

十勝中部地域におけるニホンザリガニ生息地の水質の特徴

山田 昌義¹⁾・川井 唯史²⁾

Features of water quality for natural habitats of the endangered freshwater crayfish,
Cambaroides japonicus (De Haan, 1841), in Tokachi, Hokkaido, Japan

Masayoshi YAMADA¹⁾, Tadashi KAWAI²⁾

はじめに

ニホンザリガニ *Cambaroides japonicus* (De Haan, 1841) は、北海道と青森県の広い範囲と秋田県と岩手県の北部に分布する日本固有の在来種であり (Okada 1933), 生体の大きさは5cm程で、河川の源流域等に生息する (Kawai and Fitzpatrick 2004). 本種は近年、環境省により絶滅危惧種（絶滅危惧 II 類）に指定され (環境省 2015)，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分布を制限する環境要因は十分に解明されておらず、特に水質面に関しては、生息地における断片的な水質測定や、貧栄養の水域に生息している例が報告されているに止まり (川井 1993, Kawai et al. 2015), 本種の生息地の特徴は明らかにされていない。そこで本研究では十勝地方中部地域におけるニホンザリガニ生息地の水質環境の特徴を明らかにし、水質面における分布制限要因について検討を行なった。さらに、本種の生息地および非生息地に共通する水質特性を見いだすため、主要溶存成分の分析結果を用いてトリリニアダイヤグラムを作成し、ニホンザリガニの生息地の水質組成を類型化した。

ニホンザリガニ生息地の水質環境に関する既往研究が少ない理由の一つに、生息地の採水が困難であることが挙げられる。本種の主たる生息環境は湧水が僅かに染み出すような水深が 1 cm 未満の河川源流部であり、そのような水域で水質調査を行う際、採水時に底質が混入して栄養塩類の濃度などが正確に測定が困難となる課題があった。しかし、JIS 規格や公的機関の

発行した書籍に記載されている採水方法では、この課題への具体的な対処法を示した例は見られない (日本規格協会 2016, 建設省建設技術協議会水質連絡会・河川環境管理財団 1997). そこで本稿では、本種の生息する浅い水域で有効な採水方法を示した。

方 法

試料の採取は、当日や前日に降雨が無い2016年11月9月と14日に行った。調査地点は北海道十勝地方中部地域とし、予備的な調査によりニホンザリガニの生息が確かめられている7地点 (A-1 ~ A-7) と、生息していない3 地点 (B-1 ~ B-3) の合計10地点とした (図 1). 各調査地点周辺の土地利用の区分については、国土数値情報土地利用細分メッシュデータ (<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-L03-b.htm> 2017年1月1日 ダウンロード) を用い、GIS ソフトウェア (MAPCOM 社製PC-Mapping) を用いて解析した。なお、調査地点周辺の土地利用の解析にあたっては、対象とする地点の集水域を設定して、その範囲内について解析することが望ましい。しかし、本種の生息地は水面幅 1 m 未満の細流など、地図上では表現できない微地形に多く見られることから、国土地理院から公開されている標高データのうち最も精密な基盤地図情報10mメッシュデータを用いても周辺地形が再現できず、集水域を設定することが困難であった。このため、土地利用区分の解析では、調査地点を中心半径 1 km の円を設定し、その圏内の土地利用を集計することとした。土地利用を区分する定義は「土

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 北海道稚内市末広4-5-15
 4-5-15 Suehiro, Wakkai, 097-0001 Hokkaido, Japan

