沖縄本島中南部におけるモクズガニの分布と生態に関する予備調査

小林 哲¹⁾·藤田祐樹²⁾·成瀬 貫³⁾·濱口寿夫⁴⁾

Preliminary survey on the distribution and ecology of the Japanese mitten crab, *Eriocheir japonica*, in the central and southern areas of Okinawa Island

Satoshi KOBAYASHI¹⁾, Masaki FUJITA²⁾, Tohru NARUSE³⁾, Hisao HAMAGUCHI⁴⁾

Abstract:

The geographical distribution and ecology of the Japanese mitten crab, Eriocheir japonica, was surveyed in rivers and their adjacent seacoast in central and southern Okinawa Island, Japan, during the period of 15th to 18th of February 2013. Eriocheir japonica were collected from 7 out of 14 sites surveyed, which were located in the central part of the island. Megalopae and recently settled juvenile crabs were collected in the upper tidal area of a small stream flowing into Yoshino-ura. Juvenile crabs, including a newly-molted crab (5.5-34.4 mm in carapace width, CW), were collected in abundance in the freshwater area of the Nagahama River where the riverbed is filled with natural gravels and riparian vegetation. These results suggest that recruitment into the river populations was occurring and that juvenile crabs can grow even during winter in Okinawa. An adult female crab (56.6 mm in CW) collected in the seacoast of Miyagi Island was confirmed to have already spawned, as shown by the condition of its shrinking ovary and dirty yellow mid-gut gland; and a large-sized male crab (61.0 mm in CW), which was collected using a trap in Senbaru Pond in the University of the Ryukyus, was confirmed to be an adult remaining in freshwater without having migrated downstream in the previous autumn, as shown by the state of its developing testis and vas deferens. To gather a sufficient number of samples for the analysis of population structure, future surveys should be conducted in late autumn, when adult crabs tend to aggregate around river mouths after their downstream migration. Differences in the environmental habitats of mitten crab populations are further discussed by comparing subtropical Okinawa Island and temperate mainland Japan, and Okinawa Island and the Ogasawara Islands, which belong to a similar subtropical zone. The differences appeared to be smaller in the former than in the latter in relation to the characteristics of hydrology and biodiversity, reflecting the small morphological differences between genetically distinct E. japonica populations of the Ryukyu Islands and mainland Japan, in contrast to the evident differences between E. japonica and E. ogasawaraensis, which is endemic in the oceanic islands of Ogasawara. In addition, we discussed the utilization of E. japonica by human beings in Okinawa (Ryukyu islands) from the prehistoric age to modern times, with reference to the recent finding of abundant E. japonica remains from the late Pleistocene layers in an archaeological site (Sakitari-do cave site).

¹⁾ 佐賀大学農学部応用生態学講座 〒840-8502 佐賀県佐賀市本庄1.

Department of Applied Biological Sciences, Faculty of Agriculture, Saga University, Honjo 1, Saga City, Saga Prefecture 840-8502, Japan. 2) 沖縄県立博物館・美術館 〒 900-0006 沖縄県那覇市おもろまち 3-1-1.

Okinawa Prefectural Museum and Art Museum, Omoromachi 3-1-1, Naha City, Okinawa Prefecture 900-0006, Japan.

³⁾ 琉球大学熱帯生物圏研究センター西表研究施設 〒 907-1541 沖縄県八重山郡竹富町字上原 870.

Tropical Biosphere Research Center, Iriomote Station, University of the Ryukyu, 870 Uehara, Taketomi Town, Okinawa Prefecture 907-1541, Japan. 4) 沖縄県教育庁文化財課 〒 900-8571 那覇市泉崎 1-2-2.

Cultural Assets Division, Okinawa Prefectural Board of Education, Izumizaki 1-2-2, Naha City, Okinawa Prefecture 900-8571 Japan.

はじめに

モクズガニ Eriocheir japonica (De Haan)はイワガニ上科モクズガニ科 (Grapsoidae, Varunidae)の十脚甲殻類であり、サハリン、ロシア沿海州、朝鮮半島東岸、さらに小笠原を除く日本列島全域から台湾、香港にかけての河川・海域に広く分布している(Guo et al., 1997; Komai et al., 2006; 小林、2011)。日本の多くの河川では甲幅8 cmに達する比較的大型のマクロベントスであり、淡水域の中・下流域を中心に広い範囲にわたり分布し水中環境で生活する代表的なカニである(小林、1999)。

最近の分子系統学的研究により、東アジアの広域 に分布するモクズガニは遺伝子レベルでの変異が大 きいことが確認され、香港から沖縄にかけて分布す る南方系の集団と、九州以北の日本列島、朝鮮半島、 ロシア沿海州にかけて分布する北方系の集団には遺 伝的に種レベルとしてもよいほどの大きな隔たりが あることが明らかになっている。推定された分岐年 代は南方集団と北方集団の分岐がおよそ84万年前で あり、中期更新世に当たる (Xu et al., 2009; Xu and Chu, 2012)。そのため同じ日本国内に分布し、同種 とされるモクズガニであるにも関わらず、琉球列島 に分布する集団と九州以北の集団とは遺伝的に大き く異なることに注目する必要がある (Yamazaki et al., 2006)。しかし集団間で形態を比較したところ、 雄の交接器(第1腹肢)の太さと長さ、先端の形状 にわずかな違いが認められるものの、形態がほとん ど同じであることが明らかになっている(山崎・渡 邊、2007)。2つの集団の違いを明確にするために は、生態を中心とした他の特徴を比較することが役 に立つと考えられる。しかしモクズガニの生態に関 しては、これまで九州以北の温帯域の集団について ある程度情報が蓄積されてきたのに対し、琉球列島 産の集団についての情報はほとんど記録されていな いため、不明な点が多いのが現状である。

さらに琉球列島のモクズガニの生息環境は、九州 以北の温帯域に比べて様々な点で異なっている。亜 熱帯性の気候のため、冬期の成長停滞をもたらす 10℃ 以下に水温が低下することはない。河川は一 般に短く、また流量が少なく、土地の隆起により沖 積平野をゆったりと流れる下流域にあたる部分が短 い。サンゴ起源の石灰岩性の底質が分布するため水 が地下へ浸透し湧水が分布する場所も多い。海岸は サンゴ礁の地形により浅い礁原が広がっており、海 岸域の生物多様性も高い。第一著者は既に、同じ亜 熱帯域に位置する海洋島である小笠原諸島において、 同属種オガサワラモクズガニ E. ogasawaraensis Komai が小笠原の亜熱帯の環境に適応した生態を 示すことを確認している(小林・佐竹、2009)。同様 に琉球列島においても、モクズガニが温帯域とは異 なる環境に適応した生態を示す可能性がある。その ため両者を比較することで琉球列島のモクズガニの 特徴もより明確になると思われる。

