며(Hasumi, 1994), Hynobiidae의 *H. retardatus*(Sasaki, 1924)와 *H. dumni*(Maxiba, 1969), *H. nigrescens*(Hasumi and Iwasawa, 1990)에서도 보고된 바 있다. 도롱농의 현장 조사에서, 수컷에 성비가 편중되어 있을 때 다중수정이 높은 빈도로 일어나는 결과가 있었다(Park and Park, 2000), 이러한 다중수정의 빈도가 높게 나온 이유는 아마도 야외에서 수컷으로 치우친 작동적성비(operational sex ratio)로 인한 것으로 생각된다. 제주도롱농 수컷들은 온화한 번식시기의 자연조건으로 인하여 수컷들이 더 오래 번식지에 머물며 번식경쟁에 참가 하여, 더 높은 작동적성비가 장기간 유지될 것으로 판단된다.

양서류에서 몸통흔들기 신호는 유영 활동과 먹이 활동, 포식 반응에서 주된 역할을 하는 것으로 알려져 있으나(Fritzch and Neary, 1998), 번식에서의 관련성에 대해서는 잘 연구되어 있지 않다. 담룡충과 거미, 어류에서는 몸통흔들기 신호가 번식에 중요한 기능을 하고 있음이 알려져 있다(Joanidopoulos and Marwan, 1999; Maklakov et al., 2003; Satou et al., 1994). 양서류에서 몸통흔들기 신호의 기능에 대한 연구가 미흡한 것에 더하여, 도롱농과 같은 유미양서류의 대부분은 체내 수정을 하기 때문에 많은 연구들이 체내 수정 도롱농에서 되어 있는 실정이다. 우리나라의 경우, 이끼도롱농(*Karsenia coreana*; Min et al., 2005)을 제외한 도롱농속(Hynobiid)에 속하는 종은 체외 수정을 한다. 제주 도롱농의 체외 수정에 대한 번식 행동 연구는 한국산 도롱농, 고리 도롱농 연구에 이어 잘 되어 있지 않은 체외 수정 유미양서류 연구에 한 부분이 될 수 있다.

## V. 참고문헌

- 김종범, 송재영 (2010) 한국의 양서류충류, 월드사이언스, 서울, P. 14.
- 박희원 (2010) 고리도롱뇽(*Hynobius yangi*) 짝짓기행동의 수컷 크기를 고려한 정량적 분석, 강원교육대학원 석사학위논문
- Duellman WE and L Trueb (1986) Biology of Amphibians. McGraw-Hill Inc., New york. pp. 670.
- Fritzch B and T Neary (1989) The octavolateralis system of mechanosensory and electrosensory organs. In: Heatwole T, Dawley EM(eds), Amphibian Biology, Vol 3, Surrey Beatty and Sons, Chipping Norton, New South Wales Australia, PP 878-922.
- Hasumi M and H Iwasawa (1990) Seasonal changes in body shape and mass in the salamander, *Hynobius nigrescens*,. J. Herpetol. 24:1130-118.
- Hasumi M (1994) Reproductive behavior of the salamander *Hynobius nigrescens*: Monopoly of egg sacs during scramble competition. J. Herpetol. 28: 264-267.
- Joanidopoulos KD and W Marwan (1999) A combination of chemosensory and mechanosensory stimuli triggers the male mating response in the Giant rotofer *Aspalnchna sieboldi*. Ethology 105: 465-475.
- Kim JB, Min Ms and M Matsui (2003) A new species of lentic breeding korean salamander of the genus *Hynobius*(Amphibia, Urodela). Zool. Sci. 20: 1163-1169.
- Kim JK, Ra NY, Lee HJ, Eom JH and DS Park (2009) Reproductive function of the body and tail undulations of *Hynobius leechii*((Amphibia: Hynobiidae): A Quantitative Aproach. Anim. Cells Sys. 13: 71-78
- Maklakov AA, Bilde T, and Y Lubin (2003) Vibratory courtship in a web-building spider: signaling quality or stimulating the female? Anim. Behav. 66: 623-630.
- Maxiba S (1969) Ecology of *Hynobius dunni* tago. Collect. Breed.(Tokyo) 31:

122-135.

- Min MS, Yang SY, Bonett RM, Vieites DR, Brandon RA and DB Wake (2005) Discovery of the first Asian Plethodontid salamander. *Nature* 435: 87-90.
- Park DS and SR Park (2000) Multiple insemination and reproductive biology of *Hynobius leechii*. *J. Herpetol.* 34: 594-598.
- Park SR, Park DS, and SY Yang (1996) Courtship, fighting behaviors and sexual dimorphism of the salamander, *Hynobius leechii*. *Korean J. Zool.* 39: 437-446.
- Park DS, Lee JH, Ra LY, and JH Eom (2008) Male salamanders *Hynobius leechii* respond to water vibrations via the mechanosensory lateral line system. *J. Herpetol.* 42:615-625.
- Sasaki M (1924) On a Japanese salamander, in Lake Kuttarush, which propagates like the axolotl. *J. Coll. Agric. Hokkaido Imp. Univ.* 15: 1-36.
- Sato T (1992) Reproductive behavior in the Japanese sakamander *Hynobius retardatus*. *Japanese J. Herpetol.* 14: 184-190.
- Satou M, Takeuchi HA, Takei K, Hasegawa T, Matsuhima T, and N Okumoto (1994) Characterization of vibrational and visual signals which elicit spawning behavior in the male Hime salmon (Landlocked red salmon, *Oncorhynchus nerka*). *J. Comp. Physiol. A* 174:527-537.
- Sever DM. (2003) *Reproductive Biology and Phylogeny of Urodela* Science Publishers Inc, New Hampshire. pp. 385-388.
- Stebbins RC and NW Cohen (1995) *A natural History of Amphibians*, Princeton University press, Princeton, New jersey.



# Mating Behavior Of *Hynobius quelpaertensis* : Analysis by the Male Size

Bo -Bae Song

*Department of biology Education*  
*Graduate school of Education, Kangwon National*  
*University*

## Abstract

In order to investigate the mating behavior of *Hynobius quelpaertensis*, one small and one large male (1 cm difference in total body length) and one female were allowed to mate in an aquarium which had sands at 5 cm depth at the bottom and a tree twig at the center for egg attaching in the laboratory. I recorded their mating behaviors using a video-camera and quantitatively analyzed the behaviors (for two hours before and one hour after egg fertilization, total three hours) in three behavioral categories of courtship, male-male competition, and fertilization behaviors. Throughout the mating, males conducted the body undulation, which is intermittently shaking both their body trunk and tail, at the frequency of about 0.75 Hz. In particular, large males conducted more body undulations than small males and did more on the ground than on the tree twig. Small males more often responded to large male's body undulation than large males did and females greatly responded to large male's body undulation for about 10 min before their oviposition.

Contacts between males and females focused on the opponent's cloacal region. During male-male competition, large males conducted more tail undulation, which is rhythmically waving their tail, than small males did. Also large males bit small males more often and the bite was mostly on the tail parts of the opponent. Out of 11 successful mating cases, two males simultaneously fertilize eggs in ten cases. In the cases, two males separately fertilize eggs in each sac from a pair of egg sacs oviposited. My results show that 1) the male's body undulation in *H. quelpaertensis* functions in male-female and male-male interactions, 2) the male's tail undulation mostly functions in male-male interactions, and 3) multiple-fertilization occurs in a high frequency during mating.