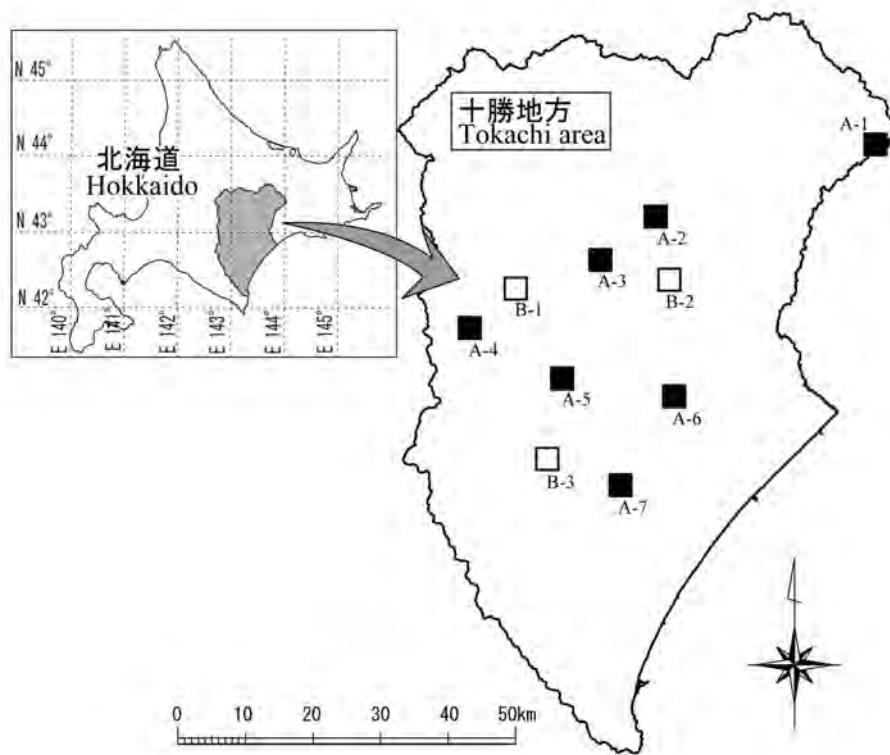


図1. 調査位置
黒い塗りつぶしの四角形はニホンザリガニが出現した地点で、白い四角形は本種が出現しなかった地点を示す。

Fig.1. Sampling points.

Solid squares on the map denote sampling points where *C. japonicus* were present and plain squares show points where they were absent in previous observation.

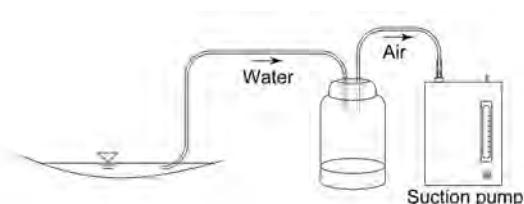


図2. 採水器具。吸引ポンプを用い、水深5cm未満の浅水域の水を吸い取るように採水した。

Fig.2. Sketch diagram of the instruments for sampling water from shallow water brooks less than 5 cm depth.

地利用種別 (<http://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/codelist/LandUseCd-09.html> 2017年1月1日 ダウンロード)」に従い、田、その他農用地、森林、荒地、建物用地などの12区分の土地利用種別に分類した。ただし、簡略化のため以降では「その他の農用地」を「農地」、「河川地及び湖沼」を「河川地」と表記した。

分析用試水は、水域の水深により以下の3通りの方法で採水を行うこととし、採水量は1Lとした。1) 水深が5cm以上の水域では、柄杓を用いて流心表層付近の水を採取した。2) 水深が1cm以上5cm未満の水域では、図2のような採水器具を使って採水した。採水器具は、スクリューキャップ式の蓋付きのポリ瓶

とホームセンター等で販売されている観賞魚用のエアチューブ(外径6mm程度)を2本用意し、ポリ瓶の蓋にエアチューブの外径よりやや小さい穴(径5.5mm程度)を2つ開け、それぞれの穴にエアチューブの先端を差し込み、片方のエアチューブに吸引ポンプを接続して作成した。採水時には、吸引ポンプに接続していない方のエアチューブの先端を水底に触れないように注意しながら水域に入れ、他方のエアチューブに接続した吸引ポンプにより、水域の水を吸い取るように採水した。この際、水底の底土を吸い上げると栄養塩類濃度が底土の影響を受けるため、必ず流水だけを吸い取るよう留意した。3) 水深が1cm未満の水域では、事前に底土を数センチ掘り下げて水深を深くし、数分以上放置して巻き上がった底土が水流で流された後に2) の方法で採水した。採水時には水温も記録した。

水質分析項目は、pH、電気伝導度(EC)、塩化物イオン(Cl^-)、亜硝酸イオン(NO_2^-)、硝酸イオン(NO_3^-)、硫酸イオン(SO_4^{2-})、炭酸水素イオン(HCO_3^-)、アンモニウムイオン(NH_4^+)、ナトリウムイオン(Na^+)、カリウムイオン(K^+)、マグネシウムイオン(Mg^{2+})、カルシウムイオン(Ca^{2+})の12項目とした。水質分析

