

モクズガニの人工的空間に対する選択性に関する研究

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 水産大学校 公開日: 2024-10-11 キーワード (Ja): キーワード (En): Eriocheir japonica; Japanese mitten crab; artificial shelter; body thickness 作成者: 荒木, 晶, 中西, 良太 メールアドレス: 所属:
URL	https://fra.repo.nii.ac.jp/records/2012022

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.



モクズガニの人工的空間に対する選択性に関する研究

荒木 晶[†]・中西良太

Artificial shelter preference by the Japanese mitten crab *Eriocheir japonica*

Akira Araki[†] and Ryota Nakanishi

Abstract : Preference for artificial shelter with various height by the Japanese mitten crab *Eriocheir japonica* was studied. Three experiments were carried out. In experiment 1, *E. japonica* was a nocturnal species with a greater propensity to shelter during the daytime. In experiment 2, among shelters of different height [crab body thickness (BT) × 1, × 2, × 3, × 4 and × 5], crabs significantly preferred shelters that height was between BT × 2 and BT × 3. In experiment 3, natural specimens of *E. japonica* were hiding in the space (= natural shelter) with various height, that was formed under a boulder stone. Those height of space ranged from BT × 1 to BT × 11, and both the median and the mode was BT × 3. It was concluded that the most favorite space which was selected by *E. japonica* had a height from BT × 2 to BT × 3.

Key words : *Eriocheir japonica*, Japanese mitten crab, artificial shelter, body thickness

緒 言

モクズガニ *Eriocheir japonica* は、北海道、本州、四国、九州、琉球列島など、小笠原諸島を除く日本全域の河川に広く分布している¹⁻²⁾。近年、小笠原諸島に生息しているモクズガニが、別種のオガサワラモクズガニ *Eriocheir ogasawaraensis* として扱われるようになった³⁾。

モクズガニは降河回遊性の通し回遊をおこなう生活史を持ち、河川を降りて海域(海水と淡水が混合する汽水域を含む)で交尾、産卵を行う⁴⁾。孵化したゾエア幼生は海域で成長し、メガロパ幼生になると淡水域に入り、稚ガニに変態した後は、活発に河川を遡上する⁵⁾。本種は、日本全国の河川・浅海域に多産する大型底生動物であるため、水域生態系の重要な一員であると考えられる。また、山間部の地域では重要な水産資源であり、地域特産種として種苗生産放流事業が実施されるなど、内水面漁業における水産有用種でもある⁶⁾。その一方で、種苗生産放流事業

が行われても、モクズガニが増えないところは多い。その主な原因として水質汚染や生息場の消失などが考えられるが、近年では水質が改善されてきているにも関わらずその資源量が増えないことから、河川改修工事に伴う生息場の消失が大きな原因であると考えられる。河床のコンクリート化と瀬や淵の消失した単調な河川では、転石などのモクズガニが身を隠す場所として利用できる空間が少なく、環境収容力が小さいため、そこに生息できる資源量が限られる。そのような環境下でモクズガニを増やすためには、環境収容力を増大させることを目的とした河川魚礁などの開発が必要である。人工の巣穴が増殖に効果があることは、近年生息数の減少が危惧されている淡水産のニホンザリガニ *Cambaroides japonicus* についても行われた試みであり⁷⁾、海産のシヤコ *Oratosquilla oratoria* でも確認されている⁸⁻¹⁰⁾。また、ニホンザリガニの保全を考える場合に種間関係の解明に必要となる、外来種のウチダザリガニ *Pacifastacus leniusculus* の巣穴選択性についても調べら

れている¹¹⁾。河川魚礁を設置することにより、種苗放流の効果を高めることができる上に、海域から遡上してくる天然の稚ガニの減耗率を減らすこともでき、内水面漁業に大きく貢献できるものと考えられる。しかし、その設計の基準となる、モクズガニの空間に対する選択性に関する知見や研究はほとんどない。

