



한국산 자라, *Trionyx sinensis* (1862)의 자연산란둥지에서 수거한 난들의 항온인공부화에 의해 출생한 새끼자라들의 성비

김 성 한*
(군산대학교)

Sex Ratios of Juveniles Hatched by Constant Temperatures Artificial Incubation From Eggs Collected in the Natural Nest of Soft-Shelled Turtle, *Trionyx sinensis* Strauch (1862)

Sung Han KIM†
(Kunsan National University)

Abstract

Recently, in many reptiles (14 genera of turtles in five families), common characteristics of incubation temperatures are known to determine the sexes of hatchlings in many species of turtles, including the map turtles, painted turtles and snapping turtles, emys turtle, etc. According to many researcher's reports, in general, incubation at 25°C (cooler temperatures) produces all or mostly males, however, incubation at 31°C (higher temperatures) or higher produces all or mostly females. Exceptionally, even cooler temperature (20°C) produce females, they produced all or mostly females. Accordingly, it is well-known that incubation temperature is the sex determining agent in these turtles. However, this paper presents study of the sex ratio and nest ecology in natural spawning nest: Observations on hatching sex ratios of eggs collected from natural nests of *T. sinensis* are similar to a previous report of the same genus *Trionyx* in the soft-shelled turtles. However, this genus (or species) showed some different phenomena to other kinds of turtles such as various kinds turtles mentioned above. After collection of naturally spawned eggs (17 eggs of *T. sinensis*) on the natural nests, a laboratory experiment by the constant incubation temperatures was conducted with natural fluctuating soil temperatures in the natural nest with the soft-shelled turtle, *T. sinensis*. And also laboratory experiments were conducted using constant incubation temperatures of 25°C (cooler temp.) and 30°C (higher temp.) with the turtle, *T. sinensis*. Exceptionally, it was confirmed that the first and second incubation temperatures can't control sex-determination in the freshwater soft-shelled turtle, *T. sinensis*. The sex ratio approximated 1:1 ($\chi^2 = 0.06$, $P > 0.05$ (the 1st experiment)). And the sex ratio approximated 1:1 independently of incubation temperature ($\chi^2 = 0.33$, $P > 0.05$ (the 2nd experiment)). Consequently, temperature has no effect on sex determination in the genus *Trionyx* in a soft-shelled turtle.

Key words : *Trionyx sinensis*, Natural nest, Sex ratio, Constant temperature artificial incubation

I. 서론

담수산 동물로서 수육양생의 수산동물학적 특성을 나타내는 파충강 거북목의 자라과에 속하는

† Corresponding author :  w0827@kunsan.ac.kr

한국산 자라, *Trionyx sinensis* (1862)의 자연산란동지에서 수거한 난들의 항온인공부화에 의해 출생한 새끼자라들의 성비

한국산 자라 *Trionyx sinensis* Strauch(1862)의 서식지는 수질오염이 비교적 적은 강과 저수지로서 전국 각지에 분포하고 있다(Kim et al., 1978; Gang, 1984).

최근 거북목에 관하여 여러 연구자들에 의해 연구가 활발하게 진행되고 있으나, 특히 자라과의 인공부화에 관련된 연구는 소수에 불과하다.

국외연구 보고에 의하면, 일본산 자라(*Trionyx sinensis japonicus* Temminck et Schlegel, 1835)는 30℃의 항온하에서 Kawasaki and Iwao, (Date unknown)은 부화 소요일수가 45~47일, Kawamura et al. (Date unknown) 등은 50일이 경과하여야 부화된다고 보고하였다. Gang(1984)에 의한 한국산 자라의 인공부화는 23℃의 지온하에서 80일(부화율 약 90%), 26℃의 지온하에서 55일(부화율 약 75%), 30℃의 지온하에서는 50일이 경과하여야 부화된다고 보고하였는데, 그들의 부화율은 불량하였다고 보고하였다. 거북목의 담수산 거북류 Snapping turtle, *Chelydra serpentina*를 연구에서는, 30℃의 항온부화시에 부화 소요일수는 63일(Yntema, 1968)과 60일(Pieau and Dorizzi, 1981)이 소요되었다고 보고하였다.

Bull (1981)에 의하면 많은 파충류는 부화온도에 의해서 성이 결정되어 진다고 하였다. 이에 관련하여, 거북목의 담수산 거북류에 있어서는 Bull and Vogt (1979), Yntema (1979), Bull (1981), Bull et al.(1982a), Pieau and Dorizzi (1981), Bull et al. (1982b), Vogt and Bull (1982), Vogt et al. (1982), Vogt (1984)가 보고하였다.

그리고 유린목 도마뱀류에 관해서는 Charmier (1966), Wagner (1980)가 부화온도에 따라 성이 결정된다고 보고되어 있다.

