8. 尾駮沼における海水淡水の流出入量計測

坪野　考樹[1]*・三角　和弘[1]・津旨　大輔[1]・芳村　毅[2]

[1]一般財団法人電力中央研究所　環境科学研究所（〒270-1194千葉県我孫子市我孫子1646）

[2]北海道大学　大学院環境科学院　（〒060-0810 北海道札幌市北区北10条西5丁目）

＊ E-mail: *tsubono@criepi.denken.or.jp*

2017年に引き続き，尾駮沼および尾駮川において2018年7月26日から9月26日までの水位および流速を計測し，尾駮沼から海への流入出量について検討を行った．尾駮沼は潮汐影響を受けて，尾駮川を通して海水が流入出しており，M2分潮成分が卓越していた．観測期間を通した尾駮沼から海への平均流出量は1.3 m^3/sと2017年10月から12月までの期間で得られた流量2.7 m^3/sよりも少なかった．

Key Words : Lake Obuchi, ADCP, water level, volume transport

1. はじめに

尾駮沼（**図 - 1**）は，青森県，下北半島の付け根の太平洋側に位置し，尾駮川により北太平洋と接続している（植田ら，2002）．尾駮沼は主に沼の奥に位置する二又川等から流入する陸水と尾駮川からの潮汐により流出入する海水の影響を受けて汽水域となっている．汽水域である尾駮沼において，物質（炭素等）循環を検討するためには，陸水・海水の流出入量の把握が重要となり，誤差や短期的な変動を避けるために，長期・複数回の観測が必要となる．そこで，これら流出入量の把握を目的に，2017年に実施した観測と同様に2018年においても，尾駮沼および尾駮川に水位計，および尾駮川に流速計を設置して，水位・流速の計測を実施した．

2. 観測の概要

(1) 調査水域の概要

尾駮沼（**図 - 1**）は東西に細長い形状を持ち，面積が約3.7 km^2と小さく，平均水深2.5m（最深部でも4.5m）と浅い沼となっている（植田ら，2002）．尾駮沼の主な陸水の流入河川は沼の奥（北西側）に位置する二又川である．また，沼の東側に尾駮川があり，平均的には尾駮沼の水は海側へ流出する．尾駮川の川幅は約25~40mであり，尾駮沼との接合部での水深は1m以下と非常に浅い．

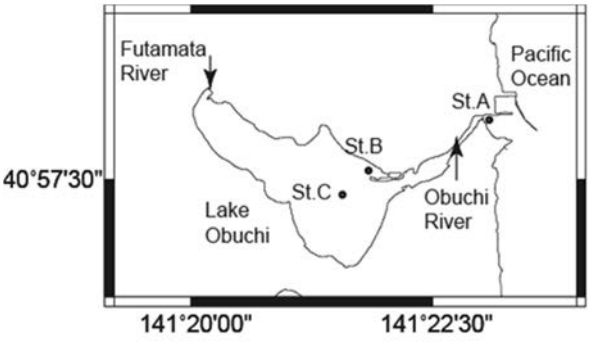
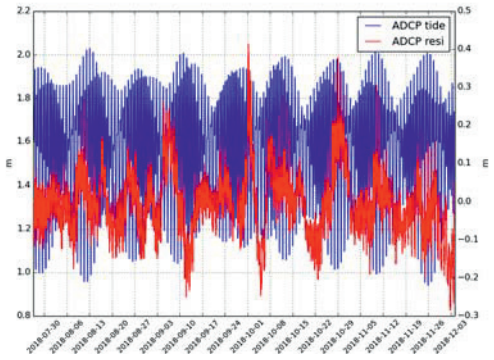


