

ウチダザリガニによる人工巣穴の選択性

中田和義^{*1}・太田 徹^{*1}・浜野龍夫^{*1†}

Artificial burrow preference by the signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* (DANA, 1852)

Kazuyoshi Nakata^{*1}, Toru Ota^{*1}, and Tatsuo Hamano^{*1†}

Preference for artificial burrows by the signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* (DANA, 1852) was investigated. The occupation of artificial burrows, which were made of grey coloured straight polyvinyl chloride pipes of different internal diameters (Y , mm), by crayfishes of different total length (X , mm) was significantly described by a linear regression: $Y = 0.68 X - 8.56$, ($39.0 \leq X \leq 78.0$). Among burrows of different length [crayfish total length (TL) \times 1, \times 2, \times 3, and \times 4], crayfishes significantly preferred the particular lengths, mainly \geq TL \times 2. An interspecific relation between *P. leniusculus* and an endangered Japanese crayfish species *Cambaroides japonicus* (DE HAAN, 1841) was discussed by comparing these results to a previous study of the artificial burrow preference by *C. japonicus*.

1 緒言

日本には、ニホンザリガニ *Cambaroides japonicus* (DE HAAN, 1841)、ウチダザリガニ *Pacifastacus leniusculus* (DANA, 1852)^{*2}、アメリカザリガニ *Procambarus clarkii* (GIRARD, 1852) の3種のザリガニ類が生息している。これらのうち在来種はニホンザリガニのみで、他の2種は昭和初期頃に北米から移入された外来種である¹⁾。

ウチダザリガニの原産地は、オレゴン州のコロンビア川下流であり²⁾、北米やカナダ南西部の低水温の水域に生息している⁴⁾。各地に人為的な移植が行われた結果、北米における生息場所はかなり広範囲に及んでおり、湖のほか、大きな川では急流にも止水にも分布し、泥の多いぬかるみなどの岩の下や水草のかたまりのなかに生息することもある³⁾。日本には、1930年頃に食用として北米から輸入され

た⁵⁾。当初は北海道の摩周湖に分布が限られていたが、近年、とくに北海道東部の釧路川水系などで分布を急速に拡大させている⁶⁾。2000年には、北海道帯広市の市街地の河川でも分布が確認された⁷⁾。北海道には在来種であるニホンザリガニが分布しているが、この種は水産庁と環境省からそれぞれ危急種、絶滅危惧Ⅱ種に指定されている。外来種が新たに生態系に入り込んだ場合には、生態系やその場所の生物相にさまざまな悪影響を与え、しばしば、侵入先の固有生物の大量絶滅を招く⁸⁾。北海道では、そのような懸念から、ウチダザリガニの放流禁止が呼びかけられている⁹⁾。実際、ニホンザリガニに対し、ウチダザリガニが悪影響を与える可能性が示唆されている^{9~11)}。

その一方で、北海道の阿寒湖では、阿寒湖漁業協同組合がウチダザリガニを漁業権対象魚種とし、水産有用種として扱っている。この漁協には、全国から食用としてウチダザリガニの注文が入るようになり、年間約4トンが活きた

2002年6月28日受付。Received June 28, 2002.

*1 水産大学校生物生産学科 (Department of Applied Aquabiology, National Fisheries University, 2-7-1 Nagatahonmachi, Shimonoseki, Yamaguchi 759-6595, Japan).

*2 三宅¹⁾ は、ウチダザリガニとタンカイザリガニを別種として扱い、前者の学名を *Pacifastacus trowbridgii*、後者を *P. leniusculus* としている。本論文では、浜野²⁾ に従い、ウチダザリガニとタンカイザリガニを種内変異として扱い、ウチダザリガニに対し *P. leniusculus* の学名を用いる。

† 別刷り請求先 (Corresponding author: Phone, +81-832-86-5111; Fax, +81-832-86-7435; Email, hamano@fish-u.ac.jp).