그러나 지금까지 파충강, 거북목의 인공부화 및 성비에 관한 국내 연구는 아직까지 극히 미흡한 것으로 여겨져, 연구재료가 다른 거북류에 비하여 채집하기가 비교적 용이한 담수산 거북류인 자라를 실험실 내에서 인공부화시키는 연구가 선행되어야 할 것으로 생각된다.

유린목의 인공부화와 관련된 기초연구와 유용동물의 자연자원 보호 및 자원관리를 위한 방안을 활성화 시킬 수 있으리라 여겨지며, 또한 인공부화 관한 국내 파충류의 연구방향에 대한 초석을 마련할 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 담수산 자라를 양식하거나 번식시키고자 하는 국내 양식가들에게도 인공부화에 관한 기초자료를 제공할 수 있다면, 이를 바탕으로 양식장내에서 자라와 일부 유용한 파충류들 중 수거된 난들을 실온과 항온에 의해 인공부화하여 유용동물의 번식을 가능하게 할 것이다. 본 연구에서는 인공부화와 관련된 어미자라의 외부형태의 관찰과 채집지의 서식환경을 조사하였으며, 2010년 6~7월에 인공부화와 관련하여 자연산란동지를 중심으로 동지내 자연 산란된 난들을 수거하여 이들 난들을 모래로 덮고 서식지 평균 지중온도에 따라 항온 인공부화를 시켰다. 또한 자연동지에서 채란된 난들을 인공부화시키기 위하여 항온부란기 내에 안치시키고 서식지 평균 지중온도에 맞추어 부화가능성을 시험하였다.

한국 서남부 지역에 위치한 4개 강(황룡천, 지식천, 보성강, 섬진강)에서 6월 중순부터 7월 하순까지 산란기에 해당된 성숙한 어미자라를 채집하여 one clutch(같은 배)의 단위로 측정된 후, 항온에 의한 인공부화를 시켰다. 본 연구의 목적은 항온에 의해 인공부화된 새끼자라들의 성비를 규명하여 다른 turtle 종들의 성비들과 본 연구에서 얻어진 성비 조사 결과들을 비교하는 동시에 본 종의 soft-shelled turtle 속에 속하는 종들 간 성비도 비교하는데 있다. 그리고 본 종의 성비가 다른 turtle들과 아주 다르게 출현하는 경우, 그 원인이 무엇 때문에 turtle 속들 사이에 차이가 나게 되는 지 그 원인을 밝히는 데 있다. 본 논문은 자라의 배 발생과 관련된 생물학적 기초자료로서 종족보호를 위해 그리고 자원증식 및 자원관리를 위한 인공부화와 관련된 유용한 몇 가지 기초 자료를 얻었기에 이를 보고하고자 한다.

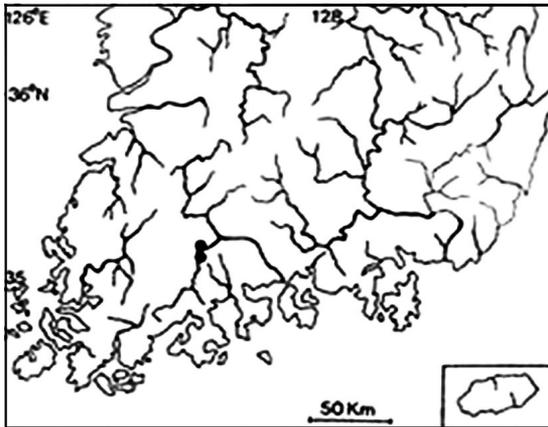
II. 재료 및 방법

1. 외부형태와 생태

1) 외부형태

외부형태 관찰 : 2010년 1~12월까지 우리나라 서남 지역의 4개강인 황룡천, 지석천, 보성강, 섬진강(Fig. 1)에서 채집된 47개체의 성숙한 자라를 중심으로, 문헌조사와 [Fig. 2]에 나타난 직접 육안관찰 방법(암·수 성별 분별법)에 의해 조사하였다.

자연산란둥지 내 환경 : 자라의 산란기인 2010년 6월 14일~동년 7월 24일에 걸쳐서 전남도, 곡성군 석곡 면, 죽곡면, 목사동면 소재와 보성강변과 전북도 남원시, 전남도 곡성군 소재의 섬진강의 백사장 위에서 산란둥지를 조사하였고 동년 6~7월 중에 부정기적으로 매 5~7일마다 자라 발자국의 추적을 통하여 자연산란둥지 탐색을 실시하였다.



[Fig. 1] Map showing two sampling areas of *Trionyx sinensis* collected from 4 rivers in 2010

산란둥지 내 자연부화에 관한 환경 기초조사 : 서식지 환경조사 (2010년 1월~12월까지 기온, 수온, 일조시간, 지표면과 지중온도 조사자료)는 Korea Environment Year book(2011) 자료를 인용

하였다.

보성강변 백사장에서 발견된 1차(2010년 6월 14일)의 15개의 난과 2차(2010년 7월 24일)의 12개 난을 포함하는 자연산란둥지 2 곳을 대상으로 하여, 등지와 수면으로부터의 거리는 50 m의 줄자를 사용하여 측정하였으며, 등지의 위치는 나침판에 의해 조사하였다.