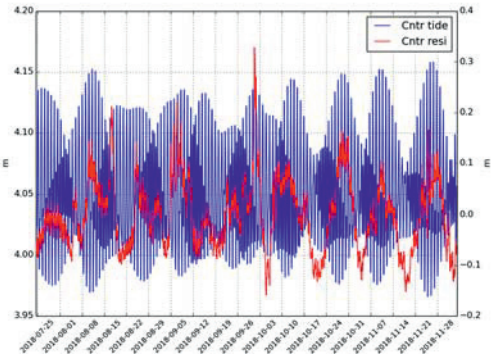
図 - 1　観測地点（尾駮沼）

(2) 水位観測

水位の調査地点は，尾駮川河口付近の川中央位置（**図 - 1**　St. A）および尾駮沼中央の位置（**図 - 1**　St. C）とした．水位は，自記型水位計（HOBO, U20　圧力，水温ロガー）を用いて10分間隔で計測した．St. AとSt. Cの水位計は，アンカーの上部に固定して最深部に設置した．ここに，それぞれの設置水深は約4m，2mである．尾駮沼北東岸近く（**図 - 1**　St. B）において，沼内に杭を設置して，その最上部に自記型水位計を取り付け，大気圧を測定した．2017年度はSt.Bの杭の最下部にも水位計を設置したが，St.Cと同様の結果が得られることが確認できたために，2018年は設置しなかった．以降で記載する水位は，各水面下で得られた水圧から，大気圧を差し引いた値を示す．計測期間は，2018年7月26日12時から9月25日13時まで実施した．



(a)　St. A



(b)　St. C

図 - 2　平均水深＋潮汐成分（青：左軸）と水位の残差（赤：右軸）

（3）流速観測

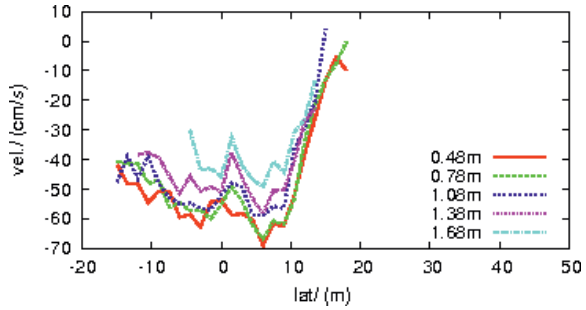
尾駁川河口付近の川の最深部St. Aにおいて， ADCP（Teledyne RD Instruments　1,200kHz）を海底設置し，流速の鉛直分布を計測した．計測は水位計の計測時間と同時刻となるように10分間隔で実施し，鉛直方向10cm間隔で実施した．計測期間は，水位観測と同じである．

定点観測の期間中に，St.Aで設置したADCPと同じタイプのADCPを用いて，尾駁川の横断方向の流速分布および川地形を計測した．測定位置St. A上を通るように川の横断するする線上にロープを張り， ADCPを下向きに設置したリバーボートを滑車に接続し，ロープ上に置いた滑車を動かすことにより，リバーボートを横断方向に往復させて流速の横断面分布および水深分布を計測した．横断観測は，2018年7月24，26日，9月27日に実施し，11往復分の流速分布および水深分布を計測した．

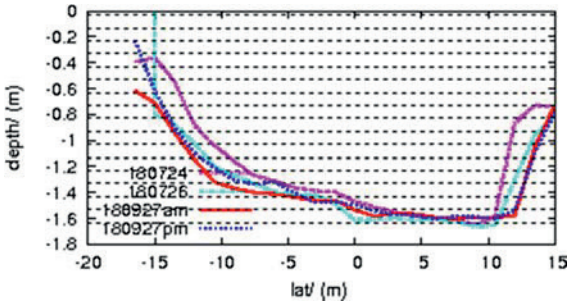
3. 観測結果

(1) 水位

St. A，Cの水位計で得られた圧力からSt. Bの水位計による気圧を差し引いて得られた水位変動（**図 - 2**）につ



(a)　2018年9月27日PMの流速分布



(b)　往復した横断ラインの深浅図

図 - 3　尾駁川のライン観測結果　（横軸の負正は横断ラインの南北）

いて，4分潮の調和解析を実施した．振幅は，どの地点もM2分潮がもっとも大きくなり，St. Aで約24cm，St. Cで約3cmとなり，2017年で得られた結果と同程度であった．

