



한국산 자라를 복부절개하여 채란한 난들을 실온에서 인공부란하여 출생한 자라 새끼들의 성비와 부란소요일

김 성 한[†]
(군산대학교)

Sex Ratios of Hatched Juveniles and Required Days for Hatching According to Artificial Incubation at Room temperatures of Eggs Collected by the Abdominal Caesarean Operation of the Korean Soft-shelled Turtle, *Trionyx sinensis* Strauch (1862)

Sung-Han KIM[†]
(Kunsan National University)

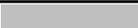
Abstract

Sex ratios of juveniles hatched by artificial incubation at room temperatures from 67 eggs collected by the abdominal caesarean operation of six turtles, *Trionyx sinensis* were investigated, and required incubation days for hatching were calculated. In this study, tail lengths in females were shorter than those in males. From the beginning of hatching to final hatching, it was maintained at the maximum high temperatures ($41\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ for one day at the 29th days) at room temperatures and then changed the minimum low temperatures ($21.5\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ at the 48th days). In this study, the average room temperature artificial incubation ranged $30.4\sim 30.8\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ per individual. Artificial natural nests were produced by commercial plastic box and were filled with large quantities of fine sands. Required incubation days for hatching of 24 eggs ranged from 53 to 58 days. The hatching rates ranged from 22.2% to 58.3%. At this time, 47 of total 67 individuals were damaged by heat. The low hatching rate showed considerably. Commonly, in case of most turtles in reptiles, incubation at 31°C (higher temperatures) generally produced all or mostly females, while incubation at 25°C (cooler temperatures) produced all or mostly males. However, in case of the genus *Trionyx* (the Korean turtle (*T. sinensis*) and U.S.A. turtle (*T. spiniferus*), the sex ratios of females and males produced approximately 1:1 independently most incubation temperatures. In this study, the sex ratios of juveniles hatched by artificial incubation at room temperatures of the Korean turtle, *T. sinensis* showed the same results, as seen in U.S.A. turtle (approximately 1:1), which differs from other genera turtles. This species showed that "temperature has no effect on sex determination", it may be influenced by gene variation and a certain adaptation.

Key words : *Trionyx sinensis*, Sex ratio, Artificial incubation, Room temperature

I. 서론

한국산 자라(The Korean soft-shelled turtle)는 담수와 육지에서 서식하는 수륙양생 파충류로 고

[†] Corresponding author :  w0827@kunsan.ac.kr

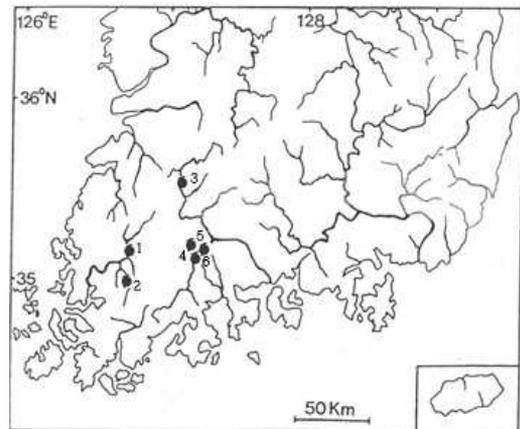
가의 식품으로 알려져 있다. 자라는 거북목 (Order Chelonia), 자라과(Family Trionychidae)에 속한다. 본종은 환경수질 오염이 비교적 적은 강과 저수지로 전국 각지에 분포하고 있다. 자라가 서식하고 있는 자연산란 서식장인 강과 하천은 최근 산업폐수와 골재 채취 등으로 오염되어 환경과 생태계가 서서히 파괴 되어가고 있어 본종의 자원관리를 위해 이에 대한 대책을 강구하지 않을 수 없는 실정이다. 특히, 국내 파충류 중 고급어종인 자라와 유용어종들의 번식을 위해 인공부화와 관련된 기초자료를 연구하여 양식업자들에게 인공부화에 관한 기초자료를 제공한다면, 이를 바탕으로 양식장에서도 자라 또는 유용 파충류 어종들의 난들을 수거하여 인공번식으로 자원량을 증대시킬 수 있다. 그러나 산란기에 자연산란둥지를 찾아내고 난을 수거하는 일은 너무나 어려움이 많으므로 손쉽게 알을 구하기 위해 자라나 유용 파충류의 성숙한 암컷 개체들로부터 복부를 절개하여 성숙란을 채란하여 인공부화시키는 방법을 강구하게 되었다. 최근 거북목에 관하여는 많은 연구자들이 연구하여 왔으나 자라과의 인공부화에 관한 연구는 아직도 소수에 불과하다. 지금까지 자라과에 관한 국외 연구보고로는 일본산 자라 (*Trionyx sinensis japonicus*)에 관하여, Kawasaki and Iwao (Date unknown)는 30℃ 항온 부란시 부화소요일수는 45~47일이 경과되어야 부화가 되었고, Kawamura et al. (Date unknown)은 50일이 경과되어야 부화가 된다고 보고되어있다. 한국산 자라(*T. sinensis*)의 부화소요일에 관한 예전 연구 기록들을 보면 Gang (1984)은 그의 저술, 담수양어학에서 지온이 높고 낮음에 따라 부화 소요일수가 50~80일로 다르게 기록되어 있다. 거북목의 담수산 거북류인 Snapping turtle (*Chelydra serpentina*)은 30℃에서 항온 부화시 부화소요일수가 63일로 보고된 것(Yntema, 1968)과 60일(Picau and Dorizzi 1981)로 보고되어 있다. 최근 한국산 자라(*T. sinensis* Strauch (1862)는 항온부란시 54일이 소요되었다고 보고되어 있