まま出荷されている。^{*1}

ザリガニ類の増殖を成功させるためには、適切なサイズの隠れ家（人工巣穴）を飼育環境中に入れる必要がある¹²⁾。増殖に有効な人工巣穴の研究は、ニホンザリガニで前例がある。Nakata *et al.*¹³⁾ は、ニホンザリガニに灰色の直管型の塩ビ管を人工巣穴として与え、内径と長さの異なる巣穴に対する選択実験を行い、適切なサイズを明らかにした。ウチダザリガニの天然の巣穴は基本的には単純な構造をしており、直管型か、1, 2カ所分岐した形状を呈している¹⁴⁾。よって、ウチダザリガニの飼育を行う場合にも、ニホンザリガニのように直管型の人工巣穴を与えることは有効と考えた。

本研究では、水産有用種として本種の増殖を行う場合や、本種とニホンザリガニの種間関係に関するニホンザリガニの保全を目的とした飼育実験を行う場合に必要となる、ウチダザリガニの適切なサイズの人工巣穴を明らかにする実験を行った。

2 材料および方法

水産大学校生物飼育実験棟に実験装置を設置し、内径の異なる巣穴に対する選択性（実験1）、長さの異なる巣穴に対する選択性（実験2）について、実験を行った。

2.1 体測定基準

ザリガニ類の体測定基準には、全長と頭胸甲長が一般に使われている。本研究では、全長は額角先端から尾節の末端まで、頭胸甲長は眼窩後縁頭胸甲上から頭胸甲正中線後縁までとした。

2.2 実験個体

実験に用いたウチダザリガニは、2001年8月29日に北海道の然別湖で採集した。実験1には、全長39.0~78.0 mm（頭胸甲長14.3~26.7 mm）の16個体（6♂♂10♀♀）を、実験2には、全長40.7~78.0 mm（頭胸甲長14.7~26.7 mm）の16個体（6♂♂10♀♀）をそれぞれ用いた。採集してから実験に使用するまでの期間は、巣穴を与えず、個体別に隔離して飼育した。なお、実験に使用した個体は、実験中およびその前後1週間の間は脱皮、死亡、産卵をすることはなかった。

2.3 実験手順

実験手順については、ニホンザリガニにとっての適切なサイズの人工巣穴について明らかにしたNakata *et al.*¹³⁾の方法に準じた。実験に供した巣穴の内径と長さについては、予備実験の結果から選択される範囲を想定して決定した。

実験1では、内径は13, 20, 30, 40, 50 mmの5組とし、長さはとりあえず全長の約3倍とした。これらの内径の異なる5つの巣穴を、直径58 cmの円形水槽に、水槽側面に沿うようにランダムな順序で等間隔に配置した。円形水槽には、中心部の表面近くに緩やかにエアレーションを施した。

こうした円形水槽にウチダザリガニ1個体を入れ、巣穴の選択状況を観察した。観察は、甲殻類は一般に夜行性であり、さらにニホンザリガニでも夜行性であることが明らかにされていることから¹⁵⁾、ウチダザリガニも夜行性で、巣穴には日中によく入ると仮定した。よって、観察は毎日日中の午前9時に1回行った。そして、実験個体がいずれかの巣穴に26回入るまで観察記録を続けた。

実験2では、巣穴の長さは全長の1倍、2倍、3倍、4倍の4組とした。内径については、実験1で得られた回帰式に従って実験個体の全長から計算し、13, 20, 30, 40, 50 mmの中から近いサイズのものを採用した。これらの長さの異なる4つの巣穴を、方形の水槽（15×15×10 cm）の側面下部中央より水槽の外側に向けてランダムな順序で取り付けた。この水槽を大型水槽中に沈め、ウチダザリガニ1個体を方形水槽の中に入れ、蓋をした。この蓋には小孔があけてあり、中の上部で緩やかにエアレーションを施し、水が循環するようにした。なお、4つの巣穴の出口には、ウチダザリガニが脱走しないようにネットを覆った。観察は実験1と同様に、毎日午前9時の1回行い、実験個体がいずれかの巣穴に21回入るまで記録を続けた。