こうした背景のもと、沖縄本島南城市のサキタリ 洞遺跡の1万2000年以前(旧石器時代)の地層から カニの鉗脚のツメ(可動指および不動指)が大量に 出土した(山崎ほか、2012)。筆者らが検討したとこ ろ、このカニはほぼモクズガニに限定されていた。 モクズガニの遺骸が多量に洞穴から出土した例はこ れまでになく、サキタリ洞は石器や人骨、海産貝の 出土によって1万2000年前にはヒトに利用されてい たと考えられていることから(山崎ほか、2012)、旧 石器人がモクズガニを捕食していた可能性は十分に 考えられる。モクズガニは東アジア一帯で人間に感 染する寄生虫である肺臓ジストマ Paragonimus westermani (Kerbert) (ウェステルマン肺吸虫) の中間宿主でもあり、モクズガニがこの吸虫を最終 宿主である人間に媒介することに特化していること からも、人間は古くからモクズガニを食料として利 用していたと考えられる。もっとも、第二次大戦後 モクズガニへの肺吸虫寄生と人への感染が沖縄で確 認された例は本土に比べると意外に少なく、一部の 地域に限られている。さらに沖縄でモクズガニに寄 生しているウェステルマン肺吸虫が本土で見られる 3 倍体ではなく、本土でサワガニ Geothelphusa dehaani (White) に寄生している2倍体であるこ とも明らかになっている (横川ほか、1986)。このこ とは、沖縄ではウェステルマン肺吸虫―モクズガニ ―人間をめぐる歴史的経緯が、日本本土とは異なる 可能性を示している。年代から考えて、旧石器時代 の沖縄には既に九州以北とは系統的に異なるモクズ ガニの集団が分布していたはずである。沖縄におい てモクズガニの生態を解明することは、サキタリ洞 周辺で旧石器人がモクズガニを捕獲した背景を探る

上でも役立つため、人類学においても意味を持つと 考えられる。

本報告は、琉球列島産モクズガニの生態を解明す るための準備段階として、2013年2月に行った沖縄 本島中南部の河川および海岸でのモクズガニの予備 的な調査の結果であり、今後沖縄でモクズガニの研 究を計画する際に参考になると思われる点を考察し た。なお最近 Sakai (2013) がモクズガニ属の分類学 的再検討を行い、中国産の種への新属の提唱、中国 産 Platyeriocheir 属の新種の記載、さらに既存の分 類群の再定義などを行った。しかし Sakai (2013) は モクズガニ類の系統を扱った重要な論文(例えば Wang et al., 2008; Xu et al., 2009; Xu and Chu, 2012; Zhang et al., 2012) 等を検討せず、また様々な 形態的・遺伝的特徴についても正当な理由なく軽視 している。そのため本稿ではモクズガニ類につい て、より広く受け入れられている Ng et al. (2008) の体系に従った。

材料と方法

2013年2月15-18日の日中に、沖縄本島の南部ー中部にかけての地域で調査場所を探しながら移動し、調査可能な中小河川の河口から淡水域にかけてと周辺海域で、モクズガニの分布調査を行った。同時に採集された他種のカニについても同定し記録し

Japan Sea Honshu

Japan Sea Honshu

Japan

Shikoku

Japan

Sea Okinawa
Island

Ryukyu
Islands

Pacific Ocean

た。調査対象として選んだのは南部の4地域(Stn. 1-4)、中部の東シナ海側の5地域(Stn. 5-9)、太平洋側の4地域(Stn. 10-13)である(Fig. 1, Table 1)。海域では砂質海岸で干上がった潮間帯の転石をめくってカニを探し、打ち上げられた死骸を探した。河川ではおもにウェーダーをはいた採集者が水中に入り、干上がった潮間帯域や水中を探索し、転石をめくって堆積物を目合い1mmの手網にかき取りカニを採集した。採集されたカニからモクズガニを選び出し、分布を確認した。さらに、琉球大学構内にある千原池(比屋良川上流、Stn. 14)では魚肉を入れたカニカゴを2月17日から18日にかけて仕掛けることで採集を行った(Table 1)。

持ち帰った個体は腹部の形態から雌雄を区別し、雌に関しては腹部の形態から成体 (Adult、生殖腺が発達し降河する繁殖参加ステージで雌は腹部の形態により判別可能)と未成体 (Juvenile)を区別した。雌雄の形態差の小さい小型個体 (甲幅10mm未満)に関しては性を区別しない未成体 (Unsexed juvenile)とした。各個体の体サイズとしてメガロパは頭胸甲の長さ (甲長 Carapace length, CL)、変態後のカニは頭胸甲の最大幅 (甲幅 Carapace width, CW)を0.1mm単位でノギスにより測定した。また移動能力を示す形態として歩脚の相対的な長さを明らかにするために第3歩脚の長節の長さ (Leg merus

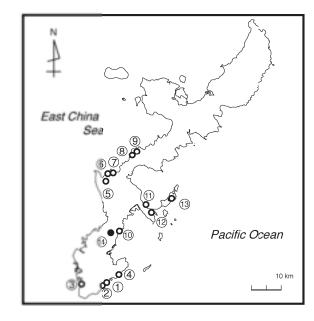


Fig. 1. Maps indicating the location of Okinawa Island and sampling sites. 図1. 沖縄本島の位置と調査場所を示す地図.

Table 1. Sampling sites, dates and methods encountered in the survey of the distribution of *Eriocheir japonica* in central and southern Okinawa Island. Method: 1, bare hands & hand net: 2, trap.

表1. 沖縄島中-南部でのモクズガニ分布調査地点, 調査日, 採集方法. 採集方法: 1, 素手と手網; 2, カニカゴ.

Stn. No.	Location	Municipality –	Environment				- Date	Method
			Seacoast	Lower tidal river	Upper tidal river	Freshwater	Date	Metriod
1	Yuhi River / Minato-gawa fishing port	Yaese Town	+	+			15.Feb.2013	1
2	Shiromizu River / Gushichan Beach	Yaese Town	+	+	+		15.Feb.2013	1
3	Kitanashiro Beach	Itoman City	+	+	+		15.Feb.2013	1
4	Hyakuna Beach	Nanjou City	+	+	+		16.Feb.2013	1
5	Nagahama River	Yomitan Villege	+	+	+	+	16.Feb.2013	1
6	Maeda / Taru River	Onna Villege	+	+		+	16.Feb.2013	1
7	Yamada	Onna Villege	+			+	17.Feb.2013	1
8	Shikaza River	Onna Villege	+	+			17.Feb.2013	1
9	Shin River	Onna Villege		+			17.Feb.2013	1
10	Yoshino-Ura	Nakagusuku Villege	+	+	+	+	17.Feb.2013	1
11	Yonagusuku	Uruma City	+	+	+		18.Feb.2013	1
12	Yonagusuku	Uruma City	+	+			18.Feb.2013	1
13	Miyagi Island	Uruma City	+			+	18.Feb.2013	1
14	Senbaru Pond, University of the Ryukyus	Nishihara Town				+	18.Feb.2013	2

length, LML) を測定した。相対的な歩脚の長さを 表す値として、第3歩脚の長節の長さを甲幅で割っ た値 (LML/CW) (Kobayashi, 2002) をもとめた。

