

## 산개구리류 4종(양서강; 개구리과)의 형태적 비교

송재영 · 장민호 · 정규희\*

경기대학교 이과대학 생물학과

### Morphological Comparison of Four Brown Frogs (Amphibia; Ranidae)

Jae-Young Song, Min-Ho Chang and Kyu-Hoi Chung\*

Department of Biology, College of Natural Sciences, Kyonggi University, Suwon 443-760, Korea

**Abstract** - To clarify the key characteristics of Korean brown frogs (*R. dybowskii*, *R. huanrenensis* and *R. amurensis coreana*), this study employed a morphological and morphometrical comparisons among brown frogs found in Korea and Japanese endemic species, *R. tsushimensis*. As a result, it was considered that the key characteristics were the shape of the finger and toe tips, the markings of the lower jaw, the presence or absence of an upper lip line, the development of toe webbing, and the shape of the vomerine teeth series by morphological comparisons of brown frogs. Also, there were significant differences in tympanum diameters and foot lengths of the four species of brown frogs. Therefore, a comparison between morphological and morphometric characters is an effective way to clarify the identification of brown frogs.

**Key words** : Brown frog, Identification, Morphological comparison, Taxonomy

## 서론

개구리속 (Genus *Rana*)에 속하는 산개구리류 (Brown frogs)는 유럽, 북아메리카, 아시아 등에 분포하며, 이들은 *Rana temporaria* complex로 알려져 있으며, 형태적으로 매우 유사하여, 종 동정에 많은 어려움을 겪고 있다 (Nakamura and Ueno 1976; Frost 1985; Matsui *et al.* 1988; Matsui 1991; Geen and Borkin 1993). 또한, 약 200여 종이 포함된 개구리속은 대부분 2n = 26 염색체를 가지고 있으나, 아시아에 분포하는 일부 종은 2n = 22, 2n = 24 염색체를 가지고 있다 (Park 1990; Kuramoto and Yong

1992; Green and Borkin 1993). 특히 한반도 주변에 분포하는 산개구리류는 2n = 26의 염색체를 가진 종 (*R. a. coreana*, *R. tsushimensis*)과 2n = 24 염색체를 가진 종 (*R. dybowskii*; *R. huanrenensis*)으로 나눌 수 있다 (Ma 1987; Wei *et al.* 1990; Maeda and Matsui 1999). 이 중 한국산 산개구리류는 총 3종으로 아무르산개구리 (*Rana amurensis coreana* OKada, 1926), 북방산개구리 (*Rana dybowskii* Günther, 1876), 그리고 계곡산개구리 (*Rana huanrenensis* Fei, Ye, and Huang, 1991)가 있으며, 일본 대마도산개구리 (*Rana tsushimensis* Stejneger, 1907)가 분포하고 있다 (Kang and Yoon 1975; Zhao and Adler 1993; Sengoku *et al.* 1996; Maeda and Matsui 1999; Yang *et al.* 2001).

산개구리류에 대한 형태분류는 주로 등 부분의 측선 형태, 다리길이, 몸에 형성된 반문, 고막의 직경 등 다양

\*Corresponding author: Kyu-Hoi Chung, Tel. 031-249-9641, Fax. 031-251-4721, E-mail. song@seoul.korea.com

한 key character를 이용하여 분류하고 있으나 (Maeda and Matsui 1999), 한국에 분포하는 산개구리류 3종에 대한 형태비교는 이루어지지 않은 실정이다.

한편, 지금까지 한국산 산개구리류에 대한 연구는 Shannon (1956), Yang and Yu (1978), 그리고 Yang *et al.* (2000, 2001)에 의하여 분포연구가 수행되었으며, Lee and Park (1986)에 의한 핵형 분석, Lee *et al.* (1999)과 Song *et al.* (2003, 2004)에 의하여 RAPD (random amplified polymorphic DNA), cytochrome b gene, 그리고 16S rRNA gene 분석 등이 수행되었으나, 분자생물학적 분석에 비하여 중요한 key character인 외형적 분석이 충분히 수행되지 못하였다.

따라서, 본 연구의 목적은 한국산 산개구리류 3종과 일본에 분포하는 대마도산개구리의 형태학적 비교를 통하여 한국산 산개구리류의 분류학적 비교형질을 명확히 하고자 함이다.