モクズガニが、隠れ場所として利用する空間の条件が明らかになり、その知見を河川魚礁の開発や設計に反映させることができれば、本種の資源増殖について非常に役立つ情報になると考えられる。本研究では、モクズガニの空間選択性という観点から、体サイズと隠れる場所として好む空間の高さとの関係を解明することを目的として実験を行った。

材料と方法

本研究では、モクズガニの空間嗜好性を明らかにするために、モクズガニの日周活動や空間選択性に関する3つの実験を行った。

実験Ⅰ. モクズガニの日周活動に関する実験

モクズガニが、隠れ場所(以下、隠れ家とする)に入って

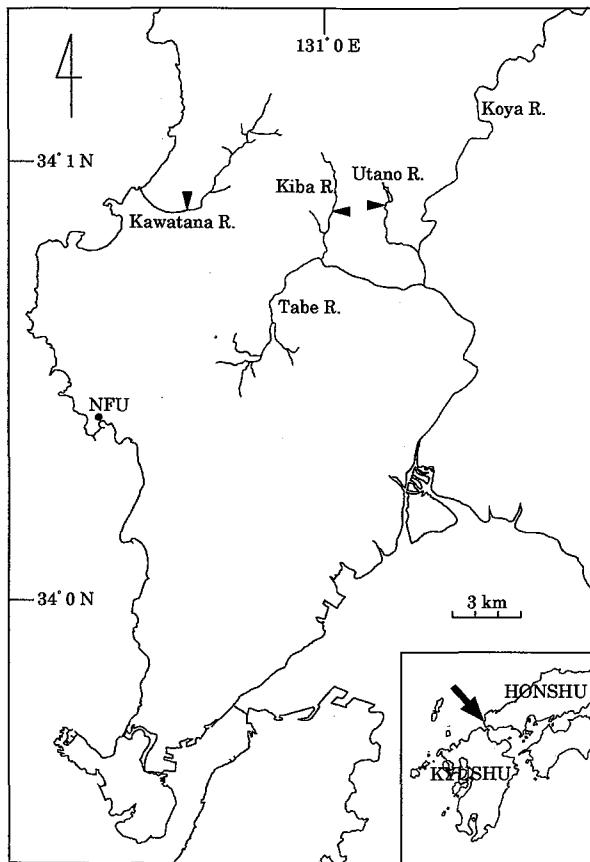


Fig.1. Map showing study areas in Yamaguchi Prefecture. Sampling sites on the Kawatana River, Kiba River and Utano River are indicated.

いる時間帯を知ることが目的として、飼育しているカニの日周活動について観察した。

実験個体 山口県の西部を流れる川棚川および木屋川の支流である歌野川、貴飯川においてカニ籠で捕獲された個体のうち、附属肢の脱落が無く、活発な個体を用いた(Fig.1)。実験開始直前にモクズガニの背甲に白色油性ペンで番号を書き込んで個体標識とした。

実験方法 2t水槽に、甲幅48.3mmから63.1mmのモクズガニ6個体(雄3個体、雌3個体)を入れ、隠れ家として、幅8.0cm、高さ5.3cm、奥行き9.0cmの穴が3つ空いた10cm×20cm×40cmの建材ブロックを3個、穴が地面と水平になるようにして設置した。実験期間は10日間とし、2004年7月14日から7月24日まで行った。観察は、毎日3時、6時、9時、12時、15時、18時、21時、24時の8回行った。光源には蛍光灯を使用し、水面の照度は205 lxとした。蛍光灯は4時30分から19時30分まで点灯させ、光周期は明条件15時間、暗条件9時間(15L:9D)とした。暗条件時の観察には、エビ類の行動パターンにほとんど影響がないことが知られている弱い赤色光を用いた¹²⁾。また、実験期間中の水温は23.7℃から24.7℃に保った。なお、実験開始日の前日までに十分に餌を与え、実験期間中は給餌を一切行わなかった。