水位変動の潮汐成分を際し引いた残差（**図 - 2**の赤線）は，2017年と同様に大潮時に水位が高くなり，小潮で小さくなる様子が見られた．この残差成分をスペクトル解析をしたところ，2017年と同様に約13.3から14.8日の周期でピークを示し，大潮・小潮の潮周期に近い周期で変動していた．これは，尾駁沼における水位が，大潮時に上昇し，小潮に下降する傾向を示している2017年，2018年に観測された尾駁沼の水位結果の残差に同様な周期で変動することが示されたことから，尾駁沼と尾駁川の接合部と潮位の高度差とこれらの接合部の狭さの影響により，水位の残差に大潮・小潮の潮周期が現れることが分かった．

(2) 流速

横断方向（尾駁川の南北方向）の東西流速の結果（**図 - 3 (a)**）を見ると，流速は，横軸の-20mから10mまで横断方向にほとんど変化がみられず，また鉛直方向にも底面付近を除いて一様となる．また，横断方向の深浅測量の結果（**図 - 3 (b)**）より，水深は北側（横軸の10m位置）で急激に深くなり，その後しだいに浅くなってい

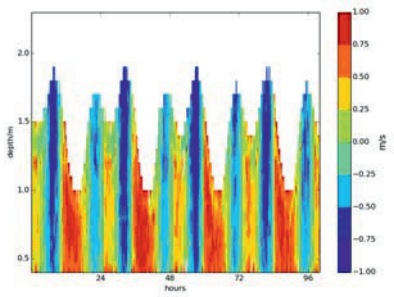


図 - 4　ADCPによる流速結果
（正負は尾駮沼からの流出，流入）

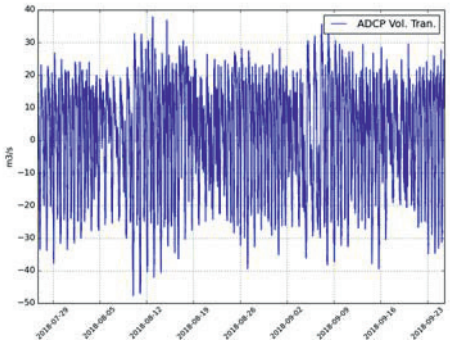


図 - 5　尾駮川の断面通過流量
（正負は尾駮沼への流入，尾駮沼から流出）

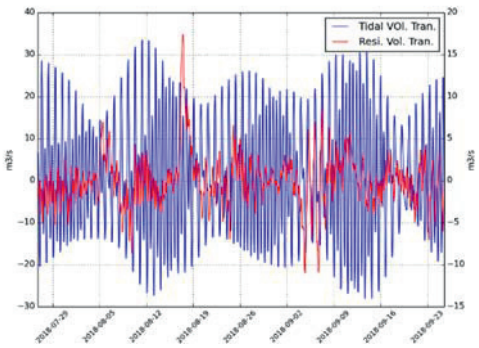


図 - 6　尾駮川の断面通過流量の潮時変化と残差流
（正負は尾駮沼への流入，尾駮沼から流出）

た.

St. Aに設置したADCPによる流速の鉛直分布（**図 - 4**）を見ると，鉛直方向にほぼ一定となっており，潮汐により順圧的に流れていることが分かる．また，水位が高い時に西向き流れ（尾駮沼に流入），低い時に東向き流れ（尾駮沼から流出）ていた.

図 - 4の流速の鉛直分布が横断方向に同じであると仮定して，**図 - 3 (b)**の横断方向の水深結果と組み合わせて，断面通過流量を計算した（**図 - 5**）．ここに，流速の正（負）は，尾駮沼への流出（尾駮沼からの流入）を示す.

水位の解析（**図 - 2**）と同様に，調和解析を実施した（**図 - 6**）．通過断面流量の振幅は，M2分潮がもっとも大きくなり，約14.4 m^3/sとなり，2017年の結果12.4 m^3/sと同程度の結果となった．.

断面通過流量から潮汐成分を際し引いた残差（**図 - 6**の赤線）の変化は，St. Cの水位の潮汐成分を際し引いた残差（**図 - 2**の赤線）と同様な変化を示した.