1차, 2차 등지 내 토양 입도분석은 실험실에서 2~3일간 음건시킨 뒤 체(Sieve)분석법으로 분석하여, 입경별 중량백분률로 실시하였다. 등지 내 난들의 위치는 난 정점과 지표사이의 거리, 난들의 간격은 난과 난사이의 거리를 30 cm 막대형자와 vernier caliper로 측정하였다. 자연부화 온도는 난들의 위치에 따라 난들의 중앙부위에 KBS 5316 유리계수는 막대온도계를 각각 넣어 다시 덮은 후, 1차는 다음날(2010년 6월 15일) 5시에, 2차는 2010년 7월 25일, 오후 3시에 각각 측정하였다.

2. 항온인공부화(constant artificial incubation)

1) 자연산란둥지에서 수거된 난들의 항온 인공부화된 새끼의 성비 조사 : 자연산란둥지에서 수거된 난들의 서식지 월평균 지중온도와 동일한 온도를 조절하여 항온 부란기 내에서 부화된 새끼의 성비를 조사하였다.

난의 조사 : 자연산란둥지내 환경기초조사를 마친 1차 조사(2010년 6월 14일)와 2차 조사(2010년 7월24일)에서 수거한 one clutch 난들을 모래를 넣은 plastic얼음 상자 속에 난각의 표면에 나타나는 동물극 부분인 백점을 위로하여 모래 속에 각각 파묻은 후, 수거된 장소에서 실험실로 즉시 운반하였다.

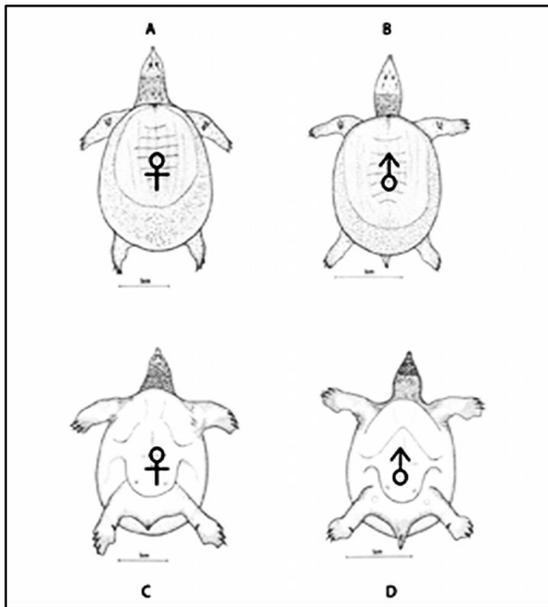
Incubator 내 인공부화둥지는 25x30x7cm의 plastic상자로 임의 조성하여, 1차(2010년 6월)15개의 난들과 2차(2010년 7월) 12개의 난들을 안치시켰다.

임의조절한 항온부화 실험 : 항온부란기내의

한국산 자라, *Trionyx sinensis* (1862)의 자연산란동지에서 수거한 난들의 항온인공부화에 의해 출생한 새끼자라들의 성비

인공부화온도는 1차(2010) 채집시 측정 평균온도인 $26.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 로 1일 경과한 후, 16일간 $32 \sim 36.5 \pm 1.0^\circ\text{C}$ 범위에서 부화하고 4주는 30°C 로 고정하여 실시하였으며, 잔여일정의 부화온도는 $31 \sim 35.5 \pm 1.0^\circ\text{C}$ 범위 내에서 임의 조절하였다. 2차(2010년)는 28°C 로 1일 경과 한 후, 초기 18일간 $32 \sim 36.5 \pm 1.0^\circ\text{C}$ 범위에서 부화하고, 잔여일정의 부화온도는 $30 \sim 32 \pm 1.0^\circ\text{C}$ 범위로 임의조절하면서, 16일(2°C 이상)은 $32 \pm 1.0^\circ\text{C}$ 로 고정하여 실시하였다.

자연산란된 난의 항온으로 부화된 새끼의 성비: 부화된 개체들의 성비는 외부형태(Kim et al., 1978; Gang, 1984)중 미부의 형태적 특징과 일부 개체를 해부하여, Fig. 10-1, 2-114 같이 내부 생식소 중 난소와 고환에 의한 내외간 성의 일치성 여부를 확인하고 one clutch당 백분율을 산출하였다



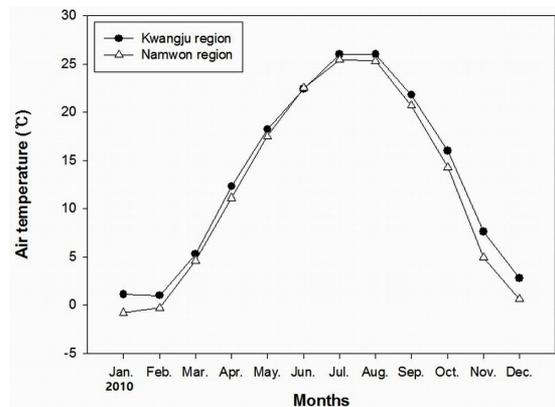
[Fig. 2] External dorsal and ventral views of the males and females of *Trionyx sinensis*.
 A, External dorsal view of the Female;
 B, External dorsal view of the male;
 C, External ventral view of the Female;
 D, External ventral view of the male.