実験1, 2ともに、日長については、実験室の窓から自然光を取り入れた。水槽表面の最大照度は、130 lxであった。実験室は、エアコンによって20℃となるように調節され、その結果、水温は18±4℃であった。これらの温度は、天然においてウチダザリガニが正常に生活している範囲にある^{7, 15, 16)}。観察後には、巣穴入り口の照度の偏りをなくすために、円形水槽および方形水槽を時計回りに60度回転させた。投餌は、日没後暗くなった後（おおむね18時）に毎日1回行い、市販の養魚用配合飼料を翌日に残餌が残ら

*1 2001年7月19日発行のサライ14号（小学館発行）に詳しい。

ない程度に与えた。また、5日毎に観察後、全水量の1/3程度を静かに換水した。実験期間は、2001年9月6日から12月23日までであった。

2.4 用語の定義とデータ処理

本文中の「選択率」は、1個体あたりの観察結果について、「特定の巣穴に入っていた回数/観察時にいずれかの巣穴に入っていた回数」として計算される値を示す。また、選択率が「1巣穴あたりの期待値/観察値合計」を越えた巣穴（実験1では0.2、実験2では0.25を越えたもの）については、ウチダザリガニが好んで選択した人工巣穴のサイズであると判断した。なお、本論文で使用した統計学的検定については、石居⁷⁾ およびDunn & Clark⁸⁾ に詳しい。

3 結果

3.1 内径の異なる人工巣穴に対する選択性

個体別の選択性についてみると、16個体すべてが有意に巣穴に入っていた（二項検定、 $P_s < 0.001$ ）（Table 1）。この16個体について巣穴の選択傾向を解析したところ、すべての個体で、特定の内径に対する有意な選択性が認められた（一試料 χ^2 検定、 $P_s < 0.001$ ）（Table 2）。

これらの実験個体について、全長（ X , mm）と好んで

選択された巣穴（選択率 >0.2 ）の内径（ Y , mm）の回帰式を雌雄別に求めたところ、

$$\text{雄} : Y = 0.59X - 2.53 \quad (n=10, r=0.62, P < 0.05) \quad \dots(1)$$

$$\text{雌} : Y = 0.74X - 12.01 \quad (n=14, r=0.90, P < 0.001) \quad \dots(2)$$

となり、(1)(2)の有意な式が得られた。そこで、これらの2つの式について共分散分析を行ったが、有意差は認められ

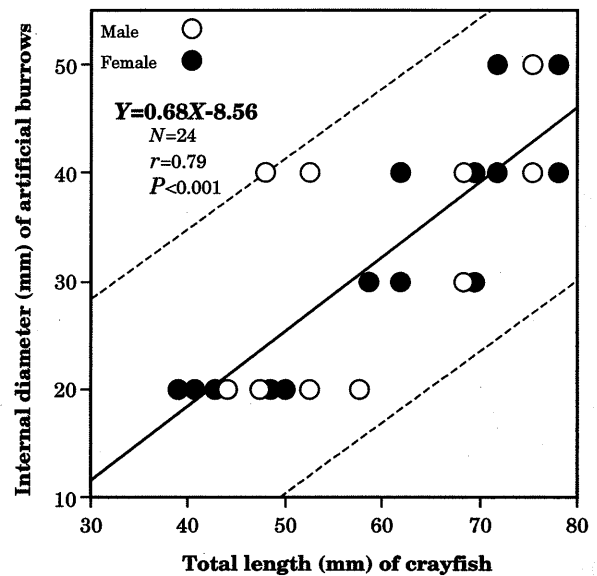


Fig. 1 Relationship between the internal diameter of the artificial burrows preferred and the total length of the occupant. All data of $S > 0.2$ were used in the calculation (see Table 2). Broken curves indicate 95% confidence limits.