## 재료 및 방법

본 연구를 수행하기 위하여 한국과 일본 대마도에 분포하는 산개구리류 4종 (*R. a. coreana*, *R. dybowskii*, *R. huanrenensis*, *R. tsushimensis*)에 대하여 각각 성체 10개 체씩 채집하여 chloroform으로 마취한 후 10% formalin 으로 고정하였다 (Table 1). 각각 고정된 표본은 경기대학교 생태학연구소 (Ecological Laboratory of Kyonggi University, KUEL)에 70% 에탄올을 이용하여 보관하였으며, 형태분석을 위하여 해부현미경 (SZ-ST, Olympus, CO)과 CCD 카메라 (NO.IK-642K, Toshiba, CO)를 이용하였다.

**Table 1.** Materials and collection data of 4 brown frogs which were used in this study

Species	Locality	M	F
<i>R. a. coreana</i>	Mt. Gwangkyo, Paldal-Gu, Suwon, Gyeonggi-do	4	2
	Daecheon, Boryeong, Chungcheongnam-do	1	1
	Mokgeri, Uhmjeong-Myeon, Chungju, Chungcheongbuk-do	1	1
<i>R. huanrenensis</i>	Mt. Seorak, Inje-Gun, Gangwan-do	9	1
<i>R. dybowskii</i>	Mt. Gwangkyo, Paldal-Gu, Suwon, Gyeonggi-do	2	3
	Mt Seorak national park, Inje-Gun, Gangwon-do	2	3
<i>R. tsushimensis</i>	Mt. Tatera, Izuhara, Nagasaki prefecture, Japan	7	3

## 1. 형태학적 분석

Kang and Yoon (1975), Zhao and Adler (1993) 그리고 Maeda and Matsui (1999)의 방법을 참고로 다음과 같은 형질을 분석하였다: (1) shape of toe and finger tips; (2) marking on lower jaw; (3) line of upper lip; (4) size of tympanum; (5) degree of development in toe webbing; (6) degree of vomerine teeth series.

## 2. 계량형태학적 분석

Matsui (1984)의 방법을 약간 변형하여 다음과 같은 형질을 분석하였다: (1) snout-vent length, SVL; (2) head length, HL; (3) nostril-eyelid length, N-EL; (4) snout length, SL; (5) eye length, EL; (6) tympanum-eye length, T-EL; (7) tympanum diameter, TD; (8) head width, HW; (9) internarial distance, IND; (10) interorbital distance, IOD; (11) radioulna length, RUL; (12) tibia length, TL; (13) foot length, FL; (14) thigh length, THIGH; (15) inner metatarsal tubercle length, IMTL.

또한, 모든 개체는 암수를 구별한 후 Digital caliper를 이용하여 0.1 mm 단위까지 측정하였으며, SPSS 11.5를 이용하여 t-test, 정준판별분석 (CANDISC), 분산분석 (ANOVA) 등을 수행하였다.

## 결 과

### 1. 형태학적 분석

산개구리류 4종의 손가락 및 발가락 끝의 형태가 다르게 나타났는데, 한국에 분포하는 3종, 즉 아무르산개구리, 북방산개구리 그리고 계곡산개구리는 손가락 끝 및 발가락 끝이 둥글지 않지만, 대마도산개구리는 손가락 끝과 발가락 끝이 둥근 모양으로 나타났다. 한편, 대마도산개구리의 경우 아래턱에 매우 많은 반문을 가지고 있

**Table 2.** Morphological comparison among brown frogs

Species	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
<i>R. dybowskii</i>	not swollen	well	-	large	well	well
<i>R. huanrenensis</i>	not swollen	well	-	small	very well	well
<i>R. a. coreana</i>	not swollen	ill	white line	large	ill	well
<i>R. tsushimensis</i>	swollen	very well	-	small	ill	ill

(1) shape of toe and finger tips; (2) marking on lower jaw; (3) line of upper lip; (4) size of tympanum; (5) degree of development in toe webbing; (6) degree of vomerine teeth series.