III. 결과 및 고찰

1. 서식지 환경(habitat environment)

(1)기온 (air temperature)

2010년의 황룡천, 지석천, 섬진강(곡성군), 보성강 지역의 광주권 월평균 기온은 1.1°C (1월)~ 25.7°C (7~8월)범위로서 연평균 13.1°C 이었고, 남원권의 섬진강 (남원군)은 -0.8°C (1월)~ 24.7°C (8월) 범위로 연평균 기온은 12.2°C 이었다([Fig. 3]). 월별 평균기온은 10°C 이상이 4월부터 시작하여 10월까지 지속되었다.

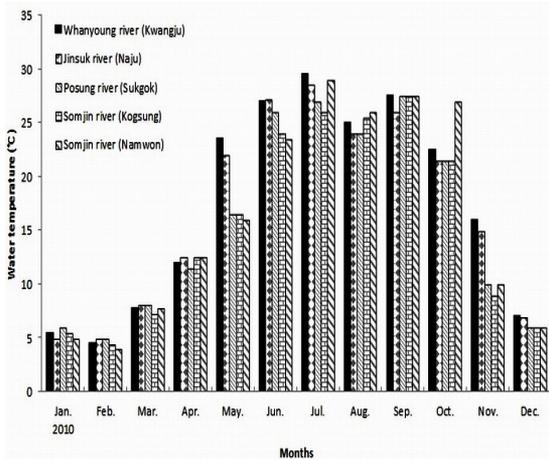


[Fig. 3] Monthly changes in air temperatures in Kwangju and Namwon regions in 2010.

(2) 수온 (water temperature)

2010년의 수온은 황룡천, 지석천, 보성강, 섬진강(곡성군), 섬진강(남원군)중에서, 섬진강(남원)은 1월에 4.0°C 로 낮았고, 황룡천은 7월에 29.5°C 로 아주 높았다([Fig. 4]). 4개 강의 연평균 수온은 [Fig. 4]에 나타난 바와 같이, $15.5 \sim 17.3^\circ\text{C}$ 범위이었으며, 수온 10°C 이상은 4개 강에서 모두 4월부터 시작되었고, $10 \sim 15^\circ\text{C}$ 이하는 황룡천, 지석천을 제외한 섬진강, 보성강에서 11월부터 낮은 수온을 보였는데, 이 수온대 이하에서 자라가 점차 동면기로 들어가는 것으로 추정되었다. 따라서 물속에서의 자라 활동 가능시간은 약 7개월이었

고, 10~15°C이하의 수온 분포는 11월 초부터 다음 해 3월 말까지 장기간 지속되었다. 동면기간은 약 5개월로 추정되었다.



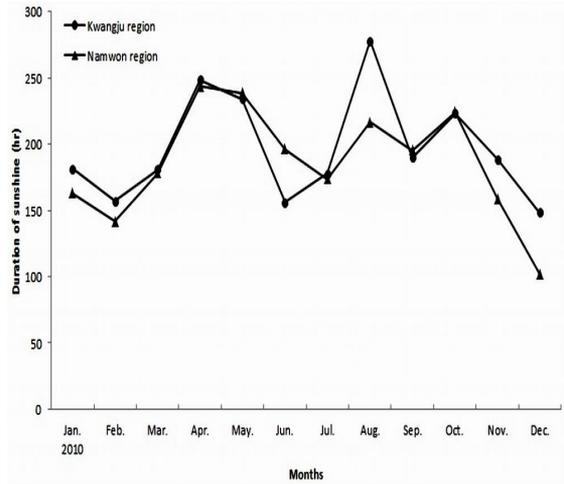
[Fig. 4] Monthly changes in water temperatures in Whangyong river, Jisuk river, Bosung river, Somjin river (Namwon-city) and Somjin river (Kongsung-gun) in 2010.

(3) 일조시간(duration of sunshine)

2010년은 광주권의 일조시간은 143.8 (12월)~243.6시간(4월)범위로 연평균 일조시간은 192.80시간이었고, 4~5월의 교미기간 중 일조시간은 248.6 ~234.2시간으로 비교적 길었다. 6~7월의 산란기 중 일조시간은 190.9~177.7시간으로 비교적 짧았다. 남원권에 있어 101.8이었고, 4~5월의 교미기 중 일조시간은 243.5~238.6시간으로 비교적 길었고, 6~7월의 산란기 중 일조시간은 196.0~173.5시간의 범위이었다([Fig. 5]). 일조시간을 보면, 교미기인 4~5월의 특징은 일조시간이 연평균 일조시간보다 약 1.2 ~ 1.3배에 해당하였으며, 2010년 4~5월의 월평균 일조시간은 231.1시간이었다.

