

上士幌町産ニホンザリガニの貧酸素環境下における行動

山田 昌義¹⁾・川井 唯史²⁾Behavior of the Japanese endangered freshwater crayfish, *Cambaroides japonicus*
(De Haan, 1841), under low dissolved oxygen conditionsMasayoshi YAMADA¹⁾ and Tadashi KAWAI²⁾

はじめに

ザリガニ類とは600種類近くを含み世界中の温帯に広く分布するグループであり、その中のニホンザリガニ *Cambaroides japonicus* (De Haan, 1841) は日本固有の在来種である (Kawai and Fitzpatrick 2004, Okada 1933). 本種の分布域の中心は北海道であり、さらに上士幌町は地理的には北海道の中央部付近に位置しているため本町のニホンザリガニは本種の分布の中心域に生息している。近年、本種は環境省により絶滅危惧種 (絶滅危惧Ⅱ類) に指定され、各種の保全対策が行われている。しかし、保全施策実施の基礎となる本種の基礎的な特性の知見は限られており高水温では死亡する事 (Nakata et al. 2002) 等に留まっている。そして高水温が直接的・生理的にニホンザリガニを致死に至らしめるのか、あるいは高水温が酸素の低下を招きこれが原因で死亡するかは明らかにされていない。

陸水域は閉鎖環境であるため水質環境の変動が大きく、特に溶存酸素は大きな変化を示し、ザリガニ類の致死要因の一つと見なされている (McMahon 1986)。また、ザリガニ類における酸素消費量については各種の既存研究があり (McMahon 2001)、北米に分布するザリガニ類は酸素が低下すると体を空中に出して呼吸することで低酸素環境での耐性があると知られている (McMahon and Hankinson 1993)。さらに、最近の研究事例では、ニホンザリガニにおいては酸素低下に対して強い耐性を示すことが知られている (Pârvulescu L. and Kawai unpublished data)。

本研究は、溶存酸素濃度を低下させた環境下におけ

るニホンザリガニの行動を観察し、どのような機構で低酸素の環境を耐えるのかを検討するとともに、一時的な飼育や輸送を行う際の留意点を明らかにすることで、本種の保全に寄与するものである。

方 法

実験に用いた個体は、2017年7月20日に上士幌町の生息地で雌雄各11個体、合計22個体を採集した。なお採集した場所の詳細は、生息地を乱獲から保護する目的で明らかにしなかった。得られた個体の大きさをデジタルノギスで測定した結果、全長 (額角の先端から尾肢の後端まで) は平均 48.64 mm, 最小 40.05 mm, 最大 61.86 mm, 頭胸甲長 (眼窩後端から正中線上の頭胸甲部の後端まで) は平均 20.63 mm, 最小 17.33 mm, 最大 26.21 mm, 湿重量は平均 4.70 g, 最小 2.58 g, 最大 9.49 gであった。

個体の採集から実験開始までの2週間以上、室内で予備的な飼育を行った。予備飼育に用いたのは容量 25 L程のプラスチック製容器で、飼育水には水道水を用い、水温の調整は水槽用クーラー (ゼンスイ社製 ZC-200) を用いて 18℃程に保った。照明は12時間点灯して、12時間を消灯した。飼育水槽にエアープンプやフィルターは敷設しなかった。ただし、飼育水の汚れを防ぐため予備飼育期間中は飼育水の半分を毎日交換し、供試個体の状態を良好に保った。供試個体は闘争による損傷を避けるために、個別にプラスチック製の籠に収容し、籠の中には餌と隠れ場所を兼ねて生息地で採集した腐食した落ち葉を敷き詰めた。なお予

1) 株式会社ズコーシャ 〒080-0048 北海道帯広市西18北1-17
18 West, 1-17 North, Obihiro, 080-0048 Hokkaido, Japan
2) 稚内水産試験場 〒097-0001 稚内市末広4-5-15
4-5-15 Suehiro, Wakkanai, 097-0001 Hokkaido, Japan

