

嘉島町浮島神社周辺で見られたシジミ類の生態について

田中菜陽 水本天弓 溝口創士

指導教諭 上野至朗

要約

嘉島町浮島に生息しているシジミ類の生態について調査を行った。採集調査により個体群組成、個体群密度、殻長・殻高・殻幅間の比率について調べた。また、殻の内部形態、および殻内部の色を過去の論文と比較し、この個体群がタイワンシジミかマシジミかを推定した。また2,000個体/m²以上の密度で飼育し、個体群密度の変動についても調べた。調査の結果、個体群組成から寿命は少なくとも1年以上3年未満であることがわかった。また、年間を通して定期的に5mm未満の小型個体が見られることから、1年中繁殖していることがわかった。また、個体群組成と降水量の関係から、大雨の際に小型個体は下流に流されていることが示唆された。個体群密度については、調査地の個体群密度が平均322.0~571.9個体/m²とかなり高密度であることと飼育下で6ヶ月以上1,100個体/m²以上を維持していることから、過去の論文と比較して、タイワンシジミの可能性が推測された。また、9月に個体群密度が有意に低くなること、大雨が降っていないにも関わらず9月に6mm以下の個体が見られなかったことから、7月~8月を中心に暑さのためにタイワンシジミが疲弊して死亡率が高くなり、産卵についてもほとんどしていないか産卵しても稚貝がほとんど死んでしまうことが推測された。さらに、殻の内部形態、および殻内部の色についても、過去の論文と比較してタイワンシジミの可能性が推測された。最終的にDNA鑑定による種同定を行い、これらのシジミ類がタイワンシジミであることがわかった。今後の新たな仮説として、タイワンシジミがなぜ夏場に減少するのか、小型個体が大雨によりどのように生息地を拡大しているのか、が出てきた。今後はその解明のため、生殖巣の増減や代謝、餌となるケイ藻類の増減状況を調査していきたい。

キーワード：外来種、外来種問題、タイワンシジミ、マシジミ、生物の多様性、判別方法

1. はじめに

日本の在来種であるマシジミ *Corbicula leana Prime, 1864* は、東北から四国、九州の河川の中流域から上流域にかけての砂礫底に生息する淡水産のシジミ科の二枚貝である。しかしシジミ資源の減少に伴う外国産シジミの輸入とともに、沿海州から東南アジアにかけて分布するタイワンシジミ *Corbicula fluminea f. insularis Prime, 1867* がみられるようになった。マシジミは、タイワンシジミのシノニム(同種異名)であるとの見方もある(向上高等学校生物部 2007)。

マシジミと同様に、タイワンシジミは雌雄同体であり、自家受精が可能である。また、雄性発生により精子の遺伝子のみを有する個体を多量に生産しうる。マシジミとタイワンシジミは交配が可能であるため、マシジミがタイワンシジミに置き換わる現象が全国各地で報告されるようになった(横山 2019)。

また、タイワンシジミは、給水栓の閉塞(岡島ら 2018)が報告されており、異常繁殖して多量に死亡することによる水質汚染を招くと考えられている(山形中央高等学校 2022)。

今回、熊本県上益城郡嘉島町井寺に生息しているタイワンシジミと思われるシジミ類を用いて、その種を同定し、生態について調べることで、タイワンシジミが増殖する条件を調べ、増加を止める対応策を見つげたいと考えた。また、DNA検査を行うことで、外見では見分けが付きにくいと言われるマシジミとタイワンシジミを判別するDNA検査以外での方法についてその精度を検証したいとも考えた。

2. 方法

(1) 調査地

調査は、熊本県上益城郡嘉島町井寺の浮島の北側から延びている用水路(32°45'23.1"N, 130°46'41.0"E)で行った。この用水路は全面コンクリート舗装で、幅1.2m、長さ約800m、水深約15cmである。用水路の様子は、底は礫が多くその間に約0~4cmの砂泥が覆っている。水温については、6月~9月は22.2°C、10月は22.1°C、11月15.7°C、1月は15.6°Cであった。