実験Ⅱ. モクズガニの空間選択性に関する実験

モクズガニの体サイズと最も好む隠れ家の高さの関係を導くために、カニの空間嗜好性について調べた。

実験個体 山口県の川棚川および木屋川の支流である歌野川、貴飯川でカニ籠と徒手採集で捕獲された個体を用いた(Fig.1)。実験に用いた個体は両鉗脚の脱落が無く、活発な個体を用いた。

実験方法 甲幅20.3mmから70.8mmのモクズガニを用いて、2004年8月9日から2005年2月16日にかけて実験を行った。正方形(80cm×80cm×50cm)の水槽に、縦80cm、横20cm、厚さ3mmの灰色の塩化ビニル製の板に、6本の支柱を接着したテーブル状の隠れ家を2基設置し、水槽の中でモクズガニを1個体飼育した(Fig.2)。隠れ家の高さを規定するときの基準として、頭胸部の頭胸甲背面から胸部腹甲(折りたたまれた腹節を含む)までの最大の厚さを用い、それを「体厚(Body Thickness = BT)」と定義して用いた。

隠れ家の高さは、6本ある支柱の長さを変えることで調整できるようにしておき、その値は体厚の1倍、2倍、3倍、4倍、5倍の中から選択した。隠れ家の高さは1cm単位とし、体厚の倍数の値が整数にならないときは、少数第一位を切り上げた値を用いた。光源には白熱電球を使用し、水面の照度は200~225 lxとした。電球は4時30分から19時

30分まで点灯させ、光周期は明条件15時間、暗条件9時間(15L:9D)とした。実験Ⅰの結果から、観察は昼間の12時のみ行い、モクズガニが選択した隠れ家の高さ、水温を記録した。光の当たり方による偏りが出ないように、毎日観察の後、2基の隠れ家の位置を入れ替えた。餌には主にオキアミを十分な量与えた。

実験Ⅱでは、二項検定を用いて、2基の隠れ家について一方の選択性と他方の選択性との間に統計的に有意な差が認められるまで実験を行った。選択性に有意差が認められた時には、選択性が低い方の隠れ家を別のものと交換し、5種類ある隠れ家の高さの中で、上限と下限が現れるまで実験を行った。ただし、2基の隠れ家に対して実験回数が30回を超えても有意差が認められない場合は、双方の選択性に差がないものとして扱い、異なる高さの隠れ家に交換し、実験を継続した。

実験Ⅲ. モクズガニの自然環境下での隠れ家の高さに関する実験

自然環境下で、モクズガニの体サイズと隠れ家として利用している空間の入口の高さとの関係を調べるために、河川において潜水調査を行った。

実験方法 山口県の川棚川において、モクズガニを採集し、その甲幅、体厚を計測した(Fig.1)。併せて、モクズガニが隠れていた転石下の空間(隠れ家)の入口の高さを計測し、その関係を調べた。モクズガニなどの生物が利用している転石は、河床の基質に深く埋没していないため、石の側面の裾部は絞り込まれて石の下面方向に入り込んでいる。転石下の隠れ家は、この入り込んでいる部分(開口部)で外部と通じている。隠れ家の入口の高さとは、転石の下部底面と河床によって形成されている空間の、外部と

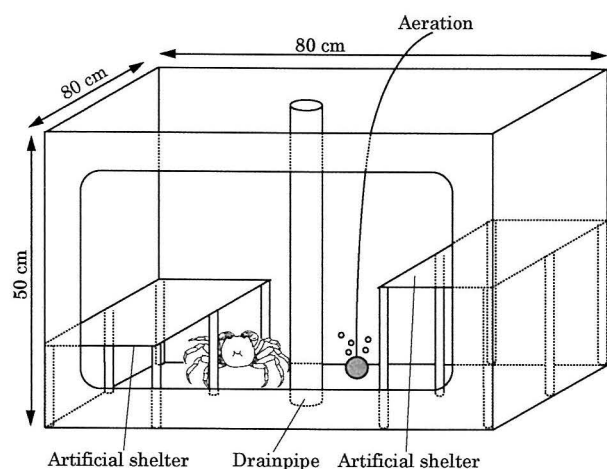


Fig.2. Schematic illustration of the artificial shelter used for experiment II, which tested the preference for artificial shelter of some different heights. Artificial shelters were made of polyvinyl chloride.