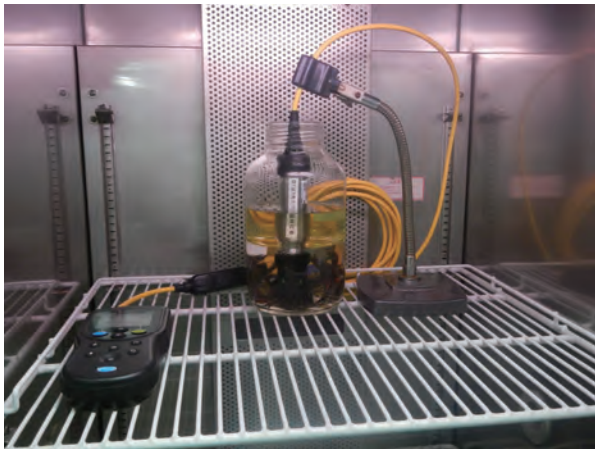


図1. 実験容器

Fig.1. Experimental tank in incubator.

Sensor for measuring dissolved oxygen and water temperature was put in an experimental tank, with vegetable oil coating the surface of the water.

備飼育期間中に死亡した個体は無かった。

実験開始の24時間前には、壁面に付着した細菌による酸素消費が実験結果に影響することを防ぐため、滅菌した容量1Lのガラス製容器に脱イオン水を注ぎ、これをインキュベーター（SANYO社製 MIR-553）に入れて水温を18℃に保った。容器には緩やかな通気だけを行い溶存酸素を十分にし、フィルターによるろ過は行わなかった。なおプラスチックはガラスと同じく透明で観察はしやすいが、酸素を僅かに通すことが危惧されるため、これを用いなかった。なお実験の前日は供試個体への給餌は行わなかった。

実験は2017年8月9日と10日の2回実施した。2回の実験では異なる個体を用い、各実験でそれぞれ11個体を供した。実験では、供試個体をガラス製容器に入れたのち、市販品のサラダ油を水面での厚さ3cm程になるように入れて、容器内の溶存酸素がニホンザリガニの消費により欠乏するようにした(図1)。実験期間中には、携帯用蛍光式溶存酸素計(HACH社製 LDO HQ30d)を用い、15分間隔で溶存酸素量と水温の計測およびニホンザリガニの行動観察を行った。実験時間は、溶存酸素量が0.50 mg未満になってから10時間が経過するまでとした。

ニホンザリガニの行動観察の記録方法として、供試個体自体が移動する活動的な行動と供試個体が一定の場所に留まる非活動的に大別した。非活動的な行動は4区分し、1)不活発、2)刺激に反応有、3)刺激に反応無し、4)死亡とした。区分の定義として、1)不活発は、歩行等の行動が見られない個体、2)刺激に反応

有は、棒で行動をしていない実験個体を柔らかく突くと反応して動き出す個体、3)刺激に反応無しは、棒で突いても動かない個体、4)死亡は、棒で突いても動かず歩脚が固まって動かなくなったものとした。なお、本実験では水槽内で酸素の欠乏を引き起こす目的で1Lのガラス容器に比較的大型の11個体を収容したため各個体が重なり合うことが多く、全個体を個体識別して各個体の行動を観察で記録することが不可能なため、行動が観察できた個体のみで記録した。

実験終了後、死亡した個体は、死亡原因が酸素不足であることの傍証を得るため、病理組織の有無を顕微鏡で観察した。

結果と考察

2回の実験は同様の結果であったため2回目(8月10日)の経過を示した(表1)。溶存酸素量は実験開始から急激に減少し、75分後には1 mg/L、90分後には0.5 mg/Lを下回り、ほぼ横ばい状態となった。実験期間中の平均水温は19.4℃、最低は19.1℃、最高は19.8℃であった。

