

天塩川における塩水遡上形態と ヤマトシジミ生息環境の関係

(独)寒地土木研究所 寒地水圏研究グループ 水環境保全チーム ○杉原 幸樹
留萌開発建設部 治水課 小林 充邦
(独)寒地土木研究所 寒地水圏研究グループ 水環境保全チーム 平井 康幸

天塩川におけるヤマトシジミ生息環境保全を目的として、塩水遡上形態とシジミ現存量との関係を調べた。天塩川本川の鉛直流速分布を超音波流速計で連続観測した結果、明瞭な塩水遡上が確認された。流速結果から塩水楔の標高位置を算出し、楔位置の時間変化を推定した。さらに標高毎に塩水の接触頻度を算出し、シジミ現存量と比較すると、シジミはほぼ淡水域に多く生存していることがわかった。

キーワード：超音波流速計、塩水遡上、ヤマトシジミ、生息環境

1. はじめに

ヤマトシジミ（以下シジミと略す）は、我が国における重要な水産資源であるが、その生産量は1970年の5.6万トンにピークに減少を続け、2012年には0.7万トンにまで減少している¹⁾。国内のシジミ漁場の北限でもある天塩川においては、天塩川本川および接続するサロベツ川、パンケ沼でシジミ漁業が行われている。図-1に天塩川水系でのシジミ漁獲量の推移を示す。パンケ沼の漁獲量は1985年をピークに減少し、2011年では漁獲がほとんどない。河川域では1993年をピークに、その後減少して、直近10年では70t前後で推移している。漁場はパンケ沼から河川域に移り、天塩川水系としてのシジミ漁獲も減少している現状である。

シジミの生息や再生産のためには、塩分濃度、水温、溶存酸素、底質粒度組成が重要であることが知られている²⁾。しかし、天塩川においては河口における塩水混合形態³⁾、塩水遡上距離^{4),5)}、塩水遡

上形態⁶⁾については報告例があるが、シジミや底質性状などの関係については報告例がない。一方で、底質改善を目的とした覆砂等が実施されているが、その効果等は明らかにはなっていない。これら事業効果を評価するためには河川管理と生息環境保全を両立できる適切な指標が求められる。しかしながら、天塩川においては生息環境として不明な点が多く、明確な指標がない現状である。

そこで、本研究は天塩川におけるシジミ現存量、および流速と塩分濃度の現地観測を行った結果をまとめ、ADCPの流速データより塩分の時系列変動を推定した。また塩分推定結果から河川流速を指標としたシジミ生息環境の検討を行った。

2. 現地観測

本研究は北海道北部に位置する天塩川（流路延長256km、流域面積5590km²、図-2参照）を対象とした。天塩川では河口から19.4kmまで塩水が遡上することが知られており³⁾、河口から30km上流に設

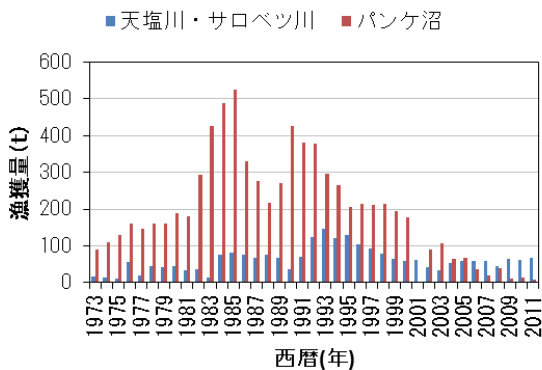


図-1 天塩川水系におけるシジミ漁獲量推移
（さけます・内水面水産試験場事業報告書
北海道の内水面漁業統計より作成）



図-2 天塩川位置図
（国土地理院地図を引用して作成）

置されている円山(まるやま)水位・流量観測所においては、国土交通省の水文水質データベースの水位データで確認する限りでは潮位の影響による水位変動はみられない。

(1) シジミ現存量調査

現存量調査は2005年11月1日～11月13日の間に留萌開発建設部により1回実施された。天塩川KP1.2～KP16.4までの0.4～1km間隔毎の横断測線上(全23測線)において、左右岸の河床標高が-0.5m, -1.0m, -1.5m, -2.0m, -3.0mの位置でスミスマッキンタイヤー採泥器(採泥面積: 0.0483m²)を用いて3回ずつ底泥を採取した。採取した底泥より殻長2mm以上の個体を抽出し、その生息密度及び殻長組成を計測している。

