

# 汽水性二枚貝ヤマトシジミの 亜硝酸及び硝酸耐性

松田烈至\*†・園田 武\*\*

(令和3年5月17日受付/令和3年7月16日受理)

**要約**：農業生産は肥料等に由来する窒素やリンの環境への放出をもたらす等、地域の自然環境に大きな影響を与えており、その影響は水域で顕在化しやすい。本研究は代表的な農地由来物質である窒素化合物の亜硝酸及び硝酸に対するヤマトシジミの耐性を実験的に明らかにすることを目的とした。本研究で得られた亜硝酸及び硝酸の半数致死濃度（以下 LC50）は、亜硝酸が 597.7 (443.0-752.4) mg/L、硝酸が 3481.0 (2488.8-4473.3) mg/L だった。これらの濃度は他の水生生物と比較して高く、ヤマトシジミが亜硝酸及び硝酸に高い耐性を有していることが明らかとなった。亜硝酸や硝酸の主な毒性は、酸素運搬色素を変化させて酸素運搬障害を引き起こすことと考えられている。ヤマトシジミは高い貧酸素耐性を有している。したがって、高濃度の亜硝酸・硝酸条件下において酸素運搬障害が起こったとしても他の水生生物より長期間生存できる可能性がある。本研究で得られたヤマトシジミの亜硝酸及び硝酸の LC50 は、野外環境において通常観測される濃度より約 5000 倍以上高いことから、これらのヤマトシジミへのリスクは低いと考えられた。

**キーワード**：ヤマトシジミ、流域由来物質、耐性実験、亜硝酸、硝酸

## はじめに

農業生産は肥料等に由来する窒素やリンの環境への放出をもたらす等、地域の自然環境に大きな影響を与えており、その影響は水域で顕在化しやすい。流域の農地から排出されたそれらの物質は、河川流域の末端に位置する汽水域において中長期的に集積すると考えられる。したがって、汽水域に生息する水生生物は、これらの物質による潜在的なリスクにさらされている。

ヤマトシジミ *Corbicula japonica* は日本の汽水域を代表する水産有用二枚貝の一種で、北海道から九州までの貧・中礫性汽水域に生息するが、近年の漁獲量は最盛期の 1/5 程度まで減少している<sup>1)</sup>。その要因として、ヤマトシジミの生息に好適な水質、底質環境を維持した汽水域の減少や流域由来物質による影響が考えられる<sup>2,3)</sup>。

日本のヤマトシジミ漁場の北限である北海道は、河川流域において大規模な畑作を中心とした農畜産業が広く営まれている。それらの活動に伴って北海道の河川流域には農畜産業由来の窒素化合物やリン系物質が多く流入することが報告されている<sup>4-7)</sup>。北海道根室市に位置する風蓮湖では、酪農地から流入する窒素系物質の影響によってヤマトシジミ漁獲量が減少した可能性が指摘されている<sup>7-9)</sup>。したがって北海道のヤマトシジミ漁場における流域由来物質の影響としては、窒素化合物であるアンモニアや亜硝酸、

硝酸が考えられる。

窒素化合物の中で亜硝酸は硝化段階においてアンモニアと硝酸の中間物質であり、アンモニアが硝化することで生成される<sup>10)</sup>。また、亜硝酸は水生生物に対する毒性が高いが、長期的に存在することが少ないため急性毒性について広く研究されている<sup>11)</sup>。亜硝酸が硝化されることで生成される硝酸は、アンモニアや亜硝酸に比べて毒性が低いと考えられている<sup>12)</sup>。しかしながら硝酸は、自然環境下においてアンモニアや亜硝酸よりも多く存在している<sup>13)</sup>。したがって、窒素化合物が多く流入している北海道の汽水域では、硝酸が水生生物に影響を与えている可能性が考えられる。しかしながら、ヤマトシジミに対する亜硝酸及び硝酸の影響はほとんどわかっていない。

そこで本研究は、亜硝酸及び硝酸に対するヤマトシジミの耐性実験を実施し、その生残に及ぼす影響について明らかにすることを目的とした。

## 材料と方法

### (1) 耐性実験

本実験に用いたヤマトシジミは、2019 年から 2020 年にかけて網走湖から鋤簾を用いて採取し、1 週間以上、水温 22℃、塩分 10 psu 前後で飼育した。実験開始前の給餌は 2～3 日に 1 回、継代培養によって十分に培養されたナンノクロロプシス *Nannochloropsis oculata* を約 1L 与えた。

\* 東京農業大学大学院生物産業学研究所アクアバイオ学専攻  
(現所属：鳥取大学大学院連合農学研究科生産環境科学専攻)