大型個体に関しては琉球大学の実験室で解剖を行い、中腸腺と生殖腺の発達程度を観察した。雄は外見からは成体を確認できないので、精巣と輸精管の発達により成体を確認した(Kobayashi & Matsuura, 1995)。雌成体は卵巣の発達程度(卵黄の蓄積程度により黄白色から濃い焦茶色に変化し、1回目の産卵では最大限に発達し卵巣の体積は大きいが、回数を経るに従い産卵数が減るため体積は小さくなる)と中腸腺の色(繁殖参加前には栄養を蓄えて濃く明るい黄色であり、経産後は色がくすみ薄くなる)により経産の有無を確認した(Kobayashi, 2003a)。

結果

採集結果をTable 2に示す。素手と手網を用いた 採集を行った13地点では、沖縄本島南部の地点 (Stn. 1-4)ではモクズガニは採集されなかった が、対照的に中部(Stn. 5-13)では東シナ海側も太 平洋側でも一部の地域で比較的簡単に採集すること ができた。なおいずれの海岸域でも、モクズガニの 頭胸甲や脚のかけらを含む死骸は採集されなかった。 南部では2月15日、Stn. 3の北名城ビーチの砂浜 海岸でオキナワヒライソガニ Gaetice unglatus Sakai、ミナミベニツケガニ Thalamita crenata (Latreille)、オウギガニ Leptodius exaratus (H. Milne-Edwards) が転石下から確認され、ミナミオ カガニ Cardisoma carnifex (Herbst) の死骸が砂

Table 2. Distribution results from the collection of *Eriocheir japonica* in the rivers and seacoast in central and southern Okinawa Island. M: megalopa, J: juvenile, A: adult, X: absent.

表2. 沖縄島中-南部でのモクズガニ採集結果. M: メガロパ. J: 未成体, A: 成体, x: 採集されず.

Stn. No.	Seacoast	Lower tidal river	Upper tidal river	Freshwater	
4	.,	v			
1	×	×			
2	×	×	×		
3	×	×	×		
4	×	×	×		
5	×	×	×	J	
6	×	×		J	
7	×			J	
8	×	×			
9		×			
10	×	×	M, J	×	
11	×	×	×		
12	×	×			
13	Α			J	
14				Α	

浜で確認された。 2月16日、百名海岸(Stn. 4)の砂浜に注ぐ小河川の感潮河川上流では、モクズガニと同様の回遊習性を持つオオヒライソガニ *Varuna litterata*(Fabricius)の稚ガニは採集されたが、モクズガニは採集されなかった。

本島中部でモクズガニがまとまって採集されたの は、2月17日に調査を行った東シナ海側の長浜川(長 浜ダムの下流、Stn. 5)である。その周辺の海岸域、 感潮河川の下流域と上流域では採集されなかったが、 淡水域下流—中流域の転石の下から甲幅5.5-34.4mm の未成体が多数採集された。この川は河床が護岸さ れておらず転石が多く、植生が繁茂している自然度 の高い河川であった (Fig. 2 a)。採集された未成体 の中には脱皮後間もない軟甲個体が含まれていた (Fig. 2 b)。脱皮直後モクズガニは甲は黒ずんで いるのに対し鉗脚上の毛は白い。やがて甲が硬くな るにつれて甲は明るい緑がかった色になり、毛は逆 に色が濃くなっていき薄茶色から焦げ茶色に変わ る。採集された個体も甲に比べて毛は明るい薄茶色 を示している。ここの感潮域上流ではタイワンヒラ イソモドキ Ptychognathus ishii Sakai やカワスナ ガニ Deiratonotus japonicus (Sakai) などの汽水性 の種が採集された。恩納村真栄田 (Stn. 6) では、 岩礁海岸でオオイワガニ Grapsus tenuicrustatus (Herbst) が確認された。モクズガニは海岸から感 潮域下流では採集されなかったが、淡水域下流の農 地の間を流れるコンクリート護岸された場所から未 成体 (甲幅9.1mm) が1個体採集された。山田 (Stn. 7) では、転石帯が中心の海岸域では採集されな かった。この海岸には石垣の隙間から湧水が出てい て周辺に石が積み上げられており、わずかな水溜ま りがあり海に流れ込んでいた。この淡水がしみ出す 湧水の周辺数メートルの範囲内の石の隙間からは、 モクズガニの未成体(甲幅10mm前後)が数個体確認 された (Fig. 2 c, d)。志嘉座川 (Stn. 8) の感潮域 下流(河口)と砂質干潟の広がる海岸域、および新 川 (Stn. 9) 感潮域下流 (河口) では、モクズガニ は採集されなかった。

2月18日に調査を行った太平洋側では、まず吉の浦(Stn. 10)の海岸の転石帯で、セビロオウギガニ Epixanthus frontalis(H. Milne-Edwards)が採集された。海に注ぐ富栄養な小河川の感潮域上部の数

メートルの範囲(Fig. 2 e)では、ハマガニ Chasmagnathus convexus De Haan が採集され、 モクズガニもメガロパ (甲長1.5-1.6mm) と着底直後 の稚ガニ (甲幅2.1-2.2mm) が採集された。うるま市 与那城の砂浜海岸に注ぐ2カ所の小河川の河口で は、モクズガニは採集されなかった(Stn. 11, 12)。 宮城島 (Stn. 13) の山からしみ出した淡水がわずか に流れる小さな流れでは、周囲の湿った斜面に掘ら れた巣穴のまわりにオカガニの死骸が散乱してお り、転石の下からはモクズガニの未成体(甲幅17.3 mm) が採集された (Fig. 2 f)。この流れは川の形で 海には流れこまず、小さな溝から護岸された岸壁に 開いた穴を通して海に注いでいた。周辺の転石の散 在する砂浜海岸 (Fig. 2 g) を探索したところ、こ の流れから100m ほど離れた潮間帯の転石下から、 雌の非抱卵成体(甲幅56.6mm)が採集された。モク ズガニの形態的特徴として、頭胸甲は前縁部の眼窪 の間が滑らかに波打ち、突出せず4葉に分かれてい る。また前側縁部の突起は3対までで4対目はな い。この特徴は沖縄で採集された個体にも当てはま り、本土産のものと全く違いは認められなかった (Fig. 2 h).