Table 1 Results of experiment 1, which tested the preference for artificial burrows with different internal diameters by *Pacifastacus leniusculus*.

Specimen		The rate of			
Sex	Total length (mm)	No. burrows occupied (α)	No. animals in open area (β)	occupying burrows ($\alpha / (\alpha + \beta)$)	Binominal test ¹ between α and β
Male	42.9	26	0	1.00	***
	48.0	26	0	1.00	***
	52.5	26	3	0.90	***
	57.7	26	0	1.00	***
	68.3	26	0	1.00	***
	75.4	26	0	1.00	***
Subtotal		156	3	0.99	***
Female	39.0	26	0	1.00	***
	40.7	26	0	1.00	***
	42.8	26	0	1.00	***
	48.5	26	0	1.00	***
	50.0	26	0	1.00	***
	58.6	26	0	1.00	***
	61.9	26	0	1.00	***
	68.9	26	0	1.00	***
	71.7	26	0	1.00	***
	78.0	26	0	1.00	***
Subtotal		260	0	1.00	***
Total		416	3	0.99	***

¹***: $P < 0.001$.

Table 2 The number of selections for artificial burrows with five different internal diameters by *Pacifastacus leniusculus*. Numbers in bold indicate that burrow preference index (S) was >0.2 , and these data were used in Fig. 1. The burrow preference index was calculated as follows: $S=B/A$, where A is the number of all burrows occupied (*viz.* $A=26$); B is the number of a particular burrow occupied.

Specimen		Total length (mm)	Internal diameter (mm)					χ^2 one-sampled test ¹
Sex			13	20	30	40	50	
Male	42.9	2	22	2	0	0	***	
	48.0	0	6	5	10	5	*	
	52.5	0	6	3	15	2	***	
	57.7	0	25	0	0	1	***	
	68.3	0	0	12	10	4	***	
	75.4	0	0	0	9	17	***	
Subtotal		2	59	22	44	29	***	
Female	39.0	0	18	4	2	2	***	
	40.7	0	24	2	0	0	***	
	42.8	0	26	0	0	0	***	
	48.5	0	25	0	1	0	***	
	50.0	0	23	3	0	0	***	
	58.6	0	2	19	0	5	***	
	61.9	0	0	10	12	4	***	
	68.9	0	0	16	9	1	***	
	71.7	0	0	1	11	14	***	
	78.0	0	0	4	8	14	***	
	Subtotal		0	118	59	43	40	***
Total		2	177	81	87	69	***	

¹ * : $P < 0.05$; ***: $P < 0.001$.

Table 3 The number of selections by *Pacifastacus leniusculus* for artificial burrows of four different lengths. Numbers in bold indicate that burrow preference index (S) was >0.25 . The burrow preference index was calculated as follows: $S=B/A$, where A is the number of all burrows occupied (*viz.* $A=21$); B is the number of a particular burrow occupied.

Specimen	Internal diameter of burrow used (mm)	No. burrows occupied (α)	No. animals in open area (β)	The rate of occupying burrows ($\alpha/(\alpha+\beta)$)	Burrow length (mm)				χ^2 one-sampled test ¹
					Total length $\times 1$	Total length $\times 2$	Total length $\times 3$	Total length $\times 4$	
Male	42.9	21	0	1.00	0	3	11	7	**
	48.0	21	3	0.88	5	2	5	9	—
	52.5	21	0	1.00	2	7	7	5	—
	57.7	21	0	1.00	3	11	2	5	*
	68.3	21	2	0.91	3	7	8	3	—
	75.4	21	2	0.91	5	6	5	5	—
Subtotal		126	7	0.95	18	36	38	34	*
Female	40.7	21	0	1.00	0	5	3	13	***
	42.3	21	0	1.00	1	4	10	6	*
	42.8	21	1	0.95	0	7	11	3	**
	48.5	21	5	0.81	2	5	9	5	—
	50.0	21	0	1.00	2	7	8	4	—
	58.6	21	0	1.00	2	6	9	4	—
	61.9	21	1	0.95	1	4	11	5	*
	68.9	21	0	1.00	0	2	4	15	***
	71.7	21	1	0.95	3	6	6	6	—
	78.0	21	2	0.91	5	4	7	5	—
Subtotal		210	10	0.95	16	50	78	66	***
Total		336	17	0.95	34	86	116	100	***