(2) 流速観測・鉛直機器観測

KP7.8において超音波流速計(TELEDYNE RD Instruments Workhorse sentinel 1200kHz, 以下ADCPと略す)を河床から鉛直上向きに設置した。設置箇所の横断図を図-3に示す。設置箇所の平水時水深は概ね6mであり、10分おきに鉛直方向に0.28m間隔で流速を計測した。観測期間は2011年7月22日～11月15日、および2012年6月28日～10月31日である。また、上記観測期間中に約2週間毎で多項目水質計(JFEアレック Compact-CTD, 以下CTDと略す)を用い、水温・濁度・塩分の鉛直分布を計測(鉛直方向0.1m間隔)した。

3. シジミ現存量調査結果

図-4に標高毎に左右岸の現存量を平均した値を縦断距離に対してプロットした結果を示す。この結果から天塩川では標高が-1.5mより高い位置では縦断的にある程度の現存量が分布し、標高-2.0m以下では全域で現存量が減少していた。また、縦断的にみるとKP8.0付近の現存量が大きくなっており、特に標高-0.5mと-1.0mの位置では顕著であった。ここで2005年9月20日に留萌開発建設部によって行われた音響測深機による密度境界の縦断観測結果と最深河床高を図-5に示す。塩水とみられる明瞭な密度境界がKP20.0まではほぼ同一標高に確認できる。この結果は縦断的に標高毎の汽水条件がほぼ同様であることを示唆している。そのため図-4の結果において標高-2.0mでシジミ現存量に鉛直方向の差が生じ、その傾向は縦断的に同様であることが推察される。しかし、音響測深機による縦断観測で時系列変化を捉えるには、多大な労力を必要とし、非現実的である。一方、中村ら²⁾は底質性状によりシジミ生息数が異なることを示しており、本研究でも同様に底質との比較を行ったが明瞭な関係性は確認されず、天塩川におけるシジミの生息にとっては底質性状よりは他の要因が支配的であることを示唆しており、流速と塩分の観測結果をまとめる。

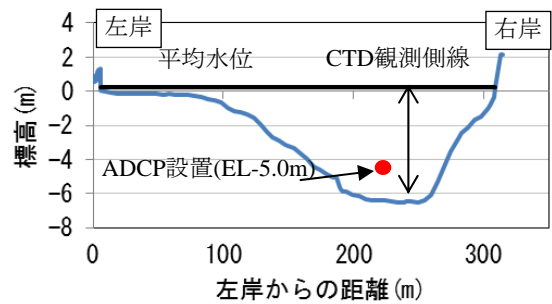


図-3 天塩川KP7.8 横断図

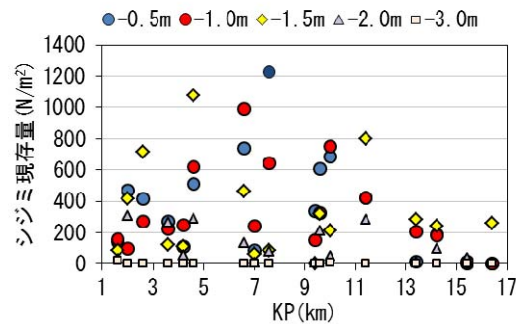


図-4 標高別シジミ現存量の縦断分布

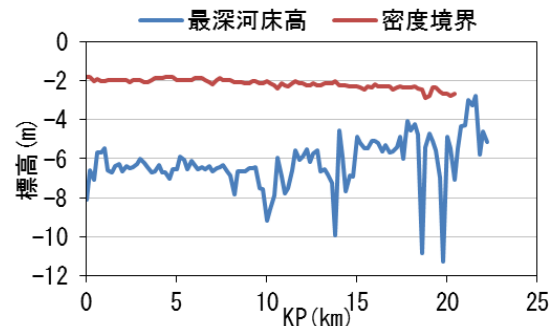


図-5 最深河床高と密度境界の縦断変化

4. 流速観測・塩分観測結果

図-6にADCPによる2012年の流速観測結果をコンター図として示す。図は流速ベクトルを回転補正し、上流向き成分を正值で赤色、下流向き成分を負値で青色としてまとめた。また参考として中川気象観測所における時刻雨量を加える。この結果より天塩川においては表層では下流向きの流速、下層では上流向きの流速が明瞭にみられ、降雨時には全層で下流向きの流速が卓越することが分かった。この挙動は2011年も同様であった。