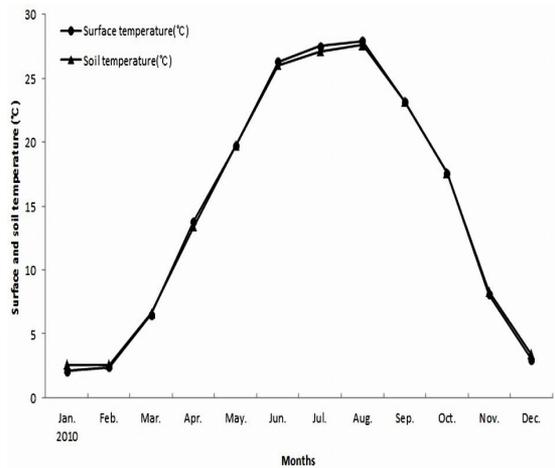
(4) 지표면 및 지중온도(surface and soil temperature)

2010년 광주권 지표면과 지중온도의 연평균은



[Fig. 5] Monthly changes in duration of sunshine in Kwangju and Namwon regions in 2010.

도는 각각 14.70°C와 14.83°C이었고, 6~7월의 산란기 중 지표면 과 지중의 월 평균온도는 24.3~27.5°C, 24.0~27.1°C의 범위로 비교적 높았다([Fig. 6]).



[Fig. 6] Monthly changes in surface and soil temperatures in Kwangju region in 2010.

2. 어미자라의 외부형태

[Fig. 2]에 나타난 바와 같이, 암컷은 배각 밖으로 거의 나오지 않거나, 수컷보다 비교적 짧게

한국산 자라, *Trionyx sinensis* (1862)의 자연산란동지에서 수거한 난들의 항온인공부화에 의해 출생한 새끼자라들의 성비

돌출한다. 이 특징으로 암수를 쉽게 구분할 수 있다. 머리 배면은 흑갈색의 가는 점과 윗눈꺼풀의 앞부분을 가로 지르는 가로 띠와 앞 모서리에서 부터 앞쪽 아래로 뻗어 나가는 줄, 그리고 눈의 뒷모서리에서 뒤로 뻗어나가는 줄, 그리고 눈의 뒷모서리에서 뒤로 뻗어 머리 옆부분의 배면 뒤에 이르는 가는 줄이 뚜렷하다. 윗입술, 아랫입술 및 인두부는 다수의 황색무늬가 있으며, 부분적으로 겹쳐서 세로 줄이 있다. 목의 측면도 같은 색으로 연속되지 않은 세로 줄이 있다. 네다리와 꼬리의 아래쪽은 배갑과 같은 색으로 되어 있다. 배갑에 있는 짧은 융기선과 좁쌀 모양의 돌기는 회색 또는 회황색을 띠고 있으며, 연령이 많을수록 좁쌀모양의 돌기는 없어지고 매끄럽게 변한다. 복갑은 연한 황색이나 백색으로서 흑색의 반점이 있으며, 산란시기의 암수 어미자라에서 만 갈색의 Carotenoid계 색소가 일시적으로 출현하고, 산란시기가 지나면서 소멸되었다.

3. 어미자라가 산란한 난들을 항온인공부화시킨 새끼들의 성비

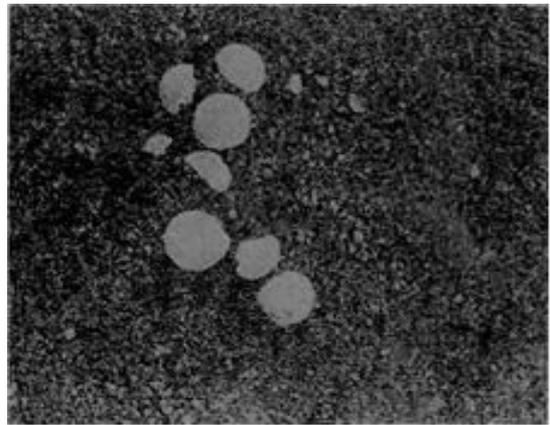
1) 자연산란동지에서 수거된 난들을 서식지의 표층 및 지중온도에 따라 항온인공 부화시킨 새끼자라의 성비 :

어미 자라의 갑갑 길이는 155~271mm이었다. 1차 조사(2010년 6월 14일)에서 one clutch(15개)의 난에서 부화된 어린개체들의 성비는 암컷 7개체 (46.7%) 수컷 8개 (53.3%)로 출현하여 암컷 : 수컷의 성비는 1 : 1로 유의한 차가 없었다($\chi^2 = 0.06, P > 0.05$). 자연산란동지에서 수거된 자라 난들의 1차 항온인공부화 조사에서, 난들의 부화소요일수는 평균 54일이 소요되었다.