다 (Kim, 2017).

본 조사의 목적은 자연 산란둥지에 자연산란한 소수의란을 인공적으로 항온부화시킨 성비의 결과와 성숙한 암컷을 채집하여 복부절개에 의해 수란관에서 성숙란을 인위적으로 채란하여 인공적으로 실온 부란시 암, 수의 성비는 어떤 다른 결과가 나올 것인지 아직 확인되지 않은 상태이다. 따라서 손쉽게 복부절개에 의해 수란관에서 얻은 성숙란들을 실온에서 인공부란시킬 수 있는 기술을 습득할 수 있게 된다면 자라의 알을 얻기가 어려워 자라의 자원량을 증대시킬 수 없는 현실에서 고가의 자라 자원량을 증양시킬 수 있어, 어민들의 소득을 증대시키는데 크게 이바지할 것으로 기대된다. 특히, 실온에 의해 실험실 내에서의 인공부란 성공 및 기술 확립은 생식생태학적으로 매우 의미가 크다고 판단된다.

II. 재료 및 방법

1. 산란기의 성숙한 어미 자라의 채집



[Fig. 1] A map showing the sampling area collected six mature females of the soft-shelled turtle, *Trionyx sinensis*.

2011년 6월초부터 동년 6월 중순에 걸쳐서 매일 섬진강 지류인 보성강 (전남 곡성군 소재), 영

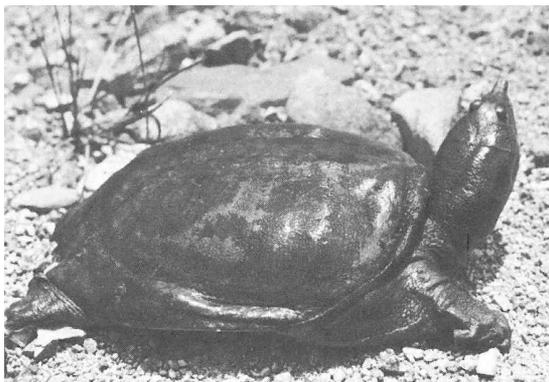
산강 지류인 지석강 (나주군 소재), 황룡강 (광주 직할시 소재), 섬진강 (남원군, 곡성군, 구례군 소재)의 4개 강들에서 표본을 채집하였다([Fig. 1]). 그리고 산란기에 성숙한 자라를 채집하기 위해 그물과 줄낚시에 의해 성숙한 어미자라 6개체를 채집하였다 ([Fig. 2]).