\*\* 東京農業大学生物産業学部海洋水産学科

† Corresponding author (E-mail: d21a1004@matsu.shimane-u.ac.jp)

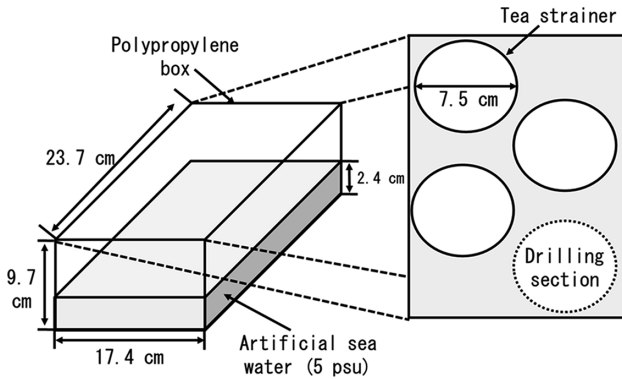


Fig. 1 Experiment model.

耐性実験に使用したヤマトシジミの殻長（平均値±標準偏差）は、亜硝酸耐性実験では  $24.16 \pm 2.77$  cm、硝酸耐性実験では  $24.96 \pm 2.88$  cm だった。また本研究で用いた亜硝酸及び硝酸耐性実験のモデルを Fig. 1 に示した。耐性実験はヤマトシジミを3個体入れたポリプロピレン製茶こし（直径：7.5 cm、高さ：6.3 cm）4個をポリエチレン製タッパー（23.7 cm×17.4 cm×9.7 cm）に入れて行った（Fig. 1）。また、ヤマトシジミは水質が変化すると殻を閉じる逃避行動を示すことが報告されている<sup>14,15</sup>。したがって逃避（閉殻）行動による影響を除くために、各濃度3個体において殻の一部を削ることで常に試水が殻内に浸漬するようにした。全ての実験は水温 22°C、光周期 12L:12D で行い、無給餌、止水条件の毒性期 96 時間、給餌及び曝気を行う回復期 48 時間の計 144 時間で行った。本実験において耐性実験を行った濃度は、他の水生生物で報告されている亜硝酸と硝酸の LC50 を参考にして以下の濃度で行った<sup>10,16-28</sup>。亜硝酸耐性実験は 0, 10, 30, 50, 100, 200, 300, 400, 500, 650, 1000, 1100, 1500 mg/L、硝酸耐性実験は 0, 100, 500, 1000, 2000, 3000, 4000, 5000 mg/L だった。それぞれの試水は、曝気によって塩素を抜いた水道水 1 L に人工海水（SEAWater GEX 製）と亜硝酸耐性実験は亜硝酸ナトリウム（NaNO<sub>2</sub> Hach 社製）、硝酸耐性実験は硝酸ナトリウム（NaNO<sub>3</sub> 林純薬工業株式会社製）を溶解させ、塩分が 5 psu になるように作成した。しかし、硝酸ナトリウムを用いる耐性実験では 2000 mg/L 以上の濃度においては 5 psu 未満に調整できないため、生残に影響を及ぼさないと考えられるヤマトシジミの好適塩分の上限である 22 psu 以下になるように調整した<sup>2</sup>。なお回復期の塩分は 5 psu で統一した。全ての亜硝酸、硝酸の濃度測定は吸光光度計（HACH 社製 DR3900）を用いて行い、それぞれの分析は以下の試薬と方法で行った。亜硝酸は HACH 試薬 TNT plus840 を用いたジアゾ化法、硝酸は TNT plus835, TNT plus836 を用いたジメチルフェノール法で測定した。実験期間中は 24 時間毎に水温、塩分、pH、死亡個体数を測定し、塩酸及び水酸化ナトリウムを用いて pH を  $8.00 \pm 0.05$  に調整した。ヤマトシジミの死亡は、殻を開き、足を刺激しても反応がない個体とした。また、死亡個体は直ちに試水から取り除き、10% 中性ホルマリンで固定した。

## (2) 統計解析

ヤマトシジミの生残率は 24 時間ごとに算出した。本研究のサンプルサイズが全個体数と仮定していることから、生残率の計算方法は、(生残数)/(全個体数)×100 で行った。LC50 の値は、対数ロジスティック回帰式を用いて行う drc パッケージを使用して算出した。回帰式の有意性は X<sup>2</sup> 適合度検定で行った<sup>29,30</sup>。なお統計解析は、統計ソフト R (Version 4.0.2) を使用した。