カニカゴを仕掛けた琉球大学構内の千原池 (Stn. 14) では、成体サイズ (甲幅61.0mm) の雄が 1 個体のみ採集された。

実験室で大型の雌雄2個体の解剖を行った(Fig. 3)。他のカニ類同様に成体雌の腹部は抱卵できる よう発達し、胸部腹甲の全面を覆っている(Fig. 3 a)。腹肢の摩滅状態などを観察したが、外見からは 産卵の経験を確認できなかった。しかし解剖すると 卵巣は焦茶色で卵黄が蓄積された卵が卵巣内にはあ るものの、背面の半分以上を覆うように発達する未 産卵の場合 (Kobayashi, 2003a) に比べると体積が 小さく、退縮した状態であると判断された。中腸腺 の色もくすんでおり、明らかに経産個体である特徴 を示していた (Fig. 3 b)。一方成体サイズの雄で は、鉗脚の掌部は外面と内面の両方に密生した羽状 剛毛が上面と下面でつながっており、剛毛の生え方 の最終ステージにあることが確認された(Fig. 3 c; Kobayashi & Matsuura, 1993)。交接器である腹肢 は本土産のものに比べて細長い形状を示しており、 南方の系統を温帯の北方の系統と区別するわかりや

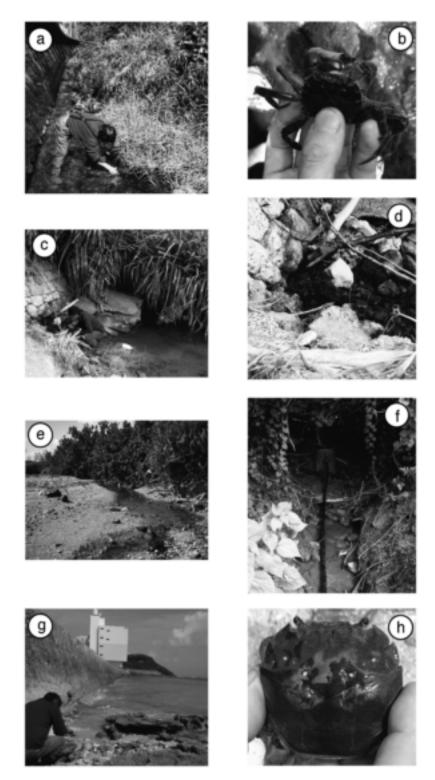
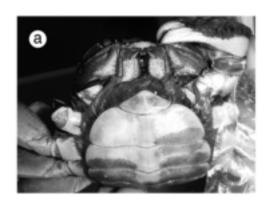


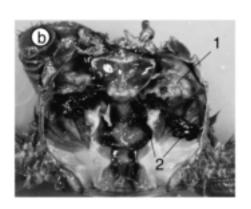
Fig. 2. Photographs of the sampling sites and *Eriocheir japonica* captured in the present survey. a, Nagahama River (Stn. 5), a freshwater environment. b, soft-shell juvenile crab collected in Stn. 5. c & d, small stream originating from a spring in the stone wall in Yamada (Stn. 7). e, upper tidal area of a small stream flowing into Yoshino-ura Beach (Stn. 10). f, freshwater environment in a small stream in Miyagi Island (Stn. 13). g, beach in Stn. 13. h, adult female crab collected in Stn. 13. 図 2. 採集場所とモクズガニの写真. a, 長浜川淡水域(Stn. 5). b, Stn. 5 で採集された脱皮後の軟甲状態の未成体モクズ

図 2. 採集場所とモクスカーの与真. a, 長浜川淡水域(Stn. 5). b, Stn. 5 で採集された脱皮後の戦中状態の未成体モクス ガニ. c & d, 山田の石垣からの湧水から流れている小さな流れ(Stn. 7).e, 吉の浦に注ぐ小河川の感潮域上部(Stn. 10).f, 宮城島の小河川の淡水域(Stn. 13).g, Stn. 13 の海岸域.h, Stn. 13 で採集されたモクズガニ雌成体. すい唯一の形態的特徴であると思われた (Fig. 3 d)。解剖すると中腸腺は明るい黄色を呈しており、ある程度栄養を蓄えていることがわかった。また生殖腺は、ある程度発達した精巣と輸精管が確認された。繁殖可能な雄で見られる、輸精管から成熟した

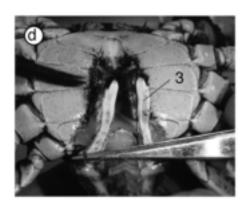
精包の粒がこぼれ出るようなことはなかったものの、発達過程にある状態であるため、この雄も成体であると確認された(Fig. 3 e,f)。

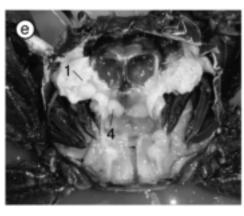
持ち帰った採集個体から得られた頭胸甲サイズの 頻度分布を Fig. 4 に示す。甲長1.5-1.6mmのメガロ











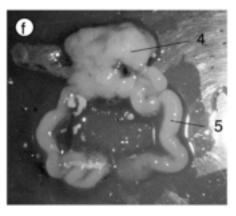


Fig. 3. Photographs of an adult *Eriocheir japonica* dissected in the laboratory. a & b, an adult female; a, ventral view; b, dissected dorsal view. c - f, adult male; c, ventral view; d, first pleopods; e, dissected dorsal view; f, male gonad. 1, mid-gut gland. 2, ovary. 3, first pleopod. 4, testis. 5, vas deferens.

図 3. モクズガニ成体の解剖写真. a & b, 雌成体; a, 腹面, b, 解剖後背面. c - f, 雄成体; c, 腹面, d, 第 1 腹肢, e, 解剖後背面. f, 雄生殖腺. 1, 中腸腺. 2, 卵巣. 3, 第 1 腹肢. 4, 精巣. 5, 貯精嚢.

パ、甲幅2.1mmから34.4mmまでの未成体と56.6mmと61.0 mmの成体を含む計30個体のうち、メガロパの他は甲幅8-10mmのクラスにモードが認められ、20mm以上では20-22mm、26-28mm、34-36mmに不連続に出現した。個体数は少ないものの、未成体や成体が出現したサイズは福岡で得られているそれぞれの甲幅サイズの範囲内に収まっていた(Kobayashi, 2003b)。

モクズガニの歩脚の相対的な長さを表す第3歩脚

長節の長さの甲幅に対する比率 (LML / CW) を Fig. 5 に示す。歩脚の相対的な長さは甲幅 2 mm台で短く (0.651-0.659)、10mm 前後の個体が長く (0.736-0.927)、20mm以上になると短くなり (0.659-0.739)、成体では雌雄ともさらに短くなる (0.621-0.650) 傾向が示された。

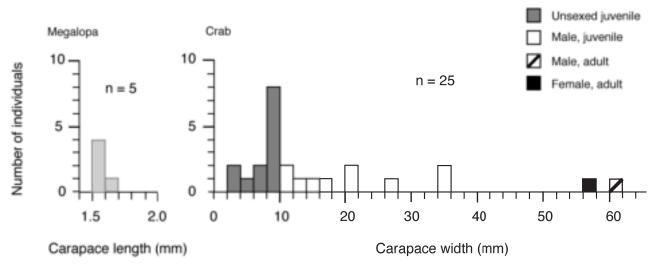


Fig. 4. Numbers of the collected *Eriocheir japonica* megalopae and crabs showing their carapace size. 図 4. 採集されたモクズガニのメガロパとカニの個体数と頭胸甲サイズ.