通じている開口部の高さのうち一番小さくなっている部分を計測した。

採集したモクズガニは、計測が終了した後、一部は研究室に持ち帰り、実験Ⅱの実験個体として用いた。持ち帰った個体以外はその場で放流した。

結果

実験Ⅰ. モクズガニの日周活動に関する実験

10日間で行った観察は、1個体につき明条件下では50回、暗条件下では30回であった。本実験には6個体のモクズガニを使用した。よって、観察したモクズガニの延べ総数は明条件下で300個体、暗条件下で180個体であった。観察時間別の延べ個体数はそれぞれ60個体であった(Table 1)。

実験期間を通して、明条件下の9時、12時、15時、18時の観察時には、隠れ家から出ていた個体は観察されなかった。明条件下の6時の観察時に隠れ家から出ていたのは10日間通じて延べ3個体で60個体中5%であった。一方、暗条件下の0時では延べ39個体で60個体中65%、3時では延べ35個体で58%、21時では延べ43個体で72%のモクズガニが隠れ家から出ていたところが観察された(Table 1, Fig.3)。合計すると、隠れ家の外に出ていたのは明条件下では延べ3個体で300個体中1%、暗条件下では延べ117個体で180個体中65%であった。この結果から、モクズガニは明条件下では有意に隠れ家の中に入ることが確認された(二項検定, $P < 0.001$) が、暗条件下では有意差は認められなかった(二項検定, $P > 0.05$)。

このことより、モクズガニの隠れ家に対する選択性を観察するための実験は、日中の明条件下で行えば良いと結論し、次の実験Ⅱに適用した。

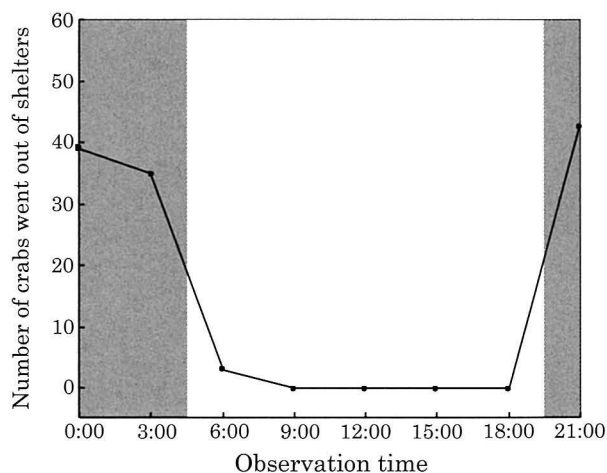


Fig.3. Number of crabs went out of artificial shelters at each observation time in the experiment I. The gray area mean nighttime (19:30-4:30), and the white area mean daytime (4:30-19:30).

実験Ⅱ. モクズガニの空間選択性に関する実験

7個体について実験を行った。実験中の水温は22.7～11.8℃の範囲であった。水温の変動は大きいですが、モクズガニの稚ガニ期以降の適水温は10～30℃であるため¹³⁾、実験設定上大きな問題はないと判断した。1個体に対して行った観察のうち、最長のものは76日に及んだ。高さの異なる複数の隠れ家に対して選択性を示した個体が3個体いた。4通りの隠れ家を選択した個体が1個体、3通りの隠れ家を選択した個体が1個体、2通りの隠れ家を選択した個体が1個体いたために、13通りの隠れ家に対する選択性の結果を得た (Table 2)。7個体のモクズガニに対し