## 結 果

亜硝酸耐性実験の水温は  $21.74 \pm 0.60$ °C、塩分は  $5.25 \pm 0.30$  psu で推移した。硝酸耐性実験の水温は  $21.76 \pm 0.73$ °C、塩分は  $7.40 \pm 3.84$  psu で推移した。また硝酸耐性実験における塩分の最高値は 18.5 psu であり、ヤマトシジミの好適生息塩分の上限である 22 psu を下回っていた<sup>2</sup>。

各実験で得られた生残率の経時変化を Fig. 2 に示した。なお、実験終了まで生残率が 100% だった濃度を除いて示した。亜硝酸耐性実験では、実験開始 48 時間後から生残率の低下が生じ、650 mg/L が 50%、1000 mg/L 及び 1100 mg/L が 42% だった。また亜硝酸耐性実験の最高濃度である 1500 mg/L では、実験開始 72 時間後に生残率が 50% になった。一方で実験終了時に 500 mg/L 以下では生残率が 67% 以上あった。硝酸耐性試験の最高濃度である 5000 mg/L では実験開始 96 時間後に生残率が 58% まで低下した。また 4000 mg/L では実験終了時の生残率が 33% まで低下した。しかしながら実験終了時に 3000 mg/L 以下では生残率が 80% 以上あった。

各実験の殻の一部を削った個体と削っていない個体の生残率の経時変化を Fig. 3 及び Fig. 4 に示した。なお、Fig. 2 と同様に実験終了まで生残率が 100% だった濃度を除いて示した。亜硝酸耐性実験の終了時に生残率が 50% 以下だった濃度は、殻の一部を削った個体は 5 つ、削っていない個体は 4 つだった（Fig. 3）。また、硝酸耐性実験の終了時に生残率が 50% 以下だった濃度は、両個体で 4000 mg/L 以上の濃度だった（Fig. 4）。また殻の一部を削った個体は、亜硝酸耐性実験で 3 つ、硝酸耐性実験で 2 つの濃度で全数の死亡が起こった（Fig. 3, 4）。

耐性実験で得られた結果から求めた対数ロジスティック回帰曲線を Fig. 5 に示す。本研究で得られた亜硝酸及び硝酸の LC50 は、亜硝酸が 597.7 (443.0-752.4) mg/L、硝酸が 3481.0 (2488.8-4473.3) mg/L だった。

本研究で得られたヤマトシジミの亜硝酸及び硝酸の LC50 は水生生物に対する既往研究と比較して高い値だった（Table 1, 2）<sup>10,16-28</sup>。

## 考 察

耐性実験の水温は実験期間を通して安定しており、塩分は両実験において好適生息塩分の範囲にあった。したがって本実験において、これらの要因によって死亡した可能性は低いと考えられた。

殻の一部を削った個体と削っていない個体の結果から、ヤマトシジミは殻を閉じる逃避行動を行うことによって死

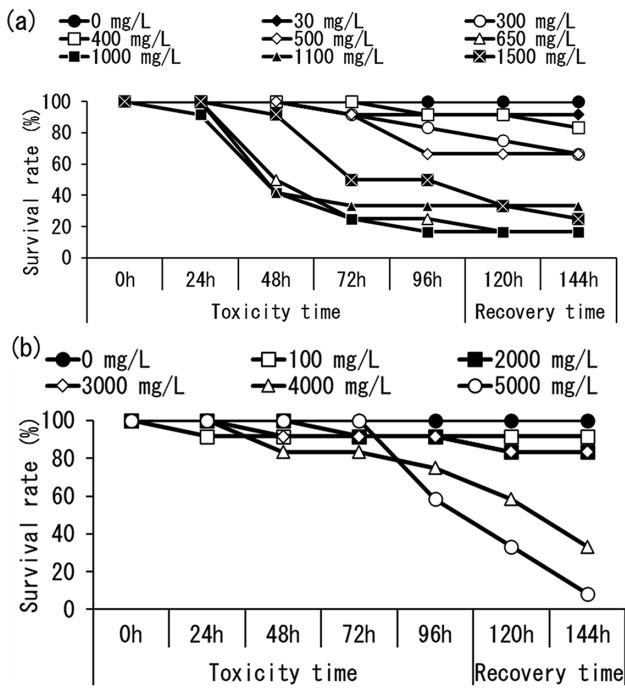


Fig. 2 Temporal changes of survival rate. (a) Nitrite. (b) Nitrate.