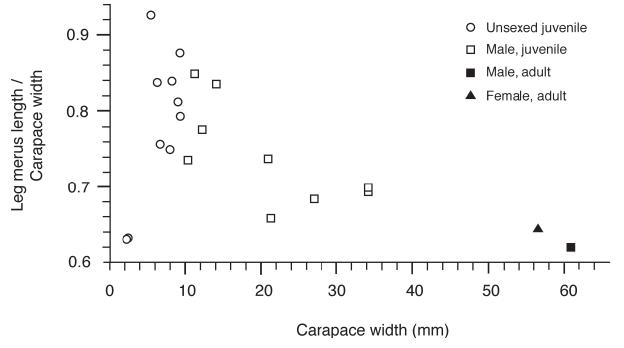


Fig. 5. Relationship between carapace width and third ambulatory leg merus length / carapace width ratio of *Eriocheir japonica* collected in the present survey.

図 5. 採集されたモクズガニの甲幅と第3歩脚長節長/甲幅比の関係.

考察

冬期の沖縄でのモクズガニの分布と生態

今回の調査では、同様な方法で河口域から海域周 辺を探索したにも関わらず、沖縄本島の南部の海岸 および河口域ではモクズガニが採集されず、対照的 に中部では一部の河川で淡水域を中心に比較的容易 に採集できた。このことから、モクズガニは少なく とも南部の海岸には少なく、広域にわたり普通に分 布しているわけではないものの、中部以北に分布が 偏っている可能性が示唆された。モクズガニは幼生 期を海域で過ごしたのちにメガロパが河川に侵入し 感潮域の上限に着底する (Kobayashi, 1998)。その ため非常に小規模な河川でも海域から供給されたメ ガロパが分布し、淡水域に分布を拡げていることも 珍しくない。今回の調査でも、地下水からの湧水が 海域に流れ込んでいた山田(Stn. 7)では、海から 供給されたメガロパに由来すると考えられるモクズ ガニの未成体が湧水の周辺数メートルの範囲内に確 認された。また吉の浦 (Stn. 10) でも有機的に汚染 された小さな川の感潮域上部の狭い範囲でメガロパ と稚ガニが確認された。沖縄でのモクズガニの分布 状況に関する確かな情報は非常に少なく、本島全域 にわたる分布調査報告は現時点では存在しないが、 少なくともこれまでに記録があるのは豊かな森林が 広がり生物多様性の高い、北部のやんばる地域を流 れる河川が多い(仲宗根・伊礼、2003;諸喜田、1990; 諸喜田ほか、2002; 横川ほか、1986)。 今回淡水域で 未成体が多数採集された長浜川も自然度が高い河川 であった。今後の調査において沖縄本島でモクズガ 二のまとまった標本数を得るためには、中部から北 部にかけての自然度の高い地域を流れる河川で行う 必要があると考えられる。ただし、北部の河川でも 流量の減少による河口閉塞など様々な要因により生 息個体数減少の可能性が指摘されているため(諸喜 田、1990)、生息状況と分布の条件の確認は急務であ ると思われる。

今回の調査では、河川の淡水域で未成体および成体が採集され、海域で成体が採集された。また感潮域上部でもメガロパと変態後の稚ガニが採集され、沖縄では2月に河川への新規加入が行われていることが示された。福岡に分布するモクズガニの場合2月は河川の水温が10℃以下に下がることもあり、成

長は停止し活動は不活発である。またほとんどの成 体が秋に感潮域へと降っているため淡水域で採集さ れる個体は未成体がほとんどである (Kobayashi, 2003b; 2011)。海域では、水温はある程度低下する ものの川を降った成体が交尾、産卵などの繁殖活 動を行っている。しかし胚や幼生は低温のため発生 速度が低下し、また感潮域でのメガロパの着底は 非常にまれである (Kobayashi & Matsuura, 1995; Kobayashi, 1998; 2005)。そのため福岡では新規加 入時期が秋と初夏の2期に分かれることから、河川 に出現する個体のサイズ分布から着底時期の異なる コホートを比較的容易に確認できる(Kobayashi, 2011)。一方沖縄では気温の低下が本土より遅く平 均気温が20℃より低下するのは12月であり、冬でも 平均気温は通常15℃より高く温暖である (Japan Meteorological Agency)。今回2月にも関わらずメ ガロパと稚ガニが採集されたように、新規加入の季 節性が本土と異なるのは確かである。また採集され た未成体に脱皮後の軟甲個体が含まれていたことか ら、淡水域では冬も脱皮成長を続けていることが明 らかとなった。そのため沖縄では河川への新規加入 が初冬から始まり、その後の成長が速いと考えれば、 個体群の集団構成が温帯域と大きく異なると考えら れる。温帯域のモクズガニの雌は3回産卵可能で回 を経るに従い産卵数を減らし (Kobayashi, 2001)、 亜熱帯のオガサワラモクズガニも同様に3回産卵す ることが明らかになっているため(山本、2003)、今 回の生殖腺の観察結果やメガロパの出現状況から、 沖縄のモクズガニでも複数回の産卵を行うと考えら れる。今回採集された甲幅8-10mmにモードを持つ 未成体は、おそらく晩秋から初冬の1回目の産卵か ら孵った集団が海域での浮遊生活を経て感潮域に着 底後1-2ヶ月程度経過したものであり、メガロパ と変態直後の稚ガニは2回目の産卵により孵った集 団に相当すると推定される。それに対し2月頃の福 岡では、前年の晩秋に着底した集団が冬期の成長停 滞により平均5mm程度、前年の初夏に着底した集団 が平均12mm程度になっており (Kobayashi, 2011)、 大きくサイズ構成が違っている。なお琉球大学の千 原池 (Stn. 14) では成体が採集されたことから、沖 縄には少なくとも冬でも川を降らず、淡水域に留 まっている成体が存在することが確認された。環境

は違うものの、福岡でも川を降らずに越冬し翌年の 秋の早い時期から繁殖を始めると考えられるものが 存在する(Kobayashi, 2012)。今後の沖縄での調査 では、個体群の特徴を把握するために感潮域での着 底、淡水域での未成体の成長と成体への成熟、降河 の季節性を明らかにすることが重要である。