(2) 調査方法

a. 採集方法及び調査期間

シジミ類の個体群組成を調べるために、2023年6月~1月まで12月を除き月1回、浮島から30mほどの区間で定量調査を行った。採集には、5月は、40cm×40cmのコドラートを、その他の月は

12cm×12cmのコドラートを用いた。用水路の底にコドラートを置き、その中のシジミ類をすべて採集した。これをもとに個体群密度を算出した。コドラートの数は特に設けず1回の調査で約100個体が採集できるよう変更した(N=14~38)。採集した個体は、殻長、殻幅、殻高を計測した。殻長、殻幅、殻高は図1に示すとおりである。

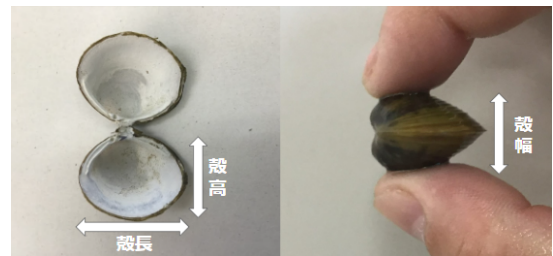


図1 殻長、殻高、殻幅の位置関係

b. 殻の構造と殻内面の色の比較

採集した個体の殻の主歯と後側歯の位置関係と殻内面の色を過去の論文と照合し、採集した個体がタイワンシジミかどうか判別した。

c. 飼育調査

5月18日から、採集したシジミ類123個体を縦17cm×横30cm×高さ20cm水槽内で長期飼育し、個体群密度の変化を調べた。水槽には、深さ5cmの砂を入れ、水深13cm前後にした。

d. シジミ類のDNA鑑定による種同定について

遺伝子的にもタイワンシジミの同定を行うため、株式会社生物技研に種同定を依頼した。調査には一面紫のものと(図2左)、一面白色のものを使用した(図2右)。種同定はリボソームを構成するRNAをコードするrRNA遺伝子(rDNA)を比較して行った。



図2 DNA鑑定による生物種同定を行った個体（左は内面が一面紫色、右側は内面が一面白色の個体。上は内側、下は外側の写真）

3. 結果

(1) 個体群組成について

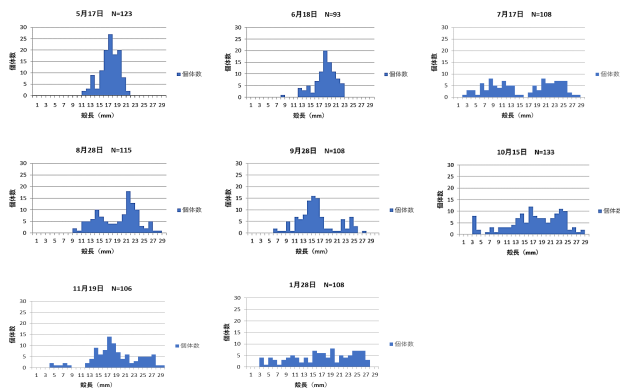


図3 浮島北用水路で採集された個体の殻長サイズ組成

図3に調査地で採集した個体の殻長サイズ組成を示す。5月から1月の結果を比べると、平均殻長は7月が最小で16.0mm、8月が最大で19.1mmであった。最大個体の殻長は11月に採集された29.5mmで、新規加入個体（5mm未満）は7月と10月、11月、1月に見られ、採集できた最小個体の殻長は7月に採集された2.4mmであった。9月までは各月とも2つのピークが見られ、10月以降は新規加入個体群を含め3つのピークが見られた。7月と10月以降は、新規加入があり殻長5mm未満の小型の個体群が見られた。マシジミは殻長10mm程度、タイワンシジミは殻長6～10mm程度で繁殖が可能になる（横山 2019）と言われているが、殻長10mm未満の個体に着目すると5月は0個体、6月は1個体、7月は30個体、8月は2個体、9月は9個体、10月は17個体、11月は7個体、1月は20個体であった。