2. 자라의 운반

채집된 어미자라를 실험실 내로 운반하기 위해 자루와 공기가 통하는 보온상자에 넣어 2시간 30분 내에 임의 조성된 수조 속에 넣었다.

3. 채집

성숙한 자라의 복부절개에 의한 난들의 채집복부절개에 의해 난관으로부터 난을 채집하기 전에 외부형태로 암수 구별을 용이하게 하는 등갑 밖으로 나온 꼬리를 먼저보고([Fig. 2]), 복갑과 배갑(복부와 등부)위 사이가 두터운 개체를 택하여 성숙한 어미자라의 전장과 체중을 30 cm자와 저울로 측정하고, 등갑 밖으로 나온 꼬리의 길이를 측정한 후, 목을 절단하거나 또는 클로로포름, 에테르로 후각마취를 시킨 후 해부기로 복부를 절개하여 난관으로부터 난들을 채취하여 준비된 인공동지에 넣었다.



[Fig. 2] An adult female of the soft-shelled turtle, *Trionyx sinensis*.

4. 성숙난들의 조사

성숙한 6개체의 자라들의 성숙난들로 여겨지는 개개의 난들의 직경과 무게 측 측정은 다음날 오전에 vernier calipers와 chemical balance로 측정하였고, 실온부란 을 위한 부란기내 인공동지 조성은 시중에서 판매하고 있는 25x30x7 cm의 플라스틱 상자 내부를 세사로 부어 넣어 밑바닥층 3cm, 중간층(난을 안치한 부분) 2 cm, 상층 1.5 cm로 하였다.

5. 실온부란 온도

실온 부란온도는 자연상태의 실온에 의존하였으며, 때로는 임의로 창문을 개폐하여 실온을 조절하였다. 실온 측정은 임의 제작되어진 실온부란기(Gettinger et al,1984)에 온도계(최고, 최저온도)를 넣어 매일 측정하였으며 (Baskerville et al., 1969), 급격한 변화가 없도록 주의하였다.

6. 부란일수 및 부화율

부화 중 매 3~4일 마다 임의 조성된 인공동지의 난들을 점검하였으며, 초기배발생 진행여부를 여러문헌(Kawasaki and Iwao, Date unknown; Yntema, 1968)에 따라 조사하였고, 부화시기에는 매일 점검을 하였다. 부화율 조사를 위해 부화한 개체들의 난각을 조사하면서 자라새끼를 수조에 넣었고, 부화율은 one clutch 당 부화한 개체를 중심으로 백분율에 의해 계산하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1) 산란기의 성숙한 어미자라의 채집 전라남도 나주군 소재 지석강 1개체, 광주직할시 소재 황룡강에서 1개체, 전라남도 남원군 소재 섬진강에서 1개체, 전라남도 곡성군 석곡면과 목사동면 소재의 보성강에서 3개체, 즉 총 6개체를 채집하였다([Fig. 1]). 채집된 성숙한 어미자라의 체중은

810~1,160 gr(평균 822±10 gr)이었으며, 배갑의 길이는 17.3~21.2 cm (평균 18±0.5 cm)이었다. 암수의 구별을 용이하게 하는 배갑 밖으로 나온 꼬리의 길이는 0~7 mm(평균 2.9±0.1 mm)로 비교적 꼬리가 짧았다(<Table 1>).

2) 성숙란들의 조사

복부절개한 난관 내 성숙한 난들의 기초조사를

위한 측정결과는 개체별로 최저 8개, 최고 16개였으며, 6개체의 난들은 67개로 개체당 평균 11.2개이었다. 난들중에 직경에 있어서 개체별로 장난경 19.9~21.7 mm로서 평균 20.80.1 mm 이었고, 단난경은 개체별로 18.8~21.3 mm 범위로 평균 20.2±0.1 mm (전체 평균 난직경 20.5±0.1 mm)이었다(<Table 2>).