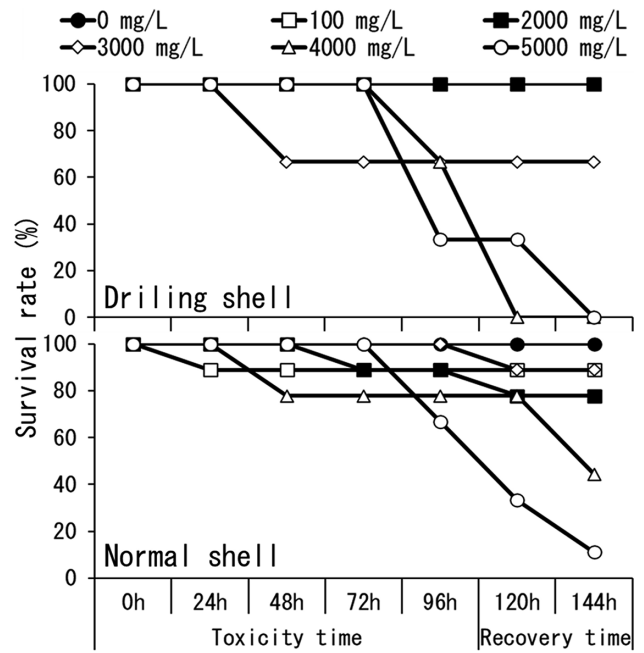


Fig. 4 Comparison of survival rate for drilling section and normal section in nitrate

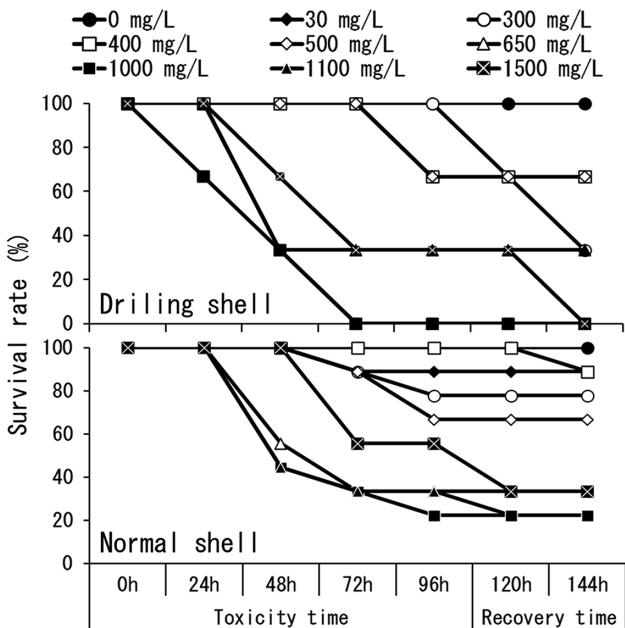


Fig. 3 Comparison of survival rate for drilling section and normal section in nitrite.

亡率がわずかに低下する可能性が考えられた。しかしながら本実験は、殻の一部を削った個体は3個体、削っていない個体は9個体で行っており、個体数の差によって生残率に違いが現れた可能性がある。

本研究で得られた生残率の経時変化と LC50 からヤマトシジミの生残に影響がない亜硝酸及び硝酸濃度は、亜硝酸が 500mg/L 以下、硝酸が 3000mg/L 以下であると考えられた。

亜硝酸においてヤマトシジミよりも高い LC50 は、タイ

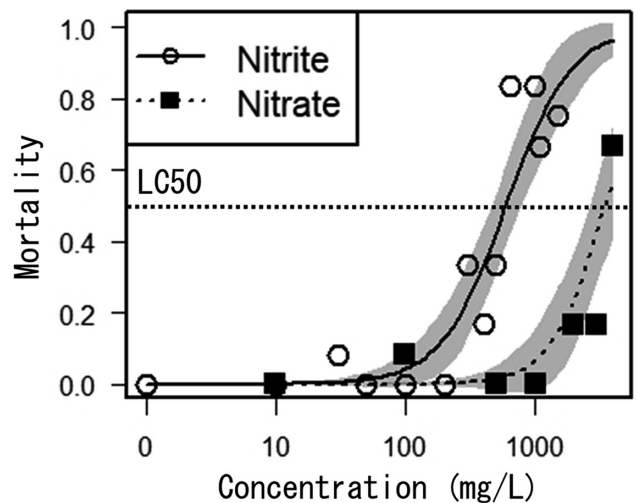


Fig. 5 Mortality of *Corbicula japonica* exposed to Nitrite and Nitrate. Dotted line indicates lethal concentration for 50%. Shaded areas denote the 95% confidence interval of each estimated regression line.

科の一種 *Sparus aurata* で塩分 20psu 以上の場合に確認された<sup>16)</sup>。亜硝酸は塩化物と競合阻害になると考えられており<sup>11)</sup>、アユのふ化仔魚などにおいても塩分が高くなるにつれて毒性が低下することが報告されている<sup>31)</sup>。ヤマトシジミは貧・中礫性汽水域に生息しており、生息する水域の塩分に応じて亜硝酸の取り込み量が変化すると考えられる。本研究の亜硝酸耐性実験は 5psu で行ったことから、一般的なヤマトシジミ漁場における亜硝酸耐性を示していると考えられる。一方で 20psu 前後の中礫性汽水域に生息するヤマトシジミは塩化物の取り込み量が増加し、亜硝酸の取り込み量が減少すると考えられ、本研究よりも高い亜硝



Table 1 The lethal concentration for 50% in 96h of Nitrite on several species. Parentheses indicates 95% confidence interval.