活発な活動が見られたのは実験開始から30～195分を経過した時間帯に限られ、一定の場所に留まる非活動的な個体は実験開始の30分後から実験終了まで見られた。

本実験で死亡個体が見られ始めたのは実験開始から330分後であり、7個体(初期個体数のうち63%)の個体は実験終了時まで生存し、実験終了後7日間死亡が見られなかった。なお、死亡した個体を顕微鏡で観察したところ、水カビ病等の病理組織が見られず、酸素欠乏で死亡したものと思われる。

このことから上土幌産のニホンザリガニは貧酸素環境下での強い耐性を有するものと思われる。本種の生息地の環境は、水温が低く夏季でも20℃未満の河川や湖沼であり(川井 1994)、水は水温が低い程、酸素等のガスが豊富に溶け込む傾向がある。そのため、ニホンザリガニは低水温に加えて比較的高い濃度の溶存酸素量を求めている可能性も考えられたが、本実験の結果からすると、豊富な溶存酸素量よりも低い水温の方がより重要であることが示唆される。

ニホンザリガニは実験開始から30分後、溶存酸素量が3.10 mg/Lまで低下し初期値の37%になると動きが不活発となり刺激が無ければ動かない個体が出現し始めた。実験開始から180分を経過し、溶存酸素量が

表1. 実験水槽における溶存酸素量の減少に伴う供試個体の行動の変化
 Table 1. Decreasing Dissolved Oxygen (DO) with change of behavior of adult *Cambaroides japonicus* individuals under laboratory condition

時刻 Time	経過時間 Passed time	溶存酸素量 DO (mg/L)	非活動 Not move			活動 Move		備考 Remarks
			不活発 Inactive	刺激に反応有 Reaction to stimulation	刺激に無反応 No reaction to stimulation	累積死亡個体数 Accumulate number of dead individuals	歩行 Walking	
9:00	0	8.32						
9:15	15	5.28						
9:30	30	3.10		4			1	
9:45	45	2.06	3	5				
10:00	60	1.10	4	7			2	
10:15	75	0.73	4	7			2	
10:30	90	0.46	4	7			3	
10:45	105	0.34	2	9				
11:00	120	0.29	2	9				
11:15	135	0.26	3	8				1
11:30	150	0.22	3	8				1
11:45	165	0.20	1	10				1
12:00	180	0.17	2	9			1	
12:15	195	0.17	2	9			1	1
12:30	210	0.15	1	9	1			
12:45	225	0.14	0	10	1			
13:00	240	0.13	1	8	2			
13:15	255	0.14	2	7	2			
13:30	270	0.12	2	7	2			
13:45	285	0.12	0	9	2			
14:00	300	0.12	0	9	2			
14:15	315	0.10	1	8	2			全個体で顎舟葉は動いていない。 All individuals did not flip their scaphognathites.
14:30	330	0.13	2	7	1	1		
14:45	345	0.09	1	8	1	1		
15:00	360	0.09	1	7	2	1		
15:15	375	0.07	2	6	2	1		
15:30	390	0.10	2	6	1	2		
15:45	405	0.08	1	7	0	3		
16:00	420	0.06	1	7	0	3		
16:15	435	0.05	0	8	0	3		
16:30	450	0.06	1	6	1	3		
16:45	465	0.05	0	6	2	3		
17:00	480	0.05	1	5	2	3		全個体で顎舟葉は動いていない。 All individuals did not flip their scaphognathites.
17:15	495	0.06	0	6	2	3		
17:30	510	0.04	0	6	2	3		
17:45	525	0.04	0	6	2	3		
18:00	540	0.02	0	6	2	3		
18:15	555	0.00	0	6	2	3		全個体で顎舟葉は動いていない。 All individuals did not flip their scaphognathites.
18:30	570	0.05	0	6	1	4		
18:45	585	0.06	0	4	3	4		
19:00	600	0.00	0	4	3	4		
19:15	615	0.00	0	4	3	4		
19:30	630	0.00	0	4	3	4		
19:45	645	0.00	0	4	3	4		
20:00	660	0.00	0	4	3	4		全個体で顎舟葉は動いていない。 All individuals did not flip their scaphognathites.
20:15	675	0.00	0	4	3	4		
20:30	690	0.00	0	4	3	4		