また今回の調査は河口域を中心に海で探索したも のの雌の成体が1個体得られたのみで、非抱卵では あったが卵巣は退縮し中腸腺の色もくすんでおり、 経産個体であることが明らかになった。これを卵巣 の小ささから判断して2回の産卵を経て3回目を準 備している状態であると判断すると、水温に対応し た胚発生の速度から (Kobayashi & Matsuura, 1995)、ちょうど晩秋に降河した個体が初回の産卵 から2-3ヶ月程度経過している状態であると推定 できる。これまでに沖縄でモクズガニを対象にした 降河と繁殖に関する詳しい調査報告は行われていな いが、諸喜田(1990)には11月頃から川を降るとあ り、また過去に水産試験場に対して行われたアン ケートによると、12月頃に降河し、12-3月に繁殖 を行うという回答がある(小林ほか、1997)。モクズ ガニが沖縄では晩秋から初冬を中心に海へ降り繁殖 を行うとすると、今回の調査は降河のピーク時を過 ぎていて福岡と同様に繁殖参加集団が海域に広く分 散しているため、河口域や海岸域で採集できなかっ た可能性も高い (Kobayashi, 2003b)。特に調査対 象としなかった珊瑚礁域は他の沿岸性動物と同様 に、海域に移動したモクズガニにとって好適な生息 場所を提供している可能性もある。福岡では海に 降った成体は岩礁海岸よりも砂質海岸に出現するこ とが多く、繁殖を終えて冬から初夏にかけて死骸が 海岸に打ち上げられることも多いが、沿岸に珊瑚礁 の発達した沖縄では干潟の他に珊瑚礁の礁原に分布 している可能性を考える必要がある。そして今後繁 殖参加集団を多数採集し個体群の集団構成を分析す るには、河を降った成体が河口域周辺に集まり、ま だ海域へ分散していない晩秋から初冬にかけて調査 を行うのが望ましいと考えられる。

沖縄と小笠原との相違点

同じ亜熱帯域である小笠原に分布するオガサワラ モクズガニは、大型に成長し雌雄とも甲幅が8cmを 越えることも普通であり、陸上生活にもある程度適応している(小林・佐竹、2009; 山本、2003; 2004)。一方今回の沖縄本島での調査では、採集されたモクズガニの個体数は少ないものの、季節性を除けば体サイズ、形態や採集された環境に日本本土産のモクズガニと大きな違いは認められなかった。沖縄本島は地史的には何度か大陸と繋がっていたことのある大陸島である。同程度の緯度にあるものの、大陸と一度も繋がったことのない海洋島である小笠原諸島とはいくつかの環境の違いが認められる。

まず沖縄では温帯域のように冬期水温が10℃ より低下することはないものの、大陸から強い季節風が吹くことがあり15℃以下に低下することもある。そのため平均気温はほぼ同じだが年中15℃以上で、海洋性の気候のため冬も比較的温暖な小笠原に比べると季節変化がやや大きい(Japan Meteorological Agency)。このことは、モクズガニ類の降河の季節性の違いに反映されていると考えられる。すなわち9月から11月にかけて川を降る温帯域のモクズガニ(Kobayashi, 2003b)と比べるとともに降河時期が遅くずれてはいるものの、オガサワラモクズガニは1月の末から3月であり大きくずれている(山本、2004)のに対し、沖縄のモクズガニは本土との差が小さく、晩秋に川を降っている。

また沖縄では県全域の島を合わせた面積は2275.3 km、沖縄本島だけで1207.9kmもあるのに対し、小笠 原諸島はオガサワラモクズガニの分布が確認されて いる4島で父島24.0km³、母島20.8km³、兄島7.9km³、弟島 5.2 km と非常に小さい (国土地理院)。 小笠原の地質 は海面上に噴出し冷え固まった溶岩をもとに形成さ れている。小笠原父島の年間降水量は2003-2012年 の10年間の平均で1248.3mm (最小934.0mm、最大1751.0 mm) であり、夏期には太平洋高気圧の中心部に位置 することが多いため、台風の襲来の多い沖縄に比べ ると降水量は非常に少ない(Japan Meteorological Agency)。狭い島を流れる河川は非常に少なく、水 量が全体的に乏しい(吉田・飯島、2009)。一方沖縄 では那覇の年間降水量は2003-2012年の10年間の平 均で2144.2mm (最小1621.0mm、最大2895.5mm) もあり (Japan Meteorological Agency)、河川の規模は 確かに本土に比べれば小さいが、石灰岩の地層を浸 透した地下水からの豊富な湧水に起源を持つ河川が

多数流れており、多様な陸水生物の分布が支えられ ている。また琉球列島では旧石器時代も含め氷河期 に何度か海水面が低下し、広大な平野が存在したこ とがあるため、現在よりも長い河川が流れていたこ とも確かである(木村、2003)。逆に日本本土(北海 道、本州、四国、九州) でも、沖積平野を流れる比 較的大きな河川だけではなく勾配が急で河床が不安 定な小規模な河川も多く、そのような川にもモクズ ガニは多数分布している。実際のところ沖縄と本土 の違いはそれほど顕著ではないのかもしれない。な お対照的に河川環境が日本と大きく異なる大陸の緩 やかな大河川では、モクズガニの北方系の系統から 新たにチュウゴクモクズガニ E. sinensis H. Milne-Edwards、南方系の系統からヘプエンシスE. hepuensis (Dai) が、頭胸甲の厚みや棘の数に異 なる形態を持つように別々に種分化したことが分子 系統学的研究により明らかになっており(Xu et al., 2009)、異なる環境への適応が進化の原因になった 例であると考えられる。そのため小笠原と異なり、 沖縄と本土でほとんど形態に差が見られないモクズ ガニの2系統が存続してきたことは、実質的に河川 環境の違いがモクズガニにとって小さいことを示し ていると考えてよいだろう。

歩脚の相対的な長さは沖縄産モクズガニでは甲幅 2mm台で短く甲幅10mm前後の個体が長く、甲幅20mm 以上になると小さくなり、成体ではさらに小さいと いう傾向が示された。これは福岡で得られた傾向と ほぼ等しく甲幅10mm前後の個体が相対的に長い脚を 備えており、流れに逆らい積極的に遡上する能力を 持つことを示している。ただし福岡の数値と比べる と甲幅20mm以上の未成体や成体では比率がほぼ同じ であるものの、甲幅10mm前後の個体での比率(平均 0.82) が福岡 (平均0.75) に比べて長い (Kobayashi, 2002)。この比率は福岡以外でのデータはないため 確かなことは言えないが、川が短く台風やスコール のため降水量が多く流量変動の激しい沖縄では、遡 上習性の強い甲幅10mm前後の未成体が流れに逆らう 高い能力を持つという可能性も考えられる。一方オ ガサワラモクズガニでは、脚の長い形態を持つサイ ズは甲幅5.8-23.8mmの範囲にあり、脚の長さの比率は 平均0.72で沖縄に比べて短い (小林・佐竹、 2009)。 水量の少ない小笠原ではそれほど流れに逆らう能力