調和解析と同時に平均流量を計算したところ，尾駮沼から海への流出量は約1.3m^3/sと，2017年の結果約2.7m^3/sよりも少ない結果となった．この違いについては，季節的変化なのか経年変化なのかは分からなかった

4. 考察

本研究では，川の中央部一点に設置したACDPによる流速観測から流量を計算するために，横断方向の流速が一定とした仮定を用い，川幅を深度毎に適当な値を設定している．一方で，二瓶ら（2008，2010）では，鉛直流速について，異常値や欠測値の補間に，流速のべき乗則に当てはめて流量値を算定する方法を提案しており，これにより得られる流量がよい推定値を得られていることを示している．しかし，流量の正確な値を知ることが出来ないため，流量の計算手法についての検証は困難となる.

研究を対象とした尾駮沼は，潮汐が卓越していることから，潮汐で駆動される流量と水位の変化を比較することにより，どの程度流量が正確なのかを検討することが可能と考えられる.

実際には，尾駮沼における潮位振幅の2倍（最大と最小の差）に面積を乗じたものは，潮汐により川から沼に流入・流出した全量と同値であることを利用して計算を行う．流量の潮汐による振幅が計算されていることから，流量が負となる期間のみを積分することにより，潮汐により川から沼へ流入した水の総量Mが計算できる．また，尾駮沼の水位振幅についても観測により計測されているため，尾駮沼の面積を変数Aとおいて振幅の2倍（2 η）を乗じて沼の水量の変化量を計算する．尾駮沼の面積Aは$M/2\eta$であることから，各潮汐成分について，沼の面積Aについて比較することで，流量の計算について不具合がないかを検討することが可能となる.

各潮汐成分（M2, S2, K1, O1）について面積を計算すると，（3.3, 3.9, 3.2, 3.7 km^2）となっており，おおむね同程度の面積となっていた．また，この面積の平均は，3.5 km^2であった．植田ら（2002）によると，尾駮沼の面積は約3.7 km^2であることから，今回の観測結果から得られた面積と概ね一致していた．このことから，本研究で仮定した横断方向の流速が一定としたこと，また設定した

川幅の値について無理がなかったと考えられる．

今後，二瓶ら（2008，2010）の方法を用いた流量についても同様に面積を計算して，より正確な流量を推定する手法について検討する予定である．

4. まとめ

尾駮沼・尾駮川において2018年7月26日から9月26日の期間で，水位および流速を計測し，尾駮沼から海への流入出量について検討を行った．尾駮沼は潮汐影響を受けて，尾駮川を通して海水が流入出しており，M2分潮成分が卓越していた．尾駮沼から海への平均流出量は1.3 m^3/sとなり，2017年の観測結果よりも小さい結果となった．水位および流速の時系列から潮汐成分を差し引いた残差成分は，大潮・小潮の潮周期の影響が示唆され，大潮時に海から尾駮沼への流入する様子が見られた． さらに，川からの流入する潮流振幅と尾駮沼の潮位振幅を用いた潮汐による尾駮沼の総流入量を比較して尾駮沼の面積を計算したところ，各潮汐成分で同程度の面積の値が得られ，さらに，沼の面積と同程度となった．このことから，今回得られた尾駮沼に流入流出流量は，尾駮沼の潮位と整合的であることが確認できた．

謝辞

本調査を進めるにあたり，日本エヌ・ユー・エス株式会社の服巻辰則様，株式会社セレスの前田義明様，川芳昭様に観測を実施していただきました．

参考文献

1) 植田真司，川端一史，久松俊一，稲葉次郎，細田昌広，横山瑞江，近藤邦男：陸水学会雑誌，63,，125-134，2002

2) 二瓶泰雄，色川有，井出恭平，高村智之：超音波ドップラー流速分布径を用いた河川流量計測法に関する検討，土木学会論文集B，64,，99-114，2008.

3) 二瓶泰雄：ADCPやH-ADCPによる河川流量計測，河川流量観測の新時代，1,，25-33，2010.