初期値(8.32mg/L)の5%未満である0.17mg/Lに低下した貧酸素の状況でも歩行や遊泳の行動をしている個体が観察された。しかし、実験開始から315分を経過した以降は、これまで動かしていた頭部の腹側の顎部に位置する羽根状の脚である顎舟葉(Scaphognathite)を動かさなくなった。なおザリガニ類を始めとした大型の甲殻類における呼吸システムの特徴として、顎舟葉を一定の速度で脈動させて水流を自ら発生させ、この水流を自らの体内の鰓(頭胸甲部の内両側に存在する)のある空洞部に導入しガス交換を行うことが知ら

れる(例えばMcMahon and Wikens 1975)。ニホンザリガニが貧酸素でも耐えられる特性を生み出すための行動として、溶存酸素量が低下し始めると動きを不活発にして酸素消費を抑え、さらには顎舟葉の動きを停止して呼吸を止めることにより低酸素濃度環境を耐えているものと考えられる。

今後、上土幌町やその近傍のニホンザリガニを一時飼育または輸送する際には、本実験結果を参考に、溶存酸素量よりも低水温の維持に留意すべきと考えられる。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、実験方法を御教示いただいたDr. Pârvulescu Lucian of Department of Biology and Chemistry, West University of Timisoara, Romania, 室内実験に御理解と協力を頂いた株式会社ズコーシャ自然環境調査室および環境科学室の各位に深く感謝します。また英文部の校閲はDr. Jason Coughran of the Faculty of Mathematics, Physical Sciences and Life Sciences, Sheridan College, Australiaにいただいた。記して謝意を表する。

引用文献

- 川井唯史, 1994. 北海道におけるザリガニ*Cambaroides japonicus*の分布状況と生息地の環境. ひがし大雪博物館研究報告, 16: 21-24.
- Kawai, T., and J. F. Fitzpatrick Jr., 2004. Redescription of *Cambaroides japonicus* (De Haan, 1841) (Crustacea: Decapoda: Cambaridae) with allocation of a type locality and month of collection of types. Proceedings of the Biological Society of Washington, 117: 23-34.
- McMahon, B. R., 1986. The adaptable crayfish: mechanisms of physiological adaptation. Freshwater Crayfish, 6: 59-74.
- McMahon, B. R., 2001. Physiological adaptation to environment. pp. 327-376, In: Biology of Freshwater Crayfish. Holdich D. M., (ed.). Wiley-Blackwell, New Jersey, U. S. A.
- McMahon, B.R., and Hankinson, J. J., 1993. Respiratory adaptations of burrowing crayfish. Freshwater Crayfish, 9: 174-182.
- McMahon, B. R., and Wikens, J. L., 1975. Respiratory and circulatory responses to hypoxia in the lobster *Homarus americanus*. Journal of Experimental Biology, 62: 637-655.
- Nakata, K., Hamano, T., Hayashi, K. I., and Kawai, T., 2002. Lethal limits of high temperature for two crayfishes, the native species *Cambaroides japonicus* and the alien species *Pacifastacus leniusculus* in Japan. Fisheries Science, 68: 763-767.
- Okada, Y., 1933. Some observations of Japanese crayfishes. Science Reports of the Tokyo Bunrika Daigaku, Section B, 1: 155-158

Summary

Behavior of the Japanese endangered freshwater crayfish *Cambaroides japonicus* was observed under laboratory conditions while the dissolved oxygen (DO) concentration was decreased from 8.3 mg/L to less than 0.2 mg/L, in an aquarium containing 11 large individuals (48.6 mm in mean total length). All individuals could walk and swim at DO concentrations as low as 0.17mg/L, but at 0.10mg/L they stopped beating their scaphognathites, and mortalities were recorded as DO decreased further. *Cambaroides japonicus* from Kamishihoro, Hokkaido, Japan showed higher tolerance for low DO conditions.