は、JIS 規格等の公定試験機関や研究所で指定されている方法に従って行なった（日本規格協会 2016）。また、本種の生息地および非生息地に共通する水質特性を見いだすため、主要溶存成分の分析結果を用いてトリリニアダイアグラム（樋根 1991, 日本地下水学会 1994, 水収支研究グループ 1993）を作成し、水質組成の類型化を行なった。このトリリニアダイアグラムでは、試水の主要陽イオンと陰イオンを当量%に換算して1対の三角座標系にプロットし、これを相互に平行移動することによって四成分菱形座標系中の交点にプロットすることにより作成するもので、菱形座標系のプロット位置に基づき I : アルカリ土類非炭酸塩型（温泉水）、II : アルカリ土類炭酸塩型（河川水、浅層地下水）、III : アルカリ炭酸塩型（深層停滞地下水）、IV : アルカリ非炭酸塩型（海水、温泉水）に4つに類型化できる（樋根 1991, 日本地下水学会 1994, 水収支研究グループ 1993）。

結 果

調査地点周辺の土地利用の割合については、ニホンザリガニの出現が確認されている調査地点A-1では森林が100%，地点A-2では農地が50%で森林が47%，地点A-3では農地が76%で河川地が22%，地点A-4では農地が54%，地点A-5では建物用地が34%で農地が25%，地点A-6では農地が68%で森林が26%，地点A-7では農地が65%で森林が29%を占めた。一方、ニホンザリガニが出現していない調査地点B-1では農地が69%，地点B-2では森林が53%，地点B-3では農地が90%を占めた（表1）。なお、土地利用面積の全体に占める割合が20%未満のものは割愛している。採水を行った全10地点のうち、農地の土地利用面積が20%未満の地点は2地点であり、これら以外の地点では農地が20%以上含まれていた。

ニホンザリガニ生息地における水質分析の結果、水温、水素イオン濃度、電気伝導度については、それぞれ4.5~17.7°C, 6.7~7.2, 102~1220µS/cmであった（表2）。また、陰イオンの濃度については、塩化物イオン、硝酸イオン、硫酸イオンおよび炭酸水素イオンは、それぞれ4.1~86mg/L, 4.2~57mg/L, 2.1~370mg/L, 17~180mg/Lであり、亜硝酸イオンは定量下限値未満であった（表2）。無機汚濁の指標となる硝酸イオンを硝酸性窒素濃度（NO₃-N）に換算すると0.95~13mg/Lであった。陽イオンの濃度につい

ては、ナトリウムイオン、カリウムイオン、マグネシウムイオンおよびカルシウムイオンは、それぞれ5.5~68mg/L, 0.9~17mg/L, 2.5~73mg/L, 6.0~74mg/Lであり、アンモニウムイオンは定量下限値未満であった。ニホンザリガニ非生息地の水質分析の結果、その値は生息地と大差が見られなかった。

各地点の試水についてトリリニアダイアグラムを作成し、生息地および非生息地における水質の類型区分を行なった結果、ニホンザリガニの生息地7地点中6地点、非生息地3地点中2地点がI : アルカリ土類非炭酸塩型（温泉水）に、生息地と非生息地の各1地点がII : アルカリ土類炭酸塩型（河川水、浅層地下水）に分類され、生息地と非生息地での類型区分に大差は見られなかった（図2）。

考 察

ニホンザリガニ生息地における一般的な水質の特徴は、無機態窒素の濃度が低く、亜硝酸塩や硝酸塩の濃度が検出限界に近い低値を示すことであるとされている（Kawai et al. 2015）。しかし、十勝中部地域におけるニホンザリガニ生息地の水質の特徴の一つとして、無機態窒素のうちアンモニウムイオンや亜硝酸イオンの濃度は低いが、硝酸イオンの濃度については一般的な生息地の値と比較して非常に高く、これまでの知見とは異なる結果が得られた。