<Table 1> Collected mature females in *Trionyx sinensis*

Female Number	Weight (gr)	Carapace length (Cm)	Excess Tail (mm)	Date
1	720	18.1	4	June 6, 2011
2	1160	21.2	7	June 6, 2011
3	810	18.5	2	June 8, 2011
4	630	17.3	0	June 10, 2011
5	950	19.5	3	June 13, 2011
6	660	17.6	1	June 13, 2011
Average	822±1.0	18.7±0.5	2.9±0.1	

<Table 2> Collected eggs by the abdominal caesarean operation of the soft-shelled turtle, *Trionyx sinensis*

Female Number	Number of Eggs	Egg weight (gr)	Egg Diameter (mm)	Egg Diameter (mm)	Egg Diameter (mm)/Standard deviation	Date
			Long	Short	Average	
1	9	4.4	20.1	19.8	19.9	June 6, 2011.
2	16	5.4	21.7	21.3	21.5	June 8, 2011.
3	9	5.2	21.6	21.1	21.3	June 8, 2011.
4	8	5.1	21.3	21.1	21.2	June 13, 2011.
5	13	4.7	20.2	19.2	19.9	June 13, 2011.
6	12	3.8	19.9	18.8	19.3	June 13, 2011.
Average	11.2	4.8	20.8	20.2	20.5±0.1	

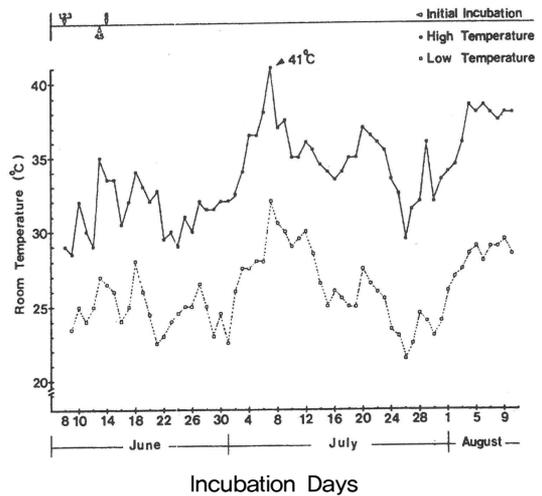
3) 실온 부란온도

창문을 인위적으로 개폐하여 조절하였다. 실온 부란은 자연상태의 실온에 의존하여 부란개시 후 부화시까지 최고온도와 최저온도를 유지하여 부란시켰다. 부란개시 후 부화시까지 최고온도는 부란 개시후 29일째에 $41\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 를 유지, 최저 온도는 48일째 $21.5\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 를 유지시켰다. 개체별 평균실온 부란온도는 부란 개시일에 따라 $30.4\text{--}30.8\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 의 순이었다([Fig. 4]). 부란 개시 후 $41\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 를 유지시에는 고온으로 폐사하는 개체가 많으므로 창문개폐 등 섬세한 주의가 요망된다. 실험실에서 인공부란 기술은 자라의 자원을 증강시키는 특수 양식기술로서 많은 자료가 요망되며, 이들 자라의 인공부란 방법의 터득된 기술자료를 응용하여 다른 유용 파충류의 자원을 개발하기 위해 다방면으로 이용한다면 큰 도움이 될 것이라고 판단된다. 4. 부란일수 및 부화율 24개 난들의 부화소요일수 53~58일이었으며, 평균 부란소요일수는 54일로서 부화된 난들의 개체수는 모두 24개체이었다. 부화율은 22.2% (2개체)~58.3%(7개체)범위로서이는 $41\pm 1.0^{\circ}\text{C}$ 고온의 영향으로 부란개시일 29일째에 67개의 난들 중 43개체가 치명적인 손상을 입어 치사하여 부화율이 현저히 낮았다. 실온 부란시 41°C 이상인 경우, 실내 창문을 열어 온도를 조절하였다.