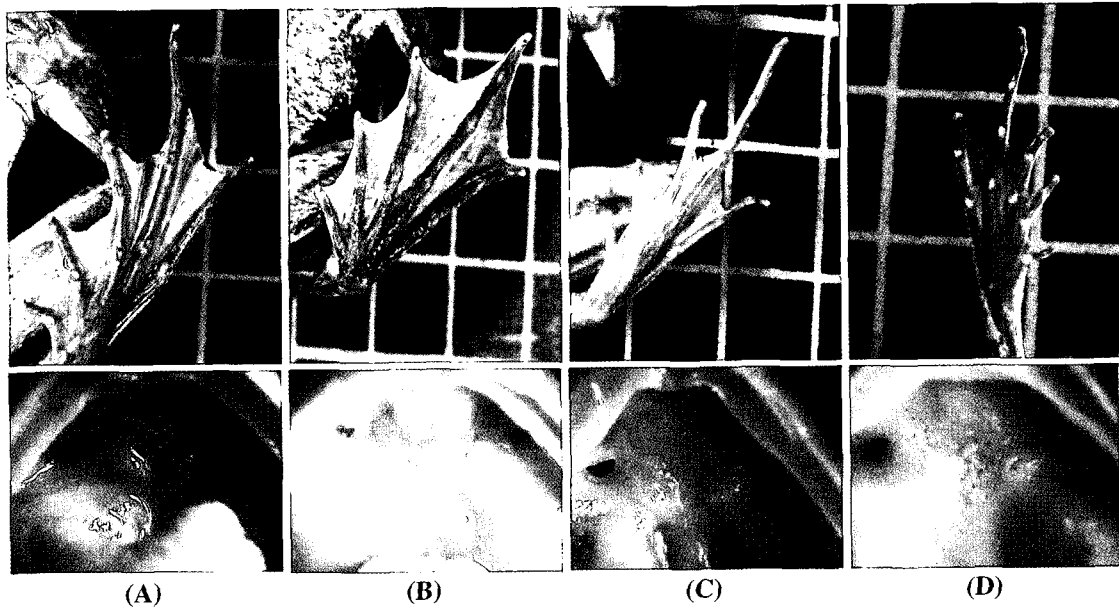


Fig. 1. Comparison of morphological comparison among 4 species, (A), *R. dybowskii*; (B), *R. huanrenensis*; (C), *R. a. coreana* and (D), *R. tsushimensis*.

으나, 북방산개구리와 계곡산개구리는 대마도산개구리보다 상대적으로 반문이 적게 나타났으며, 아무르산개구리는 거의 나타나지 않았다. 그리고 아무르산개구리의 윗입술에 흰색의 윗입술선을 가지고 있는 것으로 확인되었다(Table 2).

고막 직경 비교에서, 아무르산개구리와 북방산개구리는 눈 길이의 2/3~3/4 정도로 나타났으나, 계곡산개구리와 대마도산개구리는 1/2 이하로 나타났다. 물갈퀴 발달 여부에서 계곡산개구리는 다른 3종에 비해 물갈퀴가 매우 발달하였으며, 아무르산개구리는 물갈퀴가 매우 빈약한 것으로 나타났다. 한편 북방산개구리와 대마도산개구리는 계곡산개구리보다 덜 발달하였으나 아무르산개구리보다는 많이 발달하였다. 또한, 북방산개구리와 계곡산개구리의 서구개치열은 일반적으로 두개가 붙어있으나, 아무르산개구리와 대마도산개구리는 분리되어 있었다(Fig. 1).

## 2. 계량형태학적 분석

ANOVA 분석을 통하여 4종에 대한 SVL의 차이를 확인할 수 있었으며( $F=41.67$ ,  $p<0.05$ ), Tukey HSD에 의한 사후 분석에서 아무르산개구리와 대마도산개구리의 SVL은 서로 비슷한 것으로 확인되었으나, 이들과 계곡산개구리 그리고 북방산개구리의 SVL은 차이가 있는 것으로 확인되었다(Fig. 2). 또한, 계량형태학적 방법을 이용한 고막직경 분석에서, 형태학적 분석과 동일한 결

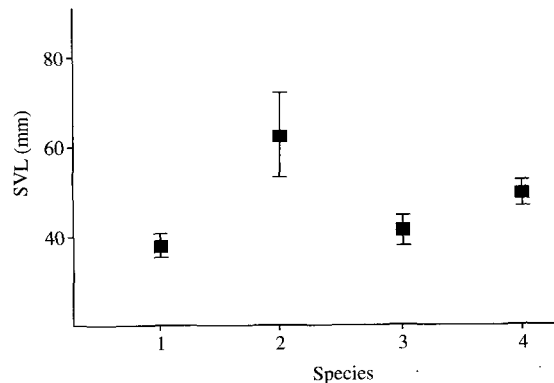


Fig. 2. The average and standard deviation of SVL in the brown frogs (1, *R. tsushimensis*; 2, *R. dybowskii* 3, *R. a. coreana*; 4, *R. huanrenensis*).