既往の研究によると、ニホンザリガニの一般的な生息地の物理的・化学的環境については、水温が低く、流速が遅く、無機態窒素の濃度が低い水域とされている（川井1994, Kawai et al. 2015）。言い換えると、これらの物理的・化学的環境が、ニホンザリガニの分布を制限する要因になっていると考えることができる。これらの物理的・化学的環境のうち水温については、20°C以上で異常脱皮により死亡する要因になること（Nakata et al. 2002），流速については、0.2m/s以上で水流に流されてしまう可能性が高いことが室内試験で明らかにされている（Nakata et al. 2003）。一方、化学的環境については、室内試験等による裏付けは行われていないものの、ニホンザリガニの生息地における水質調査で無機態窒素の濃度が低かったことや、一般に硝酸イオンの濃度が一定以上になると多くの動物にとって有害になること（日本水産資源保護協会 2013, ポーター 1978, ウィルバー 1972）などから、高濃度の硝酸イオンがニホンザリガニの分布を制限し

表1. 調査地点周辺の土地利用.

土地利用の定義は、国土数値情報土地利用細分メッシュデータの土地利用種別に従った。

Table 1. Land use around sampling points

調査地点 Sampling point	周辺の土地利用 Land use around sampling points	
	A-1	B-1
A-1	森林 Forest(100%)	
A-2	その他の農用地 Other Agricultural Land (50%) , 森林 Forest(47%)	
A-3	その他の農用地 Other Agricultural Land (76%) , 河川地及び湖沼 Rivers and Lakes(22%)	
A-4	その他の農用地 Other Agricultural Land (54%)	
A-5	建物用地 Land for Building (34%) , その他の農用地 Other Agricultural Land (25%)	
A-6	その他の農用地 Other Agricultural Land (68%) , 森林 Forest(26%)	
A-7	その他の農用地 Other Agricultural Land (65%) , 森林 Forest(29%)	
B-1	その他の農用地 Other Agricultural Land (69%)	
B-2	森林 Forest(53%)	
B-3	その他の農用地 Other Agricultural Land (90%)	

表2. 各調査地区における水温と水質
Table 2. Water temperature and water quality of sampling points corresponding with Fig. 1

分析項目 Analysis items		ニホンザリガニ生息地 Presence of <i>C. japonicus</i> in sampling points							ニホンザリガニ非生息地 Absence of <i>C. japonicus</i> in sampling points			
		A-1	A-2	A-3	A-4	A-5	A-6	A-7	B-1	B-2	B-3	
水温 Water Temperature	℃	17.7	7.3	10.8	8.5	5.2	8.2	4.5	10.3	5.3	7.3	
水素イオン濃度 pH		7.1	7.2	6.7	6.7	6.9	6.7	6.9	6.8	7.4	7.1	
電気伝導度 Electric Conductivity	μS/cm	1220	122	331	139	164	102	126	286	83.1	210	
陰イオン Anions	塩化物イオン Chloride ion	mg/L	86	3.5	13	6.8	7.2	4.1	7.6	13	3.0	4.7
	亜硝酸イオン Nitrite ion	mg/L	<1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	硝酸イオン Nitrate ion	mg/L	11	11	57	7.2	9.4	4.2	34	48	1.5	31
	硫酸イオン Sulfate ion	mg/L	370	13	46	14	31	2.1	0.68	21	8.9	40
	炭酸水素イオン Bicarbonate ion	mg/L	180	33	44	39	29	47	17	62	29	23
陽イオン Cations	アンモニウムイオン Ammonium ion	mg/L	<0.5	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
	ナトリウムイオン Sodium ion	mg/L	68	5.5	10	5.5	6.3	6.2	5.6	12	5.2	5.8
	カリウムイオン Potassium ion	mg/L	17	1.9	4.4	2.1	1.3	1.4	0.9	3.7	1.8	1.7
	マグネシウムイオン Magnesium ion	mg/L	73	2.8	7.5	2.5	4.1	3.7	2.7	5.5	2.1	4.9
	カルシウムイオン Calcium ion	mg/L	74	9.3	29	8.7	9.9	6.0	9.2	20	5.4	17

ている要因であることも想定された。しかし本研究により、硝酸イオン濃度が低いことは必ずしも本種の生息にとっての必要条件では無く、硝酸性窒素濃度が13mg/Lと高い水域でもニホンザリガニが生息・繁殖ができることが示された。しかし、アンモニウムイオンや亜硝酸イオンについては、全ての地点で定量下限値未満であったことから、これらの濃度についてはニ