2차조사 (2010년 7월 14일)에서 자연산란된 난을 임의조절한 부란기 온도에서 인공부화된 새끼자라의 성비는 one clutch의 12개체 (암컷 7개체 (58.3%), 수컷 5개체 (41.7%))로 이들 암컷 : 수컷의 성비= 1:1로 유의한 차가 없었다 ($\chi^2 =$

0.33, $P > 0.05$).

자연산란동지에서 수거된 자라 난들 ([Fig. 7])의 2차 항온인공부화 조사에서, 난들의 부화소요일수는 평균 49일이 소요되었다.



[Fig. 7] Spawned eggs of *Trionyx sinensis* in the sand in 2010.

한국산 자라의 분포지는 한국을 중심으로 북쪽의 중국 만주지역, 남쪽으로는 일본에 이르러 동북아시아의 일부 지역으로 여겨지며, 서식지는 비교적 양지쪽의 따뜻한 저수지, 하천 등 호소, 연못, 웅덩이를 좋아 한다고 알려져 있다(List of Animals in Korea, 1975; Kim et al, 1978; Nakamura and Ueno, 1963; Kang, 1984). 그러나 자라 서식지가 산업폐수 등 오염물지로 오염되고 있어 이에 대해 조속한 대책이 요망된다.

지금까지 보고된 파충류 중 다른 자라류들(14속의 Turtles)에서는 부란온도가 높은 온도(예, 31°C 이상)에서는 암컷의 성을 갖는 개체들이 나타나고, 이 보다 낮은 온도(예, 25°C 정도)에서는 수컷의 성을 가지는 개체들이 주로 출현하여 부란온도의 높고 낮음에 따라 성이 결정되는 공통 특징을 보이고 있다(Pieau and Dorizzi, 1981; Yntema, 1979; Bull and Vogt, 1979; Bull, 1981; Yntema and Morosovsky, 1980; Vogt et al., 1982).

그러나 Bull and Vogt (1979)가 담수산 미국산 자라, soft-shelled turtles인 *Trionix spiniferus*에 관

하여 *Trionyx*속에 속하는 자라류 종들은, 일반 파충류의 turtles에서 공통적으로 나타난 특징과 달리 부란온도가 높은 온도와 낮은 온도에 따라 암, 수의 성이 결정되지 않는 특징을 보였다고 Science 국제 학술지에 보고한 바 있다. 그 후 *Trionyx*속에 속하는 종들에 관하여 보고된 바 없다가 금번 조사에서 *Trionyx*속에 속하는 종들은 부란온도가 어느 온도대 이건 암, 수의 성은 대략 1 : 1로 출현하였다. 따라서 *Trionyx*속에 속하는 종들은 특정 부란온도가 성을 결정하는데 아무런 영향을 미치지 않는 것을 알수 있었다(Bull and Vogt, 1979).

이미 앞서 언급한바와 같이 서도, 부란온도가 높고 낮음에 관계없이 어느 부란 온도대에서도 암컷과 수컷의 성비가 대략 1:1로 출현하는 현상을 보여 유사한 경향을 보였다. 미시시피강 유역에 서식하는 Map turtles (*Graptemys ouachitensis*, *G. pseudogeographica*, *G. geographica*)의 자연산란둥지의 생태를 연구한 Vogt and Bull (1982)은 map turtle의 종들은 8월초 (수온과 지온이 높음)와 9월 중에 map turtle의 부화성비를 조사한 결과, 환경 수온과 서식지 백사장의 지중온도가 높은 8월초에는 암컷개체의 출현 수가 많았고, 수온이 낮고 지중온도가 보다 낮은 9월에는 수컷의 개체수가 훨씬 더 많이 출현하였다고 보고하였다. 그들은 map turtle의 경우 부화성비는 주로 환

경영향을 받는다고 지적하였다.

2010년 6월 14일 오후 6시와 동년 7월 24일 오후 2시에 전라북도 곡성군 석고면과 목사동면의 보성강변 백사장 위에서 발자국 추적에 의해 발견된 2건의 자연산란둥지의 위치는 백사장의 언덕으로서 모래가 많이 섞인 토질과 태양열에 의해 백사장에 가해지는 복사열의 직접적인 영향을 피할 수 있는 풀속의 동쪽 방향과 동남쪽 방향에 각각 위치하고 있었다. 이러한 결과는 Schwazkopf and Brooks (1985a, b)가 painted turtles, *Chrysemys pica*의 연구에서 보고한 것과 매우 유사하였으며, 한국산 자라는 높은 치사온도대에서도 일시적으로 견디는 종임을 알 수 있었다. 2 건의 자연산란 장소는 모래가 98% 이상인 사질 토양으로 자라의 발 (Gang, 1984; Kawamura et al.(Year unknown)에 의해 자연산란둥지를 조성하기 쉬운 장소이었으며, 토양 속 통풍이 미약하나마 이루어 지는 기온의 변화가 없는 장소로 판단된다.