て行った観察のうち、カニが隠れ家の中にいた回数は合計で310回になった。実験期間中、モクズガニが選択した隠れ家は、体厚の1倍が18回、以下同様に2倍が109回、3倍が104回、4倍が46回、5倍が33回であった。隠れ家の中にいた回数の合計310回のうち、体厚の2倍、もしくは3倍を選択していたのは213回であり、全試行回数の約69% (213/310) に達した。さらに隠れ家の高さが4倍以上になると、モクズガニが隠れ家の天井に歩脚の先を壁との僅かな隙間などに引っかけてぶら下がっていたり、壁面をよじ上ろうとするような姿勢で壁に寄りかかるようにして横を向いている様子が多く観察された。以上のことから、モクズ

Table 1 Results of experiment 1, the number of crabs *E. japonica* observed out of the shelters for 10 days

Sex	Carapace Width (mm)	Daytime					Nighttime		
		6:00	9:00	12:00	15:00	18:00	21:00	0:00	3:00
Male	63.1	1	0	0	0	0	9	6	6
	56.1	0	0	0	0	0	6	5	5
	48.3	0	0	0	0	0	5	5	2
Subtotal		1	0	0	0	0	20	16	13
Female	59.9	1	0	0	0	0	10	8	9
	54.7	0	0	0	0	0	6	7	7
	53.2	1	0	0	0	0	7	8	6
Subtotal		2	0	0	0	0	23	23	22
Total		3	0	0	0	0	43	39	35
Total number of observation		60	60	60	60	60	60	60	60

Table 2 Results of experiment 2, which tested the preference for artificial shelters with different heights by *E. japonica*

Sex	Specimen		Height of artificial shelter				
	CW ¹ (mm)	BT ² (mm)	BT×1	BT×2	BT×3	BT×4	BT×5
Male	58.5	25.6		+			
	63.0	28.7			+	+	+
Female	20.3	8.8					+
	48.4	21.3		+	+	+	+
	52.8	24.5		+	+		
	61.3	29.2		+			
	70.8	34.8		+			
Total			0	5	3	2	3

¹CW = carapace width, ²BT = body thickness

Table 3 Results of experiment 1, relationship between body thickness (BT) of *E. japonica* and height of opening of natural shelter (H) observed in Kawatana river

Sex	CW ¹ (mm)	BT (mm)	H (mm)	H/BT	Water Temperature (°C)
Male	38.0	16.6	40	2	14.1
Male	33.7	19.6	35	2	12.9
Male	31.5	13.3	40	3	13.9
Male	27.5	11.8	23	2	13.5
Male	18.4	7.7	40	5	14.1
Male	13.6	5.8	53	9	13.5
Male	12.3	5.0	53	11	13.5
Male	10.9	4.6	5	1	13.7
Male	10.6	4.6	27	6	13.9
Female	46.9	21.3	70	3	13.5
Female	45.6	20.3	60	3	14.1
Female	18.6	8.1	27	3	14.1
Female	12.7	5.4	33	6	13.7
Juvenile	21.4	9.3	24	3	13.5
Juvenile	20.4	8.5	25	3	13.7
Juvenile	12.6	5.1	30	6	13.0

¹CW = carapace width

ガニの空間嗜好性にかなう隠れ家の高さは体厚の2倍以上3倍以下であると結論付けることとした。

実験Ⅲ. モクズガニの自然環境下での隠れ家の高さに関する実験

自然環境下の河川における観察の結果、隠れ家として利用している空間の入口の高さは、5～70mm(中央値:34mm)であり、これは隠れ家の中にいたモクズガニの体厚の1～11倍(中央値:3倍, 最頻値:3倍)であった(Table 3)。