次に図-7に2012年のCTDによる塩分観測結果を示す。天塩川においては明瞭な塩分躍層が見られ、表層はほぼ淡水であり、下層がほぼ海水となっている特徴がある。この傾向は2011年の観測でも同様で、鉛直的にみると急激に塩分濃度が変化することが確認された。これらの結果から天塩川においては明瞭な躍層を形成して海水が遡上し、河川流量増加時に下層の海水が押し出されることが明らかとなった。

次にシジミ現存量との関係を考慮すると、シジミの生息塩分帯は5-20PSUが適している²⁾といわれる。

しかし、天塩川では、その塩分に合致する期間が非常に限定されることが推察される。それらを明らかにするためには時系列の鉛直的な塩分変化が重要となるが、鉛直方向の塩分変化を時系列として把握するには、多大な労力を必要とする。天塩川が極端な弱混合で塩水遡上する特徴があることから、ADCP観測結果を用いて塩分境界の推定を試みた。

5. 塩分境界面標高の推定

図-8に2012年7月11日におけるADCPの流速鉛直分布とCTDの塩分鉛直分布を示す。ここで、流速の負値は下流向きの流れを表している。塩分の急変部は流速の急変部とほぼ同調しているが、急変部の標高位置は0.5~1.0mほど異なっている。そこで流速の急変部が存在することから、観測層間の下層の流速から上層の流速を減じた値を流速差(ADCPは約0.3m間隔で鉛直多層の流速を観測しているため、例えば標高-4.8mの流速差は-4.8mの流速から-4.5mの流速を減じた値)として算出した。この流速差のピークは海水の上端位置に良い一致を示していた。流速差ピークと海水の上端の位置は2011年及び2012年のすべての観測時でよく一致していた。なお、降雨時など河川流量が増加する場合には全層で下流向きの流速となるため、流速差はピークを有する分布にはならず、不明瞭な分布となる挙動を示した。

これらの挙動から、流速差を見積もることで海水面上端位置(以下、境界位置と称する)を時間変化として、推定できると考えられる。西田ら⁷⁾は、石狩川における塩淡水境界層はADCPの反射強度を利用して推定可能であると報告している。しかし、天塩川においては濁りと思われる反射強度の増大によって、塩分鉛直分布と反射強度鉛直分布はほぼ一致しなかった。そのため、本研究では流速差を用いた境界位置を算出する手法を試みている。

観測したADCPデータより境界位置を時系列変化として見積もった結果を図-9に示す。なお、流速差のピークが不明瞭な場合は境界位置をADCPの設置位置である-4.8mとしてまとめている。図-9の結果は図-7のコンター図の色の境界よりも0.56mほど高標高側に海水境界位置が算出されていたが、CTDの観測結果とはよく一致した。また、降雨により境界位置が低下し、ほぼ流速挙動と同調することから、天塩川における境界位置を妥当に表していると考えられる。

6. 塩水遡上とシジミ現存量の関係

図-9の結果から、各標高において塩分と接触する時間が推定可能となり、標高毎に塩分が接する時間を見積もった。図-10にKP7.8における標高毎の海水の接触頻度およびシジミ現存量を示す。海水接触頻度は冬季の観測を実施していないため、年毎に観測期間中の割合とした。この結果から天塩川の2011年および2012年では標高-1.5m以上では、ほとんど海