과를 얻을 수 있었으며( $F=3.36$ ,  $p<0.05$ ), Tukey HSD를 이용한 사후분석에서 아무르산개구리와 북방산개구리의 고막 직경은 서로 유사하며, 계곡산개구리와 대마도산개구리의 고막 직경도 서로 유사한 것으로 확인되었다(Fig. 3).

산개구리류 4종에 대한 발길이 분석(=100FL/TL)에서 아무르산개구리는  $117.4 \pm 3.9\%$  (Mean  $\pm$  SD%)로 나타났으며, 북방산개구리는  $98.4 \pm 3.7\%$ , 계곡산개구리는  $102.2 \pm 3.7\%$ , 그리고 대마도산개구리는  $98.9 \pm 3.7\%$ 로 나타났다( $U=4.0$ ,  $p=0.03$ ). ANOVA 분석에서 산개구리류의 발길이는 서로 차이를 보였으며( $F=46.09$ ,  $P<0.05$ ), Tukey

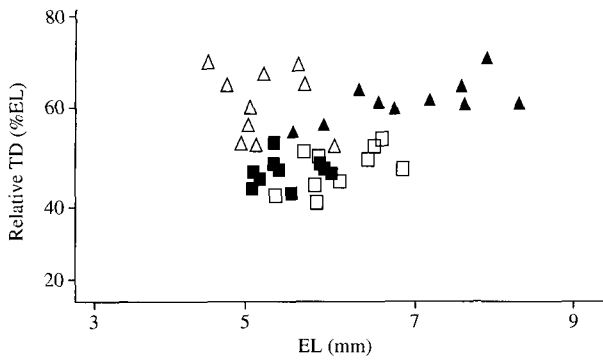


Fig. 3. Relationships between Eye length (EL) and relative TD (%EL) in *R. tsushimensis* (closed square), *R. dybowskii* (closed triangle), *R. a. coreana* (open triangle) and *R. huanrenensis* (open square).

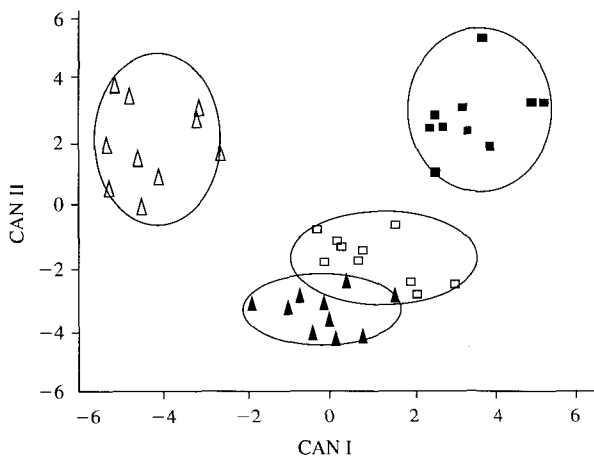


Fig. 4. Plot of first against second canonical variates for samples of four brown frogs. *R. tsushimensis* (closed square), *R. dybowskii* (closed triangle), *R. a. coreana* (open triangle), and *R. huanrenensis* (open square).

HSD를 이용한 사후분석에서 아무르산개구리가 다른 산개구리류에 비하여 상대적으로 발길이가 긴 것으로 확인되었다.

대마도산개구리의 수컷(38.7±2.9 mm)과 암컷(42.7±2.9 mm), 그리고 아무르산개구리의 수컷(40.3±3.8 mm)과 암컷(42.7±2.9 mm)은 서로 차이가 없었으나(t-test, p>0.05), 북방산개구리의 수컷(53.4±5.7 mm)과 암컷(68.9±4.9 mm)은 서로 차이가 나타났다(t-test, p<0.05). 하지만 이러한 결과는 표본 수의 부족에 의한 결과로 추정된다.

정준판별분석(CANDISC)에서 총 7개의 형질(EL, TD, T-EL, THIGH, FL, IMTL, RUL)이 선택되었으며, 나머지는 선택되지 않았다. 또한 두 축의 고유값은 각각 8.585

와 6.822로 나타났으며, 북방산개구리와 계곡산개구리의 산점도는 서로 비슷하게 나타났으나, 아무르산개구리와 대마도산개구리는 다른 산개구리류와 차이를 보였다(Fig. 4). 이러한 결과를 바탕으로 산개구리류 4종에 대한 검색표를 아래와 같이 작성하였다.