考 察

モクズガニの日周活動に関する実験(実験Ⅰ)では、実験期間を通して、9時、12時、15時、18時の観察時には、隠れ家から出ていた個体は観察されなかった。隠れ家の外に出ていたのは、明条件下では延べ3個体で300個体中1%、暗条件下では延べ117個体で180個体中65%であった(Table 1)。モクズガニは、明条件下では有意に隠れ家の中に入っていることが確認された(二項検定, $P < 0.001$)。しかし、暗条件下では有意差は認められなかった(二項検定, $P > 0.05$)。

これまでの報告でも、モクズガニの成体が夜間によく活動することは示唆されてきた^{14,15)}。また、飼育しているモクズガニが夜間に活発に活動する様子も観察されている。本実験の結果とこれらの事例から、モクズガニは夜行性

であり、日中は物陰に身を隠しているということが明らかである。このことより、モクズガニの隠れ家に対する選択性を観察するための実験は日中、明条件下で行えば良いと結論して実験Ⅱへ適用し、観察時間の条件として日中12時に観察することとした。

実験Ⅱでは、灰色の塩化ビニル製の板を用いて隠れ家をつくった。灰色は、黒色などの暗色に比べてやや明るい色調であり、昼間においては隠れ家内の照度は暗色系の色に比べると明るくなっているものと考えられる。しかし、実験Ⅰにおいてはコンクリート(灰色)の建材ブロックを用いており、さらに実験Ⅱにおいてもカニは昼間の観察で必ずどちらかの隠れ家下の影の部分で観察されている。これらのことから、本実験において灰色の塩化ビニル製の隠れ家を用いたことによる内部の照度がカニの行動へ与える影響は特にないものとして実験を進めた。

空間選択性に関する実験(実験Ⅱ)では、実験に使用した7個体中、3個体は5倍の隠れ家を選択した。そのため、この3個体については、カニが好む隠れ家の高さの上限を求めることはできなかった。さらに隠れ家の高さが4倍以上では、モクズガニが隠れ家の天井にぶら下がっていたり、壁面をよじ上ろうとするような姿勢で横を向いている様子が多く観察されるようになった。このような個体については、より高い隠れ家に対しても同様の行動を取ると考えられる。その場合、結果は体厚に対する隠れ家の高さに対

する選択性を示唆するものではない。また、5倍を選択した3個体のうち、2個体は2倍もしくは3倍も選択している。つまりモズガニは、大部分の個体においては体厚の2倍から3倍の高さであれば、隠れ家として利用するであろう。

体厚とは頭胸部の頭胸甲背面から胸部腹甲(折りたたまれた腹節を含む)までの最大の厚さのことであるため、モズガニがその体厚より低い隠れ家に入ることは物理的に不可能である。しかし、物理的には中に入ることが可能なはずの1倍の隠れ家を選択した個体は少ない。これは、1倍の隠れ家はモズガニにとっては低すぎるためであると考えられる。モズガニが活動している時には、腹部が地面を擦ることはない。従って、その時には地面からモズガニの体の最高部までの高さは体厚よりも高くなる。また、モズガニが歩脚を折りたたんでいるときは、その姿勢により、地面から歩脚の最上部までの高さの方が体厚よりも高くなることも観察されている。そのため、1倍の隠れ家に入るためには、歩脚を地面と平行に伸ばし、潜り込むようにしなくてはならない。実際に、実験中もそのような行動を取る個体がいることが観察されている。

これらの事例から、モズガニが体厚と等しい高さの隠れ家に入るためには、体に負担のかかる体勢を強いられる。そのために、自然界では、底質を掘ることで隠れ家の中の空間をより高くするか、別のより高い空間を持つ隠れ家を利用することになると推察される。以上のことから、モズガニの空間嗜好性にかなう隠れ家の高さは体厚の2倍以上3倍以下であると結論づけることができる。

自然環境下での隠れ家の高さに関する実験(実験Ⅲ)において行った、野外調査によるモズガニの観察の結果では、隠れ家として身を隠していた転石の入口の高さは、5~70 mm(中央値:34 mm)であり、これはその転石下に隠れていたカニの体厚の1~11倍(中央値:3倍, 最頻値:3倍)であった(Table 3)。モズガニは転石などの浮石の下な