Taxon	Scientific name	96h-LC50 (mg/L)	Reference	Note
Fish	<i>Anguilla anguilla</i>	150 (128-172)	Yamagata and Niwa (1979)	
	<i>Anguilla japonica</i>	205 (160-241)	Yamagata and Niwa (1979)	
	<i>Lophiosilurus alexandri</i>	5.8	Silva et al. (2018)	
	<i>Notropis topeka</i>	6.1 (5.3-7.0)	Adelman et al. (2009)	Adult
	<i>Notropis topeka</i>	8.3 (7.3-9.4)	Adelman et al. (2009)	Juvenile
	<i>Paralichthys lethostigma</i>	81.6	Park et al. (2013)	
	<i>Sparus aurata</i>	370.8 (369.5-372.1)	Kir and Sunar (2018)	Salinity = 10 psu
	<i>Sparus aurata</i>	619.4 (618.4-620.6)	Kir and Sunar (2018)	Salinity = 20 psu
	<i>Sparus aurata</i>	806.3 (805.2-807.4)	Kir and Sunar (2018)	Salinity = 30 psu
<b>Mollusca</b>				
Bivalvia	<i>Corbicula japonica</i>	597.7 (443.0-752.4)	This study	
	<i>Lampsilis siliquoidea</i>	176.5 (145-215)	Soucek and Dickinson (2012)	
	<i>Sphaerium simile</i>	55.7 (43.0-72.1)	Soucek and Dickinson (2012)	
Gastropoda	<i>Lymnaea stagnalis</i>	55.8 (36.7-87.8)	Soucek and Dickinson (2012)	
	<i>Potamopyrgus antipodarum</i>	535.0 (433-666)	Alonso and Camargo (2003)	
Crustacean	<i>Echinogammarus echinosetosus</i>	2.5 (2.2-3.0)	Alonso and Camargo (2006)	
	<i>Eulimnogammarus toletanus</i>	2.0 (1.7-2.5)	Alonso and Camargo (2006)	
	<i>Hyalella azteca</i>	12.5 (9.4-15.9)	Soucek and Dickinson (2012)	
Others	<i>Allocapnia vivipara</i>	1.5 (0.6-3.7)	Soucek and Dickinson (2012)	
	<i>Amphinemura delosa</i>	1.0 (0.8-1.2)	Soucek and Dickinson (2012)	
	<i>Polycelis felina</i>	60.0 (49.2-72.1)	Alonso and Camargo (2006)	

酸耐性を示すと考えられる。硝酸においてヤマトシジミよりも高い LC50 はカキの一種 *Crassostrea virginica* の稚貝で確認されている<sup>17)</sup>。しかしながら本実験と同様の成貝ではヤマトシジミの方が高い耐性を有していた<sup>17)</sup>。この様に稚貝と成貝で耐性が異なる現象はヤマトシジミのアンモニア耐性で確認されており、成長に伴う鰓の発達や濾水量の違いが関係していると考えられる<sup>32)</sup>。したがってヤマトシジミの硝酸耐性についても成貝に比べ稚貝において高くなる可能性がある。

一般的に亜硝酸と硝酸の毒性は、ヘモグロビンやヘモシアニンなどの呼吸色素をメトヘモグロビンやメトヘモシアニンに変化させ、酸素運搬を阻害することが考えられている<sup>10,13)</sup>。また亜硝酸は鰓組織を変化させることも報告されており、鰓組織構造の変化による呼吸障害を起こす可能性がある<sup>33)</sup>。ヤマトシジミで高い耐性が得られた要因として呼吸様式が関係している可能性がある。ヤマトシジミは、貧酸素環境の場合に嫌気呼吸を行うことが可能である<sup>32)</sup>。さらにヤマトシジミは、同様に嫌気呼吸を行うアサリやサルボウなどの他の二枚貝と比べて高い貧酸素耐性を有していることが報告されている<sup>34,35)</sup>。これらのことから短期的な高濃度の亜硝酸や硝酸には、呼吸様式の変化によってこれらの物質の曝露から逃避し、他の水生生物よりも生存で

きる可能性がある。しかしながら、亜硝酸は鰓組織構造の変化を引き起こすことから<sup>33)</sup>、亜硝酸の影響は短期的よりも中長期的なヤマトシジミの生存に影響する可能性がある。