1. 고막의 지름이 눈 길이의 약 2/3 또는 3/4 정도이다. .... 2
- 고막의 지름이 눈 길이의 약 1/2 또는 그 미만이다. .... 3
2. 물갈퀴가 발달하였고, 흰색의 윗입술선이 없으며, 정강이 길이에 비하여 발길이가 길다. .... 북방산개구리
- 물갈퀴가 거의 발달하지 않았고, 흰색의 윗 입술선이 있으며, 정강이 길이에 비하여 발길이가 매우 길다. .... 아무르산개구리
3. 손가락 끝과 발가락 끝이 둥글지 않으며, 물갈퀴가 매우 발달하였다. .... 계곡산개구리
- 손가락 끝과 발가락 끝이 둥글며, 물갈퀴가 발달하지 않았다. .... 대마도산개구리

고 찰

미국 필라델피아 연구소에 의해 제물포에서 채집된 산개구리류 개체는 Okada (1928)에 의해 *R. temporaria coreana*로 기록되었다. 그러나, Shannon (1956)은 이 종(*R. t. coreana*)이 울음주머니가 없으며, 형태적으로 *R. amurensis*와 유사하여 *R. a. coreana*로 명명하였으나, 형태적 근거를 정확히 제시하지 못하였다.

한편, 북방산개구리는 Günther (1876)에 의해 *R. t. temporaria*로 기재되었으나, 이는 다시 *R. t. dybowskii*로 정정되었으며, 산개구리는 *R. t. ornativentris*로 기재되었다(Shannon 1956). 그러나, Kim (1971)에 의해 동아시아 산 및 유럽산 *R. temporaria*는 서로 별종임을 확인됨에 따라, 한국산 산개구리류는 북방산개구리(*R. dybowskii*), 산개구리(*R. ornativentris*) 및 아무르산개구리(*R. a. coreana*) 3종이 분포하는 것으로 인정되었다. 하지만, Yang and Yu (1978)는 남한에 분포하는 산개구리와 북방산개구리 사이에서 형태적 차이를 찾아볼 수 없었으며, 남한에 서식하는 개체를 모두 북방산개구리로 간주하였다. 그 후, Yang et al. (2000)은 북방산개구리와 생태적, 형태적, 그리고 유전적 차이가 있는 산개구리류를 확인하였으며, 이 산개구리류가 중국에 분포하는 계곡산개구리와 동일한 종임을 확인하였다. 이러한 선임연구에도 불구하고, 한국산 산개구리류에 대한 분류학적 문제점이

끊임없이 제기되었다(Matsui *et al.* 1998; Lee *et al.* 1999; Song *et al.* 2003; Song 2004).

본 연구에서 밝혀진 바와 같이 분류학적으로 많은 문제점을 가지고 있는 한국산 산개구리류를 보다 신속 정확하게 동정하기 위해서는 턱 밑 반문의 발달여부, 물갈퀴의 발달여부, 고막의 크기 비교, 윗입술선의 유무를 이용하여 분석한다면, 한국산 산개구리류를 정확히 동정하는데 매우 유용할 것으로 판단된다.

## 적 요

한국산 산개구리류 3종의 분류학적 형질을 명확히 하기 위하여 형태학적, 계량형태학적 방법을 이용하여 한국산 산개구리류 3종(북방산개구리, 계곡산개구리, 아무르산개구리)과 일본산 산개구리류 1종(*R. tsushimensis*)을 비교분석하였다. 형태학적 비교 분석결과, 산개구리류는 손가락 끝과 발가락 끝의 모양, 아래턱에 형성된 반문의 발달유무, 윗입술선의 유무, 물갈퀴의 발달 정도, 서구개치열의 형태 등이 차이가 있는 것으로 확인되었으며, 계량형태학적 분석을 통하여 고막의 직경과 발길이의 차이를 확인할 수 있었다. 따라서, 이러한 형태학적, 그리고 계량형태학적 특징은 한국산 산개구리류를 동정하는데 매우 유용한 형질이라고 생각된다.