どに潜り込むと、底質を掻き出して穴を掘り、隠れ家として利用することも観察されている⁴⁾。このことから、底質が軟らかい場所において隠れ家の高さが低い場合は、底質を掘ることで隠れ家の中の空間をより高くすることができる⁴⁾と推察される。観察を行った川棚川の底質は砂であり、モズガニが穴を掘るときの障害にはなり得ない。つまり、川棚川における観察ではモズガニは自らの好む高さの隠れ家を利用することができていたということである。フィールド観察における最頻値は体厚の3倍となり、実験Ⅱで得られた結果とも即したものとなった。

本研究における実験ⅠからⅢの結果より、モズガニが好む隠れ家の高さは体厚の2倍から3倍ということが明らかになった。また、体厚の1倍の隠れ家は、モズガニには低すぎ、生息場の創出という目的を果たすことができないばかりか、水産資源としてのモズガニ増殖にも結びつかない。また、4倍以上となると隠れ家として使用できないことはないが、選択性の面で2倍もしくは3倍に劣る。よって、モズガニの増殖を目的とした隠れ家の高さは体厚の2倍以上3倍以下が望ましい。

本研究では、隠れ家の高さを規定する必要性から体厚を用いたが、通常モズガニの大きさを表すときには甲幅を用いることが多い。そのため、モズガニの甲幅と体厚の関係をまとめた(Fig.4)。その結果、甲幅(Xcm)と体厚(Ycm)の関係は、 $Y = 0.47X - 1.22$ ($n = 26, r^2 = 0.988$)となった。一部の地域を除き、モズガニの甲幅は最大でも8cm前後であるため、上記の式から求められる体厚の最大値は約3.6cmになる。さらにその2倍から3倍の値を取ると、隠れ家の高さは最大の個体に対してでも11cm程度で良いと考えられる。

また、モズガニは3年から4年かけて河川を遡上し、その成長も極めて個体差が大きいため¹⁰⁾、河川中にはあらゆる体サイズのモズガニが生息しているといえる。そのため、隠れ家の高さも数種類の高さのものを用意する必要がある。

モズガニの河川下流域での微生物環境利用様式を調査した報告¹⁷⁾によると、モズガニが特定の隠れ家をもたず日和見的に間隙を利用しており、大きな石の間隙はカニのサイズに関係なく多数の個体に利用されているとしている。本研究においても、一方的に特定の隠れ家を好むという傾向は認められなかったことから、昼間においては日和見的に転石の下などの空間を隠れ家として利用しているものと考えられるが、その隠れ家の高さに関しては甲厚の2倍~3倍の空間を好んで利用しているものと考えられる。

これらの実験結果を取り入れた隠れ家の構造としては、いくつかの段をもつ階層状にし、それぞれの段の間の大きさ(高さ)に変化をつけることにより、様々な体サイズのモク

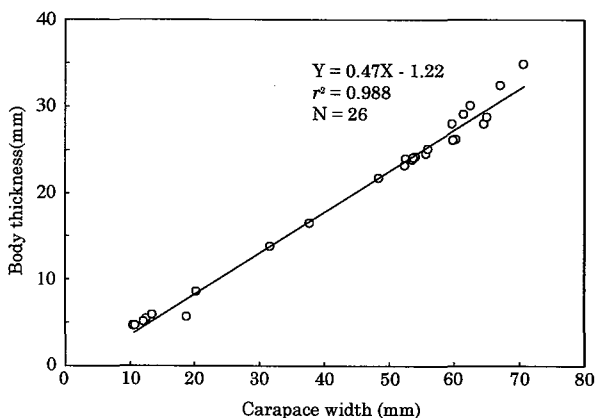


Fig.4. Relationship between the carapace width and the body thickness of *E. japonica*