ホンザリガニの分布を制限する要因になっている可能性は否定できない。つまり、アンモニウムイオンや亜硝酸イオン濃度が低く硝酸イオン濃度の高い水域においても、何らかの要因で硝酸イオンが亜硝酸イオンやアンモニウムイオンへと還元されることがあった場合には、本種の生息に悪影響を及ぼす可能性もある。本研究で作成したトリリニアダイヤグラムではニホンザ

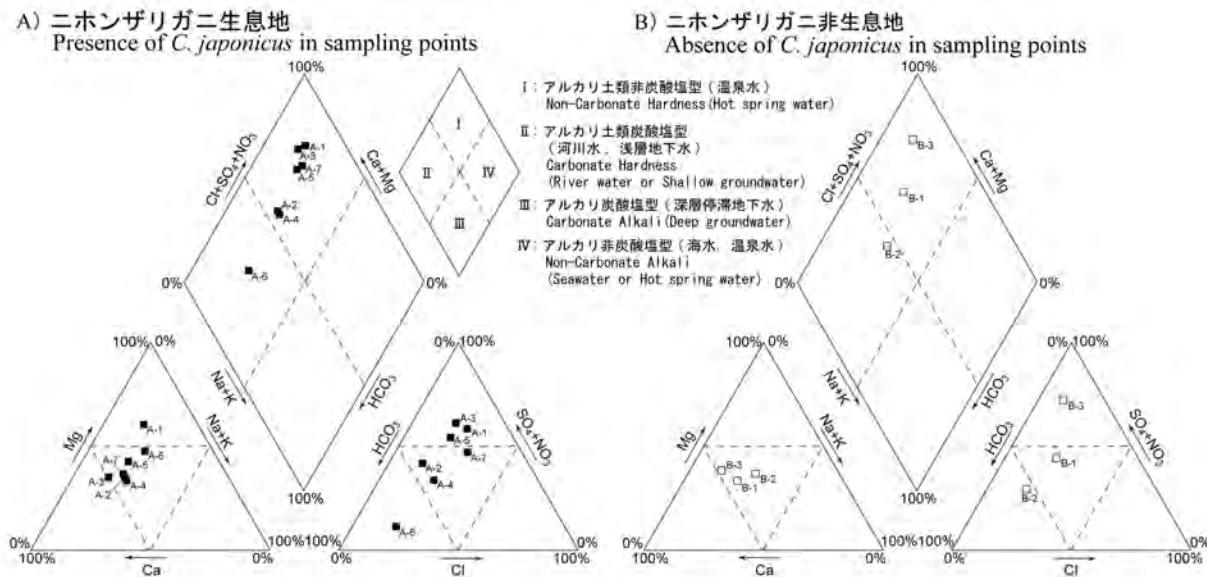


図3. トリニアダイアグラムによるニホンザリガニの生息地と出現しなかった場所の水質構成の特性比較。

試水の組成構成性状は過去の知見に従い以下の4つの類型に区分された。I : アルカリ土類非炭酸塩型(温泉水), II : アルカリ土類炭酸塩型(河川水, 浅層地下水), III : アルカリ炭酸塩型(深層停滞地下水), IV : アルカリ非炭酸塩型(海水, 温泉水)に分類できる(樋根 1991, 日本地下水学会 1994, 水収支研究グループ 1993)。A)はニホンザリガニ生息地B)は非生息地を示し、調査地点の位置は図1に、分析した水質項目の値は表2に示した。

Fig.1. Features of water quality of sampling points were compared between presence of *C. japonicus*.

A) and their absence. B) using "Trilinear Diagram". Analyzed data of the water quality at the sampling points is shown in Table 2. Each sampling point corresponds with Figure 1. For analyzing the date, present study applied the classification of features of water quality following four criteria defined by previous reports (Kayane 1991, Japanese Association of Groundwater Hydrology 1994, Research Group for Water Balance 1993), I , Alkali Earth Non-Carbonate Hardness (as typical Hot spring water); II , Alkali Earth Carbonate Hardness (river water or groundwater in shallower layer); III , Carbonate Alkali (groundwater in deeper layer); IV , Non-Carbonate Alkali (seawater).