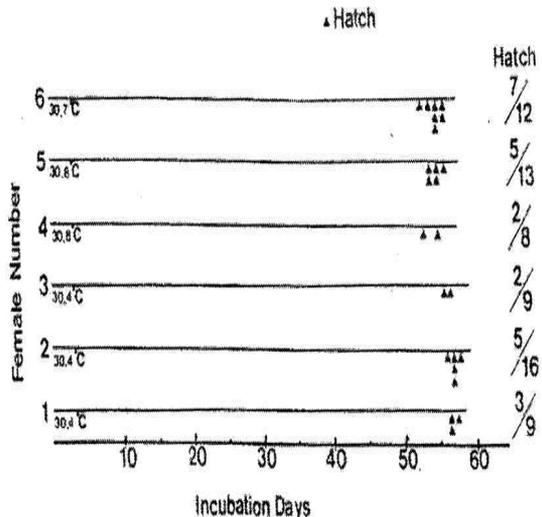
5) 실온 부화시 부화시간대 6개체(6 clutches)의 어미자라로부터 채란된 총 67개의 성숙란들을 대상으로 한 2시간 간격의 부화시간대 분포조사에 있어서 18~20시에는 12개체(50.00%)가 부화하여 가장 많았고, 20~22시에는 4개체(16.67%), 22~24시에는 2개체(8.34%), 16~18시에는 2개체(8.34%), 4~6시에는 2개체(8.34%), 6~8시에는 1개체(4.17%), 0~2시에는 1개체(4.17%)가 부화되었고, 2~4시에는 부화된 개체는 찾아볼 수 없었다(<Table 4>).

채집된 성숙한 어미자라의 복부절개는 (Kawamura, Date unknown)의 방법에 의해 해부기를 사용하여 채란하였다. 이들 난관으로부터 성

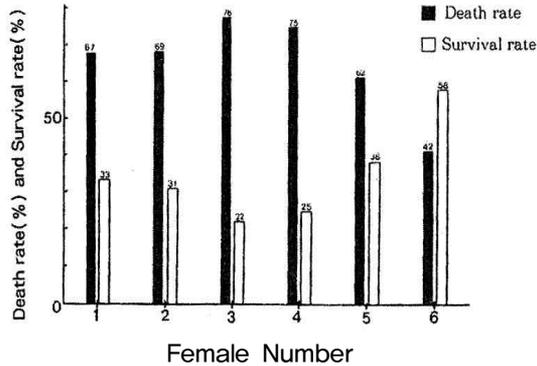
숙한 난들을 채란하였다. 거북목의 난관으로부터 채취된 난의 부화에 관해서는 아직 보고된 것을 찾아볼 수 없었지만 실온부란이 가능할 것으로 판단되어 실시하였다.



[Fig. 3] Incubation days and rearing temperatures of *Trionyx sinensis* at the room temperatures in 2011



[Fig. 4] Incubation days and hatching rates by female number at room temperature artificial incubations of the soft-shelled turtle, *Trionyx sinensis*.



[Fig. 5] Death rates and survival rates by female number during artificial incubation at room temperature of *Trionyx sinensis*

실내온도를 적절하게 유지(Packard, et al., (1985)하고자 노력하였으며, 동일조건 부란온도에서 난들의 부화는 거의 비슷한 시기에 부화할수 있을 것으로 추정되었다(Bull, 1985; Bull and Vogt; 1979; Bull et al., 1982; Ferguson and Joanen, 1983). 개체별 부란소요일수에 있어 평균 53일~58일의 차이는 부화개시일과 부란온도, 난성속도, 부란기 내 난들의 위치, 개체별 배발생에 의한 부화시기의 감지능력과 깊이 관련되어지는 것으로 여겨진다(Bull, 1980; Bull and Vogt, 1979). 난들의 직경은 <Table 2>에 나타낸바와 같이 장난경이 19.9~21.7±1.0mm (평균장난경 20.8±1.0 mm)이었고 단난경은 18.8~21.3±1.0 mm(평균 단난경은 20.2±1.0 mm)이었다. 그리고 전체 평균 난직경은 20.5± 1.0 mm이었다. 난들의 무게는 <Table 2>에 나타낸바와 같이, 최저 3.8±0.1 gr, 최고 5.4±0.1gr을 나타내었으며, 난들의 평균 무게는 4.76± 0.1 gr이었다 복부절개에 의해 난관으로부터 채취된 난들의 무게는 예비 연구 결과와 거의 유사하게 나타났다. 각 batch의 9개~16개의 난에 있어서의 각기 난직경과 형상, 무게에 있어서도 거의 유사하였다. 따라서 한 batch의 난들은 직경, 형상, 무게에 있어 각기 거의 동일한 형태로 산란 (Bull et al., 1982)되는 특징을 보였다. 실온부란은 6개체의 어미자라로부터 채취되어진 67