## 結 論

本研究は汽水性二枚貝ヤマトシジミに対する亜硝酸及び硝酸の耐性について検討を行った。その結果、本研究で得られたヤマトシジミの亜硝酸及び硝酸の LC50 は、野外環境で観測される濃度よりもはるかに高かった<sup>4,6,36)</sup>。したがって現在のヤマトシジミ生息地において亜硝酸や硝酸によって本種が短期的に死亡することはほとんどないと考えられた。今後はヤマトシジミに対する亜硝酸や硝酸の慢性毒性を評価し、低濃度での影響を明らかにする必要がある。

謝辞：本研究は2020年度東京農業大学網走寒冷地農場研究プロジェクト研究費により実施した。本研究で使用したヤマトシジミの採集は、西網走漁業協同組合の末澤海一様にご協力いただいた。また東京農業大学生物産業学部海洋水産学科水産増殖学研究室の千葉 晋教授、高橋 潤准教授には様々なご指導をいただいた。以上の皆様記して感謝申し上げます。

Table 2 The lethal concentration for 50% in 96h of Nitrate on several species. Parentheses indicates 95% confidence interval.

Taxon	Scientific name	96h-LC50 (mg/L)	Reference	Note	
Fish	<i>Coregonus clupeaformis</i>	2342.5 (2189.5–2506.3)	Mcgurk et al. (2006)	Hatched fish	
	<i>Coregonus clupeaformis</i>	1121.4 (1101.4–1141.7)	Mcgurk et al. (2006)	Juvenile	
	<i>Notropis topeka</i>	1559 (1412–1720)	Adelman et al. (2009)	Adult	
	<i>Notropis topeka</i>	1354 (1275–1437)	Adelman et al. (2009)	Juvenile	
	<i>Salvelinus namaycush</i>	2185.7 (2083.7–2292.6)	Mcgurk et al. (2006)	Hatched fish	
	<i>Salvelinus namaycush</i>	1902.7 (1725.5–2098.2)	Mcgurk et al. (2006)	Juvenile	
Mollusca	Bivalvia	<i>Anodonta anatina</i>	922 (813–1046)	Karel Douda (2010)	
		<i>Corbicula japonica</i>	3481.0 (2488.8–4473.3)	This study	
	Gastropoda	<i>Crassostrea virginica</i>	2703.3	Epifanio and Srna (1975)	Adult
		<i>Crassostrea virginica</i>	3938.7	Epifanio and Srna (1975)	Juvenile
		<i>Lampsilis siliquoides</i>	357 (250–509)	Soucek and Dickinson (2012)	
		<i>Megaloniais nervosa</i>	937 (818–1073)	Soucek and Dickinson (2012)	
		<i>Sphaerium simile</i>	371 (323–426)	Soucek and Dickinson (2012)	
		<i>Unio crassus</i>	1272 (1150–1406)	Karel Douda (2010)	
Crustacean	<i>Austropotamobius italicus</i>	2950 (1829–6959)	Benítez-Mora et al. (2014)		
	<i>Hyalella azteca</i>	667 (559–742)	Soucek and Dickinson (2012)		
	<i>Macrobrachium amazonicum</i>	193.6 (171.6–218.4)	Dutra et al. (2020)	Post larvae	
	<i>Macrobrachium amazonicum</i>	155.4 (129.1–187.0)	Dutra et al. (2020)	Juveniles	
	<i>Penaeus monodon</i>	1449.0	Tsai and Chen (2002)	Salinity = 15 psu	
	<i>Penaeus monodon</i>	1575.0	Tsai and Chen (2002)	Salinity = 25 psu	
	<i>Penaeus monodon</i>	2316.0	Tsai and Chen (2002)	Salinity = 35 psu	
Others	<i>Allocapnia vivipara</i>	836 (580–1206)	Soucek and Dickinson (2012)		
	<i>Amphinemura delosa</i>	456 (325–642)	Soucek and Dickinson (2012)		