(2) 個体群密度について

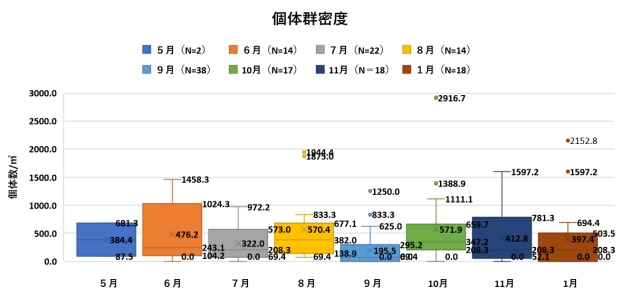


図4 調査地における個体群密度の季節変化

表1 各月の個体群密度T検定結果

	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	1月
5月		有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし
6月	有意差なし		有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし
7月	有意差なし	有意差なし		有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし
8月	有意差なし	有意差なし	有意差なし		有意差あり	有意差なし	有意差なし	有意差なし
9月	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差あり		有意差あり	有意差なし	有意差なし
10月	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差あり		有意差なし	有意差なし
11月	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし		有意差なし
1月	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし	有意差なし	

調査地における各月の個体群密度を、図4に示す。各月の個体群密度を比較したところ、9月の個体群密度は6月、8月、10月、11月と有意差が認められ（表1 T検定 $p > 0.05$ ）。ただし、5月のサンプル数については、他の月に比べて、非常に少ないため、検定をかけた結果が正確でない可能性がある。

(3) 殻高/殻長、殻幅/殻長について

殻高/殻長(H/L)、殻幅/殻長(W/L)および殻幅/殻高(H/W) N=547

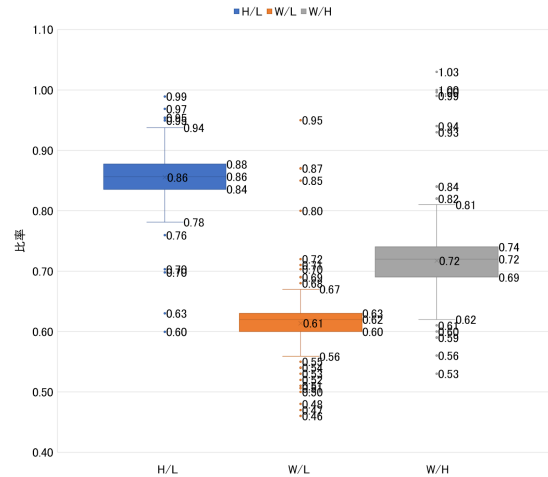


図5 採集個体の殻高/殻長 (H/L)、殻幅/殻長 (W/L)

表2 殻高/殻長 (H/L)、殻幅/殻長 (W/L)、殻幅/殻高 (W/H) の平均値、中央値、最大値、最小値

	殻高/殻長 (H/L)	殻幅/殻長 (W/L)	殻幅/殻高 (W/H)
平均値	0.86	0.61	0.72
中央値	0.86	0.62	0.72
最大値	0.94	0.67	0.81
最小値	0.78	0.56	0.62

図5には、9月までに採集した個体の殻高/殻長 (H/L)、殻幅/殻長 (W/L)、殻幅/殻高 (W/H) を示す。表2に、殻高/殻長 (H/L)、殻幅/殻長 (W/L)、殻幅/殻高 (W/H) それぞれの平均値、中央値、最大値、最小値を示す。