개 난들을 시중의 플라스틱 25x30x7cm 크기의 상자속에 임의조성된 인공등지에 넣어 [Fig. 3]에서와 같이 21.5~41±1.0℃에서 실험하였다. 일평균 부란온도는 개체별 30.4~30.8±1.0℃ 범위로 부란하였으며, 부란 개시후 29일째에 41±1.0℃에서의 1일간 부란은 배발생에 치명적인 영향을 미쳐 부란 중 서서히 죽어가면서 66.2%의 치사율을 나타내었다. 단시간일지라도 이러한 높은 고온은 난각에 이상을 나타내고 부란에 치명적으로 작용했으며, 21.5±1.0℃의 저온은 한국의 장마철의 저온으로 보면 부란의 속도를 늦출뿐 부란에 나쁜 영향을 크게 미치지 않는 것으로 사료되었다.

부란일수는 실온부란등지의 67개 난들이 일평균 30.4~30.8±1.0℃의 자연부란온도에 의해서 부란되어져 [Fig. 3, 4]와 <Table 3>에 기록된 바와 같이 53~58일이었으며, 전체 일평균 30.6±1.0℃에서의 부란소요일은 55.5일에 속하여 많은 인공부란 양식가들이 실온 부란 시킨 결과들과 유사한 결과들을 보였다.

그러나 이들의 부란일수는 Yntema (1968)와 Pie and Dorizzi (1981)의 견해와 유사하였다. 부화율은 <Table 3>, [Fig. 4]에 나타낸 바와 같이, 최저 22.2% (2개), 최고 58.3%(7개)로 고온(41±1.0℃)의 일시부란에 영향을 받는 등지 내 난들의 깊이, 난들의 성속도와 관련되어 차 2011년 6월 6일부터 6월 13일까지 성숙한 어미자라 6개체(6 clutch)를 채집하여, 21.5~41±1.0℃에서 실험하였다. 일평균 부란온도는 개체별 30.4~30.8±1.0℃의 범위로 실온 부란하였다.

복부절개하여 얻은 67개의 난들 중 부란개시후 29일째에 41±1.0℃에서의 1일 부란은 배발생에 치명적인 영향을 미쳐 부란중 서서히 죽어가면서 66.2%의 치사율을 나타내었다. 6개체의 어미자라 난관에서 실온 부화 중 41±1.0℃의 치사온도에서 견디고 부화한 24개체이었고, 수컷의 경우는 40% 1 clutch, 50% 1 clutch, 57.1% 1 clutch, 60% 1 clutch, 100% 1clutch 평균 one clutch당 51.2%(부화된 13개체)이었다(<Table 5>).

한국산 자라를 복부절개하여 채란한 난들을 실온에서 인공부란하여 출생한 자라 새끼들의 성비와 부란소요일

<Table 3> Death rates(%) and survival rates(%)by artificial incubation at room temperature of collected eggs by the abdominal caesarean operation of the soft-shelled turtle of *Tryonix sinensis*

Female Number	Number of Eggs	Number of Dead Eggs	Number of Survival Eggs	Death rate (%)	Survival rate (%)
1	9	6	3	66.7	33.3
2	16	11	5	68.8	31.2
3	9	7	2	77.8	22.2
4	8	6	2	75.0	25.0
5	13	8	5	61.5	38.5
6	12	5	7	41.7	58.3
Total	67	43	24	65.3 (Average)	34.7 (Average)

<Table 4> Hatching time by the room temperature artificial incubations of *Tryonix sinensis*