¹ — : Not significant ($P > 0.05$); * : $P < 0.05$; ** : $P < 0.01$; *** : $P < 0.001$.

なかった ($P_s > 0.05$)。よって、雌雄間には巣穴に対する選択傾向に差はないとみなし、雌雄のデータを合わせて回帰式を再計算したところ、

$$Y = 0.68X - 8.56 \quad (n = 24, r = 0.79, P < 0.001) \quad \dots(3)$$

が得られた。著者らは、(3)式をウチダザリガニの生活に適した人工巣穴の内径を求める最終的な式とみなした (Fig. 1)。

3.2 長さの異なる人工巣穴に対する選択性

それぞれの長さの巣穴を好んで選択したウチダザリガニ (選択率 > 0.25) の個体数は、全長の1倍の長さの巣穴を選択したウチダザリガニは0個体、2倍は8個体、3倍は11個体、4倍では6個体であり、2~4倍が主に選択された (Table 3)。また、16個体の観察結果を合計したところ、全336回の観察数のうち、全長の1, 2, 3, 4倍の長さの巣穴が選択された回数は順に、34, 86, 116, 100回であり、特定の巣穴の長さに対する有意な選択性が認められた (一試料 χ^2 検定, $P < 0.001$) (Table 3)。これらの結果から、ウチダザリガニが好む人工巣穴の長さは全長の2倍以上であると結論した。

4 考察

本実験でウチダザリガニが人工巣穴を選択する際には、巣穴を掘るためのエネルギーを必要とせず、また、個体別に選択性を観察したことから、種内・種間関係の影響を受けることはなかった。よって、実験個体はそれらに影響されない本来の好適なサイズを選択したと考える。ウチダザリガニは天然でも巣穴を掘ることが知られており、イギリスのウーズ川では、頭胸甲長15~27 mm (全長40~80 mm) のウチダザリガニが占有していた巣穴のサイズは、内径は10~30 mm、長さは50~180 mmであった¹⁰⁾。しかしながら、本実験で頭胸甲長15~27 mmのウチダザリガニが好んで選択した巣穴のサイズは、内径が20~50 mm、長さが80~300 mmであり、内径、長さともウーズ川の調査地点に掘られた巣穴のサイズよりも大きかった。巣穴のサイズが本来の好みと異なる理由については、ウーズ川の調査地点では、ウチダザリガニは他個体の巣穴と連結するほど極めて高密度に巣穴を掘っているため¹⁰⁾、巣穴を掘る場所が制限されていて、本来の好適なサイズの巣穴を掘るのに十分な空間を得ることができないためと考えられる。

さらに、ウーズ川の調査場所の底質は砂利であった¹⁰⁾。この底質は、水分を含むことで締まって固くなるため、巣穴を掘ることは容易ではない。また、掘られた巣穴の内壁も、ザリガニの活動や水位変動による浸食などの影響を受けにくいと思われる。このことも、この場所での巣穴のサイズが好適なサイズよりも小さい理由であろう。なお、底質がシルトで構成されている小川に掘られたニホンザリガニの巣穴のサイズ¹⁹⁾ は、室内実験で明らかになった本来の好適なサイズ¹³⁾ よりも大きいことが報告されており、ウチダザリガニの巣穴とは対照的である。これは、底質がシルトで構成されているため、浸食や生命活動の影響を受けて巣穴が広がったことによると考えられている¹⁹⁾。これらのことから、天然巣穴のサイズは環境要因によって大きく左右され、本来の好みのサイズが実現されていないことが多いと考える。