ズガニに対応するようにした構造物などが考えられる。

また、今後の課題としては、隠れ家の幅や奥行きにおける選択性や、それらの高さとの兼合いを明らかにしていく必要があることが挙げられる。それらが明らかになっていく過程で、隠れ家の中で横を向いたり反転したりといったような行動をとる条件や、そういった行動を取る場合には甲幅よりも甲長と体厚の関係を本研究と同様の実験を行うことによって明らかにしていく必要がでてくるだろう。しかし、そういったモクズガニの好む空間の条件が明らかになっていくことで、モクズガニ増殖のための生息場の創出や河川魚礁の設計に一層役立つものになると考えられる。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、終始懇切なるご指導、ご鞭撻を賜った水産大学校生物生産学科の浜野龍夫准教授(現 徳島大学総合科学部教授)に、心より感謝の意を表す。また、本研究を実施するにあたり、多忙な中、本実験のために協力を惜しまなかった水産大学校生物生産学科水産動物学研究室の皆様には大変感謝する次第である。

文 献

- 1) 酒井 恒：モクズガニ，日本産蟹類．講談社，東京，401-403 (1976)．
- 2) 三宅貞祥：原色日本大型甲殻類図鑑(Ⅱ)．保育社，東京，pp.174(1983)．
- 3) Komai T, Yamasaki I, Kobayashi S, Yamamoto T, Watanabe S : *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 (2006)．
- 4) 小林 哲：通し回遊性甲殻類モクズガニ *Eriocheir japonica* (DE HAAN) の生態－回遊過程と河川環境と観察．*生物科学*, **51**, 93-104 (1999)．
- 5) Kobayashi S : Settlement and upstream migration of the Japanese mitten crab *Eriocheir japonica* (DE HAAN). *Ecol Civil Eng*, **1**, 21-31 (1998)．
- 6) 小林 哲, 景平真明, 米司 隆, 松浦修平：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(1997)．
- 7) Nakata K, Hamano T, Hayashi K, Kawai T, Goshima S : Artificial burrow preference by the Japanese crayfish *Cambaroides japonicus*. *Fish Sci*, **67**, 449-455 (2001)．
- 8) Hamano T, Matsuura S : Egg laying and egg mass nursing behavior in the Japanese mantis shrimp. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **50**, 1969-1973 (1984)．
- 9) Hamano T, Matsuura S : Growth of the Japanese mantis shrimp of the laboratory birth. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **53**, 889 (1987)．
- 10) Matsuura S, Hamano T : Selection for artificial burrows by the Japanese mantis shrimp with some notes on natural burrows. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **50**, 1963-1968 (1984)．
- 11) 中田和義, 太田 徹, 浜野龍夫：ウチダザリガニによる人工巣穴の選択性．水大校研報, **51**, 59-65 (2003)．
- 12) Bernardi N : Temperature influence upon food ingestion and spontaneous locomotion of the freshwater prawn, *Macrobrachium acanthurus* (Wiegmann, 1836) (Crustacea, Decapoda, Palaemonidae). *J Therm Biol*, **15**, 33-36 (1990)．
- 13) 石田雅俊, 鶴島治市：モクズガニに関する研究．昭和47年度福岡県豊前水産試験場研究報告, 51-71 (1972)．
- 14) 石田雅俊：モクズガニの生態と増殖に関する研究．昭和49年度福岡県豊前水産試験場研究報告, 1-40 (1976)．
- 15) 鈴木朋和, 浜野龍夫, 林 健一, 永松公明：モクズガニ *Eriocheir japonica* (DE HAAN, 1835)の入籠特性．水大校研報, **47**, 7-14 (1998)．
- 16) 浜野龍夫：モクズガニの成長と回遊 - 種苗放流6年間の追跡調査．うみうし通信, **27**, 4-5 (1994)．
- 17) 小林 哲：モクズガニ *Eriocheir japonica* の河川下流域での微生物環境の利用様式．*応用生態工学*, **15**, 61-70(2012)．