リガニの生息地7地点中6地点がI : アルカリ土類非炭酸塩型に分類されているが、一般にこの類型は汚染されていない通常の地下水にはあまり見られず、窒素肥料による影響を受ける場合にみられるとしている(環境省 2016)。また、本研究で対象としたニホンザリガニ生息地のうち、土地利用に占める農地の割合が50%以上の地点が7地点中5地点であることを考えると、本研究で対象とした十勝地方中部地域のニホンザリガニ生息地の水域でアンモニウムイオン濃度や亜硝酸イオン濃度が低く硝酸イオン濃度が高い水質の特徴は、周辺の農地に散布された窒素肥料に起因していると考えられる。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、ニホンザリガニ生息地の情報を下さった北海道岩見沢高等学校の山口博文氏、有限会社ベイトソンの倉田亜以土氏、株式会社ズコーシャの藤原久司氏、堤公宏氏に心より厚く御礼申し上げます。また、本研究に御協力を頂いた株式会社ズ

コーシャ総合科学研究所の各位、特に水質に関する御指導を頂いた佐藤智行氏、山川雅臣氏、藤原充志氏に深謝申し上げます。

引用文献

- 川井唯史, 1993. 駒止湖におけるザリガニ *Cambaroides japonicus* の生息環境. 帯広百年記念館紀要, 11:1-6.
- 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.
- Kawai, T., Min GS., Barabanshcikov E., Labay V., and Ko HS., 2015. Asia. pp. 311-368, In: Freshwater Crayfish: A Global Overview. Kawai T., Faulkes Z., and Scholtz G., (eds.) . CRC-Press, Florida, USA.
- 環境省, 2016. 硝酸性窒素等による地下水汚染対策マ

- ニュアル. (http://www.env.go.jp/water/chikasui_jiban.html) (2017年1月1日ダウンロード)
- 環境省, 2015. 環境省レッドリスト (2015)【その他無脊椎動物】. (<http://www.env.go.jp/press/101457.html>) (2017年1月4日ダウンロード)
- 樋根 勇(編著), 1991. 実例による新しい地下水調査法. 山海堂, 東京, 171 p.
- 建設省建設技術協議会水質連絡会・河川環境管理財団編, 1997. 河川水質試験方法(案)1997年版 通則・資料編, 技報堂出版, 221-230.
- 水収支研究グループ(編), 1993. 地下水資源・環境論 -その理論と実践. 共立出版, 東京, 350p.
- 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.
- Nakata, K., Hamano, T., Hayashi, K. I. and Kawai,
- T. 2003 Water velocity in artificial habitats of the Japanese crayfish *Cambaroides japonicus*. *Fisheries Science*, 69: 343-347.
- 日本地下水学会(編), 1994. 名水を科学する. 技報堂出版, 東京, 314 p.
- 日本規格協会(編), 2016. JISハンドブック 53 環境測定II(水質). 日本企画協会, 東京, 581-1239.
- 日本水環境学会(編), 2001. 日本の水環境1 北海道編. 技報堂出版, 東京, 258pp.
- 日本水産資源保護協会, 2013. 水産用水基準2012年度版. 43-44.
- Okada Y., 1933. Some observations of Japanese crayfishes. *Science Reports of the Tokyo Bunrika Daigaku, Section B* 1: 155-158.
- ポーター K. S., 1978. 環境保全と窒素・リン. 財団法人農林統計協会, 17-18.
- ウィルバー C. G., 1972. 水質汚染の生物学的研究. 株式会社恒星社厚生閣, 246-247.

Summary

The endangered Japanese crayfish, *Cambaroides japonicus* (De Haan, 1841), is the only native freshwater crayfish in Japan. The species generally inhabits shallow brooks where the water depth is less than 1 cm. Present study shows features of the water quality of their natural habitats in Tokachi, Hokkaido. Also the study details specialized techniques and equipment to sample water from their natural habitats for analyzing water quality. The results show water quality of their natural habitats contains high concentrations of nitrate ions that range from 4.2mg/L to maximum 57mg/L. In central Tokachi, water quality of high nitrate ions is one of the features of their natural habitat. Therefore such high nitrate concentrations do not limit habitat usage and reproduction of *C. japonicus*. Furthermore, we classified features of water quality of *C. japonicus* habitat using trilinear diagram. Most samples were classified into Non-Carbonate Hardness that can be seen in hot spring water.