Hatching time Female number	Hatching time												No. of hatching ind.
	0 ~ 2	2 ~ 4	4 ~ 6	6 ~ 8	8 ~ 10	10 ~ 12	12 ~ 14	14 ~ 16	16 ~ 18	18 ~ 20	20 ~ 22	22 ~ 24	
Lethal room temperature	1		1						3				3
	2							2	2				5
	3								2				2
	4								1	1			2
	5									2	2	1	5
	6	1		1	1					2	1	1	7
Total	6	1	2	1				2	12	4	2	24	

전체적으로 암, 수의 성비는 고온에서 높은 치사율을 보여 67개 난들에서 불과 24개체 (암,수별 인공부화된 암컷 개 크기와 배갑무늬의 각 배의 새끼들의 육안적 개체수는 11개체(전체 평균 성비 48.8%) 수컷 13개체(전체 평균 성비 51.2%)를 나타내었다. 따라서 실온 부화에 의해 새로 출생한 암·수의 성비는 1:1로 유의한 차가 없었다 ($\chi^2= 0.17, p>0.05, <Table 5>$).

동일성은 이미 개체의 유전적인 요인(Wright, 1968, 1977)에 의해서 형성되어지는 것으로 추정된다. 이가 나는 것으로 사료되어지며, 보다 좋은

결과를 얻기 위해 차후 고온에 의한 부란 중 치사율에 관해 좀 더 섬세한 연구를 실시하여야 할 것으로 사료된다. 이들 한배(batch)의 새끼 크기와 배갑무늬에 있어서는 육안적으로 거의 동일한 크기와 형태(Charistens and Bider, 1986)이었다.

이들의 실온부란온도대와 부란일수에 대한 연구는 앞으로 국내에 서식하는 거북목의 자라, 남생이, 바다거북, 장수거북, 기타 유린 목의 발생 연구 (Bull, 1980)와 번식에 있어 많은 도움이 될 것으로 사료된다.

<Table 5> Sex ratio of juveniles hatched at room temperature artificial incubations from eggs collected by the abdominal caesarean operation of the Korean soft-shelled turtle, *Trionyx sinensis*.

Female	num ber	Number of eggs	Number of hatching ind.	Number. of ind.		Sex ratio(%)	
				♀	♂	♀	♂
	1	9	3	3	0	100	0
	2	16	5	2	3	40	60
	3	9	2	1	1	50	50
	4	8	2	0	2	0	100
	5	13	5	3	2	60	40
	6	12	7	3	4	42.9	57.1
Total	6	67	24	11	13	48.8	51.2

IV. 결 론

2011년 6월6일부터 동년 6월 14일까지 4개의 강(지석강, 황룡강, 보성강, 섬진강)으로부터 6개체의 성숙한 암컷들 (630-1160 gr)을 채집하였다. 암컷들의 복부를 절개하여 난관으로부터 발달된 성숙한 난들을 채취하였다. 난들의 수는 개체별 최저 8개, 최고 16개로서 암컷당 평균 11.1개이었으며, 난들의 무게는 3.8~5.4±0.1 gr(평균 4.76±0.1 gr)이었다. 난들의 직경은 평균 단경 20.2±0.1 mm, 장단경 20.8±0.1 mm로서 전체평균 20.5±0.1 mm이었다. 6개체로부터 채취된 67개 난들은 실온에서 부란시켰는데, 부란개시후 29일째에 41℃의 고온에 의한 영향으로 전체 66.2%에 해당하는 43개의 난들이 죽었다. 나머지 난들의 평균부란온도는 30.4~30.8±1.0℃이었으며, 부란소요일수는 53~58일이었다. 부화율은 개체별 22~58%(평균 33.8%)이었으며, 24개체가 부화하였다. 복부절개에 의한 67개의 성숙난들의 고온 실온의 인공부란으로 인해 폐사된 후 암컷(11개체)과 수컷(13개체)들의 성비의 평균값