(4) 殻の構造と殻内面の色の比較について

a. 殻の構造の比較

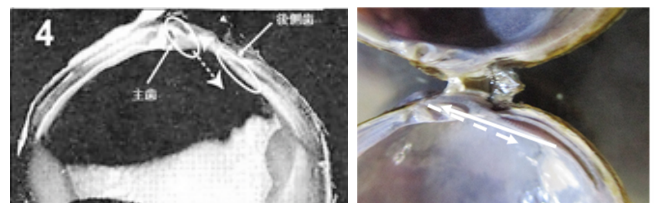


図6-1 マシジミの主歯と後側歯の位置関係（池上 2009 より引用）

図6-2 浮島北用水路で採集されたシジミ類の主歯と後側歯の位置関係（破線矢印は主歯から延長した線、実線矢印は後側歯から延長した線を示す。）

図6-1のように、マシジミの主歯は後側歯から延長した線の前方に位置、タイワンシジミはほぼ同一線上に並ぶことが報告されている（池上 2009）。浮島北用水路で採集されたシジミ類のうち6個体について主歯と後側歯の位置関係を調べたところ、図6-2のように、主歯が後側歯の延長線上にあった。

b. 殻内面の色の比較

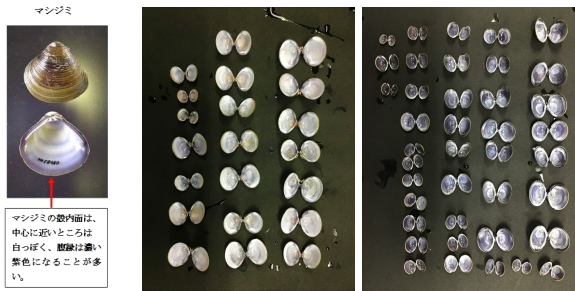


図7 マシジミの殻内面の様子（左）と浮島北用水路で採集された殻内面が一面白色の個体（中央）と一面紫色の個体（右）（マシジミの写真および説http://vege1.kan.ynu.ac.jp/forecast/より引用）

調査地で採集した個体は、図7に示すとおり殻内面が一面白色の個体と一面紫色の個体が見られた。

(5) 飼育調査

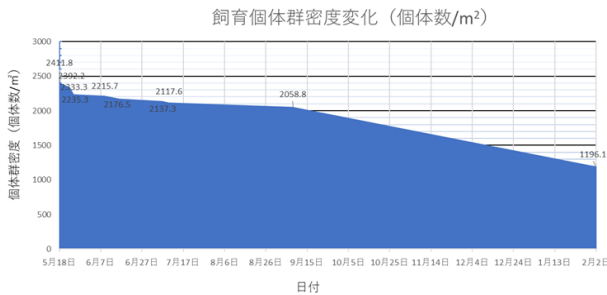


図8 飼育下における個体群密度の変化

2023年5月18日に、123個体（2411.8個体/m²）から飼育を始めたが、採集して1週間以降は大きな減少はなく、2023年9月6日時点で、105個体（2058.8個体/m²）を維持していたが、9月以降大きく減少し、2月2日時点で61個体が生存していた（図8）。なお、これまでの飼育期間で、繁殖した個体は見られなかった。

(6) シジミ類のDNA鑑定による種同定について

図9はリボソームを構成するRNAをコードするrRNA遺伝子（rDNA）で見られる、タイワンシジミとマシジミとでの塩基配列の違いである。DNA鑑定による種同定を依頼した2個体のシジミ類は、図10の塩基配列を示しており、どちらもタイワンシジミの塩基配列と一致した。

- ・CF（タイワンシジミ）型
CF_AB522656.1 GGCCTTTTGGGATTATATAAAA
- ・CL（マシジミ）型
CL_AB522655.1 GGCCTTTTGGAGATTATATAAAA

図9 タイワンシジミとマシジミの間で見られるrDNA上の特定の領域での塩基配列の違い

Sample	Sequence	判定
Corbicula01	GGCCTTTTGGGATT	CF(タイワンシジミ)型
Corbicula02	GGCCTTTTGGGATT	CF(タイワンシジミ)型