## 참 고 문 헌

- Frost DR. 1985. Amphibian Species of the World. Allen press and Association of systematic Collections, Lawren.
- Green M and L Borkin. 1993. Evolutionary relationships of Eastern Palearctic Brown Frogs, genus *Rana*: Paraphyly of the 24-chromosome species group and the significance of chromosome number change. Zool. J. Linn. Soc. 109:1-25.
- Günther A. 1876. Description of a new frog from N. E. Asia. Ann. Mag. Nat. Hist. 17:387.
- Kang YS and IB Yoon. 1975. Illustrated encyclopedia of fauna and flora of Korea Vol 17 Amphibia, Reptila. The Korean ministry of education. Seoul.
- Kim HK. 1971. Studies on the classification and distribution of Salientia of Korea. J. Korean Res. Inst. for Better Living, Ewha Womans Univ. 6:211-233.
- Kuramoto M and HS Yong. 1992. Karyotypes from several frog species from peninsular Malaya. Herpetologica 48: 434-438.
- Lee HY and CS Park. 1986. Karyological evolution between *Rana dybowskii* and *Rana amurensis*. Korean J. Genetics. 8:1-11.
- Lee JE, DE Yang, YR Kim, H Lee, SY Yang and HY Lee. 1999. Genetic relationships of *Rana amurensis* based on mitochondrial cytochrome b gene sequences. Kor. J. Biol. Sci. 3:303-309.
- Ma T. 1987. The karyotype of *Rana chensinensis* found in Yanbei prefecture, Shaanxi province. Acta Herpetol. Sinica. 6:70-73.
- Maeda N and M Matsui. 1999. Frogs and Toads of Japan. Bun-Ichi Sogo Shuppan. Tokyo.
- Matsui M. 1984. Morphometric variation analyses and revision of the Japanese Toads (Genus *Bufo*, Bufonidae). Biol. Lab. Kyoto Univ. 26:236-239.
- Matsui M. 1991. Original description of the brown frog from Hokkaido, Japan (Genus *Rana*). Jpn. J. Herpetol. 14:63-78.
- Matsui M, T Tanaka-Ueno, NK Paik, SY Yang and O. Takenaka. 1998. Phylogenetic relationships among local populations of *Rana dybowskii* assessed by mitochondrial cytochrome b gene sequences. Jpn. J. Herpetol. 17:145-151.
- Nakamura K and S Ueno. 1976. Japanese reptiles and amphibians in colour. Hoikusha press. Osaka.
- Okada Y. 1928. Frogs in Korea. J. Chosen Natl. Hist. Soc. 6:15-46.
- Park BS. 1990. Genetic studies on the Korean anurans (Amphibia, Anura): Chromosome and mitochondrial DNA analysis. Ph.D Dissertation. Inha Univ., Korea.
- Sengoku S, T Hikida, M Matsui and K Nakaya. 1996. The encyclopaedia of animals in Japan. Heibonsha press. Tokyo.
- Shannon FA. 1956. The reptiles and amphibians of Korea. Herpetologica 12:22-49.
- Song JY. 2004. Studies on the taxonomy and biogeography of genus *Rana* (Amphibia: Ranidae) in Korea. Ph D. program in Biology. Graduate school of Kyonggi Univ.
- Song JY, BS Yoon, HS Oh and KH Chung. 2003. Genetic diversity of *Rana amurensis* (Amphibia: Ranidae), based on mitochondrial 16S rDNA gene sequences. Kor. J. Environ. Biol. 21:45-51.
- Song JY, JA Shin, MH Chang, BS Yoon and KH Chung. 2004. Intra-, inter-specific variation of Korean *Rana* (Amphibia: Ranidae) based on the partial sequences of mitochondrial 16S rDNA. Kor. J. Environ. Biol. 22:66-74.
- Wei G, FG Chen and N Xu. 1990. An investigation for the karyotypic, C-banding and Ag-NoRs pattern on *Rana chensinensis* from type locality. Hereditas (Beijing). 12:24-26.
- Yang SY and CH Yu. 1978. Check List of Korean Amphibians. Inha univ. I. I. R. 5:81-90.

Yang SY, JB Kim, MS Min, JH Suh and YJ Kang. 2001. Monograph of Korean Amphibia. Academic press. Seoul.

Yang SY, JB Kim, MS Min, JH Suh, YJ Kang, M Matsui and L Fei. 2000. First record of a brown frog *Rana huanrenensis* (Family Ranidae) from Korea. Kor. J. Biol. Sci. 4:45-50.

Zhao EM and K Adler. 1993. Herpetology of China. Society

for the study of amphibians and reptiles. Ohio.

Manuscript Received: February 18, 2005

Revision Accepted: April 11, 2005

Responsible Editorial Member: Wonchoel Lee  
(Hanyang Univ.)