비율은 48.8%와 51.2%로 거의 동일한 값을 나타내었다. 따라서 실온 부화에 의해 새로 출생한

암, 수의 성비는 1:1로 유의한 차가 없었다($\chi^2=0.17, p>0.05$). 실온에 의한 인공부란에 의해 고온의 치사온도에서도 견디고 생존한 새끼자라의 경우에도 Bull and Vogt (1979)가 실험한 결과와 유사하게 암, 수의 성비는 거의 유사하게 나타났다. 따라서 자라속(genus *Trionyx*)에 속한 미국산 자라(*T. spiniferus*)와 한국산 자라(*T. sinensis*) 만은 다른 수와 다른 파충류들과 달리 암, 수의 성비가 1:1이었다. 다른 파충류들(Bull, 1980)(뱀류, 도마뱀류, 악어류, 거북목류 soft-shelled turtles)과 너무 다르게 온도가 높은 부란 온도(30℃) 또는 그 이상에서 부란하면, 거의 가 암컷이 출생하고 이보다 온도가 낮은 약 25℃에서는 거의가 수컷이 출생하는 파충류의 경우와는 달리 온도와는 관계없이 유전적으로 암, 수의 성비가 대략 1:1로 나오고 있어 다른 자라과 파충류 종들과는 다른 예외적인 Genus (*Trionyx*)에 속하는 매우 고등한 종이라고 말할 수 있다.

References

Baskerville, G. L. & Emin. P.(1969). Rapidestimation of heat accumulation from maximum and temperature. Ecology 50, 514-517.

- Bull, J. J. & Vogt. R. C.(1979). Temperature-dependent sex determination in turtles. *Science*, 206, 1186~1188.
- Bull, J. J.(1980). Sex determination and reptiles . *Quart. Rev. Biol*, 55, 3~21.
- Bull, J. J.(1985). Sex ratio and nest temperature in turtles: comparing field vs. laboratory data. *Ecology*, 6, 1115~1122.
- Bull, J. J. · Vogt. R. G. & Bulmer, M. G.(1982). Heritability of sex ratio in turtles with environmental sex determination *Evolution* Lawrence, Kans.) 36, 333~341.
- Charistens, E. & Bider J. R. Bider(1986). Reproductive ecology of the painted turtle (*Chrysemys picta marmorata*) in southern-eastern Quebec. *Can. J. Zool.*, 64, 914~920.
- Ferguson, M. & Joanen, W.(1982). Temperature of egg incubation determining sex in *Alligator mississippiensis*, *Nature*, 296, 850~853.
- Gang, S. W.(1984) Freshwater Fish farming. *Sunjinmunwhasa*. 356~361.
- Gettinger, R. D. · Paukstis .G. L. & Gutzke. W. H. N.(1984). Influence of hydric environment on oxygen consumption by embryonic turtles, *Chelydra serpentina* and *Trionyx spiniferus*. *Physiol. Zool.*, 57(4), 468~473.
- 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.
- Kawasaki, Y. K. & Iwao, Date unknown studies of egg developments of the freshwater soft-shelled turtles *Trionyx sinensis*.
- Kim, S. H.(2017). Sex ratios of juveniles hatched by constant temperature artificial incubation from eggs collected in the natural nest of soft shelled turtle, *Trionyx sinensis* Strauch (1862). *J. Kor. Soc. Fish. and Mar. Sci. Edu.* 29(3) 702~710.
- Packard, C. G. Paukstis, G. L. Boardman T. J. & Gutzke.(1985). Daily and seasonal variation in hydric condition and temperature inside of common snapping turtles *Chelydra serpentina*). *Can. J. Zool.* 63, 2422~2429.
- Pieau, C. R. & Dorizzi. M.(1981). Determination of temperature sensitive stages for sexual Differentiation of the gonad in embryos of turtle. *Emys orbicularis* *J. Morph.*, 170, 373~382.
- Wright, S.(1977). Evolution and the genetics of populations Vol. 3. Uni. Chicago press, Chicago.
- Wright, S.(1968). Evolution and the genetics of populations. Vol. 1. Uni. Chicago press, Chicago.
- Yntema, G. L.(1968). A series of stage in the embryonic development of *Chelydra serpentina* . *J. Morph.* 25, 219~252.
-
- Received : 22 September, 2017
 - Revised : 10 October, 2017
 - Accepted : 09 November, 2017