好適な人工巣穴の内径について、ウチダザリガニとニホンザリガニ¹³⁾ を比較してみる。本研究で使用したウチダザリガニの最小サイズである全長4 cmを例にして回帰式に当てはめると、ウチダザリガニにとっての適した内径は19 mm、ニホンザリガニでは23 mmであった。また、本研究で使用した最大サイズに相当する全長8 cmの場合、ウチダザリガニにとっての適した内径は46 mm、ニホンザリガニでは43 mmであった。このことから、全長4~8 cmの個体では、ウチダザリガニにとって好適なサイズの内径は、ニホンザリガニのそれとほぼ同じであるといえる。ザリガニ類の人工巣穴にとっては、巣穴の接触度 (体が巣穴の内壁に触れる割合) が特に重要であり、体との適度な接触のある巣穴が飼育に有効なことが明らかとなっている¹²⁾。上述したニホンザリガニについての好適な人工巣穴の内径は、ニホンザリガニに適した接触度を与えていると考えられている¹³⁾。本研究で明らかになったウチダザリガニにとっての好適な人工巣穴の内径も、同様に適切な接触度を実現しているのであろう。なお、本研究で、実験に供した個体について計算される適切な人工巣穴の内径の範囲は、回帰式(3)から19~43 mmである。実験では、この範囲を超える内径13 mmと50 mmの巣穴も用意していたことから、本実験で用意した巣穴の内径は適切であったといえるだろう。

次に、ウチダザリガニとニホンザリガニにとっての人工巣穴の好適な長さを比較してみる。本研究の結果から、ウチダザリガニでは全長の2倍以上が適切であると考えられたが、ニホンザリガニでは、全長の3倍以上が有効であると報告されている¹³⁾。また、本実験ではウチダザリガニは

全長の1倍の長さの巣穴にも比較的頻繁に入っていたが (Table 3), ニホンザリガニを使つての実験では, 1倍と2倍の巣穴はほとんど選択されなかった¹³⁾。これらのことから, 巣穴の長さについては, ウチダザリガニはニホンザリガニよりも広い範囲の選択性を持っていることが分かる。このことは, 前述の両種の適した人工巣穴のサイズと天然巣穴のサイズの差から示唆されたとおり, ウチダザリガニの方が, 体サイズに比してより狭い空間でも生活が可能なことを示している。なお, ウチダザリガニにとっての好適な巣穴の長さは全長の2倍以上であったので, 本実験で用意した巣穴の長さ (全長1~4倍) は適当であったといえるだろう。

外来種が新たに生態系に入り込んだ場合には, 生態系やその場所の生物相にさまざまな悪影響を与え, 侵入先の固有生物の大量絶滅を招く可能性がある⁸⁾。ウチダザリガニがニホンザリガニの生息地に侵入した場合, 本研究の結果から, 隠れ家に広いスペースを要求しないウチダザリガニが, ニホンザリガニよりも高密度に生息できる可能性は高い。これら2種の生活場所については, 両種ともに石の下や巣穴を掘ってその中に隠れることが多く^{14, 19)}, 食性についてもデトリタス食であり^{20, 21)}, 基本ニッチが重複している。よって, 生活場所や餌をめぐる種間競争が生じるはずである。その場合, ウチダザリガニの方が, ニホンザリガニに比べて, 大型で成長速度が高い上に年間の産卵数が多く^{22~24)}, また, 隠れ場所に広い空間を必要としないため, 個体群の増殖には有利になるだろう。そのため, ウチダザリガニがニホンザリガニの生息地に侵入した場合には, ニホンザリガニに何らかの悪影響を与えると思われる。実際に, 北海道の屈斜路湖や然別湖などでは, ニホンザリガニの個体群が絶滅したあとに, ウチダザリガニが分布を確立させている²⁰⁾。特に然別湖では, ウチダザリガニの個体群の増殖が著しく, 分布範囲を数年間で急激に拡大させている¹⁶⁾。しかしながら, ニホンザリガニ個体群の絶滅とウチダザリガニ個体群の増殖の因果関係については, 現状では科学的に証明されておらず, 両種の種間関係の検討は今後の課題である。