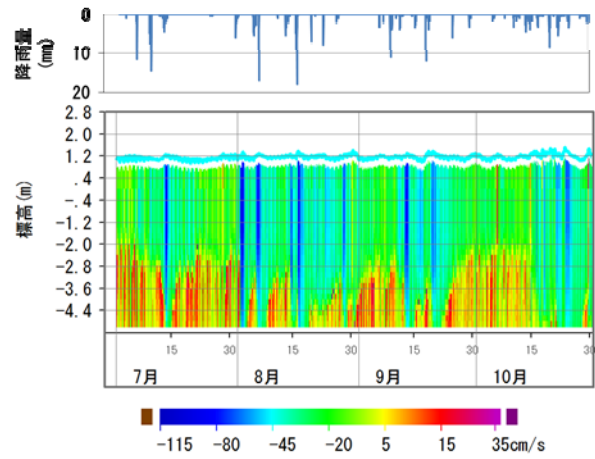


図-6 2012年のADCP観測結果

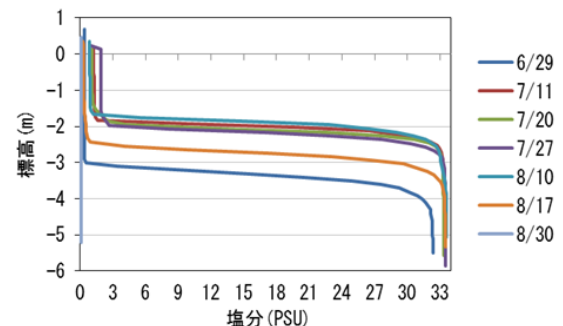


図-7 2012年のCTD観測結果

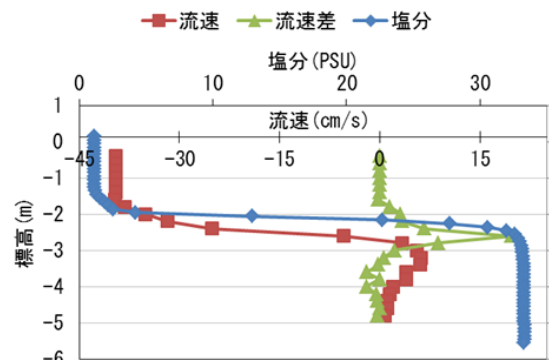


図-8 流速と塩分の鉛直分布の比較

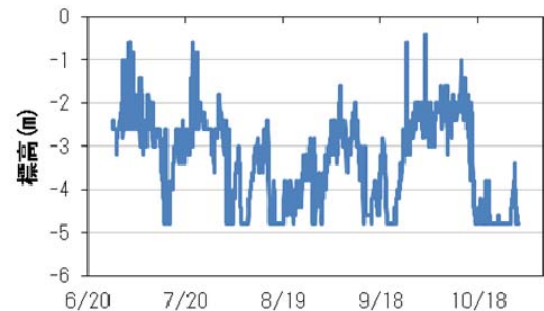


図-9 2012年の境界位置推定結果

水に接触していないことがわかる。しかし、シジミ現存量は標高-1.0mで最も多くなっている。標高-1.0mにおける海水接触頻度は1%以下であり、天塩川のシジミはほとんどが淡水域に生息していることがわかる。また、海水の接触頻度が50%をこえる標

高-2.5m以下ではほとんどシジミが生息していないことが明らかとなった。さらに左右岸のシジミ現存量をみると左岸側の現存量が多くなっていた。図-3の横断図をみると法面勾配に差があり、傾斜が急になると生存もしくは着底できないこと、漁獲による減耗が示唆されるが、詳細は不明である。なお、汽水接触頻度(図-9中境界位置+0.84mで集計、塩分5PSU以上の塩水)は標高-1.0mで2%(1ヵ月に半日ほどの頻度)、標高-1.5mで20%(1ヶ月に1週間ほどの頻度)であった。

この結果から標高が高い位置にシジミが多く生息するが、ほとんど塩分が接触しないことが明らかとなった。天塩川におけるシジミの産卵には塩分5PSU以上、水温25℃以上が必要と報告⁸⁾されている。本研究結果は天塩川KP7.8付近ではシジミは生息しているが再生産が起こらないことを示唆している。

しかし、資源量を維持するためには上流域への塩水供給に加え、本川域においても産卵を誘発する環境が重要であると考えられる。

7. 境界位置と流速の関係

図-11に2011年と2012年の境界位置と2割水深流速の平均値の関係を示す。2011年の結果が2012年に比べて、境界位置に対して流速の変化がやや小さくなっているが、ほぼ同様の分布であった。この結果から境界位置は断面形状が同じ限り、点流速によって概算することが可能であることが示された。このとき2年分の分布全体から最小二乗法による相関係数が最も高い、線型近似式を図中に加える。点流速からの境界位置の概算においては、境界位置が-1.0m以上では誤差が大きく、これらの精度向上が今後の課題となる。