図10 DNA鑑定を行った2個体の図9に該当する塩基配列結果

4. 考察

(1) 個体群組成について

5月～1月にかけて、10月以降に3つのピークが、他の月は2つのピークが見られた。また殻長5mm以下の小型個体が、5月から1月の間に定期的に見られることから、年間を通じて繁殖していることがわかった。その要因としては、浮島が湧水地であることから水温が15.6～22.2℃と年間を通じて7℃程度の差しかないので、水温が繁殖の条件を常に満たしていることが考

えられた。後述する個体群密度の考察より、夏から秋にかけて死亡率が高いことが推測されたことから、ピークの谷になっている部分は各年の夏から秋にあたると思われる。タイワンシジミの稚貝は放出3～6ヶ月後、殻長が6～10mmに達し、餌量によって1年で13.5mm～30mmになることが報告されている（横山2019）。この報告と個体群ヒストグラムと照らし合わせて考えると、調査地におけるシジミ類の寿命は少なくとも1年以上3年未満であると考えた。

しかし、5月、6月、8月では、殻長10mm未満の個体はほとんど見られなかった。このことについて、梅雨や台風の時期と重なることから、気象庁のデータを基に調査日前1ヶ月間および2週間の総雨量を調べたところ、表3のようになった。7月には新規加入が見られたが、8月には殻長10mm未満の個体がほとんど見られなくなったことに注目すると、8月の調査日前1ヶ月間の総雨量は150.5mm、調査日前2週間の総雨量は115.5mmであった。このことから、殻長10mm未満の個体は、この程度のもたまった雨量で流される可能性が考えられた。5月と6月の調査日前1ヶ月間および前2週間の総雨量は、6月の調査日前2週間の総雨量を除き、8月の調査日前1ヶ月間や前2週間の総雨量よりも多いため、5月と6月も殻長10mm未満の個体が雨で流されている可能性がある。また、9月は5月～8月に比べて9月の総雨量は少ないにもかかわらず、殻長6mm未満の個体が見られなかったため7月～8月は産卵をほとんどしていない、または産卵しても稚貝が死亡していることが推測された。

表3 各月の調査日前1ヶ月間および2週間の総雨量（mm）（気象庁データ引用）

5月17日	6月18日	7月17日	8月28日	9月28日	10月15日	11月19日	1月28日
264.0	206.0	560.5	150.5	119.5	41.0	59.0	27.5
144.5	99.5	294.0	115.5	22.5	22.0	55.5	18.0

(2) 個体群密度について

5月から1月の調査で、調査地におけるシジミ類の個体群密度の平均値は、最小で195.5個体/m²（7月）、最大で571.9/m²（10月）であった。また、5月より2411.8個体/m²から飼育を開始したシジミ類の個体群密度は、9月時点で2058.8個体/m²、2月時点でも1196.1個体/m²生存している。マシジミの飼育実験では、10月に250個体/m²で放流した個体が、4ヶ月後最大で269個体/m²になった報告がある（粕谷ら 2014）が、粕谷らの論文の最大値269個体/m²に比べて、調査地において約0.7倍～約2.1倍、飼育実験では約4.4倍と高い密度を維持している。また、タイワンシジミにおいてはアメリカの水路で2,255～16,688個体/m²の生息密度が報告されている（岡島ら 2018）。よって個体群密度からは調査地のシジミ類はタイワンシジミの可能性が高いと考えた。

また、9月の個体群密度は6月、8月、10月、11月に比べて有意に低くなったが、調査地にはシジミ類を捕食する生物は見られなかった。飼育実験の個体群密度も9月を境に大きく減少したことから、このシジミ類は夏期の暑さに弱く、秋以降も夏の暑さで疲弊しており、死亡する割合が高くなることが推測される。浜松高等学校の研究では、タイワンシジミは夏季の暑さに弱く、繁殖どころか生存にも不適であると推測されるとの報告がされている（浜松高等学校 2021）。また年平均気温5～20℃がタイワンシジミの分布の中心となっている報告もある（横山 2019）。そのため、調査地のシジミ類はタイワンシジミの可能性が高いと推測した。