인공부화는 자연산란둥지에서 수거된 2건의 27개 난들은 임의로 조성된 인공둥지에 넣어, 항온부란기에서 1차 26.5~35.5℃, 2차 28~36.5±1.0℃ 범위로 조절하여 부화시켰으며, 그리고 35.5~36.5±1.0℃에서의 각 1일 부화는 치명적인 나쁜 영향을 미치지 않았다.

<Table 1> Sex ratios in males and females produced by constant artificial incubation

Temperature of egg incubation (the 1st Exp. 2010) (31.2±1.0)℃				Temperature of egg incubation (the 2nd Exp. 2010) (32.1±1.0)℃			
Incubation days	No. of eggs	Sex ratio		Incubation days	No. of eggs	Sex ratio	
		Male	Female			Male	Female
53	4	50(2)	50(2)	48	4	50(2)	50(2)
54	5	60(3)	40(2)	48	4	25(1)	75(3)
55	6	50(3)	50(3)	49	4	50(2)	50(2)
54	15	53.3(8)	46.7(7)	49	12	41.7(5)	58.3(7)

한국산 자라, *Trionyx sinensis* (1862)의 자연산란동지에서 수거한 난들의 항온인공부화에 의해 출생한 새끼자라들의 성비

Ferguson and Joanen(1983)은 미국산 악어 목에 속하는 *Alligator mississippiensis*의 부화온도대에 따른 성비에 관한 연구에 있어 34°C의 항온에서도 부화한 결과로 보아, 한국산 자라에 있어서도 36.5±1.0°C의 항온에서도 정상적 배 발생이 이루어짐에 따라 단기간일지라도 일시 부화할 수 있는 온도대라고 여겨진다. 전반적으로 일 평균 부화온도는 1차 31.2±1.0°C, 2차는 32.1±1.0°C이었는데, 이러한 부화온도는 30°C 이상에 속하는 것으로 미약하나마 고온 (Schwazkopf and Brooks (1985a, b)에 속한다고 생각된다. 부화소요일수는 항온 31.2±1.0°C와 32.1±1.0°C에서 부화시에 부화소요일수가 각각 53일~55일의 2일간 차이와 48일~50일의 3일간의 차이는 개체별 발생에 따른 부화시기의 감응능력과 관련이 깊은 것으로 여겨지며, 자라의 부화 소요일수는 Yntema (1968)와 Pieau and Dorizzi (1981)의 견해와 유사하였다. 부화율은 1차 (15 개체)와 2차(12 개체), 총 27 개체가 부화하여 각각 100%로서 이는 인위적으로 조성한 인공동지와 31.2~32.1±1.0°C에서 비록 일시적으로 치사온도에 가까운 온도에서도 잘 견디고 아주 양호하게 부화되었다. 성비는 적응에 따라 작은 영향을 미치는 유전인자가 유전적 변이를 일으켜 성비가 평형을 유지할 수 있도록 조절되는데, 유전적 변이는 상염색체에 의해 유전되고 있다고 보고되어 있다 (Bull et al., 1982b). 성비조절에는 유전적 변이가 관여하고 있다고 알려져 있다. 자연개체군들의 성비는 기후변화에 영향을 받는데, 어미가 둥지 속 부분을 조절하고 성결정을 위해 배를 관리하는 것을 기후변화에 피해가 없도록 하기 위해서 하는 것이라고 보고하였다 (Bull et al., 1982b).

IV. 결론 및 요약

거의 대다수의 파충류 중 turtle류에 속하는 여러 종들은 유사한 공통 특징을 보이고 있다. 대

부분의 파충류 종들은 부화온도가 높으면 부화된 개체의 성결정은 (30°C 이상) 암컷개체가 부화되었고, 반면 온도가 낮으면 (25°C 이하) 수컷개체가 거의 대다수 출현하고 있는 것이 파충류의 일반적 공통특징이다. 그러나 예외적인 현상이 본 실험에서 freshwater soft-shelled turtle인 genus *Trionyx*에서 다른 결과가 출현하였다.

미국산 자라, *Trionyx* 속에 속하는 *T. spiniferus*는 같은 속에 속하는 한국산 자라와 동일한 조사 결과를 나타내어 여러 Turtle들 중 Soft-shelled turtle에 속하는 *Trionyx* 속에 속하는 종들만은 부화온도가 성의 결정에 아무런 영향을 주지 않고 있으며 성의 결정이 부화온도와 무관함을 알 수 있었다. 따라서 한국산 자라는 부화온도가 성을 결정하지 않는 즉, 성결정이 부화온도에 의존하지 않는 종들(temperature non-dependent sex determination)로 확인되어 있으며, 온도가 영향을 미치지 않는 것으로 결론지을 수 있었다(Bull and Vogt (1979). 한국산 자라는 미국산 자라와 같이, 부화 온도가 높은 온도나 낮은 온도대 어느 온도이건 암, 수의 성비가 대략 1 : 1에 가깝게 출현하였다. 이점은 다른 Turtle 들에 속하는 종들과 다르게 성비에 관여하는 유전적 변이가 상염색체들에 의해 변이가 일어나서, 즉, 유전인자 때문에 성비가 적응에 따라 작은 변이가 일어나서 다른 Turtle 들과 다르게 유전되어 일어난 것이라고 판단된다 (Bull et al., 1982b).