実験期間中, ウチダザリガニはよく人工巣穴に入っており (Table 1), 死亡個体もなかった。また, 本研究で明らかになった適切なサイズの人工巣穴を用いて, 試験的に大量飼育を実施したところ, どの個体もよく巣穴に入り, 共食いも生じなく, 生残率の向上が認められた。これらのことから, ウチダザリガニの増殖にとって人工巣穴は有効であると考えられる。

5 要約

外来種であるウチダザリガニにとっての好適なサイズの人工巣穴を明らかにすることを目的として実験を実施した。灰色の直管型の塩ビ管を用いて人工巣穴を製作し, 内径と長さの異なる巣穴に対する選択実験を行った。実験の結果, 巣穴の内径については, 全長 (X , mm) と好んで選択された内径 (Y , mm) の間に $Y = 0.68 X - 8.56$ という関係が認められた。巣穴の長さについては, 全長の2倍以上の長さの巣穴が有意に選択される傾向があった。本研究の結果を, 絶滅が危惧されているニホンザリガニの好適なサイズの人工巣穴を明らかにした過去の研究例と比較したところ, ウチダザリガニはニホンザリガニよりも隠れ場所には広い空間を必要としないことが示唆された。

6 謝辞

本研究に対して有益な助言を下された独立行政法人水産大学校の林 健一教授, 荒木 晶助手, 北海道原子力環境センターの川井唯史博士に謝意を表す。また, 研究の実施にあたりご協力をいただいた鹿追町町長の吉田弘志, 鹿追町役場経済部の西科 隆, 森末彰徳, 渡辺利信, 東原孝博, 鹿追町然別湖水産孵化場の小菅孝俊, 北海道士幌町の平田昌克, 水産大学校生物生産学科4年生 (当時) の田中 全の各氏, 特別採捕許可を取得する際にお世話になった北海道十勝支庁経済部水産課漁業管理係に心よりお礼申し上げます。

参考文献

- 1) 三宅貞祥: 原色日本大型甲殻類図鑑(1)。保育社, 大阪, 1982, pp. 72-74.
- 2) 浜野龍夫・林 健一・川井唯史・林 浩之: 摩周湖に分布するザリガニについて。甲殻類の研究, 21, 73-87 (1992).
- 3) J. A. Riegel: The systematics and distribution of crayfishes in California. *California Fish and Game*, 45, 29-50 (1959).
- 4) P. Henttonen and J. V. Huner: The introduction of alien species of crayfish in Europe: A historical introduction. In: F. Gherardi and D. M. Holdich (eds). *Crayfish in Europe as Alien Species*. A. A. Balkema, Rotterdam, 1999, pp.