(3) 殻高/殻長 (H/L) , 殻幅/殻長 (W/L) , 殻幅/殻高 (W/H) について

表4 他地域のマジミ, タイワンシジミとの殻高/殻長 (H/L) , 殻幅/殻長 (W/L) , 殻幅/殻高 (W/H) の比較

	中央値	平均値	標準偏差
殻高/殻長 (H/L) 浮島北	0.86	0.86	0.03
殻幅/殻長 (W/L) 浮島北	0.63	0.62	0.04
殻幅/殻高 (W/H) 浮島北	0.73	0.73	0.04
殻高/殻長 (H/L) タイワンシジミ 御船 (池上 2009)	0.82~0.83	—	—
殻高/殻長 (H/L) マジミ 御船 (池上 2009)	0.89	—	—
殻幅/殻長 (W/L) タイワンシジミ 御船 (池上 2009)	0.62 (補正值)	—	—
殻幅/殻長 (W/L) マジミ 御船 (池上 2009)	0.62 (補正值)	—	—
殻幅/殻長 (W/L) タイワンシジミ 鹿児島国分平野 (国分高校 2022)	—	0.6	—
殻幅/殻長 (W/L) マジミ 鹿児島国分平野 (国分高校 2022)	—	0.68	—
殻幅/殻高 (W/H) タイワンシジミ 鹿児島国分平野 (国分高校 2022)	—	0.68	—
殻幅/殻高 (W/H) マジミ 鹿児島国分平野 (国分高校 2022)	—	0.8	—

表4に調査地で採集されたシジミ類および他地域のマジミ, タイワンシジミの殻高/殻長 (H/L) , 殻幅/殻長 (W/L) , 殻幅/殻高 (W/H) を示す. 表中の補正值と記載している部分に関しては, 本研究と殻幅の定義が異なっていたため, 本研究の定義に直して算出している. 今回の調査で, 採集したシジミ類は, 殻高/殻長 (H/L) の中央値では, 池上 (池上 2009) の報告しているマジミとタイワンシジミの中央値の中間の値とほぼ同じであり, 岡島ら (岡島ら 2018) の報告しているタイワンシジミとは近い値となった. 殻幅/殻長 (W/L) については池上 (池上 2009) の報告しているマジミおよびタイワンシジミ, 国分高校 (国分高校 2019) が報告しているタイワンシジミの個体群に近い値であったが, 岡島らの報告しているタイワンシジミとは大きな開きがあった. 殻幅/殻高 (W/H) については国分高校の報告にあるタイワンシジミおよびマジミが混ざっていた個体群とも開きがあり, タイワンシジミには多くの色彩型があり形態変化に富むといわれている (園原 2002) ように, これらの比率から, タイワンシジミとマジミを判別することは難しいと考えられた.

(4) 殻の構造と殻内面の色の比較について

図5-1のように, マジミの主歯は後側歯から延長した線の前方に位置し, タイワンシジミはほぼ同一線上に並ぶことが報告されている (池上 2009). 浮島北用水路で採集された個体は, 図5-2のとおり, 主歯が後側歯から延長した線上にあった. このことから, 浮島北用水路に生息しているシジミ類は, マジミではなくタイワンシジミであると考察した. また殻の内側の色は, マジミは全体的に薄い白色から紫色で腹縁近くが濃紫色を呈するのに対し, タイワンシジミは殻内面が白色で側歯周辺が紫色を呈するタイプ, 白色のタイプ, 紫色のタイプがある (池上 2009) が, 今回, 浮島北用水路で取れたシジミ類は, 殻内面が一面白色や紫色であったことにより, タイワンシジミであると考察した.