## 参考文献

- 農林水産省, 内水面漁業生産統計調査書, <https://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/naisui\_gyosei/index.html> (最終アクセス 2020 年 10 月 21 日)
- 中村幹雄, 安木 茂, 高橋文子, 品川 明, 中尾 繁 (1996) ヤマトシジミの塩分耐性. 水産増殖 44 (1): 31–35.
- 中村幹雄 (2000) 日本のシジミ漁場. たたら書房, 米子, p.9.
- 岡澤 宏, 豊田裕道, 島田沢彦, 鈴木伸治, 竹内 康 (2008) 網走川水系における農業的土地利用と河川の窒素・リン濃度の関係. 農業農村工学会論文集 258: 45–50.
- 三上英敏, 五十嵐聖貴, 阪口耕一 (2018) サロマ湖における流域と湖底からの栄養塩供給について. 環境科学研究センター所報 8: 33–54.
- 岩波秀晃, 和田知之, 坂本和佳, 工藤 勲, 知北和久 (2013) 流出特性と土地利用形態に基づく十勝川水系の栄養塩供給機構. 日本水文科学会誌 43 (1): 3–24.
- 三上英敏, 藤田隆男, 坂田康一 (2008) 酪農地帯, 風蓮湖流域河川の水質特性. 北海道環境科学研究センター所報 34: 19–40.
- 三上英敏, 五十嵐聖貴 (2014) 家畜排せつ物法施工後における風連湖流域河川の水質環境変化について. 環境科学研究センター所報 4: 37–43.
- 三上英敏, 五十嵐聖貴 (2016) 家畜排せつ物法施工後における風連湖流域河川の水質環境変化について (2). 環境科学研究センター所報 6: 32–38.
- ALONSO A, CAMARGO J A (2006) Toxicity of Nitrite to Three Species of Freshwater Invertebrates. *Environmental Toxicology* 21 (1): 90–94.
- KROUPOVÁ H K, VALENTOVÁ O, SVOBODOVÁ Z, ŠAUER P, MÁCHOVÁ J (2018) Toxic effects of nitrite on freshwater organisms: a review. *Reviews in Aquaculture* 10: 525–542.
- WIDMAN Jr J C, MESECK S L, SENNEFELDER G, VEILLEUX D J (2008) Toxicity of Un-ionized Ammonia, Nitrite, and Nitrate to Juvenile Bay Scallops, *Argopecten irradians irradians*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 54: 460–465.
- CAMARGO J A, ALONSO A, SALAMANCA A (2005) Nitrate toxicity to aquatic animals: a review with new data for freshwater invertebrates. *Chemosphere* 58: 1255–1267.
- 石田 修, 石井俊雄 (1971) ヤマトシジミの塩分に対する抵抗性, ならびに, 地域による形態の相違. 水産増殖 19 (4): 167–182.
- 管原庄吾, 鈴木 舞, 山室真澄, 勢村 均, 神谷 宏, 千賀有希子, 野田賢剛, 江川美千子, 清家 泰 (2017) ヤマトシジミの殻長別硫化水素耐性. 水産増殖 65 (1): 83–87.
- KIR M, SUNAR M C (2018) Acute Toxicity of Ammonia and Nitrite to Sea Bream, *Sparus aurata* (Linnaeus, 1758), in Relation to Salinity. *JOURNAL OF THE WORLD AQUACULTURE SOCIETY* 49 (3): 516–522.
- EPIFANIO C E, SRNA R F (1975) Toxicity of Ammonia, Nitrite