References

- Alderton, D. (1988). Turtles & Tortoises of the world. Facts on File, Inc. pp. 191.
- Bull, J. J. & Vogt, R. C.(1979). Temperature-dependent sex determination in turtles. Science Washington. D. C.(1983), 206, 1186~1188.
- Bull, J. J.(1981).Temperature-sensitive periods of sex determination in emydid turtles. J. Exp. Zoo., 218, 435~440.
- Bull, J. J.· Vogt, R. C. & McCoy, C. J.(1982a). Sex

- determining temperature in turtles: a geographic comparison. *Evolution* (Lawrence. Kans), 36, 326~332.
- Bull, J. J. · Vogt, R. C. & Bulmer, M. G.(1982b). Heritability of sex ratio in turtles with environmental sex determination. *Evolution* (Lawrence, Kans), 36, 326~332.
- Charnier, M.(1966). Action de la temperature of sur la sex-ratiochez l-embryon d'*Agama agama* (Agamidae. Lacertilien): Societe Biologie de L'Quest African, 160, 620~622.
- Ferguson, M. W. J. & Joanen, T.(1983). Temperature-dependent sex determination in *Alligator mississippiensis*. *J. Zool. London.* 200, 143~177.
- Gang, S. W.(1984). Freshwater fish farming. Sunjinmunwhasa, pp. 356~361.
- Illustrated Encyclopedia of Fauna & Flora of Korea. Vol. 17. (Amphibia · Reptilia) (1975). Ministry of Education, Samwha Publishing company.
- Kawasaki, Y. K. Iwao, S.(Year unknown). Studies on egg developments of the freshwater soft-shelled turtles, *Trionyx sinensis japonicus*. Unknown Society Name. 1~3.
- Kawamura, A. T. Ooya. S.T. Ishida, R. Z. Kazi, S. M. Suzuki, N. O.(Year unknown). Fish farming course (Vol. 5), Midorishobo, 191~261.
- Kim, H. G. Gang, S. W. & Moon, H. S.(1978). Ecology of Korean Vertebrates. *Ilsinsa*, 159~186.
- Korea Environment Yearbook, 2011, Environmental Office.
- List of Animals in Korea (excluding Insects) (1975). The Korean Society of Systematic Zoology. 489 pp.
- Nakamura, K. N. & Ueno, J. N.(1963). Encyclopedia Zoologica illustrated in colours of Japan (Amphibia · Reptilia). Hoikusha. pp. 83~84.
- Pieau C. R. & Dorizzi, M.(1981). Determination of temperature sensitive stages for sexual differentiation of the gonads in embryos of the turtle, *Emys orbicularis*. *J. Morpho.* 170, 373~382.
- Schwarzkof, L. & Brooks, R. J.(1985a). Annual variations reproductive characteristics of painted turtles (*Chrysemys picta*). *Can. J. Zool.* 64, 1148~1151.
- Schwarzkof, L. & Brooks, R. J.(1985b). Sex determination in northern painted turtles; Effect of incubation at constant and fluctuating temperature. *Can. J. Zool.* 63; 2543~2547.
- Vogt, R. C.(1984). Ecology of hatching sex ratio in map turtles. *Ecology*, 65, 582~587.
- Vogt, R. C. & Bull, J. J.(1982). Temperature controlled sex determination in turtles: ecological and behavioural aspects. *Herpetologica*, 38, 156~164.
- Vogt, R. C. · Bull, J. J. · McCoy, C. J. & Housal, T. W.(1982). Incubation temperature influences sex determination in Kinosternid turtles. *Copeia*, 480~482.
- Wagner, E.(1980). Temperature-dependent sex determination in a gekkoelizard lizard. *Quart. Rev. Biol.*, 55~61.
- Yntema, C. L.(1968). A series of stages in the embryonic development of *chelydra serpentina*. *J. Morph.* 125, 219~252.
- Yntema, C. L.(1979). Temperature levels and periods of sex determination during incubation of eggs of *Chelydra serpentina*. *J. Morph.*, 159, 17~28.
- Yntema, C. L. & Morosovsky, N.(1980). Sexual differentiation in hatchling loggerheads (*Carreta caretta*) incubated at different controlled temperatures. *Herpetologica*. 36, 33~36.

-
- Received : 28 February, 2017
 - Revised : 01 May, 2017
 - Accepted : 15 May, 2017