(5) 飼育調査について

飼育調査では, 9月まではあまり個体群密度の減少は見られなかったが, 9月以降大きく減少した. これは, 調査地での個体群密度で考察したとおり, 夏の暑さにより疲弊してしまい, 秋以降の死亡率が高くなることが推測された.

また, これまでのところ, 飼育下では繁殖していない. 飼育下では浮島北用水路よりも砂を多めに入れており, 餌環境も異なると考えられるため, 潜れる環境の有無や餌となる藻類量などの生息条件により, 繁殖が抑制されるのではないかと考えた.

(6) シジミ類のDNA鑑定による種同定について

遺伝子調査により, 調査地のシジミ類は予想していた通りタイワンシジミであることがわかった. この研究で, 個体群密度, 殻高/殻長 (H/L)・殻幅/殻長 (W/L)・殻幅/殻高 (W/H) , 殻の構造と殻内面の色の比較によりタイワンシジミかマジミかの推定を行ったが, H/L・W/L・W/Hの比率での判別は, 過去の論文ではマジミとタイワンシジミの比率にばらつきが見られ, 今回のDNA鑑定によりタイワンシジミであることがわかったため, 種の判別を行うには精度が低く, 判別が難しいことがわかった.

殻内面の色による判別は, 今回から内面が一面白色の個体と紫色の個体をDNA鑑定をしたが同じタイワンシジミであったことから殻内面の色では種の判別はできないことがわかった. 殻の構造による判別はDNA鑑定と結果が一致したことから精度は高いものであると推測できる. 個体群密度による判別も同じように密度が高いほどタイワンシジミである可能性は高い.

5. この研究を通して生じた新たな疑問と今後の展望

この研究を通じて以下の4つの新たな疑問が生じたため, それを解明するための考えられる研究方法とともに, 以下に挙げる.

- ・タイワンシジミがなぜ夏場に減少するのか.
暑さが関係していると思われるので, 人工的に温度の異なる水槽等で飼育し, 死亡率を計測する.
- ・小型個体が大雨によりどのように生息地を拡大しているのか.
今回は浮島北側から流れる水路を中心に継続調査を行ったが, 南側, 東側, 西側 (殻のみ数個見られた) に流れている水路で本格的に調査を行い, 生息サイズの比較等を行って拡散の様子を確認する.
- ・飼育下と自然状態では, どのような要因の違いが産卵の可否が影響しているのか.
今回栄養分での成分調査や水温の差, 土壌環境の違いについて調査を行っていないため, これらについてより具体的に調査し, 産卵条件を特定していきたい.

参考文献

- 岡島賢治ら 2018 宮川用水国営1号幹線水路内のタイワンシジミの生息状況, 農業農村工学会論文集, 86-1, 71-78.
- 山形中央高等学校 山形市のシジミ分布と霞城堀浄化作戦, <https://www.yamagatachuo-h.ed.jp/files/original/20220301135957627100bb0bf.pdf>
- 横山 寿 2019 外来シジミ類の分類と生態-II 生物学的特徴と生態系への影響, 陸水学雑誌80(3), 145-163.
- 池上直樹 2009 熊本県緑川水系で採集された淡水産シジミ-タイワンシジミとマジミの貝殻形態-, 熊本地学会誌, 151, 2-8.
- 園原哲司 2002 金目川水系4河川におけるタイワンシジミの生息状況, 神奈川自然誌資料, 23, 35-38.
- 粕谷智之ら 2015 水田用水路におけるマジミ増殖の可能性について (その2), 環境保健研究センター所報, 61, 50-60.
- 国分高校自主ゼミシジミ班 国分平野はほぼ占領? ~シジミ類における外来種の勢力~, http://www.edu.pref.kagoshima.jp/sh/kokubu/docs/2020092000_021/file_contents/4.pdf.
- 気象庁HP過去の気象データ検索, https://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/daily_a1.php?prec_no=86&block_no=0923&year=2023&month=05&day=17&view=p1.