- Ion, Nitrate Ion, and Orthophosphate to *Mercenaria mercenaria* and *Crassostrea virginica*. *Marine Biology* **33** : 241-246.
- 18) MCGURK MD, LANDRY F, TANG A, HANKS CC (2006) Acute and chronic toxicity of nitrate to early life Stages of lake trout (*Salvelinus namaycush*) and lake whitefish (*Coregonus clupeaformis*). *Environmental Toxicology and Chemistry* **25** (8) : 2187-2196.
- 19) ADELMAN IR, KUSILEK LI, KOEHLE J, HESS J (2009) Acute and chronic toxicity of ammonia, nitrite, and nitrate to the endangered topeka shiner (*Notropis topeka*) and fathead minnows (*Pimephales promelas*). *Environmental Toxicology and Chemistry* **28** (10) : 2216-2223.
- 20) BENÍTEZ-MORA A, AGUIRRE-SIERRA A, ALONSO Á, CAMARGO J A (2014) *Ecotoxicology and Environmental Safety* **101** : 220-225.
- 21) DUTRA FM, ALAB JHC, GOMES MKC, FURTADO PS, VALENTI WC, BALLESTER ELC (2020) Nitrate acute toxicity to post larvae and juveniles of *Macrobrachium amazonicum* (Heller, 1862). *Chemosphere* **242** : 1-7.
- 22) ALONSO A, CAMARGO JA (2003) Short-Term Toxicity of Ammonia, Nitrite, and Nitrate to the Aquatic Snail *Potamopyrgus antipodarum* (Hydrobiidae, Mollusca). *Environmental Contamination and Toxicology* **70** : 1006-1012.
- 23) 山形陽一, 丹羽 誠 (1979) 亜硝酸のウナギに対する毒性について. *水産増殖* **27** (1) : 5-11.
- 24) SILVA MJDS, COSTA FFB, LEME FP, TAKATA R, COSTA DC, MATTIOLI CC, LUZ RK, MIRANDA-FILHO KC (2018) Biological responses of Neotropical freshwater fish *Lophiosilurus alexandri* exposed to ammonia and nitrite. *Science of the Total Environment* **616-617** : 1566-1575.
- 25) SOUCEK DJ, DICKINSON A (2012) Acute Toxicity of Nitrate and Nitrite to Sensitive Freshwater Insects, Mollusks, and a Crustacean. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* **62** : 233-242.
- 26) PARK J, DANIELS HV, CHO SH (2013) Nitrite Toxicity and Methemoglobin Changes in Southern Flounder, *Paralichthys lethostigma*, in Brackish Water. *JOURNAL OF THE WORLD AQUACULTURE SOCIETY* **44** (5) : 726-734.
- 27) TSAI SJ, CHEN JC (2002) Acute toxicity of nitrate on *Penaeus monodon* juveniles at different salinity levels. *Aquaculture* **213** : 163-170.
- 28) DOUDA K (2010) Effects of nitrate nitrogen pollution on Central European unionid bivalves revealed by distributional data and acute toxicity testing. *Aquatic Conserv : Mar. Freshw. Ecosyst.* **20** : 189-197.
- 29) RITZ C, STREIBIG JC (2005) Bioassay analysis using R. *Journal of Statistical Software* **12** (5) : 1-22.
- 30) RITZ C, STREIBIG JC, GERHARD D (2015) Dose-Response analysis using R. *PLoS ONE* **10** (12) : 1-13.
- 31) 岩井寿夫, 伊藤 隆, 田村憲二 (1974) アユのふ化仔魚に対する亜硝酸塩の毒性および飼育水の塩分濃度について. 三重大学水産学部研究報告 **1** : 43-51.
- 32) 中村幹雄, 品川 明, 戸田顕史, 中尾 繁 (1997) ヤマトシジミの貧酸素耐性. *水産増殖* **45** (1) : 9-15
- 33) DUTRA FM, RÖNNAU M, SPONCHIADO D, FORNECK SC, FREIRE CA, BALLESTER ELC (2017) Histological alterations in gills of *Macrobrachium amazonicum* juveniles exposed to ammonia and nitrite. *Aquatic Toxicology* **187** : 115-123.
- 34) 中村幹雄 (2018) シジミ学入門. 日本シジミ研究所, 松江, pp.126-128.
- 35) 中村幹雄, 品川 明, 戸田顕史, 中尾 繁 (1997) 宍道湖および中海産二枚貝4種の環境耐性. *水産増殖* **45** (2) : 179-185.
- 36) 山根馨太, 園山隼人, 加藤季晋, 吉原 司, 野尻由香里, 神谷 宏, 長岡克朗, 松尾 豊, 神門利之 (2018) 宍道湖・中海水質調査結果 (2018年度). 鳥根県保健環境科学研究所報 **60** : 55-62.

# Tolerance of Brackish Water Bivalve, *Corbicula japonica*, to Nitrite and Nitrate.

By

Retsushi MATSUDA\*<sup>†</sup> and Takeshi SONODA\*\*

(Received May 17, 2021/Accepted July 16, 2021)

**Summary** : Agricultural production has greatly affected the local environment through the release of nitrogen, phosphorus and heavy metals such as Zn, Mn by fertilizer. This becomes obvious in water areas. The purpose of this study is experimentally to clarify the tolerance of brackish water bivalve, *Corbicula japonica*, to nitrate and nitrite which is the main nitrogen from agricultural land. LC50 of nitrite and nitrate was 607.4 mg/L and 3481.1 mg/L, respectively. These concentrations are higher than other aquatic organisms. Toxicity of nitrite and nitrate is thought to be the change in oxygen-carrying pigments, which causes oxygen-carrying disorders. Due to its high tolerance to anoxia, *C. japonica* may survive longer than other aquatic organisms even under high concentrations of nitrite and nitrate. LC50 of *C. japonica* to nitrite and nitrate are about five thousand times as high as the normal concentration of the environment, so that the risk may be negligible.

**Key words** : *Corbicula japonica*, Basin-derived substances, Tolerance experiment, Nitrate, Nitrite

---

\* Department of Aquatic Bioscience, Graduate school of Bioindustry, Tokyo University of Agriculture  
(Division of Agricultural Production Science, The United Graduate School of Agricultural Sciences, Tottori University)

\*\* Department of Ocean and Fisheries Sciences, Faculty of Bioindustry, Tokyo University of Agriculture

<sup>†</sup> Corresponding author (E-mail : d21a1004@matsu.shimane-u.ac.jp)