- 3-9.
- 5) 川井唯史・中田和義・小林弥吉：日本における北米産ザリガニ類（タンカイザリガニとウチダザリガニ）の分類および移入状況に関する考察。青森自然誌研究, **7**, 59-71 (2002).
- 6) 蛭田眞一：道東と英国のザリガニ事情。環境教育研究, **1**, 181-195 (1998).
- 7) 中田和義・浜野龍夫・川井唯史・平田昌克・音更川グラウンドワーク研究会・高倉裕一・鏡 坦・堤 公宏：北海道十勝地方におけるザリガニ類の分布および個体数密度の経年変化。帯広百年記念館紀要, **19**, 79-88 (2001).
- 8) 鷲谷いづみ・矢原徹一：保全生態学入門。文一総合出版, 東京, 1996, 270 pp.
- 9) 中田和義：ニホンザリガニの保全。月刊海洋号外, **26**, 256-262 (2001).
- 10) T. Unestam: Resistance to the crayfish plague in some American, Japanese, and European crayfishes. *Report of the Institute of Freshwater Research, Drottningholm, Fishery Board of Sweden*, **49**, 202-209 (1969).
- 11) 川井唯史・若菜 勇：ウチダザリガニは在来種を捕食する。釧路市博物館館報, **363**, 3-5 (1998).
- 12) C. Steele, C. Skinner, P. Alberstadt, and J. Antonelli: Importance of adequate shelters for crayfishes maintained in aquaria. *Aquarium Sciences and Conservation*, **1**, 189-192 (1997).
- 13) K. Nakata, T. Hamano, K. Hayashi, T. Kawai, and S. Goshima: Artificial burrow preference by the Japanese crayfish *Cambaroides japonicus*. *Fisheries Science*, **67**, 449-455 (2001).
- 14) R. Guan: Burrowing behaviour of signal crayfish, *Pacifastacus leniusculus* (Dana), in the river Great Ouse, England. *Freshwater Forum*, **4**, 155-168 (1994).
- 15) C. D. Becker and J. G. Genoway: Resistance of crayfish to acute thermal shock; preliminary studies. In: J. W. Gibbons and R. R. Sharitz (eds). *Thermal Ecology*. National Technical Information Service, Springfield, Virginia, 1974, pp. 146-150.
- 16) 中田和義・田中 全・浜野龍夫・川井唯史：北海道然別湖におけるウチダザリガニの分布。上土幌町ひがし大雪博物館研究報告, **24**, 27-34 (2002).
- 17) 石居 進：生物統計学入門-具体例による解説と演習。培風館, 東京, 1974, pp. 74-80.
- 18) O. J. Dunn and V. A. Clark：応用統計学（中村慶一訳）。森北出版, 東京, 1975, pp. 255-278.
- 19) 川井唯史：ザリガニ *Cambaroides japonicus* (DE HAAN, 1841) の巣穴。甲殻類の研究, **21**, 65-71 (1992).
- 20) T. Kawai, T. Hamano, and S. Matsuura: Food habits of the Japanese crayfish *Cambaroides japonicus* (Decapoda, Astacoidea) in a stream in Hokkaido, Japan. *Fisheries Science*, **61**, 720-721 (1995).
- 21) R. Guan: Feeding ecology of the signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* in a British lowland river. *Aquaculture*, **169**, 177-193 (1998).
- 22) 川井唯史・三宅貞祥・浜野龍夫：分布南限のザリガニ *Cambaroides japonicus* (DE HAAN, 1841) の個体数密度と再生産に関する研究。甲殻類の研究, **19**, 55-61 (1990).
- 23) H. Ackefors: The positive effects of established crayfish introductions in Europe. In: F. Gherardi and D. M. Holdich (eds). *Crayfish in Europe as Alien Species*. A. A. Balkema, Rotterdam, 1999, pp. 49-61.
- 24) J. Skurdal, T. Taugbol, A. Burba, L. Edsman, B. Söderback, B. Styrrishave, J. Tuusti, K. Westman: Crayfish introductions in the Nordic and Baltic countries. In: F. Gherardi and D. M. Holdich (eds). *Crayfish in Europe as Alien Species*. A. A. Balkema, Rotterdam, 1999, pp. 193-219.
- 25) T. Kawai, K. Nakata, and T. Hamano: Temporal changes of the density in two crayfish species, the native *Cambaroides japonicus* (De Haan) and the alien *Pacifastacus leniusculus* (Dana), in natural habitats of Hokkaido, Japan. *Freshwater Crayfish*, **13**, 198-206 (2002).