は必要ではなく、またより大型になるまで遡上し続け、大型に成長することを反映していると考えられる。

また琉球列島は生物相の特徴にも小笠原諸島と大 きな違いが認められる。小笠原諸島は海洋島であり 大陸と一度も繋がったことがないため、分散能力の 高い種や偶然定着し絶滅しなかった比較的少数の種 が分布するのみで、モクズガニの捕食者も元々いな かったと考えられる(小林・佐竹、2009)。それに対 し、沖縄では大陸から分離された後も氷河期に大陸 や日本の本土と繋がっていたことが何度かあるため、 大陸から取り残された種群や、黒潮を通じた幼生の 分散により供給された温帯域と共通の種や東アジア に広域に分布する種を含む多数の種が分布し、生物 多様性が非常に高い。河川から海域に生息する甲殻 類も例外ではなく (Nakasone, 1977; 諸喜田ほか、 2002)、今回の調査でも様々なカニが確認された。 なお陸水産カニ類の中でも、大卵少産型の繁殖戦略 による直達発生により完全な陸水生活に適応したサ ワガニ類では、島の限られた環境に隔離されている 集団が多いため、琉球列島内でも多様な種分化が認 められる(鈴木・成瀬、2012)。対照的に、モクズガ 二属は小卵多産型の繁殖戦略を示し海域を通じて幼 生が分散する性質があるため (Kobayashi, 2001)、 琉球列島の範囲内では遺伝的多様性も比較的小さい ことが明らかになっている(Yamasaki et al., 2006)。 以上のような条件のもとでは、オガサワラモクズガ 二の進化の原因となったとも考えられる、特殊な環 境に空いたニッチが存在する可能性や、限られた集 団の瓶首効果による遺伝的浮動の生じる可能性は低 いと思われる。そのため琉球列島のモクズガニはそ れほど生態が特殊化することがなかったと考えてよ いだろう。歴史的に見て南方系のモクズガニが比較 的早い段階で温帯の系統と分かれたにも関わらず、 生殖器を除けば温帯域のモクズガニとほとんど変わ らない形態的特徴を有しているのは、このような背 景が関係していると考えられる。また今後の沖縄で のモクズガニの生態調査に関しては、本土のモクズ ガニとの違いがそれほど大きくないことが明らかに なったので、研究を進める上でこれまでに温帯域で 得られた情報をおおいに参考にできると思われる。

沖縄でのモクズガニと人間との関係

今回の調査は、サキタリ洞でまとまって採集され た大型のカニの鉗脚の可動指と不動指がほとんどモ クズガニのものであったことがきっかけである。旧 石器時代の人類がモクズガニを利用した背景は、ま だ情報が少なく謎の部分が多い。人間の食料資源と してモクズガニがいかに利用されてきたのかは、今 後様々な観点から考察を加えることで情報の欠落を 埋めることができるかもしれない。サキタリ洞が旧 石器時代には海面の後退によりかなり内陸に位置し ていた点は、モクズガニの大型個体がかなり内陸の 陸水環境にまで分布するという性質に適っている (小林・松浦、1991; 小林ほか、1997)。しかし同様 に比較的内陸の陸上環境に分布し産卵のため海岸に まで降りてくるオカガニに比べて捕獲が容易とは思 えない。食用になる大型のモクズガニを旧石器時代 にどのように採集していたのかも謎である。今回の ように河川の淡水域での素手と手網による調査では 比較的小型のものばかり採集され、おそらく温帯と 同様に秋頃には降河前の大型の成体が採集されると 思われるが (Kobayashi, 2003b)、カニカゴによる採 集に比べれば明らかに効率は悪い。また現在の沖縄 島ではモクズガニの成体は小型個体が多いが、もと もと人類が定着する以前から琉球列島に分布してい たモクズガニは小笠原のように捕食者が少なく大型 個体で占められていたため、容易に大型個体が採集 されていたという可能性もある。

今回研究を開始したばかりの生態学的な観点からのアプローチは、まだ全体像を把握できるまでには標本数が足りないが、その方向性が見えてきたことで、今後の研究の進展が期待できる。今回は沖縄本島のみの調査だが、琉球列島の中でも地史的には完全に水没したことのある島や、大陸や台湾の影響を強く残している地域など、形成要因も様々である。そのためモクズガニが同様に分布していても実際は環境条件が異なる可能性があり、遺伝的にはそれほど離れていなくても、生活様式が異なる可能性も残されている。

旧石器時代の人類がモクズガニを利用していた可能性が高いにも関わらず、日本本土のように肺吸虫が広く分布しているわけではなく現在ではまれであることも、本土と異なる沖縄の特殊性を示している

と言える。繰り返される氷河期のため、大陸と陸続きであった時に南方から移動してきた最終宿主を通じて運ばれては来たものの、水没した地域で中間宿主の巻貝や最終宿主の哺乳類がいなくなり寄生虫が絶滅した可能性もある。一方でモクズガニは幼生が海流を通じて分散するため、地形の変化による分布への影響は小さいと考えられる。寄生虫の分布状況は、琉球列島の形成過程と哺乳類の移動など複雑な要因が関係している可能性があるが、謎の部分が多い。

現代の沖縄では、日本本土のようにモクズガニが重要な漁業資源として利用されているとは言いがたいが、大型のノコギリガザミと同時にカニカゴで漁獲されるカニとして消費されることもある(野中、1994)。また郷土料理としても、蟹豆腐という料理にして秋の風物として庶民の生活で消費されたり、観光用に出されたりするようである(諸喜田、2001)。また自然と人との関係を考える際、モクズガニは内陸の川と海を結ぶ長距離を回遊する食用にもなる大型のカニとして、陸水産のエビ、オカヤドカリ、オカガニなどとともに、自然を学習する教材として利用できるかもしれない。

以上のような様々な視点からの情報を総合することで、モクズガニ属の中でも独自の系統である琉球 列島産モクズガニの特性と、琉球列島でのモクズガニと人間の総合的な関係が見えてくると思われる。

謝辞

論文執筆に際し、英文を校閲していただいた鹿児島 大学 水産学部漁業工学分野のDr. Miguel Vazquez Archdale にお礼を申し上げる。

引用文献

Guo, J Y, Ng, N K, Dai, A, Ng, P K L .1997. The taxonomy of three commercially important species of mitten crabs of the genus *Eriocheir* De Haan, 1835 (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Grapsidae). Raffl. Bull. Zool. (45): 445-476.

Japan Meteorological Agency. Climate Statistics. http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/data/en/index.html. accessed 20 June 2013.