また、同様の解析を円山観測所流量や稚内潮位、観測地点水位などで同時刻における関係性を検討した結果、潮位や水位と境界位置には明瞭な関係性が見られなかったが、円山流量とは良い相関性が見られた。これらの結果を組み合わせることで、より精度の高い境界位置が推定できると期待される。

8. まとめ

本研究で得られた結果を以下にまとめる。

- ・天塩川のシジミは標高によって生息域が区別され、縦断的には広く分布している。
 - ・天塩川のKP7.8において塩水遡上は、明瞭な二層流を形成し、希釈されずに海水が遡上する。
 - ・ADCPによる観測層間の流速差から海水境界位置を推定した。
 - ・点流速によって境界位置が算出可能となった。
- 本研究により流速を制御することでシジミ生息環境を制御できる可能性が示唆された。しかし、天塩川の塩水遡上形態は弱混合型で海水がほとんど希釈されず、汽水層は薄い層状となる。そのため、シジミ生息環境保全のためには汽水接触期間等を慎重に検

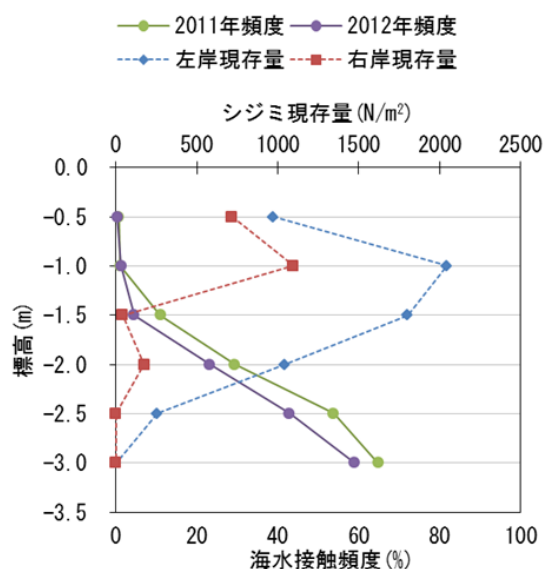


図-10 2012年の境界位置推定結果

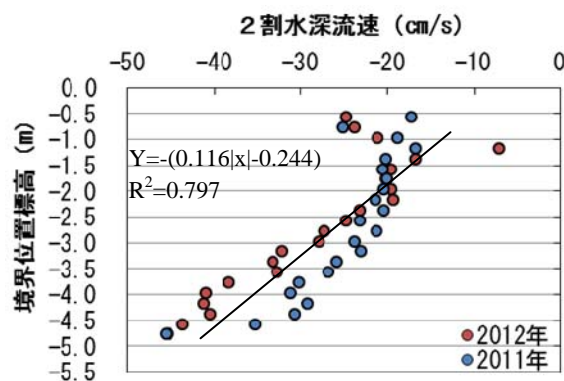


図-11 2012年の境界位置推定結果

討する必要がある。今後は塩水遡上の上流端距離との関係を精査し、シジミ資源の再生産手法の確立を目指す。

参考文献

- 1) 農林水産省：内水面漁業生産統計，
http://www.maff.go.jp/j/tokei/kouhyou/naisui_gyosei/index.html
- 2) 中村幹雄：宍道湖におけるヤマトシジミ *Corbicula japonica* PRIMEと環境との相互関係に関する生理生態学研究，島根県水産試験場研究報告 第9号，1998.
- 3) 八鍬功，高橋将，大谷守正：天塩川河口における塩水の侵入，海岸工学研究発表会論文集，第21巻，pp.377-380，1974.
- 4) 山本晃一，高橋晃，深谷渉：感潮河川の塩水遡上実態と混合特性，土木研究所資料，第3171号，1993.
- 5) 安間恵，徳岡隆夫，吹田歩，西村清和：天塩川およびサロベツ川の塩水遡上，LAGUNA, No.12, pp.15-22, 2005.
- 6) 西田修三，吉田静男：天塩川河口二層流の水利特性，海岸工学研究発表会論文集，第33巻，pp.601-605，1986.
- 7) 西田修三，吉田静男：ADCPを用いた河口二層流の観測，水工学論文集，第41巻，pp.1029-1034，1997.
- 8) 佐々木義隆：ヤマトシジミの人工種苗生産に関する研究，北海道立総合研究機構さけます・内水面水産試験場研究報告，1号，pp.1-47，2011.