- 木村政昭.2003. 琉球列島の古環境と古地理. 西田 睦・鹿谷法一・諸喜田茂充(編)琉球列島の陸水 生物. 東海大学出版,東京. 17-32.
- **小林 哲. 1999.** モクズガニの繁殖生態 (総説). 日本 ベントス学会誌 (54): 24-35.
- Kobayashi, S., 1998. Settlement and upstream migration of the Japanese mitten crab *Eriocheir japonica* (de Haan). Ecol. & Civil Eng. (1) 21-31.
- Kobayashi, S., 2001. Fecundity of the Japanese mitten crab *Eriocheir japonica* (de Haan). Benthos Res. (56): 1-7.
- Kobayashi, S. 2002. Relative growth pattern of walking legs of the Japanese mitten crab *Eriocheir japonica*. J. Crust. Biol. (22): 601-606.
- Kobayashi, S. 2003a. Process of maturity and reproduction of female Japanese mitten crab *Eriocheir japonica* (De Haan). Crust. Res. (32): 32-44.
- Kobayashi, S. 2003b. Process of growth, migration, and reproduction of middle- and large-sized Japanese mitten crab *Eriocheir japonica* (de Haan) in a small river and its adjacent sea coast. Benthos Res. (58): 87-103.
- Kobayashi, S. 2005. Duration of larval development of Japanese mitten crab *Eriocheir iaponica* (de Haan) . Crust. Res. (34): 95-103.
- **小林哲.2011.** モクズガニ類の侵略の生物学-I. モクズガニ属の分類学:侵略的外来種チュウゴクモクズガニと日本の在来種モクズガニ. 生物科学(63):42-54.
- Kobayashi, S. 2011. Growth patterns of the Japanese mitten crab *Eriocheir japonica* (de Haan) in its river phase in Fukuoka Prefecture, Japan. J Crust. Biol. (31): 653-659.
- Kobayashi, S. 2012. Molting growth patterns of the Japanese mitten crab *Eriocheir japonica* (De Haan) under laboratory-reared conditions. J. Crust. Biol. (32): 753-761.
- **小林 哲・松浦修平.1991.** 鹿児島県神之川における モクズガニの流程分布.日本水産学会誌(57): 1029-1034.

- Kobayashi, S. and Matsuura, S. 1993. Ecological studies on the Japanese mitten crab *Eriocheir japonicus* De Haan -III. Relative growth of the chela and soft-hair distribution on the chela. Benthos Res. (45): 1-9.
- Kobayashi, S. and Matsuura, S., 1995. Egg development and variation of egg size in the Japanese mitten crab *Eriocheir japonicus* (De Haan) in its marine phase. Benthos Res. (48): 29-39.
- **小林哲・景平真明・米司隆・松浦修平.1997.** モク ズガニ *Eriocheir japonica* (de Haan) の生態と 漁業実態に関するアンケート調査. 九州大学農学 部学芸雑誌 (52): 89-104.
- **小林 哲・佐竹潔. 2009.** 小笠原諸島父島の河川におけるオガサワラモクズガニとカニ類の分布様式. 陸水学雑誌 (70): 209-224.
- **国土地理院.** 平成 24 年全国都道府県市区町村別面積調. http://www.gsi.go.jp/KOKUJYOHO/M-ENCHO/201210/opening.htm#01. accessed 20 June 2013.
- Komai, T., Yamasaki, I., Kobayashi, S., Yamamoto, T. & Watanabe, S. 2006. Eriocheir ogasawaraensis Komai, a new species of mitten crab (Crustacea: Decapoda: Brachyura: Varunidae) from the Ogasawara Islands, Japan, with notes on the systematics of Eriocheir De Haan, 1835. Zootaxa(1168): 1-20.
- Nakasone, Y. 1977. Crab zonation in the Yuhi River, Okinawa Island. Jap. J. Ecol. (27): 61-70.
- **仲宗根幸男・伊礼美和子.2003.** イワガニ科 Grapsidae. 西田睦・鹿谷法一・諸喜田茂充(編) 琉球列島の陸水生物. 東海大学出版, 東京. 271-282.
- Ng, P. K. L., Guinot, D. and Davie, P. J. F., 2008. Systema Brachyurorum: Part I. An annotated checklist of extant brachyuran crabs of the world. Raffles Bull. Zool. Suppl. (17): 1-286.
- **野中健一.1994.** 沖縄県, 先島諸島における食用内 陸小動物. 名古屋大学文学部研究論集史学(40) :169-181.
- Sakai, K., 2013. A review of the genus *Eriocheir*

- De Haan, 1835 and related genera, with the description of a new genus and a new species (Brachyura, Grapsoidea, Varunidae). Crustaceana (86): 1103-1138.
- 諸喜田茂充. 1990. 沖縄島山原の陸水産大型動物相 とその変動 沖縄生物学会誌 (27): 3-13.
- **諸喜田茂充.2001.**沖縄の水辺環境の今昔. 社団法 人沖縄建設弘済会建設情報誌しまたてい(17): 12-17.
- 諸喜田茂充・長井隆・藤田義久・成瀬貫・伊藤茜・ 長松俊貴・山崎貴之・新城光悦・永田有.2002. マングローブ域の甲殻類の生態分布と生活史 大 浦川マングローブ域と流入河川における甲殻類の 生態分布と現存量. マングローブに関する調査研 究報告書,74-86.(財) 亜熱帯総合研究所,那覇.
- 鈴木広志・成瀬貫. 2012. 日本の淡水産甲殻十脚類. 川井唯史・中田和義編著「エビ・カニ・ザリガニー淡水甲殻類の保全と生物学―」p. 39-73. 生物研究社.
- Wang, C., Li, C. and Li, S., 2008. Mitochondrial DNA-inferred population structure and demographic history of the mitten crab (*Eriocheir sensu stricto*) found along the coast of mainland China. Mol. Ecol. (17): 3515-3527.
- Xu, J., Chan, T., Tsang, L. and Chu, K. 2009. Phylogeography of the mitten crab *Eriocheir* sensu stricto in East Asia: Pleistocene isolation, population expansion and secondary contact. Mol. Phylogen. Evol. (52): 45-56.
- Xu. J. and Chu, K. H. 2012. Genome scan of the mitten crab *Eriocheir sensu stricto* in East Asia: Population differentiation, hybridization and adaptive speciation. Mol. Phylogen. Evol. (64): 118-129.
- **山本貴道. 2003.** モクズガニ生息状況調査. 平成 14年東京水試成果速報, 65.
- **山本貴道. 2004.** モクズガニ生息調査. 平成 15 年 東京水試成果速報, 69.
- 山崎真治・藤田祐樹・片桐千亜紀・國木田大・松浦 秀治・諏訪元・大城逸朗. 2012. 沖縄県南城市サ キタリ洞遺跡の発掘調査 (2009 ~ 2011 年) 一沖縄諸島における新たな更新世人類遺跡一.

- Anthropo. Sci. (Jap. Ser.) (120):121-134.
- Yamazaki, I., Yoshizaki, G., Yokota, M., Strussen, C. A. and Watanabe, S. 2006. Mitochondrial DNA variation and population structure of the Japanese mitten crab *Eriocheir japonica*. Fish. Sci. (72): 299-309.
- 山崎いづみ・渡邊精一. 2007. 海の向こうの "在来種": モクズガニの地理的多様性の危機. 生物科学 (58): 207-212.
- 横川宗雄・佐藤良也・長谷川英男・高井昭彦・大鶴 正満・安里龍二・金沢保・畑英一.1986.沖縄の 肺吸虫について.寄生虫学雑誌(35):331-338.
- **吉田圭一郎・飯島慈裕. 2009.** 小笠原諸島における 10 年間の水文気候環境. 陸水学雑誌(70): 13-20.
- Zhang, D., Ding, G., Ge, B., Zhang, H., Zhou, C. and Tang, B., 2012. The redivision of geographic population and genetic structure of *Eriocheir* in the West-Pacific Ocean. Gene (503): 126-130.